

第8部 地震・火山

第1章 地震津波業務

気象庁の地震津波業務は、「気象百年史」が発刊された昭和50年（1975年）以降、「昭和58年（1983年）日本海中部地震」、「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」など、相次ぐ重大な地震津波災害への対策を重ねるたびに、その業務内容は飛躍的に強化・充実が図られてきた。

それと歩みを共にするように、札幌管区気象台の地震火山業務に係る組織も変遷を遂げてきた。昭和55年（1980年）以降、地震火山業務は技術部観測課地震班で行われていたが、昭和63年（1988年）10月から同課に「地震津波火山監視センター」が設置され、さらに平成6年（1994年）6月には「地震火山課」に改組された。管区気象台における業務の指揮・指導系統を明確にすることで、地震火山業務の体制強化が図られた。

また、「平成7年（1995年）兵庫県南部地震」における課題意識を踏まえ、同年、総理府（現・文部科学省）に「地震調査研究推進本部」が設置された。これを受け、本庁および各管区気象台などは「地域地震情報センター」の役割を担うこととなり、地域に係る地震の観測、測量、調査または研究を行う関係行政機関や大学等の地震波形データ、調査結果などの収集を行うこととなった。

その後、本庁および各管区気象台等で実施していた地震・津波のオンラインリアルタイム情報の発表業務については、平成21年（2009年）3月2日12時から、本庁および大阪管区気象台の二中枢で一括して実施することとなった。これに伴い、地震火山課では津波監視業務と地域地震情報センターとしての震源決定業務を継続して担っていたが、平成30年（2018年）3月22日にこれらの現業業務も終了し、管区における地震現業業務は廃止となった。

これにより、地震津波監視に係る現業業務は本庁と大阪管区気象台が担うこととなり、現在の地震火山課や地方気象台等では普及啓発や地域防災支援を、地震火山課ではこれらに加えて地震関連機器の管理や、地域地震情報センターとして地震活動の評価を中心とする業務体制で地震津波業務を行っている。

以下では、地震津波業務の変遷、震度観測、地震観測、津波警報等・情報、地震津波業務システム、地域地震情報センターに分けて各節で記述する。

第1節 地震津波業務の変遷

1. 組織と職員配置の変遷

- 昭和63年(1988年)10月：技術部観測課に地震津波火山監視センターが設置
- 平成 6 年(1994年) 6月：技術部地震火山課に改組
- 平成 7 年(1995年) 4月：地震防災官を配置
- 平成 8 年(1996年) 4月：地震情報官を配置
- 平成18年(2006年) 4月：地震防災官を「地震津波防災官」へ改称
- 平成21年(2009年) 4月：調査官を配置
- 平成23年(2011年) 5月：津波防災係を配置
- 平成24年(2012年) 4月：津波技術係を配置
- 平成29年(2017年) 4月：震度観測管理係・地震活動調査係を配置
- 平成30年(2018年) 3月：津波技術係を廃止
- 令和 6 年(2024年) 4月：地震情報官を「地震津波対策調整官」へ改称

2. 業務の変遷

- 昭和59年(1984年) 4月：地震活動図の提供開始
- 平成 7 年(1995年) 4月：地震解説資料の提供開始
- 平成 9 年(1997年)11月：「地震・火山月報(防災編)」の毎月刊行開始
- 平成10年(1998年) 9月：余震の発生確率の運用開始
- 平成11年(1999年) 4月：新しい津波予報(量的津波予報)の運用開始
- 平成16年(2004年) 3月：推計震度分布図(約1kmメッシュ)の提供開始
- 平成17年(2005年) 2月：余震の発生確率の発表頻度や発表終了時期の見直し
- 平成18年(2006年) 3月：緊急地震速報の試験提供開始
- 平成19年(2007年)10月：緊急地震速報の一般への提供開始
- 平成19年(2007年)12月：緊急地震速報を地震動の警報・予報として提供開始
- 平成25年(2013年) 3月：新しい津波警報等の運用開始
- 平成25年(2013年) 3月：長周期地震動階級の気象庁ホームページでの
試行的な提供開始
- 平成25年(2013年) 8月：特別警報(大津波警報、震度6弱以上の緊急地震速報)
の導入
- 平成26年(2014年) 4月：地震解説資料の速報版・詳細版の提供開始

- 平成28年（2016年）8月：「大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方」報告書に基づく運用の変更（余震の発生確率の発表方法の変更）
- 平成31年（2019年）3月：長周期地震動に関する観測情報の本運用開始
- 令和2年（2020年）3月：地震解説資料の種類を、全国速報版・地域速報版・全国詳細版・地域詳細版の4種類として運用開始
- 令和2年（2020年）6月：「津波フラッグ」の活用開始
- 令和4年（2022年）12月：「北海道・三陸沖後発地震注意情報」の運用開始
- 令和5年（2023年）2月：推計震度分布図（250mメッシュ）の提供開始

3. 「北海道地震火山月報・年報」の発刊

昭和26年（1951年）1月から、北海道内の地震計の検測データをまとめる形で月報紙を発刊した。昭和59年（1984年）からは、それまでの手書きからコンピューター出力に変更され、震央分布図と有感地震表を掲載した。

平成2年（1990年）からは、検測データ数が増大したことに伴い内容の見直しが図られ、年報へと変更した。これには月ごとの概況、有感地震の表、震央分布図、断面図を掲載した。

その後、一元化業務が開始され、気象庁が一括して「地震・火山月報(防災編)」および「地震・火山月報(カタログ編)」を発刊することとなったため、平成10年（1998年）をもって「北海道地震火山年報」は廃刊となった。

4. 「北海道の地震津波活動」の発刊

昭和60年（1985年）3月、北海道の地震活動について部外に対する解説資料として、また地震防災業務に有効利用できるよう「北海道の地震活動」を発刊した。また、2か年計画の翌年となる昭和61年（1986年）1月には、北海道に来襲した地震津波等に関する資料をまとめた「北海道の地震津波」を発刊した。

平成12年（2000年）3月には、新たな資料の追加と従来の資料の見直しを行い、気象官署での地震津波の防災対応および部外に対する解説のための資料として使用できるよう、また部外の防災関係者にも利用しやすいように配慮した「北海道の地震活動 第2版」を発刊した。

平成22年（2010年）3月には、この10年間に発生した地震資料を追加し、「北海道の地震活動 第3版」を発刊した。また、平成29年（2017年）には同第3版の改訂を行った。

令和4年（2022年）3月には、これまでの地震と津波の情報を統合した「北海道の地震津波活動 第4版」を発刊した。さらに、令和5年（2023年）から令和6年（2024年）にかけて資料の書式を一新し、従来の紙ベースから電子ファイルでの提供を可能とした。

第2節 震度観測

1. 強震観測と震度の計測化

昭和60年（1985年）3月から昭和63年（1988年）2月にかけて、「震度観測検討委員会」において震度を客観的かつ迅速に把握する方法の検討が行われ、報告書がまとめられた。

この報告に基づき、気象庁は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、全国の官署に試験運用のために配置された。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（1994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리카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、最高階級である「震度7」は事後調査によって定義されることになっていたため、震度計による自動計測の対象外であった。また、震度の説明文が現代社会の様相に適合していない点や、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、適切な防災対応を行うには不十分であるなどの問題点が浮き彫りとなった。

このため、「震度問題検討会」において検討が行われ、平成7年（1995年）11月に報告書がまとめられた。同報告書では、気象庁が発表する震度は計測震度計で観測すること、震度5および6については階級をそれぞれ「弱・強」に分割すること、従来は地震による被害状況から判定していた震度7は事後調査による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、および震度階級表にあった各階級の従来の名称（微震、軽震、弱震等）は廃止することが提言された。同検討会では、従来の震度観測検討委員会で検討された震度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て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方法を改めること、およ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であるとされた。

こうして、平成8年（1996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と完全に切り替え、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）における揺れや被害の状況を記した説明表に代

わり、ある震度の揺れがあった場合に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（1996年）10月に「震度階級関連解説表」を公表した。

また、同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（1995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や、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て自らの初動防災対応への活用を開始し、防災科学技術研究所でも強震観測網が順次整備された。

令和6年（2024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含めて、全国4,375か所の震度計の観測データを集約し、一元的に震度を発表している。また、迅速かつ大量に震度データの収集が可能となったことから、地震発生直後から震度速報や地震情報の即時的な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（2004年）3月からは面的な「推計震度分布図」の提供を開始した。

2. 「気象庁震度階級関連解説表」の改定

平成8年（1996年）10月に公表された「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、内容に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（2008年）12月に、学識経験者およ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を整理・検討した。そして、平成21年（2009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。あわせて、一般向けの「震度と揺れ等の状況（概要）」およ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. 札幌管区気象台の震度計の変遷

- 平成5年（1993年）4月 1日：90型計測震度計の運用開始
- 平成8年（1996年）4月 1日：95型計測震度計の運用開始
（体感による震度観測を終了）
- 平成17年（2005年）7月16日：多機能型震度計の比較観測開始
- 平成17年（2005年）9月29日：多機能型震度計の観測開始
- 平成24年（2012年）3月 2日：予備電源の強化、DCPの更新整備、計測部の更新
- 平成31年（2019年）3月15日：多機能型地震観測装置（官署型）への更新

第3節 地震観測

1. 微小地震観測網と波形伝送

■昭和46年(1971年)1月26日

札幌管区气象台に「67型磁気テープ記録式電磁地震計（埋設型：31.2m）」を設置し、試験観測を開始した。この装置設置に伴い、地震計室等の改造工事を行った。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、周波数変調方式（FM方式）のデータレコーダー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ー記録方式を導入した点にある。

■昭和46年(1971年)2月5日

札幌管区气象台に「速報受信装置」（速報装置付67型地震計設置官署である旭川・帯広・浦河・寿都の地震波形データを専用電話回線で伝送し、地方中枢で受信する装置）、「等P差表示器」（速報受信装置で受信した波形から緊急震源決定を行う装置）、および「半自動解析装置」（67型地震計設置官署から送られてくる地震波形収録磁気テープを編集・解析する装置）を設置した。これにより、地震発生直後に速報受信装置で地震波形を受け、テレメーター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差表示器に表示できるようになった。それまでは、地震発生後に管内各官署から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が、地震発生直後に津波予報業務を始動できるようになり、地震津波業務の迅速化に大いに寄与した。

■昭和46年(1971年)6月1日

管内の67型磁気テープ記録式電磁地震計の正式運用を開始した。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、各官署から10日ごとに札幌へ郵送された。郵送された磁気テープは、半自動解析装置（解析用記録器付）にて再生され、手動にて地震の識別・解析が行われた。

■昭和49年(1974年)3月28日

地震専用テレタイプの正式運用を開始した。また、67型磁気テープ記録式電磁地震計の速報装置を帯広から根室に移設した。これにより、速報受信装置および等P差表示器でデータを受信・利用できる官署は、旭川・根室・浦河・寿都となった。

■昭和50年(1975年)1月

「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。

■昭和50年(1975年)4月25日

広域地震監視システム（北部広域網：札幌・仙台系、対象は根室・寿都・本荘）の正式運用を開始した（等P差表示器のEL表示板等の変更および改造を実施）。

■昭和53年(1978年)2月1日

「震央方位表示装置」を試作設置し、運用を開始した（67型速報トリガーにより震央域を6方位で表示）。

2. 札幌管区気象台の地震計の変遷

- 昭和56年(1981年)3月31日：「59C型直視式電磁地震計」の運用開始
(59型直視式電磁地震計を更新し、しばらくの間、比較観測を実施)
- 平成元年(1989年)6月1日：「87型電磁式強震計」による地震観測一般通報の正式運用開始（気象庁におけるデジタル強震観測・波形収集業務の開始）
- 平成元年(1989年)10月1日：「87型電磁式強震計」による地震観測調査観測の正式運用開始
- 平成4年(1992年)3月31日：根室から移管された「61型直視式電磁地震計」の運用開始
- 平成7年(1995年)1月8日：50型強震計の運用終了
- 平成7年(1995年)1月12日：67型磁気テープ記録式電磁地震計の運用終了
- 平成7年(1995年)2月1日：59C型直視式電磁地震計の運用終了
- 平成7年(1995年)3月31日：61型直視式電磁地震計の運用終了
- 平成9年(1997年)3月31日：87型電磁式強震計の運用終了
- 平成9年(1997年)：地震計室の地震計台を撤去

3. 津波地震早期検知網の整備

平成5年（1993年）北海道南西沖地震では、奥尻島を中心に甚大な被害が発生した。その際、札幌管区気象台が津波警報の発表に要した時間は、当時のシステム想定を上回る地震発生から5分後であったが、津波波源域にあった奥尻島には警報発表前に津波が到達した。この経験から、更なる津波警報等の迅速化を目指し、平成5年度（1993年度）補正予算により「津波地震早期検知網」を整備した。

津波地震早期検知網は、従来は官署設置型が多かった地震計をすべて隔測化した「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が設置された。また、全国のうち20か所には、モーメントマグニチュード（Mw）を算出するために電磁式の広帯域速度型地震計が追加設置し、この整備により従来、整備年度によって仕様が統一されていなかった気象庁の地震観測網を一新した。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、そこから全国6か所の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た。これらにより、それまで最短で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。

札幌管区気象台では、平成6年（1994年）北海道東方沖地震の余震活動の影響により、他管区に遅れる形で平成7年（1995年）1月10日にETOSオンラインデータを津波地震早期検知網データへと切り替え、「津波地震処理装置（T-system）」および「緊急情報衛星同報受信装置」の運用を開始した。津波地震処理装置では、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、ETOSと連携して津波判定の迅速化を図った。

4. 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、平成15年（2003年）から多機能型地震観測装置の整備が始まった。札幌管区管内では平成17年（2005年）9月29日に多機能型地震計への更新が行われた。

多機能型地震観測装置には、「検知網型」と呼ばれるものと「官署型」と呼ばれるものの2種類がある。前者は平成5年（1993年）に整備した津波地震早期検知網のテレメーターと通信関係装置を更新したもので、後者は気象官署に整備した計測震度計の一部を更新したのとなっており、札幌管区気象台には官署型を設置した。

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した点である。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

のあるフレームリレー(FR)網によるデータ収集)、GPSによる観測局側での時刻情報付加、中枢局側からの監視制御などの機能を加え、既存のテレメーターを一新した。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となった。

5. 広帯域強震計の整備とバッテリー強化

平成23年(2011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」を全国80か所に整備した。また、最大72時間の駆動を可能とするバッテリーもあわせて整備を行った。これは、「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」において、地震後に発生した広域停電によって緊急地震速報の予測精度が大幅に低下したこと、また津波警報の処理において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い、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課題に対応したものである。

第4節 津波警報等

1. 津波予報業務体制の変遷

津波警報等を発表する担当気象官署は、昭和47年(1972年)5月から、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。

その後、平成21年(2009年)3月2日からは、システムの集約に伴う迅速な情報発表の実現および地震津波業務の継続計画(BCP)を踏まえ、津波警報等の発表体制は本庁と大阪管区気象台の2中枢に集約された。

2. 津波警報等・津波情報の変遷

昭和52年(1977年)2月から、「オオツナミ」(高いところで約3m以上)、「ツナミ」(高いところで約2m)、「ツナミチュウイ」(数十cm程度)、「ツナミナシ」の運用を開始した。あわせて「ツナミケイホウカイジヨ」「ツナミチュウイカイジヨ」の運用も開始された。「ツナミナシ」の運用は平成7年(1995年)4月13日をもって終了した。

平成7年(1995年)4月からは、カタカナ文字による表記を改め、「大津波」等の漢字ひらがな表記で情報を発表することとした。

平成11年(1999年)4月には、津波の数値シミュレーション技術を導入し、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。当時の予測区分は以下のとおりである。

- 大 津 波：3m、4m、6m、8m、10m 以上
- 津 波：1m、2m
- 津波注意：0.5m
- 海面変動：0.2m 未満

津波警報等を発表しない場合には、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。

平成14年（2002年）3月からは、「津波の心配なし」とする津波予報を、震度3以上の揺れが観測されたときに発表する「震源に関する情報」の中で発表することとした。

平成15年（2003年）12月からは、微弱で被害の心配がない海面変動が予想される場合に「震源に関する情報」にその内容を付加し、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（2007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。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、法令上も適正化された。また、「津波警報解除」を警報扱いに変更した。

平成25年（2013年）3月7日からは、「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」の課題である地震規模の過小評価や、防災対応の階級等を踏まえ、以下の改善を行った。同地震では3分で決定した地震の規模が過小評価であったため、発表した津波警報等も過小評価となり、それを早い段階で把握する手法がなかった。この教訓から、M8を超えるような巨大地震に対しては、津波警報第1報を発表する前に、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）を用意した。より規模の大きな地震の可能性があるかと判定される場合は、当該海域で想定される最大マグニチュードを適用して津波警報第1報を発表することとした。この場合、予想される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。

また、「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た。従来の予想高さ区分は8段階としてきたが、必ずしも実際の防災対応とリンクしていないことから、現実的に取り得る防災対応の段階等を踏まえ、以

下の5段階に整理された。

- 大津波： 5m (3m < 予想される津波の最大波の高さ ≤ 5m)
10m (5m < 予想される津波の最大波の高さ ≤ 10m)
10m以上 (10m < 予想される津波の最大波の高さ)
- 津波： 3m (1m < 予想される津波の最大波の高さ ≤ 3m)
- 津波注意： 1m (0.2m ≤ 予想される津波の最大波の高さ ≤ 1m)
- 海面変動：0.2m未満

3. 津波予報区の変遷

昭和27年(1952年)12月の気象業務法施行規則により、予報・警報を行う予報区等が定められた。津波予報区は、海に面する2以上の府県を含む区域また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して全国18予報区に分けられ、北海道は「1区(北海道のオホーツク海沿岸)」「2区(北海道の太平洋沿岸)」「3区(北海道の日本海沿岸)」の3予報区が割り当てられた。

平成11年(1999年)4月には、量的津波予報の導入により津波予測の空間分解能が従来に比べて向上したことから、津波予報区を原則都道府県単位とする改正が行われた。これにより全国66予報区に細分化され、北海道は「北海道太平洋沿岸東部」「北海道太平洋沿岸中部」「北海道太平洋沿岸西部」「北海道日本海沿岸北部」「北海道日本海沿岸南部」「オホーツク海沿岸」の6予報区となった。

第5節 地震津波業務システム

1. システム導入前

有感地震(または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していた。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した。管区气象台では、これらの報告を基に震源を決定し、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基に「津波予報図」を用いて津波の有無を判定した。津波警報または注意報を発表する場合は警報文等を作成し、これを通信課に持参して関係機関への伝達を依頼した。その後、震源第1報を関係気象官署に伝送し、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て関係官署や部外機関に伝達していた。このよう

に、かつてはすべて手作業による津波警報や地震情報等の発表が行われていた。

2. 地方中枢気象資料自動編集中継システム(L-ADESS)

昭和56年(1981年)、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および津波予報業務の高度化のため、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。同時に「地震波形伝送システム(地震資料伝送網)」を整備し、全国の気象官署の67型・76型電磁式地震計や強震計のデータが、所属の管区地方中枢へデジタル方式(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が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。管区気象台では、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・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57年(1982年)3月25日、札幌 L-ADESS の設置に伴い、地震資料伝送装置および強震計変換器を設置した。これにより、管内67型10官署、76型4官署、強震計(水平成分)10官署の地震波形が電話回線により札幌管区気象台に伝送されるようになり、観測課地震波形処理室には関係処理装置一式が設置された。昭和57年(1982年)10月1日、札幌管区気象台では、L-ADESS 地震処理機能による緊急処理と波形処理伝送業務の正式運用を開始した。L-ADESS 端末を用いた地震資料処理業務では、ペンレコーダーに記録された地震波形からデジタイザーで P・S 波の発現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するようになり、津波予報の迅速化が図られた。

3. 地震津波監視システム(ETOS:Earthquake and Tsunami Observation System)

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となるなど秋田県を中心に甚大な被害が発生した。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分であり、津波波源域に近い沿岸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が進められ、昭和62年(1987年)3月には、本庁に整備した地震計データの津波予報中枢への集約を実現した「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。

平成2年（1990年）3月には仙台管区气象台において「地震津波監視システム（ETOS）」の運用を開始し、札幌管区气象台においては平成3年（1991年）3月1日にETOSの運用を開始した。

ETOSは、EPOSで導入された地震処理や津波判定に係る緊急処理のノウハウを基に、L-ADESSで行っ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を必要としてい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、津波判定や情報作成など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実現した。これにより、地震発生後7～8分程度で津波警報を発表できるよう、津波予報作業の迅速化と精度向上が図られた。また、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、津波警報等の切り替えや解除への活用が徐々に可能となった。

さらに、平常時における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。

4. 第2世代の地震津波監視システム(ETOS2)

平成5年（1993年）北海道南西沖地震では、震源域に近い奥尻島に地震発生後わずかな時間で津波が来襲し、火災とともに甚大な被害を受けた。その後、気象庁では地震発生後3分を目途に津波警報等を発表できるようシステムの開発を進め、平成7年（1995年）4月、本庁において第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。また、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。

平成8年（1996年）度には震度データ編集装置を整備し、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、ETOSの処理負荷軽減等のため、同装置が震度速報の発信を担うこととなった。

平成11年（1999年）3月、仙台管区气象台において第2世代の地震津波監視システム（ETOS2）の運用を開始し、同年4月には予測される津波の高さに基づく「量的津波予報業務」の運用を開始した。札幌管区气象台においては、平成12年（2000年）3月1日にETOS2の運用を開始した。

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、火山活動監視業務の機能（火山解析処理装置（VolPAS）の後継機能）も備えた、UNIXとX-Windowによるサーバ&クライアントシステムである。同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て処理の効率化を図った。テレメーター受信については、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、フィルター処理の適用、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、周期および継続時間による 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大幅に強化した。

5. 第4世代の地震活動等総合監視システム(EPOS4)

平成21年（2009年）3月、大阪管区气象台に整備された第4世代の地震活動等総合監視システム（EPOS4）および各管区・沖縄气象台の端末の運用が開始され、札幌管区气象台では端末8台およびプリンター 2台を整備した。同年10月1日には、本庁の EPOS4も運用を開始した。EPOS4は、本庁の EPOS、北西太平洋津波監視システム（本庁）、ならびに札幌・仙台・大阪・福岡の各管区气象台と沖縄气象台の ETOS、量的津波予報システム、震度データ編集装置が統合され、本庁・大阪の二中枢体制に移行した。これにより、札幌管区气象台は EPOS 端末による管内の津波の検測を行った。EPOS4の運用開始後に発生した平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の際の課題を受け、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、平成25年（2013年）3月に改善された津波警報の運用を開始した。また、長周期地震動分析装置を整備し、平成25年（2013年）3月から長周期地震動に関する観測情報の試行運用（平成31年（2019年）3月に本運用へ移行）に対応した。

6. 第5世代の地震活動等総合監視システム(EPOS5)

平成28年（2016年）3月、第5世代の地震活動等総合監視システム（EPOS5）および各管区・沖縄气象台の端末の運用を開始した。札幌管区气象台では、端末6台およびプリンター 2台を整備した。

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))、およ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な増加に対応すべく処理能力を増強した。

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把握するため、「地震活動推移監視装置」を整備した。

震津波現業業務は終了した。これ以降、札幌ではEPOS 端末による業務は観測点の管理業務等のみとなったことから、端末2式については本庁へ配置換えが行われた。

平成30年（2018年）8月には、緊急地震速報へのPLUM法の導入を開始した。

平成31年（2019年）3月からは、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。

令和元年（2019年）6月には、緊急地震速報において千島海溝・日本海溝沿いの海域のS-netデータの利活用を開始した。

7. 第6世代の地震活動等総合監視システム(EPOS6)

令和4年（2022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。札幌管区気象台には端末1台を整備し、主に震度計の管理業務で使用している。

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や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、業務処理全般にわたって処理の内製化を進めた。

令和5年（2023年）2月には、緊急地震速報の発表基準に長周期地震動階級を追加することと、震源推定手法のIPF法への一本化が図られた。

第6節 地域地震情報センター

1. 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、死者・行方不明者が6,000人を超えるなど、神戸市を中心に甚大な被害をもたらした。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・文部科学省）に「地震調査研究推進本部」が設置された。

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における速やかな地震活動の評価、地震発生可能性の長期評価や強震動予測手法の検討、さら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。

気象庁は本部長からの要請に基づき、「地域地震情報センター」の名称を用いて大学や

関係機関から地震観測データの提供を受け、一元的に処理を行うこととなり、科学技術庁（現・文部科学省）と協力してこの体制を構築した。札幌管区気象台においても北海道地方の地域地震情報センターとして位置づけられ、その業務を担う「地震情報官」が配置された。

2. 北海道の地震活動合同検討会

「北海道の地震活動合同検討会」は、札幌管区気象台に地域地震情報センター（一元化業務）が設置されるのを契機に、平成9年（1997年）4月から毎月開催されている。同検討会には北海道大学地震火山研究観測センター、国土地理院北海道地方測量部、地方独立行政法人北海道立総合研究機構地質研究所、および北海道危機対策局が参加して議論を行っている。これらの結果は、地震調査委員会や地震予知連絡会に気象庁から提出される資料に反映されている。

また、検討会メンバーである北海道大学地震火山研究観測センターと共著した論文「釧路沖の中規模繰り返し地震活動（佐鯉・他、2012）」が、平成25年（2013年）度日本地震学会論文賞を受賞した。

平成29年（2017年）12月9日、北海道大学理学部大講堂において、北海道大学、国土地理院北海道地方測量部、道立総合研究機構地質研究所と合同で「北海道の地震活動検討会20周年記念シンポジウム」を開催した。参加者は上記機関の担当者をはじめ、内閣府、北海道開発局、北海道、各機関のOBなど総勢74名にのぼり、盛大に執り行われた。

3. 地域地震情報センターデータ処理システム(REDC)

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、その成果を地震調査研究推進本部に提供することとなった。また気象庁では、収集・整理・分析した結果を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となった。

札幌管区気象台は平成7～9年度に REDC のデータ処理部の整備・調整を行い、平成9年（1997年）10月1日から第1世代の REDC システムの運用を開始した。札幌管区気象台の地震火山課マシン室に正副に二重化されたデータ処理サーバ等を整備し、札幌管区気象台と北海道大学が有する観測データをリアルタイムで交換・収集するサーバを整備した。また、地震端末2台、監視端末2台等を整備し、のちの Hi-net 導入に伴う機能増強時には、サーバの機能強化と地震端末2台の増設が行われた。

札幌管区气象台では、気象庁既存観測点と北海道大学の観測データの波形処理を行い、北海道周辺で発生した地震の震源決定をルーチンワークとして実施し、微小地震を含む地震について震源、マグニチュード（M）、発震機構など精密な解析処理を開始した。地震計データの一元化により、地震検知能力および震源決定精度が格段に向上した。

4. 海洋研究開発機構（JAMSTEC）釧路・十勝沖海底地震計

平成12年（2000年）8月9日、独立行政法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）の釧路・十勝沖海底地震計3地点の検測・計算への利用を開始した。

5. 高感度地震観測網「Hi-net」観測点

平成12年（2000年）10月1日、防災科学技術研究所が運用する基盤的調査観測網の一つである「高感度地震観測網（Hi-net）」の観測データを一元化処理に追加した。これにより、内陸の微小地震の震源決定精度が格段に向上した。

6. 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）

平成21年（2009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、各管区气象台等に分散されていた REDC サーバは本庁と大阪の二拠点に集約され、札幌管区气象台には地震端末4台、監視端末1台およびプリンター 2台を整備した。

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、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。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。平成23年（2011年）3月末からは、一定の精度を満たした自動震源値の提供を気象庁ホームページで開始した。

7. 第3世代の地域地震情報センターデータ処理システム(RED C3)

平成28年(2016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(RED C3)の運用を開始した。札幌管区気象台には、地震端末5台およびプリンター 2台を整備した。

RED C3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た。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 RED C との間でシステム監視やデータ収録等の機能を共通化し、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(2018年)には、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を検出する手法)を導入し、同システム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。

平成30年(2018年)3月22日には、管区での会話検測業務が終了して地震現業業務が廃止となり、検測業務は本庁と大阪に集約された。

8. 日本海溝海底地震津波観測網「S-net」

令和2年(2020年)9月、東日本大震災を受けて防災科学技術研究所が整備・運用する日本海溝海底地震津波観測網「S-net」の観測データの、一元化システムへの取り込みを開始した。

9. 第4世代の地域地震情報センターデータ処理システム(RED C4)

令和4年(2022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(RED C4)の運用を開始した。RED C4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、また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から、システム基盤には含めず単独で整備した。札幌管区気象台には、地震端末1台とEPOS6共有のプリンター 1台を整備した。RED C4の整備に当たっては、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、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。この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サーバ構成へとシステムが增強された。REDC4の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、処理の負荷分散が可能となり、一部サーバの試験利用も可能となった。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を継承している。ただし、サーバが増加したことで機器監視画面や構成制御の操作が追加されているほか、内製化によって各動的パラメーター画面が統合され、ブラウザー表示画面が新たに追加された。

（平山 達也）

第2章 火山業務

明治16年（1883年）に東京気象台による地震・火山異常現象の年報掲載が開始され、道内気象官署においても異常時の現地調査等の火山業務が始まった。

明治43年（1910年）の有珠山噴火では、札幌測候所（後の札幌管区気象台）に設置された大森式微動計が火山活動に伴う多数の地震波形を記録し、貴重な成果を残した。その後も道内各火山では噴火が繰り返され、特に大正15年（1926年）の十勝岳噴火では、融雪型火山泥流により死者・行方不明者144名を数え、20世紀以降我が国最悪の火山災害となった。

昭和26年（1951年）に改正された「気象官署観測業務規程」により指定火山となった道内有数の活動的な火山（樽前山・有珠山・北海道駒ヶ岳、昭和32年（1957年）には雌阿寒岳・十勝岳を追加、以下「主要5火山」という）では、昭和27年（1952年）に刊行された『火山観測法』に基づき、最寄りの気象官署（以下「常時観測担当官署」という）が震動・遠望・現地観測により火山活動の監視に当たった。

その後、気象庁は全国の火山を活動履歴および社会的影響により、A級（精密観測火山）、B級（普通観測火山）、C級（その他の火山）に分類した（主要5火山はいずれもB級）。A級およびB級火山では高倍率電磁式地震計とテレメーター技術を柱とする常時観測体制を構築し、C級火山では本庁に整備された火山機動観測班が年次的あるいは緊急に観測を担当した。

昭和40年（1965年）からは、「火山情報発表要領（通達）」に基づき、これらの火山観測成果を「火山情報」として正式に発表することとなった。このような火山業務体制の確立に合わせて、昭和43年（1968年）には火山観測法を大幅に改定した『火山観測指針』が刊行された。以下では、最近50年間における札幌管内火山業務の主な変遷について、監視・観測体制、防災対応、観測成果に分けて各節で記述する。

第1節 噴火対応と火山監視・観測体制の見直し

昭和38年（1963年）から昭和42年（1967年）にかけて主要5火山の常時観測体制が整備されて以降、昭和52年（1977年）の有珠山噴火をはじめ、多くの噴火災害が繰り返されてきた。噴火対応の中で明らかとなった業務上の様々な課題を克服するため、その都度に火山業務の改善が図られてきた。

本節では、常時観測担当官署による監視体制下で発生した主な噴火への対応と業務上の課題および対策、平成12年（2000年）の有珠山噴火対応後の火山業務体制の大幅な見直し、

そして平成26年（2014年）の御嶽山噴火災害後の火山業務体制強化について、道内での取組を順に記述する。

1. 常時観測体制下での噴火対応

最近50年間に道内で噴火が発生した火山はいずれも常時観測体制が整備された主要5火山である。以下では、それらの中で社会的影響が大きかった主な噴火の対応について振り返る。

(1) 有珠山噴火〔昭和52年～昭和53年(1977年～1978年)〕

昭和52年（1977年）8月6日、室蘭地方気象台（以下「室蘭地台」という）では5時過ぎに有珠山北麓の住民から現地有感地震の通報を受け、有珠山山頂部に設置していた常時観測用地震計（A点、昭和53年（1978年）に入り南西山麓に移設）のドラムモニター記録から、すでに2時頃から始まっていた前兆地震活動を初めて覚知した。室蘭地台は、翌7日9時12分の噴火開始までに計4回「臨時火山情報」を発表したが、噴火発生の可能性には言及しなかった。有珠山は過去の噴火記録から噴火直前の有感地震多発が知られていたが、当時の気象業務法では火山現象が予報・警報事項の対象外となっていたためである。

室蘭地台から連絡を受けた札幌管区気象台（以下「札幌管区」という）は、北海道大学（以下「北大」という）と連絡を取り合い、6日夕方には有珠山麓で臨時地震観測を開始した。翌朝、北大とともに各観測点の検測値を持ち寄って震源位置（すなわち噴火地点）を推定する予定であったが間に合わず、7日9時12分に山頂部から本格的な軽石噴火（火山爆発指数：VEI3、噴煙高度：12,000m）が始まった。

折しも、6日夜は有感地震が頻発する中で「昭和新山噴火」を再現する花火大会が開催されていた。大勢の花火見物客で賑わう最中に噴火が発生していれば、大惨事になっていたと後に関係者が述懐している。

噴火開始直後にA点観測所は被災のため観測不能となったが、有珠山周辺に増設した臨時地震観測点、本庁火山機動観測班（以下「本庁機動班」という）による現地駐在、北大からのデータ分岐等により火山監視を継続した。地震活動は噴火開始以降も衰えを見せず、山頂火口原では潜在ドーム形成に伴う有感地震活動が長く続いたため、本庁機動班の業務支援のために札幌管区観測課地震班が製作した「地震回数警報装置」が活用された。

昭和49年（1974年）に発足した火山噴火予知連絡会（事務局：気象庁。以下「噴火予知連」という）は、8月13日に現地総合観測班を設置（札幌管区から火山担当の主任技術専門官が臨時委員として参画）し、各機関の観測成果に基づき活動評価を行って地元関係機関への説明や報道関係者との会見を通じて見解を公表した。こうした地元対応は昭和53年（1978年）12月の総合観測班解散まで続けられた。特に、昭和53年（1978年）8月

～ 9月にマグマ水蒸気噴火が一時的に激化した場面では、札幌管区の59C型直視式電磁地震計（広域地震観測網として昭和37年（1962年）から平成7年（1995年）まで運用）による地震エネルギー放出率と、北大の観測によるオガリ山隆起率が共に指数関数的な低下傾向を示すことを、前年8月の活動初期と同様な大規模噴火の可能性を否定する根拠としたことは特筆に値する。噴火予知連による地元対応は、次の平成12年（2000年）噴火での対応を進める上で非常に重要な成功事例となった。

有珠山噴火の対応経験は、札幌管区のその後の火山業務に生かされた。道内の常時観測火山はいずれも地震計1点の普通観測火山のため、火山活動に変化があれば機動観測の積極的实施による補完の重要性が改めて認識された。札幌管区は、昭和54年（1979年）に設置された北海道地域火山機動観測班（以下「管区機動班」という）による基礎調査観測を、活動の活発化が見られた火山で実施し（昭和56年（1981年）樽前山、昭和60年（1985年）十勝岳、昭和61年（1986年）北海道駒ヶ岳）、詳細な震源分布を得て活動評価の重要な判断材料とした。特に十勝岳では、管区機動班が62火口北西側約2kmに設置した臨時観測点（B点）をその後も継続させ、昭和63年（1988年）12月の噴火開始までに微小地震群発や火山性微動を検出するなど、62火口北西側約4.5kmの常時観測用地震計（A点、現在の地点名は硫黄沢）を見事に補完した。

有珠山の長期評価で活用された地震エネルギー放出率のように、観測成果を図化により即時的に活用するためにはデータベースが有効である。札幌管区は、常時観測で蓄積した震動・遠望・現地観測資料を常時観測担当官署の協力を得て昭和63年（1988年）にデータベース化し、異常時対応における各種図表の作成等を開始した。

（2）十勝岳噴火〔昭和63年～平成元年（1988年～1989年）〕

十勝岳では昭和37年（1962年）にプリニー式噴火（VEI3、噴煙高度：12,000m）が発生し（死者5名・負傷者11名、道東方面で降灰）、大正15年（1926年）の噴火が発生した大正火口の南側に新火口を形成した。噴火終息後の昭和39年（1964年）4月から、旭川地方気象台（以下「旭川地台」という）の十勝岳火山観測所（特殊日勤2名。以下「観測所」という）が常時観測を開始した。その後、昭和43年（1968年）の十勝沖地震（M7.9）発生直後から翌年にかけて、十勝岳で再び地震の多発や噴煙の増加があり、観測所は宿直体制等に対応、本庁機動班も現地入りして観測を強化したが、幸いにして噴火発生には至らなかった。

昭和58年（1983年）頃から62-1火口で噴気増加や変色域拡大など熱活動の高まりが見られ始め、昭和60年（1985年）には熱泥水噴出や赤熱現象、ごく小規模な噴火が発生するなど、火山活動が活発化した。札幌管区は管区機動班を出動させて監視を強化した。昭和63年（1988年）10月以降には現地有感となる地震が繰り返し発生するなど地震活動がさらに活発化した。11月下旬に、それまで微小地震を多数検知していた活動火口に近い

B点観測所が雪害により欠測となった。12月に入り火口付近が雪雲に覆われて遠望できない日が続く中、62-2火口から噴火を開始し、翌平成元年（1989年）3月5日まで爆発的噴火を断続した。

観測所は旭川地台からの応援や12月20日の管区機動班出動に加え、本庁や道内官署からの応援も得て、翌年の活動終息まで24時間監視体制を継続させた。冬季の十勝岳は厚い雪雲に覆われ表面現象を確認できない日がほとんどであったが、北大からデータ分岐を受けた地震および空振波形のモニター導入後は、夜間・天候不良時でも迅速に噴火発生を検知できるようになった。なお、一連の活動中で最大規模となった12月25日未明の噴火では火砕流が発生し、泥流被害の危険性がさらに高まった。管区機動班は火砕流を連続カラー写真として撮影することに成功し、世界的に貴重な観測資料が残された。

北海道防災会議地震火山対策部会火山専門委員会は昭和45年（1970年）に設立され、会合を定期的に開催して道内火山の活動状況を共有し、必要な防災対策の検討を行ってきた。そして、各火山の今後の防災対策方針を示す目的で、活動の特徴、将来予測、防災対策などを取りまとめた研究報告書を、昭和46年（1971年）の十勝岳を皮切りに、その後各火山について順次刊行した。今回の噴火前年となる昭和62年（1987年）には、火山活動が活発化する十勝岳の本格的噴火に備えて研究報告書補遺版を刊行した（札幌管区も観測成果の提供等で協力）。地元自治体は、当時の火山専門委員会座長であった勝井・北大教授等の助言に基づき、昭和63年（1988年）に緊急避難図（ハザードマップ）の作成・配布を完了していた。

地元では積雪期の噴火開始を受けて、大正15年（1926年）の噴火による泥流被害の再現が懸念され、泥流発生から緊急避難までの時間的余裕がないために迅速な火山情報の発表が求められた。12月19日の噴火で初めて泥流が確認された直後に発表された噴火予知連会長コメントでも、泥流に対する厳重な警戒が必要とされた。

旭川地台は、監視・情報発表を担当する観測所から受信した火山情報文をL/A（L-ADESS）端末で発信した。電話FAXや同時通話方式インターホンの導入等による迅速化が図られ、最短で噴火後2分で火山情報電文を発信した事例もある。62-2火口に最も近い（約6km）白金温泉地区を持つ美瑛町は職員を観測所に駐在させ、火山情報発表時の情報伝達補助手段として町災害対策本部への無線連絡を行った。

12月24日深夜の噴火では「臨時火山情報」および「火山活動情報」により泥流警戒を呼びかけ、美瑛町・上富良野町は直後に危険区域の住民を避難させた。地元関係機関は泥流監視装置および情報伝達機器を整備するなど緊急避難対策を講じ、これにより上富良野町は12月30日に避難指示を解除したが、美瑛町白金地区は翌年5月1日まで住民避難が続いた。

十勝岳噴火対応を通じて、災害軽減に向けた確実な火山現象検知と迅速な情報発表には、多項目多点による監視が極めて重要であることが明らかとなった。札幌管区は平成6年度

(1994年度)以降に整備された有線式および無線式テレメーター装置を活用した多点地震観測を主要5火山の基礎調査観測において実施し、平成5年度(1993年度)に運用開始した火山波形処理装置(VolPAS)に北大からのデータ分岐も加えた各観測点のデジタル地震波形データを取り込み、震源決定や各種グラフ表示機能による火山活動状況のモニタリングを開始した。

当時の波形伝送方式は、観測点から VolPAS までの間で遅延時間を生じるため、札幌管区地震火山課職員が製作した時刻信号発生装置を用いてチャンネル毎に測定した遅延時間を VolPAS でパラメータ設定することにより、時刻精度を向上させた。なお、現在使用している TCP/IP パケット通信方式は、波形データに時刻情報を持たせたパケットを伝送するため、こうした遅延時間補正は不要となっている。

(3) 北海道駒ヶ岳噴火〔平成8年～平成12年(1996年～2000年)〕

北海道駒ヶ岳では昭和17年(1942年)の中規模噴火以降、火山活動は静穏に経過していた。監視・情報発表を担当する森測候所からの遠望で昭和54年(1979年)1月を最後に噴煙が観測されなくなり、火山性地震も月数回以下と、主要5火山で最も活動度が低い火山であった。

ところが、平成8年(1996年)3月5日18時過ぎに、実に54年ぶりとなる噴火(VEI1)が突如として発生し、その直後に七飯町大沼地区が自主避難を開始した。3名体制の森測候所の宿直時間帯と重なったため、最初の「臨時火山情報」の発表が遅れ、その内容も「微動を観測」にとどまった。その後、監視・情報発表担当を札幌管区に切り替え、管区機動班が出動して臨時観測点(地震計・遠望カメラ)を設置し、道内官署からの応援により森測候所の監視体制を強化した。

北海道駒ヶ岳は前兆に乏しく噴火予測が困難な火山とされていたが、北大が火山噴火予知計画により7合目に設置していた地中地震計(深さ500m)は、噴火直前に微小地震の多発を検知していた。一方、西側山麓(噴火した昭和4年(1929年)火口から約4km)の常時観測用地震計(A点、現在の地点名は西山麓)が噴火直前に検知した地震はわずか5個であった。管区機動班が6月に山頂部で実施した多点地震観測では、噴火後約3か月が経過した時点にもかかわらず、山頂火口原浅部を震源とする多数の微小地震が検出された(地震回数はA点の数十倍)。

北海道駒ヶ岳は平成10年(1998年)10月にも小噴火が発生し、その後平成12年(2000年)に入り微小な火山性微動が発生、7月以降は昭和4年(1929年)火口の噴気活動が活発化した。管区機動班は8月下旬に、北大で開発された簡易型無線テレメーター装置(以下「UM-2」という)を用いた地震観測を山頂部で試行的に実施し、A点では捉えられない微小地震を多数検出した。その直後の9月4日に2年ぶりとなる小噴火が発生し、火口付近での地震観測の重要性が改めて認識された。その後、11月までに計6回の小噴火が繰り返

された。特に9月28日の噴火では、当日、地元防災関係機関が現地視察で噴火直前まで山頂火口原に立ち入りしており、間一髪で被害を免れることができた。札幌管区は監視体制を強化するとともに、火山情報文への定型表現導入により噴火発生時の臨時火山情報発表の迅速化を図った。また、噴火発生以降の活動状況を定時発表する「火山観測情報」でお知らせし、活動が落ち着いたと判断した時点で定時発表を終了した。

11月1日に開催された第87回火山噴火予知連絡会本会議は、「今後も注意深く監視を行う必要がある」との活動評価を公表した。地元自治体は小噴火が発生する都度に災害対策本部を立ち上げて対応したが、少ない担当職員の疲労等も考慮すると、どの時点で体制を縮小させて活動の長期化に備えるかが課題であった。そこで防災協議会は、札幌管区による火山観測情報の定時発表終了を自治体の体制縮小の客観的な根拠として活用することとした。

北海道駒ヶ岳噴火の対応以降、札幌管区は他の常時観測火山でも UM-2 を活用した活動火口付近での観測を強化したほか、基礎調査観測のために設置した地震計の一部を継続して運用させることにより、普通観測火山の震動観測多点化や、常時観測以外の火山での連続監視化を進めた。

(4) 有珠山噴火〔平成12年(2000年)〕

有珠山は噴火の前兆現象が明瞭な火山として知られ、寛文3年(1663年)以降に発生した噴火では(記録が残されていない17世紀末の噴火を除き)、直前に突如として有感地震を含む激しい地震活動と地割れなどの顕著な地殻変動が見られた。前回の昭和52年(1977年)噴火から23年が経過して静穏な状態が続いていた有珠山で、平成12年(2000年)3月27日午後から平常の地震活動レベルを超える微小な地震活動が始まり、21時以降にはモニター上で明瞭に記録されるようになった。室蘭地台は地震の増加を関係機関へ第一報するとともに、28日0時50分に「火山観測情報」を発表し、1時31分に初めて現地有感となる地震の発生を受けて2時50分に「臨時火山情報」を発表した。前兆地震の開始当時、常時観測用地震計 A 点(平成3年(1991年)運用開始、現在の地点名は南山麓)の地震波形の札幌管区への伝送に使用していたテレメーター装置は、AD 変換分解能が12ビット(bit)であったため振幅のダイナミックレンジが非常に狭く、変位振幅4～5 μm で振り切れ状態であったと推定される。このため、28日の段階では有感規模相当(全振幅35 μm)の的確な判断が困難となっていた。

管区機動班は28日10時に出勤し、地震計の設置等による観測体制の強化ならびに表面現象の把握に当たった。北麓の壮瞥温泉に設置した臨時の計測震度計(28日19時運用開始)が捉えた激しい前兆地震(最大震度5弱)は、即時的に地震情報として報じられ、住民の避難行動を促した。29日午前には北西山麓(5月以降も噴火活動を継続した N-B 火口のすぐ近く)に臨時の地震計を設置したが、避難指示が発令された関係で NTT 専用回線の開

通工事が中止となり、データ伝送ができず幻の観測点に終わった。なお、北海道防災会議火山専門委員会が30日午前中に自衛隊ヘリからの観測で山頂部に亀裂を発見したが、管区機動班は人員不足のために同乗できず、結果として噴火開始前の上空からの観測を実施できなかった。

その後も地震活動は活発化が進み、28日10時48分に伊達市梅本の常設の計測震度計で初めて震度1を観測した。噴火予知連は28日に第1回拡大幹事会を開催し、有珠山の活動評価を公表した。地震活動の回数増加や規模拡大がその後さらに進み、国土地理院によるGNSS観測でも、28日から始まった山体膨張が捉えられた。29日の噴火予知連第2回拡大幹事会における「今後数日以内に噴火する可能性が高まった」との見解が、室蘭地台から11時10分に「緊急火山情報 第1号」として発表された（気象庁が初めて噴火前に緊急火山情報を発表した事例）。これを受けて、有珠山周辺の3自治体は事前に作成していたハザードマップに基づき、速やかに避難指示を発令した。地震活動は29日夕方以降さらに激化して有感地震が急増し、30日には山頂部および西側山麓で地割れ等の地殻変動が確認され、室蘭地台は13時20分に緊急火山情報第2号を発表して嚴重な警戒を呼びかけた。周辺市町では30日までに、約1万6千人の事前避難を完了させた。

31日13時07分、西側山麓からマグマ水蒸気噴火（VEI1）が発生し、噴煙高度は火口上3,500mに達し、降灰は約75km離れた千歳市付近まで及んだ。翌4月1日11時40分頃には金毘羅山北西麓からも噴火が発生した。以降、多数の火口を形成しながら水蒸気噴火を繰り返し、噴石・降灰のほか熱泥流を生じさせた。噴火活動は次第に火口が限定され、5月以降は3つの火口で継続、西山西麓を中心とする地殻変動が8月まで続き、比高約60mの潜在ドーム（西山隆起山）を形成した。前述の迅速な住民避難、関係機関による事前準備などにより、噴火による人的被害はゼロに抑えられた。

5月以降、噴火に伴う空振や微動、地震活動、地殻変動は次第に低下傾向を見せ始め、7月11日に噴火予知連が「マグマの活動は終息しつつある」との見解を発表したことを受けて、国は8月14日に現地対策本部の廃止を決定した。噴火予知連は平成13年（2001年）5月に「マグマの供給は停止した」と発表して有珠山部会を廃止、最後まで残されていた警戒区域への避難指示が解除された。その後も噴石・噴泥の噴出が続いていたK-B火口も9月には活動を停止した。

政府は最初の噴火後直ちに伊達市に「有珠山噴火非常災害現地対策本部」（以下「現対本部」という）を設置し、各省庁による災害応急対策が行われた。気象庁の現対本部班には本庁、札幌管区、室蘭地台をはじめとする道内官署からの応援により体制を構築し、現対本部全体会議での火山活動および気象予報の解説、噴火予知連有珠山部会の運営（活動評価、報道発表、噴火予知連総合観測班の入域支援）、復旧作業や一時帰宅による避難指示区域立ち入りの支援（活動監視）などの業務を行った。このような現対本部業務を火山活動状況に応じて適切に遂行するため、本庁は4月27日、札幌管区に「札幌有珠山監視セ

ンター」の暫定設置を決定し、有珠山の監視・情報発表担当官署を室蘭地台から札幌管区に変更した。

平成12年（2000年）有珠山噴火への対応経験を通じて、火山異常時における気象庁の役割が明確化され、その後の気象庁火山業務の大幅な見直しへとつながった。

2. データ集約および専任職員による火山センター体制への移行

気象庁は、平成12年（2000年）有珠山噴火対応の経験を踏まえ、火山業務体系を大幅に見直した。ここでは、火山センター体制への移行と多項目多点観測の導入、常時観測体制の拡大について記述する。

(1) 現地主義から火山センター集約へ

平成12年（2000年）の有珠山噴火への対応以降、気象庁は火山噴火時等における地元防災対応の支援として、火山性異常現象の早期発見と伝達、今後の推移予測も含めた火山活動解説をより一層要望されるようになった。

そこで気象庁は、平成13年（2001年）10月に全国4か所に「火山監視・情報センター」を設置し、これまで常時観測担当官署が実施していた火山業務（防災対応を除く）をセンターに移行する火山業務体系の大幅な見直しを行った。道内では、有珠山噴火対応のため札幌管区に暫定設置されていた札幌有珠山監視センターを母体として、13名で構成される「火山センター」が札幌管区に設置され、平成14年（2002年）3月から専任職員による24時間監視体制を開始した。同時に「火山監視・情報センターシステム（VOIS）」を整備し、最新のテレメーター技術により主要5火山の震動・遠望・地殻変動データをセンターに集約してリアルタイム監視を実現させたほか、処理結果のデータベース保存により、異常時における過去事例との迅速な比較検討を可能とした。これらの業務体系の見直しは、第1節で述べたような、札幌管区による過去の噴火対応で明らかになった課題への取組がすべて反映されている。

センター化当時の主要5火山は活発な状態であったことから、UM-2も含めた機動観測用テレメーター機器を活用した多点観測網の構築を進め、北大等からの分岐データも含めたVOISの波形処理により、主要5火山の詳細な震源分布を把握できるようになった。GNSSや傾斜計の地殻変動データのVOIS処理により変動源を推定できるようになり、震動・遠望観測結果とともに多項目データの時系列表示によって、火山活動推移を監視する能力が一段と向上した。

従来、常時観測担当官署が行ってきた主要5火山の現地観測は管区機動班が担当することとなり、観測種目が温度計による火口温度などのスポット的な観測から、新たに導入されたGNSSやプロトン磁力計による面的な観測へ移行され、物理モデルを用いた定量的解

析により火山体内で進行する火山活動の診断能力が向上した。平成11年（1999年）の群発地震後に火口温度が上昇した樽前山では、GNSS および全磁力の繰り返し観測により、山頂ドーム直下の震源集中域付近に膨張源や熱消磁源が推定され、浅部熱水上昇による火山活動の活発化を初めて捉えることに成功した。このほか、赤外熱映像装置を用いた地表温度分布の観測による放熱量の推定や、小型紫外線スペクトロメータ（COMPUSS）を用いた二酸化硫黄（SO₂）放出量の推定も開始した。

さらに、北海道開発局など関係機関の協力を得て、可視・赤外熱映像カメラによる上空からの観測を定期的に実施し、火山体表面温度分布の経年変化把握が可能となった。特に、札幌管区から遠距離に位置する常時観測以外の火山は、管区機動班による現地観測を毎年実施することが困難なため、熱的状态を把握する極めて貴重な機会となった。平成9年（1997年）に開始された地震一元化業務による震源把握と合わせて、火山性異常の早期発見に向けて活用した。

これらの現地観測およびその定量的解析の結果にテレメーターによる常時観測の結果を合わせて、火山活動の総合的な診断を行えるようになった。センターでは毎週木曜日および毎月末に火山活動に関する検討会を開催して、在札の大学・関係機関の参加も得て、道内火山の活動評価の議論を行った。

（2）常時観測体制の拡大

気象庁は、全国4センターの火山機動観測班が調査観測で設置した機動観測点や津波地震早期検知網の観測点、大学等関係機関からデータ分岐を受けている観測点を活用した連続監視火山を順次増やした。道内でも、平成20年（2008年）時点で主要5火山での多点による監視強化、倶多楽と恵山での機動観測点による連続監視を実現した。平成21年（2009年）には噴火予知連の火山活動評価検討会が、火山防災のために監視・観測体制の充実等の必要がある「47火山」を選定したことを受けて、平成21年度（2009年度）補正予算によりボアホール観測を主軸とする総合観測点が新たに整備された。道内では主要5火山に倶多楽、恵山、アトサヌプリ、大雪山を加えた9火山が常時観測化され、総合観測点を含めた観測網が整備された。特に、最近約100年間のマグマ噴火発生間隔および現在の活動状況から、近い将来に避難等の防災対策が必要となる規模の噴火（たとえば昭和37年（1962年）噴火や、積雪期における昭和63年（1988年）～平成元年（1989年）噴火など）の発生が予想される十勝岳には、総合観測点が3か所整備されたことは特筆に値する（全国ではほかに伊豆大島と桜島で整備）。

活火山について、気象庁は昭和35年（1960年）代から「噴火記録のある火山」としていたが、その後噴火予知連により定義が3回見直され、現在の定義「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」に至っている。道内では、平成3年（1991年）に恵庭岳・倶多楽・丸山、平成8年（1996年）に羅臼岳、平成15年（2003年）に利尻山・

ニセコ・羊蹄山、平成23年（2011年）に天頂山・雄阿寒岳・不風死岳（地元の意向を踏まえ、防災上は樽前山に含めることとされた）が追加され、令和7年（2025年）現在（本書発行年の令和8年（2026年）時点）は計31火山（北方四島を含む）となっている。常時観測以外の11火山（北方四島を除く）は管区機動班による調査観測の対象であり、北海道開発局の協力による上空からの観測が定期的に行われ、異常が発見された場合は管区機動班が速やかに緊急観測を実施することとしている。

3. 火口付近の観測強化と活動評価能力の向上

平成26年（2014年）の御嶽山噴火災害では火口付近に居合わせた登山者63名が犠牲となり、我が国で戦後最大の火山災害となった。気象庁は、噴火後に開催された噴火予知連の観測体制等に関する検討会の提言を受けて、全国の常時観測火山で水蒸気噴火の前兆を早期に捉えるため、火口付近の観測強化を進めた。道内では平成28年（2016年）までに、常時観測9火山で火口付近に傾斜計・広帯域地震計、火口カメラ（可視・熱赤外）を増設したほか、樽前山では山頂火口原内での全磁力連続観測を開始した。さらに、VOISの更新に伴い多項目多点データを統合解析する機能が追加され、国土地理院、各大学、独立行政法人防災科学技術研究所など研究機関からの観測データもリアルタイムの監視・解析対象に加えられ、現業監視や解析にフルに活用された。

同時に、火山活動評価の体制を見直し、全国4センターを「火山監視・警報センター」に格上げした上で、予報官、火山機動観測班長、火山活動評価官などの専門職員を新たに配置したほか、24時間監視のための現業2シートおよび多項目データ処理のための特殊日勤2シートによる強固な体制を構築し、異常時対応の強化が図られた。また、気象研究所火山研究部研究官の各センター駐在や、経験豊富な大学研究者の気象庁参与への委嘱により、センターにおける日頃の活動評価の議論の活性化を図るとともに、職員の評価能力向上を目指すこととなった。

このような観測・評価体制の見直しによって、活動火口浅部に発生する各種現象の検知力は格段に上がり、微小地震の詳細な震源分布の把握、微動に同期する圧力変動源の推定、噴気活動や放熱量の時間変化の追跡が実現した。たとえば十勝岳では、令和2年（2020年）に62-2火口浅部での熱水活動の活発化に伴う震動現象と傾斜変動が同時解析され、深部から浅部への高温流体の移動を捉えることに成功した。これは、その後繰り返された62-2火口の発光現象や噴煙活動活発化の監視に大いに役立てられた。

また、樽前山では令和3年（2021年）～令和4年（2022年）に見られた山頂ドーム直下の微小地震活動とごく浅部での膨張性傾斜変動および熱消磁との相補的關係性、倶多楽では平成28年（2016年）以降の西側深部での膨張性地殻変動と有感を含む地震活動の活発化を背景にした噴火想定火口域浅部での収縮性地殻変動や噴気温度上昇・熱水噴出などの

熱活動の高まり、北海道駒ヶ岳では令和5年（2023年）12月～令和6年（2024年）3月に見られた山頂火口原直下浅部の低周波地震・微動活動および膨張性地殻変動と、これらに同期した昭和4年（1929年）火口からの噴気増加など、道内各火山で浅部熱水系の活発化に伴う異常現象の解析事例が増えつつある。

観測事例や研究成果がある程度蓄積された主要5火山では、地下構造に様々な火山現象を重ね合わせて描いたイメージ図（概念モデル）が作成され、火山異常時には概念モデルを用いて火山活動の推移を検討するために、現業監視や活動評価の重要な参考資料として活用され始めている。

第2節 火山防災情報体系の改善および防災対応支援の強化

平成12年（2000年）有珠山噴火対応で明らかになった火山異常時における気象庁の役割、道内における噴火警戒レベル導入の経緯、地元防災対応の支援強化、普及啓発の取組について述べる。

1. 平成12年（2000年）有珠山噴火対応を起点とした 火山防災業務の見直し

3月27日の前兆地震活動開始から3月31日午後の最初の噴火までは、主に北海道防災会議火山専門委員会が地元自治体に対して避難対策等の助言を行った。31日の噴火開始直後からは、伊達市に設置された国の現対本部（各省庁担当者が即決即断を旨として対応したことから「ミニ霞が関」と呼ばれた）が地元自治体による復旧活動を支援し、気象庁もその一員として重要な役割を果たした。噴火活動の低下による8月11日の現対本部廃止以降は、札幌有珠山火山監視センターが火山観測情報の定期発表（噴火予知連によるマグマ活動終息判断直後の平成13年（2001年）10月25日発表分が最後）により火山活動状況を公表した。同時に、札幌管区および室蘭地台は虻田町で「有珠山火山活動状況説明会」を開催し（月1回を目途に平成13年（2001年）12月まで継続）、地元自治体の防災担当者および関係機関への活動解説を行って地元の復旧・復興を強力に支援した。

平成12年（2000年）の有珠山噴火への対応経験は、火山異常時における気象庁の役割を大きく変える起点となった。平成14年（2002年）に地震火山部は「今後の火山防災業務について」を策定して、今後の火山業務を火山センター体制により実施する方針を示した。新たに制定された火山業務規則に基づき、火山センターが新たに整備された火山観測網およびVOISを活用した異常の早期発見および迅速な火山活動の診断、火山情報の作成・発表を行うとともに、火山活動の見通しの解説や防災活動への助言の充実を図るため、長

年にわたり地元防災機関と緊密な連携関係にある各地台等と協力して実施することとなった。

道内では、札幌管区のセンターが各種観測成果に基づき火山活動を診断し、その結果を新設の「火山活動解説資料」（以下「解説資料」という）に取りまとめ、テレビ会議システムを用いて各地台等に解説の要点を説明した。異常時には火山情報を発表し、直後に作成した臨時の解説資料を担当地台等に共有するとともに、在札報道機関に対して記者会見を行った。各地台等は、センターが作成した解説資料を用いて地元防災機関に火山活動状況を説明し、異常時には地元防災機関への情報伝達、活動状況の説明会開催、防災活動への助言を行った。

現在、大規模な火山災害が発生した場合には、地元自治体等が設置した災害対策本部等に管区・地台から「気象庁防災対応支援チーム（JETT、平成30年（2018年）創設）」として職員を迅速に派遣し、火山活動や気象予報の解説、危険エリア入域時の火山監視などにより、地元自治体の防災対応を支援することとされ、気象庁防災業務計画にも明記されている。こうした支援は、平成12年（2000年）有珠山噴火対応をベースとして、その後の平成26年（2014年）御嶽山噴火、平成27年（2015年）口永良部島噴火、平成30年（2018年）草津白根山噴火での対応経験を細かく反映させたものである。

2. 気象業務法改正による警報業務開始と噴火警戒レベル導入

「駒ヶ岳火山防災会議協議会」（昭和55年（1980年）10月設置）は、北海道駒ヶ岳で平成8年（1996年）～平成12年（2000年）に繰り返された小噴火活動を踏まえ、平成12年（2000年）有珠山噴火での総合的な対策を参考に、将来の噴火に備えた「駒ヶ岳火山噴火町相互間地域防災計画」を策定した。札幌管区はこれに協力し、協議会の策定方針である「昭和4年（1929年）噴火再現で犠牲者ゼロ」の下、同噴火の活動経過に基づき詳細な噴火シナリオを作成した。そこでは火山情報と防災対策の関連性が明示され、平成19年（2007年）12月に導入された「噴火警戒レベル」の考え方の重要な原型の一つとなった。

気象庁は平成19年（2007年）に気象業務法を改正して予報・警報の対象に火山現象を加え、同年12月から噴火予報・警報業務を開始した。そして、従来の「緊急火山情報、臨時火山情報、火山観測情報」を廃止し、警報や火山活動の状況を詳細に解説する「火山の状況に関する解説情報」を新設した。さらに、火山活動の状況に応じて警戒が必要な範囲と取るべき防災対応を5段階で示す指標として「噴火警戒レベル」が導入され、レベル運用を開始した火山では噴火警報にレベルを付して発表することとなった。道内では平成19年（2007年）12月のレベル導入と同時に、北海道駒ヶ岳と樽前山で運用を開始した。ほかの火山でも各協議会との調整が進められ、平成31年（2019年）までに9常時観測火山すべてでレベル運用を開始した。その後、平成26年（2014年）の御嶽山噴火災害を受け

て開催された噴火予知連絡会の「火山情報の提供に関する検討会」の提言を受け、噴火警戒レベルを運用しているすべての火山について、最新の科学的知見を反映させるなどの精査を行った「火山のレベル判定基準」を順次公表した。道内では令和3年（2021年）3月までに、9運用火山すべての基準を公表している。

道内では令和7年（2025年）までに、雌阿寒岳で5回（平成20年（2008年）9月・11月、平成27年（2015年）7月、平成30年（2018年）11月、令和7年（2025年）9月）、十勝岳で1回（平成26年（2014年）12月）、「噴火警報（火口周辺）」が発表され、その都度記者会見を行った。そのほかの火山でも、有珠山の令和3年（2021年）3月の地震増加、北海道駒ヶ岳の平成29年（2017年）11月の地震増加および令和6年（2024年）3月の微動発生など、警報発表には至らなかったものの火山活動の変化を周知する必要がある場合に「火山の状況に関する解説情報」が随時発表を行い、警報あるいは解説情報の発表直後には、火山活動状況および警戒事項等を詳細に説明するための「火山活動解説資料」を作成し公表した。

3. 地元防災対応の支援

センター化以前は、常時観測担当官署に配置された専任職員が中心となって火山活動の監視、各種観測、情報発表を行う体制のため人的余裕がなく、異常時には情報発表や臨時観測を優先せざるを得ず、地元防災対応の支援は必ずしも十分に行えていなかった。当時の気象業務法では火山現象は予報警報の対象外とされていた関係で、火山情報は観測成果や今後の活動に対する注意喚起の内容にとどまり、噴火予測に具体的に触れることはなかった。平成8年（1996年）3月に北海道駒ヶ岳で54年ぶりの噴火が発生した際に森測候所が発表した臨時火山情報第1号は、微動観測を伝えるのみで噴火発生の実態さえ明記していなかった。そのため情報を受領した火山防災会議協議会事務局の森町防災担当者は、北大有珠山観測所に直接解説を求めた。

地元支援の必要性を痛感した札幌管区は森測候所と協力し、火山活動の解説や情報交換の強化、地元防災活動への積極的参画など、継続的な取組を開始した。平成12年（2000年）11月には周辺自治体に、有珠山噴火対応で導入したテレビ会議システムを設置し、異常時における活動解説や情報共有への活用を開始した。平成14年（2002年）のセンター体制への移行とともに、センター職員は毎月の火山活動状況を解説し、各自治体からは地元の動きが共有され、お互いに顔を合わせながらの双方向の情報交換が始まった。気象庁のテレビ会議システムは、その後新型コロナウイルス感染症対策として導入されたWEB会議に切り替わるが、北海道駒ヶ岳火山避難計画の中でも情報共有の重要な手段として位置づけられており、地元自治体との毎月のリモート会合は、令和8年現在も継続している。

さらに、管区機動班2名が森町公民館内に駐在して北海道駒ヶ岳の調査観測、監視体制強化に向けた現地調査、観測施設の保守管理に当たった。平成16年（2004年）4月には、

監視体制強化に伴い管区機動班の駐在を終了し、火山防災対策の一層の推進のため、センター職員1名を協議会に派遣駐在させて、関係機関との合同調査登山、降灰調査訓練、防災啓発資料の整理・電子化等への協力を行った。平成18年（2006年）4月からは森町との相互人事交流（1年間）を行い、学校防災教育にも取り組んだ。

北海道駒ヶ岳では平成8年（1996年）～平成12年（2000年）に小噴火を繰り返し、昭和4年（1929年）の大噴火前の状況との類似性から、今後の火山活動推移が注目された。当時、噴火予知連委員であった北海道大学・宇井忠英教授の研究室による火山灰分析は火山活動を評価する上で極めて重要な情報であり、分析結果は火山情報により速やかに公表された。噴火発生時における火山灰分析の迅速化を図るため、協議会との取り決めにより、町職員や消防署職員が採取した火山灰試料を気象台職員がJR 北海道の協力を得て札幌まで輸送する画期的な体制が構築された。北海道駒ヶ岳の火山防災を担当する函館地方気象台は、協議会から火山灰採取の技術指導について依頼を受け、防災訓練の際には消防関係者を対象に研修を継続している。

平成24年（2012年）6月深夜、十勝岳大正火口で硫黄燃焼による発光現象が高感度カメラで観測された。当日、望岳台に居合わせた目撃者からの通報が地元自治体や警察に共有され、旧噴火口エリアの十勝岳温泉の宿泊客が一時避難する事態にまで発展した。札幌管区は地元からの問い合わせに対して噴火ではない旨を説明したほか、解説情報を発表して対応したが、噴火が発生していない場合でも地元住民が不安を感じるような火映・鳴動・空振等の火山現象が発生した場合に取るべき対応や、協議会との情報共有・連絡体制における課題が明らかとなった。これを受け、軽微な現象であっても積極的に安心情報を発表するとともに、協議会コアメンバーとの連絡・共有体制の強化を行った。

平成26年（2014年）の御嶽山噴火災害後に改正された「活動火山対策特別措置法（活火山法）」により、火山災害警戒地域の指定火山には「火山防災協議会」の設置が義務付けられた。道内では、気象庁が常時観測を行っている9火山で設置された協議会に札幌管区および管轄する各地台が参画し、噴火シナリオやハザードマップの作成、噴火警戒レベルの設定を行った上で、これらに沿った避難計画を策定するといった共同作業に取り組んでいる。また北海道庁は、9協議会間の課題を共有するための「火山防災協議会等連絡会」を立ち上げ、年1回の会合を開催しており、各協議会との情報交換の場として、札幌管区からも出席している。

令和2年（2020年）に運用を開始した「火山噴火応急対策支援サイト」（平成29年（2018年）から試行運用されていた「火山観測データ共有システム（協議会WEB）」の機能強化）は、リアルタイムデータの表示や各種火山活動の経過図、予報官コメントによる火山センターの見解・補足説明など、地元自治体等の防災対応の支援等に活用されている。

4. 普及啓発

札幌管区および各地台では、防災訓練への参画、関係機関との合同登山、防災気象講演会など様々な取組を通じ、火山防災に関する知識の普及啓発および情報利活用促進を行ってきた。大学・行政・報道など関係機関と相互連携も始まって普及啓発の取組に幅が広がり、道内各火山での防災意識の醸成に効果を上げた。

火山防災訓練は各火山で定期的実施されており、札幌管区および各地台が参画し、噴火想定に応じたシナリオおよび火山情報の事前提供や訓練会場でのパネル展示等による普及啓発を行ってきた。特に大正15年噴火で融雪型火山泥流により20世紀以降我が国最大の火山災害となった十勝岳では毎年2月に融雪泥流被害を想定した総合防災訓練が火山防災協議会主催で行われ、旭川地台と札幌管区は避難開始のトリガーとなる火山情報を発信する重要な立場として参画している。

旭川地台は、旭川開発建設部が十勝岳山麓の白金温泉地区高台に設置した「十勝岳火山砂防情報センター」2階において、平成13年（2001年）から気象台の火山業務を紹介するパネルや立体模型の展示、現地観測時に撮影した活動火口の映像上映など、火山防災普及啓発の拠点として活用しており、火山異常時には管区機動班の前線基地としての活用も検討されている。

地元関係機関との合同登山が頻繁に開催され（多くの場合、管区機動班による現地調査時）、職員の現場作業や火山観測施設を直に見てもらうなど、火山業務に対する理解を深める貴重な機会となっている。

札幌管区および各地台主催で毎年行っている防災気象講演会でも火山防災をテーマに取り上げた事例がある。平成16年11月には、平成8年～12年に小噴火活動を繰り返した北海道駒ヶ岳の将来の噴火への備えを進めていた火山防災協議会を支援する目的で、北海道開発局などの関係機関と共同で防災シンポジウムを開催した。パネルディスカッションでは、駒ヶ岳町相互間地域防災計画の改定時に札幌管区が作成した噴火シナリオに沿って各活動ステージで発表される火山情報と地元防災対応のリンクの重要性について札幌管区技術部長から紹介した。平成17年1月には、火山活動の高まりがみられ近い将来の噴火が危惧される樽前山の理解と減災対策の共有を目的とした防災フォーラムを苫小牧市において関係機関と共同開催した。札幌管区からは火山観測成果や火山情報の高度化、作成中の噴火シナリオなどを報告した。

令和6年（2024年）には、札幌管区および各地台は活火山法改正で新たに制定された「火山防災の日」の周知啓発活動を展開し、その一環として札幌管区は関係機関の後援を得て、「火山活動と防災対策を知る」と題した講演会を札幌市で開催した。対面およびWEB配信のハイブリッド形式で行うことにより、全国から多くの人々が聴講した。新聞・テレビでも広く報道され、普段から火山になじみのない参加者へも防災意識を高める機会になっ

たと考えられる。

このほか、平成3年（1991年）の雲仙普賢岳噴火災害を契機として、活動的火山を抱える自治体同士の情報共有を目的とした「火山砂防フォーラム」が、国土交通省による支援の下、各自治体が持ち回りで開催されており、道内開催時には札幌管区および担当地台が参加している。特に、平成23年（2011年）に美瑛町で開催されたフォーラムには、道内各地台に配置された火山防災官が参加し、関係者間の活発な意見交換を行った。

日本火山学会は大会開催地で市民対象の公開講座や火山防災シンポジウムを継続的に行っている。平成23年に旭川で開催された秋季大会では、「北海道の火山とともに」と題した防災シンポジウムが行われた。札幌管区からは火山センター所長がパネラーとして登壇し、道内火山の活動状況や監視・情報発信体制を説明するとともに、他の行政、研究者とともに火山との共生、災害への備えについての議論に参加した。

また、平成3年（1991年）に道内の大学・気象庁・公立研究機関・火山地元市町村などの関係機関同士の情報交換を通じて相互連携を深める目的で発足した「北海道火山勉強会」では、札幌管区は北大など主要機関とともに幹事として運営に参画している。会合は年1回、活火山の現場で開催され、地元住民を対象に火山防災の普及講演を行っており、この地道な活動が北海道駒ヶ岳や有珠山噴火における地元関係機関の迅速かつ適切な対応の堅牢な基礎となっている。

第3節 観測成果および調査・研究

1. 刊行物

札幌管区は、火山異常時に適切に対応するため、その時代の火山業務で求められる部内向けの火山防災資料をその都度刊行してきた。

昭和52年（1977年）の有珠山噴火対応や、昭和53年（1978年）4月の「活動火山対策特別措置法」公布・施行等を受け、今後の異常時対応に役立てる目的で、昭和54年（1979年）3月に開催した管内火山観測技術研修会資料を小冊子に取りまとめ『火山防災ハンドブック』を刊行した。異常時の防災対応で直面する事項（火山活動情報の運用、最近の火山監視事例、噴火予測手法および噴火被害想定）を主に取り上げた内容で、部内資料として大いに活用された。

また、昭和26年（1951年）に道内3火山が指定火山とされて以来、火山観測資料の蓄積が30年以上となったことから、今後の火山監視に役立てる目的で、道内常時観測担当官署とともにこれまでの火山観測資料の見通しと整理を行い、昭和63年（1988年）3月に『北海道の火山』を刊行した。各火山の概要および活動履歴のほか、主要5火山における種目

別の詳細な観測成果や噴火時の噴出物分布、火山弾予想範囲などのほか、データファイルに入力した大量の観測資料を図表出力させる機能をもたせたデータベースの紹介、火山性震動波形解析の紹介（主に波形分類の考え方、十勝岳の事例）、火山業務に係る規定類および参考事項、火山関係文献リストなどが網羅され、異常時対応での活用はもとより、新たに火山担当となった新任職員を含め広く利用された。

昭和63年（1988年）～平成元年（1989年）の十勝岳噴火以降、道内各火山で活動活発化が繰り返された。異常時には緊急観測（臨時観測点の設置や現地調査）や防災対応が短時間に集中するため、平時から緊急時対応への備えが重要となる。そこで、異常時の監視強化に役立てることを目的に、常時観測担当官署職員の協力を得て、平成8年（1996年）3月に『北海道火山防災資料』を刊行した。緊急観測（緊急体制系統図、臨時観測点選定、現地観測点整備、遠望図、上空観測）、火山情報（発表基準、伝達系統図、発表履歴）、火山波形処理、航空への影響などが実務に直結する形でまとめられた。

災害あるいは避難を伴った主要な噴火活動については、活動経過、観測成果および防災対応などが個別の報告書として取りまとめられた。昭和52年（1977年）および平成12年（2000年）の有珠山噴火については『気象庁技術報告』、昭和63年（1988年）～平成元年（1989年）の十勝岳噴火については『災害時火山現象調査報告』がそれぞれ刊行された。

また、昭和49年（1974年）に設置された管区機動班が実施した基礎調査観測および緊急観測の成果は、その都度『北海道地域火山機動観測報告』として刊行された（平成26年（2014年）の23号をもって刊行を終了）。

2. 調査・研究

管内職員による火山関連の調査研究は、『札幌管区気象研究会誌』によると、道内の火山活動が活発であった時期は概して発表題数が多く、熱心に行われていた。

これらの調査研究成果は、各火山の活動特性の理解を深めるために広く活用されてきた。特に、観測データの解析手法開発に係る2件、すなわち「噴煙データの定量的解析〔飯野、平成17年（2005年）〕」および「振幅データによる震動源推定〔小木曾、平成22年（2010年）〕」は、火山活動を定量的・客観的に評価する上で重要な成果であり、現在の現業監視・評価業務においても直接活用されている。

より技術的レベルが高い『験震時報』への掲載としては、近年では不破ほか〔令和5年（2023年）〕の「約30年間の観測成果に基づく有珠山における地震活動の検討 ― 噴火警戒レベル判定基準の改定に向けて ―」があり、前兆地震の地震波放出エネルギーに着目した定量的基準導入の極めて有益な報告がなされている。

『札幌管区気象台技術時報』には、道内各火山の活動状況の紹介が数多く掲載され、火山業務に携わる職員に有効活用された。

観測課〔昭和53年（1978年）〕の「有珠山：地震回数警告装置の試作」、室蘭地方气象台〔平成3年（1991年）〕の「倶多楽火山の基礎調査観測」は、独自の発想に基づく優れた取組事例として高く評価されている。

佐藤〔平成12年（2000年）〕の「火山噴火直後における噴出物調査の方法」は、職員のための現場作業要領を取りまとめたもので、その後の本庁による文書通知（マニュアル化）へとつながった。

松島ほか〔平成15年（2003年）〕の「GPS連続観測による火山異常の監視」と飯野〔平成18年（2006年）〕の「噴煙活動の定量的な評価に向けた取組」は、解析手法の改善に係る先駆的な取組を紹介したものであり、現在の監視解析業務に導入されている各種自動ツールの基本コンセプトとして深く反映されている。

（宮村 淳一）

