

第7部 気象観測

第1章 地上気象観測

第1節 観測の自動化

明治9年（1876年）9月、札幌測候所の礎を築いた創始者であるアメリカ人ウィリアム・ホイラーにより、札幌における気象観測が開始された。

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って記録していたが、昭和56年（1981年）から札幌管内では順次「JMA-80型地上気象観測装置」を整備し、自動的に10分ごと、1時間ごとに各観測データがプリンターで印字されるほか、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 端末に手動で入力して気象通報を行っていた観測データは、自動的に気圧、気温、湿度、降水量、風向・風速など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、地上気象観測通報の作成・通報が可能となった。

その後、平成9年（1997年）から札幌管内において順次整備した「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され、積雪の深さについても自動観測が可能となった。

また、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。

第2節 地上気象観測の通報と目視観測の自動化

昭和34年（1959年）8月から、札幌では目視を含む観測・通報を1日8回の定時観測・8回通報で実施していた。その後、平成7年（1995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、目視を含む観測・通報は1日7回となった。

北海道内では、平成11年（1999年）から平成22年（2010年）にかけて、帯広以外の測候所については、視程障害現象などを把握するために視程計を整備し、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へ移行）した。完全自動化の開始当初には晴れと曇りの判別を必要とする天気の情報にはなかったが、一部での情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（2007年）10月からその利用を開始した。

令和2年（2020年）から北海道内の地方気象台および測候所において、晴曇自動判別に加え、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が開始され、観測・通報を完全自動化した。その後、令和6年（2024年）には札幌管区気象台においても、観測現業が本庁（東京）および大阪に集約されたことに伴い、目視を含む観測・通報を完全自動化した。

第3節 主な観測と測器

1. 気圧の観測

明治15年(1882年)から使用されてきたフォルタン型水銀気圧計は、昭和時代まで観測・通報に使用されたが、水銀による環境汚染の防止および保守や維持管理における軽減の観点から、平成15年度（2003年度）末に廃止された。昭和63年（1988年）から気圧の観測には円筒振動式気圧計を使用し、平成9年（1997年）から札幌管内において順次整備したJMA-95型地上気象観測装置以降は、静電容量式気圧計を採用している。

2. 気温の観測

気温の観測には白金抵抗温度計が使用されている。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（1981年）から札幌管内において順次整備した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を採用している。

3. 湿度・蒸気圧の観測

昭和40年代（1965年～1974年頃）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、相対湿度は、同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していた。平成9年（1997年）から札幌管内において順次整備したJMA-95型地上気象観測装置以降は、電気式湿度計を採用している。電気式湿度計は露点計とは異なり、静電容量型湿度センサーにより相対湿度値を出力している。

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(アスマン通風乾湿計)は、令和5年（2023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通風乾湿計に順次切り替えられた。デジタルアスマン通風乾湿計は、電気式湿度計の現地点検時に

ける比較用測器として使用している。

4. 風の観測

昭和50年（1975年）1月の風車型自記風向風速計の採用により、約100年に及ぶ風杯式による風速の観測は幕を閉じた。昭和56年（1981年）から札幌管内において順次整備したJMA-80型地上気象観測装置では風車型風向風速計を使用し、平成23年（2011年）から整備したJMA-10型地上気象観測装置においても引き続き採用している。

5. 降水量の観測

昭和20年代（1945年～1954年頃）から使用されている転倒ます型雨量計は、現在も使用されている。札幌管区気象台の地上気象観測装置で使用している転倒ます型雨量計には、普通式、溢水式の2種類がある。

6. 日射の観測

昭和7年（1932年）から銀盤式直達日射計を用いて直達日射の観測を行っていた。その後、昭和34年（1959年）に直達日射の観測は永年気候観測に位置づけられて継続され、昭和53年（1978年）からは自記直達日射計による観測となり、平成4年（1992年）12月に太陽追尾式の直達日射観測装置に更新された。平成19年（2007年）には、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ている観測点で、なおかつ日本域の代表的な気候区を網羅できる4地点〔札幌、つくば（館野）、福岡、石垣島〕に直達日射観測網が再編され、日射放射観測へ移行した。平成22年（2010年）には南鳥島を含めた全国5地点となり精密日射放射観測装置を整備して日射放射観測を開始したが、札幌では令和3年（2021年）に、測器を設置していた高層気象観測塔の解体と観測環境の悪化により、札幌における観測を網走に移転した。令和6年（2024年）からは、網走、つくば（館野）、石垣島、南鳥島の国内4地点で日射放射観測を実施している。

地上気象観測における全天日射観測は、エプリー型日射計により行われていたが、昭和46年（1971年）4月から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も熱電堆式日射計を採用している。

7. 日照の観測

明治以降、ジョルダン式日照計により日照時間を観測していたが、測定時に観測者による作業が必要であった。その後、昭和61年（1986年）から回転式日照計に切り替えられ、自動観測が可能となった。平成9年（1997年）から札幌管内において順次整備したJMA-95型地上気象観測装置では、太陽追尾式日照計または直達日射観測装置を使用した。その後、平成23年（2011年）から整備したJMA-10型地上気象観測装置では、再び回転式日照計を使用している。

8. 積雪・降雪の観測

昭和40年代（1965～1974年頃）以降、積雪の深さおよび降雪の観測には雪尺や雪板が用いられてきた。これらによる観測は測定時に観測者による作業が必要であったが、平成9年（1997年）から札幌管内において順次整備したJMA-95型地上気象観測装置には、超音波式積雪計を導入し、自動観測が可能となった。平成23年（2011年）から整備したJMA-10型地上気象観測装置ではレーザー式積雪計を導入し、現在も運用している。

雪板による降雪の深さの観測も、平成17年（2005年）から積雪計を使用した自動観測へと移行した。

9. 蒸発量の観測

蒸発量の観測は明治18年（1885年）5月から始まり、昭和34年（1959年）から永年気候観測に大型蒸発計を用いた観測を行ってきた。平成3年（1991年）には札幌における永年気候観測としての位置づけは終了したが、蒸発量の観測自体は継続され、平成14年（2002年）4月1日をもって観測を廃止した。

第4節 永年気候観測

北海道では札幌と根室が指定され、1日4回の定時（3時、9時、15時、21時）に観測が行われていたが、平成3年（1991年）に永年気候観測が廃止され、気候観測の位置づけとなった。

平成25年（2013年）に観測の成果を地球温暖化の監視等に用いるため、気候観測を行う気象官署のうちから、観測施設について特別な保守その他の管理を必要とする気象官署等が選定された。北海道内では稚内、網走、寿都、羽幌、浦河、根室、雄武の7地点が選定されている。

（佐藤 哲也）

第2章 統計報告と資料

第1節 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（1872年）の函館であり、札幌では明治9年（1876年）に開設された。その後、明治18年（1885年）までに函館、札幌を含めて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取り方はそれぞれの測候所で異なっていた。これらが全国的に統一されたのは、明治19年（1886年）1月に刊行された「気象観測法」（第1版）による。

昭和25年（1950年）の第5版から「地上気象観測法」に名称が変更され、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囲に扱っていたが、昭和26年（1951年）に「気象官署観測業務規程」が制定されたことにより、規定に関することが分離され、技術的な指針を定める内容となった。

昭和28年（1953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」に分けた。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に観測方法や測器を変更しない「特殊気候観測」に分類した。特殊気候観測は昭和34年（1959年）に名称を「永年気候観測」と改め、昭和35年（1960年）に「永年気候観測指針」が刊行された。

気象観測の結果の統計・整理の方法などは「地上気象観測法」およ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（1965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」として刊行された。

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（1973年）に「地上気象観測統計指針」として整理された。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（1980年）に廃止された。また、平成3年（1991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」として位置づけられることとなった。

一方で、昭和49年（1974年）には地域気象観測が開始され、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」で定められた。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がなかったが、平成8年（1996年）に「地上気象観測統計指針」を準用する形で「地域気象観測統計要領」が制定された。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」が制定された。

このように、地上気象観測、地域気象観測および高層気象観測における規定に関することと統計に関することは、それぞれ別に定められていたが、統計に関しては多くの共通事項があるため、平成17年（2005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」および「高層気象観測統計要領」を一つにまとめ、「気象観測統計指針」として体系が整理された。

第2節 統計値の変遷

札幌では明治9年（1876年）9月の気象観測開始当初、スミソニアン観測法により地方時で1日3回の観測や統計を行っていた。前述のとおり、明治19年（1886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一つである京都時による1日6回（2時、6時、10時、14時、18時、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（1888年）に日本中央標準時を採用し、その後も観測回数などが変更となった。

平成3年（1991年）からは、毎時24回の観測となった。一方、アメダス（地域気象観測システム）により昭和49年（1974年）の観測開始から毎時24回の観測が行われ、データの品質が安定した昭和51年（1976年）からこれを元に統計値を作成している。また、平成15年（2003年）からは10分ごとの観測結果を元に統計値を作成している。

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（2005年）の「気象観測統計指針」の刊行時であり、主に二つの特徴がある。

1つは、統計開始からの極値・順位値の求め方である。官署移転時における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いて、極値・順位値は観測開始からの全期間を対象に求めるようになった。これにより、できる限り長い期間を対象とした比較が可能となり、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、防災の観点からもさらに有用な情報となった。

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なった。また、地上気象観測は平成3年（1991年）以降、アメダスは昭和51年（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（2006年）には、アメダスの統計に「N時間降水量」が導入された。それまでも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的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とした。これは平成30年（2018年）には「N時間降雪量」として降雪量にも拡張された。

第3節 統計処理の電子化

明治9年（1876年）9月の気象観測開始から昭和27年（1952年）2月までは、すべて手書き記入、手計算で統計が行われていた。昭和27年（1952年）にパンチカードシステムが導入され、昭和28年（1953年）1月から同システムが全面的に採用されたことで、それまで手計算で行ってきた累年統計は昭和35年（1960年）をもって締めくくられた。昭和36年（1961年）1月以降は、電子計算機による還元資料が統計の主流となった。

平成元年（1989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ーへ自動的に取り込み、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）によって、手作業で行っていた日別値の統計も電子化された。これにより、地上気象観測日原簿に記載されている内容の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（1991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になり、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は廃止された。さらに、平成6年（1994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（2008年）には「アメダスデータ等統合処理システム」が導入され、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ようになり、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することとなった。これにより、すべての統計処理が本庁へ一元化された。

（小柳 吉晴）

第3章 地域気象観測

第1節 観測体制とアメダス中枢システム

地域気象観測業務は、Automated Meteorological Data Acquisition System を略して通称「AMeDAS（アメダス）」と呼ばれ、正しくは「地域気象観測システム」という。全国を平均して雨量は17km メッシュ、気候観測は21km メッシュの観測点密度が適当であるという調査結果を基に観測地点が選定された。

昭和49年（1974年）11月から、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）および気象官署（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（降水量、風向・風速、気温、日照時間、積雪）はデータ変換装置で変換された上、符号送信器（TRP）によって地域気象観測センターに自動で遠隔伝送されていた。

平成17年（2005年）から「JMA-04型有線ロボット気象計」が整備され、平成20年（2008年）には中枢システムと通信ネットワークを分離し、名称を「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 網を利用して運用を始めた。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、品質の高い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、観測データに最大瞬間風速、最高・最低気温を追加した。

令和3年（2021年）には、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、日照計による観測を終了した。その一方で、同年から整備を開始した「JMA-19型アメダス気象計」では、予報精度向上のため、新たに湿度の観測が追加された。

（佐藤 哲也）

第4章 生物季節観測

第1節 生物季節観測の変遷

気象庁では、生物季節観測を昭和28年(1953年)から全国で統一した観測方法で開始し、季節の遅れ進みや気候の違いを知るほか、さくらの観測成果を中心として地球温暖化等の監視や100年単位の気候解析への活用、国民の気象や気候への関心を高める普及啓発の一助となっている。

一方で、これまでの観測結果から季節の遅れ進みを把握することに適した生物が分かってきたことに加え、近年は観測所周辺の生物の生態環境が変化しており、動物観測において対象を見つけることが困難であること、また、植物観測においては適切な場所に標本木を確保することが難しくなっていることなどから、引き続き地球温暖化等の監視や普及啓発等へ活用するための観測を維持しつつ、観測する種目を絞り込むこととなった。

これに伴い、令和3年(2021年)1月1日から動物種目は廃止となり、植物種目はあじさい(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)、すすき(開花)の6種目に限定することとなった。

第2節 札幌における生物季節観測

札幌では、あじさい、いちょう、うめ、かえで、さくら、たんぽぽ、やまつつじ、ライラックの植物8種目と、ひばり、うぐいす、つばめ、もんしろちょう、あぶらぜみの動物5種目の観測を行っていた(あじさいは昭和59年(1984年)から、その他は昭和28年(1953年)当初から)。うぐいすとつばめは昭和60年(1985年)以降欠測が続き、平成23年(2011年)に観測を終了し、ひばりは平成3年(1991年)以降欠測が続き、平成26年(2014年)に観測を終了した。また、令和2年(2020年)の観測種目の見直しにより、令和3年(2021年)からは、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)の5種目の観測となった。

(義煎 聡)

第5章 放射能観測

第1節 札幌における放射能観測

定常観測として、昭和30年（1955年）から大気中における放射能の平均的な状況を把握するための「降水定時観測」と、降水に捕捉される最も高濃度の放射能を知るための「降水定量観測」が行われた。ほかにも、昭和31年（1956年）から大気中に浮遊している放射性じん（ちり）の濃度を測定する「浮遊じん定量観測」、「落下じん水盤観測」を行っていた。平成7年（1995年）にはガンマ(γ)線核種分析装置が導入されたが、平成18年（2006年）3月をもってすべての放射能観測を終了した。

（佐藤 哲也）

第6章 沿岸、潮汐観測

第1節 沿岸観測の変遷

気象庁では、沿岸の定位置で定期的に行う水温、比重、波浪および海水の観測を「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、海洋の調査および予想の重要な資料となり、特に観測船および一般船舶による資料を得にくい時期およ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（1955～1964年頃）は約45地点、昭和40年代（1965～1974年頃）は約30地点で推移した。

平成7年（1995年）4月には、沿岸水温観測地点が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）に整理され、平成8年（1996年）4月には、これら7地点で沿岸水温の自動毎時観測通報を開始した。その後、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（2006年）3月で沿岸水温観測は終了した。

第2節 潮位観測

気象庁では、昭和34年（1959年）9月26日の伊勢湾台風での甚大な高潮災害を契機に、潮位観測の強化が図られてきた。その後も「昭和58年（1983年）日本海中部地震」、「平成5年（1993年）釧路沖地震」や「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」（阪神・淡路大震災）といった相次ぐ地震津波災害により、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が行われてきた。平成6年（1994年）には全地点のテレメーター化によりリアルタイムでの潮位の監視体制が構築され、平成14年（2002年）には気象庁ホームページに潮位の時系列表示が追加された。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・監視体制の強化が図られた。

1. 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行き来しており、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。平成22年(2010年)からは電波式が導入され、計測値のデジタル処理によって波浪などによるノイズ成分を取り除くことで、安定した潮位の観測を実現している。札幌管内では稚内、網走、花咲、釧路、函館の5地点に設置されている。

2. 津波観測計

津波観測の強化のため、平成10年（1998年）3月から従来の検潮所がない地点でも観測できるよう、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が設置されている。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。測定手法としては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」と呼んでおり、札幌管内では小樽にのみ設置されている。

また、「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」（東日本大震災）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」が各管区に整備された。機動型は岸壁などに設置し、台風や地震の影響を受けずに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されている。さらに、雷災など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」も平成30年（2018年）から導入された。

札幌管区气象台に整備された機動型津波観測装置は、令和6年度（2024年度）に小樽津波観測施設を移設する際、工事期間中の代替観測用として小樽市色内埠頭に設置された実績がある。

3. 巨大津波計

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（1995年度）の補正予算によって、津波警報の運用に合わせ20m程度までの津波を観測できる水圧計を「巨大津波観測計（巨大津波計）」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（2008年）以降は岸壁にはしご状防舷（ぼうげん）

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された。

札幌管内では、根室市花咲、釧路、えりも町庶野、浦河、苫小牧西港、函館、渡島森港、稚内、留萌、小樽、瀬棚港、江差、網走の13地点に設置されている。

4. 沿岸波浪観測

気象庁では、昭和46年（1971年）5月の運輸技術審議会による「波浪の観測および予報のシステム確立」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（1975年）に石廊崎（静岡県）へ最初の波浪観測施設を整備、以後毎年1か所ずつ昭和55年（1980年）までに6か所の整備を行った。また、昭和59年（1984年）までに3地点の追加整備を行い、全国11地点における沿岸波浪観測体制が構築された。

最初に導入された波浪観測装置は、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であった。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）に発射してその反射波で波浪を計測する仕様であり、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負担軽減を図り、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（2010年）から平成24年（2012年）にかけて6地点において更新整備が行われ、従来の有義波高、周期の観測に加え、方向別の波浪スペクトルの観測機能が備わった。

最終的に全国6地点で運用していた沿岸波浪計は、全国を53海域に分けた新しい沿岸波浪情報の提供開始に伴い、令和8年（2026年）3月に運用終了となった。

北海道内の観測地点は、尻羽岬 [昭和60年（1985年）4月1日～平成19年（2007年）3月31日]、松前 [昭和54年（1979年）1月1日～平成24年（2012年）5月10日]、上ノ国 [平成24年（2012年）5月10日～令和8年（2026年）3月25日] であった。

（義煎 聡）

第7章 レーダー気象観測

第1節 北海道におけるレーダー気象観測の変遷

道内で最初に気象レーダーが設置されたのは函館山で、昭和37年（1962年）のことである。次いで、その翌年の昭和38年（1963年）には札幌に、さらにその8年後の昭和46年（1971年）には釧路に設置され、道南・道央・道東に対してのレーダー気象監視の体制が整った。当初、定時観測は9時と15時の2回だけで、異常気象時には臨時観測を頻繁に行った。また、観測結果もレーダー気象式という数字化されたコードで利用官署に通知していたため、利用官署ではエコーパターンの概略を知ることができる程度であり、その利用価値は限られていた。昭和50年（1975年）に観測したエコースケッチをそのままの形で一般加入電話回線により利用官署に送画するようになり、観測回数もほぼ3時間おきの1日8回となり、レーダーによる常時監視体制に一步近づいた。

第2節 昭和52年(1977年)以降の札幌におけるレーダー気象観測

昭和52年（1977年）、気象台構内に当時としては国内で最も高い50mのレーダー塔を建設して2号機を設置し、観測を開始した。2号機の空中線は直径3m、出力は250kW、送信周波数は5300MHz、パルス幅は2.0 μ sであった。昭和63年（1988年）にはレーダーエコーデジタル化装置が付加され、レーダーエコーの計算機処理が可能となり、隣接の函館、釧路を含めた道内3観測所のレーダー観測データから1枚の広域のレーダーエコー合成図が作成され、各地の気象官署に配信されてリアルタイムで気象の監視ができるようになった。

しかし、気象台構内でのレーダー気象観測では、南西部に山が迫り、北部・東部も山岳地帯に遮られているため、主要な探知範囲は北西側に限られており、観測環境のより優れた場所への移設が切望されていた。

平成7年（1995年）、小樽市近郊の毛無山に約50mのレーダー塔を有する気象レーダー観測所を建設し、3号機を設置した。3号機の空中線は直径4mに大型化され、出力は250kW、送信周波数は5310MHz、パルス幅は2.5 μ sであった。空中線の大型化や機器間での光ケーブルの導入、エンジニアリングワークステーションの採用など、当時の最新技術を駆使し、機器の信頼性や測定精度の大幅な向上が図られた。発動発電機も設置され落雷による停電に備え、発雷時には雷災予防のために発動発電機による電力供給を行っている

る。運用面でも大きく変更となり、毛無山気象レーダー観測所は無人観測所となって、気象台からの遠隔制御監視による運用となった。加えて山岳レーダーとなったことから探知範囲が大幅に改善された結果、西方海上はもとより留萌沿岸から宗谷地方まで観測できるようになった。機器や庁舎の保守、観測精度の維持のための点検は、月に一度の月点検、6ヶ月に一度の6ヶ月点検、その他の付帯設備の点検を毛無山気象レーダー観測所に出向いて行っていた。

平成17年（2005年）に、札幌観測課が行っていたレーダー現業業務は本庁集約となり、札幌のレーダー現業シートは廃止された。

竜巻などの激しい突風による災害を防ぐため、気象庁では気象ドップラーレーダーの整備を始め、札幌では平成21年（2009年）に毛無山気象レーダーがドップラーレーダー化された。降水のみの観測から、電磁波のドップラー効果を利用した風向・風速の観測もできるようになったため、メソサイクロンの検出が可能となり、竜巻注意情報の発表など防災気象情報充実の一端を担った。電子管は従来のマグネトロンからクライストロンに変更になり、出力は250kW、送信周波数は5345MHz、パルス幅は1.056 μ sと2.6 μ sの2種類、繰り返し周波数は329.7Hz、480Hz、600Hz、752Hz、940Hzの5種類となった。観測の間隔は、それまでの10分ごとから5分ごとになり、より緻密な降水の観測ができるようになった。

平成28年（2016年）には雷災予防のため、メタル回線を使用していた専用回線を光回線化し、それまで度々発生していた落雷による回線障害がほとんど無くなった。

令和2年（2020年）には、それまで毛無山気象レーダー観測所に出向いて行っていた月点検が、ノートPCおよび遠隔監視カメラを使用した気象台からの遠隔点検に変更になった。6ヶ月点検は従来通り毛無山気象レーダー観測所で行っている。

気象庁では二重偏波気象ドップラーレーダーの整備を順次進めており、毛無山気象レーダー観測所では、令和9年（2027年）に二重偏波気象ドップラーレーダー化される予定である。現在は水平偏波の単偏波を利用しているが、二重偏波気象ドップラーレーダーでは、水平偏波と垂直偏波の二重偏波を利用することによって、降水粒子の種別判別や降水の強さをより正確に推定することが可能となり、更なる防災気象情報への貢献が期待される。

（齋藤 理一）

第8章 測器検定と観測装置・測器の変遷

第1節 札幌における測器検定

平成4年（1992年）の規制緩和施策により検定業務の効率化を図るため、気象庁があらかじめ構造・性能検査をした気象測器については「構造検査」を省略できることとする型式証明が導入された。平成13年（2001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（一般財団法人気象業務支援センター）により行われるようになった。

札幌管区での検定業務は、平成14年（2002年）より部内検査測器の検査（気象官署の気象測器を対象とする検査）が対象となった。平成19年（2007年）の気象官署気象測器部内検査規則改定により、検査技術・方法の一元化および作業効率の向上、検査装置の有効利用を図ることを目的に、札幌管区気象台において実施していた部内検査を廃止し、気象測器検定試験センターに集約された。

第2節 地上気象観測装置と測器の変遷

1. 地上気象観測装置の変遷

（1）JMA-80型地上気象観測装置〔昭和56年～平成16年（1981年～2004年）〕

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）、塩化リチウム露点計（通風筒付）、転倒ます型雨量計（普通式と溢水式）、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（たい）式全天日射計（通風ファン付）、超音波式積雪計

（2）JMA-95型地上気象観測装置〔平成9年～平成26年（1997年～2014年）〕

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）、電気式湿度計（通風筒付）、転倒ます型雨量計（普通式と溢水式）、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）、超音波式積雪計、レーザー式積雪計

(3) JMA-10型地上気象観測装置〔平成23年(2011年)～現在〕

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)、電気式湿度計(通風筒付)、転倒ます型雨量計(普通式と溢水式)、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)、レーザー式積雪計、視程計(現象判別付)

2. 測器の変遷

(1) 気圧計

明治時代から使用していたフォルタン型水銀気圧計は、水銀による環境汚染の観点および保守維持管理の軽減のため、平成15年度(2003年度)末に廃止された。地上気象観測装置には昭和59年(1984年)から円筒振動式気圧計を使用し、JMA-95型地上気象観測装置以降は、静電容量式気圧計を採用した。

(2) 温度計

JMA-80型地上気象観測装置以前は、白金抵抗温度計(3線式や4線式)を使用し、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を採用した。

(3) 湿度計

塩化リチウム露点計を平成初期頃まで使用し、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算出していた。JMA-95型地上気象観測装置以降は電気式湿度計を採用した。

(4) 雨量計

転倒ます型雨量計を昭和から現在まで使用しており、道内の地上気象観測では普通式と溢水式の2種類を採用している。

(5) 風速計、風向風速計

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を使用しており、それ以前は風杯(ふうはい)型風程式風速計を採用していた。

(6) 積雪計

積雪の深さの観測は雪尺や雪板を用いていたが、JMA-95型地上気象観測装置の整備により超音波式積雪計が導入され自動観測となった。その後、一部の観測所ではレーザー式積雪計を使用し、JMA-10型地上気象観測装置ではすべてがレーザー式積雪計となった。

(7) 全天日射計

JMA-80型地上気象観測装置以前、以降ともに熱電堆式日射計を採用している。

(8) 日照計

JMA-80型地上気象観測装置では、それまでのカンベル式日照計やジョルダン式日照計から回転式日照計に切り替えられた。JMA-95型地上気象観測装置では、太陽追尾式日照計または直達日射観測装置が使用された。JMA-10型地上気象観測装置では、再び回転式日照計が採用されている。

(9) 視程計等

特別地域気象観測所では、平成22年（2010年）にかけて視程計（現象判別付）による自動観測を行っていた。平成23年（2011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（視程計＋感雨器）による自動観測に切り替えた。令和2年（2020年）から各地方気象台および測候所、令和6年（2024年）からは札幌管区気象台でも視程計等による自動観測に切り替えた。

第3節 地域気象観測装置と測器の変遷

1. 地域気象観測装置の変遷

(1) JMA-89(89A)型有線ロボット気象計

[昭和64年・平成元年～平成21年(1989年～2009年)]

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)、太陽電池式日照計、転倒ます型雨量計、超音波式積雪計

(2) JMA-04(04B)型有線ロボット気象計

[平成17年～令和7年(2005年～2025年)]

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）、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

(3) JMA-19型アメダス気象計 [令和3年(2021年)～現在]

超音波式風速計、白金抵抗温度計(4線式、通風筒付)、電気式湿度計、転倒ます型雨量計、レーザー式積雪計

2. 測器の変遷

(1) 温度計

地上気象観測装置同様、地域気象観測所でも白金抵抗温度計を使用し、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を採用している。

(2) 湿度計

JMA-19型アメダス気象計から湿度の観測が始まり、電気式湿度計を採用している。

(3) 雨量計

転倒ます型雨量計を使用し、JMA-19型アメダス気象計からは電子制御式（不凍液が不要かつ軽量化となったことから、作業者の負担が軽減）を採用している。それ以前は温水式を使用していた。

(4) 風向風速計

JMA-19型アメダス気象計からは超音波式風速計（可動部がなくなり凍結による欠測や、定期的な部品交換が不要）を採用している。それ以前は風車型風向風速計を使用していた。

(5) 積雪計

昭和54年（1979年）から超音波式積雪計による観測が始まり、JMA-04型有線ロボット気象計では超音波式に加え、一部でレーザー式積雪計を採用した。JMA-19型アメダス気象計では、すべてレーザー式積雪計を採用している。

(6) 日照計

JMA-89型有線ロボット気象計では太陽電池式日照計を採用し、JMA-04B 型有線ロボット気象計では回転式日照計に更新した。令和3年（2021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。

（近藤 光）

第9章 高層気象観測

第1節 高層気象観測の変遷

高層気象観測は、地上から高度約30kmまでの上空の気圧、気温、湿度、風向、風速等の気象要素を観測し、得られたデータは天気予報の基礎となる数値予報モデルや、気候変動・地球環境の監視、航空機の運航管理などに利用されている。札幌においては大正10年（1921年）から高層気象観測が行われ、観測手法や観測機器の更新を経ながら継続されている。

1. ラジオゾンデ観測

札幌では、終戦後となる昭和20年（1945年）8月29日から高層気象観測を再開し、ゾンデ用に飛揚した気球を経緯儀で追跡する「レーボール観測」を開始した。3か月後には、本来の測風気球（パイボール）観測に戻っている。同年11月27日から上層風の観測が行われ、ゾンデ観測も同日から開始されたが、ラジオトラッキングによる精度は十分に満足できるものではなかった。その後、発信機やセンサーの改良による観測精度の向上が図られ、昭和56年（1981年）3月から変調周波数変化式の「RS2-80型レーウィンゾンデ」および「D55B-3型自動追跡記録型方向探知器」の運用が開始された。同年12月には、気象台構内に水素ガス充填室が完成した。

昭和63年（1988年）4月には、「高層気象観測資料自動処理装置」の試験運用を経て、自動化による高層気象観測の本運用へと移行した。その後、平成6年（1994年）2月には、小型・軽量化を図り、かつセンサー類の見直しを行った「RS2-91型レーウィンゾンデ」を導入するとともに、「JMA-91型高層気象観測装置」の整備により、電波の受信から観測処理・通報までを一貫して行えるようになった。高層風を観測する「レーウィン観測」は、気象衛星観測の発達、民間航空機による観測データの入手、局地的気象観測システムの展開などにより、様々な高層風実況データが利用できるようになったことから、平成16年（2004年）2月に廃止した。

観測装置については、平成21年（2009年）12月にJMA-91型高層気象観測装置・レドーム・方向探知機等から「簡易型GPS高層気象観測システム（MBL）」へ更新されたことで、GPSゾンデを用いた観測に移行した。平成21年度（2009年度）以降、観測に使用するGPSゾンデ（明星電気社製またはヴァイサラ社製）の変遷は以下のとおりである。

- 平成21年（2009年）12月：91型レーウィンゾンデ（明星電気社製）から、RS92-SGP型GPSゾンデ（ヴァイサラ社製）に変更
- 平成25年（2013年）9月：RS-11G型GPSゾンデ（明星電気社製）に変更
- 平成29年（2017年）12月：iMS-100型GPSゾンデ（明星電気社製）に変更
- 令和 2 年（2020年）7月：S41-SG型GPSゾンデ（ヴァイサラ社製）に変更
- 令和 4 年（2022年）3月：iMS-100型GPSゾンデ（明星電気社製）に変更
- 令和 5 年（2023年）7月：RS41-SG型GPSゾンデ（ヴァイサラ社製）に変更
- 令和 6 年（2024年）1月：iMS-100型GPSゾンデ（明星電気社製）に変更

平成25年（2013年）9月には、使用するゾンデの変更に伴い、汎用型アンテナ、汎用型受信機、データ処理部、飛揚前点検装置などが更新された。また、平成30年（2018年）2月には「高層気象観測データ統合処理システム」の運用が開始された。これまでGPSゾンデメーカーが提供するソフトウェアにより行っていた観測データ処理は、気象庁が規定したアルゴリズムに基づいて作成された観測処理プログラムにより行われることとなり、データ監視や観測報・資料報の発信を一元処理できるようになった。

令和7年（2025年）11月には明星電気社製の観測装置が更新され、同年12月にはヴァイサラ社製の観測装置が更新された。

高層気象観測用アンテナについては、気象台周辺における高層建築の建設が進み、低高度角帯のラジオゾンデからの発信電波が遮断される状況が多発していることを受けて、遊休施設となっていた地上高50mの旧レーダー塔（気象レーダーは平成7年（1995年）9月に小樽市毛無山へ移転）を再利用することとし、平成12年（2000年）10月にアンテナを旧レーダー塔へ移設した。その後、令和2年（2020年）7月に高層気象観測塔（旧レーダー塔）の取り壊しに伴い、アンテナを庁舎屋上へ移設している。

飛揚機材については、令和5年（2023年）10月から「600g 気球」から「パラシュート内蔵型600g 気球」に変更され、令和6年（2024年）1月には「パラシュート内蔵型600g 気球」から「350g 気球」に変更された。点検機器や充填機材、観測環境についても更新や整備が行われ、レーウィンゾンデ気圧計点検については平成16年（2004年）3月に廃止され、振動式気圧計を用いた観測へ移行した。

水素ガスカードルについては、平成16年（2004年）11月に耐震化が図られ、平成18年（2006年）3月に水素ガス供給設備（制御盤含む）が更新された。これに伴い、カードルが8基から6基に減少したことを受けて、第1種貯蔵所から第2種貯蔵所に変更した。令和2年（2020年）11月には水素ガス制御盤や貯蔵設備の改修、制御盤内の水素ガス供給切替弁の増設が行われ、水素ガスの貯蔵方式をカードル形式から単管形式に変更して貯蔵量を減少させた。これに伴い、札幌市（消防局）へ特定高压ガス消費廃止および貯蔵所

廃止届を提出し、受理されている。また、放球場についても平成17年（2005年）12月に整地工事を行っている。

2. 特殊ゾンデ観測

従来の高層気象観測では得ることのできない諸現象を探測するため、ラジオゾンデによる高高度（30km以上）の観測が昭和32年（1957年）から始まった。昭和51年（1976年）時点の使用機器は以下のとおりである。

- オゾンゾンデ：RSⅡ-KC68型
- 輻射ゾンデ：RSⅡ-R69型
- 露点ゾンデ：RSⅡ-H70型
- 電気ゾンデ：RSⅡ-E70型

昭和53年（1978年）11月には、RSⅡ-R69型輻射ゾンデおよびRSⅡ-H70型露点ゾンデによる観測が廃止され、これに伴い関連設備も撤去された。平成2年（1990年）7月には特殊ゾンデ観測自体が廃止となり、それまでのオゾンゾンデについては「オゾンゾンデ観測」として位置づけられ、継続して実施されることとなった。

3. オゾン観測・紫外線観測

(1) オゾンゾンデ観測

オゾンゾンデは、大気を吸引してオゾン量を測定し、地上から上空約35kmまでのオゾンの詳細な高度分布を直接観測している。

札幌では、昭和54年（1979年）5月からオゾン測定部を小型軽量化し、回路にICを用いた「RSⅡ-KC79型反応管式オゾンゾンデ」を導入した。平成2年（1990年）7月に特殊ゾンデ観測からオゾンゾンデ観測へと位置づけられた本観測は、平成3年（1991年）4月から観測回数を週1回、年間52回として運用を行った。

また、オゾンゾンデについては、平成21年（2009年）12月にKC型から世界で広く用いられているECC型に変更し、平成25年（2013年）からは、GPSゾンデの型に合わせたECC型ラジオゾンデを調達することとなった。同年10月には、RS92-SG型GPSゾンデ（ヴァイサラ社製）からRS-11G型GPSゾンデ（明星電気社製）に変更しその後、平成30年（2018年）1月をもって、波長別紫外域日射観測と合わせてオゾンゾンデ観測は終了した。

(2) 紫外域日射観測

札幌において、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が、平成3年（1991年）1月から「ブリューワー分光光度計（MKⅡ型）」を用いて開始した。平成14年（2002年）1月にはMKⅢ型の運用を開始し、平成15年（2003年）4月にはブリューワー分光光度計の監視部（制御部予備器含む）の整備を行った。

札幌における波長別紫外域日射観測は、平成30年（2018年）1月に終了した。

(3) オゾン層・紫外線の観測

オゾン観測については、高層気象台で昭和32年（1957年）7月からドブソン分光光度計による定常観測が開始され、札幌では翌年（昭和33年（1958年）1月21日から開始している。昭和57年（1982年）10月、昭和基地におけるオゾン全量の大幅な低下に関する報告がなされて以降、国際的なオゾン層保護の気運が高まり、オゾン層観測の信頼性向上を目的として、平成元年（1989年）6月にはドブソン分光光度計を更新した。その後、高層気象台により誤操作や個人差を排除した自動化プログラムの自主開発を行い、平成6年（1994年）9月に正式運用となったことで、ドブソンオゾン分光光度計による観測は自動化となった。

平成30年（2018年）3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よるオゾン全量・反転観測へと移行した。令和4年（2022年）1月の再編に伴い、札幌でのオゾン観測は終了した。

紫外線観測については、平成16年（2004年）12月に紫外線データ送信装置による試験運用が開始され、平成17年（2005年）5月から紫外線情報提供業務として「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。

(4) エーロゾル観測

気象庁では、スカイラジオメーターにより太陽からの日射を基にして、大気中のエーロゾル量（大気混濁度）等の観測を行っている。また、精密日射放射観測装置に搭載された直達日射計を用いて観測される直達日射から、大気の濁り具合（大気混濁係数）を算出している。

平成30年（2018年）4月、観測機器の更新に合わせて観測点を綾里（岩手県）から札幌に移し、スカイラジオメーターによるエーロゾル観測を開始した。

令和2年（2020年）7月、高層気象観測塔（旧レーダー塔）の解体に伴い、塔上部に設置していた精密日射放射観測装置とスカイラジオメーターを、天空開放度が確保できる官署である網走に移設し、令和3年（2021年）3月1日から観測を再開している。

（齋藤 理一）