

異常気象と雪崩の異変

① はじめに

雪も少なく穏やかに始まったように思えた昨冬であった。しかし、平成16年にはいってからは1月13～16日と2月22～23日と相次いで、大型の台風並に発達した低気圧が日本海から太平洋に抜け、記録的な大雪、強風により全道の道路や鉄道、電力や農業施設などに大きな被害をもたらした。

防災ドクターの一人である筆者は、1月14日会社の窓を敲く強風雪が尋常でないと感じ、各地の雪崩が心配になり道路管理技術センターに連絡した。折り返しの電話で、ドクター緊急出動の要請を受けおっとりカタナでJR駅に駆け込んだのが、正午前であった。JRのダイヤは大幅に乱れ3時間遅れて出発し、途中も停車を繰り返しながら計8時間遅れて帯広に着く。翌朝、5時過ぎに道路管理技術センター鳥宮道東支部長の車で274号釧勝峠の雪崩現場に向かった。これが、全道各地の異常気象で例年に多く発生した雪崩の調査や、その対策のため講習会で飛び回ることになる平成16年の幕開けであった。

昨冬の異常気象とそれによってもたらされた最近の道路雪崩の特徴、そして現場の雪崩対策の支援のために行った調査や講習会等についても述べる。

② 道路防災ドクターの仕事

1月15日7時少し前、国道274号釧勝峠入口ゲート前に着く。浦幌維持事業所の堀副長と神馬技術主任の待つゲートの周りには、電線、標識板や樹木の幹の風に向いた面に着雪、樹木枝葉の上には冠雪が見られた(写真1)。降雪時の気温は高め



写真1 一般国道274号釧勝峠ゲート前
電線の着雪や樹木の冠雪は最近の新雪道路雪崩の危険信号でもある



写真2 新しく降った雪全てが山肌から滑り落ちた全層雪崩
(一般国道274号釧勝峠)

で始めは強風で着雪したが、途中から風が弱くなり冠雪になったようだ。大量の着雪や冠雪は、最近の雪崩の現場の景色に共通した特徴になっており、雪崩の危険を予測する手がかりになる。現場では数カ所の法面で雪崩が発生していた。短い草が植生されている急な(1:1.2以上)カ所は全層雪崩(写真2)、やや傾斜の緩い(1:1.5)カ所は表層雪崩(写真3)となってその一部は道路に達していた。雪崩が発生した斜面にはもう危険はないが、雪の残った斜面もあり危険度を調べる必要があった。

雪崩が発生していない勾配の異なる切土2カ所をスコップで掘って弱層テストをした。その結果、一カ所では、地表部に薄く脆いザラメ層があって(そこが弱層になって)その上に積もった新雪の全てが全層雪崩になって崩れたことが分かった。もう一カ所では積雪内部の古い雪の上が弱層になっていて、やはり厚さ約50cmの新雪部分が全て崩れて表層雪崩になったと考えられた。弱層が確認されたので斜面の雪を取り除くことにした。待機していたバックホウに来て貰い斜面を引っ掻くと横にサーッと亀裂が走った。地表部に弱層があった(全層雪崩の危険がある)斜面である。亀裂ができて落ちないのは安定し始めた証拠であるが、大事を取ってこの斜面の雪は落とすことにした。中にはバックホウで引っ掻いてもビクともしない安定した雪の斜面もあった。除雪の必要カ所の優先順位をアドバイスし、夕方までの開通に目途がついたところで、次



雪研スノーイーターズ
竹内 政夫



写真3 新しく積もった雪が古い雪の上を滑り落ちた新雪表層雪崩
(一般国道274号釧勝峠)

の足寄道路維持事業所へ向かった。佐藤副長の案内で廻った国道241号足寄峠や国道242号陸別など管内では数カ所で雪崩が発生していた。既に危険な斜面の雪は落ちており部分的に残った雪も危険な状態ではなく、事後処理もされており安全を確認するだけであった。最後に、雪崩を記録する雪崩調査シートの作成をお願いして全てのドクターの仕事が無事終了した。

このように道路防災ドクターは、災害の発生や危険な状態が現れたら現場に行き、災害の未然防止のために、二次的な災害の危険の有無を判断して道路管理者にアドバイスしている。1月14日には、他にも気象協会の石本、北大低温研の山田の両防災ドクターが上川などに出動している。

筆者はまた、北海道道路管理技術委員会の雪氷専門技術者として道内の道路雪崩の特徴を調べ、事例を記録したり雪氷技術者と勉強会を組織している。防災ドクターが、病気が現れたときの対症療法を施すのが仕事とすれば、後者は日常の健康管理と健康増進を図る予防医学を目指しているといえるかもしれない。これらの調査活動から、最近強く感じ始めている気象や雪崩の異変について述べてみたい。

③ 異常気象と地球の温暖化

昨冬の異常気象については、それぞれの専門の立場から分析されると思うが、一つの可能性として考えられるのは地球の温暖化の影響である。「地球温暖化の重大影響—21世紀の日本はこうなる」(環境庁1997年)には、日本への水資源の影響を第1にあげている。地球温暖化により、渇水(少雪)や、逆に集中豪雨(大雪)などの危険が増大することが予想されている。温暖化の影響は降雨(降雪)量に、多いときは多く少ないときは少なく記録的に表れるらしい。また多いところ少ないところと地域による違いも大きくなるようだ。これからすると、今年の北見や釧路地方の記録的大雪は地球の温暖化による可能性が大きい。もしそうであれば、これからも異常気象の発生が予想されるので、大雪、雪崩、吹雪、着雪など災害をもたらす雪の問題に備えていかなければならないであろう。

昨冬は北海道全般に気温は高め、雪は多いところと少ないところの違いはあったが、観測以来の雪が最も多い極値が観測されたところが目立っている。北見地方の雪の量に話題が集中した感があるが、気温の上昇は雪国(積雪寒冷地)にはむしろ降る雪・積もる雪の質に与える影響も大きいはずである。足寄道路維持事業所の運転手は、陸別の雪崩は30年以上経験が無いもので、その時降った雪は陸別では見たことのない10円玉の2倍の大きさがあったと驚きを込めて話していた。このような、降る雪が積もる雪の質に影響し雪崩の異変をもたらしている。

④ 雪結晶と(最近の)雪崩

雪崩や着雪の調査を通して雪質の変化のことは

感じていた。雪崩の発生現場でよく見るのは、釧勝峠であったような着雪や冠雪である。着雪や冠雪は雪の結晶が数百個もくっついて雪片になって降る雪に多くみられる現象である。風が弱いと冠雪になり、強いと着雪になる。雪片になる雪は、結晶同士が絡まりやすい樹枝状結晶であることが多い。樹枝状結晶ができる気象条件は、雪ができる雲の中の温度が $-11\sim-16^{\circ}\text{C}$ 位の範囲で、湿度が高いことが知られている(中谷ダイヤグラム・小林ダイヤグラム)。これは大雪を降らす気象条件でもあるが、北海道の厳冬期では暖かい方である。雲の中の -15°C は、例えばそれより2000m低い地上では -5°C 以上の暖かい気温になる。急斜面に雪が大量に積もるのは冠雪が発達するのと同じように、雪結晶が絡みつきやすく安息角も大きいことが条件になる。そしてこの条件を満たしたのが各地で雪崩を発生させた樹枝状結晶を降らした暖かめの気象条件である。それより低い温度では角柱や角板結晶が降るが、積もった雪はさらさらしたスキーヤーに人気のパウダースノーになる。急斜面では2、3cmも積もると、写真4のようなスラフとよばれる無数の小さい雪崩が間断無く発生し、急斜面には大量の雪は積もらないものと考えられてきた。



写真-4 スラフ(点発生表層雪崩)
急斜面に降るさらさらした雪は内部崩壊し無数の小さいスラフとなって間断なく滑り落ちる。斜面には雪が積もらないので雪崩の安全弁となる。

⑤ 雪崩の異変 —最近の雪崩の特徴—

最近の雪崩は少しおかしいと感じ始めたのは、平成12年に支笏湖湖畔の短い数キロの間でほぼ同時に16箇所発生した新雪雪崩を見た時である。支笏湖を屏風のように囲む急なカルデラの自然斜面は冬も黒々とした原始林で覆われている。防災ドクターとして調査したが、それまで雪崩の記録はなかったし密度の高い木々の間から雪が雪崩となって流れ落ちてくるとは思っても見なかったところである。平成10年に236号天馬街道で発生したのも雪崩予防柵をすり抜けて流れ落ちた同じような雪崩であった。その時は、それまでは経験したことのない雪崩であったこともあり強い印象を受けたが、対策のほうに気が取られ極稀な例外として考えていた。この種の新雪雪崩は支笏湖以来、年に1-2回は全道の何処かで報告されるようになった。今年は未だ集計はされていないが少なくとも広く全道では20箇所以上で発生したと考えられる。このように大量の新雪が斜面に積もり、釧勝峠の例のように斜面によっては全層雪崩になったり表層雪崩になったりするのは、最近多く増えてきた雪崩である。正確には、面発生乾雪(表層&全層)雪崩ということになるが、全層であれ表層であれ、新雪が崩れる雪崩であることから新雪(道路)雪崩とよぶことにする。

新雪雪崩の気象や雪について述べたが、最近の新雪雪崩の特徴について簡単にまとめると；

1) 気象要因

短時間（12—24時間）に40～50cm以上の降雪があることで、地上の気温は-5～0℃の範囲で発生している。

2) 雪崩の種類

勾配1：1.5より緩い斜面は表層雪崩、雪の付かない勾配1：1.2以上の急な斜面では全層雪崩のケースが多い。

3) 雪粒子の流動化（液状化現象）

大量の乾いた雪が内部から崩れると斜面全体の雪が流体のようになり、樹木や雪崩予防柵のような構造物のわずかな隙間を縫って流れ落ちる。いわば雪粒子の液状化現象が発生する。幸い大きな事故にはなっていないが、従来の雪崩対策では想定していない学問的にも未解明の現象である。

4) 同時に複数カ所で発生する

支笏湖ではほぼ同時に16カ所で発生しているが、必ずと言って良いほど同一区間で複数カ所発生している。雪崩は1カ所で発生すれば他の斜面でも危険があるので、2次災害に遭わぬよう注意する必要がある。

6 斜面の雪の不安定さ

新雪雪崩は降雪中に発生することが多い。斜面に雪が積もれば積もるほど落ちようとする位置のエネルギーが大きくなるからである。斜面に雪が積もって不安定になっても雪崩にならないこともある。国道39号石北峠で、木から落ちてきた雪が斜面に落ちたとたん、斜面の雪の表面が波打つように拡がり写真5のような面発生表層雪崩になるのが見られた（栗山前上川道路維持所長）。不安定な斜面の雪は、地震や山彦の震動、スキーヤーや動物の行動などがキッカケになって発生するといわれている。支笏湖の雪崩では多くの鹿が斜面を横切るのをみだし、雪崩に巻き込まれて傷つき動けない鹿もいた。私自身も学生時代に無意根小屋へ向かって北壁をスキーで下る途中、自分で起こした雪崩で数十メートル流されたこともある。新雪の場合は降雪が止んでからは安定化に向かうので、斜面によっては機械で引っ掻くと雪崩が発生したり、クラックができてたりできなかったりする。最近では写真6のように雪崩が発生した現



写真5 面発生新雪表層雪崩（国道39号石北峠）
非常に不安定になっている斜面の雪は樹木から落ちた冠雪がきっかけになってなだれることもある。

場では、安全のために機械や人力で雪の残った斜面から雪を取り除くことが多い。機械が入れない場所では万一雪崩が発生しても安全なように、命綱をつけて人を斜面のうえから横一列にならんで歩いてもらうこともしている。雪崩を発生させて雪崩エネルギーを開放させたり、斜面の雪を掻き回すことによって安定化させることもできる。労力と時間はかかるが安全確保には有効な方法である。新雪道路



写真6 機械による斜面上の不安定な雪の除去作業
（一般国道243号美幌峠）

雪崩の研究は途が付いたばかりで、これからのテーマが多いが、通行止め時間を安全に短縮させるためには、斜面の雪の安定化法や安定度の評価法の開発もその一つである。気象から斜面の弱層など斜面の雪の質と量をシミュレーションする研究も行われているので、安定度が評価できれば雪崩の危険を精度良く予測することも可能になろう。

7 現場における雪崩対応 —雪尺—

これまで大過なく行われてきた防災ドクターであるが、現場で得られる情報は少なく経験と勘に頼るところが大きかった。基本的なところではドクターは共通項をもっているので安全に関しては心配ないが、安全度についてはドクターによっては120～150%まで開きがある。十分な斜面のデータ無しで安全を評価するので、どうしても安全側になり現場の作業量が多くなる。しかし、大量の新雪が積もることが雪崩発生主要因であることが分かってきたので、昨冬から雪の深さを測る雪尺を斜面に設置することをお願いしている。雪崩は斜面の新雪が40～50cmで発生していることから、降雪が予報されているときは20cmで警戒、30cmに達したら通行止め等の交通規制が必要であると考えている。このことから雪尺が有効であり防災ドクターにも遅ればせながら聴診器らしき道具を持たせたことになる。そのうち、斜面の積雪のデータを取りながら雪崩管理の経験を積んで、大抵のことは現場の技術者が独自に判断できるようになることを願っている。また斜面の雪の深さの時系列や気象データを基にすれば、現場と防災ドクターとの電話のやりとりだけでも危険の予測が可能になろう。雪崩発生後の安全確認も迅速に行えるようになって考えている。雪の深さは融雪期の全層雪崩が道路に達する危険があるかどうかの判断材料にもなる。例えば、除雪余裕幅など道路構造にもよるが、斜面に150cmの積雪があれば道路に達する可能性があり、逆に50cm以下になると雪崩の危険はなくなる。防災ドクターは雪尺の設置を進めているが、日高道路総合事業所の栗山所長は、15cm刻みに色分けされているスノーポールを物差しにして冠雪量から雪崩の恐れのある降

雪量を推定できるとしている。まさに経験から得られる現場の知恵といえよう。

8 全道雪崩調査および講習会

昨冬は全道的に雪崩の発生が多かったことから、道路管理技術センターでは開発局の支援を得て、防災ドクターに加えて大学、研究所やコンサルタントの雪氷専門技術者を組織し、全道の雪崩危険個所の調査（写真7）と開発土木研究所との共催による8回の講演会を行った。従来は防災ドクターが出動した事務所や建設部単位で報告を兼ねた検討会をおこなってきたが、今回は、道路維持事業を担当している企業の技術者も含めて、気象、現場の対応事例や雪崩の基礎知識等を講習した。雪崩調査には延べ128名、講習会には308名の参加者があった。防災ドクター側は全道の雪崩の実態をより多く知ることができ、今後の活動の参考になる点が多かった。例えば私の場合は、国道227号中山峠で全層雪崩対策として設けられた小段（ステップ）から発生した雪崩である。聞いたときはこれまでの常識では考えられなかったので、驚いて息を吞んでしまった。後で、80mmの雨が降ったと聞いて納得したが、学術的にも報告がない事例であり詳しく調査したいと思った。異常気象と多発した雪崩で関心が高く、講演内容も現場の事例などタイムリーな内容を講演に取り上げている等と好評であった。講習会の継続を求める意見が講師側、受講者側からもあった。

全道雪崩調査および講習会の内容は道路管理技術センターによって報告書としてまとめられている。



写真-7 雪崩現地調査では危険度の評価や対策について検討した
（一般国道276号）

9 あとがき

平成16年に入ってから異常気象は各地に記録的な大雪をもたらした。道路も吹雪と雪崩で通行止めになったところも多い。雪氷系の道路防災ドクターの緊急出動も例年になく多かった。本文は道路防災ドクターの行動を通して、最近の北海道の雪崩の特徴や、雪崩災害発生の事態を重く見た北海道開発局が支援し道路管理技術センターが企画した全道雪崩調査と講習会（開発土木研究所共催）等について述べた。

雪が流体のように流れる新雪道路雪崩が最初に

記録されたのは、平成10年の天馬街道である。まだ詳しい発生機構や流れのようすなど不明なところが多い。雪崩の研究者でもそうであるが、雪崩に実際に遭遇し発生直後に現地で調査できる機会は非常に少ない。その中で防災ドクターは現場調査の機会に恵まれている。防災ドクターと道路管理技術委員会雪崩調査班は、一般の雪氷技術者にもよびかけて、それぞれの知識・経験を共有できるように研究会を開き互いの資質の向上をはかってきた。だれが現場で技術指導するにしても、最低限の共通項をできるだけ高いレベルにしたいと考えている。それにしても、重要なのは雪崩の記録である。現場技術者は雪崩調査シートに記入し開発局維持課と道路管理技術センターに送って頂きたい。記録を知識・経験とするために事例集を作成し地域・路線の雪崩の特徴を統計的に明らかにしたいと考えている。

最後に、調査、講習会の企画、運営を司った道路管理技術センターの各位、講師として参加していただいた道路防災ドクター、雪氷技術者などに感謝の意を表するものである。