

雪崩の被害を未然に防ぐための道路管理



NPO法人
雪氷ネットワーク

竹内 政夫

1 まえがき

道路の雪崩は、自然斜面で発生し沢や谷を走路として道路に達する規模の大きなものから切土法面から滑る小規模なものなど、多種多様にある。道路では全層雪崩や表層雪崩の可能性を、積雪深のほかに斜面勾配や方位など斜面状況、植生の疎密度などによって評価している。加えて対策工や過去の履歴から総合的に評価する道路防災点検という仕組みがある。総合評価によって必要な箇所は対策され、監視等で管理されている箇所もある。人身を伴う雪崩災害が無かったのは、雪崩の危険を事前に予測・判断し通行止めによって雪崩災害を回避できたことも大きい。この稿では、経済活動や地域社会への影響の大きい雪崩による交通機能の被害を最小限にし、車や人が巻き込まれないようにするために行われている道路事務所の雪崩管理について述べる。

2 道路管理技術委員会と道路防災ドクター

雪崩の被害を最小限にするために、危険を予測し事前に通行止めを行い、安全を確認後は速やかに規制を解除するのが雪崩管理である。危険の予測は現場を熟知した工手技術者の経験や勘によることが大きかったと思われる。しかし、貴重な経験が知識として蓄積されるほどに雪崩に遭遇することは十分ではなかったのではないだろうか。最初の頃は対策施設による雪崩を防ぐことに重点があり、雪崩管理については関心が高いとはいえなかったように思われる。

また、経験や勘は必ずしもどこの現場でも通用する普遍性と次世代に継承できるものでもない。そのため新設道路には頼りになる経験者はいないことになる。平成10年1月の雪崩は国道236号天馬街道の

新しい道路で、雪崩柵をすり抜けたことも初めて経験するものであった。その時筆者も雪氷専門家として現場を調査したが、知っているつもりでも自然には何が起こるか分からないことを実感した。雪崩柵は所詮、全層雪崩対策のものであった。また平成11年には国道40号音威子府や241号阿寒横断道路で、自然斜面の沢から道路を埋め尽す道路としては大きな雪崩が続いて発生した。雪崩災害対策の重要性から北海道道路管理技術委員会では雪崩調査グループを設置し、同グループは雪崩災害の事例を集めることから活動を始めた。事例を整理・分析するためには、記録内容を統一することや現場で迅速に記録できるものを必要とした。必要最小限の調査項目の表に記入する方式の雪崩調査シートを道路管理者用と調査技術者用の2種類作成した。雪崩の記録は毎年蓄積されている。

平成13年に制度化された開発局の道路防災ドクターは、雪崩と吹雪を担当とする14名の雪氷系ドクターがいる。雪崩災害の発生時には二人一組のペアで緊急出動という形で現場に出掛けている。積雪調査を行い雪崩の危険の有無を判断し、通行止めの解除の時期や方法について求めに応じてアドバイスをしている。防災ドクターの調査や経験も委員会のメンバーでもある防災ドクターを通じて雪崩調査グループの研究資料として生かされている。研究成果の一つが気象情報を利用した雪崩管理手法で、防災ドクターによる現場での対応や経験が基になっている。

3 雪崩管理で対象となる雪崩の種類

雪崩対策も雪崩管理も雪崩の種類によって異なる。雪崩は発生の形（点発生、面発生）、滑り面の

位置（雪の内部にあるのは表層雪崩、地面は全層雪崩）、雪質（水分の有無で乾雪と湿雪）の3要素の組み合わせで8種類あり、そのうち道路に被害を与えたのは5種類である。1995年12月以来2008年までに道路に雪崩災害をもたらした道路雪崩の42件を、発生形、雪質、滑り面の位置によって分類したのが表-1である。発生形では殆どが面発生であるのは規模が大きく道路に達することが多いからで、点発生雪崩が少ないのは、ごく小規模なため道路に達することも障害になることも少ないからである。雪質については厳冬期の乾雪が多いのは、表層雪崩の大多数は乾雪で占められていることもある。次に5種類の道路雪崩について特徴を述べる。

表-1 道路雪崩の種類と発生件数（北海道）
(1995～2008年 42事例)

分類の基準		発生件数(%)	特徴
発生形	面発生	41 (97.6)	規模が大きい 小さい
	点発生	1 (2.5)	
雪質 (不明)	乾雪	35 (83.3)	厳冬期、低温時に多い 融雪期、高温・降雨時
	湿雪	6 (14.3)	
すべり 面位置	表層	31 (73.8)	乾雪が多い 笹地斜面、融雪期に多い
	全層	11 (26.2)	

道路雪崩：面発生乾雪表層雪崩（27、64.3%）
面発生乾雪全層雪崩（7、16.7%）
面発生湿雪全層雪崩（5、11.9%）
その他（3、7.1%）

1) 面発生乾雪表層

この雪崩は発生頻度が最も高く規模も大きい。発生条件によって分けると、以下の三つのタイプがある。

① 大量の降雪

急斜面に短時間（24時間以内）に大量の新しく積もった雪（新積雪）が崩れ落ちるもので、新雪雪崩ともいわれる。また、雪崩柵をすり抜けることもあり、その場合はすり抜け雪崩ともよばれている。**写真1** 平成10年天馬街道で初めて雪崩が雪崩柵



写真1 柵をすり抜けた新雪（面発生乾雪表層）雪崩の破断面

をすり抜けたことが報告され、以来注目されるようになった。最近では毎年のように発生している。また樹林の間を抜けて流れることもあり、支笏湖畔では平成17年1月に自然樹林の間を抜けた多数の雪崩が発生し4km区間で道路31カ所を埋めたことがある。同時に複数箇所雪崩が発生するのがこの雪崩の特徴でもある。より短い時間により大量に積もるほど雪は不安定になり、急斜面ではどこで雪崩が発生しても不思議はない。自然のままでは新積雪が50cm以上で発生する例が多いが、雪が不安定になるため動物の行動が引き金になることもある。エゾシカの行動が活発であった平成17年の支笏湖畔では30～40cmで発生したと推定されている。この種の雪崩は発生件数も多く、どこで発生するか特定できないこともあり、雪崩管理の最も重要な対象となっている雪崩である。

② 吹きだまり

吹雪時には稜線や切土上部にある雪庇の風下（風陰）に大きな吹きだまりができる。無風に近い風陰に細かい飛雪が静かに積もってできる吹きだまりで、密度が小さく脆いため雪崩になりやすい。

道路雪崩の少ない年であった2008年の全2件中2件の雪崩（238号稚内と453号支笏湖畔）はいずれも吹きだまりの崩落と推定される雪崩であった。吹雪の後の238号稚内では雪崩柵をすり抜け、長沼を中心に吹雪災害をもたらした2月の453号支笏湖畔の雪崩は稜線下で発生し沢を流れて道路に達した。道路からの視界に入らない離れた所で発生するためパトロール等では管理しにくい雪崩である。これまでは少なく、雪崩管理の対象として強く意識されていなかったが増加する傾向もあり注意を要する。

③ 弱層

積雪内部にできるシモザラメ雪など脆く壊れやすい弱層を滑り面として発生する雪崩がある。強い放



写真2 弱層が原因になった面発生乾雪表層雪崩のデブリと破断面

射冷却によって積雪表面や内部にできる霜結晶、大きなきれいな結晶の降雪や大粒のあられが弱層になることが知られている。冬山登山者やスキーヤーが遭遇する雪崩には弱層起因の雪崩が多いため、弱層の有無をテストし雪崩に遭わないようにしている。しかし、防災ドクターが行う雪崩現場での弱層テストで弱層が検出された雪崩は意外に少ない。唯一弱層が検出されているのは平成16年1月の243号美幌峠の雪崩である（写真2）。弱層起因の道路雪崩が少ないのは美幌峠のように放射冷却を受けやすい全天に開けた道路が少ないからであろうか。発生件数が少なく一般には雪崩管理の対象になっていない。

2) 面発生乾雪全層雪崩

この雪崩は地表が滑り面になって雪層全体が雪崩になるもので、新雪雪崩と笹地雪崩の二つのタイプがある。一つは面発生乾雪表層雪崩と同じように大量の新雪が、ただ違うのは、雪のない裸の斜面に積もって発生する雪崩である。斜面に雪が有るか無しかで表層、全層と区別されるが新雪が崩れて雪崩になる点では気象条件も現象も同じである。表層雪崩に隣接して発生し勾配がより大きい斜面に全層雪崩が見られることがあることから分かる。北海道のサラサラした雪は急勾配では1～2cmも積もると小さい点発生表層雪崩（スラブ）が無数に発生して積もらないのが普通であった。そのためこれまで見られなかった雪崩であり、急斜面に大量の雪が積もるようになったのは最近の気象変動によるものと考えられる研究者もいる。面発生乾雪表層雪崩とともに雪崩管理の対象となっている。

もう一つは厳冬期に道東や道北の笹地斜面で発生する雪崩である（写真3）。



写真3 笹地に発生した面発生乾雪全層雪崩

雪が少しずつ積もると笹は立った状態で積雪の中に取り込まれるが、初冬に大量に雪が積もると笹は斜面に倒伏する。倒伏した笹の上は雪が滑りやすく弾力性がある笹が滑り面になって雪崩が発生する。この雪崩の小規模のものを切土法面で見かけるが、斜面途中で止まるなど大きな事故の報告はない。気象で予測できるほど観測事例は多くなく雪崩管理の対象というより、雪崩柵等によるグライド防止で対応すべき雪崩であろう。留萌開発建設部でテストしたように、降雪前に笹を束ねて倒伏させないで全層雪崩を防止する方法はこの雪崩にも有効である。

3) 面発生湿雪全層雪崩

融雪期の降雨や温度上昇時に、地面と積雪の間に入った水が潤滑液となって積雪が地面を滑って全層雪崩となる。急勾配の切土法面では小段や雪崩柵による対策のため発生頻度は小さくなってきた。写真4のような小規模であるが切土や雪崩柵の下から発生する雪崩、このシリーズの最初の22号で写真を載せた、勾配は小さくても記録的な積雪と降雨によって斜面の積雪全体が滑った、平成17年3月の国道233号留萌の例もある。



写真4 切土法面で発生した面発生湿雪全層雪崩

自然にはごく普通に見られる雪崩で、多くは斜面の途中で止まるが、沢伝いに流れ下って道路に達することがある。水を含んだ重い雪のため事故の危険が大きい。融雪期の雪崩としては最も発生頻度が高く雪崩管理の対象となっている。自然斜面から発生するこの種の雪崩が間一髪の差で道路際に止まっているデブリをよく見かける。発生の危険は降雨や昇温で予測できるが、発生区が見えず、道路に達するかどうかの判断は容易ではない。この雪崩が道路に達する箇所は覆道で対応することが望まれる。

4) 面発生湿雪表層雪崩

この雪崩は平成18年2月に国道236号天馬街道で降雨をたっぷり吸って流動化した雪が、固い底面の雪の上を滑り面として流れ下ったという報告が唯一の記録である。今後増えるかどうかは定かでないが、これまでは雪崩管理の対象ではなかった。強い雨を警戒することで被害を防ぐことはできると考えられるので、融雪期の全層雪崩と同じ管理の仕方でもカバーすることになる。

5) 点発生湿雪表層雪崩

この種の雪崩の記録も1例あるだけで、急激な昇温で水分をたっぷり含んだシャーベット状の雪が氷板上の雪の上を流れたものである。スラッシュ雪崩ともいわれ、北海道では極めて珍しく、幾つもの小さい点発生湿雪表層雪崩が次々と発生し雪崩柵をすり抜けて流れた。一つひとつは小さい雪崩で少しずつ道路に流れ出るので道路を塞ぐまでには時間がかかる。頻度が小さく現場で処理できるので雪崩管理としてはいまのところ重要ではないが、温暖化が進むことで増える可能性もあるので注意したい雪崩の一つである。

4 雪崩管理

道路雪崩で最も多いのは60%を超える面発生乾雪表層雪崩で次に17%弱の面発生乾雪全層雪崩である。融雪期に多い面発生湿雪全層雪崩の12%弱を加えると93%強を占めている。弱層や吹きだまり起因のものを除いた新雪雪崩は約70%である。危険を予測し事前に通行止めを行い、安全を確認後は速やかに規制を解除するのが雪崩管理である。雪崩管理の必要性が高まったのは、平成13年に発生した453号支笏湖畔や241号阿寒横断道路など全道で新雪雪崩が相次いで発生した頃からである。目安になる新積雪深や時間が数値で表されるようになったのは、大雪で雪崩の多かった平成16年以降のことである。幾つかの道路事務所で道路雪崩管理システムとしてフローチャートに沿って管理されている雪崩は、合わせて80%強の厳冬期の新雪雪崩（面発生乾雪表層&全層）と融雪期の面発生湿雪全層雪崩の二つである。

1) 新雪雪崩（面発生乾雪表層雪崩&面発生乾雪全層雪崩）

雪崩管理では防災ドクターとの緊急出動も最も多い最も重要な雪崩である。雪崩管理はテレメータ気象情報（雪尺による斜面積雪の読み取りを含む）と道路巡回を組み合わせたフローチャート（図1）によって判断決定するようになっている。道路防災ドクターが雪崩現場で最もよく聞かれる、①雪崩の危険はあるか、②何時通行止めは解除できるか、の二つの間に対する判断材料を示した一つの回答ともいえる。

① 通行止めの目安－不安定になる積雪の条件－量と時間

斜面の雪は積もる量や速度が大きいほど不安定になる。その一方雪は積もった瞬間から時間とともにゆっくりと安定していく。降雪強度が大きく、不安定化の速度が安定化するより大きくなり限界を超えると新雪雪崩が発生する。この限界値が通行止めの数値的な目安となる。平成13年の支笏湖畔に続いて、大雪の平成16年には274号釧勝峠、239号幌加内、

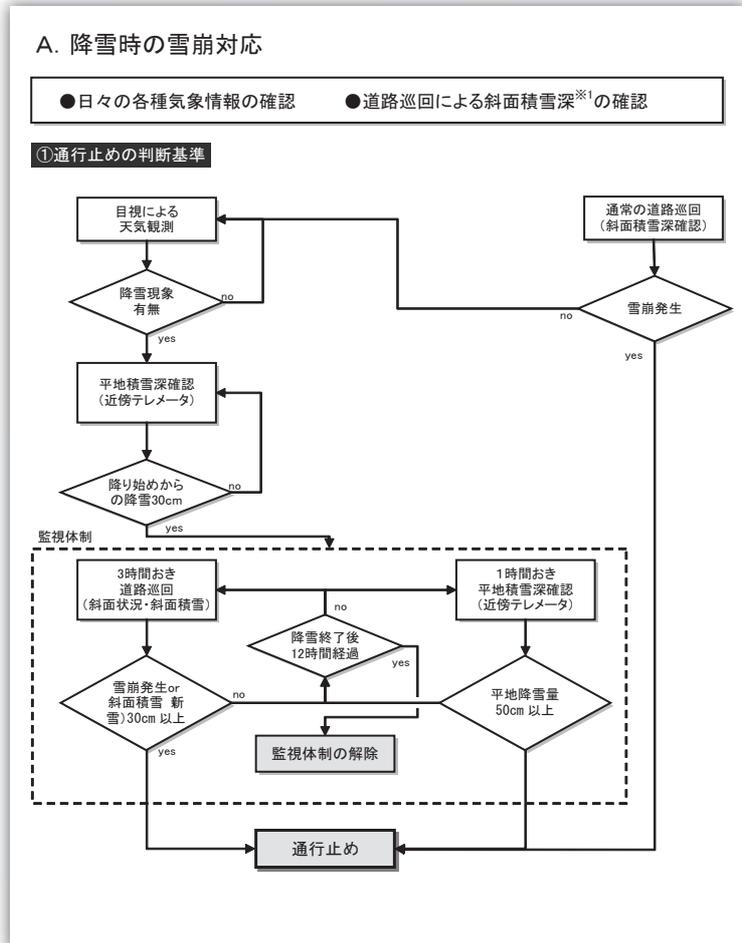


図1 降雪時の雪崩対応フローチャート

452号芦別、同17年には支笏湖畔、39号石北、273号三国峠、274号日勝峠、229号積丹町美国と群来など合わせて10以上の新雪雪崩が発生した。それらの中の幾つかでは道路気象テレメータの記録が得られ、24時間以内に降った新雪（平地積雪）が40～50cmで雪崩が発生していることが分かった。管理区間にもよるが雪崩管理のフローチャートでは40cmと雪尺による斜面積雪30cmを通行止め決定の目安の値にしている。

② 通行止め解除の目安

教科書的に言うところと降雪が止むとともに不安定化の要因が無くなるので雪は安定する。また、雪崩の発生後は不安定な雪はすべて崩落したと考えられるので、その斜面は安定である。防災ドクターとして筆者の場合は初めの頃、何時になったら開通できるかという問いに自信をもって即答するのはできなかったように思う。安全を最優先するために時間はどうしても24時間や12時間などと長くとらざるを得なかった。雪崩発生後降雪が止めば1～2時間で安全になるといえるようになったのは、雪崩発生後の不安定と思われる斜面の雪をバックホーで叩いても雪に割れ目もできず、できたとしても崩れ落ちないのを確認できたことや、雪が止んだ後に雪崩は発生していないことの経験がデータとして蓄積されてからである。また、特異なケースであるが、平成17年の支笏湖畔の雪崩の時には斜面のエゾシカの群れを見て、不安定な雪は全て取り除かれたのでもう雪崩は発生しないと即座に判断できた例もある。図1のフローチャートには12時間経過後としているが、その後のデータ蓄積によって短縮され39号石北峠では6時間で、除雪等の維持作業を行い、解除するようになっている。

2) 面発生湿雪全層雪崩

クラックなどの前兆現象の有無やクラックの広がる速さも雪崩発生の判断材料になるが、基本的には融雪期の気象庁の雪崩注意報である、積雪深50cm以上あって日平均気温+5℃以上と1週間以内に5mm/日以上の降雨量を数的目安にしている(図2)。一般的な雪崩発生の危険は表わしているが、当該道路に達する雪崩までは判断できない。このため通行止めは、雪崩が発生し

た場合を除くと防災ドクターと相談するようなフローになっている。解除についても同様である。数値的にはより厳しいが、高温や降雨が原因になる雪崩には面発生湿雪表層雪崩や点発生湿雪表層雪崩もある。

5 あとがき

今のところ雪崩管理がシステムとしてフローに従って管理できるのは新雪雪崩と融雪期の全層雪崩である。

自然に発生する雪崩を観測し満足できるデータを得ることは非常に難しい。毎年発生するとは限らない1箇所の雪崩を研究するのも何年もかかる。そのためあって日本では本格的な雪崩の観測研究はここ数年行われなくなっている。その意味では、平成10年から始まった道路管理技術委員会は道路雪崩の研究に、そして同13年からの道路防災ドクター制度は道路雪崩研究に現場の生のデータをもたらすことで、雪崩管理に大きな進歩をもたらした。

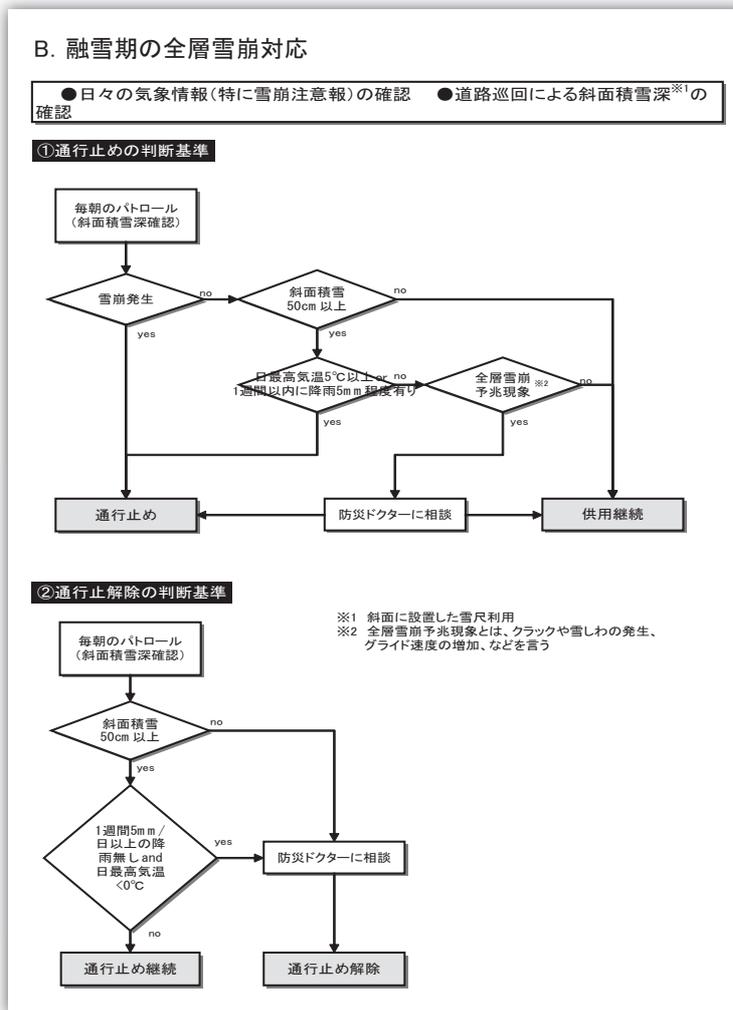


図2 融雪期の全層雪崩対応フローチャート