

防災科学技術

NO. 10 1969
Nov.

科学技術庁 国立防災科学技術センター



雪氷の化学処理.....	斎藤博英・1
新潟県北魚沼郡広神村の地すべり性崩壊について.....	大石道夫・4
松代地震と地震観測所.....	竹花峰夫・6
松代の深層ボーリング.....	高橋 博・8
新庄支所の設立の意義.....	西川 泰・11
おもなニュース.....	10
主要災害一覧表.....	13

表紙写真: 全市が水びたしになった加茂市中心部

(毎日新聞社提供)

7月27日(昭和44年)頃から“あばれ前線”が2週間にわたって北陸や日本各地に大雨を降らせ、大被害をもたらした。

新潟県内に8月9日から断続的に降り続いた豪雨は12日未明から同県下の中下越地方を中心に襲い、同日午前4時信濃川は警戒水位を越え、午前4時半ついに支流の加茂川が氾濫した。加茂市の市街地では5,500戸が深い所で2メートルも浸水し、赤黒い濁流が荒れ狂い、高台にある信越線加茂駅も約80cm冠水した。

雪水の化学処理

雪害実験研究所長 斎藤 博 英

積雪期の自動車交通を確保するための対策は大きく分けると、機械的除排雪、熱的融雪、化学的融雪、摩擦材撒布等の路面上の雪氷処理、なだれ被害防止、防雪柵、防雪林、雪氷処理上有利な道路構造等の路面外の対策、タイヤ、フロントガラスなど車の対策、道路標識、警報装置等道路および交通管理上の対策の4つの面がある。これらの技術対策は、それぞれの特色に応じ、有機的に関連を持たせながら使われ、進歩しつつあることは周知の通りである。これらの中、機械的除排雪については、ある程度技術が確立しているが、その他の対策については、技術的に未確定の部分が多い。

ここでは、日本においてはまだ初期の試験段階にある化学的融雪水の問題について、外国の状況を参考にしつつ、考えてみよう。

1. 化学的融雪氷の原理

水に塩類を溶解すると、その濃度に応じて、氷点が低下する。この現象は古くから寒剤や不凍液として利用されている。

結氷している路面に塩を撒くと、まず塩と接する氷の一部が融けて、濃い -21°C の塩水ができる。その氷が融けるための熱と塩が溶解するための熱は、水と塩から与えられる。この段階が寒剤のできる時で、初めの氷や塩の温度が 0°C であれば、氷は1割融け、 -10°C なら5% 融ける。

こうして、 -21°C の水とその数%の塩水ができると、空気や道路の温度はそれより高いので、熱は上と下から供給され、氷はさらに融ける。これは塩が全部溶解するまで続く。

塩が全部溶解しても、なお氷が残っている場合には、空気と道路からの熱は1部は氷を融かし、1部は塩水と氷の温度を上げる。この段階では、塩水の濃度が薄まり、その氷点が上昇するからである。温度が上がると、逆に道路へも熱が伝わる。こうして、氷、塩水、道路の温度は再び空気の温度に近づいて行く。

塩の量が少なければ氷の1部が残り、塩の量が多ければ、氷が融け切り、塩水はさらに雪が降り込んでも融かす能力を持つことになる。

一般に使われている3種の塩類について、1mmの厚さの氷の層を完全に融かすに必要な量を、道路面 1m^2 当りの撒布量で示すと、図-1 のようである。図の横軸は気温を示し、塩類も道路も初めは気温に等しい温度であると仮定してある。

1mmの氷の層と同等の水量を持つ雪の厚さは、積ったばかりの新雪では2~3cm、歩道の圧雪では2~3mm、

車道の“こおり雪”では1.5mmとみて、大きな違いはない。

2. 薬剤の種類と

特性

塩化ナトリウム
[NaCl]

この代表的なものは岩塩で、海水からとる天日塩を使っている例もある。溶液の最低融点とは、 -21°C で、溶解するとき 20 cal/g の熱を吸収する。天日塩や岩塩の小粒のものは

速効性があるが、厚い氷層や雪に撒く場合は、遅効性で深く浸透する粗粒の岩塩が必要である。

塩化カルシウム $[\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ または CaCl_2

溶液の最低融点とは -55°C で、溶解するとき、2水化物は 85 cal/g 、無水化物は 163 cal/g の熱を出す。吸湿性が大きく、溶解熱を出すので、岩塩に比べ速効性が大きい。最低融点が高いので、低温時に効果的である。普通は2水化物を使っているが、値段が許せば、無水化物を使う方がよい。潮解性が強いので、輸送や貯蔵には防湿用の袋を必要とすることは欠点である。

塩化マグネシウム $[\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$

溶液の最低融点とは -33°C で、溶解するとき 17 cal/g の熱を出す。これらの性質は岩塩と塩カルとの中間に当る。無水化物の精製は難かしく、一般に6水化物を使うので、53%が水であるから効率が悪い。潮解性も強い。余り使わない。

その他の化合物

尿素 $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2]$ は航空機の材料、舗装、植生に対して害がないので、飛行場の滑走路に使う。

蟻酸カルシウム $[\text{Ca}(\text{CHO})_2]$ は尿素と混ぜて、橋など特殊の場所に使うことがある。

磷酸3カリウム $[\text{K}_3\text{PO}_4]$ と蟻酸アミド $[\text{CH}_3\text{ON}]$ の混合物は最低融点 -68°C で低温に有利である。

これらは総べて値段が高いので、一般的でない。

3. 薬剤使用の目的

雨や霧が路面に落ちて凍ったり、雪や氷の融けた水が路面で凍ったりするのを防止する。

雪が道路の表面に凍りつくのを防ぎ、圧雪層や氷の層の除去を容易にするため。

除雪作業後に路面に残った雪や氷を融かし去るため。

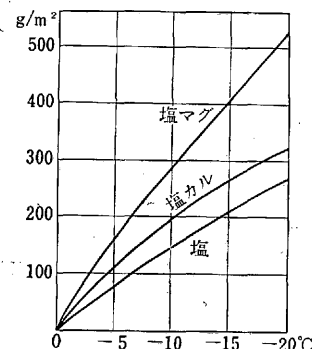


図-1 1mmの厚さの氷を融かすに必要な塩類の量 (1m² 当り g)

交通量の多い道や交差点など、常に舗装面を出しておかねばならない所では、降る雪を融かして積らせないため。これには大量撒布が必要。

砂の貯蔵場が凍結しないよう、砂を撒布したときに、風や通行車で飛散するのを防ぐため、砂に混ぜる。

これらの目的に応じ、使い方もいろいろであるが、各国の降雪その他の条件の違いにより、主とするねらいに特徴がある。

4. 使用量とその基準

塩類の使用量は、道路状況、気温、降雪、風、日射量などの条件の他、交通量によっても加減しなければならない。したがって、その基準は経験と共に変わって来た。1例として、1967年11月にカナダの国立研究所⁽¹⁾で作った Manual に示されている使用基準を表-1 に示す。

この表には8項目にわたる詳しい注がついている。ここでは省略し、要点のみを拾っておく。

- (1) 塩の量は道幅を2車線として換算してある。
- (2) この表は1日平均500台以上の交通量を持つ道に適用。交通量の少ない道では25%~50%増量する必要あり。
- (3) 気温は現在値と6時間予想値を使う。前に暖かったため道路物質が温かいとき、日の当たっている所などでは、1段上の欄を使い、気温の下りつつある時や夕刻に使うときは1段下の欄を使う。
- (4) 塩だけを撒く時、経験上風や車で飛散すると分ったなら、塩カルを1/3加える。
- (5) 固い圧雪と氷の2~3cmもある厚い層では、最下段の3倍近くの量が必要となる。
- (6) 普通の強さの飛雪があれば、塩の量を1.5~2倍にする。吹雪が強い時は使わない。

などである。

年間使用量について見る。図-2 は米国マサチューセッツ州の公道に使った砂と塩類の使用量⁽²⁾の年々の変化を示す。摩擦材として使われた砂は、少量で効果のよい岩塩に置き換えられている様子がわかる。塩カルは量が

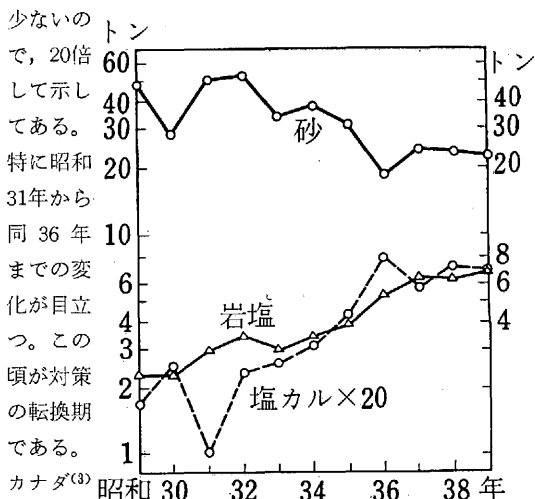


図-2 米国マサチューセッツ州の公道に使った砂と塩類の使用量の年々の変化

の岩塩を使っていたが、同38年度には85万トンに増え、翌年は95万トンを購入した。

部分的に見ると、カナダのモンリオール市の消費は多く、昭和37~8年の冬には7万5千トン、道路1km当り約52トンを使った。

この冬は北陸豪雪もあったが、世界的に、きびしい冬であった。トロント市では580マイルの道路に、平均して、27t/kmの岩塩を使っている。また⁽⁴⁾、西ドイツのボバリア地方のアウトバーンでは23.4t/km、イタリアのジェノヴァ〜セラヴァレ間では約30t/km、ミラノ〜モデナ間でも13t/kmの岩塩を使った。

日本では名神高速道路⁽⁵⁾で昭和41年度には、塩マグ2,575トンと塩カル液2,536m³を使った。これは全長の平均で約26t/km、最悪条件の彦根の管理担当区では約48t/kmに当たっている。その前年も同程度であった。

5. 塩類の害

塩類は路面にも有害である。アスファルトは低温で脆

気温の範囲	Prevention 降雪または雨水の前に撒布する	Melting 降雪中ブラウ除雪をしないで舗装を常に露出しておく	Clean-up ブラウ除雪の後で、薄い氷層を除去するため
-4°C 以上	塩 85 kg/km (注の6参照)	塩 282 kg/km 新雪 2.5 cm 降る毎に撒布	塩 85 kg/km
-4~-7°C	塩 113 kg/km (注の6参照)	塩 564 kg/km 新雪 2.5 cm 降る毎に撒布	塩 141 kg/km
-7~-12°C	塩または塩3と塩カル1の混合物 141 kg/km	塩3と塩カル1の混合、または塩のみ、新雪 2.5 cm 降る毎に 700 kg/km 撒布	塩3と塩カル1の混合物 225 kg/km
-12~-21°C	使用しない	使わない方がよい。例外的には塩1~2と塩カル1の混合物を新雪 2.5 cm 毎に 850 kg/km	塩1~2と塩カル1の混合物を 252~282 kg/km
-21°C 以下	使用しない。	使用しない。	塩カルのみ 225~282 kg/km または、砂に塩カルを混ぜて撒布する
撒布形式	道幅一杯に均一に	道幅一杯に均一撒布か、または道の中央に1m幅に条撒ぎ。	道の中央に1m幅で筋状に撒く。

表-1 塩類使用基準

くなるので、塩類を使って路面温度を低下させると、摩耗が大きくなる。

コンクリートは水が内部に浸透する。この水が凍ると体積が1割増加し、その膨張力が組織をいためる。塩類撒布は温度変化を急激にするので損耗度を増す。A E剤を用いたり、表面に塗油することでこの害に対処している。

橋はコンクリート床の他に、鋼材を多く使っている。この腐食の増加は、ペイントの塗工仕様を変えたり、塩類を含んだ水をできるだけ滞留させないことなどで、極力おさえている。

自動車の金具の腐食も、車体を頻繁に洗い、ペイント、ラッカー、ワックスなどを注意して塗り直すことで対処している。

防錆剤は随分研究されたが、高価になったり、毒性があったりで、良いものがない。カナダ⁽¹⁾ではヘキサメタホスフェートを1~2%混ぜている。もちろん、完全な防蝕は覚つかない。

植物に対する害も大きい。道路の側面傾斜を安定させる芝草の類や並木として植える植物には耐性の高いもの選ばれ、その管理の方式も研究されて決まっている。

河川の水の塩分が増加し、水道の水供給に影響し、小川では、生物の生育に影響する。魚も種類によっては、塩分に弱いものがある。

土中に埋めたケーブルや鉄管の腐食も促進され、人々の靴や着物にも影響している。

アメリカの北東部での最近の観測では、井戸水の塩分が増加していることが発見された。これが道路に使った岩塩のためかどうかは不明である。道路に撒いた塩類の他への流通経路の調査は難しい。メーン大学の研究データ⁽⁶⁾によると、

- 2~3年使用した道路では、表面から15cmの深さでのナトリウムの土中含有量が道端で4~8倍に増え、路端から6mくらいまで増加が著しいが、10m離れると殆んど見分け難い程度になっていた。
- 塩類を18年間実施した13か所については、やはり15cmの深さで、路端附近では15倍、路端から

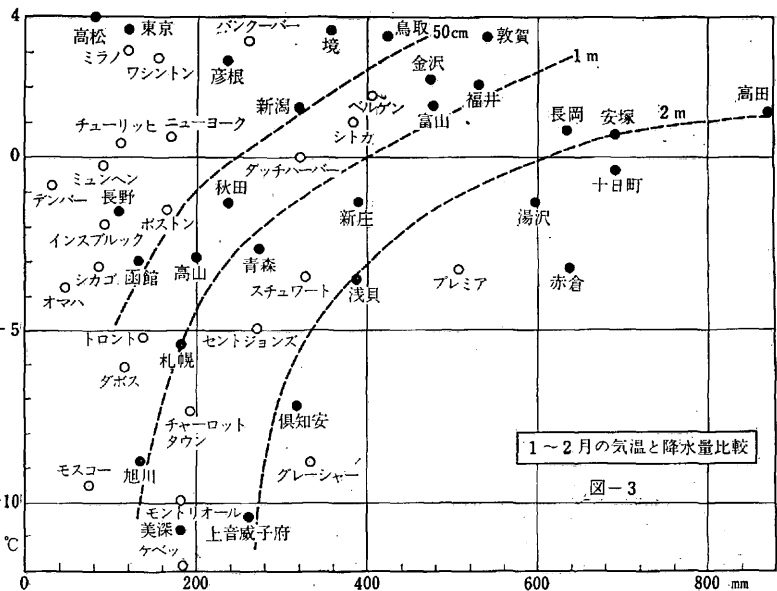


図-3

13.5mの距離で8倍に増加していた。

のように、長い期間で蓄積する怖れがある。

6. まとめ

図-3⁽⁷⁾は各地の冬の気温・降水の特性を示す。これで見ると、カナダ南東部は北海道、ボバリア地方のミュンヘンは長野、ミラノは東京に近い。彦根は気温はミラノに近いが降水量は2倍、北陸路の福井、金沢、富山の降水量は彦根の2倍、長岡、十日町、高田となると、比較にならない。幸に気温はミュンヘンと大差ない。

今、日本では、凍結防止剤と銘打った塩カル主体の製品を使ってみたり、工場副産物の塩マグや塩カルを使い、岩塩の実験的使用も始まった。しかし、10年先輩の諸外国では、総べて岩塩を主体とし、塩カルは貴重品扱いとしている。塩カルや塩マグは工場の副産物で岩塩の3倍の価額になるからである。日本でも岩塩は工業用に400万トン以上輸入し、諸外国と価額も同じで、塩カルの1/3の値段である。当然、岩塩を使うべきであろう。

塩類を使う場合、前述した種々の害と対策を考えねばならない。日本では、水稻に対する影響が特に重要である。水稻に塩害を生ずる塩分濃度の限界値からみると、対策は立てられそうであるが、蓄積効果などには慎重な配慮が必要である。

塩類を使う道路に近い土地は水田でも畠でも直接的塩害を受ける怖れがある。これについては特別な政治的配慮が必要であろう。種々の補償問題の例からみても、早い時期に十分の検討が必要であろう。

(1) National Research Council of Canada: Manual on Snow Removal and Ice Control in Urban Areas. (Nov. 1967)
 (2) 板倉忠三: 冬期道路交通維持技術について(2), 道路建設(1968年)8月号, p. 19.
 (3) Snow-Removal and Ice Control: Proc. of a Conf. held in Ottawa. 17~18, Feb. 1964.

(4) 日本道路公団: 西ドイツの冬期雪氷対策について(1966年3月)
 (5) 日本道路公団資料による
 (6) 板倉忠三: 冬期道路交通維持技術について(5), 道路建設(1968年)11月号, p. 42
 (7) このデータは、日本の気候(東京堂), 理科年表, 新潟地方気象台観測課統計値による。

新潟県北魚沼郡広神村の地すべり性崩壊について

地表変動防災研究室長 大石道夫

水沢新田の地すべり性崩壊は1969年4月26日午前7時30分頃発生した。崩土の流下堆積部分を含めると、その規模は幅最大250m、延長約700m、土量25万 m^3 に達し、被害は埋没した住家10戸、非住家4棟、死者7名、行方不明1名のほか、水田、家畜、家財等の多くが失われた。

新潟県は有名な地すべり地帯で、例年3~4月の融雪期に年間発生件数の40%（昭和24~43年平均）が集中している。本年も崩壊当時山頂付近になお20cmの残雪があり、4月21日から24日にかけて気温が急に上昇し、24日13時頃には29.1°C（新潟気象台小出観測所）を記録するとともに、24日夕方から小雨、25日は19mmの降雨が加わった。

26日朝の地すべり性崩壊は、ブルドーザーの作業するような、あるいはジェット機に似た音で知らされた。この音響をきいてから、末端部の部落に土砂の到達した時間を住民の避難状況から推算すると、土砂の流下速度は約8m/secとなる。

この地すべり性崩壊地は上部の崩壊部分、中間部の土砂の流下部分、下部の土砂はらん堆積部分の3つに分けられる。崩壊部分の滑落崖は長径250m、短径180mの半楕円形でいくつかの小滑落崖からなっている。下方へ土砂を供給した主要部分は右側と中央の部分である。1963年の空中写真によれば、この楕円形の滑落崖の内側は水田化した2段の平坦面と千枚田化したやや急な斜面部分からなっているが、滑落後も下段の平坦面の位置に、なお残積土と3つの池を載せる平坦部分が残った。現地

調査でみた滑落崖には厚さ2~5mの4枚のシルト層が認められた。上記2段の平坦面、残積土と池をのせる平坦部はそれぞれシルト層の上側に形成されたものである。またこのシルト層の上面およびシルト層内の割目からは部分的に湧水が見られ、これが滑落前の水田の用水となり、また崩落の誘因ともなっている。

中間部は兩岸とも急斜面の幅50m、長さ200mの狭長な谷地形で、ここを土砂が流下した。災害後の中ほどに構築中の砂防ダム左岸取付部の堀割断面にシルトと砂の乱された土塊があらわれたが、これは過去の地すべり性崩壊の痕跡である。

下部は小屋柄川沖積面に流下した土砂がはらん堆積した部分で、幅110m、長さ300m、深さ12~15mに及んでいる。この土砂は小屋柄川兩岸に並んだ人家を埋没し、本川をせきとめて池をつくった。

図-1は1962年、1963年に撮影した空中写真から水田、平坦面を判読したものである。水沢新田付近の水田、平坦面の分布のパターンは、この図の北半、茂沢部落から芋川部落にかけて一般的に見られるもので、広い山頂平坦面の分布する南半と著しく趣を異にしている。すなわち北半では、山頂平坦面は狭長で一部の尾根筋に残るのみで、大部分は山腹に階段状に分布する水田と平坦面、緩斜面ならびにこれらのおのおのと谷とをつなぐ急な山腹斜面とからなっている。これに反し南半には上原高原、道光高原などの広い山頂平坦面（標高260~330m）があり、平坦面下は円弧状崩落崖から下方V字谷へつながる急斜面となっている。



写真-1 水沢新田の地すべり性崩壊

この地域の地質は図-2で示すように、北半は鮮新世の灰爪層、鮮新世ないし洪積世の魚沼層群稗生層からなる。稗生層上部は水沢新田の滑落崖でみたように、砂、シルトの互層からなり、礫層、浮石質淡色火山灰層、垂炭を挟んでいる。この砂層は透水性がよいが、シルト層は透水性が悪く、シルト層上面がしばしば湧水点となっている。小屋柄川谷壁部に厚い砂層からなる稗生層下部がみられ、その下に不整合に灰爪層があらわれる。灰爪層と稗生層との不整合面は小屋柄川本川上流部に向って高くなる。灰爪層は軟かいシルト質砂岩で薄葉理に富み、透水性が悪く、稗生層との不整合面に地下水が集中しやすい。南半山頂平坦面の広く分布する範囲は洪積世の塚山層である。この地層は5~10mの厚さを持つ中粒の礫層と、平均1mのシルト層の規則的な互層で、前者のマトリックスは粘土分をかなり含んだ砂、後者も粘土質のシルトで、透水性はいずれもよくない。

今回の地すべり性崩壊の前後の地形、北半にみられた階段状平坦地形の特徴などからみて、稗生層上部の分布する茂川一芋川線北方地域は、過去に大小の崩壊をしばしば発生した地域であり、今後も崩壊のおこりやすい地

域と考えられる。稗生層上部は透水性のよい砂層(厚さ数m)が滞水層を形成するか、または形成されやすく、少さな褶曲構造によって、向斜部への地下水の集中が行なわれやすい部分がある。融雪期または降雨期には、そのような場所への地下水の集中、水圧の上昇は著しいであろう。このような崩壊に対しては、素因面では湧水点を知ること、地質構造をとくに単層ごとの分布と波長の短かいものをも含めた褶曲構造を知る必要があり、誘因面では融雪量、降水量の変化と浸透水の挙動とを観測する必要がある。

おわりに一つ、例によって被災当日から、埋没地域には約1,300人の警防団、自衛隊員と十数台のブルドーザーが遺体発掘と池の排水路工事にたずさわっていたが、なお危険状態が続いていたので、滑落崖前面の比較的安全な高台に監視人が張りついた。また今回の例では崩壊の2日前に地元民が偶然に亀裂を発見し、翌日にはそれが拡大したのを認めている。このような場合に地表の動きを緊急に把握することは自衛のために必要である。もし部落民や地方自治体が簡単に自作できる監視のための装置を持つことができればおおいに援けとなるであろう。今回の崩壊時にわれわれが試験したブザーつきの簡易移動計を次回に紹介する。

現地調査にあたり御高配頂いた新潟県土木部、御協力頂いた広神村建設課その他の方々に厚く御礼申し上げます。



図-1 水沢新田付近の平坦面分布図

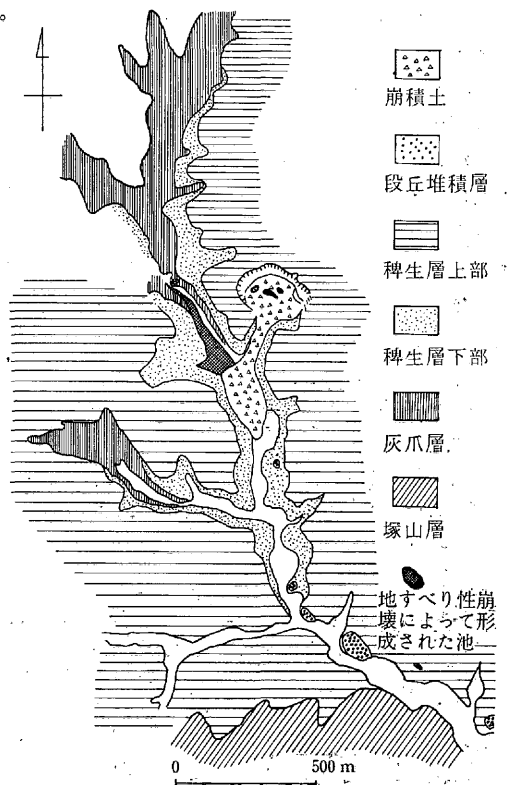


図-2 水沢新田付近地質図

松代地震と地震観測所

地震観測所長 竹花峰夫

地震観測所は昭和22年5月に開設された。この建物や地下坑道などの施設は、第2次大戦中に松代大本営として建設されたものを、戦後気象庁が地震観測所に転用したものである。

戦争末期に巨大な労力と資材とを投入して堅いせん緑ひん岩の岩山をくり抜いた坑道は、地震観測に最適の条件を備えており、国際標準地震計をはじめ、各種高感度の計測器類が備えつけられ、日夜地球の内部、地殻の動きを監視している。

地震観測の障害となるノイズレベル（脈動や雑微動などの振幅）は比較的小さい。短周期ノイズは国際的にみて中級で、大陸中央部の観測所に及ばないが、長周期ノイズは国際1級の優秀さであると評価されている。これは遠地震の長周期波動や、特に核実験探知などに適した立地条件をもっているといえる。

観測所の庁舎は山の南側にあり、鉄筋コンクリート建の平家3棟である。これは兩陛下の御座用の予定であったといわれている。その裏の山腹に防空壕として設けられた小坑道と呼ばれる地下壕がある。ここは現在記録暗室として使用されている。

大本営地下坑道は延長約2.6kmあり、小坑道とは約20mの標高差があって直接には連絡していない。地震計の本体は、ほぼこの大坑道の中央部に設置されている。ここは地盤がよく温度変化もほとんどない（気温13.4℃、年間の温度差0.1℃以下）。湿度はやや高いが、地震計室では除湿器を用いて観測に支障のないようにしている。ここで捕えられた地震波動や地殻の傾斜伸縮などの変化は記録暗室や庁舎内の記録器に導かれている。

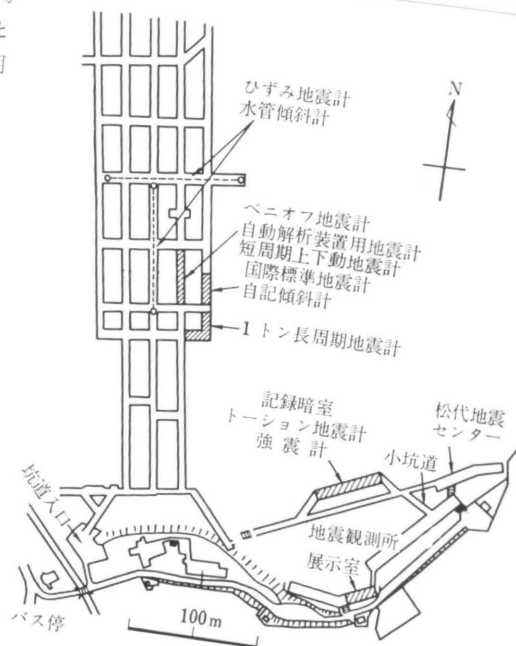


図-1 地震観測所施設配置図

観測所の勤務は24時間常時観測交代制で毎日の記録を整理し、その結果は旬ごとに報告される。また、国際観測所としての任務は、毎日おもな地震の観測資料を米国沿岸測地局 (USCGS) へ打電することで、ほかに連報用資料として Seismological Bulletin を隔月に発行し、広く内外各地へ発送している。

最近の地震観測の急速な発展に即応して、観測業務の高度化を目指し、新しい技術の導入・測器の新設を心が



写真-1 地震観測所全景 庁舎裏山に小坑道、左端山中に大坑道がある

けているが、地震記録の自動読取り方式を開発するため、地震記象自動解析装置が最近導入され、観測の能率化の研究も進められている。

現用測器一覧表

名 称	略号	記 録 方 式
国際標準地震計(短周期)	Sp	ブロマイド
(長周期)	Lp	ブロマイド
ベニオフ地震計(短周期)	Bs	ブロマイド
(長周期)	B _L	ブロマイド
短周期上下動地震計	V	ブロマイド
トーション地震計	T	ブロマイド
強震計	S	インク書き
ひずみ地震計		ブロマイド・インク書き
地震記象自動解析装置		磁気テープ・インク書き
水管傾斜計		目視観測
自記傾斜計		インク書き

ひずみ地震計(長さ 100 m)の記録から、地殻伸縮の調査も同時に行なわれており、また、ひずみ地震計室の坑道を利用し、光波測定など地殻変動測定の新しい方法を開発する協同研究も計画されているが、この種の新しい地盤変動観測のいろいろの着想は、研究としても大いに興味があり、今後の発展が期待されるものである。

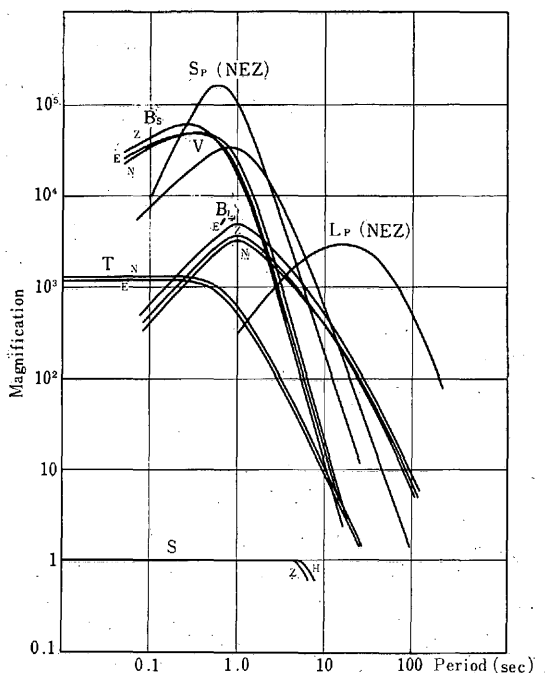


図-2 地震計倍率曲線
横軸は地動の周期、縦軸は倍率

昭和40年8月3日から松代群発地震が始まったことは、全く偶然であったのだが、たまたま震源の直上にあ

る観測所として、終始地元との防災情報連絡や調査など、巨細で繁忙な多くの任務を負うこととなった。地震観測所の任務は、地震の本質を探索し、地球の内部構造を調べそして地震を予知し災害の防止に寄与することであるが、国際級観測所としての高感度の地震計が、たまたま松代群発地震の観測に効果的に役立ったということは、われわれにとって文字どおり“千載一過”ともいうべき機会を与えられたことになった。

しかし、それに対するわれわれの努力や処置が必ずしも十分であったとはいえない。

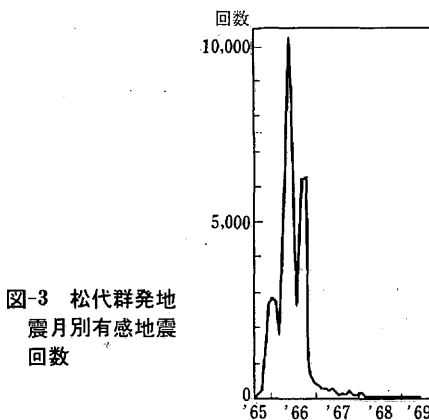


図-3 松代群発地震月別有感地震回数

満4年を経過して5年目に入った現在、群発地震の活動はかなり下火にはなったものの、まだ地震前の平静時の状態にもどったわけではない。

時折りは震度 3~4 程度の地震が発生しており、今後当分はこの状態が続くものと思われるので、“終末宣言”もまだ見送られている。そしてこの群発地震の“完全記録”を完遂するために、最後の努力が傾注されている。

地震観測所としては、初めてのことが松代群発地震の発生によって必然的に始まった地元への情報・広報などのサービス、および松代群発地震のはじめからの、各種の膨大な観測資料の収集など、松代地震処理の任務が結実して、昭和42年2月“松代地震センター”が併設されることになった。これは各機関の協同体で、気象庁、国立防災科学技術センターのほか、長野県、長野市などから職員が派遣されている。

松代は地震専門家の“メッカ”になったといわれているが、地震関係の人ばかりでなく、松代地震以来、内外の来訪者・見学者はますます増えるばかりである。そして職員は連日その応対で忙しい。庁舎の一部を利用して一般見学者向けの展示室を設けその整備に努めているが、それらの室も狭く、展示品もまだ十分ではなくて、年間1万人を越える参観者にとっては、はなはだ物足りないといった状態である。

松代の深層ボーリング

地震防災研究室長 高橋 博

深層ボーリングまでの道

昭和40年8月3日にはじまった松代地震は、この9月10日で1500日目をむかえた。この間松代では地震活動の激しいピークが3回（40年10月、41年4月前後、41年8～9月）あり、3回目の時には、地割れが多数発生し、塩分を含んだ水が大量に（半年間で約1,000万t）ふきだし、地すべりが生じ、住宅や農業から観測施設に至る広い範囲が損害をうけ、農業などは今でも“地震の後遺症”として、損害をうけている。震央域も活動期をむかえるたびに広がり、はじめ皆神山付近であったものが（本

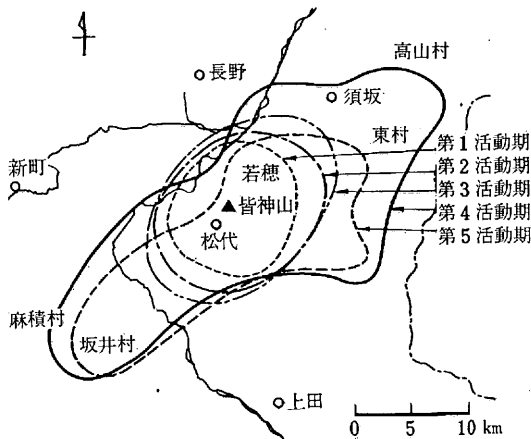


図-1 震央域変せん図

誌 No. 3), 北は須坂あたりから南は有名な姨捨のむこうまで広がり、回数とともに最大級の群発地震となった。地震活動は極めて除々におとろえているが、今でも震度IV～Ⅲの地震はときたま発生している。

	震 度					有感回数	有無感総回数
	V	IV	Ⅲ	Ⅱ	I		
8 月	0	0	0	3	27	30	648
8 月末	9	50	424	4,681	57,327	62,491	702,318

表-1 松代地震回数（地震観測所による）

地震がはじまった40年秋頃、震源が数kmと浅いことから地震の発生している所をボーリングにより、直接調べたいという要望が地震学者からおきた。しかし、当時、松代の地下の状態がまったく判っていないため、技術的判断ができず、加えて数km掘って地質、地球物理学的調査、観測するには数億円を要し、すぐには着手できなかった。そこで、当時問題であった皆神山の成因

や松代盆地の地下構造の解明と深層ボーリングの可能性をしらべ、パイロット的実験を行なうため、昭和41年5～7月皆神山麓で深さ200mのボーリングを行ない、各種の調査・観測を行なった。この経験は以後の地震観測井の設置（当所：長豊橋、えびの・吉松〔本誌No.6〕、気象研究所）の成功に非常に役立ち、地震予知計画でボーリングによる観測を種々計画するものとなった。また、強い地震に対する大型掘さく機の安全も問題となり、当所で測定と過去の例の調査を行なった。こうして、ボーリング技術や当地の地震と地下構造の知識の増加（松代地震特別研究第1,3,5次）により深層ボーリングの技

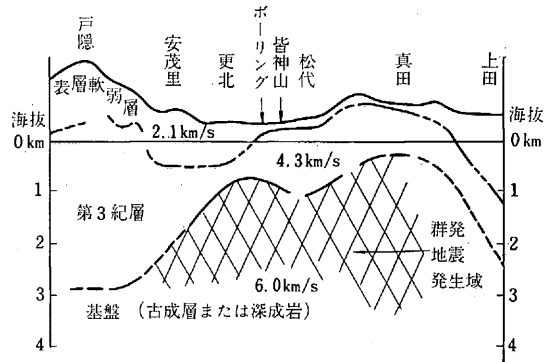


図-2 地震探査による松代地震震源域地下構造断面図
図中の数字は地震波（たて波）の伝ば速度
（瀬谷清らによる）

術的見とおしが次第にたっていた。地下構造については震央域あたりは中央隆起帯と呼ばれ、フォッサマグナの大陥没帯の中で、火山活動をともないつつ、最初に隆起した所と考えられていた（本誌No.3）が、地震探査の結果、深所にある第3紀層の基盤（弾性波速度6km/sec）が地表からわずか1～2kmにまで隆起しており、中央隆起帯、基盤隆起部、震源域の3つがよく一致していることがわかった。したがって松代付近で2km程度のボーリングを行なえば地震の発生している所の岩石を直接調べられることが明確になった。

一方、最近地震がほとんどなかったアメリカのデンバーで地震が連続した。原因がしばらくわからなかったが、付近で毒ガスの廃液を3,672mの井戸に圧入して処分しており、地震回数と圧入量の相関や震源分布から、水の圧入により誘発された“人工的”地震と考えられるに至った。松代の場合、活動期をむかえるごとに平均震源深度が浅くなり、第3活動期には多量の湧水をみたことから、地震と地下水の関係が問題にされていたが、デ

ンパー地震が解明されるにおよび内外の地震学者から松代においても震源域に水を圧入し、地震への影響を調べる必要が強調され、深層ボーリングの必要が生じた。

深層ボーリング調査観測の概要

この新しい課題を加えて震源を直接調べたいという地震学者の要望と地震科学の進歩をひたすら願う地元の要望から松代において深層ボーリングと水の圧入による震源域の性状の研究を行なうこととなった。実施地点は、

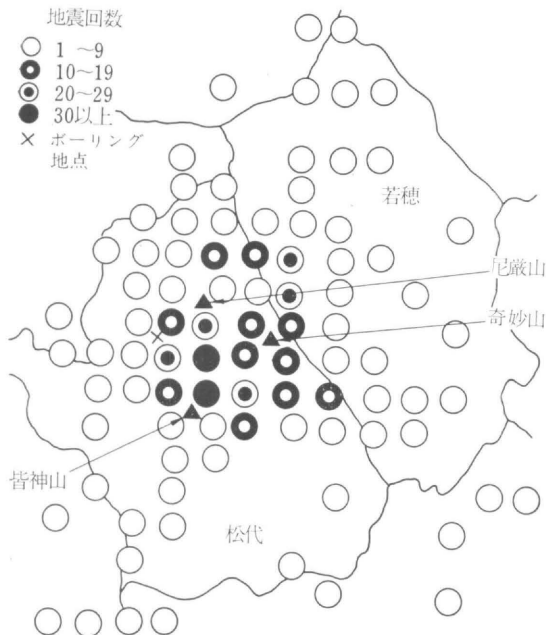


図-3 松代町地震発生回数分布図
(深度 0~2 km: 地震研究所)

基盤深度が 1 km 程度で、地震が 2 km 以浅でも多数おこっており地割れ、湧水活動もできればあった所で、ボーリング機械の搬入・用地・用排水など作業的条件もみたす所ということで松代荘となった。ボーリング深度は 1,800 m とし、コアによる地質調査のほか地質調査所の協力をえて温度・電気・弾性波速度検層と関係研究者によりコアの物性試験を行なう。水圧入実験では深部地下水の採取と当所や気象庁・地震研究所などによる極微小地震などの観測が行なわれる。

使用機械は通常のボーリング機械を大型にした利根ボーリング製 TXL・AI(本邦最大)で、掘さく能力は 3,000 m と称せられ、50 HP のモーターで、ロードを駆動する。ヤグラの高さは 27 m あり、15 m のロッドを楽に使える。掘さくは岩盤がかたいので、着岩してからは、ダイヤモンド・ビットを用いている。コアの採取はワイヤライン工法といい、孔底のロッド(外管)内にセットされたコア採取用内管に掘進によりコアが一杯になると(5 m)、孔口よりロープのついたモリのようなものをおろし、これがセットをはずし内管をひっかけロープで



写真-1 ボーリングの全景

地上に引きあげる。コアを出したのち、内管は自然落下で孔底に達し外管に自動的にセットされ、再び掘進できるようになる。

1,000 m までの地質

表層は軟弱な堆積層(第四紀層)であって、その上部約 20 m は植物を含むシルトであるが、下部はしばしば玉石を含む砂れき岩である。

深度 97 m で着岩(ひん岩)し、以深 500 m 位まではひん岩が卓越し、その間に黒色けつ岩や砂岩をはさむ。500 m 以深は黒色けつ岩が主で、砂岩がしばしば多くなり、800 m 程度からけい化作用が次第に著しくなる。これらは松代周辺の山地でみられる第三紀層の別所層(少なくとも上部は)の岩石で、地震探査の結果、深度 1 km 程度と予想されている基盤(地震波速度 6 km/sec 層)には、まだ達していない。この地層には破碎帯が随所にあらわれ、その主なものを地質柱状図に示した。このため掘進速度がしばしば低下している。これらが今回の地震で形成されたものか否かは明らかでない。方解石脈や金属鉱物(黄鉄鉱、磁硫鉄鉱、黄銅鉱、閃亜鉛鉱、方鉛鉱)が、脈状または、はん点状にかなりよくみられ、当地は地質時代以来破碎作用をうけてきたことがわかる。

電気検層の結果と地質との間に一見した所、関係はみられないが、深度とともに比抵抗のます傾向はみられる。これは砂岩がまし、けい化作用の強くなることに関係しているようである。岩質と関係なく比抵抗はしばしば急激に低下するが特に深度 900 m 以深では、比抵抗がほとんど 0 に近くなっている。この原因は、おそらく Cl イオン濃度の高い液体が地層の割れ目を充たしているためであろう。

温泉については、深度 250 m 前後から次第に湧出しはじめ深度 400 m 近くで最高に達し、試錐用ロッドの上

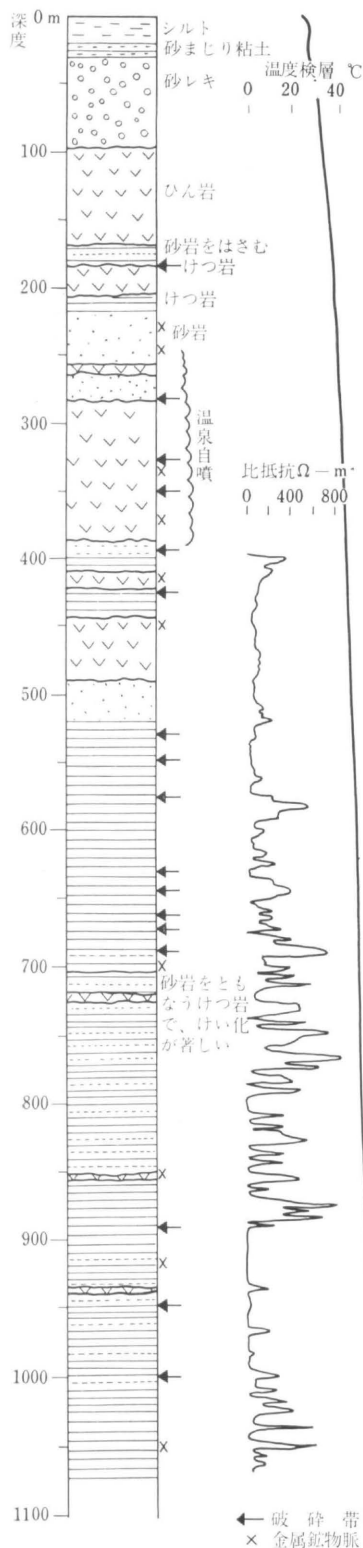


図-4 地質柱状図および検層図

げ下げに困難を生じ、検層がまったくできない状態であった。特に拡孔とともにその量といきおいをまし、近くの温泉井にかなり影響を与え、自噴のとまったことさえあった。その Cl イオン濃度は、野口元都立大学教授の分析によると、9800 ppm と当地で知られた最高値を示した。深度 400 m 以深では温泉の自噴はみられないが、電気検層の結果等からみて、高塩分水の存在は推定される。温度検層の結果（掘さく中止 28 時後）では深度 1,072 m で、58.5° を示しているが、実際の地温はこれよりやや高いはずである。

今後も破砕帯により掘さく速度のおそくなることはしばしばおきようが、この号が発行される頃には予定深度 1,800 m まで、掘り終わっているであろう。基盤の確定と水圧実験など問題はこれからである。

おもなニュース

◇横浜港北区で反射法による地震探査を実施：

地震予知計画にもとづく深層試錐による東京付近の地震活動に関する研究の一環として、横浜市港北区茅ヶ崎地区で測線延長 5 km にわたって反射法による地震探査が行なわれ、その結果関東平野でもっとも深いと考えられているこの付近の基盤（先第三紀層）深度は応急的解析で約 6 km となり深層試錐のみならず地質、地球物理学上貴重な資料が得られました。

◇大気拡散実験行なわれる

大気汚染質の拡散に関する実験手法、推定方法その他の基礎資料を得ることを目的とした大規模な拡散実験が 8 月下旬に行なわれました。実験地は NHK 川口送信塔を放出点として半径 12 km、挟角 144 度（北北西—南南東を主線として東西へ各 72 度）の扇形内の地域で、実験には埼玉県ならびに関係 12 市町の御援助を受けました。今年度実験の特色はトレーサー放出高度が高いこと（312 m）、ガス濃度の鉛直分布データを得るためにヘリコプター 2 機を使用したことです。

◇防災の日の集い——地震災害講演と映画の会

昭和 44 年度防災の日の行事として、9 月 2 日の 13 時から、虎の門の発明会館で地震災害講演と映画の会が開かれました。講演は（1）地震予知への道（東大教授 笠原慶一）、（2）地震波とスペクトル解析とフィルタ（3 研部長 菅原正巳）、（3）地震に対するわれわれの対応（東大教授 河角広）で、そのあと、松代地震、十勝沖地震、関東大震災の記録映画が上映されました。今回は東京都との共催でもあり、参会者約 250 名でなかなかの盛会でした。



新 庄 支 所 の 設 立 の 意 義

災害研究室長 西 川 泰

1. は し が き

いろいろの経緯をへて、昭和44年度から山形県新庄市に、国立防災科学技術センターの支所として雪害防止に関する研究を業務とする機関が新設されることになった。新庄支所の正式の開所期日は昭和44年10月1日であるが当支所の内容についておよそのメドを立て得ることとなったので、当支所の性格の特徴、新設の意義および建設事業の概要等を解説しておく。いうまでもないことであるが新庄支所は建設に着手したばかりなので実際にはここに描いたとおりになるとは限らない。また、本文第4項の公共機関が行なう雪害研究のあり方は私見も多く、そこにいう研究のすべてを新庄支所が行なおうとしているのではないことを注意しておく。

2. 新庄支所の特徴および新設の意義

昭和44年度に初めて新庄支所建設予算が認められた。初年度であるため予算規模は約700万円の小額であり定員はわずかに3名(所長1, 研究員2)である。もちろん建設整備計画に基づき昭和45年度では庁舎等を含む4千万円余の予算と4名の新規増員が要求されている。国が雪害対策研究を行なう機関といえど誰しもその必要性を理解されようが、実は同じく雪害防止研究を目的として、国立防災科学技術センターの支所として新潟県長岡市に雪害実験研究所が既に昭和39年に創立され、幾多の業績を生みだしつつあるので、まず、新庄支所と雪害実験研究所の相違点を明らかにしておく必要がある。

ひと言で表現するならば新庄支所は道路や屋根の消除雪、なだれ災害防止法の開発等、野外で大規模な実験施設を用いて行なわれるべき類の雪害対策研究を主とするものと考えられている。長岡の雪害実験研究所においても道路除雪、なだれ等の研究は種々の角度からなされているが立地上、長岡の構内またはその近辺に大規模な実験施設を造り難い事情があることも否定できない。一般的にいうと大型施設を用いた雪害防止野外実験を行なう場合、積雪量の多いこと、根雪期間の長いこと、(実験回数を増やせる)。広範な土地を比較的容易に利用できること並びに実験研究所所在地がある水準以上の都市機能を持った便利な地区に在ること等の条件が必要となる。新庄市はこのような条件を概ね満たしているとみてよい。

どこまで本質的な問題であるのか議論の余地はあるが、長岡地区と新庄地区とで冬期の気温が 0°C を境として、新庄では氷点下の日数が約60日と多いことに注目する必要がある。このことは雪質の相違をもたらす、ひいては各種除雪機の能率の相違となって表われよ

う。雪害対策研究は自然環境の相違を反映せしめたものでなければならぬ以上地理的に離れた場所で実験を行なう必要がでてくる。

別の見方として、研究方法を理学的、基礎的なものと工学的、応用的なものに大別できるとするならば新庄支所が大規模野外実験に力を入れる当然の結果として、後者の研究方法に比重がかかってくるのが想定される。

以上は主に技術的観点からみた新庄地域の特性であるが、国立の研究機関が設けられる場所が単に技術面のみから決まらないことも常識である。このさい、新庄市に国立の雪害研究機関が設けられて然るべき歴史と伝統の備わっていたことを指摘しておきたい。新庄市は山形県最上地方の政治、経済、文化の中心地であり、最上地方は新庄盆地からなる日本有数の多雪地帯でもある。新庄は戦前から雪害対策に関する調査研究の拠点として有名であった。例えば雪害の斗士として高名な故松岡俊三国会議員の活動の地盤は最上地方であったし、同氏の努力もあって昭和8年には農林省積雪地方農村経済調査所が設立されたのである。同所の業務の一つに雪害およびその防除の研究がもり込まれ、優れた研究者を擁し積雪調査、融雪促進に関する研究等数多くの業績を残したのである。当時、雪国の一地方都市に過ぎなかった新庄町を拠点として、このような調査研究の行なわれたこと自体画期的なことである。地元では同所を雪調、積調または雪害調査所等と呼称し国の雪害対策への積極性の表われとして大いに期待していたのである。同所の技術部門は昭和35年に新潟県高田市にある農林省北陸農業試験場に移転したがその評価はまちまちである。国の雪害対策研究の一指標ともいえるべき雪調がこのような変遷を辿る一方、新庄市としては国が積極的に雪害に取り組むよう要望し続けてきたのである。この熱意は新庄市の伏流水を利用した消雪パイプや大きい流雪溝の施工となり、昭和44年には無雪都市宣言となって表われてくるが、公共の試験研究、調査、研修機関が数多く誘致されていることも重要である。積調は農林省農業総合研究所積雪地方支所として今も活躍しており、気象庁の新庄候候所、農林省の食糧研究所新庄支所、蚕糸試験場新庄原蚕種試験所、労働省の職業訓練所等々いずれも降積雪への対応が一つの要素となっているのである。新庄市からやや北に位置する釜淵には農林省林業試験場東北支場山形分場が設けられ多雪地帯の林業上の諸問題を研究している。このように新庄市は相当の犠牲を払ってでも国の雪害対策研究

住民が雪を災害として意識するような時代を背景として、雪害が風水害等の災害に比べて特殊な性格、内容を持っていることを理解する必要がある。雪害の第1の特徴として直接被害は少ないが間接被害が膨大であることを挙げたい。豪雪に際してすら施設、人命、財産等が直接打撃を受けることは多くないが、平年の積雪下でも屋根の雪おろし、道路除雪、学童の通学保護、商業の不振等々雪国に住んでみなければわからない膨大な労力の支出、生活の不便さ等間接被害が著しく大きいということである。小さい直接被害に対し大きい間接被害という雪害の特徴は、特に顕著な雪害地区が発生しないこと(激甚災害指定の考えから程遠い)、被害額を把握し難いこと、気象の異常性がなくても毎年必ず発生すること、被災者は雪国住民のすべてにおよび災害は浅く広く静かに発生すること、雪国の住民ですら雪の消えると共に雪害感情を忘れるといわれていること等の具体的現象となって現われている。この種の災害対策のキメ手は積雪手当の支給、税金の軽減等のみであろうか。第2の特徴として雪害をもたらす打撃物が雪という特異な物質であることである。雪は固相、液相、両者の混合物と千変万化する。しかも多量に広範囲に長期間分布する。これを処理するには土木的、機械的、物理的、化学的等それぞれの様相に適応した方法を用いなければならず、このことが雪害防災技術の普及の妨げになっている。第3の特徴として防災施策(事業)と投資効果の問題がある。防災事

業は人命を守るという絶対性のある場合は別だが、投資効率の影響も強い。特に第1の特徴として示した意味での雪害の場合はなおさらである。おそらく、あらゆる災害のなかで雪害対策は投資効率との関係を最も検討されねばならないであろう。このさい、積寒地帯は山村地帯等と異なり無雪期は優れた生産地帯であることに着目しなければならない。

雪害に関する以上のような特徴をみると公共機関が研究しないと解決できないような問題の多いことに気付く。公共機関が行なうべき雪害研究の方向として次の各項を導きだすことができよう。

(1) 総合的調査研究の強化: 被害の実態調査、間接被害の算定基準、積雪地方の開発計画等の策定

(2) 雪害防止技術の開発: 冬期の運輸交通を確保する技術、屋根除雪、水道管の凍結防止等生活に直結した雪害防除、平地の早期融雪技術等々。

(3) 地学的雪害防止科学の研究: 豪雪予報、降雪の人工調節、融雪洪水、融雪冷水等の発生機構の解明、なだれ発生機構の解明等々である。

以上のような各研究は工学、理学、農学、医学、経済、法律等各分野の専門家がそれぞれの立場で行なうが、それら研究成果を雪害対策に導入する場合は、特に各分野の専門知識を結集しなければ解決のむづかしいことを付記しておく。

主 要 災 害 一 覧 表

(1969年1月～6月)

◇日本の災害

月 日	災害原因・現象	地 域	被 害 概 要	備 考
4.26	地すべり	新潟県北魚沼郡広神村水沢新田	死 8, 住家 10, 非住家 4 埋没, 耕地, 山林 4 ha 埋没	地すべりの規模 長さ 700 m 最大幅 250 m
6.25～26	低気圧による豪雨, 強風	中部, 西日本各地	死・不明 8, 傷 20, 全壊 7, 床上浸水 437, 床下浸水 12,275	低気圧は 990 mb に発達, 静岡日雨量 242 ミリ, 東京の最大瞬間風速 34 m/s
6.29～30	梅雨前線豪雨がけくずれ	九州 とくに南九州シラス地帯	死・不明 59, 傷 80, 全壊 92, 半壊 62, 床上浸水 6346, 床下浸水 4863	郡城総雨量 343 ミリ 鹿児島最大時雨量 60.5 ミリ 鹿児島市などでシラス崩壊多数, 川内川支流など破堤

(災害研究室)

NATIONAL RESEARCH CENTER FOR DISASTER PREVENTION

No. 15-1, GINZA 6-CHOME, CHUO-KU, TOKYO

防 災 科 学 技 術 No. 10 1969 November

昭和 44 年 10 月 20 日 印刷

昭和 44 年 11 月 1 日 発行

編集兼
発行人

国立防災科学技術センター
東京都中央区銀座 6 丁目 15 番 1 号
TEL (541) 4721

印 刷

有限会社啓文堂松本印刷
