気象百五十年史

題字：野村 竜一

気象庁
Japan Meteorological Agency

序文

政府が気象業務を開始してから、本年令和７年（2025 年）で 150 年となる。当時の内務省地理寮量地課が現在の虎ノ門庁舎すぐ横の、東京府第二大区溜池葵町に明治８年（1875 年）６月に東京気象台を設立し、観測業務が開始された。この 150 年という年数は非常に重みのある数字であり、単に時間が過ぎれば到達できるようなものではない。なぜなら、その時々の求めに応じて多くの組織が生まれてきたが、時代時代でその形を変え、中には役目を終えるものも多かったからである。それでは、なぜ 150 年間、気象業務が維持されしかも大きく発展したのだろうか。三つほど挙げてみたい。

一つ目は、気象業務が社会において不可欠であることである。世界の他の地域と比べても自然災害の多い我が国において、国民は自然災害に不安を抱いており、現象を常に監視し、予測し、対応に必要な情報を社会に提供することが、国に強く求められている。当然そのことは 150 年以上前から求められていたであろうが、それに応える科学技術が導入されたのが、明治の初めであった。近代化を図った当時の指導者たちに深く感謝申し上げる。

二つ目は、これまでの諸先輩方のたゆまない努力とご苦労があったからである。気象業務開始から 10 年以内に各地の観測値を電信で集め、暴風警報や毎日３回の天気予報を開始した技術導入の早さには驚くばかりである。戦後は新しい電子通信及び計算機技術を取り入れることで、観測、予測技術を革命的に発展させ、瞬時にデータを集め、解析し、結果も瞬時に提供する仕組みを構築するなど、気象庁技術を最先端化した。一方忘れてはいけないのは、戦時中のご苦労である。全国的に大変であったが特に沖縄では厳しい状況下で業務を遂行し、結果として気象台職員のほとんどが亡くなるという惨事を経験した。それでも気象台は戦後復活し、今の沖縄気象台に至っている。

そして三つ目に、この 150 年間の気象業務の発展は、関係する多くの方々のご努力に支えられてきた。

まずは、気象業務発足時に、気象観測や通信の技術を持ちこんで気象業務の形を整えてくれた外国人たち。彼らは気象業務の立ち上げに加え、日本人が自ら業務を維持運営できるように指導してくれた。

次は、電子、通信分野、そしてコンピュータ分野、宇宙航空技術の分野の方々。これらの分野の急速な発展により、情報の瞬時の収集、解析、提供が可能となり、数値予報や気象衛星の実現など、気象業務の最先端化を支えていただいた。

そして気象学、地震学、火山学など研究分野の方々。我々の業務の基本を支えるだけでなく、場合によっては一緒に業務を進めていただいているこの方々のお力で、業務が構築され実施運用されているといっても過言ではない。

このように多くの方々に支えられたからこそ気象業務は 150 年間発展を続けて今日に至っている。ここに厚く御礼申し上げる。

このたび、この 150 年間の業務の歴史を業務分野ごとにここにまとめた。100 年史も以前まとめたので、この 50 年間の業務発展の歴史が中心にはなるが、150 年間を振り返りながらも、将来に向かって何を残さなければならないかを再確認することといたしたい。

終わりに、本書の執筆や編纂に携わった各位のご苦労に対して深く敬意を表するとともに、刊行にあたり各方面から賜ったご支援とご協力に対し心より感謝申し上げる。

令和７年６月１日

気象庁長官　野村　竜一



凡　例

1　本書の構成

（1）本書は、Ⅰ 略史、Ⅱ 通史、Ⅲ 部門史で構成している。

（2）略史では、社会の出来事と対比しながら気象業務150年の歴史を概略的に年表で紹介している。通史では、気象業務の全体を俯瞰して、年代ごとの主な出来事を記述している。部門史では、気象業務に関する各部門について、その詳細な歴史を記述している。

（3）部門史は以下の階層で構成している。

第１階層 …… 部
第２階層 …… 章
第３階層 …… 節
第４階層 …… 項（本文中では、1. 2. のように書いている。）
第５階層 …… 目（本文中では、(1) (2) のように書いている。）
　なお、第６階層以降は階層名は定義していないが、便宜上以下のように記載している。
第６階層 …… ア．イ．ウ．……
第７階層 ……（ア）（イ）（ウ）……

2　記述の範囲等

（1）本書は、前身である東京気象台が明治８年（1875年）に観測業務を開始して以来、150年を対象としている。ただし、部門史は『気象百年史』（昭和50年（1975年）３月発行）編纂以降の50年間を主な対象としている。

（2）明治５年11月９日公布の詔書により、太陰暦（太陰太陽暦）を廃して太陽暦を採用することとなり、旧暦の明治５年12月３日を新暦の明治６年１月１日とすることとされた。本書では、明治５年以前の和暦の記述の際は旧暦の月日を用いており、西暦の月日とは異なる。

（3）本書において、断りなく「現在」と書く場合の時点は令和７年３月である。他方、別の時点を指定する場合は「令和○年○月時点」等と明示的に記述している。

3　用字、用語等

（1）表記については、原則として「公用文作成の考え方（文化審議会建議）」に準拠している。ただし、他文献を引用する場合や、準拠から外れた方がより正確な記述ができるもの等についてはその限りではない。

（2）部門史において略称を定義した際、その略称が及ぶ範囲は「節」内に限る。

（3）通史では和暦と西暦を併記している。部門史では和暦を原則とするが、国際的な内容に言及する場合等、西暦を併記した方がよりわかりやすい場合はそのようにしている。

（4）特に断りのない限り、国、地域、組織等の名称は当時のものを用いる。

Ⅰ
略史

1875-1911
明治8年～明治44年

明治８年６月１日、我が国の気象業務がはじまった。お雇い外国人の建議を契機に西洋から持ち込まれた気象測器や地震計を用いた、内務省地理寮の東京気象台による観測業務であった。その後、全国に設立された測候所の観測を基に暴風警報業務や天気予報も開始され、明治 23 年には法令上正式に「中央気象台」が定められる。明治末期には火山観測もはじまるなど、のちの気象業務の発展の土台が築かれた時代であった。

1912-1945
大正元年～昭和20年

大正時代、第一次世界大戦前後の国際情勢を背景に気象業務が日本周辺に拡大する一方で、桜島の大噴火や関東大震災を受けて自然災害対策の重要性も増す。昭和初期には航空気象業務が開始されたほか、本格的な高層気象観測や海洋気象観測が展開されたが、第二次世界大戦に向かう国際情勢の中で気象業務も戦時体制に組み込まれていく。大正時代から大衆に親しまれていた新聞やラジオの天気予報も、太平洋戦争開戦に伴い禁止された。

明治 8	明治 11	明治 16	明治 17	明治 23	明治 24	明治 25	明治 29	明治 44	大正 3	大正 9	大正 10	大正 11	大正 12	昭和 5	昭和 7	昭和 8	昭和 9	昭和 13	昭和 14	昭和 16	昭和 18	昭和 19	昭和 20
1875	1878	1883	1884	1890	1891	1892	1896	1911	1914	1920	1921	1922	1923	1930	1932	1933	1934	1938	1939	1941	1943	1944	1945

東京気象台の気象業務の開始（地震観測、気象観測）［図①］

長崎測候所（最初の直轄測候所）の設置（当時、府県立や私立の測候所も順次設立）

地磁気観測の開始

天気図の作成開始［図②］



［図②］日本初の印刷天気図

天気予報の開始

全国一般風ノ向キハ定リナシ
天気ハ変リ易シ但シ雨天勝チ

全国的な震度観測の開始

中央気象台官制

濃尾地震

地方測候所における天気予報の開始

明治三陸地震

浅間火山観測所の設置（火山観測業務の開始）［図③］



［図①］気象業務開始当時の東京気象台（復元図）



［図③］浅間火山観測所

桜島噴火（大正大噴火）

海洋気象台（神戸）、**高層気象台**（館野）の設置

海洋気象観測の開始（本格的な海洋観測は昭和2年以降［図④］）

測候技術官養成所（気象大学校の前身）の創設

関東大震災

富士山頂観測所の設置［図⑤］

航空気象業務の開始

室戸台風

昭和三陸地震

富士山頂観測所の廃止

全気象官署の国営化完了

ラジオゾンデによる定常的な高層気象観測開始

三陸沿岸を対象とした津波警報組織の発足（昭和24年に全国的な体制に発展）

東南海地震

鳥取地震



［図④］春風丸（昭和2年竣工）



［図⑤］富士山頂観測所



［図A］中央気象台元衛町庁舎（大正9年～昭和39年）

世の中の動き

1880
- ▲1870 国内電報の開始
- ▲1871 海底電信線による国際電報の開始

1890
- ▲1887 公衆用配電の開始
- ▲1889 大日本帝国憲法公布 東海道線全通
- ▲1894 日清戦争勃発

1900
- ▲1904 日露戦争勃発
- ▲1908 公衆無線電報の開始

1920
- ▲1914 第一次世界大戦勃発

1930
- ▲1924 天気図の新聞掲載開始
- ▲1925 天気予報のラジオ放送開始
- ▲1931 羽田空港開港

1940
- ▲1937 日中戦争勃発
- ▲1939 第二次世界大戦勃発
- ▲1941 太平洋戦争勃発 気象報道管制
- 1945▲ 終戦

1946-1965
昭和21年～昭和40年

戦後、GHQ の指令の下、組織の再整理が断行される一方で、終戦前後に相次いだ地震災害や台風災害への対応も迫られた。主権回復後は、世界気象機関加盟を経て国際舞台に復帰し、気象業務法による国内の法整備もなされた。昭和 31 年には気象庁が誕生する。高度経済成長の時代、気象レーダーが順次整備され、大型電子計算機による数値予報が開始されるとともに、伊勢湾台風やチリ地震津波を踏まえ、台風観測や津波警報の体制が強化された。

1966-1988
昭和41年～昭和63年

昭和 40 年代、情報通信技術の発達を踏まえ、アメダスや気象レーダー観測網などによって頻発する集中豪雨の監視能力の向上を図った。昭和 50 年代には現在の天気予報で定着している降水確率予報や台風進路の予報円が導入される。昭和53 年には静止気象衛星「ひまわり」が観測を開始する。一方で、経済成長の過程で環境問題が顕在化し、世界的に危機感が高揚する中、オゾン層保護や気候変動対策に資する業務も拡充された。

昭和21	昭和22	昭和23	昭和27	昭和28	昭和29	昭和31	昭和32	昭和33	昭和34	昭和35	昭和36	昭和38	昭和40	昭和42	昭和43	昭和46	昭和47	昭和49	昭和52	昭和53	昭和54	昭和55	昭和57	昭和61	昭和62
1946	1947	1948	1952	1953	1954	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1963	1965	1967	1968	1971	1972	1974	1977	1978	1979	1980	1982	1986	1987

南海地震
気象研究所の創設

カスリーン台風

福井地震

気象業務法の成立

世界気象機関（WMO）加盟

洞爺丸台風
気象レーダーの現業運用開始（大阪）

諫早豪雨
南極昭和基地における気象観測開始

狩野川台風

伊勢湾台風
大型電子計算機を用いた数値予報開始［図⑥］

チリ地震津波

気象庁誕生

第二室戸台風

昭和38年1月豪雪

富士山レーダーの完成（平成11年運用終了）［図⑦］

昭和42年7月豪雨（佐世保水害など）、羽越豪雨

飛騨川豪雨

大気汚染気象予報業務の開始

全国20か所の**気象レーダー観測網**の完成

昭和47年7月豪雨（天草大水害など）

有珠山噴火

アメダス（地域気象観測システム）の運用開始［図⑧］

静止気象衛星**ひまわり**観測開始［図⑨］

気候問題懇談会の開始（平成30年に気候変動に関する懇談会に発展的に改組）

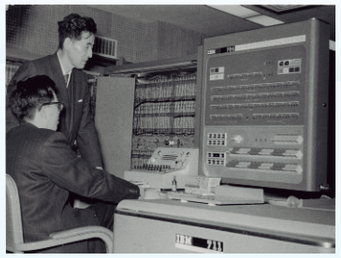
降水確率予報の開始

昭和57年7月豪雨（長崎豪雨など）

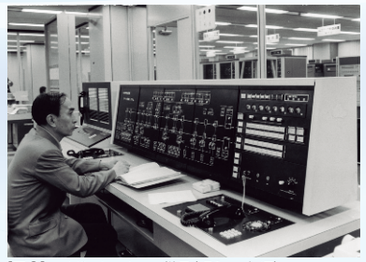
伊豆大島噴火

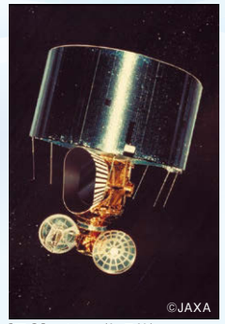
大気中温室効果ガス濃度の観測開始（綾里）


［図B］気象庁大手町庁舎（昭和39年～令和2年）


［図⑥］数値予報開始当時の大型計算機


［図⑦］富士山レーダー


［図⑧］アメダスセンターの様子（昭和50年頃）



［図⑨］ひまわり（初号機）

世の中の動き

1950
- 1946▲ 日本国憲法公布
- 1949▲ 水防法の成立
- ▲1951 サンフランシスコ平和条約
- ▲1953 天気予報のテレビ放送開始

1955
- ▲1955 天気予報サービス「177」開始

1960
- ▲1958 東京タワー完成
- ▲1961 災害対策基本法の成立
- ▲1964 東京オリンピック・パラリンピック 東海道新幹線開通

1970
- ▲1967 公害対策基本法の成立
- ▲1968 小笠原諸島本土復帰

1975
- ▲1972 沖縄本土復帰
- ▲1973 活動火山対策特別措置法の成立

1980
- ▲1978 成田空港開港 大規模地震対策特別措置法の成立
- 1985▲ オゾン層の保護のためのウィーン条約の採択
- 1988▲ 気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の設立 オゾン層保護法の成立

1989-2010
平成元年～平成22年

平成初期、雲仙岳の噴火、北海道南西沖地震、阪神・淡路大震災などの災害が相次ぎ、一層の観測強化や情報改善に迫られた。予報業務の自由化により官民の役割分担が、中央省庁再編により政府の中の気象庁の役割が再整理された。IT 革命を経て多様な情報が溢れるようになる中、広報や説明責任が一層重視され、業務評価の取組も開始された。一方で、情報通信技術の飛躍的発展を受けて、緊急地震速報の開始など、情報の高度化も進められた。

2011-2024
平成23年～令和6年

平成23年に東日本大震災が発生し、津波情報の改善など新たな課題に直面する。加えて、相次ぐ豪雨災害も踏まえ、「特別警報」の創設など防災気象情報の充実・強化を図り、防災官庁の役割を深化していった。さらに、線状降水帯を伴う豪雨災害の頻発を踏まえ、線状降水帯予測の精度向上を喫緊の課題とするとともに、防災気象情報がより有効に活用されるよう、地域に根差した防災業務を強化している。

平成2	平成3	平成5	平成7	平成8	平成11	平成12	平成13	平成16	平成17	平成19	平成23	平成25	平成26	平成27	平成28	平成29	平成30	令和元	令和2	令和3	令和4	令和6
1990	1991	1993	1995	1996	1999	2000	2001	2004	2005	2007	2011	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2024

能登半島地震

線状降水帯による大雨の半日程度前からの呼びかけの運用開始

顕著な大雨に関する気象情報の運用開始

令和2年7月豪雨

令和元年房総半島台風、令和元年東日本台風

南海トラフ地震臨時情報の運用開始

気象庁防災対応支援チーム（JETT）の創設

平成30年7月豪雨、北海道胆振東部地震、平成30年台風第21号

危険度分布の運用開始（令和3年から愛称キキクル）

気象ビジネス推進コンソーシアム（WXBC）の設立

熊本地震、平成28年台風第10号

噴火速報の運用開始

口永良部島噴火、平成27年9月関東・東北豪雨

御嶽山噴火

特別警報の運用開始［図⑫］

東日本大震災（東北地方太平洋沖地震）、平成23年台風第12号

土砂災害警戒情報の運用開始

新潟県中越地震、10個の台風上陸

気象庁マスコットキャラクター**はれるん**誕生［図⑪］

有珠山噴火、三宅島噴火

気象庁における業務評価の開始

緊急地震速報の一般提供開始

噴火警報の運用開始

阪神・淡路大震災（兵庫県南部地震）

北海道南西沖地震

気象予報士制度の創設

雲仙岳噴火

計測震度計による震度観測開始

気象庁ホームページ開設［図⑩］

量的津波予報の開始

WMO温室効果ガス世界資料センターの運営開始



［図⑩］
開設当時の気象庁ホームページ


［図⑪］はれるん



［図⑫］リーフレット
「特別警報　ー命を守るために知ってほしいー」


［図C］気象庁虎ノ門庁舎（令和2年～）

世の中の動き

- 1990
- ▲1992 国連気候変動枠組条約の採択
- ▲1993 環境基本法の成立（公害対策基本法を発展的に継承）／インターネット商用サービスの開始
- 1994▲ 関西国際空港開港
- 1995
- 1998▲ 地球温暖化対策推進法の成立
- 2000
- ▲1997 京都議定書の採択（UNFCCC COP3）
- ▲2000 IT基本法の成立／土砂災害防止法の成立
- ▲2001 中央省庁再編、国土交通省の設置
- 2005
- ▲2008 日本の総人口ピーク
- 2010
- ▲2012 復興庁の設置／東京スカイツリー完成
- ▲2013 国土強靭化基本法の成立
- 2015
- ▲2015 パリ協定の採択（UNFCCC COP21）
- ▲2018 気候変動適応法の成立
- 2020
- ▲2020 新型コロナウイルス感染症パンデミック宣言（WHO）
- ▲2021 東京オリンピック・パラリンピック／スーパーコンピュータ「富岳」共用開始

目　次

序　文……002

Ⅰ　略　　史

口　絵……006

Ⅱ　通　　史

前史……024
明治時代の気象業務……024
大正時代の気象業務……028
昭和時代（終戦まで）の気象業務……029
昭和20年代の気象業務……033
昭和30年代の気象業務……037
昭和40年代の気象業務……040
昭和50年代の気象業務……044
昭和60年～平成6年の気象業務……049
平成7年～平成16年の気象業務……053
平成17年～平成26年の気象業務……059
平成27年以降の気象業務……067

Ⅲ　部 門 史

第1部　気象庁の運営……076

第1章　気象庁の組織……076

【第1節】組織の変遷……076
1.［昭和52年］気象衛星センターの発足……076
2.［昭和55年］気象研究所の筑波地区への移転……076
3.［昭和59年］地震火山部の設置……077
4.［平成8年］気候・海洋気象部の設置……077
5.［平成13年］中央省庁再編……077
6.［平成17年］地球環境・海洋部の設置……078
7.［平成8年～］地域気象業務体制の再編・整備（測候所の機械化・無人化）……078
8.［平成25年］海洋気象台の廃止と防災体制の強化……078
9.［令和2年］本庁組織再編……079
10.［平成31年～令和5年］地域防災支援のための体制変更……080
【第2節】現在の組織……081
1. 気象庁本庁……081
2. 地方支分部局……081
3. 施設等機関……081

第2章　気象庁の予算……084

【第1節】予算構造……084
【第2節】年代別の主な事項……084
1. 昭和50年（1975年）～昭和59年（1984年）……084
2. 昭和60年（1985年）～平成6年（1994年）……084
3. 平成7年（1995年）～平成16年（2004年）……085
4. 平成17年（2005年）～平成26年（2014年）……086
5. 平成27年（2015年）～令和6年（2024年）……087
【第3節】空港整備特別会計の導入……087
1. 空港・航空路整備事業費……088
2. 維持運営費……089

第3章　気象庁の庁舎……092

【第1節】気象庁庁舎の変遷……092
【第2節】大手町庁舎……092
【第3節】虎ノ門庁舎……093
1. 虎ノ門への移転に向けて……093
2. PFI事業の実施……094
3. 虎ノ門庁舎建設から引き渡し……095
4. 虎ノ門庁舎の特徴……095
5.「庁舎管理室」の設置……095
6. 維持管理・運営業務……096

第4章　人材の確保、育成……097

【第1節】気象庁の定員の歴史……097
【第2節】職員採用の歴史……102
【第3節】人材育成の歴史……102
1. 研修の変遷……102
2. 地方気象台等における業務改善プロジェクト……105
【第4節】気象大学校……106
1. 沿革……107
2. カリキュラム改訂……107
3. 学位……109

第5章　審議会・法律……111

【第1節】審議会……111
1. 気象審議会（昭和31年から平成13年まで）……111
2. 交通政策審議会気象分科会（平成13年から現在まで）……115
【第2節】気象業務法……118
1. 気象業務法の制定（昭和27年）から昭和年代の改正……118
2. 平成年代以降の改正……118

第6章　気象業務の評価と改善……124

【第1節】気象業務の評価……124
1. 政府の政策評価の動向と気象庁の業務評価の取組……124
2.「気象庁の使命・ビジョン」……126
3. 気象庁基本目標チェックアップ……128
4. 気象業務の評価に関する懇談会……128
5. 気象情報の利活用状況に関する調査……129
【第2節】業務考査……129
【第3節】その他業務運営の改善に関する事項……130
1. 行政相談……130
2. 公益通報……130
3. 障害者差別の解消に関する相談窓口……130

第7章　広報・報道業務……132

【第1節】広報室の設立……132
【第2節】広報業務……132
1. 気象科学館等……132
2. 普及啓発イベント……133
3. 気象友の会……138
4. 広報のための刊行物……139
5. 情報発信……141
【第3節】報道業務……145
1. 気象庁記者クラブ……146
2. 記者会見……146

第8章　儀式典礼……152

【第1節】気象記念日……152
1. 気象記念日の制定……152
2. 気象記念日式典……152
【第2節】その他の儀式典礼……153
1. 本庁舎開庁における式典……153
2. 気象庁葬……154

第9章　大規模国際行事への協力……156

【第1節】オリンピック・パラリンピック競技大会への協力……156
1. 1964年夏季東京大会、1972年冬季札幌大会、1998年冬季長野大会……156
2. 2020年夏季東京大会……156
【第2節】首脳級会合及び国際博覧会への協力……159
1. 首脳級会合……159
2. 国際博覧会……159

第２部　防災……162

第１章　国の防災のための取組……162

【第１節】国の防災における気象庁の役割と対応……162
1. 災害対策基本法と我が国の防災体制……162
2. 気象庁の防災体制・業務……166
【第２節】国の危機管理における気象庁の役割と対応……176
1. 原子力災害対応……177
2. 大規模油流出事故対応……178
3. 武力攻撃事態等への対応……178
4. 気象庁の危機管理……178

第２章　地方の防災のための取組……181

【第１節】総論……181
1. 地域防災支援の取組について……181
2. 地域防災支援における気象庁の役割……184
【第２節】平時における災害に備えての取組……185
1. 地方公共団体等を支援する取組……185
2. 住民自らが行動をとることのできるような風土・文化の醸成……187
【第３節】緊急時における対応……189
1. 地方公共団体の災害対策本部との連携……189
【第４節】災害後における対応……193

第３部　国際協力・航空……194

第１章　国際協力……194

【第１節】世界気象機関（WMO）……195
1. WMOの概要……195
2. WMO総会……196
3. 執行理事会……201
4. 重要決定事項……202
5. 第Ⅱ地区協会……204
6. 専門委員会……204
7. 事務局……205
8. 我が国からの任意拠出金について……206
【第２節】台風委員会……206
【第３節】交通安全分野の協力（ICAO、IMO）…209
【第４節】気候変動分野の協力（IPCC、UNFCCC）……209
【第５節】地震分野の協力（ISC、CTBT）……209
【第６節】海洋・津波分野の協力（UNESCO／IOC）……210
【第７節】開発途上国支援……211
1. 開発途上国支援の概要……211
2. JICAと連携した協力……211
【第８節】海外インフラ展開……214

第２章　航空気象業務……216

【第１節】航空気象業務の変遷（昭和後期以降）……216
【第２節】国際航空気象業務の発展……217
1. 国際枠組みにおける気象庁の役割……217
2. 航空交通システムの進展に伴う取組……218
3. 国際航空気象サービスへの品質マネジメントシステムの導入……219
4. 航空気象分野の国際協力……220
5. 航空気象情報の通報形式の変遷……220
【第３節】国内航空気象業務の展開……221
1. 効率的な航空気象業務の実施……221
2. 航空交通業務機関との連携……230
3. 航空会社との取組……234
【第４節】航空気象観測業務……236
1. 観測方式と観測指針……236
2. 空港における地上の気象観測装置……237
3. 空港気象レーダー（DRAW含む）……240
4. 空港気象ドップラーライダー……242
5. 雷監視システム（LIDEN）……242
6. 航空気象実況データ収集処理システム（ALIS）……243
7. 空港気象ドップラーレーダー観測処理システム（ADRAS）……244
【第５節】航空予報業務……244
1. 飛行場予報……244
2. 空域予報……246
【第６節】航空路火山灰情報センター業務……249
1. 東京航空路火山灰情報センター（東京VAAC）の業務開始……249
2. 業務体制の変遷……250
3. 業務内容とその拡充……250

第４部　情報基盤……252

第１章　気象情報に関する政策……252

【第１節】情報技術の進展……252
1. 情報技術の進展の概要……252
2. 国の取組……253
3. 気象庁全体の動き……254
【第２節】気象情報の部外提供業務等……258
1. 情報提供の考え方……258
2. 部外提供手段の変遷……267
3. 民間気象業務支援センター……272
【第３節】図書管理業務……275
1. 気象庁図書館の組織……275
2. 気象庁図書館の業務……275

第２章　情報通信……278

【第１節】情報通信業務の変遷……278
1. 気象資料伝送網整備計画の検討……278
2. 通信手段から情報システムへ……279
3. システム更新に伴う業務の変化……279
4. 清瀬庁舎による運用と合理化対応……280
5. 東西アデス構想と組織再編……280
6. 東西二中枢システムの運用体制……281
7. ソフトウェア内製化への取組……281
8. 気象庁情報システム基盤と組織再編……281
【第２節】データ交換と気象情報の伝達……282
1. 国際通信業務……282
2. 国内通信業務……291
3. インターネットによるデータ交換……299
4. 一般利用者向け気象情報等の提供……301
5. 無線通信による通報業務……302
6. その他の気象情報等の提供……306
【第３節】数値予報システム……308
1. スーパーコンピュータシステム……308
2. 関連機器の整備と仕様概要……315
【第４節】気象庁情報システム基盤へのシステム集約……316
1. 経緯……316
2. 再編・統合の方針……316
3. 情報システム基盤の構成……317
4. 情報システム基盤の全体構成と維持・管理……318
5. 仮想マシン共通ソフトウェア……318
6. 統合監視……319
7. 運用管理基本方針に従った対応……319
【第５節】通信ネットワーク……319
1. 国内基盤通信網……319
2. 汎用サービス等の導入……323
【第６節】情報通信業務における近年の取組……327
1. ソフトウェア開発の内製化……327
2. 気象庁ホームページの開発・改修……330
3. AI技術の試行……334

第３章　情報利用の推進……336

【第１節】民間気象業務の興隆……336
1. 予報業務許可制度の導入と変遷（平成５年以前）……336
2. 官民の役割分担……336
【第２節】民間気象事業の拡大……337
1. 気象審議会答申第18号「社会の高度情報化に適合する気象サービスのあり方について」……337
2. 気象予報士制度の導入……337
3. 予報業務許可制度の発展……338
【第３節】気象情報の利活用推進と産学官連携……341
1. 産業界における気象データの利活用状況（その推移）……341
2. 産学官連携……341
3. 気象ビジネス推進コンソーシアム（WXBC）……342
4.「気象データアナリスト育成講座」の認定制度……343
5. 気象情報・データの利用促進の取組……344
6. 花粉症対策のための気象情報利活用……344

第４章　数値予報……347
【第１節】数値予報システムの変遷……347
【第２節】気象庁の数値予報モデル……348
1. 運用を終了したモデル……348
2. 全球モデル……351
3. 領域モデル……355
4. 季節予報モデル……357
5. 波浪モデル……358
6. 高潮モデル……360
7. 海況監視予測システム……361
8. 長期再解析……362
9. 物質輸送モデル……363
【第３節】数値予報での観測データの利用……366
【第４節】ガイダンス……368
【第５節】数値予報を支えるソフトウェア環境……369
1. ソフトウェア環境……369
2. プログラム開発環境……370
3. データ形式……370
4. 数値予報ルーチン管理……371
5. NAPEX……372
6. FAX図情報作成処理……372
【第６節】数値予報モデル開発に関する連携・イベント……373
1. 懇談会等……373
2. 広報イベント……373
3. 国際会議、海外気象機関への派遣及び国際プロジェクトへの参画……374
4. 大学や研究機関との連携……375

第５章　気象衛星……378
【第１節】気象衛星の開発・運用……378
1. 気象衛星の開発（昭和48年～）……378
2.「ひまわり（初号機）」から「ひまわり５号」まで（GMSシリーズ）……379
3. 米国GOES-9号によるバックアップ観測…381
4. 運輸多目的衛星（MTSAT）シリーズ……382
5. 静止地球環境観測衛星「ひまわり８号・９号」……383
6.「ひまわり８号・９号」の後継衛星の整備…384
【第２節】気象衛星センター……385
1. 電子計算機システム管理の変遷……385
2. 極軌道気象衛星データの受信……386
3. 衛星資料の変遷……386
【第３節】気象衛星に関する国際的な会議等……387
1. 気象衛星調整会議……387
2. アジア・オセアニア気象衛星利用者会議…388
3.「ひまわり」による国際貢献……388

第５部　大気海洋……390
第１章　防災気象情報……390
【第１節】特別警報・警報・注意報……390
1. 運用開始と拡充……390
2. 注意警戒文の改善……391
3. 発表区域の細分化……391
4. 指数基準の導入・キキクル（危険度分布）の提供……392
5. 特別警報の導入……394
6. 注意報や警報を補完する情報の改善……396
【第２節】その他の防災気象情報……396
1. 早期注意情報……396
2. 指定河川洪水予報……397
3. 土砂災害警戒情報……398
4. 記録的短時間大雨情報……399
5. 顕著な大雨（線状降水帯）に関する気象情報…401
6. 顕著な大雪に関する気象情報……402
7. 竜巻注意情報……402
8. 高温注意情報・熱中症警戒アラート……403
【第３節】今後の防災気象情報の改善……404
1. 警戒レベル相当情報の体系整理……404
2. 気象情報（解説情報）の体系整理……405
3. 防災気象情報の最適な活用……405

第２章　天気予報……407
【第１節】天気予報業務の沿革と現状……407
1. 天気予報……407
2. 天気分布予報と地域時系列予報……407
3.「予報作業支援システム」の構築……408
4. 防災気象情報の改善と地域防災支援の強化…408
5. 天気予報の評価……409
【第２節】予報官が作成する海上予報警報プロダクト……410
1. 天気図……410
2. 海上予報・警報……411
3. 台風予報……412
【第３節】気象予報に関する国際協力……413
1. 海上予報・警報……413
2. 台風予報……414
【第４節】自動作成のプロダクト……415
1. 雨に関するプロダクト……415
2. 雪に関するプロダクト……417
3. 突風・雷に関するプロダクト……418

第３章　気候情報……420
【第１節】気候系解析・監視……420
1. 気候系監視報告・速報……420
2. 異常気象分析検討会……421
3. 成層圏突然昇温……422
4. 世界の異常気象速報……424
5. GCOSのためのCBSリードセンター……425
【第２節】週間天気予報等……426
1. 週間天気予報……426
2. 梅雨の入り・明け……428
【第３節】季節予報……429
1. 1か月予報、3か月予報、暖・寒候期予報…429
2. エルニーニョ監視速報……431
3. 異常天候早期警戒情報、早期天候情報、2週間気温予報……431
【第４節】気候情報の応用……432
1. 産業界との連携……432
2. 農研機構との連携……433
3. 様々な産業分野への普及……434
【第５節】気候情報に関する各種ツール等の開発……434
1. 世界の天候データツール「Climat View」…434
2. 異常気象分析ツール（iTacs）……435
【第６節】気候情報に関する国際的な連携……436
1. アジア太平洋気候センター（Tokyo Climate Center）……436
2. 世界各地における気候予測の枠組み……437

第４章　気候変動……438
【第１節】総論……438
1. 気候変動問題の認識以前……438
2. 問題提起　～ストックホルム会議から世界気候会議～……438
3. 危機感の高揚　～フィラハ会議から国連気候変動枠組条約～……439
4. 国際的枠組の下での気候変動対策～京都議定書からパリ協定～……440
5. 顕在化する気候変動と更なる対策の推進…442
【第２節】国際的な動き……443
1. 世界気候会議……443
2. 気候変動に関する政府間パネル……444
3. 気候変動に関する国際連合枠組条約……447
【第３節】国内の動き……451
1. 検討会等……451
2. 気候変動に関する科学的知見の提供……453
3. 気候講演会……458
4. 気候予測データ及び研究参画……458
5. ヒートアイランド現象に関する情報……459

第５章　気象観測……461
【第１節】地上気象観測……461
1. 観測の自動化……461
2. 目視観測項目の自動化……461
3. 地上気象観測装置（測器含む）……462
4. 富士山頂における気象観測……464
【第２節】地域気象観測……465
1. 観測体制……465
2. アメダス中枢システム……465
3. 観測地点……466
4. 地域気象観測装置（測器含む）……467
【第３節】測器検定……468
1. 部内検査業務の変遷……468
2. 検定装置・手法の変遷……470
【第４節】レーダー気象観測……471
1. 観測ネットワークの変遷……471
2. 現業用気象レーダー初号機……473

3. スケッチ図によるレーダー観測……473
4. レーダーエコーデジタル化装置……474
5. 気象ドップラーレーダー……475
6. 気象レーダー観測処理システム……475
7. レーダー観測所処理装置……476
8. 二重偏波気象ドップラーレーダー……476
9. 気象レーダーと風力発電施設との共存……477
【第5節】高層気象観測……478
1. はじめに……478
2. ラジオゾンデ観測……478
3. 気象ロケット観測……481
4. ウィンドプロファイラ（WPR）観測……482
5. GPS（GNSS）可降水量解析……484
6. 地上マイクロ波放射計観測……485
【第6節】統計……486
1. 統計業務の体系……486
2. 統計値の変遷……486
3. 平年値……487
4. 統計処理の電子化……489
5. 統計値の利用……490
6. 統計値の公開……490
7. 気象資料提供システム……491
8. 他機関観測データ収集・高度利用装置……492
9. 雨量・レーダー情報コンテンツ作成装置…493
10. 防災情報提供センター……494
【第7節】部外指導……495
1. 法的背景……495
2. 業務概要……496
【第8節】品質管理……496
【第9節】生物季節観測……497
【第10節】観測データを用いた面的
プロダクト……498
1. 解析雨量……498
2. 解析積雪深・解析降雪量……499
3. 推計気象分布……499
4. 積乱雲情報プロダクト……500
5. 霧プロダクト……500
【第11節】気象観測における国際協力……501
1. 地区測器センター（RICつくば）……501
2. 地区WIGOSセンター（RWC東京）……502
3. 東南アジアの気象レーダーネットワーク
構築の取組……502

第6章　海洋気象……504
【第1節】海洋観測……504
1. 海洋気象観測……504
2. 港湾気象業務……511
3. 潮汐・波浪……513
4. 海氷……516
5. 沿岸観測～沿岸水温と比重の観測～……517
【第2節】海洋情報……518
1. 情報発信の手段……518
2. 海水温・海流……520
3. 海氷……522
4. 潮汐……525
5. 波浪……529
6. 漂流予測……530
【第3節】海洋観測に関する国際的役割……531
1. 北東アジア地域・全球海洋観測システム…531
2. アルゴ計画……532
3. 海洋気象観測船による国際協力……532

第7章　環境気象……537
【第1節】大気環境の観測と情報……537
1. 温室効果ガス……537
2. エーロゾル……540
3. 輻射……543
4. オゾン層・紫外線……545
5. 酸性雨……550
【第2節】大気汚染気象予報……551
1. 大気汚染気象予報の変遷……551
2. 大気汚染気象予報に関する情報等……551
3. 大気汚染気象に関する他機関との連携……552
【第3節】放射能観測等……552
1. 気象庁における放射能観測の変遷……552
2. 原子力施設事故……554
3. 成果の公表……554
【第4節】環境気象業務に関する
国際的役割……555
1. 世界気象機関（WMO）全球大気監視
（GAW）計画……555
2. 世界気象機関（WMO）世界放射センター
（WRC）……558
【第5節】小笠原諸島気象業務……560
1. 南鳥島気象観測所……560
2. 父島気象観測所……561
【第6節】南極観測……562
1. 南極地域観測（制度・体制・歴史）……562
2. 南極地域観測（観測項目）……562

第6部　地震火山……566
第1章　行政組織から見た
地震火山業務……566
第2章　地震津波業務……568
【第1節】地震津波観測……568
1. 地震観測……568
2. 震度観測……573
3. 津波観測……576
4. 地殻変動観測……578
5. 地震津波現業……580
6. 機動観測と現地調査……583
7. 地震精密解析等……586
8. 松代地震観測所における観測……590
【第2節】地震津波防災情報と防災支援……592
1. 地震情報……592
2. 緊急地震速報……597
3. 大規模地震対策……599
4. 津波予報・情報……603
5. 情報提供の変遷……609
6. 解説業務……610
7. 他機関との連携……614
【第3節】地震津波に関する国際協力……617
1. 国際地震センター（ISC）……617
2. 包括的核実験禁止条約（CTBT）への
協力……618
3. 津波警戒のための国際協力……619

第3章　火山業務……623
【第1節】気象庁の常時火山観測体制の
構築……623
1. 戦前の気象庁の火山業務……623
2. 常時火山観測体制の整備……623
【第2節】火山監視・情報センターと
監視体制の強化……624
1. 火山監視・情報センター発足までの経緯…624
2. 全国47火山の常時観測化……625
3. 御嶽山噴火を受けた火山監視強化……626
【第3節】気象庁の火山観測種目の変遷……626
1. 火山の多項目観測の重要性……626
2. 遠望観測……627
3. 震動観測……628
4. 地殻変動観測……628
5. 空振観測……629
6. 全磁力観測……629
7. 火山ガス観測……630
8. その他の現地観測等……630
9. 衛星データの活用……631
【第4節】火山防災情報と防災支援……631
1. 火山情報から噴火警報、速報へ……631
2. 降灰予報と火山ガス予報……634
3. 航空路火山灰情報……635
4. 活動火山対策特別措置法
制定・改正の経緯……635
5. 火山防災協議会……636
【第5節】火山噴火予知連絡会……637
1. 火山噴火予知連絡会の発足……637
2. 火山活動への対応……637
3. 検討会による提言……638
4. 活火山の選定と活火山総覧の発行……638
5. 衛星解析グループ……639
6. 火山噴火予知連絡会のあり方の検討……639
7. 火山調査研究推進本部の設置と
火山噴火予知連絡会……639

第4章　地震津波火山業務システム……640
【第1節】地震津波関連の業務システム……640
1. 初期の処理システム、テレメータ等……640
2. 地震活動等総合監視システム（EPOS）
及び地震津波監視システム（ETOS）……642
3. 地域地震情報センターデータ処理システム
（REDC）……647
4. 群列地震観測システム……650

【第２節】火山関連の業務システム……650
1. 初期の処理システム……650
2. 火山監視情報システム（VOIS）……651
3. 火山灰情報提供システム（VAFS）……652

第７部　調査・研究……654

第１章　技術開発と調査研究……654

【第１節】気象庁の技術開発推進体制について……654
1. 本庁における技術開発推進体制……654
2. 気象庁における庁横断的な技術開発推進体制……655
【第２節】外部と連携して進める技術開発・研究について……660
1. 共同研究……660
2. オールジャパンで取り組む線状降水帯予測精度向上に向けた技術開発・研究……661
3. 技術的な刊行物……663

第２章　気象研究所……666

【第１節】気象研究所来歴……666
1. はじめに……666
2. 研究業務の変遷……666
3. 研究の枠組みと予算の変遷……669
4. 組織の変遷……673
5. 評価の枠組みの変遷……676
6. 広報活動等の変遷……676
7. 筑波研究学園都市への移転……677
8. 主な研究設備……679
9. 表彰からみた研究成果……683
【第２節】全球大気海洋研究部……683
1. 地球システムモデルの開発……683
2. 海洋予測技術の開発……685
3. 海洋観測・海洋データ同化に関する研究…686
4. 季節予測システムに関する研究……688
5. 化学輸送モデルに関する研究……689
【第３節】気象予報研究部……690
1. 領域気象モデル……691
2. 接地境界層過程……691
3. 放射伝達モデル……692
4. マクロな視点からの雲・放射の物理過程…692
5. ミクロな視点を中心とした雲・降水の物理過程……693
【第４節】気象観測研究部……693
1. 放射観測技術の開発……694
2. エーロゾル観測技術の開発……694
3. 衛星データの高度利用技術の開発……695
4. ライダーによるエーロゾルや水蒸気などの観測技術の高度化……696
5. GNSSによる水蒸気観測技術の開発……697
6. 地上設置型マイクロ波放射計による水蒸気観測技術の開発……698
7. データ同化とアンサンブル予測技術の開発…698
【第５節】台風・災害気象研究部……700
1. 台風の発生、発達から温帯低気圧化に至る解析・予測技術の研究……700
2. 顕著現象の実態解明と数値予報を用いた予測技術の研究……702
3. 顕著現象の自動探知・直前予測技術のための研究開発……703
4. 先端的気象レーダーの観測技術の研究……704
【第６節】気候・環境研究部……705
1. 熱帯擾乱の研究から長期再解析と異常気象・季節予測可能性の研究へ……706
2. 気候変動の予測とメカニズム解明に関する研究……707
3. 大気中の温室効果ガスの動態に関する観測研究……709
4. 海洋炭素循環と大気・海洋間のCO_2交換に関する研究……711
【第７節】地震津波研究部……712
1. 昭和～平成初期の研究活動……712
2. 兵庫県南部地震後の研究活動（平成７年～平成22年）……713
3. 東北地方太平洋沖地震後の研究活動（平成23年～）……713
【第８節】火山研究部……714
1. 地球物理学的手法による火山活動の監視及び評価技術……714
2. 地球化学的手法による火山活動の監視及び評価技術……717
3. 遠隔観測と数値モデルによる火山噴出物の監視及び予測技術……718
【第９節】応用気象研究部……720
1. 黎明期の応用気象研究部……720
2. 環境・応用気象研究部への改組……720
3. 再び応用気象研究部へ……722

第３章　高層気象台……724

【第１節】高層気象台の設立から国際地球観測年（IGY）まで……724
【第２節】高層気象台における観測並びに試験、調査及び研究……725
1. 高層気象観測……725
2. オゾン層及び紫外線の観測……727
3. 日射・放射観測……729
4. 下層大気の観測……731
【第３節】研究・調査成果の公表、普及啓発、研修の取組……732

第４章　地磁気観測所……733

【第１節】地磁気観測所の沿革……733
1. 日本における地磁気観測……733
2. 国際協力事業への参画……734
【第２節】地磁気観測所における観測……735
1. 日本における定常観測化……735
2. 地磁気観測所における絶対観測及び変化観測……737
3. 地電流観測・空中電気観測……740
4. ブロマイドのデジタル化……741
5. データのオープンアクセス……743
【第３節】地磁気観測に関する調査・研究……744
1. 地磁気観測手法に関する調査研究……744
2. 地震火山活動評価に関する調査研究……746
3. 南極観測事業への協力……748
4. 調査研究成果の所内刊行物……749

第８部　沖縄気象台……752
1. 測候所創設から沖縄戦が始まるまで……752
2. 沖縄戦における沖縄地方気象台……752
3. 沖縄戦後から沖縄復帰まで～戦後の琉球気象事業～……754
4. 沖縄気象台の誕生……755

索引……758

あとがき……784

気象百五十年史編纂委員会……786

II

通史

通 史

前史

～豊かな自然と自然災害　測器による観測のはじまり～

我が国は、ユーラシア大陸の東岸に位置し、ヒマラヤ山脈などの影響を受けた偏西風が上空を流れ、インド洋などの水蒸気の影響を受けるアジアモンスーンの地域にある。また、太平洋の北西に位置し、西岸境界流の一つである黒潮の影響を受け、四面環海とも呼ばれるとおり四方を海に囲まれており、海とともに生活が営まれてきた。さらに、我が国は、ユーラシアプレート、北米プレート、太平洋プレート、フィリピン海プレートの４つのプレートの境界上にある。こうした地理的要因から、全国の至る所に風光明媚な景観を有し、四季折々の変化にも富み、そして何よりも、自然から多くの恵みを受けてきた。一方で、台風・集中豪雨や冷夏・干ばつ、地震・津波や火山噴火などの自然災害に頻繁に遭遇してきた。

太古の昔より、人々の暮らしは自然とその変化とともに自然災害にも密接に係り、漁業や農業にまつわる気象俚諺（りげん）も多い。そして、自然災害の記録や碑も多く全国津々浦々に残されている。また、全国各地に多様な地形にまつわる神話も数多く残されている。万葉集や古事記などにおいて気象や四季の変化が詠まれた歌も多い。

江戸時代に入ると、ヨーロッパで発明された湿度計や気圧計などが日本にも持ち込まれ、計器（測器）による気象観測が行われた。19 世紀初頭には天候が不順な時期が続き飢饉も相次いだことから、１年間の天候の予測を記した「晴雨考」と呼ばれる暦が刊行されるなど、この時代、天候への関心も高かった。一方、海運航路の発達に合わせ全国各地に日和山と呼ばれる港の近傍の高台で、観天望気による気象観測も行われるようになっていた。幕末安政年間に相次いだ大地震の際には、地震予知器が製作されている。幕末から明治初期にかけては、灯台や灯船において、晴雨計（気圧計）、寒暖計、雨量計などによる観測結果が天候日誌に記載された。

明治時代の気象業務

～気象業務のはじまり　観測所などの増加～

明治８年６月１日、我が国の気象業務がはじまった。お雇い外国人の建議を契機に西洋から持ち込まれた気象測器や地震計を用いた、内務省地理寮の東京気象台による観測業務であった。その後、全国に設立された測候所の観測を基に暴風警報業務や天気予報も開始され、明治 23 年には法令上正式に「中央気象台」が定められる。明治末期には火山観測もはじまるなど、のちの気象業務の発展の土台が築かれた時代であった。

我が国における気象業務のはじまりは、明治初期に遡る。王政復古を果たした政府が、近代国家の仲間入りを目指して西洋の思想や技術の導入に邁進していた時代である。

明治４年（1871 年）、明治政府は工部省に測量司を置き、翌年から東京府下の三角測量を開始した。このとき測量助師を務めた英国のジョイネル（Henry Batson Joyner）が、明治６年（1873 年）５月に気象観測の必要性を建議したことから、同じく測量師長を務めた英国のマクビーン（Colin Alexander McVean）の協力の下、測量機器の購入や測量技師の招聘が行われた。この招聘に応じた英国のシャーボー（Henry Scharbau）は、我が国で地震が頻繁に発生することを知り、地震による測点の移動を懸念し、気象測器とともに地震計も取り寄せた。その間、測量司は内務省に移されたのち明治７年（1874 年）８月に廃止され、その業務は内務省地理寮に移された。

満を持して明治８年（1875 年）６月１日、東京府第二大区溜池葵町（現在の港区虎ノ門）の地理寮構内にて、ジョイネルにより「東京気象台」としての地震観測が開始され、同月５日に１日３回の気象観測が開始された。これが我が国における気象業務のはじまりである。なお、これ以前にも明治時代初頭には、海軍省観象台や東京開成学校（後の東京大学）による寒暖計などを用いた気象観測、我が国最初の気象観測所として明治５年（1872 年）に開拓使により開設された函館気候測量所（函館地方気象台の前身）における気象観測及び人体感覚による地震観測の例はあるが、のちの中央気象台や気象庁の一貫した歴史に連なる気象業務のさきがけとして、明治８年（1875 年）６月１日を我が国における気象業務のはじまりとしている。

東京気象台による気象業務はジョイネルの伝習生によって継承されていった。明治 10 年（1877 年）１月には、内務省の組織改正により地理寮は地理局に改称されている。その後、気象観測の農業や航海への有益性を説いて測候所の展開を進め、明治 11 年（1878 年）７月には最初の直轄測候所として長崎測候所を設置した。一方で、直轄測候所の地方長官への働きかけによって各地で府県立の測候所が設置されたほか、私立の測候所も誕生している。また、東京気象台は明治 15 年（1882 年）７月に東京府麹町区代官町旧本丸（皇居北桔橋付近）に移転した。

暴風警報の必要性を建議したことで、明治 15 年（1882 年）に地理局に雇われたドイツのクニッピング（Erwin Knipping）は、幾多の困難を乗り越え、明治 16 年（1883 年）２月 16 日には気象電報の集信を開始し、それを基に東京気象台で天気図を試行的に作成した。同年３月１日から正式に印刷天気図の発行を開始した。これが暴風警報業務のはじまりである。最初に「暴風警報」を発表したのは同年５月 26 日であった。また、明治 16 年（1883 年）７月には暴風警報を周知するための「暴風信号標式」を定め、同年 11 月以降、東京府荏原郡南品川宿をはじめとして各地に信号柱を設置した。

なお、開拓使においては明治 13 年（1880 年）から、札幌及び小樽で沿岸漁業者に向けた

暴風信号の掲揚などを行っていたが、明治 15 年（1882 年）の開拓使の廃止に伴う中止を経て、東京気象台による暴風信号標式の体制に統合されている。

明治 17 年（1884 年）5 月には 1 日 3 回の気象電報が可能となったことを受け、6 月 1 日から毎日 3 回全国の天気予報の発表を開始した。最初の天気予報は「全国一般風ノ向キハ定リナシ天気ハ変リ易シ但シ雨天勝チ」という、日本全国の天気の予想を一文で表現するものであった。

また、明治 15 年（1882 年）から翌年にかけて、「第 1 回国際極年」として国際的に地球物理学的現象の観測が行われており、これを契機として明治 16 年（1883 年）3 月、工部省電信局と協同して東京府麻布区麻布今井町において地磁気の観測を開始した。一方で、明治 10 年代には、北陸地方を中心とする地すべり・山崩れ・寄り廻り波による被害や、阿蘇山の噴火、明治 13 年（1880 年）2 月に横浜地震などの災害が発生していた。これを受け、東京気象台は明治 16 年（1883 年）2 月、天変地異に関する調査業務を開始した。さらに、明治 17 年（1884 年）9 月には地震の調査に着手し、全国の府県郡区役所等に「地震報告心得」を配布し、4 階級（微/弱/強/烈）による震度観測などの報告を求めた。

明治 20 年（1887 年）1 月、東京気象台は「中央気象台」に改称され、8 月には「気象台測候所条例」の公布により中央気象台は内務大臣の直轄となった。同条例において、測候所の位置は内務大臣が定めることとされており、先立つ 4 月に中央気象台直轄の 11 測候所が県に移管された上で、10 月に既設 29 と未設 22 の計 51 か所の測候所が「指定測候所」となり、全国規模の気象業務が開始された。翌年 11 月には全国の測候所の気象技術者が招集されて第 1 回気象協議会が開催され、気象観測法の討議が行われた。その後も気象協議会は 3 年に 1 回開催され、その時々の報告や課題の討議などが行われている。指定測候所は未設も含めて追加・変更等が行われ、各地に順次設立されていった。また、気象事業の有用性や効果が広く認識され、各県で測候所所在地から離れた場所や気候区分の異なる地域に未指定の測候所や出張所も設立された。

明治 21 年（1888 年）には、海軍省の気象観測に関する業務が中央気象台に移管された。明治 7 年（1874 年）に、政府や民間の所有する西洋型船に対し、航海中に気象観測を行い海軍省に報告することを定めていたものである。

明治 22 年（1889 年）には、世界気象機関（WMO）の前身にあたる国際気象機関（IMO）に初めて我が国から代表を派遣している。当時は高層大気の状態への関心から、山岳気象観測が国際的に注目されており、中央気象台は明治 20 年（1887 年）及び明治 22 年（1889 年）に夏季の富士山頂で気象観測を実施したほか、明治 21 年（1888 年）には御在所岳（三重県と滋賀県の県境）で、明治 24 年（1891 年）には御嶽山（長野県と岐阜県の県境）などでも気象観測を実施した。なお、函館気候測量所はこれよりも早く明治 14 年（1881 年）に函館山で、明治 16 年（1883 年）には横津岳（現在、気象レーダーを設置している山）で気象観測を行った（この間、函館気候測量所は明治 15 年（1882 年）に開拓使の廃止に伴い「函館測候所」に改称されている）。

こうして気象業務が拡充される中、明治 23 年（1890 年）8 月、「中央気象台官制」の公布により、中央気象台という組織が正式に定められた。初代台長は、内務省地理局気象課長であった荒井郁之助が務めた。翌年にはクニッピングが満期解傭となり、我が国の気象業務はその開始から 16 年目にして、外国人の手から自立した。明治 25 年（1892 年）からは順次、地方測候所で管内の天気予報が開始され、予報業務も全国に拡大していった。

明治 24 年（1891 年）に濃尾地震が発生したことを受け、翌年、全国の測候所に地震計が順次設置されることとなった。また、地震と震災防止の研究を目的とした「震災予防調査会」が文部省に設置され、その第 1 回の委員会にて、地震観測のための刻時精度向上を企図して気象台や測候所への電話線の架設などが決議された。また、明治 29 年（1896 年）6 月に三陸地方を襲った明治三陸地震による津波は、津波が研究される契機となるとともに、沿岸地域では各種防災対策が進められた。

明治 28 年（1895 年）4 月、中央気象台は内務省から文部省に移管された。同月に日清講和条約が締結されて以降、外地における気象業務も展開されていった。明治 29 年（1896 年）8 月に台湾総督府測候所官制が公布されると、同月に台北測候所が設立されたのをはじめとして、台湾に測候所が順次設立された。台北測候所は台湾の気象センターとして、那覇測候所などと気象電報を交換し、天気予報や暴風警報も実施した。また、明治 37 年（1904 年）には日露戦争がはじまり、大韓帝国や清国、樺太に臨時測候所の開設や臨時観測員の派遣が行われた。明治 38 年（1905 年）9 月の日露講和条約の締結により、臨時観測所は関東都督府、朝鮮統監府及び樺太庁に移管され、清国に派遣された臨時観測員は日本領事付となり、観測を継続した。

こうして、観測所の数は明治 33 年（1900 年）には全国で 981 か所、明治 43 年（1910 年）には 1,249 か所となっていた。この時代にはまた、灯台や海軍、企業などによる私設測候所などによる気象観測も広まっていた。明治 43 年（1910 年）には、航海中の船舶から無線電信によって中央気象台に気象を通報する仕組みが整えられている。

夏季の富士山頂における気象観測は、明治 28 年（1895 年）から明治 43 年（1910 年）まで継続的に実施された。また、筑波山頂においては、明治 35 年（1902 年）に山階宮菊麿王殿下による私設の高層気象観測所が創設されていたが、明治 42 年（1909 年）に中央気象台に寄贈され、当時唯一の高山観測所となった。なお、気象学者の野中至は、明治 28 年（1895 年）10 月から 12 月にかけて個人で冬季の富士山頂での気象観測を行っている。

明治 44 年（1911 年）8 月 26 日には、震災予防調査会と長野測候所により我が国最初の火山観測所として、浅間山に「浅間火山観測所」が開設されている。

明治初期に芽生えた気象業務は、こうして明治年間に大きく広がり、のちの時代の更なる発展につながっていく。

大正時代の気象業務

～高層や海洋の観測のはじまり　桜島大噴火と関東大震災～

大正時代、第一次世界大戦前後の国際情勢を背景に日本周辺での気象業務が拡大する一方で、国内では海運の発展の中で海洋気象台が設置されたほか、高層気象台、地磁気観測所、測候技術官養成所も誕生している。一方で、桜島の大噴火や関東大震災などの大きな自然災害に見舞われ、気象業務は変革を迫られた。地震観測網が整備されたほか、気象無線通報が開始されたのもこの時代である。

大正時代には、大正３年（1914 年）の桜島大噴火、大正６年（1917 年）秋には台風が東京に直撃し被害は全国に及び、大正 12 年（1923 年）９月１日の関東地震（関東大震災）をはじめとする多くの自然災害が発生した。

大正時代は日本周辺に気象業務を拡大する時代であった。大正２年（1913 年）５月に日本、朝鮮、関東州、台湾及び中国沿岸の国内外の気象台長・測候所長等を集め、我が国で初となる気象分野での国際会議「東亜気象台長会議」を開催し、気象信号や気象電報形式の統一など、気象業務の広域調整を行った。大正３年（1914 年）７月に第一次世界大戦がはじまると、８月には我が国も参戦し、山東半島上陸などが行われるとともに、翌年８月以降はサイパン、パラオなどの臨時海軍南洋守備隊からの気象電報を入手した。さらに、小笠原や大東島などの離島観測所の設立をはじめ、樺太庁、関東庁、南洋庁において気象観測・通信通報網の拡大が行われた。

一方で、国内では大きな自然災害が相次いだ。大正３年（1914 年）１月、桜島が大噴火し広範囲に火山灰を降らし、溶岩により対岸の大隅半島と地続きとなった。この大噴火の前に地震等様々な現象が起こったものの、鹿児島測候所は当初、噴火のおそれはないとしていたこともあり、一連の火山活動の中で発生した鹿児島湾直下の地震によるものを合わせ、多くの犠牲者を出すこととなった。自然現象の予測の可能性とその限界を示唆するもので、「科学不信の碑（測候所不信の碑）」とも呼ばれる「桜島爆発記念碑」が今も残されている。また、大正６年（1917 年）秋には台風が東京を直撃し、被害は全国に及んだ。いわゆる大正デモクラシー、大衆運動が盛り上がった時代であり、大正７年（1918 年）の米騒動、大正９年（1920 年）の戦後恐慌などの社会的動揺の中、気象業務も大きな変革の時期を迎える。

大正９年（1920 年）８月、海運業者等の支援を受けて神戸に「海洋気象台」が、館野（現在の茨城県つくば市）に「高層気象台」が設立され、３気象台の体制となった。また、同年９月に中央気象台は東京府麹町区元衛町（現在の東京都千代田区大手町）に移転している。

海洋気象台では、大正 10 年（1921 年）に建造された海洋丸（３トン）により海洋観測を大阪湾で開始した。また、無線電信所が設置され大正 11 年（1922 年）12 月から実況と警報気象報を行っている。高層気象台では、大正 10 年（1921 年）４月から測風気球観測、翌年７月から凧や係留気球による高層気象観測を開始した。測風気球観測では、ジェット気流を世界で初めて観測している。また、多くの測候技術者の人材育成が求められたことから、大正 11 年（1922 年）に中央気象台庁舎内に「中央気象台附属測候技術官養成所」（気象大学校の前身）が創設されている。

大正 12 年（1923 年）９月１日、大正関東地震（関東大震災）が発生し、火災、津波、土砂災害などによる甚大な被害が発生した。中央気象台庁舎も相当な被害を受け、全国天気予報及び暴風警報業務を一時的に海洋気象台に代行させた。

関東大震災を受け、全国 20 か所の測候所に地震検測設備と観測者を置くなど、全国的に地震観測網を拡充した。また、文部省は大正 14 年（1925 年）に震災予防調査会を廃して「震災予防評議会」を設置するとともに、東京帝国大学は地震研究所を設立している。

大正 14 年（1925 年）１月には中央気象台構内に養成所の校舎が、同年８月には柿岡（現在の茨城県石岡市）に地磁気観測の庁舎が落成している（なお、柿岡での地磁気観測は大正２年（1913 年）に開始されていた）。

加えて、大正 14 年（1925 年）２月に中央気象台は「気象無線通報」を開始した。同年３月には東京放送局（日本放送協会の前身）のラジオ放送がはじまると東京地方の天気予報と全国天気概況が放送され、気象情報がいち早く国民に届けられるようになった。

海洋気象台や測候技術官養成所等の設立に尽力した第４代中央気象台長岡田武松は、「測候瑣談」等を著し「測候所や気象台などは大体が建物より設備であり、設備より職員である。」「測候事業ほど共同的なものはない。いくら一人が偉い人であっても他のものが共同しなければ決してこの事業はできない」などの趣旨の言葉を残している。

昭和時代（終戦まで）の気象業務

～冷害と室戸台風　気象報道管制～

昭和初期には民間航空事業の開始を踏まえて航空気象業務が拡大されるとともに、本格的な高層気象観測や海洋気象観測が行われた。日中戦争がはじまると気象業務も戦時体制に組み込まれ、測候所の国営化などを経て中央気象台の下に気象官署が統一される。昭和16 年には気象報道管制が布かれ、天気予報や天気図は日常生活から姿を消した。

昭和初期は、昭和９年（1934 年）の東北地方の大冷害、西日本での干ばつ、同年９月の室戸台風をはじめとする相次ぐ気象災害、昭和２年（1927 年）３月の北丹後地震、昭和８年（1933 年）３月の昭和三陸地震、昭和 18 年（1943 年）９月の鳥取地震、昭和 19 年（1944 年）12 月の東南海地震、昭和 20 年（1945 年）１月の三河地震など多くの犠牲者を出した地震災害に加え、浅間山や阿蘇山での噴火が相次ぐなど、自然災害の多い時代であった。

昭和初期には、産業における気象情報の利活用に広がりがみられる。昭和3年（1928年）11月には、日本放送協会のラジオ放送で漁業気象通報が開始されている（現在もNHKラジオ第2の気象通報として続いている）。

また、民間航空輸送事業がはじまったことから、昭和5年（1930年）8月、中央気象台の所掌事務に「航空機に対する天気予報及暴風警報」が加えられた。同時に、業務の拡大を踏まえて三島、大阪、福岡に支台が設置された（のち、昭和14年（1939年）までに沖縄、盛岡、札幌、米子、名古屋、金沢にも順次支台が置かれた）。

昭和6年（1931年）9月には羽田（東京）、木津川尻（大阪）、名島（福岡）の各飛行場にそれぞれ中央気象台、大阪支台、福岡支台の分室を置き、航空気象業務を担った。羽田分室は翌年に「羽田出張所」に昇格したほか、全国各地の飛行場にも順次、航空気象業務の体制が整備された。

昭和初期にはまた、観測体制が充実するとともに、それに基づく様々な研究成果が生まれた。昭和2年（1927年）には海洋気象台（神戸）に「春風丸」（125トン）が建造され、計画的な海洋観測が行えるようになった。春風丸は昭和3年（1928年）から翌年にかけて、日本海で水深3,000mまでの水温の観測や採水を行い、昭和5年（1930年）に「春風堆」とも呼ばれる「北大和堆」を発見、日本海の海流分布を明らかにするなど、様々な貢献をした。また、和達清夫（のちの第6代中央気象台長、初代気象庁長官）は昭和2年（1927年）、関東大震災を契機に充実した地震観測網を駆使して、深発地震を発見した。昭和5年（1930年）には、気象業務に関する技術的詳細を提供する「測候時報」が創刊されている。

昭和7年（1932年）8月から翌年8月にかけては、国際的に協力して地球物理学的な現象を観測する「第2回国際極年」が実施された。我が国は主として気象、地磁気、空中電気、極光などを観測することとし、富士山頂及び山麓に気象観測所、樺太の豊原（現在のユジノサハリンスク）に地磁気観測所を設置するとともに、羽田出張所で測雲観測、各地の支台などで測風気球観測、静岡県清水市三保で航空機による気象観測などを行った。

富士山頂では、第2回国際極年での観測を契機に、通年での気象観測を開始した。また、昭和8年（1933年）頃からは海軍や水産関係者など多くの船が海洋観測を行うようになったことから、これらの観測基準を統一するため、昭和11年（1936年）、海洋気象台は「海洋観測法」を出版した。さらに、この時代には航空機の発達とともに高層気象観測への要望が急速に高まっており、昭和9年（1934年）頃から「ラジオゾンデ」の研究試作に着手し、昭和13年（1938年）6月から千葉県布佐出張所（現在の我孫子市）で定常観測を開始した。

昭和8年（1933年）3月、昭和三陸地震が発生し、明治三陸地震による津波から37年を経て再び津波が三陸地方を襲い、甚大な災害が発生した。組織的な津波警報・避難の体制の構築は急務となった。仙台地方気象台（後述）が中心となり東北地方の8官署により、昭和16年（1941年）9月に三陸沿岸を対象とする「三陸津波警報組織」が発足し、津波の判定、警報の放送などの伝達の仕組みが全国に先駆けて構築された。

次いで昭和9年（1934年）、東北地方で大冷害、西日本で干ばつが発生したほか、9月には室戸台風が襲来し、大阪府を中心に甚大な被害が発生した。

室戸台風による災害を教訓として、昭和10年（1935年）7月、暴風警報の運用を見直し、暴風発生のおそれがあるときに発表する気象特報（現在の注意報）を新設し、重大な災害のおそれがあるときに発表する暴風警報との2つの区分とした。

また、東北地方の冷害の原因として、当時頻発していた火山噴火による日射量の減少が考えられたことから、中央気象台においては昭和10年（1935年）10月に東北凶冷調査掛を置き、翌年10月には岩手県営の盛岡測候所を国営に移管して支台とした。さらに、東北地方の冷害や室戸台風を契機に海洋観測の重要性が一層認識され、昭和11年（1936年）には宮古測候所に「黒潮丸」（30トン）、八戸測候所に「親潮丸」（17.5トン）、昭和12年（1937年）には中央気象台に「凌風丸」（1,180トン）が建造され、本格的な外洋観測がはじまった。黒潮丸と親潮丸は三陸沖の海洋観測を行い、凌風丸は南西諸島海域、小笠原諸島近海、千島列島などの観測や測候所の補給などを担った。

戦前戦後の激動の時代に第5代中央気象台長を務めた藤原咲平は、測候時報に「予報者の心掛け」として「1. 時世に後れないこと、是は書物や雑誌等で学問の進歩を常に注意していく事」「2. 土地の天気の局地性に通暁すること、これは書物丈ではいけないから、其の土地の天気の癖に注意を怠らず、観察及び統計によりてその土地固有な天気法則を打ち立てる事」などとともに「心得」を記している。その理念は今日も受け継がれている。

昭和12年（1937年）7月、日中戦争がはじまると、戦時体制下の気象業務へと変貌していく。同年7月には中央気象台秘密文書取扱規定を制定し、翌年8月には中央気象台告示で、「天気予報気象特報暴風警報は時宜により其の全部又は一部を発せざることあるべし」としている。

陸海軍が気象機関の制度、組織、施設等が時局の要望に対し不十分であるとしたことから、昭和12年（1937年）11月の次官会議申し合わせによって企画院に気象協議会が設置され、全国測候所の国営移管を含む改善要求がとりまとめられた。昭和14年（1939年）には国営移管を終えるとともに、4気象管区を設けて中央気象台と3管区気象台（札幌、大阪、福岡）が担当することとし、5地方気象台（名古屋、仙台、金沢、米子、沖縄）を設置するとともに（盛岡、三島の支台は測候所とした）、海洋気象台と高層気象台を中央気象台の下に置くことで、中央気象台は管区・地方・海洋気象台等を総括することとなった。

陸軍においては、昭和10年（1935年）頃、気象専攻将校を英国に派遣するなどの調査が行われており、同年に陸軍砲工学校内に気象部を置き、昭和13年（1938年）には陸軍大臣直轄の陸軍気象部として独立させるなど、気象に関する体制強化を進めていた。

海軍においては、台風に伴う大きな海難事故が相次いでいたことから気象業務への関心が増しており、海軍水路部と中央気象台の相互嘱託が進み、昭和16年（1941年）6月には水路部の気象通報機関が中央気象台に置かれるなど、連携が進められた。また、同年に凌風丸は海軍気象部に配属され、作戦任務のための気象観測などに従事した。

そして昭和16年（1941年）8月には、中央気象台は朝鮮や台湾などの外地気象機関を直接指揮監督し、戦時緊急措置として作戦に必要と認められる場合は陸海軍大臣の指示を受けることとされ、技術統制システムが確立していく。昭和16年（1941年）11月には、天気図の

新聞掲載と公衆掲示が禁止となり、米英に宣戦布告した 12 月 8 日の 18 時より気象報道管制の実施が命じられた。

戦時中はめまぐるしく組織改正が行われた。昭和 17 年（1942 年）4 月には中央気象台に部制が布かれ、「総務部」、「業務部」、「技術部」、「調査部」、「研究部」が設置された。同年 8 月には、函館測候所は函館海洋気象台に昇格し、これに伴い海洋気象台は神戸海洋気象台に改称した。昭和 18 年（1943 年）11 月、新潟及び広島測候所を地方気象台に昇格させ、金沢及び米子地方気象台を測候所とするとともに、中央気象台は文部省から運輸通信省に移管された。昭和 19 年（1944 年）3 月には業務部と技術部を「予報部」と「観測部」に改組している。昭和 20 年（1945 年）5 月には運輸通信省の廃止に伴い運輸省所属となり、同年 8 月には東京管区気象台を新設するとともに、地方気象台のうち仙台、名古屋、広島を管区気象台とし、新潟、沖縄を測候所とすることで、8 管区制となった。

戦時体制下において長期予報も重視されたことから、昭和 16 年（1941 年）8 月に「長期予報研究室」が設置されると、まもなく昭和 17 年（1942 年）1 月には、気象界の研究促進を使命とする「研究課」が設置され、同年 4 月に「研究部」となった。研究部には 6 研究室が設置されたが、主な研究は長期予報に関するものであった。昭和 17 年（1942 年）4 月には東北地方の長期予報を、8 月からは 1 か月予報などの発表を順次開始している。なお、仙台地方気象台では昭和 16 年（1941 年）に長期予報研究会が誕生し、我が国における長期予報の草分けとなる業績を残している。

中央気象台附属測候技術官養成所は、不況とそれに伴う財政緊縮により、昭和 7 年（1932 年）から 2 年間、生徒募集を行っていない。一方、本科 15 名が卒業した昭和 12 年（1937 年）の翌年には国家総動員法が公布され、採用人数は年を追うごとに増え、軍からの委託生も入り、昭和 14 年（1939 年）には「中央気象台附属気象技術官養成所」と改称し、戦線の拡大もあり、昭和 17 年（1942 年）には軍などからの委託生も含め入学生は 200 名近くとなった。校舎が手狭となり、昭和 18 年（1943 年）には一部を千葉県東葛飾郡柏町（現在の柏市）に移転し、翌年には養成所本部も柏に移転した。

このように戦況に合わせ、気象業務も拡大していった。しかし、昭和 17 年（1942 年）6 月にはミッドウェー海戦で大敗し、翌年にはガダルカナル島の撤退に追い込まれる。昭和 19 年（1944 年）6 月のマリアナ沖海戦では空母や航空機の多数を失い、7 月にはサイパン島が陥落したことによって、同島を基地とする米軍の爆撃隊が日本本土への空襲を開始する。

昭和 19 年（1944 年）10 月には沖縄ではじめての米軍による大空襲があり、那覇市街地や小禄（おろく）飛行場などで爆撃を受けた。沖縄地方気象台職員は、陸軍気象隊や海軍航空隊とともに小禄飛行場等で観測・通報を継続したが、昭和 20 年（1945 年）4 月には米軍が沖縄本島に上陸すると、米軍の侵攻に伴い南に後退し、6 月には沖縄南部の海岸近くの島尻郡糸満町伊原（現在の糸満市）にたどり着いたが、多くの職員は戦死した。戦後、この地に慰霊碑「琉風之碑」が建立された。

昭和 20 年（1945 年）2 月 25 日、空襲による焼夷弾で中央気象台のほぼ全館が消失した。3 月 10 日には東京で大空襲が、同月 14 日には大阪、17 日には神戸に続き大・中都市への爆撃が続いた。8 月 6 日には広島に、9 日には長崎に原爆が投下され、15 日に終戦を迎える。

昭和 20 年代の気象業務

～業務の再開と国際舞台への復帰　相次ぐ台風災害～

昭和 20 年代、終戦直後の国土を続けざまに襲った枕崎台風やカスリーン台風、南海地震や福井地震などの災害を受け、GHQ の指令を受けながら対策を講じるとともに、膨張した組織の再整理が断行された。現在の 5 管区気象台の体制となったのはこのときである。主権回復後は、世界気象機関や国際民間航空機関への加盟などを経て国際舞台に復帰する。昭和 27 年には気象業務法が成立し、国内の法整備もなされた。

昭和 20 年代前半、荒廃した我が国に相次いで台風が襲来した。終戦間もない昭和 20 年（1945 年）9 月 17 日、昭和 9 年に襲来した室戸台風に匹敵する勢力の台風が枕崎付近に上陸した。枕崎台風である。その後も昭和 22 年（1947 年）9 月にはカスリーン台風、昭和 23 年（1948 年）9 月にはアイオン台風、昭和 25 年（1950 年）9 月にはジェーン台風、昭和 26 年（1951 年）10 月にはルース台風が相次いで接近・上陸し、全国各地に大きな被害をもたらした。また、昭和 21 年（1946 年）12 月には南海地震、昭和 23 年（1948 年）6 月には福井地震が発生し多くの犠牲者を出した。

昭和 20 年（1945 年）8 月 21 日、気象報道管制が解かれ、翌日には 3 年 8 か月ぶりに天気予報のラジオ放送が復活した。昭和 20 年（1945 年）8 月 28 日、連合国軍の先遣隊を乗せた大型輸送機が厚木に着陸し、30 日には連合国軍最高司令官マッカーサー元帥が到着する。9 月 22 日に開かれた中央気象台の企画会議では、気象事業再整備計画の方針として、「連合国の指令要請を迅速的確に充足す。」「食糧の増産、自給体制の確立、交通の保安及び災害の防止に関する協力を強化す。」など 5 項目に重点を置き、気象施設の再整備を進めることが決定される。10 月には連合国軍最高司令官総司令部（GHQ）から矢継ぎ早に指令が出され、新時代に適合するため「気象観測法」の大幅な改正、「国際気象通報式」の利用などが進められた。

昭和 21 年（1946 年）2 月には中央気象台に天気相談所を開設し、来訪者の応対や電話の応答などを行うようになった。同年 6 月には新潟測候所を管区気象台とし、9 管区制としている。また、終戦とともに広い海洋に資源を求める要請が高まっていたことから、海洋学や海上気象の観測や研究を行うとともに、海上気象通報を用いて海上の気象警報を発表することとした。このため、昭和 22 年（1947 年）4 月に舞鶴と長崎に海洋気象台を設置し、神戸（大正 9 年（1920 年）設置）、函館（昭和 17 年（1942 年）設置）と合わせて 4 海洋気象台と中央気象台とで、日本沿岸に設定した 5 つの海区を担当する体制が整った。

我が国は予報精度向上と海洋資源開発のため南方での定点観測（海洋上で観測船により定時に同じ位置で気象観測を実施）を希求していたが、航空路保安上の観点から北方での定点観測を行うことを前提に GHQ から観測船の運航許可を得たため、昭和 22 年（1947 年）10 月から昭和 28 年（1953 年）まで北方定点（北緯 39 度、東経 153 度）での観測を行いつつ、南

方定点（北緯 29 度、東経 135 度）での台風期間（5 月から 10 月まで）の観測を昭和 23 年（1948 年）8 月から開始した（海洋気象ブイロボット導入前の昭和 56 年（1981 年）まで継続）。この間、昭和 24 年（1949 年）11 月に、調査部が廃止されて「定点観測部」が設置されている。

この時代には台風や地震による自然災害が相次いだことから、それを踏まえた業務の拡大もあった。終戦直後の昭和 20 年（1945 年）9 月には枕崎台風が原爆投下間もない広島県を中心に大きな被害をもたらし、昭和 22 年（1947 年）9 月にはカスリーン台風、昭和 23 年（1948 年）9 月にはアイオン台風が襲来している。カスリーン台風によって利根川が決壊するなど東日本で大きな水害を受けたことから、昭和 23 年（1948 年）に「利根川洪水予報連絡会」が設立された。また、戦後の経済の安定・復興のために設立された経済安定本部が昭和 26 年（1951 年）に策定した特定地域の総合開発計画には、中央気象台の提案した「水理気象業務」が盛り込まれ、河川流域全体の雨量観測や連絡体制の確保などが体系的に行われるようになった。これは米国テネシー川の開発を模範としたものであった。

また、終戦前後にかけて、昭和 18 年（1943 年）9 月の鳥取地震、昭和 19 年（1944 年）12 月の東南海地震、昭和 20 年（1945 年）1 月の三河地震、昭和 21 年（1946 年）12 月の南海地震と、大きな地震が立て続けに発生し、各地で甚大な被害が発生していた。また、昭和 21 年（1946 年）4 月にアリューシャン列島で発生した地震によってハワイ諸島が大きな津波被害を受け、米国で津波警報組織が確立していたことも背景として、昭和 24 年（1949 年）10 月、GHQ から全国津波警報組織を 60 日以内に確立することが求められた。昭和三陸地震を契機に東北地方で整えられた津波警報組織を全国的な体制に発展させる形で、同年 12 月に「津波予報伝達総合計画」が閣議決定された。

一方、戦前・戦後で大きく膨れ上がった気象台の組織・人員は、昭和 22 年（1947 年）から昭和 24 年（1949 年）にかけての GHQ や大蔵省などとの協議を経て、「行政整理」と呼ばれた組織・人員の整理が行われた。その結果、昭和 23 年（1948 年）3 月及び 4 月に 25 の測候所・観測所を廃止し、昭和 24 年（1949 年）11 月には、中央気象台本台では調査部を廃止、予報部では長期予報課を廃止、9 管区気象台のうち新潟、名古屋、広島、高松を地方気象台とし、また 14 の測候所を廃止するとともに、1,400 名近くの人員整理が行われた。また、GHQ の指令により、昭和 26 年（1951 年）4 月、中央気象台気象技術官養成所は廃止され、気象台職員の再教育のみを行う機関として「中央気象台研修所」となった。

しかしながら、荒廃した国土の開発や産業の復興には気象業務は切り離せないことから、縮小された気象業務を側面から応援するとともに、気象知識の普及啓発を図るため、昭和 25 年（1950 年）に中央気象台の外郭団体として「気象協会」が財団法人として設立された。

戦時中に設置された中央気象台研究部は、多くが終戦当時長野県諏訪付近に疎開していたが、戦後間もなく、杉並区馬橋の陸軍気象部の跡に再建されることとなった。昭和 21 年（1946 年）2 月に研究部が再発足し、翌年 4 月に「気象研究所」となった。当時は物資・予算ともに厳しい時代であったが、第一級の学者・研究者が集められ、新しいラジオゾンデや気象レーダーの開発など、その後の気象業務の先駆けとなる研究が進められていくことになる。

また、終戦とともに未完成のまま工事が中断された松代大本営の跡地（現在の長野県長野市松代町）を利用して、昭和 22 年（1947 年）5 月に松代分室（翌年 2 月に「松代地震観測所」に改称）が設置された。

当時の気象台には海外や軍からの転入者も多く、当時の食糧事情もあり、旧陸軍の施設跡地などを活用し、昭和 21 年（1946 年）には全国各地に農業気象などの研究を行う産業気象研究所を創設した。しかし、翌年には GHQ などから農林省所管であるとの所見が示され、行政整理や農耕適地の地元への払い下げなどにより順次廃止された。

また、戦時中における気象の調査及び研究の成果として、中央気象台は昭和 21 年（1946 年）8 月に「研究速報」を刊行した。その後、昭和 23 年（1948 年）12 月の「測候時報」の復刊（戦時中に休刊していた）、昭和 24 年（1949 年）1 月の「研究時報」の創刊などもあり、同年 6 月の第 45 号をもって「研究速報」は廃刊となった。

昭和 26 年（1951 年）9 月、サンフランシスコ平和条約の調印が行われ、翌年 4 月の発効によって我が国の主権が回復した。このとき日本政府が行った宣言において、「世界気象機関条約」や「国際民間航空条約」などに加入する意思が表明され、所定の手続きを経て「世界気象機関（WMO）」及び「国際民間航空機関（ICAO）」にそれぞれ昭和 28 年（1953 年）9 月及び 10 月に加盟した。これにより、国内の法整備も必要となった。

戦前、気象業務は気象事業令により定められていたが、日本国憲法の施行に伴い昭和 22 年（1947 年）に「日本国憲法施行の際現に効力を有する命令の規定の効力等に関する法律」が制定され、失効されていた。戦後、気象災害が国家・社会的にも重要な問題になるに従い、昭和 23 年（1948 年）制定の「消防法」や昭和 24 年（1949 年）制定の「水防法」などにおいて気象業務が規定されたが、気象災害の影響が大きくなるにつれ、市町村長に気象情報を伝達する必要性が増大していた。このような国内外の情勢を踏まえ、気象業務の基本制度を確立することによって気象業務の発達を図り、公共の福祉の増進に寄与することを目的に、昭和 27 年（1952 年）5 月「気象業務法」が成立し、同年 12 月に施行された。

気象業務法によって整備された気象業務の下、当時頻発していた水害への対策を水理気象業務に加味して「水理水害対策気象業務」とし、従来の「気候観測（甲種観測）」に加え、昭和 28 年（1953 年）から、自記雨量計による観測と通報を行う「乙種観測」、「無線ロボット雨量計」による山地での雨量観測を展開していった。また、職員を配置した「気象通報所」も全国各地に設置され、観測・通報とともに無線ロボット雨量計の基地局の役割などを担った。戦後一旦廃止された観測所が、気象通報所となって観測を再開した地点もあった。さらに、昭和 28 年（1953 年）には気象研究所に気象レーダーの実験局を開設し、翌年 9 月に大阪管区気象台で実用化第 1 号となる気象レーダーの運用を開始した。

昭和 26 年（1951 年）、GHQ の指令により禁止されていた航空運送事業が再開されたことから、同年 9 月に千歳、羽田、伊丹、板付（福岡）の飛行場に「航空測候所」を設置した（ただし、設置当初は乗務員への気象情報の提示などにとどまり、観測や予報を行うのは昭和 30 年（1955 年）以降である）。昭和 28 年（1953 年）10 月の ICAO 加盟により国際航空気象業務を開始することから、同月に羽田航空測候所を「羽田航空地方気象台」とし、翌年 4 月に「国際航空気象無線放送（JMG 放送）」を開始する（現在ではこうした提供方式を「通報」として

いるが、通史では当時の表記の「放送」を用いる。以下同様)。

昭和 28 年（1953 年）2 月には 1 か月予報、3 か月予報作業などを行う予報課の体制が整い、農業分野からの要望もあり、中央気象台による季節予報の発表を順次再開した。以降も北海道地方や東北地方で冷害が発生し、季節予報への関心が高まったことから、昭和 29 年（1954 年）6 月には気象研究所分室として「季節予報研究室」を仙台管区気象台に設置した。

また、この時代は後の気象業務の発展を大きく支える数値予報の萌芽期でもあった。昭和 28 年（1953 年）6 月以降、東京大学正野重方教授の指導のもと、東京大学地球物理学教室、気象研究所及び中央気象台の有志によって大気大循環グループが発足し、論文の輪読等を行い、その後の研究会、更には後の数値予報業務に発展していく。

第二次世界大戦が終結しても国際情勢は穏やかでなく、東西冷戦が激化する。サンフランシスコ条約と同日に結ばれた日米安全保障条約により、GHQ の占領期間後も米軍が国内に駐留することとなった。

昭和 28 年（1953 年）4 月には、浅間山地域の米軍演習地指定が通告されたことを受け、激しい反対運動が巻き起こった。火山の災害防止に関する責任を遂行し得なくなることを憂慮した和達清夫は、中央気象台長として外務省へ善処の申し入れを、地震学会委員長として学会総会で反対決議を行い、火山観測所が演習予定地内に含まれる東京大学や地元軽井沢町等と同じく反対の立場をとった。その後日米関係者による現地調査等を経て、同年 7 月の日米合同委員会にて指定は取り下げられた。

米国とソ連による核兵器開発競争が繰り広げられ、昭和 29 年（1954 年）3 月にはビキニ環礁で行われた水爆実験により第五福竜丸が被曝した。その後の放射能観測の契機になり、関連研究が行われた。

一方、気象情報は日常生活に一層身近なものとなっていく。昭和 28 年（1953 年）2 月、NHK はテレビの本放送を開始した。開始当初には天気予報は毎日 1 回の放送であったが、昭和 30 年（1955 年）には毎日 2 回となり、その後も順次回数が増した。昭和 29 年（1954 年）9 月には日本電信電話公社が東京で自動応答電話による天気予報サービスを試行的に開始した。同年中には名古屋、大阪などでも開始され、その後全国に展開された（なお、電話番号が全国共通の「177」となったのは、昭和 39 年（1964 年）3 月のことである)。

このような世相の中、昭和 29 年（1954 年）9 月、急速に速度を上げ日本海を北上した台風により、函館港外で満員の乗客を乗せた青函連絡船洞爺丸が転覆した。洞爺丸台風である。この台風被害を受け、気象業務も大きな転換点を迎えることとなる。

昭和 30 年代の気象業務

～気象庁の誕生　数値予報のはじまり　伊勢湾台風・チリ地震津波～

昭和 31 年、「気象庁」が誕生した。我が国の官公庁で初めて大型電子計算機が導入され、数値予報の揺籃期を迎える。一方で、伊勢湾台風やチリ地震津波により甚大な被害が発生し、台風の観測予測体制や津波警報体制を強化する。また、昭和 38 年 1 月豪雪などをもたらした北半球規模の大寒波を契機に、世界的な異常気象への関心が高まり、集中的な観測や研究が行われた。

昭和 30 年代、戦後の復興が進む中、昭和 33 年（1958 年）9 月の狩野川台風、昭和 34 年（1959 年）9 月の伊勢湾台風、昭和 36 年（1961 年）9 月の第 2 室戸台風などの台風災害に加え、昭和 32 年（1957 年）7 月の諫早豪雨や昭和 39 年（1964 年）7 月山陰北陸豪雨などの豪雨災害にも度々見舞われた。また、昭和 35 年（1960 年）5 月のチリ地震津波や昭和 38 年（1963 年）1 月豪雪による被害も大きかった。

昭和 31 年（1956 年）7 月、中央気象台は「気象庁」に昇格し、運輸省の外局となった。気象業務法の成立によって気象台の法律上の責任が明確となり、気象業務の整備が着々と実現するのに伴い、機構の整備に対する要望が強まっていたこと、また、洞爺丸台風をはじめとする台風災害の頻発を受け、防災気象業務を重視した気象台の整備・拡充が強く要請されていたことなどが背景にある。昭和 30 年（1955 年）7 月には、水防法及び気象業務法が改正され、国管理河川において「洪水予報」を行うこと、国及び都道府県管理河川において「水防警報」を行うこととされ、洪水予報も気象業務法上の警報に位置づけられていた（なお、洪水予報は開始当初、利根川、木曽川など 14 河川のみを対象としていたが、その後順次拡大され、平成 14 年（2002 年）3 月以降は全国 109 の一級水系の全てを対象としている)。

「気象百年史」には、運輸省の外局として気象庁が設置されることとなったのは、測候時報第 23 巻「気象庁設置について」（古谷源吾、1956）を引用して、気象業務は諸現象を観測し、その成果を発表し、予報・警報を発表することが主目的であり、研究所とは異質の業務であること、気象事業は全国的なものであり、各級官署が一体となって災害の防除を中心としたサービスを行っており、内局としては業務量が多すぎることなどからと記されている。

気象庁昇格と同時に定点観測部が廃止されて「海洋気象部」が設置されている。同じく、「気象審議会」が設けられ、昭和 31 年（1956 年）10 月に第 1 回気象審議会が開催された。気象審議会では、気象事業の大綱や長期計画等について審議され、その都度答申が出され、気象事業を方向付けることとなった。

昭和 30 年（1955 年）3 月に、全国のさくらの開花予想の発表を開始した。また、第五福竜丸の被曝を受け、日本学術会議が設置した「放射線影響調査特別委員会」において、気象官

署が全国的な情報収集体制や継続した観測経験等があるとする和達清夫中央気象台長の意見などを踏まえ、中央気象台が放射能の常時観測を担うこととなった。このことから、昭和 30 年（1955 年）4 月から全国 15 か所の気象台・測候所、南方定点観測船及び海洋観測船で、雨及び雪の放射能、塵埃（ちり、ほこり）の放射能、海水の放射能の観測を開始した。

羽田航空地方気象台では、昭和 30 年（1955 年）5 月に予報業務が、同年 9 月には観測業務が米空軍気象隊羽田分遣隊から引渡され、昭和 32 年（1957 年）には伊丹航空測候所に、他の航空測候所にも順次、航空気象業務が引渡された。同年、羽田航空地方気象台を「東京航空地方気象台」に改称し、昭和 34 年（1959 年）3 月には東京飛行情報区に対し、航空機の運航に影響を及ぼす悪天が観測・予想される場合に空域気象情報（シグメット情報）を発表する気象監視業務を、5 月には航行中の航空機に向けたボルメット放送を開始した。また、同年 7 月には航空管制業務が我が国に引渡されたことを踏まえ、翌年 7 月、東京航空地方気象台に「管制気象課」を設置し、管制業務に必要な気象情報の提供等を行った。

昭和 33 年（1958 年）3 月には「気象無線模写放送（JMH 放送）」を開始した。これは国内及び国外の気象業務を行う機関並びに船舶等における利用を目的とする無線ファックス通報である。また、WMO は国際通信網の構築を進めており、昭和 36 年（1961 年）1 月には東京～ニューデリー間の、同年 3 月には東京～ワシントン間（ホノルル経由）の国際固定気象通信線が開通し、諸外国の気象データが迅速に得られるようになった。

この時代は、研究開発が続けられてきた数値予報の揺籃期でもあった。昭和 33 年（1958 年）に予報部に「電子計算室」を設置し、昭和 34 年（1959 年）3 月には国内の官公庁で初となる科学計算用の大型電子計算機 IBM704 を「数値解析予報システム（NAPS）」として本庁に整備したことで、4 月から数値予報業務を開始した。同年 6 月には現業数値予報モデルの運用を開始した。ただし、当時の数値予報は現場の予報官の信頼を得るには及ばず、その後の計算機技術の発展と数値モデルの開発が不可欠であった。季節予報についても、昭和 32 年（1957 年）から翌年にかけての IGY（後述）を契機として気象資料が充実したことから、昭和 33 年（1958 年）5 月に「長期予報管理官」を設置し、翌年には電子計算機の使用を開始した。

昭和 34 年（1959 年）9 月、戦後最大の台風といわれる伊勢湾台風が襲来し、伊勢湾周辺の高潮災害などにより、死者・行方不明者が 5,000 人を超える大災害となり、この災害を契機に、災害対策基本法が昭和 36 年（1961 年）に制定された。この災害を受け、気象庁においては、昭和 35 年（1960 年）に気象研究所に台風研究部を設置するとともに、高潮が発生しやすい内湾（東京湾、伊勢湾、大阪湾、有明海）での潮位観測の強化を図った。また、富士山頂に気象レーダーを整備する計画を進め、昭和 40 年（1965 年）3 月に完成した。

一方、昭和 34 年（1959 年）に全国的な津波警報体制が確立していた中で、昭和 35 年（1960 年）5 月 23 日 4 時 11 分（日本時間）に南米・チリで発生したマグニチュード 9.5 の地震により、翌 24 日、北海道から九州に至る太平洋沿岸一帯で大きな津波被害が発生した。24 日早朝に東北の太平洋沿岸を中心に潮位の変化が確認された旨は現地官署から管区、管区から気象庁本庁に連絡が入ったものの、津波警報を発表したのは日本への津波来襲後であった。この経験を踏まえ、遠地地震用の地震計や津波用遠隔検潮装置などの整備を行うとともに体制も強化した。

昭和 38 年（1963 年）1 月には北陸地方を中心に大雪となり、交通障害、集落の孤立、家屋の倒壊が相次いだ（昭和 38 年 1 月豪雪）。当時、北半球規模の大寒波が発生しており、この豪雪もその一環で発生したものとみられる。これを契機に世界的な異常気象に対する関心が高まった。気象庁では、気象研究所を中心に本庁、東京管区気象台、舞観海洋気象台、函館海洋気象台などの大がかりな体制による特別観測のほか、豪雪の研究や予報技術の検討が行われ、それらの結果は気象庁技術報告や調査報告などとしてまとめられている。

この時代、海洋気象観測船に関しては、昭和 35 年（1960 年）に長崎海洋気象台の長風丸（266 トン）、昭和 38 年（1963 年）に函館海洋気象台の高風丸（346 トン）、昭和 39 年（1964 年）に舞鶴海洋気象台の清風丸（355 トン）が相次いで建造され、気象庁の凌風丸（1,180 トン）、神戸海洋気象台の春風丸（150 トン）とともに、我が国周辺海域のみならず北西太平洋において広範な海洋気象観測を実施する体制が整った。

一方で、気象技術官養成所廃止（昭和 26 年（1951 年））の影響が現れ出し、高等教育を受けた気象技術者が不足し、一般大学卒業生の採用も思うように進まなくなっていたことから、昭和 34 年（1959 年）4 月、研修所に 2 年制の高等部を設置した。昭和 37 年（1962 年）4 月には「気象大学校」に改称し、2 年生の大学部と研修部を設置した。さらに、昭和 39 年（1964 年）4 月には大学部を 4 年制とした。

昭和 30 年代には、大規模な国際共同観測が 2 回行われている。

昭和 32 年（1957 年）7 月から翌年 12 月にかけて、太陽活動の極大期を狙った地球科学の総合観測が「国際地球観測年（IGY）」として実施された。これは明治 15 年（1882 年）からの第 1 回の国際極年観測、昭和 7 年（1932 年）からの第 2 回国際極年観測に次ぐ、3 回目の地球規模の観測であった。極東に位置する我が国は、東経 140 度の子午面に沿った重要な観測線上の断面観測の一部を担った。気象庁は高層気象やオゾンなどの観測、地震観測、地磁気観測、海洋観測などに参加した。また、IGY を契機として、昭和 32 年（1957 年）2 月に南極昭和基地における気象観測を開始した。

IGY の実施に向け、昭和 29 年（1954 年）、日本学術会議が政府に提出した要望書には、IGY は「全世界の協力によって電離層・高層気象・経緯度の変化およびそれらに関係する天文・物理・地球物理的諸現象を地球全面で同時に共同観測しようとするものである。その結果、自然界に関する人類知識の飛躍的発展が期待され、通信・航空・天気予報・災害防止その他への利用面における利益は、はかるべからざるものがあると思われる。」と記されている。この観測により、後の国際観測の素地が確立した。

昭和 39 年（1964 年）1 月から翌年 12 月にかけては、太陽活動の極小期を狙った「太陽活動極小期国際観測年（IQSY）」の観測が行われ、気象庁はオゾンゾンデ観測、IGY でも行った気象電気ゾンデ観測など特殊ゾンデによる観測や 10hPa（高度約 30km）までの高高度観測などに加え、昭和 39 年（1964 年）7 月から翌年 12 月までに鹿児島県肝属郡内之浦町（現在の肝付町）の宇宙空間観測所で東京大学の協力のもと、気象ロケットを用いたロケットゾンデによる超高層観測を行った。この期間中、東京航空地方気象台では 30hPa 天気図の解析を行い、成層圏突然昇温に関する様々な知見を得ている。

昭和 38 年（1963 年）4 月、スイスのジュネーブで世界気象会議（WMO 総会）が開催された。WMO 総会とは、4 年ごとに開催され WMO の事業計画等が審議される会議で、このときが第 4 回であった。

当時、米国とソ連による宇宙開発競争が激しさを増す中で、昭和 34 年（1959 年）第 14 回国連総会で「宇宙空間の平和利用に関する国際協力」と題する決議が採択され、昭和 36 年（1961 年）には WMO に対して気象業務における宇宙技術の利用可能性について報告が求められていた。これを受けて、第 4 回 WMO 総会において国際的な観測・予報業務の基礎となる「世界気象監視（WWW：World Weather Watch）」の概念が承認され、執行委員会に対し次回の WMO 総会までに WWW 計画案を示すことを命じた。のちに WWW は、国際的な気象業務の発展の根幹となる方向性を定めるとともに、国内の気象業務にも大きな変革をもたらすこととなる。

昭和 40 年代の気象業務

～相次ぐ集中豪雨　ADESS、レーダー観測網、AMeDAS の整備～

昭和 40 年代、集中豪雨が頻発する中で、情報通信技術の発達を踏まえ、「気象資料自動編集中継装置（ADESS）」や「地域気象観測システム（AMeDAS）」の運用、全国 20 か所の気象レーダー観測網の整備などによって豪雨の監視能力の向上を図った。これらはのちの我が国の気象業務を発展の礎となった。また、高度経済成長の過程で進行した環境汚染を踏まえ、大気汚染気象業務もはじまった。

昭和 40 年代は「集中豪雨」と呼ばれる豪雨災害が頻発した時代となった。主な豪雨災害として、昭和 42 年（1967 年）7 月豪雨、同年 8 月の羽越豪雨、様々な教訓を残した昭和 43 年（1968 年）8 月の飛騨川豪雨、昭和 47 年（1972 年）7 月豪雨などがある。また、昭和 41 年（1966 年）9 月の第 2 宮古島台風や昭和 43 年（1968 年）9 月の第 3 宮古島台風などの台風災害や、昭和 43 年（1968 年）5 月の十勝沖地震などが発生している。

昭和 40 年代の気象業務は、昭和 40 年（1965 年）3 月の富士山頂気象レーダーの完成とともに幕を開ける。この時代は情報通信技術が発達するとともに社会に浸透していった、いわゆる情報化時代の幕開けでもあった。気象業務においても、観測・データ処理分野で情報システムの導入が進められる。

昭和 42 年（1967 年）4 月、第 5 回 WMO 総会が開催され、「WWW（1968 ～ 1971 年）計画」が採択された。この計画において、我が国は「地区気象中枢（RMC）」と「地区通信中枢（RTH）」の役割を担うことになった。また、WWW 計画において「全球通信システム（GTS）」の気象主幹線として、ワシントン～東京～メルボルンを経路回線とする計画が進められた。

一方、国内においては、予報業務に必要な気象資料を迅速に集め、予報結果を関係機関に迅速・正確に通報するため、最新の情報通信技術を活用することは重要な課題であった。また、当時は昭和 30 年代に相次いだ空港の整備にあわせて各地の空港で航空気象業務を行っていたが、昭和 41 年（1966 年）には航空機の大事故が相次ぎ、主要空港では滑走路視距離（RVR）を観測要素に加えるなど航空気象観測の高度化が進められており、航空気象通信系の強化も必要であった。航空気象業務の拡充に伴い、昭和 42 年（1967 年）6 月には本庁に「航空気象管理課」を新設し、企画調整等の役割を企画課の航空気象班から移している。

このような国際的な役割と国内の課題に対応するため、「気象資料自動編集中継装置（ADESS）」の整備を進め、昭和 44 年（1969 年）3 月に運用を開始した。

昭和 46 年（1971 年）5 月には「公衆電気通信法」の改正により、公衆電話回線を用いて音声以外の信号により通信ができるようになった。また、当時比較的安価な準専用線の制度があり、一般向けファクシミリサービスの開始に向けた搬送波の改善に伴うファクシミリ送受画の質的向上が期待されていた。

昭和 46 年（1971 年）8 月には釧路に気象レーダーが整備され、昭和 28 年（1953 年）の始動から 19 年目にして、全国 20 か所の気象レーダー観測網が完成した。なお、この 20 か所には、本土復帰前の沖縄の 3 か所（沖縄、宮古島、石垣島）のレーダーも、台風監視等のための観測網として整備されたことから含めている。昭和 45 年度（1970 年度）からは「レーダー伝送業務」が開始され、昭和 49 年度（1974 年度）までに全国的な伝送網が整った。これは、レーダーの観測可能領域内にある地方予報区・府県予報区担当官署及び航空気象官署に、エコースケッチ図を公衆電話回線を用いて有線ファクシミリ伝送するシステムであり、レーダー情報の速報性と利用効果を高めることとなった。

また、従来の甲種観測所や乙種観測所などの各種観測所を整理統合するとともに、観測データを公衆電話回線により集配信する「地域気象観測システム（AMeDAS）」の構想が生まれた。有線ロボット気象計の実用試験や、観測データの自動集配信システムの運用試験を経て、昭和 49 年（1974 年）11 月に AMeDAS の運用を開始した。開始当初、観測要素は雨のみで、観測地点数は 923 地点であったが、その後、風・気温・日照の 3 要素の付加、気象官署や通報所のテレメータ化、4 要素観測所の新設を進め、昭和 54 年（1979 年）3 月には 1,316 地点の観測網が完成した。

計算機技術も時代とともに進歩しており、気象庁においても数値解析予報システムを昭和 42 年（1967 年）4 月に第 2 世代（NAPS2）、昭和 48 年（1973 年）8 月に第 3 世代（NAPS3）に更新するとともに、数値予報モデルの改良に力を注いだ。

一方、情報通信技術の導入と観測・予測能力の向上を踏まえ、昭和 47 年（1972 年）4 月に予報業務の系列化が行われ、測候所の業務が見直された。当時、地区や特区と称されていた予報区を担当する測候所が行っていた予報作成作業は地方気象台等が担い、これらの予報区を担当する測候所は予報解説業務が主要な任務となった。なお、地区のうち指定地区を担当する測候所（のちの分担気象官署）においては引き続き予報警報業務を行っている。

情報通信技術の導入によって気象業務が変革する中で、様々な自然災害にも直面した。

昭和 40 年（1965 年）10 月、台風の進路を避け島陰に漂泊していた、かつお・まぐろ漁船

7隻が遭難し、死者・行方不明者209人にのぼるマリアナ海域漁船集団遭難事件が発生した。昭和42年（1967年）3月の横浜地方海難審判庁の裁決では、「台風29号の予測困難な異常の発達による希有の荒天に遭遇したことに因って発生したものである。」と結論づけている。この事件を受け、気象庁では、海上予警報の精度向上とともに、その伝達の迅速化を図るため、昭和41年（1966年）12月に全国で20の漁業無線局に漁業気象連絡室を設置し担当官署とテレックス回線で結び、全般及び地方海上警報等を通報するとともに、漁船から海上実況報を収集する漁業気象通報業務を翌年4月から実施している。この通報業務は、伝達手段等を変えながら今日も続けられている。

昭和43年（1968年）8月には、岐阜県で大雨による土石流で観光バス2台が飛騨川に転落する事故が発生した。昭和49年（1974年）11月の名古屋高等裁判所判決では、道路管理者が気象台の発表する情報を十分に伝達し活用していなかったことが指摘された。一方、同判決には「自然現象の不可抗力と防災上の不可抗力とは別であり、自然現象の正確な予測は困難でも、それに応じた防災対策は立てられるはず」という趣旨の指摘もあった。気象庁内では、集中豪雨対策としての観測システムの整備に係る検討が進められるとともに、予報業務においても検討が続けられ、昭和47年（1972年）には「集中豪雨の当面の対策」としてまとめられた。集中豪雨予報の消極的態度の清算（空振りをおそれず豪雨予報を発表すること）、短時間雨量基準導入の確実な実施などが、全国気象官署に通知された。

地震分野については、地震学会有志からなる地震予知計画研究グループによって昭和37年（1962年）1月に「地震予知－現状とその推進計画」（通称「ブループリント」）がまとめられ、これを契機とした文部省測地学審議会の建議に基づき、昭和40年（1965年）から「第1次地震予知計画」による施設整備が進められた。ところが、同年8月からはじまった松代群発地震や昭和43年（1968年）5月の十勝沖地震により、地震予知に対する社会的な要請も高まり、昭和44年（1969年）から「第2次地震予知計画」が始動し、気象庁はそれまでより小さな地震の観測を行うこととなった。また、松代群発地震を契機として、昭和42年（1967年）2月にはこの地震に関する資料センターとして「松代地震センター」が設置された。

火山分野については、昭和31年（1956年）以降、火山観測体制の整備が順次進められてきたが、昭和37年（1962年）からは総合的・組織的な火山観測体制の整備に着手し、昭和40年（1965年）1月から「火山情報」の正式な提供を開始した。さらに、昭和48年（1973年）6月の文部省測地学審議会の建議に基づき、翌年6月、「火山噴火予知計画」の始動にあわせ、「火山噴火予知連絡会」を発足させた。

国際的には、昭和43年（1968年）にアジア太平洋経済社会委員会（ESCAP）とWMOが共同して、アジア太平洋地域の台風被害の軽減のための国際連携を企図した「台風委員会」を設立した。我が国は設立当初からこれに参加している（現在、14の国・地域が参加）。

この時代は、経済発展の負の側面が顕在化した時代でもあり、地域社会や地球規模の環境への関心が高まる時代であった。

我が国では、昭和30年代からの高度経済成長の過程で大気汚染や水質汚濁が進み、深刻な公害が発生しており、昭和42年（1967年）8月に「公害対策基本法」、翌年6月に「大気汚染防止法」が公布され、昭和46年（1971年）には総理府の外局として環境庁が設置されるに至った。都市及びその周辺において工場の煤煙や自動車排出ガスなどにより光化学スモッグの被害が深刻となっていたことを踏まえ、昭和46年（1971年）4月、気象庁は本庁と大阪管区気象台に「大気汚染気象センター」を設置し、大気汚染が発生しやすい気象状態となる可能性などを「大気汚染気象通報」として地方自治体に提供するとともに、光化学スモッグの発生しやすい気象条件が予想される場合の「スモッグ気象情報」の発表を開始した。その後、昭和52年（1977年）までに名古屋、広島、福岡、高松、札幌、仙台にも大気汚染気象センターを設置し、全国的な情報発表体制が確立した。

地球規模に目を向けると、世界的な気候変動と異常気象への関心の高まりから、国際学術連合会議（ICSU）とWMOが共同して「地球大気開発計画（GARP）」を立案し、昭和42年（1967年）の第5回WMO総会でその概念が承認された。GARPにはくつかの副計画があり、その一つとして日本周辺海洋上での「気団変質実験（AMTEX）」が我が国の主導の下、昭和48年（1973年）から昭和50年（1975年）の3か年計画で実施された。気象庁もGARPやAMTEXに参画しながら、気候変動や異常気象に関する観測や調査・研究に取り組んだ。

昭和47年（1972年）に世界各地で発生した干ばつ等による世界的な食糧需給の逼迫を契機として、気象庁は昭和48年（1973年）4月「近年の世界の気候について」として当面の見解を発表した。この報告書の反響は大きく、同年に「気候変動調査研究会」を発足させ、翌年3月には現地調査や文献、アンケート結果をとりまとめて「近年における世界の異常気象の実態調査とその長期見通しについて」（通称「異常気象レポート」。通史ではこの通称を用いる。）を刊行した。ここでは、二酸化炭素による温室効果などにも言及しつつも、「現代の気候変化の最も顕著な特徴は、1940年ごろから起こっている北半球の極地方を中心とする寒冷化の傾向である。」などと記述されており、当時の関心は地球の温暖化よりも寒冷化や冷害にあった。また、昭和49年（1974年）4月には長期予報管理官を改め「長期予報課」を設置している。

地球規模の気候監視も視野に入れた海洋観測のため、昭和41年（1966年）には、気象レーダーが搭載されるとともに、深海までの海洋観測を行うための機器も装備された「凌風丸（II世）」（1,599トン）が建造され、昭和42年（1967年）から東経137度定線観測を開始した。東経137度定線は日本南岸から赤道域に至り、北西太平洋の主要な海流を横断する観測線である。東経137度定線観測は、現在に至るまで50年以上にわたって綿々と継続される、世界に類を見ないものであり、その観測データは、水温・塩分等の観測データはエルニーニョ現象をはじめとする気候変動に関する長期変動を捉えており、長期変動の解析研究はもとより、国内外の地球温暖化予測モデルにおける海洋内部の変動の再現性検証等にとっても貴重なデータとして用いられている。

昭和44年（1969年）には、いわば洋上の気象観測所として、高層気象観測装置や気象レーダーなどを装備した「啓風丸」（1,795トン）も建造されている。本庁及び各海洋気象台所属の海洋気象観測船により、昭和46年（1971年）施行された「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律（海洋汚染防止法）」に基づき、翌年から日本近海及び北西太平洋における「海洋バックグランド汚染観測」を開始した。また、昭和45年（1970年）7月には岩手県気仙

郡三陸町綾里（現在の大船渡市）で「気象ロケット観測所」を設置し、気象ロケットを用いた超高層気象観測を開始した。

昭和 43 年（1968 年）6 月 26 日には小笠原諸島が、昭和 47 年（1972 年）5 月 15 日には沖縄が本土復帰を果たした。米軍施政下の沖縄で気象業務を担っていた「琉球気象庁」は、沖縄の本土復帰に伴い「沖縄気象台」となり、気象庁の組織として再発足することとなった（終戦から本土復帰までの琉球気象庁の記録は、部門史第 8 部に記している）。

この時代はまた、現代の気象業務の根幹を支える静止気象衛星の胎動の時代でもあった。

昭和 46 年（1971 年）4 月、第 6 回 WMO 総会が開催され、「WWW（1972 ～ 1975 年）計画」が採択された。この会議で、既に静止気象衛星による観測を開始していた米国に加え、フランスが静止気象衛星を打ち上げる計画を表明し（この計画は、後に欧州宇宙研究機構により実施）、のちの我が国の静止気象衛星打ち上げへとつながっていく。

気象庁は「気象衛星計画」を策定し、静止気象衛星の打上げに向け、昭和 48 年（1973 年）4 月に「気象衛星課」を発足させた（昭和 52 年（1977 年）4 月、総務部企画課「気象衛星室」に改組）。

昭和 50 年代の気象業務

～NWW と気象衛星　気候変動対策と東海地震予知～

昭和 50 年代、地域的・時間的にきめ細かい量的予報の提供を企図した「国内気象監視（NWW）」計画が進められ、のちの気象業務全般の発展の土台を築く。現在の天気予報でおなじみの降水確率予報や台風進路の予報円が導入されたのはこの時代である。静止気象衛星「ひまわり」の観測開始や「地震火山部」の設置もこの時代を象徴する。また、地球環境問題への危機感が世界的に高揚し、オゾン層保護や気候変動対策に資する業務も拡充した。

昭和 50 年代、国際的には WWW 計画が進められる中、気象庁においては日本版 WWW、すなわち National Weather Watch（NWW）の議論が興った。昭和 50 年（1975 年）6 月には、国内の「地域的気象監視システム（NWW システム）」の構想が示され、昭和 51 年（1976 年）に NWW の基本計画が発表される。この計画は、社会の要求に対して地域的・時間的にきめ細かい量的な予報を提供することを目的に、AMeDAS や気象レーダー観測網の構築、ADESS の運用開始、数値予報の進展を踏まえ、観測→伝送→加工→提供→利用の全処理の即時化のため、自動処理方式を最大限取入れようとするもので、のちの解析雨量、降水短時間予報、地方天気分布予報、地域時系列予報などに発展していく。

昭和 52 年（1977 年）から開始された NWW 計画は、当初 5 か年計画で進められていたが、その後も継続して進められていった。この計画を推進するため、NWW 委員会のもと、当初はシステム分科会、気象資料伝送分科会、電子計算機総合利用分科会の 3 つの分科会が設けられ、検討が行われた。のちに、情報の伝達・部外配信の総合的対応の検討のため、サービス分科会が設置されている。NWW 計画の推進においては、予報技術開発が重要であることから、予報技術開発部会が設けられ、NWW 予測技術開発管理委員会において、開発の進捗状況と施設整備状況を勘案し、開発の年次計画の見直しが毎年行われている。

NWW 計画において重要な役割を果たすものと期待されたレーダーエコーのデジタル化の研究が進められ、昭和 57 年度（1982 年度）以降順次、既設のレーダー装置にレーダーエコーデジタル化装置を付加することにより、デジタルデータとして集信され、高度処理が行われるようになっていく。

また、NWW 計画においては「最終製品型予測資料」と呼ばれた「天気予報ガイダンス」（単に「ガイダンス」ともいう。）は、数値予報結果から統計的な処理等を経て、予報作業に直接用いられる資料として作成された。ガイダンスとして、まず降雨確率、大雨確率及び雨量予想の 3 種類の「降水ガイダンス」の開発・検証・改良が進められた。

昭和 52 年（1977 年）6 月には初めて予報業務担当官署に「降水ガイダンス」を配信するなど、数値予報の応用技術も進展した。こうした技術の進展を受け、昭和 55 年（1980 年）6 月には東京で「降水確率予報」を開始し、その後全国に展開した。また、昭和 57 年（1982 年）6 月には台風進路予報に予報円方式が採用されるなど、技術の進展が気象情報の改善に活かされている。特に降水確率は、確率情報のはじまりであり、当初は理解されにくいものであったが、今では国民生活に定着している。

また、NWW 計画とともに WWW 計画も加味した「気象資料伝送網整備計画」により、本庁の C-ADESS 及び東京管内の情報通信を担当する東京 L-ADESS は昭和 56 年（1981 年）3 月から運用を開始した。その後も各管区 L-ADESS 等の整備が進められ、昭和 62 年（1987 年）3 月に運用開始した沖縄 L-ADESS の展開を以て完了している。昭和 57 年（1982 年）3 月には第 4 世代の数値解析予報システム（NAPS4）の運用が開始された。

AMeDAS 観測網は、昭和 54 年（1979 年）3 月に 1,316 地点となり完成をみた。昭和 55 年（1980 年）から順次更新・整備した「JMA-80 型地上気象観測装置（通称「80 型」）」においては、これまで自動観測ができていなかった気圧や日照時間の観測も、振動式気圧計や回転式日照計により自動化されるとともに、デジタル出力も可能となり、目視による観測項目を除いて、自動的に観測通報に取込まれる仕組みが導入された。

一方で、予報技術や情報通信技術の進展、観測網の整備を踏まえた業務の整理も行われた。昭和 51 年（1976 年）4 月に、それまで最も多い官署で 1 日 24 回の目視を含む観測・通報だった観測回数を 8 回通報とした。最も多い時期には全国 82 か所にあった気象通報所は、無線通報業務を行っていた 4 か所を除いて昭和 52 年（1977 年）までに順次廃止し、残る 4 か所も昭和 58 年（1983 年）4 月に廃止した。昭和 56 年（1981 年）4 月には 14 の測候所で夜間業務の地方気象台等への集約を行った（その後も L-ADESS の更新や 80 型地上気象観測装置の整備などを踏まえ、平成 3 年度（1991 年度）から平成 7 年度（1995 年度）にかけて、全国の測候所で同様の措置をとった）。

NWW 計画が進められた背景には、急速に進展する情報通信技術の活用とともに、気象庁の

人員構成に係る対応という側面もあった。昭和 50 年代初頭までは気象庁の定員も拡充傾向にあった。NWW 計画のもと気象観測・予報の場に、大規模で新しいシステムが導入され、地震・火山業務も大きく発展した時代であった。しかしその背景には、昭和 20 年代に大量採用した職員の多くが50代となり、数年以内に大量退職の時代を迎える危機感もあった。高層業務、レーダー業務、火山業務など年齢構成に極端な偏りのない分野もあった一方で、特に予報業務では職員の年齢的偏りが顕著で、このままでは予報官が不足することは明らかであった。また通信業務も 50 代の職員の比率が大きいことが指摘されていた。さらに、予報官への昇格が期待される予報業務に従事する 40 代の技術専門官が不足していたほか、各級の総合無線通信士として採用された職員の年齢構成の問題もあり、人事配置や早期登用で解決できる問題ではなかった。こうした状況を踏まえた対応策の一つとして、観測予報業務や通信業務を中心に、高度な経験を持つ職員の不足を埋め合わせる機械化・自動化が進められた面もある。

次代の気象業務の主要な柱となる我が国の静止気象衛星が軌道に乗ったことも、この時代を象徴している。昭和 52 年（1977 年）4 月、東京都清瀬市に衛星データの処理を担う「気象衛星センター」を設置するなど、着々と準備が進められ、同年 7 月、ついに静止気象衛星「ひまわり」が米国フロリダ州からデルタロケットにより打ち上げられた。翌年 4 月には衛星から見える地球全体を観測するフルディスク観測を開始した。南半球も含む広範囲の空からの雲の写真を 3 時間ごとに見ることができるようになったのは、画期的なことであった。

「ひまわり（初号機）」の打上げに先立つ昭和 50 年（1975 年）3 月、気象審議会で「気象衛星の長期構想について」が建議され、3 号機までの整備の構想が示されていた。昭和 56 年（1981 年）8 月には「ひまわり 2 号」が種子島宇宙センターから国産の N- Ⅱロケットにより打ち上げられ、昭和 59 年（1984 年）8 月には「ひまわり 3 号」が種子島宇宙センターから N ロケットで打ち上げられた。

昭和 54 年（1979 年）11 月、台風委員会において「台風業務実験（TOPEX）計画」が承認されると、気象庁も昭和 57 年（1982 年）から翌年にかけての実験に積極的に参画した。台風の監視に抜群の威力を発揮する静止気象衛星はここでも大きな貢献をした。昭和 59 年（1984 年）6 月からは、赤道以北・東経 140 度以西の台風について、衛星観測結果に基づく情報を東南アジア諸国に提供するなど、気象庁の主要な国際貢献へとつながっていく。

この時代は、地球環境問題への関心が一層高まる時代でもあった。

当時、地球規模の大気汚染や酸性雨への懸念が高まっていたことから、昭和 51 年（1976 年）1 月、WMO の「大気バックグランド汚染観測網（BAPMoN）」の一環として、綾里（岩手県）において、大気バックグランド汚染観測（降水・降下塵、大気混濁度）を開始した。

気候変動については、WMO が昭和 51 年（1976 年）6 月に「気候変動に関する WMO 声明」を発表し、昭和 54 年（1979 年）5 月に「世界気候計画（WCP）」を採択するなど、国際的に重要な課題と認識され始めた（昭和 40 年代の GARP の枠組は、WCP に組み込まれて発展的に解消した）。

こうした世界的な動向も踏まえ、気象庁は昭和 54 年（1979 年）11 月に関係省庁及び学識経験者からなる「気候問題懇談会」を開催した。昭和 55 年（1980 年）7 月には総務部企画課に「気候調査企画室」を設置した（翌年 4 月に「気候変動対策室」に改称）。さらに、昭和 56 年（1981 年）7 月には、行政機関が気候変動の影響を軽減・防止するのに役立つ気候情報を気象庁が提供することを目的に、12 の省庁が参加する「気候変動対策関係省庁連絡会」を設置した。昭和 54 年（1979 年）3 月に刊行した「異常気象レポート（Ⅱ）」は、第 1 巻に引き続き寒冷化に焦点が当てられたが、将来的に人間活動が気候に及ぼす影響として二酸化炭素の増加に注目すべきと報告されるなど、温暖化にも言及された。そして昭和 59 年（1984 年）3 月に刊行した「異常気象レポート（Ⅲ）」では、多くの外国気象機関が気候変動の要因として二酸化炭素を挙げ、今後、天候に対する社会の脆弱性が増大するとの見解を示したことが報告されるなど、明確に寒冷化から温暖化に軸足を移した内容となった。

我が国の南極観測隊に参加していた気象研究所研究官が昭和 57 年（1982 年）10 月に昭和基地におけるオゾン全量の大幅な低下（のちに、オゾンホールと呼ばれる現象であると判明）を発見したことを契機として、国際的なオゾン層保護の機運が高まり、昭和 60 年（1985 年）に「オゾン層の保護のためのウィーン条約」が、昭和 62 年（1987 年）に「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」が採択された。

こうした国際的な動向の中、我が国においても、気候変動やオゾン層をはじめとする地球環境問題に係る観測・情報発表等の体制が強化されていくこととなる。

昭和 49 年（1974 年）3 月、茨城県の筑波地区に研究学園都市を建設することが閣議決定され、国の研究教育機関の多くが移転することとなった。昭和 50 年（1975 年）4 月には茨城県北相馬郡利根町にあった「気象測器工場」（平成 8 年（1996 年）の組織再編により「気象測器検定試験センター」に改組）が、昭和 55 年（1980 年）6 月には東京都杉並区にあった気象研究所が、筑波研究学園都市に移転した。こうして、もともと同地に所在した高層気象台と合わせたつくば 3 官署体制が整った。

昭和 53 年（1978 年）5 月には新東京国際空港（成田）が開港し、昭和 55 年（1980 年）には我が国ではじめて、低視程時においても着陸が可能となるカテゴリーⅡの運用が開始される。同年 7 月に気象審議会答申第 14 号「今後の航空気象業務の整備に関する方策について」が示された。米国では昭和 50 年代前半に、日本でも昭和 50 年代後半に航空自由化のうねりがあり、航空産業が拡大・多様化するなかで、航空気象分野も充実が図られた。昭和 54 年度（1979 年度）に新東京及び千歳に空港気象レーダーを設置し、その後も航空地方気象台又は航空測候所がある空港に順次整備された。一方、昭和 50 年代前半、離島空港の新設が相次ぐことになり、定期便が少なく、飛行時間・距離が短く、航空局の機関が設置されない 11 の空港には、航空気象観測所を置き、空港管理者である地方公共団体等に観測・通報業務を委託した。

海上気象については、1970 年代に発生した海難事故を契機に沿岸における波の高さを計測する必要性が議論されていた。こうした中、気象庁は、昭和 46 年（1971 年）5 月の運輸技術審議会答申「波浪の観測および予報のシステム確立」に基づき、昭和 50 年（1975 年）に石廊崎（静岡県）に最初の波浪観測施設を整備したのち、昭和 59 年（1984 年）までに全国 11 地点の沿岸波浪観測体制を構築した。また、気象研究所において波浪計算モデル等の開発

を進め、昭和 52 年（1977 年）3 月に外洋波浪 24 時間予報 FAX 図の JMH 放送を開始した。

また、農業災害の防止軽減のため、従来から積雪寒冷地帯や台風常襲地帯に対して農業に関連する気象情報の提供を行っていたが、昭和 54 年（1979 年）からはこれを農業気象業務として全国的に拡充した。全国・地域・地方農業気象協議会等を通じて話し合いの場を設け、利用者側の要請に応えて「農業気象通報」や「農業気象公報」などの提供を開始している。

防災気象情報の拡充という観点でも萌芽的な動きがある。昭和 57 年（1982 年）7 月豪雨（長崎豪雨）を受け、翌年 10 月から「記録的短時間大雨情報」（通称「キロクアメ」。通史ではこの通称を用いる。）の発表を開始する。この豪雨については、気象庁技術報告としてまとめられており、「長崎豪雨を契機として警報の迅速な伝達、情報により注意を喚起するなどについて各方面で検討された」と記されている。当時、廣井修東京大学新聞研究所助教授は、住民のいわゆる「警報なれ」を防ぐため、警報より高いレベルの「スーパー警報」を出す必要があると考えたが、運用上の困難さなどから断念し、キロクアメの運用を開始することとなった。

地震分野に目を向けると、昭和 50 年代はプレートテクトニクス説が受容され、東海地震予知が注目された時代だった。昭和 51 年（1976 年）10 月に日本地震学会秋季大会において、いわゆる東海地震説が発表されると、たちまち世論が沸騰した。同月に内閣に「地震予知推進本部」が設置され、昭和 52 年（1977 年）4 月には地震予知推進本部が「東海地域の地震予知体制の整備について」を決定するとともに、東海地震判定会の第 1 回会合が開催された。昭和 53 年（1978 年）12 月には「大規模地震対策特別措置法」が施行され、「地震予知情報」の報告が気象庁の責務とされた。これを受けて昭和 54 年（1979 年）8 月に東海地震判定会は「地震防災対策強化地域判定会」に発展的に改組される。昭和 51 年（1976 年）4 月から地殻岩石ひずみの連続観測が開始され、さらに昭和 54 年（1979 年）4 月には海底地震常時監視システムの運用が開始されるなど、東海地域の観測が強化される。昭和 53 年（1978 年）11 月に気象審議会答申第 13 号「第 4 次地震予知計画に関する気象庁地震業務の将来計画について」が示された。このような背景を受け、地震のテレメータも、東海地震予知に関するものから徐々にはじまっていった。また、昭和 58 年（1983 年）5 月の日本海中部地震を受けて、以後、津波警報の迅速化に向けた取組が本格化する。

火山分野については、昭和 48 年（1973 年）7 月の「活動火山周辺地域における避難施設等の整備等に関する法律」が公布・施行され、昭和 52 年（1977 年）8 月の有珠山噴火等を受け昭和 53 年（1978 年）4 月に「活動火山対策特別措置法」として改正された。改正法では、火山観測施設等の整備、火山現象に関する情報の通報義務等が定められ、昭和 53 年（1978 年）12 月からは「火山活動情報」、「臨時火山情報」、「定期火山情報」の 3 種類の火山情報の発表業務を開始し、昭和 54 年（1979 年）から昭和 56 年（1981 年）にかけて、札幌・仙台・福岡の各管区気象台に「火山機動観測班」を置き、観測・分析・情報発信の体制が整うこととなった。

東海地震予知や火山の観測・監視体制が強化される中、昭和 58 年（1983 年）5 月に日本海中部地震が発生し、同年 10 月には三宅島の噴火等の災害が発生したことを背景に、地震火山災害に対する社会的要請や技術革新に適切に対応していくため、中央気象台から気象庁への昇格以降では初の新たな部として、昭和 59 年（1984 年）7 月に「地震火山部」を設置した。

民間気象事業にも草分け的な動きがみられた。昭和 52 年（1977 年）12 月には「財団法人日本気象協会」（昭和 41 年（1966 年）に気象協会から改称）が日本初の気象情報のオンライン提供（MICOS）を開始する。また、現在の「株式会社ウェザーニューズ」の前身である「オーシャンルーツ」の日本法人は、昭和 58 年（1983 年）4 月から放送局向けに「ひまわり」による衛星画像を提供するサービスを開始した。とはいえ、気象予報業務許可を受ける事業者は昭和 50 年代を通して 10 者内外であり、民間気象事業の役割はまだ限定的であった。

昭和 60 年～平成 6 年の気象業務

～数値予報の発展と官民の役割分担　北海道南西沖地震～

昭和 60 年（1985 年）から平成初期にかけて、数値予報技術の発展や気象データ利用の高度化を踏まえ、NWW 計画の下で観測・予測情報や防災気象情報の充実が図られた。雲仙普賢岳の噴火を受けて火山情報を体系化した一方で、北海道南西沖地震を受けて津波警報の更なる迅速化が求められるようになった。同時に、官民の役割分担が大きな議論を呼び、気象予報士制度の創設、予報業務の自由化が進められる。

平成 5 年（1993 年）8 月豪雨のほか台風や集中豪雨による災害が頻発している。平成 5 年（1993 年）7 月には北海道南西沖地震、昭和 61 年（1986 年）11 月には伊豆大島の噴火、平成 2 年（1990 年）から平成 7 年（1995 年）にかけての雲仙普賢岳の噴火などが発生している。この時代、昭和 50 年代からの各種計画等に基づき、各分野で業務が進展するとともに、こうした災害を踏まえた対応も行っている。

昭和 60 年（1985 年）から平成初期にかけては、気象の観測・解析システムが整う中、更なる情報改善が求められるとともに、数値予報資料の充実により予報業務への利用が進展した。

気象衛星観測については、昭和 59 年（1984 年）9 月から運用を開始した「ひまわり 3 号」による毎時観測が始まる。昭和 62 年（1987 年）3 月からは毎時の北半球観測（フルディスクの北側半分の観測）を追加し、北半球では当初の 3 時間ごとから毎時の観測データを得られるようになった。平成元年（1989 年）9 月 6 日に種子島宇宙センターから H-Ⅰロケットで打ち上げられた「ひまわり 4 号」は、運用期間中に大きなトラブルもなく、約 5 年半にわたり観測を継続した。

気象レーダー観測については、昭和 59 年（1984 年）10 月に「レーダー観測体制検討委員会」を設置し、気象レーダー観測網、常時監視のあり方及び自動化等についての具体的な検討が進められた。ここで示された方向性を踏まえ、レーダーをより観測環境の良い適地に配備することで、大雨等の面的な監視能力を向上させていく。東京都千代田区大手町の本庁に設置していた東京レーダーは、都市化の影響を踏まえ、平成元年（1989 年）に千葉県柏市（気象大学校構内）に移した。また、隔測化（無人化）が可能となったことを受け、平成 3 年（1991 年）

に新潟レーダー（弥彦山）の遠隔化を行い、続いて平成 4 年（1992 年）には函館レーダー（横津岳）、平成 6 年（1994 年）に石垣島レーダー（於茂登岳）、平成 7 年（1995 年）に札幌レーダー（毛無山）を観測環境の良い標高の高い山頂に移設した（これに伴い、宮古島レーダーは廃止された）。

また、昭和 61 年（1986 年）11 月には部外観測の雨量データのキロクアメへの利用を開始し、平成 3 年（1991 年）4 月からは東京都の雨量観測データをオンラインで気象庁に収集するなど、部外データの活用も進めていった。

この頃、鹿児島市を中心に大きな被害をもたらした平成 5 年（1993 年）8 月豪雨などを経て、スーパー警報の発表への期待が一層高まる中、長崎豪雨を契機に導入されたキロクアメをスーパー警報として扱う報道が出たことから、当時は顕著な現象が予測困難であることなども踏まえ「キロクアメはスーパー警報ではありません」という報道機関へのお知らせなども行っている。

平成 6 年（1994 年）6 月からは、レーダー・アメダス解析雨量を大雨警報やキロクアメに活用する。レーダー・アメダス解析雨量は、それまで局地的強雨を見逃さないことを第一に設計されていたが、大雨警報の頻発を招いたことから、解析精度の向上が強く求められ、順次改善が図られることとなる。

気象予測については、昭和 60 年（1985 年）4 月には気象庁に「数値予報課」を設置し、昭和 62 年（1987 年）12 月にはスーパーコンピュータを第 5 世代（NAPS5）に更新したことで、数値予報に基づく予報体制がますます強化される。同月には全球モデル（GSM）の試験運用を開始する。

天気予報については、昭和 60 年（1985 年）4 月より「地域細分発表」を開始し、昭和 62 年（1987 年）6 月からは警報・注意報も地域細分発表を開始した。さらに昭和 63 年（1988 年）4 月からは「降水短時間予報」が始まった。同年 10 月には週間天気予報が毎日発表されるようになり、平成 4 年（1992 年）3 月からは週間天気予報にも降水確率を追加した。

昭和 61 年（1986 年）5 月には気象審議会答申第 16 号「今後の台風進路予報のあり方」が示された。技術的発展に合わせ、平成元年（1989 年）7 月には台風 48 時間予報を開始し、同月には「太平洋台風センター」としての業務を開始した。また、平成 3 年（1991 年）4 月には、「ひまわり」による台風解析技術の高度化等を踏まえ、それまで 1000hPa の半径を台風の大きさとしていた基準から、強風域（風速 15m/s 以上）の大きさにするなど、台風の大きさ・強さの基準を気圧準拠から風速準拠に変更した。さらに、平成 4 年（1992 年）4 月からは「暴風域に入る確率」の提供も開始した。国際的には、TOPEX の実績を踏まえた台風委員会からの要請により、平成元年（1989 年）より WMO の「熱帯低気圧地区特別気象センター（RSMC）」の「東京台風センター」として、台風進路予報等の情報の台風委員会構成員に対する提供を開始した。

平成 5 年（1993 年）には、ICAO の枠組みのもと、「熱帯低気圧情報センター（TCAC）」として、アジア太平洋地域へ、航空機の運航に影響を与える台風などの熱帯低気圧の発達や進路に関する情報の提供を開始した。一方、当時の国内線運航便数の増加、国際便・国際チャーター便の増加等を踏まえ、同年度からは、航空気象予報業務についても予報作業の見直しと各級官署の役割分担等について検討が始まった。平成 6 年（1994 年）11 月には、NWW 計画にも示された複数空港の飛行場予報を遠隔的に作成する技術的可能性を評価するための業務実験を行っている。しかし、その実現には 10 年以上の歳月を要し、技術革新と関係者の工夫・尽力により、遠隔予報が開始されたのは平成 18 年（2006 年）4 月のことであった。

海上気象については、昭和 54 年（1979 年）6 月に結ばれた「1979 年の海上捜索救助に関する国際条約」が昭和 60 年（1985 年）6 月に発効し、海上安全に関する取組が国際的に進められた。この条約は、沿岸国が一定の海域について捜索救助の責任を分担するとともに、それぞれが協力し合うことにより、全世界的な海難救助体制の確立を目指すものである。我が国では同年 10 月に船位通報制度の運用が開始された。さらに、一定規模以上の船舶に GMDSS（Global Maritime Distress and Safety System）受信機の導入が進められることとなった。こうした動きを受け、海上保安庁は地方海上警報や津波警報等を中波帯で送信する NAVTEX で船舶に伝達することとし、気象庁もこれを受け、今日にいたる海上予警報の伝達体制が構築された。またこの流れと前後し、数値予報技術の導入を目指して、昭和 62 年（1987 年）10 月に海上予報区を設定して「海流予報」を開始した。また「数値海氷予報」を平成 2 年（1990 年）12 月から開始している。

この時代は、地震津波分野でも情報通信技術の活用が進んだ時代であり、地震観測データのテレメータ化、津波予報への情報システムの導入、震度観測の自動化などが進められた。

昭和 55 年（1980 年）以降、テレメータのデジタル化による地震観測データの集中処理が実現し、その後、昭和 58 年（1983 年）5 月の日本海中部地震を契機とした津波警報の更なる迅速化と確実な伝達に向けた取組が進む。これら取組を受け東海地震活動監視と地震津波監視機能を統合した「地震活動等総合監視システム（EPOS）」を昭和 62 年（1987 年）3 月に運用開始するとともに、各管区気象台等にも「地震津波監視システム（ETOS）」を順次整備し津波予報をはじめとする情報発表の迅速化、地震活動監視のための地震データ処理の高度化を図り、全国の地震津波業務の体制が整った。

しかし平成 5 年（1993 年）7 月に発生した北海道南西沖地震では、地震発生後約 5 分という、当時の処理システムが想定するよりも早いタイミングで津波警報（大津波）を発表したものの、奥尻島への津波到達に間に合わず、更なる迅速化が求められることとなった。平成 6 年（1994 年）4 月には全国の地震観測網を見直して、新たに「津波地震早期検知網」の運用を開始したほか、津波予測手法の抜本的改良も含めて警報の更なる迅速化を進めた。

これと相前後して、震度観測の自動化に向けた動きも始まる。昭和 63 年（1988 年）2 月に「震度観測検討委員会」の報告が取りまとめられ、平成 3 年（1991 年）より「計測震度計」による観測を開始した。平成 6 年（1994 年）10 月には気象審議会答申第 19 号「今後の地震・津波情報の高度化のあり方について」が示され、震度情報の提供と即時的情報の高度化に向けた取組が加速していくこととなる。

昭和 61 年（1986 年）伊豆大島の噴火においては、全島民 1 万人の避難が行われた。一方、平成 2 年（1990 年）11 月、雲仙普賢岳の噴火がはじまり、活動がおよそ 5 年間にわたり続いた。この間、火砕流とともに降雨時の土石流への警戒も続くこととなる。翌年 6 月 3 日の火砕流は、

戦後最大となる火山災害（当時）となった。また、この火山災害により、火砕流という用語とその恐ろしさを、多くの国民が知ることとなった。平成５年（1993 年）にはこれまでの火山活動情報を「緊急火山情報」に改称し、体系化した。

地球環境分野では、オゾン層の保護が進展し、気候変動に係る地球規模の観測・監視網や知見のとりまとめ体制が確立する一方、酸性雨問題の深刻化などもあった。

昭和 63 年（1988 年）５月に「オゾン層保護法」が制定され、気象庁はオゾン層の状況及び大気中における特定物質の濃度の状況を観測し、その成果を公表することとされた。平成元年（1989 年）５月には「オゾン層解析室」を設置し、翌年１月に綾里（岩手県）でフロン等の観測を開始した。

酸性雨についても社会的関心が高まり、特に中国大陸起源の酸性雨が報道等でも指摘されていた。気象庁では、BAPMoN による観測や、気象研究所による東アジア地域における酸性・酸性化物質の動態解明に関する研究により、酸性雨問題に対応した。

気候変動については、物理的機構の理解の進展や長期的な観測の蓄積により、危機感がますます高揚していた。昭和 63 年（1988 年）11 月、国連環境計画（UNEP）と WMO が共同して「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」を設立し、国際的に気候変動の知見をとりまとめる体制が整う。平成４年（1992 年）５月には「国連気候変動枠組条約（UNFCCC）」が採択され、さらに平成４年（1992 年）６月にブラジルのリオデジャネイロで開催された「地球サミット」を契機に、世界的にも地球環境問題への関心が一層高まった。気象庁は、IPCC や UNFCCC における議論に関係省庁と連携して参画するとともに、昭和 62 年（1987 年）１月には綾里で、平成５年（1993 年）３月には南鳥島で、WMO の BAPMoN の一環として二酸化炭素濃度の観測を開始した。平成２年（1990 年）10 月には、本庁において「WMO 温室効果ガス世界資料センター」としての業務を開始した。

この頃にはまた、気候変動に関わりのある様々な海洋データの観測・解析などの国際的な枠組（「熱帯海洋全球大気変動研究計画（TOGA）」など）が構築され、エルニーニョ現象が我が国や世界の気候に大きな影響を及ぼすことなどの知見が高まってきた。このため、平成４年（1992 年）４月に「エルニーニョ監視センター」を開設し、同年 10 月より「エルニーニョ監視速報」の発表を開始した。

この時代は、気象観測データが通信網で迅速に国際交換され、数値予報技術の進展も相まって、国内外で気象データの利活用に係る議論が行われた時代でもあった。

一部先進国の国家気象機関は、気象データを商業活動に活用しこれを国の歳入に充てる動きが出てきた。その観点から、国際的な気象データの無料・無制約の交換の原則に対して制約を加えようとする動きも生じてくる。この問題は、平成３年（1991 年）５月の第 11 回 WMO 総会で取り上げられた。WMO 執行理事会の下に置かれた気象・水文サービスの商業化に関する作業部会を中心に検討が行われ、平成７年（1995 年）５月の第 12 回 WMO 総会において、無料・無制約で交換すべき必須データを定義するなどした決議 40 が採択された。

国内では、行政改革・民営化の流れや、民間気象事業の拡大などを受けて、官民の役割分担を整理する必要が生じ、気象業務は大きな転換点を迎える。平成４年（1992 年）４月に気象審議会答申第 18 号「社会の高度情報化に適合する気象サービスのあり方について」が示された。同答申では、気象情報サービスのあり方や、現在に続く官民の役割分担に関する幅広い指摘・提言がなされている。これを受けて、翌年５月に気象業務法を一部改正し、気象予報士試験・登録制度を創設するとともに、指定試験機関を置くこととした。気象予報士制度の導入は、それまで気象庁のみが行うこととしていた一般向けの予報を、気象予報士を置いた予報許可事業者が独自の一般向けの予報を可能とするもので、「天気予報の自由化」とも呼ばれた。平成６年（1994 年）８月には第１回気象予報士試験が実施され、国民になじみの深い気象予報に関する公的資格として社会に定着していく。また、平成７年（1995 年）５月には、予報事業者に対して気象予報士を必置化した。さらに、民間気象事業の健全な発達を支援し、気象情報やデータ等を提供することなどを任務とする民間気象業務支援センターが設けられた。これにより、一般向けの独自予報を含め、民間気象事業者の業務範囲が大きく拡大することとなった。気象庁でも平成６年（1994 年）６月に「気象情報部外提供推進委員会」を置き、気象情報の部外提供を総合的かつ一体的に推進する体制を整えている。

平成７年～平成 16 年の気象業務

～阪神・淡路大震災と中央省庁再編　NWW 計画の完結とその後～

平成７年の阪神・淡路大震災を契機として、国民の防災意識が高まった。気象庁は地震観測網や震度情報の拡充を図るとともに、分布予報や時系列予報の開始を以て NWW 計画を完結させた。情報通信技術の著しい進展を踏まえて大規模な組織再編を行ったことに加え、中央省庁再編によって気象庁は国土交通省の外局となったことで、新たな体制の下で関係機関との連携が進められた。

平成７年（1995 年）１月 17 日、兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）が発生した。自然災害としては戦後最大の被害（当時）となり、この震災を契機に従来にも増して国民の防災に対する意識が向上する。そのため、気象庁の情報も防災へ活用される必要性が認識され、震度情報などの迅速化の流れが加速化する。

阪神・淡路大震災を受け、平成７年（1995 年）６月に「地震防災対策特別措置法」が成立し、同年７月に総理府に「地震調査研究推進本部」が設置された（現在は文部科学省に設置）。同本部での議論等を経て、国として全国で地震観測網の大幅な拡充が図られるとともに、気象庁、国土地理院、科学技術庁（防災科学技術研究所）、文部省（国立大学）等の間で新たな連携が進められた。これに伴い平成９年（1997 年）10 月から、微小な地震も含めた一元的な地震解析を気象庁が担うこととなる。こうした地震観測の拡充や地震学の知見の集約などを背景に、平成 10 年（1998 年）４月に地震調査研究推進本部地震調査委員会で余震の確率評価手法が整理され、気象庁の情報発表に活用されることになる。

当時、震度7は家屋の倒壊状況等を調査しなければ判定できず、兵庫県南部地震でも震度7と推定された地域の分布を公表するまで時間を要したことが、課題として認識された。そのため、気象庁は平成7年（1995年）3月に「震度問題検討会」を発足させ、同年11月にはその最終報告がとりまとめられた。これに基づき、平成8年（1996年）4月からは計測震度計による震度観測に完全移行するとともに、同年10月には震度階級が従来の8階級から10階級に改められ、最大となる震度7も迅速に計測できるようになった。また、消防庁の補助事業として地方公共団体による震度計の整備が進み、平成9年（1997年）11月からは自治体の震度計データも地震情報に取り込んで発表を開始した。また、兵庫県南部地震では神戸海洋気象台で観測した震度6を迅速に通報できなかったことを受け、データ収集体制の強化の観点から、衛星による震度データの収集が平成8年（1996年）4月から始まった。これにより、震度の情報の迅速かつ詳細な発表体制が整う。こうしたデータの迅速な送受信体制が、「ナウキャスト地震情報」（のちの「緊急地震速報」）の検討にもつながっていく。

また、当時はNWW計画の最終盤であり、情報システムの高度化と予報業務の改善もあわせて進められた。平成7年度（1995年度）末には、新しいC-ADESSと第6世代のスーパーコンピュータ（NAPS6）から構成される「気象資料総合処理システム（COSMETS）」を、気象衛星センターの敷地内に新たに建設された清瀬第二庁舎に整備し、運用を開始した。スーパーコンピュータの更新は8年ぶりであり、処理能力が飛躍的に向上した。これを受け、平成8年（1996年）3月には領域モデルの水平分解能が20kmとなったことで、NWW計画の主要な最終計画となる「地方天気分布予報」と「地域時系列予報」を開始するに至る。これらの新しい天気予報は数値予報結果を最大限活かしたもので、これに伴い、それまで行ってきた文章形式の地方天気予報などは終了することとなった。NWW計画はこうして幕を閉じたが、この計画で整備された各種システムは、その後の業務発展とともに機能が強化されていく。また、レーダー・アメダス解析雨量は、「土壌雨量指数」や「流域雨量指数」など、のちに大雨警報の発表基準となる各種の指数に、新しい天気予報も要素の追加や分解能の向上が図られ、より有効な気象情報へと各々の発展を遂げていく。

この時代はいわゆるIT革命の時代であり、インターネットや携帯電話が爆発的に普及し、地上デジタルテレビ放送も開始されるなど、情報の伝達手段が大きく変化していた。また、大量のデータに容易にアクセスできるようになったことに伴い、一次データのみならず付加価値のある情報がより重視されるようになった。防災体制の強化に加えて、国際的な懸念が一層高まる地球環境問題への対応も重要であり、情報通信技術の進展を踏まえて業務の更なる高度化を図る必要があった。

このような情勢を踏まえ、気象庁は平成8年（1996年）7月に大規模な組織改革を行った。阪神・淡路大震災を踏まえた防災体制の強化として総務部に「参事官」を設置するとともに、社会経済活動への情報の利活用を図るため総務部に「産業気象課」を設置した。また、世界的に関心が高まっていた地球環境問題を踏まえて「気候・海洋気象部」を設置し、従前の海洋気象部の業務に加え、気候に関する予報等の情報提供体制の強化を図るため「気候情報課」を同部に設置した。さらに、温室効果ガスやオゾン層など地球環境に係る観測と情報発信を一元的に担う「環境気象課」を観測部に設置した。一方、人の目による観測や機器の保守も効率化が可能となってきたことなどを背景に、平成9年（1997年）3月に5か所の測候所を廃止し「特別地域気象観測所」を設置したのを皮切りに、順次測候所の廃止を進めた（平成22年度（2010年度）までに、2か所を残して全国95か所を廃止）。

また、この時代には政府全体として改革が謳われ、その動向の中で気象業務が見直される場面もあった。平成10年（1998年）には「中央省庁等改革基本法」が成立し、その条文に「気象庁が行う気象情報の提供は国が行う必要があるものに限定するとともに、気象業務を行う民間事業者に対する規制は必要最小限のものとし、また、気象測器に対する検定等の機能は民間の主体性にゆだねること」と明記された。

また、同法に基づき内閣に設置された「中央省庁等改革推進本部」によって平成11年（1999年）4月に決定された方針などにより、各府省において政策評価部門を確立することが求められる。気象庁は平成12年（2000年）に「業務評価室」を設置し、翌年8月には外部有識者の意見・助言を受けるため「気象業務の評価に関する懇談会」の第1回会合を開催した。

平成12年（2000年）7月には気象審議会答申第21号「21世紀における気象業務のあり方」により、気象庁の役割は、基盤的な観測や予報の提供とこれを支える技術開発を強化するとともに、防災や国際協力に責任を果たすこととされた。あわせて、規制緩和等も行いつつ、官民連携による気象情報サービスの実現が示された。

さらに、平成13年（2001年）に中央省庁再編が行われ、建設省、運輸省、北海道開発庁及び国土庁が統合して国土交通省が誕生し、気象庁は国土交通省の外局となった。省庁再編は、様々な分野で省庁間連携が進む契機となり、気象庁も、土砂・河川・測地といったこれまで建設省が担っていた業務と連携を深めていくこととなる。

インターネットの普及により、多種多様な情報に容易に触れられるようになるにつれて、中央省庁の広報や説明責任も重視されるようになる。平成7年（1995年）6月には「今日の気象業務」（通称「気象白書」）の刊行を開始した。平成14年（2002年）に「気象業務はいま」に改称し、現在に至るまで毎年刊行している。

また、気象業務を分かりやすく国民に発信するため、平成8年（1996年）7月に「気象庁ホームページ」を開設した。平成14年（2002年）8月からは気象庁ホームページに警報等の掲載を開始した。平成9年（1997年）6月には、気象業務の紹介や防災知識の普及・啓発を目的として、本庁庁舎内に「気象科学館」を開館した。

さらに、平成13年（2001年）4月には気象庁のキャッチコピーとロゴマークが定められ、平成16年（2004年）6月にはマスコットキャラクター「はれるん」が誕生した。

民間事業者における気象データの利活用促進については、平成14年（2002年）1月に気象事業振興協議会、気象庁配信データ利用者協議会、産業気象利用者協議会を統合した「気象振興協議会」が発足するなど、民間気象事業の発展を支える土壌も整ってくる。他方、一般向けの独自予報を開放したにもかかわらず、予報業務許可事業者による気象関連事業の年間総売上は平成5年（1993年）の281億円以降、ほぼ300億円程度にとどまり、業界の拡大に向けた模索が始まる時期でもあった。

情報通信技術の急速な発展は気象業務のあらゆる分野に影響するが、この時代には情報をより早く、よりきめ細かく届けるだけでなく、より「使われる」情報への進化を目指すようになる。

平成8年(1996年)3月に運用を開始した第6世代のスーパーコンピュータ(NAPS6)により、前述の地方天気分布予報及び地域時系列予報とともに、力学的手法による1か月予報を開始した。平成9年(1997年)7月には台風の72時間進路予報を開始している。平成10年(1998年)1月には、地方天気分布予報の要素追加として、北海道・東北・北陸地方の「降雪量分布予報」を開始している。さらに、平成11年(1999年)9月には、地上系・衛星系の通信回線や伝達手段を充実させた「緊急防災情報ネットワーク」の運用が始まり、図形式情報や予報官コメントの提供も可能となった。なお、昭和20年代からVHF通信網が全国の気象台・測候所に順次整備され、官署間の無線電話等に活用されてきたが、緊急防災情報ネットワークの運用開始に伴い、地上回線途絶時の非常通信手段としての役割を民間の衛星通信サービスに移行した上で、廃止された。また、同年11月には、防災気象情報を支える技術開発も強化する観点から、「気象庁モデル技術開発推進本部」を設置した。さらに、平成12年度より大学・国立試験研究機関等の部外利用者に数値予報モデルを積極的に貸与することとし、平成13年(2001年)12月には、数値予報モデルを利用する研究者と気象庁のモデル開発者の交流の場として「数値予報研究開発プラットフォーム」を設置している。

平成13年(2001年)3月に運用を開始した第7世代のスーパーコンピュータ(NAPS7)では、メソ数値予報、週間アンサンブル数値予報及び季節アンサンブル予報の各システムの運用を開始した。これを受け、同月に降水短時間予報の予報時間を3時間先から6時間先に延長、海上悪天48時間予想図の発表開始、同年6月には台風の48時間強度予報、平成15年(2003年)6月には72時間強度予報を開始している。また、同年3月には力学的手法による3か月予報を、9月には力学的手法による暖・寒候期予報を開始している。さらに、都市型水害の頻発を受け、平成16年(2004年)6月には1時間先までの10分間雨量を予測する「降水ナウキャスト」の提供を開始し、リアルタイムに近い形での情報提供が行われることとなる。

このような技術開発や情報改善の一方で、平成9年(1997年)1月に発生したナホトカ号重油流出事故を受け、油の漂流等に関して海上保安庁が主管として対応する中で、中長期的な漂流予測は気象庁が担当することとなり、平成11年(1999年)10月から正式に業務として開始した。

また、平成11年(1999年)8月の神奈川県玄倉川水難事故などを受け、翌年6月には台風の強さ・大きさの表現を改め、「弱い」「小型」といった表現を廃止し、「弱い熱帯低気圧」は「熱帯低気圧」と表記することとした。平成12年(2000年)7月には、土壌雨量指数を活用し、大雨警報のより上位の表現として、「過去数年間で最も土砂災害の危険性が高まっている」旨の大雨警報発表を開始した。このように、より防災対応に資する情報発表が求められるようになり、防災気象情報が「使われる」ことへの意識が高まった。

平成13年(2001年)6月に水防法が改正され、洪水予報の対象を都道府県管理河川に拡大したほか、市町村の地域防災計画に洪水予報等の伝達方法等を記載することとなった。これを踏まえて平成16年(2004年)3月までに、いくつかの市区町村をまとめた二次細分区域の設定が全ての都道府県で完了し、きめ細かに警報・注意報を発表できるようになった。

一方で、いくつかの市区町村をまとめた二次細分区域の名称がわかりづらいとの指摘もあり、発表区分の更なる改善が求められた。平成11年(1999年)から平成13年(2001年)の「全国予報技術検討会」において、利用者の立場に立った防災情報の改善に向けた取組が検討され、市区町村単位での警報・注意報発表に向けた技術的な検討が本格的に開始された(のち、平成22年(2010年)に市町村単位の発表を開始する)。

平成14年(2002年)からは土砂災害警戒情報に関する検討も始まった。平成15年(2003年)6月には、気象庁が運営主体を担う「国土交通省防災情報提供センター」が開設され、防災気象情報と河川や道路等の情報をウェブ上であわせて確認できるようになった。

気象観測については、観測データの高度利用が進む中、時代に適合した観測体制への変貌を遂げていく。平成11年(1999年)10月にレーダー合成運用情報の配信を開始するなど、レーダー観測結果の更なる活用が図られた。平成13年(2001年)4月には、数値予報の精度向上に不可欠な上空の風を連続して観測できる「ウィンドプロファイラ観測網(WINDAS)」の運用を開始する。また、台風観測に威力を発揮してきた富士山レーダーは、気象衛星観測により代替可能となったことから平成11年(1999年)11月に運用を終えた。富士山レーダーの廃止に伴い、同地域の雨雲の観測を強化するため、静岡(牧之原)と長野(車山)に気象レーダーを新たに整備した。平成13年(2001年)3月には綾里(岩手県)で行っていた気象ロケット観測もその役割を終えた。なお、同地の大気バックグランド汚染観測(温室効果ガス等)は、平成8年(1996年)の組織再編により設置された「大気環境観測所」が担っている。

航空気象分野においては、平成6年(1994年)9月に関西国際空港が開港し、平成7年(1995年)2月、我が国で初となる空港気象ドップラーレーダー(DRAW)を整備した。その後、同年7月に新東京国際空港(成田)で、平成9年(1997年)5月に東京国際空港(羽田)でDRAWの運用を開始した。DRAWは、雨滴の移動速度により周辺の風を観測する装置であり、空港周辺のマイクロバーストなど低層ウィンドシアーを検出することを目的に整備した。羽田と成田のDRAWのデータを数値モデルに同化する実験が進められ、その有効性が示されたことから、のちに一般気象レーダーのドップラーレーダーへの移行につながることとなる。一方、雷は航空機の運航に重要な現象の一つであることからリアルタイムで監視できる「雷監視システム(LIDEN)」を整備し、平成12年(2000年)11月から航空関係機関へのデータ提供を開始している。

平成9年(1997年)からはICAOの枠組の下で、「航空路火山灰情報センター(VAAC)」として、航空機の運航に影響を与える火山噴火の監視と火山灰雲の実況・予測情報を東アジア・北西太平洋域等に提供している。

地震分野においては、平成5年(1993年)北海道南西沖地震を受けて、津波被害の軽減のため、津波警報等の更なる迅速化とともに、津波予報の内容と被害の関係を明確にすることなど、津波予報の一層の改善、精度向上が求められた。このことから計算機の性能向上等を背景として、従前の経験的予報手法から、数値計算モデルを用いた客観的予報手法を導入すべく技術開発を進め、平成11年(1999年)4月に量的津波予報を開始した。これに伴い全国を66

の予報区に細分化するとともに、津波の高さの予測や津波到達予想時刻などを発表できるようになり、改善・高度化した津波警報等発表が実現する。また、平成 16 年（2004 年）3 月には、「推計震度分布」の提供を開始した。平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震では、震度計による震度の発表を開始してから初めて震度 7 を観測した。

火山分野については、平成 12 年（2000 年）3 月からはじまった有珠山噴火や、同年 6 月からはじまった三宅島噴火でも現地での対応を行った。三宅島の噴火と多量の火山ガス（二酸化硫黄）放出に伴う避難が長期に及び、気象庁も火山ガス（二酸化硫黄）の広がりの見通し情報（後の火山ガス予報）を提供するなど防災対応を支援した。こうした状況を受け、平成 13 年（2001 年）10 月には、本庁と札幌、仙台、福岡管区気象台に「火山監視・情報センター」を設置し体制を整えた。

地球環境分野については、中央省庁再編により環境庁が環境省に昇格したことにも表れているように、国際的に危機感が一層高まっていた。特に気候変動に関しては、平成 9 年（1997 年）12 月に UNFCCC 第 3 回締約国会議（COP3）が京都で開催され「京都議定書」が採択されるなど、温室効果ガス排出削減のための国際的な枠組が整えられていく。

平成 8 年（1996 年）7 月には「地球温暖化予測情報」の提供を開始する。平成 9 年（1997 年）10 月には気象審議会答申第 20 号「今後の気候情報のあり方」が示され、気候予報の改善と気候情報の普及、地球温暖化予測情報の高度化、更なる国際的な取組が求められた。平成 11 年（1999 年）8 月から、地球規模の気候に大きく影響を及ぼす「エルニーニョ現象等の見通し情報」の発表を開始するとともに、平成 12 年（2000 年）からは、全世界の海洋の状況をリアルタイムで監視・把握する「ARGO（アルゴ）計画」に参加している。

また、日本の経済活動のグローバル化や緊急援助活動などへの対応として、世界各地で発生する異常気象の迅速な情報提供が求められるようになったことから、それまでの月単位の世界の天候に関する情報に加え、平成 12 年（2000 年）3 月には、週単位の「全球異常気象監視速報」の提供を開始した。さらに、当時、黄砂が我が国に飛来する日数が増加傾向にあり、航空機の運航への影響など社会生活の多様な面への影響が懸念されている中、気象研究所における研究成果等を受け、数値予報モデルによる黄砂を予測する技術的基盤が整ったことから、平成 16 年（2004 年）1 月に「黄砂に関する情報」の提供を開始した。

この時代、気象衛星観測に関して重大な出来事があった。平成 7 年（1995 年）6 月に運用を開始した静止気象衛星「ひまわり 5 号」の後継機は、航空ミッションと気象ミッション機能を併せ持つ運輸多目的衛星（MTSAT）に交代する計画であったが、平成 11 年（1999 年）11 月、運輸多目的衛星 1 号（MTSAT-1）を搭載した H-Ⅱロケットの不具合により打上げが失敗した。このため、当初 2 号とする計画だった機体を「運輸多目的衛星新 1 号（MTSAT-1R）」として製作を進めるとともに、「ひまわり 5 号」の観測運用を継続した。延命措置を続けてきた「ひまわり 5 号」だったが、観測運用の継続が困難になることが予想されたため、米国の静止気象衛星の予備機を借用したバックアップ観測について協議し、日米衛星間のバックアップ協力が開始されることとなった。これにより、西経 105 度の静止軌道上で待機運用していた米国の静止気象衛星「GOES-9 号」を、平成 14 年（2002 年）12 月から西太平洋上の東経 155 度に約 4 か月かけて移動させたのち、衛星や地上機器等の各種調整を経て、平成 15 年（2003 年）5 月 22 日 15 時から以後約 2 年間にわたり観測を実施した。次代の静止気象衛星の整備方針に大きな教訓を与えるとともに、気象業務における国際協力の重要性が改めて確認された出来事であった。

平成 17 年～平成 26 年の気象業務

～本格的ICT 時代と東日本大震災　防災官庁としての深化～

情報通信技術は目覚ましい進歩を続け、気象業務においても大容量データの迅速な処理が可能となり、「緊急地震速報」などを開始するとともに、情報システムの東西二中枢化により一層堅牢なシステムを構築した。しかし、平成 23 年に東日本大震災が発生し、津波情報の改善など新たな課題に直面する。相次ぐ豪雨災害や東日本大震災等を踏まえ、「特別警報」の創設など防災気象情報の充実・強化を図り、防災官庁の役割を深化していった。

平成 17 年（2005 年）からの 10 年間には、平成 23 年（2011 年）3 月の東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）をはじめ、平成 19 年（2007 年）3 月の能登半島地震、同年 7 月の新潟県中越沖地震、平成 20 年（2008 年）6 月の岩手・宮城内陸地震、平成 26 年（2014 年）9 月の御嶽山噴火など大きな地震津波・火山災害が発生した。また、平成 16 年（2004 年）には 10 個の台風が上陸し、7 月には新潟・福島豪雨や福井豪雨が発生しており、平成 18 年（2006 年）7 月豪雨、平成 20 年（2008 年）8 月末豪雨、平成 21 年（2009 年）7 月中国・九州北部豪雨など毎年のように名称を定める豪雨災害が発生している。一方、平成 18 年（2006 年）9 月には延岡市（宮崎県）、同年 11 月には佐呂間町（北海道）で、平成 24 年（2012 年）5 月にはつくば市、平成 25 年（2013 年）9 月にはさいたま市などで顕著な竜巻災害が発生した。また、この期間には名称を定めた平成 18 年（2006 年）豪雪もあった。

平成 17 年（2005 年）7 月、気象庁は本庁の組織改正を行った。総務部企画課気象衛星室を観測部「気象衛星課」とし、予報部業務課に「気象防災情報調整官」を置くなど、気象災害に対する一層効果的な観測・情報提供体制の構築を図った。地球環境問題に対して、気象庁として観測・監視・予測・情報提供体制を一層強化するため、気候・海洋気象部を母体として「地球環境・海洋部」を設置した。同部に「環境気象管理官」を置き、大気循環・海洋循環に加え物質循環も担当することにより、地球システム全体を一元的に監視・予測する体制とした。

地球環境問題は地球全体を脅かす喫緊の課題と認識されていた。オゾンホールの発見以来、オゾン層破壊に伴い生物に有害な紫外線が増加し、白内障や皮膚がんの発症率が増加することが危惧され、平成 14 年（2002 年）7 月に世界保健機関（WHO）や WMO 等は共同で「UV インデックスの運用ガイド」を刊行し、UV インデックスを活用した紫外線対策の実施を推奨した。我が国でも環境省が「紫外線保健指導マニュアル」を刊行したことを踏まえ、気象庁はこれまでのオゾン層の監視・予測技術や紫外線観測の成果に基づき、平成 17 年（2005 年）5

月に「紫外線情報」の提供を開始した。また、以前は工業地域やその周辺を中心に光化学スモッグが発生していたが、当時はより広範囲で光化学スモッグが発生し、越境大気汚染に対する関心も高まっていたことから、数値予報モデルによる広域大気汚染情報として、平成 22 年（2010 年）8 月に「全般スモッグ気象情報」の発表を開始した。

一方で、気象庁における放射能観測は、大気圏内核実験が終息したことなどを踏まえ、平成 18 年（2006 年）3 月に終了した。気候変動に関しては、平成 17 年（2005 年）5 月に「地球温暖化予測情報 第 6 巻」として、高解像度の「地域気候モデル」を用いた日本付近の詳細な 100 年後の気候変動予測を公表した。また、同年 10 月に海洋に関する様々な情報を一覧できるよう「海洋の健康診断表」の運用を開始した。平成 18 年（2006 年）6 月からは「気象庁長期再解析 JRA-25」の提供を開始し、国内外の気候変動研究に貢献している。平成 19 年（2007 年）2 月には IPCC 第 4 次評価報告書の第 1 作業部会報告書が公表され、「気候システムの温暖化には疑う余地がない」との見解が示され、温室効果ガス排出削減のための国際的な取組を加速させる。

平成 20 年（2008 年）3 月には、おおむね 1 週先から 2 週先の期間に極端な高温又は低温が予想される場合の「異常天候早期警戒情報」の発表を開始した。また、平成 18 年（2006 年）豪雪を契機として、平成 19 年（2007 年）6 月に「異常気象分析検討会」を開催し、社会経済に大きな影響を与える異常気象が発生した場合に、大学・研究機関等の専門家の協力を得て、最新の科学的知見に基づく分析検討を行い、その発生要因等に関する見解を迅速に公表する体制を整えた。その後も、猛暑や暖冬、豪雨など大気大循環の異常が主な要因となる持続した異常気象が発生した場合に分析検討を行い、その結果を公表している。

平成 22 年（2010 年）4 月には、北西太平洋での二酸化炭素関連物質の観測等を強化するため、函館海洋気象台所属の高風丸、舞鶴海洋気象台所属の清風丸、長崎海洋気象台所属の長風丸の 3 隻を廃船とし、遠洋航海が可能な大型船 2 隻（凌風丸及び啓風丸）による効率的な運航体制へ移行し、本庁で一元的かつ機動的に海洋観測を行う体制を整えた。

情報通信技術は時代を経るごとに目覚ましい発展を遂げており、社会・経済はいわゆる ICT 時代に突入する。2000 年代後半頃からは、スマートフォンの普及やソーシャル・ネットワーキング・サービス（SNS）の流行などにより、多種多様な情報がますます身の回りにあふれるようになり、情報取得の手段も変容する。

観測データの集中・集約処理も大きく進展することになる。それまで管区気象台等に整備していた L-ADESS を「東西二中枢」とする計画を進め、平成 17 年（2005 年）10 月には、C-ADESS と札幌・仙台・東京の L-ADESS の中枢機能を統合した「東日本アデス」が運用をはじめる。平成 20 年（2008 年）3 月には大阪・福岡・沖縄の L-ADESS の中枢機能を統合した「西日本アデス」が運用をはじめ、これで BCP 機能も持つ東西二中枢システムが完成する。平成 17 年（2005 年）の東日本アデスの運用開始に合わせ「国内基盤通信網」を構築している。これまでの通常系・バックアップ系ではなく、異なる通信事業者による常時 2 経路（A 網・B 網）とし、コストパフォーマンスの向上、障害時の経路切替え時間の短縮などを図った。この通信網は、のちに東日本大震災においても大部分の通信が確保され、堅牢な情報通信基盤であることが示された。また、平成 11 年（1999 年）に運用を開始した緊急防災情報ネットワークは、大規模な災害においては専用回線や公衆回線網等の様々な通信サービスの途絶や輻輳が想定されており、東日本大震災の際には緊急連絡用衛星電話として活躍した。

情報通信機能の集約に伴い、気象業務の各分野においても情報処理システムの整備や情報改善が進められる。

気象観測の分野においては、気象レーダーやアメダスデータ等の処理を本庁システムで行うことができるようになった。平成 17 年（2005 年）には「気象レーダー観測処理システム（ROPS）」を整備し、東日本に設置しているレーダーの、平成 20 年（2008 年）には西日本に設置しているレーダーの遠隔監視・制御を本庁でできるようになった。地上気象観測や AMeDAS についても「アメダスデータ等統合処理システム」を平成 20 年（2008 年）に整備し、効率性・柔軟性を確保したシステムとなった。また、高層気象観測に関しては、当時既に八丈島、南大東島、石垣島、名瀬の各観測点においても「集合型 GPS 高層気象観測装置」（自動放球装置（ABL））が整備されており、本庁での制御が可能となった。

一方で、気象研究所で長く行われてきた気象ドップラーレーダーの研究成果や、航空気象業務において DRAW による豪雨予測への有効性が確認されたことを踏まえ、平成 17 年（2005 年）に東京レーダー（柏）を皮切りに、順次ドップラーレーダーへの更新・整備を進めた。そうした中、平成 18 年（2006 年）9 月の延岡市、同年 11 月の佐呂間町の竜巻災害を受け、竜巻の親雲の内部にあるメソサイクロンを検知するため、ドップラーレーダーの整備を一挙に進めるとともに、平成 20 年（2008 年）3 月に「竜巻注意情報」の発表を開始した。また、平成 22 年（2010 年）5 月に「雷ナウキャスト」及び「竜巻発生確度ナウキャスト」の発表を開始した。

あわせて、気象情報の改善も進められた。平成 17 年（2005 年）9 月には「土砂災害警戒情報」の提供を鹿児島県で開始し、平成 20 年（2008 年）3 月にかけて各都道府県との共同発表を順次全国に拡充する。平成 19 年（2007 年）4 月には、国が発表する洪水予報がレベル化された。台風に関しては、平成 17 年（2005 年）6 月に 24 時間以内に台風になると予想した熱帯低気圧の情報の提供を開始し、平成 21 年（2009 年）4 月には台風進路予報の予報期間を 120 時間に延長した。また、平成 22 年（2010 年）5 月には、警報・注意報の発表単位である二次細分区域を市区町村単位に変更している。

航空気象分野においては、航空気象の各種情報を航空利用者がインターネットで閲覧できる「航空気象情報提供システム（MetAir）」の運用を平成 17 年（2005 年）10 月に開始した。また、平成 20 年度（2008 年度）からの 2 か年計画で DRAW、LIDEN 及び航空地上観測データを総合的に集約処理運用する「航空気象実況データ収集処理システム（ALIS）」からなる「航空気象観測統合処理システム」を整備し、航空路及び各空港周辺域における気象情報の高度化を図った。これにより、航空交通の増大・過密化する中、安全で効率的な運航に影響する悪天に関する一層的確な情報提供が可能となった。

一方で、拡大する航空需要に対応するため、航空管制における航空交通管理構想が進められ、きめ細かな予測情報を効率的に提供することが求められたことから、航空予報業務の集約についても検討してきた。福岡航空交通管制部に設置された「航空交通管理（ATM）センター」

において、平成 17 年（2005 年）10 月から洋上管制業務も行うこととなり、気象庁は ATM センターと同じ場所に「航空交通気象センター（ATMetC）」を置き、航空交通管理に必要な予測資料の提供や口頭解説を行うこととした。また、翌年 2 月からは、東京飛行情報区と那覇飛行情報区の統合によって新たに誕生した福岡飛行情報区に対してシグメット情報を発表している。平成 18 年（2006 年）4 月からは気象庁本庁を「全国航空気象予報中枢」に、新千歳・仙台・東京国際・関西国際・福岡・那覇の航空気象官署を「地域航空気象官署」に位置付け、その域内の空港出張所・分室をその系列下に置き、従来は各空港において行っていた飛行場予報を、地域航空気象官署において実施することとした。

東京国際空港（羽田）では D 滑走路の建設が進む中、格納庫群の影響とみられる下層乱気流（ハンガーウェーブ）が着陸時の課題となっていた。そうした中、東京国際空港に我が国初めてとなる空港気象ドップラーライダーを整備し、平成 19 年（2007 年）4 月より関係機関へのデータ提供を開始した。このドップラーライダーは非降水時での観測ができることから、DRAW のデータと合わせることにより、天候に関わりなく低層ウィンドシアー情報を提供するシステムを整備し、翌年 7 月から情報の提供を行った。このシステムは、平成 20 年（2008 年）4 月には成田国際空港で、平成 23 年（2011 年）8 月には関西国際空港でも運用を開始した。

また、平成 13 年（2001 年）に発効した WMO 技術規則第 II 巻/ICAO 第 3 附属書「国際航空のための気象業務」において、「航空気象業務に品質マネジメントシステム（QMS）」を導入し、利用者へ提供される気象情報を保証するよう勧告がなされたことを受け、平成 22 年（2010 年）4 月から気象庁航空気象部門に QMS を導入した。

地震分野においては、平成 19 年（2007 年）3 月に「緊急地震速報」の本運用開始に係る検討会最終報告を公表すると、同月に「気象庁緊急地震速報一般提供に向けた周知・広報推進本部」を設置するなど、大規模なキャンペーンを行って国民への周知広報を進め、同年 10 月に緊急地震速報の一般提供を開始した。緊急地震速報は、周知広報等を通じて短期間のうちに国民に定着することとなった。同年 12 月には気象業務法の一部改正により、気象庁は地震・火山現象の予報及び警報を実施することとされ、緊急地震速報は地震動予報及び警報に位置付けられた。また、平成 21 年（2009 年）3 月の EPOS の更新整備により、津波予報等の発表は、全国を担当区域とする本庁及び大阪管区気象台の現業（2 中枢）で一元的に実施することとなった。平成 16 年（2004 年）12 月のスマトラ島沖地震等を受け、翌年 3 月にインド洋沿岸各国に対する暫定的な津波監視情報の提供を開始したほか、平成 17 年（2005 年）3 月に「北西太平洋津波情報センター」として国際的な津波情報の提供体制を整えるなど、国際的にも貢献している。

火山分野においては、平成 19 年（2007 年）12 月には火山現象の予報及び警報が創設され、活火山を対象に警報又は予報の発表を開始した。同時に、16 の火山に対して、火山活動の状況に応じた警戒が必要な範囲と自治体等の防災対応とを関連づけた「噴火警戒レベル」が導入された。噴火警戒レベル導入火山は、火山ごとに組織される「火山防災協議会」において地元関係機関と協議を進め、順次拡充した。また、数値予報の結果を用いた桜島上空の風向風速の予報値の提供を昭和 60 年（1985 年）から行っていたが、火山灰の拡散・降下等の予測技術の開発を進めたことで、平成 20 年（2008 年）3 月より「降灰予報」として全国の活火山を対象に提供を開始した。

各分野の業務における観測網が大型化し、業務の自動化・効率化が進む中、課題も生じた。平成 20 年（2008 年）の岩手県沿岸北部の地震で不適切な震度発表を行ったことなどを踏まえ、平成 22 年（2010 年）3 月に震度観測点 1,288 点全ての設置環境調査を行い、29 の震度観測点の発表が取りやめとなった。また、同年に京田辺のアメダスで観測が適切に実施できず観測値を取り消す事態が発生し、観測環境の緊急点検を実施した。同年 6 月には、火山観測が行政事業レビューの公開プロセスを受けたが、単なる火山観測業務に留まらず、気象庁の「観測点管理のあり方」が問われたと言える。気象庁では、平成 20 年（2008 年）4 月に「気象庁本庁業務継続計画」を策定するとともに、同年 6 月に「気象庁業務信頼性向上対策本部」を設置し、観測点管理の徹底をはじめとして確実な業務遂行の体制も整えている。

防災関係機関との連携も進められた。平成 16 年（2004 年）から翌年にかけて内閣府で開催された「集中豪雨時等における情報伝達及び高齢者等の避難支援に関する検討会」の報告を受けて、翌年 6 月に、気象官署と市町村等との間でホットライン等を通じて相互に情報交換できる体制の構築、緊急時において都道府県と連携して市町村を支援するための都道府県災害対策本部等へ対応要員の派遣、警報等の発表基準が避難勧告等の発令の指標となるよう精査が行われることとなった。平成 17 年（2005 年）からは災害時自然現象報告書に地方自治体の災害対策本部への職員の派遣状況を記載している。また、平成 18 年（2006 年）3 月に「気象庁本庁災害対策要領」を策定した。

平成 18 年（2006 年）5 月には、防災気象情報の迅速かつ確実な伝達のため、インターネットを活用した市町村等への防災気象情報の提供を開始するとともに、平成 19 年（2007 年）3 月に「防災情報提供システム」の運用を開始し、市町村の担当者や自主防災組織などの地域防災リーダーなどと防災気象情報を共有できる体制を構築した。

平成 18 年（2006 年）11 月には、国土交通省河川局や都道府県等の雨量計データ、国土交通省のレーダーを取り入れることに伴い、「レーダー・アメダス解析雨量」の名称を「解析雨量」に変更し、平成 20 年（2008 年）3 月には国土交通省と気象庁のレーダーの統合が完了した。また、平成 19 年（2007 年）9 月には、国土地理院が運用する GPS 連続観測システム（平成 24 年（2012 年）に GNSS 連続観測システムに改名）の電子基準点で観測した GPS 衛星データと衛星軌道情報等を用いて、全国約 800 地点（現在、約 1,300 地点）の GPS 可降水量を 30 分ごとに推定する「GPS 可降水量解析装置」を整備し、実況監視や数値予報モデルへの利用を開始した。このように国土交通省各局との連携が進んでいった。

平成 20 年（2008 年）4 月に「国土交通省緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）」が創設され気象庁もこれに加わった。平成 21 年（2009 年）10 月には「気象庁機動調査班（JMA-MOT）」を創設し、災害時に機動的かつ円滑な調査観測や解説を行うこととなった。平時の取組としても、平成 19 年（2007 年）4 月から福岡管区気象台と北九州市消防局で人事交流が始まるなど、地方自治体との人事面でのつながりも多くなった。

防災関係機関との連携が深められる中、平成 20 年（2008 年）7 月の兵庫県神戸市の都賀

川水難事故や、同年 8 月の東京都豊島区雑司ヶ谷の大雨に代表されるような、局地的な大雨への対応が課題となる。平成 21 年（2009 年）6 月の交通政策審議会気象分科会（以下、通史では「気象分科会」と略す。）提言「局地的な大雨による被害の軽減に向けた気象業務のあり方について」を踏まえ、ROPS の改良等により、平成 23 年（2011 年）3 月に降水ナウキャストの発表間隔を 10 分から 5 分に短縮するなど、時空間的によりきめ細かな情報発信を行うようになる。また、平成 23 年（2011 年）1 月に霧島山（新燃岳）が噴火した際には、関係機関と連携して政府支援チームとして対応にあたった。

なお、気象庁の知見が防災以外の面で活用される場面もあった。平成 17 年（2005 年）12 月に発生した羽越本線脱線事故では、突風がその主因とされたことから、気象庁職員が鉄道事故調査官に任命されるなどし、気象庁は事故原因の究明等にも参画した。平成 18 年（2006 年）に北朝鮮が地下核実験を実施した際、気象庁は自然地震でない可能性のある震動波形の解析と分析を行った。

気象庁本庁・地方支分部局が防災に舵を切る中で、気象研究所についてはかねてより独立行政法人化の議論があり、平成 20 年（2008 年）2 月には独立行政法人化法案を閣議決定する（翌年 1 月に再決定）。結局同法案は廃案となったが、施設等機関のあり方に議論を投げかけた。研究分野においても、平成 19 年（2007 年）7 月には日本気象学会と「気象庁データを利用した気象に関する研究」を共同実施するなど、他機関との共同研究が増している。

また、民間気象事業者もより多様かつ高品質なサービスを展開する。平成 19 年（2007 年）1 月には日本気象協会が独自の桜開花予想をスタートしたことを受け、国として役割を終えた業務は民間の手に委ねることとし、平成 20 年（2008 年）7 月に関東地方の紅葉の見ごろ予想の発表を、平成 21 年（2009 年）12 月にさくらの開花予想の発表を終了した。また、平成 19 年（2007 年）12 月に地震動の予報業務許可制度ができると、地象の予報許可事業者数が大きく増えるなど、気象以外の分野でも民間の活躍する分野が広がっている。都賀川水難事故等を契機とした局地的な大雨への緊急的な対応として、地方自治体や民間気象事業者が防災気象情報に関する携帯電話サービス等を行っていることを気象庁ホームページ等で紹介する取組もはじめている。

平成 23 年（2011 年）3 月 11 日、東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）が発生し、自然災害として戦後最大となる甚大な被害が発生した。東北地方太平洋沖地震によるゆれや津波に対して、当時の技術あるいは知見から可能な限りの範囲において情報を発表できたものの、現実には発生した地震があまりにも大きく、我々の保有する技術がこのような大きな自然の脅威に対して力が十分及ばなかった。例えば、第 1 報では津波の高さを大幅に過小に評価して津波警報を発表することとなった。同年 9 月に「津波警報の改善の方向性」について、翌年 2 月に「津波警報の発表基準等と情報文のあり方」に関して、有識者からの提言が行われた。これを受け、それまでの「津波警報（大津波）」について、一般にも広く用いられている「大津波警報」の表記を使用するとともに（平成 25 年（2013 年）3 月に正式に名称変更）、「巨大」等の定性表現での津波警報の発表を開始した。平成 24 年（2012 年）12 月にブイ式海底津波計の津波警報への活用を開始するとともに、他の研究機関が運用管理する海底地震津波観測網のデータも津波警報や緊急地震速報に順次取り込んでいる。また、東北地方太平洋沖地震では震源域から遠く離れた場所でも長周期地震動による被害が生じたことを受け、平成 25 年（2013 年）3 月に「長周期地震動観測情報」の試行的発表を開始した。

東日本大震災と同年には、平成 23 年（2011 年）台風第 12 号による豪雨災害（通称「紀伊半島豪雨」）も発生した。このような豪雨災害や東日本大震災での津波災害などの甚大な災害を踏まえ、平成 25 年（2013 年）5 月に気象業務法を一部改正し、同年 8 月に「特別警報」を開始した。大雨警報に対しては、かねてからスーパー警報の期待が寄せられていたが、予測技術の限界などから実現していなかった。一方、紀伊半島豪雨の際には、紀伊半島で約 1,000 ミリの雨が降ったのち、更に同程度の大雨が降ることが予想されていた。このように、重大な災害の起こるおそれが著しく高まっている場合に、最大級の警戒を呼びかける警報として、特別警報ははじまった。キロクアメの運用を開始してから 30 年後のことである。ただし、当初は精度の面から府県予報区単位で特別警報を出していたため、発表区域内での空振りが生じたり、伊豆大島で大雨により甚大な被害が発生する状況でも、局所的な現象のため大雨の特別警報が発表されなかったことなどが課題となり、その後の運用の改善につながっていく。

気象業務法の一部改正（特別警報の新設）に合わせ、国土交通省設置法の一部が改正され、同年 10 月に海洋気象台が廃止となった。この組織改正は、平成 22 年（2010 年）に行った海洋観測体制の変更等を背景に、海洋気象台が行ってきた業務を管区気象台等において一体的に行うこととしたものである。管区気象台の「技術部」を「気象防災部」に改め、同部に「防災調査課」や「地球環境・海洋課」等を置くとともに、本庁に「参事官（気象・地震火山防災担当）」や「企画課防災企画室」を設置するなど、防災体制の強化を図っている。また、平成 22 年（2010 年）11 月には、総務省による「気象行政評価・監視」において、空港出張所における観測業務を外部委託するとともに、解説業務を航空地方気象台等に集約するよう指摘を受けたことから、平成 25 年（2013 年）から平成 28 年（2016 年）にかけて全ての空港出張所及び分室を「航空気象観測所」に移行した。

新たな体制の下、相次ぐ自然災害を踏まえながら関係機関との連携を更に深めていった。平成 24 年（2012 年）5 月に発生したつくば市の竜巻災害などを受け、学識経験者等から構成される「竜巻等突風予測情報改善検討会」により同年 7 月に提言「竜巻等突風に関する情報の改善について」が取りまとめられ、平成 26 年（2014 年）9 月、「目撃情報を活用した竜巻注意情報」の提供を開始した。また、この提言では、竜巻等突風現象の実態把握が重要として、「藤田スケール」を日本の建築物等に対応させるガイドライン等を作成することを検討する必要性等が示され、風工学など関連する研究分野と連携して「竜巻等突風の強さの評定に関する検討会」を設置した。

広島市で甚大な大雨災害をもたらした平成 26 年（2014 年）8 月豪雨等を踏まえ「近年、雨の降り方が局地化・集中化・激甚化している」との国土交通省の認識のもと、平成 26 年（2014 年）10 月には、国土交通省水管理・国土保全局と「新たなステージに対応した防災・減災のあり方に関する懇談会」を共催するなど、大雨と土砂・洪水の情報を連携させている。

平成 22 年（2010 年）秋頃から地方気象台長の地方自治体首長訪問を推進していたが、平

成 23 年（2011 年）6 月には「地方公共団体の防災対策への支援の手引き」を策定・施行し、自治体の防災対策支援の流れを強化している。さらに平成 26 年（2014 年）3 月に、日本赤十字社と「防災教育の普及等の協力に関する協定」を締結し、平時からの防災教育にも力を入れている。

気候分野においては、平成 23 年（2011 年）の東日本大震災により電力需給が逼迫したことを受け、同年 7 月より「高温注意情報」の発表を開始し、さらに翌年 6 月から、電力需要予測のための「2 週目気温予測値」の提供を開始している。平成 24 年（2012 年）2 月には、気象分科会の提言「気候変動や異常気象に対応するための気候情報とその利活用のあり方について」を受け、気候情報の利用促進と国際連携を一層進めることとなった。

平成 25 年（2013 年）9 月には IPCC 第 5 次評価報告書の第 1 作業部会報告書が公表され、「気候システムの温暖化には疑う余地がない」ことが再確認されるとともに、「気候システムに対する人間の影響は明瞭である」とされた。当時、京都議定書の枠組で温室効果ガス排出削減の努力が続けられていたが、京都議定書では先進国のみが排出削減義務を負っており、米国が批准していないという課題も抱えていた。ますます進行する気候変動への対策のため、全ての国が参加する新たな枠組が求められていた。

この間、運輸多目的衛星（「ひまわり 6 号・7 号」）の運用が順調に経過する一方、並行して後継機調達の検討を進めた。平成 20 年（2008 年）1 月には、今後の静止気象衛星の整備に向けた課題等について、有識者による「静止気象衛星に関する懇談会」を開催し、計 5 回の懇談を経て方向性がとりまとめられた。相乗りミッションが見つからなかったことから、「ひまわり 8 号･9 号」は地球温暖化等の地球環境問題をより適切に監視する目的を有する気象ミッションに特化し、衛星の設計寿命を長寿命化した「ひまわり 8 号・9 号」の衛星 2 機を同時に調達し経費の効率化を図り、2 機により 15 年間の長期間にわたる観測体制を確立した。また、衛星の運用は、衛星分野で国内初めての PFI（Private Finance Initiative）事業となる「静止地球環境観測衛星の運用等事業」を導入し、8 号・9 号運用のための地上設備の整備、その後の 15 年間にわたる運用事業を、特別目的会社「ひまわり運用事業株式会社（HOPE）」が担うこととなった。「ひまわり 8 号・9 号」はこれまでになく多くの種類の観測を短時間で行うことが可能となった。平成 26 年（2014 年）10 月、「ひまわり 8 号」は H-ⅡA ロケットにより打ち上げられ、所定の静止軌道に投入された。

平成 26 年（2014 年）9 月、御嶽山で戦後最悪の人的被害をもたらした火山災害が発生し、火山対策の大幅な強化が迫られることとなる。東日本大震災に際して課題とされた事項に引き続き取り組むとともに、相次ぐ豪雨災害への対策も急務であり、気象業務は新たな局面を迎える。

平成 27 年以降の気象業務

～地域防災支援など地域に根差した防災と線状降水帯予測を目指して～

線状降水帯を伴う豪雨災害の頻発を踏まえ、線状降水帯予測の精度向上を喫緊の課題とするとともに、防災気象情報がより有効に活用されるよう、地域に根差した防災業務を強化している。また、東日本大震災や御嶽山噴火などを踏まえた情報改善等に取り組むとともに、「南海トラフ地震臨時情報」の運用も開始されている。さらに、気候変動は時代とともに進行しており、パリ協定の国際的枠組の下で、政府一丸の対策に参画している。

平成 27 年（2015 年）以降、台風や集中豪雨、火山噴火等による大きな災害が毎年のように発生している。平成 28 年（2016 年）台風第 10 号は、統計開始以降初めて東北地方の太平洋側に上陸し、岩手県岩泉町で河川の氾濫による大きな被害が発生した。平成 30 年（2018 年）台風第 21 号は、非常に強い勢力を保ったまま徳島県南部に上陸し、関西国際空港の滑走路の浸水や走錨（そうびょう）によるタンカーの連絡橋衝突事故が発生、令和元年（2019 年）房総半島台風は千葉県を中心に記録的な暴風、また令和元年（2019 年）東日本台風は広い範囲で記録的な大雨、暴風、高波、高潮の被害をもたらしている。

平成 27 年（2015 年）9 月関東・東北豪雨では鬼怒川の堤防決壊など大きな水害が発生し、平成 26 年（2014 年）8 月豪雨での広島市や平成 29 年（2017 年）7 月九州北部では同じ場所で猛烈な雨が降り続き、平成 30 年（2018 年）7 月豪雨では西日本の広い範囲で記録的な大雨となり、令和 2 年（2020 年）7 月豪雨では球磨川などの大河川の氾濫が相次いだ。これらの豪雨はいずれも線状降水帯を伴うもので、線状降水帯予測の精度向上が喫緊の課題であることを示す事例であった。

また、平成 28 年（2016 年）熊本地震、令和 6 年（2024 年）能登半島地震、平成 27 年（2015 年）5 月の口永良部島噴火、同年 6 月の箱根山での噴火、平成 30 年（2018 年）1 月の草津白根山（本白根山）噴火などもあった。

この時代は、雨の降り方の変化に注目した「新たなステージ」への対応、進展する科学技術の 2030 年を見据えた改善計画の策定、それを支える数値予報モデルの高度化に向けた取組、より課題が顕在化した線状降水帯予測精度向上の加速化が大きな課題となっていく。

平成 27 年（2015 年）1 月に国土交通省は、近年、雨の降り方が局地化・集中化・激甚化しているとして「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」を取りまとめた。これを受けて、同年 7 月に気象分科会提言「新たなステージに対応した防災気象情報と観測・予測技術のあり方」が取りまとめられ、平成 29 年（2017 年）5 月には「警報級の可能性（令和元年（2019 年）から「早期注意情報」）」と「危険度を色分けした時系列」、同年 7 月には「大雨警報（浸水）の危険度分布及び洪水警報の危険度分布」の提供を開始するなど、視覚的にも見やすい情報の伝え方を進めた。また、7 月には、それまで府県予報区単位の発表だった大雨

特別警報を、危険度分布の技術を活用し、危険度が高まっている市町村に絞り込んで発表する手法に変更している。

しかし、平成 30 年（2018 年）7 月豪雨では、防災気象情報の段階的な発表、市町村への支援、記者会見を通じて早い段階から厳重な警戒の呼びかけを行ったものの、住民の避難行動につながらず、平成に入り最大の人的被害をもたらす豪雨災害となった。このため、学識者や防災関係機関からなる「防災気象情報の伝え方に関する検討会」を、平成 30 年（2018 年）11 月の第 1 回から令和 3 年（2021 年）4 月の第 10 回まで開催し、大雨特別警報解除後の洪水に対する注意喚起など、防災気象情報の伝え方についても、毎年改善を行っている。さらに令和元年（2019 年）出水期から民間事業者による危険度分布の通知サービスを開始し、令和元年（2019 年）10 月から SNS による防災情報の呼びかけを始めたほか、令和 3 年（2021 年）3 月より危険度分布に「キキクル」という愛称を設けて普及啓発活動を進めている。

一方で、防災気象情報については「情報の数が多すぎる」、「名称がわかりにくい」などの指摘がなされていた。このため、学識者、報道関係者等による「防災気象情報に関する検討会」を令和 4 年（2022 年）1 月から開催し、シンプルでわかりやすい防災気象情報の再構築に向け、防災気象情報全体の体系整理や個々の情報の抜本的な見直し、受け手側の立場に立った情報への改善などの検討事項を中心に議論を行った。多岐にわたる 8 回の検討会での議論、サブワーキンググループにおける検討を経て、令和 6 年（2024 年）6 月に報告書「防災気象情報の体系整理と最適な活用に向けて」が取りまとめられた。報告書では、洪水・大雨浸水・土砂災害・高潮についての警戒レベル相当情報の体系整理を行うとともに、気象情報（解説情報）の体系整理として、極端な現象を速報的に伝える情報を「気象防災速報」とし、網羅的に解説する情報を「気象解説情報」とし、例えば「顕著な大雨に関する気象情報」は「気象防災速報（線状降水帯）」などキーワードを付した情報としている。また、特に、警戒レベル相当情報の整理については、現行の情報から大きな変更を伴うものであり、具体の運用に向けた詳細検討を引き続き進めるとともに、情報伝達システムの改修に要する時間等を考慮して、少なくとも複数年度の準備期間を置き、情報利用者に対する周知広報・普及啓発については更に十分な時間をかけて実施することが重要であるとしている。

気象庁では今後、令和 8 年度（2026 年度）出水期の運用開始を目指して、引き続き水管理・国土保全局と連携し、運用に向けた詳細な検討を進めていくこととしている。

平成 30 年（2018 年）8 月には、自然環境や社会環境の変化、先端技術の展望を踏まえ、気象業務が今後更なる発展を遂げ様々な社会的課題の解決に一層貢献していくための、向こう 10 年程度を展望した気象業務のあり方を示した「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」が、気象分科会により提言としてまとめられた。

同提言の中で、平成 26 年（2014 年）8 月の広島の豪雨災害をはじめ多くの豪雨災害で発生が指摘された線状降水帯の予測精度向上や、台風予測精度の向上等を、中長期的に目指すこととされた。また、同提言を受け、大学や研究機関の専門家による「数値予報モデル開発懇談会」において意見を仰ぎながら策定した「2030 年に向けた数値予報技術開発重点計画」に基づき開発を進めている。この期間、平成 29 年（2017 年）1 月に全球アンサンブル予報、令和元年（2019 年）6 月にメソアンサンブル予報、令和 4 年（2022 年）2 月に新たな大気海洋結合モデルを用いた季節アンサンブル予報、同年 9 月に日本域台風時高潮確率予測の各システムの運用を開始している。海洋分野では、令和 2 年（2020 年）10 月に従来の水平解像度 10km を 2km に大幅に高解像度化した海況モデルの運用を開始するとともに、潮汐等重要な過程も取込んだ「日本沿岸海況監視予測システム」の運用を開始した。令和 5 年（2023 年）3 月には水平解像度を約 20km から約 13km に高解像度化するなど全球モデルの高分解能化を行った。

また、技術開発においては、平成 31 年（2019 年）1 月に理化学研究所と気象観測・予測への AI 技術の活用に向けた共同研究契約を締結したほか、スーパーコンピュータ「富岳」を用いた予測精度向上や計算速度の高速化に係る技術開発を行うなど、他の先端研究を行う機関とも積極的に連携して取り組んでいる。気象庁でも、令和 2 年（2020 年）10 月の本庁組織の再編（後述）の際につくば市に「数値予報開発センター」を設置して開発体制を強化している。

さらに、令和 2 年（2020 年）7 月豪雨などを受け、線状降水帯の予測精度向上を加速することとし、船舶に設置された GNSS 受信機による海上の水蒸気量観測などを開始した。令和 3 年（2021 年）3 月には、AMeDAS で相対湿度の観測を開始した。また、令和 2 年（2020 年）12 月に大学や研究機関の専門家が参画する「線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ」を発足させ、最新の研究の知見を取り入れつつ予測精度向上に努めている。これらの成果は順次防災気象情報の改善にも活かし、令和 3 年（2021 年）6 月からは、線状降水帯の発生をいち早く伝える「顕著な大雨に関する気象情報」の発表を開始し、翌年 6 月からは、線状降水帯による大雨の可能性の半日程度前からの呼びかけを開始した。令和 5 年（2023 年）3 月には、「線状降水帯予測スーパーコンピュータ」の運用を開始し、更なる情報改善につなげることとしている。さらに、線状降水帯とともに今日もなお激甚な災害を引き起こす台風等の予測精度を抜本的に向上させるため、大気の 3 次元観測機能を持つ「赤外サウンダ」を搭載した次期静止気象衛星「ひまわり 10 号」の整備を進めている。

この時代は、地震・火山分野でも新たな課題が顕在化したほか、気候変動の進行などもあり熱中症等など新たな課題への対応も必要となり、観測システム等の高度化・効率化を進めながら対処していく時代となっていく。

火山分野では、平成 26 年（2014 年）9 月の御嶽山の噴火を受けて、平成 27 年（2015 年）5 月に「火山の状況に関する解説情報（臨時）」を開始するとともに、噴火警戒レベル 1 におけるキーワードを「平常」から「活火山であることに留意」に改め、同年 8 月に「噴火速報」の発表を開始するなどした。また平成 28 年（2016 年）4 月に火山関係職員を大幅に増員し、火山活動評価と自治体支援を強化した。同年 12 月には、八甲田山など 3 火山を追加し、常時観測火山は 50 火山となった。この間も、平成 27 年（2015 年）5 月の口永良部島噴火、同年 6 月の箱根山での噴火、平成 30 年（2018 年）1 月の草津白根山（本白根山）噴火などが社会的に大きく注目され、不確実性のあるなかでの噴火警報等の発表と的確な自治体支援が求められた。令和 3 年（2021 年）には、硫黄島を除き、この時点での全ての常時観測火山における「噴火警戒レベル」の導入が完了し、噴火警報と自治体の防災対応が結び付けられることで、

火山関係業務の拡充は一応の区切りとなった。令和５年（2023 年）６月の活動火山対策特別措置法の改正を受け、翌年４月に文部科学省に火山調査研究推進本部が設置され、気象庁は、総合的かつ基本的な施策や調査観測計画の立案、火山活動の現状等に関する総合的な評価に参画するほか、本部長（文部科学大臣）の要請を受けて、地域に係る火山に関する観測、測量、調査又は研究を行う関係行政機関、大学等の調査結果等の収集を行っている。

令和４年（2022 年）１月のフンガ・トンガ－フンガ・ハアパイの噴火では、通常の津波より早く、大気重力波による気圧変化により津波が到達した。この大気現象による津波に対して気象庁は津波警報の仕組みを活用して警戒を呼び掛けた。これは気象衛星による監視など、気象庁の持ちうる限りの手段で対応をとった事例となった。

地震分野では、震度７の地震が連続して発生した平成 28 年（2016 年）４月の熊本地震を受けて、大地震後の地震活動が多様であることを踏まえた情報発信が始まった。一方、内閣府において、現在の科学的知見からは確定的な地震予知は困難との見解が示され、これを踏まえた「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」等の運用を平成 29 年（2017 年）11 月から開始した。同情報は、防災対策との関係性を整理したうえで、令和元年（2019 年）５月から「南海トラフ地震臨時情報」等として運用している。日本海溝・千島海溝沿いの領域については、内閣府における検討を踏まえ、大規模地震の発生可能性が平常時より相対的に高まっている際に発表する「北海道・三陸沖後発地震注意情報」を、令和４年（2022 年）12 月から運用している。

また、平成 30 年（2018 年）３月には、緊急地震速報に巨大地震にも対応可能な「PLUM 法」を導入したほか、翌年３月には津波観測値をもとに逐次解析を行い津波警報の更新につなげる「tFISH」の活用を開始した。令和５年（2023 年）２月に長周期地震動を考慮した緊急地震速報の発表を開始するなど、東北地方太平洋沖地震で課題とされた事項についておおむね対応を完了した。

気象分野では、平成 27 年（2015 年）３月に「地方海上分布予報」の発表を、翌年３月に「推計気象分布」の提供を、令和元年（2019 年）６月に小笠原諸島周辺海域の風や波の分布図形式の予報の開始、同年 11 月には「解析積雪深・解析降雪量」の提供を、令和３年（2021 年）11 月には「降雪短時間予報」の提供を開始するなど、きめ細かな情報提供を進めている。また、風工学等の学識経験者による「竜巻等突風の強さの評定に関する検討会」での議論を経て、平成 27 年（2015 年）12 月に「日本版改良藤田スケール」を公表した。また平成 28 年（2016 年）12 月に竜巻注意情報を、従来の府県予報区単位から一次細分区域に細分した発表を開始した。令和３年（2021 年）12 月には、海氷予想図の高解像度化、高頻度化、予報時間の延長等を行っている。

気象レーダー観測については、高性能で経済性にも優れている固体素子二重偏波化（以下、「二重偏波化」と略す。）を進め、降雨減衰の改善など観測情報の高品質化に努めている。平成 28 年（2016 年）３月には、羽田空港と関西空港において二重偏波化した DRAW の運用を開始し、その後順次二重偏波化し、令和６年（2024 年）３月の鹿児島空港で全ての DRAW の二重偏波化が完了した。一般気象ドップラーレーダーにおいては、令和２年（2020 年）３月の東京レーダーの運用開始から、順次二重偏波化を進めている。

一方、気象レーダーや気象衛星等による観測データを高度に利用することにより、総合的に大気の状態を把握することができるようになってきたことから、平成 31 年（2019 年）２月に関東甲信地方の地方気象台において目視観測通報の自動化を開始し、その後順次、他の地方に拡大し、令和６年（2024 年）３月には、東京と大阪を除く管区気象台等でも自動化を図った。

航空気象分野においては、航空気象観測装置はもとより LIDEN 等のデータも活用し、最新の観測技術やアルゴリズムを導入することにより、現象とその変化を的確・客観的に捉えられるようになってきたことから、平成 29 年（2017 年）３月に、比較的規模の小さな離島空港においては終日、規模の大きな空港においては夜間等一部時間帯に、航空気象観測の完全自動化を導入し、順次対象空港を拡大し、令和６年（2024 年）12 月時点で、32 空港において実施している。

気候変動については、平成 27 年（2015 年）12 月、全ての国が参加する温室効果ガス排出削減等のための新たな国際的枠組として「パリ協定」が採択され、翌年 11 月に発効した。パリ協定においては緩和策（温室効果ガス排出削減）だけでなく、気候変動による悪影響を回避・軽減する適応策についても推進が図られ、国内でも平成 30 年（2018 年）６月に「気候変動適応法」が成立した。気象庁は、中央省庁や地方自治体等が適応策を推進するにあたっての基盤的情報としての科学的知見を提供する役割を担うようになる。

このような背景から、平成 30 年（2018 年）６月から文部科学省と共同して「気候変動に関する懇談会」を開催している。同懇談会で専門家の意見を仰ぎながら、令和２年（2020 年）12 月には、我が国の気候変動に関する観測成果や将来予測をとりまとめた「日本の気候変動 2020」を公表した。令和３年（2021 年）１月には生物季節観測の対象を、気候の長期変化等の把握に適した代表的な植物６種目９現象に変更した。令和５年（2023 年）３月には、1947 年９月から現在までの過去３四半世紀を対象にした均質かつ高精度の「気象庁長期再解析 JRA-3Q」の提供を開始している。

近年、猛暑や豪雨が頻発する中、気象研究所では、こうした極端現象に対して地球温暖化がどの程度影響を与えていたかを数値で表す「イベント・アトリビューション」という試みを文部科学省や大学等研究機関と連携して進めている。この試みは平成 30 年（2018 年）７月豪雨や同月の記録的な猛暑に対しても行い、さらに令和４年（2022 年）初夏の記録的な高温に対しては、海面水温等の予測値を用いる手法により迅速に分析・公表している。

また、近年、熱中症搬送者数が著しい増加傾向にあって、生活に大きな影響を及ぼしていることから、環境省と連携して「熱中症予防対策に資する効果的な情報発信に関する検討会」を開催し、情報発信の具体的な方法について検討を行った。令和２年（2020 年）７月からは関東甲信地方において、環境省と共同で熱中症の発症との相関が高い暑さ指数（WBGT）を用いた新たな情報「熱中症警戒アラート（試行）」を発表しその効果を検証した。令和３年（2021 年）４月からは高温注意情報に代わる新たな熱中症予防対策情報として「熱中症警戒アラート」を全国で発表している。

平成 28 年度（2016 年度）には、増え続けた各業務システムの運用や管理が複雑化し、新たな業務処理の開発や近年の情報技術の進展に対応することが困難な状況となるなどの課題が顕在化していたことから、情報システム最適化の検討を開始した。検討の結果、原則として全

ての業務システムを「気象庁情報システム基盤」へ順次再編・統合することとし、仮想マシン稼働環境・統合ストレージ・庁外接続ネットワーク機器による構成で、令和元年度（2019 年度）より、順次導入を進めている。令和 2 年度（2020 年度）には、東西アデスや AMeDAS、LIDEN 等を統合した第 I 期の運用を開始した。

また、この時代は地域に根差した気象業務の展開や多様な社会ニーズへの幅広い対応を進めていく時代でもあった。

平成 29 年（2017 年）8 月に有識者等からなる「地域における気象防災業務のあり方検討会」が報告書を取りまとめ、平時・緊急時・災害後の気象台の業務の方向性が示される。これにより、地方気象台は、自治体等の支援をより強く打ち出し、「あなたの町の予報官」として市区町村により寄り添った体制を構築する取組を、平成 31 年（2019 年）4 月より順次進めた。また、平成 30 年（2018 年）5 月に「気象庁防災対応支援チーム（JETT）」を創設し、災害時により積極的に自治体等を支援することとし、平成 30 年（2018 年）7 月豪雨をはじめ多くの災害に対応している。こうした取組の一環として、同年から、気象台長のメッセージを各気象台のホームページに掲載している。

地域防災支援の強化に向けて、気象庁の予報現業業務体制においても大きな変更を行った。地方予報中枢官署（地方予報区担当官署）と地方気象台が連携を密にしてこれまで以上に一体的に作業を行い、予報作業の質を高めることにより、地域の実情に即した防災支援を実施できる体制を構築するものである。具体的には、地方予報中枢官署では、従来の業務に加え、多様な実況・予測資料を活用して管内の現象の解析を高頻度で実施し、地方気象台における現象の把握や発表する情報内容の判断等を支援し、地方気象台に代わって天気予報や警報・注意報の入力・発信・送達確認等を実施するものである。地方気象台では、地域の気象特性をもとにした予報シナリオの構築、警報等の発表判断を行い、地域の実情に即した気象解説等の防災支援をこれまでより強化して実施する。これらの作業を行うため、地方予報中枢官署では、シナリオ担当と解析担当の予報官及び二府県予報当番等を置き、地方気象台では、官執勤務の総括予報官の指揮の下に特殊日勤の予報官を配置した。平成 29 年度（2017 年度）に業務実験を実施し、平成 30 年度（2018 年度）から令和 3 年度（2021 年度）にかけ、地方予報区ごとに新しい体制に移行した。

平成 28 年（2016 年）6 月に全国 6 つの市に気象予報士を派遣する「地方公共団体の防災対策支援のための気象予報士活用モデル事業」を実施し、その結果を踏まえて平成 30 年（2018 年）2 月から 3 月にかけて「気象防災アドバイザー育成研修」を実施し、これを履修した気象防災の専門家を地方自治体に派遣するための取次ぎを開始した。令和 2 年（2020 年）12 月からは、気象庁 OB や気象予報士を「気象防災アドバイザー」に任命し、平時・災害時を問わず自治体の対応を専門的知見から支援する取組を進めている。

訪日・在留外国人の増加を踏まえ、平成 27 年（2015 年）3 月に内閣府及び観光庁と連携して緊急地震速報の多言語辞書を作成した。その後、新たな外国人材の受入れ及び我が国で生活する外国人との共生社会の実現に向けた環境整備について政府全体で取組が進められた。これを受けて、平成 31 年（2019 年）3 月までに、大雨・台風・高温・火山等様々な情報に用いられる用語等を 15 言語で言い表した辞書を整備するとともに、気象庁自らも多言語で情報を発信するなど、在留外国人の防災対応等を支援している。また、聴覚障害者も津波警報を覚知できるよう「津波フラッグ」により視覚的に警報を伝える取組も令和 2 年（2020 年）6 月からはじめている。平成 31 年（2019 年）3 月からは、緊急会見の様子を手話で通訳する取組をはじめるなど、全ての人に情報を伝える取組も進めている。

近年は、気象庁あるいは気象台単独での記者会見だけではなく、関係機関と合同での記者会見を行っている。国土交通省対策本部が設置された平成 26 年（2014 年）12 月に異例の降雪に対して、初めて「大雪に対する国土交通省緊急発表」として関係部局が合同で会見を行った。合同で行うことにより、各機関が所管する分野について幅広く情報提供することが可能となり、より効果的な呼びかけとなった。その後、各地の気象台でも、豪雨予測時や大雨特別警報解除後の洪水への警戒呼びかけにおいては地方整備局等と共同で、台風接近時など暴風予測時には運輸局や鉄道事業者等とも共同で記者会見を行っている。北海道・三陸沖後発地震注意情報では内閣府と共同で会見を行うこととしている。

平成 28 年（2016 年）11 月に国土交通省生産性革命プロジェクト「気象ビジネス市場の創出」が選定された。このプロジェクトは、産業界において気象データを企業等の運営に活かしてビジネスでの生産性を高められるよう、ビジネスでの気象データの利活用を進めていくもので、これを受けて平成 29 年（2017 年）3 月に「気象ビジネスフォーラム」を開催し、産学官の情報交換等を行う「気象ビジネス推進コンソーシアム」が設立された。このコンソーシアムにおいて、この取組の普及啓発とともに人材育成などの勉強会を行い、議論を重ねたところ、企業等におけるビジネス創出や課題解決には気象データの知識とデータ分析の知識を兼ね備えて気象データとビジネスデータを分析できる人材「気象データアナリスト」が必要で、その人材を育成する仕組みが必要とされた。これを受けて、令和 3 年（2021 年）2 月に、経済産業省と連携して、気象・データサイエンス・ビジネスの各分野について、企業等での即戦力となるスキルを学ぶことができるデータ分析講座「気象データアナリスト育成講座」を認定する仕組みを開始した。また気象データ高度利用ポータルサイトを開設するなど、産業界での高度利用を後押しする取組も始めた。さらに令和 2 年 12 月の気象分科会提言「気象業務における産学官連携の推進について」を踏まえ、大容量化が進む気象情報・データを社会に流通させ利活用の促進を図るため、クラウド技術を活用した新たな気象情報・データの共有環境（気象庁クラウド環境）を構築した。

国際的にも、令和元年（2019 年）6 月の WMO 総会では、気象業務に係る産学官の協力を推進することを目的とした「ジュネーブ宣言」が採択されている。令和 3 年（2021 年）10 月の WMO 総会 2021 年臨時会合では、第 12 回 WMO 総会の決議 40 等のデータポリシー関連の決議に代わる形で、従来の気象、水文、気候分野に加え、大気組成、雪氷圏、海洋、宇宙天気分野を包含した地球システムデータの国際交換に関する「WMO 統一データポリシー」が承認される等、国際的にも、気象業務における産学官連携やデータポリシーのあり方が変化してきている。

令和２年（2020 年）10 月、「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」を踏まえ、気象庁本庁の大規模な組織再編を行った。防災を統括する「気象防災監」を設置するとともに、従来の「予報部」、「観測部」、「地球環境・海洋部」を改組し、技術開発と利活用促進を車の両輪として取り組む「情報基盤部」と、いますぐとるべき避難行動などのための気象情報から地球温暖化に関する情報までを担う「大気海洋部」を新設した。あわせて、地震津波・火山の技術開発などを担う「地震火山技術・調査課」や、予測対象等によって部署ごとに分かれていた数値予報モデルの開発部門を統合して分野横断的に開発できる体制として数値予報課に「数値予報開発センター」を設置した。また、同年 11 月から 12 月にかけて、気象庁本庁は東京都千代田区大手町から港区虎ノ門へ移転した。虎ノ門は、明治８年（1875 年）６月１日に気象業務が開始された地である。

気象庁は、150 年の歴史の中で数多く発生した様々な自然災害に対して、また、時代の潮流の中で多様化・複雑化してきた社会・経済に対して、その時代時代の最新の知見や技術を駆使し、効果的・効率的な気象サービスの提供に努めてきた。これから先の時代も、自然現象の観測・監視・予報と、その情報の利用促進を通じて、気象業務の健全な発達を図り、これにより安全、強靱で活力ある社会を実現するため、気象庁は更なる歩みを続けていく。

III
部門史

第１部

気象庁の運営

第１章　気象庁の組織

【第１節】組織の変遷

気象庁は、その発足以来、時代の変化に合わせ、必要な機能の設置等も含め、その組織の進化及び効率化を図ってきた。その歴史は、必要な災害対応、気候変動、技術革新等に対応し、また時には旧来の機能や組織の役目の終了の判断等も踏まえ、不断の検討を踏まえて進んできた道である。以下に、気象百年史編纂後となる昭和 50 年以降の組織の主要な変遷について述べる。

１．［昭和 52 年］気象衛星センターの発足

昭和 52 年には運輸省設置法の一部改正に伴い、気象通信所を廃止し、新たに気象庁の附属機関として気象衛星センターが東京都清瀬市に設置された。これは、同年の静止気象衛星「ひまわり（初号機）」の打上げに伴い、データ処理センターとして、「ひまわり」を運用し、衛星からの観測データの信号を電子計算機で雲画像や気象データに変換処理する等の業務を行うため設置したものである。

当初、データ処理センターの設置場所の検討は、東京都千代田区の気象庁本庁、東京都清瀬市（当時の気象通信所構内、現在の気象衛星センター）、茨城県筑波地区（現 つくば市）の３か所について比較検討が進められたが、施設用地の確保や国内気象中枢（気象庁本庁）からの距離などを考慮し、昭和 48 年には清瀬を設置場所として具体的な設計や関係機関等との調整が進められることとなり、昭和 51 年３月に庁舎が完成、庁舎内への電子計算機の据付も完了した。組織体制としては、昭和 52 年の発足時は、総務部、データ処理部、情報伝送部の３部９課１所でスタートすることとなった。

２．［昭和 55 年］気象研究所の筑波地区への移転

昭和 55 年６月に、気象研究所が東京都杉並区高円寺から筑波研究学園都市への移転を実施した。これは、昭和 30 年代後半、国の政策として、東京における人口の過密緩和や科学技術の振興と高等教育の充実を図るため、筑波地区に研究学園都市を建設する動きに伴い、昭和 47 年に気象研究所を含む 43 機関が移転することが閣議決定されたことによるものである。移転先では 30 ヘクタールの敷地に研究本館や気象観測鉄塔等の建設が行われ、研究施設機器としては高速大型電子計算機、気象レーダー、レーザーレーダー、電子顕微鏡、衛星資料解析装置、大型気象風洞、低温実験装置、ロケット気球センサー実験装置及び大気放射測定装置の整備を行った。

３．［昭和 59 年］地震火山部の設置

昭和 59 年７月には、中央気象台から気象庁への昇格以降では初の新たな部として地震火山部を設置した。これは、当時、政府全体で進められていた東海地震等への対策や、相次ぐ日本海中部地震や三宅島噴火等の災害発生を背景とし、このような地震火山災害に対する社会的要請や技術革新に適切に対応していくため、新たな部を設置することで地震火山業務を一元的に推進する体制を確立することとしたものである。同部の設置により、従来観測部で気象関係業務と併せて行ってきた地震火山関係業務を分離し、専任の部長のもと一元的に掌握・執行し得る組織体制が整備され、課の体制を計画機能と実施機能とに分離し、地震火山業務課、地震津波監視課及び地震予知情報課の３課でスタートすることとなった。

なお、この組織要求は、昭和 58 年の国家行政組織法改正に伴い、局レベル組織の設置が法定事項から政令事項に変更されたことにより、運輸省全体の機構改革が実施されることとなったことから、その一環として実施されたものである。

４．［平成８年］気候・海洋気象部の設置

平成８年度には、昭和 31 年の運輸省の外局への昇格以降、昭和 59 年の地震火山部の発足を除き、比較的大規模な組織改正を実施した。気象庁本庁では兵庫県南部地震を踏まえた防災体制の強化としての本庁総務部への参事官の設置、社会経済活動への情報の利活用を図るための産業気象課の設置等に加え、気候・海洋気象部を設置した。

気候・海洋気象部の設置は、気候変動や地球温暖化といった地球環境問題に世界的な関心が高まりつつあった社会情勢を踏まえたものであり、同部は従前の海洋気象部の業務に加え、気候に関する予報その他の情報提供体制の強化のため、気候情報課及び同課エルニーニョ監視予報センターを設置した。また、観測部の関係部署を統合し、大気中オゾンの分布や温室効果ガスの濃度など地球的規模の気象及び関連する輻射の観測・監視を一体的に実施する環境気象課を同部に設置した。

５．［平成 13 年］中央省庁再編

平成９年 12 月に行われた行政改革会議の最終報告の趣旨にのっとり、国の行政機関の再編成、国の行政組織並びに事務及び事業の減量・効率化等の改革についての理念及び方針などを定めた中央省庁等改革基本法（平成 10 年法律第 103 号）が制定された。

この一環として、平成 13 年１月に、国の行政機関の再編成が実施され、気象庁が所属していた運輸省は、運輸省、建設省、国土庁及び北海道開発庁の４省庁を再編成した国土交通省となり、気象庁は、船員労働委員会、海上保安庁及び海難審判庁とともに、同省の外局となった。同時に、気象庁は、新たに導入された実施庁（庁のうち、その所掌事務が主として政策の実施に係るもの）に位置付けられ、中央省庁等改革の中では、実施庁について、業務の効率化

を図るとともに自律性を高めるため、実施庁が達成すべき目標の設定とその実績の評価、内部組織をより弾力的に編成できることとされた。

国の行政機関の再編成に当たっては、省庁全体で約 1,200 ある課室を 1,000 程度に削減し、行政のスリム化を図ることとされ、気象庁においても、本庁総務部航空気象管理課の廃止及び航空気象管理官の設置、観測部観測技術課の観測課への統合、気候・海洋気象部海洋気象課の設置（海洋課と海上気象課の統合）などの本庁組織の再編を併せて行った。

6.［平成 17 年］地球環境・海洋部の設置

平成 17 年には、旧気候・海洋気象部を母体として地球環境・海洋部を新設する組織変更を実施した。これは、地球温暖化等の気候変動、オゾン層の破壊、砂漠化、海洋汚染など、地球全体を脅かす喫緊の課題となっている地球環境問題に対し、観測・監視・予測・情報提供体制を一層強化するため、地球温暖化に係る温室効果ガスの観測及び気候変動の予測などの地球環境に関する業務や海洋のモニタリングに関する業務を一元的に取扱うことを可能としたものである。さらに、観測部環境気象課を改組し、地球環境・海洋部に環境気象管理官を設置するなど、大気循環、海洋循環に物質循環を担当する組織が加わることで、地球システム全体を一元的に監視・予測する体制が整うこととなった。

7.［平成 8 年～］地域気象業務体制の再編・整備（測候所の機械化・無人化）

平成 8 年度から平成 22 年度まで、各地の測候所の無人化（特別地域気象観測所への移行）が順次進められた。これは、従来人手により行われてきた観測業務が、地上気象観測装置、計測震度計などの整備により、自動的に観測を行うとともに即時にデータ送信が可能となったこと、「ひまわり」やアメダス観測ネットワークなど、IT 技術を取り入れながら様々な近代的観測システムの充実・展開等の技術革新が図られたことを背景とし、従来測候所で行われてきた業務について無人化の対応が可能となったことによる。

これらの体制変更は、測候所の無人化による業務の効果的な運営を図りつつ、地方気象台等の体制強化と併せ、府県地域全体にわたる防災・気象サービスのレベルアップを図るべく、地域気象業務体制の再編・整備として実施された。なお、「国の行政機関の定員の純減について」（平成 18 年 6 月閣議決定）において、測候所は平成 22 年度まで原則として廃止することとされたものの、帯広測候所及び名瀬測候所については、地域特性や官署配置上、引き続きこれらの官署が十勝支庁及び奄美群島における予報・警報等を適切に実施し、地元の関係機関への支援を行う必要があることから、測候所として存続することとしたものである。

また、これらの再編の動きとは別であるが、各地の空港内に設置されていた全ての空港出張所や分室をはじめ、一部の航空測候所についても、観測業務の外部委託や解説業務の地域航空気象官署への集約等の航空気象業務実施体制の見直しが随時図られ、官署の統廃合が実施された。

8.［平成 25 年］海洋気象台の廃止と防災体制の強化

平成 25 年に気象業務法及び国土交通省設置法の一部を改正する法律が成立し、これにより同年 10 月には海洋気象台が廃止されるとともに、本庁及び管区気象台の防災体制強化等を目的とした全庁的な組織再編が行われた。

（1）海洋気象台の廃止

海洋気象台については、平成 22 年度に従来の海洋気象観測船の 5 隻体制から、北西太平洋での二酸化炭素関連物質等の観測強化等として遠洋航海が可能な大型船（凌風丸及び啓風丸）による効率的な運航体制へ移行したほか、平成 23 年度には業務運営効率化の観点から、舞鶴海洋気象台の海上気象業務を除く業務が京都地方気象台へ移管されるなど、業務体制の見直しが図られてきた。そういった状況の中、気象業務法改正による特別警報の運用開始に伴い、管区気象台等の一貫した責任の下で特別警報等の発表を行う必要があることや、沿岸防災の観点から沿岸域の現象の解析・予測の高度化を図る必要といったことから、海洋気象台としての業務を管区気象台等において一体的に実施することとした。これにより、函館、神戸、長崎海洋気象台についてはそれぞれ地方気象台に移行することとなり（舞鶴については日本海海洋気象センターとして調査･研究等の一部の業務を継続）、これと併せて管区･沖縄気象台に地球環境･海洋課の設置を行った。

（2）管区気象台への気象防災部の設置

東日本大震災の教訓や、将来発生しうる大規模災害への対応として、防災を主とした体制強化が行われた。本庁における参事官（気象・地震火山防災担当）及び企画課防災企画室の設置等の防災体制強化とも連動し、管区気象台においては、地方における気象防災業務の実施体制強化を図るため、旧技術部の気象、地震、火山現象の警報等の業務に、海洋気象台で実施していた海上気象及び海水象の業務を加えることにより、すべての現象の気象防災業務の実施を可能とする気象防災部を設置した。同部には防災調査課、地球環境・海洋課等の設置が行われており、部制ではない沖縄気象台についても同様の課等が設置された。また、地方気象台では、台内一体となった業務体制構築のため、課制を廃止し管理官制に移行した（地方予報中枢については平成 27 年 4 月に移行）。

9.［令和 2 年］本庁組織再編

令和 2 年 10 月には、本庁組織の大規模な再編を実施した。この組織再編の目的は、頻発、激甚化する自然災害や、IoT の進展に代表される社会の変革に組織として的確に対応していくため、平成 30 年に取りまとめられた交通政策審議会気象分科会提言「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」において示された業務強化の方向性（①防災対応・支援の推進、②気象情報・データの利活用の促進、③観測・予測精度向上に係る技術開発の推進）を実現するための体制変更である。

具体的には、本庁次長級として、専門的知識に基づき、防災に関する平時・緊急時におけるハイレベルの対応や省庁間の調整を実施する気象防災監を設置したほか、モデル開発等の技術開発を分野横断的に実施するとともに気象情報・データの流通・利活用を促進する情報基盤部の設置、地球温暖化等、長期的な視点を含めて、豪雨や大雪、猛暑といった気象リスクに対応していくための組織として大気海洋部を設置し、これらの部の関係課室についても再編を行った。また、地震火山部についても、観測やシステム整備、技術開発を一元的に実施していく体制を整備すべく、関係する課室の再編を行った。なお、東日本大震災を踏まえ中央防災会議の

作業部会が示した「現在の科学的知見からは確度の高い地震の予測は難しい」への一連の対応の流れから「地震予知」を冠した課は無くなることとなった。これら再編の結果、総務部、予報部、観測部、地震火山部及び地球環境・海洋部の５部体制から総務部、情報基盤部、大気海洋部及び地震火山部の新たな４部体制へ移行することとなり、予報部、観測部の長年使用した部名も変更することとなった。

また、これらの体制変更は、同年の 11 月から 12 月にかけて行われた大手町庁舎から虎ノ門庁舎への移転も併せ、新たな体制の下で社会情勢の変化や技術革新に的確に対応していくこととされた。

10.［平成 31 年～令和５年］地域防災支援のための体制変更

豪雨災害をはじめとする自然災害の相次ぐ発生状況等を踏まえ、関係省庁では「避難勧告等に関するガイドライン」の改定（内閣府防災）や「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」（国土交通省）等の更なる被害軽減に向けた検討が進められる中、気象庁においては「地域における気象防災業務のあり方（同検討会報告書）」（平成 29 年８月）や「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方（交通政策審議会気象分科会提言）」（平成 30 年８月）において、気象台の地域防災支援業務の方向性が示されることとなった。これらでは、相次ぐ自然災害による被害軽減のためには、地域の気象防災力を高め、迅速かつ確実な避難行動がとれるようにするための取組を、都道府県、市町村、関係省庁の出先機関等、地域の各主体が連携して推進することが重要とされ、気象台は、自治体や住民等における情報等の理解･活用を支援･促進し、地域防災に一層資する地域防災支援の取組を推進する方向性が示されることとなった。

（１）地方気象台等の体制変更

これら地域防災支援の取組を推進するため、地方気象台の業務・体制移行が平成 31 年の関東甲信地方を皮切りに令和４年度にかけて地方ごとに順次実施された。この体制移行に際しては、課の新設等といった組織再編を伴うものではないが、地方気象台が市町村等との緊密な連携関係を構築し、平時・緊急時に市町村に寄り添った支援を可能とするため、地域ごとの担当チーム「あなたの町の予報官」を台内横断的に編成するとともに、観測・予報業務については、地方気象台と管区気象台等の双方が緊密に連携し一体となって、より充実した予報・警報等が迅速に提供可能となるよう、予報業務の管区等への一部集約、目視観測の一部自動化及び夜間対応の宿直化等の業務最適化を図っている。

（２）本庁や管区気象台等の体制変更

地方気象台の体制変更の動きとも連動し、令和２年度の本庁組織再編の際には、地域防災支援に関する施策の全庁的な司令塔として企画課地域防災企画室の設置等が行われており、これらに引き続き、令和５年４月には管区・沖縄気象台においても体制変更を実施した。管区・沖縄気象台については、管内全体の地域防災支援の取組を一層推進するにあたり、管内の司令塔となる防災調整官の設置や、地域防災支援の中核組織となるべく地域防災推進課を設置したほか、地球環境・海洋業務の整理、東京管区気象台への観測予報課及び地震火山課の設置等、平成 25 年に実施した再編後の状況も踏まえ、地域防災支援の取組をはじめとした台内業務全体が効果的に実施されるための体制変更を実施した。

【第２節】現在の組織

１．気象庁本庁

気象庁の長は、気象庁長官である。気象庁長官は、気象庁の事務を統括し、職員の服務について、これを統督している。また、「長官を助け、庁務を整理する職」として次長が、「長官を助け、重大な災害の予防に係る気象業務に関する事務を整理する職」として気象防災監が置かれている。

内部部局としては、総務部、情報基盤部、大気海洋部及び地震火山部の４部が置かれており、各部には課等が置かれている。課等には所掌事務を更に分掌する室や、課長等をサポートするスタッフ組織としての官が置かれている。

２．地方支分部局

地方支分部局としては、本庁の下で全国各地の気象業務を行わせるため、ブロック機関として５つの管区気象台及び沖縄気象台が置かれ、その統轄下に、地方気象台及び測候所が置かれている。地方気象台（測候所）のうち航空気象業務を行うものが、航空地方気象台（航空測候所）である。

３．施設等機関

施設等機関としては、気象研究所、気象衛星センター、高層気象台、地磁気観測所及び気象大学校が置かれている。気象研究所は、気象業務に関する技術に関する研究を、気象衛星センターは、気象衛星による観測及び気象通信等を、高層気象台は、高層気象に関する精密な観測等を、地磁気観測所は、地球磁気及び地球電気に関する観測等を、気象大学校は、気象庁の職員に対する教育訓練を、それぞれ行っている。

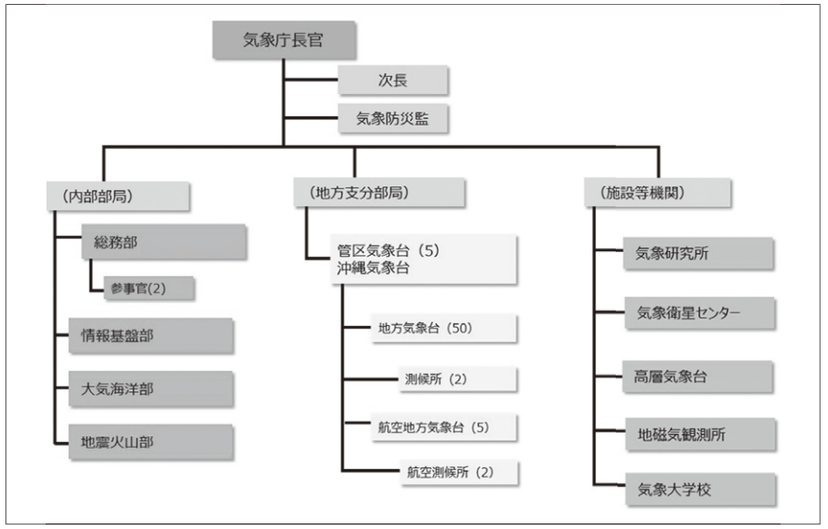


図 1-1-2-1　気象庁組織図（令和7年3月現在）

表 1-1-2-1　気象官署一覧（令和 7 年 3 月現在）

気象官署名	所在地
本庁	
気象庁	東京都港区虎ノ門3-6-9
管区・沖縄気象台	
札幌管区気象台	北海道札幌市中央区北2条西18-2
仙台管区気象台	宮城県仙台市宮城野区五輪1-3-15 仙台第3合同庁舎
東京管区気象台	東京都清瀬市中清戸3-235
大阪管区気象台	大阪府大阪市中央区大手前4-1-76 大阪合同庁舎第4号館
福岡管区気象台	福岡県福岡市中央区大濠1-2-36
沖縄気象台	沖縄県那覇市おもろまち2-1-1 那覇第2地方合同庁舎3号館
地方気象台	
函館地方気象台	北海道函館市美原3-4-4
旭川地方気象台	北海道旭川市宮前1条3丁目3番15号
室蘭地方気象台	北海道室蘭市山手町2-6-8
釧路地方気象台	北海道釧路市幸町10- 3 釧路地方合同庁舎
網走地方気象台	北海道網走市台町2-1-6
稚内地方気象台	北海道稚内市開運2-2-1 稚内港湾合同庁舎
青森地方気象台	青森県青森市花園1-17-19
盛岡地方気象台	岩手県盛岡市山王町7-60
秋田地方気象台	秋田県秋田市山王7-1-4 秋田第二合同庁舎
山形地方気象台	山形県山形市緑町1-5-77
福島地方気象台	福島県福島市花園町5-46 福島第二地方合同庁舎
水戸地方気象台	茨城県水戸市金町1-4-6
宇都宮地方気象台	栃木県宇都宮市明保野町1-4 宇都宮第2地方合同庁舎
前橋地方気象台	群馬県前橋市大手町2-3-1 前橋地方合同庁舎
熊谷地方気象台	埼玉県熊谷市桜町1-6-10
銚子地方気象台	千葉県銚子市川口町2-6431 銚子港湾合同庁舎
横浜地方気象台	神奈川県横浜市中区山手町99
新潟地方気象台	新潟県新潟市中央区美咲町1-2-1 新潟美咲合同庁舎2号館
富山地方気象台	富山県富山市石坂2415
金沢地方気象台	石川県金沢市西念3-4-1 金沢駅西合同庁舎
福井地方気象台	福井県福井市豊島2-5-2
甲府地方気象台	山梨県甲府市飯田4-7-29
長野地方気象台	長野県長野市箱清水1-8-18
岐阜地方気象台	岐阜県岐阜市加納二之丸6
静岡地方気象台	静岡県静岡市駿河区曲金2-1-5
名古屋地方気象台	愛知県名古屋市千種区日和町2-18
津地方気象台	三重県津市島崎町327-2 津第2地方合同庁舎
神戸地方気象台	兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通1-4-3 神戸防災合同庁舎
彦根地方気象台	滋賀県彦根市城町2-5-25
京都地方気象台	京都府京都市中京区西ノ京笠殿町38
奈良地方気象台	奈良県奈良市西紀寺町12-1
和歌山地方気象台	和歌山県和歌山市男野芝丁4
鳥取地方気象台	鳥取県鳥取市吉方109 鳥取第3地方合同庁舎
松江地方気象台	島根県松江市西津田7-1-11
岡山地方気象台	岡山県岡山市北区桑田町1-36 岡山地方合同庁舎
広島地方気象台	広島県広島市中区上八丁堀6-30 広島合同庁舎4号館
徳島地方気象台	徳島県徳島市大和町2-3-36
高松地方気象台	香川県高松市サンポート3-33 高松サンポート合同庁舎南館
松山地方気象台	愛媛県松山市北持田町102
高知地方気象台	高知県高知市本町4-3-41 高知地方合同庁舎
長崎地方気象台	長崎県長崎市南山手町11-51
下関地方気象台	山口県下関市竹崎町4-6-1 下関地方合同庁舎
佐賀地方気象台	佐賀県佐賀市駅前中央3-3-20 佐賀第2合同庁舎
熊本地方気象台	熊本県熊本市西区春日2-10-1 熊本地方合同庁舎
大分地方気象台	大分県大分市長浜町3-1-38
宮崎地方気象台	宮崎県宮崎市霧島5-1-4
鹿児島地方気象台	鹿児島県鹿児島市東郡元町4-1 鹿児島第2地方合同庁舎
宮古島地方気象台	沖縄県宮古島市平良字下里1020-7
石垣島地方気象台	沖縄県石垣市字登野城428
南大東島地方気象台	沖縄県島尻郡南大東村字在所306
測候所	
帯広測候所	北海道帯広市東四条南9-2-1
名瀬測候所	鹿児島県奄美市名瀬矢之脇町26-1 名瀬第2地方合同庁舎
航空地方気象台	
成田航空地方気象台	千葉県成田市古込字込前133　成田国際空港管理ビル内
東京航空地方気象台	東京都大田区羽田空港3-3-1
中部航空地方気象台	愛知県常滑市セントレアー丁目1番地
関西航空地方気象台	大阪府泉南郡田尻町泉州空港中1番地
福岡航空地方気象台	福岡県福岡市博多区大字雀居2025番地3
航空測候所	
新千歳航空測候所	北海道千歳市美々　新千歳空港内
那覇航空測候所	沖縄県那覇市字安次嶺531-3　那覇空港統合庁舎
施設等機関	
気象研究所	茨城県つくば市長峰1-1
気象衛星センター	東京都清瀬市中清戸3-235
高層気象台	茨城県つくば市長峰1-2
地磁気観測所	茨城県石岡市柿岡595
気象大学校	千葉県柏市旭町7-4-81

第２章　気象庁の予算

【第１節】予算構造

気象庁の昭和 50 年度の一般会計の当初予算額は 351 億円であり、うち人件費 219 億円（62.56％）、物件費 131 億円（37.44％）となっている。静止気象衛星「ひまわり 8 号・9 号」の気象庁単独整備により、物件費の比率が最も高まった平成 21 年度一般会計当初予算は人件費 367 億円（57.45％）、物件費 271 億円（42.55％）となったが、これ以外の期間はおおむね人件費 60％前半、物件費 30％後半の比率で推移し、令和 6 年度の総額は 549 億円で人件費 342 億円（62.31％）、物件費 207 億円（37.69％）となっている。

50 年前と比較して予算額が増えている原因としては、消費者物価指数（令和 2 年＝ 100）が昭和 50 年の 53.1 に対して令和 5 年が 105.6 と約 2 倍の違いがあることや、政府職員の給与改善等に伴い人件費の一人当たりの単価が上がったことが考えられる。

【第２節】年代別の主な事項

本節では、直近 50 年を 10 年ごとに区分し、当初予算と補正予算それぞれについて主な予算額等について記載していく。

１．昭和 50 年（1975 年）～昭和 59 年（1984 年）

（1）当初予算

昭和 50 年度から昭和 59 年度までの当初予算額は毎年度増加し、約 137 億円の増となっている。これは、昭和 52 年度に打ち上げられた「ひまわり（初号機）」について、地上施設の整備経費等を計上したこと、また、政府職員の給与改善等に伴う人件費がほぼ毎年度増額となっているためである。

（2）補正予算

この期間の主な補正予算としては、昭和 59 年度に「ひまわり 2 号」のイメージャ不具合を受け、「ひまわり 3 号」を昭和 59 年 9 月 27 日の運用開始に前倒しするため、宇宙開発事業団（現国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構）に対する委託費 31 億円を計上した。

２．昭和 60 年（1985 年）～平成 6 年（1994 年）

（1）当初予算

昭和 60 年度から平成 6 年度までの当初予算額について、「ひまわり 2 号」までは科学技術庁（現 文部科学省）の全額負担であったが、「ひまわり 3 号」からは科学技術庁の一部負担で気象庁も経費を分担したこと等により、約 136 億円の増加となっている。なお、科学技術庁による費用の一部負担は「ひまわり 5 号」まで行われた。

（2）補正予算

昭和 62 年度に「ひまわり 4 号」の本体やその打上げのための H-1 ロケットの開発に必要な宇宙開発事業団に対する経費の増額、高風丸代船建造等により、計 68 億円を計上した。

平成元年度から平成 3 年度まで毎年 10 ～ 20 億円規模の補正予算を計上しているが、その大半は政府職員の給与改善に伴う人件費の増額となっている。なお、平成 3 年度は 6 月 3 日に発生した雲仙岳噴火に関する火山監視体制の強化として 4 億円も含まれている。

平成 5 年度は 3 回の補正予算が組まれた年であり、第 1 次は前年度に開催された国連環境開発会議（地球サミット）で議題となった気候変動や温室効果気体等の観測を強化するための海洋気象観測船「凌風丸」代船建造等として 26 億円、第 2 次は、7 月 12 日の北海道南西沖地震の災害を受け、津波対策のための津波地震早期検知網の新規整備等として 35 億円、第 3 次は、オゾン層の破壊が国際的に問題になっていることから、庁舎の空調機に使用されていた特定フロンを代替フロンへ移行するための特定フロン対策施設整備等で 8 億円を計上しており、合計 69 億円となっている。

３．平成 7 年（1995 年）～平成 16 年（2004 年）

（1）当初予算

平成 7 年度から平成 16 年度までの当初予算額について、災害対応による増額など期間全体で約 10 億円増加し、特に平成 12 年度は、積極的予算として 640 億円が計上され、当初予算として令和 6 年度までの最大値となっている。

平成 12 年の運用開始を予定し、平成 6 年度から着手した「ひまわり 6 号」は航空ミッション（航空局）と気象ミッション（気象庁）機能を併せ持つ運輸多目的衛星としていたが、平成 11 年度に打上げが失敗した。「ひまわり 6 号」の整備は急務であることから、打上げ失敗後すぐに予算要求し、平成 12 年度歳出分として 34 億円が計上され、同ミッションの運輸多目的衛星として平成 16 年度に打ち上げ、平成 17 年度から運用を開始した。その間、観測の継続を図るため、米国 GOES-9 号によるバックアップ観測を行った。また、「ひまわり 7 号」も運輸多目的衛星として平成 12 年度から予算を計上し、平成 17 年度に打ち上げ、平成 18 年度から待機衛星とした。なお、経費については搭載ミッションごとに応分の負担をしている。

（2）補正予算

主な補正予算について、平成 7 年度は、1 月 17 日の兵庫県南部地震を受けて、第 1 次にて計測震度計観測施設及び震度データ伝送装置の整備等で 48 億円、第 2 次にて計測震度観測施設の整備・強化等で 39 億円を計上し、計 87 億円となっている。

平成 8 年度には、台風第 18 号（9 月）により被災した南鳥島気象観測所の発動発電機等の整備をするため 21 億円を計上した。

平成 10 年度には、前年春からのエルニーニョ現象の影響で世界的な異常気象が発生したことから、海洋気象観測船「啓風丸」の代船建造による気候変動・地球環境対策の強化等の 37 億円を計上し、また、老朽化により翌年に廃止となる富士山レーダーの代替として静岡及び長野へ気象レーダー新設等の 14 億円を計上しており、計 51 億円となっている。

平成 11 年度には、台風第 18 号（9 月）など、毎年大雨災害が発生していることから、局

地的な大雨等の監視のため、上空の風を観測する局地的気象監視システム（ウィンドプロファイラ）の新規整備等として 21 億円を計上した。

平成 11 年度の 3 月 31 日に有珠山、平成 12 年度の 7 月 8 日に三宅島とたて続けに火山が噴火したことから、平成 12 年度は、火口周辺等危険地域における火山観測データの確保のための火山観測機器の整備及び機動観測業務の強化等で 49 億円を計上した。

平成 13 年度は、「電子政府の実現」に向けた気象観測資料のデジタル化及び電子データベースの構築で 3 億円、台風第 15 号（9 月）の災害を受け、地上回線途絶時のバックアップを図るため、商用衛星（CS）を活用する IT 防災気象情報伝達基盤の整備等で 16 億円を計上しており、計 19 億円となっている。

平成 16 年度には、平成 16 年 7 月新潟・福島豪雨等による災害が発生したことを受け、観測機能を強化したドップラーレーダーを東京レーダー（千葉県柏市）に導入し、また、10 月 23 日の新潟県中越地震等による地震計の更新等で、計 13 億円を計上した。

4．平成 17 年（2005 年）～平成 26 年（2014 年）

（1）当初予算

平成 17 年度から平成 26 年度までの当初予算額について、平成 21 年度から「ひまわり 8 号・9 号」が気象庁単独整備となったことから、平成 28 年度の打上げまで毎年約 70 億円を追加計上した。また、人件費においては、平成 24 年 4 月から平成 26 年 3 月まで東日本大震災等に対処するための臨時特例法（国家公務員の給与の改定及び臨時特例に関する法律）が制定されたことにより給与特例減額措置が取られたため、当初予算額が減少している。

（2）補正予算

平成 18 年度は、9 月に宮崎県延岡市で、11 月に北海道佐呂間町において竜巻災害が発生したことを受けて、竜巻災害対策のための気象ドップラーレーダーの整備等として 26 億円を計上した。

平成 20 年度には、平成 20 年 8 月末豪雨による災害が発生したことを受け、気象ドップラーレーダーの整備等で 29 億円、6 月 14 日の岩手・宮城内陸地震の災害に伴うひずみ観測施設の整備等で 43 億円を計上し、計 72 億円となった。

平成 21 年度には、平成 21 年 7 月中国・九州北部豪雨や台風第 9 号（8 月）の災害を受け、局地的気象災害の監視・予測体制を強化する新たな局地的気象災害対策として、新たに高層気象観測データ統合処理システムを整備した。また、噴火警報等の精度向上、火山観測体制の大幅な強化として火山観測装置の新規整備等で計 62 億円を計上した。

平成 23 年度には、平成 23 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震による災害を受け、第 1 次にて地震観測ネットワークの復旧等で 77 億円、第 3 次にて巨大地震・津波に対する観測・監視体制の強化等で 77 億円を計上しており、地震に関連した補正予算は計 154 億円となった。この他、次期静止気象観測衛星の打上げ経費として 10 億円を計上し、合計 164 億円となっている。

平成 24 年度には、局地的大雨等の監視・予測に欠かせないウィンドプロファイラの更新・強化等として 50 億円を計上した。

平成 25 年度には、台風第 26 号（10 月）による伊豆大島を中心とした島嶼部の豪雨災害を受け、島嶼部における雨量観測網を強化し、また、フェーズドアレイレーダーを活用した研究環境の整備等で、計 12 億円を計上した。

平成 26 年度には、9 月 27 日の御嶽山の噴火災害における水蒸気噴火を踏まえ、御嶽山の火山活動の推移を把握するための観測強化や、47 ある常時観測火山すべてに対して火口付近へ熱映像監視カメラを整備するなど観測施設の増強、常時観測火山を見直し八甲田山等の 3 火山を追加するための総合観測点等の整備等、65 億円を計上した。

5．平成 27 年（2015 年）～令和 6 年（2024 年）

（1）当初予算

平成 27 年度からの当初予算は、厳しい財政事情とともに効率化を進め徐々に減額となったが、令和 2 年 7 月の豪雨災害を契機に線状降水帯対策をより迅速に進めるべく、補正予算を含め増額傾向である。

また、国の行政機関が行う情報システムの整備及び管理に関する事業に必要な予算は、令和 3 年 9 月 1 日に発足したデジタル庁へ段階的に一括計上することとなり、気象庁所管の情報システムに関する一般会計予算も情報システムの分類に応じて段階的に一括計上されることになった。このため、令和 3 年度当初予算ではデジタル庁と各府省が共同で整備・運用する「デジタル庁・各府省共同プロジェクト型システム」に該当する数値解析予報システム及び気象資料総合処理システムの経費がデジタル庁への一括計上対象となり、令和 4 年度からは「各府省で整備・運用するシステム」が追加され、全ての情報システム関係予算が対象となった。

（2）補正予算

平成 30 年北海道胆振東部地震等の災害を受け、非常用発電機やバックアップ回線の整備等を行う気象業務を維持するための拠点施設の継続性確保等で 36 億円を計上した。

令和 2 年 7 月豪雨では線状降水帯による甚大な災害が発生したことから、令和 2 年以降、毎年補正予算にて線状降水帯の予測精度向上・観測の強化を進め、段階的に防災気象情報の改善を図っている。令和 2 年度は、海上での水蒸気観測を強化するため、海洋気象観測船「凌風丸」の代船建造等として 60 億円を計上した。

令和 3 年度には、線状降水帯対策加速化のための線状降水帯予測スーパーコンピュータシステム整備等による予測の強化に加え、次期静止気象衛星搭載の最新センサ（赤外サウンダ）活用に係る技術開発、洋上観測の強化として船舶 GNSS 観測の拡充等で、275 億円を計上した。

令和 4 年度には、線状降水帯の予測精度向上の切り札である次期静止気象衛星の整備に着手するなど 664 億円を計上することとなり、これまでの補正予算の最大値となった。

令和 5 年度には、引き続き次期静止気象衛星の整備等の 290 億円の補正予算を計上しており、線状降水帯の予測精度向上等の取組に関する大型の補正予算を計上しているところである。

【第 3 節】空港整備特別会計の導入

空港整備特別会計は、航空輸送需要の増大に対処し、空港整備の促進と維持運営の円滑化を図るとともに、受益と負担の関係を明確にしつつ所要の財源を確保するため、昭和 45 年度に

空港整備特別会計法により設置された。その後、特別会計に関する法律（平成19年法律第23号）に基づき、空港整備特別会計が社会資本整備事業特別会計に統合されたことにより、空港整備事業等に関する経理は平成20年度から社会資本整備事業特別会計空港整備勘定として計上されたが、特別会計に関する法律等の一部を改正する等の法律（平成25年法律第16号）に基づき、平成25年度をもって社会資本整備事業特別会計が廃止されたため、平成26年4月から借入金償還完了年度の末日までの間の経過措置として、自動車安全特別会計空港整備勘定に計上されている。自動車安全特別会計空港整備勘定の歳出には、東京国際空港をはじめとする空港の整備のための空港整備事業費、無線施設等の整備のための航空路整備事業費及び空港施設の維持運営や人件費等に充てる経費である空港等維持運営費等がある。

気象庁では、航空機の安全性、快適性、定時性及び経済性に資するために空港や上空の気象情報を提供しており、昭和46年度に大蔵省より航空気象業務を空港整備特別会計で経理することを検討するよう指示があった。当初、航空局は、受益者負担等の課題があるとしていたが、気象庁、航空局及び大蔵省主計局での協議の結果、昭和48年度予算から航空気象業務関係経費のうち、施設整備費（0.8億円）に限り空港整備特別会計で経理することとなった。昭和49年度から昭和52年度予算では、昭和48年度予算と同様に航空気象業務経費の施設整備費のみが空港整備特別会計となっている。そして、昭和52年度に、受益者負担の原則の観点から一般会計に計上されている航空気象業務経費を空港整備特別会計の経理に取り入れることとして同特別会計に移管することとする、との大蔵省の見解が示され、昭和53年度予算から航空気象業務経費（42億円）は人件費も含めすべて一般会計から特別会計に移管された。

1．空港・航空路整備事業費

気象庁では、各時代の技術革新にあわせて様々なシステムを導入し、空港や上空の気象情報を提供しており、それらのシステムの整備に必要な経費を空港・航空路整備事業費として計上している。

昭和40年代は、航空機の事故が相次いだことや昭和42年に策定された空港整備五箇年計画等を踏まえて、各空港等に風向風速計、雲高測定器、温湿度計等の観測機器や無線模写受画機等の整備及び更新を行った。

昭和54年度（7億円）から、空港周辺の降水域を監視するため主要空港に空港気象レーダーの整備を行った。

昭和55年度（13億円）からは、NWW計画をもとにした「気象資料伝送網整備計画」に従い、各航空気象官署に気象資料伝送網を整備した。

昭和62年度（10億円）以降は、衛星資料を受信するため各空港に静止気象衛星資料受信装置を順次整備した。また、東京国際空港の沖合展開事業に伴い、観測機器等の整備を実施した。

昭和50年6月に米国ジョン・F・ケネディ国際空港で発生したダウンバーストによる旅客機の着陸失敗事故を受け、平成5年度（22億円）、平成6年度（29億円）には、空港周辺の風の急変域を監視するため、空港気象ドップラーレーダーを関西国際空港に整備している。これ以降、各空港気象レーダーは更新等に合わせてドップラーレーダーへ移行した。

平成5年の国際民間航空機関の理事会において、気象庁が東アジア・北西太平洋地域の火山灰に関する支援情報を提供する地域センター（東京VAAC）を担当することとなったため、平成8年度（32億円）には気象衛星画像などから火山を監視し、火山灰の検出・解析、及び火山灰に関する情報提供をするために、航空路火山灰監視装置を整備している。

平成11年度（33億円）には、日本周辺の雷の発生状況を監視するため、雷監視システムを整備した。

平成16年度（18億円）、平成17年度（13億円）に、東日本の気象資料伝送網を更新したことに合わせて、各種航空気象情報を航空利用者がインターネットで閲覧できる航空気象情報提供システムの運用を開始した。

平成18年度（19億円）には、晴天時の空港周辺の風の急変域を監視するため、空港気象ドップラーライダーを東京国際空港に整備している。

平成20年度（27億円）、平成21年度（16億円）には、空港気象ドップラーレーダー及びライダーのデータを処理する空港気象ドップラーレーダー情報集約処理システム、全国の空港のリアルタイムの観測データを航空関係者に提供するための航空気象実況データ収集処理システム及び全国の雷データを収集し処理する雷監視システム中央処理局からなる航空気象観測総合処理システムを整備し、空港気象ドップラーレーダー、航空地上観測データ、雷観測データ等を一元的に処理することが可能となった。

平成22年度（7億円）、平成23年度（11億円）からは、東京国際空港を離着陸する航空機のため、周辺の局地的な現象予測を行うとしてスーパーコンピュータの整備経費の一部を空港整備事業費で計上した。

平成25年度（11億円）には、空港出張所の観測所化に伴い、地域航空気象官署から担任空港の気象状況を遠隔で監視し、気象解説を行うため 遠隔予報作成支援装置の整備を行った。

平成26年度（28億円）、平成27年度（30億円）には、観測の高精度化や運営経費の削減等のため、東京国際空港と関西国際空港に固体素子二重偏波を用いた空港気象ドップラーレーダーを整備し、その他の空港でも更新に合わせて移行していった。

平成28年度（29億円）からは、空港の気象観測装置について、センターシステムによる観測データの集配信等にも対応した 航空統合気象観測システムの整備を順次開始した。

令和5年度（46億円）、令和6年度（25億円）には、令和7年度の大阪・関西万博で計画されている空飛ぶクルマの運航のため、夢洲に航空統合気象観測システムを整備した。

2．維持運営費

気象庁では、航空気象業務を実施するために整備している各システムや観測体制の維持・管理・運営に必要な経費を維持運営費として計上している。

昭和後期から平成14年頃まで空港の配置的側面からの整備が続いたことに伴い、航空気象業務も拡大していき、維持運営費は100億円を超えるほどにまで増加するとともに、平成17年度（105億円）には定員も884名にまで達した。その後、航空業界を取り巻く情勢の変化から従前にも増して効率的な業務の実施が求められるようになっていった。そこで、平成18年度（104億円）からは、情報通信技術が急速に発展したこともあり、遠隔で複数空港の飛行場予報の作成、提供を行うこととして効率化を図った。平成25年度（96億円）からは空

港出張所等の観測所化（観測の委託化）を開始し、平成 29 年度（95 億円）からは、国際的な動向や技術開発の状況も踏まえ、一部の空港において航空気象観測の完全自動化を開始している。そのほかにも、観測システムについてはより耐障害性が高く、維持管理が容易なシステムへの更新を行ってきた。これらの取組によって維持運営費は漸減しており、令和 3 年度（85 億円）は平成 6 年度（86 億円）以来初めて維持運営費 90 億円を下回り、その水準は現在も続いている。

表 1-2-3-1　気象庁予算と予算定員の推移（令和 6 年 3 月現在）

	気象事業経常費									予算定員	
	一般会計				特別会計					一般会計	特別会計
	当初予算	補正予算	予備費	合計	空港等維持運営費	空港整備事業費等	補正予算	合計	単位		
昭和 47	17,848,396	452,384		18,300,780						6,432	
48	21,474,921	1,399,077	6,583	22,880,581		77,808		77,808	千円	6,493	
49	26,101,677	3,923,832		30,025,509		81,383		81,383		6,529	
50	35,023,082	107,488		35,130,570		125,221		125,221		6,530	
51	37,372,248			37,372,248		283,928		283,928		6,543	
52	39,205,426			39,205,426		351,579		351,579		6,589	
53	38,421,996			38,421,996	3,800,732	408,330		4,209,062		5,824	765
54	39,745,338			39,745,338	4,300,850	722,302		5,023,152		5,824	764
55	41,986,553	741,787		42,728,340	4,615,324	1,263,034		5,878,358		5,806	773
56	44,059,642	181,886		44,241,528	5,054,616	1,584,329		6,638,945		5,774	781
57	46,553,199			46,553,199	5,482,181	1,092,400		6,574,581		5,741	778
58	48,078,744			48,078,744	5,522,980	1,005,696		6,528,676		5,701	785
59	48,742,841	3,138,630		51,881,471	6,642,917	548,800		7,191,717		5,670	786
60	45,518,980			45,518,980	6,481,471	559,500		7,040,971		5,636	782
61	46,375,920		572,158	46,948,078	6,350,846	755,970		7,106,816		5,613	773
62	46,761,737	6,846,124		53,607,861	6,208,397	976,920		7,185,317		5,587	777
63	46,889,598	519,651	48,172	47,457,421	6,349,501	1,019,478		7,368,979		5,581	767
平成 元	48,107,855	1,187,204		49,295,059	6,107,465	774,900		6,882,365		5,560	771
2	49,183,500	2,031,794		51,215,294	6,424,312	791,150		7,215,462		5,530	777
3	51,726,789	1,929,140		53,655,929	6,675,094	1,561,147		8,236,241		5,508	778
4	56,354,679	36,455		56,391,134	7,016,065	1,989,047		9,005,112		5,471	793
5	58,275,526	6,918,177		65,193,703	7,987,383	2,170,650		10,158,033		5,430	846
6	59,077,757	384,361		59,462,118	8,576,957	2,919,600		11,496,557		5,408	855
7	59,427,607	8,698,215		68,125,822	9,033,265	2,476,000		11,509,265		5,379	862
8	59,350,589	2,110,288		61,460,877	9,146,028	3,238,100		12,384,128		5,362	858
9	59,959,241			59,959,241	9,126,480	1,593,900		10,720,380		5,343	863
10	61,131,670	5,109,911		66,241,581	9,408,076	1,027,800		10,435,876		5,333	851
11	62,186,860	2,079,482	197,044	64,463,386	9,544,230	3,295,500		12,839,730		5,315	844
12	63,950,929	4,869,348	1,266,421	70,086,698	9,622,709	2,743,000		12,365,709		5,283	845
13	63,242,478	1,914,907		65,157,385	10,231,392	2,048,800		12,280,192		5,254	844
14	62,739,629	410,558	207,400	63,357,587	10,410,451	1,865,000		12,275,451	千円	5,208	852
15	61,398,545	1,354		61,399,899	10,385,623	1,657,000		12,042,623		5,175	850
16	60,353,582	1,277,073		61,630,655	10,544,149	1,838,700		12,382,849		5,122	872
17	59,733,863	1,221,735		60,955,598	10,527,736	1,326,230		11,853,966		5,074	884
18	57,456,730	2,621,789		60,078,519	10,363,224	1,899,000		12,262,224		5,029	848
19	57,049,809	47,767		57,097,576	10,493,004	1,898,772		12,391,776		4,942	843
20	57,434,897	7,163,399		64,598,296	10,191,048	2,675,647	1,598,800	14,465,495		4,848	852
21	63,795,111	6,162,575	183,942	70,141,628	10,323,164	1,605,866		11,929,030		4,777	841
22	61,989,395		929,225	62,918,620	10,455,306	743,008		11,198,314		4,701	838
23	59,035,063	16,419,978		75,455,041	10,249,760	1,082,000	329,000	11,660,760		4,621	833
24	58,884,351	4,985,682		63,870,033	10,131,379	683,500	517,000	11,331,879		4,565	817
25	55,665,495	1,234,534		56,900,029	9,605,260	1,065,500	15,000	10,685,760		4,527	762
26	58,482,853	6,490,701		64,973,554	9,825,306	2,843,240		12,668,546		4,537	688
27	58,692,370	524,494		59,216,864	9,771,842	2,993,400		12,765,242		4,542	625
28	58,728,403	500,391		59,228,794	9,490,837	2,913,700	327,000	12,731,537		4,598	571
29	57,405,132	502,727		57,907,859	9,500,940	5,513,200	89,000	15,103,140		4,586	534
30	56,803,328	3,598,804		60,402,132	9,096,040	4,004,700	1,202,000	14,302,740		4,554	524
令和 元	60,764,625	908,151		61,672,776	9,208,249	4,055,600		13,263,849		4,537	502
2	59,491,716	6,027,357		65,519,073	9,101,628	5,758,580		14,860,208		4,521	486
3	57,230,272	27,456,250		84,686,522	8,540,485	3,577,800		12,118,285		4,502	478
4	53,147,004	66,388,707		119,535,711	8,777,300	2,823,800		11,601,100		4,562	468
5	54,224,995	29,016,506		83,241,501	8,016,466	4,592,500		12,608,966		4,583	442
6	54,931,357			54,931,357	8,777,411	2,536,700		11,314,111		4,597	433

（1）予算
1）空港整備特別会計の記載のため昭和48年度からとしているが、気象事業経常費に関する昭和47年度以前分については、100年史に記載があるため割愛した。
2）令和3年度以降の予算額には、デジタル庁一括計上予算を含めて記載している。

第３章　気象庁の庁舎

【第１節】気象庁庁舎の変遷

気象庁は､明治８年に①旧赤坂区溜池葵町（港区虎ノ門２丁目付近）の庁舎で業務を開始し、明治 15 年に②旧麹町区代官町旧本丸（皇居北桔橋門付近)、大正９年に③旧麹町区元衛町（千代田区大手町)、昭和 39 年に④千代田区大手町（前庁舎とは別地）へとそれぞれ拠点を移し、令和２年に現在の、⑤港区虎ノ門に移転した。



図 1-3-1-1　令和2年（2020年）末、気象庁が明治8年（1875年）にはじめて観測を開始した虎ノ門へ移転

【第２節】大手町庁舎

千代田区大手町の庁舎建設用敷地 8,557 坪は、昭和 29 年に建設省から、更に昭和 33 年に大蔵省から所管換を受けたもので、この土地に、関東地方建設局により、鉄骨鉄筋コンクリート造り、地上８階、地下２階の本庁舎が、昭和 36 年から３年かけて建設され、昭和 39 年３月に竣工した。

この頃の日本経済は高度成長期を迎え、昭和 39 年 10 月の東京オリンピック開催に向け、道路、鉄道、空港などの交通インフラや、競技場、宿泊施設などの整備が大規模に行われるなど、都市の発展と近代化が急速に進む中、気象業務は、国際的にも国内的にも発展途上にあったため、将来の業務発展に伴う組織体制や設備拡張に備えるべく、増築が可能であることを設計条件として建設された。

完成当時の庁舎は、西側地上８階建ての屋上に測風塔とレーダー塔が設置され、東側の一部は低層３階建てのＬ字型の構造になっており、庁舎北東側には高さ 50m の筑波山向けマイクロ鉄塔も整備された。その後、気象業務は想定どおりの発展に伴い、昭和 42 年には、気象資料自動編集装置の整備に合わせ東側庁舎の上に 4、5 階を増築し、昭和 57 年には、気象資料伝送網の整備に合わせ、更に６～８階を増築するとともに耐震改修工事も実施され、総８階建ての本庁舎が完成した。


図 1-3-2-1　庁舎増築工事中


図 1-3-2-2　昭和57年　庁舎増築工事完了後

それから 25 年後の、平成 19 年６月に、平成 18 年７月閣議決定された「経済財政運営と構造改革に関する基本方針 2006」を受けて、財務大臣主催の「国有財産の有効活用に関する検討・フォローアップ有識者会議」の報告が取りまとめられ、大手町庁舎の移転、建設計画が示され、気象庁の主要部分は霞ヶ関近辺（虎ノ門）へ、そのほかの情報システム等は清瀬市等を移転候補地とされた。

同報告書には、移転に伴う必要経費の増加を最小限に抑えるため、移設可能な情報システム等については更新整備の際、順次清瀬市にある気象衛星センターの敷地に移設することや、大型の風洞設備はつくば市にある高層気象台の敷地に移設すること、これまで隣接していた観測露場についても移転先の確保が必要であることなどが明記された。

令和２年に PFI 事業により虎ノ門庁舎の竣工、移転完了をもって、気象業務の大いなる変革期において、その拠点となった大手町庁舎は、56 年の歴史に幕を閉じ、令和３年 12 月に財務省へ引継がれた。

【第３節】虎ノ門庁舎

１．虎ノ門への移転に向けて

平成 19 年６月「国有財産の有効活用に関する検討・フォローアップ有識者会議」の報告書を受け、気象庁では、同月開催の庁議において、庁内に「気象庁庁舎移転に関する検討委員会」を設置し、総務課及び施設物品管理室を事務局として、虎ノ門への移転に向けて、新庁舎における施設設備内容やシステム構築方法などの様々な検討を行うこととされた。そして虎ノ門に

新設される建物は、建設及び庁舎維持運営については PFI（Private Finance Initiative）方式を前提に、港区立教育センターとの合築で計画を立てることとされた。

このようなことから移転に関する膨大な関連業務を実施するために、平成 20 年度から本庁総務部総務課に専門職、係長、主任の 3 名を配置し、庁内・関東地方整備局・港区・PFI 事業者との調整、要求水準書の取りまとめを行わせることとした。

2．PFI 事業の実施

平成 19 年 6 月の本庁庁舎虎ノ門移転決定以降、平成 20 年 12 月関東地方整備局内に、「気象庁虎ノ門庁舎（仮称）・港区立教育センター整備等事業有識者等委員会」（以下「有識者等委員会」という。）が設置され、この委員会での審議を経て、平成 21 年 4 月には、「民間資金等の活用による公共施設等の整備等の促進に関する法律（平成 11 年法律第 117 号）」（以下「PFI 法」という。）の規定により、「民間資金等活用事業（PFI 事業）」（以下「本事業」という。）の発注者である関東地方整備局等は、気象庁虎ノ門庁舎（仮称）・港区立教育センター整備等事業の実施に関する方針を定めて、内容を公表し本庁庁舎移転に向けた本事業が、本格的なはじまりとなった。

この実施方針公表後に、民間事業者からの意見招請も行い、十分に実効性があると判断されたことから、本事業を特定事業に選定、平成 21 年 6 月に、客観的評価結果を公表した。

平成 21 年 8 月に、入札参加企業を選定するための総合評価落札方式による入札公告が行われ、国及び港区は、有識者等委員会に入札者が提案する事業計画に対する評価について審査を委託し、第一次及び第二次審査を経て、同年 12 月に 3 グループから大成建設グループが選定された。

平成 22 年 1 月に、発注者である関東地方整備局等と落札者の大成建設グループの各構成員及び協力企業との間で、事業を円滑にするための基本方針を定めた基本協定が締結されるとともに、同年 2 月には、大成建設グループの構成員で本事業の実施を目的とする特別目的会社「鞆絵（ともえ）サイエンスパートナーズ株式会社」（以下「SPC」という。）が設立され、発注者と SPC との間では、本事業を円滑に実施するために必要な事項を定めた事業契約を締結した。

しかし、事業契約締結後に東京都及び港区からまちづくりへの強い要望を受けることになり、当初の「総合設計制度」から「再開発等促進区を定める地区計画」（以下「地区計画」という。）へ移行し、整備手法の見直しを行った。地区計画の実施に当たっては、隣地の開発事業者と共同で、区道の新設等を行う必要が生じ、整備範囲や費用負担等に係る隣地事業者との調整・協議に相当時間を要することとなり、平成 23 年 3 月から平成 24 年 12 月の間、事業の一部（設計業務）を一時中止とした。

事業の一部一時中止の解除後、必要な調整作業を進めていたが、沿道関係地権者調整が難航し、港区から地区計画の策定が当面困難と報告されたことから、設計業務をこれ以上進めることは困難と判断し、平成 25 年 10 月から平成 27 年 4 月の間、再び事業の一部を一時中止とした。

このように、2 度にわたる事業の一部一時中止（中止期間約 3 年）を経て、設計業務が本格的に動き出し、建設工事に向け動きが加速した。

3．虎ノ門庁舎建設から引き渡し

建設工事にあたっては、まず、既設建物の解体工事と地中障害物の撤去が必要となった。これに先立ち、平成 28 年 7 月に気象庁虎ノ門庁舎（仮称）・港区立教育センター新築工事作業所が発足し、各種調査、計画を進めながら、解体工事に着手した。解体する物は、旧全国町村会館の地下躯体と、旧港区立鞆絵（ともえ）小学校の杭抜き工事で、想定外の地下躯体の存在等の影響で、全体工程は切迫したが、平成 29 年 3 月から新築工事に着手し、同年 6 月に事業者側による地鎮祭が執り行われた。

建設工事は、仮設工事、山留工事、根切工事、躯体工事、外装工事、内装工事、電気設備工事及び機械設備工事が順次行われ、着手から完成までは 3 年間の月日を要し、事業者側で延べ約 25 万人が、この建設工事に従事した。

このように、一部一時中止期間などもあったことから、事業開始当初に想定がなされていた庁舎完成予定より大幅に遅れが生じたものの、気象庁・港区立教育センターは、令和 2 年 2 月に完成し、気象庁と港区に引き渡された。結果的に、当初の平成 25 年度入居予定から 7 年遅れて、計画当初から数え 13 年が経過して、入居することとなった。

4．虎ノ門庁舎の特徴

虎ノ門庁舎は、防災対応型庁舎であると同時に、港区立教育センターとの合築で、みなと科学館と気象科学館が併設され、建物・設備には様々な配慮や特徴がある。

気象庁、港区立教育センター、みなと科学館、気象科学館などへの一般来庁者は、それぞれの形態に合わせた動線を確立し、セキュリティエリアと一般開放エリアを、明確に区分している。

また、災害時における業務継続のために、庁舎 1 階床下に免震ピットを持つ中間免震構造になっており、5 階、9 階のオペレーションルーム他必要な場所には、縦免震設備が設置され、あらゆる地震成分に対して、リスクを最小化するハイブリッド免震構造としている。電気のインフラにおいては、商用電源は 3 回線スポットネットワーク方式（1 回線でも通電されていれば停電しない。）とし、発動発電機は 2 台（燃料は 7 日分備蓄）設置され、UPS 給電と発動発電機給電で、商用電源が停電した場合も全体の約 8 割は給電できるものとした。

さらに、中央管理室が設置され、警備監視、電気設備監視、機械設備監視等を 1 か所で集中的に行うことで、入居機関全体で非常時対応が、スムーズに行われることとなる。

5．「庁舎管理室」の設置

虎ノ門庁舎の庁舎維持管理・運営は、PFI 事業として SPC が一括して行うこととなり、港区立教育センターと合築庁舎であることから、防災対応を含む庁舎運用や庁舎修繕等については、庁舎に係る意見・要望を取りまとめた上で、入居機関、SPC との調整が必要となる。

このため、これらの調整業務を的確かつ効率的に実施し、更には庁舎の利便性を向上させるとともに、気象庁側の対応窓口を一本化するために、総務部総務課庁舎管理官が総括する「庁舎管理室」を設置した。

「庁舎管理室」には、庁舎管理第一係、第二係及び第三係を置き、PFI 事業の業績監視及び

港区立教育センターとの窓口業務等を担っている。

6．維持管理・運営業務

令和２年２月に完成し引き渡しを受け、令和２年３月から SPC による維持管理・運営業務が開始されることとなった。

港区は、みなと科学館の開館も含めて、同年４月から業務を開始することとなった。一方、気象庁は、気象科学館が令和２年７月から庁舎移転に先駆けて開館した。また、令和２年４月以降において順次各業務システム移設や什器類の整備を行い、同年 11 月から 12 月までの５週間にわたり引越しをした。なお、虎ノ門庁舎での正式な業務開始日については、幹部職員が執務を開始した令和２年 11 月 24 日である。

SPC における維持管理・運営業務は、維持管理６業務と、運営２業務からとなっている。維持管理６業務は、定期点検等及び保守業務、運転・監視及び日常点検・保守業務、清掃業務、執務環境測定業務、修繕業務、エネルギー管理及び環境衛生管理に関する技術支援、また、運営２業務は、警備・庁舎運用等業務（警備、庁舎運用、電話交換及び公用車運行管理）、福利厚生諸室運営業務（売店、書店、自動販売機、食堂及び喫茶）を行うこととなった。これらの各業務については、事業契約で令和 12 年３月 31 日までの 10 年１か月行うものとした。

第４章　人材の確保、育成

【第１節】気象庁の定員の歴史

気象庁の定員は、昭和 52 年度には 6,589 人となった。翌年度も同数であり、この２年間が定員のピークであった。昭和 44 年に行政機関の職員の定員に関する法律（昭和 44 年法律第 33 号）及び行政機関職員定員令（昭和 44 年政令第 121 号）（以下「総定員法等」という。）が制定され、政府全体の総定員の上限を法律で定め、その下で一律的な定員削減計画（府省全体の削減（合理化）割合等が閣議決定され、それに基づき各府省の削減（合理化）目標数が定められる。府省全体の削減（合理化）割合等を１年度あたりに換算すると、第１～２次計画（昭和 43 ～ 49 年度）は約 1.5％、第３～ 10 次計画（昭和 50 ～平成 16 年度）は約１%、第 11 ～ 14 次計画（平成 17 ～令和６年度）は約 2％であった。）を実施し、削減された定員を新規の行政需要に再配分する方法に改められた。気象庁の定員は総定員法等の制定後も増加傾向にあったが、昭和 54 年度以降は減少に転じることとなった。

その後、毎年 40 ～ 60 人程度の定員合理化が実施され定員の減少傾向が続く中、平成５年度は関西国際空港の開港（平成６年９月４日）に向けて、大阪管区気象台総務部関西国際空港準備室への増員が認められ、前年度より 12 人増の 6,276 人となった。前年度に比べ定員が増となったのは、昭和 52 年度以来 16 年ぶりである。その後も定員の減少傾向が続き、平成 16 年度の定員は 6,000 人を割り、5,994 人となった。平成 18 年度には「国の行政機関の定員の純減について」（平成 18 年６月 30 日閣議決定）及び第 11 次定員合理化計画により、この時点では定員が減少に転じた昭和 54 年度以降最大となる 81 人の定員減となった。これ以降も、現在に至るまでの間、定員合理化計画により 100 人を超える定員合理化が毎年のように実施され、定員の減少傾向が続くこととなった。

この間、中央省庁再編が行われた平成 13 年１月には、「沖縄の復帰に伴う特別措置に関する法律（昭和 46 年法律第 129 号）」に基づき措置された定員 340 人が、総定員法等による定員に繰り入れられている。

平成 28 年度には、御嶽山噴火災害を契機とした火山監視・情報発表体制、火山活動評価体制及び火山機動観測体制の強化等の増員が認められ 23 年ぶりの定員増となるが、その後も定員の減少傾向は続き、令和３年度の定員は 5,000 人を割り、4,980 人となった。しかし、令和４年度には、線状降水帯の予測精度向上に向けた技術開発推進体制の強化、新たな地域防災支援に向けた体制強化等により、平成以降で最多の増員が認められ、再び定員は 5,000 人を超えることとなった。これ以降も、地域防災支援体制の強化を中心に増員が認められ、令和６年４月１日現在の定員は 5,030 人となった。

なお、平成 27 年度以降、高齢者活躍及びワークライフバランス推進に関する定員等、社会構造の変化に合わせて新たな定員が措置されており、各部局の実情に合わせて有効活用している。

昭和 53 年、平成 5 年、平成 18 年、平成 28 年、令和 4 年及び令和 6 年の各時点における定員は表 1-4-1-1 に示した。

表 1-4-1-1　気象官署定員の変遷

官署名＼年度	昭和53年度(1978年度)定員	平成5年度(1993年度)定員	平成18年度(2006年度)定員	平成28年度(2016年度)定員	令和4年度(2022年度)定員	令和6年度(2024年度)定員	備考
	人	人	人	人	人	人	
気象庁（本庁）	1,251	1,130	1,210	1,463	1,598	1,593	
施設等機関							
気象研究所	187	180	174	183	179	171	
気象衛星センター	289	228	205	145	91	84	昭和52年4月1日　設置
高層気象台	41	34	30	26	18	18	
○地震観測所	14	16					平成7年4月1日　廃止
地磁気観測所	54	47	42	30	29	29	
気象大学校	103	100	95	94	92	92	
札幌管区気象台							
札幌管区気象台(本台)	181	181	188	193	200	191	
○岩見沢測候所	15	10					平成18年10月1日　廃止
○小樽測候所	5	3					平成11年3月1日　廃止
○倶知安測候所	9	8					平成18年10月1日　廃止
○寿都測候所	8	9	7				平成20年10月1日　廃止
○千歳航空測候所	53						昭和63年7月20日　名称変更(新千歳航空測候所に変更)
新千歳航空測候所		53	95	66	47	46	昭和63年7月20日　名称変更(千歳航空測候所から変更)
稚内地方気象台	47	48	37	36	29	30	
○北見枝幸測候所	5	5					平成16年10月1日　廃止
網走地方気象台	29	32	29	31	25	26	
○雄武測候所	5	3					平成16年10月1日　廃止
○紋別測候所	12	11	7				平成19年10月1日　廃止
旭川地方気象台	34	37	29	31	25	26	
○羽幌測候所	5	3					平成11年3月1日　廃止
○留萌測候所	12	11	7				平成20年10月1日　廃止
釧路地方気象台	45	48	31	33	27	28	
○根室測候所	32	28	21				平成22年10月1日　廃止
帯広測候所	21	22	14	14	12	13	
○広尾測候所	5	3					平成11年3月1日　廃止
室蘭地方気象台	22	26	29	31	25	26	
○浦河測候所	17	13	7				平成21年10月1日　廃止
○苫小牧測候所	7	7					平成16年10月1日　廃止
○森測候所	3	3					平成14年3月1日　廃止
○江差測候所	10	9	7				平成19年10月1日　廃止
函館地方気象台				32	26	27	平成25年10月1日　設置
仙台管区気象台							
仙台管区気象台(本台)	167	169	177	178	189	179	
○石巻測候所	10	9					平成15年3月1日　廃止
○仙台航空測候所	6	12	85	53	40		令和5年4月1日　廃止
青森地方気象台	33	39	30	31	26	31	
○むつ測候所	5	3					平成10年3月1日　廃止
○深浦測候所	7	7					平成16年10月1日　廃止
○八戸測候所	12	9	7				平成19年10月1日　廃止
秋田地方気象台	60	57	39	37	31	35	
盛岡地方気象台	35	37	31	31	26	30	
○宮古測候所	13	10	7				平成19年10月1日　廃止
○大船渡測候所	9	9					平成18年10月1日　廃止
山形地方気象台	29	32	30	31	26	30	
○酒田測候所	12	14	7				平成21年10月1日　廃止
○新庄測候所	6	4					平成10年3月1日　廃止
福島地方気象台	29	37	31	31	26	31	
○若松測候所	13	9	7				平成22年10月1日　廃止
○白河測候所	5	3					平成10年3月1日　廃止
○小名浜測候所	13	9	7				平成20年10月1日　廃止
東京管区気象台							
東京管区気象台(本台)	135	130	115	114	120	116	
○大島測候所	18	19	11				平成21年10月1日　廃止
○三宅島測候所	12	11	10				平成21年10月1日　廃止
○八丈島測候所	39	35	21				平成21年10月1日　廃止
○富士山測候所	19	19	5				平成20年10月1日　廃止
東京航空地方気象台	113	89	111	72	66	82	
宇都宮地方気象台	26	26	31	31	26	26	
○日光測候所	5	3					平成9年3月1日　廃止
前橋地方気象台	25	25	32	31	27	27	
熊谷地方気象台	21	24	30	31	28	28	
○秩父測候所	6	3					平成10年3月1日　廃止
水戸地方気象台	22	24	29	31	27	27	
○筑波山測候所	4						昭和61年4月5日　廃止
銚子地方気象台	27	26	29	31	27	27	
○千葉測候所	8	7	7				平成22年10月1日　廃止
○館山測候所	13	13					平成18年10月1日　廃止
○勝浦測候所	5	6	6				平成19年10月1日　廃止
横浜地方気象台	28	27	32	33	28	28	
長野地方気象台	26	28	33	33	29	29	
○松本測候所	14	13	8				平成19年10月1日　廃止
○諏訪測候所	5	3					平成9年3月1日　廃止
○飯田測候所	9	9					平成18年10月1日　廃止
○軽井沢測候所	8	8	7				平成21年10月1日　廃止
甲府地方気象台	23	24	30	31	26	26	
○河口湖測候所	5	3					平成15年10月1日　廃止
名古屋地方気象台	82	71	58	54	67	71	
○伊良湖測候所	5	3					平成9年3月1日　廃止
○名古屋航空測候所	31	39					平成17年2月17日　廃止
静岡地方気象台	26	28	33	34	29	33	
○浜松測候所	9	8					平成17年10月1日　廃止
○三島測候所	7	3					平成15年3月1日　廃止
○御前崎測候所	11	10	8				平成22年10月1日　廃止
○網代測候所	7	6					平成15年10月1日　廃止
○石廊崎測候所	5	3					平成15年10月1日　廃止
岐阜地方気象台	25	26	32	31	26	31	
○高山測候所	10	8					平成17年10月1日　廃止
津地方気象台	24	26	31	31	26	30	
○四日市測候所	6	3					平成9年3月1日　廃止
○尾鷲測候所	12	9	7				平成19年10月1日　廃止
○上野測候所	5	3					平成9年3月1日　廃止
新潟地方気象台	80	68	56	55	66	71	
○新潟航空測候所	12	13					平成17年2月17日　廃止

官署名＼年度	昭和53年度(1978年度)定員	平成5年度(1993年度)定員	平成18年度(2006年度)定員	平成28年度(2016年度)定員	令和4年度(2022年度)定員	令和6年度(2024年度)定員	備考
○高田測候所	10	8	7				平成19年10月1日　廃止
○相川測候所	17	16	7				平成19年10月1日　廃止
富山地方気象台	24	35	29	31	25	30	
○伏木測候所	5	3					平成10年3月1日　廃止
金沢地方気象台	28	29	30	32	26	31	
○輪島測候所	31	25	20				平成22年10月1日　廃止
福井地方気象台	34	35	30	32	26	31	
○敦賀測候所	8	7					平成17年10月1日　廃止
成田航空地方気象台			63	46	34	27	平成16年4月1日　設置 (新東京航空地方気象台を成田航空地方気象台に改める)
○新東京航空地方気象台	137	89					昭和52年12月20日　設置、 平成16年4月1日　廃止 (成田航空地方気象台に改める)
中部航空地方気象台			55	40	30	27	平成17年2月17日　設置
大阪管区気象台							
大阪管区気象台(本台)	180	231	199	207	232	227	
○大阪航空測候所	52	51	17	16			平成29年4月1日　廃止
京都地方気象台	22	24	29	31	26	30	
○姫路測候所	7	6					平成15年3月1日　廃止
○洲本測候所	6	6					平成15年3月1日　廃止
○豊岡測候所	13	12	7				平成19年10月1日　廃止
奈良地方気象台	20	23	30	31	26	30	
彦根地方気象台	22	25	29	31	26	30	
○伊吹山測候所	7	3					平成6年6月24日　廃止
和歌山地方気象台	25	29	32	32	27	31	
○潮岬測候所	32	27	22				平成21年10月1日　廃止
広島地方気象台	83	72	56	53	67	70	
○呉測候所	6	4					平成14年3月1日　廃止
○福山測候所	6	5					平成14年3月1日　廃止
○広島航空測候所	11	11					平成18年4月1日　廃止
鳥取地方気象台	27	35	30	31	26	30	
○米子測候所	30	26	20				平成20年10月1日　廃止
○境測候所	5	5					平成15年3月1日　廃止
松江地方気象台	41	43	33	33	27	31	
○浜田測候所	12	16	7				平成19年10月1日　廃止
○西郷測候所	16	16	8				平成20年10月1日　廃止
岡山地方気象台	28	35	31	31	26	30	
○津山測候所	6	6					平成14年3月1日　廃止
高松地方気象台	76	71	51	52	60	69	
○多度津測候所	5	4					平成13年3月1日　廃止
松山地方気象台	37	37	31	31	25	30	
○宇和島測候所	9	8					平成17年10月1日　廃止
徳島地方気象台	30	28	30	31	25	30	
○剣山測候所	10	3					平成6年6月24日　廃止
高知地方気象台	33	36	31	33	27	31	
○室戸岬測候所	22	20	10				平成20年10月1日　廃止
○清水測候所	16	14	7				平成19年10月1日　廃止
○宿毛測候所	5	4					平成13年3月1日　廃止
神戸地方気象台				33	26	31	平成25年10月1日　設置
関西航空地方気象台			147	66	62	57	平成6年6月24日　設置
福岡管区気象台							
福岡管区気象台(本台)	184	184	199	197	208	191	
○飯塚測候所	6	3					平成13年3月1日　廃止
○福岡航空測候所	63	62	131	66			平成30年4月1日　廃止
○長崎航空測候所		11					平成2年6月8日　設置、 平成18年4月1日　廃止
下関地方気象台	30	33	30	31	30	30	
○萩測候所	6	3					平成13年3月1日　廃止
○山口測候所	7	6	5				平成22年10月1日　廃止
大分地方気象台	32	36	30	31	30	30	
○日田測候所	6	4					平成13年3月1日　廃止
佐賀地方気象台	21	23	29	31	30	30	
熊本地方気象台	38	41	31	31	31	31	
○阿蘇山測候所	10	11	6				平成21年10月1日　廃止
○人吉測候所	5	3					平成12年3月1日　廃止
○牛深測候所	6	3					平成14年3月1日　廃止
○佐世保測候所	5	3					平成13年3月1日　廃止
○雲仙岳測候所	6	7					平成17年10月1日　廃止
○福江測候所	17	18	13				平成21年10月1日　廃止
○厳原測候所	17	18	13				平成21年10月1日　廃止
○平戸測候所	6	4					平成12年3月1日　廃止
鹿児島地方気象台	97	87	70	72	86	82	
○枕崎測候所	5	5					平成15年10月1日　廃止
○阿久根測候所	5	3					平成12年3月1日　廃止
○屋久島測候所	6	6	6				平成20年10月1日　廃止
○種子島測候所	28	26	11				平成19年10月1日　廃止
名瀬測候所	51	49	32	18	15	15	
○沖永良部測候所	6	6	6				平成20年10月1日　廃止
○鹿児島航空測候所	20	20	15	17			平成30年4月1日　廃止
宮崎地方気象台	42	40	30	31	30	30	
○延岡測候所	6	6					平成12年3月1日　廃止
○都城測候所	5	3					平成12年3月1日　廃止
○油津測候所	6	6					平成15年10月1日　廃止
長崎地方気象台				31	30	30	平成25年10月1日　設置
福岡航空地方気象台					61	58	平成30年4月1日　設置
沖縄気象台							
沖縄気象台（本台）	121	125	137	122	128	118	
○名護測候所	4	4					平成14年3月1日　廃止
○久米島測候所	9	10					平成16年10月1日　廃止
那覇航空測候所	56	58	82	50	41	40	
南大東島地方気象台	47	41	27	20	16	14	
宮古島地方気象台	40	46	26	26	19	19	
石垣島地方気象台	57	55	35	29	21	21	
○与那国島測候所	12	12	9				平成20年10月1日　廃止
○西表島測候所	3	3					平成14年3月1日　廃止
海洋気象台							
○函館海洋気象台	101	100	79				平成25年10月1日　廃止
○神戸海洋気象台	85	83	90				平成25年10月1日　廃止
○長崎海洋気象台	85	77	75				平成25年10月1日　廃止
○舞鶴海洋気象台	75	70	68				平成25年10月1日　廃止

1）廃止官署（○）はこの表に関連する官署のみ記載している。
2）各年度の定員は年度末時点の予算定員を記載している。

【第２節】職員採用の歴史

気象庁職員の採用は、主に、人事院が実施する国家公務員採用試験（以下「採用試験」という。）により行っている。

採用試験のうち、総合職試験（院卒者試験）及び総合職試験（大卒程度試験）（Ｉ種試験及び上級甲種試験を含む。以下「総合職試験等」という。）並びに気象大学校学生採用試験（以下「気大試験」という。）からは、気象庁の幹部候補を採用しており、総合職試験等からは 10 名程度を、気大試験からは 15 名程度を、毎年採用している。また、一般職試験（大卒程度試験）（Ⅱ種試験、上級乙種試験及び中級試験を含む。以下「一般職大卒試験等」という。）及び一般職試験（高卒程度試験）（Ⅲ種試験及び初級試験を含む。以下「一般職高卒試験等」という。）からは、気象・地震火山等の観測や予報、地域防災支援などの業務に従事する職員を採用しており、過去 50 年において、当初は採用試験による採用の中で一般職高卒試験等からの採用が最も多かったが、大学進学率の上昇等により、平成 10 年度以降は、一般職大卒試験等からの採用が最も多くなっている。さらに、平成 29 年度から始めた気象庁経験者採用試験（係長級（技術））（以下「経験者試験」という。）により、全国の気象台における観測予報業務や地震火山業務等の現場を支える即戦力となる人材として、気象や地震火山、情報システム、防災等に関する知識や経験がある者を毎年 15 名程度採用している。

採用試験による採用のほか、必要に応じて選考による採用を行っており、海洋気象観測船の船員、施設等機関の研究官、気象大学校の教官等の官職の募集、気象庁採用選考試験（課長補佐級・係長級職員）（以下「選考試験」という。）等による採用も行っている。

また、過去には、終戦直後に大量採用した職員の多くが退職することとなった昭和 60 年代に人材を大量に確保する必要があったことから、新規採用に加え、定年退職した者を再び採用する再任用を行うとともに、日本国有鉄道退職希望職員及び日本国有鉄道清算事業団職員の採用を行った。

少子化や若い世代のキャリア意識の変化等により、国家公務員の志望者減少、若年層職員の離職率の増加といった人材確保に係る危機的な状況が見られる近年、デジタル化の進展など今後大きく変容する状況に対応していくための人材をいかに確保するかが重要な課題となっている。このため、気象庁においても、新たに経験者試験及び選考試験からの採用を行うこととしたほか、職場体験イベントなどの広報活動にも取り組み、人材確保に努めている。

【第３節】人材育成の歴史

１．研修の変遷

気象庁で実施する研修については、気象庁研修会議規則（昭和 41 年気象庁訓令第 6 号）によって設置された気象庁研修会議（委員長は気象庁長官。以下「研修会議」という。）において、その基本方針及び毎年度の研修計画立案の方針に関する事項等を審議している。

研修会議における過去 50 年の審議のうち特筆すべきものとしては、平成 8 年度及び平成 17 年度に行われた研修制度の見直しに関することが挙げられる。

平成 8 年度の研修制度の見直しは、気象審議会より、昭和 63 年 5 月に気象審議会答申第 17 号「気象庁における地球科学に関する新たな研究及び技術開発の課題とその推進方策について」を、平成 4 年 3 月に気象審議会答申第 18 号「社会の高度情報化に適合する気象サービスのあり方について」を、それぞれいただき、気候モデルの開発等技術開発の推進、局地的な量的予報の推進、防災気象情報の高度化など、社会情勢の変化に応じた技術の高度化が求められていく中、また、当庁職員の大半を占めていた一般職高卒試験等採用者に代わって一般職大卒試験等採用者の割合が増加していく中で、昭和 48 年当時の気象業務、職員構成等の状況を基に策定された研修体系を見直す必要が生じたことから行われたものである。検討作業は平成 5 年度から始まり、平成 8 年 3 月の研修会議において「気象庁における研修制度のあり方」として取りまとめられた。これにより、技術開発・管理・指導能力の養成を目的とした特修科を新設するとともに、気象業務関連基礎力の養成を目的とした基礎科と実務研修を目的とした技術科を合わせた 3 科に研修を分類した上で、採用試験に応じた研修ルートが示されることとなり、気象業務の高度化、職員構成の変化等に対応した研修体系が確立された。

平成 17 年度の研修制度の見直しは、平成 8 年度の見直し後、観測・予報・通信技術等の技術革新により、地方気象台において自動化等による業務の効率化が進む一方で、社会の高度化により地域のニーズへの対応を求められるようになってきた中で、地方職員の技術力、部外対応力の強化等の課題が生じたことから行われたものである。検討作業は平成 14 年度から始まり、平成 17 年 2 月の研修会議において「気象庁研修制度の見直しについて」として取りまとめられた。これにより、地方職員を対象として各役職別に必要な知識・技術の修得及び向上を目的とした階層別研修と各級官署別の職員を対象として業務に特有な専門的知識・技能の修得及び向上を目的とした専門別研修に研修を大別した上で、部外機関の積極的な活用も含めた研修実施機関の役割分担が示されることとなり、各役職別と各級官署に必要な知識・技術を付与するための研修体系が確立された。

その後も研修会議では毎年審議が行われ、新型コロナウイルス感染症対策を契機として令和 2 年度から当庁のより多くの研修で取り入れることとなったオンライン研修の実施体制、地域防災支援業務を円滑に実施することを目的として令和 2 年度から開始された地域防災支援業務研修、最新の人工知能技術に関する基礎的な知識・技術を習得することを目的として令和 3 年度から開始された次世代 AI 基礎研修等についての方針を取りまとめ、研修の円滑な推進に寄与している。

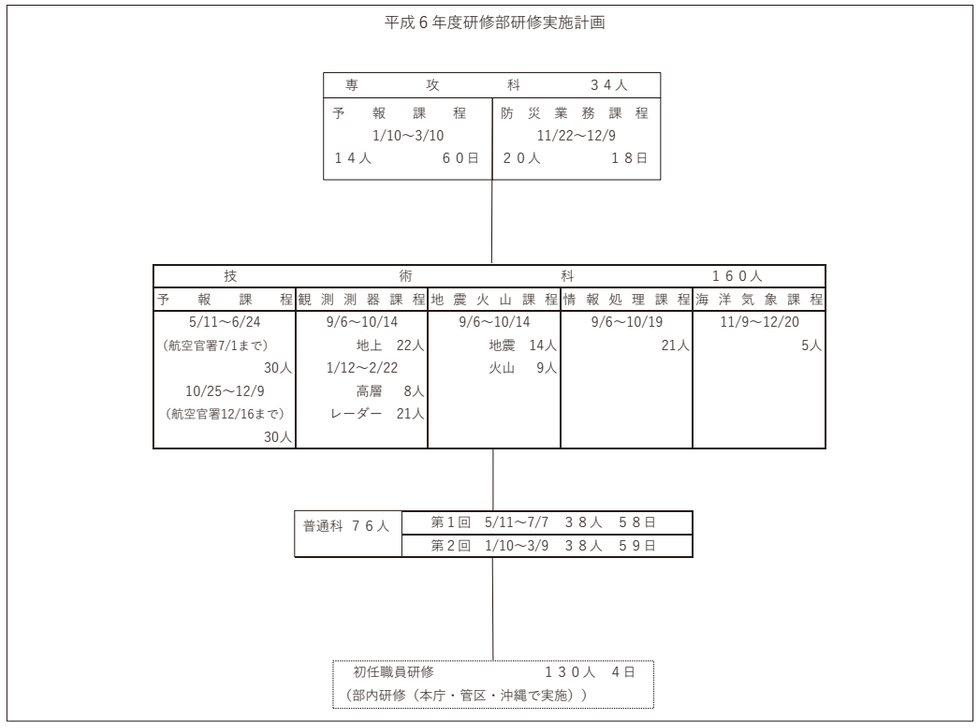


図 1-4-3-1　昭和48年度から平成7年度までの研修体系（図は平成6年度時のもの）

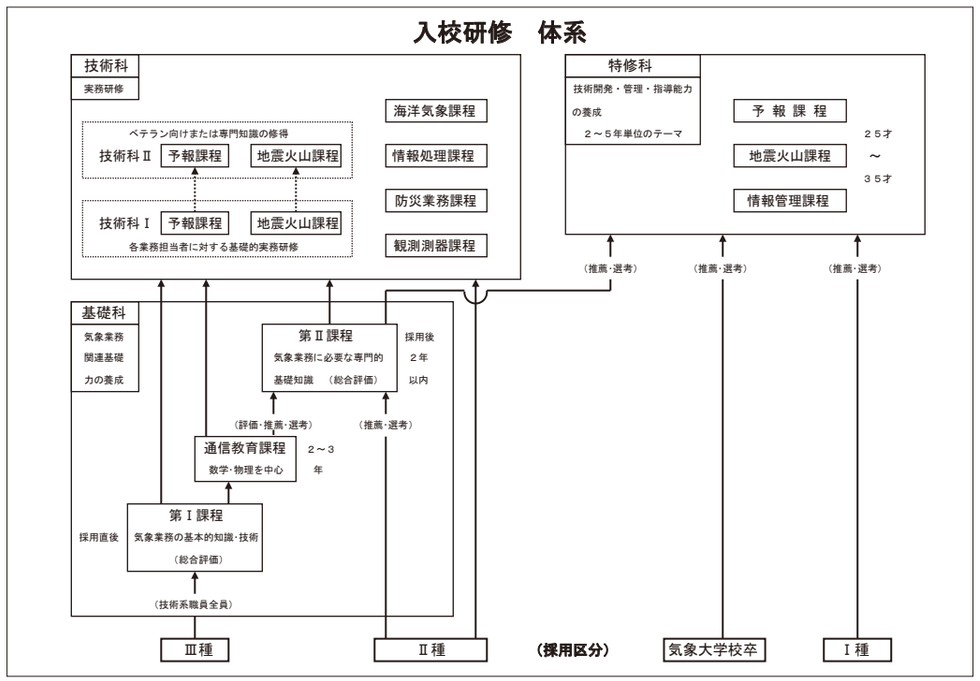


図 1-4-3-2　平成8年度から平成16年度までの研修体系（図は平成8年度時のもの）

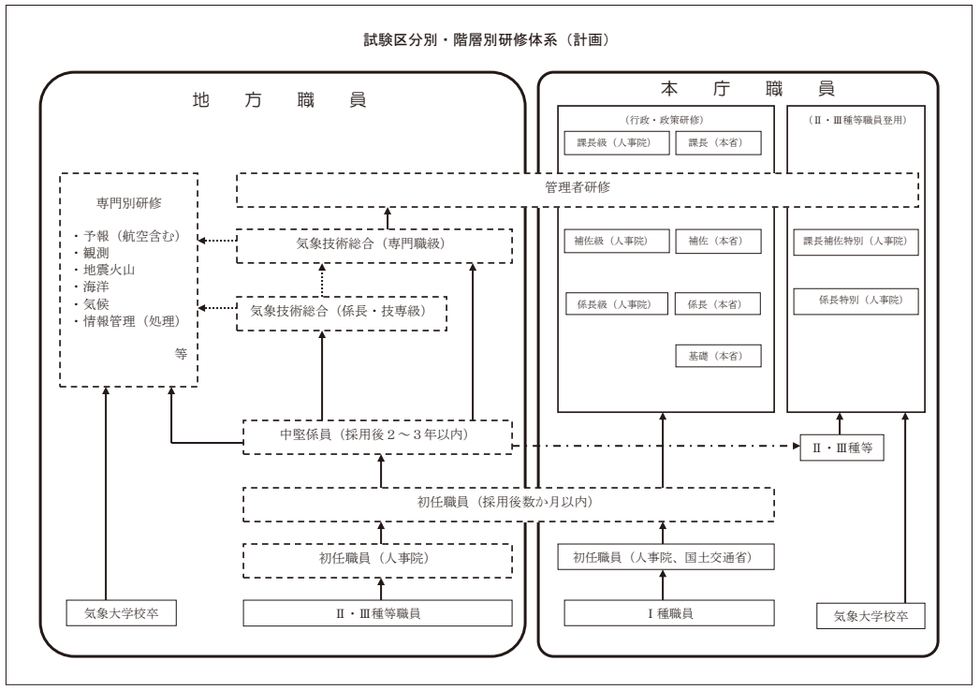


図 1-4-3-3　平成17年度から現在までの研修体系（図は平成17年度時のもの）

2．地方気象台等における業務改善プロジェクト

「地方気象台等における業務改善プロジェクト（以下「地台プロジェクト」という。）」は、人材育成や対外的な対応能力を向上させるため、関係機関との連携・技術開発・調査等の業務強化の取組を地方気象台等が立案・応募し、その中から管区気象台や本庁がプロジェクトを選定・支援するものとして、平成 11 年度から令和 3 年度まで実施した取組であり、この間、延べ 300 の地台プロジェクトが実施された。

（1）プロジェクトの背景

地台プロジェクト開始の背景として、観測・予報・通信技術等の技術革新により、地方気象台において自動化等による業務の効率化が進んでいたこと、また、国の行政組織のあり方が抜本的に見直される動きの中、中央のみならず地方でも効率化等の見直しが求められたこと、更には情報通信ネットワークの発展により、地域においても多様な気象サービスを受け取ることが可能となりつつあった中で、気象台としても地域のニーズへの対応を求められる状況下におかれたこと等があった。この状況を踏まえ、平成 10 年 5 月に「地方気象台業務の今後の進め方について」として庁の方針をとりまとめ、この中で「業務の改善に答えるためには、職員の絶えざる資質の向上や都道府県等との連携・協力が必要とされており、その実施にあたっては地方気象台等の業務の強化・改善への自主的な取組が望ましい」として示した方針を実施するものであった。

（2）取組内容

本プロジェクトの開始から 10 年以上経過した平成 22 年度には、その進め方について再検

討を行った。同年度の業務課長会議においても意見交換を実施し、地方官署の意見も踏まえ「本庁提案のテーマによる地台等プロジェクトの新設」「地方提案の地台等プロジェクトの継続」「管区・沖縄気象台主導による普及・啓発用資料の作成・更新等」「部外講師謝金の継続」の４つの方策を有機的に連携させ、地台等の地方官署の技術力、部外対応力の強化等のニーズに多角的に取り組めるよう改善を行うことを 12 月の庁議で決定し、平成 23 年度から本庁提案テーマを導入した。

平成 26 年度には、他に実施している各種検討会等と内容が重複してきていることに起因し、地方気象台の負担が増してきているなど状況が変化する一方、人材育成・発掘という観点でのメリットも勘案し、運営の見直しを行った。具体的には、意欲ある官署が負担感なく取り組めるよう、報告されたデータ処理ツール等をイントラネットで共有し誰でも利用可能にすることや、プロジェクトの採否に係る審査の簡素化等を行った。

その後、「地域における気象防災業務のあり方検討会」の報告書「地域における気象防災業務のあり方（平成 29 年 8 月 10 日）」を踏まえ、庁全体の方針として、地域における気象防災力の向上に資する取組をより一層推進することとなった。この中で、庁内の「地域防災支援」に関する各プロジェクトの枠組みが見直され、地台プロジェクトについても、平成 30 年度以降、地域防災支援業務の強化に関係する取組を積極的に推進することとした。

令和３年度には、新型コロナウイルス感染症対策やワークスタイル改革等により、オンライン環境を活用した業務推進が進んだことで、本庁と気象官署との間における意見・情報交換、及び、気象台と自治体等関係機関との間における打合せやワークショップ開催などが、これまで以上に高頻度で実現できるなど、より効率的な業務遂行が可能となった。地方官署への業務支援については、こうしたオンラインを活用した自治体等との関係構築をより一層促進させるために必要な環境整備や技術研鑽支援等の取組といった時代に沿った支援に軸足を移していくこととし、地台プロジェクトは、その役割を果たしたものとして終了した。

【第４節】気象大学校

気象大学校は、気象庁職員に対して専門的な知識・技術に係る教育・研修を実施している。大学部では気象大学校学生採用試験によって採用された学生に、教育課程として、大学設置基準に準拠した人文科学、社会科学、外国語などの一般教養及び数学、物理学、気象学、地震・火山学などの基礎・専門の学術を、特修課程として、防災行政、業務演習、観測実習、職場実習などの気象業務に必要な専門知識及び技術を教授している。また、研修部では全国の気象官署に勤務する職員を対象に、気象業務に必要な専門の知識及び技術の向上を図ることを目的として教育及び訓練を実施している。

大正 11 年 10 月に前身にあたる中央気象台附属測候技術官養成所が創設されて以来、令和 4 年に気象大学校は創立 100 周年を迎え、その長きにわたって「職員の技術力・能力向上を通して、指導的な役割を果たす職員を育成し、気象業務の基盤を支えるとともに、国民の安全・安心の確保や公務の信頼の向上にも大きく貢献」したことが評価され、第 36 回（令和 5 年度）人事院総裁賞を受賞した。

本章では、はじめに気象大学校の 100 年間の歩みを概観する。そして、大学部における教育研修は、大きくは社会全般が求める気象業務の変化に即した気象庁の人事政策の一環として随時改善を加えられてきたものであることを踏まえ、「気象百年史」以降の主要な動向として、大学部のカリキュラムの変遷と卒業生の学位取得について記述する。

１．沿革

気象大学校の前身である中央気象台附属測候技術官養成所は、大正 11 年 10 月、多くの測候技術者の人材育成が求められたことから、東京大手町の中央気象台庁舎内で創設され授業を開始した。第一次大戦後、科学技術の革新・近代化が急速に進む中、当時の測候所では主に中学校卒業生が気象観測に従事する体制であり、高度の学問技術が気象界で要請されていた。養成所では、気象事業の特性に合った学校を創ることに目標を置き実践した。数学、物理学、気象学、地震学など地球物理学全般について、旧制大学前期並みのレベルの高い授業を行っていた。

創設から間もない大正 12 年 9 月、関東大震災が発生し、中央気象台も大きな被害を受け、大正 14 年 1 月には、中央気象台構内に養成所校舎が落成している。昭和に入ると、不況とそれに伴う財政緊縮により、昭和 7 年から 2 年間、養成所は生徒募集を行っていない。一方、本科 15 名が卒業した昭和 12 年の翌年には国家総動員法が公布され、採用人数は年を追うごとに増え、軍からの委託生も入り、昭和 14 年には「中央気象台附属気象技術官養成所」と改称し、戦線の拡大もあり、昭和 17 年には軍などからの委託生も含め入学生は 200 名近くとなった。このため、校舎が手狭となり、昭和 18 年には一部を、現在の気象大学校が所在している千葉県東葛飾郡柏町（現 柏市）に移転し、翌年には養成所本部も柏に移転した。

終戦後 GHQ の指令を受け、昭和 26 年 4 月に中央気象台気象技術官養成所は廃止され、中央気象台研修所となり、気象台職員の再教育のみを行う機関となった。昭和 31 年 7 月には中央気象台が気象庁に昇格したことに伴い、中央気象台研修所も気象庁研修所と改称された。研修所となってから 8 年が経過した昭和 34 年 4 月、高等教育を受けた気象技術者が不足する一方、一般大学卒業生の採用も思うように進まなかったことから、高等部（2 年制）を設置した。

昭和 37 年 4 月、運輸省設置法の一部改正によって気象庁研修所は気象大学校に改称され、2 年制の大学部が置かれた。当時、一般大学への進学率が年々高まっていたこと等を背景に、昭和 39 年 4 月には大学部が 4 年制となった。この 4 年制の課程が現在まで続いている。

その後、昭和 45 年 3 月には図書館が、昭和 50 年 7 月には新しい寄宿舎（智明寮）が竣工している。その後も、昭和 62 年 6 月には第一校舎、翌 63 年 8 月には実験棟である第二校舎が竣工するなど教育環境も整えられた。なお、気象大学校構内には、大手町の気象庁本庁に設置されていた東京レーダーが、都市化の影響を受けるようになったことから、平成元年に移設・設置されている。

２．カリキュラム改訂

気象大学校大学部のカリキュラムは、大学部学生として採用した職員が卒業後に必要とする知識や技術の変遷への対応及び学生のより円滑な学力涵養（かんよう）の実現を主な目的として、昭和 45 年度に制定されたものを昭和 59 年度に改訂し、次いで昭和 59 年度版を平成 9 年度に、さら

に平成９年度版を平成 20 年度にと、計３度の改訂を経た。これらの改訂で、カリキュラムの問題点洗い出しと改訂案作成といった実際の作業は、昭和 49 年度の教授会決議に基づいて設置したカリキュラム検討委員会（平成８年度から教科検討委員会に改称、平成 20 年度改訂時には大学部教育体系検討委員会作業部会）が担った。

（１）昭和 59 年度改訂

この改訂は、制定以降 14 年にわたって用いられてきた昭和 45 年度版カリキュラムに関して、必修単位数が多く学生への過度の負担になって学習への自主性を阻害している、及び教科目の編成上の重複や内容更新の必要が生じてきた、などの弱点を、教官と学生の双方が認識するに至ったことを契機として着手した。

この改訂にあたっては、文部省の大学設置基準でも教育効果と学生の負担を勘案するよう指摘されていることを考慮し、学生の学習実態の調査や、教科目各分野内及び分野間相互の調整を行った。その結果、卒業に必要な単位数を 158 単位から 144 単位へ（うち、必修単位数を 114 単位から 60 単位へ）と減らし、数学原論や原子物理学概論など７科目を廃止して地球物理学演習や生物学など６科目を新設した。さらに科目名と講義内容をより明示するよう変更（例えば実験Ⅲを地球流体実験に改称）し、ナンバリング（Ⅰ、Ⅱ、ⅢやA、B、C など）を付すことなどにより整理する、などの改訂を行った。

（２）平成９年度改訂

この改訂は、総務庁行政監察局が平成６年度に実施した「附属機関等実態調査」に係る、平成６年 11 月末の気象大学校への行政監察実地調査及び平成７年３月の文書による追加調査の過程で示された、気象大学校大学部の必要性に関する質問への対応を主たる目的として行われた。この調査は、大学設置基準に準拠する必要から気象大学校のカリキュラムが一般大学の理学部地球物理学科と同等の内容となっており差別化が不足していること、人文科学や語学科目の履修状況に科目ごとに履修者数に偏りがあって非効率なこと、気象大学校が大学部を設置した昭和 30 年代後半と比較して一般大学で地球物理学を専攻する学生数が増大したため気象庁独自に大学レベルの教育研修を高校卒業時点で採用した職員である大学部学生に行う必要性が薄れているとみなせること、などを指摘した。

この指摘を受けて、気象大学校は平成７年 12 月に行政監察勧告対策委員会を設置し、同委員会の下にカリキュラム分科会を設けてカリキュラム改訂の骨格を定めたうえで、翌年度の平成８年４月から同分科会を教科検討委員会に改称し、カリキュラム移行措置を含めた改訂案を作成した。今次の改訂は、それまでの教養課程と専門課程を統合して一般課程と命名し、この課程の授業科目を教養・基礎・専門に系列化したうえで、専門系列には気象庁の業務に対応した気象・地震火山・環境科学などの分野を設置することによって、平成３年度に改正された大学設置基準が認めたカリキュラムの弾力的な編成の実現をも意図した。気象庁の業務の特質に見合った授業科目の増強（特に第４学年次に各分野の授業科目を増強する）、気象業務の高度化と多様化に対応した専門科目の拡充と数学・物理学・情報科学等の基礎科目の強化、人文科学・社会科学・第２外国語の科目の効率化（教育学や社会思想史、ドイツ語及びロシア語の廃止と中国語の新設）、気象業務の実践的知識や技術を教授するための特修課程の充実、などを要点とした。

（３）平成 20 年度改訂

平成 18 年５月に開催された、政府の行政減量・効率化有識者会議第 15 回の席上、総人件費改革の一環として気象大学校大学部の評価・検証の実施と結果の公表を求める意見が出され、同意見は「国の行政機関の定員の純減方策について（平成 18 年６月閣議決定）」への付帯事項とされた。気象庁は、これへの対応を外部有識者からなる「気象業務の評価に関する懇談会」に付託し、平成 19 年２月の同懇談会大学部評価部会委員による実地視察を経て、平成 19 年３月に「気象庁における人材確保・育成と気象大学校の評価」として結果を公表した。この評価・検証の過程で、気象大学校卒業生が「防災気象の最前線である地方気象台等における地域気象業務の指揮・統率を担うことのできる人材」（同報告書）たるべきことが改めて示され、そのような人材を育成するために、自然現象全般にわたる深い知識、調整・指揮能力と幅広い関連知識、危機管理能力の３つを身につけることが必要であるとの指摘がなされた。

気象大学校は、前回改訂から８年を経る平成 17 年度からカリキュラム委員会が次回改訂の検討に着手していたが、この報告書の指摘に対応し、学生が３つの資質をより確実に習得できる態勢を実現するため、平成 19 年度に大学部教育体系検討委員会を新たに設置し、平成 20 年度カリキュラム改訂へと結実させた。今次の改訂は、以下の４点を特徴としている。まず、気象業務教育の強化のため、集中講義を中心としていた従来の特修課程に代えて、定常的な授業として気象業務教育系列を設け、同系列下に防災論・業務論を置いて教育内容と時間数を拡充し、さらに業務訓練として気象庁本庁及び地方官署に学生を一定期間配置する職場実習を新設する。第２に、専門系列に数値モデル論・情報管理学の２分野を新設して業務技術の高度化に対応し、気象学分野では大気大循環論、メソ気象学の教科目を設けて専門教育を充実させる。第３に、基礎系列を整理して、数学分野での教授内容を地球物理学に関連の深いものに厳選し、物理数学を強化する。第４に、教養系列の人文科学・社会科学分野に行政学、公法、経営学、災害心理学など、気象業務に関連する題材を積極的に取り上げるとともに、外国語分野を言語文化分野に改めるとともにコミュニケーション演習を新設し、言語によるコミュニケーション能力の向上を図る。

３．学位

平成３年４月に「国立学校設置法の一部を改正する法律」が公布され、学位授与機構（現大学改革支援・学位授与機構）が新設された。同機構は、大学以外で行われる高等教育段階での様々な学習の成果を評価して学位の授与を行うことを業務の一環としている。一方で気象大学校は、２年制大学部設置から２年経過後の昭和 39 年４月に大学部を４年制に改めて以降、文部省が定める大学設置基準に準拠した教育研修を行ってきた。

この学位授与機構新設にともなって、気象庁人事課及び気象大学校は、文部省所管の大学ではない気象大学校の課程修了者に対して同機構から学位が授与される可能性が開かれることを認識し、学生が学位を取得することの利点を検討した。その結果、学位が取得できるということが、気象大学校の社会的価値を高めより優秀な人材の確保に有益であること、学生の勉学意欲や公務員としての使命感を高めること、卒業後の配属先や人事交流の受け入れ先がより枢要なポストへ拡大して一層の活躍が期待できること、などを理由として、学位授与に必要な課程

認定審査への申請を行うこととした。学位授与機構が設立準備段階にあった平成２年度末から、課程認定に向けた気象庁・気象大学校内での準備及び文部省・同機構との調整を進め、機構発足後の平成３年 12 月６日の同機構による実地調査を経て、同年同月 18 日付で、大学の学部に相当する教育を行う課程として認定を得た。平成４年３月には卒業生 11 名が最初の理学士学位取得者として学位授与機構発行の学位記を授けられた。

第５章　審議会・法律

【第１節】審議会

１．気象審議会（昭和 31 年から平成 13 年まで）

気象審議会は、気象業務に関する重要事項を調査・審議する気象庁長官の諮問機関として、昭和 31 年の中央気象台から気象庁への昇格と同時に設けられた。

委員として気象業務に関係の深い産業界や学識者、行政機関から 30 名弱が選出され、総会が年に１回程度開催されるとともに、不定期に特定のテーマで集中的に複数回の審議を行う数名程度の委員による部会が設置された。気象庁長官からの「諮問」を受けて、部会によって具体の議論がなされ、総会で審議されて「答申」として取りまとめられるという流れが多い。また、気象審議会として意見を取りまとめて気象庁長官に進言する「建議」もなされたことがある。同審議会における諮問・答申の歴史は各時代における気象業務の特に重要な課題を反映していると言えよう。

本項では、「氣象百年史」掲載以降（昭和 49 年以降）に開催された、気象審議会における審議の経緯について述べる。

（１）観測・予報業務に関する審議（昭和年代）

気象審議会は、昭和 31 年から昭和 48 年末までに 35 回開催されて、気象業務の大綱や長期計画等が審議され、その答申は気象業務の大きな方向付けに寄与してきた。一方で、昭和 41 年に開催された第 20 回気象審議会あたりから、業務全般にわたり積極性をもった答申が行われるようになった。

その方向性は、昭和 46 年の「気象業務整備５か年（昭和 47 年～ 51 年）計画の大綱について」（答申第９号）以降、より顕著となっていく。気象業務全般に係る大きな方向性のみならず、時代の流れを受けたより個別具体の課題について、専門部会が設けられて集中的に審議がなされ、総会で答申されることが増加した。

特に昭和年代においては、気象庁が現在実施している各種の観測・予報の基盤となった諮問答申がなされた。また、昭和 50 年代後半以降には、オゾン層破壊や地球温暖化問題など、全球的規模の課題に対する諮問答申がなされ始めたことも特徴的である。

以下に、個別のテーマで審議された各諮問答申について述べる。

ア．気象衛星の長期構想について（昭和 50 年３月 建議第１号）

昭和 45 年６月に気象審議会へ「『世界気象監視（WWW: World Weather Watch）計画』の一環としてのわが国気象業務の整備強化について」が諮問され、審議会の下に WWW 部会が設けられて調査審議され、同年７月に答申がなされた。答申以降も WWW 部会は継続して活動し、その結果として、昭和 50 年３月 26 日に「気象衛星の長期構想について」について、気象庁長官に対して建議を行った。

建議では、この頃既に昭和 52 年を目途とした打上げに向けて準備が進められていた静止気

象衛星に関する事項に加え、昭和 60 年代前半を目途とした極軌道衛星の実用化に向けた検討も含め、国際的な諸計画との整合性に留意しつつ関係機関の協力を得て具体化を図っていくべき衛星系の長期構想が示された。

イ．昭和 52 年における 4 つの諮問答申（答申第 10 号～第 13 号）

昭和 46 年 7 月の「気象業務整備 5 か年（昭和 47 年～ 51 年度）計画の大綱について」（気象審議会答申第 9 号）以降、当該答申による中長期の計画を受けた対応に意が注がれていたため、間に建議（「気象衛星の長期構想について」（昭和 50 年 3 月））が挟まれたものの、特に諮問はなされていない状況となっていた。

昭和 52 年 3 月に、新しい行政需要（気候変動、東海地震襲来説、海洋開発等対応策の基本計画策定）に対応するため、同時に 4 つの諮問を行い、それぞれに以下の専門部会が設けられて審議がなされた。

① 短時間予報部会…短時間予報体制強化の方針についての審議
② 気候調査部会…気象災害に関わる気候調査研究体制整備の方針についての審議
③ 地震予知部会…第 4 次地震予知計画に関する気象庁地震業務の将来計画についての審議
④ 海洋部会…海洋観測システムの整備とその成果の利用促進の方針についての審議

上記の①、②、④における審議の結果については、昭和 52 年 8 月 16 日に、それぞれ「短時間予報体制強化の方針について」（気象審議会答申第 10 号）、「気象災害にかかわる気候調査研究体制整備の方針について」（気象審議会答申第 11 号）、「海洋観測システム整備とその成果の利用促進の方針について」（気象審議会答申第 12 号）として、答申がなされた。また、上記の③については、少し後の昭和 52 年 11 月 24 日に「第 4 次地震予知計画に関する気象庁地震業務の将来計画について」（気象審議会答申第 13 号）として、答申がなされた。

答申「短時間予報体制強化の方針について」では、自然災害の変化や防災体制の高度化に伴って地域的・時間的にきめ細かい的確な量的予報が求められていることを受けて、数年来整備を進めてきたレーダー観測網や地域気象観測システム（AMeDAS）等による異常気象の監視体制の強化を踏まえ、これら観測資料を活用し短時間予報の予測技術の開発を図るとともに、予報の実施体制の整備や気象情報の伝達の改善を図るべきとされた。

答申「気象災害にかかわる気候調査研究体制整備の方針について」では、異常気象の頻発を背景に、国内外の異常天候の検知やそれら資料のデータバンクの整備・強化、長期予報の精度向上に係る技術開発や体制の強化、気候変動に関する調査研究の推進等を図るべきとされた。

答申「海洋観測システム整備とその成果の利用促進の方針について」では、増大かつ多様化する海上交通や、漁業、海洋資源開発の安全対策及び効率化のために広範囲の海域にわたる精度の高い海洋気象情報が求められていることを受けて、これに必要な海洋観測体制の強化や、海洋観測資料の解析及び情報提供の体制整備等を図るべきとされた。

答申「第 4 次地震予知計画に関する気象庁地震業務の将来計画について」では、昭和 52 年 4 月に地震予知連絡会に東海地域判定会が発足するなど、地震予知の実用化に踏み出しつつあることを踏まえ、地震予知のための常時監視体制の整備強化や、観測データ収集・処理体制の確立等を図るべきとされた。

ウ．今後の航空気象業務整備に関する方策について（昭和 55 年 7 月 答申第 14 号）

航空予報業務に関する諮問答申は、昭和 31 年の航空気象業務を含む全般的な「気象業務の改善方針」及び昭和 41 年の「航空機の航行安全確保のための航空気象業務の整備強化の方策について」の 2 回実施されてきた。ジャンボ機等の航空機の発達やコンピュータ処理による飛行計画システム等の運行管理・管制等の技術革新など、航空交通の増大・多様化や運航技術の高度化等に伴い、気象情報の利用の仕方や必要とする内容の変化が生じてきていることを背景として、航空気象業務に関する 3 度目の諮問がなされた。

答申では、航空気象業務の今後の方策に関して、国際標準規程である WMO 技術規則第 II 巻（ICAO 第 3 附属書）を規範とする旨等の基本的な考え方や航空気象情報の改善、今後の具体の整備方針等が示された。

エ．気象改変に関する長期的な対応について（昭和 58 年 3 月 答申第 15 号）

人間の社会活動に伴う気象又は気候の改変をテーマに大きく 2 つの観点から諮問され、一つは人工降雨や霧の消散、台風制御等の「意図的な気象改変」の方法に関する技術的評価や社会的影響について、もう一つは大気中の二酸化炭素の増加に伴う長期的な気候変動等の「非意図的な気象改変」に関して社会活動と気候変動の関係についての解明や社会的影響について、審議を行った。

答申では、「意図的な気象改変」については、十分な事前評価と社会的コンセンサスが必要であることを前提に、実用化に向けての研究開発や他分野への技術協力等を図るべきとされた。また、「非意図的な気象改変」については、継続的な観測を通じた監視と気象学的な立場の評価の実施、それらに係る技術向上等を図るべきとされた。

オ．今後の台風進路予報のあり方について（昭和 61 年 5 月 答申第 16 号）

昭和 57 年 6 月から台風進路予報を「予報円」方式で表示してきたが、一部利用者には正しく理解されていないとの指摘もあり、より理解されやすい台風進路予報の表示方法や台風情報の伝達方策等について諮問された。

答申では、台風進路予報の技術開発の今後の進め方や、暴風域を表示する等の新たな台風進路予報の表示方法等が示されたことを受けて、いわゆる「予報円＋暴風警戒域方式」を導入し、暴風の警戒範囲を表示することとした。

カ．気象庁における地球科学に関する新たな研究及び技術開発の課題とその推進方策について（昭和 63 年 5 月 答申第 17 号）

エルニーニョ等の現象や地球温暖化、オゾン層破壊、プレート運動による地震及び火山活動など、大気、海洋、地殻における地球規模の様々な自然現象の把握及び解明が新しい課題として生じてきたことを踏まえ、これらに対する長期的展望に立った研究・技術開発の方策について諮問された。

答申では、気候変動の解明に向けた地球規模の総合観測やデータ収集・処理機能の充実等に加えて、気候モデルに関する技術開発や情報の充実強化を求めるとともに、地震予知や火山噴火予知のために、プレート構造に関する研究開発や海洋域の地震観測の強化を図るべきとされた。

（2）高度情報化等の社会の技術進展や環境の変化への対応に関する審議
（平成元年から平成 13 年まで）

平成年代前半の気象審議会では、情報通信技術の高度化を背景として、社会における新たな情報の利用を踏まえた、気象庁のデータ収集・情報提供の高度化や気象サービスのあり方について審議された。

特に、平成 4 年の「社会の高度情報化に適合する気象サービスのあり方について」（答申第 18 号）では、当該答申を踏まえて平成 5 年に気象業務法が改正されて新たに気象予報士制度が設けられ、幅広い民間気象事業者の参入を促し多様な民間の気象サービスが展開されるようになるなど、その後の気象業務に大きな影響をもたらした。

また、平成 12 年の「21 世紀における気象業務のあり方について」（答申第 21 号）では、昭和 46 年の「気象業務整備 5 か年（昭和 47 年～ 51 年）計画の大綱について」（答申第 9 号）以来となる、総合的かつ中長期的な気象業務のあり方について審議が行われた。

以下に、個別のテーマで審議された各諮問答申について述べる。

ア．社会の高度情報化に適合する気象サービスのあり方について（平成 4 年 3 月 答申第 18 号）

社会における情報通信技術の高度化を踏まえて各種情報メディアが拡充されるとともに社会の情報に関するニーズの高度化・多様化を背景とした気象情報を取り巻く環境の大きな変化を受けて、民間気象事業者の活用も含めた気象サービスを推進するための気象情報の内容・表現形式とその提供方法の観点から社会の高度情報化に適合した気象事業のあり方について諮問された。

答申では、気象情報に関するニーズの今後の更なる高度化・多様化を見据えて、官民の役割分担により気象情報サービスを推進していくよう、気象庁は警報等の防災気象情報の提供や一般向けの天気予報の作成・提供の役割を担い「メソ量的予報」の実現による情報の高度化を図るとともに、利用者の個別的な目的に応じた局所的な予報の提供等については民間気象事業者に委ねて柔軟性に富んだ活力ある発展を期するべきであり、気象庁からの各種予測データの提供や技能検定制度の導入による予報業務の許認可制度の運用の見直し、民間気象事業の内容の拡大を図るべきとされた。

イ．今後の地震・津波情報の高度化のあり方について（平成 6 年 10 月 答申第 19 号）

平成 5 年 7 月に発生した北海道南西沖地震を踏まえて、より迅速・確実な津波予報の発表・伝達に向けて観測機器やシステム整備を進めてきたところであり、今後の地震・津波情報の高度化のあり方について諮問された。

答申では、地域防災の要である地方公共団体等と気象庁との観測や情報活用に関する連携・協力など基本的なあり方が示されるとともに、地震発生後の関係機関の初動対応や状況把握等のために震度情報において各地域内の最大値を発表することや、量的予測技術の導入による津波予報区の細分化や津波の高さや到達時刻の提供など、高度情報化社会に適合した新しい地震・津波情報の提供方針が示された。

ウ．今後の気候情報のあり方について（平成 9 年 10 月 答申第 20 号）

社会経済活動の高度化・国際化により気候変動の影響が増大していること、また人工衛星によるリモートセンシングや気候系のシミュレーション等の技術進展等を踏まえて、数年から 10 年先の中長期的な視点で、気候情報に関する新たな技術の実用化や情報の種類・表現の改善、地球温暖化問題への貢献策等について諮問した。

答申では、気候モデルの開発と実用化に向けた技術開発や、国際機関や国内研究機関との連携も含めた地球規模の観測データ収集、気候情報の種類や確率表現等の改善などの情報改善、産業活動における利活用等の気候情報の普及促進、地球温暖化予測情報の高度化と気候変動に関する政府間パネル（IPCC）への提供など、今後の気候情報に関する実施方針及びその具体策が示された。

エ．21 世紀における気象業務のあり方について（平成 12 年 7 月 答申第 21 号）

自然災害に対する国・地方公共団体の防災対策の強化や、社会経済活動の多様化とグローバル化、気候変動等の地球規模の諸問題の顕在化といった気象業務をとりまく環境の新たな変化に対応するため、観測・予測技術や情報通信技術の進展、行政改革や規制緩和等の動向を踏まえつつ、21 世紀初頭の 10 年間程度を展望した、総合的かつ中長期的な気象業務のあり方について諮問された。

答申では、行政改革における議論も踏まえつつ改めて気象庁が行うべき気象業務について述べるとともに、気象、地震・火山、気候・地球環境等の各個別分野における観測網の整備、予測技術の開発、情報の高度化等についての中長期的な目標と実現方策に加えて、気象測器検定制度の見直し等の規制緩和等の方策が示された。具体的には、①気象庁が国の機関として提供すべき気象情報の位置付けや、②今後 10 年程度の戦略的・計画的に取り組むべき気象及び地震火山に関する観測・予報の具体的な中長期重要課題、③気候・地球環境に関する観測の強化及び新たな解析・予測情報の提供、④地方公共団体、報道機関等の防災関係機関と連携・協力した総合的な防災業務の構築、⑤国際的な地域センター機能の拡充・強化等の国際業務における基本的な方針、⑥官民が連携した総合的な気象情報サービスの実現のための予報業務許可制度の規制緩和や気象測器検定制度の見直し等が示された。

2．交通政策審議会気象分科会（平成 13 年から現在まで）

平成 13 年 1 月の中央省庁再編により、それまで運輸省の外局であった気象庁は、国土交通省の外局となった。中央省庁再編に伴い、国土交通省全体で審議会の整理が行われて、気象審議会は、交通政策に関する重要事項の調査審議等を行う交通政策審議会に整理統合され、同審議会の下に、気象庁の業務に関する審議を行う場として気象分科会が設けられた。

それまでの気象審議会は、気象業務と関係の深い分野等から選出された 30 名弱の委員で構成されていたが、気象分科会は、交通政策審議会の 30 名弱の委員（うち 1 名は気象や地震分野の学識者等から気象庁が推薦）のうち、気象業務に関連する分野から選出された 5 ～ 6 名の委員で構成されている。さらに、審議テーマに応じて、より適切に、充実した審議等を行えるよう、気象業務に関する知識の専門家や各テーマに関連する分野の学識者等を臨時委員に任命することにより、気象庁の業務に関する重要事項の審議を行うこととしている。審議結果については、現在までは、交通政策審議会気象分科会による気象庁長官への「提言」という形で取りまとめられる形がとられており、気象庁から交通政策審議会への諮問及びその答申がなされた例はない。

平成 13 年から平成 20 年にかけては、年に 1 回程度開催され、「21 世紀における気象業務のあり方について」（気象審議会答申第 21 号）を踏まえた気象業務の進展等に関する審議に加えて、台風情報の改善や緊急地震速報の導入など個別の情報改善が議題に出され、審議がなされた。

平成 20 年 6 月に「今後の地球環境業務の重点施策」が取りまとめられて以降、不定期に個別のテーマを集中的に審議する形となった。以下に、個別のテーマで審議された提言等について述べる。

（1）今後の地球環境業務の重点施策（平成 20 年 6 月）

平成 19 年に公表された、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第 4 次評価報告書で言及された地球温暖化の影響や、平成 20 年から「京都議定書」の第一約束期間（2008 年～2012 年）が始まったことを受けた温暖化対策の推進を踏まえた、気象庁の地球環境業務のあり方について審議された。

審議を受けて、温室効果ガス等の観測の充実や 30 年先の地域ごとの温暖化を受けた気候の変化等に関する情報の提供などの地球温暖化の監視強化及び予測の高度化に加えて、異常天候早期警戒情報等の気候に関する情報の改善等が示された。

（2）局地的な大雨による被害の軽減に向けた気象業務のあり方について（平成 21 年 6 月）

平成 20 年夏に、都賀川（兵庫県神戸市）の親水公園、呑川（東京都大田区）、下水道管渠（東京都豊島区）などにおいて、突然降り出した雨による急な増水による災害が相次いだことを踏まえ、このような局地的な大雨から国民を守るための気象業務のあり方について審議された。

提言では、局地的な大雨の監視・予測技術の改善や利用者の視点に立った気象情報の改善に加えて、国民が自ら危険を回避するための気象に関する安全知識の普及啓発の強化等について関係者と連携して注力していくべき旨が示された。

（3）気候変動や異常気象に対応するための気候情報とその利活用のあり方について（平成 24 年 2 月）

グローバル化の進展に伴う途上国の気候リスクによる我が国への影響や、平成 23 年の東日本大震災による電力需要の逼迫への対応や再生可能エネルギーの展開等のためのエネルギー需給の予測など、気候変動や異常気象の影響による損失・被害を回避・軽減するために必要な気候情報とその利活用のあり方について審議された。

提言では、気候情報を利用した気候変動や異常気象への対応策の普及のため成功事例を創出する仕組みを構築するとともに、気候変動や異常気象の影響の定性的・定量的な分析・評価を可能とするような気候情報の利便性向上や、海外の異常気象などに関する情報の国内への発信等が示された。

（4）「新たなステージ」に対応した防災気象情報と観測・予測技術のあり方（平成 27 年 7 月）

広島県広島市で発生した土砂災害を含め、全国各地に甚大な被害をもたらした「平成 26 年 8 月豪雨」など、集中豪雨や台風等による被害の相次ぐ発生や、雨の降り方の局地化、集中化、激甚化を踏まえ、国土交通省では平成 27 年 1 月に「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」をとりまとめた。これを受け、防災・減災のためにソフト面から気象庁が取り組むべき事項について審議された。

提言では、防災気象情報の基本的方向性として、社会に大きな影響をもたらす現象は可能性が高くなくともその発生のおそれを積極的に伝えていくことや危険度や切迫度をわかりやすく伝えていくことが示され、具体的な改善策として、「警報級の現象になる可能性」の提供やメッシュ情報の充実、雨量等や危険度の推移を時系列・色分けしたわかりやすい提供等の情報改善を図るとともに、中長期的な視点での観測・予測技術の高度化としてナウキャストや数値予報の技術向上等が示された。

（5）2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方（平成 30 年 8 月）

自然災害の激甚化や、少子高齢化等の社会環境の変化、ICT の活用を様々な分野に広げた「Society 5.0 超スマート社会」の提唱など、自然環境や社会環境の変化、先端技術の展望を踏まえ、今後 10 年程度の中長期を展望した気象業務について審議され、平成 12 年の「21 世紀における気象業務のあり方について」（気象審議会答申第 21 号）以来の総合的な内容の審議となった。

提言では、2030 年を見据えた気象業務のあり方として、観測・予測精度向上のための技術開発、気象情報・データの利活用促進及びこれらを「車の両輪」とする防災対応・支援の推進等の方向性が示された。また、その具体方策として、気象・気候分野及び地震・津波・火山分野における 2030 年を見据えた技術開発・情報改善や、ビッグデータ活用等に資する気象情報・データの利活用環境構築や利活用促進、国の機関である気象庁が中核となった情報改善や利活用促進等の防災対応・支援の推進等が示された。

（6）「気象業務における産学官連携の推進」について（令和 2 年 12 月）

ICT の進展や災害の頻発・激甚化等の急激に変化する社会環境や増大・多様化する気象情報・データへのニーズに的確に対応し、産学官による気象業務全体の社会への寄与を最大化するため、気象業務における産学官連携の推進について審議された。

提言では、気象庁が産官学の取組が効果的に実施されるよう必要な調整を行う等の役割を担い、民間気象事業者や大学・研究機関に加え、ICT 等の最先端技術の関係者や気象情報・データのエンドユーザー等を含めて連携し、産学官が対話を重ね、社会のニーズに合わせて技術やノウハウ、人材・資金等の貴重なリソースを最適化していく方向性が示された。連携推進のための具体施策として、産学官の対話の場の構築や人材交流・育成、クラウド技術を活用した新たな気象情報・データの共有環境の構築などの施策を進めていくことが示された。

（7）「DX 社会に対応した気象サービスの推進」について（令和 5 年 3 月）

進化したデジタル技術が社会経済活動をより良い方向に変化させるデジタル・トランスフォーメーション（DX）という概念が注目される中、気象情報・データが社会のソフトインフラとして活用されるための民間気象事業者等を中心とした気象サービスのあり方とそれに対する気象庁の推進策について審議された。

提言では、気象情報・データの作成から流通、利活用までの各フェーズの推進策として、機械化・自動化された予報業務における気象予報士の設置人数の緩和や、土砂崩れや洪水等の予報業務の許可の最新の技術を踏まえた許可基準の最適化等の制度の見直しや、クラウド技術等を活用した気象情報・データへのアクセス性の向上、気象情報・データの高度な利活用の促進等が示された。

（8）今後の気象業務の重要課題について（令和６年３月～現在）

気象庁では、気象業務が社会的課題の解決へ一層貢献していくため、「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」（平成 30 年 8 月）等を踏まえ、技術開発や利活用促進等の様々な施策を進めてきた。社会における技術進展や災害等の気象業務を取り巻く状況の変化を踏まえ、2030 年に向けた施策の進捗状況の点検を行うとともに、残りの期間や更にその後を見据え、引き続き線状降水帯の予測精度向上や地域防災支援業務の強化等を図るとともに、台風情報の高度化や先端 AI と協調した気象業務の強化など、今後気象庁が強化して取り組んでいくべき施策の方向性について検討されている。

【第２節】気象業務法

１．気象業務法の制定（昭和 27 年）から昭和年代の改正

明治時代に気象官署の業務が開始されて以降、その業務の法的根拠として「気象台測候所条例」（明治 20 年 8 月 3 日勅令第 41 号、昭和 18 年 11 月に気象事業令と改称）などが規定されたが、第二次世界大戦後の日本国憲法の制定により、大日本帝国憲法に基づき法律的効力を有していた勅令は廃止されることとなった。昭和 22 年に制定された「日本国憲法施行の際現に効力を有する命令の規定の効力等に関する法律」（昭和 22 年法律第 72 号）によって、これらの勅令は原則として、昭和 22 年 12 月 31 日限りで効力を失うこととされ、気象事業令は自然失効となった。その後、気象災害が国家・社会的にも重要な問題になり、また国際的にも昭和 26 年 9 月のサンフランシスコ平和条約の締結に伴い世界気象機関条約への加入が宣言されたことを踏まえて、昭和 27 年 6 月 2 日に気象業務法が制定された。現在においても、気象庁が所管する唯一の法律となっている。

以降、昭和年代における気象業務法は、他の法律の制定及び改正に伴う改正が幾度か行われたが、気象業務法を主体とする形での改正は行われていない。主要なものとしては、昭和 31 年の運輸省設置法の一部改正により運輸省の付属機関であった中央気象台が外局の気象庁として位置付けられたことに伴い所要の改正を行っているほか、昭和 30 年の水防法の一部改正に伴い、水防活動の利用に適合する予報及び警報が規定される等の改正が行われた。

またその後の主要な改正としては、昭和 53 年に大規模地震対策特別措置法が制定されたことに伴い、気象業務法において地震防災対策強化地域に係る大規模地震に関する情報の総理大臣への報告に関する規定が追加された。

２．平成年代以降の改正

平成年代以降は、気象庁の観測・予測技術の進展に加えて、社会における情報化の進展や激甚な災害の発生を踏まえた防災対応の必要性などの急激な社会的要請の変化を背景として、5 年から 10 年に一回程度の頻度で主要な改正が行われた。

また、他の法律の改正に伴う改正として、平成 13 年の水防法の一部改正に伴い、都道府県と気象庁が共同で実施する水防活動の利用に適合する洪水予報及び警報が規定される等の改正が行われた。

（1）予報業務の許認可制度の一部見直し（平成５年５月改正）

平成年代初頭には、社会における高度情報化の波が押し寄せ、電話回線を通じた情報・データ提供や FAX、ケーブルテレビなど新たな情報メディアの拡充が、「情報」に関する著しいニーズの高度化・多様化をもたらすなど、気象情報を取り巻く環境は大きく変化しつつあった。また社会における情報処理技術の進展により、気象庁においても予測技術の高度化が進み、予報・警報の質的向上と拡充が図られてきた。

このような状況を踏まえて、平成 4 年 3 月に、気象審議会において「社会の高度情報化に適合する気象サービスのあり方について」（答申第 18 号）が取りまとめられた。同答申では、高度情報化社会における国民のより高度かつ多様な気象情報へのニーズに応えていくため、気象庁をはじめとする気象業務の関係者の役割分担と連携協力により時代に適合した気象情報サービスの高度化を図ることが求められ、①気象庁の予報業務の整備拡充（防災気象業務の高度化等）、②民間気象事業振興のための体制の整備が示された。

特に②については、国民が、民間気象サービスを社会的な混乱を招くことなく適切に選択できるようにするためには、技能検定制度の導入等による予報業務の許認可制度の運用の見直しや気象庁が保有する情報を民間に提供する体制の整備等が不可欠であり、それに対応した法制度の整備を行うことが必要となった。

このため、以下の事項等について気象業務法の一部を改正する法律案が、平成 5 年の通常国会において成立し、同年 5 月 19 日に公布された。

ア．気象庁長官の許可を受けて行う予報業務

気象庁長官の許可を受けて予報業務を行おうとする者は、事業所ごとに気象予報士を置き、当該予報業務のうち現象の予想については気象予報士に行わせなければならないこととする。

イ．気象予報士

気象予報士になろうとする者は、気象庁長官の行う気象予報士試験に合格しなければならないこととする。気象庁長官は、指定試験機関に試験の実施を行わせることが出来ることとする。試験に合格した者が気象予報士となるには、気象庁に備える名簿に、登録を受けなければならないこととする。

ウ．民間気象業務支援センター

気象庁長官は、気象庁が保有する観測データや予報等の気象庁が保有する情報の提供等の業務を行う法人として、その業務を適格に実施できるものを「民間気象業務支援センター」として指定することができる。

（2）気象測器の検定制度の一部見直し（平成 13 年 6 月改正）

気象庁以外の者が実施する観測について、その成果を広く発表すること等を目的としている場合には、正確な観測の実施及び観測方法の統一性確保のため、技術基準に従い、かつ、検定に合格した気象測器を用いて実施しなければならないこととされている。このうち、検定については、大きく①種類の検査、②構造の検査、③器差の検査の 3 つがあり、①は気象測器が正確かつ長期にわたって安定的に測定できる原理を有するか否かを、②はその原理を確実に実現できるよう一定以上の水準の材料、メカニズムを有するか否かを、③はその器差が国土交通省令で定める検定公差を超えないか否かを、それぞれ検査することとしていた。

一方で、民間における気象測器の製造技術の向上が進んだことにより検定の有効期間の見直しを図る必要が生じるとともに、測器の標準化を受けて検査方法も定型化が進み、検定実務を国の検定員が自ら実施しなくとも安定的に検定制度を運営できるようになってきていた。

また、省庁再編の基本的な理念及び方針について定めた「中央省庁等改革基本法（平成 10 年法律第 103 号）」第 22 条（国土交通省の編成方針）第 10 号において、「気象庁が行う気象情報の提供は国が行う必要があるものに限定するとともに、気象業務を行う民間事業者に対する規制は必要最小限のものとし、また、気象測器に対する検定等の機能は民間の主体性にゆだねること。」と規定された。さらに、これを踏まえて、平成 12 年 7 月に気象審議会において取りまとめられた「21 世紀における気象業務のあり方について」（答申第 21 号）において、規制緩和の具体策として、気象測器検定制度の見直しについて言及された。

これらの状況を踏まえて、以下の事項等について気象業務法の一部を改正する法律案が、平成 13 年の通常国会において成立し、同年 6 月 13 日に公布された。

ア．検定の簡素化（種類の検査及び構造の検査の統合）

検定の検査のうち上記①について、検定制度の創設当初と異なり、新たな原理に基づく気象測器の考案はあまり見込まれず形式化しつつある状況となってきたことを踏まえ、検定の簡素化を図るため、①を②に統合することとする。

イ．検定の有効期間の見直し

気象測器は経年劣化を踏まえた精度維持を目的として原則 5 年程度の有効期間を設けて定期的に検査することとしていたが、より長期かつ多様な期間にわたり精度の維持が可能となってきたため、法律上は基準となる期間を規定せず、必要なもののみ個別に有効期間を省令で規定することとする。

ウ．営利法人を含む指定代行機関が検定を行うことができる制度の導入

定型化が進んだ検定実務について、気象測器検定に業務を特化した機関に業務を集中的に行わせることによる効率的な検定の遂行や民間能力の活用による負担軽減に資するため、指定代行機関（指定検定機関）に検定業務を行わせることとする。

エ．認定測定者制度の創設

製造事業者があらかじめ型式の証明を取得した気象測器について、認定を受けた者（認定測定者）が器差の測定を行った場合は、当該者の行った測定結果を記載した書類により指定検定機関が③を行うこととし、気象測器そのものの提出を要しないこととする。

（3）地震動及び火山現象に関する警報の開始（平成 19 年 11 月改正）

従来、気象庁では、地震及び火山現象について、観測のみを実施し、予報及び警報は技術的に困難であるため実施してこなかった。しかし、平成 10 年代後半には、長年の観測を踏まえた地震や火山現象に対する知見の蓄積や観測・予測技術の進展に伴い、これら現象の予測の実施に向けて取組が進められた。

地震については、地震発生後震源付近で地震波を捕らえ迅速に震源と規模を決定してその地震による主要動が被災地域に到達する前にその旨を発表する地震動の予報（「緊急地震速報」）について、気象庁と鉄道総合技術研究所が共同で技術開発を行い、平成 15 年度から平成 17 年度にかけて必要な地震計等の整備を進めるとともに、平成 16 年 2 月から試験運用を行うなど、運用開始に向けた取組を進めた。また、平成 17 年 11 月から有識者による「緊急地震速報の本運用開始に係る検討会」を開催し、緊急地震速報の特徴や限界を踏まえた適切な提供方法や周知・啓発等の課題解決に向けた議論を行い、平成 19 年 3 月に、広く国民への緊急地震速報の提供を開始することが適当であるとの結論を得た。

また、火山現象については、長年の知見の蓄積や技術革新に伴う観測手段の高度化に伴い、適切な観測を行うことにより噴火前の前兆的な現象を捉えて、噴火の発生をある程度予測できるまでになりつつあった。このような状況を踏まえ、内閣府で開催した有識者による「火山情報等に対応した火山防災対策検討会」の平成 19 年 3 月の提言において、避難等の具体的防災対応を踏まえて区分した新しいレベルを導入すべき旨が示された。

これらの状況を踏まえて、平成 19 年 6 月に開催された中央防災会議において、緊急地震速報の提供を平成 19 年 10 月から開始すること、また、火山現象により重大な災害の起こるおそれがある場合に警戒を呼びかける「噴火警戒レベル」の提供を平成 19 年 11 月から開始することとされた。それに際し、国民への確実な提供や社会における混乱のない適切な利活用の環境を整えることによりその防災効果を確実に発揮するため、地震動及び火山現象に関する予報及び警報を気象業務法に位置づけることが必要となった。

このため、以下の事項等について気象業務法の一部を改正する法律案が、平成 19 年の臨時国会において成立し、同年 11 月 21 日に公布された。

ア．気象庁による地震及び火山現象の予報及び警報の実施

気象庁は、震源付近の初期微動及び火山の活動状況に関する観測成果に基づき、地震（地震動に限る）及び火山現象についての一般の利用に適合する予報及び警報をしなければならないこととする。

イ．気象庁以外の者に対する地震又は火山現象の予報の業務の許可

気象庁以外の者が地震（地震動に限る）又は火山現象の予報の業務を行おうとする場合は、気象庁長官の許可を受けなければならないこととする。

ウ．気象庁以外の者による地震及び火山現象の警報の制限

気象庁以外の者は、地震（地震動に限る）及び火山現象の警報をしてはならないこととする。

（4）「特別警報」の創設（平成 25 年 5 月改正）

平成 23 年に発生した東日本大震災や台風第 12 号による豪雨災害では、従来の警報の発表基準をはるかに超える大津波や豪雨となり、その危険性を必ずしも適確に伝えることができずに避難などの対応につながらない事例があった。

このような災害を踏まえて、中央防災会議「災害時の避難に関する専門調査会」において市町村の避難勧告等の判断に活用しやすい情報提供に関する検討がなされるとともに、東日本大震災における津波警報の課題を踏まえて、気象庁や中央防災会議が開催した各検討会において分かりやすい警報やその伝達の徹底の議論等が進められた。これらの検討を踏まえ、防災対策全般が議論された中央防災会議の「防災対策推進検討会議」の最終報告（平成 24 年 7 月）において、災害の危険性や避難の必要性等を分かりやすく伝える等の情報提供方法の改善、警報等の伝達手段の多重化・多様化の推進等がとりまとめられるとともに、早急に必要な制度の改善・拡充を行い、具体的な対策の推進に取り組むとされた。

このような東日本大震災を踏まえた我が国の防災対策全般の見直し及び近年における気象業務に関する技術の進展に対応し、重大な災害から国民の安全の確保を図るため、重大な災害の起こるおそれが著しく大きい場合における災害発生の危険性を分かりやすく示す警報を行うとともに、その的確な適時実施に向けた体制を強化することが必要となった。

このため、以下の事項等について、気象業務法及び国土交通省設置法の一部を改正する法律案が平成 25 年の通常国会において成立し、平成 25 年 5 月 31 日に公布された。

ア．特別警報の実施

災害発生の危険性を分かりやすく示すため、気象庁は、重大な災害の起こるおそれが著しく大きい場合に特別警報を行うこととする。

イ．特別警報の基準

特別警報の発表基準を、地域の災害対策の責任者である都道府県知事及び市町村長の意見を聴いて定めることとする。

ウ．特別警報の伝達

住民に対し特別警報を迅速かつ確実に伝えるため、その内容について、気象庁自ら報道機関の協力を求めること等により周知するほか、都道府県に対し市町村への通知を、市町村に対し住民等への周知の措置をそれぞれ義務付けることとする。

エ．特別警報等を行う体制の強化

特別警報等の適時的確な実施に向け、沿岸域の現象の解析・予測の高度化を図るため、海洋気象台の業務を管区気象台等において一体的に実施することとする。

（5）予報業務の許可基準の変更（令和 5 年 5 月改正）

令和元年東日本台風や令和 2 年 7 月豪雨等における洪水害等の自然災害の頻発・激甚化に加えて、令和 4 年（2022 年）1 月に発生した南太平洋のトンガ諸島におけるフンガ・トンガ―フンガ･ハアパイ火山の大規模な噴火によって日本国内で大きな潮位変化が観測されるなど、過去に例のない災害が発生した。

このような自然災害の頻発・激甚化等に伴う社会全体の防災意識の高まりを背景として、洪水等に関する防災気象情報の様々な利用者において、より長時間先、より適中率の高い、より局所的な予報を求めるニーズが高まるとともに、火山噴火に伴う潮位変化についても注意・警戒を呼び掛けることが必要になるなど、予報の更なる高度化が求められていた。

一方で、近年、国をはじめ、民間や研究機関において、洪水や土砂災害等の予測に関する様々な技術開発が進み、コンピュータシミュレーションを活用した先進的な予測技術が確立されてきた。また、国土交通大臣が気象庁と共同で行う洪水の予報について、本川と接続する支川の形状や水位等の情報を活用して本川･支川の水位予測を一体的に行う手法が確立しつつあった。

このような背景を踏まえ、自治体や住民、事業者等における様々な防災対応がより適確に実施されるよう、都道府県と気象庁が行う洪水予報の早期発表を図る仕組みの構築や、多様な利用ニーズに応じた「きめ細やかな予報」の提供に向けた民間の予報業務に関する許可制度の見直し等を行うことにより、官民それぞれの予報の高度化・充実を図ることが必要となった。

このため、以下の事項等について気象業務法及び水防法の一部を改正する法律案が令和 5 年の通常国会において成立し、令和 5 年 5 月 31 日に公布された。

ア．都道府県指定洪水予報河川の洪水予報の高度化

国土交通大臣は、都道府県知事の求めに応じ、国指定河川の水位を予測する過程で取得した都道府県指定河川の予測水位情報を提供することとする。

イ．火山現象に伴う津波の予報・警報の実施

気象庁が実施する業務に、「火山現象に密接に関連する陸水及び海洋の諸現象」を追加するものとすることとする。

ウ．最新技術を踏まえた予報業務の許可基準の最適化

土砂崩れ・高潮・波浪・洪水の予報業務の許可について、最新技術に基づく予測手法の導入による予報精度の向上を図るため、許可基準を新設し、気象庁長官が予測技術を審査することとする。

エ．防災に関連する予報の適切な提供の確保

社会的な影響が特に大きい現象（噴火・火山ガス・土砂崩れ・津波・高潮・洪水）の予報業務について、気象庁の予報等との相違による防災上の混乱を防止するため、事前説明を行った者のみへの提供を許可することとする。

オ．予報業務に用いることができる気象測器の拡充

予報の精度向上を図るため、気象庁長官の確認を受けた場合には、検定済みではない気象測器を予報業務のために補完的に用いることを可能とすることとする。

第６章　気象業務の評価と改善

【第１節】気象業務の評価

１．政府の政策評価の動向と気象庁の業務評価の取組

気象庁における業務評価の契機は、中央省庁等改革の基本方針の一つに位置付けられた政策評価の充実強化と、同じく中央省庁等改革による実施庁における実績評価の導入である。ここでは、政策評価に関する政府全体の動向を俯瞰した後で、気象庁の業務評価の取組及びそれを実行するための体制整備の沿革を記述する。

（１）政府の動向

平成９年 12 月、中央省庁等改革のために設置された行政改革会議の最終報告において、「従来、わが国の行政においては、法律の制定や予算の獲得等に重点が置かれ、その効果やその後の社会経済情勢の変化に基づき政策を積極的に見直すといった評価機能は軽視されがちであった」との反省を踏まえ、「政策の効果について、事前、事後に、厳正かつ客観的な評価を行い、それを政策立案部門の企画立案作業に反映させる仕組みを充実強化することが必要である」とされた。

この提言は「中央省庁等改革基本法」（平成 10 年法律第 103 号）に引き継がれ、第４条では「国民的視点に立ち、かつ、内外の社会経済情勢の変化を踏まえた客観的な政策評価機能を強化するとともに、評価の結果が政策に適切に反映されるようにすること」、第 29 条では「府省において、それぞれ、その政策について厳正かつ客観的な評価を行うための明確な位置付けを与えられた評価部門を確立すること」「政策評価に関する情報の公開を進めるとともに、政策の企画立案を行う部門が評価結果の政策への反映について国民に説明する責任を明確にすること」などが規定された。

さらに、平成 11 年４月の「中央省庁等改革の推進に関する方針」（中央省庁等改革推進本部決定）では、政策評価制度の基本的事項が定められた。ここでは、「各府省の内部部局に、政策評価を担当する明確な名称と位置付けを持った組織を置くこととし、当該組織については、原則として課と同等クラス以上となるよう検討し、必要な措置を講ずるものとする」「各府省の政策評価は、内部部局に置かれる政策評価担当組織、又はその総括の下に所管部局等の政策評価担当組織若しくは当該所管部局等が実施する。また、高度の専門性が必要な場合、実践的な知見が必要な場合等は、学識経験者、民間等の第三者の活用を図るものとする」などとされた。

そして、平成 14 年４月からは「行政機関が行う政策の評価に関する法律」（平成 13 年法律第 86 号）が施行され、法律上の明確な枠組みに基づいて政策評価が実施されることになった。

（２）気象庁の取組

気象庁は、「中央省庁等改革基本法」において、主として政策の実施に関する機能を担う「実施庁」として規定され、「府省の長は、実施庁の長にその権限が委任された事務の実施基準その他当該事務の実施に必要な準則を定めて公表するとともに、実施庁が達成すべき目標を設定し、その目標に対する実績を評価して公表する」ことで、その業務の効率化を図るとともに自律性を高めるために必要な措置を講ずることとされた。

また、気象庁の任務は「運輸省設置法」（昭和 24 年法律第 157 号）において「気象業務を行うこと」と規定されていたが、中央省庁再編に伴い定められた「国土交通省設置法」（平成 11 年法律第 100 号）において「気象業務の健全な発達を図ること」とされた。

このような背景の下で、気象庁は気象庁組織規則（昭和 31 年運輸省令第 36 号）を改正し、平成 12 年４月１日に総務課に業務評価室を設置し（平成 12 年運輸省令第 16 号）、以下の事務をつかさどることとした。

（1）気象庁の行政の考査に関すること
（2）気象庁の所掌事務に関する政策の評価に関すること
（3）気象庁の所掌事務に関する調査及び統計の総括に関すること

政府全体としての政策評価は、国民の視点に立った成果重視の行政への転換、効果的かつ効率的な行政の推進、国民に対する説明責任の徹底を目指し、また、実施庁の実績評価の導入は、効率的な業務の運営を目指している一方で、気象行政は、主として気象等の観測や各種気象情報の作成・提供といった気象業務の実施を担っており、毎日の的確な業務遂行が重要である。

このような観点から、国土交通省の外局として府省ごとに行う政策評価に取り組むとともに、施策等について自ら評価し、その結果を適切に反映させていくという政策評価の持つ機能を、気象庁の各種施策や業務にも適用することで、独自性も持った評価を進めることとした。実施庁の実績評価は、国土交通大臣が気象庁について目標を設定し、実績の評価を行うものであるが、気象庁では、この大臣による目標設定等に加え、気象庁の各種業務について自ら目標を設定し、それらの目標に対する実績を自ら評価することで、より自律した業務運営を目指したのである。

具体的には、業務評価導入の背景や気象行政の特質も踏まえて、気象庁の業務評価は、次の４つの目標を掲げて実施することとした。

① 国民本位で効率的な質の高い行政の実現
② 国民の視点に立った成果重視の行政への転換
③ 国民に対する説明責任の徹底
④ 仕事の進め方の改善、職員の意識の向上

この方針に基づき、気象庁は平成 13 年度における業務評価の実施状況として、業績指標・目標値に対する取組状況及び同年度の業務目標に対する評価結果を取りまとめ、平成 14 年度に最初の「気象庁業務評価レポート」を公表した。この業務評価は、平成 14 年２月から３月にかけて実施した「防災気象情報の満足度に関する調査」の結果を踏まえ、気象業務に関するニーズや改善の成果を継続的に把握する方法として、大雨・台風・地震等の気象情報の満足度を業績指標として設定したことも特徴の一つであった。

とりまとめにあたっては、平成 13 年８月に外部有識者からなる「気象業務の評価に関する懇談会」を開催し、客観的な視点から、また専門的な知見に基づき、意見や助言を受けた。

気象庁はこのような評価を毎年度実施しており、所掌する施策や業務を自ら評価し、その結果を施策等の企画立案や的確な業務の実施に反映させていくこと（これを「業務評価」と呼んでいる。）を通じた国民本位で効率的な質の高い行政の実施等によって、その使命を果たしていくこととしている。また、こうした考えを職員一人一人のものとし、目標を持った業務運営とマネジメント・サイクルの確立が、職員の意識向上を通じた組織の活性化につながるよう、業務評価を積極的に推進している。

2.「気象庁の使命・ビジョン」

明治８年（1875 年）に東京気象台として発足以来、約１世紀半にわたって、気象庁は自然を監視・予測し、国民の生命・財産が災害から守られるよう、適切な情報提供に努めている。気象庁は、一人一人の生命・財産が守られ、しなやかで、誰もが活き活きと活力のある暮らしを享受できるような社会の実現に向けて、「気象庁の使命・ビジョン」をすべての活動の根幹に据えて取り組んでいる。気象庁はその使命を果たすため、業務が効果的・効率的に実施されているかを評価・検証し、更なる改善につなげることを目的に、業務評価を実施している。

気象庁の任務は、運輸省設置法では「気象業務を行うこと」と規定されていたが、国土交通省設置法により「気象業務の健全な発達を図ること」とされた。

また、中央省庁等改革基本法において、気象庁は主として政策の実施に関する機能を担う実施庁として規定され、「府省の長は、実施庁の長にその権限が委任された事務の実施基準その他当該事務の実施に必要な準則を定めて公表するとともに、実施庁が達成すべき目標を設定し、その目標に対する実績を評価して公表する」ことが定められた。本規定に基づき「気象庁に係る事務の実施基準その他当該事務の実施に必要な準則に関する訓令」（平成 13 年３月）が定められ、平成 13 年４月から実施されている。

当該訓令では、「気象庁は、その所掌する事務の実施に当たり、気象業務の健全な発達を図り、もって災害の予防、交通の安全の確保、産業の興隆等公共の福祉の増進に寄与するとともに、気象業務に関する国際的協力を行うことを基準とする」こと、以下の事項を準則として事務の実施に当たることとされている。

一　気象、地震、火山現象、水象等の観測及び監視を的確に行うとともに、関係機関と密接に連携して、観測成果等の収集及び活用を効率的に行うよう努めること。

二　気象情報（気象、地震、火山現象、水象等に関する観測成果、予報・警報事項その他の情報をいう。）を利用目的に応じ適時、的確に発表すること。特に防災に関する気象情報については、迅速かつ正確に、関係機関に対し伝達するよう努めること。

三　気象業務に関する技術に関する研究及び開発を計画的に行うとともに、その成果を気象情報の精度の向上その他気象業務の改善に反映すること。

四　気象業務に関する国際協力を積極的に行うこと。

五　民間における気象業務の健全な発達を支援し、及び気象情報の社会活動における利用の促進を図るため、保有する気象情報を効率的に民間に提供するとともに、気象情報に関する知識の幅広い普及に努めること。

平成 13 年３月に気象庁は、本訓令及び気象審議会答申第 21 号「21 世紀における気象業務のあり方について」（平成 12 年７月）を踏まえて、また気象業務法第１条に基づき、気象行政を体系的に整理した「気象庁の使命・ビジョン」を制定した。ここで、気象庁に与えられた任務を「使命」として、また、気象庁が使命を果たすため社会や技術動向を見据えて今後取り組むべき構想を「ビジョン」として示している。

使命：　気象業務の健全な発達を図ることにより、災害の予防、交通の安全の確保、産業の興隆等公共の福祉の増進に寄与するとともに、気象業務に関する国際協力を行う。

ビジョン：常に最新の科学技術の成果を的確に取り入れ、我が国の気象業務の技術基盤を確立する。防災等の利用目的に応じた信頼できる、質が高くわかりやすい気象情報の作成・提供を行う。

その後、国土交通省の交通政策審議会気象分科会の提言「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」（平成 30 年８月）を受け、平成 31 年３月に「ビジョン」を以下のとおり改訂した。

ビジョン：安全、強靱で活力ある社会を目指し、国民とともに前進する気象業務

・産学官や国際連携のもと、最新の科学技術を取り入れ、観測・予報の技術開発を推進する。

・社会の様々な場面で必要不可欠な国民共有のソフトインフラとして気象情報・データが活用されることを促進する。

気象庁は、「気象庁の使命・ビジョン」に基づき、下記のように４つの「基本目標（戦略的方向性）」を設定し、その下に計 10 個の「基本目標（関連する施策等）」を設けている。このうち、「基本目標（戦略的方向性）」を単位として実施庁に係る実績評価が実施され、基本目標（関連する施策等）を単位として「気象庁基本目標チェックアップ」が実施されている。

1　防災気象情報の的確な提供及び地域の気象防災への貢献

気象、地震、火山現象、水象等の観測及び監視を的確に行うとともに、関係機関と密接に連携して、観測の成果等の収集及び活用を図る。

観測の成果及び予報・警報等の防災に資する気象情報を適時、的確にわかりやすく提供するとともに、気象防災の関係者と一体となって平時・緊急時・災害後の取組を進め、取組の内容を不断に共に改善することにより、地域の気象防災に一層貢献する。

１－１　台風・豪雨等に係る防災に資する情報の的確な提供

１－２　地震・火山に係る防災に資する情報の的確な提供

１－３　気象防災の関係者と一体となった地域の気象防災の取組の推進

2　社会経済活動に資する気象情報・データの的確な提供及び産業の生産性向上への貢献

社会経済活動に資する気象情報・データを的確に提供するとともに、ニーズと技術の進展を踏まえた産業界における気象データの利活用を促進し、新たな気象ビジネスの創出を推進することにより、幅広い産業の生産性向上に貢献する。

２－１　航空機・船舶等の交通安全に資する情報の的確な提供

２－２　地球温暖化対策に資する情報・データの的確な提供

２－３　生活や社会経済活動に資する情報・データの的確な提供
２－４　産業の生産性向上に向けた気象データ利活用の促進

3　気象業務に関する技術の研究・開発等の推進

観測･予報のための基盤の充実を計画的に進めるとともに、産学官や国際連携のもと、先進的な観測・予報技術の研究及び開発を行い気象業務に反映させることにより、最新の科学技術に立脚した気象業務を推進する。

３－１　気象業務に活用する先進的な研究開発の推進
３－２　観測・予報システム等の改善・高度化

4　気象業務に関する国際協力の推進

各国それぞれとの互恵的な国際協力・支援や国際機関を通じた活動を戦略的に進めることにより、我が国及び世界の気象業務の発展に貢献する。

４－１　気象業務に関する国際協力の推進

3．気象庁基本目標チェックアップ

気象庁では、気象庁の使命･ビジョンに基づく目標を評価するため、目標ごとに「業績指標」を設定し、その達成状況の評価を平成 13 年度から開始し、平成 28 年度の目標からは、業績指標の評価及びそれ以外の関係する取組を踏まえた基本目標（関連する施策等）の総合的な評価を開始した。評価にあたっては、Plan（企画立案）、Do（実施）、Check（評価）、Action（企画立案への反映）というマネジメント・サイクルの確立により、政策の企画立案過程と結果に関する透明性の向上、政策の意図や効果の国民に対する説明のほか、設定した目標の実現に向けた努力によって、政策の質を高めることを目指している。

基本目標（関連する施策等）の下には、単年度あるいは中期期間（おおむね５年以内）に達成度合いを表す個々の業績指標を設定するとともに、業績指標に係るおおむね５年以内の目標値を業績目標として設定している。目標値や具体的な業務内容など、客観的に評価が可能な形であらかじめ設定することで、定期的・継続的に実績値や取り組んだ業務内容を把握し、業績目標の達成度を評価するためである。

業績指標の進捗状況については目標超過、目標達成など達成度を把握し、十分達成されていない場合や進展していない場合は、その原因、施策の有効性などを分析するとともに、外部有識者からなる「気象業務の評価に関する懇談会」での意見等も踏まえ、今後の対応策などを検討することで、気象庁の業務が効果的・効率的に実施されているかを評価・検証し、更なる業務改善の基礎としている。

毎年の評価結果については､平成 14 年度から「気象庁業務評価レポート」としてホームページ上での公表を開始した。

4．気象業務の評価に関する懇談会

気象庁における業務評価の実施にあたり、外部有識者からなる「気象業務の評価に関する懇談会」（以下「懇談会」という。）を随時開催し、客観的な視点から、また専門的な知見に基づき、意見・助言を頂いている。第１回の懇談会は平成 13 年８月に、廣井脩 東京大学社会情報研究所長を座長に選出し、開催した。

懇談会は、防災、社会科学、報道、地球物理学、行政評価等の幅広い分野の外部有識者の委員で構成し、各年度の実績の評価及び目標の設定について幅広い視点から意見・助言を得て、業務評価の実施に反映するとともに、気象庁の業務の改善に活用している。

5．気象情報の利活用状況に関する調査

気象庁は、より有効な防災気象情報の提供に向け、平成 13 年度から、気象業務の評価を通じた業務改善のための重要な手法として、気象、地震、火山、海洋などの各種の気象情報の利用者の評価等を直接把握するため、気象情報の満足度の測定に着手した。

これは、業務目標の検討において、気象庁と国民又はサービスの受け手をつなぐ媒体である気象情報とその提供に関わる各種の要素とを評価対象に、利用者における満足度や重視度を把握し、あわせて満足度向上に必要な業務改善項目を把握・絞り込むことを目的として、国民に対して実施するアンケート調査である。

このような調査は、定期的かつ継続して調査（モニタリング）することが重要であることから、「防災気象情報の満足度に関する調査」を平成 13 年度から 20 年度まで行った。

平成 21 年度からは、気象庁が発表する各種情報について、利用者の評価や要望等を把握し、業務の改善や業務目標の設定に生かすことを目的とした「気象情報の利活用状況に関する調査」を実施している。

【第２節】業務考査

気象庁における業務考査は、気象業務の実態を把握し、その合理的運営の確保と技術の向上を図ることを目的としている。業務考査は､組織の業務が的確に実施されているかを自らチェックし不備な点の改善を図る役割を担っている、他省庁の「業務監察」や「定期監察」などと同様の位置付けにある。

業務考査の主担当は、昭和 35 年からは総務課考査班、昭和 40 年からは総務課管理班、平成 12 年からは業務評価室となっている。気象庁における業務考査の規程のうち、把握している範囲で最も古いものは「気象官署業務考査規程」（昭和 26 年中央気象台達第 22 号）である。記録によると、この要領に基づく業務考査を昭和 33 年に地磁気観測所に対して実施している。考査官が地磁気観測所に赴き、通常どおりの手順で実際に観測作業を進行させながら、手順と数値について随所でチェックを行ったようである。

現在の業務考査は「気象庁業務考査規則」（昭和 35 年気象庁達第 36 号）に基づき実施しており、本庁が各管区気象台等を対象に実施するものと、各管区等が自らの管内各官署を対象に実施するものとがある。業務評価室は、本庁が各管区気象台等を対象に実施する業務考査の主担当であり、各管区等が自らの管内各官署を対象に業務考査を実施する際の指導・支援を行っている。

実施にあたっては、調査の視点及び評価の観点、考査計画の策定、事前の調査、具体的な実施手順などについて定めている。また、考査結果を職員に広く共有することで、業務改善の一助となるよう努めている。

【第３節】その他業務運営の改善に関する事項

１．行政相談

気象庁における行政相談の実施は、「気象庁行政相談実施規則」（昭和 42 年 1 月 11 日、気象庁訓令第 1 号）によって始まった。また、同日付で本庁・各管区・海洋気象台に行政相談担当者を置いた。これは、国民一般からの気象行政に関する苦情、要望、意見等の申立の窓口となって相談事項の処理にあたるとともに、相談を通して得た要望等を行政の運営面に反映させようというものであった。ここでいう行政相談とは、例えば許認可等の行政処分に関すること、行政庁としての指導監督に関することなどといったものであった。また、同規則の運用にあたって「気象庁行政相談実施規則の運用について」（昭和 42 年気総第 63 号）も制定した。

それ以前の取組として、昭和 39 年 10 月から大手町庁舎の 1 階玄関ホールに「親切箱」を設置し、広く一般から行政に関する意見・苦情等を募っていた。これは公務員の親切運動と呼ばれるものの一環であり、総務課長が 10 日ごとに親切箱を開閉し、投書の内容に応じて処理を行うというものであった。

平成 13 年 1 月の中央省庁再編による国土交通省の設置に伴い、「国土交通省行政相談業務処理要領」（平成 13 年国土交通省大臣官房・総合政策局長通達）が制定された。気象庁はこれに沿って「気象庁行政相談業務処理要領」（平成 13 年気総第 68 号）及び「気象庁の行政相談の事務処理について（依命通達）」（平成 13 年気総第 69 号）を定め、従前の規則を廃止した。

当該要領は、行政相談の円滑な処理のため、気象庁の所管行政に係る一般国民からの要望、意見、問合せ、苦情等の処理の方法に関する事項を定めた。なお、制定時は電話を含む口頭及び書面での受付のみであったが、平成 15 年 9 月からはインターネットの普及等を踏まえ、気象庁ホームページで電子メールによる受付を開始した。

２．公益通報

公益通報者保護制度とは、公益通報（いわゆる内部告発）を行った通報者を保護するものであり、事業者、行政機関等の内部の労働者等が、組織内部の法令違反（国民の生命、財産等にかかわるもの）等を通報したことで、解雇等の不利益な取扱いを受けることのないよう、公益通報者に対する解雇の無効、不利益な取扱いの禁止等を規定したものである。

気象庁では、公益通報者保護法（平成 16 年法律第 122 号）の制定及び同法に基づき公益通報を適切に処理するための「国の行政機関の通報処理ガイドライン」（平成 17 年 7 月 19 日関係省庁申合せ）に従い、気象業務法違反に関する公益通報と、気象庁内部の職員等から寄せられる気象庁職員の法令違反に関する公益通報の処理要領をそれぞれ定め、平成 18 年 4 月から実施している。

３．障害者差別の解消に関する相談窓口

国連の「障害者の権利に関する条約」の締結に向けた国内法制度の整備の一環として、全ての国民が、障害の有無によって分け隔てられることなく、相互に人格と個性を尊重し合いながら共生する社会の実現に向け、障害を理由とする差別の解消を推進することを目的として「障害を理由とする差別の解消の推進に関する法律（障害者差別解消法）」（平成 25 年法律第 65 号）が平成 28 年 4 月に施行された。行政機関は、障害を理由とした不当な差別的取扱いの禁止、社会的障壁の除去の実施に関する合理的な配慮について法的義務が課せられ、職員が適切に対応するために必要な対応要領（訓令等）を策定し、公表することとなったため、当庁においても「気象庁における障害を理由とする差別の解消の推進に関する対応要領」（平成 27 年気象庁訓令第 14 号）を策定・公表し、当庁職員に対する周知・啓発を行ってきた。業務評価室は、当庁における外部の障害者からの相談窓口の役割を担っている。

障害者差別解消法は、令和 5 年 3 月に改正され、令和 6 年 4 月から施行された。これを受け、気象庁の対応要領についても、障害を理由とする差別を解消するための対応がより適切に図られるよう、不当な差別的取扱いや合理的配慮の提供の具体例等を追加する改正を行った。

第７章　広報・報道業務

【第１節】広報室の設立

昭和 21 年２月、第二次世界大戦後の混乱の中で中央気象台予報課の中に天気相談所が設立され、一般の天気相談から報道関係の対応、見学案内に至るまでの幅広い広報業務を担当することとなった。しかし、間もなく天気相談所のみではこれに対処しきれなくなり、昭和 26 年３月、総務課に広報係を新たに設置し、総務課の補佐官の内１名を広報担当として、天気相談以外の一般広報業務を所掌させることとなった。これが広報室の原形ともいえるものである。

日本社会は高度成長を通じて情報社会といわれるまでに様変わりし、気象庁に対する情報提供等のニーズは次第に強まってきた。また、他省庁にも広報室を設置する所が多くなり、気象庁にも広報室を設置する機運が次第に高まってきた。そこで、気象庁は昭和 52 年度の組織改正要求事項として総務課の中に省令組織として広報室の設置を要求することとなった。その内容は、気象業務及び気象に関する知識の啓蒙、普及、報道機関との連絡・調整などの広報事務を効果的に運用する体制を整備するため広報室を設けることとした。あわせて室長の下に報道係と広報広聴係の２つの係を置くというものであったが、要求は実現には至らなかった。その後、昭和 53 年、54 年、55 年と３か年にわたって組織要求を続けたが、実現できなかった。このような中、昭和 55 年４月に、気象庁記者クラブから気象庁長官に対して広報室新設の要望書が提出された。このため、これまでの経緯を踏まえて慎重に検討した結果、次の昭和 56 年度には組織要求は行わず、訓令により昭和 57 年４月から広報室を発足させることとなった（気象庁組織細則の特例に関する達）。ただし、広報室長は総務課の補佐官が兼務し、広報係は総務課本課の所属のままという変則的なものであった。この兼務が解消し、広報係が総務課本課から広報室に移管されたのは平成５年４月である。

その後広報室は、平成 16 年４月に報道係を加えた２係体制となり、平成 17 年７月には国土交通省令組織への昇格を果たした。平成 29 年４月には報道調整官が置かれ、現在に至っている。

【第２節】広報業務

１．気象科学館等

（１）気象展示室

気象展示室は、昭和 39 年３月に気象庁の新庁舎が千代田区大手町に完成したことを機会に、同年４月、庁舎１階の天気相談所前に開設、無料で一般に公開された（開館時間：平日９時～ 16 時 30 分、土曜９時～ 12 時）。展示室の維持運営は（財）日本気象協会が行い、同協会の職員が常駐して見学者を案内した。本展示室は昭和 47 年５月まで運営された。

（２）気象科学館

気象科学館は、平成６年度の「120 周年記念行事実行委員会」（委員長：気象庁次長）において設立が認められ、平成９年６月に千代田区大手町の庁舎１階（エレベーター裏の図書資料管理室跡）に開館、無料で一般に公開された。入口の上には、古賀誠運輸大臣の揮毫（きごう）による「気象科学館」の看板が掲げられ、館内には、雨量計や風速計、地震計等の観測機器、海洋気象観測船や気象衛星の模型、業務紹介等のパネル、職員手作りの実験装置などが展示された。当初、開館は平日のみ（月～金曜：10 時～ 16 時）で、説明員を置かない無人の展示施設であったが、日本気象予報士会の協力により、平成 15 年１月からは土曜日も開館となり、土曜日に限って同会の気象予報士２名がボランティアで来館者からの質問や相談に対応するようになった。この取組は、平成 25 年４月からは日曜日と祝日にも拡大され、庁舎移転に伴い令和元年９月に旧気象科学館が閉館されるまで続いた。気象科学館は日本気象予報士会の協力のもとで発展してきたと言える。

開館から７年目の平成 15 年には来館者数が年間 4,000 人を超えるようになった。一方で、来館者等からは「解説内容が難しい」、「展示物に統一性がなく分かりにくい」といった改善要望が多数寄せられるようになった。このため、平成 16 年度の気象庁マスコットキャラクター「はれるん」の誕生にあわせて改善・充実を図ることとし、平成 15 年度末に専門業者による企画を取り入れたリニューアル（１回目）を行った。

気象庁庁舎が港区虎ノ門へ移転することになり、新庁舎では気象科学館の面積が約 2.5 倍に拡張される見込みとなった。このため、新たな展示装置４台を平成 21 年度に先取りして製作し、大手町庁舎の気象科学館で平成 22 年５月から公開した（リニューアル２回目）。

また、平成 22 年度には「津波シミュレーター」を製作し、平成 23 年６月から公開した。この展示装置は、平成 22 年２月に発生した南米チリ沖の巨大地震を契機に製作を開始したものであったが、奇しくも完成直前の平成 23 年３月に東日本大震災が発生した。

令和２年７月、新気象科学館が港区虎ノ門の新庁舎２階に開館した（リニューアル３回目）。当初は同年４月に開館する予定であったが、新型コロナウイルス感染症の拡大防止のため、３か月遅れての開館となった。新気象科学館には、大手町の科学館でも活躍してきた展示装置に加え、日本の四季や気象のメカニズムを臨場感あふれる 360° スクリーンで紹介する「うずまきシアター」等を設置し、内容の充実を図った。また、開館日も年末年始を除く毎日９時～ 20 時に拡充し、館内には気象予報士の資格を持った解説員（業者委託）を常時配置するようにした。

新庁舎の１、２階には、プラネタリウムを備えた港区の「みなと科学館」が併設されたことから、気象庁と港区は科学館の運営協力に関する協定を結ぶこととし、両科学館のオープンに先立つ令和２年１月に港区役所で締結式を挙行した。両科学館の相乗効果により、来館者数は、移転前の年間１万 5,000 人から８万 4,000 人（令和５年）へと大幅に増加した。

２．普及啓発イベント

（１）気象業務 100 周年記念行事

気象庁は、昭和 50 年（1975 年）に業務開始 100 周年を迎えたことを機会に気象業務について広く国民に知ってもらうため、海洋気象観測船「啓風丸」の一般公開、講演と映画の会、気象測器展示会及び「船の科学館」での気象展示を行った。

海洋気象観測船「啓風丸」の一般公開は、6 月 2 日、3 日にかけて東京の晴海埠頭において開催し、580 人の見学者があった。

講演と映画の会は、6 月 4 日に気象庁講堂で開催した。約 200 人の聴衆を前に、東海大学教授の荒川秀俊博士（元 気象研究所長）が「気象事業百年の歩み」と題した講演を行った。

気象測器展示会は、6 月 4 日から 7 日にかけて気象庁ビルの 2 階ロビーで開催した。（財）日本気象協会と気象測器工業会が主催し、超音波風向・風速計、波高計、大気汚染観測用の低層ゾンデ、カイツーン（係留気球）及び微風計など 23 社から約 100 点に及ぶ気象測器が展示され、4 日間で約 800 人の来場者があった。

気象展示室は、（財）日本気象協会が（財）日本船舶振興会から補助金交付を受け、また、日本電気（株）及び松下通信工業（株）の協力のもと、昭和 51 年 7 月初旬に「船の科学館」（品川区東八潮）内に完成させた。2 階には静止気象衛星、6 階には海洋気象ブイロボット及び富士山気象レーダーの模型等が展示された。

（2）防災フェア

「防災フェア」は、防災週間の主要行事として国土庁（現 内閣府）と防災推進協議会が昭和 57 年から平成 25 年まで開催していたイベントである。気象庁は、昭和 57 年から平成 2 年にかけて出展した。

初回となった昭和 57 年の「防災フェア '82」は、8 月 26 日から 31 日にかけて新宿の伊勢丹デパートで開催された。気象庁は防災相談コーナーに職員を交替で派遣したほか、天気相談所は会場からの照会に応じて天気実況を提供した。また、展示コーナーには海底地震計を出品した。

昭和 60 年の「防災フェア東京 '85」は、日本橋三越を会場に 8 月 27 日から 9 月 1 日にかけて開催された。気象庁は、これまでのパネル中心の展示から各種気象情報のリアルタイム展示に切りかえた。これが功を奏し、気象庁のブースは会場内で最も観客を集め、6 日間で 3 万人を超える来場者があった。

昭和 61 年以降も展示内容を少しずつリニューアルしながら参加を続けたが、平成元年に気象庁が主催する「お天気フェア」が始まったことから、庁を挙げての参加は平成 2 年が最後となった。

（3）子供のためのお天気教室

「子供のためのお天気教室」は、昭和 60 年から 63 年まで開催した夏季広報行事であり、その後の「お天気フェア」や「夏休みこども見学デー」に繋がるものである。

初回の昭和 60 年は、小中学校の夏休み期間中、気象庁庁舎の 1 階ロビーで開催した。当時はテレビの天気予報番組が充実してきたこともあり、一般市民の気象等への関心は極めて高く、連日のように庁内施設の見学要望や問い合わせがあった。これらの要望に少しでも応えるため、NHK の協力を得てパネルとビデオのコーナーを開設した。

パネルは、気象観測から天気予報ができるまでの紹介、静止気象衛星「ひまわり」の観測による台風の一生、天気予報 100 年の歴史、地震等の用語解説を掲示した。ビデオは、「天気予報のできるまで」、NHK 放送番組から「新・気象情報システム」、「ひまわりで見る日本の気象」、「巨大津波の謎」（日本海中部地震に伴う津波）を上映した。期間中は、延べ約 1,800 人が天気相談所とこのコーナーを訪れた。

4 回目となる昭和 63 年は、7 月 20 日から 30 日まで正面玄関ロビーで開催した。震動台体験コーナー、地震計センサー、JMH・JMJ 通報、ひまわり画像、気象測器、富士山レーダーの模型等の展示を行ったほか、テレビ各局の気象キャスターが一日予報官となり、来場した子供たちにお天気教室参加証を手渡した。

（4）お天気フェア

「お天気フェア」は、気象庁本庁が平成元年から始めた「お天気フェア TOKYO」を皮切りに全国の気象台に広まっていった夏季広報行事である。

「お天気フェア TOKYO」は、平成元年から平成 8 年まで気象庁と（財）日本気象協会が主催し、平成 9 年から平成 13 年までは（財）日本気象協会が主催した（気象庁は後援）。従来の「子供のためのお天気教室」が小中学生を対象とした小規模な行事であったのに対し、「お天気フェア TOKYO」は大人も楽しめるイベントとして、都内のデパートや商業ビルの催事スペースを会場に大がかりに開催した。

平成元年に開催した初回の「お天気フェア TOKYO」は、会場の「船の科学館」に近接するフジテレビが後援となり、約 1 か月前からテレビ等でフェアを宣伝したこともあり、期間中 1 万 8,500 人の来場者があった。

平成 2 年と 3 年は、フェアの事前 PR としてタレントの久我陽子氏（平成 2 年）と山中すみか氏（平成 3 年）が一日天気相談所長を務めた。両氏は、実際に所長の椅子に座って市民からの電話や来訪者の応対をしたほか、早朝から在京テレビ各社の気象番組を巡回してフェアの PR を精力的に行った。

平成 4 年は、「気象の知識の普及と気象業務への理解を深めるとともに、気象業務に対する国民の声を広く捉え業務に反映させる」をスローガンに、各管区気象台、海洋気象台及び地方気象台等の所在地において 7 月下旬から 8 月中旬にかけて組織的に「お天気フェア」を実施した。地方官署も含めて全国的に「お天気フェア」と銘打った夏季広報行事を行うようになったのは、この年からである。

平成 7 年と 8 年は、気象キャスターのトークショー等のステージイベント、理科実験や体験コーナー、天気図描画等のワークショップ等により、フェアの内容が最も充実した。その効果もあり、来場者も平成 7 年が 3 万 4,000 人、平成 8 年が 3 万 1,000 人と空前の規模となった。

平成 9 年以降は、（財）日本気象協会が池袋のサンシャインシティで主催するようになった。気象庁は後援としてブース出展や講演を行ったが、平成 14 年からは「気象庁夏休みこども見学デー」に夏季広報行事の主力を移すこととなった。これに伴い、「お天気フェア TOKYO」は平成 13 年で終了した。

（5）夏休みこども見学デー

「夏休みこども見学デー」は、文部科学省が各省庁と連携して開催する「こども霞が関見学デー」の一環として、平成 13 年から気象庁の庁舎内で開催している夏季広報行事である。

当初は、100 人ほどの子供たちを対象に、気象科学館での気象実験や現業室見学を行っていたが、平成 17 年からは講堂も使って開催するようになった。回を重ねるごとに内容を充実させて開催してきた見学デーであったが、新型コロナウイルス感染症の流行により、令和 2

年は中止、令和３年と４年はオンライン形式での開催を余儀なくされた。令和５年は、虎ノ門庁舎に移転して初の実地開催となり、２日間で1,273人（うち、子供636人）が来場した。

（6）気象庁新世紀事業

気象庁は、平成12年（2000年）に業務開始から125周年を迎えたこと、また、21世紀を迎えた平成13年１月６日の中央省庁の再編に伴い国土交通省の外局となったことを契機に、平成12年８月から13年３月にかけて「気象庁新世紀記念事業」を実施した。

本記念事業は、平成11年11月頃から広報室を事務局として検討を開始した。「気象庁新世紀記念事業」という名称は、125周年に拘らず、気象庁が目指すべき方向を示すような事業の名称として、職員からなる「気象庁新世紀記念事業実行委員会」（委員長：総務部長）が提案したものである。

本記念事業では以下を実施した。

１．広報活動
（１）記念冊子の刊行
（２）気象業務紹介ビデオの作成
（３）気象科学館等を利用した広報活動の強化
２．記念講演会等の開催
３．ロゴマーク等の制定

本記念事業により、気象庁のロゴマーク、キャッチコピー及びマスコットキャラクター「はれるん」が誕生した。これらは20年を経過した現在でも職員に親しまれ、当庁の各種行事や刊行物等で使用されている。また、記念冊子として刊行した「気象庁ガイドブック」は、職員の座右の書として毎年刊行を続けている。

ア．ロゴマーク

ロゴマークのデザインは、中心の球は大気圏に包まれる地球を表し、表面に地球を周回する大気の流れを描いている。

全体としては芽吹き、海の波など地球が抱える自然現象をも表現するものとしている。さらに、このロゴマークには気象庁の英語名である「Japan Meteorological Agency」の頭文字「J」「M」「A(a)」を模様の中にあしらっており、ロゴマーク右側の三日月状の模様と中心球で「J」と「a(A)」を、中心球が表す地球の表面上の波動で「M」を表現している。

このロゴマークは平成12年10月に職員を対象に募集したもので、同年12月に50通の応募の中から職員の投票により決定し、平成13年４月26日に公表した。作成者は大阪管区気象台測器課の野口勝広技官である。

現ロゴマークが制定されるまで、気象庁のロゴマークは存在しなかった。ただし、「気象庁被服貸与規定」（中央気象台達）により、自動車運転手、海上勤務者等に貸与される制帽の前章等に指定されたマーク（風速計の風杯をかたどったもの）を用いることとされていた。また、この風杯マークは海洋気象観測船に掲げる旗や職員証にも使用されていた。



図 1-7-2-1　気象庁ロゴマーク

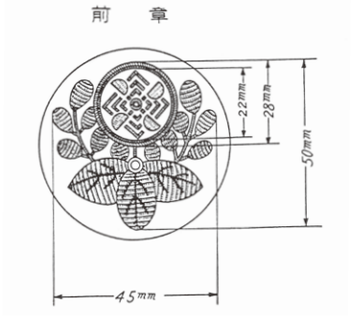


図 1-7-2-2　風杯マーク（「気象庁被服貸与規定」より）

イ．キャッチコピー　「守ります　人と自然とこの地球」

このキャッチコピーは、気象業務が目指している、自然災害から国民の生命と財産を守ること、自然の変化を常に監視し自然災害の発生・拡大を未然に防ぐこと、そしてこの役割を担う気象庁の覚悟をあらわしている。

この標語は、平成12年10月に職員を対象に募集したもので、同年12月に69通の応募の中から職員の投票により決定し、平成13年４月に公表した。作成者は高山測候所の辰巳弘技官（決定当時　東京管区気象台測器課）であり、平成11年度の気象記念日ポスターに採用されたものである。

ウ．マスコットキャラクター　「はれるん」

「はれるん」は、「太陽」、「雲」、「雨」など、「地球」をイメージすることのできるキャラクターで、災害のない、調和のとれた地球への祈りを奏でる緑のタクトを手に持っている。



図 1-7-2-3　気象庁公式マスコットキャラクター「はれるん」

ロゴマークやキャッチコピーと同じく、平成12年に「気象庁新世紀記念事業」の一環としてマスコットキャラクターの作成が企画され、職員より作品を募集したが、8通の応募作品には適当なものがなかったため決定を見送った。しかし、気象庁への親近感をより深め、気象業務の重要な使命をイメージさせる演出要素としてキャラクターを示すことができれば、特に小中学生に向けた広報活動を一層効果的に行うことができると考え、平成15年に検討を再開した。

この事業の事務局は、広報室と（財）気象業務支援センターが共同で担当し、デザイン募集と選考のため「気象庁マスコットキャラクター選考委員会」（委員長：長官）を設置した。

デザインは専門業者等を対象としたコンペ方式で募集し、115の応募作品から気象庁及び気象業務支援センター職員による投票の上決定した。決定したデザインは平成16年３月に発表し、あわせてキャラクターの愛称の一般公募を行った。愛称は6,977通の応募の中から「はれるん」に決定し、同年６月１日、第129回気象記念日式典の後開催された「気象庁マスコッ

トキャラクター愛称発表会」にて公表した。そのため、「はれるん」の誕生日は平成 16 年 6 月 1 日となった。

「はれるん」は、その誕生以来、気象庁の様々な資料やホームページへの掲載、気象科学館の館長（入口に大型の人形を設置）、着ぐるみによるイベント登場など、幅広く広報活動に使用されている。令和 3 年からは、全国の気象官署の職員により考案された「ご当地はれるん」と呼ばれる地域性豊かなオリジナルが多く誕生し、デジタル形式のはれるんカードなど様々な形で各官署において活躍している。

3．気象友の会

「地球ウォッチャーズ　－気象友の会－」（以下「気象友の会」という。）は、気象業務について理解を深めるとともに、気象庁職員との交流と会員相互の親睦を通じて、気象知識の普及、地球環境への関心と防災マインドの高揚を図ることを目的に、平成 3 年 3 月 28 日に設立された任意団体である。気象友の会の設立にあたっては、那須翔氏（東京電力社長）が発起人代表となったほか、王貞治氏、大澤嘉子氏（フリーアナウンサー）、木村太郎氏（フリーランス記者）、水前寺清子氏（歌手）、町田直氏（日本気象協会会長）、眞鍋博氏（イラストレーター）、みのもんた氏（司会者）、山地進氏（日本航空副会長）、及び和達清夫氏（元 気象庁長官）が発起人となった。また、二階俊博衆議院議員が顧問を、日本気象協会が事務局を務めることとなった。気象庁としても、地球温暖化など環境問題への国民の関心の高まりや、降水確率をはじめとする様々な新しい情報の提供等を踏まえた気象知識の普及啓発のあり方を模索していたこともあり、庁を挙げて気象友の会の活動に協力、支援していくこととした。

発足当時の会員には、入会時に会員手帳等が配布されたほか、気象庁の各種行事（お天気フェア等のイベントや施設公開等）への優先招待、気象庁のパンフレット、天気図日記（雑誌「気象」掲載）等の配布、日本気象協会の刊行物（月刊誌「気象」、気象カレンダー等）の割引購入等の特典が設けられた。

気象友の会は、発足から 30 年以上の長きにわたり、数多くの企業、団体及び個人に支えられて発展、活動を続けている。

表 1-7-2-1　気象友の会の沿革

平成3年3月28日	気象友の会発足 会長：那須翔氏（東京電力社長）　顧問：二階俊博衆議院議員
平成8年3月	大気現象、動物や植物など、身近な自然の季節の変化を観測する「季節ウォッチング」を開始
平成12年12月	ホームページ立ち上げ
平成13年10月	法人会員・教育機関会員・学生会員を新設
平成17年1月	田村滋美氏（東京電力取締役会長）が会長に就任
平成20年1月	法人団体会員、個人メール会員、名誉会員を新設
平成23年6月	佃和夫氏（三菱重工業取締役会長）が会長に就任
平成27年7月	子ども会員を新設
平成29年7月	二階俊博衆議院議員が最高顧問に就任
平成30年7月	自治体会員を新設
令和3年	気象庁・港区教育委員会と共に、小中学生を対象としたポスターコンクールを開始
令和4年6月	全国気象官署の見学者を対象に「はれるんカード」の配布を開始
令和5年7月	田川博己氏（JTB相談役）が会長に就任
令和6年	気象庁と共に「みんなに見せて伝える！防災展示アイデアコンクール」を実施

4．広報のための刊行物

（1）「今日の気象業務」と「気象業務はいま」

気象庁は、気象業務への理解促進を目的とした「白書」の刊行について、平成 6 年度から準備を進め、平成 6 年 9 月、庁議了承を得て「気象白書編纂委員会」（委員長：次長）を設置し、刊行の趣旨について、「気象業務の推進に当たり、国や地方の関係行政機関はもとより広く一般に、気象の状況及び気象事業の施策に対する正しい理解を求めるため、「気象白書（仮称）＊1」を分かり易く、かつ簡潔な形で編纂し、広報を促進する」と定めた。

（＊1）本書は国会報告や閣議配布を要さないものであり、正式な白書ではないが、気象庁の最新の業務を平易かつ網羅的に紹介した冊子として、しばらく「気象白書」と俗称された。

編集作業は、平成 7 年 1 月に発生した兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）への対応を優先するために一時中断したものの、名称を「今日の気象業務」と決定し、平成 7 年 6 月に刊行した。本書では「気象業務 120 年を振り返って」との特集を置くとともに、最近の気象・海洋・地震・火山等の状況や気象業務の動向、新たな気象業務の展開に向けた取組を紹介した。

「今日の気象業務」は平成 12 年まで毎年刊行した。その後、平成 13 年 1 月の中央省庁再編や 21 世紀を迎えたことを契機に、読者から一層親しまれるよう書名を「気象業務はいま」に改めるとともに、全ページをカラー化とするなど読みやすい紙面に刷新し、平成 14 年 6 月に刊行した（平成 13 年は刊行せず）。創刊号にあたる「気象業務はいま 2002」では「IT 時代の気象情報サービス」との特集を置くとともに、個々のニーズに応じた気象情報の利用拡大、IT 時代に対応した気象情報サービスの提供体制の構築等について紹介した。

平成 15 年には、地方公共団体の担当者等の気象業務への理解促進のために都道府県・市町村に対して無償配布することや、高校卒業程度の方が理解できる平易な解説とすることなどを決定した。また、平成 17 年の「気象業務はいま 2005」では、読者からの意見を集約したほか、作成プロセスや出来栄えについて評価を取りまとめ、次号からは字数を減らして効果的な図表を多用することとした。

紙面もその都度見直しており、例えば平成 21 年の「気象業務はいま 2009」では、航空気象業務をアピールするため、「航空の安全などのための情報」の章を新設した。また令和 3 年の「気象業務はいま 2021」では、令和 2 年 10 月に実施した組織改編で情報基盤部を設置したこと等を受け、同部の数値予報、気象衛星及び情報利活用の業務を「気象業務を支える技術基盤と情報の発信」として取り上げた。

令和 3 年 7 月、内閣官房行政改革推進事務局から各府省に対し、発行する白書等のページ数の縮減や統廃合について検討するよう指示があった。これを受け、令和 4 年の「気象業務はいま 2022」以降は、特集とトピックスに特化した構成とし、従来の約半分のページ数とした。

「今日の気象業務」及び「気象業務はいま」は、全国の気象台を通して地方公共団体等に配布しているほか、政府刊行物センターを通じた市販も行っている。創刊号の平成7年版は6,268部を売り上げ、その後も平成12年版までおおむね2,000から3,000部を売り上げた。平成23年からは全文を気象庁ホームページに掲載していることもあり、販売数は年間400から500部程度にとどまっている。一方、ホームページでの閲覧数は年間1万アクセスを超えており、ホームページでの閲覧が主流となっている。

（2）気象庁ガイドブック

「気象庁ガイドブック」は、気象庁が平成12年（2000年）に業務開始から125周年を迎えたこと、また、21世紀を迎えた平成13年1月6日の中央省庁の再編に伴い国土交通省の外局となったことを契機に実施した「気象庁新世紀記念事業」で刊行が決まった。気象庁の各業務についての最新情報や発表している情報などについて、幅広く簡潔にまとめた冊子である。初版は平成14年2月に「気象ガイドブック」の名称で刊行された。以降、毎年刊行を続け、平成24年2月に「気象庁ガイドブック」と名称を改めて今日に至っている。本書は気象庁全職員に配布し、業務説明等に活用している。また、全文を気象庁ホームページに掲載しているほか、気象業務支援センターを通じた市販も行っている。

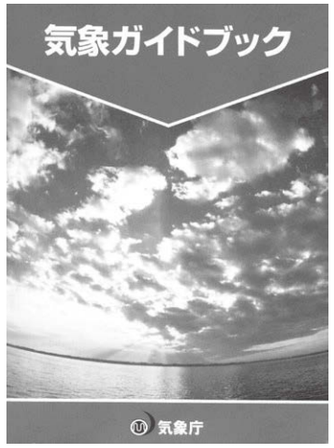


図 1-7-2-4　気象ガイドブック（初版）

（3）その他

ア．気象庁キャンペーン資料

「気象庁キャンペーン資料」は、気象や地震等の防災知識の普及や気象業務への理解促進を目的に、昭和48年3月から平成17年3月までの32年間にわたって広報室が発行した月刊の広報紙である。表面は毎月の気象の話題、裏面は業務紹介を中心とした紙面構成であった。印刷物は気象庁本庁や各地の気象台から報道機関や各自治体に配布され、気象番組や市町村の広報紙等の原稿の題材として活用された。


気象庁キャンペーン資料
図 1-7-2-5　気象庁キャンペーン資料

イ．こんにちは！気象庁です！

「こんにちは！気象庁です！」は、気象や地震等の防災知識の普及や気象業務への理解促進を目的に、平成14年8月から平成30年2月までの16年間にわたり広報室が発行した広報紙である。



図 1-7-2-6　こんにちは！気象庁です！

同紙は、平成14年8月8日の気象庁ホームページのリニューアルにあわせてホームページへの掲載を開始した。初刊の平成14年秋号から平成17年春号までは気象庁の業務紹介を主な内容としていたが、平成17年5月号からは気象庁キャンペーン資料と統合する形で季節の話題も掲載するようになった。

ウ．気象記念日ポスター

気象記念日ポスターは、6月1日の気象記念日を一般に周知するためのもので、昭和61年から平成16年まで作成した。

使用しているキャッチコピーは、全国の気象庁職員の応募から選ばれたものである。

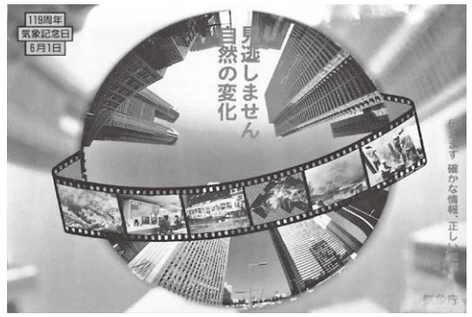


図 1-7-2-7　気象記念日ポスター（119周年気象記念日）

5．情報発信

（1）気象庁ホームページ

ア．ホームページの開設

気象庁ホームページは、平成8年7月に開設した（英語版は平成11年1月開設）。インターネットで情報を流す事業が社会的に広まる状況にあったこと、総理大臣官邸、郵政省、通産省及び科学技術庁等の各省庁でもインターネットを活用した広報活動を既に始めていたことから、気象庁も新たな情報媒体を活用して情報収集・発信を強化することとした。



図 1-7-2-8　開設当初の気象庁ホームページ

開設当初のホームページは業務紹介と気象等の知識解説を主とし、警報･注意報、天気予報、地震情報等のリアルタイム情報は掲載しなかった。その代わりに「民間の気象情報サービス」の紹介ページを設け、予報業務許可事業者が提供するリアルタイム情報へのリンク集などを掲載した。これは、平成4年の気象審議会答申第18号「社会の高度情報化に適合する気象サービスのあり方について」において提言された官民の役割分担の考えに基づくものであった。しかし、ホームページの開設直後から、広報室には、「気象庁のホームページで天気予報が見られないのはおかしい」といった意見が数多く寄せられることとなった。

イ．リアルタイム情報の掲載

気象庁ホームページにリアルタイム情報を掲載したのは、平成14年8月8日からである。平成13年の「高度情報通信ネットワーク社会形成基本法（IT基本法）」や「e-Japan戦略」等において、政府全体として広く国民の利便に供する情報をホームページで積極的に提供することとされた。このため、気象庁ホームページをリニューアルし、気象庁が保有するリアルタイム情報を含む様々な情報を掲載することとし、平成14年5月23日の報道発表で計画を公表した。しかし、この計画に対して、既にホームページで天気予報や観測データ等を提供して

いた民間気象事業者から「民業圧迫」との反対意見が上がり、調整が難航した。最終的に、民間気象事業者のリアルタイム情報掲載ページのリンク集を気象振興協議会のホームページに設け、そこへ気象庁ホームページからリンクを張ることで決着したが、リアルタイム情報の掲載は当初予定していた８月１日から８月８日にずれ込むこととなった。一連の顛末は報道機関の注目を浴びることとなり、新聞にも大きく取り上げられた。

平成 26 年４月からは、気象庁ホームページを気象業務法第 13 条に定める予報事項・警報事項の気象庁による自ら周知の手段に位置づけ運用体制を強化するとともに、ホームページを通じた機械可読形式による提供を開始するなど気象情報に係るコンテンツの改善を進めた。

令和元年９月からは、外国人が安心・安全に過ごすことができるよう、英語・中国語（簡体字/繁体字）・韓国語・スペイン語・ポルトガル語・インドネシア語・ベトナム語・タガログ語・タイ語・ネパール語に日本語を加えた 11 か国語による防災気象情報の提供を開始した。令和２年４月からは、クメール語・ビルマ語・モンゴル語を加えた 14 か国語（15 言語）に拡充した。

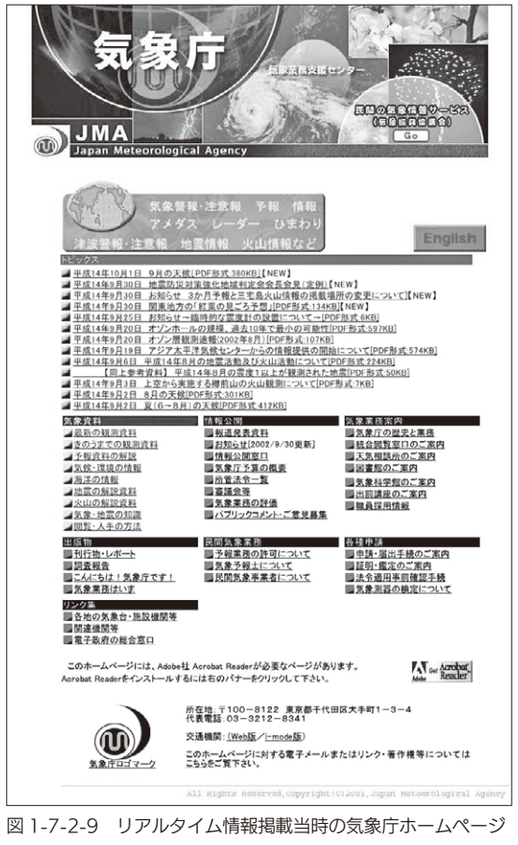


図 1-7-2-9　リアルタイム情報掲載当時の気象庁ホームページ

ウ．閲覧数の増加とアクセス集中対策

インターネットの普及やリアルタイム情報の掲載により、気象庁ホームページの閲覧数は徐々に増えていった。そのような中、平成 16 年６月に台風第６号が日本に上陸した際、台風情報を中心にアクセスが集中し、ホームページの閲覧がほとんど不可能となる事態が発生した。この対策として、気象庁は同年８月からコンテンツ・デリバリー・サービス[*2]を導入した。これ以降、台風上陸や地震発生の際もホームページは安定して稼働するようになったが、令和３年８月の大雨（広島県、福岡県、佐賀県及び長崎県に大雨特別警報発表）では、アクセス集中により再びホームページが閲覧しにくくなった。気象庁では、緊急的にシステムを機能強化したほか、コンテンツの軽量化やシステムの設定を見直すことにより、システムへの負荷を軽減する措置を実施した。また、令和３年度補正予算による更なるウェブサーバ増強などの機能強化を進め、令和４年６月末に作業が完了した。

（＊2）Web コンテンツのコピーを複数のサーバーに分散させて、ユーザーからの要求に応じて最も適切なサーバーにアクセスさせることで、高速なコンテンツ配信を提供するサービス。

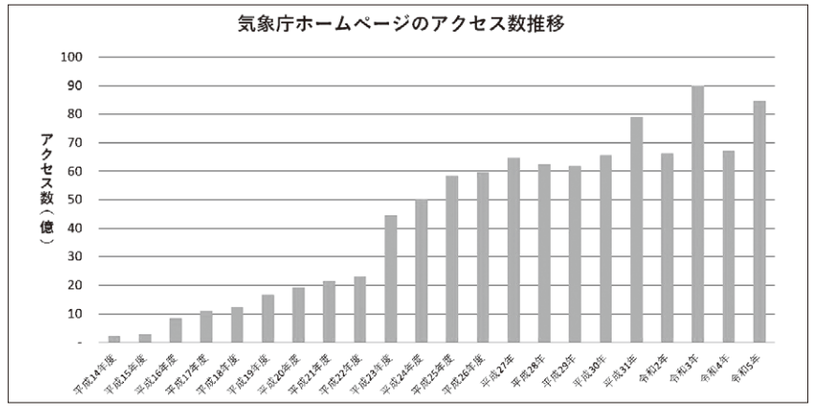


図 1-7-2-10　気象庁ホームページのアクセス数推移（令和5年現在）

エ．配色の統一と色覚のバリアフリー化

平成 14 年のリアルタイム情報の掲載以来、気象庁ホームページでは色使いを含めたデザインは担当部署が情報ごとに行っていたため統一感がなく、また様々な色覚を持った方への配慮も十分されてこなかった。このため、平成 23 年度に庁内に検討チームを立ち上げ、有識者による注意・警戒の喚起効果を高められる配色の検討や新しい配色案への色弱者や高齢者等の評価を経て、平成 24 年５月 24 日に「気象庁ホームページにおける気象情報の配色に関する設定指針」を公表した。また、この指針を基にしたホームページの配色変更を 24 年度末までに実施した。

オ．ウェブ広告掲載

気象庁ホームページへのウェブ広告掲載を開始したのは令和２年９月 15 日である。広告掲載に至った背景は以下のとおりである。

・政府の「経済財政運営と改革の基本方針 2019」等に基づき、様々な行政分野において民間の活力や資金、ノウハウの活用を促進・推進するなど、官民の強みを生かした公共サービスの提供や社会貢献のための取組が進められていた。
・与党の「令和２年度予算編成大綱」において「気象データ提供に係る民間からの収入等の確保」について提言されるなど、様々なリソースの活用が重要となってきていた。

このような効率的・効果的な行政運営のニーズが高まる中、気象庁ホームページについては多くの利用者があることから、ウェブ広告掲載を行い、その広告収入をホームページの運営経費の一部に充てることとした。広告掲載の方式は運用型広告[*3]による広告掲載サービスを利用することとし、サービスの利用にあたっては、不適切な広告が掲載されないよう国のウェブサイトへのバナー広告掲載基準等を参考に広告掲載基準を作成した。広告の募集、掲載及び運用管理等は事業者に業務委託することとし、令和２年７月６日にホームページをウェブ広告媒体として活用すること及び運用管理事業者の公募開始について公表した。これに対して、報道機関からは、台風・大雨・地震等の災害時に多くの国民が閲覧するホームページに広告を掲載すること等への懸念が示された。

（＊3）運用型広告：アクセスした人の属性に応じた広告を表示する方式

広告掲載は令和２年９月15日14時に開始したが、掲載基準に沿わない広告が複数確認されたことから、翌16日10時に広告掲載を一時停止するに至った。掲載開始からわずか20時間で掲載停止となった事態は報道機関の注目を集め、テレビや新聞等で大きく報道された。

気象庁では不適切な広告が掲載された事実関係、対応状況及び原因について調査するとともに再発防止策を取りまとめ、12月16日に公表した。広告掲載方法については、事業者が掲載基準に合致しているか広告主及び広告内容等を掲載前に審査し、気象庁において点検した広告のみが掲載される方式に改めることとした。そして、令和３年１月12日にウェブ広告の掲載を再開した。

（２）ソーシャルメディア（SNS）の活用

平成23年３月に発生した東北地方太平洋沖地震では、携帯電話での通話が通信輻輳の影響を強く受けたのに対し、インターネットを経由するソーシャルメディア（SNS）は比較的繋がりやすい状況にあり、情報伝達手段としてのSNSの有用性が明らかとなった。また、首相官邸をはじめとする政府機関でもSNS､特にTwitter（令和５年７月からブランド名はXに変更）の利用が順次開始されており、気象庁でも平成24年頃からSNSを利用した情報発信について検討を進めた。他機関の運用事例や各種SNSの分析・比較検討を行った結果、強い情報拡散性を持つTwitterを用いて気象庁の報道発表（災害発生時等の緊急記者会見の内容を含む）や広報関連情報などを発信することとし、平成27年１月に気象庁本庁の公式Twitterアカウントの運用を開始した。

その後、平成30年８月の交通政策審議会気象分科会による提言「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」では、情報へのアクセス性向上や一次情報として正確で信頼できる情報利用の確保等のため、SNSを用いた情報発信の強化への言及がなされた。また、平成31年３月の「防災気象情報の伝え方に関する検討会」報告においても、防災気象情報の効果的な伝達のため今後推進すべき取組として、SNSの活用が掲げられた。これらを踏まえ、令和元年10月には気象庁防災情報Twitterアカウントを開設した。また、令和２年３月にはYouTubeに気象庁の公式チャンネルを開設し、大雨や地震等の緊急記者会見のライブ中継を開始した。

令和２年４月頃からは、新型コロナウイルス感染症対策として対面を避けたオンラインによる会議や打合せ等が全国的に求められるようになった。このため、地方官署を含む気象庁内の各部署で目的に応じたSNSアカウントを開設することについて検討した結果、令和２年７月には暫定的にYouTubeのみ、同年11月にはYouTubeを含むSNSについて正式に運用を認めることとした。

（３）177天気予報電話サービス

自動応答電話による天気予報が始められたのは昭和29年のことである。当時、中央気象台の天気相談所には１日500件以上の天気予報についての電話照会があり、本来業務に支障をきたしてきた。このため、日本電信電話公社（以下「電電公社」という。）に協力を依頼し、昭和29年から自動応答装置方式による天気予報サービス業務の試行を開始した。この年に開始された都市と担当気象官署は以下のとおりである。

都市	電話番号	開始年月日	担当気象官署
東京	23-6666	昭和29年9月1日	中央気象台
名古屋	501	昭和29年11月3日	名古屋地方気象台
大阪	222	昭和29年11月15日	大阪管区気象台
京都	288	昭和29年12月1日	京都測候所
神戸	499	昭和29年12月1日	神戸海洋気象台

東京で開始された時の回線数はわずか25回線であったため、呼び出しに応じきれず時折故障した。そこで、９月22日には回線数を300回線に増設、呼出番号も222とした。300回線の222は生まれて早々、台風第15号（洞爺丸台風）に出会い、１日に11万～13万回も掛かってきて各方面を驚かせた。

その後、中央気象台と電電公社の間で事務的折衝が重ねられ、昭和29年９月に中央気象台長と電電公社総裁間で基本協定が締結された。また、同日付けで中央気象台総務部長と電電公社営業局長間で了解事項が成立し、昭和30年１月１日から同公社としての天気予報電話サービスは正式に発足した。

サービスの開始当時は、提供する情報は一切気象台側で作成していた。しかし、情報内容をもっときめ細かくという公社側の強い要望と、発足して間もない財団法人気象協会（現 一般財団法人日本気象協会）の育成という気象台側の希望から、昭和30年７月以降、電電公社側の要望する情報を作る作業等（解説、試験聴取、吹き込み又は原稿送付など）の一部を気象協会が行ってきた。

電話番号が「177」に統一されたのは昭和39年３月からである。これ以降、準備の整った地域から順次「177」に変更された。また、昭和63年10月には、四国・九州・沖縄地方及び山口県を除く全国各地において週間天気予報の提供が開始された。

昭和60年４月に電電公社が民営化されて日本電信電話株式会社になり、さらに平成11年７月に同社が東日本電信電話株式会社（NTT東日本）及び西日本電信電話株式会社（NTT西日本）に分割されたことに伴い、基本協定は両社に引き継がれた。

令和６年７月、NTT東日本及びNTT西日本は、インターネット等の普及に伴い利用数が大幅に減少したこと等を理由に、177天気予報電話サービスを令和７年３月末をもって終了することを公表した。

【第３節】報道業務

気象庁が発表する予報・警報、気象情報、地震・津波・火山情報等は、広く一般の方々へ周知され、かつ、その内容が理解されることで初めて効果が発揮される。その点において報道機関の役割は極めて大きい。このため、気象庁は報道機関の協力、時には叱咤・激励を受けながら情報の改善と一般の方々への理解促進を図ってきた。また、報道機関も、気象庁が発表する各種情報を視聴者や読者の生活や安全に欠くことのできないものとして大切に扱ってきた。150年を迎えた気象庁の歴史は、報道機関と共に歩んできた歴史でもある。

1．気象庁記者クラブ

記者クラブが発足したのは、中央気象台時代の昭和 30 年 7 月 1 日である。記者クラブ発足前は天気相談所が記者への応対をしていたが、台風時には繁忙のため天気相談所では対応困難になり、中央気象台は報道用の一室を設けた。報道側もこれを機に記者クラブを作ることを自主的に申し合わせ、朝日新聞、産経新聞、日本経済新聞、毎日新聞、読売新聞、東京新聞及び共同通信の 7 社が集まり「7 社会」を発足させた。間もなく NHK も 7 社会に合流し、名称を「中央気象台記者クラブ」と改めた。その後、昭和 31 年 7 月 1 日の気象庁発足に伴って名称も「気象庁記者クラブ」と改め、民放のテレビやラジオ、地方紙や業界紙も順次加わった。

2．記者会見

気象庁の記者会見には、長官会見や 3 か月予報会見等の「定例会見」、地震・津波・火山噴火・大雨等の際に行う「緊急会見[*4]」、その他、新しい施策の発表等の際に随時行う会見がある。

（*4）気象庁の「緊急会見」は、時代によって「記者レクチュア」「記者レク」「臨時会見」などと表現されてきたが、ここでは「緊急会見」の用語を用いる。

（1）定例会見

気象庁長官の記者会見がいつから始まったのかは定かではないが、少なくとも昭和 36 年 7 月には行われており、和達清夫長官がアメリカの気象衛星タイロス 3 号の打上げ成功について所感を述べている。また、昭和 38 年 3 月には、退任する和達長官と後任の畠山久尚長官の合同記者会見が行われた。これ以降、長官の交代時には新長官による就任記者会見が行われるようになった。長官会見が毎月開催となったのは、昭和 38 年 7 月からである。また、同年 8 月からは、毎月の 3 か月予報と 1 か月予報の発表日に記者への解説（レクチャー）を行うようになった。いずれも記者クラブからの要望を受けたものである。

その他、火山噴火予知連絡会の定例会見は、昭和 49 年 7 月の連絡会発足時から令和 6 年 11 月の連絡会終了時まで行われた。また、南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会/地震防災対策強化地域判定会の定例会見は、その前身である地震予知連絡会東海地域判定会が発足した昭和 52 年 4 月から毎月行われている。

（2）緊急会見

気象庁は、気象業務法第 11 条及び第 13 条によって、報道機関の協力を求めて気象や地震等の情報を直ちに発表して公衆に周知するよう義務づけられている。この点から、気象庁の報道機関への対応は他省庁と異なってくる。地震、津波、火山噴火、大雨等の災害時には時間を選ばず記者会見を行い、現象の観測結果や今後の見通し、防災上の留意事項等について解説している。



図 1-7-3-1　能登半島地震の緊急会見（令和6年1月1日：記者会見室）

現在の緊急会見は、記者クラブと気象庁との間で取り決められた開催基準[*5]に従って行われている。また、気象庁の記者会見室には在京のテレビ各社がリモートカメラを備えた中継設備を設置し、速報体制を敷いている。このような体制は、昭和 30 年の記者クラブ発足以来、様々な災害の経験を踏まえながら徐々に築き上げられてきたものである。

（*5）緊急会見の開催基準例：国内最大震度 5 強以上の地震発生、大津波警報・津波警報・津波注意報の発表、噴火警報（レベル 3 相当以上）の発表、特別警報の発表等

ア．昭和 20 年～ 30 年頃

この頃は、広報室も記者クラブもない時代であり、大雨や台風等の報道対応は昭和 21 年 3 月に発足した天気相談所が担っていた。台風時になると天気相談所は各社の記者、カメラマンでいっぱいになり、また、天気相談所の電話は報道用に使用されてしまうため、機能がしばしば麻痺していた。その対策として中央気象台は台風時には係官を臨時に増員し、報道用の一室を設けた。これを機に、報道 7 社が自主的に記者クラブを発足することを申し合わせ、昭和 30 年 7 月 1 日に記者クラブが発足した。

イ．昭和 30 年～ 40 年頃

昭和 39 年 3 月、千代田区大手町に気象庁の新庁舎が完成した。新庁舎の 1 階には記者クラブ用の事務室と記者会見室が置かれた。しかし、記者会見室とはいっても、その実態は平机とソファを置いただけの小さな会議室であり、テレビカメラが 3 台も入ると満杯となる状況であった。昭和 39 年 6 月には、記者クラブから気象庁長官に対して、気象異変時や地震・津波の発生時には昼夜問わず広報担当者を配置するよう要望が出された。

ウ．昭和 40 年～ 50 年頃

台風の接近・上陸時には、在京のテレビ各社が気象庁の講堂内に臨時の放送ブースを置き、台風の中継解説を行うようになった。現在、テレビでは気象予報士が台風の解説を行うのが普通であるが、かつては気象庁の予報官等が気象庁本庁や各地の気象台から生中継で台風の解説を行っていた。その始まりは伊勢湾台風にまで遡る。昭和 34 年 9 月 26 日、超大型台風の接近を受け、NHK は気象庁にテレビカメラを持ち込み、予報課長や天気相談所長へのインタビューを中継放送した。気象庁の予報官が直接テレビに出て台風の本格的な中継解説を行ったのはこれが最初である。以降、この取組は NHK から民放テレビへと拡大していった。

台風の接近が予想されると、気象庁の講堂には NHK、日本テレビ、TBS、フジテレビ、テレビ朝日がそれぞれ中継ブースを設営し、テレビカメラや照明器具を配置した。講堂の広さは 435 平方メートルあったが、各社の中継ブースと総勢 50 人にも及ぶ中継スタッフや記者でいっぱいになった。気象庁は、各社のニュース時間帯に合わせて予報課長や予報官、防災気象官等を各局の中継ブースに手分けして派遣し、台風の解説を行った。

平成 6 年に気象予報士制度が誕生したことを契機に、放送各社はニュース番組における気象解説を気象予報士に担当させるようになった。これにより、35 年にわたって続いた気象庁の予報官等による台風の中継解説は終了した。

エ．昭和 50 年～ 60 年頃

昭和 54 年 8 月、大規模地震対策特別措置法に基づき、東海地震に係る地震防災対策強化地

域が指定された。これに伴い、地震防災対策強化地域判定会（以下「判定会」という。）が気象庁において発足するとともに、東海地域の観測データの常時監視、判定会の招集・開催、判定結果に基づく地震予知情報の内閣総理大臣への報告などの業務が気象庁により法的な位置付けをもって行われることになった。これに先立ち、昭和 54 年 7 月に記者クラブから以下の要望が出された。

○地震予知情報　取材についての要望事項（抜粋）
・“ 判定会招集 ”　第一報の各社への連絡は、招集決定後遅くとも 5 分以内とする。
・第一報の内容は、招集決定の時間を明示し、30 分協定[*6] を付記した簡潔なものとする。
・第一回の記者会見は、“ 判定会招集 ” 通知後 30 分を目途とする。
・判定会室内の冒頭あるいは途中の取材についてもできるだけ便宜をはかる。
・TV 各社の中継カメラは少なくとも 12 台、これに技術要員や取材記者、スチルカメラマン等を合わせると、加盟各社だけで 150 ～ 200 人。（中略）従って、現在の記者室では全く不十分。当面は講堂と 2 階廊下等を考えざるを得ないと思われるが、情報の重要性に鑑みて抜本的な施設改善に努めて欲しい。

（＊6）「判定会招集の報道解禁は、気象庁が判定会招集の旨を報道各社に通報した時刻の 30 分後とする」とした報道協定。昭和 54 年 6 月に在京社会部長会を中心とする報道側と国土庁・気象庁・警察庁・消防庁の防災 4 庁との間で交わされた（平成 12 年 4 月に廃止）。

また、在京のテレビ・ラジオ各社からは、講堂への中継放送設備の設置要望が出された。これらを受け、気象庁は東海地震の報道対応を整えるとともに昭和 57 年 3 月に講堂を改修し、壁面に報道各社の中継設備格納用のブースを設置した（南海トラフ地震等を想定し、虎ノ門庁舎の講堂においても引き続きブースを設置している）。これ以降、想定される東海地震に限らず、地震・津波・火山噴火時においてテレビカメラが 3 台以上入る場合は、記者会見室から講堂に急遽場所を移して緊急会見を行うこととした。

オ．昭和 60 年～平成 10 年頃

昭和 61 年の伊豆大島噴火、平成 3 年の雲仙岳噴火、平成 5 年 7 月の北海道南西沖地震、平成 7 年 1 月の兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）等の際には、記者会見室及び講堂から数多くの緊急会見を行った。

なお、平成 6 年には、手狭になっていた庁舎 1 階の記者会見室を拡張するとともに、5 階の総務課内にあった広報室を 1 階の記者クラブ室の隣に移転した。これにより、迅速かつきめ細かな報道対応が可能になるとともに、緊急会見は記者会見室で行うようになった。

カ．平成 11 年～平成 20 年頃

平成 14 年 3 月に、庁舎 1 階の広報室、記者クラブ及び記者会見室の移転・拡張を行った。従来に比べて、記者クラブ室は約 1.5 倍、記者会見室は約 1.7 倍の広さとなり、狭隘（きょうあい）さが緩和され、記者会見にも多くの報道機関が入れるようになった。また、平成 14 年 12 月には、在京のテレビ 6 社（NHK、日本テレビ、TBS、フジテレビ、テレビ朝日、テレビ東京）がリモートカメラを備えた中継設備を記者会見室内に設置した。これにより、大地震時にテレビカメラが気象庁に到着できない場合でも、各放送局から遠隔操作により緊急会見をテレビ中継することが可能になった。

キ．平成 20 年～平成 30 年頃

（ア）初の「東海地震観測情報」の発表

平成 21 年 8 月 11 日 5 時 7 分に駿河湾でマグニチュード 6.5 の地震が発生し、静岡県の伊豆市、焼津市、牧之原市、御前崎市で震度 6 弱を観測した。この地震は、東海地震の想定震源域内で発生した地震であることから、気象庁は東海地震との関連性を検討するため「地震防災対策強化地域判定会委員打合せ会」を臨時に開催することとし、同日 7 時 15 分に「東海地震観測情報」を発表した。昭和 53 年に大規模地震対策特別措置法が施行されてから実際に情報が発表されるのは初めてのことであり、気象庁には多くの報道陣が詰めかけた。広報室は、記者クラブとの取り決めに従って判定会委員打合せ会の代表社による冒頭撮影（頭撮り）を実施したほか、4 回の緊急会見（震度 6 弱の地震の会見と東海地震観測情報の会見（3 回））を開催した。

（イ）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分にマグニチュード 9.0 の東北地方太平洋沖地震が発生した。気象庁は地震発生後から昼夜を問わず断続的に緊急会見を行い、津波への警戒の呼びかけや地震の解説等を行った。その回数は、3 月 14 日までの 4 日間で 19 回に及んだ。

この地震では、東京でも最大震度 5 強を観測して交通機関が麻痺したため、16 時に開催した初回の緊急会見に到着できない記者やテレビカメラが出た。しかし、時間が経つにつれて、続々と報道陣が詰めかけ、記者クラブや記者会見室前の廊下にまであふれた。その一方で、講堂は帰宅困難者のための休憩場所となったことから、緊急会見はすべて記者会見室で行った。

（ウ）特別警報の運用開始

平成 25 年 8 月 30 日から特別警報の運用が開始となった。記者クラブとの調整の結果、気象の特別警報を発表した場合は、発表から 1 時間後に緊急会見を行うこととなった。

初の特別警報の緊急会見は、同年 9 月 16 日、台風第 18 号の接近に伴う大雨により滋賀県・京都府・福井県に大雨特別警報を発表した際に行った。

ク．令和元年～令和 6 年頃

（ア）手話通訳の開始

聴覚障がい者の地震等の防災情報に接する際のアクセシビリティ向上を図るため、平成 31 年 3 月から、緊急会見を開催する際には手話通訳者を試行的に配置することとした。1 年余りの試行の結果、特段の問題なく運用できる目処が立ったため、令和 2 年 7 月から本格運用を開始した。

（イ）記者会見の改善

平成 30 年 7 月豪雨（西日本豪雨）において、気象庁は防災気象情報の段階的な発表、市町村への支援、更には記者会見を通じて早い段階から厳重な警戒の呼びかけを行った。しかし、これらが必ずしも住民の避難行動につながらず、平成に入り最大の人的被害をもたらす豪雨災害となった。これを教訓とし、気象庁は防災気象情報の伝え方について更なる改善方策を検討するため、学識者、報道関係者、自治体関係者及び関係省庁による「防災気象情報の伝え方に

関する検討会」を開催した。この提言を踏まえ、緊急会見について以下のような改善を順次行った。

① YouTube による緊急会見の中継配信

テレビ中継では必ずしも会見の全体像が放送されないことから、気象庁が伝えたい危機感の全体像を漏れなく周知するため、令和２年３月から YouTube による中継配信を開始した。

② 会見設備や会見者のスキルの改善

令和２年７月から手話通訳の本格運用を開始した（再掲）。また、危機感が伝わるよう、資料の内容、呼びかけの文言、カメラやディスプレイの位置等を見直すとともに、令和２年度から会見者へのメディアトレーニング（記者会見の予行演習）を開始した。

③ 国土交通省との合同会見の実施

令和元年東日本台風では、利根川などの大河川において、大雨特別警報が解除された後に下流部で最高水位に到達し、その後氾濫が発生した事例があった。このため、大雨特別警報から大雨警報への切り替え後の洪水への注意喚起が適確に行われるよう、警報への切り替えに先立って、国土交通省との合同の記者会見を開催することとした。最初の合同会見は、令和２年７月４日に熊本県の大雨特別警報を警報に切り替える際に行われた。これをきっかけに、大雨特別警報を発表する際の会見も徐々に合同で行うようになっていった。



図 1-7-3-2　国土交通省との初の合同会見
（令和2年7月4日：記者会見室）

（ウ）新型コロナウイルス感染症の影響

令和２年から始まった日本国内での新型コロナウイルス感染症の流行は、記者会見にも大きな影響を及ぼした。流行のピーク時には定例会見は可能な限り実施しないこととしたほか、緊急会見についても密な環境を避けるため、大手町庁舎では一時的に講堂を使って開催した。令和２年 11 月の虎ノ門庁舎移転後は、記者会見室の使用を再開した。

また、感染症対策として、会見者は当初不織布マスクを着用していたが、これに対して、聴覚障がい者等から「口元が見えず何を言っているのか分かりにくい」との要望が寄せられた。このため、記者クラブと調整し、令和３年 10 月から透明マスクの着用を開始した。この取組は、テレビや新聞、ネットニュースをはじめ様々なメディアで取り上げられ、聴覚障がい者及びその関係者からは好意的な反応が寄せられた。一方で、「マスクの形状に違和感がある」「下を向くと口元が見えにくい」といった意見が視聴者から寄せられたため、令和４年７月からはフチなしの透明マスクに変更した。



図 1-7-3-3　阿蘇山噴火の緊急会見
（令和3年10月20日：記者会見室）

令和５年３月からは、マスクの着用が個人の判断に委ねられることになったことから、同月の長官会見からマスクは原則着用しないこととした。

（エ）初の「南海トラフ地震臨時情報」の発表

令和６年８月８日 16 時 43 分に日向灘でマグニチュード 7.1 の地震が発生し、宮崎県日南市で震度６弱を観測した。この地震は、南海トラフ地震の想定震源域内で発生した地震であることから、気象庁は南海トラフ地震との関連性を検討するため、同日 17 時 30 分に「南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会」を臨時に開催した。その結果、南海トラフ地震の想定震源域では大規模地震の発生可能性が平常時に比べて相対的に高まっているとして、同日 19 時 15 分に「南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）」を発表した。

令和元年５月に情報の運用が始まって以来、臨時の評価検討会が開かれるのは初めてのことであり、気象庁には多くの報道陣が詰めかけた。広報室は、記者クラブとの取り決めに従って評価検討会の代表社による冒頭撮影（頭撮り）を実施したほか、２回の緊急会見（震度６弱の地震の会見と南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）の会見）を開催した。また、記者クラブからの要請により、８月９日から８月 14 日までは毎日１回の共同取材（10 日～ 14 日は内閣府も同席）を実施した。地震発生から１週間後の８月 15 日には、気象庁において内閣府と合同で記者会見を開催した。

第８章　儀式典礼

【第１節】気象記念日

１．気象記念日の制定

昭和 17 年５月､｢気象記念日制定ノ件｣(中央気象台長通牒)が発出される。具体的には､当時､我が国は太平洋戦争の戦時下にあり、この大戦における気象事業の重要性は殊に大きく認められ、急速に整備拡充が進んだ。このような時代背景から、飛躍的な発展を支えた関係団体、個人及び先輩職員の献身的努力を称え、伝統の「測候精神」を強い意志を持って受け継ぎ、粉骨砕身、一生懸命に努力する思いを新たにする日として、気象庁の前身にあたる内務省地理寮量地課気象掛（東京気象台）が、東京第二大区第四小区溜池葵町において気象等の観測を開始した明治８年６月１日を「気象記念日」と制定し、全国の気象官署へ通知した。なお、実施する行事としては、記念式典、功労者表彰、展示会及び講演会等としており、その年の本台（中央気象台）の行事は「諸般ノ都合二依リ本臺ニ於テハ記念式擧行ノミニ止メ候間申添候」（訳:本年は諸般の都合により本台においては記念式を執り行うことにとどめますことを申し添えます）としている。

２．気象記念日式典

気象記念日の趣旨に鑑み、昭和 17 年６月１日に最初の気象記念日式典（明治８年６月１日から数え第 67 周年にあたる）が執り行われた。測候時報（第十三巻　第六號）には当時の模様が記されており、それによると、大玄関に二流の国旗が掲げられ、式の開始は午前９時 30 分、振鈴の合図により全台員が式場の大食堂に集合。気象技術官養成所の教職員生徒も参集し、おそらく 2,000 人近い人数となった。次第は、総務課長の開式の宣言に始まり、宮城遙拝（きゅうじょうようはい：皇居に向かって敬礼、礼拝することを表す)、国歌斉唱、戦没負傷勇士への感謝、皇軍将兵に対する武運長久の祈念等の行事を行った後に、藤原中央気象台長の式辞、岡田前中央気象台長の御訓話拝聴と続いた。新たなる心構えと希望に胸を波うたせながら 11 時前式場退散し、午後は「各課に於(お)いて事務の差し支えない限り」との前置きの後に、神社参拝、運動競技、社会見学等、有意義な時間として使うよう通知が出されており、殊に上司の方々の御配慮で上等な祝酒の各課配給、女子職員へはお芋の馳走とあり、物資難に苦しめられている在京人にとっては、非常な福音と記されている。また、昭和 18 年６月１日の式典の様子が、測候時報（第二十四巻　第一號）に記されており、それによると「気象台創立七十周年記念祭には五島運輸通信大臣以下陸海軍関係者を始め運輸通信本省官房各課､航空局､文部省、通信院、燈台(とうだい)局、農事試験場、会計検査院、東京帝国大学、参与、外地各気象官署長等各方面多数の來賓あり稀に見る盛儀であった。なお気象関係戦歿(せんぼつ)または殉職せられた 18 柱の英霊と本台創立以来功労顕著なる物故者の柱の慰霊祭をも挙行された（原文ママ)」とあり、戦時下ゆえであろうか、特に盛大な式典が開催されている。

昭和 31 年７月の「気象庁」昇格後、記録に残る昭和 33 年の第 83 周年の気象記念日では、大手町の都立産業会館において、運輸大臣、事務次官、官房長等の列席を得て、被表彰者 97 名中 44 名が洋装和装色もとりどりに着飾った夫人同伴とあり、華やかな表彰式であったことが記録されている。また、式典の後には祝賀会、記念撮影、被表彰者のための都内観光等が行われるなど、当時の様子が窺える。

節目となる第 100 周年の昭和 50 年６月２日には､式典規模も例年より大きくなることから､運輸大臣主催による創立百周年の気象記念日式典が千代田区丸の内の東京商工会議所において開催された。御来賓として元運輸大臣、元事務次官、元政務次官、国会議員、関係省庁の幹部等､被表彰者含め 400 名あまりの参列者により盛大に挙行された。大臣挨拶の一文として「気象百年のこの記念すべき日にあたり、我々はもう一度気象業務に課せられた使命を認識し、その達成に心がけて欲しい」と述べられ、職員一同気持ち新たに次なる百年を見据えたことであろう。

なお、昭和 17 年から行われている式典のうち、中止を余儀なくされた式典が３回ある。１回目は、平成 23 年の第 136 周年、２回目と３回目は、令和２年の第 145 周年、令和３年の第 146 周年である。１回目は東日本大震災、２回目及び３回目は新型コロナウイルス、いわゆるコロナ禍である。将来に向け、このような災いが起こらないことを祈るばかりである。

【第２節】その他の儀式典礼

１．本庁舎開庁における式典

昭和 39 年３月 12 日、千代田区大手町 1-3-4 に所在した気象庁大手町庁舎の落成式が行われた。当日の出席を列記すると、運輸大臣、政務次官、事務次官、各局長、建設省・大蔵省の関係官、衆参の運輸委員長ほか国会議員、米空海軍の気象隊長、全国知事会会長、NHK 会長、気象協会会長、関係会社及び報道機関とそうそうたる顔ぶれであり、約 300 名規模で開催された。

関東地方建設局長の挨拶では「建設省では行政機関を各地区ごとに集約する目途で、この大手町も第１合同庁舎に続き気象庁庁舎が新築された。引き続き第２、第３合同庁舎が建築されると、将来 13 万㎡の敷地に計 11 万 5,000㎡の四つの庁舎が緑の広場を囲んで並び、丸の内ビジネスセンターに続く行政センターを構成することになっている。新庁舎の建築面積２万 7,860㎡、総工費は 19 億 6,162 万円である。気象庁は特殊業務のため、機能性の充足に重点を置き、合計 18 社がその持てる技術力と延べ 20 万人に近い技能労務者を動員して完遂したものである」と話され、東京オリンピックと時を同じくし、大手町にそびえたつ新庁舎は当時の職員にとって、高度成長の象徴の一つであったのかもしれない。また来賓からは「風雨の中を、危険を冒して散在する庁舎の間を走り回ったり、貴重な資料が火災で失われる心配などがなくなったわけで､一層立派な予報や観測をしていただけるものと期待している」と話され、旧庁舎の苦労を垣間見ることができる。

奇しくも、二度目となる東京オリンピックが開催される令和２年（実際にはコロナ禍の影響で翌年開催となった)、気象庁は長らくお世話になった大手町庁舎に別れを告げ、明治８年に気象業務を開始した場所（現在の東京都港区虎ノ門 2-10 ホテルオークラのあたり）でもあ

る虎ノ門に移転をした。令和２年 12 月 17 日、気象庁本庁３階講堂にて「新庁舎開庁式典」が開催された。式典には国土交通大臣、副大臣及び政務官をはじめとする国土交通省関係者と、来賓として「気象友の会」の最高顧問を務める自民党の二階幹事長をはじめ、交通政策審議会気象分科会会長、気象業務支援センター会長、大成建設株式会社代表取締役副会長ほか多数の来賓の方のご出席の下、祝辞を受けた。国土交通大臣の祝辞では「気象庁は、原点であるこの地に新庁舎を構え 145 年の礎の上に新たな歴史を刻むことになった。全職員一丸となり、受け継がれてきた良き伝統に立脚し研鑽を進め、安全安心な社会作りに貢献することを期待する。」との言葉を受け、本庁職員一同、決意を新たにした。

２．気象庁葬

気象庁葬は、現職職員が公務死亡、これに準ずる死亡をした場合又はこれによりがたい場合はその都度決めるとされており、これは「慶弔事項に対する措置基準」とする運用により定められている。昭和 31 年７月の気象庁へ昇格した後の気象庁ニュース等の記録により執り行われた気象庁葬が読み取れるため、ここに並べて書き記す。

・昭和 31 年９月２日、明治、大正、昭和と気象事業の発展に尽力し、大正 12 年から昭和 16 年まで第四代中央気象台長を務めた岡田武松先生（82）、気象業務に対する多大な貢献に弔意を表すため同年９月６日、青山斎場において執り行われた。
・昭和 33 年５月 18 日、鳥島気象観測所の樋川真行技官（42）は、活火山の島である鳥島からの退避訓練中に海中に転落し死去。同年５月 26 日、気象庁構内の中村記念館において執り行われた。
・昭和 34 年５月 11 日、気象庁海洋気象部海洋課の川本彊雄技官（41）は、凌風丸の深海用観測機器のテスト実施中に体調を崩され死去。海洋の放射能業務に大きな貢献を残されたため、同年５月 13 日、ご自宅において執り行われた。
・昭和 37 年５月 29 日、気象庁海洋気象部離島課南鳥島勤務の久保欣三技官（35）は、作業中の転倒による頭部打撲により死去。同年６月４日、気象庁構内の中村記念館において執り行われた。
・昭和 38 年７月 14 日、鳥島気象観測所の桜井英男技官（23）は、鳥島への上陸用ロープの取り付け作業中に海中に転落し死去。同年７月 20 日、ご自宅において執り行われた。
・昭和 40 年３月、徳島地方気象台剣山測候所の大谷好徳技官（38）は、なだれのため遭難、遭難後 35 日ぶりに遺体収容と記録されている。同年４月 24 日、穴吹中学校体育館において執り行われた。
・昭和 55 年４月 12 日、東京管区気象台技術部技術課の福田和彦技官（26）は、富士山測候所での観測中に滑落し死去。同年４月 18 日、菩提寺において執り行われた。
・昭和 58 年１月 21 日、啓風丸の小澤祝一技官（50）は、観測航行中に海中に転落、同年６月に死亡認定、６月 13 日、下田市漁民会館において執り行われた。

また、気象庁葬としては執り行われていないものの、過去をたどれば、係留気球の係留索が高圧電線と接触し感電死（大正 10 年頃）、風速計検定台の下敷き（大正 12 年頃）、諏訪湖において湖水観測中に転落（昭和 22 年）、函館港において転落（昭和 25 年）、富士山測候所職員の登頂中滑落（昭和 33 年）などが古い資料から確認出来るとともに、先の大戦では多くの職員が戦地への出兵や空襲等により戦死されている。さらに近年では、出張中の不慮の事故により命を落とされた職員もいる。

このように、気象業務に命を捧げた先人の方々が居たことを私たちは忘れてはならない。今ここにあらためてご冥福をお祈りするとともに、未来へ向け、更なる気象業務の発展をここに誓う。

第９章　大規模国際行事への協力

日本国内において大規模な競技大会や会議などの行事が開催される際は、安全かつ円滑な運営に貢献するため、気象庁も運営組織等に協力して危機管理体制に加わり、気象情報の提供等を行うことがしばしばある。本章では、気象庁が特に深く関与した 2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会を中心に、いくつかの特筆すべき事例について触れる。なお、日本開催の大規模国際行事であっても、気象庁があまり深く関与せずに、気象情報の提供等において予報業務許可事業者が主要な対応を行う例もある。

【第１節】オリンピック・パラリンピック競技大会への協力

１．1964 年夏季東京大会、1972 年冬季札幌大会、1998 年冬季長野大会

日本で開催されたオリンピック・パラリンピック競技大会への気象庁の関わりとして、昭和 39 年（1964 年）の夏季東京大会では、当時の大会組織委員会事務局からの要請を受けて、定期的な天気予報や波の状況などの情報提供を行った。

昭和 47 年（1972 年）の冬季札幌大会では、開催期間の検討にあたって過去の気象の統計が参考にされたが、分析を担ったのは財団法人日本気象協会であった（なお、冬季のパラリンピックは 1976 年エンシェルツヴィーク大会が最初であり、1972 年の札幌では開催されていない）。また、平成 10 年（1998 年）の冬季長野大会では、大会組織委員会内に気象チームが設置され、大会運営に必要な気象情報の提供が実施されたが、ここでも精力的に携わったのは財団法人日本気象協会であった。

２．2020 年夏季東京大会

令和３年（2021 年）開催の 2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会（以下「東京 2020 大会」という。）においては、安全で円滑な開催を支援するため、気象庁は様々な取組を実施した。なお、東京 2020 大会は令和２年（2020 年）に開催の予定であったが、新型コロナウイルス感染症の感染拡大を受け、1 年延期の上、ごく一部を除き無観客での開催となった。ただし以下では、感染拡大以前に検討されていた、外国人旅行者・観客向けの取組についても記述する。

（１）大会組織委員会の体制

大会組織委員会は平成 26 年１月に発足して以来、何度か組織改正が行われたが、平成 28 年 10 月に国際渉外・スポーツ局が分割されて誕生したスポーツ局が気象情報を担当した。

気象庁は大会組織委員会スポーツ局に、平成 30 年 10 月から令和３年 12 月まで係長級職員１名を、平成 31 年４月から令和３年９月まで室長級職員１名を派遣した。両名は気象対策に関する各種調整等を担当した。

さらに大会期間中及びその前後の期間には、競技運営のための気象情報を作成・提供する機関として、大会組織委員会に気象情報センターが設置された。同センターは、気象庁及び民間気象会社２社からの派遣職員等によって構成された。気象庁は、大会期間前後にあたる令和３年７月１日から９月６日まで、課長補佐級職員２名を追加で派遣した。

（２）気象庁内の体制

気象庁では、平成 26 年４月に国土交通省に設置された「国土交通省 2020 年オリンピック・パラリンピック東京大会準備本部」の会合に長官が出席し、大会運営に資する気象情報の提供等について報告してきた。

平成 30 年３月には、長官を本部長とする「気象庁 2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会準備本部」を設置し、庁内の体制を確立した。同本部の庶務は、総務部参事官（技術担当）の指導のもと総務部企画課において処理された。

内閣官房及び国土交通省総合政策局（国土交通省 2020 年オリンピック・パラリンピック東京大会準備本部の事務局）との連絡調整は基本的に総務部企画課が担い、大会組織委員会との連絡調整は、全般的な事項については同課が、各事項については担当する各部が担った。大会組織委員会の主な調整相手は、気象情報の提供等についてはスポーツ局（大会期間中及びその前後は気象情報センター）、暑さ対策についてはゲームズ・デリバリー室、報道対応については広報局であった。

（３）主な協力内容

大会組織委員会との相談や検討を踏まえ、円滑な運営のための情報提供、外国人旅行者・観客に向けた情報提供、暑さ対策を重点的に実施した。

ア．円滑な運営のための情報提供

平成 30 年 12 月に大会組織委員会事務総長から長官宛に、競技大会の円滑な運用のための気象情報活用に係る協力について依頼があったことを受けて、大会期間中及びその前後の期間に、以下に述べる形で気象情報等の提供を実施した。

まず、競技を安全で公平に運営するため、また、選手のみならずスタッフも含めた健康面対策にも資する気象情報として、会場周辺の風向・風速・気温の詳細な予測プロダクトとして数値予報ガイダンスを提供した。ウェブブラウザから操作可能な形式で、気象予測資料等を見慣れている方にとっては一般的な帳票形式とグラフ形式で提供し、日最高・最低値を着色するなど、大会組織委員会の要望を踏まえた改善を数度実施している。加えて、大会の運営に影響を及ぼしかねない、大雨や落雷をもたらすような積乱雲の急発達等の気象現象をいち早く詳細に把握するため、静止気象衛星「ひまわり」による 30 秒間隔の機動観測を実施した。30 秒間隔の機動観測を、部外に提供する目的で長期間にわたり使用することは初めての試みであった。観測領域は、南端は伊豆半島を、北端は宮城スタジアムのある宮城県利府町を含む範囲とし、札幌以外の全ての競技会場が観測範囲に含まれるようにした。

また、日本域の 2.5 分間隔の観測データをもとに、気象現象の監視に有用な RGB カラー合成画像とし、ウェブブラウザで操作可能な形で気象情報センターに提供した。

さらに、顕著な現象が発生した場合又は予測される場合に、電話等による解説や助言や気象情報センターからの問合せに応じる体制も整えた。気象については大気海洋部気象リスク対策課及び予報課の予報官等８名が輪番で、高温や中長期の予報・情報については大気海洋部気候情報課異常気象情報センターが、地震・津波・火山については地震火山部管理課がそれぞれ

対応した。当初は令和３年７月 13 日から８月８日及び８月 23 日から９月５日までの期間に実施する予定であったが、大会関係者の気象情報への関心の高まり等を背景に、７月 12 日から８月 10 日及び８月 20 日から９月８日までの期間に拡大して対応することとなった。また、８月 10 日から 20 日の期間も、問合せに備えて対応者で情報共有等を継続した。

イ．ポータルサイトの運用

気象庁では令和元年（2019 年）５月頃から、選手、大会関係者、観客向けに競技会場周辺の気象情報等を発信するポータルサイトの運用について検討を開始した。同年６月から始まるテストイベントでも活用されることを見込み、また、東京 2020 大会開催に向けた機運が高まることも期待して、開幕（当初予定）の１年前にあたる同年７月 24 日に運用を開始した。

運用開始時のコンテンツとして、会場ごとの現在の天気・気温、天気予報（時系列予報による気温等の推移、１時間ごとの紫外線（UV インデックス）の予測情報に加えて、夏季の急な大雨に備えて高解像度降水ナウキャストを掲載した。運用開始後も順次コンテンツを追加していった。

各地の情報は、競技名、会場名又は地図上から選択できるようにするとともに、日英２言語を選択できるようにした。文字による説明文等は最小限にとどめ、数字やアイコン等で直感的に内容が分かるように留意した。

また、世界各国から選手や報道関係者に加え、多数の観客が訪日することが見込まれていたため、令和元年 10 月から多言語対応ホームページへのリンクも掲載した。こうして日本の地理に不慣れな訪日客も利用しやすいようにするとともに、屋外での利用を想定し、スマートフォンによる閲覧性にも留意した。

ポータルサイトは、東京 2020 大会と関連付けたきめ細かい気象情報等のニーズの受け皿になったといえる。また、大会組織委員会独自のネットワークにアクセスできない場所において業務にあたる大会関係者のほか、取材活動にあたる報道関係者にも活用された。

ウ．暑さ対策

暑さ対策は東京 2020 大会における主要な課題の一つであり、ハード・ソフト両面から対策が進められた。

折しも環境省と気象庁では、平成 30 年夏の記録的高温などの影響による近年の熱中症の発生状況を踏まえ、「熱中症予防対策に資する効果的な情報発信に関する検討会」を開催し、熱中症予防対策に資する効果的な情報発信を検討していた。同検討会での検討を経て、令和２年７月から、環境省と気象庁が共同して、関東甲信地方を対象に「熱中症警戒アラート（試行）」の提供を開始した。さらに令和３年４月から、全国を対象に「熱中症警戒アラート」の提供を開始した（詳細は、第５部１章２節第８項「高温注意情報・熱中症警戒アラート」を参照）。

同検討会にはスポーツ医学等の専門家が参画しており、内閣官房東京オリンピック競技大会・東京パラリンピック競技大会推進本部事務局及び大会組織委員会ゲームズ・デリバリー室暑さ対策推進部の担当者もオブザーバとして陪席していた。

熱中症警戒アラートの発表時には、大会組織委員会の活動場所などに発表中の旨が掲示されて注意喚起がなされたが、競技の実施については、熱中症警戒アラートの発表有無のみをもって判断されるのではなく、競技実施の時間帯、競技の内容、競技会場周辺の暑さ指数の予想等を勘案して大会組織委員会において判断された。

気象庁では熱中症警戒アラートのほか、２週間気温予報、早期天候情報、気温分布予報等、関連する防災気象情報の周知に努めた。

（４）地方気象官署における取組

東京 2020 大会の聖火リレーは全国 47 都道府県で行われ、実施主体は各都道府県の部局であった。そこで、聖火リレー実施日の気象解説等の支援を、各地方気象官署（東京都は本庁大気海洋部）から行った。ただ、都道府県の担当部局は気象官署が日頃から連絡を行っている防災部局とは異なる文化・スポーツ関係部局等であることから、大会組織委員会を通して担当部局との連絡先を交換した上で、必要な支援を実施した。

また、世界各国からの要人の来日のために活用された東京国際空港では、令和３年７月 19 日から８月 10 日及び８月 16 日から９月７日の期間に空港内関係機関 35 機関で構成される関係機関連絡本部が設置されたことから、東京航空地方気象台職員が会議に出席し、航空機の運航に影響が予想されるような悪天現象等に関する気象の解説を行った。さらに、競技の中継のための固定翼機の発着拠点として活用された静岡空港及び旭川空港においては、運用時間外の離着陸に対応するための航空保安業務の臨時提供が生じたことから、航空気象観測通報もこれに応じて対応時間の前倒しを行った。

【第２節】首脳級会合及び国際博覧会への協力

１．首脳級会合

各国の首脳級が参加するような会合が日本で開催される際は、安全かつ円滑な運営に貢献するため、本庁や開催地を管轄する気象台が関係省庁の連絡体制に加わり、開催期間中の気象情報等の提供などを実施している。あわせて、開催地周辺で台風の影響が予想される場合や震度５弱以上の地震が発生した場合などには気象庁から事務局に解説員を派遣することをあらかじめ定めておくなど、危機管理体制が組まれている。

近年の例としては、平成 20 年（2008 年）７月の G8 北海道洞爺湖サミット（第 34 回主要国首脳会議）、平成 28 年（2016 年）５月の G7 伊勢志摩サミット（第 42 回先進国首脳会議）、令和元年（2019 年）６月の G20 大阪サミット（第 14 回 20 か国・地域首脳会合）、令和５年（2023 年）５月の G7 広島サミット（第 49 回先進国首脳会議）が挙げられる。

２．国際博覧会

昭和 50 年（1975 年）７月から昭和 51 年（1976 年）１月にかけて沖縄県で開催された「沖縄国際海洋博覧会」では、特に例年頻繁に沖縄に接近する台風への対策の観点から、会場に「エキスポ気象台」が設置され、気象庁が指導するとともに、運用を日本気象協会が担うこととされた。沖縄気象台からは、予報に必要となる天気図やレーダーマップ等の詳細な情報をエキスポ気象台に提供した。

また、昭和 60 年（1985 年）３月から９月にかけて筑波研究学園都市で開催された「国際科学技術博覧会」では、７月１日から９月 16 日（会期終了日）までの期間、茨城県が万博会場内の食品衛生監視センターから「食中毒警報」を発表したが、その発表基準には気温と湿度

が用いられており、それらの観測値と予想値を水戸地方気象台から提供した。なお、同博覧会では、筑波研究学園都市の研究機関等をわかりやすく紹介するコーナーが設けられており、気象研究所と高層気象台が共同で「高層気象観測の昔と今」と題するワークショップを出展するなど、内容面での参画もあった。

第２部

防災

第１章　国の防災のための取組

【第１節】国の防災における気象庁の役割と対応

我が国の防災における気象庁の役割は極めて重要である。本節では、第１項で我が国の災害対策のための制度である災害対策基本法や中央防災会議等の法的枠組みや会議体について主要な経緯とともに記述する。そして第２項では、気象庁が行う防災業務を定めている気象庁防災業務計画や災害対策要領について解説するとともに、気象庁の防災業務の具体的な内容について解説する。

１．災害対策基本法と我が国の防災体制

（１）災害対策基本法

ア．概要

災害対策基本法は、我が国の災害対策関係法律の一般法であり、国・地方公共団体等の防災責任の明確化や災害対策本部の設置、防災計画の作成など、総合的かつ計画的な防災行政の整備･推進、災害の予防･応急対策･復旧復興といった各段階の対応等が網羅的に規定されている。

気象庁及び各地の気象台は、災害対策基本法において指定行政機関及び指定地方行政機関として政府の責任体制の中で位置づけられ、地方公共団体における防災対応の判断に資するための防災気象情報の伝達等の対策を講じることとされている。具体的には、災害の未然防止及び軽減に向けて気象業務を高度化し、災害の起因となる気象や地震に関する的確な情報を提供している。非常災害対策本部等が設置された場合は、災害応急対策の推進に資する気象情報の提供等を行っている。

イ．災害対策基本法の制定

災害対策基本法は、昭和 34 年の伊勢湾台風を契機として昭和 36 年に制定された。

災害対策基本法の制定以前は、災害の都度、各省庁により関連法律が制定されていたため、各省庁や地方公共団体の災害対応に一貫性と計画性を欠いていたほか、当時の防災体制についても省庁ごとに定められていたため、災害対策の実施に齟齬をきたすことがあった。こうした状況のなか､昭和 34 年の伊勢湾台風によって死者･行方不明者数 5,098 名に及ぶ被害が生じた。これを契機に災害対策基本法が制定され二つの政策転換が行われた。一点目は、災害発生後の応急対策に重点が置かれていたそれまでの災害対策を見直し、災害の予防から応急対策、復旧･復興まで一貫した災害対策を実施していくこととした点である。二点目は、総合的な防災対策の推進のため、各分野の取組を総合調整する仕組みを構築した点である。

同法により、それまで各省庁の個別法で対応してきた防災対策について全体を統括する基本法が制定され、国・地方公共団体等の防災責任の明確化や災害対策本部の設置、防災計画の作成など総合的かつ計画的な防災行政の整備・推進、災害の予防・応急対策・復旧復興といった各段階の対応等が網羅的に規定された。

ウ．災害対策基本法の改正

我が国では、大規模な災害の発生等を契機に、災害対策基本法の改正がなされ、必要に応じた防災体制の見直しが図られている。

以下では、特に我が国の防災体制の大幅な見直しの契機となった災害対策基本法の主な改正と関係する気象庁の取組についてまとめる。

（ア）平成７年　阪神・淡路大震災を契機とした改正

平成７年（1995 年）兵庫県南部地震による阪神・淡路大震災では、非常災害対策本部の設置において閣議決定を要したために本部設置までに相当な時間がかかったことや、地元地方公共団体及びその職員が被災したことで発災直後の防災対応が困難な状況に陥ったこと、被災地の情報が十分に収集できずに国や地方公共団体等における初動対応の迅速かつ効果的な実施に支障をきたしたことなど、我が国の防災体制に関して多くの課題を残した。

これを踏まえ、平成７年６月、12 月の二度にわたって、災害対策基本法が改正された。特に 12 月の改正においては、災害対策の強化を図るべく、閣議を経ずに非常災害対策本部を設置できることとしたほか、緊急災害対策本部設置の要件の緩和、現地災害対策本部の設置など、防災体制に係る大幅な見直しがなされた。この法改正のほか、「緊急参集チーム」創設による初動体制の構築や、災害種別・災害進展の段階別に構成した防災基本計画の修正なども行われた。

気象庁においても、平成８年１月に気象庁防災業務計画を全面的に見直し、防災気象情報の迅速かつ的確な発表のほか、防災関係機関との連携強化、災害発生後の対応に係る事項の充実化などを図った。また、後述する国の非常災害対策本部や「緊急参集チーム」への参画などの、政府の緊急事態への初動対応等についても、当庁として体制を構築している。

（イ）平成 23 年東日本大震災を契機とした改正

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震による東日本大震災による未曽有の災害を教訓に、平成 24 年６月と平成 25 年６月の２回にわたり災害対策基本法が改正された。この災害では、特に災害対応の「自助」､「共助」の重要性が再認識され、住民の責務（災害伝承、備蓄、訓練）などが追加された。また、被害が広範にわたる大規模災害時における広域的な応援体制や、災害対策本部等の役割の明確化、防災教育、情報の収集・伝達の強化、国・都道府県の市町村長への助言等、具体的な改善策が網羅的に盛り込まれた。

気象庁においては、地方公共団体や住民の迅速な防災活動・避難行動につなげるため、津波警報等の発表・伝達の見直しや地震計の増設による観測網の強化のほか、地元気象台からの市町村長等への助言体制の確立や防災教育への取組が求められたことを受け、地方公共団体や教

育機関とも連携した対応など、地域防災力の強化を図った。

（ウ）令和元年東日本台風を契機とした改正

東日本や東北地方を中心に広域かつ甚大な被害をもたらした令和元年東日本台風では、行政による避難情報が分かりにくいという課題が顕在化したことに加え、避難しなかった又は避難が遅れたことによる被災、豪雨・浸水時の屋外移動中の被災、高齢者等の被災等も多数発生した。

こうした激甚化・頻発化する豪雨災害に対応するべく、中央防災会議の専門調査会である防災対策実行会議の下にワーキンググループ、更には避難情報や広域避難、避難行動要支援者の避難といった具体を検討するサブワーキンググループが、有識者や気象庁を含めた国の防災機関が委員となって設置され、そこでの報告を踏まえ、令和３年５月に災害対策基本法の改正が行われた。

このときの改正では、災害時における円滑かつ迅速な避難の確保を促進するため、避難勧告・避難指示の避難指示への一本化、避難行動要支援者ごとの「個別避難計画」作成の市町村への努力義務化、災害が発生するおそれ段階での国の災害対策本部の設置及びその際の災害救助法の適用、市町村の行政界をまたぐ広域避難に関する規定の整備が行われた。また、災害対策の実施体制の強化を図るため、非常災害対策本部の本部長を内閣総理大臣へ変更したほか、非常災害に至らない規模の災害を対象とした内閣府特命担当大臣（防災）を本部長とする特定災害対策本部の設置等、対策本部に係る改訂も行われた。

気象庁では、平成30年11月より開催した「防災気象情報の伝え方に関する検討会」において、避難勧告・避難指示が一本化されることを踏まえ、各防災気象情報を相当する警戒レベルに整理するとともに、内閣府（防災担当）による避難情報に関するガイドラインの改定に際しては、内容の修正や資料提供等の対応にあたった。また、災害発生のおそれ段階での国の災害対策本部設置が可能になったことを受けて、気象庁防災業務計画及び災害対策要領において、災害対応のトリガーを「災害発生時」から「災害時」としたこと、また、特定災害対策本部での対応などを反映する等の措置を講じた。

（2）我が国の防災体制

ここでは、現在の災害時及び平時における我が国の防災体制についてまとめる。

ア．中央防災会議と防災基本計画

中央防災会議は、内閣の重要政策に関する会議の一つとして、内閣総理大臣をはじめとする全閣僚、指定公共機関の代表者及び学識経験者により構成されており、防災基本計画の作成や、防災に関する重要事項の審議等を行っている。

防災基本計画は、我が国の災害対策の根幹をなすものであり、災害対策基本法に基づき中央防災会議が作成する防災分野の最上位計画として、防災体制の確立、防災事業の促進、災害復興の迅速適切化、防災に関する科学技術及び研究の振興、防災業務計画及び地域防災計画において重点をおくべき事項等、防災に係る基本的な事項を定めたものである。国の行政機関は、防災基本計画に基づき、それぞれの業務について「防災業務計画」を定めることとされており、気象庁においても、気象庁防災業務計画を定め、防災基本計画の修正等に応じて必要な更新を行っている。

防災基本計画は、災害の種類に応じて講じるべき対策が容易に参照できるような構成で、災害予防・事前準備、災害応急対策、災害復旧・復興という災害対策の時間的順序に沿って記述された。また、国、地方公共団体、住民等、各主体の責務を明確にするとともに、それぞれが行うべき対策が具体的に定められた。

イ．災害対策本部の設置

地方公共団体による災害応急対応だけでは困難となる大規模な被害が生じるような非常災害が発生し、又は発生するおそれがある場合において、災害応急対策を推進するため特別の必要があると認められるときは、災害対策基本法に則り、非常災害対策本部が設置される。また、著しく異常かつ激甚な非常災害が発生し、又は発生するおそれがある場合において、災害応急対策を推進するため特別の必要があると認めるときは、緊急災害対策本部が設置される。なお、両本部ともに、本部長は内閣総理大臣が務める。

非常災害対策本部、緊急災害対策本部は、政府の災害対策本部と被災地方公共団体との連絡調整等を行い、災害応急対策の円滑な実施の支援・協力を行う。このため、必要に応じ、被災地等に原則として内閣府副大臣（防災担当）又は内閣府大臣政務官（防災担当）を本部長とする現地災害対策本部を設置し、迅速な災害応急対策を講ずることとしている。

一方、非常災害に至らない規模の災害であって、地域の状況等の事情を勘案して災害応急対策を推進するため特別の必要がある特定災害については、内閣府特命担当大臣（防災）等を本部長とする特定災害対策本部が設置される。

気象庁では、政府が非常災害対策本部等を設置した場合には、あらかじめ定められた本部員及び事務局員等を直ちに当該本部に派遣するとともに、自然現象に関する状況等の説明を行うものとしている。また、現地で災害対策本部が設置された場合及び政府調査団が派遣された場合においても、同様の対応をすることとしている。

ウ．緊急事態への初動対応

内閣法第 15 条における危機管理とは「国民の生命、身体又は財産に重大な被害が生じ又は生じるおそれがある緊急の事態への対処及び当該自体の発生の防止をいう（国の防衛に関するもの及び内閣感染症危機管理統括庁の所掌に属するものを除く）」とされており、対応する緊急事態としては、大規模な自然災害のほか、原子力災害などの重大事故、テロなどの重大事件、核実験やミサイル発射といった安全保障関連及びその他に分類されている。

緊急事態時の対応としては、平成７年１月の阪神・淡路大震災において被災地の情報が十分に収集できずに初動対応の迅速かつ効果的な実施に支障をきたしたことを踏まえ、大規模災害発生時の情報収集体制の強化と内閣総理大臣等への情報連絡体制の整備に関する措置として、「緊急参集チーム」が平成７年２月に創設された。緊急参集チームの創設当初は、気象庁では次長がそのメンバーであったが、令和２年 10 月の気象庁の組織再編以降は、新設された気象防災監がメンバーとなっており、地震や津波、気象、火山噴火等の概況や見通し等、初動対応に資する情報提供を行っている。

また、平成８年には、内閣情報集約センターが設立され、災害時における情報収集の 24 時間体制が整えられた。平成 10 年には、緊急事態における政府の初動対応について第一次的な判断を下すなど、内閣が政府全体の危機管理の司令塔として役割を効果的に発揮するため、内閣官房に内閣危機管理監が設置された。内閣危機管理監は、緊急時においては、内閣総理大臣、

内閣官房長官の指示の下、緊急参集チームの参集指示、官邸対策室の設置、関係省庁との調整などを行う。さらに、防災担当職員の緊急参集のため、平成 12 年 4 月以降、防災担当職員用宿舎が設置された。気象庁においても、防災にあたる該当の担当職員は、当該宿舎に入居している。平成 14 年 4 月には、内閣総理大臣新官邸の供用に先立ち、官邸に求められる危機管理機能を十分に発揮させるため、危機管理のための設備、機器を設置した危機管理センターの運用が開始された。東京 23 区で震度 5 強以上、その他の地域で震度 6 弱以上の地震が発生した場合、大津波警報が発表された場合、東海地震注意情報が発表された場合は、内閣危機管理監からの参集指示を待つことなく、直ちに危機管理センターに参集することとなった。

エ．関係省庁との情報共有・調整のための会議

災害が発生し、又は災害が発生するおそれがあり、関係省庁間における警戒体制及び被害情報等の確認・共有化、応急対策の調整等を要する場合、内閣府（防災担当）は、関係省庁災害警戒会議又は関係省庁災害対策会議を開催することとされている。国土交通省においても、防災に関する事務について、関係部局等間の連絡及び調整を図り、当該事務を的確かつ円滑に推進することを目的に、国土交通省災害対策連絡調整会議が開催される。気象庁では、総務部参事官（気象・地震火山防災担当）がこれらの会議の構成員となっており、自然現象に関する状況等に関して説明を行うものとしている。

また、大規模な災害発生時又はそのおそれがある場合には、政府としての基本的対処方針、対処体制その他の対処に係る重要事項について協議・調整等を行うため、関係閣僚会議が開催されることがある。その際は、気象庁からは長官が出席し、自然現象に関する状況等について説明を行うこととしている。

一方、大規模災害時の政府の迅速・円滑な初動対応と応急対策にあたっては、内閣危機管理監をはじめとする政府の災害担当局長等が災害対応を通じた経験知を共有し、組織的な学習を繰り返しながら一体感を高め、「顔の見える関係」を構築し、適切な役割分担と相互の連携協力を図ることが重要であることから、このような組織力を持続的なものとするため、自然災害の発災後だけでなく、平時から、関係者間の情報交換・共有を図る会議として、令和２年度より「自然災害即応・連携チーム会議」が開催されている。本会議は、内閣危機管理監をチーム長とし、各省庁の局長級幹部が幹事として構成されるものであり、気象庁は次長が幹事であったが、令和２年 10 月の気象庁の組織改編以降は気象防災監が幹事となっている。

２．気象庁の防災体制・業務

（１）気象庁防災業務計画及び災害対策要領

ア．気象庁防災業務計画

国の行政機関は、防災基本計画に基づき、それぞれの業務について「防災業務計画」を作成することとされている。気象庁においても、これに倣って防災業務計画を作成しており、防災基本計画の修正に応じて必要な更新を行っている。

気象庁防災業務計画は、防災に関してとるべき措置、地域防災計画の作成の基準となるべき事項、及び重点を置くべき事項等を定め、もって災害の防止・軽減に役立てることを目的としており、気象庁が適時・的確に防災業務を実施するにあたり必要な事項等についてもあわせて定めている。また、気象庁は自ら防災気象情報の改善を図るとともに、防災関係省庁、地方公共団体等の防災機関及び報道機関との連携を一層強化して、防災気象情報が総合的かつ有機的に理解・活用（読み解き）されるよう、この計画に定めた各事項について積極的に推進を図っている。

昭和 34 年の伊勢湾台風では、台風災害としては明治以降最大の被害が生じた。これは情報の伝達不足や危険地帯の周知不徹底、不十分な防災体制により被害が甚大となったと考えられた。これを受けて制定された災害対策基本法に基づき、昭和 42 年に気象庁防災業務計画は作成された。当時の気象庁防災業務計画は、災害予防計画、災害応急対策計画及び地域防災計画の作成基準を主要項目としつつも、事前の備えを中心に規定していた。

平成７年の阪神・淡路大震災を契機に全面修正された防災基本計画を受け、気象庁防災業務計画は、事前の備えだけでなく災害発生後の対応についても定めるとともに、気象庁の防災業務体制、地震・津波災害対策編、風水害対策編、火山噴火災害対策編、地域防災計画作成の基準となるべき事項、及び地震防災強化計画（東海地震関連）に分けて、とるべき措置を整理した。

以降、気象庁防災業務計画は随時見直されてきた。主な修正内容は以下のとおりである（括弧内は修正時期）。

・首都直下地震発生の業務継続計画の策定（平成 20 年 4 月）
・緊急地震速報及び火山現象警報等についての警報の開始、並びに土砂災害警戒情報、竜巻注意情報、降灰予報、及び火山ガス予報等の開始（平成 20 年 6 月）
・新型インフルエンザ発生時の業務継続計画の策定（平成 22 年 6 月）
・原子力災害対応マニュアルの見直し（平成 25 年 4 月）
・特別警報創設（平成 25 年 8 月）
・ホットラインを通じた市町村への支援開始（平成 28 年 3 月）
・JETT（気象庁防災支援チーム）創設（平成 30 年 5 月）
・南海トラフ地震に関連する情報の創設、JETT（気象庁防災支援チーム）による支援開始（平成 31 年 3 月）
・南海トラフ地震臨時情報の創設（令和元年 5 月）
・災害対策基本法の一部改正・気象防災アドバイザー創設（令和 4 年 3 月）

イ．災害対策要領

災害対策要領は、気象庁防災業務計画に基づき、台風、大雨、大雪、竜巻等突風、地震・津波、火山噴火等の社会に極めて重大な影響をもたらす災害発生時等において、迅速かつ円滑な気象業務を実施するため、気象官署ごとに定めるものである。

本庁における災害対策要領は、政府の危機管理体制の高度化・迅速化に伴って、主にそのトリガー情報を発表する気象庁において迅速かつ円滑な業務遂行が求められており、重大な災害発生時又はそのおそれがある場合やシステム障害時等において本庁の防災業務の全体像を示すことが必要となったことから、平成 18 年 3 月に策定している。

その構成は、第１編「通則編」、第２編「事例別対応編」、第３編「災害対策本部事務局各班別実施計画」とし、付録には、気象庁内部の規程や情報連絡体制等のみならず、緊急対応、危機管理対応に関する内閣府（防災担当）、内閣官房、及び国土交通省の規程等もあわせて掲

載している。本要領の策定にあたっては、気象庁本庁の防災体制を「注意体制」「警戒体制」「非常体制」の３分類としたことが特徴として挙げられる。具体的には、注意体制は、基本的に災害に直接関係する各部署で個別に対応する体制、警戒体制及び非常体制は、全庁で情報共有し各部をまたがる横断的な対処が必要とされる場合に迅速な対応が可能な体制と位置づけた。特に、非常体制は、社会的影響が大きい重大な被害が発生している場合の体制とした。また、原則として、気象庁災害対策本部は非常体制の場合に設置（気象庁災害対策連絡会議は警戒体制時）することを本要領において明確にした。

気象庁本庁災害対策要領の更新については、災害対策基本法の改正や防災基本計画、気象庁防災業務計画の修正に伴う更新のほか、新型インフルエンザ等の感染症、首都直下地震、原子力災害、南海トラフ地震等へ適切に対応できるよう改正してきた。

（ア）新型インフルエンザ発生時の業務継続計画

平成 21 年２月 17 日に新型インフルエンザ及び鳥インフルエンザに関する関係省庁対策会議が開催され、「新型インフルエンザ対策行動計画」が策定された。これを踏まえ、気象庁本庁災害対策要領においても翌年６月 18 日に「新型インフルエンザ発生時の気象庁本庁業務継続計画」を策定した。その後も新型インフルエンザ等対策特別措置法の制定や新型インフルエンザ等対応中央省庁業務継続ガイドラインの改定を踏まえ、都度、見直しを図ってきた。

（イ）首都直下地震発生の業務継続計画

平成 17 年に策定された首都直下地震対策大綱に中央省庁において業務継続計画を定めることが記載され、その後、平成 19 年６月には内閣府（防災担当）から中央省庁業務継続ガイドラインが提示された。このような動きに鑑み、気象庁本庁では首都直下地震により本庁庁舎が被災した場合においても適切・確実かつ継続的に業務を執行することを目的とした首都直下地震発生時の気象庁本庁業務継続計画を策定し、平成 20 年４月から運用を開始した。その後、平成 25 年４月に、帰宅困難者の受け入れや本庁庁舎使用不能時の本部機能の代替場所を規定するとともに、平成 26 年７月には閣議決定した政府業務継続計画（首都直下地震対策）を踏まえた改正を図った。

（ウ）原子力災害対応マニュアル

原子力災害対応マニュアルは、防災基本計画に基づく原子力災害発生時の気象庁の役割を規定しており、平成 18 年３月に策定された初版の災害対策要領に盛り込まれた。平成 25 年４月と平成 28 年３月には、福島第一原子力発電所事故の経験や課題を踏まえた防災基本計画の修正に伴う見直しを行った。

（エ）南海トラフ地震対応マニュアル

平成 29 年９月に中央防災会議防災対策実行会議の下に設けられた「南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ」がまとめた検討結果を受け当面の間、気象庁では、「南海トラフ地震に関連する情報」を発表することとし、本庁での対応についてまとめた「南海トラフ地震対応マニュアル」を平成 29 年 11 月に作成した。

また、令和元年５月には気象庁では「南海トラフ地震臨時情報」の運用を開始することとなったことに伴い、平成 31 年４月に当マニュアルを改正するとともに、災害対策要領の事故別対応編に盛り込んだ。さらに、令和２年４月には、南海トラフ地震防災対策推進基本計画の変更を踏まえた改正を行った。

（オ）日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震対応マニュアル

令和４年３月に中央防災会議防災対策実行会議の下に設けられた「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震対策検討ワーキンググループ」の報告書において、当該巨大地震の想定震源域及びその周辺で大きな地震が発生した場合に、大規模地震の発生可能性が平時よりも相対的に高まっているとして、気象庁が後発の巨大地震に備えた注意を促す情報を発信することがまとめられた。また、令和４年９月に国の日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震防災対策推進基本計画が変更されたことを受けて、令和４年 12 月から気象庁において「北海道・三陸沖後発地震注意情報」を発表することとなった。これを受け、令和５年２月の災害対策要領の改正において、「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震対応マニュアル」を盛り込んだ。これは、「北海道・三陸沖後発地震注意情報」の適時適切な発表の一層の確実化、記者会見実施等による国民への説明、関係機関・部局への対応を強化するための態勢をとることを目的とするものである。

（２）防災気象業務

ア．防災気象情報の制度

明治 16 年に東京気象台が暴風警報の制度を定め、その発表を開始した。その後、昭和 27 年に気象業務法が制定されて以来、現在までに発生した台風、地震、津波、火山噴火等による様々な自然災害を教訓として防災気象情報が順次見直されてきた。

ここでは、主たる防災気象情報の制度の変遷について記載する。

昭和 53 年４月に、活動火山周辺地域における避難施設等の整備等に関する法律が、活動火山対策特別措置法として改正・施行され、その中で国から都道府県知事への火山現象に関する情報の通報が定められた。同年 12 月から、住民等の生命及び身体にかかわる火山活動が発生した、又はそのおそれがある場合には「火山活動情報」を発表することとした。従来からの、注意喚起のために随時発表する「臨時火山情報」、常時観測火山において定期的に発表する「定期火山情報」に加えた３種類の火山情報とした。

昭和 53 年 12 月、地震予知がなされた場合の地震防災応急対策を実施し得るよう「大規模地震対策特別措置法」（以下「大震法」という。）が施行された。大震法に基づき東海地震に係る地震防災対策強化地域が指定されたことを踏まえ、地震予知情報の内閣総理大臣への報告等の業務を気象庁が行うこととなった。

台風や梅雨前線に伴う大雨による土砂災害を軽減するため、都道府県と共同で土砂災害警戒情報を発表することとなり、平成 17 年９月に、鹿児島県で全国に先駆けて提供を開始し、その後全国に拡大した。

平成 19 年 12 月には、地震及び噴火による被害の軽減を図るため、改正気象業務法が施行され、地震動及び火山現象についての予報及び警報の実施が気象庁に義務づけられた。この改正により、同年 10 月から一般提供されていた緊急地震速報が地震動に関する予報及び警報に位置づけられるとともに、噴火警報・予報の発表を開始し、噴火警戒レベルを導入した。

平成 16 年には観測史上最多となる 10 個の台風が上陸し、７月の新潟・福島豪雨や福井豪雨等により、多くの洪水災害や土砂災害、高潮災害が発生した。これらの災害では、避難勧告等の適切な発令、住民への迅速・確実な伝達、それを受けた住民の避難行動などが課題として

明らかになった。加えて、平成 16 年度の国土交通省政策レビューにおいて気象注意報・警報を避難情報発令等の防災対応の各段階に適合させるため市町村単位で発表すること等の改善の方向性が示された。これを受け、平成 22 年 5 月から市町村を対象とした気象警報・注意報を発表することとした。

平成 23 年台風第 12 号による大雨災害や東日本大震災等の際、警報等を発表して重大な災害への警戒を呼びかけたものの、関係市町村長による適時的確な避難勧告等の発令や、住民自らの迅速な避難行動に必ずしも結びつかなかった。これらを教訓として、重大な災害の起こるおそれが著しく大きい場合に、その危険性をわかりやすく住民や地方公共団体等に伝えるため、気象業務法を改正し、平成 25 年 8 月に特別警報を創設した。

平成 26 年 9 月の御嶽山の噴火災害を踏まえ、火山噴火予知連絡会の「火山観測体制等に関する検討会」において活火山の観測強化に関して検討され、緊急提言や報告書が取りまとめられた。さらに、火山噴火予知連絡会に「火山情報の提供に関する検討会」を新たに設置し居住者、登山者、旅行者等に対する火山活動に関する情報提供のあり方の検討がなされ、この緊急提言や報告書を受け、噴火速報及び火山の状況に関する解説情報（臨時）を発表することとした。これらの情報は、活動火山対策特別措置法で都道府県知事の通報を行う情報として位置付けられた。

大震法に基づく地震防災対策は東海地震のみが対象になっていたが、南海トラフ沿いの広い範囲での大規模地震発生の懸念に加え、東北地方太平洋沖地震が発生した。これを踏まえ、政府によって南海トラフ沿いにおいて異常な現象が観測された場合の防災対応の方向性が検討・整理され、気象庁では平成 29 年 11 月から「南海トラフ地震に関連する情報」を発表することとなった。その後、具体的な防災対応等が整理され、南海トラフ地震防災対策推進基本計画に位置づけられたことから、令和元年 5 月から、気象庁では南海トラフ地震臨時情報の発表を開始した。

日本海溝・千島海溝沿いの領域でも、巨大な津波を伴う地震が繰り返し発生していることから、中央防災会議において、後発地震への注意を促す情報が必要である旨の提言がなされた。これを踏まえ、令和 4 年 12 月から「北海道・三陸沖後発地震注意情報」を発表することとした。

イ．警報事項の伝達

気象庁が発表する大雨警報や津波警報等の防災気象情報は、国の防災に関する初動体制や地方公共団体からの住民に対する避難指示等に直結する人命にかかわる重要な情報である。このため、警報事項が迅速・確実に伝わるよう、昭和 27 年の気象業務法施行時からその伝達について規定されている。現在は、気象庁から警察庁、消防庁、国土交通省、海上保安庁、都道府県、東日本電信電話株式会社、西日本電信電話株式会社又は日本放送協会への伝達、その通知を受けた諸機関による周知等が規定されている。

警報事項の伝達は、当初は電話や FAX 等により実施されていたが、警報事項をより迅速かつ確実に提供するため、平成 11 年に「緊急防災情報ネットワーク」が整備された。このことにより、文字情報だけでなく画像情報も提供することが可能になり、送達確認は気象庁が貸与するソフトウェアを通じて行われるようになった。

平成 18 年には気象災害の多発を踏まえて、市町村等が行う避難勧告等の災害応急対応を的確に支援していくため、サブルートとしてインターネットでの電子メール及び防災専用ホームページでの情報提供も開始した。

平成 19 年には地震動及び火山現象の警報が導入された。地震動警報（緊急地震速報）については、政令で指定された日本放送協会への伝達と同協会による放送のみが義務化された。

こうした中、気象情報伝送処理システム（アデス）を通じた関係機関への情報配信も進められており、その実績により十分な信頼性が確認されたことを踏まえ、平成 23 年から警報事項等の送達確認は、アデスを通じた通信手順での応答機能により実施することとなり、同意を得られた伝達対象機関から順次移行を開始した。

平成 25 年 8 月には気象業務法が改正され特別警報が創設された。特別警報については、都道府県から市町村への伝達、市町村から住民等への周知の措置を義務付けることが規定された。また、警報及び特別警報の伝達先に消防庁が新たに加えられ、同庁が整備する全国瞬時警報システム（Ｊアラート）により市町村等への伝達ルートの多重化が図られた。

ウ．避難情報

災害対策基本法が昭和 36 年に制定され、自然災害に対する市町村長による避難の勧告・指示が規定された。それ以降、河川氾濫、土砂災害、高潮、津波、火山噴火及び原子力災害等、日本各地で発生する災害時に居住者等の適切な避難を促すために、避難情報が市町村長により発令されてきた。気象庁では市町村長のそれらの発令判断に資する防災気象情報を提供してきた。

こうした中、平成 16 年には水害・土砂災害等が多発し、それを教訓として、気象庁など関係省庁と有識者による検討を経て内閣府（防災担当）は平成 17 年に「避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン（以下、名称変更されたものも含め「ガイドライン」という。）」を策定し、市町村が避難情報の発令・伝達に関し発令する状況・対象区域の判断基準を示した。

平成 26 年には、ガイドラインの全面的な見直しが行われ各市町村が避難勧告等の発令基準や伝達方法を検討するに当たり考えておくべき事項が示された。ガイドライン策定以降の土砂災害警戒情報や特別警報等の新たな情報の開始や、東日本大震災をはじめとする災害の教訓等を踏まえ、屋内での安全確保も避難行動の一つとする、避難情報の発令判断の材料となる防災気象情報や地方公共団体の防災体制移行の考え方を明示したほか、避難勧告等は空振りをおそれず、早めに出すことを基本とする等についてガイドラインの改定が行われた。その後、平成 26 年 8 月広島市の土砂災害等を受けて、中央防災会議防災対策実行会議の下に設置された「総合的な土砂災害対策検討ワーキンググループ」の報告書（平成 27 年 6 月）において、土砂災害からの被害を最小化するために、住民と行政が一体となった総合的な取組を実施できるよう、土砂災害の特徴と地域の災害リスクの把握・共有や住民等への防災情報の伝達等についてとりまとめられた。この報告書や水防法改正等を踏まえて平成 27 年にガイドラインが一部改訂された。

また、平成 27 年 9 月関東・東北豪雨による災害を受けて中央防災会議防災対策実行会議の下に設置された「水害時の避難・応急対策検討ワーキンググループ」の報告書（平成 28 年 3 月）において、避難勧告等を発令するタイミングや区域を事前に定めていなかった、発災時の混乱を未然に防ぐための準備・体制が不十分であった等の課題を整理し、今後取り組むべき対策が

とりまとめられた。平成 28 年台風第 10 号による水害では、高齢者施設において避難準備情報の意味するところが伝わっておらず、適切な避難行動がとられなかった。これらを踏まえて平成 29 年 1 月にガイドラインの改定が行われ、高齢者等が避難を開始する段階であることを明確にするなどの理由から避難情報の名称が「避難準備情報」から「避難準備・高齢者等避難開始」へ、「避難指示」から「避難指示（緊急）」へ変更された。あわせて、ガイドラインの名称が「避難勧告等に関するガイドライン」に変更された。

平成 30 年 7 月豪雨では、死者・行方不明者が 200 名を超える甚大な災害となった。この豪雨災害を教訓とし、避難対策の強化を検討するため、中央防災会議防災対策実行会議の下に「平成 30 年 7 月豪雨による水害・土砂災害からの避難に関するワーキンググループ」が設置された。平成 30 年 12 月の報告書では、これまでの「行政主導の取組を改善することにより防災対策を強化する」という方向性を根本的に見直し、住民が「自らの命は自らが守る」意識を持って自らの判断で避難行動をとり、行政はそれを全力で支援するという、住民主体の取組強化による防災意識の高い社会の構築に向けて、今後実施すべき対策がとりまとめられた。この報告書を受けて平成 31 年 3 月にガイドラインが改定され、居住者等が災害時にとるべき避難行動が直感的にわかるよう避難情報に 5 段階の警戒レベルが導入された。気象庁の発表する防災気象情報は、住民の主体的な行動を促すため、避難情報の発令判断の材料となる相当情報として警戒レベルとの関連が明確化された。

令和元年東日本台風では、同時多発的かつ広範囲に甚大な被害が発生した。これを受けて中央防災会議防災対策実行会議の下に「令和元年台風第 19 号等による災害からの避難に関するワーキンググループ」が設置され令和 2 年 3 月に報告書がまとめられた。警戒レベルについて分かりやすくなったという意見がある一方で、同じ警戒レベル 4 の中に避難勧告と避難指示（緊急）の両方が位置づけられていることが分かりにくい等の課題が顕在化した。このため、令和 3 年 5 月に災害対策基本法が改正され、避難勧告と避難指示（緊急）が「避難指示」に一本化された。これを受けてガイドラインが名称も含めて見直され、「避難情報に関するガイドライン」として改定され、警戒レベル 3 を「高齢者等避難」とし、警戒レベル 5 を「緊急安全確保」とするなど避難情報が見直された。

エ．タイムライン

タイムラインとは、災害の発生を前提に、防災関係機関が連携して災害時に発生する状況をあらかじめ想定し共有した上で、「いつ」、「誰が」、「何をするか」に着目して、防災行動とその実施主体を時系列で整理した計画である。

平成 24 年 10 月 29 日、米国ニュージャージー州・ニューヨーク州に上陸したハリケーン・サンディは、大都市を直撃、地下鉄や地下空間への浸水をはじめ、交通機関の麻痺、ビジネス活動の停止など、近年発生した災害の中でも極めて甚大な被害をもたらした。ニューヨーク州知事らは、「被害の発生を前提とした防災」として事前にタイムラインを策定しており、タイムラインをもとに住民避難に対する対策を行ったことで、ハリケーンによる被害を最小限に抑えることが出来たとされる。

国土交通省は防災関連学会との合同調査団を結成し、米国での現地調査とヒアリング（米国ハリケーン・サンディに関する現地調査）を行い、米国での教訓等を活用しつつ、我が国の実情にあったタイムラインの策定･活用を進め、大規模水災害が発生することを前提とした防災･減災対策を進めることを提言した。

国土交通省では、平成 26 年 1 月から設置した「国土交通省水災害に関する防災・減災対策本部」において、台風等に伴う大規模な洪水や高潮による被害を最小化するための対策として、国管理河川を対象に、市町村における避難指示等の発令に着目したタイムラインを、河川の氾濫により浸水するおそれのある市町村で策定し、さらに、本格的なタイムラインを全国展開していくことを決定し、平成 29 年 6 月までに、国管理河川の沿線市町村（対象：730 市町村）でタイムラインの策定が完了した。

上記のような避難指示等の発令に着目したタイムラインのほか、全国各地の河川では多機関連携型のタイムラインの検討、策定がなされている。特に、荒川下流域にある首都圏を対象としたものについては、内閣府（防災担当）と東京都が主体となって、広域避難に係る多機関連携型のタイムラインが検討されている。

タイムラインの検討、策定においては、気象庁では、本庁担当課や地方支分部局が、各地方公共団体等で設置する検討会や大規模氾濫減災協議会等の検討の場に構成員として参画し、タイムライン策定の支援を行うとともに、災害時には段階的に防災気象情報を提供している。

オ．大規模水害を対象とした広域避難に係る対策

平成 30 年 7 月豪雨や令和元年東日本台風（台風第 19 号）など、これまでの想定を超えるような災害が全国各地で生じた。このように豪雨災害が激甚化するなか、一市町村の中で住民の避難を完結することが困難となるような広域的な災害が増加したことから、他の市町村等へ行政界を越えた避難（以下「広域避難」という。）の必要性が指摘された。

特に平成 27 年 9 月関東・東北豪雨では、鬼怒川が氾濫し広範囲にわたって浸水するなか、広域避難の検討が事前になされていなかったことが課題として挙げられたことを契機に、中央防災会議防災対策実行会議の下に設置された「水害時の避難・応急対策検討ワーキンググループ」において広域避難に関する検討が行われた。平成 30 年 3 月には、三大都市圏の海抜ゼロメートル地帯を中心とした地域における、数十万人以上が行政界を越えて行う大規模な広域避難の全体像や広域避難計画を策定するための具体的な手順等が示された。

その後、甚大かつ広範囲にわたる被害が発生した令和元年東日本台風において、広域避難の課題が顕在化したことから、中央防災会議防災対策実行会議の下に設置された「令和元年台風第 19 号等による災害からの避難に関するワーキンググループ」及び内閣府（防災担当）における有識者からなる検討会である「令和元年台風第 19 号等を踏まえた避難情報及び広域避難等に関するサブワーキンググループ」にて検討が行われ、災害発生前に大規模広域避難を円滑に行うための仕組みの制度化に関して、令和 2 年 12 月に最終とりまとめが報告された。

これを踏まえ、令和 3 年に災害対策基本法の一部が改正され、災害が発生するおそれがある段階における①国の災害対策本部の設置、②市町村長･都道府県知事による広域避難の協議、③都道府県知事による運送の要請に関する規定等が措置された。

こうした国における広域避難に係る検討と並行して、首都圏では内閣府（防災担当）・東京都が主導で「首都圏における広域的な避難対策の具体化に向けた検討会」をはじめ、「江東 5 区広域避難推進協議会」や「利根川中流 4 県境広域避難協議会」が設置されたほか、中京圏

においては、「東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会」、「木曽三川下流部広域避難実現プロジェクト」等、各協議会の場で具体的な広域避難に関する検討が進められている。

気象庁では、各地で開催されている広域避難に係る検討会等において、地方支分部局等が構成員として参画し、特に台風情報や流域平均雨量など、広域避難検討にあたっての気象情報の提供や助言、計画策定支援を行っている。

カ．災害の調査（気象庁機動調査班）

気象庁では、大きな地震が発生した際、地震観測環境の点検を行い正常な観測を継続できるか確認するとともに、地震の概要把握や防災情報の的確な発表及び改善を図ることを目的に、現地において建物や地割れ等の被害状況調査を実施してきた。また、津波被害があった場合は、津波予報等の精度向上を図るため、被災地域において痕跡調査を行い津波の高さを測定・記録してきた。

一方、気象、高潮、波浪又は洪水による社会的に関心の高い重大な災害が発生した場合は、地方公共団体等の防災対応に活用できるよう聞き取り等の現地調査に基づき「災害速報」を作成・公表してきた。また、平成 18 年 9 月の台風第 13 号による宮崎県延岡市及び同年 11 月の北海道佐呂間町の竜巻災害を契機に、関係省庁が連携し、「竜巻等突風対策検討会」が開催され、平成 19 年 6 月に報告書が取りまとめられた。検討会や報告書を受けて、気象庁では竜巻等突風現象の発生を示唆する情報を得た場合は調査を実施し、その突風現象の種類や強度（藤田スケール）等を公表することとした。

災害発生時等の職員派遣に関して、被災地等での迅速な活動及び活動状況の周知・広報が、地域の住民等への安心感の醸成等のために重要であることに鑑み、より迅速な活動及び成果報告を行うため、平成 20 年 10 月 17 日から災害発生時等における現地調査等の職員派遣については、統一的に「気象庁機動調査班（JMA-MOT: JMA Mobile Observation Team）」の名称を用いることとした。

その後、平成 24 年 5 月に茨城県等で発生した竜巻被害を踏まえ、突風現象の推定に用いる「藤田スケール」を日本の建築物等の被害に対応するよう改良した「日本版改良藤田スケール」を平成 27 年 12 月に策定し、平成 28 年 4 月から突風調査に用いることとした。

JMA-MOT の主な活動は、表 2-1-1-1 のとおりである。

キ．災害事例の記録等

（ア）災害時自然現象報告

顕著な自然災害が発生した場合には、防災関係省庁、地方公共団体等の防災機関の防災業務等に役立てることを目的に、その災害の原因となった自然現象について調査し、その成果を「災害時自然現象報告書」として発表することとしている。

昭和 37 年 7 月に災害対策基本法が施行され、気象庁が同法の定める指定行政機関に指定されたことを受けて、従前、各官署が個別に実施していた報告書の作成を系統的に行うため、昭和 41 年に「災害時の異常現象調査報告実施要領」を定め、災害の速報（防災業務実施状況報告）及び調査報告（異常現象調査報告）を作成することとなった。さらに、これらの速報及び報告をより解りやすく利用しやすいものにするため、昭和 54 年 12 月には「災害時自然現象報告書作成指針」が制定され、これらの速報及び調査報告は「災害時速報」及び「災害時調査報告」

表 2-1-1-1　JMA-MOT の主な活動内容

調査活動の事象	出動の基準	活動内容
竜巻等突風	竜巻やダウンバーストなどの突風の発生を示唆する情報を得た場合	現象の詳細を調査するため、状況に応じて現地に赴いて被害の状況や当時の状況の聞き取り調査を行う。
地震、津波	地震又は津波による顕著な被害があった場合	・気象庁震度階級関連解説表が実状に即しているかの確認及び改善、又は津波予測の精度確認及び改善のために、速やかに収集しなければ得られない情報や、地震・津波に関する情報を的確に発表するため、速やかな震度観測点や検潮所などの観測施設の被害状況に関する情報等を収集。 ・当該地震に係る余震活動等の状況を把握するため、必要な測器その他の機器を設置し、機動観測を実施。
火山	火山の噴火その他の顕著な火山現象が発生、又は発生するおそれがある場合	・緊急に当該火山観測体制を強化して火山現象を観測するため、必要な測器その他の機器を設置し、機動観測を実施。 ・適時適確な噴火予報及び噴火警報を行う上で重要となる噴出量やマグマの活動状況を推定する手がかり、又は降灰予報の精度向上に不可欠な降灰の状況等の調査を実施。
高潮	高潮により重大な被害が生じた場合	実態解明に必要な調査を行う。
高波	高波により重大な被害が生じた場合	実態解明に必要な調査を行う。
副振動	副振動により重大な被害が生じた場合	実態解明に必要な調査を行う。

に改められた。その後、平成 27 年 2 月の改訂において、「災害時調査報告」を廃止し、「災害時速報」の内容を充実させたものを「報告」と位置づけることとなり、現在に至る。

（イ）自然現象の名称

気象庁では、顕著な災害を起こした自然現象について名称を定めることとしている。これは、防災関係機関等による災害発生後の応急・復旧活動の円滑化を図るとともに、当該災害における経験や貴重な教訓を後世に伝承することを期待したものである。

気象庁では以前から、死者・行方不明者 5,000 人以上を出した昭和 34 年の伊勢湾台風や北陸地方を中心に大雪となった昭和 38 年 1 月豪雪など、顕著な被害をもたらした自然現象に命名してきた。

こうした中、平成 15 年には、北海道で震度 6 弱を観測した地震が発生し「平成 15 年（2003 年）十勝沖地震」と命名したが、この年には他に東北地方で震度 6 弱及び 6 強の地震が発生し、これらについても命名すべきではないかとの指摘があったことを契機に、平成 16 年に顕著な災害を起こした地震及び豪雨の名称を定める基準及び命名についての考え方を明確化した。その後は基準に沿って命名してきたが、豪雨と地震以外の自然現象について名称を付ける考え方が明示されていないこと、台風は台風番号では記憶に残りにくく、伝承の観点から好ましくな

いことなどの課題を踏まえ、平成 30 年には、豪雨以外の台風等の気象現象及び火山現象についても名称を定める基準及び名称の付け方等を再整理した。また、あわせて各地域で独自に定められた災害やそれをもたらした自然現象の名称についても、後世への伝承の観点から利用し普及を図ることとした。

（名称を定める基準及び付け方）

●気象現象（台風を除く）：「元号年＋月＋顕著な被害が起きた地域名＋現象名」

顕著な被害（損壊家屋等 1,000 棟程度以上又は浸水家屋 10,000 棟程度以上の家屋被害、相当の人的被害、特異な気象現象による被害など）が発生した場合

●台風：「元号年＋顕著な被害が起きた地域・河川名＋台風」

顕著な被害（損壊家屋等 1,000 棟程度以上又は浸水家屋 10,000 棟程度以上の家屋被害、相当の人的被害など）が発生し、かつ後世への伝承の観点から特に名称を定める必要があると認められる場合

●地震：「元号年＋地震情報に用いる地域名＋地震」

陸域でマグニチュード 7.0 以上（深さ 100km 以浅）かつ最大震度 5 強以上、又は海域でマグニチュード 7.5 以上（深さ 100km 以浅）であり、かつ最大震度 5 強以上又は津波の高さ 2m 以上等

●火山：「元号年＋火山名＋噴火」

顕著な被害が発生した場合（相当の人的被害など）、又は長期間にわたる避難生活等の影響があった場合

【第２節】国の危機管理における気象庁の役割と対応

第 1 節に記載のとおり、自然災害に係る国の危機管理において、気象庁は官邸等への情報提供、緊急参集チーム及び政府災害対策本部への参画等重要な役割を果たしている。一方、自然災害以外についても、原子力災害、大規模油流出等の政府の緊急事態対応において、気象状況や今後の見通しの情報提供等を行う気象庁の役割は重要である。加えて、国民保護法で想定している武力攻撃事態等への対処として、国民に対し正確な情報を適時かつ適切に提供すること等とされている。

また、気象業務の的確な遂行にあたっては、各種システムの安定稼働や防災気象情報発表体制に万全を期するとともに、首都直下地震等の非常事態においても業務を継続するための業務継続計画（BCP）の策定及びその不断の点検・見直しが必要である。

さらに、気象庁が提供する情報の社会経済活動における利活用が進む中、人為的ミスやシステム障害等による情報の誤り等に関する社会への説明責任は一層重要となっており、人為的ミス等の再発防止や、誤り等があった場合の対処を迅速かつ適切に行う必要がある。

こうした気象庁における危機管理業務の重要性に鑑み、平成 20 年 10 月に、総務部企画課に危機管理企画調整官、各管区・沖縄気象台に危機管理調整官を設置し、自然災害以外の危機管理事案への対応を行っている。

1．原子力災害対応

（1）原子力災害対応マニュアル

我が国では、平成 11 年 9 月の茨城県東海村にある核燃料加工施設における臨界事故を契機として、平成 11 年 12 月に原子力災害対策特別措置法が制定された。その後、平成 23 年 3 月の東日本大震災における福島第一原子力発電所事故への対応を踏まえ、平成 24 年 9 月に同法が改正された。平成 24 年には、この法律改正も含め、新たな原子力災害対策の体制が整備され、原子力防災会議幹事会により原子力災害対策マニュアルが策定された。

気象庁では、原子力災害対策マニュアル等に基づき、原子力災害への対応手順を定めた原子力災害対応マニュアル（以下「原子力マニュアル」という。）を策定している。原子力マニュアルは平成 18 年 3 月に策定された初版の災害対策要領に盛り込む形で策定した。東日本大震災における福島第一原子力発電所事故の際には、原子力マニュアルに沿って、原子力災害対策本部において地震・津波・気象に関する資料提供を行ったほか、原子力安全・保安院緊急時対応センターに設置された原子力災害対策本部事務局に職員を派遣し、地震・津波情報や気象情報の解説を行った。その後、当該対応を踏まえ、平成 25 年 3 月と平成 28 年 3 月に原子力マニュアルを改定した。原子力マニュアルにおいて、気象庁は、首相官邸（内閣官房）、緊急時対応センター（原子力規制庁）及び対策拠点施設に対する気象情報の提供、避難活動に資する気象情報の地方公共団体への提供及び緊急時モニタリングの支援等を行うこととしている。また、原子力関係事故が発生した場合、官邸危機管理センターに緊急参集チームが招集され、気象庁からは気象防災監が参集するほか、原子力災害対策本部事務局員への職員派遣、原子力災害現地対策本部への管区・沖縄気象台の危機管理調整官の派遣等を行うこととしている。

なお、気象庁は、国際原子力機関（IAEA）と世界気象機関（WMO）との連携の枠組みのもと、IAEA からの要請を受け放射性物質の拡散予測資料を提供する役割を担っており、この提供を行った場合は、原子力規制委員会に通知した上で公表することとしている。

（2）モニタリング調整会議における気象庁の対応

平成 23 年東北地方太平洋沖地震に伴う津波によって発生した、東京電力福島第一原子力発電所の事故を受け、当該事故に係る放射線モニタリングを確実かつ計画的に実施することを目的として、関係省庁、地方公共団体及び原子力事業者等が行っている放射線モニタリングの調整等を担う「モニタリング調整会議」の設置が決定された。同会議は文部科学省を事務局とし、関係省庁幹部（気象庁次長を含む）等を構成員とする形で立ち上げられることとなった。

平成 23 年 7 月に開催された第 1 回会合では、福島第一原子力発電所周辺地域の環境回復や子供の健康や国民の安全・安心に応えるきめ細かなモニタリングや、国が責任をもって地方公共団体や原子力事業者等との調整を図ることによる抜け落ちのないモニタリングを実施する方針が示され、これを実現するための計画として、平成 23 年 8 月の第 2 回会合において総合モニタリング計画が策定された。同計画では、関係府省をはじめとした行政機関のほか原子力事業者等の具体的な役割分担が定められ、気象庁については、気象研究所が、環境モニタリング一般（土壌、水、大気等）、航空、海域、学校、公共施設等を対象とする放射線モニタリング結果の分析を行う機関として位置づけられた。

平成 23 年 10 月に、海域のモニタリングについて、海水の放射能濃度は多くの点で検出下

限値を下回る状態が続いている一方で、海底土の放射能濃度は値のばらつきや広域にわたっての拡散が見られること等を受け、調査海域の拡大等を行うことなどが関係省庁間で合意され、気象研究所が海域モニタリングの実施機関としても位置づけられた。

これら一連の動きに係る気象研究所の対応として、筑波大学などが行う放射性物質のモニタリング調査に分析機関として参加し、地下水や河川水などの 100 を超えるサンプルの放射性核種分析や、風による土壌粒子の巻き上げ効果などの知見の提供を行った。また、福島県の緊急時避難準備区域内にある井戸水の分析を行い、分析結果を取りまとめ機関である環境省に報告した。さらに、外洋海域における海水試料採取と放射能分析を実施し、結果を公表した。

その後も、気象庁は気象データの提供等の観点で引き続きモニタリング調整会議への参画を期待されていることから、同計画に引き続き参画している。なお、令和４年度の同計画改定時に、気象庁はモニタリング調整会議の構成員について、次長から気象防災監に、所掌事務を踏まえて変更した。

2. 大規模油流出事故対応

大規模油流出事故については、平成９年１月にロシア船籍ナホトカ号の重油流出事故を契機に、運輸技術審議会総合部会流出油防除体制総合検討委員会において検討が行われ、審議会報告「流出油防除体制の強化について」（平成９年 12 月）が決定された。本報告において、気象庁は、『従来気象業務において一週間先までの海上風、波浪、海流の予測を行っており、これらの結果を組み合わせて一週間程度の長期にわたる漂流を予測することができるが、予測結果を防除活動を実施する機関にとってより有用なものとするためには、数値予測モデルの開発を進めるとともに、結果を海上保安庁に対してリアルタイムに提供する必要がある。』とされた。

これを受け、気象庁は数値予測モデルを開発・整備するとともに、平成 11 年 10 月に海上保安庁と漂流予測業務に関する協定を締結し、大規模油流出事故に係る業務を開始した。

大規模油流出事故が発生した場合、首相官邸に緊急参集チームが招集される。気象庁は気象防災監が構成員となっており、海上・沿岸の気象・海象の状況や漂流予測等の情報提供を行うこととしている。

3. 武力攻撃事態等への対応

気象庁では、武力攻撃事態等において国民の保護に資するため、平成 17 年 10 月 28 日に気象庁国民保護計画を策定し（最終更新：平成 28 年３月 29 日）、これに基づき関係機関や国民へ気象情報等の提供を行うこととしている。

北朝鮮では近年、弾道ミサイルと見られる飛翔体の発射を繰り返し行っており、我が国領土・領海に影響がある可能性がある場合には、関係省庁へ気象情報の提供を行っている。

4. 気象庁の危機管理

（1）業務信頼性向上対策

平成 11 年に、鉄道、宇宙開発、原子力等の分野において人為的ミスやマニュアル違反などを原因とする社会全体に影響を及ぼすような事故災害が発生していたことに鑑み、気象庁においても、防災気象行政を推進する立場から率先して「安全の確保」に取り組むべく、同年 10 月に「気象庁事故災害防止安全対策会議」を設置して、人為的ミス防止への対応策等を実施してきた。その後、各種業務において情報システムによる高度な処理の導入が進んだことや、気象庁が提供する情報が社会経済活動に広く利用されるようになったことに伴い情報の誤り等に関する社会に対する説明責任がより重要になったこと等を踏まえ、気象庁業務の信頼性向上のための対策に総合的に取り組むため、平成 20 年６月に同会議を廃止し、「気象庁業務信頼性向上対策本部」を新たに設置した。

対策本部のもと、平成 20 年 10 月には「気象庁業務信頼性向上対策要綱」を策定して、組織における若手職員と幹部職員が直接意見交換を行う「ダイレクトトーク」の実施や、信頼性向上に係る各官署の取組状況を共有する仕組みの構築など、要綱に沿った取組を進めてきた。また、新たな視点の導入等により取組の改善を図るため、各管区・沖縄気象台の危機管理調整官や本庁関係官等を対象に、業務信頼性向上に資する講習会を毎年開催している。要綱は平成 27 年３月に改正し、ミス・トラブル等に関する情報共有、事案が発生した場合の速やかな事後対応について対策を強化するとともに、業務信頼性向上における管理職員の取組強化を図った。この改正を受けて、管理職員が率先して具体的な業務信頼性向上の取組を実践することを目指して、「気象庁管理職員の業務信頼性向上十か条」を取りまとめている。

平成 31 年４月以降は後述する気象庁危機管理推進本部信頼性向上対策部会において、取組を進めている。

（2）業務継続計画

平成 17 年に策定された首都直下地震対策大綱において、中央省庁は業務継続計画を定めることとされ、平成 19 年に「中央省庁業務継続ガイドライン」が策定された。このような動きに鑑み、気象庁では平成 19 年 11 月に長官を本部長とする気象庁業務継続計画推進本部を設置する等所要の体制を整備し、首都直下地震により本庁が被災した場合においても適切・確実かつ継続的に業務を執行することを目的とした気象庁本庁業務継続計画を平成 20 年３月に策定した。「中央省庁業務継続ガイドライン」では、「各府省等は、中央省庁の庁舎の全部又は一部が使用不能となる場合を想定して、代替庁舎を確保することとする」とされている。気象庁では、気象庁本庁業務継続計画の策定に合わせ、現業部門の代替拠点を清瀬庁舎に定め、災害対策本部については、本庁庁舎が使用不能と判断された場合の代替拠点として霞ヶ関周辺（都心部）又は清瀬庁舎を想定することとした。都心部の代替拠点については、国土交通省と調整し、平成 25 年４月の業務継続計画改定の際に、中央合同庁舎第３号館 11 階特別会議室とした。

気象庁業務継続計画推進本部においては、首都直下地震に関する業務継続計画の他にも、平成 22 年に「新型インフルエンザ等発生時の気象庁本庁業務継続計画」、平成 24 年に「気象庁本庁における情報システム運用継続計画」を策定した。

これらの業務継続計画は、気象庁業務継続計画推進本部において定期的に見直しを行ってきたほか、後述する気象庁危機管理推進本部においても定期的に見直しを行い、業務継続体制の充実を図っている。なお、各官署においても、それぞれの地域で想定される大地震や新型インフルエンザ等の業務継続計画を策定している。

（3）気象庁危機管理推進本部

平成 31 年 4 月、平時・災害時を問わず組織の危機管理をより効果的に行うことを目的として、それぞれ災害時、平時の組織の危機管理のための本部として、独立して活動してきた「気象庁業務継続計画推進本部」、「気象庁業務信頼性向上対策本部」を統合し、「気象庁危機管理推進本部」を設置した。

第 1 回本部会議では、会議の翌月に予定されていた平成から令和への改元に係る気象庁の各種システムの対応について議論が行われ、事前準備の徹底や監視・連絡体制の強化を確認した。各システムで事前準備を徹底したことで、改元に伴う異常は発生しなかった。

令和 2 年 2 月には、政府の専門家会議において新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が「国内発生の早期」の段階にあるとの認識が示されたことを受け、当本部において気象庁内の感染予防対策等について検討を行い、「気象庁における新型コロナウイルス感染症対策の方針について」を策定した。本件は同年 3 月から気象庁災害対策本部で検討することとなり、当時の感染状況やそれを踏まえた政府の基本的対処方針の改定等に応じて当方針を逐次改定した。その後、令和 5 年 5 月に新型コロナウイルス感染症の感染症法上の位置づけが新型インフルエンザ等感染症から 5 類感染症に変更されたことに伴い、当方針を廃止した。それまでの間、当方針を踏まえ、新たなグループウェアの導入をはじめとしたテレワーク環境の整備、広報や取材等部外対応の制限、24 時間 365 日停止することのできない現業室への立ち入り制限や、代替庁舎である清瀬庁舎における現業業務実施など、様々な感染予防対策を行い、気象庁の業務に大きな影響があった。

令和 3 年 7 月に、人為的ミスの低減、業務継続計画の改善・拡充に向けた実施体制として、気象庁危機管理推進本部の下に信頼性向上対策部会及び業務継続計画検討部会を設置した。

令和 4 年 4 月には、建設工事受注動態統計調査の不適切処理を受けた対応に関する国土交通省事務次官訓示（若手職員の意見への耳の傾け、風通しのよい職場環境の整備、管理職の部下のルーチン業務の把握等に取り組むこと）を受けて、引き続き業務信頼性向上の取組を継続するとともに、一部の取組を強化（本庁におけるダイレクトトークの強化、総務部門等におけるミス、トラブルにつながりかねない仕事の点検及び推進本部への報告等）した。

第 2 章　地方の防災のための取組

【第 1 節】総論

1．地域防災支援の取組について

気象庁は、全国各地に気象台・測候所を有していたこともあり、その設立当初から地域防災とは縁深かった組織ではあったが、地域防災支援に意識的に取り組みはじめたのは、平成 12 年 7 月に気象審議会答申第 21 号で取りまとめた「21 世紀における気象業務のあり方について」（以下「21 号答申」という。）に向けて議論が進められていた頃である。平成 11 年 3 月に開催した「管区・海洋気象台長及び施設等機関官署長会議」では、地方気象台業務の今後の進め方について、「近年の技術革新、昨今の国の行政組織の見直し等を背景として、地域の気象業務に責任を有する地方気象台において、都道府県等の関係機関との連携・協力を強化するとともに、気象情報の地域における一層の利活用促進が求められてきている。」との見解が示された。21 号答申においては、「防災関係機関と連携・協力した総合的な防災業務の構築」という一章を設け、「国、地方公共団体、報道機関等の連携を強化し、防災に関する専門知識の普及を図りつつ、国民への適時適切な防災気象情報を提供することにより、生命・財産の確保および災害に強い安全な社会の構築」を図るよう気象庁に求めており、具体的な連携強化として、「防災知識の共有化を目的とした情報交換や共同した防災訓練」、「大規模な災害が予想される場合や地震・火山噴火による発災後は、地方気象台等の専門職員を派遣し、気象・地震等の状況や見通しを直接解説し、当該機関における災害対策に対して助言」などが示された。ここから、地域防災支援で今日取り組んでいる内容は、多くがこの時期にはその重要性が認識されていたことがわかる。

このように地域防災支援について議論が活発になった背景には、平成初期の平成 3 年台風第 19 号（通称リンゴ台風）のような台風災害、鹿児島県中心に被害をもたらした平成 5 年 8 月豪雨や栃木県中心に被害をもたらした平成 10 年 8 月末豪雨（通称那須豪雨）等の大雨災害、平成 5 年の北海道南西沖地震や平成 7 年の兵庫県南部地震をはじめとする地震津波災害、平成 3 年雲仙岳噴火等の火山災害における教訓があったことに加え、自然現象の観測・予測技術やインターネット及び携帯端末の普及などの情報通信技術の進化を背景として、降水短時間予報の開始（昭和 63 年 4 月）や天気分布予報・時系列予報の開始（平成 8 年 3 月）といった情報の充実等、個人に対して迅速・詳細な情報提供が可能となってきた社会状況下で気象庁の発表する防災気象情報についても変化が求められていたことがあった。加えて、「民間でできるものは民間に委ねる」（平成 8 年 12 月 6 日　行政関与の在り方に関する基準（行政改革委員会））といった行政改革会議の議論と、その後の中央省庁改革基本法（平成 10 年）の中で「気象庁が行う気象情報の提供は国が行う必要があるものに限定するとともに、気象業務を行う民間事業者に対する規制は必要最小限のものとし、また、気象測器に対する検定等の機能は民間の主体性にゆだねること。」とされたこと、平成 5 年の気象業務法の一部改正による気象予報

士制度等の民間気象事業推進策の導入、測候所から特別地域気象観測所への移行など、気象庁のあるべき姿・果たすべき役割について見つめ直す機会が続いたということも当時の議論の背景として見過ごせない。

上記の 21 号答申も踏まえ、各地で防災気象情報のより有効な利活用を目指して都道府県等の関係機関との連携･協力を模索し､日頃からの活用状況を聴き取っていくなかで明らかになったのは、気象台の発表する防災気象情報が都道府県や市町村の現場で有効に使われていないという実情であった。利用側からの意見では大雨警報などの発表区域が広域であって市町村においては使いづらい、雨が降っていることはわかってもどのような災害に警戒すれば良いのかわかりにくい、そもそも多くの機関から情報が押し寄せ、気象台からの情報が埋もれてしまっている等の課題が明らかになってきていた。このことから、利用者目線に立った防災気象情報に変えねばならないという認識の下、予報精度の向上を踏まえた気象の警報等の発表区域や津波予報区の更なる細分化、今後の発表見通しの記載などの取組、市町村における避難情報発令等の防災対応を意識した庁内の予報課程特別研修（平成 15、16 年度）や技術検討会等の人材育成の取組、将来的な警報のあり方の議論等の動きが始まり、これまで以上に防災に重点を置いた業務に変革することが気象庁内においても広く意識されるようになった。そのような中で、平成 16 年に度重なる風水害によって多くの人命が失われたことに鑑み、住民の避難行動やそれを支える市町村の避難情報に注目が集まり、内閣府で開催された有識者会議での議論をとりまとめる形で市町村が避難情報を発表するための「避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン」が平成 17 年 3 月に取りまとめられた。このガイドラインはその後の多くの災害における課題を踏まえて改定を繰り返しながら「避難情報に関するガイドライン（改称前の避難勧告等の判断･伝達マニュアル作成ガイドラインと併せ､以下「避難ガイドライン」という。)」として令和 6 年現在、各自治体及び気象情報発信者の間で防災対応の基本として定着・活用され、また議論されている。この避難ガイドラインには当初から「市町村、都道府県、気象官署、河川管理者、海岸管理者、砂防関係機関等は、積極的な連携を図る必要」を明記し「重要な情報については、情報を発表した気象官署、河川管理者等と市町村との間で、ホットライン等を通じて相互に情報交換すること。」と地域における関係機関の連携強化を繰り返し強調している。また､同時期の平成 16 年 12 月には社会資本整備審議会河川分科会の下に立ち上がった豪雨災害対策総合政策委員会で「総合的な豪雨災害対策についての緊急提言」が取りまとめられ､これを受けて国土交通省は同月に「豪雨災害対策緊急アクションプラン」を取りまとめ、そこでは「送り手情報から受け手情報への転換を通じた災害情報の提供の充実」が速やかに実施する施策として挙げられた。このように気象審議会等の検討に加えて内閣府や国土交通省全体の検討の中で、防災気象情報に対する提言や地域防災支援に関する提言が盛り込まれ始めてきていた。すなわち以前は「地方公共団体等との連携が進んでいる地域の気象台が独自に取り組んで成果を挙げていたこと」だったものが「全国の気象台において防災機関と連携して地方公共団体に対して取り組むべきこと」に変わってきたのが、この時期であったといえる。

この流れを踏まえ、各気象台がそれぞれ実施してきた防災対策支援について、基本的な考え方や業務内容を整理し、市町村訪問や職員派遣、ホットラインなどの取組を「気象台における地方公共団体の防災対策への支援の手引き」（暫定版）としてまとめたのが平成 22 年 3 月である。これにより、気象台の役割の明確化及び支援に対する考え方の共有を図るとともに、気象台の地方公共団体が行う防災対策への的確かつ効果的な支援の推進・強化が図られた。

平成 16 年度の検討の中で取り上げられた防災気象情報の見直しについては、その後の平成 17 年の土砂災害警戒情報開始、平成 19 年の改善された指定河川洪水予報開始、平成 22 年の市町村単位の警報・注意報発表の開始等、市町村の避難判断に役立つ防災気象情報へ改善する動きに繋がっている。また情報伝達面では、平成 11 年に緊急防災情報ネットワークの運用が始まり、都道府県との間で共有される情報の伝達手段が、それまでの音声伝達や FAX による伝達のやり方から大きく変わった。また平成 14 年 8 月には気象庁ホームページにおいて幅広く国民一般の利用に資するよう警報等の情報のリアルタイムでの掲載が始まり、気象庁が自ら周知する手段に加わった。さらに平成 18 年にはオンラインで情報伝達を行うとともに図化した情報を Web に掲載するシステム（防災情報提供システム）において、市町村の防災担当までアクセス出来る環境を整え、都道府県を介してのみ伝達されていた市町村への情報の伝達・共有が直接かつ複数の経路で流通するようになった。これらの情報改善や伝達経路の多重化などは、市町村の避難情報の発令を支援する取組こそが住民を守ることに繋がるという認識の下で、これまで都道府県中心の連携となっていた地域防災の取組が、市町村との連携強化に変わることに結びついていった。

しかし、そのような改善の取組にも関わらず、平成 23 年の東日本大震災や台風第 12 号による大雨、平成 24 年 7 月九州北部豪雨、平成 26 年 8 月豪雨など大きな人的被害をもたらす事象が毎年のように発生し、平成 25 年の特別警報の創設など防災気象情報の改善は続けられていたものの、更なる対応改善の検討が必要な状況となった。また、東日本大震災の教訓やそれを契機とした社会的要請や関心の高まりを踏まえ、住民に対する防災気象情報の利活用をはじめとする気象・地震・津波等の安全知識の普及啓発の取組についても、平成 24 年度から全庁的に推進を図る状況となっていた。国土交通省は平成 26 年度に「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」の検討を行い、近年雨の降り方が局地化、集中化、激甚化しているとして危機感をもって防災･減災対策に取り組んでいく必要があると取りまとめ､その中では､「引き続き避難勧告等の適切な発令を推進するための対策を講じていくとともに、避難勧告等では対応できない場合も視野に入れ､住民一人一人が自然災害に対する「心構え」と「知識」を備え、いざというときには、避難勧告等だけでなく状況情報をもとに、自ら考え適切に行動できるようにするための施策を強力に推進していく必要がある。その際には、きめ細やかな防災情報の提供等のソフト施策の充実を図る必要がある。」との指摘があるなど、災害に向けた備えに普段から取り組むことについて強調されている。交通政策審議会気象分科会では、この報告を受け、防災･減災のためにソフト面から気象庁が取り組むべき事項を審議し、「「新たなステージ」に対応した防災気象情報と観測・予測技術のあり方」を、気象庁への提言として平成 27 年 7 月に取りまとめた。

このように、大きな人的被害を出した災害の教訓、交通政策審議会における気象庁への提言を踏まえ、気象庁においても、それまで重視してきた防災気象情報等の「発信」の視点に加え、自治体や住民等における防災気象情報等の「理解・活用力」を高めるなど、地域の目線に立った取組について早急に検討する必要性が生じていた。このため気象庁では、「地域における気

象防災業務のあり方検討会」を平成 29 年 4 月に設置し、風水害や地震・火山等の自然災害に対する防災力を総合的に高め、また、「大災害は必ず発生する」との意識を社会全体で共有し、これに備える「防災意識社会」への転換に貢献していくため、地域の気象防災に一層資する気象台の業務の方向性や取組について検討を進め、その成果は気象庁の地域防災支援業務の土台となった報告書「地域における気象防災業務のあり方」として平成 29 年 8 月に取りまとめられた。気象庁は、この報告書をもとに、後述する「平時における災害に備えての取組」、「緊急時における対応」、「災害後における対応」について、全国的に取組を強化するとともに、地域防災支援の業務体制強化に向けて業務の見直しや組織の改編を進めた。また、直後の平成 30 年の災害を踏まえて防災対策実行会議の下にワーキンググループを設置して取りまとめられた報告書「平成 30 年 7 月豪雨を踏まえた水害・土砂災害からの避難のあり方について」においては、行政主導の対策に限界があり、住民主体の防災対策に転換する必要があることを強く訴えるものとなり、このことも普段からの地域防災支援業務の重要性を再認識するものとなった。現在、各地で精力的に進めている地域防災支援の取組にはこの時期に全国的な号令の下で始まったものもある。このような地域防災力強化を含む気象業務実施体制の強化を目的として令和 2 年度に気象防災監を設置するとともに総務部企画課に防災企画室とは別に地域防災企画室を設置するなど、気象庁の組織改編を実施した。

2．地域防災支援における気象庁の役割

平成 29 年 8 月に取りまとめられた「地域における気象防災業務のあり方」報告書では、気象庁の業務の方向性について以下のとおり述べている。この報告書がその後の地域防災支援業務の土台となった。

- 気象台は、「防災意識社会」、地域社会を担う一員としての意識を強く持ち、市町村、都道府県や関係省庁の地方出先機関等と一体となって、地域の気象防災に一層貢献する。
- 特に、防災の最前線に立つ市町村に対し、既存の防災気象情報に加え、災害発生と関連の強い“危険度分布”等の新たな情報を緊急時の防災対応判断に一層「理解･活用」(読み解き)いただけるよう、平時からの取組を一層推進する。

また、災害対策基本法では、指定公共機関の長は、「都道府県及び市町村の地域防災計画の作成及び実施が円滑に行われるように、その所掌事務について、当該都道府県又は市町村に対し、勧告し、指導し、助言し、その他適切な措置をとらなければならない。」とされている。また特に住民の避難に関して、市町村長からは「必要があると認めるときは、指定行政機関の長若しくは指定地方行政機関の長又は都道府県知事に対し、当該指示に関する事項について、助言を求めることができる。この場合において、助言を求められた指定行政機関の長若しくは指定地方行政機関の長又は都道府県知事は、その所掌事務に関し、必要な助言をするものとする。」と気象台を含む行政機関に対して助言を求める規定が平成 25 年の災害対策基本法改正で追加・明記されている。

これら法令や報告書で示された方向性をもとに、地域における気象防災力を高めて住民の安全安心を確保する目的で気象庁における地域防災支援の取組が形作られてきた。目的達成のために、各地の気象台には、関係機関と一体になって、住民の具体的な防災行動に結びつくよう貢献していくことが求められている。このため「平時における災害に備えての取組」、「緊急時における対応」、「災害後における対応」の各々の取組を通じて、地方気象台とその地域の地方公共団体等の関係機関との連携強化を重視し、関係機関との「顔の見える関係」の構築・維持に努めている。

【第 2 節】平時における災害に備えての取組

1．地方公共団体等を支援する取組

緊急時における地域の防災力の向上のためには、防災対応の最前線に立つ地方公共団体と地元の気象台との間の平時からの信頼関係を深めていく（「顔の見える関係」を築く）ことが重要である。このためには、気象台は地方公共団体が行う防災対策の背景となる、地域の気象・地象等の特性、災害特性や地方公共団体の防災体制等の状況を確実に把握しておくとともに、その情報を地方公共団体とも共有し、緊急時等に情報交換を円滑に行えるよう、相互連絡体制を確保する等の環境の構築が重要である。

気象台と地方公共団体等との連携については、台風説明会の開催や事後の災害状況調査等、多くの取組が行われてきていたが､近年は平時から「顔の見える関係」を築くために､以下（1）～（5）の取組を全国で実施している。

（1）組織トップ同士の意見交換（首長訪問）

平成 17 年に「避難ガイドライン」で気象台と市町村の間の連携について触れられ、市町村との関係強化が求められて各地において取組が進められていた。その中で、警報・注意報が平成 22 年 5 月に市町村単位になることを契機に市町村への訪問の機会が以前と比べて増加したこと、気象台と市町村の防災担当者間の電話連絡の機会が増えたことから、市町村と気象台の連携強化が進んだという報告が多く寄せられていた。加えていくつかの気象台から、官署と市町村の担当者間の「顔の見える関係」構築の下で、トップ同士の会談を行うことで信頼関係の構築が更に進んでいるとの報告があり、同様にトップの市町村訪問に取り組んでみようという気象台も現れた。さらに警報・注意報の発表が市町村単位となった直後の平成 22 年 6 月に、気象庁総務部企画課から各管区・沖縄気象台業務課に宛てて発せられた文書「風水害に対する防災態勢の強化及び防災業務の的確な実施について」の中で「気象台長が市町村長との間で必要な時に確実に情報交換することができるなど、都道府県や市町村との間で情報連絡体制を整備すること」を求めている。

このような流れの中で、緊急時において、気象台の台長と市町村の首長との間で気象台の持つ危機感を共有することが危機管理対応の上で非常に重要との認識の下、緊急時におけるホットライン等の首長に働きかける対応がより効果的なものとなるよう、首長訪問が推奨されるようになった。平成 29 年 8 月の「地域における気象防災業務のあり方」報告書を踏まえ、同月には市町村との信頼関係の深化・連携強化に資するよう、気象台長自ら市町村長を可能な限り訪問し、機会を捉えて市町村と各レベル（首長－台長間、担当者間）でコミュニケーションを積極的に図るよう通知している。

意見交換の頻度は地域によって差があるが、おおむね年に一度ないしは 2 年に一度であり、首長の選挙による交代等、必要に応じて随時訪問をしている。意見交換では最新の防災気象情

報の改善取組など気象庁の進めている施策について説明を行うとともに、市町村において現在気に掛けている地域や重視している情報、緊急時の体制等について聞き取り、市町村のニーズに寄り添った気象台の対応となるように役立てている。

（2）地方気象台におけるワンストップ対応（あなたの町の予報官）

「顔の見える関係」を構築するためには、気象台側の担当者が案件ごとに変わるより、極力いつもの担当が対応するという形が望ましいとの認識から、地域別の担当チームを形成して地方公共団体への対応を行う気象台があった。その中で、平成 29 年 8 月の「地域における気象防災業務のあり方」報告書を踏まえて、気象台における地域防災支援の強化に関して若手職員も交えて議論が行われ、気象台が管轄する地域を複数の市町村からなるいくつかの地域に分け、その地域ごとに担当する 3 名から 5 名程度の専任職員のチームを設ける仕組みが提案された。この提案をもとに平成 31 年 1 月から順次始まったのが、台を挙げて地域密着の防災支援を行うための「あなたの町の予報官」である。

これにより、地域に密着した日頃からの解説や地域特有の災害リスクの共有、河川や火山等の協議会の枠組みでの防災対応の検討など、平時・緊急時・災害後における地域における「我が事」感をもった地域の防災力の向上に直結する取組を強力に実施・推進する体制が整った。担当チームを編成することで常に同じチームの気象台職員が対応するため、気象台に対して日頃から相談しやすく、気象・気候・地震・津波・火山等に関するワンストップでのやり取りが可能となる。さらに、平時の関係構築や市町村個別の特徴を踏まえた実践的な研修や訓練を通じて、緊急時には気象台と連携した円滑な防災対応を行うことが期待できる。加えて地方気象台にとっても、複数名で地域を担当することによりメンバー間でフォローしつつ業務や役割の分担を行うことが可能になり、地域内の地方公共団体に関する知見等の円滑な引継ぎ、地域防災の技術・知見やノウハウの円滑な伝承も期待できる。

（3）実践的な研修・訓練（気象庁の実施するワークショップ）

防災気象情報の改善の検討の中で、住民への平時からの普及啓発活動の重要性は常に指摘されてきた。過去の災害事例を用いて防災訓練や演習などを地方公共団体と実施する取組は各地で実施され、また学校の授業における活用を意識したワークシートや映像資料などは作成されていたが、全国的に繰り返して活用できるところには至っていなかった。そこで気象庁は、地域防災力の向上のために全国で取り組んだ内容を集約検討し、平成 25 年度に「気象庁ワークショップ『経験したことのない大雨その時どうする？』」という学習プログラムを開発し、教材一式を平成 26 年 6 月に公開するとともに全国的にこの学習プログラムを活用したワークショップの開催を行った。

この教材を活用したワークショップを実施していく中で、地方公共団体の防災対応への支援強化策の一つとして、自治体の防災担当者向けにも具体的な対応を実践的にシミュレーションできるワークショッププログラムを開発・公開することが求められ、7 市における試行も経て平成 30 年 5 月に地方公共団体防災担当者向けの「気象防災ワークショッププログラム」を公開した。このプログラムは、地方公共団体の防災担当者が各種の防災気象情報を適切に理解・活用し、適切なタイミングでの体制強化及び避難に関する判断を行うなど、防災対応力の向上を目指したワークショップ形式のプログラムとなっている。

学校等地域での活用を意識した気象庁ワークショップと、地方公共団体の防災担当者を意識した気象防災ワークショップは、オンライン方式の開催を意識した改良等、最新の知見を取り込みながらともに活用を続けており、各地の気象台でこれらを活用した実践的なワークショップを開催している。

（4）気象防災アドバイザーの活用

平成 27 年 7 月の「「新たなステージ」に対応した防災気象情報と観測・予測技術のあり方」において、気象庁は、市町村の支援をより幅広く推進していく観点から、気象庁のみならず、民間の気象事業者や気象予報士等にも積極的に協力を求め、市町村を支援するための取組を効果的に進めていく必要があると指摘された。この背景には、防災気象情報が多様化・詳細化・高度化していく中で、防災気象情報を読み解いて判りやすく地域に解説していくことが重要となっており、そのことに対応出来る人材がより多く求められてきたことが挙げられる。この指摘を受け、平成 28 年度に気象予報士を活用したモデル事業の実施を経て、平成 29 年度には気象防災のスペシャリストで限られた時間の中で予報の解説から避難の判断までを一貫して扱える人材、気象防災アドバイザーの制度を設け、このアドバイザーの拡充に向けた育成にも取り組みはじめた。地方公共団体に任用された気象防災アドバイザーは、気象台職員の派遣とは異なり、地方公共団体側のスタッフとして防災気象情報の読み解きや、それに基づく市町村長に対する避難情報発令の助言、地域住民や市町村職員を対象とした防災出前講座等を行っている。このような外部専門人材とも連携した地域防災支援を通じて、気象台単独では困難だった幅広い理解促進の取組を実現している。

（5）その他の取組

上記（1）～（4）の他にも、地域防災計画の修正に係る協力、避難情報の発令基準等の策定支援、大規模氾濫減災協議会・流域治水協議会や火山防災協議会等の場を活用した交流、担当者による地方公共団体への訪問、タイムラインの策定支援、勉強会等の機会を活用した交流などを通じて、地方公共団体をはじめとする防災関係機関との信頼関係の深化・連携強化に取り組んでいる。また防災気象情報への理解促進の取組が重要であるとの認識の下、平時から講習会や勉強会、ハンドブック等の普及啓発資料の作成、地方公共団体が行う各種防災訓練など、様々な機会を捉えて、地方公共団体等に対して活動しているところである。加えて、政府全体として要配慮者対策やリスクコミュニケーション推進といった新たな地域防災の課題への対応が進められたことも踏まえ、地方公共団体の防災担当者以外との連携強化、例えば要配慮者の円滑な避難を推進する観点で、市町村（防災部局、福祉部局）、県（福祉部局）、障害者団体及び社会福祉協議会等との連携、地方公共団体以外の関係機関における災害対応を支援する観点で、インフラ機関（鉄道、バス、タクシー等）、ライフライン機関（電力、ガス、水道等）及び報道機関等との連携なども求められてきている。これらの関係機関が行う災害対応を的確に支援するためには、前提知識として、当該団体の災害対応の実態や課題について気象台が理解し把握する必要があることから、より多くの機関との平時からの対話が一層重要となっている。

2．住民自らが行動をとることのできるような風土・文化の醸成

住民への普及啓発については、昭和の時代から様々な取組が各地で行われていた（第 1 部

第７章「広報・報道業務」も参照)。しかし、平成７年１月の阪神・淡路大震災や平成23年３月の東日本大震災のような大規模かつ広域の災害においては公助の限界が突きつけられ自助や共助の役割に注目が集まることや、平成19年に緊急地震速報のような利用者がとるべき行動等について十分な知識を予め持つことが求められる情報を開始したこと等から、普及啓発や防災教育の重要性が指摘され、平成24年の災害対策基本法の改正などで反映された。気象庁においても「気象情報や自然現象から住民が自らの判断で状況に応じた的確な行動をとることのできるような風土・文化を醸成すること」を掲げ、住民に対する防災気象情報をはじめとする気象・地震・津波等の安全知識の普及啓発の取組を平成24年度から強化して実施した。平成27年２月に３か年の取組を振り返った気象庁の文書では、普及啓発の重要性から引き続き取り組むことを明記するとともに、風土・文化の醸成は、一朝一夕に達成されるものではないことから、持続的な取組が必要であることに言及し、今後の取組においては、これまで以上に効率性を重視し、持続可能な体制で進めることとしている。これら過去の災害の教訓を踏まえて多くの取組を実施したにも関わらず、平成30年７月豪雨では平成に入って最悪の200人を超える死者が発生した。この衝撃は大きく、平成30年12月に防災対策実行会議で取りまとめられた報告書「平成30年７月豪雨を踏まえた水害・土砂災害からの避難のあり方について」においては、巻末に「国民の皆さんへ　～大事な命が失われる前に～」と題した国民への呼びかけが盛り込まれ、行政主導の対策に限界があり、住民主体の防災対策に転換する必要があることを強く訴えるものとなった。報告書では、住民は「自らの命は自らが守る」意識を持つこと、行政はその住民が適切な避難行動をとれるよう全力で支援することを、目指す社会として掲げている。この報告書を契機として、この方向性はその後の災害対策基本法の改正や防災基本計画の見直しの中にも盛り込まれている。

住民がこのような意識を持ち自ら判断し行動するためには、地域の災害リスクの把握、緊急時の行動に関する基本的な知識の習得、日頃からの訓練の実施等、平時からの取組が欠かせず、気象庁においてそれらの活動を支援することが重要な役割となっている。しかし、災害リスクは、居住地の地形、住宅構造、家族構成等、住民一人一人異なることや、全国に小中学校は約３万校、自治会等により組織された自主防災組織は約17万団体も存在することを踏まえれば、その全てを気象庁単独で対応するのは現実的ではない。このため、地域が一丸となって取り組めるよう、地方公共団体（防災部局や教育委員会、福祉部局等)、地方整備局等の防災関係機関と連携するとともに、普及啓発の担い手を増やす取組として、報道機関、（一社）日本気象予報士会地方支部や（NPO）日本防災士会の都道府県支部等の取組を支援する等、地元関係団体との連携が重要になっている。加えて、同じく防災教育に力を入れている日本赤十字社や（一社）日本損害保険協会との連携、全日本ろうあ連盟等の要配慮者の団体との連携など、情報の利活用に向けて関係団体と連携して取組を進めているところである。

住民への普及啓発は気象庁の発表する防災気象情報が有効に利活用するためには欠かせない取組であり、地域住民の自助・共助の能力を高め地域の防災力全体を底上げしていくものである。同時に取組を通じて得られた知見は気象庁の解説業務や技術開発などにフィードバックすることで、気象庁の業務の改善と推進及び職員の意識向上に大きく貢献する。このため、気象庁が本来行うべき業務として普及啓発を考える必要があり、取組の優先度を明確にした上で、限られた人的資源を有効に使って実践していくことが重要である。

なお、普及啓発の取組は長期間にわたる継続的な実施により効果が現れるため、単発のイベント的な取組だけではなく、連携相手が継続的に実施している業務の中に連動させるなど、無理なく継続できる仕組みづくりが必要である。このためには連携相手との平時からのコミュニケーションにより相手の理解を深めながら進めていくことが必要である。

【第３節】緊急時における対応

１．地方公共団体の災害対策本部との連携

災害対策基本法において、市町村は、「基礎的な地方公共団体として、当該市町村の住民の生命、身体及び財産を災害から保護するため、当該市町村の地域に係る防災に関する計画（地域防災計画）を作成し、実施する責務を有する」とされている。この責任を果たすため、災害が発生し、又は発生するおそれがある場合には、避難情報を発令するものとされており、その権限は市町村長に付与されている。加えて、災害発生時又は災害が発生するおそれがある場合には、地方公共団体に災害対策本部や災害警戒本部等が設置される。この体制下では、当該地域内における住民の生命、財産の保護のための災害対策や復旧・復興等に関する検討や意思決定が行われるとともに、関係者が一堂に会して情報共有を図っている。このことから、緊急時において、地方公共団体に対して状況に応じて気象台から積極的な支援対応を行うことが重要である。

平成初期の災害を踏まえて各地で取り組まれていた防災気象情報の改善の検討では、防災気象情報を利用する立場にある地方公共団体などの機関との意見交換が行われ、防災気象情報に対する要望を整理して改善策を検討することが進められた。その中では、要望としてより詳細な情報内容、より災害に結びつくような内容が求められていることが報告されている。また、改善策の検討には、地方公共団体等の防災活動に情報が役立っているかという視点が重要であり、情報の内容だけでなく、提供タイミング、効果的な情報とするための普段からの連携強化などが必要とも報告している。

加えて平成12年７月の21号答申では、防災気象情報は

・現象と想定される被害等の状況を的確に表現する「分かり易さ」と「きめ細かさ」があること
・国や地方公共団体等の防災機関における防災対策や危機管理における「利用目的に適った」内容やタイミングであること（例、都道府県等の災害対応や広域応援体制）
・国民への注意喚起として適正な内容やタイミングであること
・「迅速・確実」に提供すること

が必要とされ、また利用しやすさの観点から、最新の情報処理技術等を活用し、画像情報等を提供することも必要とされた。加えて、防災関係機関との連携強化の具体策として日頃からの情報交換や共同の防災訓練などに加え、「大規模な災害が予想される場合や地震・火山噴火による発災後は、地方気象台等の専門職員を派遣し、気象・地震等の状況や見通しを直接解説し、当該機関における災害対策に対して助言すること」と提言されている。

このことも踏まえて緊急時における対応について検討が進められた結果、以下の取組につい

て強化が行われた。

（1）気象庁職員の相手機関への派遣

（2）組織トップ同士、担当者同士の電話連絡（ホットライン）

（3）被災地に対するより詳細な資料の提供（災害時支援資料の提供）

（4）気象台からの直接の呼び掛け（記者会見、テレビ会議）

以下に上記（1）～（4）について詳述する。

（1）気象庁職員の相手機関への派遣（JETT など）

気象庁職員を相手機関へ派遣する取組は、平成 7 年兵庫県南部地震の時に兵庫県からの要請によって余震に関する専門的なアドバイザーとして気象研究所の職員を派遣したことから始まっている。その後、平成 12 年の 21 号答申でも地方気象台等の専門職員の派遣について触れられていたものの、実際には数日前からの予測が比較的可能な台風の接近・上陸に対して、台風説明会等の機会を設けて地方公共団体に事前に説明に行くというケースが多く、防災気象情報の作成に人員を割く状況になった場合は、職員の派遣まで手が回らないこともあった。しかし、平成 29 年 8 月の「地域における気象防災業務のあり方」報告書において、自治体における災害対応に一層積極的に貢献するため緊急時に迅速に職員を派遣することが提言され、平成 30 年 3 月に気象庁防災対応支援チーム（JETT: JMA Emergency Task Team）が発足し、状況は大きく変わる。JETT とは、都道府県や市町村等へ気象庁職員を派遣し、現場のニーズや各機関の活動状況を踏まえた気象等のきめ細かな解説を行い、事前の防災対応や事後の救助活動・復旧復興活動を支援する取組を指す。解説の実施で利用者のニーズに応えるとともに、現地に職員が赴くことで現場の最新の状況・追加のニーズを速やかに把握し、より相手に寄り添った支援に繋ぐことも可能となる。当初は地方公共団体からの派遣要請に応える形での派遣だったが、相手機関の要請を待たず速やかに派遣する場合も増えており、災害が予想される場合や発災後においては派遣先における情報が錯綜しているため、現場への JETT 派遣とオンラインによる対応とを状況に応じて使い分け、効果的・効率的な地域防災支援を実施している。地方公共団体からの JETT 派遣への期待が高まっていることを踏まえ、令和 4 年度以降は迅速な JETT 派遣を可能とするための気象台の体制強化も図っており、令和元年東日本台風や令和 6 年能登半島地震対応では派遣人数がのべ 1,000 人を超えるなど、一事例で多くの JETT 派遣者を出す事例も珍しくなくなってきている。

（2）首長ホットライン・担当者ホットラインによる即時的な解説・助言

大雨等の風水害や地震・津波・火山災害等の緊急時において、電話等を通じた地方公共団体からの問い合わせに対し、気象台は気象・地象等の現況と今後の見通し、災害発生に対する危機感等について解説するほか、極めて甚大な災害の発生が予見される等の場合は、気象台から能動的に警戒を呼びかけることにより、地方公共団体の防災対応を即時的に支援する取組を行っている。こういった際に気象台長と首長といった組織トップ同士、ないしはその代理の者と行う電話連絡を気象庁では首長ホットライン（ないしは単にホットライン）と称している。また、同じく気象台の担当者と地方公共団体の防災担当者との間で行う電話連絡を担当者ホットラインと称している。この、重要な情報交換を電話によって実施する取組が強く意識されたのは平成 17 年 3 月の避難ガイドラインの策定が契機となっている。このガイドラインにおいて「重要な情報については、情報を発表した気象官署、河川管理者等と市町村との間で、ホットライン等を通じて相互に情報交換すること。」と明記された。首長ホットライン・担当者ホットラインはともに気象台の危機感を直接に責任者・担当者に伝えることから迅速かつ確実に効果を発揮する手段である。ただし、輻輳している状況下では必ずしも機能するものではないこと、広範囲で深刻な状況となる場合は個別にホットラインを行うことは時間を要するために危機感の伝達手段として現実的ではないことから、状況に応じて気象台の担当者から地方公共団体の担当者に宛てて一斉に送付する「防災メール」や今後の見通しや防災上の留意事項等を Web 上に記載している「気象台からのコメント」、オンライン会議システムを活用した解説、地域に対して気象情報などで警戒事項をわかりやすく記載して発表する等のホットライン以外の複数の手段もうまく使い分けて実施する必要もある。また普段から、用いる電話番号・電話をかける基準やタイミング・輻輳時など電話が出来ない場合もある等について共通認識を持っておくなど入念な準備を必要とする方法でもある。

ホットラインが地方公共団体の決断の後押しに有効な手段である認識が広まることで、平成 25 年 10 月には特別警報が発表されにくい地理的条件にある島に対し、島嶼部における自治体の防災対策への支援強化として、特にホットラインを用いる方法が推奨された。また平成 30 年 7 月豪雨を踏まえ、気象台の有する危機感を市町村に確実に共有し、住民避難をはじめ的確な防災対応に繋げることが重要であるとの認識の下、市町村長が行う避難情報の発令判断を後押しすること、市町村の的確な防災対応を支援することから、状況が切迫している場合には躊躇なく首長ホットラインを実施する旨が総務部企画課及び予報部業務課から各管区・沖縄気象台業務課に宛てて通知された。

ホットラインの実施の判断にあたっては、市町村の避難情報の発令基準を考慮するとともに、過去の重大な災害発生時における雨量・指数・風速等の値や、統計値、極値の超過状況を参考にし、災害の脆弱性の地域特性についても可能な範囲で考慮することが大事である。加えて、緊急時の速やかな判断のために、具体的な目安をあらかじめ整理しておくことも重要である。その一方で、実施の目安に到達していなくとも、市町村における防災対応の状況等により気象台の持つ危機感を共有すべきと判断した場合には、ホットラインを実施することも重要である。なお、危険性が高まっている地方公共団体に直接電話をかける取組は、気象台だけでは無く他の防災関係機関でも広がってきている。

（3）災害時気象支援資料の提供

災害発生時及びその後の関係機関の応急復旧活動時等において、被災地及びその周辺の気象予報、地震活動や火山活動の見通し、防災上の留意事項等を記載した支援資料を関係機関に対して積極的に提供することにより、被災地等における災害応急復旧活動を支援する目的で災害時気象支援資料を提供している。

災害が発生した際の応急復旧活動等に対しては、災害後は施設等の損壊や地盤の緩み等によって通常よりも低い基準で災害発生の懸念が高まること等から、被災地に焦点を当てた今後の見通しの資料を提供することが有効であることが、関係機関との連携強化と防災気象情報の利活用促進が進む中で確認されており、各地で地方公共団体からの要望を踏まえた取組が始まっていた。平成 17 年には災害時気象支援資料に関する全国の情報共有の取組が始まり、有

効な事例の横展開が図られていたが、様相が大きく変わったのは平成 23 年 3 月の東日本大震災である。この時は広範囲で被災したことから、個別の要望に応じて迅速に災害時気象支援資料を提供することが困難と判断され、災害時気象支援資料のフォーマットの統一化や作成の一層の自動化が進められるとともに、気象庁の Web ページに被災地域等への支援情報として災害時気象支援資料を含む被災地向けのコンテンツを網羅的に掲載し提供するためのページの作成が進められ、これはその後の大規模災害時における情報提供のモデルとなった。

（4）記者会見等の実施

台風、低気圧に伴う大雨や暴風、大雪等が当該地域に大きな影響を及ぼすことが想定される場合は、地方公共団体等の防災関係機関への事前説明だけではなく、報道機関に対しても事前に説明会を実施し、予想シナリオや防災上の留意点等の周知・解説に努めている。特に、テレビ等報道機関を通して住民に広く呼びかける必要がある場合は、記者会見を開催し、地域に密着した情報発信を意識するとともに、「自分の命や大切な人の命を守るため」「近所の方などにも声をかけて、一緒に早めの行動を」といった「自助・共助」を支援する呼びかけを推進している。このことは事前の対応が困難な地震、津波、火山活動等の現象についても、同様である。

緊急時における記者会見や解説についてはテレビやラジオの放映が始まった黎明期から実施され、特に台風が日本に接近・上陸する際は気象台の予報課長や予報官等が登場して解説する機会も多くあったが、平成 6 年度の気象予報士制度の導入以降は、気象予報士や気象キャスターによる解説が多くなってきていた。この流れが変わってきたのは防災気象情報の改善の取組で利用者からの要望を聴き取っていく中で報道機関との連携が進められていったことが寄与している。21 号答申においても各所で気象庁とメデイアとの連携･協力が記されており、この時期、その意識が高まっていたことを示している。

このような連携強化は全国の報道キー局が集まる本庁における取組だけでなく、管区等広域のブロック単位での取組や都道府県ごとの地域局を対象とした取組等、様々な地域単位で進められており、全国を対象とした本庁の記者会見では触れにくい地域の細かな内容を地方気象台で伝える等、地域防災に貢献することが意識されていた。また、そのような取組の中、気象庁単独での記者会見だけではなく、関係機関と合同で行う記者会見も増加している。例えば「大雪に対する国土交通省緊急発表」として関係部局が合同で会見をすることがあるが、これは平成 26 年 12 月に異例の降雪に対する国土交通省対策本部が設置される中で大雪が見込まれたことで初めて行われた。また、顕著な台風が接近しつつある場合に気象台と地方整備局等が合同で会見を行い、気象台は気象の実況と今後の見通しを、地方整備局等は各河川で予想される洪水やダム放流の予定や可能性を述べることも令和元年東日本台風の事例以降、各地で実施され始めた。さらに、令和元年東日本台風の際の課題として大雨特別警報解除後も引き続き洪水に対して警戒を続ける必要性があることが伝わらなかったことがあったことから、このような気象現象が終息しつつあっても災害に対する警戒が引き続き必要となる場合に、警報解除の行為が住民にとって安心情報とならないようにするために、「解除」ではなく「切替」という用語を使用して関係機関と合同で会見する取組が、令和 2 年 7 月豪雨の時から実施され始めた。

これらの例のように、関係機関が合同で会見を行うことによって、気象庁が提供する気象の実況と今後の見通しについてのみならず、道路の通行規制や鉄道の計画運休の見込みといった会見に同席した各機関の管理する各分野の今後の見通しについて幅広く情報提供することが可能となり、より効果的な呼びかけとなっている。

なお、令和 2 年から国内でも流行した新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の感染対策でオンラインによる説明会が頻繁に行われるようになって、常時オンラインで防災担当者同士を接続し任意の時間にネットワークを介して声かけを行い臨機にオンラインによる説明会を実施するなど、記者会見を行わなくとも、迅速かつ確実に広く関係機関と危機感を共有するための取組も始まっている。

【第 4 節】災害後における対応

気象庁では災害後において、緊急時の対応の「振り返り」を実施している。災害発生時などの対応を気象台が事後に自治体から聞き取る取組は以前から各地で実施され、事例のフォローアップとして取り組まれていた。これが「相手から当時の対応を聞き取る」から「相手と共に当時の対応を振り返る」に変わってきたのは、平成 25 年にまとめられた米国ハリケーン・サンディに関する現地調査報告書において、災害の「ふりかえり（米国の AAR: After Action Review）」が重要であることが触れられ、その取組や考え方を参考にすべきという提案が現地調査団から国土交通大臣になされたことが契機となっている。この事も踏まえて、平成 29 年 8 月の「地域における気象防災業務のあり方」報告書では「災害後には、顕著現象発生当時の対応について気象台と市町村等が共に振り返りを行うなどにより、取組の内容を不断に改善する。」との提言がなされ、気象庁全体で事後の取組（振り返り）などを一層充実させることが強く意識され、報告書を受けて同 8 月に総務部企画課から各管区・沖縄気象台に対して発出された文書でも一項を設けて実施を推し進めた。

事後の振り返りは、多くの機関が参加した場合は多様な意見が出てくることが期待されるが、他方で他機関を憚り率直な意見が出てこないことも生じるので、少数で率直な意見を引き出しやすくする振り返りも選択肢としてある。どのような形態であれ、検証目的は気象台の地域防災支援の更なる改善とともに、気象台と地方公共団体の双方の防災対応について相互の理解を深め、各々で改善を図ることであり、地域の防災対応能力を全体的に強化する有意義な取組である。振り返りでは、気象台が当時どのように現象の推移を予測し、どのような危機感を持っていたか等、当時の気象台側の対応状況を示すこととなるため、発表した情報の一覧だけでなく、基準設定の考え方や、当時どのような気象・地震・津波・火山の状況に注目し、どのような見通しを持って情報を発表したのかといった気象台側の判断根拠を十分に整理しておく必要がある。また振り返りの実施後は、その結果から抽出された課題や問題点について取りまとめ、地域特有の課題については各地域で改善を図るとともに、全国的に共通する課題については全国的な対応方針の検討を図る必要がある。加えて、可能なものから速やかに改善を図り、例えば気象台長が首長に説明して今後の災害対応について意見交換を行うなど、平時における災害に備えての取組においても、振り返りの結果の活用に努めることが重要である。

第３部

国際協力・航空

第１章　国際協力

大気に国境はなく、台風等の気象現象は国境を越えて各国に影響を及ぼす。このため、各国が精度の良い天気予報や的確な警報・注意報等の気象情報を発表するためには、気象観測データや予測結果等の国際的な交換やそれらを支える技術協力などの国際協力が不可欠である。同様に、国境を越えて届く世界中の地震波を各国が提供し合い、それらを合わせて解析することで、地球のどこでどのような地震が発生したのかを精度良く求めることができるほか、津波の予測精度向上に役立つ。国境を越えてやってくる火山灰についても、その予測に国際的な観測データの交換が重要であることは言うまでもない。このため、我が国の気象業務法にも、その第１条（目的）に「気象業務に関する国際的協力を行うこと」が明記されている。

気象庁が行う国際協力は主に、世界やアジア地区等の中枢的機能の確立・運営、観測手法等の技術標準・規則の作成や国際プロジェクトの実施など多国間の枠組を通じて行う多国間協力と、外国政府機関と協力内容を直接調整・合意した上で二国間で行う二国間協力がある。

多国間協力のうち、気象分野については、主に国際連合（国連）の専門機関である世界気象機関（WMO）の枠組を通じて行っている。また、東及び東南アジア地域の台風防災に係る協力・連携については、国連アジア太平洋経済社会委員会（ESCAP）/世界気象機関（WMO）台風委員会において、航空機の運航や船舶の航行の安全に資する気象情報等の提供に係る国際的なルールについては、それぞれ主に国際民間航空機関（ICAO）や国際海事機関（IMO）で議論が行われているほか、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）の下で気候変動に関する研究と組織的観測に関する議論が、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）においては気候変動に関する最新の科学的な知見の評価とそれを取りまとめた報告書の作成が行われており、気象庁は関係する国際機関を通じた協力を行っている。また、地震分野については、国際地震センター（ISC）、包括的核実験禁止条約機関準備委員会（CTBTO）、海洋及び津波分野については、国連教育科学文化機関政府間海洋学委員会（UNESCO/IOC）を通じた協力を行っている。

二国間協力については、気象庁が直接行うもののほか、国際協力機構（JICA）と協力して、開発途上国の国家気象水文機関等に対してインフラ整備や能力開発を行うものがある。

気象庁の業務は、こうした多国間あるいは二国間の様々な国際協力とともに発展しており、国際業務の内容は多岐にわたる。本章では、国際業務の歩みについて、その全体像を概観しつつ、特に気象庁（又は気象庁長官）が我が国政府全体を代表して所管し、かつ、当庁業務に影響を与える国際的な基準・規則の作成を責務としているWMOの議決機関（世界気象会議（WMO総会）、執行理事会、地区協会及び専門委員会）と台風委員会、また、当庁が我が国の開発協力や海外インフラ展開に関する政府全体の方針に沿って実施している、JICAと連携した開発途上国支援や本邦企業の海外展開支援について、当庁の関与・貢献に焦点を当てつつ記載する（WMOでの各分野における国際協力や交通安全、気候変動、地震、海洋・津波分野における国際協力の詳細については、各章を参照されたい）。

【第１節】世界気象機関（WMO）

１．WMOの概要

世界気象機関（WMO: World Meteorological Organization）は、国連の専門機関の一つとして、世界の気象業務の調和と発展に必要な企画・調整活動にあたっている。より具体的にいえば、気象、気候、水文等の分野に関する様々な審議を行い、各国が協力して気象業務を実施する上で必要となる基準・規則の作成など、国際的な合意形成を行ってきた。昭和22年（1947年）９～10月に米国・ワシントンD.C.で開催された国際気象台長会議において世界気象機関条約（WMO条約）が採択された。同条約は昭和25年（1950年）３月23日に発効し、WMOは同日をもって正式に設立され、同条約に沿った手続きの後、翌昭和26年（1951年）に国連の専門機関の一つとなった。WMOは、この世界気象機関条約の発効及びWMOの設立を記念して、３月23日を「世界気象デー」と定め、毎年、気象業務への国際的な理解促進のためのキャンペーンを行っている。我が国は、WMO条約等の規程を実施するための規定を含む気象業務法を昭和27年（1952年）に制定した後、翌昭和28年（1953年）にWMOに加盟し、以降、気象庁長官（昭和31年（1956年）６月までは中央気象台長。以下同様）が我が国のWMO常任代表を務めている。

WMOを構成する主な組織として、世界気象会議（Cg: World Meteorological Congress。以下「WMO総会」という。）、執行理事会、地区協会、専門委員会等がある。WMO総会は全構成員（加盟国・領域）の出席の下、４年ごとに開催され、向こう４年間の運営方針・活動計画・予算を決定するとともに、役員（総裁、副総裁）及び執行理事並びに事務局長の選出を行う。執行理事会は総裁、副総裁、地区協会長及び選出された執行理事により構成され、WMO総会の決定に従って活動計画の実施調整や活動の管理に関する審議を行う。また、地域の特性に応じた気象業務を推進するために６つの地区協会が設置されており、我が国は第Ⅱ地区（アジア）協会に属している。専門委員会は技術的事項を検討し、WMO総会や執行理事会への提案を行う。

WMOに加盟する構成員数は、昭和26年（1951年）の第１回WMO総会時点では66であった。その後構成員数は増加し、日本が初めて出席した昭和30年（1955年）の第２回WMO総会時点で88、昭和50年（1975年）の第７回WMO総会時点で143、平成15年（2003年）の第14回WMO総会時点で187となり、令和５年（2023年）の第19回WMO総会時点では193（187か国、６領域）であった。

また、WMOの活動を支えるための事務局が設置されており、その本部はスイス・ジュネーブにある。さらに、事務局の一部として地区活動を支えるための地区事務所が世界４か所に

設置されており、第Ⅱ地区（アジア）及び第Ⅴ地区（南西太平洋）の活動を支援する地区事務所は平成 30 年（2018 年）9 月からシンガポールに設置されている。

WMO の活動は、WMO 総会や執行理事会での決定に基づいて各構成員の国家気象水文機関が果たす世界/地区中枢としての活動のほかに、構成員による分担金の拠出により支えられている。その総額は、当初は 4 年総額 1,273 千米ドルであったが、その後増加し、第 19 財政期（2024 ～ 2027 年）の 4 年総額は 278,071.4 千スイスフランとなった。なお、第 10 財政期（1988 ～ 1991 年）より、従来の米ドル建てからスイスフラン建てに変更されている。

また、各構成員の分担金分担率については、当初は WMO 独自の分担率が設定されていたが、平成 7 年（1995 年）の第 12 回 WMO 総会において、徐々に国連の分担率に近づけるべきとする日本、イタリア、英国等と一気に国連の分担率に一致させるべきとするロシア、ベラルーシ等の新独立国家（NIS）諸国及び多くの開発途上国の主張が対立したが、まず、第 12 財政期の最終年（1999 年）に 1997 年の国連の分担率に一致させることとなった。なお、分担率の最低値の違いなどから、国連の分担率に準拠した値となった現在でも WMO と国連の分担率は完全には一致しない（WMO の最低分担率は 0.02%）。その後も、分担率の決定は、当初は WMO 総会で財政期（4 年）ごとに行われていたが、第 14 回 WMO 総会において最新の国連の分担率に準拠した値とすることが決まったことを受け、平成 17 年（2005 年）以降は年ごとに分担率が更新されている。我が国の分担率は、WMO 加盟当初から昭和 58 年（1983 年）までは 2%台を推移したが、翌昭和 59 年（1984 年）に 3.49%となった後は増加傾向となった。平成 14 年（2002 年）には最大となる 19.27%となり、これは米国に次ぐ 2 位の分担率であった。その後は減少に転じ、令和元年（2019 年）5 月の第 18 回 WMO 総会で決定された令和 2 年（2020 年）から令和 4 年（2022 年）までの 3 年間の分担率は、令和元年（2019 年）までの 9.54%から 8.44%に引き下げられ、米国、中国に次ぐ 3 位となった。なお、令和 5 年（2023 年）から令和 7 年（2025 年）までの 3 年間は 7.92%である。

最後に、IMO 賞に触れておく。WMO の前身にあたる国際気象機関（IMO）から通算して、WMO は気象庁に先立ち 2023 年に創立 150 周年を迎えた。この歴史ある IMO の名を冠する IMO 賞は、気象学、気候学、水文学及びそれらに関連する分野の進展、並びにそれらの国際的な活動の推進において多大な貢献を成した者に対し、原則として毎年 1 名に贈られる。我が国からは平成 22 年（2010 年）に松野太郎東京大学名誉教授・北海道大学名誉教授が大気力学分野における研究の発展や、IPCC や WMO を含む多くの国際的な活動への貢献が評価され、日本人として初めて IMO 賞を受賞した。

2．WMO 総会

WMO 総会は、WMO の最高議決機関であり、全 WMO 構成員の出席の下に 4 年ごとに開催される。第 1 回 WMO 総会は昭和 26 年（1951 年）3 ～ 4 月にフランス・パリで開催され、その後第 2 回（昭和 30 年（1955 年）4 ～ 5 月）から第 19 回（令和 5 年（2023 年）5 ～ 6 月）までスイス・ジュネーブにて開催されている。また、特に重要な議題の検討のため、平成 24 年（2012 年）10 月及び令和 3 年（2021 年）10 月の 2 回、臨時会合が開催された。

我が国は、WMO 加盟後の第 2 回 WMO 総会以降、基本的に気象庁長官を首席代表とし、全ての WMO 総会に出席している。ただし、第 17 回 WMO 総会（平成 27 年（2015 年）5 ～ 6 月）については、口永良部島で発生した爆発的噴火に関する対応のため気象庁長官は出席を取りやめ、気象庁予報部長が首席代表代行として全期間対応した。また、平成 24 年（2012 年）の臨時会合には気象庁予報部長が首席代表として出席した。

WMO 総会で行われる審議のうち、特に重要なものとして WMO 条約の改正がある。第 1 回～第 5 回、第 7 回～第 9 回、そして第 14 回及び第 15 回 WMO 総会で議題として取り扱われた。改正のうちの主要な事項の一つは、WMO 条約に規定されている執行理事会の構成、すなわち副総裁及び選出される執行理事などの人数の変更に関する議題である。また、第 7 回 WMO 総会では、WMO の活動分野に水文関係を含めることを明らかにするための改正が行われた。さらに、第 15 回 WMO 総会では、WMO 条約の前文の改正が行われ、災害の軽減、気候変動や地球環境問題に WMO が貢献していく方向性が明文化された。

そのほか、かつての長期計画、現在は戦略計画と呼ばれる活動計画、分担金の総額及び各構成員の分担率、科学技術計画や専門委員会の構成及び所掌事項、一般規則や技術規則の改定、その他 WMO が対象とする様々な活動分野に関わる重要な課題について審議が行われてきた。

気象庁は、我が国、そして世界全体の気象業務の健全かつ持続的な発展、効率的・効果的な WMO の活動の実施を目指し、修正文書案の提出を含めて議論に大きく貢献してきた。

WMO 総会においては、議題を全体で議論する全体会合や、当初の文書案に対して大幅な修正が必要な場合及び構成員間の意見の相違が明瞭な場合に、全体会合に提出する草案作成のための小グループの会合が開催される。

これに加え、正式な会議が開かれる時間帯以外の時間を活用し、WMO 事務局や各国が主催するサイドイベントが開催される。我が国は、平成 23 年（2011 年）5 ～ 6 月の第 16 回 WMO 総会において、東日本大震災への対応を通じて得られた当庁の経験・知見を各国の国家気象機関と共有するためサイドイベントを開催し、観測システムの早期復旧、被災状況に応じた警報基準の引き下げ、被災地の復旧作業等を支援するための気象情報提供など、得られた教訓を取りまとめて報告した。これに関し、各国や WMO 事務局長から、我が国の先進的な取組について高い評価を得た。

そして役員（総裁、副総裁）及び執行理事並びに事務局長の選出も重要な議題の一つである。我が国も気象庁長官の執行理事選出に向け、WMO 総会の開催前から各国に対して支持要請を行っている。また、会期中は我が国の取組の紹介に努めるなど、我が国による気象分野の国際貢献の大きさをアピールし、各国の支持獲得に奔走する。例えば、第 19 回 WMO 総会の会期中には、「すべての人々に早期警戒を（Early Warnings for All）イニシアチブ」（本節第 4 項第 4 目「すべての人々に早期警戒を（Early Warnings for All）イニシアチブ」を参照。）に資する我が国の取組として、「気象衛星ひまわり」、「東南アジアでの気象レーダー画像合成」、「カンボジアの全球基盤観測網（GBON）構築への支援」、「気象業務法」、「JICA の気象関連プロジェクト」についてポスターで展示・紹介した。

これらの選挙活動に加え、世界気象センターをはじめとした、WMO 総会等での決定に基づいて気象庁が担う WMO の枠組での世界や地区の中枢等としての業務の遂行（詳細は、本節第 4 項「重要決定事項」を参照。）による国際協力活動、WMO 関連会合や専門家チーム等

における技術的貢献、JICA などと連携した二国間協力などの積み重ねにより、気象庁長官の執行理事選出が実現している。なお、過去の WMO 総会における、役員（総裁、副総裁）、事務局長及び気象庁長官の執行理事への選出の結果等は以下のとおり（敬称略。括弧内は出身国・領域）。

（1）第 1 回 WMO 総会―昭和 26 年（1951 年）

・パリで開催

・日本は WMO に未加盟だったため出席していない。

（2）第 2 回 WMO 総会―昭和 30 年（1955 年）4 月 14 日～ 5 月 13 日

・ジュネーブ（パレ・デ・ナシオン）で開催

・日本政府首席代表：中央気象台長　和達清夫

・総裁：Viaut（フランス）、第 1 副総裁：Barnett（ニュージーランド）、第 2 副総裁：Ferreira（ポルトガル）、執行委員：12 名、事務局長：Davies（英領東アフリカ）

（3）第 3 回 WMO 総会―昭和 34 年（1959 年）4 月 1 日～ 28 日

・ジュネーブ（パレ・デ・ナシオン）で開催

・日本政府首席代表：気象庁長官　和達清夫

・総裁：Viaut（フランス）、第 1 副総裁：de Azcárraga（スペイン）、第 2 副総裁：Taha（アラブ連合共和国）、執行委員：15 名（和達を含む）、事務局長：Davies（イギリス）

（4）第 4 回 WMO 総会―昭和 38 年（1963 年）4 月 1 日～ 27 日

・ジュネーブ（パレ・デ・ナシオン）で開催

・日本政府首席代表：気象庁長官　畠山久尚

・総裁：Nyberg（スウェーデン）、第 1 副総裁：de Azcárraga（スペイン）、第 2 副総裁：Fedorov（ソ連）、執行委員：18 名、事務局長：Davies（イギリス）

・政府の方針に沿って畠山は執行委員に立候補しなかったが、主要国、東南アジア諸国及び WMO 事務局の中には畠山の立候補を要請する声があった。

（5）第 5 回 WMO 総会―昭和 42 年（1967 年）4 月 3 日～ 28 日

・ジュネーブ（パレ・デ・ナシオン）で開催

・日本政府首席代表：気象庁長官　柴田淑次

・総裁：Nyberg（スウェーデン）、第 1 副総裁：Gibbs（オーストラリア）、第 2 副総裁：Fedorov（ソ連）、第 3 副総裁：Akingbehin（ナイジェリア）、執行委員：20 名（柴田を含む）、事務局長：Davies（イギリス）

（6）第 6 回 WMO 総会―昭和 46 年（1971 年）4 月 5 日～ 30 日

・ジュネーブ（パレ・デ・ナシオン）で開催

・日本政府首席代表：気象庁長官　高橋浩一郎

・総裁：Taha（アラブ連合共和国）、第 1 副総裁：Gibbs（オーストラリア）、第 2 副総裁：Bessemoulin（フランス）、第 3 副総裁：Koteswaram（インド）、執行委員：20 名（高橋を含む）、事務局長：Davies（イギリス）

（7）第 7 回 WMO 総会―昭和 50 年（1975 年）4 月 28 日～ 5 月 23 日

・ジュネーブ（国際会議センター）で開催

・日本政府首席代表：気象庁長官　毛利圭太郎

・総裁：Taha（エジプト）、第 1 副総裁：Navai（イラン）、第 2 副総裁：Izrael（ソ連）、第 3 副総裁：Echeveste（アルゼンチン）、執行委員：20 名（毛利を含む）、事務局長：Davies（イギリス）

（8）第 8 回 WMO 総会―昭和 54 年（1979 年）4 月 30 日～ 5 月 25 日

・ジュネーブ（国際会議センター）で開催

・日本政府首席代表：気象庁長官　窪田正八

・総裁：Kintanar（フィリピン）、第 1 副総裁：Abayomi（ナイジェリア）、第 2 副総裁：Izrael（ソ連）、第 3 副総裁：Echeveste（アルゼンチン）、執行委員：25 名（窪田を含む）、事務局長：Wiin-Nielsen（デンマーク）

（9）第 9 回 WMO 総会―昭和 58 年（1983 年）5 月 2 日～ 27 日

・ジュネーブ（国際会議センター）で開催

・日本政府首席代表：気象庁長官　末廣重二

・総裁：Kintanar（フィリピン）、第 1 副総裁：Izrael（ソ連）、第 2 副総裁：Zou（中国）、第 3 副総裁：Bruce（カナダ）、執行理事：32 名（末廣を含む）、事務局長：Obasi（ナイジェリア）

（10）第 10 回 WMO 総会―昭和 62 年（1987 年）5 月 4 日～ 28 日

・ジュネーブ（国際会議センター）で開催

・日本政府首席代表：気象庁長官　菊池幸雄

・総裁：Zou（中国）、第 1 副総裁：Zillman（オーストラリア）、第 2 副総裁：Alaimo（アルゼンチン）、第 3 副総裁：Houghton（イギリス）、執行理事：32 名（菊池を含む）、事務局長：Obasi（ナイジェリア）

（11）第 11 回 WMO 総会―平成 3 年（1991 年）5 月 1 日～ 23 日

・ジュネーブ（国際会議センター）で開催

・日本政府首席代表：気象庁長官　立平良三

・総裁：Zou（中国）、第 1 副総裁：Zillman（オーストラリア）、第 2 副総裁：Alaimo（アルゼンチン）、第 3 副総裁：Lebeau（フランス）、執行理事：32 名（立平を含む）、事務局長：Obasi（ナイジェリア）

（12）第 12 回 WMO 総会―平成 7 年（1995 年）5 月 30 日～ 6 月 21 日

・ジュネーブ（国際会議センター）で開催

・日本政府首席代表：気象庁長官　二宮洸三

・総裁：Zillman（オーストラリア）、第 1 副総裁：Berridge（英領カリブ）、第 2 副総裁：Sen Roy（インド）、第 3 副総裁：Bautista-Pérez（スペイン）、執行理事：32 名（二宮を含む）、事務局長：Obasi（ナイジェリア）

（13）第 13 回 WMO 総会―平成 11 年（1999 年）5 月 4 日～ 26 日

・ジュネーブ（国際会議センター）で開催

・日本政府首席代表：気象庁長官　瀧川雄壯

・総裁：Zillman（オーストラリア）、第 1 副総裁：Beysson（フランス）、第 2 副総裁：

Noorian（イラン）、第 3 副総裁：Sonzini（アルゼンチン）、執行理事：32 名（瀧川を含む）、事務局長：Obasi（ナイジェリア）

（14）第 14 回 WMO 総会―平成 15 年（2003 年）5 月 5 日～ 24 日

・ジュネーブ（国際会議センター）で開催
・日本政府首席代表：気象庁長官　北出武夫
・総裁：Bedritsky（ロシア）、第 1 副総裁：Noorian（イラン）、第 2 副総裁：Sutherland（英領カリブ）、第 3 副総裁：Rabiolo（アルゼンチン）、執行理事：33 名（北出を含む）、事務局長：Jarraud（フランス）

（15）第 15 回 WMO 総会―平成 19 年（2007 年）5 月 7 日～ 25 日

・ジュネーブ（国際会議センター）で開催
・日本政府首席代表：気象庁長官　平木　哲
・総裁：Bedritsky（ロシア）、第 1 副総裁：Noorian（イラン）、第 2 副総裁：Sutherland（英領カリブ）、第 3 副総裁：Moura（ブラジル）、執行理事：33 名（平木を含む）、事務局長：Jarraud（フランス）

（16）第 16 回 WMO 総会―平成 23 年（2011 年）5 月 16 日～ 6 月 3 日

・ジュネーブ（国際会議センター）で開催
・日本政府首席代表：気象庁長官　羽鳥光彦
・総裁：Grimes（カナダ）、第 1 副総裁：Moura（ブラジル）、第 2 副総裁：Ostojski（ポーランド）、第 3 副総裁：Mokssit（モロッコ）、執行理事：33 名（羽鳥を含む）、事務局長：Jarraud（フランス）

（17）WMO 総会 2012 年臨時会合―平成 24 年（2012 年）10 月 29 日～ 31 日

・ジュネーブ（国際会議センター）で開催
・日本政府首席代表：気象庁予報部長　西出則武

（18）第 17 回 WMO 総会―平成 27 年（2015 年）5 月 25 日～ 6 月 12 日

・ジュネーブ（国際会議センター）で開催
・日本政府首席代表代行：気象庁予報部長　橋田俊彦
・総裁：Grimes（カナダ）、第 1 副総裁：Moura（ブラジル）、第 2 副総裁：Ostojski（ポーランド）、第 3 副総裁：Mokssit（モロッコ）、執行理事：33 名（西出を含む）、事務局長：Taalas（フィンランド）

（19）第 18 回 WMO 総会―令和元年（2019 年）6 月 3 日～ 14 日

・ジュネーブ（国際会議センター）で開催
・日本政府首席代表：気象庁長官　関田康雄
・総裁：Adrian（ドイツ）、第 1 副総裁：Saulo（アルゼンチン）、第 2 副総裁：Martis（蘭領キュラソー・シントマールテン）、第 3 副総裁：Kijazi（タンザニア）、執行理事：33 名（関田を含む）、事務局長：Taalas（フィンランド）

（20）WMO 総会 2021 年臨時会合―令和 3 年（2021 年）10 月 11 日～ 21 日

・オンライン開催
・日本政府首席代表：気象庁長官　長谷川直之
・新型コロナウイルス感染症拡大によりオンラインで開催された。

（21）第 19 回 WMO 総会―令和 5 年（2023 年）5 月 22 日～ 6 月 2 日

・ジュネーブ（国際会議センター）で開催
・日本政府首席代表：気象庁長官　大林正典
・総裁：Al Mandous（アラブ首長国連邦）、第 1 副総裁：Konate（コートジボワール）、第 2 副総裁：Moran（アイルランド）、第 3 副総裁：Mohapatra（インド）、執行理事：33 名（大林を含む）、事務局長：Saulo（アルゼンチン）

3．執行理事会

執行理事会（EC: Executive Council）は、WMO 全構成員（加盟国・領域）参加による WMO 総会の活動計画の実施調整や活動の管理、次期財政期の活動計画及び予算案の検討など、WMO の活動全般の管理を任務としている。当初は執行委員会（Executive Committee）という名称だったが、昭和 58 年（1983 年）5 月に開催された第 9 回 WMO 総会において、執行理事会に名称が変更された。以降、執行委員（会）に関する記述も執行理事（会）と記述する。

執行理事会は、総裁、副総裁（当初 2 名、昭和 42 年（1967 年）以降 3 名）、地区協会長（6 名）、選出された執行理事で構成される。執行理事の人数は、当初は 15 名（うち選出された執行理事 6 名、以下同様）であったが、WMO 総会で逐次見直しが行われ、昭和 34 年（1959 年）に 18 名（9 名）、昭和 38 年（1963 年）に 21 名（12 名）、昭和 42 年（1967 年）に 24 名（14 名）、昭和 54 年（1979 年）に 29 名（19 名）、昭和 58 年（1983 年）に 36 名（26 名）、平成 15 年（2003 年）に 37 名（27 名）に変更された。なお、総裁、副総裁及び地区協会長を含めた執行理事の地区ごとの人数は、いわゆる紳士協定として選出にあたり考慮されていたが、平成 23 年（2011 年）の第 16 回 WMO 総会において一般規則に規定された。その際、第 II 地区の執行理事の人数は 6 名とされた。

歴代気象庁長官は、執行理事として WMO の運営に継続的に参画し、大きく貢献してきた。昭和 34 年（1959 年）4 月の第 3 回 WMO 総会において、気象庁長官の和達清夫が日本から初めて執行理事に選出された。その後、昭和 38 年（1963 年）4 月の第 4 回 WMO 総会では気象庁長官の畠山久尚は前述のとおり執行理事に立候補しなかったが、昭和 42 年（1967 年）4 月の第 5 回以降の全ての WMO 総会において、気象庁長官は執行理事に立候補し、選出されている。執行理事の選出は、当初は全体による選挙で行われていたが、昭和 54 年（1979 年）4 ～ 5 月の第 8 回 WMO 総会以降は、地区内構成員間の調整に基づく地区推薦及び選挙実施を組み合わせて行われている。気象庁長官は、昭和 58 年（1983 年）5 月の第 9 回 WMO 総会、平成 15 年（2003 年）5 月の第 14 回から平成 27 年（2015 年）5 ～ 6 月の第 17 回までの各 WMO 総会、そして令和 5 年（2023 年）5 ～ 6 月の第 19 回 WMO 総会において地区推薦で選出され、そのほかの WMO 総会では選挙で選出された。なお、気象庁長官の交代時には、後任の長官が代理執行理事に選出されている。

また、執行理事会は、その時々の重要課題を解決するため、特定の課題を対象に、その対応方針や将来の WMO 総会における決議案を検討して執行理事会に報告する作業部会等を設置してきた。この作業部会等は、執行理事及び招聘された専門家により構成されるものであり、

気象庁長官も様々な作業部会等に参画してその検討に貢献してきた。特に継続的に参画してきたのは、かつての長期計画作業部会や戦略運用計画作業部会（SOP）、現在の政策諮問委員会（PAC）といった、WMO 総会で決定する WMO の活動の基本方針を含む政策的課題等を検討する作業部会である。その他にも、例えば、開発途上国を中心とした構成員からの要請に基づいた日本をはじめとした先進国の篤志拠出（機材や基金）により、機材の供与、専門家の派遣、研修への参加等を支援する WMO 篤志協力計画に関する専門家パネル、最終的に決議 40（Cg-12）と呼ばれた気象データ・プロダクトの国際交換に関するポリシー案の検討を行った諮問部会、さらに第 18 回 WMO 総会で実施された WMO の組織再編に関する検討を行うタスクフォースにも参画し、WMO の重要課題の解決に向けた検討に貢献してきた。

４．重要決定事項

ここでは、特に我が国の気象業務にも大きな影響を与えた重要決定事項である「世界気象監視（WWW）計画」、「データポリシー」、「官民連携に関するジュネーブ宣言」、「すべての人々に早期警戒を（Early Warnings for All）」イニシアチブについてその概要を記す。

（１）世界気象監視（WWW）計画

世界気象監視計画（World Weather Watch（WWW）Programme）は、WMO の中核をなす活動計画であり、世界各国において気象業務の遂行のため必要な気象データを的確に入手することを目的とする。全世界的な気象観測網（全球観測システム（GOS）、WMO 統合全球観測システム（WIGOS））、情報通信網（全球通信システム（GTS）、WMO 情報システム（WIS））、データ処理・予測システム（全球データ処理・予報システム（GDPFS）、WMO 統合処理・予測システム（WIPPS））の整備・強化がこの計画の根幹となっている。

WWW 計画については、第 4 回 WMO 総会においてその概念を承認した後、第 5 回 WMO 総会で昭和 43 年（1968 年）～昭和 46 年（1971 年）期間の実施計画を承認し、実行に移った。そして、第 6 回 WMO 総会以降、科学技術の進展や各国等の状況を踏まえて計画を改訂していった。

このような背景の下、我が国においては、昭和 45 年（1970 年）7 月の第 28 回気象審議会総会において答申第 8 号「『世界気象監視（WWW）計画』の一環としての我が国気象業務の整備強化について」が示された。同答申では、「WWW 計画の達成は我が国の気象業務の向上を通じて、我が国社会生活の向上に寄与するものであることから、我が国としても積極的にこの計画に参加し、その達成を推進すべき」という考え方の下、気象衛星「ひまわり」を含めた我が国における気象観測網の充実、世界通信網の核となる地区通信センターや数値予報に関する地区特別気象センターなどの機能整備を進め、国際協力を進めるとともに、短期・長期予報の予報精度、台風予報精度の向上など、国内における気象業務の改善を図るべきとされた。その後、気象庁は WWW 計画に資する世界やアジア地区等の中枢的機能を果たすこと等を通じて、その実施に貢献している。

令和 5 年（2023 年）の第 19 回 WMO 総会において、大気、海洋、雪氷圏等を含む、全地球システムを対象とするよう、WWW 計画を拡張することが決議された。

（２）データポリシー

気象分野における国際的な協力の最も具体的な例は、国家気象機関間で行われている、気象及び関連するデータの無料・無制約の交換（free and unrestricted exchange）である。

この国際交換の原則は、当初は国家間・機関間の協定ではなく、WMO 設立の精神に則り、いわば紳士協定として運用されていた。しかし、1980 年代になると、一部の国家気象機関において、その歳入予算の一部として商業活動の収益を充てる動きがあったことから、気象データ・プロダクトの国際交換とサービスの商業化に関する議論が行われた。

その結果、平成 7 年（1995 年）6 月の第 12 回 WMO 総会は、決議 40（Cg-12）において、無料・無制約での交換を義務付ける「必須（essential）データ」と、商業目的での再輸出禁止の条件の下で交換を推奨する「追加的（additional）データ」を規定し、これを WMO の枠組で交換されるデータの基本的なデータポリシーとするとともに、「商業活動に関する国家気象水文機関間の関係に関するガイドライン」及び「国家気象水文機関と商業部門との関係に関するガイドライン」を承認した。

さらに、平成 11 年（1999 年）5 月の第 13 回 WMO 総会では水文データ（決議 25（Cg-13））に関するデータポリシーが、平成 27 年（2015 年）5 ～ 6 月の第 17 回 WMO 総会では気候データ（決議 60（Cg-17））に関するデータポリシーがそれぞれ承認された。

一方、科学技術の進展による気象サービスに利用可能なデータ多様化及び高解像度化等を背景に、新たなデータポリシーの議論が行われた。その結果、令和 3 年（2021 年）10 月の WMO 総会 2021 年臨時会合では、決議 40（Cg-12）、決議 25（Cg-13）及び決議 60（Cg-17）に代わる新たな WMO のデータポリシーとして、「地球システムデータの国際交換に関する WMO 統一データポリシー」が採択された。この WMO 統一データポリシーでは、従来の気象、水文、気候分野に加え、大気組成、雪氷圏、海洋及び宇宙天気分野を対象に、無料・無制約での交換を義務付ける「コア（core）データ」と、任意に制約条件を設定可能な「推奨（recommended）データ」を定義している。

（３）官民連携に関するジュネーブ宣言

第 18 回 WMO 総会において、極端気象、気候変動、水不足、その他の環境災害に関連する地球規模の社会的リスクに対応するため、産学官の気象事業に関わる全ての関係者の協力を推進することを目的とし、「ジュネーブ宣言－ 2019：気象、気候及び水に関する行動のためのコミュニティの構築」を採択した。この宣言において、産学官の間の無料・無制限の国際的データ交換の促進や、各構成員が産学官の対話を推進すべきこと、気象業務における各国の主権を尊重するとともに国家気象水文機関の authoritative voice を強化すべきことなどが述べられている。

（４）すべての人々に早期警戒を（Early Warnings for All）イニシアチブ

「未だに約半数の国が早期警戒システムを構築できていない」として「2027 年までの 5 年間で世界中の人々が早期警戒システムにアクセス（警報等を入手）できる」ことを目指し、国連気候変動枠組条約第 27 回締約国会議（COP27）において、アントニオ・グテーレス国連事務総長主導により、「すべての人々に早期警戒を（Early Warnings for All）」イニシアチブが立ち上げられた。第 19 回 WMO 総会において、このイニシアチブへの貢献を第 19 財政期（2024 年～ 2027 年）の WMO の最優先課題として取り組んでいくことが合意された。

5．第Ⅱ地区協会

地区協会（RA: Regional Association）は、世界を 6 つの地区に分割して設置されたもので、WMO 総会及び執行理事会で行われた決議・決定の地区における実施を促進し、地域の特性に応じた気象業務の推進を図ること等を任務としている。我が国は第Ⅱ地区協会（アジア；RAⅡ）に属しており、気象庁は、第Ⅱ地区における中心的な国家気象水文機関として、世界や地区の中枢的機能の運営などを通じ、同地区における気象業務に参画・貢献してきた。

第Ⅱ地区協会に属する構成員数は、昭和 30 年（1955 年）に開催された第 1 回会合時点では 9 であったが、その後増加し、平成 15 年（2003 年）3 月のブータンの WMO 加盟により、第Ⅱ地区の構成員数は 35 となった。

地区協会会合では、地区協会に属する全 WMO 構成員の出席の下で基本的に 4 年ごとに開催され、向こう 4 年間の地区における活動計画を審議するとともに、地区協会長及び副地区協会長の選出を行う。第Ⅱ地区協会会合は、昭和 30 年（1955 年）2 月にインド・ニューデリーで開催された第 1 回会合から、基本的には第Ⅱ地区協会内の加盟国・領域で開催されてきた。この中で、第 5 回会合は昭和 45 年（1970 年）7 月に東京で開催され、同会合において気象庁長官の吉武素二が第Ⅱ地区副地区協会長に選出された。なお、第 7 回（昭和 55 年（1980 年）6 月）及び第 8 回（昭和 59 年（1984 年）11 月）の会合はスイス・ジュネーブで開催されたほか、第 17 回会合は、新型コロナウイルス感染症の世界的流行の影響により、令和 3 年（2021 年）5 月と 9 月の 2 部制でオンライン開催された。我が国は、第 1 回から全ての第Ⅱ地区協会会合に出席しており、首席代表は主に、気象庁長官、予報部長、観測部長又は大気海洋部長が務めてきた。

地区協会会合で議論される重要な議題の一つは、地区運用計画の検討である。その中には、各専門委員会で検討された後に WMO 総会や執行理事会で承認された技術規則等を各国が実際に実施するための活動も含まれている。

各地区協会では、その地区の活動を支える下部組織が設置されてきた。これらは、地区協会長及び副地区協会長、第Ⅱ地区から選出された執行理事等で構成される管理部会、専門家で構成される作業部会や専門家チーム等である。管理部会については、気象庁長官は執行理事として継続的に参画し、第Ⅱ地区での活動全般の管理・運営に貢献してきた。また、作業部会や専門家チーム等においても、気象庁職員が作業部会議長や副議長、専門家チーム議長などの主要ポストに就き、それらの活動推進に大きく貢献してきた。

また、第Ⅱ地区における特定課題の解決に向けたパイロットプロジェクトが様々な国から提案・実施されてきた。我が国が主導したパイロットプロジェクトの例としては、気象衛星観測データの利用促進、気象観測データの品質向上、気候サービスに関する情報共有に関するものなどがある。

6．専門委員会

専門委員会は、WMO 総会の下、WMO の所掌範囲内の技術的課題等について検討を行い、WMO 総会及び執行理事会に勧告を行うことを責務としている。専門委員会の下には、専門家チーム等の下部組織が設置され、WMO の技術標準・規則等に関する実質的な議論・検討を行う場として機能している。このため、我が国の気象業務にとって重要な分野を中心に気象庁職員を関連する専門家チーム等に参画させ、貢献してきた。ここでは、専門委員会の歴史について簡単に振り返る。

昭和 26 年（1951 年）の第 1 回 WMO 総会において総観気象委員会（CSM）、測器観測法委員会（CIMO）、高層委員会（CAe）、気候委員会（CCl）、農業気象委員会（CAgM）、海洋気象委員会（CMM）、航空気象委員会（CAeM）、図書刊行物委員会（CBP）の 8 つの専門委員会が設置され、昭和 32 年（1957 年）の第 3 回 WMO 総会において「図書刊行物委員会」の廃止及び「水理気象委員会（CHM）」の設置がされたことにより、長く続く 8 つの専門委員会の体制が整った。

その後、昭和 54 年（1979 年）の第 8 回 WMO 総会まで、いくつかの委員会の名称や所掌の変更が行われており、昭和 50 年（1975 年）の第 7 回 WMO 総会で、「基礎（Basic Commission）」と「応用（Applications Commission）」の 2 つに大別された。平成 11 年（1999 年）の第 13 回 WMO 総会で、WMO と国連教育科学文化機関（UNESCO：United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization）内の政府間海洋学委員会（IOC：Intergovernmental Oceanographic Commission）が共同で運営してきた全世界海洋気象情報サービスシステム（IGOSS）合同委員会と WMO の海洋気象委員会（CMM）を母体とする、WMO/IOC 合同海洋・海上気象専門委員会（JCOMM）が設置された。その後、令和元年（2019 年）の第 18 回 WMO 総会で、WMO の組織再編が議論され、それまでの 8 つの専門委員会を観測・インフラ・情報システム委員会（インフラ委員会、INFCOM）、気象・気候・水・環境サービス及び応用委員会（サービス委員会、SERCOM）の 2 つの専門委員会を設けるとともに、専門委員会以外に、WMO の研究計画の実施を調整するための追加的機関として研究評議会（Research Board）を、また、WMO-IOC 間のハイレベルの調整メカニズムたる追加的機関として WMO-IOC 合同協働評議会（Joint WMO-IOC Collaborative Board）等を設置する形で再編された。その後、第 19 回 WMO 総会において、2 つの専門委員会のうちの後者（サービス委員会）を気象・気候・水文・海洋・環境サービス及び応用委員会に変更し、現在に至っている。インフラ委員会やサービス委員会の下には、テーマ別に常設委員会（Standing Committee）が設けられ、その下に専門家チームが設けられている。

専門委員会の管理部会や専門家チームには、気象庁の多くの専門家が議長等の主要ポストを含めて議論に参画してきており、WMO の活動に貢献してきた。

7．事務局

WMO 事務局は、WMO の活動の実施に関する技術的・事務的な支援を行っている。事務局には、各国の気象機関の職員をはじめ、様々な背景を持った専門家が雇用され、各々の専門性を活かして WMO の活動の調整と推進に努めている。WMO の活動は構成員が参加する WMO の議決機関により決定されるが、活動全体の方向性の検討・提案や決議文書の草案作成なども事務局が主導する部分も大きく、活動に与える影響は大きい。WMO の活動が、我が国を含む世界の気象業務の発展に資するものとなるためには、有能な事務局職員の存在は不可欠である。事務局ポスト獲得に関する国際競争は激しく、特に WMO の活動に広範囲にわたっ

て強い影響力をもつ幹部クラスのポストの獲得競争は熾烈を極める。

気象庁は、WMO の活動を支える主要国として、その活動に貢献すべく、また事務局のポスト獲得を目指し、1960 年代から事務局に職員を派遣している。これまでに JPO（Junior Professional Officer）等の派遣制度も含めて、30 名程の職員を派遣し、世界気象監視（WWW）計画、熱帯低気圧計画（TCP）、篤志協力計画（VCP）などの科学技術計画、官民連携（PPE）、その他海洋・環境、気象・気候研究などに関する活動の推進に大きく貢献してきた。今後も WMO の活動を支えるために、事務局への職員派遣を通じた貢献を行っていく。

8．我が国からの任意拠出金について

WMO は昭和 42 年（1967 年）の第 5 回 WMO 総会で、WMO Voluntary Assistance Programme（VAP）の創設を決定した。VAP は、各国の国家気象機関が、WWW 計画において役割を果たすことができるよう支援することを主な目的としていた。VAP は、昭和 54 年（1979 年）の第 8 回 WMO 総会で篤志協力計画（Voluntary Co-operation Programme）と改名されたが、引き続き WWW 計画の実現が最優先の目的とされた。

我が国では、気象審議会答申第 8 号（昭和 45 年 7 月）において、VAP に「できるだけ協力すべき」と提言され、昭和 46 年（1971 年）6 月 20 日に最初の拠出金 30,000 米ドルの支払いを行った。VAP 及び VCP への我が国からの拠出金の総額は、2009 年までの 39 年間で 5,851.5 千米ドルであった。

平成 22 年（2010 年）以降、VCP への拠出に代えて、平成 21 年（2009 年）に構築された気候サービスのための世界的枠組み（GFCS）を含む WMO の広範な活動に拠出することとし、毎年 330,200 スイスフランを拠出している。この拠出金は、アジア太平洋地域の国家気象機関による気象衛星「ひまわり」のデータの利活用促進など、開発途上国国家気象機関が抱える気象観測・予報に関する課題解決のため、我が国気象業務との相乗効果を発揮するようなかたちで、様々な国際協力の推進に活用されてきた。

【第 2 節】台風委員会

国連アジア太平洋経済社会委員会（ESCAP）/世界気象機関（WMO）台風委員会（以下「台風委員会」という。）は、東及び東南アジアにおける、台風防災のための国家間の連携・協力を推進することを目的とした機関である。昭和 39 年（1964 年）3 月の第 20 回国連アジア極東経済委員会（ECAFE、現 ESCAP）の総会において、WMO とともに ECAFE 事務局（水資源開発部）は熱帯低気圧の被害軽減に関する諸問題を検討すべきとの勧告がなされた。昭和 40 年（1965 年）12 月にこれらの背景を受けて第 1 回 ECAFE/WMO 台風専門家作業部会会議（以下「専門家会議」という。）がマニラにおいて開催され、日本からは気象部門担当として気象庁職員が、水文部門担当として在タイ日本国大使館職員が出席した。日本代表は基礎的な気象観測、通信連絡施設の強化及び予警報と洪水への備えの重要性を訴え、結果として各国の実情と要望を調査すべき（勧告）との結論に持ち込んだ。第 1 回専門家会議の勧告に基づいてインド気象局の Sen 氏を代表とする ECAFE/WMO の準備調査団が昭和 41 年（1966 年）12 月から昭和 42 年（1967 年）2 月にわたって各国に派遣された。

昭和 42 年（1967 年）10 月に第 2 回専門家会議がバンコクで開催され、準備調査団の報告が行われた。気象部門においては観測・通信施設の増強、熱帯低気圧に関する研究と情報交換の促進、水文分野においては洪水予警報組織を各国に作ること、観測網の充実、災害防御の基本計画の作成などが勧告され、さらにこれらの諸施策を遂行せしめるために新しい組織を作ることが示唆された。昭和 43 年（1968 年）に政府代表による諮問委員会がバンコクにおいて招集され、台風委員会の規約、設立手続き、事務局などについての最終案が採決された。その後、この案は同年に第 24 回 ECAFE 総会で採択され、次いで第 20 回 WMO 執行理事会において承認された。そして、中国、香港、日本、ラオス、フィリピン、韓国、タイの 7 つの国・領域が参加を表明し、台風委員会の設立が決定した。同年 12 月にバンコクで設立会合が開催され、これが第 1 回台風委員会年次会合となった。また、昭和 47 年（1972 年）には北インド洋に WMO/ESCAP 熱帯低気圧パネル（PTC: Panel on Tropical Cyclones）が設立された。気象庁は、日本政府代表として第 1 回台風委員会年次会合より参加（第 2 回、第 3 回を除く）しており、1990 年代以降は、首席代表を当庁が務めている。また、昭和 46 年（1971 年）の第 4 回会合、昭和 52 年（1977 年）の第 10 回会合、昭和 58 年（1983 年）の第 16 回会合、平成元年（1989 年）の第 22 回会合、平成 29 年（2017 年）の第 49 回年次会合及び令和 3 年（2021 年）の第 53 回会合を、関係省庁と協力して日本において開催している。

設立当初の台風委員会事務局はバンコクの ECAFE 内に置かれ、前述の Sen 氏が事務局長を務めた。昭和 46 年（1971 年）に事務局がフィリピンの招待によってマニラに移されてからも、事務局がマカオに移るまでは建設省の水文関連の部署の職員がかわるがわる台風委員会事務局へ駐在し、局員として企画運営と連絡調整に関わっていた。これらの駐在員は、日本による政府開発支援の現地調査や連絡役も兼ねており、台風委員会を通じた技術協力や現地調査も盛んに行われた。例えば、JICA 集団研修の端緒も、台風委員会構成員を対象とした洪水の予警報の訓練コースである（JICA 集団研修については、本章第 7 節第 2 項「JICA と連携した協力」を参照）。

1970 年代には熱帯低気圧防災の重要性が他の地域でも広く認識され、昭和 52 年（1977 年）の第 32 回国連総会で WMO に対して活動の強化が要請された。WMO はこれを受け、昭和 54 年（1979 年）の第 8 回 WMO 総会において WMO 熱帯低気圧計画（TCP: Tropical Cyclone Programme）の設置を決定した。この枠組のもとに、他の海域においても台風委員会の気象作業部会（WGM）と類似した機能を持つ地域熱帯低気圧機関（Regional Tropical Cyclone Bodies）が置かれ、既に設立されていた台風委員会や熱帯低気圧パネルもその一つとして位置づけられることになった。このような設立経緯の相違から、第IV地区ハリケーン委員会など WMO 地区協会に所属する地域熱帯低気圧機関は気象分野を中心とした活動を行うのに対し、ESCAP/WMO 台風委員会は気象・水文・防災の三つの分科会に対応する構成員の政府機関がそれぞれ参加し、時に横断的な取組を行うという違いがある。

昭和 46 年（1971 年）から昭和 54 年（1979 年）にかけて、カンボジア、マレーシア、ベトナムが構成員に加わった。昭和 56 年（1981 年）から昭和 58 年（1983 年）にかけては、台風委員会の主要な計画として、台風業務実験（TOPEX: Typhoon Operational Experiment）が実施され、気象庁は実験の計画段階からとりまとめまでを主導し貢献

した。TOPEX のまとめの一つとして、台風現業作業手順（TOM: TOPEX Operational Manual）が刊行された。TOM は後に台風委員会の気象部門のマニュアル（TOM: Typhoon Committee Operational Manual, Meteorological Component）として、昭和 61 年（1986 年）3 月の臨時会合で承認され、改訂を続けながら現在まで、台風委員会で合意された現業作業のための基本情報のほか、熱帯低気圧に関する各国・地域の観測・予報、データ交換などの仕様や手順を収録している。

他方で、WMO において地域の気象特性に応じた特別な気象情報を作成、配布するための地区特別気象センター（RSMC: Regional Specialized Meteorological Centre）の設立が昭和 63 年（1988 年）7 月に承認された。この議論を背景に、TOPEX の実績も踏まえて、台風委員会から要請があり、熱帯低気圧に関する東京の RSMC が担当する領域は、台風委員会を構成するカンボジア、中国、日本、ラオス、マレーシア、フィリピン、韓国、タイ、ベトナムの 9 か国と香港の 1 領域を含む北西太平洋域と決められた。平成元年（1989 年）6 月の第 41 回 WMO 執行理事会で名称を RSMC Tokyo - Typhoon Center とすることが承認され、気象庁を熱帯低気圧 RSMC として指名する一連の手続きが完了した（熱帯低気圧 RMSC の詳細については、第 5 部第 2 章第 3 節「気象予報に関する国際協力」を参照）。

昭和 63 年（1988 年）に台風委員会信託基金（Typhoon Committee Trust Fund）が設立され、活動の拡大が行われることになった。また、平成 5 年（1993 年）にマカオ及び北朝鮮が、平成 10 年（1998 年）にアメリカ合衆国が構成員に加わった。平成 9 年（1997 年）11 ～ 12 月の第 30 回年次会合において、北西太平洋・南シナ海で発生する台風には海域共通のアジア名として構成員が提案する名前を付けることが承認され、平成 12 年（2000 年）から実施された。

平成 16 年（2004 年）に、事務局を構成員のいずれかが 4 年おきに持ち回りでホストすることが提案された。事務局にはフィリピン、マカオが手を挙げたが、年次総会における議決でマカオに移転することが決定され、平成 18 年（2006 年）にマカオに移転し、現在に至るまでマカオに事務局が置かれている。

平成 17 年（2005 年）の第 38 回年次会合では、防災分野での活動の実施に気象・水文分野との密接な連携が必要なことが確認され、各分野の活動を横断的に議論する合同ワークショップ（IWS: Integrated Workshop）を開催することが決定された。平成 18 年（2006 年）に第 1 回となる IWS がマカオで開催され、以降は毎年度、テーマを決めた IWS を年次会合に先立って開催することが定着した。

隣接する北インド洋では、台風委員会と類似する政府間組織である熱帯低気圧パネルが運営されており、平成 27 年（2015 年）には 3 回目となる台風委員会と熱帯低気圧パネルの合同会合を台風委員会第 47 回年次会合と併催する形で開催した。この会合では台風委員会と熱帯低気圧パネルの連携強化に向けた具体的な方策が議論され、双方が開催するワークショップ等への相互参加を促進することや、熱帯低気圧パネル構成員の予報官を日本で行う予報官研修へ受け入れることなどの協力メカニズムが決定された。

【第 3 節】交通安全分野の協力（ICAO、IMO）

航空機の運航に係る国際的なルールは、主に国際民間航空機関（ICAO）が定めており、気象庁でもこれに準じて航空気象サービスを提供している。

また、船舶の安全航行のため、広大な海上の気象状況を把握し、より的確な警報等の情報を発表するには、国際的な協力が不可欠である。海上における国際的な海上予報・警報や海上気象観測・通報については、海上における人命の安全のための国際条約（SOLAS 条約）に基づき、WMO 及び国際海事機関（IMO）により実施方法が定められており、通信衛星を活用して世界中の海域で自動的に受信することが可能になっている。

気象庁ではこれら ICAO や IMO などの枠組で定められたルールに基づき、日本として国際的に協調した気象サービスを提供するとともに、アジア大洋州地域で指定された国際センターとして航空機の運航に影響を与える火山灰や熱帯低気圧の情報を提供する役割や、北西太平洋域の船舶の安全航行に資する海上予報・警報等の交通安全に係る国際的な気象情報の提供を行う役割も担っている（航空安全分野の協力の詳細については本部第 2 章第 2 節「国際航空気象業務の発展」を、海上安全分野の協力の詳細については第 5 部第 2 章第 3 節「気象予報に関する国際協力」及び第 5 部第 6 章第 1 節「海洋観測」を参照）。

【第 4 節】気候変動分野の協力（IPCC、UNFCCC）

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）は、人為起源による気候変化、影響、適応及び緩和方策に関し、科学的、技術的、社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として、WMO と国連環境計画（UNEP）により昭和 63 年（1988 年）に設立された政府間機関で、平成 2 年（1990 年）に第 1 次評価報告書を発表した。

国連気候変動枠組条約（UNFCCC）は、地球温暖化防止のための国際的な枠組を定めた条約で、究極的な目的として、温室効果ガスの大気中濃度を自然の生態系や人類に危険な悪影響を及ぼさない水準で安定化させることを掲げている。平成 4 年（1992 年）の UNFCCC の採択にあたり、IPCC 第 1 次評価報告書が重要な科学的根拠とされた。UNFCCC は平成 6 年（1994 年）に発効した。

気象庁は、IPCC 設立の契機ともなった昭和 54 年（1979 年）に開催された第 1 回世界気候会議（WCC）から WMO における気候変動の科学的議論に参加するとともに、その後の IPCC の評価報告書の作成に、その原稿の執筆と査読の双方から、貢献してきた。

また、UNFCCC においては、条約採択に至る交渉においても政府代表団の一員として参画し、その後の気候変動交渉にも科学的知見を提供し、特に「研究及び組織的観測（同条約第 5 条に規定）」に関する議論に貢献してきている（気候変動分野の協力の詳細については、第 5 部第 4 章「気候変動」を参照）。

【第 5 節】地震分野の協力（ISC、CTBT）

国際地震センター（ISC）は、全世界の地震観測データを収集して、統一基準に基づく解析により全球地震活動データセットを作成し、各国の地震業務や研究を行う機関に提供している

機関で、長期間にわたり均一・高品質なデータセットは、長期地震活動等の正確な把握や研究活動を支えている。気象庁は、日本の ISC の代表機関として、文部省が設置している日本ユネスコ国内委員会の推薦と国内関係機関の了解のもと、昭和 47 年（1972 年）から ISC に加入している。

包括的核実験禁止条約（CTBT: Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty）は、宇宙空間、大気圏内、水中、地下を含むあらゆる空間における、核兵器の実験的爆発及び他の核爆発を禁止するという条約である。核兵器の開発には核爆発実験の実施が不可欠であると考えられていることから、この条約は核軍縮・核不拡散を推進するために重要とされている。CTBT が効力を持つためには核爆発実験を探知・検証する手段が必要であり、当庁は特に地震波による地下核実験探知について、この条約の成立前である 1960 年代から、外務省の依頼を受けて、専門家の受け入れ、国際会議への対応を行う他、2 年半で合計 3 名の職員を国際地震観測網構築の技術テストのために米国に長期派遣する等、技術的な国際協力を行ってきた。

平成 9 年（1997 年）、国連総会で CTBT が採択され、日本は同年に署名、批准したものの、CTBT は発効要件国（核兵器保有国を含む 44 か国）の批准が完了していないため未発効となっている。CTBT は、包括的核実験禁止条約機関を設立することを規定しているが、CTBT は未発効のため、平成 8 年（1996 年）にオーストリア・ウィーンに設立された包括的核実験禁止条約機関準備委員会（CTBTO：Preparatory Commission for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization）が、CTBT の検証制度を構築すること及び条約の署名と批准を促進することを任務として活動している。

当庁は、CTBTO の暫定技術事務局（PTS: Provisional Technical Secretariat）に平成 9 年（1997 年）からの 10 年間で合計 2 名の職員を派遣し、CTBTO を支援するとともに、CTBT が持つ核実験の検証制度の一つである核実験の実施を 24 時間監視する国際監視制度の円滑な運用に協力するため、CTBTO に対する日本側窓口である在ウィーン国際機関日本政府代表部へ職員を派遣している（地震分野の協力の詳細については、第 6 部第 2 章第 3 節「地震津波に関する国際協力」を参照）。

【第 6 節】海洋・津波分野の協力（UNESCO/IOC）

政府間海洋学委員会（IOC）は、昭和 35 年（1960 年）に海洋の自然現象及び資源に関する知識の増進のための科学調査の促進を図るため、国連教育科学文化機関（UNESCO）内に設置された。日本も発足時から関わっており、国内で連絡調整を担う文部省など他省庁とともに、気象庁は地球物理の専門家として昭和 36 年（1961 年）の UNESCO/IOC 総会（第 1 回会議）から参加し、海洋・津波分野での協力を行っている。

海洋分野では、IOC は 1960 年代から国際的な海洋調査・研究を主導する等、海洋における国際協力を推進してきており、気象庁は関連する調査・研究に参加してきた。平成 3 年（1991 年）に、IOC 主導の下、海洋環境、気候変動にかかわる海洋変動の監視及び予測を可能にするための安定的な海洋観測システムの構築を目指す全球海洋観測システム（GOOS）が発足した。気象庁は、GOOS の下で実施されている各海洋観測ネットワークへ参加し貢献しているほか、北東アジア地域・全球海洋観測システム（NEAR-GOOS）におけるリアルデータベースを運用するなど、積極的に関わっている。

津波分野では、昭和 35 年（1960 年）のチリ地震をきっかけに、UNESCO/IOC の下部組織として昭和 40 年（1965 年）に太平洋津波警報組織国際調整グループ（ICG/ITSU）が設立され、第 1 回会合から気象庁も参加している。ICG/ITSU は、平成 17 年（2005 年）に太平洋津波警戒・減災システムのための政府間調整グループ（ICG/PTWS）に改称され、現在は 46 の国々（環太平洋の 27 か国、太平洋諸島の 19 か国）がメンバーとなっている。気象庁は、ICG/ITSU の要請を受け、平成 13 年（2001 年）1 月に日本海沿岸各国向けの日本海津波情報の提供を開始、平成 17 年（2005 年）3 月に北西太平洋津波情報センター（NWPTAC）として北西太平洋津波情報の関係各国への提供を開始し、北西太平洋諸国のニーズに応じた情報を提供する地域センターとして ICG/PTWS の活動に貢献している（海洋分野の協力の詳細については第 5 部第 6 章第 3 節「海洋観測に関する国際的役割」を、津波分野の協力の詳細については第 6 部第 2 章第 3 節「地震津波に関する国際協力」を参照）。

【第 7 節】開発途上国支援

1．開発途上国支援の概要

開発途上国支援の枠組には、WMO、UNESCO/IOC 等の国際的枠組を通じた支援と、独立行政法人国際協力機構（JICA）等と協力して二国間で実施する支援があり、気象庁では両枠組を通じて、これまで開発途上国と国際協力を行ってきた。ここでは主に JICA と連携した開発途上国支援の協力について記載する。

2．JICA と連携した協力

国際協力機構（JICA）は日本の政府開発援助（ODA）の二国間援助を一元的に行う実施機関であり、昭和 37 年（1962 年）に特殊法人海外技術協力事業団（OTCA）として設立、昭和 49 年（1974 年）に国際協力事業団（JICA）と改組され、現在は外務省所管の独立行政法人である。ODA として様々な分野で開発途上国への支援を行う中で、気象・地震津波火山分野においては、気象庁と JICA とが連携し、途上国の国家気象機関の能力向上への支援を行ってきた。ここでは JICA と連携した途上国支援の取組を振り返る。

（1）気象分野での協力

JICA の ODA は大きく有償資金協力、無償資金協力、技術協力プロジェクトの 3 種類に分けられる。気象分野は無償（相手国の直接の財政負担がない）で機材を整備する無償資金協力と、技術協力の 2 種類のプロジェクトが行われてきた。

最初の気象分野のプロジェクトは、昭和 61 年（1986 年）から昭和 63 年（1988 年）にかけて実施された無償資金協力「バングラデシュ気象観測用レーダー更新計画」である。このとき、観測部測候課調査官が JICA の依頼を受けて現地における基本設計調査のために参加した。これ以降も、パキスタン、モンゴル、ベトナム、ラオス、フィリピン、ミャンマー、モーリシャスで無償資金協力によるレーダーの整備や更新がなされ、多くの設計調査に気象庁のレーダー専門家が参加し、日本でのレーダー整備と運用の経験を活かした貢献を行ってきた。

技術協力プロジェクトでは、平成 13 年（2001 年）から平成 16 年（2004 年）に実施された「カ

ンボジア農業気象予測法改善計画」が最初である。このプロジェクトでは、平成 14 年（2002 年）と平成 15 年（2003 年）のそれぞれ運営指導調査と終了時評価に気象庁職員が参加した。その後気象分野の技術協力プロジェクトは、2000 ～ 2020 年代にかけてモンゴル、中国、ラオス、フィジー、バングラデシュ、スリランカ、ミャンマー、ブータン、フィリピン、モザンビーク、ベトナム、モーリシャス、パキスタンで実施された。各プロジェクトは３～４年間実施されるが、終了後も後継プロジェクトなどの形で協力が継続される例も多く、フィジー、バングラデシュ、スリランカ、ミャンマー、ブータン、フィリピンは２回以上プロジェクトが実施された。プロジェクトのチーフアドバイザである JICA 長期専門家として、元気象庁職員が選ばれ、派遣されることもあった。

技術協力プロジェクトでの当庁の具体的な活動は、専門家を現地に派遣しての研修や助言、気象庁での研修受け入れ等である。特に、国家気象機関との協力事業では、その業務の特性や専門性から、気象庁自らが技術支援を行うのが最適であり、JICA と連携して、プロジェクトとしてより高い成果の達成と相手国国家気象機関との信頼関係の強化に向けて取り組んできている。

無償資金協力によりレーダーを整備した国で技術協力プロジェクトが行われる場合、レーダーの有効活用が活動の中心となるが、あわせて、地上観測（測器校正やトレーサビリティ確保）、レーダー観測の品質向上、降雨量推定、衛星画像解析、予報ガイダンス、気候情報や防災情報の作成、情報通信など、各国の事情に応じて気象分野を広くカバーするようプロジェクトが設計された。気象庁は自ら WMO 地区センター（RIC、RCC、RSMC、GISC）として責任領域内での能力向上の責務を担っており、これら地区センターの知見も活用しプロジェクトに協力した。

フィジー気象局（FMS）の例を紹介する。FMS では、無償資金協力により本庁舎の新設及び観測・予報・通信機材の整備がなされ、平成７年（1995 年）には WMO 第Ⅴ地区（南西太平洋地域）の熱帯低気圧に関する地区特別気象センター（RSMC ナンディ）に認定された。気象庁は、予報部予報課予報官が平成５年（1993 年）に３か月にわたって同国に出張し RSMC 開設のための技術協力を行ったほか、RSMC ナンディの設立後も多くの協力を行っている。FMS は JICA 第三国研修の枠組により、気象庁の協力も得て、平成 13 年（2001 年）から大洋州地域 10 か国に対する研修を継続的に実施しており、大洋州の気象業務に関する人材育成や測器校正サービスの中心として能力を強化してきた。

（２）JICA 集団研修「気象業務能力向上」

JICA 集団研修は、二国間での無償資金協力や技術協力とは異なり、テーマを定めて複数の国から研修員を受け入れる JICA の事業で、この一つに「気象業務能力向上」コースがある。各国の気象局職員が３か月程度気象庁に滞在し、日本の気象業務について講義や現場の見学を通して学ぶ形式となっている。ここでいう「集団研修」は正式名称ではなく庁内での慣例名ではあるが、実施枠組や JICA 内での位置づけとともに名称は変化しつつも、50 年以上にわたって一貫して続けられてきたことから、その歴史をたどる上ではこのように呼ぶことにする。

本研修は、昭和 44 年（1969 年）からの海外技術協力事業団による「洪水予警報コース」（気象庁と建設省で実施）に端を発した。昭和 48 年（1973 年）に「洪水予警報（気象関係）コース」として気象庁部分を独立させて以降、今日まで毎年研修員を受け入れている。当初は台風等の気象災害に見舞われるアジア太平洋地域の途上国を対象に洪水予警報システム確立を目指したもので、気象学集団研修コースの名称で実施された。当時は一般の気象予報と、気象レーダーの現業について隔年交互に実施していた。昭和 56 年度（1981 年度）からは、対象国をアジア太平洋地域（台風委員会構成員）から全世界に拡大し、内容も講義、実習、研修旅行及び関連施設見学等の気象業務について幅広い知識・技術の習得のために充実したものとなった。この時代に確立された研修の全体構成は、個別分野における講義内容を時代とともに新陳代謝しつつも今日まで継続している。

平成５年度（1993 年度）から平成 14 年度（2002 年度）までは、気象学Ⅱコースという名称で実施した。

平成 15 年度（2003 年度）に、それまで途上国の気象業務全般の向上に資することを目的にできる限り広く研修項目を取り入れてきた一方で、それぞれに十分な実習の時間をとることができなかったため、新たに立てられた５年計画では、数値予報、気象衛星データ、気候情報を柱として、それらデータの利用及び解析手法を中心とした内容となり、名称は再び「気象学」コースとなった。

平成 20 年度（2008 年度）からは研修員自身の気象業務の知識・技術の習得に加え、研修成果を現地で普及させて業務改善を図ること目的とし、担当業務の改善計画の作成を研修内容に加え、名称を課題別研修「気象業務能力向上」に変更した。本研修は３年計画で実施されることとなり、３年ごとに見直しを行い、現在まで継続して実施している。

世界的な新型コロナウイルス感染症の拡大の影響で、令和２年度（2020 年度）は研修が延期となり、令和３年度（2021 年度）は内容を絞った上でオンラインにより、前年の参加予定者もあわせて参加して、２週間の研修を実施した。令和４年度（2022 年度）から再び JICA による招聘が可能となり、対面での研修を再開している。昭和 48 年度（1973 年度）から令和５年度（2023 年度）まで、延べ 79 か国、389 名が JICA 集団研修を受講した。過去の参加者には、自国の気象機関で長官や部長などの要職を占めるようになった者も多く、このことは、この研修が各国の気象業務の発展に果たす役割の大きさを裏付けている。

（３）地震津波火山分野での協力

地震津波、火山防災に係る開発途上国からの支援要請は、気象分野と同様、日本に対して数多く寄せられる。気象庁は長年培ってきた地震・津波・火山の監視や早期警報に係る経験をもとに、JICA からの要請に応じて、専門家の派遣や本邦研修の実施という形で協力を行ってきた。1990 年代以降では、フィリピン、イエメン、パキスタン、カザフスタン、インドネシア、ニカラグアなどに気象庁職員を専門家として派遣している。

中でも、フィリピンでは、ルソン島中部地震、ピナトゥボ火山の噴火などの災害が相次ぎ、観測網近代化の技術支援のため、平成７年度（1995 年度）から JICA 長期派遣専門家として元気象庁職員が派遣され、平成 10 年度（1998 年度）からの JICA 無償資金協力「地震・火山観測網整備計画」の立ち上げに携わった。平成 10-12 年（1998-2000 年）には、後任として地震火山部地震津波監視課主任技術専門官がプロジェクトの実施支援のため派遣された。その後も平成 14 年（2002 年）と、平成 16 年（2004 年）から平成 18 年（2006 年）の２年

間とに、それぞれ後継のプロジェクトが実施され、地震火山観測に係る機器の整備、データ処理プログラムの導入等が行われた。気象庁はこれらの基本設計調査への参加、研修への専門家派遣を通して協力を行った。JICA と国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）の地球規模対応国際科学技術協力（SATREPS）の枠組で実施された「フィリピン地震火山監視能力強化と防災情報の利活用推進プロジェクト」（2009-2015）では、気象庁のシステムに基づく津波計算データベースが構築された。

平成 16 年（2004 年）12 月のインド洋大津波の後は、インドネシアを対象にした技術協力「津波早期警報能力向上プロジェクト」（2007-2009）への協力（詳細計画策定調査、短期専門家派遣、長期専門家へのサポート、研修）をはじめ、インドネシアの地震津波業務強化への支援を行った（詳細は、第 6 部第 2 章第 3 節「地震津波に関する国際協力」を参照）。また、「ニカラグア中米津波警報センター能力強化プロジェクト」（2016-2019）では、中米地域の地域センターとしてニカラグアに開設された中米津波警報センター（CATAC）を本格運用につなげるための技術支援が行われ、気象庁地震火山部職員が CATAC への技術移転を行った。

このような一対一の直接の支援のほか、JICA が実施するプロジェクトへの間接的な国際協力も多数行ってきた。例えば、建築研究所の国際地震工学センターが開催する開発途上国の研究者や技術者を対象とした国際地震工学研修では、この研修が開始された昭和 35 年（1960 年）から、講義・実習の一部を担当している。また、外務省の依頼を受けて国際地震工学センターが平成 7 年（1995 年）から実施する、核実験探知に必要な地震観測技術や核実験を識別するデータ解析技術を習得するためのグローバル地震観測コース（3 か月間）でも、気象庁が有する地震観測の知見を基に、開始当初から研修の一部を担当してきた。

【第８節】海外インフラ展開

日本政府によるインフラ海外展開は、平成 21 年（2009 年）に閣議決定された「新成長戦略」に基づき開始された。その後平成 25 年（2013 年）には、デフレ脱却のための第三の矢として示された経済成長のための「日本再興戦略」において質の高いインフラの輸出が柱の一つとして位置づけられ、また、同年に設置された経協インフラ戦略会議において「インフラシステム輸出戦略」（以下「輸出戦略」という。）が作成された。インフラ輸出を政府が支援する意義について、輸出戦略においては、海外展開の取組は一義的には民間企業主体としつつも、厳しい国際競争により、優れた要素技術を持ちつつも価格を含めたニーズ対応力における海外との差、コスト回収に長期を要することから企業のリスク回避への支援の必要性、現地政府との交渉の必要性などの課題があることが挙げられている。

このような流れの中で気象庁は、平成 26 年度（2014 年度）から、観測部と企画課国際室が協力して、本省海外プロジェクト推進課の支援も受けつつ、当時世界に先駆けて製造・販売を開始した日本メーカー製の固体素子気象レーダーの海外展開支援を開始した。固体素子気象レーダーでは、電波増幅部に半導体を用いることで、従来の電子管送信機と比べ、電波資源の節約や保守性の向上、運営経費の低減等が実現されている。日本製の気象レーダーは、1980 年代から ODA による無償資金協力で海外の国家気象機関に設置されてきており、JICA のプロジェクトを通じた当庁からの技術支援も実施していた（詳細は、本章第 7 節「開発途上国支援」を参照）。固体素子気象レーダーの海外展開支援を開始した当時は、ODA により整備・更新される気象レーダーに固体素子気象レーダーが利用されつつあり、また当庁においても、固体素子気象レーダーへの更新を計画していた時期でもあった。このため、質の良い固体素子気象レーダーの海外展開と、それを活用した海外国家気象機関の能力向上を支援することで、海外展開支援のみならず、日本の国際貢献、東南アジア域などでの台風等の監視強化、国内製造事業者の成長による当庁が導入する気象レーダーへの好影響などの、相乗効果を図りつつ実施することとされた。

平成 27 年（2015 年）には、電波を所管する総務省、河川管理レーダーを運用する国土交通省と連携して、国内気象レーダー製造事業者と共同で、官民の情報共有を行う「気象・降水観測レーダー海外普及官民連絡会議」を設立し、定期的に会議を行うとともに（令和 5 年度（2023 年度）末までで 13 回開催）、外国政府機関とのビジネスマッチング機会の創出などで事業者の海外展開を支援した。また、平成 26 年度（2014 年度）から平成 30 年度（2018 年度）の間に、カリブ共同体諸国、ブラジル、アジア地域において、海外の気象レーダーに関わる状況の調査を実施（一部本省海外プロジェクト推進課と共同）したほか、平成 31 年度（2019 年度）からは、国家気象機関のレーダー関係者を招いた国際会議などを実施した。令和 5 年（2023 年）までの取組では、無償資金協力に加え、受注により海外展開がなされた例もあった。また、国家気象機関に設置されたレーダーを活用するための技術支援ニーズは高く、有効に活用されることが固体素子気象レーダーの評価にも繋がることを踏まえ、JICA と連携した技術協力を行っている。

気象レーダーに加えて、空港気象ドップラーライダー及びラジオゾンデについても、国内事業者の海外展開を支援している。事業者が海外での入札に参加する際などに、気象庁での利用・納入実績を事業者に提供することなどにより支援を行った。輸出戦略にあったような、民間企業主体としつつも、政府機関とのやりとりにおいて当庁が効果的に貢献している形と言える。

国際標準化機構（ISO）による気象観測技術に係る国際規格策定のための議論にも、観測部（のち大気海洋部）を中心に参加し、国内の事業者が海外展開に当たり不利を受けることがないよう、公正な規格となるよう対応してきた。

また、令和 2 年（2020 年）の気象分科会提言「気象分野における産学官連携の推進」においては、官だけでなく産学など様々な主体が連携して気象業務が社会の課題解決に資するべきとされたことを踏まえ、気象観測機器を対象とした従来の取組に加え、予報サービスなど他の気象関連分野についても事業者との対話を進め、事業者の多様な活動やニーズの把握、状況に応じた支援策を行っている。引き続き、気象に関係する我が国事業者の活躍により、海外での課題解決（国際貢献）と日本の経済成長、更には我が国の気象業務の発展にも資することを目指し、取組を進めている。

第２章　航空気象業務

【第１節】航空気象業務の変遷（昭和後期以降）

我が国の民間航空は昭和 26 年 8 月に再開されたが、当時民間航空用飛行場はほとんど皆無に近い状態であった。その後、昭和 31 年 4 月に制定された空港整備法に基づき本格的に整備が開始され、昭和 40 年頃には 50 を超える飛行場が民間航空の用に供されるようになった。当時の航空輸送需要の伸びは著しく、昭和 30 年度と 40 年度を比較して乗降客数で国内線において約 15.3 倍、国際線において約 7.1 倍に及んでいた。一方、この頃は空港や航空路において航空機事故が相次いで起こった年もあった。

このような状況を踏まえ、その後の航空輸送需要の増大、航空機の大型化や高速化に対処するとともに、航空交通の安全の観点からも空港を含めた長期計画として、昭和 42 年 3 月に空港整備五箇年計画が閣議了解された。その後も、計画が更新され、第 7 次計画（平成 8 年度から平成 14 年度）までに、新東京国際空港（現在の成田国際空港）の整備、東京国際空港の沖合展開、関西国際空港の整備、中部圏における新空港の調査検討などの事業が推進された。この間順次、航空気象業務についても、那覇空港には米軍から業務を引継ぐ航空測候所を創設、新東京国際空港や関西国際空港には航空地方気象台を設置し、それ以外の新設の一般空港には航空測候所等を開所し、航空機の安全運航に資する観測や予報を行う体制を整えた。一方、定期便数などの一定の条件に満たない離島やへき地の空港については、航空気象観測所を設け、空港を管理する地方公共団体等に観測業務等を委託することとした。空港の新設に伴う航空気象官署等の設置に加え、滑走路の延長事業に伴い観測機器の新設や移設を随時行うとともに、空港の運用時間の延長に伴い官署における要員の配置を適宜見直してきた。その際、事業の円滑な実施のため、本庁のみならず管区気象台等においても地方航空局や都道府県との調整が多岐にわたった。

平成 14 年頃には、空港の配置的側面からの整備は全国的に見れば概成したものと考えられるようになり、以後は、大都市圏拠点空港は投資の増大を図り早期整備を促進する一方、一般空港は事業費の更なる見直しを行う等、投資の重点化をより一層明確にした空港整備を行うこととなった。また、平成 20 年 6 月には、空港整備法が空港法として改正され、空港の区分の見直しなどがなされ、12 月には同法に基づく「空港の設置及び管理に関する基本方針」が策定された。空港は、整備から運営にシフトする中、航空輸送サービスの質の向上や利用者の便益の増進に向けた空港機能の高質化に加え、耐震、防災保安の観点から安全・安心の確保等が求められた。これらに伴い、気象業務についても、大都市圏拠点空港を中心とした施設の整備や情報の高度化を行うとともに、効率的な業務体制への移行や観測等における自動化の促進などを行ってきている。

これまでの間、気象庁における航空気象業務の企画や調整に当たる部署として、昭和 35 年 2 月に企画課航空気象観測班として発足し、昭和 42 年 6 月に新設された航空気象管理課は、平成 13 年 1 月の中央省庁再編時に航空気象管理官となった。その後、令和 2 年 10 月の本庁組織再編時に国際・航空気象管理官と企画課航空気象管理室に引き継がれた。また、航空ネットワークの充実に向けた取組が進む中、航空局との一層の連携を推進するため、平成 5 年 4 月から気象庁職員 1 名を航空局へ併任している。

【第２節】国際航空気象業務の発展

１．国際枠組みにおける気象庁の役割

民間航空機の運航に係る国際的なルールは、国際民間航空条約（通称「シカゴ条約」）に基づき設置された国連専門機関である国際民間航空機関（ICAO）が定めており、シカゴ条約の加盟国は、これに従って航空機運航を支援する各種サービスを提供する責務を負っている。我が国は昭和 28 年 10 月に加盟し、気象庁は、我が国の航空気象業務を取りまとめる気象主管庁及び実際に気象サービスを提供する機関の役割を担っている。航空気象業務については、シカゴ条約第 3 附属書「国際航空のための気象業務」（以下この章において単に「第 3 附属書」という。）などで国際標準及び勧告方式が規定されており、気象庁はこれに準じて航空気象業務を実施している。第 3 附属書では、航空機の運航に必要な気象情報として、航空観測気象報（METAR や SPECI など）、飛行場予報（TAF など）、空域気象情報（シグメット情報）、航空路火山灰情報（VAA）、予想天気図（高層の風や気温、悪天現象）などを定めている。技術の発展や需要の変化を踏まえた第 3 附属書等の改正に係る議論には、気象庁など各国の専門家のほか、WMO や国際航空運送協会（IATA）、国際定期航空操縦士協会連合会（IFALPA）など関係国際機関・団体も、それぞれの立場から参加している。国際航空のための気象業務が ICAO で規定される一方、その気象サービスの提供に用いる技術やそれを踏まえた具体的な方式は WMO で規定される。気象庁は、WMO の枠組みにおける議論にも参加し、科学技術的側面からも、国際航空のための気象業務の発展に貢献している。

ICAO アジア太平洋地域における運航用気象（OPMET: Operational Meteorological）情報の流通は、ROBEX（Regional OPMET Bulletin Exchange）という仕組みで行っている。この仕組みは、OPMET 情報を編集報の形で交換することを目的として昭和 47 年 7 月に ICAO 中東・東南アジア地域 通信・気象計画部会第 1 回会合で立ち上げられ、昭和 49 年 7 月の運用開始時に METAR 等が、昭和 51 年 10 月に TAF が交換対象とされた。その後、参加国や対象電文種別を拡大する過程で電文収集・配信機能や他地域との交換窓口が整備され、平成 6 年 3 月の ICAO アジア太平洋地域航空計画実施グループ第 4 回会合及び同年 10 月の第 5 回会合では、東京を含む 5 つの地域 OPMET データバンク（RODB）が指名された。気象庁は、東京 RODB として、世界中の OPMET 情報を収集するとともに、収集した情報を他国のリクエストに応じて提供している。また、地域間 OPMET ゲートウェイ（IROG）として、北米地域との交換窓口も担っている。こうした国際交換は、国際航空固定通信網（AFTN: Aeronautical Fixed Telecommunication Network）・国際航空交通情報通信システム（AMHS: Air Traffic Services（ATS）Message Handling System）経由で行われている。このほか、飛行中の航空機に対しては、国際航空路の航空機向け無線放送（ボルメット無線電話通報）や航空局機関からの対空通信を通じ、主に音声により必要な OPMET 情報が提供され

ている。気象庁は、昭和 34 年 5 月から東京ボルメット無線電話通報を開始し、日本及びその周辺地域の主要空港の METAR 及び TAF 並びにシグメット情報の有無を放送している（東京ボルメット無線電話通報については、第 4 部第 2 章第 2 節第 5 項「無線通信による通報業務」を参照）。

ICAO の枠組みにおける予想天気図の流通は、空域予報システム（AFS: Area Forecast System）構想により、世界を幾つかの空域に分けてそれぞれに空域予報センター（AFC: Area Forecast Centre）を設け、各空域をカバーする数種類の高層風・気温、悪天予想図等を Fax で無線（又は有線）放送することから始まった。気象庁でも、昭和 40 年代から AFC を担い、昭和 48 年から担当区域内の予想天気図の配信を第 2 気象無線模写通報（JMJ）として実施していた（第 2 気象無線模写通報については、第 4 部第 2 章第 2 節第 5 項「無線通信による通報業務」を参照）。その後、AFC 間で天気図の品質や表現形式が異なるなど、長距離飛行の一般化に伴う航空利用上の欠点が明らかになったために、WMO と ICAO は、AFS を解消して全く新たな構想による世界空域予報システム（WAFS: World Area Forecast System）を昭和 59 年に発足させた。この構想の下、ワシントンとロンドンの世界空域予報センター（WAFC: World Area Forecast Centre）が数値形式格子点予想資料を 15 か所の地域空域予報センター（RAFC: Regional Area Forecast Centre）に送信するとともに、各 RAFC が WAFC 資料に基づく高層の風や気温の予想天気図と自身の資料に基づく悪天現象の予想天気図などを作成し担当空域内の利用国等に配信することになった。気象庁は、昭和 61 年 3 月から、アジア地域の RAFC として各種の予想天気図の作成や配信を行うとともに、悪天現象の予想天気図については隣接する RAFC と交換していた。その後、WAFS では、悪天現象の予想天気図についても計算機処理により自動的に作成され、全ての予想天気図が衛星放送システムにより配信できることになったため、15 の RAFC はその役割を終え WAFC への業務移管を完了したことが平成 14 年の WMO と ICAO の合同会議で報告された。平成 24 年 6 月に WAFC の衛星放送は、地上回線のインターネットサービスに切り替わった。

これらに加え、WMO の枠組みで熱帯低気圧地区特別気象センター（RSMC）を運用していた日本は、ICAO の枠組みの下、航空向けの熱帯低気圧情報を提供する熱帯低気圧情報センター（TCAC: Tropical Cyclone Advisory Center）としても指名され、平成 5 年 8 月から航空機の運航に影響を与える台風などの熱帯低気圧の発達や進路に関する情報を、担当する東アジア・北西太平洋域に提供している。また、ICAO や WMO らによる国際航空路火山監視（IAVW）枠組みの下、平成 9 年 4 月からは航空路火山灰情報センター（VAAC: Volcanic Ash Advisory Center）も運営し、航空機の運航に影響を与える火山噴火の監視と火山灰雲の実況・予測情報を、担当する東アジア・北西太平洋に提供開始し、平成 28 年 12 月には北極圏の一部領域にも提供するようになった。このように気象庁は、アジア太平洋地域における航空気象業務の中枢的な役割を担っている。

2．航空交通システムの進展に伴う取組

昭和 58 年 11 月、衛星など新たな技術が発展しつつあった状況を踏まえ、これを利用して航空交通システムを高度化すべく、ICAO 理事会は「将来の航空交通システムに関する特別委員会（Special Committee on Future Air Navigation System（FANS））」を設置した。FANS は「通信・航法・監視及び航空交通管理に係る構想（CNS/ATM: Communication, Navigation and Surveillance/Air Traffic Management 構想）」を取りまとめて昭和 63 年に活動期限を迎えた。CNS/ATM 構想は、通信、航法及び監視にそれぞれ静止衛星による航空移動衛星通信業務、全地球的航法衛星システム及び自動位置情報伝送・監視システムなどの新技術を導入することにより、航空交通管理（ATM）の実現を目指したものである。翌平成元年 7 月には、FANS で検討した技術の多くが実用化されつつあり更なる検討が必要であるとして、「将来の航空交通システムの開発及び移行計画の監視・調整に関する特別委員会（FANS Special Committee Phase Ⅱ）」が設置された。この FANS Phase Ⅱ の報告は第 10 回航空管制会議（平成 3 年 9 月）に提案され、これをもとに取りまとめられた「CNS 及び ATM システムに関する世界航空交通計画（Global Air Navigation Plan for CNS/ATM Systems）」が平成 10 年 3 月に理事会で承認された。平成 19 年の第 3 版以降は「世界航空交通計画（GANP: Global Air Navigation Plan）」と名を改めて版を重ね、将来の航空交通システムに関する ICAO の最上位戦略として位置づけられている。第 37 回 ICAO 総会（平成 22 年 9 月）において、GANP をベースとした ICAO の長期計画を策定するよう理事会に指示がなされ、第 12 回航空管制会議（平成 24 年 11 月）での議論を経て平成 25 年の第 4 版では、GANP を実現するための技術的事項として、航空システムを段階的に高度化するための施策集（ASBU: Aviation System Block Upgrades）が取りまとめられた。現在、航空情報の管理、通信インフラ、航法システム、空港運用などの分野ごとに、平成 25 年から始まる 6 年周期で、目指すべき具体的な高度化が規定されている。気象分野については、観測情報、予測情報、気候（統計）情報及び情報提供の 4 つに分け、情報のデジタル化や時空間的なシームレス化など、従来のプロダクト提供型サービスから、より高密度・高効率の運航が可能となる次世代の航空交通システムを支えるデータ提供型サービスへの移行に係る施策が掲げられており、これを踏まえて気象庁では航空気象業務を高度化してきている。

日本においては、GANP 及びこれに係る技術的事項並びにアジア太平洋地域の航空計画を踏まえ、欧州諸国による「SESAR: Single European Sky ATM Research」や米国による「NextGen: Next Generation Air Transportation System」など先行事例も参考に、航空局主導で「将来の航空交通システムに関する長期ビジョン（CARATS: Collaborative Actions for Renovation of Air Traffic Systems）」が平成 22 年 9 月に策定され、この枠組みで、気象を含む日本の航空システムの高度化が議論されている。

3．国際航空気象サービスへの品質マネジメントシステムの導入

第 3 附属書では、平成 24 年 11 月の第 75 次改正において、利用者に提供される気象情報の品質を保証するために、航空気象業務に品質マネジメントシステム（QMS: Quality Management System）を導入することが国際標準化され（方式は当時勧告されていた国際標準化機構（ISO: International Organization for Standardization）の ISO 9000 シリーズ）、平成 28 年 11 月発効の第 77 次改正からは QMS の適合性を監査によって確認することも国際標準化された。QMS は、気象業務のみならず、航空路誌（AIP）やノータムなどの航

空情報を定めたシカゴ条約第 15 付属書「航空情報業務」へも導入されている。ICAO は平成 10 年に国際航空安全監視監査プログラム（USOAP: Universal Safety Oversight Audit Programme）を策定し、加盟国に対し航空活動の安全性を監督する体制に係る監査を始めた。

また、ICAO で QMS の導入が検討されていた平成 13 年 1 月には、WMO において気象業務従事者への研修訓練に関するガイドラインが改訂され、以来、WMO と ICAO では気象の予報や観測が航空機の安全運航・効率性に直結することから、航空気象業務従事者に必要な力量や研修訓練の制度について検討を進めた。その結果、平成 23 年の第 16 回 WMO 総会において、航空気象予報官の力量に関する要件については平成 25 年 11 月を期限として、研修訓練に関する要件（BIP-M）については平成 28 年 11 月を期限として、国際標準化されることになった（これらに対する国内での対応については、本章第 3 節第 1 項第 2 目「航空気象サービスの品質保証の取組」を参照）。

4．航空気象分野の国際協力

気象庁では、平成 20 年代後半から、東南アジアの航空気象サービス提供機関との技術協力を強化している。飛行空域において航空機の運航に影響を与える雷電などの発生や予測はシグメット情報として各国が発表することとされているが、シグメット情報が適切に発表されていない領域があることや、発表されていても隣接領域との間で情報に不整合があるなどの課題が、航空需要の急激な増加に伴い顕在化してきた。こうした中、おおむね 12 年に一度、モントリオールの ICAO 本部で開催されていた気象部門会合が平成 26 年 7 月に開かれ、航空交通管理（ATM）向け気象サービスの高度化や地域悪天アドバイザリーセンター（RHWAC）の設置などが議論された。RHWAC については、航空会社等からの積年の要望を踏まえ、シグメット情報が発表できない国が多く存在している状況を改善するため、乱気流や着氷等の航空路上の悪天現象を対象としたアドバイザリー情報を提供するシステムを導入することが勧告された。一方、東南アジア地域ではシグメット情報の発表・改善が喫緊の課題であることから、気象庁は同地域の関係機関に働きかけ、平成 30 年 3 月に日本、ラオス、ミャンマー、フィリピン、タイ及びベトナムの 6 か国で東京において長官級会合を開催して共同声明を採択し、協調的なシグメット情報発表（CSI）に関する国際協力枠組み（CSI 枠組み）を発足させた。これに基づき、参加機関の現業業務における協調的なシグメット情報発表を翌 4 月に開始するとともに、定期的なオンライン打ち合わせをはじめとする各種技術支援を行っている。その後、カンボジア（令和 5 年 9 月）及びマレーシア（令和 6 年 6 月）からも当該枠組みへの参加申し出があり、気象庁を含む既存参加機関に歓迎された。

気象庁はこのほかにも、航空気象業務の高度化や発展途上国のサービス提供能力向上などの方策にかかる国際的な検討に積極的に参加しており、海外の航空気象分野の専門家を日本に招いての意見交換や各国からの訪問や視察への対応などを通じ、関係機関と強い協力関係を築いている。

5．航空気象情報の通報形式の変遷

航空気象における観測や予報の通報については、かつて、国際方式（WMO-ICAO 方式あるいは AERO コード方式とよばれる。）とアメリカ方式（WBAN Manual of Surface Observation-Circular N 方式のことで、WBAN 方式あるいは Circular N 方式とよばれる。）があり、戦後の日本では、米軍から観測業務を引き継いだ昭和 30 年 9 月にはアメリカ方式を採用していた。その後も航空局、防衛庁、米軍との間で採用する方式について調整を継続してきたところ、WMO が開発し国際方式として勧告した METAR コードを米軍が昭和 43 年 1 月から採用することとなった。これを受け、我が国でも対応準備を進め、4 月に航空気象通報式（初版）を制定し、同コードによる通報を開始した。

METAR コードをはじめとする通報形式は、アルファベットと数字の組み合わせで表現され、TAC（Traditional Alphanumeric Codes）形式といわれて、第 3 附属書の改正により適宜、内容が変更された。平成 5 年 7 月発効の同附属書第 69 次改正では、METAR コードにおいて、重要な対流雲である積乱雲（CB）・塔状積雲（TCU）以外の雲形を廃止に、数量で表示していた 8 分雲量を FEW、SCT、BKN などの分類表示に、数字符号と略語で表示していた現在天気を略語のみにするなど大幅な変更が行われた（これらの変更に対し、気象庁では国内の航空会社からの要望を受け、数字表示の 8 分雲量や中・下層の雲形は METAR コードの国内記事として現在でも使用している）。このときに航空気象通報式第 2 版（昭和 56 年 12 月改訂）は第 3 版へと改訂され、以降も幾多の改正が行われてきたが令和 6 年 12 月現在でもこの版が続いている。

また、世界的なデジタル化を背景に、平成 28 年 11 月発効の第 77 次改正では、機械可読方式である拡張可能マークアップ言語（XML: Extensible Markup Language）形式での作成が勧告され、航空気象情報にもデジタル形式での通報が到来することとなった。平成 30 年 11 月発効の第 78 次改正では、このデジタル形式は ICAO 気象情報交換モデル（IWXXM: ICAO Meteorological Information Exchange Model）と定義され、令和 2 年 11 月以降は TAC 形式に加え IWXXM 形式で通報することが国際標準となった。気象庁では、TAC 形式から IWXXM 形式に変換するアプリケーションを開発するなどの準備を行い、令和 3 年 3 月の気象情報伝送処理システム（アデス）の更新にあわせ、新形式での通報を開始した。その後、XML 形式などの容量の大きいデータの送受信が可能な航空局の国際航空交通情報通信システム（AMHS）との接続等の所要の準備が整い、令和 4 年 3 月から TAC 形式に加え、IWXXM 形式でも国際交換を開始した。

【第 3 節】国内航空気象業務の展開

1．効率的な航空気象業務の実施

（1）航空気象官署等の変遷

昭和 41 年 7 月に発足した新東京国際空港公団により整備が進められた新東京国際空港について、昭和 45 年 10 月に、航空気象業務に関する実施計画の取りまとめや関係機関との業務上の連絡を行うため、航空気象管理課に新東京国際空港準備室が設置された。昭和 46 年 11 月には庁舎ビルに設置した機器の保守・管理等のため職員の駐在を開始した。昭和 47 年 3 月に準備室を東京管区気象台総務部へ移行し、現地に駐在している職員とともに準備を加速した。昭和 52 年 12 月には東京管区気象台に新東京航空地方気象台を設置し、新東京国際空港が開

港した昭和 53 年 5 月から航空気象業務を開始した。同気象台は、平成 16 年 4 月の成田国際空港株式会社法の施行に伴い、新東京国際空港が成田国際空港に名称が変更されたことに合わせて、成田航空地方気象台に名称を変更した。

昭和 51 年度までは空港整備五箇年計画（最初が昭和 42 ～ 45 年度、第 2 次が昭和 46 ～ 50 年度）に合わせ、気象庁は当該空港に航空気象官署を設置して業務を行うことを基本的な方針として、航空気象業務の整備を進めてきた（表 3-2-3-1 を参照）。この頃、屋久島、沖永良部の各空港に空港出張所が設置されていたが、近隣にあった測候所を空港に移し、これら測候所にて航空気象業務と一般気象業務の合体運営を行うなど実施体制を効率化した（昭和 50 年 4 月にこれら空港出張所は廃止）。第 3 次空港整備五箇年計画（昭和 51 ～ 55 年度）では、離島空港の新設が多数計画され、これに伴って離島へき地小官署の運営上の問題が懸念されたため、昭和 51 年 4 月「離島へき地航空気象業務について」を庁議決定し、新たな航空気象業務の整備方針（以下「昭和 51 年方針」という。）とした。この方針では、気象情報の需要量を配慮して、空港の運用時間中は定時観測、特別観測及び常時観測を行い、また、その間に常時、情報及び解説の提供を行う空港には官署を整備することとし、定期便の運航に必要な時間帯について必要最小限の観測のみを行い、情報及び解説の提供は出発空港において行われる空港には航空気象観測所を整備することとした。具体的な整備規模の条件として「定期便数が比較的多いこと（おおむね 1 日 3 便以上）。就航する定期便の飛行時間及び飛行距離が長いこと（おおむね片道 30 分及び 100㎞以上）。航空局の機関が設置されていること。」のいずれにも該当しない空港には官署ではなく航空気象観測所を設置して業務を実施することとした。昭和 52 年度以降昭和の終わりまでに、この方針により 11 の離島空港に航空気象観測所を整備し、空港管理者である地方公共団体に観測業務等（観測の成果を、同観測所を管理監督する気象官署（以下「基地気象官署」という。）へ報告する業務を含む。）を委託した。航空気象観測所の観測員へは気象庁が研修・訓練を行い、航空気象観測所の観測の成果についてはその報告を受けた基地気象官署が、観測通報の品質を確保するため内容を確認したうえで関係機関へ通報した（以下この通報を「SCAN 報」という）。

第 5 次空港整備五箇年計画（昭和 61 ～平成 2 年度）では、東京国際空港の沖合展開、新東京国際空港（成田）の二期工事、関西国際空港の整備という三大プロジェクトの整備を中心に各中枢空港の整備が推進された。一方、第四次全国総合開発計画における「全国 1 日交通圏」（日本各地を日帰りで行き来できる）の構想では、コミューター航空の成立可能性を検討したうえで導入を進めることにより、全国の航空網を形成し、また地域活性化のため、小型機用空港等の整備により域内の高速交通体系を早急に構築するとされた。運輸省としても、それぞれの地域の関係者等の自らの工夫、検討が必要であるが、航空の新たな可能性を拓くものとして、地域航空のあり方等について十分調査し方策を検討することとした。さらに、昭和 62 年 4 月から翌年 3 月にかけて運輸省に設置された航空審議会地域航空輸送問題小委員会が行った我が国における地域航空の導入、整備に係る諸問題についての最終とりまとめを受け、平成元年 2 月に航空法施行規則が改正され、コミューター空港等（ヘリポートを含む）について、気象観測施設の整備・観測の実施は設置管理者である地方公共団体が行うこととなった。コミューター空港等における気象観測の適正な実施は、気象業務法第 6 条の技術上の基準などにより担保された。一方、航空機の安全運航等を気象情報の面からも担保する必要があり、地方自治体から気象庁に対し技術的及び人的支援がもとめられたことから、平成 5 年 6 月からは、計器飛行方式（IFR）を採用したコミューター空港として供用開始を計画している広島西や但馬の各空港に対し、空港設置管理者の支援要請があった場合に、気象庁は気象観測に関する技術的支援や人的支援（当該空港への気象庁職員の出向）を行うことを庁議決定した。令和 6 年 12 月現在においても、該当するコミューター空港等（調布、但馬、天草、東京ヘリポート）に対し必要な支援を行っている。

平成の時代を迎える頃には、整備された航空気象観測所によっては定期便の数、距離、時間の変更に伴い昭和 51 年方針と合致しない空港も出てきており、また、当該方針の策定時に比べ、空港の新設は減少傾向にあり、第 6 次空港整備五箇年計画（平成 3 ～ 7 年度）でも空港の新設は抑制される方向にあった。このような空港整備状況の変化、航空気象観測所の整備状況との不整合等に鑑み、当該方針の見直しを行い庁議決定した。この見直した航空気象業務整備方針（以下「平成元年方針」という。）では、気象情報の需要を考慮した空港の性格を「空港の運用時間中は定時観測、特別観測及び常時観測を行い、また、その間に随時、高度な航空気象情報の提供を行う空港」と「定期便の運航に必要な最小限の観測とその成果の提供のみを行い、航空気象情報（予報、口頭解説等）の提供は出発空港において行う空港」の 2 つに分け、前者の空港には航空気象官署を設置し、後者の空港には航空気象観測所を設置することとした。また、航空局の行う航空保安業務との整合を図ること（航空保安業務の実施形態が同一の空港については、航空気象業務の実施方式も同一とする。）、定期便の数、距離・時間等変動しやすいものは基準として適当ではないので使用しないこととした。この方針を踏まえ、航空気象業務の整備基準として、「国際航空路線に必要と定められた国際民間空港（第一種空港、当時）、主要な国内航空路線に必要と定められた空港（第二種空港、当時）、または地方の航空運送を確保するために必要と定められた空港（第三種空港、当時）であって、当該空港に設置された航空局の機関によって、管制業務または管制通信業務が行われる空港」には官署を設置することとし、「官署設置の基準を満たさない第三種空港であって、航空運送事業（旅客）が行われる空港」には航空気象観測所を設置することとした。この整備基準により平成元年度以降は、官署から観測所への移行も行われた（表 3-2-3-2 を参照）。すなわち、当該空港に設置されていた航空局の機関が廃止され、他の空港から他飛行場援助業務（遠隔空港対空通信施設（RAG：Remote Air-Ground Communication）による当該空港の気象観測情報を含む航空情報の提供業務（以下「RAG 業務」という。））が実施されるときには、気象庁でも官署を廃止し航空気象観測所を設置していった。一方で、国際航空路線に必要な空港であり、航空機の離着陸回数、乗降客数、路線数等が著しく多い空港を担任し、国際基準に則った重要な予報等を他の航空気象官署にも提供するとともに技術支援を行うなどの責任を持ち、内部組織としてそれらの業務を実施するに見合う強化された体制を整備している官署は航空地方気象台とする方針としていた。

この方針を踏まえ、第 5 次空港整備五箇年計画により進められた関西国際空港の整備に伴い、平成 2 年 10 月に、航空気象官署の設置及び業務実施体制の整備等必要な準備作業を進めるため、大阪管区気象台業務課に関西国際空港準備室を設置し、平成 5 年 4 月には航空気象業務

に係る職員研修及び気象関係機器整備のため、大阪管区気象台総務部付として大幅な業務強化を行い、11 月からは、職員の大半が空港島に駐在し慣熟業務を始めた。平成 6 年 6 月に関西航空地方気象台を設置し、9 月 3 日 0 時から飛行場予報等の業務を開始し 4 日の関西国際空港の運用開始を迎えた。

また、第 7 次空港整備五箇年計画において進められた中部国際空港の整備に伴い、平成 12 年 10 月に、東京管区気象台業務課に中部国際空港準備室を設置し、平成 16 年 4 月には名古屋地方気象台に中部国際空港準備室を移行し増員したうえで、名古屋空港にあった名古屋航空測候所に駐在させ本格的な準備作業に入った。当時、同所から空港島へは片道約 1 時間 30 分の道のりを官用車で出向く日が続き、また開港時には準備室職員に加え同所の職員も配置する計画であったことから、同所の職員は名古屋空港の実務を行いながら、中部国際空港での習熟訓練を行うなどタイトな勤務が続いたという。同年 12 月からは中部国際空港庁舎に駐在を開始し、平成 17 年 2 月 17 日、中部国際空港の運用開始と同時に中部航空地方気象台を設置して業務を開始した（これに合わせて名古屋航空測候所は廃止）。

平成 10 年頃からは、リクエスト・リプライ方式による WEB 技術を用いた飛行場内気象情報提供装置（通称「場内イントラ」。平成 17 年度からは航空気象情報提供システム（MetAir）に移行。）による情報提供を開始した。これにより、操縦士が出発前の準備時に必要な気象資料を自ら検索し確認できる環境が整備され、以降、この形態によるブリーフィング（セルフブリーフィング）が広がっていった。

平成 17 年頃には、東京航空地方気象台及び新千歳、福岡、那覇各航空測候所の管制気象課（札幌、東京、福岡及び那覇の航空交通管制部内に設置）が行っていた航空交通管制官等へのブリーフィングを遠隔で実施する形態に移行し、平成 17 年 4 月に同課を廃止して予報課に管制気象調整官を設置して、管制気象業務を予報課へ統合した。この遠隔による解説技術は、対面での口頭解説と同じような使い勝手を有した即時性のあるシステムにより実現したもので、後述の空港出張所等の航空気象観測所への移行において中核を担う技術となった。平成 19 年から平成 20 年頃には、防衛省や米軍が観測している空港（共用空港）に設置していた空港出張所について、解説業務を地域航空気象官署から遠隔で実施することにより空港気象連絡室（気象資料の閲覧表示装置のみで、気象庁職員を配置しない無人施設）へ移行した。

航空局の RAG 業務が紋別、大館能代、石見各空港において開始されることにあわせ、平成 21 年 3 月に紋別空港分室を、4 月に大館能代及び石見各空港出張所を航空気象観測所へ移行した。これらの空港では、計器着陸装置（ILS: Instrument Landing System）を使って地上からの精密な誘導電波を利用する進入方式（精密進入方式）が採用されており、航空会社からは従来の SCAN 報ではなく官署と同等の観測通報が求められた。その結果、これらの航空気象観測所では官署と同様に特別観測や常時観測を行い、その成果の報告を受けた基地気象官署では適宜確認を行い関係機関へ通報することとした。当時、官署と同様の観測を行う航空気象観測所はなかったため、従来の観測の手順や研修・訓練等について内容を見直した。

このように航空気象観測所が行う観測業務が官署の業務に近づく中、平成 22 年 11 月の総務省による気象行政評価・監視の結果、空港出張所における観測業務の外部委託及び解説業務の航空地方気象台等への集約により、航空関係者に対する適切な気象情報の提供が確保されることを前提に、順次、航空気象観測所へ移行すること、また、外部委託に当たっては、観測業務の的確な実施を確保するため、委託先に対する研修の実施基準を策定することについて勧告された。この勧告を受け、昭和 51 年方針及び平成元年方針により設置した航空気象観測所について、平成 23 年 12 月に研修の実施基準を定めた。また、これら方針により整備する方式のほかに、航空気象観測所の委託業務を安定的に実施するため、管区単位で民間事業者に複数の航空気象観測所の委託業務について一括調達（沖縄気象台管内は福岡管内と共同で調達）する新しい方式を検討した。新しい方式では、平成 22 年 4 月から気象庁が導入していた ISO9001 に準拠した QMS を委託先の事業者に導入させ、事業者が設定する品質目標には気象庁の観測業務の品質目標も設定することにより官署と同等の観測通報の信頼性を確保するなど事業者自らが品質保証等を行うようにした。また、気象庁が観測通報業務に必要な力量を定めることにより、観測員がその力量を満たすために必要な研修・訓練は事業者が自ら行うものとし、観測の成果の確認も事業者自らが行うようにした。気象庁では、これらを含む委託業務の実施状況について、品質目標の達成状況、不適合な航空気象サービスの発生状況やそれへの再発防止等を含む処置状況、定期的な監査（第二者監査）等により確認し、委託先である事業者を管理するようにした。

このような検討結果を踏まえ、平成 25 年度から平成 28 年度にかけて、全国 44 か所の空港出張所等について、航空気象観測通報業務を外部に委託するとともに、解説業務を管区・沖縄気象台ごとに航空気象予報の中枢機能を担う地域航空気象官署（東京・関西航空地方気象台、新千歳・仙台・福岡・那覇航空測候所、当時）から遠隔で実施し、セルフブリーフィングのための気象資料を充実することにより、航空気象観測所へと円滑に移行していった。その後も、平成 29 年度から平成 30 年度にかけて、同様の業務形態の変更により、大阪・鹿児島各航空測候所を、令和 5 年度には、仙台管内の地域航空気象官署であった仙台航空測候所を、それぞれ航空気象観測所に移行した（仙台航空測候所で行っていた航空気象予報業務は東京航空地方気象台から遠隔で実施）（表 3-2-3-2 を参照）。新しい方式で事業者への委託を開始する際は、当該事業者からの要望等を踏まえ、気象庁は委託開始前に事前研修を行い、航空気象観測所の観測通報業務が円滑に開始できるよう支援した。

平成 30 年 4 月には、福岡空港における離着陸回数の状況やその後の航空交通量の増大等を踏まえ、また、実施してきた航空気象観測所への移行などにより担任することとなった多くの空港への航空気象業務の的確な実施と国際基準に準拠した情報提供を充実させるために体制を強化することとし、福岡航空測候所を福岡航空地方気象台へ昇格し、TREND（着陸用飛行場予報）などを開始した。

令和元年度から令和 2 年度にかけて、航空局は一部の空港における航空保安業務の変更を行い、空港個々に対する RAG 業務を休止した。これに合わせて、気象庁においても、令和 2 年 1 月に慶良間空港、波照間空港、3 月に小値賀空港、上五島空港、粟国空港、10 月に佐渡空港における航空気象観測所の業務を休止した。なお、伊江島空港は昭和 55 年 9 月から、礼文空港は平成 21 年 4 月から、それぞれの業務を休止している。

表 3-2-3-1　航空気象官署等の設置等（昭和 41 年以降）

	航空気象官署等	開設等月日
昭和41年	旭川空港分室、出雲空港分室、福井空港分室	4月1日
	紋別空港分室	5月11日
	宇部空港分室	6月1日
	徳島空港分室	7月1日
	東京ヘリポート分室	10月1日
昭和42年	鳥取空港出張所	8月1日
	石垣航空測候所	12月15日
昭和43年	南紀白浜空港出張所	4月2日
昭和44年	宮古島航空測候所	3月28日
	沖永良部空港出張所	4月21日
昭和45年	与那国航空測候所	11月1日
昭和46年	南大東島航空測候所	12月15日
昭和47年	那覇航空測候所	5月15日
昭和49年	奥尻空港出張所、利尻空港出張所	4月11日
昭和50年	伊江島空港出張所	4月2日
昭和51年	対馬空港出張所	1月1日
	徳之島空港出張所	5月1日
昭和52年	新東京航空地方気象台	12月20日
昭和53年	多良間航空気象観測所※	3月7日
	与論航空気象観測所※	4月1日
	波照間航空気象観測所※	4月6日
	礼文航空気象観測所※	4月24日
	粟国航空気象観測所※	5月1日
	北大東航空気象観測所※	6月30日
昭和55年	久米島空港出張所	2月1日
	下地島空港出張所	7月1日
	美保空港出張所、喜界航空気象観測所※	10月1日
昭和56年	上五島航空気象観測所※	10月1日
昭和58年	三沢空港出張所	10月1日
昭和60年	小値賀航空気象観測所※	12月20日
昭和62年	新島航空気象観測所※	7月2日
昭和63年	千歳航空測候所を新千歳航空測候所へ改称	7月20日
平成 3 年	庄内空港出張所	4月12日
平成 4 年	神津島航空気象観測所※	7月1日
	福島空港出張所	10月1日
平成 5 年	石見空港出張所	1月1日
平成 6 年	関西航空地方気象台	6月24日
	慶良間航空気象観測所※	11月10日
平成10年	大館能代空港出張所、佐賀空港出張所	1月1日
平成15年	能登空港出張所	1月1日
平成16年	新東京航空地方気象台を成田航空地方気象台へ改称	4月1日
平成17年	中部航空地方気象台（名古屋航空測候所の廃止）	2月17日
	神戸空港出張所	7月1日
平成18年	調布空港出張所の廃止	4月1日
平成20年	静岡空港出張所	10月1日
平成21年	東京ヘリポート出張所の廃止	4月1日
平成22年	百里空港気象連絡室※※	3月1日
平成24年	岩国空港気象連絡室※※	12月13日
平成30年	福岡航空測候所を福岡航空地方気象台へ改称	4月1日

注）令和6年12月現在の航空地方気象台や航空測候所については改称を明記した。
※　空港開港時から職員を配置せず航空気象観測所の業務を委託した。
※※　共用空港開始時から職員を配置せず空港気象連絡室を設置した。

表 3-2-3-2　航空気象官署の航空気象観測所等への移行

	航空気象官署	移行月日
昭和53年	伊江島空港出張所	1月1日
平成 8 年	佐渡空港出張所	4月1日
平成 9 年	南大東空港分室	7月20日
平成11年	奥尻空港出張所、利尻空港出張所	3月1日
平成15年	徳之島空港出張所	3月1日
平成16年	隠岐空港分室	3月1日
平成18年	与那国空港分室	3月1日
	壱岐空港出張所	4月1日
平成19年	三宅島空港分室、福井空港出張所	3月1日
	小松空港出張所※※、美保空港出張所※※	3月28日
平成20年	丘珠分室※※、三沢空港出張所※※、徳島空港出張所※※	3月1日
	屋久島測候所、沖永良部測候所	10月1日
平成21年	紋別空港分室※1	3月1日
	大館能代空港出張所※2、石見空港出張所	4月1日
	久米島空港出張所	12月1日
平成25年	八丈島空港出張所	4月1日
	南紀白浜空港出張所、鳥取空港出張所、出雲空港出張所、岡山空港出張所、高松空港出張所、山口宇部空港出張所、北九州空港出張所、対馬空港出張所、福江空港出張所、種子島空港出張所	4月1日
平成26年	大島空港分室、富山空港出張所、能登空港出張所、松本空港分室、静岡空港出張所、八尾空港出張所、神戸空港出張所、広島空港出張所、松山空港出張所、高知空港出張所、佐賀空港出張所、熊本空港出張所、大分空港出張所、宮崎空港出張所、石垣空港出張所、宮古空港出張所、下地島空港出張所	4月1日
平成27年	帯広空港出張所、旭川空港出張所、女満別空港出張所、中標津空港出張所、花巻空港出張所、庄内空港出張所、山形空港出張所、福島空港出張所、新潟空港出張所、長崎空港出張所、奄美空港出張所	4月1日
平成28年	函館空港出張所、釧路空港出張所、稚内空港出張所、青森空港出張所、秋田空港出張所	4月1日
平成29年	大阪航空測候所	4月1日
平成30年	鹿児島航空測候所	4月1日
令和 5 年	仙台航空測候所	4月1日

注）点線以降は、管区単位でまとめて委託している。
※1 平成31年4月より、管区単位でまとめて委託している。
※2 令和5年4月より、管区単位でまとめて委託している。
※※ 空港気象連絡室へ移行した。

（2）航空気象サービスの品質保証の取組

ICAO による QMS の国際標準化に先立ち、QMS 導入に向け、平成 20 年に先行プロジェクトチームで実施計画を策定し、平成 21 年には「航空気象業務における QMS 導入のためのプロジェクトチーム」で構築作業を進めた。その結果、気象庁の航空気象業務へ、ISO9001 規格要求事項に適合した QMS を平成 22 年 4 月から導入することを庁議決定し、航空気象サービスの品質保証の仕組みを確立した。平成 22 年 6 月には ICAO の監査（USOAP）を航空局とともに実地で受査し、航空気象業務の実施体制が航空活動の安全性を監督する体制にあることを QMS により実証した。平成 28 年の ICAO による QMS 監査の国際標準化には、当時進められていた空港出張所等の航空気象観測所への移行に対する管理監督体制の強化も踏まえ、平成 28 年 3 月から監査員力量の確保のため気象庁職員研修計画における QMS 研修を拡充し、QMS の適合性確認を確実にした。

平成 23 年の第 16 回 WMO 総会における航空気象予報官の力量や研修訓練に関する各要件の義務化対応期限の決定に先立ち、気象庁では平成 21 年に立ち上げた「航空気象予報官要件に対応した教育・研修プログラム検討プロジェクトチーム」で検討を進めた。力量に関する要件（能力評価要件）については、既に運用していた QMS の力量評価の項目を拡充して対応し、研修・訓練に関する要件（研修・教育要件）については、まず気象大学校への入校研修やオンラインでの遠隔研修で確保するほか、将来の対応として入校研修である「気象技術総合（係員級）研修」を要件に適合させることとした。WMO が課したこれら要件の義務化時期（それぞれ平成 25 年 11 月、平成 28 年 11 月）までに対応を完了した。

（3）航空気象観測通報の完全自動化

航空気象情報は、航空機の安全かつ定時的な運航に加え、効率的かつ快適な運航に必要不可欠なものとして、よりきめ細かく高精度の情報の提供が求められる一方、航空事業を取り巻く行財政事情は厳しく、従前にも増して効率的な情報提供の実施が求められてきた。こうした情勢は世界各国でも同様であり、既に欧米諸国では、第 3 附属書において自動観測システムによる通報が認められたことを受けて航空気象観測通報の完全自動化（以下「完全自動化」という。）の導入が進められていた。このような取組は、航空関係者には効率化のみならず観測通報の一定性や定時性の観点からも評価されていた。

このような状況を踏まえ、気象庁でも我が国への完全自動化の導入に向けた検討及び技術開発を進めるべく、平成 23 年度から海外事例の調査を行うとともに、平成 25 年 10 月 31 日に「航空気象観測の完全自動化に関する検討会」（航空会社、航空局及び気象庁の課長級で構成。以下本項で「検討会」という。）を設置し、海外の取組の分析や我が国における導入可能性の評価、課題の分析等を行った（検討会は平成 28 年度までに計 8 回開催）。検討会において、導入可能性が高い空港の選定や運航への影響等の評価、降雪や雷等に関する技術的課題の検証、自動 SPECI 報の配信頻度の検討等を行い、空港の利用者の理解も得られたことから、平成 29 年 3 月 8 日に関西国際空港及び福岡空港の夜間帯と、与論空港及び与那国空港の終日に完全自動化を導入した。その後、完全自動化の導入空港を順次拡大し、令和 6 年 12 月現在、気象庁が航空気象観測業務を実施している 75 空港（休止中の空港を除く）のうち 32 空港において航空気象観測の完全自動化を実施している（このうち、完全自動化を終日実施しているのは 11 空港）。また、令和 7 年 3 月には、新たに 6 空港に導入し、半数以上にあたる 38 空港において完全自動化を実施する予定である。

完全自動化により通報される自動 METAR/SPECI 報では、従来の SCAN 形式（SCAN: 航空気象観測所実況気象通報式）による観測通報や METAR/SPECI 報に比べ、現象及びその変化を更に的確かつ客観的に観測でき、滑走路付近の気象状態を適切に通報することが可能となる。特に、離島空港など SCAN 形式で観測通報している空港については、国際標準の METAR/SPECI 形式での通報に変わり、また、自動 SPECI 報による特別観測通報も始まるため、これまでに比べ、より詳細で利便性の高い観測通報となった。一方で、自動 METAR/SPECI 報は、通報できる降水の種別が雨、雪、みぞれに限定されることから、冬季の出発機への防除氷液の有効時間（HOT）の設定を支援するため、固形降水が予想又は観測された場合は目視による観測・通報に切り替える必要があるなど、技術的課題も残っている。気象庁では更に完全自動化の技術開発を進め、完全自動化の導入を推進していく方針である。

（4）飛行場予報業務の系列化と遠隔方式による飛行場予報

従来、気象庁では当該空港の航空気象官署においてその空港のみの飛行場予報業務を行ってきたが、厳しい行財政事情に伴う業務効率化の推進や、旧第二種・第三種空港への国際定期便就航の増加、航空局の CNS/ATM 構想に対応したきめ細かな予測情報の提供要請等に応えるべく、飛行場予報業務のうち、飛行場予報・飛行場警報・飛行場気象情報等の作成・提供については、国際定期便が就航している空港の航空気象官署ごとに予報官を配置して行う方式から、地域航空気象官署へ予報官を集中配置して遠隔で行う方式に変更した（その他一部の国際空港や主要空港については従来方式を継続）。

これにより、平成 18 年 4 月 1 日から気象庁本庁設置の航空予報室空域予報班を全国航空気象予報中枢と位置付けるとともに、地域航空気象官署の下に域内の空港出張所・分室を置くことにより、航空気象予報業務の系列化を確立し、各空港において作成・発表していた飛行場予報は、地域航空気象官署とそれ以外の主要空港（成田国際・中部国際・大阪・鹿児島）の航空気象官署において実施することとなった。なお、飛行場予報のプロダクト等の詳細については本章第 5 節「航空予報業務」で記述する。

遠隔方式の飛行場予報を実施するにあたって、平成 6 年度から平成 7 年度にかけて業務実験を行ったところ、遠隔空港の実況監視システムが不可欠であり、当時の技術的環境下では実現は極めて困難であった。しかしながら航空気象情報の高度化と提供形態の改善、業務効率化の推進等の要請に応えるべく改革へ邁進する関係者のたゆまぬ努力と合わせて、急速な情報通信技術の革新により、平成 14 年度に航空気象情報共有環境を整備して、遠隔で実況監視するために空港監視カメラや実況値をリアルタイム監視できるシステムを構築した。こうした環境整備を踏まえ、再度遠隔飛行場予報の実証実験を行い、次いで平成 15、16 年度にかけて予報官を対象とした遠隔飛行場予報特別研修を実施した。

遠隔方式の飛行場予報を実現するにあたり、平成 17 年度の東日本アデス整備に合わせて飛行場予報統合ソフト（時系列予測値を予報官が入力して TAF（飛行場予報）コードに自動変換するソフト）の導入や飛行場気象情報の対象項目の整理といった作業面の効率化を図った。なお、その後航空気象情報共有環境は、アデス等他のシステム整備が充実していくとともに変

化し、各種実況・予想資料や空港監視カメラは航空気象情報提供システム（MetAir）で、実況値は航空気象実況データ収集処理システム（ALIS）で閲覧するようになった。これらの資料は航空気象官署のみならず航空局や民間航空会社等へも提供することで、情報の内容が充実することとなった。

また、航空局や民間航空会社等における航空機の運航等のための参考情報として、気象庁本庁から国内の飛行場や福岡飛行情報区等の悪天情報についての解説を記述する全国航空気象解説報の提供を、平成 19 年 3 月から開始した。令和 7 年 3 月からは、全国の飛行場の時系列での予測情報を一覧表形式でまとめたカテゴリー予想の様式を追加している。

遠隔方式の導入当初は、一人の予報官が担当する空港数を最大 2 空港とし、予報官はこれら空港の実況（画像・観測値）をモニターしながら、数値予報プロダクトを勘案し、実況の推移・予報との差異を把握の上、飛行場予報統合ソフトにより該当する飛行場予報の作成・発信を行うという作業形態をとることとした。その後も予報作業環境の機能強化及び作業手順の見直しを行うことにより、更なる予報作業形態の効率化を進め、平成 27 年度より地域航空気象官署における飛行場予報の標準的な作業形態を予報官一人当たり最大 3 空港とし、さらに令和 7 年 3 月からは一人当たり最大 5 空港とした。

2．航空交通業務機関との連携

（1）航空交通管理のための航空気象業務の実施

航空局は CNS/ATM 構想に基づく航空交通管理（ATM: Air Traffic Management）を推進するため、ATM の主導的な役割を担う中核組織として平成 6 年 6 月、福岡航空交通管制部に航空交通流管理センター（ATFM センター、福岡市）を設立し、更に増大する航空交通需要に対応するため、平成 17 年 10 月に東京航空交通管制部で行っていた洋上管制業務を統合して航空交通管理センター（ATM センター）に改組した。ATM センターでは、効率的な飛行経路の設定や空域の柔軟な使用のための調整などを実施する空域管理、交通流制御等による交通量の調整により円滑な航空交通を形成する航空交通流管理及び最適な洋上飛行経路の設定や交通流の調整による運航効率の向上を図る洋上管理により、空域を最大限に有効利用して安全性と運航効率を上げるための航空交通管理管制業務を行っている。

気象庁は ATM センターの業務を支援するため、平成 15 年 10 月に気象庁総務部航空気象管理官付に航空交通気象センター準備室を設置し、平成 17 年 4 月には予報部予報課の下にこれを移し（このときに福岡市に場所を移す）、同年 7 月には予報部予報課の下に設置された航空予報室の下に移し、航空交通管理のための航空気象業務を実施する準備を進めた。平成 17 年 10 月には ATM センターと同じ福岡市に航空交通気象センター（ATMetC: Air Traffic Meteorology Center）を正式に設置した。ATM センターでは、航空関係者間の緊密な情報共有とそれに基づく協調的意思決定（CDM: Collaborative Decision Making）の仕組みを導入しており、ATMetC は ATM センターと同一の運用室内で業務を行い、航空交通の要となる主要空港に関するピンポイントのきめの細かい予報と、主要な航空路を含む広い空域に対しての予報のうち、航空交通に影響を及ぼす悪天を適切に抽出してその発現と終了について適確に予測し、ATM センターの航空交通管理管制官等に対して気象予測資料の提供やそれらの資料に基づく口頭解説（以下「ブリーフィング」という。）を行っている。ブリーフィングは、ATM センター職員の勤務体制に合わせた一日数回の定時に行うほか、気象予測が変わった場合や重要な現象が発現するタイミング等、適宜臨時に行っている。また、平成 18 年 2 月からは、気象状況が航空交通流に影響する度合いを、主要空港及び航空管制セクターごとに 6 時間先までの時系列で予測する「航空交通気象時系列予想（ATMet 時系列）」について、毎時間（14UTC から 16UTC を除く）での提供を開始した。

平成 21 年 10 月の成田国際空港 B 滑走路の北伸、平成 22 年 10 月の東京国際空港 D 滑走路供用開始、さらにその後も令和 2 年（2020 年）開催予定（当時）であったオリンピック・パラリンピック招致を見据えた発着枠拡大により首都圏の航空交通が過密化し、管制運用が複雑化することを踏まえ、航空局は平成 23 年 10 月に、より高度で緻密かつ即応性のある ATM を実施する体制を整えるため、東京国際空港及び東京航空交通管制部に ATM センターの分室を設置し、航空交通管理班（TMU: Traffic Management Unit）の運用を開始した。気象庁はこれに対応し、平成 26 年 4 月に ATMetC 首都圏班（TMAT: Tokyo Metropolitan Area Team）を東京航空地方気象台内に設置し、テレビ会議システムを通じてリモートでブリーフィングが行える環境を整え、TMU に対して東京国際空港及び成田国際空港を離着陸する航空機を対象とする東京進入管制区、さらに東京航空交通管制部管内の交通量や交通流の調整に必要な気象現象に特化した気象予測資料の提供及びブリーフィングを行うこととした。

東京国際空港及び成田国際空港を離着陸する航空機を対象とする東京進入管制区、さらに東京航空交通管制部管内の交通量や交通流の調整に必要な気象現象に特化した予測資料として、予想を図やキーワードで簡潔にまとめた「ATM 気象情報（首都圏）」の提供を開始したほか、平成 26 年 7 月からは、ATMet 時系列と同様に気象状況が航空交通流に影響する度合いを、首都圏周辺の空港及び空域に特化して更にきめ細かく予測する「航空交通気象時系列予想（首都圏）（ATM CIEL）」の毎時間（14UTC から 16UTC を除く）での提供を開始した。その後実施された首都圏空域の再編に合わせて、再編後の空域に的確な情報を提供するため、「ATM 気象情報（東京進入管制区）」の提供を令和元年 7 月から開始したほか、局地モデル（LFM）の予想に基づいて自動作成する「首都圏悪天予想」の提供を令和元年 10 月から開始するとともに、LFM 及び ATM CIEL での予想値を組み合わせて自動作成する「飛行ルート対流雲予想」の提供も令和 2 年 3 月から開始した。

また、新千歳空港では、政府が進めるインバウンド施策に伴う国際線及び国内線需要の高まりを受け、離着陸機数の拡大や大雪による多数の欠航発生時の混乱を契機に空港処理能力の拡大が急務となり、航空局は平成 30 年 4 月に新千歳空港事務所に ATM センターの分室である TMU を設置した。これに合わせて気象庁では、平成 30 年 4 月に ATMetC 新千歳班を新千歳航空測候所内に設置し、新千歳 TMU に対して空間的・時間的にきめ細かな実況監視予測に基づく新千歳空港及びその周辺空域のブリーフィングを行うこととした。平成 30 年 11 月からは、ブリーフィングを補完する目的で、「ATM 気象情報（新千歳）」の提供を開始した。なお、新千歳 TMU に対する気象資料の提供及びブリーフィングについては、令和 7 年 3 月に TMAT からのリモートでの実施へと移行する予定である。

ATM センター及び各 TMU に対するブリーフィングに必要な気象の実況や予測資料の提供

手段については、当初は航空交通管理用気象情報共有システムに掲載して提供を始め、平成26年3月からはシステムを更新して航空交通管理用統合気象支援装置へ移行し、令和3年3月からは航空気象情報提供システムに掲載してオンラインでATMセンター及び各TMUへの提供を行っている。

（2）管制空域再編に伴う航空気象業務の変遷

航空局では、安全かつ効率的な運航を維持しつつ増大する航空需要に対応するため、国内空域の抜本的な再編を行うべく、管制空域の上下分離と空港周辺の空域（ターミナル空域）の統合を実施した。空域の上下分離は、令和2年3月から令和7年3月にかけて段階的に実施し、巡航と上昇降下の処理を高高度と低高度に分離することで、処理機数の増加と処理効率の向上等を実現した。航空局が進める管制空域の上下分離に伴い、ATMetCは地図形式の航空交通時系列予想を、高高度セクターを示す地図形式と低高度セクターを示す地図形式に分け、表形式と合わせて3種の航空交通気象時系列予想を発表するよう変更した。また、セクターによってはセクター内で航空交通量に偏りがあるため、セクター内の過密な航空路等を考慮して決定した領域（対象エリア）を設定し、対象エリアに対して気象状況が航空交通流に影響する度合いを予想するよう変更するなど、航空交通管理業務の変化に対応してATMetCが提供する情報や解説も高度化した。

一方で、航空局は航空交通管制部が行っていた進入管制業務（空港周辺の進入管制区を飛行する航空機に対して進入・出発の順序、経路、方式の指定や上昇・下降の指示をする管制業務）の一部をターミナル・レーダー管制業務（航空レーダーを用いて行う進入管制業務）へ移行し、隣接空港の離着陸機の処理を一元的に実施することで経路短縮や遅延減少を実現し、管制業務の効率化を図るため、ターミナル空域を順次統合・拡大することとし、平成6年度から平成29年度にかけて既存のターミナル空域を統合した。また、令和3年度からは、既存のターミナル空域の統合だけでなく、これまでターミナル空域がなかった空港も含め、北日本及び南日本に新しい統合ターミナル空域を順次設置していった。気象庁はこれらのターミナル空域における管制業務に資するため、各統合ターミナル空域に対して「狭域悪天予想図」及び「狭域悪天実況図」の領域を拡大又は新規に発表し、安全で効率的なターミナル・レーダー管制業務を支援した。また、これらのターミナル・レーダー管制の統合・拡大により各ターミナル・レーダー空域が拡大し交通流の増加が見込まれること、また管制空域再編に伴い令和6年2月に東京航空交通管制部の一部空域が神戸航空交通管制部に移管する計画があったことから、航空局は令和5年10月に神戸航空交通管制部及び那覇空港に新たにATMセンターの分室を設置し、各TMUが業務を開始した。気象庁はTMATの体制を強化し、令和6年2月から各TMUへリモートでのブリーフィングや解説資料の提供を開始した。以降も航空局は、令和7年3月に福岡TMU及び関西TMUの運用を開始する計画のため、これらのTMUに対しても同様にTMATから情報提供できるよう準備を進めている。

（3）空港の防災対策への取組

平成16年（2004年）新潟県中越地震を受けて、地震に対する空港のあり方を見直すため、平成17年8月に国土交通省航空局が設置した、有識者による「地震に強い空港のあり方検討委員会」で検討が行われ、平成19年4月に「地震に強い空港のあり方検討委員会報告」が取りまとめられた。この報告では当時、気象庁が一般利用者に対する緊急地震速報の本運用に向け検討を行っていたことを踏まえ、空港における多機能型地震計の設置及び緊急地震速報の活用方法の確立等により、災害時の迅速かつ効果的な初動対応を図ることが必要であるとされた。これを受け、航空輸送上重要とされた空港に対し、多機能型地震計を設置（平成18年度に東京国際・大阪国際・福岡・鹿児島・新千歳・那覇、平成19年度に成田・中部・関西・仙台、平成20年度に新潟・広島・高松の計13空港に設置）し、緊急地震速報や当該空港で観測した震度を空港事務所等に提供開始した。

その後、平成30年台風第21号や平成30年北海道胆振東部地震等の自然災害により、空港ターミナルの閉鎖など国民の生活・経済に欠かせない重要なインフラの機能が喪失されることになり、国民の生活や経済活動に大きな影響を及ぼす事態が発生したことから、重要インフラ等の機能維持のため緊急に実施すべき対策として、平成30年12月に「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策」が閣議決定された。これを受けて、気象庁は浸水被害の軽減や被災後のデータ提供の早期再開のため、空港気象ドップラーレーダーの電気設備の浸水対策や可搬型航空統合気象観測システム（MAIMOS）の整備等を行った。

同じ頃、国土交通省航空局により大規模自然災害が発生した場合にも我が国の航空ネットワークを維持し続けるための方策が検討され、平成31年4月に「全国主要空港における大規模自然災害対策に関する検討委員会」にて、主要空港の機能確保等の対策の取組の方向性や緊急に着手すべき課題が取りまとめられた。この取りまとめでは緊急に着手すべき課題として、全ての空港関係者を集めた総合対策本部（A2-HQ）を設置することや電源喪失時の対応やアクセス交通途絶時の対応等の検討を柱とした空港業務継続計画（A2-BCP）を策定することなどが位置づけられた。令和2年3月には「A2-BCP」ガイドラインが公表され、各空港ではA2-BCPの策定が進められており、気象庁も検討に参画している。

（4）航空気象情報の利用促進と小型機の安全運航支援

昭和48年度からの施設整備費をはじめ、昭和53年度からは人件費も含め航空気象業務全般の財源となった空港整備特別会計（空港整備特別会計については、第1部第2章第3節「空港整備特別会計の導入」を参照。）は、主な受益者である航空会社が負担する空港使用料や航空機燃料税等から充当された。空港整備特別会計により実施する航空気象業務の成果である航空気象情報は、専用のシステムにより航空局や航空会社等へ提供している。この受益と負担の関係はICAOのコストリカバリーの理念に対応するものである。平成に入ってからは、インターネットが社会に急速に普及していった。そのような状況等を踏まえ、航空局と調整のうえ、平成18年3月に空港の気象実況値を気象庁のホームページに掲載することとし（航空気象情報の気象庁ホームページへの掲載の背景については、第4部第1章第2節第1項第4目「インターネット時代の気象情報提供の推進」を参照）、その後も空港の予報等の航空気象情報全般についても追加掲載することとした。

一方、低高度を主に飛行するヘリコプターや小型航空機（以下「小型機等」という。）の利用者には、従来から各航空気象官署においてブリーフィング等により気象情報を提供していた。平成26年3月から提供を開始した「下層悪天予想図」は、当時、小型機等の事故が後を絶たなかった中で安全運航に資する情報として大いに利用され、平成28年熊本地震の救援・復旧

活動にあたる小型機等にも有効活用された。このような中、平成 28 年 12 月に、航空気象情報（雷観測データを含む）の気象庁ホームページへの掲載にあわせて、航空気象情報のページに下層悪天予想図等も掲載し、小型機等を含む利用者が幅広く利用できることとなった。令和 6 年能登半島地震などでも救援・復旧活動にあたる小型機等に活用された。

3．航空会社との取組

（1）航空路機上観測飛行の実施

昭和 29 年 11 月の WMO からの書簡「国際航空における予報官慣熟飛行」を根拠に、気象庁でも昭和 31 年 7 月から、国内各航空会社の協力の下、航空路機上観測飛行（以下「機上観測」という。）を開始した。機上観測は、航空気象業務に携わる職員が航空機の操縦室に搭乗し、航空路の気象現象及び航空気象情報の利用現場を実際に体験することにより、航空気象業務の更なる向上等に寄与することを目的として実施している。機上観測の実施後には、航空気象観測・予測技術の向上に資するものとするため機上観測報告を作成し、協力いただいた航空会社に調査報告として還元している。

一方、前述してきたように、平成 20 年頃から気象庁では増大する航空需要に対応しつつ、観測業務の外部委託や予報作業の遠隔化等の効率化等を行ってきた。このような国内外からのニーズ等に対応した航空気象業務の環境の変化が生じている現状を踏まえ、平成 28 年 8 月に今後の業務の実施に資することを目的に機上観測を見直した。まず、利用者からのきめ細かいニーズに対応したプロダクトの開発や、信頼性の高い航空気象情報の提供が、以前にも増して重要となってきていることを踏まえ、本庁での企画立案・開発や管区・沖縄気象台での管理・監督業務等にあたる職員が、実際に航空路上の気象現象や情報利用の現場を見聞きして、利用実態等を十分に把握したうえで、プロダクトや情報の企画立案・開発や管理・監督業務等が行えるよう、これまでの航空現業職員のほかにも、これらの航空気象業務に携わる職員も機上観測の搭乗対象に拡大した。また、平成20年代後半から強化してきた、東南アジアの航空気象サービス提供機関との技術協力において、東南アジアの空域で発生する気象現象に対する知見の蓄積等を継続的に行っていくことが欠かせないが、当該現象や情報の利用現場を実地に体験できるよう、平成 30 年度には、はじめて国際線での機上観測（バンコク－羽田便）も実施するなど、機上観測の充実を図った。

令和 2 年の新型コロナウイルス感染症対策により機上観測の実施が一時的に難しくなったが、令和 5 年 2 月から、航空会社の操縦室立ち入り規制等が緩和されていった状況にあわせ、機上観測を徐々に再開している。

（2）航空機による観測データの活用

航空機の安全かつ効率的な運航を確保するために、飛行場及び飛行空域の風、気温、乱気流等に関する高い精度の予測情報が望まれる。こうした情報作成には数値予報モデル開発等の予測手法改善とともに、大気中の様々な高度における気象観測データ、特に航空機による観測データを用いた大気状態の把握が不可欠である。このため、平成 9 年 6 月の WMO 第 49 回執行理事会において、航空機自動観測通報（AMDAR: Aircraft Meteorological Data Relay）パネルを設立する提案が支持され、全球的に AMDAR の展開を推進し調整することとなった。

この AMDAR パネルの取組に歩調を合わせる形で、気象庁では、日本航空株式会社（JAL）の協力を得て、平成 14 年 3 月から、観測データが少ない上空を航行している航空機の風・気温自動観測データをリアルタイムかつ連続的に利用することが可能となった。平成 14 年 8 月からは、その観測データは数値予報モデルに取り込まれ、予測情報の精度向上に寄与することとなった。航空機自動観測データは、飛行中の航空機から様々なデータを地上機関に自動的にダウンリンク（転送）するものであり、利用開始当初 1 日に提供される観測数は 8,000 ポイント程度（平成 14 年 3 月時点）にのぼり、気象庁はそのデータ取得に係る通信諸経費及びダウンリンク経費の一部を負担することとなった。その後、平成 15 年 2 月からは全日本空輸株式会社（ANA）の協力も得られることとなり、上空の大気状態の観測データを更に充実することとなった。

（3）航空気象懇談会での意見交換

気象庁では、平成 2 年 11 月から、民間航空の維持発展を目的とした航空技術安全協力委員会（ATASCO: Aviation Technical And Safety Cooperation Committee）の航空気象分科会（航空会社 7 社）との間で、航空気象業務に関する連絡会を開催し、業務改善要望等に係る意見交換を行ってきた。この連絡会を前身として、平成 4 年 3 月から航空気象懇談会と名称を変更し実施した。

その後、航空局の次世代の航空保安業務と連携し、航空気象業務の大幅な業務改善が必要となり、その実現に向け航空局や航空会社等の理解を得つつ、具体的な予算要求、技術開発等の準備作業を進める必要があった。平成 15 年度からは ATASCO との懇談会を拡大し、定期航空運送事業を営む航空会社に広く呼びかけ、気象庁が計画している今後の航空気象業務の改善等の説明や事例調査の報告等を行うとともに、業務改善に資する意見交換の場として、航空気象懇談会を開催するようになった。

平成 21 年度からは、それまでの年 1 回から 2 回に開催数を増やすとともに、運航における気象情報の利用状況など航空会社からの話題提供も行われ、航空気象業務の改善につなげている。令和 5 年度の第 2 回懇談会では、23 社から計 54 名の参加があった。

（4）航空気象ノートの発行

昭和 45 年 3 月から、航空気象官署に勤務する職員間の機関誌として、航空気象ノートの刊行が始まった。年 1 回程度の頻度で刊行し、令和 6 年 12 月までに第 86 号まで刊行している。刊行当時は、空港出張所のような、周囲に相談する人も少なく、文献なども入手し難い、少人数の官署に勤務する職員にとって座右の書になり、また、はじめて航空気象官署に勤務する職員にとって、航空気象業務を理解する上で良い手引きとなることが期待されていた。平成 27 年度末の全ての空港出張所の廃止とともに、刊行目的を「航空気象業務に従事する気象庁職員の知識の向上及び意思の疎通を図るとともに、航空気象関係以外の部門において航空気象業務に対する理解を深められること」とした。

航空気象ノートの内容は幅広く、航空気象等に関する調査・研究、気象や航空関連の図書・雑誌や航空に関する国際会議等の紹介、航空気象業務に必要な予報・観測・通信等の各専門家の解説、実施する業務での質疑応答、その他ニュースなどとなっており、過去には航空会社からも社内気象システムの紹介などについて投稿していただいたこともある。

刊行当初は庁内のみで活用していたが、現在は航空会社等にも配布している。また、航空気象情報提供システム（MetAir）で提供している航空気象情報の読み方・見方をまとめたハンドブックが航空会社から要望されたことをきっかけに、平成 23 年 3 月には「航空気象情報の利用の手引き」をとりまとめ、航空気象ノート別冊として刊行し、令和 6 年 12 月現在、適宜更新した内容を MetAir で提供している。

【第 4 節】航空気象観測業務

航空機の離着陸の判断には、空港における観測結果が非常に重要であり、特に滑走路に対する横風、滑走路上の見通せる距離（滑走路視距離（RVR））や雲底の高さなどが、空港ごとに定められた基準値を下回ると離着陸ができなくなる。このため、航空気象観測業務においては、定時観測のみならず常時観測を行い、一定の基準を下回った場合に特別観測を行い、これらの観測結果は関係機関に直ちに伝えられる。また、風や RVR の観測値は管制機関へ分岐され、航空管制官等から離着陸航空機に対して随時提供されている。測器の障害等で値がパイロットへ提供できない場合は、滑走路の灯火などと同様に障害状況等を航空情報（ノータム）として公表している。

1．観測方式と観測指針

航空気象業務は民間航空運送事業が始まった昭和初頭から行われていた。第二次世界大戦により一時的に航空気象業務は全面的に中断となり、昭和 27 年以降、米軍（駐留軍）から航空気象業務の返還が徐々に行われている状況であった。気象庁では、アメリカ空軍を経て入手した第 3 附属書等に基づき航空気象業務の準備を開始した。

戦前は国際航空機関に参加していなかった我が国も、戦後は国際航空機関の一員として参画することになったが、その後においても、米軍の援助と同時に制約のもとに運用されていた。しかし、サンフランシスコ条約や日米行政協定の実施によって、一部の制約が解除され、我が国自らの責任で国際的取決めの一部を担当することとなった。このため、国際航空に対する気象の協力もこれにならって早急に実施することになった。この国際民間航空に対する航空気象業務の細部は国際民間航空機関（ICAO）文書 7605 号「航空業務に関する手続―気象の部（PANS-MET）」などに定められており、昭和 30 年 5 月、気象庁は米軍より国際航空に対する気象協力業務を引き継いで、日本にある国際民間航空の各機関に対して業務協力を開始した。

当時、我が国においては国際方式（WMO-ICAO 方式）とアメリカ方式（WBAN 方式）が混用される状況であり、「気象官署航空気象観測業務実施要領」（昭和 32 年 9 月制定）の規定では、航空業界のニーズに合っていたことから、観測方法の細目は米国の「Manual of surface observation（WBAN）Circular N 第 7 版（サーキュラー N）」を準用する形で行われてきた。しかし、サーキュラー N は、基本的な（航空）地上気象観測の要素・方法等を定めたものであったが、臨時観測の条件の取扱等、種々誤解を招きやすい面もあったことから、日本独自の航空気象の観測指針を制定することとし、昭和 34 年 1 月に「航空気象観測指針（初版）」を制定した。

制定以降、昭和 37 年に業務実態に応じた改正、特別観測の実施基準の改正、航空気象通報原簿の制定、雲形・降水量及び最高最低気温観測の実施等を盛り込むこととなった。

その後、数年にわたり一部改正等の議論が進められ、昭和 45 年に ICAO の勧告（昭和 44 年 9 月）、PANS-MET の改正等に伴う改正を行い、以後追録 1 ～ 3 号による補足を行った。昭和 56 年には、各航空気象官署等からの改正要望、航空機及び航空交通管制システムの進歩や、WMO 技術規則、WMO の気象観測と測器に関する指針及び国際気象通報式の改正に伴う改正を行い、以後は追録 1 及び 2 号による補足を行った。

航空気象観測指針は、当庁における航空気象観測業務のみならず、「飛行場における防衛省と気象庁との航空気象業務の相互協力に関する協定」に基づき、防衛省管理の飛行場において防衛省が実施する気象観測にも用いられている。

その後の ICAO 第 3 附属書・WMO 技術規則全面改正、新型測器の整備、航空実況気象通報式の改正等のため見直しが必要となったことから、平成 5 年に改正、以後追録 1 ～ 6 号による補足を行った。また、その後も第 3 附属書の改正、観測システムの変更、観測自動化の定義、エアラインの要望に応じた観測方法の明確化等の改正を随時行った。平成 20 年には、航空気象観測業務の取扱いに関する細目的事項を「航空気象観測業務実施細目」（平成 20 年 3 月）として新規に制定し、平成 5 年版の航空気象観測指針は廃止した。その後、細目の内容と分離した航空気象観測指針（平成 20 年 3 月）を新たに策定し、改正しながら現在に至っている。

2．空港における地上の気象観測装置

（1）空港の気象観測と航空地上気象観測装置

航空気象観測は航空機の安全な離着陸を支援するため、空港及び空港周辺の時々刻々と変化する気象現象を捉えるため定時観測、特別観測、常時観測、自動観測を行っている。定時観測及び特別観測では、風向・風速、視程、滑走路視距離、天気、大気現象、雲量・雲形・雲底の高さ、気温、露点温度、気圧、高度計規正値、降雨強度（必要に応じて積雪又は降雪の深さ）の観測種目について、目視及び装置により観測・通報している。

（2）航空用地上気象観測装置

航空用地上気象観測装置は、測器が観測した結果を処理するという点で地上気象観測装置と親和性が高いため、同装置にならって製作しているが、航空気象観測に特化した観測要素や情報提供機能を取り入れている。特に当該空港外との通信が遮断された場合でも、空港内の運航関係機関へ運航に必要な情報の提供が確実に行えるようにしている。

航空気象観測における測器は、観測要素に対して各々独立した機器として整備されてきたが、通報の迅速化に対するニーズの高まりを受け、平成元年度から測器のデータを統合して扱うとともに、一部の要素の観測・通報を自動化した空港気象常時監視通報装置を導入した。平成 11 年度からは個別に設置してきた測器を一元化し、データ処理機能を有する「空港気象観測システム（AMOS）」を導入した。以降、平成 20 年度からデータ処理部分に汎用電子計算機（サーバ）を用いた「航空地上気象観測システム（08 型 AMOS）」、平成 28 年度からセンターシステムを採用した「航空統合気象観測システム（AIMOS）」を全国展開した。

一方、昭和 50 年代以降は、離島への空港整備が実施され、当庁においては一部の地方管理

空港における観測の一部の外部委託化（航空気象観測所の設置）を進め、現地の観測所観測員の観測成果を気象庁職員による監査・通報を経て運航関係機関に提供するため、航空気象観測所用観測機器、昭和 62 年度から空港気象常時監視装置、平成 12 年度から「航空気象観測所システム（AMOSOS）」、平成 20 年度から「航空地上気象観測システム（08 型 AMOSOS）」を展開した。

（3）空港における各観測要素の測器

ア．滑走路視距離観測装置

滑走路視距離（RVR: Runway Visual Range）は、滑走路の中心線上の航空機の操縦士が、滑走路面の標識や灯火を識別できる距離をいい、離着陸の可否の判断、飛行方式や進入方式の決定などに直接的に用いられる極めて重要な情報である。

昭和 36 年、RVR 観測が始まる前に、東京国際（羽田）空港の A 滑走路に設置された“無線ロボット透過率計”により気象光学距離（MOR: Meteorological Optical Range）の自動観測が開始され、同年 10 月から RVR の観測・通報が開始された。当時の RVR 観測は、灯火光度－ MOR 換算表から求めていた。昭和 44 年 11 月から管制塔に設置されている灯火制御卓から滑走路灯火の光度設定値を受信し、RVR 算出に使用するようにした。また、昭和 45 年 10 月には、新東京国際（成田）空港において、RVR の観測下限値を 200m に下げる等の対応を行い、国内空港で採用される計器進入方式のカテゴリーとして初となる CAT- Ⅱの整備をおこない、昭和 53 年 5 月の開港時から運用されることになり、より悪視程での着陸が可能となった。

昭和 55 年頃になると、欧米の測器メーカーから、後方及び前方散乱方式の視程計（Visibility meter）が発表され、英国で実施された国際比較観測でその有効性が示されたことを受け、大半の空港において前方散乱方式を採用した JMA-89 型滑走路視距離観測装置が空港気象常時監視通報装置と合わせて展開された。

イ．シーロメーター

航空機の離着陸には進入限界高度など雲底の高さによる制限が設けられており、雲底の高さは離着陸の可否判断に用いられる。雲の観測は観測者の目視によるのが基本であるが、シーロメーターという測器でも観測している。

日本におけるシーロメーターの観測は、昭和 28 年に羽田空港に米国製のシーロメーターが設置されたのが最初となる。初期のシーロメーターは、光源の寿命や受光器の雑音などの課題が多かったことから、昭和 34 年には国産初号機のパルス・シーロメーターを、昭和 44 年には回転ビーム式シーロメーター（RBC）を用いた。

昭和 51 年には、レーザ・ダイオードを光源にしたレーザ・パルス・シーロメーター（LPC）が開発された。LPC は、空港気象常時監視通報装置/常時監視装置と合わせて展開され、約 20 年間にわたり運用された。雲底の高さは最大 3 層・高さ約 5,000ft まで観測できた。

その後、近赤外光を使って対象物に光を照射し、その反射光を光センサでとらえ、距離を測定するリモートセンシング方式を用いたシーロメーターが開発され、平成 11 年から運用された、AMOS/AMOSOS に組み込まれ、信号処理の性能向上により雲底の高さを 10,000ft 以上、約 25,000ft まで観測できるようになった。

ウ．風向風速計

風は、航空気象観測の各観測要素の中で航空機の安全離着陸に特に重要な要素であり、1 か所に正副 2 つのセンサを設置して、欠測を防いでいる。その観測値については、定時又は特別観測通報では風向風速の 10 分間の平均値・変動等を報じ、2 分間の平均値、瞬間値は分岐用指示器によって航空局及び民間航空会社等へリアルタイムに提供している。

昭和 30 年代以降、アメリカから輸入されたエーロベーンを改良した風車型風向風速計を、昭和 50 年代半ばからは、10 分間（移動）平均風速が自動記録される FF-6-A 型風向風速計が展開された。

昭和 58 年度から第 3 附属書に基づく 2 分間平均風向風速の航空交通業務機関への分岐を開始し、以後、瞬間値及び 2 分間平均風向風速値のリアルタイム提供を継続している。

昭和 63 年頃、デジタル信号で伝送できる JMA-89 型風向風速観測装置を開発し、空港気象常時監視通報装置/常時監視装置と合わせて展開した。

AMOS/AMOSOS 以降は風向風速の分解能を維持しつつ、地上気象観測に倣い起動風速が 0.3m/s の微風計となる FF-12A 型風向風速計を採用した。また、同型では初めて温風式の防氷装置による凍結防止機能を付加した。なお、航空用気象測器の色は橙又は白と決められており、平成 12 年度整備分までは橙色だったが、鳥の被害を防ぐ目的で風向風速計感部に限り、平成 13 年度以降グレーに変更された。

AIMOS からは、風向は磁気により検出、風速はプロペラの回転をマグネットとホール素子により検出する機構を採用した。

エ．温湿度降水観測装置（気温、露点、高度計規正値（気圧）、降水量（強度）、積雪）

気温及び露点温度は、航空機の離着陸時における滑走距離と適正な積載重量の計算用の資料に、気圧は、航空機の気圧高度計の規正及びヘリコプターの飛行における密度高度の算出等のための基準値に、降水強度や積雪は、飛行場施設において、特に滑走路の運用・管理に、それぞれ用いられている。

基本的な構造や性能は地上気象観測装置と同じである。展開当初は、温度計及び露点温度計は滑走路付近の気温と露点温度を常時測定する装置、降雨計は雨量及び降雨強度を測定する装置としていた。

昭和 40 年代前半から、隔測温湿度計として、温度計は、白金の電気抵抗の値の変化を利用した白金抵抗温度計を百葉箱に収める形で展開した。露点測定部には、当初は通風乾湿計又は毛髪自記湿度計を用いていたが、給水の問題、測定精度の問題から、塩化リチウム露点計を用い、後の静電容量式湿度計が採用されるまで運用された。

気圧の観測には、水銀柱の高さから大気圧を求める水銀気圧計（晴雨計）を用いていた。当時、建物の制限から気圧計室がなく、気圧計を普通の気象観測室内におく必要があったことから、風の影響、気温の急変を防ぐため、専用の気圧計収容箱に入れて観測した。その後、昭和 30 年代から昭和 50 年代前半まで、アネロイド型自記及び指示気圧計を用いた。昭和 50 年代後半、従来のアネロイド型自記及び指示気圧計、隔測温湿度計の代わりに、温湿圧計として一体化し、気圧・気温・露点温度を表示記録するとともに高度計規正値（QNH）を算出・表示することとなった。昭和 60 年以降、振動式気圧計が展開され、後に静電容量式気圧計が展開

されるまで運用した。

平成元年以降、JMA-89 型航空用地上気象観測装置が、空港気象常時監視通報装置と合わせて展開された。温度計感部は白金測温抵抗体、露点温度計感部は塩化リチウム露点計を引き続き使用し、それぞれ電気信号として出力した。転倒ます型雨量計感部は従前から用いているもので、屋外変換部でデジタル処理された後、屋内機器に伝送し、高度計規正値等の複数測器を用いた処理・記録を行った。航空気象観測所設置空港においては、従前は露点温度計を整備していなかったが、空港気象常時監視装置には同様の装置が採用された。

AMOS においては、JMA-95 型地上気象観測装置と同じ機能・構成となり、通風筒は電気式温度計感部（白金測温抵抗体）、電気式湿度計感部（静電容量式薄膜センサ）、通風シェルタ、中継箱にて構成した。また、転倒ます型雨量計の転倒間隔から降水強度を算出することに伴い、降雨強度計は廃止された。

AIMOS においては、湿度計の結露対策として温度計と湿度計の通風筒を分け、温度計通風筒においては、障害時等に QNH 等の算出が出来なくなる対策として、正副の温度計通風筒を採用し、さらにファンモータ停止を検知する機能を搭載した。

航空用積雪計は、平成 11 年度に光電式積雪計を北海道内の 9 空港に展開した。AIMOS への更新時には、飛行場気象解説情報等に活用できるよう、北海道以外の多雪空港にも拡大して光電式積雪計の整備を行った。

3．空港気象レーダー（DRAW 含む）

（1）空港気象レーダーの整備と背景

昭和 50 年頃から、航空機の機種が大型化し便数も益々多くなり、航空機の安全運航にとって気象情報は一層重要となっていた。特に、航空機事故の多くが離着陸時のわずかな時間内に空港周辺で発生しており、気象に起因する事故が少なくなかった。このため、空港周辺の空域の気象情報をリアルタイムに提供する目的で、空港気象レーダー（RAW: Radar for Airport Weather）の整備が開始された。RAW により、航空機の運航にとって重要な気象情報である乱気流速度を初めて検出できるようになった。昭和 54 年度に成田空港及び新千歳空港を皮切りに、昭和 55 年度に大阪国際（伊丹）空港、昭和 56 年度に羽田及び福岡空港、昭和 59 年度に鹿児島空港、昭和 60 年度に名古屋空港、昭和 63 年度に那覇空港にそれぞれ整備した。

RAW は、航空機の離着陸が行われる時間帯において必要に応じて運用された。信号処理などは一般気象レーダーと同じであったが、気象エコー抽出、乱流検出等の処理後、擾乱度検出のため観測諸元が異なっていた。

（2）空港気象ドップラーレーダーの整備

昭和 56 年から平成 6 年の 13 年間に全国で 25 件のダウンバーストが報告されるなど、空港周辺でのマイクロバースト（MB: Micro Burst）などの低層ウィンドシアー（LLWS: Low level Wind Shear）の検出が大きな課題となっていた。このため、空港周辺の降水を伴う LLWS の検出、空港周辺の降水の状況の監視を目的に空港気象ドップラーレーダー（DRAW: Doppler Radar for Airport Weather）を整備することとなった。

平成 7 年 2 月に関西国際（関西）空港、9 月に成田空港に、初めて DRAW を整備した。その後、ドップラー速度と LLWS のデータに関する精度評価を経て、平成 8 年 4 月に LLWS 情報の運航関係機関への提供を開始した。

その後、DRAW は、平成 9 年 3 月に羽田空港、平成 12 年 10 月に新千歳空港、平成 14 年 2 月に伊丹空港、平成 15 年 3 月に那覇空港、平成 16 年 9 月に中部国際（中部）空港、平成 17 年 7 月に福岡空港、平成 20 年 10 月に鹿児島空港に順次整備した。

DRAW は、シアーライン（SL）及び MB の検出に必要な各種の閾値がパラメータ化されており、サイトから半径 60km の円内で SL を、サイトから半径 20km の円内で MB を検出している。また、サイトを中心に 200km 四方の範囲でエコー強度やドップラー速度等を観測している。

航空局では、滑走路を中心とする長方形の警戒領域を滑走路上に、また、正方形の警戒領域を滑走路の両端から進入側に 3 つ、出発側に 2 つ設定しており、気象台から伝送されるデータから、航空局側のシステムでこれら 6 つの警戒領域のいずれかの中で SL 又は MB が検出されたことを覚知すると、航空局側の計算機はそれらによる航空機の対気速度の変化量を計算し、管制官を通じて航空機のパイロットに「microburst alert」及び「wind shear alert」の 2 種類の LLWS 情報を通報している。航空局は、管制官を通じて航空機のパイロットにこの LLWS 情報を通報する業務を、平成 8 年 11 月から開始している。また、希望する民間航空会社に対しては、航空気象官署等から民間航空会社にデータを分岐し、各社の運航管理に利用されている。

（3）固体素子二重偏波空港気象ドップラーレーダーの整備

ドップラーレーダーの展開、LLWS 情報の提供開始により、航空機の安全運航に更なる寄与が出来るようになった。一方、レーダー観測においては、降雨減衰等といった単偏波レーダーの課題があったことから、二重偏波（直交二偏波）ドップラーレーダーも開発が進められた。また、電波増幅部に半導体を用いることで、従来の電子管送信機と比べ電波資源の節約や保守性の向上、運営経費の低減、高精度な二重偏波情報を得られることや観測の高速化が可能となることから、平成 27 年から固体素子二重偏波を用いた固体素子二重偏波 DRAW への更新整備を進め、平成 28 年 3 月に羽田及び関西空港、平成 28 年 12 月に成田空港、平成 30 年 3 月に那覇空港、令和元年 11 月に中部空港、令和 2 年 3 月に福岡空港、令和 2 年 10 月に新千歳空港、令和 4 年 3 月に伊丹空港、令和 6 年 3 月に鹿児島空港にそれぞれ整備した。

固体素子二重偏波 DRAW では、従来の単偏波気象レーダーで得られる水平偏波反射強度、水平偏波ドップラー速度、水平偏波速度幅に加え、垂直偏波反射強度、垂直偏波ドップラー速度、偏波間相関係数等の新たなパラメータを数多く得ることができ、これらのパラメータを活用することで、非降水エコー判別による高度な品質管理を実現した。また、高精度の降水強度推定及び降水粒子判別の実現に向けて現在開発が進められ、高精度の降水強度推定として、偏波間位相差変化率を用いる方法と降雨減衰補正した反射因子差を用いた方法を最適に組み合わせることとし、平成 30 年 10 月から羽田・関西・成田において利用を開始し、その後更新が行われたサイトについても、運用開始時から同手法が用いられた。降水粒子判別については、平成 28 年度から降水粒子判別手法の開発（基礎的開発）を行い、令和 2 年度から粒子判別技術を活用した雹霰域プロダクト（アルゴリズム）を開発し、令和 6 年度から発雷推定域について

航空気象情報提供システム（MetAir）で関係者に広く情報提供し、より的確な交通流制御のための気象解説業務への活用を開始した。

4．空港気象ドップラーライダー

非降水時に気流の乱れ現象が度々発生しており、その危険性と対策の必要性がパイロットから指摘されてきたことから、平成 17 年度に低高度での気流の乱れ対策として DRAW に、非降水時対策としてドップラーライダーを組み合わせ、LLBS 情報の作成・伝達体制を構築することとし、空港気象ドップラーライダー（LIDAR）による情報提供について、所要の検討を積極的に進めていくことになった。

平成 18 年度末に羽田空港に設置し、平成 19 年 4 月から航空関係機関への速度系データ提供を開始した。その後、DRAW と LIDAR による MB 及び SL の検出結果を合成し、天候に関わらず LLWS・MB の検出アルゴリズムにより判定された LLWS 情報を提供するシステムの整備を行い、平成 20 年 7 月から情報の提供を開始した。平成 20 年 4 月には成田空港、平成 23 年 8 月に関西空港へ順次整備を行った。また、平成 22 年 10 月には羽田空港に 2 号機の整備を行った。

その後、平成 27 年 3 月に羽田空港の 1 号機を第二世代として更新整備して以降、順次各空港の更新整備を行った。令和 6 年 2 月には、スキャナ装置のオーバーホールの不要化等の改善を図った第三世代の更新整備を羽田空港の 1 号機で行い、その後順次更新整備を行っている。

5．雷監視システム（LIDEN）

雷は、航空機の運航にとって、最も注意すべき気象現象の一つであることから、日本国内とその周辺に発生している雷をリアルタイムで監視し、航行中の航空機はもとより、空港内の乗員・乗客や地上作業員の安全を確保することを目的として、雷監視システム（LIDEN）を整備することとした。

第一世代の LIDEN は、平成 11 年度末に設置が完了し、平成 12 年 7 月から航空関係機関へのデータ提供を開始した。このシステムでは、北海道から沖縄までの各空港で隣接する観測地点の距離がおよそ 250km 間隔となるように全国 30 空港に検知局を配置し、羽田空港内の航空局、エアライン等にデータの直接分岐を行うため東京航空地方気象台に中央処理局を設置した。雷からは様々な波長の電磁波が放射され、その方位データを用いて三角測量の原理で発生位置と時刻を決定し、波形情報により対地雷か雲間放電かを判別する。対地雷である場合は推定電流値を求める。こうして求められた二次データは、利用する用途に応じて編集され、ADESS 経由で 1 分ごとに全国の航空気象官署へ配信された。また、各航空気象官署では、飛行場内気象情報提供装置により雷実況図を作成・表示し、航空関係機関に提供した。

平成 20 年度の更新では、中央処理局の標定処理部を清瀬（システム運用室）、監視部を気象庁本庁、分岐部を東京航空地方気象台に設置し、平成 21 年 4 月から運用を開始した。この更新により、標定精度の向上、監視部からの検知局・中央処理局の遠隔監視機能等の追加を行い、それまで東京航空地方気象台で実施していたシステム監視を気象庁（本庁観測現業）で実施することとした。

令和 2 年度に行った更新では、大阪管区気象台にバックアップ局を設置し、地域冗長化を図った。

LIDEN で観測したデータは、運用開始当初は航空関係機関での利用にとどまっていたが、近年は、実況監視における現業活用、気象業務支援センターから事業者等への配信、地上・航空気象観測における観測自動化に利用される等、利用度が年々増してきている。

6．航空気象実況データ収集処理システム（ALIS）

平成 20 年頃、今後の航空交通の増大・過密化によって、安全で効率的な運航に影響する悪天に関する一層的確な情報提供が重要となっていた。このような中、全国的なアデスネットワークの整備、気象レーダー観測網の三次元的高分解能化等、各種観測データの総合的な収集処理を可能とする技術的環境が整ったことから、平成 20 年度からの 2 か年計画で DRAW、LIDEN 及び航空用地上気象観測装置から得られたデータを集約処理する航空気象実況データ収集処理システム（ALIS）からなる航空気象観測統合処理システムを整備し、航空路及び各空港周辺域における気象情報の高度化を図った。また、航空局においても、平成 20 年度における航空保安施設の検討で、大規模な悪天等によるイレギュラー事象の発生による航空機運航へのダメージの最小化が重要な課題とされ、ALIS は、今後の広域航法に適合した、より一層安全で効率的な運航の支援情報の提供において必要とされたものであった。

ALIS は、国内 81 空港に設置されている航空用地上気象観測装置及び防衛省等が観測を行っている 8 つの共用空港から、リアルタイムの観測データ及び気象通報文を収集し、WEB にて庁内の担当者のほか、航空事業者等へ提供するシステムである。また、観測データ等の収集だけではなく、収集した観測データ等を監視し、観測データ等に異常がある場合は迅速に検知でき、収集した観測データ等を用いて、利用者向けのプロダクトを作成している。

システム構成は、中央処理局（東京都清瀬市）とバックアップ局（福岡 ATMetC）及び中央監視局（気象庁（観測現業））で構成し、中央処理局とバックアップ局で地域冗長性を持たせ、中央処理局においては主系と副系の二重系構成とし、サーバ等の保守時にも運用が継続できる設計とした。中央監視局では、観測データの安定提供に資するよう、各空港のデータ処理状況の監視を支援するため、観測データの欠落の有無やデータ内に含まれる各種のデータ品質に関する情報を一覧表示できる設計とした。

平成 28 年度の第二世代更新時には、1 分間更新から 6 秒更新でのデータ提供環境の実現、コンテンツ（グラフデータ等）の表示形態見直し等による表示レスポンス向上、同時利用を従来の 1,000 ユーザから最大 3,000 ユーザへ拡大、運用監視機能の強化を行った。あわせて、バックアップ局の監視体制強化を目的に、バックアップ局を福岡 ATMetC から大阪管区気象台へ変更した。

令和 4 ～ 5 年度の第三世代更新時には、利用者からの要望を踏まえ、地上の風向風速計から滑走路の横風成分を算出し、瞬間風速も加味した横風指標の提供を令和 6 年 3 月から新たに提供開始した。

7．空港気象ドップラーレーダー観測処理システム（ADRAS）

ALIS の整備と同時期、DRAW の制御監視等を集約処理する機能も備えた、空港気象ドップラーレーダー観測処理システム（ADRAS）を平成 20 年度に整備し、各種データを収集･処理･ADESS への送信を開始した。これにより、MetAir を通じて、エコー強度、速度幅等の情報提供を開始した。ADRAS に接続された DRAW について、平成 20 年 4 月以降、本庁観測現業において制御監視も開始した。

平成 20 年度から LIDAR 設置空港では、LIDAR により検出した低層ウィンドシアーと合成し成田、羽田及び関西空港では全天候型のウィンドシアー情報として提供を開始した。

さらに、ADRAS は、中央集約処理の効果を更に高め、平成 27 年度から気象レーダー観測処理システム（ROPS）、LIDEN、数値解析予報システムから受信したデータを用いて、空港周辺の発雷位置及び積乱雲の位置を特定した情報を作成し、AIMOS センターシステム・アメダスセンターシステムへ送信して自動観測通報にも寄与している。また、平成 29 年度から AIMOS センターシステムと連携して、空港低層風情報（ALWIN: Airport Low-level Wind Information）のプロダクトを作成し、MetAir を通じて利用者に提供している。

【第 5 節】航空予報業務

1．飛行場予報

飛行場予報業務については昭和 38 年 7 月に飛行場予報警報実施要領（昭和 38 年 6 月 19 日付気業第 101 号）を制定、昭和 50 年 4 月には航空気象予報業務規則（昭和 50 年 3 月 26 日付気象庁訓令第 5 号)及び航空気象予報業務実施要領(昭和 50 年 3 月 26 日付気業第 136 号)を制定し、対象空港の規模に応じて、第 1 種～第 4 種飛行場予報の発表を行っていた。

第 1 種飛行場予報（TAF）は有効期間が 24 時間で主に国際線等の長距離便の運航計画に利用され、第 2 種飛行場予報（FCST）は有効期間が 6 時間で主に国内線等の短距離便の運航計画に利用された。それぞれの予報を行う空港の航空気象官署で実施し、発表時刻及び回数は官署により異なっていた。第 3 種飛行場予報（TREND）及び第 4 種飛行場予報（VOLMET）は、昭和 50 年当時は東京航空地方気象台のみで行っており、その後新東京航空地方気象台（現在の成田航空地方気象台）及び関西航空地方気象台の発足と合わせて両官署での実施へと変更した。

本項では、飛行場予報に関するプロダクトについてその変遷等について記載する。

（1）運航用飛行場予報（TAF）

国内線運航数の増加や定期国際便及びチャーター便の増加を背景に、利用者からの「使いやすい航空気象情報の提供」の要望等を踏まえ、第 1 種飛行場予報及び第 2 種飛行場予報は、平成 10 年 10 月からそれぞれ長距離飛行用飛行場予報（TAF-L）及び短距離飛行用飛行場予報（TAF-S）へと再編し電文型式を統一したほか、有効期間、発表時間等の変更といった改善を図った。TAF-L は有効期間を 9 時間から 27 時間まで、TAF-S は有効期間を発表時刻から 9 時間までとして発表を行っていた。また、第 4 種飛行場予報も同時にボルメット放送用飛行場予報（VOLMET）へと変更し、その内容は東京ボルメット放送で航空機に伝達している。

その後、飛行場予報を利用する際の利便性向上を図る目的で、平成 19 年 3 月から、予想する気象要素を時間ごとに詳細に記載する運航用飛行場予報（時系列形式）の提供を開始した。平成 20 年 11 月からは、第 3 附属書において「常に有効な TAF は一つでなければならない」とされたことを受け、TAF-L 及び TAF-S を運航用飛行場予報（TAF）へと統合したほか、アジア太平洋地域の地域航空計画等の国際的な要請を踏まえて平成 25 年 10 月に TAF の発表時刻を 00、06、12、18UTC の 1 日 4 回に、予報期間を 30 時間にそれぞれ変更した。また、従前からの電文形式の TAF のみならず、機械処理のしやすい XML 形式（ICAO 気象情報交換モデル：IWXXM）を令和 4 年 3 月から提供している。

なお、発雷の可能性に関する予測情報への要望を踏まえ、平成 25 年 10 月からは運航用飛行場予報（時系列形式）に雷発生確度の予想を新たに追加して提供を開始した。

（2）着陸用飛行場予報（TREND）

（1）と同じく平成 10 年 10 月に、第 3 種飛行場予報を着陸用飛行場予報（TREND）に変更した。到着予定前おおむね 1 時間以内の航空機の着陸の用に供することを目的として発表しており、発表時刻から 2 時間の予報期間内での気象状態の変化傾向を予報している。発表時刻は毎時 00 分及び毎時 30 分の 1 日 48 回である。

（3）離陸用飛行場予報（TAKE-OFF FCST）

（1）と同じく平成 10 年 10 月に、それまで新東京及び関西航空地方気象台において口頭解説の一部として行っていた離陸予報を規定化して、離陸用飛行場予報（TAKE-OFF FCST）の発表を開始した。出発予定前おおむね 3 時間以内の航空機の離陸の用に供することを目的として発表している。発表時刻は 00、03、06、09、12、15、18、21UTC の 1 日 8 回で、これらのうち 00、06、12、18UTC は運航用飛行場予報（時系列形式）に含めて発表している。

（4）飛行場警報

気象業務法に基づく航空機の利用に適合する警報として、航空機又は空港の施設及び業務に大きな被害を及ぼすおそれのある気象状況が予想された場合に、運航責任者や空港管理者等に対して警戒を促すため、各空港に適した基準を設けて飛行場警報の発表を行っている。飛行場警報の対象とする現象は強風、暴風、台風、大雨、大雪及び高潮の 6 種類、有効期間は最大 6 時間である。

（5）飛行場気象情報

飛行場に離着陸若しくは停留する航空機又は空港施設に被害を及ぼすおそれのある気象状況が予想された場合に、航空交通業務機関や運航管理者等に対して注意を喚起するため、飛行場気象情報の発表を行っている。飛行場気象情報の対象とする現象は、当初は多数の種類があったものの平成 17 年 10 月に運用を見直して台風、雷、ウィンドシアー、大雪を対象とするように変更した。さらに運用の見直しを進め、平成 29 年 2 月には台風を、令和 6 年 11 月からはウィンドシアー及び大雪をそれぞれ廃止し、雷の 1 種類のみとなった。有効期間は最大 6 時間である。

（6）地域航空気象官署の業務

航空気象予報業務の系列化に伴い、平成 18 年 6 月から、地域航空気象官署が管轄区域にある航空気象官署に対して管内の気象概況と今後の見通し、予報上の留意点等を指示する地域航空気象指示報の運用を開始し、平成 19 年 3 月からは、管内の各空港の気象カテゴリー予想等

を簡潔に示す目的で地域航空気象解説報の利用者への提供も開始した。その後の空港出張所等の航空気象観測所への順次移行に伴って地域航空気象指示報は平成 30 年 3 月に廃止し、地域航空気象解説報は利用者の利便性向上を目的として、全国航空気象解説報に含めることとして令和 7 年 3 月に廃止予定である。

（7）解説業務

航空気象官署では、航空気象情報を提供している関係機関に対して、航空機の安全で効率的な運航を支援するために気象解説を行っている。従来は自空港のみを対象に口頭・対面による解説を行っていたが、空港出張所等の航空気象観測所への順次移行に伴って平成 25 年 10 月から、解説業務を地域航空気象官署へ集約し、遠隔での解説業務を行う体制へと段階的に移行した。これに合わせて、該当する空港の今後の気象の推移を簡潔かつ明瞭に航空関係者へ伝える目的で、文字と図及び気象の時系列予想を記載した飛行場気象解説情報の提供を開始した。定時の情報は 07、22UTC に発表するほか、台風や大雪により航空機の運航等に重大な影響があると予想される場合には臨時の情報を提供している。

また、航空気象観測所へ移行した空港のうち従前より TAF を発表していない空港については、運航用飛行場予報（時系列形式）と同様の形式で、飛行場時系列情報の提供を平成 25 年 10 月から開始した。令和 7 年 3 月からは情報を自動的に作成・発表し、発表回数を従来の 1 日 2 回から 1 日 4 回（00、06、12、18UTC）へと変更することで、利用者の利便性の更なる向上を図る予定である。

（8）飛行場ナウキャスト

令和 6 年 3 月から、主要な国内空港に離着陸する航空機の効率的な運航に資する目的で、飛行場ナウキャストの提供を開始した。目先 3 時間先まで 10 分ごとの気象予想を時系列形式で記載したもので、航空観測実況やレーダー等の観測成果及び数値予報資料を活用して時系列図にまとめて、自動で毎時 00 分及び 30 分過ぎの 1 日 48 回提供する。

2．空域予報

CNS/ATM 構想では、飛行場予報のみならず、空域についてもきめ細かな予測情報の提供が必要とされたことから、気象庁では平成 17 年 10 月に空域予報班を設置し、気象庁本庁を全国航空気象予報中枢と位置付け、空域の気象情報については気象庁本庁が一元的に提供する体制を整えることとした。

気象庁は福岡飛行情報区（平成 18 年 2 月に東京及び那覇飛行情報区から統合）の空域を飛行する航空機に対し、雷電や乱気流等の悪天、台風又は火山灰の拡散状況といった安全運航に影響を与える現象の位置、高度等を示す空域気象情報を発表しており、以前は成田航空地方気象台が発表していたシグメット情報（SIGMET）及び各航空交通管制部の管轄空域を担当する航空気象官署が発表していた空域悪天情報（ARMAD）があったが、これらの業務を空域予報班の発足に合わせて気象庁本庁へ順次移管したうえで、平成 19 年 11 月に ARMAD は SIGMET へ統合し廃止した。

SIGMET の有効期間は、悪天については 4 時間以内、台風又は火山灰の拡散状況については 6 時間以内である。

空域気象情報のほかにも、気象庁では航空機の安全で効率的な運航を支援するため、以下のような空域に関する気象情報を提供している。

（1）国内悪天予想図（FBJP）

国内悪天予想図（FBJP）は、第 3 附属書で規定されるモデル図に準じ、国内及びその周辺空域の地上からおよそ 150hPa 気圧面までの高度について、雷電や乱気流をはじめとした航空機の運航に重要な影響を及ぼす悪天域やジェット気流等の予想を図示するもので、1 日 4 回、00、06、12、18UTC を対象時刻とし、そのおおむね 6 時間前に発表している。昭和 48 年 10 月から東京航空地方気象台において手描きで作成・発表していたが、平成 17 年 10 月からはアデス上のアプリケーションを用いてマンマシン処理による方法へと高度化し、業務を空域予報班へ順次移管した。

（2）国内悪天解析図（ABJP）

国内悪天解析図（ABJP）は、国内及びその周辺空域において航空機の運航に影響を及ぼす気象や航空機観測報告を図表示し、FBJP と同様のアプリケーションを用いてジェット気流や乱気流域等を解析、コメントを付加して作成しており、平成 19 年 3 月に提供を開始した。深夜時間帯を除く 3 時間ごとに、対象時刻のおおむね 25 分後に発表している。

（3）国内悪天実況図（UBJP）

国内悪天実況図（UBJP）は、国内及びその周辺空域において航空機の運航に影響を及ぼす気象や航空機観測報告を図表示したものであり、平成 19 年 3 月に提供を開始した。前述の ABJP と違い、自動作成であるため、内容は ABJP よりも限定的である。1 時間ごとに、対象時刻のおおむね 10 分後に自動作成し発表している。

（4）狭域悪天予想図・狭域悪天実況図

狭域悪天予想図及び狭域悪天実況図は、対象の進入管制区を飛行する航空機の安全と効率的な運航の支援を主な目的として提供するものである。

狭域悪天予想図は、進入管制区とその周辺における発雷域、乱気流や着氷域、地上シアーライン等の悪天の予想について、3 時間ごとに発表している。狭域悪天予想図の前身である関西悪天予想図は、平成 6 年の関西国際空港開港時に発表を開始した。航空局が近隣空港に離着陸する航空機を一元的に管制する我が国初の広域にわたる関西進入管制区を設置したことに対応し、同進入管制区とその周辺における悪天及び風・気温の予想図並びに一部の実況を作表したもので、3 時間ごとに 3 時間後の予想を発表していた。平成 17 年 11 月にアデス上のアプリケーションを用いてマンマシン処理による方法へと高度化し、平成 18 年 11 月に狭域悪天予想図と統合した。

狭域悪天予想図は、関西進入管制区のほか、東京・成田進入管制区（平成 22 年 10 月に東京進入管制区へ統合）及び中部進入管制区を対象とした関東（後に東京）及び中部の図についても、平成 18 年 11 月から提供を開始した。平成 26 年 3 月には、数値予報モデルを基に各種予想を算出し、自動で描画、作成する方法で提供している。

狭域悪天実況図は、東京、中部、関西の各進入管制区とその周辺におけるレーダーエコー・PIREP 等の悪天を重ね合わせ表示した悪天情報に、特定空港の地上及び上空の風向・風速及び気温データ、最新の METAR 報を付加した図情報として、1 時間ごとに自動作成し発表して

おり、平成 19 年 3 月に提供を開始した。

なお、狭域悪天予想図及び狭域悪天実況図は、北日本ターミナルの設置に対応して令和 6 年 3 月から日高及び白神の各進入管制区を新たに追加して提供を開始した。

（5）下層悪天予想図

下層悪天予想図は、小型機等の安全と効率的な運航の支援を主な目的として、下層空域の悪天を対象に、平成 26 年 3 月に提供を開始した。日本全国を 6 つの領域に分割し、主に地上から 15,000ft までの高度を対象とし、降水域や降水種別、発雷域、乱気流域等の予想を、数値予報モデルを基に算出し、3 時間ごとに自動作成して発表している。令和 4 年 3 月からは、顕著な災害発生時などの救助・救難活動等にあたり小型機等の運航をより一層支援するため、同一都道府県内の飛行に着目した下層悪天予想図（詳細版）の常時提供を開始した。

（6）航空交通管制部気象解説情報

第 3 節で述べたように、札幌、東京、福岡及び那覇の各航空交通管制部の航空交通管制官等向けに担当気象官署の管制気象課で行っていた対面でのブリーフィングは、平成 17 年 4 月から担当気象官署の予報課から遠隔で実施する体制に移行したが、平成 25 年 4 月からはこれに替えて、航空交通管制官等が管轄区域内の気象概況を把握することを目的とした航空交通管制部気象解説情報を気象庁本庁でそれぞれ作成し、各航空交通管制部へ提供する体制へと移行した。

同情報は、気象概況及び主要な空港の悪天並びに空域の悪天等に関する実況及び予想を図と文章により簡潔に記述するものであり、航空交通管制官等の勤務時間に合わせて 1 日 2 回、0415UTC 及び 2200UTC に発表している。管制空域の再編に伴い、平成 30 年 10 月からは那覇に替えて神戸へ、令和 6 年 10 月からは札幌を取りやめて東京、神戸及び福岡の航空交通管制部へ提供している。

（7）航空機気象観測報告（ARS）

飛行中に航空機が遭遇した雷電又はひょうを伴う雷電、乱気流、着氷及び火山灰の拡散状況については、機長等から航空機気象観測報告（ARS）として、昭和 49 年 4 月から航空気象官署で受領し、そのうち定められたものを英文（略語を含む）で気象庁本庁に通報している。

第 3 附属書では、気象監視局が受領した ARS は、シグメット電文と同様の方法で、地域航空協定に従い気象監視局、WAFC（世界空域予報中枢）及び他の気象台に送達されなければならないとされており、ARS は国内外の関係機関へ配信している。

（8）東南アジア悪天予想図（FBAE）

東南アジア悪天予想図（FBAE）は、東南アジア地域を航行する航空会社からの要望を踏まえ、同地域の 25,000ft からおよそ 45,000ft までの高度について、雷電や乱気流をはじめとした航空機の運航に重要な影響を及ぼす悪天域やジェット気流等についての予想を FBJP と同様にマンマシン処理で作図したものであり、令和元年 11 月に提供を開始した。1 日 4 回、00、06、12、18UTC を対象時刻とし、そのおおむね 11 時間前に発表する。

（9）シグメット調整に関して関係機関へ提供するツール等

気象庁では、第 2 節で述べたように航空気象分野での国際的な技術協力の取組を進めており、「協調的なシグメット発表（CSI）」に向けたデモンストレーションプロジェクトを平成 28 年から立ち上げ、参加機関に対し、ウェブプラットフォームを通じた SIGMET 作成及び隣接 FIR 同士での調整のための支援情報（静止気象衛星「ひまわり」や気象庁の数値予報を用いたプロダクト）やツールの提供といった活動を開始した。

CSI 枠組みの正式運用開始に伴い、平成 30 年 4 月にプロジェクトを正式運用段階へと移行した。CSI 枠組み用に開発したウェブプラットフォームは、豪州、インドネシア、シンガポール及び米国の気象機関にも提供し、気象庁を含む隣接する飛行情報区を担当する気象監視局間の SIGMET 調整に活用されている。

【第 6 節】航空路火山灰情報センター業務

1．東京航空路火山灰情報センター（東京 VAAC）の業務開始

航空需要の増加とともに、数多くの民間航空機が世界の航空路を行き交うようになったが、その航空路の下には、火山が点在する例も多い。火山の噴火で噴き上げられた数ミクロン程度の微細な火山灰は、対流圏や成層圏に達すると、上空の大気の流れに乗って高速で広範囲に拡散するが、ジェット機が火山灰に遭遇してエンジン内部に火山灰を吸い込むと、火山灰はエンジンの高温で溶かされ、エンジンを詰まらせ、最悪の場合はエンジンが停止することもある。例えば、インドネシアのガルングン火山の噴火（昭和 57 年）やアラスカのリダウト火山の噴火（平成元年）の際は、飛行中の大型ジェット機の全エンジンが停止（フレームアウト）して降下し始めたが、降下中にかろうじてエンジンの再スタートに成功したため、大惨事を免れた。フィリピンのピナトゥボ火山の噴火（平成 3 年）の際は、少なくとも 15 機が火山灰に遭遇して、エンジンの損傷や一部停止などの被害を受けた。

このような火山灰による航空事故の防止や被害の軽減を図るため、第 3 回アジア太平洋地域航空会議（平成 5 年 4 ～ 5 月、於バンコク）等における検討を経て、平成 5 年 11 月、ICAO 理事会は、火山灰に関する支援情報の提供を行う世界に 9 つある地域センターの 1 つとして、気象庁を東アジア及び北西太平洋地域を担当するセンター（東京 VAAC）に指名した。当時の東京 VAAC の責任領域は、カムチャツカ半島から東南アジアにかけた環太平洋火山帯の活動が活発な火山が分布している地域で、航空機は常に火山灰の脅威に晒されていたことから、国内外の航空業界からの東京 VAAC に対する期待は大きかった。

VAAC の指名を受け、運輸省航空局をはじめとする関係部局の協力を得て、平成 8 年度に気象衛星画像などから火山灰の検出・解析を行うシステム「航空路火山灰監視装置」を整備し、東京航空地方気象台（羽田）に航空路火山灰情報センターを設置して、平成 9 年 3 月から暫定的な情報提供を開始し、同年 4 月には東京 VAAC の業務を正式に開始した。

東京 VAAC は、責任領域内の各種火山観測データを入手するとともに、静止気象衛星「ひまわり 5 号（GMS-5）」の衛星画像などを解析する手法により火山灰を検知し、SIGMET を発表する各国の気象監視局を支援する航空路火山灰情報（VAA）を発表した。衛星画像から火山灰を検知する手法は、世界で初めて業務化されたため、東京 VAAC の業務に対する国内外の関係機関からの気象庁への期待は高かった。

平成 11 年 4 月には、数値予報課の協力を得て開発した移流拡散モデルを用いて、新たに火山灰拡散予測業務を開始し、航空路火山灰情報による関係機関への情報提供を開始した。

2．業務体制の変遷

平成 9 年 4 月の発足当初は、日中は、東京 VAAC で情報発表を行い、夜間は、本庁地震火山部の現業で監視して、第 1 報を発表した後、東京 VAAC 職員が参集して続報の発表を行っていた。その後の航空気象業務の再編に伴い、平成 18 年 4 月、情報発表業務を本庁地震火山部の現業で実施することとなった。

東京 VAAC の発足から 10 年程度は、責任領域内の火山活動は比較的低調であったが、平成 21 年 6 月の千島列島中部の火山噴火による航空路への影響、桜島やカムチャツカ半島の火山活動の活発化による VAA の発表回数の増加、平成 22 年 4 月のアイスランドの火山噴火によるヨーロッパの空港の長期閉鎖など、VAA の重要性が国際的にも再認識された。このような状況を踏まえ、平成 23 年度から予報官が現業 1 シートを組む体制に強化され、それまでは地震火山部の現業当番者の業務の一部として行ってきた VAA の発表業務を、専任の予報官が中心となって行うようになった。

3．業務内容とその拡充

東京 VAAC は、ICAO の勧告に基づき、火山灰の実況及び分布予測を、テキスト形式で示す航空路火山灰情報と、図情報の火山灰拡散予測図を発表してきた。また、航空会社など国内利用者の要望を受け、東京 VAAC が独自に発表する情報として、火山灰実況図、狭域拡散予測図（国内火山のみ）、定時拡散予測図、定時拡散・降灰予測図（国内火山のみ）を提供してきた。

「ひまわり」の更新とともに火山灰の検出・解析能力は向上し、数値予報モデルの精度向上とともに火山灰の拡散予測精度も向上して、より精度の高い情報を提供できるようになってきている（詳細は、第 6 部第 4 章第 2 節「火山関連の業務システム」を参照）。

VAA が対象としている上空を浮遊する火山灰は、担当領域を越えて移動することもあり、その場合は隣接する VAAC（アンカレッジ、ダーウィン、ワシントン、ロンドン、トゥールーズ）と、お互いに監視、予測、情報発表の責任を引継ぐこととなっている。そのため、これらの VAAC との連携、情報共有を随時行っている。「ひまわり」による衛星画像を VAA 作成に用いているダーウィン VAAC とは、平成 26 年 3 月から業務の相互バックアップ体制を取っている。

平成 22 年度には、航空気象情報の品質保証を目的として、4 月から航空気象業務に、6 月から東京 VAAC 業務に品質管理システム（QMS）を導入した。

また、火山灰監視及び VAA の発表は、全世界を 9 つの VAAC で責任領域を分担して行っているが、東京 VAAC の責任領域の北側（北極側）には、いずれの VAAC にも属していない空白領域（東経 90 度～ 150 度、北緯 60 度以北）が存在していた。平成 28 年 4 月の ICAO の会合で、東京 VAAC が責任領域を拡張して空白領域を担当することとなり、平成 28 年 12 月にその運用を開始した。

第４部

情報基盤

第１章　気象情報に関する政策

【第１節】情報技術の進展

１．情報技術の進展の概要

気象庁の発表する防災情報が効果的に利用されるためには、その情報の精度が高く、ニーズに応じていることはもちろんのこと、防災情報を広く周知・利用する防災機関・報道機関・民間事業会社等にとって、届けられた防災情報が取り扱いやすいことが重要となる。

天気予報をはじめとする気象情報は、今も昔も、自然現象の観測に始まり、観測データの収集と観測データの解析による監視や予測、情報の作成と伝達という一連の情報処理を通じて国民に伝えられている。気象庁は、最新の技術を取り入れながら、情報通信技術の変遷に合わせて気象情報の作成と提供を行ってきている。

戦前・戦後期から 1990 年代までの情報通信社会の黎明期において、国際通信網がなかった時期の外国の気象情報の入手は無線放送の受信が唯一の手段であったが、その後、国内外の観測データ、予報・警報及び気象の実況図や予測図等を国内の気象官署や外国気象機関に配信するためのシステムとして全国中枢の役割を担う「気象資料自動編集中継装置（C-ADESS)」と全国 6 か所の「地方中枢気象資料自動編集中継装置（L-ADESS)」が昭和 62 年までに整備された。この時代、気象官署間の気象通信網は急速に発展したが、人々が気象情報を入手する手段は新聞・ラジオ・テレビや 177 天気予報電話サービス等に限定されており、気象情報の利用の多様化は高度情報化社会の到来を待たなければならなかった。

1990 年代に入ると、パソコンが一般にも普及し、家庭でもインターネットが利用されるようになった。このようなオンラインコミュニケーションは、当初は技術者や研究者、学生などの人々による議論や情報交換への利用に限られていたが、回線の高速・大容量化と利用者の増加を受けてその姿に大きな変化が生じた。インターネットが普及し始めた 1990 年代後半の通信環境は、電話回線によるダイヤルアップ接続が主流であったが、通信速度が十分ではないこと、従量課金型であること、インターネット接続中は通話を行えないことといった課題があった。2000 年代前半からは ADSL の普及が急速に進み、2000 年代後半からは光ファイバーを活用するより高速な FTTH サービスの普及が進んだ。我が国における移動通信システムは、昭和 54 年に第 1 世代となるサービスが開始されて以降、令和 2 年に開始された第 5 世代に至るまで、約 10 年周期で世代交代が行われていった。世代交代に伴い移動通信システムの性能が改善した結果、通信品質の向上に加えて通信の高速大容量化により、第 1 世代では最大通信速度が約 10kbps であったのに対し、平成 22 年に開始された第 4 世代では最大通信速度が 1Gbps になるなど、この 30 年間で約 10 万倍にまで向上している。平成 22 年には国内で初めてモバイル端末からのインターネット利用者数がパソコンからの接続者数を超えた。以降、年々その差は拡大傾向にあり、我が国におけるインターネット利用の中心はパソコンからモバイル端末へ移行している状況となっている。

コンピューティング分野においては、CPU（中央演算処理装置）等の計算能力が指数関数的に向上するとともに、データを蓄積するストレージの大容量化も進んできた。また、ネットワークが大容量化されていなかった時代には単体の端末でデータの蓄積と処理・解析が行われていたが、ネットワークの急速な大容量化を一因としてクラウドコンピューティングが進展・普及した。

このような情報通信技術の進展や観測・予測技術の高度化に伴って、気象情報・データは質（精度)、量（種類、容量）ともに大幅に向上してきている。気象庁から提供する気象情報・データは、古くは天気予報や気象警報等に関する文章形式の情報や天気図などの図形式の画像であったが、現在はそれら情報に加えて、その作成過程で利用されるアメダスや気象レーダー、気象衛星等の観測データやスーパーコンピュータを用いた数値予報による詳細な予測データなど機械処理に適した形式のデータも増えてきている。

２．国の取組

（１）情報技術

通信の分野では、昭和 27 年以来、日本電信電話公社による独占事業として運営されてきた電信電話事業について、競争原理に基づく民間活力の導入による効率化等を目指し、昭和 59 年 12 月に通信改革関連三法案が成立、翌年に施行された。これにより、通信市場が発展し、料金の低廉化やサービスの多様化が進んだ。その後、平成 6 年 5 月の電気通信審議会答申に基づく光ファイバー網の全国整備、平成 13 年 1 月の e-Japan 戦略に基づく高速インターネットアクセス網の普及、携帯電話等の普及に伴う周波数共用基準の随時見直し等により通信環境が整備された。

高速通信環境の整備・普及とあわせて、社会の高度情報化が進展した。特に 1990 年代後半から 2000 年代初頭のそれは IT 革命と呼ばれ、これを受けて科学技術や行政分野で急速に電子化・ネットワーク化が進んだ。平成 20 年代以降は、公共データのオープン化や、デジタル化に伴う新しい価値の創出（デジタルトランスフォーメーション）に係る様々な政策が打ち出されている。

大型計算機については、昭和 50 年代半ば頃以降、日米がその性能を激しく競い合う時代が続いた。昭和 60 年頃から日米スパコン貿易摩擦が生じ、昭和 62 年にはスーパー 301 条（米国の通商に対する不当な貿易障壁等を持つ外国の特定、調査及び措置の発動等について規定）の対象となった。平成 5 年には航空宇宙技術研究所の「数値風洞」の運用が開始されて世界最高の計算能力を持つと評価され、その後も海洋研究開発機構「地球シミュレータ」（平成 14

年運用開始)、理化学研究所「京」及び「富岳」が続いた。この「京」や「富岳」を中核として全国の大学・研究機関が保有するスーパーコンピュータや大規模ストレージシステムを高速ネットワークで結んだ「革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ（HPCI)」の運用が平成 24 年 9 月から開始され、多様な利用者のニーズに応える計算環境を構築し利用を促進することで、科学技術の発展や産業競争力の強化に貢献している。

（2）世の中における情報セキュリティ

平成 12 年 1 月、科学技術庁のホームページが改竄された事件を皮切りに、官公庁の Web サイトに対する不正アクセスが相次いで発生した。この事件をきっかけとして、同年 2 月、政府は内閣官房に「情報セキュリティ対策推進室」を設置した。

それまでの各省庁の情報セキュリティ対策は自己責任のもと行われており、総合的な戦略はなかったが、政府機関の情報セキュリティ対策を強化するため、平成 12 年 7 月に「セキュリティポリシーガイドライン」が策定されるとともに、同年 12 月には「重要インフラのサイバーテロ対策に係る特別行動計画」が策定された。

また、平成 13 年 1 月には、「我が国が 5 年以内に世界最先端の IT 国家となること」を目指した「e-Japan 戦略」が、平成 15 年 7 月に、「e-Japan 戦略Ⅱ」が、翌平成 16 年 2 月には「e-Japan 戦略Ⅱ加速化パッケージ」が策定された。

この「e-Japan 戦略Ⅱ加速化パッケージ」を受け、官民における情報セキュリティ対策を一層推進することを目的として、同平成 16 年 4 月までに内閣官房に情報セキュリティ対策についての助言・支援を行う情報セキュリティ補佐官が設置された。

さらに、平成 17 年 4 月には、情報セキュリティ対策推進室を改組した内閣官房情報セキュリティセンター（以下「旧 NISC」という。）が、同年 5 月には政府の IT 戦略本部に情報セキュリティ政策会議が設置された。

旧 NISC は、情報セキュリティ政策に関する基本戦略の策定や、情報セキュリティ対策の官民連携を推進するなど、国の情報セキュリティ対策において重要な役割を担ってきたが、あらゆる活動のサイバー空間への依存の高まりにより、サイバー攻撃のリスクが深刻化していたこと、また東京オリンピック・パラリンピック開催の決定を受け、サイバーセキュリティに係る国家戦略を策定・推進するための司令塔機能の強化や体制整備が急務となってきたことから、平成 26 年 11 月に、我が国のサイバーセキュリティ政策に関し、総合的かつ効率的に推進することを目的とした、基本理念、国、事業者等の責務を定める「サイバーセキュリティ基本法」が制定されるとともに、同法の施行に伴い、平成 27 年 1 月にサイバーセキュリティ政策に係る政府の司令塔として内閣の下にサイバーセキュリティ対策本部が新たに設置され、旧 NISC を改組して内閣サイバーセキュリティセンター（NISC）が設置された。

また、令和 3 年 9 月には、サイバーセキュリティ戦略が閣議決定されるとともに、令和 4 年 6 月には「重要インフラのサイバーセキュリティに係る行動計画」が策定された。

3．気象庁全体の動き

（1）情報システム最適化

平成 6 年 12 月に「行政情報化推進基本計画」が閣議決定され、その後平成 9 年 12 月の「行政情報化推進基本計画の改定について」が閣議決定されたことを受け、「行政情報システム各省庁連絡会議」において「行政情報化の取組方針」及び「行政情報化推進共通実施計画」（ともに平成 10 年 2 月 26 日）が策定された。また、「運輸省行政情報化推進委員会」は、「運輸省行政情報化推進計画」及び「運輸省行政情報化実施計画」（ともに平成 10 年 6 月 16 日）を策定した。これらの諸計画では、今後政府、各省庁が取り組むべき課題として、白書等のインターネット利用、GIS の活用、霞ヶ関 WAN の活用、クリアリングシステムの整備、申請・届出等手続の電子化、総合的文書管理システム及び省庁間電子文書交換システムの整備、白書、統計等のデータベース化・省庁間利用、情報システムのアウトソーシング等の施策が提示された。

このような状況に鑑み、気象庁としても、行政情報化に係る各種課題に対し、遺漏なきよう取り組む必要があるため、「気象庁行政情報化等推進委員会」（平成 12 年 6 月 15 日庁議了承）（以下「推進委員会」という。）を設置し、以下に掲げる課題について調査・検討を行うこととなった。

① 気象庁 WAN とグループウェアに関すること。
② 霞ヶ関 WAN との接続・活用に関すること。
③ 総合的文書管理システムの整備に関すること。
④ 届出・申請等手続の電子化に関すること。
⑤ 情報セキュリティ対策に関すること。
⑥ 情報公開の適切かつ円滑な運用方策に関すること。
⑦ その他、政府等の行政情報化に関する計画、指針等に基づき必要な事項に関すること。

さらに、「電子行政推進に関する基本方針」（平成 23 年 8 月 3 日高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部決定）において、「必要な行政情報等の国民への迅速な提供、国民のニーズの把握等の手段として、情報通信技術を活用することが極めて効果的」、「技術革新による新しい技術やサービスの出現、行政の電子化に伴う高レベルのリスク管理の必要性の高まりなど様々な環境変化に適切に対応することが必要」などとされた。また、情報システムの構築にあたっては、費用対効果の検証や業務運営の効率化等、業務・システムの最適化の推進について、より一層厳しく求められるようになってきている状況を踏まえ、最新の情報通信技術の動向について必要な調査等を実施するとともに、庁内システムへの活用方針を検討し、業務・システムの効率的・合理的な運用等について調整・検討を行うための各部横断的な体制を確保し、着実に実施していくため、気象庁行政情報化等推進委員会の調査・検討項目として以下の 2 項目が追加され、これらを所掌事務とする「最適化検討部会」（部会長：企画課長）を設置した。（平成 23 年 9 月 15 日庁議了承）

・行政情報化の推進に資する情報通信技術の活用に関すること
・情報システムの効率化・合理化・高度化に関すること。

その後、気象庁行政情報化等推進委員会設置当時の目的であった「行政情報化の推進」が一定の役割を終え、同委員会の主要な検討事項は、行政情報ネットワークの更新計画、情報セキュリティ対策及び情報システムの最適化となった。このうち、情報セキュリティ対策については、情報セキュリティ対策の重要性を踏まえ、専門的に扱う委員会を別途設置することが適当であるとの判断から、推進委員会がその役割を兼ねている気象庁情報セキュリティ対策委員会を独

立させたうえで、推進委員会を「気象庁情報システム最適化等検討委員会」として改組し、以下の課題について調査・検討することとした。（平成 26 年 6 月 12 日庁議了承）

（1）気象庁行政情報ネットワークに関すること。
（2）霞ヶ関 WAN との接続・活用に関すること。
（3）届出・申請等手続の電子化に関すること。
（4）情報公開の適切かつ円滑な運用方策に関すること。
（5）行政情報化の推進に資する情報通信技術の活用に関すること。
（6）情報システムの効率化・合理化・高度化に関すること。
（7）その他、政府等の行政情報化に関する計画、指針等に基づき必要な事項に関すること。

全体最適化を推進するにあたっては、情報システムに関して各部が個別に整備を行うのではなく、庁全体として横断的に関連施策の企画立案・調整を行う必要があり、また、その検討は短期ではなく、システム更新の 2 サイクル（12 年間）程度を見越して中長期的に検討することが不可欠である。この「気象庁情報システム最適化等検討委員会」のもと、中長期的に庁全体として情報通信システム体系及びその運用体制を最適化していくことにより、効率的かつ信頼性の高い観測・予測・通信基盤を構築していくこととなった。また、気象庁行政情報ネットワークについては、コロナ禍におけるワークスタイルの変革も念頭におきつつ対応を行っている。

行政情報システム（グループウェア）については、令和 2 年度第 1 回最適化等検討委員会において、当時利用していたグループウェアにはテレワークによる業務の利便性や効率性に重要な「テレビ会議」や「庁外からのリモートアクセス」等の機能がない課題を挙げ、次期グループウェアにおいてはワークスタイル改革を実現するグループウェアを整備する方針を決定した。その後、令和 3 年度にかけて次期グループウェアへの移行や運用管理方法を議論し、令和 4 年 3 月に行政情報システム（グループウェア）の更新が完了した。このグループウェアシステムでは、コロナ禍に導入したクラウドサービスの資源を生かしつつ、より高度な利用が行えるライセンス形態への変更も行った。また、コロナ禍において緊急的に整備したテレワーク用のメールアドレスと既存のメールアドレスを一本化し、既存のアドレスのみで利用できるよう変更を行った。

また、新しいグループウェアのテレビ会議など通信量の多い機能も遅延等無く利用するため、本庁及び各官署を適切に分散した経路でインターネット上のグループウェアシステムに接続できるよう庁内ネットワークの強化を行った。

これらの整備により、テレワーク時の情報共有など利便性が向上し、より一層テレワークを行い易い環境が整ってきている。

（2）情報セキュリティ

ア．セキュリティ関連規定の決定

政府機関における情報セキュリティ対策のための統一的な基準を策定し、政府全体の情報セキュリティ水準の向上を図るため、情報セキュリティ政策会議では、平成 17 年 12 月に「政府機関の情報セキュリティ対策のための統一基準」（第 1 版）を策定した。各政府機関は本統一基準を踏まえて省庁ポリシーを策定して情報セキュリティ対策を実施し、NISC によって対策実施状況を検査・評価する体制が構築された。

本統一基準の策定を受け、国土交通省では、平成 18 年 4 月に「国土交通省情報セキュリティポリシー」を策定した。この国土交通省情報セキュリティポリシーの規定に基づき、気象庁では同年 9 月に気象庁情報セキュリティ対策委員会（委員長：総務部長）を設置し、同委員会において、「気象庁情報セキュリティポリシー実施手順」を決定した。

この気象庁情報セキュリティポリシー実施手順に基づき、気象庁においては、国土交通省情報セキュリティポリシーで定めるサイバーセキュリティ対策の省内実行体制のもと、情報セキュリティ対策委員会の委員（一部除く）、施設等機関の長及び各管区・沖縄気象台長を情報セキュリティ担当官とするサイバーセキュリティ対策実施体制を構築した。

イ．情報セキュリティ管理官の設置

我が国においても政府機関や企業に対する外部からのサイバー攻撃が複雑化・巧妙化し、個人情報の流出や不正アクセスなどの事案が発生する状況の中、気象庁においても、平成 28 年度に本庁総務部企画課に「情報セキュリティ対策企画官」を設置し、庁内の情報セキュリティ対策を確実に実施する体制を整備した。さらに、翌平成 29 年度には、各管区・沖縄気象台に「情報セキュリティ管理官」を設置するほか情報セキュリティ対策に携わる要員を増員し、本庁と各管区・沖縄気象台とがより緊密に連携することで、全庁的なセキュリティ水準の底上げを確実に行う体制を構築した。このことにより、管区単位での強力な指導ときめ細やかな対応が可能となるとともに、地方気象台を対象としたセキュリティ監査を開始し、地方における情報セキュリティ対策を一層強化した。

また、情報セキュリティ管理官の設置に伴い、平成 29 年度以降、これまでの通信課長会議に代えて情報セキュリティ管理官会議を毎年開催し、「情報セキュリティ」「情報通信業務」を二本柱として議論を行うこととなった。

この情報セキュリティ管理官会議は、政府全体のワークスタイル改革の取組や世界的な新型コロナウイルス感染拡大によりテレワークが広く実施されるようになったことを受けて、令和 2 年度以降は、対面開催ではなく、Microsoft Teams を活用し、チャネルスレッド会議による意見交換及び Web 会議による懇談の形式で開催した。

表 4-1-1-1　情報セキュリティ管理官会議の懇談テーマ

開催年度	懇談テーマ
平成29年度	○地方における情報セキュリティ対策強化 ○気象庁情報システム最適化計画に伴う対応
平成30年度	○今後の情報セキュリティ対策への取り組み ○気象庁情報システム基盤及び次期アデス等整備に関わる対応
令和元年度	○2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会を見据えた政府機関のサイバーセキュリティ体制と気象庁におけるリスク管理策について
令和2年度	（新型コロナウイルス感染症のため、懇談は非開催）
令和3年度	○2030年に向けた情報基盤戦略を見据えた今後のソフトウェア開発の取組について ○ワークスタイル改革に資するテレワーク推進と実現に向けた技術検討や問題点について
令和4年度	○2030 情報基盤戦略を見据えた今後のソフトウェア開発のための人材育成 ○「遠隔臨場」による今後の情報システム整備（地方官署）等のリモート支援体制について
令和5年度	○組織再編後の課題と今後の取り組み ○2030年情報基盤戦略に向けた体制作り

【第２節】気象情報の部外提供業務等

１．情報提供の考え方

（１）気象審議会答申第６号以降の考え方～国内気象監視推進の観点から～

昭和 41 年５月に気象審議会は答申第６号「今後の社会的要請に対応する気象業務について」を行った。その中では、国民全般が利用しうるような一般サービスは原則として国が行うことが妥当としつつ、公衆への周知等附帯的業務は公益法人（民法に基づき主務官庁の許可を得て設立され、非営利かつ公益的な事務・事業を行うこととされた法人）等にも実施させて気象利用の促進を図ることが示された。また、一般サービスでは充足しえないような利用者に対しては特殊サービスを提供することとし、気象庁がサービスを行うべきかを判断する基準も示された。

その後は、答申第６号の趣旨に基づき気象情報の提供が進められた。例えば昭和 44 年から気象資料自動編集中継装置（ADESS）による気象資料の部外提供が始められた。昭和 40 年代以降、特に情報提供を率先して進めたのは、公共性が高いとされた日本放送協会、財団法人日本気象協会や、空港整備特別会計により作成された情報を提供する旅客航空会社等であった。

昭和 46 年７月の気象審議会答申第９号「気象事業整備５ヶ年計画（47 ～ 51 年度）の大綱について」でも、気象庁内外の詳細な観測結果と解析された結果の情報を、必要とする航空、航海、漁業、農業等の部外利用機関に即時的に提供するシステム等を設立し、また、需要に応じた統計処理及びその結果の提供等の業務を一元的に行える体制を早急に整備し、長年の資料の利活用を図ることとされた。

昭和 51 年５月、国内気象監視を推進する NWW（National Weather Watch）委員会が気象庁内に発足した。加えて、利用者とのシステム接続による情報提供に関して具体的な計画策定を進めるため、昭和 54 年４月に NWW 委員会に気象サービス分科会を設置し、部外機関に対する気象情報提供について、基本的な考え方の検討や具体的計画の策定に当たった。昭和 54 年度の NWW 委員会や庁議では、気象審議会答申第６号を踏まえ、以下の指摘がなされた。すなわち、気象庁の行うサービス（気象サービス）は、各種社会の利用に適合する気象情報を提供することにあり、気象情報の質の向上を図るとともに、これが有効に利用できるよう伝達されなければならないことや、気象サービスの改善のうち特に情報提供システムの改善については、情報の提供先、提供方法、制度上の問題、経費負担の問題を検討する必要があることの指摘である。当時既に多数の機関に回線分岐によるデータ提供がなされていた実態を踏まえ、情報提供に関する統一的な考え方を整理する必要に迫られていた。昭和 55 年２月に気象サービス分科会は、利用者と情報の種類、それぞれの情報の提供方法と経費負担等の現状を分析するとともに、社会的要請等に対応して新しい情報が生まれたこと等も踏まえつつ、気象サービスについては、最終製品としての情報はもとより、それに至るまでの資料についても気象庁がその任務を遂行するうえで支障がない限り全て提供可能であること、情報提供のうち気象庁長官の義務を超えるものは合理的負担を求めることなどを、基本的な考え方として示した。さらに、ADESS の回線分岐による情報の部外配信については、公共的色彩の強い機関に限ること、提供する情報は既製のものとすること、原則として特別の施設整備を行わず現有施設の余力の範囲で行うことなどの考え方を示した。この考え方は、気象衛星資料、地域気象観測施設（AMeDAS）データ、レーダー情報等の部外提供に踏襲された。

昭和 56 年３月に気象資料伝送網の運用を開始し、その設備の余力の範囲内で回線分岐による気象資料の部外配信を行った。昭和 59 年６月には、オンライン情報提供に関する基本的な考え方を整理し、法定通知義務がある情報や、気象庁と当該機関が協力して行う業務で特別な編集・障害対策を要するものは協定を結んで配信すること、それ以外の配信については優先順位をつけて対応すること、経費は原則として情報の受け手（利用者）負担とすることなどを示した。

情報提供と合わせて、情報の蓄積や検索性の向上のニーズもあった。昭和 42 年７月に気象審議会が答申した「今後の社会的要請に対応する気象業務の推進方策について」（答申第６号の２）では、様々な気象資料の提供の要求に対応するために、従来からの統計に加え、電子計算機等を整理し、必要に応じて資料を臨機に処理、提供できるよう資料センターを確立し、資料の利活用を図るべきとされた。一方、例えば昭和 55 年度から 56 年度にかけて、気象資料提供の改善を図るための資料保管、検索システムについて、外部のシステムを用いた効率化も含めて検討したが、実現には至らなかった。

以下に、当時の代表的な部外機関である日本放送協会と日本気象協会への昭和 50 年代前後の気象情報の提供について触れておく。

ア．日本放送協会（NHK）

気象庁は、気象業務法第 15 条に基づき警報事項を NHK に通知しなければならないこととされている（平成 25 年８月以降は、同法第 15 条の２に基づき特別警報に係る警報事項についても通知の義務を負っている）。加えて、NHK の放送は公共性が強く、公衆の利便のための気象観測の成果と情報の発表を具体化するのに有効であることなどの理由から、積極的に情報提供を行ってきた。例えば、昭和 47 年２月頃より、ADESS から予報電文の分岐配信を開始した。昭和 49 年 12 月に ADESS 分岐回線を増強し、地震・津波・火山も含めた 60 種類のデータを NHK に提供することとした。NHK はこれをミニコン等で迅速かつ自動で処理する仕組みを構築している。昭和 50 年２月からは AMeDAS データの配信を、昭和 55 年８月には静止気象衛星「ひまわり」写真の観測後 30 分での配信を始めた。

イ．財団法人日本気象協会

気象業務の健全な発達を図るうえで気象資料は広く社会の利用に供すべきものであるが、気象庁のシステム上の制約もあるため、現実的な対処方法として、社会に広く公平かつ確実に配信できる能力を有し、運輸大臣の所管する気象業務に係る唯一の公益法人であった財団法人日本気象協会に社会への気象資料の提供を行わせてきた。

昭和 52 年３月に日本気象協会に気象情報センター（MICOS センター）が設立された。同年 12 月には日本初の気象情報オンライン提供（MICOS）が開始され、顧客ごとのニーズに応じた気象資料・情報の提供が行われた。MICOS システムには気象庁の ADESS からデータが配信され、報道機関、国、自治体及び民間の利用者に気象情報が提供された。

昭和 63 年 10 月に NWW 委員会は気象資料のオンライン配信について、原則として配信事業体としての日本気象協会を通じて行うこととした。平成３年３月には、オフラインデータ

についても、磁気媒体データ等による提供について日本気象協会の事業として実施させることとした。平成５年に民間気象業務支援センター制度が創設されると、気象庁のデータ提供の役割は同センターに受け継がれた。

（２）気象審議会答申第 18 号～高度情報化社会における気象情報提供の推進～

昭和 60 年頃以降、従来の新聞、ラジオ、テレビ、電話等とは異なる電子技術を利用した新しい情報媒体（ニューメディア）が社会に普及した。これに伴い、パソコン通信（通信事業者のホストコンピュータに電話回線で接続した利用者同士が通信する会員制のサービス）等を用いた各種ニューメディア・システムへの気象情報提供の依頼が多く寄せられるようになった。また、パソコン通信等の通信手段の多様化を受けてか、航空、海洋、農業、水産業等様々な分野を対象とした民間気象事業が活発化した。

このような情報技術の進展と気象情報の利用の急速な広がりに対応するため、昭和 61 年３月に NWW 委員会サービス分科会は、法定情報を除く全ての情報を新規に設定する気象資料センター（仮称）を通じて提供すること、同センターは気象庁の保有する情報を一元的に取り扱い、ニーズに合った情報に加工・編集し、合理的な料金の負担を求めて資料提供することを提案した。昭和 63 年 10 月には、NWW 委員会は、気象資料のオンライン配信について、気象庁の保有する気象情報の積極的な配信や、配信に係る当庁の負担軽減と利用者間の公平性担保のための配信事業体（日本気象協会）を通じて実施することなどを、暫定的な基本方針として定めた。その後、平成２年３月、NWW 委員会は気象資料のオンライン配信について、配信対象情報の拡充や、一定の条件のもとでの孫分岐（配信事業体から情報の配信を受けた者が、さらに他者に配信をすること）を認めるなどの方針を示した。さらに、平成３年３月、NWW 委員会サービス分科会は、オンライン配信に係る費用の受益者負担の原則の下、積極的に部外提供を推進する具体的方策を整理した。

また、社会の高度情報化と各種情報メディアの拡充、情報に関するニーズの高度化・多様化等を背景に、平成３年３月、気象審議会へ「社会の高度情報化に適合する気象サービスのあり方について」を諮問し、平成４年３月に「社会の高度情報化に適合する気象サービスのあり方について」が答申された（答申第 18 号）。この答申は、防災気象情報や一般向けの天気予報等の発表は気象庁が、各種メディアへの適合や局地的な天気予報・付加価値情報の作成・提供は民間気象事業者等が行うという、官民の役割分担を示すものであった。この中で、気象庁の保有するデータは、ナショナル・ミニマムとしての予報、警報の発表等、気象庁が専ら自らの業務を遂行するために取得・作成したものであり、これらのデータは国民の共有財産として広く利用されるために公開されるものであるとされた。その際、気象庁の保有するデータを民間気象事業者に対してオンラインで提供するに当たっては、情報伝送を巡る環境の変化、受信者の増減や利用者の機器の相違及び更新等への柔軟な対応が求められることや、データ提供体制の整備に当たっては、様々な立場を持つデータ受信者の総意を的確に反映しつつ、受益者負担の原則の下に、合理的なデータ提供体制を確立するよう努める必要があることの指摘がなされた。さらに、民間気象事業全般の振興に寄与するような新たなデータの作成が求められた場合には、情報の作成に係る経費について民間気象事業者応分の負担の下に、気象庁が情報の作成・提供を行うことも考えられることや、将来、民間部門の応分の負担の下に、官民の連携による総合的な気象事業を推進する可能性についても言及がなされた。

この答申を受けて、平成４年５月にその具体化方策の庁内検討体制を立ち上げ、データ配信体制については気象庁配信データ利用者協議会と気象庁の協議により検討を進めた結果、平成５年１月に今後の気象情報提供のあり方として、情報提供法人が必要な実費を徴収しつつ実施する案をまとめた。情報通信技術の進歩は著しく、利用者の変動も予測しがたいことから、その都度気象庁自ら利用者のニーズにきめ細かく応えていくことは困難であり民間気象サービスの発展を阻害するおそれがある。そこで、法人に気象情報の提供を行わせることにより、個々の事情に応じた適切な提供が可能となるとした。特に、数値予報の格子点値（GPV）は極めて多量なデータであり、気象庁の当時の施設の余力の範囲で提供することは不可能であったが、法人が利用者から実費を徴して提供体制を整備すればこうした有用なデータを民間事業者等に提供できると期待するものであった。しかし、日本民間放送連盟から「実費」の定義があいまいなことや、全ての気象情報提供サービスを新法人に移管することにより気象情報有料化構想に結びつくことを危惧する旨の見解が示されたことから、指定法人制度を設ける法改正は気象情報有料化を企図したものではなく、法人の設立・運営に当たっては報道機関との合意を前提とするよう気象庁の責任で監督していくとの見解を示した。

平成５年３月に指定法人としての民間気象業務支援センター制度（後述）などを盛り込んだ気象業務法の一部を改正する法律案が国会に提出された。平成５年４月の参議院運輸委員会及び同年５月の衆議院運輸委員会での審議において、「民間気象業務支援センターが行う情報提供業務に対する料金については、気象情報の公共的性質にかんがみ、経理を公開して、関係者と協議の上、同業務の遂行に必要とされる最小限度の費用を賄うものに限ること」や、「民間気象業務の発展に寄与するため、気象庁は、民間気象業務支援センターに提供する情報の内容の高度化に努めること」等の付帯決議が付されたうえで、同年５月に改正法が成立し公布された。

同法成立を受けて、平成６年５月、NWW 委員会サービス分科会は、気象資料の部外提供の見直し方針を示して、これまで日本気象協会が実施してきた情報提供に係る事業を民間気象業務支援センターに移管することとした（印刷物は除く）。また、「気象庁情報総覧」を策定することや、気象情報部外提供業務を気象庁として総合的かつ適正に推進するための体制として総務部長を長とする気象情報部外提供推進委員会を設置することとした。なお、民間気象業務支援センター制度が発足しても気象庁が自ら情報提供する場合もあり、例えば、共同研究による場合、法令に基づく政府機関・地方公共団体等の事業に直接利用される場合、地方自治体等との観測データの相互交換、世界気象機関（WMO）等による国際計画による場合等がそれに該当するとした。また、刊行物について、同センターのほか、日本気象協会、大蔵省印刷局等、刊行物の趣旨等に照らして適正な機関を指定して頒布することとした。これとあわせて、印刷物の電子媒体化と気象情報の電子媒体による提供を促進することとし、特に気象観測データ等を一覧編集した印刷物は特別な理由がない限り電子媒体に移行していくこととした。当時、気象官署における印刷された気象資料の閲覧者は年間５万人近くに及んでいたことから、民間気象業務支援センターが各気象官署に整備する複写コピー機等を活用することとしたほか、各気象官署における閲覧システム整備の具体化等を速やかに進めた。観測データのほとんどは

CD-ROM により民間気象業務支援センターを通して提供するとともに、気象官署での閲覧業務でもパソコンを利用できるようにした。CD-ROM による気象データ提供は、印刷物に比べて利用者の金銭的負担が大幅に低減するため、好意的に報道された。民間気象業務支援センター（財団法人気象業務支援センター）からの申請を受けて、平成 8 年 6 月に、CD-ROM 等による非即時的な情報提供が承認され、同センターでこうした情報の取扱いが始まった。こうした情報提供のあり方の改善と合わせて、GPV をはじめとして提供する情報の拡充も進めた。

平成 4 年 3 月の気象審議会答申第 18 号の趣旨は、平成 12 年 9 月の答申「21 世紀における気象業務のあり方について」（答申第 21 号）にも受け継がれている。この答申ではこれまでの考え方を継承し、気象庁は防災対応を行うために必要な防災気象情報や条約等に基づく気象情報を発表するとともに、民間活力の導入を図りつつ、国の政策等に必要な基盤的情報であって中長期的な技術開発を要するものやあまねく国民が享受すべき気象情報の発表を行うこととされた。また、民間等の多様なニーズに応えるため、民間気象業務支援センターを通して気象情報を積極的に提供することとされた。

（3）世界気象機関（WMO）の動き

国際的には、1980 年代に入り一部の国家気象機関で商業活動を開始又は拡大し収益を歳入予算に充当する動きが出てきたことなどを受け、平成 3 年 5 月の第 11 回世界気象会議で、気象に関する商業活動は気象機関間の気象データやプロダクトの無料交換を阻害する可能性があるとの懸念が示された。そこで世界気象機関（WMO）では作業部会を設置し、データポリシーを明文化することとなった。平成 7 年 6 月、WMO では、気象データの無料かつ無制約の交換の拡大を約束し加盟国は生命及び財産の保護に必要な基本的な気象データの無料かつ無制約の交換を行う等を定めた決議を採択した。同決議では基本的な気象データ及びプロダクトの交換や学術目的での交換を除き、データ等を国際交換する際にはそのデータ等を第三国へ再提供することを禁じる条件を付すことを許容することで、国家気象機関間でのデータ等の無料の国際交換を守ったとも言える。また WMO 加盟国に対しては、本決議の内容を民間企業等に説明することなどを求めた。

平成 7 年の決議の基本的な考え方は令和 3 年 10 月に WMO 臨時総会で採択された新しい決議にも踏襲され、今日に至っている。

（4）インターネット時代の気象情報提供の推進

平成 4 年に我が国でインターネットの商用サービスが開始され、利用が急激に進んだ。平成 8 年 11 月、気象情報部外提供推進委員会は、インターネットによる気象情報の提供についての暫定的な考え方を取りまとめた。気象庁自らがホームページを運用し情報提供する場合、気象業務法第 13 条第 3 項に定める「自ら予報事項及び警報事項の周知の措置を執る」によるものと捉えることができる一方、24 時間の安定的な運用が求められることやインターネットによる提供については民間活力に委ねる方法も考えられることを指摘し、これを踏まえて気象庁では慎重な対応を取ることとなった。また、気象台が都道府県等に提供した気象情報を都道府県等がホームページに掲示することについては、それが防災対策の一環として行われる場合は当庁としても積極的に協力し活用することが適当とし、その際、気象情報は常に最新の情報が掲示される必要があることや、最新の情報を利用するよう注意書きを掲示することを要請することとした。

その後もしばらくの間、気象庁は自らホームページで気象情報の提供は行わなかったが、外部の研究機関等が様々なデータをホームページで積極的に公開していること、民間気象業務支援センター制度や閲覧制度で国民への情報提供の機会を確保しているとの説明が理解されにくいことなどから、このことについては気象庁内でも議論があった。平成 12 年 4 月の有珠山の噴火に際しては、火山情報の掲載を日本気象協会に行わせつつ、気象庁の動きに関する報道発表を気象庁ホームページに掲載し、また同年 9 月には三宅島の噴火に伴う火山観測情報を報道発表として気象庁ホームページに掲載した。

平成 12 年 11 月に成立した高度情報通信ネットワーク社会形成基本法（IT 基本法）及び IT 基本戦略に基づき、各省庁が保有する電子情報をホームページに掲載することにより積極的に提供することとされた。そこで、平成 13 年 11 月に、警報、天気予報、日常的な観測記録等幅広く国民一般の利用に資するものについては積極的に気象庁ホームページに掲載する方針を決め、平成 14 年 5 月の報道発表を経て、平成 14 年 8 月に気象庁ホームページで予報や観測データの公開を開始した。気象庁としては、必ずしも報道されない情報や伝達義務のない情報も含めて国民に提供できることや、放送されない情報でも見たい時に見られることなど、インターネットの特長に期待するとともに、気象情報をホームページで公開することで資料照会等への対応業務の軽減も期待していた。なお、気象庁ホームページでの気象情報の提供開始に際しては、気象庁ホームページのトップページに民間気象事業者のサービスを紹介するページを設けることとした。また、インターネットの活用を進めるにあたっては、民間気象業務支援センターとの役割分担として、広く国民等一般の利便に供する気象情報については気象庁ホームページにより積極的に提供することとし、特定の利用者に対するもので提供に相当の経費のかかるものについては従前の枠組みのとおり、民間気象業務支援センターを通した提供によることと改めて整理した。

なお、空港整備特別会計により整備した情報については航空関係者に限定して提供していたが、国が保有する情報を積極的に提供することとした国の IT 戦略や、空港の天気を知りたいという旅行関係者、空港関係者の要望を踏まえ、平成 18 年 3 月から、航空気象業務に支障の無い範囲で各空港の気象実況値を民間気象業務支援センターへ提供するとともに気象庁ホームページへの掲載も行った。

その後、パソコンではなく携帯電話等の移動端末からのインターネットの利用が増加したことを背景に、平成 21 年 3 月には一部の気象情報について移動端末に配慮した移動体用のホームページに掲載することとした。対象情報は気象警報、台風情報、地震情報等の一部の防災情報に限定し、さらに文字のみによる情報とした。

平成 23 年 8 月に「電子行政推進に関する基本方針」が IT 戦略本部で決定され、国民が必要とする行政情報を容易に利用できるようにする観点から、防災情報等について 2 次利用が可能な標準的な形式での情報提供を推進する必要があるとされた。これに先立ち気象庁では、近年の急速な ICT 技術の進展の中で汎用的に広く扱われる XML フォーマット（気象庁防災情報 XML フォーマット）に基づく電文（XML 電文）の提供を平成 23 年 5 月に開始した。さらに平成 24 年 7 月に IT 戦略本部で決定された「電子行政オープンデータ戦略」において、

公共データは機械判読可能な形式での公開が原則とされたことを受け、気象庁ホームページにおいても閲覧型のデータ公開に加えて csv 形式等での公開等を推進した。

また、平成 26 年度から平成 27 年度にかけて、情報通信技術の進展やオープンデータ推進の動き等を踏まえ、気象庁ホームページを活用した情報提供の強化、庁外の大学や研究機関が運営する情報提供システムを通した研究・教育機関向けの気象データ提供の拡充、これまで非公開としていた気象情報の提供拡充､気象情報に関する技術資料（配信資料に関する技術情報）の気象庁ホームページへの公開等を進めた。

平成 29 年 3 月には気象庁ホームページに気象データ高度利用ポータルサイトを開設するとともに､同サイトで気象庁防災情報 XML フォーマット形式電文の提供を開始した。その後も、同サイトでは、サンプルデータの提供や気象データの利活用事例の紹介、予報区等の地理情報データの機械処理しやすい形（シェープファイル形式）での提供等、産業界を中心とした気象データの高度利用に役立つ内容を充実させた。

平成 30 年 8 月に交通政策審議会気象分科会が取りまとめた提言「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」では、観測・予測精度向上のための技術開発と、気象情報・データの利活用促進を「車の両輪」として一体的に推進することとし、後者については気象庁ホームページや民間気象業務支援センターを通じて提供している気象庁のデータを拡充することや、気象データの提供環境の構築、機械可読形式による提供、データアクセスの方法の解説などのデータ取得に係る環境整備について、政府や民間におけるオープンデータの取組とも呼応し、促進することとされた。

同分科会が令和 2 年 12 月に取りまとめた「気象業務における産学官連携の推進」では、産学官における気象業務の取組の相乗効果が一層期待できる施策を実施することとされた。その一つとして、気象庁がクラウド技術を活用し、大容量化する気象情報・データを共有できる環境を構築すること、またその安定的な維持のため、必要経費について利用者にも負担を求めることなどが示された。これを受けて、令和 6 年 3 月から運用を開始したスーパーコンピュータシステム（NAPS11）に、データ共有･提供の機能を担うクラウド部（気象庁クラウド環境）を新たに導入した。気象庁クラウド環境上に保存された気象データは、気象庁自らが技術開発等に用いるほか､民間気象業務支援センターを通して利用者に提供している。データの「配信」とは異なる「共有」の考え方により、これまで庁内利用にとどまっていた大容量データを提供できるようになったほか、今後、利用者それぞれがデータ蓄積することが不要となり、気象庁･利用者全体でデータの維持・管理の効率化が期待される。なお、気象庁クラウド環境の運用に必要な経費の一部は、実費として民間気象業務支援センターを通じて利用者に負担を求めている。

ア．気象庁ホームページ広告

政府内における民間の資金やノウハウの活用を促進・推進した官民の強みを生かした公共サービスの提供に対する機運の高まりもあり、令和元年、気象庁は国民の負担を増やすことなくホームページを効率的に維持、運営することを目的とし、ホームページへのウェブ広告掲載の検討や準備に着手し、令和 2 年 9 月にウェブ広告の掲載を開始した。

掲載開始時は、ウェブ広告の業界では一般的である閲覧者や媒体ごとに最適化された広告を自動的に表示する「運用型広告」方式を採用し、不適切な広告を排除するため広告のジャンルごとにフィルターを設定した。しかし、掲載開始直後から不適切と考えられる広告が複数確認され、翌日には広告の掲載を一時停止することとなった。原因等の分析を行った結果、運用型広告では不適切な広告を完全に排除できないとの結論に達した。

このため、気象庁自らが審査、確認した広告のみが特定の広告枠に固定して掲載される「純広告」方式へと改め、翌令和 3 年 1 月に広告の掲載を再開した。その後は大きなトラブルや方式の変更等なく今日まで広告掲載を継続している。

なお、広告掲載にあたっては報道機関等と意見交換を行い、防災気象情報の速報性や視認性を損なわぬよう、広告バナーのファイル容量、配色やデザイン等に一定の条件を設けるとともに、広く国民に避難を呼びかける事象が発生する際には広告の掲載自体を停止することとしている。

イ．気象情報の部外提供・利活用を促進する気象庁内の体制

平成 6 年度の NWW 委員会サービス分科会における検討により、気象庁の保有する各種気象情報の部外提供業務を総合的かつ適正に推進するため、当該業務の指針を審議することを目的として、気象情報部外提供推進委員会（会長：総務部長）を設置した。気象情報部外提供推進委員会においては、設置当時の課題である民間気象業務支援センターによる情報提供の検討をはじめ、社会情勢や情報技術の変化等に合わせて議論を行い、平成 14 年度の気象庁ホームページによる気象情報の提供開始、平成 22 年度の気象庁防災情報 XML フォーマットの運用開始に向けた議論等を行った。

平成 26 年には、気象情報部外提供推進委員会は任務・目的が気象情報利活用推進に移ってきたことから名称の変更も行うこととし、気象情報利活用促進委員会（委員長:総務部参事官）に改組した。

平成 30 年度気象分科会提言「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」（平成 30 年 8 月）では、観測・予測精度向上のための技術開発、気象情報・データの利活用促進、これらを「車の両輪」とする防災対応・支援の推進について、利用者目線に立ち、社会的ニーズを踏まえた目指すべき水準に向けて、取組を進めることとされた。これを受けて令和 2 年 10 月の組織再編により情報基盤部を発足させたことに伴い、気象情報利活用促進委員会は情報基盤部長を委員長とする構成に再編した。

ウ．情報総覧

気象情報の部外提供は長い間、印刷刊行物又は原簿等からの書き写しによって行われてきたが、平成に入ると社会の高度情報化に伴い、利用者数及び利用資料の種類が増加し、さらに磁気媒体での提供依頼が求められるようになった。これを受け平成 2 年 5 月から、提供方法の検討が進められた。その結果、平成 3 年 3 月に（財）日本気象協会を通じて磁気媒体による提供を行うこととなった。そこでは（財）日本気象協会による提供を円滑に行うため、提供対象情報を一覧表に整理した「気象庁データベース総覧」を平成 3 年度上半期までに整備することとなった。

平成 6 年 5 月に（財）気象業務支援センターが民間気象業務支援センターに指定されると、日本気象協会が担ってきた部外提供業務は民間気象業務支援センターたる（財）気象業務支援

センターに移管されることになり、これに伴う見直しでオンラインデータ、オフラインデータ及び情報処理プログラムまで総合的に扱う「気象庁情報総覧」を作成することになった。そこには情報の名称、内容、管理者、部外提供の方法及び担当部署を明記することとし、刊行物等の方法で公表することとなった。これは、気象庁情報総覧として平成 9 年 3 月に刊行した。

気象庁情報総覧は平成 12 年からは CD-ROM による配布となり、さらに平成 18 年からは気象庁情報カタログとして気象庁ホームページに掲載するようになった。

平成 26 年になると、情報通信技術の発達で大容量データを高速で処理・伝達できるようになってきたことを背景に情報提供の仕組みの見直しが行われたが、その中で情報のアクセスの改善も図られた。それまで気象庁情報総覧は情報の一覧表であったが、気象分野以外の利用者から情報提供の内容が分からないという声があったことを踏まえ、情報の種類や内容、入手方法、関連する技術資料を参照できるものに改善することになった。また、平成 26 年度に具体的な検討を行った結果、気象庁が作成・保有している情報・データのマスターとして位置づけること、メタデータをカテゴリ情報、基礎情報及び拡張情報の三階層に整理することとなった。これらを踏まえた新たな気象庁情報総覧は平成 27 年 3 月に完成した。

エ．情報提供の多言語化

平成 25 年に訪日外国人が初めて 1,000 万人を超える等、訪日・在留外国人が大幅に増加する中、災害発生時における外国人の安全確保が課題となっていた。これを受けて気象庁では、内閣府及び観光庁と連携し、平成 27 年 3 月に緊急地震速報の多言語辞書を、同年 10 月に津波警報を提供する際に必要となる表現の多言語辞書を公表した。多言語辞書は、情報配信事業者等が多言語で提供する際に必要となる防災関連の用語、伝達文を多言語に翻訳した用語集として、民間事業者のウェブサイトやアプリ等における活用のために作成された。対象言語は、当初は、訪日・在留外国人数に即して英語、中国語、韓国語、ポルトガル語、スペイン語、及び「やさしい日本語」の 6 か国語であった。翻訳作業に際しては在日公館等にもボランティアで確認の協力を得た。公表した多言語辞書は観光庁の外国人旅行者向けプッシュ型情報発信アプリ「Safety tips」、NTT ドコモの多言語提供アプリでの活用や、東京都及び内閣官房により設置された「2020 年オリンピック・パラリンピック大会に向けた多言語対応協議会」の第 4 回会合（平成 27 年 12 月）でも各機関･団体が推進する先進的取組の一つとして紹介された。

一方、政府においては、「外国人材の受入れ・共生に関する関係閣僚会議」が開かれ、平成 30 年 12 月に「外国人材の受入れ・共生のための総合的対応策」、令和元年 6 月に「外国人材の受入れ・共生のための総合的対応策の充実について」が閣議決定される等、我が国として共生社会の実現に向けた取組が進められた。本閣議決定において、防災・気象情報に関する多言語辞書の充実（11 か国語）及び気象庁ホームページの多言語化（11 か国語）、並びに対応言語の拡充（14 か国語）が明記されたことを受け、気象庁においても必要な対応を行った。令和元年 3 月に 6 か国語（日本語・英語・中国語（簡体字・繁体字）・韓国語・スペイン語・ポルトガル語）の多言語辞書を公開した。同年 7 月には気象庁ホームページの危険度分布及び雨雲の動きのページについて同 6 か国語での対応を開始し、同じく 7 月には、多言語辞書とタイミングを合わせて、インドネシア語、ベトナム語、タガログ語、タイ語、ネパール語を追加した 11 か国語への拡充を行った。同年 9 月には気象（天気、大雨、高温等）・地震・津波・火山に関する防災気象情報についても 11 か国語での対応を開始する等、立て続けに対応を実施した。さらに、令和 2 年 3 月には多言語辞書を 14 か国語に拡充（クメール語・ビルマ語・モンゴル語追加）し、同年 4 月には防災気象情報の提供も 14 か国語に拡充し、現在の 14 か国語 15 言語での提供体制が出来上がった。同年 9 月には台風情報に関する用語を多言語辞書に追加し、ホームページにおいても 14 か国語で台風情報の提供を開始した。その後も、多言語辞書への用語の追加や気象情報の変更に合わせたホームページの更新などを行っている。

2．部外提供手段の変遷

（1）情報媒体の変遷

昭和 35 年 4 月の気象審議会答申第 3 号「防災気象情報の伝達組織の強化と利用体制の向上について」では、現状として、ほとんど全ての気象官署が防災気象情報を一対一で伝達し多くの時間を要しているため､専用電話を集約して同時伝達する装置を設備し迅速化を図ることや、有線回線は災害時に障害が起こるので無線通信等による伝達を検討する必要があることなどが指摘された。加えて、昭和 26 年 7 月に日本電信電話公社が新設した気象通知電報の利用も有効とされた。

昭和 40 年代後半に企業や団体等が気象庁から直接気象情報を得る手段としては、一般向け無線放送のほか、文書・電話による通報、177 電話サービス、電話による問合せ、直接説明を受ける、直接データ分岐を受けるといった選択肢があった。また、気象庁以外の者から気象情報を得る手段としては、テレビ、ラジオ、電話、新聞が一般的であった。一般向け無線放送も多くの企業・団体に認知されていた。

昭和 55 年頃の気象情報の提供方法として、防災関係機関、地方自治体、研究機関等に対しては、オンライン配信（データ通信、電話ファックス）のほか、電話通報（同送電話、専用電話、加入電話）、刊行物の配布等により行われていた。同送電話については、ラジオ・テレビ・新聞等関係者、都道府県、交通機関、日本電信電話公社関係などに分けて接続し、その地方の警報、台風情報等を、気象台からの一方通話で迅速に伝えていた。

同じく昭和 55 年頃､個人や一般企業に対する気象情報の提供は､テレビ､ラジオ､電話（177 を含む）､無線通報（FAX 放送等）､閲覧等により行われていた。ダイヤル 177 電話の利用数は昭和 54 年頃に 1 日約 90 万件、昭和 57 年頃に約 80 万件で時報サービスに次ぐ利用者数を誇り、気象庁としても一般向けへの情報提供手段として、NHK 放送と共に電話サービスを重要視していた。昭和 58 年 4 月には、日本電信電話公社との間でダイヤル 177 電話に降水確率予報や降水短時間予報を盛り込むことや、気象庁と公社との連絡会を設置して 177 の改善に努めるという覚書を交換し、連絡会を開催した。昭和 63 年 10 月には NTT 週間天気予報電話サービスが開始された（なお、177 は、昭和 30 年の開始以来気象情報を電話で確認する手段として活用されてきたが、テレビの他スマートフォン、インターネット等の普及に伴い、気象情報の確認手段が多様化したことや、固定電話の利用減少に伴って、利用数が大幅に減少し今後もこの傾向が継続する見込みであることから、令和 7 年 3 月末に廃止された）。

また､庁内各部署で気象情報を記録し保存する磁気テープを､要望に応じて貸し出していた。例えば統計室での磁気テープの貸出件数は、昭和 56 年から 61 年の間でもおよそ 4 倍にも増

えており、貸出先は企業が多かった。

画像データについては取扱いが難しく、昭和 53 年 4 月から本格運用を開始した静止気象衛星「ひまわり」の資料配布について、当初は、写真の掲示、印刷物の配布、磁気テープの配布、資料貸出等にとどまっていた。昭和 55 年 8 月以降、気象衛星センターから一部の部外機関に対し、低分解能ファクシミリの電気信号を分岐配信するなどしたが、画像データの提供が本格的に進むのは、後述するニューメディアの活用が一般的になってからである。

オンライン提供については、通信関連法令の変遷とも関連が深い。昭和 46 年に公衆電気通信法の一部を改正する法律が成立し、利用者が自ら設置するコンピュータと接続して電気通信回線を使用する場合には、一定の条件のもと他人使用が認められることとなった。さらに昭和 60 年に電気通信事業法が施行され、日本電信電話公社（同法の施行に伴い民営化）以外も第 2 種電気通信事業者として電気通信事業を行うことが可能となった。

昭和 60 年代頃からニューメディアの活用が進んだ。例えばファクシミリ通信、ビデオテックス、パソコン通信、文字多重放送、ケーブルテレビ等により、画像情報を中心とする多品種、大量の情報を、対話方式により個々の利用者に提供できるようになった。これにより、気象情報についても、マスメディアを通した提供や 177 電話サービス、個別の電話照会以外の様々な需要に応えられるようになった。チャンネルボタンを押すと知りたい情報が文字や図形となって家庭のテレビに映し出される文字多重放送は昭和 60 年 11 月に開始され、各放送局とも、気象等の情報の位置付けを高く見ていた。また、昭和 60 年 9 月には、東海地震に関する警戒宣言や津波警報が発表された場合等に警報音を兼ねた信号が送出され自動的に受信機が起動する緊急警報放送システムの運用が開始された。平成 9 年頃になると、民間の気象情報サービスはインターネット、ケーブルテレビ、パソコン通信、電話、ファクシミリといった多様な提供媒体により行われており、マルチメディア対応を謳う民間気象事業者も複数存在していた。

我が国でインターネットの利用が広がり始めた平成 7 年当時、例えば日本気象協会や情報通信関連企業等において、気象衛星画像をパソコン通信やインターネットで提供するサービスや実験が開始され、広くアクセスされるようになった。平成 8 年当時、複数の新聞社、テレビ局、民間気象事業者、その他の情報関連企業等が、インターネットによる気象情報の提供を行っており、地方公共団体でも提供予定の状況であった。天気予報やひまわり画像を掲載する場合が多いが、既にゴルフ場の天気等の専門的な情報を扱うホームページも存在した。その後、IT 基本戦略に基づき、平成 13 年 3 月に行政情報化推進各省庁連絡会議にて「行政情報の電子化提供に関する基本的考え方（指針）」が了承されると、気象庁もその趣旨を踏まえ、平成 14 年 8 月に気象庁ホームページで予報や観測データの公開を開始した。印刷物についても国内外で電子化（オンライン出版化）が進んだことから、気象庁も平成 15 年 4 月に既存の印刷物の気象庁ホームページでの提供を開始した。

国民が最新の気象情報を入手する手段としては、携帯電話の普及等を受けて、モバイル端末が重要な手段となってきている。平成 9 年 9 月に、日本気象協会が気象庁の支援・協力のもとでインターネットによる「防災気象情報サービス」を開始し、防災気象情報を無償かつ地域格差なく広く全ての国民に提供開始した。平成 11 年に株式会社 NTT ドコモが i モードサービスを開始すると、その後数年で、携帯電話に月額 100 円程度で気象情報を配信するサービスが多数生まれるなど、民間事業者によるモバイル端末向けのサービスが拡大した。平成 19 年に緊急地震速報の運用を開始すると、携帯電話は 24 時間常に緊急地震速報を入手できる環境を実現できる媒体として注目され、大手携帯電話事業者は、緊急地震速報を同報通知するサービスを開発し運用を開始した。その後、平成 24 年には各社の同報通知サービス（緊急速報メール）の対象に津波警報が追加されるなど対象情報が拡充した。さらに平成 20 年代以降は、民間事業者によって、スマートフォン等で動作するアプリケーション（アプリ）や、ソーシャルネットワーキングサービス（SNS）を利用した気象情報・サービスの提供が増えている。気象庁が国民に行った調査でも、平成 19 年度は 96％がテレビで、次いで 59％が新聞で天気予報を入手していたが、平成 27 年度の調査ではテレビが 79％で、次いでパソコンが 63％、携帯電話が 36％となっていた。

一方、気象庁から非即時的に行う気象情報の提供の方法は、平成 8 年 1 月に計算機ディスプレイ等による閲覧、電子媒体（磁気テープ、フロッピーディスク、CD-ROM 等）等の複製の提供、印刷物や電子媒体等の貸出、商用情報通信ネットワークを利用した送信・開示の 4 つに大別した。民間気象業務支援センターを活用した提供も含めて、CD-ROM がよく使われたほか、カセット磁気テープ（CMT）も用いられた。印刷物については、平成 8 年度までに、アメダス・地上気象、地震、海洋の観測データのほとんどや天気図について CD-ROM 化するなど、電子媒体への移行が進んだことで、電子媒体化されていない過去データを除き、気象等の観測データ提供といった観点では、明治以来の歴史的な役割を終えつつあった。なお、印刷物に関しては、官報の資料欄の充実のため、大蔵省官報課からの相談を受けて平成 3 年 4 月から前月の日本と世界の気候資料が毎月 20 日頃の官報に掲載されるといった取組もあった。

（2）データフォーマットの変遷

気象データの提供や交換において、かつては文字形式の電報が用いられた。気象衛星資料のように文字形式では扱うことができないデータは、写真の掲示、印刷物の配布、磁気テープの配布といった形で行われた。数値予報の格子点値（Grid Point Value：GPV）のように文字形式の情報や写真等に比して極めて大容量なデータは、民間気象業務支援センター制度が創設されるまで、多数の部外利用者に配信することは、気象庁の施設の余力の範囲では不可能であり、提供は行われなかった。

その後、昭和 60 年代から平成初頭にかけての高度情報化社会の到来に伴い、データの伝送速度が向上するとともに、データを手軽に機械処理できる環境が整備されると、それに対応した情報へのニーズが高まった。そのため、従来の限られた文字・数字からなる情報ではなく、面的な分布を示す格子点データを拡充し、積極的に提供することとした。例えば数値予報の GPV については、昭和 59 年 2 月から欧州中期予報センター（ECMWF）に提供していたが、平成 7 年 3 月に台風委員会加盟国の気象機関へ提供開始するなど平成時代に入り提供先を拡大した。また、予報業務許可事業者が気象の予報を行うためにも数値予報の GPV が必要になることから、平成 8 年 3 月に気象業務支援センターが独自のオンライン配信システムの運用を開始した当初から同センターを通じてこれを即時的に提供している。その他、降水短時間予報業務を昭和 63 年 4 月から開始し、解析雨量等の GPV を扱っているほか、平成 8 年から気象業務支援センターを通じてレーダー・アメダス解析雨量の GPV の提供を開始した。

さらに近年では、気象衛星画像をはじめとする画像データを拡充しているほか、防災気象情報についても危険度分布（キキクル）といった面的な防災気象情報の提供を充実してきている。

ア．データフォーマットの種類と採用状況

気象情報・データは、国内防災機関や海外気象機関など多くの関係者に迅速かつ確実に伝達・共有されることが肝要であり、これを実現するためにデータフォーマットが早くから定められてきた。例えば、気象庁をはじめとする気象業務で用いられるデータの形式は、気象通報式に定められている。昭和 30 年代頃は、モールス通信や電動式タイプライタ（テレタイプ）の使用を前提にしていたが、その後の情報技術の進展に伴い、後述の様々なフォーマットが反映されている。通報式には、国際気象通報式、国内気象通報式、航空気象通報式がある。国際通報式の第 6 版が昭和 50 年 12 月に、第 7 版が昭和 56 年 10 月に、第 8 版が平成 2 年 3 月に定められた。また国内通報式は初版が昭和 33 年 5 月に、第 2 版が昭和 44 年 7 月に、第 3 版が昭和 56 年 9 月に定められた。さらに、航空機の運航に必要な細目的事項を定めた航空気象通報式の第 3 版が、平成 3 年に開催された第 43 回 WMO 執行理事会の決議に合わせて、同年 7 月から実施されている。これらの通報式は、制定後も順次改訂されている。

国際的には、WMO ではデータ交換に伝統的文字形式通報式（TAC: Traditional Alphanumeric Code）が古くから用いられてきた。TAC 通報式は 1970 年代に現在の形に整理され、データの種類に応じて、地上実況気象通報式（SYNOP）、海上実況気象通報式（SHIP）、地上高層実況気象通報式（TEMP）が普及した。その後、TAC よりも柔軟性と拡張性を持つ通報式である二進形式汎用気象通報式（BUFR: Binary Universal Form of Representation）が昭和 63 年に定められた。BUFR では、データを数値、符号、文字列といったデータに分解し、多様なデータを扱うことができる。さらに WMO では、既存の文字形式の通報式では扱うことができない情報を扱う場合に利用するため、汎用型の文字通報式を検討し、平成 5 年に文字形式汎用通報式（CREX: Character form for the Representation and Exchange of data）と命名し、平成 6 年にオゾン観測データを交換する際に CREX を実験的に使うことを推奨した。気象庁では、世界に先駆けて平成 7 年 2 月にオゾンデータの CREX による国際的な試験送信を開始した。また、平成 9 年 7 月から台風 72 時間進路予報の提供を開始するに際して、CREX を採用するとともに、今後は電文を従来のバイナリ型の通報式（BUFR）又は CREX に統一することとした。平成 20 年代に入ると、WMO においても、気象観測データ等の国際交換について、BUFR や CREX への移行計画を推進したが、送受信双方のシステムで準備を完了させる必要がある等の事情から、現在も TAC 形式の通報は残っている。

格子点値については、平成元年に定められた GRIB（Grid Binary）が普及している。当初は 2 次元格子点値を表現する形式だったが、平成 13 年に第 2 版が定められ、多次元格子点値を表現できるようになった。気象庁から提供される格子点値も原則として GRIB 第 2 版の形式である。前述の BUFR、CREX や GRIB はいずれも、手続きを経ることなくデータフォーマットを変更することを許さないため、国際的に統一された形式で情報が流通するという利点がある。

国内でのみ流通する気象データには、気象庁独自のフォーマットも使われている。代表的なものは、文字情報を伝える「かな漢字電文」や、その実質的後継となる気象庁防災情報 XML である（詳細は後述）。ただし、極めて迅速な提供が求められる緊急地震速報については、データ容量が小さいことを重視し、定型のフォーマットで各要素を英数字や記号を用いて内容を示すことで伝送量を抑えたコード電文が気象庁防災情報 XML と併せて使われている。

また、気象庁の数値予報システムでは、様々な観測報をスーパーコンピュータでの処理により適合するよう、BUFR に独自の変更を加えたデータ形式により保存している。格子点値についても、国際的に用いられる GRIB 形式に対して、平成 13 年に気象庁の数値予報ルーチンに特化した NuSDaS と呼ばれる独自の形式が生まれた。これら独自のフォーマットは、国際的なデータ交換に供するには不向きである。特に NuSDaS に関しては気象庁外とのデータ交換について逆に支障になりかねないことから、使い方に関する資料の整備等が進められている。このほか、気象衛星データについては、「ひまわり標準フォーマット」と呼ばれる独自形式や、米国研究機関の汎用配列データ形式である NetCDF 形式等が用いられている。

民間気象業務支援センターを通じて部外提供される気象情報は、緊急地震速報や気象衛星データを除き、そのほとんどが気象庁防災情報 XML、GRIB、PDF の形式になっている。また、平成 24 年 7 月に IT 戦略本部で決定された「電子行政オープンデータ戦略」の趣旨等を踏まえ、政府機関の有する公共データを機械判読可能な形式で広く公開する観点から、統計データ等を気象庁ホームページからダウンロードできる機能を設けることとし、平成 26 年度以降順次、txt 形式や csv 形式等の機械処理可能な形で提供している。

イ．「かな漢字電文」と気象庁防災情報 XML

電文とは電信で送受する電報であり、古くは明治時代から使用されてきた。電文は、その用途に合わせて様々なフォーマットが規定され、国内でのみ流通する気象データには、気象庁独自のフォーマットも使ってきた。中でも、日本語の平文を直接記したものは「かな漢字電文」と呼び、各種気象情報の発信に広く使ってきた。

平成 16 年 3 月に、気象警報・注意報・予報の改善・拡充の一環として、タグを用いてデータを論理的に構造化して記述することができる XML（Extensible Markup Language）を当庁で初めて採用した。その後、平成 22 年度からの市町村を単位とした気象警報の発表などの計画を控えて、より詳細で高度化された防災情報の提供様式を検討すべき時節の到来と捉え、平成 19 年 3 月に庁内の気象情報部外提供推進委員会の下に、部外における気象情報の更なる有効活用に資する提供形式の検討・決定を目的とした「気象情報提供形式検討部会」（部会長：総務部企画課企画調整官）を設置した。

同部会では、既に多様な分野で応用が盛んであることなどを理由に XML に的を絞って具体的な技術検討を進めるとともに、気象庁の電文の XML 化による利便性を探求し、約 3 年にわたって仕様策定作業を行った。策定にあたっては、XML 技術の専門家が集う XML コンソーシアムの協力を仰ぐとともに、利用者からの声を検討に反映させるなど、従前のフォーマット策定過程にない取組を行った。また、この頃、既に米国では “CAP” という名の XML を用いた警報等の伝達が開始され、具体的な実装や利活用が進んでいたという国際動向も仕様を策定する上での大きな背景となった。

同部会で仕様策定の結果、「かな漢字電文」などの実質的な後継として、平成 21 年 5 月に「気象庁防災情報 XML フォーマット」の仕様を公開した。この仕様は、民間気象業務支援センター

の利用者に限らず、ホームページを用いて一般に公開した。従来の形式である「かな漢字電文」では、電文種別ごとにフォーマットが異なっていたが、このXMLフォーマットは当庁における各種防災情報を一元的に取扱うための情報基盤として、仕様と管理を一元化した。特に、ヘッダ部では防災情報を各電文共通的に取得可能としたことで情報の主たる部分の選別処理や取得処理が共通化可能となっており、内容部では電文間で類似の要素の処理の流用・統一化が図られるようにしている。また、XMLのツリー構造により、情報量が増えて複雑化した情報であっても、必要な要素を容易に取り出すことができる。同フォーマット公開後には、解説資料などの充実や各種部外機関に対する同XMLフォーマットの普及啓発のための説明等を行い、同フォーマットによるXML電文の運用を平成23年5月（気象警報・注意報は先行して平成22年5月）に開始した。さらに、平成24年12月から、より一層の利活用の促進を図るため、気象庁ホームページにおいてXML電文のデータ公開を試行的に始めた。平成30年3月にはXML電文の利用が十分に図られてきていることを踏まえ、部外へのかな漢字電文の配信をおおむね終了した。

3．民間気象業務支援センター

社会の高度情報化に伴い、気象情報に寄せられる国民の要望は多様化し、一方で気象の予測技術も情報処理技術の進展により高度化が進むとともに、情報提供手段も多様化、高度化してきた状況に鑑み、平成5年5月に、気象庁をはじめとする関係者の役割分担と連携協力により時代の要請に適合した気象情報サービスの高度化を図ること、民間における新たな気象サービスの提供に適切に対応するための資格制度の創設をすることを目的とした気象業務法の一部改正法が公布された。本改正では、気象庁が保有する気象情報であって予報業務の実施に関する許可を受けた者等の利用に適合するものの提供等に関する事務を指定する法人に行わせることができることとなり（法第24条の28）、指定された法人は「民間気象業務支援センター」として「情報提供業務」の実施とともに「情報提供業務及び気象情報の利用に関する調査及び研究を行うこと」、「民間における気象業務の健全な発達を支援し、及び気象情報の社会活動における利用の促進を図るために必要な業務を行うこと」（法第24条の29の1～5号）とされた。これに伴い、平成6年3月に（財）気象業務支援センターが設立された。そして、平成6年5月の改正法施行と同時に（財）気象業務支援センターは「民間気象業務支援センター」に指定された。その後（財）気象業務支援センターは、公益法人改革により平成24年4月には「一般財団法人」に移行して今日に至っている。以下は、一般財団法人気象業務支援センターが、民間気象業務支援センターとして今日実施している業務である。

（1）情報提供業務

気象業務支援センターでは、その設立以来、情報提供業務として、天気予報や警報・注意報、観測データ、数値予報結果、緊急地震速報など気象庁が保有する各種気象情報の提供を受け、それらを民間気象事業者、報道機関、大学研究機関、自治体などの利用者に対して実費によるデータ提供サービスを実施している。

現在、気象業務支援センターでは、気象庁虎ノ門庁舎内に設けられたオンコールセンター等に配信システムを整備し、オンライン接続している気象庁の各種システムから受信した各種気象情報を利用者のシステムに即時配信している。これらの業務が24時間365日確実に実施されることにより、気象庁の発表する情報が適時適確に社会、国民へ伝達されている。

ア．オンラインによる提供

平成7年3月から平成8年3月までは、オンライン配信サービスについては同センターから（財）日本気象協会に業務委託されMICOSを通して実施されていたが、平成8年3月の気象資料総合処理システム（COSMETS）の更新にあわせて気象業務支援センターが独自のオンライン配信システム（現在の「電文形式配信システム」）を整備し運用を開始した。その後、数値予報格子点値（GPV）等の大容量化に伴い、平成12年9月にはファイル形式配信システムの運用を開始し、GPV等の配信はファイル形式での配信へ順次移行した。平成18年8月には「緊急地震速報配信システム」を整備し緊急地震速報の配信を開始した。また平成27年7月にはそれまでの静止気象衛星「ひまわり7号」に比べデータサイズが大きくなることから、静止気象衛星「ひまわり8号」の運用開始にあわせて、気象衛星センターの庁舎内に静止気象衛星配信システムを整備し、ファイル形式配信システムに加えて本システムからデータサイズが大きい気象衛星観測データの配信を開始した。さらに令和6年3月から気象庁のスーパーコンピュータシステム（NAPS11）に整備されたデータ共有・提供の機能を担うクラウド部（気象庁クラウド環境）から利用者へ情報提供を始めた。これにより、気象庁クラウド環境上に保存された気象データを利用者に共有する形で、これまで庁内利用にとどまっていた大容量データを提供できるようになった。

イ．オフラインによる提供

オフラインデータ（非即時データ）の部外提供については、平成2年5月に庁内の「第1回オフラインデータ部外提供検討部会」（部会長：観測部管理課統計室長）にて本格的な議論が行われるようになった。それまでの非即時提供は、原簿類、刊行物からの書き写し、あるいは気象協会を通してのコピーによる「紙」の媒体を主として実施していた。その後は、気象資料の磁気テープ化が徐々に進展したことに伴い、平成に入ると磁気テープ、フロッピーディスクによる非即時提供の要望が増加傾向となった。この要望の高まりを受けて、オフラインデータ部外提供検討部会において議論を進め、平成3年3月に磁気テープ、フロッピーディスクによる非即時提供は（財）日本気象協会が行うこととなった。平成6年5月に気象業務支援センターが改正気象業務法における民間気象業務支援センターとして指定されたことに伴い、これらの業務は（財）日本気象協会から気象業務支援センターに移管されることになった。

（2）情報利用支援業務

気象業務支援センターでは気象予報士、気象事業者をはじめとする情報利用者の利便の向上を図るため、気象情報のデータフォーマット、処理技術等に関する相談等に対応している。また、新規に気象情報の提供を希望する事業者や気象に関心を持つ一般の方からの気象情報の利用等に関する幅広い相談にも対応している。気象業務支援センターの発足当初は情報の利用者は圧倒的に行政機関や予報業務許可事業者が多かったが、2010年代後半以降、企業・団体の利用者が増えた。これに伴い、相談内容がセンター発足当初に比べて多様化してきている。

（3）研修教育業務

気象業務支援センターでは、気象予報士及び民間気象事業者で気象事業に従事する気象技術

者の技術力向上を支援するため、気象情報の利用に関する研修を実施している。令和元年度以前は受講者を会場に集め講義する形式で研修を実施していたが、新型コロナウイルス感染防止対策として令和２年度から研修をオンラインで実施するようになった。これにより受講生の居住地に関わらず受講できるようになり利便性も向上した。

（４）閲覧支援業務

平成８年に、法第 24 条の 29 第５号の規定による民間気象業務支援センターの業務の一環として、気象官署における気象資料の閲覧業務に関する複写や印字等経費を伴う閲覧者の個別的要望への対応を行うこととした。この業務は、個別的な経費を要するサービスへの要望に対し、受益者負担の原則により応えるため、支援センターの機器を全国の気象官署に設置することで行うこととした。以後、平成９年にかけて、（財）気象業務支援センターが全国の気象官署に複写機を設置したが、平成 13 年の「行政機関の保有する情報の公開に関する法律」の施行、平成 14 年の気象庁 HP による気象資料の提供、そのほかデジタルカメラの発達等に伴い地方官署での閲覧支援業務の利用実績が少なくなったことから、平成 16 年から 19 年にかけて本庁以外での閲覧支援業務を順次終了した。現在では、本庁内の図書館及び天気相談所において引き続き複写機の設置が行われている。

（５）普及促進その他の業務

気象情報の普及や利用促進を図るための講演会の開催・後援や各種図書の刊行等を行っている。

（６）（参考）気象振興協議会及び緊急地震速報利用者協議会について

民間気象業務支援センターの業務ではないものの、下掲の協議会の事務について、要請を受けて一般財団法人気象業務支援センターが事務局を担当している。

ア．気象振興協議会

平成 12 年９月に、気象審議会の答申第 21 号「21 世紀における気象業務のあり方について」があり、その中で「気象情報の利活用の促進に向けて、産業界と民間気象事業者間の連携・協力を強化するための協議会等の設立とその積極的な活動が期待される」とされた。「産業界と民間気象事業者間の連携・協力を強化するための協議会」としては気象事業振興協議会、気象庁配信データ利用者協議会、産業気象利用者協議会があったものの、産業界と民間気象事業者間の連携・協力が重要となってきたこと、各協議会に重複加入している事業者等も多かったこと、より広範な課題について対応できる体制をとる必要があることから、平成 14 年１月にこれらの協議会を統合して気象振興協議会が発足した。気象振興協議会の主な会員は予報業務許可事業者、報道機関、情報通信関係事業者等である。気象振興協議会は気象情報の利用拡大を目的とする者による共同の場であり、気象情報を取り巻く急速な情報伝達や解析技術の進化に対応して、実務的な情報交換と意見交換を行っている。

イ．緊急地震速報利用者協議会

緊急地震速報利用者協議会は、平成 18 年８月の緊急地震速報の配信開始に伴い、緊急地震速報の特性を正しく理解し地震災害の軽減に混乱なく有効な活用を図るため、緊急地震速報の提供に係る気象庁からの情報収集、緊急地震速報の住民等への伝達手段や利活用方策についての情報交換及び緊急地震速報に関する気象庁に対する要望事項についての提言等を行うことを目的として平成 18 年 12 月に発足した。主な会員は予報業務許可事業者、建設・鉄道・情報通信関係事業者等となっている。

【第３節】図書管理業務

１．気象庁図書館の組織

（１）概要

気象庁図書館は、気象庁の業務上必要とされる気象学、海洋学、地震学、火山学、地球環境問題などの図書資料を収集・所蔵する専門図書館である。図書資料の収集及び閲覧、貸出、複写サービス、国立国会図書館、他支部図書館の利用窓口、レファレンスサービス、気象庁図書館システムの管理、気象庁刊行物の電子化等である。気象庁図書館が保管している資料には、気象庁の前身である中央気象台資料も含まれており、古い蔵書の保全を図る処置を施している。気象庁図書館にのみ存在する資料もある。これらの業務を行うことにより、気象の専門家から一般にまで利用され気象業務に貢献している。

現在、気象庁図書館の蔵書の図書資料の書誌情報が気象庁図書館システムにあるデータベースに蓄積されており、蔵書の検索・貸出・返却等の業務を運営している。

（２）変遷

昭和 39 年、東京都千代田区大手町に気象庁庁舎が完成し、気象庁図書課の業務を継続した。昭和 47 年には総務部企画課図書資料管理室となった。

気象庁予報部で作成した原図からトレースされた版下をもとに図書資料管理室にあった印刷工場において天気図を印刷していたが、担当職員の定年退職を機に、平成元年３月分から外注とした。

平成 17 年４月に、それまでの図書資料管理室の業務を企画課内で引き継いだ。その際、図書資料管理室で扱っていた気象庁刊行物については、企画課内の技術開発推進を受け持つ組織の所掌となった。

令和２年 10 月の気象庁組織再編に伴い、図書館業務は、総務部企画課から情報基盤部情報政策課に移管した。また、東京都千代田区大手町から港区虎ノ門への庁舎移転により、令和３年１月から新庁舎での業務を開始した。

２．気象庁図書館の業務

（１）図書・文献及びその情報の提供

ア．気象庁図書館の運営

気象庁図書館の蔵書等の貸出手順は、利用者の請求に基づき、書庫から蔵書を取り出して提供するという閉架式であったが、主な利用者である気象庁職員の利便性向上のため、昭和 57 年１月から気象庁職員に対して書庫を開架式での運用に切り替えた。また、気象庁職員及び一般利用者からの要望に応え、平成 22 年４月から、昼休み時間帯の開館を実施した。

虎ノ門庁舎への移転に伴い、書庫スペースが縮小（1,114m^2 から 438m^2）するため、気象衛星センター内に新たに第二書庫（141.28m^2）を設けた。そして、平成 30 年２月に気象庁刊行物の予備資料等を第二書庫に移送した。

図書資料の収集は、寄贈交換・購入・気象庁刊行物の納本等により行っている。12 万冊余りの蔵書のうち約半数が外国の図書資料である。古い気象庁刊行物のうち国立国会図書館等に所蔵のない図書資料は、気象業務における利便性向上及び資料劣化防止のために順次電子化している。

なお、新型コロナウイルス感染症の感染拡大防止及び庁舎移転作業のため令和 2 年 4 月から令和 3 年 12 月の間、断続的に臨時休館した。

イ．気象庁刊行物の電子化と電子化資料の提供

平成 7 年に全ての地方気象台へ CD-ROM ドライブを備えたパソコンが整備されることになり、気象庁刊行物のうち長年にわたり刊行されており業務の参考となる「測候時報」については平成 9 年 3 月及び平成 11 年 3 月に、「気象庁研究時報」については平成 13 年 6 月にそれぞれ CD-ROM 化し、再刊行した。平成 14 年に過去の印刷天気図の電子化を 4 か年計画で開始した。

平成 8 年に開始された国立国会図書館中央館・支部図書館電子化推進基本計画に基づき、平成 17 年から、紙媒体で発行された過去の気象庁刊行物のうち、本庁各部において必要性が高い図書資料について順次電子化を行うこととなった。電子化された気象庁刊行物は、業務参考資料として活用されている。

ウ．気象庁図書館システムの運用

気象庁図書館では、全ての蔵書管理を目録カードにより行ってきた。気象庁調査研究誌、和雑誌、洋雑誌の文献情報を提供するため、昭和37年からその基礎となる文献の件名抽出を行い、昭和 43 年頃から、ある程度有効利用が可能となった文献データベースを利用した文献情報の提供について試行運用を開始した。昭和 58 年から JICST や DIALOG といった商用データベースも併用しながら、文献情報を拡充してきた。平成 12 年 3 月に気象庁図書館システムの導入と書誌情報の電子化を行い、同年 8 月に運用を開始した。これにより気象庁行政情報ネットワークの端末による図書・資料等の検索が可能となった。平成 15 年度に蔵書管理にバーコードを利用するため書誌情報へのバーコードの追加登録が完了した。

平成 25 年 3 月から蔵書管理と文献検索を統合した気象庁図書館システムの運用を開始した。このシステムでは、全国気象官署の職員が自席から、貸出予約及びオンラインジャーナル、電子ブック、電子図書館掲載文献へのアクセスが可能となった。また、気象庁刊行物や部外の学術雑誌の論文タイトル等の文献情報と書誌情報を横断的に検索することが可能となった。

さらに、平成 25 年度から書誌情報を政府共通ネットワーク上に公開し、国立国会図書館中央館・支部図書館分散型総合目録データベースシステムに参加することで、他支部図書館等との書誌情報の共有化を図った。

エ．オンラインジャーナル・電子ブックの購入管理

平成 18 年 1 月から、気象庁で利用頻度の高い外国雑誌について、オンラインジャーナルによる購読を開始した。また、平成 27 年度の選書からは電子ブックを選出して購入し気象庁行政情報ネットワーク端末から閲覧できるようにした。

（2）国立国会図書館支部図書館業務

国立国会図書館法の目的の一つは行政及び司法の各部門に対して図書館サービスを提供することであり、各府省庁及び最高裁判所に現在 27 館の支部図書館及び 6 分館が設置されている（支部図書館制度）。このため、気象庁図書館は国立国会図書館の支部図書館としての役割も担っている。昭和 26 年 11 月に国立国会図書館法に基づき国立国会図書館支部中央気象台図書館となり、昭和 31 年 7 月に国立国会図書館支部気象庁図書館に改称した。国立国会図書館の支部図書館と気象庁の図書館としての役割の他に、気象庁刊行物の国立国会図書館への納本及び各支部図書館を通じ、各府省等の刊行物との交換、図書資料の相互貸借、レファレンス等の図書館協力業務を行っている。気象庁図書館には江戸、明治時代の古地図などの資料が関東大震災、東京大空襲を免れ 100 年にわたり保存されており、国立国会図書館の調査が行われ貴重な資料であることが判明した「大日本沿海輿地全図」、その他貴重図書類の一部を保存環境のよい国立国会図書館へ寄贈を行っている。

第２章　情報通信

【第１節】情報通信業務の変遷

本章では部門史を遡るうえで「情報通信」という表現を使用しているが、これまで気象通報、無線通信、有線通信、国際通信等と呼ばれていた各種業務が幾多の技術革新や整理統合を経て、現在では当庁内の「情報基盤」として総合的なサービスを担う分野に変貌を遂げている。

昭和初期においては無線通信を用いた電信電話による気象通報、さらに有線通信によるモールス音響通信や印刷電信を用いた電報の送受信が主流の時代であったが、昭和中期からはテレタイプ網や初代気象資料自動編集中継装置（ADESS）の整備及び予報解析用電子計算機システムの導入、さらに昭和後期からは気象資料伝送網整備計画による高度化されたシステムの展開により、これまで「気象通信」と言われていた分野はその時々の情勢に合わせて進化を遂げてきた。

本節では、これまで通報や電報の送受信を主体としていた昭和 50 年頃から、通信手段の高度化や計算機技術の向上により気象業務をサポートする「情報通信」と言われる時代へ、さらに戦略的な面も兼ね備え、当庁全体の情報基盤を支える「情報基盤」と言われる時代までの情報通信業務の変遷について説明する。

１．気象資料伝送網整備計画の検討

「社会の要求に応えるため、時間的、地域的にきめ細かい的確な気象情報の迅速な提供を図る」という国内気象監視計画（National Weather Watch 計画）の目的に基づき、昭和 51 年度に入って、この構想の具体化のために必要な施設整備、業務上の組織系列、技術開発等の計画について NWW 委員会が設置され全庁的な検討が開始された。NWW 委員会の分科会の一つとして気象資料伝送網分科会が設置され、気象情報の処理及び伝送の自動化・迅速化、さらに各種システムとの接続と気象資料の相互利用等が検討された。

当時の主な気象通信システムは、テレタイプ網により各通信中枢（当時、本庁、各管区（東京除く）、沖縄気象台及び新潟・名古屋・広島・高松・鹿児島地方気象台。）と結び、本庁の ADESS を中心とした制御により、気象資料の集信、配信、中継を行っていた有線通信系があった。次に有線通信系ではない官署から気象資料を集信することや地方予報中枢間等での業務連絡、天気図等の画像情報の放送、気象観測資料や海上を対象とする警報の放送、ボルメット放送、非常通信用等としての VHF や短波帯の無線設備による無線通信系があった。この無線通信系には、モールス通信を用いる気象庁国内気象無線通報（JMB）や気象庁船舶気象無線通報（JMC）、無線テレタイプを用いる気象庁国際地区気象無線通報（JMG）や気象庁国際北半球気象無線通報（JMI）、無線 FAX を用いる気象無線模写通報（JMH）、航空用無線模写通報（JMJ）、無線電話によるボルメット放送があり、これらを放送系としていた。

しかし、当時の気象通信システムでは NWW 計画による今後の気象業務全般を遂行するには不十分であったことから気象資料伝送網整備計画の検討が進められることとなった。

２．通信手段から情報システムへ

気象資料伝送網整備計画は、昭和 49 年に予報部案としてその構想が明らかにされ、その後も検討を重ね昭和 54 年度予算に盛り込まれて、気象情報の国際交換や全国気象官署の中枢を担う C-ADESS 及び東京管内の各官署端末との間で情報の収集や配信を行う東京 L-ADESS の整備が開始された。この整備に合わせて、設置場所の確保や空調等の環境整備も必要だったことから、本庁庁舎では増改築工事や電源諸設備の増設工事も実施され、本庁 C-ADESS 及び東京 L-ADESS は昭和 56 年 3 月から運用を開始した。その後も各管区 L-ADESS 等の整備が進められ、第 1 期目の気象資料伝送網整備計画は、昭和 62 年 3 月に運用開始した沖縄 L-ADESS の展開をもって完了している。

この気象資料伝送網整備計画における主な改善点は、本庁 C-ADESS と各管区 L-ADESS による分散システムを実現したこと、通信方式を高速化したこと、アナログ方式による FAX 伝送をデジタル FAX 化（CDF）したこと、ディスプレイや制御装置を持つ一種の電子計算機を端末としたこと等が挙げられる。また、各種システム接続と情報の相互利用として地震波形データの収集（CDF 上り回線利用）や L-ADESS 中枢（待機系）による震源決定処理、さらにレーダー観測システムや AMeDAS とも接続し、レーダー・アメダス雨量合成図等のプロダクトを配信したこと等も挙げられ、従来の通信という概念は、通信手段と計算機システムを統合した情報システムの構成要素に大きく変化することとなった。

また、第 1 期目の最終となる沖縄 L-ADESS の整備においては、予報作業支援のためのワークステーションの導入や次の C-ADESS や予報解析用電子計算機システムの更新を見込んだ GPV データ配信など、次の世代の ADESS 機能を見据えた新しい機能も導入された。また、端末もより汎用的な電子計算機が整備されることとなり、日本語ワードプロセッサーや表計算、グラフ作成等の処理機能も搭載され、これまで気象庁規格（電電公社規格に準拠）であったキーボード配列が一般的な JIS 規格のキーボード配列に変更となった。

３．システム更新に伴う業務の変化

沖縄 L-ADESS の運用開始時には、国内外との通信等を行う C-ADESS と数値予報などを行うスパコンとを統合し、互いの機能を有効利用する気象資料総合処理システム（COSMETS）としての整備が進められ、翌年の昭和 63 年 2 月に運用開始している。

次の気象資料伝送網整備計画については、昭和 63 年度の東京 L-ADESS を皮切りに開始され、平成５年度の沖縄 L-ADESS の展開をもって完了している。この気象資料伝送網整備計画は、コンピュータ・ネットワークを駆使した当時の情報処理技術をふんだんに取り入れた効率的かつ新たな可能性を見据えたものであり、特に地方気象台での情報処理機能を大幅に向上させている。主な特徴としては、地震処理、FAX、レーダー情報伝送の機能を分離（合理化）、情報処理機能を持つ端末の整備（ワークステーション導入）、FAX 配信の汎用化（G3FAX 採用）、通信回線の集約（多重化や地域ごとの回線集約）が挙げられる。

これらの情報処理機能を持つ端末により、実況監視や予報作業等における電文作成・発信も

対話形式で行われることとなり、これまでは気象情報の作成元から提供される手書きの電報をもとに本庁や管区等の通信中枢で入力し発信を行っていた作業（電報頼信）は、現局発信による形態に移行して行った。

気象資料伝送網整備計画による情報処理や汎用技術の導入は、各分野におけるこれまでの作業形態を大幅に刷新した。これは通信中枢も同様であり、現局発信による電報頼信の減少、電報入力作業の自動化等により、システム監視や障害対応を主体とした業務に移行していくこととなった。そしてさらにその後の気象資料伝送網整備計画により、システム監視の更なる集約化や東西二中枢化の礎にもなった。また、当庁内の各分野においても各種データの利用や開発、更にシステム間との接続も頻繁に行われることとなり、これまでのメカニカルな対応から情報処理やネットワーク、更にソフトウェア開発に関わる業務も移行していくこととなる。

4．清瀬庁舎による運用と合理化対応

平成 8 年 3 月に新しい COSMETS の運用が開始され、翌年の平成 9 年 3 月には東京 L-ADESS（第Ⅲ世代）の運用も開始され、気象資料伝送網更新計画も順次行われてきた。

COSMETS の更新に際しては、清瀬に新庁舎（第二庁舎）を建設し、これまで大手町庁舎で対応していた運用部門と管理部門が地理的に離れることとなった。

この時点までの主だった合理化対応を以下に示す。

・国際通信業務の見直し（JMC 等放送系業務整理、現業業務から国際調整業務へ移行）
・国際通信現業の無線通信現業への移管
・無線通信現業と有線通信現業の一体運営（本庁庁舎にて対応）
・管区通信課監視対応の本庁集約（管区 L-ADESS 更新後から順次実施）

5．東西アデス構想と組織再編

これまでの C-ADESS や L-ADESS といった全体構成の刷新、通信回線の整理・統合、TCP/IP 化、リクエストリプライ方式の導入等、気象資料伝送網整備に関連した今後の方向性として東西アデス構想について本庁・管区の有識者で検討を行った。これは平成 16 年度の予算要求で次世代気象情報通信網（東日本アデス）として認められ、本庁 C-ADESS や東京、仙台、札幌 L-ADESS 中枢と同管内の端末等の整備を行うというこれまでにない大がかりなプロジェクトとして全国的な体制により対応が進められた。東西アデスの初代となった東日本アデスは、平成 17 年 10 月 5 日に運用開始予定であったが運用切替後の予期せぬサーバ負荷の高騰や設定等の誤りもあり、同月 25 日に運用開始を延期した経緯もある。当時は更新整備に関わる対応の傍ら、組織再編も同時に進められており、情報通信業務に関わる本庁内の組織は、これまでの情報システム課、システム運用室、通信管理官（旧通信課）、無線通信室、国際通信室の組織構成から大きく刷新され、情報通信課、データネットワーク管理室、システム運用室の 3 課室の新体制に整理統合された。この 3 課室では、情報通信課は「計画」、データネットワーク管理室は「実行」、システム運用室は「運用」を主に受け持つこととし、その後の情報通信業務の本庁内の体制は、この 3 課室の体制で進められることとなった。

6．東西二中枢システムの運用体制

平成 16 年度の東西アデス構想においては、システム等の整理統合や機能向上の他、BCP を想定したシステムの運用・管理も検討されている。情報通信業務においては、平成 20 年 3 月に西日本アデスが運用開始し、これによりシステム運用室（清瀬）、大阪管区気象台を主体とした東西二中枢システムの運用体制が整いつつあった。その後、本庁各部が運用するシステムについても、システム運用室と大阪管区気象台に東西システムを整備し、運用体制を整えていくこととなる。

7．ソフトウェア内製化への取組

昭和 63 年度に整備された東京 L-ADESS からは、L-ADESS 端末としてワークステーションが各官署に整備され、データ処理機能が強化された。現在では常識であるがデータを文字として扱うだけではなく、画情報に加工して端末で表示することも可能であり、プログラム作成環境も搭載されており、各官署において必要に応じてソフトウェア開発も可能となった。

東日本アデスの更新整備においては、これまで L-ADESS 端末において利用していた実況監視ソフトウェア（業者開発）について、本庁と管区通信課による開発体制により「統合ビューワ」として内製開発を行い、Web アプリケーションとして生まれ変わることとなった。本庁と管区通信課による同ソフトウェアの維持管理はその後も引き継がれることとなり、他ソフトウェアの開発にも生かされることとなる。

8．気象庁情報システム基盤と組織再編

汎用機器を活用したシステム設計、システムの集約化、業務整理等、各分野のシステムはそれぞれ合理化を進め、最適に整備運用されてきた。これに引き続き全体のシステムの効率化・合理化を達成しつつ更なるコスト削減を実現するため、当庁全体のシステム基盤上に各分野の仮想システムを再編・統合を行うこととし、平成 31 年度から気象庁情報システム基盤の導入が始まった。

令和 2 年 10 月には、これまでの予報部、観測部及び地球環境・海洋部を整理統合し、技術開発系の業務を情報基盤部に、気象に関する業務を大気海洋部が担うとした組織再編があった。情報通信業務の本庁内の体制は情報基盤部に属することとなり、情報通信基盤課（旧情報通信課）、データネットワーク管理室及びシステム運用室の 3 課室により引き続き対応することとなった。また同年 11 月から 12 月にかけて本庁庁舎が千代田区大手町から港区虎ノ門へ移転となり、新組織と新庁舎により再スタートを切った。

以上の各項が昭和 50 年頃からの情報通信業務の変遷についての説明となる。これまでの対応を振り返っても、システム整備では通信手段に特化したシステムから各分野が利活用できる情報システムに変化を遂げてきたこと、本庁・管区体制では合理化を恐れず最適な体制を整えてきたこと、組織体制としては情報基盤部として当庁全体を支える立場に再編されたこともあり、この間の技術革新と共にまったく異なる分野に変貌したといっても過言ではない。

【第２節】データ交換と気象情報の伝達

１．国際通信業務

昭和 40 年代後半には GTS 主通信網の構築が一段落し、昭和 50 年代に入ってからは各回線の高速化、通信手順の導入、専用線から国際閉域 IP 網サービスの利用など、増え続けるデータ交換への要望に応えるべく高度化が進められた。また、データ形式についても気象衛星観測データや数値予報プロダクトの高密度化及び高頻度化に対応するため、二進形式通報式（BUFR や GRIB）の開発・移行が進められてきた。平成から令和にかけては、次世代の国際通信について国際的な検討を進められており、間もなく 60 年間続いてきた GTS から新しい国際通信時代への移行が開始される。

（１）国際通信網の変遷

ア．国際通信網の黎明期

国際的な気象資料交換は、近隣の国々と自然発生的に双務的なものとして始まった。外国の気象情報の入手には、電報による情報入手という手段があったものの、主には無線放送の傍受が代表的な手段であった。当庁では昭和 29 年から、WMO の準大陸放送と航空放送を兼ね、電動式タイプライタ（テレタイプ）による気象庁国際地区気象無線通報（JMG）を開始した。送信所は臼井無線送信所であった。当時、同種の放送として、日本近辺では北京、ハバロフスク、バンコク、ニューデリーなどから国際気象通報式で放送が行われていた。

第 2 回 WMO 総会（昭和 30 年）において、北半球資料交換中枢の設置の計画が示された。これはフランクフルト、モスクワ、ニューデリー、東京、ワシントンを環状に結ぶものである。第 3 回 WMO 総会（昭和 34 年）では、この北半球通信網の早期設立が強く求められ、気象庁は、この通信網の一部を構成する東京～ニューデリー間を昭和 36 年 1 月に、また東京～ワシントン（ホノルル経由）間を同年 3 月に運用を開始した。

イ．コンピュータ時代の到来と GTS

昭和 30 年代に入ると、コンピュータ及び気象衛星の出現に伴い全世界規模での国際協力による気象観測の機運が高まった。当時、コンピュータは必要なデータを判別・編集・交換・チェック等総合的に処理することに利用され始めていた。WMO にデータ・プロセッシング作業委員会が設置され、気象報のコード、通信形式をコンピュータで処理しやすくする検討がなされた。国連による昭和 36 年の決議 1721（XVI）に基づき、WMO は昭和 38 年に開催された WMO 総会（Cg-4）において世界気象監視（WWW: World Weather Watch）計画を勧告した。WWW は全球観測システム（GOS: Global Observing System）、全球データ処理システム（GDPS: Global Data Processing System）、全球通信システム（GTS: Global Telecommunication System）のサブシステムから構成される。GTS は、全球をカバーする気象通信網、30 か所の地区通信中枢（RTH: Regional Telecommunication Hub）がおかれ、日本は昭和 42 年に WMO から RTH に指定された。

GTS は、今日においても世界中の気象観測データや数値プロダクトなどを迅速かつ安定的に交換する機能を担っている気象業務に不可欠な重要なインフラであり、WMO すべての加盟国がすべての情報に確実にアクセスできるよう構築されている。世界中の気象機関は WMO 技術規則第 3 付属書（GTS マニュアル）に準拠して通信システムを構築している。当庁の場合はアデスが GTS マニュアルで規定されている手順や機能を実現してきた。

GTS では電文の GTS ヘッダ（"SMJP01 RJTD" など）に基づいて電文が振り分けられ、データ提供者から RTH を中継して利用者へ提供する仕組みであった。この振り分けはアデスの配信管理によって行われている。なお、各 GTS 電文がどんな内容を含んでいるかについても、全世界で情報を共有するため、WMO において電文カタログである WMO カタログ No.9 Volume C1 を管理している。新しい電文を配信する場合や観測地点の変更がある場合などには、当庁から WMO へ電文カタログの修正を依頼し、適宜その内容を全世界に通知している。

当庁の GTS 網への接続は、初代 ADESS と合わせ整備が行われた。昭和 44 年 12 月にはワシントンと、昭和 45 年 4 月にはメルボルンと接続するに至った。通信帯域は 75bps であった。ワシントン回線は太平洋津波警報組織によるホノルルの太平洋津波警報センター（PTWC）及びパーマーのアラスカ津波警報センター（ATWC）との警報伝達を担っていた。昭和 46 年 7 月にはソウルと 50bps で繋がった。昭和 47 年 3 月にはハバロフスクと 50bps で接続した。ハバロフスクの接続をもって RTH の基幹網の完成をみた。以降、WMO の GTS 主通信網（MTN: Main Telecommunication Network）及び第Ⅱ地区（アジア域）地区通信網の実施計画に沿って、順次回線構築を進め、昭和 52 年末には東京～北京回線の運用開始をもって、当庁の初期 GTS を完成した。これにより、GTS 主通信網としてニューデリー、メルボルン、北京、ワシントン、地区通信網としてソウル、ハバロフスク、バンコク、香港、マニラの計 9 の GTS センターとデータ交換を実施している。

以後、通信帯域の拡張が回線ごとに実施されてきた。重要な回線のひとつであるワシントン回線の通信帯域の変遷をみていくと、昭和 44 年 12 月に 75bps で始まった回線は、昭和 45 年 11 月には 2,400bps、昭和 60 年 3 月には 9,600bps、平成 8 年 6 月には 64kbps、平成 15 年 1 月には 768kbps、平成 21 年 9 月には 1Mbps、平成 26 年 5 月には 50Mbps と、技術の進歩に合わせ通信帯域の拡張が実施されてきていることがよくわかる。なお、昭和 44 年から昭和 45 年のわずか 1 年の間に大幅に拡張されているが、これは WMO の計画として主要回線は 2,400bps で計画されていたものの昭和 44 年の段階では技術的な問題があり導入が見送られたことによる。2,400bps の導入によりピーク時の遅延解消につながった。

GTS は全球的な通信網であることは前述のとおりだが、技術の進歩に合わせて、歴代の国際通信担当は相手国と調整・合意して、継続して回線の高速・高度化を実施してきた。GTS は 2033 年を目途に、後述の WIS2.0 への置き換えが計画されている。

ウ．GTS における通信の品質管理

GTS 上の通信において正しくデータが交換されているかを評価するため、WMO ではモニタリングを行っていた。第 7 回 WMO 総会決議 4（Cg-7、昭和 50 年開催）において加盟国に対し、WWW モニタリングへの参画、観測データのデータ可用率の監視（モニタリング）手順の開発、また、WMO 事務局長へのモニタリング結果を執行理事会へ報告することを求めた。これに基づき昭和 51 年開催の WMO 基礎システム委員会（CBS）臨時会合では、WWW モニタリング計画の勧告案がまとめられ、第 29 回 WMO 執行理事会（EC-29、昭和 52 年）で承認された。以降、特別主通信網モニタリング（SMM）の追加、共通モニタリングアプリ

ケーションの導入など改善・補強が行われ、全球年次モニタリング（AGM）、南極地域特別モニタリング（SAM）、SMM の各種モニタリング実施において、WMO 全球主通信網（GTS）センターによって運用されてきた。当庁では、C-ADESS の待機系を利用して当時の予報部通報課がモニタリング業務を担当しており、その結果から、全ての気象機関でデータが正しく交換されるよう改善を行っていた。平成 8 年 10 月から 11 月にかけて開催された CBS ではモニタリング活動を実施するために利用できるリソースが限られていることを考慮し、SMM の作業を分担することに合意した。当庁は各 RTH から集められる地上観測報及び高層観測報のデコード及び事前解析処理を担当した。WWW モニタリングは、令和 3 年 4 月に開催された INFCOM-1（第 3 部）において停止することが承認され、当庁数値予報課も参画するリアルタイムでのモニタリングを行う WIGOS データ品質監視システム（WDQMS: WIGOS Data Quality Monitoring System）へ置き換えられた。

エ．GTS における通信技術の変遷

GTS が構築された当初は無手順が用いられていたが、回線の増速に対応するため、CBS 臨時会合（昭和 55 年）において X.25 を採用することとして GTS マニュアルの改正案を勧告した。当庁もこれに従って X.25 手順による GTS 回線の整備を進め、北京、バンコク、ワシントン、ソウル、ハバロフスク、メルボルンとの通信に X.25 を用い運用していた。

その後、WMO の各国際計画の発展に見合う効率的なデータ交換、柔軟なデータ利用の必要性が高まり、CBS の通信作業部会等において、既存の電文交換を維持しつつ要求される新規のデータ交換を行う GTS の高度化の検討がなされてきた。その結果、急速に発展してきた TCP/IP 手順とそれをベースにした汎用のデータ交換ソフトウェアを利用することが、最も経済的な高度化策と認められ、平成 9 年の CBS 臨時会合において TCP/IP 手順の採用を GTS 高度化の基本方針とすることが承認された。このため、GTS の主通信網上の主要な地域通信中枢を担当する当庁は、国際的な要請に応えて早急に GTS 回線の TCP/IP 化に着手した。なお、平成 16 年 9 月の東京～マニラ間の TCP/IP 化により、東京と接続する 9 センター（ワシントン、メルボルン、北京、ニューデリー、ソウル、バンコク、香港、ハバロフスク、マニラ）すべてが TCP/IP 手順への移行を完了した。

平成 14 年頃には、TCP/IP によるソケット通信ソフトウェアの開発コストが増していることに国際的に懸念がでてきており、WMO が主体となり、汎用アプリケーションを利用したデータ交換の仕組みとして FTP による電文データ交換手法が GTS マニュアルに追加された。当庁では、平成 25 年にメルボルンとのデータ交換を FTP 形式でのデータ交換に置き換え、その後、順次、エクセター、ワシントン、北京、ソウル、オッフェンバッハ、香港、ハバロフスクとのデータ交換を FTP 形式に移行を行った。

インターネット通信の爆発的な利用増加により IP アドレス（IPv4）の枯渇が世界的な懸案となり、平成 18 年頃、WMO 専門家チームでもその対応について検討されるようになった。平成 24 年には IPv6 移行のためのパイロットプロジェクトが立ち上げられ、平成 25 年から試験環境による配信試験を開始した。平成 28 年の WMO 専門家チームでの調査では、WMO メンバー国の IPv6 移行が停滞していることが確認されており、その後、IPv6 移行対応については、検討対象から外れている。

2000 年代初頭には MPLS（Multi Protocol Label Switching）の普及が進み、GTS の世界でも、近年では高速かつ安価な MPLS へと移行が進んでいる。

平成 10 年、WMO 第 6 地区協会（ヨーロッパ）と ECMWF 評議会は、既存のポイント・ツー・ポイント回線に代わり MPLS を用い地域気象データ通信ネットワーク（RMDCN）を構築することに合意し、平成 12 年 3 月に運用を開始した。当初、ヨーロッパ地域のみを接続するネットワークであったが、平成 14 年 6 月にヨーロッパ以外も参加が可能となり、当庁も参画し、ワシントン、エクセター、トゥールーズ、メルボルン、北京、ソウル、モスクワの回線が RMDCN に置き換えられた。RMDCN は当初 3Mbps で接続されていたが、その後通信帯域の拡張が行われ、現在では 20Mbps となっている。ワシントンは平成 27 年に RMDCN を脱退したため、当庁とはインターネットで接続している。

また、バンコク、香港、マニラとは、当庁が構築した MPLS 網（NTT）によって接続している。

平成 7 年以後、インターネットの普及が進み、GTS ではインターネットの利用が制限されていたが、これまで専用回線を持つことができず繋がっていなかった国々と専用線に代わりインターネットを用い、TCP/IP や FTP を用いた気象データ交換の運用が進んだ。

平成 28 年 3 月には、これまで専用回線を持たなかったアジア地域との接続を目指し、インターネット GTS の検証を実施するため AMDCN（Area Meteorological Data Communication Network）検証装置の整備が行われた。同年 11 月の AMDCN 検証装置においてネピドーとのデータ交換開始を皮切りに、平成 29 年にはダッカとウランバートル、平成 30 年にはマニラ、セブ（マニラのバックアップ）、ハノイとの間でデータ交換を開始した。AMDCN 検証装置で仮運用が行われていたネピドー、マニラ、セブ、ウランバートル、ダッカ回線は、令和 2 年 11 月に第 2 世代の WIS 装置（詳細は後述）に移植され、本運用となった。続いて同年 12 月にはプノンペン回線を設置した。これにより、全球情報システムセンター（GISC: Global Information System Centre）東京責任域（詳細は後述）の全ての気象機関との直接データ交換を開始したことになる。GISC 責任域外においても、2 国間連携でバングラディシュ、モンゴルと接続している。ベトナムは RMDCN による専用回線で接続された。

また、GISC ブラジリアとは GISC 間接続としてインターネットを経由して WIS 装置とデータ交換を実施している。GISC オッフェンバッハのバックアップとしてキプロス、イスラエル、ヨルダン、ノルヒェーピング（スウェーデン）、ラトビア、リトアニア、エストニア、ノルウェー、デンマーク、フィンランド、プラハ（チェコ）、ポーランド、ローマ（イタリア）、ギリシャ、トルコ、ウィーン（オーストリア）、クロアチア、ハンガリー、スロバキア、スロベニア、チューリッヒ（スイス）ともインターネット経由で WIS 装置へ接続されている。

オ．インターネット環境への対応

（ア）WMO 情報システム（WIS）

平成 7 年以降、発展途上国を含む全世界的にインターネットの普及が進んだ。これにより、誰でも情報に容易にアクセス可能な環境が整った。また、気象情報をオープンデータとして気象機関以外に開放する機運が高まった。そこで、平成 19 年の WMO 総会（Cg-15）において、WMO 情報システム（WIS）が提唱された。既存の GTS の仕組みを継承しつつ拡充する部分を Part-A、インターネットを利用してデータの検索・取得サービスを実現する部分を Part-B とし

て定義し、両者を合わせてWMO情報システム（WIS）としてサービスしていくこととなった。

情報通信課では、GISCへの指名を受けるため、平成22年度にPart-Bを搭載するWIS装置を整備し、GISCの責務として、全球交換対象データの提供機能、データカタログの蓄積、公開、ハーベスト機能、各国の通信状況を監視するモニタリング機能の開発を行い、平成22年に実施されたWMOの監査に合格した。この監査結果を受けて当庁はWMO総会（Cg-16）にてWISセンターにより指名を受けた（第51号決議）。当庁は、国家気象機関（NC）、8つのDCPCとGISCにそれぞれ指名され、平成23年8月から世界で最初のGISCとして運用を開始した。なお、WMOでは平成24年（2012年）1月にWIS運用開始を宣言した。

（イ）次世代の気象データ交換システム構築の取組

約60年の歴史を持つGTSだが、多様化する観測装置、データフォーマットのため、各種課題が顕在化してきた。ルーティングにおいては、ヘッダの枯渇やルーティング管理の複雑化が深刻な状況にある。また、GTS回線網は通信帯域の拡張を定期的に実施してきたものの、令和4年において、1ファイル最大50MBまでの制限がある。気象衛星や数値モデルなどのデータは通信帯域の拡張をはるかに上回る速度で大容量化が進み、GTSでの流通が困難な状況が生じている。また、専用回線の維持経費が割高であることも問題視された。そこで様々な仕組みの検討が行われてきた。

平成28年頃には、WMOの専門家チームであるET-CTS主導でヨーロッパのパブリッククラウドを用いセントラルなシステムの検討、検証されたが、性能評価においてレイテンシーの問題が解決できなかった。また、運用費用をいかに分担するかの課題が解決できなかった。これらの反省を踏まえ、分散型でオープンな規格を用いたWIS2.0が令和4年10月に第2回観測・インフラ・情報システム委員会（INFCOM-2）で提唱された。これに合わせて既存のWISはWIS1.0と呼ばれることになった。

（ウ）WIS2.0への取組

WIS1.0 GTSでは、「専用回線を用い、WMO地区通信中枢（RTH）が中継を繰り返し配信する方式」だったが、WIS2.0では「インターネットを用い、気象機関等ユーザ自らが必要なデータを選別して取得する方式」へと移行する。WIS2.0は、グローバル・ブローカー（GB）、グローバル・キャッシュ（GC）、グローバル・ディスカバリ・カタログ（GDC）、グローバル・モニタリング（GM）の4機能を各国が分担して運用する仕組みである。GBは、IoT分野で実績のあるMQTTプロトコルを用いデータ提供者からデータが公開されたことをユーザ通知する機能である。GCは、HTTPSプロトコルを用い、データ提供者に代わり、ユーザに提供するための機能である。GDCはメタデータを保存し、検索機能を提供することにより、ユーザがデータを発見することを支援する機能である。GMは通信の品質担保を目的とし、サービスの監視を行う機能である。

WIS2.0は初めから仕様をきっちり決めるのではなく、プロトタイプのシステムを作成し、試行錯誤を繰り返しながら仕様を固める開発スタイルがとられた。おおよその仕組みの要件はWMOから令和4年9月頃に示された。同年10月に開催されたINFCOM-2において、WIS2.0のコンセプトを示したWIS2マニュアル及び実施計画がそれぞれWMOの総会及び執行理事会に勧告され、要件を明らかにするパイロットフェーズ、令和6年に本番運用を見据えた準運用フェーズ、令和7年に運用フェーズを実施していくこととなった。当庁は運用フェーズでのGC運用を見据え、パイロットフェーズ及び準運用フェーズに参画をしている。

（2）気象観測資料交換の変遷

観測データを交換する場合、送り側と受け側で共通の形式を採用しなければデータの解読ができない。技術の変遷に伴い、気象情報も時代の流行を存分に取り入れてきた。

ア．国際気象通報式

観測情報は規則に従って記録、交換されており、この規則を通報式と呼ぶ。昭和22年ワシントンにおける世界気象台長会議の勧告に基づき、現在につながる世界中の全ての気象機関で共通形式である国際気象通報式が現WMOの前身のIMOにより昭和24年1月に全面的に改訂された。通報式を区別するために先頭にFM（Forms of Message）で始まるFM方式として番号を付していた。地上実況通報式（FM11 SYNOP）、海上実況通報式（FM21 SHIP）などがあった。観測された気象現象は通報式で定められた符号に従いアルファベットと数字で気象資料として記録され、交換された。国際気象通報式はWMOに引き継がれ、「WMO技術規則第2付属書（通報式マニュアル：Manual on codes）」として今日でも更新が行われている。

昭和24年の気象通報式は、各国からWMOに対し、形式や内容などについて幾多の要望が提議されていた。昭和28年10月の執行理事会（Ec-4）に改定が決議され、中央気象台でも昭和29年から対応を始めた。中央気象台予報部では、このマニュアルを国内向けに「国際気象通報式 第1版」として昭和31年に翻訳し、国内事情を踏まえて制定・刊行し、その内容を国際気象通報式として「通達」している。以後、今日に至るまで、改定がある度、翻訳・刊行を行っている。

昭和37年、WMOは気象資料のなかでもっとも使用頻度の高い地上・海上実況気象報をコンピュータに適合させる研究開発に着手した。これはデータ伝送及び利活用に関する新しいデータ処理方式への発端であった。開発以来20年を経て昭和54年のWMO執行理事会（EC-31）は新通報式の昭和57年1月からの実施を決定した。新通報式は従来の地上と海上の観測資料を通報するための7つの通報式（FM11、FM14、FM21、FM22、FM23、FM24、FM26）を一本化し、地上と海上を共通の通報式としたものであった。新通報式の実施に伴い、「国際通報式 第6版」を昭和51年に刊行した。我が国では新通報式は、当時、新地上・海上実況気象通報式と呼ばれた。

昭和59年に開催された第6回全球データ処理システム（GDPS: Global Data-Processing System）において、二進数を用いた観測資料の蓄積や交換について討議され、二進数表示は文字表示に比べて資料を平均60～80%圧縮できることが報告された。これを受け、表参照通報式（TDCF: Table-Driven Code Forms）として非格子点データを格納可能なBUFR、格子点データを格納可能なGRIBの開発、検討が開始された。GRIB通報式（FM92）については昭和61年6月の執行理事会（EC-38）において同年11月から利用することが議決された。我が国においては、昭和63年3月に「国際気象通報式第7版 追録第3号」として刊行された。BUFR通報式（FM94）については昭和63年の執行理事会（EC-40）において同年11月から利用することが議決された。我が国においては、平成元年3月に「国際気象通報式第7版追録第4号」として刊行された。これらの新通報式の基本的な部分は国際気象通報式第7版

の追録として既に刊行されていたが、その後追加された関連する表なども含め完全な形で掲載した国際気象通報式第 8 版が平成 2 年に刊行された。これらの通報式の使用により従来の文字列形式による通信量を 20％程度まで圧縮することができ、通信量を節約できるため当時としては画期的であった。また、拡張が容易であり、自己記述的な機能をもつ。

平成 15 年、WMO 総会（Cg-14）は GTS で国際的に交換されるすべての観測データを伝統的文字形式通報式（TAC: Traditional Alphanumeric Codes）から TDCF に移行する方針を承認した。WMO では TDCF の採択とともに TAC の廃止を決議したものの、現在でも扱いが容易であることもあり TAC の廃止には至っていない。

平成 27 年には WMO 総会（Cg-17）にて航空気象情報を表現するために拡張可能なマークアップ言語である XML 形式の採用が議決された。現在、気象庁では航空 XML 通報式（IWXXM）による電文交換試験の最終段階であり、本格的な運用はアデスの更新（令和 7 年度末）以降から開始する見込みである。

同様に、観測点の位置情報についても全世界で共通な情報が必要となることから、観測点情報をまとめ、国際地点番号表として昭和 32 年から「通達」している。今日でも「WMO カタログ No.9 Volume A」を国内向けにまとめている。当庁に関する変更事項、例えば、気象庁のある観測所で気圧計を移設した場合などは、当該カタログを変更することによって全世界へ通知していた。

「WMO カタログ No. 9 Volume A」で管理していた 5 桁の国際地点番号は枯渇してきたため、WMO は平成 28 年に WIGOS 地点番号（WIGOS Station Identifier）を開発し、OSCAR/Surface へ移行した。国際地点番号は WIGOS 地点番号に置き換えられた。WIGOS 地点番号は数字と英数字を使用した 4 ブロックの構造で作成され、実質的に無制限に観測所を登録することができる。

イ．メタデータ

WIS メタデータはデータに関する情報を記載したもので、データセットが増える中、情報を利用する上で不可欠なものである。

WIS1.0 においてはメタデータの重要性が認識され、各国により整備が行われることになった。GISC 東京の役割としてメタデータの保存、検索、他 GISC からのメタデータ交換の機能を持つこととなった。メタデータの交換には Open Archives Initiative によって開発されたメタデータ交換のプロトコル（OAI-PMH: Open Archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting）が用いられた。WIS は中央集権的なシステム構造を持たないため、全 GISC とのフルメッシュのデータ交換であった。そのため、メタデータ交換相手が多くメタデータの同期には苦労することになった。

WIS2.0 では WIS1.0 での解決できなかった 15 の GISC 間でのメタデータ同期を可能とするため、GDC は 2 か国程度で運用することになっている。また、GDC 間の同期を行わずともメタデータセットの差異が生じないような工夫がなされている。

ウ．データポリシー

データ交換に関する考え方は各国で異なる。自国で所有する気象データを基本的に公開する国もあれば、気象データを販売して利益を得たいと考えるイギリスやニュージーランドのような国もある。日本はアメリカ同様に、通信料の負担のみでデータそのものについては無料で配布を行っている。そのような背景の中、WMO は、平成 7 年に開催した第 12 回総会にて気象データの国際交換に関する基本的な方針（決議 40、データポリシー）を採択した。実施要項では、人命、財産を守るために必要な無料･無制約で交換すべきエッセンシャルデータの特定、商業的な再配布を認めない条件が付与されたアディショナルデータの承認、非商業目的の教育･研究活動には無料・無制約でデータ提供を行うことなどを取り決めとしたガイドラインが示された。各国はデータポリシーを踏まえて気象データの国際交換を実施してきた。気象庁では、WMO が公開しているアディショナルデータ一覧を考慮し、アデスのデータ配信では配信先の設定、WIS 装置からのデータダウンロードでは、アクセスコントロールを行い、データ提供を管理している。

その後の観測技術や通信技術、数値予報技術などの科学技術の進展に伴い、気象業務に利用可能な気象機関以外の観測データも増加し、従来のデータポリシーを見直す必要が生じてきた。そこで、WMO は気象に限らず様々な分野も含めたデータの国際交換に関するポリシーの検討を行い、令和 3 年 10 月にオンラインで開催された臨時 WMO 総会において、WMO の新たな統合データポリシーが採択（第 1 号決議）された。データポリシーでは、気象、気候、水文、大気組成、雪氷圏、海洋、宇宙天気の 7 分野を対象とし、あらゆる気象業務の基盤となる全球数値予報に必要不可欠な観測データと、全球数値予報による予測結果（プロダクト）の世界的な共有を目的とし、各分野における国際交換されるべきデータの要件が定められた。このポリシーは、交換する必要があるデータの種類として「コアデータ」（無料・無制約）と、任意に制約条件を設定可能な「推奨データ」（レコメンデッドデータ）とされた。データの詳細については、各技術規則等で規定され随時更新される予定である。新しいデータポリシーに基づいたデータの国際交換は、民間と公的部門双方によるより良いサービス実現を促し、社会経済活動の発展につながるとともに、技術研究の更なる推進が期待された。

（3）国際通信業務を支える情報システムの変遷

ア．ADESS

昭和 44 年に初代 ADESS の整備が実施され、同年 12 月にワシントンとの国際回線網（75bps）が整備されている。ADESS 整備に関しては、当初、昭和 45 年要求として計画していたところ、WMO の第 5 回総会（昭和 42 年 4 月）における WWW 計画の早期実施決定に伴い、1 年前倒しで計画が実行されている。その後、国際的なデータ交換を担っていたシステムは昭和 56 年 3 月に ADESS から C-ADESS へと変わり、更には平成 17 年 10 月に東西アデスの国際通信サーバへと移り変わり、平成 20 年 3 月の西アデスの運用開始により、国際回線の地域冗長性が確保できるようになった（アデス国際系システムの変遷については、本節第 2 項「国内通信業務」を参照）。

イ．WIS 装置

平成 23 年 8 月、初代 WIS 装置は GTS では流通できない国際流通が必要なデータを配信する目的で整備が行われた。WIS1.0 に関する WMO の要件では地理的冗長性を取ることが求められていたが、当初は清瀬のみでの運用であった。平成 30 年 3 月に更新を行い第 2 世代 WIS 装置の運用を開始、このとき大阪に DR サイトを設置した。

WIS 装置では、WIS1.0 をはじめ、外国気象機関向けに高解像度 GSM や衛星画像データの提供、東南アジアレーダープロジェクトにおける東南アジア各国とのデータ交換、台風委員会のモニタリング結果の提供、インターネット GTS のデータ交換、WIS1.0 の情報を掲載した WIS ポータルなど、多彩なサービスを行っている。

ウ．第 3 世代 WIS 機能

政府情報システムは原則ガバメントクラウドで整備を行うとした方針に従い、令和 3 年、第 3 世代 WIS 装置の機能をデジタル庁が運用するガバメントクラウドに移行することが決まった。ガバメントクラウドは、Amazon、MicroSoft、Google、Oracle の 4 社がサービスを行っており、利用側の政府機関は選択ができる仕組みであった。当庁は最終的に AWS を選択し、整備を行っていくことを決めた。ガバメントクラウドでは、「政府情報システムにおけるクラウドサービスの適切な利用に係る基本方針」に準拠する必要があった。単純移植は認められず、モダン化対応が求められた。オンプレミスでの整備と異なり、検討事項が多く、人材開発から進める必要があり困難を極めたが、令和 7 年 3 月の運用開始にこぎつけた。

（4）国際協力

開発途上国では、新しいシステムを導入してもその維持管理が十分に行えない、部品調達が容易でないといった課題を抱えている。

ア．GISC 東京開始の経緯

WIS1.0 の導入にあたり、地域を代表する国が能力向上を図ることが WMO により決定した。GISC 業務開始に先立ち、当庁は企画課国際室が中心となってアジア域内の責任域調整を進めた。気象庁は平成 23 年 3 ～ 6 月にかけて職員をインドシナ半島各国、及びフィリピン（第Ⅴ地区）に派遣して、WIS 計画の説明、GISC サービスの紹介、要望の把握などにあたり、平成 24 年 12 月の第 15 回第Ⅱ地区協会総会において、当庁が想定したインドシナ半島各国（タイ・ベトナム・ラオス・カンボジア・ミャンマー）とフィリピンを責任域として確保することが内定し、翌平成 25 年 5 月までに責任域各国と日本の WMO 常任代表（PR）との間で合意文書を交換し、連名で WMO 事務局長への報告を完了して、GISC 東京と責任域の国家気象機関の正式な運用を開始した。平成 23 年 5 月に開催された WMO 総会（Cg-16）では、WIS の中核的な役割を担う全球情報システムセンター（GISC）指名の議論が行われ、日本は中国、ドイツ、英国及びフランスのセンターとともに正式に GISC として指名を受けるに至った。当庁及び中国に設置される GISC については、8 月には本運用開始の技術的準備が整ったことから、地区内の全ての国が WIS の裨益を享受できるよう各国への支援を行うとともに、責任域の正式決定（平成 24 年）に先立って暫定的な責任域を設定して早期に GISC 運用を始めた。以降、現在まで当庁責任域に変化はない。

イ．GISC 責任域への支援

当庁は GISC 東京として、フィリピン、タイ、ベトナム、カンボジア、ラオス及びミャンマーへの地域気象データ通信網の構築、業務継続を実現するバックアップ手法の確立及び運用、メタデータの運用・管理、WMO が推進する表参照形式通報式への移行などを進めるため技術指導を行ってきた。また、当庁では平成 22 年から 2 年ごとの定期的に責任域国を招いて WIS ワークショップを開催して、対象国の能力向上に努めている。

ウ．他 GISC との技術協力

WIS の運用開始後、各 GISC には他 GISC と連携したサービス継続が求められた。平成 25 年、中国、オーストラリア及びドイツの 3 センターとの間で GISC 相互バックアップなどの技術協力の合意がなされた。これら GISC とはシステム障害等発生時に備え、確実なバックアップや、運用を実現するため運用状況や課題等を定期的に共有し合うなど連携強化を図り、今日も継続して実施している。さらにドイツ気象局（DWD）とは、同年から現在に至るまで、月例でオンライン会議を実施し情報交換や課題検討を行うなど強力な連携を行っている。WIS プロジェクトの中で確実・安定的な運用を重視し、確実に機能開発・実用化を目指して活動する DWD の方針は当庁と近く、技術レベルも同程度で協力することで相互に利益が得られるとした判断があった。

2．国内通信業務

昭和後期から平成前半にかけて、それまで人手に頼っていた観測データ集配信や天気図プロット、予報文の配信など日々の気象業務を支える作業は、電子計算機や通信回線の高度化・低価格化により、急速に機械化・自動化が進められた。気象データ集配信や予報作業等がアデス及びそのサブシステム群へ集約され、人手を介することなく高速かつ確実に実施できるように改善が進められた。これに伴い、通信部門の業務は、これらシステムを通した気象業務の改善、開発・整備・運用へとシフトしていく。

（1）アデス

現在の東西アデスをベースとした東西二中枢によるシステム構成とその運用体制は、平成 17 年度から始まり 20 年近くが経過しようとしている。

この間には様々な技術革新や利用者のニーズを背景としたシステムの機能向上、通信回線のアップグレード、汎用技術の導入、更に運用・管理体制の合理化等、様々な事情を乗り越えて現在に至っている。

ここでは昭和後期から運用が始まった C-ADESS 及び L-ADESS の変遷について説明する。

ア．オンライン系システム（ADESS）の系譜

気象資料自動編集中継装置（ADESS）は、昭和 44 年 3 月に予報部通報課に設置され、運用が開始された。その後、現在に至るまでの ADESS は何度か更新された。各世代の系譜は次のとおりである。

Ⅰ世代 ADESS	昭和 44 年 3 月		
Ⅱ世代 ADESS	昭和 45 年 3 月		
Ⅲ世代 ADESS	昭和 49 年 3 月		
Ⅳ世代 C-ADESS	昭和 56 年 3 月	Ⅰ世代 L-ADESS	昭和 56 年 3 月
Ⅴ世代 C-ADESS	昭和 63 年 2 月	Ⅱ世代 L-ADESS	平成元年 3 月
Ⅵ世代 C-ADESS	平成 8 年 3 月	Ⅲ世代 L-ADESS	平成 9 年 3 月
Ⅰ世代東西アデス	平成 17 年 10 月（東アデス）、平成 20 年 3 月（西アデス）		
Ⅱ世代東西アデス	平成 25 年 10 月（東アデス）、平成 27 年 3 月（西アデス）		
Ⅲ世代東西アデス	令和 3 年 3 月		

Ⅳ世代の ADESS では、地方気象官署への L-ADESS の設置による気象資料伝送網の展開に伴い名称が変更され、予報部通報課に設置されているものは C-ADESS と呼称されるようになり、ADESS は、C-ADESS と L-ADESS との総称となった。そしてⅤ世代のシステムでは、気象資料総合処理システム（COSMETS）を構成するオンライン系として設計された。

イ．気象資料総合処理システム（Ⅴ世代 C-ADESS）

気象業務における電子計算機への要求がますます増大の一途をたどる中、C-ADESS 及び予報解析用電子計算機（NAPS）を総合システムとして整備することで予算要求の準備が進められ、昭和 61 ～ 62 年度の整備として認められることとなった。

この統合システムは、各系に機能分化した分散処理型総合システムであり、オンライン系として機能する C-ADESS とバッチ系として機能する NAPS の 2 系から構成され、両系間のデータ授受は、高速の磁気テープ装置 I/F を模した系間接続装置（CCA）で行っている。

C-ADESS は、通信回線を通してデータの送受信を主として行う通信制御装置（ミニコン）と、データの中継、収集、編集処理を主として行う通信処理装置（大型汎用コンピュータ）から構成され、オンライン・リアルタイムで 24 時間連続して稼働するシステムである。

NAPS は、客観解析や数値予報を主として行う高速演算装置（スーパーコンピュータ）と、降水短時間予報、観測データの解析、分類、画像処理及び庁内の計算業務を主として行うバッチ処理装置（大型汎用コンピュータ）から構成されている。また、光ファイバを伝送路とする庁内ネットワーク（LAN）をサポートしており、庁内各課（室）が保有するパソコン/ミニコンをネットワーク端末として、パソコン間通信や TSS 端末としての利用を可能にしている。

Ⅴ世代 C-ADESS 及び NAPS は、「気象資料総合処理システム」と呼ばれることとなり、昭和 63 年 2 月から運用を開始した。

ウ．気象資料伝送網（Ⅱ世代 L-ADESS）

昭和 63 年 2 月から運用開始した気象資料総合処理システムは、従前にも増して時間的・地域的により詳細な各種予測資料が作成されるようになり、これらの予測資料は、予警報の主担当官署である地方気象台等に迅速に配信され、更に加工されて各利用者に送り届けられるべきものであった。しかし、高度情報化社会を迎えようとしている中で、昭和 54 ～ 61 年度にかけて全国展開してきた初代の気象資料伝送網では、十分な対応ができなくなる事態が想定された。このような事態に備えるため、Ⅱ世代の気象資料伝送網の構築が急がれることとなり、昭和 63 年度に本庁・東京管内の L-ADESS 更新が行われ、平成元年 3 月に運用を開始することとなった。また、分散型システムとして地方予報中枢の通信課に地方システムが配置された。

この新しい気象資料伝送網は、多重通信技術、高機能ワークステーションの導入等、当時の最新の電子工学技術及び高度な情報処理技術を導入した気象情報処理システムとして構築され、多量な気象データを迅速かつ効率的に処理・配信する設計となっていた。更に加えて地方気象台等の第一線官署にもデータ処理機能を持たせている所に大きな特色があった。

府県予報区担当官署等においては、これまでのテレタイプに替わり情報処理機能を持ったワークステーションを、そして CDF に替わり汎用の G3FAX が整備された。また、新たにレーダー画像モニター装置を導入し、レーダー情報及び衛星データの即時入手を図り、実況監視機能を強化するとともに、アメダス定時報の処理も行えるようにした。

これまで地方気象台等に対して、FAX（4,800bps）と文字情報（200bps）を個別の通信回線で送っていたが、多重通信技術の導入により 3.4kHz1 本の通信回線に集約し、この中を文字情報（2,400bps）、FAX（4,800bps）、レーダー（2,400bps）、地震データ（4,800bps）に分割して効率的に利用することとなった。

エ．気象資料交換処理システム（Ⅲ世代 L-ADESS）

平成 9 年 3 月に運用開始したⅢ世代 L-ADESS においては、これまでの中枢システムや端末システムの構成が大幅に見直しされた。中枢システムにおいては、これまでのミニコンと言われホスト型コンピュータによる一連の処理から、通信処理、公衆回線接続、衛星雲画像処理、監視･管理等といった機能単位の処理に見直しされ、汎用 UNIX サーバが用いられることとなった。

端末システムは、これまでの全ワークステーションによる構成を改め、通信処理部、画像処理部といった 2 台の汎用サーバと、汎用の電子計算機（Windows95）による X Window System を用いた利用形態に変更となった。

通信回線の利用については更に高速化を図り、これまで物理的な多重化方式から、論理多重化方式としたパケット交換機を用いた伝送方法に改められ、プロトコルも L/A HDLC から X.25 に変更された。

オ．TCP/IP 化への対応

Ⅵ世代 C-ADESS 及びⅢ世代 L-ADESS は、当時の最新技術を取り入れたシステムとして運用していたが、平成 8、9 年頃にはインターネット技術の普及も目覚ましく、予報作業支援システムや土砂災害警戒情報作成システム等といったアデスでは実現できない業務がサブシステムとして構築されている。

C-ADESS 及び L-ADESS も次期システムへの移行も視野に、平成 11 年度には両システムの TCP/IP 化の実装（改修）を行い、GTS ソケット通信手順をベースとした気象庁ソケット通信手順を定め、以降の部内外機関等の接続にはこれを用いることとした。

現在のアデスによる接続には、そのほとんどが気象庁ソケット通信手順を用いており、当時の改修が功を奏して今日までの整理に至ったといっても過言ではない。

カ．気象情報伝送処理システム（Ⅰ世代東西アデス～）

これまでの C-ADESS 及び L-ADESS については、平成 16、17 年度に東アデスとして構築準備が進められ、平成 17 年 10 月に C-ADESS と札幌、仙台、東京 L-ADESS 中枢システムと同管内 L-ADESS 端末の更新が行われた。

特筆すべき点は、これまで管区 L-ADESS 中枢システムの運用監視体制をシステム運用室及び大阪通信課の東西 2 中枢に集約したことと、地方気象台等の業務処理の利用形態をサーバー・クライアント方式による Web アプリケーションによる方法に改めたことである。

中枢システムの構成は、これまで C-ADESS 及び L-ADESS が受け持っていた各種業務を国際通信、国内通信、基本業務、喚起通信等に分類したサーバ構成（クラスタ構成）に整理し、端末システムの業務処理は、Web/Ap サーバ（負荷分散）を利用する形態とした。

端末システムは全て汎用の電子計算機（Windows）により構成し、Web ブラウザの利用を前提とした業務処理に変更となった。また、これまで地方気象台や航空気象官署等における部

内外接続は、東西アデスと直接通信を行う方式に変更すると共に、L/A HDLC、X.25、航空配信等のレガシーな通信手順については、プロトコルコンバータを新たに整備し、アデスの標準的な通信手順に吸収することとした。

現在、Ⅲ世代目の東西アデスの運用が行われており、気象庁情報システム基盤の仮想システムの一つとして順調に運用されている。

平成 17 年 10 月に運用開始したⅠ世代の東アデスの運用開始においては、サーバへのリソース配分が適切で無かったことから想定どおりの動作が出来ず、切替作業が一度失敗している。

東アデス整備においては、我々も、また、我々以上に受注業者においても未知数の部分が多く、これらの苦い教訓は、Ⅱ、Ⅲ世代の東西アデスの整備対応や運用管理に貴重な経験として生かされている。

（2）アデスサブシステム

ア．防災情報提供システム

防災情報提供システムについては、気象業務法第 15 条による警報事項等の通知、防災担当者向けメールや Web コンテンツによる防災気象情報の提供等を行っていたが、現時点においてはアデスや気象庁ホームページに大半の機能やサービスは取って代わり、防災担当者向けインターネットメールのサービスが残るのみとなっている。

市町村を拡大した画面による気象レーダーやナウキャスト情報、メッシュ情報などの表示を確認することについては、今でこそ気象庁ホームページにより一般の国民が閲覧できるようになったが、そこに至るまでには、実際の災害経験を踏まえた防災情報自体の改善や幾多のシステム改良・更新を経た長い道のりでもあった。

本項では、これまでの防災情報提供システムに関連したシステム等について紹介する。

（ア）予警報一斉伝達装置

気象業務法第 15 条による警報事項等の通知においては、気象台から複数の関係機関に対して迅速かつ正確に通知を行うため、同時送話装置（予警報一斉伝達装置）が整備されていた。

同装置は、気象台と関係機関を専用線で結び一つの電話交換機を形成し、電話による同時送話や個別発着信等の機能を有していた。

同装置は昭和 35 年度から整備が始まり、以降予算成立に従い全国展開を行い、昭和 59 年 12 月末の時点で設置官署数は 57、全国の加入機関数は 822 にも及んでいた。

昭和 59 年度以降の改良・更新では、電磁回路式の交換機からソフトウェアを書き換えることで機能の追加改訂を行うことができる電子交換機への移行、さらにこれまであまり利用されていなかった FAX 送画機能（昭和 44 年以降に機能付加）も加入機関からのニーズに応じて利用されることとなり、平成 4 年度には全国の予警報一斉伝達装置における FAX 化も完了した。

平成 7 年度の第一次補正予算で認められた本庁･大阪管区の予警報一斉伝達装置の更新では、L-ADESS からオンラインデータを受信し、自動的に加入機関に送信する機能や伝達確認行為の効率化の試みも行われた（相手機関から受領証を FAX 受信する等の運用面での変更も含む）。

（イ）緊急防災情報ネットワークの整備

平成 10 年の豪雨災害で課題となった状況に即応した的確な防災対応では、気象台が発表する記録的な豪雨に関する情報などを、迅速かつ的確に入手できる措置が求められるようになった。このため都道府県などの防災活動を支援するための情報提供機能の強化を図るため平成 10 年度第 3 次補正予算において、緊急防災情報ネットワークの整備が認められることとなった。

この整備では、防災気象情報の送達の迅速・確実化を図るため、地上系及び衛星系の 2 ルート化を図ると共に、地方気象台と防災機関の担当者が、画像形式の分かりやすい情報を共有しつつ、防災対応に必要な具体的な情報を的確に交換することを実現するものであった。

主な機能を以下に示す。

① 地上系

・接続・情報提供形態

地震情報・津波予報及び気象注警報等を県などの法定伝達機関へオンラインで送達する機能並びに防災活動などを支援する各種予報・解析資料などをリクエスト・リプライ方式で提供する機能を有する。また、法定機関などへの送達には高速デジタル専用線又はフレームリレー回線を用いる。また、防災活動を支援するために新たに作成する各種気象情報の有効活用を促進するため、防災機関の内部部局などからのリクエスト･リプライ対応もできるよう、専用線以外に公衆デジタル回線（ISDN）にも対応可能とする。

・画像による防災気象情報

迅速な判断を必要とする防災活動をより一層、的確に支援するため、量的な予測情報、実況解析情報に予報官のコメントなどを付加し、防災機関に提供する。

・簡便な送達確認実現

従来、FAX 又は電話で行っている送達確認を、オンライン処理対応にするため、気象庁が準備したソフトウェアを各法定伝達機関に貸与し、送達確認の簡素化･迅速化を推進する。

② 衛星通信系

地上の回線が不通となるような緊急時における情報伝達を確保するため、商用通信衛星（CS）を介した同報機能を整備し、各気象官署及び防災機関に対する緊急報伝達の 2 ルート化を図る。

防災情報提供システムはここで示す地上系のシステムであり、その前身である防災情報提供装置としてこの時点で整備された。

防災情報提供装置は予警報一斉伝達装置の後継機として今後運用されていくことになるため、これまでの予警報一斉伝達装置の利用者（F-net サービス含む）に対して FAX 送画する FAX サーバ機能があり、これにより予警報一斉伝達装置から防災情報提供装置への移行措置を順次行っていった。この他にも専用ソフトウェアを用いた送達確認や予報官コメント等、これまで予警報一斉伝達装置という FAX 送画機能や音声通話では実現できなかった新たなサービスをセールスポイントとして利用者への移行を促した。

（ウ）防災情報提供システムの整備

平成 17 年度予算防災情報提供システムの整備が認められ、市町村の担当者や「地域防災リーダー」などと気象に関する防災情報を共有できる体制を構築された。

緊急防災情報ネットワークについては、これまで地上系と衛星系の 2 ルート化として運用

してきたが、平成 17 年度には異なる通信事業者による広域網の二重化で構成された国内基盤通信網の展開もあり、緊急防災情報ネットワークの地上系と衛星系はこの時点で整理されることとなる。

これまでの防災情報提供装置の機能については、送達報、Web コンテンツ提供、メール配信機能等はそのまま継承し、新たな市町村担当者への情報提供を目的としたインターネット上でのコンテンツ提供とメール配信サービスが加わることとなった。

システム構成としては、これまで官署に設置したシステムとして運用されていたが、清瀬・大阪設置による東西二中枢システムと（これに伴い官署ではプロキシサーバを整備）、インターネット上のコンテンツ提供やメール配信サービスを行うためのホスティングによる運用となった。

（エ）気象情報伝送処理システムの整備による機能整理

令和 2 年度予算において、気象情報伝送処理システム（アデス）の更新整備が認められ、この整備に合わせてこれまでの防災情報提供システムの機能も整理集約されることとなった。

① 送達機能

専用線等利用者に対して暫定継続

（平成 23 年度よりアデスによるオンライン配信による伝達へ移行）

② Web コンテンツ

専用線等利用者向けは廃止、気象庁ホームページによる Web コンテンツへ移行

（特定利用者向け Web コンテンツへ移行）

③ メール配信

専用線等利用者向け及びインターネットメール配信は継続

以上の防災情報提供システムに関連した各種取組は、防災気象情報の改善や充実を目的とした中に各分野の組織の活性化へも役立ってきたものと考える。

防災情報提供システムの機能の大部分は、アデスや気象庁ホームページに移行・統合されているが、先人の方々の「伝達」に関わる様々な取組はこの中で生き続けていくことになる。

イ．洪水予報に関わるシステム

指定河川洪水予報は、国土交通省が指定する河川（二以上の都府県の区域にわたる河川又は流域面積の大きい河川で洪水により国民経済上重大な損害を生ずるおそれがあるもの）及び都道府県知事が指定する河川（国土交通大臣が指定した河川以外の流域面積が大きい河川で洪水により相当な損害を生じるおそれがあるもの）について、河川管理者（国土交通省又は都道府県）と気象庁が共同で発表することとしている。

指定河川洪水予報のそれぞれの役割分担としては、気象庁側では気象実況の監視や予測を担当し、河川管理者側では河川状況の監視や予測を担当し、洪水予報を発表することとしている。

現在、これらの対応を行うにあたり、国土交通省が整備する洪水予警報等作成システムと気象庁が整備するシステムにより洪水予報の作成や相互間のデータ交換を行っている。

本項では洪水予報指定河川の拡大に伴い、高度化されたデータ処理やデータ交換が可能となってきた頃からの洪水予報に関わるシステムについて紹介する。

（ア）河川・雷データ交換装置

洪水予報指定河川の拡大に伴い、L-ADESS での電文作成・発信作業と一般向け予警報作業と重複することも多く、指定河川数の多い官署では電文作成が大きな負担となりつつあった。このため L-ADESS のオンライン化による作業と洪水予報に必要な各種データ交換を行うため、平成 8 年度に河川データ交換装置が本庁に整備され、関東地方整備局（北陸、中部地方整備局含む）とのオンライン接続が進められた（平成 13 年 1 月までは「地方建設局」であるが、ここでは「地方整備局」として記載している）。

これにより、洪水予報文案の交換、地方整備局が保有する雨量データ入手、当庁保有のアメダスデータや各種プロダクトの配信も開始され、平成 10 年度には部外観測データの利用も始まった。

これと同時期に、電力気象連絡会が保有する落雷位置評定データのオンライン入手に関わる調整も進められ、翌平成 11 年度から各管区においては、河川・雷データ交換装置として整備が進められ、洪水予報に関わる地方整備局との接続と落雷位置評定データ入手に関わる電力会社との接続が順次行われることとなった。

本システムは、平成 20 年度まで運用され、その後、河川データ交換システムへその機能を移行した。

（イ）河川データ交換システム

気象庁と地方整備局が共同で実施する洪水予報を行うため、これまでの管区単位で運用していた構成を改め、清瀬と大阪による運用に改めることとした。それぞれを関東地方整備局と近畿地方整備局と接続し、河川局のレーダー、雨量データ、当庁のレーダー及びアメダスデータ並び洪水予報文案等の相互交換を行う。

本システムは、平成 20 年度に整備され、その後、河川洪水予報データ交換システムの整備によりその機能を移行した。

（ウ）統合洪水予報システム（共同洪水予報システム）

各都道府県と気象庁が共同で実施する洪水予報を行うため、平成 13 年度に共同洪水予報システムが整備された。各都道府県との洪水予報作業は Web 形式により実現し、データ交換については、市販のソフトウェア（HULFT）を用いてその機能を実現した。

平成 17 年度には、国が管理する河川の洪水予報業務及び都道府県が管理する河川の洪水予報業務を統合して実施するため、統合洪水予報システムが整備された。その後、国土交通省整備の洪水予警報等作成システム及び平成 21 年度に当庁が整備した洪水予報データ変換装置にその機能を移行した。

（エ）洪水予報データ変換装置

洪水予警報等作成システムで作成された洪水予報電文（国土交通省フォーマット）等を受信し、気象庁防災情報 XML フォーマットにもとづく気象庁フォーマットの洪水予報電文に変換する。また、HULFT によるファイル転送機能を有し、各都道府県とのデータ交換を実現する。

本システムは、国土交通省による洪水予警報等作成システムの整備・運用開始に合わせて当庁側にて整備し、平成 29 年度の河川洪水予報データ交換システムの整備によりその機能を移行した。

（オ）河川洪水予報データ交換システム

地方整備局又は各都道府県との共同で実施する洪水予報は、国土交通省整備の洪水予警報等作成システムに委ね、河川データ交換システムと洪水予報データ変換装置の機能を受け継ぎ、平成 29 年度に統合整備した。

（カ）洪水予警報等作成システム

洪水予警報等作成システムは、関東地方整備局と近畿地方整備局に設置され、地方整備局、各都道府県、気象庁と共同で実施する洪水予報に関わる作業環境（発表文の作成・修正・承認）を提供する。また、当庁の河川洪水予報データ交換システムと洪水予報電文（国土交通省フォーマット）をはじめとした洪水予報に関するデータ交換を行う。

本システムは、平成 25 年 3 月から運用開始され、洪水予報に関わるシステムの中核として現在も利用されている。

ウ．土砂災害警戒情報に関わるシステム

多数の人的被害を伴う土砂災害から人命を守るための総合的な土砂災害対策の一環として、平成 14 年度から国土交通省河川局砂防部と気象庁予報部が連携し、関係省庁やモデル県の協力を得ながら土砂災害への警戒に関する情報の提供に向けた検討を行っていた。

その結果、気象庁の持つ降雨予測等の気象情報と都道府県砂防部局が持つ国土情報を適切に組み合わせた情報である「土砂災害警戒情報」を都道府県と各気象台等が共同で発表することとなり、全国で運用に向けた準備が進められることとなった。

ここでは土砂災害警戒情報に関わるシステムについて紹介する。

（ア）平成 14 年度の試行

土砂災害警戒情報の提供に向けた検討について、神奈川、兵庫、長崎、鹿児島をモデル県とした試行が平成 14 年度に実施された。初年度ということもあり県の砂防部局と地方気象台が共同で土砂災害警戒情報の作成・発表について FAX による情報交換により実施している。この試行結果に基づき有識者による検討委員会からは、利用者の迅速・的確な判断を支援するため文章と図を組み合わせた分かりやすいものとすること、都道府県砂防部局と気象台をオンラインで結び土砂災害警戒情報に必要なデータの交換と情報の迅速な作成を可能とすること等の提言もあった。

（イ）平成 15 年度の試行とシステム整備

有識者による検討委員会からの提言に基づき、平成 15 年度の試行実施のため、昨年度のモデル県（4 県）とオンラインデータ交換を行い、降水短時間予報などの気象庁の予想データと組み合わせることにより、土砂災害警戒情報の自動作成を行うためのシステム整備を行うこととなった。

このシステム整備に関連し、本庁に関連サーバの設置、試行官署に端末やプロキシサーバ設置が検討され、データ交換に関しては一般的なファイル転送（FTP）を採用することとした。また、防災活動を支援する分かりやすい土砂災害警戒情報を伝達・提供するため、当時の防災情報提供装置の新しい取組としていた図形式気象情報の作成・発表する機能やメールを送受信する機能を用いることとした。

同年度には新たに愛知県、三重県、和歌山県、島根県、熊本県がモデル県として加わり、合わせて 9 県による試行が行われることとなった。

（ウ）土砂災害警戒情報作成支援システムと全国整備

「土砂災害警戒情報作成支援システム」として平成 16 年度に予算化され、本庁・大阪に整備することとなった。同年 12 月には国土交通省「豪雨災害対策緊急アクションプラン」において、平成 17 年度以降 3 年間で全都道府県で土砂災害警戒情報の運用を開始する方針が示されたことから、平成 16 年度までの試行官署（9 箇所）に引続き、平成 17 年度は残り 44 箇所の全国整備を行うこととなった。

（エ）土砂災害警戒情報作成システムへ

平成 23 年 3 月から気象庁防災情報 XML フォーマットによる新しい土砂災害警戒情報の提供が予定されており、また、提供情報の増加や更なるシステム機能の高度化等にも対応すべく平成 22 年度にシステム更新が行われた。平成 22 年度の整備においては、東日本大震災による影響から運用開始が延期されたことを除き、本システムについては特段影響もなく運用移行が行われた。

平成 25 年 10 月には伊豆大島、平成 26 年 8 月には広島市でそれぞれ発生した土砂災害においては、多数の尊い人命が失われている。こうした災害を受け、平成 26 年 11 月に「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律」が改正され、土砂災害警戒情報を市町村における避難判断基準として提供することが明確に位置づけられ、防災基本計画及び「避難勧告等に関するガイドライン」（内閣府）には、土砂災害警戒情報及び土砂災害警戒判定メッシュ情報の市町村における避難勧告等への具体的な活用方法も示されている。

近年、局地化、集中化、激甚化する雨から国民の生命・財産を守るためには、高精度かつ分かりやすい情報への更なる改善を進めるとともに、迅速かつ安定的に情報を提供するため、本システムについて平成 22 年度の整備から「土砂災害警戒情報作成システム」と名称を変え、平成 29 年度に再びシステム更新を迎え現在に至っている。

3．インターネットによるデータ交換

気象資料伝送網の展開においては、国内外を問わず通信回線のアップグレードが進められる一方で、数値予報プロダクト等の大量の格子点情報の国際機関向け配信においては、回線速度の制約により配信先を限定せざるを得ない状況でもあった。このためインターネット又は総合デジタル通信網（ISDN）を経由した当庁データへのアクセスが可能となる環境を平成 7 年度に整えている。

本項では、インターネットによるデータ交換に関連したシステム等について説明する。

（1）情報交換装置

気象庁の国際関連業務では全球通信システム（GTS）上で交換される情報以外にもインターネットのみで提供又は交換されている情報も多数あった。これは GTS 上の回線制約に起因するものであり、各国担当者間の業務連絡や調整等も含めてインターネットへ移行するものが多くなっていた。インターネットでは国際的な情報交換ネットワークとして、電子メールによる情報交換のほか、各国の気象機関、研究所、大学等が有用なデータを提供又は交換しており、国際的な情報交換のみならず国内においても情報交換の手段としても重要なメディアとなって

いた。このことから、国内外の関係機関、特に世界気象機関（WMO）における各種業務計画の一層の推進を図るため、庁内関係各課室がインターネットを利用可能とする情報交換装置が整備され、平成７年２月に運用開始している。

同装置については、グローバル IP アドレスを持ち、外部に対してオープンな外部ネットワークと、プライベートアドレスを持つ内部ネットワークとに区別し、両方のネットワークをゲートウェイ用サーバにより接続した構成となっている。また、インターネットとの通信においては、インターネットプロバイダを介して各国の気象機関、研究所、大学等と各種情報交換を行うため、十分なセキュリティの保全・管理機能及び内部ネットワークの管理機能を提供する。

同装置については、後述の気象データ収集・提供装置（MDCDS）の整備まで運用され、平成 14 年７月に運用終了となる。

（２）庁内光ファイバ網の整備

平成 13 年度第２次補正予算により、庁内光ファイバ網の整備が認められた。この整備に関連し、庁内有識者による光ファイバ敷設タスクフォースが平成 14 年に設置され、以下の検討を行った。

・庁内各課室の独自回線等を整理し、可能な限り今回の庁内光ファイバ網に統合する。
・高速大容量通信に対応可能とする（基幹 1000BASE-SX、各課室 100BASE-TX 等）。
・関係する全課室の協力のもと全庁的な整備として検討する（電話、庁内放送等含む）。
・管区気象台内における基盤通信インフラもあわせて検討する。

この庁内光ファイバ網については、平成 14 年３月に整備が完了し、インターネットをはじめとした各種サービスの利用、行政情報ネットワークや各課室サーバ等での接続において活用されることとなる。

（３）気象データ収集・提供装置（MDCDS）

気象データ収集・提供装置（MDCDS: Meteorological Data Collect and Distribute System）は、GTS 上でのデータ交換の制約や RSMC データサーバを始めとする WMO センター業務として、インターネット上の情報提供環境として情報交換装置の後継機として平成 13 年３月に整備・運用開始された。

整備にあたっては、インターネット接続機能の強化（回線増速、２プロバイダ採用）、サーバ等主要部分の冗長化、公開領域（DMZ）の設置や侵入検知機能及びファイアウォール機能等の情報セキュリティ対策の強化を行った。

また、平成 15 年度には林野火災予防方策の一つとして消防本部の観測する気象データの提供を受け、気象台の作成する図形式火災気象情報を提供することとなり、これに伴う増強も行っている。

本装置については、後述の気象データ交換動作環境（MDCS）に機能が引き継がれることとなる。

（４）気象データリアルタイムサーバ（MDRS）

気象データリアルタイムサーバ（MDRS: Meteorological Data Real time Server）は、本庁内の基幹ネットワークに位置し、インターネットによる外部からの情報や NAPS 等の内部のプロダクト等を収集し、ファイル形式により迅速かつ効率的に配信するサーバとして MDCDS と同時期である平成 13 年３月に運用を開始している。

当時の気象資料伝送網である C-ADESS や L-ADESS では業務としてファイル形式のデータを集配信する機能が無かったことから、本システムでは要望の多かったファイル形式による各種データの集配信を担当した。

同サーバでは、Oracle（データベースソフトウェア）、JP1（統合システム運用管理ソフトウェア）等を導入し、汎用ソフトウェアによるデータ利用やリソース管理を取り入れている。

その後、同機能については後述の気象データ交換動作環境（MDCS）に引き継がれ、さらに平成 17 年度にはファイル配信機能を有した東アデスにその役割自体を引き継ぐこととなる。

（５）気象データ交換動作環境（MDCS）

気象データ交換動作環境は、気象データ収集・提供装置（MDCDS）の後継サービスとして、平成 20 年度に MDCS（Meteorological Data Communication System）の名称で更新された。同システムについては気象庁内に整備したオンプレミスのシステムであったが、平成 28 年度の更新ではホスティングサービスに見直しを行い、気象データ交換動作環境（MDCS: Meteorological Data Communication Service）の名称として整備した。

同環境については、インターネットを介した HTTP（S)/FTP/SSH/メールなどのインターネットとの通信や情報セキュリティを含む管理・制御機能を主クラウドと DR クラウド上に配置し、内部ネットワーク接続機能（クラウド接続用の広域 LAN）を用い、本庁（虎ノ門)、本庁（清瀬)、大阪管区気象台とそれぞれ接続し、安全かつ安定的なインターネット利用環境を利用者に提供する。

令和５年度の更新では、インターネットアクセスの向上を図り、再びクラウドサービスとして構築を行い現在に至っている。

４．一般利用者向け気象情報等の提供

一般利用者向け気象情報等の提供方法として、現在では気象庁ホームページが一般的であるが、平成８年７月８日に開設された当初においては、広報活動の一環として気象庁の業務内容や講演会の紹介等、オフラインコンテンツの提供のみであった。翌年には日本気象協会がインターネットによる防災気象情報（気象注意報、警報、台風予報、地震・津波情報など）の提供を行う「防災気象情報サービス」の運用を開始し、気象庁ホームページではこの情報サービスをリンクすることとした。

（１）リアルタイムコンテンツの公開

平成 13 年度に東京管内の気象官署における部外からの電話照会業務の軽減のため、気象庁ホームページに観測実況報をリアルタイムコンテンツとして掲載する取組が本庁と東京管区気象台にて行われた。本庁では L-ADESS による観測電報の取得と東京管区気象台への提供を行い、これを受けた東京管区気象台（調査課）はホームページ用のコンテンツを作成し、ホスティングサービス上にアップロードするという自動処理の流れであった。

翌年の平成 14 年８月には予報、注意報を含む各種気象情報についてもホームページへの掲載を行うこととなり、リアルタイムコンテンツの作成に必要な情報を C-ADESS から委託業者へ配信し、ホスティングサービス上に公開することとなった。また、その他自ら公開する情報

については、気象データ収集・提供装置（MDCDS）の DMZ 領域に公開サーバを設置し、ここにコンテンツを配置して気象庁ホームページからリンクを張ることとした。

（2）コンテンツ配信サービス（CDN）の導入

インターネット利用者数の増加とともに、（台風、地震、津波など）異常気象発生時には想定を上回るアクセスを受け、コンテンツ提供の遅延や不能となるケースが発生するようになった。このため、コンテンツ配信を効率化かつ高速化するため、コンテンツ配信サービスを導入することとした。本サービスはサービス提供事業者がインターネットサービスプロバイダの施設に複数のキャッシュサーバを配置し、最適なキャッシュサーバから応答させることによりコンテンツ提供能力を格段に高めるもので、平成 16 年 8 月末から導入している。

（3）インターネット提供環境（IDSI）

その後、気象庁ホームページは、広く国民のほか地方公共団体の防災関連業務を実施する機関に対して、当庁が発表・提供する情報やその利用者の特性に応じて以下の 4 つのシステムにてインターネットを通じた情報提供を行うこととなり、これらを総称してインターネット提供環境（IDSI: Internet Data Service Infrastructure）と呼ばれることとなる。

・気象庁ホームページ
・気象庁データ提供システム
・各気象台等ホームページ
・気象情報伝送処理システム（提供系システム）

政府方針を踏まえたシステムの共通化・一元化を推進するため、これらのインフラ環境の整理・統合を進めることとし、庁内接続機能を除くクラウドサービスによるインターネット提供環境を令和 2 年 6 月に構築、その後コンテンツ移植作業を経て同年 11 月から情報提供を開始した。

気象庁ホームページは防災上非常に重要な気象情報等をアクセスユーザ（国民）へ遅滞なく情報提供することが責務のシステムであり、アクセス集中した状況でも安定した情報提供を行う必要があった。しかし、令和 3 年 8 月、全国的な悪天状況の発生に伴い、気象庁ホームページへのアクセスが集中し、処理可能なアクセス数を超えたことにより閲覧しにくい状態となった。

このため、運用中のサービスへ影響がないように急遽 Web サーバの増設作業を実施した。さらにアクセス負荷の軽減を目的とした軽量版コンテンツの準備も行った。

これらの増強されたサーバリソースや軽量版コンテンツの運用については、アクセス集中時にも十分に活用できるよう運用体制を整えている。

5．無線通信による通報業務

無線通信による通報業務の歴史は古く、即時情報の提供に用いるシステムとして気象庁気象無線模写通報（JMH）及び気象庁船舶気象無線通報（Safety NET）が現在もなお運用されている。

本項では気象官署間の無線電話等に用いられていた VHF 通信網のほかに無線通信による通報業務を代表するいくつかのサービスについて、機能や運用状況等について紹介する。

（1）気象庁気象無線模写通報（JMH）

気象庁気象無線模写通報（JMH）とは国内及び国外の気象業務を行う機関並びに船舶等において利用されることを目的とする無線ファックス通報である。

この通報の始まりは、昭和 33 年 2 月に特別業務の局として郵政省から承認を受け、本庁（無線通信課現業）に設置した送画機の出力を電電公社の東京気象無線調整所を経て千葉県佐倉市にある同社臼井送信所の短波送信機に供給され放送された（昭和 61 年 7 月 名崎送信所（現茨城県古河市）に移転）。

・JMH（3,847.5kHz/1kW）※周波数 / 送信出力
・JMH2（7,305kHz/1kW）
・JMH3（9,970kHz/1kW）
・JMH4（13,597kHz/1kW）
・JMH5（18,220.0kHz/1kW）
・JMH6（220.0kHz/1kW）

JMH2（7,305kHz）及び JMH4（13,597kHz）については、平成 4 年の世界無線通信主管庁会議（WARC-92）の決定により、その使用期限が平成 19 年 3 月までと決められた。新たな周波数割当てを受け、平成 19 年 3 月から JMH2（7,795kHz）及び JMH4（13,988.5kHz）は、新周波数での JMH 放送を行うこととなった。

一方、気象官署の受画装置は、放電破壊方式とホーガン方式を採用し、福岡、大阪、名古屋、仙台、札幌及び本庁から順次整備・運用が開始された。

・送画原稿の有効面積　457.2mm×558.8mm（18 インチ ×22 インチ）
・送画円筒の直径　152.4mm（6 インチ）
・送画円筒回転数　60 回転/分及び 120 回転/分
・走査線密度　3.77 線/mm（96 線/インチ）及び 1.88 線/mm（48 線/インチ）
・協動係数　576 及び 288
・最高画周波数　900c/s
・1 枚の電送時間
　約 36 分〔60 回転/分 3.77 線/mm（96 線/インチ）〕
　約 18 分〔60 回転/分 1.88 線/mm（48 線/インチ）〕
　約 9 分〔120 回転/分 1.88 線/mm（48 線/インチ）〕

これまでモールス信号を解読して天気図を作成していた作業が無線通報によるファックスを受画することによりスピードアップできることから、その後他官署へも受画装置の展開も行われた。

昭和 40 年の台風第 29 号においては、マリアナ諸島で日本漁船が遭難して多数の犠牲者が出たことから無線模写放送の強化が求められることとなり、放送内容やスケジュールの拡充、さらに WMO の勧告に基づき無線模写放送の使用周波数の増波も行われた。

気象庁気象無線模写放送（JMH）については 1 枚の天気図を受信する場合でも数十分の時間を要することや、電波障害により安定した受画ができないという問題点もある。このため当庁内の利用においては、第 1 期目の気象資料伝送網整備計画（昭和 56 年 3 月運用開始）を契

機にデジタル FAX 化（CDF）を用いた専用線接続（有線方式）へ移行していくこととなる。

現在は、気象無線模写通報は当庁の特別業務の局として、以下 3 波（周波数 / 送信出力）で主に船舶運航関係者など特定の利用者向けに運用されている。

・JMH（3,622.5kHz/5kW）
・JMH2（7,795kHz/5kW）
・JMH4（13,988.5kHz/5kW）

（2）東京ボルメット無線電話通報（とうきょう）

ボルメット通報とは国際民間航空機関（ICAO）の定めで、短波又は超短波を使用した通報により、飛行中の航空機に気象情報を提供するものである。この通報は世界を 17 地域に分けて、それぞれの地域の主要空港の気象情報を 30 分ごとに放送している。

・コールサイン
　東京（とうきょう）
・周波数 / 送信出力
　2,863kHz/1.5kW、6,679kHz/1.5kW、8,828kHz/1.5kW、13,282kHz/1.5kW
・電波型式
　J3E
・送信時刻
　毎時 10 分及び 40 分

ボルメット通報は昭和 34 年に東京航空地方気象台（羽田）で運用開始され、新東京国際空港の開港（昭和 53 年）からは新東京航空地方気象台（成田）で担当することとなった。運用開始から 28 年間は放送原稿を読み上げるマニュアル放送により実施されたが、昭和 62 年 4 月から音声合成を採用した自動化方式となった。

当時のボルメット通報には付加文に平文があったため使用が予想される単語（航空情報用略語、航空標識地点、都市名、山岳名など）を全て登録する必要があり、登録語数は約 9,600 語に達した。これらの単語を組み合わせたブロック又は文の作成は膨大な数になるため、当時は単語単位で登録を行い、それをつないで放送を行っていた。そのため、語と語のつなぎとイントネーションに難があったが、人が翻訳し、発音の違う複数の人が放送したのに比べ、数秒で自動翻訳を行い一定の発音で放送されたことは画期的なことであった。

平成 5 年 7 月からの航空気象通報式の改訂に伴いボルメット通報形式もまた変更され、付加文の記事を放送しないことになったため使用する単語も限られるようになった。このことから音声合成方式は変わらないが音声録音波形を可能な限り自然に近い形で処理することによりイントネーションが大幅に改善されたことと、音声波形をデジタル化する時に音声の始まりと終わりの音声波形のカッティング技術も向上したことにより自然に近い発声音となった。この音声合成部には英国製品（GEC マルコーニ社製）が導入され、英国製品の日本政府機関への導入の好例として、英国首相の関心を引き、気象庁長官との懇談が行われたという話もある。

東京ボルメット無線電話通報は当庁の特別業務の局として運用されており、主要空港周辺の気象情報を音声により飛行機向けに現在も提供している。

（3）国内気象無線通報（JMB）

予報部無線通信課では、南鳥島観測所と短波無線設備により南鳥島の地上観測電報、高層観測電報及び事務連絡等の受信を行っており、その受信電報は通報課に送られ人手を介して実況天気図に転記されていた。この天気図は再び無線通信課へ持ち込まれ、気象無線模写通報（JMH、JMJ）として有線回線を介して電電公社の短波送信機に送られ、国内外の気象官署、船舶及び航空機関等に対して放送されていた。

また、南鳥島とはモールス通信を用いており、南鳥島からの電波の受信は気象庁本庁のアンテナと清瀬のログペリアンテナを切り替えて運用し、南鳥島への電波の送信は、本庁～筑波山中継所のマイクロ通信設備を介して気象送信所（千葉県我孫子市）のログペリアンテナから 500W の電波を発射していた。

昭和 59 年度に南鳥島との短波無線設備の更新に伴い、電波型式 SSB・送信出力（1kW）が追加されて音声通話による交信ができるようになり、本庁と南鳥島観測所に 2 周波セルコールにより電話ライクに呼び出して通話を行っていた。

これらの運用については、平成 11 年度まで続けられ、衛星通信等の通信手段に置き換わることとなる。

（4）非常無線通信（本庁・管区・旧地台）

非常災害時の短波無線設備として、本庁、管区及び旧地台（各通信中枢）に無線設備（送信出力 500W）を配置して、モールス通信による災害時の通信手段を確保していた。また、気象庁は非常通信協議会のメンバーとして、警察庁、海上保安庁などの協議会の機関との非常通信訓練を定期的に行い、広域災害時に相互の非常通信に備えていた。

これらの運用については、平成 11 年度まで続けられ、衛星通信等の通信手段に置き換わることとなる。

（5）その他通報業務（JMB、JMC、JMG、JMI 等の廃止）

無線通信による通報業務が最も盛況であった時代（昭和 52 年頃）のサービスを以下に示す。

・国内気象無線通報（JMB）
　国内気象機関向け日本周辺気象通報（実況天気図記入データ用）
・船舶気象無線通報（JMC）
　東アジア、北西太平洋向け船舶気象通報
・国際気象無線通報（JMG）
　準大陸気象放送及び航空気象放送として高層実況報、解析報（地上、高層）を通報
・第 1 気象無線模写通報（JMH）
　国内、周辺気象天気図等を通報
・第 2 気象無線模写通報（JMJ）
　航空気象天気図等の通報
・国際北半球気象無線通報（JMI）
　北半球（地上、海上、高層）実況
　国外（主としてアジア地域）の気象官署が北半球天気図を作成するための資料
・東京ボルメット無線電話通報（とうきょう）

飛行中の航空機向け空港気象通報

これらのサービスのうち、現在も運用しているのは気象無線模写通報（JMH）と東京ボルメット無線電話通報（とうきょう）の２局であり、他の通報業務の局については気象資料伝送網計画の展開等により業務終了（停波・廃局）に至っている。

なお、船舶気象無線通報（JMC）については、平成11年２月に完全実施されたGMDSS（Global Maritime Distress and Safety System）により、海上遭難通信システムの中の一つのサービスであるセーフティネットを用いることとなり、これまでのモールス通信による通報は、インマルサット衛星を介した通報に変貌して新たな役割を担うことになる。

50年以上にわたる船舶気象無線通報（JMC）は、当庁におけるモールス通信の最後の運用でもあった。これまで長きにわたり気象通信を支えてきたモールス通信は、以下の電報の打電を最後に長い歴史に幕を閉じることとなった。

> JMA EXTENDS SIN―CERE THANKS TO THE LIS―TENERS WHO HAVE KEPT RECEIVING OF JMC BROAD―CAST FOR OVER 50 YEARS. JMA HEARTILY EXPECTS SAEFTY YOUR VOYAGE. THANK YOU VERY MUCH AND FAREWELL. VA VA VA
> JMC通報を50年以上にわたって受信し続けてこられた聴取者の皆様に厚くお礼申し上げるとともに、皆様方の航海の安全を心から祈念いたします。大変ありがとうございました。さようなら。以上

（6）無線局運用の委嘱

気象庁本庁にて運用していた気象無線模写通報（JMH）と東京ボルメット無線電話通報（とうきょう）の特別業務の局については、無線局自体の運用を外部委託するため平成19年度に通信サービスの調達が行われた。

具体的には免許人は気象庁のままとし、通信サービスを提供する受注者が無線局の運用を委嘱するものである。

調達手続の結果、鹿児島県無線漁業協同組合が受注し、平成21年３月からこれらの特別業務の局の運用を委嘱している。

６．その他の気象情報等の提供

（1）気象情報自動応答装置

業務輻輳時の対策の一環として、部外からの電話照会に対応するため、L-ADESS端末から受信した電文を音声変換し、自動応答する装置が制作された。

本装置は、一般官署用として気象情報自動応答装置、航空気象官署用として飛行場気象状況電話応答装置として整備されることとなり、地元の漁業関係者等からの問い合わせが多い官署が選ばれ、平成６年10月には佐渡空港出張所、平成７年４月には御前崎測候所、静岡地方気象台、石廊崎測候所、石巻測候所での運用が始まった。

その後も府県予報区担当官署に気象情報自動応答装置が順次整備され、部外からの電話照会対応に一役買っている。

テレビやスマートフォン、インターネットなどの普及に伴い、気象情報の入手手段が多様化し、NTTが提供する天気予報サービス「177」が終了となる中で、本装置は令和６年度に更新を迎え、本庁と各管区・沖縄気象台にシステム集約されて現在もなお運用を続けている。

（2）航空気象情報配信装置

航空気象官署における場内への航空気象情報の通報や提供として、テレメールという装置が平成初期の頃まで運用されている。テレメール装置は、観測員が手書きした内容をそのまま複数の相手に瞬時にプロットして伝えるという一種の手書き電話、今風で言えば筆談チャットのようなものであった。

しかし、テレメール装置の製造中止の報を受け、平成２年度からはデータ通信による伝達を行う航空気象情報配信装置に順次更新されることとなった。

航空気象情報配信装置は、L-ADESS端末や空港気象常時監視通報装置とも接続され、航空気象情報の通報や提供等、航空部外配信の要となっていく。

平成９年３月から運用開始したⅢ世代のL-ADESSからは、同装置の機能が各航空気象官署に設置されたL-ADESS端末に集約され、さらに平成17年10月から運用開始したⅠ世代のアデスからは、東西アデス中枢にその機能が集約された。

アデスによる航空部外配信は、今なお継続しているところであるが、航空気象情報提供システム（MetAir）の利用やアデスとの直接接続によるデータ提供方法に移行しつつある。

（3）飛行場内気象情報提供装置

平成10年度第３次補正予算において、緊急防災情報ネットワークの整備が認められることとなった。この中で地方気象台等には予警報一斉伝達装置の後継機として防災情報提供装置が整備されることとなるが、航空気象官署においてもこれまでL-ADESS端末によるデータ分岐（航空配信）やFAX分岐の提供、更に飛行場警報の通知方法を見直すべく、飛行場内気象情報提供装置（通称「場内イントラ」）が整備された。

本装置は飛行場内の利用者を専用回線又は構内回線で結び、防災情報提供装置と同様にリクエスト・リプライ方式による天気図等の図形式情報の提供や送達報による飛行場警報の通知を行うものであり、平成17年度の東アデス整備において、後述の航空気象情報提供システム（MetAir）に移行することとなる。

（4）航空気象情報提供システム（MetAir）

航空気象官署からのオンラインによる情報提供は、平成14年度末（利用者の意向によっては15年度末）に飛行場内気象情報提供装置に一元化する計画を進めていたが、これまでL-ADESS端末からデータ分岐やFAX分岐を受けていた利用者からは、飛行場内気象情報提供装置によるリクエスト・リプライ方式ではなく、従前どおり自動的に紙が出力される機能が必要との要望を受け、技術的検討を重ねてきた。

平成15年度に東京・成田・関西航空地方気象台に整備した航空気象情報提供装置（MetAirの前身）においては、既に飛行場内気象情報提供装置に接続している利用者はそのままの環境でFAX情報の自動入手が可能となることに加え、TAF・METAR等の文字情報についてもあ

らかじめ設定したものを自動印刷するという、従来の TAF 表に相当する機能も実現した。また、接続形態として新たにインターネット経由も可能としており、利用者は希望の方式を選択することが可能となった。

本装置については、平成 17 年度の東アデス整備時に航空気象情報提供システム（MetAir）に整理されることになる。

【第３節】数値予報システム

１．スーパーコンピュータシステム

（１）概要

気象庁は、気象・水象・地象等に関するデータの解析及び予測等を遂行するために、昭和 34 年 3 月以来、一貫して高性能なコンピュータシステムを導入してきた。

昭和 62 年度からは、気象資料総合処理システム（COSMETS: Computer System for Meteorological Services）のバッチ系（NAPS: Numerical Analysis and Prediction System）として、スーパーコンピュータを導入・運用してきた。

一方、台風や梅雨前線等の監視に重要な役割を果たす静止気象衛星「ひまわり」等の衛星観測データを処理するため、昭和 52 年以来、静止気象衛星資料処理局電子計算機システム（DPC: Data Processing Center System）を運用し、衛星資料の作成を行ってきた。

平成 16、17 年度からは、衛星観測データによる高度実況解析処理と気象予測の基盤技術である数値予報処理を緊密に連携させるため、「NAPS」と「DPC」を統合一体化し、新たな「スーパーコンピュータシステム」として運用している。

気象庁は、こうした歴代の高性能なコンピュータシステムの更新とともに、最新の気象学の研究成果に基づく計算手法の開発・実用化、新しい観測データの利用等によって、気象予測の精度向上・予測期間延長等の改良を進めてきた。気象庁のスーパーコンピュータは今や、国民の生命・財産を守るための気象警報・注意報や天気予報の発表に不可欠なものとなっており、気象庁業務の根幹を支える極めて重要な役割を担うものとなっている。

近年、台風・集中豪雨・突風等による気象災害の防止・軽減及び航空機の安全運航に資するため、防災機関、国民、企業等に提供する特別警報等の防災情報について、一層の改善が強く要請されているところである。そうした要請に応えるために、更新の都度、前世代の計算能力を大きく上回る高性能なスーパーコンピュータの導入を行ってきた。

（２）整備年度と仕様概要

ア．第一世代

機種名：IBM704

理論性能：84 μ sec（加減算演算 1 回当たり時間）

ノード数：1

CPU 数（コア数）：1（1）

メモリ量：8kw （1word = 36bit）

ストレージ：磁気ドラム装置 8kw

昭和 34 年 4 月に気象庁予報部に電子計算室が設立され、当時としては日本に 2 台しかない最新鋭の計算機として竹平町（現在の大手町一丁目）の気象庁本庁構内に導入した。

イ．第二世代

機種名：HITAC5020/5020F

理論性能：3.25 μ sec（加減算演算 1 回当たり時間）

ノード数：1

CPU 数（コア数）：1（1）

メモリ量：131kw （1word = 32bit）

ストレージ：磁気ドラム装置 768kw

昭和 42 年 4 月に導入。新たに XY プロッター 2 台が導入された。

ウ．第三世代

機種名：HITAC8700/8800

理論性能：0.22 μ sec（加減算演算 1 回当たり時間）

ノード数：1

CPU 数（コア数）：1（1）

メモリ量：2MB

ストレージ：磁気ドラム装置 8.6MB、磁気ディスク装置 232MB、M/T（磁気テープ装置）10 台

昭和 48 年 8 月に導入。OS7 という OS によって制御されたメモリ共有マシンであった。新たに容量 232MB の磁気ディスク装置が導入された。

エ．第四世代

機種名：HITAC・M-200H（2 台）

理論性能：0.084 μ sec（加減算演算 1 回当たり時間）

ノード数：1

CPU 数（コア数）：1（1）

メモリ量：16MB

ストレージ：磁気ディスク装置 7,620MB、M/T（磁気テープ装置）6 台

昭和 57 年 3 月に同一の計算機 2 台が導入された。2 台あったこと、内部アレイプロセッサ(IAP)があったため実質的には前世代の 10 倍以上の能力を発揮した。OS は大型メインフレーム M シリーズ向けに開発された VOS3/SP21。この時に TSS 端末装置が 19 台導入され、ソフトウェアの開発能率も大幅に向上した。

オ．第五世代

機種名：HITAC・M680H

理論性能：30MIPS（1 秒当たりの命令実行回数）

ノード数：1

CPU 数（コア数）：1（1）

メモリ量：32MB

本体定格電力：36kVA

機種名：HITAC・S810

理論性能：630MFLOPS（1 秒当たりの浮動小数演算回数）
ノード数：1
CPU 数（コア数）：1（1）
メモリ量：64MB、512MB（ES（拡張メモリ。低速のメモリであるが超高速の磁気ディスクとして使用可能））
本体定格電力：120kVA
ストレージ：磁気ディスク装置 35GB、光ディスク装置 40GB、M/T（磁気テープ装置）8 台

昭和 62 年 9 月に汎用計算機 HITAC・M680H、12 月に初めてのスーパーコンピュータ S-810/20K が導入された。このスーパーコンピュータは、日立製作所開発のカスタム LSI を 41 個配置したロジックボードでベクトルプロセッサを構成したベクトル型スーパーコンピュータであった。OS は VOS3/ES1。

また、昭和 63 年 2 月に、新しい ADESS と合わせて気象資料総合処理システム（COSMETS）として正式に発足した。

カ．第六世代

機種名：HITAC S-3800/480
理論性能：32GFLOPS（1 秒当たりの浮動小数演算回数）
ノード数：1
CPU 数（コア数）：4（4）
メモリ量：2GB、12GB（ES）
本体定格電力：424kVA
ストレージ：磁気ディスク装置 205GB、サーバ共有ディスク 79GB、CMT（Cassette Magnetic Tape）ライブラリ装置 2TB

平成 8 年 3 月に導入。前世代の性能アップした上位互換のベクトル型スーパーコンピュータで、最大構成の 4 台マルチプロセッサ構成として導入された。OS は VOS3/AS。

この世代から清瀬庁舎（第二庁舎）に整備することとなり、あわせて数値予報課も大手町庁舎と清瀬庁舎の 2 か所でそれぞれシステム監視と数値予報品質監視を行うこととなった。

キ．第七世代

機種名：HITACHI SR8000E1
理論性能：768GFLOPS（1 秒当たりの浮動小数演算回数）
ノード数：80
CPU 数（コア数）：640（640）
メモリ量：640GB
本体定格電力：324kVA
ストレージ：高速ストレージ 4.8TB、サーバ共有ディスク 743GB、CMT（Cassette Magnetic Tape）ライブラリ装置 80TB、DVD ライブラリ装置 5.6TB

平成 13 年 3 月に導入。日立製作所開発の PowerPC ベースの RISC プロセッサを用いた並列コンピュータであった。ベクトル機からスカラー機への変更に伴い、数値予報モデルの MPI 並列化対応を行った。また、本世代で初めてスパコンの OS に UNIX 系 OS が採用されることとなった（HP-UX/MPP）。OS の機能が充実したことによる利便性が増した一方、処理の実装に自由度が生まれたことによるルーチン構築、運用に対しての問題が発生した。また、平成 15 年 3 月に豪雨災害対策高度化のためにサーバ（TRaPS）を増強し、それまで 1 時間ごとに計算していた降水短時間予報を 30 分ごとに計算することとなった。

また、本庁の課室単位に整備した PC 端末に Linux を導入し、その後の Linux サーバ利用への先鞭をつけることとなった。数値予報の重要度の高まりから、夜間休日の障害対応が可能なようリモートメンテナンス装置を導入した。

ク．第八世代

機種名：HITACHI SR11000J1（サブシステム 1（サブ 1））
理論性能：6.08TFLOPS（1 秒当たりの浮動小数演算回数）
ノード数：50
CPU 数（コア数）：800（1,600）
メモリ量：3.1TB
本体定格電力：235kVA
ストレージ：高速ストレージ 6TB

機種名：HITACHI SR11000K1（サブシステム 2（サブ 2）、サブシステム 3（サブ 3））
理論性能：21.5TFLOPS（1 秒当たりの浮動小数演算回数）
ノード数：80×2
CPU 数（コア数）：1,280（2,560）×2
メモリ量：5TB×2
本体定格電力：909kVA
ストレージ：高速ストレージ 6.8TB×2、高速共有ディスク 15.6TB、ネットワーク共有ディスク 31TB、CMT（Cassette Magnetic Tape）ライブラリ装置 2PB、フロントディスク 36TB

平成 17 年 3 月に HITACHI SR-11000 J1（サブ 1）が、平成 18 年 3 月に HITACHI SR-11000 K1 が 2 台（サブ 2 及び 3）導入された。SR11000 は、IBM 開発の POWER5（サブ 1）及び POWER5+（サブ 2 及び 3）プロセッサを搭載した並列コンピュータで、サブ 1 が衛星データ高度処理システムとして先行導入され、翌年に数値予報業務処理用にサブ 2 及び 3 が導入された。この世代から、正式名称をスーパーコンピュータシステムと呼称することとなった。スパコン OS は IBM 製の AIX、業務処理サーバの OS は Linux が採用された。UNIX 系 OS による自由度の高い記述法に関するルーチン構築の困難については、数値予報ルーチン使用する文法の限定化や、限定することによって実行モジュール＝定数＝可変データの依存関係を整理し、データベースに登録する仕組み（RENS: Routine Environment for Numerical weather prediction System）を構築し、活用することで克服した。

可用性を確保するため、初めて複数のスーパーコンピュータを冗長構成で導入し、ルーチン稼動系（通常はサブ 1 又はサブ 3）が障害やメンテナンスのため全系止める必要が生じた場合は、待機系（サブ 2）で業務を継続できる方式を採用した。ただし、高速ストレージを他方の

系のスパコンにマウントし直す方式であったため、多数の高速ストレージを接続するスーパーコンピュータの系の切替えは数時間を要する大掛かりな作業であった。

また、この世代からオープン IO 室が無くなり、利用者は事務室の自席に端末を用意しての利用となった。

気象庁業務の多様化により、スパコンで出力するデータを用いて可視化するような小規模なデータ処理のニーズが大きくなり、各課業務処理サーバ（PC サーバ）を課室単位で整備した。

分散したスパコンや各課業務処理での運用や開発を効率的に実施するため、階層型ストレージの大容量保存装置を導入した。フロントディスクやサブ 2 へのデータ転送用ストレージのファイルシステムとして CXFS を採用したが「書き込んだデータがビット欠けする」等の問題が発生し、ルーチンデータの保存の際には都度チェックを走らせざるを得ない等、運用で苦労をした。加えて、バックエンドのテープライブラリ装置についても、多数回の I/O によりテープ切断が発生する等のトラブルも発生した。

ケ．第九世代

機種名：HITACHI SR16000M1（2 式）

理論性能：847TFLOPS（1 秒当たりの浮動小数演算回数）※主副合計

ノード数：864 ※主副合計

CPU 数（コア数）：3,456（27,648）※主副合計

メモリ量：108TB ※主副合計

本体定格電力：1,956kVA

ストレージ：高速ストレージ 348.9TB ※主副合計、共用ストレージ 754TB、データバンクストレージ 2.9PB、バックアップストレージ 1.5PB

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災の影響で整備が遅れつつも、平成 24 年 6 月に導入された。前世代に引き続き、IBM 開発の POWER 系プロセッサ（POWER7）を搭載した並列コンピュータ（OS は IBM 整の AIX）となった。このころから、世の中の CPU は RISC 系[*1]から CISC 系[*2]へとシフトしつつあり、第九世代スパコンの検討にあたっては x86 系をベースとした PC クラスタも候補として検討を進めた。

（＊1）RISC 系：縮小命令セットコンピュータ。単純な命令を高速に処理できる。

（＊2）CISC 系：複雑命令セットコンピュータ。複雑で高度な命令をこなせるが実行速度は比較的遅くなる。

この世代から、スーパーコンピュータシステムを設置するために新営した、水冷設備や縦横免震機構を備えた清瀬第三庁舎に整備することとなった。

主副の 2 式冗長構成とし、前世代と同様一方の系が利用できない場合でも他方の系で業務を継続できる方式を採用。本世代の冗長方式は、高速ストレージを付け替える方式ではなく、数値予報ルーチン側でデータを主副で同期させ、ジョブの投入先を切り替える方式に変更したことにより、系切替は数秒で実現できるようになり、より可用性が高まった。可用性が十分確保できたことから、この世代からスパコンの 24 時間運用が可能となった。

各課業務処理サーバについては、「課室ごと」の構成から「（全員で使う）クラスタ」構成に変更した。

大容量保存装置については、前回の反省を踏まえ全て磁気ディスク構成とした。

コ．第十世代

機種名：HPE（調達当時 Cray）XC50（2 式）

理論性能：18.16PFLOPS（1 秒当たりの浮動小数演算回数）※主副合計

ノード数：5,632 ※主副合計

CPU 数（コア数）：11,264（270,336）※主副合計

メモリ量：528TiB ※主副合計

本体定格電力：4,076kVA

ストレージ：高速ストレージ 9.6PB ※主副合計、共用ストレージ 6.06PB、大容量ストレージ 9.12PB、長期保存ストレージ（磁気テープライブラリ装置）80PB、フロントディスク 16.02PB

平成 30 年 6 月に導入。これまでの日立製作所製のスパコンから HPE 社（当時 Cray Japan Inc.）に切り替わった。CPU は Intel 社製の Xeon プロセッサが採用されており、長年使ってきた RISC 系から初めて CISC 系となるとともに、スパコン OS も Linux 系（CLE、SUSE）になり、他の業務処理サーバ系も全て Linux 系に統一された。CPU の変更に伴い、数値予報ルーチンをはじめとした気象庁作成のプログラムにおいて、バイトオーダー[*3]を Big Endian から Little Endian に変更することが課題となり、数値予報課を中心に一大プロジェクトを立ち上げ変更作業を実施した。

（＊3）バイトオーダー：コンピュータ（メインメモリ）上で取り扱うデータの並び順のルールであり、Big Endian は上位バイトから下位バイトへの順で書き込み、読み出しを行う。Little Endian はその逆の順でのデータ取り扱いとなることから、プログラム全体の見直しが必要となった。

大容量保存装置について、ニーズ（保存容量）増大に伴い、再び「フロントディスク」＋「テープライブラリ」構成とし、スパコン本体よりも耐用年数の長いテープライブラリの特徴を活かし、次世代のスパコンでも利用できるよう整備した。NAPS8 の反省を踏まえ、「フロントディスクの大容量化」及び「テープライブラリの運用設計の見直し」を行うことで、NAPS8 時代ほどのトラブルはなく運用をすることができた。スーパーコンピュータは引き続き主副の 2 式冗長構成で可用性を担保するとともに、本世代から大阪にも数値予報業務及び衛星データ処理業務の業務継続のための機器を整備することとなった。業務継続と言っても、大阪に整備した機器の規模は清瀬に比べるべくもなく、数値予報 BCP は、米国国立環境予測センター（NCEP）から GPV データをダウンロードし最低限のプロダクトを作成するもので、衛星データ業務処理 BCP は、清瀬とは異なり、最低限の画像作成を行うものであった。

スーパーコンピュータ上で数値予報ルーチンのジョブを確実かつ効率的に実行させるための制御ツールとして、長い間日立製作所作成のジョブスケジューラ「JNOS（JMA Nwp Operating System）」が運用されてきた。数値予報ルーチンが巨大化・複雑化するにつれ、制御が重要になる一方、更新の都度の移植で苦労を伴い、JNOS が整備スケジュールのボトルネックとなることもあった。このため、第八世代の頃から数値予報課プログラム班による内製ジョブスケジューラ「ROSE（Routine Operation and Scheduling Environment）」の開発を開始し、本世代からは数値予報ルーチン及び各課ルーチン用のジョブスケジューラとして利用を開始した。

令和元年頃に発生したCOVID-19の拡大を受け、令和2年度に、テレワーク時に自宅からスーパーコンピュータシステムにアクセスできるリモートアクセス環境を構築し、出勤できなくても開発計画に支障をきたさず開発業務を継続することが出来るようになった。

地方官署の研究開発の目的として、平成30年6月から業務処理サーバの地方利用を、令和元年6月からはスパコン副系の利用を開始した。

令和4年度から、前年度の気象庁グループウェアシステム更新で利用が開始されたMicrosoft Teamsを活用して利用者向けのシステム窓口環境を構築し、ユーザ管理やユーザ間の互助の効率化を図った。

令和4年度には、線状降水帯予測精度向上の加速化に向け、館林市に線状降水帯予測スーパーコンピュータ（NAPS11s）を構築した（詳細は後述）。第十一世代スーパーコンピュータシステム（NAPS11）の整備にあたり、その電力確保のため、令和5年9月に第十世代スパコンの副系を停止して主系単独での運用とした。このためNAPS11の運用開始までの主系障害時に備えて、NAPS11s上にバックアップルーチンを構築した。

サ．線状降水帯予測スーパーコンピュータ

機種名：FUJITSU PRIMEHPC FX1000（2式）

理論性能：31.1PFLOPS（1秒当たりの浮動小数演算回数）※主副合計

ノード数：9,216 ※主副合計

CPU数（コア数）：9,216（442,368）※主副合計

メモリ量：288TiB ※主副合計

本体定格電力：2,809kVA

ストレージ：高速ストレージ43.5PB ※主副合計、共用ストレージ24TB

令和3年度の補正予算が認められ、線状降水帯予測の高精度化を加速させることを目的に、NAPS11に先行して、令和5年3月に線状降水帯予測スーパーコンピュータを群馬県館林市の富士通のデータセンターに導入した。性能評価にあたっては、線状降水帯予測に向く局地モデルと、スーパーコンピュータのベンチマークとして世界的に利用されているLINPACKを中心としたベンチマークを課した結果、当時世界最高の性能を有していた理化学研究所のスーパーコンピュータ「富岳」（令和2年6月から令和3年11月まで世界的なスーパーコンピュータの性能ランキング「TOP500」において1位）の商用機「FX1000」を提案した富士通が落札、導入された。

シ．第十一世代

機種名：FUJITSU PRIMERGY CX2550（2式）

理論性能：6.756PFLOPS（1秒当たりの浮動小数演算回数）※主副合計

ノード数：992 ※主副合計

CPU数（コア数）：1,984（111,104）※主副合計

メモリ量：124TiB ※主副合計

本体定格電力：1,346.9kVA ※清瀬第三庁舎合計

ストレージ：高速ストレージ27.2PB ※主副合計、共用ストレージ9.5PB、大容量ストレージ19PB、長期保存ストレージ80PB、フロントディスク8PB

第十一世代スパコンは令和6年3月に運用を開始した。当初、業務の可用性向上や、主要数値予報モデルの規模の頭打ち（超大規模な決定論予報の実施より、相応規模のアンサンブル実行への志向）により、「同一の計算機を4式」導入を目指したものの、折からのCOVID-19の世界的拡大やウクライナ問題等による部材や原料、人件費の高騰や、流通網の混乱、更には不利な為替変動等により初度調達は不落となり、4式構成から従前の主副2式構成を継続するなど要件を見直した結果、当初計画から遅れること5か月、令和4年10月末に契約することが出来た。本世代から、外部データセンターに高性能AI用計算機（GPU搭載サーバ）を整備するとともに、交通政策審議会気象分科会の令和2年12月提言「気象業務における産学官連携の推進」を踏まえ、大容量化が進む気象情報・データを社会に流通させ利活用の促進を図るため、クラウド技術を活用した新たな気象情報・データの共有環境（気象庁クラウド環境）も構築した。また、別途気象研究所に整備、運用されていた気象研スパコンを統合した。

リモートアクセス環境をスーパーコンピュータシステムの整備にあわせて正式に導入した。これにより、地方利用者も含めてスパコンシステムユーザがリモート環境からアクセスできる体制が整った。

2．関連機器の整備と仕様概要

スーパーコンピュータシステムの整備に関連して、スーパーコンピュータシステムとは別に数値予報ルーチンの精度向上への貢献、必要なデータの蓄積を目的とする装置を導入してきた。

（1）並列同化実験装置

平成11年3月利用開始。日立SR2201（8ノード）を本庁3階に設置した。

NAPS7移行に向けて、数値予報モデルのUNIX化、MPI並列化対応作業に利用した。

（2）防災情報モデル開発システム（本庁ミニスーパー）

平成13年7月利用開始。日立SR8000（8ノード）を本庁3階に設置した。本庁のメソモデル開発及び地方官署のNHMを使用した研究に利用した。

（3）気象データ処理ソフトウェア開発支援装置（清瀬ミニスーパー）

平成15年10月利用開始。日立SR8000（8ノード）を清瀬第二庁舎に設置した。セミラグランジュ全球モデルや全球4次元変分法の現業化に向けた開発作業に利用した。

（4）飛行場予報プロダクト開発支援装置（飛行場ミニスーパー）

平成21年3月利用開始。NEC SX-9F（3ノード）を本庁3階に設置した。LFM現業化に向けた開発作業に利用した。

（5）高分解能航空ガイダンス開発アーカイブ装置（航空アーカイブ）

平成26年2月利用開始。日立HA8000/RS210-h（Xeon E5-2690×2）（8台）と1.2PBのストレージを清瀬第二庁舎に設置した。LFMが出力する膨大な予報データの蓄積と統計処理に利用した。

（6）首都圏空港及び周辺空域予報高度化開発用ストレージ

平成28年3月利用開始。富士通RX2540M1（Xeon E5-2670v3×2）（24台、うち4台はNVIDIA Tesla K40を1台搭載）と9.6PBのストレージを清瀬第二庁舎に設置した。空港気象ドップラーレーダー、静止気象衛星等の観測データや、数値予報モデルにおける計算手法の

高度化を進めるうえで必要な過去データや計算結果のデータの蓄積に利用した。

（7）下層ウィンドシアー予測情報作成装置

平成 30 年 12 月利用開始。DELL R940xa（Xeon Gold 6138×4、NVIDIA Tesla V100×4）（1 台）、R640（Xeon Gold 6138×2）（11 台）と 10.2PB のストレージを清瀬第二庁舎に設置した。高頻度・高解像度の観測データや数値予報データを蓄積、解析処理の実行に利用した。

（8）飛行場予報プロダクト開発支援装置

令和 3 年 3 月利用開始。DELL R640（Xeon Gold 6252×2）（16 台）、DELL R740xd（Xeon Gold 6252×2）（1 台）、DELL R740（Xeon Gold 6226×2、NVIDIA Tesla V100×1）（2 台）、DELL R640（Xeon Gold 6246×2）（2 台）、DELL R6525（AMD 7402×2）（16 台）、DELL C4140（Xeon Gold 6226×2、NVIDIA Tesla V100×4）（1 台）、DELL R740（Xeon Gold 6226×2、NVIDIA Tesla V100×1）（2 台）と 32.2PB のストレージを清瀬第一庁舎に設置した。大量の観測データと数値予報モデル結果の蓄積、機械学習や深層学習を用いたビッグデータ解析に利用した。

【第 4 節】気象庁情報システム基盤へのシステム集約

1．経緯

気象庁では、情報作成や提供などに用いる業務システムを必要に応じて整備、運用してきた。その結果、増え続けた各業務システムの運用や管理が複雑化し、新たな業務処理の開発や近年の情報技術の進展に対応することが困難な状況となってきた。また、業務システムごとに類似したデータを配信し、記録・保存することはシステムリソースの無駄な消費につながる他、貴重な予算財源をも浪費する結果となり得る。

これらの課題を解決するために、これまで整備、運用してきた業務システムの形態を大きく見直し、全ての業務システムを集約することの検討が進められた。

平成 28 年度、29 年度の気象庁情報システム最適化等検討委員会及びその後の庁議において、原則として全ての業務システムを「気象庁情報システム基盤」（以下「情報システム基盤」という。）へ順次再編・統合する方針が示され、平成 31 年度から全庁的に対応が進められることとなった。

2．再編・統合の方針

情報システム基盤の整備を進める上で、再編・統合の方針を以下に示す。

・搭載業務システム「サーバ」を仮想化技術により「仮想マシン」として構成する。
・搭載業務システム単位で専用「物理サーバ」を割り当て、複数の仮想マシンを集約して搭載する。
・可用性を確保しつつ、ハードウェアを効率的に利用する構成とする（正副構成分のリソース確保と物理サーバ配置の適切な分散）。
・ストレージを性能の高い「共有データストレージ」、性能はやや劣るが大容量の「統合ストレージ」に集約し、利用目的により適したストレージを選択する構成とする。
・庁外ネットワーク接続を集約する（観測ネットワークやデータ交換等の庁外接続及びリモートアクセス環境の集約）。
・これまでシステムごとに実施していたハードウェア整備、インフラ構築、業務構築を分離ハードウェア整備、インフラ構築部分について、情報システム基盤が一括して整備・提供を行う。

3．情報システム基盤の構成

情報システム基盤は、気象庁の保有する情報システムを効率化・合理化するための各種システムの基盤であり「仮想マシン稼働環境」、「統合ストレージ」、「庁外接続ネットワーク機器」により構成する。

情報システム基盤は整備時期ごとを集約単位とし、各々のシステム基盤内の業務システムは 3 段階の SLA（Service Level Agreement）によりグループ化され、将来的な業務システム追加や業務処理データ量の増加に伴い、柔軟に拡張できることを目標とした。

（1）仮想マシン稼働環境

仮想マシン稼働環境は「仮想化ソフトウェア」、「サーバハードウェア」、「サーバ間を接続するネットワーク機器」及び「システム基盤の運用管理に必要な機器」により構成される。搭載する仮想マシンの業務要件が求める可用性に応じて、シングル構成や冗長構成を選択できるようになっており、仮想マシンの切り替え時には最小限の業務停止時間で切り替えが行える機能を有する。

ア．仮想化ソフトウェア

仮想化ソフトウェアは、サーバハードウェアに直接搭載するハイパーバイザ型、及びサーバに搭載した OS が提供するホスト OS 型の方式に対応している。またこれらは単一の仮想化ソフトウェアの利用に限らず、業務面及び運用面並びにコスト面を考慮して、サーバ群単位で異なる仮想化ソフトウェアを組み合わせることができるものとした。

仮想化ソフトウェアは次のような要件を有するものとし、仮想マシン上に搭載する OS は Windows 又は Linux とした。

・仮想マシンは別の仮想マシンに影響を与えない。
・全体及び個々の仮想マシンでリソース管理ができる。
・仮想マシンをシステム基盤内の別サーバハードウェアへ移動し、業務を継続できる。
・仮想マシンをテンプレートなどで管理し、容易に複製が作成できる。
・仮想マシンのリソース（CPU、メモリなど）の割り当てが容易にできる。
・仮想マシン単位での制御（停止・起動など）ができる。

イ．サーバハードウェア

同一の CPU を採用する同一機種の複数台構成で、システム基盤に集約した仮想化業務システムが処理するのに充分な性能の CPU を想定する。また、内蔵ストレージには、仮想化ソフトウェアで実現する機能によって、より高速な IO 性能が必須となるため、HDD の他 SSD に対応し、拡張可能なものを要件とする。

ウ．サーバハードウェア間を接続するネットワーク機器

ネットワーク機器及び経路は耐障害性を高めるために冗長化できるものとし、これを実現す

るためにスタックと呼ばれる複数のネットワーク機器を１つの機器として取り扱う仕組みを持つものを採用した。また、スタックを行う事で見た目上の機器の台数が減る事から、運用負荷の軽減にもつながる効果がある。

エ．情報システム基盤の運用管理に必要な機器

物理サーバ及びシステム基盤、仮想化ソフトウェアの統合的な運用管理に必要なソフトウェア及びシステム基盤の維持・管理に必要な端末については、以下の要件をもとに選定した。

・情報システム基盤及び仮想マシン群の単位で一元的に運用管理する。
・維持・管理に必要な端末は、管理用端末及び監視用端末を想定する。
・統合管理ソフトウェアを有し、WEB 画面等で仮想マシンの動作状況や監視データ等の表示ができる。

（2）統合ストレージ

即時的利用を終え利用頻度が低下したデータ及び非即時的利用を目的としたデータなどをストレージ領域に保存し、仮想マシン間でファイル共有することを想定する。また、ストレージのバックアップ機能を有し、低速であるが大容量の外部記憶装置へ保存を可能とする。

（3）庁外接続ネットワーク機器

庁内外のシステム等と接続するにあたりセキュリティを確保する必要があること、また障害時の迅速な対応のために以下の機能を備える。

・ファイアウォール

（4）仮想マシン共通ソフトウェア

データベース機能、Web/AP サーバ機能などのソフトウェアやアデスで制作した共通ソフトウェアを仮想マシンのテンプレートなどで提供する。また、ミドルウェア相当の共通ソフトウェアは、可能な限り OSS を利用し、選定にあたっては仮想マシンで十分な実績があり、運用期間中の保守経費等が安価なものを選定した。

4．情報システム基盤の全体構成と維持・管理

情報システム基盤は本庁（虎ノ門）、清瀬、大阪へ設置し、情報システム基盤全体、拠点単位、仮想マシン群単位で維持・管理する。

5．仮想マシン共通ソフトウェア

（1）仮想マシンのテンプレートにて提供するソフトウェア

仮想化ソフトウェアにより共通ソフトウェア（ミドルウェア相当含む）をあらかじめインストールなどを行った仮想マシンをテンプレートで提供する。

想定ソフトウェアにはデータベース、Web/AP サーバ、クラスタリングソフト等がある。

（2）システム基盤として搭載するソフトウェア

システム基盤として仮想マシン化などして共通ソフトウェアを提供する。

想定ソフトウェアにはセキュリティ対策ソフト（サーバ機能）、認証サーバ機能、DNS サーバ機能、NTP サーバ機能などがある。

（3）その他、アデスで制作する共通ソフトウェア

アデス整備時に制作したミドルウェアなどをコンポーネントとして提供する。

想定ソフトウェアには JMA ソケット通信機能、気象庁 FTP 通信機能などがある。

6．統合監視

システム基盤、各拠点、仮想マシン群の単位で統合的にシステム基盤及び業務システムの維持・管理を行う機能を提供する。

また、整備年度が異なるシステム基盤も統合的に監視できるものとした。

7．運用管理基本方針に従った対応

情報システム基盤運用管理方針に従い、情報システム基盤の整備や運用管理についてはシステム基盤管理組織である情報通信基盤課が担当、情報システム基盤の運用監視業務はシステム基盤運用実施者であるシステム運用室が東局を担当、西局は大阪通信課が担当、搭載業務システムの整備及び運用管理は搭載業務システム管理組織としてそれぞれ担当課室が担当する。なお、情報システム基盤（第Ⅱ期）の本庁 EPOS については、虎ノ門庁舎に設置・運用していることから、その運用監視業務は地震火山部が担当する。

令和７年３月までに集約した業務システムは、表 4-2-4-1 のとおりである。

表 4-2-4-1　集約した主な業務システム一覧

第Ⅰ期	気象情報伝送処理システム（アデス）、潮位データ総合処理装置、海洋情報処理装置、航空気象情報提供システム（MetAir）、アメダスデータ等統合処理システム（AMeDAS）、雷監視システム（LIDEN）、火山灰情報提供システム（VAFS）
第Ⅱ期	地震活動等総合監視システム（EPOS）、予報作業支援システム（YSS）、空港気象ドップラーレーダー観測処理装置（ADRAS）
第Ⅲ期	河川洪水予報データ交換システム、土砂災害警戒情報作成システム、気象レーダー観測処理システム（突風部、レーダー部）、火山監視情報システム（VOIS）
第Ⅳ期	高層気象観測データ処理システム、気象資料提供システム、気候変動情報処理システム

【第５節】通信ネットワーク

1．国内基盤通信網

国内基盤通信網は、気象情報伝送処理システムの整備（平成 17 年度に東アデス、平成 19 年度に西アデス）と合わせて、これまで各種業務で利用されていた通信網を統合し、再構築した当庁の情報通信基盤である。

現在は、令和元年度、令和２年度のアデス更新に合わせ整備された第三世代目の国内基盤通信網が運用されている。

本項では、国内基盤通信網の展開と運用に至るまでの経緯等について説明する。

（1）気象資料伝送網計画による通信回線の高度化

昭和 51 年度に入り、国内気象監視計画（National Weather Watch 計画）の構想に基づく気象資料伝送網計画の検討が始まっている。この検討の根底には相手に対していかに早く情報を届けるかという課題があり、テレタイプ通信のアップグレードが検討されている。当時のテレタイプ通信は 50bps（1 分間に 375 文字）であり、緊急を要する地震・津波電報の送受信においても時間を要していた。気象資料伝送網計画では、これを 200b/s（1 分間に 1,200 文字（非同期通信方式））のデータ通信に改めるほか、本庁～管区等の主要回線のアップグレード（50bps から 4,800bps）、ファクシミリのアナログ伝送からデジタル伝送、通信回線（4 線式）の上り・下り伝送による効率的活用、中枢システム単位での編集機能による効率的な集配信等も検討されている。この第 1 期目の気象資料伝送網計画では、昭和 55 年から昭和 61 年度にかけて C-ADESS 及び各管区 L-ADESS の整備が行われた。なお、この時代の通信網は C-ADESS ～管区 L-ADESS 中枢～官署端末を通信回線でそれぞれ接続したツリー型の構成であり、データ通信、ファクシミリ伝送（CDF）はそれぞれ別の通信回線を用いていた（地震波形データは CDF 回線の上りを利用）。

第 2 期目の気象資料伝送網計画（昭和 62 年から平成 6 年度整備）では、通信速度の更なる向上とこれに伴う通信回線のアップグレードが求められることとなった。しかし、これまでの目的別の通信回線を準備していては通信料がかさむことから、単一の通信回線による多重通信技術の伝送方法が取り入れられた。具体的にはデータ通信 2,400bps、ファクシミリ伝送 4,800bps、レーダー・SDUS 画像伝送 2,400bps、地震波形データ伝送 4,800bps（一般官署のみ）の各種通信について多重モデムを用い、1 本の通信回線「3.4kHz（S）」（NTT の通信サービス）により分割して伝送するものである。この通信回線「3.4kHz（S）」による伝送は、9,600bps まで保証されるが、地震波形の伝送のある一般官署ではこの保証を超えての運用となっていた。また、第 2 期の気象資料伝送網計画では地方予報中枢にも L-ADESS 中枢が設けられ、更に分散した集配信と回線多重化装置の設置による伝送の集約が図られた。

（2）津波地震早期検知網の展開による通信回線の集約

平成 5 年 7 月に発生した北海道南西沖地震では、極めて短時間で奥尻島を含む北海道沿岸に津波が来襲したことから、平成 5 年度補正予算（第 2 号）では「国民の生活を守る津波対策のための緊急情報基盤の整備」として、2 ～ 3 分程度で津波予報を発表できる津波地震早期検知網と緊急情報衛星同報システムの整備が認められ、その後整備が進められることとなった。この中の津波地震早期検知網の整備では、観測点から全国 6 か所の津波予報中枢にテレメータすることから、気象資料伝送網を含めた通信回線の見直しが行われた。具体的には NTT 拠点に観測点との通信を行う伝送機器（モデム）を設置し、それぞれ NTT 拠点と当庁のシステムを接続するものである。この NTT 拠点には官署との通信に用いる L-ADESS 用の伝送機器も設置して運用することにより、これまで L-ADESS 中枢と官署を個々で結んでいた通信回線を更に集約化することとした。

（3）新たな通信サービスの導入

平成 10 年度第 3 次補正予算では緊急防災情報ネットワークの整備が認められることとなった。この緊急防災情報ネットワークは、本庁と各地方気象台の防災情報提供装置をネットワークで結び、これまでの L-ADESS では成し得なかった汎用メールの配信や防災情報コンテンツの充実を図ることとした。この際に用いられた通信回線は FR（フレームリレー）回線であり、通信事業者のパケット交換機を通じて広域網を構築し、高速で低コストな通信サービスを提供するものであった。さらに FR 回線は都道府県との指定河川洪水予報に関わる接続や第 3 期の気象資料伝送網計画の西日本管内（大阪、福岡、沖縄）の L-ADESS による通信回線としても用いられた。

次に平成 15 年度に整備した予報作業支援システムについては、L-ADESS による対話型の予報作業とは異なるサーバ・クライアント方式による形態となり、電文等の伝送を主体として利用されている L-ADESS の通信網とは異なる本庁～各地方気象台等とのネットワークが必要となった。当時、広域イーサネットと呼ばれる通信サービスが普及しており、通信事業者における閉域網を利用し、柔軟性のあるネットワークの構築が可能であったことから、これを導入することとなった。この通信網は予報作業支援システムや航空共有環境にも用いられ、L-ADESS の通信網とは併用（共有）できない各種業務に先行して導入されることとなった。

（4）国内基盤通信網への整理・統合

ア．通信網の再構築に向けての検討と整備

東日本管内 L-ADESS との通信を含む津波地震早期検知網、緊急防災情報ネットワークや西日本管内 L-ADESS における FR 回線網、予報作業支援システムや航空共有環境、更には行政情報ネットワークにおける広域 LAN サービス等々、ここまで乱立したネットワークの整理・統合や混在した各種システムのネットワーク収容に関して、平成 15 年頃には通信網の再構築に向けて以下の検討が行われた。

・業務目的により個別の整備をしてきた回線の集約
・ピーク時のデータ増への柔軟な対処
・ネットワークの耐障害性及び運用効率の向上
・汎用技術（TCP/IP）の導入
・異なる通信事業者が提供するネットワークサービスの並行利用

これらの条件が達成可能との結論を得て、全庁的な同意を庁議に諮り、国内基盤通信網として整備が進められることになる。整備にあたっては、国内基盤通信網検討プロジェクトチームによる所要の検討が進められ、平成 17 年度の東アデス整備に合わせて通信網を構築し運用開始に至った。

新しい通信網によって、その後も安定的なネットワーク運用を行っていたところ、平成 23 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震発生時においては、東北・関東地方を中心に通信回線の障害が多発し、アメダスや検潮データ等の多くが欠測した。この通信障害の原因は、個々の通信回線の断線の他、主要拠点間を結ぶ幹線ルートの回線障害、更には燃料枯渇によるデータセンターの停電によるものもあったが、国内基盤通信網は「異なるネットワークサービスの並行利用」という前述のコンセプトに基づき、A、B 網を別々の通信事業者のネットワークサービスにより構築したことから、津波被害を直接受けた仙台航空や一部の官署を除き通信が確保され、災害にも強い堅牢な情報通信基盤であることを実証した。

令和 2 年度の更新においては、セキュリティ面の強化（業務系/行政系ネットワークの分離）

や大容量データの取り扱いを実現するため、A、B 網の帯域を見直すとともに、新たなベストエフォートの回線である C 網を追加した。また、これまでデータセンターを拠点とした構成やルーティングプロトコルの見直し（EIGRP から BGP-4 へ）を行うとともに、気象官署等に設置するネットワーク機器については、これまでの L3SW からルータに変更を行った。

イ．基本機能

国内基盤通信網における基本的な機能を以下に示す。

・常時 2 経路の利用

コストパフォーマンスの向上のため、従来の通常系、バックアップ系ではなく、常時 2 経路を利用したネットワークシステムとする。

・障害時における経路切り替え時間の短縮

キャリア網及びネットワーク機器の障害時における、回線切り替え時間を従前（L-ADESS 時代）の 1 分から 30 秒以内に短縮させる。

・システム構成の柔軟性の確保

様々なシステム構成に対応可能とし、また、IP 電話を利用可能にするために、フルメッシュ型のネットワーク構成を持つこととする。

・帯域制御

アクセス回線の速度差によるパケットロスを防止するため、また、業務ごとの優先度に則した優先度処理を可能とするため、帯域制御が可能な構成とする。

ウ．運用

国内基盤通信網は、異なる通信事業者による三つの通信回線 A 網、B 網、C 網により運用される。

A・B 網は警報事項の伝達等、当庁基幹業務に利用している重要回線である。不適切な通信により利用帯域を占有（圧迫）した場合、警報事項の伝達に遅延等が発生し、適切な防災措置がとられなくなるなど当庁業務の信頼性を著しく損ねることとなる。このため定常業務に影響を与えるような利用（不要な通信、過度な負荷となる通信）を行わないように運用上の周知を行っている。国内基盤通信網（A・B 網）では、業務ごとにきめ細かな制御までは実施せず、より重要な業務の通信を優先させる設計としていることから、各利用者やシステムにも配慮することとしている。

一方、事務系通信（行政情報ネットワークやインターネット利用等）は令和 2 年度整備により新たに国内基盤通信網（C 網）を利用している。C 網はベストエフォート型の通信回線を用いており A・B 網と比べ回線品質は低いが、より広帯域の利用が可能となる。ただし、ここでの通信は帯域制御を行っていないため、長時間・大容量の通信にて占有することは避け、他の利用者もいることに配慮しつつ適切な運用を行うよう周知している。

エ．業務見直し

国内基盤通信網の展開は、これまでの通信網の整理・統合を図ったほか、各官署の業務見直しにも貢献した。その一つとして気象庁行政情報ネットワークの接続官署が測候所等まで拡張されたことにより、各官署では気象法規データベースの利用や気象証明に関わる電子申請が利用可能となり、平成 17 年度には関係訓令の改廃も行われることとなった。

（5）今後の取組

令和 3 年 12 月に閣議決定された「デジタル社会の実現に向けた重点計画」においては、府省など行政機関の業務用 PC やネットワーク環境などの業務実施環境を、政府共通の標準的な環境としてデジタル庁が提供するサービス「ガバメントソリューションサービス（GSS）」への移行が計画されており、気象庁行政情報ネットワークもこれに移行することで対応が進められている。

国内基盤通信網の展開までには様々な経緯があったが、今後もより効率的な通信網やネットワークの導入と運用に向けて、市場調査や技術的な検討等について積極的に取り組んでいく。

2．汎用サービス等の導入

（1）専用電話

電話や通話と言われるものは、音声を電気的信号に変え、離れた場所に伝達し、これをふたたび音声に戻して相互に通話できるようにした基本的な通信手段であるが、その方法にはアナログ回線やデジタル回線を用いた固定電話回線から最近では 050 で始まる IP 電話回線等に分類され、その中には利用者間に限った通話に限定するため専用電話として用いる場合もある。本目では当庁がこれまで運用してきた専用電話について紹介する。

ア．予報中枢間専用電話の整備

台風等の異常気象時を含む予報、警報についての連絡指示を予報中枢間で緊密に行うため、昭和 37 年度から電話回線の合理化として整備が開始され、翌年の本庁～大阪・福岡の専用電話の運用が始まった。昭和 40 年 3 月には本庁、札幌、仙台、大阪、福岡を専用回線で結び、各管区等に設置されている電話交換機を介した電話機による呼び出しや通話の運用も始まった。

公衆電話の利用と異なり通話料が無料（toll-free）であることから、「市外トール」や「トール電話」、又は、電話機の色がさんご色に統一されていることから「あか電話」の愛称としても親しまれ、その後も地方予報中枢、海洋気象台、航空官署等への展開や専用回線の増設、見直し等も行われ、気象庁独自の専用電話として運用されていった。

イ．行政電話網への移行

行政事務の効率化、行政サービスの向上等の観点から電話・ファクシミリ・データ通信等による通信回線の利用も増大した。また、行政の複雑化・多様化等に伴って、行政機関相互間における情報交換の必要性がますます高まってきたこともあり、通信回線の効率的利用、通信経費の節減、情報処理の迅速化等を図る観点から、行政機関が共同利用する専用の通信網として昭和 54 年から行政電話網の整備が当時の総務庁主管によりスタートし、さらに昭和 60 年からは行政データ伝送網の整備が進められている。

行政電話網は電話及びファクシミリ用のネットワークとして経済効果が大きく、その必要性の高い地区（県庁所在都市）から順次設置・拡大が図られていった。

当庁ではこれまで独自に運用してきた予報中枢間専用電話から行政電話網への移行を平成 3 年に行った。

ウ．IP 電話への移行

平成 12 年頃には、FR 回線を代表とする距離に依存しない通信サービスの展開や広帯域の LAN サービスが比較的安価に借りられるようになったこともあり、これまで総務庁が運用してきた行政電話網も整理（廃止）の計画が浮上した。これを契機に行政電話網から再び当庁独自のネットワークを用いた専用電話の構築が行われることとなる。具体的には IP-VPN サービスにより運用している行政情報ネットワーク内に VoIP ゲートウェイや SIP サーバ等の関連機器を整備し、これを各官署の電話交換機と接続して全国的な IP 電話網を構築するに至った。平成 22 年度には機器等の老朽化により関連機器の更新及び国内基盤通信網との接続に変更された。

平成 30 年度～平成 31 年度には機器の老朽化に伴い、清瀬と大阪管区気象台に SIP サーバを構築すると共に VoIP ゲートウェイ等の関連機器の更新整備を行っている。

（2）緊急連絡用衛星電話

現在、非常災害時等において地上回線が途絶した場合の通信手段として、全国の気象官署に緊急連絡用衛星電話が設置・運用されている。

これまで当庁では、超短波無線電話（VHF）や短波無線電信・電話（A1A、SSB）等による無線通信が活用され、特に VHF 通信網については、平成 7 年の兵庫県南部地震において地上回線が途絶、輻輳する中で本庁との連絡手段として活躍した。また、非常災害時の通信確保以外にも本庁等による一斉呼出や官署間の音声通話、更にはレーダー合成画像や FAX 画像のデータ伝送にも広く利用された。

VHF 通信網については、狭帯域化や 2 周波セルコールの導入、複信化等、その後も改良・更新を進める反面、無線設備の老朽化、無線局の運用・維持管理に要する無線従事者の確保、無線設備・無線中継所の維持管理等、数々の問題を抱えていたことも事実である。また、様々なデータや情報の集配信等のニーズも高まりつつある中で、自ずと限界が見え始めてきたのも事実である。さらに平成 10 年度には緊急防災情報ネットワークによる地上系・衛星系の通信回線や伝達手段の充実等もあったことから、VHF 通信網については地上回線途絶時の非常通信手段に限定した連絡手段として、通信事業者から提供される衛星通信サービスに平成 11 年度に移行し、VHF 通信網は整理（廃止）されることとなった。

大規模な災害においては、専用回線や公衆回線網等の様々な通信サービスの途絶や輻輳が想定され、平成 23 年の東北地方太平洋沖地震には緊急連絡用衛星電話が活躍したことは記憶に新しい。

緊急連絡用衛星電話は、今後も本庁及び全国官署における重要な通信手段でもあり、最良の通信手段として運用していくためには、日頃からの操作習熟や訓練に努めることが必要である。また、現状の通信サービスに満足することなく、最新の技術動向の把握に努め、より良い通信サービスの導入に向けて今後も取り組んでいく必要もある。

（3）部外接続

部外接続については、その業務背景に基づき、接続方法、回線、通信手順、障害対応等、様々な観点から検討し、適切な対応を行う必要がある。

ここで主としてアデスで取り扱ってきた部外接続に関して簡単に紹介する。

ア．部外分岐接続

昭和 56 年 3 月にスタートした気象資料伝送網では、その設備の余力の範囲内において部外の気象資料利用機関に対して部外分岐を行っている。その方法については、通信制御装置から単向通信としてデータ出力される情報を提供するものであり、複数の相手がある場合、分岐装置を介すことにより複数の相手へデータ出力（分岐）することが可能であった。しかし、この部外分岐では相手から肯定応答（ACK）をもらうものではないことから、確実に相手に届いたことが保証されない。また、アデスの構成によっては保守作業時には分岐できないという問題もあった。

このため、端末システムの分岐接続から中枢システムの分岐接続に、通信手順を用いた対向通信による接続に改められ、東西アデス（平成 17 年に東アデス、平成 20 年に西アデス）からは全て中枢システムによる分岐・接続となった。

イ．都道府県接続

平成 5 年の北海道南西沖地震を契機に、気象庁は平成 5 年度第 2 次補正予算により津波地震早期検知網及び緊急情報衛星同報システムを整備し、迅速・確実な津波予報の発表・伝達を実現した。また、平成 12 年 3 月には都道府県が保有する雨量観測データを中心に防災気象情報への活用を進めることとしている。

このような業務背景の後押しにより、当庁からは防災情報を、都道府県からは震度データや雨量水位データ等のデータ交換が全国的に進められていくことになる。

平成 23 年 5 月には、気象庁防災情報 XML 電文の普及にも関連し、アデスによるオンライン配信による伝達が開始された。具体的には気象庁防災情報 XML 電文の利用と所定の通信手順（気象庁ソケット又は気象庁 SOAP 手順）を都道府県で実装してもらうことにより、当庁からの警報事項等の通知と見なすこととした。

このような各種取組もあり、現在では全ての都道府県との接続を完了している。

（4）回線統合

平成 17 年度からの都道府県との指定河川洪水予報業務の開始、平成 14 年度からの土砂災害警戒情報の都道府県との共同発表、さらに平成 23 年度からのアデスのオンライン配信による警報事項等の伝達、これらの業務に関連し都道府県との接続が行われることとなるが、それぞれの業務に専用回線を準備し接続を行うことは当庁及び都道府県相互に負担となる。このため通信回線については、気象台を当庁接続のアクセスポイントとした回線接続及び整理統合も合わせて接続の際には調整することとした。この場合の通信回線の選定においては、県保有の自営回線も許容することとし、これまでは受益者負担として都道府県側で通信回線を負担することを前提としていたが、洪水や土砂の共同発表業務が伴う場合には、当庁側も回線経費を負担することとなった。

（5）行政情報ネットワーク

昭和 50 年代後半から平成初頭にかけて、これまで電卓や複写機などの事務処理専用機器に代わって、ワープロ、パソコンなどの登場により、OA 化（Office Automation：事務的作業の自動化）が進みつつあった。しかし、当時は文書作成のために共用ワープロ使用の順番待ちがあったり、私物のパソコンを持ち込んで作業する場面なども見られ、まだまだ OA 化の環

境整備が進んでいるとは言い難い状況にあった。

平成 6 年度に閣議決定された「行政情報化推進基本計画」を受け、気象庁においても「気象庁行政情報化推進計画」が平成 8 年度に策定され、本庁に事務情報処理システム（庁内 LAN）が整備されることとなった。この庁内 LAN は、本庁内のインターネット接続を行う情報交換装置と前年度に整備された管区 LAN（気象データの閲覧を目的に L-ADESS 端末とも接続）を取り込む形で整備され、各管区とは公衆デジタル回線（ISDN）によりダイアルアップ接続し、現在の行政情報ネットワークの前身を築くこととなった。また、電子メール、電子掲示板及びスケジュール管理機能等を統合したグループウェア（Groupmax）も初めて導入し業務の効率化を図った。平成 13 年度にはグループウェアを LotusNotes に更新し行政情報ネットワークの運用も本格的に始まった。

一方で、平成 28 年頃から国が推進している「働き方改革」への取組として、気象庁においてもフレックスタイム制勤務や試行的テレワークの導入を進め、職員が多様なワークスタイルで業務を実施できるよう進められてきた。しかしながら、行政事務の中心となる文書管理・決裁、会計・人事事務などを行う各種システムは庁内ネットワークからしか利用できないという制約があり、これら情報システムにより業務を実施する必要がある職員については、限られた人数ではあるが、リモートアクセスサービス（自宅などの PC から専用のインターネット回線を通じて接続するサービス/MagicConnect）を利用し、テレワークを実現した。

令和 2 年 1 月頃から新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が世界中で猛威を振るい、国の機関や多くの企業などでは、感染症拡大防止の観点から出勤の抑制が行われ、当庁においてもテレワークの拡充による業務の維持・継続が求められた。このためリモートアクセスサービスの利用可能数を追加するとともに、インターネット上のクラウドサービスとして提供されるグループウェア（Office365）を導入し、職員が自宅等からでも業務を実施できる環境を緊急的に構築した。

令和 4 年 3 月には、グループウェアの更新が行われ、LotusNotes から Office365 に完全に移行し、より高度なクラウドサービスを利用できるようライセンス形態の変更も行った。さらに、新しいグループウェアのテレビ会議など通信量の多い機能も遅延等無く利用するため、本庁及び各官署を適切に分散した経路でインターネット上のサービスに接続できるよう庁内ネットワークの強化（バイパス回線の新設）を図った。

これまで、行政情報等のシステムやネットワーク環境は、各省庁ごとに整備され、各省庁間との連携やリモートワーク時の利便性などの観点から課題が顕在化している。また、近年、サイバー攻撃等の高度化に伴いリモートワークに対する攻撃も増加しており、高度化する攻撃に対するセキュリティ対策についても喫緊の課題となっている。これらへの対応として、デジタル庁が各省庁に統一的な行政事務環境を提供する「ガバメントソリューションサービス（GSS）」の整備を進めており、当庁の行政情報ネットワークについても令和 7 年度末に移行する計画である。

【第 6 節】情報通信業務における近年の取組

1．ソフトウェア開発の内製化

ソフトウェア開発の「内製化」とは近年使われて来た言葉であり、それ以前は自主的にソフトウェア開発を行う要素が強かったのか、「自主開発」という言葉が多用されていた。

「内製化」とは外部に委託していた業務を自社内で行うことであり、近年では利用者ニーズにあわせて迅速かつ柔軟に対応できることから、広く一般的にソフトウェア開発を内製化する動きが加速している。

当庁におけるソフトウェア開発の内製化については、本庁内では数値予報プロダクトの作成や管理等によりそれ以前からも組織的に維持管理されているところであるが、本項では地方官署も含めたソフトウェア開発が本格化する昭和 63 年度以降（本庁・東京 L-ADESS 運用開始後）からの主な事例について紹介する。

（1）L-ADESS 端末による自主開発ソフトウェア

ア．概要

昭和 63 年度から整備を開始した第二世代の本庁・東京 L-ADESS では、これまでの気象データの自動編集中継装置としてだけではなく、本庁・各管区に設置する L-ADESS 中枢と各地方気象台等に設置する L-ADESS 端末を分散配置し、データ処理も可能なシステムとして整備された。この L-ADESS 端末では、データ処理機能を強化したワークステーションを採用し、プログラム作成環境が搭載されたことにより、各地方気象台においても各種気象データを、文字としてではなく図形式情報として取り扱うこと等ができるようになった。

イ．開発環境

L-ADESS 端末として導入されたワークステーションの OS は、UNIX　SystemV シリーズをベースとした、日立製作所仕様の HI-UX/G であり、開発環境も日立製作所仕様の C 言語、FORTRAN、グラフィックライブラリ（GKS）が搭載された。取り扱う気象データは、かな漢字（A/N）データと格子点値（Grid Point Value）に代表されるバイナリデータに区別されるが、それらは、随時、L-ADESS 中枢から配信されており、通信制御部にて受信処理を行い、LAN を通じて、各処理部と呼ばれるワークステーションの業務管理プロセスに送られ、ファイル管理機能を通し、通称リアルタイムファイルと呼ばれるファイルに保存された。

各地方気象台等では、このリアルタイムファイルに対し準備されたライブラリを利用し、定められたアクセス方法によりデータ取得することで、安全かつ確実に気象データを利用することができるようになり、C 言語によりグラフィックライブラリ（GKS）及び複数のウィンドウの動作を管理するマルチウィンドウ機能を用いた自主開発ソフトウェアの作成が可能となった。

ウ．開発手続・管理

L-ADESS 端末におけるソフトウェアの開発やその運用については、指定された範囲内でのデータアクセスやリソースの割り当てを行い、既存の業務に影響を与えないように実施する必要がある。このため、開発の作法から登録・管理までのルールを定める必要があった。

L-ADESS の運用開始後であったが、福岡管内の第 2 世代 L-ADESS 運用が始まる平成 4 年

3 月にようやく「新 L-ADESS ソフトウェア管理指針」が策定され、開発手順、申請手続、搭載等の必要手続について厳正に行われることとなる。

以上、L-ADESS 端末による自主開発ソフトウェアは、これまで本庁や予報中枢に限られていたデータ利用やソフトウェア開発について、地方官署での取組を可能とし、各分野における新たなデータ利用の可能性を見出す契機になったと思われる。また、ソフトウェア開発に関わった職員のスキルやモチベーション向上、更には技術者の育成・輩出にも貢献したものと思われる。

（2）本庁・地方による共同開発体制の確立

ア．概要

第 3 世代の L-ADESS から第 1 世代の東西アデス（C-ADESS/L-ADESS 機能統合）への移行においては、東西二中枢への集約やサーバ・クライアント方式への変更もあり、Web アプリケーションへの移植、開発が必要となった。

この移植、開発にあたっては、この当時 Web アプリケーション用に広く普及しつつあった Java 言語を用いることとし、本庁・地方（管区）における共同開発体制を確立するとともに、研修、教育からのスタートであった。

イ．開発環境と移植作業

ソフトウェアの移植･開発にあたっては､行政情報ネットワークからアクセス可能な開発サーバを構築し、必要なデータを配置し、本庁・管区による開発環境を整えた。

ソフトウェア移植・開発の分担としては、全国共通ソフトウェアは本庁各部課室の開発担当が、自官署ソフトウェアは管区通信課を中心に対応することとし、この作業の前にソフトウェアの共通化や整理もあわせて行うこととした。

ウ．共同開発体制の確立

これまで全国共通ソフトウェアとして利用していたレーダー・アメダス・解析雨量データや数値予報ガイダンスの利用、表示のためのソフトウェアについては、本庁担当分として対応することが業務繁忙等により困難であったことから、業者発注の検討も行ったが予算、工期共に現実的な数字には収まらなかった。

このため、東西アデスの実況監視を行うソフトウェアの内製化として「統合ビューワ」として移植・開発ソフトウェアの対応を整理し、これを本庁・管区の通信課による共同開発体制として新たに確立し､進めることとした。また､この共同開発体制は､第 2 世代の東西アデス（防災情報提供システム機能）の市町村ページ開発にも活用されることとなった。

平成 29 年には管区通信課が廃止されたことにより､大阪管区気象台通信課を除く各管区（東京、沖縄を含む）との共同開発体制は解消され、ソフトウェア開発業務は本庁・大阪へ集約されることとなるが、ソフトウェア開発を通じた業務の改善、効率化が飛躍的に進んだ。

（3）その他の取組

ア．情報共有カレンダー（障害報告、現業日誌等含む）

気象通信取扱細則には、障害の発生した機器の状況や対処等を報告することが定められており、昭和までは官署から管区経由本庁へ紙面の報告物として扱われ、管理されていた。

この報告は、昭和 63 年度の本庁・東京 L-ADESS 更新後、L-ADESS 端末の自主開発ソフトウェアを用いたオンライン形式による報告に移行することとなる。当時のオンライン形式による報告は、L-ADESS 端末の GUI による報告様式に入力し、この内容が電文形式により管区や本庁の L-ADESS 端末に配信され、電文から障害報告を再び取り出し、表示等を行うというものであった。

平成 8 年度の本庁・東京 L-ADESS 更新以降は、官署（L-ADESS 端末）～本庁・管区（中枢システム）間で TCP/IP 通信の利用が可能となり、一般的なサーバ・クライアントによる Web アプリケーションによる報告に改められ、平成 11 年には行政情報ネットワークの端末からも報告や閲覧が可能となるように措置した。

平成 12 年からはシステム運用室、データネットワーク管理室、大阪通信課の各現業班にて利用する現業日誌についても同様に Web アプリケーションによる方式に順次改められることとなり、平成 20 年度の通信課長会議における情報通信部門の情報共有のあり方の検討では、本庁・管区・各官署における作業計画の報告やスケジュール等の機能も追加され、「情報共有カレンダー（つっぷす）」として一元化されていく。

令和 3 年にはコロナ禍による出勤制限の都合から、クラウドサービス上に情報共有カンレンダーの機能を構築し、テレワーク環境からでも利用可能としたことから、テレワークの推進や働き方改革にも大きく貢献することとなった。

令和 6 年度からはシステム運用室と気象衛星センターの現業一体運営も始まることから、気象衛星センターにおいてもシステム運用室と同様の現業日誌が使われることとなった。

情報共有カレンダーは、情報通信業務に必要な機能がまとめられた一種のグループウェアと言っても過言ではなく、その時々のニーズに合わせて内製ソフトウェアという利点と開発担当者の努力により、市販のアプリケーションでは実現し得ない機能を今後も提供し、広く活用されるものと思われる。

イ．船舶気象通報ソフトウェア

昭和 40 年 10 月のマリアナ付近海域の漁船の集団遭難をきっかけとして、主な漁業無線局内に漁業用海岸局が昭和 41 年に設置され、気象資料の入手や気象情報の提供が始まっている。この通信方式は､当庁内でも利用されていたテレタイプ端末と同様の通信方式が用いられたが､電話のように通信相手の端末を指定して通信が行われるテレックスが用いられていた。

平成 8 年度の本庁・東京 L-ADESS 更新時には、当時、PC-VAN、NIFTY-Serve 等のパソコン通信やインターネット接続が普及していることもあり、これまでのテレックスによる通信方式を改めて､公衆回線と汎用電子計算機を用いた当庁独自の通信方式に改めることとなった。

この通信方式への変更には、L-ADESS 中枢システムと漁業用海岸局に設置した電子計算機（当時は PC-9821 シリーズ/Windows95）間で公衆回線を通じて電文の送受信を行うソフトウェアが必要であり、本庁・東京 L-ADESS 整備体制の中で船舶気象通報ソフトウェアの自主開発が行われ運用が開始された。

運用開始当初は、電文抜け、文字化け、通信中断等の不具合も認められ、その都度改善が必要であったが、市販の遠隔操作ソフトウェア（LAPLINK）を導入していたこともあり、不具合調査やソフトウェアインストールも比較的スムーズに行われた。

平成 17 年度の東アデス更新時には、ACK、NAK、BCC 等の伝送制御コードを用いた

BASIC 手順に改めて、通信上の信頼性を向上させている。

その後インターネット利用が普及する中で、平成 26 年はこれまでのパソコン通信から電子メールによる通報に改められることになる。これ以降、漁業用海岸局との通信には専用の公衆回線や端末は用いず、漁業用海岸局で準備したインターネット回線と端末が用いられることになる。

漁業用海岸局から電子メールによる通報については、必要なソフトウェアは引き続き当庁から貸与し、これまでと同様の操作により船舶気象報の発信を行ってもらい、漁業用海岸局への電文の配信については、アデス（防災情報提供機能）のインターネットメール配信により、漁業用海岸局で汎用メールソフトを用いて海上警報等の電文を受信してもらうこととなった。

漁業用海岸局との通信の必要性は今後も変わることは無いが、時代と共に更に合理的な通信への見直しは続いていくものと思われる。

ウ．業者ソフトウェアのメンテナンスやデータのオフライン処理

C-ADESS や L-ADESS といった通信処理を主体とするシステムについては、データ入出力や識別、収集・編集、画像処理などオンライン処理として稼働するソフトウェアは業者開発であったが、このソフトウェアのメンテナンスは職員対応により行われていた。

一方でオンライン処理後のジャーナルテープに保管されたデータや送受信記録については、庁内の利用者からのデータ内容の照会、航空機の事故調査等による部外からの要請に応じて、データの切り出しや電文調査等、職員によるオフライン処理も行われていた。

業者ソフトウェアのメンテナンスやデータのオフライン処理については現在も受け継がれている重要な業務でもあり、職員により内製化したソフトウェアを用い要請に応じて柔軟に対応している。

エ．配信テーブル管理とチェック作業

アデスにおける電文･ファイルの送受信に関わる配信テーブルは莫大なレコード数を管理し、間違いのないよう配信設定を行う必要がある。

パソコンが普及する以前では、大量の配信テーブルをプリンタにより帳票出力し、これに定規を当てて目視で確認し、赤ペンでチェックしていくという地道なチェック作業が行われていた。

昭和後期に入り、まだ高価であるがパソコンが庁内各課室に普及し始めると、配信テーブルもテータベース化され、職員による配信設定やチェック作業もパソコンを用いた対応に進化しつつあった。

配信テーブル管理とチェック作業については、現在にも受け継がれている重要な業務でもあり、職員により内製化したソフトウェアを用い、作業の効率化と共に信頼性向上に努めている。

2．気象庁ホームページの開発・改修

（1）コンテンツ作成・拡充

気象庁では、気象業務に関する各種情報や報道資料及び予報、警報等を含む各種気象情報、地震・津波・火山情報をインターネット上のホームページを通じて、国民へ公開している。

平成 21 年度に整備した気象コンテンツ作成装置は、気象情報伝送処理システム、突風等短時間予測システム等から提供される気象データをもとに、防災情報提供システム等を通じて部外提供する降水ナウキャスト、雷ナウキャスト、竜巻発生確度ナウキャストなど各種 Web コンテンツ（図情報）を作成するため、気象庁自主開発のコンテンツ作成業務処理ソフトウェアを搭載し業務を行っている。

平成 26 年 8 月「高解像度降水ナウキャスト」、「記録的大雨警戒メッシュ」を追加し、既存コンテンツのうち「気象情報」、「気象警報･注意報」及び携帯版「気象情報」の改修を行った。平成 27 年 2 月には、更に「火山速報」及び「量的降灰予報」を追加し、これらを現在稼働中のハードウェア環境で動作させるための設定及び調整を行うことにより、気象庁ホームページで提供する情報について利便性の向上、情報の拡充及び防災対応への活用を図った。

また、インターネットを利用した気象情報の公開においては、台風の接近、上陸などの国民の注目度の高い現象の発生時や地震発生時、また、津波情報発表の際などに多数のアクセスを受けることが想定され、サーバ処理能力の限界への到達あるいは接続回線帯域の圧迫によりコンテンツ提供の遅延や提供不可となりうる状況が発生しかねない。このような状況に陥らないようにするため､コンテンツ配信ネットワーク（CDN: Contents Delivery Network）を導入し、アクセス集中時において負荷の分散を図ることとしていた。

平成 27 年 12 月、新たなリアルタイムコンテンツ「地方海上分布予報」の運用を開始するとともに、既存コンテンツにおいては、静止気象衛星「ひまわり 8 号」の運用開始に伴い「衛星画像」を改修し、津波警報等の英語表記を適正化するため「英語版気象庁ホームページ」を改修した。

平成 28 年 3 月には、「竜巻注意情報」及び「土砂災害警戒判定メッシュ情報」の提供情報の高度化を行うための改修を行った。

なお、これまでの気象庁ホームページのコンテンツ等管理作業にあたっては、行政情報端末から行政情報ネットワークを介してアクセスを行っていたが、セキュリティ事情に鑑み、別途整備するネットワークによって行政情報ネットワークと業務ネットワークを分離した。また、CDN のシステム障害時においても防災気象情報の提供を継続することを可能とするため CDN の二重化を実施した。

平成 30 年 3 月、相次ぐ台風の上陸等に伴い気象庁ホームページへのアクセスが増加したことにより、トラフィック量が当初の想定を超過することが判明したため追加対策を行った。しかし､同年 7 月に西日本豪雨､7 月から 8 月にかけて台風が相次いで上陸し､気象庁ホームページへのアクセス数が急激に増加し、一時閲覧不能となる事態に陥った。このため、更なる増強を行い、増大するアクセス数への対応をとった。

平成 31 年 3 月､「台風 5 日強度予報」コンテンツ及び「台風暴風警戒域」コンテンツの提供情報を高度化するための改修を行った。あわせて天皇の退位等に関する皇室典範特例法（平成 29 年 6 月）に伴う改元の影響を受けるコンテンツについて改修を行うこととなった。

令和元年は、気象庁ホームページの多言語化の取組が本格化し、7 月には危険度分布及び雨雲の動きについて 11 か国語化、9 月には他の防災気象情報の 11 か国語化を開始した。

令和 2 年 4 月には、防災気象情報の 14 か国語（15 言語）化が開始し、同年 9 月には台風情報も 14 か国語（15 言語）での提供を開始した。同年 9 月「大雨危険度」コンテンツの新

規追加及び「台風情報」コンテンツ等の提供情報の拡充を行った。また、気象庁ホームページをウェブ広告媒体として活用することでホームページによる持続的・安定的な情報提供を効率的に維持・推進するべく、同年９月15日からウェブ広告の掲載を開始した。気象庁ホームページは、令和３年２月のリニューアルにて導入したリアルタイムコンテンツの内製化により、新しい情報の開始や情報の変更等について迅速な対応が可能となった。一方、ホームページのコンテンツを提供するクラウド上のウェブサーバについては、令和３年８月14日に停滞する前線の影響で西日本を中心とした記録的大雨の発生時にアクセスが集中したことによりシステムの負荷が高騰し閲覧しにくい状況となったことから、アクセス集中によるシステム負荷高騰の対策として、令和３年度にウェブサーバの増強による機能強化や軽量コンテンツを活用する運用を開始するとともに令和３年度補正予算による更なるウェブサーバ増強などの機能強化を進め、令和４年６月末に作業が完了した。これらの対策により、令和４年８月と９月の大雨特別警報発表時にも安定運用したことを確認しており、今後の情報提供の強化・改善においても安定運用が可能な状況となっている。

（２）コンテンツ内製化

気象庁ホームページのコンテンツは、平成８年７月の開設当初は、気象庁の組織や制度の概要、広報誌などの一般的な行政情報をはじめ、気象の知識などの情報を公開するのみだったが、平成14年からは、気象業務法第13条３項の「自ら周知」の措置の要として位置づけられ、天気予報や気象警報・注意報、地震、津波、火山情報などを掲載するなど随時充実をはかってきた。平成28年時点で１日当たり1,800万PV（Page View）ものアクセスのある国民生活に欠かせない情報源であるとともに、災害発生時に国民の安全・安心確保のための重要なツールとなっていた。この頃から、防災分野ではこれまでの公助に加え自助・共助の重要性が叫ばれるようになり、この観点で気象庁ホームページの役割がより大きく短時間のサービス停止も許されない非常に重要なシステムとして一般に認識されるようになっていった。

この頃の気象庁ホームページは、防災気象情報などのリアルタイムコンテンツは業者作成・業者保守で運用されていた。業者作成・業者保守での運用によることで、コンテンツは一定の品質を確保することが出来る一方で、新たなコンテンツの追加や業務変更に伴うコンテンツ改修にはかなりの時間と費用が必要であり、柔軟性を欠いたものであった。このような状況を改善すべく、平成28年に気象庁情報システム最適化等検討委員会及び気象情報利活用促進委員会の両委員会の下に次期気象庁ウェブシステム検討ワーキンググループを設置し、令和２年度を目途とした気象庁におけるインターネット関係情報システムの再編、コンテンツの整理、及びコンテンツ作成、運用、保守体制の強化についての検討を開始した。

業務改善への対応の機動性を向上させつつソフトウェアの運営及び改修経費を抑えるため、次期気象庁ウェブシステム検討ワーキンググループでは、業者発注でのコンテンツ作成を廃止し、コンテンツ作成や改修等の作業は原則として内製で実施する（自主管理化）こととし、自主管理化するコンテンツの開発及び運用（障害対応含む）の要件について検討を進めた。この頃から、多くのコンテンツを一体的に表示する方法や、ブラウザ上の描画によってサーバ負荷を要さずに任意の位置にスクロール・ズーム可能な地図（インタラクティブな地図）上へのデータ表示方法について期待が示されており、先行して内製していたコンテンツでは平成26年に高解像度降水ナウキャスト、平成28年に土砂メッシュ（現 土砂キキクル）、平成29年に浸水・洪水危険度分布（現 浸水、洪水キキクル）のインタラクティブな地図コンテンツの提供を行っていた。

ワーキンググループの報告を受けた両委員会において、気象庁ホームページのコンテンツ内製化が決定され、平成29年度から開発すべきコンテンツの全貌やデータの流れを分析しつつ、新たに導入した開発環境を利用し基本的なソフトウェア設計を進め、平成30年度以降の本格的なコンテンツ作成に向けて準備を進めた。

（３）コンテンツ内製化作業

平成30年度はコンテンツ内製化に必要なサーバや端末などの開発環境を構築しつつ、内製化の全体的な計画、設計を進め、令和元年度から本格的な内製化を開始した。これまで気象庁では、一般国民向けのホームページと、防災担当者向けの防災情報提供システムの２つのウェブサイトを運用してきたが、内製化を機にこれらをホームページに一本化することとなった。このためホームページの各コンテンツは、従来のホームページと防災情報提供システムの両方の機能を包括する仕様とした。

これまでの気象庁ホームページの多くのコンテンツでは、全国又は地域ごとにあらかじめ作成した固定画像による地図を用いていたが、内製化ホームページではインタラクティブな地図を用いるように改め、視認性や操作性を大きく向上させた。また、文字や表による情報表示ではレスポンシブデザインを採用し、スマートフォンなどの幅の狭いデバイスでも見やすく表示できるように配慮した。システム面では、これまでは「データ」（発表した情報や観測値など）と「見せ方」（表示色や表示の配置など）を一つのHTMLファイルにまとめて配信していたが、内製化ホームページでは、データと見せ方をそれぞれ分離して配信する方法に改めた。これによりコンテンツの拡張性を高め、コンテンツの保守性や耐障害性を向上させた。

これまでの気象庁ホームページは、警報や天気予報など情報ごとのコンテンツにより構成されていたため、自分の住んでいる地域の様々な情報を横断的に見ることが難しかった。そこで内製化ホームページでは、特定の地域の様々な情報を一つのページでまとめて見ることができる「あなたの街の防災情報」コンテンツを新規に作成した。これにより自分が住んでいる地域の情報を素早く横断的に確認できるようになり、防災情報への「我が事感」を高められるようにした。

また、「あなたの街の防災情報」コンテンツでは、各情報の表示、非表示の切り替えや、情報の表示位置などを細かく変更できるカスタマイズ機能を搭載し、一般国民から防災担当者までの幅広いユーザが気象情報を活用できるよう工夫した。

内製化２年目の令和２年度には新型コロナウイルスの感染拡大により、テレワークを基本とするなど開発の進め方の変更を余儀なくされたが、テレワークでも効率を落とさず共同開発ができる仕組みを速やかに構築し、工程を遅らせることなく開発を進めることができた。

こうして令和３年２月に内製化が完了し、新たなホームページの運用を開始した。運用開始当初はユーザからの意見や改善提案が多く寄せられ、この中から要望が大きいものを取り入れながら改良を続けた。また、災害発生時の過去のホームページの表示を閲覧することができるコンテンツや、気象防災アドバイザー向け支援コンテンツなどの新しいコンテンツを追加し

た。また、知識、解説などのコンテンツへの CMS の導入など、既存のコンテンツの刷新を進めた。

令和３年８月には特別警報の発表を機に気象庁ホームページへの閲覧が集中し、ウェブサーバがダウンして全コンテンツが参照できなくなる大規模障害が発生した。この障害を受けて、コンテンツの仕組みの工夫により CDN キャッシュをより活用できるようにしたほか、ウェブサーバを強化するなどの対策を行った。また、一部のコンテンツについて表示を簡略化した軽量版コンテンツを準備し、閲覧集中時に通常コンテンツの代わりに軽量版コンテンツを表示するようにした。これらの対策により、大雨時などでも安定してコンテンツを配信できるようになり、その後は閲覧の集中によるサーバのダウンは発生していない。

令和５年６月には、ホームページの内製化による迅速な情報提供への対応とコスト削減に貢献した功績で、長官表彰を受賞した。

３．AI 技術の試行

（1）情報システム基盤障害対応支援装置及び航空業務運用支援装置の構築

情報システム基盤による業務システムの集約に関連し、機器性能やリソースが効率的に利用される反面、多数の業務システムが搭載されることにより、情報システム基盤及び各搭載システムの関係が複雑になり障害発生時の原因箇所の特定や対処方法の検討により多くの時間を費やすこととなる。さらに空港や飛行場の運行に必要な情報が障害により滞った場合、部内外の利用者から多数の問い合わせがあり、この電話応対による業務輻輳も想定される。

情報システム基盤障害対応支援装置及び航空業務運用支援装置は、これらの問題を AI 機能による解決することを目的とし、令和２年３月から構築を始めた。その後、令和５年度当初から試行を開始し、「プライムアシスタンス」の呼称を与え令和６年３月に運用開始するに至った。

（2）プライムアシスタンスの概要

「プライムアシスタンス」は、令和５年度から試行を行っている情報通信業務における連絡・支援体制の強化として確立した「プライムサポート」の補助機能として AI 機能を活用するものである。

具体的には、コンピュータが自動で返答する機能（以下「チャットボット」という。）や、本庁担当者への直接質問機能（以下「問合せチケット」という。）を備え、各官署等の利用者からの情報通信業務に関する質問や簡易な障害対応を効率的に処理するものである。

（3）プライムアシスタンスの機能

「プライムアシスタンス」の主な機能を以下に紹介する。

ア．チャットボット

プライムアシスタンスで利用できるチャットボットは、ユーザが入力した質問文に対してテキストで返答を行う。このやり取りを本庁担当者が分析し、得られたフィードバックをナレッジへ反映させることで、より正確で有益な回答が可能となる。

イ．問合せチケット

チャットボットが回答を持ち合わせていない質問の場合、利用者から本庁情報通信担当者へ問合せチケットを発行することも可能である。この問合せチケットでのやり取りは、後にチャットボットが回答出来るよう順次ナレッジに追加を行う。

ウ．問合せカルテ

官署における部外接続機関への送信エラー（不達）発生時の切り分けなどでは、これまで障害箇所の特定のため何度も通信現業等の担当と電話等でやり取りをする必要があった。問合せカルテ機能ではこのような障害に対し、チャットボットで何度も問い合わせをすることへ置き換えるのでは無く、定型フォーマット（カルテ）で各器機の状態を一括して入力することで効率的な問い合わせが可能となる。

エ．FAQ

プライムアシスタンスでは、これまでによせられた質問を取りまとめたうえでナレッジとして FAQ（よくある質問）を公開する。

（4）今後の取組

情報システム基盤障害対応支援装置及び航空業務運用支援装置の AI 機能は、過去のナレッジにより行う定型ロジックの会話であり、正常に成立した会話を元に学習させていく必要がある。このため今後も情報通信業務における連絡・支援体制の強化の補助機能として活用していくには、会話におけるバリエーションの向上やナレッジの充実を図っていく必要がある。また、AI 機能については生成 AI の活用や更に情報通信業務以外の分野での活用も模索する等、新しい技術の導入や利活用について今後も積極的に取り組んでいくこととする。

第３章　情報利用の推進

【第１節】民間気象業務の興隆

１．予報業務許可制度の導入と変遷（平成５年以前）

昭和 22 年に当時の連合国軍最高司令官総司令部（GHQ）から気象台の機構の縮小、人員整理が命令され、これを実施せねばならない状況になった。しかし、荒廃した国土の開発、産業の復興に気象業務は切り離せない仕事であるという見地から、中央気象台の外郭団体を作り、縮小された気象業務を側面から応援するとともに、気象知識の普及啓発を図ることが考えられた。昭和 24 年、中央気象台の事業を支援する組織として「気象協会」が設立され、昭和 25 年に公益法人化された。

さらに、戦後の産業・経済活動の発展に伴い、測候所の設置要望等、気象情報へのニーズも高まってきたが、行財政事情から全て国営で賄うことは困難であり、地方自治体あるいは民間活力の活用へ繋がっていった。

昭和 27 年、「気象業務法」が制定され、気象庁以外の者による予報業務について、一定の品質を確保し社会的な混乱の回避や公共の福祉を守るため、許可制度を導入した。また、気象の実況といえども無線通信により航空機、船舶等に速報されると混乱するおそれがある、つまり予報類似行為とみられることから、無線通信による観測成果の発表についても許可制度を導入した。

昭和 28 年には、「茨城県水産試験場」とともに、現在の「日立市（天気相談所）」、最初の民間気象会社「（株）トウジョウ・ウェザー・サービス・センター（現在の「いであ（株）」）」が予報業務許可を取得した（茨城県水産試験場は後に予報業務を廃止）。気象協会は、２年後の昭和 30 年に許可を取得した。

なお、具体的に許可対象となった予報業務は、一般向けには気象庁発表の予報の解説（「解説予報」と呼ばれた）に限られる一方、利用者が個別に特定された場合には事業者が独自に作成する予報（特定向け予報）を認めることとし、平成５年の気象業務法の改正まで続けられた。

２．官民の役割分担

予報業務許可制度の導入の際、防災対策における気象庁の国としての責務の明確化と民間気象業務の利用者の利益を守るため、気象庁以外の者による気象等の警報を原則的に禁止（気象業務法第 23 条）し、予報業務許可事業者に対して当該業務にかかわる警報事項の利用者への伝達に努めること（気象業務法第 20 条）を義務付けた。これにより、国（気象庁）と気象庁以外の者（民間気象事業者等）との役割が制度化され、現在に至るまで、その意義は変わっていない。

予報業務許可制度導入以降も、２節・３節に記述するように、技術の発展に合わせて規制緩和を進めることで民間の活力を発揮できるようにし、官民双方による気象業務が災害の予防、交通の安全の確保、産業の興隆等により一層貢献するよう取り組んだ。

【第２節】民間気象事業の拡大

１．気象審議会答申第 18 号「社会の高度情報化に適合する気象サービスのあり方について」

平成４年３月、気象審議会答申第 18 号がなされ、多様な気象サービスの実現にあたっては、気象庁以外の民間気象事業者や関係機関に対しても天気予報等の業務を開放し、国民の多様で個別的なニーズに応える気象サービスの仕組みを構築することとされた。

答申第 18 号を受けた施策の具体化にあたっては、技術面のみならず、気象データ利用者の費用負担も含めた制度面のあり方について予報業務許可事業者、報道機関、情報通信事業者、測器関連事業者等とも連携して検討を行った。

平成５年５月、気象業務法の一部改正が行われ、気象予報士制度及び民間気象業務支援センターによる情報提供業務体制などの制度を整備し、平成６年５月に施行した。これを支えるものとして同年３月に「（財）気象業務支援センター」が設立され、同年５月に気象庁長官が「指定試験機関」及び「民間気象業務支援センター」として指定し業務を開始した。

気象情報の提供においては、予報・警報やアメダスによる観測データ等の気象庁の最終製品のみならず、数値予報 GPV 等の気象業務の基盤となる気象情報についても原則公開とし、気象データ利用者による受益者負担（配信に必要な経費の応分の負担）の仕組みと併せてより公平かつ透明な体制を整えた。

さらに、気象予報士制度を導入して予報業務許可の審査基準を明確にし、情報提供体制とともに民間の事業活動における公平な環境が整えられた。

この制度は報道等で取り上げられ、多くの予報業務許可事業者の活動が国民等に認知されることとなった。

２．気象予報士制度の導入

（１）気象予報士制度の創設

防災情報と密接な関係を持つ気象情報が不適切に利用されると社会に混乱を引き起こすおそれがあり、これを防ぐため、気象庁から提供される数値予報資料等高度な予測データを適切に利用できる技術者を確保することを目的として気象予報士制度を創設することにした。

予報の精度は、現象の予想をどのような方法で行うかに左右される。気象や波浪の現象の予想には、数値予報資料の解釈など高度な技術を要することから、民間が行う予報の一定の技術水準を担保するため、民間気象事業者が気象などの予報業務を行う際には気象予報士に現象の予想を行わせることを義務付けることとした。ただし、テレビのお天気キャスター等については、予報行為そのものを行うのではなく、国民に気象情報をわかりやすく伝える解説行為であることから、気象予報士の資格は必要としないこととした。

気象予報士は、気象庁長官又は指定された指定試験機関が実施する試験に合格し、気象庁長官の登録を受けた人とした。また、気象予報士は、資格に対する社会的な信頼性と気象予報士の設置義務の実効性を確保する観点と、予報に関する基本的な情報である数値予報資料の理解力や防災気象情報等との整合性の確保等気象庁の業務と密接不可分といった観点から国家資格とした。

（2）気象予報士の登録状況、取り巻く状況の推移

気象予報士試験は年２回（平成６年度のみ年３回）実施することとし、平成６年８月28日に最初の試験が実施された。この最初の試験では、2,777人が試験を受け、500人が合格した。試験の受験者数や合格者数は実施ごとに変動するが、令和５年度末までに実施された61回の平均では、１回の試験での受験者数が3,732人、合格者数が205人で、合格率は5.5％となっている。また、気象予報士になるには、合格者が気象庁長官に申請し登録を受ける必要があることとし、令和５年度末現在、12,095人が気象予報士として登録されている。

令和２年度に、今後の民間気象事業の振興策や気象予報士の更なる活躍の場の検討の基礎資料とするため、気象予報士全員を対象に気象予報士の現況に関するアンケート調査を行った。調査の結果、気象予報士の75％が就業し、全体の12％が予報業務許可事業者に就業していることが分かった。また、全体の８割は気象予報士の資格に満足しており、全体の６割が気象予報士の資格取得が業務や社会活動に役立ったと回答した。気象予報士の資格は、気象等の現象の予想に加えて、教育活動、報道機関における情報伝達や気象解説、地方自治体における防災の現場でも役立てられていることがわかった。

また、調査結果からは、地域における防災活動に気象予報士の資格を役立てたいと考えている方が多いことや、気象予報士の資格を防災関連の資格だけでなくデータ分析・情報処理系の資格と組み合わせて活用できると考える方が一定程度いることも分かった。

このことから、気象予報士が、その専門的な知見を活かし、地域における防災活動の支援（「気象防災アドバイザー」等）や、産業界の気象データ利活用の分野（「気象データアナリスト」等）などにおいて活躍する機会が広がることが期待されることとなった。

３．予報業務許可制度の発展

（1）技術の進展を踏まえた予報業務許可制度

気象予報士の設置などの平成５年の気象業務法改正に伴う予報業務許可制度の体制整備を受けて、平成７年５月には、予報業務許可事業者による市町村程度の範囲の局地を対象とした一般向けの予報（一般向け予報）を許可した。一方、解説予報については許可対象ではなく自由とした。さらに、平成８年３月には気象庁からも府県天気予報に加えて新たに地方天気分布予報と地域時系列予報の提供を開始し、官民が役割分担しつつ一般向けの天気予報が充実した。

平成12年７月、気象審議会答申「21世紀における気象業務のあり方について」がなされ、民間の気象業務の振興にあたっては、規則は必要最小限のものとし、また、各種の気象情報を積極的に公開・提供することにより、民間の主体性により多様で利便性の高いサービスを実現していくことが示された。このため、平成12年に気象予報の予報区設定を局地に限定せず府県予報も可能になるよう自由化するとともに、１か月予報等の長期予報も許可した。その後も、平成24年に「10日予報」までの日々の予報を許可するなど、気象庁による観測・予報技術の高度化に伴う気象情報の充実と予報業務許可事業者による利用技術の向上などから規制等が順次緩和され、気象業務法改正時の天気予報にかかわる官民の役割分担の考え方が発展的に整理されてきた。

高潮予報については、平成30年台風第21号による高潮被害等を契機に更に詳細な高潮の予測情報への社会のニーズが高まったことを捉え、令和元年に気象予報士の設置に基づく許可を開始した。

地震火山の分野についても、気象庁による観測・予測技術の高度化を捉えて順次許可した。平成19年には、気象庁での緊急地震速報や噴火警報の開始を捉えて地震動と火山現象（小さな噴石の落下等）の予報を許可した。平成25年には、津波の予報を許可した。さらに、令和２年には、火山現象として降灰の予報を、地震動として長周期地震動の予報をそれぞれ許可対象に追加した。これら地震火山関連の現象での審査基準は、気象予報士の設置ではなく、予測手法を技術上の基準として整備することとし、平成19年と平成25年には気象業務法が一部改正された。

（2）技術の進展を踏まえた審査基準の見直し

平成30年８月、交通政策審議会気象分科会提言「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」が示され、ICT等の技術進展や社会情勢の変化に伴う気象ビジネスの更なる発展のため、予報業務許可制度についての見直しをすることとされた。これを踏まえて、観測・予測技術の進展等により民間で高頻度の降水短時間予報の提供が可能になったこと、また、研究開発の成果を公表するために予報業務許可を受ける研究機関が増えたことなど、予報業務の態様が変化していることに対応するため、平成31年に気象予報士の設置基準を一部緩和した。

さらに、令和５年３月、交通政策審議会気象分科会提言「DX社会に対応した気象サービスの推進」が示され、予報業務許可制度についてより高解像度・高頻度の予報など多様なニーズに対応できるようにすべきとされた。予報での適切な品質を確保しつつ予報作業において機械化・自動化できる範囲を拡大可能とするよう、令和４年に自動出力予報等の導入を想定して気象予報士の設置基準を更に緩和するなど、予報業務許可に関する規制を見直した。

（3）令和５年気象業務法の一部改正に伴う審査基準の見直し

頻発・激甚化する気象災害を背景に社会全体として防災対応や事業継続に対する意識が高まり、洪水や土砂災害の予報技術の更なる高度化とともに、利用者の多様なニーズに対応した情報が求められていたことから、令和３年10月、国土交通省と気象庁が共同で運営する「洪水及び土砂災害の予報のあり方に関する検討会」において、洪水や土砂災害での適切な防災行動や多様なニーズへの対応に向けた予報のあり方が提言された。これを踏まえて、令和５年に気象業務法が一部改正され、土砂崩れ・洪水・高潮・波浪の予報業務について技術上の基準に基づく許可等を行うための審査基準を新設し令和５年11月に施行した。

この制度見直しでは、災害に関係するなど社会的な影響が大きい現象の予報の業務（噴火、火山ガスの放出、土砂崩れ、津波、高潮又は洪水の予報業務。）について、気象庁の予報等との相違による防災上の混乱を防止するため、利用者への事前説明を義務付けることとした。

また、交通政策審議会気象分科会提言「DX社会に対応した気象サービスの推進」において、気象観測について、利用目的に応じて民間気象事業者等におけるIoTセンサー等を用いたより多地点・低コストの観測データの取得・活用を可能とすることが示された。このため、令和５年の気象業務法の一部改正を経て、検定済みでない気象測器であっても、気象庁が行った観測又は検定済み測器を用いた観測（本観測）の正確な実施に支障を及ぼすおそれがなく、かつ、

当該予報業務の的確な遂行に資するものである場合は、気象庁長官の確認を受けることで補完的に用いる観測として利用することを可能にした。

（4）民間気象事業者等に対する指導等

気象庁は国土交通省設置法に基づき、また、民間気象業務支援センターである（財）気象業務支援センターは気象業務法に基づき、気象情報を利用する者に対する研修を行うこととした。平成 22 年の総務省による気象行政評価・監視を受けて、平成 23 年からは、東京で実施していた民間気象事業者等への研修をインターネット等で共有できるようにし、地方に所在する事業者にも研修の機会を充実させることとした。また、気象業務法に基づき民間気象事業者に対する立入検査を定期的に実施し、民間の予報業務の適切な運営確保に取り組んでいる。



図 4-3-2-1　予報業務許可等の変遷

【第３節】気象情報の利活用推進と産学官連携

１．産業界における気象データの利活用状況（その推移）

昭和 50 年代前半には民間事業者においても計算機導入が開始され、昭和 52 年に、公益法人であった（財）日本気象協会が運営する「オンライン気象情報提供システム（MICOS）」を経由して気象庁から民間事業者への気象データのオンライン配信を開始し、民間における気象情報・データの利活用が始まった。その後、民間の利用者から見ての中立性や公平性等の確保の観点から、気象審議会答申第 18 号を踏まえて、民間気象業務支援センターを経由した気象情報の提供体制を整備し、平成 8 年 3 月から（財）気象業務支援センターによる気象データのオンライン配信を開始した。これにより、気象庁の持つ情報の原則公開と気象データ配信の利用者の受益者負担による公平かつ透明な情報提供の体制が構築され、民間による気象情報・データの利活用が年々進展する環境が出来上がった。

その一方で、令和 2 年版情報通信白書（総務省）によると、企業活動に気象データを活用している企業の割合は、5 年前の 1.3％から大きく進展したが、いまだ 1 割未満となっていた。また、令和元年度に、気象庁が産業での気象データの利活用実態を把握するため、様々な産業の 10,000 社を対象としたアンケート調査を行った。回答のあった企業のうち約 7 割が事業活動に気象の影響を受けているものの、そのうち約半数は影響を受けることを認識していても気象に応じた事業活動の変更を行っておらず、変更を行っている企業も、大半が経験と勘をもとにしたもので、気象データを定量的に分析してサービスを変更する等の事業運営を行えている企業は全体の約 1 割と多くないことが分かった。気象データが十分に企業で活用されていない課題として、気象データを扱える専門的な人材の不足や気象データの利活用方法が分からないこと等が挙げられ、気象データの利活用に関しては未だ課題があることが分かった。

２．産学官連携

気象情報・データを産業に活かすには、産業界等の対話が重要となり、気象庁は従来からこれに取り組む努力をしてきた。

昭和 61 年 9 月に、産業界における気象情報ニーズ及び利用状況の把握並びに気候情報の効果的な利活用を目的に「産業気象利用者協議会」が発足し、各種産業関係団体・企業及び気象業界との意見の交換や相互の指導・援助などを通じて、産業界での気象情報の効果的な利活用や気象庁の施策の拡充・強化に役立てられることが期待された。これと並行して、平成 3 年 2 月には、気象データ配信の利用者と気象庁とが気象データの配信についての調整や協議を行う「気象庁配信データ利用者協議会」が発足した。さらに平成 4 年 11 月には、予報業務許可事業者、報道機関、情報通信事業者及び測器関連事業者等と連携して、気象審議会答申第 18 号を受けた施策の具体化のための技術面や制度面の検討を行うための「気象事業振興協議会」が発足した。その後平成 13 年 12 月には、これら 3 つの協議会が統合され「気象振興協議会」として活動することになった。また、地震分野においても、平成 18 年に開始した緊急地震速報の正しく有効な活用を促進するため、予報業務許可事業者や建設・鉄道・情報通信事業者等が参加する緊急地震速報利用者協議会が平成 18 年 12 月に発足し、活動を開始した。

平成の終わりになって社会においては、ICT（情報通信技術）の急速な進展を背景に、データ活用社会が到来するとともに、気象業務に活用できる新たな技術が登場していた。また、災害の頻発・激甚化に伴い、社会全体の防災意識は高まりを見せるなど、気象業務に対する社会のニーズは増大・多様化していた。一方で、これらのニーズに対応すべく、気象業務の基盤となる気象学等の分野では、気象庁のみならず大学や研究機関において研究や技術開発が進められ、民間気象事業者においては様々な気象サービスが展開されているほか、これ以外の民間事業者においても気象データの利活用が進みつつあった。

このような背景から、平成 30 年 8 月、交通政策審議会気象分科会提言「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」が示され、一人一人の生命・財産が守られ、しなやかで、誰もが活き活きと活力のある暮らしを享受できるような社会（安全、強靱で活力ある社会）の実現に、気象庁のみならず様々な主体によって営まれる気象業務が貢献すべきとされた。また、観測・予測精度向上に係る技術開発と気象情報・データの利活用促進の取組を進めるとともに、これらを「車の両輪」とする防災対応・支援の推進について、気象業務の貢献の面では気象庁が中核となって取組を進めるべきとされた。そして、急激に変化する社会環境や増大・多様化する社会のニーズに的確に対応していくためには、産学官が連携し総力を結集することで、気象業務全体の社会に対する効果を最大化していくことが重要であるとされた。

3．気象ビジネス推進コンソーシアム（WXBC）

（1）生産性革命プロジェクト「気象ビジネス市場の創出」の選定

平成の終わりの時代になって、IoT（Internet of Things）、ビッグデータ、人工知能、ロボット・センサーの技術的ブレークスルーを活用する「第 4 次産業革命」により、社会的課題の解決や、消費者の潜在的ニーズを呼び起こす、新たなビジネスの創出が期待されてきた。

このような社会状況を捉え、国土交通省は、平成 28 年を「生産性革命元年」と位置づけ、社会全体の生産性向上に繋がる施策として国土交通省「生産性革命プロジェクト」を推進することにした。そのプロジェクトの一つとして、「気象ビジネス市場の創出」が選定され、気象庁はこれに取り組むことにした。

（2）WXBC の設立と概要

「気象ビジネス市場の創出」を進めるため、産学官関係者の対話・連携の強化を図り、産業界と気象サービスのマッチングや気象データを高度利用した新たな気象ビジネスの創出を実現するための課題解決を行うため、平成 29 年 3 月に、気象事業者に加えて、情報通信、農業、小売、金融等の関係する産業界や先端技術に知見のある学識経験者等を構成員とした「気象ビジネス推進コンソーシアム（WXBC）」が 207 者の会員により設立された。なお、英語の略称である WXBC は、気象ビジネス推進コンソーシアムの英語名が Weather Business Consortium であることに加え、WX が航空や無線の世界で気象や天気を意味していること、また、気象「×」ビジネス＝気象情報とビジネス（社会）の「掛け算」による生産性向上、気象＋×（様々な要素）＋ビジネス＝気象情報ともうひとつの「何か」による社会全体の生産性向上という意味合いを込めて決定した。

WXBC では、IoT、AI 等の先端技術を活用した先進的なビジネスモデルを創出するため、気象衛星・レーダー等の技術的進歩に対応した新しい気象情報の利活用を促進するため、利用者にとって使い勝手のよい気象情報の提供や気象サービスを支援する環境整備など、新たな気象ビジネス市場の創出・活性化を促進する取組を進めることにし、継続的な情報改善や人材育成などの環境整備を実施することにした。

具体的には、会員と気象庁が連携して、気象データに関する概要や利活用方法のセミナー等を開催し、気象データの情報・知見を共有するほか、気象データ利活用に向けた課題に関するヒアリングと対応策の検討、気象ビジネスを展望する場である気象ビジネスフォーラムの開催などを行うことにした。また、WXBC では、二つのワーキンググループ（WG）を設置し（人材育成 WG、新規気象ビジネス創出 WG）、それぞれの WG で人材育成や新規ビジネスに資する情報交換などを行うことにした。

（3）WXBC の運営状況

ア．気象ビジネスフォーラム

気象ビジネスの将来を展望する場として「気象ビジネスフォーラム」を毎年開催することにし、第 1 回を平成 29 年 3 月に開催した。気象データを活用したビジネス事例の紹介のほか、毎回テーマを設け、産学官によるトークセッションも実施した。

イ．人材育成 WG

人材育成 WG では、気象ビジネスの創出と市場拡大の礎となる人材の育成に資する取組を行うことにした。

WXBC セミナーや、気象データとオープンデータをかけあわせて分析する「気象データ分析チャレンジ！」、AI・IoT 関連のテクノロジー研修を企画・運営し、気象ビジネスの構想と実現に必要な以下 3 つのスキルを身に付けてもらうことを目指すことにした。

①気象データ理解力　②IT 活用力　③ビジネス発想力

ウ．新規気象ビジネス創出 WG

新規気象ビジネス創出 WG は、新規気象ビジネス創出に向けた具体的取組を各種実施することにした。

○アイデアコンテスト、ビジネスマッチングイベントの開催
○気象庁過去データの試用提供の実施
○気象データを活用したビジネス事例集の作成・周知
○気象データを扱うハッカソンやワークショップの検討…等

また、定期的に開催する WG では、気象ビジネスに関する具体的なニーズ、シーズやビジネス事例の紹介を WG メンバーから行うことにし、メンバー間で意見交換等を実施することで新たな気づきや共創が生まれる企業間交流の貴重な場とした。

4．「気象データアナリスト育成講座」の認定制度

令和の時代になって、産業界では急速にデジタルトランスフォーメーション（DX）が進んできた。そして、この DX の進展に伴って、あらゆるビジネスの 6 割以上に影響を与える気象のデータについても、活用の可能性が高まっていた。一方で気象データは、データ自体の種類の多さや、観測や予測といった概念、予測誤差があるため確定論的に扱うことができないな

ど、他のデータと異なる特徴がある。実際に、気象データを扱っている方々からも、気象データを適切に扱うためには、気象データ特有の専門的な知識について学ぶ必要があることが指摘されていた。

これらの状況を踏まえて、気象庁と WXBC は、気象データの知識とデータ分析の知識を持ち、気象データとビジネスデータを分析して新規事業創出や課題解決ができる人材「気象データアナリスト」の育成に向けて議論を重ねた。

令和 3 年 2 月に、経済産業省「第四次産業革命スキル習得講座認定制度」（Re スキル）と連携して、気象庁が気象データアナリストを育成できる講座を認定する制度を創設した。この制度は、気象庁と WXBC が検討したスキルセットや標準的なカリキュラムに準ずる民間講習を認定し、一定以上の品質が担保された民間講習の実施を後押しし、このことを通じて、気象データアナリストを増やしていくことを期待するものとした。令和 3 年 10 月以降、気象庁の認定を受けた講座が順次開講している。

5．気象情報・データの利用促進の取組

令和の時代になって、進化したデジタル技術が社会経済活動をより良い方向に変化させる DX という概念が注目され、気象情報･データは DX 社会におけるデジタル技術を活用したサービスにおいて基盤的なデータセットとして非常に重要な要素であり、事業データと組み合わせて事業予測や事業判断を行うサービスが一層発展していくものと期待された。

このような背景のもとで、令和 5 年 3 月、交通政策審議会気象分科会提言「DX 社会に対応した気象サービスの推進」が示され、前述のようなサービスを発展させるためには、気象情報･データの利活用を検討している事業者等が、気象情報・データの持つ意味や活用方法等を理解し、自身のニーズに合致した信頼できる気象サービスを選択できるよう、気象情報・データに関する「利用ガイド」を策定し、気象情報・データの利活用に関する周知啓発の取組において活用していくべきであるとされた。このため、令和 6 年 3 月に WXBC と連携して、気象データの活用事例や利用手順、入手方法等をとりまとめた「気象データ利用ガイド～先を読むビジネスへ～」を作成し気象庁ホームページに公表した。

また、前述の提言では、利用が広がってきているクラウド技術を活用して、ビッグデータとしての気象情報･データを保存し、民間事業者や大学･研究機関等の利用者が容易にこれらデータを利用できる環境を構築すべきであるとされた。このため、令和 6 年 3 月に気象庁のスーパーコンピュータシステムの更新整備に併せてデータ共有・提供の機能を担うクラウド部（気象庁クラウド環境）を導入し、民間気象業務支援センターを通した民間事業者への大容量の気象情報・データの提供を開始した。

これらにより、利用者側での情報リテラシーとデータ取得手法の両面から、気象情報・データの利用を促進できるようになった。

6．花粉症対策のための気象情報利活用

花粉症の有病率は年々増加傾向にあり、例えば花粉症対策に早くから着手した東京都のスギ花粉症推定有病率の調査においては、昭和 58 ～ 62 年度の調査においては 10.0％であったものが、平成 8 年度は 19.4％、平成 18 年度は 28.2％、そして平成 28 年度は 48.8％と、増加傾向にあることが報告されている。

気象庁は、気象情報利活用の観点から政府の一員として花粉症対策に関与しており、現在では関係閣僚会議でまとめられた「花粉症対策の全体像」の中の施策として、民間事業者による花粉飛散予測に資する詳細な気象データの提供を行っている。

本項では政府の花粉症対策の下での気象情報利活用の変遷について述べる。

（1）スギ花粉症に関する関係省庁担当者連絡会議の設置

平成 2 年 4 月、当時社会問題として認識されるようになっていたスギ花粉症の諸問題について検討を行うことを目的として、環境庁、厚生省、林野庁及び気象庁を構成員とする「スギ花粉症に関する関係省庁担当者連絡会議」（以下「連絡会議」という。）が設置された。また、国会に関連して、平成 7 年 6 月に、花粉症をはじめとするアレルギー症の克服を目指して「自由民主党花粉症等アレルギー症対策議員連盟」（通称「ハクション議連」）が設立される動きがあった。

平成 13 年度の連絡会議及びハクション議連における検討により、関係省庁が連携協力して花粉の自動観測装置を展開することが決まり、気象庁は他省庁が開発又は購入した観測装置を設置する場合の敷地の貸与等の協力をすることとなった。

（2）関係府省庁による花粉症対策への協力

平成 14 年度に、環境省は、花粉の飛散データを自動的に収集し、花粉の飛散状況をリアルタイムで表示する花粉観測システム（のちの愛称は「はなこさん」。民間気象事業者による花粉飛散に関する情報の充実等に伴い、令和 3 年の情報提供を最後に廃止。）を新たに稼働させ、平成 16 年度には、環境省花粉情報サイトを開設して、「花粉症保健指導マニュアル」、「花粉飛散予測」及び「はなこさん」の情報を統合し、関係省庁や自治体の情報もあわせて掲載する運用を開始した。「はなこさん」では、花粉量の観測だけでなく、アメダス観測地点の気象データと組み合わせて花粉の飛散しやすい方向なども表示され、気象庁の観測データが活用された。

また、気温の経過と花粉飛散量・飛散開始時期に密接な関係がある（例えば、環境省の公表している「花粉症環境保険マニュアル」によると、スギは 11 ～ 12 月の気温が低いほど、また、1 ～ 2 月の気温が高いほど飛散開始が早くなることが分かっている）ことから、環境省花粉情報サイトにおいて公開される花粉飛散開始時期等の予測（平成 28 年の情報提供を最後に終了）においては、気象庁の季節予報が活用された。

（3）花粉症に関する関係閣僚会議の開催

その後も、関係府省庁がそれぞれの所掌に基づき花粉症対策を進め、関係省庁担当者による連絡会議も継続的に開催されてきたが、政府あげての花粉症対策としては不十分であるとの指摘が一部国会議員から出ていたのも事実である。そのようななか、岸田内閣総理大臣は、令和 5 年 4 月の国会答弁において、花粉症について「我が国の社会問題と言っていいような問題」との認識とともに、政府において関係閣僚会議を開催し、情報共有と効果的な対策の組み合わせに取り組んでいく意思を示し、同月、花粉症に関する関係閣僚会議（第 1 回）を開催するに至った。

第 1 回会議では、関係閣僚から花粉症対策に関する取組状況が報告された。また、岸田内

閣総理大臣からは、「発生源対策」、「飛散対策」及び「曝露・発症対策」を３本柱とする対策の全体像のとりまとめ指示がなされ、この翌月に開催された第２回会議において、「花粉症対策の全体像」がとりまとめられた。気象庁については、「飛散対策」の一環として、スーパーコンピュータやAIを活用した、花粉飛散予測に特化した詳細な三次元の気象情報の提供を行うこととされた。

「花粉症対策の全体像」のとりまとめを受け、民間気象事業者等による花粉飛散予測に資するため、気象庁では、民間気象会社からニーズの聞き取り結果等を踏まえて施策の具体化に向けた準備を進め、令和６年３月に、低い空域の風・気温・降水等の予測データについて、リアルタイムでの提供を開始した。

第４章　数値予報

【第１節】数値予報システムの変遷

気象庁は昭和34年３月に官公庁として初めて科学計算用の大型計算機を導入し、同年６月から数値予報業務を開始した。その後、コンピュータの技術革新の成果を反映させるべく、段階的にコンピュータシステムを更新するとともに、数値予報技術の開発・改良を継続的に行ってきた。この不断の努力により、数値予報の予測精度は大きく向上し、今日、数値予報は、気象、気候、海洋、火山など各分野で気象・海洋にかかる業務の根幹となっている。本章ではこうした数値予報技術の発展について述べる。また、本節で数値予報システムの変遷について概説する。

なお、本章ではコンピュータシステムの世代を明確に表現するため、数値解析予報システム（NAPS）という名称を用いることにする。例えば現在運用しているスーパーコンピュータシステムは、昭和34年に導入した初代数値解析予報システムから数えて11番目に当たるため、第11世代数値解析予報システム（NAPS11）と称する。

気象庁に最初に導入した現業数値予報モデルは500hPa高度面のみを予測対象とする北半球バランス・バロトロピックモデルであり、昭和34年３月の大型計算機の導入から約３か月後の昭和34年６月に運用を開始した。その後、気象に関する数値予報システムは、電子計算室、数値予報課、長期予報課、気候情報課が開発の主体となり、鉛直層数の増強、水平高解像度化、計算領域拡大、物理過程の改良・実装、解析システム（手法）の高度化、予報時間の延長、計算回数の高頻度化や確率的予測のための多メンバー化など、多岐にわたる改良や高度化を継続的に実施してきた。現在運用している数値予報システム運用開始年をNAPSの世代数とともに列挙すると、全球モデル（GSM）は昭和62年（NAPS5）、メソモデル（MSM）は平成13年（NAPS7）、季節アンサンブル予報システムは平成15年（NAPS7）、全球アンサンブル予報システム（GEPS）の前身である週間アンサンブル予報システム及び１か月アンサンブル予報システムはそれぞれ平成13年（NAPS7）、平成８年（NAPS6）、局地モデル（LFM）は平成24年（NAPS9）、メソアンサンブル予報システム（MEPS）は令和元年（NAPS10）となる。

気象庁では気象に関する数値予報モデルに加えて、海洋及び物質輸送に関する数値予報モデルも開発・運用してきた。海洋現象のうち気象庁が数値予報の対象としているのは、波浪、高潮、海況（海流・海水温）、海氷等であり、初めて現業利用を開始した海洋モデルは昭和52年（NAPS3）に導入した外洋波浪モデルであった。その後、気象研究所、海上気象課・海洋課、海洋気象情報室、数値予報課が主体となり海洋モデルの開発・改良を進めてきた。現在運用している各海洋モデルの運用開始年は、沿岸波浪モデルは昭和58年（NAPS4）、全球波浪モデルの前身である外洋波浪モデルは昭和52年（NAPS3）、海氷モデルは平成２年（NAPS5）、高潮モデルは平成10年（NAPS6）、日本沿岸海況監視予測システムの前身である海洋総合解析システム（COMPASS-K）は平成13年、浅海波浪モデルは平成20年（NAPS8）、波浪ア

ンサンブルシステムは平成 28 年（NAPS9）である。また、物質輸送モデルでは、大気中の物質の変化や移動などを扱うが、気象庁ではエーロゾル（黄砂）、オゾン、二酸化炭素及び大気汚染物質輸送等を対象にモデルを運用しており、気象研究所、環境気象課、環境気象管理官、数値予報課が主体となって開発・改良を進めてきた。各モデルの運用開始年は、エーロゾル輸送モデルは平成 16 年（NAPS7）、化学輸送モデルは平成 17 年（NAPS7）、二酸化炭素輸送モデルは平成 21 年（NAPS8）である。

本章の構成は次のとおりである。まず、第 2 節第 1 項「運用を終了したモデル」では、運用を終了したモデルの導入目的やモデル改良履歴、廃止の経緯について記述する。続いて、第 2 節第 2 項以降では、現在運用中の数値予報システムを中心に、その導入目的や改良について記述する。第 3 節「数値予報での観測データの利用」では、数値解析予報システムの精度を保ち、高精度の予報を実現するために不可欠である、観測データ利用手法の変遷について記述する。第 4 節「ガイダンス」では、数値予報モデルの出力結果をもとに、系統的誤差の補正や予報作業で参照する要素の算出等を統計的手法や診断的手法により行うガイダンスについて、その変遷を記述する。第 5 節「数値予報を支えるソフトウェア環境」では、数値予報の変遷を計算機システムの面から記述する。数値予報ルーチンの効率的な運用に資するソフトウェア環境、プログラム開発環境、管理ツール等の変遷に加えて、数値予報システムの効率的な開発を目的として構築した数値解析予報実験システム（NAPEX）、数値予報の出力結果としての格子点データや FAX 図の変遷についても記述する。第 6 節「数値予報モデル開発に関する連携・イベント」では、数値予報の高度化・精度向上に向けた外部機関との連携の取組や、様々な公的・学術機関と連携した広報活動について記述する。

【第 2 節】気象庁の数値予報モデル

1．運用を終了したモデル

（1）北半球モデル

昭和 34 年 6 月、気象庁は最初の現業数値予報モデルとして、500hPa の北半球バランス・バロトロピックモデルの運用を開始した。モデルの予報領域は北半球で、水平格子間隔は 381km、実行回数は 1 日 1 回、予報時間は 48 時間という仕様で運用していた。大気の構造に順圧性（バロトロピック）を仮定した方程式系を用いる数値予報モデルであり、現在の数値予報モデルに比べるとごく簡便な仕様であった。

昭和 36 年 9 月にアジア準地衡風モデル（水平格子間隔 304.8km）、昭和 45 年 4 月に北半球 3 層バランス・バロクリニック・モデル（水平格子間隔 381km）の運用をそれぞれ開始し、大気の傾圧性（バロクリニック）を考慮する数値予報モデルへと発展していった。昭和 48 年 8 月に NAPS2 を NAPS3 へと更新し、同年 10 月に実行回数を 1 日 1 回から 1 日 2 回へと増強した。

昭和 50 年 1 月には、プリミティブ方程式系を用いる水平格子間隔 381km の北半球 4 層プリミティブモデル（NHM: Northern Hemispheric primitive equation Model）の運用を開始した。昭和 57 年 3 月の NAPS4 への更新に伴い、鉛直層数を 8 層に増強した。

昭和 58 年 3 月、これまでの NHM に代えて、水平方向の離散化にスペクトル法を採用した北半球スペクトルモデル（HSM: northern Hemispheric Spectral Model、水平格子間隔約 270km、鉛直層数 12 層）の運用を開始した。スペクトル法とは、これまで NHM 等で用いていた、大気の状態を有限個の格子点値で代表させる格子点法よりも計算精度が高く、大気の状態を様々な波長の波の重ね合わせで表現する手法である。

昭和 63 年 3 月に HSM を全球モデル（GSM）に更新した。この更新では、予報領域の北半球域から全球域への拡張、水平・鉛直解像度の強化や物理過程の改良を実施した。気象庁はその後幾多の改良を加えながら GSM を現在まで運用し続けてきた（GSM の改良については、本節第 2 項「全球モデル」を参照）。

（2）領域モデル

昭和 48 年 10 月に、当時運用していた数値予報モデルが対象としてきた気象現象よりも空間スケールの小さな気象現象に対する予測精度の向上を目的として、アジア・プリミティブ・ファインメッシュモデル（FLM: asian area, Fine-mesh, Limited area Model、水平格子間隔 152.4km、鉛直層数 6 層）の運用を開始した。FLM は、我が国で初めて実用化されたプリミティブモデルである。特に水平格子間隔の高解像度化により、当時運用中の北半球 3 層バランス・バロクリニック・モデルに比べて予測精度が著しく改善した。モデルの予報領域はアジア域であり、当初はその側面境界値としてアジア準衡風モデル（当時、予備的に運用）の予測結果を利用していたが、予報領域内部（プリミティブモデルである FLM）との予報特性の違いによる境界付近の予報精度への悪影響が認識されていた。そのため、NAPS3 でプリミティブモデルである NHM の運用を開始したことを背景に、昭和 57 年 3 月、NAPS4 への更新に合わせて、側面境界値を NHM に変更することで予報誤差の軽減を図った。このほか水平格子間隔 127km、鉛直層数 10 層への高解像度化も実施した。翌年には鉛直層数を 12 層に増強した。昭和 58 年 3 月に、日本付近のメソ α スケール現象を予測することや、FLM の予測結果を補足することを主な目的として、日本域微格子モデル（VFM: Very Fine Mesh Model、水平格子間隔 63.5km、鉛直層数 11 層）の運用を開始した。

昭和 63 年 3 月に、FLM をアジア域モデル（ASM: Asia Spectral Model）へ更新した。水平格子間隔が約 75km に高解像度化されたことで、上述の VFM（水平格子間隔 63.5km）に相当する格子間隔で予報領域のアジア域を覆うことが可能となった。予報時間も 36 時間から 48 時間に延長し、短期予報に一層役立つ資料の提供を目指した。また、ASM ではスペクトル法を採用し、世界で初となるスペクトル法を用いた領域モデルの実用化を行った。同時に、より詳しい量的な予報のための改善を目的として、VFM を日本域モデル（JSM: Japan Spectral Model）に更新し、水平解像度約 40km への高解像化、鉛直層数の増強、物理過程の精緻化を実施した。また、航空予報への役割も期待されていたことに関連して、鉛直層数の増強を対流圏下層のみならず 200hPa 付近でも実施した。平成 4 年 3 月には、JSM の水平格子間隔を約 30km に高解像度化した。

平成 8 年 3 月に、NAPS6 への更新に伴い、GSM の水平格子間隔を約 110km から約 55km に更新したが、ASM（水平格子間隔約 75km）よりも細かい格子間隔となるため、ASM の予測対象である総観スケールからメソ α スケール現象に関する予測資料の提供や、ASM よりも狭い領域モデルへの側面境界値提供といった役割は、高解像度化後の GSM が担

えるようになると考えられた。このため、NAPS6 では ASM に対応するモデルを作らず、領域モデルとしては RSM（領域モデル：Regional Spectral Model）ただ一つのモデルを開発・運用することにした。このことは、モデルのメンテナンスや開発効率上でのメリットをもたらすとともに計算機資源の節約にも繋がった。この利点を活かし、RSM では水平解像度 20km、予報時間 51 時間に設定した。この改良により、JSM よりも高解像度で ASM の予報時間を保証し、メソスケールの擾乱や降水予測、地上風や気温予想のための資料提供が可能となった。これを受けて、気象庁では新たに天気分布予報と時系列予報を開始した。

平成 13 年 3 月の NAPS7 運用開始とともに、RSM の鉛直層数を 36 層から 40 層へと高解像度化した。同時に、防災気象情報の高度化を目的として、メソ解析とメソモデル（MSM）から成るメソ数値予報システムの運用を開始した。メソ数値予報システムは現在運用中のシステムである（その改良等については、本節第 3 項「領域モデル」を参照）。平成 19 年 11 月に GSM の水平格子間隔を約 55km から約 20km へと大幅に高解像度化したことに伴い、RSM の運用を終了した。

（3）台風モデル

数値予報モデルの解像度が十分に高くなるまでは、モデルにおいて台風の扱いが困難であった。このため台風予報向けに、台風予測専用のモデルを開発し、運用していた。

昭和 38 年 9 月から、水平格子間隔 381km のバランス・バロトロピックモデルを用いた台風の進路予測を開始した。単一層のみの予測であり、台風の 3 次元構造はモデル内で考慮されていなかった。

昭和 57 年 3 月に、NAPS4 の運用開始とともに、台風 3 次元モデル（MNG: Moving Nested Grid model）の運用を開始し、台風の 3 次元構造を考慮するモデルへと発展した。MNG は双方向ネスト方式の格子系を用いたモデルで、その格子間隔は外側から内側（台風域）に向かって 381km、190.5km、95km と小さくして、最も内側のモデル領域は予測される台風中心とともに移動する仕様としていた。このような工夫を取り入れることで、当時としては高解像度の台風の取り扱いを可能としていた。

昭和 63 年 3 月に MNG を台風モデル（TYM: TYphoon Model）に更新した。計算機の大幅な性能向上に伴い、MNG で実装していたモデル領域の移動に代えて、TYM では十分なモデル領域を確保し、台風の初期位置に応じて予報領域や投影法を設定する仕様とした。また、TYM ではモデル内で直接水蒸気を予報する改良（MNG では省略されていた）を実施し、積雲対流等による加熱の効果を新たに考慮できるようになった。平成 8 年 3 月には NAPS6 への更新に合わせ、TYM を水平格子間隔 40km、鉛直層数 15 層に高解像度化した。また、台風 72 時間進路予報の実施に資するため、TYM の予報時間を 60 時間から 78 時間に延長した。平成 13 年 3 月には NAPS7 への更新に合わせ、TYM を水平格子間隔 24km、鉛直層数 25 層に高解像度化した。この改良により台風強度の予測精度は大きく向上し、同年 6 月より、台風の強度予報を 24 時間先から 48 時間先まで延長した。

平成 19 年 11 月、GSM の水平格子間隔を約 55km から約 20km へと大幅に高解像度化したことに伴い、TYM の運用を終了した。翌年の平成 20 年に導入した台風アンサンブル予報システム、さらに台風、週間及び 1 か月アンサンブル予報システムを統合し、平成 29 年に導入した全球アンサンブル予報システムにより、台風の進路予報について確率的な扱いや複数シナリオの検討が可能となった。全球アンサンブル予報システムは現在運用中のシステムである（その改良等については、本節第 2 項「全球モデル」を参照）。

2．全球モデル

（1）全球数値予報システム（全球モデル（GSM）と全球解析）

気象庁は昭和 62 年 12 月に全球を計算対象とする全球モデル（GSM: Global Spectral Model）の試験運用を開始した。翌年の昭和 63 年 3 月には北半球スペクトルモデル（HSM）の運用を終了し、GSM の本運用を開始した。GSM は HSM に対して、計算領域の全球への拡張や分解能の向上、物理過程の改良が加えられた数値予報モデルであった。GSM の運用開始以降も分解能など基本仕様の向上や物理過程の改良、データ同化システムの改良等、長年にわたって多くの改良がなされてきた。GSM の改良とともに気象業務における利用分野も広がっていき、現在の GSM は台風予報、天気予報、週間天気予報、航空気象情報、メソモデルの境界値提供等と多様な業務で利用されており、気象庁の業務の基盤となるモデルとなっている。以下では全球モデルの水平解像度の向上がなされたバージョンを節目として段落を区切り、改良項目や改良の狙い等をまとめる。なお、以下で用いる「GSMyymm」との表記は GSM に改良が導入された西暦の下二桁（yy）と月（mm）を示している。このことから、本項の一部では和暦と西暦を一部併記することとする。分解能の表記については、TLXXX は切断波数（一次格子）、TXXX、TQXXX は切断波数（二次格子）、LXXX は鉛直層数を示す。

運用開始時の GSM8803 の仕様は T63L16（水平約 180km、最上層 10hPa）であった。主に中期予報（3 ～ 8 日）の精度向上を目的としており、前項の HSM では赤道に剛体壁を仮定し予測対象は北半球に限られていたが、GSM ではそれまで予測対象となりえなかった両半球に広がる大気現象を表現できるようになった。また、昭和 63 年（1988 年）から平成元年（1989 年）にかけて、全国で週間予報が毎日発表されるようになったが、その支援のため、HSM で週 2 回だった 8 日（192 時間）予報も GSM では毎日実行することとした。一方、一般的に数値予報モデルで表現可能なスケールは格子間隔の 5 ～ 8 倍とされているように、「少なくても 1,000km 以下の波長を持つ波のふるまいは信頼性が無いと考えるべきであろう」と当時の数値予報解説資料に利用の際の注意点が記載されている。なお、解析の解像度は 1.875 度 ×1.875 度の等緯度等経度格子であった。

GSM8911 では、GSM の仕様を T106L21（水平約 110km）に向上し、上層で等気圧面、下層で地表面に沿ったモデル面を持つハイブリッド座標系と新陸面過程を導入した。切断波数 106 は当時のヨーロッパ中期予報センター（ECMWF）のモデルと同等で、ECMWF のモデルは鉛直層数が 19 層であり、GSM8911 は当時世界で最高の分解能を持つに至ったこととなる。

GSM9603 では、週間予報の精度向上と台風進路予報支援を目指し、GSM の仕様を T213L30（水平約 55km）に向上し、新積雲対流スキームを導入した。GSM9912 では雲水スキームを導入し、積雲対流過程と放射過程の改良を実施した。21 世紀最初の GSM の大規模更新である GSM0103 では、GSM の仕様を T213L40（最上層を 10hPa → 0.4hPa）に向

上し、上部境界の影響の緩和や 10hPa より上空の衛星データの同化により、大気の立体構造をより忠実に表現できるようにした他、積雲対流過程の改良を実施した。また、1 日最大 4 回の TYM84 時間予報を可能にするため、00UTC 初期値においても 90 時間予報、12UTC 初期値では主にシステム障害時の業務継続のため、24 時間延長して 216 時間予報とした。さらに、平成 13 年（2001 年）9 月には解析手法としてそれまで用いられてきた全球 3 次元最適内挿法（OI）に代わり、衛星観測データの有効利用、特に衛星輝度温度の直接同化が可能となる全球 3 次元変分法（3D-var）を新たに導入した。平成 14 年度（2002 年度）から平成 16 年度（2004 年度）前半まで実施された「全球モデル開発推進プロジェクト」では、「短期予報の精度を世界のトップレベルに」というビジョンのもと、「500hPa 高度の 24 時間予報誤差の前 12 か月平均値を、プロジェクト開始時点（平成 14 年度当初）に比べて 25％減らすこと」という具体的な数値目標を設定して様々な開発に取り組んだ。GSM0305 では積雲対流過程の更なる改良、及び雪の近赤外アルベドの調整を実施し、GSM0407 では層積雲スキームの導入、雲氷落下・積雲対流スキームの改良、氷床アルベドの調整を実施し、プロジェクトが終了した平成 16 年（2004 年）9 月には、数値目標に対する達成率が北半球は 78％、南半球は 100％という成果を挙げた。その後、GSM0412 では晴天放射スキームの改良を実施した。GSM0502 では、GSM の仕様を TL319L40（格子上の解像度は約 55km で変わらず）に向上し、計算安定性のための CFL（Courant-Friedrichs-Lewy）条件の制約がなく、タイムステップ幅をより大きくとることができ、計算効率が向上するセミラグランジュ移流スキームを導入した。また、上記プロジェクトの開発課題の一つであった全球 4 次元変分法（全球 4D-Var）を全球解析に導入した。GSM0507 では放射過程における雲の取扱いの改良、オゾン気候値の改定を実施した。平成 18 年（2006 年）3 月には、GSM 航空悪天 GPV 作成を支援するために、新たに 06、18UTC を初期時刻とする 36 時間予報の運用を開始した。

GSM0711 では、GSM の仕様を当時としては世界最高の水平解像度を誇る TL959L60（水平約 20km、最上層 0.1hPa）に向上した。この水平解像度は当時の領域モデル（RSM：約 20km）や台風モデル（TYM：約 24km）（いずれも GSM0711 運用開始と同時に廃止）と同程度であり、RSM と TYM にあった側面境界条件の技術的な難しさや、利用上の特別な留意（GSM との予報特性や解像度の違いから生じる不自然な表現など）からの解放を狙ったものであった。特に、側面境界付近から移動してくる動きの速い台風や、複数の台風が相互作用する場合など、RSM や TYM では予報精度に影響する場合があったが、統合により側面境界に関わるこれらの問題は生じなくなった。また、GSM に統合することで、短期から週間予報まで、均質な予報特性を持ったプロダクトを利用できる等の利点もあった。予報時間も 00、06、18UTC 初期値ではそれまでの TYM と同じく 84 時間に統一された。その後も GSM0801 では積雲対流過程の改良を実施し、GSM0808 では高緯度域における格子点の過度な集中を緩和し、計算量を削減する適合ガウス格子を採用した力学過程の改良を実施した。GSM1212 では層積雲スキームの改良を実施した。GSM1304 では放射過程（エーロゾル気候値、水蒸気吸収係数）の改良を実施した。また、全球解析のインナーモデル（解析修正量を求めるモデル）の水平解像度は、既に GSM に実装されていたセミラングランジュ法などの技術を導入することで、平成 23 年（2011 年）10 月に T159 から TL319（約 55km）に更新された。平成 21 年（2009 年）以降は開発管理の高度化を背景に、仮説と検証を繰り返すいわゆる「科学的な手法」による GSM 改良が精力的に行われるようになった。すなわち、「予測誤差はモデルの諸過程が持つ問題が複雑に絡み合った結果生じている」という認識のもと、モデル予測の誤差の原因やモデルの挙動を既知の事実や知見を論理的に積み上げることによって理解し、その理解に基づいてモデルの修正を試みる科学的なアプローチを重視するように変化してきた。平成 25 年（2013 年）3 月からは全球モデル（12UTC 初期値）と（後述する）週間アンサンブル予報モデルの予報時間を 216 時間（9 日）から 264 時間（11 日）へと延長しているが、これは、それまで「1 週間（7 日）先」までしか許可していなかった民間気象事業者による一般向けの日々の天気予報を「10 日先」までできるよう制度が見直されたことを受け、数値予報資料の拡充により民間気象事業者の予報業務を支援するものであった。GSM1403 では、GSM の仕様を TL959L100（最上層 0.01hPa）に向上し、大気の成層圏・対流圏における鉛直構造の表現の精緻化や、人為的な上部境界の影響の低減を狙い、衛星観測データの更なる利用を目指せるものとした。あわせて放射や重力波、境界層等の各物理過程も改良された。GSM1603 では、積雲対流・雲・放射・海面などの多くの物理過程を改良し、長年の課題であった中層乾燥バイアスや下層低温バイアスなどの予測特性の改善に成功した。NAPS9 の最後の更新となる GSM1705 では、前回の更新時（GSM1603）に認識はされつつも改善出来ていなかった問題に取り組み、再び積雲対流、雲、放射、陸面、海面等多くの物理過程を改良した。平成 30 年（2018 年）6 月には、それまで 3 日先までを対象に行ってきた台風強度予報（GSM の予測が台風強度予測のガイダンス作成に用いられる）を、5 日先まで延長するため、00、06、18UTC 初期値の予報時間は 84 時間から 132 時間まで延長した。平成 30 年以降は、交通政策審議会気象分科会提言「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」（平成 30 年（2018 年）8 月）を受け、同年 10 月に策定した「2030 年に向けた数値予報技術開発重点計画」（以下「重点計画」という。）に沿って GSM の開発を進めることとした。重点計画では、台風の 3 日先の進路予測誤差を 100km 程度（当時の 1 日先の誤差程度）とすること等を目標とし、基盤モデルとして GSM においては更なる高精度化（高分解能化とそれに適した物理過程の開発、高解像度・高頻度観測データの利用とそれを可能にするデータ同化システムの開発等）を進めた。令和元年（2019 年）12 月に全球解析に導入したハイブリッド同化は、変分法で用いる背景誤差について、気候学的に事前に見積もった値に加えてアンサンブル予報から見積もられる予報摂動（ばらつき）を利用することで、実際の大気の状態に応じた誤差情報も考慮する手法であり、同計画の直近かつ精度向上へのインパクトの大きい課題の一つであった。GSM2003 では地形性抵抗過程、非地形性重力波過程、陸面過程、極域の海氷や層積雲の扱いの改良を行い、大気の循環場の予測改善に大きく貢献した。なおこの際、00UTC 初期値の予報時間も 264 時間に延長され、現在と同じ予報時間となった。GSM2103 では、GSM の仕様を TL959L128（最上層 0.01hPa は継続）に向上し、積雪・土壌水分といった地表面解析の改良、ハイブリッド同化の改良を実施した。

GSM2303 では、GSM の仕様を TQ959L128（水平約 13km）に向上し、GSM0711 以来、15 年ぶりの水平高解像度化を実施した。また、高解像度化に合わせて、地形性抵抗過程、非地形性重力波過程、雲放射過程の改良、モデル標高作成のオリジナルデータの更新を実施した。

GSM2303 の改良により、台風進路予測精度、北半球の循環場予測精度の大幅な向上を実現した。GSM2503 では、放射過程・陸面過程を改良するとともに、気象研究所で開発された並列計算手法の改善を導入し、将来の計算機動向も見据えた数値予報モデルのフレーム改良を実施した。

（2）全球アンサンブル予報システム（GEPS）

平成 13 年 3 月に NAPS7 の運用とともに、週間天気予報の支援を目的として、週間アンサンブル予報システム（週間 EPS）の運用を開始した。この週間 EPS は 1 か月アンサンブル予報システム（詳細は、本節第 4 項「季節予報モデル」を参照。）と統一したシステムであり、週間 EPS の一部のメンバーの予報を延長することでそれを実現していた。 運用開始当初の解像度は T106L40（水平約 110km）、メンバー数は 25 であったが、平成 18 年 3 月に TL159L40（格子上の解像度は変わらず）、メンバー数を 51 に増強、平成 19 年 11 月に TL319L60（約 55km）に向上、平成 26 年 2 月には TL479L60（約 40km）に解像度を向上させるとともに、それまでの 1 日 1 回（51 メンバー）から 1 日 2 回（27 メンバー）に高頻度化（代償としてメンバー数減）した。また、運用開始当初は、初期値摂動を成長モード育成法で作成していたが、平成 19 年 11 月に特異ベクトル法（SV 法）による摂動を導入した。さらに、予報モデルの不確実性を考慮するためにモデルアンサンブル手法として、平成 22 年 12 月には確率的物理過程強制法（SPPT 法）を導入した。加えて、平成 23 年 3 月には初期値摂動（SV 法）の対象領域を日本付近の予測精度へのインパクトを期待した北半球及び熱帯から南半球にまで広げ、南半球の予測パフォーマンスの大幅な向上を遂げた。

平成 20 年の台風第 1 号（平成 20 年 2 月）から、台風への適切な防災対応判断の支援に向けて台風進路情報を充実させるため、アンサンブル予報による不確実性の情報を付加し、また、アンサンブル平均による台風進路予報の精度向上を期待して、台風アンサンブル予報システム（台風 EPS）の運用を開始した。台風 EPS は、TYM と同様、気象庁予報部予報課の予報担当者による熱帯低気圧の解析に基づいて熱帯低気圧が日本付近に発生する場合に、1 日 4 回 00,06,12,18UTC を初期時刻として実行された。台風 EPS の運用開始を踏まえ、台風進路予報は平成 21 年 4 月から 5 日（120 時間）先まで延長された。運用開始当初の解像度は TL319L60（約 55km）で、平成 26 年 3 月には TL479L60（約 40km）に解像度を向上するとともに、それまでの 11 メンバーから 25 メンバーに増強した。前段の週間 EPS との間でシステム構成の共通化を図っているが、初期摂動に用いる SV 法の評価領域が熱帯低気圧周辺＋北西太平洋域という点が台風 EPS 特有のものであった。

気象庁は、週間 EPS と台風 EPS に加えて、1 か月予報支援のために 1 か月アンサンブル予報システム（平成 18 年 3 月に週間 EPS と分離。）を運用していた。これらは構成上の共通点が多いものの、割り当てられた計算機資源内でそれぞれの予報業務を支援するのに適したシステム構成と運用形態にする必要性から、仕様が異なる独立のシステムとなっていた。これらのシステムを一体的に開発し、開発成果の共有や相互活用を促進するとともに、システム間の数値予報資料の整合性の向上や、運用に必要な計算機資源の効率的な利用を図るため、平成 29 年 1 月に週間 EPS と台風 EPS を置き換える形で全球 EPS の運用を開始し、同年 3 月には予報時間を 1 か月先まで延長した。これに伴い、1 か月 EPS の運用は終了した。全球 EPS を導入するにあたり、大きな改良を実施した。具体的には、鉛直層数を 60 層から 100 層に増強し、予報モデルも導入当時の最新のバージョンに更新し、初期値摂動作成手法として、新たに局所アンサンブル変換カルマンフィルタ（LETKF）を SV 法との組み合わせという形で導入した。また、海面水温摂動を新たに導入し、下部境界の不確実性も考慮し始めた。そしてこれ以降、GSM の物理過程等の改善を全球 EPS に原則として同時に適用するようになり、令和 3 年 3 月には 27 メンバーから 51 メンバーに増強し、令和 4 年 3 月には TQ479L128（約 27km）へ水平解像度の向上を実施した。令和 7 年 3 月には、確率的水蒸気プロファイル参照法（SHPC 法）を導入し、それまで不足していた熱帯域の予測のばらつきを改良した。

3．領域モデル

（1）メソ数値予報システム（メソモデル（MSM）とメソ解析）

メソ数値予報システムは、主に天気予報や防災気象情報、航空気象情報の作成支援に利用されている。平成 13 年 3 月の NAPS7 の運用開始とともに、防災気象情報の高度化を目的にメソ解析とメソモデル（MSM: Meso-Scale Model）から成るメソ数値予報システムの運用を開始した。当初は領域モデル（RSM）をもとにした静力学スペクトルモデルによるシステムであり、RSM を側面境界値として、水平格子間隔は 10km、鉛直層は 10hPa までの 40 層、1 日 4 回の実行で 18 時間予報を実施した。平成 14 年 3 月には、メソ解析に静力学 MSM にもとづく 4 次元変分法を導入した。これは、領域解析としては世界初、また、気象庁の数値予報システムとしても初の 4 次元変分法の現業化である。平成 16 年 9 月には、MSM に気象庁非静力学モデル（JMA-NHM: JMA Non-Hydrostatic Model）を導入した。これにより、静力学近似を用いず、かつ、格子点法による予報モデルとなった。JMA-NHM は、気象研究所と数値予報課の共同開発として、気象研究所において 1980 年代から開発が継続されてきた NHM に数値予報課での現業モデルのための開発成果を取り込み、1999 年に完成した気象研究所/数値予報課統一非静力学モデルをもとにして現業化に向けて開発されたモデルである。またこのとき、鉛直層は約 22km（約 40hPa）までの 38 層に更新された。

平成 18 年 3 月の NAPS8 の運用開始においては、MSM の水平格子間隔を 5km に高解像度化、鉛直層を約 22km までの 48 層に更新するとともに、15 時間予報に短縮しつつ実行頻度を 1 日 8 回に倍増し、最新の観測データを取り込んだ予報を高頻度に提供する構成とした。平成 19 年 5 月に、翌日の予報に資するよう、1 日 8 回の実行のうちの 4 回、03,09,15,21UTC 初期値の予報時間を 33 時間に延長した。同年 11 月には、全球モデル（GSM）が RSM の役割を継承しつつ高解像度化を伴う高度化を実施したことから、以降のメソ数値予報システムは GSM を側面境界値に用いることとなった。平成 21 年 4 月、JMA-NHM にもとづく非静力学メソ 4 次元変分法（JNoVA: "JMA Nonhydrostatic model"-based Variational Data Assimilation）を現業化し、解析と予報モデルとも非静力学モデルによるシステムとなった。

NAPS9 導入直後の平成 24 年 8 月に局地数値予報システムの運用が始まり、同システムに側面境界値を提供することがメソ数値予報システムの役割に加わった。平成 25 年 3 月に、メソ数値予報システムは予報領域を拡張した。領域を拡張することで、側面境界値の影響を日本

近辺から遠ざけ、本邦の予報精度の向上を図るとともに、同年5月に予報領域を日本全国に拡張する局地モデルへの適切な側面境界値の提供を可能とした。さらに平成25年5月には、予報支援とTAF（運航用飛行場予報）の運用変更に資するため、1日8回の実行の全てについて39時間予報とした。1日8回の実行のうち、00,12UTC初期値の予報時間については、いずれもNAPS10運用中の平成31年3月及び令和4年6月に、それぞれ51時間及び78時間に延長した。前者は防災気象情報等の作成支援へのMSMの利活用を更に進めるため、後者は台風接近を想定した3日先までの予報に活用するためである。この間、最先端の知見を取り入れ、データ同化も一体に効率的な開発を可能とする現業数値予報システムの構築を目指して開発を進めてきた次世代非静力学モデル（asuca: Asuca is a System based on a Unified Concept for Atmosphere）を平成29年2月にMSMに導入した。このとき、asuca導入にあわせて、鉛直層を約22kmまでの76層に高解像度化した。asucaにもとづく4次元変分法（asuca-Var）も令和2年3月にメソ解析に導入し、メソ数値予報システムは、asucaにもとづく一貫したシステムとなった。令和4年3月には、メソ解析における衛星観測の利用拡充を主な目的として、モデル上端高度の引き上げを行い、鉛直層は約38kmまでの96層となった。また、各運用拡張とあわせて予測精度向上に資する物理過程の改良も継続的に導入した。

（2）メソアンサンブル予報システム（MEPS）

メソアンサンブル予報システム（MEPS: Meso-scale Ensemble Prediction System）は、MSMの予測に対して信頼度や不確実性の情報を付加する目的で運用している。令和元年6月に運用を開始したMEPSは、MSMをコントロールランとして水平格子間隔5kmの21メンバーで構成し、39時間予報を1日4回実施する。予報モデルはMSMと同様にasucaであるため、MSMの開発成果を順次取り入れることが可能である。運用当初から、アンサンブル予報のための摂動を、初期値と側面境界値に対して特異ベクトル法によって与えており、令和5年3月には予報モデル自体が持つ不確実性も考慮するように改善した。

（3）局地数値予報システム（局地モデル（LFM）と局地解析）

局地数値予報システムは、防災気象情報や航空気象情報、降水短時間予報等の作成支援での利用のため、空間・時間スケールの小さい現象を予測することを目指して運用している。同システムは、局地解析と局地モデル（LFM: Local Forecast Model）から成り、MSM予報値を側面境界値としている。平成24年8月の運用開始においては、東日本を中心とした領域を対象に、水平格子間隔は2km、鉛直層は約20kmまでの58層で1日8回の9時間予報を実施した。平成25年5月には、日本全域を対象とした1日24回の毎時実行に高度化した。運用当初、予報モデルは当時のMSMと同じくJMA-NHM、解析はJNoVAによる3次元変分法を用いたが、平成27年1月には、メソ数値予報システムに先んじて、次世代モデルasucaの現業化を行い、予報モデルをasuca、解析をasuca-Varによる3次元変分法に更新した。

平成31年3月には、航空交通管理のための気象情報提供における利便性の向上を目的に、10時間予報に延長した。令和3年3月に鉛直層を約22kmまでの76層に増強し、令和4年3月には解析システムの変分法において、気象場に応じた予測誤差も考慮するハイブリッド同化を現業化した。令和6年3月には、線状降水帯の半日前からの予測情報に資するため、1日8回の3時間ごとの実行について、18時間予報に延長した。

（4）三十分大気解析

三十分大気解析は、航空気象情報などの作成支援のため、大気の実況監視を目的に、風と気温に関する客観解析を高頻度で実施している。平成13年4月に運用を開始したWINDASの予警報作業における効果的な利用を図るため、平成14年1月に毎時下層風解析として運用を開始し、平成15年11月には、前年にメソ解析でも利用を開始したACARS（航空機自動観測）データの活用を進めて航空ユーザ向けに上層風の解析を開始したことにより毎時風解析と称することとなった。次いでNAPS8に更新した平成18年3月からは、格子間隔を10kmから5kmに高解像度化するとともに解析要素に気温も加えた毎時大気解析に拡張した。この間、その名のとおり1時間ごとに、MSMを第一推定値にした最適内挿法により解析を実施した。平成19年3月に解析手法をJNoVAによる3次元変分法に更新した。さらに平成29年7月には、asuca-Varによる3次元変分法に更新するとともに、第一推定値をasucaによるMSMに変更した。そして令和4年12月に、三十分大気解析として、LFMを第一推定値とする2km格子の解析を30分ごとに実行する運用に更新した。

4．季節予報モデル

本項では、1か月予報、3か月・暖寒候期予報等の季節予報を支援する季節予報モデルについて記述する。1か月予報を支援する1か月アンサンブル予報システム（EPS）は平成8年に気象庁で初めてのEPSとして運用を開始し、3か月・暖寒候期予報を支援する季節EPSは平成15年に運用を開始し、それぞれこれまでに多くの改良を重ねて予測精度を向上させてきた。その変遷を以下に述べる。

（1）1か月アンサンブル予報システム

気象庁の1か月予報を支援する1か月EPSは、平成8年3月に導入して以降、多くの改良を重ねてきた。運用開始当初は、T63L30（水平約180km、鉛直30層）の大気モデルを用いて、特異ベクトル法（SV法）による初期摂動を利用し、1初期時刻5メンバー（1か月予報プロダクトとしては24時間ごと2初期時刻の組み合わせにより10メンバー）であった。また、海面水温（SST）は予測初期の平年偏差を予報時間中固定する手法であった。平成9年1月にはモデル上端の引き上げを行い、平成13年3月には週間EPSと統合して週間予報からの延長とするとともに、物理過程改良と解像度増強（T106L40; 水平約110km、鉛直40層）、メンバー数増強（13メンバー×2初期時刻による26メンバー）を行った。平成14年2月には、それまでの北半球域に加えて熱帯域にも初期摂動を導入した。同年4月には陸面解析を開始し、平成15年6月、平成17年3月にも物理過程改良を行った。平成18年3月には、モデル更新時の系統誤差計算等に時間を要する1か月EPSを週間EPSから分離し、独立したEPSとして運用を開始するとともに、モデルの更新（TL159; 水平約110km）とメンバー数の増強（25メンバー×2初期時刻による50メンバー）を行った。その後も平成19年3月には物理過程改良や京都大学防災研究所との共同研究による熱帯初期摂動の改良、平成20年3月には鉛直層数増強（60層化）と物理過程改良、平成23年3月には適合ガウス格子導入、平成26年3月には水平高解像度化（TL319; 約55km）や確率的物理過程強制法の導入を行った。平成29年3月には、週間予報から1か月予報までを一体的に支援するため、1か月EPS、週

間 EPS、台風 EPS の統合を行い「全球 EPS」として運用を開始した（水平解像度は予測 18 日まで TL479（約 40km）、それ以降は TL319、鉛直 100 層）。さらに令和 2 年 3 月からは、季節 EPS で予測された SST を予測途中から用いる 2 段階 SST 法を熱帯域に導入し、令和 3 年 3 月には物理過程改良とあわせて鉛直層数増強（128 層化）、令和 4 年 3 月にもモデル更新（予測 18 日まで TQ479（約 27km）、それ以降は TQ319（約 40km））と 2 段階 SST 法の適用期間前倒し、令和 5 年 3 月には 2 段階 SST 法の適用領域拡張（全球域）を行い、着実に予測精度を向上させてきた。

（2）季節アンサンブル予報システム

3 か月・暖寒候期予報を支援する季節 EPS は、平成 15 年 3 月に運用を開始した。当時のモデルは T63L40（水平約 180km、鉛直 40 層）の全球大気モデルであり、エルニーニョ予測システムによる SST 事前計算結果を利用する 2 段階 SST 法を採用して 31 メンバーで運用した。その後、平成 18 年 3 月にモデルの更新（TL95; 水平約 180km）、平成 19 年 9 月にモデルの更新とメンバー数の増強（51 メンバー）を行った。

気象庁では、1980 年代の後半からエルニーニョ予測のための大気海洋結合モデルの開発を進め、平成 10 年 7 月にエルニーニョ予測システム（JMA-CGCM）として現業化し、平成 15 年 7 月には JMA-CGCM2 へと更新し、この間エルニーニョ現象監視業務等に利用した。当時の大気海洋結合モデルはエルニーニョ予測には有効であったものの、大気予測精度が不十分であったため、季節予報には利用しなかった。しかし、平成 20 年 2 月にエルニーニョ予測システムとして導入した大気海洋結合モデルでは、SST に加えて大気の予測精度も当時の季節 EPS を改善することが確認されたため、平成 22 年 2 月にエルニーニョ予測システムと統合する形で大気海洋結合モデルを使用する季節 EPS（JMA/MRI-CPS1：大気 TL95L40、海洋 1×1-0.3 度 L50）の運用を開始した。海洋初期値の作成には、海洋データ同化システム（MOVE/MRI.COM-G）を用いた。平成 27 年 6 月には海氷モデルの導入、大気海洋結合モデルの高解像度化や物理過程改良、海洋モデルにおける全球域への海域拡張、海洋データ同化システムの改良（MOVE/MRI.COM-G2）等を行い、2 代目となる JMA/MRI-CPS2（大気 TL159L60、海洋 1×0.5-0.3 度 L52+ 海底境界層、5 日毎 13 メンバー）へ更新した。さらに令和 4 年 2 月には海洋 4 次元変分法や海氷 3 次元変分法の導入、水平鉛直高解像度化（海洋・海氷モデルでは渦許容解像度までの引き上げ）、物理過程改良等を行い、3 代目となる JMA/MRI-CPS3（大気 TL319L100、海洋 0.25×0.25 度 L60、毎日 5 メンバー）を運用している。JMA/MRI-CPS3 では、マッデン・ジュリアン振動（MJO）やブロッキング現象などの季節内変動からエルニーニョ現象に至るまで、幅広い時間スケールの変動の表現が改善した。

5．波浪モデル

数値波浪予報モデルは、各周波数及び波向ごとの波浪エネルギーの分布（方向スペクトル）が、時間・空間的にどのように変化するか、エネルギー平衡方程式を基礎方程式として数値的に求めるものである。歴史的には、波の非線形相互作用を考慮しない第一世代、非線形相互作用の影響をパラメータ化して簡略計算する第二世代、より厳密計算に近い方法を用いて直接的に計算する第三世代へと発展してきた。気象庁では、気象研究所で開発した第一世代の波浪モデル MRI をもとに、昭和 52 年 3 月から北西太平洋域を予報対象とした外洋波浪モデル（格子間隔 381km）の現業運用を開始した。また、昭和 58 年 3 月からは同じく MRI を用いて、日本近海を対象とした近海波浪モデル（格子間隔 127km）の運用も開始した。昭和 61 年 9 月には、第二世代モデルである MRI-Ⅱを外洋波浪モデルと近海波浪モデルに導入した。近海波浪モデルは、平成 8 年 3 月に格子間隔を 127km から約 50km（0.5 度）へと細かくし、平成 14 年まで運用した。

（1）全球波浪モデル

全球波浪モデルは、上述の MRI-Ⅱを用いた外洋波浪モデルから平成 6 年 10 月に計算対象領域を北西太平洋域から全球領域へと拡張するとともに、直角座標系から球面座標系へ変更し、格子間隔約 250km（2.5 度）に高解解像度化して試験運用を開始した。その後、平成 10 年 4 月に第三世代波浪モデル（MRI-Ⅲ）を導入し、平成 13 年 3 月には格子間隔を約 250km（2.5 度）から約 125km（1.25 度）に高解像度化した。平成 19 年 5 月には、モデルの全面的な更新を行い、格子間隔を約 50km（0.5 度）へ高解像度化、波のエネルギーの入出力を表現する外力項の改良、移流計算の改良を実施した。平成 21 年 12 月から波浪客観解析、平成 24 年 10 月からデータ同化を導入し、モデルの予測精度を改善した。さらに、平成 29 年 5 月には浅海効果の導入や海上風の取り扱いの精緻化を行い、令和 5 年 1 月には格子間隔約 25km（0.25 度）への高解像度化を実施した。また、近年には予報時間の延長を平成 25 年 3 月（12UTC 初期値で 192 時間から 264 時間へ）、平成 30 年 6 月（00, 06, 18UTC 初期値で 84 時間から 132 時間へ）、令和 5 年 1 月（00UTC 初期値で 264 時間へ）に実施し、現在の予報時間は 00, 12UTC 初期値で 264 時間先まで、06, 18UTC 初期値で 132 時間先までとしている。

（2）沿岸波浪モデル

日本の沿岸海域については地形等の局地的影響が強いため、上述の近海波浪モデルよりも高解像度の波浪予測情報が望まれていた。そのため、格子間隔約 10km（0.1 度）の沿岸波浪モデルの運用を昭和 58 年 3 月に開始した。このモデルにおいては、近海波浪モデルの結果をもとにして各タイムレベルで診断的に計算する手法を用いた。平成 14 年 3 月には沿岸波浪モデルにおいても第三世代モデル（MRI-Ⅲ）を採用し、格子間隔約 10km（0.1 度）の時間積分モデルを導入した。その後、平成 19 年 5 月には格子間隔約 5km（0.05 度）へ高解像度化し、物理過程等も大幅に変更した。平成 21 年 12 月からは波浪客観解析、平成 24 年 10 月からはデータ同化を導入し、モデルの予測精度を改善した。このように改善した全球波浪モデルと沿岸波浪モデルの予測結果を活用し、平成 29 年 3 月からは、多重波や逆向きの流れに伴う波の変形による突然の大波などが発生しやすい「航行に危険な海域」情報の提供を開始した。同年 5 月には浅海効果の導入を実施した。

（3）波浪アンサンブル予報システム

波浪アンサンブル予報システムは、複数の予測結果を利用することにより週間予報における早期注意情報（警報級の可能性）に必要な信頼度付きの情報を得ることを目的として、格子間隔約 125km（1.25 度）の全球波浪モデルを使用し、大気外力に週間アンサンブル予報システム（EPS）を用いメンバー数 27、予報時間 264 時間（00, 12UTC 初期値）として平成 28 年 6 月に運用を開始した。その後、令和 2 年 3 月に浅海効果導入、格子間隔約 50km（0.5 度）

へ高解像度化し、令和 3 年 3 月にアンサンブルメンバー数を全球 EPS の全メンバーを用いて 51 メンバーに増強した。波浪アンサンブル予報システムの予測結果は、台風委員会メンバー（国及び地域）や WMO の荒天予測計画（SWFP）の支援としても提供している。

（4）浅海波浪モデル

浅海波浪モデルは、国土交通省河川局（現在の水管理・国土保全局）との連携の枠組みとして平成 20 年 8 月に試験運用を開始した。一部海域のみを対象としており、現在でも試験運用の位置付けである。日本周辺海域全体ではなく水深の浅い特定の内海や内湾を対象とし、ヨーロッパの波浪研究者を中心とした WAMDI group による第三世代モデルである WAM cycle 4 をベースに、港湾空港技術研究所で改修し、国土技術総合政策研究所等が改良を施した波浪モデルである。格子間隔約 2km 弱（1 分）の解像度で詳細な地形と港湾を表現し、浅海効果も表現されている。当初は東京湾など 5 海域を対象としていたが、順次海域を追加して現在は 22 海域となっている。

6．高潮モデル

（1）日本域高潮モデル

高潮は風、気圧に駆動された海水の運動によって生じるため、海水の運動を支配する方程式を数値的に解くことにより、その時間変化を予測することができる。気象庁では、高潮による被害軽減に資する正確かつ詳細な予報を即時的に行うため、平成 10 年 7 月から数値予報モデルを用いた高潮予測を開始した。運用当初は、関東から九州にかけての沿岸を対象とし、モデルの格子間隔は緯度経度ともに 1 分（東西方向約 1.6km、南北方向約 1.8km）であった。モデルによる予測計算は、台風接近時のみ行い、台風場の外力はパラメトリックモデルを利用し、台風が予報円中心と予報円上の 4 点を通る場合の 5 つのケースについて、1 日 4 回、24 時間先まで実施した。平成 11 年 8 月からは計算領域に東北・北陸地方を追加し、その後、沖縄、北海道を順次追加した。平成 16 年 1 月からは温帯低気圧に伴う高潮も予測するためメソ数値予報モデル（MSM）の格子点値を外力として利用し、日本全国を対象に毎日運用へと変更した。また、同年 5 月からは予報時間を 33 時間に延長した。平成 19 年 5 月からは 1 日 8 回実行へと運用頻度を増加させた。平成 21 年 5 月には高潮モデルを更新し、水平格子間隔は最小で緯度方向 30 秒、経度方向 45 秒（約 1km×1km）へと高解像度化した。格子間隔を変化させることができるアダプティブ・メッシュと呼ばれる手法により、格子間隔は沿岸から離れるにつれ約 1、2、4、8、16km の 5 段階に変化する。高潮モデルでは潮位偏差の予測のみ行うが、平成 22 年 5 月には面的天文潮位（潮位観測データが存在しない格子でも天文潮位を算出する手法）を開発し、潮位偏差と天文潮位を加算した潮位として情報提供を開始した。平成 25 年 11 月には予報時間を 39 時間に延長し、令和 4 年 9 月には 00, 12UTC 初期時刻の予報時間を 78 時間へ延長した。

また、5 日先までの高潮の早期注意情報（警報級の可能性、令和 4 年 9 月運用開始）の基礎資料を提供するため、台風予報の信頼度も考慮した高潮予測を行う日本域台風時高潮確率予報システム（日本域高潮 PFS）を開発し、令和 4 年 8 月に試験運用、同年 9 月に本運用を開始した。このシステムでは、米国海洋大気庁ハリケーンセンターがハリケーン接近時の高潮確率予測を行うために運用している P-Surge の手法の簡略版として、高潮モデルの外力としては気象モデルの風・気圧の予測値は用いず、台風予報に基づいて作成される台風ボーガスの風・気圧により高潮モデルを駆動している。

（2）アジア域高潮アンサンブル予報システム

気象庁では、平成 20 年までの大きな高潮災害を経て作られた WMO の高潮監視スキームの枠組みのもと、台風委員会メンバー（国及び地域）への高潮情報提供を目的として、平成 23 年 6 月にアジア域高潮モデルの運用を開始した。

運用開始当初は、東南アジアを含む領域を対象とし、気象庁全球モデルを大気外力とした決定論予報を台風時のみ実施した。予報時間は 72 時間であった。平成 25 年には計算領域を東経 160° までに拡張し、平成 28 年 1 月からは冬季モンスーン等による高潮にも対応するため常時運用を開始した。平成 28 年 6 月には、気象庁全球モデルに加え、全球アンサンブル予報システムの予報結果から 5 メンバーを選択し大気外力とする（計 6 メンバー）複数コースの高潮計算を開始した。令和 4 年 8 月には、高潮防災に有効な数日前からの高潮確率予測プロダクトの提供に向けて、沿岸部の解像度を 3.7km から約 1.5km へ向上させるとともに、計算領域を東経 180° まで拡張、予報時間を 72 時間から 132 時間に延長し、アンサンブルメンバー数を従来の 6 から 52 に増強した。これによって本格的なアンサンブル予報が可能となったことから、システムの名称をこれまでの「アジア域高潮モデル」から「アジア域高潮アンサンブル予報システム」に変更した。

7．海況監視予測システム

気象庁では、日本近海を中心とした北西太平洋の海況監視を行うため、平成 13 年 1 月から気象庁第一世代の海洋総合解析システム（COMPASS-K: Comprehensive Ocean Modeling, Prediction, Analysis, and Synthesis System in the Kuroshio region）の現業運用を開始した。本システムでは、現場観測による海面水温・表層水温データと衛星観測による海面水温・海面高度データの客観解析結果を束縛値として海洋データ同化を行い、水温・塩分・流速場を解析した。水平解像度は領域によって異なり、最も細かい日本近海で 0.25 度（約 25km）、鉛直層数は 21 層であった。

平成 20 年 3 月からは、北西太平洋を対象とする解析システムをそれまでの COMPASS-K から、気象研究所で新たに開発した海洋データ同化システム MOVE/MRI.COM（Multivariate Ocean Variational Estimation/Meteorological Research Institute Community Ocean Model）を用いた 3 次元変分法による北西太平洋海洋データ同化システム（MOVE/MRI.COM-WNP）に変更し、その現業運用を開始した。このシステムの水平解像度は日本近海で 0.1 度（約 10km）、鉛直層数は 54 層である。また、平成 28 年 6 月から令和 3 年 3 月まで、4 次元変分法による北西太平洋同化システムに水平解像度約 2km の瀬戸内海モデルが単方向ネスト（広域・狭域モデル間での境界を介した情報伝達）された、瀬戸内海監視予測システム（MOVE/MRI.COM-Seto）を、後述の日本沿岸海況監視予測システムのプロトタイプとして運用した。

令和 2 年 10 月には、北西太平洋の海況監視だけでなく日本周辺の詳細な海況情報の提供も

可能な、日本沿岸海況監視予測システム（MOVE/MRI.COM-JPN、以下「MOVE-JPN」という。）の現業運用を開始した。本システムのうち解析システムは、3 次元変分法による全球海洋同化システム（水平解像度約 100km）と、これに単方向ネストされた、4 次元変分法による北太平洋海洋同化システム（同約 10km）で構成され、日本近海モデル（同約 2km）の初期値は Incremental Analysis Update（IAU）の手法を用いて作成される。予測システムは、全球モデルと北太平洋モデルが双方向ネスティングで、日本近海モデルが単方向ネスティングで実行され、各モデルの鉛直層数はいずれも 60 層である。この MOVE-JPN では、従来は扱うことが難しかった沿岸域の水温、海流、潮位変動をより詳細に表現することが可能となった。

また、気象庁では海氷情報の支援を目的として、海氷数値モデルに関するそれまでの研究成果を利用し、平成 2 年 12 月にオホーツク海南部とその隣接海域を対象とした数値海氷モデル（水平解像度 12.5km）の現業運用を開始した。近年になり、上述の MOVE-JPN に、従来の海氷モデルを高度化した水平解像度 2km の海氷モデルも組み込まれ、海況予測と整合の取れた海氷予測を行うことが可能となった。このことから、従来の海氷モデルに替えて、海氷予測への MOVE-JPN の導入を令和 3 年 12 月に実施した。

MOVE-JPN ではその後、令和 5 年 2 月には海洋モデル本体更新と時間積分法変更を行い、また、衛星データ同化に用いる海面高度の補正値に対して定数ではなく日々の観測データから更新されるように変更することで、予測精度を向上させた。

なお、気象庁では船舶からの油の大規模流出事案に対する油の漂流予測業務（平成 11 年開始）において「漂流予測モデル」を即応的に運用している。このモデル計算に用いる外力の一つとして、海流の情報は COMPASS-K（平成 15 年利用開始）以降、改良を加えてきた上述の海況監視予測システムによるデータを利用している。

8．長期再解析

異常気象の監視、季節予報の精度向上、地球温暖化の監視等の業務では、過去と現在の気候を定量的に評価することが求められるため、長期間にわたって高品質で均質なデータセットが不可欠である。このため気象庁では、これまで第 1 次（JRA-25;（一財）電力中央研究所との共同研究プロジェクトとして実施）、第 2 次（JRA-55）、第 3 次（JRA-3Q）の全球長期再解析を実施してきた。これらの長期再解析データは、上記業務での利用のほか、気象・気候・海洋学等の学術研究や、農業気象学や再生可能エネルギー等の応用分野における基盤データとして、国内外で広く活用されている。

（1）JRA-25

JRA-25 長期再解析は、平成 16 年 3 月時点の気象庁現業全球数値予報システムを用いて昭和 54 年～平成 16 年の 26 年間を解析対象とした（平成 18 年完成）。また、同システムを用いて気候解析値の作成を継続する準リアルタイム運用を平成 26 年 2 月まで行った。モデルの水平解像度は T106（約 110km）、鉛直層は上端 0.4hPa までの 40 層であり、データ同化手法に 3 次元変分法（3D-Var）を用いた。JRA-25 の大きな特徴は、降水量プロダクトの精度が当時の他の再解析よりも優れていたことである。また、北東太平洋などで熱帯低気圧を検出できる割合が他の再解析より高く、熱帯低気圧に関して領域によらない均質な解析値が得られた。

（2）JRA-55

気象庁 55 年長期再解析（JRA-55）は平成 21 年 12 月時点の気象庁現業全球数値予報システムを用いて、昭和 33 年～平成 24 年の 55 年間を解析対象として実施し（平成 25 年完成）、その後準リアルタイムでの運用を令和 6 年 1 月まで継続した。水平解像度は TL319（約 55km）、鉛直層は上端 0.1hPa までの 60 層である。放射スキーム等の物理過程の改良や 4 次元変分法の採用、衛星輝度温度のための変分法バイアス補正（VarBC）など、JRA-25 実施以降の現業システムの開発成果を取り入れた。JRA-55 では、JRA-25 で見られた下部成層圏の低温バイアスは解消し、時間的な不連続も改善した。また、アマゾン領域における乾燥バイアスは、JRA-25 と比べて緩和した。

JRA-55 のサブプロダクトとして、従来型観測データのみを使用した再解析（JRA-55C）、大気モデル相互比較プロジェクト（AMIP）型シミュレーションとして境界条件のみを与えた JRA-55AMIP、JRA-55C に高解像度の海面水温を与えた JRA-55CHS を実施、公開した。また、日本域における顕著現象の長期変化等の気候特性の把握や顕著事例の事例解析を行うことを目的とした JRA-55 領域ダウンスケーリング（DSJRA-55）も実施し、データを公開した。

（3）JRA-3Q

気象庁第 3 次長期再解析（JRA-3Q）は、平成 30 年 12 月時点の気象庁現業全球数値予報システムを用いて、昭和 22 年 9 月以降を解析対象として実施し（令和 4 年完成）、その後準リアルタイムでの運用を開始した。水平解像度は TL479（約 40km）、鉛直層は上端 0.01hPa までの 100 層である。積雲対流をはじめとする物理過程の大幅な改良を含む JRA-55 以降の現業システム及び海面水温解析の開発成果や、国内外の気象機関等によるデータレスキュー、衛星運用機関による衛星データの再処理による過去の観測データ拡充の成果等を活用することにより、品質が大幅に向上した。解析期間も JRA-55 から 10 年以上遡ったことにより、昭和 22 年台風第 9 号（カスリーン台風）等の事例調査も可能となった。熱帯低気圧の解析においては、JRA-55 まで利用していた熱帯低気圧周辺風の算出方法から、気象庁現業システムに基づく熱帯低気圧ボーガスデータ作成手法に変更したことにより、JRA-55 で見られた現実にはない長期的な弱化傾向が解消し、一貫性が大幅に改善した。また、大気上端・地表面におけるエネルギー収支が JRA-55 と比べて改善した。

9．物質輸送モデル

気象庁における物質輸送モデル（又は大気化学モデル）は 1990 年代後半から気象研究所・観測部環境気象課を中心に、研究・開発が進められた。2000 年代以降は地球環境問題・気候変動問題への対応として気象研究所の気候モデルに組み込まれる形で開発され、黄砂情報、紫外線情報、大気汚染気象業務に業務利用されるようになった。また、物質輸送モデルによる情報は地球システムモデル要素として数値予報の境界値情報としても利用されている。このほか、昭和 61 年のチョルノービリ（チェルノブイリ）原子力発電所事故を契機として移流拡散モデルの開発が予報部数値予報課で開始された。移流拡散モデルは、環境緊急対応（EER: Environmental Emergency Response）地区特別気象センター（RSMC: Regional Specialized Meteorological Centre）として、原子力発電所の事故等発生時に、国際原子力

機関（IAEA）等の要請に応じて、大気中に放出された有害物質の拡散予測情報に利用されるようになった。

（1）全球エーロゾルモデル

気象庁では、平成 16 年 1 月から黄砂情報提供業務に合わせて、全球エーロゾルモデルを使用する黄砂解析予測システムを運用開始した。運用開始時の全球エーロゾルモデル MASINGAR（Model of Aerosol Species IN the Global AtmospheRe、水平解像度約 110km、鉛直 20 層）は、全球大気大循環モデル MRI/JMA98 AGCM にエーロゾル過程を組み込み、黄砂現象の原因となる鉱物ダスト粒子（石英、長石などの鉱物の微小粒子）のみを対象とする第一世代のものであった。大気場の計算は全球解析値・予報値へのナッジング手法による同化を用いている。平成 26 年 11 月には、全球エーロゾルモデルを第二世代の MASINGAR mk-2（TL159L40）へ更新した。このモデルは気象研究所の温暖化予測地球システムモデル MRI-ESM1 のサブセットとなり、気象研究所全球大気大循環モデル（MRI-AGCM3）と結合する構成となっている。エーロゾル過程では、鉱物ダスト粒子の発生・予測の定量的な改良や、鉱物ダスト以外の粒子（硫酸塩・有機炭素・黒色炭素・海塩）を扱う変更が施された。また、全球数値予報モデルの放射過程で使用されていた 2 次元月別エーロゾル気候値に代わり、MASINGAR mk-2 によるエーロゾル種類別の 3 次元月別エーロゾル濃度気候値を衛星観測値により補正したデータが平成 29 年 5 月から現業利用されている。平成 29 年 2 月には、水平解像度の約 40km への増強（TL479L40）や春季における過大な黄砂粒子の舞い上がりを調整する改良を行った。さらに令和 2 年 1 月には、静止気象衛星「ひまわり」可視・近赤外チャンネルの観測データから作成されたエーロゾル光学的厚さプロダクトの二次元変分法によるエーロゾルのデータ同化（ひまわり AOT 同化）を新規導入し、日本付近における黄砂の解析予測精度が向上した。令和 4 年 12 月には、データ同化に利用しているひまわりエーロゾルプロダクトについて、ひまわり 8 号から 9 号への切り替えを行った。

（2）全球及び領域化学輸送モデル

気象庁では、平成 17 年 5 月から紫外線情報提供業務にあわせて、紫外線予測システムを運用開始した。このシステムでは大気大循環モデルと全球化学輸送モデルを結合させてオゾン量を予測し、衛星観測オゾン全量のナッジングによるデータ同化でオゾン解析値を作成する。運用開始時の全球化学輸送モデルは成層圏を対象とした MRI-CCM1（Chemistry Climate Model;T42L68）であり、平成 26 年 10 月に MRI-ESM1 のサブセット構成の MRI-CCM2（TL159L64）へ更新し、対流圏オゾン光化学も対象とする化学過程の精緻化が行われるとともに水平解像度が向上した。その後、オゾン全量のナッジングに利用する衛星の寿命に伴い、利用する衛星を平成 28 年 11 月に Aura/OMI から Suomi-NPP/OMPS へ、さらに令和 5 年 1 月には Suomi-NPP/OMPS から NOAA-20/OMPS へ更新した。また、紫外線予測システムによるオゾン解析値・予測値について、平成 26 年 9 月には全球解析（衛星データ同化）で MRI-CCM1 のものを気候値に代えて利用開始し、平成 31 年 4 月には MRI-CCM2 のものに更新した。その他、長期再解析で使用するため、全球化学輸送モデルによるオゾン再解析データを作成し、JRA-25 及び JRA-55 に MRI-CCM1 で、JRA-3Q に MRI-CCM2 であらかじめ計算したものが使用されている。

スモッグ気象情報及び大気汚染気象通報にて実施される大気汚染気象予報業務支援には、大気汚染気象予測システムを利用してきた。平成 22 年 2 月から大気大循環モデルと MRI-CCM2 を組み合わせた全球大気汚染気象予測モデル（T106L30）を運用開始し、平成 25 年 4 月に大気大循環モデルを MRI-AGCM3 に更新するとともに鉛直解像度が向上（TL159L48）した。平成 27 年 3 月以降は全球大気汚染予測モデルにネスティングされた領域化学輸送モデル NHM-Chem（水平解像度 20km、鉛直層数 18 層）が大気汚染気象予報業務の支援を担うこととなった。全球域を担う全球大気汚染予測モデルは紫外線予測システムと平成 28 年 8 月に統合した。さらに、令和 2 年 3 月からは東日本や西日本を対象とする高解像度版領域化学輸送モデル ASUCA-Chem（水平解像度 5km、鉛直層数 19 層）の利用を開始し、地上オゾン濃度観測データ（環境省大気汚染物質広域監視システム）のナッジングによるデータ同化（AEROS 同化）を実装した。令和 5 年 2 月には NHM-Chem の運用を終了するとともに ASUCA-Chem の計算領域を日本周辺域に拡大して領域化学輸送モデルを一本化した。領域化学輸送モデルの運用は、大気汚染気象予報業務の終了に伴い、令和 7 年 2 月に終了した。

（3）二酸化炭素輸送モデル

気象庁では、平成 21 年 2 月から二酸化炭素解析システムによる二酸化炭素分布情報を気象庁ホームページ等で提供開始した。本システムは、二酸化炭素輸送モデルと、ベイズ統合逆解析手法による二酸化炭素放出吸収量解析で構成される。逆解析に使用される二酸化炭素濃度の観測値には、気象庁が運営する温室効果ガス世界資料センター（WDCGG）に収録されるデータを用い、解析結果は年一回更新している。当初運用していた二酸化炭素輸送モデル CDTM（水平 2.5 度、鉛直 32 層）は気象場に JRA-25/55 を用いてオフラインで輸送計算を行うモデルであった。平成 28 年 3 月には、全球数値予報モデルに二酸化炭素輸送過程を組み込んだ GSAM-TM（TL95L60、水平約 180km、鉛直 60 層）へ更新し、さらに令和 2 年 2 月には TL159L60（水平約 110km）へ高解像度化を行った。

（4）移流拡散モデル

環境緊急対応（EER）地区特別気象センター（RSMC）業務では IAEA 等における原子力事故対策を支援するため、あらかじめ指定された WMO の環境緊急対応 RSMC が、その気象データ等を使って放射性物質の予測情報等を提供する。これはチョルノービリ原子力発電所事故における対応を受けて提案されたもので、気象庁は、平成 9 年 7 月から同 RSMC 業務を開始した。同 RSMC 業務で利用される移流拡散モデルは全球モデル（GSM）の解析値・予報値でトレーサーを流すラグランジュモデルで、放出された多数のトレーサー粒子が水平、垂直移流と乱流拡散によって移動し、乾性・湿性沈着によって堆積する。大気中の放射性物質の核崩壊の過程は各物質の半減期に基づいて計算する。平成 23 年の福島第一原子力発電所の事故では、気象庁は同年 3 月 11 日から 5 月 23 日まで 40 回以上の IAEA からの要請を受け、IAEA が仮定する放出条件に基づいたシミュレーションを行った。

また、本モデルは火山に関する情報においても、噴火の発現時刻や噴煙高度などの噴煙柱の状態を初期条件とした、全球及びメソスケールの数値予報モデルの解析値・予報値を利用した火山灰・火山ガスの移流・拡散等の予測計算（航空路火山灰予測、降灰予報、火山ガス予報）にも活用されている。

【第３節】数値予報での観測データの利用

数値予報モデルの実行には、地表面や大気上端、側面などの適切な境界条件に加えて、その対象領域となる３次元空間のすべての格子点で、予報の初期時刻における大気の気温、風、水蒸気量などや海洋・陸地の海面水温、地中温度、土壌水分量などの初期値を与える必要がある。観測データは、時間、空間的に不規則に分布しているので、観測データに含まれる情報を適切に反映しつつ、すべての格子点における初期値を作成する処理が必要となる。このように、不規則に分布した観測データと直近の数値予報の結果を適切に組み合わせて、規則的な数値予報モデルの格子点での初期値を作成することを客観解析又はデータ同化という。また、過去の観測データに含まれる情報を反映するため、数値予報とデータ同化を繰り返す手法を解析予報サイクルという。この節では全球モデルやメソモデルなどの大気モデルの客観解析に利用される観測データ及びデータ同化手法の変遷を述べる。客観解析で利用される観測データは、

・直接観測：地上（気象官署、アメダス、空港など）、海上（船舶、ブイなど）、ラジオゾンデ、航空機
・リモートセンシング（遠隔観測）：
  ➢ 地上設置：ウインドプロファイラ、気象レーダー、全球航法衛星システム（GNSS）受信機
  ➢ 人工衛星：静止軌道衛星（ひまわり、GOES、Meteosat など）、低軌道衛星（NOAA、MetOp、GNSS 掩蔽（えんぺい）衛星など）
・疑似観測：台風ボーガス

と分類できる。

2000 年代以前にデータ同化に利用されていた関数当てはめ法や最適内挿法では、高度や気温、風、湿度などしか利用できなかったため、直接観測データの重みが大きかった。直接観測は陸上を中心に分布していたため、海上を観測できる衛星データの利用は重要である。このため、衛星データとしては、「ひまわり」をはじめとする静止軌道衛星のイメージャから雲の動きにより得られた大気追跡風データ、低軌道衛星の散乱計から海面にできる風浪の状態より得られる海上風データ、NOAA 衛星など低軌道衛星が観測した輝度温度から変換された層厚や気温データを利用していた。

2000 年代以降は、衛星データが増大したことにより、数値予報の予測精度は衛星データの効果的利用が精度向上の鍵になった。従来の衛星データの利用では、特に輝度温度から変換したデータは、何かしらの前提条件のもとに算出されており、その前提条件に起因する誤差等が、品質のよい初期値を作成する上で大きな制約になっていた。そこで、衛星データのような、高度や気温、風、湿度以外の観測データを直接利用できるデータ同化手法として、変分法が採用されるようになり、観測データ利用において大きな転機となった。全球モデルの初期値を作成する全球解析では平成 13 年９月に３次元変分法、平成 17 年２月に４次元変分法を導入した。メソモデルの初期値を作成するメソ解析では平成 14 年３月に４次元変分法を導入した。平成 24 年８月から運用開始した局地モデルの初期値を作成する局地解析では当初から３次元変分法を導入した。変分法の導入により気象要素以外の観測データが直接利用できるようになり、数値予報の精度向上に大きく貢献している。また、それぞれの数値予報モデルの特性・運用形態や利用用途を踏まえて、より効果的に数値予報の精度向上が見込まれる観測データを優先的に利用するようになった。

全球解析では、広域で均質な情報を与える衛星からの輝度温度データを利用するための開発が優先的に行われている。変分法導入以降、まずは平成 15 年５月に低軌道衛星に搭載されているマイクロ波サウンダの輝度温度データの利用を開始した。輝度温度データの利用には、各衛星・測器固有かつ経年変化する系統誤差の補正が必要である。このため平成 18 年５月に変分法バイアス補正を導入し、以降より多くの衛星輝度温度データを利用できるようになった。平成 19 年６月に「ひまわり６号」（MTSAT-1R）の晴天輝度温度データの利用を開始した。平成 26 年９月に低軌道衛星に搭載されている赤外放射計データの利用を開始し、これによって、観測データの利用数が飛躍的に増大した。令和元年 12 月に低軌道衛星の水蒸気に感度のあるマイクロ波センサーに対して、輝度温度データの全天同化を開始し、これまで利用していた晴天域のデータに加え、雲・降水域のデータが利用できるようになり、より多くの情報が初期値に反映できるようになった。輝度温度データ以外にも、平成 15 年５月に低軌道衛星搭載マイクロ波散乱計から算出された海上風データの利用を開始、平成 19 年３月に GNSS 衛星からの電波を低軌道衛星で受信することによって得られた掩蔽データの利用を開始、平成 21 年 11 月に航空機気温データの利用を開始、平成 27 年 10 月に METAR 地上気圧データの利用を開始、令和３年６月に航空機気温データバイアス補正手法の改良など、新規データ利用や既存利用データの改良を行っている。

メソ解析では、日本域のより詳細な大気の状態を解析するため、国内に設置されたリモートセンシングデータを利用するための開発が優先的に行われている。特にメソ解析では降水量データが利用できることが特徴である。平成 14 年３月の４次元変分法の導入と同時に、解析雨量データの観測誤差を考慮した同化を開始した。平成 17 年３月にドップラーレーダーのドップラー速度の利用を開始、平成 21 年 10 月に国土地理院が運用する電子基準点で得られる GNSS 大気遅延量から算出した可降水量データの利用を開始、平成 23 月６月にレーダーの反射強度から推定した相対湿度の利用を開始した。衛星についても、降水量や水蒸気の情報を持つ観測データを活用しており、平成 15 年 10 月に低軌道衛星のマイクロ波イメージャから算出された降水量や可降水量の利用を開始した。平成 16 年７月に低軌道衛星搭載マイクロ波散乱計から算出された海上風データの利用を開始、平成 22 年 12 月に衛星の赤外及びマイクロ波輝度温度データの利用を開始した。令和２年３月にデータ同化手法を更新し、asuca に基づく４次元変分法を導入すると同時に、変分法バイアス補正を導入することで、衛星の輝度温度データの利用を高度化した。令和３年８月に線状降水帯の予測精度向上のための取組の一環として整備された、船舶 GNSS の可降水量データの利用を開始し、令和５年３月にアメダス湿度計の湿度データの利用を開始した。

局地解析では、高解像度な初期値を作成できることを生かし、平成 24 年８月の運用開始当初からアメダスの気温・風データを利用していた。平成 29 年１月に衛星の赤外及びマイクロ波輝度温度データの利用を開始、同時に衛星から算出された土壌水分データの利用を開始した。その他、降水量データはデータ同化手法の制約から利用できていないものの、それを除けばお

おむねメソ解析と同じような観測データを利用している。

【第４節】ガイダンス

気象庁では、地形など様々な要因によって生じる数値予報の系統的な誤差を補正したり、数値予報で直接には計算しない降水確率などの要素を算出したりすることによって、予報作業を支援するためのプロダクトを作成している。このプロダクトを「ガイダンス」という。ガイダンスを作成するため、長期間の実況値と数値予報の結果から統計的な手法により決めた予測式に基づく線形重回帰やロジスティック回帰、逐次学習が可能な予測式に基づくカルマンフィルタやニューラルネットワークを用いるほか、統計的な手法ではなく経験的な手法により決めた予測式に基づく診断手法を用いている。

気象庁では、昭和 40 年代後半から線形重回帰を用いたガイダンスの開発を進め、昭和 52 年に降水確率、大雨確率、降水型（予測される降水が層状性か対流性かの判別）、昭和 53 年に平均降水量（当時の名称は平均雨量）、最大風速、昭和 54 年に最高気温、最低気温の各ガイダンスの気象官署への配信を始めた。その後も様々な要素のガイダンスの開発を続け、昭和 56 年に発雷確率（当時の名称は雷雨確率）、昭和 57 年に日照確率（昭和 60 年に名称を曇天率に変更）、雪確率（「降水あり」の条件下でそれが雪になる確率）を追加した。さらに、平成 2 年に最小湿度、気温確率（最高気温が基準値を上回る確率、最低気温が基準値を下回る確率）、風確率（最大風速が基準値を超える確率）の各ガイダンスを追加した。また、平成 5 年に航空気象予報ガイダンスとして視程確率（視程が 10km 未満になる確率）、最小視程、雲底高度などの運用を始めた。当時のガイダンスの作成には線形重回帰を用いていたため、入力となる数値予報モデルの更新のたびに新しいモデルによる予測値の蓄積を待ってガイダンスの予測式を作りなおさなければならなかった。

数値予報モデルの更新への柔軟な対応を可能にするため、平成 8 年にカルマンフィルタとニューラルネットワークによる手法を導入し、天気、時系列気温及び最大降水量のガイダンスの運用を始めた。これと合わせて、大雨の捕捉率向上を目的に実況値の頻度に応じて予測値の頻度を補正する頻度バイアス補正を平均降水量ガイダンスに適用した。続いて、平成 9 年に定時風と降雪量のガイダンスの配信を始めた。また、平成 19 年に確率型のガイダンスに適したロジスティック回帰による発雷確率ガイダンスを追加した。その後も数値予報モデルの改良やアンサンブル予報システムの導入に合わせて各種のガイダンスの開発を続け、平成 23 年に診断手法による格子形式の視程ガイダンス（当時の名称は視程分布予想）の運用を始めた。さらに、線状降水帯による大雨の半日程度前からの呼びかけを支援するため、令和 4 年に 3 時間降水量が 100mm/3h 以上となる確率と 150mm/3h 以上となる確率を予測する大雨発生確率ガイダンスの運用を始めた。

気象業務支援センターに配信しているガイダンスの要素とその形式及び作成手法の一覧は表 4-4-4-1 のとおり。

表 4-4-4-1　気象業務支援センターに配信しているガイダンスの一覧（令和７年３月現在）

要素	形式	作成手法
平均降水量	格子	カルマンフィルタ、頻度バイアス補正
降水確率	格子	カルマンフィルタ
最大降水量	格子	1時間最大降水量と3時間最大降水量はニューラルネットワーク、24時間最大降水量は線形重回帰
大雨発生確率	格子	ロジスティック回帰
降雪量	格子	ロジスティック関数による非線形回帰で予測した雪水比と平均降水量ガイダンスとの積
時系列気温、最高気温、最低気温	アメダス地点	カルマンフィルタ
定時風、最大風速	アメダス地点	カルマンフィルタ、頻度バイアス補正
天気	格子	平均降水量ガイダンスとニューラルネットワークを用いる日照率ガイダンス、診断手法を用いる降水種別ガイダンスにより判別
発雷確率	格子	ロジスティック回帰
最小湿度	気象官署（特別地域気象観測所を含む）	ニューラルネットワーク
視程	格子	診断手法

【第５節】数値予報を支えるソフトウェア環境

１．ソフトウェア環境

気象庁の数値予報の歴史をソフトウェア面から語る場合、最も大きな時代の区切りは NAPS6（平成 8 年 3 月運用開始）から NAPS7（平成 13 年 3 月運用開始）への更新である。オペレーティングシステム（OS）は長らくメインフレーム用 OS だったが、NAPS6 の OS であった VOS3 を最後として、NAPS7 で初めての商用 UNIX である日立 HI-UX/MPP となった。NAPS8（平成 18 年 3 月運用開始）及び NAPS9（平成 24 年 6 月運用開始）では IBM 製の UNIX である AIX が用いられ、NAPS10（平成 30 年 6 月運用開始）以後は UNIX と互換の Linux を基とした OS となっている（各計算機システムのハードウェアについては本部第 2 章第 3 節「数値予報システム」で記述している）。

階層型ファイルシステムなどの現代では一般的となっている UNIX 系 OS の機能が使えるようになったのは NAPS7 からで、現在の数値予報ルーチン管理の仕組みは NAPS7 でほとんど一新されたものをもとにしている。

NAPS7 以後のスーパーコンピュータは主記憶が分散した並列計算機であり、数百から数千の多数のノードと呼ばれる計算機から構成される。各ノードは個別の OS とファイルシステムを持つので、すべてのノードが共有するファイルシステムは OS 本体とは別の機構であり、システムの性能を決める重要な選択である。NAPS7 では日立「ストライピングファイル機構」、NAPS8 では IBM GPFS、NAPS9 では日立 HSFS が用いられたが、NAPS10 以後はオープンソースの Lustre が用いられている。

2．プログラム開発環境

数値予報で用いられるプログラム言語は初代 NAPS 以来基本的に Fortran であり、一部には C 言語と、NAPS7 以後は Ruby が一部併用されている。

Fortran 言語については、NAPS2 から NAPS9 までの約 50 年にわたって、日立製のコンパイラが使われた。以後は商用と GNU コンパイラを併用している（商用は NAPS10 では Cray 及び Intel、NAPS11s では富士通、NAPS11 では Intel）。近年では富士通や Intel のコンパイラ製品は長年継続した版に加えオープンソースのコンパイラ基盤 LLVM を基にしたものの 2 本立てとなっており、OS やコンパイラなど汎用性の高いシステムソフトウェアはオープンソースで維持するように転換する傾向である。

コンパイラの変遷に伴い、同じ Fortran でも言語仕様の細部は変化してきた。NAPS7 以後は Fortran90 で拡張された仕様（モジュールなど）がサポートされるようになり、これによりよく適応するために標準コーディングルールが策定された。NAPS10 では日立固有の機能（サービスサブルーチンなど）からの書き換えを要したが、文法機能で ISO 規格外あるいは Fortran95 以後廃止されたものは、今後のコンパイラへの可搬性に懸念が出てきているため、ISO 規格に準拠するようプログラム改修に努めている。

プログラム高速化に係る開発環境の支援についてみると、NAPS6 で登場した「自動並列化機能」は共有メモリ型マルチプロセッサを活用する機能のはしりで、NAPS7 以後は多種の計算機間のプログラム移植を容易にするために OpenMP 標準仕様により指示行を記載する方法も併用されるようになった。NAPS7 以後の分散メモリ型並列計算機を活用するためには MPI（Message Passing Interface）が利用されている。今後は GPU などのアクセラレータを活用するため、OpenACC 等新たな指示行機能を使うべく調査を進めている。

近年の新しい動きはプログラム言語 Python の利用である。近年急速に発達した AI では、特に Python を中心としたオープンソース AI フレームワークの利用が広く普及しつつあり、令和 4 年 10 月、ガイダンスの数値予報ルーチンで Python によるプログラムを導入した。従来のコンパイル言語とは異なる特徴や、バージョン間の非互換性などの問題への対処は今後の課題である。

3．データ形式

格子点データのファイルについては、NAPS6 までは直接編成の GVD1 及び順編成の GVS1 という形式が用いられていた。これら 2 つの形式は、UNIX 系 OS とは異なり、レコード長をあらかじめ決めねばならない代わりに位置順ではないランダムアクセスが可能な直接編成ファイルと、ストレージが節約できる代わりにファイル先頭から順次読む必要がある順編成ファイルが OS の上で区別されていたことに対応している。

NAPS7 ではこの制約がなくなることをうけて、格子点データ用の新しいデータフォーマット NuSDaS（Numerical Prediction Standard Dataset System）が開発された。ファイル形式はファイルの先頭にインデックスを置くことによってランダムアクセスを可能とした ISAM（Indexed Sequential Access Method）である。数値予報課プログラム班が C 言語で書かれたライブラリを提供し、開発者はこれを Fortran から呼び出して利用する。最初のバージョンは日立 HI-UX でだけ動作したが、数値予報課内有志により Linux 及びリトルエンディアン機への対応や Pandora 拡張（ファイルシステムを共有していない機器から HTTP API 経由でアクセスする機能）が設けられ、NAPS だけではなくアデスなど庁内他システムなどでも利用されるようになった。その後、ファイルサイズ 2GB 超え対応やより圧縮効率の良いデータ圧縮形式（複合差分圧縮）の追加などの改良が続けられている。

様々な形式で通報され入電する観測データを数値予報システムで統一的に扱うために、DCDF（Decode File の略）という独自フォーマットが用いられている。また、データ同化のための各種処理により品質管理関連情報が追加された独自のデータベース形式 CDA（Comprehensive Database for Assimilation）を用いている。これらは形式としては順番探査ファイルの一種である。

ECMWF では当庁における NuSDaS にあたるファイル形式として、WMO 標準通報式 GRIB を用いてきた。機関の内外で同じファイル形式を使うことにより、ソフトウェアの簡素化など一定の効果はあるが、数値予報モデルの開発に伴って新しい種類のデータを作成しようとすると、年単位での WMO 通報式の改正手続きを経る必要がある。

4．数値予報ルーチン管理

数値予報ルーチンは約 3 万のバッチジョブからなる巨大なものである。これらバッチジョブを記述するために NAPS6 まで使われていた JCL（Job Control Language）と比べて、NAPS7 以後は UNIX シェルが用いられるようになった。これにより近代的な制御構文など自由度は飛躍的に向上したが、一方でジョブの再実行可能性（べき等性）のためのルーチンルール（定型的な可変データ取り回し記述）は長大になりがちであり、記述誤りによる数値予報ルーチン障害が多発することとなった。NAPS8 に向けてバッチジョブの記述のために必要最小な機能を絞り込んで、かつての VOS3 JCL を模した文法の NAPS JCL が開発され、これでバッチジョブを記述してシェルに変換して投入するようにすることによって、ジョブの記述を簡素にして（現在運用されている JCL は約 130 万行）、申請者の誤りやプログラム班の作業に起因する障害を桁違いに減少させることができた。

Fortran や C によるプログラムは約 700 万行ある。これらを構築するために NAPS7 以後は UNIX 標準の Makefile が用いられるが、Fortran 90 のモジュールへの対応や、数値予報ルーチンのディレクトリ構造やビルド管理ルールへの対応のため、記法ルールが特殊かつ複雑になっている。記述誤りを避けて習得を容易にするため、端的にソースコードやコンパイルオプションを列挙する PBF（Program Build File）という簡素化文法を開発し、独自ツールにより PBF から Makefile を生成して使っている。NAPS8 への更新時には、JCL、PBF 等に含まれる情報をまとめてリレーショナルデータベース（PostgreSQL）とバージョン管理（Subversion）で一括管理を行うシステム「RENS（Routine Environment for Numerical weather prediction System）」が構築され、数値予報ルーチン管理業務の効率化が図られた。

数値予報ルーチンのバッチジョブは約 70 のジョブグループに編成される。これらジョブグループやジョブには相互間に依存関係があり、一部のものは特定時刻まで実行を抑止する必要があり、また障害時には一部ジョブを代替ジョブに入れ替えるなどの工夫がなされてい

る。このような運用を明瞭・的確に実施するため、NAPS9 までの長期間にわたって業者整備ソフトウェア JNOS（JMA Nwp Operating System）が使われてきた。整備経費をなるべく機器本体に振り向けたい、またスパコン機種変更への対応をスムーズにしたい、などの発想から、ECMWF での SMS（Supervisor Monitor Scheduler）の開発事例を参考にしつつ、内製でのジョブフロー制御ソフトウェア ROSE（Routine Operation and Scheduling Environment）の開発を平成 20 年頃に開始した。NAPEX（後述）での適用等により改良を重ね、安定稼働の実績を確認して、NAPS10 において正式に業務利用されることになった。この ROSE の開発、実用化の功績により令和元年の長官表彰を受けている。

5．NAPEX

平成 13 年の NAPS7 更新後、OS が UNIX に切り替わったことを契機として、解析予報サイクル実験を効率的に行うために、ECMWF の事例を参考として、数値解析予報実験システム（NAPEX: Numerical Analysis and Prediction EXperiment system）の構築が数値予報班の有志により開始された。標準の実験環境が管理者によって準備され、ユーザは指定の設定ファイルを編集して環境構築のためのシェルスクリプトを実行すれば、その設定に従って標準の実験環境がユーザの開発環境へコピーされ、必要な修正が自動的に行われるようになった。これにより、モデル開発者が複雑な解析予報サイクル実験の構築に煩わされることなく、実験の実施及び評価に集中できるようになった。

NAPS8 ではルーチン管理ツールとして利用が開始された JCL 及び PBF を NAPEX でも利用可能とすることで、数値予報ルーチンの実行モジュールやバッチジョブをほぼそのまま用いてサイクル実験を行えるようになった。また、一部の種類の実験では JCL、PBF 等のバージョン管理も導入された。

NAPS9 では更にジョブフロー制御ソフトウェアにプログラム班開発の ROSE を組み込むとともに、実験設定をデータベース管理することで、全種類の実験でのバージョン管理を導入することで、実験履歴の記録及び参照を可能とし、サイクル実験の再現性を確保した。

6．FAX 図情報作成処理

数値予報の結果は、大きく分類すると FAX 図などの図情報と、GPV（格子点データ Grid Point Value）と呼ばれる数値データに二分される。近年は情報通信技術の発展により GPV を他システムや他機関に提供するのが基幹業務となってきたが、古くは図情報が重要であった。

明治 16 年 2 月 16 日の天気図作成開始以来約百年はほとんどの資料が手書きで、天気図作成にはプロットと解析の二つの工程があった。プロットについては昭和 40 年代から自動化が試みられ、ちょうど天気図作成 105 周年の昭和 63 年 2 月 16 日を期して運用開始した気象資料総合処理システム（COSMETS：ADESS と NAPS5 で構成される）で、すべてのプロットが自動化されるに至った。解析については、数値予報の発展に伴い、実況の高層天気図が自動化されるとともに新しく自動作成の予想天気図が発信される形で発展した。数値予報初の FAX 放送は初代 NAPS 運用開始直後の昭和 34 年 6 月 10 日であるが、試験的な性格といえる。多くの指定気圧面をカバーする 24 時間予想図が一日 2 回放送されるようになったのは NAPS3 運用開始直後の昭和 48 年 10 月 1 日である。NAPS4 運用開始（昭和 57 年 3 月）直後には現行にかなり近い FAX 図体系が放送されるようになり、手解析は地上実況と 24 時間予報だけとなった。のちに NAPS6 と同時整備された天気図解析システムにより、紙と鉛筆による作業が消滅することとなった。

ごく初期の図情報作成プログラムは機種変更のたびに移植する必要があったが、NAPS5 からは当時の ISO 標準の GKS（Graphical Kernel System）が NAPS のライブラリとして整備されて、ほぼ同じプログラムがシステム世代を超えて継承しやすくなった。時代の変化により NAPS8 からは GKS が市場調達できなくなったため、平成 14 年から 4 年かけてオープンソースの Ghostscript をもとにした図情報作成ライブラリを内製して置き換えた。これはきわめて安定しており現在に至っている。

【第 6 節】数値予報モデル開発に関する連携・イベント

1．懇談会等

気象庁では、平成 11 年 11 月に新たな数値予報モデル開発体制の確立のため、モデル技術開発推進本部を設け、地球科学分野での技術発展への貢献とモデル技術の知見を取り込むため、国内諸機関との連携強化を図ることとした。このため、国内開発担当者間のモデル開発に関する定期的な技術交流の場として、気象庁モデルフォーラムを年 1 回計 5 回開催した。その後、平成 17 年から「気象庁数値モデル研究会」を開催し、気象庁が現在検討を進めている数値予報モデル開発の考え方を紹介し、今後の現業数値予報モデル開発及びこれに関連する研究のあるべき方向性について意見交換を行ってきている。

その後、更なる数値予報開発体制の強化策の一つとして、数値予報モデル開発における現業と研究の知見を結集し、現業気象予報の精度向上に資することを目的に、外部委員会として「数値予報モデル開発懇談会」を平成 29 年から毎年開催し、気象庁の現業数値予報モデルの現状と課題を共有し、大学や研究機関と気象庁の連携等について議論してきている。

特に、数値予報モデル開発懇談会委員から多大な協力を得て、気象庁は平成 30 年に「2030 年に向けた数値予報技術開発重点計画」を策定した。同重点計画は、交通政策審議会気象分科会提言「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」を踏まえ、今後 10 年程度の中長期を展望し、気象業務の根幹である数値予報の開発を更に推進するための計画である。同重点計画では、自然災害の変化、社会情勢の急速な変化、科学技術の飛躍的発展といった環境認識のもと、数値予報を安心・安全で豊かな社会を支える新たな社会基盤として確立するビジョンを持ち、①豪雨防災、②台風防災、③社会経済活動への貢献、④温暖化への適応策という重点目標を掲げた。また、これらを実現するためには、数値予報が物理学、化学、応用数学、計算機科学、数値流体力学など、多くの分野にまたがる総合科学としての性格をますます強めていることから、その開発においては各分野の専門家との連携を強化し、最新の研究成果を取り込むことがより重要になっていることを示した。

2．広報イベント

前述のとおり数値予報は多くの分野にまたがる総合科学であることから、様々な公的・学術

機関と連携して継続的に広報活動を行ってきている。特に近年、気象庁主催の広報イベント例としては、平成 28 年にシンポジウム「数値予報～日々の生活に密着したソフトインフラ～」を開催した。同シンポジウムでは、今後一層効果的な利用を進めるにあたり、数値予報の更なる精度向上、新たな予測データの公開への期待、数値予報をもとにした予測情報の伝え方に更なる工夫の必要性、大学等の研究機関と連携してオールジャパンで技術開発に取り組むことの重要性等が示された。

3．国際会議、海外気象機関への派遣及び国際プロジェクトへの参画

（1）国際会議の主催

戦後我が国が独立を回復し、国際社会に復帰した以後、数値予報の分野においても国際会議を日本で開催してきている。例えば、昭和 35 年には第 1 回数値予報東京シンポジウムを、昭和 43 年には世界気象機関（WMO）/国際測地学地球物理学連合（IUGG）数値予報シンポジウムを開催している。その後も、定期的に開催されている数値予報に関連する国際会議について、時機を捉えて気象庁が主催し、他国の気象機関等の連携を促進してきている。例えば近年では、平成 11 年に数値予報実験作業部会（WGNE）メソ数値予報モデルの国際相互比較実験（COMPARE）の台風強度予測のメソスケールモデル相互比較に関する国際ワークショップ、平成 20 年に第 3 回 WCRP（世界気候研究計画）再解析国際会議、平成 21 年にアジア・太平洋域における衛星資料の交換と利用に関する会議（APSDEU）、平成 22 年に CAS（世界気象機関大気科学委員会）JSC-WCRP（世界気候研究計画合同科学委員会）WGNE 第 26 回会合、平成 30 年に WGNE 第 33 回会合、令和 6 年に第 6 回 WCRP 再解析国際会議を気象庁が主催している。

（2）海外気象機関等への派遣

国際連携強化のため、長年にわたり海外気象機関に数値予報に係る開発者を派遣（原則として 2 年間）している。派遣中は派遣先の数値予報の開発等に携わって派遣先に貢献するとともに、帰国後は派遣先で得られた知見を持ち帰って気象庁の数値予報の改善等に貢献している。例えば 1990 年代の欧州中期予報センター（ECMWF）再解析プロジェクトに関連した派遣で得られた知見は、我が国最初の長期再解析（JRA-25）の実施等に大きく役立てられた。以降の継続的な海外派遣としては、平成 9 年から米国環境予測センター（NCEP）に派遣を開始し、平成 18 年から ECMWF と英国気象局（UKMO）に対して派遣を開始した。これらは新型コロナ等の影響により一時途絶えたことはあったものの、現在まで継続している。さらに、人事院による長期在外研究員制度等も活用して、積極的に諸外国の大学院等への派遣を実施しており、これまでの派遣者数は 40 名を超えている。

（3）国際プロジェクトへの参画

様々な数値予報に係る国際プロジェクトに参加し、国際協力や技術開発に生かしてきており、以降、代表的な取組を示す。

チョルノービリ原子力発電所事故（昭和 61 年）における対応を受けて、WMO では環境緊急対応（EER）地区特別気象センター（RSMC）が設置され、当庁は平成 9 年から同 RSMC 業務を開始した。国際原子力機関（IAEA）等からの要請を受け、指定された計算条件により地球全体の放射性物質の拡散のシミュレーションを実施して、その結果を IAEA に提供している。

世界気候研究計画（WCRP）共同科学委員会（JSC）及び WMO 大気科学委員会（CAS）の合同で設置した数値予報実験作業部会（WGNE）には、数値予報センター及び研究機関が参画し、数値予報モデル開発に関する最新情報の共有やモデル評価情報の相互比較等を行っている。そのうちの 1 つの活動である熱帯低気圧予測検証について、平成 3 年から気象庁が主導的な役割を果たし WGNE 会合に毎年報告してきている。また、WGNE の下で実施された COMPARE のうち平成 2 年の台風第 19 号を対象とした事例では、気象庁が台風特別観測や初期値など共通データセットを参加機関に提供し、平成 11 年に国際ワークショップを主催し、それら知見を台風予報の精度向上に結び付けた。

平成 3 年から WMO の基礎システム委員会（CBS）地上気象観測品質監視リードセンターとして、WMO 第 II 地区（アジア）の地上気象観測データの品質を監視し、品質が疑わしい観測地点のリストを報告することで改善を促すなどに活用されている。

平成 16 年から WMO の全球アンサンブル予報システム検証リードセンターとして、世界の各数値予報センターから WMO で標準化されたアンサンブル予報の様々な検証結果の報告を受け、それらの可視化結果を公開している。

世界気候研究計画（WCRP）全球エネルギー・水循環実験（GEWEX）において陸面過程の理解を目的とした、地球エネルギー・水循環統合観測プロジェクト（CEOP）研究計画（平成 13 年～平成 22 年）について、気象庁、東京大学及び国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）で協力して推進するとともに、気象庁において CEOP の観測データを陸面過程の検証に活用した。

WMO 観測システム研究・予測可能性実験国際研究プロジェクト（THORPEX）（平成 17 年～平成 26 年）では、予報モデルとデータ同化、アンサンブルの分野において、研究コミュニティと気象庁とが連携して研究を実施し、様々な知見が得られた。

開発途上国における防災気象業務の改善を目的として WMO が推進する荒天予報実証プロジェクト（SWFDP）/荒天予報計画（SWFP）（平成 18 年～/令和元年～）に参画し、アンサンブル予報を用いて不確実性を添えるなど高度な技術を活用して、台風・大雨等の数値予報プロダクトを負荷が小さいウェブブラウザで閲覧できる画像情報で提供してきている。

4．大学や研究機関との連携

（1）数値予報モデル開発プラットフォーム/モデル貸与

部外研究者へ数値予報モデルを提供して研究成果の還元を求めることにより新たな知見を得ることがモデル開発にとって大きなメリットになると捉え、平成 12 年からは気象庁モデルを大学・研究機関に貸与している。モデル利用者との開発情報・成果の交換の実効性を高め、かつ、モデル利用者のモデル更新への追随を迅速・確実にすることを目的として「数値予報研究開発プラットフォーム」を設置し、モデル貸与を継続してきている。

（2）気象研究コンソーシアム

また、気象庁の数値予報による解析・予測データや気象衛星による観測等についても、大学

や研究機関における気象学に関連する研究開発と組み合わせて、より具体的で大きな研究成果が期待された。このことから、気象庁と日本気象学会は平成 19 年に包括的な共同研究契約を締結し、「気象研究コンソーシアム」を運営し、以後、気象庁が収集・作成したデータを基盤とした様々な共同研究や最新の研究に関する情報交換等を行ってきている。

（3）二者など大学や研究機関との直接的な連携

このような包括的な協力関係を構築する枠組の他、大学や研究機関と直接連携をしてきている。例えば、米国海洋大気庁国立気象局の米国気象センター（NMC）（現在の米国環境予測センター）が地球回転観測事業の補助機関の役割を担い、主要な気象センターの大気角運動量関数（AAM）を集めていたことから、当庁も NMC からの提供依頼に基づき平成 5 年から AAM を提供してきている。

文部科学省が研究推進策として実施した新世紀重点研究創生プラン（RR2002）「人・自然・地球共生プロジェクト」（平成 14 ～ 18 年度）における「高精度・高分解能気候モデルの開発」課題では、気象庁気象研究所や地球科学技術総合推進機構（AESTO）などが参加した。同課題において、地球シミュレータを用い、台風等を世界規模で再現する 20km メッシュの全球気候モデルと、集中豪雨・雪等を広域で再現する数 km メッシュの雲解像大気モデルを開発した。

国土地理院と相互に密接な連携のもとそれぞれの業務の推進を図るため、平成 19 年から保有する防災情報の相互交換を行い、特に平成 21 年からは国土地理院が全国約 1,300 地点で運用する電子基準点の観測データから算出される水蒸気データについてメソ数値予報に利用している。

JAXA とは、JAXA が運用する、あるいはしていた衛星データの利用についての共同開発を実施し、その定常利用という成果につなげた。例えば近年では、全球降水観測計画（GPM）主衛星のマイクロ波イメージャデータの利用に係る調査及び技術開発を進めた成果として、平成 28 年 3 月から同衛星の観測データを定常的に利用している。

線状降水帯の予測精度向上のための数値予報技術の開発を加速化するため、文部科学省・理化学研究所の全面的な協力により、世界トップレベルの性能を有するスーパーコンピュータ「富岳」を活用して数値予報モデル開発を令和 3 年度から進めている。高解像度（水平解像度 1km 以下）の領域モデル、高解像度（水平解像度 2km 以下）の領域アンサンブル予報、観測データの利用高度化、高解像度（水平解像度 10km 以下）の全球モデルの開発に関する知見を得ることを目的とし、高速化を含む開発成果を活かし、令和 6 年 3 月に予報時間を 18 時間に延長した水平解像度 2km の局地モデルの現業運用を開始した。

（4）数値予報開発センターの発足に伴う連携強化

令和 2 年 10 月の気象庁組織再編において設置した数値予報開発センターは、隣接する気象研究所を含めて、気象庁として一体的に数値予報モデルの開発を進める体制を構築するとともに、研究機関が集積しているつくば市の地の利を生かして、大学や研究機関との更なる連携を目指している。

数値予報開発センターの発足に伴い、令和 2 年度から年度末に前年の 1 月から 12 月までの 1 年間に行われた開発や活動を網羅的にまとめた年報として開発成果の報告を行っている。従前は、毎年テーマを決めて最近の数値予報システムに関わる開発成果について報告を行う数値予報課報告・別冊などを発行していたところ、年ごとのテーマに左右されず、数値予報の開発や現業数値予報システムの変更を適時に理解され、より連携推進に資するようにしている。

第５章　気象衛星

【第１節】気象衛星の開発・運用

１．気象衛星の開発（昭和 48 年～）

昭和38年4月の第4回世界気象機関(WMO)総会において承認された世界気象監視(WWW)計画から始まり、その後の 4 機の静止気象衛星を配置し全世界を監視する計画となった地球大気開発計画（GARP）及び第 1 次 GARP 全球実験（以下「FGGE」という。）に基づき、昭和 48 年には、我が国においても、雲観測と船舶等からの気象資料収集の役割を担う静止気象衛星を打ち上げる計画を具体的に進めることとなった。

（1）静止気象衛星本体の開発着手

我が国初となる静止気象衛星（以下この衛星を「GMS」という。）は、昭和 48 年までに気象庁が進めてきた技術調査及び予備設計をもとに、昭和 51 年度の打上げを目指して宇宙開発事業団（NASDA、現 宇宙航空研究開発機構 JAXA）が開発作業を進めることとなった。GMS 開発のメーカは日本電気株式会社となり、米国の技術提携会社であるヒューズ社によって基本設計が行われ、衛星開発が進められることとなった。開発の過程で、衛星本体と地上機器との接続試験が重要であるという観点から、衛星メーカとの間で試験実施方法に関する調整に労力が割かれた期間もあったが、昭和 51 年 12 月の打上げに向けて衛星製作は進められた。一方、衛星打上げ時期については、FGGE を構成するヨーロッパの衛星打上げが昭和 52 年前半になることが明らかになったこともあり、昭和 50 年 3 月、宇宙開発委員会において GMS の打上げ目標を昭和 51 年度から昭和 52 年度に変更することが決定された。また、当時の国産ロケットの打上げ重量の制限から、衛星打上げは米国航空宇宙局（NASA）に依頼することとなった。なお、世界各国の衛星システムの調整を図るため、第 1 回気象衛星調整会議が昭和 47 年 9 月に米国ワシントンで開催され、この場において各国又は機関の 5 機の静止気象衛星（当初の計画の後にソ連が加わり、米国 2 機、日本、欧州、ソ連各 1 機）をほぼ等間隔に配置することになり、続く第 2 回気象衛星調整会議（昭和 48 年 1 月スイスで開催）において、日本の静止気象衛星は東経 140°±5° に配置することとなった。この計画に基づき、米国は昭和 49 年 5 月に世界初の静止気象衛星（SMS）を打ち上げ、日本は昭和 52 年 7 月に GMS を、欧州では昭和 52 年 11 月に METEOSAT を打ち上げた。

（2）地上局の整備

衛星の状態を監視し制御するためには、衛星との信号を送受信する地上局が必要であり、また、衛星から受信した観測データの信号を復調し、計算機により所定の形式に整え画像化する必要がある。このため、気象庁は衛星の開発と並行して地上局の整備を進めた。

ア．指令資料収集局

指令資料収集局（CDAS: Command and Data Acquisition Station、後の気象衛星通信所）は衛星と交信するための施設で、昭和 47 年秋頃から、気象条件、国有地の所在、航空路の状態、マイクロ波回線配置等条件により、設置場所について複数の候補地を検討し、最終的に埼玉県鳩山村（現在の鳩山町）の国有地に整備することとなった。用地の確保、庁舎工事、通信機器の据付調整等を経て、昭和 51 年 12 月に GMS の運用準備が整った。

イ．データ処理センター

データ処理センター（DPC: Data Processing Center）は、GMS を運用し、衛星からの観測データの信号を電子計算機で雲画像や気象データに変換処理する機能を有する施設である。DPC の設置場所の検討は、気象庁本庁、東京都清瀬市（当時の気象通信所構内、現在の気象衛星センター）、茨城県つくば市の 3 か所について比較を行った。昭和 48 年 6 月には清瀬を設置場所として具体的な設計や関係機関等との調整を進め、昭和 51 年 3 月に庁舎が完成し、庁舎内への電子計算機の据付も完了した。昭和 52 年 4 月には気象庁の附属機関として気象衛星センターが発足した。

（3）国際協力による測距局の整備

測距局は、衛星の制御や観測データ処理に欠かせない情報である衛星の詳細な位置を、衛星との電波の送受信によって測定するための通信施設である。静止衛星の場合、当時は、衛星と通信可能な地理的範囲内に測距局 3 地点を設け（1 地点は CDAS）、衛星と各測距局間を往復する電波の所要時間を測定することにより正確に衛星の位置を決定する必要があったため、豪州や東南アジアの複数国に測距局の設置可能性を打診した。その後の交渉を経て、昭和 49 年 12 月に豪州政府の協力を得て測距局の 1 地点を設置することに合意がなされ、昭和 52 年 6 月に首都キャンベラに近いオローラル・バレーに測距局が完成し、残る 1 地点は石垣島に測距局を設置することとなった。

２．「ひまわり（初号機）」から「ひまわり５号」まで（GMS シリーズ）

（1）ひまわり（初号機）

静止気象衛星「ひまわり（初号機）」（GMS）は、昭和 52 年 7 月 14 日に米国フロリダ州ケープカナベラルからデルタ 2914 型ロケットで打ち上げられた。「ひまわり（初号機）」は、直径 216cm、高さ 270cm、重量が 315kg（静止軌道上初期）であり、これほど大きな衛星を打ち上げる国産ロケットは当時我が国にはまだなかったことから、衛星打上げは NASA に依頼することになった。「ひまわり（初号機）」は、スピン制御方式により衛星自体を「コマ」のように回転（1 分間に約 100 回転）させることにより衛星の姿勢を安定させる方式が採用されたが、衛星打上げ後の機能確認試験において、衛星のスピン軸が本来の位置から約 2 度傾いていることが判明し、この影響で取得された地球画像も楕円形となっていた。このため、画像歪修正対策が衛星メーカにより取られることになり、この経験が次の衛星である「ひまわり 2 号」に反映されることになった。「ひまわり(初号機)」は太陽光の地球からの反射(可視光線)と、地球から放射されるエネルギー（赤外線）の 2 種類（2 バンド）の観測を行う観測機器を搭載しており、衛星の軌道上での機能確認試験終了後、昭和52年11月4日に宇宙開発事業団(JAXAの前身）から気象庁に引き渡され、1 日 1 回の観測を開始した。その後、衛星と地上設備を合わせて全体的な機能を確認する結合試験が予定どおり進み、気象衛星センターの 24 時間運用体制が整ったことから、昭和 53 年 2 月 6 日に 1 日 8 回の観測を開始し、同年 4 月 6 日には

本格運用開始となった。「ひまわり（初号機）」は、東経 140 度付近の赤道上空約 35,800km の静止軌道上から、日本を中心とする広範囲の雲観測と船舶等からの気象資料収集を行い、台風の監視等気象状況の把握には不可欠なものとなり、気象防災に大きな役割を果たすことになった。「ひまわり（初号機）」の打上げを機に、観測範囲に含まれる東南アジア各国が、域内の利用局（衛星中継で送信された画像データを受信し、映像化する地上局。高分解能画像を受信する中規模利用局（MDUS）と低分解能の小規模利用局（SDUS）の 2 種類があった。）について強い関心を示したことから、昭和 52 年 6 月には気象庁本庁及び気象衛星センターにおいて利用局に関する講習会を開催し、「ひまわり」の利用の普及に努めた。なお、「ひまわり」の名称の由来は、打上げが 7 月であったこと、常に地球を見ていることから、気象と関係の深い太陽を連想させる夏の花にちなんで名付けられた。

（2）ひまわり 2 号

「ひまわり（初号機）」の設計寿命等を考慮して、「ひまわり 2 号」準備の検討が昭和 49 年度から本格化した。「ひまわり 2 号」は「ひまわり（初号機）」と基本的に同型、同機能とすることで検討していたが、衛星打上げについては、当時、国産の N ロケットの改良型の開発が進められており、「ひまわり 2 号」はこのロケットの搭載能力に合わせた重量にする必要があった。このような経緯により、昭和 51 年 3 月の宇宙開発委員会において開発衛星として認められることとなった。その後、「ひまわり 2 号」は開発が進められ、昭和 56 年 8 月 11 日に種子島宇宙センターから国産の N-Ⅱロケット 2 号機（N ロケット 8 号機）で打ち上げられた。観測機能と運用形態は「ひまわり（初号機）」と同様であったが、昭和 58 年 11 月に衛星に搭載している可視赤外走査放射計（VISSR）のスキャンミラー動作に不具合が生じ、観測できないケースがしばしば発生するようになった。このため、昭和 59 年 1 月に「ひまわり 2 号」の運用を中止し、「ひまわり（初号機）」の再登板による観測運用を行うことになったが、「ひまわり（初号機）」も機器の経年劣化などにより観測を制限せざるを得なくなったことから、昭和 59 年 6 月に「ひまわり 2 号」による 6 時間ごと（1 日 4 回）の観測を再開した。台風が日本付近に接近している状況でも 6 時間ごとの観測の制限を継続せざるを得ない状況が続いたが、防災上の観点から、運用面での工夫によって台風接近時には 3 時間ごとに観測を行う運用を実施した。「ひまわり 2 号」の実質的な運用期間は約 2 年であったが、「ひまわり 2 号」が打ち上げられた同時期には、新聞天気図に雲画像が併載されるようになり、以降、地方紙も含めて掲載社も増え、衛星画像が日常的に国民の目に親しまれるようになった。

（3）ひまわり 3 号

「ひまわり 3 号」は、昭和 59 年 8 月 3 日に種子島宇宙センターから N ロケット 13 号機で打ち上げられた。「ひまわり 2 号」の VISSR 不具合のため、打上げからわずか 2 か月弱の 9 月下旬に運用を開始することになった。運用開始当初は「ひまわり 2 号」と同様に衛星から見える地球全体を撮像する観測（フルディスク観測）を 1 日に 8 回行っていたが、昭和 62 年 3 月からは、計算機システムの更新によって毎時の北半球観測（フルディスクの北側半分の観測）を追加した。当初の 3 時間ごとの観測に追加して北半球では毎時の観測を得られるようになり、気象監視機能が大きく向上した。また、平成元年には、毎時のフルディスク観測を開始し、1 日 4 回の風計算のためのフルディスク観測とあわせて、1 日 28 回のフルディスク観測を開始した。これにより北半球に加え、南半球でも気象監視機能が大きく向上した。「ひまわり 3 号」は、GMS シリーズの中で観測回数等の形態が最も大きく変わった衛星であった。

（4）ひまわり 4 号

「ひまわり 4 号」は、平成元年 9 月 6 日に種子島宇宙センターから H-Ⅰロケット 5 号機 F で打ち上げられ、平成 4 年 12 月から運用を開始した。観測回数等の観測スケジュールは「ひまわり 3 号」と同様で、運用期間中に大きなトラブルもなく、約 5 年半にわたり観測を継続した。

（5）ひまわり 5 号

「ひまわり 5 号」は、平成 7 年 3 月 18 日に種子島センターから H-Ⅱロケット試験機 3 号機で打ち上げられた。3 月 30 日には暫定静止位置である東経 160 度赤道上に静止化し、各種機能確認試験を実施した後、東経 140 度赤道上に移動し、6 月 21 日には「ひまわり 4 号」に代わって定常運用を開始した。また、運用に先立ち 6 月 13 日には地上の新計算機システムへの切り替えを実施した。「ひまわり 5 号」の観測機器は、赤外バンドの二分割化とともに、大気の水蒸気を観測することができる水蒸気バンドを追加し、可視バンドと合わせて 4 バンドと観測の種類を増やした。これにより、水蒸気の分布から大気上・中層の流れを把握することが可能になった。また、観測頻度が北半球観測では 30 分ごとの観測が可能となるなど大きな機能向上を図った。これらにより台風や集中豪雨など変化の激しい気象現象をより的確に捉えることが可能になったほか、赤外バンドの 2 分割化を利用した画像では火山の噴煙が明瞭に識別され、航空機の安全運航のための情報提供に寄与するとともに、夜間の下層雲の検出能力も向上した。

「ひまわり 5 号」の後継機は、本来であれば、航空ミッションと気象ミッション機能を併せ持つ運輸多目的衛星（MTSAT: Multi-functional Transport Satellite）となる計画であったが、平成 11 年 11 月、MTSAT を搭載した H-Ⅱロケット 8 号機の不具合により打上げが失敗した。このため、平成 11 年度末に「運輸多目的衛星新 1 号（MTSAT-1R）」の製作を急遽開始することになったが、打上げまでは数年かかるため、「ひまわり 5 号」が観測運用を継続することになった。しかし、「ひまわり 5 号」は設計寿命の 5 年を超え、走査鏡の駆動範囲の両端で軸受けベアリング部の固体潤滑剤に偏りが生じたことで、南極付近の撮像時には通常よりも走査鏡駆動モーターに負荷がかかっていた。このため、その負荷を抑えるべく平成 12 年 6 月からは、南極付近が欠ける程度にまで観測範囲の縮小を行い、これに加えて、これ以上の観測範囲縮小となる事態を避けるための処置として、南半球については毎時間の観測を 3 時間ごととして動作回数を減らすなど延命を図りつつ観測運用を継続した。

3．米国 GOES-9 号によるバックアップ観測

運輸多目的衛星（MTSAT）の打上げ失敗後、延命措置を続けてきた「ひまわり 5 号」だったが、観測運用の継続が困難になることが予想され、このままでは、我が国をはじめとして多くの国々の気象防災に影響を与えることが懸念されたことから、気象庁から米国海洋大気庁（NOAA）に赴き、同国の静止気象衛星（GOES）の予備機（米国の静止軌道上で待機中）を借用した「ひまわり 5 号」のバックアップ観測について協議を進めた。その結果、日米両国間の合意が得られ、平成 14 年 5 月に、「静止運用環境衛星九号による静止気象衛星五号の支

援を通じた西太平洋地域の気象衛星観測の維持に係る協力に関する日本国政府とアメリカ合衆国政府との間の交換公文」の締結について閣議決定がなされるとともに、同交換公文に基づく気象庁と NOAA との間で具体的な協力内容を定めた「実施取決め」の署名がなされ、日米衛星間のバックアップ協力が開始されることとなった。これにより、西経 105 度の静止軌道上で待機運用していた米国の静止気象衛星「GOES-9 号」を、平成 14 年 12 月から西太平洋上の東経 155 度に約 4 か月かけて移動させて、衛星や地上機器等の各種調整を経て、平成 15 年 5 月 22 日 15 時から観測を開始し、その後約 2 年間にわたり観測を実施することになった（愛称：パシフィックゴーズ）。米国アラスカ州のフェアバンクスにあった地上施設（NOAA 所有）を改修し、GOES-9 号の観測データを受信し、処理を行った後、再び GOES-9 号に向けて観測データを送信し、衛星経由で送信された観測データを気象衛星センター（清瀬市）で受信した。受信データは必要な変換を施した後、気象庁の業務に活用するとともに、従来の国内外の SDUS（小規模利用局）利用者向けに WEFAX（画像データ）を「ひまわり 5 号」経由で配信するとともに、MDUS（中規模利用局）を利用していた国内及びアジア・オセアニア各国気象局利用者向けにはインターネットにより観測データの配信を行った。

4．運輸多目的衛星（MTSAT）シリーズ

米国とのバックアップ協力によって、「ひまわり 5 号」の代わりに GOES-9 号による観測を継続することになったが、バックアップ協力は「ひまわり 5 号」の後継衛星が運用開始した時点で終了することとしており、当面の衛星観測の継続を確保したものの、打上げが失敗した運輸多目的衛星の代替機である運輸多目的衛星新 1 号（MTSAT-1R）を早急に打ち上げる必要があった。運輸多目的衛星はその名の示すとおり、「ひまわり 5 号」の後継機としての気象観測等の気象ミッション機能と、航空管制のための航空ミッション機能を兼ね備えた（当時の運輸省所管の）多目的衛星であり、衛星の管制運用及び航空ミッションは航空局が役割を担い、気象庁は気象ミッションに係る衛星運用を担うこととなった。また、「ひまわり 5 号」までの GMS シリーズと異なり、完全に実用衛星となったことから、一般競争入札（国際入札）での衛星調達となった。

（1）運輸多目的衛星新 1 号（MTSAT-1R、「ひまわり 6 号」）

MTSAT-1R の製作は米国スペース・システムズ・ロラル社が受注し、MTSAT の打上げ失敗後 5 年 3 か月を経て平成 17 年 2 月 26 日に種子島宇宙センターから H-ⅡA ロケット 7 号機により打ち上げられ、打上げは成功した。MTSAT-1R は、静止気象衛星「ひまわり」という名称が広く定着していたことから愛称は「ひまわり 6 号」とされ、静止軌道上において種々の機能確認試験を経て、6 月 28 日に正式運用を開始した。「ひまわり 6 号」の気象ミッションは「ひまわり 5 号」に比べて、北半球の観測を従来の 1 時間ごとから 30 分ごとの観測に強化するとともに、画像の解像度の向上や赤外バンド数の拡充により、大雨や台風等の観測機能の強化を図った。また、GMS シリーズでは衛星の姿勢を安定させるために衛星本体を回転させるスピン方式が採られていたが、「ひまわり 6 号」からは、米国 GOES でも採用され世界的な趨勢となっていた、衛星内部の回転体により衛星の姿勢を保つ三軸姿勢制御方式が採用された。

（2）運輸多目的衛星新 2 号（MTSAT-2、「ひまわり 7 号」）

MTSAT-1R の打上げと並行して、衛星観測の継続を確実なものとするとともに、航空ミッション機能の 2 機体制を確立するべく、運輸多目的衛星新 2 号の製作が進められた。衛星製作は三菱電機株式会社が受注した。平成 18 年 2 月 18 日、MTSAT-1R の打上げから約 1 年後、MTSAT-2 が H-ⅡA ロケット 9 号機により種子島宇宙センターから打ち上げられた。打上げ後、東経 145 度の赤道上空の静止軌道上での機能確認試験を経て、平成 18 年 9 月 4 日から気象ミッションの待機運用を開始し、愛称は「ひまわり 7 号」とされた。「ひまわり 7 号」は「ひまわり 6 号」と同じ性能の気象ミッション機能を有しており、「ひまわり 6 号」が観測運用中は静止軌道上で待機し、「ひまわり 6 号」の気象ミッション運用中に不測の事態が生じた場合等に備えた。「ひまわり 6 号」の約 5 年間の観測運用終了後の平成 22 年 7 月 1 日、観測を「ひまわり 7 号」にバトンタッチし、「ひまわり 7 号」が観測運用を開始し、次世代の静止気象衛星である「ひまわり 8 号・9 号」による観測開始までの約 5 年間、観測を継続した。なお、「ひまわり 7 号」の観測運用期間中は「ひまわり 6 号」が不測の事態に備えて待機運用を行った。

5．静止地球環境観測衛星「ひまわり 8 号・9 号」

運輸多目的衛星（「ひまわり 6 号・7 号」）の運用が順調に経過する一方、並行して後継機調達の検討を進めていた。衛星整備の当初からではあるが、気象衛星に係る経費は気象庁予算と比べて極めて大きなものであったことから、衛星調達について掛かる経費を軽減すべく、「ひまわり 6 号・7 号」と同様に気象ミッション以外の役割を衛星に搭載する相乗りミッションの検討を継続していた。また、平成 20 年 1 月には、今後の静止気象衛星の整備に向けた課題等について方向性を得るべく、有識者による「第 1 回静止気象衛星に関する懇談会」を開催し、それ以降、第 5 回までの懇談会を経て方向性がとりまとめられた。これまでの検討結果として、適当な相乗りミッションは見つからなかったが、「ひまわり 8 号・9 号」は進行しつつある地球温暖化等の地球環境問題をより適切に監視する目的を有する気象ミッションに特化し、衛星の設計寿命を長寿命化した「ひまわり 8 号・9 号」の衛星 2 機を同時に調達することにより経費の効率化を図り、2 機により 15 年間の長期間にわたる観測体制を確立した。「ひまわり 8 号・9 号」は同じ機能を有する同型機であり、これまでになく多くの種類の観測を短時間で行うことが可能となった。具体的には、可視 3 バンド、近赤外 3 バンド、赤外 10 バンドの計 16 バンドの観測とし、10 分ごとにフルディスク観測を行うほか、日本付近については 2.5 分ごとに観測し、遠く離れた洋上の台風も 2.5 分ごとに追跡しながら観測が可能になる等、観測機能の大幅な向上を図った。また、衛星画像と地球上の地理との位置合わせ等画像処理については気象庁が精度向上に寄与した。データ配信に関しては、「ひまわり（初号機）」から「ひまわり 7 号」までは、観測したデータを気象衛星センターで画像データとして処理し、再び、衛星搭載の中継機能を用いて国内外の受信局に直接配信していたが、世界的にインターネットが普及しつつあったことから、ひまわり 8 号・9 号からはランドラインによるデータ配信とし、これまで雲画像データ配信用に衛星に搭載してきた S バンド中継器は搭載しないこととした。ただし、世界各国の主要な気象機関等からインターネットの普及が十分でない地域での観測データの直接配信の要望があったことから、民間の通信衛星を利用した「ひまわりキャスト」と呼

ばれる通信衛星経由での観測データ配信を行い、また、各国の気象・水文機関向けには、「ひまわりクラウド」としてインターネットによる配信環境を整備し、アジア太平洋諸国の気象防災に貢献することとなった。国内外の研究機関､研究者に対しては国内 4 機関の協力を受けて、データ提供環境を整えた。

「ひまわり 8 号・9 号」の衛星運用は、衛星分野で国内初めての PFI（Private Finance Initiative）事業となる「静止地球環境観測衛星の運用等事業」を導入し、8 号・9 号運用のための地上設備の整備、その後の 15 年間にわたる運用事業について入札を行った結果、特別目的会社として「ひまわり運用事業株式会社（HOPE）」が担うこととなった。「ひまわり 8 号・9 号」による観測データは大容量であることから、衛星から受信局へのデータ送信は、これまで用いてきた S バンドより波長の短い Ka バンドを用いることとなった。ただし、Ka バンドは降雨減衰と呼ばれる、伝送経路上の雨滴によって信号強度が減衰する特性があるため、地上の受信局は、1 つの受信局に降雨減衰が生じて受信不可となった場合でも他局が受信し観測を継続できるようにするため、埼玉県鳩山町（主局）と北海道江別市（副局）の 2 局を配置し地域冗長性を確保することとなった。

（1）ひまわり 8 号

「ひまわり 8 号」は、平成 26 年 10 月 7 日に種子島宇宙センターから H-ⅡA ロケット 25 号機により打ち上げられた。打上げは成功し、10 月 16 日には所定の静止軌道である東経 140.7 度の赤道上空に投入された。その後の軌道上試験を経た後、100 日間の連続観測運用試験を実施して画像データ処理の微細な調整を行い、地上設備を含む全系に問題がないことを確認して平成 27 年 7 月 7 日に正式な運用を開始した。その後「ひまわり 8 号」は順調に観測運用を継続し、令和 4 年 12 月 13 日に、それまで軌道上で待機していたひまわり 9 号に観測運用をバトンタッチし、軌道上で待機運用に入った。

（2）ひまわり 9 号

「ひまわり 8 号」と同型、同機能機であり、並行して製作が進められた「ひまわり 9 号」は、「ひまわり 8 号」打上げの約 2 年後の平成 28 年 11 月 2 日に種子島宇宙センターから H-ⅡA ロケット 31 号機により打ち上げられた。打上げは成功し、11 月 11 日に「ひまわり 8 号」と同じ静止軌道上で静止化した。その後、静止軌道上での機能確認試験を経て、平成 29 年 3 月 10 日に待機運用を開始し、令和 4 年 12 月 13 日には観測運用を開始した。

6.「ひまわり 8 号・9 号」の後継衛星の整備

「ひまわり 8 号・9 号」は 2 機一括での調達であったが、衛星に搭載する観測機器の機能は年ごとに進化する一方、2 機一括調達とすると次の衛星整備までに相当の期間が経過してしまい、最新の観測機能の衛星への搭載が不可能となってしまうことから、次期衛星は 1 機単独での調達計画として作業を進めた。次期衛星に期待される重要な役割として、時に大きな災害をもたらす気象現象として注目される「線状降水帯」の正確な予測に寄与することが求められ、これに対応するために、大気を立体的に観測する「赤外サウンダ」を世界的にもほぼ先頭を走る形で静止気象衛星に搭載する計画となった。また、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）が開発する宇宙環境センサを「相乗り」として搭載することになった。次期衛星は「ひまわり 10 号」として、三菱電機株式会社により衛星製作が進められることとなった。

【第 2 節】気象衛星センター

1．電子計算機システム管理の変遷

昭和 52 年 4 月に気象衛星センターが発足する以前、「ひまわり（初号機）」のデータを処理するための電子計算機システムの機種選定作業が進められていた。昭和 47 年に気象研究所を中心に、データ処理用プログラムの規模、計算機メーカ各社の実績、将来性などを調査し、技術的観点からは外国メーカ製品が有力であったが、当時、国策として国産品を選定することが奨励されていた。その結果、国策に沿うとともに機種選定に客観性を持たせるため、学識経験者を含めた機種選定専門委員会を設け評価を行うこととなった。同委員会では、機種選定の評価基準として、システムの切替え、マンマシン装置の導入、運用性、サポート体制等が具体的に設定され、昭和 48 年 12 月の第 6 回委員会での審査の結果、富士通 - 日立製作所案、日本 CDC 案及び日本 IBM 案の 3 つが条件をほぼ満たしていると結論され、気象庁長官あてに報告書が提出された。この報告をもとに、昭和 49 年 1 月、導入する電子計算機システムは、富士通 - 日立製作所によるシステム（富士通の FACOM 230-75×4 台を中心とし、周辺装置のほとんどは富士通、ディスク装置は日立製作所）を採用することと決定した。昭和 51 年 3 月、当時としては日本一の規模の電子計算機システムによって「ひまわり（初号機）」の観測データを気象衛星センターでデータ処理を行う準備が整い、その後、運用に必要な各種電子計算機システム用プログラムの開発を進め、通信機器などの関係機器の据付調整などの整備業務も並行して行った。

気象衛星センターの電子計算機システムは、その後の「ひまわり」の機能向上（観測頻度、観測種類の増加）、観測時に画像配信サービスを可能とするストレッチド VISSR 運用（後述）導入に対応する処理能力の向上を図るためにシステムを更新し、昭和 62 年 3 月に第 2 世代のシステム（FUJITSU M-360R×2 台、M-380S×2 台をホスト間通信装置で接続したデータ通信ネットワークによる疎結合分散システム）による運用を開始した。これにより、3 時間ごとの観測から毎時観測（3 時間ごとはフルディスク、その他は北半球）の実施、風観測を 2 回/日から 4 回/日に増加、雲解析情報図（狭域・広域）・海面輝度温度分布図・海氷分布図などの新規作成、台風プロダクトを 4 回/日から 8 回/日に増加（ただし強度は 4 回のまま）、写真による画像解析から計算機による画像解析作業に移行などの改善を行った。

「ひまわり 5 号」の世代には、センサ増による更なる観測種類の増加、観測精度の向上が期待されたことから、その対応のため、電子計算機システムのレンタル契約期限（8 年）どおり更新することとなった。一方で、「ひまわり 5 号」の打上げが 1 年延期されたことから、平成 7 年は、衛星の切替えと電子計算機システムの移行のタイミングが重なる年となった。電子計算機システムはベンチマークテストの結果、第 3 世代の計算機システムも富士通がシステムを構築することとなり（平成 7 年 6 月運用開始）、同じメーカということもあって、基本的にはシステムの概念を踏襲しながら最新の M シリーズ計算機が採用された。

この後の気象衛星センター電子計算機システムは、平成 13 年 8 月に数値解析予報システム（NAPS）と高度連携の必要性から、新電子計算システム「衛星データ高度処理システム」と

して NAPS との一体整備が進められることとなった。このうち、運輸多目的衛星（「ひまわり 6 号・7 号」）のデータ処理等の衛星業務を処理するためのシステムは「衛星データ処理システム及び共用装置群」（HITACHI 製）として平成 17 年 3 月に運用を開始した。

「ひまわり 8 号・9 号」の世代になると、観測データ量はそれまでの 50 倍以上に増加したことから、その準備のために気象衛星センター第一庁舎運用室のレイアウトを変更し、気象衛星ひまわり運用事業株式会社から気象衛星センターに伝送される大容量の「ひまわり 8 号・9 号」を画像データに処理するための「静止気象衛星画像作成システム」を整備し、画像データを処理して得られる各種プロダクトを作成する NAPS とともに気象衛星センターでその機能が引き継がれていった。

2．極軌道気象衛星データの受信

極軌道気象衛星は、地球の両極を経由して地球を周回する衛星で、地球上の同じ領域を常時観測できる静止気象衛星とは違い、同一地点における 1 日あたりの観測回数は限定されるが、静止気象衛星に比べ低軌道であるため、高分解能の精密な画像が得られる特徴がある。また、衛星に搭載する観測センサによって種々のデータ取得が可能であり、気象解析や数値予報に大きな役割を果たしてきている。

静止気象衛星「ひまわり（初号機）」の運用開始の翌年（昭和 53 年）、気象衛星センターでは、米国の極軌道気象衛星である TIROS-N（昭和 53 年 10 月打上げ）及び引き続き打ち上げられた極軌道気象衛星 NOAA による観測データを直接受信し利用するために、敷地内に NOAA 塔と呼ばれる受信設備を整備し受信データの利用を開始した。その後も、米国 NOAA 衛星は継続的に打ち上げられるとともに、新たに欧州の極軌道気象衛星 MetOp の初号機が平成 18 年に打ち上げられて以降はシリーズ化し、NOAA 塔で受信する衛星数の増加に対応した施設設備を更新してきている。

3．衛星資料の変遷

「ひまわり（初号機）」運用開始以来、気象衛星センターが処理し作成してきた衛星資料には、衛星が観測した生データや画像データ（1 次データ）、それを処理した 2 次データ、更にそれらを加工・処理した 3 次データなど様々なものがある。また、「ひまわり」の中継機能を用いて利用者に直接衛星画像を配信するものには FAX 画像があった。FAX 画像は、衛星で取得した画像データを扱いやすいように写真形式にしたもので、より詳細な HR-FAX と簡易的な LR-FAX の 2 種類があり、それぞれ中規模利用局（MDUS）と小規模利用局（SDUS）向けに配信された。衛星が「ひまわり 3 号」となり、地上機器が更新された昭和 63 年 3 月には、それまでの FAX 画像から、MDUS 利用者向けにストレッチド VISSR（S-VISSR）と呼ばれる、より詳細な画像データの配信を開始した。S-VISSR は「ひまわり」から受信した超高速の VISSR データを気象衛星センターで MDUS 向けにリアルタイムで高品質な低速度のデータに変換し、時間的に引き延ばして出力されることからその名がついている。MDUS 向け S-VISSR の配信開始から半年後、SDUS 向け LR-FAX は WEFAX に名称を変更した。

平成 17 年 6 月、「ひまわり 6 号」の運用開始に合わせて、CGMS で共有仕様として調整が行われた形式に従った、MDUS 向けの HRIT（High Rate Information Transmission、高速データ伝送）データと SDUS 向けの LRIT（Low Rate Information Transmission、低速データ伝送）データの配信を開始した。また、HRIT データは平成 14 年 12 月から開始した気象業務支援センターを経由した S-VISSR のランドライン配信に替えてランドライン HRIT データとして配信を開始した。HRIT と LRIT の受信には利用者設備の更新が必要なことから移行期間を考慮して、S-VISSR 互換の HiRID（High Resolution Imager Data、高分解能画像データ）と WEFAX の配信も並行して行い、HiRID と WEFAX の配信は平成 20 年 3 月まで続いた。

「ひまわり 8 号・9 号」では、観測バンドの増加、観測の高頻度化及び解像度も向上などの大幅な性能向上によってデータ量が格段に増加した。これらのデータを利用者に届ける手段として、平成 27 年 7 月の「ひまわり 8 号」の運用開始にあわせて、インターネット等による静止気象衛星画像データ配信サービス（ひまわりクラウド）による提供を開始した。また、大規模自然災害による被災現場や山間僻地及び島嶼国等、ランドラインのインフラが脆弱な地域へは引き続き衛星による配信が不可欠であることから商用通信衛星による静止気象衛星画像データ配信サービス（ひまわりキャスト）による配信も開始した。ひまわりクラウドでは、ひまわり標準データによるフルディスクや日本域などの各観測バンドのデータをはじめ、カラー画像データの提供も行っている。また、一部のデータは NetCDF 形式でも提供している。ひまわりキャストでは、HRIT や LRIT データによる観測データの配信と画像解析に活用できる各種観測データや数値予報 GPV 等のデータについてもあわせて配信を行っている。

また、気象衛星センターでは、伝送された衛星観測データを利用者の要望に沿って様々な手法を用いて加工・処理し提供を行ってきた。昭和 53 年 2 月からは雲量分布資料、昭和 54 年からは VISSR 格子点データ、昭和 55 年からは基本ヒストグラム等の作成を開始しており、衛星の機能向上、計算機の性能向上につれて、気象衛星業務実施要領に示されるとおりプロダクトの種類は多数に上っている。

【第 3 節】気象衛星に関する国際的な会議等

1．気象衛星調整会議

「ひまわり（初号機）」の製作に向けた世界的な動きとして、第 1 回及び第 2 回気象衛星調整会議（CGMS: Coordination Group for Meteorological Satellites）の開催については本章第 1 節「気象衛星の開発・運用」に記載したが、第 3 回 CGMS は昭和 48 年 10 月に気象庁で開催された。この会議は、打上げが計画された 5 機の静止気象衛星の当事国、機関である、日本、米国、欧州（ESRO）、ソ連の衛星打上げに必要な連絡調整を行うことを目的として、関係各国の代表をはじめ、WMO、JOC（GARP 合同組織委員会）などの関係機関の出席のもと開催された。我が国からは、気象庁のほか、科学技術庁、宇宙開発事業団の関係者が参加した。CGMS はその後も定期的に開催され、衛星運用国又は機関を構成メンバーとして、共通する技術的課題や運用について意見交換し、必要な相互調整機能の役割を果たしてきた。近年では平成 25 年 7 月には第 41 回 CGMS が、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の協力も得て、茨城県つくば市において開催され、令和 5 年 6 月には気象庁において第 51 回 CGMS がオンライン併用で開催された。

2．アジア・オセアニア気象衛星利用者会議

アジア・オセアニア地域での国際的な活動については、「ひまわり」の観測機能の強化が順次図られ、観測データの利用技術に焦点が当てられるようになったことを背景に、平成 6 年 11 月には、アジア・オセアニア地域の気象機関の専門官を気象庁に招聘し、衛星運用の先進国である米国海洋大気庁（NOAA）から講師も招いて、静止気象衛星利用技術の高度化に関する国際セミナーを開催した。また、平成 22 年 11 月には、主に日中韓の気象衛星運用機関が持つ最新情報を気象衛星データ利用者に提供することを目的として、第 1 回アジア・オセアニア気象衛星利用者会議（AOMSUC）が中国北京市で開催された。これに引き続き、平成 23 年 12 月には気象庁主催、地球観測に関する政府間会合（GEO）、世界気象機関（WMO）等の共催のもと、第 2 回 AOMSUC を東京で開催し、衛星観測の現状と将来、衛星データの利用、衛星データへのアクセスの利便性等について最新情報の交換、議論が行われた。平成 27 年 11 月に東京で開催された第 6 回 AOMSUC では、「ひまわり 8 号」の高度な観測機能の紹介と画像データの利用技術実習を行い、近年では、令和 4 年 11 月に第 12 回 AOMSUC が気象庁ホストにより、新型コロナウイルス感染症の影響を考慮して完全オンライン形式で開催され、「ひまわり」データ利用状況の報告、意見交換が行われた。

3．「ひまわり」による国際貢献

「ひまわり」が観測するデータの活用範囲は国内にとどまらず、「ひまわり」の観測範囲内の多くの国と地域で「ひまわり」データが利用されており、諸外国における気象災害リスクの軽減に貢献している。観測データ量が大幅に増加した「ひまわり 8 号・9 号」では、各国気象機関の異なる通信事情を考慮し、インターネットを利用した「ひまわりクラウド」と通信衛星を利用した「ひまわりキャスト」と称する 2 つの観測データの提供サービスを開始した。特にインターネット環境の脆弱な地域の気象機関に対しては、世界気象機関（WMO）や国際協力機構（JICA）の支援によって「ひまわりキャスト」の受信システムが整備されるよう両機関と技術的な協力を行い、20 か国に受信システムを整備するとともに、気象庁から専門家を派遣し観測データの利用技術について研修を実施するなどの貢献を行った。さらに、平成 30 年 1 月からは「ひまわり 8 号・9 号」の観測機能の一部を使って、各国気象機関から要請（リクエスト）された領域に対して、1,000km 四方を 2.5 分ごとに観測する高頻度機動観測「ひまわりリクエスト」を開始した。「ひまわりリクエスト」の開始以降、観測範囲内の諸外国において、火山噴火の早期検出・噴火直後の噴煙や熱帯低気圧の構造変化の詳細監視等、「ひまわり」の観測データが災害リスク軽減により一層活用されている。令和 2 年 1 月にはオーストラリア気象局（BoM）のリクエストにより同国内で発生した大規模な森林火災の様子を捉え、その観測データが火災対応に役立てられた。

第５部

大気海洋

第１章　防災気象情報

【第１節】特別警報・警報・注意報

１．運用開始と拡充

気象庁の発表する警報等は、明治 16 年に東京気象台が「暴風警報」の制度を定め、同年５月 26 日に発表したことが始まりである。その後昭和９年の室戸台風による被害を拡大させた要因である「暴風警報」の軽視などの教訓を契機に大幅な改訂を行い、昭和 10 年にはそれまでの暴風警報を、現行の警報に相当する「暴風警報」と注意報に相当する「気象特報」に分離し、さらに気象知識の普及に力をいれた。その後昭和25年に気象警報の担当官署・担当区域の改正、気象警報の発表要領・定量的気象警報発表基準の制定が行われ、気象警報としては暴風雨・暴風雪・大雨・大雪の４種の警報を設け、気象特報として風雨・風雪・強風・大雨・大雪・濃霧・雷雨・高潮・異常乾燥・雪崩・着氷・着雪・気温の急変・霜などが設けられた。また、風、雨、雪についての警報・特報には基準が設けられるようになった。その後昭和 27 ～ 29 年にかけて気象業務法、気象業務法施行令、気象業務法施行規則、中央気象台予報警報規程（現在の気象庁予報警報規程）が制定され、昭和 27 年には気象特報の名称が注意報と改められた。昭和 28 年には高潮、波浪、洪水の３種の警報が追加され、昭和 29 年には過去の災害時の観測値をもとに求めた具体的な数値基準をもとに警報・注意報が発表されるように変更となった。

昭和 46 年には短時間強雨による災害も捕捉するために大雨警報・注意報の基準に短時間雨量の基準を導入し、昭和 53 年には洪水警報・注意報についても同様に短時間雨量基準を導入した。

昭和 63 年には「暴風雨警報」を廃止し「暴風警報」を新設した。これにより、従来の「暴風雨警報」の標題のみでは、大雨についての警戒の程度が不明確であった（雨の降らない場合でも大雨警報相当の雨でも同じく暴風雨警報）ことを改善した。あわせて注意報名の変更を行い、雷雨注意報を雷注意報、異常乾燥注意報を乾燥注意報、異常低温注意報を低温注意報とし、風雨注意報は廃止した。

平成４年には警報・注意報の発表方法を改善し、大雪と大雨、強風・暴風と大雪の並列発表を可能とした。平成 25 年には警報の発表基準をはるかに超える大雨等が予想され、重大な災害の起こるおそれが著しく高まっている場合に最大級の警戒を呼びかけるために、特別警報を創設した。

２．注意警戒文の改善

昭和 57 年７月豪雨及び昭和 58 年７月豪雨を契機に大雨に関する警報及び情報の発表形式について検討がなされ、昭和 58 年には記録的な１時間雨量が観測されたときにその状況を簡潔に表現して速報する情報の運用を開始した。また、本文冒頭に防災上特に必要とする事項を新たに付すこと（二重括弧で括った「見出し的警告文」の付加）等の改善が行われた。その後、平成 13 年には警報の「見出し的警告文」の名称を「注意警戒文」とし、100 文字程度で重要事項を記述するようにした。あわせて本文の簡略化を進めた。

平成 12 年にはそれまで試験的運用としていた土砂災害と対応の良い指数である土壌雨量指数を正式運用とし、土壌雨量指数の履歴第一位が多数格子で発生した場合、大雨警報を更新し「見出し的警告文」で「過去数年で最も土砂災害の起こる可能性が高くなっている」旨を発表することとした。その後、平成 16 年には土砂災害の危険性が高まった場合に行う警報の更新を明示するよう、「注意警戒文」の冒頭に『重要変更！』のキーワードを付けることとした。平成 17 年９月から鹿児島県で発表を開始した土砂災害警戒情報により、大雨警報の切り替え（重要変更）の役割を果たすことができるようになったため、鹿児島県では平成 18 年に土砂災害についての大雨警報の切り替え（重要変更）の運用を終了し、平成 19 年に全国で土砂災害警戒情報の発表が開始されるとともに大雨警報の切り替え（重要変更）の運用は終了した。

３．発表区域の細分化

明治 41 年にそれまで対象地域を日本全域として区分なく発表していた「暴風警報」を中央気象台が発表する「全国暴風警報」と地方官署（測候所）が担当区域に発表する「地方暴風警報」に分離した。これにより地方官署でも警報を発表できるようになった。また、担当区域を最大４区域まで細分して警報を発表でき、当時の地方暴風警報を発表する官署の総数は 62 で、地域区分数は 159 であった。その後、昭和 10 年に警報等の種類を「全般気象特報」「全般暴風警報」「地方気象特報」「地方暴風警戒」の４種類としたことにあわせて、全般暴風警報・気象特報は全国 10 区域から 29 区域に分けた。また、地方官署数は 83 となり、対象区域分数は 211 となった。その後何度かの府県予報区の小区域分割の変更を経た後、昭和 60 年には府県予報区を 135 の一次細分区（一つの府県で最大４区域）と 183 の二次細分区（北海道を除き一つの府県で最大７区域）に分割し、注警報の標題に付加する地域名を一次細分地域、二次細分区域及び「沿岸の海域」とした。昭和 62 年に各官署が担当する府県予報区などを最大７区域（北海道では最大９区域）に細分して、細分地域ごとに警報・注意報を発表する「地域細分発表」を開始した。平成 13 年には防災関係機関の防災活動に直結するきめ細やかな防災気象情報発表の推進を図るため、一次細分・二次細分の見直しなどを行った。平成 22 年には警報・注意報を市町村単位で発表することとし、発表地域をそれまでの 375 地域から 1,777 地域に細分化することにより、市町村の防災担当者や住民により効果的に警戒を呼びかけることができるようにした。一方、平成 20 年には小笠原諸島（父島と母島及びその沿岸の海域を含む区域。）を対象とした予報、警報業務を拡充し、これまで発表していた「今日・明日・明後日」の天気

予報や台風情報に加えて、警報・注意報、時系列予報、週間予報を発表することとした。

平成 11 年には防災気象情報提供装置を整備し、FAX 等のアナログ形式の伝達に加えて予警報等の伝達をオンライン方式でも行えるようになるとともに、図形式の府県気象情報や予報官コメントなどを部外機関へ提供することが可能となった。

平成 14 年には気象庁 HP で注警報、予報、観測実況等の即時情報の提供を開始した。

平成 16 年には警報・注意報の書式を定型化し、二次細分予報区ごとにそれぞれの現象の発現時間帯、量予報を記述するよう変更した。また、予報作業支援システムによる作業を開始し、クライアントサーバ方式による警報・注意報作業を行えるようにした。

平成 19 年には、市町村等が行う避難勧告等の防災対応を的確に支援していくため、防災気象情報提供システムの機能を強化し、市町村向けの防災気象情報の内容充実を図った。

4．指数基準の導入・キキクル（危険度分布）の提供

大雨災害との対応の良い指数の開発は、まず死者の多い土砂災害で先行して行った。気象庁では、昭和 58 年頃から土砂災害の新たな指標の開発に着手し、解析雨量を入力値としたタンクモデルの総貯留高を「SFIR（雨による斜面崩壊インデックス）」として、部内での試験運用を開始した。その後、斜面崩壊の免疫性に着目した基準設定（履歴順位の導入）を経て、平成 11 年 6 月 29 日に広島県で発生した大規模な土砂災害を契機に、平成 12 年 7 月から、SFIR を「土壌雨量指数」として正式に運用を開始した。そして、土壌雨量指数や気象状況から総合的に判断して、重大な土砂災害の危険性が高まった場合に、大雨警報を切替えて、見出しや本文において「過去数年間で最も土砂災害の危険性が高まっている」といった表現で土砂災害に対する一層の警戒を呼びかける情報改善を行った（土砂災害に関する大雨警報の切替運用）。平成 17 年 9 月からは、土壌雨量指数等を活用して、市町村長による避難勧告等の発令判断や住民の自主避難に資する新たな防災情報として、都道府県と気象庁が共同で発表する「土砂災害警戒情報」の運用を開始した。また、平成 24 年度「土砂災害への警戒の呼びかけに関する検討会」報告書を受けて、平成 25 年 6 月からは、市町村単位で警戒を呼びかける土砂災害警戒情報に加え、危険度が高い地域を 5km メッシュごとに把握することができる「土砂災害警戒判定メッシュ情報」の提供を開始した。また、平成 28 年 5 月には気象庁ホームページでの表示方法を、従来の領域ごとの固定方式から、地理情報（道路・鉄道・河川等）と重ね合わせて表示領域の移動・拡大・縮小をスムーズに行える方式に変更し、自分のいる地域の土砂災害発生の危険度を把握しやすくなるよう改善した。

一方、洪水に関しては、平成 12 年 9 月に発生した東海地方での記録的な大雨を契機に、きわめて甚大な洪水害に対する予測精度を向上させるため、流域内の降雨分布の影響や洪水の流下時間を考慮することができる新たな指標「流域雨量指数」の開発に着手した。流域雨量指数は、水文・水理計算に基づき算出した流量の平方根をとったものであるため、流量の二次式で近似されることの多い河川水位との相関が高いという特徴がある。そこで、洪水警報・注意報の発表基準への導入を目指し、平成 16 年頃から流域雨量指数による新たな基準の作成に着手した。

土砂災害も含め、大雨・洪水警報等の新たな基準設定の検討を進めていた平成 16 年は、平成 16 年 7 月新潟・福島豪雨をはじめ 10 個の台風が日本に上陸するなど、多くの豪雨災害が発生した年だった。これら豪雨災害を受けて、内閣府では「集中豪雨時における情報伝達及び高齢者等の避難支援に関する検討会」を設置して検討を行い、平成 17 年 3 月に「避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン」が策定された。また、この検討会報告書において「避難勧告等の判断基準（具体的な考え方）に適合した基準で、気象官署が警報等の防災関係情報を発表すること」とされたことを踏まえ、土壌雨量指数、流域雨量指数による新基準の作成にあたっては、自治体の避難勧告等の判断に資する警報を発表するための、新たな考え方による基準設定の検討も同時に進めた。そして、平成 20 年出水期から、大雨・洪水警報等の発表基準に従来の 24 時間雨量に代えて、土壌雨量指数及び流域雨量指数を導入し、さらに平成 22 年出水期からは警報・注意報の発表対象区域を原則市区町村ごととした。

浸水に関する新たな指標である「表面雨量指数」に関しては、本格的に開発に着手したのは平成 22 年頃からである。表面雨量指数についても、土壌雨量指数や流域雨量指数と同様、タンクモデルをベースとした手法を採用しているため、概念的には、「タンクモデルを柱として 3 つの指数－土壌雨量指数（タンク総貯留高）、表面雨量指数（タンク流出量）、流域雨量指数（タンク流出量をもとに流下・合流・分流）を包括的に算出している」という説明が可能となった。なお表面雨量指数の開発に際しては、流域雨量指数の精緻化（計算格子の高解像度化や計算対象河川の拡大等）に関する検討も並行して進めた。

平成 29 年 7 月には、これら指数を大雨・洪水警報等の発表基準に導入することで警報等の精度向上を図った。この際、大雨・洪水警報等の基準要素は以下のとおり変更している。

・浸水害を対象とした大雨警報等の基準は、雨量（1 時間雨量、3 時間雨量）から表面雨量指数に変更。
・湛水型の内水氾濫を対象とした洪水警報の複合基準は、流域雨量指数と雨量（1 時間雨量、3 時間雨量）の組み合わせから流域雨量指数と表面雨量指数の組み合わせに変更。
・流路長 15km 未満の河川の外水氾濫については、洪水警報・注意報の雨量基準（1 時間雨量、3 時間雨量）でカバーしてきたが、流域雨量指数の精緻化に伴い、多くの中小河川が指数計算対象となったことから、雨量基準は廃止。

これらの変更によって、大雨・洪水警報等の発表基準は、土壌雨量指数、表面雨量指数、流域雨量指数という「災害との相関の高い指数」のみとなり、長年用いてきた雨量基準を廃止することとなった。そしてこの改善にあわせて、従来の土砂災害警戒判定メッシュ情報（「大雨警報（土砂災害）の危険度分布」に名称変更）に加え、「大雨警報（浸水害）の危険度分布」、「洪水警報の危険度分布」についても、気象庁ホームページで地理情報と重ね合わせて表示する方式での提供を開始した。危険度分布をより多くの方に知ってもらい、避難の判断に活用していただくことを目的として、令和 3 年 3 月に「キキクル」という愛称をつけた（以下、愛称決定前の危険度分布も「キキクル」という）。なお、キキクルの提供は、指数の開発や基準設定といった技術的検討に加え、交通政策審議会気象分科会提言「『新たなステージ』に対応した防災気象情報と観測・予測技術のあり方」、中央防災会議「水害時の避難・応急対策検討ワーキンググループ」、避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドラインに関する検討会等、多くの検討・議論を踏まえたうえでその実現に至っていることを付言しておく。

その後、平成 30 年 7 月豪雨を受けて内閣府により設置された「平成 30 年 7 月豪雨による

水害･土砂災害からの避難に関するワーキンググループ」報告書を踏まえ、国全体の取組として、令和元年出水期から避難情報等に「警戒レベル」が導入されるとともに、キキクル等の防災気象情報も「警戒レベル相当情報」として位置づけられることとなった。これらを受けて、気象庁では、キキクルの「注意」（黄）を警戒レベル２相当、「警戒」（赤）を警戒レベル３相当、「非常に危険」（うす紫）及び「極めて危険」（濃い紫）を警戒レベル４相当と位置づけた。

東北、関東甲信越を中心に広域かつ甚大な被害をもたらした令和元年東日本台風を受けて内閣府により設置された「令和元年台風第 19 号等による災害からの避難に関するワーキンググループ」では、避難対策の強化を目的とした災害対策制度の見直し等が検討された。この検討を踏まえて、令和３年４月に災害対策基本法が改正され、それまで避難勧告及び避難指示がともに位置付けられていた警戒レベル４が避難指示に一本化されるとともに、警戒レベル５緊急安全確保の運用が新たに始まった。このような避難情報の制度変更に対応するべく、気象庁においても令和４年６月から、キキクルの警戒レベル４相当を「危険」（紫）に統合し、警戒レベル５相当の「災害切迫」（黒）を新設して警戒レベルとの関連をより分かりやすく伝えるようにする改善を行った。

平成 30 年 11 月から令和３年４月にかけて開催された「防災気象情報の伝え方に関する検討会」では、防災気象情報の伝え方を中心に改善方策が議論され、キキクルに関する課題や改善方策についても検討が行われた。検討会での議論を踏まえて実施したキキクルに関する近年の改善事項を下表にまとめた。

表 5-1-1-1　防災気象情報の伝え方に関する検討会を踏まえたキキクル（危険度分布）の改善事項

実施時期	改善内容	
令和元年6月	土砂キキクルの高解像度化	5kmメッシュ単位から1kmメッシュ単位に高解像度化
令和元年7月	キキクルの通知サービス	キキクルの危険度の変化を伝えるプッシュ型通知サービスを事業者と連携して実施
令和元年12月	キキクルの表示改善	キキクルに洪水浸水想定区域や土砂災害警戒区域等のリスク情報を重ね合わせて表示
令和2年5月	洪水キキクルの表示改善	湛水型内水氾濫の危険度を、本川流路の周辺にハッチをかけて表示
令和3年3月	危険度分布の愛称決定	認知度を上げるため、危険度分布の愛称を「キキクル」と定め、周知広報
令和3年10月	最大危険度予測	1日先までの雨量予測を用いて算出した「最大危険度予測」の運用を開始
令和4年6月	キキクルの色変更	警戒レベル4相当を「危険」（紫）に統合し、警戒レベル5相当の「災害切迫」（黒）を新設

５．特別警報の導入

平成 23 年台風第 12 号による大雨災害等において、気象庁は警報により重大な災害への警戒を呼びかけたものの、災害発生の危険性が著しく高いことを有効に伝える手段がなく、関係市町村長による適時的確な避難勧告・指示の発令や、住民自らの迅速な避難行動に必ずしも結びつかなかった。そのため、地方公共団体及び住民等から、直ちに防災対応をとるべき状況である旨のわかる、危険性を明確に示した情報の提供が望まれた。災害から多くの生命を守るため、平成 25 年に重大な災害の起こるおそれが著しく大きい旨を警告する「特別警報」（大雨、暴風、高潮、高波、波浪、暴風雪、大雪）の制度を創設した。気象等に関する特別警報について、発表基準や警戒レベルの位置づけ等について記載する。

（１）雨を要因とする特別警報

台風や集中豪雨により数十年に一度の降雨量となる大雨が予想され、若しくは、数十年に一度の強度の台風や同程度の温帯低気圧により大雨になると予想される場合に大雨特別警報を発表することとした（雨を要因とする特別警報）。 具体的には、48 時間降水量及び土壌雨量指数において、「50 年に一度の値」を超過した 5km 格子が、共に府県程度の広がりの範囲内で 50 格子以上出現すると予想され、かつ、更に雨が降り続くと予想される場合（長時間指標）、又は３時間降水量及び土壌雨量指数において、「50 年に一度の値」を超過した 5km 格子が、共に府県程度の広がりの範囲内で 10 格子以上出現（ただし、３時間降水量が 150mm を超える格子のみをカウント対象とする）すると予想され、かつ、更に雨が降り続くと予想される場合（短時間指標）に大雨特別警報を発表することとした。また、当初は府県内のすべての地域を対象に大雨特別警報を発表することが多かったが、危険度分布の技術の活用により、平成 29 年から大雨特別警報を、危険度が著しく高まっている地域をより明確にして発表することで災害発生との結びつきにおける「空振り」を減らす改善を行った。また、令和２年から令和３年にかけて、土砂災害の短時間指標について、「50 年に一度の値」から 1km 格子の土壌雨量指数の基準値を用いて大雨特別警報（土砂災害）を発表することとした。令和４年には、短時間・長時間指標に代わり、1km 格子の表面雨量指数及び流域雨量指数を用いて大雨特別警報（浸水害）を発表することとした。これらの改善により、更に対象地域を大幅に絞り込んで大雨特別警報を発表できるようになった。また、平成 25 年台風第 26 号による伊豆大島での土砂災害など、多大な被害発生にも関わらず大雨特別警報の発表に至らなかった島嶼部における局所的な大雨に対しても発表できるようになった。大雨特別警報は、平成 31 年に内閣府の避難勧告等に関するガイドラインが改定された際に「警戒レベル５（既に災害が発生している状況であり、命を守るための最善の行動をとる必要がある）相当情報」に位置付けられたが、市町村長は警戒レベル５の災害発生情報の発令基準としては用いないとされた。その後令和３年５月に避難情報に関するガイドライン（避難勧告等に関するガイドラインを名称も含めて改定したもの）が改定された際には、警戒レベル５は「災害発生または切迫している状況であり、命の危険があり、直ちに安全確保する必要がある」と「災害の切迫」がある状況も含まれるようになり、大雨特別警報は警戒レベル５「緊急安全確保」の発令基準例となった。

（２）台風等を要因とする特別警報

数十年に一度の強度の台風や同程度の温帯低気圧により、大雨、暴風、高潮、高波になると予想されるときにそれぞれ、大雨、暴風、高潮、波浪の特別警報を発表することとしたほか、台風と同程度の温帯低気圧により雪を伴う暴風が吹くと予想される場合には暴風雪特別警報を発表することとした（台風等を要因とする特別警報）。具体的には、「伊勢湾台風」級（中心気圧 930hpa 以下、風速 50m/s 以上）の台風や同程度の温帯低気圧が来襲する場合に、これら

の特別警報を発表することとした。ただし、沖縄地方、奄美地方及び小笠原諸島については、中心気圧 910hPa 以下、風速 60m/s 以上とした。その後、平成 31 年 3 月に導入された「警戒レベル」では、雨を要因とする大雨特別警報は「警戒レベル 5 相当」と位置付けられた一方、台風等を要因とする大雨特別警報は、「警戒レベル 3 相当」の大雨警報を大雨特別警報として発表し、早い段階から警戒を呼びかけるものと整理された。そのため、令和 2 年に大雨特別警報と「警戒レベル」の関係をより明確化し、「警戒レベル」に基づく自治体や住民の防災行動をより一層的確に支援するため、令和 2 年 8 月から大雨特別警報の発表基準は雨を要因とする基準に一元化し、台風等を要因とする特別警報の基準は暴風・高潮・波浪・暴風雪についてのみ用いることとした。また、高潮特別警報は「警戒レベル 4 相当」情報と位置付けられた。

（3）大雪特別警報

数十年に一度の降雪量となる大雪が予想される場合には、大雪特別警報を発表することとした。具体的には、府県程度の広がりをもって 50 年に一度の積雪深になり、かつ、その後も警報級の降雪が丸一日程度以上続くと予想される場合を指す。

6．注意報や警報を補完する情報の改善

気象庁は注意報や警報を補完する情報として全般気象情報、地方気象情報、府県気象情報を発表しており、平成 10 年に、2 ～ 3 日先の現象を対象とした気象情報の発表、大雨警報・注意報の発表中の府県気象情報の改善を行った。その後、平成 18 年には府県気象情報における警戒事項等を図やグラフなどで簡潔に示した形式の情報として、図形式府県気象情報の一般向けの提供を開始した。その後平成 23 年台風第 12 号による大雨（紀伊半島大水害）の被害を受けて、平成 24 年には重大な災害の危険が高まっている場合に簡潔な文章で警戒を呼びかける短文形式の気象情報の提供を開始した。その後、平成 30 年には全般気象情報、地方気象情報に関しても図形式情報の提供を開始した。また、平成 30 年 2 月に福井県を中心とした大雪により被害が発生したことを受けて、令和元年に顕著な大雪に関する気象情報の運用を開始したほか、「平成 26 年 8 月豪雨」、「平成 27 年 9 月関東・東北豪雨」、「平成 29 年 7 月九州北部豪雨」、「平成 30 年 7 月豪雨」、「令和 2 年 7 月豪雨」などの大雨により被害が発生したことを受けて、令和 3 年には顕著な大雨に関する気象情報の運用を開始した。

【第 2 節】その他の防災気象情報

1．早期注意情報

気象庁では、平成 27 年 7 月の交通政策審議会気象分科会提言「「新たなステージ」に対応した防災気象情報と観測・予測技術のあり方」を受け、数日先までの警報級の現象のおそれを積極的に伝える「警報級の可能性」及び気象警報等の危険度を分かりやすくした「危険度を色分けした時系列」の提供を平成 29 年 5 月から開始した。その後、外部有識者で構成される「防災気象情報の伝え方に関する検討会」における防災気象情報の改善を踏まえ、令和元年に「警報級の可能性」の名称を「早期注意情報（警報級の可能性）」に改めた。令和 4 年 9 月には、高潮予測技術の改善により、台風に伴う高潮予測の精度が向上したこと及び台風以外の要因による高潮も含め警報級の高潮となる可能性をより具体的に評価することが可能となったことから、早期注意情報（警報級の可能性）の要素（大雨、大雪、暴風（雪）、波浪）に高潮を追加した。

2．指定河川洪水予報

我が国において、本格的な洪水予報が始まったのは、昭和 22 年のカスリーン台風が契機とされる。

利根川では埼玉県北埼玉郡東村（現在の加須市）栗橋付近で堤防が決壊し、そこからあふれた濁流は、荒川からあふれた濁流と合流し東京都へ流れ込み、東京の下町地区ではほとんどの家屋が浸水被害を受けた。関東地方では明治 43 年の大水害以来の大きな被害となった。

昭和 30 年 7 月に、水防法と気象業務法の一部改正が行われ、気象業務法では、第 13 条に「洪水についての一般の利用に・・・」が加わり、第 14 条の 2 で「水防活動の利用に適合するための予報及び警報」が新たに設けられた。また、水防法第 10 条及び気象業務法第 14 条の 2 第 2 項で「2 つ以上の都道府県の区域にわたる河川又は、流域面積の大きな河川で、洪水により国民経済上重大な損害を生じるおそれがあるもの」を洪水予報指定河川とし、気象庁と建設省（現 国土交通省）が共同で洪水予報を発表することとした。この時点で対象となったのは、石狩川、北上川、最上川、阿武隈川、阿賀野川、信濃川、利根川、荒川、木曽川、揖斐川、大和川、淀川、紀の川、太田川、吉野川及び筑後川である（昭和 30 年 9 月 28 日告示）。

昭和 32 年には、気象庁と建設省が共同して行う洪水予報業務の基本協定が河川局長と気象庁長官の間で締結され、本格的に共同での洪水予報が始まることになる。

昭和 30 年に指定された 16 河川に加え、昭和 37 年には由良川、天竜川が洪水予報河川として指定された。

技術進展により、きめ細やかな観測監視体制の強化が図られると、それまでに指定された以外の河川に対しても洪水予報が可能になってきたため、昭和 63 年の多摩川等を皮切りに洪水予報河川の指定が拡大していった。平成 14 年 3 月には菊川が洪水予報河川として指定され、これにより全国の一級水系（109 水系）の全てで洪水予報が行われることになった。

平成 10 年の新潟や高知での豪雨、平成 11 年には福岡の豪雨、平成 12 年には「東海豪雨」等、都市部における中小河川の氾濫が注目されるようになった。このような災害に対しては河川改修等のハード対策だけでは対応に限界があるため、情報提供などのソフトの対策が重要になった。

平成 13 年 6 月には、水防法と気象業務法が改正され、新たに都道府県知事が気象庁長官と共同して洪水予報が可能になり、平成 14 年 5 月 31 日から愛知県庄内川水系新川において、同じく 6 月 1 日から岐阜県木曽川水系長良川上流部及び神通川水系宮川において、洪水予報業務が開始された。令和 6 年 5 月現在、66 水系 132 河川で洪水予報を行っている。

平成 16 年の度重なる災害において避難勧告等が発令されても避難しない住民が多数に上ったことで、自治体職員や住民が容易に理解できない用語が用いられていることや、災害の危険度のレベルがわかりにくいなど、洪水時の情報提供の課題が浮き彫りになった。そのことを踏まえた「洪水等に関する防災用語改善検討会」による提言「洪水等に関する防災情報体系のあり方について」（平成 18 年 6 月）を受け、平成 19 年 4 月に、国の洪水予報について市町村や住民がとるべき避難行動等との関連が理解しやすいようにするため、洪水予報の標題と水位

の名称を洪水の危険に応じてレベル化するなどの発表形式の改善を実施した。その後、都道府県管理河川でも順次、発表形式の改善を実施した。

平成 30 年 7 月豪雨においては、気象状況等の悪化に伴い、多くの被災地では自治体から避難勧告が発令されるなど、避難行動を促す情報が出された。しかし、実際の避難行動に結びつかずに自宅にとどまる等して、多くの方が亡くなる状況であった。そのことを踏まえ、平成 31 年 3 月に「避難勧告等に関するガイドライン」(内閣府) が改定され、住民の取るべき行動と、その行動を促す避難勧告等の情報を 5 段階の警戒レベルに区分し、それぞれを対応させて提供することとなったことを受け、指定河川洪水予報でも「見出し」及び「主文」に、相当する警戒レベルを追記するように改善した。令和 3 年 6 月には、国管理河川の指定河川洪水予報で提供している水位又は流量の予測情報を、従来の 3 時間先から 6 時間先までに延長した。これにより、警戒レベル 3（高齢者等避難）の発令の判断に資する「氾濫警戒情報」を、これまでよりも早い段階から発表し、警戒を呼びかけることが可能になった。

「避難情報に関するガイドライン」（令和 3 年 5 月内閣府（防災担当））では、市区町村長による避難情報の発令の設定基準として基準地点における氾濫開始相当水位（危険箇所における堤防天端高（又は背後地盤高）等の氾濫が開始する水位を、その箇所を受け持つ水位観測所の水位に換算したもの）の活用が示された。これを受け、令和 4 年 6 月には、国の洪水予報河川では、予測水位を更に活用し、急激な水位上昇の際にも的確なタイミングで避難指示の発令を支援できるよう、「氾濫する可能性のある水位」を定め、河川の特性を踏まえつつ基本的に 3 時間先までにこれに到達すると見込まれる場合は、「氾濫危険情報」を予測で発表するよう改善を行った。

令和 5 年 5 月には、気象業務法及び水防法の一部を改正する法律が公布及び一部施行され、自然災害の頻発等により洪水等の予測の重要性が増大していることに鑑み、気象業務に関する技術の進展に対応した洪水等の予報の高度化を図るため、都道府県知事が行う洪水予報に資する国土交通大臣による河川の水位又は流量に関する情報の提供等の措置を新たに講じた。

3．土砂災害警戒情報

多数の人的被害を伴う土砂災害から人命及び身体を守る警戒避難体制を整備するため、都道府県は昭和 57 年 7 月豪雨をきっかけに導入された「警戒避難基準雨量」の市町村への提供や、平成 11 年の広島県での豪雨災害を受けて制定された「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律」（以下「土砂災害防止法」という。）に基づく土砂災害警戒区域等の指定、土砂災害特別警戒区域における土地利用規制等を図ってきた。

気象庁は大雨に関する気象警報等を都道府県等の防災機関へ提供するほか、テレビ・ラジオ等を通じて住民への周知を図り、その中で土砂災害への注意警戒を呼びかけてきた。さらに平成 11 年の広島県での豪雨災害を受けて、「降った雨が土壌中に水分量としてどれだけたまっているかを、タンクモデルを用いて数値化したもの（以下「土壌雨量指数」という。）」を用い、土砂災害の危険度の高まりを加味した大雨警報の切替えを行うという改善を平成 16 年から実施した。

このような取組の中、平成 14 年度からは、国土交通省河川局砂防部（現 水管理・国土保全局砂防部）と気象庁予報部（現 大気海洋部）が連携して、土砂災害の警戒に関する情報の伝達の迅速・確実化や、地方公共団体の防災活動や住民の警戒避難行動等のより迅速・適切な実施について検討を進めた。その結果、都道府県と気象台が連携して「土砂災害警戒情報」という新たな情報の提供について、モデル県及び関係省庁の協力を得ながら検討を進めた。

その検討の成果を受けて、はじめに平成 17 年 9 月に鹿児島県において土砂災害警戒情報の運用を開始した。その後、準備の整った都道府県から土砂災害警戒情報の運用を拡大していき、平成 20 年 3 月からは全ての都道府県において運用を開始した。

運用開始当初は災害対策基本法と気象業務法に基づいて運用されていたが、平成 26 年 8 月豪雨において広島市北部で発生した土砂災害等を踏まえ、土砂災害防止法が改正されたことにより平成 27 年から土砂災害防止法と気象業務法に基づいて運用されることになった。この土砂災害防止法の改正により、都道府県知事に対してこの情報の市町村への通知、住民への周知が義務付けられた。また、市町村長に対しては、土砂災害防止対策基本指針により、土砂災害の警戒情報を避難勧告（令和 3 年の災害対策基本法の改正により、避難指示）の判断指標とすることが求められるようになった。

土砂災害警戒情報の発表基準は、短時間の降雨の指標として 60 分間で降る雨量と長時間の降雨の指標として土壌雨量指数の 2 つの指標を用いる。この指標に基づいて、過去の降雨事例から土石流や同時多発的に発生するがけ崩れの発生・非発生の境界を求め、その境界を基準線として格子単位に設定している。ただし、運用開始当初は、都道府県で設定した基準と、地方気象台等で作成した基準の 2 つを用いて運用を行う所もあった。

4．記録的短時間大雨情報

昭和 57 年 7 月の長崎を中心とした「昭和 57 年 7 月豪雨」や昭和 58 年 7 月 23 日の島根県を中心とした「昭和 58 年 7 月豪雨」を契機とし、警報や情報について外部から改善要望等が上がり、防災気象情報のあり方が議論された。昭和 56 ～ 57 年の気象官署の観測資料によると、日最大 1 時間降水量の累年順位の第 1 位を更新するものや、上位を占めるものがかなり現れており、これらの記録的な短時間雨量を含む大雨が「昭和 57 年 7 月豪雨」や「昭和 58 年 7 月豪雨」のように大きな災害に結びついていた。このことから担当予報区の過去の記録から見て、記録的な 1 時間雨量が観測されたときには、その状況を簡潔に表現して速報する情報である「記録的短時間大雨情報」の運用を昭和 58 年 10 月に開始した。

昭和 59 年の運用状況をみると、雷雨等の突発的でかつ降雨継続時間が短い場合に発表した例が多く、発表基準もやや低いことから、当初意図した災害発生予告的な特別な情報としての役割を十分果たしているとは言い難いと判断された。このことから、昭和 61 年 4 月に発表基準と運用方法を改善した。発表基準については、「アメダス資料から累年の 1 位又は 2 位程度の 1 時間雨量を決めておき随時見直す。」とした。運用方法については、「記録的な短時間雨量の発現時に大雨警報を発表していない場合は直ちに大雨警報を発表し、記録的な短時間雨量に関する事項は警報に含めて行い、改めて記録的短時間大雨情報は発表しない。」、「記録的短時間大雨情報の発表基準を超える大雨を繰り返し観測した場合も、その都度、この情報を発表し、さらに一般的大雨情報等で内容を補完するよう努める。」などと定めた。

運用当初は気象官署及びアメダス観測所の観測値のみを記録的短時間大雨情報の運用に用いてきたところ、昭和61年11月からは、一定の条件を満たした部外機関の観測値を用いることとした。また、平成元年3月にはアデス回線による部外への配信を開始した。

平成6年6月からは、それまでアメダス資料から累年の1位又は2位程度の1時間雨量を参考として発表基準を設けた。また、レーダー・アメダス解析雨量（以下「解析雨量」という。）の利用を開始した。その際の発表基準については、「アメダス資料から累年の1～2位程度、又は、レーダー・アメダス解析雨量から数年に1回程度発現する1時間雨量のうち大きいほうで決めておき随時見直す。」とした。

平成10年3月からは、運用基準について「記録的短時間大雨情報を一度発表した後、同一時刻、同一市町村で記録的な短時間雨量を観測又は解析した場合には、先に発表した雨量よりも20mm以上多い場合のみ再度、記録的短時間大雨情報を発表する。」という条件を追加した。解析雨量はその後、平成13年3月には、解析単位の精緻化（5km格子から2.5km格子へ）、平成15年6月には、提供間隔の短縮化（1時間間隔から30分間隔へ）、平成18年3月には解析単位の更なる精緻化（2.5km格子から1km格子へ）が行われた。記録的短時間大雨情報もこれらの改良に合わせ、判定単位及び判定間隔の改善が図られた。

大雨警報未発表時における記録的短時間大雨情報の発表方法について、当初は、記録的短時間大雨が観測・解析された旨を注意警戒文に記述して大雨警報を発表し、記録的短時間大雨情報は改めて発表しないこととしていた。しかし、記録的短時間大雨が発現したことを利用者へ確実に伝達するため、「大雨警報未発表時に記録的短時間大雨が観測・解析された場合、直ちに大雨警報を発表し、その後すみやかに記録的短時間大雨を発表する」という方法に改め、平成18年4月にその運用を開始した。

平成27年7月の交通政策審議会気象分科会提言『「新たなステージ」に対応した防災気象情報と観測予報技術のあり方』では、実況情報の提供の迅速化の必要性が指摘された。例えば、局地的な大雨の場合、あらかじめ時間や場所を特定して予測することは困難である。このように予測が困難でリードタイムを十分に取れない状況においては、実際に大雨となっているという実況に関する情報が、市町村長の避難指示等の発令や住民の安全確保行動を促す観点では重要である。そのため、情報提供の迅速化が重要であるとのことから、記録的短時間大雨情報の発表のための面的な雨量の算出を迅速化し、かつ、高頻度に行うことが期待された。これを踏まえ、平成28年9月からは、30分ごとに作成される解析雨量に加え、10分ごとに作成される速報版解析雨量も利用することとした。これにより、記録的短時間大雨情報は最大で30分早く発表することが可能となった。

平成29年7月には、浸水害とより結びつきの強い表面雨量指数を大雨警報（浸水害）の基準として導入し、これまでの雨量基準を廃止した。これにより記録的短時間大雨情報の基準が、大雨警報（浸水害）の基準よりも必ずしも高くなるわけではなくなることから、記録的短時間大雨情報の基準到達時に大雨警報未発表の場合には、大雨警報発表の妥当性を判断した後に記録的短時間大雨情報の発表判断を行うこととなった。その結果、記録的短時間大雨情報の基準に到達した場合であっても大雨警報を発表する状況にない場合には記録的短時間大雨情報は発表しないこととなった。

令和2年3月にまとめられた「防災気象情報の伝え方に関する検討会」報告書においては、「記録的短時間大雨情報について、当該市町村が警戒レベル4相当の状況となっている場合にのみ発表することで、避難行動が必要な状況下で災害発生の危険度が急激に上昇し、真に深刻な状況になっていることを適切に伝えることができるよう改善すべき」という提言を受けた。これを踏まえ、大雨警報発表中に雨量基準に達した場合に、記録的短時間大雨情報を発表していたものを、土砂キキクル・浸水キキクル・洪水キキクルのいずれかで「非常に危険（うす紫）」以上が出現している中で雨量基準に達した場合にのみ発表することとし、令和3年6月にその運用を開始した。そして、令和4年6月には、警戒レベル4相当であるキキクル「非常に危険（うす紫）」と「極めて危険（濃い紫）」が統合されたことに伴い、キキクル「危険（紫）」が出現している中で雨量基準に達した場合に記録的短時間大雨情報を発表することとした。

5．顕著な大雨（線状降水帯）に関する気象情報

大雨により顕著な被害が発生した「平成26年8月豪雨」、「平成27年9月関東・東北豪雨」、「平成29年7月九州北部豪雨」、「平成30年7月豪雨」及び「令和2年7月豪雨」は、いずれも線状降水帯による大雨が土砂災害や洪水災害等につながった事例である。この線状降水帯について、予測精度向上の取組を順次進めていたところだが、「令和2年7月豪雨」でも線状降水帯を予想することは困難であった。そのような中、気象庁が令和2年12月に実施した住民向けアンケートでは、約5割が「線状降水帯とはどのような現象か知っている」と回答し、「線状降水帯という言葉を聞いたことがある」と回答した住民も含めると約8割にのぼるなど、線状降水帯という言葉が社会に浸透しつつあることが分かった。また、9割以上が「線状降水帯に関する情報を提供してほしい」と回答し、線状降水帯による大雨が発生している場合はそれを知らせてほしいという要望があることも分かった。

このため、まずは線状降水帯による大雨を検知したときに、その旨をいち早くお知らせできるような情報のあり方について検討した。ここで、情報の発表基準については、内閣府SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）と連携して線状降水帯による大雨の検出基準の候補を検討した。また、防災気象情報としての役割については、有識者検討会「防災気象情報の伝え方に関する検討会」において令和2年から令和3年にかけて議論を行った。議論の中では、「危険な線状降水帯が発生していることを気象庁が発信してくれれば、伝え手としてしっかりと伝えることができる」「警報等を補完する解説情報として発表すべき」「情報を出すのであれば、今後シンプルなものに整理・統合していくという方向性は必要」等の意見が示された。また、情報の名称についても、線状降水帯そのものより、線状降水帯によってもたらされる大雨に目を向ける必要性が重視されたことから、「顕著な大雨に関する気象情報」という名称が候補となった（ただし、これについては、「線状降水帯情報」として出していく方が分かりやすいのでは、などといった意見も寄せられた）。

このような議論を経て、令和3年6月から、大雨による災害発生の危険度が急激に高まっている中で、線状の降水帯により非常に激しい雨が同じ場所で降り続いている状況を、「線状降水帯」というキーワードを使って解説する「顕著な大雨に関する気象情報」の提供を開始した。また、この情報の発表基準を満たしたとき、どの雨域が線状降水帯なのか解説がしやすく

なるよう、気象庁ホームページの「雨雲の動き」と「今後の雨」に赤い楕円で線状降水帯の雨域を表示することとした。

その後、運用を開始して出水期を経た時点で改めて、自治体及び住民を対象に当該情報の受け止めをアンケート調査したところ、「もっと早いタイミングで出してほしい」という回答が約3割あるなど、線状降水帯に関する予測情報に対するニーズが引き続き存在することが分かった。このような社会のニーズを踏まえつつ、線状降水帯による大雨の危機感を少しでも早く伝えることで早めの防災対応に資するよう、情報の高度化に係る取組を継続し、令和5年5月からは、予測技術を活用し、これまでより最大30分程度前倒しして「顕著な大雨に関する気象情報」を発表することとした。あわせて、気象庁ホームページに表示する線状降水帯の雨域（赤い楕円）についても10～30分先の解析結果を表示する改善を実施した。

加えて、線状降水帯発生に係る予測情報として、令和4年6月からは、「顕著な大雨に関する気象情報」の発表基準を満たすような線状降水帯による大雨の可能性がある程度高い場合には、半日程度前から地方気象情報及び府県気象情報において地方予報区単位等で呼びかけることとした。また、令和6年5月からは、呼びかけの対象地域を府県予報区単位に絞って呼びかける運用とした。

6．顕著な大雪に関する気象情報

平成30年2月に福井県を中心とした大雪により被害が発生したことを受けて、大雪についても、何らかの観測・解析結果を迅速に情報で提供することが防災対応を支援する観点で有効ではないかとの指摘があった。そのため、大雪警報発表中において、短時間に集中する降雪があった場合等を対象に、その旨を発表することについて検討を行った。

この検討により、短時間に顕著な降雪が観測され今後も継続する見込みの場合に、短時間の大雪に対する一層の警戒を呼びかける府県気象情報として、「顕著な大雪に関する気象情報」の表題で発表することとなった。平成30年冬に情報改善の契機となった北陸地方で試行し、令和元年冬から山形県、福島県（会津地方）、新潟県、富山県、石川県、福井県で運用開始した。その後、令和3年冬には、滋賀県、京都府、兵庫県、鳥取県、島根県、岡山県、広島県に運用を拡大し、令和6年冬からは岐阜県（関ケ原町付近）でも運用を開始した。

7．竜巻注意情報

平成17年12月に山形県庄内町で発生した突風による羽越線列車脱線事故を契機として、気象庁は平成22年度を目途に、突風などの積乱雲に伴う激しい現象に関する気象情報として、ナウキャスト形式の情報提供を新たに開始する方針を決め、予測技術の開発を開始した。そうした中、平成18年9月には宮崎県延岡市において竜巻が発生し、死者3名、負傷者143名、住宅全壊79棟に及ぶ甚大な被害が発生した。さらに同年11月には北海道佐呂間町において竜巻が発生し、工事現場の仮設建築物が吹き飛ばされるなどにより、死者9名、負傷者31名、住宅全壊7棟に及ぶ甚大な被害が発生した。このため、竜巻などの激しい突風に関する気象情報の改善が喫緊の課題となった。

上記の突風災害を受けて、気象庁は気象ドップラーレーダーの整備を加速させるとともに、突風に関する気象情報の改善に向けた技術開発を進めた。平成19～20年度に開催した「突風等短時間予測情報利活用検討会」での議論を踏まえ、平成20年3月に予告的に発表する気象情報と雷注意報について竜巻などの激しい突風に注意を呼びかけるキーワードを追加する改善と、新たな情報である「竜巻注意情報」の提供を開始した。竜巻注意情報は、「今まさに、竜巻、ダウンバーストなどの激しい突風をもたらすような発達した積乱雲が存在する気象状況である」という現況を府県単位に速報する気象情報で、雷注意報を補足する情報である。

また、平成22年5月には竜巻発生確度ナウキャストの発表を開始した。竜巻発生確度ナウキャストは、竜巻等の現象が発生する可能性の高さを2つの階級（発生確度2、1）で示し、10分ごとに分布図形式で提供するものである。発生確度2が出現した府県に有効時間約1時間の竜巻注意情報を発表することとした。これは、竜巻注意情報の発表により激しい突風の発生可能性が高まっていることを覚知し、刻々と変わる発生可能性の高い領域は気象庁HPの竜巻発生確度ナウキャストで確認するといった利用形態としたものである。

その後、平成24年5月に茨城県つくば市等で竜巻による甚大な被害が発生したことを受け、「竜巻等突風予測情報改善検討会」を開催し、竜巻注意情報や竜巻発生確度ナウキャストなどの情報の現状及び住民への伝達と利活用における課題等を整理し、情報の改善に向けた検討を行った。この検討会での提言を踏まえ、平成25年4月には、防災啓発ビデオ「急な大雨・雷・竜巻から身を守ろう！」や積乱雲に伴う激しい現象の住民周知に関する自治体向けガイドラインを公表したほか、同年5月に竜巻注意情報が発表された際の対応行動をわかりやすく記述する改善を行った。また、平成26年9月からは、目撃情報を活用した竜巻注意情報の提供を開始した。さらに平成28年12月から、竜巻発生確度ナウキャストの精度改善によって、天気予報と同じ発表単位である一次細分区域での竜巻注意情報の提供を開始した。

8．高温注意情報・熱中症警戒アラート

熱中症の予防・軽減については、平成19年の記録的猛暑を受けて、環境省、厚生労働省、文部科学省、消防庁、気象庁による熱中症対策関係省庁連絡会議が設置され、各省庁が連携して対策の取組を行うこととした。平成21年度の同連絡会議では、関係省庁の対策の効果を高める施策の一環として、気象台が気温の予想とともに一般的な注意事項として熱中症も含めた健康管理への注意を呼びかけることについて調整が図られ、天気予報の天気概況や週間天気予報、週間天気予報スケールの府県気象情報（天候情報（当時））に“熱中症など健康管理に注意”等と記述し、注意喚起を行うこととした。

その後、平成23年の東日本大震災の影響により、ピーク時の電力需給の逼迫が懸念される中、節電にも配慮した熱中症対策が求められ、特段の注意喚起が必要とされた。そのため、平成23年7月から新たな情報として、北海道と沖縄を除く地域に「高温注意情報」の発表を開始した。さらに、節電の呼びかけの有無にかかわらず、高温に対する注意喚起を行う情報として高温注意情報は有効と判断したことから、平成24年度からは北海道及び沖縄を含む全国を対象として発表することとした。

平成30年の記録的高温などの影響による熱中症の発生状況を踏まえ、環境省と気象庁は令和2年4月に、有識者による「熱中症予防対策に資する効果的な情報発信に関する検討会」

を開催し、これまでよりも更に効果的かつ実践的な熱中症予防情報の発信について、具体的な方法について検討を行った。その結果、両省庁が連携し、それぞれが別々に運用していた「暑さ指数（WBGT）」と「高温注意情報」を掛け合わせた「熱中症警戒アラート」を発表していくこととなった。これを踏まえ、まず関東甲信地方で令和２年７月から先行的に熱中症警戒アラートの試行を開始し、令和３年４月からは全国的に発表することとなった。気象庁で運用してきた高温注意情報は、熱中症警戒アラートの創設にあたって発展的に解消された。

【第３節】今後の防災気象情報の改善

我が国では数々の自然災害を経験しており、その都度、防災気象情報やその伝え方を改善する取組を行ってきた。この結果として、個々の情報の高度化や市町村の防災対応支援強化に一定の効果があった一方、情報数の増加や運用の複雑化にも繋がった。

令和元年には、災害発生の危険度ととるべき避難行動を住民が直感的に理解できるよう、５段階の「警戒レベル」が導入され、関連する防災気象情報は警戒レベルに相当する情報（警戒レベル相当情報）として位置づけられた。しかし、同じ現象を対象とした情報でも相当する警戒レベルによって発表主体や発表基準が異なっていたり、現象によって警報、特別警報の警戒レベルの位置付けが異なっていたりする等の課題があった。

このような状況を踏まえ、シンプルでわかりやすい防災気象情報の再構築に向け、警戒レベル相当情報を中心に、情報の体系整理や個々の情報の見直し・改善方策、情報のより一層の活用に向けた取組等の検討事項を中心に議論を行うため、学識者、報道関係者等を構成員とする「防災気象情報に関する検討会」を、令和４年１月から令和６年５月まで、計８回にわたり開催した。

検討会での議論の成果については、令和６年６月に「防災気象情報の体系整理と最適な活用に向けて」と題したとりまとめとして公表した。とりまとめの概要は以下のとおりである。

１．警戒レベル相当情報の体系整理

洪水、土砂災害及び高潮に係る警戒レベル相当情報については、以下のような改善事項が示された。

・洪水については、氾濫による社会的な影響が大きい河川（洪水予報河川、水位周知河川）の外水氾濫を対象とし、河川ごとの情報とする。これ以外の河川の外水氾濫については、内水氾濫と併せて市町村ごとに発表する「大雨浸水に関する情報」とする。
・土砂災害については、土砂災害警戒情報と土砂災害に係る大雨特別警報・警報・注意報の発表基準の考え方を統一し、災害発生の確度に応じて段階的に発表する情報とする。
・高潮については、潮位に加えて沿岸に打ち寄せる波の影響を考慮し、災害発生又は切迫までの猶予時間に応じて段階的に発表する情報とする。

上記を踏まえ、警戒レベル相当情報の新しい体系及び名称については、表 5-1-3-1 のように整理された。名称の最終的な決定は、法制度や実際の情報の運用、伝え方、検討会での意見なども踏まえ、気象庁及び国土交通省にて行うこととされた。なお、警戒レベル相当情報以外の防災気象情報については、当該情報を活用する分野によって防災対応が必要となる現象の強さが異なるものと考えられることから、それら情報の体系整理については改めて検討の場を設けて検討することとされた。

表 5-1-3-1　新しい体系の防災気象情報

		洪水に関する情報 「洪水危険度」 （洪水予報河川、水位周知河川の外水氾濫）	大雨浸水に関する情報 「大雨危険度」 （内水氾濫及び左記以外の河川の外水氾濫）	土砂災害に関する情報 「土砂災害危険度」	高潮に関する情報 「高潮危険度」
発表単位		河川ごと	基本的に市町村ごと	基本的に市町村ごと	沿岸ごと又は 市町村ごと
警戒レベル相当情報	5相当	レベル5 氾濫特別警報	レベル5 大雨特別警報	レベル5 土砂災害特別警報	レベル5 高潮特別警報
	4相当	レベル4 氾濫危険警報	レベル4 大雨危険警報	レベル4 土砂災害危険警報	レベル4 高潮危険警報
	3相当	レベル3 氾濫警報	レベル3 大雨警報	レベル3 土砂災害警報	レベル3 高潮警報
	2	レベル2 氾濫注意報	レベル2 大雨注意報	レベル2 土砂災害注意報	レベル2 高潮注意報

２．気象情報（解説情報）の体系整理

これまで「気象情報」として伝えていた各種情報（解説情報）については、利用者が情報の特性を理解しやすく、また、利用する情報にアクセスしやすい名称とすることが望まれた。

そこで、これまでいくつかの種類の「気象情報」として伝えていた情報については、線状降水帯をはじめとした具体的な極端現象が発生又は発生しつつある場合にその旨を伝える「極端な現象を速報的に伝える情報」と、現在及び今後の気象状況等を網羅的に伝える「網羅的に解説する情報」に分類して提供し、それぞれについて統一的な名称とすることが提言された。前者の情報を「気象防災速報」、後者の情報を「気象解説情報」とし、名称には「気象防災速報（線状降水帯発生）」のように、情報内容を把握できるキーワードを付すことにより、情報へのアクセスを改善することとされた。

３．防災気象情報の最適な活用

防災気象情報の体系や名称が改善されたとしても、情報の受け手に活用されなければ適切な防災対応は実現できないとされ、防災気象情報の最適な活用に向け、以下３点について方向性が提示された。

・防災気象情報の基盤となるデータの提供の更なる推進とともに、コンピュータで容易に処理できるよう機械可読性の改善も進めることが必要
・「プッシュ型」の防災気象情報とあわせて、ホームページ等に掲載する「プル型」のコンテンツの活用を推進するとともに、当該コンテンツの充実を図ることが重要

・防災気象情報を受け取った者が自ら考え主体的に行動することができる社会の実現を目指すべく、防災気象情報の特徴・特性に対する理解が社会において深まるよう、平時から知見を積み上げられる環境の構築（ホームページへの解説資料の掲載等）や、国による普及啓発活動に加え、様々な関係主体（教育機関、専門家、報道機関等）による普及啓発活動の推進が必要

検討会のとりまとめを踏まえた新たな体系に基づく防災気象情報については、令和８年度出水期の運用開始を目指して、気象庁と国土交通省が連携し、その具体的な運用に係る検討・準備を進めている。

第２章　天気予報

【第１節】天気予報業務の沿革と現状

１．天気予報

明治 16 年１月、東京気象台は１日１回、気象電報を無料で東京に集めることを許された。気象電報を集め、２月 16 日には天気図の作成、３月１日には天気図の印刷・配布を開始した（現存する最古の天気図）。５月 26 日には初めての暴風警報（「大凡 48 時間ヲ予察スルモノニ付右時間ヲ経過スレハ警戒ニ不及」（原文））を発表した。

明治 17 年５月に１日３回の気象電文の集信が無料扱いとなり、天気図を１日に３回作成できるようになったことを受けて、同年６月１日、東京気象台は臨機の暴風警報に加えて、１日３回（午前６時、午後２時、午後９時）、向こう８時間を対象とした定期的な天気予報を開始した。初めての予報は、「全国一般風ノ向キハ定リナシ 天気ハ変リ易シ 但シ雨天勝チ」という日本全体をひとつの文章で表現する予報だった。

明治 21 年には全国を７気象区に分けて予報警報を行い、毎日一度、向こう 24 時間の予報を発表した。明治 25 年には測候所が管内の天気予報を発表できるようになり、明治 33 年末には 57 か所の測候所が実施した。昭和５年１月、天気予報は１日３回（今日・今晩・明日）の発表となった。

昭和 25 年７月、気象予報規程が制定され、地方予報区は北海道・東北・関東甲信・東海・北陸・近畿・中国・四国・九州の９予報区となり、府県予報区単位の天気予報が開始された（海は海岸線からおおむね 20 海里を対象）。気象予報とは天気予報・気象特報（現在の注意報のようなもの）・気象警報、台風注意報・台風警戒報であった。昭和 39 年 12 月、全国 11 の主要都市を対象に都市予報通報を開始。昭和 55 年には東京都を対象に降水確率予報を開始。翌昭和 56 年には全国の 10 都市を対象に、昭和 57 年には全国で降水確率予報が発表となった。昭和 60 年には天気予報で、昭和 62 年には注意報や警報で１次細分による地域細分発表を開始した。また、平成 22 年には気象に関するすべての警報・注意報について、原則として市町村を単位に発表することとした。その後も予報要素の充実や延長を重ね、現在府県予報は、都道府県をいくつかに分けた一次細分区域ごとに、明日までの天気や風・波、雨量などを１日３回（必要に応じて追加）発表している。

２．天気分布予報と地域時系列予報

平成４年の気象審議会答申第 18 号「社会の高度情報化に適合する気象サービスのあり方について」を受ける形で、平成８年には天気分布予報と地域時系列予報を開始した。天気分布予報は 24 時間先までの３時間ごと 20km 格子ごとの天気、降水量、気温、最高・最低気温の予報で、また地域時系列予報は一次細分区域の代表地域における 24 時間先までの３時間ごとの天気、気温の予報で、どちらも１日３回（6 時、12 時、18 時）発表した。なお、平成

16年には発表時刻が府県天気予報と同じ5時、11時、17時に変更となった。天気分布予報では、降雪量分布予報が平成10年に、時系列予報では風の時系列予報が平成11年に開始となった。当初の対象地域は北海道・東北・北陸であったが、平成13年には関東甲信・東海・近畿・中国地方のそれぞれ一部も含む領域に拡大した。令和2年には20km格子を5km格子に、予報対象期間を向こう24時間から翌日の24時まで延長して翌日朝の最低気温や日中の最高気温の発表、降雪量予報の対象地域を全国に拡大して通年に期間拡大、天気の種類の追加や降水量の階級の増加、小笠原諸島を対象領域とする改善を行った。

また、上記の平成4年の気象審議会答申第18号では、官・民の役割分担による気象情報サービスの推進が答申された。これを受け、平成6年気象予報士制度が制定となり、民間気象会社が一般向けの天気予報を行えるようになった。

3.「予報作業支援システム」の構築

平成12年の気象審議会答申第21号を受けて気象庁は、①防災対応の各段階に適合した防災気象情報を発表すること、②防災気象情報を実施するために整備した基盤を利用して効率的に作業してあまねく国民が成就すべき共有財産として天気予報を提供することを目的に注意報・警報・予報に関わる成果物の発表形式や作業体系の見直しを行うこととした。

このような状況を踏まえて、新しい予報作業のあり方を検討するとともに、膨大な実況資料の監視、実況・予測資料の理解しやすい表示、発表プロダクトの整合等のチェックなど、従来予報官が多くの時間を割いていた比較的単純な作業部分をシステムが肩代わりし、予報官は総合的な予報判断や防災気象情報の適切な運用など、より高度な予報作業に専念できる環境を目指して「予報作業支援システム」を構築し、平成16年以降、本システムを用いて予報警報等の情報を作成している。

予報作業支援システムとは、警報・注意報や天気予報などの予報警報業務を実施するにあたり、部外に提供する電文等プロダクトの編集及び送信を行う機能全体の総称である。広義にはアデス（気象情報伝送処理システム）の統合ビューワによる観測・数値予報データの表示機能などを含み、予報担当者の行う予報作業を文字どおり支援する仕組み全体を指すものである。

4．防災気象情報の改善と地域防災支援の強化

平成16年には大雨等による気象災害が多発し、避難に係る課題が指摘された。気象庁には、市町村の避難勧告等の判断や住民の避難行動を支援する防災気象情報の発表が求められた。防災気象情報の作成を軸とした予報作業形態に天気予報作業を組み合わせる考え方を踏襲しつつ、警報・注意報の指標の変更（災害との対応の良い指数に変更）や、市町村を対象とする警報・注意報の実施に向け、予報作業支援システムの大幅な機能の見直しを行い、平成22年に2次細分区域（おおむね市町村に対応）を対象とする警報注意報の発表を開始した。

平成23年台風第12号による紀伊半島を中心とする大雨により極めて甚大な被害が出たことを受けて、気象庁では大規模な災害の発生が切迫していることを伝えるために平成25年から特別警報を発表することになった。また、平成27年に行われた交通政策審議会気象分科会では、「『新たなステージ』に対応した防災気象情報と観測・予測技術のあり方」について審議が行われ、社会に大きな影響を与える現象については、可能性が高くなくともその発生のおそれを積極的に伝えていくこと、とされ、警報級の現象が生じる可能性を提供することになった。

平成29年8月に有識者会議「地域における気象防災業務のあり方検討会」において、「①気象防災の関係者と一体となって平時からの取組を強化すること、②自治体や住民に自らその地域特性に応じた災害リスクの認知を高め、緊急時に気象情報を「読み解き」、防災対応に活かすことができるようにすること」等、地域防災支援の一層の強化を強く求められた。そこで、地方気象台においてTV会議システムによる日々の気象解説や悪天時の自治体への職員派遣、発災後の自治体等防災関係機関との災害発生時の気象状況の解説やそれに伴う防災対応の改善を話し合う「振り返り」など地域防災支援の強化を図る一方、従来地方気象台で行っていた作業のうち、気象現象の解析、天気予報・警報等の電文作成、警報・注意報の関係機関への送達確認等を、地方予報中枢官署へ集約することとした。作業体制移行を実施するにあたっては、地方予報中枢官署に専任の解析者を配置して管内の気象現象を高頻度で解析した上で、その分析結果を管内の地方気象台で即時に閲覧できるように、最新のICT技術を活用したシステムを構築した。また、地方気象台と地方予報中枢官署との間を常時TV会議システムで接続し、双方の担当者がいつでも連絡できる体制をとりつつ、地方予報中枢官署が地方気象台に代わって天気予報や警報・注意報の入力・発信・送達確認等を実施するシステムを構築した。

令和3年5月に「避難情報に関するガイドライン」が改訂され、住民の適切な避難の判断・行動につながるよう、防災気象情報の伝え方の改善がなされた。これを受けて警戒レベル相当情報の見直しがなされ、気象庁が発表する注意報や警報などの情報と、5段階に整理した「住民がとるべき行動」と「行動を促す情報」との関連を明確化して伝えることで、住民の主体的な行動を促すこととしている。

5．天気予報の評価

明治17年6月の天気予報業務開始と同時に「採点表」による評価業務が始まった。採点表による評価は形式を変えながら昭和37年に中止されるまで続いた。中止の理由は当時の担当者の他業務への振替と、採点方法による弊害が現れ始めたためである。採点表とは、「晴れ」「晴れ時々曇り」「曇り時々雨」など複数の天気について、予報と実況の関係によりあらかじめ決められた点数を掲載した表である。予報が「晴れ時々曇り」の場合、実況に応じて84点（晴れ）、100点（晴れ時々曇り）、70点（曇り）、46点（曇り時々雨）、18点（雨）等となる。「曇り時々晴れ、一時雨」などの全天候型の予報を発表すると、平均して比較的良い点数を得られるため、このような予報が多くなった。昭和46年には、採点表に変わる新しい評価として、「予報成績評価業務実施要領」に基づく新採点基準法による採点と雨の重点評価を開始した。

しかし、昭和54年の行政管理庁による行政監察によって、採点表による評価は客観性・妥当性を欠き業務として不十分と指摘された。この業務改善勧告を受け、客観的な検証・評価業務の遂行に向けて、昭和60年からは「降水の有無」、「最高・最低気温」、「降水確率」の検証・評価業務を東京管区内で開始した。平成3年には府県天気予報と府県週間天気予報の検証・評価業務を全国展開し、平成14年には検証結果を気象庁ホームページに公表した。平成17年からは精度検証を拡大し、降水確率予報の精度検証と降水あり/なしの適中率の検証を開始した。

【第２節】予報官が作成する海上予報警報プロダクト

１．天気図

現在、気象庁ではアジア太平洋域の広範囲にわたる気象状況を把握する手段として、天気図解析作業を行っている。天気図には、「気象情報等の理解を補助する資料」「総観規模の気圧系の推移を概観できる記録資料」という２つの重要な役割がある。一つ目は、報道等により解説される場合や利用者自身がホームページ等で閲覧する場合などが該当し、実況図として発表している「アジア太平洋地上天気図（ASAS）」や「速報天気図」、及び予想図として発表している「海上悪天 24 時間予想図（FSAS24）」、「海上悪天 48 時間予想図（FSAS48）」がこれを担っている。二つ目は、事後解析（「修補」と呼ぶ）により手直しを加えた天気図がこれを担っている。修補済みの天気図は、気象庁で 10 年間保管した後、国立公文書館に移管して永年保存される。

気象庁の天気図の歴史は明治 16 年に始まっている。当時から電報により収集した実況観測値を紙の地図に手描きでプロットし、手描きで等圧線等を解析していた。その後、昭和 46 年に最初の作画機として X-Y プロッターを導入し、プロットに必要なプログラムの開発を進めながら、北半球地上天気図から段階的に対象とする天気図の種類を増やし、昭和 59 年にはアジア太平洋地上天気図も X-Y プロッターに対応した。これにより、天気図解析作業は、世界各地から専用回線で集めた実況観測資料を人の手ではなく、機械で用紙の地図上にプロットするようになったが、予報官が色鉛筆と消しゴムを用いて等圧線や高気圧、低気圧、前線等を手描きにより解析する作業形態には変わりなかった。この点を大きく変えたのは平成８年の天気図解析システムにおけるマン・マシンシステム、すなわち計算機を用いて人間の解析を補助するシステムの導入である。天気図解析システムの導入により、コンピュータの画面上で、数値予報の結果や衛星画像、気象レーダー画像などを重ね合わせることで、大気の立体的な構造の把握が容易になったとともに、天気図は数値予報モデルの等圧線を原型とし、実況観測値などに合わせて等圧線に修正を加えつつ高気圧や低気圧、前線を解析するような作業形態に変わった。これにより、関与が必要な部分では十分な手作業による解析を行える一方で、全体としては手作業の負担を軽減し効率化を図ることができ、また、作業者によらずできるだけ均質な天気図を作成できるようになった。

天気図解析システムの開発の背景には、数値予報技術の発展に伴い、数値予報モデルによる客観解析が大規模現象やデータ密集域では解析者が行う解析にかなり近づいてきたことが挙げられる。客観解析を利用するシステム作成の検討に際しては、各種データの入手から天気図の発信までをオンライン化した一貫処理システムとすること、マン・マシン対話型処理と電子媒体での保存を行うことを目標とした。

予報課では、平成３年から計算機を介した天気図解析作業を実現できるか検討を始め、数値予報課の協力により、客観解析の等圧線の修正試験を行い、マン・マシン対話型解析作業の可能性を調査した。その結果、マウスとキーボードを使ったマン・マシン対話型解析作業形態ならば、将来の端末の性能向上を見込めば、計算機を介した解析作業に移行できるとの技術的見通しを得た。天気図解析システムのソフトウェア開発は試行結果の反映や仕様変更に柔軟に対応するために自主開発で行い、平成４年 10 月にソフトウェアの開発をはじめ、平成６年 10 月には最初の天気図解析ソフトが完成した。その後も、開発担当者が動作確認を行うとともに操作性の向上や確実性に向けた開発を進め、平成８年３月の COSMETS（気象資料総合処理システム）の更新に伴い、平成８年３月１日 00UTC から天気図解析システムの運用を開始した。

天気図解析システム運用開始後も、新規業務開始に合わせて、ソフトウェアの改修を行っている。また、以前から作成していた「アジア地上天気図（ASAS）」（当時の ASAS は現在の「アジア太平洋地上天気図」よりも領域がやや狭い天気図であったため、「アジア地上天気図」と呼んでいた）に加え、平成９年３月には、日本周辺の「速報天気図」の提供を開始した。また、予想図は 24 時間先の「海上悪天 24 時間予想図（FSAS24）」に加えて平成 13 年３月から 48 時間先の「海上悪天 48 時間予想図（FSAS48）」の提供を開始した。その後、平成 24 年７月から民間気象事業者や報道からの要望に応え、天気図の二次加工に適した天気図情報ベクトルデータの提供を開始し、平成 26 年 10 月には、全般海上警報領域をすべてカバーするよう ASAS の領域を拡大し、名称を「アジア太平洋地上天気図」に変更した。平成 27 年 12 月には天気図の視認性を高めるため、気象庁 HP でカラー天気図の提供を開始した。

２．海上予報・警報

現在、気象庁では、海上を対象とした予報や警報として、北西太平洋を対象とした「全般海上予報、全般海上警報」、日本の近海（海岸線からおおむね 300 海里）を対象とした「地方海上予報、地方海上警報」、沿岸（海岸線からおおむね 20 海里）を対象とした「天気予報、注意報、警報」を作成し、外洋を航行する船舶向けに衛星通信や、日本付近を航行中の船舶に対し、海上保安庁が運航に必要な情報を無線放送するシステムであるナブテックスにより放送するほか、海上保安庁の無線電話や NHK ラジオ放送などでも提供している。

気象庁における海上の船舶向けの予報・警報の歴史は、明治 16 年に初めて発表した暴風警報にさかのぼる。当時は低気圧や台風の来襲の際に、高い柱の上に赤い球を上げて警戒を呼びかけていた。明治 21 年には全国を７気象区に分けて、中央気象台が暴風警報を発表した。大正３年には中央気象台が発表する暴風警報を、逓信省海岸無線電信局から船舶向けに放送を開始した。昭和 25 年にはラジオ気象放送要領が制定され、中央気象台は９時、16 時、22 時にラジオで全国天気概況漁業気象を発表した。昭和 27 年には気象業務法が施行され、全般海上警報（全般海上予報区）と地方海上警報（地方海上予報区 10 区）が実施されるようになった。昭和 28 年１月から従来各海岸局あてに発信していた全般船舶気象通報が廃止され、以後は海上保安庁が代わってこの業務を行うことになった。昭和 31 年には地方海上予報区の東海海域を神戸から名古屋に移し 11 区域に変更、さらに平成４年には地方海上予報区の細分海域を明確化した。警報の文面についても、段階的に全国で統一し、定型化を進め、作業の効率化を図りつつ現在に至っている。平成４年には英文の国際ナブテックス業務や衛星通信を開始し、平成７年には日本語ナブテックス業務を開始、平成 11 年には従来のモールス無線電信が廃止され、国際的な枠組みである GMDSS に完全準拠した（無線通信による通報の変遷については、第４部第２章第２節「データ交換と気象情報の伝達」を参照）。

近年の海上予報・警報の高度化として、平成 27 年 3 月からは「風（風向・風速）」、「波（波の高さ）」、「視程（霧）」、「着氷（着氷の程度）」に関する解像度 1 度格子の分布で表示する「地方海上分布予報」を気象庁ホームページで提供開始し、平成 28 年 5 月には格子を 0.5 度に高解像度化して平成 29 年 3 月には「天気」を追加のうえ、同時に文字情報である地方海上警報や地方海上予報の内容を詳細化した。また、平成 30 年 6 月には全般海上警報の内容の時間変化の記述を詳細化した。さらに、令和元年 6 月には地方海上分布予報に小笠原諸島近海を加えた「海上分布予報」の提供を開始した。また、業務の効率化も進め、令和 4 年 3 月から、各地方海上中枢官署において実施してきた地方海上予報及び地方海上警報の現業作業を本庁に集約し、現在に至っている。

3．台風予報

（1）1989 年まで：台風進路予報誤差の予報円方式での表示開始（昭和 57 年）等

戦後、昭和 27 年から中央気象台独自の台風進路・強度の 1 日（24 時間）先までの予報を再開し、昭和 28 年頃から台風の進行方向の誤差を扇形で表示するようになった。扇形表示では台風の進行速度の誤差が表現できないという課題を改善するため、昭和 57 年 6 月から台風進路予報の誤差表示を予報円方式に変更した。昭和 61 年 5 月に台風に関する予報・情報の利用者への周知のあり方について気象審議会で審議された結果が答申第 16 号として示された。答申では、暴風域及び暴風警戒域を実線で表示する等の台風進路予報の表示方式が示され、同年 6 月にこれに対応した台風進路予報の表示形式に変更した。平成元年には、台風進路予報を 1 日（24 時間）先から 2 日（48 時間）先まで延長した。

（2）1990 年代：暴風域に入る確率の提供開始（平成 4 年）等

平成 3 年台風第 19 号等の被害を踏まえ、国土庁防災局において開催された「テレビ放送を通じて住民に提供する防災情報の整備に関する検討委員会」の検討結果に基づき、暴風の襲来をより具体的に住民に伝える手段として台風の「暴風域に入る確率」の発表を平成 4 年 4 月から開始（29 地点、24 時間先まで）した。

平成 8 年 3 月の第 6 世代数値解析予報システム（NAPS6）導入に伴い、全球数値予報モデル及び台風モデルを高度化したことにより、平成 9 年 7 月から台風進路予報を 3 日（72 時間）先まで延長するとともに、予報円に台風中心が入る確率を 60％から 70％に変更した。

（3）2000 年代：台風進路予報を 5 日先まで延長（平成 21 年）等

平成 11 年 8 月の台風ではない熱帯低気圧（当時は「弱い熱帯低気圧」と表現）による大雨被害を踏まえ、平成 12 年 6 月から「弱い」の形容詞を外し、単に熱帯低気圧と呼ぶこととした。また、台風の強さや大きさの階級でも、「弱い」、「小さい」、「並」などの表現を用いないこととした。加えて、同年、進路予報精度の向上を踏まえて予報円半径を小さくする改善を実施した。

平成 13 年 3 月の第 7 世代数値解析予報システム（NAPS7）導入に伴い、高度化した台風モデル（平成 19 年 11 月廃止）による 1 日 4 回の台風予報支援が可能となったこと等により、同年 6 月から台風強度予報を 2 日（48 時間）先まで延長した。

平成 13 年に実施した「防災気象情報の満足度に関する調査」の結果を踏まえ、平成 15 年 6 月に台風が日本付近にある場合の 1 時間後の推定値の提供、暴風域に入る確率の全ての二次細分区域（平成 22 年 5 月以降は「市町村等をまとめた地域」）への拡大、対象時間の 2 日（48 時間）先までの延長、3 時間ごとの確率提供及び台風強度予報の 3 日（72 時間）先までの延長、平成 16 年 6 月に予報円半径を小さくする改善を実施した。

平成 16 年台風第 11 号が日本近辺で発生し、既存の台風情報では事前に適切な防災対応が取れなかったことから、平成 17 年 6 月から台風に発達する熱帯低気圧の 1 日（24 時間）先までの進路・強度予報を開始した。

平成 17 年 12 月に有識者等による「台風情報の表示方法等に関する懇談会」を設け、「台風予報の図表示方法の指針」を作成した。本指針に基づき、平成 19 年 4 月から暴風警戒域の通過する範囲を線で表示するよう変更するとともに、暴風域に入る確率の分布図の発表、最大瞬間風速の発表を開始した。平成 20 年 5 月には予報円半径を小さくする改善を実施した。

平成 20 年 2 月の台風アンサンブル予報システム（TEPS）の運用開始を踏まえ、平成 21 年 4 月から台風進路予報を 5 日（120 時間）先まで延長した。4 日（96 時間）先以降の予報円半径は、TEPS の積算スプレッドに基づく信頼度情報を用いて設定した。

（4）2010 年以降：台風強度予報を 5 日先まで延長（平成 31 年）等

平成 27 年から、気象庁の他、欧州中期予報センター（ECMWF）・米国環境予測センター（NCEP）・英国気象局（UKMO）の主要な 4 つの数値予報センターの全球数値予報モデルの進路予測を平均するコンセンサス手法を第一推定値とした進路予報を開始した。

平成 28 年 8 月に国土交通省によりタイムライン（防災行動計画）策定・活用指針（初版）が示され、台風接近時の防災関係機関等の対応をこれまでより早い段階からより効果的に支援するための強度予報精度向上の必要性が高まってきた。そのため、平成 29 年 7 月に台風予報専任の現業当番を配置し、平成 30 年 6 月に更新したスーパーコンピュータシステムによる計算能力の向上や台風強度予報ガイダンスの導入を踏まえ、平成 31 年 3 月に台風強度予報を 5 日（120 時間）先まで延長した。

令和元年房総半島台風（令和元年台風第 15 号）が日本近辺で発生し、十分事前から具体的な対策が取れずに大きな被害をもたらしたため、令和 2 年 9 月から台風に発達する熱帯低気圧の進路・強度予報を従来の 1 日（24 時間）先から 5 日（120 時間）先まで延長した。令和 3 年 6 月には暴風域に入る確率の運用を台風に発達する熱帯低気圧にも拡張した。

予報円については、平成 28 年 6 月に予報円半径を小さくする改善を実施した。平成 29 年 1 月の全球アンサンブル予報システム（GEPS）の運用開始に伴い、同年 6 月に GEPS の積算スプレッドに基づく信頼度情報を用いて予報円半径を設定した。令和元年 6 月には、GEPS に加え、ECMWF、NCEP、UKMO のアンサンブル予報の積算スプレッドに基づく信頼度情報を用いて予報円半径を設定した。令和 5 年 6 月には予報円半径を小さくする改善を実施した。

【第 3 節】気象予報に関する国際協力

本節では、海上予報警報や台風予報について、国際的な連携の側面から記述する。

1．海上予報・警報

明治 45 年のタイタニック号の遭難事故が契機となり、昭和 4 年（1929 年）の「海上にお

ける人命の安全のための国際条約」（SOLAS 条約）により確立された国際的な捜索救難活動の枠組みに基づいて、気象庁は北西太平洋域の全般海上警報等を受け持ち、気象庁船舶気象通報として無線通報（JMC）や無線模写通報（JMH）等により通報してきた。昭和 63 年（1988 年）には、SOLAS 条約が改正され、衛星通信等を用いた「海上における遭難及び安全のための世界的な制度」（GMDSS）が制定された。改正同条約及び「海上における捜索及び救助に関する国際条約」（SAR 条約）に基づき、平成 11 年 2 月に GMDSS が完全実施され、気象庁もこれらに準拠した海上予報、海上警報等の発表を行うこととなった。国際的な責務として気象庁が海上予報や海上警報の発表を担当しているのは北西太平洋を中心とした海域（METAREA XI として定義されている）である。このように、近年の海上予報・警報業務は、国際条約に準拠した国際業務としての側面が強いものとなっている。

現在気象庁では、遠洋の船舶向けに、METAREA XI を対象とした海上予報、海上警報を衛星通信により、日本の近海（海岸からおおむね 300 海里）を対象とした海上予報、海上警報をナブテックスにより、それぞれ発表している（ただし、衛星通信はシンガポールが放送を担当し、ナブテックスは海上保安庁が放送を担当している）。METAREA XI を対象とした海上予報、海上警報には、オーストラリア、香港が作成する海上警報等も掲載している。

2．台風予報

WMO は、熱帯低気圧による災害を軽減するため、熱帯低気圧の地域性に応じた海域ごとに地区委員会を設置しており、北西太平洋及び南シナ海においては、昭和 43 年に国連アジア極東経済委員会（現 国連アジア太平洋経済社会委員会）と合同で台風委員会を設置した。台風委員会には、日本を含む 14 の国と地域が加盟しており、気象に加え、水文、防災、研修・研究をテーマとした部会が設置されている（台風委員会の詳細については、第 3 部第 1 章第 2 節「台風委員会」を参照）。気象庁は、昭和 59 年 6 月から静止気象衛星の雲画像から解析された台風諸元を気象衛星資料解析気象報（SAREP 報）として提供している他、昭和 63 年には台風委員会で合意された現業作業のための基本情報や熱帯低気圧に関する各国・地域の観測・予報・データ交換などの仕様や手順を収録した気象部門のマニュアル（TOM: Typhoon Committee Operational Manual, Meteorological Component）をとりまとめ、以降毎年更新を続けるなど台風委員会の中で中心的役割を果たしている。

また、WMO は、昭和 45 年のベンガル湾のサイクロン災害を契機として昭和 47 年に熱帯低気圧プロジェクト（Tropical Cyclone Project）を設置した（昭和 54 年の第 8 回世界気象会議において、熱帯低気圧計画（Tropical Cyclone Programme）と改称）。同計画の枠組みの下、昭和 63 年 7 月に各海域の熱帯低気圧の解析・予報の中枢として WMO 地区特別気象センター（RSMC）を設置すること、そのうちの一つを東京に設置することが承認された。東京の RSMC が担当する領域は、台風委員会からの要請を受けて北西太平洋及び南シナ海と決まった。平成元年 6 月には WMO において RSMC の名称を RSMC Tokyo - Typhoon Center とすることが承認され、国内での名称については太平洋台風センターとすることとした。平成元年 7 月から暫定的に台風委員会加盟国等に対して台風解析報、台風予報報、数値予報台風予測報等の発表を開始するとともに、同年 10 月には定員の措置をとって RSMC Tokyo - Typhoon Center の運用を開始した。平成 2 年 7 月から台風予報根拠報やベストトラック報の発表、RSMC の活動報告として RSMC 年報の発行を開始（1989 年版から）するとともに、同年 10 月には組織として予報部予報課の下に太平洋台風センターを設置（平成 25 年 5 月にアジア太平洋気象防災センターに組織変更、令和 2 年 10 月の組織再編に伴い大気海洋部気象リスク対策課の下に設置）した。また、平成 8 年から RSMC 技術指導書の発行、平成 13 年から責任領域内の予報官を対象とした RSMC 予報官研修の実施、平成 16 年 10 月から予報の根拠や気象衛星による解析結果などの情報を提供する台風数値予報ウェブサイトの運営、令和 3 年 5 月から台風委員会加盟国等が熱帯低気圧の解析予報に関する情報を交換できる専用のプラットフォームである TC コミュニケーションの運用を開始するなど、責任領域内の国や地域が行う熱帯低気圧の解析や予報を支援している。

この他、RSMC Tokyo - Typhoon Center は、平成 5 年 8 月から国際民間航空機関（ICAO）の下で「熱帯低気圧アドバイザリーセンター（TCAC）」として熱帯低気圧に関するシグメット支援情報の発表を開始した。

令和元年 10 月には、RSMC Tokyo - Typhoon Center の運用開始から 30 周年を記念して「台風に関するハイレベル東京会議」を開催した。会議には、責任領域内各国の気象局長官や他海域 RSMC 所長、WMO 事務局長ら関係者が参加し、30 年間の台風防災の成果を振り返りつつ今後に必要な取組を検討した。その成果として、国家気象機関が、国全体の防災対応のトリガーという役割を再認識し、関係機関や住民一人一人の、台風による被害を最小化する意思決定と防災行動につながる情報を提供し、その利活用を促進することにより、台風に強い社会を実現するという「台風から命と財産を守る 10 年ビジョン」をとりまとめ、「東京宣言」として世界に発信した。

【第 4 節】自動作成のプロダクト

1．雨に関するプロダクト

（1）降水短時間予報・降水 15 時間予報

降水短時間予報は実況補外型予測と数値予報の予測を組み合わせて 1 時間降水量を予報するものである。構想としては昭和 48 年度に総務部企画課がまとめた「気象業務における諸問題 長期的観点からの展望」の中の最重要課題として、国内気象監視（NWW）システムの構築というものがあった。この NWW システム構想の中で、防災上重要な短時間のきめ細かい降水予測は最重要の課題に位置付けられていた。レーダー、アメダスなどの観測体制や伝送網の整備が進んだことが技術的な後押しとなった。

NWW システム構想の開始から約 15 年を経て、降水短時間予報は昭和 63 年 4 月から正式に業務を開始した。対象領域は東京・大阪・福岡管区で、予報時間は 3 時間先まで、格子間隔は 5km、作成頻度は 1 時間ごとであった。以降、降水短時間予報は解析雨量（詳細は、本部第 5 章第 10 節第 1 項「解析雨量」を参照。）とセットで開発してきた経緯があり、対象領域の拡大や格子間隔の変更は共通して行うことが多かった。対象領域は気象レーダーのデジタル化が進むにつれて拡大し、平成 6 年 3 月に石垣島レーダーが移設・デジタル化されたことにより、ほぼ全国をカバーする領域が降水短時間予報の作成対象となった。

平成 13 年 3 月にはメソ数値予報モデル（MSM）を利用して、予報時間を 3 時間から 6 時間へと延長した。平成 15 年 6 月には急激に変化する強雨の監視のために解析雨量と共に 30 分間隔で提供するようになった。平成 18 年 3 月に分解能を 1km に精緻化した。それに先立つ平成 17 年 3 月から、分解能 5km のデータを 1km メッシュに内挿して GRIB2 形式（世界気象機関が定める国際標準のグリッドデータのフォーマット）での提供を開始した。平成 20 年 5 月には、国土交通省（河川局・道路局）の設置するレーダ雨（雪）量計を利用するようになった。

平成 30 年 3 月から、10 分間隔の土壌雨量指数の予測計算に利用するため、10 分間隔で従来よりも迅速に提供する速報版降水短時間予報の提供を開始した。

平成 30 年 6 月には、6 時間先までの降水短時間予報に加えて、7 時間先から 15 時間先までの前 1 時間降水量を、5km の格子で予報する降水 15 時間予報の提供を開始した。降水 15 時間予報は、メソ数値予報モデル（MSM）のガイダンスと局地数値予報モデル（LFM）のガイダンスを組み合わせる手法を用いる。このため、実況補外と数値予報を組み合わせた 6 時間先までの降水短時間予報とは手法や解像度が異なるが、気象庁ホームページ上では「今後の雨」として一連のプロダクトとして見られるようにした。

NWW システム構想開始以来の開発や昭和 63 年 4 月の業務開始以来の運用は予報部予報課と気象研究所で行ってきたが、令和 2 年 10 月の組織改編後は大気海洋部業務課気象技術開発室で実施している。

（2）降水ナウキャスト・高解像度降水ナウキャスト

都市型災害においては、激しい雨が降り出してから 30 分以内といったごく短時間で中小河川が増水し、浸水するなどの被害をもたらすことがある。こうした背景から、当時 6 時間先までを 30 分間隔で予測する降水短時間予報よりも更にきめ細かいプロダクトが求められるようになった。集中豪雨に対する的確な防災気象情報などの発表に資するため、平成 16 年 6 月から 1 時間先までの 10 分間雨量を 1km 格子で 10 分ごとに予測する降水ナウキャストの提供を開始した。予測は主に 1km メッシュ全国合成レーダーエコー強度による実況補外型予測により行った。

当初は GRIB2 形式のデータを、気象業務支援センターを通して提供するのみであったが、平成 17 年 1 月からは 1km メッシュ全国合成レーダーエコー強度とともに気象庁ホームページでの掲載を開始した。平成 23 年 3 月には提供間隔を 5 分とするプロダクトを追加し、急激に発達する雨雲をより的確にとらえることができるようにした。

その後、局地的な大雨の監視・予測能力を強化するため、平成 24 年度から 25 年度にかけて気象ドップラーレーダーの処理装置を更新して降水強度の観測を 250m 解像度のデータとして処理できるようになった。気象庁気象ドップラーレーダーに加えて、国土交通省 X バンド MP レーダ雨量計の観測データも利用し、より高密度かつ高精度な降水分布を解析・予測するプロダクトとして、平成 26 年 8 月に高解像度降水ナウキャストの提供を開始した。プロダクトは瞬間的な降水強度である「高解像度降水ナウキャスト」と、5 分間積算降水量である「高解像度降水ナウキャスト（5 分間降水量）」の 2 種類があり、いずれも提供間隔を 5 分、1 時間先までを 5 分間隔で予測し、30 分先までを 250m 格子、以降を 1km 格子の細かさで作成する。データは GRIB2 形式で気象業務支援センターを通して提供するとともに、気象庁ホームページに掲載している。

以後、降水ナウキャストの開発は凍結、高解像度降水ナウキャストを中心に改良を進め、令和 2 年 6 月に解析値の改善、令和 5 年 3 月に国土交通省 C バンド MP レーダ雨量計利用開始などを行った。両プロダクトは将来的に後者へ一本化する計画で、令和 3 年 2 月の気象庁ホームページ更新時には、掲載プロダクトを高解像度降水ナウキャスト（「雨雲の動き」）のみに整理した。

当初、降水ナウキャストは開発・運用を予報部予報課、高解像度降水ナウキャストは開発を観測部観測課観測システム運用室、運用を予報部予報課で行ってきたが、令和 2 年 10 月の組織改編後はいずれも大気海洋部業務課気象技術開発室で開発・運用を実施している。

2．雪に関するプロダクト

平成 18 年豪雪では全国各地に甚大な被害（死者 152 名等）が生じた。当時、雨に関しては面的情報である解析雨量が存在したが、雪に関しては点の情報であるアメダスなどの積雪深計の観測値しかなく、実況の把握や災害との関連を検討するのに不十分で、面的情報の必要性が認識された。これを契機に、積雪変質モデルと解析雨量、数値予報の気象データを組み合わせて、積雪の面的情報の開発が始まった。積雪変質モデルでは、新たに積もる雪の量、とける雪の量、時間の経過により積雪が沈み込む深さなどを計算することで積雪の深さを求める。この計算過程の中で得られる情報を用いた短時間の降雪量分布の予測も視野に入れて開発が進められた。しかしながら積雪内部には様々な変質過程があるため検討すべき点が多く、積雪の面的情報は開発初期に精度面で実用化の目途が立たなかった。

平成 26 年 2 月に関東甲信を中心とした記録的な大雪が発生したことで開発を加速させ、観測値補正の導入などで精度向上に取り組んだ。その後も平成 30 年 1 月の首都圏での大雪や同年 2 月の北陸地方での大雪など、雪による社会活動への影響が問題となった。これを受けて令和元年 11 月から、道路管理者や事業者、国民が交通などに影響を及ぼす積雪・降雪の分布を把握するための情報として、現在の積雪の深さと降雪量を 1 時間ごとに約 5km 格子で面的に推定する解析積雪深及び解析降雪量の提供を開始した。気象庁ホームページでは「現在の雪」として公開した。

さらに、雪による影響などを前もって判断するための情報を拡充するため、令和 3 年 11 月から、積雪の深さと降雪量について、1 時間ごとに約 5km 格子で 6 時間先まで予測する降雪短時間予報の提供を開始した。降雪短時間予報は解析積雪深を初期値とし、物理的に新たに降り積もる量を推定すると共に統計的な補正を加えて行っている。気象庁ホームページでは「今後の雪」として解析積雪深及び解析降雪量と一体的に表示するようリニューアルし、現在（過去 24 時間を含む）から 6 時間先までの雪の予想を確認できるようにした。

令和 4 年 10 月には積雪変質モデルとして気象研究所が開発した積雪変質モデル（SMAP: Snow Metamorphism and Albedo Process）を導入することで精度向上を図った。

また、解析積雪深、解析降雪量及び降雪短時間予報の GPV データについて、GRIB2 形式で気象業務支援センターを通して提供している。

開発・運用は当初から予報部予報課で行ってきたが、令和２年 10 月の組織改編後は大気海洋部業務課気象技術開発室で実施している。

３．突風・雷に関するプロダクト

雷に関する情報は、長らく気象業務法に基づく電力気象通報の一環として提供してきた。その前身は昭和４年５月に中央気象台が関東地方の電力会社や鉄道を対象として雷雨警報を開始したことが始まりである。昭和８年夏からは雷雨予報も行うようになった。平成４年度からは気象レーダーの観測と降水短時間予報の結果を用いて、およそ 50km 四方に細分された領域ごとの２時間先までの発雷の可能性を予測する「雷雨警戒報」の毎時提供を開始した。平成８年から平成 12 年にかけて、関東、北陸、東北、及び北海道においては電力会社から提供を受けた落雷位置評定データ（LLS）を利用した、5km 格子ごとに１時間先までの発雷の可能性を予測する新雷雨警戒報の提供を開始した。しかし、電力事業者の財政上の理由や新雷雨警戒報が期待に応えられなかったことから、関東、北海道では平成 13 年に LLS のデータ提供が終了することとなり、新雷雨警戒報も終了することになった。

その後、雷雨警戒報の提供は継続したが、雷雨警戒報よりも以下に記述する空間分解能、時間分解能ともに高い雷ナウキャストを発表することになったことから、雷雨警戒報は平成 22 年７月に廃止した。

平成 17 年 12 月に山形県庄内町で発生した顕著な突風による羽越線列車脱線事故を契機に、発達した積乱雲に伴うシビア現象（雷、突風、ひょう、急な強い雨等）に関する気象情報として、ナウキャスト形式の情報提供を新たに開始する方針を決め、観測部・予報部・気象研究所が共同で開発を行う「レーダープロダクト開発プロジェクトチーム」を立ち上げ、シビアウェザーナウキャストを含むレーダー関連プロダクトの開発体制を強化した。そうした中、平成 18 年９月に宮崎県延岡市や同年 11 月に北海道佐呂間町で相次いで甚大な竜巻被害が発生し、シビア現象に関する気象情報の改善が喫緊の課題となった。このため、気象庁は、竜巻の親雲となる積乱雲内部にあるメソサイクロンを捉える気象ドップラーレーダーの整備を加速するとともに、平成 19 年２月には関係省庁と共に行った米国における竜巻の早期警戒体制の現地調査や予測技術を参考に新たな技術開発を行った。平成 19 年度に「突風等短時間予測情報利活用検討会」（以下「利活用検討会」という。）の議論を踏まえ、平成 20 年３月には新たに「竜巻注意情報」（詳細は、本部第１章第２節第７項「竜巻注意情報」を参照。）の提供を開始した。その後も技術開発を続け、平成 20 年度の利活用検討会による議論を経て、平成 22 年５月から分布図形式の「竜巻発生確度ナウキャスト」、「雷ナウキャスト」の提供を開始し、既に提供していた「降水ナウキャスト」とあわせてシビア現象を予測するナウキャストは三本柱となった。

竜巻発生確度ナウキャストは、数値予報による大気の状態と気象ドップラーレーダー観測を組み合わせて、竜巻やダウンバーストなど激しい突風の発生する可能性を 10km 格子で解析して二つの階級（発生確度２、１）で表し、１時間後までの予測を 10 分間隔で提供している。発生確度２となった地域には有効時間約１時間の竜巻注意情報を発表している。

雷ナウキャストは、雷監視システムによる雷放電の検出及び気象レーダー観測をもとに、雷の激しさや雷雲に発達する可能性を 1km 格子で解析して活動度１～４で表し、１時間後までの予測を 10 分間隔で提供している。平成 29 年７月には、気象衛星「ひまわり８号」の観測データから積乱雲を早期に検出する手法を導入し、活動度１のリードタイムを改善した。

これらの情報は気象庁ホームページで提供するとともに、気象業務支援センターを通じて報道機関や民間事業者などに提供している。

開発・運用は当初から予報部予報課で行ってきたが、令和２年 10 月の組織改編後は大気海洋部業務課気象技術開発室で実施している。

第３章　気候情報

気象庁気候情報課では、主に大気の長期的な状態（気候）を対象として、１週間先までの週間天気予報業務、半年先までの季節予報業務、数か月～数十年スケールの気候系解析・監視業務、19 世紀頃から 21 世紀末までの気候変動の監視・予測業務を実施している。また、各業務で作成された情報を国民や関係機関、産業界に提供するとともに、世界気象機関（WMO）の地区気候センターとしてアジア太平洋域の各国気象機関に情報提供や技術支援を行っている。

本章では、各業務の概要や沿革を紹介する。なお、気候変動に関する国内外の動向や、その中での気象庁の役割、気候変動の監視・予測業務の概要については本部第４章「気候変動」を参照されたい。

【第１節】気候系解析・監視

１．気候系監視報告・速報

気候情報課では、世界各地で起こった異常気象をはじめとする天候の偏りの背景となっている大気大循環や海洋などの状態を監視・解析しており、診断を行っている。「気候系監視速報」は、その診断結果を月・季節ごとにコンパクトに速報的にとりまとめ、国内の関係機関及び広く一般利用者へ提供することにより、異常気象等の天候に対する理解や気候系に関する調査・研究への利用を促進することを目的として作成しており、毎月 15 日頃に定期的に気象庁ホームページに掲載している。また、国外の気象機関との気候系の情報交換等を図るため、気候系監視速報の英語版も作成しており、月の診断結果は「Monthly highlights on Climate System」、季節の診断結果は「Seasonal highlights on Climate System」（以下「highlights」という。）として、Tokyo Climate Center（TCC）のホームページに掲載している。さらに、国内外の刊行物としての配信希望者には、気候系監視速報や highlights の本文を PDF 化してメールで送付している。以下では、気候系監視速報及び関連する過去の刊行物に関するこれまでの変遷を述べる。

昭和 62 年３月～平成 19 年２月の期間、日本の天候、世界の天候、熱帯の循環と対流活動、海況、北半球の積雪と海氷等に関して「気候系監視報告」としてまとめ、月１回印刷刊行物として発行していた。この気候系監視報告に用いられた図表類等のデータは、気象庁ホームページにも掲載していた。また、各年３月～翌年２月の気候系監視報告及び図表類をまとめて CD-ROM に収録し、年１回発行していた。さらに、平年値の統計期間や気候監視に用いるデータセットを変更する際には、関連する解析結果を「気候系監視報告別冊」としてまとめ、印刷刊行物と CD-ROM を組み合わせて年１～２回刊行していた。当時は、気象庁独自の再解析データは存在せず、世界気候研究計画（WCRP）による支持のもとで 1990 年代初期から実施されていたヨーロッパ中期予報センター（ECMWF）による再解析データ（ERA: ECMWF Reanalysis）や米国海洋大気庁（NOAA）の環境予測センター（NCEP）/大気研究センター（NCAR）による再解析データ（NCEP/NCAR Reanalysis 等）を入手し、これらを気象庁作成の全球客観解析値と組み合わせていた。また、これらの再解析データを、品質を考慮しつつ可能な限り長期間で平均したものを「平年値」と定義し、気候系の監視・解析を行っていた。

平成 19 年３月以降は気候系監視速報と改名し、それ以降現在に至るまで気象庁ホームページへの掲載及び PDF 形式でのメール配信のみとなっている。気候系監視速報の発行を開始した時期には、国産かつアジア初の再解析データとなる、気象庁と（財）電力中央研究所の共同で実施された再解析データ「長期再解析（JRA-25）と気象庁気候データ同化システム（JCDAS）」が利用可能となった。そして、平成 23 年５月には、JRA-25/JCDAS の単一の再解析データに基づく 1981 ～ 2010 年の 30 年平年値の使用を開始し、データが統一されたことにより一貫性の高い気候系監視解析の環境がようやく実現した。その後、平成 26 年１月号まで JRA-25/JCDAS が使用され、気象庁の再解析データの更新に伴い、平成 26 年２月号～令和５年４月号では「気象庁 55 年長期再解析（JRA-55）」、令和５年５月号以降は「気象庁第３次長期再解析（JRA-3Q）」に基づき、結果をまとめている。なお、平年値の期間も、令和３年５月号からは 1991 ～ 2020 年の 30 年平均値を用いている。気候系監視速報に用いる図表類を含む、半旬・旬・月・３か月平均の天気図や指数類をまとめた気象庁ホームページ「大気の循環・雪氷・海況図表類」は、再解析データで利用可能な過去すべての期間について掲載しており、気候系監視速報とあわせて国内の関係機関及び広く一般利用者に幅広く利用されている。PDF 形式で国外の気象機関向けにメールで送付した highlights が現地気象機関における気候監視業務に活用されており、気象庁から定期的に気候系の診断結果を公表することは、WMO の地区気候センターである TCC として、国外の気象機関に対する支援の観点からも重要と言える。

２．異常気象分析検討会

気象庁は、平成 19 年６月から、大学・研究機関に所属する異常気象に関わる大気・海洋科学の専門家で構成される「異常気象分析検討会」（以下「検討会」という。）を運営している。検討会の目的は、猛暑や豪雪等の社会経済に大きな影響を与える異常気象が発生した場合に、大学・研究機関等の専門家の協力を得て、異常気象に関する最新の科学的知見に基づく分析検討を行い、その発生要因等に関する見解を迅速に公表することである。平成 18 年豪雪、平成 30 年７月豪雨及び同年７月中旬以降の記録的な高温など、大気大循環の異常が主要因で、比較的長期（２週間程度）にわたって持続した異常気象を検討の対象としている。また、検討会で用いる資料の作成等を支援するため、同じく大気・海洋科学の専門家で構成される「異常気象分析作業部会」を平成 19 年 10 月から運営している。検討会の分析を踏まえて、気象庁はこれまでに多くの異常気象の発生要因等に関する見解を発表してきた。

検討会発足の直接の契機となったのは、甚大な被害をもたらした平成 18 年豪雪（平成 17 年 12 月～平成 18 年３月）である。この時、気象庁には豪雪の要因や今後の見込みについての問い合わせが多く寄せられた。そして気象庁は、大学の研究者の協力を得て速やかに分析を進め、平成 18 年１月に報道発表を行った。この際の、気象庁と研究者との協働による異常気象の分析及び情報発表を成功事例として、平成 19 年６月に検討会が発足した。

他方、検討会発足の背景には、長年にわたって培われてきた官学連携の下地や異常気象分析

のための道具立ても不可欠であった。前者については、例えば長期予報グループ（L.F. グループ；平成 20 年から日本気象学会 長期予報研究連絡会に移行）が挙げられる。L.F. グループでは、機関誌「グロースベッター」（昭和 36 年 9 月～平成 19 年 7 月）や定例の会合などを通じ、45 年以上にわたって、長期予報に携わる有志（気象庁職員や研究者）らの官学の研究交流が促進されていた。また、後者については、例えば検討会発足前年の平成 18 年に、気象庁と（財）電力中央研究所によって国産かつアジア初となる長期再解析（JRA-25）データが完成し、さらに気象庁気候データ同化システム（JCDAS）によって JRA-25 と均質な解析データをリアルタイムに得られるようになって、異常気象分析のための基盤データが整ったことが挙げられる。

気象庁は検討会を通じて、我が国における第一線の研究者である各委員により、研究成果や分析ツール、気象庁の解析や情報に対する助言・提案を数多く受け、気候系監視・解析技術の高度化と情報の改善に大いに役立ててきた。気象庁担当職員と検討会委員が共同して異常気象分析を行う環境として、気象庁は、検討会発足当初の平成 19 年 6 月から検討会専用のポータルサイトを運営し、異常気象に関する専門家向けの図表や異常気象分析ツール（iTacs: 詳細は、本章第 5 節第 2 項「異常気象分析ツール（iTacs）」を参照。）の提供を行ってきた。このポータルサイトの資料や委員より提供いただいた分析ツールを用いながら、専用のメーリングリストを通じた議論が常時行われている。平成 20 年度からは、気象庁の月例の気候系診断会議に委員がオンラインで参加できるようにし、定常的に議論を行っている。他方、検討会における議論を発展させた科学論文作成も度々行われており、検討会を背景にした、気象庁から我が国の研究コミュニティに対する貢献もあると言える。

気象庁の発表する異常気象分析の内容は、社会の要請や研究の進展に応じて変化してきた。例えば、かつては個々の異常気象に対する地球温暖化の影響を評価することはできなかったが、平成 30 年 7 月豪雨及び同年 7 月中旬以降の記録的な高温事例についての分析（平成 30 年 8 月報道発表）において、気象庁は専門家から最新の科学的知見を得ながら、初めて地球温暖化の影響を個別の異常気象の発生要因の一つに挙げた。これ以降検討会において、その時々の異常気象に対する地球温暖化の影響を評価し、社会に発信することが通例となってきている。地球温暖化の進行とそれに伴う極端な高温や大雨のリスクの増大を背景に、異常気象に関する社会の認識と歩みをともにしてきた検討会の役割は引き続き重要である。

3．成層圏突然昇温

成層圏突然昇温は、対流圏での惑星規模の波動が成層圏に伝わることにより、成層圏の高緯度域を流れるジェット気流が減速し、成層圏極域の気温がわずか数日で数十℃上昇する現象である。また、成層圏突然昇温は、発生後、数か月にわたってその影響が対流圏の循環場にまで及び、冬の天候を支配する北極振動等のテレコネクションパターンにも影響を及ぼすことが知られており、気候系の監視における重要な現象の一つと言える。このため気候情報課では、気候系監視業務の中で成層圏突然昇温の監視も行っている。また国際的にも、成層圏を対象とした研究活動への貢献等を目的として同現象を監視し、情報提供を行う枠組みが存在した。これらの国際的枠組みとの関連も含めた気象庁での成層圏突然昇温の監視業務について、これまでの変遷を述べる。

昭和 39 年～昭和 40 年の太陽活動極小期国際観測年（IQSY）に際し、成層圏を対象とした研究活動への貢献を目的として、WMO の枠組みにおいて、成層圏突然昇温に関する情報提供（成層圏突然昇温警報（ストラトアラート）の提供）を実施することが計画され、昭和 39 年の第 16 回 WMO 執行委員会において、成層圏警報センターと 4 つの地区成層圏警報センターが設置された。これに関連して、気象庁は日本（東京）の地区成層圏警報センターとして、昭和 39 年 1 月に活動を開始した。当時、成層圏突然昇温の観測は十分ではなく、成層圏突然昇温が発生した際、重点的に観測が行えるよう、こうした警報システムが整備された。

IQSY の終了後も本活動の必要性が認識され、昭和 40 年に開かれた WMO 第 17 回執行委員会において、本活動を昭和 41 年まで継続することが、関連する WMO 地区協会長に対して要請された。その後も同執行委員会において、繰り返し活動の継続が要請され、昭和 62 年の第 39 回執行理事会（昭和 58 年から執行委員会から名称変更）において、本活動の継続が無期限で要請された。この間気象庁では、昭和 39 年から昭和 46 年までは、超音速輸送機の到来を見据えて昭和 38 年に成層圏の天気図解析の現業化開発計画を立て、早くから漸進的に技術開発を推進していた東京航空地方気象台が、IQSY の成層圏警報（STRATWARM）計画に基づき、本庁及び東京管区気象台からの依頼を受け、その開発成果に基づいて地区成層圏警報センター（東京）としての活動を担当した。その後、昭和 47 年から平成 7 年までは長期予報課が、平成 8 年以降は気候情報課がそれぞれ同業務を引き継いだ。長期再解析データ等もなく、また現象の理解が十分ではなかった IQSY 実施時には、「10mb で -30℃、30mb で -35℃より暖かい区域が存在すること」等が成層圏突然昇温を地区成層圏警報センターが検知（ストラトアラートを提供）する基準となっていたが、現在では、北半球については、「成層圏の極付近で 1 週間に 25℃以上の昇温がみられた場合」を小規模昇温と判定し、加えて、「帯状平均気温が極域に向かうほど高くなり、帯状平均東西風が 60ºN 以北、10hPa 付近かそれより下の気圧面で東風となった場合」は大規模昇温と判定している。気象庁では、成層圏突然昇温発生時に毎日、全球通信システム（GTS）を通じた電文により周知するとともに、平成 19 年以降は GTS に加えて TCC ホームページ上にその電文を掲載してきた。

成層圏に関する気候学的理解は着実に進み、ストラトアラートの提供の活動はこの理解の進展に一定の貢献をしたと評価されている。第 39 回執行理事会の決議及び平成 14 年の WMO 大気科学委員会（CAS）第 13 回会合では本活動の継続が要請されたが、その後 WMO の枠組みとしての本活動は不明確な状況となるとともに、平成 16 年には本活動の中心的役割を果たしていたドイツ・ベルリン自由大学がストラトアラートの提供を終了した。気象庁はその後もしばらく成層圏突然昇温発生時に GTS に電文配信する活動を続けたが、平成 31 年 3 月に上記状況を踏まえて GTS への電文配信を終了した。対流圏の大気の流れにもしばしば影響を及ぼす成層圏突然昇温は、日本のみならず世界の異常気象の監視にも重要であるため、現在も TCC ホームページ上に成層圏突然昇温開始時及び終了時に、当該内容を記載したメッセージを掲載する対応を行っている。

4．世界の異常気象速報

気象庁では、1960 年代に、「異常気象」という用語を「30 年間に 1 回以下の頻度で発生する現象」と定めた。しかし、気象庁では、それまでにも「異常気象」という用語を、昭和 19 年に、昭和 14 ～ 16 年にわたって起こった月ごとの干ばつ、豪雨、台風などの注目すべき事象を気象技術者のメモとして日記風にまとめた「異常気象覚書」や、昭和 25 年以降、中央気象台が刊行した「異常気象報告」等で使っていた。

世界の異常気象速報の開始までに、全球的な天候について、世間の関心が高まる、大きなきっかけが二つあった。一つは、昭和 38 年 1 月に起きた、全球的な異常気象だった。この時、北半球では、異常な低温域、高温域が交互に三か所ずつ現れ、日本では、「昭和 38 年 1 月豪雪」として知られる、特に北陸地方を中心にした大雪となった。

もう一つは、昭和 47 年から世界の主要な穀倉地帯で起きた干ばつで、食料自給率が低下していた日本は、食糧輸入先等の天候の影響を受けた。そのような状況下で、気象庁が、昭和 48 年 4 月に「近年の世界の天候について」という見解を発表すると、大きな反響があった。そこで、気象庁は、農林省と共同して、「世界の食糧需給の構造変化とその見通しに関する調査」を行い、昭和 49 年 3 月に、気象庁は「近年における世界の異常気象の実態調査とその長期見通し」を発表した。さらに、気象庁では、地上月気候値気象通報（CLIMAT 報）を用いた、世界の異常天候の監視業務を開始し、その結果を年二回まとめることとし、昭和 49 年 10 月に「異常天候監視報告」第 1 号を刊行した。その後、速報性を高めるため、昭和 59 年に「異常天候監視報告」は季刊となり、昭和 62 年 3 月以降は、他資料と統合して「気候系監視報告」と改称し、毎月刊行となった。

天候監視においては、その地点の気候を表す基準の値として、統計期間を 30 年とする平年値が必須である。当初は、WMO により 1971 年に刊行された平年値「Climatological normals（CLINO）for CLIMAT and CLIMAT SHIP stations for the period 1931-1960」を利用していたが、気象庁は昭和 60 年に 1951 ～ 1980 年の観測値による新たな平年値（1980 年平年値）の作成を企画し、昭和 62 年にこれを完成させた。平成 2 年 3 月以降、世界の異常天候の監視では、気象庁で作成した平年値を用いている。1980 年平年値、1961 ～ 1990 年の観測値による平年値（1990 年平年値）、1971 ～ 2000 年の観測値による平年値（2000 年平年値）は、米国から入手したデータを中心に気象庁が保持しているデータ等も用いて作成したが、気象庁におけるデータの蓄積や CLIMAT 報の流通を拡大させるための国際的な取組の進展（次項で詳細を示す。）を背景に、1981 ～ 2010 年の観測値による平年値（2010 年平年値）以降は、気象庁で品質管理・蓄積した CLIMAT 報を主要なデータとして作成している。

その後、日本の経済活動のグローバル化や緊急援助活動などを受けて、世界各地で発生する異常気象の迅速な情報提供が求められるようになった。このため、気象庁では、これまで「気候系監視報告」等により提供してきた月単位の世界の天候に関する情報に加え、平成 12 年 3 月から、週単位の情報を「世界の異常気象速報」（別名「全球異常気象監視速報」）として提供することとした。「世界の異常気象速報」では、地上実況気象通報（SYNOP 報）を利用した異常な気温や降水の実況、及び、気象災害の状況を、異常気象の状況を記述した概況文と、異常気象発生地域を示した分布図にまとめて、発表している。

そして令和 4 年 6 月には、世界の異常気象を、より詳細に把握できるようにすることを目的に、「世界の異常気象速報」において、異常気象が発生した地点ごとの観測データ、及び異常気象の発生地点の位置を示す分布図の提供を開始した。

5．GCOS のための CBS リードセンター

平成 2 年にスイスのジュネーブで開催された第 2 回世界気候会議での提言に基づき、平成 4 年に全球気候観測システム（GCOS）が発足した。GCOS は気候監視、気候変動の検出、及び気候変動の影響と対応の監視のための全球的な観測の状況を定期的に評価し、その改善のためのガイダンスを作成するための国際的な枠組みである。平成 9 年には、高品質かつ信頼できる気候データを提供する地上観測地点のネットワークである GCOS 地上観測網（GSN）が構築されるとともに、GSN として選出された代表的な地点のパフォーマンスを定常的に評価する GSN 監視センター（GSNMC）の必要性が提起された。同年の第 12 回 WMO 気候委員会において気象庁はドイツ気象局とともに GSNMC の請負を表明し、気候情報課にセンターを設置した。平成 11 年 1 月にドイツのオッフェンバッハで開催された GSNMC 導入会合にて GSNMC の委託事項が決定し、正式に GSNMC 業務を開始した。

GSNMC は GSN 地点から送られる各国の地上月気候値気象通報（CLIMAT 報）データについて、通報割合や通報式の系統的な誤りを監視し、気温については気象庁が、降水量についてはドイツ気象局が、それぞれデータ品質を評価する。また、気象庁は受信する CLIMAT 報地点数について、気象庁―ドイツ気象局間の差異を評価し、その原因を調査することで CLIMAT 報の国際交換の問題解決に貢献している。これらの監視結果はドイツ気象局の管理する GSNMC ウェブサイトで毎月公開される。

各国気象機関は GSNMC の監視レポートを参照することで、自国の CLIMAT 報の問題を認識し改善することが期待される。しかしながら GSNMC の発足後当初は CLIMAT 報の通報割合や系統的な誤りが大きく改善されることはなく、GSNMC と各国気象機関を直接つなげ、技術的なアドバイスを提供する仕組みの必要性が認識された。

このような認識のもと、平成 14 年 5 月に開催された第 1 回 GSN と GCOS 高層観測網（GUAN）の調整に関する WMO 基礎システム委員会（CBS）/GCOS 専門家会議は、安定的な GCOS データの流通促進のため、GCOS のための CBS リードセンター（CBS-LC-GCOS）を設立する必要があると勧告した。同年 12 月の CBS 臨時会合はこの勧告に合意し、気象庁は平成 15 年 8 月から試験的なリードセンターとして全球を対象とした業務を開始した。平成 16 年 1 月に CBS 委員長（代理）に CBS-LC-GCOS として指名された気象庁は、気候情報課にセンターを設置し、正式な業務を開始した。

平成 18 年 4 月に開催された気候のための大気観測パネル第 12 回会合において、リードセンター業務が地域分割され、気象庁は東アジア・東南アジアを中心とする領域に変更となった。現在、全世界に 9 つの CBS-LC-GCOS が設置されている。各センターは責任領域内の問題を診断し、必要に応じて該当国のフォーカルポイントに連絡し、CLIMAT 報及びメタデータの通報数や品質の向上を図る。CBS-LC-GCOS は、各責任領域内の CLIMAT 報の改善状況や懸念される問題を年次レポートとしてまとめ、ドイツ気象局の運営するウェブサイトで公開する

ことで情報を共有する。また新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の世界的な流行及びその拡大防止のための渡航制限以前には、平成 30 年の第 6 回会合まで WMO の主催する CBS-LC-GCOS 調整会合が開催されていた。調整会合では、各センターの活動を評価するとともに、CBS-LC-GCOS に関連する多くの勧告が承認され、WMO や GCOS 事務局を通して関係機関へ伝達される。

【第２節】週間天気予報等

週間天気予報は、明日から 7 日先までの日々の天気、降水確率、最高・最低気温とその誤差幅及び降水の有無等の信頼度を発表するものである。我が国においては、戦後間もない頃から一般向けに週間天気予報を発表している。本節では、週間天気予報の業務的な変遷及び週間天気予報の手法の歴史等について振り返る。また、梅雨の入り・明けは、速報的には当日までの天候の経過及び数日から 1 週間程度の天候の予想に基づいて発表していることから、梅雨入り・明けの発表の遍歴についても本節で扱う。

１．週間天気予報

（1）週間天気予報の業務的な変遷

週間天気予報は、昭和 14 年頃から実用化に向けた研究が開始され、昭和 16 年に「旬日予報」として発表が開始された。ただし、当時は第二次世界大戦中で、一般向けへの発表は行われていなかった。その後、戦争が終結し、昭和 21 年になると「旬日予報」の一般向けへの発表が開始された。発表回数については、昭和 25 年時点で毎週 2 回の発表だった。なお、プロダクトの名称が「旬日予報」だったこともあり、「予報期間は向こう 10 日間」とされていたが、実際に発表する予報期間は 7 日間だったようである。昭和 29 年には、全般、地方、府県週間天気予報は毎週火曜日と金曜日に発表することとなり、予報期間も正式に 7 日間となった。その後、しばらくの間は業務的に大きな変更は行われなかったが、昭和 63 年 10 月からは北海道、東北、関東甲信、東海、北陸、近畿、中国地方において、平成元年 6 月からは四国、九州北部、九州南部・奄美、沖縄地方において、週間天気予報の毎日発表が実施されるようになった。なお、毎日発表を実施する前は、「春の連休」や「年末年始」などの大型連休の際は週間天気予報における延長予報を行っていたが、毎日発表としたことで、これらの延長予報は発展的解消となった。週間天気予報が毎日発表となった時点では、発表時刻は毎日 16 時であったが、平成 8 年 3 月からは毎日 11 時の 1 回、平成 16 年 12 月からは毎日 11 時と 17 時の一日 2 回の発表となり、現在と同様の発表体制となった。

現在の週間天気予報では、明日から 7 日先までの日々の天気、降水確率、最高･最低気温（誤差幅含む）、降水の有無等の信頼度を発表している。過去における週間天気予報で発表されていた内容について振り返ると、昭和 29 年に全般週間天気予報、地方週間天気予報、府県週間天気予報を発表することとなり（それまでは「週間天気予報」でなく「旬日予報」という名称）、この当時は、当日から 7 日間の予報についての「概況」を発表していた。昭和 30 年になると、府県週間天気予報は短期予報と同様の発表形式となり、日々の天気を予報するようになった。一方で、全般週間天気予報や地方週間天気予報は引き続き「概況」を記載していた。その後、府県週間天気予報においては、平成元年に日々の気温の予報が開始されたが、この当時は、量的な予報ではなく、「高い」「並」「低い」の表示による予報だった。週間天気予報における気温の量的予報については、平成 6 年 3 月から実施されている。また、平成 4 年には日々の降水確率の予報が開始された。週間天気予報における日々の予報の信頼度については、平成 13 年 7 月から運用が開始された。運用開始時の信頼度は、アンサンブル予報が示す主に気圧配置のばらつきの程度などをもとに算出した情報だったが、天気との対応が必ずしも良くなかったことから、平成 20 年 3 月に、発表予報における「予報の降水の有無の確からしさ」及び「予報の日変わりのしにくさ」を示す情報に変更され、現在と同様の発表内容となった。

令和 4 年 1 月に全般週間天気予報、令和 5 年 3 月に地方週間天気予報について、それぞれの役割を、気象庁ホームページにおける地図表示や、週間天気予報解説資料における予報の着目点の概要の提供を開始する形に移し、これに伴い提供を終了した。

なお、気象庁本庁における週間天気予報業務は予報部予報課が行っていたが、大気海洋部が設置されたことに伴い、令和 2 年 10 月以降は大気海洋部気候情報課が行うこととなった。

（2）週間天気予報の手法の歴史

週間天気予報は、昭和 21 年から旬日予報として一般向けに発表が開始された。当時は、数値予報は実施されておらず、統計的手法など様々な知見を活かして予報を行っていた。その後、数値予報が登場してからは、それまでの手法及び数値予報を駆使し週間天気予報が実施されている。ここでは、数値予報が登場するまでの週間天気予報の手法の歴史をたどっていく。なお、以下では「旬日予報」と称していた期間についても、「週間天気予報」と書くことにする。

週間天気予報の一般向けの予報を開始した昭和 21 年頃は、地上の北半球天気図、日本及びアジアの一部の高層気象の資料を用いて、高気圧や低気圧を追跡し、「周期法」、「外挿法」、「類似法」と呼ばれる手法によって予報が行われたと推測される。以下にこれらの手法の概要に関する予報研究ノート第 3 号の記述を示す。周期法や外挿法は、予報研究ノート第 3 号では「週期分析」と呼ばれており、「天気の変化や気圧の変化にはしばしば週期的の変化があらはれる」とされ、「気象要素、たとえば気圧などをいくつかの週期に分解して外挿し、これを合成したら将来の気圧が分かり、各地のこの予報値から気圧配置がわかるだろう」としている。また、類似法については、同様に気象研究ノート第 3 号によれば、「今日の天気図とよくにた天気図を過去の天気図からさがし出し、その気象状況の変化を参考として予報する方法」とする一方、「将来の状況を定めるには少なくとも加速度の分布も必要である。さらにまた天気図は地上における状況をあたえるだけであり、これが似ているからと云って上空の状況が似ているとはかぎらない」ともしている。

その後、昭和 20 年代後半になると、北半球の高層資料が利用できるようになるとともに、我が国における数値予報の開発初期で、予報資料に渦度や発散等の力学的な物理量を取り入れるようになってきた。昭和 30 年代前半には、電子計算機の導入と数値予報業務の開始など、気象業務の近代化が急速に進められ、このような背景の中で、週間天気予報の資料や手法もより一層高度化していった。この中で、現在でも用いられている資料をいくつか紹介すると、

- 北半球 500mb の 5 日平均図。このうち 2 日間は数値予報による 48 時間予報を含んでいる（現在は「週間予報支援図」に掲載）。

・北半球 500mb の北緯 35、45、55 度圏に沿う高度のプロファイル（現在の週間予報支援図の Latitude – Time Cross Section of 500hPa_Height（m）along 135E for 4 Weeks に相当）。

などが挙げられる。

昭和 40 年代後半以降は、数値予報モデルの予報期間も徐々に延長され、昭和 54 年 9 月には、数値予報モデルによる予報期間が 192 時間先まで延長された。これは、週間天気予報の予報期間を完全にカバーする予報期間である。数値予報モデルの高度化と予報期間の延長により、週間天気予報は数値予報を基本に予報を組み立てることとなった。ただし、モデルの予報期間が長くなると誤差が生じる問題がある。これをカバーするために、予測された日々の天気図をもとに、総観規模擾乱に着目し、それぞれの特性や移動の予測を加味し、これにモデルが出力したデータから推定される天気分布を適用していた。また、当時の問題意識として、「資料の集積を待って MOS 手法等の統計的手法による天気翻訳技術の開発に期待される」とあり、後のガイダンスの開発が進んでいくことがうかがえる。

その後、平成 14 年 3 月に「週間アンサンブル予報システム」による数値予報が開始され、アンサンブル手法を用いた予想資料が週間天気予報の基礎的な予想資料となった。なお、季節予報では平成 8 年 3 月から、「1 か月アンサンブル予報システム」によるアンサンブル予報を実施している。21 世紀に入り、週間天気予報においても「予報期間が長くなると誤差が生じる」ことを考慮し、複数の初期値から数値計算を実施し将来を予測するアンサンブル予報が実施され、より信頼度の高い予報を提供できるようになった。

2．梅雨の入り・明け

梅雨は、春から夏に移行する過程で、その前後の時期と比べて雨が多くなり、日照が少なくなる季節現象である。梅雨期は大雨による災害の発生しやすい時期であり、また、梅雨明け後の盛夏期に必要な農業用の水等を蓄える重要な時期でもある。一方、梅雨期は曇りや雨の日が多くなって、日々の生活等にも様々な影響を与えることから、社会的にも関心の高い事柄であり、気象庁では、現在までの天候経過と 1 週間先までの見通しをもとに、梅雨の入り明けの速報値を「梅雨の時期に関する気象情報」に掲載して発表している。また、梅雨の季節が過ぎてから、春から夏にかけての実際の天候経過を考慮した検討を行い、その結果を、梅雨の入り・明けの確定値として公表している。梅雨の入り・明けの確定値は、平成 29 年度までは「梅雨入り・明けと梅雨の時期の特徴について」において公表していたが、平成 30 年度以降は「夏（6 ～ 8 月）の天候」のまとめにおいて公表している。以降、本項では、梅雨の入り・明けの発表の遍歴について紹介する。

気象庁は、昭和 39 年から梅雨の入り・明けを「お知らせ」として発表し、必要に応じ部外に周知していた。また、この当時から、速報的な発表とは別に、梅雨期間終了後に天候の経過等をもとに事後の検討を実施していた。しかしながら、梅雨の入り・明けの発表は、数日から 1 週間先までの天候予測に基づいて行うものであり、本来予報行為であることから、昭和 61 年からは「気象情報」として発表することとなった。なお、昭和 38 年以前については、各地方で独自に発表が行われていた。

梅雨の入り明けには、平均的に 5 日間程度の「移り変わり」の期間があるため、現在は移り変わりの期間のおおむね中日を示し「○月○日ごろ」のような形式で発表しているが、過去には、「○月○日」と特定の日を梅雨入り・明けの日として発表していた。

梅雨入り・明けの日をどのように表現するのが適切かは、様々な議論が繰り返されてきた。その象徴的な出来事が、平成 5 年の梅雨明けの発表（速報値）についてである。この年の夏は、当初、各地方で 7 月に梅雨明けの発表を行ったが、梅雨明け発表後も 8 月にかけて前線が日本付近に停滞し、全国的に記録的な冷夏、長雨、日照不足となった。これにより、水稲の作柄作況指数は 74 で、全国的に「著しい不良」となった。さらに、台風第 4 号、第 6 号、第 7 号、第 11 号、第 13 号など、度重なる台風の接近・上陸により、各地で大雨や暴風などの被害が発生した。このため、天候経過を考慮した事後の検討を行った結果、沖縄地方と奄美地方以外の地方では梅雨明けを特定できなかった。当初の 7 月に梅雨明け発表していたにもかかわらず、梅雨のような天気が続いたことで、社会的な物議を呼んだ。さらに、翌平成 6 年は、前年とは対照的に記録的な猛暑となり、渇水となったところが相次いだ。

これらのことを受け、これまで梅雨入り・明けを特定の日として発表していたところ、一般からの十分な理解が得られないとして、平成 7 年の発表からは「7 月上旬前半」などのように、特定の日ではなく、ある時期に梅雨入り・明けしたという表現に変更した。しかしながら、この表現が一般には非常に分かりづらく、このことを説明するため、気象庁長官が国会答弁する事態となった。このような経緯から、平成 9 年の発表からは移り変わりの期間のおおむね中日を示す「○月○日ごろ」という表現を採用し、現在に至るまでこの表現の使用が続いている。

【第 3 節】季節予報

1．1 か月予報、3 か月予報、暖・寒候期予報

我が国で気象観測が行われるようになった明治から昭和 16 年にかけて、東北地方を中心に、夏の気温が低いことが原因とみられる大凶作に何度も見舞われた。この対策のために季節予報に強い関心がもたれ、また、凶冷（凶作をもたらす冷害）を対象とした調査研究が盛んになった。しかし調査研究の一部は長期予報の発展に寄与したものの、基本的な資料の不足が研究の大きな壁になっていた。そのような中、昭和 9 年以後、東北地方では測候所の設立や観測船の配属が続いて陸・海・山岳の観測網が展開された。同時期には、中央気象台で凶冷研究室や長期予報研究室が順次設立され、予報課では 5 日（半旬）予報について調査を進めつつ、週や旬、月への拡大を目指していた。

昭和 16 年 4 月の第 1 回東北地方気象官署連絡打合会で冷害予報について議論し、昭和 17 年 4 月に東北地方の長期予報の発表を開始した。また、昭和 17 年 6 月に中央気象台予報課に長期予報掛が設けられ、同年 8 月から 1 か月予報などの発表を順次開始した。当時、軍事秘であったこれらの予報は軍関係、農林省などに配布された。昭和 20 年 2 月、中央気象台に長期予報課が設置され、記録的な梅雨寒であった同年は梅雨特別予報を季節予報号外として発表し、また同年 12 月には長期予報のラジオ放送が開始されて一般の人が長期予報を利用できるようになった。昭和 21 年に大阪管区気象台は週間予報の延長のようなかたちで季節予報を発表し、昭和 22 年に札幌管区気象台は北海道における暖候期予報を試みとして初めて発表した。

また、この頃には北半球の月平均、半旬平均 500mb 天気図及びその偏差図が整備されていた。しかし、記録的な高温となった昭和 24 年 1 月と 2 月を低温になると予想したことから、長期予報の精度に対して社会の強い批判を受け、長期予報はまだ正式に発表する段階にはないという空気が醸成された。また職員の大幅削減という当時の行政事情もあり、同年 10 月末には長期予報課が廃止された。この時代の季節予報は周期性外挿法（いわゆる和差法）と呼ばれる手法が主流であったが、翌 11 月に気象研究所予報研究室で長期予報の基礎的研究が進められることになった。その成果は「季節予報の研究」にまとめられ、後年にも「グロースベッター」という研究誌へと発展し、官学連携による長期予報の研究の発展の場となった。他方で、長期予報の発表が無い間も農業関係者からの切実な要望があったため、天候予想調査報告という資料で関係先への報告を継続した。地方においては、天候予想調査報告で予報を報告した場合と、季節予報としての発表を継続した場合があり、琉球気象庁は昭和 26 年 8 月頃から、梅雨期と台風期に向こう 1 ～ 2 か月の季節予報を不定期に発表した。

農業方面からの要望を反映し、中央気象台予報課において 1 か月予報、3 か月予報作業のための体制を整え、昭和 28 年 2 月から季節予報の発表を順次再開した。その予報内容は、予想される気圧配置や、晴れの日が多い・気温がやや高い・降水量が多いなどの傾向を文章で示した。この時代の季節予報の手法としては相関法、周期法、類似法などの過去のデータを統計的に処理する手法を用い、これらを総合して検討された。昭和 28 年以降も北海道地方や東北地方で冷害が発生し、季節予報への関心は高まり、昭和 29 年 6 月には気象研究所の分室の季節予報研究室が仙台に設置された。昭和 32 年に始まった国際地球観測年を契機として気象資料が充実し、また昭和 34 年には気象庁で電子計算機の使用を開始した。昭和 33 年 6 月には長期予報管理官が、昭和 49 年 4 月には長期予報課が設置され、平成 8 年 7 月には気候情報課となった。また、各地方にも担当予報官が順次配置され、各気象台では予報作業の体制が整い次第、地方季節予報を定常的に発表し、平成 11 年 9 月から全般・地方 1 か月予報、3 か月予報、暖・寒候期予報すべてを全地方で同じ日に発表するようになった。各地方の季節予報の予報作業に資する指針や研修資料も順次充実し、予報技術などの検討会も適時開催された。

平成 2 年 3 月に 15 日先までの数値予報による 10 日平均予想天気図の配信が開始され、平成 8 年 3 月には数値予報アンサンブルモデルによる力学的手法が 1 か月予報に導入された。これにより、向こう 1 か月の気温、降水量、日照時間、降雪量（冬季の日本海側の地方のみ）の確率予報を開始し、予測対象期間についても、それまで旬別に発表していたものを、社会的により有効に利用できる 1 週目、2 週目、3 ～ 4 週目に分けて発表するように変更した。また、気圧配置など厳密な意味で予測できない事柄の記述は終了した。平成 15 年 3 月と 9 月には力学的手法と統計予測手法を併用した 3 か月予報、暖・寒候期予報を開始し、3 か月予報でも確率予報の発表を開始した。また、平成 20 年 9 月には気象庁の長期再解析の提供を開始し、平成 22 年 2 月には 3 か月予報、暖・寒候期予報に大気海洋結合モデルが導入されるなど、予測技術・手法は現在に至るまで多数の改善・拡大が重ねられ、エルニーニョ現象や熱帯の季節内変動など、日本の季節予報に影響を与えうる中高緯度以外の気象現象も加味した予報の検討が実施されている。予報内容も順次充実し、平成 18 年 9 月から現在と同様の 1 か月、3 か月、暖・寒候期予報の発表を開始した。また、季節予報を詳細に解説するための解説資料も作成し、数値予報モデルによる予測結果の説明文や図を記載するなど、内容の改善・拡充を重ねている。

2．エルニーニョ監視速報

エルニーニョ現象やラニーニャ現象は、日本を含め世界中の異常な天候の要因となり得ると考えられ、世界各国の社会・経済活動にも大きな影響を与えることから、季節から年の規模の気候予測において重要な判断材料となる。

気象庁では、昭和 60 年以前から気象研究所においてエルニーニョ現象やラニーニャ現象の監視や海面水温の解析が行われていた。他方で、1980 年代から 1990 年代にかけて気候変動に関わりのある様々な海洋データの観測・解析などの国際的な枠組み（熱帯海洋全球大気変動研究計画（TOGA）ほか）が構築された。気象庁は、このような国際的な活動への貢献を行い、それに加え季節予報の精度向上や防災の観点から平成 4 年 4 月にエルニーニョ監視センターを設置し、同年 10 月から「エルニーニョ監視速報」を毎月発行して、エルニーニョ現象等の実況と見通しに関する情報を発表している。

気象研究所で、昭和 58 年にエルニーニョ現象などの太平洋熱帯域の海洋変動をシミュレートする数値モデル開発が開始されて以降、気象庁でも大気海洋結合モデルほかによる予測手法の開発が次々と進められている。「エルニーニョ監視速報」の発行開始当初は実況に基づいて今後の見通しを検討していたが、平成 11 年 8 月から大気海洋結合モデルほかによる予測手法に移行し、エルニーニョ現象を監視する海域の海面水温の予測グラフの掲載を開始したほか、平成 15 年 12 月から、大気循環に係る各種指数や分布図などの大気に関わる資料を充実し、平成 18 年 3 月には COBE-SST と呼ばれる歴史的な全球海面水温解析値を導入するなど、逐次掲載資料の拡大や改善を進めた。

3．異常天候早期警戒情報、早期天候情報、2 週間気温予報

我が国は、平成 15 年の冷夏で大きな農業被害を、平成 18 年の豪雪で記録的な大雪と除雪中の事故等による甚大な被害を経験した。気象庁は、平成 15 年の冷夏等の際も気象状況に応じ種々の情報発表を行ったが、異常な天候の影響を直接的に受けやすい農業分野にとっては必ずしも十分に有効な情報であったとはいえない状況であり、情報の充実が求められた。その後、平成 20 年 9 月に気象庁長期再解析データの提供を開始したことで、これを用いた研究・調査で前述のような異常な天候をもたらす気象学的なメカニズムに関する理解が進み、また数値予報精度や計算機資源も向上したことで、アンサンブル数値予報の予測可能性についての理解も進展した。これらを受け、1 週間程度先の顕著な低温や高温の持続を予報対象とした異常天候早期警戒情報を作成し、情報の主要な利用者と想定される農業やエネルギー関係の協力機関に対して約 1 年間、試行的に提供し、情報の有効性についての評価を得たうえで、平成 20 年 3 月から一般への情報提供を開始した。

異常天候早期警戒情報は、原則火曜日と金曜日に、地方季節予報区ごとに情報発表日の 5 日から 8 日後を初日とする 7 日間平均気温が、異常な天候の目安として 10 年に一度の発現頻度に相当する「かなり高い（低い）」を超える確率が 30％以上と見込まれる場合に発表し、また同情報内で注意事項等も呼びかけた。その後、数値予報精度や計算機資源の向上もあり、平

成 25 年 11 月に情報の対象として冬季日本海側のかなり多い降雪量を追加し、平成 26 年 3 月に発表曜日の 1 日前倒しを経て、令和元年 6 月から予報対象期間を時間解像度が更に細かい 8 日先から 12 日先までのいずれか 1 日を中心とする 5 日間として、情報の名称を早期天候情報に変更した。

異常天候早期警戒情報の運用開始から 10 年を経過した頃に、この情報の利用実態や要望の聞き取り調査を実施したところ、5 日先以降に限らず目先も含めた気温の変動を知りたい、見通しに変化があれば週 2 回に限らず情報を提供してほしい、顕著な気温のピークの時期を知りたい、平均気温の階級だけでなく、最高・最低気温を知りたいなどの要望があった。このため、令和元年 6 月の早期天候情報の運用開始に合わせて、8 日先から 12 日先までの各日を中心とする 5 日間平均で、地域別の気温の階級や地点別の気温を予報する 2 週間気温予報の毎日発表を開始し、気象庁ホームページで、最近 1 週間の実況から 2 週間先まで予測した気温の推移を示すこととした。

2 週間気温予報は、全般 2 週間気温予報と地方 2 週間気温予報の二つがある。全般 2 週間気温予報では、2 週間先にかけての概括的な大気の流れの状況とそれに伴う気温等の全般的傾向を概況文として発表する。地方 2 週間気温予報では、8 日先から 12 日先までの各日を中心とする 5 日間平均について、地方季節予報の予報区ごとの地域平均気温の階級（かなり高い/高い/平年並/低い/かなり低い　の 5 階級に加え「かなり」となる確率を 50％以上と 30％以上の 2 段階で表す）の出現率、全国約 70 地点の最高・最低気温と予測範囲（予測範囲に入る確率は 80％）及び階級の確率（上記出現率と同様）を、気象庁本庁が一括で発表する。

【第 4 節】気候情報の応用

平成 21 年の第 3 回世界気候会議で示されたように、明日明後日の天気予報と比べ季節予報などの気候情報は定性的には使われているものの定量的利用が十分ではないという問題意識は世界的に高まってきた。このような流れを受けて、平成 24 年の交通政策審議会気象分科会提言のもとに、当庁では、以下に示した 3 つを「気候リスク管理技術の実用化に向けた枠組み」として、気候情報の利活用促進に取り組んだ。本節では、本取組の具体とその成果を示す。

① 気候情報の作成者（気象庁側）と利用者が対話の機会を設けて知見を出し合い、利用分野における気候変動や異常気象による影響（気候リスク）の認識を共有し、気候情報を利用した対応策の実施可能性を検討すること。

② 両者は気候情報を利用して気候変動や異常気象の影響に対応する手法（以後、気候リスク管理技術）の確立に向けて共同開発を行い、成功事例を創出すること。

③ 他の分野への普及につなげるため、共同開発した成功事例を、具体的な技術情報を含め公表すること。

1. 産業界との連携

平成 24 年以降、当庁では、アパレル・ファッション分野、ドラッグストア分野、家電販売分野、清涼飲料分野における産業の関係機関からの協力を得て、各分野における気候リスクを認識し、2 週間先の気温予測を用いた気候リスク管理技術を開発し、公表した。

平成 24 年度～平成 25 年度の（一社）アパレル・ファッション産業協会との共同調査では、気象データと販売データをもとに解析を行い、秋冬用の肌着トップ、肌着ボトムなどの季節商品やサンダルやブーツといったファッションアイテムには、販売数が大きく伸びる気温が存在し、また、販売構成比（販売シェア）と気温との間に明瞭な関係がある商品があることを見出した。平年から大きく隔たる気温が 2 週間程度先に予想された場合に、販売店舗では、本来展開すべきアイテム以外でどのような別アイテムを代替展開するべきかの参考になり、店舗でのより効果的な販売促進や在庫管理につなげることができることを示した。

平成 26 年度の日本チェーンドラッグストア協会との共同調査では、ドラッグストアで扱う様々な商品の販売数と気温との間には明瞭な関係があることが分かり、陳列棚の配置変更や在庫調整をより適切に行うことができることを示した。

平成 28 年度～平成 30 年度には、大手家電流通協会及び全国清涼飲料連合会の協力を得て、2 週間先までの気温予測データを販売計画に活用するための調査や実証実験を行った。これにより、エアコンや電気ストーブといった家電、自動販売機でのコーヒー飲料やスポーツ飲料などの販売数と、気温との間には関係があり、その特徴は品目や地域によって異なることが示された。これらの結果に基づき 2 週間先の気温予報を利用することで、前もって自動販売機での缶コーヒーの温冷の切替時期や補充量増減の判断、商品調達の増減による倉庫在庫の調整が可能になることがわかり、社内会議等での販売計画の立案・修正に関わる提案の根拠になることが見出された。

2. 農研機構との連携

平成 23 年度～平成 27 年度には、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）と「気候予測情報を活用した農業技術情報の高度化に関する研究」をテーマとして、水稲や小麦等を対象に、2 週間先や 1 か月先の気温予測を用いた気候リスク管理技術を開発するための共同研究を実施した。その結果、水稲の冷害対策のための深水管理や小麦の開花日予測をもととした農薬散布計画といった気候リスク管理技術を見出した。これらの技術は、利用者が予測の性質を十分に理解した上で、精度も踏まえて確立されているのが特徴である。

このような気候リスク管理技術を参考として、都道府県の農政機関が提供する各地域を対象とした農業技術情報（公的サービス）での気温予測の活用が広がっている。例えば、山形県、香川県、新潟県での水稲の刈り取り適期予測、岩手県や栃木県、沖縄県での病害虫発生予察情報、山梨県や福島県等でのモモなどの果樹の開花予想には、従来、気温の実況部分にはアメダスの観測値が、気温の予測部分には平年値が用いられていたが、平年値の代わりに 2 週間先や 1 か月先の気温予測値を用いることによって、予測の精度が向上するという結果が得られている。

農研機構では、気象の実況から約 1 か月先の予測までをシームレスにつなげ、さらに 1km 格子に高分解能にした「メッシュ農業気象データ」を開発した。このデータは平成 30 年から農業データ連携基盤（WAGRI；気象や農地、収量予測など農業に役立つデータやプログラムを提供する公的なクラウドサービスのこと）を通じて提供され、社会実装されている。このデータを用いた営農管理技術の開発が進み、これを用いた民間サービスも展開されており、気象予測の活用促進につながっている。

現在は、年々の気候変動に対応した地域の営農事業計画策定での３か月予報の活用ニーズの高まりも受けて、気象庁と農研機構は、引き続き連携を深めながら令和４年から新たな共同研究「長期の気候予測情報を活用した農業支援情報の高度化に関する研究」を実施し、数週間先から数か月先までをシームレスに見通した気候リスク管理技術の開発の検討を進めている。

3．様々な産業分野への普及

上述した農研機構との共同研究も含めた産業界の関係者との連携によって見いだされた気候リスク管理技術は、平成26年度～平成28年度に様々な産業界の関係者を集めて開催された「産業分野の気象情報利用のためのワークショップ」や、平成29年度に設立された気象ビジネス推進コンソーシアム（WXBC）のイベントを通じて普及が進められた。その結果、例えば、（公社）日本観光振興協会、（一社）全国スーパーマーケット協会における商品の販売・在庫調整に、２週間気温予報も用いた充実の可能性が見いだされた。さらに、これらの協会や（一社）家電製品協会からは、販売計画の充実のために３か月や半年先までの気候情報の予測精度向上と活用に関する要望が上がるなど、これまでの様々な普及の取組が、更なる産業ニーズの掘り起こしにつながっている。このような産業ニーズに対して、令和３年からは、３か月予報などを用いた事業者の気象サービス（シーズ）の現状と課題の整理を行いつつ、民間主導で気候情報活用を促進する方策の検討を進めている。

【第５節】気候情報に関する各種ツール等の開発

1．世界の天候データツール「Climat View」

世界の異常気象の発生状況の適時的確な把握と公表を目的として、世界各国の気象機関間で国際交換されている地上月気候値気象通報（CLIMAT報）及び地上実況気象通報（SYNOP報）を収集し、その結果を日、週、月、季節、年別に統計処理を施してデータベース化している。平成12年３月、このデータをもとに世界の異常気象の状況を分析した情報及び関連する図表類を「全球異常気象監視速報」として気象業務支援センターを通じて提供を開始し、平成15年９月からは気象庁ホームページ（HP）での提供に移行した。その時点では、天候の分布図のほか、限られた地点の観測値の提供にとどまっていたため、旅行や出張の計画を立てる際の参考や教育の場での利用など様々な目的で、一般の方からの世界各地の観測値の照会やデータ提供の要望が大幅に増加した。

そこで、世界の天候データを広く様々な用途に適う形式での提供を目指し、かねてより天候監視業務にて運用していた天候データの各種可視化ツールの改良を基本として、Webアプリケーション「世界の天候データツール（Climat View）」を開発した。Climat Viewを動かすプログラムはJavaを用いた。また、図形式にScalable Vector Graphics（SVG）を採用し、ベクトルグラフィックならではの特長を活かして画像の操作を可能とした。

平成20年３月、本ツールを気象庁HP内のページ「世界の天候」の新たなコンテンツとして公開した。当時の名称は「世界の月天候データ表示」（現在は「Climat View月統計値」）であり、公開対象は世界各地の月平均気温や月降水量である。このサービスにより、利用者は過去の天候データのうち必要な地点や期間等について図又はグラフの表示で活用できるようになった。平成25年10月、プログラムにPHPを用いるなどの全面的な改訂を行った。それまでは特定のブラウザによるプラグインが必要となる条件があったが、この改訂によりプラグインは不要となり、利用者の利用環境の条件は緩和した。

平成30年３月、「気象ビジネス市場の創出・拡大」の取組の一環として、これまでの月統計値と同じ表示技術を用いて日別の表示を可能とするツール「Climat View日別値」を公開した。これにより世界約8,000地点の毎日の気温と降水量についてもビジネスをはじめとする様々な場面で簡便に表示・取得できるようにした。

平成31年３月、干ばつによる世界の農作物の生育への影響評価や大規模森林火災発生のリスク評価等の関連ビジネスへの貢献を目的に、「Climat View月統計値」の要素として各地点・各月の降水の頻度分布に基づく干ばつ監視情報（標準化降水指数）を追加した。令和３年５月、「Climat View月統計値」、「Climat View日別値」それぞれに用いる平年値の統計期間を「1981～2010年」から「1991～2020年」に更新した。

2．異常気象分析ツール（iTacs）

平成18年の冬、特に前年12月から１月上旬を中心とした記録的な大雪は除雪中の事故等による甚大な被害をもたらし（平成18年３月に「平成18年豪雪」と命名）、気候情報課は大雪の要因に関する多くの問い合わせが殺到するという事態となった。これをきっかけに、社会・経済に大きな影響を与える異常気象が発生した際の気象庁の見解の発表という社会的要請に一層的確に応えられるよう、検討会（詳細は、本章第１節「気候系解析・監視」を参照。）の立ち上げとともに大学・研究機関等の専門家と連携した要因の分析を可能とするツール「異常気象分析ツール（iTacs: Interactive Tool for Analysis of Climate System）」の開発・整備を目標とした。

iTacsは長期再解析や海洋解析データ、気候観測データ（CLIMAT報）等の多種多様なデータの描画及び統計解析の機能を有し、その利用に必要な環境（ユーザー・インターフェース）はウェブブラウザのみで追加のソフトウェアやプラグインのインストールは不要、利用上の操作はパラメータの選択あるいは入力、ボタンの押下とウェブブラウザ上の簡便な対話式、として実際の開発は外注にて進められた。

平成19年６月、iTacsを検討会の共用ツールとして運用を開始した。平成21年６月、iTacsの統計解析機能を充実させるとともにiTacsの利用者にアジア太平洋諸国の国家水文気象機関（NMHS）を加えるなどで活用範囲を拡げて外国気象機関の支援強化を目的とした役割も担うこととなった。毎年気象庁で開催しているTCC（Tokyo Climate Center）研修セミナーや国際協力機構（JICA）集団研修等において、iTacsの操作方法に関する実習形式の講義を行っている。平成23年６月、ユーザー・インターフェース部のプログラム言語をRuby、PHP、Javascriptの混合からRubyのみに統合し、その後は自主開発とした。平成26年８月には、画像を鮮明化するとともに、数値予報データの描画機能も追加した。令和５年５月には、最新の第３次長期再解析（JRA-3Q）や海洋解析データ（MOVE-G3、COBE-SST2）が利用できるよう改良した。

【第６節】気候情報に関する国際的な連携

１．アジア太平洋気候センター（Tokyo Climate Center）

アジア太平洋域の各国気象機関に対し、基盤的な気候情報の提供や各国が自国に適した気候情報を作成できるよう必要な技術支援・人材育成を行うため、平成 14 年 4 月に気候情報課にアジア太平洋気候センター（英語名：Tokyo Climate Center）を設置した。一方、世界気象機関（WMO）は世界各地域に地域気候センターを設置し、各国気象機関による気候情報作成・提供の支援及び地域の気候データや気候研究に関する活動を推進する国際的な枠組み作りを進めていたことから、アジア太平洋気候センターはこうした WMO の枠組みへの貢献を担う取組として期待された。こうした中、平成 14 年 7 月に気象庁はアジア太平洋地域気象機関の長官又は気象業務担当の幹部及び WMO 事務局等の関係者を招聘し、「気候サービスの高度化に関するアジア太平洋気象庁長官会議」を東京で開催した。この会議では、異常天候による被害を軽減して社会・経済の持続的な発展の実現を目指し、気候サービスの現状やアジア太平洋地域における国際協力体制等について意見交換を行った。また、アジア太平洋気候センターによる基盤的な気候情報の提供や気候情報の作成を担う人材の育成活動はアジア太平洋域各国の気候サービス向上に貢献するものとの理解と支持が得られた。さらにアジア太平洋気候センターは平成 14 年 10 月から各国気象機関に対して、インターネットによる「1 か月数値予報資料」、「エルニーニョ監視・予測資料」、「気候系の監視情報」、「異常天候の監視情報」などの提供を開始し、その 4 年後の平成 18 年には、WMO 基礎システム委員会（CBS）の臨時会合において GPC-LRF（Global Producing Center for Long Range Forecast）に指名され、季節予報の数値予報データの提供を開始した。

平成 20 年度から、アジア太平洋気候センターでは気候業務に必要な技術・人材育成の支援として、アジア太平洋地域の各国気象機関から担当官を招聘し、気候監視・解析、季節予報、地球温暖化監視・予測等の気候業務を円滑に遂行できるようになることを目的に研修セミナーを開始した。令和 2 年度は新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の世界的な流行及びその拡大防止のため中止となったが、毎年実施している。また、平成 22 年には、当研修セミナーに参加していたベトナム気象局から季節予報の数値予報データの利用方法などの技術支援の要望があり、当センターから職員を派遣した。その後も研修セミナーと合わせ、フォローアップという形で各国気象局に職員を派遣し、技術支援を行っている。

平成 21 年 8 月 31 日から 9 月 4 日にかけて開催された第 3 回世界気候会議（WCC-3）において、アジア太平洋気候センターによる季節予報支援資料の提供や研修セミナー実施等の活動が地区気候センター（RCC）に求める水準を満たすものとして評価され、北京気候センターとともに世界で初めて RCC として正式に指名された。

平成 25 年 5 月、気候情報課に設置していたアジア太平洋気候センターは廃止され、新たに異常気象情報センターが設置されたが、引き続き、気候情報課では Tokyo Climate Center として、WMO の RCC の役割を担っている。

２．世界各地における気候予測の枠組み

世界気象機関（WMO）が設置を推進している地域気候予測フォーラム（RCOF）は地域を対象とした季節予報の統一見通しの作成及び関連する情報交換が主な役割であり、WMO 第Ⅱ地区の RCC として、アジア地域気候監視・評価・予測フォーラム（FOCRAⅡ）、東南アジア諸国連合気候予測フォーラム（ASEANCOF）、南アジア気候予測フォーラム（SASCOF）、北ユーラシア気候予測フォーラム（NEACOF）及び東アジア冬季気候予測フォーラム（EASCOF）といった RCOF に参加又は資料提供により対応してきた。このうち、EASCOF は気候学的に共通した特徴を持つ東アジア地域（中国、韓国、モンゴル、日本）の気象機関の専門家らが参加し、中国を除く 3 か国の持ち回りで開催運営している。その前身はアジア太平洋気候センターが設置される前の平成 12 年から「東アジア冬季モンスーンの季節予報に関する合同会議」として、冬季モンスーンの季節予報に関する解析と予報について実務者間の情報交換と技術交流が行われていたもので、平成 25 年から RCOF の一つとして開催している。

第４章　気候変動

気候変動は現在世界的に喫緊の課題として認識されており、その対策については国際的な枠組があり、それに基づき国内の政策が施され、その一翼として気象庁の役割がある。しかし、このような体制が確立するまでには長い歴史的経緯がある。本章では第１節でその歴史を俯瞰し、個別の話題の詳細は第２節及び第３節に譲ることとする。特に世界的な動向に関しては気象庁の業務とは直接関係のないものもあるが、業務の背景や位置づけの理解のために必要なものとして記述する。なお、本章は国際的な取組を多く含むことから、和暦と西暦を併記している。

【第１節】総論

１．気候変動問題の認識以前

大気中の温室効果ガスの増加に伴って地球の気温が上昇することは、19 世紀には既に見出されていた。1824 年にフランスのジョゼフ・フーリエが放射の計算から大気が地球を温めうることを推察し、1859 年にはアイルランドのジョン・ティンダルが、大気中の水蒸気と二酸化炭素が赤外放射を吸収することを発見した。1896 年にはスウェーデンのスヴァンテ・アレニウスが、大気中の二酸化炭素の濃度が増加すると気温が上昇することを指摘した（「気候感度」の研究の嚆矢（こうし）とされる）。しかし、当時は地球温暖化自体がほとんど進行しておらず、裏付けとなる理論も観測も十分でなかった。気候変動が地球規模の深刻な課題であると広く認識されるようになるには、ここから半世紀以上を要することとなる。

また、1940 年代から 1970 年代前半にかけては、世界平均気温が一時的に低下傾向を示しており、世界各地で記録的な低温や干ばつなどの異常気象がみられていた。このような異常気象やそれに伴う食糧需給等への影響を踏まえ、気象庁は昭和 48 年（1973 年）に「気候変動調査研究会」を設置し、翌年に「近年における世界の異常気象の実態調査とその長期見通しについて」として調査結果を報告した。この報告は世界の異常気象の大規模な調査として注目を集め、その後の異常気象に関する調査の先駆けとなった一方で、人為起源の温室効果ガスの増加に伴う気候の温暖化に主眼を置いたものではなかった。

２．問題提起　～ストックホルム会議から世界気候会議～

地球の気候のメカニズムに関心を持った先駆的な科学者たちは、この期間も着実に知見を積み重ねていた。米国スクリプス海洋研究所のチャールズ・キーリングらは昭和 32 年（1957 年）に南極で、昭和 33 年（1958 年）にハワイのマウナロア山頂で二酸化炭素濃度の観測を開始しており、米国海洋大気庁地球流体力学研究所（昭和 43 年（1968 年）以降はプリンストン大学）の眞鍋淑郎らは 1960 年代以降、コンピュータシミュレーションによる気候予測のための数値モデルを開発し、地球の気候の物理的理解を深める成果を 1960 年代以降に数多く発表していた（眞鍋はこの功績により、令和３年（2021 年）にノーベル物理学賞を受賞する）。このような先駆的な科学者たちの貢献が、続く 1970 年代以降の国際的な取組に科学的根拠を提供し、現在に至るまで気候変動に関する科学の礎となっている。

昭和 47 年（1972 年）６月、第二次世界大戦後の経済発展に伴い、地球環境問題が深刻な課題として世界的に認識されるようになったことを背景に、スウェーデンのストックホルムで「国連人間環境会議（ストックホルム会議）」が開催された。国連環境計画（UNEP: United Nations Environment Programme）設立の契機となった会議である。ストックホルム会議で採択された「人間環境宣言」では気候変動への言及はなかったが、出席した世界気象機関（WMO）は環境問題のための気候情報の必要性を報告していた。続いて WMO は昭和 49 年（1974 年）に「気候変動に関する専門家パネル」を設置、昭和 51 年（1976 年）には「気候変動に関する WMO 声明」を発表、人為起源の気候変動に対する懸念を示した。さらに昭和 54 年（1979 年）２月にスイスのジュネーブで「第１回世界気候会議（WCC: World Climate Conference）」を開催した。この会議では、気候に関連する資料の収集、気候予測情報の提供、気候変動に関連する研究の推進を図るための「世界気候計画（WCP: World Climate Programme）」が検討され、WMO はこれを同年５月に採択した。

このような世界の動向に鑑み、気象庁は昭和 52 年（1977 年）に「気象災害にかかわる気候調査研究体制整備の方針について」気象審議会に諮問し、その答申を踏まえ、各分野の学識経験者及び関係省庁からなる「気候問題懇談会」を昭和 54 年（1979 年）から開催し、気候変動の原因と影響について学際的な検討を進めるとともに、昭和 56 年（1981 年）には WCP の一翼を担うものとして「気候変動対策基本計画」を策定した。さらに、昭和 56 年（1981 年）に北西太平洋において海洋気象観測船凌風丸による二酸化炭素分圧の観測を開始（昭和 43 年（1968 年）から昭和 47 年（1972 年）にかけて気象研究所が実施した東京大学の白鳳丸による研究観測をもとに、測定方法を改善して定常観測化）し、昭和 62 年（1987 年）には岩手県三陸町綾里において大気中二酸化炭素濃度の観測を開始するなど、定常的な温室効果ガス観測網の整備を進めた（海洋気象観測船による海洋観測については本部第６章第１節「海洋観測」を、大気中の温室効果ガス観測については本部第７章第１節「大気環境の観測と情報」を参照）。

３．危機感の高揚　～フィラハ会議から国連気候変動枠組条約～

気候変動に対する危機感が国際的に広がったのは、昭和 60 年（1985 年）に WMO、UNEP 及び国際科学会議（ICSU: International Council for Science）によってオーストリアのフィラハで開催された「気候の変動及びその影響に対する二酸化炭素及び他の温室効果ガスの役割の評価に関する国際会議（フィラハ会議）」が契機であったとされる。この会議において、「21 世紀前半には、地球の平均気温の上昇が人類未曾有の規模で起こり得る」との声明が出された。

さらに昭和 63 年（1988 年）６月にはカナダのトロントで、第 14 回先進国首脳会議の直後に各国の政策決定者と科学者が一堂に会し、「変化する地球大気に関する国際会議（トロント会議）」が開催され、気候変動問題が国際的に政策上の重要課題として認識された。このような情勢を踏まえ、同年 11 月に WMO と UNEP は、各国政府の気候変動に関する政策に科学的な基礎を与えることを目的として、「気候変動に関する政府間パネル（IPCC:

Intergovernmental Panel on Climate Change)」を設立した。

IPCC は平成 2 年（1990 年）8 月に「第 1 次評価報告書（FAR)」を公表し、「人為的な温室効果ガスが大気中に蓄積し続けると、自然及び人間システムに対して重大な影響を及ぼしかねない気候変化が生じるであろう」との見解を示した。そして、この報告を重要な科学的根拠として、平成 4 年（1992 年）5 月に「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させること」を究極の目的とした「国連気候変動枠組条約（UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change)」が国連本部で採択され、平成 6 年（1994 年）3 月に発効した。

この頃には気候変動に限らず、オゾン層の破壊、熱帯林の破壊や生物多様性の喪失などを含む地球環境問題への世界的規模での早急な対策の必要性が指摘されており、平成 4 年（1992 年）6 月にブラジルのリオデジャネイロにおいて「国連環境開発会議（地球サミット)」が開催され、環境分野での国際的な取組に関する行動計画である「アジェンダ 21」が採択された。

このような国際的な情勢を背景に、日本では平成 5 年（1993 年）11 月に、公害対策基本法を発展的に継承し、環境政策の新たな理念と基本的な施策の方向を示す「環境基本法」が制定された。平成 6 年（1994 年）12 月には同法に基づく「環境基本計画」が閣議決定され、気候変動対策を含む長期的な目標の実現のための施策の大綱、各主体の役割、政策手段のあり方などが定められた。

こうして気候変動対策のための国内外の枠組が整えられる中で、環境庁をはじめ多くの省庁が連携しながら課題に取り組むようになり、気象庁もその一翼を担う形で、気候変動の自然科学的根拠や観測体制に関して、国際会議における議論や国内の政策を担当するようになった（現在は特に文部科学省と連携)。以降、国際的な枠組と国内の政策の進展を経ながらも、日本政府の気候変動政策全体における気象庁の基本的な役割は変わらずに現在に至る。

4．国際的枠組の下での気候変動対策　～京都議定書からパリ協定～

UNFCCC に基づき、平成 7 年（1995 年）から毎年、全ての条約締結国が参加する締約国会議（COP）が開催されるようになった。こうして気候変動対策の枠組の整備に向けた議論が進められ、平成 9 年（1997 年）12 月に京都で開催された「UNFCCC 第 3 回締約国会議（COP3)」において、「京都議定書」が採択された。これは、UNFCCC の目標を達成するための第一歩として、先進国に対して法的拘束力のある温室効果ガス排出削減の数値目標を定めたものである。

日本では平成 10 年（1998 年）10 月に「地球温暖化対策の推進に関する法律（地球温暖化対策推進法)」が成立し、翌年 4 月には、地球温暖化対策推進法に基づく「地球温暖化対策に関する基本方針」が閣議決定された。こうして、京都議定書の採択をはじめとする温室効果ガスの排出削減に関する世界的な潮流の中で、日本の気候変動対策が本格化した。

一方で、京都議定書の発効には、55 か国以上の締結が必要であるなどの発効要件を満たす必要があったため、日本は関係国への締結の働きかけを継続し、平成 17 年（2005 年）2 月にようやく京都議定書が発効した。

こうして気候変動対策の枠組が整えられていく間に、気候変動に関する科学的知見が着実に積み重ねられてきたことで、IPCC が平成 19 年（2007 年）に公表した「第 4 次評価報告書（AR4)」では、「気候システムの温暖化には疑う余地がない」との評価が示され、さらに平成 25 年（2013 年）から翌年にかけて公表した「第 5 次評価報告書（AR5)」では、「人間による影響が 20 世紀半ば以降に観測された温暖化の支配的な原因であった可能性が極めて高い」、「ここ数十年、気候変動は、全ての大陸と海洋にわたり、自然及び人間システムに影響を与えている」との評価が示されるに至った。これは同時に、気候変動が確実に進行し、その影響が顕在化していること、より迅速な対策が必要であることを示唆するものでもあった。

京都議定書は、世界全体として温室効果ガスの排出削減にどのように取り組むか道筋を示してはいたが、途上国の削減目標には言及されていなかった。先進国だけでなく途上国の排出削減を含めた包括的かつ実効的な法的枠組を構築するため、精力的な議論が重ねられ、平成 27 年（2015 年）12 月にフランスのパリで開催された「UNFCCC 第 21 回締約国会議（COP21)」において、2020 年以降の温室効果ガス排出削減等のための新たな国際的な枠組である「パリ協定」が採択、翌年 11 月に発効した。パリ協定では、「世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて 2℃より十分低く保つとともに、1.5℃までに抑える努力を追求する」ことが掲げられ、主要排出国を含む全ての国が削減目標を 5 年ごとに提出・更新することなどが定められた。

これに先立つ平成 27 年（2015 年）11 月に、日本は温室効果ガスの排出量を 2030 年度に 2013 年度水準から 26.0％削減する目標を掲げた「日本の約束草案」を UNFCCC 事務局に提出しており、その目標の実現に向けて、平成 28 年（2016 年）5 月に地球温暖化対策推進法に基づく「地球温暖化対策計画」を閣議決定した。さらに日本は令和 2 年（2020 年）10 月、2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「カーボンニュートラル」を目指すことを宣言し、令和 3 年（2021 年）4 月には、温室効果ガスの削減目標を引き上げ、排出量を 2030 年度に 2013 年度水準から 46％削減し、更に 50％の高みに向けて挑戦を続けることを表明した。同年 10 月には、2050 年カーボンニュートラルに向けた基本的考え方、ビジョン等を示す「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」、及び具体的な施策をまとめた「地球温暖化対策計画」の改定が閣議決定された。そして、この新たな「地球温暖化対策計画」に基づく日本の「自国の貢献」が UNFCCC に提出された。

一方でパリ協定では、このような温室効果ガスの排出を削減する「緩和策」と同時に、気候変動の影響を軽減又は回避する「適応策」の推進も図られており、適応に関する能力の向上並びに気候変動に対する強靱性の強化及び脆弱性の減少という「適応に関する世界全体の目標」が掲げられている。このような背景の下で、国内では平成 30 年（2018 年）6 月に「気候変動適応法」が成立し、適応策の推進における国、地方公共団体、事業者、国民の役割が示されるとともに、おおむね 5 年ごとに気候変動影響評価を実施し、それを踏まえて「気候変動適応計画」を変更することが定められた。これにより、地球温暖化対策推進法及び同法に基づく地球温暖化対策計画並びに気候変動適応法及び同法に基づく気候変動適応計画を礎に、緩和策と適応策を車の両輪として気候変動対策を着実に推進していく体制が法的に整備された。

なお、気候変動適応計画は、気候変動適応法の附則第 2 条（施行前の準備）に基づき、同法施行前の平成 30 年（2018 年）11 月に閣議決定されており、令和 2 年（2020 年）12 月

に公表された、同法に基づく最初の「気候変動影響評価報告書」を踏まえて、令和 3 年（2021 年）10 月に変更された。

このように国を挙げて気候変動対策が推進されるようになってきたことや、気候変動適応法によって国に適応計画の策定が義務付けられるとともに、地方公共団体にも適応計画の策定が努力義務とされたことなどを踏まえ、気象庁は、昭和 54 年（1979 年）から平成 27 年（2015 年）にかけて 79 回にわたって開催した気候問題懇談会を発展的に改組し、平成 30 年（2018 年）6 月から文部科学省と共同で「気候変動に関する懇談会」を開催し、日本の気候変動対策の推進に資するよう、気候変動の実態と見通しについての最新の科学的知見を総合的に検討している。また、同年 8 月には、交通政策審議会気象分科会において「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方～災害が激甚化する国土、変革する社会において国民とともに前進する気象業務～」がとりまとめられ、「地球温暖化の予測情報について、国や自治体等における適応策策定に必要となるきめ細かな予測を提供する」ことなどが提言された。この提言や気候変動に関する懇談会の助言に基づき、日本の気候の観測成果及び将来予測に関する科学的知見をとりまとめた「日本の気候変動 2020」を令和 2 年（2020 年）12 月に公表し、様々な分野で気候変動対策に活用できるデータをとりまとめた「気候予測データセット 2022」を令和 4 年（2022 年）12 月に公表した。

5．顕在化する気候変動と更なる対策の推進

近年気候変動に対する危機感が盛んに訴えられている背景の一つに、世界中で大雨や高温などの極端現象が頻発しており、時に大規模な災害をもたらしていることが挙げられる。奇しくも 1970 年代に極端現象の頻発によって気候の寒冷化に関心が寄せられた情勢に似ているところがあるが、観測成果の地道な蓄積と数値計算技術の目覚ましい発展により、極端現象の詳細な分析が可能になっている。特に、実際に発生した極端現象に対する人為起源の地球温暖化の影響を定量的に示す手法（イベント・アトリビューション）の開発が近年著しく進展し、多くの事例をもって気候変動の影響が既に顕在化していることが明らかにされている。また、一般に地球温暖化の進行に伴い極端現象の頻度と強度が増加することも予測されている。

このような科学的知見の積み重ねにより、令和 3 年（2021 年）から令和 5 年（2023 年）にかけて IPCC が公表した「第 6 次評価報告書（AR6）」では、「人間活動が主に温室効果ガスの排出を通して地球温暖化を引き起こしてきたことには疑う余地がない」と評価された。地球が温暖化していることのみならず、その主要因が人間活動であることについても「疑う余地がない」とされたのである。また、早期警戒システムが短期の防災策だけでなく、長期の気候変動適応策としても有効であることが示されたほか、現在の各国の削減目標に基づく気温上昇の見通しも評価されるなど、最新の科学的知見が総合的に示されている。

これらを重要な根拠かつ共通の認識として、UNFCCC の下で国際的な気候変動対策のための精力的な議論が続けられている。国内でも、環境基本計画に紐づく地球温暖化対策計画及び気候変動適応計画をはじめ、宇宙基本計画、海洋基本計画、科学技術・イノベーション基本計画等の様々な分野の政府計画において気候変動対策に資する施策が盛り込まれており、まさに政府一丸となって喫緊の課題として気候変動対策が推進されている。

【第 2 節】国際的な動き

1．世界気候会議

WMO は、昭和 44 年（1969 年）の第 21 回執行理事会で初めて人間と環境の問題を取り上げ、昭和 46 年（1971 年）の第 6 回世界気象会議において人間と環境の相互作用について議論した。昭和 47 年（1972 年）6 月に環境問題に関する初めての重要な国際会議である国連人間環境会議（ストックホルム会議）が開催され、WMO も出席して環境問題のための気候情報の必要性について報告した。WMO は昭和 49 年（1974 年）の第 26 回執行理事会で「気候変動に関する専門家パネル」を設置し、翌年の第 7 回世界気象会議で気候変動に関する国際的な活動の調整を WMO が実施することを決定した。昭和 51 年（1976 年）の第 28 回執行理事会では気候変動に関する WMO 声明を発表し、翌年の第 29 回執行理事会で「気候変動に関する専門家パネル」が作成した世界気候計画（WCP）を検討し、「世界気候会議（WCC: World Climate Conference）」を開催することを決定した。

昭和 54 年（1979 年）2 月、WMO は国連教育科学文化機関（UNESCO）、国連食糧農業機関（FAO）、世界保健機関（WHO）、国連環境計画（UNEP）、国際科学会議（ICSU）等と協力して、ジュネーブにおいて第 1 回世界気候会議（FWCC）を開催した。気候の変化と変動、及びそれらと人間活動の関わり合いについての知識をとりまとめ、それらに基づいて WCP を検討することを目的として、大気科学者のみでなく、気候に関わりのあるエネルギー、水資源、土地利用、食糧、農業、林業、漁業、海洋資源、保健、社会及び経済の専門家が世界の 53 か国から約 350 名参加した。日本からは気象庁長官をはじめ 7 名が参加した。この会議で WCP を支持するよう勧告した会議宣言が採択され、同年の第 8 回世界気象会議で WCP が決議された。この世界的な動きを受けて、気象庁も昭和 56 年（1981 年）に気候変動対策室を設置し、「気候変動対策基本計画」を作成するなど、気候変動対策業務を本格化させている。

平成 2 年（1990 年）10 月から 11 月にかけて、WMO、UNEP、UNESCO、ユネスコ政府間海洋学委員会（IOC）、FAO 及び ICSU の主催により、ジュネーブにおいて第 2 回世界気候会議（SWCC）が開催され、日本からも気象庁長官を含む政府代表団が出席した。この SWCC に向けて気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第 1 次評価報告書の第 1・第 2 作業部会の報告書がまとめられており、会議ではこの IPCC 報告書の確認も行われた。気候変動防止のための枠組条約に向けての動きも会議の焦点のひとつであったが、この FWCC から SWCC までの 11 年間のひとつの決算としての性格を持っていた。この間に気候変動が重要な問題として国際政治の場においても活発に検討されることとなり、SWCC では科学技術会合に加えて、世界各国の閣僚を集めた閣僚級会合も開催され、気候変動が人類の共通の関心事であることを認識し積極的で建設的な措置をとることを約束した「閣僚宣言」を発表した。また、科学技術会合では、WCP を強化し、「全球気候観測システム（GCOS: Global Climate Observing System）」を設立することなどが提言された。

第 3 回世界気候会議（WCC-3）は、平成 21 年（2009 年）8 月から 9 月にかけてジュネーブで開催された。155 の国・地域の首脳・閣僚級やその他政府代表者をはじめ、国際機関や気候問題の専門家など約 2,000 名が参加し、日本からも気象庁長官を含む政府代表団のほか、

気候変動や気候情報の利用分野の専門家が参加した。WCC-3 は、季節予報等の気候情報が気候変動への適応や気候リスク管理に有効に活用されるための世界的な枠組をどのように構築したら良いかが主なテーマとなり、気候問題の専門家が参加する専門家会合と首脳・閣僚級が参加するハイレベル会合で構成された。その結果、気候サービスの提供者と利用者間の連携強化を通じて、利用者が意思決定に活用しやすい気候情報の提供を推進する「気候サービスのための世界的枠組み（GFCS: Global Framework for Climate Services)」を構築することが決定された。

2．気候変動に関する政府間パネル

昭和 60 年（1985 年）10 月に WMO 及び UNEP 等が主催したフィラハ会議をきっかけに、地球温暖化問題に対する危機感が国際的に広がった。こうした危機感を背景として、昭和 63 年（1988 年）11 月、WMO と UNEP は、人為起源による気候変化、影響、適応及び緩和方策に関し、科学的、技術的、社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として、「気候変動に関する政府間パネル（IPCC)」を設立し、スイスのジュネーブにおいて第 1 回総会を開催した。この会合に日本は環境庁、外務省、農林水産省、通商産業省、気象庁からなる政府代表団を結成して参加した。この第 1 回会合にて、「気候変動に関する利用可能な科学的知見の評価」を担当する第 1 作業部会（WG1)、「気候変動の環境及び社会経済への影響評価」を担当する第 2 作業部会（WG2)、「対応戦略」を担当する第 3 作業部会（WG3）が設置された。これ以降、気象庁は日本政府における WG1 の担当省庁として、IPCC 会合への参加、IPCC 報告書の原稿執筆、とりまとめ等により、IPCC の活動に貢献してきた。

平成 2 年（1990 年）8 月にスウェーデンのスンツバルで開催された第 4 回総会において、各 WG からの報告書が IPCC 第 1 次評価報告書（FAR: First Assessment Report）としてまとめられ、同年 11 月の第 2 回世界気候会議に報告された。FAR では「人為的な温室効果ガスが大気中に蓄積し続けると、自然及び人間システムに対して重大な影響を及ぼしかねない気候変化が生じるであろう」との見解が示された。特に WG1 報告書のとりまとめにあたっては、気象研究所の職員が気候モデルによる予測に関する章の執筆責任者を務めたほか、執筆や査読に多くの職員が関与するなど、気象庁も貢献した。各作業部会の報告書には「政策決定者向け要約（SPM: Summary for Policymakers)」が含まれ、この形式はその後の評価報告書でも踏襲された。さらに平成 4 年（1992 年）2 月にスイスのジュネーブにおいて開催された第 7 回総会では、新たな科学的・技術的成果を取り入れた FAR の補遺がとりまとめられた。FAR 及びその補遺は、同年 5 月の「気候変動に関する国際連合枠組条約（UNFCCC)」の採択に決定的な役割を果たした。

IPCC は平成 4 年（1992 年）11 月にジンバブエのハラレで開催された第 8 回総会において、第 2 次評価報告書（SAR）の作成を決定した。また、UNFCCC の採択を踏まえて 3 つの作業部会が再編成され、WG1 は「科学的知見の高度化と温室効果気体の国別総排出量・吸収目録作成手法の開発」、WG2 は「影響評価と対応戦略」、WG3 は「横断的事項」を担当することとされた。

平成 6 年（1994 年）11 月にケニアのナイロビで開催された第 10 回総会では、当時作成中であった SAR 案の中から、UNFCCC の実施、特に発展途上国の国別報告の支援等に必要な資料がとりまとめられ、「特別報告書」として「気候変動の影響と適応策の評価のための技術ガイドライン」、「気候変化を引き起こす放射強制力に関する特別報告」、「IPCC1992 年排出シナリオの評価に関する特別報告」及び「温室効果ガス目録のための IPCC ガイドライン」が作成され、平成 7 年（1995 年）3 月の UNFCCC 第 1 回締約国会議（COP1）へ提出された。その後も IPCC は政策決定者や UNFCCC からの需要に応えるため、特定の課題に関する技術報告書や特別報告書を公表している。

SAR は、各 WG の報告書及びそれらをとりまとめた統合報告書として、平成 7 年（1995 年）12 月にイタリアのローマで開催された第 11 回総会で受諾された。SAR では「識別可能な人為的影響が地球全体の気候に現れていることが示唆される」との見解が示され、平成 9 年（1997 年）12 月の UNFCCC 第 3 回締約国会議（COP3）における京都議定書の採択に向けて、各国政府が参考にすべき重要な根拠を提供した。なお、SAR では WG1 報告書の政策決定者向け要約を中心に、気象研究所の予測実験結果が反映された。

その後、平成 9 年（1997 年）9 月にモルディブのマレで開催された第 13 回総会において、WG2 と WG3 の分担が再度整理され、WG2 は気候変動に対する脆弱性と影響評価を、WG3 は気候変動の緩和と横断的事項を所掌することとなり、さらに翌年 10 月にオーストリアのウィーンで開催された第 14 回総会では国別の温室効果ガスのインベントリ（排出量・吸収量目録）に関するタスクフォースが新たに設置された。こうして成立した、3 つの作業部会及びインベントリタスクフォース（TFI）という組織構成と、それらの所掌事項が現在まで続いている。また、TFI の共同議長及び技術支援ユニット（TSU）は、設置以来現在に至るまで日本が担っている。

新しい分担に基づき作成された第 3 次評価報告書（TAR）は、各 WG の報告書が平成 13 年（2001 年）4 月にケニアのナイロビで開催された第 17 回総会で、統合報告書が同年 9 月に英国のウェンブリーで開催された第 18 回総会で審議され、順次公表された。TAR では、「地球温暖化の大部分は、温室効果ガス濃度の増加によるものであった可能性が高い」と評価されたほか、気候変動の影響と適応の必要性に焦点が当てられた。これが重要な科学的根拠となり、同年 10 月から 11 月に開催された UNFCCC 第 7 回締約国会議（COP7）におけるマラケシュ合意を経て、平成 17 年（2005 年）2 月の京都議定書発効に至っている。

平成 18 年（2006 年）4 月にモーリシャスのポートルイスで開催された第 25 回総会では、TFI によって作成された、各国が温室効果ガスの排出量・吸収量を算出するための方法論をまとめた「2006 年 IPCC 国別温室効果ガスインベントリガイドライン」が採択され、同年 11 月の UNFCCC 第 12 回締約国会議（COP12）に提出された。平成 19 年（2007 年）5 月にタイのバンコクで開催された第 26 回総会では第 4 次評価報告書（AR4）の各 WG の報告書が、同年 11 月にスペインのバレンシアで開催された第 27 回総会では統合報告書が審議され、順次公表された。AR4 は前回の TAR の内容を支持するとともに、「人為起源の温室効果ガス濃度の増加によってもたらされた可能性が非常に高い」と地球温暖化の原因などについてより踏み込んだ内容となっており、地球温暖化を 2℃に抑えることに焦点をあてた「ポスト京都議定書」の合意に向けた土台を築いた。

地球温暖化に疑う余地がないとしたAR4は社会に大きなインパクトをもたらし、気候政策決定のための情報を提供し世界中で公衆の意識を喚起したことを理由に、IPCCは米国のゴア元副大統領とともに平成19年（2007年）のノーベル平和賞を受賞した。ところが、平成21年（2009年）にIPCCの報告書に関連した一部の研究者のメールの文面を根拠に地球温暖化に対し疑惑が投げかけられる事件（「クライメートゲート事件」と呼ばれた）など、IPCCの信憑性に疑問を投げかける事象がいくつか起こったことをきっかけとして、IPCCの手続きや手順に関する独立した機関によるレビューが行われ、平成22年（2010年）8月に国際科学組織であるインターアカデミーカウンシル（IAC: InterAcademy Council）からレビュー結果が公表された。IPCCは、IACによる勧告を踏まえ、平成23年（2011年）5月にアラブ首長国連邦のアブダビで開催された第33回総会において、報告書のプロセス、ガバナンス、マネジメント、広報戦略、及び利益相反ポリシーについて対応を決定した。そして翌年6月にスイスのジュネーブで開催された第35回総会までに、執行委員会の設置（総会間にIPCCとして迅速に意思決定できるようにするため平成23年（2011年）に新たに設置）などを含むIPCC統治原則の改訂やガイダンスの制定などの必要な作業を終えた。

新しいガイダンスは第5次評価報告書（AR5）の作成過程で適用された。このガイダンスにおいて、IPCCの報告書中における不確実性の表現について、全てのWGが「確信度」と「可能性」の2種類の指標を用いることとなった。また、評価報告書の作業部会報告書及び特別報告書については政策決定者向け要約（SPM）の承認と報告書本体の受諾を経ることなど、報告書の作成から審議までのプロセスも定められた。

こうしてAR5は、平成25年（2013年）9月にスウェーデンのストックホルムでの第36回総会でWG1報告書が、平成26年（2014年）3月に横浜での第38回総会でWG2報告書が、同年4月にドイツのベルリンでの第39回総会でWG3報告書が、同年10月のデンマークのコペンハーゲンでの第40回総会で統合報告書がそれぞれ審議の上、公表された。AR5では、気候システムに対する人間の影響は明瞭であり、近年の人為起源の温室効果ガスの排出量が史上最高になっていることや、近年の気候変動が人間及び自然システムに対し広範囲にわたる影響を及ぼしていることが結論づけられており、平成27年（2015年）11月から12月にかけて開催されたUNFCCC第21回締約国会議（COP21）におけるパリ協定の採択に際して、重要な科学的根拠を提供した。

COP21では、1.5℃の気温上昇による影響及びそれに関する温室効果ガス排出経路に関する報告書を作成することをIPCCに招請することも決定された。IPCCは第6次評価報告書（AR6）の計画を始めていたが、平成28年（2016年）4月にケニアのナイロビで開催された第43回総会において、UNFCCCの招請に応じることを決定した。こうして平成30年（2018年）10月に韓国の仁川で開催された第48回総会で審議され、公表されたのが「1.5℃特別報告書」（正式名称は「1.5℃の地球温暖化：気候変動の脅威への世界的な対応の強化、持続可能な開発及び貧困撲滅への努力の文脈における、工業化以前の水準から1.5℃の地球温暖化による影響及び関連する地球全体での温室効果ガス（GHG）排出経路に関するIPCC特別報告書」）である。この報告書により、1.5℃の気温上昇と2℃の気温上昇とでは、生じる影響に有意な差があることが示され、気候変動対策の議論を一層推し進めることとなった。

令和元年（2019年）5月には京都で第49回総会が開催され、「2006年IPCC国別温室効果ガスインベントリガイドラインの2019年改良」が採択され、パリ協定の実施に向けて、温室効果ガスの排出量・吸収量を算出する方法論の更新、補足及び精緻化がなされた。

同年8月にはスイスのジュネーブでの第50回総会における審議を経て「土地関係特別報告書」（正式名称は「気候変動と土地：気候変動、砂漠化、土地の劣化、持続可能な土地管理、食料安全保障及び陸域生態系における温室効果ガスフラックスに関するIPCC特別報告書」）、さらに同年9月にはモナコでの第51回総会における審議を経て「海洋・雪氷圏特別報告書」（正式名称は「変化する気候下での海洋・雪氷圏に関するIPCC特別報告書」）が続々と公表され、AR6の作成に向けて着実に科学的知見が積み上げられていった。しかしながら、令和2年（2020年）以降の新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の流行により、執筆作業に大幅な遅れが生じ、報告書を審議するための総会も当初予定よりも延期された上に、オンラインで開催されることとなった。

こうして第54回総会が令和3年（2021年）7月から8月にかけてオンラインで開催され、WG1報告書が公表された。同報告書では「人間活動が主に温室効果ガスの排出を通して地球温暖化を引き起こしてきたことには疑う余地がない」と、地球が温暖化していることのみならず、その主要因が人間活動であることについても「疑う余地がない」と評価された。

令和4年（2022年）2月には第55回総会がオンラインで開催され、WG2報告書が公表された。同報告書では「極端な気象と気候の増加により、自然と人間のシステムはそれらの適応能力を超える圧力を受け、それに伴い幾つかの不可逆的な影響をもたらしている」と評価され、影響の不可逆性や適応の限界が強調された。さらに、早期警戒システムが短期の防災策だけでなく、長期の適応策としても有効であることが示された。

続いて同年3月から4月にかけて第56回総会がオンラインで開催され、WG3報告書が公表された。同報告書では「2020年末までに実施されるものを超える政策の強化がなければ、GHG排出量は2025年以降も増加すると予測され、そうなれば2100年までに中央値で3.2℃の地球温暖化をもたらす」と評価され、パリ協定の目標を達成するには一層の排出削減が必要であることが示唆されている。

各WG報告書には、COVID-19の世界的流行から得られた知見も盛り込まれている。COVID-19の影響が徐々に収束するにつれて、国際会議の実地開催が可能になり、統合報告書を審議するための第58回総会は令和5年（2023年）3月にスイスのインターラーケンで開催された。こうして公表された統合報告書は、現時点で最新の気候変動に関する科学的知見の集成となっている。

現在IPCCでは、第7次評価報告書（AR7）のほか、気候変動と都市に関する特別報告書及び短寿命気候強制力因子（SLCF: Short-lived Climate Forcers）に関する方法論報告書等の作成に向けた議論が進められている。

3．気候変動に関する国際連合枠組条約

平成2年（1990年）8月にIPCCにより公表された「第1次評価報告書（FAR）」を踏まえ、同年12月の第45回国連総会において、地球温暖化防止に向けた条約策定のための政府間交

涉会議を開始することが決定された。この交渉会議は平成 3 年（1991 年）2 月から平成 4 年（1992 年）5 月にかけてのべ 6 回開催され、平成 4 年（1992 年）5 月に「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させること」を究極の目的とした「気候変動に関する国際連合枠組条約（UNFCCC）」が採択された。気象庁は第 1 回からこの交渉会議に政府代表団の一員として参画し、特に「研究及び組織的観測（同条約第 5 条に規定）」に関する条約案及び付属書案に関する議論に貢献した。同条約は同年 6 月にブラジルのリオデジャネイロで開催された国連環境開発会議（地球サミット）で署名が開始され、平成 6 年（1994 年）3 月に発効した。同条約では、当面の目標として先進国が温室効果ガスの排出量を 2000 年までに 1990 年レベルまで戻すことを定めていた。なお、交渉会議は条約発効後も同条約の一部の実施方法等について審議するため、平成 7 年（1995 年）2 月の第 11 回会合まで継続された。

UNFCCC に基づき、平成 7 年（1995 年）から毎年、締約国会議（COP）が開催されるようになった。COP は、全ての条約締約国が参加して条約の実施に関するレビューや各種決定を行う、UNFCCC における最高意思決定機関である。平成 7 年（1995 年）3 月から 4 月にかけ、ドイツのベルリンで開催された第 1 回締約国会議（COP1）には、約 120 の締約国のほか、国連関係機関、非政府組織（NGO）、報道関係者等、約 4,000 名が参加した。日本からは、環境庁、外務省、農林水産省、通商産業省、運輸省、気象庁ほか総勢 28 名が参加した。COP1 では、2000 年以降の温室効果ガス排出抑制の検討、温室効果ガス排出量の抑制に関する共同実施のあり方などが合意された。また、UNFCCC のもとに「科学上および技術上の助言に関する補助機関（SBSTA: Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice）」と「実施に関する補助機関（SBI: Subsidiary Body for Implementation）」が設置され、平成 7 年（1995 年）8 月から 9 月にかけてこれら補助機関の第 1 回会合が開催された。これ以降、気象庁も政府代表団の一員として SBSTA を中心に会合に参加し、「研究及び組織的観測」に関する議論や IPCC の報告書に関する評価等に貢献している。

平成 9 年（1997 年）12 月の第 3 回締約国会議（COP3、日本では「地球温暖化防止京都会議」と呼ばれた）では、温室効果ガス排出削減に関する法的拘束力を持つ初めての国際枠組として、「京都議定書」が採択された。京都議定書の採択を受け、平成 10 年（1998 年）に日本においても「地球温暖化対策推進法」が制定され、日本の地球温暖化対策が具体的に始まった。また、COP3 が日本で開催されるのを機会に、気象庁と（財）日本気象協会は平成 9 年（1997 年）12 月に神戸で「気候変動の監視・予測及び情報の利用に関する国際ワークショップ」を開催した。同ワークショップでは、IPCC 議長、WMO 事務局長をはじめ内外の気候関連の研究者、各国の気象機関等から約 120 名が出席し、各国の気象水文機関による科学的評価活動の継続・強化の必要性を謳った「神戸ステートメント」を採択した。

京都議定書の発効には 55 か国以上の締結が必要であるなどの発効要件を満たす必要があった。平成 10 年（1998 年）11 月にアルゼンチンのブエノスアイレスで開催された第 4 回締約国会議（COP4）において、京都議定書の詳細な実施細目の策定作業を第 6 回締約国会議（COP6）までに完了させることを盛り込んだ「ブエノスアイレス行動計画」が採択された。しかしながら、平成 12 年（2000 年）11 月にオランダのハーグで開催された第 6 回締約国会議（COP6）では合意が成立せずに会議が中断され、平成 13 年（2001 年）7 月にドイツのボンで再開され、実施細目の骨格要素について合意に至った。そして同年 10 月から 11 月にかけてモロッコのマラケシュで開催された第 7 回締約国会議（COP7）において、森林吸収量の算入上限や、各国の数値目標を達成するための補助的手段としての「京都メカニズム」（クリーン開発メカニズム、共同実施、排出量取引）に関する規定など、詳細な京都議定書の実施細目が決定され（マラケシュ合意）、京都議定書運用のための準備がおおむね整った。これを受けて、日本は京都議定書を平成 14 年（2002 年）6 月に締結した。最終的に、判断を見送っていたロシアが平成 16 年（2004 年）に締結したことにより、京都議定書は平成 17 年（2005 年）2 月に発効された（ただし、世界第 2 位の温室効果ガス排出量を持つ米国は締結しなかった）。

京都議定書では、先進国は 2008 年から 2012 年まで（第一約束期間）に 1990 年比で一定値（日本は 6%）を削減することが規定されており、日本はこれを踏まえて平成 17 年（2005 年）4 月に「地球温暖化対策推進法に基づく京都議定書目標達成計画」を閣議決定し、基準年比 6%減の目標を掲げた（この目標は、森林吸収量と京都メカニズムによるクレジットを加味した上で、達成された）。

一方で、京都議定書には 2013 年以降の具体的な温室効果ガスの削減については規定されていなかったため、平成 19 年（2007 年）12 月にインドネシアのバリ島で開催された第 13 回締約国会議（COP13）において、2013 年以降の枠組を第 15 回締約国会議（COP15）までに合意を得て採択することとされた。しかしながら、平成 21 年（2009 年）12 月にデンマークのコペンハーゲンで開催された COP15 において、先進国は、京都議定書を締結していない先進国（米国）や同議定書の下で義務を負わない主要途上国（中国、インド等）の排出削減を含めた包括的かつ実効的法的枠組を構築すべしと主張したため、議論が継続されることとなった。また、世界全体の気温の上昇が 2℃以内にとどまるべきであるとの科学的見解を認識し、長期の協力的行動を強化する「コペンハーゲン合意」が日本を含む 30 近くの国・機関の首脳級会合でなされた。

平成 23 年（2011 年）11 月から 12 月にかけて南アフリカのダーバンで開催された第 17 回締約国会議（COP17）では、第二約束期間（2013 年～ 2018 年）の設定に関する合意がなされた一方で、全ての国が参加しない京都議定書は公平性、実効性に問題を抱えているとの観点から、日本はロシア、カナダと共に第二約束期間に参加しないことを正式に表明した。また、新しいプロセスである「強化された行動のためのダーバン・プラットフォーム特別作業部会（ADP: Ad hoc Working Group on Durban Platform for Enhanced Action）」が立ち上げられ、可能な限り早く、遅くとも 2015 年中に作業を終えて、議定書、法的文書又は法的効力を有する合意成果を 2022 年から発効させ、実施に移すとの道筋に合意した。

平成 25 年（2013 年）11 月にポーランドのワルシャワで開催された第 19 回締約国会議（COP19）において、全ての国に対して 2020 年以降の削減目標を COP21 に十分先立ち作成することが招請されたことから、日本は平成 27 年（2015 年）7 月に、温室効果ガスの排出量を 2030 年度に 2013 年度水準から 26.0%削減するという目標を提出した（他の多くの国も、同年に削減目標を提出した）。

そして平成 27 年（2015 年）11 月から 12 月にかけて、フランスのパリにおいて第 21 回

締約国会議（COP21）が開催された。ADP における事務レベルの交渉を経て、閣僚間で更に協議を重ねた結果、2020 年以降の温室効果ガス排出削減等のための新たな法的枠組である「パリ協定」が採択された（平成 28 年（2016 年）発効）。パリ協定は、歴史上初めて先進国、途上国を問わず全ての国が参加する公平な気候変動対策の枠組であり、「世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて 2℃より十分低く保つとともに、1.5℃までに抑える努力を追求する」ことが世界共通の長期目標として掲げられた。また、全ての国が削減目標を 5 年ごとに提出・更新すること、5 年ごとに世界全体の気候変動対策の進捗状況を評価すること（グローバルストックテイク）なども定められた。

さらに COP21 では、1.5℃の気温上昇による影響及びそれに関する温室効果ガス排出経路に関する報告書を作成することを IPCC に招請することが決定された。これを受けて IPCC は平成 28 年（2016 年）4 月に報告書の作成を決定し、平成 30 年（2018 年）10 月に「1.5℃特別報告書」として公表した。この報告書により、1.5℃の気温上昇と 2℃の気温上昇とでは、生じる影響に有意な差があることが示され、気温上昇を 1.5℃に抑えることの重要性が一層強調されるようになった。日本は令和 2 年（2020 年）10 月、2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「カーボンニュートラル」を目指すことを宣言し、翌年 4 月には、温室効果ガス排出量を 2030 年度に 2013 年度水準から 46％削減し、更に 50％の高みに向けて挑戦を続けることを表明した。

パリ協定では、このような緩和策の推進に加えて、適応に関する能力の向上並びに気候変動に対する強靱性の強化及び脆弱性の減少という「適応に関する世界全体の目標」（GGA: Global Goal on Adaptation）も掲げられるなど、適応策の推進も盛り込まれた。

令和 3 年（2021 年）8 月公表の IPCC 第 6 次評価報告書（AR6）第 1 作業部会報告書では更に知見が集積され、「一部の極端現象の発生は、地球温暖化の進行に伴い、1.5℃の地球温暖化でさえも、観測史上例のないほどに増加する」、「向こう数十年の間に CO_2 及び他の温室効果ガスの排出が大幅に減少しない限り、21 世紀中に 1.5℃及び 2℃の地球温暖化を超える」ことなどが示された。令和 3 年（2021 年）10 月から 11 月にかけて英国のグラスゴーで開催された第 26 回締約国会議（COP26）では、改めて 1.5℃の努力目標を追求する決意が確認された。

続く令和 4 年（2022 年）2 月公表の AR6 第 2 作業部会報告書では、「人為起源の気候変動は、極端現象の頻度と強度の増加を伴い、自然と人間に対して、広範囲にわたる悪影響と、それに関連した損失と損害を、自然の気候変動の範囲を超えて引き起こしている」ことなどが示され、同年 11 月にエジプトのシャルム・エル・シェイクで開催された第 27 回締約国会議（COP27）では、ロス＆ダメージ（気候変動の悪影響に伴う損失と損害）に対する支援のための基金を設立することなどが決定された。

令和 5 年（2023 年）11 月から 12 月にアラブ首長国連邦のドバイで開催された第 28 回締約国会議（COP28）では、パリ協定に基づく最初のグローバルストックテイクが実施され、1.5℃目標達成のための緊急的な行動の必要性などが決定文書に盛り込まれた。このグローバルストックテイクを踏まえ、各国は 2035 年までの排出削減目標を提出することとされている。また、GGA の達成に向けて、国主導かつ自主的なものとして、テーマ別の 7 つの目標と適応サイクルについての 4 つの目標を設定した「UAE フレームワーク」が採択された。

【第 3 節】国内の動き

1．検討会等

（1）気候問題懇談会

昭和 54 年 2 月にスイスのジュネーブで第 1 回世界気候会議が開催され、同年 5 月に WMO が世界気候計画を採択するなどの世界的な動向も踏まえ、気候問題の実態を把握し、国内・国外の気候問題の施策の方向を学際的に検討するため、気象庁は同年 11 月に関係省庁及び学識経験者からなる「気候問題懇談会」の第 1 回懇談会を開催した。本懇談会の事務局は、昭和 55 年 7 月に総務部企画課に設置された気候調査企画室、さらに翌年 4 月に総務部企画課に設置された気候変動対策室が担っていた（気候変動対策室は平成 8 年 7 月に気候・海洋気象部が設置されるまで存続し、以降は同部が事務局を担った）。

昭和 54 年度以降、気候問題懇談会は、平成 2 年度（第 46 回）までは年 4 回程度、平成 3 年度から平成 18 年度まで（第 47 回～第 72 回）は年 2 回程度開催され、専門家と関係行政機関の気候問題に関する情報交換の場として機能してきた。昭和 63 年 9 月には、専門的事項を検討する場として懇談会の下で「温室効果検討部会」を開催し、温室効果気体の実態と今後の気候の見通しについての知見をとりまとめた「温室効果気体の増加に伴う気候変化（Ⅰ）、（Ⅱ）」を平成元年、平成 2 年に公表した。しかしながら、平成 9 年 12 月の国連気候変動枠組条約（UNFCCC）第 3 回締約国会議（COP3）における京都議定書の採択を受けて平成 10 年 10 月に地球温暖化対策推進法が制定されるなど、この間、関係行政機関がそれぞれの担当分野の気候変動対策を開始し、国を挙げて気候変動対策が行われるようになってきたことに伴い、平成 19 年度から平成 27 年度まで（第 73 回～第 79 回）は、主として気象庁の気候関連の取組について懇談を行い専門家の意見を聴取する場へと変化し、開催頻度は年 1 回程度となっていた（なお、平成 17 年 7 月の地球環境・海洋部の設置に伴い、以降は同部が事務局を担った）。

（2）気候変動対策関係省庁連絡会及び気候情報連絡会

気象庁は、世界気候計画（昭和 54 年の第 8 回世界気象会議で採択）を踏まえ、気候情報の社会・経済活動への有効利用及び政策決定への活用を目的として、独自の「気候変動対策基本計画」を昭和 56 年 6 月に策定した。同年 7 月には同計画に基づき、行政機関が気候変動の影響を軽減・防止するのに役立つ気候情報を提供することを目的として、気象庁総務部長を座長として 12 の省庁が参加する「気候変動対策関係省庁連絡会」を設置し、気象庁から関係省庁に対して定期的に気候情報等の解説が行われるようになった。さらに、昭和 59 年には管区・沖縄気象台及び新潟・高松・鹿児島地方気象台において、各地域の関係機関に対して気候情報等の有効利用を図るため、「気候情報連絡会」を設置した。

これらの連絡会は、地球温暖化対策推進法（平成 10 年 10 月成立）や気候変動適応法（平成 30 年 6 月成立）をはじめとして、具体的な気候変動対策のための枠組が整備されるにつれて縮小していった（気候情報連絡会は令和 3 年度末に廃止）。現在は地球温暖化対策推進本部（本部長は内閣総理大臣）や気候変動適応推進会議（議長は環境大臣）などの下で、気象庁は政府の一員として、気候変動の科学的根拠を提供する役割を担っている。また、地方では「地域エネルギー・温暖化対策推進会議」（経済産業省及び環境省）や「気候変動適応広域協議会」（環

境省）などに管区・沖縄気象台が参画し、気候変動に関する情報提供を続けている。

（3）気候変動に関する懇談会

平成 28 年 11 月にパリ協定が発効し、日本でも気候変動適応法（平成 30 年法律第 50 号）が成立するなど、国内外で気候変動に関する政策策定の動きが加速する中、国内各地域における気候変動対策の取組の支援を関係機関とともに積極的に推進するため、気象庁は気候問題懇談会を発展的に改組し、新たに気候変動研究プロジェクトを推進する文部科学省と「気候変動に関する懇談会」を共催することとした。懇談会の事務局は気象庁地球環境・海洋部地球環境業務課（令和 2 年 10 月の組織改編以降は大気海洋部気象リスク対策課）及び文部科学省研究開発局環境エネルギー課が担うこととなった。

第 1 回懇談会（平成 30 年 6 月）では、会長に花輪公雄東北大学名誉教授が選出され、日本の気候変動に関する取組や今後の取組の方向性について議論が行われた。気候変動情報に関するニーズ及び課題に対応し、政府・自治体等による地球温暖化対策の推進に貢献するため、文部科学省及び気象庁は、懇談会の助言を踏まえつつ、気候変動の研究、分析・評価、情報提供までを体系的に取り組むこととした。これを受けて、当面の取組として、令和 2 年度までに日本の気候変動の実態と見通しに関する統一的な見解をまとめた報告書を作成することとした。この報告書の作成のため、同懇談会の下に評価検討部会を立ち上げることとなった。

第 2 回懇談会（平成 31 年 2 月）では、第 1 回懇談会で了承された報告書の作成に向けて気候変動に関する懇談会評価検討部会とよく相談しながら作業を進めることや、各地域・各分野の適応に必要な要素・解像度・予測対象期間を踏まえた気候予測データセット（以下「気候予測データセット 2022」という。）を整備するとともに、影響評価研究者や地方公共団体、事業者等のデータセット利用者に向けた解説書を作成することとした。

第 3 回懇談会（令和 2 年 2 月）では、報告書の進捗や気候予測データセット 2022 の検討状況について意見交換が行われた。

第 4 回懇談会（令和 2 年（2020 年）12 月）では、報告書の名称を「日本の気候変動 2020」とすることや気候予測データセット 2022 の具体化等について意見交換が行われた。なお、日本の気候変動 2020 は令和 2 年 12 月 4 日に公表され、環境省が気候変動適応法に基づき同年同月 17 日に初めて公表した「気候変動影響評価報告書」へのインプットとなった。

第 5 回懇談会（令和 3 年 11 月）では、気候予測データセット 2022 の準備状況や日本の気候変動 2020 公表後の周知広報活動等について説明が行われ、これらについて意見交換が行われた。また、次回報告書の公表時期について、気候変動影響評価報告書の公表（おおむね 5 年ごと）等を考慮して検討することになった。

第 6 回懇談会（令和 4 年（2022 年）11 月）では、気候予測データセット 2022 及び解説書の公表に向けて最終的な意見交換が行われた（同年 12 月公表）。また、「日本の気候変動 2020」の後継にあたる「日本の気候変動 2025」を、令和 6 年度の公表を目指して作成を開始すること、また、作成にあたって評価検討部会を開催して助言を受けることについて了承された。

第 7 回懇談会（令和 6 年 2 月）では、気候予測データセット 2022 の更新に関する検討状況や、日本の気候変動 2025 の作成状況が報告された。また、大雨等の極端現象の頻度と強度の変化について、観測データを用いた現在までの統計や、気候モデルによる計算結果を用いた将来予測をとりまとめ、日本の気候変動 2025 に盛り込む方針についても報告された。

2．気候変動に関する科学的知見の提供

（1）「異常気象レポート」

昭和 47 年に世界各地で発生した干ばつ等による世界的な食糧需給の逼迫を契機として、気象庁は昭和 48 年 4 月に「近年の世界の気候について」と題した当面の見解を発表した。一方、農林省においては、作物生産と異常気象の関係及び世界的需給の構造変化について検討を進めていた。このため、気象庁は「気候変動調査研究会」（学識経験者、農林省、気象庁の専門家で構成。会長は福井英一郎東京教育大学名誉教授。）を、農林省は「世界食糧需給問題研究会」をそれぞれ設置し、両省庁は協同して、国の政策実施に緊急に措置する必要のある調査研究として、昭和 48 年度政策推進調査調整費により「世界の食糧需給の構造変化とその見通しに関する調査」を実施することとなった。この調査において、気象庁は海外現地調査やアンケート調査を含む「世界の異常気象の実態とその見通しについての調査」を分担し、その成果として、昭和 49 年 3 月に「近年における世界の異常気象の実態調査とその長期見通しについて」（通称「異常気象レポート」）を発表した。

昭和 51 年 6 月に WMO が「気候変動に関する WMO 声明」と「気候変動に関する WMO 執行委員会専門家会議による技術報告」を発表するなど、国際的な気候変動への関心の高まりや社会の要請を踏まえ、気象庁は同年 10 月に「気候変動調査委員会（観測部長を委員長とし、庁内各部と研究所の職員から委員を選出。）」を設置し、調査結果を昭和 54 年 3 月に「近年における世界の異常気象の実態調査とその長期見通しについて（Ⅱ）」として発表した。

以降、気象庁は平成 27 年までに計 8 巻の「異常気象レポート」を発表した（正式に「異常気象レポート」と題されるのは第 3 巻以降であり、第 4 巻から副題が変更されたが、便宜上いずれも「異常気象レポート」という）。

異常気象レポートの作成は、第 2 巻（昭和 54 年 3 月発表）から第 4 巻（平成元年 3 月発表）まで気候変動調査委員会が担い、第 5 巻（平成 6 年 3 月発表）では「気候変動対策推進委員会」、第 6 巻（平成 11 年 9 月発表）では「異常気象レポート編集委員会」へと作成が引き継がれた。以降はレポート作成のための委員会を置かず、第 7 巻では気候問題懇談会及び気候問題懇談会検討部会、第 8 巻では気候問題懇談会検討部会から助言を受けながら作成された。

なお、各レポートのタイトルとその発表年月は表 5-4-3-1 のとおり。

表 5-4-3-1　異常気象レポートのタイトルと発表年月

タイトル	発表年月
近年における世界の異常気象の実態調査とその長期見通しについて	昭和49年3月
近年における世界の異常気象の実態調査とその長期見通しについて（II）	昭和54年3月
異常気象レポート'84　近年における世界の異常気象の実態調査とその長期見通しについて（III）	昭和59年3月
異常気象レポート'89　近年における世界の異常気象と気候変動―その実態と見通し―（IV）	平成元年3月
異常気象レポート'94　近年における世界の異常気象と気候変動―その実態と見通し―（V）	平成6年3月
異常気象レポート'99　近年における世界の異常気象と気候変動―その実態と見通し―（VI）	平成11年9月
異常気象レポート2005　近年における世界の異常気象と気候変動―その実態と見通し―（VII）	平成17年10月
異常気象レポート2014　近年における世界の異常気象と気候変動―その実態と見通し―（VIII）	平成27年3月

第 1 巻「近年における世界の異常気象の実態調査とその長期見通しについて」（昭和 49 年（1974 年）3 月）の背景には上述の世界的な干ばつ等による食糧需給の逼迫があり、主に 1940 年頃からの北半球の極地方を中心とした寒冷化傾向と異常気象の関連に焦点が当てられ、19 世紀以前の低温期にも言及するなど、温暖化よりも寒冷化の観点での解説が中心であった。将来予測については、一説として二酸化炭素による温室効果も紹介されたものの、多くの説があり確定的な学説はないと結論づけられていた。

第 2 巻「近年における世界の異常気象の実態調査とその長期見通しについて（II）」（昭和 54 年（1979 年）3 月）では第 1 巻に引き続き寒冷化に焦点が当てられたが、1970 年代には北極地方の著しい寒冷化が平均の水準に回復したことが報告された。また、将来的に人間活動が気候に及ぼす影響として二酸化炭素の増加に注目すべきと報告されるなど、温暖化の観点にも焦点が当てられるようになった。

第 3 巻「異常気象レポート '84　近年における世界の異常気象の実態調査とその長期見通しについて（III）」（昭和 59 年（1984 年）3 月）では、前巻以降の異常気象及び気候変動の実態調査に加え、昭和 58 年 7 月から 9 月にかけて気候変動調査委員会が WMO 加盟主要国の気象機関及び国内外の気候の専門家に対して実施したアンケート調査の結果も盛り込まれた。同レポートでは、北半球で 1960 年代後半以降温暖化傾向が続いていることが報告された。また、アンケートによると、多くの外国気象機関が気候変動の要因として二酸化炭素を挙げ、今後、天候に対する社会の脆弱性が増大するとの見解を示したことが報告されるなど、明確に寒冷化から温暖化に軸足を移した内容となった。

第 4 巻「異常気象レポート '89　近年における世界の異常気象と気候変動―その実態と見通し―（IV）」（平成元年（1989 年）3 月）では、異常気象よりも時間スケールの長い気候変動がより重視され、二酸化炭素等による温暖化の兆候や予想される海面水位の上昇にも触れられ、さらにオゾン層破壊や異常気象の要因のひとつとしてエルニーニョ現象についても取り上げられた。

第 5 巻「異常気象レポート '94　近年における世界の異常気象と気候変動―その実態と見通し―（V）」（平成 6 年（1994 年）3 月）では、月平均気温と月降水量の定量的な評価が示されるとともに、気候を変動させる様々な要因の科学的理解と、気候変動の実態把握と予測における不確実性の低減に向けて、また異常気象や気候変動への対応のために気候系の監視・予測及びその成果の提供についての課題も挙げられた。

第 6 巻「異常気象レポート '99　近年における世界の異常気象と気候変動―その実態と見通し―（VI）」（平成 11 年（1999 年）9 月）では、地球温暖化と最近の気候との関係性について、「監視結果や研究成果に基づき総合的に検討すると、現在の気候に二酸化炭素等の増加による人為的影響が現れていることが示唆される」との見解が示された。

第 7 巻「異常気象レポート 2005　近年における世界の異常気象と気候変動―その実態と見通し―（VII）」（平成 17 年（2005 年）10 月）では、特に地球温暖化と異常気象との関係に焦点が当てられ、世界や日本の長期的な気温の上昇傾向には地球温暖化の影響が現れている可能性が高く、日本の大雨の日数の長期的な増加傾向には地球温暖化の影響が現れている可能性があるとの見解が示された。なお、地球温暖化に伴う異常気象の増加の懸念を踏まえ、平成 18 年度には気象庁ホームページに「異常気象リスクマップ」として、極端な大雨の発生頻度及び強度、並びに大雨の発生回数の長期変化傾向に関する情報がまとめられた。

第 8 巻「異常気象レポート 2014　近年における世界の異常気象と気候変動―その実態と見通し―（VIII）」（平成 27 年（2015 年）3 月）では、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第 5 次評価報告書第 1 作業部会報告書（平成 25 年 9 月）などの情報に基づき、日本の長期的な気温の上昇傾向は地球温暖化が主な要因であると考えられるとの見解が示された。また、当時研究の進展が注目されていた、個々の異常気象に対する地球温暖化の影響を定量化する手法である「イベント・アトリビューション」の事例が紹介された。

異常気象レポートが担ってきた日本の気候変動に関する科学的知見の提供の役割は、社会の関心の中心が当初の目的であった気候変動の実態解明から、気候変動への具体的な対策に資する情報（特に、気候変動適応法（平成 30 年法律第 50 号）に基づく気候変動影響評価報告書や気候変動適応計画へのインプット）へと移ってきたことを背景として、後述の「日本の気候変動 2020」（文部科学省・気象庁）等の取組に引き継がれている。

（2）「地球温暖化監視レポート」及び「気候変動監視レポート」

平成 2 年に IPCC 第 1 次評価報告書がとりまとめられるなど、地球温暖化に関する社会的な関心の高まりを受け、気象庁は平成 4 年（1992 年）3 月に「地球温暖化監視レポート 1991」を公表した。同レポートは、気候問題懇談会の下に設置された温室効果検討部会がそれぞれ平成元年と平成 2 年に公表した「温室効果気体の増加に伴う気候変化（I）、（II）」を気象庁の業務として引き継いだものであり、同検討部会の助言を受けながら、平成 2 年に観測部管理課統計室に設置された「温暖化情報センター」が中心となり、温室効果ガス濃度等の観測成果をまとめたものである（平成 8 年 7 月の組織再編により、温暖化情報センターの業務は観測部環境気象課へ引き継がれた）。

地球温暖化監視レポートは、「異常気象レポート '94」を公表した平成 6 年（1994 年）を除き毎年公表しており、平成 9 年からは気候変動全般の監視とその動向について公表するという内容により即した「気候変動監視レポート」と名称を変更し、現在に至るまで毎年公表している。

なお、地球温暖化監視レポート及び気候変動監視レポートには、平成 2 年に気象庁に設置

された「温暖化情報センター」を中心とした気象庁の地球温暖化関連の活動成果に加えて、「オゾン層の保護に関するウィーン条約」（昭和 60 年採択）及び「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」（昭和 62 年採択）に対応して、平成元年に気象庁に設置された「オゾン層解析室」による活動成果もまとめていたが、令和 3 年（2021 年）4 月公表の「気候変動監視レポート 2020」以降には掲載せず、気象庁ホームページの「オゾン層・紫外線の年のまとめ」で報告することとしている。

（3）「地球温暖化予測情報」

1990 年代以降、地球温暖化予測技術に関する研究が進んだ。平成 8 年 7 月、気象庁は気象研究所で開発された全球大気・海洋結合モデルによる気候変動予測計算の結果を「地球温暖化予測情報」として公表した。その後も気象研究所において継続的に気候変動予測の研究が進められ（平成 7 年度から平成 11 年度の特定研究「地球温暖化予測技術の高度化」、平成 12 年度から 16 年度の特定研究「地球温暖化によるわが国の気候変化予測に関する研究」、平成 17 年度から 22 年度の特定研究「温暖化による日本付近の詳細な気候変化予測に関する研究」）、平成 17 年度からの特定研究では、地球システムモデル及び雲解像地域気候モデル（水平解像度 4km）が開発された。

このような地球温暖化予測技術の向上と連動して、最新の予測計算の結果を解析して「地球温暖化予測情報」としてとりまとめ、平成 8 年 7 月の第 1 巻公表以降、第 9 巻まで公表した。

第 1 巻（平成 8 年 7 月）では、大気中の二酸化炭素濃度が年率 1％で増加する場合の今後 100 年間の気候の変化についてとりまとめ、世界全体の気温、降水量、海面水温等の地理的分布の変化を掲載した。

第 2 巻（平成 10 年 7 月）では、大気中の二酸化炭素濃度が年率 0.5％で増加する場合の 150 年先までの地球温暖化に関する予測情報をとりまとめ、世界全体の気温、降水量、海面水温等の地理的分布の変化を掲載した。

第 3 巻（平成 11 年 11 月）では、大気中の二酸化炭素濃度を年率 1％で増加させるとともに、産業活動によって排出され、冷却効果をもたらす硫酸エーロゾルの濃度分布の変化を新たに考慮した場合の 100 年先までの地球温暖化に関する予測情報をとりまとめた。

第 4 巻（平成 13 年 4 月）では、第 1 巻と同じシナリオを使用しつつ、新たに気温の日較差や降水量がどう変化するかに着目した予測実験の結果を提供した。加えて、これまでは全球気候モデルによる予測結果だけであったが、日本付近に領域を限った地域気候モデル（水平解像度 40km）による予測実験結果も新たに提供した。

第 5 巻（平成 15 年 3 月）では、IPCC による SRES（Special Report on Emission Scenarios）シナリオに基づき、新たに開発した全球気候モデルを用いた世界全体の気温、降水量、海面水温等の予測結果を掲載した。

第 6 巻（平成 17 年 5 月）では、IPCC の SRES シナリオに基づいて、従来よりも解像度の高い地域気候モデル（水平解像度 20km）を使用し、日本付近の通年の詳細な気候の変化を初めて示すとともに、新たに都市気候モデルを用いた関東地方の夏季の気候の変化の予測結果も提供した。

第 7 巻（平成 20 年 3 月）では、IPCC の SRES シナリオのうち、将来の温室効果ガスが高排出の場合と低排出の場合で約 100 年後の日本付近の気候にどのような違いが現れるかに着目し、日本の気温や降水量、海面水温等の予測結果を提供した。

第 8 巻（平成 25 年 3 月）では、予報現業での実績がある非静力学モデルをベースとし、従来に比べて大幅に解像度を高められた非静力学地域気候モデル（水平解像度 5km）を使用して、21 世紀末の日本の気温や降水量等の予測結果を提供した。特に、高解像度の領域気候モデルを使用したことで、短時間強雨の発生頻度の将来予測が初めて可能となった。

第 9 巻（平成 29 年 3 月）では、第 8 巻と同様に高解像度の非静力学地域気候モデル（水平解像度 5km）を使用し、新たに IPCC の RCP8.5 シナリオに基づいて予測計算を行い、21 世紀末における日本の気温や降水量等の予測結果を提供した。さらに第 9 巻については、レポートで用いられた気候予測データセットが平成 30 年に文部科学省の「データ統合・解析システム（DIAS）」に掲載されるとともに、利用者向けのマニュアルとして「『地球温暖化予測情報第 9 巻』データセット解説書」もあわせて提供された。

地球温暖化予測情報が担った役割は、後述の「日本の気候変動 2020」及び「気候予測データセット 2022」（文部科学省・気象庁）に引き継がれている。

（4）「日本の気候変動とその影響」

平成 21 年 10 月、気象庁は、文部科学省及び環境省と共同して、地球温暖化に関する体系立った情報の提供及び省庁や地方自治体が気候変動適応策を立案するための科学的根拠の提供を目的として、「温暖化の観測・予測及び影響評価統合レポート『日本の気候変動とその影響』」を公表した。同レポートは、気象庁が関係省庁と連携して、適応策への活用を意識し、日本を対象とした気候変動の観測・予測から影響評価に至るまでの知見を統合した最初のレポートであった。レポートの内容は平成 19 年公表の IPCC 第 4 次評価報告書（AR4）を踏まえており、作成にあたっては専門家委員会が開かれ、レポートの構成等の検討や査読等が実施された。

平成 25 年 4 月には、気候変動により現在生じている影響及び将来予測される影響に関する記述を拡充し、改訂版として「気候変動の観測・予測及び影響評価に関する統合レポート『日本の気候変動とその影響（2012 年度版）』」を公表した。さらに平成 30 年（2018 年）2 月には、平成 25 年から平成 26 年にかけて公表された IPCC 第 5 次評価報告書（AR5）を踏まえて再度改訂し、「気候変動の観測・予測・影響評価に関する統合レポート 2018 ～日本の気候変動とその影響～」を公表した。平成 30 年の改訂においては、気象庁、文部科学省及び環境省に加えて、農林水産省及び国土交通省も作成に加わった。

同レポートの果たした役割のうち、気候変動の観測・予測に関しては「日本の気候変動 2020」（文部科学省・気象庁）に、影響評価に関しては気候変動適応法に基づく気候変動影響評価報告書（環境省）に引き継がれている。

（5）「日本の気候変動 2020」及び「気候予測データセット 2022」

平成 27 年に国連気候変動枠組条約（UNFCCC）第 21 回締約国会議（COP21）で「2℃目標」を世界共通の長期目標とする「パリ協定」が採択されて以降、国内では地球温暖化対策推進法に基づく地球温暖化対策計画が策定され、さらに令和 2 年には新たな目標として「2050 年カーボンニュートラル」が示され、気候変動適応法に基づく気候変動適応計画も策定されるなど、気候変動対策の取組が進められてきた。こうした中で、文部科学省及び気象庁は、共同

で運営する「気候変動に関する懇談会」の助言を受け、気候変動適応法に基づく国の責務として、国や地方公共団体、事業者、あるいは国民が、気候変動緩和・適応策や気候変動影響評価の基盤情報（エビデンス）として使えるよう、気候変動に関する最新の科学的知見を総合的にとりまとめることとなった。

このようにして、文部科学省及び気象庁は、同懇談会の下に立ち上げた評価検討部会からの助言を得ながら、日本及びその周辺における大気中の温室効果ガスの状況や、気候システムを構成する諸要素（気温や降水、海面水位・水温など）の観測成果と将来予測をとりまとめた「日本の気候変動 2020―大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書―」（以下「本報告書」という。）を令和 2 年（2020 年）12 月に公表した。

また、各管区及び沖縄気象台は、本報告書で用いた観測・予測データに基づき、各都道府県における気候変動の観測成果及び将来予測に関する情報をとりまとめたリーフレットを作成し、令和 4 年 2 月から 3 月にかけて公表した。

さらに、地方公共団体における地域気候変動適応計画の策定や施策の推進の進展に加え、民間企業における環境等に配慮した投資（ESG 投資）の拡大や TCFD（気候関連財務情報タスクフォース）等の枠組に基づく気候関連リスクの開示の取組の活発化も踏まえて、文部科学省及び気象庁は、「気候変動に関する懇談会」の助言を受け、国内の気候変動研究プログラム等において作成された気候変動予測データをとりまとめた「気候予測データセット 2022」及び当該データセットの内容や利用上の注意点等をまとめた解説書を令和 4 年（2022 年）12 月に公表した。

3．気候講演会

気象庁は、平成元年度から毎年、一般を対象に地球環境問題に関する最新の科学的知見やその対策などについての知識を深めていただくために、「気候講演会」を日本各地で開催してきた。平成元年 8 月には、「21 世紀の気候はどうなる」と題した講演会を東京で開催し、地球温暖化やオゾン層破壊等の地球規模の気候問題について科学的な側面から周知を図った。以降の気候講演会は地球温暖化の科学や異常気象等をテーマとして毎年東京で開催してきたが、平成 14 年 11 月には、気候変動に対する地域レベルでの問題意識の高まり等も踏まえ、初めての試みとして、首都圏以外の方々にも参加いただけるよう、開催地を東京から神戸に移して開催した。以降、気候講演会は、地域における気候変動の影響や対策等も話題に含めつつ、全国各地で開催されるようになった。近年では、平成 30 年に高校生を招いたパネルディスカッションを初めて開催するなど、若者を主な対象とした講演会も開催するようになった。また、気象キャスターや防災の専門家等を招いて、気候変動に伴う防災対策の重要性について取り上げる講演会も多く開催するようになった。令和２年からの新型コロナウイルス感染症の拡大以降は、従来の会場に人を集めて実施する形式だけでなく、オンラインによる講演動画の配信も行うようになった。

4．気候予測データ及び研究参画

気象庁では、気象研究所で開発された気候モデルによる予測計算の結果を解析し、気候変動対策の検討に資する基盤的情報として公開している。

平成 24 年度から 26 年度には環境研究総合推進費「CMIP5 マルチモデルを用いたアジア域気候の将来変化予測に関する研究（研究代表者は東京大学大気海洋研究所の高薮縁教授）」においては、気候情報課職員が研究協力者として参画し、新しい温室効果ガス濃度シナリオによる複数モデルの予測結果を利用して、温暖化に伴う将来の日本付近の気候について調査した。

「地球温暖化予測情報」第 5 巻（平成 15 年 3 月）及び第 6 巻（平成 17 年 3 月）で用いられた気候予測データは、内閣府総合科学技術会議の地球温暖化研究イニシアティブによる「温暖化影響・リスク評価研究プログラム」において、「気候統一シナリオ」として活用された（第 1 版は平成 15 年度、第 2 版は平成 16 年度公表）。

平成 26 年度には、気候変動適応計画策定に向けた気候変動影響評価のための気候変動予測情報を整備することを目的として、気象庁は環境省と共同して日本周辺の気候の予測計算を実施し、平成 27 年 3 月にパンフレット「21 世紀末における日本の気候」を公表した。

平成 29 年 3 月公表の「地球温暖化予測情報」第 9 巻で用いられた気候予測データは、気候変動影響評価や緩和策及び適応策の検討等に広く活用されるよう、平成 30 年に文部科学省のデータ統合・解析システム（DIAS）に掲載された。これに際して気象庁は解説書を作成し、あわせて提供した。令和 4 年（2022 年）12 月に気象庁と文部科学省が共同して「気候予測データセット 2022」及び解説書を公表した際も、解説書のうち気象庁のデータに関する部分は気象庁が執筆した。

5．ヒートアイランド現象に関する情報

ヒートアイランド現象は、都市部が周辺の地域よりも気温が高くなる現象であり、人為起源の温室効果ガス等の排出により地球全体の平均気温が上昇する地球温暖化とはメカニズムが異なる現象である。しかしながら、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第６次評価報告書で「都市は人為的な温暖化を局所的に強め、（中略）熱波の深刻度が更に増大する」と報告されているとおり、都市では地球温暖化に加えて都市化の影響で熱中症等の健康リスクが一段と高まる懸念が指摘されていることを踏まえ、本章に節を設けて、気象庁のヒートアイランド現象に関する取組について記述する。

はじめに、ヒートアイランド現象研究の黎明期について述べる。1930 年代の文献では都市における各気象要素の水平分布の調査が主流で、1950 年代になると係留気球等による気温の 3 次元分布の観測的研究が行われた。1970 年代には高度経済成長期における急激な都市化がもたらした環境問題を背景に、都市化に伴って発生するヒートアイランド現象として、大気境界層や局地循環の研究が盛んに行われ、「ヒートアイランド現象」という言葉がよく聞かれるようになった。ヒートアイランド現象は地上気温では晴れて風の弱い夜に最も顕著であることから、当時は夜間の高温域が研究の主対象であった。1980 年代になり、夜間のヒートアイランドを中心とする従来型の都市気候研究は下火となる一方で、夏の暑さが厳しくなるにつれて、都市の暑さとその対策が社会的な関心事となり、ヒートアイランド現象のモデル化と緩和対策に関する研究が盛んになった。

平成 6 年の夏は、北・東・西日本で顕著な高温・少雨となり、特に東・西日本では、当時

で統計開始（昭和 21 年）以降 1 位の高温と少雨の記録を更新した。全国的に深刻な水不足と農業被害が発生し、都市部の極端な高温についても大きな社会問題となった。気象庁がこの年の高温・少雨についてとりまとめた「気象庁技術報告」（平成 8 年 3 月）では、異常天候をもたらした総観的特徴とフェーン現象等の特徴のみならず、都市気候の観点から「都市化の影響」という独立したセクションを設けて、ヒートアイランド現象の一般的な解説と都市気候モデルを用いた人工熱の昇温への寄与量の解析結果を示した。当時のヒートアイランド現象に対する関心の高さを反映していると言える。

平成 13 年（2001 年）に実施した 2000 年平年値への更新時に、気候情報課では地上気象観測データの変化率と各官署の宅地率との関係の調査結果を庁内の技術資料（平成 12 年度全国季節予報検討会資料）にとりまとめている。このような都市化の指標と気象要素の変化率の関連という切り口の解析は、現在の気象庁ホームページ掲載の「ヒートアイランド現象」にも引き継がれている。

その後、地球温暖化対策の施策の一つとして、各省庁が連携してヒートアイランド対策に取り組む動きが出てきた。内閣に設置された地球温暖化対策推進本部にて平成 14 年 3 月に決定された「地球温暖化対策推進大綱」において、地球温暖化防止活動の一つとしてヒートアイランド対策が盛り込まれた。政府全体としては「ヒートアイランド対策関係府省連絡会議」（内閣官房、警察庁、文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省）を設置し、平成 16 年 3 月に「ヒートアイランド対策大綱」をとりまとめた。気象庁は、本大綱において、ヒートアイランド現象の実態把握のための「観測・監視と実態把握」及びヒートアイランド現象の「原因・メカニズム・影響に関する調査」を担うこととなった。

同大綱を受けて、気候情報課では、平成 17 年 3 月に関東地方における平均気温・猛暑日日数等の長期変化傾向と都市化率との関係、都市気候モデルによるヒートアイランド現象の解析結果等をとりまとめ、「ヒートアイランド監視報告（平成 16 年夏季・関東地方）」として公表した。その後、都市気候モデルの高度化（非静力学モデル化、都市陸面過程の改良等）や解析対象の拡充を進めながら、平成 30 年にかけて、毎年ヒートアイランド監視報告を公表した。令和元年以降は気象庁ホームページ上に「ヒートアイランド現象」のページを開設することで利便性を向上させ、毎年更新している。本情報は、気候変動監視レポートのほか、国土交通白書（国土交通省）や気候変動影響評価報告書（環境省）などで引用されるなど、行政機関や研究機関等におけるヒートアイランド対策を講じるうえでの基盤的情報として利用されている。

第 5 章　気象観測

【第 1 節】地上気象観測

明治 5 年 8 月 26 日[*1]、北海道函館市に気候測量所（現 函館地方気象台）が開設されて以降、我が国の気象観測は 150 年を超える歴史を持つ。この間、四つの大きな変更が行われた。一つ目は明治 19 年に気象観測法を制定して観測方法を統一したこと、二つ目は国営移管後の昭和 15 年に気象観測法を改め 3 回観測を採用したこと、三つ目は昭和 28 年に観測の目的によって通報観測と気候観測に分けたこと、そして四つ目は昭和 46 年から順次観測の自動化を導入したことである。三つ目までは「気象百年史」に記載のあることでもあり、ここでは、1970 年代以降の観測の変遷について触れる。

（＊1）明治五年十一月九日公布の詔書により、太陰暦（太陰太陽暦）を廃して太陽暦を採用することとなり、旧暦の明治五年十二月三日を新暦の明治 6 年 1 月 1 日とすることとされた。気候測量所が観測を開始したのは旧暦における明治五年七月二十三日であるが、ここでは太陽暦に相当する日付を記載している。

1．観測の自動化

古くから行われていた観測作業では、露場にある計器の表示を職員が直接読み取り記録していた。観測データを庁舎内で集中表示し、確認・記録できるように統合化するところから、観測の自動化が始まった。

昭和 55 年度から展開された JMA-80 型地上気象観測装置では、自動的に 10 分ごと、1 時間ごとに各観測データが、24 時には一日の極値・平均値等がプリンタで印字されるほか、他の機器へのデジタル出力が可能となった。これにより、それまで L-ADESS 端末に手動入力して気象通報していた観測データは、自動的に気温、湿度、降水量、風向・風速等を取り込むことができるようになり、目視による雲や大気現象などの項目を追記入力することで、地上気象観測報の作成・通報が可能となった。これらに加え、その後、平成 7 年度から展開された JMA-95 型地上気象観測装置では、自動的に取り込まれる要素が拡充し、データ変換能力が向上したことにより、10 秒ごとに観測データをコンピュータモニタ画面上に、グラフや一覧表、実況監視画面表示として表示することが可能となった。さらに、後述する平成 20 年度に導入したアメダスデータ等統合処理システムでは、直接センターシステムに観測 10 秒値を送信することが可能となり、全国の気象官署や特別地域気象観測所のデータがリアルタイムに集信できるようになった。

2．目視観測項目の自動化

従来から職員が実施していた目視による視程や大気現象の観測についても、新しい観測技術の導入により自動化が進展していった。JMA-95 型地上気象観測装置導入後には、積雪の深さについても自動観測が可能となった。

昭和 51 年 4 月、最も多い官署で 1 日 24 回の目視を含む観測・通報だった観測回数を 8 回に改正した。その後、平成 7 年には 24 時の目視を含む観測・通報を自動観測によるものとした。

また帯広及び名瀬以外の測候所については、平成 8 年度から 22 年度にかけて、観測・通報の完全自動化を行うことで無人化（特別地域気象観測所化）を実現した。

特別地域気象観測所における観測・通報の完全自動化では、視程障害現象などを把握するために視程計を整備した。完全自動化の開始当初には晴と曇の判別を必要とする天気の通報は無かったが、一部での通報成果の利用状況に鑑み、晴曇自動判別方法の開発が求められることとなった。そのため、静止気象衛星「ひまわり」の雲画像データと日照時間を組み合わせて晴曇判定を行うこととし、平成 19 年 10 月から利用を始めた。

加えて、平成 31 年以降、新潟、名古屋、高松、広島及び鹿児島地方気象台を除く全国の地方気象台及び測候所において、晴曇自動判別に加えて、雷監視システム（LIDEN）と気象レーダーの組み合わせによる雷関連の自動観測を実現し、観測・通報の完全自動化を図った。その後も順次対象を拡大し、令和 6 年には東京、大阪管区気象台以外において、観測・通報の完全自動化を実現している。

3．地上気象観測装置（測器含む）

（1）地上気象観測装置の変遷

ア．第 1 世代　昭和 46 年～平成元年

装置名称：（特に呼称等は無く、地上気象観測測器という位置付け）

変換部等の構成：指示記録部などを 1 つの計器盤として構成

測器：風車型風向風速計（発電式）、白金抵抗温度計（3 線式、通風筒付き）、塩化リチウム露点計（通風筒付き）、転倒ます型雨量計、降雨計、アネロイド型自記気圧計、アネロイド型指示気圧計、熱電堆式全天日射計

イ．第 2 世代　昭和 56 年～平成 18 年

装置名称：JMA-80 型地上気象観測装置

変換部等の構成：3 式のデータ変換部、データ処理部、接続盤で構成

測器：風車型風向風速計（パルス式）、白金抵抗温度計（4 線式、通風筒付き）、塩化リチウム露点計（通風筒付き）、転倒ます型雨量計（温水式と溢水式）、降雨強度計、感雨器、円筒振動式気圧計、回転式日照計、熱電堆式全天日射計（通風ファン付き）、超音波式積雪計

ウ．第 3 世代　平成 8 年～平成 27 年

装置名称：JMA-95 型地上気象観測装置

変換部等の構成：データ変換部、データ処理部で構成

測器：風車型風向風速計（パルス式）、白金抵抗温度計（4 線式、通風筒付き）、電気式湿度計（通風筒付き）、転倒ます型雨量計（温水式と溢水式）、感雨器、静電容量式気圧計、太陽追尾式日照計、熱電堆式全天日射計（通風ファン付き）、超音波式積雪計、レーザー式積雪計

エ．第 4 世代　平成 23 年～現在

装置名称：JMA-10 型地上気象観測装置

変換部等の構成：データ処理部、信号変換部、電源部で構成

測器：風車型風向風速計（パルス式）、白金抵抗温度計（4 線式、通風筒付き）、電気式湿度計（通風筒付き）、転倒ます型雨量計（温水式と溢水式）、感雨器、静電容量式気圧計、回転式日照計、熱電堆式全天日射計（通風ファン付き）、レーザー式積雪計

（2）地上気象観測装置の測器

ア．気圧計

明治 15 年から使用されてきたフォルタン型水銀気圧計は、昭和時代まで使用されたが、平成 15 年度末に水銀による環境汚染の観点及び保守維持管理の軽減のため廃止した。昭和 59 年からは円筒振動式気圧計が使用された。平成 8 年から展開が始まった JMA-95 型地上気象観測装置以降は、静電容量式気圧計が採用された。

イ．温度計

第二次世界大戦以降に使用されてきた白金抵抗温度計は、昭和時代以降も使用されている。測温抵抗体の抵抗値を気温に変換する主な方法として 3 線式や 4 線式があるが、昭和 56 年から展開が始まった JMA-80 型地上気象観測装置以降は、4 線式の白金抵抗温度計が採用された。

ウ．湿度計

昭和 40 年代に全国に展開された塩化リチウム露点計は平成初期頃まで使用された。相対湿度は、露点計により得られた露点温度と白金抵抗温度計により得られた気温から計算される。平成 8 年から展開が始まった JMA-95 型地上気象観測装置以降は、電気式湿度計が採用された。電気式湿度計は高分子膜を誘電体とした一種のコンデンサを使った静電容量型湿度センサと呼ばれ、露点計とは異なり、相対湿度値を出力する。また、水銀を用いたガラス製温度計を使った携帯型通風乾湿計（アスマン）は、平成 29 年に発効となった水銀に関する水俣条約により水銀の使用を取りやめる必要があることから、令和 5 年までに 4 線式の白金抵抗温度計を使ったデジタルアスマンに順次切り替えた。なお、デジタルアスマンは電気式湿度計の現地点検時の比較用測器として使用している。

エ．雨量計

昭和 20 年代から使用されている転倒ます型雨量計は、昭和、平成及び令和の時代で使用されている。地上気象観測で使用している転倒ます型雨量計には、普通式、温水式、溢水式の 3 種類がある。

オ．風速計、風向風速計

昭和 33 年からダインス式風圧計を風車型風速計又は風杯型風程式風速計（3 杯型）に、昭和 36 年からロビンソン風速計（4 杯型）を風杯型風程式風速計（3 杯型）に変更し、昭和 42 年までに順次切り換えた。昭和 56 年から展開が始まった JMA-80 型地上気象観測装置以降の地上気象観測装置では、風車型風向風速計が使用された。

カ．積雪計

昭和 40 年代以降、積雪の深さの観測は雪尺や雪板が用いられてきた。雪尺や雪板による観測は、測定時に観測者が必要であり、データ収集が出来なかったが、超音波やレーザーを使っ

た積雪計の登場により、自動化が可能となった。

地上気象観測においては、平成 4 年から超音波式積雪計による積雪深の観測が開始された。平成 8 年から展開が始まった JMA-95 型地上気象観測装置を設置した官署のうち一部ではレーザー式積雪計が使用され、JMA-10 型地上気象観測装置では、全てレーザー式積雪計となった。

キ．全天日射計

昭和 6 年以降、バイメタル（ロビッチ）式日射計による全天日射量の観測が開始され、昭和 35 年からは、札幌、仙台、館野、大阪及び福岡ではエプリー型日射計に切り替えられた。昭和 46 年から昭和 49 年にかけて、順次、熱電堆式日射計に切り替えられた。その後、JMA-80 型地上気象観測装置以降の地上気象観測装置では、熱電堆式日射計が採用されている。

ク．日照計

明治以降のカンベル式日照計やジョルダン式日照計による日照時間の観測は、測定時に観測者が必要であることからデータ収集が出来なかったが、昭和 61 年から回転式日照計に順次切り替えられ自動化された。平成 8 年から展開が始まった JMA-95 型地上気象観測装置では、太陽追尾式日照計又は直達日射観測装置が使用された。平成 23 年から展開が始まった JMA-10 型地上気象観測装置では、回転式日照計が使用されている。

ケ．視程計等

視程の観測は、長らく観測者が目視により行ってきたが、光学的な原理を使い小型で精度の良い観測が出来る視程計が実用化されたことにより、平成 3 年から、河口湖、秩父、上野及び日光において、視程計（現象判別付）による観測が開始された。平成 23 年以降、特別地域気象観測所の一部では、JMA-10 型地上気象観測装置への更新を機に、視程計（現象判別付）による自動観測から、視程計等による自動観測に切り替えた。平成 31 年/令和元年及び令和 2 年、各管区･沖縄気象台と名古屋、新潟、広島、高松及び鹿児島の各地方気象台を除く官署で、視程計等による自動観測に切り替えた。

その後、令和 6 年には東京、大阪管区気象台を除く官署で、視程計等による自動観測に切り替えた。

4．富士山頂における気象観測

（1）富士山測候所の変遷

富士山頂における気象観測は、明治 13 年から研究者や中央気象台により随時実施されてきた中、昭和 7 年には中央気象台臨時富士山頂観測所を設立し職員を常駐させ通年の気象観測を開始した。昭和 11 年には観測所を山頂剣ケ峯に移転し、中央気象台富士山頂観測所と改称、昭和 22 年には東京管区気象台所管となり、昭和 24 年に「富士山観測所」、昭和 25 年に「富士山測候所」となった。昭和 40 年には太平洋上の台風を監視するため、富士山レーダーの観測が開始されており、ここまでの変遷については、「気象百年史」においても詳しく述べられている。

その後、昭和 53 年にはレーダーの更新が行われ、気象衛星観測による台風監視の充実によりその役目を終える平成 11 年まで山頂でのレーダーの運用が行われた。なお、解体撤去されたレドームについては、山梨県富士吉田市に移設され体験学習施設として利用されている。

レーダー運用終了後も、職員が山頂に常駐し、地上気象観測、気象・火山観測機器の保守点検及び庁舎管理を行ってきたが、種々の高層気象観測手段が充実したことや自動観測技術の進展により、職員の常駐なしに必要な地上気象観測及び火山観測を実施できる状況となってきたことから、平成 16 年 9 月末日をもって山頂庁舎における職員の常駐を終了し、平成 20 年に特別地域気象観測所化された。

（2）山頂庁舎の貸付

職員の非常駐化に伴い、山頂庁舎内にスペースの余裕が生じることや、富士山頂という極めて特殊な場所に存在する庁舎であることから、庁舎の有効活用を検討するため、関係省庁及び地方公共団体から構成される「富士山測候所山頂庁舎等有効利用検討委員会」を平成 15 年に設置し、議論が行われた。その結果、山頂庁舎の利用方法として、富士山頂の特異・特殊な自然環境条件を活かした「富士山頂極地高所研究の拠点」とする中間報告を平成 17 年にとりまとめた。

平成 18 年の国有財産法改正により、庁舎の空きスペースの貸付が可能となったことから、上記検討委員会の報告の趣旨を踏まえ、公共性の高い研究・教育目的に使用することを基本条件として山頂庁舎の一部貸付を平成 19 年から行うこととした。企画公募を経て NPO 法人「富士山測候所を活用する会」に貸付を開始し、その後、貸付期間の更新ごとに企画公募を行い、同 NPO 法人に対する貸付を現在まで継続している。同法人では、富士山頂という特殊性を活かし、大気化学をはじめとした様々な分野の研究活動を実施している。

【第 2 節】地域気象観測

1．観測体制

昭和 49 年 4 月、地域気象観測システムの運用を主な目的とする地域気象観測センター（アメダスセンター）が観測部測候課に新設された。地域気象観測センターの総人員は所長以下 17 名で、その構成は、所長、調査官 1 名、現業班 12 名及び業務係 3 名であった。日本電信電話公社（以下「電電公社」という。）東京データ通信局（東京都千代田区大手町）にはセンター機械室が建設されて各種装置を設置。昭和 49 年 5 月には気象庁本庁に仮設されていた事務室も電電公社東京データ通信局に移転し、昭和 49 年 11 月から正式に業務を開始した。

本システムの観測所は、地域雨量観測所（自記雨量計）、地域雨量観測所（無線ロボット雨量計）、地域気象観測所（有線ロボット気象計）及び気象官署（地上気象観測装置）の 4 種類で構成され、いずれの観測所においても観測データはデータ変換装置で変換されたうえ、符号送信器によって地域気象観測センターに自動遠隔伝送されていた。

地域気象観測センターではオンライン業務として、全国の観測所から観測データを自動集信し、地域気象観測センターで処理して気象官署のデータ宅内装置にオンライン配信する業務、観測データの照会に回答する業務、雨雪通報業務を担った。

2．アメダス中枢システム

（1）第 1 世代　昭和 49 年 11 月～昭和 58 年 3 月

アメダスセンターと観測所及び気象官署間を一般電話回線で接続し、符号送信器（TRP:

TRansPonder、観測装置から受信したデータをアメダスセンターに送信する機器）を用いてデータを集信し、アメダスセンターと気象官署間を専用回線で接続し、アメダスセンターで処理をしたデータを気象官署の宅内装置に配信した。

（2）第２世代　昭和 58 年４月～平成６年３月

気象官署への配信を専用回線からデジタルデータ交換網（DDX: Digital Data Exchange、旧電電公社等が提供するパケット交換サービス）に変更した。

（3）第３世代　平成５年２月～平成 13 年１月

データ集信の拡充として、10 分ごとのデータ集信を開始した。

（4）第４世代　平成 13 年２月～平成 20 年３月

データ配信の拡充として 10 分ごとの地域気象観測報の配信を開始した。

（5）第５世代　平成 20 年３月～平成 27 年３月

業務・システム最適化計画に基づき経済性の高いシステムとするため、従前の電気通信事業者によるデータ通信サービス契約は行わず、中枢システムと通信ネットワークを分離して調達し、全体名称は「アメダスデータ等統合処理システム」とした。通信ネットワークは閉域性の高い専用 IP 網を利用した。TRP をルータと通信処理装置に更新し、常時接続のデジタル専用線サービス（DA: Digital Access、メタル回線を用いた 64kbps 又は 128kbps のデジタルアクセス回線）に変更した。DA 提供不可の観測所は INS ネット（INS: Information Network System、NTT 東日本及び NTT 西日本が提供する ISDN（Integrated Services Digital Network）統合デジタル通信網のこと）又はアナログ回線とし、センター発呼（DOD: Data On Demand、KDDI ネットワークを利用した拠点間通信サービス）で集信した。

中枢システムは最新の情報通信・情報処理技術を活用したシステムの最適化と運用の効率化を図り、高い品質の観測データを安定的に提供するとともに、防災利用の要求に対応するために観測データに最大瞬間風速、最高・最低気温を追加した。また、観測データの高度な防災利用に必要となる観測所のメタ情報の提供・管理を行うシステムを整備した。

（6）第６世代　平成 27 年３月～令和３年３月

通信ネットワークは閉域性の高い専用 IP 網を利用した。DOD 集信の観測所回線を衛星通信回線（インマルサット BGAN）に変更した。データ集信の拡充として集信間隔を 10 分ごとから１分ごとに変更した。

（7）第７世代　令和３年３月～現在

通信ネットワークは第６世代と同様の閉域網を利用している。ルータと通信処理装置を観測所通信機器に集約し、LTE 回線（携帯電話通信網）を導入した。

３．観測地点

昭和 49 年 11 月のアメダスの運用開始当初の観測地点数は、923 地点であった。その後、昭和 50 年に 1,000 地点を越え、現在は約 1,300 地点（約 17km 間隔）である。

各観測地点について、観測機器の定期的な点検と観測環境の維持のために、年１回及び必要に応じた追加の現地確認を実施している。しかしながら、京都府内に設置した京田辺地域気象観測所において、平成 22 年９月に気温を観測する機器につる草が絡みつくことによる観測環境の悪化を覚知。観測値の精査により、平成 22 年８月 25 日から９月６日までの気温の観測値について統計を求める値として利用しない措置を取るに至り、当時観測した同観測所における歴代最高気温である 39.9℃も取り消された。その後に全国的に行った調査では、観測環境が不適切な箇所が全国で15か所確認されて、以後も同様の事例が発生した。これらを受けて、観測環境の監視を強化して観測値の品質向上を図るため、令和元年から令和２年にかけて行った通信ネットワークの更新整備の際には、観測地点に環境監視装置（監視カメラ）の追加整備を行い、適切な観測環境の維持に資するものとなっている。

４．地域気象観測装置（測器含む）

（1）地域気象観測装置の変遷

ア．第１世代　昭和 49 年～平成５年

装置名称：JMA-74 型有線ロボット気象計、JMA-74A 型有線ロボット気象計、JMA-75 型有線ロボット気象計

変換部等の構成：データ変換装置、データ収録装置、電源装置、接続盤で構成

測器：風車型風向風速計（発電式）、白金抵抗温度計（3 線式、通風筒付き）、太陽電池式日照計、転倒ます型雨量計、超音波式積雪計

イ．第２世代　昭和 64 年/平成元年～平成 21 年

装置名称：JMA-89 型有線ロボット気象計、JMA-89A 型有線ロボット気象計

変換部等の構成：データ変換処理部、電源部、接続盤で構成

測器：風車型風向風速計（パルス式）、白金抵抗温度計（4 線式、通風筒付き）、太陽電池式日照計、転倒ます型雨量計、超音波式積雪計

ウ．第３世代　平成 17 年～現在

装置名称：JMA-04 型有線ロボット気象計、JMA-04B 型有線ロボット気象計

変換部等の構成：データ変換処理部、電源部、接続盤で構成

測器：風車型風向風速計（パルス式）、白金抵抗温度計（4 線式、通風筒付き）、回転式日照計、転倒ます型雨量計、超音波式積雪計、レーザー式積雪計

エ．第４世代　令和３年～現在

装置名称：JMA-19 型アメダス気象計

変換部等の構成：データ処理部、信号変換部、電源部で構成

測器：超音波式風速計、白金抵抗温度計（4 線式、通風筒付き）、電気式湿度計、転倒ます型雨量計、レーザー式積雪計

（2）地域気象観測装置の測器

ア．温度計

地上気象観測装置と同様に、地域気象観測装置でも白金抵抗温度計が使用されている。昭和 64 年/平成元年から展開が始まった JMA-89 型有線ロボット気象計以降は、4 線式の白金抵抗温度計が採用されている。

イ．湿度計

地域気象観測における湿度観測は、令和３年から展開が始まった JMA-19 型アメダス気象

計から始まった。地上気象観測と同様に、電気式湿度計が採用されており、デジタルアスマンを電気式湿度計の現地点検時の比較用測器として使用している。

ウ．雨量計

地上気象観測装置と同様に、地域気象観測装置でも転倒ます型雨量計が使用されている。地域気象観測で使用している転倒ます型雨量計には、普通式、温水式、電子制御式の３種類がある。このうち、電子制御式は受水筒ヒータの保温機能を電子回路で制御するもので、令和３年から展開が始まったJMA-19型アメダス気象計で採用された。電子制御式の使用により、不凍液が不要となったことから、雨量計本体の重量も軽量化され、雨量計交換作業時の作業者の負担が軽減されている。

エ．風向風速計

風車型風向風速計がJMA-75型有線ロボット気象計以降採用されてきたが、令和３年から展開が始まったJMA-19型アメダス気象計では、超音波式風速計が採用された。超音波式の使用により、風速計本体に可動部がなくなり感部凍結による欠測がなくなった。また、定期的な部品交換が不要となったことから、故障時以外に感部の交換が不要となり高所作業等が軽減されている。

オ．積雪計

地域気象観測においては、昭和54年から超音波式積雪計による積雪深の観測が始まり、平成16年から展開が始まったJMA-04型有線ロボット気象計のうち、平成20年以降に整備されたものは超音波式に加えてレーザー式積雪計が採用された。令和３年から展開が始まったJMA-19型アメダス気象計では、レーザー式積雪計が採用された。

カ．日照計

地域気象観測における日照時間の観測は、JMA-89型有線ロボット気象計では太陽電池式日照計、JMA-04B型有線ロボット気象計では回転式日照計がそれぞれ使用された。令和３年３月に、日照計による観測を終了し、推計気象分布（日照時間）の推計値による日照時間の提供を開始した。

【第３節】測器検定

１．部内検査業務の変遷

気象庁が使用する観測測器の検査は観測開始当初から行われてきたが、昭和33年７月に気象官署気象測器部内検査規則（昭和33年気象庁達第16号）が施行され、部内検査業務を開始した。

部内検査の対象となる気象測器は、当初は気象官署観測業務規程（昭和26年９月中央気象台達第23号）及び観測所観測業務規程（昭和27年５月中央気象台達第14号）の定めにより使用する気象測器としていたが、観測体制の変更等に合わせ、昭和42年に航空気象観測を行う気象官署、農業気象観測を行う気象官署及び観測所（気象官署の観測点として農業観測を定常的に行う施設をいう。）の気象測器が追加（昭和42年気象庁訓令第12号）され、昭和55年に地域気象観測業務規則（昭和55年気象庁訓令第７号）の定めにより使用する気象測器の追加と、観測所観測業務規程の定めにより使用する気象測器及び農業気象観測を行う気象官署及び観測所で使用する気象測器が削除（昭和55年気象庁訓令第７号抄）され、現在に至っている。

また、対象となる気象測器の種類は、部内検査規則（昭和44年気象庁制令第８号）制定時は、大きく分けて43種類あり、種類によっては更に細かく分類されていた。ちなみに温度計を例にあげると、ガラス製温度計、金属製温度計、電気式温度計の３種類があり、ガラス製温度計の中にも、銀盤式日射計用温度計、被圧型転倒式温度計、防圧型転倒温度計、その他のガラス製温度計に分かれ、さらにその他のガラス製温度計は二重管のもの、棒状のものに分類されたうえで温度範囲によっても分かれており、その総数は113分類にも及んでいた。その後、技術の発展に伴い測器は様変わりし、現在対象としている気象測器は17種類で、ガラス製温度計、電気式温度計、電気式気圧計、露点式湿度計、電気式湿度計、風車型風向風速計、超音波式風速計、全天電気式日射計、直達電気式日射計、転倒ます型雨量計、積雪計、ラジオゾンデ、太陽電池式日照計、回転式日照計、降雨強度計、検潮儀及び磁気儀となっており、細かな分類の記載は無くなっている。

部内検査を実施する部局は、部内検査業務を開始した当初、気象庁本庁、札幌・仙台・大阪・福岡管区気象台、函館・神戸・長崎・舞鶴海洋気象台、地磁気観測所、気象測器製作所（現在の気象測器検定試験センター（以下「測器センター」という。）であった。その後、昭和44年４月に液柱型水銀気圧計及び各種風速計を残し、気象庁が実施していた部内検査業務を東京管区気象台に移管（昭和44年気象庁政令第８号）し、昭和47年５月には沖縄の本土復帰に伴い沖縄気象台で部内検査業務を開始している。また、平成９年４月に各海洋気象台で実施していた部内検査業務は廃止した。その後、部内検査業務は、平成19年気象官署気象測器部内検査規則改正（平成19年４月）により、検査技術・方法の一元化及び作業効率の向上並びに検査装置の有効利用を図ることを目的に、それまで各管区気象台と沖縄気象台において実施していたものを廃止し、測器センターに集約した（全天電気式日射計及び太陽追尾式日照計は、従前も測器センターで実施）。これにより現在、環境・海洋気象課が実施している直達電気式日射計、検潮儀と地磁気観測所が実施している磁気儀以外は測器センターが唯一の部内検査実施部局となっている。

部内検査は、測器をそれぞれ管轄する検査実施部局に送って検査を行うことを基本としていたが、昭和55年８月に一部の測器（アネロイド型気圧計や貯水型雨量計など）については、気象官署により点検を行い気象測器保守点検報告書を作成し、測器センターがその内容を確認することで部内検査とすることが可能となった（昭和55気象庁訓令第15号）。現在は、巡回用気圧計による点検なども実施されるようになり、電気式温度計、電気式気圧計、露点式湿度計、電気式湿度計、超音波式風速計、積雪計、検潮儀、磁気儀については、気象測器保守点検報告書の提出により、部内検査とすることができるようになっている。これは、経年劣化等による精度変化が発生しない測器については、わざわざ集める必要もなく観測施設で定期的に行う点検によりその精度が担保できるようになったためであり、これにより部内検査による測器の交換や輸送が必要なくなり、管理官署はもとより検査実施官署の負担軽減にも寄与することとなった。

測器センターでは、地上気象観測、地域気象観測及び航空気象観測に使用する気象測器の部

内検査を実施しており、測器数は現在約 6,600 台（地上：約 1,800、地域：約 3,700、航空：約 1,100）である。そのうち、測器センターで実器を検査しているものは約 3,500 台（地上：約 900、地域:約 2,100、航空:約 500）で残りは気象測器保守点検結果報告により検査を行っている。現在の部内検査の実績数は、実器検査が約 700 件、書類検査が約 11,900 件となっている。

2．検定装置・手法の変遷

（1）検定装置

昭和 27 年 6 月の気象業務法の制定により、気象庁以外の者が気象観測を行うためには、一定の構造及び性能を有し、検定に合格した気象測器を使用する必要があるとした。検定では、その気象測器の種類に応じて材料、部品及びその組み合わせなどが適切であるかを調べる「構造検査」と、個別の精度を調べる「器差検査」の 2 種類の検査を行う。検定開始当初に対象とした気象測器は、温度計、気圧計、湿度計、風速計、日射計、比重計、海水ビュレット、海水ピペット、雨量計及び雪量計の 10 種類であった。

検定は、中央気象台、管区気象台（東京除く）及び各海洋気象台が担当した。昭和 44 年 4 月には東京管区気象台に測器課が新設され、昭和 47 年 5 月の沖縄が本土に復帰後は、沖縄気象台でも管区気象台と同様に行われるようになった。

各検定所の設備は、その製作の時期その他の理由により、その構造・特性が多少とも異なっていたが、昭和 52 年時点で使用されていた設備は、ガラス製温度計検定槽、恒温槽、恒湿槽、自動気圧検定装置、温度計検定装置、自動湿度検定装置などであった。

平成 4 年に、規制緩和施策の一つとして検定業務の効率化を図るため、気象庁があらかじめ構造・性能の検査をした気象測器については、検定の検査のうち「構造検査」を省略することができることとする型式証明が導入され、本庁及び気象測器工場が担当した。その後、検定対象測器の削除（平成 5 年：風圧型風速計、浮秤型比重計、海水ビュレット、海水ピペット）と追加（平成 8 年：電気式気圧計、電気式湿度計）、感部検定の導入（平成 8 年）などが行われた。

平成 9 年に各海洋気象台の検定・検査業務が管区気象台に集約された。

平成 10 年に測器センター（平成 8 年に気象測器工場から改称）の装置が更新され、温度検査槽（気槽、液槽）、熱衝撃試験槽、気圧検定槽、湿度検定槽（二圧力式）及び恒温恒湿試験槽（分流式）が導入された。

平成 13 年に、気象業務法が改正され、型式証明を除く検定実務は、気象庁ではなく指定検定機関（気象業務支援センター）により行われるようになった。平成 16 年には登録検定機関制度へ変更され、必要な要件を満たして登録申請すれば誰でも検定を行うことができるようになった。

（2）風洞設備

風速計の検査は、明治 23 年を始まりとする。この時は、実際に観測している風速計の隣に検査する風速計を並べて比較して検査するものであった。

その後、検査の作業能率を上げ、精度を高めるため、風洞施設の必要性が認められ、昭和 18 年に初代風洞（風速範囲 1 ～ 75m/s）が中央気象台に作られた。戦時中という世相を反映して、鋼材の調達のめどが立たず、風洞の本体や風を起こすプロペラは木材で作られた。

昭和 34 年に伊勢湾台風の猛烈な風等により甚大な被害が発生したことを考慮し、より強風での風速計検査に対応するため、昭和 39 年に、大手町の気象庁庁舎の建設にあわせて二代目の風洞（風速範囲 0.5 ～ 90m/s）が製作された。二代目の風洞は約 50 年にわたり運用されたが装置の老朽化と気象庁庁舎の移転計画を機に、平成 24 年に茨城県つくば市の測器センターに隣接する場所に三代目の風洞（風速範囲 0.35 ～ 108m/s）が移転・更新された。

（3）基準器

気象庁は、各検定所において検定、委託検定及び部内検査に用いる検定用基準器及びその保守について、昭和 52 年に気象測器検定検査指針（以下「検定検査指針」という。）で定め、その種類は、温度計検定用基準器、水銀気圧計検定用基準器、アネロイド型及び振動式気圧計検定用基準器及び日照計検定用基準器の 4 種類であった。また、検定用基準器を用いた検定方法も同検定検査指針で定めた。これらの検定用基準器は、温度計については旧通産省工業技術院計量研究所（以下「計量研」という。現 産業技術総合研究所計量標準総合センター）が保有する国家標準に対して直接検査を行い、気圧計については測器センターが保有する気象庁基準器に対して検査を行い、そして気象庁基準器は計量研が保有する国家標準に対して検査を行うという体制であった。

平成 10 年 11 月以降、気象庁が使用している基準ガラス製温度計が計量研で行う基準器検査の対象外となったことから、平成 11 年 11 月に標準白金測温抵抗体及び基準白金抵抗温度計をそれぞれ、気象庁の基準器及び各検定所の検定用基準器とし、以降は各検定所の検定用基準器をこの気象庁の基準器により定期的に校正することとした。

また、気圧計の検定体制は、標準精密型水銀気圧計を気象庁の基準器、及び精密型水銀気圧計を各検定所の検定用基準器とし、気象庁の基準器に対して校正された精密型水銀気圧計（移動用の基準器）を用いて、各検定所の検定用基準器を校正していた。しかし、移動用の基準器を持参する職員の負担を軽減するため、平成 8 年度に振動式気圧計を移動用基準器とした。さらに平成 11 年 11 月に、気象庁の基準器を「空気式重錘型圧力計」に変更した。

平成 17 年 3 月に、温度計、気圧計及び日照計以外の測器も含めた基準器や検査用機器の校正・検査方法及び国家標準に対するトレーサビリティの維持方法について、気象庁準器等の校正・検査指針で包括的に定めた。

平成 24 ～ 25 年にかけて、測器センターでは、校正機関に適用される国際規格 ISO/IEC17025（試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項）の認定を温度、気圧、湿度の分野で取得し、気象庁が所有する気象庁副準器の校正、国内の登録検定機関及び認定測定者が使用する測定器に対して行う校正、並びに WMO 構成員等の諸外国の基準器に対して行う校正について適用し、国際的にも信頼性の高いトレーサビリティを確保している。

【第 4 節】レーダー気象観測

1．観測ネットワークの変遷

気象庁で初めての現業用気象レーダーは、昭和 29 年に大阪管区気象台構内（現在の生野

区勝山通）に設置された大阪レーダーである。アンテナ高は海抜 36m と低く、観測範囲は 200km 程度で、波長は X バンドであった。これは当時の送信管として輸入品の X バンドのマグネトロンしか入手できなかったためである。

大阪以降は、福岡（脊振山）、東京（中央気象台）、沖縄（琉球気象台）、種子島（中種子）、名瀬（本茶峠）、室戸岬（室戸岬測候所）、名古屋（名古屋地方気象台）、函館（函館山）、新潟（弥彦山）、宮古島（宮古島地方気象台）、札幌（札幌管区気象台）、仙台（仙台管区気象台）、富士山（富士山頂）、福井（東尋坊）、松江（三坂山）、広島（灰ヶ峯）、石垣島（石垣島地方気象台）、秋田（秋田地方気象台）及び釧路（釧路地方気象台）と順次設置し、昭和 46 年に全国 20 基のレーダー観測ネットワークが完成した。福岡以降の気象レーダーについては、日本の地勢や気象状況等を考慮して C バンドを標準とすることを決定したが、室戸岬レーダーと富士山レーダーには、遠方の台風観測を目的として、より降雨減衰の少ない S バンドを採用した。大阪レーダーについても、大阪管区気象台の合同庁舎への移転に合わせて、昭和 43 年に現在の高安山（空中線海抜高 498m）に移設した際に、X バンドから C バンドへ変更した。なお、福岡レーダーのように山岳に設置したレーダーの場合には、最寄りの気象台までレーダー画像を伝送するために、レーダーリレーと呼ばれるマイクロ波回線も同時に整備した。富士山レーダーについては、レーダーリレーを通じてレーダーの操作も可能であった。

函館、新潟、富士山、大阪（高安山）、松江、広島及び福岡は山岳設置のレーダーであったため、数名の観測員が常時レーダーサイトに勤務し、レーダーの運用を行っていたが、冬期は観測員の交代や資材の輸送が非常に困難で、命の危険を伴うものであった。しかしながら、レーダーを無人で運用するためには、周波数が規定値から逸脱した際の送信周波数の調整、消耗部品の交換、停電時の自家発電機の運用、という課題を解決する必要があり、当時の技術では困難だった。

気象レーダーは、気象台の合同庁舎への移転や、設置場所周辺の都市化等の影響により、移設やネットワークの見直しを余儀なくされてきた。昭和 39 年に東京レーダー（中央気象台：千代田区一ツ橋→気象庁新庁舎：千代田区大手町）、昭和 43 年に大阪レーダー（大阪管区気象台：生野区勝山通→高安山：八尾市大字服部川）、昭和 47 年に沖縄レーダー（沖縄気象台：那覇市天久→糸数：南城市玉城）、昭和 48 年に宮古島レーダー（宮古島地方気象台現業庁舎：宮古島市平良→気象台庁舎：宮古島市平良）、昭和 56 年に仙台レーダー（仙台管区気象台宮城野区鉄砲町→合同庁舎：宮城野区五輪）と移設が行われた。1980 年代になると、気象レーダーの重要性の増大に伴い観測環境がこれまで以上に重視されるようになり、地形や高層建築物等による遮蔽ができるだけ少なくなるよう積極的に移設の検討が行われるようになった。また、周波数自動調整器の設置、半導体の採用による消耗部品の長寿命化、遠隔操作可能な発電機の設置等によって、レーダーの遠隔からの運用が可能になった。これを受け、平成元年には大手町の気象庁本庁にあった東京レーダーを、千葉県柏市の気象大学校構内に移設し、初の無人運用を開始した。平成 3 年には新潟レーダーを山岳レーダーとして初めて無人化し、その後、機器の更新にあわせて各山岳レーダーの無人化を進めた。さらに函館レーダーを平成 4 年度に横津岳（空中線海抜高 1,142m）に、石垣島レーダーを平成 5 年度に於茂登岳（同 534m）に（同時に宮古島は廃止）、札幌レーダーを平成 7 年度に毛無山（同 749m）に、それぞれより標高の高い山岳に移設して機器を更新した。また、静止気象衛星「ひまわり」の運用開始により、南海上から接近する台風の早期検知という富士山レーダーの役割が薄れ、陸上や沿岸部で発生する大雨などの定量的な観測に適したレーダーを富士山の代替として設置する方が、レーダー更新にかかる経費や維持管理の負担の面でも望ましいことから、平成 11 年に富士山レーダーの運用を終了し、新たに長野と静岡にレーダーを設置して運用を開始した。平成 12 年には釧路レーダーを昆布森に移設し、現在のレーダーネットワークとなった。

2．現業用気象レーダー初号機

日本初の現業用気象レーダーは、昭和 29 年 9 月に大阪管区気象台（現在の生野区勝山通）に設置された。発振管はマグネトロンで、周波数は X バンド、送信出力は 270kW、最大観測範囲は 200km、アンテナの直径は 2m であった。実験用に製作された気象研究所の気象レーダーと同型であったが、研究所にあった RHI と A スコープ表示の指示器[*2]は省かれ、PPI 表示（水平から 45 度までのいずれかの仰角で固定）の指示器[*3]が 2 台の構成になっており、新たに反射波積算装置（降水エコーを電気的に積算して任意範囲、任意時間内の総雨量を求める電子計算機）やエコーボックス（送受信装置の総合特性を監視するための擬似反射波発生装置）を搭載していた。X バンドレーダーは C バンドレーダーと比べて降水による減衰が大きいという特性があり、レーダーの近くに強い降水があるとその遠方の降水の強さを実際よりも過小評価しやすい。このため、運用開始当初は大阪付近で広範囲の雨が少なく、孤立した積乱雲等の観測に有効性を示していたが、昭和 36 年の第 2 室戸台風時に、台風が大阪付近を通ったにもかかわらず、降水による電波減衰の影響で台風の目を捕捉できず、X バンドレーダーの課題が浮き彫りになった。

（＊2）RHI 表示の指示器は縦軸に高さ、横軸に距離で受信電力を表示する装置。A スコープ表示の指示器は、縦軸に受信電力、横軸に距離を表示する装置。

（＊3）レーダーを中心に極座標で受信電力を表示する装置。

大阪以降のレーダーは前述のとおり C バンド（5.3GHz 帯）が標準となったが、当時世界中で 5.3GHz 帯のレーダーを実用化している国はなかったため、マグネトロンは国内メーカーが新たに開発したものを利用した。アンテナ直径は 3m でビーム幅は 1.7° 以下と現状よりも大きかったが、平成 6 年の石垣島レーダーからアンテナ直径が 4m となりビーム幅 1.2° 以下に改善した。これにより、海面からの反射エコー（シークラッター）を分離することができ、遠方の降水雲をより低い高度で捉えることが可能となった。

当時のレーダーにはレドームがなく、アンテナやアンテナの走査部はむき出しの状態になっており、風雨や雷等にさらされた状態になっていた。富士山レーダーで初めてレドーム付きのレーダーを設置してからは、レーダーの設置時にレドームを付けるのが標準となった。富士山以前の一部のレーダーには、後からレドームだけを設置した。

3．スケッチ図によるレーダー観測

運用開始当初、レーダーの観測成果はブラウン管に映ったエコー分布を観測者が白地図にスケッチしたものだった。程なくして透明なシートをブラウン管に貼り付けてダーマトグラフ（外

科手術で皮膚にマークするもの）を使ってトレースする方法に変わったが、視差やスケッチ作業中のエコーの変動等による観測誤差が大きかった。スケッチ図はレーダーを持つ官署でしか見られなかったが、エコーの形状を多角形に近似した頂点（方位と距離）、エコーの移動速度、強いエコーの強度や高さ、台風の中心（推定可能な場合）を記入したレーダー観測通報電報を作成し、府県予報区担当官署にテレタイプで通報していた。

1970 年代には、レーダー観測通報電報ではエコーの詳細な分布までは分からなかったため、スケッチを予報中枢官署（各管区気象台、新潟、名古屋、広島、高松、鹿児島、沖縄気象台）に伝達する FAX 網が整備された。これにより、予報作業へのレーダーの利用が大きく進むこととなった。

前述のように、スケッチ図は観測誤差が大きく、またスケッチに時間を要するため観測開始から官署に FAX が着信するまでに 30 分近くかかるなど課題が多かった。しかし、当時は地形エコーを自動的に除去する技術が確立されておらず、また除去処理を実行する計算機の能力も不足していたことから、人手による降水エコーの判別に頼らざるを得なかった。

4．レーダーエコーデジタル化装置

1980 年頃になると、次第に気象状況に対する社会的要求が高度化し、時間的、地域的にきめ細かな情報を適時適切に伝送することが急務となってきた。このためには、レーダー情報の集信の迅速化とレーダー画像のデジタル化を行い、各レーダーのエコーの合成図や短時間雨量予測図などを作成して配信することが必要となった。このため、オンラインでレーダー情報を伝送可能なレーダーエコーデジタル化装置（以下「デジタル化装置」という。）を開発し、昭和 57 年度以降、順次既設の気象レーダー装置に付加した。デジタル化装置は、一次処理装置（主として信号処理）、二次処理装置（主としてデータ処理）、通信制御装置、磁気テープ装置、ディスプレイ装置、プリンタ装置等で構成され、気象レーダー装置とは接続箱[*4]を介して接続された。作成されたデータには 2 種類があり、ひとつは実況監視用の 7.5 分ごとのエコー強度と 1 時間ごとのエコー頂高度のデータ、もうひとつはレーダーエコー合成図や解析雨量（当時は「レーダー・アメダス雨量合成図」が正式名称）作成用の 1 時間積算降水強度データであった。実況監視用のデータは直接地方予報中枢官署に伝送され、エコー情報としてカラー表示された。1 時間積算降水強度データは、C-ADESS（気象資料自動編集中継装置）に送信され、エコー合成図が作成された。これにより、レーダーのない気象官署でも、リアルタイムにレーダーの合成画像を表示することが可能となった。

（＊4）レーダー装置からの映像信号や空中線角度信号、レーダーの状態信号等をデジタル化装置に伝送したり、デジタル化装置からの空中線動作制御信号や電波発射制御信号等をレーダー装置に伝送するためのインターフェース装置。

平成 9 年から、レーダーのデータ処理と機器の監視等の作業が、各レーダーサイトや基地となる気象官署ごとではなく、それぞれのレーダーを管轄する管区気象台・沖縄気象台に集約されることとなり、デジタル化装置も管区集約型のデジタル化装置に更新された。この管区集約は平成 14 年の沖縄気象台で完了し、2.5km メッシュの全国合成の配信が開始された。平成 15 年にはデジタル化装置の改修と 1km メッシュレーダーエコー合成装置の整備により鉛直 1 ～ 15km の 15 層で水平 1km メッシュのエコー強度の収集が可能となり平成 16 年に 1km メッシュの全国合成の配信が開始された。

5．気象ドップラーレーダー

気象レーダー観測は降水の強さの分布をターゲットに行われていたが、1960 年代にはドップラー機能（受信周波数の変化から降水域の詳細な風の三次元分布を観測する機能）の検討が始まり、昭和 55 年、56 年には気象研究所に C バンドと、X バンドの気象ドップラーレーダーを設置し、研究に利用された。

現業用の気象ドップラーレーダーは、航空機の安全運航に重大な影響を及ぼす空港周辺の風の急変を検出するために、まずは平成 7 年に関西国際空港に初めて設置され（空港気象ドップラーレーダー）、一般の予報業務に用いられる気象レーダーについては、平成 17 年度に整備した東京レーダーが最初で、平成 25 年の名瀬で全国展開が完了した。

ドップラー速度データ利用にあたっては、最初に羽田空港と成田空港の空港気象ドップラーレーダーを数値予報モデルに同化する調査（関東メソスケール研究観測：KAMEX）が行われ、その成果を受けて平成 17 年に現業用数値予報モデル（MSM）の初期値作成（メソ解析）に新千歳、成田、羽田、大阪、関西及び那覇のドップラー速度データが取り込まれるようになった。当初は VVP 法で計算された風ベクトルが利用されたが、その後メソ解析に 4 次元変分法が採用されたため、世界に先駆けて現業のモデルにドップラー速度を直接同化できるようになり、メソスケール降水現象の予測精度向上に寄与した。

平成 18 年には日本で過去最大級の竜巻被害が発生した（宮崎県延岡市、北海道佐呂間町）。これを契機に一般気象レーダーのドップラー化が加速し、ドップラーレーダーを利用したメソサイクロン検出アルゴリズムの開発により、平成 20 年から竜巻注意情報の発表を開始した。

気象ドップラーレーダーでは、観測可能なドップラー速度の範囲と観測範囲が反比例する課題があったが、気象研究所を中心に開発した HMP 法（Hybrid Multi-PRF 法）の採用によりそれらの両立が可能になったことがドップラー速度の利用において非常に大きかった。なお、気象ドップラーレーダーでは、C バンド気象レーダーが使用する 5GHz 帯の周波数を 5GHz 帯の無線 LAN と共有を図るため、従来の発振管であるマグネトロンではなく、種信号を増幅し、不要電波の発射が少ないクライストロンを採用した。

6．気象レーダー観測処理システム

平成 17 年には、東日本の気象レーダー管理官署（札幌、釧路、函館、秋田、仙台、新潟、長野、東京、静岡、名古屋、福井）のレーダーの運用とデータ処理を本庁に集約する「気象レーダー観測処理システム」（通称 ROPS: Radar Observation and Processing System）を整備し、データ処理システムと、遠隔監視用の端末を本庁に設置した（平成 24 年の 2 代目からは処理システムを清瀬の気象衛星センター内に設置）。また、システムの地域冗長性を確保するためバックアップ用のシステムとして 1km メッシュレーダーエコー合成装置を大阪管区気象台に移設した[*5]。これにより、管区で実施していたデータ処理と各レーダーの監視等を本庁で行うことになった。平成 20 年には西日本（大阪、松江、広島、室戸岬、福岡、種子島、名瀬、沖縄、

石垣島）の気象レーダーも同様に本庁でデータ処理・監視するようになり、全国集約の体制が完成した。集約するレーダーデータは全仰角の極座標エコー強度とドップラー速度データ（距離方向 500m、方位方向 0.7 度）に変更され、ドップラー速度を活用したプロダクト等を作成･提供することが可能になった。また、平成 20 年夏に発生した神戸の都賀川や東京の雑司ヶ谷等の局地的な大雨による災害に鑑み、突発的な雨の強まりへの実況監視等に活用するため、10 分ごとだったエコー強度データを平成 21 年には 5 分ごとに出力する改修を行った。さらに、平成 24 年には大地震等の災害が発生した場合に、離島では地理的要因により通信回線の復旧に時間がかかることが予想されるため、種子島、名瀬、石垣島にバックアップ用の衛星回線を整備した。また、令和 4 年からは 250m メッシュの全国合成を配信している。

（＊5）レーダーエコーデジタル化装置は、気象レーダー観測処理システムの一部として更新された。

7．レーダー観測所処理装置

平成 25 年には、気象レーダー観測処理システムからレーダーサイト側の装置を分離し、レーダー近傍の都市域を中心に高解像度化させることで局地的大雨等の実況監視機能の向上を図るためレーダー観測所処理装置（通称 ROPES：Rader Observation and Processing Equipments on Sites）という名称で更新整備した。レーダーサイト側装置等の更新と通信回線を 512kbps に増強したことにより、距離方向 250m、方位方向 0.7 度のオリジナルのレーダーデータが気象レーダー観測処理システムに送られるようになった。これにより、国土交通省の XRAIN のデータも使用して 250m メッシュ（陸域と沿岸の海上以外は 1km メッシュ）の高解像度降水ナウキャストの作成が可能となり、平成 26 年に運用を開始した。また、福井、室戸岬、福岡、名瀬では、レーダーで初めて光回線化を行った。光回線は雷災を受けにくく、通信利用料の減額にも寄与することから、光回線化は急速に進み、平成 29 年までに札幌、釧路、長野、静岡、松江、広島、種子島及び沖縄でも光回線に移行した。一方で、函館、新潟、大阪及び石垣島では、光回線の敷設に大規模な工事が必要であったため、二重偏波レーダーへの更新に合わせて実施することになった。

8．二重偏波気象ドップラーレーダー

従来の気象レーダーでは、レーダーの近くに強い降水があると、電波がそこを通過するときと、遠方から反射してくる電波が、強い降水域を通過する際に減衰してしまい、降水の強さを実際より小さく捉えてしまう、また、層状性の雨を仮定して雨量に換算しているため、対流性の雨では降水の強さが正しく得られないという課題があり、地上にある雨量計により補正を行うことで面的に精度の高い降水の強さを確保していた。二重偏波気象ドップラーレーダー（以下「二重偏波レーダー」という。）では、従来の水平方向に振動する電波だけでなく、垂直方向に振動する電波（それぞれ水平偏波、垂直偏波という。）を用いることで、降水の強さをより正確に推定することができるため、雨量計のない海上から移動してくる強雨や、設置された雨量計の間で起きる局地的な強雨なども高精度な観測が可能となった。これにより、解析雨量や降水短時間予報、キキクル等のメッシュ情報の高精度化、数値予報モデルへの同化による予報精度改善が期待されることから、線状降水帯予測精度向上に寄与する最重要な観測装置の一つとして二重偏波レーダーの更新整備が進んでいる。

なお、水平偏波と垂直偏波の違いを検出することで、気象レーダーに映る山や建物、空を飛ぶ虫、波しぶきや野焼きによる灰などの非降水エコーを、これまで以上に正確に見分けることができ、非降水エコーとの判別が困難だったごく弱い雨も観測することができるようになった。それぞれの改善は些細なことに見えるかもしれないが、このような非降水エコーが正確な実況監視の妨げや、誤った防災気象情報の原因になりかねず、気象レーダーデータの信頼性の観点で非常に重要な改善である。

気象庁の二重偏波レーダーは固体素子送信機を採用している。これは、ITU（国際電気通信連合）において、5GHz 帯の無線 LAN の周波数が日本の C バンド気象レーダーの周波数と重複したことから更なる狭帯域化の要請を受け、送信機の検討を行った結果、固体素子送信機にすれば狭帯域化に加え使用電力量の節減や、高額な消耗品である電子管を使用しないことによる運用コストの低減、固体素子の並列接続による耐障害性の強化、送信波の位相・振幅が安定しているため高精度な二重偏波観測が可能となる、高速観測による 1 仰角あたりの観測時間の短縮など様々なメリットがあることが分かった。固体素子は従来の電子管と比べて出力が桁違いに小さく感度が大幅に低下することから、周波数を徐々に変化させながら長いパルスを発射することで従来と同等の送信エネルギーを確保し、周波数に応じて受信時間を調整することで強い受信信号と高い距離分解能を得ることを実現した。しかし、当初は実際には存在しないエコーを観測するなどの課題が多数発生したため、気象研究所に試験機を設置して、長年にわたり研究を行い課題を解決することで現業化に至った。固体素子送信機には、前述のとおり狭帯域化以外に、電子管を使用しないことによる運用コストの低減、1 仰角あたりの観測時間の短縮など様々なメリットがあり、気象庁の二重偏波レーダーは高性能と経済性を両立したレーダーとなった。

9．気象レーダーと風力発電施設との共存

2000 年代に入り、気候変動対策やエネルギー需給構造の変化を背景に、再生可能エネルギーの導入が積極的に推進されている。風力発電施設については、「再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法」（平成 24 年 7 月施行）や「海洋再生可能エネルギー発電設備の整備に係る海域の利用の促進に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るための基本的な方針」（令和元年 5 月閣議決定）に基づき、従来に比べてはるかに巨大な発電用風車を多数設置する計画が国内各地で進められるなど、導入が加速化している。

風力発電施設の風車が気象レーダーの観測機器の近傍に設置された場合、その距離、設置高度、規模等に応じて、レーダー受信機の破損、電波の遮蔽や偽エコーの発生等、観測データに大きな影響を及ぼす場合があり、気象庁が発表する防災気象情報や地方自治体による避難勧告等の発表に支障をきたす地域が生じかねない。このため、平成 29 年以降、風力発電事業者団体や国の関係機関、地方公共団体への説明会や、関係機関の発行するガイドブック・マニュアル等への掲載、気象庁 HP への掲載等を通じて、風車立地検討の際に配慮すべき事項について周知を図っている。

【第５節】高層気象観測

１．はじめに

我が国における上空の大気を測る試みは、地上気象観測の延長として高山山頂での気象観測として始まった。古くは明治 13 年 8 月に富士山山頂で観測を行った記録がある。大正 9 年には高層気象台が創設され、高層気象観測を開始した。当時は、係留気球又は凧に気圧、気温、湿度センサと自記記録部からなる観測器をつるし､紐（係留索）を昇降させて行う観測のほか、小型の自由気球（水素ガスをつめたゴム気球）を測風経緯儀で追跡しながら一定時間ごとに方位角と高度角（仰角）を読み取り、気球の動きから上空の風を観測する「パイボール観測」を実施していた。なお、係留気球や凧による観測では係留索の長さにより測定高度に限界があった。また係留気球は風が強いと観測を行えず、パイボール観測は気球が雲に入ると観測が出来なかった。大正 12 年からは、より高い高度までの高層気象資料を得るため「探測気球観測」が行われた。この観測は、気圧、気温、湿度を記録するメテオログラフを自由気球に付けて飛揚し、気球破裂後にパラシュートでゆっくり降下、落下後に観測器を回収して記録を読み取っていた。このため探測気球観測は、観測データをリアルタイムに入手し天気予報へ利用することはできなかったが、高層大気の構造を調べる調査研究には大きく貢献した。他方、天候により回収が難しかったため、定常的に観測を実施することは困難であった。昭和 13 年 6 月、中央気象台は千葉県布佐（現 千葉県我孫子市）で無線技術により回収の必要がない「ラジオゾンデ」により、本格的な高層気象観測を開始した。その後ラジオゾンデは、観測精度やデータ取得密度の向上、国際比較によるトレーサビリティの確認等により、各種センサや処理装置の向上と改良が重ねられた。現在では GPS を搭載するなど、より正確で細かいデータを取得できる小型・軽量なラジオゾンデを使用している。

本節では、ラジオゾンデ観測、気象ロケット観測のほか、近年、気象庁で実施しているリモートセンシング技術を使用した高層気象観測（ウィンドプロファイラ観測、GPS（GNSS）可降水量解析、地上マイクロ波放射計観測）を第 2 項から第 6 項に記述した。なお、本節では海洋気象観測船や小笠原諸島を除く国内で行っている高層気象観測を中心に記述した。

２．ラジオゾンデ観測

（1）観測地点及び地上設備

無線技術を利用した定常的な高層気象観測は、昭和 13 年 6 月に中央気象台布佐出張所（千葉県布佐）におけるラジオゾンデ観測により開始された。その後、ラジオゾンデによる高層気象観測地点は増加したものの短期に廃止した地点もあり、国内観測網として確立したのは、根室、八丈島、名瀬で観測が開始された昭和 32 年だった。同年より上空の気温・湿度・気圧及び高層風を観測する「レーウィンゾンデ観測」を 09 時（00UTC）と 21 時（12UTC）に、高層風を観測する「レーウィン観測」を 03 時（18UTC）と 15 時（06UTC）に実施する体制となり、この時点では 18 地点で観測を行っていた。平成 16 年にレーウィン観測が終了し、平成 20 年には仙台、那覇の観測が終了して 16 地点での観測となった。

当初、観測に用いた受信設備は、ラジオゾンデ観測にはラジオゾンデ受信機を、レーウィン観測には手動で追跡を行う方向探知機（D44 型最大感度方式及び D49 型等感度方式）を使用していたが、レーウィンゾンデの導入に伴い、在日米軍から移管された GMD-1A 型自動追跡記録型方向探知機を昭和 30 年から使用した。さらに昭和 32 年には GMD-1A 型をモデルに日本で改良製作された D55A 型自動追跡記録型方向探知機が、昭和 39 年には D55A 型を更に改良した D55B 型を導入した。その後、それまで自動追跡記録型方向探知機で使用されていた円錐走査方式よりも測角精度の高いモノパルス方式の方向探知機（MOR-22 型）を那覇（1987 年）、秋田（1990 年）に導入した。平成 4 年 2 月からはモノパルス方式の空中線部に受信部、ゾンデ信号変換器、データ処理部で構成した「JMA-91 型高層気象観測装置」の整備が開始され、電波の受信から観測処理・通報まで一貫して行った。さらに GPS により高層風観測を行うラジオゾンデ（GPS ゾンデ）を導入した平成 15 年以降は、自動で気球への水素ガス充填、GPS ゾンデの起動、放球を実施し観測処理・通報を行う「集合型 GPS 高層気象観測装置（Automatic Balloon Launcher、以下「ABL」という。）」を離島官署中心に導入し、業務効率化を図った。ABL には使用する GPS ゾンデの種類に合わせて明星電気社製とヴァイサラ社製のものがあった。ABL は平成 15 年に八丈島において整備され、以降平成 19 年にかけて、南大東島、石垣島及び名瀬に整備した。その後、平成 21 年から 22 年にかけては測候所の廃止に伴い、根室から釧路、及び米子から松江へと地点の再配置を行うとともに釧路、輪島、松江及び潮岬に ABL を整備し、本庁において観測を遠隔で監視した。令和 5 年からは館野（高層気象台）、福岡及び鹿児島においても ABL による観測を開始した。また、ABL の導入に合わせ、一部の官署を除いてボンベを束ねたカードル等で水素ガスを搬入・貯蔵する方式から、現地で水を電気分解して貯蔵タンクに水素ガスを蓄えて ABL へ供給する「水素ガス供給システム（HGS：Hydrogen Generator System)」へと水素ガスの供給方式を切り替えた。ABL 運用開始後、令和 4 年 2 月に釧路 ABL で、令和 5 年 1 月には輪島 ABL において火災が発生したため、この 2 地点では現在まで ABL での運用を停止している。また、同型の ABL で観測を行っていた松江・潮岬 ABL についても令和 5 年 1 月より令和 6 年 5 月まで運用を停止した。

（2）使用するラジオゾンデ

中央気象台布佐出張所で開始されたラジオゾンデの定常観測には気象要素の切換えとともに搬送周波数が連続的に変化する「中央気象台 1 号型ラジオゾンデ」が用いられた。搬送周波数変化式は周波数の使用帯域が広く、無線電信や電話等との混信があったため、昭和 24 年から搬送周波数を固定し各気象要素の測定値をモールス符号として送信する「符号式ラジオゾンデ」を開発・使用した。符号式ラジオゾンデはその後種々のセンサ改良等が図られ、S50 型、S52 型、S53 型、S56 型等が導入された。また、これらの符号式ゾンデにレーウィン観測も可能な、RS52 型、RS53 型、RS56 型、RS Ⅱ 56 型レーウィンゾンデを開発・導入した。その中でも搬送周波数に 1680MHz 帯を使用した RS Ⅱ 56 型はその後昭和 56 年 3 月まで使用した。昭和 56 年には搬送波を気象要素の変化に応じ変調して伝送する変調周波数変化式の RS2-80 型レーウィンゾンデを導入した。これは高層気象観測の自動化を目指して開発したもので、RS2-80 型レーウィンゾンデからの信号を計算機処理することにより観測の効率化を図った。平成 4 年には小型・軽量、かつセンサ類の見直しを行った RS2-91 型レーウィンゾ

ンデを導入し、前述の JMA-91 型高層気象観測装置を用いてデータ処理を行った。平成 15 年以降は GPS により高層風観測や気温日射補正を行う（後に気圧・高度も GPS により算出）「GPS ゾンデ」の導入が進められ、平成 22 年 3 月に全ての地点が GPS ゾンデ観測に移行した。現在は観測地点により明星電気社製又はヴァイサラ社製の GPS ゾンデを使用しており、これまで明星電気社製 RS-01G 型、RS-06G 型、RS-11G 型、iMS-100 型、ヴァイサラ社製 RS80-15GA 型、RS92-SGPJ 型、RS41-SG 型の GPS ゾンデを使用してきた。

（3）使用するゴム気球

気象観測用ゴム気球の大きさは、350g 気球等その自重によって表す。気球の到達高度は、主に気球の大きさ、ラジオゾンデ等懸垂物の総重量、及び気球の上昇速度を決める水素ガスの量（＝浮力）によって定まる。昭和 26 年から昭和 50 年の定常観測に使用された気球は 800g 気球であった。昭和 51 年のゾンデ軽量化（1,150g が 950g へ）にあわせ、昭和 53 年までに順次、600g 気球に変更した。

なお、平成 7 年に GUAN（GCOS Upper-Air Network、GCOS については後述）観測地点に選定され、5hPa までの気温気候値の取得を目標として「高高度レーウィンゾンデ観測」が行われた館野では、600g 気球から 1000g 気球、又は 1200g 気球を使用した。詳細については第 7 部第 3 章「高層気象台」に記載した。

観測周辺環境の変化による落下ゾンデへの懸念等を背景に、気球に吊り下げる懸垂物（GPS ゾンデ他）の軽量化が進み、RS-11G 型 GPS ゾンデ以降に使用する GPS ゾンデは重量が 100g 以下となったことから、平成 25 年以降は気球への水素ガスの必要充填量が大幅に減った。これにより RS-11G 型 GPS ゾンデを使用していた館野では、それまでの 1200g 気球から 600g 気球に変更した。さらに iMS-100 型 GPS ゾンデは 40g 程度の重量であるため、令和 5 年以降、後述の GRUAN 官署（館野）以外の iMS-100 型 GPS ゾンデ使用官署では気球の重量を 350g とした。

（4）GCOS 基準高層観測網（GRUAN）

平成 2 年に開催された第 2 回世界気候会議において、大気、雪氷、生物圏等気候系全体に及ぶ総合的な観測網が提唱されたことをうけ、平成 4 年に気候変動の監視や影響評価等の実施に必要な総合的な観測を実現するための国際的なネットワークである全球気候観測システム（GCOS: Global Climate Observing System）が発足した。

平成 7 年に気象庁で開催された GCOS の気候のための大気観測パネル（AOPC: Atmospheric Observation Panel for Climate）では、GCOS 高層観測網（GUAN: GCOS Upper-Air Network）の観測所として、世界で約 150 か所の高層気象観測所を選定した。日本からは、札幌、館野、鹿児島、沖縄（のちに石垣島に変更）、父島、南鳥島及び南極昭和基地の 7 か所が選定された。

しかし、GUAN を構成する観測所で行われている高層気象観測においては、必ずしも長期にわたる気候変動を目的とした高高度・高品質・高精度・再解析可能なデータが担保されておらず、さらに観測値自体の「不確かさ」や「トレーサビリティ」などの特性が把握されたものではなかった。

このため GCOS では、長期にわたる気候変動監視のための基準となる高精度の高層気象観測データの取得、GUAN や衛星観測等のより空間的に密な観測、監視システムへの校正データ提供などを目的として、平成 18 年に AOPC の下に WG-ARO（Atmospheric Reference Observations of the AOPC/現 WG-GRUAN）といった作業部会を作り GCOS 基準高層観測網（GRUAN: GCOS Reference Upper-Air Network）を設置した。

GRUAN では、ネットワークの調整、科学的、技術的指導、観測データの収集、提供、解析などを中心となって行うリードセンターにドイツ気象局リンデンベルク気象観測所が決定されたほか、世界の 14 観測点が初期候補地点として選定され、地点登録や地点認証手続きが進められた。気象庁では平成 21 年に館野を GRUAN 官署として登録し、平成 30 年に GRUAN 認証地点となった。この他、平成 29 年に南鳥島及び南極昭和基地を GRUAN 官署として登録した（令和 6 年 3 月時点 33 地点が GRUAN 登録地点）。この 3 地点の観測データは、リードセンターへ提供されたあとに米国海洋大気庁（NOAA）の NCEI（National Centers for Environmental Information）で公開されている。

また館野は明星電気社製の GRUAN 認証ゾンデのデータセンターの役割を担っており、海外の登録地点が観測した明星電気社製 GPS ゾンデの観測データを元に GRUAN Data Product（以下「GDP」という。）を作成する作業を実施している。GDP は実験室や研究の現場での相互比較によるセンサの特性評価に基づき、個々の観測データについて既知のエラーやバイアスを修正して最良の推定値を出力するとともに、含まれる測定の「不確かさ」やメタデータなどを併せて提供するものである。GDP は衛星システムや地球規模のラジオゾンデネットワークなど、空間的に広範囲にわたる観測システムからの測定値を検証し、校正するためのデータとなり、衛星データの品質改善に繋げることを目的としている。また、更に精密な高層気象観測データを取得することで気候変動と変化についての理解を深めることを目指している。

3．気象ロケット観測

昭和 35 年以前の高層気象観測は、気球による観測が主であったが、自由気球による観測ではその到達高度に限界（平均で 25 ～ 30km）があるため、当時、気象ロケットによる上部成層圏から中間圏までの風及び気温の観測を行う世界的規模の気象観測網の整備が進んでいたことから、我が国においてもロケットを使用した高層気象観測を開始することが決まり、昭和 45 年 4 月に岩手県気仙郡三陸町綾里（現 大船渡市三陸町綾里）に気象庁観測部高層課附置の気象ロケット観測所が発足した。気象ロケット観測所では昭和 45 年 7 月の観測開始から平成 13 年 3 月の観測終了までに 1,119 機の気象ロケットが打ち上げられた。観測開始当初の気象ロケット観測業務の目的は、次の 4 項目であった。

・成層圏から下部中間圏の大気構造の解析
・成層圏循環の機構解明
・長期予報の精度向上
・北半球規模の長周期気候変動の解析

これらの目的の一環として、WMO の取決めに基づき、気象ロケット観測所の観測データなどをもとにした成層圏の突然昇温監視業務を当初東京航空地方気象台で担当していたが、昭和 47 年から長期予報課（後の気候情報課）が担当した。これは成層圏に関心を持つすべての

関係機関に成層圏の最新情報を提供することを目的としており、成層圏循環の実況と成層圏突然昇温の発生を知らせる警報文（STRATALERT）を全球気象通信システム（GTS: Global Telecommunication System）で、発信するものであった。また、1980 年代中頃には世界的に地球温暖化の監視体制の強化が求められるようになり、気象ロケット観測は成層圏の気候変動の監視に貴重なデータを提供することとなった。このように所期の目的に対して以下のような成果を上げた。

・データは成層圏天気図作成などに利用され、成層圏の平均的な基本構造の解析に寄与した。
・成層圏循環の変動解明のための調査資料・研究資料として利用された。
・当初は梅雨明けの資料として利用された。
・突然昇温警報発表用資料として利用された。
・気候変動の監視のための資料として利用され、近年における成層圏の継続的な気温低下などを検知した。

また、気象ロケットの打上げと観測の実施状況をみると、全期間をとおしての気象ロケット観測の成功率は 95％という高い値を示した。

気象ロケット観測所で気象ロケット観測業務が開始された 1970 年代は、世界の 17 ～ 18 か所で気象ロケット観測が定常的に行われていたが、1990 年代に入るとその数は次第に減少して 5 ～ 6 か所となった。これは、気象ロケット観測が、経済的負担が大きいこと、観測の目的である成層圏から下部中間圏の動向の解明がほぼできたこと、気象衛星により気温が測定できるようになってきたこと、超高層大気レーダーによって風向・風速が観測可能になってきたことが背景と考えられる。

1990 年代後期に入ると、こうした気象ロケット観測の世界的な縮小傾向の中で、気象庁内においても気象ロケット観測の将来についての検討が開始された。

平成 11 年の観測部観測課高層気象観測室による調査結果では、

・対象高度の基本的構造の解析が終わった。
・成層圏循環の変動解明の成果が得られた。
・観測データは使用されていない及び今後の利用見込みがない。
・数値予報による成層圏突然昇温の監視能力が向上した。
・高高度ゾンデ観測、オゾン観測・温室効果ガス観測等気候監視のための観測手段が整備された。

以上のことと平成 12 年に気象ロケット観測の定常観測を実施している国は我が国のみとなったことから、平成 13 年 3 月の第 1119 号の打上げを最後に終了した。

4．ウィンドプロファイラ（WPR）観測

ウィンドプロファイラは、「上空の風（wind）を測定し、そのプロファイル（profile：側面図、鉛直断面）を描くもの」という意味の合成語である。ウィンドプロファイラは、地上から上空に向けて電波を発射し、大気中の屈折率の不均一（ゆらぎ）や降水粒子によって後方に散乱された電波を受信し、大気や降水粒子の移動に起因する電波のドップラー効果を利用して、上空の風向・風速を測定する一種のレーダーである。このため、ウィンドプロファイラレーダー（wind profiler radar）と呼ぶこともあり、頭文字を取って WPR と表記することが多い。使用する周波数によって観測する対象範囲が異なる。

ウィンドプロファイラは、対流圏から成層圏、中間圏更に熱圏までの風や乱流を研究するため昭和 40 年代後半から昭和 50 年代に開発された「大気レーダー」に由来している。昭和 59 年に完成した京都大学（現 生存圏研究所）の MU レーダー（Middle And Upper Air Radar）は代表的な大気レーダーである。当初、大気レーダーは対流圏界面より高い高度を主な観測対象としていたが、昭和 50 年代後半に入ると対流圏の風の測定能力に着目した気象関係者が、対流圏を観測対象とする大気レーダーを「ウィンドプロファイラ」と呼ぶようになった。昭和 60 年代頃から平成初頭には各国の気象研究機関や大学がウィンドプロファイラの研究を始めた。日本国内では、昭和 63 年に気象研究所に 400MHz 帯ウィンドプロファイラが整備され、さらに平成初頭～ 10 年頃には京都大学、郵政省通信総合研究所（現 国立研究開発法人 情報通信研究機構、略称：NICT）等は、「境界層レーダー」と呼ばれる小型の 1.3GHz 帯ウィンドプロファイラを整備した。

気象庁においては、前述のとおり、気象研究所が昭和 63 年に 400MHz 帯ウィンドプロファイラを整備し、基礎研究を開始した。その後、ウィンドプロファイラの業務的利用を念頭に置いた仕様の検討を進め、平成 6 ～ 8 年に「ウィンドプロファイラによる風観測の定常化に関する業務実験」等を経て、平成 11 年度第二次補正予算（平成 11 年 11 月）及び平成 12 年度一般会計予算（平成 12 年 3 月）によって 1.3GHz ウィンドプロファイラ観測網を整備することが認められた。平成 12 年 11 月には気象庁本庁に中央監視局を開設、1 号機を名古屋地方気象台に設置し、順次整備を行い、平成 13 年 3 月に総務省関東総合通信局による電波検査に合格し、25 台のウィンドプロファイラと中央監視局による複合システムの無線局としての運用が認められた。同年 4 月には観測部高層気象観測室に現業班を新設して中央監視局に配置し、「局地的気象監視システム」として運用を開始した。同年 7 月には庁内からの応募案をもとにWINDAS（Wind Profiler Network and Data Acquisition System）の略称が与えられた。さらに台風と大雨の観測を強化することを目的に 6 台のウィンドプロファイラを平成 13 年度補正予算によって追加し 31 台での観測体制がしばらく継続した。

その後、平成 23 年の東日本大震災を契機に被災地域への防災情報提供能力を強化することを目的として、同年度中に仙台及び若松にウィンドプロファイラを追加で設置した。平成 12 ～ 15 年に設置した 31 台のウィンドプロファイラは平成 25 年度の本体更新を経て、現在は合計 33 台での運用を行っている。この他に自然災害等による商用電源の停電時にも観測を継続する目的から、管理官署庁舎の発動発電機から非常時に給電がされない 23 観測局については、平成 25 年度、平成 28 年度及び令和 2 年度にウィンドプロファイラ用発動発電機を整備し、可用性を高めた。

ウィンドプロファイラの観測データは、高度分解能 300m、時間分解能 10 分で高度約 5km（年平均）までの風向風速が得られることから、これまでのラジオゾンデ観測では得られなかった高い時間・空間解像度の高層風データを提供することが可能となった。数値予報をはじめとする気象庁業務に利用されるとともに、国内外の関係機関に配信され、更には気象庁のホームページにおいて公開されている。

ウィンドプロファイラの運用開始後の他機関との連携について、まずNICTとは平成14年度に最初の共同研究契約を締結し、NICTが運用する3地点（北海道稚内市、東京小金井市、沖縄県大宜味村）の観測データとの相互提供を行っていたが、NICTにおけるウィンドプロファイラ観測終了に伴い令和3年1月に相互提供を終了した。NICTとはこの他に平成18～20年度の「気象業務における風観測データの利用に関する調査」や平成30年度～令和2年度の「アダプティブクラッタ抑制技術」に関する研究を共同で行った。平成23～24年度には観測範囲の高々度化、乾燥域への拡大や高度分解能向上等を目的とした、「航空安全運航のための次世代ウィンドプロファイラによる乱気流検出予測技術の開発」をNICT、京都大学とで共同研究を行った。

無線局としてのウィンドプロファイラは、無線標定陸上局（一次業務）としての周波数割当を行うよう運用開始前から総務省に要望していたが、同一周波数での実績がないこと及び他のウィンドプロファイラの取扱いを含めて設備規則等の基準を作成しなければならないとの理由から、実験試験局として運用を開始することとなった。その後、実験試験局での運用成果を報告するなど、ウィンドプロファイラ以外の既存の無線局（一次業務）と同等の立場で安定した運用が行えるよう、また一次業務としての周波数割当が受けられるよう総務省への働きかけを継続し、平成28年3月に実用局（無線標定陸上局）としての免許が交付された。

ウィンドプロファイラのISO規格は令和4年12月に成立した。ウィンドプロファイラのISO規格策定において日本からの提案を行うことを目的とした国内審議委員会の委員には気象庁職員も参画しており、観測データフォーマットや品質管理、装置設置方法や保守に関して、前述した経験を踏まえた知見を提供することでその成立に貢献している。

5．GPS（GNSS）可降水量解析

GPS可降水量とは、GPS（Global Positioning System）衛星からのマイクロ波が地表付近に伝搬するときに、電離層や大気の影響を受けて電波の到達時間に遅れが生じる性質を利用して解析した受信機上空の水蒸気の総量のことを指す。GPS衛星だけでなく、他の測位衛星も利用して解析することができるため、一般化されてGNSS（Global Navigation Satellite System）可降水量とも呼ばれることがある。

平成9年度から13年度にかけて、科学技術振興調整費によって実施された「GPS気象学：GPS水蒸気情報システムの構築と気象学・測地学・水文学への応用に関する研究」により、気象業務におけるGPS可降水量の利用可能性が広く理解されることとなった。そして、気象庁では、平成15年度から17年度にかけて、観測部が技術開発課題「次世代高層気象観測手法の調査」を実施し、気象研究所の協力を得て、GPS可降水量の観測業務への利用方法を検討した。

平成19年9月には、国土地理院が運用するGPS連続観測システム（GEONET: GPS Earth Observation NETwork system、平成24年にGNSS連続観測システムに改名。）の電子基準点で観測したGPS衛星データと、気象官署の地上気圧・気温、さらにインターネット経由で取得する衛星軌道情報等を用いて、全国の電子基準点（現在は約1,300地点）の上空のGPS可降水量を30分ごとに推定解析することを目的として、GPS可降水量解析装置（VapAS: GPS-derived integrated Water Vapor Analysis System）を整備した。また、国土地理院のGEONETデータを即時的かつ定常的に解析するため、平成19年12月には「国土地理院と気象庁とのオンラインによる防災情報の相互交換に関する協定」を締結している。

さらに、その後もGPS可降水量データを即時的に気象業務に利用するためのツール等の開発が進められ、平成21年10月には、メソモデル（MSM）の初期値を作成するメソ解析において、国土地理院が運用する電子基準点の観測データから解析して得られたGPS可降水量データの利用を開始することとなった。なお、平成22年8月からは、局地モデル（LFM）でもデータの利用を開始している。

平成30年2月には、新たに10分ごとの可降水量解析を可能とすることやGPS衛星以外の測位衛星による解析を可能とすること等の解析機能の強化を図るため、高層気象観測データ統合処理システムの一部として機能統合し、解析装置の更新を実施した。

また、GPS/GNSS可降水量データは、当初は気象庁内での利用にとどまっていたが、海外気象機関からの要請を受け、令和2年5月からはGTSを通して海外気象機関へのデータ配信を行っている。

6．地上マイクロ波放射計観測

地上マイクロ波放射計は、大気中の水蒸気・雲水・酸素が放射するマイクロ波放射強度（輝度温度）を、1秒から数分間隔で地上から測定する受動型の観測機器である。これにより観測した輝度温度をもとに、高層気象観測データや数値予報モデルの結果等と組み合わせることで、可降水量や高度10km程度までの水蒸気・気温の高度分布（鉛直プロファイル）を高精度に推定することが可能である。

気象庁では、線状降水帯が多数発生するも事前予測が不十分であった令和2年7月豪雨によって、線状降水帯の予測精度に関わる課題があらためて明らかとなったことから、その予測精度向上に向けて「観測の強化」、「予測の強化」及び「情報の改善」に関する取組の強化・加速化を推進させることとなった。このうち、「観測の強化」に係る取組の一つとして、気象研究所が中心となり、令和3年度補正予算を活用することで地上マイクロ波放射計を整備した。この整備では、大雨の原因となる水蒸気の流入をより正確に把握するため、上空の風と水蒸気を同時に観測できるよう、西日本及び太平洋南側沿岸域の17か所のウィンドプロファイラ観測局に地上マイクロ波放射計を併設した。また、地上マイクロ波放射計による観測データの収集等を遠隔で行うため、情報基盤部情報通信基盤課システム運用室（東京都清瀬市）にデータ収集制御装置を設置した。これにより、地上マイクロ波放射計観測網の構築が令和5年3月に完了した。令和6年1月からは、気象研究所が運用する線状降水帯データベース装置を利用し、庁外の研究者等に対して、輝度温度や機器付属ソフトウェアでの解析による可降水量や水蒸気・気温の高度分布等の観測データの提供を開始している。

また、地上マイクロ波放射計観測データの利用については、気象技術開発室が機器付属ソフトウェアとは異なる手法を使って可降水量を解析し、その可降水量データを数値予報システムの準ルーチン（部内試験運用）で利用することから進められた。その後、令和6年3月には、地上マイクロ波放射計観測業務規則、地上マイクロ波放射計観測業務実施要領を制定するとと

もに、数値予報システムにおける地上マイクロ波放射計観測データの正式利用を開始している。

【第６節】統計

１．統計業務の体系

我が国で最初に測候所が開設されたのは明治５年の函館であり、その後明治 18 年までに函館も含めて 30 か所の測候所が設けられたが、当初は観測の方法や統計のとり方はそれぞれの測候所で異なっており、それらが全国的に統一されたのは明治 19 年１月に刊行された「気象観測法」（第１版）による。

昭和 25 年の第５版から名称変更した「地上気象観測法」では、地上気象観測の規定から実施・統計・記録の方法までを広範に扱っていたが、昭和 26 年に「気象官署観測業務規程」を制定することで、規定に関することを分離し、技術的な指針を定める内容となった。

昭和 28 年には地上気象観測を、気候調査を主な目的とする気候観測と電報をもって通報するために行う通報観測に分け、さらに気候観測を普通気候観測と気候の永年変化を調べるため観測方法や測器を変更しない特殊気候観測に分けた。特殊気候観測は昭和 34 年に名称を永年気候観測と改め、昭和 35 年に「永年気候観測指針」も刊行している。

気象観測の結果の統計・整理の方法などは、この「地上気象観測法」及びその他の諸規定に分散されていたが、普通気候観測と観測業務を委託していた区内気象観測に関しては、昭和 40 年にこれらを一括して「普通気候観測・観測所観測統計指針」として刊行した。

その後、普通気候観測と永年気候観測の統計方法については、昭和 48 年に「地上気象観測統計指針」として整理し、普通気候観測部分を廃止した「普通気候観測･観測所観測統計指針」については、観測所観測業務がすべて地域気象観測業務に移行した昭和55年に廃止した。また、平成３年には、普通気候観測と永年気候観測を区別せずに気候観測と位置づけた。

一方で、昭和 49 年には地域気象観測が開始し、その定義や観測種目といった規定に関しては「地域気象観測業務規則」で定めた。当初、この観測値の統計については指針や要領に相当するものを用意していなかったが、平成８年に「地上気象観測統計指針」を準用し「地域気象観測統計要領」を制定した。また、高層気象観測についても、気象官署観測業務規程で規定に関することを定め、その細目的事項を定めるものとして「高層気象観測統計要領」を制定していた。

このように、地上気象観測、地域気象観測及び高層気象観測は、規定に関することと統計に関することは、それぞれで別に定めていたが、統計に関することは多くの共通事項があるため、平成 17 年には統計に関する「地上気象観測統計指針」、「地域気象観測統計要領」及び「高層気象観測統計要領」を１つにまとめ、「気象観測統計指針」として体系を整理した。

２．統計値の変遷

前述のとおり、明治 19 年に刊行された「気象観測法」（第１版）において、観測時刻を地方時の１つである京都時による６回（2、6、10、14、18、22 時）とするなど、統計値の作成方法が全国的に統一された。観測時刻は明治 21 年に日本中央標準時を採用しており、国営移管が行われた昭和 14 年まで、この時定めた方法が基本となっていた。昭和 15 年からは当時の人員不足を観測の精度を落とさずに補うため観測時刻を３回（6、14、22 時）としたが、その後は第２次世界大戦が終わって気象事業が国際的な影響を受け、昭和 21 年から８回（3、9、10、12、15、18、21、24 時）を加えて 11 回としている。また、平成３年から JMA-80 型地上気象観測装置の導入に伴い毎時の 24 回となった。

日平均値の算出では、この観測時刻の変更を受け、例えば気圧は６回平均（明治 19 年から）、３回平均（昭和 15 年から）、４回平均（昭和 28 年から）、24 回平均（平成３年から）と変遷している。

一方、アメダスでは昭和 49 年の観測開始から毎時の 24 回の観測が行われ、データの品質が安定した昭和 51 年からこれを元に統計している。また、平成 15 年からは 10 分ごとの観測結果を元に統計している。

統計値の作成方法について大きな変化があったのは、平成 17 年の「気象観測統計指針」の刊行時で、主に２つの特徴がある。

１つは、統計開始からの極値・順位値の求め方で、官署移転時の統計の接続可否の判定を廃止し、観測測器の変更などにより全国一律に観測値の不連続が生じる場合を除き、極値・順位値は観測開始から求めるようにした。これにより、できる限り長い期間を対象に比較可能となり、観測開始以降これまでにどのような特異な現象があったかを知ることができ、防災の観点からも更に有用な情報になった。

もう１つは、資料不足値の導入である。それまで資料数が一定の基準に満たない場合は欠測としていたが、そのような場合でも統計値として記録するようにした。これは、平成 16 年の台風第 21 号によりアメダスの宮川（三重県）において９時 40 分までの１時間で 139mm とそれまでの極値である 101mm を大きく上回る降水を観測したが、そのあと障害により欠測となり、日最大１時間降水量の統計値は欠測となった事例があったためで、これを資料不足値として欠測とは別に扱うことで、少なくともこの値以上になったという情報が活かせるとともに、欠測率の情報を合わせて提供することにより、利用者がその目的に応じて利用可否を判断できるようになった。また、地上気象観測は 1991 年以降、アメダスは 1976 年以降を対象に新しい方法で再統計を行い、過去に遡って資料不足値を導入した。

平成 18 年には、アメダスの統計に N 時間降水量を導入した。それまでにも１時間降水量を統計していたが、これだけでは大雨災害の発生状況を適確に表すことができないため、新たに 2、3、6、12、24、48、72 時間降水量を求め、その日最大値等の統計値を求めることにした。これは、平成 30 年には N 時間降雪量として降雪量にも拡張した。

３．平年値

平年値は、その時々の気象や天候を評価する基準として利用されるとともに、その地点の気候を表す値として用いられてきた。

平年値の統計期間の長さについては古くから議論が重ねられ、昭和 10 年に世界気象機関（WMO）の前身である国際気象機関（IMO）の会議で 1901 ～ 1930 年の 30 年間を平年値の統計期間とすることが勧告された。その後昭和 31 年に、10 年ごとに計算しなおすことを WMO が勧告し、我が国では昭和 32 年（1957 年）10 月に 1921 ～ 1950 年の 30 年間の値

を用いた平年値を「月別平年値気候表」（気象庁観測技術資料第 4 号）として公刊したあと、10 年ごとに平年値を求めている。

昭和 36 年（1961 年）には、「1960 年までの地上気象観測累年統計実施要領」を定め、観測法、測器などの変更による累年値の統計への影響を吟味するとともに、気象官署の移転による接続の可否判定基準等を定めた。これにより、従来は移転の有無にかかわらず続けて統計していたものを、大きな違いを生じる場合には接続しないこととした。これを元に 1931 ～ 1960 年の 30 年間の値を用いた平年値を「日本気候表」（7 冊のシリーズ）として、昭和 38 年（1963 年）までに公刊した。

1941 ～ 1970 年の 30 年間の値を用いた 1970 年平年値は、昭和 47 年（1972 年）10 月から使用を開始した。新たに日平均気温、日最高気温、日最低気温、日平均湿度を追加した。

1951 ～ 1980 年の 30 年間の値を用いた 1980 年平年値は、1 ～ 6 月分の主要要素を昭和 56 年（1981 年）1 月から用い、昭和 59 年（1984 年）までに順次、日本気候表 1980 年版として刊行された。これまで半旬別平滑平年値を元に計算していた日別平滑平年値は、日別値を元にするよう計算方法を変更した。また、高層気象観測の平年値を昭和 58 年（1983 年）に初めて作成した。さらに、昭和 63 年（1988 年）には、1979 ～ 1987 年の 9 年間の値を用いて、アメダスの準平年値（有効なデータが 8 年以上 24 年未満）を初めて作成した。

1961 ～ 1990 年の 30 年間の値を用いた 1990 年平年値は、1980 年平年値と同様に平年値期間の終了後、平成 3 年（1991 年）1 月から利用を開始した。この更新では、積雪の深さ、梅雨期間降水量などを追加するとともに、富士山や昭和（南極昭和基地）の平年値を新たに掲載している。また、1956 ～ 1985 年の値を用いていた生物季節観測の平年値も、他の観測値と期間を合わせるようにした。

1971 ～ 2000 年の 30 年間の値を用いた 2000 年平年値も、1990 年平年値までと同様に平年値期間の終了後、平成 13 年（2001 年）1 月から利用を開始した。この更新では、観測環境の悪化等により観測所の移転を行うケースが増えてきたことから、統計切断による平年値が無い状態を避けるため、気温等の一部要素では、ステップ関数を用いた補正を行って、移転をまたいで平年値を作成できるようにした。平年値の計算に際して、このような補正方法を導入したのは我が国が最初である。さらに、準平年値を廃止し、有効なデータが 8 年あれば平年値を求めることとした。また、階級区分値の出現率を、これまでの（30%、40%、30%）から出現率が全て同じ（33%、33%、33%）になるよう変更した。なお、平成 17 年（2005 年）に制定した「気象観測統計指針」では平年値補正に十分な資料が蓄積されたあと速やかに平年値を補正するようにした。

1981 ～ 2010 年の 30 年間の値を用いた 2010 年平年値では、これまでのように複数回に分けて更新するのではなく、平成 23 年（2011 年）5 月に 1 ～ 12 月分を全て更新する方法に変更した。これは、平年値を利用している企業等において、年 2 回の平年値更新の作業が負担となること、また、作業ミスを防ぐ面からも一度の作業で実施することが望まれたためである。

1991 ～ 2020 年の 30 年間の値を用いた 2020 年平年値では、平年値作成期間で気温の時別値が揃うようになったことから、時別気温の平年値を 3 時間ごとから毎時に変更するなどの拡張を行った。また、その地点の気候を表す値として利用されることから、観測の終了により統計を終了した項目や、統計を切断したため統計年数が足りない場合においても、一部要素については統計の終了や切断までの統計値を用いて平年値を作成する参考値を導入した。

これらは観測地点ごとに求めたものであるが、この平年値を用いて等値線を引いた日本気候図を作成するなど、観測点の情報を面的に拡張する試みを行ってきた。そして、国土に関するデジタルデータ整備事業の一環として、旧国土庁の協力を得て、昭和 59 年度（1984 年度）から昭和 63 年度（1988 年度）に平均気温・日最高気温・日最低気温・降水量・最深積雪の 5 気象要素について 1km 格子のメッシュ気候値を公表した。これは平成 14 年（2002 年）には 2000 年平年値を利用し、日照時間と全天日射量を追加したメッシュ気候値 2000 に更新した。その後、平成 24 年（2012 年）には 2010 年平年値を利用し、名称も気候値から平年値に改めたメッシュ平年値 2010 を公表し、令和 4 年（2022 年）には 2020 年平年値を利用し、気温の日別値を追加したメッシュ平年値 2020 に至っている。

4．統計処理の電子化

ここでは、気象台・測候所が行う地上気象観測における統計処理の電子化の変遷について述べる。

前述のとおり、明治 19 年の「気象観測法」により観測の方法や統計のとり方が全国的に統一され、各観測所において処理した結果を様々な形式の報告資料にまとめ、中央気象台に報告していた。

第二次世界大戦後、報告は計算機で読み取り可能なパンチカードでも実施するようになり、パンチカードシステムによる月別値等の統計処理や統計結果を用いた調査等に成果があった。しかし、パンチカードの数が増えるに従って効率的な処理が困難になり、大型計算機を用いて統計処理とその磁気テープを作成するようになった（詳細は「気象百年史」Ⅱ 部門別史第 3 章を参照）。

平成元年 4 月には、観測装置からの出力結果を直接コンピュータに自動で取り込み、新たに導入した地上気象観測データ処理プログラム（PSDP: Program of Surface Data Processing）において、観測所において手作業で行っていた日別値の統計も電子化した。これにより、地上気象観測日原簿に記載されている内容すべてが電子化され、それまで紙の原簿の郵送により実施してきた報告をフロッピーディスクやオンラインで行うこととなり、観測を実施してから気象資料として利用できるまでの時間を大幅に短縮できた。また、平成 3 年 1 月からはこの結果を用いて月統計と累年統計は本庁で一括して行うこととし、従来気象台・測候所で作成していた地上気象観測月原簿と地上気象観測累年原簿を廃止した。さらに、平成 6 年 3 月には L-ADESS の全国展開が完了し、全国の気象台・測候所で観測したデータは、翌日には本庁で統計処理を行えるようになった。

平成 20 年には、アメダスデータ等統合処理システムを導入し、観測装置からの出力結果を取り込むことで、10 分値や時別値を作成することとした。日統計はこれらを用いて気象資料提供システムにて実施し、これで全ての統計を本庁で行うこととなった。

このような発展を経て、現在では観測を実施した後、約 20 分で日別値等を利用でき、翌朝

には月別値等を利用できるようになっている。

また、日別値の統計処理を電子化した PSDP、これを用いた月統計や累年統計の処理、後述の気象資料ライブラリで提供する多様なコンテンツ、気象庁ホームページから統計値を提供する「最新の気象データ」や「過去の気象データ検索」等の統計業務の変遷を語る上で重要なものを含む多くのプログラムが、当時の統計室等の職員により開発されたものであることも特記すべき点である。

5．統計値の利用

大型計算機を用いて統計した結果は、磁気テープにより気象庁内部で利用に供していたが、次第に地方気象台等にもパーソナルコンピュータ（パソコン）が導入され、観測データや統計資料などの機械可読データの利用が可能となった。このため、昭和 62 年にはパソコンで読み取るために変換が必要だった大型計算機で作成したフロッピーディスクをそのまま読み取る手法を開発し、フロッピーディスクの地方気象台等への送付を開始した。

その後、媒体は CD-ROM に代わりつつも、統計値の利用は本庁・各気象官署を問わず統計値ファイルを直接読むことで行っていたが、リレーショナルデータベース（RDB）や Web API といった新たなデータ利用手段が広まってきたことから、平成 13 年度に導入した気象資料提供システムを用いて、これらの庁内利用を開始した。

気象資料提供システムでは、後述の電子閲覧室で用いる中間ファイルの作成も行ったが、ここでは主に庁内利用の拡充について記す。

1 つは、基盤データとしての統計値を提供する FTP、RDB、Web API の仕組みを用意した。FTP はフロッピーディスクや CD-ROM に代わり統計値ファイルをネットワークからダウンロードするもので、統計値ファイルを扱う従来のプログラムにおいても最新のデータを扱うことが可能となった。RDB はデータベース言語である SQL を用いて統計値を抽出・集計するもので、条件に見合った統計値を横断的に検索することが可能となった。Web API は HTTP プロトコルを用いてリクエストされたデータを返すもので、簡便に指定した統計値を取得できる。

もう 1 つは、統計値を記した帳票やグラフ・図といったユーザーフレンドリーな応用コンテンツを Web アプリケーションとして展開した。これらは各管区気象台の協力を得て順次拡張を続け、本庁や各気象官署において、報道対応、資料作成、調査研究等の様々な用途において活用されている。

これらは気象資料ライブラリとして庁内に提供しているほか、気象官署の独自サーバにおいても、前述の FTP、RDB、Web API により統計値を取得し、ニーズに応じた多様なコンテンツが開発・運用されている。

6．統計値の公開

統計値は、明治 19 年開始の気象庁年報、明治 33 年開始の気象要覧等、印刷物による公開が長く続いたが、電子計算機の普及に伴って機械可読データのニーズが高まり、平成 8 年 3 月から CD-ROM による公開が始まった。また、機械可読データの存在する範囲で、過去データも遡って刊行することが行われた。

平成 6 年には、3 月に L-ADESS の全国展開が完了し、全国の気象台・測候所で観測したデータが翌日には本庁で統計処理を行うことができるようになったことから、翌月初めに前月の天候に関する統計情報を「気候統計値からみた月の天候」として 4 月から発表することとした。これは平成 13 年 2 月に総観的な情報を追加し名称も「月の天候」と改め、月々の天候の特徴を解説する資料として公開している。

気象官署においては閲覧という形で原簿や自記紙を公開していたが、これらの電子媒体化に伴い、CD-ROM 等をコンピュータ上で表示・印刷するための閲覧システムを平成 8 年から全国の気象官署に展開した。また、平成 16 年には地方気象台等の閲覧システムを本庁のサーバに接続し、2 日前までの気象観測データが迅速に閲覧できるようになった。

1990 年代後半にインターネットが普及したことで、統計値の主な公開方法も（一財）気象業務支援センターからの CD-ROM の販売や気象台・測候所における閲覧という方法から気象庁ホームページへの掲載という形に変わった。平成 14 年には気象庁ホームページに電子閲覧室を開設し、地上気象観測とアメダスの統計値の公開を始めた。その後、当日の観測史上 1 位の値の更新状況等の拡充を行い、平成 18 年には「最新の気象データ」と「過去の気象データ検索」の 2 つのグループに再編した。最新の気象データは、今日の最高・最低気温、24 時間降水量、観測史上 1 位の値の更新状況など即時的な気象データを表示しており、平成 30 年に大雨や台風の際に降り始めからの総降水量等を掲載する「特定期間の気象データ」を追加するなど適宜拡張を行い、大雨や台風時の気象状況の把握など防災活動や支援に欠かせないコンテンツとなっている。また、過去の気象データ検索は、過去の観測データや統計データの検索や表示が可能で、操作性を向上するとともに対象とする統計値を大幅に拡大し、いつでも、どこでも、だれでも、社会の基盤データである気象観測結果を得ることができるようになった。このように気象庁ホームページによる統計値の提供の促進・増強に伴い、気象要覧は平成 14 年 12 月分を最後に、閲覧システムは平成 22 年 3 月に、気象庁年報 CD-ROM は平成 22 年分を最後に、それぞれ廃止している。21 世紀の最初の 10 年は、統計値の公開が長く続いた刊行物による方法からインターネットを用いた方法へ大きく舵を切った変革期であった。

7．気象資料提供システム

観測部では、気象データ及び気象災害データの保存並びにこれらのデータを庁内外に提供するため、平成 13 年度に「気象資料提供システム」を整備し、庁内向けの気象資料電子データベースと、気象庁ホームページで気象データを部外に提供する「電子閲覧室」の運用を開始した。気象資料電子データベースは、平成 14 年度に運用が開始された気象災害データベース、気象観測、注意報・警報、台風ベストトラック、天気図、解析雨量及び土壌雨量指数の各データベース、平成 17 年度開始の部外雨量、気象観測所の各データベースで構成された。様々なデータが一か所に集められたことにより、調査・研究などに簡便に利用できるようになった。これらのデータベースを有効に利用するため、観測課統計室で必要なアプリケーションを作成するとともに、地方官署が開発したアプリケーションについても各官署が共有して利用できるような環境を整備した。一方、部外向けには平成 14 年度、気象庁ホームページ内に「電子閲覧室」を開設し、地上気象観測とアメダスの統計値をインターネット上で見られるようにした。これにより国民

が気象データを閲覧する利便性は飛躍的に向上し、官署での気象資料の閲覧者は激減した。

平成18年度に「気象資料提供システム」を更新し、それまではNAPS（数値解析予報システム）で行っていた統計処理を専用環境で行い、地上気象、アメダス、高層気象等に加えてレーダー、ウィンドプロファイラ等の観測データを新たに収集し気象資料ライブラリとして保存、気象庁内で利用されるようになった。また、気象庁ホームページで提供する「電子閲覧室」の後継として「最新の気象データ」、「過去の気象データ検索」の提供を開始した。

平成23年度及び平成29年度に、機能の維持・強化のために同システムを更新し、気象庁ホームページの「最新の気象データ」のコンテンツや気象資料ライブラリの充実を行った。日々増大する気象資料の安定的な蓄積を行い、防災作業支援や気象資料の資料庫としての役割を果たしている。

8．他機関観測データ収集・高度利用装置

他機関観測データ収集・高度利用装置は、国土交通省の機関や都道府県がそれぞれの目的に応じて観測している雨量観測データ（以下「他機関雨量観測データ」という。）を収集・処理するためのものであり、平成22年4月に運用を開始した。

オンラインで入手した他機関雨量観測データは、予報業務における気象実況の把握や「解析雨量」、「土壌雨量指数」、「流域雨量指数」など防災気象情報の発表に不可欠な資料の作成に利用している。気象庁における他機関観測データ収集は、平成3年4月から気象庁本庁が東京都の雨量観測データ収集を開始したことに始まり、平成14年の都道府県との共同洪水予報の開始と平成15年6月の防災情報提供センターの開設を契機に、本格的な雨量観測データ収集に拡充された。この拡充にあたり、気象庁は平成15年3月末に他機関雨量観測データ及び国土交通省のレーダー雨量計の利用を推進するために、予報部で「観測データ交換システム」を整備した。また、観測部では、平成15年に「雨量データ品質管理情報処理装置」を整備し、他機関雨量観測データの一元的な収集・品質管理を開始した。平成20年度には、すべての都道府県から雨量観測データのオンライン収集を実施し、気象庁の雨量観測データを含め全国約1万か所の雨量観測データを収集するに至った。これらの観測データは、ほぼリアルタイムで防災気象情報に利用されるようになったため、より早く雨量観測データの正誤判定を行い、誤データが情報に利用されないようにすること、更には疑わしいデータに対しては利用上の注意情報を付加すること等の対応が必要となった。このため雨量観測データに対する自動品質管理をより高度化し、職員が行う観測データチェックを支援する機能を拡充し、品質管理体制の強化を図ることを目的として「観測データ交換システム」の観測データ収集処理機能及び「雨量データ品質管理情報処理装置」の品質管理処理機能を統合した「他機関観測データ収集・高度利用装置」を整備した。

「他機関観測データ収集・高度利用装置」は、予報部情報通信課システム運用室（東京都清瀬市）に設置したメインシステムと、大阪管区気象台に設置したバックアップシステムからなり、各システムは、観測データ収集処理部、品質管理処理部、閲覧処理部及び運用監視端末等で構成された。

メインシステムは、観測データ収集処理部サーバ及び品質管理処理部のサーバからなり、観測データ収集処理部は、アメダスの観測データを収集するとともに、国土交通省や地方自治体の観測データを収集し、即時的な自動品質管理処理（AQC: Automatic Quality Control）を施した後、共通フォーマットと呼ばれる書式に変換したファイルに集約し、この共通フォーマットファイルからBUFR3形式と呼ばれる書式に変換、BUFR（二進形式汎用気象通報式：Binary Universal Form for the Representation of meteorological data）ファイル（以下「BUFR報」という。）をアデス経由で庁内の各種システムへ配信した。このとき即時的AQCの結果は、AQC識別符としてBUFR報に含まれた。観測データ収集処理部で即時的AQC（限界値チェック等）を実施する一方で、品質管理処理部では非即時的AQC（雨量の面的チェック等）を実施した。また地方官署の品質管理担当者により設定されるデータの利用不適等に関する設定情報のAQC識別符への反映処理も品質管理処理部で実施した。

閲覧処理部では、品質管理処理部において処理した品質管理結果を一覧表・分布図の形で閲覧に供し、必要に応じて利用不適の設定・解除の操作を行う機能を持った。

他機関観測データ収集・高度利用装置で収集する雨量観測データは、システム障害や定期点検のため収集できない場合があり、そのため本装置では、それらシステムからのオンラインデータファイルがどの程度収集・処理されたかを把握する機能及び障害などの原因を調査するためにデータファイルの内容を解析する機能を閲覧処理部に搭載した。

他機関観測データ収集・高度利用装置の機能はアメダスデータ等統合処理システムに統合され、平成29年3月に運用を終了した。

9．雨量・レーダー情報コンテンツ作成装置

雨量・レーダー情報コンテンツ作成装置は、防災情報提供センターホームページのコンテンツ「リアルタイムレーダー」の作成、提供を行うために平成15年度に運用を開始した。

（1）リアルタイムレーダーコンテンツの作成

気象庁内のレーダー統合プロダクト作成装置で作成されたレーダー統合プロダクト（国土交通省河川局・道路局の全国のレーダーデータと気象庁の全国のレーダーデータを合成し1kmメッシュのGRIB2（二進形式格子点資料気象通報式（第2版）：General Regularly-distributed Information in Binary form）フォーマット形式のデータとなったファイル）が毎10分の観測時刻の約6～7分後に雨量・レーダー情報コンテンツ作成装置に送り込まれ、このデータを用いて作画したコンテンツが「リアルタイムレーダー」であった。このコンテンツを広く防災関係者や国民に公開するため、専用回線により、センターのトップページサーバへ送り込むとともに、庁内向けWebサーバにも格納していた。

（2）統合雨量コンテンツの作成

観測データ交換システムにおいて、BUFR報として変換・統合された気象庁、河川局、道路局及び各都道府県の各雨量データが、雨量・レーダー情報コンテンツ作成装置に送り込まれて、前10分の雨量、前1時間の雨量を10分ごとに、前3時間及び前24時間の雨量を1時間ごとに、それぞれ「統合雨量」の画像コンテンツを作成していた。この統合雨量の画像は、観測時刻後の毎5分後、毎9分後、毎13分後に編集されたBUFR報のデータにより作画された。これは、データ提供機関によって、また同じ機関のデータであっても観測所によって、BUFR

報を作成する観測データ交換システムに集信されるまでの時間に差があるためで、10 分間隔で観測されたデータを可能な限り多く利用できるよう、1 回の観測時刻につき各 3 回の BUFR 報の編集とコンテンツの作画を実施していたものである。

（3）更新及び運用の終了

平成 22 年度に老朽化による更新が行われ、装置の設置場所を気象庁内から清瀬（システム運用室）に移した。更新にあたって、表示拡大機能の充実（市町村レベルで精細に表示）、地理情報との重ね合わせ及びスクロールマップ機能追加、気象庁レーダー観測頻度の 5 分化に対応し 5 分間隔でレーダー画像を提供等の機能強化を行った。

その後、雨量・レーダー情報コンテンツ作成装置の機能は気象レーダー観測処理システム（ROPS）に統合され、平成 30 年 3 月に運用を終了した。

10. 防災情報提供センター

防災情報提供センター（Web サイト）は、国土交通省の各部局（河川局、道路局、国土地理院及び気象庁）が保有する防災情報の所在地や問合せ先を容易に検索できるとともに、複数部局の防災情報を重ね合わせてインターネットを通じてわかりやすく提供することを目的として、平成 15 年 6 月に開設された。

本サイト開設にあたっては、運営主体である気象庁が中心となって、省内関係部局が共有すべき防災情報提供センターに関連するサイトの運用、リンク情報の変更に伴う手順等を定めた。また、システム障害時の連絡体制及びデータ交換に係る技術情報の共有化のための連絡体制を、共管部局（河川局、道路局、国土地理院及び気象庁）及び大臣官房技術調査課電気通信室（気象庁、河川局及び道路局の雨量・レーダーデータの交換に係る集約中継サーバの運用を担当）において確立した。

本サイトのトップページでは、防災担当者や国民に分かりやすく防災情報を提供するため、独自に提供するコンテンツとして「リアルタイム雨量」と「リアルタイムレーダー」を公開、平成 16 年 6 月からは「過去の観測情報」の提供を開始した。「過去の観測情報」では、国土地理院の電子国土 Web システムを利用し、選択したデータ（気象・河川・海岸のデータ等）を地図上で表示したり重ね合わせたりすることができた。

また、省内の防災情報の一元的提供を確保するため、トップページは「国土交通省防災情報リンク」として省内各部局（土地・水資源局、都市・地域整備局、河川局、道路局、港湾局、北海道局、国土地理院、国土技術政策総合研究所、気象庁、海上保安庁）が提供する防災情報に直接リンクを張ることにより、容易に防災情報を入手できる構成とした。さらに、入手したい防災情報の検索のため、任意のキーワードを入力し検索する機能や、情報名や提供部局を選択し情報ページを検索する機能を搭載した。このほか、トップページには、災害時の関連情報の閲覧や日ごろの防災知識の習得など、利用者が必要とする情報の入手を容易とするため、省内の各部局が提供する防災情報を災害ごとなどに一覧した各種のリンク集ページも格納し、提供している。

平成21年度、共管部局で運用を見直し、よりわかりやすく情報を提供することを目的に、トップページのデザインの変更やコンテンツを整理した。

その後、「リアルタイム雨量」は「レーダ雨量」に、「リアルタイムレーダー」は「リアルタイムレーダー/雨量」にリニューアルするなど、各コンテンツの利便性が向上した。

【第 7 節】部外指導

1．法的背景

気象庁以外の者の行う気象観測については、気象業務法（昭和 27 年 12 月施行）第 6 条及び第 9 条により、政府機関又は地方公共団体が気象観測を行う場合（研究や教育のための観測を除く）、若しくはそれ以外の者が観測の成果を発表するため、又は災害の防止に利用することを目的として気象観測を行う場合には、①技術上の基準に従って行うこと、②気象観測施設の設置の届出を気象庁長官に行うこと、③検定に合格した気象測器を使用することを義務付けている（届出・検定制度）。「技術上の基準」については、気象業務法施行規則第一条の三において、観測の種目ごとに指定した手段で、指定した最小位数の観測値が得られるものでなければならないとしている。例えば、気圧を観測する場合は、気圧計（自由大気にあっては、ラジオゾンデ等）を用いて hpa で測定し、最小位数 1hPa の観測値が得られる必要がある。

届出・検定制度は規制緩和や技術革新を背景に変更が行われてきた。気象業務法の一部を改正する法律（平成 19 年 12 月施行）により、電気事業者が行う気象観測のうち、その成果を発表するための気象の観測又はその成果を災害の防止に利用するための気象の観測以外について、技術上の基準に従って観測を行わなければならない対象から除外した（届出・検定制度の対象外となった）。これは、気象業務法制定時は観測網を確立するために電気事業者の観測データを活用していたが、国土交通省や自治体等の観測データを活用できるようになり、必要性が極めて薄くなっていたためである。届出対象の観測種目については、気象業務法施行規則及び気象測器検定規則の一部を改正する省令（平成 30 年 3 月施行）により、観測の実施者が少なく、その利用範囲がそれぞれの用途で限定的である「蒸気圧」、「露点温度」、「風力」、「雲」及び「天気」が削除され、気象業務法施行規則の一部を改正する省令（令和 6 年 3 月施行）により、水防活動の利用に適合する予報及び警報に活用する気象レーダーに係る観測の品質を将来にわたって確保するため「降水粒子の分布及び状態」が追加された。これにより届出対象の観測種目は、「気圧」、「気温」、「相対湿度」、「風向」、「風速」、「降水量」、「積雪の深さ」、「視程」、「日照時間」、「日射量」及び「降水粒子の分布及び状態」となった。

観測成果の利用に関しては、気象業務法第 6 条第 4 項において、気象庁長官は気象に関する観測網を確立するため必要があると認めるときは、届出をした者に対し、気象の観測の成果を報告することを求めることができると規定している。東日本大震災（平成 23 年 3 月 11 日）により、東北地方の多数のアメダスが長期間にわたり観測できなくなったことから、気象庁では観測網を補完するため、届出があった株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモに対し、観測の成果の報告（降水量、気温、風向及び風速）を求め、平成 23 年 3 月 23 日から同年 10 月 4 日まで観測データを気象庁ホームページで公開した。また、これらの観測データを気象実況の監視に用いることにより気象庁の防災気象情報の発表に利用した。

観測の実施方法に関しては、気象業務法第 10 条において、気象庁長官は同法第 6 条の技術上の基準に従って気象の観測を行う者に観測の実施方法について指導をすることができること

を規定している。

2．業務概要

部外データの利用促進を図るため、平成 8 年 7 月の組織再編により、気象庁以外の者が行う気象（海上気象を除く）の観測の成果の報告のための技術指導及び助言に関する事務をつかさどる観測技術指導官、及び指導係を観測部観測技術課に設置した。その後の組織再編で観測技術指導官等を平成 17 年 7 月に観測部計画課へ、平成 25 年 4 月に観測部計画課情報管理室へ、令和 2 年 10 月に大気海洋部観測整備計画課へ配置した。

部外指導業務として、届出手続の対応業務や届出・検定制度の周知・広報のほか、オンラインでデータ交換を行っている他機関観測所のメタ情報の管理及び雨量と積雪について観測環境調査を実施している。気象観測測器の設置や維持管理を円滑に実施するために必要な基本事項を取りまとめた資料「気象観測ガイドブック」（初版平成 14 年 12 月）や気象業務法で定められている制度の趣旨・目的や、制度の対象とする気象観測の範囲と守るべき事項等についてわかりやすく解説した資料「気象の観測を行う場合に」（初版平成 30 年 3 月）などを作成した。また、他機関観測所に対しては、より正確な観測値が確保できるよう次のような取組を行った。部外データの利用に向け平成 10 年度から自治体等観測システムの調査を実施していたが、データの相互交換の開始に伴い観測環境に重点をおいた雨量観測所等の「観測環境調査」を平成 15 年度から開始した。当初は職員が観測所に直接出向いて調査を実施したが、国土交通省水管理・国土保全局及び道路局は平成 27 年度から、自治体は平成 28 年度から、観測環境調査に必要な観測所周辺の写真等を提供してもらうよう変更を行い、観測環境調査の効率化を図った。平成 29 年度に提供された写真等の情報から観測所観測環境について客観的な評価と報告を行う WEB ツールを導入した。平成 30 年度には写真から天空開放度を客観的に解析する仰角の解析用ツールを導入した。雨量計の検定有効期間の確認について、気象情報（記録的短時間大雨情報、府県気象情報等）に利用している自治体に対して、平成 30 年度から毎年度実施した。

気象観測施設の届出のオンライン化について、それまでの書面･FAX･FD 等での届出に加え、国土交通省オンライン申請システムによるオンラインでの届出を平成 15 年 3 月に開始した。この届出の受理作業に必要な「気象庁電子申請個別システム」を国土交通省の契約するサーバ上に整備して、平成 15 年 8 月から運用を開始した。「気象庁電子申請個別システム」は、届出申請された情報の一元管理及び共有化、並びに届出の受理作業の効率化を図るために利用していたが、サーバのリース契約の終了に伴い、新たに平成 25 年 11 月に整備した「気象庁行政手続き処理機能」に機能を移行した。

【第 8 節】品質管理

観測データの自動的な品質管理（AQC）は、昭和 49 年の地域気象観測センター（アメダスセンター）発足時に始まり、気象官署の累年の気象データや極値をもとに限界値を作成し、この値を超えるものは欠測として取り扱った。この当時は、1 時間降水量、風速、風速 1 時間差、気温及び気温 1 時間差について限界値が求められた。

その後、昭和 58 年、平成 5 年及び平成 13 年のアメダスセンター設備等の更新にあわせた見直しのほか、富士山及び航空官署をアメダスとして取り込むことを踏まえた見直しも行われた。また、平成 20 年 8 月末豪雨では、限界値を超える降水量が観測されその値が配信されなかったことから、誤観測データを発信しないようにしながらも、雨量については極力正常値として配信されるような限界値の設定方針に転換した。現在は、累年の極値更新などに伴い、毎年、限界値を更新している。

現在では、アメダスデータ等統合処理システムでは以下のような品質管理が行われており、重大なものは自動的に無効フラグが付加されるとともに、軽微なものは疑問等のフラグが付加され、それらの情報をシステム画面上に表示することで、観測担当者に注意が喚起されている。

・降水量（限界値、範囲異常、無降水転倒、降水時日照あり）
・風向・風速（限界値、変動無し（一定値継続）、範囲異常）
・気温（限界値、変動無し（一定値継続）、範囲異常）
・日照（範囲異常、可照時間外日照、降水時日照あり）
・積雪（限界値、範囲異常）
・気圧（変動無し（一定値継続）、範囲異常）
・湿度（変動無し（一定値継続）、範囲異常）
・日射量（範囲異常、可照時間外日射）

上記の AQC では対応が難しいものに対しては、品質管理用のツール等を活用し、人間の総合的な判断による品質管理（HQC）も行うことで、品質管理の精度を高めている。

品質管理は気象庁の観測データだけでなく、他機関（都道府県や国土交通省等）とオンラインで交換している降水量や積雪の観測データも対象としており、他機関の観測の特性に合わせた AQC も行っている（この品質管理のシステムについては、本章第 6 節第 8 項「他機関観測データ収集・高度利用装置」を参照）。

業務体制としては、平成 17 年の本庁観測部計画課情報管理室の設置にともない、同室にデータ品質管理係を設置した。また、平成 19 年には観測データ品質管理官を設置した。これらは、令和 2 年 10 月の本庁組織改編により、大気海洋部観測整備計画課に配置となった。平成 22 年には各管区・沖縄気象台の気候・調査課に観測データ品質管理官を設置し、地方官署における観測データの品質管理体制を強化することとした。令和 5 年の管区組織改編により、観測整備課に配置となった。

【第 9 節】生物季節観測

気象官署で行う生物季節観測は、植物及び動物が季節によって状態を変化させる現象、具体的には、植物の開花や動物の出現等を記録するもので、その目的は、その観測結果を元に季節の遅れ進みや気候の違いなど、総合的な気象状況の推移を知ることにある。

明治時代には気象観測法が定められ既に観測が始まっていたが、昭和 28 年に生物季節観測指針が制定されたことにより、観測種目や方法等が全国的に統一された。観測種目としては、規定種目（全国的に分布する生物）と参考種目（特定の地域に分布又は密接な関係のある生物、のちに選択種目と改名）が指定され、観測対象・現象は、植物季節、動物季節、生活季節の 3

つに分類された。当初、植物季節については、規定種目はすいせん、たんぽぽ、すみれ、やまつつじ、のだふじ、はぎ、つばき、うめ、そめいよしの、くわ及びたかおかえで（いろはかえで）の 11 種目、参考種目は 16 種目、動物季節については、規定種目はひばり、うぐいす、つばめ、もず、まがん、とかげ、へび、かえる、ちょう、とんぼ、ほたる及びせみの 12 種目、参考種目は 4 種目が指定された。ちなみに生活季節については、夏の服装、冬の服装、かや、火鉢、こたつ等の初日･終日を観測していたが､昭和 39 年の生物季節観測指針の改訂時に廃止された。

時代の流れとともに少しずつ変更されてきた観測種目であったが、令和 3 年に大幅な見直しがなされ､動物季節は全廃､植物季節はあじさい（開花）､いちょう（黄葉･落葉）､うめ（開花）､かえで（紅葉・落葉）､さくら（開花・満開）及びすすき（開花）の 6 種目 9 現象を残して廃止した。これは、官署周辺の都市化に伴って生物の生態環境が変化しており、植物季節においては適切な場所に標本木を確保すること、動物季節においては対象を見つけること自体がそれぞれ困難になり、生物季節観測の目的が果たせなくなってきたためであった。また、観測以外でも、関東地方の紅葉の見ごろ予想（昭和 40 年開始）や全国（南西諸島を除く）のさくらの開花予想（昭和 30 年開始）を行っていたが、民間で同様の予想がされるようになったことに伴い、それぞれ、平成 20 年及び 21 年に終了した。

このように営まれてきた観測の結果は、季節情報・生活情報として広く利用されるようになり、迅速に提供してほしいという社会からの要望が強まったことを受け、昭和 62 年 11 月、観測報告の収集・統計処理・さくら及びかえでの観測報告の部外配信といった作業がパソコンやネットワークの活用により高速化された。現在では、すべての観測種目・現象についてオンラインで部外配信されるとともに、資料として、令和 2 年に観測を終了した種目･現象も含め、過去から現在に至る観測結果が気象庁ホームページに掲載されている。

【第 10 節】観測データを用いた面的プロダクト

1．解析雨量

解析雨量は気象レーダーの面的な情報と雨量計の離散的な情報を組み合わせて降水分布を作成するプロダクトであり、昭和 58 年 6 月に「レーダー・アメダス雨量合成図」の名称で、中部日本領域を対象に FAX 図の配信を開始したのが最初である。昭和 57 年から平成 6 年にかけて順次行われた気象レーダーのデジタル化とともに対象領域を拡大してきた。構想は昭和 48 年度に総務部企画課が発案した国内気象監視（NWW）システムにおいて、最重要課題の一つとして短時間のきめ細かい降水予測が挙げられたことに始まる。この中で、現在の雨量を面的に解析した分布と、その未来への延長である降水短時間予報はセットで開発が行われてきた。このため、対象領域の拡大や格子間隔の変更は共通して行われることが多かった。

昭和 63 年 4 月には、降水短時間予報の運用開始に伴って、「レーダー・アメダス合成図」と名称変更し、5km 格子、1 時間間隔で配信を開始した。この際、対象領域は東京・大阪・福岡管内とした。その後何度か領域を拡大し、平成 6 年 3 月に石垣島レーダーが移設・デジタル化されたことにより、ほぼ全国をカバーする領域が作成対象となった。平成 7 年 6 月には「レーダー・アメダス解析雨量」を正式名称とした。

平成 13 年 3 月に格子間隔が 2.5km となった。同年 7 月には東京都の設置する雨量計を皮切りとして、部外雨量計の利用が開始され、その後拡大していった。平成 15 年 6 月には急激に変化する強雨の監視のために降水短時間予報とともに 30 分間隔で提供するようになった。

平成 15 年度にレーダーデジタル化装置の改修が行われて 1km 解像度のデータ作成が開始され、平成 16 年 6 月から約 1km 解像度のレーダー全国合成が行われるようになったことを受けて、平成 18 年 3 月に解析雨量の分解能を 1km に精緻化した。それに先立つ平成 17 年 6 月から、分解能 2.5km のデータを 1km 格子に内挿して GRIB2 形式（世界気象機関が定める国際標準のグリッドデータのフォーマット）でデータの提供を開始した。平成 18 年 11 月から、函岳レーダ雨（雪）量計を皮切りとして、国土交通省（河川局･道路局）の設置するレーダ雨（雪）量計の利用を開始し、平成 20 年 3 月には全てのレーダ雨（雪）量計を利用できるようになった。このことに伴い、平成 18 年 11 月から、「解析雨量」を正式名称とした。

平成 28 年 9 月から記録的短時間大雨情報に速報版解析雨量が利用されるようになった。速報版解析雨量は平成 29 年 7 月から、表面雨量指数及び精緻化された流域雨量指数の計算に用いることとし、10 分間隔で部外に提供を開始した。速報版解析雨量は正規版と比較すると多少精度は落ちるが、即時的に防災に利用できるようにすることを優先するものである。

解析雨量は平成 6 年 6 月からは記録的短時間大雨情報において「○○市付近で約○○○ミリ」のような表記で実観測に準じて用いられたり、予報警報作業などで活用されている。また、解析積雪深、土壌雨量指数などの指数、といった多くのプロダクトが解析雨量を用いて作成されており、防災気象情報にとってなくてはならないプロダクトとなっている。

開発・運用は当初から予報部予報課と気象研究所で行ってきたが、令和 2 年 10 月の組織改編後は大気海洋部業務課気象技術開発室で実施している。

2．解析積雪深・解析降雪量

解析積雪深・解析降雪量は現在の積雪の深さと降雪量を 1 時間ごとに約 5km 格子で面的に推定するもので、令和元年 11 月に運用を開始した。開発は降雪短時間予報と一体となって行われてきた経緯があるため、詳細については本部第 2 章第 4 節「自動作成のプロダクト」にまとめて記載することにする。

3．推計気象分布

推計気象分布は地上・地域気象観測の実況値を面的に拡張した情報である。開発は、平成 18 年度に総務部、予報部、観測部、地球環境・海洋部で構成された「地上気象観測における目視観測項目のあり方検討 PT」において、「時間･空間的に離散的な目視観測に代わる、面的･客観的に大気を把握する技術の開発」を進めることが重要、とされたことを受けて、平成 21 年度から観測部技術開発課題における「地上気象観測データの分布情報の開発」として開始した。PT で議論された目視観測に基づく天気と技術的に作りやすい気温を先行しつつ、他の要素についても必要性と技術的可能性の検討を進めた。平成 23 年 3 月には東日本大震災により多くのアメダス観測所が被災し、観測データの空白域が生じたことを受けて、アメダスが広域に被災した場合の代替としての役割の重要性を再確認した。平成 28 年 3 月にプロダクトの名称を「推計気象分布」として、1km 格子の気温、天気の面的情報を 1 時間間隔で提供を開始

した。

令和２年９月には新たに日照時間（1 時間合計値）の提供を開始した。令和３年３月のアメダス気象計の更新に伴い、気象官署・特別地域気象観測所以外での日照時間の観測を廃止したことを受けて、推計気象分布（日照時間）はこれらを代替する役割を担い始めた。推計気象分布（日照時間）から、日照時間の観測を廃止したアメダス地点の推計値を抽出し、他のアメダス観測データと同一の BUFR4 形式ファイルに格納・配信する措置を取ることで、利用者の便宜を図っている。

推計気象分布のデータは GRIB2 形式で気象業務支援センターを通して提供するとともに、気象庁ホームページに全国、各地域の分布図を掲載している。

開発は当初は観測部観測課で開始し、その後観測システム運用室に移管し、運用を開始した。平成 30 年４月に計画課気象技術開発室の発足に伴い同室に移管し、令和２年 10 月の組織改編後は大気海洋部業務課気象技術開発室で実施している。また日照時間については、当初は気象衛星センターデータ処理部システム管理課、後に気象技術開発室で開発を進め、運用を開始した。

４．積乱雲情報プロダクト

航空機の安全運航に資するため、平成 24 年６月から、「ひまわり６号」の５分ごとの高頻度衛星雲観測データを利用して、観測が行われた夏季・日中限定で航空関係機関向けに積乱雲情報プロダクトの提供を開始した。本プロダクトは急速に発達し、今後１時間以内に発雷をもたらすであろうと考えられる積雲（積雲急発達域：水平解像度は 0.1 度）、積乱雲域（水平解像度は 0.04 度）及びかなとこ巻雲域（中下層雲不明域：水平解像度は 0.04 度）から成り、航空気象情報提供システム（MetAir）に向けて５分ごとに図情報として提供した。平成 26 年９月には、「ひまわり６号」の高頻度衛星雲観測が終了したため、プロダクトの提供を一旦中断した。平成 27 年７月、「ひまわり８号」の運用開始に伴い、その日本域観測データを利用してプロダクトを作成し、夏季日中のみの提供を再開した。平成 28 年６月からは、「ひまわり８号」の多バンドの観測データを利用して、精度向上を図るとともに、通年終日の提供を開始した。平成 30 年４月には、「ひまわり８号」のフルディスク観測データを利用して、アジア・西太平洋域を対象としたプロダクトも別途作成し、空域気象情報（シグメット情報）に関する東南アジア諸国との国際協力枠組みに提供を開始した他、MetAir でも平成 31 年３月から提供している。また、令和元年６月からは気象庁ホームページの「航空気象情報」のページにおいて日本域観測データを利用したプロダクトを画像として公開している。

平成 29 年度までは気象衛星センターで開発していたが、平成 30 年度以降は気象技術開発室が開発・運用を担っている。

５．霧プロダクト

霧による視程障害は、海上における船舶の航行、空港周辺における航空機の運航及び陸上における交通に大きな影響を与える場合があることから、その実況を把握することは重要であるが、直接観測を行う地点は限られるためその面的な広がりを把握することは困難であった。このため、「ひまわり８号」（平成 27 年７月運用開始）のデータを利用して、予報の実況監視用に夜間の霧を自動判別するプロダクトの開発が行われた。

このプロダクトを改良して 24 時間使えるようにし、目的を航空機の安全運航に絞ることにより、平成 31 年３月に MetAir 向けに面的な霧域の情報提供を開始した。また、令和元年６月から気象庁ホームページの「航空気象情報」のページで画像として公開している。プロダクトの水平解像度は 0.02 度、更新間隔は５分である。「ひまわり８号・９号」の観測データに加えて地表付近の数値予報データも考慮して霧の有無を判定する。衛星観測に基づくため雲の下に隠れた霧域を判別することはできない。

開発は平成 29 年度までは気象衛星センターで行い、平成 30 年度以降は気象技術開発室が引き継いで開発・運用を行っている。

【第 11 節】気象観測における国際協力

１．地区測器センター（RIC つくば）

高品質な気象データへの要求に応えるためには、気象測器の定期的な校正及び保守を行う必要性がある。このため、昭和 61 年（1986 年）、世界気象機関（WMO）執行理事会は、WMO 構成員（国・地域）が保有する気象測器と国際的に認定された基準器との校正、気象測器の校正及び保守に関する研修の支援等を目的に、地区測器センター（RIC: Regional Instruments Centre）を設立することを決議した。

平成８年（1996 年）に WMO 第Ⅱ地区（アジア）協会（RA Ⅱ: Regional Association Ⅱ (Asia)）から日本と中国が RA Ⅱの RIC に指名され、日本では平成 10 年（1998 年）に観測部観測課気象測器検定試験センターが「RIC つくば」として活動を開始した。平成 18 年（2006 年）の WMO 測器観測法委員会会合において、RIC の業務能力の担保のために国際規格 ISO/IEC17025（試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項）の認定を得ることを推奨することが決議され、RIC つくばでは、平成 24 年（2012 年）から平成 25 年（2013 年）にかけて、温度、圧力及び湿度に関して当該の認定を取得した。

RIC つくばは、平成 12 年（2000 年）のタイの気圧計、温度計の校正を皮切りに、各国気象機関からの要望に応じて基準器の校正を随時行ってきた。平成 25 年（2013 年）以降は、気象分野での JICA 技術協力プロジェクトに協力し、相手国の基準器の校正、日本から供与する校正設備への助言、現地や日本での測器に関する研修等も行っている。これらの活動により、RA Ⅱのみならず RA Ⅰ（アフリカ）、RA Ⅴ（南西太平洋）の各国気象機関の能力向上に貢献してきた。

また、その他にも、WMO と協力して気象測器専門家向けのワークショップを開催したり、アジア各国の気象観測や使用測器、データの品質管理の状況等を WMO の報告書（測器及び観測法レポート）として公表するなど、RA Ⅱの地区プロジェクト等として各国の技術力向上に取り組んできた。平成 22 年（2010 年）には RIC つくばホームページを開設し、測器関係の研修資料等を掲載している。

2．地区 WIGOS センター（RWC 東京）

平成 19 年（2007 年）5 月の WMO 総会第 15 回会合において「WMO 統合全球観測システム（WIGOS: WMO Integrated Global Observing System）」の設置を目指すことが決定された。WIGOS は、気象、気候、水文及び環境など様々な分野ごとに構築されている観測ネットワークを統合して取り扱い、より効率的な観測の実施や観測ネットワークの発展及び様々なデータの利用を可能にすることを目的とした枠組みである。その後、平成 27 年（2015 年）5 月の WMO 総会第 17 回会合において、地区における WIGOS に関する取組を促進するため「地区 WIGOS センター（RWC: Regional WIGOS Centre）」を設置することが決議され、平成 28 年（2016 年）6 月の WMO 執行理事会第 68 回会合にて、RWC は WMO の観測地点データベースへの各国によるメタデータ（観測場所、要素、方法、頻度等）の管理の支援と各国の観測通報の状況の監視を行うこと等が決議された。

日本は平成 30 年（2018 年）6 月に RA Ⅱの RWC に立候補し、パイロットモードの RWC として、一部の国における地上気象観測所のメタデータの改善の試行、WIGOS に関するワークショップの開催等の活動を行った。令和 3 年（2021 年）9 月の RA Ⅱ総会第 17 回会合第 2 部において中国とともに RWC として指名され、大気海洋部観測整備計画課が「RWC Tokyo」として正式に運用を開始した。

RWC 東京では、RA Ⅱ構成員の観測通報の流通状況や観測値と数値モデルの予測値とのずれを監視し、異常が見られた場合、各構成員にデータベースへのメタデータ登録の確認・修正など問題の対処を促すとともに、作業の支援を行っている。RWC の正式指名に先立つ令和 3 年（2021 年）3 月の RA Ⅱ管理部会第 16 回会合において、RA Ⅱでは日本と中国の RWC が共同運営を行うことが決定され、RWC 東京と RWC 北京では、RA Ⅱ構成員全体を分けた 2 つのグループを交互に担当して業務を行っている。

3．東南アジアの気象レーダーネットワーク構築の取組

東南アジアでは、台風等による大雨災害が多く発生しており、気象レーダーを的確に活用し、地域でデータを合成するレーダーネットワークを構築することが防災に有効である。気象庁では、地域からの要望をきっかけに、平成 23 年（2011 年）以降、各国の能力向上とデータ交換の取組を進めている。

平成 22 年（2010 年）1 月の台風委員会第 42 回会合において、台風による大雨災害が深刻となっていることを背景に、タイ気象局が中心となってラオス、マレーシアなどとレーダーデータを交換してレーダー合成図を作成する年次プロジェクトが立ち上げられ、気象庁も技術的な協力を行うこととなった。平成 23 年（2011 年）の年次プロジェクトではタイと日本が参加メンバーとなり、同年 9 月に気象庁及び京都大学の専門家がタイ気象局を訪問し、まずはタイ国内でのレーダー観測の品質向上、データ合成を目指すこととなった。その後、平成 28 年（2016 年）にかけて毎年東京又はバンコクにおいてタイとの技術会合が行われた。

一方、平成 26 年（2014 年）にはマレーシアから気象庁に個別にレーダーの技術協力の依頼があった。平成 28 年（2016 年）には上記の台風委員会の年次プロジェクトにマレーシアも参加し、気象庁とタイ、マレーシアで毎時のレーダーデータ（国内合成降水強度）の試験的なリアルタイム交換が開始された。平成 29 年（2017 年）には三者による技術会合が行われ、平成 30 年（2018 年）以降は同プロジェクトへの参加国が徐々に拡大し、ほぼ毎年、技術会合が日本で開催されている。

また、東南アジア諸国連合（ASEAN）の枠組みにおいても、平成 23 年（2011 年）10 月の気象・地球物理小委員会第 33 回会合で、タイとマレーシアが、日本の支援によるレーダーの研修ワークショップを提案した（平成 26 年（2014 年）2 ～ 3 月にタイで開催）。同様の動きとして、WMO の枠組みでは、平成 24 年（2012 年）2 月の RA Ⅱ総会第 15 回会合で、日本の支援により東南アジアのレーダー関連の技術力向上を目指す RA Ⅱと RA Ⅴ（南西太平洋）の合同地区 WIGOS プロジェクトが立ち上げられた。平成 29 年（2017 年）の RA Ⅱ総会第 16 回会合では、日本、タイ、マレーシア、インドネシアが主導し、レーダーの技術力向上に加えてリアルタイムデータ交換等を目指す地区 WIGOS プロジェクトが決定された。プロジェクトの一環として、WMO と ASEAN の合同レーダーワークショップが平成 30 年（2018 年）2 月と令和 6 年（2024 年）1 ～ 2 月にタイ・バンコクで開催され、気象庁をはじめ日本の専門家が ASEAN 各国の参加者に技術的な研修を行うとともに、東南アジアでのデータ交換の実現に向けた議論が行われた。

平成 28 年（2016 年）に台風委員会の年次プロジェクトにおいて日本、タイ、マレーシアで開始したレーダーデータの試験交換は、その後、地区 WIGOS プロジェクトの活動ともなり、令和 6 年（2024 年）時点でベトナム、シンガポール、インドネシアを加えた 6 か国に広がっている。

第６章　海洋気象

【第１節】海洋観測

１．海洋気象観測

（１）海洋気象観測船

気象庁に所属する海洋気象観測船は、水産庁や海上保安庁等の行政機関あるいは大学等の研究機関がもつ調査船・測量船・研究船等とともに、日本周辺海域や北西太平洋域での海洋観測の一翼を長年にわたって担ってきた。人工衛星によるリモートセンシングや、アルゴフロートに代表される自動観測機器が広く用いられるようになった現在でも、船舶による観測は、現場において精度の高いデータが取得できることや、他の手段ではいまだ代替できない化学成分等の観測が可能であることなどから、海洋観測ネットワークの中で重要な位置を占めている。

現在、気象庁が保有する海洋気象観測船は２隻（凌風丸・啓風丸）だが、ここでは近年まで在籍した観測船についても簡単に記述している。

なお、かつての海洋気象部海務課から現在の大気海洋部業務課に至るまで、陸上における観測船の運航・保守に係る諸々の業務は、船員によって構成される船務班（観測船運用管理官、運航係、保船係）が担っている。

ア．凌風丸

東北地方の冷害対策に資する海洋観測や我が国南方海上の気象観測のために建造された凌風丸Ⅰ世（昭和 12 年建造、総トン数 1,180 トン）、海洋観測のための機器をより充実させるとともに、気象レーダーも装備したⅡ世（昭和 41 年建造、総トン数 1,599 トン）に続き、平成７年にはⅢ世（総トン数 1,380 トン）が建造され、我が国周辺海域及び北西太平洋における海洋気象観測を実施してきた。

令和６年３月には凌風丸Ⅳ世が竣工し、これまでⅢ世が担ってきた観測を継承している。

主な観測機器は電気伝導度水温水深計（CTD: Conductivity Temperature Depth profiler）で、深さ 6,000m までの水温、塩分を観測している。また、海水を任意の深度で採取し、溶存酸素をはじめ化学成分や二酸化炭素関連物質の分析を行うとともに、航走中も洋上大気や表面海水中の二酸化炭素を観測している。さらに、昨今、我が国各地で大雨災害をもたらしている線状降水帯の予測精度向上に貢献するべく、東シナ海などにおいて海上水蒸気観測を実施している。

なお、凌風丸Ⅱ世によって昭和 42 年冬季に開始された、東経 137 度線に沿って三重県志摩半島沖からニューギニア沖に至る海洋観測は、現在も毎年実施しており、その成果は IPCC（気候変動に関する政府間パネル）評価報告書に引用されるなど、近年の地球温暖化に伴う海洋環境の変動把握に大きく貢献している。

イ．啓風丸

洋上の気象観測所として、主に我が国南方海域で台風、低気圧、梅雨前線などを監視するため、昭和 44 年に啓風丸Ⅰ世（総トン数 1,795 トン）が建造された。高層気象観測装置、気象レーダーなど当時最新の気象観測機器を装備していた。昭和 63 年には CTD を装備し、以降、凌風丸と同様の海洋観測も実施した。平成 12 年にはⅡ世(総トン数 1,483 トン)が建造された。設計思想はⅠ世とは異なり、凌風丸Ⅲ世の準同型船として、主に海洋観測を実施することを目的とし、そのための機器を装備している。建造年度は気象庁本庁所属であったが、平成 13 年４月春風丸Ⅲ世の退役とともに神戸海洋気象台所属となった。平成 22 年４月には、再び気象庁本庁所属となっており、それ以降は凌風丸Ⅲ世、Ⅳ世と同じく、我が国周辺海域及び北西太平洋における海洋気象観測に従事している。

ウ．海洋気象台に所属していた観測船

以下に述べる中型の海洋気象観測船は、いずれも海洋気象台に所属し、それぞれの管轄海域を中心に気象や海洋の観測に長らく従事していた。気象庁として主に北西太平洋域における大型船による海洋気象観測に資源を集中させるという方針に基づき、春風丸は平成 13 年度末、他の三船は平成 22 年度末に退役した。

（ア）高風丸

函館海洋気象台所属の高風丸は、オホーツク海・日本海・三陸沖等において気象・海洋の観測に従事した。

Ⅰ世（総トン数 346 トン）は、昭和 38 年建造、昭和 63 年退役。Ⅱ世（総トン数 487 トン）は、長風丸Ⅱ世の準同型船として、昭和 63 年に建造された（平成 22 年３月退役)。

なお、高風丸Ⅰ世は、「昭和 61 年（1986 年）伊豆大島噴火」の際、火山観測機器の輸送に従事し、高風丸Ⅱ世も「平成５年（1993 年）北海道南西沖地震」の発生直後から、奥尻島への物資輸送などの被災地支援を行った。

（イ）清風丸

舞鶴海洋気象台所属の清風丸は、主に日本海において気象・海洋の観測に従事した。

Ⅰ世（総トン数 62 トン）は昭和 16 年、旧海軍の曳船（えいせん）として建造され、昭和 23 年に舞鶴海洋気象台に移管された（昭和 35 年退役)。Ⅱ世（総トン数 355 トン）は昭和 39 年建造、平成５年退役。Ⅲ世（総トン数 484 トン）は、長風丸Ⅱ世、高風丸Ⅱ世に続く準同型船として平成５年に建造された（平成 22 年３月退役)。「平成７年（1995 年）兵庫県南部地震」（阪神・淡路大震災）の際には、大阪湾に急派され、被災地等への観測機器の運搬や物資の補給作業に従事した。

（ウ）春風丸

神戸海洋気象台所属の春風丸は、主に本州南方において気象・海洋の観測に従事した。

Ⅰ世（総トン数 125 トン）は、我が国でも最初期の本格的な海洋観測船として昭和２年に建造された（昭和 29 年退役)。続いてⅡ世（総トン数 150 トン）が昭和 29 年に建造（昭和 49 年退役）された後、Ⅲ世（総トン数 373 トン）が昭和 49 年に建造され、長らく本州南方海域等の海洋気象観測に従事した（平成 13 年退役)。

（エ）長風丸

長崎海洋気象台所属の長風丸は、主に東シナ海、沖縄近海において気象・海洋の観測に従事した。

Ⅰ世（総トン数 266 トン）は昭和 35 年に建造された（昭和 62 年退役）。

Ⅱ世（総トン数 480 トン）は、当初から CTD を装備するなど、新しい世代の海洋気象台所属中型船の先駆けとして、昭和 62 年に建造された。昭和 62 ～ 63 年と平成 3 ～ 4 年には日中共同観測で上海・青島に、平成 6 ～ 11 年には東経 130 度線観測でセブ（フィリピン）に寄港する外航も実施した（平成 22 年 3 月退役）。

（2）各層観測

海洋観測のうち、海洋中に設定したいくつかの深さ（基準層）において水温・塩分などを測定し、また酸素や栄養塩などの化学物質分析用の海水を採取するものを各層観測と呼んできた。近年では、後述のように水温や塩分などについては連続的に鉛直分布を観測することも可能となっている。これらの観測項目は多岐にわたるため、以下、項目ごとに観測手法の変遷について述べる。

ア．水温・塩分の現場観測

気象庁における海洋観測は昭和 2 年に始まったが、水温や水質等の鉛直分布を把握する手段として、ノルウェーの探検家フリチョフ・ナンセンが考案したナンセン式採水器に転倒温度計を付けて行う方法が長く採用された。これは、所定の観測点に停船し、観測用ウインチによって海中に降下させるワイヤーの途中に取り付けた採水器が、ワイヤーに沿って落とされる錘（おもり）（メッセンジャー）によって転倒する際に弁が閉じることで、その深度での海水を採取できるというものであった。同時に、採水器に取り付けた転倒式温度計も回転してその深度での水温を保持することで、その深度での水温を計測できた。しかしながら、いくつかの深度における離散的な観測値を取得するにとどまり、詳細な鉛直分布の把握は難しかった。

このナンセン式採水器を用いた観測は、昭和 62 年から平成元年にかけて導入した CTD によって、連続的な水温・塩分の測定が可能となったことから、その役割を終えた。

その後、気象庁においては、CTD を用いて、おおむね深さ 6,000m までの各層観測を実施している。導入当初の CTD は、米国 NBIS 社（Neil Brown Instrument Systems,Inc.）製 Mark Ⅲ B であった。同機種は世界の海洋調査・研究機関で広く使用されたが、水温・電気伝導度各センサーの応答速度の違いに起因する塩分値のスパイク発生といった課題があった。その後、平成 4 年に凌風丸Ⅱ世に米国 FSI 社（Falmouth Scientific,Inc.）製の水温・電気伝導度センサーを導入したが、飛躍的な精度の改善は見られなかった。

平成 9 年、長風丸Ⅱ世（長崎海洋気象台所属）に米国 SBE 社（Sea-Bird Electronics,Inc.）製の 911Plus が導入された。平成 16 年までに気象庁の海洋気象観測船全ての CTD がこの機種に更新され、現在に至っている。本機種では各センサーの性能自体が向上しただけでなく、従来の機種にあったスパイク発生という課題が解決され、センサーをモジュール化することで多項目の観測が可能となるなど拡張性が増した。現在、国内外の多くの海洋調査研究機関で本機種が導入されている。

イ．水質（塩分・溶存酸素・栄養塩）の分析

かつての塩分の定義は「海水 1kg 中に含まれる塩類の質量を g 数で表したもの」であったが、海水中に含まれる塩化ナトリウムなどの塩類を実際に測定することは困難であるため、海洋の塩分測定が始まった当初は、「海水中に溶けている主要成分イオンの存在比は一定である」という仮定のもとに、塩素量を測定し、その結果を塩分の値としていた（硝酸銀による銀滴定法）。その後、昭和 40 年になって UNESCO により電気伝導度と塩分の関係が定義されたため、これをもとに電気伝導度計を用いて、塩分が既知の標準海水と海水試料との電気伝導度比で塩分を求めることとなった。さらに、前述のとおり 1980 年代後半から CTD による海洋観測が広く行われるようになってからは、より高精度に船内の実験室で電気伝導度を測定できる機器（カナダ Guildline 社 AUTOSAL）が開発されたため、これを使用して塩分を求め、CTD の電気伝導度センサーの較正にも活用している。

溶存酸素の定量には、本格的な海洋観測が始まった頃からウィンクラー法が用いられてきたが、気象庁では平成 6 年から改良型カーペンター法を採用している。分析機器については、従来の手分析に代わって平成 19 年に自動滴定装置が導入され、滴定終点の決定がそれまでのヨウ素デンプン反応を用いた観測員の目視によるものから光学センサーを用いたものに改良され、分析における客観性がより高く確保された。なお、現在では CTD に溶存酸素センサーを取り付けて、溶存酸素の連続的な鉛直分布の観測も行っている。

海水中の栄養塩類（リン酸塩・ケイ酸塩・アンモニウム塩・硝酸塩・亜硝酸塩）については、かつては光電比色計を用いて手分析で行っていた。しかしこの方法では一成分につき数 10 ～ 100mL の試料水を要するため、前述のナンセン式採水器（容量約 1.5L）を用いていた時代には、多くの成分の分析を行う場合には採水量の少なさが問題となっていた。これを解決するため、気泡分節連続流技法を用いた自動分析機器（オートアナライザー）が開発され、少量の試料水で同時に多成分の分析が可能となり、気象庁でも昭和 47 年にこの機器の使用を開始した。昭和 55 年以降は全ての海洋気象観測船で同機器を使用することになり、現在では約 10mL の試料水でリン酸塩・ケイ酸塩・硝酸塩・亜硝酸塩の分析を行っている。

ウ．プランクトン

昭和 4 年に海洋気象台（神戸海洋気象台の前身）、昭和 5 年に中央気象台（気象庁の前身）によって、プランクトンの観測が開始された。昭和 30 年代後半から、より大型の観測船が各海洋気象台に配備され、プランクトン観測が我が国周辺の広域にわたって行われるようになった。

これは、プランクトンの種類ごとに水温等の条件によって生息する海域が異なることから、大まかな海域ごとの性質の違いを示す指標を得るため、顕微鏡を用いて動物プランクトン（対象は毛顎動物）、植物プランクトン（対象は珪藻）の種類の同定・計数を行ったものである。プランクトンの採取は、動物プランクトンは北太平洋標準ネット（NORPAC ネット）を用いて、植物プランクトンは各層観測によって得られた海水試料により行った。動物プランクトンについてはネットで得られた試料を用いて湿重量も測定した。また、植物プランクトンの現存量や分布を簡易的に把握するため、昭和 44 年から植物色素量（クロロフィル a 及びフェオフィチン）の測定を蛍光法（酸添加法）で開始した。

海況指標の取得という観点からは、人工衛星によるリモートセンシングの発達等に伴って、プランクトン観測の必要性は減少したため、平成 18 年に同定・計数による動植物プランクトン観測は終了した。

エ．水色・透明度

簡便に海洋の状況を把握するために、かつては水色・透明度の観測を行っていた。

水色観測は白昼に各層観測を実施している際、海面の真上から目視で海水の色を確認するものである。後述する透明度観測と同時に、フォーレル・ウーレ水色標準液（海水の色を段階的に再現した溶液のセット）と実際の海水色を見比べ、合致した標準液の番号を観測値としていた。

透明度観測は水色観測と同時並行的に、海水の清濁の程度を示すものとして実施していた。小型のウインチによって透明度板（Secchi 板）と呼ぶ直径 30㎝の白色の平らな円盤を海水中に降ろし、海面真上からの視認ができなくなった限界の深さを透明度とし、m を単位とする深さで示した。

人工衛星によるリモートセンシングの発達などの海洋観測手法の充実に伴って、目視による水色・透明度の観測の必要性が乏しくなり、平成 18 年度をもってこれらの観測を終了した。

（3）表層水温観測

気象庁では、表層水温観測と称して、海洋表層（深さ 400m 程度まで）の水温の観測を行っている。観測手段としては、かつて各層観測がナンセン採水器を用いて行われていた時代には、連続的な水温鉛直分布が得られる機械式水温水深計（MBT: mechanical Bathythermograph）、次いでメモリ内蔵型のデジタル水温水深計（DBT: digital Bathythermograph）が用いられていたが、前述のとおり CTD が用いられるようになると、それらの機器は CTD で代替できるようになった。現在では航走中の観測船から迅速かつ手軽に海洋表層の水温を観測できる利点を活かし、投下型水温水深計（XBT: eXpendable BathyThermograph）を黒潮の状況把握などに適宜活用している。

観測データの通報は、前述の各層観測によって得られた水温と塩分の鉛直分布（深さ数百 m まで）も含めて、WMO 国際気象通報式のうち海洋観測通報式（FM64 TESAC）を用いて行っている。平成 12 年 5 月に、それまで使用していた表層水温通報式（FM63 BATHY：深さ数百 m までの水温の鉛直分布と海面の流向・流速が対象）から変更した。

（4）海潮流観測

海洋気象観測船による海潮流観測は、地磁気と電磁誘導の法則を利用した電磁海流計（GEK: Geomagnetic Electro-Kinetograph）が用いられていたが、昭和 62 年以降、船底部送受波器から発射された超音波が海水中の懸濁物やプランクトンから反射されて受信される際のドップラー効果を利用した超音波海流計が用いられるようになった。平成 12 年から使用されている機種（米国 Teledyne RD 社の表層海流計（ADCP: Acoustic Doppler Current Profiler））では深さ 1,000m程度までの流向・流速を最大 128 層にわたり観測することが可能である。

なお、停船して行う各層観測においては前述の海洋観測通報式により、また航走中には航路海面観測通報式（FM62 TRACKOB）を用いて、海潮流の観測結果を通報している。

（5）海洋バックグランド汚染観測

海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律（海洋汚染防止法;昭和 46 年施行）に基づいて、海洋汚染の防止及び海洋環境の保全に資するために、昭和 47 年に日本近海及び北西太平洋における海洋バックグランド汚染観測を本庁と各海洋気象台で開始した。

この業務の内容は、海面浮遊汚染物質（プラスチック類）及び油膜を対象とした目視観測と記録、ニューストンネットによる浮遊タールボール（油塊）の採集と秤量（ひょうりょう）、海水中の油分及び重金属（水銀、カドミウム）の分析である。なお、これらの観測項目のうち、油分はおおむね平成 17 年以降、また重金属はおおむね平成 7 年以降、自然界において人為的な汚染が検出されないレベルの数値が維持されていることが確認できたため、令和 2 年をもって油分及び重金属の観測は終了した。

また、平成元年度から、洋上大気中及び表面海水中の温室効果ガス（CO_2、メタン、一酸化二窒素、フロン）の観測業務を行っている。

（6）海洋における温室効果ガスの観測

人間活動に起因する大気中の二酸化炭素（CO_2）等の温室効果ガスの増加に対して、昭和 50 年代に国の内外から観測データの収集や研究活動の促進の重要性が指摘された。これを受けて気象庁は昭和 58 年 9 月、庁内に検討会を設置し、陸上及び海洋において温室効果ガスの観測を行う具体案を作成、昭和 59 年 3 月の庁議においてこれを承認した。海洋課汚染分析センターは平成元年度に、それまで気象研究所の研究観測として昭和 56 年度から行っていた東経 137 度の CO_2 観測を引き継ぐ形で、凌風丸Ⅱ世による洋上大気中及び表面海水中の温室効果ガス（CO_2、メタン、一酸化二窒素、フロン）の観測業務を開始した。平成 3 年度には、海洋の中・深層での温室効果ガスとその関連物質（全炭酸、アルカリ度、海水フロン・メタン、一酸化二窒素）の、平成 5 年度には有機炭素、有機窒素の観測を開始した（有機炭素、有機窒素は令和 2 年度に観測を終了）。平成 12 年度には、その年に就航した啓風丸Ⅱ世において CO_2 の観測を開始した。平成 22 年度からは平成 20 年交通政策審議会気象分科会「今後の地球環境業務の重点施策」についての議論を踏まえ、地球温暖化予測の不確実性低減のための海洋 CO_2 観測に重点を置くため、これまで凌風丸Ⅲ世でのみ実施していた海洋の中・深層での観測を啓風丸Ⅱ世でも開始して観測船による海洋観測体制の強化を図った。この間、平成 7 年には、表面海水中の CO_2 が増加傾向にあることを世界に先駆けて実証し、国内外に発表した。また、海洋の CO_2 吸収による海洋酸性化が海洋生態系や水産資源に広汎な悪影響を及ぼす可能性が指摘され始めた平成 10 年頃より後、これらの観測は海洋酸性化長期モニタリングとしての重要性も高まっており、IPCC の評価報告書にもそのデータが引用されている。

凌風丸・啓風丸以外では、平成 9 年度に革新的ブイシステムの海域総合観測実験として東シナ海に設置した海洋気象ブイロボットに CO_2 観測装置を搭載、観測試験を実施した。同じく平成 9 年度に北太平洋亜寒帯循環と気候変動に関する国際共同研究（SAGE）による太平洋亜寒帯域の海洋構造の把握のため、高風丸Ⅲ世による CO_2 観測を開始、平成 13 年度まで実施した。平成 10 年度から平成 12 年度まで、交通エコロジーモビリティ財団が篤志船による大気及び海水中の CO_2 観測を実施するにあたって、気象庁から支援・指導を行った。

（7）海上気象観測

昭和 22 年、海洋気象業務の拡充を図るため、新たに長崎・舞鶴の両海洋気象台を設置するとともに、日本近海における洋上定点での気象観測を開始することとした。この定点観測に使用する船舶として、凌風丸と旧海軍の海防艦（商船護衛用の小型艦）4 隻の計 5 隻が充てられた。同年 10 月、まず北方定点（北緯 39 度、東経 153 度）の観測が始まり、翌昭和 23 年 8 月からは南方定点（北緯 29 度、東経 135 度）の観測も開始された。しかし、昭和 28 年には、主

に経費負担の問題からいったん定点観測業務は中断された。

その後、昭和 29 年 1 月に定点観測に用いられていた旧海防艦が海上保安庁に移管されて巡視船となったことを契機に、同年 3 月に中央気象台と海上保安庁との間で南方定点実施要領が取り決められ、同年 5 月には南方定点における観測が夏季（5 ～ 10 月）のみ再開された。定点観測に用いられる巡視船には中央気象台職員も乗り組み、海上気象観測に従事していた。定点観測は、観測地点の少ない海洋上での気象観測及び通報の実施という観点から貴重なものであったが、海洋気象ブイロボットの実用化などもあり、昭和 56 年の観測をもって終了した。

海洋気象観測船による海上気象観測（気温、露点、風向･風速、気圧、天気、海面水温）は、長らく観測員が 3 時間ごとに観測機器の自記記録を読み取り、目視観測結果と合わせて電文を作成し、無線電信により気象庁へ送信していた。その後気象データ自動送信装置が整備され、電文は昭和 61 年から静止気象衛星「ひまわり」経由で送信されるようになった。また昭和 62 年からは総合海上気象観測装置が順次整備され、観測機器や航海計器のネットワーク化が図られたことから、目視観測結果を除き自動的な電文の作成・送信が可能となり、これまでの 3 時間ごとの通報とあわせて毎時自動観測通報を行えるようになった。

海上気象観測の項目の一つである波浪（風浪・うねり）については、観測員による目視で高さ・周期・方向について観測するとともに、船用波浪計と呼ばれる機器も用いて把握し、上述の観測通報に含めて送信している。この船用波浪計とは海洋気象観測船上において海上の波（波高・周期）を計測する装置であり、凌風丸Ⅱ世に水圧計と加速度計とを組合せたタッカー式波浪計が搭載されたのが始まりである。その後長風丸Ⅱ世には、タッカー式に加えて、船首に取付けたセンサーから海面までをマイクロ波で計測した距離と、加速度計による船位変動量とから、航走中でも波を計測できるマイクロ波式波浪計が搭載された。それ以降、現在の海洋気象観測船ではマイクロ波式波浪計のみを搭載している。

近年、線状降水帯によってもたらされる豪雨災害が頻発しており、その要因となる海上からの水蒸気流入状況を把握することが重要になっている。このため、マストに設置したアンテナと、船内の受信機及び解析装置から構成される全球測位衛星システム（GNSS）観測装置を海洋気象観測船に設置して、出水期に九州西方等の海域で水蒸気観測を実施している。この装置は、GPS 等の測位衛星から信号電波を受信した際の、大気中の水蒸気に起因する電波の遅れ（大気遅延量）を測位解析で推定し、その結果をもとに海上の鉛直積算水蒸気量（可降水量）を算出するものである。気象庁は、この装置を用いて令和 3 年に海洋気象観測船による水蒸気観測を開始した。さらに関係機関の協力を得て、同年、海上保安庁測量船 4 隻に、令和 4 ～ 5 年には貨物船及びフェリー計 10 隻にこの装置を搭載して観測を開始した。

（8）高層気象観測

海洋気象観測船による高層気象観測は、啓風丸Ⅰ世によって初めて行われた。その後、長風丸Ⅱ世、高風丸Ⅱ世、清風丸Ⅲ世には竣工当時から高層気象観測装置を搭載し、これらの海洋気象台所属船でも高層気象観測を行った。なお、前述の定点観測においても、全期間で高層気象観測が行われた。

また、凌風丸Ⅲ世にも平成 7 年の竣工時から高層気象観測装置を搭載し、観測航海中には高層気象観測を実施している。さらに令和 4 年 5 月、啓風丸Ⅱ世にも高層気象観測装置を搭載した。凌風丸Ⅲ世（令和 6 年 4 月以降はⅣ世）、啓風丸Ⅱ世の両船は、前述の GNSS 観測装置を用いた海上水蒸気観測の際、高層気象観測もあわせて実施している。

（9）レーダー観測

静止気象衛星が実用化される以前、台風への早期警戒・監視等のために洋上の観測空白域を埋めるべく、海洋気象観測船での気象レーダー観測が凌風丸Ⅱ世、啓風丸Ⅰ世で行われた。昭和 62 年には両船のレーダー関連装置を更新し、デジタル化したレーダー画像を気象庁に送信できるようになった。その後、人工衛星によるリモートセンシング観測の充実により、相対的に洋上でのレーダー観測の重要性が低下したこともあり、各船の更新時に舶用気象レーダーを搭載せず、現在は実施していない。

2．港湾気象業務

（1）篤志観測船

海上輸送や漁業等に従事する海事関係者にとって、気象情報は船舶の安全かつ効率的な運航には非常に重要なものである。一方、この気象情報を作成するにあたり、一般船舶による海上気象観測・通報は欠くことのできないものである。昭和 49 年の「海上における人命安全のための国際条約」（SOLAS: International Convention for the Safety of Life at Sea）では、船舶に対して、海上気象観測・通報を奨励するとともに、各国の気象機関に対して、船舶に対する的確な情報の提供と国際観測通報船舶の体制整備を義務付けている。また、昭和 39 年に開催された第 4 回世界気象機関（WMO）海洋気象委員会（CMM-4）において、CMM 加盟国に対して、気象観測網の一部を担う篤志観測船による海上気象観測を支援することを目的として、港湾気象官の配置及び港湾気象業務の確立を図るよう求められている。このような枠組のもと、我が国においては、昭和 43 年 10 月に港湾気象業務暫定実施要領を定め、横浜・名古屋地方気象台及び函館・舞鶴・神戸・長崎海洋気象台において港湾気象業務を開始した。港湾気象官は昭和 46 年に横浜地方気象台に、昭和 47 年に名古屋地方気象台及び神戸海洋気象台に配置された。平成 25 年の気象庁の組織改編により海洋気象台が廃止となり、札幌･仙台･大阪・福岡管区気象台及び沖縄気象台において港湾気象業務を開始した。令和 3 年 4 月には港湾気象業務の再編が行われ、横浜・名古屋・神戸地方気象台における港湾気象業務は終了、本庁、東京・大阪管区気象台に移行した。令和 5 年 4 月における港湾気象業務の再編により、全ての港湾気象業務を本庁が執り行うこととなった。

WMO では、篤志観測船計画（Voluntary Observing Ships Scheme）により、組織的な海上気象観測データの収集、国際交換の促進を図っている。

我が国では、無線通信設備を備えることを義務付けられた船舶に対して、気象業務法第 7 条第 1 項で気象測器の備え付け、同条第 2 項、同法施行規則第 4 条、第 5 条で北西太平洋域での気象観測の実施とその成果の報告（船舶気象報による通報及び船舶気象観測表の提出）を義務付けている。このため、気象庁では気象業務法施行規則第 50 条に定める報告書の提出を該当する船舶に求め、この 50 条報告書を提出した船舶を、WMO の国際観測通報船舶リストに登録し、国際的な海上気象観測データの収集・交換に貢献してきた。しかし、昭和 50 年代後半頃から船舶会社の管理船の外国籍（便宜置籍）化が進み、昭和 40 年代後半頃には約 500

隻登録されていた日本国籍船は、平成初期には 100 隻近くまで減少した。実際には外国籍化した船舶に対しても船舶会社を介した観測データの収集の働きかけは継続しており、そうした実態をふまえた国際観測通報船舶リストとなるよう、我が国の船舶会社が管理する外国籍船のうち、観測・報告への協力を得られる船舶を含めて、我が国の篤志観測船として WMO に登録することとしている。令和 5 年 3 月現在、我が国から約 600 隻の船舶を篤志観測船として WMO に登録している。

（2）海上気象統計

昭和 38 年の第 4 回 WMO 総会において、「世界気候図帳の海洋編刊行を目標とする海洋気候一覧表と資料収集のための国際計画」（海洋気候概要計画（MCSS: Marine Climatological Summaries Scheme））が決議されたことに基づき、我が国では昭和 39 年に国際海上気象資料統計業務を開始した。この計画の中で、気象庁は北西太平洋海域の責任国（RM）として、海上気象観測データの収集・国際交換を行っている。

令和 5 年における国際海上気象資料統計業務の主な内容は、我が国の一般船舶による海上気象観測データの収集、観測データの品質管理及び国際交換、我が国の一般船舶の観測・報告に関する管理・指導等である。

各船舶では観測したデータを、観測後すぐに船舶気象報という形式でインマルサット衛星等を経由して気象庁に通報し、気象庁では、WMO の全球通信システム（GTS: Global Telecommunication System）を通じてリアルタイムで国際的に交換するようにしているほか、航海終了後に、各船舶は船舶気象観測表という形式でも気象庁に提出している。船舶気象観測表のデータは、MCSS を近代化して実装した海洋気候データシステム（MCDS: The Marine Climate Data System）のもと、各国での品質管理の後、英国気象局とドイツ気象局が運営する全球収集センター（GDAC: Global Data Assembly Centre）に集められ、米国海洋大気庁（NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration）の ICOADS（International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set）といった全球的な海上気象資料として気候変動等の調査研究の目的に利用されている。

（3）神戸コレクション

神戸海洋気象台では、明治 23 年以降の商船、漁船、観測船による海上気象の観測表を収集・保管してきた。世界的にデータの少ない時代及び海域をカバーしているこれらのデータは、気候変動や海洋の研究者の間で、貴重な歴史的海上気象資料として「神戸コレクション」と呼ばれている。

昭和 36 年に、昭和 8 年以降の商船等の観測データ（約 270 万通）について、気象庁と NOAA の共同事業によってデジタル化を行った。デジタル化されたデータは、世界的に広く利用されている海上気象観測のデータセットである「統合海洋気象データセット（COADS: Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set（NOAA と米国大気研究センター（NCAR）で作成））」にも収録され、様々な研究・解析に活用されている。

昭和 8 年以前のデータについてはマイクロフィルムで保管していたが、これらのデータをコンピュータで容易に処理できるようデジタル化し、気候変動等の調査・研究を実施・推進する事業を、日本財団助成の公益事業として、（財）日本気象協会が気象庁の支援のもと、平成 7 年度に開始し、平成 15 年に完了した。

3．潮汐・波浪

（1）潮位観測（高潮・津波）

潮の満ち引きである潮汐に関する観測の歴史は古く、満潮・干潮の時刻を知ることは航海に重要で、日本においても 19 世紀から天文潮位の予測に必要な潮汐調和定数を計算するために 1 時間ごとの潮位を計測することから始まり、現在では、津波や高潮などの防災情報に必要不可欠な観測値としてその利用価値が高まっている。

気象庁における潮位観測の強化が図られてきた背景としては、伊勢湾台風（昭和 34 年 9 月 26 日）での甚大な高潮災害を契機に高潮が発生しやすい内湾（東京湾、伊勢湾、大阪湾、有明海）での観測の重要性が社会的な要請となり、その後も日本海中部地震（昭和 58 年 5 月 23 日）、北海道南西沖地震（平成 5 年 7 月 12 日）、阪神・淡路大震災（平成 7 年 1 月 17 日）の相次ぐ地震津波災害を契機に津波観測の強化策として島嶼部や岬のより津波が高くなる場所を中心に津波観測情報の高度化に資する観測地点の拡充を行ってきた。また、高潮や津波監視のための遠隔監視（テレメータ）については、1980 年代までは一部の観測点に限られていたが、相次ぐ津波災害を受けて、全地点のテレメータ化を平成 6 年にかけて実施し、リアルタイムでの潮位の監視体制を構築、平成 14 年には気象庁ホームページに潮位の時系列表示を追加し、5 分ごとにリアルタイムで情報を更新する体制を整備した。また、「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」（東日本大震災）では、甚大な津波被害が発生したことから、それまでの地上回線に衛星回線を追加した通信方式など、より一層の観測・監視体制の強化を図った。

（2）検潮儀

検潮儀は潮位を計測する測器で、技術革新に伴い浮き（フロート）式から音波式、電波式へと変遷してきた。検潮儀は検潮所にある井戸の上部に設置し、海面までの距離を測定することで、潮位を計測している。

検潮所内の井戸には導水管を通じて海水が自由に外と交換している。浮き式の計測は井戸にフロートを浮かべその上下動を自記紙にペンで記録する方式で定期的に自記紙を回収し職員が読み取る方式であった。検潮所の導水管は一定程度の波浪の影響を取り除くアナログフィルターの役割を果たしている。

現在ではデジタル技術の進展にあわせ、音波式を平成 8 年から、電波式を平成 22 年からそれぞれ導入し、計測値のデジタル処理によって波浪などの影響によるノイズ成分を取り除くことで、潮位の観測を実現している。

（3）津波観測計

津波観測の強化のため、平成 10 年 3 月から従来の検潮所がない地点で観測できるよう、港湾や漁港等の岸壁に当初は音波式、現在は電波式の潮位観測機器を設置している。検潮所のような建物や井戸を作る必要がないため、整備までの期間短縮、経費低減を図っている。音波式では海面までの距離を測定することで、潮位を計測しており、音速補正のために自然通風式の温度計も併設している。その後、平成 22 年にはセンサーを電波式に変更することで、音速補正を必要としない計測方法となっている。これらの機器は、測定手法としては音波式や電波式

の検潮儀と同じだが、整備の目的に照らして津波観測計と呼んでいる。

また、東日本大震災（平成 23 年 3 月 11 日）により、東北地方沿岸を中心に複数の潮位観測地点が壊滅的な被害を受けたことから、観測の早期復旧を図るために、機動型津波観測装置の導入を図った。岸壁などに設置し、台風や地震でも観測できるよう重量化を図りつつ移動可能な装置として設計している。さらに、雷災等一時的な装置の障害等にも対応できるよう職員が持ち運び可能な可搬型津波観測装置を平成 30 年から導入しており、津波監視に支障をきたさないよう障害対策の強化を進めている。

（4）巨大津波観測計

従来型の検潮所では井戸の上端を超えるような大きな津波が襲来した場合は、それ以上の高さの海面を計測できないことから、平成 7 年度の補正予算によって、津波警報の運用に合わせ 20 メール程度までの津波を観測できる水圧計を巨大津波観測計として導入した。当初、巨大津波観測計は陸上部に設置し、陸を超えた津波を観測対象としていたが、平成 20 年以降は岸壁にはしご状防舷材を設置し、防舷材の海中部に水圧センサーを固定する計測方式に変更を行っている。

（5）遠地津波観測計

チリ沖地震等で発生する遠地津波の早期検知の必要性から日本の最南東端に位置する南鳥島に津波観測計を整備し、遠地津波観測計として平成 8 年 3 月から運用を開始した。海中に設置したセンサーには大気圧補正を精度よく自動で行うために差圧式の圧力計を用いており、大気解放された空気管をセンサー内まで接続している。遠地津波観測計としての活用以外にも太平洋で数少ない海面水位の観測地点として、地球温暖化による海面水位上昇を監視するための重要な観測地点の一つとして、UNESCO 傘下の政府間海洋学委員会（IOC）で運営している全球海面水位観測システム（GLOSS）に登録し活用している。

（6）ブイ式海底津波計

東日本大震災（平成 23 年 3 月 11 日）により東北地方太平洋沖の日本海溝沿いで津波を伴う地震の発生が危惧されていたことから、早期に津波を検知するために、宮城県沖から岩手県沖にかけて 3 基のブイ式海底津波計を平成 25 年 12 月に設置した。ブイ式海底津波計は海底 4,000m 付近にセンサーを定置し水圧の変化で海面変動を検知するもので、直上の海面に係留したブイに音波通信を使ってデータ通信を行い、津波を検知した場合にブイに搭載した衛星通信機能を使って気象庁まで観測値を送信する。この計測システムは早期に導入を図るため、当時、米国海洋大気庁（NOAA）が太平洋各地で運用していた津波検知用の DART 方式ブイと同じ仕様の装置を導入した。

このブイ式海底津波計は、東北地方太平洋側の地震津波の監視のために防災科学技術研究所が整備した海底ケーブル式の地震津波観測網（s-net）が運用を開始するまでの期間、津波監視に活用された。

（7）潮位データ総合処理装置

平成 16 年 9 月台風第 16 号により瀬戸内海沿岸域で広域に発生した甚大な高潮災害を契機に、高潮監視の強化のため国土交通省内の関係機関（水管理・国土保全局、港湾局、国土地理院、気象庁、海上保安庁）により、潮位データの共有に関する協定が締結された。具体的には平成 16 年 12 月にまとめられた「豪雨災害等緊急アクションプラン」の中で、潮位データについて「平成 17 年度以降 5 年間で、瀬戸内海、東京湾、伊勢湾、大阪湾、有明海の高潮のおそれのある主要な 5 地区について、各機関の潮位・波高データについてデータ形式を標準化し、共有化するシステムを整備」することと提言している。この共有した潮位データは国土交通省防災情報センターの一つの情報として、気象庁が管理することとなり、そのための情報システムとして、潮位データ総合処理システムを平成 18 年 3 月に導入した。また、潮位データ総合処理システムは、想定される首都直下地震等発生時にもシステム稼働を確保するために、大阪管区気象台に同様のデータ集配信機能を持ったシステムを整備し、BCP 対策を講じている。

（8）沿岸波浪観測

波浪観測は 1970 年代に発生した海難事故を契機に沿岸における波の高さを計測する必要性が議論され、昭和 46 年 5 月運輸技術審議会は政府に対し「波浪の観測および予報のシステム確立」を答申した。この答申では、近代的な波浪観測システムの確立と並んで迅速かつ的確なデータ処理体制確立、各機関相互の観測データの交換も求めている。気象庁では、この答申に沿って沿岸波浪観測施設の整備を計画し、昭和 50 年に石廊崎（静岡県）に最初の波浪観測施設を整備し、以後毎年 1 か所ずつ昭和 55 年までに 6 か所の整備を行った。また、昭和 59 年までに 3 地点の追加整備を行い、最終的に全国 11 地点における沿岸波浪観測体制を構築した。

施設整備以前の波浪観測は船舶からの通報による目視観測が主体で、沿岸域では観測そのものが少なく、観測頻度も限られていた。最初に導入した波浪観測装置は水深 50m 付近の海底に超音波式のセンサーを固定するタイプで、センサーから頑丈な鎧装（がいそう）ケーブルで陸上部の計測装置まで接続し、地上回線で最寄りの気象官署へ観測値を送信する仕様だった。その後に整備された波浪観測装置は、陸上の岬などの高台に波浪観測用のレーダーを設置し、マイクロ波を海面（水深約 50m の地点付近）に発射し、その反射波で波浪を計測する仕様で、それまでの超音波式に比べ、設置やメンテナンスにおける海中作業を無くすなど大幅な軽減を図り運用面でのコスト低減に寄与した。また、マイクロ波式の沿岸波浪装置は、それまでの超音波式に代わって平成 22 年から平成 24 年にかけて 6 地点において更新整備が行われ、それまでの有義波高、周期の観測に加え、方向別の波浪スペクトルの観測機能を備えたことにより、数値波浪モデルの改良にも寄与した。

（9）海洋気象ブイロボット

海洋気象ブイロボットは、昭和 43 年に開発を開始し、昭和 48 年以降は定置型のブイを日本周辺の海域に係留し、気象・海象の自動観測通報を行ってきた。この整備は、国際的には世界気象機関（WMO）の世界気象監視計画（WWW）及び全世界海洋情報サービスシステム（IGOSS）計画の一環として行っており、海洋上のデータ空白域を埋める観測であるとともに、我が国に影響を及ぼす台風や発達した低気圧、梅雨前線の活動、季節風の吹き出し等を監視する防災の目的を担うものであった。観測に用いたブイは、直径 10m、重さ約 50 トンの円盤型（鋼板製）で、途中設置数の増減や設置位置の変更があったものの、最終的には日本海、東シナ海及び四国沖の 3 か所に設置し、1 ～ 2 年ごとに工場へ曳航（えいこう）して保守、修理を繰り返しながら観測を続けた。その後、ブイ本体、観測機器、通信機器等の老朽化が進み、機能を維持するための保守、修理は困難になってきた。このため、平成 5 年から平成 7 年には海流の把握を目

的とする漂流ブイに気圧計、3 軸加速度計を用いて波浪の方向スペクトルのデータ取得を狙った波浪ブイを製作して業務実験を行い、新技術の実証、業務化の可能性の検討を行った。このような状況を踏まえ、気象庁は平成 12 年度にブイの運用を従来の定置型ブイから新たな小型の漂流型ブイに変更し、運用を続けている。

4．海氷

（1）沿岸海氷観測

我が国では、組織的な海氷観測を、明治 25 年 1 月から北海道庁により網走・根室の測候所、宗谷・枝幸・沙那の戸長役場、落石岬灯台の 6 か所で一斉に開始した。明治 38 年には観測点は 26 か所に増加した。さらに、明治 44 年には領有となった北緯 50 度以南の樺太の 10 か所の測候所・観測所で海氷観測を行うこととなった。

昭和 14 年、測候所の国営移管があり、海氷観測業務も中央気象台が管理することとなった。昭和 17 年 11 月には、海氷観測の方法が気象官署によりまちまちであったことから、中央気象台は海氷観測の基準として「海氷観測要項」を制定した。同月、海氷業務を所管することとなった函館海洋気象台は、この要項の実施規程として「海氷観測規程」を定めた。昭和 18 年 9 月、函館海洋気象台は「流氷電報式」を制定、同年度から通報（有線）が開始された。翌昭和 19 年には軍の要求に基づき、「海氷実況通報式」を定めた。

しかし、戦局の悪化により、昭和 20 年冬期には通報も途絶えがちとなり、同年夏の終戦後、観測網を北海道沿岸に局限することとなった。

昭和 21 年冬期からは、北海道沿岸の 7 か所の測候所（稚内・枝幸・雄武・網走・根室・釧路・浦河）が「観測要項」による観測を続けた。昭和 26 年には、「気象官署観測業務規程」を定めた。また同年、従来の「海洋観測法」を改訂し、「海洋観測指針」を刊行することが中央気象台観測委員会海洋分科会で発議し、海氷観測の事項については、函館海洋気象台に一任した。

同台の複数回の協議により観測法を定め、昭和 30 年 3 月に中央気象台が制定した「海洋観測指針」の「第 12 章 海氷観測」に収録した。沿岸観測の結果は、速報として昭和 30 年から「函館海洋気象台旬報」、昭和 44 年から同台「海氷概報」として発表した。昭和 31 年には、新たに設置した紋別測候所でも沿岸海氷観測を開始した。

昭和 35 年、札幌・函館両気象台は「海氷観測実施基準」を作成したが、昭和 41 年には「海氷業務暫定実施要領」を定めた。この実施要領は昭和 48 年に改正したが、この要領に則り実際の沿岸海氷観測を実施した。その後昭和 59 年に、札幌管区気象台が「管内海氷業務実施要領」を定め、現在に至っている。

以上のように、戦後も多く地点で長期にわたり沿岸海氷観測を実施してきたが、測候所の無人化に伴い、北見枝幸と雄武では平成 16 年、紋別では平成 19 年、根室では平成 22 年に観測を終了した。稚内・網走・釧路の 3 地方気象台では引き続き沿岸海氷観測を実施してきたが、既に利用が進められていた衛星データとともに、海氷業務への導入を新たに予定していた日本沿岸海況監視予測システム（令和 3 年 12 月から利用開始）の利用により有効な現状把握が可能となることから、気象庁における海氷業務の見直しを行い、令和 3 年に全水量、沿岸海氷の分布状況の定時観測及び海氷現象の流氷終日、海明けの観測を終了した。現在での沿岸海氷観測種目は流氷初日と流氷接岸初日のみとなっている。

（2）航空機観測

海軍水路部は、昭和 5 年 2 月～ 3 月に軍艦大泊によるオホーツク海の海氷調査を行った。昭和 10 年から昭和 18 年まで、毎冬艦船による調査を大規模に行い、昭和 10 年、14 年、15 年の調査では、飛行機も投入した。

一方、昭和 9 年、北日本は大冷害に見舞われ、同年 12 月の臨時国会では、農林省の冷害対策事業として飛行機による流氷観測を取り上げ、中央気象台にその実施を委託した。観測は、昭和 10 年 3 月から昭和 19 年まで行った。観測資料の大部分は火災や空襲により失われてしまったが、函館海洋気象台は残っていた飛行機による流氷観測資料を可能な限り収集して昭和 30 年に「流氷図（1937-1944）」を刊行した。

昭和 21 年冬期からは、沿岸海氷観測のみ続けていた。昭和 32 年 1 月～ 3 月の間、気象庁からの依頼業務として陸上自衛隊の航空機が 25 回の海氷観測を行った。この観測計画には海上保安庁も参画した。昭和 34 年からは航空自衛隊が、昭和 35 年からは海上自衛隊も海氷観測に協力することとなった。昭和 45 年 3 月の択捉島単冠（ヒトカップ）湾における流氷による漁船の集団海難を契機として、自衛隊機による 1 年当たりの観測回数を増加したが、航空自衛隊の航空機による海氷観測は昭和 58 年で終了した。陸上自衛隊と海上自衛隊の航空機による海氷観測については、情勢の変化に対応しながら観測回数や観測コースが幾度も変更されつつ実施を続け、海上自衛隊の航空機の観測については合計で 1,000 回以上にわたって行ったが、令和 3 年に陸上自衛隊と海上自衛隊による海氷観測はともに終了した。

一方、現在も海上保安庁（第一管区海上保安本部）は、航空機観測を引き続き行っており、12 月～ 4 月の間に 15 回程度実施している。観測結果は速やかに公表となっており、気象庁では海氷解析業務にとって重要な情報の 1 つとして活用している。

5．沿岸観測 ～沿岸水温と比重の観測～

函館海洋気象台が昭和 46 年に公表した「函館海洋気象台沿革誌」に「明治 18 年 1 月以降毎日 7 時および 15 時ごろ当区仲浜町水上警察署構内、水深およそ 5 尺の処（ところ）で海水温度を測定した」との記述があり、これが沿岸水温観測の最古の記述である。明治時代に沿岸水温観測を実施した官署は函館を含め 8 地点あり、海水温の観測を重視していたことがうかがえる。以後、観測地点数は約 10 地点で推移したが、昭和 10 年代に大きく増え、昭和 18 年から昭和 24 年まで約 70 地点で推移した。

気象庁では、沿岸の定位置で定期的に行う水温、比重、波浪及び海氷の観測を沿岸観測と呼び、観測の手法や頻度の基準を定めた。沿岸での水温・比重の観測結果は、海洋の調査及び予想の重要な資料となり、特に観測船及び一般船舶による資料を得にくい時期及び海域において重要であった。沿岸水温観測は、海岸に近い気象官署のほとんどで実施しており、函館、宮古、御前崎、浜田では複数の地点で行っていた。その後、観測環境の変化などの理由で気象官署での沿岸水温観測地点を整理し、昭和 30 年代は約 45 地点、昭和 40 年代は約 30 地点で推移した。

沿岸水温は、職員がバケツ採水した海水の温度を測定していたが、昭和 47 年 8 月に八丈島で自記観測化したのを皮切りに、昭和 50 年代に年次計画で自記観測化を進め、昭和 61 年 8

月に 20 地点の自記化を完了した。沿岸水温観測を実施していた気象官署では、旬後に自記紙を回収して毎日 10 時の水温を読み取って旬平均値を計算・通報し、月ごとに「沿岸水温観測月表」を手書き又はワードプロセッサで作成して気象庁海洋気象部海洋課や管轄の海洋気象台に送付していた。平成 7 年 4 月には、沿岸水温観測地点を 22 地点から 7 地点（江差、宮古、小名浜、御前崎、八丈島、浜田、石垣島）に整理した。平成 8 年 4 月には、上述 7 地点で沿岸水温の自動毎時観測通報を開始した。リモートセンシング技術の発達により沿岸域を含む広域の海面水温を解析することが可能となったことや設備の老朽化などにより、平成 18 年 3 月で沿岸水温観測を終了した。観測の結果については、気象要覧（昭和 10 年 10 月以降）、海況旬報、気象庁海洋月報に掲載していた。

比重の観測は、バケツ採水による水温観測の際に同様に採水した海水の比重を海水用うきばかり型比重計（赤沼比重計と同じ）により測定することにより行っていた。昭和 18 年 7 月の観測結果の報告によると、水温 61 地点に対して比重の観測は 55 地点で行われていた。水温観測の終了や自記化と前後して、比重の観測は終了し、昭和 62 年の足摺岬を最後にすべての地点で観測を終了した。観測の結果は昭和 53 年 12 月まで気象要覧に掲載していた。

【第２節】海洋情報

１．情報発信の手段

（１）海況概報・海況旬報・海洋月報

中央気象台海洋課は、昭和 21 年 8 月、戦後間もない日本の食糧確保のため、米どころの北日本の凶冷対策、及び水産資源の増獲・開発などのために、日本近海、特に三陸沖の海洋観測資料を収集・解析した「海況概報」第 1 号を発行した。当初は月報としての計画であったが第 3 号から旬報（昭和 21 年 9 月上旬）となった。当時の資料は紙不足の影響から別の資料の裏紙を利用した号もあった。昭和 24 年 9 月下旬（第 107 号）から様式が定型化されて B4 表裏 1 枚となった。資料の名称は、昭和 26 年 1 月上旬（第 153 号）から「全国海況旬報」に、昭和 34 年 7 月下旬（第 461 号）から「気象庁全国海況旬報」に、昭和 61 年 4 月上旬（第 1422 号）から「気象庁海況旬報」と改称、同時に B4 表裏 2 枚組となった。観測データの充実、解析技術の向上により掲載内容は充実の一途をたどったが、エルニーニョ現象などの海洋変動の監視や気候変動との関連などの新たな社会的ニーズに対応すべく平成 4 年 12 月下旬（第 1664 号）で発行を終了し、内容を刷新した「気象庁海洋月報」へその役割を譲った。

気象庁海洋月報は、平成 5 年 1 月から発行を開始し、「海洋の健康診断表」に移行するかたちで、平成 17 年 12 月（第 156 号）で終了した。

海洋気象台においても、各担当海域を対象とした海況旬報を発行した。長崎海洋気象台では「西日本海況旬報」を昭和 23 年 1 月上旬から平成 25 年 3 月下旬（第 2349 号）まで、舞鶴海洋気象台では「日本海海況旬報」を昭和 46 年 6 月上旬から平成 25 年 3 月下旬（第 1506 号）まで、神戸海洋気象台では「南日本海区海況旬報」を昭和 61 年 6 月上旬から平成 17 年 12 月下旬（第 705 号）まで発行した。また、函館海洋気象台では「函館海洋気象台旬報」を昭和 29 年 4 月上旬から昭和 43 年 6 月下旬（第 513 号）で発行した後、平成 6 年 3 月上旬から再開し、平成 23 年 1 月中旬（第 608 号）で終了した。

（２）気象無線模写通報（JMH）

船舶向けの無線 FAX である気象無線模写通報（JMH）は、昭和 33 年に放送を開始した（JMH の詳細は、第 4 部第 2 章第 2 節第 5 項「無線通信による通報業務」を参照）。海洋関係では、平均表面水温（APPA）が毎月 4 日、14 日及び 24 日に、局部海況図（APPA1）が毎月 9 日、19 日及び 29 日にスケジュールされた。水温図を含む海洋情報の FAX 放送は、世界でも気象庁が最も早かった。

海水温・海流の JMH は、昭和 48 年 4 月からは海流図（SXJP）と 100m の深さの水温図（SOJP）を追加し、昭和 61 年 3 月からは北西太平洋の旬平均海面水温の予想図（FOPN1）と偏差の予想図（FOPN2）を追加して 6 種類となった。平成 6 年 2 月からは、北西太平洋旬平均海面水温偏差図（COPQ2）が追加され、実況図が北西太平洋旬平均海面水温図（COPQ1）、北西太平洋海流図（SOPQ）、北西太平洋表層（100m の深さ）水温図（SOPN）、太平洋旬平均海面水温・同偏差図（COPA）をあわせた 5 種類、予想図が北西太平洋旬平均海面水温・海流予想図（FOPN1）、北西太平洋旬平均海面水温偏差予想図（FOPN2）の 2 種類の計 7 種類が放送された。平成 16 年 3 月から、そのうち 5 種類を気象庁ホームページからの提供に変更し、現在では、毎週火・金曜日に前日の北西太平洋海面水温（COPQ1）と北西太平洋海流・表層水温（SOPQ）の実況図を JMH により提供している。

波浪関連では、昭和 47 年 1 月から、1 日 1 回外洋波浪図（AXPN、昭和 54 年 7 月から AWPN に名称変更）の JMH を開始した。昭和 52 年 3 月から、外洋波浪 24 時間予想図（FXPN、昭和 54 年 7 月から FWPN に名称変更）を開始し、昭和 62 年 3 月から 1 日 1 回沿岸波浪図（AWJP）と沿岸波浪 24 時間予想図（FWJP）を追加して 4 種類となった。平成 17 年 3 月から、1 日 2 回外洋波浪 12・24・48・72 時間予想図（FWPN07）の提供を開始して 5 種類となった。平成 21 年 12 月から、外洋波浪図・沿岸波浪図の提供は 1 日 2 回となり、平成 26 年 1 月から、外洋波浪 24 時間予想図・沿岸波浪 24 時間予想図の提供も 1 日 2 回となった。平成 29 年 3 月から、外洋波浪 24 時間予想図に複数の波向きが存在して海面状態が複雑になる海域、沿岸波浪 24 時間予想図に波向きと逆向きの海流により波高が 5％以上増大する海域の情報を追加し、内容の充実を図った。

海氷関連では、昭和 45 年 12 月から毎月 2、7、12、17、22、27 日に、昭和 53 年 12 月から毎週火・金曜日にオホーツク海と周辺海域の海氷解析図（SXPN、昭和 54 年 7 月から STPN に名称変更）の FAX 放送を開始した。平成 2 年 12 月から、毎週水曜・土曜日に北海道周辺海域の海氷予想図（FIOH04・FIOH16）の提供を開始した。令和 4 年 1 月から、海氷予想図（FIOH に名称変更）は、週 5 回（月・水・木・土・日）発表へ、1 日間隔で 8 日後までの予想図を掲載することとして、内容を大きく改善した。

（３）海洋の健康診断表

「海洋の健康診断表」は、地球環境監視強化、地球温暖化などへの対策に寄与するため、地球環境の変化に密接に関わる海洋の変化や天候に影響する海洋の状態とその変化の見通しなどを、様々なデータと最新の知見に基づいて診断し、わかりやすく解説した情報であり、平成 17 年 10 月から提供を開始した。10 日ごとや月ごとなど定期的に最新の海洋の状況を提供する「定期診断表」と、黒潮大蛇行や異常潮位など顕著な海洋現象が発生又は予測される場合に

提供する「臨時診断表」についてホームページに掲載している。

平成 18 年 3 月に、海洋の各種変動や変化を詳しく分析し、総合的に取りまとめて提供する「総合診断表」を公表した。「総合診断表」は、気候問題懇談会検討部会の協力を得て作成し、一般の方にわかりやすいように、各節を統一した構成で記述し、可能な限り専門用語の使用を避け、使用する場合にも本文や付録に説明を付している。地球環境問題の視点から海洋の現象をとらえ、「地球温暖化に関わる海洋の長期変化」、「気候に関連する海洋の変動」、「北西太平洋の海洋汚染の状況」の三つの章を設け、現象ごとの診断の要約を冒頭にまとめて記述している。また、これらの章に関わりの深い最近の研究成果や技術動向をコラムに記述している。

平成 25 年 10 月に、最新の知見を体系的な情報として提供するため、改めて「総合診断表第 2 版」として、気候問題懇談会検討部会の協力を得て作成した。

それ以降、内容の更新は新たな見解がまとまった際に、項目ごとに随時行うこととした。項目の見直しとして、近年では、令和 3 年 3 月に、「地球温暖化等に関わる海洋の長期変化」の分野の表面海水中の pH の長期変化傾向（日本近海）などの診断を開始し、「北西太平洋の海洋汚染の状況」の分野の油分・重金属の診断を終了した。

令和 5 年 3 月、総合診断表の各項目を以下のとおり見直した：海水温、日本沿岸の海面水位、海氷、海洋の温室効果ガス、海洋酸性化、北太平洋の海洋変動、日本近海の海洋変動、エルニーニョ現象、北西太平洋の海洋汚染の状況。

2．海水温・海流

（1）海面水温

船舶からの観測データをもとに作成し定期的に発表された表面水温図のはじまりは、海洋気象台（現 神戸地方気象台）が作成した「日本近海水温分布図」で、第 1 号は昭和 15 年 8 月上旬の図である。第 27 号の昭和 16 年 4 月上旬まで毎旬作成されていたが、その後いつまで発行が続いたか資料が残されていない。

中央気象台は、昭和 21 年 8 月に海況概報を発刊し、翌年 8 月上旬から毎号日本近海の旬平均表面水温図を掲載した。昭和 24 年 1 月上旬からは各号の一面を飾るようになり、さらに旬平均表面水温の平年差の図が追加された。昭和 43 年 6 月下旬からは表面水温は海面水温に名称を改めた。昭和 46 年 6 月上旬から前月の日本近海の月平均海面水温図、昭和 49 年 2 月上旬から日本近海の月平均海面水温の平年差の図を追加した。昭和 61 年 4 月から日本近海の月平均海面水温図と平年差の図は毎月下旬の掲載に変更し、さらに各月下旬に全球の月平均海面水温図と平年差の図を新たに追加した。昭和 62 年 10 月上旬から、平年差の図のコンターには 1℃ごとの実線に 0.5℃ごとの破線を追加した。平成 2 年 1 月から客観解析を導入し、実況図は旬ごとの全球緯度 1 度×経度 1 度のデータセットから作成するようにした。平成 5 年 1 月に刊行開始した気象庁海洋月報には、全球は月平均の海面水温図と平年差の図、北西太平洋は旬平均と月平均の海面水温図と平年差の図と、新たに追加された北西太平洋を 21 に区切った海域の海面水温偏差時系列図の掲載を開始した。

平成 16 年 4 月からは衛星データと現場データを組み合わせた新たな客観解析である MGDSST（Merged satellite and in-situ data Global Daily Sea Surface Temperature）を導入し、実況図は日ごとの全球緯度 0.25 度×経度 0.25 度のデータセットから作成するようにした。平成 28 年 5 月から、「ひまわり 8 号」のデータを利用した解像度 0.02 度の日本近海の海面水温画像を 1 日 2 回作成することになり、同年 10 月から MGDSST と「ひまわり」のデータを組み合わせた HIMSST（HIgh-resolution Merged satellite and in-situ data SST）の運用を開始し、北西太平洋の実況図は緯度 0.1 度×経度 0.1 度のデータセットから作成するようにした。現在、気象庁ホームページでは過去 5 日間の実況と日本沿岸海況監視予測システムによる 30 日後までの北西太平洋の海面水温予想図を閲覧することができる。また、JMH では北西太平洋海面水温図（COPQ1）を毎週火・金曜日に放送している。

（2）表層水温

気象庁では、海面から水深 500m くらいまでを「表層」としている。表層水温図は海洋概報第 1 号から掲載（凌風丸三陸沖海洋観測水深 100 米層水温図）しており、以後、気象庁海洋気象観測船など官庁船により行われた観測線に沿った鉛直方向の水温分布図や、観測海域の水深 25m、50m、100m などの水温図を全国海況旬報に不定期で掲載した。昭和 33 年 5 月中旬からは海域を日本近海に固定し、水温図の深さは 100m に一本化された。昭和 45 年 1 月から定期化され、毎月上旬の全国海況旬報に、前月の日本近海の水深 100m の水温図を掲載するようにした。昭和 46 年 6 月から毎月下旬に変更、昭和 61 年 4 月から再び毎月上旬に変更し、毎月中旬には北緯 60 度から南緯 20 度までの太平洋海域の水深 100m の水温図を新たに追加した。平成 2 年 1 月から主観解析から客観解析に移行した。平成 5 年 1 月に刊行を開始した気象庁海洋月報では従来からの日本近海の水深 100m の水温図を掲載することにした。平成 7 年 1 月からは太平洋海域の水深 100m 水温図が復活し、平成 9 年 1 月からは、日本近海と太平洋海域の水深 200m と 400m 水温図を新たに追加した。平成 13 年 1 月からは日本近海と太平洋海域の水深 100m、200m、400m の水温図は、海洋総合解析システムによる解析図に置き換えた。

平成 18 年 1 月、気象庁海洋月報から気象庁ホームページへの移行後、水深 50m の水温図を追加し、令和 5 年現在、日本近海は日別と旬平均、北西太平洋域は旬平均と月平均、太平洋海域は月平均の表層水温図を掲載している。令和 2 年 10 月、日本沿岸海況監視予測システムの運用開始により、水深 100m の水温図は 30 日後までの 1 日ごとの予想図を掲載するようにした。また、JMH では、前日の北赤道海流と黒潮・黒潮続流の流路と合わせた北西太平洋域の水深 100m の水温図（SOPQ）を毎週火・金曜日に放送している。

（3）海流

昭和 29 年 6 月下旬の全国海況旬報に、海上保安庁測量船の GEK（電磁海流計）の観測に基づく海流を観測点ごとにプロット（流向を矢印で表し、流速を数値で記入）した図を掲載した。これが最初の海流図である。以後、気象庁海洋気象観測船や海上保安庁測量船、各都道府県の水産試験場調査船などによる海流観測データをプロットした図を不定期で全国海況旬報に掲載した。昭和 45 年 1 月から定期化し、毎月下旬の全国海況旬報の裏面に、前月の船舶による海流観測をもとにした日本周辺海域の海流図を掲載するようにした。昭和 46 年 6 月から毎月中旬に変更、昭和 61 年 4 月から毎月上旬に変更し、海流プロット図に黒潮と対馬暖流の流路の表示を加え、前月各旬の黒潮流軸図を新たに追加した。平成 5 年 1 月に刊行を開始した

気象庁海洋月報からは領域を北西太平洋に拡張し、黒潮と対馬暖流に加え北赤道海流の流路も示した海流図を掲載した。平成 9 年 1 月から TOPEX/POSEIDON 衛星の力学的海面高度と表層水温の分布から算出した北西太平洋海流ベクトル図を新たに追加し、海流図は面的な図へ大きく飛躍した。長年続いた船舶観測をもとにした海流図は、平成 12 年 12 月で終了となり、翌月からは海洋総合解析システムによる北西太平洋海流ベクトル図に加え、日本周辺海域の海面、100m 深、200m 深、400m 深の 4 種の海流図を新たに掲載した。

平成 18 年 1 月、気象庁海洋月報から気象庁ホームページへの移行後、海流図の掲載は日本近海の 50m 深の海流に整理された。現在、気象庁ホームページでは日本沿岸海況監視予測システムによる過去 5 日間の実況と 30 日後までの予想図を閲覧することができる。また、JMH で毎週火・金曜日に放送される北西太平洋海流・表層（100m 深）水温図（SOPQ）には、前日の北西太平洋域の 100m 深の等水温線と合わせて北赤道海流と黒潮・黒潮続流の流路を表示している。

3．海氷

（1）オホーツク海

沿岸海氷観測は 1890 年代から、船舶や航空機による海氷観測は 1930 年代から行われていたが、広範囲にわたるオホーツク海の海氷域の状況を面的に観測できるようになったのは、人工衛星の利用ができるようになった 1960 年代からである。

世界最初の気象衛星は昭和 35 年 4 月に打ち上げられた TIROS1 号であった。TIROS1 号が撮影した写真を用いて海氷・雲分布を解析したのが、日本で最初の気象衛星写真を用いた海氷解析であった。続いて、昭和 39 年 2 月の TIROS8 号の写真からオホーツク海の海氷解析を試みたが、カメラ光軸の向きや画質に問題があり、海氷解析にはあまり利用されなかった。昭和 41 年 2 月から実用気象衛星として ESSA シリーズが打ち上げられた。ESSA は分解能が直下 1.9km まで高められ、カメラ光軸の向きも改良されたので、画像解析が容易となった。昭和 41 年 12 月から、気象庁は気象研究所が受信した ESSA2 号の画像を利用してオホーツク海の海氷分布の解析を開始した。昭和 45 年 3 月 17 日、発達した低気圧の接近により択捉島の単冠（ヒトカップ）湾に緊急避難していた漁船 19 隻を流氷群が襲い、11 隻は脱出したものの 8 隻は座礁・航行不能・沈没に至り、死者・行方不明者 30 名という流氷による海難としては最悪の惨事となった。この悲劇を契機に海氷観測・海氷情報提供の体制が強化され、気象庁は、沿岸観測と船舶、航空機、北海道大学の沿岸海氷レーダー及び人工衛星による観測資料を基に、オホーツク海と日本海北部の海氷を解析し、昭和 45 年 12 月から毎月 2、7、12、17、22、27 日について翌年 5 月までのオホーツク海の半旬平均海氷図の JMH を開始した。

ESSA シリーズの成功を受け、昭和 45 年 12 月から気象衛星 NOAA シリーズがスタートした。搭載するセンサーは更に改良され、直下分解能は 0.9km にまで高められた。昭和 52 年 11 月、日本の静止気象衛星 GMS が運用を開始し、その定置的かつ即時的な画像により、気象庁の海氷解析は飛躍的に進歩した。このため、昭和 53 年 1 月から海氷域の密接度を 1-3/10、4-6/10、7-8/10、9-10/10 の 4 段階で解析し、同年 12 月からは半旬平均海氷図の JMH を週 2 回（毎週火曜日・金曜日）に増やし、昭和 54 年 1 月からはオホーツク海の実況・情報文（和文・英文）を追加することで海氷情報のタイトルを付加した。昭和 55 年 2 月からはウラジオストク周辺・渤海・カムチャツカ半島東岸にも海氷解析範囲を広げ、平成 9 年 12 月から海氷の解析手法にパソコン上での対話型処理を導入し、解析結果の電子媒体化を実現した。パソコンでの対話処理による解析作業は、主に衛星画像をもとに解析者が海氷域や海氷密接度を主観的に決定する手法であり、解析結果の評価や改良に結びつけるためには客観化の導入が必要であった。SSM/I、AMSR-E 等のマイクロ波放射系の輝度温度データから客観的に海氷分布図を作成する手法を開発したが、陸地付近では疑似の海氷域が解析されたり、海氷の融解期には実際の海氷域・密接度より小さく解析されるなどの問題があった。また、日々の海氷解析図を衛星画像等から自動処理で作成する方法についても研究、調査を行い、平成 26 年/平成 27 年海氷シーズンに、Metop-B、NOAA-19 等の極軌道衛星データを用いた海氷自動解析の試行を行った。平成 27 年に正式運用を開始した「ひまわり 8 号」は Metop-B、NOAA-19 で利用していたバンド帯を含む多くの観測バンドを備えており、10 分間隔の高頻度の観測が可能になった。平成 27 年/平成 28 年海氷シーズンから、「ひまわり 8 号」のデータを用いた海氷自動解析システムの運用を開始した。

平成 4 年 12 月から気象庁発表の海氷情報のタイトルは「全般海氷情報」となった。また、オホーツク海南部を対象とした札幌管区気象台発表の「北海道地方海氷情報」は平成 3 年 11 月に取扱いを定め、稚内・網走・釧路地方気象台が府県海氷情報としてそれぞれ発表する「宗谷地方海氷情報」、「網走・紋別地方海氷情報」、「釧路・根室・十勝地方海氷情報」は平成 5 年 1 月に良質な観測の成果が得られた時等は積極的に発表することになった。平成 20 年 12 月から府県海氷情報は流氷の初終日の観測と陸上自衛隊の航空機観測があった時のみ発表となった。

海氷予報業務については、昭和 34 年に札幌・函館両気象台協議の上、「海氷予報実施要領」を定め、海氷予報・地方海上海氷予報・週間海氷予報・長期海氷予想などの内容を決めた。翌 35 年には「気象官署予報業務細則」の改正で、府県予報区・地区予報区・特区予報区それぞれの予報担当官署で冬季間毎日 1 回海氷予報を行うことになったが、予報区の見直しにより、平成 9 年 3 月から地区海氷予報、特区海氷予報を廃止し、府県海氷予報のみ行うこととし、発表官署は稚内・網走・釧路の各気象台のみとなった。地方海氷予報は昭和 57 年 1 月に施行を行い、対象海域に海氷が存在する場合のみ細分ごとにその旨を地方海上予報に報じる内容で、昭和 59 年 1 月から正式に運用した。

これらの海氷予報は、当初は経験や統計的手法に基づく定性的なものでしかなく、利用者にとって必ずしも満足のいくものではなかった。このため、週間海氷予報に関しては客観的に海氷の分布を予想する手段として海氷の運動を表す力学過程と海氷の生成・融解をもたらす熱力学過程からなる数値海氷モデルの開発に着手し、2 年間の業務実験を経て、平成 2 年 12 月から数値海氷モデルに基づく海氷予報を開始した。この数値海氷予報は、海氷が北緯 48 度以南に存在する場合北海道周辺海域を対象として 1 週間先までの海氷の変化を計算して図形式の予想図として発表し、毎週水・土曜日に JMH などで利用者に提供していた。また、長期海氷予想に関しては、過去の海氷域面積と気象の統計的関係をもとに海氷域の実況と予想される気象から 1 か月ごとのオホーツク海の海氷域を予想する客観的手法を開発した。オホーツク海

の海氷の 1 か月後の予想を内容とした「北海道地方海氷情報」を 12 月～ 3 月の月 1 回・年 4 回発表した。令和 4 年/令和 5 年海氷シーズンから、日本沿岸海況監視予測システムの予測値を用いて情報を作成することとした。

平成 14 年 12 月から、気象庁が発表する全般海氷情報・数値海氷予報などはインターネット上で閲覧できるようになり、あらゆる方面のユーザーに利用しやすいものとなった。海洋の健康診断表では海氷に関する診断表、予報として公開している。

気象庁では、昭和58年から平成12年まで毎年、航空機や船舶、気象官署による目視観測、レーダーや衛星によるオホーツク海の海氷観測の成果及び北極域や南極域の海氷データをとりまとめ、「気象庁海氷観測資料」として印刷物として刊行した。また、各種の海氷データを統計的にまとめた「気象庁海氷統計資料」を刊行してきた。「気象庁海氷観測資料」は平成 13 年（第 19 号）から平成 18 年（第 24 号）まで、「気象庁海氷統計資料第 3 号」を平成 13 年に電子媒体（CD-ROM）で発行した。平成 19 年以降、これらの資料は、海洋の健康診断表に海氷のデータとして公開している。

海氷業務への導入を新たに予定していた日本沿岸海況監視予測システム（令和 3 年 12 月から利用開始）の利用により有効な現状把握が可能となることから、気象庁における海氷業務の見直しを行い、1 週間先の予報は、オホーツク海全域を対象とし、12 月から 5 月までの毎週日・月・水・木・土曜日に JMH などで利用者に提供している。全般海氷情報及び海氷予想図は日本沿岸海況監視予測システムをもとに作成することとし、府県海氷予報は日本沿岸海況監視予測システムを利用して自動作成された解説文を海洋の健康診断表に掲載することにした。

（2）北極・南極域

海氷域の状況を面的に広範囲に観測できるようになったのは、人工衛星の利用ができるようになった 1960 年代初めからである。昭和 47 年には NOAA-2 による可視・赤外センサー（VHRR）による観測データを得るようになり、また、同年、地球資源技術衛星 ERTS-1（後に LANDSAT-1 と改名）も打ち上げられ、衛星データの海氷調査への利用も盛んになり、北極全域の海氷状況の把握が可能となった。昭和 48 年には NIMBUS-5 のマイクロ波による観測（ESMR）が行われるようになり南極域でも昼夜・天候に関係なく海氷状況の把握が可能となった。マイクロ波による観測は NIMBUS-7 の SMMR、米国の軍事気象衛星 DMSP の SSM/I に引き継がれた。

昭和 59 年に気象庁は、米国海軍 - 海洋大気庁合同海氷センター（JIC: NAVY-NOAA JOINT ICE CENTER）、平成 7 年から米国国立海氷センター（NIC: U.S. National Ice Center）と海氷データ（海氷図及び出版物）を郵送により交換を開始した。気象庁は、JIC の海氷図から海氷縁（かいひょうえん）データを抽出し、北極域や南極域の海氷図を作成した。

気象庁で印刷物として刊行した「気象庁海氷観測資料」の平成元年（第 7 号）と平成 2 年（第 8 号）に JIC の海氷図から作成したベーリング海及び南極の海氷図と海氷面積時系列を掲載した。平年値は、ベーリング海は NOAA、南極域は米海軍が作成したデータを利用した。平成 3 年（第 9 号）からの「気象庁海氷観測資料」及び「気象庁海氷統計資料第 2 号」では、対象領域は北極域及び南極域となり、平年値、最大値、最小値等は、全球海氷データデジタルバンクの世界雪氷データセンター A である 米国雪氷データセンター（NSIDC）から入手した JIC の海氷格子点データをもとに作成した。平成 8 年（第 14 号）から地球温暖化を考慮して統計開始（北極域：昭和 47 年、南極域：昭和 48 年）からの北極域、南極域及び全球の海氷域面積の経年変化図を掲載した。平成 11 年（第 17 号）から、1972 年～ 1994 年のデータについては、NSIDC から入手した JIC の海氷格子点データをもとに作成し直している。

平成 12 年（第 18 号）から平成 18 年（第 24 号）までの「気象庁海氷観測資料」及び「気象庁海氷統計資料第 3 号」の両極域の海氷域面積の経年変化図には NASA 提供の SMMR 及び NSIDC 提供の SSM/I データを用いることとし、統計開始年を昭和 53 年に変更した。

当初、NSIDC の SSM/I の確定値データは、電子媒体を郵送で受領していたが、インターネット取得に変わっていった。

平成 19 年以降、北極域・南極域データは、海洋の健康診断表に海氷のデータとして公開している。NSIDC の確定値データは作成に 3 ～ 6 か月かかるため、前年分の北極域・南極域のデータ更新が平成 20 年まで 9 月末頃、平成 21 年及び平成 22 年は 6 月末頃だったが、即時的に発表するため、平成 22 年から NSIDC のデータの速報値の利用を開始し、毎年 9 月頃に観測される北極域の最小海氷域面積の診断を 10 月に発表し、北極域・南極域の診断とデータの更新を翌年の 1 月末頃に行うことになった。平成 29 年度より NSIDC のデータの速報値による半旬ごと海氷分布図の毎月掲載を開始した。

気象庁では、DMSP の SSM/I の北極・南極データのインターネットによる取得と海氷域算出までを自動化する開発を平成 8 年に開始し、平成 18 年 3 月に気象庁のスーパーコンピュータシステムの数値予報ルーチンで運用を開始した。しかし、DSMP の打上げは平成 26 年で終了し、後継機の打上げは早くても令和 6 年頃の計画となっており、DMSP が故障した場合全球海氷データが作成できなくなる可能性があったため、平成 28 年に JAXA の AMSR2 のデータも利用するように修正した。

4．潮汐

（1）予報業務との関係

昭和 9 年の室戸台風後の臨時気象協議会では、潮汐の予報について検討し、この時の中央気象台の諮問案の一つに高潮予報資料充実に対する良法如何が挙げられた。高潮予報や高潮警報が規定されたのは昭和 27 年の気象業務法施行時で、当初の高潮注意報・警報は気象警報の発表文に含めていたが、昭和 33 年からは独立発表することとし、昭和 44 年には東京地方を対象に、高潮注意報・警報の基準を量的に示すこととなった。

平成以降では、平成 10 年に高潮数値予測モデルの運用を開始し、平成 25 年には、高潮特別警報の運用を開始した。平成 27 年には高潮モデルの結果に波浪効果や海況要因、浅海潮などの補正を行ったものである高潮ガイダンスの運用を開始した。平成 23 年から、これらに基づき、沿岸防災解説資料の作成を開始し、全国予報中枢官署及び地方予報中枢官署が予報業務に利用しており、令和元年には一般財団法人気象業務支援センターへの提供を開始した。

（2）潮位表

潮位は、月や太陽の運行に支配的な影響を受けるが、時に気象及び地象の影響を受け、災害を引き起こすこともある。これら現象の因果関係を明らかにするためには、推定される潮汐の

満ち引きと実測値とを照らし合わせる必要がある。この一助とするため、また、地域の海事関係者にも便益を提供することを目的として、昭和６年に中央気象台は初めて「潮汐表」を発行した。当初の掲載港は布良・横浜の２港であり、ロードケルビン式潮候推算機を導入し描いた潮高曲線から値を読みとり潮位表を作成した。翌年、掲載港は花咲（北海道根室市）、岩崎（青森県深浦町）、鮎川（宮城県石巻市）、布良（千葉県館山市）、横浜、輪島、串本（和歌山県串本町）、神戸、外ノ浦（島根県浜田市）、油津、深堀（長崎県長崎市）、基隆（台湾）の12港となった。昭和17年からは、「潮位表」として名を改め、戦後に外国領土となった港の廃止により掲載地点を縮小することもあったが、各地からの希望に応える形で観測結果をもとに調和定数を計算、掲載地点を増加させた。発行以来、潮位表は書籍での発行であったが、デジタル化、オープンデータの流れもあり、電子媒体（CD-ROM）による刊行を経て、平成19年からは気象庁ホームページでの公開となり、現在では200か所を超える地点を掲載している。

（３）潮汐観測資料

ア．概要

大正13年12月に、検潮所が海洋気象台に移管され、大正14年に、海洋気象台は「潮汐観測」第１号を発刊した。現在は、気象官署観測業務規程に定める原簿として、「潮汐観測原簿」があり、気象庁本庁が作成している。

潮汐観測原簿においては「潮汐観測原簿の様式について（依命通達）」（令和２年９月 気洋情第17号）に基づき、潮汐観測原簿（毎時・満干潮、毎時偏差、年）、高潮記録整理表を、また「津波観測の統計、調査結果の資料様式について（依命通達）」（令和２年９月 気洋情第18号）に基づき、「津波記録整理表」を作成している。

イ．潮汐観測原簿

潮汐観測原簿は、検潮所及び津波観測点ごとに作成するものである。潮汐観測原簿（毎時・満干潮）は、「毎時潮位」、「日合計潮位」、「日平均潮位」、「月合計潮位」、「月平均潮位」、「満干潮の時刻・潮位」、「月最高・最低潮位の起時・潮位・回数」及び「検潮所等の緯度・経度・観測基準面の標高」を記載する。潮汐観測原簿（毎時偏差）は、「毎時潮位偏差」、「偏差日合計」、「偏差日平均」、「偏差過高・過低の起時・潮位・回数」、「観測基準面－潮位表基準面」及び「検潮所等の緯度・経度・観測基準面の標高」を記載する。潮汐観測原簿（年）は、当該年次における「各月の平均潮位」、「最高・最低潮位」、「朔望（さくぼう）潮位」、「最大偏差」、「顕著副振動」、「5年統計値」及び「検潮所等の緯度・経度・観測基準面の標高」を記載する。

潮汐観測原簿に記載している内容のうち、主要な項目については気象庁ホームページの「潮汐観測資料」に掲載している。また、平成９年以降の値を「各月の潮汐」に、平成10年以降の値を「各年の潮汐」に、それぞれ掲載している。このほか、気象業務支援センターへの提供を平成９年から実施している。

ウ．高潮記録整理表

高潮記録整理表は、高潮が発生した台風等の気象現象ごとに、最大潮位偏差（３分平均値）が50cm以上となる高潮を観測した各検潮所及び津波観測点の観測値をまとめて記載するものである。観測値は、最大潮位偏差及びその起時、最高潮位（東京湾平均海面上及び観測基準面上）及びその起時について、３分平均値並びに平滑値を記載する。平成17年12月から高潮記録整理表の作成を開始し、気象業務支援センターへの提供を平成19年から実施している。

エ．津波記録整理表

津波記録整理表は、津波が発生した地震等の現象ごとに津波を観測した各検潮所及び津波観測点の観測値をまとめて記載する。観測値として、第一波についてはその日付、時刻、初動とその高さ、最大波高（全振幅）及び最大の高さの波についてはその日付、時刻、周期、高さを記載する。また、津波を発生させた地震等の現象について、震源地、発震日、時刻、地震のマグニチュード、深さ、震源の緯度経度、記事等を記載する。平成21年以前は、津波終了時刻も記載していた。記載する地点は、原則として最大波高が5cm以上とする。気象庁ホームページには、津波記録整理表と同様の内容を「各年の潮汐」に、平成10年の値から掲載している。また、気象業務支援センターへの提供を平成19年から実施している。

（４）潮位情報

昭和46年９月、関東から九州にかけての太平洋沿岸の広範囲で、台風第23号通過後の陸棚波を要因とする潮位上昇が発生し各地で浸水等の被害が発生した。それまでの高潮注意報は台風等の気象擾乱による海面の上昇を対象として発表されていたことから、これを契機とし、昭和46年９月に、台風等の気象擾乱によらない潮位上昇によって浸水等の災害のおそれがある場合でも高潮注意報を発表するよう扱いを変更した。次いで、昭和46年11月に高潮注意報とは別に、気象擾乱によらない潮位上昇を対象とする「異常潮情報」を発表する運用を開始した。

昭和62年３月には異常潮に加えて、副振動に関する情報も含んだ「異常潮に関する情報」の運用を開始した。なお、この時点では「異常潮に関する情報」は気象官署予報業務規則に基づく「気象情報等」ではなく、気象業務法第11条の規定に直接ぶら下がるものとして整理していた。

平成16年３月には、「潮位に関する情報取扱要領」を制定し、「異常潮に関する情報」の名称を「潮位に関する情報」に変更した。また、人工衛星や漂流型海洋気象ブイロボット等による観測技術や、データ同化手法などの解析技術の進展に伴い、異常潮の要因に関する知見が充実したことを背景として、「異常潮」と「副振動」を区別し発表することとした。同時に、長期的な海面水位の上昇を背景とし、「異常」と言えなくても夏～秋の大潮で浸水する例が増加したことを受け、「大潮による高い潮位に関する潮位情報」の発表を開始した。

平成21年12月には、現象を視覚的にわかりやすく伝えることを目的に、代表的な地点の観測値等をグラフ、防災上の留意事項等を簡潔に記した図形式の潮位に関する情報の提供を開始し、平成23年には他の気象情報等と同様にXML電文による配信を開始した。

令和２年10月には、潮位情報を気象官署予報業務規則に基づく「気象情報等」の一つとして整理し、「潮位情報取扱要領」を新たに制定した。また、同年10月に運用開始した日本沿岸海況監視予測システムの予測値を用いて、潮位情報に現象の要因、持続期間や見通しに関する情報を新たに追加するなど、情報の改善を図っている。

（5）予報支援業務（沿岸防災解説資料・高潮ガイダンス）

ア．業務概要

沿岸防災解説業務は、海洋気象情報室が全国予報中枢官署及び地方予報中枢官署に対して波浪及び潮位に関する解説を行うことで、府県予報区担当官署の的確な予報及び警報等の発表に資することを目的とする。沿岸防災解説資料とは、海洋気象情報室が前述の目的で、全国予報中枢官署及び地方予報中枢官署に提供する、波浪及び潮位に関する解説資料をいう。

イ．業務発足の経緯～海洋気象台での業務開始・管区移管（波浪と共通）

平成 13 年 1 月の省庁再編に際し、本庁海洋課と海上気象課を統合して海洋気象課と海洋気象情報室が新設された。海洋気象情報室は平成 22 年 4 月に海洋気象台での沿岸防災業務強化に関わる業務実験を開始し、平成 23 年 4 月に沿岸防災業務強化に係る試行を開始し、平成 24 年 3 月に沿岸防災解説業務の本運用を開始した。平成 25 年 10 月に各管区気象台・沖縄気象台へ地球環境・海洋課を新設し、沿岸防災解説業務の地方解説を本庁海洋気象情報室及び各管区気象台（東京を除く）・沖縄気象台が実施することとした。

ウ．統合・本庁集約

平成 31 年 3 月に、沿岸防災業務体制を変更し、沿岸防災解説業務を本庁海洋気象情報室に集約して実施することとした。

エ．業務内容の変遷

平成 23 年 4 月から、波浪に関する地方官署向けの沿岸防災解説資料、潮位に関する全般解説資料及び地方解説資料を、1 日 2 回提供した。平成 28 年から、波浪に関して、地方解説資料に加えて全般解説資料を 1 日 2 回提供することとした。平成 31 年 3 月における沿岸防災解説業務の本庁海洋気象情報室への集約後、波浪及び潮位に関する全般解説資料は 1 日 3 回の提供とした。令和元年 12 月には、予報業務の許可等に関する審査基準の一部改正があり、「波浪に関する全般解説資料」「潮位に関する全般解説資料」の部外配信を開始し、気象業務支援センターへ資料提供を実施した。

オ．予報支援資料

海洋気象情報室では、平成 31 年 3 月から、全国予報中枢官署及び地方予報中枢官署に対し、潮汐の実況や今後の見通しに関して、全国予報区を対象とした全般解説資料を 1 日 3 回、地方予報区担当官署の担当区域を対象とした地方解説資料を 1 日 2 回、作成、提供している。また、台風臨時編成時等、必要に応じて潮位に関する臨時解説資料を提供することとなっている。内容としては、高潮予測プロダクト（「高潮モデル格子点値」、「高潮ガイダンス格子点値」）の解釈のポイント等を解説した資料となっている。

カ．高潮ガイダンス

高潮ガイダンスの庁内利用は、平成 27 年 3 月に開始した。令和元年 12 月には、高潮予測プロダクトの提供を開始した。

気象庁の高潮モデルは、主として海上の風が沖から岸に向かって吹くことによる「吹き寄せ効果」と、台風や温帯低気圧による気圧低下に伴う「吸い上げ効果」により生じる潮位の変動を予測している。一方、実際に生じる潮位変動は、波浪効果、海況要因、浅海潮の効果により発生する場合があるが、高潮モデルではこれらの効果は考慮されていない。過去の潮位観測値や実験式等をもとに、これらの効果を補正量として見積もり、高潮モデルの計算結果を補正したものを、高潮ガイダンスとして提供している。

5．波浪

（1）予報業務との関係

昭和 27 年施行の気象業務法において、波浪警報と波浪注意報を規定し、気象庁が予報を行うこととなった。当初は、沿岸部の波浪のみを予報の対象としていたが、昭和 46 年と昭和 47 年に相次いで発生した千葉県野島崎沖合の海難事故を契機に、外洋の波浪予報の実施とともに精度の高い予報方式の研究・開発が求められた。

その後、外洋における波浪実況図（昭和 47 年）及び 24 時間予想図（昭和 52 年）の気象無線模写通報（JMH）を実施し、外洋の波浪予報を開始した。また、昭和 50 年に数値波浪モデル MRI（第 1 世代波浪モデル）の開発を開始し、昭和 52 年に現業への導入を開始した。これにより、波浪予報の精度が向上した。さらに、昭和 61 年には波浪予報を量的表現に変更し、昭和 63 年には予報対象海域内で予想される有義波高の最大値を発表することとした。

平成 25 年には、波浪特別警報の運用を開始した。これは、波浪により重大な災害の起こるおそれが著しく高まっている場合に発表し、最大級の警戒を呼びかけるためのものである。

現在、気象庁は、数値波浪モデルの改良や観測データの充実などにより、波浪予報の精度向上に努めている。

（2）沿岸・外洋波浪図

昭和 47 年 1 月に、北西太平洋を中心とする外洋における波浪実況図、昭和 52 年 3 月に同 24 時間予想図の提供（1 日 1 回（日本時間午前 9 時））を、JMH により、開始した。その後、昭和 62 年 3 月に日本沿岸域の波浪実況図及び同 24 時間予想図の提供を開始し、平成 5 年 9 月には台風時の日本時間午後 9 時の日本沿岸域の実況図及び予想図の臨時配信の開始、平成 21 年 12 月には実況図、平成 26 年 1 月には予想図の 1 日 2 回の常時配信の開始等、提供する情報を拡充してきた。

各波浪図には有義波高、波向、周期などの情報を掲載している。さらに、平成 29 年 3 月以降、海面状況の変化が激しく突然の大波が出やすい「航行に危険な海域」の情報を波浪予想図に付加し、船舶の航行や漁業等の海上作業における安全を支援している。

ア．波浪モデルの開発の変遷

気象庁が運用している波浪モデルは、気象研究所が開発・改良を行ってきた。昭和 52 年に初の波浪モデルとして第 1 世代波浪モデルである MRI の運用を開始し、昭和 61 年に第 2 世代の MRI- Ⅱを導入した。平成 10 年に第 3 世代の MRI- Ⅲに移行後、平成 19 年に物理過程の改善、水平解像度の向上及び 2 次元スペクトルの方向分解能の向上等、モデルの全面的な更新を行って精度の向上を図り、その後も改良を重ねている。

現在、気象庁では極域を除くほぼ全海域（75°S ～ 75°N）を対象とした緯度 0.25 度×経度 0.25 度の全球波浪モデルと、日本近海・沿岸海域を対象とした緯度 0.05 度×経度 0.05 度の沿岸波浪モデルの 2 つの数値波浪モデルを運用している。

イ．主観解析～客観解析

提供開始当初の外洋波浪実況図は、毎日入電する船舶気象報をもとにマニュアル（手書き）により作成していた。その後､MRI の導入により提供を開始した外洋波浪 24 時間予想図では、数値波浪モデルにマニュアルによる修正を加えて作成することとした。

平成 8 年 3 月に予報現業支援ワークステーション（EMS）を使った対話型のマンマシン波浪解析・予想システムを構築し、波浪モデルの予測値を第一推定値として EMS 上で波高を修正することにより、波浪の実況図及び予想図を作成した。その後、波高の客観解析の導入及び波浪モデルの改良に伴いモデルの信頼性が向上したことから、平成 21 年 12 月に実況図を、平成 26 年 1 月に予想図を、人の手を介することなく自動で作成することとした。

（3）予報支援業務（沿岸防災解説資料）

波浪の実況や今後の見通しに関して、全国予報区を対象とした全般解説資料を 1 日 3 回、地方予報区担当官署の担当区域を対象とした地方解説資料を 1 日 2 回、作成、提供している。また、台風臨時編成時等、必要に応じて波浪に関する臨時解説資料を提供することとなっている。支援資料の内容としては、波浪の実況の着目点及び今後の見通しを、図を用いて解説するものとなっている。

波浪に関する予報業務支援業務の業務概要、業務発足の経緯～海台廃止・管区移管、統合・本庁集約～組織改編、業務内容の変遷については、本節第 4 項「潮汐」と同様である。

6．漂流予測

平成 5 年、WMO 第 11 回海洋気象委員会（CMM）において、「海洋汚染事故緊急対応システム（MPERSS)」の枠組みが提唱され、気象庁は MPERSS の地域気象センター（AMOC）を担当することを表明した。このため、平成 8 年から流出油の漂流予測モデルの開発を開始した。

平成 9 年 1 月､日本海でロシア船籍のタンカー「ナホトカ号」が寒波による強風で遭難した。船体は島根県近海で浸水により沈没し、分離した船首部分は漂流をはじめた。その数日後、流出した重油が福井県に漂着し、続いて島根県から秋田県にかけての広い範囲に漂着した。油の漂着が厳冬期だったため、回収作業は過酷を極めた。

この事故を受け、同年は国際的に油流出事故への緊急対応体制を構築する機運が高まった。WMO-CMM は国際海事機関（IMO）との連携を促進した。国連環境計画（UNEP）の北西太平洋地域における環境保全・管理・開発のための行動計画（NOWPAP、日中韓露）では、海洋汚染に係る準備・対応に関するフォーラムを開催した。油濁事故対策協力（OPRC）条約においては「国家的緊急時計画」を改定し、気象庁は拡散漂流予測分野の専門家として登録、参画することとした。

国内でも、同年 12 月に運輸技術審議会総合部会流出油防除体制総合検討委員会報告書「流出油防除体制の強化について」が建議され、気象庁は 1 週間程度先までの長期漂流予測を、海上保安庁は 3 日後までの短期漂流予測を実施し、警戒本部等を通じた漂流予測結果の一元的公表を行うこととなった。気象庁は、平成 10 年度に流出油の漂流予測モデルを開発して予測体制を整備し、平成 11 年 10 月に海上保安庁水路部長と気象庁気候・海洋気象部長による申合せを締結し、海上保安庁と連携した漂流予測業務を開始した。

【第 3 節】海洋観測に関する国際的役割

海洋観測や海洋データ交換のうち、国際的な枠組みの中で気象庁が実施している事項について、本節で概説する。

海洋における国際的な観測については、国連教育科学文化機関政府間海洋学委員会（UNESCO/IOC）が大きな役割を果たしてきた。平成 2 年の第 2 回世界気候会議で、地球温暖化に関連して世界気候計画の拡充・強化するシステムの構築が勧告され、その中で全球の海洋観測システムの構築も必要とされたことを受けて、平成 3 年に IOC 主導の下、全球海洋観測システム（GOOS: Global Ocean Observing System）が発足し、現在も GOOS の枠組みの下で様々な活動が行われている。

本節では、国際協力の下で行われている様々な活動の中から、UNESCO 総会決議を契機として構築、参画している北東アジア地域・全球海洋観測システム（第 1 項）、政府間海洋学委員会等の協力関係の下で参画しているアルゴ計画（第 2 項）、海洋気象観測船による様々な二国間、多国間枠組みへの協力（第 3 項）について述べる。

1．北東アジア地域・全球海洋観測システム

北東アジア地域・全球海洋観測システム（NEAR-GOOS: North-East Asian Regional Global Ocean Observing System）は､世界で 15 ある全球海洋観測システム地域連合（GOOS Regional Alliance）の一つである。平成 5 年の第 27 回 UNESCO 総会で GOOS の北東アジア地域でのプロジェクトの構築を求める決議が採択され、この決議を受けて作成された実施計画が平成 8 年の第 3 回政府間海洋学委員会西太平洋地域小委員会（IOC/WESTPAC: Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO/Sub-Commission for the WESTern PACific）会合で承認され、中国、韓国、日本及びロシアの 4 か国の参加により発足した。NEAR-GOOS は、参加国から 2 名、計 8 名の調整委員において企画・調整を行っており、日本からは気象庁と海上保安庁からそれぞれ 1 名を委員に選出している。

参加各国はリアルタイムデータベースと遅延データベースを設置し、これらを包括する形で気象庁が地域リアルタイムデータベース（RRTDB）を、海上保安庁が地域遅延データベース（RDMDB）を運用している。RRTDB は、GTS 経由で入電した SHIP、BATHY、TESAC、TRACKOB、BUOY 報などの海洋データや GTSPP（Global Temperature and Salinity Profile Programme）から提供される水温・塩分プロファイルデータを編集して 30 日間公開し、以降は RDMDB からアーカイブデータとして公開している。また、気象庁が毎日作成している全球日別海面水温解析（MGDSST: Merged satellite and in-situ data Global Daily Sea Surface Temperature）や北西太平洋高解像度日別海面水温解析（HIMSST: HIgh-resolution Merged satellite and in-situ data Sea Surface Temperature）などの海面水温解析プロダクトも画像や GPV で RRTDB から公開しており、総合的な海洋データ提供サイトとしてユーザーに広く認知されている。

2．アルゴ計画

（1）アルゴフロート

アルゴ（Argo）計画は、政府間海洋学委員会（UNESCO/IOC）、世界気象機関（WMO）等の国際機関が推進する、全球海洋観測システム（GOOS）の主要な計画として位置づけられ、水温や塩分などを観測する無人フロートを全世界の海洋に展開し、その状況をリアルタイムで監視する計画である。アルゴ計画は平成 12 年に開始され、令和 4 年には我が国を含む 20 か国以上が参加し、約 3,800 台のフロートが稼働中である。気象庁では、海洋気象観測船による北西太平洋域でのフロートの展開及び運用を行うとともに、国別データセンターを運営するなどして貢献を続けている。気象庁が投入したフロートは令和 4 年中に通算 400 台に達した。

（2）アルゴ計画国別データセンター

平成 12 年度から平成 16 年度にわたる 5 年計画のミレニアム・プロジェクト（新しい千年紀プロジェクト）の一つとして、「高度海洋監視システム（ARGO 計画）の構築」を気象庁や他の政府機関、研究機関等が連携して実施した。気象庁は、国際的なアルゴデータシステムとの整合性を持つものとして、国内のフロートからの観測データを国際標準に基づきリアルタイムで処理するシステム（観測終了後 24 時間以内のデータ公開）の構築を担い、平成 14 年 5 月から国別データセンターとしての運用を開始した。気象庁や国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）等が投入した国内のフロートを対象に処理した総数は、令和 5 年までに約 1,900 台に達した。また、国内のフロートだけでなく、外国のフロートのデータも含めアルゴ計画リアルタイムデータベースとしてウェブでデータ等を提供し、遅延品質管理を担う JAMSTEC とともに、全世界の海洋をモニターする上で不可欠なツールとしてアルゴのデータ管理システムの充実化を図っている。当初、水深 2,000m までの水温・塩分の観測が主だったフロートは近年、溶存酸素などの生物地球化学パラメータを測定できるセンサーを搭載したものや水深 6,000m までの観測を行うものなど、多種多様なものが運用されており、国別データセンターでは新たな観測要素についても国際標準に基づき対応している。

3．海洋気象観測船による国際協力

海洋気象観測船によるものをはじめ、気象庁の海洋観測は我が国周辺海域における実施が主になることは当然であるが、全球的な海洋環境の把握のためには、国際協力に基づいたより広がりのある観測の実施、またその成果の流通や交換が不可欠である。このため、従来から多くの国際共同観測・調査計画が立案・実施されてきたので、ここにそのいくつかを記述する。

（1）黒潮及び隣接水域協同調査（CSK）

1960 年代に、海洋研究における国際協力の必要性の認識が高まり、昭和 35 年にコペンハーゲンで開催された海洋研究の国際会議後、国連教育科学文化機関（UNESCO）は、共同活動によって海洋とその資源の知識を増すことを目的として政府間海洋学委員会（IOC: Intergovernmental Oceanographic Commission）を内部組織として設置し、昭和 36 年に IOC は最初の総会を開いた。

昭和 40 年には、IOC は、黒潮を含んだ西太平洋の海洋循環を調査するため我が国が中核となって黒潮及び隣接水域共同調査（CSK: Co-operative Study of the Kuroshio and Adjacent Regions）を公式計画として承認した。CSK には 11 か国が参加し、東シナ海、南シナ海、日本海、太平洋の南緯 4 度から北緯 43 度、東経 160 度までの範囲内の重点海域で多数の船による大規模な観測を実施するとともに、測定の標準化及び相互比較、船上研修等の相互訓練を行った。気象庁では、昭和 41 年に凌風丸Ⅱ世が竣工し、昭和 42 年から CSK の一環として冬季の東経 137 度線の定線観測を開始、同年 10 月には CSK 特別観測として、本庁と函館、神戸、舞鶴、長崎の各海洋気象台の観測船が共同で 15 日間の尾鷲沖黒潮短期変動の観測を行い、流速の短期変動が顕著なこと、強流帯の幅がそれまで考えられていたものよりも狭いことを明らかにした。

CSK による調査は昭和 51 年まで続き、昭和 54 年に我が国で開催された第 4 回シンポジウムで 15 年にわたる共同調査・研究を終了した。

（2）海洋汚染監視パイロット計画（MAPMOPP）/全世界海洋汚染監視計画（MARPOLMON）

海洋環境の汚染防止に関する国際的な取組として、1950 年代からタンカーへの規制が行われてきたが、海洋汚染に関する包括的な国際条約が発効したのは 1970 年代半ばからである。WMO と IOC は、即時的・現業的な海洋環境データを取り扱うために昭和 42 年に設立した全世界海洋情報サービスシステム（IGOSS: Integrated Global Ocean Service System）のもとで、1970 年代当初に国際的な課題となっていた全球的な海洋汚染の現状把握を目的として、昭和 50 年から昭和 55 年に海洋汚染監視パイロット計画（MAPMOPP：Marine Pollution (Petroleum) Monitoring Pilot Project）を実施した。MAPMOPP は昭和 55 年から、海洋汚染全球調査（GIPME: Global Investigation of Pollution in the Marine Environment）のプロジェクトとして全世界海洋汚染監視計画（MARPOLMON: Marine Pollution Monitoring Network）に移行した。

我が国でも海洋汚染に関する国際動向や国内の社会情勢に対応して、「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律」が昭和 46 年に施行された。これを受けて気象庁は、昭和 47 年から日本周辺海域に汚染定線を設け、東経 137 度線の観測を冬季と夏季の年 2 回の観測に強化し、重金属（水銀、カドミウム）を対象とした海洋バックグランド汚染観測を開始した。昭和 50 年からは MAPMOPP に参加して、油類、浮遊物等の観測を追加した。海洋気象観測船の観測データは昭和 55 年までは MAPMOPP のデータセンターに、それ以降は MARPOLMON のデータセンターに提供した。その後、観測体制の見直しにより、令和 3 年度以降、海洋汚染観測として、海面浮遊汚染物質（プラスチック類）の目視観測と浮遊タールボールの観測のみ継続している。

（3）黒潮の開発利用調査研究（KER）/日中黒潮共同調査研究（JRK）

CSK による観測終了後、我が国の海洋開発の一つの柱として、黒潮の開発利用調査研究（KER: Kuroshio Exploitation and Utilization Research）が昭和 52 年に国内で始まり、気象庁は、本庁と函館、神戸、舞鶴、長崎の各海洋気象台が海上保安庁、水産庁、海洋科学技術センター（現海洋研究開発機構）等とともに参加した。KER は黒潮海域の総合的調査研究を一元的かつ計画的に進め、海域特性の把握及び開発利用ポテンシャルの検討を行い、黒潮の開発利用方策の策定に資することを目標としていた。

昭和 61 年までの KER 第一期では、昭和 50 年と昭和 56 年に黒潮大蛇行が発生したため、

大蛇行の発生、消滅、維持機構の解明を第一目標として調査研究を進め、大蛇行・冷水渦の発生・維持・消滅機構の全容を明らかにした。気象庁の５隻の海洋気象観測船は黒潮を横切る定線で、他機関の観測船とともに四季単位の集中観測を実施し、大蛇行の実態解明に貢献した。

昭和 62 年からは KER の成果を引き継ぎ、日中科学技術協力委員会の提案をもとに、日中黒潮共同調査研究（JRK: Japan-China Joint Research Programme on the Kuroshio）が KER の第二期として開始された。KER は、第二期が平成４年、第三期が平成 10 年に終了し、JRK は KER 第三期が終了する平成 10 年末まで継続した。KER/JRK では、大気 - 海洋相互作用の研究が実施され、気象庁からは、電気伝導度水温水深計や超音波海流計等、最新の観測機器を装備して昭和 62 年に竣工した長崎海洋気象台の長風丸Ⅱ世が主となって、数値モデルの検証のため、トカラ海峡や九州南方に新しく観測定線を設けて黒潮の流量を把握したほか、東シナ海の黒潮に準２年周期の変動があることを示した。

（４）熱帯海洋全球大気計画（TOGA）

昭和 54 年に WMO などが主催した世界気候会議で、気候変動研究の推進が提言され、同年 10 月には IOC と国際学術連合会議（ICSU: International Council of Scientific Unions）の海洋研究科学委員会（SCOR: Scientific Committee on Oceanic Research）が合同で、気候変動と海洋に関する委員会（CCCO: Committee on Climate Changes and the Ocean）を組織し、昭和 56 年の CCCO の第２回委員会で全球規模の海洋研究計画が提案された。昭和 55 年には、気候の予測可能性及び人間活動の気候への影響の程度を評価するために必要な、基礎的な気候システム及び気候プロセスの科学的理解を発展させるため、WMO、ICSU が後援して世界気候研究計画（WCRP: World Climate Research Program）が発足した。平成５年に IOC が WCRP の支援に加わるまでは、海洋に関した計画を WCRP の合同科学委員会と CCCO が協議のうえ、共催計画として実施した。

WCRP の計画を現象の時間スケールで分けると、(1) 海面水温のアノマリの生成消滅に関わる数週間スケールでの大気の気候予測の研究、(2) 熱帯の大気との結合系の変動現象など数年スケールのエルニーニョ・南方振動（ENSO: El-Niño and Southern Oscillation）の研究、(3) 数十年の時間スケールで長期の気候変動の予測ができる海洋循環モデルの開発及びそれを検証できる海洋観測データの取得の三つである。(2) については昭和 60 年から 10 年計画で熱帯海洋全球大気計画（TOGA: Tropical Ocean Global Atmosphere）を開始し、(3) については、平成２年から平成９年にかけて 30 か国の参加により史上最大規模の海洋観測計画を柱とする海洋研究プロジェクトとして世界海洋循環実験計画（WOCE: World Ocean Circulation Experiment）を実施した。

昭和 60 年から観測・研究が進められた TOGA は、気象と海洋の研究者が共同で、初めて本格的に取り組んだ国際プロジェクトで、全球の異常気象に影響を及ぼすと考えられている ENSO のモデルによる予測可能性を探ることを目標とした。TOGA の前半では、海洋表層の温度構造及び海上気象データをリアルタイムに把握することを目的として、太平洋赤道域に係留ブイによる観測網が展開されたほか、漂流ブイや篤志観測船による表層水温観測等、広域観測システムが構築された。東経 137 度線の観測等で気象庁の凌風丸も貢献した。海面水温が特に高く大気に大きな影響を与えると考えられる西太平洋熱帯域は、陸地が少なく気象・海洋両面ともデータが少ないため、研究の進展に伴ってその支障となっていた。そのため、平成２年から後半となった TOGA の中心的なプロジェクトとして、熱帯海洋・全球大気研究計画－海洋・大気結合応答実験（TOGA-COARE: Tropical Ocean Global Atmospheres/Coupled Ocean Atmosphere Response Experiment）が実施された。これは西太平洋熱帯域の暖水プールの季節内振動に伴う大気変動と海洋変動に焦点を当てた計画で、平成４年から平成５年にかけて集中観測が実施された。気象庁からは啓風丸が参加して、海上気象観測、レーダー気象観測、高層気象観測、海洋観測を実施した。これらの観測により、ENSO の理解が進み、その予測が可能となる等、TOGA では多くの成果が得られた。

（５）世界海洋循環実験計画（WOCE）

前項で記述したとおり、WOCE は、気候変動研究を推進するため WCRP の海洋研究プロジェクトとして立案されたものであった。

WOCE 実施案で設定された目標（ゴール）は２つあり、ゴール１が「気候変動予測を目的とする海洋モデルの開発と、その検証に必要なデータを収集すること」、ゴール２が「収集されたデータセットが海洋の長期的ふるまいをどれだけ的確に示しうるかの代表性の調査と、海洋循環の長期変動を明らかにする方法を見いだすこと」であった。

プロジェクトの実施期間は、計画段階では 平成２年から平成 11 年の 10 年で、前半の平成２年から平成７年を第１期として、ゴール１のデータ取得部分に重点を置き、後半の平成８年から平成 11 年を第２期として、取得データの解析、モデルへの同化、統合にあてた。しかしながら、実際には TOPEX/POSEIDON 衛星の打上げの遅れと、他国の観測船の建造や配置の遅れが原因で第１期が平成９年まで延長されたのに伴い、第２期は平成 14 年までとなった。

気象庁は、気候変動予測のためのモデル開発を最終目標とする WOCE の重要性に鑑み、本庁海洋気象部、気象研究所海洋研究部及び同地球化学研究部がプロジェクトに参加した。本庁海洋気象部は、観測船による定線観測（WOCE 各層観測プログラム（WHP: WOCE Hydrographic Programme）と呼ばれる）、篤志船舶による表層水温観測を行い、気象研究所地球化学研究部は WHP の化学トレーサー（海水流動を追跡するために用いられる炭素 14 などの化学物質）の分析を担当した。さらに気象研究所海洋研究部は、中層フロートによる西部太平洋での流れの測定と、太平洋の海洋大循環モデルの開発を実施した。

WOCE 観測網のなかで、WHP は世界の海に約 70 の基準測線を設定し、観測船による均質な観測を行うという計画で、このプロジェクトの中核をなすものであった。WHP は、変動の激しい海域や水塊の形成域で年１回以上の観測を繰り返すリピート観測と、WOCE の期間中、特別に高精度・高密度な観測を１回実施するワンタイム観測とに分けられる。西部北太平洋においては、気象庁が定常業務として実施している観測定線の多くをリピート観測定線として位置づけていたため、海洋気象部と各海洋気象台は、各定線での観測を実施しながら測器の整備や技術の改良に努めた。そして、その集大成として平成６年に P9（東経 137 度線）、平成７年に P24（九州南東沖）と名付けられた定線のワンタイム観測を完遂した。

（６）全球海洋各層観測調査プログラム（GO-SHIP）

WOCE の観測終了後、観測船による全球的な海洋観測のための正式な国際的組織は存在せず、観測時期や内容は実施機関に任されていた。観測船による全球のワンタイム型の高精度

観測は、各国の参加機関の観測計画の調整を行う機関が存在しないと、観測線の重複、欠落、観測項目や観測技術の違いによる観測データの品質の不整合等、効果的な観測成果が得られなくなる懸念があった。そこで、ワンタイム型の観測を持続的に実施するための戦略と 1990 年代前半に書かれた WOCE の海洋観測マニュアルを最新の観測環境に適応したものに改訂するために平成 19 年に国際海洋炭素観測連携計画（IOCCP: International Ocean Carbon Coordination Project）と気候変動及び予測可能性研究計画（CLIVAR: Climate Variability and Predictability）は、全球海洋各層観測調査プログラム（GO-SHIP: Global Ocean Ship-based Hydrographic Investigations Program）を設立した。

GO-SHIP は、全球の WOCE ワンタイム観測線の中から観測線を選択し、約 10 年単位で繰返し観測をすることにより高品質の時系列を蓄積し、海洋における二酸化炭素蓄積量や深層までの循環の変化を検出しようとするものである。観測機器類が精密になり、GO-SHIP で求めるデータの品質基準が WOCE ワンタイム観測時よりも更に高品質のものとなったため、気象庁は平成 21 年から最新の観測機器類を導入するとともに観測技術の向上を図り、平成 22 年に P9（東経 137 度線）、平成 23 年に P13（東経 165 度線）の WOCE ワンタイムの再観測を実施し、それ以降も継続して観測している。我が国からは、気象庁と国立研究開発法人海洋研究開発機構が GO-SHIP に参加している。

WOCE や GO-SHIP によって取得された高品質の観測データは、CCHDO（CLIVAR and Carbon Hydrographic Data Office）が収集、共有し、公開している。また、それらの二酸化炭素に関連するデータは、その他の観測航海によって収集された高品質の観測データと合わせて品質管理した後、データベース GLODAPv2 として公開しており、海洋における二酸化炭素の蓄積動向の全球的な解析などに活用されている。これらのデータ公開は、アルゴフロートの展開や、そのデータ品質管理を行う上でも、重要なものとなっている。

第 7 章　環境気象

本章では、気象庁がこれまで取り組んできた地球規模、地域規模の大気環境に関連する業務についてまとめた。まず、温室効果ガス、エーロゾル、輻射、オゾン層・紫外線、酸性雨といった、国際的な枠組みに基づく観測業務（第 1 節）、次に厚生省（現在の所管は環境省）からの依頼に基づき実施してきた大気汚染気象予報業務（第 2 節）、日本学術会議の決定した方針に基づき実施した放射能観測（第 3 節）について記載した。続いて、世界気象機関（WMO）全球大気監視（GAW: Global Atmosphere Watch）計画の下で運営する世界/地区センターとしての業務（第 4 節）、近傍の人間活動の影響を受けない大気のバックグランドを監視する上で重要な位置づけである小笠原諸島（第 5 節）や南極（第 6 節）における業務についてまとめている。

【第 1 節】大気環境の観測と情報

気象庁では、地球温暖化やオゾン層破壊などの地球環境問題に対し、その原因となっている大気組成の変化を的確に把握するため、WMO/GAW 計画の下で、温室効果ガス、エーロゾル、日射・赤外放射、オゾン層・紫外線などの高精度な観測を実施している。

GAW 計画（平成元年 6 月、WMO 第 41 回執行理事会において承認）は、地球温暖化、オゾン層破壊、酸性雨などの地球環境問題に対する世界的な関心の高まりを背景にして、既に設立されていた二つの観測網「全球オゾン観測システム」（GO3OS: Global Ozone Observing System、1950 年代に設立）と「大気バックグランド汚染観測網」（BAPMoN: Background Air Pollution Monitoring Network、1960 年代に設立）を統合し発展させた、地球規模の環境の長期的な監視及びその結果の提供を行う枠組みである。これらの観測結果や解析結果は、世界各国のデータと合わせて国内外の研究者や政策決定者に利用され、国際的な気候変動対策やオゾン層保護対策に貢献している。また、気象庁では日々の黄砂や紫外線の解析・予測情報を提供しており、生活情報として役立てられている。

1．温室効果ガス

（1）気象庁における温室効果ガス等の観測

気象庁では温室効果ガスの排出に伴う地球温暖化問題などに対する関心の高まりを受け、岩手県気仙郡三陸町綾里（現 大船渡市）の気象ロケット観測所（現在の大気環境観測所。以下「綾里」という。）において GAW 計画の前身である BAPMoN の地域観測所として、昭和 62 年から大気中の二酸化炭素（CO_2）濃度の観測を開始した。また、オゾン層破壊物質に関するモントリオール議定書（昭和 62 年）を受けた「特定物質の規制などによるオゾン層保護に関する法律（オゾン層保護法）」の制定（昭和 63 年）により、フロン等のオゾン層破壊物質の観測を行うこととし、平成 2 年に綾里において特定フロンの観測を開始した。その後、メタン（CH_4）、一酸化二窒素（N_2O）等の主要な温室効果ガスについても順次観測を開始した。

一方、WMO では既存観測網の拡充とともに、北西太平洋域等のデータ空白域に BAPMoN

基準観測所（現在の全球観測所に相当）を設立するよう、加盟国に要請しており、その要請に応える形で、気象庁は南鳥島気象観測所（東京都小笠原村）に BAPMoN 基準観測所を設置し、平成 5 年 3 月に二酸化炭素等の温室効果ガス観測を開始した。次いで、平成 9 年 1 月には沖縄県八重山郡与那国町の与那国島測候所（現在の与那国島特別地域気象観測所。以下「与那国島」という。）において、GAW 計画の地域観測所として二酸化炭素等の温室効果ガス等の観測を開始した。その後、与那国島は平成 20 年 10 月、綾里は平成 31 年 4 月に無人観測所とし、気象庁本庁からの遠隔監視制御による観測を継続した。与那国島における温室効果ガス観測は令和 6 年 3 月に終了した。

平成 23 年 2 月には、地球温暖化の将来予測精度向上を目標に、上空を含めた温室効果ガスの分布の把握のため、防衛省の協力のもと航空機による北西太平洋上空（海上自衛隊厚木航空基地から南鳥島の航路上、高度 6000m 付近）における温室効果ガス観測を開始した。観測は、機外の大気を除湿して容器に採取し、気象庁に持ち帰って主要な温室効果ガス濃度を分析する形で実施した。

令和 2 年 4 月には、モントリオール議定書のキガリ改正により、代替フロンである 18 種のハイドロフルオロカーボン（HFC）が新たに議定書の規制対象となったことを受け、南鳥島においてそのうち地球温暖化への寄与が大きい 8 種の HFC の観測を開始した。

令和 6 年 4 月には、温室効果ガスの効率的、持続的な監視を行うことを目的に、南鳥島での観測強化を中心とした観測網の再構築を行った。南鳥島で一酸化二窒素やフロン類の観測を新たに開始するなど観測項目を拡充する一方で、綾里の観測は主要な温室効果ガスである二酸化炭素、メタンに絞って観測を継続し、与那国島及び航空機による温室効果ガス観測については令和 6 年 3 月をもって終了とした。

これらの観測成果は気象庁ホームページや WMO 温室効果ガス世界資料センター（WDCGG）を通じて公開されており、WMO が発行する温室効果ガス年報等の刊行物に使用されるなど、気候変動の監視及び予測精度向上に重要な貢献を果たしている 。

表 5-7-1-1　気象庁の温室効果ガス観測の変遷

観測項目	綾里	南鳥島	与那国島	航空機
二酸化炭素	昭和62年1月～	平成5年3月～	平成9年1月～ 令和6年3月	平成23年2月～ 令和6年3月
メタン	平成3年1月～	平成6年1月～	平成10年1月～ 令和6年3月	平成23年2月～ 令和6年3月
一酸化炭素	平成3年1月～ 令和6年3月	平成6年1月～	平成10年1月～ 令和6年3月	平成23年2月～ 令和6年3月
地上オゾン	平成2年1月～ 令和6年3月	平成6年1月～	平成9年1月～ 令和6年3月	
一酸化二窒素	平成2年1月～ 令和6年3月	令和6年4月～		平成23年2月～ 令和6年3月
フロン	平成2年1月～ 令和6年3月	令和6年4月～		
四塩化炭素	平成3年1月～ 令和6年3月	令和6年4月～		
1,1,1-トリクロエタン	平成3年1月～ 令和6年3月	令和6年4月～		
HFC		令和2年4月～		

（2）温室効果ガスに関する情報

ア．温室効果ガス監視情報

地球温暖化の主要因である大気中の温室効果ガスの濃度変動の監視に資するため、大気中の温室効果ガスの観測結果を昭和 63 年から「大気バックグランド汚染観測年報」（昭和 52 年～平成 12 年刊行）、「大気・海洋環境観測報告」（平成 13 年～平成 23 年刊行）及び「大気・海洋環境観測年報」（平成 24 年以降刊行）に掲載している。

平成 21 年からは大気中の温室効果ガスの観測及び解析結果を一元化して気象庁ホームページで公開しているほか、各種刊行物でも公表している。本情報では、国内 3 地点（綾里、南鳥島、与那国島）の陸上観測及び航空機観測による北西太平洋上空の大気中の温室効果ガス濃度の経年変化や季節変動及び長期トレンド等の観測及び解析結果にて構成している。対象要素は、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、一酸化炭素、地上オゾン（陸上のみ）及びハロカーボン類（陸上のみ）である。また、当庁が運営を担う世界気象機関（WMO）の温室効果ガス世界資料センター（WDCGG）による世界の大気中の温室効果ガス濃度の解析結果も併せて公表している。対象要素は、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、一酸化炭素、ハロカーボン類等である。これらの観測及び解析成果は、国内の気候変動対策の政策判断や適応計画等の策定・推進のための科学的根拠であるとともに、その一部については、令和 3 年（2021 年）に公表された気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第 6 次評価報告書（AR6）第 1 作業部会（WG1）報告書でも引用されており、WMO 温室効果ガス年報（Greenhouse Gas Bulletin）にも掲載され国連気候変動枠組条約（UNFCCC）締約国会議（COP）で毎年配布されるなど、国際的な気候変動対策にも活用される基盤的情報となっている。

イ．二酸化炭素分布情報（地上、上空）

平成 10 年に成立した地球温暖化対策の推進に関する法律（地球温暖化対策推進法）及び平成 30 年に成立した気候変動適応法等に基づき、数値シミュレーションにより解析した世界全体の大気中二酸化炭素濃度分布を二酸化炭素分布情報として気象庁ホームページを通じて公表を行っている。本情報は平成 21 年に地上の二酸化炭素濃度分布の情報提供を開始し、その後平成 24 年には上空約 6km 付近の大気中の二酸化炭素濃度分布の公開を行い、気象庁ホームページにおけるコンテンツの拡張を行ってきた。その後も、数値モデルの高精度化（平成 28 年）や高解像度化（令和 2 年）による情報拡充を行ってきた。これらの情報に関しては、気象研究所地球システムモデル（ESM）の地球温暖化予測実験における二酸化炭素濃度分布の再現性評価にも利用されており、その研究成果は IPCC AR6 WG1 報告書でも引用されている。また、平成 20 年に国立研究開発法人国立環境研究所と気象庁間で締結された「温室効果ガス観測技術衛星のデータ利用および気象データの衛星データ処理・検証利用に関する基本協定」に基づいたデータ提供を行っている。このほか、本情報の格子点データの公開を行っており、当庁と社団法人日本気象学会の包括的な共同研究契約「気象庁データを利用した気象に関する研究」に基づく気象研究コンソーシアムの枠組みを通じた国内外の研究者をはじめとする科学コミュニティによる学術的な研究用途でも幅広く利用されている。

ウ．後方流跡線解析

大気中の温室効果ガスの濃度変動の把握のため、気象庁長期再解析データを用いた空気塊の

輸送経路を数値シミュレーションにより解析した後方流跡線解析の統計結果を気象庁ホームページで公開している。本情報は、令和２年から定期的な情報として気象庁ホームページにおいて更新を行っており、大気中の温室効果ガス等の大気微量成分の変動要因解釈のため幅広い分野において利活用されている。

２．エーロゾル

（１）エーロゾルの観測

ア．エーロゾル観測の歴史的背景と変遷

（ア）大気混濁度観測測器と観測地点

気象庁は、WMO による BAPMoN の設立を受け、我が国における大気バックグランド汚染観測の第一歩として、昭和 48 年から昭和 50 年にかけて岩手県気仙郡三陸町綾里の気象ロケット観測所に観測施設などの整備を行い、昭和 51 年１月から我が国最初の WMO 大気バックグランド汚染観測網の地域観測所として（株）英弘精機製の波長別直達日射計による大気混濁度観測を開始した。

その後、波長別直達日射計では開口角の問題から観測誤差が大きいことを確認したため、昭和 62 年１月から波長別直達日射計に代わって（株）英弘精機製の MS-110 型サンフォトメータによる観測を開始した。

一方、昭和 54 年４月から５月には WMO 第８回世界気象会議において、BAPMoN 観測点を追加するよう勧告され、昭和 55 年には WMO 第 32 回執行委員会において、特に、アジア・太平洋域で BAPMoN 観測点を追加するよう勧告されるなど、更なる観測点の増加が望まれた。これを受けて気象庁では、平成７年１月から日本最東端に位置する南鳥島（東京都小笠原村）において大気バックグランド汚染観測を開始することとし、南鳥島気象観測所において MS-110 型サンフォトメータによる観測を開始した。さらに、平成 10 年１月からは中国大陸に近い与那国島にて MS-110 型サンフォトメータによる大気混濁度観測を開始した。

しかし、MS-110 型サンフォトメータは干渉フィルター（波長選択フィルター）の感度変化が大きく、年１回の較正では測器定数（直達日射照度と出力電圧の比）を把握することが困難であることを確認したことから、平成 18 年４月からは綾里で、平成 19 年４月からは南鳥島及び与那国島において、MS-110 型サンフォトメータをスイス国ダボス物理気象観測所（PMOD: Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos） 製 の PFR（Precision Filter Radiometer）型サンフォトメータに切り替えた。

さらに、平成 27 年９月には台風第 21 号によって与那国島の観測機器に大きな被害があったことを契機に、観測地点を与那国島から石垣島の石垣島地方気象台（沖縄県石垣市）に改めるとともに、サンフォトメータよりも多くのエーロゾルの観測情報が得られる（株）プリード製 POM-02 型スカイラジオメーターによる観測を開始した。エーロゾルの量や粒径を高精度観測し放射に与える影響を評価するため、平成 30 年４月には残る２地点についても測器をスカイラジオメーターに変更し、綾里から札幌（北海道札幌市）に観測地点を移転した。これにより大気混濁度観測よりも多くのエーロゾルに関する情報を得ることができるようになったことから、観測名称を大気混濁度観測からエーロゾル観測に改めた。札幌の観測環境悪化に伴い、令和３年３月に札幌の観測を網走（北海道網走市）に移転した。

（イ）エーロゾル鉛直分布観測

サンフォトメータや直達日射計のデータから算出される大気混濁度データ、気象衛星のデータから算出されるエーロゾルの水平分布の情報と組み合わせて、より高度なエーロゾル情報を提供することによる、地球温暖化予測の精度向上等を目的として、平成 14 年３月から綾里において、エーロゾルの鉛直分布を観測するため、ライダーによるエーロゾル観測を開始した。現業用ライダーの導入としては国内初となるものである。この観測は平成 23 年 12 月まで継続された。

（ウ）WMO/GAW からの依頼による綾里での PFR 観測協力

WMO/GAW 計画の下に、平成８年に世界光学的厚さ研究較正センター（WORCC: World Optical Depth Research and Calibration Center）が設立され、PMOD が運営することとなった。平成 14 年４月から平成 18 年３月まで、気象庁は WMO/GAW 計画の PFR 観測ネットワークに協力するため、PMOD/WORCC から貸し出された PFR 型サンフォトメータによる試験観測を実施した。

（エ）国際機関等へのデータ提供

前述した PFR 型サンフォトメータによる綾里での観測開始を契機として、平成 14 年４月から WORCC へ PFR 型サンフォトメータによる観測データの送付を開始し、移転に伴い綾里での大気混濁度観測を終了する平成 30 年３月まで継続した（ただし、平成 14 年４月～平成 18 年３月は試験的観測という位置づけとなっている型）。

このほかにも PFR 型サンフォトメータを含め気象庁が運用した PFR 型サンフォトメータ及びスカイラジオメーターによる観測データは WMO/GAW 計画によって運営されているエーロゾル世界資料センター（WDCA: World Data Centre for Aerosols）に提供している。

加えて、スカイラジオメーターによる観測データについては、世界的なスカイラジオメーターの観測ネットワークである SKYNET にデータを提供している。

イ．エーロゾル観測機器の較正

（ア）大気混濁度観測機器の較正

エーロゾル観測機器は年に一度以上の間隔で較正を実施することが推奨されており、平成６年までは綾里、平成７年及び８年には南鳥島においてラングレー法による較正を実施していた。しかし、ラングレー法による較正は人間活動による大気汚染の影響と地表面付近で生じる自然由来のエーロゾルの影響を受けない清澄な環境で実施する必要があり、いずれの地点も較正に必要なデータ数を確保することに難渋したため、平成９年から長野県木曽駒ケ岳のホテル千畳敷にて MS-110 型サンフォトメータの基準器を較正することとした。PFR 型サンフォトメータの基準器は二年に一度、PMOD に較正を委託した。現在運用している POM-02 型スカイラジオメーターの基準器は、同型器の較正を実施した実績のある米国海洋大気庁（NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration）マウナロア観測所（米国ハワイ州）にてラングレー法による較正を実施している。

運用器は年に一度、高層気象台にて基準器との比較観測により測器定数を転写することで、較正を行っている。

（イ）スカイラジオメーターの国際比較への参加

平成 27 年 9 月から 10 月に第 12 回国際日射計比較にあわせて PMOD で開催された第 4 回フィルター型放射計比較に、気象庁で保有するスカイラジオメーターを参加させ、気象庁の測器は WMO の基準内で較正されていることを確認した。令和 3 年に開催された第 5 回フィルター型放射計比較は後述するとおり新型コロナウイルス感染症の影響で参加しなかった。

（2）黄砂に関する情報

ア．気象庁の黄砂情報

平成 12 年から平成 14 年にかけて黄砂観測日数が急増したことを受け、平成 15 年 8 月に降下物質情報作成装置（黄砂情報解析・検証装置）を整備し、平成 16 年 1 月に黄砂に関する情報の提供を新規に開始した。気象庁ホームページ内に黄砂情報ページを設け、地上気象観測通報による「黄砂観測実況図」と、気象研究所にて開発された黄砂予測モデルを利用した「黄砂予測図」の提供を開始した。また、FTP 方式による黄砂予測 GPV の提供と、黄砂に関する気象情報及び天気概況の運用を開始した。平成 31 年 1 月には「ひまわり黄砂監視画像（トゥルーカラー再現画像、ダスト画像）」の提供を開始。令和 2 年 1 月、黄砂解析予測モデルへ気象衛星ひまわりのエーロゾルプロダクト同化を開始し、黄砂情報の表示領域も拡大した黄砂情報の改善を行い、「黄砂解析予測図」の提供を開始した。これらにより、ゴビ砂漠などの黄砂発生源を含む広範囲の黄砂の発生・飛来の状況を把握できるようになった。

イ．黄砂に関する他機関との連携

気象庁及び環境省では、黄砂の飛来状況への関心が高まっていることを受け、黄砂情報をそれぞれのホームページ上で提供していたところ、その利便性を高めるため、両省庁それぞれが提供する黄砂情報を収集した、共同のホームページ（黄砂情報提供ホームページ）を平成 20 年 4 月に開設した。

ウ．黄砂に関する国際協力

砂塵嵐警戒評価システム（SDS-WAS: Sand and Dust Storm Warning advisory and Assessment System）は、各国気象機関及び研究コミュニティにおける砂塵嵐の予測・観測・知識の適時適確な共有を促進することを目的に、WMO/GAW 計画と世界天気研究計画（WWRP：World Weather Research Programme）が共同で推進する計画であり、平成 19 年に WMO 総会で承認された。SDS-WAS は、地域的な活動を統括する 4 つのノード（北アフリカ・中東・ヨーロッパ、アジア、南北アメリカ、湾岸協力理事会諸国）のもと活動を行っている。日本は、アジア地区運営グループに気象研究所を中心とした当庁の職員が平成 20 年の第 1 回会合から継続して参加しており、中国・韓国と持ち回りで議長を務めるほか、平成 24 年、平成 30 年、令和 5 年には日本で地区運営グループ会合を開催している。平成 30 年からは SDS-WAS アジアノードにおけるデータ公開指針の策定に伴い、SDS-WAS アジア地区センターへ黄砂予測データを準リアルタイムで提供している。

3．輻射

（1）日射・赤外放射の観測

ア．日射・赤外放射観測の歴史的背景と変遷

（ア）直達日射観測の測器と観測地点

昭和 7 年に、直達日射の観測を全国 15 地点で国産の銀盤式直達日射計を用いて開始した。昭和 15 年には 87 地点での観測になっていたが、その後の戦争で直達日射計の保守等が困難となり、昭和 27 年には 16 地点となった。同年の気象業務法の制定を機に、翌昭和 28 年に観測業務の大幅な見直しを実施し、気象官署周辺の環境・永続性を考慮し、各気候区に 1 つの観測点を設置するという観点で 12 地点に再編した。

再編された 12 地点は、昭和 34 年に WMO の基準気候観測所に関する勧告を受け、永年気候観測という位置づけとなった。昭和 39 年 10 月に東京が永年気候官署から外され直達日射観測が打ち切られたが、昭和 47 年 5 月には沖縄が日本に復帰して 2 地点増の 13 地点となり（日本復帰前から琉球気象台により直達日射観測自体は再開していた）、昭和 51 年 12 月からは高層気象台（現在のつくば市長峰）が調査観測（それまでは研究観測だった）を開始し、直達日射観測は 14 地点となった。

昭和 53 年から昭和 57 年にかけて測器を自記直達日射計（当庁気象測器工場の製作）に更新した。さらに平成 5 年から平成 9 年にかけて直達日射観測装置に更新し、測器は（株）英弘精機製 MS-33 又は Kipp and Zonen 社製 CH-1 を使用した。

平成 19 年 10 月に全球的な日射放射観測網の構築に貢献するため、長期的に観測を継続した観測点で、なおかつ日本域の代表的な気候区を網羅できる札幌、高層気象台、福岡、石垣島の 4 地点に直達日射観測網を再編し、平成 22 年 3 月からは、南鳥島を含めた全国 5 地点において日射放射観測へ移行した。

（イ）日射放射観測の測器と観測地点

平成 22 年 3 月に精密日射放射観測装置を整備し、全国 5 地点（札幌、高層気象台、福岡、石垣島、南鳥島）で日射放射観測を開始した。精密日射放射観測装置では、それ以前に実施していた直達日射に加えて、散乱日射と赤外放射を同時に観測することから、直達日射の鉛直成分と散乱日射の和から全天日射を算出できるようになり、全天日射量をより高精度で観測できるようになった。測器は直達日射計が CHP-1、散乱日射計が CMP-22、赤外放射計が CGR-4、全天日射点検装置として、CMP-21（いずれも Kipp and Zonen 社製）を使用した。令和 3 年 3 月には、観測環境悪化により札幌での観測を網走に移転した。令和 6 年 3 月には、高層気象台と同じ緯度帯にある、福岡での観測を終了した。

（ウ）国際機関等へのデータ提供

気象庁の日射放射観測地点は、南極昭和基地が平成 7 年から、高層気象台は平成 9 年から、札幌、福岡、石垣島、南鳥島は平成 22 年から（ただし札幌と福岡は既に観測終了）、網走は令和 3 年から基準地上放射観測網（BSRN: Baseline Surface Radiation Network）の観測地点として登録され、ほぼ毎月、定期的にデータを提供している。BSRN は、WMO の世界気候研究計画（WCRP: World Climate Research Programme）/全球エネルギー・水循環観測計画（GEWEX: Global Energy and Water Exchanges）の中で地上における精密な放射観測

網を担う世界的ネットワークであり、そのデータは気候変動に取り組む各国の研究者等に活用されている。この他にも、気象庁の日射観測データ（全天日射量、散乱日射量、日照時間）は、世界放射資料センター（WRDC: World Radiation Data Centre、WMO/GAW 計画におけるデータセンターも担っている）にも昭和 39 年から定期的に送付している。

イ．日射・赤外放射観測測器の較正

（ア）日射・赤外放射測定基準の変遷

日射観測においては、日射量を観測する際の基準の目盛りとなる単位日射量のことをスケールと呼ぶ。現在そのスケールは PMOD が務める WMO 世界放射センター（WRC: World Radiation Centre）が維持管理する複数台の世界基準器群（WSG: World Standard Group）の器械定数によって決定され、5 年ごとに PMOD/WRC で開催される国際日射計比較（IPC: International Pyrheliometer Comparison）の結果を受けて更新されている。WSG により決定するスケールを「世界放射基準（WRR: World Radiometric Reference）」と呼ぶ。当庁では昭和 31 年以前はオングストローム補償日射計（No.234）を補正した Smithsonian JMA と呼ばれる独自の日射スケールを使用した。それ以降は国際的に定められた日射スケールを使用し、昭和 31 年から昭和 45 年は、「1956 年国際日射スケール（IPS-1956: International Pyrheliometer Scale 1956）」を、昭和 46 年から昭和 55 年はこの「IPS-1956」の数値が改められた「“IPS-1956”」を使用した。昭和 56 年から現在までは WRR を使用している。また、単位は昭和 55 年まではカロリー（cal）を使用していたが、昭和 56 年以降は国際単位系（ワット及びジュール）を使用している。

赤外放射観測においては、観測する波長範囲が日射とは異なることから別のスケールが必要となるため、WMO は平成 18 年に赤外放射量の世界基準を制定し、PMOD/WRC が維持管理する 4 台の世界赤外放射計基準器群（WISG: World Infrared Standard Group）の器械定数によって赤外放射量の基準を決定することとした。この基準も WRR と同様に、IPC と同時に開催される国際赤外放射計比較（IPgC: International Pyrgeometer Comparison）の結果を受けておおむね 5 年ごとに更新されている。

（イ）直達日射計及び赤外放射計の比較観測

気象庁は昭和 40 年に WMO 第 II 地区放射センター（RRC）に任命され、WMO 第 II 地区内の各国へ WRR を伝達する義務を有することから、昭和 45 年の IPC-III 以降毎回 IPC に参加して WSG と比較観測を行い、地区基準器群（RSG: Regional Standard Group）の WRR に対するトレーサビリティを維持している。

第 II 地区内においては、地区日射計比較（RPC: Regional Pyrheliometer Comparison）の開催場所として筑波山の中腹に位置する筑波山京成ホテルが認められた平成元年以降、当庁の RSG の動作確認と日射放射観測等に用いる直達日射計の較正を目的に同ホテル屋上にて日射計比較を実施している。なお、地区日射計比較が開催される年はこれに加えて、WMO 第 II 地区内の国家基準器群の較正も実施している（筑波山で比較観測を行う前は、RSG の較正は富士山中腹の太郎坊や河口湖測候所で、それ以外の測器の較正は、昭和 46 年までは東京、昭和 50 年までは布川（現在の茨城県相馬郡利根町）、昭和 63 年まで高層気象台で行っていた）。

また、赤外放射計についても、当庁が地区赤外放射計基準器群を維持管理しており、基準器群の中から毎年 1 台を PMOD/WRC へ送付し、WISG との比較観測を行い較正することで、WISG とのトレーサビリティを確保している。そのうえで、高層気象台の屋上において日射放射観測等に用いる赤外放射計は地区赤外放射計基準器群と比較観測を行うことで較正を実施している。

（ウ）特性試験

日射観測では、国際的な日射スケールの採用及び更新などにより統一的な観測基準を維持してきた一方、測器が一台ずつ異なる出力特性を有することで、同じ日射量でも出力される観測値が異なる問題を解決する必要があった。そこで、昭和 46 年度に日射計検査装置を整備し、これらの特性が観測値として出力される日射量に与える影響を調査することとした。

この時点では直達日射計については、基準器との比較のみによって測器定数を決定していたが、平成 17 年からは基準器比較とともに必要に応じて温度特性検査を実施している。

赤外放射計については平成 3 年から黒体炉を用いた赤外放射計較正装置によって温度特性を調査して、必要に応じて観測値の補正に使用している。

4．オゾン層・紫外線

（1）オゾン層・紫外線の観測

ア．オゾン観測（地上）

気象庁のオゾン全量・オゾン反転観測については、昭和 32 年 7 月に高層気象台（現在のつくば市長峰）、その後昭和 33 年にかけて鳥島、南鳥島、札幌及び鹿児島においてドブソン分光光度計による定常観測を開始した。昭和 36 年には南極昭和基地で、那覇は沖縄返還後の昭和 49 年に開始した。南鳥島は昭和 38 年、鳥島は昭和 40 年に全観測引き揚げに伴いこの定常観測を終了している。

昭和基地における昭和 57 年 10 月のオゾン全量の大幅な低下に関する報告以降、国際的なオゾン層保護の機運が高まり、昭和 60 年に「オゾン層の保護のためのウィーン条約」が、昭和 62 年に「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」が採択された。国内でも昭和 63 年に「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律」が施行されている。

昭和 64/平成元年以降、オゾン層観測の信頼性向上を目的として、高層気象台、那覇、札幌及び鹿児島のドブソン分光光度計を順次更新したのち、制御を自動化している。誤操作や個人差を排除する高層気象台自主開発の自動化プログラムは平成 6 年に改良型が正式運用となり、国内及び昭和基地へ展開した。その後 Windows OS 動作のソフトウェア制作に取りかかり、平成 18 年に高層気象台に導入したのち、他の官署にも適用した。このソフトウェアを用いた自動化システムは、世界 10 地点程度に技術移転されている。

平成 6 年には南鳥島において全天候全自動型のブリューワー分光光度計でオゾン観測を再開したが、鹿児島は平成 17 年 3 月に観測を終了している。平成 30 年 1 月にはオゾン・紫外域日射観測の再編が行われ、オゾン観測用測器をドブソン分光光度計からブリューワー分光光度計に移行するとともに、南鳥島のオゾン観測を終了している。令和 4 年 1 月には再度の再編により札幌及び那覇のオゾン観測を終了し、現在、高層気象台及び昭和基地で定常観測を継続している。

昭和 36 年の WMO の要請により、世界オゾン紫外線資料センター（WOUDC）にオゾン観測データを毎月報告している。平成 5 年 9 月には速報として GTS 回線での CREX（Character Exchange；キャラクタ形式によるデータ通報）によるデータ交換が提案され、高層気象台では平成 7 年に試験通報開始、平成 12 年 5 月に正式運用となり、平成 13 年に札幌、鹿児島及び那覇で、平成 19 年には南極昭和基地でもこの通報が開始された。

イ．オゾン観測（高層）

オゾンゾンデ観測においては、昭和 39 年に光学式オゾンゾンデを用いた観測を開始したが、気象研究所で開発されたヨウ化カリウム（KI）溶液を用いた化学式の KC 型オゾンゾンデが昭和 43 年末から札幌、高層気象台及び鹿児島で定常観測に用いられた。平成元年 9 月には那覇で KC 型での定常観測を開始、鹿児島は平成 17 年 3 月に観測を終了している。

KC 型オゾンゾンデとしては、昭和 43 年末から RS Ⅱ -KC68 型が用いられ、昭和 54 年 10 月には、オゾン測定部を小型軽量化し、回路に IC を用いた RS Ⅱ -KC79 型の運用を開始した。平成 6 年には気圧・気温の高度分解能を向上させた RS2-KC96 型の飛揚試験を行ったのち平成 9 年に運用を開始した。一方、鹿児島においては平成 17 年 3 月に観測を終了している。

気象庁はその後、オゾンゾンデ国際比較で得られた KC 型の特性把握に加え、データ品質、データ処理作業への影響などを総合的に考慮して、南極昭和基地を含む気象庁の全オゾンゾンデ観測官署において、平成 20 年から平成 22 年にかけての GPS ゾンデと簡易型 GPS 高層気象観測装置による高層気象観測開始に合わせて、オゾンゾンデを KC 型から世界で多く用いられている ECC 型に切り替えている。平成 25 年からは観測装置の出力形式の仕様を規定したことで使用する GPS ゾンデが入札対象となり、その年に調達する GPS ゾンデの型に合わせた ECC 型オゾンゾンデを調達している。平成 30 年 1 月にはオゾン・紫外域日射観測の再編により札幌及び那覇のオゾンゾンデ観測を終了したが、高層気象台及び昭和基地において定常観測を継続している。

平成 19 年に、オゾンゾンデ内蔵ポンプの低圧下での効率を測定するポンプ効率測定装置を高層気象台で開発し、個々のオゾンゾンデに対してポンプ効率補正を開始した。令和 4 年には国内で得られたポンプ効率測定結果をもとにポンプ効率補正気象庁代表値を作成してこれを観測に用いることとしたが、高層気象台では高精度観測、オゾンゾンデ特性把握のためにポンプ効率測定を継続している。

オゾンゾンデは重量が重いため、主要空港周辺や大都市市街地等への落下が予測される場合、安全を考慮して飛揚を延期している。飛揚可否判断には、高層気象台が開発した落下位置予測プログラムを用いている。

ウ．紫外域日射観測

気象庁の紫外域日射観測は高層気象台の全天紫外線量の研究観測で始まり、平成元年度からは波長別紫外域日射観測を加えて人体に有害な紫外線 B 領域（280-315nm）を対象とした定常観測として実施している。

高層気象台の全天紫外線量観測は、昭和 51 年開始の WMO 全球オゾン研究・監視計画において全球規模の組織的な B 領域紫外線の観測が提案されたことを受けて、昭和 54 年に測定波長域 310-350nm（B 領域紫外線と A 領域紫外線（315-400nm）の一部）のエプリー型全天型紫外域日射計を用いて日に 2 回の試験観測を開始した。昭和 56 年には通風装置を取り付けて連続観測を開始したが、測器不調により中止している。その後、昭和 60 年に波長 300-380nm を観測できる全天型紫外域日射計 MS-140 により研究観測を再開、平成 2 年 1 月には波長域を B 領域（280-315nm）に狭めた MS-210 で定常観測を開始した。平成 14 年に MS-212W に、平成 31 年以降は UV-S-AB-T、UV-S-B-T に更新して紫外線 B 領域の全量観測を現在まで継続している。

これとは別に、B 領域紫外線の波長別強度を観測する波長別紫外域日射の定常観測を平成元年度から実施している。平成 2 年 1 月に高層気象台、平成 3 年 1 月に札幌、鹿児島、沖縄及び南極昭和基地でブリューワー分光光度計（MK Ⅱ型）を用いて観測を開始した。各官署において感度較正を定期的に実施するとともに、高層気象台で各地点の測器感度監視等も行って、観測データの精度を維持している。平成 13 年 2 月には昭和基地で、平成 14 年 1 月には札幌、高層気象台、鹿児島及び那覇において、分光で生じる迷光の影響及び測器感度の経年変化が少ない、より高精度なブリューワー分光光度計（MK Ⅲ型）の運用を開始した。その後、鹿児島は平成 17 年 3 月、札幌及び那覇は平成 30 年 1 月に波長別紫外域日射観測を終了し、高層気象台及び昭和基地においては現在も定常観測を継続している。令和 2 年 3 月、高層気象台の紫外線観測用ブリューワーの更新が認められたことから、新型の MK Ⅲ型の運用を開始している。

波長別紫外域日射量の観測データは観測開始から WOUDC に報告されて世界の研究者が利用可能となっており、紫外線量のトレンド評価やオゾン層回復傾向との関係評価などに使われている。

エ．オゾン層・紫外線の観測機器の較正

WMO は、ドブソン分光光度計の精度維持のため、昭和 51 年に国際第一準器に定められた NOAA 所有のドブソン分光光度計 83 号機を用いて世界準器、地区準器、地区内測器で構成する較正体系を定めている。

昭和 52 年米国ボルダーでの国際相互比較において、気象庁の国内準器 116 号機が、国際第一準器との比較較正をとおして第 II 地区（アジア）の国際二次標準分光光度計（地区準器）に指定された。その後、WMO が推奨している 3 年ごとにオゾン分光光度計国際相互比較に 12 回参加して、第 II 地区（アジア）準器を適切に維持管理してきている。

WMO/GAW 計画の枠組みのもと、ブリューワー分光光度計においてもカナダ環境・気候変動省保有の世界準器を頂点とした較正体系を確立している。気象庁では平成 3 年以降、日加二国間技術協力として、ブリューワー国際相互比較に参加している。平成 6 年には米国ボルダーで開催された国際相互比較に気象庁所有のブリューワー分光光度計 113 号機を持ち込み世界準器と比較できたことから、これを国内準器として国内測器の較正体制を構築した。その後、気象庁は計 6 回、WMO の勧告にしたがって紫外域日射観測用測器として実質 4 年ごとに国際相互比較に参加してきた。その後オゾン観測用測器としても用い始めたことから WMO の勧告にしたがって基本 2 年ごとに国際相互比較に参加することとし、令和元年に国際相互比較に参加している。

オゾンゾンデにおいては、データの均質性確保や各測器の特性を把握するため、国際オゾン

委員会と WMO が昭和 39 年以降、オゾンゾンデ国際相互比較を行ってきている。気象庁は、昭和 45 年及び 53 年に西ドイツの国際比較に RSⅡ-KC68 型で、平成 3 年にはカナダの国際比較に RSⅡ-KC79 型で、平成 8 年及び 12 年にはドイツの室内比較実験にそれぞれ RSⅡ-KC79 型及び RS2-KC96 型で参加した。平成 16 年には、各国ゾンデと基準器をゴンドラごと飛揚する米国の国際比較観測に RS2-KC96 型で参加した。気象庁は、過去の国際比較の実験結果に基づいて、オゾンゾンデ観測データの均質性向上に取り組んでいる。

（2）オゾン層・紫外線に関する情報

ア．オゾン層・紫外線に関する解析・監視情報

（ア）衛星観測によるオゾン全量解析

昭和 63 年 12 月から、米国航空宇宙局（NASA）や米国海洋大気庁（NOAA）等の人工衛星に搭載された観測装置によるデータを用いて全球のオゾン全量解析を行っている。解析結果は「オゾン層・紫外線の年のまとめ」等の各種報告資料や気象庁ホームページにて公表している。

（イ）オゾンホールに関する監視情報

衛星観測や南極昭和基地でのオゾン層観測結果をもとに南極オゾンホールの監視を行っており、平成元年の「オゾン層観測速報」にて解析結果の公表を開始した。また、平成 23 年からは気象庁ホームページにて、web ページ形式で南極オゾンホールの状況を 9 月から翌年 1 月まで毎月公表している。

（ウ）オゾン層観測速報

平成元年 5 月に設置した観測部高層課オゾン層解析室の業務の一環として、前月のオゾン層の観測結果をまとめた「オゾン層観測速報」の発表を平成元年 7 月から開始した（毎月 20 日頃発表）。広報室経由で記者クラブへ提供するほか、関係省庁や大学等に手渡しや郵送で提供していたが、インターネット環境が普及した状況を踏まえ、平成 17 年 5 月発行分から気象庁ホームページへの掲載のみとした。その後内容の見直しを行い、平成 20 年 1 月から月ごとの「オゾン層と紫外線」として発表することになった。

（エ）オゾン層・紫外線の監視情報（月ごとの「オゾン層と紫外線」）

「オゾン層観測速報」の後継として、平成 20 年 1 月発表の「2007 年 12 月のオゾン層と紫外線」から本情報の発表を開始した。前月のオゾン層と紫外線の状況をまとめ、毎月 20 日頃に広報室経由で記者クラブへ掲示するほか、気象庁ホームページに PDF 形式で掲載していた。その後、国内のオゾン全量の観測推移（横ばいか徐々に増加）や情報への問い合わせ状況等を勘案した結果、気象庁ホームページに本情報で使用していた図や表を掲載することとし、平成 23 年 4 月発表の「2011 年 3 月のオゾン層と紫外線」をもって本情報を廃止した。

（オ）オゾン層観測報告

前年のオゾン層の観測結果をまとめた「オゾン層観測報告」について、平成 2 年から報道参考資料として発表していたが、平成 4 年及び平成 5 年は「地球温暖化監視レポート」の一部として発表し、平成 6 年から単独刊行物として発表を開始した。その後、地球環境・海洋部内における刊行物が「気候変動監視レポート」に統合されたことに伴い、平成 23 年発行を最後に廃刊となった。ただし、一部内容については平成 24 年から「オゾン層・紫外線の年のまとめ」として気象庁ホームページにて発表することになった。

（カ）オゾン層・紫外線の年のまとめ

平成 24 年から「オゾン層観測報告」の後継として、前年のオゾン層と紫外線の状況をまとめた本情報の発表を開始した。PDF 形式で気象庁ホームページに掲載する形で発表していたが、内容を見直し、令和 2 年から web ページ形式で発表している。

（キ）（WMO/UNEP）オゾン層破壊の科学アセスメント：総括要旨の和訳

モントリオール議定書の下に設置されている科学評価パネルでは、世界気象機関（WMO）や国連環境計画（UNEP）と連携し、オゾン層破壊に関する状況を総合的にまとめた「WMO/UNEP オゾン層破壊の科学アセスメント」を平成元年からおおむね 4 年ごとに報告している。気象庁ではその総括要旨を和訳し、気象庁技術報告や測候時報、オゾン層観測報告の付録として発表したほか、気象庁ホームページに PDF 形式で掲載している。

（ク）他機関との連携（環境省との連携など）

環境省が開催する「成層圏オゾン層保護に関する検討会」に委員として参画しており、環境省が発行する「オゾン層等の監視結果に関する年次報告書」の平成元年度報告書からオゾン層・紫外線の観測結果等の資料を毎年提供している。

イ．紫外線情報

オゾン層破壊に伴い生物に有害な紫外線が増加し、白内障や皮膚がんの発症率の増加が危惧されたことから、平成 14 年 7 月に世界保健機関（WHO）、WMO 等は共同で「UV インデックスの運用ガイド」を刊行し、UV インデックスを活用した紫外線対策の実施を推奨した。我が国においても、平成 15 年 6 月に環境省が紫外線に係る保健指導のあり方を示した「紫外線保健指導マニュアル」を発刊した。

一方、気象庁では平成 2 年以降、国内観測所において波長別紫外線観測を行い、観測データを蓄積していた。また、気象研究所において放射伝達モデルや、化学輸送モデルの開発・改良が進められ、紫外線量を予測するための技術的な基盤が整備されていた。さらに、気象庁は気象や地震の情報をリアルタイムで報道機関等に提供する仕組みを有しており、国際的にも WMO に加盟している気象機関が紫外線の観測や予測を実施していたため、気象庁で紫外線情報の提供を行うこととした。

紫外線情報は国民の紫外線対策の効率的な実施を目的とすることから、紫外線対策を行うための指標として国際的に広く利用されていた UV インデックスを用いることとした。紫外線情報を発表している諸外国の中にはスキンタイプ（紫外線に対する肌の特性）別に情報を提供している国もあったため、気象庁においてもスキンタイプ別の情報提供が検討されたが、環境省との協議の結果、スキンタイプによる区別は難しく、UV インデックスのみを提供することとした。また、発表する情報は全国民が利用できるよう面的とし、事前の対策を検討するための予測情報と日々の紫外線量を把握するための実況情報を提供することとした。このような検討を経て、平成 17 年 5 月に紫外線情報として晴天時紫外線予測情報、天気考慮紫外線予測情報、紫外線観測情報、紫外線解析情報の提供を開始した。平成 26 年 10 月には化学輸送モデルの更新（高解像度化や化学種・反応過程の追加等）を行い、オゾン全量の予測精度が向上したことで、紫外線情報（UV インデックス）の予測精度が改善した。

（ア）晴天時紫外線予測情報

天気の変化が大きい場合に紫外線量の上限の目安を与えるため、紫外線が最も強くなる晴天時の UV インデックスを晴天時紫外線予測情報として提供している。毎正時の日本周辺の分布図及び主な地点の時別変化図を提供しており、平成 17 年 5 月から現在まで継続して発表している。

（イ）天気考慮紫外線予測情報

紫外線は天気の影響を強く受けるため、予想される天気を考慮した UV インデックスを天気考慮紫外線予測情報として提供している。毎正時の全国分布図及び主な地点の時別変化図を提供しており、平成 17 年 5 月から現在まで継続して発表している。令和 2 年 3 月、情報作成に利用している天気分布予報が詳細化され、予報の対象地域に「小笠原諸島」が追加されたことに伴い、令和 3 年 10 月から天気考慮紫外線予測情報の対象地域にも「小笠原諸島」を追加した。

（ウ）紫外線観測情報

平成 17 年 5 月から、札幌、つくば、那覇において観測された毎正時の UV インデックスを紫外線観測情報として提供していた。紫外線解析情報が天気の実況をもとに推定した紫外線量であるため、観測機器により直接測定した実測値を提供する目的で発表していた。平成 29 年 12 月、紫外線解析情報が紫外線観測データと比べて十分な精度であることが確認できたため、提供を終了した。

（エ）紫外線解析情報

当日の天気を考慮して解析した UV インデックスを紫外線解析情報として提供している。毎正時の全国分布図及び主な地点の時別変化図を提供しており、平成 17 年 5 月から現在まで継続して発表している。平成 29 年 12 月には 1 日 1 回であった配信を日中の毎時間に変更した。また、情報作成に利用しているアメダスの日照時間観測の終了に伴い、令和 3 年 3 月から気象衛星「ひまわり」の観測データを用いた推計気象分布（日照時間）を利用することとした。

5．酸性雨

酸性雨とは、化石燃料の燃焼（人為起源）や火山活動（自然起源）などにより放出される二酸化硫黄（SO_2）や窒素酸化物（NOx）が雨・雪・霧などに溶け込み、通常より強い酸性を示す現象である。

気象庁では、WMO/GAW 計画のもと、大気中の化学成分などの組成の指標となる酸性沈着の長期的な地球規模の状況を監視するため、大気環境観測所（岩手県大船渡市三陸町綾里）では昭和 51 年 1 月から平成 23 年 12 月、南鳥島気象観測所（東京都小笠原村南鳥島）では平成 8 年 1 月から令和 2 年 12 月の期間、降水及び降下じん試料の採取、採取試料の pH と主なイオン濃度の分析を行った。

降水試料の採取は日ごとに行い、月ごとに気象庁本庁へ送付し、送付された降水試料を分析、品質管理を行った後にデータを気象庁ホームページ等で公表した。降水試料の採取から分析までの処理及び分析値の品質管理については、平成 16 年に WMO が示した手法に準拠している。

【第 2 節】大気汚染気象予報

1．大気汚染気象予報の変遷

我が国では、昭和 30 ～ 40 年代の高度経済成長期に、工場のばい煙や自動車の排ガス等により、大気汚染が深刻な問題になった。

昭和 37 年 6 月に「ばい煙の排出の規制等に関する法律」が公布され、昭和 38 年 12 月には、厚生省から気象庁に協力依頼があり、昭和 39 年に各官署において地方自治体に協力する形で大気汚染気象予報業務を開始した。

昭和 42 年 8 月に「公害対策基本法」、昭和 43 年 6 月に「大気汚染防止法」が公布されていたが、昭和 45 年 7 月に東京都杉並区で光化学スモッグによる健康被害が発生したことで大気汚染が大きな社会問題となった。

昭和 45 年のいわゆる「公害国会」を経て、昭和 46 年に環境庁が発足しているが、同年、気象庁は大気汚染気象センターを東京と大阪に設置し、その後、昭和 52 年までに名古屋、広島、福岡、高松、札幌、仙台の各中枢気象官署に設置し、各官署の業務を指示、支援した。また、各官署は、地方自治体への協力として、大気汚染対策に必要な気象データ等を「大気汚染気象通報」として提供し、また、光化学スモッグの発生しやすい気象条件になった時には、「スモッグ気象情報」の発表を行った。

大気汚染対策により、光化学スモッグの発生が大幅に減少したこともあり、平成 6 年の気象行政監察における勧告を受けて、平成 14 年までに東京以外の大気汚染気象センターを廃止し、その機能は各中枢気象官署の予報課で担うこととした。その後、東京の大気汚染気象センターは、本庁の環境・海洋気象課による運営に移った。

各種の気象資料や、大気汚染物質の濃度そのものを予測対象とする数値モデルの結果を、インターネットで容易に確認できるようになり入手できる状況となったことを背景として、令和 6 年度をもって「大気汚染気象通報」と「スモッグ気象情報（全般スモッグ気象情報を含む）」、光化学オキシダント関連情報提供ホームページを廃止し、大気汚染気象予報業務は終了した。

2．大気汚染気象予報に関する情報等

（1）大気汚染気象通報

各官署は大気汚染防止法に基づき地方自治体が実施する大気汚染緊急時対策（光化学オキシダント注意報の発令/解除等）の意思決定を支援するため、大気汚染気象業務に関する協定を締結した地方自治体に対し、大気汚染気象通報を 1 日に 1 ～ 2 回提供していた。主な内容は、天気予報などの気象要素、光化学スモッグ等の大気汚染が発生しやすい気象状態となる可能性を示した大気汚染気象ポテンシャル及びその根拠等、協定で定めた気象資料である。

（2）スモッグ気象情報

光化学スモッグの発生しやすい気象状態（晴れて、気温が高く、風が弱いなど）が予想される場合に、府県予報区ごとに注意喚起のために発表する情報である。

スモッグ気象情報第 1 号は、昭和 46 年 6 月に、東京で梅雨の中休みに光化学スモッグの発生しやすい気象状態になったため発表した。

平成 19 年 6 月からは、光化学スモッグの発生頻度が特に高い関東地方南部 4 都県（埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県）を対象として、光化学スモッグの発生しやすい気象状態をより詳細に予想したスモッグ気象情報の発表を開始した。その後、平成 22 年 8 月からは九州北部地方（山口県を含む）を対象として、平成 23 年 7 月から関東地方北部を含めた関東地方を対象として発表していた。

（3）全般スモッグ気象情報

光化学スモッグは従来工業地域やその周辺地域を中心として発生していたが、平成 19 年には、これまで光化学スモッグが発生していない地域を含めて、広範囲に光化学スモッグが発生し、長距離の越境大気汚染に対する関心が高まった。これを受け気象庁では平成 21 年 10 月に広域大気汚染情報の担当を設けるとともに数値予報モデルを活用し、光化学スモッグの発生が予測される前日の午前中に、「全般スモッグ気象情報」を発表することとし、平成 22 年 8 月 17 日に第 1 号を発表した。この情報により、地域住民への早い段階での注意喚起となり、地方自治体にとっては翌日の対応策定や監視強化の参考となっていた。

3．大気汚染気象に関する他機関との連携

国として大気汚染問題へ一体的に取り組む一環として、気象庁と環境省は共同で平成 20 年 4 月に光化学オキシダント関連情報提供ホームページを開設した。気象研究所及び環境省が所管する独立行政法人国立環境研究所が独自に研究開発を行う大気汚染物質の予測を目的とした数値予測モデルの予測結果や、測定結果などを一元的に掲載していたが、大気汚染気象予報業務の終了にあわせてホームページの公開を終了した。

【第 3 節】放射能観測等

1．気象庁における放射能観測の変遷

昭和 29 年 3 月に南太平洋ビキニ環礁で行われた核実験の被害を受けた第五福竜丸事件を契機として、昭和 29 年 5 月、日本学術会議は「放射線影響調査特別委員会」を設置し、気象庁（当時、中央気象台）が放射能の常時観測を行うという方針を決定した。この決定を受け、当庁は昭和 29 年 7 月から観測部測候課において測定方法と測器の検討を行い、翌昭和 30 年 4 月から、全国 15 か所の気象台、測候所、南方定点観測船及び海洋観測船で、雨及び雪の放射能、塵あい（ちり、ほこり）の放射能、海水の放射能の観測を開始し、昭和 32 年に放射能係を観測部測候課に設置した。

放射能観測は、この観測部測候課の放射能係を中心として業務遂行していた。昭和 33 年 11 月から昭和 36 年 8 月末までの 3 年間は主な核保有国が核実験を停止したものの、昭和 36 年 9 月には核実験が再開されたことに伴う業務量の増加に対応するため、昭和 37 年 4 月に測候課内に班長、調査官、放射能係、資料係からなる原子力気象班を設置した。その後、平成 8 年 7 月の全庁的な組織改正で放射能係を含む原子力気象班を測候課から環境気象課に移管した。

昭和 55 年を最後に大気圏内核実験が終息する一方、チョルノービリ原子力発電所事故や JCO 事故といった原子力施設事故への対応が重要となり、安全保障の観点での放射能対策から、生活安全、環境保全の観点での放射能対策へ、放射能観測業務の必要性が変質してきたことから、原子力気象班は平成 12 年 4 月に廃止した。その後、文部科学省は、当庁の放射能観測を他機関の観測で代替することとし、当庁は放射能観測業務を平成 18 年 3 月に終了した。

（1）大気放射能観測

当庁が行った放射能観測は、大気中に浮遊する放射能を持つ物質（試料）を採取し、試料に含まれる放射性物質が発する電子線（β 線）を測定するものであった（以下「全 β 測定」という）。この手法は、放射能に関する概略の情報を比較的短時間で得ることができる。大規模な観測システムなどを要せず、試料採取のための装置と、放射能測定機器（各種カウンター）のみで完結することから、昭和 30 年 4 月の放射能観測の開始から平成 18 年 3 月の終了までの 50 余年間分、一定品質のデータが揃っているのが特徴である。この全 β 測定によるもののほか、昭和 44 年以降、モニタリングポストと呼ばれる全自動全天候型の測器による空間の γ 線の連続測定観測も導入した。

降雨、降雪、落下塵あい及び浮遊塵の放射能観測を行う「基準観測」は 5 管区気象台（札幌、仙台、東京、大阪、福岡）で、降雨、降雪の放射能観測を行う「簡易観測」は稚内、釧路、秋田、輪島、八丈島、室戸岬、米子、鹿児島及び鳥島で実施した。そのほか、灰取紙（粘着性物質が塗布された酢酸セルロース製の紙）による海上大気放射能観測を本庁海洋課により南方定点観測を行う船上又は海洋気象観測船凌風丸の船上にて実施した。

上層大気における放射能の観測も実施した。気象研究所では、昭和 29 年の夏頃から、放射能の観測が可能なゾンデ（放射能ゾンデ）による上層大気中の放射能の鉛直分布を測定する試みを始め、昭和 35 年度から高層気象台で観測業務としての放射能ゾンデ観測を開始した。おおむね、春、夏、秋～冬の期間に 1 回ずつ、年 3 回程度の観測であった。昭和 53 年からは、ゾンデが首都圏の陸上に落下する可能性のある夏期にあっては、綾里の気象ロケット観測所において放球・観測した。平成 12 年に気象ロケット観測所を閉鎖した後、平成 12、13 年の夏期は八丈島測候所で放射能ゾンデ観測を行った。平成 14 年以降は、春、秋～冬の年 2 回程度の観測とし、平成 18 年 3 月まで継続した。

（2）水中放射能観測

1940 年代から 50 年代にかけて大気圏内の核爆発実験が繰り返し行われたことを背景に、中央気象台定点観測部は、昭和 30 年から南方定点（詳細は、本部第 6 章第 1 節第 1 項中「(7) 海上気象観測」を参照。）において、また昭和 34 年から 4 か所の海洋気象台で海面海水中の全ベータ放射能観測（以下「水中全 β 測定」という。）を開始し、日本周辺海域及び北西太平洋の放射能モニタリングを強化した。その後、海洋気象観測船による海洋観測時に水中全 β 放射能測定用の試水を採取し、本庁及び各海洋気象台に持ち帰った後に分析する業務を続けていたが、気象庁以外の機関による放射能モニタリング体制の整備が進んだことにより、平成 18 年 3 月末で水中全 β 測定は終了した。

（3）微気圧観測

微気圧振動の観測は、放射能観測業務における観測項目の一つとして、大気中に発生する異常微気圧振動を観測するために、昭和 31 年 4 月から平成 18 年 3 月まで、稚内、釧路、秋田、輪島、東京、米子、室戸岬及び鹿児島の 8 官署において行われた。これは、核爆発によって

生じた衝撃波が大気中を伝搬し本邦に到達することから、この衝撃波による異常微気圧振動を検知するために行われた観測である。

2．原子力施設事故

気象庁が大気放射能観測を実施した昭和 30 年 4 月から平成 18 年 3 月末までの間、国内において大きな反響があった原子力施設の事故は以下のとおり。

・昭和 61 年（1986 年） チョルノービリ（チェルノブイリ）原子力発電所事故（ソ連）
・平成 11 年　JCO ウラン加工工場臨界事故（日本）

チョルノービリ原子力発電所事故は昭和 61 年（1986 年）4 月 26 日に発生した。日本に情報が伝えられたのは 4 月 28 日だった。4 月 30 日に政府の放射能対策本部の拡大幹事会では関係機関の観測強化を決定し、当庁は 4 月 30 日 9 時から降水放射能、浮遊塵放射能、モニタリングポストの臨時観測を開始した。5 月 4 日には米子と東京の降水放射能及び大阪と東京の浮遊塵放射能に高い値を検知し始め、5 月 8 日の秋田では平常の変動幅のおよそ 40 倍の降水放射能を確認した。凌風丸は 5 月 3 日から 12 日にかけて関東南方海上の 4 点の海水を採取し全β測定を行い、異常値を検出できないことを確認した。その後、降水放射能、浮遊塵放射能ともに値は低下傾向となり、5 月 22 日の政府の放射能対策本部幹事会は放射能観測の態勢緩和を決定し、6 月 6 日の政府の放射能対策本部にて日本に降下した放射性物質の量は健康へ影響するレベルではないことを公表し、放射能観測の体制強化を終了した。

平成 11 年 9 月 30 日、茨城県東海村にあるウラン核燃料加工会社 JCO 東海事業所において、ウラン加工作業の工程で核分裂が臨界に達し、作業員や救急隊員、周辺住民が中性子線で被ばくする事故が発生した。当庁は 10 月 1 日 9 時からγ線核種分析、降水放射能、モニタリングポストの臨時観測を開始したが、全ての観測で異常な値は見られなかった。気象研究所が行った浮遊塵放射能の分析においても、セシウム 137、ヨウ素 131 ともに不検出であった。これらの結果をまとめ、「異常は認められず」との旨を科学技術庁に報告するとともに、10 月 1 日 18 時 30 分に報道発表を行った。同日 9 時 20 分に原子力安全委員会委員長が発表した「臨界状態の終息」を踏まえ、当庁の臨時観測も 10 月 1 日のみで終了した。

3．成果の公表

大気放射能観測の成果は「大気放射能観測成績」としてまとめて刊行した。第 1 号（昭和 30 年 4 － 6 月）から第 51 号（昭和 42 年 10 － 12 月）までは 3 か月ごとの年 4 回、第 52 号（昭和 43 年）以降は年 1 回の刊行であった。第 76 号（平成 4 年）からは「放射能観測成績」に、第 85 号（平成 13 年）からは「放射能観測報告」に名前を変え、第 86 号（平成 14 年）以降は CD-ROM での配布となった。

国際学術連合（ICSU: International Council of Scientific Unions）主催の国際地球観測年（IGY: International Geophysical Year）が開催された昭和 32 年、第 2 回 IGY 放射能勧告委員会において、スウェーデンと日本に放射能に関する世界データセンター（WDC: World Data Center）を置くことが決議された。これを受け、国内では日本学術会議が気象庁に放射能の WDC を置くことを決定し、昭和 33 年 4 月から観測部測候課においてアジア・オーストラリア地区（C2 地区）の放射能世界データセンター（WDC C2 for Nuclear Radiation）の業務を開始した。平成 18 年 3 月末での放射能観測業務の終了に伴い、その一環として活動してきたデータセンターも ICSU に閉鎖を通知して業務を終了した。

【第 4 節】環境気象業務に関する国際的役割

1．世界気象機関（WMO）全球大気監視（GAW）計画

平成元年 6 月、WMO 第 41 回執行理事会において全球大気監視（GAW）計画が承認された。これは、地球温暖化、オゾン層破壊、酸性雨などの地球環境問題に対する世界的な関心の高まりを背景にして、既に設立されていた二つの観測網「全球オゾン観測システム」（GO3OS: Global Ozone Observing System、1950 年代に設立）と「大気バックグランド汚染観測網」（BAPMoN: Background Air Pollution Monitoring Network、1960 年代に設立）を統合し発展させた、地球規模の環境の長期的な監視及びその結果の提供を行う枠組みである。

（1）GAW と気象庁の役割

気象庁は、昭和 62 年に開始した大気中の温室効果ガス観測をはじめ、オゾン層・エーロゾルなどの各種観測について、GAW 計画開始当初から参加している。また、次項以降に示すとおり、GAW の中枢施設（Central Facilities）として設置されている中央較正施設（CCL）、品質保証科学センター（QA/SAC）、全球大気監視較正センター（世界較正センター（WCC）と地区較正センター（RCC））及び世界資料センター（WDC）のうち、複数のセンターの運営を担当するほか、多くの専門家グループに職員が委員として参加している。これらのセンターは、設立時から、環境気象課（現 環境・海洋気象課）の業務の一つとして運営を続けている。

平成 18 年 3 月に、GAW は WMO 温室効果ガス年報（WMO Greenhouse Gas Bulletin）の第 1 号を発行した。この年報は、原則として気候変動に関する国際連合枠組条約（UNFCCC）における締約国会議（COP）の開催前に WMO が公表しており、世界の温室効果ガスの状況を示す基礎的な資料となっている。気象庁が運営する WMO 温室効果ガス世界資料センター（WDCGG）は、この年報中で報告される大気中二酸化炭素、メタン等の全球平均濃度や増加速度の変化等についての解析を、第 1 号から継続して担当している。また、各号の内容は WMO 温室効果ガス年報（気象庁訳）として公開している。

（2）品質保証科学センター（QA/SAC）

QA/SAC は、データの品質基準や品質管理手法を定めるとともに、各国が均質なデータを得られるための支援を行う GAW の中枢施設の一つである。

平成 5 年 4 月、WMO 事務局長から気象庁に対し、アジア・南西太平洋地区の QA/SAC の設置要請があった。要請を受諾した気象庁は、平成 7 年 10 月に二酸化炭素、メタン、オゾン全量を対象としたアジア・南西太平洋地区の QA/SAC を設立した。

ア．アジア・南西太平洋地区の GAW 観測所との技術協力

気象庁は、これまで上述の QA/SAC 活動として、温室効果ガス、オゾン層監視に関する国際セミナーの開催（平成 11 年）、地区内の GAW 観測所への技術的支援を実施している。これまでに関係した観測所としては、Mt.Waliguan 観測所、北京オゾン観測所、香港天文台（以上中国）、Seoul オゾン観測所、韓国気象庁等（以上韓国）、Issyk-Kul 観測所（キルギス）、

Cape Grim 観測所（オーストラリア）、Bukit Kototabang 観測所（インドネシア）、Danum Valley（マレーシア）、Manila オゾン観測所（フィリピン）である。

イ．品質評価科学活動懇談会

気象庁は、WMO の推奨を踏まえ、平成 11 年 2 月に品質評価科学活動委員会（平成 31 年 3 月に品質評価科学活動懇談会と改称）を設置した。品質評価手法の調査、解析作業、担当地域への現地調査や技術支援等について、年 1 ～ 2 回懇談会を開催し委員から科学的・技術的助言を受け QA/SAC 活動を進めている。

（3）世界較正センター（WCC）

WCC は、各観測所の観測基準が、観測要素ごとに定められた世界基準のスケールと一致するようにし、各観測所の観測データが比較可能であることを担保するための活動を行う GAW の中枢施設の一つである。

平成 13 年 6 月、WMO 事務局長から気象庁に対し、アジア・南西太平洋地区の WCC の設置要請があった。要請を受諾した気象庁は、平成 14 年 3 月にメタンを対象としたアジア・南西太平洋地区の WCC を設立した。気象庁が担当するメタンの WCC は、メタン標準ガススケールのトレーサビリティの確保のための標準ガスの比較実験（アジア・南西太平洋地区におけるメタン参照ガス巡回比較実験）や他機関標準ガスの較正、技術指導といった活動を行ってきている。標準ガスの比較実験結果については、気象庁ホームページや WMO 刊行物に定期的に掲載している。

また、令和 2 年から、WMO/GAW 大気成分測定の品質に関する専門家チーム（ET-ACMQ）が環境汚染・大気化学に関する科学運営委員会（EPAC-SSC）の下に設置された。メタンの測定と品質評価の専門家として気象庁の担当者が参加して、観測手順や観測データの品質評価手法の標準化に取り組んでいる。

（4）地区較正センター（ドブソン分光光度計）（RDCC）

RDCC は、気柱に含まれるオゾン量（オゾン全量）の観測に用いるドブソン分光光度計の地区較正センター（RCC）である。

WMO 全球オゾン研究・監視計画において、昭和 51 年に NOAA 所有のドブソン分光光度計 83 号機が国際第一準器と定められた。

昭和 52 年には、世界のオゾン全量観測を均質化するため、二次準器（地区準器）を複数定めることを目的として米国ボルダーで国際相互比較が開催され、これに参加した気象庁の国内準器 116 号機が第 II 地区（アジア）の国際二次標準分光光度計（地区準器）に指定された。気象庁は、平成 14 年に WMO の要請を受けて、アジアを担当する WMO 第 II 地区 RDCC の責務を担うこととなった。その後はほぼ 3 年に 1 度、ドブソン分光光度計国際相互比較に参加して国際第一準器と比較することで、地区準器を維持管理している。

GAW 計画では、オゾン観測の精度維持のため、各 RDCC 地区相互比較をおおむね 4 年に 1 度実施することを推奨している。平成 4 年の地球サミット（国連環境開発会議）以降、開発途上国へのオゾン観測の支援が求められたことから、平成 8 年 2 月に第 1 回（インド、韓国、フィリピン、タイ、NOAA の WMO 専門家）、8 月に第 2 回（中国、パキスタン、マレーシア）のアジア・太平洋地域オゾンワークショップ（IWOAP）が企画され、第 II 地区準器を用いて参加国測器の較正を行った。その後、気象庁は平成 15 年（中国）、18 年（フィリピン、タイ、パキスタン、イラン、インド）、28 年（中国、タイ、パキスタン）のアジア地区のドブソン分光光度計の相互比較を開催し、RDCC として第 II 地区内オゾン観測値の均質化を行っている。

（5）世界資料センター（WDC）

GAW は、GAW 計画に参加する観測所から観測データの報告を受け、データの保管、管理及び提供を行うことを目的とした GAW の中枢施設として世界資料センター（WDC）を設立した。観測要素ごとに運用されている七つのセンターのうち、気象庁は温室効果ガス及びこれに関連するガスを担当する WDCGG を運営している。GAW は WDC 及び GAW 地点情報システム（GAWSIS）の活動を調整するため、これらの代表者で構成する専門家チーム（ET-WDC、令和元年には大気組成のデータ管理に関する専門家チーム（ET-ACDM）に再編）を設置し、おおむね隔年で会合を開催している。平成 26 年 1 月の ET-WDC 会合は、気象庁がホストとなり東京で開催した。

GAWSIS は、GAW とその関連の観測所に関するメタデータを統合管理しているシステムで、WDCGG で取り扱う各観測所についても GAWSIS に登録された観測点であることを原則としている。緯度経度などの、WDC に共通する観測所情報に加え、近年では各観測に関する測器や観測スケジュール等の情報へも拡張しつつある。WDCGG では、独自に収集した観測情報を GAWSIS へ反映させる要請に対応するため、平成 30 年頃から手法の開発に取り組んでいる。

（6）温室効果ガス世界資料センター（WDCGG）

WDCGG は、次の四つの役割を担う GAW の中枢施設の一つである。

- GAW 計画又は関連する国際研究プログラムの下で行われた温室効果ガス観測データ及び関連する微量ガスの観測データと付随するメタデータを収集すること
- 収集したデータを長期利用のため保管すること
- 保管データを利用者が利用できるように配布すること
- 付加価値プロダクトを配布すること

平成元年 3 月、WMO 事務局長から我が国政府に対し、GAW 計画の下の世界資料センターの一つである温室効果ガスに関する世界センター設置の要請があった。要請を受諾した日本国政府と WMO との間で、同年 9 月に WDCGG 設立に関する書簡の交換が行われた。これを受け、気象庁は平成 2 年 6 月に地球規模の気候情報を収集解析し成果を発表する「温暖化情報センター」を設置し、同年 10 月から同センターは WDCGG の活動も開始した。

平成 14 年 10 月には、WDCGG はノルウェー大気研究所から地上オゾン世界資料センターを引き継いだ。一方、平成 28 年 1 月に、反応性ガス世界資料センター（WDCRG）が開設されたことにより、WDCGG で保管していた一部データ（地上オゾン等）を WDCRG に移管した。

WDCGG では収集したデータの解析を実施しており、その解析結果をまとめた「データサマリー」を平成 7 年 3 月から刊行している。収集データを基に算出された二酸化炭素やメタンなどの全球・半球・緯度帯別の平均値及びその増加率、全球的な温室効果ガスの分布状況などの基本的な解析結果を掲載しており、各観測所や WMO、国内外の関係研究機関などに配布している。

収集したデータ及び「データサマリー」は、ウェブサイト上で公開している。

2．世界気象機関（WMO）世界放射センター（WRC）

（1）スイス・ダボスでの国際日射比較

WRC は、全球的に均質で高精度の日射観測データを得るため、スイスのダボスにおいて世界の日射観測の基準となる世界基準器群（WSG）を維持管理し、世界の各地区放射センターが保有する基準器（地区基準器：RSG）に対して WSG との比較観測により較正を行う場を提供している。昭和 45 年にスイスのダボス及びロカルノで開催された第 3 回 WMO 国際日射計比較に、気象庁からは職員 1 名と測器 2 台が参加した。それ以降、5 年ごとにダボス物理学気象観測所で開催される国際日射計比較には気象庁は毎回参加し、地区準器群の較正を行っている。ただし、第 13 回 WMO 国際日射計比較については、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の影響により、開催が 1 年延期で令和 3 年開催となり、気象庁からの職員の派遣はなく、測器 1 台のみの参加となった。

第 11 回 WMO 国際日射計比較からは国際赤外放射計比較も同時に開催されている。気象庁は、平成 22 年の第 1 回国際赤外放射計比較から毎回、地区赤外放射計準器を持参して参加している。なお、令和 3 年の第 3 回国際赤外放射計比較については新型コロナウイルス感染症の影響で測器のみの参加となった。

（2）地区放射センター（RRC）

ア．筑波山での地区日射計比較

我が国は、昭和 40 年にインドと共に WMO 第Ⅱ地区（アジア）放射センター（RRC）に指名された。RRC は、RSG を維持管理し、地区内及び国内の日射観測測器に対して RSG との比較観測により較正を行う場を提供することにより、地区内の日射観測の精度維持を図る機関である。昭和 59 年 6 月の WMO 第 36 回執行理事会では、「第Ⅱ地区は、できるだけ早い時期に、できれば昭和 60 年又は昭和 61 年に、地区日射計比較を実施すること」との要請を採択した。翌昭和 60 年 6 月の WMO 第 37 回執行理事会において、「我が国は昭和 63 年に、地区日射計比較を主催する計画である」ことを表明した。昭和 62 年 6 月の WMO 第 39 回執行理事会では、第Ⅱ地区/第Ⅴ地区合同の地区日射計比較を実施することを採択したものの、その後、WMO 事務局長は当庁に対して豪州では合同の地区比較が実施できなくなったことから日本で実施することを要請したため、我が国で開催することとなった。

開催に先立って、昭和 63 年 10 月から 11 月にかけて、第 1 回第Ⅱ地区及び第Ⅴ地区日射計比較の第 1 セッションとして、地区比較国際組織委員会が東京（気象庁）で開催された。比較の方法や比較観測を行う候補地点の視察等を進め、筑波山京成ホテル（茨城県つくば市）を地区日射計比較の実施に良好な地点として認めた。翌平成元年 1 月から 2 月に第 1 回第Ⅱ地区及び第Ⅴ地区日射計比較の第 2 セッションとして同所での地区日射計比較を実施した。

その後しばらくの間我が国での地区日射計比較の開催は無く、第 10 回国際日射計比較までは国際日射計比較が地区日射計比較を兼ねていた。しかし、会場（ダボス物理気象観測所）のスペースや旅費の問題により参加できない国家放射センターが存在し、第Ⅱ地区各国の国家放射センターが有する国家放射基準群が十分に較正できなかったことから、平成 19 年 1 月から 2 月にかけて第 2 回 WMO 第Ⅱ地区日射計比較を開催した。

その後、翌々年に第 3 回を開催し、平成 29 年の第 4 回及び令和 5 年の第 5 回は、より多

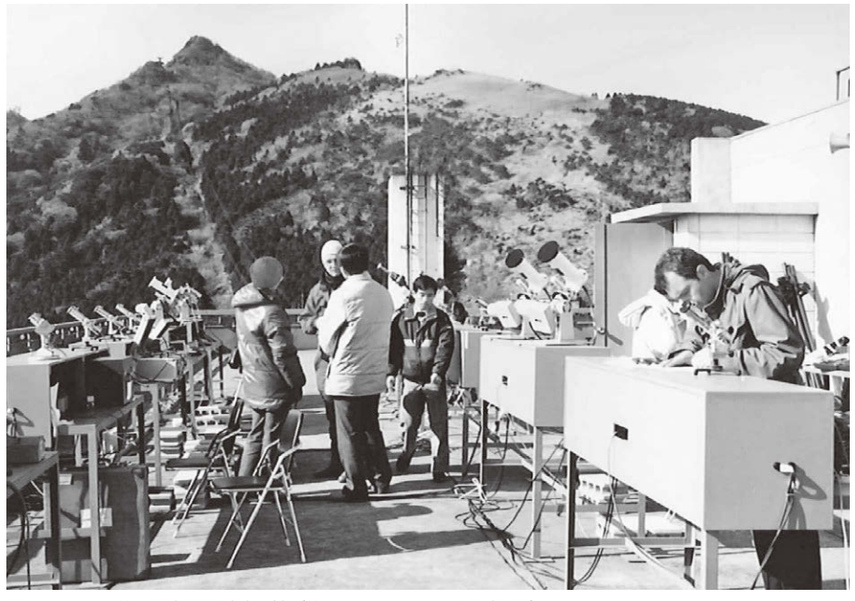


図 5-7-4-1　第1回地区日射計比較（第2セッションでの観測風景）

くの国家放射センターに国家準器の較正の機会を与えるため、WMO 第Ⅴ地区（オセアニア及び南西アジア）の放射センターである豪州気象局との共同開催とした。

これまで気象庁が開催した地区日射計比較とその参加国を表 5-7-4-1 に示す。

表 5-7-4-1　気象庁が開催した地区日射計比較とその参加国

	開催年月	参加国（日本を除く）	備考
第1回	平成元年（1989年） 1月から2月（第2セッション）	中国、韓国、香港、インド、ソ連、豪州、 マレーシア、ニュージーランド*、スイス	第Ⅱ地区/ 第Ⅴ地区合同開催
第2回	平成19年（2007年） 1月から2月	中国、韓国、香港、スイス	
第3回	平成24年（2012年） 1月から2月	中国、韓国、香港、タイ、スイス	
第4回	平成29年（2017年） 1月から2月	中国、韓国、香港、豪州、ソロモン諸島、 ニュージーランド*、スイス	第Ⅴ地区との共催
第5回	令和5年（2023年）1月	中国*、韓国、香港、豪州、インドネシア、 ニュージーランド*、スイス	第Ⅴ地区との共催

*印は測器のみ参加した国を示す。

イ．第Ⅱ地区内日射計比較

気象庁では昭和 39 年でのプネ気象台（インド）での日射計比較を皮切りに平成 14 年までに WMO 第Ⅱ地区内の各国からの要請により、表 5-7-4-2 のとおり地区日射計基準群と各国の国家日射計基準群との比較を開催した。

表 5-7-4-2　第Ⅱ地区内日射計比較の開催履歴

開催年	参加国	開催場所	備考
昭和39年（1964年）	インド	プネ気象台（インド）	
昭和43年（1968年）	タイ	高層気象台	
昭和45年（1970年）	インド	高層気象台	
昭和50年（1975年）	中国	気象測器工場（布川、現茨城県北相馬郡利根町）	
昭和58年（1983年）	香港	高層気象台	
昭和58年（1983年）	韓国（延世大学）	高層気象台	測器のみが送付され、気象庁職員が操作を代行した。
平成6年（1994年）	タイ	高層気象台	
平成7年（1995年）	中国	筑波山京成ホテル	
平成7年（1995年）	韓国	高層気象台	測器のみが送付され、気象庁職員が操作を代行した。
平成9年（1997年）	韓国、香港、フィリピン	筑波山京成ホテル	フィリピンは研修目的で参加した。
平成14年（2002年）	韓国、香港	筑波山京成ホテル	

【第５節】小笠原諸島気象業務

１．南鳥島気象観測所

（１）南鳥島の概要

南鳥島は東京から南東へ約 1,860km の珊瑚礁でできた小さな島で、日本の最東端の北緯 24 度 17 分 20 秒、東経 153 度 59 分に位置している。海抜は高い場所でも約 9m、周囲は約 6km、面積は約 1.51km^2 という太平洋上の島となっている。

（２）気象観測業務

南鳥島の気象観測業務は、昭和 10 年海軍水路部気象班により観測が開始されたが、昭和 20 年 9 月に米軍極東進駐軍の占領軍政下となり気象観測を終了した。気象庁（当時の中央気象台）は、米軍が南鳥島にロラン C 局を整備するまでの一時期、米軍の委託を受けて気象観測（地上気象・高層気象観測）を行っていたが、その後、昭和 43 年 6 月 26 日の小笠原諸島の返還に伴い、気象庁は父島と南鳥島に観測所を設置し気象業務を開始し現在に至っている。

南鳥島は、太平洋上に浮かぶ絶海の孤島であり、人的活動の影響が少ない地理的な利点を生かし、近年の地球環境問題への取組の一環として平成 5 年 3 月から、世界気象機関（WMO）の全球大気監視計画（GAW）に基づき、全球観測所（世界で 31 か所）に指定され、大気バックグランド汚染観測所を設置し、大気中の温室効果ガス濃度等の監視業務を実施している。

また、南半球等の遠地における地震による津波到来の観測をいち早く捕らえる事を目的として、平成 8 年に遠地津波観測計が設置され津波注意報・警報等の防災情報へ反映されている。

（３）気象災害

南鳥島は低緯度に位置し、近海で台風が発生する事があるが、平成 18 年 8 月下旬に猛烈に発達した台風第 12 号の接近が予想され、硫黄島に一時全島避難することとなった。この台風は最盛期を過ぎていたが、非常に強い勢力を保ったまま 9 月 2 日から 3 日にかけて南鳥島の北海上を西北西進し、観測露場の機器が海水につかる等甚大な被害をもたらした。庁舎等の施設の復旧のため、地上気象観測は 9 月 1 日 10 時から 28 日 24 時まで欠測となり、高層気象観測は 09 月 1 日 21 時から 30 日 21 時まで観測を休止した。平成 21 年にも全島避難を行ったが、甚大な被害となったのはこの台風が戦後唯一となった。

２．父島気象観測所

我が国における天気予報の精度向上のためには、南方海上におけるより多くの気象データの観測が不可欠である。

東京から南に 1,000km 離れた父島に位置する父島気象観測所は、小笠原諸島が日本に返還された昭和 43 年 6 月「小笠原諸島における気象業務の暫定実施に関する訓令」（昭和 43 年 6 月 26 日　気象庁訓令第 9 号）に基づいて開所し、地上気象観測・高層気象観測を開始した。

この当時は宿舎も完備しておらず、本庁や地方官署から派遣された職員が 1 年交代で勤務していた。また、現地採用の職員も勤務していた。

また、基地・補給業務は当時の本庁海洋気象部海務課が行っており、現在でも大気海洋部業務課が受け継いでいる。

父島気象観測所の開所以降の業務変遷については、表 5-7-5-1 のとおりである。

令和 5 年 4 月現在は、所長以下 8 名が、特殊日勤体制のもと、地上気象観測・高層気象観測等の業務にあたっている。高層気象観測は、全庁的に自動放球（ABL）化が進んでいる中、稚内・札幌・秋田・南鳥島・昭和基地に並んで数少ない人の手による放球（MBL）官署となっている。

また、開所当時に比べ生活や宿舎の事情も格段に向上し、昭和 56 年 2 月完成の清瀬住宅に始まり、宮之浜、東町にそれぞれ宿舎を整備している。

表 5-7-5-1　父島気象観測所の変遷

昭和46年1月	父島三日月山、地磁気観測開始
昭和49年7月	父島三日月山、地震観測開始
昭和50年3月	父島二見湾、検潮観測開始
昭和59年10月	新庁舎完成
平成7年4月	父島西町（観測所）、地震観測開始
平成12年3月	波地震早期検知網整備（父島及び母島に計4か所の観測点）
平成12年3月	父島桑ノ木山・北袋沢及び母島中ノ平、地震観測開始
平成15年4月	新測地系移行による緯度・経度の変更
平成17年3月	父島三日月山・桑ノ木山・北袋沢、母島中ノ平、多機能型地震計化
平成19年7月	父島三日月山・桑ノ木山・北袋沢、母島中ノ平、震度観測開始
平成23年2月	父島桑ノ木山・北袋沢の震度観測点廃止
平成31年4月	地上気象観測の目視観測を自動化

【第６節】南極観測

１．南極地域観測（制度・体制・歴史）

（１）制度・体制

我が国の南極地域観測は、文部科学省に設置（昭和 30 年 11 月 4 日閣議決定）された「南極地域観測統合推進本部」（以下「南極本部」という。）のもと実行されている。

南極地域観測に係る計画は、第 7 次隊（昭和 41 年）の派遣において日本学術会議が立案し南極本部が策定した基本的方針が基礎となっている。

当庁は、定常観測（気象部門）の担当部局として、地上気象観測、高層気象観測、オゾン観測（オゾン全量・反転観測、オゾンゾンデ観測、地上オゾン濃度観測）、紫外域日射観測、日射放射観測、エーロゾル観測に従事するほか、大陸上の航空拠点における観測や天気解析等を通じて隊の活動を支援している。また、第 7 次隊以降特殊ゾンデ観測（輻射ゾンデ、電気ゾンデ、エーロゾルゾンデなど）も実施していた。

（２）観測隊への派遣の歴史

我が国の南極地域観測の歴史は、昭和 27 年の国際学術連合会議（ICSU）による第 3 回極年（のちに国際地球観測年（IGY）となる。）の実施の提唱に始まる。国内で南極観測への関心が高まる中、昭和 30 年に ICSU の IGY 特別委員会で IGY への日本からの参加を申し入れ、我が国が 12 番目の国として南極観測への参加を認められることとなる。同年、日本学術会議は南極観測の具体化に向け政府に要望書を提出し、南極本部の文部省への設置が閣議決定される。翌年に予備観測隊（後に第 1 次観測隊と呼称変更）が組織され、昭和 32 年 1 月にオングル島に上陸、昭和基地を建設し、地上気象観測を開始、11 名の越冬隊が成立（内、気象庁は 1 名）となった。

IGY 終了後、我が国の南極地域観測事業は終了することとされ第 6 次隊（昭和 37 年）をもって打ち切られたが、昭和 38 年 8 月の閣議決定により、常時観測体制を確立することとなり、昭和 39 年 6 月の南極本部副本部長会議において、関係省庁へ南極観測の恒久的実施に協力要請があり、気象庁は定常観測（気象部門）を担当することが決定した。南極観測は昭和 41 年の第 7 次隊から再開され、気象庁では同年の庁議で定常気象観測担当として 2 名体制で越冬することとした。その後、第 9 次隊（昭和 43 年）から 3 名体制、第 15 次隊（昭和 49 年）から 4 名体制、第 31 次隊（平成 2 年）から現在まで 5 名体制となっている。

２．南極地域観測（観測項目）

日本の南極地域観測事業は、IGY を契機として昭和 32 年に始まり、気象庁は第 1 次隊から毎年職員を派遣（昭和基地を閉鎖した一時期を除く）し、昭和基地を中心とする定常気象観測を継続して実施している。当初は地上気象観測のみを行い、その後、徐々に観測要素を増やし、現在では 5 人の越冬隊員を毎年派遣して、通年で地上気象観測、高層気象観測、オゾン観測及び日射放射観測を実施している。これらの観測は、世界気象機関（WMO）の国際観測網の一翼を担って実施されており、得られた観測データは直ちに各国の気象機関等に送られ、日々の気象予報等に利用されている。

（１）地上気象観測

地上気象観測は、昭和 32 年 2 月から気温の観測を開始し、風、気圧及び目視を順次開始した。第 1 次隊（昭和 32 年）の越冬活動が開始する同年 3 月には、気温、風、気圧を 6 時間ごと（00、06、12、18UTC）に 1 日 4 回、目視観測は 00UTC を除いて 1 日 3 回実施した。第 6 次隊の昭和基地閉鎖により昭和 37 年 2 月以降観測を中断したが、第 7 次隊から観測を再開した。

（２）高層気象観測

高層気象観測は、第 3 次隊（昭和 34 年）の昭和 34 年 2 月からラジオゾンデ観測（気圧、気温、湿度）を開始し、週 2 回（月、木）実施された。第 4 次隊（昭和 35 年）からは自動追跡型方向探知機を導入し、レーウィンゾンデによる風向・風速の観測も追加し、第 15 次隊には 1 日 2 回の観測となり、第 48 次隊（平成 19 年）で GPS ゾンデを導入した。

（３）オゾン全量・反転観測

地表付近から大気の上端までのオゾンの量（オゾン全量）及び鉛直分布の観測のためオゾン全量･反転観測を実施している。オゾン全量観測は装置内に直射光又は天頂散乱光を取り込み、オゾン全量を測定する観測で、第 5 次隊（昭和 36 年）によりドブソン分光光度計を用いて開始し、基地閉鎖及び昭和 48 年の測器整備による欠測期間を除いて長期間観測を継続している。

第 63 次隊（令和 4 年）によりドブソン分光光度計からブリューワー分光光度計へ移行し、全自動化された。また、月光を利用したオゾン全量観測は、第 10 次隊（昭和 44 年）において集光レンズを用いた方法により試験的に実施され、その後第 23 次隊（昭和 57 年）から現業化した。

反転観測は日の出直後又は日の入り直前に連続実施した天頂散乱光による観測データを用いて反転曲線を算出し、その反転曲線からオゾンの垂直分布を求める観測で、第 23 次隊において研究観測として行われ、第 28 次隊（昭和 62 年）から定常観測として実施している。

（４）オゾンゾンデ観測

詳細なオゾンの鉛直分布の観測のため、オゾンゾンデ観測を実施している。

オゾンゾンデ観測は、第 7 次隊により試験的に実施し、第 9 次隊から定常観測となった。オゾンセンサについては気象研究所が開発した KC 型（KI solution and Carbon electrode 型）を使用していたが、世界的に ECC 型（Electrochemical Concentration Cell 型）が実質的な標準となり、第 51 次隊（平成 22 年）の観測から ECC 型へ移行した。

（５）地上オゾン濃度観測

地表付近のオゾン濃度を連続的に観測するため、地上オゾン濃度観測を実施している。地上オゾン濃度観測は、第 5 次隊で研究観測として KI 溶液を用いた化学的方法によって測定する装置を使用して観測を実施した。その後、数回、研究観測を実施し、第 38 次隊（平成 9 年）により、紫外線吸収式オゾン濃度計を用いた地上オゾン濃度観測装置を持ち込み、平成 9 年 1 月から旧水素ガス発生器室にて定常観測を開始した。第 49 次隊（平成 20 年）からは基地の中で主風向の風上側に位置する清浄大気観測小屋に観測場所を移動した。

（６）紫外域日射観測

全天の紫外線量及び波長別の有害な B 領域紫外線量観測のため、紫外域日射観測を実施している。紫外域日射観測は、第 32 次隊（平成 3 年）により全天型紫外域日射計を用いた全量

観測が定常観測として開始され、また、第 32 次隊では極地研と共同でブリューワー分光光度計を用いた波長別観測を試験的に開始し、第 35 次隊（平成 6 年）から定常観測となった。

（7）日射放射観測

太陽からの放射（日射）、大気からの赤外放射、地上に到達した太陽放射のうち、地表面で反射される日射（反射日射）と地表面から上空へ放出される赤外放射（上向き赤外放射）を観測している。全天日射観測は、第 5 次隊に開始し、昭和基地を再開した第 7 次隊以降は、地上気象観測の一要素として観測を再開し、これまで継続して観測している。直達日射観測は、第 5 次隊の昭和 36 年 2 月からオングストローム日射計によって観測を開始し、第 9 次隊の昭和 43 年 3 月に自記直達日射計へ移行した。

第 32 次隊では、基準地上放射観測網（BSRN: Baseline Surface Radiation Network）の観測点としての条件を満たすため、極地研と協力して従来の全天日射、直達日射に加え、散乱日射、下向き赤外放射の観測を開始し、平成 6 年 1 月から世界放射モニタリングセンター（WRMC: World Radiation Monitoring Center）へデータを報告している。また、第 39 次隊（平成 10 年）から積雪上において反射日射及び上向き赤外放射の観測項目を追加した。

（8）エーロゾル観測

大気中に浮遊し、地上に到達する太陽放射に影響を与える微粒子であるエーロゾル観測を実施している。エーロゾル観測は、第 15 次隊に大気混濁度の予備観測として波長別直達日射計（530nm、630nm、700nm）を用いて開始した。第 26 次隊（昭和 60 年）から英弘精機社製サンフォトメータ（MS-110）が導入され、エーロゾルの光学的厚さの観測を開始し、第 52 次隊（平成 23 年）からスイス連邦ダボス物理気象観測所製サンフォトメータ（PFR）に更新した。その後、第 61 次隊（令和 2 年）からエーロゾルの光学的厚さのほかに一次散乱アルベド及び気柱当たりの粒子径別体積濃度の情報が得られるプリード社製スカイラジオメーターに移行している。

（9）特殊ゾンデ観測

昭和基地においては研究目的にあわせて様々な特殊ゾンデ観測を実施した。

大気循環や大気物理の重要な因子である大気中の輻射（赤外放射）を観測する輻射ゾンデを第 7 次隊から第 39 次隊にかけて飛揚した。大気中の電気伝導率や電流の強さを測定するため電気ゾンデを第 8 次隊（昭和 42 年）から第 13 次隊（昭和 47 年）に飛揚した。成層圏の微量な水蒸気量の鉛直分布を観測するため露点ゾンデを第 7 次隊から第 9 次隊に飛揚した。大気中の様々な粒径のエーロゾルの鉛直分布を観測するためエーロゾルゾンデを第 38 次隊から第 48 次隊にかけて飛揚した。平成 29 年から GRUAN（GCOS Reference Upper-Air Network）の観測地点として登録した昭和基地は GRUAN の要件である精密な水蒸気量や気温の観測のため GRUAN 用基準ゾンデを第 59 次隊（平成 30 年）から第 62 次隊（令和 3 年）において飛揚した。

（10）その他の観測

雪尺を用いた積雪の観測は第 1 次隊で開始し、その後、観測場所や雪尺の設置方法などの変遷はあったが、数本の竹竿を用いて海氷上で行う方式に大きな変わりはない。第 15 次隊までは雪氷部門の研究観測の一環として実施し、第 16 次隊（昭和 50 年）以降は定常気象観測の一項目として行い、現在は週 1 回観測を行っている。また、南極大陸上に位置する S17 航空拠点においてロボット気象計を運用しているほか、船上、みずほ基地、あすか基地及びドームふじ基地の一部期間の観測、及びこれら基地の往復の旅程においても気象観測を行っている。

第６部

地震火山

第１章　行政組織から見た地震火山業務

地震火山業務は、明治維新後の近代科学の萌芽期以来、内務省地理寮（ほどなく地理局と改称）、東京気象台を経て中央気象台の業務として定着することとなった。当初は大気現象に関する業務と同様、近代科学に基づく観測機器を開発すること、それを用いて現象を観測、記載することが業務の主体であった。しかし、地震火山現象は、その多くが気象現象に比べ発生頻度が低いことに加え、変化に要する時間が長く、かつ観測項目も多岐にわたることもあって、現象の科学的な解明や、情報発信体制の構築等をはじめとする行政組織としての体系化に長い時間が必要であった。また現在、我が国における地震火山の警報等の情報発表は気象庁が一元的に行っているが、そこに至る科学的探究や技術開発、体系構築過程では、多岐にわたる機関が関わってきた。

地震火山業務を行う組織が官制上現れるのは、明治８年の内務省地理寮量地課である。その後改組を経て、明治 18 年、地理局第４部に観象、測候、予報、験震、調査、編歴の６課が作られる。験震課長は東京帝国大学教授の関谷清景の兼任であった。明治 20 年に中央気象台が創立された後、昭和 15 年に地震課が設置（同課に火山掛も置かれた）され、昭和 19 年に改めて部制が布かれて観測部地震課と改称、昭和 21 年に地震課に調査掛、験震掛、火山掛が、昭和 24 年に業務掛、昭和 31 年に技術係、昭和 44 年に火山調査係が置かれるなど徐々に細分化が進んでいく。昭和 45 年になると地震課に地震活動検測センターが、昭和 50 年には火山室が、昭和 53 年には地震活動検測センターを改組し地震予知情報室が置かれ、現在の原型となる組織が出来上がってきた。続いて昭和 58 年に地震防災係が置かれた。

気象庁の前身である東京気象台が生まれ、かつ近代地震学が始まって約 100 年が経った昭和 50 年代頃から、地震火山業務は扱うデータが急増し、コンピュータの導入も始まった。また、学界では地震予知計画の進展とプレートテクトニクスのパラダイムの受容という変革期が訪れた。さらに昭和 58 年（1983 年）日本海中部地震、同年の三宅島噴火、平成５年（1993 年）北海道南西沖地震、平成７年（1995 年）兵庫県南部地震、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震、あるいは、平成３年（1991 年）雲仙岳噴火、平成 12 年（2000 年）有珠山噴火、平成 12 年三宅島噴火、平成 26 年御嶽山噴火などの相次ぐ重大な地震・火山災害への対策強化がなされ、その業務内容は飛躍的な拡大を遂げることになる。昭和 57 年、地震予知情報室は地震予知情報課に昇格、昭和 59 年に観測部地震課、観測部地震予知情報課を基に地震火山部が新設され、地震火山業務課、地震火山業務課火山室、地震津波監視課、地震予知情報課の体制となった。その後、火山室は平成２年に火山対策官、平成４年に火山対策室を経て、平成７年に火山課へ昇格、地震火山業務課は同時に管理課へ名称を変更した。その後、令和２年の本庁組織再編に当たり、火山課は火山監視課へ改称され、地震予知情報課を改組して地震火山技術・調査課が置かれ、現在に至っている。

一方、地方官署においては、明治初期以来、地震火山の観測業務は官署での観測が主体であったが、都市化に伴うノイズの回避を趣旨としたテレメータによる観測の遠隔化が順次進むとともに集約化が進み、昭和 63 年から各管区気象台等に地震津波火山監視センターが設置され（平成５年から福岡を皮切りに順次、地震火山課に改組）、管区気象台等における業務の指揮、指導系統を明確にすることで地震火山業務を強化した。また、平成７年に総理府（現在は文部科学省）に地震調査研究推進本部が設置されたことを受け、本庁及び各管区気象台等は地域地震情報センターの役割を担うこととなり、地域に係る地震に関する観測、測量、調査又は研究を行う関係行政機関、大学等の調査結果等の収集を行うこととなった。その後、本庁及び各管区気象台等で実施していた地震、津波の情報発表については、平成 21 年から本庁及び大阪管区気象台の二中枢で実施することとなった。また、平成 13 年に本庁、札幌、仙台、福岡管区気象台に火山監視･情報センター（平成 28 年に（地域）火山監視･警報センターに改組）が設置されたことで、地震津波業務と火山業務が明確に分業された。令和６年に文部科学省に火山調査研究推進本部が設置されたことを受け、本庁及び各管区気象台等は地域火山情報センターの役割を担うこととなった。令和７年時点で、地震津波監視に係る業務は本庁・大阪、火山監視に係る業務は本庁・札幌・仙台・福岡が担っており、地方気象台等においては普及啓発、地域防災支援を中心とする業務体制で地震津波、火山業務を行っている。

第２章　地震津波業務

【第１節】地震津波観測

地震津波業務は、近代的な地震計が開発される前は、職員の感覚に基づく地震動の観測結果の記載が業務の中心であった。明治時代後半に機械式地震計の開発が進むにしたがい、地震現象は突然発生するという特性から 24 時間観測が各気象官署で実施された。その後、観測された地震波形に基づく地震現象の解明が大学の研究者と競い合って進められ、地震波の位相の同定、震源やマグニチュード（以下「M」という。）の決定、発震機構の解析と地震カタログ作成、それらの統計的分析が順次業務として取り入れられていった。その後、更なる科学技術の発展とともに、津波予報、大規模地震予知、地震動予報等の業務が形作られ、その根拠となる観測の精度と信頼性の確保が重視されるようになっていく。

１．地震観測

地震観測業務は体感による揺れ（地震動）の観測とその記載から始まった。明治６年に始まった函館気候測量所の観測も人体感覚によるものである。明治初期にフルベッキやクニッピングらのいわゆるお雇い外国人による萌芽的な地震計の開発や、ジョイネルによる地震の観測が行われたが、近代科学的な観測技術の導入、あるいは長時間の安定した連続観測が可能となるまでには時間を要した。その後、ユーイングやグレイ、ミルンらによる機械式地震計の開発があり、大森房吉や今村明恒ら日本人による機械式地震計の改良がなされていった。このような地震波の観測により、震源の決定、地震波の伝播速度の測定、続いて地震の規模を表すマグニチュード（M）、発震機構等の決定がなされていくことになる。その後、機械式地震計と振り子やぜんまい式の時計による観測方式は徐々に陳腐化し、昭和中期以降、電磁式地震計を用いた集中テレメータ方式へと徐々に近代化を遂げていくことになる。

（１）日本の標準地震観測網としての成熟

フルベッキやクニッピングらは地面の動きに対する不動点を作ることで地震動を記録することを試みたが、これらはなかなか成功しなかった。地震動を記録すると一口に言っても、近代科学的な物理学的観測機器としての地震計は、不動点の作成ばかりでなく、連続的常時観測を可能とする記録装置、刻時装置、制振装置など多くの開発要素が必要であった。明治８年にジョイネルがパルミエリ地震計による地震観測を行ったが、これも現代から見ると感震器による観測であった。

明治 13 年２月の横浜地震を機に同年３月に世界初の地震学会が創設され、日本における近代的な地震学は幕を開ける。その後の機械式地震計の祖ともなる水平振り子を利用したユーイングやミルンの機械式地震計や、上下動成分を観測できるようにしたグレイの地震計が次々と考案された。これらの地震計は地震動を感じてから一定時間動作するもので、まだ地震波の初動、つまりＰ波を観測できるものではなく、刻時精度も極めて低かったものの、ミルン・グレイ式の地震計を明治 16 年８月には東京に、次いで明治 17 年７月に前橋、明治 18 年５月に水戸にそれぞれ設置し、３地点での地震観測が始まった。

明治 24 年 10 月に濃尾地震が発生したことにより、明治 25 年５月、全国の一等及び二等測候所に地震計が順次設置されることになった。また、地震と震災防止の研究を目的として文部省に震災予防調査会が発足し、その第１回の委員会にて、刻時精度向上を企図した気象官署への電話線の架設が決議される。震災予防調査会のメンバーであった大森房吉は機械式地震計の改良に取り組み、明治 31 年頃、地震波の連続的常時観測に成功する。これにより地震波の初動の観測が可能となり、地震波速度の観測や震源決定、発震機構の研究が可能となっていく。刻時装置が振り子やぜんまい式の時計であり、刻時精度の保持が困難であったという震源決定にとっての重大な制約を除けば、機械式地震計による標準地震観測網は大正初期にはほぼ完成されつつあった。大正４年には「地震観測法」（初版）が発行されている。大正 12 年９月の関東地震前には地震計の設置官署は 70 近くに及んだ。

関東地震後には、既に一部で使用されていたウィーヘルト式地震計を大量購入し大正 15 年２月に全国展開することによって観測網は更に強化された。ウィーヘルト式地震計は約 80 倍の倍率（波形を記録する際の拡大率）で、有感地震の際には容易に振り切れてしまうので、中央気象台式簡単微動計や大森式強震計等も併置された。一方、昭和初期、米国ではベニオフによって電磁式地震計が開発された。電磁式地震計は機械式地震計に比べて取り扱いが容易かつ高倍率の観測が可能であったが、第二次世界大戦と終戦後の混乱もあって導入は進まなかった。

（２）全国的な津波警報体制の確立と地震予知計画の開始

第二次世界大戦中の昭和 18 年に鳥取地震、昭和 19 年に昭和東南海地震、昭和 20 年に三河地震と被害をもたらす地震が相次いだが、戦時下であった我が国は予算や資材が限られる時期が続き、地震観測は現状を維持することも困難な状況となっていった。終戦直後に発生した昭和 21 年のアリューシャン地震や昭和南海地震による津波災害を目の当たりにした連合国軍は、昭和 24 年に日本政府に対し、津波警報を発表・伝達するための津波警報組織の確立と、大地震発生時に震源や津波の来襲が予測される地域と高さ等の報告を要求した。その結果、同年 12 月に閣議決定された津波予報伝達総合計画のもと全国的な津波警報体制を確立し、全国を 15 ブロックに区分けした津波予報業務を開始した（詳細は、本章第２節第４項第１目「津波予報業務体制の変遷」を参照）。この業務を遂行するため、昭和 25 年１月から大森式強震計、今村式強震計、中央気象台式強震計は 50 型、51 型、52 型と呼ばれる機械式強震計（１倍）への置き換えが順次進められることになった。同様に、昭和 35 年から機械式のウィーヘルト式地震計は59型直視式電磁地震計への置き換えが順次進められた。震源決定精度の制約となっていた刻時精度も、昭和 37 年頃から水晶時計装置が順次採用されるなどして徐々に向上していった。

これとは別に、中央気象台は昭和南海地震の直後、地電流観測所の新設を企図した。これは連合国軍の容れるところとならなかったが、これを機に、中央気象台と東京大学地震研究所（以下「地震研究所」という。）が協力し、地震予知に関する計画を立案する機運が生じた。この動きは、昭和 35 年の地震学会の有志による「地震予知計画研究グループ」の誕生、昭和 37 年１月の「地震予知－現状とその推進計画」（いわゆる地震予知のブループリントと呼ばれる。

以下「ブループリント」という。）に結びついていく。この頃、プレートテクトニクスの概念は大半の研究者にはまだ受容されておらず、地震学は地震波速度構造や発震機構、地震活動の統計学的な解析が盛んに行われていた。ブループリントは、地震予知の実現可能性を明らかにするためにはどの程度の観測研究が必要であるかを、時の科学技術の水準で実現可能な計画として提案したものであった。ブループリントを策定する中で地震の大きさ別の呼び方が定義され、気象庁は大地震・中地震・小地震（M3.0 以上）を取り扱い、大学等の研究機関は M3.0 未満の微小地震や極微小地震を研究観測として行うという、いわば区分が生じたのはこの時である。「地震予知研究計画」は昭和 39 年の新潟地震による地殻変動への関心、昭和 40 年から始まった松代群発地震での合同観測など、その後の地震津波、地殻変動の観測の流れに大きな影響を与えていく。

（3）微小地震観測網の発達と波形伝送、隔測化の萌芽

「第 1 次地震予知研究計画」が開始された昭和 40 年 8 月に松代群発地震が始まった。この群発地震活動は、松代の気象庁地震観測所に世界標準地震計が設置された数日後に始まり、3 年に及ぶ活動の間、関係機関による地震、地殻変動、重力、電磁気、地質、地球化学等の合同観測が行われた。さらに、気象庁地震課が事務局となって北信地域地殻活動情報連絡会が作られ、住民の不安や混乱に対して地震活動の解説や見通し情報を出したことなど、観測研究、防災対応において多くの成果がみられた。

この群発地震活動を契機に、微小地震観測は脚光を浴び、観測技術、システム開発が大学や研究機関によって競い合って進められることとなった。大学や研究機関では既存の大・中・小地震観測装置の運用管理がない分、観測機器や波形伝送方式などを白紙から設計することが出来た。これはその後の電磁式地震計への転換、波形伝送技術やコンピュータを用いた自動震源決定技術等の進展につながっていく。

この頃、59 型電磁式地震計の整備が一段落しつつあった気象庁は、地震予知計画によって M3.0 以上の地震を日本全国で監視する役割を担うことになり、電磁式の短周期高感度地震計（固有周期 1 秒、最大 3,000 倍）を持つ 67 型磁気テープ記録式地震観測装置を、昭和 43 年 4 月から全国に整備することになった。67 型は電磁式の高感度速度型地震計だけではなく、磁気ドラムにより信号を遅延し FM 変調方式のデータレコーダを用い磁気テープに再生可能な形で信号を記録するトリガー記録方式を取り入れたこと、対数圧縮によるダイナミックレンジ拡大、埋設型かつ隔測化などの斬新なアイデアが多く盛り込まれたが、構成が複雑であり運用には課題も多かった。その後、設置地点周辺での急激な都市化に伴うノイズ増大による地震検知力の低下が課題となり、昭和 52 年 4 月から 76 型電磁式地震計を、昭和 63 年度から 88 型電磁式地震計を整備した。これらは全国内陸で発生した M3.0 以上の地震を全て検知するという目標を達成するためのものであった。検知能力の向上は、昭和 54 年から運用が始まった地震資料伝送網によって、67 型や 76 型ばかりではなく既存の機械式地震計の波形データも遠隔地から自動収集することで順次解決に向かっていく。これは、津波予報実施官署である津波予報中枢（札幌、仙台、本庁、大阪、福岡、沖縄）における集中的な波形処理、つまり、単独観測点ごとの波形による地震の同定ではなく、複数観測点による波形から地震の同定を行う業務設計変更も相まってのことであった。また、それは大量のデータ処理時代の幕開けでもあった。

地震観測の強化は陸上ばかりではなかった。昭和 43 年に発生した十勝沖地震の際、地震研究所が三陸沖の海底地震計で十勝沖地震の前震を捉えたという報道が契機となり、地震研究所、国立防災科学技術センター（後の国立研究開発法人防災科学技術研究所）、海上保安庁水路部及び気象庁が共同して「海底地震観測施設整備委員会」を設け、海底地震計の実用実験を行うことになった。昭和 49 年からは海底地震常時監視システムの研究開発が気象研究所地震火山研究部において始まり、昭和 54 年 4 月、東海沖における「海底地震常時監視システム」の運用が開始された。この海底地震常時監視システムは、耐圧容器内に地震計、津波計（先端装置のみ）、信号伝送機器等が収納された中間点装置 3 個と先端装置 1 個を海底同軸ケーブルで直列につなぎ、御前崎測候所の沖合百数十 km の海底に敷設した海底システム、御前崎測候所内の信号受信・中継装置、本庁内の信号受信装置及びシステム自動管理装置等による陸上システムで構成された。海底地震計の開発は、日本全土の小地震に対する検知能力を高めるためにも、また海底におけるオンライン、リアルタイムでの観測技術を得るためにも先端的で重要な意味を持つものである。その後、昭和 56 年からの房総沖ケーブル式常時海底観測システム、平成 20 年からの東南海沖ケーブル式常時海底観測システムの整備につながっていく。

（4）日本海中部地震、北海道南西沖地震の発生と津波地震早期検知網の整備

昭和 58 年（1983 年）日本海中部地震では、遠足に来ていた小学生が津波によって多数犠牲になるなど、秋田県を中心に甚大な被害を生じた。その際、仙台管区気象台が津波警報の発表に要した時間は地震発生から 15 分で、津波波源域に近いところでは津波の到達に間に合わなかった。その後、気象庁では電磁式地震計の導入や一部隔測化によって近代化が進められ、昭和 62 年には、地震計データの津波予報中枢への集約を実現した。本庁への地震活動等総合監視システム（以下「EPOS」という。）の整備をはじめとして、平成 2 年以降、順次、各管区・沖縄気象台へ地震津波監視システム（以下「ETOS」という。）を整備し、コンピュータ上での地震波の位相読み取りと震源、M 決定ができるようになったことから、地震発生後 7 ～ 8 分程度で津波警報を発表できるようになった。平成 5 年（1993 年）北海道南西沖地震では、北海道の奥尻島を中心に甚大な被害を生じた。その際、札幌管区気象台が津波警報に発表に要した時間は、当時のシステムの想定より早い地震発生から 5 分後であったが、津波波源域にあった奥尻島には警報の発表前に津波が到達したことから、更なる津波警報等の迅速化を目指し、平成 5 年度補正予算により「津波地震早期検知網」を整備することとなった。「津波地震早期検知網」は、従来、官署設置型が多かった地震計を全て隔測化した「津波地震観測施設」として全国約 180 か所（おおむね 60km 間隔）に整備した。各「津波地震観測施設」には強震計として電磁式の加速度型地震計、高感度地震計として電磁式の速度型地震計を設置した。また、全国約 180 か所のうち 20 か所の「津波地震観測施設」にはモーメントマグニチュード（以下「Mw」という。）を算出するために電磁式の広帯域速度型地震計を追加設置した。この整備により、従来、整備年度により仕様が統一されていなかった気象庁の地震観測網は一新された。また、観測局から最寄りの NTT 回線集約局まで専用回線で波形を送り、NTT 回線集約局から全国 6 か所にある津波予報中枢まで高速デジタル回線を利用する独自回線を設けることとした。これらにより、それまで地震発生後最短で 7 ～ 8 分を要していた津波警報発表までの時間を、地震発生後最短で 2 ～ 3 分程度に短縮することを目指した。事実、平成 23 年（2011

年）東北地方太平洋沖地震では、地震発生後 3 分で津波警報を発表している。また、全国的なテレメータ網の完成は、その後の緊急地震速報実現への契機となったものでもある。

（5）兵庫県南部地震の発生と地震調査研究推進本部の設置

平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震は地殻浅部での大地震であり、発生が早朝であったことから、死者・行方不明者は 6,000 人を超えるなど、神戸市を中心に甚大な被害が生じた。このような状況を受け、全国的かつ総合的な地震防災対策を推進するため総理府（現在は文部科学省）に地震調査研究推進本部が設置された。

地震予知計画の中で各大学・研究機関で実施されてきた微小地震研究は、地域的な特性を探る一面を持っており、観測点配置も地域により粗密があったため、全国的な地震活動を評価するには不十分であった。地震調査研究推進本部では、地震に関する基盤的調査観測網の整備や機関の壁を越えた調査観測データの流通・公開の方針策定、被害を伴うような大きな地震発生時の速やかな現状評価の公表、地震発生可能性の長期評価や強震動予測手法の検討、更にはそれらの結果等を踏まえた全国を概観した地震動予測地図の作成等を行うこととなった。気象庁は、防災科学技術研究所や大学等が整備・運用する地震に関する基盤的調査観測網から得られた地震波形を一元的に処理（以下「一元化処理」という。一元化処理の詳細は、本節第 7 項第 5 目「一元化処理」を参照。）し、地震調査研究推進本部に報告することとなった。これは、従来大学や研究機関で行われてきた地震学的な解析処理が気象庁に新たに導入された一面も持っていた。基盤的調査観測網の一つである防災科学技術研究所が運用する「高感度地震観測網」（以下「Hi-net」という。）の気象庁の震源決定業務への寄与は大きく、一元化処理開始後は 2000 年代には年間約 10 万、自動処理の導入がなされた平成 28 年以降は年間約 20 万前後の地震を処理することとなった。また一元化処理により、低周波地震（微動）の発見がなされたほか、震源決定に関する自動処理など、新たな技術開発が進められる契機となった。

（6）緊急地震速報のための多機能型地震観測装置の整備

緊急地震速報を実現するために平成 15 年から、多機能型地震観測装置の整備が始まった。多機能型地震観測装置は、検知網型と呼ばれるものと官署型と呼ばれるものとの 2 種類がある。前者は平成 5 年整備の津波地震早期検知網のテレメータと通信関係の装置を更新したもので、後者は、気象官署に整備された計測震度計の一部を更新したものである。最大の特徴は単独観測点で地震の規模や震源の位置を推定する演算機能が強化されたことである。また、あわせて、データ伝送手段の高度化（一元化処理による各大学・研究機関で利用実績のある地震波形フォーマット（WIN フォーマット）を用いた IP パケット化、Hi-net のデータ伝送等で実績のある FR 網によるデータ収集）、GPS による観測局側での時刻校正、中枢局側からの監視制御などの機能を加え、既存のテレメータを一新した。これらにより、処理装置側での正確な波形の再現が容易になり、多地点欠測の危険性が減少したほか、常に高い時刻精度が保証されることになった。なお、平成 27 年には首都圏直下の地震に対応した緊急地震速報の高度化を図るため防災科学技術研究所が運用する「基盤強震観測網」（以下「KiK-net」という。）のうちおおむね 500m 以上の深さに設置された南関東にある地震計データ（15 点）の利用を開始した。

（7）東北地方太平洋沖地震と海底地震観測網の充実

平成 23 年（2011 年）に東北地方太平洋沖地震が発生した。気象庁は地震波検知の 5.4 秒後に緊急地震速報（予報）を、同 8.6 秒後に岩手県と宮城県、及び福島県、山形県、秋田県の一部に対して緊急地震速報（警報）を、また同 3 分後に岩手県、宮城県、福島県の沿岸に津波警報（大津波）を発表するなど、当時有する技術、知見から可能な限りの範囲において情報を発表した。しかし、発生した地震の規模があまりにも大きく、このような大きな自然の脅威に対して保有する技術が十分及ばなかったという面があった。例えば、緊急地震速報では、本震における広大な断層のずれに対応できず関東地方には警報が発表できなかったこと、その後の地震の多発や地震後に発生した広域の停電によって予測精度が大幅に低下したこと、津波警報では、地震波の振幅が国内の広帯域地震計の測定範囲を超えてしまったことで、地震発生後約 15 分後に計算する Mw を求めることができず、警報を迅速に更新できなかったことが課題として挙げられた。これを受けて、緊急地震速報のアルゴリズムの改良を進めるとともに、平成 23 年度第 3 次補正予算によって強震動まで測定できる広帯域強震計を 80 か所に整備した。また、大規模かつ長時間の停電を経験し、最大 72 時間の駆動を可能とするバッテリーを整備することとなった。

その後も平成 27 年には、海洋研究開発機構が設置し、防災科学技術研究所が運用する「地震・津波観測監視システム」（以下「DONET」という。）の海底地震計データ（2 点）、令和元年には、DONET 及び平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震を受けて防災科学技術研究所が整備し運用する「日本海溝海底地震津波観測網」（以下「S-net」という。）の一部の観測点の観測データ、さらに令和 2 年 3 月には S-net の全ての観測点の観測データの緊急地震速報への活用を開始するなど、他機関が整備運用する観測網の様々な業務への利活用を順次進めている。

2．震度観測

前述のように日本における地震観測は明治 6 年に函館気候測量所で始まった。全国的な震度観測は内務省地理局が明治 17 年 12 月に観測報告の書式を定めた「地震報告心得」を制定したことにより始まった。その中で地震動の強弱を体感に基づき微、弱、強、烈の 4 階級で区別すると記載された。明治 31 年から、震度階級は震度 0 ～ 6 までの 7 階級となった。その後、昭和 23 年の福井地震を契機として、中央気象台は翌昭和 24 年 1 月に「地震観測法」を改正し、それまでの震度階級に、新たに震度 7（激震）を加えた新しい震度階級を制定した。

そして、平成 8 年には震度 5 及び 6 について階級を分割するとともに、震度は計測震度で求めるものとされ、体感（震度 7 については被害状況からの判定）による震度の観測は終了した。

（1）強震観測と震度の計測化

初期の機械式地震計ではダイナミックレンジや観測可能な周期帯が限られ、あらゆる地震動を記録することは不可能であることから、倍率や観測可能な周期を変えた多数の地震計を置くことで地震動の記録を行ってきた。その中で、低倍率で振り切れにくい地震計として考案された大森式強震計や今村式強震計、中央気象台式強震計が整備されたが、当初は地震計による観測がまだ十分でなく、体感に基づく各地の地震動の強さ、すなわち震度から地震の震源等の要素を推定し、地震活動に関する客観的な記録を残そうと努めた。

明治 37 年には 71 か所の測候所と 1,437 か所の区内観測所（測候所が観測を委託した観測所）から震度データが中央気象台に収集された。

その後、第二次世界大戦後に強震計は 50 型、51 型、52 型機械式強震計に置き換えられるとともに、機械式地震計も電磁式地震計への置き換えが順次進められるなど地震計の整備が進んだ。このような地震計による観測を中心とした業務の構築を進めてきたことから、地震活動に関する記録を残すことを目的とした震度観測は規模を縮小し、昭和 63 年には、全国 158 か所の気象官署において震度観測を行うのみとなった。一方、度重なる地震災害によって震度が防災関係機関の初動対応の基準として極めて重要なものと認識されたこともあり、より客観的かつ迅速な震度情報、震度観測点数の増強への要望が高まった。

そのため、震度を客観的かつ迅速に把握する方法について、昭和 60 年 3 月から昭和 63 年 2 月にかけて「震度観測検討委員会」において検討が行われ、報告書がまとめられた。この報告に基づき、強震計を使用した震度の機械観測を開始し、それにより求められた震度を計測震度と名付けた。また、計測震度の自動算出機能を持つ 90 型震度計が開発された。90 型震度計は波形収録機能を有していなかったが、平成 6 年に展開を開始した 93 型震度計はデジタル波形収録機能を持っており、87 型電磁式強震計と同等の性能で IC メモリカードにデータ収録を行うことができるようになった。

その後、平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震が発生した際には、震度 7 が震度計により自動計測されていない、震度の説明文が現代社会に適合しておらず、特に震度 5 以上の説明については実際に出現する被害状況の幅が大きすぎるため適切な防災対応には十分でないなどの問題点があることが明らかにされた。

そのため、「震度問題検討会」において検討が行われ、平成 7 年 11 月に報告書がまとめられた。この報告書では、気象庁が発表する震度は計測震度で観測すること、震度 5 及び 6 については階級を分割すること、地震による被害状況から判定することとしていた震度 7 は事後の調査によるものではなく、計測震度 6.5 以上を観測したものとすること、「震度階級表」にある各階級の名称（微震、軽震、弱震等）は取り除くこととされた。この検討会では、「震度観測検討委員会」において検討された震度観測を計測化する場合の算出方法についても見直しが行われ、建物被害との相関を考慮し、震度算出に用いる地震動の周期の範囲を長周期側へ広げること、計測震度の値が連続量として扱えるよう継続時間の考慮の方法を改めること、及び成分ごとに震度を算出していたものをベクトル量として扱うことが適切とされた。こうして、平成 8 年 4 月、震度 7 を含めた震度観測を、計測震度計による観測へ完全に切り替え、体感による震度観測を終了した。この新たな気象庁震度階級の定義に伴い、それ以前の震度階級（旧震度階級）を定める揺れや被害の状況を記した説明表に替え、ある震度の揺れがあった場合、その周辺で実際にどのような現象や被害が発生するかを示す資料として、平成 8 年 10 月に「震度階級関連解説表」を公表した。

また、この検討会の報告に基づいて 95 型震度計が開発された。平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震における経験や教訓をもとに、震度観測網の強化と震度情報の速報化を目的として、震度計の信頼性向上と観測網の高密度化などについて検討を進め、平成 7 年度に約 20km 間隔の全国的な震度観測網の構築（約 600 か所）を実施するとともに、震度計の一層の耐震化、静止気象衛星「ひまわり」の通信回線を用いた震度データ収集の二重化を行った。加えて地方公共団体は独自に震度計を設置し自らの初動防災対応への活用を始めるとともに、防災科学技術研究所でも強震観測網が整備された。

令和 6 年 1 月現在、気象庁は地方公共団体が整備した震度計や防災科学技術研究所の強震観測点も合わせて、全国 4,375 か所の震度計の観測データを集約して一元的に震度を発表している。また、迅速かつ大量に震度の収集が可能になったことから、地震発生直後から震度速報や地震情報の即時的提供が可能となった。その後、震度推定の研究等の進展もあり、平成 16 年 3 月からは面的な推計震度分布図の提供も始まった。

気象庁における強震波形観測業務は、震源決定等のための地震観測として、大森式強震計、今村式強震計や中央気象台式強震計によって行われていた。これらの強震計は、第二次世界大戦後に 50 型、51 型、52 型機械式強震計に置き換えられた。昭和 63 年に気象官署の機械式強震計を廃止したのと同時に 87 型電磁式強震計が整備され、気象庁におけるデジタル強震観測・波形収集業務が開始された。平成 7 年には 95 型震度計が整備され、平成 19 年には 07 型強震計に更新されている。

令和 6 年 1 月時点で、全国の 671 か所に設置している計測震度計と多機能型地震観測装置によって強震波形観測業務を行っており、収集された強震波形はホームページ掲載や DVD による配布という形で一般に公開している。また、収集された波形は震源過程解析や長周期地震動階級の計算にも用いている。

（2）「気象庁震度階級関連解説表」の改定

平成 8 年 10 月公表の「気象庁震度階級関連解説表」は、作成から 10 年以上が経過するとその間の社会情勢の変化もあり、その内容には必ずしも時代に合わない点が生じていた。このため、気象庁は総務省消防庁と共同で、平成 20 年 12 月に、学識経験者及び行政委員で構成される「震度に関する検討会」において、震度観測に関する課題について整理･検討を行った。そして、平成 21 年 3 月に取りまとめられた検討結果に基づき、「気象庁震度階級関連解説表」を改定した。また、今後 5 年程度で定期的に内容の点検を行うこととされたことから、気象庁では解説表の定期的な点検に資するため、顕著な被害地震の発生時に実施する現地調査の一環として揺れの程度を把握するためのアンケート調査を実施しており、アンケート結果は「気象庁震度階級関連解説表」の表現とおおむね一致している。

加えて、一般向けの「震度と揺れ等の状況（概要）」及び防災担当者向けの「気象庁震度階級の解説」を作成した。

（3）検定制度

震度観測の信頼性を確保するため、震度計の規格の統一と測器としての性能を確保することを目的に気象庁では震度計が満たすべき性能の技術基準を定めており、気象業務法第 43 条に基づく委託検定を平成 8 年から開始、検定に合格した震度計には検定証書を交付することとした。この検定のため、平成 7 年度に震度計の検定に用いる装置（被検定震度計に規定の振動を与える装置及び被検定震度計が算出した震度データを受信し評価を行う装置）を高層気象台敷地内に整備し検定を行っている。このような委託検定制度に加え、後述する設置場所等についても設置基準を定め、これらの技術指導を通じて、震度観測の適切な普及に努めている。

（4）震度計設置環境調査

震度は、隣接する場所であっても地盤等の影響によって値は異なる。そのため、観測した震

度を地域の防災対応の基準として用いるためには、その地域の揺れを代表する場所に震度計を設置することが望ましく、局所的に特殊な揺れとなるような地盤や通行車両による震動が大きな場所などを避ける必要がある。また、落下物の衝突など、地震以外の影響による誤った観測を行わないように震度計を設置、保護しておくことも重要である。

平成 16 年 2 月に「震度計設置環境評価指針」を作成し、本指針に基づき、同年 12 月に地方公共団体の震度計の設置環境調査の実施結果を公表した。さらに平成 18 年 4 月に設置環境の改善状況を取りまとめ公表した。

しかし、平成 20 年 7 月に発生した岩手県沿岸北部の地震において、最大震度 6 強を観測した岩手県洋野町大野について、その後の現地調査で、震度計台と地面の間に隙間が確認され、その後の比較観測でも震度が過大であった。そのため、岩手県洋野町大野での観測結果を「不明」と修正して岩手県沿岸北部の地震の最大震度が 6 強から 6 弱に修正されることとなった。この原因について気象庁にて調査した結果、震度計の設置地点は斜面に近く、盛り土かつ緩い地盤であったことなどが分かった。一方、当該観測点は、設置環境評価では B ランク（即時の震度情報で発表するには、問題のない設置環境）となっており、当時の評価指針では上記の原因が検知できないことが分かった。

上記のような背景もあり、「震度に関する検討会」において、不適切な観測点の改善点を明確化することなど、指針における課題の見直しが提言された。これを踏まえ、地震防災上不可欠な震度を正しく観測するために望ましいと考えられる設置場所や設置方法等を取りまとめ、平成 21 年 5 月に現行の「震度計設置環境基準」を定めた。この震度計設置環境基準をもとに、気象庁、地方公共団体、防災科学技術研究所の震度計の設置環境調査を行い、気象庁が発表する地震情報に利用するかどうかの判定を実施している。また、平成 24 年 11 月までに気象庁が震度情報に活用している全ての震度観測点の設置環境を調査しその結果を公表するとともに、その後も定期的な調査を行っている。さらに、地震発生時に震度 5 強以上を観測した震度計については、その設置環境に異常が生じていないかの調査をその都度行っている。また、地方公共団体等が行う設置環境調査の際の利便のため、平成 17 年 8 月に「正確な震度観測を行うために」を作成し、適宜改訂を行っている。

3．津波観測

津波現象は地震、火山噴火、海や湖等への山体崩壊、海底地すべり等によって発生する。このうち地震によって発生する津波は、津波より伝播速度が速い地震波を解析することによってその襲来時刻や高さがある程度予測できる。津波予報のアイデア自体は古くから存在しており、昭和 24 年に全国的な津波警報体制が確立したこともあり、次第に津波警報等の発表は気象庁の重要な業務となってきた。一方、津波観測は主に検潮儀によって行われてきた。検潮儀は海洋潮汐を測定する目的で港等の施設に古くから設置されているものであり、データを即時的に収集することは考えられていなかった。このため現地観測及び自動記録紙による観測が行われてきた。地震時にリアルタイムで潮位の状況を監視し、津波観測によって津波警報等の切替及び解除を行うようになったのは、潮位データのテレメータ伝送が行われ、処理システムに取り込まれるようになってからである。ここでは、地震火山業務に特化した部分について述べる（潮汐・波浪の観測全般については、第 5 部第 6 章第 1 節第 3 項「潮汐・波浪」を参照）。

（1）観測の歴史

津波観測は昭和 26 年の気象官署観測業務規程に定められて以降、検潮所にある検潮儀と呼ばれる機器による現地観測という業務形態が長く続いた。昭和 45 年頃より前は、海岸近くの潮位観測を担当していた気象官署では地震発生時に津波の状況を確認するため検潮所に職員を派遣していたが、昭和 45 年前後からは徐々に検潮所から気象官署まで自動収集される潮位データによって観測を行うようになった。このような津波観測は、実際に津波の有無を現認する点では確実かつ有効であるが、津波予報中枢で直接データを監視できていなかったため、津波警報等の迅速な切替や解除に利用することは困難であった。

昭和 62 年の EPOS 導入時に地殻活動の監視として潮位データが津波予報中枢にある中枢システム上で取り扱えるようになり、以降、EPOS 及び ETOS でリアルタイム潮位データを用いることで迅速な津波観測情報の発表、津波警報等の切替や解除への活用が徐々に可能となっていった。なお、全国を網羅する潮位データの本格的なシステムへの導入は、津波地震早期検知網の導入時にあわせ、津波観測計や巨大津波計を整備した以降である。また、まれな現象ではあるが、令和 4 年のフンガ・トンガ－フンガ・ハアパイ火山の大規模噴火に伴って引き起こされた気圧波による潮位変化、あるいは令和 5 年に発生した孀婦岩（そうふ）西方での海底火山活動の影響が示唆されている津波など、地震以外の原因で発生する津波への警戒の呼びかけも津波の実況監視から行われている。

なお、平成 8 年 3 月に巨大津波計の整備に伴って気象官署での目視観測は終了したが、地震発生時等、万が一、観測施設の障害等により津波の観測値が得られない場合には、当該津波予報区の津波警報等の切替・解除が適切に行われないことが想定される。平成 31 年 3 月から、そのような津波観測施設が障害等で観測値が得られない場合、各地の気象官署は必要に応じて目視等によって津波の状況確認を行うこととしている。目視等による津波の状況確認に当たっては、現地の状況に応じて自衛隊や海上保安庁の協力を求めている。

（2）津波情報に活用する観測地点の拡充

津波情報に活用する観測地点については、気象庁自ら整備する観測点のほか、関係機関の協力も得て、順次活用地点数を増やしてきている。平成 14 年には海上保安庁の験潮所、平成 20 年には国土交通省港湾局の検潮所及び国土地理院の験潮場について津波情報への活用を開始した。また、平成 20 年には、国土交通省港湾局が沖合に設置した GPS 波浪計のデータの津波情報への活用も開始した。GPS 波浪計とは、GPS 衛星を用いて沖に浮かべたブイの上下変動を計測し、波浪や潮位をリアルタイムで観測する機器であり、沿岸から 15km ～ 20km の沖合に設置されていることから、沿岸に津波が到達する前に津波を検知することができる。

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震では GPS 波浪計の観測値を用いて津波警報を更新したこともあり、沖合の津波観測の重要性が改めて認識された。これを受けて平成 24 年から、計 35 地点の海底津波計（気象庁の房総沖・東海沖・東南海沖、地震研究所の釜石沖、海洋研究開発機構の釧路沖・室戸沖、海洋研究開発機構の DONET（現在は防災科学技術研究所が運用）、防災科学技術研究所の相模湾海底地震観測施設）の津波警報等の更新及び津波情報への活用、そしてブイ式海底津波計（東北地方太平洋沖）の設置及び活用を開始した。ま

た、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震を受けて海域で発生する地震及び津波をリアルタイムで観測するために防災科学技術研究所が整備した S-net、平成 24 年以降に観測が開始された DONET の観測点、合わせてケーブル式海底津波計 156 地点のデータについては、平成 28 年 7 月から活用を開始した。さらに同研究所が整備した南海トラフ海底地震津波観測網（N-net）沖合システムの 18 地点のデータについて、令和 6 年 11 月から活用を開始した。N-net 沖合システムの活用により、沖合での津波の検知が最大 20 分程度早くなり、津波警報等の更新及び沖合の津波観測に関する情報の発表において迅速化や精度向上が図られている。

4．地殻変動観測

昭和 48 年 6 月、文部省測地学審議会により建議された第 3 次地震予知計画では、気象庁は埋込型体積歪（ひずみ）計（以下「体積ひずみ計」という。）やケーブル式海底地震計、地震観測の隔測化など新たな観測技術の開発に取り組むこととなった。このうち、体積ひずみ計は、地震直前の地殻内のひずみの急激な変化、つまり大地震の前兆現象を捉える機器として期待されるものであった。当初、体積ひずみ計による観測は、降雨や海洋潮汐など様々なノイズを取り除く必要があったが、昭和 53 年の伊豆大島近海の地震や昭和 61 年（1986 年）伊豆大島噴火、繰り返し発生した伊豆半島東方沖の群発地震活動に伴うデータ変化など、地殻活動現象の監視に有効であることが徐々に明らかになっていった。その後、平成 10 年代にプレート境界が数か月から 1 年程度の間隔で繰り返す、数日から 1 週間程度かけてゆっくりすべる現象、いわゆる「短期的ゆっくりすべり」が発見され、プレート境界の固着状況を捉える測器としてひずみ計を用いた監視が続けられるようになった。

（1）体積ひずみ計の設置

体積ひずみ計が出来る以前は、地殻変動の連続観測には水晶や金属の長い棒を用いた伸縮計、あるいは水管傾斜計が用いられていたが、これらは地震前後の急激なひずみ変化を観測するには不適切だった。そのため、昭和 46 年頃、サックス・エバートソン型と呼ばれる、岩盤の伸び縮みによる検出部の体積の変化（体積ひずみ）を測定する体積ひずみ計が開発され、気象庁地震観測所で試験観測が行われた。小学校のプールにビー玉を落とすと増える程度の微小な体積変化を検出できるとされた高感度の観測機器であったこの体積ひずみ計は、地震予知連絡会により観測強化地域に指定された東海及び南関東を対象として昭和 50 年に 5 地点から整備が開始され、昭和 56 年までに東海、伊豆、南関東地域に 31 地点設置された。高感度の地殻変動の連続観測は新たな観測であったため、観測開始から 10 年ほどの間は、初期埋設時の擾乱、永年及び年周変化、気圧や降水による変化、潮汐による変化など原因特定と補正処理が検討された。

昭和 53 年の伊豆大島近海の地震では、震央に近い石廊崎と網代の体積ひずみ計で地震の約 1 か月前からデータに普段とは異なる変化が生じた。気象庁はこの観測データと有感地震の頻発を根拠として伊豆大島近海の地震の発生直前に地震活動について注意を促す情報を発表した。また、地震直後から約 20 か月にわたって不規則な縮み変化も観測された。これらの変化は、昭和 54 年 9 月頃には定常状態に戻った。前述のような原因不明の様々なデータ変化の中であったこともあり、これらの見出された変化が地震前後に現れる特徴的なものかどうかの確証は残念ながら得られなかった。

昭和 61 年に発生した伊豆大島の噴火では、同年 7 月中旬頃から伊豆大島測候所に設置してあった体積ひずみ計のデータに噴火現象に伴う顕著な変化が繰り返し見られていた。その状況の中で 11 月 21 日に大規模な噴火が発生し、その際、伊豆大島周辺の三浦、土肥、湯河原、東伊豆等の体積ひずみ計のデータにも顕著な変化が現れた。この広範囲にわたる地殻変動は、解析の結果、伊豆大島の噴火に伴うものと解釈された。

これとは別に、昭和 53 年頃から平成 23 年まで、伊豆半島東方沖では群発地震活動が繰り返し発生し、昭和 55 年には M6.7（最大震度 5）の地震も発生した。この群発地震では、その活動の消長と東伊豆の体積ひずみ計のデータに明瞭な関係があることが明らかとなった。解析の結果、マグマ貫入と地震活動に相関関係が見いだされ、その後、地震調査研究推進本部地震調査委員会において地震活動の推移・見通しについて予測的な評価手法が検討され、平成 23 年 3 月から「伊豆東部の地震活動の見通しに関する情報」を運用することとなった（詳細は、本章第 2 節第 1 項第 4 目「伊豆東部の地震活動の見通しに関する情報」を参照）。

（2）多成分ひずみ計の展開

体積ひずみ計の変化が周辺の地殻活動と関連があることが明らかになりつつあった平成 7 年に兵庫県南部地震が発生した。この地震は東海地震のようなプレート境界で発生する大規模地震とは異なる内陸部の地殻浅部で発生した地震であったが、定性的な前兆現象による短期地震予知に関する疑問や批判が学界や社会で生じる契機となった。気象庁では、従来、個々の観測点のひずみ変化に着目して前兆現象を監視していたが、加藤・平澤モデルと呼ばれる岩石実験から明らかになった物理に基づく「前兆すべり」を計算機上でシミュレーションすることによって、地震前に発生するであろう前兆的な地殻変動がどのように現れるかについてノイズレベルとの比較や発生パターンなど詳細な調査を行った。この前兆すべりの考え方をもとに、前兆すべりと関連する可能性のある複数の観測点の変化を監視することとした。

平成 9 年度から東海地震監視体制の強化を目的として、静岡県の協力も得て静岡県中西部を中心に、従来から観測可能であった岩盤の膨張・収縮に加えて、伸びや縮みの力が加わった方向まで計算できる多成分ひずみ計 5 地点（うち 3 地点は気象庁、2 地点は静岡県）の整備を開始し、データの蓄積を待って異常検出のための適切な設定を行い、平成 14 年度から 17 年度にかけて活用を開始した。また、東海地震の「前兆すべり」の検知能力の強化を図るため、平成 20 年度補正予算において新たに 6 地点の多成分ひずみ計を整備し、平成 22 年度から 23 年度にかけて活用を開始した。現在は、静岡県、産業技術総合研究所といった他機関のひずみ計も用いて地殻変動データを 24 時間体制でリアルタイムに監視し、南海トラフ地震に関連する情報の発表のために使用している（以下体積ひずみ計、多成分ひずみ計を合わせ、「ひずみ計」という）。

（3）フィリピン海プレートの短期的ゆっくりすべりの発見と監視

気象庁では平成 9 年から地震データの一元化処理を開始しており、このカタログ作成過程で、従来知られていた火山地帯の地下以外でも、S 波が卓越する低周波地震が発生することを発見した。この低周波地震はフィリピン海プレートの等深度線に沿って発生しており、プレートの沈み込みと何らかの関係が示唆された。その後、防災科学技術研究所により、この現象はフィ

リピン海プレートの固着域の深部で発生するプレートのずれに伴う現象であることが明らかにされた。さらに、この深部低周波地震（微動）（P 波や S 波が明瞭でなく震動が継続するものは「微動」と呼ばれる）が発生すると、同期して複数のひずみ計の変化が観測され、その地殻変動源の位置が深部低周波地震（微動）の震源域と重なることも分かってきた。深部低周波地震（微動）の発見から 25 年近くが経過した現在、これらの現象は前兆すべりとは異なり、フィリピン海プレートと陸のプレートの境界部で数日から 1 週間程度かけてゆっくりとすべる現象（短期的ゆっくりすべり）で、数か月から 1 年程度の間隔で繰り返すことが明らかになっている。以前は一地点のひずみ計の変化で見出そうとしていた地震の前兆現象は、令和 6 年時点で、深部低周波地震（微動）とひずみ計によるゆっくりすべりの状況として監視され、毎月行われる南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会及び地震防災対策強化地域判定会でも評価されている。

5．地震津波現業

地震津波現業では、津波予報等の実施や地震情報の発表、南海トラフ沿いの地殻活動の監視、システムの監視等を行っている。このうち津波予報業務は、昭和 27 年 4 月以降は気象官署津波業務規程に基づき、また平成 7 年 4 月以降は地震津波業務規則に基づき行われている。昭和 37 年 8 月の気象官署津波業務規程改正により、津波業務は他の業務に優先するとされ、今日においても、地震津波現業における津波警報等の発表は、気象庁の業務でも特に優先度の高い業務と位置付けられている。ここでは、地震津波現業の業務の一例として、津波予報業務の側面から変遷について述べる。

（1）中枢における津波予報業務

昭和 27 年 4 月、津波予報は中央気象台、札幌、仙台、大阪及び福岡の各管区気象台並びに新潟及び名古屋地方気象台で行うこととされた。昭和 37 年 8 月の気象官署津波業務規程改正では、本庁又は管区気象台が実施するよう改められた。なお、我が国沿岸からおおむね 600km 以遠の地震についての津波予報は、本庁が行うこととした。

平成 7 年 4 月に、津波地震早期検知網の整備及び EPOS の更新整備により、地震波形の伝送（テレメータ）が一般的になるまでは、地方気象台や測候所で読み取った記録を電報で中枢官署に送信する形が取られていた。有感地震や有感地震相当の地震が発生すると、管内の地震観測を行う気象官署から、震度や P 波の発現時刻等を、10 分以内に電報で報告する。強震計の振幅が一定以上の場合や震度 4 以上のときは、5 分以内に非常電報で報告する。これらの報告をもとに震源を決定し、津波予報作業が必要な場合は、各地の地震計で記録された最大振幅をもとに「津波予報図」を用いて津波の有無を判定する。津波警報又は注意報を行う場合は、警報文等を作成し、これを有線通信課、通報課、無線課等所定の部署に持参して関係機関への伝達を依頼する。その後、震源第 1 報を関係気象官署に伝送する。さらに、震源要素や各地の震度等を盛り込んだ地震情報文や地震連絡電文を作成し、関係官署や部外機関に伝達する。このように、津波警報や地震情報等の発表には多くの時間を要した。昭和 27 年 4 月に制定された気象官署津波業務規程では、発震（地震の体感又は感震器の鳴りはじめ）から 15 分以内に津波予報を行うものとされていた。昭和 32 年 1 月に改正した気象官署津波業務規程では、当時の津波電報の入電にかかる時間等の実情も踏まえ、津波予報の発表は発震後 20 分以内とされた（なお、昭和 44 年 2 月の改正で、津波来襲に 1 時間以上の余裕がある場合は発震後 20 分以内に限らないとする規定を追加している）。昭和 37 年 8 月の気象官署津波業務規程の改正では、30 分以内に来襲する津波予報区に対して予報が効果的に伝わらない場合の免責も規定している。昭和 50 年までの統計でも、津波予報の発表までに平均して 16 ～ 17 分を要していた。

その後、地震資料伝送網と気象資料伝送網の一本化を進め、昭和 56 年 3 月に L-ADESS が運用開始となり、各管区気象台等にも順次展開されるなどした。管区気象台等では、P 波の発現時刻や最大振幅等の読み取り、震源決定、各地点で予想される津波規模の計算、津波警報文の作成、警報文の伝送といった一連の作業が、一部自動化も含めて効率化された。昭和 62 年 3 月に本庁及び管区気象台等に津波予報のための EPOS を導入したことで、予報発表時間は 7 ～ 8 分程度に短縮した。平成 2 年 3 月から平成 6 年 3 月にかけて順次、管区気象台等における津波予報業務等を、従来の L-ADESS の地震処理機能から、ETOS により行うようになった。

平成 7 年 4 月に、津波地震早期検知網の整備及び EPOS の更新整備により、地震や津波の観測は、テレメータ観測を主体にしたものに移行した。平成 11 年 4 月に量的津波予報を開始し、予報発表までにかかる時間を更に短縮した。平成 21 年 3 月から、各管区気象台等の ETOS を EPOS の更新整備により統合し、津波予報等の発表は全国を担当区域とする本庁及び大阪管区気象台の現業（2 中枢）で一元的に実施することとし、大阪以外の管区気象台等は津波の検測等を担うこととなった。平成 30 年 3 月に、EPOS の更新整備により、津波の検測等も含めて、一連の津波予報等の業務は 2 中枢に集約された。

（2）その他の緊急業務等

津波予報業務以外にも、現業班（交替制勤務職員）は、震度 1 以上を観測した場合等の地震情報の発表、北西太平洋津波情報の発表等を担っている。この際、自動で発表される緊急地震速報や震度速報に誤りがあった場合には取り消し報（震度速報）やキャンセル報（緊急地震速報）による訂正を行う。また、東海地震予知のために東海地域の地殻活動を監視し、異常な現象が発生した場合には速やかにデータの解析や地震予知情報課長への連絡、情報発表等を行っていた（平成 29 年 11 月以降は南海トラフ沿いの地殻活動の監視となった）。これらの業務は全て EPOS を用いて行う。

このほか現業班では、休日・夜間でも突発的に対応が生じうる資料の作成作業も担っている。例えば最大震度 4 以上が観測された場合等には地震解説資料（速報版）を作成する。また、平成 20 年 12 月以降は、大地震の発生後直ちに招集される政府の緊急参集チーム協議時に必要な資料の作成等を担っている。

平常時においては、5 交替制勤務職員は、システム監視、南海トラフ・地殻監視、近地地震の検測・震源決定、遠地地震の検測等に分かれて、それぞれの業務を担当する。地震予知に関する社会的要請の高まりと情報通信技術の発展を受け、昭和 57 年 2 月からは、一般調査観測のうち地震観測表の報告発送期日を、それまで旬ごととしていたものを毎日とするなど、精密な震源決定業務も時代を追うごとに徐々に迅速化された。

また、観測点の移設や障害、ノイズ等の状況を踏まえ、緊急地震速報や地震情報の情報発表

に活用する観測点の運用管理も行っている。さらに、震源と震度を結びつける作業（還元震度作業）等を行うほか、各現業班に割り振られた業務として、例えばマニュアルの整備、緊急作業の訓練の立案等の様々な業務を行っている。

特に訓練は重視されており、津波予報業務等の手順を確認する全国地震津波訓練を様々なシナリオで実施する。また、南海トラフ地震に関連する情報に係る訓練及び北海道・三陸沖後発地震注意情報に係る訓練も実施する。このほか、各現業班単位で、日頃から緊急業務の習熟に努めている。また、特異な現象に対する緊急作業の検討を通して技術レベルの向上や課題等の洗い出し等を行う緊急作業シナリオ検討会も行っている。

（3）現業の体制

地震津波現業業務は 24 時間休むことなく対応する必要があることから、現在は、5 班編成による 5 交替制勤務を基本としている。また、昼間の時間帯に、土・日曜日や祝日も含めて交替で業務に当たる特殊日勤という勤務形態の職員もいる。

気象庁本庁における 5 班編成の各班は、全国班長 1 名、東京班長 1 名とその他の現業班員から構成される。全国班長は本庁及び大阪管区気象台の緊急作業全体を指揮・調整し、東京班長は本庁の緊急作業を指揮する。特に津波予報等の承認に関して、後述する現業運営統括会議事務局長たる地震津波監視・警報センター所長、そして全国班長及び東京班長は、地震津波監視課長が不在の場合等の承認代行者に指定されており、地震検知後数分以内に発表する津波警報等の第 1 報は全国班長の判断で発表する場合が多いなど、重要な責任を負っている。

平成 7 年 4 月に、津波地震早期検知網の整備及び EPOS の更新整備が行われ、地震や津波の観測は、地方気象台や測候所を含む気象官署を主体とし、その読み取り結果を電報により本庁及び管区気象台等に送信する方法から、観測網によるテレメータ観測を主体にした観測に移行した。これにより、地震津波現業業務を本庁及び管区気象台等に集約した。

平成 9 年 4 月から、週休 2 日制の導入を契機に、地震火山部各課で構成していた業務を現業の一体運営により、増員なしで 4 交替制勤務から 5 交替へ移行する現業体制を見直し、現業運営統括会議（統括議長：管理課長）の下で、現業運営統括会議事務局（統括事務局長：地震津波監視課主任技術専門官）が各課の現業運営の指揮系統の一本化の事務的な実現を図ることとした。現業運営統括会議事務局は、原則として毎月、全国中枢班長会議を開催し、現業業務にかかるシステムの更新や運用変更、緊急作業の課題検討などを行っている。令和 2 年の組織改正により、地震津波監視課の下に地震津波監視・警報センターが設置され、本庁において地震津波監視・地震精密解析・南海トラフ沿いの地殻活動監視を行う職員は同センターに集約され、現業運営統括会議事務局長には同センター所長が就いた。

平成 21 年 3 月に、各管区気象台等の ETOS を、EPOS の更新整備により統合し、地震津波情報等の発表、緊急に行う震源決定、津波予測のための解析等の業務について、全国を担当区域とする本庁及びその代行を行う大阪管区気象台の現業の二中枢で実施するよう変更した。管区気象台等では、引き続き、管内の地震・津波・震度の観測データの監視及び報告や、詳細な震源及び発震機構の決定等の精密解析を担った。平成 30 年 3 月に、EPOS の更新整備により、津波検測処理等の安定的な運用体制が確立して地震津波監視業務の効率化が可能となったことなどを受け、5 交替制勤務による地震津波現業業務を、本庁及び大阪管区気象台に集約した。これにより、大阪管区気象台を除く管区気象台等での 5 交替制の地震津波現業業務は終了した。

（4）業務継続

昭和 45 年 3 月、消防に関する重要事項を調査審議し、消防庁長官に意見を述べる組織である消防審議会は東京地方における大震災火災対策を答申した。この答申で対象にされている程度の大地震が関東に発生すれば、本庁もその機能を一時的に失う可能性があることから、本庁が実施する地震・津波業務の代行の考え方を整理した。具体的には、大阪管区気象台を代行官署とし、大阪管区気象台もその機能を失ったときは仙台管区気象台を代行官署とした。また余震回数その他必要な資料は長野県内の松代にある地震観測所が長野地方気象台を経由して代行官署に通報することとした。業務代行は、震源の位置や地震の規模、通信系の障害状況等を踏まえ、自動的に開始することとした。

平成 21 年 3 月に、津波予報や地震情報等の発表を、本庁現業で全国を担当区域として一元的に実施するよう変更した際、大阪管区気象台に本庁の業務を継続できる機能を整備した。大きな地震が発生すると、本庁と大阪管区気象台で並行して震源決定作業を行い、全国班長がどちらかの震源を選択して地震情報の発表に用いる。緊急地震速報や震度速報等の自動で発信される情報や津波警報等は、一方の中枢官署からのみ部外へ発信される仕組みとなっている。このため、業務代行する場合を想定し、平常時においても発信する中枢官署を月ごとに交替するとともに、「震源・震度情報」等の地震情報の発表については、基本的に東日本の地震を本庁現業、西日本の地震を大阪現業が分担する。津波の監視・検測については、津波予報区や沖合と沿岸の観測で分担する。こうした作業を行うため、大阪管区気象台の現業には大阪班長が置かれ、東京班長とほぼ同等の業務を行う。仮に本庁と大阪管区気象台との間の連絡が途絶し、かつ本庁から一定時間以上経過しても情報発信が確認できない場合等は、大阪管区気象台は自らの判断により、津波予報や地震情報等を発表する。

6．機動観測と現地調査

地震火山業務の創成期の頃は観測網も不十分なうえ震源決定精度も悪かったことから、現地調査を行って地震津波に関わる現象、更には被害状況を記載することは、地震現象を明らかにするうえで重要なことであった。実際、震源や断層の状況、発震機構などは、現地での観察が解明のきっかけとなったことも少なくない。

その後、震源決定の数や精度の向上、地震発生回数の把握、震度情報の発表などを目的として可搬型の観測機器による機動観測が行われたが、近年、観測網が充実するにしたがって、このような補完的な地震観測の必要性は減りつつある。現在は、強い揺れ等による震度観測環境の点検や震度階級関連解説表の点検等のための聞き取り調査などを主な目的として現地調査を実施している。また、津波により浸水又は被害が発生した沿岸では、津波情報に活用している検潮所付近、顕著な被害や痕跡が見られた地域で、被害の状況を把握するための現地調査を行う。

（1）地震・震度機動観測

ア．陸域の地震・震度機動観測

規模の大きな地震が発生した場合等は、余震活動の把握等を目的として、臨時的に地震の観

測を行っている。例えば、昭和 39 年の新潟地震では、海洋気象観測船により震源域に近い新潟県粟島に地震計を運搬・設置し、余震を観測した。昭和 40 年以降の松代群発地震では、地震活動を監視するために地震観測所に自記傾斜計を、長野地方気象台に可搬型地震計を設置した。

被害を伴う地震が発生した場合や、体に揺れを感じる地震が群発した場合等で社会的に不安な状態が続く場合、地震活動状況等の把握に努め、当地における適切な防災対応に資することが求められる。そこで、臨時に観測班を編成して現地に出動し、当該地域を管轄する気象官署と連絡を取りながら地震観測や地震災害の調査等を行うため、昭和 63 年 10 月から地震機動観測実施要領を定めた。地震機動観測は全国の地域を対象とし、機動性を確保する観点から、観測車、運搬が容易な地震機動観測装置等を整備した。データはフロッピーディスクへの収録のほか、計測震度の観測と中枢官署への伝送機能を持たせた。これにより、地震活動が発生した地域に計測震度計が未設置で現地の震度が分からない場合でも、機動観測を行うことにより震度が観測できるようになった。例えば平成元年 6 月以降の伊豆半島東方沖の群発地震活動で、職員が静岡県伊東市に出動し、現地の震度情報を提供した。

機動観測の例を挙げると、平成 5 年（1993 年）北海道南西沖地震では、震源域内に位置する奥尻島内に地震計を設置し、観測データを専用回線で札幌管区気象台に常時伝送することにより地震活動状況の監視に活用した。さらに、計測震度計も島内に設置し、気象官署で震度 1 以上を観測していなくても、奥尻島で震度 3 以上の場合は地震情報を発表した。平成 10 年 8 月の長野・岐阜県境の地震活動では、長野県の上高地に臨時の震度観測点を設置して観測強化を図り、最大震度 5 弱を含む多くの震度を観測した。平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震では、津波の影響等により一部の地方自治体で震度が観測できない状態となったことから、宮城県、福島県、岩手県に臨時の震度観測点を順次設置し観測を行った。

イ．海域の地震等機動観測

海域で大規模な地震が発生した際、震源域周辺の余震活動等を把握するため海底地震計による地震観測を行う。また、海域の地殻構造の解明を行い、震源決定能力の向上を図るとともに、津波予報の精度向上や地震予知の基礎データの収集を通して地震予知計画の推進にも寄与することから、大規模な地震が発生していないときでも必要に応じて地震観測を行った。海底地震計による観測は大きく分けて、ケーブル式海底地震計による常時観測、自己浮上式海底地震計による機動観測、ロープ係留方式による機動観測がある。このうち、ロープ係留方式は、ロープの切断の可能性や漁業との兼ね合いからあまり用いられず、機動観測には主に自己浮上式海底地震計が用いられる。自己浮上式とは、地震計と記録器を耐圧ガラス等のカプセルに納め、重りをつけて海底に沈め、一定期間後に重りを切り離してカプセルを回収するものである。リアルタイムにデータを取得することはできないが、経費が安価で機動的に観測できる特徴がある。

気象庁は、例えば、第 6 次地震予知計画（平成元年度から 5 年度）の推進のため、平成 3 年に八丈島東方沖において地震研究所との共同観測を開始し、平成 5 年には神津島近海での調査観測等を行った。平成 10 年代には、東南海・南海地震を重点的調査観測の対象として調査観測を行った。また、平成 5 年（1993 年）北海道南西沖地震や平成 6 年（1994 年）三陸はるか沖地震、平成 15 年（2003 年）十勝沖地震、平成 16 年の紀伊半島沖・東海道沖の地震活動等の際に、緊急観測等を行った。緊急観測では、大学や独立行政法人等と共同で行われることもあった。得られた詳細な余震活動分布等の成果は、震源域の特定、詳細なプレート構造の把握等に役立てられた。

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震において、大学等と連携して余震観測を行ったのを最後に、常時観測が可能な海底地震計の整備が進んだことなどから本庁や管区気象台等では自己浮上式海底地震計による観測は行っていない。一方その後も、本庁及び仙台管区気象台は東京大学及び東北大学との共同調査観測として、両大学の自己浮上式海底地震計の設置及び回収作業に協力した。

（2）現地調査

近代的な現地の被害状況等の調査は明治期から行われており、震源決定や震度の判定を目的とした被害状況の把握、断層等による地変や地下水、地割れ、噴砂の調査、墓石の転倒方向等の記載がなされ、地震学の発展に寄与した。戦後も例えば昭和 39 年の新潟地震、1968 年十勝沖地震、1973 年根室半島沖地震、1978 年宮城県沖地震等、顕著な地震の際には現地に行き被害状況等を詳細に調査した。

地震に関する現地調査の事例として代表的なものを挙げる。平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震では、神戸市及び淡路島北部等に被害実態の把握等のため、地震機動観測班を延べ 50 班体制で現地調査を行った。その結果、特に被害が激しかった地域を中心に兵庫県神戸市、芦屋市、西宮市、宝塚市や淡路島の一部（北淡町、一宮町、津名町）で震度 7 の分布があることを明らかにした。当時の震度階級では家屋の倒壊率が 30％以上で震度 7 と定義していたものの、震度 7 と判定するのは初めてのことであったため、倒壊（全壊）の定義、ビル等も含めた全壊率の定義、必要なサンプル数等の定義を行い調査した。また、淡路島においては露出した野島断層の調査も行った。平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震では、気象庁地震火山部、仙台・東京管区気象台及び管内各地方気象台は、この地震により震度 5 強以上を観測（推計された地点も含む）した震度観測点のうち、津波により流失した 6 地点、震度計を設置している庁舎が被災した 1 地点、福島第 1 原子力発電所の事故による立ち入り規制区域内の 7 地点の計 14 地点を除いた 491 地点の観測環境の調査・点検及び周辺における被害の状況について現地調査を実施した。この調査に加えて、千葉県浦安市では、液状化による顕著な被害が発生したため、気象庁地震火山部が現地調査を実施した。

津波に関する現地調査としては以下の事例などがある。昭和 58 年（1983 年）日本海中部地震において、北海道地方から九州地方にかけて津波の痕跡調査や聞き取り調査を行った。平成 5 年（1993 年）北海道南西沖地震において北海道地方から中国地方にかけて津波の痕跡調査や聞き取り調査を行い、奥尻島では最大 29m の痕跡高を得た。また、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震では、津波による被害が東日本を中心とした広範囲に及んだため、「東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ」として、気象庁の 16 官署、各地の大学、行政機関、研究機関等で調査を実施し、得られたデータも同グループの成果として公表した。

その後、平成 27 年 4 月には、現地調査の実施基準を、震度 5 強以上を観測したときや、液状化その他の地震による顕著な現象が発生したとき、津波による被害があったとき等に、気象

庁職員が現地に出向いて又は電話等により調査を行うことと明確化した。震度５強以上を観測したときの調査内容は、震度観測点の点検、周辺の被害調査、また外観被害が無い場合は聞き取り調査等である。これらの結果は、気象庁震度階級関連解説表の見直し等の判断にも資するものである。また津波による被害等があった場合の調査は、津波痕跡、津波による被害状況の調査等を行う。

７．地震精密解析等

気象庁では、中央気象台の頃から研究者が開発した震源やＭ決定等の地震学的解析手法を徐々に業務として取り入れていった。その結果はカタログとして当初は気象要覧、Seismological Bulletin、地震年報等で、昭和 26 年１月からは地震月報、平成９年 10 月からは地震月報（カタログ編）でまとめられた。当初のカタログには震源と地震波の位相の観測時刻などが記載されていたが、その後、Ｍや発震機構解が加えられた。また観測網が徐々に高密度になるとともに、震源計算に使用する地震波速度構造やマグニチュード式が改善されていった。

（１）震源決定

震源決定は、近代的な地震観測が始まった時の大きな目的の一つであった。地震計も萌芽期の開発がなされたばかりで現在に比べて刻時精度も低かった明治 19 年の地震報告の中にも、既に「震原図」が描かれている。その後、地震計の改良や設置官署の増加、地震波速度の解明、走時表の作成、刻時精度の向上等が進み作業が徐々に洗練された。昭和中期までは各官署で観測された地震記象から地震波の位相を検測して本庁に送り、本庁ではこれを時間順に整理して地震調査原簿に転記、S-P 時刻から円を描いて震央を決めることで震源決定が行われていた。昭和 20 年から 30 年代においては、最大有感距離が 100km を超えた場合、あるいは、無感であっても地震の規模が大きいと判断された場合は、深さ別の走時曲線にあてはめ、良くあてはまらない場合には震央を変えて作業を繰り返した。この作業は結果に個人差があり、また大きな地震の場合には一日にせいぜい１～２個しか決められないほど大変な作業であったという。

昭和 36 年からは、調査業務における震源計算に電子計算機を用いるようになった。計算は最小二乗法を使うもので、１つの震源を決めるのに必要な時間は１分ほどに短縮されたが、電子計算機に検測結果を読み込ませ、その結果を出力することは、当時の電子計算機の能力、入出力デバイスでは多大な労力を必要とするものであった。また、緊急業務において震源計算が電子計算機で行われるようになったのは昭和 57 年からである。その後、電子計算機は能力が飛躍的に向上するとともに廉価化が進み、震源計算自体は高速に処理されるようになった。一方、地震予知計画による地震計のテレメータ化、一元化処理の開始を経て、処理に用いる観測地点が増加するとともに、より規模の小さな地震についても取り扱うことが可能になった。

震源計算処理は省力化されたものの、AR などを用いた自動処理は一元化処理開始当時から導入されていたが、誤検知や誤検測が多く、解析者による手動検測やチェックが解析作業の大部分を占める時期が長くつづいた。

平成 28 年４月から、PF（Phase combination Forward search）法を用いた自動震源決定手法を導入し、それまでの人手による検測、震源計算された震源に加え、地域ごとに設定したＭの閾値より小さな地震については、自動処理により検測及び震源計算がなされた震源についてもそれを示すフラグを付して採用することとした。その直後に発生した平成 28 年（2016 年）熊本地震においては、従来の手動検測による一元化処理ではリアルタイムで捉えられなかった小さな規模の地震までほぼリアルタイムで地震活動を把握できたことから、震源が既知の活断層に沿うように分布していることや地震活動の範囲が広がったことを早期に把握することができた。検測作業効率が向上し、主として微小地震の震源データ数が大幅に増加した。平成 30 年３月からは深部低周波地震（微動）に対しても MF（Matched Filter）法による自動震源決定を導入し、検測作業の効率化を図り、深部低周波地震（微動）の震源データ数も増加した。

これらの電子計算機による処理によって、気象庁の震源決定数は年間 20 万前後に達するようになった。ただし、ノイズや時空間的に近接して多発する地震による自動震源決定精度の低下は未だに完全には解決していない。

（２）走時表の変遷

震源決定の際、震源から観測点まで地震波が伝播するのにどれだけの時間がかかったか（走時）を知る必要がある。この計算には波線計算が必要で、計算に時間がかかる。気象庁では、震源から観測点までの理論走時の計算時間を短縮するために走時表を使用して震源計算を行っている。走時表は球殻成層の一次元地震波速度構造モデルを仮定して計算されている。第二次世界大戦後、Ｐ波の走時表は昭和５年の北伊豆地震の日本各地の観測結果から求めたＰ波の地下の速度分布などから昭和８年に作成され、Ｓ波の走時表は昭和 10 年に作成されたものを使用していたが、理論走時と観測走時の乖離から、昭和 48 年からは近畿地方以東の各地で行われた爆破地震動の観測結果から推定した速度構造から求められた走時表を、昭和 58 年からは修正が加えられた走時表（83A）を用いるなど改定を重ねてきた。

平成 13 年 10 月からは、震央距離 2,000km 以内の観測点では一つの均一な速度構造で震源決定を行うために地域による速度構造の違いに考慮してより中間的な速度構造を持つよう改良された走時表（JMA2001）、震央距離 2,000km を超える観測点では別の走時表を使用した。ただし、千島列島付近の浅い地震にはより海洋性のプレートの構造を加味した走時表を使用した。この際、観測点の設置標高は海抜 0m であるとして震源計算を行った。なお、この際に平成９年 10 月以降の震源は、同様の手法を用いて再計算を行った。

令和２年９月以降は、内陸の観測点とは地下の地震波速度構造が大きく異なる海域観測点を震源計算に活用するため、①陸域の観測点、②日本海溝の陸側の海底観測点、③日本海溝の外側の海底観測点、④南海トラフ領域の海底観測点の４種類の走時表を用意し震源計算に使用している。震央距離が 2,000km を超える観測点では、令和２年８月までと同様の走時表を用いている。この際、理論走時の計算において、観測点の設置標高を加味できるようにした。なお、海域の観測点では、観測点直下に存在する未固結堆積層の影響で、観測走時は理論走時より大幅に遅れるため、海域の観測点の走時を補正する観測点補正値を求め、震源計算で使用している。

（3）マグニチュード（M）

地震の規模を示す指標であるMは、昭和10年に米国のリヒターによって提唱された。中央気象台は昭和26年に発刊した地震月報において、地震の規模を有感半径に応じて、顕著、稍顕著、小区域、局発と分類していた。昭和28年からは震度と震央距離の関係からAからEのランクに分類して地震の規模と対応させるようになり、昭和32年から観測点の最大振幅から計算されるMを掲載するようになった。このMは60kmよりも浅い地震については変位最大振幅を用いた坪井の式を、それ以外の地震についてはグーテンベルクの式を経て、勝又の式を採用した。一方、小規模の地震では、変位を記録する地震計では地震波信号がノイズよりも小さくなるために最大振幅の観測ができない。このため、地面が動く速度を測る高感度な地震計の記録を用いてMを計算している。この速度記録からMを決定する式は、高感度な地震計が導入された1970年代に変位Mに整合するように決められた。これらは合わせて「気象庁マグニチュード」（以下「Mjma」という。）と呼ばれ、日本の標準的なMとして利用されてきた。

1990年代になって、気象庁の地震観測網の全面的な変更が行われるとともに、他機関のデータを一元的に処理するようになり、大量の地震のデータが蓄積されるようになった。その結果、Mjmaについて、①平成5年度末の津波地震早期検知網の整備により地震計及びその設置環境が一新されてから、変位Mが系統的にやや小さく決定されるようになったことに加え、②90kmよりも深い地震については、速度Mの計算式がないため、速度Mの計算ができなかった。また、1970年代に定められた速度Mの経験式については、非常に限られた当時のデータをもとに式が決められたため、細部において変位Mとのずれが生じること等が見出されていた。これらの課題について、平成13年1月から4月にかけて開催された「気象庁マグニチュード検討委員会」によって、①変位Mについては、津波地震早期検知網以前のMと津波地震早期検知網以降のMとの系統的な差を統計的に吸収することができるよう計算式を改良する、②速度Mについては、防災科学技術研究所のHi-netなどのデータの蓄積を待って、変位Mと更に良く一致し、かつ、90kmよりも深い地震に対しても適用可能な経験式を導入する、という対処方針が示された。

気象庁では、この方針に沿ってMjmaの改善の検討を行った。まず、地震観測網の全面的な変更の影響を吸収し、過去との整合性を確保することができる変位Mの計算式を作成した。その過程で、平成7年（1995年）兵庫県南部地震など、新しい観測網整備以降に発生し、社会的に注目度の高かった顕著な17の地震については、気象官署の震度計の波形データにより、変更前の観測網の地震計の特性や地盤の特性を再現することができたため、従来からのMjmaの計算式を用いて再計算し、上記委員会の検討結果とあわせ、平成13年4月に公表した。また、それまでに蓄積された全国のHi-netなどのデータに基づき、変位Mに対して整合性があって、なおかつ深い地震に対しても適用可能な速度Mの計算式を作成した。そして、平成15年9月から、新しいMjmaの計算式を導入した。新しいMjmaは、従来のMjmaと比較して、震源が浅く規模の大きな地震では、津波早期検知網整備以前の場合にはほとんど変化なく、整備以後の場合には0.2程度大きくなる。M2程度の小さな地震では0.5程度小さくなるなどの特徴がある。

令和2年9月以降は海域観測点の活用にあわせ、S-netについては速度センサーの3成分ごとの最大振幅を合成した値を従来の速度Mの計算式に適用し、設置条件にあわせた補正値を適用している。

なお、Mを計算するためには、地震計の種類や設置環境、観測網の状況などに応じた様々な経験式が用いられているが、国際的に統一されたものはない。しかし、現在、物理的に地震の規模を示すMと考えられているのは、「モーメントマグニチュード（Mw）」である。これは、断層の面積と断層すべり量の積の対数に比例する量であり、MjmaがM8前後から飽和するのに対し、Mwは飽和を起こさないという点で利点がある。ただし、Mwを算出するには地震波全体を使った複雑な計算が必要なため、地震発生直後に行う地震の規模の推定には使えないこと、小規模な地震では計算することが困難なこと、更には、データの蓄積が最近30年間程度に限られるという欠点がある。Mjmaは、地震発生後、比較的早く容易に求められることに加え、基本的にMwと良く一致するという利点もあり、現在の地震活動と過去の地震活動との比較や、耐震工学的な基準を作る際のデータベースなどにも幅広く利用されている。気象庁では、地震の規模を表す代表値としては、Mjmaを使用することを基本としているが、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震のように、Mjmaでは地震の規模を適切に表せない場合等にはMwの値を代表値とする場合がある。

（4）発震機構（地震のメカニズム）

明治31年頃、大森房吉は地震の連続観測に成功し、近代的な地震の研究が進んでいくが、その中に地震波の初動を使って地震の原因を探る試みがあり、明治から昭和中期にかけては地震学研究の最先端の話題の一つであった。中央気象台及び気象庁においても、地震波の初動に関する初期の研究では重要な成果をあげている。発震機構、つまり地震発生の理論的背景に決着がついたのは昭和35年であった。P波の初動極性（押し引き）の分布から地震を起こした断層を推定する初動発震機構は、昭和51年12月の地震月報から、その3年前の昭和48年の1年分を掲載するようになり、平成4年から地震月報に各月分を掲載するようになった。

その後、津波地震早期検知網における広帯域地震計の導入に伴い、平成6年から地震波形全体を用いて、観測された地震の波形を最もよく説明する地震の位置と時刻、規模、及び発震機構を推定するセントロイド・モーメント・テンソル解（以下「CMT解」という。）を求めるCMT解析を試験的に導入した。平成14年1月から地震・火山月報（カタログ編）に解析結果の掲載を始めた（平成6年9月以降のCMT解を公表）。さらに、不均質なすべりの時空間分布を推定する震源過程解析は平成21年9月以降の大きな地震について解析を開始し、ホームページで公表している。

（5）一元化処理

中央気象台、気象庁が作成してきた地震年報や地震月報というカタログは、日本の地震カタログとして使用されてきたが、地震予知計画によって微小地震の震源が決められるようになると、地震のカタログが気象庁や様々な研究機関で複数存在する状況となった。平成9年10月以降、気象庁では、気象庁や防災科学技術研究所、大学等の関係機関からの地震観測データを一元的に収集し、大・中・小地震ばかりでなく微小地震も含む地震について震源、M、発震機構など精密な解析処理を開始している（一元化処理の経緯については、同章第2節第7項第

2 目「地震調査研究推進本部」を参照)。

使用する観測点は当初、気象庁と大学及び防災科学技術研究所の観測網から開始され、平成 12 年 10 月からは防災科学技術研究所の Hi-net 観測点が本格的に加わり、令和 6 年時点では、国立研究開発法人防災科学技術研究所、北海道大学、弘前大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、高知大学、九州大学、鹿児島大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国土地理院、国立研究開発法人海洋研究開発機構、公益財団法人地震予知総合研究振興会、青森県、東京都、静岡県、神奈川県温泉地学研究所、2016 年熊本地震合同観測グループのオンライン臨時観測点（河原、熊野座)、2022 年能登半島における合同地震観測グループによるオンライン臨時観測点（よしが浦温泉、飯田小学校)、米国大学間地震学研究連合（IRIS）の観測点（台北、玉峰、寧安橋、玉里、台東）のデータ、約 1,800 地点の地震観測点のデータを使用している。この一元化処理にともない、地震の検知能力、また震源決定精度は大きく向上し、内陸では M が 0 以下の小さな地震も数多く決定されることとなった。

また火山付近等の低周波地震に加えて、平成 11 年頃に発見された低周波地震（微動）に平成 11 年 9 月から低周波地震であることを示すフラグを付して地震カタログに記載している。

（6）カタログの品質管理

地震のカタログは年代ごとに精度や品質が均質なものではない。過去に公表された震源等については誤りの訂正が必要な部分がある他、その後のデータ処理方法の改善や資料の補足により精度を改善する余地が残されている。これら過去の資料を統一した基準で短期間に全面的に見直すことはその作業量から困難であることから、順次改定作業が進められている。

8．松代地震観測所における観測

第二次世界大戦末期に長野県埴科郡西条村（現在の長野市松代町）に大本営の機能を移転する計画が立てられ（松代大本営)、昭和 20 年 8 月 15 日の終戦とともに未完成のまま工事が中断された。その松代大本営跡地の移管を受けて中央気象台松代分室（後の気象庁松代地震観測所）は、昭和 22 年 5 月に設置された（昭和 23 年 2 月に中央気象台松代地震観測所、昭和 24 年 6 月から地震観測所と改称された)。松代は本州の中央部に位置し、波浪ノイズの原因となる太平洋、日本海からも遠く離れ、また鉄道・自動車・工場などによる雑振動も少なく、地震･地殻変動など地球物理学的な様々な精密観測を行うには絶好の場所と考えられた。実際、その後、様々な地震計の比較観測、群発地震、遠地地震、地殻変動等の観測や研究が行われた。

松代地震観測所では昭和 24 年 5 月にウィーヘルト式地震計による地震観測を開始した。その年の 7 月には長周期電流計を用いた電磁光学記録式のガリッチン地震計の観測も開始した。これらは微弱な遠地地震の観測に効果を上げた。8 月からはシリカ傾斜計による傾斜観測を開始し、12 月には 100m の鉛管を用いた水管式傾斜計が設置され、観測を開始した。昭和 25 年 8 月には測器工場製の 1 トン長周期地震計の南北成分の、昭和 26 年 6 月には東西成分の観測を開始し、9 月には 51 型強震計による観測を開始した。昭和 28 年にはひずみ地震計の前身とも考えられるシリカ伸縮計を設置し、地盤伸縮の経年変化の連続観測を開始した。昭和 29 年には可変容量型の電磁式地震計による観測が加わり、昭和 30 年には短周期上下動地震計による観測を開始した。昭和 31 年からはウッドアンダーソン地震計が近地地震の M を決める標準測器として観測に加わった。昭和 32 年 8 月には国際地球観測年（IGY: International Geophysical Year）に参加する一環としてベニオフ地震計（短周期成分約 10 万倍､長周期成分約 7,000 倍)を設置し､その後の観測でも重要な役割を果たした。昭和 36 年、52B 型強震計による観測を開始した。米国が提唱した世界標準地震観測網（WWSSN: World-Wide Standardized Seismograph Network）の設立により昭和 40 年 8 月にベニオフ短周期地震計（固有周期 1 秒）とプレスユーイング長周期地震計（固有周期 15 秒）から構成される世界標準地震計（WWSS）を設置し、国際協力観測点となった。さらに横穴式としては世界一の規模を持つひずみ地震計を設置し、地殻変動の連続観測及びひずみ地震波の観測を開始した。

その直後の昭和 40 年 8 月 3 日から松代群発地震が始まった。現地では地震研究所を中心とする各大学、気象庁、その他関係機関によって各種の観測、調査などが行われ、気象庁に事務局を置いた北信地域地殻活動情報連絡会も発足して、その成果は地震活動の推移の予測や各種の地震防災対策に役立てられた。一方、地震活動は日を増して活発になり、社会的に深刻な影響を及ぼし、昭和 42 年 2 月の事務次官会議において「松代地震センター」の設立が決定し、松代地震観測所構内に、関係機関からなる協議体として、後述する松代地震センターが開所された（本章第 2 節第 7 項第 3 目「松代地震センター」を参照)。この地震について、機械的に震度を測定する試みも行われた。

昭和 42 年には遠地地震に対する観測能力の強化を目的に、長周期磁気テープ式地震計を設置し、観測データの磁気テープによる収録や各種の解析処理が可能となった。昭和 45 年には大地震による津波災害を軽減するための震源の即時決定が気象庁の重要業務を担っていた。

昭和 50 年代には地震予知への関心が社会的にも大きくなり、昭和 55 年には第 4 次地震予知計画の一環としてひずみ地震計が、昭和 56 年には水管傾斜計が更新され、観測データをデジタル収録し計算機で処理するシステムとなり観測精度の向上が図られた。昭和 58 年には地震の検知能力の強化及び気象庁本庁の東海地震予知業務における非常時支援を目的として、新たに群列地震観測システム（詳細は、本部第 4 章第 1 節第 4 項「群列地震観測システム」を参照。）が整備、試験運用が開始され、翌 59 年度から本運用を開始し、地震の検知能力が大幅に向上した。昭和 63 年から平成元年にかけて 87 型電磁式強震計の運用、通報を開始した。以後、平成 7 年 4 月には組織改編のため、気象庁の施設等機関であった地震観測所は気象庁地震火山部地震津波監視課精密地震観測室となった。

一方、国際的にも優秀な観測所が数多く設立され、汎世界的に地震の分野での数多くの業務的な協力がなされる中、昭和 48 年に米国地質調査所（USGS）の委託により高感度長周期地震計（HGLP）が設置され、以降、マントル波を含めた長周期波動の高倍率観測が行われた。この地震計は昭和 52 年に改良型高感度長周期地震計（ASRO）に置き換えられ、昭和 63 年には世界標準地震計と改良型高感度長周期地震計との機能を併せ持つ広帯域地震計（STS-1）が設置され、国際地震観測網（GSN）の観測点 MAJO として地震波形を世界に提供することとなった。令和 5 年に、この STS-1 はボアホール型の STS-6 に更新された。

精密地震観測室では、平成 14 年には米国地質調査所が運営する LISS（Live Internet Seismic Server）から世界の地震観測網の地震波形データをインターネット経由で取得し、

世界各地の地震の震源と規模を迅速かつ高精度で決定する LISS システムを整備し、平成 17 年から北西太平洋津波情報センター（詳細は、本章第 3 節第 3 項第 2 目「北西太平洋津波情報センターの設立」を参照。）の支援業務を実施した。また、自然地震でない可能性のある震動波形の解析・判断に要する時間を短縮するため、平成 18 年度補正予算により平成 20 年 3 月にボアホール型の広帯域地震計を設置して観測を行った。

平成 26 年 4 月に気象庁地震火山部地震津波監視課松代地震観測所となり、平成 28 年 4 月には、EPOS 更新により、松代地震観測所の地震解析業務を気象庁本庁へ移管するとともに職員の常駐は終了し、長野地方気象台内に松代地震観測所連絡事務所を設置した。その後、松代地震観測所連絡事務所は、令和 6 年度から東京都港区（気象庁本庁）に移転した。

【第 2 節】地震津波防災情報と防災支援

1．地震情報

（1）震源や震度に関する情報

地震が発生した際の揺れの大きさは、震源以上に国民の関心が高い。震度の観測は地震業務とともに始まったものであるが、長らくはカタログへの記載や津波予報への活用が主たる業務内容となっていた。昭和 28 年に震源、各地の震度を積極的に放送局へ提供するようになるが、体感で震度を観測していた頃は迅速性に限界があった。そのため、地震が発生した後に問い合わせに答える形での提供が主であった。大地震後は、津波予報中枢では、津波予報に係る作業（内陸の地震等で「ツナミナシ」の津波予報を発表する場合を含む）を優先し、その後に震度に関する情報を発表していた。そのため、特に津波警報等を発表する地震では、管内の震度について発表するまで 10 分以上、状況によっては 20 ～ 30 分程度を要する場合もあった。ただし地震発生から数分で、大きな地震があった事実や当該官署の震度を端的に発表することもあった。このほか、地震活動が活発な場合は余震回数を取りまとめて発表するなどしていた。1990 年代に計測震度計による震度の自動計測化とその集信が行われ、迅速な地震情報の発表を行うようになった。

気象審議会答申第 19 号「今後の地震・津波情報の高度化のあり方について」（平成 6 年 10 月）を踏まえ、平成 7 年 4 月から、地震発生後 2 分程度で、その観測地点を含む地域の名称を用いた「震度速報」の発表を開始した。また、先に述べたとおり、平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震における経験や教訓を踏まえ震度の計測化が行われ（本章第 1 節第 2 項第 1 目「強震観測と震度の計測化」を参照）、震度情報の速報化のために、震度観測網の構築に加えて、静止気象衛星「ひまわり」の通信回線を用いた震度データ収集の二重化が図られている。

平成 6 年度以前、震度の情報は、本庁、本庁以外の津波予報中枢、地方気象台等が、それぞれの管轄範囲の情報を発表することを基本としていた。平成 7 年 4 月の「震度速報」や「震源・震度に関する情報」の運用開始に当たっては、地方気象台等はこれらを発表せず、津波予報中枢が発表することとした（「震源・震度に関する情報」については本庁が全国分を発表）。「各地の震度に関する情報」は引き続き、本庁、本庁以外の津波予報中枢、地方気象台等が、それぞれの管轄範囲の情報を発表することとした。平成 21 年 3 月に津波予報等の 2 中枢化（本章第 1 節第 5 項「地震津波現業」を参照。）が図られると、「震度速報」や「震源・震度に関する情報」の発表作業も 2 中枢に集約され、気象庁本庁名で発表することとなった。

ア．震度速報

国、地方公共団体、報道機関等における緊急の初動立ち上がりに寄与するため、地震発生から約 2 分後に震度 3 以上を観測した地域名（当時全国を 152 地域に区分。令和 6 年現在は 188 地域）と地震の揺れの検知時刻を「震度速報」として発表することとした。平成 21 年 10 月以降は、発表までの時間を短縮し、地震発生から約 1 分 30 秒後に発表している。

イ．震源に関する情報

気象庁が津波警報（大津波、津波）又は津波注意報を発表しない場合であって震度 3 以上を観測した場合には、「津波の心配はない」ことなどを迅速にお知らせすることで、海浜等において揺れによる応急活動を速やかに取ることができる。そこで、平成 14 年 3 月より、「震源・震度に関する情報」よりも早く、地震発生から 3 分程度で、震源と津波による被害の心配がないことを伝える「震源に関する情報」を発表することとした（津波による被害の心配がないことを伝える津波予報については、本節第 4 項第 2 目「津波警報等に関する情報体系の変遷」を参照）。

ウ．震源・震度情報

震度は被害発生推定の基準となり、国、地方公共団体等の機関における職員待機や職員参集の基準となっている。そのため地震時の初動対応用情報、災害応急対策用情報、状況を確認するための情報として、震度 1 以上を観測した場合には「震源・震度情報」を発表している。「震源・震度情報」では、震度 3 以上の地域名と市町村ごとの観測した震度等を発表する「震源・震度に関する情報」と震度 1 以上を観測した地点等を発表する「各地の震度に関する情報」を合わせて発表している。

（2）長周期地震動に関する情報

一般的に、地震の規模（M）が大きい地震ほど、長い周期の揺れが大きくなり、震源が浅い（地表面に近い）ほど、長周期地震動の主成分である表面波が卓越する。このため、震源が浅くて規模の大きな地震ほど長周期地震動が発生しやすくなる。また、長周期地震動は、短い周期の波に比べて減衰しにくく、遠くまで伝わるという性質がある。

平成 15 年（2003 年）十勝沖地震では苫小牧市の石油タンクで、スロッシングによりタンク設備が損傷して火災が発生した。また、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の際、震源から約 700km 離れた大阪市は震度 3 であったにもかかわらず、一部のビルの高層階では大きく長く揺れ続けたため、内装材や防火扉の破損、エレベーターの停止による閉じ込め事故が発生するなど、長周期地震動による被害が問題となった。このため、気象庁は平成 23 年度以降、有識者による検討会を開催し、長周期地震動に関する情報の提供について検討を進めてきた。大阪市の例のように、高層ビルにおける長周期地震動による揺れの大きさは、地表における震度では十分に表現できないため、「長周期地震動階級」という 4 つの階級を持つ別の指標で表すこととし、平成 25 年 3 月から、観測された長周期地震動階級などを気象庁ホームページで試行的に提供するとともに、防災科学技術研究所と共同で、平成 29 年から長周期地震動の予測情報を提供する実証実験を行った。その後、平成 31 年 3 月、「長周期地震動に関する観測情報」の本運用を開始し、観測された長周期地震動階級等の情報を気象庁ホームページで

提供するようになった。さらに、令和５年２月からはオンラインによる配信を開始し、情報提供の迅速化を図った。

また、高層ビルや免震建物の増加、長周期地震動階級の予測技術の実用化を受けて、平成29年３月に「長周期地震動に関する情報検討会」は、長周期地震動に関する警戒・注意を広く国民に呼びかける予測情報を気象庁が担う必要があること、安全な場所で揺れに備えるという行動は長周期地震動でも緊急地震速報と同じであることなどを報告した。これを受けて、令和５年２月、緊急地震速報の発表基準に長周期地震動階級を加える形で、予想される長周期地震動に関する予測情報の提供を開始した。

（３）推計震度分布図

平成16年３月、気象庁は、内閣府と共同で、震度５弱以上の強い揺れが観測された地震が発生した場合に、震度が面的に表示される「推計震度分布図」の提供を開始した。推計震度分布図は、平成７年（1995年）兵庫県南部地震を受けて、気象庁と国土庁防災局（後の内閣府）において、震度の広がりを速やかに把握するための技術開発として続けられてきたものである。

地表で観測される震度は、軟弱な地盤では揺れが大きくなり、固い地盤では揺れが小さくなる傾向があるなど、地盤の影響を大きく受ける。「推計震度分布図」は、震度計で観測された震度をもとに、地表付近の揺れの増幅を表す指標（地盤増幅度）を用いて、約1kmメッシュ（平成16年の提供開始当時）で震度を推計する。推計震度分布図には、震度５弱以上の震度分布に加え、参考のため、その周辺の震度４の分布も含めて表示されている。それまでのように、震度計の置かれた観測点の震度だけでなく、震度計のない場所の震度についても、推計された揺れの大きさが面的な図として表現されている。これにより、地震に伴う強い揺れの広がりが迅速かつ的確に捉えられるため、防災機関の応急対策に効果的に役立つことが期待された。推計震度分布図は、地震発生後約１時間を目途に、都道府県等の関係防災機関に提供されるとともに、気象庁ホームページに掲載され、気象庁が行う緊急の報道発表においても解説することとした。

令和５年２月、高解像度化・高精度化した推計震度分布図（250mメッシュ）の提供を開始した。使用する地盤情報を1kmメッシュから250mメッシュに変更して高解像度化したほか、緊急地震速報の震度予測技術を用いることにより、停電等で震度データが入手できない観測点があった場合でも、高精度の推計震度分布図を作成し、地震発生後15分を目途に、地方公共団体等関係防災機関に提供するとともに、気象庁ホームページに掲載している。

（４）伊豆東部の地震活動の見通しに関する情報

伊豆半島東部の伊東市の沿岸から沖合にかけての領域では、1980～90年代には毎年のように群発的な地震活動が繰り返し発生していた。この群発的な地震活動域は伊東市の市街地に近く、M5クラスの地震が発生すると伊東市を中心として震度５弱程度の強い揺れに見舞われ、被害を伴うことが考えられる。地震・地殻変動観測データや研究成果が多く得られており予測的な評価が可能と考えられたことから、平成21年から地震調査研究推進本部地震調査委員会（以下「地震調査委員会」という。）において評価手法の検討・取りまとめが行われた。具体的には、群発的な地震活動の原因は地下のマグマ活動であるとの考えに基づき、体積ひずみ計で観測されたひずみ変化量から総マグマ貫入量を推定し、総マグマ貫入量等と地震活動の相関関係から地震活動の見通し（最大規模、回数、活動期間）を予測するというものである。一方、この情報は、活火山に位置付けられた伊豆東部火山群の領域を対象としたものであり、静岡県で群発地震活動及び噴火に対する防災対応を検討する必要もあったため、平成21年１月、気象庁等の関係機関も参加した「伊豆東部火山群の火山防災対策検討会」を設置して検討を行った。この検討会において、気象庁が発表する情報と具体的な防災対応等について検討が進められ、平成23年２月の第４回の検討会で、気象庁が発表する「地震活動の予測情報」及び「噴火警戒レベル」と、それに対する避難行動等の防災対応について、委員の意見が取りまとめられた。このことから、気象庁では、伊豆東部火山群における「伊豆東部の地震活動の見通しに関する情報」及び「噴火警戒レベルを付した噴火警報」を平成23年３月から運用することとした。

（５）大地震後の地震活動の見通し

大きな地震が発生した場合、そのほとんどが余震を伴う。総理府が平成７年９月から10月に実施した地震に関する世論調査では、多くの住民が地震発生直後に余震の見通しを知りたいことが明らかになった。そこで、地震調査委員会は、本震－余震型の活動における余震について確率的な表現を用いた評価が可能との考えから、平成10年４月に「余震の確率評価手法について」として検討結果を取りまとめた。気象庁はこれに基づき、平成10年９月の岩手県内陸北部の地震以降、大地震後の防災上の呼びかけで余震確率を用いた注意喚起を適宜行ってきた。しかし、平成16年（2004年）新潟県中越地震では、報道関係者や防災関係者から、「確率の大小と防災対応の関係が不明確で発表された数値をどう受け取って良いかわからない」「何日以内にマグニチュードいくつ以上の地震が発生する確率は何％という表現がわかりにくい」等の意見が寄せられたほか、M6.8の本震をはじめとして、M5～６クラスの余震が活動開始の１週間で複数発生し、余震確率が激しく上下したことなどが課題となった。このことから、気象庁では余震確率の発表方法の検討を行い、情報の受け手側がどう行動したらよいかがわかるような定性的な表現を用いて記述する、可能な限りMではなく震度で説明する、余震発生確率の発表頻度や発表終了時期を見直すなどの改善を平成17年２月に行った。

また、平成28年（2016年）熊本地震において、最初の大きな地震（M6.5）を本震とみなし余震確率を発表したが、翌々日にはより大きな地震（M7.3）が発生したため、①上述の報告書の手法における本震－余震型の判定条件が妥当でなくなったこと、②「余震」という言葉が、先に発生した地震に比べてより強い揺れは生じないと受け取られた可能性があること、③余震確率値が、通常生活の感覚からするとかなり低い確率であり、安心情報と受け取られた可能性があること、などの課題が明らかになったことを受け、平成28年８月に地震調査委員会から「大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方」報告書が公表された。報告書で示された新たな防災上の呼びかけでは、地震発生直後においては過去事例や地域特性に基づき、地震発生から１週間程度は最初の地震と同程度の地震への注意の呼びかけを基本とし、特に地震発生から２～３日程度は大地震が引き続き発生しやすいことや、続発事例がある地域ではより大きな地震の発生もありうるなどの地域特性に応じた注意喚起を付加することとした。周辺に活断層等があれば、地震調査委員会の長期評価結果に基づいてその存在について留意を呼びかけることとなった。また、１週間程度経過後からは、これに加えて余震確率に基づいた数値

的見通しを地震発生当初や平常時との比較（余震確率の倍率）で示すこととされた。前述の報告書を踏まえて、気象庁では、大地震が発生した場合には、地震発生の約１～２時間後から、地震活動の見通しや防災上注意すべきこと等を発表することとしている。これに基づき、例えば令和６年能登半島地震の１月１日の M7.6 の地震においては、発生２時間後の報道発表から今後の地震活動の見通しや防災上の留意事項を呼びかけた。発生１週間後の報道発表からは地震発生確率について地震発生当初との比較や平常時との比較も加え、おおむね１週間ごとに発表した。

（６）遠地地震の地震情報発表の迅速化及び充実化

昭和 30 年代頃以降、環太平洋地域などで発生する大地震について、地震の震源や規模、日本への津波の影響の有無（調査中である場合はその旨）等を、必要に応じ、地震情報として発表していた。震源や規模（M）は、日本の地震観測データとデータ交換により入手していた数少ない海外の観測点のデータだけでは、正確に決定できないこともあり、米国津波警報センターや米国地質調査所等の各国関係機関の情報に頼ることも多かった。

その後、インターネットの発達に伴い、精密地震観測室における海外の地震の観測体制の充実、米国大学間地震学研究連合（IRIS）の地震観測データの国際的な流通等が進み、気象庁が震源や規模を迅速に推定できるようになった。ただこの情報は国内で発生する地震や津波の情報と異なり、高い迅速性を求められることがなく、地震発生から情報発表までの時間は、平成時代初期においても、２時間程度を要していた。平成 16 年 12 月のスマトラ島北部西方沖の地震による津波被害を受けて、国外の地震についても、その発生の事実等を速やかに公表することが求められたこと及び平成 17 年３月から北西太平洋沿岸諸国に対する「北西太平洋津波情報」の提供を開始したことから、同月、「遠地地震の地震情報」の運用を変更した。具体的な変更内容は、①大きな地震が発生した事実を速やかに報じるため、地震発生からおおむね 30 分以内を目途として第１報を発表すること、②「遠地地震の地震情報」の付加文の中に、従来からの日本への津波の影響に関する記述に加え、国外への津波の影響に関する記述もあわせて発表すること、③国外において、津波が観測されたことが分かった場合は、その内容を続報で発表すること、である。「遠地地震の地震情報」は、平成 18 年頃からは「遠地地震に関する情報」と呼称している。

（７）海外における火山の大規模噴火が発生した際の情報

令和４年１月に南太平洋のフンガ・トンガ－フンガ・ハアパイ火山（トンガ諸島）で大規模な噴火が発生した。この噴火に伴う気圧波により、日本各地で潮位変化が観測され、船舶の転覆・沈没などの被害があった。地震に伴う通常の津波とは異なる現象であったものの、当日は、津波警報の枠組みを利用して潮位変化に対する注意・警戒を呼びかけた。この一連の対応で見られた課題について、「火山噴火等による潮位変化に関する情報のあり方検討会」を開催し、潮位変化のメカニズム等の分析とともに、情報発信のあり方について検討した。

検討の結果、気象庁では、（海外の）火山噴火等により津波発生の可能性がある場合は、「遠地地震に関する情報」の枠組みを利用してお知らせするとともに、必要に応じ津波警報等を発表し、警戒・注意を呼びかけることとした。

２．緊急地震速報

明治 13 年に日本地震学会（第一期）が創設された際に、ジョン・ミルンは、津波や地震動よりも速く伝わる電信によってこれらをいち早く報知すること（現在の津波予報や緊急地震速報に相当）が実現すれば、人類を地震の災禍から救うことができると演説した。その後、津波予報に関しては昭和初期からその実現への取組が始まったが、緊急地震速報については繰り返しアイデアは出たものの、地震波の伝播速度が相対的に速いことに加え、地震波とノイズとの瞬間的な判別の困難さから実現にはなかなか結び付かなかった。その後、様々な技術開発により、平成 19 年から緊急地震速報の発表を開始した。これはミルンが演説で語ったことの実現であったとともに、これまでの地震現象の結果に関する情報提供に対し、断層のずれが時々刻々成長する様子と、そこから予測される揺れの予報をリアルタイムで提供できるようになったことを象徴するものであった。

（１）試験運用開始まで

我が国では昭和 40 年に「地震予知研究計画」が始められ、この計画に基づき大学や研究機関、気象庁において地震観測の高感度化、隔測化が競って進められた。その後、1970 年代から 1990 年代にかけてコンピュータの小型化や通信の高速化、これらの廉価化が進んだことで、地震波形の伝送や処理のデジタル化、地震の震源や規模（M）決定処理のシステム化・自動化に関する研究開発が進んだ。これらの研究開発は、緊急地震速報の実現を直接の目的としたものではないが、その基礎となる科学技術を数多く生み出した。

地震計のデータが一か所にオンラインリアルタイムに収集され、震源や M の決定ができるようになった平成４年頃から、気象庁では日本気象協会、三菱総合研究所とともに、後年緊急地震速報となるナウキャスト地震情報の構想を模索し始めた。当時、先行していた新幹線で実用化されたユレダスの技術は、特許問題も絡んで共同事業として進まなかった。平成７年頃になると米国でもリアルタイム地震学の提唱がなされたり、平成 10 年からは土木学会でもリアルタイム地震防災研究小委員会の調査がなされたりするなど、ナウキャスト地震情報の実現に向けた機運が醸成され始めた。気象庁は、平成 11 年度から平成 15 年度までナウキャスト地震情報の実用化のための調査を続けた。

その中で、平成 12 年度から気象庁と鉄道総合技術研究所との共同研究を開始し、ナウキャスト地震情報の基礎になる解析技術の開発を行った。その結果、地震波の最初の数秒間のデータから震央位置を迅速に推定する手法を開発し、この手法を実装した地震計を、平成 15 年に東南海、南海地域を中心に九州東岸から関東地方の 80 か所に設置し、平成 17 年度にかけて全国に展開した。また、平成 15 年からは防災科学技術研究所と気象庁等が新たに「高度即時的地震情報伝達網実用化プロジェクト」を実施し、防災科学技術研究所が運用する Hi-net の観測データやリアルタイム地震情報の処理手法もあわせて用いるようにするなど準備を進め、平成 16 年２月からナウキャスト地震情報の試験提供を開始した。この時、新しい情報の名前を緊急地震速報と定め、試験提供の範囲は平成 18 年３月までに全国に拡大した。

（２）先行的な提供と一般運用の開始

地震の揺れを感じる前に情報を提供する新たな試みは、社会には容易に理解されないことが予想された。そこで、学識経験者や関係機関からなる「緊急地震速報の本運用開始に係る検討

会」を平成 17 年 11 月から開催し、また二度にわたって国民にも直接意見を求め、一般利用者に対する緊急地震速報の発表基準や情報内容、提供方法、利用の心得、普及・広報の方策等を検討し、平成 19 年 3 月に「緊急地震速報の利用に当たっての心得」等を盛り込んだ報告書を取りまとめた。この中で、広く一般に提供する緊急地震速報は、最大震度 5 弱以上が推定された場合に震度 4 以上が推定される地域に発表することなどが整理された。報告書の取りまとめに先立つ平成 18 年 8 月、強く揺れる前に予測情報が入手できる利点と、揺れの予測には誤差があることや震源付近では強い揺れに情報受信が間に合わないという緊急地震速報の性質を理解した特定利用者に対して、先行的な提供を開始した。全国の気象台においても、地方自治体に加え、各地の商工会議所や集客施設等を運営する機関等に直接説明を行うなど、周知・広報に取り組んだ。しかし、平成 19 年 3 月時点でなお国民に広く浸透するには至っていなかったことから同月に内閣府において緊急地震速報の周知・広報及び利活用推進関係省庁連絡会議を設け、気象庁にとどまらず政府一体となった集中的な周知啓発を行った。この間、平成 18 年 12 月には緊急地震速報の伝達手段や利活用方策等について情報交換する緊急地震速報利用者協議会が設立された。

平成 19 年 6 月の中央防災会議において緊急地震速報の一般への提供開始が同年 10 月と決まり、同月から一般向けの提供を開始した。運用開始当初から、NHK 及び民放による放送や J アラートによる伝達がなされ、同年 12 月以降順次、携帯電話向けの緊急速報メールでの伝達が開始された。運用開始時点では気象業務法第 11 条に基づく情報の扱いであったが、気象庁以外の機関からも整合の取れない複数の類似情報が出されることによる混乱が懸念されたことから、同年 12 月に気象業務法を改正し、一般向けの緊急地震速報を地震動警報に、特定利用者向けの緊急地震速報を地震動予報に位置付け、あわせて気象庁以外の者による地震動警報の禁止及び地震動予報業務の許可制度を設けた。

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の際には、気象庁は地震波検出の 5.4 秒後に緊急地震速報（予報）第一報を、同 8.6 秒後に岩手県と宮城県、及び福島県、山形県、秋田県の一部に対して緊急地震速報（警報）を発表し、おおよそ所定の機能は発揮できた。緊急地震速報によって身の安全を図った事例や列車等の制御を行った事例が数多く見られたことに加え、主に東日本では緊急地震速報の受信後に強い揺れが来る実体験をした人が非常に多く、誤差や誤報の相場観も含めて緊急地震速報に関する理解は急速に広まった。一方、本震時に関東地方に対して警報を発表できなかったこと、また地震後に発生した通信回線の途絶や活発な地震活動によって震度を過大に予測するなど緊急地震速報（警報）が適切に発表できない事例が多数発生したこと、といった課題が明らかになった。

（3）巨大地震及び活発な地震活動に対する対策やその後の技術開発

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震で直面した巨大地震、及び活発な地震活動による揺れの予測精度低下という課題に対して、緊急地震速報はその後、更なる技術改善が進められた。例えば、地震波の検知時刻ばかりではなく、振幅等の情報も加味することで、時空間的に近接して発生する複数の地震に対して、従来より精度よく震源推定が可能な IPF（Integrated Particle Filter）法を平成 28 年に導入し、さらに令和 5 年には震源推定手法を IPF 法に一本化することで過大予測の改善を行った。また、震源や M を推定してから揺れを予測する従来の手法に加え、震源や M の推定を行うことなく、地震計で観測された揺れの強さから周辺の揺れを直接予想することで、広い震源域を持つ巨大地震であっても精度よく震度を予想することができる PLUM（Propagation of Local Undamped Motion）法を平成 30 年に導入した。

さらに、震源により近い観測点で地震波を検知し、情報発表の更なる迅速化を図るために、平成 27 年 3 月から防災科学技術研究所が運用する大深度の KiK-net 及び紀伊半島沖の海域の DONET の地震観測データ、令和元年 6 月からは日本海溝・千島海港沿いの海域の S-net のデータの利活用をそれぞれ開始した。加えて、令和 5 年 2 月には長周期地震動による被害を軽減するため、予想される長周期地震動に関する予測情報を緊急地震速報の発表基準に追加した。

（4）誤報の防止

人の判断によって不適切な情報の発信を抑止できないという緊急地震速報の特性から、意図しない誤報への対策は運用開始当初から取っている。例えば、様々な手法を用いてノイズデータの除去を行っているが、1 観測点のみのデータを使っている段階では、除去しきれないノイズのために、落雷等を地震と誤認して情報を発信する可能性がある。このような場合を想定し、発表した緊急地震速報をキャンセルする仕組みを取り入れるとともに、一般向けの緊急地震速報（警報）では 2 観測点以上のデータに基づくこととしている。

平成 21 年 8 月、震度計機能についてのシステム改修作業により生じた不具合を原因として、地震観測点から異常な観測値が送信されたことによって、緊急地震速報の誤報を発表した。平成 25 年 8 月には海底地震計のデータのノイズ処理の不具合により、過大な震度を予想した緊急地震速報を発表した。こうした事例を受け、システム全体の動作確認の徹底や十分な試験運用、ノイズ除去等の一層の対策を進め、信頼性を向上させている。

3．大規模地震対策

昭和 37 年に「ブループリント」が公表され、昭和 40 年に地震予知研究計画（後に第 1 次地震予知計画と呼ばれる）が、昭和 44 年に研究の文字が抜けた地震予知計画（第 2 次地震予知計画）が実施に移され、地震予知に対する機運が高まった（地震予知計画については、同節第 7 項第 1 目「地震予知・火山噴火予知研究計画と科学技術・学術審議会測地学分科会」を参照）。昭和 44 年には地震予知連絡会（事務局：国土地理院）が設置され、第 5 回地震予知連絡会において東海沖地震の可能性が指摘された。昭和 54 年 8 月から気象庁長官の諮問機関として「地震防災対策強化地域判定会」（以下「判定会」という。）が発足した。東海地域の観測データの常時監視、判定会の招集・開催、判定結果に基づく地震予知情報の内閣総理大臣への報告などの業務が気象庁により法的な位置付けをもって行われることとなり、「東海地震に関連する情報」として発表することとしてきた。

その後、中央防災会議防災対策推進検討会議の下で南海トラフにおいて、科学的に想定される最大規模（M9 クラス）の地震の検討が行われ、それを基に南海トラフ巨大地震への対策が進められることとなった。平成 29 年度には、現在の科学的知見では、南海トラフで発生する大規模地震には多様性があり、現行の地震防災応急対策が前提としている確度の高い地震の予測はできない一方で、地震発生の可能性が相対的に高まっていることは評価可能であると取り

まとめられ、その後、具体的な防災対応が整理された。これら防災対応が国で示す基本計画（南海トラフ地震防災対策推進基本計画）に位置付けられた令和元年５月から、「南海トラフ地震に関連する情報」を「南海トラフ地震臨時情報」と「南海トラフ地震関連解説情報」として発表することとした。

また、日本海溝及び千島海溝沿いの領域においても、令和４年３月に大規模地震の発生時期や場所・規模を確度高く予測することは困難であるものの、日本海溝・千島海溝沿いにおける巨大地震の想定震源域及びその周辺でMw7.0以上の地震が発生した場合には、後発の巨大地震への注意を促す情報発信が必要であるとの提言がなされた。この提言を受けて、気象庁は北海道の根室沖から東北地方の三陸沖の巨大地震の想定震源域やその周辺でMw7.0以上の地震が発生した際に、後発地震の発生可能性が平常時より相対的に高まっているとして「北海道・三陸沖後発地震注意情報」を令和４年12月から発表することとした。

（１）東海地震に関連する情報

「東海地震」は、駿河湾から静岡県の内陸部を想定震源域とするM8クラスの大規模地震である。昭和48年には地震空白域や地殻変動の進行から地震発生が危惧されていた根室半島沖でM7.4の地震が発生し、長期予知の成果であると大きな話題を呼んだ。プレートテクトニクス説が社会的に徐々に受容されるとともに、昭和50年２月の中国における海城地震の直前予知の成功があるなか、昭和51年の地震学会秋季大会における「東海地震」説がきっかけとなって東海地域判定会が設置されるなど短期的地震予知体制がスタートした。昭和53年に制定された大規模地震対策特別措置法及び同法による地震防災対策強化地域の指定に対応するため、気象庁は昭和54年に判定会を発足させるとともに、東海地域の観測データの常時監視、判定会の招集・開催、判定結果に基づく地震予知情報の内閣総理大臣への報告などの業務を気象庁が法的な位置付けをもって行うこととなった。

気象庁長官から内閣総理大臣へ報告する地震予知情報を、一般及び関係機関の利用に供するため、そして、地震予知情報の報告を受けて地震防災応急対策を実施する緊急の必要があると認める場合に内閣総理大臣から発せられる警戒宣言後の地震・地殻活動の状況や推移等を知らせるため、地震予知情報に係る技術的事項の解説や警戒宣言後の地震・地殻活動の状況等の観測成果を「大規模地震関連情報」として発表することとした。また、関係機関等の防災対応に資するため、判定会が招集された事実とその時刻、招集に至った異常現象の状況を関係機関等に連絡する「判定会招集連絡報」を関係機関、気象官署及び報道機関に通報することとした。平成９年２月26日には藤枝市花倉に設置したひずみ計に昼過ぎに基準値以上の伸びの変化が見られ、機器の故障も含めて検討し現地に職員を派遣しつつ、地震の前兆現象である可能性も考慮し同日18時に記者会見を実施した。現地調査により同日18時30分過ぎには機器障害によるものと判明した。

その後、平成10年４月に判定会招集要請基準の改定を行い、地殻変動の異常判定レベルをそれまでの約10分の１に引き下げ、より小さなレベルの変動まで監視を行うこととし、また、地震活動に関する基準は削除した。地震活動に関する基準は削除したが、様々な発現様式を念頭に置いたうえでの地震活動の監視が必要であることを意味するものであり、速やかに実施する震源計算結果に基づき、地震の規模（M）や発生の時空間パターン等に着目した異常監視を行っていた。平成10年12月からは、観測データに何らかの変化が現れたときに観測事実とその評価等の結果を、解説情報、観測情報に区分した「東海地域の地震・地殻活動に関する情報」として発表することにした。

平成16年１月からは、平成15年に中央防災会議が取りまとめた「東海地震対策大綱」を踏まえ、近年の科学的な知見により、前兆すべりによる変化に沿った現象が観測されている場合には、警戒宣言よりもある程度前に今後の推移について説明可能な段階が設定できると考えられたことから、①東海地震予知情報：東海地震の発生のおそれがあると認められ、警戒宣言が発せられた場合に発表する情報（従前の大規模地震関連情報に対応）、②東海地震注意情報：観測された現象が東海地震の前兆現象である可能性が高まったと認められた場合に発表する情報（従前の観測情報のうち、前兆現象の可能性が高まった場合に発表するものに対応）、③東海地震観測情報：観測された現象が東海地震の前兆現象であると直ちに判断できない場合や発生した地震が東海地震に直ちに結びつくものではないと判断した場合に発表する情報（従前の解説情報及び観測情報の低レベルのものに対応）の３段階の情報体系に改めた。これにより、判定会招集連絡報で知らせることとしていた判定会の開催については、東海地震注意情報で知らせることになった。平成21年８月に駿河湾で発生した地震（M6.5）により地震防災対策強化地域判定会委員打ち合わせ会を開催して想定される東海地震との関連性の検討を行い、東海地震観測情報により想定される東海地震に結び付くものではないと判断した旨の発表を行った。

平成21年８月に初めて発表した「東海地震観測情報」について、静岡県内の自主防災組織にかかわる人々を対象に実施したアンケートでは「東海地震が発生（を観測）したときの情報と思った」、「観測された現象と東海地震との関連性について調査中である内容の情報とは思わなかった」との意見も少なくなく、情報に対する理解度や分かりやすさ等についての問題が明らかとなった。このため大学関係者、報道関係者及び行政関係者からなる「東海地震に関連する情報の理解促進のための検討会」を開催して東海地震に関する知識や関連する情報の理解促進を図るための具体的な方策を検討し、平成23年３月からは、「東海地震観測情報」を「東海地震に関連する調査情報（臨時）」に名称変更するとともに、毎月開催している定例の判定会の調査結果を「東海地震に関連する調査情報（定例）」として発表し、各情報の危険度に応じて、赤・黄・青のカラーレベルを情報文に示すことにした。さらに、臨時の判定会の開催については、東海地震に関連する調査情報（臨時）で知らせることになった。平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の発生を受け、短期的地震予知の可能性とそれに基づく一部の地震防災対策に対する検討が行われ、東海地震のみを対象とする、地震予知体制の見直しが行われることとなった。その後、平成29年11月から東海地震の想定震源域を含む南海トラフ全域で地震発生の可能性を評価した結果をお知らせする「南海トラフ地震に関連する情報」（後述）の運用を開始するに伴い、東海地震のみに着目した「東海地震に関連する情報」の発表は行わなくなった。

（２）南海トラフ地震に関連する情報

平成28年６月、駿河湾から日向灘沖にかけてのプレート境界を震源域としておおむね100～150年間隔で繰り返し発生してきた大規模地震である「南海トラフ地震」について、前回（昭

和東南海地震（昭和 19 年）及び昭和南海地震（昭和 21 年））の発生から 70 年以上が経過し、次の南海トラフ地震発生の切迫性が高まってきたことから、南海トラフ地震が発生した際に想定される被害を少しでも軽減する観点で、中央防災会議防災対策実行会議の下に「南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ」（以下この項において「ワーキンググループ」という。）が設置され、地震発生予測の現状を踏まえた防災対応の検討が開始された。

ワーキンググループの下に「南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会」（以下「調査部会」という。）が設置され、現行の地震防災応急対策が前提としている確度の高い地震の予測はできない一方で、地震発生の可能性が相対的に高まっていることは評価可能であると取りまとめられた。調査部会が平成 29 年 8 月に公表した報告を受けて、平成 29 年 9 月に公表されたワーキンググループの報告で、南海トラフ地震の予測可能性の現状を踏まえた防災対応のあり方について、気象庁に、迅速に対応できる学識経験者による評価体制の整備が必要であることや、地震発生予測の現状を踏まえた新たな防災対応の検討を計画的に着実に実施する必要があること、などの指摘があった。また、この防災対応が決まるまでの間にも南海トラフ沿いで異常な現象が観測される可能性があるため、当面の暫定的な防災体制を国・地方公共団体はあらかじめ定める必要があるとの提言があった。

以上を踏まえ、気象庁では、新たな防災対応が定められるまでの当面の対応として、平成 29 年 11 月から「南海トラフ地震に関連する情報」の発表をすることとし、南海トラフ全域を対象として地震発生の可能性を評価するに当たって、「南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会」を開催することとした。南海トラフ全域の地震活動や東海地域とその周辺の地殻変動の観測データを監視し、異常な現象を観測した場合や地震発生の可能性が相対的に高まっていると評価した場合等に「南海トラフ地震に関連する情報（臨時）」の発表を行い、定例会合において評価した調査結果を発表する場合には「南海トラフ地震に関連する情報（定例）」の発表を行うこととした。

その後、平成 30 年 12 月に中央防災会議の有識者会議において「南海トラフ沿いの異常な現象への防災対応のあり方について」が取りまとめられ、平成 31 年 3 月には、内閣府が「南海トラフ地震の多様な発生形態に備えた防災対応検討ガイドライン（第 1 版）」を公表し、防災対応をとるべき 3 つのケース（「半割れ（大規模地震）/被害甚大ケース」、「一部割れ（前震可能性地震）/被害限定ケース」、「ゆっくりすべり/被害なしケース」）ごとの具体的な防災対応が整理された。例えば、最初の地震発生後、最も警戒した防災行動を実施する期間は、科学的知見からではなく避難等の継続期間に対する社会的な受忍限度をもとに 1 週間と定められ、ゆっくりすべりのケースの場合には変化していた期間とおおむね同程度の期間と定められた。また、対象となる地域は、南海トラフ地震防災対策推進地域である。

気象庁では、これら防災対応が国で示す基本計画（南海トラフ地震防災対策推進基本計画）に位置付けられた令和元年 5 月から、「南海トラフ地震に関連する情報」を「南海トラフ地震臨時情報」と「南海トラフ地震関連解説情報」として発表することとした。また、「南海トラフ地震臨時情報」では、情報の受け手が防災対応をイメージし、適切に実施できるよう防災対応等を示すキーワード（(調査中)、(巨大地震警戒)、(巨大地震注意)、(調査終了)）を情報名に付記して発表することとした。令和 6 年 8 月に日向灘で発生した地震（M7.1）により南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会を臨時に開催し、この地震と南海トラフ地震との関連性について検討を行った。南海トラフ地震の想定震源域内における陸のプレートとフィリピン海プレートの境界の一部がずれ動いたことにより発生した Mw7.0 の地震と評価したため、「南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）」の発表を行い、その後の推移等について「南海トラフ地震関連解説情報」の発表を行った。運用開始後初めて「南海トラフ地震臨時情報」を発表したことにより認知度は以前より高まったと思われるものの、この情報の制度そのものに対する理解度は十分ではないため、関係機関とも連携して普及啓発の取組を続けている。

（3）北海道・三陸沖後発地震注意情報

日本列島の下には太平洋プレートが沈み込み、その沈み込み口では深い海溝を形成している。房総沖から青森県東方沖の海溝は日本海溝と呼ばれ、十勝沖から択捉島沖及びそれより東の海溝は千島海溝と呼ばれている。「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震」とは、房総半島の東方沖から三陸海岸の東方沖を経て択捉島の東方沖までの日本海溝及び千島海溝沿いの領域で発生する大規模な地震のことを指す。この日本海溝及び千島海溝沿いの領域では、M7 ～ 9 クラスの大小様々な規模の地震が多数発生しており、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震では死者・行方不明者が 2 万人を超えるなど、主に津波により甚大な被害が発生した。また、それ以前にも、明治 29 年（1896 年）の明治三陸地震や 869 年の貞観地震など、巨大な津波を伴う地震が繰り返し発生している。

中央防災会議において、日本海溝・千島海溝で想定すべき最大クラスの地震・津波の検討が進んだことから、これに対する被害想定、防災対策の検討を行うために、令和 2 年 4 月、「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震対策検討ワーキンググループ」が設置され、日本海溝・千島海溝沿いの地震における防災対応に資する情報発信の必要性が検討された。令和 4 年 3 月に、大規模地震の発生時期や場所・規模を確度高く予測することは困難であるものの、日本海溝・千島海溝沿いにおける巨大地震の想定震源域及びその周辺で Mw7.0 以上の地震が発生した場合には、後発の巨大地震への注意を促す情報発信が必要であるとの提言がなされた。

この提言を受けて、同年 9 月の中央防災会議において、国の日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震防災対策推進基本計画が変更され、気象庁は北海道の根室沖から東北地方の三陸沖の巨大地震の想定震源域やその周辺で Mw7.0 以上の地震が発生し、大規模地震の発生可能性が平常時より相対的に高まっている際に、「北海道・三陸沖後発地震注意情報」を発表することとし、令和 4 年 7 月に設置された「日本海溝・千島海溝沿いの後発地震への注意を促す情報発信に関する検討会」において、情報の内容や防災対応の呼びかけ、情報の周知・広報等について検討した上で、令和 4 年 12 月からこの情報の運用を開始した。この情報に対する認知度は低いため、関係機関とも連携して認知度向上に向けた取組を続けている。

4．津波予報・情報

（1）津波予報業務体制の変遷

我が国における津波警報体制は、その前身となる三陸津波警報組織の発足に端を発する。明治三陸地震及び昭和三陸地震による津波の経験は、組織的な津波警報や避難体制の必要性を認

識させ、三陸沿岸を所管する気象官署（青森、八戸、盛岡、宮古、仙台、石巻、福島及び小名浜）では、仙台地方気象台が中心になって、昭和 14 ～ 15 年頃から気象官署における津波警報の実施に向けた検討を重ねた。そして、昭和 16 年 9 月、津波の判定方法、警報の種類、及び伝達の要領などで構成される「津波対策に関する件決定条項」を定め、三陸沿岸に対する津波予報を実施するための組織「三陸津波警報組織」が発足した。これが、我が国における津波警報体制の始まりである。昭和 21 年 4 月には中央気象台も参加し、三陸津波警報組織は 9 気象官署による体制となった。

昭和 24 年には、連合国最高司令官から日本政府宛てに津波警報組織を確立すること等を要求する覚書が出され、これを受けて中央災害救助対策協議会事務局（中央防災会議の前身）を中心とする検討が進められた。同年 12 月に日本国政府は「津波予報伝達総合計画」を閣議了承し、ここに全国的な津波警報体制が確立され、全国を 15 ブロックに区分けした津波予報業務が開始された。また、昭和 27 年 4 月には「気象官署津波業務規程」が制定されるとともに、同年 12 月には気象業務法が施行され、津波警報体制が法律上も明確なものとなった。さらに、昭和 35 年のチリ地震では、日本への津波来襲後に津波予報を発表し甚大な被害が発生したことから、海外で発生する地震への津波対策が講じられた。それまでの津波予報は、日本近海で発生した地震を対象としていたが、昭和 37 年 8 月、日本沿岸からおおむね 600km 以遠で発生した地震による津波予報は本庁が一括して行うこととなり、外国で発生した地震に対する日本の津波警報体制が確立された。

津波警報等を発表する担当気象官署は、当初、中央気象台、札幌・仙台・大阪・福岡管区気象台及び新潟・名古屋地方気象台の 7 官署であった。昭和 47 年 5 月からは、札幌・仙台・本庁・大阪・福岡・沖縄の 6 官署（津波予報中枢）による体制となった。現在の津波警報等の発表体制は、システムの集約に伴う迅速な情報発表の実現及び地震津波業務の継続計画を踏まえ、平成 21 年 3 月から、本庁と大阪の 2 中枢に集約された体制となった。

（2）津波警報等に関する情報体系の変遷

ア．津波警報等津波情報の変遷

昭和 24 年 12 月に閣議決定された「津波予報伝達総合計画」では、津波の予報文は「オオツナミ」「ヨワイツナミ」「ツナミナシ」の 3 種類の警報と、「ツナミカイジヨ」の 1 種類の解除報の計 4 種類とされ、その解説も定められた。これらは全て警報として扱われた。昭和 27 年 4 月には気象官署津波業務規程を施行し、「津波予報とは、津波の有無及びその規模の程度の予想（重大な災害の起こるおそれのある場合には、その旨警告を附する）をいう」と定義し、「予報文は警報文を含む」とした。津波予報の種類、予報文及び解説は、「津波予報伝達総合計画」で定められたものが掲載されている。

昭和 27 年 12 月、気象業務法、気象業務法施行令、気象業務法施行規則が施行された。この新たな法令において、津波警報に「オオツナミ」、「ヨワイツナミ」など複数の種類があることは定められていなかったが、「津波予報伝達総合計画」の存在もあり、円滑な運用が可能であった。昭和 32 年には、「オオツナミ」「ヨワイツナミ」「ツナミナシ」のいずれであるか判断できない場合として、新たに「ツナミオソレ」が加えられた。しかし、住民へ誤解を与えるおそれがあることから、乱用は避けることとなった。

気象業務法施行令が施行された当初は、予報警報の種類は「津波注意報」「津波警報」の 2 種類であったが、運用として津波注意報の内容は全て警報として発表された。津波注意報として運用が始まるのは、被害のおそれのない小さな津波を含む「ツナミナシ」を警報から注意報の区分に変更した昭和 46 年 8 月以降である。昭和 52 年 2 月からは、「ツナミチユウイ」の新設、「ツナミオソレ」の廃止が行われた。「ヨワイツナミ」は“弱い”という表現が警報として適当ではないことから、単に「ツナミ」に変更となった。あわせて、「ツナミチユウイ」の解除に対応する「ツナミチユウイカイジヨ」の注意報が新設され、「ツナミカイジヨ」は「ツナミケイホウカイジヨ」に名称変更し、警報から注意報に変更された。平成 7 年 4 月からは、「オオツナミ」等のカタカナ文字を止め、「大津波」等の漢字かな文字で情報を発表することとした。さらに、平成 11 年 4 月には、同項第 3 目「津波警報等の改善」において後述のとおり、津波の数値シミュレーション技術を導入して、予想される津波の高さを具体的な数値で発表する量的津波予報業務を開始した。

気象庁では、近海で発生した地震に伴い、被害が生じるような津波が発生するおそれがある場合には、速やかに津波警報等を発表し、それ以外の場合には、地震発生から 5 ～ 10 分後に震度情報を取りまとめた「震源・震度に関する情報」等で、「津波の心配はない」あるいは「若干の海面変動はあるが被害の発生の心配はない」旨を発表していた。しかし、気象庁が津波予報を発表していない場合においても、地震による強い揺れ（震度 4 程度以上）を感じたとき又は弱くても長い時間ゆっくりとした揺れを感じたときは、津波対策に万全を図るため、直ちに海浜から離れ安全な場所に避難するよう対応がとられていた。そのため、「津波の心配はない」という情報発信まで地震発生から 5 ～ 10 分かかると、海浜等における揺れの被害による応急活動等に遅れが生じる可能性がある。このことを踏まえ、平成 14 年 3 月から、「津波の心配なし」の津波予報を、震度 3 以上の揺れが観測されたときに発表される「震源に関する情報」の中で発表をすることとした。また、予想される津波の高さが 20cm 以上に至らず、被害のおそれのない海面変動が予想される場合についても、防災関係機関が応急活動等を適切に実施するために、迅速な情報提供が必要と考えられたことから、平成 15 年 12 月から、微弱で被害の心配がない海面変動が予想される場合にも、「震源に関する情報」にその内容を付加して、地震発生から約 3 分後に発表する運用を開始した。

平成 19 年 12 月には政令を改正し、「津波注意報」が新たに、注意を喚起する「津波注意報」と、津波の有無を予想する「津波予報」に区分され、予報警報の種類は「津波予報」「津波注意報」「津波警報」の 3 種類となった。地震津波業務規則での定めは、「津波警報の大津波」「津波警報の津波」「津波注意報」「津波予報」であった。新設された「津波予報」は、地震情報あるいは津波情報に含めて発表することとされ、これにより「被害はないが若干の海面変動がある」と「津波の心配はない」を地震情報で発表していた従来からの運用が、法令としても適正化された。また、「津波警報解除」を警報扱いに変更した。その後、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の課題を踏まえ、平成 25 年から「津波警報（大津波）」「津波警報（津波）」から「大津波警報」「津波警報」へと名称変更がなされ、現在に至る。

また、気象庁では、船舶の運航に必要な海上の津波の情報として、ナブテックスや海上保安庁の無線電話等により、津波に関する海上予報・警報の提供を行っている。

イ．津波予報区の変遷

気象業務法施行規則により、予報警報を行う予報区等を定めている。昭和27年12月（施行時）には、津波予報区は海に面する二以上の府県を含む区域又はこれに相当する区域（沿岸の海域を含む）を範囲とするものとされた。平成4年2月には、対象予報警報に、津波に関する海上予報及び海上警報を加える改正を行った。また、平成11年4月には、津波予報区を、原則都道府県単位とする改正がされ、それまでの18予報区から、66予報区に細分化された。

（3）津波警報等の改善

ア．津波警報等の迅速化

地震発生から津波警報等を発表するまでの時間は、昭和24年の時点では地震発生後15分以内としていたが、昭和32年1月に津波警報等の発表時間を20分以内に改めた。なお昭和47年の沖縄復帰後しばらくの間は、沖縄気象台については20分以内にこだわらず速やかに発表することとされた。昭和57年1月にL-ADESS端末を用いた地震資料処理業務を開始し、それまで手作業により地図上で行っていた震源決定や津波判定を計算機処理で行えるようになると同時に、判定結果もL-ADESS端末から電文として発信するようになり、津波予報の迅速化が図られた。昭和58年（1983年）日本海中部地震では、地震発生後15分で仙台管区気象台が津波警報を発表したが、震源に近い沿岸域では7～8分後に引き波の津波が来襲していた。このため、より早期に津波に対処できるように地震波形データの自動処理等を導入した計算機処理システム（EPOS）を開発し、昭和62年8月からは地震発生後約7分での発表を目指した。L-ADESS端末を用いた業務並びにその後のEPOSによる業務は、管区気象台及び沖縄気象台においてもETOS（地震津波監視システム）が導入されることにより、本庁に準じた形態で行われた。平成5年（1993年）北海道南西沖地震では当時のシステムの想定より早い地震発生後約5分で札幌管区気象台が津波警報を発表したが、既に3分後には奥尻島に津波が来襲していた。このため、津波予報発表時間の更なる短縮を目指して、地震津波観測施設を全国約180か所におおむね60km間隔で整備（津波地震早期検知網）し、平成6年8月からは、沿岸に近い場所で発生した地震については、地震発生後約3分で津波予報の発表を可能とした。平成18年10月からは、緊急地震速報の自動震源処理技術を活用し、日本近海で発生した地震について、十分な精度の震源とMが得られた場合にはそれらを津波警報等の発表へ活用する運用を開始しており、早い場合には地震発生後約2分で津波警報等の発表が可能な体制となっている。このように情報発表の迅速化を進めてきたが、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の事例では、断層のずれの進行に要した時間が、地震発生後3分で発表した津波警報とほぼ同じとなる状況となった。これは、地震発生後3分で津波警報を発表するためには、断層のずれが終わらないうちに警報発表作業に着手しなくてはならないことを意味し、巨大地震に対する津波警報迅速化の限界であった。このように、巨大地震の場合には津波の過小評価につながりかねないことから、後述のとおり情報発信及び技術面における改善を行う必要が生じた。

イ．津波警報等の高度化

平成10年度以前は、経験的な手法で作成された津波予報図を用いて、想定される津波の高さ及び範囲を判定していた。また、検潮所等の沿岸のある地点から津波が沖合に伝播していく時間の等時線の資料（津波の逆伝播図）を用いて津波到達予想時刻を求めてきた。津波予報図は、その時代の要求や最新の技術により改善が図られてきたが、数値計算による津波予報により、基本的にはその役割を終えた。

平成5年（1993年）北海道南西沖地震を受け、気象審議会答申第19号（平成6年10月）では、津波予報の高度化に向けて「津波の量的予測」のための技術開発を進め、津波予報の改善を図ることが求められた。計算機の性能向上により大規模、精密な津波数値計算が可能となり、その精度について詳細な研究が行われていたこと等を背景として、数値計算に基づき津波の高さを量的に予測する手法の技術開発を進めた。さらに、平成9年7月から12月にかけて、学識経験者や津波防災関係機関等から構成される「量的津波予報検討会」を設けて量的津波予報の技術的手法、津波予報区の見直し、津波予報基準の見直し、津波予報内容、発表タイミング等の見直しについて検討が行われた。技術的手法の検討としては従来の経験的、定性的な津波予報に代わり、地震の断層モデルによる津波の発生、及び津波の伝播に数値モデルを適用して、予報精度の向上を図るものであり、あらかじめ設定した断層モデルについての津波シミュレーション結果をデータベース化しておき、地震発生直後に計算した震源要素から必要な津波予測値を検索することにより迅速性を高めた。津波シミュレーション計算に用いた断層モデルと、実際に発生した地震の断層モデルが完全には一致しないこと等から、運用に当たっては、実際に観測される津波の高さと必ずしも一致しない点を考慮し安全サイドに立った予報を行うことが必要であるとされた。津波予報区については、津波予測の水平分解能が格段に向上すること、従前の数県にまたがる予報区では津波の影響範囲が狭い場合でも広い範囲に同一の津波予報が発表される等、従前の津波予報区が抱えていた問題点、及び地方公共団体の要望から、原則として都道府県単位として見直すことが提言された。

この提言を踏まえ、「量的津波予報システム」の開発及び予報区の細分化を行い、平成11年4月には「量的津波予報システム」により予測される津波の高さを基に、津波警報や津波注意報を発表する量的津波予報業務を開始した。このシステムは、あらかじめ設定した約10万通りのケースの地震について、津波の高さの数値計算を行った結果をデータベース化し、実際に地震が発生した場合には、そのデータベースから発生した震源要素に最適な津波予測値を直ちに検索し、予測される津波の高さ（0.5m、1m、2m、3m、4m、6m、8m、10m以上）等を推定するものであった。平成19年には、短時間でCMT解を計算することにより求められた地震のメカニズムと規模（Mw）を用いた津波警報・注意報の切替・解除を開始するとともに、数値シミュレーション技術の進展及び経度1分（約1.5km）間隔に細分化された海底地形の活用による、津波予報データベース（第2世代）への更新を行った。

ウ．平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震を踏まえた津波警報等の改善

平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震では、揺れによる被害もさることながら、甚大な津波被害が生じた。これを受けて、当時発表した津波警報の内容及びタイミング等を検証し、今後どのように改善すべきかについて検討を行うため、有識者及び関係防災機関等からなる「東北地方太平洋沖地震による津波被害を踏まえた津波警報改善に向けた勉強会」を平成23年6月から9月にかけて開催した。

勉強会の中で、当時の津波警報等について四つの課題を整理した。一つ目の課題は、津波警

報の第１報において推定した地震の規模（M）が過小評価となり、これを基に予測した津波の高さも実際の観測値を大きく下回るものであったことである。このため、M8 を超えるような巨大地震について、迅速にその規模を推定する手法を導入し津波警報第１報に活用することが必要となった。二つ目の課題は、津波警報の第１報における予想される津波の高さの発表のあり方についてである。当時、地震規模を過小評価した中で岩手県、福島県に発表した「予想される津波の高さ 3m」が、かえって避難の遅れにつながった例があったとされた。三つ目の課題は、大きな揺れによって国内のほぼ全ての広帯域地震計の測定範囲を超えたため Mw が計算できず、津波警報の続報が迅速に発表できなかったことである。また、GPS 波浪計のデータに基づき津波警報の更新を行ったものの、より沖合に設置しているケーブル式海底津波計のデータを警報更新に反映させる方法が不十分であった。このため、Mw を迅速に求められるよう大きな揺れでも振り切れない広帯域地震計の活用とともに、沖合における津波観測の強化とその利用技術の開発が必要とされた。四つ目の課題は、津波情報で発表した津波の観測結果「第１波 0.2m」等を見聞きし、今回の津波はたいしたことはないと思ったなど、避難の遅れや中断につながった例があったことである。

勉強会における指摘や提言、更には一般からの意見を踏まえ、平成 23 年９月に「東北地方太平洋沖地震による津波被害を踏まえた津波警報の改善の方向性について」として技術的課題に対する改善策を取りまとめた。津波警報等での津波の高さ予想の区分や情報文での具体的な伝え方等については、平成 23 年 10 月から平成 24 年１月にかけて「津波警報の発表基準等と情報文のあり方に関する検討会」を開催して別途検討した。改善内容に対する国民等から意見も踏まえ、平成 24 年２月に「津波警報の発表基準等と情報文のあり方に関する提言について」として提言を公表した。

そして、平成 25 年３月に改善された津波警報の運用を開始した。避難に要する時間をできるだけ確保できるよう、地震発生後３分程度以内に第１報の発表を目指す従来の方針は堅持するとともに、津波の波源（海底の地殻変動）の推定に不確定要素がある場合は、安全サイドに立って津波警報を発表し、その後、得られるデータや解析結果に基づき、より確度の高い警報に切り替えることを基本方針とした。具体的には、地震規模の推定は３分程度で計算可能な Mjma を用いることを基本とするが、地震の規模を過小評価している可能性を速やかに認識できる監視手法（強震域の広がり、長周期成分の卓越など）を導入し、より規模の大きな地震の可能性がある場合には、当該海域における最大の津波想定などをもとに津波警報第１報を発表するように改善した。その後、最新の観測データが明らかになり次第、より確度の高い津波警報に更新することとした。このため、大きな揺れでも振り切れない広帯域地震計の整備やケーブル式海底津波計等の活用を行った。

津波警報及び情報文等の改善については、従前 0.5m、1m、2m、3m、4m、6m、8m、10m 以上の８段階の区分であった津波の高さ予想を、津波予測の誤差やとりうる防災対応等を踏まえて 1m、3m、5m、10m、10m 超の５段階とした。そして、情報で発表する予想高さは、簡潔で単一の数値とし危機感を喚起するため、高さ予想の区分の幅の高い値とした。また、地震規模の過小評価の可能性を検知し、当該海域で想定される最大 M を適用するなどして津波警報を発表する場合は、予想高さは数値ではなく、「巨大」「高い」といった定性的な表現とすることにより、通常の地震とは異なる非常事態であることを伝えることとした。なお、約 15 分後に求まる Mw 等に基づき更新を行う第２報以降の津波の高さは不確定性が少ないことから、予想される津波の高さの区分に従ってその数値を発表する。津波観測値の発表に関しては、観測された津波の高さが低い間はこれが最大だと誤解を与えないように、津波の最大波の高さが予想区分よりも十分小さい場合は、津波の高さを数値で表さずに「観測中」と発表することとした。さらに、沖合の津波観測データはそれまで沿岸の観測データと合わせて発表していたが、これまでの観測情報とは別に「沖合の津波観測に関する情報」を新設し、沖合で津波を検知し、沿岸に顕著な津波が押し寄せるおそれが認められた場合には、直ちに発表することとした。

平成 31 年３月からは、気象研究所が開発した、より精度良く津波の高さを予測する手法（tFISH、本部第４章第１節第２項第８目「第５世代の地震活動等総合監視システム（EPOS5）の運用開始」を参照。）を導入して、津波警報等の更新へ活用することとした。

地震発生直後に初期水位分布を求めることができないため、警報には必ず誤差が含まれることや、地震以外を要因とする津波は予測が極めて困難であり、潮位変化を観測した後の警報発表となりうること等の留意点はあるものの、これまで述べてきたような変遷をたどって津波警報等の発表は大いに迅速化・高度化された。

５．情報提供の変遷

地震や津波の情報は、防災機関や国民等に迅速かつ確実に提供するため、各時代で様々な方法により提供されてきた。ここでは、津波警報等の提供について特有の手段について述べる（それ以外の提供手段については、第２部第１章第１節第２項第２目中「イ．警報事項の伝達」及び第４部第１章第２節「気象情報の部外提供業務等」を参照）。

（１）標識による津波警報等の伝達手段の変遷

ア．鐘音、サイレン音

気象業務法第 24 条では、形象、色彩、灯光又は音響による標識によって津波等の予報事項又は警報事項を発表し、又は伝達する者は、運輸省令（国土交通省令）で定める方法に従ってこれをしなければならないことが定められている。昭和 27 年７月の同法制定時に、津波注意報については鐘音、津波警報は鐘音又はサイレンと定められた。昭和 51 年 11 月、気象業務法施行規則第 13 条の改正が行われ、鐘音のみであった津波注意報の伝達手段にサイレン音が加えられた。これは、津波警報のみにサイレン音を用いていたが、ほかの津波予報についても鐘音とサイレン音を併用すべきであるという意見に答えたものであった。

イ．津波フラッグ

気象庁が津波警報等を発表すると、様々な手段で対象地域にいる人々に伝達されるが、海水浴場等においては、聴覚による伝達手段と比較して視覚による伝達手段が少ないことから、海水浴場等を利用する聴覚障害者等に対し津波警報等を一層確実に伝達できるよう、令和元年 10 月から令和２年２月にかけて「津波警報等の視覚による伝達のあり方検討会」を開催し、津波警報等の視覚による伝達方法について検討を行った。検討の背景としては、平成 23 年の東日本大震災では、岩手県、宮城県及び福島県における聴覚障害者の死亡率が聴覚障害のない

者の２倍にのぼったとのデータがあったほか、東日本大震災における聴覚障害者への情報伝達の問題点として、①防災行政無線、サイレン、広報車による呼びかけが聞こえなかった、②停電によりテレビ（字幕）や携帯メール等が使えなかった、といった点も挙げられる。検討の結果、海水浴場等では携帯電話を所持していないことも多く、防災行政無線やサイレンでは、聴覚に障害のある方に情報を伝達することができないことや、聴覚に障害がなくても、海に入っている場合など、波や風でこれらの音が聞こえない場合も考えられることから、「赤と白の格子模様の旗」（国際信号旗における U 旗）による視覚的な伝達が海水浴場等における津波警報等の伝達手段として望ましいと取りまとめられた。赤白の格子模様のデザインは、実際に視認性の検証も経て決定した。取りまとめを受け、令和２年６月、規程類を改正し、津波警報等の伝達に赤と白の格子模様の旗「津波フラッグ」を用いることを定め、運用の参考となる「『津波フラッグ』による津波警報等の伝達のためのガイドライン」を公表するとともに、関係機関とも連携し、津波フラッグの周知広報に努めることとした。このための具体的な取組として、全国の海水浴場における「津波フラッグ」の活用を推進すべく、地方自治体等への働きかけや周知広報活動を中心に取り組みを行い、数値目標としては、令和７年度までに、海水浴場を有する全国の市区町村のうち、80％以上の市区町村で「津波フラッグ」による津波警報等の伝達が実施されることを目指した（令和６年６月末現在、71％）。

（２）緊急警報放送の開始

深夜等テレビやラジオの放送が視聴されていないときでも、津波警報や大規模地震の警戒宣言が発せられた場合に、緊急警報信号を使用して待機状態にあるテレビやラジオ受信機を自動的に立ち上げ、防災に関する情報を伝達できるシステムとして、「緊急警報放送システム（EWS: Emergency Warning System）」がある。昭和 60 年６月、電波法施行規則等を改正する郵政省令が公布・施行されるとともに、同年９月から NHK で放送が開始され、民放でも順次開始された。緊急警報放送により津波警報が迅速かつ正確に伝達されるよう、各気象台では、津波警報の通知を求める放送事業者にこれを確実に通知することとしている。

６．解説業務

気象庁は地震が発生した後、その現象にかかる情報を逐次発表してきた。また現象終了後、地震や津波の観測データを時間をかけて解析した後に作られる震源要素や津波検測値等の確定値は、地震年報、地震月報といったカタログを作成し公表してきた。一方、近年は、解析にかかる時間が短縮されたこと、情報提供の媒体もラジオやテレビ放送、インターネット等と多様化してきたことから、それに合わせて解説業務（関係地方公共団体、報道機関その他の関係者が行う防災活動を支援するための地震活動及び津波に関する資料の提供及び解説）の内容も変化してきている。平成７年４月の地震観測業務規則の改正では、刊行物の発行、関係機関が実施する地震防災に関する訓練の支援その他の方法により、地震津波情報の種類及び内容その他の地震防災に関する知識の関係地方公共団体等及び一般への普及に努めることが定められた。

また、平成 24 年には管理課に地震津波防災対策室、令和２年には地震津波監視課に地震津波防災推進室が設置され、各種シンポジウムや講演会などをはじめとする集中的な解説、周知啓発が行われている。

（１）報道発表

気象庁は顕著な地震が発生した場合などには速やかに報道発表を行い、発生した地震や津波の特徴を解説し、防災上の留意事項等の周知を行ってきた。事象によっては、夜間や休日を問わず緊急の記者会見を開催し、発表している情報や現象の解説とともに、適切な防災対応をとることを広く呼びかけている。また、地震の発生状況や津波避難の呼びかけ、気象状況についても逐次発表し、注意喚起を行っている（緊急記者会見については、第１部第７章第３節第２項第２目「緊急会見」を参照）。

最大震度５弱以上が観測された場合などは、引き続く地震活動（余震活動等）への関心が高まることから、どのくらいの期間注意すべきか、震度はどの程度になるか、どのようなことに留意しておくべきかなど、今後の地震活動の見通しについて地震解説資料や報道発表の中で解説している。

また、各月上旬（原則として地震調査委員会の前日）には、前月の地震及び火山活動状況について、国土地理院と共に定期的に記者会見を開いて説明している。

地震予知情報等（詳細は、本節第３項「大規模地震対策」を参照。）については、社会の関心が極めて高いことから、報道のあり方が詳細に整理された。大規模地震対策特別措置法が成立する以前の昭和 52 年６月頃には既に、東海地域判定会の開催について報道機関に公開する一方で、社会の混乱を防ぐ観点から報道機関も報道の仕方に配慮することなどの調整が始まっていた。同法成立後は、記者会見を含む取材対応について、気象庁記者クラブから要望がなされ、これを受けて、昭和 55 年３月に気象庁、防災関係省庁及び気象庁記者クラブは、地震予知情報の内閣総理大臣への報告を終え次第、その内容を気象庁記者クラブに発表することに合意した。また、昭和 52 年４月からは、毎月開催される東海地域判定会（後の地震防災対策強化地域判定会）の定例会合の後に記者会見を行い、東海地域の地殻活動について、判定会長と地震予知情報課長が説明を行っていた。この定例記者会見は、毎月上旬に開催されるようになった南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会及び判定会の定例の会合後の記者会見に引き継がれている。さらに、南海トラフ地震の想定震源域とその周辺で M6.8 以上の地震が発生した場合や観測データに異常が現れた場合には、南海トラフ地震との関連性を緊急に評価するための臨時の会合を開催し、検討した結果について南海トラフ地震臨時情報で発表するとともに、記者会見を開いて説明している。

（２）地震解説資料

L-ADESS の整備等に伴い、管区気象台において地震波形データに基づく震源決定を迅速に行い、地震活動状況を速やかに把握できるようになったことから、昭和 59 年度より、管内の地震活動の監視強化を図るため、「管内地震活動図」を毎旬作成し部外機関に配布することとした。沖縄気象台はやや遅れ、昭和 64 年１月より、「管内地震活動図」の作成及び提供を正式運用した。また同じく昭和 59 年４月より、地方気象台における地震調査の一環として、15 の地方気象台で「県内地震活動図」の作成を開始し、対象官署を順次拡大した。「県内地震活動図」は、平常時は毎月１回作成し、地震活動が活発化した時にはその状況に応じて随時作成することで、各県内のより詳細な地震活動の現状把握を行い、きめ細かい防災対応と府県地

震調査の基礎資料として役立てることを目的とした。

平成 7 年 4 月に地震観測業務規則を改正し、最大震度 4 以上の地震が発生した場合や、津波警報等を発表した場合などには、地方自治体や防災関係機関の救助活動や避難などの対応を支援するため、地震解説資料を発表して提供することを定めた。また、地方自治体や防災関係機関のハザードマップの作成や災害予防に係る活動を支援するため、全国の地震の発生状況について、定期的に取りまとめ、その期間に発生した主な地震活動についての解説資料を作成し、発行することも定めた。

平成 25 ～ 26 年度に地方自治体の意見を聞きながら地震解説業務のあり方を見直し、地震解説資料は地震発生後 30 分程度で提供する速報版と、1 ～ 2 時間程度で提供する詳細版を発行することとした。速報版は管区気象台（東京管区気象台を除く）、沖縄気象台及び各地方気象台で作成し提供作業を行った。詳細版は、地方気象台が地方自治体の防災対応支援のため適宜情報解説を行うことから、作成する主体は本庁・管区気象台が担い、地域に特化した内容のみ適宜地方気象台が作成するよう役割を分担した。

平成 30 年 3 月には地震津波現業体制の変更に伴い、速報版を本庁地震現業にて一括して作成・提供することとした。

令和 2 年 3 月には地元の地方気象台がより一層、解説業務に注力することを目的に運用変更した。種類を全国速報版、地域速報版、全国詳細版、地域詳細版の 4 種類とし、このうち、全国速報版、地域速報版、全国詳細版は本庁にて一括作成・提供することとした。

（3）地震解説、地方自治体等支援

昭和 40 年以降の松代群発地震は大きく注目され、的確な情報発信と解説が求められた。活動初期に本庁と現地官署それぞれで発表した情報で、表現上の違いが意見の食い違いと受け取られ問題となったこともあった。昭和 41 年 4 月、気象庁は文部省測地学審議会の支援を得て、北信越地殻活動連絡会を設置し、毎月 2 回、関係機関が討議し見解を統一するとともに、以降は必要な場合は気象庁（長野地方気象台）が統一的に情報発表（地震活動の解説）を行った。昭和 43 年のえびの地震においても、関係機関が異なった見解を表明すると現地が混乱することが危惧され、えびの地震総合観測班を設け、福岡管区気象台が統一的に情報発表（地震活動の解説）を行った。

遅くとも昭和 60 年代には、津波予報や地震情報の解説内容の充実、ローカルな地震に関する解説の実施、県内の地震活動調査の結果の関係機関への解説等を、地方気象台等の業務の一つと位置付けていた。平成 7 年 4 月に地震解説資料の提供を開始するに当たっては、地方気象台等は官署長の判断により防災関係機関に解説をすることとした。

平成 25 ～ 26 年度の地震解説業務の見直しの際には、大地震や津波の際に地方自治体を支援できるよう、普段から定期的にあるいは必要に応じて地方公共団体との勉強会や打合せ等を行い、地域の地震活動の特徴や情報・資料等を読み解くために必要となる知識や相互の業務体制等についての理解を深めることとした。そのために、地震や津波に関する資料を容易に取得できる仕組みの構築や、地震・津波業務における情報解説の職員向けガイドラインの作成等を通じて、地方気象台等の地震解説業務の環境整備を行った。

平成 30 年 5 月に気象庁防災対応支援チーム（JETT）が創設された後は、大地震や津波が発生した際は JETT として地方自治体の災害対策本部に職員を派遣し、解説等を行っている。

平成 31 年 1 月に始まった「あなたの町の予報官」の取組以降は、地域の状況を踏まえ平時から地方自治体の防災担当者に対して地震活動状況の解説や打合せ会等を実施し、信頼関係を構築することで、短時間で様々な対応を行う必要のある緊急時への準備を行っている（詳細は、第 2 部第 2 章第 2 節「平時における災害に備えての取組」を参照）。

（4）地震・火山月報（防災編・カタログ編）、週間地震概況等

地震のカタログは明治 18 年の地震報告が始まりである。明治 31 年からは中央気象台年報戊の部となった。明治 33 年から地震観測の資料は各月の資料を和文で気象要覧にも掲載を始め、大正 11 年からは英文の地震年報も発行した。昭和 26 年 1 月、気象要覧に観測資料を生のまま掲載することは不適当であることから、気象要覧には地震の概報のみを掲載することとし、新たに地震月報の発刊を開始するとともに、地震年報及び海外機関向けの英文速報を廃刊した。地震月報には日本付近の局所的地震及び国際的に問題となるような顕著な地震及び遠地地震の資料を掲載した。昭和 35 年 12 月までは地震月報に和文の「地震概況」の記事を掲載していたが、その後は英文のみのカタログ的な刊行物となった。昭和 39 年 4 月には「地震火山概況」の発行を開始した。昭和 62 年以降、3 か月ごとの国内及び海外の地震活動を「地震・津波防災季報」として発行した。平成 9 年 11 月、それまで刊行してきた「地震火山概況」及び「地震・津波防災季報」の内容を統合して、新たに「地震・火山月報（防災編）」として毎月刊行を開始した。また、観測成果を研究機関等での広範な利用に供するため、「地震月報」を発展させ、「火山報告」の内容を取り込んで、新たに「地震・火山月報（カタログ編）」として刊行を開始した。平成 26 年からは再び火山の内容と分け、地震月報（カタログ編）として気象庁ホームページに掲載している。管区気象台、沖縄気象台、地方気象台でも毎月「地震概況」を発行している。

このほか、毎週の刊行物としては、平成 9 年 5 月に全国の地震等を対象とした「週間地震・火山概況」の発行を開始し、平成 22 年 2 月以降は「週間地震概況」として原則毎週金曜日に発行している。また、東海・南関東地域の週間の地震概況に関しては、昭和 43 年 7 月の測地学審議会建議「第 2 次地震予知計画」を踏まえて昭和 45 年 2 月に地震予知連絡会が観測強化地域に指定した南関東地域と、昭和 49 年 2 月に同連絡会が観測強化地域に指定した東海地域の地震活動を取りまとめ、昭和 59 年 7 月から「東海・南関東地域の週間地震活動概況」として発行した。その後、平成 20 年 2 月の地震予知連絡会で指定地域が解消されたことを受け、平成 22 年 2 月以降は地震予知の対象となっている東海地域に絞った「東海地域の週間地震活動概況」とした。さらに平成 29 年 11 月以降は「南海トラフ周辺の週間地震活動概況」として発行を続けている。

（5）地震津波防災に関する知識の普及

気象庁では、地震や津波に関する情報等の普及啓発のみならず、地震津波防災に関する一般的な知識の普及にも取り組んでいる。

昭和 58 年（1983 年）日本海中部地震を受けて、同年 7 月に関係省庁において沿岸地域における津波警戒の徹底について申合せが行われた。これを踏まえ、気象庁では津波防災に関する国民への知識の普及を継続的に行っており、例えば毎年海水浴シーズン前には各気象官署で

津波防災対策に関する知識の普及に一層努めることとした。申合せは平成 5 年 11 月に改定され、その後も知識の普及活動を継続している。

地震防災に関する知識の普及についても、遅くとも昭和 60 年代には地方気象台等の業務の一つと位置付けていたが、平成 7 年 4 月に地震観測業務規則を改正し、地震防災に関する知識の関係地方公共団体等及び一般への普及に努めることを明確に定めた。

平成 21 年に交通政策審議会気象分科会において、安全知識の普及啓発の強化が提言されると、住民に対する安全知識の普及啓発の取組が庁横断的に一層進められた。この中で、地震津波分野についても、テーマを定めて普及啓発に取り組んでいる。例えば、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震で被害が生じた長周期地震動や、発生の切迫性が高まっていると考えられる南海トラフ地震などについて重点的に普及啓発を行っている。また、主要活断層帯の活動により発生したと評価される平成 28 年（2016 年）熊本地震後は「陸域の浅い地震」について普及啓発に取り組んだ。

7．他機関との連携

（1）地震予知・火山噴火予知研究計画と科学技術・学術審議会測地学分科会

古来より大地震や火山噴火に見舞われてきた我が国では、地震及び火山噴火の予知の実現を通じた災害の軽減を目指し、文部省の測地学審議会（現在の文部科学省の科学技術・学術審議会測地学分科会）の建議に基づいて、昭和 40 年度から地震予知計画が、昭和 49 年度から火山噴火予知計画が開始された。同審議会では、おおむね 5 年ごとに関係各大臣に建議を行ってきており、気象庁も実施機関として参画している。

地震学会の外部に有志の集まりである「地震予知計画研究グループ」により作成された「地震予知－現状とその推進計画（ブループリント）」を受け、昭和 38 年 11 月に日本学術会議から、勧告「地震予知研究の推進について」が発出され、文部省の測地学審議会がこの勧告の具体化を担当した。昭和 39 年に測地学審議会より「地震予知研究計画の実施について」が建議され、これを受け昭和 40 年度から、国家プロジェクトとして地震予知計画が正式に開始された。その後、平成 7 年の阪神・淡路大震災を契機に行われた総括を踏まえ、平成 11 年度からは地震発生の物理過程の解明とモデル化に基づき地殻活動の推移予測を目指す「地震予知のための新たな観測研究計画」を開始した。一方、火山噴火予知計画に関しては、昭和 48 年に同審議会において「火山噴火予知研究計画の推進について」が建議された。昭和 49 年から火山噴火予知計画の下で観測体制は順次整備され、特定の火山では前兆現象をほぼ確実に検出可能となるなど、多大な成果を上げてきた。これらの研究成果を踏まえて、気象庁は、平成 19 年 12 月から噴火警報・噴火予報を業務として開始した。

地震と火山現象は、地球科学的背景や観測研究手法に共通する部分が多く、必要な観測網とデータを有効活用しつつ、地震と火山の相互作用や物理過程の理解を深めるため、平成 21 年度から両予知計画は「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」に統合された。こうした状況下で、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震を受けて平成 24 年 10 月にまとめられた外部評価では、地震や火山噴火に関する観測研究への社会的な要請自体は極めて強いとされた。一方で、それまでの計画では社会の防災・減災に十分に貢献できておらず、国民の命を守る実用科学としての研究の推進、低頻度かつ大規模な地震及び火山噴火の研究の充実、中長期的なロードマップの提示、社会要請を踏まえた研究と社会への関わり方の改善などが求められた。これを受け、5 か年計画途中の平成 24 年 11 月に計画内容の部分的見直しが建議された。さらに、平成 25 年 1 月の「東日本大震災を踏まえた今後の科学技術・学術政策の在り方について（建議）」では、地震学・火山学分野だけでなく工学分野や人文学・社会科学分野を含めた災害科学としての学際的研究の必要性が指摘され、これに基づいて平成 26 年度に抜本的な見直しが行われて「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」が開始された。令和 5 年 12 月には令和 6 年度からの 5 年間に実施する観測研究計画として「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第 3 次）」が取りまとめられた。これらの研究計画は、国が地震・火山現象に関して行う情報発表や、国や地方自治体の施策の科学的・技術的裏づけとなるものであり、気象庁はこれらの研究計画に実施機関として参画して複数の研究課題を実施しているほか、地震火山部長が測地学分科会の臨時委員として研究計画の立案や進捗に関する審議に携わるなど、積極的な関与を行っている。

（2）地震調査研究推進本部

平成 7 年 1 月に発生した阪神・淡路大震災を踏まえ、平成 7 年 6 月、全国にわたる総合的な地震防災対策を推進するため、「地震防災対策特別措置法」（平成 7 年法律第 111 号）が議員立法によって制定された。そして、行政施策に直結すべき地震に関する調査研究の責任体制を明らかにし、これを政府として一元的に推進するため、同法に基づき、同年 7 月、政府の特別の機関として、地震調査研究推進本部（以下「地震本部」という。）が総理府（現在は文部科学省）に設置された。これに伴い、内閣に設置されていた地震予知推進本部は廃止された。

地震本部は、「地震防災対策の強化、特に地震による被害の軽減に資すること」を基本的な目的として、①地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進について総合的かつ基本的な施策の立案、②関係行政機関の地震に関する調査研究予算等の事務の調整、③地震に関する総合的な調査観測計画の策定、④地震に関する観測、測量、調査又は研究を行う関係行政機関、大学等の調査結果等の収集、整理、及び分析、並びにこれに基づく総合的な評価、⑤上記の評価に基づく広報を担っている。

地震本部の下には、関係行政機関の職員及び学識経験者から構成される政策委員会と地震調査委員会が設置されており、このうち地震調査委員会について、気象庁は地震本部令に基づき文部科学省や国土地理院と共同で庶務を担当している。各委員会の下には、部会や小委員会等が置かれ、それぞれ専門的な事項の検討を行っている。気象庁を含む関係省庁や研究機関などの関係機関は、地震本部が定めた総合的かつ基本的な施策及び総合的な調査観測計画に基づき調査観測等を推進しており、関係機関から提供された調査観測データ及び研究成果については、地震調査委員会において審議し、地震に関する評価として公表している。

気象庁は地震に関する観測、測量、調査又は研究に他の関係機関とともに参画し、地震本部の報告や決定に基づいて以下のような業務を行うほか、地震本部の観測計画に基づいた観測の実施とその成果の流通や地震調査委員会の成果の広報活動など、地震本部と連携して施策を進めている。

ア．地震調査委員会への参画

地震調査委員会は毎月定例の会合を開催して総合的な評価を取りまとめ、公表している。また、被害を伴うような大きな地震が発生した場合などには、その社会的な影響に応じて臨時の地震調査委員会が開催される。気象庁は調査観測結果等を取りまとめた上で報告を行い、当該地震の評価に用いられている。定例及び臨時の地震調査委員会で気象庁は委員として総合的な評価を作成する議論に参画するほか、委員会後に実施する記者会見にも同席している。

イ．地震観測データの一元化業務

地震防災対策特別措置法の趣旨に沿って、気象庁は本部長からの要請に基づき、「地域地震情報センター」として大学や関係機関から地震観測データの提供を受け、科学技術庁（現在は文部科学省）と協力してこれを整理した。平成 9 年 10 月、本庁及び、札幌、仙台、大阪、福岡の各管区気象台に、第一世代の地域地震情報センターデータ処理システム（REDC: Regional Earthquake Data Center system）を整備し（詳細は、本部第 4 章第 1 節第 3 項「地域地震情報センターデータ処理システム（REDC）」を参照）、防災科学技術研究所や大学等が整備した地震計のデータを順次気象庁に一元化する業務を開始した。

地震計データの一元化により、格段に地震検知能力の向上と震源決定精度の向上が図られた。これにより、地震観測データを整理・分析した結果等は、地震調査委員会の資料として活用されるとともに、地震に関する調査研究の推進のため大学等関係機関へ提供されるようになった。

ウ．地震活動の予測的な評価手法の検討

平成 21 年 8 月に地震調査委員会における現状評価の高度化に資することを目的とし、過去の地震活動から特徴の抽出・整理、地震活動の推移・見通しについての評価手法を検討するために、地震調査委員会の下に地震活動の予測的な評価手法検討小委員会が設置された。この小委員会において、伊豆半島東部の伊東市の沿岸から沖合にかけての領域で発生する群発的な地震活動については評価手法の検討が行われ、平成 22 年 9 月に取りまとめられた「伊豆東部の地震活動の予測方法」報告書を踏まえ、気象庁では平成 23 年から「伊豆東部の地震活動の見通しに関する情報」を発表することとしている（詳細は、本節第 1 項第 4 目「伊豆東部の地震活動の見通しに関する情報」を参照）。

また、大きな被害を伴う地震が発生した場合に発生する余震について、科学的に評価できる内容については、積極的に評価を実施し発表すべきであるという基本的な考え方の下、地震調査委員会では余震確率評価手法検討小委員会を設置し、平成 10 年に「余震の確率評価手法について」報告書が取りまとめられた。気象庁では、この報告書に基づき、大地震発生後の余震について注意を呼びかけてきた。

しかし、平成 28 年（2016 年）熊本地震を受け、大きな地震の後に引き続く地震活動の様々な事例に対応可能な防災上の呼びかけを行うための指針として、地震調査委員会に設置されている地震活動の予測的な評価手法検討小委員会で検討が行われ、平成 28 年 8 月に「大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方」報告書が公表された。これを踏まえて、気象庁では、大地震が発生した場合には地震活動の見通しや防災上注意すべきこと等を発表している（詳細は、本節第 1 項第 5 目「大地震後の地震活動の見通し」を参照）。

（3）松代地震センター

昭和 40 年 8 月 3 日から始まった松代群発地震は、国会においても関心を集め様々な対策が検討された。昭和 40 年 11 月には、国会議員調査団が現地視察に訪れ、地元が必要としているものは何かと尋ねたところ、当時の松代町長が「何よりも学問がほしい」と答えた。そして、昭和 41 年 5 月、内閣総理大臣による現地視察の際に、松代町長は地震センターの設置を陳情した。松代群発地震発生から 1 年後、再び活動が活発化し、大量の湧水や地すべりの発生へと事態は重大化した。このような中、地震センターの問題が国会においても検討され、昭和 42 年 2 月、総理府、科学技術庁、文部省（東京大学、京都大学、信州大学）、農林省、通商産業省、運輸省気象庁、建設省、長野県、長野市から構成される協議体により、松代群発地震に関する資料センターとして、気象庁地震観測所（後の松代地震観測所）内に「松代地震センター」が設立された。地震観測所長がセンター長を兼務し、松代群発地震の現地の観測、調査、資料の収集整理、談話会の開催、一般向けの情報の提供や解説など広報活動等を実施していた。その後、次第に地震活動は終息に向かい、昭和 45 年 4 月に長野県が群発地震の終息を宣言した。以降、平成 22 年度には業務を縮小し、平成 28 年 4 月には松代地震観測所の無人化に伴い、職員のセンターへの派遣も終了した。

【第 3 節】地震津波に関する国際協力

第二次世界大戦が終わって社会が安定を取り戻していた 1960 年頃、モロッコやチリの地震による相次ぐ被害を受け、国連及び国連教育科学文化機関（UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization）は発展途上国援助に関し、地震関連の問題に関心を抱いた。昭和 40 年、UNESCO の政府間地震学及び地震工学国際会議の勧告に基づき、グルジア（現在のジョージア）のトビリシ市で開催された地震学及び地震工学諮問委員会において、世界的地震観測網の整備や地震観測の標準化、国際地震センター（現 ISC: International Seismological Centre）の設置、津波警報組織との連携等、政府間で議論すべき課題について話し合いが行われた。この中で議論された事業は、その後地震火山部の国際関連業務の起源となっているものが多い。

また日本においても、国際研修を引き受ける意思はないかとの打診があったことを受け、昭和 35 年から東京大学が世話役となって地震学と地震工学の国際研修が行われ、気象庁も講師を引き受けることになった。これはその後、建築研究所の事業となったが、現在も継続して実施されており、世界中の研修生に対して地震や津波の知識を広めている。

1．国際地震センター（ISC）

昭和 45 年 10 月、地震・地震予知及びそれらの応用の科学的知識を進歩させるため、世界の地震現象の資料収集・照合及び解析を行うことを目的として、イギリスにある国際地震センター（ISC）が国際的な非政府機関として活動を開始した。同年 11 月には、7 か国の参加による第 1 回管理理事会（設立総会）がロンドンで開催された。ISC の主要事業は、世界のあらゆる地域から得られた地震資料を集めて、速やかに世界の地震の震源・規模などを決め、その成果を定期的に刊行するとともに、地震関係の文献目録を作成・配布することである。

UNESCO の呼びかけで同年 5 月パリにおいて開催された設立準備のための専門家会議には、気象庁から地震課長が参加した。日本の ISC の代表機関として、文部省が設置している日本ユネスコ国内委員会の推薦と国内関係機関の了解のもと、業務として最も充実した地震観測網を有する気象庁が加入する方向で検討され、気象庁は昭和 47 年 9 月に ISC に正式に加入した。気象庁では地震カタログの公開に合わせ、ISC に対しても検測値等の送付を行っており、その結果は ISC の震源カタログ作成に用いられている。

2．包括的核実験禁止条約（CTBT）への協力

気象庁は核兵器の実験的爆発及び他の核爆発を禁止する包括的核実験禁止条約（CTBT）の成立前から、特に地震波による地下核実験探知について技術的な国際協力を行ってきた。

日本政府は、昭和 39 年に米国による「世界の各地に同型の地震計を配置して地震観測を行う」という地下核実験探知計画（VELA UNIFORM 計画）へ参加し、世界標準地震計観測網（WWSSN）の地震計の設置を長野市松代町の気象庁地震観測所で受け入れたほか、昭和 40 年に多国間での軍縮交渉会議である 18 か国軍縮委員会で提言された、地震学的な方法による地下核実験探知の構想を支持した。気象庁は、昭和 41 年に開催された「地震資料交換についての国際会議」に外務省の依頼を受けて職員を派遣したほか、昭和 46 年に軍縮委員会会議（CCD：Conference of Committee on Disarmament）の非公式会議で、職員が地震学的手法による地下核実験の探知・識別方法の有効性に関する作業文書を提出した。昭和 51 年には、CCD に「地震現象を探知・識別する国際的協力方法を研究する特別専門家グループ」（GSE：Ad Hoc Group of Scientific Experts to Consider International Cooperative Measures to Detect and Identify Seismic Events）が設置され、第 1 回会合に気象庁の末廣重二地震課長が出席した。GSE では、地下核実験探知のための国際地震観測網の基本概念が取りまとめられ、国際的なデータ交換実験には気象庁が提案した WMO の GTS 回線を用いる方法が採用された。昭和 59 年に、気象庁の地震観測所が参加した GSE 技術テスト 1（GSETT-1：Group of Scientific Experts' First Technical Test）が実施され、P、S 波の到着時刻や振幅等の基本的なパラメータの交換だけでは、震源計算はできるが、地下核実験か自然地震かの識別は極めて困難であることが明らかになった。平成 3 年に実施された GSETT-2 では、基本的なパラメータに加えて地震波形データが交換され、気象庁は地震観測所のデータを提供した。最終段階となる GSETT-3 では、全球で地震を監視する実験システム（国際データセンター、連続的に地震波形データを送信する主要地震観測施設（50 か所）、随時地震波形を送信する補助地震観測施設（120 か所）等で構成）の開発とテストが行われた。このシステムによって、陸域ではマグニチュード（M）4 以上の地震を検出し、震源を 20km 以内の精度で特定することが可能とされた。GSETT-3 の実施のため、米国はプロトタイプの国際データセンター（pIDC：prototype International Data Center）を提供し、各国の協力によりシステム開発が進められた。GSETT-3 は平成 8 年 1 月に本格的な常時運用体制に入り、包括的核実験禁止条約機関準備委員会（CTBTO）に業務が移管された平成 12 年に終了した。

CTBT は平成 9 年に国連総会で採択され、日本も批准したが、令和 6 年 1 月現在で発効要件国（核兵器保有国を含む 44 か国）の批准が完了していないため未発効である。CTBT は核実験の検証制度の一つとして、核実験の実施を 24 時間監視する国際監視制度の設置を規定しており、条約発効後速やかに監視機能を確立するため、CTBTO が観測施設のデータを集約している。日本国内の国際監視制度施設は、地震学的監視観測所としては、主要観測所（松代）及び補助観測所（大分、国頭、八丈島、上川朝日、父島）が設置されており、一部は気象庁の地震観測点に設置されている。

CTBTO では、核実験の探知・識別のための国際監視制度のデータを科学研究や防災等の民生目的に応用する議論が行われており、平成 16 年 12 月に発生したスマトラ島北部西方沖の地震による津波被害を踏まえ、CTBTO は国連教育科学文化機関（UNESCO）と協力して、平成 17 年から日本の気象庁が運用する北西太平洋津波情報センターを含む 4 つの津波警報センター（ハワイの太平洋津波警報センター、オーストラリア合同津波警報センター、及びマレーシア気象局）にリアルタイムで継続的なデータの試験提供を開始した。その後、有効性が確認され CTBTO は正式なデータ提供を行うこととなり、平成 20 年に気象庁は世界各国に先駆けて CTBTO と合意文書を締結して、国際監視制度の地震観測網データの北西太平洋津波情報への活用を開始した。

3．津波警戒のための国際協力

（1）ICG/ITSU の設立と ICG/PTWS への改称

太平洋の周辺諸国は、例外なくプレート境界に隣接しており、そのプレート境界の運動に起因する巨大地震とそれが引き起こす津波の被害に太古から見舞われている。

特に、昭和 35 年に発生したチリ地震は、Mw9.5 と、世界で近代観測が始まって以降最大のものであり、発生した津波は震源に近いチリの沿岸のみならず、太平洋周辺諸国及び島嶼国に想定外の被害をもたらした。日本においても、地震発生からほぼ丸一日が経過した後に、東北地方の太平洋沿岸を中心に高いところで 2m を超える津波の襲来を受け、142 人の死者・行方不明者を数えている。

このチリ地震を契機として、UNESCO の政府間海洋学委員会（IOC: Intergovernmental Oceanographic Commission）は、昭和 40 年に太平洋津波警報組織の設立準備会議をハワイで開催した。その会議の勧告に基づき、IOC は各国の津波災害の防止・軽減を目的として、太平洋津波警報組織国際調整グループ（ICG/ITSU: International Coordination Group for the Tsunami Warning System in the Pacific）及び国際津波情報センター（ITIC: International Tsunami Information Center）を設立し、太平洋沿岸の関係国が地震・津波に関する情報を相互に交換することとなった。

なお、ICG/ITSU は、平成 17 年の第 20 回 ICG/ITSU ビーニャ・デル・マール会合において太平洋津波警戒・減災システムのための政府間調整グループ（ICG/PTWS: Intergovernmental Coordination Group for the Pacific Tsunami Warning and Mitigation System）に改称することが提案・決定された。

気象庁は、平成 19 年の第 22 回 ICG/PTWS グアヤキル会合以降、継続して副議長や議長を務め、同グループでの議論に貢献している。

（2）北西太平洋津波情報センターの設立

ア．日本海津波情報

平成 5 年（1993 年）北海道南西沖地震により発生した津波で、日本海沿岸各国では、津波被害を受けた。韓国は、同年の第 14 回 ICG/ITSU 東京会合において、極東津波警報センター（Far East Tsunami Warning Center）の設立を提案し、センター設置の可能性のある場所のひとつとして日本の気象庁をあげた。その後、気象庁は、平成 11 年に国内向けに量的津波予報を開始する際に、あわせて日本海についても同じシステムにより量的予測が可能になったことを受け、関係国・機関との調整を経て、平成 13 年 1 月から、韓国とロシアに対して日本海津波情報の提供を開始した。

この情報では、国内向けの津波予報と同様に日本海沿岸各国に設定した津波予報区に対し、予測される津波の高さと指定した沿岸地点の津波の予想到達時刻を提供している。

イ．北西太平洋津波情報

日本海津波情報の提供が可能になったことに続き、ICG/ITSU は、平成 11 年の第 17 回 ICG/ITSU ソウル会合において、日本に、黄海、東シナ海、北西太平洋への拡大の可能性の検討を続けることを強く要請した。これを受け、気象庁は、同地域への情報発表のために必要なシステムの整備を進め、平成 16 年の第 37 回 UNESCO/IOC 執行理事会において、北西太平洋津波情報センター（NWPTAC: Northwest Pacific Tsunami Advisory Center）の設置と、気象庁による運営が承認されたことを受け、平成 17 年 3 月から北西太平洋津波情報の提供を開始した。現在、北西太平洋津波情報は、中国、ミクロネシア、フランス（仏領ポリネシア）、インドネシア、パラオ、パプアニューギニア、フィリピン、韓国、ロシア、ソロモン諸島の 10 か国に提供されている。

北西太平洋津波情報は、北西太平洋域内で発生した M6.5 以上の地震に対して、震源、M、予想される津波の高さ及び予想到達時刻を発表し、関係国へ提供するものである。また、情報発表後も北西太平洋域の潮位データをリアルタイムで収集・監視し、実際に津波が観測された場合はその観測値もあわせて発表している。

NWPTAC は太平洋の一部をカバーする地域センターであることから、北西太平洋津波情報の責任領域内（以下「北西情報領域」という。）で発生した地震については、米国・ハワイの太平洋津波警報センター（PTWC: Pacific Tsunami Warning Center）と NWPTAC の両方が情報を発信することになる。その際、用いる震源要素はできるだけ齟齬がないようにしてほしいという受領国の要望があったことから、北西情報領域内の日本付近で発生した地震については NWPTAC が決定した震源要素を、それ以外の地域で発生した地震については PTWC が決定した震源要素を用いることとしている。

北西情報領域において発生した M6.5 以上の地震に対して発表する最初のテキスト情報（発生後約 20 分を目安に発表）については、緊急に決定した震源要素をもとに、あらかじめ計算した津波シミュレーションデータベースから最適な津波シミュレーション結果を取り出し、設定した沿岸地点における津波の予測値と予想到達時刻を発表する。

平成 26 年 10 月に PTWC が津波情報を津波予測高さや図情報を追加したものへと高度化したことを受け、NWPTAC でも図情報を追加した新たな情報の準備を進めた。その後、太平洋津波訓練を通して受領国との調整を行い、平成 31 年 2 月から、ICG/PTWS の承認のもと、新たな情報の提供を正式に開始した。新たな情報では、最初のテキスト情報に続き、指定された予測地点における津波の到達予測時刻と、予想される津波の高さを発表するほか、3 種類の図情報（津波伝播図、沿岸津波高予測図、沖合津波高予測図）を提供する。

ウ．南シナ海領域への暫定提供

平成 17 年の第 20 回 ICG/ITSU ビーニャ・デル・マール会合において、ICG/PTWS は、気象庁と PTWC に対し、南シナ海領域に対し、暫定的に津波情報を提供するように要請した。これを受け、気象庁は、北西太平洋津波情報の対象領域を北西太平洋域に加えて南シナ海に拡大し、平成 18 年 6 月の UNESCO/IOC 執行理事会において合意されたため、平成 18 年 7 月から 13 年間にわたり、南シナ海を対象とした情報についても暫定的に提供を実施した。平成 25 年の第 25 回 ICG/PTWS ウラジオストク会合において、南シナ海津波情報センターの設置と中国によるセンター運用が合意され、平成 31 年の第 28 回 ICG/PTWS マナグア会合において、中国から「南シナ海津波情報センター」の運用準備が整い 11 月に正式運用を開始する旨の報告があり、7 月の UNESCO/IOC 総会において合意されたことから、気象庁が暫定的に行ってきた南シナ海沿岸各国への津波情報の提供は、そのタイミングで終了となった。

（3）インド洋津波監視情報の提供

平成 16 年にインドネシアのスマトラ島北部西方沖で発生した巨大地震による津波は、インド洋全域に渡り、インドネシアを中心に 22 万人以上の死者・行方不明者を出すなど、未曾有の大被害を発生させた。大きな被害が出た要因の一つとして、インド洋に太平洋のような津波警報組織がなかったことが挙げられた。平成 17 年 1 月に神戸で開催された国連防災世界会議における、内閣府・外務省・気象庁等主催の特別セッション「インド洋沿岸地域における津波被害軽減の推進」の議長報告を踏まえ、平成 17 年 3 月にパリで開催されたインド洋津波警戒体制に関するユネスコ国際調整会議を経て、インド洋で本格的な津波早期警報システムが稼働するまでの当面の暫定的な措置として、気象庁はインド洋沿岸諸国へ「インド洋津波監視情報」を提供することとなった。気象庁は平成 17 年 3 月から、シンガポール・スリランカから情報の受領希望を受けて正式に情報提供を開始した。この情報提供は、既存の通信手段、地震・潮位データ、及び太平洋におけるこれまでの経験を生かし、PTWC と協力して行うこととなった。

その後、平成 23 年 3 月から、インド国立海洋情報センター、インドネシア気象気候地球物理庁、オーストラリア気象局が、それぞれ津波情報提供機関として情報発表を開始し、同体制の円滑な運用を確認したインド洋津波警戒・減災システムのための政府間調整グループ（ICG/IOTWMS: International Coordination Group for the Indian Ocean Tsunami Warning and Mitigation System）の要請を受け、平成 25 年 3 月をもって同地域における暫定的な情報提供を終了した。

（4）JICA を通じた国際協力

平成 16 年のスマトラ島北部西方沖の地震によって発生したインド洋大津波の災害は、世界各地域における津波の政府間調整グループ設置の契機になると同時に、各国における独自の津波早期警戒システムの整備を促すものとなった。とりわけ、この津波の最大の被害国となったインドネシアでは、津波被害からの復興とともに、国内の津波早期警戒システムの整備が急務

であった。

インドネシアに対しては、日本のほかドイツや中国が無償資金協力を含む津波早期警戒システムの構築に関する協力を表明した。津波早期警戒システムのハードウェアは主にドイツの援助により整備されることとなったが、ドイツには津波警報業務の実績が無かったため、気象庁はシステムの設計段階からこれに全面的に協力した。また、平成 19 年 8 月から平成 21 年 5 月にかけて実施された、国際協力機構（JICA: Japan International Cooperation Agency）による津波早期警報能力向上を目的とした技術協力に当たっては、気象庁は事前調査団への参団に始まり、短期専門家派遣、長期専門家派遣にかかるサポート、カウンターパート研修など多岐にわたる支援を行った。

こうした地震津波防災にかかる各開発途上国からの支援要請は、インド洋大津波以降、日本に対して数多く寄せられている。気象庁は、これまで培ってきた地震津波早期検知と情報発表業務の経験をもとに、JICA から要請があった場合、短期専門家派遣や本邦研修の実施といった形で協力を行っている。

第 3 章　火山業務

【第 1 節】気象庁の常時火山観測体制の構築

1. 戦前の気象庁の火山業務

気象庁による火山業務は明治時代にまで遡る。明治 16 年に東京気象台が全国の地震・火山などの異常現象について年報への掲載を開始したのがその始まりである。その後、全国地震観測網整備の一環で、明治 21 年には鹿児島測候所にミルン式普通地震計が設置され、その地震計は大正 3 年桜島噴火に伴う地震活動を捉えることになる。火山に比較的近い気象官署での定常地震観測を活用することにより、火山に関連する地震活動を把握した最初の事例となった。また、明治 42 年からの浅間山噴火では長野測候所の地震計が噴火による爆発地震を、明治 43 年の有珠山噴火では札幌測候所の地震計が噴火前後に発生した規模の大きな地震を捉えた事例もある。しかしながら、いずれの事例も火山活動の推移を詳細に把握するには観測データが不十分であり、より火山近傍での観測の実施が不可欠であった。

明治 44 年 8 月 26 日、当時我が国で最も活発な噴火活動を続けていた浅間山に、文部省震災予防調査会と長野測候所の共同で、我が国初の火山観測所である浅間火山観測所が浅間山の湯の平に設置され、連続観測が開始された。この観測所は、我が国最初の火山観測所であり、その後、様々な変遷を経て、軽井沢測候所へと引き継がれた。令和 5 年、活動火山対策特別措置法の一部が改正され、国民の間に広く活動火山対策についての関心と理解を深めるため、この火山観測所が設置された 8 月 26 日が「火山防災の日」に定められた。

その後、大正 12 年に長崎測候所温泉岳観測所（後の雲仙岳測候所）、昭和 6 年に熊本測候所支所（後の阿蘇山測候所）、昭和 12 年に森町観測所（後の森測候所）、昭和 13 年に大島測候所が設置された。しかし、昭和 17 年に設置された三宅島測候所には地震計は設置されず、ほかの観測所も含め、人的予算的にも非常に厳しいものであった。

2. 常時火山観測体制の整備

戦後になり、昭和 25 年から昭和 26 年の伊豆大島噴火前後の火山観測研究の気運の盛り上がりもあって、中央気象台は諏訪彰（当時火山係長）が中心となって火山観測体制の強化計画を進めた。まず、諏訪らは、火山の観測について標準化を進め、昭和 27 年に火山観測法を刊行した。ただし、当時の気象台の常時観測は、火山の最寄りの気象官署に地震計を設置して、気象官署からの目視観測と定期的な現地観測を行うというもので、軽井沢、大島及び阿蘇山のように火山の観測を主な目的に設置された測候所を除くと、いずれも火山から離れた場所に気象官署があり、地震計の感度も低いものであった。

1960 年代に入ると、気象庁は、全国の火山の監視を行う責任を持つという立場から、全国的に常時観測体制の整備を進めた。諏訪彰は、過去の火山活動の噴火履歴等とその社会的影響を考慮し、活動監視の必要度を A（精密観測火山）、B（普通観測火山）、C（その他の火山）

の３つの級に分類した。気象庁は、その考えをもとに、A 級火山及び B 級火山について、電磁式高感度地震計を主軸とした観測施設を火山近傍に設置し、地元の気象台や測候所、あるいは新たに設けた付属の火山観測所にデータをテレメータにより伝送し、目視観測と現地観測を合わせた常時観測体制を整備するとともに、B 級火山、C 級火山を対象とした火山機動観測班を設置した。常時観測体制の整備は、昭和 37 年から昭和 41 年にかけて年次的に行われ、火山観測法発刊当時から常時観測火山であった 10 火山（樽前山、有珠山、北海道駒ヶ岳、那須岳、浅間山、伊豆大島、伊豆鳥島、阿蘇山、雲仙岳、桜島）に雌阿寒岳、十勝岳、吾妻山、安達太良山、磐梯山、三宅島、霧島山を加えた全国 17 火山における常時観測を開始した（ただし、伊豆鳥島は昭和 41 年に観測を廃止したため実質は 16 火山）。本庁に３班設置された火山機動観測班は、火山異常時に緊急機動観測を行うとともに、平常時の火山活動状況についても把握するため、年次計画的に基礎調査観測を実施した。その後、常時観測体制が整備された昭和 43 年には、「火山観測法」は大幅改訂され、「火山観測指針」として発行された。

【第２節】火山監視・情報センターと監視体制の強化

1. 火山監視・情報センター発足までの経緯

全国 17 火山における常時観測体制整備の後も順次観測体制の強化が進められ、浅間山、伊豆大島、阿蘇山、桜島の４精密観測火山については、昭和 61 年までに地震観測点を５点化して震源決定が可能な観測網が構築された。精密観測火山以外の「普通観測火山」（B 級火山）についても、一部の火山で観測点を複数点化することにより火山性地震や火山性微動を的確に検知できるよう震動観測点の増設を行った。また、草津白根山（昭和 53 年）、御嶽山（昭和 63 年）、伊豆東部火山群（平成２年）、九重山（平成９年）が常時観測火山に追加された。

火山機動観測については、昭和 49 年から昭和 51 年に全国火山機動観測班の機材の更新が進められ、次いで昭和 54 年から昭和 56 年に札幌・仙台・福岡管区気象台に地域火山機動観測班が設置された。また、全国の普通観測火山の震動データを各管区気象台及び本庁へテレメータ化して監視するなどの改善が図られた（遠望観測や現地観測は現地官署が引き続き行った）。

1980 年代後半からは、伊豆大島や雲仙岳の噴火があり、社会的に火山災害に対する関心が高まったこともあり、予備費や補正予算などによる機器の整備が進んだ。特に全島避難となった昭和 61 年（1986 年）伊豆大島噴火に伴う観測体制強化は、初めて国の予備費支出によってなされ、その後は重大な火山災害が起きるたびに予備費支出による観測体制強化が行われるようになった。平成７年には、雲仙岳が普通観測火山から精密観測火山に強化された。

しかしながら、火山観測の定員は少なく、１つの普通観測火山に対して職員１名体制であった。少人数が分散配置されている体制では、技術の継承や相互の研鑽が困難であったことから、1990 年代半ば頃から、気象庁内外に火山監視を専門とするセンターの設置を望む声が高まった。第６次火山噴火予知計画（平成 11 ～ 15 年度）において「地域火山監視センター」設置が建議され、地方官署の職員も含めて気象庁内でその具体化に向けた検討を進めた。平成 12 年（2000 年）有珠山噴火や平成 12 年三宅島噴火を経験して、気象庁の火山監視能力や防災機関等に対する対応能力のより一層の強化が必要であるとの認識が広がった。このため、平成 13 年 10 月、火山監視や評価を円滑かつ効率的に実施することを目的として、火山観測データを集中処理する「火山監視・情報センター」を本庁、札幌・仙台・福岡管区気象台に設置し、平成 14 年３月から正式に運用を開始した。それまで、火山の近隣の地方気象台等が火山活動の監視や火山情報の発表を単独で行っていたが、地方の定員をセンターに集約するとともに増員を行い、各センターは 13 名体制（本庁は 22 名体制）で、火山を専門とする職員が、火山監視・情報センターに集約された多種多様なデータをもとに、監視対象の火山の活動状況を 24 時間監視して迅速に診断を行えるようになった。火山の観測種目についても見直しを行い、GNSS（全地球航法衛星システム、Global Navigation Satellite System、当時は全地球測位システム、Global Positioning System（GPS）と呼称）観測、空振観測を全ての常時観測火山に導入するとともに、全磁力観測や GNSS の繰り返し観測なども導入された。

また、火山監視・情報センター発足後も、浅間山、伊豆大島、三宅島及び阿蘇山の４火山については、地元測候所による火山観測を継続してきたが、火山業務を地元自治体と連携して行うことを目的として、平成 20 年４月、それぞれの地元自治体庁舎内に「火山防災連絡事務所」を設置して、本庁又は福岡管区気象台の火山監視・情報センターと一体となって火山業務を実施することとなった。それぞれの測候所は、平成 21 年 10 月に無人化（特別地域気象観測所へ移行）したが、火山防災連絡事務所は、火山防災業務に加え、火山観測業務（火山機動観測）を引き続き行っている。平成 28 年 10 月には口永良部島火山防災連絡事務所を新たに設置した。

鹿児島地方気象台については、桜島の活発な火山活動が続いていたことから、火山監視・情報センター発足後も引き続き火山観測業務を福岡管区気象台の火山監視・情報センターと一体となって実施することとし、後述の御嶽山噴火後の全国的な火山監視体制強化に併せて予報官の増員等を実施した。

2. 全国 47 火山の常時観測化

火山監視・情報センター発足後も、火山機動観測による地震計等の観測機器を用いて、常時観測火山における観測点の多点化を進め、常時観測火山以外でも火山活動の活発化を受けた観測強化が進められた。それにより、センター発足前からの常時観測火山 20 火山に加え、鹿児島県の離島火山など 14 火山で連続監視が行われるようになった。大学等関係機関の観測データの活用も進んだ。

そうしたなか、平成 19 年の噴火予警報業務の開始を契機として、更に観測体制強化が望まれるようになり、火山噴火予知連絡会火山活動評価検討会において監視体制の強化が必要な火山の選定作業が進められた。検討の結果「監視・観測体制の充実等の必要がある火山」として検討会が選定した 47 火山において、平成 21 年度補正予算により観測強化を実施し、平成 23 年３月に常時観測火山に指定した。整備した機器は、火山総合観測装置、火山遠望観測装置（火口タイプを含む）及び機動観測装置である。火山総合観測装置は、地震計、傾斜計、空振計、GNSS 観測装置で、地震計及び傾斜計は、原則として深さ 100m の観測井を掘削して埋設することとした。47 火山のうちの 13 火山は、新たに連続監視が行われるようになった火山であった。

平成 23 年３月時点の常時観測火山は以下の 47 火山である。
アトサヌプリ、雌阿寒岳、大雪山、十勝岳、樽前山、倶多楽、有珠山、北海道駒ヶ岳、恵山、

岩木山、秋田焼山、岩手山、秋田駒ヶ岳、鳥海山、栗駒山、蔵王山、吾妻山、安達太良山、磐梯山、那須岳、日光白根山、草津白根山、浅間山、新潟焼山、焼岳、乗鞍岳、御嶽山、白山、富士山、箱根山、伊豆東部火山群、伊豆大島、新島、神津島、三宅島、八丈島、青ヶ島、硫黄島、鶴見岳・伽藍岳、九重山、阿蘇山、雲仙岳、霧島山、桜島、薩摩硫黄島、口永良部島、諏訪之瀬島

3. 御嶽山噴火を受けた火山監視強化

平成 26 年 9 月に発生した御嶽山の噴火は、死者・行方不明者 63 人という惨事となった。

御嶽山噴火を受けて火山噴火予知連絡会の「火山観測体制等に関する検討会」では、水蒸気噴火の兆候をより早期に把握するため、火口付近への観測機器を設置する等の観測体制の強化、御嶽山の火山活動の推移を把握するための観測強化、常時監視が必要な火山の見直し（八甲田山、十和田、弥陀ヶ原の追加）が緊急提言された。さらに、気象庁の監視・評価体制の改善と強化、観測データの品質向上のための技術開発の推進と新たな観測技術の導入、調査研究の着実な推進、人材育成を含めた調査研究体制の強化に対する貢献が提言された。気象庁ではこれらの提言を踏まえ、必要な観測機器の整備や評価体制の改善等を行い、火山観測体制の強化に取り組んだ。

この噴火を受けて取りまとめられた火山噴火予知連絡会の提言や中央防災会議火山防災対策推進ワーキンググループの報告を踏まえ、気象庁は、火山の観測、監視、活動評価、情報発表等の業務実施体制を強化するため、平成 28 年 4 月、本庁の「火山監視･情報センター」を「火山監視・警報センター」に、札幌・仙台・福岡管区気象台の「火山監視・情報センター」を「地域火山監視・警報センター」に強化するとともに、本庁火山課に「火山機動観測管理官」を設置した。また、火山の監視･情報発表、活動評価、機動観測等を行う要員として、「予報官」や「火山活動評価官」を配置するなどの人員の拡充を行った。さらに、大学等の火山研究者や火山に関する専門的な知見を習得した人材の火山活動評価への参画とともに、火山業務に従事する気象庁職員の人材育成を図るため、平成 28 年 4 月 1 日付で火山専門家 5 名を「気象庁参与」として任命した。また、同年 7 月には気象研究所火山研究部で増員した研究官のうち 4 名を本庁、札幌・仙台・福岡管区気象台に駐在させるようにした。このほか、火山業務に関する研修を充実させ、火山業務に従事する職員の技術力向上を図り、火山の観測、監視、活動評価、情報発表等の業務を的確に実施するとともに、火山防災協議会を通じた平素からの地元自治体との情報共有、地元自治体への支援、火山防災知識の普及啓発等の取組を強化した。

一連の火山業務体制の強化を背景に、平成 30 年 1 月の草津白根山（本白根山）の噴火の教訓も踏まえて、平成 30 年 12 月に地震火山部は火山業務において実施すべき主要事項を取りまとめた「今後の火山業務の基本方針」を決定した。

【第 3 節】気象庁の火山観測種目の変遷

1. 火山の多項目観測の重要性

火山活動を監視し、それを評価するためには、火山の地下深くから地表に至るまでの状態の把握、噴火に代表される地表からのエネルギーや物質の放出現象の把握が必要であり、そのためには、多項目の火山観測が必要になる。前述のように、1960 年代に、気象庁は、火山近傍官署からの遠望観測（目視観測）、火山体に設置した地震計による震動観測と現地に赴く現地観測の 3 本柱の常時観測体制を整備した。当初の 3 本柱を重視しつつ、気象庁の火山観測は、火山学や観測･通信技術等の発展を受けて時代とともに進歩してきた。特に、近年は、観測データの高品質化と多項目化を進めてきた。また、気象庁独自の観測施設だけでなく、大学や研究機関、行政機関などが設置している観測施設からのリアルタイムデータ、オフラインデータも活用している。大学のデータの火山監視へのリアルタイム活用は、昭和 61 年（1986 年）伊豆大島噴火直後の東京大学地震研究所の地震データが最初であるが、火山監視・情報センター発足後は、大学等関係機関からのデータの提供が進み、24 時間監視に活用されるようになった。さらに、火山機動観測における上空からの火山観測は、国の機関や自治体の航空機に気象庁職員が搭乗して実施する等、関係機関の協力の上に成り立っている。

以下、それぞれの観測種目についてその変遷を述べる。

2. 遠望観測

噴火時などの諸現象はもちろんのこと、静穏な活動期にも噴煙等の観測を行い基礎データを蓄積することは極めて重要であり、気象庁は遠望観測を火山観測の 3 本柱のうちの一つとしてきた。火山の常時観測が開始された当初は、目視により、噴煙の色、量、高さ、流向等を定期的に遠望観測していた。噴煙の量は、火山ごとに定めた噴煙量階級図に基づいて、0 ～ 6 の 7 階級で表現されていたが、昭和 57 年に、噴煙の垂直断面積から求める方法に改善されたのを機に、全国一律の基準で噴煙観測を行うようになった。観測項目自体は、現在も基本的に変わっていない。

データ伝送技術等の進歩に伴い、映像の長距離伝送が比較的安価に行えるようになり、火山から遠い気象官署であっても、カメラによる遠望観測が遠隔で行えるようになった。当初は、約 30 秒間隔の静止画伝送であったが、昭和 61 年の草津白根山への整備を皮切りに、数多くの火山で用いるようになった。一部の火山では、赤外線映像も同時に伝送され、特に平成 3 年（1991 年）雲仙岳噴火の際に発生した火砕流の監視のためにカメラの多点化を進め、夜間の監視についても、ある程度実用的に行えるようになった。平成 12 年（2000 年）有珠山噴火の前後からは、高感度カメラが採用されると同時に、光ケーブル等の高速回線を用いた動画伝送が可能になった。高感度カメラは、夜間も月明かり程度で、噴煙の色の判別を可能にした。映像データ収録技術の進歩により、映像記録の巻き戻し再生が簡便に行えるようになったことから、噴火等の異常検知能力は飛躍的に向上した。また、国土交通省や地方自治体、大学等が設置した監視カメラの活用も進み、複数のカメラの画像から噴煙の高さを算出するシステム（噴煙監視装置）の導入も行われた。「監視・観測体制の充実等の必要がある火山」として 47 火山が火山噴火予知連絡会により選定された際には、草津白根山、伊豆大島、霧島山、口永良部島に火口近傍に設置して火口内を監視するカメラ（火口カメラ）が設置された。さらに御嶽山噴火を受けた火口近傍の監視体制強化では、各火山に火口監視カメラと熱赤外カメラが整備された。なおこの整備を契機に、平成 28 年 12 月以降は「遠望カメラ」「火口カメラ」の名称に代わり、総称として「監視カメラ」を用いている。

高感度カメラは、国土交通省の砂防関係の工事事務所等でも火山に設置しており（火口近傍

に設置されている火山もある)、そのデータの一部が、火山監視・情報センターに分岐されて火山活動監視に活用されている。気象庁の監視カメラを含むこれらの映像データは、内閣府等の防災関係機関ともネットワーク接続により共有され、噴火災害等に対する危機管理に役立てられている。

3. 震動観測

火山性地震や火山性微動の観測は、火山監視の最も重要な項目の一つであり、常時観測体制構築当初からの 3 本柱のひとつである。

1960 年代の常時観測体制の整備以降、気象庁は、一部の火山を除き、長らく 1 火山 1 観測点で観測してきた。各観測点における火山性地震の着震時、S-P 時間、最大振幅等を検測している（多点化してからも基準観測点における検測項目はほぼ同じである)。しかし、1 観測点では得られる情報は限られており、1990 年代からは更新された火山機動観測機器を運用して多点化を進めるようになった。また、常時観測対象でなくとも、活動的な火山については、機動観測点を長期に運用して連続監視を行うようになった。大学等の関係機関のデータのリアルタイム分岐を受けて監視に活用されている火山も多い。観測点の密度が増したため、1 点観測時代には不可能であった火山性地震の震源決定も多くの火山で可能となっている。使用する地震計も長らく地上設置型、短周期（固有周期 1 秒）の地震計が中心であったが、基礎研究分野で有用性が認められてきた広帯域地震観測、ボアホール観測の導入も徐々に進められ、平成 21 年度から整備した「火山総合観測装置」でボアホール型の地震計を、御嶽山噴火後の監視強化では広帯域地震計（固有周期 120 秒）を多くの常時観測火山で採用している。

データの処理手法についても、1960 年代の常時観測体制整備以降、煤書き直視式の記録計（いわゆるドラム記録）が用いられてきたが、1990 年代からは解析システムとして、システム上で検測等が行える「火山解析処理装置（VolPAS)」が導入され、火山監視・情報センター業務の開始にあわせて、「火山監視・情報センターシステム（VOIS)」が整備された（詳細は、本部第 4 章第 2 節「火山関連の業務システム」を参照)。

また、平成 9 年以降、気象庁が関係機関からの地震観測データを一元的に収集し、処理を行うようになったことで、微小地震の震源決定能力は飛躍的に向上し、火山周辺においても火山性地震の検知力が向上した。火山観測のための観測点の少ない火山については、火山観測点に加えてこれらの広域のデータも総合的に監視することにより、地震活動を監視することができるようになった。また、火山観測のための観測点がない火山であっても、顕著な群発地震など、ある程度の監視が可能になっている。

4. 地殻変動観測

火山活動を評価する上で、地殻変動観測は有効である。気象庁は、火山監視・情報センター発足以前から、精密観測火山を中心に傾斜計を設置して連続観測を実施してきたが、地表近くに設置されているため、温度変化等によるノイズが大きく、規模の大きな変化しか捉えられなかった。昭和 61 年（1986 年）伊豆大島噴火の際は、多点による傾斜観測が行われ、1990 年代からは、雲仙岳や伊豆東部火山群にボアホール式傾斜計も設置されたが、このような多点、高品位の傾斜観測は、一部の火山に限られていた。岩手山等における気象研究所等の試験観測の成果を踏まえ、平成 12 年度から、比較的安価なボアホール式傾斜計（深度約 10m）が順次導入され、浅間山では噴火直前の前兆変化を捉えるなどの成果を上げた。平成 21 年度から整備した「火山総合観測装置」では、全国的に本格的なボアホール式傾斜計（深度約 100m）を採用している。加えて御嶽山噴火後の監視強化（火口近傍での傾斜観測の必要性）では、設置と維持が比較的容易な深度約 10m の傾斜計を採用し、各火山で標準的に総合観測装置と合わせて傾斜計 2 台による観測が行われている。

火山監視・情報センター業務開始とともに、気象庁は、常時観測火山に GNSS 連続観測を導入した。そして、国土地理院が全国展開している GEONET（GNSS Earth Observation NETwork System：GNSS 連続観測システム）や大学等のデータも統合して処理している。また、現地観測（火山機動観測）において、連続観測より小さい密な観測網を用いて火口を取り囲むような繰り返し観測を行っている火山もある。

これらに加え、火山監視・情報センター発足前から、測角測量や光波測距を一部の火山で導入していた。伊豆大島では、昭和 61 年の噴火以来、連続自動光波測距観測を実施しており、長期的な地殻変動を記録し続けている。平成 3 年から始まった雲仙岳の噴火においては、溶岩ドームの成長過程の観察や山体変形の観測が行われ、これらのノウハウは、平成 12 年（2000 年）有珠山噴火、平成 16 年の浅間山の噴火における観測にも活用され、連続自動光波測距観測は浅間山でも行われている。

また、火山観測の目的で設置された測器ではないが、気象庁が東海・南関東地域に設置している体積ひずみ計には、これらの地域に存在する活火山（例えば、伊豆大島、伊豆東部火山群、箱根山）の活動に関連した地殻変動が記録されることから、これらのデータも監視に活用している。

5. 空振観測

噴火に伴う空振や音響の観測は、以前は全国の気象官署で体感によって行われていた。体感に加え、気象観測のための自記気圧計や微気圧計といった測器が用いられることもあったが、自記気圧計や微気圧計は火山観測用の測器ではないため、周波数特性等に問題があった。このため、気象庁は、大学で用いられていた低周波マイクロフォンによる観測を、1980 年代から手始めに桜島で取り入れた。十勝岳や雲仙岳の噴火の際にも、低周波マイクロフォンを正式な空振計として順次採用した。雲仙岳では、多点空振観測による波源決定手法が開発され、平成 12 年（2000 年）有珠山噴火に伴う空振の観測にも利用された。空振計は、1990 年代後半から各地の火山で採用するようになり、現在は、全国の常時観測火山に設置し、一部の火山には複数の空振計を設置している。

6. 全磁力観測

マグマの上昇や熱水系の発達などにより、岩石の磁化が弱まり地磁気に変化が現れることがある。地磁気観測所や気象研究所が草津白根山などで観測実績を挙げたことを受けて、火山監視・情報センター発足を契機に火山機動観測に全磁力の繰り返し観測が導入された。

さらに、御嶽山の噴火を受けて、水蒸気噴火の兆候をより早期に把握するため、6火山（樽前山、吾妻山、安達太良山、御嶽山、九重山、霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺）で全磁力連続観測を開始した。いくつかの火山では火山活動の高まりに応じた全磁力変化が捉えられており、活動評価に活用されている。

7. 火山ガス観測

マグマから脱ガスする揮発性成分は、噴火の駆動力となることから、火山ガスの観測が火山活動の観測には有用である。また、火山ガスの挙動は、水蒸気噴火の原因となる熱水の活動とも関係が強いと考えられている。気象庁では、1960年代に北川式検知管による噴気孔ガス濃度観測を導入した。しかし、精度が悪く、定量的な評価が難しかった。

火山監視･情報センターの発足後は、三宅島における相関スペクトロメーター（Correlation Spectrometer（COSPEC））観測の経験を踏まえて、二酸化硫黄（SO_2）の放出量の観測を導入した。現在は、小型紫外線スペクトロメーター（COMPUSS）を用いて繰り返し観測が行われており、噴火警戒レベルの判定等、火山活動評価の重要な指標の一つとなっている。

また、いったんは廃止された火山ガス成分観測であったが、御嶽山の噴火を受けて、火山ガスの成分比を連続観測できる多成分火山ガス観測システムを、吾妻山、草津白根山、御嶽山、九重山に設置して試験的な観測等を開始した。吾妻山や草津白根山では、火山活動の高まりに応じて火山ガスの成分比に変化が検出されている。

8. その他の現地観測等

現地観測とは、テレメータ技術に頼らず、現地に出かけて行う観測であり、常時観測体制構築当初からの3本柱のひとつである。火山の地元の気象官署は、定期的に現地観測を実施してきた。その内容は、火口内の変化を確認する目視観測のほか、噴気地帯の温度観測やガス観測、温泉の温度観測やpH観測が中心であった。火山監視・情報センターの発足を機に、現地観測についても大幅な見直しが行われ、一部の火山を除き、現地観測は、火山監視・情報センターの火山機動観測班が行う「火山機動観測（基礎調査観測）」の一環として行うことになった。

熱観測については、1970～1980年代に技術の進歩があった「熱赤外映像観測」を、1980年代から火山機動観測に導入していた。近年は軽量でデータ処理が容易な機器が開発され、従来からの温度計による直接観測とともに熱的状態を可能な限り面的に捉えられるよう、熱赤外映像装置による遠隔観測を大幅に導入した。

このほか、航空機やヘリコプターによる上空からの観測も重要で、平成3年から始まった雲仙岳の噴火や平成12年（2000年）有珠山噴火、平成12年三宅島噴火の際は、頻繁に上空からの観測が行われ、観察や写真撮影だけでなく、熱映像や火山ガス観測なども行われるようになった。上空からの観測は、異常時だけでなく、多くの火山で、平常時から、関係機関の協力を得て実施している。

また、噴火後には、大きな噴石や火砕流の到達範囲、火山灰が降灰した範囲や量等を把握するための観測や調査を、地元の地方気象台等や関係機関の協力の下で実施している。これらの結果は、噴火警報や降灰予報の適切な発表や予測精度向上の取組に欠かせないものとなっている。

9. 衛星データの活用

火山の噴火等の活動時には、気象衛星「ひまわり」のデータ（可視、赤外、8号以降の火山灰用RGB合成等）を、噴煙や地表の熱活動の監視に活用している。例えば西之島など、リアルタイム監視手段が他にない海域の火山では、非常に重要なデータである。また、宇宙航空研究開発機構の陸域観測技術衛星「だいち」（2006～2011年）及び「だいち2号」（2014年～）の合成開口レーダー（SAR）のデータを用いた、干渉SAR解析・時系列解析及び強度画像解析の成果も、火山周辺の地殻変動や噴出物の範囲、地形の変化等の評価に活用されてきた。

【第4節】火山防災情報と防災支援

1. 火山情報から噴火警報、速報へ

（1）火山情報の発表開始

常時観測体制を整備した1960年代以降、防災のための情報が望まれるようになった。社会的な要求に応えられる火山情報を適時・適切に発表するためには、当時の火山情報では、様々な点で不備が多いと考えられていたが、昭和33年10～12月の浅間山噴火が始まる前に、軽井沢測候所から火山情報を通じて地元自治体等への登山規制の働きかけが行われ、事前の登山規制により登山者への被害が生じなかったこと、昭和39年12月下旬～昭和40年1月上旬の三原山噴火の際に、大島測候所から数度発表された臨時火山情報は、防災上、かなり有効であったことが示された。

このため、気象庁は、昭和40年1月から、それまで非公式に自治体等に伝えられていた火山情報を公式に発表することとした。新たな火山情報は、常時観測火山を対象とした「火山情報（定期）」、及び異常時に発表する「火山情報（臨時）」の2つで構成された。最初の火山情報（定期）は、昭和40年1月にA級火山（浅間山、伊豆大島、阿蘇山、桜島）及び三宅島を対象として発表された。昭和53年の「活動火山対策特別措置法」の改正以降は、「定期火山情報」「臨時火山情報」「火山活動情報」の3種類の火山情報を発表してきた。

昭和末期から平成初期にかけて、伊豆大島、十勝岳、伊豆東部火山群、雲仙岳など社会的に大きな影響を与える噴火が相次いだ。その際、「臨時火山情報」に比べて、より上位の「火山活動情報」という名称が与える印象に切迫性が低いため、わかりづらいという意見が多く寄せられた。また、噴火活動が続いている火山において、火山活動の軽微な変化に対して「臨時火山情報」を頻繁に発表することが問題視されるなど、防災情報として火山情報の更なる改善が求められた。

このことから、平成4年11月、気象庁は、学識経験者、防災行政関係者、報道関係者で構成される「火山情報検討会」（座長：下鶴大輔東京大学名誉教授）を開催し、火山情報に対する防災上のニーズとともに、火山学や火山観測技術の評価等を行い、火山情報拡充のための方策や名称変更について検討した。その結果に基づき、平成5年5月から、人命等に影響を与える可能性のある火山活動が発生した場合に、その重大性と緊急性を伝えるために発表する情報の名称を、「火山活動情報」から「緊急火山情報」に変更した。また、「緊急火山情報」又は「臨時火山情報」が発表された後、これらの情報を補完して、きめ細かく活動状況を伝える「火山観測情報」を新たに導入した。

（2）火山活動度レベルの提供

火山活動には噴火活動による火山灰や噴石の放出、溶岩の流出、火砕流など、様々な災害の要因が含まれているため、それらを伝える火山情報の内容が多岐にわたること、専門的であること、文章表現では分かりにくいといった指摘があった。このことから、火山活動の状態と防災対応の必要性を考慮して、火山の活動度を次の０～５の６段階で簡潔に表現した「火山活動度レベル」の提供を平成 15 年 11 月から、浅間山、伊豆大島、雲仙岳、阿蘇山、桜島の５火山で開始した。

５　極めて大規模な噴火活動等。広域で警戒が必要。
４　中～大規模噴火活動等。火口から離れた地域にも影響の可能性があり、警戒が必要。
３　小～中規模噴火活動等。火山活動に十分注意する必要がある。
２　やや活発な火山活動。火山活動の状態を見守っていく必要がある。
１　静穏な火山活動。噴火の兆候はない。
０　長期間火山の活動の兆候がない。

火山活動度レベルは、火山噴火予知連絡会が平成 11 年に「火山活動度レベルの一般的指針（試行段階の案）」として気象庁に提言した内容をもとに、５火山の地元防災機関や有識者の意見を聞きながら具体化したもので、気象庁ホームページに常時掲載するとともに、「緊急火山情報」にはレベル４～５を、「臨時火山情報」にはレベル３を、「火山観測情報」には０～５を付加して提供した。

火山活動度レベルの対象は、その後 12 火山まで拡大した。

（3）噴火警報・噴火予報・噴火警戒レベルの運用開始

平成 12 年から平成 13 年にかけて、富士山において低周波地震が多発したことを受けて、火山防災体制の確立に向けて様々な検討が開始され、学識経験者、関係都県及び関係府省から構成される「富士山火山広域防災検討会」において、富士山の具体的な広域防災対策のあり方が取りまとめられた。一方、北海道駒ヶ岳等の一部の活火山でも、複数の市町村にまたがった整合のとれた具体的な避難計画等の作成が進められてきた。

これら富士山や北海道駒ヶ岳における広域的な防災対策の成果を踏まえ、平成 18 年 11 月から「火山情報等に対応した火山防災対策検討会」（事務局：内閣府（防災担当）、総務省消防庁、国土交通省砂防部、気象庁）において火山防災対策の検討が進められた。その中で「火山活動度レベル」は、具体的な防災対応との関連が必ずしも明確でなく、避難準備や避難指示等の判断に利用しにくいとの指摘があった。このため、火山の活動度を避難行動等の具体的な防災行動に結びつける形で５段階にレベル化して発表することとし、平成 19 年６月の検討会で名称を「噴火警戒レベル」とすることが提言された。

また、平成 19 年秋の臨時国会において、気象業務法の一部を改正し気象庁が火山現象警報等を実施することとなった。これらを踏まえ、気象庁は新たに「噴火警報」等の名称で火山現象警報等を発表し、とるべき防災対応との関係を明確化した噴火警戒レベルも合わせて発表することとした。平成 19 年 12 月の噴火警報の開始時は、それ以前に火山活動度レベルが設定されていた 12 火山について、防災対応を含めた考え方に従って見直す作業を行い、新たな４火山を加えて 16 火山で運用を開始した。

その後、上記検討会で更に検討が進められ、「噴火警戒レベル」は、気象台及び地元関係機関（自治体・砂防部局等）と火山研究者が、噴火シナリオと火山ハザードマップを検討し、火山活動の影響範囲に応じた避難等の対応について検討した上で運用することや、地域防災計画等に噴火警戒レベルと防災対応との関係を位置付ける必要性が示され、検討の結果は、平成 20 年３月に「噴火時等の避難に係る火山防災体制の指針」（以下「指針」という。）として公表された。

これを受けて気象庁は、噴火警戒レベルが発表された際にとるべき防災対応が地域防災計画等に定められた火山に対して、噴火警戒レベルの運用を開始することとし、火山防災協議会が未設置の火山もある中、指針を拠り所として、本庁・管区及び地方気象台が、地元関係機関及び研究者等と協議を重ねて、１年に数火山ずつ運用を始めた。協議会が法的に位置付けられてからは、噴火警戒レベルはその正式な協議事項とされ、令和３年度までに協議会が設置された全 49 火山で運用が開始された。

噴火警報及び噴火予報は全国の活火山（開始当時 108 火山、現在 111 火山）を対象に、警戒等を要する市町村等を明示して発表しており、このうち噴火警報は、大きな噴石、火砕流、融雪泥流等、噴火に伴って生命に危険の及ぶ火山現象の発生が予想される場合に発表する。わかりやすさと速報性の観点から、噴火警報には警戒等を必要とする対象範囲を表す語（火口周辺、居住地域等）を付した名称を使用するとともに、火山防災協議会で合意された避難計画等に基づき、５段階の噴火警戒レベルあるいは警戒事項等のキーワードを付して発表している。噴火予報は、火山活動の状況が静穏あるいは噴火警報には及ばない程度と予想される場合に、噴火警戒レベル１あるいは警戒事項等として「活火山であることに留意」※を付して発表している。 また、海底火山については「噴火警報（周辺海域）」として発表している。なお、「噴火警報（居住地域）」は、平成 25 年８月以降、特別警報に位置付けられている。さらに、噴火警報・予報を補完するため火山性地震の回数等の火山活動の状況や警戒事項をお知らせする場合には、「火山の状況に関する解説情報」を発表する。

噴火警戒レベルは、以下のキーワード（括弧内）とともに発表される。

レベル５（避難）
　居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生、あるいは切迫
レベル４（高齢者等避難）
　居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生すると予想される（可能性が高まっている）
レベル３（入山規制）
　居住地域の近くまで重大な影響を及ぼす噴火が発生、あるいは発生すると予想される
レベル２（火口周辺規制）
　火口周辺に影響を及ぼす噴火が発生、あるいは発生すると予想される
レベル１（活火山であることに留意）
　火山活動は静穏。火山活動の状態によって、火口内で火山灰の噴出等が見られる

※噴火警戒レベル運用当初のキーワードは、レベル４は「避難準備」、レベル１は「平常」。

（4）御嶽山噴火災害を踏まえた噴火速報の発表等

平成 26 年９月に発生した御嶽山噴火を受け、火山噴火予知連絡会の「火山情報の提供に関する検討会」において、①わかりやすい火山情報の提供、②火山活動に変化があった場合の情

報伝達の方法が検討された。平成 27 年 3 月にまとめられた「火山情報の提供に関する報告」では、噴火警報の発表基準の公表、火山活動の変化を観測した段階での臨時の発表であることを明記した「火山の状況に関する解説情報」の発表、噴火警戒レベル 1 におけるキーワードの「平常」から「活火山であることに留意」へ変更、噴火速報の発表などの改善策が提言された。

この提言を踏まえた噴火警報の発表基準については、噴火警戒レベルの判定基準を精査し、平成 28 年の浅間山、御嶽山、桜島を皮切りに、令和 4 年にかけて、火山防災協議会が設置されている全国 49 火山全てにおいて公表した。

平成 27 年 8 月から運用を開始した噴火速報は、火山名と噴火した時間のみの情報とし、登山者や周辺の住民に対して、火山噴火が噴火したことを端的にいち早く伝え、身を守る行動を取れるようにしている。当初の噴火速報は、気象庁の監視データ（震動・カメラ等）で噴火を確認して発表する運用だったが、平成 30 年 1 月の草津白根山（本白根山）噴火では、監視データでは噴火を確認できず、関係機関から得た噴火の情報を確認するのに時間を要し、噴火速報を発表できなかった。このため、火山防災協議会の構成機関からの通報やインターネット上の Web カメラで得た情報なども、噴火速報に活用して発表することとした。 噴火速報は、気象庁ホームページ、テレビやラジオのほか、携帯端末などを通じて知ることができる。令和 5 年 3 月現在、携帯端末サービスの事業者数は、当初の 2 社から 6 社に増加した。

2. 降灰予報と火山ガス予報

（1）降灰予報及び火山ガス予報の発表開始

桜島の噴火が活発であった 1980 年代、県内の関係機関から降灰の予測に関する要望を受けた鹿児島地方気象台は、噴火が発生した場合の降灰の予想に役立ててもらう目的で、昭和 58 年 9 月から、「177 天気予報電話サービス」を通じた高層風の実況の提供を開始した。そして、昭和 60 年 2 月から、数値予報モデルの高層風の予報結果を用いて、桜島上空の風向風速の予報値を提供する業務を開始した。この情報は、鹿児島県内の報道機関では幅広く活用され、ローカル天気予報の一部として放送され、住民の生活に欠かせないものとなって、30 年以上利用された（現在は、降灰予報（定時）が利用されている）。

噴火の発現時刻や噴煙高度などの噴煙柱の状態を初期条件として、メソスケールの数値予報モデル（MSM）の予報値を利用して火山灰の移流・拡散・降下・沈着の予測計算を行う移流拡散モデルの開発が進められ、平成 16 年の浅間山の噴火を通じて検証が行われた。このような降灰予測に関する技術開発とともに、平成 19 年の気象業務法の改正も踏まえ、平成 20 年 3 月から「降灰予報」及び「火山ガス予報」の提供を開始した。

火山ガス予報は、居住地域に長期間影響するような多量の火山ガスの放出がある場合に発表することとし、発表条件に該当した伊豆諸島の三宅島を対象として、平成 20 年 3 月から運用が開始された（三宅島を対象とした発表は平成 27 年 11 月に終了）。

（2）量的降灰予報の運用開始

交通やライフライン、農作物、人体等に対する被害の程度は、降灰量ごとに異なり、とるべき対応も異なる。このことから、降灰の範囲だけでなく降灰量を予報することが防災上、重要な情報となる。降灰量の予測に向けた技術的な進展、及び防災情報としてより適切な内容とするため、桜島、霧島山及び浅間山周辺を中心とする防災担当者、各利用分野、一般住民等を対象として気象庁が行った降灰予報に関するニーズ調査を踏まえ、「降灰予報の高度化に向けた検討会」において検討した結果が「降灰予報の高度化に向けた提言」として平成 25 年 3 月に取りまとめられた。この提言を受け、平成 27 年 3 月、降灰量分布（検討会で提言された降灰量階級で表現、以下同様）や小さな噴石の落下範囲を予測する新しい降灰予報（量的降灰予報）の運用を開始するとともに、担当する予報官を気象庁本庁に配置した。

当初の降灰予報は、噴火発生からおおむね 6 時間後までに火山灰の降下があると予想される地域を図で示した降灰予想図を作成して、降灰が予想される地域（府県予報区）に対して予報文とともに発表していた。新たな量的降灰予報では、噴火の前と後や時間経過に応じて、「降灰予報（定時）」「降灰予報（速報）」「降灰予報（詳細）」の 3 種類で発表することとした。「降灰予報（定時）」は、噴火警報発表中の火山で、噴火により人々の生活に影響を及ぼす降灰が予想される場合に、3 時間ごとに発表する。「降灰予報（速報）」は、噴火後速やかに（5 ～ 10 分程度）発表し、噴火発生から 1 時間以内に予想される、降灰量分布や小さな噴石の落下範囲を提供する。「降灰予報（詳細）」は、噴火後 20 ～ 30 分程度で発表し、噴火発生から 6 時間先まで（1 時間ごと）に予想される降灰量分布や、降灰開始時刻を提供する。また、降灰量の状況や影響、必要な対応行動をわかりやすく利用者へ伝えるために、降灰量を降灰の厚さによって「多量」「やや多量」「少量」の 3 階級で表現するとともに、従来の都道府県ごとの予報から市町村ごとの予報に変更した。

3. 航空路火山灰情報

航空路火山灰情報（VAA）は、火山の噴火で噴き上げられ上空を浮遊する火山灰から、航空機の運航を守るため、航空路火山灰情報センター（VAAC）から発表される情報である。気象庁は世界の 9 つの VAAC の一つ東京 VAAC として、平成 9 年から VAA の発表を行っている（航空路火山灰情報センター業務については、第 3 部第 2 章第 6 節「航空路火山灰情報センター業務」を参照）。

4. 活動火山対策特別措置法 制定・改正の経緯

昭和 47 年から昭和 48 年にかけて、桜島の噴火活動が活発になり、周辺地域の農作物にかなりの被害が生じた。また、昭和 48 年 2 月、浅間山が噴火して、噴石により、周辺地域の住家の屋根や窓ガラスなどに被害が生じた。これらを背景にして、昭和 48 年 7 月、議員立法により、「活動火山周辺地域における避難施設等の整備等に関する法律」（昭和 48 年法律第 61 号。以下「旧法」という。）が制定された。

昭和 52 年 8 月、有珠山が 33 年ぶりに噴火し、火山噴火のもたらす災害に改めて人々の注目が集まった。また、昭和 47 年以来活動が活発化し、周辺市町村に毎年大量の降灰をもたらしている桜島や、しばしば山頂周辺への立ち入りが規制されている阿蘇山等のほかの火山についても、火山噴火の予知、降灰対策、避難対策等の総合的な対策が必要であるとの考え方が固まり、昭和 53 年 4 月、旧法が改正され「活動火山対策特別措置法」と改められた。この改正により、降灰の除去及び防除事業に対する国庫補助、周辺地域の警戒避難体制の整備等に関す

る規定が加えられた。気象庁に関連する主な改正点としては、火山現象の研究及び観測のための施設及び組織の整備並びに大学その他の研究機関相互間の連携強化、情報の収集及び伝達、避難等、警戒避難体制について都道府県の地域防災計画に定めること、火山現象による災害から国民の生命及び身体を保護するため必要があると認めるときの火山現象に関する情報の関係都道府県知事への通報の義務付けとそれを受けた知事や市町村長の防災対策を定めることが挙げられる。

平成 27 年には、前年に発生した御嶽山噴火災害の教訓や、火山災害の特殊性などを踏まえ、活動火山対策の強化を図るべく、火山地域の関係者が一体となって、登山者を含めた警戒避難体制の整備を行うための改正が行われ、基本指針の策定や火山災害警戒地域の指定が規定された。このほか、火山防災協議会が指定地域を含む都道府県・市町村における設置義務として法的に位置付けられ、気象台も構成員として規定され、噴火シナリオや火山ハザードマップ、噴火警戒レベルの設定について、都道府県及び市町村と協力して検討することとされた。

令和 5 年には、富士山の想定火口の範囲拡大や桜島で大規模噴火の可能性が近年指摘されたことなどから、噴火災害が発生する前の予防的な観点から、活動火山対策の強化を図るための改正が行われた。火山現象に関し専門的な知識又は技術を有する人材の育成及び継続的な確保、火山調査研究推進本部の設置、火山防災の日の制定などが定められた。

5. 火山防災協議会

平成 20 年 3 月に公表された指針において 、市町村長は気象庁が発表する噴火警報（噴火警戒レベル）に応じた入山規制や避難勧告等の防災対応を行うこと、地元の関係機関で構成される「火山防災協議会」で、平常時から関係機関との共同検討を推進することなどが示された。その後、国が策定する防災基本計画（中央防災会議が作成する政府の防災対策に関する基本的な計画）においても、火山防災協議会の設置等の体制の整備や平常時からの共同検討が定められた（平成 23 年 12 月）。これを受けて、気象庁をはじめとする国の火山関係府省庁は、各火山周辺の地方公共団体等の防災関係機関に働きかけて火山防災協議会の設置や運営を推進し、火山災害から登山者や住民の生命を守るための取組（噴火シナリオ、火山ハザードマップ、噴火警戒レベル、避難計画、防災マップ、防災訓練等の作成や実施）を共同で進めてきた。そして、前述した平成 27 年の活動火山対策特別措置法改正により、火山災害警戒地域を含む都道府県・市町村における火山防災協議会の設置が義務となり、これらの取組が協議事項となった。

火山防災協議会は、都道府県、市町村、気象台、砂防部局及び火山専門家等の地元関係機関で構成され、その役割は、平常時には噴火警戒レベルに対応した「避難計画」（誰が・いつ・どこからどこへ・どのように避難するか等）の共同検討を進め、緊急時には避難対象地域の拡大等の助言を市町村長に対して行うことである。また、避難訓練の実施や避難計画の住民への周知も火山防災協議会で行われる。火山防災協議会におけるこのような共同検討は、地域の関係者の間で「顔の見える関係」（相手が決めることについてもお互いに意見を言い合える信頼関係）と「防災対応のイメージ共有」（噴火警戒レベルに応じた具体的な防災対応についての認識の共有）を確立することにつながり、噴火時等に関係機関が連携して避難計画に基づく防災対応を行うために不可欠となっている。また、指針では、「国は、全国の火山に関係する都道府県及び市町村との間で連絡会議を開催し、情報交換を活発化する。」としていることから、気象庁は内閣府等とともに事務局となって、平成 24 年から毎年、火山防災協議会等連絡・連携会議を開催している。

火山防災協議会をはじめとする地域における火山防災支援の充実にあわせ、気象庁では、関係する都道県を所管する気象台に火山防災官や火山防災調整係長を順次配置した。また、浅間山、伊豆大島、三宅島、阿蘇山には平成 20 年 4 月から、口永良部島には平成 28 年 10 月から、火山防災連絡事務所を設置、職員 2 名を勤務させて、地元自治体と連携した火山業務を、本庁又は福岡管区気象台と協力しながら実施している。

【第 5 節】火山噴火予知連絡会

1. 火山噴火予知連絡会の発足

噴火活動が活発になった桜島火山の活動に鑑み、火山研究の成果を火山防災に役立てるとともに、科学的な根拠に基づく火山噴火予知の実現を目指して、昭和 48 年に文部省測地学審議会（現 文部科学省科学技術・学術審議会測地学分科会）において「火山噴火予知計画の推進について」がまとめられ、関係大臣に建議された。その建議に基づき、火山噴火の予知に関する観測の情報を交換するとともに、それらの情報の総合的な判断を行い、かつ研究・観測の体制を調整し、それぞれの立場における研究及び業務を円滑に進めるため、大学、気象庁並びに関係省庁間に火山噴火予知連絡会を設け、事務局は気象庁に置くこととなった。

これを受け、昭和 49 年 6 月に火山噴火予知連絡会が発足し、同年 7 月に初代会長に永田武氏（国立極地研究所所長）を選出して第 1 回の連絡会が開催された。以降、年に 3 回（令和元年以降は 2 回）ずつ定例会が開催され、令和 5 年度までに 153 回となった。定例会では、前回開催以降の主な火山活動についての評価が検討され、会議後の記者会見でその検討結果が説明された。第 72 回（平成 8 年）からは、全国の活火山の活動評価の取りまとめも報道に公表された。平成 14 年頃からは、TV 会議システムを用いて、各管区気象台の地域火山監視・情報センターも定例会に参加、また地方自治体の防災担当者も最寄りの気象官署で傍聴できるようにした。令和 6 年度の火山調査研究推進本部・火山調査委員会の設置を受けて、153 回を最後に定例会は開催しないこととなった。

気象庁は、火山噴火予知連絡会の委員である各大学等の研究者と、定例会資料の検討を通して火山活動評価の議論を行い様々な助言を受け、観測データの解析及び解釈の技術と、火山活動評価に資する資料の内容を着実に向上させてきた。当初は本庁が一括で行っていた会議での説明と質疑対応も、平成 30 年の定例会から TV 会議で各管区気象台の火山活動評価官等が行った。後述の「あり方」検討においても、「火山活動評価ではこれまでのような予知連での研究者の助言を必ずしも求めずに気象庁単独で実施可能な範囲が確実に増えている」（報告書）ことを前提として、新体制が検討された。

2. 火山活動への対応

火山噴火予知連絡会では、研究成果を実社会に応用することを念頭に、観測データや現地調査の成果に基づき、火山学の知見を用いた火山活動の科学的な評価を行い、統一見解やコメ

ントなどといった形で発表し、火山災害の軽減に資する情報発信に努めてきた。例えば、昭和61年（1986年）伊豆大島噴火に際しては、山腹割れ目噴火の発生を受けて、全島避難の契機となるような助言を行い、平成12年（2000年）有珠山噴火に際しては、地元の火山噴火予知連絡会委員が火山噴火の可能性を地元自治体に伝え、住民避難のきっかけを作るなど、防災対応を支援する役割を果たしてきた。また、昭和52年の有珠山噴火の際の「有珠山総合観測班」、昭和61年（1986年）伊豆大島噴火の際の「伊豆大島部会」、平成2年からの雲仙岳噴火の際の「雲仙岳ワーキンググループ」など、令和4年に終了した「口永良部島部会」に至るまで、必要に応じて部会や観測班などを設置して、気象庁や大学等による観測を強化し、火山活動を集中的に検討し、きめ細かい判断を行ってきた。

3. 検討会による提言

火山噴火予知連絡会の下に設けられた各検討会等では、活火山及び中長期的な噴火の可能性の評価に基づく火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な火山（現在51火山）の選定や、噴火現象の即時的な把握手法、観測データの流通及び共有体制、優先度を踏まえた火山毎の具体的な観測網のあり方等について検討を行ってきた。最近では、平成26年の御嶽山噴火や平成30年の草津白根山（本白根山）の噴火を受けて、火山観測体制等や火山情報の提供、調査研究のあり方の検討を行い、評価や観測等の体制強化、火山防災情報の改善、火山防災に関する情報共有の強化等の必要性についても提言した。

このほか、「富士山ワーキンググループ」（報告書：平成15年5月）による富士山の基礎データ収集や「伊豆大島の火山活動に関する勉強会」（報告書：平成20年9月）による中長期的観点からの伊豆大島の噴火シナリオの検討なども行われてきた。

4. 活火山の選定と活火山総覧の発行

火山噴火予知連絡会は、昭和49年に設置されて以来、その任務の一環として、活火山の定義の見直しや選定作業を進めてきた。

昭和50年には、当時の活火山の定義であった「噴火の記録のある火山及び現在活発な噴気活動のある火山」に該当する77活火山に関する資料をまとめて「日本活火山要覧」を刊行し、昭和59年にはこれを改訂し「日本活火山総覧」を刊行した。

平成3年には、活火山の定義を「過去およそ2000年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山」に変更した。この定義に該当する83活火山のカタログとして「日本活火山総覧（第2版）」を刊行、より多くの方々に利用していただくために、平成8年には一部を改訂して刊行した。

さらに、火山噴火予知連絡会は、「火山噴火の長期的な予測に関するワーキンググループ」や「活火山ワーキンググループ」による検討を経て、平成15年1月、国際的にも一般的になってきていた「概ね過去1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山」を活火山と定義し、108の火山を活火山として選定した。それらを反映した「日本活火山総覧（第3版）」を平成17年に刊行した。

その後、平成23年に2火山、平成29年に1火山を新たに活火山として選定している。

平成25年には、活火山をとりまく各方面の変化に対応して、特に防災面での内容を充実させるとともに、新たな知見等も合わせ、「日本活火山総覧（第4版）」を刊行した。

5. 衛星解析グループ

火山噴火予知連絡会では、宇宙航空研究開発機構（以下「JAXA」という。）の陸域観測技術衛星「だいち」等の防災利用実証実験を通じ、衛星データの利用方法を調査・検討するため、平成18年に衛星解析グループを設置した。当初は気象庁とJAXAの共同研究協定に基づき、また平成29年からは、防災分野での利活用の定着を目的とする協定に基づき、参加機関（国土地理院、防災科学技術研究所、各大学等）が衛星データによる火山活動監視の高度化と解析結果の火山活動評価、火山学の研究等を進めている。参加機関による解析結果は火山噴火予知連絡会における検討に活用され、また気象庁の防災資料等にも活用されている。

6. 火山噴火予知連絡会のあり方の検討

平成13年の中央省庁再編に伴う文部省測地学審議会の文部科学省科学技術・学術審議会測地学分科会への改組、同年の国立試験研究機関（現 国立研究開発法人）の独立行政法人化及び平成16年の国立大学の法人化、平成19年の気象業務法の改正による噴火警報の発表開始など、火山噴火予知連絡会を構成する各機関の体制の変化や、火山災害への社会的関心が高まり、これまで火山噴火予知連絡会の果たしてきた役割の一部を担う機関が整備されてきたことから、令和元年に「あり方検討作業部会」を設置し、今後の火山噴火予知連絡会のあり方についての検討が進められた。

令和4年にその最終報告がまとめられ、それを具体化するための「あり方報告の具体化作業部会」において、各検討会の構成や開催条件などが検討された。これらの検討を経て、令和5年度から、火山活動評価検討会等からなる新体制による運営を開始した。

7. 火山調査研究推進本部の設置と火山噴火予知連絡会

活動火山対策特別措置法が改正され、火山に関する観測、測量、調査及び研究を推進することにより、活動火山対策の強化に資することを目的として、我が国の火山調査研究を一元的に推進する司令塔として火山調査研究推進本部が、令和6年4月に文部科学省に設置された。

令和6年4月には本部会議、政策委員会、火山調査委員会の第1回会議が開催され、総合的かつ基本的な施策及び調査観測計画の要点を同年夏頃までに策定することや、関係行政機関、大学等の調査結果等を収集、整理、分析し、火山活動の現状を評価することなどが当面の活動とされた。

火山噴火予知連絡会は、火山調査研究推進本部による取組等を踏まえて、役割の見直しについて検討を行った結果、令和6年11月27日の第154回火山噴火予知連絡会をもって終了した。

第４章　地震津波火山業務システム

【第１節】地震津波関連の業務システム

現在の地震津波業務システムは、地震観測から各種解析処理、そして処理結果の出力及び情報発表までをオンラインリアルタイムで総合的に行うものとして確立されてきた。地震津波業務システムが誕生したのは、地震計等地震観測技術の発展、地震観測網の拡充のもと、通信技術の発達に伴うテレメータ技術と高性能なコンピュータの出現によるところが大きい。以下にその変遷を述べる。

１．初期の処理システム、テレメータ等

（１）初期の処理システム

地震津波に関するシステムは、明治期以来、昭和 30 年代頃まで、各官署で煤書きあるいはインク書き直視式の地震波形（いわゆるドラム記録）から手作業で位相や振幅を読み取って、それらの値を郵便や電信で各管区・沖縄気象台に送り、表やコンパスを利用して震源を決めるというアナログシステムの時期が長く続いた。また、観測に使用する時計についても振り子式やぜんまい式のものが使われており、震源精度は現在に比べるべくもないものであったが、これらのアナログシステムは、当時の標準地震観測網としては世界最高レベルの水準であった。

一方、第二次世界大戦後、都市の人口増加及び集中が起きると、都市部にある気象台での地震観測環境の悪化が問題となりつつあった。また、津波警報組織の確立のため、機械式地震計から電磁式地震計への置き換えが順次進められたことに加え、地震予知計画による小地震観測の必要もあり、テレメータによる遠隔観測への技術開発が進められることとなった。

（２）磁気テープ記録式電磁地震観測装置（67 型、76 型電磁式地震計）

昭和 40 年代に入り整備された磁気テープ記録式電磁地震観測装置は、観測点に設置する 67 型（又は速報装置付 67 型）電磁式地震計もしくは 76 型電磁式地震計と各中枢に設置する「速報受信装置（速報装置付 67 型からの信号受信用）」、「テレメータ用記録器」、「等 P 差表示器」、「半自動解析装置（解析用記録器付）」等から成る。

67 型電磁式地震計の特徴は、1 秒短周期の高感度地震計（倍率 1,000）であること、周波数変調方式（FM 方式）のデータレコーダを用いて磁気テープに再生可能な形で信号を記録するトリガ記録方式を導入したことなどである。76 型電磁式地震計についても同様で、1 秒短周期の高感度地震計（倍率 10,000）であること、アナログの磁気テープ収録、再生記録による読み取りを可能にしていることが特徴である。高感度地震計により地震検知力が向上し、小地震（本邦沿岸から 200km 以内、M3 以上）の検知が可能となった。また、速報装置付電磁式地震計は全国 20 か所（1 管区 4 か所）に整備され、それらの地震波形データは、専用電話回線を用いて管区等中枢で自動収集できるようになった。

各中枢では、地震発生直後に速報受信装置で地震波形を受け、テレメータ用記録器に波形を出力するとともに、自動収集される 2 観測点間の地震到達時間差（P 差）から交会法により管内の大まかな震央地を等 P 差表示器に表示させた。それまでの、地震発生後、管内各官署の観測データの入手(電報入電)を 10 分程度待ってから津波予報業務を開始していた時代に比べ、少なくとも地震発生直後に各中枢の津波予報業務を開始できるようになったことは画期的なことであり、地震津波業務の迅速化に大いに寄与した。

各官署で観測された地震波形データ（速報装置付 67 型地震計のデータを含む）は磁気テープに保存され、磁気テープは、各官署から 10 日ごとに、67 型は各中枢へ、76 型は直接本庁へ郵送された。半自動解析装置（解析用記録器付）は、郵送されてくる磁気テープを再生し手動にて地震識別、解析するためのものである。なお、昭和 50 年 1 月に「地震記録自動処理装置」が整備され、これら共有された磁気テープのデータを電子計算機で集中処理できるようになった。このような磁気テープ記録式電磁地震観測装置の機能には、データの集約を視野に入れた津波予報業務の迅速化、定常業務の効率化などの目的が背景にあり、現在の地震津波業務システムの先駆けであったということができる。

（３）テレメータ技術

テレメータ技術は、いわゆる隔測での 1 観測点のデータ収集・保存に限らず、多数の遠隔観測点の地震波形を、即時に 1 か所で同一時間軸上に記録（集中記録）することに意義がある。これにより、データ伝送が迅速化（データがリアルタイム取得）され、そのため観測網維持のための労力は減少（観測保守の省力化）し、また容易に高い時刻精度を得られるなど、データ品質の向上とともに、データ処理の多様化と効率化等が図られた。気象庁における隔測・テレメータ技術の研究・開発は、古くは 1950 年代後半にさかのぼる。最初に隔測技術を実用化したのは、皇居の地震計の観測波形を本庁で記録するために整備した「63 型直視式電磁地震計観測装置」である。この装置の特徴は、気象庁の地震観測としては初めて専用電話回線を利用した周波数変調方式（FM 方式）のアナログテレメータを導入したことである。FM 方式は、その後、松代群発地震時の「可搬型地震計」の開発、67 型磁気テープ式電磁地震計の展開などにより普及した。ただし、この時期の気象庁は、テレメータ技術を用いた観測に早期に取り組んだものの、その利用は観測点個別のデータ収集にとどまるなど、必ずしもテレメータ方式（集中方式）の利点を十分に生かしたものではなかった。

全国を覆うような観測網の本格的なテレメータ化が始まったのは、地震予知計画を契機としてのことであり、1970 年代に入って各機関が続々とテレメータ化を進めた。

1970 年代半ばまでは、テレメータにおけるデータ伝送はアナログの FM 方式が主流であったが、通信技術、コンピュータ性能の飛躍的な進歩により、テレメータ観測網においても、A/D（アナログ－デジタル）変換したデータを時分割多重 PCM（パルス符号変調）方式によりデジタル伝送することが可能となり、コンピュータによるデジタルデータの保存、オンラインリアルタイム処理、集中処理などが可能となった。

一方、気象庁においては、磁気テープ記録式電磁地震観測装置（67 型、76 型電磁式地震計）の展開により、津波予報業務の迅速化や小地震の検知力向上、解析業務の計算機処理が定着したものの、リアルタイムでのデータ収集、集中処理ができておらず、津波予報のより一層の迅速化や処理結果資料の早期提供など、社会の厳しいニーズに応えられなくなったことから、

67 型、76 型電磁式地震計、強震計などのテレメータ化とコンピュータによる集中処理が検討された。その結果、気象資料と地震資料の伝送にかかる「気象資料伝送網整備計画」が策定され、地震波形データの本庁・管区等中枢への集約、流通が実現した。

（4）L-ADESS と地震資料伝送網

昭和 56 年から気象資料伝送網整備計画に基づき、国内気象通信系の改善と地震資料伝送及び津波予報業務の高度化のために、本庁に「C-ADESS（全国中枢気象資料自動編集中継システム）」、各管区・沖縄気象台に「L-ADESS（地方中枢気象資料自動編集中継システム）」を整備した。また、同時に「地震波形伝送システム（地震資料伝送網）」を整備し、全国気象官署の 67 型、76 型電磁式地震計、強震計が所属の管区地方中枢にデジタル方式（PCM 方式）により遠隔自動収集され、L-ADESS においてリアルタイムで地震識別できるようになった。これにより津波予報業務のより一層の迅速化とともに、L-ADESS と C-ADESS を介した本庁までのデータ共有が可能となったことから、定常業務の効率化が図られた。

特に、津波予報作業は、長らく手作業によって、各気象官署から電報等で送られてくる震度や検測結果（P、S 時刻、最大振幅値等）の地震観測値をもとに震源決定（S-P 時間をコンパスで地図上に標示）や津波予報図を用いた津波判定を行い、その結果を津波警報等として関係機関に伝達していたが、昭和 57 年 1 月に L-ADESS 端末を用いた地震資料処理業務が開始され、ペンレコーダーに記録された地震波形からデジタイザで P、S 時刻や最大振幅を読み取り、各地の官署から電報等で送られてくる地震観測値と合わせて計算機処理し、震源計算や津波判定を行うようになった。同時に、津波警報等も L-ADESS 端末から電文として発信できるようになった。

（5）東海地域等常時監視網と東海監視装置

1970 年代後半になると、東海地震予知を目的とした常時監視のため、東海地域の気象庁、大学等の地震計データや地殻変動データ、海底地震計データが遠隔地から本庁に自動収集され、昭和 54 年 4 月に「東海監視装置（東海地域等常時監視システム）」が整備された。これにより、トリガ処理による地震の識別、波形検測、震源決定を行い、東海地震観測網の地震検知力、震源決定精度の確認を可能にし、常時活動監視をより一層の精度をもって実施できるようになった。

2. 地震活動等総合監視システム（EPOS）及び地震津波監視システム（ETOS）

（1）地震活動等総合監視システム（EPOS）の運用開始

昭和 62 年 3 月、津波予報の発表の迅速化を図るとともに、東海地震の予知に有効な資料を地震防災対策強化地域判定会へ迅速に提供すること等を目的として、昭和 60 年度から 2 か年計画で本庁に整備が進められてきた第 1 世代の「地震活動等総合監視システム（EPOS: Earthquake Phenomena Observation System）」の運用を開始した。EPOS の導入により、L-ADESS での各種業務処理、東海監視装置での処理が EPOS に吸収され、L-ADESS ではできなかった地震データのオンラインリアルタイムでの自動検測と震源の自動決定が可能となることで津波予報作業の更なる迅速化が図られるとともに、地震活動の推移をリアルタイムで監視することが可能になった。EPOS の整備に向けて、昭和 60 年 9 月には、地震火山部長及び地震火山部各課室長と担当官で構成される「地震活動等総合監視システム整備委員会」を発足し、整備計画の立案や EPOS の整備を担当するメーカーとの調整を図った。地震予知を行うためには、地震活動の監視だけでなく、地殻変動データをリアルタイムに処理して、総合的に異常の判別を行うことが重要である。また、津波による被害の軽減のためには、検潮データから津波の発生を自動検出することにより、的確な津波の実況把握を行い、各種情報を迅速かつ適切に発表できるようにすることが不可欠である。気象庁における地震・津波監視業務は、EPOS の導入により飛躍的な進歩を遂げた。

（2）地震津波監視システム（ETOS）の運用開始

平成 2 年 3 月、仙台管区気象台において、「地震津波監視システム（ETOS: Earthquake and Tsunami Observation System）」の運用を開始した。以後、年度を追って札幌、福岡、大阪、沖縄の順で整備した。ETOS は、EPOS で導入された地震処理、津波判定にかかる緊急処理のノウハウをもとに、L-ADESS で実行していた地震津波業務処理の形態を改良・更新したシステムである。EPOS 同様、これまで多くの時間が必要であった手作業による地震波形データの検測や震源決定等が自動化され、津波判定、情報作成等、一連の作業において、自動処理とその結果の確認・修正を行うマンマシン処理との併用により、大幅な省力化が図られ、各地方中枢での津波予報作業の迅速化と精度向上が図られた。また、平常時の地震波形の検測処理の質的な向上とともに、地震活動監視の強化や管内の地震活動図も充実した。

（3）第 2 世代の地震活動等総合監視システム（EPOS2）の運用開始

平成 7 年 4 月、第 2 世代の地震活動等総合監視システム（EPOS2）の運用を開始した。気象庁は、昭和 62 年 10 月から、①関東及び中部地方の津波予報業務、及び②東海地震の直前予知のための地震活動監視業務を行うため、EPOS を運用してきた。EPOS2 は、これらの EPOS の業務に、③南関東地域の地震活動監視業務、④関東及び中部地方の火山監視業務を加えた 4 つの防災業務を行うことを目的とした、UNIX と X-Window によるサーバ＆クライアントシステムである。津波予報及び地震情報業務に関しては、津波警報等の発表時間を大幅に短縮するために、平成 6 年 4 月から運用が開始された「津波地震早期検知網」、「津波地震処理装置」及び「緊急情報衛星同報システム」の整備に対応した。地震活動監視に関しては、それまでの東海地域の監視体制を充実させるとともに、平成 4 年 8 月に中央防災会議において決定された「南関東地域直下の地震対策に関する大綱」に沿って、南関東地域の監視体制を強化するため、東京大学地震研究所、防災科学技術研究所、海上保安庁の協力を得て、新たに必要な観測データのテレメータを整備した。火山監視業務に関しては、伊豆東部火山群、那須岳、草津白根山、御嶽山及び三宅島の 5 つの火山について、EPOS2 により総合的な監視体制を構築した。これらのほか、津波地震早期検知網と同時に整備された津波地震処理装置において津波警報等を 3 分程度で発表することを目標にした津波判定用のマグニチュード（Mp：P 波部分での Mw 近似値）を導入し、EPOS2/ETOS と連携し津波判定の迅速化を図った。さらに、非常時に本庁から地方中枢への支援を可能にするため、津波地震早期検知網のデータを東京管区気象台管内だけでなく全国的な規模で取り込めるようにした。

また、EPOS2 運用開始にあわせて、震度 3 以上が観測された場合に地震発生後 2 分程度で、その観測地点を含む地域の名称を用いて発表される「震度速報」をはじめ、震源の位置、地震

の規模、震度 3 以上の地域名、津波予報の発表状況を発表する「地震情報（震源・震度に関する情報)」や、震源の位置、地震の規模、震度 1 以上の地点を発表する「各地の震度に関する情報」などの新しい地震防災情報の提供を開始した。なお、平成 8 年度には「震度データ編集装置」を全国に整備し、その後、増加する震度計データの品質管理や震度計監視の機能強化を図るとともに、EPOS2 及び ETOS の処理負荷軽減等のため、本装置が震度速報の発信を担った。本装置は平成 14 年度に更新した後、第 4 世代の EPOS4 に吸収、統合された。

さらに、気象庁では、気象審議会答申第 19 号「今後の地震・津波情報の高度化のあり方について」（平成 6 年 10 月）を受け、「量的津波予報システム」の開発及び予報区の細分化などの作業に着手し、平成 11 年 4 月に「量的津波予報システム（全国)」を用いた、予測される津波の高さをもとに津波警報等を発表する業務（量的津波予報業務）を開始した。その後、量的津波予報システムは、平成 17 年度に「北西太平洋津波監視システム」（本庁のみ）として更新された後、第 4 世代の EPOS4 に吸収、統合された。

（4）第 2 世代の地震津波監視システム（ETOS2）の運用開始

平成 11 年 3 月、仙台管区気象台において、第 2 世代の地震津波監視システム（ETOS2）の運用を開始した。以後、年度を追って札幌、福岡、大阪、沖縄の順で整備した。ETOS2 は、基本的な設計思想は EPOS2 を踏襲しており、震度データ編集装置や量的津波予報システムと連携した各管内津波予報業務、地震活動監視業務に加え、札幌、仙台、福岡における火山活動監視業務を加えた防災業務を目的とした UNIX と X-Window によるサーバ＆クライアントシステムである。なお、火山活動監視業務を追加したのは、札幌、仙台、福岡に整備されていた「火山解析処理装置（VolPAS: Volcanic data Processing and Analysis System)」が老朽化のため更新することになったが、ETOS の更新タイミングと合致していたことから、VolPAS の機能を火山処理として ETOS に追加することになったためである。また、サーバ＆クライアントシステムの導入により、緊急処理サーバと通信処理サーバを分離するなど、システムの処理負荷を分散し処理の効率化を図った。テレメータ受信については、火山処理が追加されたことから火山波形の取り込み分を拡張するとともに、フィルタ処理の適用、WIN フォーマットでの波形収録を実現した。その他、津波地震処理装置で実行していた Mp 計算の採用、二次自動処理、最大振幅の監視、M 成長曲線、周期及び継続時間による M 計算（スペクトル解析の採用）など、緊急業務処理の機能を強化した。札幌、福岡では火山処理機能の強化、ハードウェアの増強も実施した。大阪においては、火山業務がないが、BCP に鑑み、本庁代行機能（本庁支援モード）を採用した。大阪において全国の地震波形の取り込み、トリガ・震源計算の全国対応の切替、外電等の送信・応答機能、本庁同等の配信電文の追加等を実現した。その後、ETOS2 は、第 4 世代の EPOS4 に吸収、統合された。

（5）第 3 世代の地震活動等総合監視システム（EPOS3）の運用開始

平成 15 年 10 月、第 3 世代の地震活動等総合監視システム（EPOS3）の運用を開始した。EPOS3 は、気象庁、大学、防災科学技術研究所等の地震波形データ、地殻データ等を取り込み、処理することにより、地震・津波等に関する監視、東海地震に関連する地殻・ひずみデータの監視、並びにこれらに関する防災情報の作成・発表及びデータの保存等を行うことを目的として、気象庁本庁に整備されたシステムである。EPOS2 整備以降、取り込まれるデータ量が増加するとともに、処理する情報量も大量となり、EPOS2 では処理能力に限界がきていた。また、迅速な情報発表が求められる緊急地震速報等にかかる新規業務のため、高速かつ高度なシステムへの更新が望まれていた。このため、EPOS3 は、①業務処理ごとのサーバ分散と、内蔵ディスク及び LAN 構成の二重化などによる障害時の危険分散、②迅速で正確な情報の発表を可能とするための、画面やデザインの統一と操作性の向上、③最新のサーバと処理端末の採用による業務処理の高速化と情報発表の迅速化、④各種データ等の増加に対応するためのデータ保存用サーバの増設を簡便にする拡張性の確保を設計に取り入れ、地震業務の持つ緊急性や特殊性を考慮した高速かつ高度なシステムとした。

EPOS3 の運用開始後の平成 16 年 2 月から「緊急地震速報」の試験運用を開始し、平成 18 年 8 月から先行的な提供を、平成 19 年 10 月から一般への提供を開始した。また、平成 16 年 3 月から、観測された計測震度をもとに、地盤増幅度を使って約 1km 四方の格子間隔で推計した震度 5 弱以上の震度分布を示す「推計震度分布図」の提供を開始した。推計震度分布図の提供に当たり、本庁の震度データ編集装置の面的震度処理部を機能強化して推計震度分布図を作成し、部外に提供した。震度データ編集装置は、第 4 世代の EPOS4 に吸収、統合され、推計震度分布図は EPOS で作成されるようになった。

さらに、平成 17 年 3 月からの北西太平洋津波情報センター業務開始に当たり、本庁の量的津波予報システムを更新し、新たに「北西太平洋津波監視システム（本庁)」として整備した。北西太平洋域で M6.5 以上の地震が発生した場合、その発生時刻、震源の位置、規模、推定される津波到達予想時刻及び津波波高の予測値等を「北西太平洋津波情報」として関係国へ提供した。なお、北西太平洋津波監視システム（本庁）は、第 4 世代の EPOS4 に吸収、統合された。

（6）業務・システム最適化計画

「電子政府構築計画」（平成 15 年 7 月 17 日各府省情報化統括責任者（CIO）連絡会議決定）においては、業務・システムの最適化により費用対効果を高め、行政の簡素・合理化を図ることにより、予算効率の高い簡素な政府を実現することを主要目標とした。この目標を実現するため「業務・システム最適化指針」（平成 18 年 3 月 31 日各府省情報化統括責任者（CIO）連絡会議決定）に基づき、新たなシステム整備に当たっては、予算要求時までに業務形態及びシステム整備のあり方を見直して「業務・システム最適化計画」を策定することが、原則として義務付けられた。

地震火山部では、これを受け平成 18 年度に「地震津波監視等業務・システム最適化計画」を策定し、①業務・システムの安定性、信頼性の確保、②情報通信の効率化とトータルコストを抑止した処理能力の向上、③情報発表の迅速性、確実性の確保を基本理念・目標とした。その後、後述の EPOS4 及び REDC2（第 2 世代の地域地震情報センターデータ処理システム）の整備において、システム統合・集約による効率的な処理の実施（二中枢化)、最新の情報通信及び情報処理技術を踏まえたシステム構築と地震津波防災情報の高度化を図り情報発表の迅速・確実性を確保するなどして業務・システム最適化計画の所期の目標を達成した。なお、「政府情報システムの整備及び管理に関する標準ガイドライン」（平成 26 年 12 月 3 日各府省情報化統括責任者（CIO）連絡会議決定）の運用開始をもって、業務・システム最適化指針は廃止された。

（7）第 4 世代の地震活動等総合監視システム（EPOS4）の運用開始

平成 21 年 10 月 1 日、第 4 世代の地震活動等総合監視システム（EPOS4）の本格運用を開始した。EPOS4 の整備に係る準備作業は「業務・システム最適化計画」策定作業などを含め運用開始の 5 年前に始まり、大阪に整備された EPOS4 及び各管区・沖縄気象台の端末の運用については、平成 21 年 3 月に先行して開始されていた。EPOS4 の整備により、本庁の EPOS、北西太平洋津波監視システム（本庁）、及び、札幌・仙台・大阪・福岡の各管区気象台と沖縄気象台の ETOS 並びに量的津波予報システムが統合され、本庁、大阪の二中枢体制で運用を開始した。

EPOS4 運用開始後の平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の際に課題となった緊急地震速報（警報）の関東地方への続報の未発表、地震多発や停電による予測精度の低下、巨大地震に対する地震規模の過小評価と津波警報等の更新の遅れ等を受け、ハードウェアの増強による処理性能の向上を図るとともに、適切な緊急地震速報発表のためのロジックの改善、巨大地震の地震規模監視機能の追加、津波警報等の発表内容の見直し・改善等に伴い業務ソフトウェアを改修した。平成 23 年度には、海外で発生した地震による日本への津波の影響を評価するために津波シミュレーションを実行し観測データと比較した予測の評価を行うため、「津波評価解析装置」が整備された。本装置は、後に第 5 世代の EPOS5 に吸収、統合された。同じく平成 23 年度に、首都圏直下の地震対策として関東周辺の大深度の基盤強震観測網（KiK-net）のデータを、南海トラフ地震対策として熊野灘沖の海底地震計（DONET）のデータを緊急地震速報に活用できるよう、「大深度地震計処理装置」を整備し、EPOS4 の緊急地震速報に係る機能を強化した。

さらに、「長周期地震動分析装置」を整備し、平成 25 年 3 月から「長周期地震動に関する観測情報」の試行（平成 31 年 3 月本運用に移行）に対応した。長周期地震動分析装置は、後に第 6 世代の EPOS6 に吸収、統合され、令和 5 年 2 月から、新たに長周期地震動に関する観測情報のオンライン配信を開始した。

（8）第 5 世代の地震活動等総合監視システム（EPOS5）の運用開始

平成 28 年 3 月、第 5 世代の地震活動等総合監視システム（EPOS5）の運用を開始した。EPOS5 は、津波評価解析装置等の統合、地震識別等自動処理のための新規機能追加（同時多発地震対策（IPF 法）、巨大地震・見逃し対策（リアルタイム震度の導入、PLUM 法等））、及び津波警報等の更新に係る機能強化（CMT・W-phase 解析による Mw の活用強化、沖合津波計を利用した新たな津波予測手法（tFISH の導入））のために必要な処理能力を確保するとともに、防災科学技術研究所が整備した S-net 等の観測データの大幅増に対応すべく処理能力を増強した。また、業務の信頼性確保、作業者の操作習熟及びソフトウェア変更時の評価・動作確認等のため、本庁及び大阪に試験環境を新たに整備した。

さらに EPOS5 の運用開始後、平成 28 年（2016 年）熊本地震の課題を受け、地震活動等の推移をリアルタイムで監視し、迅速かつ的確に地震活動状況を把握するため、「地震活動推移監視装置」を整備した。その他、平成 29 年には、「中央防災会議防災対策実行会議（南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ）」の検討結果を受け、新たに「南海トラフ地震に関連する情報」の発表を開始するため、EPOS の情報発表機能を強化した。平成 31 年 3 月から、沖合津波観測網により観測される津波波形データから波源を推定し、その波源から遠方まで津波が伝わる過程を、沿岸への津波の到達前に、コンピュータシミュレーション（数値計算）によって把握し、沿岸の津波の高さを予測する手法（tFISH）を新たに開発し、津波警報等の更新に活用している。

（9）第 6 世代の地震活動等総合監視システム（EPOS6）の運用開始

令和 4 年 10 月、第 6 世代の地震活動等総合監視システム（EPOS6）の運用を開始した。厳しい予算事情のため、気象庁が有する情報システムの整備・更新に係る経費の圧縮（庁全体でのシステムライフサイクルコストの削減）を目指すべく、「気象庁情報システム最適化等検討委員会」において全庁情報システムの再編・統合について検討され、「気象庁情報システム基盤」（以下「システム基盤」という。）として仮想化技術等を用いて集約・統合することとなった。このため、EPOS6 は、サーバ等の主たるハードウェアを「システム基盤（第Ⅱ期（その 1））」に含めて情報基盤部が調達し、別途、地震火山部が EPOS6 の業務ソフトウェア、及びクライアント機器（端末、ネットワーク機器、映像系装置等）をそれぞれ分離して調達した。なお、システム基盤第Ⅱ期（その 1）に搭載するシステムは EPOS6 のみであり、運用管理については情報基盤部と地震火山部が協働することとした。

システム基盤は、基本的に東局は清瀬、西局は大阪、に配置されるが、地震津波業務は大地震などの非常災害時に極めて高い信頼性（可用性）を必要とするため、官執業務、現業、システム運用管理を一体的に行う必要があるという特殊性があることから、システム基盤Ⅱ期（その 1）は虎ノ門に整備することとなった。また、緊急地震速報関連処理や収録機能などの仮想化すると要求要件を満たさないものや、津波即時演算機能（津波シミュレーション用）などの高スペックのサーバリソースが必要なものについては、仮想化ソフトウェアによるサイジングができないことから、これらについては例外的に仮想化せず、物理サーバを専有（専有処理方式）して整備した。業務処理ソフトウェアについては、交通政策審議会気象分科会の提言「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」の防災行動・防災対応を支援するための目標（「揺れの状況や今後の地震活動の見通しを提供」、「津波の時間的推移や解除の見通しについて提供」）を達成すべく、新規に「250m メッシュの推計震度分布図」や「津波到達予想時刻の図情報」などを提供する機能を搭載したほか、従前の処理・機能についても機能要件を見直し、ロジックの最適化・強化を図った。ハードウェアの性能向上も相まって、処理が効率化し、操作性も向上した。また、これまでの EPOS 整備の際にも各課係の個別業務に関する内製化を図ってきたが、より一層の整備経費圧縮・業務変更に伴う柔軟かつ迅速なシステムの機能強化、機能追加への対応のために、業務処理全般にわたって処理の内製化を進めた。その他、大阪の試験系サーバは廃止されたが、仮想化技術により、大阪から本庁の試験系サーバを自由に操作できるようにした。

3. 地域地震情報センターデータ処理システム（REDC）

（1）地域地震情報センターデータ処理システム（REDC）の運用開始

平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震を契機として設置された地震本部の重要な役割の一つは、気象庁、大学、防災科学技術研究所、国土地理院などの観測データを一元的に収集してそ

の総合的な評価を行い、成果に基づく必要な広報を行い、地震に関する調査研究の推進等、地震防災対策の強化に役立てることである。

この役割を果たすため、本庁と札幌、仙台、大阪、福岡の各管区気象台にそれぞれ新たに「地域地震情報センターデータ処理システム（REDC: Regional Earthquake Data Center system)」を整備し、関係機関から膨大な地震観測データをリアルタイムで収集した上で、整理・分析を行い、その成果を地震本部に提供することになった。また、気象庁では収集・整理・分析した結果は、防災情報として適宜発表する等活用するとともに、大学等関係機関へも提供することになった。

気象庁は平成 7 年度に REDC のテレメータ部を整備・調整するとともに、科学技術庁からの支出委任を受けて、平成 7 ～ 9 年度に REDC のデータ処理部の整備・調整を行った。データ処理部の整備・調整においては、EPOS で培った自動処理機能、地震解析機能等を移植し、新たに WAN を介した会話処理などの REDC 専用の業務処理ソフトウェア等を開発し導入した。これにより、センター業務の中心となる地震業務処理は完成し、関係機関が有する観測データのリアルタイムでの収集及びその処理結果としての地震の規模、震源等データ提供を行うことが可能となり、平成 9 年 10 月から第 1 世代の地域地震情報センターデータ処理システム（REDC）の運用を開始した。

本システムにより、従来行ってきた地震業務の処理形態が本庁主体から管区主体に大きく変化し、微小地震を含めた最終的な震源の決定を各管区気象台（システムが導入されなかった沖縄気象台も含む）で行うことになった。

なお、沖縄気象台は、地域地震情報センターであるにも関わらず、管内に関係機関による常時地震観測網がないことから REDC が整備されなかった。そのため、既存の地震処理システムである ETOS による処理結果をそのまま利用することとした。沖縄での処理結果と他管区の処理結果との整合性を取るため、「地震資料交換装置（SIDE)」を整備し、WAN を介した会話検測などのセンター業務に当たった。平成 20 年度に当該装置は更新し、第 2 世代の REDC2 と処理を統合した。第 3 世代の REDC3 整備の際、正式に REDC に組み入れられ、新たに REDC 端末が整備された。これにより当該装置は廃止となった。

（2）第 2 世代の地域地震情報センターデータ処理システム（REDC2）の運用開始

平成 21 年 12 月、第 2 世代の地域地震情報センターデータ処理システム（REDC2）の運用を開始した。この整備により、本庁・各管区気象台等の REDC は本庁と大阪の二拠点に集約された。

第 1 世代の REDC の運用開始当初は、中枢間の伝送回線が 64kbps と低速であったこと、大学や研究機関とのデータ交換は各地域で個別に行われていたこと、また、全国の波形データを 1 か所に集約して受信・処理するだけの性能がなかったことから、管区ごとにサーバを整備して管区内で発生した地震のみを処理していた。このため、各管区の境界付近では、処理する観測点の相違から、地震検知能力や震源位置等に差異が生じることがあったが、REDC2 では、計算機処理能力の飛躍的な向上や伝送ネットワークの高速化・広帯域化により、本庁と大阪に整備された処理サーバで、全国の地震観測点の波形データをリアルタイムに受信し、全国一律に処理することが可能となり、管区の境界を意識せずに全国一律の処理が行えるようになった。本庁、札幌、仙台、大阪、及び福岡管区気象台には、地震端末及び監視端末が整備され、沖縄気象台においては SIDE を更新整備した。札幌、仙台、本庁が本庁の処理サーバに、大阪、福岡、沖縄が大阪の処理サーバにクライアントとして接続して負荷分散を図り、日々の業務が行われるようになった。

REDC2 には、地震発生を検知する「地震検知処理」、地震波形データの位相等を自動的に検測する「自動検測処理」、震源を自動的に計算する「自動震源決定処理」等からなる自動処理機能が搭載された。REDC から REDC2 へのシステムの更新に伴い、平成 22 年 1 月から、これらの自動震源の部外への即時的な提供について、処理面・精度面の検討を行い、平成 23 年 3 月末から一定の精度を満たした自動震源の提供を気象庁ホームページで開始した。

（3）第 3 世代の地域地震情報センターデータ処理システム（REDC3）の運用開始

平成 28 年 3 月、第 3 世代の地域地震情報センターデータ処理システム（REDC3）の運用を開始した。REDC3 は、地震多発時でも M2.0 以上の地震を確実に処理できるよう、サーバ機能を増強し、地震識別等自動処理機能を強化し、これまでのグループトリガ方式（対象とする領域において複数点でほぼ同時に地動の振幅変化があったと識別された場合に、何らかの事象（地震イベント）が成立したとみなす手法。）に加え、PF（Phase combination Forward search）法（検測時刻だけではなく、最大振幅を併用して震源を決定する手法）を追加した。これにより、震源決定数は従来の倍以上に増え、かつ準リアルタイムで処理することが可能となった。また、EPOS と REDC との間で機能（システム監視、データ収録等）を共通化し、サブシステムを集約・再配置することで経済性も確保した。平成 30 年には、深部低周波地震の自動検出のため、MF（Matched Filter）法（過去に観測された地震の震源、波形データからテンプレートを作成し、テンプレートと解析波形の間の相関を計算することにより相関の高いイベント検出する手法）を導入し 、REDC3 運用開始後に整備された「地震活動推移監視装置」に処理機能を搭載した。

（4）第 4 世代の地域地震情報センターデータ処理システム（REDC4）の運用開始

令和 4 年 3 月、第 4 世代の地域地震情報センターデータ処理システム（REDC4）の運用を開始した。REDC4 は文部科学省からの支出委任により整備されたシステムであること、システム基盤に搭載するための追加改修経費が大きくなること等から、システム基盤に含めず単独で整備した。

REDC4 整備に当たっては、近い将来に発生が危惧される南海トラフ地震のメカニズム解明やモニタリングのため、プレート間の固着状況把握の高度化が求められていることから、REDC の新規業務処理機能として浅部・深部低周波地震の解析強化を図ることとした。

浅部低周波地震解析については、ECM（Envelope Correction Method）法（概観波形（エンベロープ波形）を用いて周辺観測点との相互相関を計算し相対的な走時を求め、震源位置を推定する方法）による浅部低周波地震解析を自動化する機能を、深部低周波地震解析については、MF 法による深部低周波地震解析を自動化する機能を、また、浅部超低周波地震の自動検出・解析機能を REDC4 に搭載した。業務処理強化に伴い、それまでの一拠点 2 サーバ構成から 4 サーバ構成に増強した。REDC4 整備によりサーバ性能が向上したほか、各サーバで波形を受信し処理できるようにしたことから波形取得先・処理結果登録先の選択肢が増え、処理の負荷

分散を可能にし、また一部サーバを試験利用できるようにした。会話検測や初動発震機構解析などの主たる業務処理の操作方法、運用形態は REDC3 を継承した。ただ、サーバが増加したことで機器監視画面、構成制御の操作が追加されているほか、内製化により各動的パラメータ画面が統合されブラウザ表示画面が追加された。

4. 群列地震観測システム

M8 クラスの巨大地震の発生が東海地域に想定され、地震防災対策の強化を図るため、「大規模地震対策特別措置法」が昭和 53 年に制定された。さらに、南関東地域にも大地震の発生が懸念されている。これらの地震により、東海又は南関東地域の地震観測を目的としたテレメータ系及び気象庁本庁の処理システムに障害が発生することが危惧されることから、余震活動の把握及びその地震情報の迅速・的確な発表を行えるよう、技術面での体制の整備が要望されていた。このため、昭和 56 年度から 57 年度にかけ、長野市松代町にある地震観測所（以下「松代」という。）により、アレー観測による「群列地震観測システム」が整備された。アレー観測の原理は、常時微動の影響を避け、検知能力を上げる手段としてアンテナ理論を地震観測に応用し、レーダーのアンテナのように数多くの地震計を規則的に配列して、その各々の記録を処理することにより、地下からやってくる微弱な地震波を検出するというものである。本システムは、松代のほか、観測網に設置した地震計の観測データを収集・処理するための装置を含めたものである。

観測点は松代周辺の直径約 10km の円周上に 2 組の三角形を星形に配列し、データの信頼性を高めるため、円形のほぼ中心に 1 点を配置するパターンを採用した。後に円の中心付近に 1 か所を追加し計 8 か所に設置した。8 か所の地震観測点のうち、松代の観測点には、大坑道内部に短周期地震計を設置し、松代以外の 7 か所の観測点には、短周期地震計を地表の雑振動を軽減するため地下 40 ～ 70m に設置して観測を行った。

なお、平成 28 年度に松代の地震解析業務を気象庁本庁へ移管したことに伴い、観測データは松代に設置している装置を経由せず、本庁、大阪に集約できるよう変更された。

【第 2 節】火山関連の業務システム

1. 初期の処理システム

火山データの処理手法について、1960 年代の常時観測体制整備以降、煤書き直視式の記録計（いわゆるドラム記録）が用いられてきたが、1980 年代から精密観測火山の地震観測点が 5 点化されたときに合わせて早送りペンレコーダーの整備による震源決定が可能なシステムが導入され、各観測点の地震回数や火山性微動の継続時間を自動的に計数する震動データ計数装置が導入された。

1990 年代からは解析システムとして、システム上で検測等が行える「火山解析処理装置（VolPAS）」と呼ばれるワークステーションシステムが、精密観測火山等に順次導入された。普通観測火山については、本庁、管区気象台へのデータのテレメータ化が進められ、本庁では EPOS2 に、札幌・仙台・福岡管区気象台では ETOS2 に VolPAS の機能が追加された。

2. 火山監視情報システム（VOIS）

平成 14 年 3 月、火山監視・情報センター業務の正式運用を開始した。この業務を円滑に運用するため、火山監視・情報センターシステム（VOIS: Volcanic Observations and Information Center System）を整備した。同システムの名称については平成 29 年の VOIS3 への更新の際に、火山監視情報システム（VOIS: Volcanic Observation and Information System）に変更している。VOIS は、従来の震動観測や遠望観測に、空振計や GNSS の観測を加えた多種目のデータ監視に対応したシステムである。火山監視・情報センター（以下「火山センター」という。）において、他機関のデータも監視や解析に利用できるようにするため、地震計のデータフォーマットは、汎用の通信手順（TCP/IP）で利用可能な WIN フォーマットとし、他機関とのデータ交換を容易にした。また、映像データの収録や解析を行える機能を用意し、過去の現象を容易に確認できるようにした。この機能により、震動データと映像データを対比して確認することが可能となり、映像データを利用した定量的な解析も行うことが可能となった。さらに、全国の火山センターがネットワークで接続されたことにより、各種データが共有され、各火山センターと火山噴火予知連絡会委員等の間で、解析結果や監視カメラ映像等の WEB による情報共有が可能となった。

平成 22 年、VOIS を VOIS2 に更新した。それまでの VOIS は、各火山センター及び鹿児島地方気象台に整備したものであったが、VOIS2 では各官署の VOIS を集約し、気象庁本庁と福岡管区気象台にサーバを置くクライアントサーバシステムの二中枢システムにしたことで BCP に対応できるようになった。また、全体システム管理を確実に行うため、構成制御、システム状態の監視及び異常等の報知の機能に EPOS や REDC で実績のあるミドルウェア等を導入したことで、より安定したシステム運用が行えるようになった。さらに、EPOS の地殻業務処理を導入し、震動データの処理だけでなく、地殻変動データの処理も行えるようになった。VOIS 更新に合わせてテレメータ装置の更新及びデータ伝送経路の見直しを行い、全国の火山観測データを本庁と福岡管区気象台の処理装置に並行して伝送することで、当該火山センターでしかできなかった火山活動の監視・解析が、ほかの火山センターでも可能となった。

平成 29 年、VOIS を VOIS3 に更新した。システムの基本構成は VOIS2 と同様のクライアント・サーバシステム（システムの二中枢化）としつつも、中枢拠点を本庁から仙台へ変更し、大地震等による首都機能喪失時の業務継続（BCP）に対応できるようにした。また、平成 26 年御嶽山噴火災害を契機とする火山業務の見直しでは、迅速で適切な火山防災情報の発表や火山専門家との連携による活動評価体制の充実、地元自治体等との平時からの情報共有や支援強化が求められた。VOIS2 では、警報発表業務に支障をきたしかねない不十分なクライアント・サーバ間通信機能、時系列データによる監視が中心のため空間的なイメージがしにくい、多項目データの監視・解析が行えない、といった課題があった。そのため、①独自ネットワークの構築等によるインフラの強化、②時系列表示だけでなく平面表示も可能な多項目データの統合的解析機能を基本とするシステムへの移行、③最新の観測データや解析結果等の部外ユーザとの共有強化、④管区間でのツールの共通化（多項目データの解析結果のデータベース共通化や解説資料作成ツール等の共通化など）をシステム設計の主眼と強化事項として、機能の強化が図られた。

平成 30 年の草津白根山（本白根山）の噴火を踏まえた火山噴火予知連絡会の提言及び気象分科会による提言では、「火山体深部のマグマの挙動を監視」することにより、噴火に至るプロセスを把握し火山活動の推移をより的確に予測することにつながるとされている。このため火山体周辺の観測機器に加え、広範囲の観測機器（地震観測用機器等）のデータを補完的に活用し、火山体内部構造に関する解析を進め、火山体深部のマグマの挙動に関する知見を積み重ねた。令和５年度から令和６年度にかけ、広範囲の他火山用観測機器や地震観測用機器等のデータを取り込む広域監視機能を新たに搭載し、VOIS の監視機能を強化するため VOIS4 の更新整備を進めている。なお、前述の EPOS6 と同様に仮想化技術等を用いサーバ等の主たるハードウェアはシステム基盤（Ⅲ期）に含めて情報基盤部が調達し、業務ソフトウェア、回線、クライアント端末等は地震火山部が調達を行っている。

VOIS は観測データを監視中枢に集約して 24 時間監視が行えるようにしたシステムであり、上記のように更新により機能強化を進め、平成 28 年以降、火山監視・警報センターでも引き続き使用している。

3. 火山灰情報提供システム（VAFS）

平成９年４月に航空路火山灰情報センター業務を開始したことを踏まえ、当該業務を実施するため、気象衛星画像などから火山灰を検出・解析し、航空路火山灰情報（VAA）を作成、送信するシステム「航空路火山灰監視装置」を整備した。平成 11 年４月からは、数値予報課の協力を得て２年計画で開発した移流拡散モデルを当該装置に組み込み、新たに火山灰拡散予測業務を開始した。衛星画像や拡散予測計算に用いる GPV データは NAPS から取得した。

火山灰の検出・解析のための衛星画像は、当初は可視（VIS）、赤外（IR）、赤外差分（SP）の３種類の波長の画像を用いたが、「ひまわり」が更新されるごとに火山灰を解析できる波長の種類が増え、現在は、可視、近赤外、赤外、赤外差分１～４、Ash RGB の８種類の画像に拡充されている。また、衛星画像の解析可能頻度も、業務開始当初の「ひまわり５号」の１時間に１回から、最新の「ひまわり８号･9 号」では２分半に１回と格段に向上した。さらに、拡散予測計算もより高度な計算を行うため、NAPS 上で行う形に移行され、計算に用いる数値予報モデルは当初全球モデル（GSM）のみであったが、その後メソモデル（MSM）や局地モデル（LFM）を用いて、空間解像度及び時間解像度の高い、数値予報モデル計算結果を用いた、より精度の高い予測結果を反映できるようになった。

一方、平成 20 年３月に運用を開始した降灰予報業務は、VOIS 上に降灰予報を作成、送信する機能を組み込んで対応していたが、平成 27 年３月から量的降灰予報の運用を開始するためのシステムとして、「火山灰情報提供システム（VAFS: Volcanic ash advisory and Ash fall Forecast distribution System）」を整備した。

VAFS は、降灰予報を作成･提供する「降灰予報業務」、及び航空路火山灰情報（VAA）を作成･提供する「航空路火山灰情報業務」の２つの業務処理を行うシステムである。これらの業務処理は、ともに NAPS 上で数値予報モデルを用いて降灰量や火山灰拡散の予測計算を行う方針であったなど共通点が多かったこと、及び量的降灰予報のシステム整備と VAA 改善のための航空路火山灰監視装置の更新が重なったため、１つのシステムとして効率的な整備を行った。

第７部

調査・研究

第１章　技術開発と調査研究

気象庁はいわゆる技術官庁であり、科学技術による裏付けが重要な業務基盤となっている。そのため、常に最新の科学技術の成果を的確に取り入れ、観測・予報の技術開発を推進することが重要である。気象庁では、施設等機関における気象業務に関連する技術に関する研究のほか、本庁において現業化のための実用的な技術開発も行われている。

本章では、気象庁における研究・技術開発を推進するための部外との連携や庁内での調整等を実施する体制についてまとめる（個々の研究・技術開発については、各章参照のこと）。

【第１節】気象庁の技術開発推進体制について

１．本庁における技術開発推進体制

後述するような庁横断的な技術開発の推進にあたり、総合的な調整を行っている企画課の技術開発推進体制の変遷について記述する。

（１）「技術開発調整官」の設置

平成７年 11 月に施行された「科学技術基本法」に基づき、平成８年７月に閣議決定された「科学技術基本計画」では、我が国の科学技術活動を巡る環境を抜本的に改善し、我が国の産学官全体の研究開発能力を引き上げるとともに、それが最大限発揮され、またその成果が円滑に国民や社会、経済に還元されるような施策を講じていくことが、科学技術振興における国の最優先課題として挙げられた。

一方、この頃、気象業務へのニーズが多種・多様化しており、気象庁がそれらの行政課題に適切に対応していくためには、多様な分野との関わりの中で研究・技術開発を実施する必要があり、また、気象庁内の各現業業務との関わりの中で総合的に調整の取れた計画を策定のうえ、現業化のための技術開発を実施する必要があった。

これらの状況を背景に、気象庁では気象行政課題に対応した高度な研究・技術開発の効果的な推進のための総合的・横断的な調整を的確に行うための体制として、平成９年４月に企画課に「技術開発調整官」を設置した。

（２）「技術開発推進室」の設置等の組織再編

平成 28 年１月に閣議決定された「第５期科学技術基本計画」では、我が国が目指すべき未来社会の姿として、ICT の活用を様々な分野に広げた「Society 5.0 超スマート社会」が初めて提唱された。このような先端技術の展望を踏まえ、10 年程度の中長期を展望した気象業務のあり方について審議すべく、交通政策審議会気象分科会を開催し、平成 30 年８月に提言「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」をとりまとめた。この提言では、観測・予測精度向上に関する技術開発が重点的な取組事項のひとつに位置付けられるとともに、気象庁における業務体制の強化について検討する必要があるとされた。

気象庁では、それまでも観測・予測精度の向上に向けて大学や研究機関との懇談会の開催、共同研究等の連携した取組を進めてきたが、気象庁における技術開発関係の業務全体についてのマネジメント機能を強化し連携した取組を効果的に進めるために、令和２年 10 月の気象庁の組織再編では、技術開発を効率的に管理するため開発原課を同じ部に集約するとともに、庁内の技術開発の総合調整や外部機関との連携推進のための組織として企画課内に「技術開発推進室」を設置し、庁全体の技術開発を組織的に調整する体制を整えた。

２．気象庁における庁横断的な技術開発推進体制

（１）気象庁モデル技術開発推進本部

平成８年３月に数値予報を基盤とした新しい天気予報「地方天気分布予報」と「地域時系列予報」が開始され、１か月予報に力学的手法が導入されるなど、数値予報モデル技術が予測技術基盤の中核となってくる中、数値予報モデル開発戦略を検討するため、平成 11 年６月に「気象庁におけるモデル開発戦略会議（委員長：参事官）」を設置した。同会議は平成 11 年 11 月に報告書をとりまとめ、数値予報モデル技術が極めて大規模な学際的技術となる中で、組織的対応や横断的な取組、系統的人材育成の不十分さ等から、気象庁のモデル技術が先進技術から若干の遅れが見られる等の問題が出てきていることを指摘した。この問題の解決には庁内のモデル開発に関する業務を集約した新たな組織を設立することが望ましいとされたが、それには大規模な組織改正を伴い、実現には一定の期間を要することから、現在の体制で実施可能な対応として庁内横断的な組織によりモデル技術開発計画の策定や開発の推進にあたることを提案した。

この報告を受けて、気象庁では平成 11 年 11 月に気象庁長官を本部長とする庁横断的な組織である「気象庁モデル技術開発推進本部」を設置し、気象庁全体で開発計画を検討し、開発の推進を図ることとした。本部には、本部を補佐するための幹事会とモデル開発に関する専門的な事項を処理させるための開発部会として、全球大気モデル、大気・海洋結合モデル、海洋モデルを担当する「グローバルモデル部会」、局地モデル、台風モデル、領域モデルを担当する「メソモデル部会」、各種モデルのデータ同化及び関連する処理技術を担当する「データ同化部会」を設置した。

「気象庁モデル技術開発推進本部」では、平成 12 年３月の本部会議にて、向こう５～10 年を展望するモデル開発中長期計画の基本方針をとりまとめた後、各部会における中長期計画を作成し、計画の進捗についての報告やそれによる計画の見直しを行いつつ、モデル技術開発を推進した。また、平成 20 年３月には平成 23 年度末から稼働する新しいスーパーコンピュータで実用化すべき開発課題を中期開発計画としてまとめた。

「気象庁モデル技術開発推進本部」では、モデル開発人材の育成やモデル開発における部外

との連携促進についても取組を行った。本庁におけるモデル開発者育成のため、平成 12 年度から地方官署の職員を 2 年間モデル開発部局（数値予報課及び気候情報課）に配置することで実践的な育成を行う滞在型 OJT 研修（モデル開発者特別研修（1））と、数値予報モデル技術の開発に必要な基礎知識・技術の習得を図ることを目的とした新任者研修（モデル開発者特別研修（2））を開始した。また、衛星データの高度利用を図るため、気象衛星センターと数値予報課との間で平成 12 年度から 3 年を区切りとして気象衛星センター担当者を数値予報課に併任し、衛星データ同化に関する共同開発を行った。気象衛星センターとの共同開発の結果、複数の課題について現業化が見込まれるなどの成果があり、また、衛星観測データの有用性は一層増加すると考えられることから、気象衛星センターと数値予報課との共同開発体制は継続・発展することとなった。

地方における人材育成としては、地方官署におけるメソモデルを利用した調査研究を推進するため、平成 12 年度からモデルに初めて触れる職員にも扱える入門版の数値モデルとして、PC 上で非静力学メソモデルを実行できる PC 版 NHM を地方官署に配布した。ただし、PC 版 NHM は取扱いが簡便であるが実際の気象条件に即した初期値の設定ができないことから、平成 13 年 7 月には現業の初期値を利用可能な非静力学メソモデルとして、本庁に設置した防災情報モデル開発システムに接続して利用するミニスーパー版 NHM を用意した。平成 17 年 6 月には Linux 上でミニスーパー版と同等の実験等ができる Linux 版 NHM を、平成 20 年 7 月には Windows 上でも実行可能とする DVD-NHM を地方官署へ配布し、メソモデルを利用した調査研究環境の整備を進めた。これらの環境整備に加えて、地方官署でのメソモデル利用者間の意見交換、本庁からの指導などを行い、地方における調査研究を更に効果的に推進するため、平成 12 年度から平成 21 年度まで「地方におけるメソモデルを使った調査に関する打合せ会」を開催した。

そのほか、大学等の国内諸機関と連携し、数値モデルの利用促進と技術開発の一層の進展を図るため、平成 12 年度から気象庁が保有する数値モデルを一定の条件のもとに貸与するとともに、国内モデル開発者間の技術交流の場として「気象庁モデルフォーラム」を毎年開催し、気象庁の数値モデルについての紹介や情報提供を行った。「気象庁モデルフォーラム」は平成 17 年度には当初の目的を達成したことから、連携・共同の取組を一層強化するため、最新のモデル研究・技術課題に焦点を当てた技術交流の場と位置付け、「気象庁数値モデル研究会」に名称を変更した。また、平成 13 年 12 月には、気象庁の数値予報モデルの貸与を受けている大学や研究機関等との連携を強めるため「数値予報研究開発プラットフォーム」を設置し、当初は CD-ROM の郵送で行っていた数値予報モデルの貸与がインターネット経由で実施できるようになりモデルの配布が効率的になったことに加え、研究者が改訂したモデルのソースコードや独自開発ツール等を掲載できるようになった。

平成 21 年 3 月には、「気象庁モデル技術開発推進本部」が発足して 10 年になる節目を迎えることから運営の見直しが行われ、それまでの活動が開発の実施状況の把握や促進に重点が置かれモデル技術開発の戦略に関する議論が十分には行われていないこと、10 年の間にモデル開発の対象が増大したこと、複数の部会にまたがる開発課題が増加してきたことから、これまでの部会別の検討では、最新の社会的なニーズに応えるために適用可能なモデル技術を集約・高度化するなどの対応を迅速に行えない可能性が大きいことが問題点としてあげられた。このような問題点を解決し、効率的かつ柔軟な検討をするためにこれまでの 3 部会を廃止し、モデル開発に関わる実質的なリーダーによって構成することで総合的な企画力・調整力を持った運営委員会を幹事会のもとに設置した。さらに、運営委員会のもと、担当する事項検討又はモデル開発の推進のためのサブグループを設置することとし、開発課題別に進捗状況の調査、中期計画の見直し等を行う「開発課題別サブグループ」と今後の業務の展望、科学技術の進展の見通し、計算機の更新計画などを踏まえて、集中的に重要な事項について検討する「重要事項検討サブグループ」の 2 種類のサブグループを設置した。「開発課題別サブグループ」として設置された、「全球サブグループ」、「メソサブグループ」、「衛星サブグループ」、「大気海洋結合サブグループ 」では、各課題の達成状況中期計画の見直しのとりまとめを行い、「重要事項検討サブグループ」としては、「全球非静力学モデル検討サブグループ」、「力学的短時間予測モデル検討サブグループ」、「物質循環モデル検討サブグループ」、「陸面モデル検討サブグループ」の 4 つのサブグループを設置し、それぞれの課題について国内外の技術の動向をレビューして今後の開発方針を集中的に検討した。

（2）豪雨監視・予測技術開発推進委員会・静止衛星データ利活用技術検討会

モデル開発を推進する「気象庁モデル技術開発推進本部」による体制以外には、豪雨の監視・予測の技術開発と静止衛星データ利活用の技術開発でも、分野横断的な検討が可能となるようそれぞれ庁内横断的な体制により、方針や計画を作成して技術開発を推進した。

豪雨の監視・予測の技術開発については、平成 20 年夏に、都市河川の親水公園や下水道管渠内での作業中に突然降り出した雨による急な増水による災害が相次いだことを踏まえ、交通政策審議会気象分科会でこのような局地的な大雨から国民を守るための気象業務のあり方について審議され、平成 21 年 6 月に気象分科会の報告「局地的な大雨による被害の軽減に向けた気象業務のあり方について」において「観測・予測システムと気象情報の改善を計画的かつ着実に進めていくべき」との提言を受けた。また、平成 22 年度出水期には市町村を対象とする注警報の発表開始を予定しており、一層きめ細かく高精度の降水の実況監視と予測が求められていたことを受け、平成 22 年 1 月には、降水量分布予測（24 時間先まで特に予報時間 1 ～ 3 時間）の高精度化を第一の目的として、運動学的予測分野及び診断的予測分野における技術開発を推進するため、庁内横断的な開発体制として「豪雨監視・予測技術開発推進委員会」（委員長：参事官）を設置した。

静止衛星データ利活用技術の技術開発については、平成 21 年 7 月に製造を開始した当時の次期静止気象衛星である「ひまわり 8 号・9 号」の観測機能を、平成 27 年度の運用開始後すみやかに気象業務に活用するために、既存の衛星データの利用技術の開発計画と連携させながら、開発計画の作成、開発技術の評価や工程管理を行う「静止衛星データ利活用技術検討会」（委員長：参事官）を設置した。

（3）気象庁技術開発推進本部

ア．気象庁技術開発推進本部の設置

平成 22 年 3 月には、数値モデルの技術開発を行う「気象庁モデル技術開発推進本部」、豪雨の監視・予測の技術開発を行う「豪雨監視・予測技術開発推進委員会」、次期静止気象衛星

の利活用の技術開発を行う「静止衛星データ利活用技術検討会」の３つの技術開発体制があったが、これらの技術開発間における情報共有と相互連携を行うことにより一体的な推進を図るとともに、共通する外部機関との連携・協働の促進等による戦略的な方針と計画の作成を通じた総合的な技術開発体制を構築することを目的として、新たに「気象庁技術開発推進本部」（本部長：気象庁長官）を設置した。また、その下にモデル開発に関する基本方針及び開発計画の作成並びに推進に関することを審議する「モデル技術開発部会（旧 気象庁モデル技術開発推進本部）」、豪雨の監視・予測の技術開発に関する基本方針及び開発計画の作成並びに推進に関することを審議する「豪雨監視・予測技術開発部会（旧 豪雨監視・予測技術開発推進委員会）」、次期静止気象衛星データを用いたプロダクト開発に関する基本方針及び開発計画の作成並びに推進に関することを審議する「静止衛星データ利活用部会（旧 静止衛星データ利活用技術検討会）」を設置した。

イ．モデル技術開発部会

「モデル技術開発部会」では、課題ごとにモデル開発計画を管理する開発課題別のグループに加え、その時々の課題によって重点的に検討を行う作業グループを設置して全庁的な開発を効率的に行うための検討や、次世代の全球モデルについての検討など専門的な事項についても審議を行った。

平成 29 年７月には、高度化・複雑化する数値予報モデルの開発にあたり、気象庁だけでなく関連する大学や研究機関が持つ知見を結集し、現業気象予報の精度向上に資することを目的として、外部の専門家からなる「数値予報モデル開発懇談会」の第１回を開催した。

平成 29 年度には 10 世代目の気象庁スーパーコンピュータへの更新を平成 30 年度に控えることから、更に次の世代のスーパーコンピュータまでを含む 10 年間を対象としたモデル開発中長期計画の検討を本格化した。検討にあたっては、気象分科会における「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」についての審議や「数値予報モデル開発懇談会」での議論や意見を踏まえ、平成 30 年 10 月に「2030 年に向けた数値予報技術開発重点計画」を策定し、気象・気候予測の根幹である数値予報の技術開発を重点計画に沿って進めることとした。令和元年６月には「数値予報モデル開発懇談会」の運営を通じた数値予報技術開発重点計画のフォローアップをはじめ、モデル開発に関する外部連携や庁内の連携促進を総合的に推進するため、モデル開発連携調整グループの新設も行った。

ウ．豪雨監視・予測技術開発部会

「豪雨監視・予測技術開発部会」では、運動学的予測技術に関係するほかの開発計画と連携させながら、開発計画の作成、開発技術の評価や工程管理を行う「運動学的予測グループ」と、診断的予測技術に関係する他の開発計画と連携させながら開発計画の作成、開発技術の評価や工程管理を行う「診断的予測グループ」の２つの作業グループを設置した。「運動学的予測グループ」では、解析雨量やナウキャスト等のレーダー関連プロダクトの開発を行い気象情報の高度化に貢献した。「診断的予測グループ」では、豪雨の事例解析や統計調査から豪雨に関する新しい着目点を発見し、予報現業での活用を開始した。また、可視化ツールの整備、予報業務に必要な知識を体系的にまとめた教科書や段階に応じた予報技術向上の方策を示した指針の作成、地方官署への技術指導を実施し予報担当者の人材育成を行った。

エ．静止衛星データ利活用部会

「静止衛星データ利活用部会」では、次期静止気象衛星（ひまわり８号・９号）に搭載予定の新センサーの利用技術に係る開発計画の作成とその管理を行う「新センサー利活用技術検討グループ」と、ラピッドスキャン（高頻度で日本周辺領域を観測する機能）観測に対する庁内ニーズを取りまとめるとともに、そのデータの利用技術に係る開発計画の作成とその管理を行う「ラピッドスキャン観測利用技術検討グループ」の２つの作業グループを設置した。「新センサー利活用技術検討グループ」では、新センサーで取得したデータから基本雲プロダクト、風ベクトル、火山灰、黄砂分布等を算出するアルゴリズム開発を行った。「ラピッドスキャン観測利用技術検討グループ」では、「ひまわり６号」による高頻度観測を実施し、高頻度衛星風の数値予報システムでの利用手法を検討するとともに、ラピッドスキャン観測データの利用検討に資するため、庁内だけでなく航空利用者や研究者など庁外へのデータ提供を行った。

平成 26 年度には、衛星データ利用に関して、庁内の技術開発体制の強化及び部外の研究者との連携強化の観点から、静止気象衛星と極軌道衛星を共に扱う体制への拡充・拡大についての検討が「静止衛星データ利活用部会」で行われた。次期静止気象衛星については、データの利用分野の拡大、プロダクト開発は今後も継続して尽力することが必要であり、また、極軌道衛星等については、データ取得等について庁内の連携が不十分との議論により、部会はそのままとしつつも、極軌道衛星の庁内データ利用の窓口は可能な範囲で気象衛星課に一本化するとともに、部会の２グループについては次期静止気象衛星のデータを用いたプロダクトなどの開発・利用計画の作成や管理を行う「衛星利用技術開発推進グループ」への統合を行った。平成 27 年７月の「ひまわり８号」の運用開始後には、様々なプロダクトの利用を開始したほか、国際会議開催や研究コミュニティへのデータ提供など部外でのデータ利用推進も図られた。

オ．気象庁技術開発推進本部の体制変更

平成 29 年度には「ひまわり８号」が安定運用され、実況監視へのひまわり衛星の高頻度プロダクトの利用拡大が予想される中、実況監視・予測に関する技術開発について連携を強化するため、「豪雨監視・予測技術開発部会」と「静止衛星データ利活用部会」の２部会を統合し、「実況監視・予測技術開発部会」を設置した。「実況監視・予測技術開発部会」の検討体制としては、庁内のガイダンス等の統計的プロダクトの担当者の繋がりを強化し、それぞれの作成手法、ノウハウ及びツールの共有を行うことによって、統計・機械学習プロダクトの高度化及び技術者の育成を目的として平成 28 年度に準備活動を実施した「ガイダンスグループ」を正式に発足させ、「運動学的予測グループ」、「診断的予測グループ」、「ガイダンスグループ」、「衛星利用技術開発推進グループ」による４グループで、引き続き活動を行った。

平成 30 年度には、８月の気象分科会提言を踏まえた新たな目標に基づく「気象庁技術開発推進本部」の体制刷新として、人材育成策や地震火山分野を含め当庁の技術開発全体の総合的な検討・調整を行っていくことが議論された。、令和元年６月には地震津波火山分野の技術開発についても、地震火山部における技術開発部会を「気象庁技術開発推進本部」の「地震火山技術開発部会」と位置付け、その活動について本部に報告することとし、また、めざましい発展がみられる AI 技術の活用を全庁的に推進するために、部会に属しない臨時の作業グループとして「AI グループ」を新設し、AI に関する技術開発の進捗管理や AI 関連技術の情報共有

及び新規課題、部外連携、人材育成策等の検討を行った。

（4）気象庁技術開発推進委員会

令和２年 10 月には、気象分科会の提言や数値予報技術開発重点計画の策定などにより庁全体の技術開発の方向性が明確となったことや、組織再編により開発原課が同じ部に集約され技術開発を効率的に管理できるようになったことを受け、「気象庁技術開発推進本部」を発展的に解消し、開発の管理等は各部で行うこととし、全庁的な調整のための組織として「気象庁技術開発推進委員会」（委員長：気象庁長官）を立ち上げた。「気象庁技術開発推進委員会」では、気象分科会提言への対応を含む様々な検討や横断的な調整を図る場として、それぞれ気象・気候分野と地震・津波・火山分野における技術開発の審議を行う「気象気候部会」、「地震津波火山部会」と技術開発にあたる人材の育成に係る課題の検討等のための「人材育成部会」を置いた。「気象庁技術開発推進委員会」では、本庁での技術開発だけでなく本庁業務に関連の深い気象研究所の研究についても取り扱うこととしており、気象研究所とも連携して、技術開発に関する調整や全庁的な課題についての議論を行っている。

【第２節】外部と連携して進める技術開発・研究について

１．共同研究

気象庁では、大学、国立試験研究機関との共同研究にあたり、昭和 30 年４月に定めた「委託業務および協同業務の取扱要領の実施について」により長らく実施してきた。昭和 61 年 11 月の「研究交流促進法」の制定や昭和 62 年３月の「産学官及び外国との研究交流の促進に関連する諸制度の運用に関する基本方針について」の閣議決定により、国の試験研究機関においても産官学の共同研究を推進することとされたことを契機に、気象庁としてもこれらに積極的に対応することとして要領の見直しが進められた。平成６年１月には、それまで公共機関等に限定していた共同機関を民間の機関も含めるようにし、今日まで各部署が目的に応じ個別に外部の機関と共同研究契約を結び、気象、海洋、地震、火山等に関する様々な調査・研究を実施している。

平成 19 年には、我が国における気象研究の発展、大学等における気象研究分野の人材育成、気象庁の予測精度向上を目的として、公益社団法人日本気象学会と共同研究「気象庁データを利用した気象に関する研究」を開始したように組織間での包括的な共同研究も実施している。そのほか、科学研究費助成事業などの競争的研究費を活用する研究では、大学や研究機関及び民間企業も参加する研究体制で実施されることが多いことから他機関との連携の場となっており、内閣府が推進する戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第二期（平成 30 年度～令和４年度）で実施された研究開発「線状降水帯観測・予測システム開発」では、多くの機関が連携して実施する線状降水帯の早期予測の高度化と利活用の研究に協力した。

令和２年には交通政策審議会気象分科会が開催され、急激に変化する社会環境や増大・多様化する気象業務に対するニーズに的確に対応していくため、提言「気象業務における産学官連携の推進」がとりまとめられた。この提言では、産学官の連携によって気象業務における取組への相乗効果を得ることや、技術や人材等の効率的なリソースの活用を最大限活用することが提言された。令和４年９月には、共同研究等における産学官連携の推進に当たって、気象情報の部外提供のあり方（データポリシー）や知的財産戦略を一体的に検討するため、気象情報利活用促進委員会の下に新たに「データポリシー・知的財産戦略検討部会」を設置した。

２．オールジャパンで取り組む線状降水帯予測精度向上に向けた技術開発・研究

平成 26 年８月豪雨では、豊後水道から流入した大量の水蒸気の影響により広島と山口の県境付近で積乱雲が次々と発生し、複数の積乱雲群が連なる線状降水帯が停滞すること（バックビルディング型形成）で集中豪雨となり、広島市で死者 77 名（平成 28 年６月 24 日現在、総務省消防庁調べ）の被害をもたらした土砂災害が発生した。「線状降水帯」という単語は、それまでも九州の地形に起因する線状の降水システムに対する呼称として平成 12 年頃から気象研究所を中心とした研究者によって使用され、平成 19 年に発行された『豪雨・豪雪の気象学』で学術用語として定義されたものだが、この災害を期に頻繁に使われるようになり、平成 29 年には「現代用語の基礎知識」選ユーキャン新語・流行語大賞に「線状降水帯」がノミネートされている。

平成 26 年８月豪雨をはじめとして１時間降水量が 50 ミリ以上の非常に激しい雨が各地で頻発するなど、雨の降り方が局地化、集中化及び激甚化している状況を「新たなステージ」と捉え、国土交通省交通政策審議会気象分科会では、気象庁がこのような状況において防災・減災のために取り組むべき事項について審議を行い、平成 27 年７月に気象庁への提言「「新たなステージ」に対応した防災気象情報と観測・予測技術のあり方」をとりまとめた。提言では、集中豪雨をもたらす線状降水帯の形成・停滞のメカニズムが十分に解明されておらず、集中豪雨がいつ、どこで発生し、どのくらいの雨量になるかを精度よく予測することは困難であることが課題として挙げられ、その対策として集中豪雨をもたらす線状降水帯のメカニズムを解明するため、その形成に大きく関係している水蒸気の監視技術を高度化するとともに、数値予報の高度化に着実に取り組んでいく必要性が指摘された。気象庁では提言を受けてそれらの取組を進めていったが、その後も線状降水帯は平成 27 年９月関東・東北豪雨や、平成 29 年７月九州北部豪雨、平成 30 年７月豪雨で発生し、甚大な災害をもたらした。

平成 30 年８月に国土交通省交通政策審議会気象分科会が今後 10 年程度の中長期を展望した気象業務のあり方についてとりまとめた提言「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」では、線状降水帯に伴う集中豪雨に対して夜間の大雨にも明るいうちから対応できるよう、おおむね３～５年後にはメソアンサンブル予報や AI を活用し、半日程度先までに特別警報級の大雨となる確率のメッシュ情報を提供するとともに、2030 年には数値予報技術の大幅な高度化により、集中豪雨をより高い精度で更に地域を絞って予測し、大雨・洪水警報の「危険度分布」を更に高度化することが具体的な目標として挙げられた。

こうした中、令和２年７月豪雨では、線状降水帯が九州で多数発生したが事前に予測できず、線状降水帯の予測精度に関わる課題が改めて明らかになり、赤羽国土交通大臣から、気象庁に対し線状降水帯等による大雨の予測精度向上に取り組むよう指示があった。気象庁では線状降水帯の予測精度向上に向けた課題として、「観測の強化」、「予測の強化」及び「情報の改善」の３つの柱に改めて整理するとともに必要な取組の方向性を決め、これらの取組を加速させるため、令和２年８月に線状降水帯予測精度向上を目的とした庁内横断的なタスクフォー

ス「線状降水帯予測精度向上タスクフォース」を設置した。さらに大学や研究機関の専門家の協力を得て、線状降水帯に関する最新の研究の知見を取り入れながらこれらの取組を進めるため、令和２年 12 月に部外有識者を含めた「線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ」（主査：東京大学 佐藤正樹教授）を立ち上げた。

これらの予測精度を向上させるための取組に並行して、線状降水帯による大雨の予測精度に課題がある中での線状降水帯に関する情報の発信について、令和２年７月から令和３年４月にかけて「防災気象情報の伝え方に関する検討会」において、有識者、報道関係者、自治体関係者、関係省庁とともに検討が行われた。この検討会での結果を踏まえ、大雨による災害発生の危険度が急激に高まっている中で、線状の降水帯により非常に激しい雨が同じ場所で降り続いている状況を「線状降水帯」というキーワードを使って解説する情報「顕著な大雨に関する気象情報」の運用を令和３年６月から開始した。本情報を発表するにあたって、国立研究開発法人防災科学技術研究所、一般財団法人日本気象協会、気象研究所の研究グループが内閣府の戦略的イノベーション創造プログラムの課題「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」において開発した線状降水帯の自動検出技術を活用した。

令和３年７月には、１日から３日の東海地方・関東地方南部を中心とした大雨により静岡県熱海市に大規模な土石流被害が発生した。「令和３年７月１日からの大雨非常災害対策本部会議（第３回）」では、菅首相から、甚大な被害をもたらしかねない線状降水帯について、予測の精度を向上させるために、研究開発への支援などを抜本的に拡大し、計画を前倒しで実現できるように取り組んでいく旨発言があった。これを受けて、気象庁では線状降水帯の予測精度向上に向けた取組の強化・加速化のため、過去最多の額となった令和３年度補正予算を活用し、観測の強化として観測機器の整備の前倒しやマイクロ波放射計等の新たな観測機器の整備、予測の強化として線状降水帯を予測するためのスーパーコンピュータの整備やスーパーコンピュータ「富岳」を活用した予測技術の開発などを進めることで、情報の改善計画を前倒しした。

令和４年には、気象庁の海洋気象観測船と海上保安庁の測量船による観測（令和３年に開始）に加えて、民間船舶の協力も得て東シナ海から西日本太平洋側、関東に至るまでの幅広い海域をカバーする海上の水蒸気観測を拡充するなど観測の強化を進めるとともに、文部科学省・国立研究開発法人理化学研究所の全面的な協力により、６月から 10 月にかけてスーパーコンピュータ「富岳」を活用した高解像度局地モデル（水平解像度 1km、予報時間 18 時間）のリアルタイムシミュレーション実験を実施するなどの予測技術開発を進めた。６月にはそれまでに実施した観測・予測の強化の成果を踏まえ、広域を対象として線状降水帯による大雨となる可能性の半日程度前からの呼びかける情報（以下「線状降水帯の半日前予測」という。）の提供を開始した。また、線状降水帯機構解明に向けた産学官連携の取組の一つとして、２月には、線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ第３回会合（令和３年 12 月）の議論を受け、大学や研究機関の研究者と気象庁の関係官が一堂に会して線状降水帯の機構解明研究の着目点・観測手法等を議論するための「線状降水帯の機構解明に関する研究会」を設置した。出水期には、線状降水帯の発生・維持等のメカニズムを解明するため、大学や研究機関との連携のもと、集中観測を実施し、「線状降水帯の機構解明に関する研究会」で解析の成果を逐次共有するとともに、課題意識を明確にして研究を進めた。

令和５年には、線状降水帯等の予測精度を抜本的に向上させるため、大気の三次元観測機能など最新技術を導入した次期静止気象衛星「ひまわり 10 号」の令和 11 年度の運用開始を目指し、製作に着手した。３月には、線状降水帯の予測精度向上のために当時運用中のスーパーコンピュータ（NAPS10）の約２倍の計算能力をもつスーパーコンピュータ「線状降水帯予測スーパーコンピュータ」の稼働を開始した。９月には、数値予報における観測データの利用手法高度化を通じた線状降水帯の予測精度向上に向けて、スーパーコンピュータ「富岳」を活用し、大学や研究機関と連携した共同研究を開始した。情報の改善については、５月には、令和３年から提供している「顕著な大雨に関する気象情報」を、線状降水帯による大雨の危機感を少しでも早く伝えるため、予測技術を活用し、最大で 30 分程度前倒しして発表する運用を開始した。

令和６年には、３月に新しいスーパーコンピュータ（NAPS11）の運用を開始し、更新前の約２倍の計算能力となった。また、スーパーコンピュータ「富岳」にて実施した技術開発の成果を活用し、水平解像度 2km の数値予報モデル（局地モデル）の予報時間を 10 時間から 18 時間に延長するなど、予測の強化を進めた。情報の改善については、５月には、広域を対象として発表していた線状降水帯の半日前予測を府県単位で発表する運用を開始した。

「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」で提示された目標に向けて、令和７年以降も引き続き水蒸気観測等の強化や技術開発を進め、令和８年には、局地モデルアンサンブルの運用開始及び局地モデル高解像度化（水平解像度 2km → 1km）といった予測の強化を予定している。また、それまでの観測・予測の強化の成果を活用し、２～３時間前に線状降水帯の発生を予測することを計画している。令和 11 年度には次期静止気象衛星「ひまわり 10 号」の運用開始が予定されており、その観測データを活用し、数値予報モデルの予測精度を向上させ、線状降水帯等による大雨に伴う災害発生の危険度を市町村単位で発表することを目指している。

３．技術的な刊行物

（１）概要

気象庁は、観測・調査・研究の成果を気象庁内外の利用に供するため、多種の刊行物を発行している。そのうち、全国的基盤に立った技術的な刊行物としては、主として業務的内容をもつ「測候時報」、調査研究誌としての「気象庁研究時報」・「気象庁欧文彙報」及び技術的調査報告としての「気象庁技術報告」がある。これらの技術的な刊行物の編集・刊行業務は、図書課や企画課図書資料管理室といった図書管理業務を所掌する部署で実施していたが、気象庁職員の技術向上及び気象業務に関連する技術の普及に資することから、平成 17 年４月に企画課の技術開発に関する業務の一環とすることで強化し、令和２年９月の組織再編後には企画課技術開発推進室の担当となった。

平成 24 年には「電子行政オープンデータ戦略」の策定等、政府として電子行政を推進する中、技術開発の部外連携の促進のため研究者が気象庁の技術的な刊行物を容易に取得できるよう、気象庁ホームページでの公開を開始した。長らく続けてきた冊子体による刊行は令和４

年３月に完全に終了し、あわせて利便性向上のためオンライン ISSN の取得も行った。電子媒体のみの発行とすることで、分量の制約がなくなるほか柔軟な発行が可能となり、より機能性が高い刊行が可能となった。

なお、気象庁ではこのほかにも、各業務において専門的な刊行物を発行しており、ここでは地震火山業務関連の刊行物であり、長い歴史をもつ「験震時報」についても記載する。

（２）各刊行物の変遷

ア．測候時報

「測候時報」は、全国の気象庁職員を対象として気象業務各部門の活動に関する情報を提供するとともに、学問技術の進歩や関連する内外の動きを伝えることによって技術水準の向上をはかり、気象業務全体の有機的かつ効率的運営に資することを目的として昭和５年９月に創刊された。当初は公報やニュース的な内容であったが、昭和 20 年からの休刊の後、昭和 23 年に復刊した際に今のような技術誌となり、現在では最も投稿数が多い技術的な刊行物となっている。

イ．気象庁研究時報

「気象庁研究時報」は、全国の気象庁職員が行った気象業務に関連する分野の調査研究の成果を発表する場として昭和 24 年に創刊された。気象庁研究時報は学会誌とは異なり気象業務の現場に根差した気象官署職員の調査研究の成果を収録し、気象技術の改良、技術者の育成に貢献する任務を担っている。その編集方針は、内容を一層充実したものにするため昭和 45 年６月に設置した気象庁研究時報編集委員会で定められており、原稿の掲載にあたっては、気象庁内外の専門家の閲読に基づき、気象庁研究時報編集委員会が行っている。

昭和 52 年には、気象庁研究時報別冊として各管区・沖縄気象台の気象研究会誌上から選考した調査･研究を掲載する｢管区気象研究会誌選集｣の刊行を開始した｡｢管区気象研究会誌選集｣は、全国気象官署職員による調査・研究成果をとりまとめることで、気象業務の遂行に有効な資料や情報を提供するとともに、更なる調査・研究活動の発展に寄与することを目的に開始したものであったが、平成 13 年に行われた刊行物の見直しの際に、気象研究会誌等と重複することを理由に、平成 12 年度の 52 巻別冊をもって刊行を取りやめることとなった。

ウ．気象庁欧文彙報

「気象庁欧文彙報」は、気象庁職員が行った調査研究の成果を欧米の気象関係者に紹介することを目的とする英文の調査研究誌として大正 15 年に創刊した。平成７年１月に、気象庁の知見がより世界で活用されるよう、新たに第２輯としてフォーマットを B5 版から A4 版に変更し、掲載内容についても気象業務の紹介を含めるなど刊行方針の変更を行ったが、気象庁職員による調査研究の成果を世界に紹介する場としては、国際的に流通する英文の学会誌等が広く利用されるようになったことから、「気象庁欧文彙報」はその役割を終えたものとし平成 12 年度末をもって刊行を終了することとなった。

エ．気象庁技術報告

「気象庁技術報告」は､昭和５年に創刊した「中央気象台（気象庁）彙報」が前身である。「中央気象台（気象庁）彙報」は、気象庁職員が業務上実施した調査研究のうち、速報を要するものは日本気象学会の気象集誌に掲載していたところ、それまでの報告をまとめた冊子として創刊されたが、昭和 35 年３月に「中央気象台（気象庁）彙報」の第 40 冊第４号をもって技術的な調査報告のうち、学術的でないものを刊行する方針に変更し、誌名を「気象庁技術報告」と改めた。内容は限定されていないが、災害をもたらした自然現象について、詳しく調査・分析することにより、自然現象に対して更なる理解を促進し、防災関係機関等の防災業務や調査･研究における利用に資する資料として、地震・火山を含む異常気象災害の調査に関するものが主要な位置を占めている。

昭和 54 年度に定期刊行物の見直しを行い、それまで多岐にわたっていた内容を全国的観点から調査し、本庁の担当部署で精査したものを掲載する方針とし昭和 56 年３月に刊行要領を定めた。

オ．験震時報

「験震時報」は、全国気象官署の現職員及び、退職後、出向中の元職員が行った気象庁の地象業務に関する研究・調査、解説、その他業務上必要な記事を掲載するもので、関東大震災を契機に験測に従事する職員の地震学に係る必要な知識の習得や測候所間の情報共有を目的として大正 14 年３月に創刊され、平成 13 年度に「地震火山技術通信」と統合した。より多くの方々に広く利活用してもらうため、平成 26 年からは、冊子の刊行に加え気象庁ホームページでの公開を開始するとともに、過去に刊行した全巻も電子化のうえ、あわせて公開した。その後、冊子の刊行は平成 28 年３月に終了した。

なお、平成９年からの地震の一元化処理により、気象庁データのみならず、大学等、他機関の観測データを含め気象庁に集約された地震波形等のデータを処理し、日本全国の地震火山観測データとして広く利用されていることから、「験震時報」においては調査・研究的なものに限らず、気象庁におけるデータ処理の手法に関する業務的なことがらも広く内外に周知する必要があると認められる場合は、掲載している。

第２章　気象研究所

【第１節】気象研究所来歴

１．はじめに

気象研究所は昭和 21 年２月の創立以来、我が国の気象業務を担う気象庁の施設等機関として、また、地球科学全般にわたる主要な研究機関として、特に筑波研究学園都市移転後は、近隣の研究機関をはじめ内外の関係機関との緊密な連携のもと、気象業務の改善・高度化や地球科学の発展に貢献すべく、基礎から応用に至る先進的な研究活動を続けてきた。

ここでは、気象研究所の来歴について、主に昭和 50 年３月刊行の「気象百年史」に記述されている以後のあゆみをたどる。なかでも、昭和 55 年６月の筑波研究学園都市への移転は大きな出来事であり、一つの項を設ける。全体の構成は次のとおりとした。2. 研究業務の変遷、3. 研究の枠組みと予算の変遷、4. 組織の変遷、5. 評価の枠組みの変遷、6. 広報活動等の変遷、7. 筑波研究学園都市への移転、8. 主な研究設備、9. 表彰からみた研究成果

２．研究業務の変遷

ここでははじめに「気象百年史」に記されている昭和 49 年までの変遷を大まかに記し、その後の研究所を取り巻く状況の変化と、研究業務のあゆみをたどる。

（１）昭和 21 年（1946 年）～昭和 49 年（1974 年）

気象研究所の歴史として、「気象百年史」には、昭和 20 年代を、「戦後の、予算の少ない苦難な数年間」であるが、「活発な学問追求と次代を担う若手の養成に意を用い、学界の中心となる素地を作った。」と記されている。昭和 30 年代は各種研究制度の確立、体制の充実など、「官庁研究機関としての機能と運用を行うようになり、いわゆる発展期に入った」と位置づけられている。

昭和 40 年代は部内共同研究の機運が高まるとともに、大型研究、国際協力研究、大型観測機器の研究開発などが相次ぎ、研究規模が飛躍的に拡大した。この時代において気象研究所の内部体制の整備と研究業務の効率的運用のためのルール化を行った。これにより、気象庁の附属機関としての機能が充実するとともに、気象庁の気象研究所に対する認識を一段と高め、他省庁を含む各種プロジェクトへの対応もできるようになった。これらの機能の充実を裏付けるように、研究規模・予算の側面で一段と飛躍することとなり、将来への展望を明るくした時代でもあった。

（２）昭和 50 年（1975 年）～昭和 59 年（1984 年）

筑波研究学園都市への移転については、本節第７項「筑波研究学園都市への移転」に記す。筑波移転を機に研究環境が飛躍的に充実し、大きく活動の幅を広げた。移転と時期を同じくして、国の科学技術育成策が強化され、また地球規模の環境問題が全世界の重要関心事として取り上げられるようになった。貿易摩擦の緩和や不景気対策として度々補正予算が組まれ、気象研究所の研究体制は急速に強化されていった。気象研究所の経常研究費は昭和 50 年に初めて 10 億円を超え、筑波移転前年の昭和 54 年以後は 20 億円を超えるようになった。筑波における各種実験施設（気象風洞実験棟、風浪実験水槽棟、実験廃水処理施設、高層測器実験棟、電気室、露場実験棟、放射観測棟、エーロゾル観測棟、低温実験棟、気象研究所電子計算機システム（HITAC M-200H）、地震重力観測棟、放射能観測実験棟）が昭和 55 ～ 56 年に完成した。本移転に伴い、研究発表会や国際会議の開催や一般向けのシンポジウム等の開催の機会も増えた。

刊行物としては、気象研究所技術報告の創刊（昭和 53 年）、気象研究所年報を改題し、「研究報告書」としての発刊（昭和 56 年）が行われた。

また、この期間の顕著な学術的な成果として、国際オゾンシンポジウム（ギリシャ・ハルキディキ、昭和 59 年９月）で高層物理研究部・忠鉢繁研究官が、南極上空のオゾン減少を示す観測結果を発表している。

（３）昭和 60 年（1985 年）～平成６年（1994 年）

気候変動や気象災害の激甚化に対応するため、研究体制の見直しを計った。科学技術庁の海洋開発調査研究促進費が昭和 63 年度に海洋開発及地球科学技術調査研究促進費となり、大幅な増額となったことなど、他省庁予算が増加した。そして研究活動の拡大、多様化、また総合化が著しく、国の内外との研究交流も活発化した。また、この時期に外国での会合への参加と外国の雑誌への投稿が増加した。

（４）平成７年（1995 年）～平成 16 年（2004 年）

気候変動やそれに伴う気象の変化に対する研究の重要性がますます高まった。また、国立研究機関の活性化に向け、科学技術基本法、科学技術基本計画の制定、行政改革、気象審議会による答申第 21 号などにより、研究者の流動性を基本とした研究システムのもと、競争的資金の拡大等、政府の研究開発投資が拡充されることになり、研究を取り巻く情勢が大きく変化した。

平成８年、気象研究所創立 50 周年。研究の一層の進展に努力する職員の決意の証として、気象研究所のシンボルマークとなるロゴマークが制定された。

平成９年８月、「国の研究開発全般に共通する評価の実施方法の在り方についての大綱的指針」が策定された。行政改革会議が進める省庁再編について、平成９年 12 月３日に出された行政改革会議の最終報告において、気象庁は国土交通省の外局として「気象業務の健全な発達を図ることを任務」として、また気象研究所は「気象業務に関する技術に関する研究」を行う気象庁の施設等機関として存続が認められた。この期間の特筆すべき成果として、昭和 55 年以降、主として予報研究部によって行われてきた、気象研究所非静力学モデル（MRI-NHM）の現業化と学術分野への貢献があげられる。MRI-NHM は平成 11 年から 15 年に大学や研究機関などと協働して行われた九州や北陸・新潟地方での豪雨・豪雪に関する大規模な特別観測とリンクして、メソスケール研究のブレークスルーとなった。また、MRI-NHM は平成 13 年から数値予報課で気象庁非静力学モデル（JMANHM）として開発が進められ、平成 16 年にメソモデル（MSM）として現業化された。マニュアルやグラフィカルユーザーインターフェースの整備が行われ、気象官署における調査研究、さらに気象庁の「数値予報研究開発プ

ラットフォーム」の枠組みで外部へのモデル貸与が行われた結果、大学や研究機関など気象庁、国内を超えて広く研究・開発に多大な貢献を果たした。

また、平成 11、12 年度は「気象研究所 4 次元同化システムの構築」が、予報、気候、台風の各研究部の参加する所内共同研究として実施され、その後、気象研究所においてデータ同化の研究が積極的に取り組まれることとなった。変分法データ同化は全球測位システム（GPS）による可降水量やマイクロ波放射計による輝度温度の直接同化等、観測データ利用を劇的に拡充していった。アンサンブル手法も含めデータ同化に関する研究は、海洋や地震津波火山分野も含め、大きく発展していった。

（5）平成 17 年（2005 年）～平成 26 年（2014 年）

平成 17 年 2 月に京都議定書（1997 年の COP3 で採択）が発効し、地球温暖化対策への実行が迫られることとなった。気象研究所では平成 18 年、雲スキームの改善などにより雲量と雲放射効果の分布を改善し、気象研究所気候モデル（MRI-CGM2.3）を開発し、IPCC 第 4 次評価報告書に貢献した。平成 19 年、IPCC がノーベル平和賞を受賞し、翌年 4 月に IPCC から気象研究所に感謝状が授与された。平成 25 年 9 月に IPCC 第 5 次評価報告書が発表されたが、海氷モデルや生物地球化学過程も組込んだ海洋大循環モデル MRI.COM3（平成 23 年）、エーロゾル輸送モデル MASINGAR mk-2 と結合させた MRI-CGCM3（平成 24 年）、大気化学気候モデル MRI-CCM2.0 や炭素循環過程を加えた地球システムモデル（MRI-ESM1）（平成 25 年）と、より高度な気候モデルの開発と実験を行い貢献するとともに、気象研究所からリードオーサーとして執筆に参加した。

この 10 年間では前半に独立行政法人化の検討が進められたが、平成 21 年 12 月末の閣議決定を受けて見送りとなった。独立行政法人化に向けて策定した中期計画・中期目標に準じ、平成 21 年度から新しい中期研究計画が開始された。平成 22 年度の研究計画では、独立行政法人化計画の見送りを受けて、平成 21 年度開始の中期研究計画の見直しを行い、「台風・集中豪雨」、「地震・火山・津波」、「気候変動・地球環境」の 3 つの分野に重点をおいて研究を行い、観測・実験、データ解析、モデル開発を融合的に進めることとなった。

平成 23 年 3 月 11 日、日本周辺では観測史上最大の規模となる「平成 23 年東北地方太平洋沖地震」（M9.0）が発生し、大津波が襲った東北地方太平洋沿岸を中心に甚大な被害が発生した。気象研究所では、この地震による揺れ（つくば市内では震度 6 弱を観測）により、ロビーの壁のタイルの剥落、配管や研究用の器材の損傷など物的被害が発生したが、幸いにも人的な被害はなかった。関東地方で電力需給が逼迫した状況下において、気象研究所においても大型電子計算機の運用を停止するなど、最大限の節電を行いつつ業務を継続した。

平成 16 年以後、気象研究所では、社会に甚大な被害を与える大気現象に関して即時的に要因分析を行い、速報として報道発表を行うといった取組を行うようになった。平成 24 年 5 月 6 日に発生した竜巻は、つくば市北部で死者 1 名を含む甚大な被害をもたらし、気象研究所からも現地調査に加わり藤田スケール 3 と評定された。同年 7 月には平成 24 年 7 月九州北部豪雨、平成 26 年 8 月には線状降水帯により広島市での大雨が発生する等の自然災害が頻発し、つくば竜巻を含めた顕著な事例に関してはその発生メカニズムなどについての速報的な報道発表を行っている。

気象研究所では平成 25 年度予算でフェーズドアレイレーダーの整備や平成 26 年度に地震津波研究部、火山研究部の新設が認められるなど、かつてないほど大きな予算が認められることとなった。

（6）平成 27 年（2015 年）～令和 6 年（2024 年）

平成 27 年 1 月、国土交通省は「新たなステージに対応した防災・減災のあり方」をとりまとめ、交通政策審議会気象分科会は同年 7 月「『新たなステージ』に対応した防災気象情報と観測・予測技術のあり方」を取りまとめた。さらに平成 30 年 8 月には交通政策審議会気象分科会が「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり方（提言）」をまとめ、①観測・予測精度向上に係る技術開発、②気象情報・データの利活用促進、③防災対応・支援の推進、について重点的な取組事項を提言した。

平成 31 年 4 月開始の中期研究計画では、気象・気候分野においては、観測・予測技術基盤のモデリング技術を軸に研究開発を進める基盤技術研究、基盤技術を駆使し、自然災害や地球温暖化といった課題に取り組む課題解決型研究、関係分野とも連携しつつ、データの利活用をシームレスに推進する応用気象研究という新しい枠組みでの研究計画を進めていくこととなり、令和 6 年度開始の中期研究計画ではその枠組みを踏襲している。

IPCC 第 6 次評価報告書（令和 3 年）に向けて実施された世界気候研究計画（WCRP）の結合モデル相互比較プロジェクト第 6 世代（CMIP6）では、MRI-ESM1 を改良した MRI-ESM2（令和元年）が、参加した多くのモデルの中で、トップの成績を収めた。第 6 次評価報告書の第 1 作業部会報告書（自然科学的根拠）に気象研究所からリードオーサーとして 2 名が参加した。その中で、地球温暖化が進んでいることに加え、地球温暖化が人間活動の影響で起きていることを初めて「疑う余地がない」と評価し、気象研究所の研究に基づく気候変動の最新の知見も数多く盛り込まれた。

線状降水帯に伴う豪雨による甚大な災害の頻発により、その予測精度向上等に向けた取組の加速・強化が喫緊の課題となり、緊急研究「集中観測等による線状降水帯の機構解明研究（令和 3 ～ 4 年度）」を実施した。また、令和 4 年 4 月には、10 名の定員増が実施された。

この間、深層学習など人工知能（AI）の性能が急速に伸展し、自然科学の分野での利用が拡大してきた。令和 6 年度から開始される中期研究計画では、様々な研究で AI の利用に向けた研究課題が模索されている。

3．研究の枠組みと予算の変遷

気象研究所の予算の「（項）」の区分は昭和 22 年度から昭和 34 年度までは「気象官署」であったが、昭和 35 年度から「気象研究所」となった。ここでは昭和 35 年度以後の予算の変遷を振り返る。

現在、気象研究所で行われている研究は、下記のように区分されている。

①経常研究（気象業務の発展に資するため経常的に実施する研究）、②地方共同研究（気象業務の現場において取り組むべき研究課題について、気象研究所と気象官署が共同して行う研究）、③緊急研究（重大な災害発生時に、機動的に研究を行い、社会にいち早く情報を発信するため実施する研究）、④共同研究（気象研究所が、その所掌事務と密接に関連する事項につ

いて、気象庁以外の者と共同して行う調査及び研究)、⑤公募型共同研究による研究（大学及び研究機関の教官又は研究者が研究代表となり、他の研究機関の研究者と共に、特定の研究課題について当該研究所の施設、設備、データなどを利用して共同で行う研究)、⑥他省庁予算による研究、⑦科学研究費助成事業による研究、⑧環境研究総合推進費による研究。

予算の面からみると、①国土交通省（平成 13 年度までは運輸省）本予算による経常研究など、②他省庁予算によるもの、③科学研究費補助金、④環境研究総合推進費によるもの、の四つに分けられる。このうち、④は平成 28 年度まで環境省予算からの移し替えであったものが、平成 29 年度から環境再生保全機構より助成されることとなった。

本予算の研究のうち、「国土交通行政において、特に重点的、緊急的に行う必要のある研究」は、特別研究費（昭和 35 年度～）や気候変動予測研究費（平成 3 年度～）として予算化されている。

ここでは、本予算による研究と、他省庁予算による研究について、経緯を振り返る。

（1）国土交通省（平成 13 年度までは運輸省）本予算による経常研究など

ア．昭和 35 年度（1960 年度）～昭和 39 年度（1964 年度）

昭和 35 年度、予算区分で「(項）気象研究所」が設置され、予算 144,926 千円が配算された。

特別研究費としては、米国気象局の要請による（経費米側負担）台風に関する特別研究費（昭和 35 年度)、台風協同研究（昭和 36 ～ 38 年度)、ジェット機の運航に伴う高層気象解析の研究（昭和 36 年度)、集中豪雨雪の研究（昭和 37 ～ 39 年度)、道路整備特別会計から本州四国連絡橋にかかわる気象調査費（昭和 38、39、41 年度)、太陽活動極小期国際観測年（IQSY: International Quiet Sun Year）のための宇宙線観測の強化（昭和 39 年度)、国際地球内部開発に基づく綜合研究（昭和 39 年度)、ドップラーレーダーの研究（昭和 39 年度）等が配算された。

なお、この期間には特別予算として国立機関原子力試験研究費（昭和 32、34 ～ 42 年度）も配算されている。

イ．昭和 40 年度（1965 年度）～昭和 54 年度（1979 年度）

経常研究は遅くとも気象研究所年報の創刊された昭和 40 年から昭和 53 年までは①各研究部での経常研究と、②部を超えたプロジェクト的総合研究の二つに区分されていた。ただし昭和 48 年から昭和 53 年には環境庁特別研究も②のカテゴリーに含まれていた。さらに、「準特別研究」「要望研究課題」とされるものがあった。「準特別研究」は①気象研究所として重点的に研究の推進をはかる必要のあるもの、②近い将来、特別研究として考えられるもの、③経常研究のうち、多額の経費を投入することにより研究が著しく進展すると予想されるもの、④高額な機器の整備を必要とされるものからなり、昭和 41 年 1 月に予算配分の能率化をはかるために所内で定められた実行予算配算基準に基づく配分方式である。「要望研究課題」は気象庁からの要望として取り組むものであり、昭和 40 年に設置された気象庁研究会議に関連し、暫定取扱要領が整備された。

筑波移転前年の昭和 54 年度気象研究所年報において、経常研究は一般研究として一本化されて報告されている。

昭和 42 年度から設備整備費及び特別研究費等で整備された大型機器の維持費を計上するため「特殊経費」という項目が設けられ、当該年度は風洞の改修費として 2,070 千円の予算が成立した。

経常研究費は昭和 32 年度に 1 億円を超え、昭和 50 年度に初めて 10 億円を超えた。さらに筑波移転前年の昭和 54 年度には 20 億円を超えている。

特別研究としては、「成雨機構の研究」「レーザーによる気象観測法の研究」「地震予知に関する研究」「ロケット及び人工衛星による搭載機器及び超高層大気の解析に関する研究」「航空機の航行安全におよぼす悪気象の研究」「梅雨末期の集中豪雨の研究」「地球大気開発計画に基づく総合研究」「大気汚染に関する局地予報法の開発」「大気汚染のための気象観測法の開発」「国際地球内部開発計画に基づく総合研究」「火山噴火予知の研究」「高層気象観測の近代化に関する研究」「気象レーダーエコーディジタル化システムの開発」「MONEX/FGGE 特別観測による熱帯低気圧発生に関する総合研究」「地震予知に関する実験的ならびに理論的研究」等が行われた。

特別予算として昭和 32 年から配布されていた国立機関原子力試験研究費は、昭和 42 年をもって、一旦終了している（昭和 56 年に再開し平成 19 年度をもって終了)。

ウ．昭和 55 年度（1980 年度）～平成 2 年度（1990 年度）

経常研究は筑波移転を行った昭和 55 年度には、①特定研究（特別研究と、他省庁からの移し替え予算)、②準特別研究、③一般研究、④地方共同研究に分類された。翌昭和 56 年度から準特別研究の記述は無くなり、昭和 60 年度までは①特定研究、②一般研究、③地方共同研究に分類された。昭和 61 年度から平成 2 年度の間は、経常研究と地方共同研究は一般研究（経常研究)、一般研究（地方共同研究）と称されている。

この期間の特別研究として「火山噴火現象監視に関する研究」「中層大気の研究」「直下型地震予知の実用化に関する総合研究」「雲及び放射の総合観測手法の研究」「雲の放射過程に関する実験観測及びモデル化の研究」などが行われた。

エ．平成 3 年度（1991 年度）～平成 12 年度（2000 年度）

この期間、一般研究に所内共同研究が加わり、一般研究（経常研究)、一般研究（所内共同研究)、一般研究（地方共同研究）の 3 本立てとなった。

この期間の特別研究として「南関東地域における応力場と地震活動予測に関する研究」（平成 6 ～ 10 年度)、「地震発生過程の詳細なモデリングによる東海地震発生の推定精度向上に関する研究」（平成 11 ～ 15 年度）等が行われた。

オ．平成 13 年度（2001 年度）～平成 14 年度（2002 年度）

所内共同研究の枠組みが無くなり、①特定研究（特別研究と、他省庁からの移し替え予算)、②一般研究（経常研究、地方共同研究)、③その他（共同研究・共同利用、科学研究費補助金）に分類された。

カ．平成 15 年度（2003 年度）～令和 6 年度（2024 年度）

平成 15 年から、特定研究の区分を取りやめ、特別研究と他省庁予算による研究に明確に分離された。経常研究は平成 16 年度から平成 20 年度は「融合型経常研究」と「一般経常研究」に分けられ、それとは別に特別研究枠（特別研究費による研究、気候変動予測研究費による研究）が設けられた。平成 21 年度からは研究の区分として陽に「特別研究」は明示されなくなり、平成 21 ～ 25 年度は「重点研究」と「基礎的・基盤的研究」、平成 26 年～ 30 年度は「重点研究」

と「一般研究」など、二つの枠組に区別された。令和元年度からは、「基盤技術研究」「課題解決型研究」「地震・津波・火山研究」「応用気象研究」等、研究の目的に応じた分類が行われている。

この頃行われた特別研究として「火山活動評価手法の開発研究」（平成 13 ～ 17 年度）、「東海地震の予測精度向上及び東南海・南海地震の発生準備過程の研究」（平成 16 ～ 20 年）、「マグマ活動の定量的把握技術の開発とそれに基づく火山活動判定の高度化に関する研究」（平成 18 ～ 22 年度）等がある。

（2）他省庁予算による研究

現在、他省庁移し替え予算は、地球環境保全等試験研究費による研究（環境省）、放射能調査研究費による研究（環境省）、研究開発成果の社会実装への橋渡しプログラム（内閣府）がある。他省庁移し替え予算について、かつて気象研究所が活用していたものも含めてその概略を記す。

ア．文部科学省（平成 13 年 1 月以前は文部省、科学技術庁）関係

昭和 35 年度、科学技術庁からの移し替え経費として特別研究促進調整費（特調費）が初めて配布された（昭和 56 年度に科学技術振興調整費が成立するまで毎年継続）。

科学技術庁からの他の経費として、放射能調査研究費が昭和 33 年度に開始され、平成 24 年度まで毎年計上されていた。特別研究促進調整費が昭和 35 年に開始され、昭和 55 年度まで毎年計上されていた。昭和 56 年度から科学技術振興調整費の配算が始まった（科学技術振興調整費は平成 22 年度をもって廃止となった。気象研究所では平成 23、24 年度は科学技術戦略推進費として、平成 25、26 年度は科学技術・学術政策推進費として予算を受け取っている）。

昭和 53 年度から、科学技術庁から海洋開発調査研究促進費を受けることとなった（平成元年度、海洋開発及科学技術調査研究促進費に予算科目を変更し、平成 16 年度をもって終了した）。

平成 25 年度から、それまで文部科学省から配算されていた放射能調査研究費が、環境省から配算されることとなった。そのため、科学技術・学術政策推進費課題「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」が終了した平成 26 年度を最後に、文部科学省からの移し替え予算は無くなっている。

イ．環境省（平成 13 年 1 月以前は環境庁）関係

昭和 47 年から公害防止などに関する研究経費は環境庁に一本化されることとなり、同庁より国立機関公害防止等試験研究費及び環境保全総合調査研究促進調整費の移し替えが行われることとなった。平成元年度をもって国立機関公害防止等試験研究費が終了し、平成 2 年度から地球環境研究総合推進費を受けることとなった。

昭和 56 年度、国立機関原子力試験研究費（昭和 42 年度までは運輸省予算）が再開され、以後平成 15 年度まで継続した。放射能調査研究費を平成 25 年度から受けており、研究を令和 5 年度まで実施していた。

ウ．国土庁（昭和 49 年 6 月以前は経済企画庁）関係

昭和 47 年度、経済企画庁から、新全国総合開発計画及びその周辺の大気環境保全に必要な気象調査のため、国土総合開発事業調整費が配布され、昭和 51 年度まで継続した。

エ．内閣府

平成 30 年度から令和 4 年度まで、内閣府の官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）による予算での研究を実施し、令和 5 年度からは研究開発と Society5.0 との橋渡しプログラム（BRIDGE）による研究を実施している。

4．組織の変遷

ここでははじめに「気象百年史」に記されている昭和 49 年までの変遷を大まかに記し、その後の研究所を取り巻く状況の変化と、組織のあゆみをたどる。

（1）昭和 17 年（1942 年）～昭和 49 年（1974 年）

気象研究所の歴史は、気象庁の前身である中央気象台に昭和 17 年に設置された研究課に始まる。その後、昭和 21 年 2 月 1 日に、東京都杉並区高円寺の旧陸軍気象部跡に中央気象台研究部が発足し、この日をもって気象研究所の創立と定めている。発足当初には庶務課及び 10 研究室が置かれた（理論気象研究室、気象物理研究室、高層気象研究室、予報研究室、衛生気象研究室、気象化学研究室、海洋研究室、地殻物理研究室、測器研究室、電磁研究室）。翌昭和 22 年 4 月、気象研究所に改組された。その際、予報研究室、海洋研究室が廃止され、農工気象などの研究を分掌する応用気象研究室が設けられた。また、工作課が設置され、工作課内部に測器工場が附置された。

昭和 24 年 11 月、内部組織の改正により、総務課と 7 研究室が置かれた（予報研究室、高層気象研究室、測器研究室、物理気象研究室、地球化学研究室、応用気象研究室、地球電磁気研究室）。

昭和 27 年 8 月、地震研究室と海洋研究室が増設された。

その後、いくつかの組織改編の後、昭和 31 年 7 月、中央気象台が運輸省外局として気象庁となったことに伴い、気象業務に関する技術に関する研究を行う機関として、気象庁の附属機関となり、総務課と 9 研究部 23 研究室が置かれた（予報研究部、高層気象研究部、物理気象研究部、応用気象研究部、気象測器研究部、地震研究部、海洋研究部、地球電磁気研究部、地球化学研究部）。

昭和 33 年 10 月、3 課（総務課、会計課、研究業務課）からなる総務部が設置された。

昭和 34 年 9 月に甚大な被害をもたらした伊勢湾台風を契機に、昭和 35 年 4 月、高層気象研究部が台風研究部（3 研究室）となった。また地球電磁気研究部が高層物理研究部（4 研究室）に改められた。

昭和 46 年 4 月、気象衛星計画に伴い気象測器研究部が気象衛星研究部に改められた。

昭和 47 年 5 月、総務部研究業務課が廃止され、所長直属となる企画室（企画・管理・調査の 3 係、及び補佐官・外事官を設置）が新設された。また、この月、気象研究所の筑波研究学園都市への移転が決定した。

昭和 49 年 4 月、地震・火山噴火予知の要請に対処するため、地震研究部が地震火山研究部に改められ、津波観測に用いる測器の研究が分掌に加えられた。

（2）昭和 50 年（1975 年）～昭和 59 年（1984 年）

昭和 55 年 6 月、筑波研究学園都市の新庁舎へ移転し、大型電子計算機、ドップラーレーダー、風洞装置、ライダー等の施設が導入・更新された。大型電子計算機の運用に関する業務を分掌するため、企画室に業務係が置かれた。

昭和 58 年 10 月、地震火山研究部に 1 研究室が加わり、全部で 4 研究室となった。さらに昭和 59 年 10 月、直下型地震発生予知に関する研究の拡充で 1 研究室が加わり、5 研究室となった。

（3）昭和 60 年（1985 年）～平成 6 年（1994 年）

昭和 62 年 5 月、世界各地で頻発する異常気象に対し、そのメカニズムの解明を目的として効率的な研究体制の確立を図るため、高層物理研究部が廃止され、同研究部の 2 研究室と予報研究部の 1 研究室が合併し、気候研究部が新設された。また、静止気象衛星システムの発展、気象観測のシステム化・自動化に関する研究を目的として、気象衛星研究部は気象の観測システムに関する研究を分掌する気象衛星・観測システム研究部に改組された。

平成 3 年 10 月、地球温暖化予測の高度化に関する研究促進のため、気候研究部第四研究室を設置した。

（4）平成 7 年（1995 年）～平成 16 年（2004 年）

平成 8 年、「地球温暖化予測の高度化に関する研究」時限定員の 4 年間の再延長が認められた。

平成 9 年、応用気象研究部が環境・応用気象研究部に名称変更、台風研究部第二研究室が気候研究部第五研究室に、物理気象研究部の第三研究室が、環境・応用気象研究部の第四研究室に振替られた。

平成 9 年 12 月 3 日の行政改革会議最終報告で、気象研究所は引き続き気象庁に付属する研究所として認められ、平成 10 年 6 月には中央省庁等改革基本法が成立した。平成 11 年 1 月 26 日、21 世紀の中央省庁のあり方を描いた中央省庁等改革に係る大綱が取りまとめられ、その中で、平成 13 年 1 月に、気象庁は国土交通省の外局として「気象業務の健全な発達を図ることを任務」としてスタートし、気象研究所は「気象業務に関する技術に関する研究」を行う気象庁の施設等機関として存続することが決定した。

平成 13 年 11 月、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」が策定された。その目的として、「科学技術振興のため、研究者を励まし、優れた研究開発活動を奨励して行くとの観点をもって適切な評価を実施することで、研究開発活動の効率化・活性化を図り、より優れた研究開発成果の獲得、優れた研究者の養成を推進し、社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすことができる。」と謳われ、従来の研究開発課題と研究開発機関とともに、研究開発施策や研究者などの業績が評価の対象に加えられた。これを受け、平成 14 年度には企画室内に評価係長が置かれることとなった。さらに平成 15 年 4 月には、研究評価官が企画室に配置された。

（5）平成 17 年（2005 年）～平成 26 年（2014 年）

平成 18 年 6 月「国の行政機関の定員の純減について」が閣議決定され、気象研究所は平成 21 年度に「非公務員型の独立行政法人」となることとなった。円滑な移行を図るため、所内に独立行政法人移行実施本部を設置し、種々の検討・作業を進めた。

独立行政法人気象研究所法案が平成 20 年通常国会（第 169 回国会）に提出されたが継続審議となり、次の臨時国会（第 170 回国会）で廃案となった。さらに、施行期日を平成 22 年 1 月 1 日とする新たな独立行政法人気象研究所法案が平成 21 年通常国会（第 171 回国会）に提出されたが、衆議院の解散に伴って廃案となった。その後、平成 21 年 12 月 25 日の閣議決定「独立行政法人の抜本的な見直しについて」により法人化は見送りとなった。

平成 22 年度の研究計画では、独立行政法人化計画の見送りを受けて、平成 21 年度開始の中期研究計画の見直しを行い、「台風・集中豪雨」、「地震・火山・津波」、「気候変動・地球環境」の 3 つの分野に重点をおいて研究を行い、観測・実験、データ解析、モデル開発を融合的に進めることとなった。

平成 25 年 5 月、研究部横断的な研究を推進する体制を強化すべく、研究総務官、研究調整官を新設した。物理気象研究部、海洋研究部及び地球化学研究部を廃止し、海洋・地球化学研究部を新設した。

平成 26 年 4 月、新しい中期研究計画の開始に伴い、地震火山研究部が廃止され、地震津波研究部と火山研究部が新設された。

（6）平成 27 年（2015 年）～令和 6 年（2024 年）

平成 26 年御嶽山噴火による災害を受け、気象庁は火山観測施設の増強をはじめとする観測体制の強化に加え、平成 28 年度には、火山監視・情報センターを強化して、本庁に「火山監視・警報センター」、札幌、仙台、福岡の各管区気象台に「地域火山監視・警報センター」を設置、大幅な増員を行うなど、組織体制の強化を進めた。気象研究所も、平成 28 年 4 月、火山研究部を増員して、これまでほとんど行ってこなかった火山ガス観測による火山活動監視・予測に関する研究を推進するための第三研究室（定員 3 名）を新たに設置するとともに、従来からの地球物理学的な手法による火山活動評価・予測の高度化の研究を行っている第一研究室を、各火山監視・警報センターに研究官が駐在するという体制をとることを理由として増員した。

第一研究室の増員は、各火山監視・警報センターに分室を設置して研究官が駐在するという体制をとるためのものであり、この体制は地元大学と連携して各火山の特徴を踏まえた研究を進めるとともに、現場の声を聴きながら火山活動の評価の精緻化等現業業務に資する研究を実施することを目的としていた。

平成 31 年 4 月開始の中期研究計画では、気象・気候分野においては、観測・予測技術の基盤を強化するためにモデリング技術を軸に研究開発を進める基盤技術研究、基盤技術を基に自然災害や地球温暖化などの課題に取り組む課題解決型研究、関係分野とも連携しつつ、データの利活用をシームレスに推進する応用気象研究という新しい枠組みにより、研究計画を進めていくこととなった。そのため、研究組織の見直しを行い、予報研究部、気候研究部、台風研究部、環境・応用気象研究部、気象衛星・観測システム研究部、海洋・地球化学研究部を廃止し、全球大気海洋研究部、気象予報研究部、気象観測研究部、台風・災害気象研究部、気候・環境研究部、応用気象研究部が新設された。

線状降水帯に伴う豪雨による甚大な災害の頻発により、その予測精度向上等に向けた取組の加速・強化が喫緊の課題となった。気象研究所では緊急研究「集中観測等による線状降水帯の機構解明研究」（令和 3 ～ 4 年度）を実施した。令和 4 年 4 月には、「線状降水帯に関する研

究連携体制の強化」のため、研究調整官の所掌事務の変更により研究連携戦略官が設置された。

5．評価の枠組みの変遷

昭和期の気象研究所では、所属長の意見を添えて研究報告書を気象庁長官に提出する、いわゆる内部評価を行っていた。

平成元年２月には、気象研究所部長会議規則第７条が改正されて、気象研究所研究評価実施要領が制定され、さらに同要領に基づいた評価の項目及び手法を明示した研究評価フォーマットが定められ、各課題について評価が実施された。平成元年 12 月には気象研究所評価制度が発足した。

平成４年度に「科学技術に関する行政監察結果に基づく勧告」が行われ、この中では、限られた時間と研究開発資源の下に、より効果的に研究開発を進めるための合理的な研究評価が重要であると指摘しており、研究機関内部の評価能力を補完する手段として、外部の有識者による評価等の多様な対応を図ること等が指摘された。

これを受け、平成７年度からは所全体の活動を評価してその方向性を調整、決定することを目的として、外部有識者による評価を実施することにし、同年 12 月に気象研究所評議委員会が設置された。気象研究所長に対し「気象研究所の長期研究計画の策定に関する助言」及び「気象研究所が実施する研究課題の評価に関する報告」を行うこととされている。また、研究課題に対する外部評価を実施するため、評価対象となる研究の分野にあわせ、評議委員の中から「評価分科会」の委員を選出して外部評価を実施することとした。平成８年３月、第１回気象研究所評議委員会が開催された。評議委員会委員は、気象、地震、海洋の専門分野に加え、ジャーナリストなどの有識者十数名から構成された。

平成 11 年度は運輸省研究機関等評価が行われ、気象研究所の運営全般について幅広い評価を受けた。

平成 13 年 11 月、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」が策定された。これを受け、企画室内に評価係長が置かれることとなった。さらに平成 15 年４月には、研究評価官が企画室に配置された。

平成 17 年４月には気象研究所評価実施規則、平成 21 年９月には気象研究所評議委員会設置規則が制定された。

6．広報活動等の変遷

防災情報の理解と普及を図るために、国民向けに分かりやすく研究・技術開発情報の発信と知識の普及活動を行っている。

（1）気象研究所研究討論会

昭和 41 年 12 月、第１回研究討論会が開催された。以後昭和 43 年３月まで 10 回開催した。

（2）気象研究所研究成果発表会

昭和 56 年 11 月、第１回目となる昭和 56 年研究発表会を開催し、平成 15 年から研究成果発表会に名前を変えて毎年開催している。なお、平成 15 年 11 月には、気象研究所の研究活動や研究成果を広く社会一般の方々に理解してもらうことを目的として、気象研究所研究活動報告会を当時の気象庁講堂にて開催した。この研究活動報告会は、平成 21 年までは当時の気象庁講堂で開催されていたものの、研究成果発表会に統合されることとなった。

（3）気象研究所一般公開

昭和 35 年に科学技術週間が閣議により制定された。毎年４月 18 日（発明の日）を含む１週間を科学技術週間と呼び、科学技術庁（平成 13 年以降は文部科学省）の呼びかけのもと、全国各地で関連する行事が実施される。当所においては、昭和 40 年から科学技術祭として開催され、昭和 42 年からは科学技術週間の一環として一般公開を実施した。筑波移転後も引き続き実施している（令和２～４年は新型コロナウイルス感染症の影響により中止された）。

（4）気象研究所のお天気フェア

昭和 58 年からつくば地域との交流のため職員有志による気象教室が行われていた。平成２年８月、筑波三官署有志実行委員会が気象教室を開催し、講演・見学・天気図講習会等を行った。平成４年に気象庁の呼びかけのもと「気象の知識の普及と気象業務への理解を深めるとともに、気象業務に対する国民の声を広く捉え業務に反映させる」をスローガンに、各管区、海洋気象台・地方気象台等の所在地において７月下旬から８月中旬にかけて組織的に「お天気フェア」を実施することとなり、これを受け、気象研究所・高層気象台・気象測器工場の３機関共催という形で実施することとなった。令和２～４年度は新型コロナウイルス感染症の影響でオンライン配信となったが、令和５年度は数値予報開発センターを加えた筑波４官署による現地開催を行った。

（5）気象研究所ホームページ

平成７年 12 月に、気象研究所の研究活動や内容を内外に向けて積極的に発信することを目的として、気象研究所ホームページの公開を開始した。

平成 15 年７月に、研究所の活動を積極的に内外に情報発信すると同時に、国民に対するアカウンタビリティーの向上を図ることを目的として、全面的な見直しを行った。見直しにあたっては、所内にホームページ改定ワーキンググループを設け、日本語と英語のホームページを実現した。研究の紹介、施設の紹介、人事等の公募の掲載、入札情報等の掲載、研究評価の概要、気象研究所技術報告を含む刊行物の pdf 版の公開など、内容を充実させた。

平成 31 年４月に、気象研究所組織改編実行プロジェクトの一環として、ホームページの再度の見直しを実施した。

現在は、気象研究所の研究や研究者の情報、研究成果報告会等の紹介など、分かりやすく提供していると同時に、適宜、ニュース、人事や会計的なお知らせなどの運営上の機能を含め、公開している。

7．筑波研究学園都市への移転

（1）昭和 36 年（1961 年）の移転構想から昭和 47 年（1972 年）の移転決定まで

昭和 36 年９月、政府は「官庁の移転について」を閣議決定した。首都への人口過度集中防止のため機能上必ずしも東京都の既成市街地に置くことを要しない官庁（付属機関及び国立の学校を含む）の集団移転について検討する、というものであった。

昭和 38 年９月 10 日には「研究学園都市の建設について」を閣議了解、研究学園都市の建

設地が筑波地区と決定された。9 月 21 日には首都圏整備委員会事務局長と行政管理庁事務次官の連名で「研究学園都市に移転する機関の選定について」との文書が各省事務次官宛て発送され、気象研究所は 28 日に「筑波地区への移転も止むを得ない」との回答を行っている。

昭和 39 年 7 ～ 8 月、首都圏整備委員会・建設省・科学技術庁が共同で各省庁の用地面積の調整、積算が行われ、気象研究所からも移転時期を昭和 47 年、人員 247 名、所要総面積 30 万 2,000m^2 の案を提出した。

昭和 40 年 2 月、気象研究所では移転問題調査委員会を発足させ、移転問題について検討が行われた。職員に不安と、反対の声が強く、同委員会は 4 月、所長に対し「気象研究所が気象庁の所在地を離れて移転するのは不適当である」との答申を行った。理由として、他研究機関・大学等との連絡交流の困難、そのための研究効率の低下、給与・生活条件の低下、優秀な研究者の確保困難、移転中の研究の中断、移転困難者の問題があげられている。同年 6 月、所長は長官宛てに「筑波地区への移転は不適当であるとの結論に達したので再検討の上、善処をお願いします」との文書を上申した。

昭和 42 年 8 月 5 日付の総理府総務副長官、行政管理庁事務次官、首都圏整備委員会事務局長の連名による「筑波研究学園都市に移転する機関についての再調査」に、気象庁は「移転する機関はなし」と回答。9 月 5 日閣議了解された移転予定 36 機関の中には気象庁関係は含まれなかった。

昭和 45 年 5 月、筑波研究学園都市建設法が制定公布され、6 月に気象研究所は「研究学園都市移転についての意見」を本庁にあげ、移転に必ずしも反対するものでないことを意思表示した。

昭和 46 年秋には筑波移転を前提に大型施設予算要求作業が進められ、11 月 15 日には「筑波研究学園都市移転に伴う要望事項」を本庁に提出した。11 月 27 日、気象研究所と気象測器工場の筑波移転が気象庁の庁議で決定された。

昭和 47 年 5 月の閣議では筑波研究学園都市に建設する気象研究所、高層気象台、気象測器工場を含む 42 の研究、教育機関等が正式に決定された。

（2）昭和 47 年（1972 年）～昭和 51 年（1976 年）の移転準備

昭和 47 年 6 月、気象研究所は移転計画書策定作業を行い、8 月に長官、次長、総務部長の来所を得て、研究室長以上が出席して筑波移転に関する打ち合わせを実施した。9 月には所長を委員長とする移転建設委員会及び下部組織として各種部会を設置し、移転に関する諸問題の検討と決定をすることになった。また同年 11 月にも長官から職員に対する説明会を行った。

昭和 48 年 1 月には移転準備室が発足した。

研究所における各種の問題の検討は予算の要求順序とほぼ対応して行われた。はじめは本館の基本設計、次は研究施設の検討がなされた。このうち電子計算機の要求に関してはユーザーの数が多いこと、筑波移転の目玉であったことから大きな議論となった。その後宿舎及び生活環境に関することが問題となった。移転困難者は移転決定当初から問題になっていたが、その解決は移転直前まで持ち越された。

昭和 48 年度予算で鉄塔建設が認められ、昭和 49 ～ 50 年度は共同受電設備、昭和 51 年度に本館建設の予算が成立し、移転の準備が本格的に始まった。

（3）昭和 51 年（1976 年）～昭和 55 年（1980 年）の本館、別棟及び研究施設の建設

昭和 51 年度に本館建設予算（3 年計画 34 億円、建物面積内示は、1 万 7,522m^2）が成立した。移転建設委員会及び本館レイアウト部会で各部門からの実行要求面積を検討した結果、居住区である研究室及び事務室を重視して全体面積を 1 万 6,646m^2、そのうち実験室等は 5,600m^2 程度とした。実験室等の面積は最終的には 5,664m^2 に決まった。また研究室、事務室、輪講室の間仕切りは各研究部の裁量に任せること、部長室は個室で 1 単位とすることとなった。

昭和 52 年 2 月、3 月に建築及び設備の入札、契約が行われ、3 月 15 日に起工式、昭和 54 年 3 月には地下 1 階、地上 6 階、屋上 2 階、建物延べ面積 1 万 7,225m^2 の本館が完成した。

別棟に関しては、昭和 52 年、本館関連の作業が終了後に別棟の予算要求と基本設計に関連して別棟関係基本計画の見直しが行われた。昭和 52 年度補正予算では器材庫、車庫、観測車車庫、自転車置場を先行して建設することが認められた。

昭和 53 年度には気象風洞回転実験棟、宇宙線ロケット気球センサー実験棟及び実験廃水処理施設の予算が成立し、昭和 54 年度には露場実験棟、放射実験棟、エーロゾル実験棟及び低温実験棟、昭和 55 年度には地震重力観測棟及び放射能観測棟の予算が成立した。

（4）昭和 55 年（1980 年）、移転

移転作業は昭和 55 年 2 月に始まり、その後高円寺の旧施設の撤去等を進め、昭和 56 年度に若干の研究施設を要求することを除き昭和 55 年 6 月 30 日に移転が完了した。

自然豊かな田園地帯に、高円寺時代の約 15 倍の敷地面積 30 万 m^2、建物面積 2 万 2,000m^2 という余裕ある環境に技術の粋を集めた高度の研究施設が完成した。庁舎の新築、大型施設の完成、電子計算機の導入によって高円寺時代の研究環境に関する懸案が解決し、昭和 54 年には経常研究費のランクアップが認められた。また、移転後は他省庁予算の増加、各国の研究者の来訪、滞在、筑波大学連携大学院との協力、科学技術庁フェロー及び科学技術特別研究員の受け入れなど、外部との連携が拡充した。

また、筑波移転は施設整備・拡充の絶好の機会であった。各研究部、企画室、総務部も含め全所的に電子計算機システム、気象レーダー、大型気象風洞装置、低温実験施設、ライダー、電子顕微鏡、気象観測用鉄塔等、施設整備・拡充に取り組んだ。

8．主な研究設備

昭和 55 年の筑波移転時以降、様々な大型研究施設や実験装置が導入され、従来の研究の効率化を図るとともに、研究の新局面が切り開かれてきた。それらのうちの主な施設を紹介する。

（1）電子計算機システム

高円寺時代の気象研究所には、昭和 48 年に設置された使用時間の制限付きの本庁電子計算室 I/O 端末があった。

筑波移転に合わせ、より使い勝手のよい計算設備の実現に向けて予算要求を行い、昭和 54 年度予算において大型電子計算機の整備が正式に承認された。各研究部から出されている利用計画を満たすために必要な計算機資源の手当として、年々の標準予算として約 5 億円が認められた。これは当時の気象研究所全体の予算の約四分の一であった。昭和 55 年に運用が開始された初号機から 8 代にわたって更新し、令和 6 年度には気象庁大型計算機（NAPS11）と

の統合・一体運用が開始された。

電子計算機システムを用いて、高い解像度の精緻な数値予報モデルの開発や地球温暖化予測に関する研究や、地震津波火山分野での解析・予測技術の研究などに利用している。

（2）気象レーダー

筑波移転前、気象研究所には昭和 28 年度製作の気象レーダー、昭和 39、40 年度製作のドップラーレーダー、昭和 35 年度製作のミリ波レーダー等があった。これらのレーダーは既に老朽化しており、維持が困難となっていた。またドップラーレーダーを除きデータの出力がアナログ方式であったため、解析に非常に労力を要するものであった。そこで筑波移転を機にこれら 3 台のレーダーを更新した。この時に整備された移動型ドップラーレーダーはその後我が国で普及した移動型ドップラーレーダーの 1 号機であった。

平成 20 年には、総務省が周波数資源の有効利用を目的に気象レーダーの狭帯域化を実証するために開発した C バンド固体素子二重偏波レーダーが、気象研究所の気象ドップラーレーダーの後継として移管されて実験的な運用が開始され、実用化のための技術上の問題の解決と、シビア現象の監視及び危険度診断技術の高度化に関する研究のための観測が行われた。ここで得られた知見は、平成 28 年のレーダーの狭帯域化技術の研究開発及び気象庁空港気象ドップラーレーダーの固体素子二重偏波化更新に貢献した。また令和 2 年以降の気象庁一般気象レーダーの固体素子二重偏波化に役立てられることとなった。

平成 27 年、気象研究所において X バンド単偏波フェーズドアレイ気象レーダーの研究運用を開始した。半径 60km 圏内の 3 次元空間を 30 秒ごとの高い頻度で隙間なく観測することにより、局地的大雨や竜巻等突風など、激しい風雨をもたらす顕著現象のきめ細かな理解が可能となった。気象研究所では当該レーダーを多様な気象場において運用し、レーダーの性能評価やデータ処理技術の開発を進めるとともに、将来的な監視・予測技術の高度化に関する研究を実施した。フェーズドアレイ気象レーダーによる高頻度・高解像度の観測データの解析により、令和元年度東日本台風に伴う竜巻の発生メカニズムが明らかになる等、科学的成果が得られている。

（3）大型気象風洞装置

筑波移転前、気象研究所物理気象研究部（中野分室）には陸軍気象部から譲り受けた大型風洞装置と、伊勢湾台風に関連して建設された回転実験台があった。研究所の筑波移転に伴って風洞を更新することになった。

風洞完成後は、地形性乱流やビル風の研究、大気拡散研究など幅広く基礎的研究を行う一方、本州四国連絡橋周辺の海峡風の研究、余部鉄橋列車転落事故に関する鉄橋周辺の気流特性の調査、気象官署における風観測環境の基準化など実用的な問題についても調査研究が行われてきた。また、昭和 62 年にはそれまでの風洞実験結果をまとめて「気流と拡散に関する風洞実験資料」として刊行されている。

近年においては、小型気象風洞実験装置や回転実験装置も含め、気象予報モデル境界層過程の高度化を目的とした乱流に関する基礎的実験に重心が移っている。令和 3 年度補正予算をもとに、大型気象風洞装置の強化が図られ、令和 5 年度にかけて、更なる活用を見据えて大型気象風洞実験装置と回転実験装置の機能強化工事が実施された。

（4）低温実験施設

筑波移転後、大型施設の一つとして、昭和 55 年 3 月に低温実験棟が完成した。当時は性能の異なる二つの低温室（それぞれ−30℃と−40℃まで冷却可）が整備された。垂直風洞を使用した雪片等の成長実験、噴霧器を併用した気象測器等の低温性能・改良試験などに利用してきた。平成 13 年度補正予算により低温実験施設が更新され、同じ場所で平成 16 年 3 月に完成した。性能の異なる二つの低温室（それぞれ−40℃と−90℃まで冷却可）のほか、実験空間内の気温と気圧を同時制御しながら雲生成過程を調べる減圧低温試験槽（雲生成チェンバー）が整備された。2000 年代後半以降、各低温室は主に気象測器等の低温性能試験に利用し、雲生成チェンバーは経常研究及びそれに資する各研究プロジェクトにて、雲生成過程の室内実験的研究で広く利用し、数値実験や野外観測と併せてエーロゾル－雲相互作用に関する研究を進めている。

（5）ライダー

我が国の気象用ライダーの発端は昭和 42 年前後に遡る。気象研究所では、昭和 40 年代後半に研究を開始し、主にエーロゾルやオゾン、水蒸気の観測技術の開発が進められている。

エーロゾルの観測についてまず記述する。昭和 45 ～ 54 年当時、大気汚染が甚だしく、政府も特別調査観測等の対策を実施することになった。その一つとして、対流圏、特に下層を主目標とするライダーが必要になり日本気象協会と協力してその開発に努めた。レーザーの波長は 1.06 ミクロンと長いので、第 2 高調波（0.532 ミクロン）も観測できるようにした。受信には直径50cmの反射望遠鏡を用いた。この走査観測型のライダーは、世界で最初のものであったようである。

十数年間に世界で火山の大噴火が数回起こり、大噴火の気候への影響を調べる上で成層圏の観測は極めて重要で、これが可能なライダー施設を作ることが次の目標であった。昭和 53 年度から高出力ルビーライダーの設計と観測、解析方法の開発が行われ、筑波移転時に上述の実績で成層圏観測用ライダーの整備が認められた。移転直後の昭和 55 年、北米セントヘレンズ火山の大噴火があり、成層圏噴煙流を観測で確認でき、続いて昭和 57 年、中米エルチチョン火山の大噴煙流の観測にも成功して、それらの観測結果を社会に発信した。平成 3 年 6 月のピナトゥボ火山噴火では、噴火から数年間にわたる成層圏エーロゾルの移流拡散、変質等の動態の把握、その気候への影響の解明に寄与することができた。オゾン層の監視については、昭和 63 年、成層圏オゾン観測用のライダーを開発して観測を行うとともに、平成 3 年度からは成層圏オゾンの現象に関係する極成層圏雲をカナダ北極圏ユーレカで観測し、オゾン減少を引き起こす雲を捉えた。平成 29 年度には高度 10km まで高精度の観測が可能な対流圏オゾンライダーの開発に成功した。

平成 12 年度に水蒸気ラマンライダーの開発が始まり、平成 30 年度に戦略的イノベーション創造プログラム第Ⅱ期に参加して、九州の野母崎と甑島で水蒸気ライダー観測を実施し、九州の自治体と共同で予測精度の向上を目指した実証実験の成果として、線状降水帯発生時には下層の水蒸気量が増加することを実観測により初めて明らかにした。令和 3 年度には気象研究所緊急研究「集中観測等による線状降水帯の機構解明研究」に参加し、野母崎と甑島でラマンライダーを用いた水蒸気観測を実施し、線状降水帯の発生との関わりやデータ同化に用いた

ときの下層水蒸気量のインパクトを報告した。

（6）電子顕微鏡

気象学、特に雲物理をはじめ応用気象学、大気化学の分野において、電子顕微鏡は大気エーロゾル粒子・雲核・氷晶核などの形態観察、元素分析及び微小領域の結晶構造解析になくてはならない施設であり、気象研究所では昭和 32 年 3 月から整備している。

気象研究所の筑波移転により、昭和 56 年 3 月に最大倍率 80 万倍の透過型電子顕微鏡に更新された。昭和 63 年 2 月、標準 X 線検出器とエネルギー分散型 X 線分析器を更新整備し、原子番号 6（炭素）以上の元素の分析が可能となった。平成 23 年度に後継機に更新し、自動多点組成分析機能を備えるなど、エーロゾル分析に特化した装置として、国内外の多くのエーロゾル研究に貢献している。平成 4 年 2 月、走査型電子顕微鏡を整備し、フィルター上に採集された粒子の分析等、電子線が透過不可能で大きいサイズの試料分析に活用している。この電子顕微鏡に標準 X 線検出器を付属させ、X 線微小部分析が行えるようにするとともに、画像処理装置と画像出力装置を平成 7 年 3 月にかけて設置した。この装置により、低真空型で前処理なく簡易に環境試料を分析することが可能となった。これらの装置を用いた研究により、エーロゾルの個別粒子単位での混合状態、組成情報、大気化学反応などが明らかにされている。

（7）気象観測用鉄塔

筑波移転を機に、大気下層における風、気温、湿度等を詳細に観測しその構造を明らかにする、気象学上重要な運動エネルギーや運動量、熱などの輸送のメカニズムを明らかにする、高層建築物や構造物の設計に必要な資料を提供するなどのために観測用鉄塔を建設することが計画された。昭和 48 年度から工事が開始され、鉄塔本体は昭和 49 年度末に完成した。観測器材は昭和 51 ～ 52 年度の 2 年間で整備された。鉄塔の全長は 213m、測定器の感部は 10m、25m、50m、100m、150m、及び 200m の高度に 3 方向に長さ約 6m のアームを設置して取り付けられた。観測データは近隣にある資源環境総合技術研究所（現 産業技術総合研究所）や国立環境研究所など、多くの研究者たちが利用した。紅白に塗り分けられ航空障害灯が明滅する鉄塔は、筑波研究学園都市のランドマークとも呼ばれた。

観測成果をもとに昭和 57 年 7 月には第 1 回 Tower　Meteorology シンポジウムが開かれたのをはじめ、昭和 58 年気象学会春季大会シンポジウム「大気境界層について―タワーと風洞に関連して」においてそれまでの鉄塔観測の成果について報告された。

平成 22 年、完成から 30 年余の歳月が経ち、鉄塔本体が老朽化したこと、新しい観測技術の確立により鉄塔観測の必要性が相対的に低くなってきたことから、鉄塔の解体が決定し、平成 23 年 6 月に、36 年の歴史に幕を下ろした。

（8）ウィンドプロファイラ

大気からの電波反射を利用して上空の風向風速を連続的に観測可能な新しい装置である UHF 帯のウィンドプロファイラが、昭和 63 年に導入された（昭和 62 年度の補正予算）。仕様では、使用周波数 404.37MHz（波長約 75cm）で、対流圏から成層圏下部までを高い高度分解能で観測できた。しかし、実用的なデータを得られるようにするためには、アンテナ等ハード面での改良、観測データ処理手法の開発など、プロファイラ測定システム全般についての研究が必要であった。また、実用化に向けては、気象庁と共同で業務実験も行われた。このウィンドプロファイラ及び後継のより短波長のプロファイラである境界層レーダーを用いた研究成果と業務実験の成果は、気象庁による平成 13 年のウィンドプロファイラ観測網（局地的気象監視システム）の導入につながった。上空の風向・風速の連続的な変化の様子がよりわかるようになり、大気現象の予測精度向上に貢献している。

9．表彰からみた研究成果

気象研究所は創立以来数多くの業務貢献と、学術成果を創出してきた。それに伴い多くの表彰をいただいており、「気象百年史」が編纂された昭和 50 年以降では、内閣総理大臣賞（海洋立国推進功労者表彰）1 件、文部科学大臣表彰科学技術賞 4 件、気象庁長官表彰 26 件、その他、日本気象学会などの各種学術学会から数々の賞を受賞している。また、平成 19 年にノーベル平和賞を受賞した IPCC より、平成 20 年 4 月に気象研究所に感謝状が授与された。

【第 2 節】全球大気海洋研究部

全球大気海洋研究部は、気象研究所の組織再編により、気象業務に共通する幹や根となる技術基盤としての数値モデル開発を行う部門として、平成 31 年 4 月に設立された。その前身である気候研究部、環境・応用気象研究部、海洋・地球化学研究部で行われていたモデルの各要素技術を集約することにより、有機的な開発を行うことを目指している。全球大気海洋研究部は、地球全体に係る気象、地象、地動、地球磁気及び水象並びにこれらに関連する輻射に関する研究を所掌している。第一研究室は地球全体に係る気象の予報及び気象と水象の相互作用、第二研究室は地球全体に係る週間天気予報及び季節予報、第三研究室は地球的規模の気象及びこれに関する輻射、第四研究室は水象、第五研究室は水象に関する観測法及び水象に関する気象測器の研究を分掌している。

気象研究所の経常研究では、モデリング技術を軸に研究開発を進める基盤技術研究の一環を担い、大気・海洋・化学輸送、温暖化予測の各モデル（及びそれらの同化システム）を、次世代のモデルとして地球システムの観点で開発している。様々なモデル開発を統合して行う地球システムモデルや大気海洋結合データ同化システムについては、将来の予測のシームレス化を見据えて重要なテーマとして取り組んでいる。当研究部が扱う経常研究課題は 5 つの副課題から構成され、それぞれ地球システムモデル、海洋予測技術、海洋観測・海洋データ同化、季節予測システム、化学輸送モデルに関する研究を行っている。

1．地球システムモデルの開発

大気モデルを日々の天気予報のためばかりでなく、季節から 100 年スケールの大気現象の特徴を捉え、その変化の予測も可能となる気候モデルへと発展させるための研究は、昭和 48 年からの予報研究部による経常研究「大気大循環モデルの開発」で口火を切り、その後の昭和 53 年からの「大気大循環の数値実験」へと続いた。気象研究所筑波移転から自前の計算機が使用できるようになり、昭和 59 年には気候研究部が発足して、気候モデル開発は加速した。昭和 58 年開始の「数値モデルによる大気大循環の研究」、昭和 63 年の「気候モデルの開発」、平成 5 年の「モデルによる気候変動の基礎的研究」、平成 6 年の「エルニーニョ予測モデルの

開発」（所内共同研究）と研究が進められ、この間に気候モデルは大気モデル単体から大気海洋結合モデル（MRI-CGCM1）へと高度化した。

同時期に世界では、昭和 63 年（1988 年）の世界気象機関（WMO）と国連環境計画（UNEP）が合同で設立した気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の活動が始まり、地球温暖化のメカニズム解明に向けたモデル開発研究が国際的に進められるようになっていた。このような状況の中で、初期の気象研大気大循環モデル（MRI-AGCM1）に海洋混合層モデルを結合して行われた実験で得られた成果が IPCC の第一次評価報告書（平成 2 年（1990 年））に反映された。これ以降、最近の第六次評価報告書（令和 3 年（2021 年））に至るまで、当研究所の IPCC への途切れない貢献は継続されている。平成 3 年（1991 年）には、気候研究部の中に地球温暖化研究を専門とする研究室が新設され、地球規模の長期気候変動を対象とした気象研究所での気候モデル開発体制が強化された。

IPCC の活動を支援するために、世界気候研究計画（WCRP）は、平成 7 年（1995 年）に結合モデル相互比較プロジェクト（CMIP）を開始した。同研究部も、開発する気候モデルの国際標準化を狙って、積極的に CMIP に参加してきた。さらに、平成 6 年に開始された外部資金による「高精度大気海洋結合モデルによる ENSO の機構解明に関する研究」（海洋開発及地球科学技術調査研究促進費）、「熱帯林の変動とその影響等に関する観測研究」（海洋開発及地球科学技術調査研究促進費）、「砂漠化機構の解明に関する国際共同研究」（科学技術振興調整費）に参加し、気候変動の実態解明に向けた研究に精力的に取り組んだ。平成 15 年からの「気候システムとその変動特性のモデルによる研究」では、気候モデルに陸地圏、雪氷圏、生物圏などに関わるモデルコンポーネントを新たに導入するモデル開発に向かって舵が切られた。

平成 17 年度からの「温暖化による日本付近の詳細な気候変化予測に関する研究」（特別研究）を端緒として、所内関係部署の協力の下で、海洋モデル（MRI.COM）、エーロゾルモデル（MASINGAR）、大気化学モデル（MRI-CCM）などのコンポーネントモデルを開発して大気モデルと結合し、大気と海洋の大循環に加え地球の物質循環とそれらの間の相互作用をも表現する地球システムモデルの開発が進められた。各コンポーネントを結合するためのカップラー（Scup）も独自に開発した。その結果、平成 22 年からの「気候変動への適応策策定に資するための気候・環境変化予測に関する研究」で、最初の気象研究所地球システムモデル（MRI-ESM1）が完成することになった。平成 26 年から始まる「気候モデルの高度化と気候・環境の長期変動に関する研究」では改良版地球システムモデル MRI-ESM2 の開発を行い、モデルが生成する気候状態や気候変動の観測との対応関係を大きく向上させた。また、モデル検証やモデルへの入力データとして重要な、観測データに基づく海面水温や海洋表層水温・塩分の歴史客観解析値を整備した。これらの解析値は、国内外で広く活用され、現業システムにも組み込まれた。

平成 14 年から現在まで継続する文部科学省の地球温暖化研究の国家プロジェクトでは、高解像度の全球大気モデル MRI-AGCM3.2 と領域気候モデル NHRCM を組み合わせ、上記の歴史的海面水温解析値も活用して、力学的ダウンスケーリングによって地域的に詳細な気候予測を行うシステムが開発された。平成 27 年（2015 年）開催の第 21 回国連気候変動枠組条約締約国会議（COP21）では、温室効果ガス排出削減等のための新しい国際枠組みを定めたパリ協定が採択され、国内でも平成 28 年に地球温暖化対策についての閣議決定がなされた。国内外でのこうした動きがある中で、温暖化対策を検討するための基礎データとなる「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース（d4PDF）」を、国内の複数の研究機関と協力のもとで、上記の全球－領域モデルのダウンスケーリングシステムを用いて開発した。平成 29 年にデータベースを公開してからは、国内外、営利・非営利目的を問わず、幅広く活用されている。

平成 31 年から気象研究所組織は刷新され、地球システムモデル開発は全球大気海洋研究部が担当することとなって現在に至る。これまでに、第三版となる地球システムモデル（MRI-ESM3）の開発が完了し、現在、IPCC 次期評価報告書の科学的根拠の一つになる気候再現・予測実験の準備が進められている。地球システムモデルは、十年規模気候予測などの応用研究にも活用されるようになってきた。また、単一コンポーネントモデル、物理スキーム、Scup といった地球システムモデル開発に関連した成果は、気象庁現業システムに導入され、各種業務で活用されている。地球温暖化予測関連業務では、当研究部の地球システムモデルや気候予測システムは不可欠なものとなっている。

2．海洋予測技術の開発

1970 年代（昭和 45 ～ 54 年）の研究の柱は、海況、波浪、海空相互作用、沿岸海洋環境である。特に、昭和 50 年 8 月から昭和 55 年 3 月にかけて発生した黒潮大蛇行に関連し、経常研究大項目「海況の研究」（昭和 34 ～ 54 年度）及びその副課題において、黒潮大蛇行の観測、解析、そして簡単な数値計算を通した研究が行われた。波浪・海空相互作用の研究も盛んであり、経常研究「波浪の観測および解析に関する研究」（昭和 46 ～ 49 年度）、「海空相互作用の研究」（昭和 44 ～ 54 年度）及び「波浪予知に関する研究」（昭和 46 ～ 50 年度）等にて基礎的研究が行われ、加えて本庁海上気象課の現業のための数値波浪予報モデル（MRI モデル）が開発・実用化された。さらに、外洋波浪予報モデルの改良（MRI-Ⅱ）と、沿岸波浪予報モデルの開発と業務への導入（昭和 58 年度）がなされた。また、運輸省の運輸技術研究開発費による「異常波浪発生機構の解明（異常海難防止システムの総合研究開発調査）」（昭和 57 ～ 61 年度）の研究を通じて、しばしば海難事故を引き起こした野島崎沖の異常波浪の発生機構とその実態を、風洞水槽での実験結果を組込んで精密化したシミュレーションと観測による実地検証により解明した。

1980 年代（昭和 55 ～平成元年）は気象研究所の筑波移転（昭和 55 年 6 月）に伴い独自のスーパーコンピュータが導入されたのを機に、海洋大循環モデルの研究が本格的に開始された。これは当研究課題最大の変革であり、以後は海洋大循環モデルが研究の柱となった。海氷モデルの開発・実験も並行して経常研究「海氷の数値予報モデルの開発」（昭和 61 ～平成元年度）で行われた。

1990 年代（平成 2 ～ 11 年）は大型研究計画とリンクしながら、現実的な海底地形をもつ海洋大循環モデルを用いた海洋動態のシミュレーションがなされた時代である。気象研究所でも、大型の国際研究である科学技術振興調整費「海洋大循環の実態解明と総合観測システムに関する国際共同研究」（平成 2 ～ 6 年度）及び「北太平洋亜寒帯循環と気候変動に関する国

際共同研究」（平成 9 ～ 13 年度）に参画し、対応する経常研究「北太平洋海洋循環系の実態把握と観測手法の改善」（平成 5 ～ 9 年度）とあわせて観測及びモデル双方から北太平洋の表層から深層に至る大循環の研究が行われた。また、大気モデルとの結合研究が経常研究「高解像度大気・海洋結合モデルによる ENSO の機構解明に関する研究」（平成 6 ～ 10 年度）等にて行われ、後述する海洋データ同化の開発とあわせて平成 13 年 1 月の海洋総合解析システム（COMPASS-K）の現業運用開始に繋がり、平成 16 年には黒潮大蛇行の発生の予測に初めて成功した。平成 12 年には研究室内で二系統に分かれて開発されてきた海洋大循環モデルが統合され、気象研究所共用海洋モデル（MRI.COM）として開発が始まり、令和 3 年までに第 5 版がリリースされている。MRI.COM（第 2 版）のマニュアルは、平成 17 年 3 月に気象研究所技術報告 47 号として日本語で作成され、以後、第 3 ～ 5 版は気象研究所技術報告に英語で出版されている。MRI.COM は海洋単体として用いられるのみならず、気象研究所の大気海洋結合モデルや地球システムモデルの海洋部分を担い、季節予報モデル構築や、IPCC へのモデル結果提出にも貢献している。

2000 年代（平成 12 ～ 21 年）は、大気再解析データの整備が進み、経年変動する現実的な外力を用いた海洋変動のシミュレーションが進歩した時代である。この状況に対応して、経常研究「北西太平洋の力学的海況予報に関する研究」（平成 13 ～ 17 年度）にて MRI.COM へのネスティング手法の導入等により北西太平洋の水平解像度 10km 程度までの高解像度化が実現し、大蛇行を含めた黒潮の再現性が飛躍的に向上した。この成果は、経常研究「海洋環境モデル・同化システムの開発と海洋環境変動機構の解明に関する研究－フィージビリティ・スタディ－」（平成 16 ～ 20 年度）における海洋データ同化の開発とあわせて、平成 20 年 2 月の海洋データ同化システム（MOVE/MRI.COM-WNP）の現業運用開始に繋がった。

2010 年代（平成 22 ～令和元年）は、地球システムモデルの開発と呼応して、経常研究「海洋環境の予測技術の開発」（平成 21 ～ 25 年度）などにおいて海洋物質循環過程のモデリング研究が発展した。また、沿岸海洋のモデリングも、「沿岸海況予測技術の高度化に関する研究」（平成 26 ～ 30 年度）をはじめとする経常研究で進んだ。水深が浅い海を表現可能にする鉛直座標の導入により、太平洋海盆スケールから沿岸域までシームレスに表現可能となり、海洋データ同化の高度化とあわせて、水平解像度がおよそ 2km である日本沿岸海況監視予測システム（MOVE/MRI.COM-JPN）の現業運用開始（令和 2 年 10 月）に繋がった。このシステムは令和 3 年よりオホーツク海南部での海氷予測にも用いられている。国外との連携では、海洋モデル相互比較プロジェクト（OMIP）や海洋生態系モデル相互比較研究計画（MAREMIP）等へ参加するとともに、OMIP では JRA55-do と呼ばれる、日本の 55 年大気再解析（JRA-55）に基づく海洋海氷モデルを駆動するための新しい表面大気データセットの提供を行った。また、この期間に日本の海洋コミュニティへの MRI.COM の普及を目指してソースコードの貸与を開始し、平成 31 年からはインターネット上のプログラム・コード共有サービス「GitHub」を通して貸与している。

3．海洋観測・海洋データ同化に関する研究

1970 年代（昭和 45 ～ 54 年）にかけて、海況、波浪の観測・解析及び予知、海空相互作用、沿岸海洋環境などの研究が行われた。

1980 年代（昭和 55 ～平成元年）には、新たな観測法として、日本周辺海域と北赤道海流域でベーン式及び超音波ドップラー流速系を伴う係留系による直接測流が実施された。また、リモートセンシングの分野では、従来の可視・赤外画像による海況解析に加えて、マイクロ波センサーを利用した研究も開始された。平成 2 年度から 5 年間にわたって、科学技術振興調整費による「海洋大循環の実態解明と総合観測システムに関する国際共同研究」が行われ、海洋研究部からも 9 名が参加した。これは世界海洋循環実験計画（WOCE）に日本として対応したもので、観測・データ解析・モデリング・リモートセンシングと、幅広い分野にわたる研究が行われた。

1990 年代（平成 2 ～ 11 年）には、モデリングと観測データを結びつける海洋データ同化の研究が開始された。また、衛星海面高度計データを用いた海水位変動算出の研究が行われ、高度計のデータ同化手法の開発がすすめられた。科学技術振興調整費「北太平洋亜寒帯循環と気候変動に関する国際共同研究（SAGE）」（平成 9 ～ 13 年）では、高度計データを用いた海洋データ同化システムや、等密度面追従型中層フロートなどにより、中層の循環パターンや中層水塊の形成過程に関する重要な知見を得た。本研究で培われた中層フロートに関する技術は、平成 12 年以降のアルゴアレイの構築に大いに活用された。

また、海洋データ同化・海洋予測システムのリアルタイム運用の社会的・経済的な有効性を検証する国際研究プログラム「全球海洋データ同化実験（GODAE）」には平成 10 年の提案段階から参加し、他の参加機関とともに海洋データ同化システムの開発や現業化のノウハウを世界各国に広めた。GODAE では現場観測データの重要性が指摘され、国際アルゴ計画推進の根拠の一つとなった。その後継課題である GODAE OceanView（平成 21 ～ 30 年）、OceanPredict（令和元年以降）においても、継続して重要な貢献をしている。国際アルゴ計画の開始（平成 12 年）を契機として、MRI.COM を用いた全球海洋データ同化システムの開発が進められ、アルゴフロートで観測される塩分プロファイルの同化が可能な新しい同化スキーム（MOVE）が開発された。全球海洋データ同化システムはその後も改良がなされ、後述する季節予測システムの開発に貢献した。

海洋データ同化の技術は、気象庁の海況監視・予測システム（詳細は、本節第 2 項「海洋予測技術の開発」を参照。）の開発にも貢献している。平成 13 年に初めて現業化された COMPASS-K では、外洋の黒潮、親潮、中規模渦といった 100km スケールの海洋現象を予測対象として、25km 解像度の海洋モデルとデータ同化手法として最適内挿法が用いられた。その後、北西太平洋の 10km 解像度モデルの導入の際に、データ同化手法は全球システムと共通の 3 次元変分法を用いた MOVE に置き換えられた。さらに、沿岸モデリングの進展にあわせて、4 次元変分法の開発が進められ、日本沿岸海況監視予測システムに導入された。また、海洋同化とともに、オホーツク海を対象とした海氷同化技術の開発も進められ、上記システムに導入されている。海況用システムを用いた日本周辺域の海洋再解析データの作成にも取り組んでおり、これまでに作成した再解析データは、海洋のみならず水産、気象、地震など幅広い分野で利用されている。

気象研究所の海洋データ同化システムは、「海洋再解析の相互比較（ORA-IP）」（平成 23 ～

29 年）や ENSO などの短期気候変動の監視予測に資する熱帯太平洋の観測システムを検討する国際プロジェクト TPOS-2020 など多数の国際的な研究プロジェクトに貢献している。また、現業解析の国際相互比較にも、平成 26 年の開始当初から現在に至るまで気象庁から全球海洋同化のデータを提供している。令和 4 年には国連海洋科学の 10 年プロジェクト「海洋予測のための相乗的な海洋観測網（SynObs）」（令和 4 ～ 8 年）を気象研究所が主導して提案し、採択され、国際協力による大規模な観測システム実験（OSE）を推進している。

将来の季節予報の改善や気候データ同化（長期再解析）の高度化に資するものとして、大気海洋結合同化の開発が行われてきた。平成 21 年には大気海洋結合モデルの海洋部分だけに観測データを同化するシステムを開発し、熱帯の気候的な降水量分布の再現性の改善が示された。その後、所内横断的な研究計画で、季節予測システムの開発成果と気象庁の現業大気全球解析システムを組み合わせた大気海洋結合データ同化システムの開発・性能評価が進められている。

4．季節予測システムに関する研究

長期予報に関する研究は、昭和 24 年に設置された気象研究所予報研究室までさかのぼることができる。統計的手法による長期予報の研究が行われてきたが、昭和 40 年代後半ごろから大気大循環モデルの開発とそれを使用した研究も行われるようになった。昭和 62 年に気候研究部が発足し、経常研究「数値モデルによる長期予報技術に関する研究」（昭和 62 ～平成 2 年度）、経常研究「月・季節平均場の長期予報に関する研究」（平成 3 ～ 7 年度）において、全球スペクトル大気モデル MRI-GSPM の開発とそれを使用した季節予測に関する研究が行われた。その後、気象庁現業モデルをベースとしたモデルを使用する方針となり、経常研究「季節平均場の力学的予測に関する研究」（平成 8 ～ 12 年度）において、気象庁 GSM9603（全球スペクトルモデル平成 8 年（1996 年）3 月バージョン）をベースとし、放射スキーム等の一部物理過程を MRI-GSPM から移植した大気モデル MRI/JMA98（MJ98、後の MRI-AGCM2）の開発が行われた。

平成元年頃から平成 10 年代前半（1990 年代から 2000 年代前半）にかけて行われた研究により、エルニーニョ－南方振動等の大気海洋変動の遠隔影響によって中高緯度の大気変動の季節予測が可能であることが指摘された。世界気候研究計画（WCRP）において季節予報モデル比較プロジェクト（SMIP）が提案され、気象庁と気象研究所は GSM9603 によって参加した。これにより夏季アジアモンスーンの季節予測可能性の理解が進む一方、大気海洋結合過程の重要性が広く認知されるようになった。

また、気象庁と共同で、タイムステップを長く取ることによる高速化を可能にするセミラグランジュ法を使用した大気モデル（統一モデル、後の MRI-AGCM3）の開発が行われ、平成 17 年（2005 年）にセミラグランジュ法を使用した現業予報モデル GSM0502 の運用が開始された。

経常研究「季節予報技術の高度化に関する研究」（平成 13 ～ 15 年度）、融合型経常研究「季節予測システムの構築と経年変動機構・予測可能性の研究」（平成 16 ～ 18 年度）、融合型経常研究「大気海洋結合季節予測モデルとそのアンサンブル手法の開発に関する研究」（平成 19 ～ 20 年度）において、気象庁と共同で季節予測システムの開発が行われた。大気モデル GSM0603 と気象研究所開発の海洋モデル MRI.COM v2 を気象研究所開発のカップラー Scup で結合した大気海洋結合モデル、及び MRI.COM v2 を用いた新しい海洋データ同化解析システム MOVE/MRI.COM-G が開発され、これらを統合した季節予報システム JMA/MRI-CPS1 を完成させた。本システムは平成 20 年にエルニーニョ予測用に、平成 22 年に季節予測用に現業運用が開始された。平成 10 年代後半には、世界気候研究計画（WCRP）において気候システム歴史予報プロジェクト（CHFP）が提案され、気象庁と気象研究所は、JMA/MRI-CPS1 で参加した。この参加を通じて、大気海洋結合モデルによる季節予測の精度の優位性が明らかになった。

重点研究「全球大気海洋結合モデルを用いた季節予測システムの開発に関する研究」（平成 21 ～ 25 年度）、重点研究「季節予報の高度化と異常気象の要因解明に関する研究 副課題 1：季節予測システムの改良と性能評価に関する研究」（平成 26 ～ 30 年度）において、気象庁と共同で、GSM1011C と MRI.COM v3.2 を結合し海氷モデルを取り入れた大気海洋結合モデルと、海洋データ同化解析システム MOVE/MRI.COM-G2 を統合した季節予報システム JMA/MRI-CPS2 が開発され、平成 27 年に運用が開始された。 JMA/MRI-CPS2 では、モデルの高解像度化に加え、海氷モデルの導入、陸面モデルの初期化、物理課程の改良が行われ、特に極域の予測精度が改善した。

令和元年に全球大気海洋研究部が発足し、基盤技術研究「地球システム・海洋モデリングに関する研究 副課題 4：全球数値予報モデル、季節予測システムに関する研究」（令和元～ 5 年度）において、気象庁と共同で、GSM2003C と MRI.COM v4.6 を結合し大幅に高解像度化した季節予測モデルと、海洋データ同化解析システム MOVE/MRI.COM-G3 を統合した季節予報システム JMA/MRI-CPS3 が開発され、令和 4 年に運用が開始された。JMA/MRI-CPS3 では、モデルの高解像度化に加え、海洋及び海氷のデータ同化の改良、大気海洋結合モデルの改良が行われ、マッデン・ジュリアン振動（MJO）やエルニーニョ現象等の再現性や予測精度が改善した。地球システム要素（オゾン・エアロゾル等）を含むモデル（MRI-ESM3）での季節予測フィジビリティ研究にも着手している。

5．化学輸送モデルに関する研究

化学輸送モデルに関する研究は近年になって開始された。その起源となる旧物理気象研究部第三研究室は物理気象研究部と高層物理研究部の研究室が合併して昭和 62 年に作られたが、成層圏オゾンやエーロゾル等の観測的研究（ゾンデ、航空機、分光観測等）を行う研究室であった。その後、組織再編により環境・応用気象研究部第一研究室となり、後述する環境・応用気象研究部第四研究室と統合する形で全球大気海洋研究部第三研究室となった。オゾンに関しては国立機関公害防止等試験研究費によるオゾン層研究等に取り組み、各種観測測器の開発と共にオゾンホール発見（昭和 59 年発表）の先駆であったが、この頃から成層圏オゾンの子午面循環を再現する 2 次元数値モデルの開発にも取り組んできた。エーロゾルに関しては航空機観測により対流圏における濃度分布の特徴を解明した。

旧環境応用一研（平成 9 年発足）において、オゾン・エーロゾル等のモデル研究が進んだ。オゾンに関しては地球温暖化予測に用いられる地球システムモデル（MRI-ESM）の一環と

して MRI-CCM 及び CCM2 等の研究開発が行われ、紫外線情報（平成 17 年）や大気汚染気象業務（平成 22 年）に活用されるとともに、気象庁の気象再解析（JRA-25、JRA-55、JRA-3Q）にオゾンの境界条件を与えた。エーロゾルに関しては全球モデル MASINGAR の開発が行われ、MRI-ESM の一環として MRI-CCM と同様に地球温暖化予測や気象庁の黄砂予測（平成 16 年）やエーロゾル再解析（JRAero；平成 29 年）に用いられた。また、本庁と共同で開発した二酸化炭素逆解析システムは気象庁の二酸化炭素分布情報（平成 21 年）に用いられた。これらの物質の監視予測精度向上にはデータ同化手法が欠かせないが、世界に先駆けてアンサンブルカルマンフィルタ（EnKF）による大気微量成分（特に黄砂と成層圏オゾン）の衛星観測データ同化に取り組んだ。現業化を目指すには EnKF は計算機負荷が大きいため、2 次元変分法による同化システムの開発にも取り組み、外部機関との連携等により MASINGAR や MRI-CCM2 と衛星観測データを組み合わせて開発・実装されている。2020 年代以降は深層学習を用いた代理モデルの開発等にも取り組んでいる。

旧応用気象研究部第三研究室は環境気象を所掌として雲・エーロゾル関連の研究を実施した。後述する電子顕微鏡以外にも航空機や島嶼部等におけるサンプリング研究等を行い、平成 4 年（1992 年）のピナトゥボ火山噴火後には硫酸粒子等に関する研究も実施した。

平成 9 年に環境応用四研となりエーロゾルの観測に加えて新たにモデル研究が行われた。透過型電子顕微鏡（TEM）を使ったエーロゾル研究は昭和 56 年に H-600 を導入して開始された。平成 23 年度に後継機となる JEM-1400 に更新した。また、走査型電子顕微鏡（SEM）を用いた研究は平成 4 年に S-2150 を用いて開始され、平成 24 年度に SU-3500 に機種変更した。これらの装置を用いた研究により、エーロゾルの個別粒子単位での混合状態、組成情報、大気化学反応などが明らかにされた。モデル研究に関しては、平成 22 年 11 月から気象庁領域気象化学モデル NHM-Chem の開発に着手し、平成 27 年 5 月から東アジア領域水平解像度 20km モデルを現業化し、大気汚染気象業務に活用された。令和 5 年 2 月に asuca との結合モデル（asuca-Chem）による 5km モデルの現業化を行った。また、旧地球化学研究部で実施していた人工放射性核種降下量の定点精密観測（放射能調査研究費）を旧環境応用四研が引き継ぎ、その後本研究室にて令和 5 年度末まで継続実施した。これら大気微量成分の観測やモデリングで培った技術を活用することで平成 23 年の福島第一原子力発電所事故の際には環境中に放出された放射性ガラス質微粒子（いわゆるセシウムボール）の発見及び放射性プルームの移流拡散シミュレーションに関する国内外でのモデル相互比較等へ大きく貢献することができた。

【第 3 節】気象予報研究部

気象予報研究部は、平成 31 年度の組織改編により、観測・実験・シミュレーションに基づく大気の各種物理過程の解明とそれを通じた数値予報モデル開発を主とした、基盤技術的な課題を担う研究部として設置された。現在の研究課題における大きな柱は、1. 領域気象モデル、2. 接地境界層過程、3. 放射伝達モデル、4. マクロな視点からの雲・放射の物理過程、5. ミクロな視点を中心とした雲・降水の物理過程となっている。以下では、各研究課題の歴史を振り返る。

1．領域気象モデル

気象研究所における領域モデルの開発は、主として、予報研究部第一研究室で行われてきた。昭和 55 年以降、気象研究所非静力学モデル（MRI-NHM）の開発が進められ、その成果は気象研究所技術報告第 28 号（平成 3 年）にまとめられている。その後、気象庁数値予報課によって開発された非静力学モデルと統合され、気象研究所/数値予報課統一非静力学モデル（MRI/NPD-NHM）の初期バージョンが完成した（気象研究所技術報告第 42 号、平成 13 年）。これをベースに、平成 13 年から数値予報課で気象庁非静力学モデル（JMA-NHM）の開発が進められた（数値予報課報告・別冊第 49 号、平成 15 年）。平成 14 年にスーパーコンピュータ「地球シミュレータ」が完成したことに合わせ、複数の地球シミュレータ利用プロジェクトが開始され、気象研究所は、人・自然・地球共生プロジェクト「高精度・高分解能気候モデルの開発」（平成 14 ～ 18 年度）を主導した。その中でも、JMA-NHM の高速化と物理過程の開発が進められるとともに、高解像度領域モデル（水平解像度 1km）としての気象現象の再現特性に関する知見が蓄積された。また、平成 24 年に完成したスーパーコンピュータ「京」活用のためにスタートした HPCI 戦略プログラム「超高精度メソスケール気象予測の実証」（平成 23 ～ 27 年度）では、更に高解像度化（水平解像度 10m ～ 1km）された JMA-NHM の性能に関する知見が得られた。

戦略的創造研究推進事業 CREST 地球変動のメカニズム「メソ対流系の構造と発生・発達のメカニズムの解明」（平成 10 ～ 15 年度）では、観測とモデル両面のアプローチにより、メソ気象系の発生・発達メカニズムに迫る研究が行われた。平成 23 年東北地方太平洋沖地震以降、国内の原子力発電所が停止したことを受け、再生可能エネルギーによる発電システムへの転換に向けた要請が強まった。この流れの中で、太陽光発電システムの需給バランス調整に必要な日射量予測に関する研究が、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）太陽エネルギー技術研究開発「太陽光発電システム次世代高性能技術の開発」（平成 22 ～ 26 年度）の下で行われた。これらの研究プロジェクトの中で、JMA-NHM によるメソ気象現象の再現性や雲・日射量の予測特性の評価が行われた。

JMA-NHM は、平成 16 年にメソモデル（MSM）として現業化され、平成 18 年に、それまでの水平解像度 10km から 5km へと高解像度化された。 平成 24 年には、水平解像度 2km の局地モデル（LFM）として運用が開始された。また、JMA-NHM の現業運用に並行して、次世代非静力学モデル asuca の開発が、平成 19 年から数値予報課で進められ、平成 27 年に LFM が、平成 29 年には MSM が、それまでの JMA-NHM から asuca に移行した。

2．接地境界層過程

大型気象風洞装置・小型気象風洞装置・回転実験装置は気象研究所が筑波移転する直前の昭和 55 年度末に完成した。大型気象風洞装置と回転実験装置は物理気象研究部の施設、小型風洞装置は気象衛星研究部の施設として出発し、その後に物理気象研究部に管理が移ったものである。

大型気象風洞装置については、完成時はもとより現在においても気象研究用の風洞としては国内有数の規模と性能を誇り、昭和末期から平成初期にかけて国内の様々な空港・明石大橋建

設予定地・余部橋梁・国立天文台すばる望遠鏡建設予定地の模型実験等に活用された。気象官署における測風塔の設置基準が風洞実験から定められたのも、この時期である。

近年においては、小型気象風洞装置や回転実験装置も含め、気象予報モデル境界層過程の高度化を目的とした乱流に関する基礎的実験に重心が移っている。令和 3 年度から令和 5 年度にかけては、線状降水帯予測精度向上などに向けた活用を見据えて大型気象風洞装置と回転実験装置の機能強化工事が実施された。

3．放射伝達モデル

放射に関する研究は、放射伝達理論の研究とその理論に基づく放射伝達モデルの開発及び応用利用に関する研究が実施されてきた。昭和 50 年代にはそれまでの大気気体中の放射伝達理論やモデル化から、大気－地表系の放射伝達に関する研究に発展した。この頃から、環境問題が世界的に注目されるようになり温室効果ガスによる温室効果が問題提起され、その後地球温暖化が大きな社会問題となった。放射に関する研究もこれに対応して、気候モデル等の高速放射モデルの検証等に活用すべく、大気の放射伝達モデル計算に温室効果ガスによる温室効果を正確に再現するための研究が実施された。また、放射伝達モデルの応用利用として、リモートセンシング技術により太陽光・太陽反射光の分光測定データから大気中の微量成分や地表面の性質を抽出する研究が開始された。平成 8 年度からは、研究は地球温暖化に対して大きな脆弱性を持つ雪氷に対して注力されるようになり、大気 - 雪氷系や積雪中の放射伝達モデルの開発、及び衛星・地上リモートセンシング技術を用いた積雪粒径や積雪中不純物等の雪氷に関連した物理量を抽出するための研究が進められている。積雪中の放射伝達モデルの応用利用として、関連する他の物理過程を考慮した積雪変質モデル SMAP が開発され、気象庁の雪関連プロダクトの作成にも用いられている。また、平成 23 年度からは国内の極域研究プロジェクトへの参画や外部研究資金を活用して、グリーンランド等の北極域において積雪関連物理量の地上観測を行っており、観測データは雪氷域監視や積雪物理過程の解明、積雪物理過程モデルの開発・改良に活用されている。

4．マクロな視点からの雲・放射の物理過程

マクロな視点からの雲・放射に関連した物理過程の研究として、平成 31 年からの中期研究計画以降、主に全球モデル・気候モデルにおける積雲対流、雲、放射といった物理過程についての研究を実施してきた。他研究課題や本庁との効果的・効率的な連携のため、気象研究所版数値解析予報実験システム（MRI-NAPEX）をはじめとした庁内共通仕様の実験・評価システムを主軸として用いた研究・開発を進めている。放射過程における氷雲の雲粒有効半径の診断式の見直しが気象庁現業の全球アンサンブル予報システム（令和 4 年）及び全球数値予報システム（令和 5 年）に、層積雲スキームが季節予報システム（令和 4 年）にそれぞれ導入され、予測精度向上に寄与した。また雲や放射に関する研究成果は地球システムモデルに関する研究課題に提供された。

5．ミクロな視点を中心とした雲・降水の物理過程

雲物理関係の研究として、昭和 46 ～ 62 年度にかけて、氷晶核・雪片、冷たい雨の降水機構に関する研究等を行い、また、昭和 63 ～平成 9 年度にかけては、科学技術振興調整費による降積雪対策技術研究、混合雲の降水機構に関する研究等を行い、気象庁特別研究や海洋開発及地球科学技術調査研究促進費により、航空機や雲粒子ゾンデを用いた層積雲や巻雲の雲微物理構造の観測的研究もあわせて実施した。平成 10 ～ 15 年度にかけて行われた戦略的創造研究推進事業 CREST 課題では、航空機を用いたメソ対流系の雲微物理構造の観測的研究を実施した。また、平成 6 ～ 15 年度には、建設省（平成 13 年からは国土交通省）関東地方整備局利根川ダム統合管理事務所との共同研究として、山岳性降雪雲の人工調節可能性に関する研究を実施し、平成 18 ～ 22 年度の科学技術振興調整費による人工降雨･降雪に関する総合的研究、平成 28 ～ 31 年に行ったアラブ首長国連邦降水強化科学プログラム（UAEREP）による降水強化に関する先端的研究に発展させた。平成 16 ～ 25 年度には、上述の研究等を基に意図的･非意図的気象改変、平成 26 年度以降では、エーロゾル・雲・降水微物理の素過程解明と微物理モデル開発に重点を置いた研究を実施している。

気象研究所の筑波移転後、大型研究施設の一つとして、昭和 55 年 3 月に低温実験棟が完成した。当時は性能の異なる二つの低温室（それぞれ−30℃と−40℃まで冷却可）が整備された。垂直風洞を使用した雪片等の成長実験、噴霧器を併用した気象測器等の低温性能・改良試験などが行われてきた。平成 13 年度補正予算により低温実験施設が更新され、平成 16 年 3 月に完成した。性能の異なる二つの低温室（それぞれ−40℃と−90℃まで冷却可）のほか、実験空間内の気温と気圧を同時制御しながら雲生成過程を調べる減圧低温試験槽（雲生成チェンバー）が整備された。以降、各低温室は主に気象測器や研究用観測機器の低温性能試験に利用され、雲生成チェンバーは経常研究及びそれに資する各研究プロジェクトにて、雲生成過程の室内実験的研究で広く利用され、数値実験や野外観測とあわせてエーロゾル－雲相互作用に関する研究に貢献している。

【第 4 節】気象観測研究部

気象観測研究部は、平成 31 年度の組織改編において、近年、重要性が増してきた全球からメソスケールまでのデータ同化技術と衛星・地上リモートセンシングによる観測・解析技術の研究・開発を一つの研究部で実施することで、台風・集中豪雨等の監視・予測精度向上に向けた研究を効率的に進めるため設置された。令和 6 年 3 月現在、気象観測研究部は、レーダーを除く地上リモートセンシング（放射とエーロゾル観測･水蒸気観測技術の高度化）と衛星データの高度利用、全球とメソスケールのデータ同化技術の開発を行う研究室で構成されている。放射とエーロゾルの研究分野については気候研究部（昭和 21 年度～現在）と物理気象研究部（昭和 31 年度～平成 30 年度）の経常研究等による「放射」に関わる一連の研究から、エーロゾルと水蒸気の両方が観測できるライダー観測技術の高度化は気象衛星・観測システム研究部（昭和 62 年度～平成 30 年度）の経常研究等による「光波を使用する気象測器」に関する一連の研究から、衛星データの高度利用は「衛星データを用いた解析処理技術」に関する一連の研究から引き継がれている。これらに加え、近年の新しい測器の登場により、全球航法衛星シス

テム（GNSS）等も現在の水蒸気観測技術の高度化の研究・開発の対象となっている。データ同化の研究も比較的に新しく、全球スケールは平成 21 年度に気象衛星・観測システム研究部、その後（平成 23 年度）に台風研究部（昭和 35 年度～平成 30 年度）から、メソスケールは平成 11 年度に予報研究部（昭和 31 年度～平成 30 年度）から気象観測研究部に引き継がれたものである。

1．放射観測技術の開発

気候形成要因としてクローズアップされていた雲と放射の問題に関しては、昭和 59 年度に特別研究「雲及び放射の総合観測手法の開発（エーロゾル測定法の開発研究）」（昭和 59 ～ 61 年度）を開始して、航空機用観測システムを開発するとともに、観測結果から測器の有効性を実証した。上記のプロジェクトは昭和 62 年度からの特別研究「雲の放射過程に関する実験観測及びモデル化の研究」（昭和 62 ～平成 2 年度）や科学技術振興調整費（総合研究）「太平洋における大気・海洋変動と気候変動に関する国際共同研究」（昭和 62 ～平成 4 年度）に引き継がれ、昭和 63 年度からの科学技術振興調整費（省際基礎研究）「気候変動に係わる対流圏・下部成層圏の化学的研究」（昭和 63 ～平成 2 年度）において地球的規模の太平洋上空成層圏の航空機観測が初めて実施された。「雲の放射過程に関する実験観測及びモデル化の研究」では、航空機観測による日射フラックス測定値の補正法や大気大循環モデルのための赤外放射スキームを開発し、気象衛星センターとともにひまわり赤外放射データから中緯度帯の降水量の算出式を作成して、その結果を第一回熱帯降雨観測計画シンポジウム（平成 2 年 1 月、東京）で発表した。

平成元年度からは、科学技術振興調整費（重点基礎研究）「全球水蒸気分布監視のための新しい遠隔測定基礎技術の開発」（平成元～ 5 年度）、平成 2 年度から科学技術振興調整費（総合研究）「北極域における気圏・水圏・生物圏の変動及びそれらの相互作用に関する国際共同研究」（平成 2 ～ 4 年度）、平成 3 年度からは科学技術庁海洋開発及地球科学技術調査研究促進費「雲が地球温暖化に及ぼす影響解明に関する観測研究」（平成 3 ～ 11 年度）を実施した。当時、観測と放射理論に基づくモデル計算との間に乖離があることに関し、この差が雲による日射の異常吸収に起因しているかについて論争があった。そこで「雲が地球温暖化に及ぼす影響解明に関する観測研究」の一環として実施した、2 機の航空機による同一の海洋層雲域の上側と下側での同時観測により、論争となっていた観測とモデル計算の乖離が、海洋層雲からの放射の時間空間スケールが小さいことによるものであり、雲が日射に及ぼす異常吸収がなかったことを証明した。平成 11 年度には「米国エネルギー省主催大気放射観測による集中観測 ARESE-Ⅱ」にも参加し、雲の日射に対する異常吸収問題の解決が国際的に認知された。

2．エーロゾル観測技術の開発

前項では雲が気候に影響を及ぼす放射過程を述べてきたが、雲だけでなくエーロゾルや大気中の微量成分も気候や環境に影響を与えることから、平成 5 年度から環境庁地球環境研究総合推進費「東アジアにおける酸性・酸化性物質の発生、移流、変質、沈着モデルの作成」（平成 5 ～ 7 年度）、平成 11 年度から戦略的創造研究推進事業「アジア域の広域大気汚染による大気粒子環境の変調について」（平成 11 ～ 16 年度）、平成 12 年度からは科学技術庁科学技術振興調整費「風送ダストの大気中への供給量評価と気候への影響に関する研究」（平成 12 ～ 16 年度）を実施し、日射の吸収過程によって放射強制力や降水過程に影響を及ぼすエーロゾルの地球規模での評価が必要であることを明らかにした。

特にエーロゾル観測に関しては、平成 21 年度から環境省地球環境保全試験研究費「吸収性エアロゾルが大気・雪氷面放射過程に与える影響のモニタリングに関する研究」（平成 21 ～ 25 年度）、平成 22 年度には科学研究費助成事業「高精度エアロゾル光学特性測定法の開発と実証観測」（平成 22 ～ 24 年度）を開始し、非球形粒子を考慮したスカイラジオメーター（プリード（株）製 POM-02 型）データの解析手法や角度分解型ネフェロメーターを開発した。平成 26 年度には環境省地球環境保全試験研究費「分光日射観測とデータ同化によるエアロゾル・雲の地表面放射収支に与える影響監視に関する研究」（平成 26 ～ 30 年度）が始まり、分光型日射観測装置を開発した。これらの成果は、平成 27 年 9 月から 10 月にスイス国ダボス物理気象観測所で開催された第 4 回フィルター型放射計比較による気象庁のスカイラジオメーターが WMO の基準内で校正されていることの確認、また、平成 27 年の気象庁スカイラジオメーターによる石垣島での大気混濁度観測（平成 28 年度にエーロゾル観測に改定）開始に繋がった。令和元年度には月光観測スカイラジオメーターの開発に研究が進展した。令和 3 年度に開発された新しい非球形粒子モデルを導入した解析ソフトウェアは現業観測だけでなく研究コミュニティにも広く採用され、エーロゾル観測技術開発の研究分野に大きく貢献した。

3．衛星データの高度利用技術の開発

衛星データの高度利用に関わる研究は、昭和 55 年度からの経常研究「気象衛星（三軸制御方式）用放射計の研究」（昭和 55 ～ 57 年度）で開始され、昭和 57 年度からの科学技術庁海洋開発調査研究促進費「海面温度測定最適波長帯に関する研究」（昭和 57 ～ 59 年度）で海面温度や雲頂温度等の気象要素の観測法を開発し、平成 3 年度からの科学技術庁海洋開発及地球科学技術調査研究促進費「最適波長帯に関する研究（地球観測赤外線センサー利用技術の研究）」（平成 3 ～ 5 年度）においてエーロゾルの衛星放射観測への影響を検討、平成 4 年からの経常研究「将来型気象衛星システムの研究」（平成 4 ～ 8 年度）に引き継がれている。その後、経常研究「可視－赤外域での偏光観測による衛星観測手法の開発基礎研究」（平成 9 ～ 13 年度）では、偏波情報を含む非球形粒子の光散乱特性の計算に着手し、3 次元にランダムな方向性を仮定して非球形の氷晶からなる巻雲の光学的厚さと粒径情報の算出法を開発した。経常研究「衛星データを用いた大気パラメータ抽出技術に関する研究」（平成 16 ～ 18 年度）では、衛星イメージャ・赤外サウンダに対応した高速放射モデルの精度向上と高速化を実施、マイクロ波と回析格子型サウンダの複合利用による最適チャネルの選択法や干渉型サウンダ IASI のチャネル選択プログラムを開発した。経常研究「衛星データの解析処理技術の高度化に関する研究」（平成 19 ～ 21 年度）からは、サウンダ利用技術に関する研究を継続するとともに、雲・エーロゾルの光学的パラメータ推定技術に関する研究が進められ、可視－近赤外波長において正六角柱、集合型、フラクタル型の粒子などについて、サイズパラメータ 50 ～ 100 の粒子に対する散乱分布関数を幾何学的手法により作成した。さらに平成 26 年度からの重点研究「顕著現

象監視予測技術の高度化に関する研究」（平成 26 ～ 30 年度）では、可視から赤外波長にかけての粒子散乱特性計算手法を開発整備し、エーロゾル・氷晶・雪などに対する、より現実に近い粒子の形状を考慮した散乱特性データベースの開発を行った。また経常研究「データ同化技術と観測データの高度利用に関する研究」副課題 2「衛星・地上放射観測および放射計算・解析技術の開発」（令和元～ 5 年度）においては、赤外サウンダによる火山灰粒子組成の推定と静止気象衛星「ひまわり」を用いた火山灰雲物理量推定アルゴリズムの開発、大気・地表面放射モデルの改良などへと研究が大きく進展した。

4．ライダーによるエーロゾルや水蒸気などの観測技術の高度化

ライダーについては、昭和 40 年代後半に気象衛星研究部で研究が開始されたのち、気象衛星・観測システム研究部に引き継がれ、現在の気象観測研究部での一研究分野となっている。ライダーを用いて、主にエーロゾルやオゾン、二酸化炭素、水蒸気、気温等の観測技術の開発が進められてきた。これら観測技術の開発を行った社会的な背景として、エーロゾルとオゾンに関しては､昭和 57 年（1982 年）のエルチチョン火山噴火や平成 3 年（1991 年）のピナトゥボ火山噴火による全球規模での気候影響や、極域成層圏雲の成層圏オゾン層への影響、2000 年以降のアジア地域の経済発展に伴う広域越境汚染（黄砂､PM2.5､対流圏オゾン､二酸化炭素）への関心が高まったことがある。また、水蒸気に関しては、平成 26 年 8 月豪雨等で甚大な被害をもたらした線状降水帯の機構解明と予測精度向上が社会的課題となったことがある。

エーロゾル観測については､昭和 53 年度から高層用高出力ライダーを製作し､経常研究「ライダーによる気象観測法の研究」（昭和 45 ～ 55 年度）において、高出力ルビーライダーの設計と観測、解析法の開発が行われた。昭和 56 年度に経常研究「ライダーによる対流圏及び成層圏エーロゾルモニタリング研究」（昭和 56 ～ 60 年度）と改題し、成層圏汚染を対象にした中層大気の研究を開始し、昭和 57 年に噴火したメキシコのエルチチョン火山の噴火によって増加した成層圏エーロゾルの詳細な振る舞いを観測して、社会に発信することができた。また、ルビーライダーによる黄砂や雲の偏光解消度の高度・時間断面図の取得に成功した。平成 3 年 6 月にはピナトゥボ火山が噴火したため､科学技術振興調整費（省際基礎研究）「ピナトゥボ火山噴火が気候・大気環境に与える影響解明に関する研究」（平成 4 ～ 6 年度）を実施し、噴火から数年間にわたる成層圏エーロゾルの移流拡散、変質等の動態の把握、気候への影響の解明に寄与した。さらに平成 3 年はペルシャ湾岸の油田火災も発生したため、湾岸戦争油田火災起源の対流圏エーロゾルのライダー観測と航空機観測を行い、ペルシャ湾岸の油田火災に関するエーロゾルの実態を把握するとともに、火災による煤の影響を捉えることに成功した。その後は、平成 7 年度からの科学技術振興調整費「成層圏の変動とその気候に及ぼす影響に関する国際共同研究」（第Ⅰ期平成 7 ～ 9 年度、第Ⅱ期平成 10 ～ 11 年度）や科学技術庁科学技術振興調整費「風送ダストの大気中への供給量評価と気候への影響に関する研究」（平成 12 ～ 16 年度)、環境省地球環境保全試験研究費「エアロゾルによる放射強制力の変動及びメカニズムの実態解明に関する研究」（平成 17 ～ 21 年度)、環境研究総合推進費「いぶき」観測データ解析により得られた温室効果ガス濃度の高精度化に関する研究（平成 23 ～ 25 年度)、経常研究「地球環境監視・診断・予測技術高度化に関する研究」（平成 26 ～ 30 年度)、経常研究「地球システム・海洋モデリングに関する研究」（令和元～ 5 年度)、経常研究「顕著現象の実況監視とメカニズム解明・予測のための地上リモートセンシング技術の開発」（令和 6 ～ 10 年度）に引き継がれている。

ライダーはオゾンに関わる現象も重要な監視対象であり、昭和 63 年には成層圏オゾン観測用のライダーを開発して観測を行うとともに、平成 3 年度からは科学技術振興調整費（総合研究）「北極域における気圏･水圏･生物圏の変動及びそれらの相互作用に関する国際共同研究」（平成 3 ～ 6 年度）を行い、成層圏のオゾン減少に関係する極成層圏雲をカナダ北極圏ユーレカで捉えた。平成 19 年度には高度 10km まで高精度の観測が可能な対流圏オゾンライダーの開発に成功した。

ライダーを用いた水蒸気観測技術の高度化は、平成 6 年度からの海洋開発及地球科学技術調査研究促進費「将来型衛星搭載用ライダーに関する研究」（平成 6 ～ 10 年度）で開始され、平成 10 年度からの海洋開発及地球科学技術調査研究促進費「衛星搭載型水蒸気観測用ライダーに関する研究」（平成 10 ～ 13 年度）に引き継がれた。平成 12 年度には水蒸気ラマンライダーの開発が始まり、水蒸気が大気下層の霧の重要な発生条件となるヤマセについて科学研究費助成事業「ヤマセ雲の形成･変質機構の解明と数値モデル化の研究」（平成 17 ～ 19 年度）を行った。科学技術振興調整費「渇水対策のための人工降雨・降雪に関する総合的研究」（平成 18 ～ 22 年度）では、偏光・2 波長ライダーを開発し、雲・エーロゾル・雲凝結核の出現頻度を把握した。平成 30 年度からの戦略的イノベーション創造プログラム第 2 期「国家レジリエンス（防災・減災）の強化　Ⅴ. 線状降水帯観測・予測システム開発」（平成 30 ～令和 4 年度）では、九州で水蒸気ライダーの観測を実施し、九州の自治体と共同で降水予測の精度向上を目指した。この実証実験の成果として、線状降水帯発生時に大気下層の水蒸気量が増加することを明らかにした。令和 4 年度には気象研究所緊急研究「集中観測等による線状降水帯の機構解明研究」（令和 3 ～ 4 年度）において、野母崎と甑島でラマンライダーを用いた水蒸気観測を実施し、線状降水帯の発生との関わりやデータ同化に用いたときの大気下層の水蒸気量による降水予測の改善例を報告した。

これら以外の気象庁業務への貢献として、平成 14 年から平成 23 年に観測部環境気象課で現業運用された岩手県綾里におけるエーロゾルライダー観測の技術的支援、空港気象ドップラーライダーの運用開始の支援を行った。

5．GNSS による水蒸気観測技術の開発

上記のライダー観測に加え、GNSS による水蒸気観測手法も開発した。平成 9 年度から科学技術振興調整費「GPS 気象学：GPS 水蒸気情報システムの構築と気象学・水文学への応用」（平成 9 ～ 13 年度）が実施され、測地研究者と気象研究者が、GPS（Global Positioning System）という研究資源を介して学際協力を行い、相互の発展を図った。その中で、GNSS 可降水量の推定技術が確立され、国土地理院「GNSS 連続観測システム」で得られた全国の可降水量が、平成 21 年度から現業の実況監視やメソ解析等で利用されている。その後、外部資金に関しては掩蔽（えんぺい）法を主とした課題が取り組まれ、平成 21 年度からの科学研究費助成事業「GPS 電波掩蔽による大気構造と擾乱現象の解明」（平成 21 ～ 23 年度）の中で、電波掩蔽で

得た気温・水蒸気プロファイルを評価し、GPS 掩蔽データと地上 GNSS 観測による可降水量データをメソ数値予報モデルに同化した結果を示した。さらに水蒸気観測データの少ない海上でも GNSS 観測ができるように、船舶上での GNSS 観測にも応用可能な「移動体に搭載した GNSS 装置による可降水量解析技術」を開発した。大雨との関連性が指摘されている水蒸気の寄与を調査するため、平成 30 年 12 月から船舶 8 隻で東シナ海での可降水量観測を開始し、精度評価とともに数値予報へのインパクト調査を行った。気象庁では令和 3 年から、当該開発技術を用いた船舶による海上の GNSS 水蒸気観測を開始した。

6．地上設置型マイクロ波放射計による水蒸気観測技術の開発

地上設置型マイクロ波放射計を用いた水蒸気観測の研究開発は、前項で述べた科学技術振興調整費「GPS 気象学」（平成 9 ～ 13 年度）において、GNSS 可降水量に加えてマイクロ波放射計を用いて水蒸気分布の水平スケールの特徴や変動が調べられた。可降水量分布の動態から得られた情報は、降水予測の実況監視にとって有益な知見となっている。鉛直分布については、海洋開発及地球科学技術調査研究促進費「マイクロ波分光放射計の開発」（平成 8 ～ 11 年度）や海洋開発及地球科学技術調査研究促進費「マイクロ波分光放射計による水蒸気鉛直分布観測に関する研究」（平成 14 ～ 16 年度）において推定法が開発され、平成 27 年度には更に発展した手法を用いてつくば市で発生した竜巻を生じさせた積乱雲の発生環境場の調査に適用、地上設置型マイクロ波放射計の有効性を示した。これらの結果から、気象研究所緊急研究「集中観測等による線状降水帯の機構解明研究」（令和 3 ～ 4 年度）では、令和 4 年度にマイクロ波放射計 17 台を主に西日本に展開し、線状降水帯等の予測精度向上を目指して観測を実施した。得られた観測データは「集中観測等による線状降水帯の機構解明研究」のデータベースに提供されており、令和 6 年 3 月から可降水量データが数値予報に現業利用されている。

7．データ同化とアンサンブル予測技術の開発

データ同化とアンサンブル予測技術の開発は、現業の数値解析予報システムの開発に直結していることから、現業開発部門と開発成果やソースコードを共有し、お互いの開発効率を上げるため、現業データ同化システムをベースに技術開発を実施すると同時に、更にその先の世界最先端の同化技術（例えば、格子間隔数 100m の数値予測モデルで積乱雲を再現するための技術）を見据えた開発を行ってきた。気象分野のデータ同化研究は、平成 11 年度からの気象研究所内各部共同研究「気象研究所 4 次元同化システムの構築」（平成 11 ～ 12 年度）において開始され、現業データ同化システム（最適内挿法）を気象研究所の計算機システムに移植し、平成 10 年の GAME（GEWEX アジアモンスーンエネルギー・水循環研究観測計画）の再解析を実施してその結果を公開、TMI（熱帯降雨観測衛星に搭載されたマイクロ波放射計）輝度温度から得られた降水物理量を気象庁全球モデルに取り込む同化法を開発した。平成 13 年度にはスペクトル領域モデルに基づく現業メソ 4 次元変分法が移植され、さらに数値予報課と共同で非静力学モデル（NHM）に基づく 4 次元変分法同化システムの開発を開始した。NHM に基づく 4 次元変分法同化システムの開発では、実観測データを用いた同化実験、水蒸気及び水物質の変分法変数への追加などが行われ、数値予報課では現業システム（JNoVA: JMA Non-hydrostatic model based Variational data Assimilation system）として、気象研究所では積乱雲を陽に表現することを想定した格子間隔 1km 以下分解能雲解像同化システム（NHM-4DVAR）として、それぞれの開発基盤となった。

科研費「豪雨の力学的予測のための初期値解析と予測信頼性の評価に関する研究」（平成 17 ～ 20 年度）では、高解像度 NHM-4DVAR の開発、GNSS データ等の同化実験を行った。最終年度の平成 20 年度には、メソ 4 次元変分法、NHM-4DVAR、局所アンサンブル変換カルマンフィルタ（LETKF）を用いて、いくつかの局地的大雨事例の同化実験を実施した。これらの実験により、豪雨の発生要因（例えば水平風や水蒸気分布）をより現実に近づけることで、メソβ～γスケールの豪雨が予測可能になるものがあることが示された。さらに予測可能性を動的に推定する手法であるメソアンサンブルシステム（メソ特異ベクトル法）を開発し、世界気象機関（WMO）による WWRP 北京オリンピック研究開発プロジェクト（RDP）によるリアルタイム実証実験に参加した。

HPCI 戦略プログラム分野 3 課題②「超高精度メソスケール気象予測の実証」（平成 23 ～ 27 年度）や「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り（TOMACS）」（平成 24 ～ 25 年度）、戦略的創造研究推進事業「観測ビッグデータを活用した気象と地球環境の予測の高度化」（平成 25 ～ 30 年度）に参加した。それらの成果の中で特筆すべきものとして、平成 24 年 7 月の九州北部豪雨について、NHM-LETKF を用いて強雨の発生確率分布を求め、現象発生の高いリスクが 18 ～ 24 時間前に定量的に求められる可能性を示したこと、簡易化されていないフルスペックの数値予測モデル（NHM）と多数の実観測データを用いて「京」コンピュータによる 1000 メンバー NHM-LETKF 実験を実施し、サンプリング誤差を十分に小さくするために必要なメンバー数についての科学的知見を得たことが挙げられる。

ポスト「京」重点的課題 4「観測ビッグデータを活用した気象と地球環境の予測の高度化」（平成 28 ～令和 2 年度）では、「京」コンピュータを用いて格子間隔を 50m まで細かくした現実と比較しうる竜巻のアンサンブル実験に世界で初めて成功するとともに、その結果を用いて竜巻の発生要因の解析を実施した。また「『富岳』成果創出加速プログラム」（令和 2 ～ 4 年度）が実施され、熊本県球磨川の氾濫事例について気象庁危険度分布と結合した高解像度 1,000 メンバーアンサンブル実験を実施し、災害に対する確率情報を創出した。これまでにこれらの研究をもとに GNSS 可降水量や気象レーダーの動径風の同化、メソ特異ベクトル法、局地解析のハイブリッド化などの手法が現業化されてきた。現在は地上設置型マイクロ放射計観測網の輝度温度や二重偏波レーダーによる偏波パラメータなどの新しい観測データの同化法などの開発に取り組んでいる。

全球スケールのデータ同化については、平成 21 年度に経常研究「衛星データの利用技術に関する研究」（平成 21 ～ 25 年度）において、気象庁全球数値予報システムが気象研究所計算機システムに移植され、全球データ同化システム及びそれを用いた衛星データ同化の研究が開始された。その後、台風研究部の重点研究「全球大気データ同化の高度化に関する研究」（平成 23 ～ 27 年度）、重点研究「台風の進路予報・強度解析の精度向上に資する研究」（平成 26 ～ 30 年度）の中で実施されていたが、令和元年度の組織改編において全球同化及び衛星同化を専門とする研究室が設置され、経常研究「データ同化技術と観測データの高度利用に関する

研究」（令和元～５年度）において研究が加速した。全球データ同化研究では、アンサンブル同化や海洋結合同化、観測誤差の客観推定や流れ依存性の導入、複数手法を用いた観測インパクト評価、全天候域での赤外輝度温度同化、ドップラー風ライダー（DWL）等の新規衛星の導入、陸域での衛星マイクロ波射出率推定の高度化、ハイパースペクトル赤外サウンダの利用高度化のための情報圧縮技術の開発など、先進的な研究テーマに取り組んでいる。さらに、宇宙航空研究開発機構（JAXA）との連携を深めて衛星データの利用を促進するため、平成 20 年度に設置された「JAXA- 気象研連絡協議会」の下に、「衛星データ利用促進分科会」を設け、衛星同化や台風監視等を目的としたプロダクト開発に関する研究も行っている。将来の衛星計画に対する観測システムシミュレーション実験（OSSE）も実施しており、JAXA による DWL やひまわり後継衛星搭載ハイパースペクトル赤外サウンダについて、数値予報へのインパクト評価や、効果的な観測データの処理の検討・開発を行った。特にハイパースペクトル赤外サウンダに関する OSSE は気象庁内で横断的に取り組み、気象庁がひまわり 10 号にハイパースペクトル赤外サウンダを搭載するという決定を行う上で、重要な判断材料となった。

【第５節】台風・災害気象研究部

台風・災害気象研究部の所掌は、台風及び災害を発生させるおそれがある気象に関する実践的研究である。予報研究部第三研究室、台風研究部第一・二研究室、気象衛星・観測システム研究部第二・四研究室が前身となり、平成 31 年４月の組織改編をもって台風・災害気象研究部となった。第一研究室は台風、第二研究室は線状降水帯、局地的大雨、強風、大雪等の顕著現象、第三研究室は最先端気象レーダーの技術開発、第四研究室は突風等の自動探知及び直前予測技術開発に関する研究を実施している。本節の構成として、台風、顕著現象、突風現象に関する研究史を記述し、最後の項として気象レーダー技術開発を振り返る。

１．台風の発生、発達から温帯低気圧化に至る解析・予測技術の研究

気象研究所における台風の研究は昭和 34 年９月、伊勢湾台風による甚大な災害を契機に組織化された。設立時の台風研究部の構成は台風の理論・解析を担う第一研究室、台風災害及び高潮を担当する第二研究室、そして高層気象研究部のレーダー気象・降水物理関連部門を移設した第三研究室であった。台風の理論・解析研究に関しては、昭和 55 年の筑波移転後、研究専用の計算機資源を確保することにより大きな進展を遂げた。平成２年台風特別実験（SPECTRUM）では、数値モデルによる台風の進路予測改善に関する研究を実施した。当時現業で利用していた気象庁領域台風モデルを用いた研究は、気象庁における台風予測を全球大気モデルに一本化したこともあり、平成 12 年以降、非静力学気象モデルを用いた台風及び台風に伴う諸現象に関わる研究へと移行した。ここでは多重移動格子モデル及び非静力学大気波浪海洋結合モデル、更には領域大気海洋結合データ同化システム研究の開発研究を行い、平成 22 年台風海洋集中観測実験（ITOP）期間の台風に関する数値実験などを実施した。平成 21 年には、昭和 34 年台風第 19 号（伊勢湾台風）から 50 年という節目を迎え、当時の航空機観測データと最先端の非静力学気象モデル、領域大気データ同化システムを組み合わせた伊勢湾台風再現予報実験を実施した。平成 17 年から 10 年計画で始まった国際的研究計画である観測システム研究・予測可能性実験計画（THORPEX）において、双方向型気象予測システムの開発（TIGGE）に参加するとともに、平成 20 年に台風特別観測計画（T-PARC）を立ち上げ、航空機観測の台風進路予測に対する影響評価を行った。平成 18 年から現在まで、TIGGE は継続している。開発された様々な技術の中で、平成 26 年にマルチモデル・アンサンブル台風進路予報手法、平成 30 年に運用が開始された台風発生予測ガイダンス及び台風強度予報ガイダンスは現在、気象庁において現業利用されている。

高潮に関しては、平成３年の台風第 19 号が瀬戸内海西部に高潮被害をもたらしたことを契機に、平成５年から力学的手法による実時間予測技術開発研究を実施した。この力学的手法に関しては平成 10 年以降、気象庁の現業で使用されている。平成 12 年以降、波浪の効果を含めた高潮モデルの開発研究が実施され、ここで得られた知見は、現業高潮モデルの改善に活かされている。

計算機を用いた数値モデル・予測システムの開発に加え、気象レーダーによる観測及びデータ解析は台風研究の推進に大きく貢献してきた。昭和 55 年に我が国最初の本格的な C バンドのドップラーレーダー、昭和 56 年に X バンドの可搬型ドップラーレーダーが更新され、２つのレーダーのデュアル解析により関東地方に上陸した台風の観測、解析研究を実施した。また、平成２年と３年、宮古島において可搬型ドップラーレーダーを用いた観測、解析研究を実施した。平成９～ 12 年にかけて、基礎的研究として運輸施設整備事業団の予算のもと、台風周辺海域において、無人小型気象観測器を用いた観測を実施した。こうした現場観測研究に加え、衛星観測の発展とともに衛星データを用いた台風研究にも取り組んでいる。平成２年以降、衛星マイクロ波データを用いて、台風発生期の構造変化、台風強度推定、台風中心域の温暖核構造、台風周辺風速分布の推定に関する研究を行った。平成 27 年にドボラック法と衛星マイクロ波サウンダ（AMSU）の中心気圧推定のコンセンサス導出手法、平成 28 年には AMSU の後継センサー ATMS を用いた推定手法を気象庁に提供した。ATMS を用いた強度推定手法については、平成 30 年から気象庁で本運用が開始された。この他、台風海洋相互作用に関する研究を実施し、海水温 26℃以上の海水がもつ貯熱量について、気象研究所で開発した手法が、気象庁北西太平洋海洋データ同化システムに導入された。平成 27 年から台風現業での利用が開始され、また北西太平洋域の熱帯低気圧に関する地区特別センターから提供される情報の一つとして、東アジア地域へ提供されている。

社会に影響を及ぼす台風について、気象研究所では緊急研究「平成 16 年上陸台風に関するデータベース作成とそれらの台風に伴う強風、大雨、高潮に関する速報解析」（平成 16 年度）及び緊急研究「災害をもたらした令和元年度台風の実態解明とそれに伴う暴風、豪雨、高波等の発生に関する研究」（令和元年度）を実施した。平成 31 年（令和元年）以降、社会に甚大な影響を与えた台風の即時解析に取り組んでいる。また、気象庁が作成したドボラック再解析データセットを用いて、社会の関心が高い強い台風の長期変動に関する研究にも取り組み、過去 30 年において強い台風の頻度には増加傾向がなく、強い台風の位置は近年より西側に位置する傾向にあることを明らかにしている。令和６年以降、発生、発達、成熟、衰退、そして温帯低気圧化とその生涯において様々な形態をとる台風の遷移過程について、TIGGE データセットに加えて、様々な予測データを用いて研究を進めている。また防災情報の高度化に資す

るため、台風域内の大雨や暴風の面的分布に関する研究を実施している。

2．顕著現象の実態解明と数値予報を用いた予測技術の研究

昭和 50 年以降の昭和期において、予報研究部では低気圧や前線に伴う降水、地形による上昇気流と対流雲との相互作用、梅雨期の大雨、北部日本海の降雪など様々な降水系の 10 ～ 100km 規模の中小規模構造及び総観場との関係に関する研究を実施した。また気象研究所の筑波地区移転により研究用の計算機が整備されたことから、中小規模擾乱の構造や発達を研究するため、数値モデルを用いた実験に取り組むこととなった。昭和 55 年以降、天気現象の総合解析と客観的予報技術、特に降水量の短時間予測技術の改善に関する研究も実施した。客観的予報技術の研究においては人工知能技術を適用した先駆的な研究も行った。

平成期においても中小規模現象に関して、数値モデルを用いた力学的・数値的研究及び気象衛星や気象レーダーによる観測データを用いて、主に梅雨期の中小規模降水帯を対象として解析的研究を実施した。中小規模擾乱と総観場の関係に関しては、降水系の構造に関する観測、降水系の階層構造やライフサイクルに関する解析、及び統計的手法による中小規模擾乱と総観場の相互作用の研究に取り組んだ。このように、中小規模の気象は防災上重要な現象である集中豪雨・豪雪や局地的強風の予測精度向上に直接かかわることから、観測や数値モデルを用いた数値実験などにより、多様な視点での研究を実施していた。平成 5 年から平成 7 年には「つくば域降雨観測実験」、平成 9 年には「関東地域メソ解析プロジェクト」に参加し、観測データの収集、データセットの作成に協力するとともに、メソスケール現象の解析を行った。

平成 8 年以降、大学や研究機関と協働して、水平スケール 100km 規模の領域に対流性と層状性の性質を併せ持つメソ対流系、特にその自己増殖や組織化により、長時間持続して線状や塊状など様々な形態をとる機構を解明することを目的に、野外観測・データ解析・数値実験を有機的に結合した総合的プロジェクト研究を実施した。具体的には平成 8 年と平成 10 年から平成 14 年の梅雨期には東シナ海・九州において梅雨特別観測（TREX, X-BAIU）、また平成 13 年と平成 15 年には冬季日本海において観測プロジェクト（WMO）を実施した。特に、積乱雲を解像できる非静力学気象モデルを用いた数値実験はメソ対流系の理解におけるブレークスルーとなった。集中豪雨、強風や暴風雪による災害が生じた現象については平成 16 年以降、即時的に要因分析を行い、社会に向けて情報発信をしてきている。気象研究所からは、平成 18 年 11 月 17 日の佐呂間竜巻を皮切りに、線状降水帯の用語が広まるきっかけとなった平成 26 年 8 月 20 日の広島市の大雨､平成 27 年 9 月関東･東北豪雨や令和 2 年 7 月豪雨など、計 19 件の報道発表を行ってきている。このような即時解析結果だけでなく、集中豪雨に関しては統計的研究も行い、集中豪雨の発生頻度が 45 年で約 2 倍に増加しているという研究成果についても報道発表している。長さ 50 ～ 300km 程度、幅 20 ～ 50km 程度と線状に拡がり、強い降水を伴う雨域である線状降水帯は平成 26 年の広島市での大雨以降、社会に認知されるようになった。一方で線状降水帯による災害が増加しつつあることから、令和 4 年には線状降水帯の実態把握と発生・停滞・維持等の機構解明を加速し、線状降水帯の予測精度向上とより早い段階からの確実な防災・減災対策に貢献するため、野外集中観測・データ解析・数値実験を組み合わせたプロジェクト研究を大学と研究機関との協働のもと、気象研究所の緊急研究「集中観測等による線状降水帯の機構解明研究」（令和 3 ～ 4 年度）として実施した。

3．顕著現象の自動探知・直前予測技術のための研究開発

昭和 62 年に気象研究所の組織改編により、気象衛星研究部から気象衛星・観測システム研究部となり、第二研究室において竜巻やダウンバーストなどの極端気象に関する観測や進路予測可能性研究に本格的に取り組むこととなった。そこで一般研究「ドップラーレーダーの実利用の研究」（平成元～平成 5 年度）において、激しい突風やマイクロバーストの他、ガストフロント・局地前線・下層ジェット・海陸風を観測・解析対象としたドップラーレーダー観測システムに関する開発研究を実施した。

平成 2 年 12 月、千葉県茂原市で発生した竜巻を契機に、竜巻発生機構や発生条件、被害や気流の特性を基礎的に把握するため、気象研究所所内共同研究として、竜巻等瞬発性気象現象に関する研究を実施した。関東地方における竜巻や突風の被害調査やドップラーレーダーによるデータを用いた解析が行われ、我が国でも強い竜巻などでスーパーセルに伴うものが発生していたことやダウンバーストについての知見が得られた他、昭和 36 年から平成 5 年までの竜巻データベースを作成、これを用いた統計的研究も行われた。

平成 17 年 12 月 25 日、JR 羽越線の特急「いなほ 14 号」が竜巻の被害域の延長線上で脱線転覆し、5 名が亡くなる事故が生じた。また平成 18 年 9 月 17 日には、台風第 13 号が九州の西海上を北上中、宮崎県延岡市で藤田スケール 2 の竜巻が発生、平成 18 年 11 月 7 日にも北海道佐呂間町で藤田スケール 3 の竜巻が発生し、それぞれ 3 名、9 名が亡くなった。内閣府はこうした突風災害を踏まえ、風水害対策の一環として、竜巻等突風対策検討会を開催した。気象研究所においても「竜巻シンポジウム－わが国の竜巻研究の今後の課題と方向性－」を平成 19 年 1 月に開催し、延岡や佐呂間における竜巻の調査報告を行い、竜巻研究の課題と方向性について議論するとともに、メソサイクロン検出アルゴリズムの開発を行った。さらに平成 20 年 1 月には、世界各国の竜巻研究の第一人者を招聘した「竜巻等突風に関する専門家会合」を気象庁で開催した。こうした気象研究所の取組は、気象庁レーダーのドップラー化の加速、平成 20 年の気象庁竜巻注意情報や平成 22 年の竜巻発生確度ナウキャストの開発に貢献した。平成 24 年 5 月 6 日には茨城県と栃木県でほぼ同時に 3 つの竜巻が発生し、特に茨城県つくば市の竜巻は藤田スケール 3 に相当し、1 名が亡くなった。気象研究所では被害調査やドップラーレーダーによるデータを用いた解析、及び客観解析データを用いた環境場の解析に加え、水平解像度 1km 以下の非静力学気象モデルによる再現実験を実施するとともに、速報解析結果を同年 5 月 11 日に報道発表した。また、同竜巻を契機として高まった、より正確な風速推定の要請に応えるため、気象庁では藤田スケールに代わる新たなスケールの策定を開始し、気象研究所が東京工芸大学や（独）建築研究所等と実施していた共同研究の成果が活用され、平成 27 年に日本版藤田スケールとして策定された。

運輸分野における基礎的研究推進制度「小型ドップラー気象レーダーによる鉄道安全運行のための突風探知システムの基礎的研究」（平成 19 ～ 21 年）により、気象研究所、鉄道総合技術研究所、JR 東日本、京都大学は平成 19 年 9 月に山形県庄内地方にレーダー 2 台、地上気象観測装置を含む高密度観測網の運用を開始し、冬季日本海側の突風の実態解明と突風探知の

基礎研究を行った。その後、平成 21 年 4 月には JR 東日本との共同研究「局地的シビア現象を対象とした高精度センシング技術に関する研究」（平成 21 年～現在）が開始された。研究成果をもとに、平成 28 年 11 月には列車運転規制のための世界初のドップラーレーダーが新設され、平成 29 年 12 月には冬季日本海側の突風に対する列車運転規制方法として、JR 東日本による世界初の実用化が行われた。更に進歩を遂げたのは、気象研究所と JR 東日本が共同で深層学習モデルの開発に取り組み、その成果をもとに令和 2 年 8 月に「深層学習モデルによる突風探知」に関する共同特許を取得したことである。この新技術は、人工知能（AI）を用いて冬季日本海側の突風を探知する手法を提供し、その年の 11 月には鉄道事業者により世界初で実装された。

その後、平成 30 年 7 月から令和 5 年 3 月までの間に、PRISM（官民研究開発投資拡大プログラム）「AI を用いた竜巻等突風・局地的大雨の自動予測・情報提供システムの開発」（平成 30 ～令和 4 年度）が行われた。そして令和 5 年 4 月から令和 8 年 3 月までの期間、BRIDGE（研究開発と Society 5.0 との橋渡しプログラム）（令和 5 ～ 7 年度）「局地的・突発的な荒天対策のためのスタートアップとの連携：AI を用いたリアルタイム防災フィールド構築」が行われている。これらの取組は、鉄道事故防止だけでなく、より広範な防災分野における新たな技術・手法の開発につながっている。

4．先端的気象レーダーの観測技術の研究

昭和 50 年以前から、気象に関する遠隔測定手段としてレーダーの果たす役割は重要という認識のもと、データの利用に欠かせない地形エコー除去技術やデジタル化を中心とした信号処理に関わる開発や利用法に関する研究を気象衛星研究部で実施していた。気象研究所の筑波移転に伴い、昭和 55 年に C バンドの気象ドップラーレーダー及び X バンドの可搬型ドップラーレーダーが更新され、気象レーダー反射波信号の基本特性、降水エコーの定量的測定及びドップラーレーダー測風システムの研究が行われた。3 次元走査可能な最先端の 2 つのドップラーレーダーを用いたデュアル解析の技術開発は、それを用いての台風や対流雲のメカニズムに関する研究も行われている。

昭和 62 年、気象衛星研究部は気象衛星・観測システム研究部へ組織改編された。単一ドップラーレーダーによる豪雨域の強風測定システムに関する研究とともに、気象観測を総合的に組み合わせ、効果的・効率的な観測システムを構築するための各種観測方法による同時観測を実施し、総合的な評価を行った。平成 7 年には気象庁において空港気象ドップラーレーダーが現業化されるとともに、平成 8 年には気象ドップラーレーダーのデータの解析ツールとして Draft の開発が始まった。Draft は各種レーダーデータの標準フォーマットへの変換やドップラー速度の折り返し補正、断面図描画やデュアル解析等の様々な機能を有するだけでなく、汎用性も兼ね備えており、令和の時代においても研究や調査業務などで利用され、更新を重ねている。

気象庁は将来の数値予報での利用を念頭に、関東地域とその周辺で利用可能な様々な観測データを活用して、メソ現象の解析や予報実験を行う関東地域メソ解析プロジェクト（平成 9 ～ 10 年）を実施した。気象研究所は、C バンド、X バンドのドップラーレーダーや 400MHz ウィンドプロファイラによる観測、非静力学モデルを用いた予報実験、メソスケール現象の解析などを実施した。その成果として、従来にない時間的・空間的に高分解能な観測データセットと客観解析データセットの整備とそれらを用いて行われた数値予報実験や観測システム実験により、メソ現象の予測について、ウィンドプロファイラと航空機観測データ（ACARS）の有効性、時間的に高分解能なデータ同化システムの有効性などが確認された。これらの結果は、その後のウィンドプロファイラやドップラーレーダーの導入へとつながることとなった。

平成 19 年以降、シビア現象の監視及び危険度診断技術の高度化に関する研究の中で、ドップラーレーダーデータを含む各種の観測データを用いて、突風等に対する短時間予測情報提供に資する開発研究を実施した。平成 20 年には、総務省が周波数資源の有効利用を目的に気象レーダーの狭帯域化を実証するために開発した C バンド固体素子二重偏波レーダーが、気象研究所の気象ドップラーレーダーの後継として移管され、実験的な運用が開始された。このレーダーは気象用の C バンド固体素子二重偏波レーダーとしては世界で最初に開発されたもので課題も多く、実用化のための技術上の問題の解決と、シビア現象の監視及び危険度診断技術の高度化に関する研究のための観測が行われた。例えば科学技術振興調整費「顕著気象に強い都市創り」（平成 22 ～ 26 年度）では、防災科学研究所をはじめ国内外の大学・研究機関とともに、レーダーなど各種の観測装置による関東域の豪雨の観測や実態解明、レーダーと数値モデルによる直前予測、また、自治体などと連携してこの予測に基づく社会実験を行った。その中で同様なレーダーの開発を行っている米国オクラホマ大学などと共同研究を行い、固体素子レーダー用のパルス圧縮技術や多周波観測技術を開発し、これを C バンド固体素子二重偏波に実装し検証を行った。ここで得られた知見は、平成 28 年のレーダーの狭帯域化技術の研究開発及び気象庁空港気象ドップラーレーダーの固体素子二重偏波化更新に貢献した。また令和 2 年以降の気象庁一般気象レーダーの固体素子二重偏波化に役立てられることとなった。

平成 27 年、気象研究所において X バンド単偏波フェーズドアレイ気象レーダーの研究運用を開始した。半径 60km 圏内の 3 次元空間を 30 秒ごとの高い頻度で隙間なく観測することにより、局地的大雨や竜巻等突風など、激しい風雨をもたらす顕著現象のきめ細かな理解が可能となった。気象研究所では当該レーダーを多様な気象場において運用し、レーダーの性能評価やデータ処理技術の開発を進めるとともに、将来的な監視・予測技術の高度化に関する研究を実施した。フェーズドアレイ気象レーダーによる高頻度・高解像度の観測データの解析により、令和元年度東日本台風に伴う竜巻の発生メカニズムが明らかになる等、科学的成果が得られている。

【第 6 節】気候・環境研究部

気候・環境研究部は、「課題解決型」の研究部のひとつとして、平成 31 年 4 月の組織改編時に発足した。観測の実施とデータ解析や、長期再解析データや数値モデル出力の解析などを通じて、地球温暖化・気候変動や季節予報に関わる気候システムの種々の現象の実態把握、変動要因の解明、モデリング結果の検証、予測など多様な研究を行い、予報・予測性能の向上にも貢献している。その前身は、昭和 35 年に設立された台風研究部、昭和 59 年に設立された気候研究部、気象研究所創立時に設立された気象化学研究部に由来する地球化学研究部（平成

25 年に海洋・地球化学研究部に改組）である。

1．熱帯擾乱の研究から長期再解析と異常気象・季節予測可能性の研究へ

昭和 34 年に 5,000 人を超える死者・行方不明者を出した伊勢湾台風大災害を受けて、中曽根科学技術庁長官は直後の国会で、「気象研究所の中に台風研究部を作って、実験と理論的研究をやっていくようにしたい」と答弁した。これに基づいて昭和 35 年 4 月に台風研究部（高層気象研究部の振替）が設置された。このとき新設された第二研究室（以下「台風二研」という。）が、その後の気候研究部第五研究室（平成 9 ～ 30 年度）や現在の気候・環境研究部第一研究室（平成 31 年度～）の前身である。台風二研では台風と台風の発生に関連する熱帯擾乱・熱帯大気循環に関する研究を行った。台風は、高層気象観測網の乏しい低緯度地域で発生するため、初期の台風研究は気象衛星資料の利用が重要な位置を占めていた。1960 年代はその有効利用法を開発し、1970 年代はアメリカの極軌道衛星 ESSA のモザイク写真の解析に始まり、気象衛星 NOAA や Nimbus のリモートセンシング資料の利用法の開発、そして GOES や GMS など静止気象衛星が次々と打ち上げられたこともあり、連続的な可視・赤外画像を用いた解析を行った。これらの熱帯気象研究から、日本の猛暑の分析に必須のテレコネクションパターンである PJ パターンの発見や、スーパークラスターの発見につながる研究が行われた。台風二研は、早い段階から数多くの国際プロジェクトにも組織的に参画した。主なものとして、地球大気開発計画/大西洋熱帯実験（GARP/GATE、昭和 49 年）、モンスーン実験/全球天気実験（MONEX/FGGE、昭和 53 ～ 54 年）、太平洋における大気・海洋変動と気候変動に関する国際共同研究/静止気象衛星等の資料による大気・海洋変動と気候変動の解析研究（科学技術振興調整費、昭和 62 ～平成 4 年）、アジアモンスーン機構に関する研究/大規模積雲対流活動と降水系に関する解析的研究（海洋開発及地球科学技術調査研究促進費、平成元～ 10 年）世界気候研究計画/熱帯海洋・全球大気研究計画－海洋・大気結合応答実験（WCRP/TOGA-COARE、平成 4 ～ 5 年）などがある。

平成 9 年の気候研究や環境研究の拡充を目的とした組織改編により、台風二研は気候研究部第五研究室（以下「気候五研」という。）となり、主に異常気象や気候変動の実態とその要因解明に関する研究に取り組むようになった。再解析を担当するようになった転機は、平成 10 年に WCRP/GEWEX が実施した集中観測 GAME である。そこで得られた集中観測データを用いた再解析を、当時の気候五研が担当することになった。気象庁数値予報課の当時の現業データ同化システムを気象研究所のスーパーコンピュータに移植し、およそ 2 年の歳月をかけて GAME 再解析を完成させ、研究コミュニティに公開した。なお、GAME 再解析を実施するにあたり、筑波大学・安成研究室から支援を受けた。

GAME 再解析により、再解析の経験と実績を積むことと並行して、気象庁では長期再解析の実施検討が始まっていた。力学モデルによる季節予報の実現可能性が議論される中で、数値モデルの初期値や検証データとして長期再解析が必要とされたからである。また、異常気象などのモニタリングでも、長期再解析が必要とされていた。欧米では既に 1990 年代半ばに ECMWF と NOAA/NCEP が再解析を完成させ、利用が世界的に広まっていた時期である。しかし、全球大気データ同化システムを用いた長期計算には大変多くの計算機資源が必要なため、気象庁の計算機では実施が困難だった。そうした状況の下で、電力中央研究所から再解析データ作成に関する共同研究と、それに伴う計算機資源提供の提案があった。観測データの整備とデータ同化システムの整備を気象庁気候情報課と気象研究所気候研究部が担当し、計算を電力中央研究所が担当することにより、長期再解析 JRA-25 は平成 18 年に完成し、研究コミュニティに公開された。これにより、気象庁も再解析実施機関の仲間入りを果たすことができた。平成 20 年には JRA-25 の完成を記念して、第 3 回再解析国際会議を気象庁や WMO、WCRP などの主催により開催した。

その後、現業モデルやデータ同化システムの開発・改良が進んで長期再解析プロダクトの更新が期待されるようになり、気象庁は平成 26 年に第 2 次長期再解析として JRA-55 を完成させた。並行して、気候五研は、再解析推進委員会での議論を踏まえ、JRA-55 ファミリーとなるサブプロダクトの JRA-55C と JRA-55AMIP を作成した。いずれも JRA-55 と同じデータ同化システムによる観測データの使用法を変更したプロダクトであり、再解析プロダクトを用いた現象解析の理解に貢献したほか、同じデータ同化システムを用いた多様な再解析プロダクト作成の世界的な先駆けとなった。さらに、気象庁は最新の技術を用いて令和 5 年に第 3 次長期再解析として JRA-3Q を完成させた。長期再解析を実施するにあたって、気象庁本庁はデータ同化システムの維持管理と計算を行い、気候・環境研究部第一研究室（以下「気候・環境一研」という。）はプロダクトの品質評価を行うよう役割を分担し、再解析実施体制を整えた。再解析は長大計算であるため、誤りは早期に見つけ、再計算期間を可能な限り短くする必要がある。気候・環境一研では、正しく計算が行われているか検証するために、プロダクト作成中から様々な検証データ・方法を用いて品質を評価し、再解析プロダクトの作成に貢献した。

再解析データの出現は異常気象の実態解明に革新的な変化をもたらしたが、要因分析に関しては大循環モデルを用いた力学的手法を用いた研究も行われてきた。1990 年代の 1 か月アンサンブル数値予報の現業化ごろから、より予報時間の長い季節予報への数値予報の導入が検討された。季節予報では海面水温などゆっくり変動する境界条件の影響を「シグナル」として予測することが重要であり、海面水温が完全に予測できた場合に到達可能な季節予測可能性の上限を調べる研究が行われた。世界気候研究計画（WCRP）の季節予報モデル相互比較プロジェクト（SMIP）に気候情報課と共に気象研も参加している。これらにより季節予測可能性に対する理解が深まり、モデル開発の目標も明確になった。大気モデルによる海面水温感度実験が行われるようになると、海洋変動と大気現象の関係の理解が進み、異常気象の要因分析研究にも用いられた。平成 5 年、平成 6 年、平成 22 年、平成 30 年の日本の夏の異常気象の要因分析もモデルを用いた研究が行われている。また、成層圏現象の対流圏影響過程が季節予測に重要であることの認識が同時期に進んだ。令和になってからは、大気大循環モデルによる大規模実験の解析から異常気象の発現と地球温暖化との関係を定量的に示すことができるイベント・アトリビューションを実施し、日本で特に被害が大きい猛暑と豪雨に対する地球温暖化の影響について科学的に評価を行うことで、気候変動監視業務の推進に貢献した。

2．気候変動の予測とメカニズム解明に関する研究

気象研究所は、大気大循環モデル（AGCM）、大気海洋混合層結合モデル、大気海洋結合

モデル（CGCM）、地球システムモデル（ESM）と開発を継続・発展させ、各モデルの数値実験等を通じて、気候変動のメカニズム解明を図る研究を実施してきた。世界気候研究計画（WCRP）の結合モデル相互比較実験（CMIP）への参加等を通じて、気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の評価報告書では第 1 次（FAR）（平成 2 年）から第 6 次（AR6）（令和 3 年）まで、地球温暖化予測情報では第 1 巻（平成 6 年）から第 9 巻（平成 29 年）まで等の形で各種評価報告書等に貢献してきた。

このような気候モデルの開発は、UCLA（カリフォルニア大学ロサンゼルス校）モデルをベースにした水平解像度約 500km の大気大循環モデル MRI-GCM-I（昭和 59 年）から始まった。熱容量一定のスラブ海洋混合層を結合した MRI-AGCM1 により CO_2 濃度倍増実験を行い、一種の気候感度として世界平均地上気温（GMT）の 4.3K 上昇を平成元年に発表した。このとき得られた、地球温暖化に伴う降水量の増加・降水面積の減少は IPCC 第 1 次評価報告書（FAR）（平成 2 年）に引用された大きな成果であり、これは降水強度の増加を示すものであった。平成 3 年に地球温暖化を所掌とする気候研究部第四研究室の新設もあり、気候モデル開発は加速された。

平成 7 年にはモデル上端を 100hPa から 1hPa に上げた大気モデルと海洋モデル MRI-OGCM を結合した MRI-CGM1 を開発し、CO_2 濃度を年率 1% で漸増させ「過渡的気候応答」を推定する我が国初の実験を行い、CO_2 濃度倍増時に GMT が 1.6K 上昇すること等を示して IPCC 第 2 次評価報告書（SAR）（平成 7 年）に貢献した。

その後、大気モデルに気象庁全球数値予報モデルを導入し（平成 8 年）、それを基に気候モデルとしての高度化を進め、IPCC 第 3 次評価報告書（TAR）（平成 13 年）と第 4 次評価報告書（AR4）（平成 19 年）に貢献した。平成 25 年にはエーロゾルモデルや化学輸送モデルとカップラーで結合して炭素循環過程を導入した地球システムモデル MRI-ESM1 を発表し、IPCC 第 5 次評価報告書（AR5）に貢献した。雲に関する物理過程や大気・海洋の高解像度化を行った MRI-ESM2.0（令和元年）は、放射収支の改善等により、気候モデルとしての高い性能を示した。たとえば長期再解析 JRA-55 に対する地上気温の再現性は、IPCC 第 6 次評価報告書（AR6）（令和 3 年）に向けて実施された第 6 期結合モデル相互比較実験（CMIP6）に参加した多くのモデルの中でトップの成績を収めた。ここに至る開発過程では、放射収支・南北熱輸送、雲、水循環、降水分布、海氷、海洋子午面循環等の平均状態、エルニーニョ南方振動（ENSO）や十年規模変動などの内部変動、過去再現性・気候感度などに特に力点が置かれてきた。

これらの気候モデル開発と並行して、水平解像度約 20km メッシュの高解像度大気モデル等を開発し、過去再現・将来予測実験を進めてきた。特に平成 24 年に発表した MRI-AGCM3.2 は、降水量などの平均気候状態・季節進行等のみならず、台風をはじめとする極端現象の再現性も非常に高い、高精度・高分解能モデルである。この結果は領域気候モデルによる力学的ダウンスケーリングを通じて日本域の気候予測データの作成にも活用され、令和 2 年に発行された「日本の気候変動 2020」等の地球温暖化予測情報に活用されている。

こうした気候モデル開発と並行して、それらのモデル単独の実験や、世界の多数の研究機関から公開された CMIP 実験データ等の解析を通じて、気候形成過程及び気候変動のメカニズムを探る研究を実施してきた。初期の大気海洋混合層結合モデルによる数値実験では、海洋力学を含まないモデルにおいても ENSO に似た年々変動が現出することを確かめ、大気海洋間熱フラックスに起因するメカニズムを調べた。

アジアモンスーンに関わる研究も多数行われてきた。ユーラシア大陸上の積雪が大気循環やその季節進行に与える影響を調べた研究に始まり、チベット高原などの大規模山岳がアジアモンスーンや梅雨等の気候形成、海洋や ENSO に与える影響を調べた研究、エネルギー収支を調べた研究などである。環境省地球環境研究総合推進費における一連の研究では、地球温暖化において大陸の大きな昇温が日本を含む東アジアモンスーンの変化に重要であること等を明らかにした。

気候モデルの検証を兼ねた、古気候研究も進められた。古気候モデル相互比較実験（PMIP）では、最終氷期最盛期や完新世中期をターゲットとする実験に当初から参加し、MRI-AGCM1 及び MRI-CGCM2 による独自の解析結果を報告した。

成層圏や対流圏成層圏結合についての研究にも取り組んできた。極夜ジェット振動（PJO）の現象を世界で初めて発見し、太陽活動や成層圏準二年周期振動（QBO）、火山噴火等がトリガーとなることで、PJO が気候に大きな影響を与えることを示した。また、北極振動（AO）/北大西洋振動（NAO）や南極振動（AAO）と太陽活動の間に深い関係があることを明らかにした。さらに、モデルの大気上端が高いモデルを使うと、成層圏突然昇温（SSW）とそれに引き続く気候変化について精度の高い長期予測が可能になるという予測可能性の研究等も行った。

高解像度モデルによる将来予測実験からは、梅雨の変化等に加えて、強い台風の割合の増加・極端降水現象の増加などの極端現象の変化等の気候変動メカニズム解明を進めた。一連の実験の中で実施した、水平解像度約 60km の中解像度モデルによる地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース（d4PDF）は、変動度に比べてシグナルが弱い傾向にある降水量データや低頻度な現象を含む統計的解析を可能にし、現象の解明に役立っている。

なお、これら一連の研究は、気象研究所の経常研究に加え、海洋開発及地球科学技術調査研究促進費（科学技術庁）、重点基礎研究（科学技術庁）、平成 14 年に始まった文部科学省の一連の気候変動研究、環境省地球環境研究総合推進費、科学研究費助成事業（科研費、文部科学省）などの外部予算に支えられてきたものである。

3．大気中の温室効果ガスの動態に関する観測研究

温室効果ガスの観測は、地球化学研究部による大気・海洋間の二酸化炭素（CO_2）交換の調査を端緒として始まり、メタンや一酸化二窒素など他の温室効果ガスの観測研究にも発展してきた。中でも航空機による大気上層の温室効果ガス観測は、世界的に見ても先進的で特筆すべき観測である。また、気象研究所鉄塔を利用した CO_2 濃度の鉛直分布と日周変動の調査（平成 4 ～ 22 年）、環境省と気象庁が平成 18 年度に設立した「地球観測連携拠点（温暖化分野）」や気象庁環境・海洋気象課との密接な連携による WMO と国内観測機関間の標準ガス比較実験の基盤的作業、東アジアから排出された温室効果ガスの実態把握に資する高精度高時間分解能の新型ラドン測定装置の開発（平成 22 年）も実施した。綾里、与那国島、南鳥島での連続観測や父島における CO_2 の研究観測、南鳥島における気象庁のクロロフルオロカーボン観測

の支援、レーザー分光法による温室効果ガス観測手法の導入と気象庁での現業化など、数々の研究・技術開発も並行して続けてきた。

地球化学研究部が実施した航空機による初めての地球規模の温室効果ガス観測は、科学技術庁の科学技術振興調整費により昭和 63 年度から 3 か年計画で実施した International Strato/Tropospheric Air Chemistry（INSTAC）においてである。INSTAC では、小型ジェット機をチャーターし、アラスカ上空の北緯 65 度からニュージーランド南方の南極大陸に近い南緯 65 度まで、主に南北太平洋と南大洋の上空にて、温室効果ガスのほか、窒素酸化物、オゾン、エーロゾル、炭化水素類の濃度を観測した。これにより、高度 11 ～ 13km におけるメタン濃度の広域分布を世界に先駆けて明らかにするなどの成果を挙げた。

今日も続く日本航空の定期旅客便による大気上層の温室効果ガス観測のきっかけは、平成 2 年 12 月に、日航財団から気象庁に、航空機の温暖化対策貢献の利用方策に関するアイディア募集があったことだった。これに温室効果ガス観測を提案し、実現性について検討の後、平成 3 年 9 月に日航財団、日本航空、運輸省、気象研究所の共同研究が発足した。はじめに試験飛行を行って、採取空気の適性を検証してから自動大気採取装置の開発を行い、航空局による厳しい使用承認審査を経て、高度約 10km におけるほぼ月 2 回の観測が、平成 5 年 4 月、日豪路線のボーイング 747-200 型機にて実現した。この航空機観測により、北半球で排出された CO_2 の南半球中緯度帯への輸送実態や、1997/98 年の大規模なエルニーニョ発生初期に、インドネシアの森林火災が引き起こした上空における一酸化炭素の異常な濃度上昇などを解明した。

観測開始から 10 年目に入るころには、日本航空ボーイング 747-200 型機の退役に伴い、観測の維持・強化に向けて、747-400 型機に搭載できる観測装置の開発や観測体制の強化を図った。そして文部科学省科学技術振興調整費により、日本航空と航空機エンジニアリングのエキスパートの JAMCO 社、国立環境研究所、東北大学、航空宇宙技術研究所などの産官学体制が敷かれ、改良型自動大気採取装置や機上で連続観測できる装置の開発を進めた。数々の厳しい環境試験を経た後、ボーイング 747-400 同型機のどの機種にも搭載できる「航空機部品」として、アメリカ連邦航空局と日本の国土交通省航空局から「追加型式設計承認」を得て、平成 17 年 12 月から CONTRAIL の名称で日豪路線に加えて欧州路線、北米路線、東南アジア路線でも観測を開始した。その後、機種変更やコロナ禍による減便など幾多の困難に見舞われながらも観測を継続し、貴重なデータを取得し続けている。

こうした航空機による温室効果ガス観測技術の知見は、気象庁が海上自衛隊厚木航空基地と南鳥島を結ぶ自衛隊輸送機を利用して実施したフラスコサンプリングによる上空の観測（平成 22 ～令和 4 年）にも活用された。また、上空の温室効果ガスの観測データは、地上観測のデータと合わせて、大気中の温室効果ガス増加の実態把握と変動要因の解明に役立っているほか、大気・海洋間 CO_2 フラックスの評価と合わせて、大気 CO_2 逆解析モデルの開発と、それによる大気・陸域植生・海洋間の CO_2 交換の時間・空間変動の評価にも役立っており、国際的に高い評価を受けている。さらに離発着時の観測データを用いて、化石燃料燃焼起源の CO_2 の主要な排出源と考えられる大都市からの CO_2 排出量も評価した。

4．海洋炭素循環と大気・海洋間の CO_2 交換に関する研究

主な温室効果ガスである CO_2 の大気中濃度の変化と、その変化に海洋の炭素循環が大気・海洋間の CO_2 交換を通じて及ぼす影響の解明は、地球温暖化が社会的に高い関心を集める前から地球化学研究部が実施してきた長年のテーマである。1990 年代までは、海洋炭素循環の研究の一環として、植物プランクトンの炭酸同化によって生産された有機物の動態や、海洋の基礎生産に大きな役割を果たす微量栄養塩の金属イオンと有機物の相互作用に関する研究も活発に行ってきた。2010 年代初めまでは海洋循環や物質循環の化学トレーサーとして、海水中における天然放射性核種（トリウム、ウランなど）や人工放射性核種（ストロンチウム 90 など）の分布・変動の調査も行ってきた。2000 年代以降は、海洋表層や海洋内部の CO_2 変動の実態とメカニズムの解明や大気 CO_2 濃度変化との関連や、海洋中で溶存酸素が減少する貧酸素化の現状把握と要因解明に重点を置き、炭酸系分析装置の開発・改良、栄養塩標準物質の開発、溶存酸素センサーの導入といった観測基盤技術の開発とそれらによる高度な船舶観測の実施、水中グライダーやアルゴフロートによる自律型海洋観測の推進、そして海洋大循環・生物地球化学モデルの発展と解析に力を入れ、海洋物理学と生物地球化学の研究を統合的に進めている。

非分散型赤外線ガス分析計（NDIR）とシャワーヘッド式平衡器を使用する大気と海洋表層水の CO_2 分圧の測定は、1960 年代に技術開発を始め、昭和 43 年から昭和 47 年にかけて、東京大学白鳳丸により北太平洋から南大洋の広域で観測を行った。観測はその後いったん途切れたが、標準ガスの改良など測定方法を改善して昭和 56 年に再開し、白鳳丸での広域観測に加えて気象庁凌風丸の東経 137 度定線における研究観測を開始し、その季節変化や長期変化を解明してきた。この観測は平成元年度に本庁海洋気象部海洋課で現業化され、太平洋で最も歴史の長い海洋表層 CO_2 分圧の時系列観測として 40 年以上にわたって継続されており、地球温暖化に対する危機感の高まりに伴って炭素循環の科学的な解明の関心と必要性が高まる中、その成果は国内外で高く評価されている。また、エルニーニョへの関心の高まりを背景に、昭和 63 年から科学技術庁の海洋開発及地球科学技術調査研究促進費などによる海洋科学技術センターとの共同研究などにより、太平洋赤道域における海洋表層 CO_2 分圧などの年々変動に関する観測研究も実施し、エルニーニョ南方振動に伴う大気・海洋間 CO_2 フラックスの著しい年々変動を解明した。平成 8 年には、大西洋でドイツの観測船 Meteor 船上にて実施された海洋表層 CO_2 分圧測定の国際比較実験に参加し、気象研究所の優れた海洋表層 CO_2 測定技術を海外に示した。この国際比較実験などが契機になって、海洋表層 CO_2 分圧のデータベース SOCAT（Surface Ocean CO_2 Atlas）が国際協力で作成され、更新されるようになり、今日、大気・海洋間の CO_2 フラックス変動の全球的評価などに活用されている。

平成 4 年には、海洋表層 CO_2 分圧の変動メカニズムや、海洋内部の CO_2 変動を解明するため、科学技術庁科学技術振興調整費などにより、電量滴定法による高精度の全炭酸濃度分析装置の開発にも着手した。同年末から翌年にかけて第 34 次日本南極地域観測隊の砕氷艦「しらせ」で、全炭酸濃度の航走観測をフリーマントル・昭和基地沖・シドニー間の南大洋で実施し、平成 6 年からは赤道域の観測にも導入した。同年 7 月～ 9 月に凌風丸で実施した世界気候研究計画（WCRP）の国際共同研究「世界海洋循環実験計画（WOCE）」の P09 ワンタイム観測では、

東経 137 度観測定線における各層採水による全炭酸濃度の断面分布観測に成功した。平成 16 年には､分光光度法による高精度の全アルカリ度分析装置や pH 測定装置の開発にも着手した。これら一連の炭酸系測定装置は、凌風丸と啓風丸による現業海洋観測に導入され、CO_2 分圧の観測データとともに、海洋炭素循環の変動、人為起源 CO_2 の蓄積、海洋酸性化などの実態解明に活用されている。研究成果の多くは、令和 3 年 8 月に公開された IPCC 第 6 次評価報告書にも引用された。これらの観測実績により、地球化学研究部は平成 25 年に公表された太平洋の海洋炭酸系データプロダクト PACIFICA の作成に中心的な役割を果たした。その後、PACIFICA は全海洋の炭酸系データプロダクト GLODAPv2 に引き継がれ、更新されながら国際的に活用されている。

【第 7 節】地震津波研究部

1．昭和～平成初期の研究活動

地震津波研究部は、昭和 21 年 2 月に中央気象台研究部に創設された地殻物理研究室を源流とする。地殻物理研究室は昭和 24 年 11 月にいったん廃止されたが、地震研究室として昭和 27 年 8 月に復活し、昭和 31 年 7 月には 2 研究室から成る地震研究部に改めた。

昭和 40 年度に国の地震予知計画が開始され、当研究部は地震計感部の地下埋設による SN 比改善の研究を行い、その成果は地震観測業務に広く活用された。昭和 44 年度からの第 2 次地震予知計画では全国に展開された磁気テープ記録式地震計の膨大な記録を処理する業務用地震観測処理装置の開発を行い、昭和 49 年度以降気象庁で業務化された。昭和 47 ～ 48 年度に開発を行った埋込式体積ひずみ計は、第 3 次地震予知計画で気象庁が東海・南関東地域に展開し、実用化された。

昭和 49 年 4 月、地震研究部は名称を地震火山研究部に改めた。同年度からの第 3 次地震予知計画では海底地震常時観測システムの開発に取り組んだ。この研究は 5 か年計画で気象庁の業務観測に移行することのできる本格的なケーブル式海底地震計システムを開発製作し、近い将来に大地震の発生が懸念されている東海沖に敷設するというもので、昭和 54 年 4 月には日本初のケーブル式海底地震観測システムとして気象庁の業務観測に組み入れられた。

昭和 54 年度からは第 4 次地震予知計画に基づき特別研究「地震予知に関する実験的並びに理論的研究」（昭和 54 ～ 58 年度）を実施した。この研究の成果は、気象庁本庁の地震活動等総合監視システム（EPOS）や、管区気象台及び沖縄気象台の地震津波監視システム（ETOS）の導入につながった。また、サーボ型加速度計を採用した広ダイナミックレンジの強震計の開発を行い、昭和 63 年度以降 87 型強震計として気象庁で業務化された。

昭和 59 年度からは特別研究として直下型地震予知の実用化に関する総合的研究を 2 期 10 年にわたって実施した。この研究を推進するため、昭和 58 年 10 月と昭和 59 年 10 月に 2 研究室が増設された。本震－余震型など地震活動の推移の分類に関する解析の成果は、その後、地震調査委員会による「余震の確率評価手法について」報告書（平成 10 年 4 月）に寄与し、気象庁が大地震後に呼びかける余震確率を用いた注意喚起に活用された。

2．兵庫県南部地震後の研究活動（平成 7 年～平成 22 年）

平成 7 年 1 月 17 日、平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震が発生して大きな被害をもたらし（阪神・淡路大震災）、我が国の地震防災対策の見直しが迫られた。第 7 次まで進められてきた地震予知計画は地震予知のための新たな観測研究計画（平成 10 年 8 月建議）に改められ、地殻活動のモニタリングの高度化とシミュレーション手法の開発を目指すこととなった。東海地震についても、大規模地震対策特別措置法の制定（昭和 53 年 6 月）から約 20 年が経過し、この間の観測データの蓄積や解析の進展を踏まえた上で、最新の地震学の知見を取り入れた研究が求められるようになった。そこで地震火山研究部は特別研究「地震発生過程の詳細なモデリングによる東海地震発生の推定精度向上に関する研究」（平成 11 ～ 15 年度）を開始した。プレート境界面の摩擦則を取り入れた三次元数値モデルによる地震発生シミュレーションによってプレート間で発生する様々な現象を再現し、発生条件や要因を探る研究に取り組み、東海地震の繰返し間隔、平成 13 年に初めて報告された浜名湖付近の長期的ゆっくりすべりの再現などを行った。また、昭和 19 年東南海地震の津波観測値から推定された震源域は、東海地震の想定震源域見直し（平成 13 年 10 月）に役立てられた。東海地震の監視技術と予測精度の向上に関する研究は平成 16 年度以降も引き続き実施され、ひずみ計への降水影響の補正の改善に寄与するなどした。さらに、対象領域を東南海・南海地震の震源域に拡大した地震発生シミュレーションによる連動性の評価、3 次元地震波速度構造に基づくフィリピン海プレートの統一的な形状の推定などを行った。

平成 19 年 10 月の緊急地震速報の開始と同年 12 月の気象業務法の改正（地震動及び火山現象の予報及び警報の実施）にあわせ、地震火山研究部の所掌に地震動の予報の研究が加えられた。緊急地震速報の高度化に関する研究を開始し､観測データから求めた観測点増幅度によって震度予想の精度を向上した成果は平成 24 年 10 月、業務に導入された。

津波研究では、量的津波予報（平成 11 年 4 月開始）に先立つデータベースの作成において、遠地津波のモデル開発や計算などの作業を分担して行った。

3．東北地方太平洋沖地震後の研究活動（平成 23 年～）

平成 23 年 3 月 11 日、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震が発生し、東北・関東地方の太平洋沿岸を中心に大きな津波被害を生じさせた（東日本大震災）。この巨大地震と津波に関してあらわになった地震津波業務全体にわたる様々な課題に取り組むこととなった。

地震火山研究部は､折しも重点研究「海溝沿い巨大地震の地震像の即時的把握に関する研究」（平成 22 ～ 27 年度）を開始したところであった。気象庁が初期段階においてこの巨大地震の規模を過小評価した課題に取り組み、地震波の長周期成分の監視、周期 100 秒までの様々な周期帯でのマグニチュード推定、強震動継続時間に基づく断層長推定など様々な地震規模の即時的推定手法を開発した。それらの手法の一部は平成 25 年 3 月から津波警報業務に取り入れられた。

地震動即時予測に関する研究では、巨大地震の震源域が広範囲に及ぶ場合やその発生時に強い揺れの地域が広範囲にわたる場合、あるいは異なる場所で地震が時間的に連続発生する場合でも的確な震度予測を行うための研究を行った。そして、震源とマグニチュードによらずに揺

れの伝播状況を実時間で把握して震度予測を行う新たな手法を開発した。平成 30 年 3 月に緊急地震速報の震度予想手法に導入された PLUM 法はこの考えに基づいている。

津波即時予測に関する研究では、沖合の津波観測データを用いて沿岸の津波の高さを精度よく予測する新たな手法（tFISH）を開発した。この手法は平成 31 年 3 月から津波警報の更新に活用されている。またこの間、平成 26 年 4 月に地震火山研究部（4 研究室）を地震津波研究部（4 研究室）と火山研究部（2 研究室）に再編し、津波に関するより専門的かつ高度な研究開発を実施する体制を整備した。

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震は東海地震予知業務にも変革を迫ることになり、平成 23 年 8 月から平成 29 年 8 月にかけて内閣府が行った南海トラフ地震対策に関する様々な検討を経て、気象庁は平成 29 年 11 月から東海地震に関連する情報に代えて南海トラフ地震に関連する情報を発表することになった。この情報の適切な発表に寄与するため、地震津波研究部は平成 28 年度から南海トラフ沿いのプレート間固着状態監視、南海トラフ地震の地震像やゆっくりすべりの即時把握の研究に取り組んでいる。

【第 8 節】火山研究部

火山活動の監視・評価及び予測技術に関する研究を担う火山研究部は、地震津波研究部と同様、地震火山研究部（昭和 49 年 4 月に地震研究部から改組）の廃止に伴い、平成 26 年 4 月に新設された。

昭和 48 年 6 月に文部省測地学審議会により建議された「火山噴火予知計画の推進について」（現 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画）及び同年 7 月に公布された「活動火山周辺地域における避難施設等の整備等に関する法律」（現 活動火山対策特別措置法）に即して翌年改組された地震火山研究部の時代は、火山噴火予知・現業監視等に関する研究を 1 研究室体制で担っていた。その後、内閣府の「大規模火山災害対策への提言」（平成 25 年 5 月）を受けて翌年設置された火山研究部は、地球物理学的手法による火山活動の監視・評価技術を研究する第一研究室と大規模噴火現象も含む火山噴出物の監視・予測技術を研究する第二研究室の 2 研究室体制になった。しかし、第二次世界大戦後我が国最多の人的災害をもたらした平成 26 年御嶽山噴火を受けた火山噴火予知連絡会等からの提言・報告を踏まえ、手がかりの少ない水蒸気噴火の前兆を捉えるために、平成 28 年 4 月に地球化学的手法による火山活動の監視・予測技術を研究する第三研究室を新たに設置した。さらに、同年 7 月には各地域火山監視・警報センターにそれぞれ第一研究室の札幌・仙台・東京・福岡分室を設置し、研究官の駐在が始まった。駐在した研究官は、担当する課題や地域の火山活動に関する研究を進めるとともに、各センターの火山活動監視及び評価業務の支援や職員の技術力向上に貢献している。現在 3 研究室体制で下記各項に関する研究を行っている。

1．地球物理学的手法による火山活動の監視及び評価技術

火山分野における地球物理学的手法による研究では、測器開発も含めた観測技術、データ解析技術のほか、気象庁における火山活動の監視・評価・予測に関わる技術開発を行っている。

（1）観測技術

昭和 49 年の地震火山研究部への改組とともに開始した特別研究「火山噴火予知の研究」（昭和 49 ～ 53 年度）では、桜島、阿蘇山、伊豆大島、浅間山、有珠山等の活火山において火口地形測量、光波測距、傾斜計による地殻変動観測や空中熱赤外観測を実施し、これら観測手法の火山噴火予知への有効性についての研究を行った。これら観測手法はいずれも当時の気象庁の定常的な火山観測業務にはないものであり、その後適宜業務化されている。これに引き続く特別研究「火山噴火現象監視に関する研究」（昭和 55 ～ 58 年度）では、遠隔観測（リモートセンシング）による火山の表面現象の定量的把握に関する研究、火山用長周期地震計によるマグマの動向把握に関する研究、火山用体積歪計の開発を行った。いずれも測器の開発を伴う火山観測手法が主体の研究であった。

その後、時期により地震、各種地殻変動、重力、全磁力、自然電位、熱等の観測種目に変遷があるものの、現在に至るまで一貫して野外での観測研究を行っている。この中には気象研究所において新たに導入した観測種目も多く、このうち気象庁における火山活動の監視・評価業務へ大きく寄与してきたものとして、GNSS（全球測位衛星システム）及び SAR（合成開口レーダー）が挙げられる。気象研究所では経常研究「火山の噴火機構と活動予測に関する基礎的研究」（平成 8 ～ 12 年度）において、低消費電力の 1 周波型 GPS（以下「GNSS」に統一して表記する。）受信機を開発し、有珠山や磐梯山などにおいて実用性を検証した。GNSS は、平成 14 年から業務を開始した火山監視・情報センターにおいて全国的に火山監視項目として導入された。現在、気象庁における GNSS 連続観測点はすべて 2 周波あるいはマルチ GNSS に置き換えられているが、1 周波 GNSS は気象庁連続観測に用いられた他、低消費電力・軽量ゆえの機動性を生かし、火口近傍のみでしか検出できない地殻変動を見出すなど、監視・評価業務において一定の役割を果たしてきた。特別研究「マグマ活動の定量的把握技術の開発とそれに基づく火山活動度判定の高度化に関する研究」（平成 18 ～ 22 年度）では、SAR データを用いた解析を全国の活火山に適用した。平成 23 年霧島山（新燃岳）噴火の際には火口内に蓄積する溶岩を検出し警報発表に貢献したほか、離島等の観測手段の限られる火山での活動状況の把握等でその有用性を示し、火山噴火予知連絡会での活動評価に役立てられてきた。

ドローンを活用した火山観測については、令和元年度に始まる気象庁火山業務における活用を受け、経常研究「火山活動の監視・予測に関する研究：副課題 1（地殻変動観測等に基づく火山活動評価）」（令和元～ 5 年度）にて、空中熱赤外観測の技術開発を行った。

これら各種観測は全国の火山において実施してきたが、特別研究「マグマ活動の定量的把握技術の開発とそれに基づく火山活動度判定の高度化に関する研究」（平成 18 ～ 22 年度）において、伊豆大島に光波、傾斜、GNSS の稠密（ちゅうみつ）な連続観測網を展開したことを契機に同火山を主対象とすることとなり、観測種目を変えながらも、現在に至るまで継続的に観測研究を実施している。

（2）データ解析技術

地震火山研究部発足当初は、観測技術の開発に主眼を置いていたものが、その後は取得データの定量的解析やそれによる火山現象の解明や監視技術開発に重きを置いた研究を進めるようになった。経常研究「火山活動におけるエネルギー放出機構に関する研究（昭和 61 ～平成 2

年度）や経常研究「火山活動度の定量化に関する基礎的研究」（平成 3 ～ 7 年度）では、火山性微動に伴うエネルギー放出量の推定、爆発地震の発震機構の解明、火砕流発生・流下の監視技術等、特に地震動データを用いた研究を精力的に進めた。特に、長周期地震計や広帯域地震計のデータを活用した波形インバージョン解析による火山性地震のメカニズムの研究は、1980 ～ 90 年代に気象研究所によってリードされた。

特別研究「火山活動評価手法の開発研究」（平成 13 ～ 17 年度）では、地殻変動をはじめとするデータ解析技術の開発や汎用ソフトウェアの作成を精力的に進めた。データ解析技術としては、有限要素法による火山地形、不均質媒質、変動源形状を反映させた力学的な数値モデルを作成するとともに、実データへの適用を進めた。このような地形や変動源形状を考慮した地殻変動源解析技術は、経常研究「火山活動の監視・予測に関する研究：副課題 1（地殻変動観測等に基づく火山活動評価）」（令和元～ 5 年度）においても境界要素法を用いたデータ解析として引き継がれ、「次世代火山研究推進事業」（平成 28 ～令和 7 年度）の課題 C-3「シミュレーションによる噴火ハザード予測手法の開発」と連携しながら研究開発を進めている。また汎用ソフトウェアとしては、「火山用地殻活動解析支援ソフトウェア（MaGCAP-V）」として多項目データに対応した統合解析ツールを開発し、その後の気象庁の火山業務や気象庁外の研究機関において広く活用されている。後年の研究計画においても継続的に機能を追加し、GNSS、光波、SAR 等の地殻変動、全磁力、重力等のデータを解析するためのインターフェイスを提供している。

火山活動に伴う異常検知能力向上の観点で、観測データに含まれるノイズ除去の技術開発にも取り組んだ。気象庁の数値気象モデルを活用した光波測距、GNSS、SAR といった地殻変動観測データについての対流圏遅延補正技術の開発は、特別研究「マグマ活動の定量的把握技術の開発とそれに基づく火山活動度判定の高度化に関する研究」（平成 18 ～ 22 年度）や重点研究「気象観測技術等を活用した火山監視・解析手法の高度化に関する研究」（平成 21 ～ 25 年度）において開始し、その後の研究計画においても継続的に進めてきた。このうち、光波測距については既に業務実装され、SAR についても経常研究「火山活動の監視・予測に関する研究：副課題 1（地殻変動観測等に基づく火山活動評価）」（令和元～ 5 年度）において実用化に達した。また、タンクモデルを用いた傾斜計の降水補正について、重点研究「地殻変動観測による火山活動評価・予測の高度化に関する研究」（平成 26 ～ 30 年度）において技術開発を行い、令和 6 年度に運用を開始した火山監視情報システム（VOIS4）に実装された。

（3）火山活動監視・評価・予測技術

的確な火山情報を発表するためには、観測技術、データ解析技術のほかに、火山現象の理解・解明や火山学的知見に基づいた観測データの整理・解釈と、それらを監視・評価・予測へ適用するための技術開発が必要である。

火山観測には様々な手段があるが、多項目の観測データを統合して火山の地下過程の解明を目指した研究として、安達太良山を対象とした経常研究「火山活動に伴う自然電位、重力変化等の観測・解析に関する基礎的研究」（平成 13 ～ 17 年度）が挙げられる。GNSS、地磁気、自然電位、重力、熱観測とともに、数値シミュレーションを実施し、同火山地下の熱水系の解明とそれに伴う火山現象の発生機構の解明に取り組んだ。

気象庁火山業務における大きな転換点として、平成 19 年の噴火予報及び警報の発表開始、噴火警戒レベルの導入が挙げられる。特別研究「マグマ活動の定量的把握技術の開発とそれに基づく火山活動度判定の高度化に関する研究」（平成 18 ～ 22 年度）においては、全国の火山で観測された地殻変動について、変動源の膨張量（率）や深さ等を網羅的に整理・分類するとともに、膨張率と地震活動との相関を提示した。これらの結果は、その後の気象庁における地殻変動観測に基づく火山活動監視・評価のための視点を提示するものとなった。

令和 3 年度で全国 50 の常時観測火山のうち硫黄島を除く 49 火山において噴火警戒レベルの導入は完了し、現在は火山活動評価の高度化と噴火警報の一層的確な運用が求められている。この点を踏まえ、令和 6 年度からは経常研究「火山活動の監視・評価及び予測技術に関する研究：副課題 1（地球物理学的手法による火山活動の監視及び評価技術）」（令和 6 ～ 10 年度）において、多項目データの整理・解析を通じ、監視業務や噴火警戒レベルの判定基準等の活動評価・予測技術の高度化に資するとともに、監視データによる迅速な異常検知と活動状況把握、これらに基づく的確な噴火警報発表への寄与を目指した研究を実施している。

また、長年観測研究に取り組んできた伊豆大島では、地殻変動観測によりマグマ蓄積によると考えられる山体膨張を捉えるとともに、経常研究「火山活動の監視・予測に関する研究：副課題 1（地殻変動観測等に基づく火山活動評価）」（令和元～ 5 年度）においては、既存知見の整理や気象研究所独自観測に基づいて、噴火警戒レベルの判定基準に挙げられる現象の背景の理解や監視評価視点のための概念モデルを構築した。概念モデルに基づき、マグマ蓄積期のマグマ・揮発性成分の収支に関する諸量の定量化を行うとともに、将来の噴火に向けてマグマ上昇を検出するための手法開発等を行っている。

2．地球化学的手法による火山活動の監視及び評価技術

火山の地球化学的な研究は、気象研究所設置以来ほぼ行われてこなかった。しかしながら、平成 9 年には、八甲田山、安達太良山や阿蘇山でのガス事故が続いたため、科学技術振興調整費「火山ガス災害に関する緊急研究」（平成 9 年度）が行われ、気象研究所は「火山ガスの現地観測技術の高度化に関する研究」を担った。さらに、平成 12 年三宅島噴火では、一時避難した住民の帰島が長期間困難となるほどの多量の二酸化硫黄の放出が噴火後も継続した。気象研究所は、気象庁及び地質調査所（現 産業技術総合研究所地質調査総合センター）と共同し、三宅島での上空からの観測を重ね、ヘリコプターを使用した火山ガス組成比（二酸化炭素/二酸化硫黄など）の観測・解析手法を確立した。この成果は後に業務展開された多成分火山ガス観測装置へとつながった。

平成 26 年御嶽山噴火の災害を受けた火山噴火予知連絡会の提言に基づき、平成 28 年 4 月に火山研究部第三研究室を設置し、火山ガスに関連する研究（地球化学的研究）の体制を整備した。

重点研究「火山ガス観測による火山活動監視・予測に関する研究」（平成 28 ～ 30 年度）では多成分火山ガス観測装置や土壌ガス観測装置、二酸化硫黄紫外線分光計などによる観測研究を開始するとともに、火山化学実験室も整備し、火山ガスや熱水、火山灰などの化学分析を開始した。この間、平成 30 年に草津白根山（本白根山）で犠牲者を伴う噴火が発生した際には、

降灰直後の火山灰を分析することで当該噴火が水蒸気噴火であり、山体内には熱水変質帯が存在していたことを明らかにした。また、同年には霧島山（硫黄山）で噴火が発生し、この前後で硫黄山周辺の熱水や火山ガスに顕著な変化が起きていることを火山噴火予知連絡会などに報告した。

経常研究「火山活動の監視・予測に関する研究：副課題２（化学的手法等による火山活動監視）」（令和元～５年度）では、草津白根山に位置する活動的火口湖“湯釜”の湖水分析に基づき、湯釜火口周辺で起きてきた水蒸気噴火の発生機構や火口湖直下の熱水系のモデルなどを提案した。現在、湯釜火口湖の化学組成の観測結果は当該火山の噴火警戒レベルの判定基準としても取り込まれている。また、監視に用いられている多成分火山ガス観測装置データの補正手法開発に取り組むとともに、二酸化硫黄放出率の連続把握技術の開発研究にも着手した。

令和６年度からは経常研究「火山活動の監視･評価及び予測技術に関する研究:副課題２（地球化学的手法による火山活動の監視及び評価技術）」（令和６～10年度）において、繰り返し水蒸気噴火を起こす火山を主な対象とした火山ガスや熱水の直接採取・分析に基づく地球化学的研究を基礎とし、より簡便で迅速な火山ガス観測装置の開発にも取り組むとともに、地上や衛星観測を用い二酸化硫黄放出率の監視技術を高度化することで、マグマ噴火卓越型火山のマグマ活動推移の可視化に取り組んでいる。

３．遠隔観測と数値モデルによる火山噴出物の監視及び予測技術

リモートセンシングによる火山噴出物の監視技術に関する研究のうち、気象衛星の画像データを用いた研究は、経常研究「人工衛星による映像の火山観測への利用に関する研究」（昭和55～57年度）及び経常研究「衛星画像による火山活動検出に関する研究」（昭和58～60年度）において、「ひまわり初号機（GMS）」により比較的規模の大きな噴火に伴う噴煙及び拡散を検出できたことに始まる。「ひまわり」の更新とともに、昭和61年伊豆大島噴火の「ひまわり３号」における噴煙の位置ズレ補正、平成３年のピナトゥボ火山噴火の「ひまわり４号」による傘型噴煙の解析などを通じて、噴煙の検出・追跡方法が確立され、衛星画像による噴煙の監視方法は航空路火山灰情報業務において現業化された。他方、気象レーダーのエコーデータを用いた研究に関しては、以前にも昭和52年有珠山噴火や先述の伊豆大島噴火、平成３年雲仙岳噴火などの際に、各地の一般気象レーダーや富士山レーダー、空港気象レーダーによる現業観測で噴煙エコーが捉えられていた。気象レーダーが火山噴出物の監視にどの程度利用できるのか検証するとともに、特に火山灰の輸送過程の解明を目標として、気象研究所が経常研究「火山の噴火機構と活動予測に関する基礎的研究」（平成８～12年度）において、可搬型ドップラーレーダーを桜島周辺に設置して研究観測したのは平成８年７月が最初である。この観測期間中の噴火活動は低調であったが、南岳山頂火口から上昇した弱い噴煙エコーを解析した結果、火山灰が上昇・下降に伴い水膜に覆われたり併合・成長したりする過程で反射強度が変化することを確認した。

また、空振観測による火山噴火の監視技術に関する研究では、平成18年３月末まで、核実験探知を目的として全国の気象台に設置された微気圧計などで観測された波形データを用いて、昭和55年のセント・ヘレンズ噴火による気圧波の解析的な研究などを行った。しかし、核実験探知用の微気圧計や大気観測用の気圧計の周期特性は火山近傍でより短周期の空振を観測するには適さない。そのため、気象研究所では超低周波マイクロフォン（以下「空振計」という。）による観測研究を開始し、地方共同研究「桜島および霧島山火山活動の特性の解明」（平成５～７年度）において、空振計を桜島島内に設置して爆発的噴火の検知に有効なことを示し、その後の気象庁における常時観測点の増設につながった。この間、科学技術振興調整費「雲仙岳のマグマ活動に伴う諸現象に関する緊急研究」（平成３年度）や経常研究「火山活動度の定量化に関する基礎的研究」（平成３～７年度）では、空振計の多点観測による波源決定により、溶岩の崩落場所や火砕流の流走経路を同定し、同方法は平成12年有珠山噴火でも活用された。平成８～10年度には科学技術振興調整費（国際共同研究総合推進制度（二国間型））「火山性震動と噴煙に関する研究」において、カムチャツカ半島のカリムスキーなどで噴煙観測、地殻変動観測、全磁力観測とともに地震・空振観測を行い、桜島や諏訪之瀬島の噴火と似た特徴を持つことなどを明らかにした。

火山の監視・予測に大気の観測・予報技術を応用することを主題とする研究課題は、融合型経常研究「火山観測データの気象補正等による高精度化に関する研究」（平成18～20年度）から本格的に始まり、空振の伝搬に影響する上層風を考慮して波源の決定精度を向上させることなどを行った。続く重点研究「気象観測技術等を活用した火山監視・解析手法の高度化に関する研究」（平成21～25年度）からは、平成12年三宅島噴火の際に実施された火山ガスシミュレーションの研究などに基づき、新たに全球及び領域移流拡散モデルによる浮遊火山灰及び降灰予測技術の研究開発が始まった。この間、科学技術振興調整費「平成23年霧島山新燃岳噴火に関する緊急調査研究」（平成22年度）に参加し、連続的噴火に伴う噴煙高度の時間変化は、監視カメラでは十分観測できない場合でも気象ドップラーレーダーでは観測可能であること、運輸多目的衛星（MTSAT-2）と待機衛星（MTSAT-1R）の高頻度観測による火山灰雲の雲頂高度と整合すること、そして領域移流拡散モデルの初期値に適用することにより降灰予測の精度が改善し、降礫予測も可能であることなどを、現地で行った監視カメラによる画像データや降灰調査による観測データなどとともに示した。これらの研究成果は、平成24年度の降灰予報の高度化に向けた検討会及び翌25年度にかけて火山噴火予知連絡会の火山活動評価検討会での噴火現象の即時的な把握手法についての検討に活用され、平成27年３月の降灰予報の高度化（量的降灰予報）につながった。

平成26年４月に火山研究部が発足し、火山噴出物に関する研究を所掌する第二研究室が設置されると、同年から始まった重点研究「大規模噴火時の火山現象の即時把握及び予測技術の高度化に関する研究」（平成26～30年度）において再度、桜島周辺にKuバンド高速スキャンレーダーとXバンドMPレーダーを設置して研究観測を行い、噴煙の詳細な内部構造の時間変化を捉えるとともに、続く経常研究「火山活動の監視・予測に関する研究：副課題３（火山噴出物の監視技術とデータ同化に基づく輸送予測）」（令和元～５年度）にかけて、気象レーダーを用いた噴煙高度の確率的推定手法と火山噴出物の定量的推定手法を開発した。また火山噴出物の予測技術については、全球及び領域移流拡散モデルを統一した気象庁移流拡散モデル（JMA-ATM）を新たに開発し、気象衛星・レーダーの観測データからJMA-ATMの初期値を作成する火山灰データ同化システムとともに、令和３年３月に降灰予報及び航空路火山灰情

報の計算を行う気象庁スーパーコンピュータシステム（NAPS）に導入して現業化した。その後、海域で発生した令和３年福徳岡ノ場と令和４年フンガ・トンガ－フンガ・ハアパイ火山の大規模噴火について、気象衛星による噴火規模の即時的推定の技術開発に向けた「ひまわり８号」の位置ズレ補正した画像解析などを行った。

令和６年度からは、経常研究「火山活動の監視・評価及び予測技術に関する研究：副課題３（衛星解析等による火山噴出物の濃度・確率予測技術）」（令和６～10年度）において、二重偏波気象ドップラーレーダーによる噴煙解析、「ひまわり９号」による浮遊火山灰の濃度解析やアンサンブル予報による確率予測などの研究開発を進めるとともに、「次世代火山研究推進事業」（平成28～令和７年度）の課題C-3「シミュレーションによる噴火ハザード予測手法の開発」とも連携して、風の影響や傘型噴煙の力学を考慮した噴煙モデル（NIKS-1D）を新規開発して大規模噴火を想定した降灰シミュレーションを実行している。

【第９節】応用気象研究部

「応用気象」が組織上の名称として現れたのは、昭和17年である。当時、中央気象台の内部部局に研究部が設置され、６つの研究室の一つとして応用気象研究室が置かれた。当時の研究内容は物理気象に関するものであった。その後気象研究所の設置などいくつかの変遷を経て、昭和31年、気象研究所が部制となり、応用気象研究部が誕生した。

１．黎明期の応用気象研究部

昭和30年代から昭和50年代にかけての高度経済成長期には、工業化に伴う影響が顕在化し公害が社会問題となっていった。そのため、大気汚染・拡散の研究や、大気汚染源の排出規制の問題に関連した濃度シミュレーションモデルの開発にも力を入れるようになった。その間、これまでの主な研究分野であった衛生気象学は生気象学・環境気象学の分野に進化した。これにより、気象に対する生体の反応や気候と病気の関係など新しい分野が開拓された。また、雲物理学的研究においては大気中の凝結核や氷晶の形成が取り入れられ、大気中の核実験に起因する放射性塵の研究や人工降雨の実験が行われた。さらに、筑波移転を機に更新された電子顕微鏡や、昭和62年度の補正予算で整備されたライシメータ（接地気象観測装置）などを活用して霧の制御や吸湿性粒子物質を考慮した大気・地表面相互作用の研究、大気境界層における水循環の研究を行った。

２．環境・応用気象研究部への改組

昭和60年代後半から、温室効果ガスによる地球温暖化やフロンガスによるオゾン層の破壊など、地球規模での環境問題が表面化し、広く認識されるようになった。このような状況に対処し、環境気象研究の一層の拡充を図る目的で、平成９年、応用気象研究部は旧物理気象研究部の一部と合併し、環境・応用気象研究部に改組された。主な研究分野は、大気環境関連の研究、陸面過程の水・熱収支に関する研究、都市を含む局地気象に関する研究、地域気候モデルによる日本域の気候変動予測に関する研究である。

大気環境関連の研究としては、大気中のオゾン・エーロゾルの変動とその原因をもたらす物質について、昭和40年代から継続してきた観測研究を行い、航空機やゾンデ、リモートセンシングを駆使した野外観測を、測候所、地方官署などと協力し実施した。また、平成２年から平成11年度にかけて西太平洋域のエーロゾルやオゾン等大気化学に関する航空機観測を実施し、海塩粒子の組成が大気中で変質する様子を観測することに成功した。様々な地域の上空で採集されたエーロゾル粒子の組成・性質は、分析用電子顕微鏡を用いて調査し、その変質過程が明らかになった。

さらに、平成10年代後半には、オゾンやエーロゾルなどの大気微量物質の挙動を監視・予測するための数値モデルの開発が行われ、気象研究所エーロゾルモデル（MASINGAR: Model of Aerosol Species in the Global Atmosphere）が完成した。MASINGARは、非海塩起源硫酸塩、炭素系、鉱物ダスト、及び海塩由来のエーロゾルを含み、移流や拡散、地表面からの放出、乾性・湿性沈着、化学反応などのプロセスを扱う。MASINGARと気象研究所化学気候モデル（MRI-CCM: Meteorological Research Institute Chemistry-Climate Model）が、大気海洋結合モデル（MRI-CGCM3: MRI Coupled Global Climate Model 3）と結合して地球システムモデル（MRI-ESM1: Earth System Model 1）が構築された。これによりオゾン、エーロゾル、物質循環の大気・海洋に与える影響を包括的に扱うことが可能になった。

陸面過程の水・熱収支に関する研究としては、多様な地表面における水・熱の交換過程を明らかにするために、森林、乾燥域、草地などで観測を実施し、バルク法を基礎とした水・熱輸送のパラメータ化を行った。平成16年には三上正男主任研究官らによるタクラマカン砂漠における長年の現地観測を中心とした研究活動が評価され、中国から友誼（ゆうぎ）賞、天山賞が授与された。

局地気象に関する研究としては、平成８年度から関東地方における霧やもやに伴う下層雲の出現頻度や統計的特性を明らかにした。また、分解能10km、7km、5kmの非静力学モデル（NHM: Non-hydrostatic Model）による関東地方の局地前線のシミュレーションを行い、その発生機構を調査した。さらに、平成10年代から開発が進められてきた、都市域の地表面過程を表現可能な都市キャノピースキーム（SPUC: Square Prism Urban Canopy scheme）については、平成20年代にNHM、及び非静力学地域気候モデル（NHRCM: Non-hydrostatic Regional Climate Model）に組み込むことに成功した。また、SPUCスキームは気象庁ヒートアイランド監視モデルにも採用され、「ヒートアイランド監視報告」へ貢献した。その後更に改良を進め、文部科学省・気候変動リスク情報創生プログラム（平成24～28年度）において、高度化したSPUCとWBGT（熱中症指数）診断スキームを実装した2km分解能NHRCMによる温暖化予測実験を行った。

日本域の気候変動予測に関する研究のための地域気候モデルRCM（Regional Climate Model）の開発は、平成に入る頃から開始された。RCMは、当時の気象庁の現業モデルJSM（Japan Spectral Model）を長期積分用に改良したもので、全球モデル（緯度4°×経度5°）にJSM120（分解能120km）、さらにJSM40（分解能40km）と多重ネスティングが行われた。RCMによる日本域の温暖化予測結果は、気象庁温暖化予測情報第４巻（平成13年度）に掲載され、以降は毎回の気象庁温暖化予測情報にRCMの結果が掲載されるようになった。その

後も、陸面植生モデルの導入や、NHM をベースとした非静力学地域気候モデル NHRCM が開発され、高分解能化が進んだ。平成 17 年度には各研究部から横断的にメンバーが組織され、気象庁地球環境・海洋部気候情報課からもメンバーが加わり、重点研究「温暖化による日本付近の詳細な気候変化予測に関する研究」（平成 17 ～ 21 年度）が始動した。本研究で得られた成果は、21 世紀気候変動予測革新プログラム（平成 19 ～ 23 年度）や、地球環境総合推進費による温暖化影響評価のためのマルチモデルアンサンブルとダウンスケーリングの研究（平成 19 ～ 23 年度）の推進に寄与した。その間にも地域気候モデルは発展を続け、高分解能化（5km、2km、1km）、陸面過程の改良などのモデルの高度化が図られた。

平成 20 年代後半には、気候変動予測とそれに伴う不確実性の定量評価のため、数千年分にも及ぶ大規模アンサンブル実験（d4PDF: database for Policy Decision making for Future climate change）が実施された。これは文科省・気候変動リスク情報創生プログラム（平成 24 ～ 28 年度）における成果であり、当研究部からの大きな貢献によるものである。d4PDF の 20km、5km 大規模アンサンブル過去実験では、従来、評価が困難であった顕著現象の発生確率の変化などが明らかになった。これらのデータセットは公開され、治水、農業、生態系、観光分野など様々な分野で利用されている。

3．再び応用気象研究部へ

温暖化を巡っては、平成 30 年に「気候変動適応法」が施行され、効果的な防災対策につながる気象情報の提供や気候の変化による影響・リスクの評価、さらに社会経済活動での気象・気候情報の利活用促進などが求められるようになった。令和元年、環境・応用気象研究部は、組織改編により再び応用気象研究部となり、時間的にシームレスな気象予測の災害・交通・産業への応用に関する研究を行うようになった。これまでの大気環境関連の研究は、新組織の全球大気海洋研究部に引き継がれた。主な研究分野は、地域気候モデルの予測結果の信頼性向上に関する研究、防災・交通分野への気象情報の利活用に関する研究、産業活動のための気候リスク管理に関する研究である。

地域気候モデルに関する研究では、従来の NHRCM の高度化に加え、気象庁現業モデルである asuca にスペクトルナッジングを導入するなど、長時間積分可能な気候モデルとして実行環境を整備した。さらに計算処理速度の高速化、モデル性能向上のための改良などを続けている。また、都市キャノピースキーム（SPUC: Square Prism Urban Canopy scheme）を asuca に移植する計画も進行している。また、モデル結果の再現・予測結果に対する信頼性評価のため、異なる分解能の NHRCM による風の再現性についての調査や、降水バイアスの原因の一つとされる積雲パラメリゼーションのパラメータの影響など詳細な調査を進めた。

NHRCM を用いた d4PDF に関連する研究は引き続き行われ、統合的気候モデル高度化研究プログラム（平成 29 ～令和 3 年度）、気候変動予測先端研究プログラム（令和 4 ～ 8 年度）への貢献へとつながっている。

防災・交通分野への気象情報の利活用に関する研究では、大雨、台風、高潮・高波などの顕著な現象に対する防災気象情報の拡充、予報精度の向上にむけて、数値予報データ等を利用し、防災業務に関連するプロダクトや新たな予報ガイダンスの開発に取り組んでいる。これまでに、世界各国の全球アンサンブル予測値を活用し、台風の予測進路の不確実性を考慮し、予測のばらつきに応じて予報円を動的に変化させる手法を開発した。この成果は、気象庁アジア太平洋防災センターに共有され、気象庁の発表する台風予報に令和元年の台風シーズンから導入された。また、気象庁がキキクルで発表している洪水予測情報の高度化に向けて、融雪などを考慮した洪水予測モデルの改良や次世代洪水予測モデルの開発、粒子フィルターによる水位同化手法の開発などにも取り組んでいる。さらに、沿岸域の防災情報改善のため、潮位や高潮、波浪等の関連する個別の様々な現象を統合した総合的な水位により、沿岸災害リスクを評価する手法の開発も開始した。

産業活動のための気候リスク管理に関する研究では、これまでに、週間～季節予測情報を利活用した気候リスク管理について関連研究機関や大学との共同研究を進め、再生可能エネルギー分野や洪水予測分野で成果を上げた。利活用の裾野を拡大するための簡便な手法として WMO が提唱する分野別気候指標を、官署データ及び AMeDAS データに対して算定し、気候変動の検出とその地域特性を調査した。また、この気候指標計算を客観解析データや JRA-55 再解析をダウンスケールしたデータに対しても行い、気候指標の変化の再現性を評価した。さらに、農業分野での気候予測情報の精度評価や、気候指標の利活用についての研究を進めている。

このように、応用気象研究部の研究は社会の要請や科学技術の発展を踏まえて変化しているが、近年は気象・気候予測に関する情報利活用とリスク管理を中心に、より実用的な研究に重点を置いている。

第３章　高層気象台

高層気象台は、気象台官制（大正９年８月公布の勅令第 294 号）により、文部大臣の管理に属する三つの気象台の一つとして、中央気象台、海洋気象台と並立する形で大正９年に茨城県筑波郡小野川村舘野（現在のつくば市長峰）に設置された。所掌事務は「高層気象の観測及び調査に関すること」であった。昭和 12 年 10 月には、埼玉県児玉郡本庄町上北原（現在の埼玉県本庄市）に本庄出張所が設置された（昭和 32 年９月に廃止）。昭和 14 年 10 月には、気象台官制を改めた気象官署官制（勅令第 740 号）により実施された気象事業の一元化により高層気象台は中央気象台の指導を受けることとなり、所掌事務は「(i) 航空気象の基礎的研究、(ii) 高層気象の観測、調査、報告及び研究、(iii) 超高層気象の観測、調査、報告及び研究」と定められた。昭和 31 年７月に運輸省設置法が改正され中央気象台は気象庁となり、同法（平成 13 年１月の中央省庁等の再編以後は国土交通省組織令）において気象庁の附属機関である高層気象台の所掌事務は「高層気象に関する精密な観測及び調査並びに高層気象に関する気象測器の試験及び改良」と定められた。また、気象庁組織規則において、下層気象、上層気象及び超高層気象、高層気象に関連する地上気象、並びに太陽及び大気の輻射（日射・放射）のそれぞれについて所掌事務の詳細が定められている。

以下、第１節で、高層気象台が設立された後、現在に至るまでの高層気象台のあり方に大きな影響を与えた国際地球観測年（IGY）までに行われた観測を概観する。第２節では、高層気象台が実施する観測についてその詳細を記載する。まず第１項で下層気象及び上層気象の観測として、ラジオゾンデを用いて行ってきた高層気象観測について記述する。超高層気象の観測対象としてきたのは大気中オゾンと紫外線であり、下層及び上層に存在するオゾンを観測対象とするオゾンゾンデ観測とともに第２項に記述する。第３項では日射・放射観測について記述する。第４項は下層大気の観測として、地上気象観測と、かつて下層気象の観測として行われていた係留気球観測及び地上オゾン観測について記述する。なお、第２節では各観測の手法の確立や改善等を目的に行われた調査や試験についても適宜触れている。最後の第３節では、試験・調査の結果の公表等、その他の取組について記述する。

【第１節】高層気象台の設立から国際地球観測年（IGY）まで

高層気象台で最初に観測が始まったのは地上気象観測（大正９年 11 月）で、続いて測風気球観測（大正 10 年４月）、凧、係留気球（大正 11 年７月）による高層気象観測が始まった。測風気球観測は、小型の気球を飛揚し、測風経緯儀で追跡して高層風を観測するものである。また、凧や係留気球による観測は、地表面とケーブルで係留された凧や気球によって気象測器を上空に運び、上空の気圧・気温・湿度等を観測するものである。気象測器を気球につるして飛揚し、気球破裂後にパラシュートで落下した測器を回収して高層の大気を観測する探測気球による高層気象観測は、高層気象台では大正 12 年に、本庄出張所では昭和 13 年に始まった。昭和 19 年 10 月には、気球につるした測器の測定値を無線で地上に送信するラジオゾンデによる高層気象観測を開始した。ラジオゾンデ観測の開始に伴い、探測気球による観測を高層気象台では昭和 19 年に、本庄出張所では昭和 24 年に終了した。また、凧や係留気球による観測も、ラジオゾンデ観測の開始に伴い終了した。気圧計と無線送信器等で構成される観測器（レーウィン）を気球につるして飛揚しその信号を無線方向探知機で追跡することにより、測風経緯儀による目視観測と比べ天候に左右されずに風を測定できる無線測風観測（レーウィン観測）については、昭和 19 年４月にレーウィン受信室を中央気象台布佐出張所から移設して研究を開始し、９月以降のレーウィンによる調査目的の観測を経て、昭和 23 年 11 月に観測を開始した。当初、レーウィン観測の感度が悪く観測可能高度も低かったことから、測風経緯儀による観測を併用した。

その後、発信器（ラジオゾンデ）は、レーウィン観測とラジオゾンデ観測を同時に行うレーウィンゾンデへと変わり、方向探知機についても、昭和 30 年に国産の D55A 型自動追跡記録型方向探知機が開発された。高層気象台では、これを用いた観測を昭和 32 年４月に開始するとともに、指向性の強い送信周波数 1,680MHz の RSⅡ56 型レーウィンゾンデが使用された。これらの技術の導入により観測精度が大きく向上し、同年９月に測風経緯儀による測風気球観測を終了した。

昭和 32 年７月から昭和 33 年 12 月にかけては、全世界の協力によって地球全面で同時に共同観測する国際地球観測年（IGY）が実施された。IGY では高層気象観測の観測時刻が世界的に標準化され、ラジオゾンデ観測を世界協定時の０時と 12 時（日本標準時では 09 時と 21 時）に実施することとなった。また、IGY 期間中は、ラジオゾンデ観測の到達目標気圧を 50hPa と定めて通常の観測よりも大型の気球を用い、特定期間には到達目標気圧を 10hPa とし、気象電気ゾンデ及び露点ゾンデといった特殊ゾンデの定期的な観測も実施する等、高層気象観測の充実が図られた。IGY ではこのほか、大気中のオゾン観測、太陽放射観測及び地球放射観測の実施が計画され、高層気象台ではこれら３項目全てに対応することとなった。IGY 期間終了後も現在に至るまで、ラジオゾンデ観測や様々な観測、国際比較観測、調査観測を継続して実施してきている。このように様々な観測を実施する高層気象台は、IGY をきっかけとして日本国内の代表的な高層気象官署から大気科学観測の世界的な拠点に変わっていき、世界の基準的な観測地点として観測手法の改善、標準化、人材育成に貢献する役割を持つことになった。

【第２節】高層気象台における観測並びに試験、調査及び研究

１．高層気象観測

（１）高層気象観測の自動化と高度化

人工衛星の気象利用開始を背景に、WMO による世界気象監視（WWW）計画が昭和 43 年に開始され、全球観測システム（GOS）、全球通信システム（GTS）が構築され、リアルタイムでの全球の気象監視・予測のための高層気象観測の重要性が増していた。このころ、気象庁では高層気象観測の近代化計画が開始（昭和 46 年）され、観測の効率化、データの均質化、観測通報の迅速化を図るために、信号を計算機処理できる新しいラジオゾンデの開発が進められた。

その結果、昭和 56 年３月に変調周波数変化式レーウィンゾンデ（RS2-80 型）が採用され、

昭和 61 年にはラジオゾンデ測定信号並びに方向探知機の方位角及び高度角の角度信号の収集から各種計算処理、高層気象観測電報の作成及び送信までをリアルタイムで自動で行う、高層気象観測資料自動処理装置の運用を高層気象台で開始した。さらに、平成 4 年にはパソコンを用いる JMA-91 型高層気象観測装置が導入され、RS2-91 型レーウィンゾンデも同年から運用された。これらのラジオゾンデと観測装置の開発・導入において、高層気象台では試験飛揚の実施、新旧ラジオゾンデの連結飛揚による比較観測、日射補正式の検証を行った。

平成 5 年、WMO 第 4 回ラジオゾンデ国際比較観測が高層気象台において 1 か月にわたって開催された。我が国の他にフィンランド、米国が参加し、一日 3 回、20 日間の飛揚が行われている。各参加国のラジオゾンデにより観測された気圧・気温・湿度及び高度の比較・検証、異なるシステムによる風向・風速、風ベクトルの差の評価、指定気圧面のデータの差の定量化等が行われた。

これらの他にも高層気象台では、高層気象観測の自動化に伴うレーウィンゾンデの小型軽量化と高度化に合わせて、パラシュートの改良、巻下器の改良、ラジオゾンデの飛翔予測シミュレーションプログラムの開発、そして全国の高層気象観測に携わる職員に研修を実施するなど、日本の高層気象観測の技術センターとしての役割を果たした。また、平成 6 年 4 月から平成 9 年 3 月までの 3 年間、高層気象台は気象庁観測部・予報部・気象研究所と共同して「ウィンドプロファイラによる風観測の定常化に関する業務実験」を実施し、その成果は平成 13 年に運用を開始したウィンドプロファイラによる高層風観測網の構築に生かされた。

（2）GPS ゾンデによる高層気象観測の開始

方向探知機方式は、自官署の設備のみで観測を実施できる利点があるものの、パラボラアンテナ等地上設備が大がかりであること、低高度角にあるラジオゾンデから信号を受信する場合に電波が地面反射の影響を受けて測角精度が低下すること、観測地点近くの建物等によって電波が遮られる部分が生じることなどの弱点がある。さらに方向探知機でラジオゾンデを自動追跡して得られる航跡から、ラジオゾンデの単位時間当たり（通常 1 分ごと）の移動方向（風向）と移動距離（風速）を求める方式では、詳細な時間・高度分解能の観測値を得ることは困難である。このような方向探知機方式の弱点を解消したのが GPS 方式によるラジオゾンデ観測である。

GPS 方式の導入に際して高層気象台は大きな役割を果たした。平成 8 年のヴァイサラ社製 GPS ゾンデの試験観測、平成 9 年のヴァイサラ社製オメガゾンデと GPS ゾンデの連結飛揚試験、メソ擾乱の理解・解明のために組織された「つくば域降雨観測実験」のために平成 9 年から平成 10 年にかけて実施された GPS ゾンデ観測の支援など、数々の GPS ゾンデの飛揚を実施した。その後も様々な試験や比較観測で技術確認等を行い、平成 21 年 12 月に GPS ゾンデによる観測を開始した。このことにより方向探知機を用いた高層気象観測は、平成 22 年 10 月の比較観測を最後に終了した。

なお、GPS ゾンデを用いた観測は、当初は職員が飛揚を全て行っていたが、令和 5 年 3 月に GPS ゾンデを自動飛揚させる自動放球装置を導入した。ただし、複数のラジオゾンデによる比較観測、調査目的の観測、オゾンゾンデ観測やその他特殊ゾンデ観測では、引き続き職員により気球を飛揚する観測を継続実施している。

（3）GCOS 基準高層観測網（GRUAN）と高層気象台

平成 2 年に開催された第 2 回世界気候会議では全球気候観測システム（GCOS）の構築が提唱され、WMO、国連環境計画（UNEP）、国際科学会議（ICSU）、政府間海洋学委員会（IOC）のもとに平成 4 年に活動を開始した。GCOS は GOS などの既存の観測システムも活用した、大気、海洋、陸面及び生物圏の気候系全体を対象とした総合的な観測システムである。気候変動に関する国際連合枠組条約（UNFCCC）は、温室効果ガスの削減だけでなく気候変動に関する研究と組織的観測についても定めており、その組織的観測を担うのが GCOS である。

GCOS は既存の GOS を活用した気候監視に耐えうる高層観測システム（GUAN）の観測点として、平成 7 年に世界で約 150 か所の高層気象観測所を選定した。日本では札幌、館野、鹿児島、沖縄（那覇）、石垣島、父島、南鳥島、及び南極昭和基地が選定された。高層気象台（館野）は GUAN の観測点として、平成 11 年 7 月に 5hPa まで到達することを目標とする高高度レーウィンゾンデ観測を開始した（平成 27 年 3 月に終了）。一方、UNFCCC からの要請を受けて平成 16 年に策定された GCOS 実施計画において、長期にわたる気候変動監視の基準となる高精度の高層気象観測データの取得などを目的とした観測網の確立が課題とされ、それを受け GCOS 基準高層観測網（GRUAN）の構築が進められた。気象庁は平成 21 年に長期間の高品質な高層気象観測データを有し上層気象の精密な調査を所掌とする高層気象台を GRUAN 観測所に登録して、その構築に参加することとなった。

高層気象台は、GRUAN 観測所に必要な環境を満たす証である「GRUAN サイト認証」の取得と、気候監視の目的に適合する GPS ゾンデであることの証である「GRUAN ゾンデ認証」の取得を目指した。このうちサイト認証については、様々な観測手法による比較観測の継続的な実施など、認証に求められる厳しい要件を満たすことで、平成 30 年 4 月に取得した。令和 6 年 3 月現在、GRUAN のサイト認証されている観測地点は世界で 14 地点である。一方、ゾンデ認証については、国産 GPS ゾンデのデータ処理のアルゴリズム開発とその技術文書の作成等を行い、平成 31 年 4 月に RS-11 型 GPS ゾンデの認証を、令和 4 年 9 月に iMS-100 型 GPS ゾンデの認証を取得した。また、これらの GPS ゾンデのデータ処理センターとして、各 GRUAN サイトで行われる観測のプロダクトの作成を担っている。

高層気象台では、GCOS による GRUAN の構築以前から、ラジオゾンデ更新の際には連結飛揚による特性比較観測を実施してきた。このため、IGY 以降の 60 年間以上にわたる高層気象観測データについて、使用する測器が変更された際の器差を補正して均質化することができ、精密な長期トレンドの解析が可能となっている。また、令和 5 年 3 月に自動放球装置による観測が開始されたことに合わせて、職員により気球を飛揚する観測と同時に飛揚させる特性比較観測を実施して観測精度確保への取組が行われている。

2．オゾン層及び紫外線の観測

（1）ドブソン分光光度計によるオゾン観測

大気中のオゾン観測は、昭和 22 年以降、気象研究所とともに観測手法の開発・研究を進め、IGY の 2 年前である昭和 30 年には英国のベック社からドブソン分光光度計を購入し、これを用いて観測が開始された。最初の光度計は輸入によったが、島津製作所にも製造を依頼し、合

計 6 台を同社から購入した。これら 6 台について、高層気象台においてベック社製のものと同時比較観測を行って校正した後、昭和 33 年にかけて鳥島、南鳥島、札幌及び鹿児島へと送り、各地で観測が開始された。昭和 36 年には南極昭和基地でも観測が開始された。IGY の大きな成果の一つとしてドブソン分光光度計を用いたオゾン観測網が世界に展開されたことがあげられ、その中で南極を含め 6 地点を擁する日本の観測網は充実したものであった。

第 1 節で述べたように IGY は高層気象台の業務を大きく変えたが、この変化は昭和 50 年代後半以降に顕在化するオゾン層破壊問題への対応に生かされることとなった。昭和 49 年に、人為起源のフロンガスから放出された塩素原子によるオゾン層破壊の可能性が提起され、大きな社会問題となった。WMO はオゾン層保護の観点から、オゾン観測網の整備・充実などを骨子とする「全球オゾン研究監視計画」を昭和 51 年に立ち上げた。オゾン観測は、IGY を機に国際オゾン委員会（IO3C）と WMO の連携のもとでドブソン分光光度計を用いた観測が世界中に展開され、昭和 30 年代の半ばまでには世界 100 地点ほどで観測されるようになっていたが、問題の一つはその標準化であった。そこで、WMO では全球オゾン研究監視計画により、米国海洋大気庁（NOAA）のドブソン分光光度計を国際第一準器（世界準器）とした上で、全世界を複数の地域に分け、それぞれに二次準器（地区準器）を置き、それで地区内の測器を校正する世界標準化の体系を構築した。

（2）アジア地区準器としてのドブソン分光光度計

我が国は、昭和 52 年に米国・ボルダーで行われた世界準器との国際比較に高層気象台のドブソン分光光度計で参加し、この測器が国際二次準器（アジア地区準器）に指定された。以後、この測器は複数回の国際比較を経て現在に至るまでドブソン分光光度計のアジア地区準器として、地区内の国際相互比較などによるオゾン観測の標準化に不可欠な測器として位置づけられている。

高層気象台ではドブソン分光光度計の開発・改良にも長年にわたって取り組み、アジア地区準器を含む気象庁のドブソン分光光度計の制御は平成 6 年から平成 7 年にかけて自動化された。この制御の自動化により誤操作や個人差が除かれ信頼性が格段に向上し、平成 7 年のスイス・アローサでの国際比較観測時には、参加した 18 台のドブソン分光光度計の中でアジア地区準器が最も近代化され、とてもよく維持管理されていると高く評価された。また、オゾンホールの発見につながる南極昭和基地における昭和 57 年 10 月のオゾン全量の大幅な低下は、高層気象台で調整しアジア地区準器で校正されたドブソン分光光度計で観測された。オゾンホールの発見は、オゾン層の破壊が現実のものであるとの認識を広め、その後のオゾン層保護の取組を加速した。この事例に代表されるように、高層気象台が地道に続けてきた観測測器の整備・調整、開発によって蓄積された高い信頼性をもつデータが果たした役割は大きい。

なお、オゾン観測に用いる測器は業務の効率化などを目的として、平成 30 年にドブソン分光光度計から全自動で観測が可能なブリューワー分光光度計に移行したが、気象庁が引き続き WMO 第Ⅱ地区ドブソン較正センターの役割を担っていることから高層気象台ではドブソン分光光度計のアジア地区準器の維持・管理や、観測データの検証等を目的としてドブソン分光光度計による研究観測を行っている。

（3）オゾンゾンデによる観測

ドブソン分光光度計及びブリューワー分光光度計はオゾン全量観測に用いられ、また、反転観測という手法でオゾンの鉛直分布も観測することができる。しかし、それらは地上からのリモートセンシングによる観測であるため、オゾン層のより詳細な構造を測るには不十分であった。そこで、オゾン量を直接観測するためのオゾンセンサーをラジオゾンデに組み込んだオゾンゾンデが開発された。

我が国においては、昭和 30 年頃から気象研究所と高層気象台でオゾンゾンデの開発を行っていた。高層気象台では昭和 40 年に太陽光を利用する光学式オゾンゾンデによる観測を開始した後、昭和 43 年にヨウ化カリウム（KI）とオゾンの化学反応を利用する KI solution and Carbon electrode 型（KC 型）の電気化学式オゾンゾンデによる観測を開始した。その後も KC 型オゾンゾンデは改良を重ねられ平成 21 年まで使用された。平成 21 年にオゾン変化に対する応答が速いなどの特長がある Electrochemical Concentration Cell 型（ECC 型）オゾンゾンデに切り替え、現在に至っている。

オゾンゾンデに関してもデータの均質性確保や各測器の特性を把握するため、IO3C と WMO のもとで国際比較が実施されている。我が国も、昭和 45 年に西ドイツで開かれたオゾンゾンデ国際比較観測に参加し、以降、高層気象台も KC 型と ECC 型の特性比較や観測手順を標準化する取組に貢献している。

（4）ブリューワー分光光度計による紫外線観測

ブリューワー分光光度計は、オゾン観測のためのドブソン分光光度計の後継としてカナダ大気環境庁とトロント大学で開発された測器である。ドブソン分光光度計とブリューワー分光光度計との主な相違点の一つは、光強度の測定に前者が光学くさびを利用して二波長の光の強度比を求めているのに対し、後者が光電子増倍管を利用して光子計数方式で波長別の光強度を直接測定していることである。このため、ブリューワー分光光度計はオゾン観測のために考案されたものであるが、光学的に大きな改造を施すことなく波長別の紫外線観測に使用できる。

オゾン層破壊により地上に到達する有害紫外線の増加が懸念される中、高層気象台ではブリューワー分光光度計による波長別の紫外線観測の技術開発を進め、平成 2 年に B 領域波長別紫外線（UV-B）の毎時観測を開始した。その後、札幌管区気象台、鹿児島地方気象台、沖縄気象台では平成 3 年、南極昭和基地では平成 6 年に観測が開始された。

高層気象台ではブリューワー分光光度計の国内準器を維持･管理しており、気象庁のブリューワー分光光度計はこの国内準器を用いて校正している。国内準器は基準ランプ点検と、世界校正センター（カナダ環境・気候変動省）の国際準器と数年ごとに比較観測を行うことで精度を確保している。

3．日射・放射観測

（1）日射・放射観測の開始

気象学で扱う放射は、太陽を起源とする太陽放射（波長領域は、約 0.4 μm 以下の紫外領域から約 3 μm 以上の赤外領域まで及ぶが、一般には全エネルギーの約 97％を占める 0.29 ～ 3.0 μm の波長領域を日射又は短波放射という。）と、地表及び地球大気を起源とする地球放射（長

波放射、赤外放射、又は日射と区別して単に放射ともいう。波長領域は、およそ 3 ～ 100 μm。）に大別される。高層気象台では昭和 24 年にこれら日射・放射観測の調査及び研究を開始した。昭和 25 年頃、長波長放射量観測のため、気象研究所においてオゾン量観測用として試作された夜間放射計に改良を加え、さらに IGY に備え感雨計を利用した自動雨よけ装置を開発し、IGY 開始前の昭和 32 年 2 月に夜間における下向き長波長放射量の観測を開始した。IGY が始まった同年 7 月には全天日射量の観測を、12 月には直達日射量の観測を開始した。

高層気象台では、IGY 期間が終了した昭和 33 年以降も日射・放射に関する調査及び研究を継続するとともに、観測する項目（要素）を順次増やした。昭和 36 年には地表面反射日射量の観測と地表面放射量（上向き放射量）の観測を開始した。また、直達日射を遮断する太陽直射光遮蔽環装置を開発し、昭和 37 年には散乱日射量観測を開始した。その後、より高精度な観測機器や観測手法への変更等を行いつつ精度よく観測を継続してきた。これらの直達・散乱日射の別も含めた短波・長波放射観測は現在まで継続されており、このように長く放射観測を実施している観測所は世界的にも数地点しかなく、気候変動、地球環境の監視のために貴重な観測拠点となっている。

（2）基準地上放射観測網（BSRN）への貢献

地球温暖化予測の不確実性の原因の一つに、エーロゾルや温室効果ガスの増減が、気温を変化させる原動力である日射・放射に及ぼす影響について、十分に解明されていないことがあげられる。これらの理解を進めるため、平成 2 年に世界気候研究計画（WCRP）の全球エネルギー・水循環研究計画（GEWEX）の下に基準地上放射観測網（BSRN）が構築された。その目的は、衛星による地球監視、大気大循環モデルの開発改良、地表面放射収支の長期トレンド監視など気候変動研究に関する分野で活用される、高精度な日射・放射観測データの提供である。

BSRN 構築に先立ち、平成元年に西ドイツで開催された地球規模気候変動における地表面放射収支に関する宇宙空間研究委員会（COSPAR）/WCRP ワークショップでは、BSRN の観測点が満たすべき条件の議論が行われるとともに、各国の参加者から具体的な候補地が紹介された。我が国の参加者からは、既に多くの観測を実施しており、条件を満たしうる観測所として、高層気象台と南極昭和基地が紹介された。高層気象台では、それまで 5 秒であったサンプリング間隔を 1 秒にするなど BSRN の仕様を満たすよう準備を行い、平成 8 年から日射・放射観測値（直達日射、散乱日射、下向き長波、上向き短波、上向き長波）について世界放射監視センター（スイス連邦工科大学）へ BSRN ファイル形式による報告を開始した。平成 10 年には、高層気象台が開発した BSRN 観測点用データ処理ソフトについて、他の観測点で利用できるよう世界放射監視センターから提供依頼があり、一部改良を加え汎用化したものを平成 11 年に提供した。

また、高層気象台の調査・研究による知見と技術は、平成 6 年に南極昭和基地が、平成 22 年に札幌、福岡、石垣島及び南鳥島が BSRN の観測点としてデータ報告を開始する際にも生かされた。

現在、BSRN の観測点は世界で約 60 地点あり、そのデータを用いた多くの研究は気候変動の理解を深め、IPCC による評価にも重要な役割を果たしている。なお、BSRN の観測点の中でも直達日射量と散乱日射量の高精度な観測を IGY 以後長く続けている地点は高層気象台を含め世界で数地点しかない。高層気象台におけるその貴重な観測データは、地表に届く日射量の十年規模の変化とそれに対するエーロゾルの直接・間接影響の評価研究にも活用された。

4．下層大気の観測

（1）地上気象観測

高層気象台の地において大正 9 年に開始した地上気象観測は、観測回数や観測項目、使用測器の変遷を経ながら継続してきている。平成 2 年には地域気象（アメダス）観測所「長峰」（平成 13 年にアメダス観測所名を「つくば」に変更。）として 4 要素配信を開始した。地上気象観測を行う露場の所在は、昭和 48 年、昭和 50 年にわずかな移設はあったものの、観測開始から大きく変わっておらず、観測環境が良好に維持されてきている。

（2）係留気球観測

第 1 節で述べたとおり、高層気象台における係留気球による高層気象観測はラジオゾンデの観測開始に伴い昭和 19 年に終了したが、本庄出張所では、昭和 26 年、接地境界層を観測対象として係留気球による下層気象の研究観測が開始された。その後、昭和 32 年の本庄出張所の廃止に伴い、高層気象台に係留気球を用いた研究観測が引き継がれた。その観測頻度は昭和 40 年代後半から昭和 50 年代前半にかけては通常年間 30 ～ 60 回程度、昭和 50 年代後半には 100 回を超える年もあった。気象研究所や大学等との共同研究も行われ、昭和 49 年と翌昭和 50 年には ICSU と WMO との共催の全球大気開発計画の副計画「気団変質研究観測計画（AMTEX）」の冬季観測に参加し、宮古島での観測を実施した。観測結果は大気境界層の研究や環境アセスメントの調査などに活用され、境界層構造の把握や高度断面の時系列変化の詳細、物理的現象の解明などに貢献した。また、大気汚染に関連して係留気球に気象用計器とオゾン濃度測定器を搭載した観測では、気温の接地逆転層に伴う下層オゾン濃度の汚染移流の特徴的な変化を報告した。

このような成果をあげた係留気球観測であるが、維持管理の体制、運用コスト、マンパワーの確保、安全面の対策、観測機器の老朽化、等の種々の問題があった。また、観測は研究・調査用に限られ、その頻度は平成に入り年数回と減少していた。さらに、下層大気のより詳細な観測手段として、高分解能で観測頻度の高いウィンドプロファイラ、ドップラーライダー、GPS 気柱水蒸気量（可降水量）等のリモートセンシング観測が活用できるようになってきた。このようなことから、高層気象台における係留気球観測は平成 25 年 3 月をもって終了した。

（3）地上オゾン観測

高層気象台における地上オゾン観測は、係留気球による下層気象に関する調査を出発点として昭和 51 年から実施された。観測成果は種々の調査研究に用いられ、下層オゾンの鉛直分布や日変化、季節変化等を明らかにしてきた。一方で大気汚染・地球環境の長期的な変動の監視に役立てるべく観測を継続してきた一面もあった。また、昭和 63 年以降の観測データは、WMO の全球大気監視（GAW）計画の下に設立された温室効果ガス世界資料センター（WDCGG）に報告され、現在も GAW 計画の下に設立された反応性ガス世界資料センター（WDCRG）からデータが公開されている。

しかしながら、気象庁による大気バックグランド汚染観測の実施官署と異なり、高層気象台

は大都市の人間活動の影響を受ける立地であることや、大気汚染の監視については環境省が稠密な観測網を構築している状況もあり、高層気象台における地上オゾン観測を平成 28 年に終了することとなった。

【第３節】研究・調査成果の公表、普及啓発、研修の取組

高層気象台では、職員による技術開発や調査・研究等の成果を広く社会に知らせることを目的として、大正 12 年より高層気象台彙報を発行している。同書は原則として年１回作成し、台外の専門家の査読を経た論文・報文・解説・観測データ等を掲載している。創刊以来、印刷物として発行していたが、平成 23 年に印刷物に加えて高層気象台ホームページに電子媒体を掲載することとした。その後、電子媒体化が各所で進んでいること等を踏まえ、令和５年、第 77 号・78 号の合併号をもって印刷物の発行を終了し、電子媒体に完全移行した。

普及啓発活動としては、気象研究所、気象測器検定試験センターとともに、平成４年から「お天気フェアつくば」を開催し、オゾンゾンデ観測などの一般公開を行っている。また、平成 14 年に開設した高層気象台ホームページでは、業務の紹介・解説に加え、観測データや高層気象台彙報等を掲載している。平成 19 年には、ジェット気流の存在を世界で初めて示した大石和三郎初代高層気象台長を記念したコーナーを、老朽化した大石記念館の解体に伴い庁舎内に設置した。高層気象台の敷地内には、平成 29 年に気象測器検定試験センターが開設した気象測器歴史館がある。館内には、過去に使用していた高層気象観測用のゾンデ、凧、追跡アンテナの他、気圧計、温度計、地震計等の様々な観測機器を展示しており、予約制で見学可能である。

また、高層気象台では、庁内職員に対する技術研修として、高層気象観測業務研修や日本南極地域観測隊気象庁派遣隊員の技術習得訓練の講師を担当しているほか、気象大学校大学部特修課程や国際協力機構（JICA）気象業務能力向上研修の官署見学などを受け入れている。

第４章　地磁気観測所

【第１節】地磁気観測所の沿革

１．日本における地磁気観測

日本における地磁気観測は、明治 15 年に学術の発展を目的とした国際共同研究計画（第１回国際極年）への参加を契機に始まった。国内機関が臨時的に実施した地磁気観測は、その後中央気象台の正式な業務として引き継がれ、明治 30 年１月から江戸城旧本丸跡の中央気象台構内において本格的に地磁気観測が開始された。しかし明治末期には都市の電化による観測障害を避けて茨城県柿岡に移転することとなり、以来 100 年以上にわたり国際的な標準観測所として精密に地磁気の定常観測を実施している。今日、地磁気観測所の定常観測は、柿岡（茨城県）、女満別（北海道）、鹿屋（鹿児島県）のほか、小笠原諸島の父島を含めた４地点で実施し、世界の地磁気観測網の中で手薄なアジア・太平洋地域の代表的な観測を担っており、観測データは国内外で学術・教育分野のほか広く活用されている。

学術と電磁波を利用する技術の発展に伴い、地磁気の乱れが発生することで社会経済活動に様々な影響があることが認識されるようになった。とりわけ地磁気擾乱の影響を受けて通信障害、衛星の誤作動や測位（GPS）の誤差等の障害が発生すること、地磁気擾乱により誘導された地電流が送電施設に障害をもたらし停電を引き起こすことなどが知られている。平成 20 年、世界気象機関（WMO）は、気象インフラと人間活動に及ぼす宇宙天気の影響に着目し、気象サービスと同様に宇宙天気サービスの重要性を認定した。平成 22 年に、WMO は、宇宙天気サービスのための各種観測、データ交換等をサポートするための「宇宙天気に関するプログラム間の調整チーム（ICTSW）」を設立し、翌平成 23 年には宇宙天気の世界的な危険から社会を保護するための観測とサービスに必要なものを準備するために、WMO メンバーによる協調的な取組が必要であると認定した（「宇宙天気ハザードに対処する世界規模の準備に関する声明」）。WMO メンバーである気象庁は、地磁気観測所において地磁気観測を継続し、社会インフラへのリスクとなる磁気嵐を含む地磁気擾乱の観測を行い、世界的な地磁気データ交換を行う国際リアルタイム地磁気観測ネットワーク（INTERMAGNET）[*1] にも参加している。安全・安心な社会経済活動に直結する社会インフラの安定運用にとってリスクとなる太陽地球圏環境変動の監視・予測を目的として、太陽活動や磁気圏・電離圏に発生する様々な自然現象（宇宙天気）の現況把握や予報について、これまで国内外で取り組まれてきた。国内においては、令和元年 12 月から国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）が太陽地球圏環境変動の監視とともに宇宙天気予報の 24 時間運用を開始し、地磁気観測所の観測成果は地磁気擾乱の現況監視及び予報に利用されている。

（＊1）国際リアルタイム地磁気観測ネットワーク（INTERMAGNET）：1991 年設立、誰でも無償で地磁気データにアクセスできる国際的地磁気データ交換の枠組み。

一方、地磁気観測所の定常観測データは、磁気図（日本域の磁場の分布図：国土地理院が日

本各地の地磁気観測を基に 5 年ごとに更新）及び IGRF（全地球的スケールの地球磁場分布を表現する国際標準磁場モデル：国際地球電磁気学・超高層物理学協会（IAGA: International Association of Geomagnetism and Aeronomy）＊2 の作業部会 V-MOD が 5 年ごとに更新）の作成にも利用されている。昨今のテクノロジーの進展に伴い、とりわけ偏角（真北と磁北のなす角）モデルは、磁気センサーの示す地磁気の方位を地図上の真北からの方位に補正するための情報として活用される場が増えている。例えば、建築基準法による北側斜線制限や日影規制に係る真北測量には偏角の情報が必要である。また、船舶・航空機・自動車・ドローン等の運輸全般に普及しているナビゲーション技術のほか、国土交通省が推進する i-Construction におけるドローンを活用した 3 次元測量、スマート農業におけるドローンによる農薬・肥料の散布作業等に用いられる自動制御システムにもこれら偏角モデルが搭載されている。今後社会に普及することが見込まれている車の自動運転技術にも、正確な偏角モデルが必須であり、ナビゲーション技術を支える基盤としての重要性は増しており、国土交通全般にわたる安全の確保に寄与している。このように、地磁気観測所の定常観測は、学術の発展に重要であるのみならず、現代社会インフラを支える基盤的なデータを提供している。

（＊2）国際地球電磁気学・超高層物理学協会（IAGA）：国際測地学・地球物理学連合（IUGG）傘下の国際学術協会の 1 つ。

本節次項では、まず戦後の地磁気観測所による国際協力事業への参画について述べる。次節以降では、地磁気観測所の観測業務（第 2 節）と調査･研究業務（第 3 節）について記述する。第 2 節では、各官署の定常観測の成り立ち（第 1 項）、実際の地磁気観測に用いられる観測技術（第 2 項）、地球電磁気学的に地磁気観測と密接な関係が認められる地電流観測及び空中電気観測（第 3 項）、過去のアナログ観測時代のブロマイド記録の利用価値の拡大を図るデジタル化（第 4 項）、将来のデータ利活用の普及を促進するためのデータのオープンアクセスへの取組（第 5 項）についてそれぞれ記述する。第 3 節では､地磁気観測手法に関する調査研究（第 1 項）、地磁気観測による地震火山活動評価に関する調査研究（第 2 項）、南極観測事業への協力（第 3 項）、地磁気観測所報告及び論文刊行物等の刊行状況（第 4 項）についてそれぞれ記述する。

2．国際協力事業への参画

昭和 31 年に気象庁の附属機関となった地磁気観測所は、翌年の国際地球観測年（IGY）に参画し、地磁気・地電流早廻し観測、地磁気変化度観測、大気伝導度観測、大気光観測を開始した。また、昭和 24 年に先立って地電流観測を始めていた鹿屋出張所では、IGY 期間中の昭和 33 年に地磁気観測も開始した。以降、昭和 39 年の太陽活動極小期国際観測年（IQSY）における地磁気脈動（ULF）等の観測、昭和 45 年の太陽活動期国際観測年（IASY）における父島での地磁気観測、昭和 47 年の太陽地球環境国際定常監視計画（MONSEE）における父島での地磁気定常観測と地磁気脈動観測の開始、昭和 51 年の国際磁気圏観測計画（IMS）における柿岡での地磁気脈動（ULF）観測の定常化など、昭和期の国際観測事業への参画を契機として観測業務の拡充が図られた。

昭和 47 年、地磁気観測所は次期観測システム及び新標準磁気儀 KASMMER（Kakioka Automatic Standard Magnetometer）を整備し、高精度観測・デジタル収録システムを導入したことで、先進的な観測所として国際的な地位が大きく向上した。平成 2 年からは、5 か年の太陽地球系エネルギー国際共同研究計画（STEP）に参加し、観測研究及びデータベース整備への寄与を果たした。平成 3 年には、40 年間にわたり柿岡と女満別に勤務し観測施設を維持・管理に寄与した地磁気観測所職員が、IAGA の永年勤続表彰を授与された。平成 4 年には、デジタル地磁気データの即時配信を促進する国際共同事業（INTERMAGNET）の認定観測所として柿岡が登録された（後に女満別と鹿屋も平成 5 年と平成 14 年にそれぞれ認定観測所として登録された）。平成 16 年に開催された第 11 回 IAGA 国際観測ワークショップ（日本学術会議の主催）では、地磁気観測所は柿岡の観測施設を会場の一つとして提供した。同ワークショップで行われる比較観測は地磁気観測の測器の正常動作を担保する役割を果たすものであり、地磁気観測所においては観測業務及び検定業務を根拠として比較観測へ参加した。令和元年には、INTERMAGNET 事業への積極的な貢献のため、執行理事会に対し確定データの品質を管理する体制の常設を提議したところ採択を得た。その結果、INTERMAGNET に新設された多国籍チームのメンバーとなり、他の登録観測所のデータの品質チェック作業を業務として行うこととなった。令和 3 年には、地磁気観測所は国際業務を重要戦略として定め、これを組織的に推進するため所内に国際業務委員会を設置した。令和 5 年には、第 21 回 IAGA 国際観測ワークショップを柿岡に招致することを IAGA に提議し、同年の IAGA 作業部会（V-OBS）会合で採決され、22 年ぶり 2 回目となる柿岡での開催（気象庁の主催）が決定した。

【第 2 節】地磁気観測所における観測

1．日本における定常観測化

（1）柿岡

明治 8 年に、オーストリア海軍大尉であり北極探検家であったカール・ウィトレヒトが、極地に観測点を環状に配置して同時観測を行うことを提案したことに始まり、ローマで開催された第 2 回気象公会の賛成を得て、地磁気・極光・気象の国際共同研究として、第 1 回国際極年（1st IPY）の計画が決定した。第 1 回国際極年は、12 か国が参加し、極地域と中緯度を含めた約 40 の観測所で、明治 15 年 8 月から明治 16 年 8 月まで実行された。この国際極年観測の期間にあわせて日本も観測を行えば科学の発展のために極めて有意義であろうと、日本に縁故のあるフランスの物理学者アンリ・ベクレルが、フランス駐在公使を通じて日本に参加するよう勧告したため、日本も急遽参加することが決まった。勧告を受け、日本では 3 つの機関（海軍水路局、農商務省地質調査所、内務省地理局と工部省電信局の共同観測機関）で地磁気観測を実施することとなった。本来であれば 3 つの機関で同時に地磁気観測を実施する必要はなかったが､近代化が始まったばかりの明治の日本では､役割分担について明確でなかったこともあり、指名された、又は挙手した機関全てが観測を実施することとなった。

海軍水路局では、東京麻布飯倉の観象台構内（現 東京都港区麻布台 2 丁目の経緯度原点が置かれている所）で､明治 15 年 11 月から明治 16 年 10 月まで地磁気 3 成分の観測を行った。農商務省地質調査所（現在の産業技術総合研究所地質調査総合センター）では、お雇い外国人

E. ナウマンの提案で、明治 15 年 8 月から明治 16 年 8 月にかけて、全国各地で地磁気 3 成分すべての測量を行った。内務省地理局と工部省電信局では、明治 16 年 3 月から 1 年間、工部省用地のあった麻布今井町 42 番地（現 東京都港区六本木 2 丁目 1 番地のアメリカ大使館職員宿舎用地のある小高い丘）の敷地内に「磁気試験所」を設立し、地磁気 3 成分の観測を実施した。この磁気試験所における地磁気観測は、そのまま東京気象台（地理局内）に引き継がれ、明治 19 年 3 月まで観測は継続された。明治 19 年から明治 23 年に行われた組織改編により､地理局の 1 部署であった東京気象台が「中央気象台」として独立したことを契機として、地磁気観測が中央気象台の正式な業務となり、地磁気観測は江戸城旧本丸跡の中央気象台構内へと移転することとなった。

移転してからは観測の困難さから、中央気象台（構内）において本格的な地磁気観測が開始されたのは、明治 30 年 1 月からであった。しかし、明治末期には、東京市内電車による人工擾乱による観測障害が生じたため地磁気観測精度の精密化が実現できなくなっていた。また、東京帝国大学（現 東京大学）でも磁力実験に支障が出始めており、当初は中央気象台と東京帝国大学の強い申し入れで両地点附近の電車路線の敷設は規制されていたが、明治 45 年には東京市電気局による神田区一橋通り路線の市電運転計画により、地磁気観測施設の移転要請があった。中央気象台・東京帝国大学・東京電気局三者の協議の結果、中央気象台の地磁気部門の移転決定・移転地の選定・施設の建設・磁力計の移転・設置がなされることとなり、東京帝国大学も磁力実験用の土地を他に求めることとなった。紆余曲折を経て、移転先は茨城県の柿岡（現 石岡市）となった。

大正 2 年 1 月 1 日から、柿岡において、地磁気の観測が開始され、大正 13 年には国際測地学・地球物理学連合（IUGG: International Union of Geodesy and Geophysics）の会議にて国際的な標準観測所に指定された。昭和 48 年 1 月には IAGA 総会の決議によって、柿岡は地球を取り巻く赤道環電流の強さを表す指数（Dst 指数）を決定するための、世界で 4 か所の地磁気観測所の一つとして指定され、国際的に重要な観測所となった。また昭和 27 年に制定された気象業務法により、地磁気測器の検定は委託検定業務として地磁気観測所が行うことが義務付けられ、日本で唯一の磁力計・羅針盤・磁気センサー等の検定機関となった。主に民間から預かった測器に関して検定を実施して基準に合格した場合は検定証を発行する委託検定業務と、気象庁部内からの検査依頼に基づき実施し部内検査証を発行する部内検査業務の 2 本の柱で業務を行っている。

（2）女満別と鹿屋

昭和 24 年には、女満別と鹿屋に出張所が正式に発足した。昭和 27 年 1 月から女満別出張所において、地磁気観測を開始した。女満別出張所は、高緯度の地磁気変化の観測を目的として第 2 回国際極年をきっかけに設置された、樺太（現 ロシア・サハリン）の豊原地磁気観測所の後継としての位置づけで、発足当時は地電流の観測のみであったが、翌年の昭和 25 年から地磁気観測及び空中電気観測を開始している。昭和 44 年に IAGA 総会の決議にて、南北半球規模の地磁気活動の強さを表す指数（am 指数）を決定する世界 21 か所の地磁気観測所のリストに入った。

一方、鹿屋出張所は地震予知を目的とした地電流観測のための施設であったが、昭和 32 年の国際地球観測年（IGY）に合わせて、昭和 33 年 1 月から地磁気観測を開始した。昭和 50 年に IAGA 総会の決議にて、鹿屋は、（磁気嵐等が後続する）太陽風による磁気圏圧縮を示唆する急な地磁気増加を示す指数（SC 指数）を決定する世界 45 か所の地磁気観測所のリストに入った。

柿岡とともに、女満別及び鹿屋についても日本の北方及び南方の地磁気変化の基準となる国際的に重要な観測点であり、日本国内においては、柿岡、女満別及び鹿屋の 3 か所が INTERMAGNET の観測所に認定されている。平成 22 年まで女満別・鹿屋ともに出張所という体制で 6 ～ 7 名の職員が常駐し地磁気・地電流・空中電気の観測を実施していたが、より効率的な観測体制をとることとなり、平成 23 年 4 月から両出張所は無人化され、それぞれ女満別観測施設、鹿屋観測施設と改められた。比較的近くにある網走地方気象台及び鹿児島地方気象台に、職員が 1 名常駐し定期的な絶対観測及び機器保守を実施し、現在まで観測を継続している。

（3）父島

太陽活動期国際観測年（IASY：1969 年～ 1971 年）を契機に昭和 45 年 11 月から小笠原諸島父島で地磁気予備観測を開始した。その後、太陽地球環境国際定常監視計画（MONSEE：1972 年～ 1979 年）に父島は観測点として、柿岡、女満別、鹿屋と一緒にその役割を恒久的に分担することになり、昭和 48 年 1 月から地磁気観測が開始された。以来、地磁気観測所は 4 観測点で定常観測を行っている。

2．地磁気観測所における絶対観測及び変化観測

（1）地磁気観測方法

地磁気観測は、地磁気変化を自動で観測する変化観測と、それを較正するための絶対観測から成り立っており、大正 2 年の柿岡での地磁気観測開始から 110 年にわたり同じ方式で行っている。

変化観測は、吊り磁石磁力計やフラックスゲート磁力計などの機器を使用し、地球磁場の連続的な変化量を測定する観測である。時間変化による地球磁場の変化量を連続して観測することができるが、絶対値は測定できない。また、観測測器の温度依存性や傾斜変動の影響により、測定値が変化することがわかっている。

絶対観測は､地球磁場の方向（偏角､伏角）及び大きさ（全磁力）の絶対値を正確に測定する。磁場の大きさは、核磁気共鳴を利用したプロトン磁力計を用いて測定し、磁場の方向は、磁気儀とよばれる非磁性の経緯儀を用いて地磁気の偏角及び伏角を測定する。磁気儀を用いた角度測定は、磁性の問題から自動化が困難で、現在も手動で行われている。

絶対観測は、変化観測の誤差が許容範囲内に収まる頻度で行われ、柿岡では 1 週間に 1 回程度の頻度で絶対観測を行っている。このことにより、連続した地磁気の絶対値を得ることが可能となる。

現在、柿岡での角度測定は昭和 46 年に測器舎によって製作された角度測定器 DI-72 を 50 年以上にわたって使用している。女満別観測施設、鹿屋観測施設及びその他観測点における角度測定は、東ドイツカールツァイス社製の非磁性セオドライト（経緯儀）に一軸のフラックス

ゲート磁力計を載せたDIメータ（地磁気観測所ではFT型磁気儀と呼ぶ）を使用している。

全磁力観測については、柿岡比較較正室に設置しているプロトン磁力計PM-216を基準器として、器差検定されたプロトン磁力計を仲介して各観測点で測定している。

（2）地磁気変化観測測器の遍歴

日本における地磁気変化観測の始まりは、明治21年に中央気象台東京観測所でのマスカール式変化計を用いた変化観測である。マスカール式変化計は吊り磁石式で、鏡を取り付けた磁針を糸でつるし、鏡に当てて反射した光源の反射光を印画紙に記録する測器である。当時の観測記録は残念ながら大正12年に発生した関東大震災による火災により焼失している。

地磁気観測が柿岡地磁気観測所に移転し本格的な観測が開始された大正2年には、エッシェンハーゲン型変化計（以降エッシェンハーゲン型という）がドイツから購入され採用されている。エッシェンハーゲン型は基本的な原理はマスカール式変化計と同じ吊り磁石式の変化計[*3]である。

（*3）吊り磁石式磁力計：ガラス糸で吊り下げられた磁石と反射鏡及び光源のセットで構成され、光源器からの光を磁石の吊具に取付けられている鏡に当て、その反射光を回転ドラムの感光紙に受けて写真記録する磁力計。

大正2年9月に発生した関東大震災後の復旧にあわせ、エッシェンハーゲン型の改良型である、エッシェンハーゲン・シュミット型変化計（以下「シュミット型」という）が導入されている。シュミット型は、エッシェンハーゲン型と比較し水平成分の感度が大幅に上がっているものの、観測値の温度依存性も大きくなっており観測精度そのものはエッシェンハーゲン型とそれほど変わらなかったらしい。結局シュミット型が正式に採用されたのは、昭和7年になってからである。

戦争の影響により、長らく地磁気観測測器の更新も停止していたが、昭和26年に柿岡地磁気観測所でシュミット型を改良したKM型変化計（水平成分観測用）及びワトソン式横吊変化計を参考にしたKZ型変化計（鉛直成分観測用）が製造された。KM型及びKZ型は吊り磁石式の変化計であるが、地磁気観測所の職員である久保木忠夫氏が開発した整磁合金を使用し、安定度・感度が大幅に向上している。KM型及びKZ型変化計はその後も改良を重ね、吊り磁石式変化計の観測が終了する平成5年まで使用されている。

昭和45年には観測データの精度向上だけでなく、高サンプリングのデジタルデータの取得を目的とした地磁気観測システムKASMMERが計画され、2年後の昭和47年に完成している。KASMMERでは、全磁力連続観測用の光ポンピング磁力計に成分観測用の補償磁場を印加することにより地磁気成分観測を実施するベクトル - プロトン方式という観測手法が採用された。KASMMERの導入により全世界の観測所に先駆けて毎分サンプリングでのデジタルデータ取得が可能となり、柿岡地磁気観測所の観測データの品質は世界トップレベルに向上した。KASMMERで採用されたベクトル - プロトン方式による地磁気成分の連続観測は、平成2年に全磁力計をオーバーハウザー磁力計に変更して、その後も運用が継続されたが、近年ではその役割が既に後述のフラックスゲート磁力計に置き換わっており、令和8年に退役することが確定している。

一方、1960年代には新たな変化計としてフラックスゲート磁力計が登場した。フラックスゲート磁力計は高透磁率鉄芯の磁気ヒステリシス特性を利用した磁力計で、センサー部は鉄芯棒に励振コイル及び検出コイルを巻いた単純なつくりで、鉄芯棒が向いている方向の磁場を検出することができる。通常センサーとなる鉄芯棒を3軸直交させて、地磁気3成分の変化量を計測する。柿岡地磁気観測所では昭和38年頃から、遠隔観測点や試験観測点での連続観測用として使用を開始している。当時は計測値の温度依存性が非常に大きく、観測精度は吊り磁石式磁力計より劣っていたが、1980年代には吊り磁石式に劣らない精度のフラックスゲート磁力計が登場してきた。

平成2年に吊り磁石磁力計よりもはるかに高精度の高感度フラックスゲート磁力計が島津製作所により製造された。この高感度フラックスゲート磁力計の登場により、これまで0.1nTであった最小分解能は0.01nTに、データサンプリングも1秒から0.1秒に向上した。

高感度フラックスゲート磁力計は平成4年に正式に採用された。このことにより、100年以上続いた吊り磁石式磁力計による変化観測は平成5年に長い歴史の幕を下ろした。現在も、平成23年に更新された2代目の高感度フラックスゲート磁力計が変化観測の主磁力計として使用されている。

（3）地磁気絶対観測測器の遍歴

日本における本格的な地磁気観測は第1回国際極年（1st IPY）に開始された。地磁気観測百年史によると、この時に日本で初めて絶対観測が実施されたようである。使用した測器の詳細は不明であるが、デクリノメータ・インクリノメータと呼ばれる自由に回転する吊り磁石の向きを直接読み取る方式の物であったと推測される。

明治21年に中央気象台で定常的な地磁気観測を開始した当初も、第1回国際極年で使用された絶対観測測器とほぼ同じものが使用されていたようであるが、明治30年に東京帝国大学の田中舘愛橘博士が考案した田中舘式磁気儀が東京観測所に導入され、大正元年の柿岡移転まで使用されている。

大正元年の地磁気観測所の柿岡移転にあわせて絶対観測測器も更新された。絶対観測測器はウィルド・エーデルマン型磁気儀（偏角測定）及びエーデルマン型アースインダクタ（伏角測定）をドイツから購入し採用された。両測器は柿岡での地磁気観測が本格的に開始された大正2年から正式採用されている

大正12年9月に発生した関東大震災により、柿岡地磁気観測所の観測施設も大きな被害を受け、大規模な復旧作業が必要となった。この復旧にともない、観測機器の大規模な更新が計画され、昭和3年に初代地磁気観測所所長である今道周一がドイツへ留学し、磁気儀の操作方法及び検定方法の技能習得したうえで、シュミット型磁気儀が導入されている。

一方、同時期に日本国内において、海軍水路部が独自に新しい磁気儀を開発している。この磁気儀は当時水路部が実施していた全国の磁気測量のために携帯型として開発されたもので、水路部型磁気儀と呼ばれている。昭和4年に柿岡地磁気観測所で比較観測を実施し非常に良好な結果が得られ、昭和9年に実施された水路部による第3回全国磁気測量から使用されている。水路部型磁気儀は高精度でありながら操作性にも優れており、のちに柿岡地磁気観測所や女満別出張所でも使用されるようになった。

昭和22年、地理調査所（現 国土地理院）により磁気測量用のGSI型磁気儀の開発・試験

が始まり昭和 24 年に完成した。柿岡地磁気観測所でも昭和 23 年の試作の段階から水路部型磁気儀と並行して GSI 型磁気儀が使用されている。

磁気測量用の磁気儀は水路部及び地理調査所により、高精度の新しい測器が開発されていたものの、定点観測用の磁気儀に関してはシュミット型磁気儀以降新たな測器が開発されていなかった。地磁気観測所では昭和 25 年頃から高精度の定点観測用磁気儀の調査、開発を開始し、昭和 31 年に A-56 型及び H-56 型磁気儀が完成した。A-56 及び H-56 型磁気儀は地磁気観測所を中心として、専門メーカー十数社の援助・協力を得て作成された当時の技術としては画期的な性能をもつ純国産の磁気儀であった。

1950 年代後半に、これまでの地磁気観測測定原理とは全く異なる弱磁場中でのプロトンの歳差運動を応用したプロトン磁力計が登場した。プロトン磁力計は全磁力のみではあるものの、非常に手軽に高精度な全磁力絶対値を測定できる画期的な測器である。国際的にもプロトン磁力計を全磁力観測の基準器とすることが決議され、柿岡地磁気観測所でもプロトン磁力計を全磁力の基準器として使用している。

1960 年代後半になると、A-56 型磁気儀も老朽化により機構部の損傷が激しくなり、次期磁気儀の開発設計が必要となった。昭和 45 年に A-56 に替わる磁気儀の開発だけでなく、総合的な地磁気観測システムの開発を目的に KASMMER が 2 年計画で計画され、昭和 47 年に完成整備された。この時整備された磁気儀が DI-72 型磁気儀である。DI-72 型磁気儀は従来の磁気儀がサーチコイルの回転軸方向により地磁気の方向を求めていたのに対し、ヘルムホルツコイルにより自然磁場をほぼ消去して、その消去磁場の方向で地磁気の方向を決定する方式が採用された。この方式により、サーチコイルの回転軸の揺らぎによる誤差が軽減され、従来の磁気儀よりはるかに高い精度での観測が可能となっている。DI-72 型磁気儀は観測精度、動作安定性ともに最高水準の磁気儀となっており、信号検出表示パネル等の周辺機器の更新や完全分解によるメンテナンスを経て、現在も現用の基準磁気儀として 50 年以上使用されている。

1990 年代前半になると、従来のサーチコイル式の磁気儀ではなく、非磁性の測量用経緯儀の上に 1 軸のフラックスゲート磁力計を取り付けたタイプの磁気儀 DI メータが登場してきた。DI メータは地磁気観測所では FT 型磁気儀と呼び、フラックスゲート磁力計の出力が 0 になる、すなわち地球磁場と直交する方向を読み取ることで、地磁気の方向を測定することができる。FT 型磁気儀は小型で携帯性にも優れており、1990 年代以降全世界で広く使われるようになった。地磁気観測所では女満別、鹿屋及び父島の各観測施設における定点観測用の磁気儀として使用されているだけでなく、火山における臨時的な絶対観測でも FT 型磁気儀が使用されている。

3．地電流観測・空中電気観測

（1）地電流観測

19 世紀中ごろ、電信線に不規則な電流が時折現れることで、地殻中を流れる電流があることが初めて認識された。1859 年 8 月に極めて顕著な磁気嵐（「キャリントン・イベント」と呼ばれる）が起こり、世界中の通信線による通信は地電流により著しい障害を受けた。この出来事により地電流の研究に拍車がかかった。地殻中を流れる電流を直接測定することは難しいため、一般的には地面に埋められた 2 つの電極間の電位差が測定される。このような観測を地電流観測と呼んでいる。地電流は地磁気変化や地殻の活動などの自然変化に伴って変化することから、地下構造探査はじめ様々な分野で利用される。

我が国の地電流観測は、第 2 回国際極年中に豊原で開始した。第二次世界大戦後、施設は移転され、豊原観測所は旧ソ連に引き渡されたため、終戦後約 1 年を経た昭和 21 年 8 月に豊原の後継として、幾寅地磁気観測所が北海道空知郡南富良野村に設置され、同年 11 月から地電流観測を開始した。しかし、同地は地磁気観測に不適当な場所であることがわかったため、昭和 24 年 11 月に地磁気観測所女満別出張所に移った。

一方、終戦直後、地電流の局地性の調査とその結果を地震予知に応用する目的で、昭和 21 年に尾鷲、原町、都城測候所及び盛岡産業研究所内に地電流観測施設を設け、試験観測を開始した。都城の観測は市街地に近く人工擾乱が大きかったので、昭和 23 年 9 月に鹿児島県鹿屋市に移設された。翌年 6 月から鹿屋・原町はそれぞれ地磁気観測所鹿屋・原ノ町出張所となり、正式に地電流観測を開始した。しかし、尾鷲・盛岡は昭和 26 年に、原ノ町は昭和 32 年にそれぞれ廃止された。

女満別・鹿屋両出張所は平成 23 年に無人化されるも地電流観測は継続され磁気嵐発生時の地電流変化と地磁気誘導電流（GIC）が電力網に与える影響など災害軽減に向けた知見も得られたが、令和 3 年 2 月に柿岡地磁気観測所、女満別・鹿屋両地磁気観測施設で行われていた地電流観測は終了した。

（2）空中電気観測

地球の大気中には雷の放電などの電気に関係した現象が見られ、晴天時でも大気中には電場が存在している。この電場の観測を空中電気観測と呼んでいる。

東京気象台で明治 8 年 6 月から空中電気観測を開始した。明治 15 年に移転のため観測中止されたが、明治 21 年に麹町区旧本丸桔梗門（ききょう）で観測が再開された。しかし、東京での観測は大気汚染のため明治 36 年に中止された。その後、大正元年に地磁気観測施設が柿岡に移転し、昭和 4 年から柿岡で空中電気観測が再開された。

第 2 回国際極年をきっかけに、昭和 7 年に豊原でも空中電気観測を開始した。第二次世界大戦後、豊原観測所は旧ソ連に引き渡された。昭和 21 年、北海道の幾寅に新しい観測所が設立されたが空中電気観測は行われず、昭和 24 年に女満別出張所にて空中電気観測を再開した。

工業の発展やモータリゼーションの発達によって発生した大気汚染物質（凝結核）の影響や大気圏内での核実験など（福島第一原子力発電所の事故も含む）で発散された降下性放射性物質による影響が観測されるなど、人間生活環境の変化をとらえ続けてきたが、女満別出張所での空中電気観測は平成 22 年 12 月に、柿岡地磁気観測所での同観測は令和 3 年 2 月に終了した。

4．ブロマイドのデジタル化

気象庁が保有する紙に記録された気象資料を学術及び防災に役立たせる目的でデータベース化（デジタル化）を進める取組は 1990 年代から全庁的に図られてきた。柿岡に移転した地磁気観測所においても大正 2 年 1 月の観測開始以来、アナログ観測による地磁気データを収集してきた。地磁気観測のアナログ記録（アナログマグネトグラム）は、柿岡では大正 13 年か

ら平成 7 年、女満別では昭和 25 年から平成 9 年、鹿屋では昭和 33 年から平成 8 年にかけて存在する。観測開始当初は、東京に感光印画紙（ブロマイド）を配送して現像処理、手作業による毎時値の読取りから資料の保管まで行っていたが、大正 12 年に起きた関東大震災の最中に資料が全て焼失したため、その後は柿岡に職員を駐在させて地磁気観測所の全ての作業を行うようになった。アナログ観測では、温度変化を防ぐために土盛りした石室の暗室にて、吊り磁石式変化計を配置して、地磁気 3 成分の変化量をブロマイドに記録していた。地磁気観測所においては、昭和 51 年からデジタル収録を導入後も並行観測の必要性からアナログ観測を継続していた。1990 年代に入ると、世界の地磁気観測所ではアナログ観測が減少しデジタル観測が過半数を超えるようになったこともあり、地磁気観測所のアナログ観測を終了した。

2000 年代に入ると、地磁気観測所でもアナログマグネトグラムを過去から未来への遺産として見直す機運が高まり、適切にデジタル処理を施せば、全世界的に地磁気が減少する磁気嵐や地球磁気圏で突発的に発生するサブストームなどオーロラ発生に関係する地磁気現象の調査研究への活用や、衛星時代前の太陽地球圏環境の推定に役立つなど応用範囲が広く利用価値が高い毎分値へと変換できると期待されたため、ブロマイドのデジタル化について検討が始まった。平成 19 年度の予備的調査の後、平成 20 年 5 月に開催された所内の調査研究委員会[*4]にて、調査研究課題「地磁気ブロマイド記録のデジタル毎分値化に関する調査」が承認され、調査研究に着手した。ブロマイドを高精度にスキャンし画像化したデータから記録線をオートトレースにより数値化するプログラムを内製し、世界初となるアナログマグネトグラムからの地磁気の毎分値の自動読取りに成功した。平成 21 年 4 月発行の地磁気観測所ニュース No.30 にて成果報告の記事を掲載し、平成 23 年に世界の研究者に向けて ICSU World Data System Conference にて成果発表を行った。これらの発信が WDC 京都[*5]の目にとどまり共同研究の誘いを受け、これを受けて平成 24 年から平成 26 年度まで WDC 京都との共同研究により画像スキャン作業の効率化を進め、数値データの読取り作業を推進した。以降、平成 26 年度には「地磁気ブロマイド記録のデジタル毎分値化」、平成 28 年度には「地磁気ブロマイド記録のデジタル化」と名称を変更して調査研究課題として継続し、ブロマイドのデジタル化が推進された。調査研究の進捗として、数値データの読取りプログラムの改良が進められ、アナログ観測と光ポンピング磁力計を用いたデジタル観測の並行期間を利用して、アナログ観測から読み取った毎分値がデジタル観測値とほぼ等しいことが確認された。さらに、時間分解能を 30 秒に上げて比較検証した後、磁場入力に対する吊り磁石式磁力計の針の振動の減衰時間を調査する実験を通してブロマイド画像データから読み取られる最小の時間間隔は 7.5 秒とするのが妥当であることを検証した。

（＊4）調査研究委員会：所長が委員長であり、課長、主任研究官で構成され、地磁気観測所の実施する調査研究に関して、計画及び実施に関する審議を行う。令和 2 年に調査研究課長会へ任務が引き継がれる。

（＊5）WDC 京都：京都大学が運営する地磁気世界資料センター（World Data Center for Geomagnetism, Kyoto）であり、世界の地磁気データの取集等の業務を行う。

地磁気ブロマイド記録デジタル化の利点は、学術においては、磁気嵐、地磁気脈動 pi2 等の地磁気現象の発生に焦点を当てる太陽地球圏環境の調査にアナログ観測時代のデータが活用できるということがあげられる。一方、防災の観点からも、磁気嵐に伴う誘導電流がもたらす社会インフラへの被害を軽減する方策に寄与するために、アナログ観測時代に発生した磁気嵐の調査にもブロマイドのデジタル化データは有益とされる。ブロマイドのデジタル化の成果還元として、平成 25 年 3 月からブロマイド記録からの地磁気毎分値の web 公開を開始した。また、平成 27 年 3 月からアナログ印画紙記録像の web 公開を開始した。さらに、平成 29 年 3 月から地磁気ブロマイド記録から求めた地磁気 7.5 秒値の web 公開を開始した。

令和 3 年 4 月に調査研究課題としての推進は終了し、改めてブロマイドタスクチームとして国際業務委員会の下に国際業務の一環としてブロマイドの読取り作業を継続することを地磁気観測所課長会にて決定した。その後ブロマイドタスクチームは、令和 4 年度 4 月から国際業務委員会の下から離れて各委員会と同じ並びで設置され、引き続きブロマイドからデジタル化の作業を継続している。令和 5 年度末現在、アナログ印画紙記録像は柿岡の大正 13 年（1924 年）から昭和 58 年（1983 年）までと、女満別・鹿屋の昭和 37 年（1962 年）から昭和 59 年（1984 年）までを、数値データは柿岡の昭和 31 年（1956 年）から昭和 58 年（1983 年）までと、女満別・鹿屋の昭和 42 年（1967 年）から昭和 59 年（1984 年）までを web 公開している。

5．データのオープンアクセス

1990 年代に、世界知的所有権機関（WIPO: World Intellectual Property Organization）が、著作権と同様にデータベースにも独自の権利を国際的に立法化しようとした動向に対して、国際学術会議（ISC: International Science Council）は、科学の発展に対して悪い影響を与えるおそれがあることを警告した。これに続き、IAGA は平成 11 年 7 月総会の決議 No.5 の中で、各国機関が所有する地磁気データベースへのフリーアクセスを保証するために、次のような勧告を各国の国内委員会[*6]に向けて発信して、WIPO の動向に反対した。

（＊6）国内委員会：日本国内では主に学術の委員会相当が該当。

『IAGA は、科学研究の進歩と科学教育の促進のためにデータベースへのフリーアクセスを保証することの重要性を認定し、データベースへのフリーアクセスを保証するように働きかけることを勧告する。また必要があれば、データベースへのフリーアクセス・ポリシーを保証するために、当局機関に対して法的措置を講じるように助言されたい。』

このような国外の動向を受けて、平成 13 年 10 月には日本学術会議も、研究や教育のための意見やデータの自由な交換についての原則を確認した上で、この独自の権利を導入することは学術の発展という観点から反対であり、法制化の動向には慎重な対応が必要であるとの声明を発表した。平成 28 年には、第 5 期科学技術基本計画が閣議決定され、「第 4 章科学技術イノベーションの基礎的な力の強化」における知の基盤の強化として、公的資金の研究成果（論文、観測データ等）の利活用の拡大のために、オープンサイエンスの推進体制の構築が謳われた。これに続く統合イノベーション戦略 2021 及び 2022 においても、引き続き研究データ基盤システムを用いた研究データの管理・利活用の推進が謳われた。その取組として、地磁気データを管理する地磁気観測所においてもデータ基盤システムの構築が推進されてきた。

地磁気観測所は、INTERMAGNET に平成 4 年 12 月から参加しており、世界の地磁気観測所のデータのユーザーに対しては早くからオープンアクセスについて対応してきた。しかし、

平成 11 年の IAGA 決議 No.5 を受けて、もっと広く観測データを研究や教育に寄与するために対応策を検討することとなった。平成 13 年 4 月から調査研究委員会にて調査研究課題「ホームページによる広報のあり方についての調査」の実施計画が承認され、地磁気観測所のホームページについて構成が検討され作成に取り組んだ。その後、調査課においてホームページ用データ表示ソフトが開発されるなど、ホームページから利用可能なサービスの高度化が図られた。平成 15 年 12 月に調査課において「観測データのインターネットで提供する新業務について」の検討が進められ、地磁気観測所のホームページ上でデータを公開する是非について本庁観測部管理課との調整を経て特段の問題がないことが確認された。翌平成 16 年 1 月から地磁気観測総合処理装置[*7]の中に構築した所内ホームページにおけるデータ検索ページのダウンロード機能により一般ユーザーに向けたオープンアクセスを開始した。現在、月ごとに確定値の公開を実現しており、今後令和 7 年 3 月までには地磁気観測総合処理装置の更新を行い、もっと迅速な研究利用のニーズに対応するためにリアルタイムの暫定値にもアクセスできるように機能を拡充させる計画である。また、地磁気観測所テクニカルレポートについては平成 15 年 3 月からホームページにて公開を開始した。

（*7）地磁気観測所（柿岡、女満別、鹿屋、父島の定常観測及び火山での調査観測等）の観測データを収録、処理、解析、公開するシステム。

一方、令和 3 年 4 月に当所職員が地磁気観測所保有の地電流及び空中電気の記録に関する論文投稿を計画していたが、論文に引用するデータには DOI（デジタル・オブジェクト識別子）付与の条件が付く近年の潮流による投稿規定があり、地電流及び空中電気のデータに DOI を付与する必要が生じた。これをきっかけに、当所で web 公開している地磁気、地電流及び空中電気のデータについて DOI を付与することが検討された。DOI 付与については、国内の DOI 登録機関であるジャパン・リンク・センター（JaLC）への登録作業が必要であった。令和 3 年 6 月までに、JaLC 正会員として地磁気を含む宇宙天気関連データの DOI 登録を取りまとめる情報通信研究機構（NICT）の下で準会員となることにより会費を分担せず登録を行うことが NICT の厚意により承諾された。その後、DOI に詳しい大学等関係機関から DOI に関する基礎的知識の提供を得て、各種データセットのメタデータを指定フォーマットで作成する作業を進めた。それらメタデータを NICT 経由で JaLC に提出することで、令和 3 年 9 月には、先行して登録作業を行った地電流及び空中電気データへの DOI 付与は完了し、投稿論文は無事受理された。また、令和 4 年 1 月までに、地磁気観測所が公開する確定データへの DOI 付与を全て完了した。令和 4 年 1 月に、地球電磁気・地球惑星圏学会（SGEPSS）の掲示板に地磁気観測所データ・リポジトリ「デジタルデータサービス」に DOI が付与されたことを周知した。

【第 3 節】地磁気観測に関する調査・研究

1．地磁気観測手法に関する調査研究

前節第 1 項に述べたとおり、地磁気観測は、地磁気変化を自動で観測する変化観測と、それを較正するための絶対観測から成り立つ。変化観測は自動化が進んできているが、絶対観測については手動操作で測定を行っており手間がかかる。絶対観測の省力化は大きな課題であり、色々な手法が検討されてきた。日本で地磁気観測が始まって以来、長らく西洋の磁力計を輸入して正規の測器として採用していたが、昭和 26 年には柿岡地磁気観測所は吊り磁石式の変化計である KM 型変化計（水平成分観測用）及び KZ 型変化計（鉛直成分観測用）を独自製作した。昭和 47 年に完成した KASMMER では、全磁力連続観測用の光ポンピング磁力計を用いて地磁気の成分観測を可能にするベクトル - プロトン方式という観測手法を導入した。ベクトルプロトン方式では、本来は成分測定ができない全磁力測定器を用いて成分計測を可能にするため、観測成分に直交する磁場成分を非常に小さくする（水平成分を計測する場合は鉛直成分に、鉛直成分を計測する場合は水平成分に）補償磁場を全磁力計感部に印加する。原理的には、補償磁場を発生させるコイルの傾斜と電流量を適切に制御することで、地磁気成分の絶対値が得られる。そこで、ベクトルプロトン方式を用いることで絶対観測の自動化が実現できないかについての検討が行われた。昭和 62 年には、女満別で設置されたベクトルプロトン方式の磁力計による絶対観測と、角度測定器とプロトン磁力計を用いて従来行われてきた絶対観測とを比較した結果が女満別出張所より報告された。平成 19 年 11 月には変化観測と共に絶対観測の自動化を実現するために、ベクトルプロトン方式を用いた地磁気 3 成分の自動計測手法について以下のような調査研究の結果が報告された。この補償磁場を発生させるコイルの傾斜量の時間変動の把握・制御が困難であるため計測誤差が生じた。一方で、直交する 3 軸磁場補償コイルを用いて自然磁場に幾通りかのパターンで人工磁場を加えたときの全磁力値を計測し、地磁気成分値及び磁場補償コイルの傾きを変数として取り込んで計算する方法について調査した結果、全磁力測定器や補償電流の分解能及び安定性などが十分に精度を満たしている前提が成立すれば、現在使用している磁気儀による絶対観測に相当する精度で地磁気 3 成分値の絶対値を計測できる可能性が指摘された。これを受けて更に調査研究が進められ、ベクトルプロトン方式においては絶対観測の観測頻度を上げることにより変化計基線値の安定性・信頼性向上の可能性も期待されたが、実用化には更なる調査研究が必要であることが平成 26 年 3 月に報告された。

近年、ベクトルプロトン方式と並行し、偏角（D）と伏角（I）を計測する方式の絶対観測を完全自動化する観測装置の開発が進められている。ベルギー王立気象局は、非磁性の超音波モーターとロータリーエンコーダーを搭載した自動化装置（AutoDIF）を開発し、当所の協力により柿岡の地磁気観測所において長期（平成 26 年から 3 年間）の評価試験観測を実施した。その結果、方位標の視準を代用するレーザー方位角測定の精度が不十分であり、当所の観測精度基準を満たすには更なる改良の必要性が指摘された。AutoDIF の改良はその後も重ねられているが、現時点では絶対観測の自動化を実現するには至っておらず、FT 型磁気儀を用いた手動での地磁気絶対観測が主流である。

FT 型磁気儀を用いた絶対観測では、「ゼロ磁場方式」と呼ばれる従来の角度測定による手法が伝統的に採用されていたが、これには観測者の繊細な手技と完全非磁性な状態での観測が要求され、習熟には一定の時間を要する。一方、近年欧米では、この従来の手法に代わり、観測者に技術的な負荷があまりかからない絶対観測手法が用いられるようになった。当所で「弱磁場方式」と呼ぶこの手法では、ゼロ磁場方式のように全て手動で厳密な角度測定の操作を行う必要はなく、真値にある程度近いところまで操作してから最後は理論計算により測定値を決定

する。一般的にゼロ磁場方式よりも弱磁場方式のほうが観測時間を短縮できるため、磁場変動が激しく素早く絶対観測をする必要のある高緯度では、弱磁場方式にメリットがあることが知られている。平成 31 年 3 月に当所職員がドイツのニーメック地磁気観測所での研修を経て弱磁場方式の観測技術を習得し、平成 31 年から令和 2 年にかけて所の調査研究課題として弱磁場方式の検証のための調査を実施した。その結果、父島のような離島の無人観測点や南極昭和基地のように環境が過酷な観測点における出張観測においては、観測者が 1 人でも測定が容易であり観測時間が短い弱磁場方式を活用するという選択も可能になった。中緯度に位置する当所の観測所においては、弱磁場方式を導入するメリットは必ずしも大きくなく、測定方式の変更に伴うデータの連続性への影響のリスクを回避し、従来どおりの観測精度を確保するためにゼロ磁場方式による絶対観測を継続することとした。

一方、地磁気の精密観測にとっては、観測障害となる車両等が原因で発生する地磁気の人工擾乱が観測値に及ぼす影響量を的確に把握することが必要であった。従前から監視カメラにより車両等を監視して、構内に設置した複数の比較観測点を用いて人工擾乱を受ける前後の地磁気の差分から擾乱量が手作業により見積もられていたが、平成 14 年に影響量の客観的な評価のため人工擾乱源を磁気モーメントとみなして構内の複数の磁力計観測点から擾乱量を推定するための調査に着手し、平成 18 年に業務用ソフトウェア（myDist）を内製により開発した。myDist についてはその後も改良が重ねられ、平成 18 年には柿岡において、平成 22 年には女満別及び鹿屋においても、構内の複数の磁力計からなる観測網（人工擾乱監視システム）の整備とあわせて、人工擾乱監視と擾乱補正を業務化した。

2．地震火山活動評価に関する調査研究

（1）地磁気による地震の研究

地球電磁気学的手法による地震の研究は昭和 15 年頃から地磁気観測所においても行われている。方法としては地殻の応力変化に伴うピエゾ磁気効果によって生じる磁場変化、比抵抗変化に伴う地磁気変換関数の変化及び地電流の異常変化の検出などがある。

地震に関係する地電流の変化については昭和 13 年の塩屋崎沖地震や昭和 28 年の房総沖地震に関係した地電流変化が報告されており、これらはいずれも地震発生前後に柿岡で観測された地電流異常変化である。当時は地電流の異常変化を検知するため差電位差法による地電流観測が精力的に行われた。地震発生前後で地電流が異常変化する原因として、大地の応力変化に伴う流動電位が想定されていた。

地磁気変換関数の時間変化については、大正 12 年の関東大地震前後で柿岡における地磁気変換関数の経年変化のトレンドが変わったことが見いだされ、注目されるようになった。地磁気変換関数の時間変化は地震発生前後で上部マントルの比抵抗が変化することで説明できるとされた。これらの変化が地震発生前に発生しているとすると、地球電磁気学的手法により地震予知が行える可能性を示しており 1970 ～ 1980 年代にかけて地磁気変換関数の研究は地磁気観測所で精力的に行われた。

昭和 54 年に国の第 4 次地震予知計画に地球電磁気観測が盛り込まれ、これをきっかけとして当時切迫性が高いとされた東海地震を念頭において、科学技術振興調整費「フィリピン海プレート北端部の地震テクトニクスに関する研究」に参加し、御前崎と伊豆半島の松崎で地磁気及び地電流観測を開始した。観測データは本所柿岡までデータ伝送され、収集・解析が行われた。また、昭和 21 年の南海地震の前後で地磁気永年変化の異常がみられたことから、大学及び研究機関の協力のもと、プロトン磁力計を用いた全国的な全磁力永年変化の精密観測を開始した。これら観測データは地磁気観測所でとりまとめ、地震予知連絡会に報告するようになった。同じ頃、活断層の研究に地球電磁気的手法が取り入れられるようになり、地磁気観測所においても活断層周辺での比抵抗構造探査を盛んに実施した。これらは科学技術振興調整費のもとで行われ、「中部日本活構造地域の地震テクトニクスに関する研究」では、フォッサマグナ付近での地磁気・地電流観測から MT（Magneto-Telluric：地磁気地電流）法などを用いて地下の比抵抗構造の調査を行い、また「マグニチュード 7 級の内陸地震の予知に関する研究」では、相模湾北西部の神縄断層及び国府津 - 松田断層において人工電流源を用いた CSAMT（Controlled Source Audio-frequency Magneto Telluric）法による比抵抗構造探査を行った。

1980 年代後半にはギリシャでの地電流を用いた地震予知法（VAN 法）が脚光を浴び、国内においても大学を中心に地電流の研究観測が盛んに行われた。その頃、気象研究所において NTT の電話回線及び電極を用いた超長基線による地電流の観測手法が開発され、地磁気観測所においても気象研究所と共同で水戸市や沼津市周辺において研究観測を行った。また、平成 7 年の阪神・淡路大震災をきっかけとして VAN 法の検証を目的とした地磁気・地電流の研究観測が淡路島で実施された。特に地電流観測は NTT の電話回線を利用し基線長が十数 km に及び、淡路島の北部から中部地域を網羅するほどの大規模なものであった。しかしながら山陽本線や神戸市周辺を走る直流電車からの漏洩電流によるノイズが非常に大きく、地震活動に関連した地電流変化は検出できなかった。

地震予知とは地震の発生場所と時期、規模を的確に推定することであり、地球電磁気的手法に限らず他の手法でも容易なことではなく、研究が進展するにつれて逆にきわめて困難であることが明らかとなっていった。阪神・淡路大震災をきっかけとして国の地震予知計画が見直され、「地震予知のための新たな観測研究計画」の名称のもと再出発し、地球電磁気関係では大学を中心に地殻の比抵抗構造探査が活発に行われるようになった。しかしながら、当所においては淡路島での研究観測が終了した平成 13 年以降は地震予知を目指した調査研究は行っていない。

（2）地磁気による火山の研究

地磁気による火山の研究は 1960 年代から地磁気観測所においても行われている。火山体内部でのマグマの上昇や熱水による昇温により、周囲の岩石の磁化が失われる（熱消磁）ことから、地表で磁場変化が発生する。このことは、地表で磁場変化を検出すれば火山体内部で発生している熱消磁の位置や規模を推定できることを意味し、火山活動の評価に貢献することが期待できる。

地磁気観測所での地磁気観測は、初期の頃は磁気儀を用いた偏角・伏角の観測が行われていたが、1970 年代に携帯型プロトン磁力計の導入により精密な全磁力観測が可能となったことから、その後は専らプロトン磁力計、又は同じく全磁力を測定するオーバーハウザー磁力計が

用いられるようになった。

昭和 49 年から始まった国の火山噴火予知計画に基づき、昭和 53 年に桜島、昭和 54 年に阿蘇山に全磁力連続観測装置が整備され当時の鹿屋出張所により観測を開始した。これらの観測は、桜島では火山灰の全磁力観測に及ぼす影響が大きく有意な全磁力変化の検出が困難であることから平成 11 年に観測を終了した。阿蘇山では噴火により火口付近での観測の維持が困難である等の理由から令和 4 年に観測を終了した。

昭和 61 年の伊豆大島噴火に際しては東京大学地震研究所による全磁力観測により噴火前から顕著な全磁力変化が観測されていたことが明らかとなり、地磁気による火山活動評価への期待が高まった。さらに、平成 2 年には当所による草津白根山での観測で火山活動の高まりに伴う顕著な熱消磁を示す全磁力変化が観測されたことから、玄武岩質に比べると磁化強度の弱い安山岩質の火山でも地磁気観測が有効であることが示された。同じ頃雲仙普賢岳で噴火が始まり、当所でも全磁力観測を実施しており、噴火に伴う熱消磁を示す全磁力変化が捉えられている。その後も、国内のいくつかの火山で熱消磁あるいは冷却に伴う帯磁を示唆する全磁力変化が観測され、火山活動の評価に地磁気観測が有効であるという認識が定着していき、気象庁の各火山監視・警報センターでも全磁力の繰り返し観測が実施されるようになった。また、草津白根山（白根山（湯釜付近））では噴火警戒レベルの判定に全磁力観測結果も用いられるようになった。

平成 26 年に御嶽山で噴火が発生し多数の犠牲者が出たことから、水蒸気噴火の予測技術向上に対する社会的要請が高まり、地磁気観測への期待が高まった。これを受けて気象庁では国内の火山（樽前山、吾妻山、安達太良山、御嶽山、九重山、霧島山（えびの高原（硫黄山）周辺））に全磁力連続観測装置を整備しており、地磁気観測所も地点選定などで協力している。

地磁気観測以外の電磁気観測としては、草津白根山や吾妻山、安達太良山での自然電位観測や、桜島における比抵抗変化の検出を目的とした ELF-MT 法（極超長波の電磁波を用いた MT 法）の繰り返し観測が実施されている。

現在、当所では雌阿寒岳、草津白根山及び伊豆大島において全磁力観測を継続するとともに、火山性磁場変化の検出精度の更なる向上を目指した調査研究が行われている。火山での全磁力観測は火山活動により全磁力変化が発生する火口付近と、火山活動の影響を受けない山麓部で全磁力の観測を行い、両者の差をとることにより磁気嵐等の外部磁場変化や永年変化を除去し、火山起源の全磁力変化を検出する。しかし、観測地点ごとに偏角や伏角が少し異なるため、単純な全磁力差では外部磁場変化の影響が残ってしまう（DI 効果）。この DI 効果の補正が課題となっており、補正方法の確立に向けた調査研究が行われている。

3．南極観測事業への協力

昭和 32 年、日本の南極地域観測が国際地球観測年（IGY）の共同観測計画の一環として始まった。その 1 次隊から国土地理院は磁気図作成を目的として磁気測量を行っており、また、7 次隊は昭和基地での地磁気変化観測と絶対観測を開始していた。柿岡からは 10 次隊で初めて昭和基地への派遣があり、大気電気の研究観測を行った。18 次隊までに計 4 名が柿岡から派遣されたが、その目的はいずれも研究観測（大気電気・超高層）であり、国土地理院による地磁気変化観測と絶対観測については手伝いを行う程度であった。

昭和 51 年、地磁気観測所長が南極観測審議委員会・宙空専門部会の専門委員に就任し、翌年出発の 19 次隊と以降の隊では地磁気観測所から職員が継続的に派遣されるようになった。19 次隊から 65 次隊までに越冬した派遣者 16 名は、国立極地研究所の超高層観測計画に加わる形で、宙空のモニタリング観測（空中電場観測・地磁気脈動観測・オーロラ光学観測など）を実施するとともに、地磁気定常観測（変化観測・絶対観測）の保守と更新に従事した。

令和 2 年、昭和基地を将来的に INTERMAGNET 認定観測所として登録申請するため、国立極地研究所の了解の下、観測設備の改修、観測とデータ集計の方法を独自に改良する方針を立てた。その準備計画の進捗管理と極地研究所との連携を担当する事務局として、令和 3 年設置の国際業務委員会の下に南極部会を設けた。また同年から、調査研究の重点課題として、INTERMAGNET 認定観測所の要件達成に要する技術開発を開始した。62 次隊の派遣では、全磁力連続観測のためのオーバーハウザー磁力計を昭和基地に新規設置した他、従来のゼロ磁場方式による絶対観測に加えて弱磁場方式を導入することで、絶対観測の実施頻度を従前の月 1 回から INTERMAGNET 推奨である週 1 回に高めた。

令和 4 年、南極観測審議委員会の下に設置されていた専門部会が廃止された。これに伴い、それまで宙空専門部会の専門委員であった地磁気観測所長は、南極観測アドバイザリーボードの南極観測計画アドバイザーに就任することとなった。

4．調査研究成果の所内刊行物

地磁気観測所の地球電磁気・地球電気観測の記録の成果物である地磁気観測所報告（年報）は、明治 30 年から平成 12 年まで印刷物として刊行された。年報には、地磁気、地電流及び空中電気の 1 時間値表等を掲載していた。平成 13 年から平成 24 年までは CD-ROM の形態で提供しており、磁気嵐リストや地磁気脈動のスペクトル解析図などの図表に加え、1 分値データや各観測所の観測状況に関する記事も収録するようになった。年報は、関係機関へ配布されたが、CD-ROM 版は（財）気象業務支援センターのデータ提供事業を通して入手可能である。平成 25 年以降、観測成果については過去の観測成果と共に web 公開することによりフリーアクセス可能とした。

昭和 13 年 3 月に、所員の研究成果をまとめた諸種の論文をまとめて報文として編纂し、当所初となる論文集である地磁気観測所要報が刊行された。この要報の刊行目的は、地磁気観測所における観測成果を年報として刊行する一方で、職員が研究した論文をも刊行することで年報とあわせて、日本の地磁気研究者に利用され学術の発展に寄与することであった。要報は、昭和 13 年から平成 12 年まで刊行された。

平成 15 年 3 月に、地磁気観測所テクニカルレポートは、要報の廃刊に伴い、国内外の地磁気観測事業の発展に寄与することを目的に、地磁気観測所において行われた技術開発、観測及び調査研究の成果を公表し、刊行することとなった。テクニカルレポートに掲載された論文が、年報ともども広く活用されて、関係機関における業務の発展の一助となることが期待された。一方、地磁気観測所レポートの前身である地磁気観測所要報をホームページにて公開するために、平成 24 年度調査研究委員会にて「地磁気観測所要報及び技術報告のデータベース化」

の実施計画が承認され、原稿が PDF ファイル化され翌年度までにデータベースが構築された。平成 24 年 8 月にホームページにて公開を開始し平成 26 年 3 月には検索ページを構築し、テクニカルレポートと同様に要報についても一般ユーザーが利用可能となった。これらにより、オープンサイエンス推進への貢献が図られた。

第８部

沖縄気象台

「気象百年史」では、戦時中の沖縄気象台について、沖縄返還直後ということもありほとんど触れられていない。しかしながら、第二次世界大戦末期の沖縄戦では、沖縄地方気象台の職員は命を賭して気象業務を遂行したのち、数名を残して殉職するという壮絶な歴史をたどっている。その後、当時の状況を後世に伝えるため、戦没者の御霊を祀る琉風之碑（慰霊碑）が建立された。現在も、沖縄県制定の「慰霊の日」である６月23日には、気象台職員含めた関係者で琉風之碑に集い、追悼式が執り行われている。

ここでは、沖縄における戦前から戦時中、戦後、沖縄復帰、沖縄気象台の誕生までを記述する。なお、この時期の出来事については、「沖縄気象台百年史」等に詳細が記されている。

１．測候所創設から沖縄戦が始まるまで

明治20年10月11日内務省告示第４号によって那覇は地方測候所位置に指定され、那覇村の松尾山（マーチュウ（後年の地番：那覇市松山町１丁目17番地））に庁舎を建設し、明治23年７月に沖縄県立那覇二等測候所として業務を開始した。

明治33年１月､沖縄県立那覇一等測候所に昇格し､大正６年５月には那覇測候所と改称した。

大正13年５月、那覇測候所は失火によって庁舎が焼失し、測器、気象原簿等すべてを失い、翌６月から、那覇市美栄橋町県庁舎に隣接する県会議事堂の一角にある３階建ての建物を仮事務所として観測及び予報業務を再開した。

昭和２年４月、小禄（おろく）村鏡水原名座原儀（俗称：ガジャンビラ）に庁舎や無線塔を新設し、中央気象台附属沖縄測候所としての業務を開始、昭和７年４月には中央気象台の機構改正に伴い中央気象台沖縄支台と改称した。

昭和14年11月には再び中央気象台の機構改革が行われ、全国気象官署の国営移管が完了すると同時に中央気象台沖縄支台が沖縄地方気象台となり、資金前渡官吏制が布かれて福岡管区気象台に属することとなった。

２．沖縄戦における沖縄地方気象台

（１）沖縄戦における沖縄地方気象台職員

昭和19年10月10日早朝、沖縄本島に初めての米軍による大空襲があり、那覇市街地をはじめ、小禄、嘉手納、読谷の飛行場が爆撃を受けた。その日の宿直通信士は福岡管区気象台にあて「空襲、空襲、敵機来襲」と打電したのち、官舎居住職員、家族と共に防空壕に避難した。気象台は幸いにして爆弾も受けず無事だったが、大多数の職員は那覇市居住者であり、３日３晩燃え続けた火災で家を焼失した。「10・10空襲」と呼ばれるこの日から、沖縄地方気象台職員の悲劇は始まった。

気象台の職員は、現地で入隊、応召した人等が抜けて37名になっており、首里弁ヶ丘の陸軍気象隊に協力していた職員、小禄飛行場の海軍航空隊と行動を共にしていた航空気象観測所の職員と、小禄の防空壕（以下「小禄壕」という。）で観測・通報を続けた職員の３グループに分かれて業務を続けていた。壕内での食料や電源燃料は、近くにある海軍軍需部から支給されており、１日２食の食事であった。

４月１日、中部西沿岸から米軍は上陸を開始した。「鉄の暴風」とも呼ばれるほど、砲撃が熾烈に吹きすさぶ地上戦が始まり、上陸地点の近くにいた首里の気象隊と共にいた職員には、やっとのことで北部に避難した職員もいた一方で、命を失った者もいた。小禄の飛行場は日本海軍基地であったので、陸海空から熾烈な攻撃を受けて占領され、航空気象観測所の職員は全員海軍部隊と行動を共にして、迫撃戦に参加した。

小禄壕では、送信機の部品が故障し送信不能になったことから、那覇無線局から送信機の修理部品を命がけで入手し、観測成果の通報を続けていた。５月17日、米軍はついに気象台の通信を探知し、グラマン機の激しい攻撃を受けた防空壕は落盤した。福岡管区気象台に訣別電報を打った後、小禄壕を後にして南の方へ移動を始めた。長堂部落に近い饒波（のは）では、首里から南下して来た職員の一部と合流した。長堂でも戦死者と負傷者数名を出し、ここも危なくなったので更に後退せざるを得なくなり、５月22日、長堂をあとにして真栄平に向かった。２名の職員が、負傷して動けなくなった職員を見るために残ったが、追撃砲弾が激しくなり、ついに２名は、やむなく、負傷して動けない職員に手榴弾を手渡して、真栄平へ出発した。

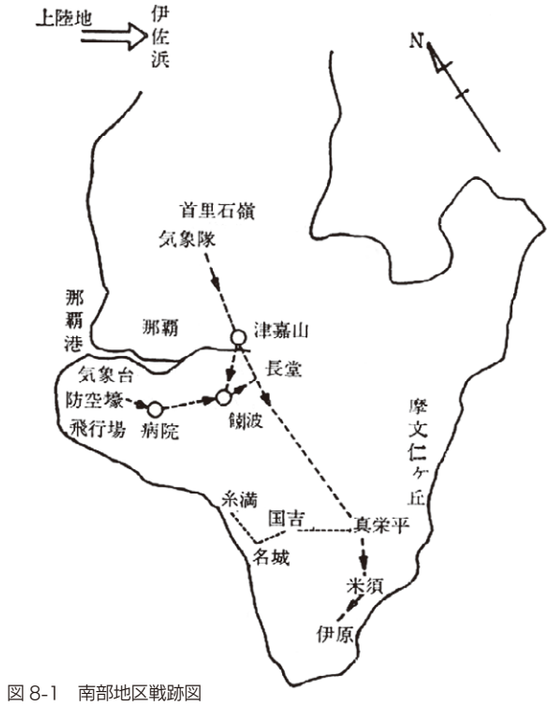


図 8-1　南部地区戦跡図

真栄平では、陸軍気象隊及び同隊に協力していた気象台職員と合流し、その時点で生き残っていた職員全員が集まった。陸軍気象隊長は気象台職員に対し、部隊はこれから切り込み作戦に行くが、気象台職員は軍人ではない、自由行動をとってもらいたいと言明し、気象隊と行動を共にしていた気象台職員の団体行動を解除した。なお、このような状況においても、観測、通報されたデータが極東天気図に残っている。

真栄平では、1 名が餓死したが、負傷してその場に残った 1 名と、真栄平から名城方面へ別れ、その後糸満で捕虜となった 2 名が生き残った。他の職員 19 名は米須を経て伊原にたどり着いた。6 月中旬に 2 名が負傷し（1 名はその後自決）、6 月 22 日には若い職員 2 名が爆死した。

残った職員のうち 13 名は伊原の地を離れたようである。負傷して動けなかった職員 1 名はここで捕虜となり、そして生き残った。

伊原は沖縄南部海岸に近い所で、南へ後退するにしてもあとわずかの距離である。彼等の 22 日以後の情況を知るものは誰もいないが、全員戦死した。沖縄地方気象台は、入隊して戦死した職員を含めて 73 名[*1] の戦争犠牲者を出した。翌 6 月 23 日は、沖縄軍司令官牛島中将と参謀長長中将が摩文仁の丘で割腹自決を遂げた沖縄戦の終戦の日であった。

（＊1）ご遺族からの申し出により、合祀（ごうし）者刻銘石への追加刻銘した 3 名を含む。

（2）「琉風之碑」建立

終戦の詔書が降り、戦争はついに終わった。沖縄地方気象台職員の消息を調査するため、名瀬測候所長は中央気象台長に出張伺を打電し、許可を得て、21 年 6 月米軍の船に便乗し沖縄に渡った。石川市（当時）でくしくも生き残った職員と会い、共に気象台職員の終焉の地、戦争の跡まだ生々しい摩文仁の伊原まで行った。そこで職員が悲惨な戦死を遂げた話を聞き、この地に慰霊の碑を建立すべく決意した。その後間もなく仮墓標を一応建てた。

昭和 26 年 3 月、琉球気象台長具志幸孝は生存職員 1 名を伴い、中央気象台へ出張上京した。そのとき、沖縄戦の気象台職員の状況について中央気象台職員の集合のもとに報告会を催し、生存職員が詳しい報告をした。その席上、慰霊碑建立について協力を要請した。昭和 29 年 6 月、中央気象台長和達清夫を招聘して種々指導を受けた際、摩文仁の仮墓標に案内した。和達は感無量の面持ちで永く拝んでいた。そして本格的な慰霊の碑の建立に協力することを約束した。同年 6 月下旬に“琉風之碑”建設募金趣意書を管内気象官署及び中央気象台あて、琉球政府建築課の設計及び見積目標額等の計画書を添えて送付して協力を依頼した。

琉風之碑という銘碑は、沖縄地方気象台職員の相互互助と親睦を図る共済会の名称「琉風会」からとったものである。かくして全国日本気象官署職員と琉球気象台職員の献金によって琉風之碑が建立された。

（3）沖縄地方気象台の廃止

昭和 20 年 5 月 25 日、沖縄戦により沖縄地方気象台は業務を停止した。

その後、機能を失った沖縄地方気象台は運輸省告示により、昭和 20 年 8 月 11 日付で福岡管区気象台那覇支台、同日付運輸省令により沖縄測候所に降格となった。そして昭和 21 年 11 月 13 日付で沖縄測候所は廃止となった。

3．沖縄戦後から沖縄復帰まで　～戦後の琉球気象事業～

（1）戦後の混乱

昭和 20 年 8 月 15 日終戦の大詔が発せられ戦争が終了したのち、30°N 線以南の琉球諸島は日本から行政分離されて、米軍の占領下に置かれた。米軍は沖縄本島に琉球列島米国民政府（United States Civil Administration of the Ryukyu Islands、略称 USCAR、ユースカー）を設け、全琉球を施政権下に置き、沖縄・奄美大島・宮古島・八重山の各群島にそれぞれ軍政官府を置いて行政を行った。また、各群島に住民の知事が任命され、米軍との中継業務をつかさどる機関が置かれた。

琉球諸島の気象官署は各群島の知事の配下となったが、混乱した。庁舎は破壊され、観測に必要な備品、消耗品の今後の補給はどうなっていくか、問題は多かった。知事は測候所の職員名簿や給料表の提出を指示したのみで、業務に対する指示はなかった。

沖縄地方気象台は全滅し、無線塔は跡形もなく破壊され、庁舎は本館だけ修理されてハーバーマスター（後に米軍領事館）に使用された。気象観測は嘉手納の空軍気象隊が航空気象業務を始め、台風警報のみを住民に発表した。

琉球軍政府発行の公報（昭和 24 年 9 月 21 日付）により、昭和 25 年 1 月から沖縄那覇市に発足する琉球民間人による琉球気象局（Ryukyu Weather Bureau）の局長に具志幸孝を任命することが決定した旨発表された。また第 15 気象隊長からも直接その旨通達された。

マッカーサー総司令官の指令に基づいて現地の琉球軍司令官は、布令第 53 号により、琉球人による気象業務の中央機関である琉球気象局を那覇市に置き、4 測候所（石垣島・名瀬・宮古島・南大東島）をその管轄下に入れて気象業務の運営をさせた。

（2）琉球気象局創設から琉球気象庁まで

昭和 25 年 1 月、琉球気象局は発足した。軍政府が与えた英文名称は Ryukyu Weather Bureau となっており、中央気象台では Weather Bureau を慣用で気象局と訳していたので、琉球気象局の和名を付けた。

沖縄南部地区知念村にあった琉球軍政府が当時、那覇市上之蔵町にあった戦前の小学校を改築して移転して来ていたので、その 1 室を借用して局事務所とした。

職員は全 10 名で、備品はなし、紙と鉛筆だけで仕事を始めた。軍の廃品の机や椅子をもらい受けたり、管下測候所の不要になった備品を保転して使用したり、次第に事務所らしくなった。

なお、琉球気象局は同年 3 月に郵政局と合併して琉球気象庁となったが、翌 26 年 11 月の琉球臨時中央政府設立に伴い、政府組織に庁制がないため琉球気象台と改称した。昭和 40 年 8 月の琉球政府機構改革で外局制が布かれ、琉球気象庁と改称した。

4．沖縄気象台の誕生

昭和 47 年 5 月 15 日、沖縄の本土復帰に伴って、琉球気象庁も沖縄気象台となり、日本の気象庁の組織に入り新発足することとなった。

沖縄気象台の発足にあたり、もっとも問題になったのは復帰時の琉球気象庁の組織の格付けであった。復興から発足までの長い苦難な道のりには、気象庁関係官らが精力的に協議を重ね、運輸省はじめ関係省庁へ積極的に働きかけた。そうした、気象庁及び他の関係機関等のたゆまぬ努力で、管区の名称はつかなかったものの他の管区気象台が有しているのと同等な権限をもつ沖縄気象台の組織が確立した。

索引

索　引

あ

浅間火山観測所……27, 623
アジア域高潮アンサンブル予報システム……361
アジア域高潮モデル……361
アジア・オセアニア気象衛星利用者会議（AOMSUC）……388
アジア・太平洋域における衛星資料の交換と利用に関する会議（APSDEU）……374
アジア太平洋気象防災センター……415
アジア太平洋地上天気図……410, 411
アジア・プリミティブ・ファインメッシュモデル（FLM）……349
アジェンダ 21……440
アスマン……463, 468
暑さ指数（WBGT）……71, 158, 404
あなたの街の防災情報……333
あなたの町の予報官……72, 80, 186, 613
アナログマグネトグラム……741, 742
アネロイド型気圧計……239, 462, 469, 471
雨雲の動き……266, 331, 402, 417
アメダス…63, 78, 244, 253, 292, 297, 321, 337, 345, 366, 367, 369, 399, 400, 415, 417, 433, 465–468, 487, 488, 491, 492, 493, 495, 496, 497, 499, 500, 550, 731
アメダスデータ等統合処理システム…61, 319, 461, 466, 489, 493, 497
アラスカ津波警報センター（ATWC）……283
新たなステージに対応した防災・減災のあり方……65, 67, 80, 116, 183
アラブ首長国連邦降水強化科学プログラム（UAEREP）……693
アルゴ計画……531, 532, 687
アンサンブル予報……56, 68, 69, 347, 350, 351, 353, 354, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 368, 375, 376, 413, 427, 428, 661, 692, 720
異常気象分析検討会……60, 421
異常気象分析ツール（iTacs）……422, 435
異常気象レポート……43, 47, 453, 454, 455
異常天候早期警戒情報……60, 116, 431, 432
伊豆東部火山群……595, 624, 626, 628, 629, 631, 643
伊豆東部の地震活動の見通しに関する情報……579, 594, 595, 616
委託検定……471, 575, 736
一元化処理……572, 579, 586, 587, 589, 590, 665
一次細分区域……70, 403, 407
一級水系……37, 397
イベント・アトリビューション……71, 442, 455, 707
今村式強震計……569, 573, 575
移流拡散モデル……249, 363, 365, 634, 652, 719
印刷天気図……25, 276
印刷電信……278
インド洋津波監視情報……621
インド洋津波警戒・減災システムのための政府間調整グループ……621
ウィーヘルト式地震計……569, 590
ウィルド・エーデルマン型磁気儀……739
ウィンドプロファイラ……57, 86, 478, 482, 483, 484, 485, 492, 682, 683, 705, 726, 731
宇宙開発事業団（NASDA）……84, 85, 378, 379, 387
宇宙空間の平和利用に関する国際協力……40
宇宙航空研究開発機構（JAXA）……84, 375, 378, 387, 631, 639, 700
宇宙天気予報……733
雨量データ品質管理情報処理装置……492
運航用気象（OPMET）情報……217
運航用飛行場予報（TAF）……217, 218, 229, 244, 245, 246, 307, 308, 356
運輸省設置法……76, 107, 118, 125, 126, 724
雲量分布資料……387
英国気象局（UKMO）……374, 413, 512
衛星データ高度処理システム……311, 385
永年気候観測指針……486
エーデルマン型アースインダクタ……739
エーロゾル世界資料センター（WDCA）……541
エーロゾル輸送モデル……348, 668
エッシェンハーゲン・シュミット型変化計……738
エッシェンハーゲン型変化計……738
エルニーニョ監視センター……52, 431
エルニーニョ現象……43, 52, 58, 85, 358, 430, 431, 454, 518, 520, 689
遠隔空港対空通信施設（RAG）……223, 224, 225
遠隔飛行場予報……229
遠隔予報……51, 89
塩化リチウム露点計……239, 240, 462, 463
沿岸観測……516, 517, 522
沿岸波浪……47, 347, 359, 515, 519, 529, 685
沿岸波浪図……519
沿岸波浪モデル……347, 359, 529
遠地地震に関する情報……596
遠地地震の地震情報……596
遠地津波観測計……514, 560
大雨警報……50, 54, 56, 65, 67, 150, 170, 182, 390, 391, 392, 393, 396, 398, 399, 400, 401, 405
大雨浸水に関する情報……404, 405
大雨特別警報……68, 73, 142, 149, 150, 192, 332, 395, 396, 404, 405
大型電子計算機……37, 38, 77, 668, 674, 679
大津波警報……64, 147, 166, 605
大手町庁舎…80, 92, 93, 130, 133, 150, 153, 280, 310
オーバーハウザー磁力計……738, 747, 749
オープンデータ……263, 264, 271, 285, 343, 526, 663
大森式強震計……569, 573, 575
大雪に対する国土交通省緊急発表……73, 192
小笠原諸島……31, 44, 70, 391, 396, 408, 412, 478, 537, 550, 560, 561, 733, 737
岡田武松……29, 152, 154
沖合の津波観測に関する情報……578, 609
沖縄国際海洋博覧会……159
沖縄の復帰に伴う特別措置に関する法律……97
奥尻島……51, 320, 505, 571, 584, 585, 606
オゾン再解析データ……364
オゾン全量解析……548
オゾン層解析室……52, 456, 548
オゾン層観測速報……548
オゾン層の保護のためのウィーン条約……47, 545
オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書……47, 456, 545
オゾンゾンデ……39, 546, 547, 548, 562, 563, 724, 726, 729, 732
オゾン反転観測……545
オゾンホール……47, 59, 548, 689, 728
乙種観測……35, 41
お天気フェア……134, 135, 677, 732
オフラインデータ……259, 266, 273, 627
オホーツク海……362, 505, 517, 519, 522, 523, 524, 686, 687
親潮丸……31
お雇い外国人……24, 568, 735
オリンピック・パラリンピック……156, 157, 231, 254, 257, 266
温室効果ガス観測……439, 482, 538, 539, 555, 557, 709, 710
温室効果ガス世界資料センター（WDCGG）……52, 365, 538, 539, 555, 557, 731
温室効果検討部会……451, 455
温暖化情報センター……455, 456, 557
温度計……239, 240, 462, 463, 467, 469, 470, 471, 501, 506, 513, 630, 732
オンラインデータ……266, 294, 298, 493
オンライン配信……259, 260, 267, 269, 273, 296, 325, 341, 465, 646, 677

か

カーボンニュートラル……441, 450, 457
海況概報……518, 520
海況旬報……518, 521
海上悪天 24 時間予想図……410, 411
海上悪天 48 時間予想図……56, 410, 411
海上気象観測……209, 509, 510, 511, 512, 535, 553
海上気象統計……512
海上実況気象通報式（SHIP）……270, 287, 531
海上における人命の安全のための国際条約（SOLAS 条約）……209, 413, 511
海上における捜索及び救助に関する国際条約（SAR 条約）……414
海上風データ……366, 367
海上分布予報……70, 331, 412
海上保安庁……51, 56, 77, 170, 178, 305, 411, 414, 494, 504, 510, 514, 517, 521, 530, 531, 533, 571, 577, 605, 643, 662
海上予警報……42, 51
解析雨量……44, 50, 54, 63, 269, 328, 367, 392, 400, 415, 416, 417, 474, 476, 491, 492, 498, 499, 658
解析降雪量……70, 417, 499
解析積雪深……70, 417, 499
解説予報……336, 338, 340
ガイダンス……45, 157, 212, 315, 328, 348, 353, 368, 369, 370, 413, 416, 425, 428, 446, 525, 528, 529, 659, 701, 722
海潮流観測……508
海底地震観測施設整備委員会……571
海底地震計データ……573, 642
海底地震常時監視システム……48, 571
海底地震津波観測網……65, 573, 578
回転式日照計……45, 462, 463, 464, 467, 468, 469
海氷観測……516, 517, 522, 524, 525
海氷モデル…347, 358, 362, 523, 668, 685, 686, 689
海氷予想図……70, 519, 524
海氷予報実施要領……523
海面水温……71, 355, 357, 361, 363, 366, 431, 456, 457, 510, 518, 519, 520, 521, 531, 534, 684, 707
海洋汚染監視パイロット計画……533
海洋汚染事故緊急対応システム（MPERSS）……530
海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律（海洋汚染防止法）……43, 508, 533
海洋開発及地球科学技術調査研究促進費……667, 684, 693, 694, 695, 697, 698, 706, 709, 711
海洋開発調査研究促進費……667, 672, 695
海洋観測指針……516
海洋観測法……30, 516
海洋気候データシステム……512
海洋気象委員会（CMM）……205, 530
海洋気象観測船……39, 43, 79, 85, 87, 102, 133, 134, 136, 439, 478, 504, 505, 506, 507, 508, 510, 511, 521, 531, 532, 533, 534, 553, 584, 662
海洋気象台……28, 65, 79, 122, 507
函館海洋気象台……32, 39, 60, 79, 101, 469, 505, 511, 516, 517, 518, 533
神戸海洋気象台……32, 39, 54, 79, 101, 145, 469, 505, 507, 511, 512, 518, 533
舞鶴海洋気象台……33, 39, 60, 79, 101, 469, 505, 509, 511, 518, 533
長崎海洋気象台……33, 39, 60, 79, 101, 469, 505, 506, 509, 511, 518, 533, 534
海洋気象ブイロボット……34, 134, 509, 510, 515, 527
海洋月報……518, 520, 521, 522
海洋研究開発機構（JAMSTEC）……253, 532, 533, 536, 573, 577, 590
海洋研究科学委員会……534

海洋再解析の相互比較（ORA-IP）……687
海洋情報処理装置……319
海洋生態系モデル相互比較研究計画（MAREMIP）…686
海洋総合解析システム（COMPASS-K）
……347, 361, 362, 686, 687
海洋データ同化システム……358, 361, 686, 687, 701
海洋の健康診断表……60, 518, 519, 524, 525
海洋バックグランド汚染観測……43, 508, 533
外洋波浪図……519, 529
外洋波浪モデル……347, 359
海洋丸……28
海流図……519, 521, 522
海流予報……51
改良型高感度長周期地震計……591
科学技術・学術政策推進費……672
科学技術基本計画……654, 667, 743
科学技術基本法……654, 667
科学技術週間……677
科学技術振興調整費……484, 672, 684, 685, 687, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 705, 706, 710, 711, 717, 719, 746, 747
化学輸送モデル……348, 364, 365, 549, 683, 689, 708
革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ（HPCI）……254
各地の震度に関する情報……592, 593, 644
確率的物理過程強制法（SPPT 法）……354, 357
可降水量……63, 367, 478, 484, 485, 510, 668, 697, 698, 699, 731
鹿児島県無線漁業協同組合……306
過去の気象データ……490, 491, 492
火砕流……51, 52, 627, 630, 632, 633, 716, 719
火山解析処理装置（VolPAS）……628, 644, 650
火山ガス予報……58, 167, 365, 634
火山活動情報……48, 52, 169, 631
火山活動度レベル……632
火山監視・警報センター…567, 626, 652, 675, 714, 748
火山監視・情報センターシステム……628, 651
火山監視情報システム（VOIS）…319, 629, 651, 652, 716
火山観測指針……624
火山観測体制等に関する検討会……170, 626
火山観測法……623, 624
火山機動観測……48, 97, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630
火山情報……42, 48, 49, 52, 121, 145, 169, 170, 263, 330, 332, 567, 625, 631, 632, 633, 634, 638, 716
火山情報検討会……631
火山情報等に対応した火山防災対策検討会…121, 632
火山情報の提供に関する検討会……170, 633
火山総合観測装置……625, 628, 629
火山調査研究推進本部……70, 567, 636, 637, 639
火山の状況に関する解説情報……69, 170, 633, 634
火山灰情報提供システム（VAFS）……319, 652
火山噴火等による潮位変化に関する情報のあり方検討会
……596
火山噴火の長期的な予測に関するワーキンググループ
……638
火山噴火予知計画……42, 614, 624, 637, 714, 748
火山噴火予知連絡会……42, 146, 170, 625, 626, 627, 632, 633, 637, 638, 639, 651, 652, 714, 715, 717, 718, 719
火山噴火予知連絡会火山活動評価検討会‥625, 639, 719
火山防災協議会……62, 187, 626, 633, 634, 636, 637
火山防災対策検討会……121, 595, 632
火山防災の日……623, 636
火山防災連絡事務所……625, 637
可視赤外走査放射計（VISSR）……380, 387
カセット磁気テープ（CMT）……269, 310, 311
河川洪水予報データ交換システム……297, 298, 319
下層悪天予想図……233, 234, 248
下層ウィンドシアー予測情報作成装置……316
仮想化技術……316, 647, 652
仮想システム……281, 294
仮想マシン稼働環境……72, 317
型式証明……470
活火山であることに留意……69, 633, 634
活火山ワーキンググループ……638
滑走路視距離（RVR）……41, 236, 237, 238
活動火山周辺地域における避難施設等の整備等に関する法律……48, 169, 635, 714
活動火山対策特別措置法……48, 70, 169, 170, 623, 631, 635, 636, 639, 714
カテゴリー予想……230, 245
かな漢字電文……270, 271, 272
可搬型航空統合気象観測システム（MAIMOS）……233
可搬型地震計……584, 641
花粉症対策……344, 345, 346
雷監視システム（LIDEN）……57, 61, 71, 72, 242, 243, 244, 319, 462
雷ナウキャスト……61, 331, 418
雷発生確度……245
カルマンフィルタ……355, 368, 369, 690, 699
感雨器……462, 463
環境汚染……40, 463, 556
環境基本計画……440, 442
環境基本法……440
環境緊急対応（EER）……363, 365, 374
環境研究総合推進費……459, 670, 672, 694, 696, 709
環境保全総合調査研究促進調整費……672
環境予測センター……313, 374, 376, 413, 420
管区気象研究会誌選集……664
関西航空地方気象台……83, 100, 224, 225, 226, 244, 245, 307
完全自動化……71, 90, 228, 229, 462, 745
観測・インフラ・情報システム委員会
（インフラ委員会、INFCOM）……205
観測環境調査……496
観測システム研究・予測可能性実験計画（THORPEX）
……375, 701
観測所観測業務規程……468
観測データ交換システム……492, 493, 494
干ばつ……24, 29, 30, 43, 424, 435, 438, 453, 454
官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）…673, 704
官民の役割分担…49, 52, 53, 114, 141, 260, 336, 338
官民連携……55, 202, 203, 206, 254
寒冷化……43, 47, 442, 454
機械可読……142, 221, 264, 405, 490
機械式強震計……569, 574, 575
機械式地震計……568, 569, 570, 573, 574, 640
機関観測データ収集・高度利用装置……492, 493, 497
キキクル（危険度分布）……67, 68, 184, 266, 270, 331, 333, 392, 393, 394, 395, 401, 476, 661, 699, 723
危険度を色分けした時系列……67, 396
気候委員会（CCl）……205, 425
気候観測（甲種観測）……35, 41
気候系監視速報……420, 421
気候系監視報告……420, 424
気候サービスの高度化に関するアジア太平洋
気象庁長官会議……436
気候サービスのための世界的枠組み（GFCS）…206, 444
気候システム……60, 66, 441, 446, 458, 534, 684, 689, 705
気候情報連絡会……451
気候変動影響評価報告書……442, 452, 455, 457, 460
気候変動及び予測可能性研究計画……536
気候変動監視レポート……455, 456, 460, 548
気候変動情報処理システム……319
気候変動対策……44, 47, 439, 440, 441, 442, 443, 446, 450, 451, 452, 453, 457, 477, 537, 539
気候変動対策関係省庁連絡会……47, 451
気候変動対策基本計画……439, 443, 451
気候変動調査委員会……453, 454
気候変動調査研究会……43, 438, 453
気候変動適応計画……441, 442, 455, 457, 458, 459
気候変動適応法……71, 441, 442, 451, 452, 455, 457, 458, 539, 722
気候変動と海洋に関する委員会（CCCO）……534
気候変動に関する WMO 声明……46, 439, 443, 453
気候変動に関する懇談会……71, 442, 452, 458
気候変動に関する政府間パネル（IPCC）……52, 60, 66, 115, 116, 194, 196, 209, 439, 440, 441, 442, 443, 444–447, 448, 450, 455, 456, 457, 459, 504, 509, 539, 668, 669, 683, 684, 685, 686, 708, 712, 730
気候変動に関する専門家パネル……439, 443
気候問題懇談会……47, 439, 442, 451, 452, 453, 455, 520
気候予測データセット 2022…442, 452, 457, 458, 459
器差検査……470
基準地上放射観測網（BSRN）……543, 564, 730
気象衛星計画……44, 673
気象衛星資料解析気象報（SAREP 報）……414
気象衛星センター……46, 54, 76, 81, 83, 93, 98, 268, 273, 275, 329, 379, 380, 382, 383, 385–387, 475, 500, 501, 656, 694
気象衛星調整会議（CGMS）……378, 387
気象衛星通信所……378
気象衛星の長期構想について……46, 111, 112
気象解説情報……68, 240, 246, 248, 405
気象科学館……55, 95, 96, 132, 133, 135, 136, 138
気象官署観測業務規程……468, 486, 516, 526, 577
気象官署気象測器部内検査規則……468, 469
気象官署津波業務規程……580, 581, 604
気象官署予報業務細則……523
気象観測ガイドブック……496
気象観測統計指針……486, 487, 488
気象観測法……26, 33, 461, 486, 489, 497, 671, 696
気象・気候・水・環境サービス及び応用委員会
（サービス委員会、SERCOM）……205
気象技術官養成所……32, 34, 39, 107, 152
気象記念日……137, 141, 152, 153
気象協議会（企画院）……31
気象協議会（中央気象台）……26, 525
気象行政評価・監視……65, 224, 340
気象業務支援センター…53, 119, 137, 140, 154, 243, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 269, 271, 272–274, 337, 340, 341, 344, 368, 369, 387, 416, 417, 419, 434, 470, 491, 500, 525, 526, 527, 528, 749
気象業務における諸問題 長期的観点からの展望…415
気象業務の評価に関する懇談会……55, 109, 125, 128
気象業務はいま……55, 139, 140
気象業務法……33, 118–123
第１条（目的）……127, 194
第６条（気象庁以外の者の行う気象観測）
……222, 495
第７条（気象庁以外の者の行う気象観測（船舶））
……511
第 10 条（観測の実施方法の指導）……495
第 11 条（観測成果等の発表）……146, 527, 598
第 13 条（予報及び警報）…142, 146, 262, 332, 397
第 14 条の２（予報及び警報（水防活動））……397
第 15 条（予報及び警報（通知等））……259, 294
第 20 条（警報事項の伝達）……336
第 23 条（警報の制限）……336
第 24 条（予報及び警報の標識）……609
第 24 条の２～（気象予報士）……272, 274
第 43 条（特殊な業務の受託）……575
気象業務法施行令……390, 604, 605
気象業務法施行規則……340, 390, 495, 511, 604, 606, 609
気象研究コンソーシアム……375, 376, 539
気象研究所……34, 35, 36, 38, 39, 47, 52, 58, 61, 64, 71, 76, 81, 83, 98, 134, 160, 177, 178, 190, 315, 347, 348, 354, 355, 358, 361, 363, 364, 376, 385, 416, 417, 418, 430, 431, 439, 444, 445, 456, 458, 473, 475, 477, 483, 484, 485, 499, 509, 522, 529, 535, 539, 542, 546, 549, 552, 553, 554, 563, 571, 609, 626, 629, 660, 661, 662, 666–723, 726, 727, 729, 730, 731, 732, 747
気象研究所化学気候モデル（MRI-CCM）
……364, 365, 668, 684, 690, 721
気象研究所技術報告……667, 677, 686, 691

気象研究所共用海洋モデル（MRI.COM）……347, 358, 361, 362, 535, 655, 668, 684, 686, 687, 689, 708
気象研究所地球システムモデル（MRI-ESM）……364, 539, 668, 669, 684, 685, 689, 690, 708, 721
気象研究所年報……667, 670
気象研究所版数値解析予報実験システム（MRI-NAPEX）……692
気象研究所非静力学モデル（MRI-NHM）……667, 691
気象研究ノート……427
気象研大気大循環モデル（MRI-AGCM）……364, 365, 684, 688, 708
気象光学距離（MOR）……238
気象・降水観測レーダー海外普及官民連絡会議……215
気象コンテンツ作成装置……330
気象サービス分科会……258
気象事業振興協議会……55, 274, 341
気象事業令……35, 118
気象情報自動応答装置……306, 307
気象情報伝送処理システム（アデス）……171, 221, 293, 294, 296, 302, 319, 330, 408
気象情報の利活用状況に関する調査……129
気象情報部外提供推進委員会…53, 261, 262, 265, 271
気象情報利活用促進委員会……265, 332, 661
気象資料自動編集中継装置（ADESS）…40, 41, 44, 45, 54, 60, 242, 244, 252, 258, 259, 278, 279, 280, 281, 283, 284, 289, 291, 292, 293, 294, 297, 301, 306, 307, 310, 320, 321, 322, 326, 327, 328, 329, 330, 372, 461, 474, 489, 491, 581, 606, 611, 642, 643
気象資料総合処理システム（COSMETS）…54, 87, 273, 279, 280, 292, 308, 310, 372, 411
気象資料提供システム……319, 489, 490, 491, 492
気象資料伝送網……45, 88, 89, 93, 259, 278, 279, 280, 292, 299, 301, 303, 306, 320, 321, 325, 581, 642
気象資料伝送網計画……45, 88, 278, 279, 280, 303, 306, 320, 321, 642
気象資料伝送網分科会……278
気象審議会……37, 111–115
　建議「気象衛星の長期構想について」…46, 111, 112
　答申第３号「防災気象情報の伝達組織の強化と利用体制の向上について」……267
　答申第６号「今後の社会的要請に対応する気象業務について」……258, 259
　答申第８号「『世界気象監視（WWW）計画』の一環としての我が国気象業務の 整備強化について」……202, 206
　答申第９号「気象業務整備５か年（昭和47年～ 51年度）計画の大綱について」……111, 112, 114, 258
　答申第10号「短時間予報体制強化の方針について」……112
　答申第11号「気象災害にかかわる気候調査研究体制整備の方針について」……112, 439
　答申第12号「海洋観測システム整備とその成果の利用促進の方針について」……112
　答申第13号「第４次地震予知計画に関する気象庁地震業務の将来計画について」……48, 112
　答申第14号「今後の航空気象業務の整備に関する方策について」……47, 113
　答申第15号「気象改変に関する長期的な対応について」……113
　答申第16号「今後の台風進路予報のあり方」……50, 113, 412
　答申第17号「気象庁における地球科学に関する新たな研究及び技術開発の課題とその推進方策について」……102, 113
　答申第18号「社会の高度情報化に適合する気象サービスのあり方について」……53, 103, 114, 119, 141, 260, 262, 337, 341, 407, 408
　答申第19号「今後の地震・津波情報の高度化のあり方について」……51, 114, 592, 607, 644
　答申第20号「今後の気候情報のあり方」……58, 114
　答申第21号「21世紀における気象業務のあり方」……55, 114, 115, 116, 117, 120, 126, 181, 262, 274, 338, 340, 408, 667
気象振興協議会……55, 142, 274, 341
気象測器検定検査指針……471
気象測器検定試験センター……47, 469, 501, 732
気象測器工場……47, 470, 543, 560, 677, 678
気象大学校……29, 39, 49, 81, 83, 98, 102, 104, 105, 106–110, 228, 472, 732
気象台測候所条例……26, 118
気象庁欧文彙報……663, 664
気象庁ガイドブック……136, 140
気象庁海氷観測資料……524, 525
気象庁危機管理推進本部……179, 180
気象庁技術開発推進委員会……660
気象庁技術開発推進本部……657, 658, 659, 660
気象庁技術報告……39, 48, 460, 549, 663, 664, 665
気象庁機動調査班（JMA-MOT）……63, 174, 175
気象庁行政情報化推進計画……326
気象庁行政情報化等推進委員会……255
気象庁行政情報ネットワーク……256, 276, 322, 323
気象庁業務継続計画推進本部……179, 180
気象庁業務信頼性向上対策本部……63, 179, 180
気象庁業務信頼性向上対策要綱……179
気象庁業務評価レポート……125, 128
気象庁緊急地震速報一般提供に向けた周知・広報推進本部……62
気象庁クラウド環境……73, 264, 273, 315, 344
気象庁研究時報……276, 663, 664
気象庁研修会議……102
気象庁事故災害防止安全対策会議……179
気象庁地震観測所……570, 578, 617, 618
気象庁情報システム基盤…72, 257, 281, 294, 316, 647
気象庁情報システム最適化等検討委員会……256, 316, 332, 647
気象庁情報セキュリティ対策委員会……255, 257
気象庁情報セキュリティポリシー実施手順……257
気象庁情報総覧……261, 266
気象庁震度階級関連解説表……175, 575, 586
気象庁数値モデル研究会……373, 656
気象庁葬……154
気象庁 SOAP 手順……325
気象庁データベース総覧……265
気象庁データを利用した気象に関する研究……64, 539, 660
気象庁電子申請個別システム……496
気象庁図書館……275, 276, 277
気象庁におけるモデル開発戦略会議……655
気象庁配信データ利用者協議会……55, 261, 274, 341
気象庁非静力学モデル（JMA-NHM）……355, 356, 667, 691
気象庁防災業務計画……162, 163, 164, 166, 167, 168
気象庁防災情報 XML……263, 264, 265, 270, 271, 297, 299, 325
気象庁防災対応支援チーム（JETT）……72, 167, 190, 612, 613
気象庁ホームページ……141
　気象庁ホームページ（広報、公表等）……55, 71, 128, 130, 138, 141, 263, 265, 344, 409, 417, 420, 455, 456, 460, 491, 492, 498, 521, 522, 526, 538, 539, 548, 549, 550, 556, 575, 593, 613, 663, 665
　気象庁ホームページ（リアルタイム・コンテンツ）……55, 141, 171, 183, 233, 265, 268, 272, 301, 365, 392, 393, 402, 412, 416, 417, 419, 427, 432, 434, 483, 495, 500, 501, 513, 519, 527, 542, 594, 632, 634, 649
　気象庁ホームページ（提供システム）……142, 294, 296, 301, 302, 491
　気象庁ホームページ（コンテンツ作成（内製化））……330
　気象庁ホームページ（バリアフリー、多言語化）……142, 143, 158, 265, 266
　気象庁ホームページ（広告掲載）……143, 264
気象庁本庁業務継続計画……63, 168, 179
気象庁本庁災害対策要領……63, 168
気象庁本庁における情報システム運用継続計画……179
気象庁マグニチュード（Mjma）……588, 589, 608
気象庁マグニチュード検討委員会……588
気象庁モデル技術開発推進本部……56, 655, 656, 657, 658
気象庁モデルフォーラム……373, 656
気象庁予報警報規程……390
気象庁ロゴマーク……55, 136, 137
気象通信所……76, 379
気象通信網……252, 282
気象通知電報……267
気象通報所……35, 45
気象データアナリスト……73, 338, 343, 344
気象データ交換動作環境（MDCS）……300, 301
気象データ高度利用ポータルサイト……73, 264
気象データ収集・提供装置（MDCDS）…300, 301, 302
気象データ処理ソフトウェア開発支援装置……315
気象データリアルタイムサーバ（MDRS）……300
気象データ利用ガイド～先を読むビジネスへ～……344
気象展示室……132, 134
気象電報……25, 26, 27, 28, 407
気象特報……31, 390, 391, 407
気象ドップラーレーダー……57, 61, 70, 86, 88, 89, 233, 240, 241, 244, 315, 319, 402, 416, 418, 475, 476, 680, 704, 705, 719, 720
気象友の会……138, 139, 154
気象ビジネス市場の創出……73, 342, 343, 435
気象ビジネス推進コンソーシアム（WXBC）……73, 342, 434
気象ビジネスフォーラム……73, 343
気象防災アドバイザー……72, 167, 187, 333, 338
気象防災速報……68, 405
気象報道管制……29, 32, 33
気象無線模写通報（JMH）……38, 278, 302, 303, 304, 305, 306, 414, 519, 529
気象要覧……490, 491, 518, 586, 613
気象予報士……49, 53, 72, 114, 117, 119, 133, 147, 187, 188, 192, 273, 337, 338, 339, 340, 408
気象予報士試験……53, 119, 338
気象予報士制度……49, 53, 114, 147, 192, 337, 340, 408
気象レーダー観測処理システム（ROPS）……61, 64, 244, 319, 475, 476, 494
気象レーダー観測網……40, 41, 44, 49, 243
気象ロケット……39, 44, 57, 478, 481, 482, 537, 540, 553
季節アンサンブル予報……56, 69, 347, 358
季節予報……36, 38, 345, 354, 357, 358, 362, 420, 428, 429–432, 436, 437, 444, 460, 683, 686, 688, 689, 692, 705, 706, 707
季節予報モデル……354, 357, 686, 688, 707
季節予報モデル相互比較プロジェクト（SMIP）……688, 707
北半球規模の大寒波……37, 39
北半球バランス・バロトロピックモデル……347, 348
気団変質実験（AMTEX）……43, 731
基地気象官署……222, 224
基盤強震観測網（KiK-net）……572, 599, 646
キャリントン・イベント……740
狭域悪天実況図……232, 247, 248
狭域悪天予想図……232, 247, 248
行政改革会議……77, 124, 181, 667, 674
行政機関が行う政策の評価に関する法律……124
行政機関の職員の定員に関する法律……97
行政情報化……254, 255, 256, 268, 326
行政情報ネットワーク…255, 256, 276, 300, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 328, 329, 331
協調的意思決定（CDM）……230
協調的なシグメット情報（CSI）……220, 248
京都議定書……58, 66, 116, 440, 441, 445, 448, 449, 451, 668
業務継続計画（BCP）……60, 176, 233, 281, 313, 515, 644, 651
業務・システム最適化……255, 466, 645, 646
共用空港……224, 227, 243
漁業気象通報……30, 42

漁業気象連絡室……42
漁業用海岸局……329, 330
極軌道気象衛星……386
局所アンサンブル変換カルマンフィルタ（LETKF）……355, 699
極端気象……203, 672, 699, 703
局地解析……356, 366, 367, 699
局地数値予報システム……355, 356
局地モデル（LFM）……231, 314, 347, 356, 366, 376, 416, 485, 652, 655, 662, 663, 691
極東津波警報センター……620
清瀬第一庁舎……316, 386
清瀬第二庁舎……54, 310, 315, 316
清瀬第三庁舎……312, 314
巨大津波観測計（巨大津波計）……514, 577
霧プロダクト……500
記録的大雨警戒メッシュ……331
記録的短時間大雨情報（キロクアメ）…48, 50, 65, 399, 400, 401, 496, 499
近海波浪モデル……359
緊急安全確保……172, 394, 395
緊急火山情報……52, 631, 632
緊急警報放送システム……268, 610
緊急参集チーム……163, 165, 166, 176, 177, 178, 581
緊急地震速報……54, 59, 62, 65, 70, 72, 116, 120, 121, 167, 169, 171, 188, 233, 266, 269, 271, 272, 273, 274, 339, 340, 341, 572, 573, 581, 583, 594, 597, 598, 599, 606, 645, 646, 647, 713, 714
緊急地震速報の本運用開始に係る検討会……121
緊急地震速報利用者協議会……274, 341, 598
緊急情報衛星同報システム……320, 325, 643
緊急速報メール……269, 598
緊急防災情報ネットワーク……56, 61, 170, 183, 294, 295, 296, 307, 320, 321, 324
緊急連絡用衛星電話……61, 324
近年の世界の気候について……43, 453
空域悪天情報（ARMAD）……246
空域予報システム（AFS）構想……218
空域予報センター（AFC）……218
空港気象観測システム（AMOS）…237, 238, 239, 240
空港気象常時監視装置……238, 239, 240
空港気象常時監視通報装置…237, 238, 239, 240, 307
空港気象ドップラーライダー（LIDAR）……62, 89, 215, 242, 244, 697
空港気象ドップラーレーダー（DRAW）……57, 61, 62, 70, 240, 241, 242, 243, 244
空港気象ドップラーレーダー観測処理システム（ADRAS）……244, 319
空港気象レーダー（RAW）……47, 88, 240, 718
空港気象連絡室……224, 227
空港整備特別会計……87, 88, 91, 233, 258, 263
空港整備法……216
空港低層風情報（ALWIN）……244
空港法……216
空中電気観測……734, 736, 740, 741
区内観測所……573
クニッピング……25, 27, 568
雲解析情報図……385
クラウドコンピューティング……253
グループウェア……180, 255, 256, 314, 326, 329
グループトリガ方式……649
グローバル・ブローカー（GB）……286
グローバル・モニタリング（GM）……286
黒潮丸……31
軍縮委員会会議（CCD）……618
群列地震観測システム……591, 650
警戒避難基準雨量……398
警戒レベル……62, 68, 69, 121, 164, 169, 172, 394, 395, 396, 398, 401, 404, 405, 409, 595, 630, 632, 633, 634, 636, 717, 718, 748
系間接続装置（CCA）……292
計器着陸装置（ILS）……224
計器飛行方式（IFR）……223
計測震度計…51, 54, 78, 85, 572, 574, 575, 584, 592
携帯電話……54, 64, 144, 253, 263, 268, 269, 466, 598, 610
啓風丸……43, 60, 79, 85, 133, 134, 154, 504, 505, 509, 510, 511, 535, 712
警報級の可能性……67, 359, 360, 396, 397
ケーブルテレビ……119, 268
決議40……52, 73, 202, 203, 262, 289
結合モデル相互比較実験（CMIP）……669, 684, 708
研究開発とSociety5.0との橋渡しプログラム（BRIDGE）……673
研究交流促進法……660
研究時報……35, 276, 663, 664
研究速報……35
研究評議会……205
研究報告書……667, 676
現業運営統括会議……582
現在の雪……417
原子力規制庁……177
原子力災害対応マニュアル……167, 168, 177
原子力災害対策特別措置法……177
験震時報……664, 665
建設省……55, 77, 92, 153, 207, 212, 397, 617, 678, 693
検潮儀……469, 513, 514, 576, 577
顕著な大雨に関する気象情報……68, 69, 396, 401, 402, 662, 663
顕著な大雪に関する気象情報……396, 402
検定制度……114, 115, 119, 120, 495, 496, 575
原簿……237, 265, 273, 489, 491, 526, 586, 752
コア（core）データ……203, 289
豪雨監視・予測技術開発推進委員会……657, 658
豪雨監視・予測技術開発部会……658, 659
豪雨災害対策緊急アクションプラン……182, 299
高温注意情報……66, 71, 158, 403, 404
高解像度降水ナウキャスト……158, 331, 333, 416, 417, 476
公害対策基本法……42, 440, 551
光化学オキシダント……551, 552
光化学スモッグ……43, 60, 551, 552
光学的厚さ……364, 541, 564, 695
高感度地震観測網……572
高感度長周期地震計……591
航空宇宙技術研究所……253, 710
航空XML通報式（IWXXM）……221, 288
航空管制……38, 61, 219, 231, 236, 382
航空機観測……247, 517, 523, 539, 689, 694, 696, 700, 701, 705, 710, 721
航空機気象観測報告（ARS）……248
航空機自動観測通報（AMDAR）……234, 235
航空気象委員会（CAeM）……205
航空気象観測所……47, 65, 216, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 238, 240, 246, 753
航空気象観測所システム（AMOSOS）……238, 239
航空気象観測所実況気象通報式（SCAN）……222, 224, 229
航空気象観測統合処理システム……61, 243
航空気象観測の完全自動化に関する検討会……228
航空気象業務……29, 30, 35, 38, 41, 47, 61, 62, 78, 81, 88, 89, 113, 139, 209, 216–250, 263, 755
航空気象懇談会……235
航空気象実況データ収集処理システム（ALIS）……61, 230, 243
航空気象情報共有環境……229
航空気象情報提供システム（MetAir）……61, 89, 224, 230, 232, 236, 242, 244, 307, 308, 319, 500, 501
航空気象情報提供装置……307
航空気象情報の利用の手引き……236
航空気象情報配信装置……307
航空気象通報式……221, 270, 304
航空気象ノート……235, 236
航空気象予報官……220, 228
航空業務運用支援装置……334, 335
航空業務に関する手続―気象の部（PANS-MET）…236
航空交通管制部気象解説情報……248
航空交通管理（ATM）……219, 220
航空交通管理センター（ATMセンター）……61, 230
航空交通管理班（TMU）……231, 232
航空交通管理用気象情報共有システム……232
航空交通管理用統合気象支援装置……232
航空交通気象時系列予想（ATMet時系列）……231
航空交通気象センター（ATMetC）……62, 230, 231, 232, 243
航空情報（ノータム）……219, 236
航空統合気象観測システム（AIMOS）……237, 239, 240, 244
航空ミッション機能……382, 383
航空用地上気象観測装置……237, 240, 243
航空路火山灰監視装置……89, 249, 652
航空路火山灰情報（VAA）……57, 217, 218, 249, 250, 635, 652, 718
航空路火山灰情報センター（VAAC）……57, 89, 218, 249, 250, 635
航空路火山灰予測……365
航空路機上観測飛行……234
航空路誌（AIP）……219
高高度レーウィンゾンデ観測……480, 727
黄砂……58, 348, 363, 364, 537, 542, 659, 690, 696
格子点値（GPV）……261, 262, 269, 273, 279, 313, 337, 340, 352, 372, 387, 417, 531, 542, 652
公衆電信電話法……41
甲種観測所……41
洪水予報データ変換装置……297, 298
洪水及び土砂災害の予報のあり方に関する検討会……339, 340
降水ガイダンス……45
降水確率予報……44, 45, 267, 407, 409
降水短時間予報……44, 50, 56, 181, 267, 269, 292, 298, 311, 339, 340, 356, 415, 416, 418, 476, 498, 499
洪水等に関する防災用語改善検討会……397
降水ナウキャスト……56, 64, 158, 331, 333, 416, 417, 418, 476
洪水予警報等作成システム……296, 297, 298
洪水予報……34, 37, 56, 61, 118, 122, 123, 183, 296, 297, 298, 319, 321, 325, 397, 398, 404, 405, 492
降水粒子判別……241
合成開口レーダー……631, 715
降雪短時間予報……70, 417, 499
降雪量分布予報……56, 408
高層委員会（CAe）……205
高層気象観測……27, 29, 30, 43, 44, 61, 86, 160, 319, 465, 478–486, 488, 505, 510, 511, 535, 546, 560, 561, 562, 563, 671, 706, 724, 725, 726, 727, 731, 732
高層気象観測所……27, 480, 727
高層気象観測装置……43, 61, 479, 480, 505, 510, 546, 726
高層気象観測データ処理システム……319
高層気象観測統計要領……486
高層気象台……28, 31, 47, 81, 478, 541, 543, 545, 724–732
高層気象台彙報……732
構造検査……470
高層大気……26, 478, 482, 671
高速インターネットアクセス網……253
高速デジタル専用線……295
広帯域地震計……573, 589, 591, 592, 608, 628, 716
広帯域速度型地震計……571
交通政策審議会気象分科会……64, 115–118
提言
「今後の地球環境業務の重点施策」（H20.6）……116, 509
「局地的な大雨による被害の軽減に向けた気象業務のあり方について」（H21.6）……64, 116, 657
「気候変動や異常気象に対応するための気候情報とその利活用のあり方について」（H24.2）……66, 116

「「新たなステージ」に対応した防災気象情報と観測・予測技術のあり方」（H27.7）……67, 116, 183, 187, 393, 396, 400, 408, 661, 669
「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」（H30.8）……68, 74, 79, 80, 117, 118, 127, 144, 264, 265, 339, 342, 353, 373, 442, 647, 655, 658, 661, 663, 669
「気象業務における産学官連携の推進について」（R2.12）……73, 117, 215, 264, 315, 660
「「DX社会に対応した気象サービスの推進」について」（R5.3）……117, 339, 340, 344
荒天予測計画（SWFP）……360, 375
荒天予報実証プロジェクト（SWFDP）……375
江東5区広域避難推進協議会……173
高度計規正値（QNH）……239, 240
高度情報通信ネットワーク社会形成基本法（IT基本法）……141, 263
降灰予報……62, 167, 175, 331, 365, 630, 634, 635, 652, 719
降灰予報の高度化に向けた検討会……635, 719
高風丸……39, 60, 85, 505, 509, 510
高分解能航空ガイダンス開発アーカイブ装置……315
神戸コレクション……512
国際オゾンシンポジウム……667
国際海事機関（IMO）……194, 209, 530
国際海洋炭素観測連携計画（IOCCP）……536
国際科学技術博覧会……159
国際気象機関（IMO）……26, 196, 487
国際気象台長会議……195
国際気象通報式……33, 237, 270, 282, 287, 288, 508
国際気象無線通報（JMG）……35, 278, 282, 305
国際北半球気象無線通報（JMI）……278, 305
国際協力機構（JICA）……194, 195, 197, 198, 207, 211, 212, 213, 214, 215, 388, 435, 501, 621, 622, 732
国際極年……26, 30, 39, 733, 735, 736, 739, 741
国際原子力機関（IAEA）……177, 374
国際航空安全監視監査プログラム（USOAP）220, 228
国際航空運送協会（IATA）……217
国際航空交通情報通信システム（AMHS）……217, 221
国際航空固定通信網（AFTN）……217
国際固定気象通信線……38
国際磁気圏観測計画（IMS）……734
国際地震観測網……210, 591, 618
国際地震センター（ISC）……194, 209, 617
国際相互比較……374, 547, 548, 556, 688, 728
国際測地学地球物理学連合（IUGG）……374, 734, 736
国際地球観測年（IGY）……38, 39, 430, 554, 562, 591, 724, 725, 727, 728, 730, 734, 737, 748
国際地球電磁気学・超高層物理学協会（IAGA）……734, 735, 736, 737, 743
国際地点番号表……288
国際通信……38, 252, 278, 280, 282, 283, 289, 293
国際津波情報センター（ITIC）……619
国際定期航空操縦士協会連合会（IFALPA）……217
国際日射計比較……542, 544, 558
国際民間航空機関（ICAO）……33, 35, 50, 57, 62, 88, 113, 194, 209, 217, 218, 219, 220, 221, 228, 233, 236, 237, 245, 249, 250, 304, 415
国際民間航空条約（シカゴ条約）……35, 217
国際リアルタイム地磁気観測ネットワーク（INTERMAGNET）……733
刻時精度……27, 568, 569, 586
国土交通省緊急災害対策派遣隊（TEC-FORCE）……63
国土交通省災害対策連絡調整会議……166
国土交通省Cバンドデュアルパラメータ雨量計……416, 417
国土交通省政策レビュー……170
国土交通省設置法……65, 78, 122, 125, 126, 340
国土総合開発事業調整費……673
国土庁……55, 77, 134, 148, 412, 489, 594, 672
国土地理院……53, 63, 367, 376, 484, 485, 494, 514, 577, 590, 599, 611, 615, 629, 639, 647, 697, 733, 739, 748
国内悪天解析図（ABJP）……247
国内悪天実況図（UBJP）……247
国内悪天予想図（FBJP）……247
国内気象監視計画（NWW計画）……44, 45, 46, 49, 51, 53, 54, 88, 258, 278, 320, 415, 498
国内気象通報式……270
国内気象無線通報（JMB）……278, 305
国内基盤通信網……60, 296, 319, 321, 322, 323, 324
国立学校設置法の一部を改正する法律……109
国立環境研究所……539, 552, 682, 710
国立機関原子力試験研究費……670, 671, 672
国立機関公害防止等試験研究費……672, 689
国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）……214
国立天文台……692
国連アジア極東経済委員会……206, 414
国連アジア太平洋経済社会委員会（ESCAP）……194, 206, 414
国連環境開発会議（地球サミット）……85, 440, 448, 556
国連環境計画（UNEP）……52, 209, 439, 443, 530, 549, 684, 727
国連気候変動枠組条約（UNFCCC）……52, 58, 194, 209, 440, 441, 442, 444, 445, 446, 447–450, 451, 457, 539, 555, 727
国連教育科学文化機関（UNESCO）……194, 205, 210, 211, 443, 507, 514, 531, 532, 617, 618, 619, 620, 621
固体素子気象レーダー……214, 215
国家気象水文機関……194, 196, 203, 204
国家気象水文機関と商業部門との関係に関するガイドライン……203
子供のためのお天気教室……134, 135
コペンハーゲン合意……449
コミューター空港……222, 223
ゴム気球……478, 480
今後の雨……402, 416
今後の火山業務の基本方針……626
今後の雪……417
コンテンツ配信サービス（CDN）……302, 331, 334
今日の気象業務……55, 139, 140
こんにちは！気象庁です！……140

さ

サーバー・クライアント方式……293, 321, 328, 329
サービス分科会……45, 258, 260, 261, 265
災害時気象支援資料……191, 192
災害時自然現象報告書……63, 174
災害時の避難に関する専門調査会……121
災害速報……174
災害対策基本法……38, 162, 163, 164, 165, 167, 168, 171, 172, 173, 174, 184, 188, 189, 394, 399
災害対策本部…63, 162, 163, 164, 165, 167, 168, 173, 176, 177, 179, 180, 189, 613, 662
災害対策要領‥63, 162, 164, 166, 167, 168, 169, 177
災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画……615, 714
最新の気象データ……490, 491, 492
再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法……477
最適化検討部会……255
サイバーセキュリティ基本法……254
サイバーセキュリティ対策……254, 257
砕氷艦「しらせ」……711
さくらの開花予想……37, 64, 498
砂塵嵐警戒評価システム……542
サックス・エバートソン型……578
産学官連携……73, 117, 215, 264, 315, 341, 660, 662
山岳気象観測……26
産業技術総合研究所……471, 579, 590, 682, 717, 735
産業気象利用者協議会……55, 274, 341
三軸姿勢制御方式……382
三十分大気解析……357
酸性雨……46, 52, 537, 550, 555
サンフォトメータ……540, 541, 564
サンフランシスコ平和条約……35, 36, 118, 236
三陸津波警報組織……30, 603, 604
シアーライン……241
シーロメーター……238
自衛隊……517, 523, 538, 577, 710
ジェット気流……29, 247, 248, 422, 732
紫外域日射観測……545, 546, 547, 562, 563
紫外線情報……60, 363, 364, 549, 690
紫外線予測システム……364, 365
シカゴ条約第3附属書（WMO技術規則第Ⅱ巻）……62, 113, 217, 219, 221, 228, 236, 237, 239, 245, 247, 248
次期気象庁ウェブシステム検討ワーキンググループ…332
自記傾斜計……584
磁気テープ…267, 268, 269, 273, 292, 309, 310, 313, 474, 489, 490, 570, 591, 640, 641, 712
磁気媒体……260, 265
シグメット（SIGMET）情報……38, 62, 217, 218, 220, 246, 248, 500
自己浮上式海底地震計……584, 585
指示気圧計……239, 462
自助・共助……188, 192, 332
地震及び火山噴火予知のための観測研究計画……614
地震概況……613
地震火山技術開発部会……659
地震火山技術通信……665
地震活動等総合監視システム（EPOS）……51, 62, 319, 571, 577, 580, 581, 582, 592, 606, 609, 642–647, 648, 649, 650, 651, 652, 712
地震活動等総合監視システム整備委員会……643
地震活動の予測情報……595
地震観測法……569, 573
地震観測網……28, 29, 30, 51, 53, 210, 568, 569, 570, 571, 572, 588, 591, 617, 618, 619, 623, 640, 642, 648
地震機動観測……584, 585
地震機動観測実施要領……584
地震研究所……29, 569, 571, 577, 584, 591, 627, 643, 748
地震現象を探知・識別する国際的協力方法を研究する特別専門家グループ……618
地震資料交換装置……648
地震資料交換についての国際会議……618
地震資料伝送網……570, 581, 642
地震調査委員会……53, 579, 594, 595, 611, 615, 616, 712
地震調査研究推進本部……53, 567, 572, 579, 590, 594, 615
地震津波火山部会……660
地震・津波観測監視システム（DONET）……573, 577, 578, 599, 646
地震津波監視・警報センター……582
地震津波監視システム（ETOS）……51, 571, 606, 642, 643, 644, 648, 650, 712
地震津波監視等業務・システム最適化計画……645
地震津波業務規則……580, 605
地震動警報……171, 340, 598
地震に強い空港のあり方検討委員会……232
地震波形データ……279, 320, 591, 606, 611, 618, 640, 641, 642, 643, 644, 649
地震波形伝送システム……642
地震報告心得……26, 573
地震防災対策強化地域判定会…48, 146, 148, 149, 580, 599, 601, 611, 642
地震防災対策特別措置法……53, 615, 616
地震予知計画研究グループ……42, 569, 614
地震予知研究計画……570, 597, 599, 614
地震予知―現状とその推進計画（ブループリント）……42, 569, 570, 599, 614
地震予知情報……48, 77, 148, 169, 566, 567, 581, 599, 600, 601, 611
地震予知推進本部……48, 615
地震予知総合研究振興会……590

システム運用室……242, 280, 281, 293, 319, 329, 417, 485, 492, 494, 500
次世代非静力学モデル（asuca）…356, 357, 365, 367, 690, 691, 722
自然災害即応・連携チーム会議……166
湿度計……24, 88, 239, 240, 367, 462, 463, 467, 468, 469, 470
指定河川洪水予報……183, 296, 321, 325, 397, 398
指定検定機関……120, 470
指定試験機関……53, 119, 337
指定測候所……26
視程計……238, 462, 464
自動応答電話……36, 144
自動車安全特別会計……88
自動品質管理処理……493
自動並列化機能……370
シャーボー……25
週間アンサンブル予報システム（EPS）…347, 354, 357, 359, 428
週間地震・火山概況……613
週間天気予報……50, 145, 267, 351, 354, 403, 409, 420, 426–428, 683
集合型GPS高層気象観測装置（ABL）……61, 479, 561
集中豪雨……24, 40, 42, 49, 63, 67, 116, 308, 376, 381, 393, 395, 416, 661, 668, 670, 671, 675, 693, 702
周波数変調方式……640, 641
重要インフラのサイバーセキュリティに係る行動計画……254
首都圏空港及び周辺空域予報高度化開発用ストレージ……315
首都直下地震対策大綱……168, 179
ジュネーブ宣言……73, 202, 203
旬日予報……426, 427
春風堆……30
春風丸……30, 39, 505
ジョイネル……25, 568
障害を理由とする差別の解消の推進に関する法律（障害者差別解消法）……131
小規模利用局（SDUS）……380, 382, 386
商業活動に関する国家気象水文機関間の関係に関するガイドライン……203
常時観測火山……69, 87, 169, 624, 625, 628, 629, 631, 717
場内イントラ……224, 307
情報共有カレンダー（つっぷす）……329
情報公開……255, 256
情報システム基盤……72, 257, 281, 294, 316–319, 334, 335, 647
情報システム基盤障害対応支援装置……334, 335
情報セキュリティ……254, 255, 256, 257, 300, 301
情報通信研究機構（NICT）……384, 733
消防法……35
将来の航空交通システムに関する長期ビジョン（CARATS）……219
将来の航空交通システムに関する特別委員会（FANS）……218, 219
昭和基地……39, 47, 480, 481, 488, 543, 545, 546, 547, 548, 561, 562, 563, 564, 711, 727, 728, 729, 730, 746, 748, 749
資料不足値……487
指令資料収集局（CDAS）……378, 379
新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）…691
新型インフルエンザ等発生時の気象庁本庁業務継続計画……179
新型コロナウイルス感染症（COVID-19）……103, 106, 133, 135, 144, 150, 153, 156, 180, 193, 201, 204, 213, 234, 257, 274, 276, 326, 333, 388, 426, 436, 447, 458, 542, 558, 677
震源・震度に関する情報……592, 593, 605, 644
震源過程解析……575, 589
人材育成部会……660
震災予防調査会……27, 29, 569, 623
震災予防評議会……29
振動式気圧計……45, 239, 462, 463, 471
新東京航空地方気象台……47, 100, 221, 226, 244, 304
震度階級関連解説表……175, 574, 575, 583, 586
震度階級表……574
震度観測検討委員会……51, 574
震度計設置環境基準……576
震度計設置環境評価指針……576
震度速報……575, 581, 583, 592, 593, 643, 644
震度データ編集装置……644, 645
震度に関する検討会……575, 576
震度問題検討会……54, 574
震度7……54, 58, 70, 573, 574, 585
深発地震……30
深部低周波地震……580, 587, 649
吸い上げ効果……528
水温図……519, 520, 521, 522
水害時の避難・応急対策検討ワーキンググループ……171, 173, 393
水銀気圧計……239, 463, 469, 471
推計気象分布……70, 468, 499, 500, 550
推計震度分布図……575, 594, 645, 647
水蒸気バンド……381
水蒸気噴火……87, 626, 630, 714, 718, 748
推奨（recommended）データ……203, 289
水素ガス供給システム……479
水中全β測定……553
水中放射能観測……553
水防警報……37
水防法……35, 37, 56, 118, 122, 171, 397, 398
水理気象委員会（CHM）……205
水理気象業務……34, 35
水理水害対策気象業務……35
数値解析予報システム（NAPS）…38, 41, 45, 87, 244, 347, 348, 385, 412, 492, 698
第2世代（NAPS2）……41, 309, 348, 370
第3世代（NAPS3）……41, 309, 347, 348, 349, 370, 373
第4世代（NAPS4）……45, 309, 347, 348, 349, 350, 370, 373
第5世代（NAPS5）……50, 309, 347, 370, 372, 373
第6世代（NAPS6）……54, 56, 310, 347, 349, 350, 369, 370, 371, 373, 412
第7世代（NAPS7）……56, 310, 315, 347, 348, 350, 354, 355, 369, 370, 371, 372, 412
第8世代（NAPS8）……311, 313, 347, 348, 355, 357, 369, 370, 371, 372, 373
第9世代（NAPS9）……312, 347, 348, 353, 355, 369, 370, 372
第10世代（NAPS10）……313, 314, 347, 356, 369, 370, 372, 663
線状降水帯予測スーパーコンピュータ（NAPS11s）……69, 87, 314, 370, 663
第11世代（NAPS11）……264, 273, 314, 315, 347, 370, 663, 679
数値解析予報実験システム（NAPEX）……348, 372
数値海氷モデル……362, 523
数値海氷予報……51, 523, 524
数値波浪モデル……515, 529, 530
数値予報……36, 37, 49, 308, 347, 702
数値予報開発センター……69, 74, 376, 677
数値予報技術……49, 51, 52, 68, 289, 347, 353, 373, 376, 410, 658, 660, 661
数値予報研究開発プラットフォーム……56, 375, 656
数値予報実験作業部会（WGNE）……374, 375
数値予報シンポジウム……374
数値予報モデル開発懇談会……68, 373, 658
スーパー301条……253
スーパー警報……48, 50, 65
スカイラジオメーター……540, 541, 542, 564, 695
スギ花粉症に関する関係省庁担当者連絡会議……345
図形式府県気象情報……396
スピン制御方式……379
スペクトル法……348, 349
スペクトロメーター……630
すべての人々に早期警戒を（Early Warnings for All）……197, 202, 203
スマートフォン……60, 158, 267, 269, 307, 333
スモッグ気象情報……43, 60, 365, 551, 552
政策決定者向け要約（SPM）……444, 445, 446
静止衛星データ利活用技術検討会……657, 658
静止衛星データ利活用部会……658, 659
静止気象衛星画像作成システム……386
静止気象衛星画像データ配信サービス（ひまわりクラウド）……384, 387, 388
静止気象衛星資料処理局電子計算機システム（DPC）……308
静止気象衛星に関する懇談会……66, 383
静止気象衛星「ひまわり」……44, 46, 49, 50, 76, 78, 134, 157, 202, 206, 249, 250, 259, 268, 308, 364, 366, 378–388, 462, 473, 510, 521, 550, 574, 592, 631, 652, 696, 718
ひまわり（初号機）（GMS）……46, 76, 84, 378, 379, 380, 383, 385, 386, 387, 522, 706, 718
ひまわり2号（GMS-2）……46, 84, 379, 380
ひまわり3号（GMS-3）……46, 49, 84, 380, 381, 386, 718
ひまわり4号（GMS-4）……49, 85, 381, 718
ひまわり5号（GMS-5）……58, 84, 249, 379, 381, 382, 385, 652
運輸多目的衛星（MTSAT）……58, 85, 381, 382
ひまわり6号（運輸多目的衛星新1号）（MTSAT-1R）……58, 66, 85, 367, 381, 382, 383, 386, 500, 659, 719
ひまわり7号（運輸多目的衛星新2号）（MTSAT-2）……66, 85, 273, 383, 386, 719
ひまわり8号…66, 84, 86, 273, 331, 364, 383, 384, 386, 387, 388, 419, 500, 501, 521, 523, 652, 657, 659, 720
ひまわり9号……66, 84, 86, 364, 383, 384, 386, 387, 388, 501, 652, 657, 720
ひまわり10号……69, 663, 700
静止地球環境観測衛星の運用等事業……66, 384
成層圏突然昇温……39, 422, 423, 482, 709
成層圏突然昇温警報（ストラトアラート）……423
晴天輝度温度……367
静電容量式気圧計……239, 462, 463
静電容量式湿度計……239
清風丸……39, 60, 505, 510
政府間海洋学委員会（IOC）……194, 205, 210, 211, 443, 514, 531, 532, 533, 534, 619, 620, 621, 727
政府間海洋学委員会西太平洋地域小委員会……531
政府業務継続計画（首都直下地震対策）……168
政府情報システムの整備及び管理に関する標準ガイドライン……645
生物季節観測……71, 488, 497, 498
精密進入……224
精密日射放射観測装置……543
世界海洋循環実験計画（WOCE）…534, 535, 687, 711
世界気候会議（WCC）……209, 425, 432, 436, 438, 439, 443, 444, 451, 480, 531, 534, 727
世界気候計画（WCP）……46, 439, 443, 451, 531
世界気候研究計画（WCRP）…374, 375, 420, 534, 543, 669, 684, 688, 689, 706, 707, 708, 711, 730
世界気候研究計画/熱帯海洋・全球大気研究計画—海洋・大気結合応答実験（WCRP/TOGA-COARE）……535, 706
世界基準器群（WSG）……544, 558
世界気象会議（WMO総会）……40, 195, 262, 378, 414, 443, 451, 540
世界気象監視計画（WWW計画）…40, 44, 45, 111, 202, 206, 282, 289, 378, 515, 725

世界気象機関（WMO）……33, 195, 555, 558
世界気象機関条約（WMO 条約）……35, 118, 195
世界空域予報システム（WAFS）……218
世界空域予報センター（WAFC）……218, 248
世界光学的厚さ研究較正センター（WORCC）……541
世界航空交通計画（GANP）……219
世界資料センター（WDC）……555, 557
世界の異常気象速報……424, 425
世界の天候データツール（Climat View）……434
世界標準地震計観測網……618
世界放射基準（WRR）……544
世界放射資料センター（WRDC）……544
積雲急発達域……500
赤外サウンダ……69, 87, 384, 695, 696, 700
赤外バンド……381, 382
赤外放射観測……543, 544
赤外放射計データ……367
積雪計……240, 462, 463, 464, 467, 468, 469
積雪変質モデル……417, 692
セキュリティ監査……257
セキュリティポリシーガイドライン……254
積乱雲情報プロダクト……500
切断波数……351
設置環境調査……63, 575, 576
セミラングランジュ法……352
セルフブリーフィング……224, 225
船員労働委員会……77
浅海波浪モデル……347, 360
全球アンサンブル予報システム（GEPS）……68, 347, 351, 354, 355, 358, 360, 361, 375, 413, 692
全球アンサンブル予報システム検証リードセンター……375
全球エネルギー・水循環研究計画（GEWEX）……375, 543, 698, 706, 730
全球オゾン観測システム……537, 555
全球オゾン研究監視計画……728
全球解析……351, 352, 353, 364, 366, 367, 688
全球海面水位観測システム……514
全球海洋各層観測調査プログラム……535, 536
全球海洋観測システム（GOOS）……210, 531, 532
全球海洋データ同化実験（GODAE）……687
全球海洋同化システム……362
全球観測システム（GOS）……202, 282, 725
全球気候観測システム（GCOS）…425, 426, 443, 480, 481, 564, 727
全球基盤観測網（GBON）……197
全球降水観測計画（GPM）……376
全球収集センター（GDAC）……512
全球情報システムセンター（GISC）……212, 285, 286, 288, 290, 291
全球数値予報システム……351, 362, 363, 692, 699
全球数値予報モデル……364, 365, 412, 413, 689, 708
全球大気監視（GAW）……537, 541, 542, 544, 547, 550, 555–557
全球大気モデル……358, 655, 684, 700
全球通信システム（GTS）……40, 202, 282, 283, 284, 285, 286, 288, 289, 290, 293, 299, 300, 423, 482, 485, 512, 531, 546, 618, 725
全球データ処理システム（GDPS）……282, 287
全球データ処理・予報システム（GDPFS）……202
全球年次モニタリング（AGM）……284
全球波浪モデル……347, 359, 529
全球モデル（GSM）……50, 69, 315, 347, 349, 351, 352, 353, 355, 361, 362, 365, 366, 376, 652, 658, 690, 692, 698, 721
線形重回帰……368, 369
全国季節予報検討会……460
全国航空気象解説報……230, 246
全国航空気象予報中枢……62, 229, 246
全国瞬時警報システム（Jアラート）……171, 598
全国地震津波訓練……582
全国津波警報組織……34
線状降水帯……67, 68, 69, 87, 97, 118, 314, 356, 367, 368, 376, 384, 401, 402, 405, 476, 485, 504, 510, 660, 661, 662, 663, 668, 669, 675, 681, 692, 696, 697, 698, 700, 702, 703
線状降水帯の機構解明に関する研究会……662
線状降水帯の半日前予測……662, 663
線状降水帯予測精度向上タスクフォース……662
線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ…69, 662
全世界海洋情報サービスシステム（IGOSS）計画……205, 515, 533
前兆すべり……579, 580, 601
セントロイド・モーメント・テンソル解……589
船舶気象通報……305, 329, 411, 414
船舶気象無線通報（JMC）……278, 280, 305, 306, 414
全般海氷情報……523, 524
全般気象情報……396
全般スモッグ気象情報……60, 551, 552
全β測定……553, 554
戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）……401, 660, 662, 681, 697
総観気象委員会（CSM）……205
早期注意情報……67, 359, 360, 396, 397
総理府……43, 53, 567, 572, 595, 615, 617, 678
ソーシャルネットワーキングサービス（SNS）……60, 68, 144, 269
測雲観測……30
測風気球観測……28, 29, 30, 724, 725
速報天気図……410, 411
測器観測法委員会（CIMO）……205
測距局……379
測候技術官養成所……28, 29, 32, 106, 107
測候瑣談……29
測候時報……30, 31, 35, 37, 152, 276, 549, 663, 664

た

第１回国際極年……26, 39, 733, 735, 739
第２回国際極年……30, 39, 736, 741
第１次地震予知計画……42, 599
第２次地震予知計画……42, 599, 613, 712
第３次地震予知計画……578, 712
第４次地震予知計画……48, 112, 591, 712, 746
第一種空港……223
第二種空港……223
第三種空港……223, 229
第Ⅱ地区協会……195, 204, 290, 501
第２気象無線模写通報（JMJ）……135, 218, 278, 305
第２種飛行場予報（FCST）……244
帯域制御……322
大学改革支援……109
大気汚染気象業務……40, 363, 551, 690
大気汚染気象センター……43, 551
大気汚染気象通報……43, 365, 551
大気汚染気象ポテンシャル……551
大気汚染気象予報……365, 537, 551, 552
大気汚染防止法……551
大気海洋結合モデル（CGCM）…69, 358, 430, 431, 684, 686, 688, 689, 721
大気海洋混合層結合モデル……707, 708
大気環境観測所……57, 537, 550
大気観測パネル……425, 480
大気研究センター……420, 512
大気混濁度……46, 540, 541, 564, 695
大気大循環グループ……36
大気大循環モデル（AGCM）……707
大気バックグランド汚染観測網（BAPMoN）……46, 52, 537, 538, 540, 555
大規模地震関連情報……600, 601
大規模地震対策特別措置法……48, 118, 147, 149, 169, 600, 611, 650, 713
大規模ストレージシステム……254
第五福竜丸……36, 37, 552
大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方……595, 616
大深度地震計処理装置……646
体積ひずみ計……578, 579, 594, 629, 712
大日本帝国憲法……118
台風アンサンブル予報システム……350, 354, 413
台風委員会……42, 46, 50, 194, 195, 206–208, 213, 269, 290, 360, 361, 414, 415, 502, 503
台風から命と財産を守る10年ビジョン……415
台風業務実験（TOPEX）…46, 50, 207, 208, 522, 535
台風情報の表示方法等に関する懇談会……413
台風に関するハイレベル東京会議……415
台風暴風警戒域……331
台風ボーガス……361, 366
台風モデル……350, 352, 412, 655, 700
台風予報の図表示方法の指針……413
太平洋台風センター……50, 414, 415
太平洋津波警戒・減災システムのための政府間調整グループ（ICG/PTWS）……211, 619
太平洋津波警報センター（PTWC）……283, 619, 620
太平洋津波警報組織……211, 283, 619
太平洋津波警報組織国際調整グループ（ICG/ITSU）……211, 619
ダイヤルアップ接続……252
太陽活動期国際観測年（IASY）……734
太陽活動極小期国際観測年（IQSY）39, 423, 670, 734
太陽地球環境国際定常監視計画（MONSEE）…734, 737
高潮ガイダンス……525, 528, 529
高潮警報……405, 525
高潮注意報……405, 525, 527
高潮特別警報……396, 405, 525
高潮モデル……347, 360, 361, 525, 528, 529, 701
高潮予報……339, 525
他機関雨量観測データ……492
多機能型地震観測装置……572, 575
多機能型地震計……233, 561
多言語化……266, 331
多言語辞書……72, 266, 267
竜巻災害……59, 61, 65, 86, 174
竜巻注意情報……61, 65, 70, 167, 331, 402–403, 418, 475, 703
竜巻等突風対策検討会……174, 703
竜巻等突風の強さの評定に関する検討会……65, 70
竜巻等突風予測情報改善検討会……65, 403
竜巻発生確度ナウキャスト……61, 331, 403, 418, 703
種子島宇宙センター…46, 49, 380, 381, 382, 383, 384
短期的ゆっくりすべり……578, 579, 580
短距離飛行用飛行場予報（TAF-S）……244
タンクモデル……392, 393, 398, 716
短周期高感度地震計……570
地域悪天アドバイザリーセンター（RHWAC）……220
地域OPMETデータバンク（RODB）……217
地域火山監視・警報センター……626, 675, 714
地域火山監視センター……624
地域火山情報センター……567
地域間OPMETゲートウェイ（IROG）……217
地域気候モデル……60, 456, 457, 720, 721, 722
地域気象観測業務規則……468, 486
地域気象観測システム（AMeDAS）…40, 41, 44, 45, 61, 69, 72, 112, 259, 279, 319, 723
地域気象観測センター……465, 496
地域気象観測統計要領……486
地域気象データ通信ネットワーク（RMDCN）……285
地域空域予報センター（RAFC）……218
地域航空気象解説報……246
地域航空気象指示報……245, 246
地域細分発表……50, 391, 407
地域時系列予報……44, 54, 56, 338, 407, 655
地域地震情報センターデータ処理システム（REDC）……616, 645, 647–650
地域的気象監視システム（NWWシステム）……44, 415, 416

地域における気象防災業務のあり方……72, 80, 106, 184, 185, 186, 190, 193, 409
地域における気象防災業務のあり方検討会……72, 106, 409
地域防災計画……56, 164, 166, 167, 184, 187, 189, 633, 636
地域防災支援……67, 72, 80, 97, 102, 103, 106, 118, 181–193, 408, 409, 567
地域リアルタイムデータベース（RRTDB）……531
地下核実験探知計画……618
地殻岩石ひずみ……48
地球エネルギー・水循環統合観測プロジェクト（CEOP）研究計画……375
地球温暖化監視レポート……455, 548
地球温暖化対策計画……441, 442, 457
地球温暖化対策推進大綱……460
地球温暖化対策推進本部……451, 460
地球温暖化対策に関する基本方針……440
地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース（d4PDF）……685, 709, 722
地球温暖化対策の推進に関する法律（地球温暖化対策推進法）……440, 441, 448, 449, 451, 457, 539
地球温暖化予測情報…58, 60, 115, 456, 457, 459, 708
地球温暖化予測モデル……43
地球環境研究総合推進費……672, 694, 709
地球観測連携拠点……709
地球規模気候変動における地表面放射収支に関する宇宙空間研究委員会（COSPAR）……730
地球サミット……52, 85, 440, 448, 556
地球システムデータの国際交換に関するWMO統一データポリシー……73, 203
地球システムモデル（ESM）……363, 364, 456, 539, 668, 683, 684, 685, 686, 689, 692, 708, 721
地球シミュレータ……253, 376, 691
地球大気開発計画（GARP）……43, 46, 378, 387, 706
地区気象中枢（RMC）……40
地区成層圏警報センター……423
地区通信中枢（RTH）……40, 282, 283, 284, 286
地区特別気象センター（RSMC）……50, 208, 212, 218, 300, 363, 365, 374, 414, 415
地区WIGOSセンター……502
地磁気観測所……28, 30, 81, 83, 98, 129, 469, 629, 733–750
地磁気観測所テクニカルレポート……744, 749
地磁気観測所報告……734, 749
地磁気観測所要報……749
地上気象観測データ処理プログラム……489
地上気象観測統計指針……486
地上気象観測品質監視リードセンター……375
地上高層実況気象通報式（TEMP）……270
地上実況気象通報（SYNOP報）…270, 287, 424, 434
地上月気候値気象通報（CLIMAT報）…424, 425, 434
地上マイクロ波放射計……478, 485, 486
地上マイクロ波放射計観測業務実施要領……485
地電流観測……569, 734, 736, 740, 741, 746, 747
地方海上分布予報……70, 331, 412
地方気象情報……396, 402
地方気象台等における業務改善プロジェクト……105
地方公共団体の防災対策支援のための気象予報士活用モデル事業……72
地方公共団体の防災対策への支援の手引き……66, 182
地方中枢気象資料自動編集中継装置（L-ADESS）……45, 60, 252, 279, 280, 281, 291, 292, 293, 294, 297, 301, 306, 307, 320, 321, 322, 326, 327, 328, 329, 330, 461, 489, 491, 581, 606, 611, 642, 643
地方予報区……41, 72, 402, 407, 528, 530
地方予報区担当官署……72, 528, 530
地方予報中枢……72, 79, 278, 292, 320, 323, 409, 474, 525, 528
着陸用飛行場予報（TREND）……225, 245
チャットボット……334, 335
注意警戒文……391, 400
中央気象台……25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 48, 77, 106, 107, 111, 118, 129, 132, 136, 144, 145, 146, 147, 152, 154, 195, 198, 275, 277, 287, 336, 390, 391, 411, 412, 418, 424, 429, 430, 464, 468, 470, 471, 472, 478, 479, 489, 507, 510, 516, 517, 518, 520, 525, 526, 552, 553, 560, 566, 569, 573, 575, 580, 586, 588, 589, 590, 604, 613, 623, 664, 665, 673, 712, 720, 724, 725, 733, 736, 738, 739, 752, 754, 755
中央気象台（気象庁）彙報……664, 665
中央気象台官制……27
中央気象台研修所……34, 107
中央気象台式簡単微動計……569
中央気象台式強震計……569, 573, 575
中央気象台年報……613
中央気象台秘密文書取扱規定……31
中央気象台予報警報規程……390
中央較正施設（CCL）……555
中央災害救助対策協議会……604
中央省庁業務継続ガイドライン……168, 179
中央省庁再編……53, 55, 58, 77, 97, 115, 120, 125, 130, 139, 217, 528, 639, 667
中央省庁等改革基本法……55, 77, 120, 124, 126, 674
中央省庁等改革推進本部……55, 124
中央防災会議……79, 121, 162, 164, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 393, 598, 599, 601, 602, 603, 604, 626, 636, 643, 646
中規模利用局（MDUS）……380, 386
中部航空地方気象台……83, 100, 224, 226
潮位データ総合処理装置……319, 514
潮位に関する情報……527
潮位に関する全般解説資料……528
庁外接続ネットワーク機器……72, 317, 318
長期再解析……60, 71, 362, 363, 364, 374, 421, 422, 423, 430, 431, 435, 539, 688, 705, 706, 707, 708
長期予報……32, 34, 38, 43, 112, 202, 338, 347, 422, 423, 429, 430, 481, 688
長期予報研究会……32
長期予報研究室……32, 429
長距離飛行用飛行場予報（TAF-L）……244
超高層気象観測……44
長周期地震動……65, 70, 339, 575, 593, 594, 599, 614, 646
長周期地震動階級……575, 593, 594
長周期地震動観測情報……65
長周期地震動に関する観測情報……593, 646
長周期地震動に関する情報検討会……594
長周期地震動分析装置……646
潮汐……69, 513, 525, 526, 527, 528, 530, 576, 577, 578
潮汐観測原簿……526
潮汐表……526
庁内光ファイバ網……300
長風丸……39, 60, 505, 506, 510, 534
直接データ分岐……267
直接同化……352, 475, 668
直轄測候所……25
チョルノービリ（チェルノブイリ）原子力発電所事故……363, 365, 374, 552, 554
地理局……25, 27, 566, 573, 735, 736
地理調査所……739, 740
追加的（additional）データ……203, 289
月別平年値気候表……488
筑波研究学園都市……47, 76, 159, 160, 666, 673, 674, 677, 678, 682
津波観測計……513, 514, 560, 577
津波警報……30, 34, 37, 38, 48, 49, 51, 57, 58, 64, 65, 70, 73, 121, 147, 163, 166, 170, 211, 214, 266, 268, 269, 283, 331, 514, 569, 571, 572, 573, 576, 577, 578, 580, 581, 582, 583, 592, 593, 596, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 612, 617, 619, 620, 621, 622, 640, 642, 643, 644, 646, 647, 713, 714
津波警報センター……214, 283, 596, 619, 620
津波警報等の視覚による伝達のあり方検討会……609
津波警報の発表基準等と情報文のあり方に関する検討会……608
津波地震観測施設……571
津波地震処理装置……643, 644
津波地震早期検知網……51, 85, 320, 321, 325, 571, 572, 577, 580, 581, 582, 588, 589, 606, 643
津波フラッグ……73, 609, 610
津波予報……34, 51, 57, 62, 114, 174, 182, 295, 320, 325, 568, 569, 570, 571, 576, 577, 580, 581, 582, 583, 584, 592, 593, 597, 603–609, 612, 620, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 713
津波予報図……580, 606, 607, 642
津波予報伝達総合計画……34, 569, 604
梅雨……169, 308, 426, 428, 429, 430, 482, 488, 504, 515, 551, 671, 702, 709
梅雨の時期に関する気象情報……428
吊り磁石磁力計……737, 739
定期火山情報……48, 169, 631
低軌道衛星……366, 367
低層ウィンドシアー（LLWS）……57, 62, 240, 244
定点観測……33, 34, 37, 38, 509, 510, 552, 553, 740
データ処理センター……379
データ統合・解析システム（DIAS）……457, 459
データの無料・無制約の交換（free and unrestricted exchange）……52, 203, 262, 289
データポリシー……73, 202, 203, 262, 288, 289, 661
データポリシー・知的財産戦略検討部会……661
適合ガウス格子……352, 357
デジタル化……45, 51, 86, 102, 219, 221, 253, 304, 415, 474, 476, 498, 499, 511, 512, 526, 597, 704, 734, 741, 742, 743
デジタルトランスフォーメーション（DX）…253, 343
デジタルFAX化（CDF）……279, 292, 304, 320
テレタイプ……270, 278, 282, 292, 320, 329, 474
テレックス……42, 329
テレビ……36, 54, 119, 134, 135, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 190, 192, 231, 252, 256, 260, 267, 268, 269, 307, 326, 337, 398, 412, 610, 634
テレビ放送を通じて住民に提供する防災情報の整備に関する検討委員会……412
テレメータ……41, 48, 51, 320, 513, 567, 568, 572, 576, 580, 581, 582, 586, 624, 630, 640, 641, 642, 643, 644, 648, 650, 651
テレメール……307
テレワーク……180, 256, 257, 314, 326, 329, 333
天気図解析システム（TKS）……373, 410, 411
天気相談所……33, 132, 134, 135, 144, 146, 147, 274, 336
電気通信事業法……268
電気伝導度水温水深計（CTD）……504, 505, 506, 507, 508
天気分布予報……44, 54, 56, 181, 338, 350, 407, 408, 550, 655
天気予報の自由化……49, 53, 338
電子閲覧室……490, 491, 492
電子行政オープンデータ戦略……263, 271, 663
電磁式地震計……568, 569, 570, 571, 574, 590, 640, 641, 642
電子政府構築計画……645
電子媒体……261, 269, 410, 491, 523, 524, 525, 526, 664, 732
伝達確認……294
伝統的文字形式通報式（TAC）……221, 270, 288
転倒ます型雨量計……240, 462, 463, 467, 468, 469
電報頼信……280
電力気象通報……418
電力中央研究所……362, 421, 422, 707
電話回線……41, 119, 252, 260, 323, 465, 640, 641, 747

電話通報……217, 218, 267, 304, 305, 306
東海地震観測情報……149, 601
東海地震対策大綱……601
東海地震に関連する情報……599, 600, 601, 714
東海地震に関連する情報の理解促進のための検討会……601
東海地震に関連する調査情報……601
東海地震判定会……48
東海地震予知……44, 48, 581, 591, 601, 642, 714
東海地域等常時監視システム……642
東海地域の地震・地殻活動に関する情報……601
東海地域判定会……112, 146, 600, 611
東海ネーデルランド高潮・洪水地域協議会……174
東京オリンピック…92, 153, 156, 157, 158, 254, 257
東京気象台……24, 25, 26, 126, 152, 169, 390, 407, 566, 623, 736, 741
東京飛行情報区……38, 62
東京ポルメット無線電話通報……38, 218, 244, 278, 304, 305, 306
東経137度定線観測……43
統合海洋気象データセット……512
統合ストレージ……72, 316, 317, 318
統合データポリシー……289
統合ビューワ……281, 328, 408
東西アデス……72, 280, 281, 289, 291, 293, 294, 307, 325, 328
東南アジア悪天予想図（FBAE）……248
東南アジア諸国連合……437, 503
東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ……585
トゥルーカラー再現画像……542
特異ベクトル法（SV法）……354, 357
篤志観測船計画……511
篤志協力計画……206
篤志船……509, 535
特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律（オゾン層保護法）……52, 537, 545
特別警報……59, 65, 68, 73, 79, 121, 122, 142, 147, 149, 150, 167, 170, 171, 183, 191, 192, 259, 308, 332, 334, 390, 394, 395, 396, 404, 405, 408, 525, 529, 633, 661
特別研究促進調整費……672
特別主通信網モニタリング（SMM）……283, 284
特別地域気象観測所……55, 78, 182, 369, 461, 462, 464, 465, 500, 538, 625
土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律……299, 398
土砂災害警戒情報……57, 61, 167, 169, 171, 183, 293, 298–299, 319, 325, 391, 392, 398, 399, 404
土砂災害警戒情報作成支援システム……299
土砂災害警戒情報作成システム……293, 299, 319
土砂災害警戒判定メッシュ情報……299, 331, 333, 392, 393
土砂災害への警戒の呼びかけに関する検討会……392
土壌雨量指数……54, 56, 391, 392, 393, 395, 398, 399, 416, 491, 492, 499
図書刊行物委員会（CBP）……205
突風等短時間予測情報利活用検討会……403, 418
ドップラーレーダー……57, 61, 70, 86, 88, 89, 233, 240, 241, 244, 315, 319, 367, 402, 416, 418, 475, 476, 670, 674, 680, 701, 703, 704, 705, 718, 719, 720
利根川洪水予報連絡会……34
ドブソン分光光度計……545, 547, 556, 557, 563, 727, 728, 729
ドラム記録……628, 640, 650
トレーサビリティ…212, 471, 478, 480, 544, 545, 556

な

内閣官房情報セキュリティセンター……254
内閣サイバーセキュリティセンター（NISC）…254, 256
内閣情報集約センター……165
内閣府総合科学技術会議……459
内務省地理寮……24, 25, 566
ナウキャスト地震情報……54, 597
ナショナル・ミニマム……260
夏休みこども見学デー……134, 135
ナブテックス……51, 411, 414, 605
南海トラフ海底地震津波観測網……578
南海トラフ地震関連解説情報……600, 602, 603
南海トラフ地震対応マニュアル……168
南海トラフ地震に関連する情報……70, 167, 168, 170, 579, 582, 600, 601, 602, 646, 714
南海トラフ地震の多様な発生形態に備えた防災対応検討ガイドライン……602
南海トラフ地震防災対策推進基本計画……168, 170, 600, 602
南海トラフ地震防災対策推進地域……602
南海トラフ地震臨時情報……67, 70, 151, 167, 168, 170, 600, 602, 603, 611
南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ワーキンググループ……168, 602, 646
南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会……146, 151, 580, 602, 603, 611
南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会……602
南極観測……47, 562, 734, 748, 749
南極地域観測統合推進本部……562
南極地域特別モニタリング（SAM）……284
ナンセン式採水器……506, 507
南方定点……38, 509, 510, 552, 553
二酸化炭素解析システム……365
二酸化炭素分布情報……365, 539, 690
二酸化炭素放出吸収量解析……365
二酸化炭素輸送モデル……348, 365
二次細分区域……56, 57, 61, 391
西日本アデス（西アデス）……60, 281, 291, 319, 325
二重偏波化……70, 680, 705
二重偏波レーダー……70, 89, 241, 476, 477, 680, 699, 705, 720
二進形式汎用気象通報式（BUFR）……270, 271, 282, 287, 493, 494, 500
日露講和条約……27
日射計……462, 463, 464, 469, 470, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 547, 558, 559, 560, 563, 564
日射スケール……544, 545
日照計……45, 462, 463, 464, 467, 468, 469, 471
日中黒潮共同調査研究……533, 534
日中戦争……29, 31
日本赤十字社……66, 188
日本電信電話公社（電電公社）……36, 144, 145, 253, 267, 268, 279, 303, 305, 465
日本放送協会（NHK）……29, 30, 36, 134, 146, 147, 148, 153, 170, 171, 258, 259, 267, 411, 598, 610
日本域高潮モデル……360
日本域台風時高潮確率予測……69
日本域台風時高潮確率予報システム（日本域高潮PFS）……360
日本域モデル（JSM）……349
日本沿岸海況監視予測システム……69, 361, 362, 516, 521, 522, 524, 527, 686, 687
日本海溝海底地震津波観測網……573
日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震対応マニュアル……169
日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震対策検討ワーキンググループ……169, 603
日本海溝・千島海溝沿いの後発地震への注意を促す情報発信に関する検討会……603
日本学術会議……37, 39, 537, 552, 554, 562, 614, 735, 743
日本活火山総覧……638, 639
日本気象学会……64, 376, 422, 539, 660, 664, 683
日本気象協会……49, 64, 132, 134, 135, 138, 139, 145, 156, 159, 258, 259, 260, 261, 263, 265, 268, 273, 301, 341, 448, 512, 597, 662, 681
日本気象予報士会……133, 188
日本国憲法施行の際現に効力を有する命令の規定の効力等に関する法律……35, 118
日本地震学会……48, 597
日本の気候変動……71, 442, 452, 453, 455, 457, 458, 708
日本防災士会……188
ニューメディア……260, 268
ニューラルネットワーク……368, 369
熱赤外映像観測……630
熱帯海洋全球大気計画……534
熱帯海洋全球大気変動研究計画（TOGA）……52, 431, 534, 535, 706
熱帯降雨観測計画シンポジウム……694
熱帯低気圧アドバイザリーセンター……415
熱帯低気圧計画（TCP）……206, 207, 414
熱帯低気圧情報センター（TCAC）……50, 218
熱帯低気圧プロジェクト……414
熱中症警戒アラート……71, 158, 159, 403, 404
熱中症予防対策に資する効果的な情報発信に関する検討会……71, 158, 403
ネフェロメーター……695
農業気象……35, 48, 205, 212, 362, 433, 468
農業気象委員会（CAgM）……205
農業気象公報……48
農業気象通報……48

は

ばい煙の排出の規制等に関する法律……551
配信資料に関する技術情報……264
ハイブリッド座標系……351
ハイブリッド同化……353, 356
パイボール観測……478
パケット交換……293, 321, 466
函館測候所……26, 32
パソコン……252, 253, 260, 262, 263, 268, 269, 276, 292, 325, 329, 330, 490, 498, 523, 726
白金抵抗温度計……239, 462, 463, 467, 471
バックアップルーチン……314
パリ協定……67, 71, 440, 441, 446, 447, 450, 452, 457, 685
ハリケーン・サンディ……172, 193
パルス符号変調……641
はれるん……55, 133, 136, 137, 138
波浪アンサンブル予報……359, 360
波浪客観解析……359
波浪計……510, 577, 608
波浪に関する全般解説資料……528
波浪モデル……347, 358, 359, 360, 515, 529, 530
パンチカード……489
判定会招集連絡報……600, 601
反応性ガス世界資料センター（WDCRG）……557, 731
氾濫開始相当水位……398
氾濫危険情報……398
氾濫警戒情報……398
ヒートアイランド監視報告……460, 721
ヒートアイランド現象……459, 460
ヒートアイランド対策関係府省連絡会議……460
ヒートアイランド対策大綱……460
東日本アデス（東アデス）……60, 229, 280, 281, 291, 293, 294, 301, 307, 308, 319, 321, 325, 329
光ファイバー……252, 253
光ポンピング磁力計……738, 742, 745
微気圧振動……553, 554
ビキニ環礁……36, 552
飛行場気象状況電話応答装置……306
飛行場気象情報……229, 245
飛行場警報……229, 245, 307
飛行場内気象情報提供装置……224, 242, 307
飛行場ナウキャスト……246

飛行場予報統合ソフト……229, 230
飛行場予報プロダクト開発支援装置……315, 316
非磁性セオドライト……737
非常通信……56, 278, 305, 324
非静力学メソ4次元変分法（JNoVA）……355, 356, 357, 698
必須（essential）データ……203, 289
避難勧告……63, 80, 121, 164, 169, 170, 171, 172, 182, 183, 299, 392, 393, 394, 395, 397, 398, 399, 408, 477, 636
避難勧告等に関するガイドライン……80, 172, 299, 395, 398
避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン……171, 182, 393
避難情報に関するガイドライン……164, 172, 182, 395, 398, 409
ひまわり運用事業株式会社（HOPE）……66, 384
ひまわりキャスト……383, 387, 388
ひまわり標準フォーマット……271
ひまわりリクエスト……388
表参照通報式（TDCF）……287, 288
表層水温……361, 508, 519, 521, 522, 534, 535, 684
表面雨量指数……393, 395, 400, 499
漂流予測モデル……362, 530
品質管理……241, 250, 283, 371, 424, 484, 492, 493, 496, 497, 501, 512, 532, 536, 550, 555, 590, 644
品質保証科学センター（QA/SAC）……555, 556
品質マネジメントシステム（QMS）……62, 219, 220, 225, 228, 250
頻度バイアス補正……368, 369
ファイル転送（FTP）……298
ファクシミリ伝送……41, 320
ブイ式海底津波計……514, 577
フィルター型放射計比較……542, 695
風向風速計……88, 239, 243, 462, 463, 467, 468, 469
風洞……77, 93, 253, 470, 471, 667, 670, 674, 679, 680, 681, 682, 685, 691, 692, 693
フェーズドアレイレーダー……87, 669
部外指導業務……496
富岳……69, 254, 314, 376, 662, 663, 699
吹き寄せ効果……528
福岡航空地方気象台……83, 101, 225, 227
福島第一原子力発電所……168, 177, 365, 690, 741
輻射……77, 537, 543, 562, 564, 683, 724
副振動……175, 526, 527
府県気象情報……392, 396, 402, 403, 496
府県予報区……41, 65, 67, 70, 292, 307, 391, 402, 407, 474, 523, 528, 551, 635
布佐出張所……30, 478, 479, 725
富士山火山広域防災検討会……632
富士山測候所……99, 154, 155, 464, 465
富士山測候所山頂庁舎等有効利用検討委員会……465
富士山頂……26, 27, 30, 38, 40, 464, 465, 472
富士山レーダー…40, 57, 85, 135, 464, 472, 473, 718
藤田スケール……65, 70, 174, 668, 703
藤原咲平……31, 152
普通観測火山……623, 624, 650
物質輸送モデル……348, 363
部内検査規則……468, 469
船の科学館……133, 134, 135
プライムアシスタンス……334, 335
フラックスゲート磁力計……737, 738, 739, 740
プランクトン……507, 508, 711
ブリーフィング……224, 225, 231, 232, 233, 248
ブリューワー分光光度計……545, 547, 563, 564, 728, 729
フルディスク……46, 49, 380, 383, 385, 387, 500
プレートテクトニクス説……48, 600
フレームリレー回線……295
プレスユーイング長周期地震計……591
フロート……504, 513, 532, 535, 536, 687, 711
ブロッキング現象……358
プロトコルコンバータ……294
プロトン磁力計……737, 738, 740, 745, 747
ブロマイド……734, 741, 742, 743
噴煙モデル（NIKS-1D）……720
噴煙量階級図……627
フンガ・トンガ ―フンガ・ハアパイ火山……70, 122, 577, 596, 720
噴火警戒レベル……62, 69, 121, 169, 595, 630, 632, 633, 634, 636, 717, 718, 748
噴火警報……69, 86, 147, 169, 175, 339, 340, 595, 614, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 639, 717
噴火時等の避難に係る火山防災体制の指針……633
噴火速報……69, 170, 633, 634
分散処理型総合システム……292
分担気象官署……41
米国海洋大気庁（NOAA）……381, 382, 388, 420, 481, 512, 514, 522, 523, 524, 541, 547, 548, 556, 728
米国環境予測センター（NCEP）……313, 374, 376, 413, 420, 706
米国気象センター（NMC）……376
米国航空宇宙局（NASA）……378, 379, 525, 548
米国大学間地震学研究連合（IRIS）……590, 596
平成30年7月豪雨を踏まえた水害・土砂災害からの避難のあり方について……184, 188
平年値……420, 421, 424, 433, 435, 460, 487, 488, 489, 524
並列同化実験装置……315
ベニオフ地震計……591
ベニオフ短周期地震計……591
包括的核実験禁止条約（CTBT）……194, 210, 618
包括的核実験禁止条約機関準備委員会（CTBTO）……194, 210, 619
防災科学技術研究所……53, 514, 571, 572, 573, 575, 576, 577, 578, 579, 588, 589, 590, 593, 597, 599, 616, 639, 643, 644, 646, 647, 662
防災気象業務……37, 119, 169, 375
防災気象情報……116, 127, 167, 390, 396, 404
防災気象情報提供装置……392
防災気象情報に関する検討会……68, 404
防災気象情報の体系整理と最適な活用に向けて……68, 404
防災気象情報の伝え方に関する検討会……68, 144, 164, 394, 396, 401, 662
防災気象情報の満足度に関する調査……125, 129, 412
防災基本計画……163, 164, 166, 167, 168, 188, 299, 636
防災教育の普及等の協力に関する協定……66
防災行政無線……610
防災業務計画……162, 163, 164, 166, 167, 168
防災情報提供システム……63, 183, 294, 295, 296, 328, 331, 333
防災情報提供センター……57, 492, 493, 494
防災情報提供装置……295, 296, 298, 307, 320
防災情報モデル開発システム……315, 656
防災対策推進検討会議……121, 599
放射線影響調査特別委員会……37, 552
放射伝達モデル……549, 690, 692
放射能観測……36, 38, 60, 537, 552–555, 667, 679
放射能ゾンデ……553
放射能調査研究費……672, 690
訪日・在留外国人……72, 266
暴風域に入る確率……50, 412, 413
暴風雨警報……390
暴風警報……24, 25, 27, 29, 30, 31, 169, 390, 391, 407, 411
暴風信号標式……25, 26
北信越地殻活動連絡会……612
北西太平洋海洋データ同化システム……361
北西太平洋津波監視システム……644, 645, 646
北西太平洋津波情報……62, 211, 581, 592, 596, 619, 620, 621, 645
北西太平洋津波情報センター（NWPTAC）……62, 211, 592, 619, 620, 645
北東アジア地域・全球海洋観測システム（NEAR-GOOS）……210
北海道開発庁……55, 77
北海道・三陸沖後発地震注意情報……70, 73, 169, 170, 582, 600, 603
ホットライン……63, 167, 182, 185, 190, 191

ま

マイクロバースト……240
マイクロ波イメージャ……367, 376
マイクロ波サウンダ……367, 701
マイクロ波散乱計……367
マイクロフィルム……512
毎時風解析……357
毎時下層風解析……357
マグネトロン……472, 473, 475
マクビーン……25
マスカール式変化計……738
松代地震観測所……35, 590, 591, 592, 617
松代地震センター……42, 591, 617
マッデン・ジュリアン振動（MJO）……358, 689
水不足……203, 460
見出し的警告文……391
港区立教育センター……94, 95, 96
南関東地域直下の地震対策に関する大綱……643
南シナ海津波情報センター……621
南鳥島……52, 85, 154, 305, 480, 481, 514, 538, 539, 540, 541, 543, 545, 550, 560, 561, 709, 710, 727, 728, 730
南鳥島気象観測所……85, 538, 540, 550, 560
ミリ波レーダー……680
ミルン式普通地震計……623
民間気象会社……336, 346, 408
民間気象事業者……53, 64, 114, 117, 142, 260, 263, 268, 272, 273, 274, 336, 337, 339, 340, 342, 345, 346, 353, 411
無線局……42, 306, 324, 329, 483, 484, 753
無線通信……46, 218, 267, 278, 280, 302, 303, 305, 324, 336, 411, 511, 519
無線通報……28, 29, 45, 218, 267, 278, 282, 302, 303, 305, 306, 414
無線電信……27, 28, 324, 411, 479, 510
無線電話……56, 217, 218, 278, 302, 304, 305, 306, 324, 411, 605
無線放送……35, 217, 252, 267, 282, 411
無線ロボット雨量計……35, 465
メソアンサンブル予報システム（MEPS）……69, 347, 356, 661
メソ解析……350, 355, 356, 357, 366, 367, 368, 475, 485, 697, 702, 704
メソサイクロン……61, 418, 475, 703
メソ数値予報モデル……360, 374, 416, 698
メソ数値予報モデルの国際相互比較実験（COMPARE）……374
メソモデル（MSM）……347, 350, 355, 485, 652, 667, 691
メッシュ平年値……489
毛髪自記湿度計……239
モーメントマグニチュード（Mw）……571, 573, 589, 600, 603, 607, 608, 609, 619, 643, 646
モールス通信……270, 278, 305, 306, 411
目撃情報を活用した竜巻注意情……65, 403
文字形式汎用通報式（CREX）……270, 546
文字多重放送……268
モニタリング調整会議……177, 178
モニタリングポスト……553, 554
モンスーン実験/全球天気実験（MONEX/FGGE）706
モントリオール議定書……47, 456, 537, 538, 545, 549
文部省測地学審議会……42, 578, 612, 637, 639, 714

や

有線回線……267, 305

有線通信……278, 280, 580
有線ロボット気象計……41, 465, 467, 468
ヨーロッパ中期予報センター（ECMWF）……269, 285, 351, 371, 372, 374, 413, 420, 706
予警報一斉伝達装置……294, 295, 307
余震……53, 175, 190, 583, 584, 585, 592, 595, 596, 611, 616, 650, 712
予報円……44, 45, 113, 360, 412, 413, 723
予報解説業務……41
予報官コメント……56, 295, 392
予報業務許可……49, 55, 64, 115, 141, 156, 269, 273, 274, 275, 336, 337, 338, 339, 340, 341
予報業務許可事業者……55, 141, 156, 269, 273, 274, 275, 336, 337, 338, 341
予報作業支援システム（YSS）……293, 319, 321, 392, 408
予報成績評価業務実施要領……409
予報中枢間専用電話……323

ら

雷雨警戒報……418
ライシメータ（接地気象観測装置）……720
ライダー……62, 89, 215, 242, 541, 674, 679, 681, 693, 696, 697, 700, 731
落雷位置評定データ……297, 418
ラグランジュモデル……365
ラジオゾンデ……30, 34, 215, 366, 469, 478, 479, 480, 481, 483, 495, 563, 724, 725, 726, 727, 729, 731
ラジオ放送……29, 30, 33, 411, 429
ラニーニャ現象……431
ラングレー法……541
リアルタイムコンテンツ……301, 331, 332
リクエスト・リプライ……224, 280, 295, 307
陸軍気象部……31, 34, 673, 680
リモートアクセス……256, 314, 315, 326
リモートメンテナンス……311
流域雨量指数……54, 392, 393, 395, 492, 499
琉風之碑……32, 752, 754
領域モデル（RSM）……54, 349, 350, 352, 355, 376, 655, 685, 691, 698
量的降灰予報……331, 634, 635, 652, 719
量的津波予報……57, 581, 605, 607, 620, 644, 645, 646, 713
量的津波予報検討会……607
凌風丸……31, 39, 43, 60, 79, 85, 87, 154, 439, 504, 505, 506, 509, 510, 511, 521, 533, 534, 553, 554, 711, 712
離陸用飛行場予報（TAKE-OFF FCST）……245
臨時火山情報……48, 169, 631, 632
ルビーライダー……681, 696
冷害……29, 30, 31, 36, 43, 429, 430, 433, 504, 517
令和元年台風第19号等による災害からの避難に関するワーキンググループ……172, 173, 394
レーウィン観測……478, 479, 725
レーウィンゾンデ…478, 479, 480, 563, 725, 726, 727
レーダー・アメダス雨量合成図……279, 474, 498
レーダー・アメダス解析雨量……50, 54, 63, 269, 400, 498
レーダーエコーデジタル化装置……45, 474, 476
レーダー観測所処理装置（ROPES）……476
レーダー観測体制検討委員会……49
レーダー情報…41, 89, 259, 279, 292, 474, 493, 494
レドーム……464, 473
ロジスティック回帰……368, 369
ワークスタイル改革……106, 256, 257
ワークステーション……279, 281, 292, 293, 327, 530, 650

わ

和達清夫……30, 36, 38, 138, 146, 198, 201, 754

A

ACARS（航空機自動観測）……357
ADESS……気象資料自動編集中継装置（ADESS）を参照
ADESS分岐回線……259
AI……69, 103, 118, 315, 334, 335, 342, 343, 346, 370, 659, 661, 669, 704
AIMOS…航空統合気象観測システム（AIMOS）を参照
AMDCN（Area Meteorological Data Communication Network）……285
AMeDAS（Automated Meteorological Data Acquisition System）……地域気象観測システム（AMeDAS）を参照
AMOS……空港気象観測システム（AMOS）を参照
AMOSOS…航空気象観測所システム（AMOSOS）を参照
AMSR2……525
AOPC（Atmospheric Observation Panel for Climate）……480, 481
AQC（Automatic Quality Control）…493, 496, 497
ASBU（Aviation System Block Upgrades）……219
asuca（Asuca is a System based on a Unified Concept for Atmosphere）…次世代非静力学モデル（asuca）を参照
ATM気象情報……231
ATMetC……航空交通気象センター（ATMetC）を参照
AutoDIF……745

B

BAPMoN（Background Air Pollution Monitoring Network）……大気バックグランド汚染観測網（BAPMoN）を参照
BSRN（Baseline Surface Radiation Network）……基準地上放射観測網（BSRN）を参照
BUFR（Binary Universal Form of Representation）……二進形式汎用気象通報式（BUFR）を参照

C

Cバンド……417, 472, 473, 475, 477, 680, 701, 704, 705
C-ADESS…45, 54, 60, 252, 279, 280, 284, 289, 291, 292, 293, 301, 320, 328, 330, 474, 642
CD-ROM……262, 266, 269, 276, 420, 490, 491, 524, 526, 554, 656, 749
CFL（Courant-Friedrichs-Lewy）条件……352
Circular N方式……221, 236
CNS/ATM構想……219, 229, 230, 246
COMPASS-K……海洋総合解析システム（COMPASS-K）を参照
COP（Conference of the Parties）……58, 203, 440, 441, 445, 446, 448, 449, 450, 451, 457, 539, 555, 668, 684
COSMETS（Computer System for Meteorological Services）……54, 273, 279, 280, 292, 308, 310, 372, 411
CSK（Co-operative Study of the Kuroshio and Adjacent Regions）……532, 533
CTD（Conductivity Temperature Depth profiler）……電気伝導度水温水深計（CTD）を参照
C言語……327, 370

D

DIメータ……738, 740
DMZ……300, 302
DRAW（Doppler Radar for Airport Weather）……空港気象ドップラーレーダー（DRAW）を参照

E

e-Japan戦略……141, 253, 254
ENSO（El-Niño and Southern Oscillation）……534, 535, 684, 686, 688, 708, 709
EPOS（Earthquake Phenomena Observation System）……地震活動等総合監視システム（EPOS）を参照
ETOS（Earthquake and Tsunami Observation System）……地震津波監視システム（ETOS）を参照

F

FAX……48, 119, 170, 183, 218, 267, 278, 279, 292, 293, 294, 295, 298, 304, 307, 324, 348, 372, 373, 386, 392, 474, 496, 498, 519
Fortran……370, 371
FTP……284, 285, 298, 301, 319, 490, 542

G

G3FAX……279, 292
GAME（GEWEX アジアモンスーンエネルギー・水循環研究観測計画）……698
GARP（Global Atmospheric Research Program）……地球大気開発計画（GARP）を参照
GAW（Global Atmosphere Watch）……全球大気監視（GAW）を参照
GCOS（Global Climate Observing System）……全球気候観測システム（GCOS）を参照
GCOS基準高層観測網（GRUAN）……480, 727
GCOS高層観測網……425, 480
GCOS地上観測網……425
GDAC（Global Data Assembly Centre）……512
GEONET……484, 485, 629
GFCS（Global Framework for Climate Services）…気候サービスのための世界的枠組み（GFCS）を参照
GHQ……33, 34, 35, 36, 107, 336
GISC（Global Information System Centre）……全球情報システムセンター（GISC）を参照
GKS（Graphical Kernel System）……373
GMDSS（Global Maritime Distress and Safety System）……51, 306
GMS（Geostationary Meteorological Satellite）……ひまわり（初号機）（GMS）を参照
GNSS……63, 69, 87, 366, 367, 478, 484, 485, 510, 511, 625, 629, 651, 694, 697, 698, 699, 715, 716
GNSS連続観測システム（GEONET）……63, 484, 485, 629, 697
GO3OS……537, 555
GOES……58, 85, 366, 381, 382, 706
GO-SHIP（Global Ocean Ship-Based Hydrographic Investigations Program）……535, 536
GPSゾンデ……479, 480, 481, 546, 563, 726, 727
GPS可降水量解析装置……63, 484
GPS波浪計……577, 608
GPS連続観測システム……63, 484
GPV（Grid Point Value）……格子点値（GPV）を参照
GRIB（Grid Binary）……270, 271, 282, 287, 371, 416, 417, 493, 499, 500
GSM（Global Spectral Model）……全球モデル（GSM）を参照
GTS（Global Telecommunication System）……全球通信システム（GTS）を参照
GUAN（GCOS Upper-Air Network）……425, 480, 481, 727

H

HIMSST……521, 531
HTML……333
HULFT……297

I

IAC（InterAcademy Council）……446
IBM704……38, 308
ICAO（International Civil Aviation Organization）……国際民間航空機関（ICAO）を参照
IWXXM（ICAO Meteorological Information Exchange Model）…航空XML通報式（IWXXM）を参照

ICSU（International Council for Science）……43, 439, 443, 534, 554, 555, 562, 727, 731, 742
ICT……59, 60, 117, 263, 339, 342, 409, 654
IGY（International Geophysical Year）……国際地球観測年（IGY）を参照
IOC（Intergovernmental Oceanographic Commission）……政府間海洋学委員会（IOC）を参照
IPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change）……気候変動に関する政府間パネル（IPCC）を参照
IPF（Integrated Particle Filter）法……598, 646
IP電話……322, 323, 324
ISAM（Indexed Sequential Access Method）……370
ISDN……295, 299, 326, 466
IT革命……54, 253

J

Java……328, 434
JETT（JMA Emergency Task Team）……気象庁防災対応支援チーム（JETT）を参照
JMAソケット……293, 319, 325
JMA/MRI-CPS1……358, 689
JMA-MOT（JMA-Mobile Observation Team）……気象庁機動調査班（JMA-MOT）を参照
JMA-NHM（JMA Non-Hydrostatic Model）……気象庁非静力学モデル（JMA-NHM）を参照
JMC……船舶気象無線通報（JMC）を参照
JMH……気象無線模写通報（JMH）を参照
JNOS（JMA Nwp Operating System）……313, 372
JNoVA（"JMA Nonhydrostatic model"-based Variational Data Assimilation）……非静力学メソ4次元変分法（JNoVA）を参照
JRA-25……60, 362, 363, 364, 365, 374, 421, 422, 690, 707
JRA-3Q……71, 362, 363, 364, 421, 435, 690, 707
JRA-55……362, 363, 364, 365, 421, 686, 690, 707, 708, 723
JRK（Japan-China Joint Research Programme on the Kuroshio）……533, 534

K

KASMMER（Kakioka Automatic Standard Magnetometer）……734, 738, 740, 745
KER（Kuroshio Exploitation and Utilization Research）……533, 534

L

L-ADESS……地方中枢気象資料自動編集中継装置（L-ADESS）を参照
LFM（Local Forecast Model）……局地モデル（LFM）を参照
LIDAR…空港気象ドップラーライダー（LIDAR）を参照
LIDEN（LIghtning DEtection Network system）……雷監視システム（LIDEN）を参照
Linux……311, 313, 317, 369, 371, 656

M

MAPMOPP……533
MASINGAR（Model of Aerosol Species IN the Global AtmospheRe）……364, 668, 684, 690, 721
MCDS（The Marine Climate Data System）……512
MDCS（Meteorological Data Communication System）……気象データ交換動作環境（MDCS）を参照
METAR……217, 218, 221, 229, 247, 307, 367
MF（Matched Filter）法……587, 649
MGDSST……520, 521, 531
MICOS……49, 259, 273, 341
MPI並列化……311, 315
MPLS（Multi Protocol Label Switching）……285
MRI.COM……気象研究所共用海洋モデル（MRI.COM）を参照
MRI/JMA98……364, 688
MRI-CCM……気象研究所化学気候モデル（MRI-CCM）を参照
MRI-CGM……668, 708
MRI-ESM……気象研究所地球システムモデル（MRI-ESM）を参照
MSM（Meso-Scale Model）……メソモデル（MSM）を参照

N

NAPS（Numerical Analysis and Prediction System）……数値解析予報システム（NAPS）を参照
NOAA……米国海洋大気庁（NOAA）を参照
NTT……145, 266, 267, 268, 285, 307, 320, 466, 571, 747
NuSDaS（Numerical Prediction Standard Dataset System）……271, 370, 371
NWW（National Weather Watch）計画……国内気象監視計画（NWW計画）を参照

O

OSCAR/Surface……288

P

Pandora……371
PANS-MET……236, 237
PCM方式……642
PF（Phase combination Forward search）法……586, 649
PFI（Private Finance Initiative）……66, 94, 384
PIREP……247
PLUM（Propagation of Local Undamped Motion）法……70, 340, 599, 646, 714
Python……370
P波……568, 580, 581, 587, 589, 643

R

RAG（Remote Air-Ground Communication）……遠隔空港対空通信施設（RAG）を参照
RCC（Regional Climate Center）……212, 436, 437, 555, 556
REDC（Regional Earthquake Data Center system）……地域地震情報センターデータ処理システム（REDC）を参照
RENS（Routine Environment for Numerical weather prediction System）……311, 371
RIC（Regional Instruments Centre）……212, 501
ROBEX（Regional OPMET Bulletin Exchange）…217
ROPS（Radar Observation and Processing System）…気象レーダー観測処理システム（ROPS）を参照
ROSE（Routine Operation and Scheduling Environment）……313, 372
RSM（Regional Spectral Model）……領域モデル（RSM）を参照
RSMC（Regional Specialized Meteorological Centre）……地区特別気象センター（RSMC）を参照
RSMC Tokyo - Typhoon Center……208, 414, 415
RTH（Regional Telecommunication Hub）……地区通信中枢（RTH）を参照
RWC（Regional WIGOS Centre）……502

S

SCOR（Scientific Committee on Oceanic Research）……534
SDS-WAS（Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System）……542
SESAR（Single European Sky ATM Research）…219
SLA（Service Level Agreement）……317
SOCAT（Surface Ocean CO_2 Atlas）……711
SV法……354, 355, 357
Sバンド……383, 384, 472
S波……579, 580, 587, 618

T

TAC（Traditional Alphanumeric Codes）……伝統的文字形式通報式（TAC）を参照
TAF……運航用飛行場予報（TAF）を参照
TCP/IP……280, 284, 285, 293, 321, 329, 651
TDCF（Table-Driven Code Forms）……表参照通報式（TDCF）を参照
tFISH……70, 609, 646, 647, 714
TOGA（Tropical Ocean Global Atmosphere）…熱帯海洋全球大気変動研究計画（TOGA）を参照
TCC（Tokyo Climate Center）……420, 435, 436
TOM（Typhoon Committee Operational Manual, Meteorological Component）……208, 414
TOPEX（Typhoon Operational Experiment）……台風業務実験（TOPEX）を参照

U

UNEP（United Nations Environment Programme）……国連環境計画（UNEP）を参照
UNESCO（United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization）…国連教育科学文化機関（UNESCO）を参照
UNFCCC（United Nations Framework Convention on Climate Change）……国連気候変動枠組条約（UNFCCC）を参照
UNIX……293, 311, 315, 327, 369, 370, 371, 372, 643, 644
UV インデックス……59, 158, 549, 550

V

VAAC（Volcanic Ash Advisory Center）……航空路火山灰情報センター（VAAC）を参照
VAFS（Volcanic ash advisory and Ash fall Forecast distribution System）……火山灰情報提供システム（VAFS）を参照
VAN法……747
VHF……56, 278, 302, 324
VOIS（Volcanic Observation and Information System）……火山監視情報システム（VOIS）を参照
VOS3……309, 310, 369, 371

W

WBAN方式……221, 236
WCRP再解析国際会議……374
WEFAX……382, 386, 387
WIGOS地点番号（WIGOS Station Identifier）…288
WINDAS（Wind Profiler Network and Data Acquisition System）……57, 357, 483
Windows……293, 317, 329, 545, 656
WIS（WMO Information System）……202, 283, 285, 286, 288, 289, 290, 291
WMO（World Meteorological Organization）……世界気象機関（WMO）を参照
WMO基礎システム委員会（CBS）……283, 284, 375, 425, 426, 436
WMO技術規則第2付属書（通報式マニュアル）…287
WMO技術規則第3付属書（GTSマニュアル）……282, 283
WMO技術規則第Ⅱ巻（ICAO条約第3附属書）…62, 113
WMO世界放射センター（WRC）……544
WMO統合全球観測システム（WIGOS）……202
WMO-ICAO方式……220, 236
WMO大気科学委員会（CAS）……375, 423
WOCE（World Ocean Circulation Experiment）……世界海洋循環実験計画（WOCE）を参照

World Weather Watch（WWW）Programme
……世界気象監視計画（WWW計画）を参照
WXBC（Weather Business Consortium）
…気象ビジネス推進コンソーシアム（WXBC）を参照

X

Xバンド……416, 472, 473, 475, 680, 701, 704, 705, 719
X.25……284, 293, 294
XML（Extensible Markup Language）電文
……263, 271, 272, 325, 527
XRAIN……476
XYプロッター……309

数字

177天気予報電話サービス……144, 145, 252, 634
1979年の海上捜索救助に関する国際条約……51
1か月アンサンブル予報システム……347, 350, 354, 357, 428
1か月予報……32, 36, 56, 146, 338, 340, 354, 357, 429, 430, 655
2030年に向けた数値予報技術開発重点計画
……68, 353, 373, 658
2週間気温予報……159, 431, 432, 434
3か月予報……36, 56, 146, 340, 429, 430, 434
3次元変分法……352, 356, 357, 358, 361, 362, 366, 687
4次元変分法……315, 352, 355, 356, 358, 361, 362, 363, 366, 367, 475, 687, 698, 699

顕著な災害等をもたらした事例

【気　象】

北日本（東北地方）（大）冷害（昭和9年）…29, 30, 31, 504, 517
室戸台風（昭和9年9月）……29, 31, 33, 390, 473, 525
枕崎台風（昭和20年9月）……33, 34
カスリーン台風（昭和22年9月）……33, 34, 363, 397
アイオン台風（昭和23年9月）……33, 34
ジェーン台風（昭和25年9月）……33
ルース台風（昭和26年10月）……33
洞爺丸台風（昭和29年9月）……36, 37, 145
諫早豪雨（昭和32年7月）……37
狩野川台風（昭和33年9月）……37
伊勢湾台風（昭和34年9月）……37, 38, 147, 162, 167, 175, 395, 471, 513, 673, 680, 700, 706
第2室戸台風（昭和36年9月）……37, 473
昭和38年1月豪雪……37, 39, 175, 424
山陰北陸豪雨（昭和39年7月）……37
マリアナ海域漁船集団遭難事件（昭和40年10月）
……42, 303, 329
第2宮古島台風（昭和41年9月）……40
昭和42年7月豪雨……40
羽越豪雨（昭和42年8月）……40
飛騨川豪雨（昭和43年8月）……40, 42
第3宮古島台風（昭和43年9月）……40
昭和47年7月豪雨……40
昭和57年7月豪雨（長崎豪雨、長崎大水害）
……48, 391, 398, 399
昭和58年7月豪雨……391, 399
余部鉄橋列車転落事故（昭和61年12月）……680, 692
平成3年台風第19号……181, 412
平成5年8月豪雨……49, 50
ナホトカ号重油流出事故（平成9年1月）…56, 178, 530
平成10年8月末豪雨（那須豪雨）……181
神奈川県玄倉川水難事故（平成11年8月）……56
東海豪雨（平成12年9月）……392, 397
平成16年7月新潟・福島豪雨……59, 86, 169, 392
平成16年7月福井豪雨……59, 169
羽越本線脱線事故（平成17年12月）……64, 402, 418
平成18年7月豪雨……59
延岡市（宮崎県）竜巻（平成18年9月）
……59, 61, 86, 174, 402, 418, 475, 703
佐呂間町（北海道）竜巻（平成18年11月）
……59, 61, 86, 174, 402, 418, 475, 703
兵庫県神戸市都賀川水難事故（平成20年7月）
……64, 116, 476
平成20年8月末豪雨……59, 86, 497
平成21年7月中国・九州北部豪雨……59, 86
平成23年台風第12号（紀伊半島豪雨、紀伊半島大水害）
……65, 170, 394, 396, 408
つくば市竜巻（平成24年5月）……59, 65, 403, 668, 698, 703
平成24年7月九州北部豪雨……183, 668, 699
さいたま市竜巻（平成25年9月）……59
平成26年8月豪雨……65, 67, 116, 183, 396, 399, 401, 661, 696
平成27年9月関東・東北豪雨……67, 171, 173, 396, 401, 661, 702
平成28年台風第10号……67, 172
平成29年7月九州北部豪雨……67, 396, 401, 661
平成30年7月豪雨（西日本豪雨）……67, 68, 71, 72, 149, 172, 173, 184, 188, 191, 331, 393, 396, 398, 401, 421, 422, 661
平成30年台風第21号……67, 233, 339
令和元年東日本台風……67, 122, 150, 164, 172, 173, 190, 192, 394
令和2年7月豪雨……67, 69, 87, 122, 192, 396, 401, 485, 661, 702

【地　震】

横浜地震（明治13年2月）……26, 568
濃尾地震（明治24年10月）……27, 569
明治三陸地震（明治29年6月）……27, 30, 603
大正関東地震（関東大震災）（大正12年9月）
……28, 29, 30, 107, 277, 665, 738, 739, 742
北丹後地震（昭和2年3月）……29
北伊豆地震（昭和5年11月）……587
昭和三陸地震（昭和8年3月）……29, 30, 34, 603
鳥取地震（昭和18年9月）……29, 34, 569
昭和東南海地震（昭和19年12月）……29, 34, 569, 602, 713
三河地震（昭和20年1月）……29, 34, 569
アリューシャン地震（昭和21年4月）……34, 569
昭和南海地震（昭和21年12月）……33, 34, 569, 602, 747
福井地震（昭和23年6月）……33, 573
チリ地震（津波）（昭和35年5月）…37, 211, 604, 619
新潟地震（昭和39年6月）……570, 584, 585
松代群発地震（昭和40年8月～）……42, 570, 584, 591, 612, 617, 641
1968年十勝沖地震（昭和43年5月）…40, 42, 571, 585
1973年6月17日根室半島沖地震（昭和48年6月）
……585
1978年宮城県沖地震（昭和53年6月）……585
昭和58年（1983年）日本海中部地震（昭和58年5月）
……48, 51, 77, 134, 513, 566, 571, 585, 606, 613
平成5年（1993年）北海道南西沖地震（平成5年7月）
……49, 51, 57, 85, 114, 148, 181, 320, 325, 505, 513, 566, 571, 584, 585, 606, 607, 620
平成6年（1994年）三陸はるか沖地震……584, 585
平成7年（1995年）兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）（平成7年1月）……53, 54, 77, 85, 139, 148, 163, 165, 167, 181, 188, 190, 324, 505, 513, 566, 572, 574, 579, 585, 588, 592, 594, 614, 615, 647, 713, 747
平成15年（2003年）十勝沖地震（平成15年9月）
……175, 585, 593
平成16年（2004年）新潟県中越地震（平成16年10月）
……58, 232, 595
スマトラ島北部西方沖地震（平成16年12月）
……62, 596, 619, 621
平成19年（2007年）能登半島地震（平成19年3月）
……59
平成19年（2007年）新潟県中越沖地震（平成19年7月）
……59
平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震（平成20年6月）
……59, 86
平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）（平成23年3月）……59, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 70, 79, 86, 116, 121, 122, 133, 144, 149, 153, 163, 170, 171, 177, 183, 188, 192, 197, 299, 312, 321, 324, 403, 483, 495, 499, 513, 514, 566, 572, 573, 577, 578, 584, 585, 589, 593, 598, 601, 603, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 614, 615, 646, 668, 691, 713, 714
平成28年（2016年）熊本地震（平成28年4月）
……67, 70, 233, 587, 595, 614, 616, 646
平成30年北海道胆振東部地震……87, 233
令和6年能登半島地震（令和6年1月）……67, 146, 190, 234, 596

【火　山】

（国内）
阿蘇山噴火（明治、昭和、令和3年10月）
……26, 29, 150, 635, 717, 748
桜島噴火（大正3年大噴火）（大正3年）……28, 623
1977年有珠山噴火（昭和52年8月）……48, 635, 638, 718
昭和61年（1986年）伊豆大島噴火（昭和61年11月）
……49, 51, 148, 505, 578, 579, 627, 628, 638, 718, 748
平成3年（1991年）雲仙岳噴火（平成3年6月）
……49, 51, 85, 148, 181, 566, 627, 629, 630, 631, 638, 718, 748
平成12年（2000年）有珠山噴火（平成12年3月）
……566, 624, 627, 629, 630, 638
平成12年三宅島噴火（平成12年7月）
……58, 263, 566, 624, 630, 717, 719
平成26年御嶽山噴火（平成26年9月）
……59, 67, 97, 566, 625, 626, 627, 628, 629, 633, 636, 638, 651, 675, 714, 717
平成27年口永良部島噴火（平成27年5月）…67, 69, 197
箱根山噴火（平成27年6月）……67, 69
草津白根山（本白根山）噴火（平成30年1月）
……67, 69, 626, 634, 638, 652
（国外）
セント・ヘレンズ噴火（昭和55年5月）……718
エルチチョン火山噴火（昭和57年3～4月）……696
ガルングン火山噴火（昭和57年4～6月）……249
リダウト火山噴火（平成元年）……249
ピナトゥボ火山の噴火（平成3年6月）…213, 249, 681, 690, 696, 718
アイスランド火山（エイヤフィヤトラヨークトル）噴火（平成22年4月）……250

あとがき

令和３年１月、4 年後に気象業務がはじまって 150 年になることから、「気象百五十年史（仮称）」を作成することとなり、編纂委員会が設置された。

第１回編纂委員会では、編纂の基本方針が議論されるとともに、多くの委員からこれまで「気象百年史」を活用してきたとの発言があり、我こそは一番良く読んだと競い合うかのような場面もあった。

新しい業務を担当することになった時や、これからの気象業務を展望するうえで、「気象百年史」は必須の道標となっていた。一方、百年史の執筆者の中には名だたる文筆家の名前もあり、編纂には多くの人的・経費的資源も投入されたと記録されている。これほど立派なものはできないにしても、我々の世代同様に、後世にも業務の発展・終焉等の経緯をしっかり伝える必要があるとの認識となった。

その後、各部各課室で元資料となる基礎年表等の作成は進められたものの、編纂開始当初の意気込みは徐々に薄れ、このままでは 150 年目の気象記念日での発行が危ぶまれる事態となった。そのため、令和６年度には企画課に専任の体制が設けられ、関係各部署でも急ピッチで部門史の執筆・査読などが進められた。

最近の 50 年を振り返ると、高度情報化社会と呼ばれた時代もあったように急速に進展する情報通信技術を背景に、観測・予測技術の進歩も相俟って、大気海洋・地震火山など気象庁が担当する各分野で監視・予測能力を向上させ、情報改善を続けてきた歴史でもあった。

しかし、これはその 100 年前からの先人の汗と努力の積み重ねの上にあり、その志は、自然科学への探求はもとより、自然災害から如何に命や財産を守るか、情報をどのように利活用し社会・経済活動に役立てていくか、という同じものであった。

一方、災害を契機に、様々なツールや情報、伝え方を改善しても、自然はそれを上回る多様な様相を示し、終わりなき戦いのようでもあった。東日本大震災では、人間の力が自然の驚異に比べると、如何に微力であるかを思い知らされた。

他方、気象業務には継続してこそ意味のある面もあり、それが時として、新たな業務展開に繋がっていくものもあった。一例はオゾン層の破壊や気候変動など地球環境問題への対応である。

気象業務は、人々の生活や営みと密接に関係しており、だからこそ常に多くの国民からの批判も受け、しばしばマスコミや関係分野の方々との緊迫した議論を経て、よりよい情報に改善してきた歴史でもあった。一方では、それ故、新しい情報も国民生活に定着してきた面も大きかった。

一方で、気象業務は地球科学の広範にわたる分野を担当してきたからこそ、災害時に迅速・的確に対応できた面もあった。阪神・淡路大震災や東日本大震災後の被災地には、寒くなる・風が強くなる等の気象予測が重要であり、こうした際には、臨機に気象情報の提供に努めてきた歴史でもあった。

環境分野について見ると、公害による大気汚染が深刻となった際には、スモッグ気象情報の発表を行い、それが改善されたと思った次には越境大気汚染が深刻となり、全般スモッグ気象情報を発表する、という経験もあった。

南極観測にあたった当庁の職員がオゾン量の低下を観測し、それがオゾンホールの発見、更にはオゾン層破壊物質の世界的な規制に繋がり、現在では、オゾン層は徐々に回復に向かっている。一方、地球温暖化問題においては、当初は地球の寒冷化も危惧されていたが、早い段階から温暖化の警鐘を鳴らす役割を果たしてきた。しかし、この問題は現代の人間活動そのものに起因しており、対策は容易ではなく、その進行による大雨や熱波等は深刻度を増し、その対応は新たな課題となってきている。

こうした気象業務の歴史の編纂にあたっては、分野ごとに業務の変革の速度や、社会とのつながり方も異なっており、編纂作業には多くの苦労もあった。

分野横断的な業務はどこで詳しく記載するのか、粒度や平仄・表記をどの程度揃えるのか、正確さをどのように確保するのか等々、悩ましい点も多々あったが、編纂に関わった多くの方々の尽力により、今般の出版に至っている。

こうして出来上がってみると、観測そのものにおいても、データを集めることにも、それを加工・処理・予測し情報としてまとめ、更には活用していただく場面にも、様々な工夫や努力の跡が記されている。新しい業務を開始するとき、継続するとき、新たな局面に遭遇したとき、そしてまた役割を終えた業務を終了するときにも様々な工夫や努力がなされている。

編纂にあたっては、できるだけ後世の検証にも耐えうる内容とすることに努めてきたが、記憶違いや過去資料の読み間違いが皆無とは言い切れない。

しかし、ここに記載された業務の歴史は、今後の業務発展の礎となることは間違いないと確信している。

気象業務がいつの時代も人々の生活に寄り添って、一方では最新の知見や技術を駆使し、国民との議論を積み重ねて発展していく、「気象百五十年史」がそうした一助となれば幸甚である。

気象百五十年史編纂委員会事務局　倉内 利浩

気象百五十年史編纂委員会

本書の編纂に当たり、情報基盤部長を委員長とする気象百五十年史編纂委員会（令和３年１月 14 日庁議決定）の下、総務部企画課及び情報基盤部情報政策課が事務を担った。気象百五十年史（仮称）編纂委員会の委員及び事務局として携わった職員は以下のとおり。他にも、部門史の編纂に当たっては、気象庁内の非常に多くの職員の協力の下、執筆･査読が行われた。

気象百五十年史編纂委員会　委員

（委員長）

情報基盤部長	倉内　利浩	（令和２～３年度）
〃	千葉　剛輝	（令和４～５年度）
〃	横田　寛伸	（令和６年度）

（副委員長）

参事官	多田　英夫	（令和２年度）
〃	横田　寛伸	（令和３年度）
〃	安田　珠幾	（令和４～５年度）
〃	石田　純一	（令和６年度）

（委員）

総務課長	湯原　有哉	（令和２～３年度）
〃	飯野　　悟	（令和４～５年度）
〃	樋口　　浩	（令和６年度）
人事課長	大藤　雅人	（令和２～３年度）
〃	佐藤　善則	（令和４～５年度）
〃	米滿　義弘	（令和６年度）
企画課長	室井　ちあし	（令和２～３年度）
〃	太原　芳彦	（令和４～５年度）
〃	酒井　喜敏	（令和６年度）
経理管理官	出口　まきゆ	（令和２～４年度）
〃	中山　泰宏	（令和５年度）
〃	中井　智洋	（令和６年度）
国際・航空気象管理官	八木　勝昌	（令和２年度）
〃	益子　直文	（令和３～４年度）
〃	廣澤　純一	（令和５年度）
〃	山腰　裕一	（令和６年度）
情報政策課長	太原　芳彦	（令和２～４年度）
〃	酒井　喜敏	（令和５年度）
〃	水野　孝則	（令和６年度）
業務課長	千葉　剛輝	（令和２年度）
〃	中本　能久	（令和３年度）
〃	榊原　茂記	（令和４～５年度）
〃	濱田　　修	（令和６年度）
管理課長	青木　　元	（令和２年度）
〃	加藤　孝志	（令和３～５年度）
〃	中辻　　剛	（令和６年度）

（事務局）

企画課	武藤　大介	（令和２～３年度）
〃	伊藤　　渉	（令和２～４年度）
〃	灘本　真実	（令和２～３年度）
〃	小寺　裕之	（令和４～５年度）
〃	小野　紘夢	（令和４年度）
〃	戸松　秀之	（令和５年度）
〃	日野　太陽	（令和５～６年度）
〃	須藤　大地	（令和６年度）
〃	倉内　利浩	（令和６年度）
〃	小林　勇壮	（令和６年度）
情報政策課	畑　　幸代	（令和２～４年度）