

土木研究所資料

豪雪時における雪崩斜面の 点検と応急対策事例

平成22年3月

独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所 土砂管理研究グループ 雪崩・地すべり研究センター
寒地土木研究所 寒地道路研究グループ 雪氷チーム

Copyright © (2010) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

豪雪時における雪崩斜面の点検と応急対策事例

土砂管理研究グループ	雪崩・地すべり研究センター	上席研究員	石井靖雄
〃	〃	前上席研究員	花岡正明 ¹⁾
〃	〃	研究員	伊藤陽一
〃	〃	交流研究員	富樫香流
〃	〃	前交流研究員	中野剛士 ²⁾
寒地道路研究グループ	雪氷チーム	上席研究員	松澤勝
〃	〃	総括主任研究員	中村浩
〃	〃	研究員	松下拓樹
〃	〃	研究員	坂瀬修

要 旨：

平成18年豪雪では記録的な降雪に見舞われ、集落、スキー場や道路を襲う雪崩災害が各地で多発したほか、長期にわたる住民避難や道路の寸断による集落の孤立も発生し、社会的に問題となった。しかし、20年近く少雪傾向が続く中、雪崩に対する危険箇所点検および応急対策は必ずしも体系的に実施されているとはいえない。

そこで本資料は、集落や道路で行われている雪崩危険箇所の点検や応急対策の事例の収集を行い、その実態を把握し、体系づけた整理を行い雪崩現象の基礎的な知識と積雪期における雪崩発生の際の兆候や斜面積雪状況を観察するための着眼点、雪崩危険箇所を点検・管理する方法、雪崩発生の際の危険性が高くなった時の応急対策についてとりまとめた。

1) 現 (株) 高速道路総合技術研究所

2) 現 (株) 上智

キーワード：雪崩 点検 応急対策

はじめに

平成 18 年豪雪では記録的な降雪に見舞われ、集落、スキー場や道路を襲う雪崩災害が各地で多発したほか、長期にわたる住民避難や道路の寸断による集落の孤立も発生し、社会的に問題となった。また、集落を襲った雪崩災害により 20 年ぶりに尊い人命が失われ、あらためて雪崩対策の重要性が認識された。

一方、近年、既存工法で対応できない雪崩現象も発生しているほか、ハード対策を補うソフト対策の充実が求められている。しかし、20 年近く少雪傾向が続く中、雪崩に対する危険箇所点検および応急対策は必ずしも体系的に実施されているとは言えない。そのため、広範囲で豪雪にみまわれた場合に適切な対応を迅速にとれるよう、あらかじめ備えておく必要がある。

こうした状況を踏まえ、独立行政法人土木研究所 つくば中央研究所 雪崩・地すべり研究センターと寒地土木研究所 雪氷チームでは、各地で行われている雪崩危険箇所の点検や応急対策の事例の収集を行い、その実態を把握し、体系づけた整理を行い「豪雪時における雪崩斜面の点検と応急対策事例」を作成した。

本資料は、雪崩現象の基礎的な知識と積雪期における雪崩発生の兆候や斜面積雪状況を観察するための着眼点、雪崩危険箇所を点検・管理する方法、雪崩発生の危険性が高くなった時の応急対策についてとりまとめたものである。本資料が、多くの技術者の間で活用され、雪崩対策に役立てられることを期待する次第である。

最後に本資料を作成するにあたり、ご協力を頂いた関係者の皆様方に対し、感謝の意を表する。

平成 22 年 3 月

独立行政法人土木研究所

つくば中央研究所 土砂管理研究グループ 雪崩・地すべり研究センター

寒地土木研究所 寒地道路研究グループ 雪氷チーム

目 次

はじめに

1. 目的と構成

1.1 目的	1-1
1.2 構成	1-1

2. 雪崩現象の基礎知識

2.1 目的	2-1
2.2 雪崩現象の基礎知識	2-1
2.2.1 雪崩の定義と種類	2-1
2.2.2 雪崩の発生機構	2-5

3. 集落における豪雪時の雪崩危険箇所の点検

3.1 目的と構成	3-1
3.1.1 目的	3-1
3.1.2 構成	3-1
3.1.3 適用	3-1
3.1.4 事例収集の方法及び事例収集先	3-2
3.2 雪崩点検の方法	3-3
3.2.1 雪崩点検の構成	3-3
3.2.2 無雪期点検	3-3
3.2.3 積雪期点検	3-4
3.3 雪崩点検の内容、着眼点	3-8
3.3.1 無雪期点検の内容、着眼点	3-8
3.3.2 積雪期点検の内容、着眼点	3-13
3.3.3 雪崩点検結果のとりまとめ	3-28
3.4 雪崩危険箇所点検の出動基準、携行資器材	3-32
3.4.1 雪崩危険箇所点検の出動基準	3-32
3.4.2 点検時の留意事項	3-33
3.4.3 携行資器材	3-34

4. 道路における雪崩の特徴と着眼点

4.1 目的と構成.....	4-1
4.1.1 目的	4-1
4.1.2 構成	4-1
4.2 道路雪崩の特徴.....	4-1
4.2.1 わが国の雪崩災害の特徴	4-1
4.2.2 北海道の国道でみられる道路雪崩の特徴.....	4-2
4.3 雪崩現象把握のための着眼点	4-3
4.3.1 気象状況の把握	4-3
4.3.2 雪崩現象の観察のための着眼点.....	4-5
4.3.3 調査時の携帯機材	4-18

5. 応急対策事例

5.1 目的と事例収集先	5-1
5.1.1 目的	5-1
5.1.2 事例収集先.....	5-1
5.1.3 事例収集結果	5-1
5.1.4 収集事例の特徴	5-3
5.2 応急対策事例の分類	5-4
5.2.1 応急対策事例の分類	5-4
5.2.2 応急対策事例	5-5
5.2.3 応急対策の選定方法	5-26
5.2.4 応急対策時の留意事項.....	5-29
5.3 応急対策の事例.....	5-30
5.3.1 ニセコパノラマライン（道道岩内洞爺線）の事例.....	5-30
5.3.2 新潟県南魚沼郡湯沢町土樽の事例	5-32
5.3.3 福井県大野市長野の事例	5-33
5.3.4 新潟県糸魚川市大所の事例.....	5-35

1. 目的と構成

1.1 目的

本資料は、雪崩現象の基礎的な知識と積雪期における雪崩発生兆候や斜面積雪状況を観察するための着眼点、雪崩危険箇所を点検・管理する方法、雪崩発生危険性が高くなった時の応急対策についてとりまとめ、豪雪時の効果的な雪崩斜面点検と雪崩災害の発生予防に寄与することを目的とする。

1.2 構成

本資料は、以下のとおりの構成とした。

1. 目的と構成
2. 雪崩現象の基礎知識
3. 集落における豪雪時の雪崩危険箇所の点検
4. 道路における雪崩の特徴と着眼点
5. 応急対策事例

2. 雪崩現象の基礎知識

2. 雪崩現象の基礎知識

2.1 目的

本章は、雪崩対策に携わる技術者を対象として、雪崩現象の基礎的な知識について現象ごとに写真や図によりわかりやすく表現し、雪崩現象に対する基礎的な知識の向上を図ることを目的としたものである。

2.2 雪崩現象の基礎知識

2.2.1 雪崩の定義と種類

雪崩とは、「いったん斜面上に積もった雪が、重力の作用により、肉眼で識別し得るほどの速さで崩れ落ちる自然現象」である^{1), 2)}。

雪崩の発生した形跡は、その形態より、一般に発生区、走路、堆積区の3つに区分される(図2-1)³⁾。発生区は積雪が破壊し動き始める区域、堆積区は崩れ落ちた雪の運動が停止し運ばれた雪が堆積する区域である⁴⁾。走路は、発生区と堆積区の間であり雪の堆積がほとんど起こらない区域である。

日本雪氷学会⁵⁾では、雪崩発生時の状況に基づき、表2-1に示す3つの分類要素(雪崩発生の形、雪崩層の乾湿、すべり面の位置)の組み合わせによって、雪崩を表2-2に示す8種類に定めている。なお、確認できない要素のある場合には、その要素を省略した名称、例えば乾雪表層雪崩、面発生表層雪崩、表層雪崩、全層雪崩などと呼ばれる⁴⁾。この分類の他に、大量の水を含む雪が流動するスラッシュ雪崩や、鉄道や道路などで角度を一定にして切り取った人工斜面の雪崩(法面雪崩)がある⁵⁾。



図 2-1 典型的な雪崩跡地の区分³⁾

表 2-1 雪崩の分類要素と区分名⁵⁾

雪崩分類の要素	区分名	定義
雪崩発生形	点発生	一点からくさび状に動き出す。一般に小規模。
	面発生	かなり広い面積にわたりいっせいに動き出す。一般に大規模。
雪崩層（始動積雪）の乾湿	乾雪	発生域の雪崩層（始動積雪）が水気を含まない。
	湿雪	発生域の雪崩層（始動積雪）が水気を含む。
雪崩層（始動積雪）のすべり面の位置（図 2-2）	表層	すべり面が積雪内部。
	全層	すべり面が地面。

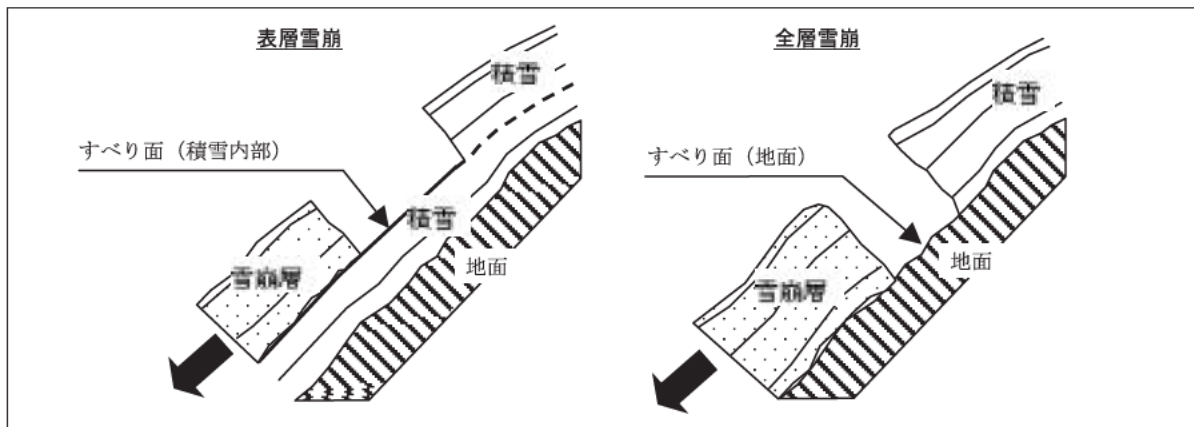


図 2-2 表層雪崩と全層雪崩の概要⁶⁾

表 2-2 雪崩の分類名称⁵⁾

雪崩発生の形	雪崩層（始動積雪）の乾湿	雪崩層（始動積雪）のすべり面の位置	雪崩の種類
点発生	乾 雪	表層（積雪内部）	① 点発生乾雪表層雪崩 （写真 2-1）
		全層（地 面）	② 点発生乾雪全層雪崩
	湿 雪	表層（積雪内部）	③ 点発生湿雪表層雪崩
		全層（地 面）	④ 点発生湿雪全層雪崩
面発生	乾 雪	表層（積雪内部）	⑤ 面発生乾雪表層雪崩 （写真 2-2）
		全層（地 面）	⑥ 面発生乾雪全層雪崩
	湿 雪	表層（積雪内部）	⑦ 面発生湿雪表層雪崩
		全層（地 面）	⑧ 面発生湿雪全層雪崩 （写真 2-3）

《その他の主な雪崩現象⁵⁾》

- ・スラッシュ雪崩：大量の水を含んだ雪が流動する雪崩。同様の現象で大量の水を含んだ雪が主に溪流内を流下するものは雪泥流という。
- ・ブロック雪崩：雪庇・雪渓等の雪塊の崩落
- ・法面雪崩：鉄道や道路などで角度を一定にして切り取った人工斜面の雪崩



写真 2-1 点発生乾雪表層雪崩の例⁷⁾



写真 2-2 面発生乾雪表層雪崩の例⁸⁾



写真 2-3 面発生湿雪全層雪崩の例⁹⁾

2.2.2 雪崩の発生機構

2.2.2.1 雪崩の発生機構

斜面に積もった雪には、重力の作用により斜面下側方向に落下しようとする力が常に働いている。この力が雪の強度や積雪底面で雪を支える力を上回るときに雪崩が発生する（図 2-3）^{2),4)}。重力の作用による力を駆動力、斜面に積もった雪を支える力を支持力とする。駆動力は雪の重量と斜面勾配の正弦に比例する。支持力の主なものは、表層雪崩の場合、積雪を構成する雪粒同士の凝集力や強度、全層雪崩の場合は積雪底面と地面との摩擦抵抗や灌木の引抜抵抗などである^{4),6)}。

駆動力と支持力のバランスが崩れて雪崩が発生する場合には、図 2-3 に示す 2 つのケースがある^{4),6)}。

ケース① 駆動力が増加して、支持力を上回る場合

ケース② 支持力が低下して、駆動力を下回る場合

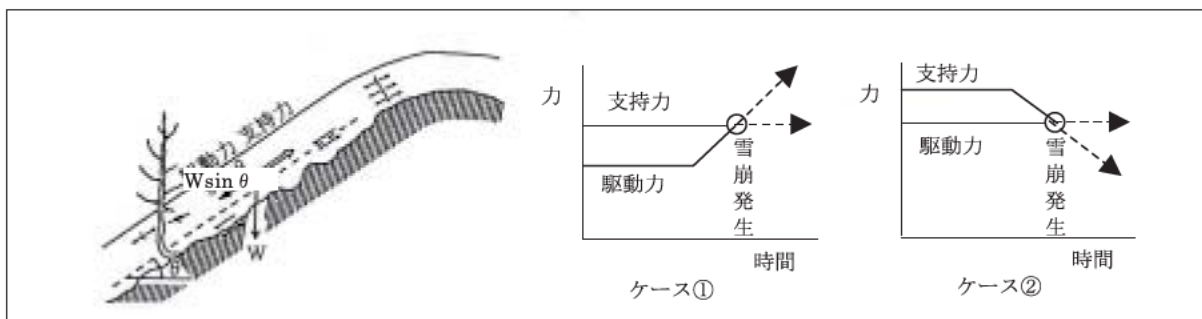


図 2-3 雪崩発生の典型的な過程¹⁰⁾

①の典型的なケースとして、以下が考えられる^{2), 4), 6), 11),12)}。

積雪内部に強度が小さい層や積雪面に結合の弱い面が形成される場合

積雪内部に相対的に強度の弱い層（弱層、表 2-3）や、積雪表面に降雪粒子との結合が弱い面（表 2-4）が形成された後、降雪による上載積雪の増加、自然の外力（吹きだまりの形成や雪底崩落等）などにより駆動力が加えられて雪崩が発生する。

短時間に多量の降雪がある場合

新雪の強度は緩やかに大きくなる。そのため、短期間に多量の降雪がある場合、積雪強度による十分な支持力がないまま上載積雪による駆動力が増大して雪崩が発生する。

また、②の典型的なケースとして、以下が考えられる^{2), 4), 6), 11),12)}。

積雪内に融雪水や雨水が浸透する場合

気温の上昇による融雪水や雨水の浸透によって、積雪の強度が小さくなる場合あるいは積雪底面の抵抗力が小さくなる場合に、支持力が低下して雪崩が発生する。

表 2-3 弱層の種類と特徴 ^{1), 2), 4), 6), 11), 12)}






種類	結晶の形状	形成過程
降雪結晶	 雲粒のない平板状結晶	雲粒のない（落下途中で雲粒と衝突して付着することのない）大きな平板状の結晶が無風状態で積もる場合、斜面に平行に結晶が積み重なるため接触点が少なく、比較的長時間その形が保持される。平行に積み重なった平板状の結晶は剪断変形に弱く、容易に破壊する。
あられ		粒径のそろった大粒のあられが単独で積もる場合、積雪内の空隙が多く接触点が少ない。またこの場合、あられ自身はほとんど変形しないため、焼結や圧密の進行が遅い。このため、あられ層は弱層として長時間維持される。
しもざらめ雪	 中粒	積雪内で大きな温度勾配がある場合、高温側の雪粒から水蒸気が昇華蒸発し、低温側の雪粒に凝結する。このため、雪粒はしだいに角張った霜の結晶に置き換わり、六角形の板状や柱状、コップ状のしもざらめ雪ができる。この雪は、地表近くで長時間かかってできる場合と、雪面近くで短時間に成長する場合がある。また小さな温度勾配の作用でできた平らな面をもった雪粒は、こしもざらめ雪と呼ばれる。こしもざらめ雪は、クラスト（表 2-4）付近でも形成されることがある。
表面霜		放射冷却の強まりにより雪面の温度が急速に低下すると、空気中の水蒸気が雪面に凝結して霜の結晶ができる。これを表面霜という。
ぬれざらめ雪		積雪の融解や雨水の浸透によって、積雪が長時間水を含んでいると小さな雪粒が合体し、丸みを帯びた大きな雪粒に変化する。さらに高温や強い日射で雪粒同士の結合部分が選択的に急激に融解すると、雪面に弱いざらめ雪が形成される。降雪によりこれが濡れた状態のまま埋没すると弱層になる。

表 2-4 降雪粒子との結合が弱い雪面の種類と特徴 ^{6), 12)}

種類	特徴	形成過程
レイン・クラスト	滑らかな氷面	降雨によって積雪表面が濡れ、その後の気温低下や放射冷却の強まりによって冷やされて積雪表面に氷膜が形成される。すべての斜面で均一に形成される。
ウインド・クラスト	堅い雪面	常時強い風にさらされている雪面には新雪が堆積せず、氷のように滑らかで堅い雪面が露呈する。常時強い風にさらされている箇所では形成される。
サン・クラスト	光沢がある 滑らかな氷面	晴天のもとで形成される。雪面が放射冷却で冷やされ、強い日射により雪面近傍で内部融解が起きると光沢がある氷板が雪面に形成される ¹³⁾ 。

※ クラストの表面が濡れている場合や凹凸がある場合は、その後の降雪結晶との結合が強まるので弱層とはならない¹²⁾。

2.2.2.2 雪崩の発生形態とその特徴

一般的に雪崩の到達距離は、雪崩堆積区の末端から発生区を見通した仰角（図 2-4）が、表層雪崩では 18° 以上、全層雪崩では 24° 以上となる範囲であることが経験的に知られている^{3),14)}。

表層雪崩は、積雪内部に形成された支持力の小さい弱層をきっかけとして発生し、弱層より下の雪を残して上の雪のみが流下する。また、弱層がなくても、表層雪崩は積雪の上に多量の新雪が短時間に積もった場合にも発生する。表層雪崩の速度は $70\sim 80\text{m/s}$ に達することがあり⁶⁾、また表面層が新雪の場合は容易に煙状の流れとなり到達距離も長くなる。特に、面発生乾雪表層雪崩（写真 2-2）は規模が大きく到達距離も長くなることから警戒すべき雪崩である。

一方、全層雪崩は、抵抗の大きい地表面がすべり面となり、雪煙を上げずに流れ下る場合が多い。このため、全層雪崩の速度は早くても 30m/s 以下で⁶⁾、到達距離は伸びない。

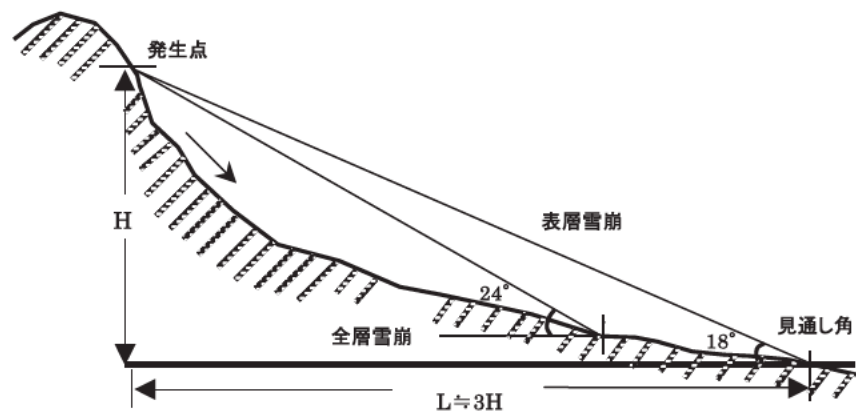


図 2-4 雪崩到達の目安³⁾

2.2.2.3 雪崩の発生要因

雪崩の発生要因には、素因である地形・植生条件と誘因である気象・積雪条件があり、雪崩はこれらの要因の組合せにより発生する。その他に、衝撃（雪庇の崩壊、樹冠積雪の落下等）や動物の進入（シカ等）、地震により誘発される場合もあり、これらも誘因の一つである。

以下に地形条件、植生条件、気象・積雪条件について説明する。

（1）地形条件

雪崩の発生事例が多い発生区の斜面傾斜角は $35\sim 45^\circ$ 程度であり^{15),16)}、 30° 以下あるいは 60° 以上での発生は少ない傾向にある¹⁶⁾（図 2-5、図 2-6）。ただし、この条件以外でも雪崩の発生事例はあり、植生によっては 30° 以下の勾配でも発生することもある。特にカヤ地・草地・笹地では緩斜面でも注意が必要となる。また、 60° 以上の急斜面では点発生乾雪表層雪崩の発生が多く（写真 2-1）、多量の積雪にならないうちに落下する機会が多いが、近年急斜面でも多量の積雪となって雪崩が発生する事例^{9),17)}が報告されている。

一方、斜面形状に着目した場合、縦断形（斜面方向の断面形状）・横断形（斜面と直行する方向の断面形状）が、凹形または等斉形（直線形）^{*}の地形で雪崩の発生事例が多い（表 2-5）¹⁵⁾。なお、表層雪崩と全層雪崩の発生に関する地形条件上の相違については、明らかではない。

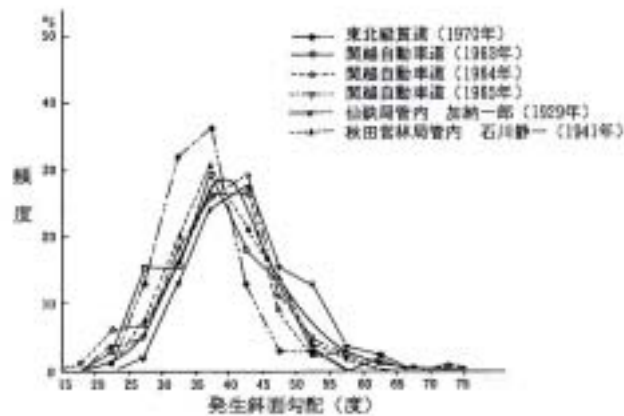


図 2-5 わが国の傾斜別雪崩頻度の報告例¹⁸⁾

^{*}縦断形・横断形が等斉形（直線形）の地形とは切土斜面のような比較的凹凸の少ない平らな地形を示す。

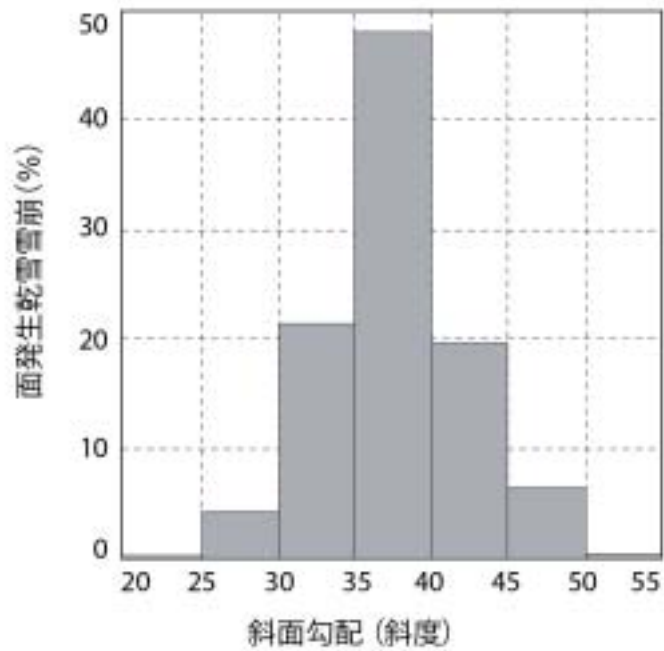


図 2-6 発生区の傾斜角(面発生乾雪表層雪崩)¹⁹⁾

表 2-5 縦断形、横断形別雪崩発生頻度調査例¹⁸⁾

調査機関	縦断形			
	凹	凸	等 齊	複 合
鉄道技術協会	56.0%	2.0%	32.0%	10.0%
鉄道施設協会	53.6	5.9	22.4	18.0
高速道路調査会	3.7	0.0	96.3	0.0
建設省	23.0	15.8	57.5	1.7

調査機関	横断形			
	凹	凸	等 齊	複 合
鉄道技術協会	51.0%	0.0%	49.0%	0.0%
鉄道施設協会	54.0	5.0	25.4	15.6
高速道路調査会	23.1	0.6	73.8	2.5
建設省	48.3	21.7	26.7	3.8
林業試験場	39.0	22.8	12.2	26.0

(2) 植生条件

植生条件としては樹高と樹冠疎密度（樹冠によって地表が覆われている割合）が特に雪崩の発生と関連がある¹⁵⁾（図 2-7）。樹冠疎密度の一般的目安として、樹間から山頂が良く見通せる場合は表層雪崩阻止効果が期待できない¹⁶⁾。特に沢筋に沿って立木の見られない地形では雪崩の常襲路になっている事が多い¹⁶⁾。また、全層雪崩の発生防止に必要な立木密度の検討結果を表 2-6 に示す²⁰⁾。

植生による斜面積雪の安定化が期待できるのは高木である。高木が密生していれば樹木が雪に埋没することはなく雪崩阻止を期待できる。低木・中木の場合は密生していても、積雪の深さによっては樹木が雪に埋没する事もありうるため、表層雪崩については樹林帯であっても雪崩抑制効果は低くなる¹⁶⁾（図 2-8）。ただし、全層雪崩に対しては常緑樹の枝が積雪内にある場合はアンカーとして斜面積雪の移動を抑制する効果がある¹²⁾。

一方、同じ傾斜角で同じ積雪深であっても、笹や芝等の長い草が密生している斜面ではグラインドが起りやすく全層雪崩が発生しやすい。長い草は、根雪当初の降雪により容易に倒伏し、滑らかな抵抗の少ない斜面を形成するためである。この他、直径が細く倒れやすい灌木斜面も危険な斜面とされている⁴⁾。

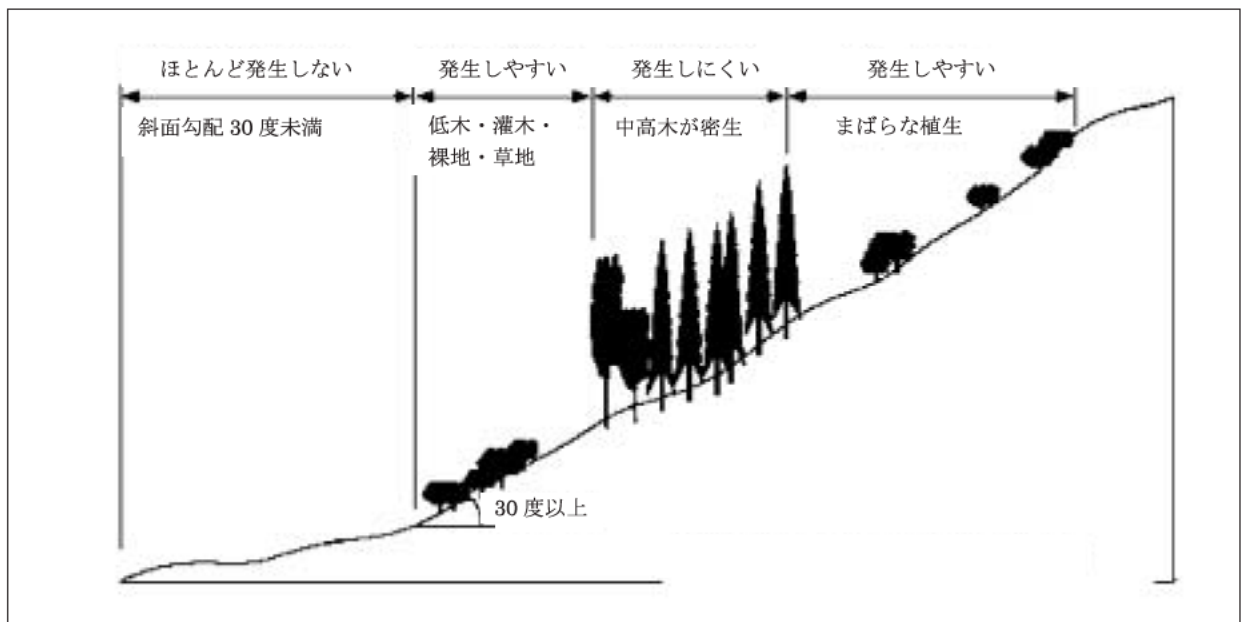


図 2-7 雪崩発生の植生条件²¹⁾

表 2-6 全層雪崩の発生防止に必要な立木密度²²⁾

傾 斜	全層雪崩
35 度	630 本/ha (I= 4.0m)
40 度	1,250 本/ha (I= 2.8m)
45 度	1,880 本/ha (I= 2.3m)

I: 立木間隔

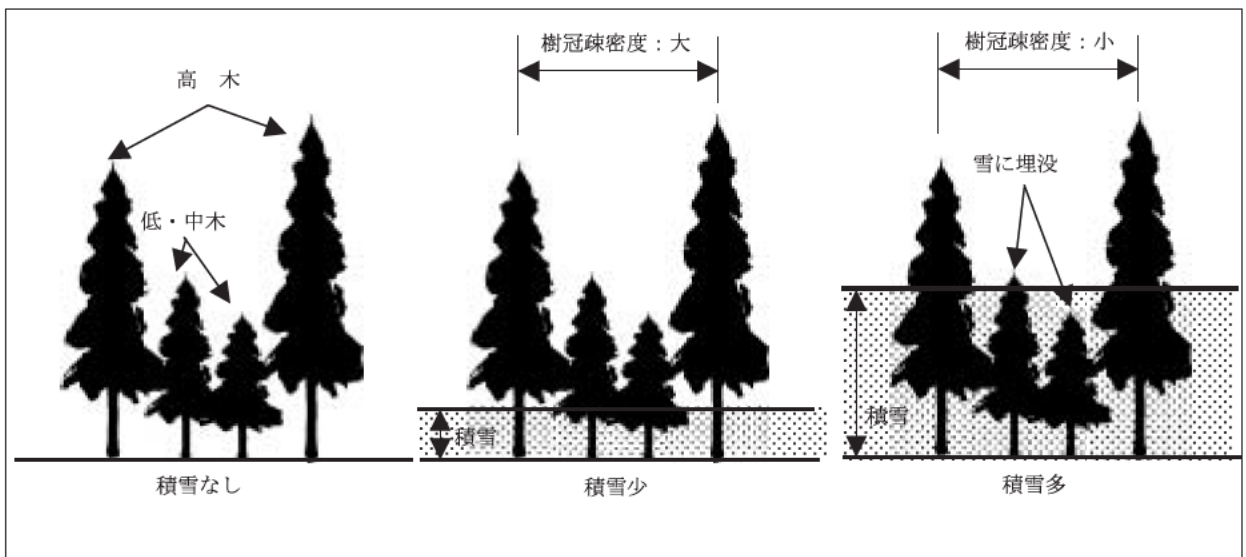


図 2-8 樹高と積雪の関係³⁾

(積雪が多くなると低木や中木の一部が雪に埋没してしまい、樹冠疎密度が小さくなる。この結果、表層雪崩が発生しやすくなる¹⁾)

北海道では、笹で覆われた斜面で全層雪崩が多く発生している^{8),23),24)}。観測の結果^{23),24)}、笹地斜面では以下に示す過程により全層雪崩が発生することが示されている(図2-9)。なお斜面ではグライドの盛んな融雪期だけでなく厳冬期においても乾雪全層雪崩が発生する危険性がある。

- ① 笹地斜面上に雪が積もると、その重みによって多くの笹は地面に倒伏する。しかし、いくらかの笹は倒伏せず、その後の降雪によって積雪内部に閉じ込められる。
- ② 地面に倒伏した笹は、地面の土や石、小さな凹凸など積雪の滑りにとって抵抗となる種々の要因をおおい隠す。そのため、笹地斜面が積雪に及ぼす抵抗は積雪内部の笹と地面に倒伏した笹となる。
- ③ 積雪が斜面を滑り始めると、積雪の内部に入り込んだ笹は、積雪のグライド量に等しい長さだけ積雪より抜け出し、その分、地面に倒伏する。したがって、積雪のグライド量が笹の長さより大きくなる領域では、大多数の笹が地面に倒伏することになる。
- ④ 斜面上方で積雪の中に笹の混入した領域と、その下方の大多数の笹が地面に倒伏した領域との境界付近にクラックが発生し、大多数の笹が地面に倒伏した領域の積雪が流下し全層雪崩となる。

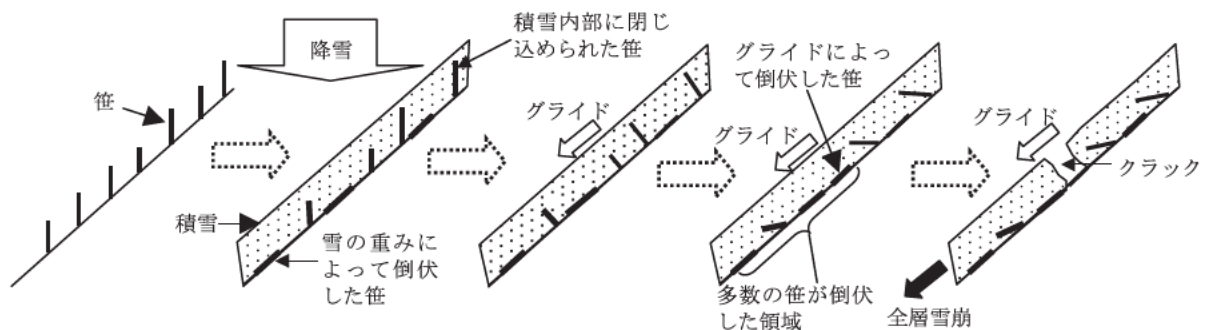


図 2-9 笹地斜面における全層雪崩発生までの過程

以上のように笹地斜面では全層雪崩が発生する危険性が高い。

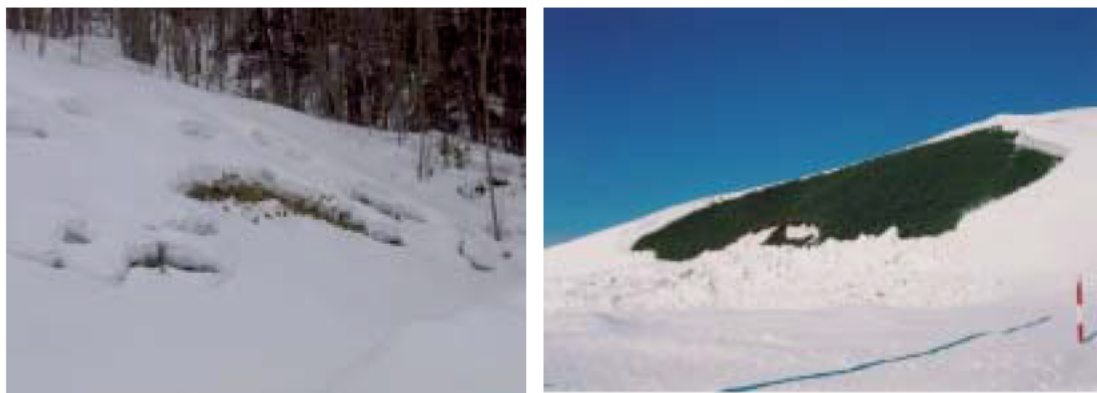


写真 2-4 笹地斜面で発生したクラック(左)と全層雪崩(右)

(3) 気象・積雪条件

雪崩の発生機構は非常に複雑であり、特に弱層は様々な気象条件および積雪条件下で形成される。これらの詳細な気象条件や積雪条件の解説は雪崩に関する専門書 1), 2), 4), 11), 12) を参照することとし、ここでは 2.2.2.1 で示した典型的な雪崩発生の事例について、その気象状況の特徴について説明する。

積雪内部に強度が小さい層や積雪面に結合が弱い面が形成される場合

厳冬期に多く発生する典型的な乾雪表層雪崩に関連する代表的な弱層や降雪粒子との結合の弱い雪面は、次の気象条件下で形成されたと考えられている。

しもぞらめ雪： 旧雪の上に数 cm の新雪が積もった後、日射により旧雪が暖められて、夜間の放射冷却で雪面が急速に冷やされる場合、雪の中に大きな温度差が生じる。このとき暖かい雪粒子から蒸発した水蒸気が、冷たい雪粒子に凝結して霜の結晶が形成される (図 2-10)。これをしもぞらめ雪 (表面しもぞらめ雪) と呼ぶ。新雪は一晩でしもぞらめ雪に変化し、その後の降雪により埋没すると弱層となる。



図 2-10 しもぞらめ雪が形成されやすい気象状況(典型例)⁴⁾

表面霜： 夜間の放射冷却の強まりにより雪面の温度が急激に低下し、空気中の水蒸気が雪面に凝結して形成される（図 2-11）。表面霜のできる条件は、放射冷却で表面温度が低下すること、空気中の湿度が高いこと、弱い風が吹いていることの3条件である²⁵⁾。一晩で大きな結晶ができ、その後の降雪により埋没すると弱層となる。

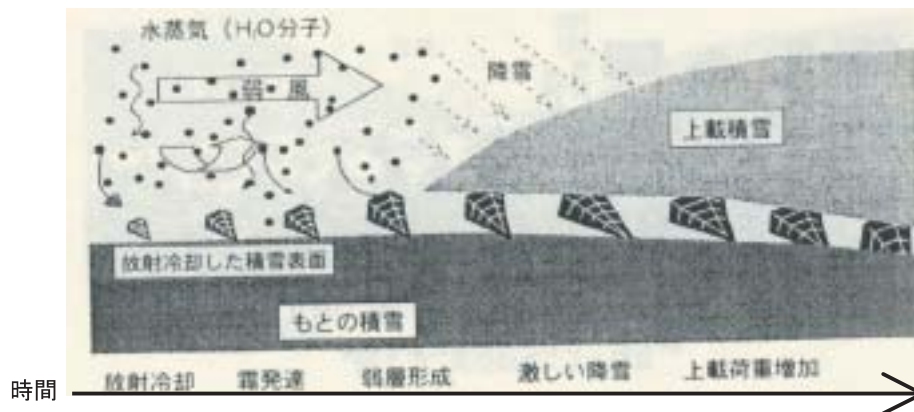


図 2-11 表面霜が形成されやすい気象状況(典型例)⁴⁾

ぬれざらめ雪： 気温上昇や強い日射により積雪表面付近の雪粒子が急激に融解すること、融雪水や降雨が浸透し長時間ぬれ雪の状態が続くことにより、ぬれざらめ雪が形成される。この雪が濡れた状態のまま、その後の降雪により埋没すると弱層になる。

サン・クラスト： 晴天のもとで形成される。雪面が放射冷却で冷やされ、強い日射により雪面近傍で内部融解が起きると光沢がある氷板が雪面に形成される¹³⁾。サン・クラストの形成後、周辺にこしもざらめ雪¹⁾が成長する場合がある。その上に降雪がある場合、氷膜と雪粒子の結合力が弱いため雪崩が発生する場合がある。ただし、氷膜が濡れた状態で降雪があった場合は、逆に結合の強い層が形成される。

短時間に多量の降雪がある場合

積もったばかりの新雪の強度は緩やかに大きくなるため、短期間の多量降雪によって積雪深が急激に増加する場合、積雪内に弱層がなくても乾雪表層雪崩が発生する場合がある。特に、降雪時の気温が低い場合にこのタイプの雪崩は発生しやすい。斜面積雪の安定に関する理論的な計算結果²⁶⁾によると、勾配が45°の斜面で時間降雪深4cm/h（時間降水量2mm/h）の雪が降り続けると約8時間後に雪崩が発生する危険性が高まる。

¹⁾ こしもざらめ雪：積雪層内に温度勾配があると、高温側の雪粒から水蒸気が昇華蒸発し、低温側の雪粒に凝結する。この霜の結晶をこしもざらめ雪と呼び、よく発達した結晶をしもざらめ雪（表 2-3）と呼ぶ^{4),5)}。

積雪内に融雪水や雨水が浸透する場合

春先の融雪期に多く発生する典型的な湿雪雪崩がこのパターンで発生し、気温の上昇やまとまった降雨の後に発生しやすい。

浸透する水が、積雪内の不透過性の層あるいは細かい雪粒等のスポンジのように水を吸収する層の上で溜まる場合は、湿雪表層雪崩となる¹²⁾。一方、浸透する水が、すでに脆くなっている雪粒の結合を融解し、積雪層全体に行きわたる場合、あるいはクラックから浸透して地表面付近に水が溜まる場合に湿雪全層雪崩が発生しやすくなる¹²⁾。

一方、雪崩災害発生時の積雪深を調査した事例(図 2-12)¹⁵⁾では、災害の発生する雪崩は積雪深が 1m 以上の場合が多い。ただし、樹木がない芝斜面などでは、積雪深が 1m 未満でも雪崩が発生する可能性がある。図 2-12 を雪崩の種類から見た場合、全層雪崩は積雪深が 3m までの発生件数が多いが、表層雪崩では逆に 3m 以上でも、発生している割合が高い¹⁵⁾。

また、豪雪年であった 1981 年(昭和 56 年)と平年の場合を比較した事例(表 2-7)では、豪雪年の方が表層雪崩の割合が高い。

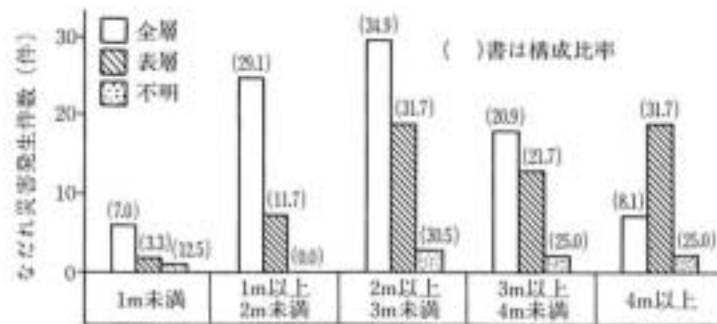


図 2-12 積雪深と雪崩災害発生件数²⁷⁾

表 2-7 平年と豪雪年における表層雪崩と全層雪崩の発生割合¹⁰⁾

統計年	総件数	表層雪崩	全層雪崩	不明
平年 1978, 79, 80 (S. 53, 54, 55)	1,613	21.6%	76.3%	2.0%
豪雪年 1981(S. 56)	950	40.8%	58.8%	0.3%

【参考資料】

- 1) 秋田谷英次(2005)：雪崩の定義と分類，雪と氷の事典，朝倉書店，p.199-203
- 2) 西村浩一(1998)：雪崩，気象研究ノート，190，p.193
- 3) 社団法人日本建設機械化協会，社団法人雪センター(2005)：除雪・防雪ハンドブック，社団法人日本建設機械化協会，社団法人雪センター
- 4) 遠藤八十一，秋田谷英次，小林俊一，竹内政夫(2000)：基礎雪氷学講座第Ⅲ巻 雪崩と吹雪，p.34,61
- 5) 日本雪氷学会(1998)：日本雪氷学会 積雪・雪崩分類，雪氷，60，p.419-444
- 6) 清水 弘(1979)：なだれ，気象研究ノート，136，p.63-123
- 7) 竹内政夫，大槻政哉，山田知充，石本敬志(2005)：北海道の道路雪崩と現場対応，雪工学会誌，21，p.202-211
- 8) 竹内政夫(2009)：雪崩の被害を未然に防ぐための道路管理，北の交差点，24，p.20-24
- 9) 竹内政夫(2008)：北海道における雪崩との関わりと最近の道路雪崩，北の交差点，22，p.15-20
- 10) 社団法人雪センター（1996）：集落雪崩対策工事技術指針(案)，社団法人雪センター
- 11) 遠藤八十一(2005)：雪崩発生のおしきみ，雪と氷の事典，朝倉書店，p.205-215
- 12) ブルース・トレンパー(2004)：雪崩リスクマネジメント，山と溪谷社
- 13) 尾関俊浩(1997)：サン・クラストの形成機構，雪氷，59，p.387-395
- 14) 日本雪氷学会(1990)：雪氷辞典，日本雪氷学会
- 15) 社団法人雪センター（1996）：集落雪崩対策工事技術指針(案)，社団法人雪センター
- 16) 町田 誠(2007)：雪崩危険斜面の判定・雪崩管理の実態，雪崩対策の基礎技術 2007，p.45-54
- 17) 竹内政夫，大槻政哉，山田知充，石本敬志(2006)：北海道における最近の道路雪崩とその対応，ゆき，63，p.77-83
- 18) 財団法人高速道路協会(1975)：防雪施設に関する調査報告書，財団法人高速道路協会
- 19) デビット・マックラング、ピーター・シアラー著、日本雪崩ネットワーク訳(2007)：雪崩ハンドブック，東京新聞出版局，p.91
- 20) 社団法人日本建設機械化協会(1988)：新編防雪工学ハンドブック，社団法人建設機械化協会
- 21) 国土交通省砂防部保全課(2006)：雪崩についての解説，国土交通省砂防部保全課
- 22) 石川政幸，佐藤正平，川口利次(1969)：雪崩防止林の立木密度，雪氷，31，p.14-18
- 23) 遠藤八十一，秋田谷英次(1978)：笹地斜面における積雪のグライド機構Ⅰ，低温科学，A35，p.91-104
- 24) 遠藤八十一(1981)：笹地斜面における積雪のグライド機構Ⅱ，低温科学，A39，p.81-89
- 25) 遠藤八十一，秋田谷英次(2000)：雪崩の分類と発生機構，前野紀一，遠藤八十一，秋田谷英次，小林俊一，竹内政夫著，雪崩と吹雪，古今書院，p.13-81
- 26) 遠藤八十一(1993)：降雪強度による乾雪表層雪崩の発生予測，雪氷，55，p.113-120
- 27) 建設省河川局(1983)：S.57 年度国土庁総合開発事業調査費 なだれ防災対策調査報告書，国土交通省河川局，p.200

3. 集落における豪雪時の 雪崩危険箇所の点検

3. 集落における豪雪時の雪崩危険箇所の点検

3.1 目的と構成

3.1.1 目的

本章は、地域住民の安全を確保するため雪崩危険箇所の調査点検（雪崩点検）を的確かつ円滑に実施することを目的として、各地で行われている雪崩点検の事例を収集し、「集落における豪雪時の雪崩危険箇所の点検」としてとりまとめた。

3.1.2 構成

本章の構成は、以下のとおりである。

1. 目的と構成
2. 雪崩点検の方法
3. 雪崩点検の内容、着眼点
4. 雪崩危険箇所点検の出動基準、携行資器材

3.1.3 適用

本章は、収集した雪崩点検の事例をもとに、主として集落雪崩の危険箇所を対象として、今後望ましい点検方法と点検の着眼点をとりまとめたものである。ここに示した点検の方法と着眼点は各地で雪崩の点検体制を整える上で参考になるものと考えられるが、各地の雪崩発生の特徴や組織体制を勘案し、詳細な点検方法を考慮する必要がある。今回事例として収集した地域は主として北陸地方に限定され、事業主体によって組織体制も異なることから、細かい点では本章の改良が必要な場合も想定される。また、収集事例は結果として道路パトロールの事例がほとんどであったことから、今後さらに事例収集をはかり改訂していく必要がある。

本章では、点検結果を記録として残しておくため、点検カルテや点検日誌の例も記載しているが、対象とする地域の雪崩発生の特徴や組織体制を考慮して、既往の様式を活用して改良を加えるなどの対応も有効と考えられる。

3.1.4 事例収集の方法及び事例収集先

(1) 事例収集の方法

事例収集は、平成 18 年豪雪で大きな被害を受け例年雪崩パトロールを実施している新潟県中越地方を中心に、行政機関へのアンケートや聞き取り調査を行った。また、雪崩パトロールや雪崩対策等の実務経験の豊富な建設コンサルタントや除雪工事会社に対しても、聞き取りおよび現地調査を実施した。調査項目は、①既往の点検マニュアル、パトロール要領等の整備状況、②危険箇所の具体的な点検方法、③現状の課題・今後の対応とした。

(2) 事例収集先

アンケート、聞き取り調査は、表 3-1 に示した機関について行った。事例としては、道路パトロールの事例が多く収集された。

表 3-1 アンケート・聞き取り調査先一覧

	機 関
①	北陸地方整備局 長岡国道事務所 (管理第二課)
②	北陸地方整備局 高田河川国道事務所 (道路管理第二課)
③	新潟県土木部砂防課
④	新潟県長岡地域振興局 (維持管理課)
⑤	新潟県魚沼地域振興局 (維持管理課・治水課)
⑥	新潟県南魚沼地域振興局 (維持管理課・治水課)
⑦	新潟県十日町地域振興局 (維持管理課)
⑧	新潟県上越地域振興局 (維持管理課)
⑨	新潟県糸魚川地域振興局 (維持管理課)
⑩	長野県北信建設事務所 (整備課)
⑪	長野県北信地方事務所 (林務課)
⑫	福井県奥越土木事務所 (道路保全課)
⑬	静岡県富士土木事務所 (工事課)

3.2 雪崩点検の方法

3.2.1 雪崩点検の構成

雪崩点検の種類は、無雪期点検および積雪期点検の2種類とし、無雪期点検は、降雪前点検と融雪後点検に区分する。また、積雪期点検は、現地点検と気象監視に区分する（図3-1）。

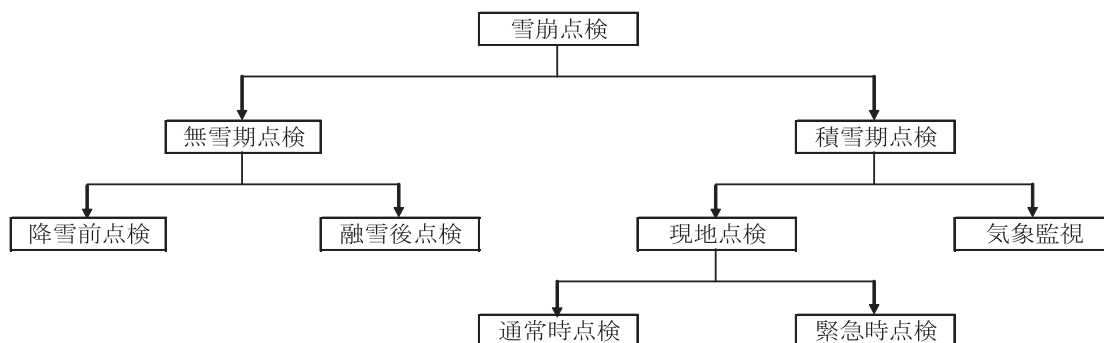


図3-1 雪崩点検の種類

(1) 無雪期点検

無雪期点検は地形、植生の状況と雪崩対策施設の状況を把握することを目的として、降雪前および融雪後に実施する。

(2) 積雪期点検

積雪期点検は斜面の積雪状況や気象状況等を把握することを目的として、積雪期に現地点検および気象監視を実施する。

3.2.2 無雪期点検

無雪期点検は、降雪前および融雪後に行い、地形、植生や雪崩対策施設の状況確認を行う（図3-2）。

(1) 降雪前点検

降雪前点検は、降雪前に、地形、植生の状況や地盤の安定性を把握するとともに、雪崩対策施設の状況を把握して積雪期の点検に備える。この点検は、晩秋の落葉時期に実施することが望ましい。

(2) 融雪後点検

融雪後点検は、融雪後の地形、植生の状況や地盤の安定性を把握し、また雪崩対策施設の破損状況等を確認する。



図3-2 無雪期点検の種類

3.2.3 積雪期点検

積雪期点検は現地点検と気象監視に区分し、現地点検は通常時点検と緊急時点検に区分する（図 3-3）。

（1）通常時点検

通常時点検は、斜面の積雪等状況や降雪、気温等の気象状況に応じて適宜実施する。通常時点検は、次節に示す「3.2.3.1 通常時点検の手順」に留意し行う。

（2）緊急時点検

緊急時点検は家屋等に影響を与えるような雪崩の発生の恐れがある場合に実施する。緊急時点検は、次節「3.2.3.2 緊急時点検の手順」に示す手順で行う。

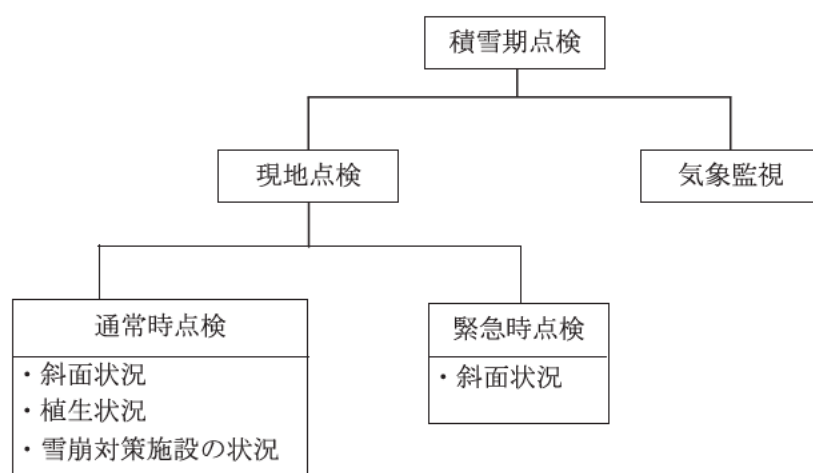


図 3-3 積雪期点検の種類

点検は有人ヘリコプターや無人ヘリコプター（写真 3-1）も活用して行うとよい。ヘリコプターによる点検は、雪崩発生の危険性が高く主に地上から確認できない箇所を重点的に行う。目視や双眼鏡で斜面の状況や雪崩発生の状況を把握するとともに、写真やビデオ撮影を行う。



写真 3-1 無人ヘリコプター(ラジコンヘリコプター)の例

3.2.3.1 通常時点検の手順

通常時点検は、図 3-4 により行う。通常時点検において、雪崩発生危険性が認められた場合は、緊急時点検に切替え速やかに関係機関と協議し対応を検討する。

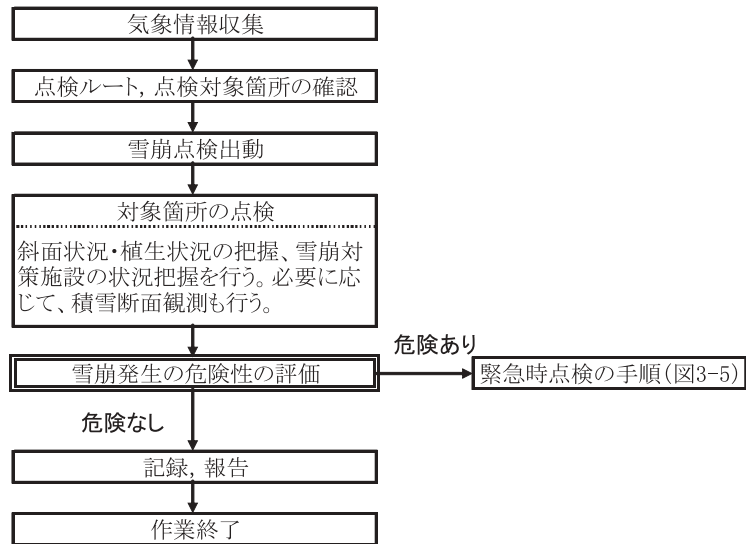


図 3-4 通常時点検の手順

3.2.3.2 緊急時点検の手順

通常時点検により雪崩発生の危険性が認められた場合、家屋付近まで到達する雪崩が発生した場合は、緊急時点検を行う。

家屋付近まで到達する雪崩が発生した場合は、第一に被災者の有無を確認し、救出活動や救急車両の手配を行う。同時に予め定めた情報連絡体制に基づき関係機関への連絡を行い、二次災害防止のための立入規制等を実施する。雪崩発生斜面においては、雪崩災害時の現地調査や雪崩処理等の応急対策、気象監視を実施し、危険箇所等の安全が確認できるまで緊急時点検を行う。緊急時点検は、図 3-5 の手順により行う。また、表 3-2 に示す緊急時点検の現地調査項目を調査する。

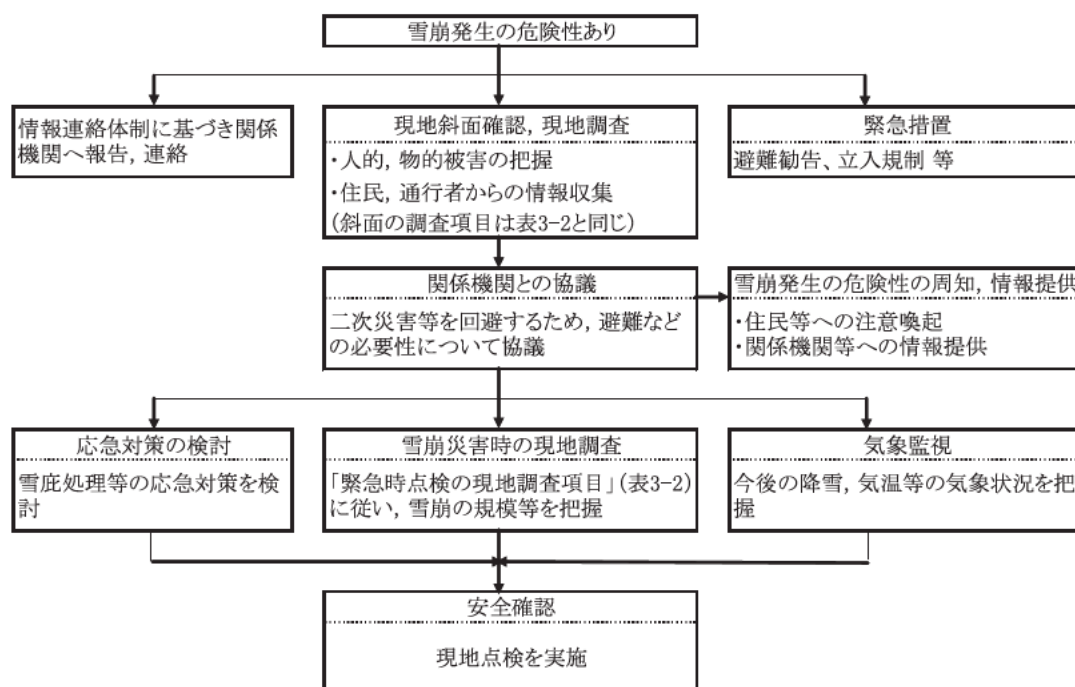


図 3-5 緊急時点検の手順

表 3-2 緊急時点検の現地調査項目

調査全体	発生区	堆積区
①発生区範囲	①積雪深	①積雪深
②流下距離、流下幅	②雪崩厚さ	②デブリ厚さ、層構造
③堆積区範囲	③発生区の層構造(弱層の確認)	③堆雪量
④植生の状況	④植生の状況	④植生の状況
⑤雪崩対策施設の状況	⑤その他	⑤その他
⑥その他		

3.2.3.3 情報連絡体制

雪崩点検時の情報連絡体制は冬期前に定めておき、緊急時に迅速に対応できるように準備しておくことよい（図 3-6）。初動の対応の遅れから被害の拡大を招く危険性があるため、冬期前に関係者へ周知することが大切である。

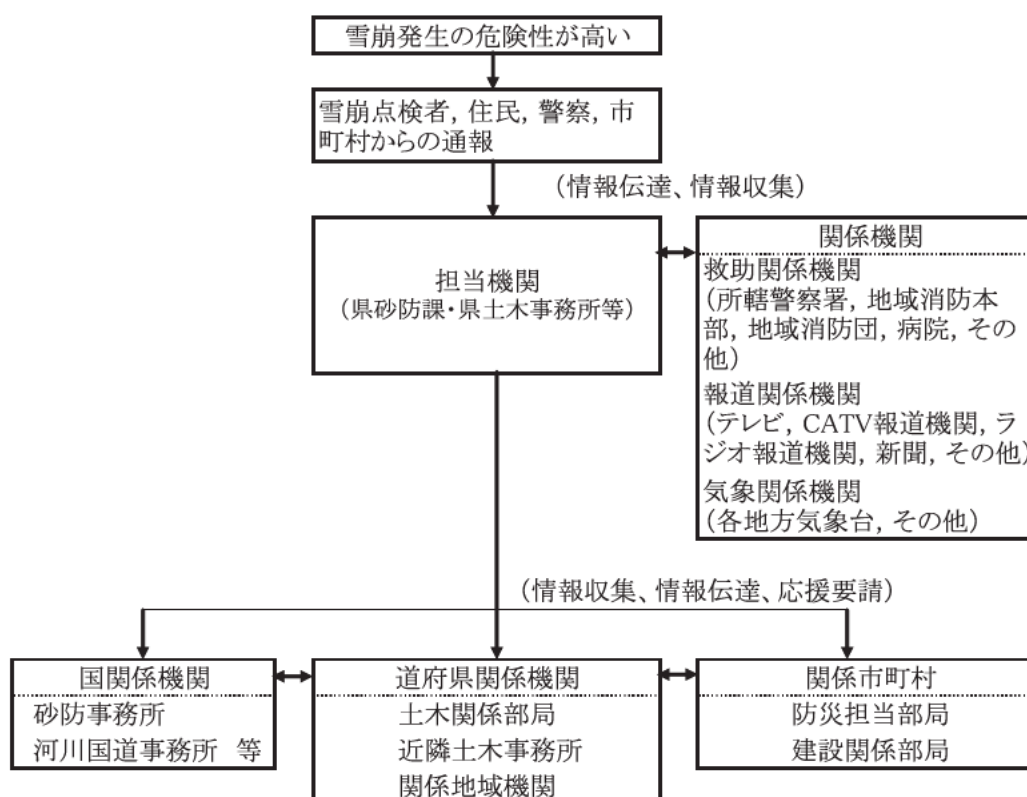


図 3-6 雪崩点検時の情報連絡体制図の例

3.3 雪崩点検の内容、着眼点

3.3.1 無雪期点検の内容、着眼点

3.3.1.1 地形、植生の状況

雪崩は、地形や植生等の要因により発生が大きく左右される。図 3-7 に示す植生、斜面勾配、見通し角による 3 要素の条件を満たす斜面は、雪崩発生の危険性が高い。そのため、無雪期に地形や植生の状況を把握し、雪崩発生の危険性の把握に努める必要がある。斜面の点検は、表 3-3 に示した項目について行う。

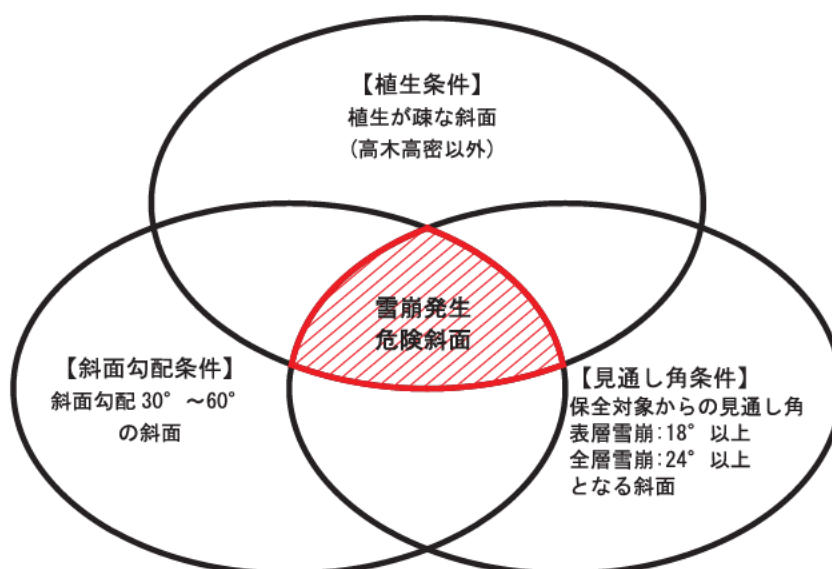


図 3-7 雪崩発生危険斜面の抽出条件 ¹⁾に加筆

表 3-3 無雪期における地形・植生状況の点検項目 ¹⁾に加筆修正

対象箇所	点検項目
斜面全体	植生の伐採、地形が変化していないか
発生区	発生区の植生が伐採されたか
	発生区の斜面改変、崩壊により発生区勾配が変化したか
	稜線の植生が伐採されたか
走路	走路の植生が伐採されたか
	地形の変化に伴い雪崩走路が変化したか
	雪崩により植生が被災していないか
堆積区	堆積区の植生が伐採され、雪崩に対する防護効果が消失していないか

(1) 地形

雪崩は、対象斜面の発生区において、斜面勾配の改変や崩壊等により緩勾配から急勾配へ変化すると危険性が増す。斜面勾配が概ね 30~60° の斜面で雪崩が発生した事例が多く、特に 35~40° での発生数が多くなっている。

地形の変化は、工事に伴う改変 (図 3-8) や、雨等による土砂流出や崩壊などにより生じる場合がある (図 3-9)。

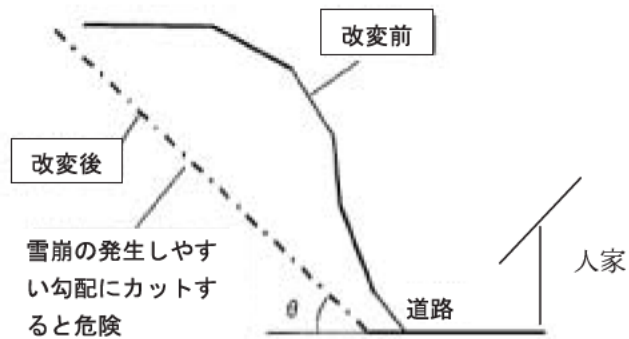


図 3-8 地形改変による雪崩の発生しやすい斜面²⁾に加筆

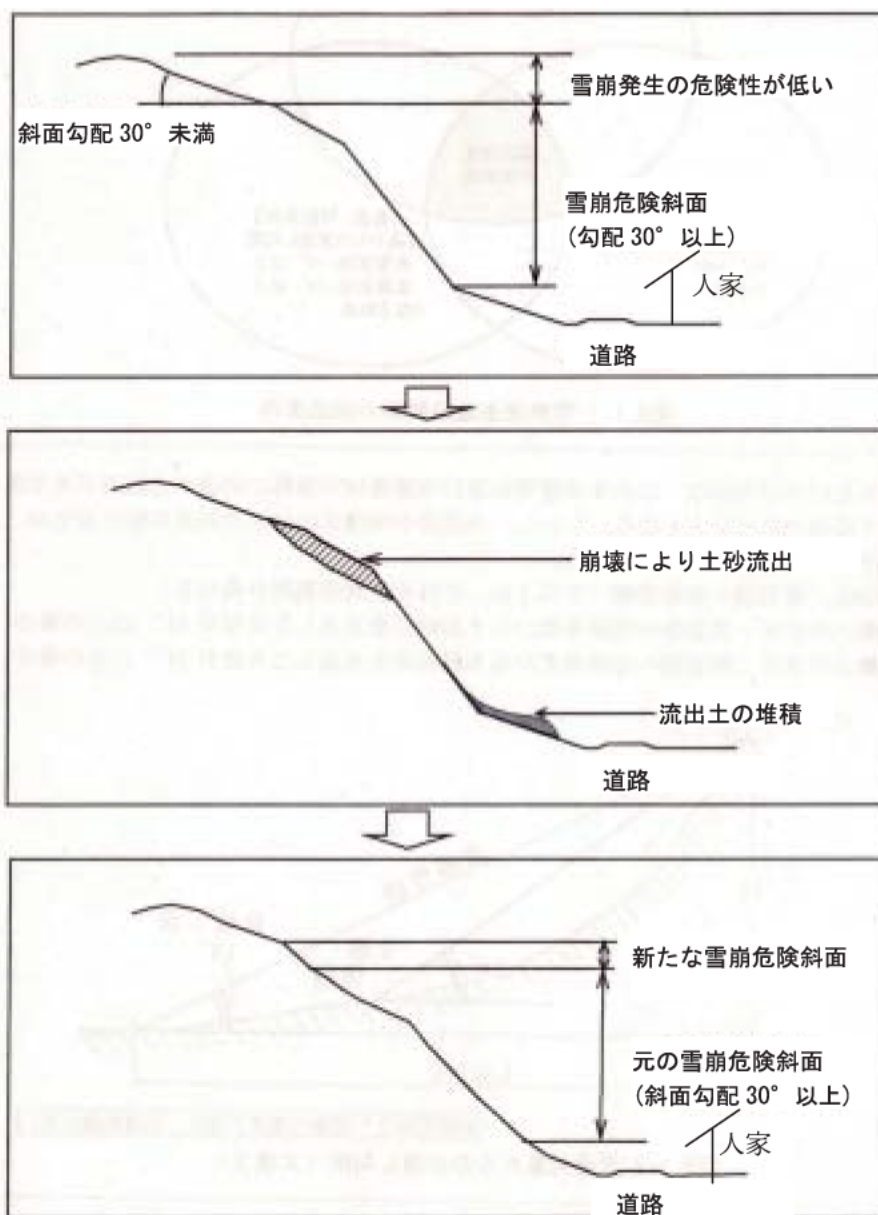


図 3-9 地形の変化による新たな雪崩危険斜面¹⁾に加筆

雪崩が家屋等へ到達する可能性が高い斜面は、一般に保全対象から雪崩発生点への見通し角が表層雪崩は18°、全層雪崩は24°とされている(図3-10)。

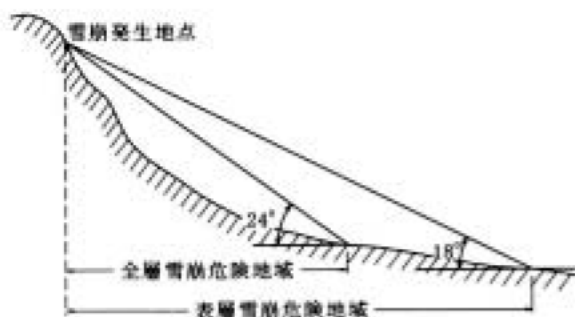


図3-10 保全対象からの見通し勾配³⁾

(2) 植生

雪崩発生の危険性は、対象斜面における地形(斜面勾配)と植生分布および積雪深を調査することにより把握する(表3-4, 表3-5)。点検では、植生の樹冠疎密度が疎へ変化した箇所等に注意する必要がある(写真3-2)。また、発生区の植生が少なくなると、雪崩が発生しやすくなる。雪崩は走路や堆積区の植生が高木で高密度であると流下中に停止する可能性が高いが、疎であると停止せずに家屋等まで到達する危険性がある(写真3-3)。

表3-4 要因別階級別評価得点⁴⁾

要因	階級	評価得点
傾斜	1. 30°未満	4
	2. 30°以上～40°未満	7
	3. 40°以上	10
植生	1. 裸地、草地、樹高2m未満の灌木 樹冠疎密度20%未満	10
	2. 低木：樹冠疎密度20%以上～100% 中木：樹冠疎密度20%以上～50%未満	9
	3. 中木：樹冠疎密度50%以上 高木：樹冠疎密度20%以上～50%未満	7
	4. 高木：樹冠疎密度50%以上	4
積雪深	1. 100cm未満	0
	2. 100cm以上～200cm未満	6
	3. 200cm以上～300cm未満	7
	4. 300cm以上	9

(注) 低木：樹高2～4m程度

中木：樹高4～8m程度を目安とする。

高木：樹高8m以上

樹冠疎密度：樹冠によって地表が覆われている割合(図3-11)

表 3-5 危険度分級基準⁴⁾

危険度	得点	評価	
A	27 点以上	雪崩発生の起こりやすさが大	ある積雪深を与えた時、雪崩発生の起こりやすさが大きい斜面
B	23～26	雪崩発生の起こりやすさが中	ある積雪深を与えた時、雪崩発生の起こりやすさが中程度の斜面
C	22 点以下	雪崩発生の起こりやすさが小	ある積雪深を与えた時、雪崩発生の起こりやすさが小さい斜面

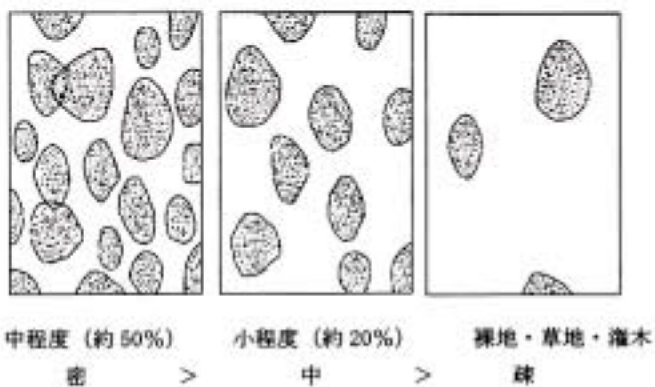


図 3-11 植生樹冠疎密度のイメージ³⁾

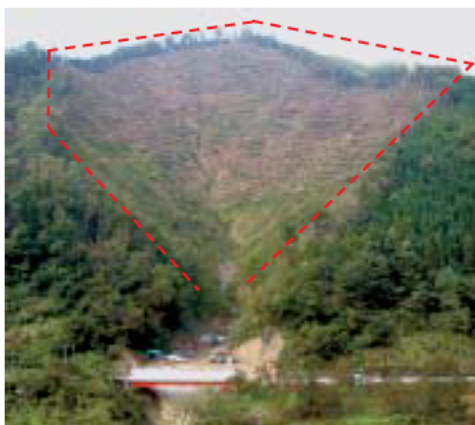


写真 3-2 植生が伐採された斜面
(植生の変化に注意)



写真 3-3 雪崩により被災した植生
(雪崩走路の植生)

3.3.1.2 雪崩対策施設の状況

雪崩対策施設は、無雪期において損傷等の状況を把握し、次の冬期において雪崩への効果を発揮できるように表 3-6 の項目について点検を行い管理するとよい。施設に異状が認められた場合は、冬期前に修繕等を実施する。

表 3-6 無雪期における雪崩対策施設の状況点検項目 ¹⁾に加筆修正

対象箇所	点検項目
発生区 走路 堆積区	対策工が老朽化、損傷、腐食し、機能が低下していないか
	異常な変形、ゆるみ、さび等はないか
	老朽化による施設撤去により、雪崩発生抑止や防護効果に影響はないか
	基礎の亀裂、損傷、浮き上がり、沈下、洗掘等により不安定になっていないか
	アンカー、ワイヤロープ等の破損、取付金具の異状はないか
	土砂や落石の堆積により機能が低下していないか

雪崩対策施設は、予防施設と防護施設に大別される。予防施設は発生区に設置し、雪崩の発生を防止するものである。防護施設は走路や堆積区に設置し、発生した雪崩から保全対象を防護するものである。これらの施設は、劣化や自然災害の発生により機能低下することが考えられる。また、基礎部付近の破損、洗掘により不安定になることもある。そのため、各施設について台帳を整備し、無雪期に定期的に点検する必要がある。また、雪崩、崩壊、地震などの災害が発生した場合には、速やかに点検を実施する。

以下に主な対策施設の点検項目を示す。

(1) 予防柵、防護柵 (写真 3-4)

- ①老朽化、損傷、腐食の状況 (写真 3-5)
- ②基礎の亀裂、損傷、浮き上がり、沈下、洗掘の状況 (写真 3-6)
- ③柵上の土砂や落石の堆積状況 (写真 3-7)
- ④ボルトの緩み状況



写真 3-4 予防柵(上部)と防護柵(下部)の設置状況 ⁵⁾



写真 3-5 落石による予防柵の破損、腐食 ²⁾



写真 3-6 基礎部の破損, 侵食¹⁾



写真 3-7 柵上の土砂や樹木の堆積

(2) 防護擁壁、誘導擁壁 (写真 3-8)

- ①破損、亀裂、沈下の状況
- ②堆積物の有無、排水の良否 (水抜孔等) の状況
- ③補助防護柵の変形、腐食、ボルトの緩み状況



写真 3-8 防護擁壁の設置状況⁵⁾

3.3.2 積雪期点検の内容、着眼点

積雪期点検は、通常時点検、雪崩の発生の危険性が認められた場合の緊急時点検、および気象監視に分けられる。積雪期にパトロール等により斜面や植生の状況、施設の状況等を把握するとともに、気象状況を監視する。また、雪崩の発生状況や雪崩の前兆現象であるクラック、雪しわ、スノーボール等の発生および雪庇の発達状況などを把握し、雪崩の前兆現象等の把握に努める。

3.3.2.1 通常時点検

通常時点検は、斜面状況、植生状況、雪崩対策施設の状況 (表 3-7) について点検する。雪崩発生の危険性が高い場合には、点検結果に応じて避難、監視等必要な対応を行う。

表 3-7 通常時の点検項目 ²⁾に加筆修正

項目	点検内容	確認場所	緊急対応
i) 斜面状況	①雪崩発生の有無	斜面全体	避難, 監視
	②雪崩が発生している場合, 建物まで到達していないか	斜面全体	避難, 監視, 除排雪
	③雪庇が発達し, 落ちそうな状態ではないか	稜線付近 小段等	避難, 雪庇処理
	④吹きだまりの発生や吹きだまりにより雪庇, 巻きだれが発達し, 落ちそうな状態ではないか	斜面全体	避難, 監視
	⑤クラック(雪割れ)は発生していないか	斜面全体	避難, 監視
	⑥雪しわは発生していないか	斜面全体	避難, 監視
	⑦地すべりや法面崩壊等による地形変状はないか	斜面全体	避難, 監視, 対策工検討
	⑧積雪により積雪表面が平滑化していないか	斜面全体	避難, 監視
	⑨スノーボールは発生していないか	斜面全体	避難, 監視
	⑩その他		
ii) 植生状況	①積雪深に対して雪上木高や雪崩抑止効果は十分か	斜面全体	監視
	②雪崩による被災はないか	斜面全体	監視
	③植生の折れ, たわみ, 位置の変化はないか	斜面全体	監視
	④その他		
iii) 雪崩対策施設の状況	①施設が雪に埋没し, 機能が削がれていないか	設置範囲	監視, 堆雪除去
	②施設天端からの雪庇, 巻きだれが発生していないか	設置範囲	監視, 除去
	③施設の破損等の変状はないか	設置範囲	対策工検討
	④その他		

(1) 斜面状況

雪崩の発生状況（写真 3-9）のほか、斜面の下部への雪崩到達状況（写真 3-10）、雪底や巻きだれの発達状況など雪崩の前兆現象の把握に努める。また、特に融雪期には、崩壊や地すべりによる地形の変化がないかについても合わせて確認する。

パトロール等において雪崩発生またはその危険性を確認した場合は、避難、通行規制や監視、斜面積雪の安定化等の応急対策を行う必要がある。

1) 雪崩発生の有無

雪崩が発生した場合、その後の積雪により同じ経路で雪崩が再発生する危険性が高い。そのため、避難、通行規制や監視の体制を整え、緊急時に迅速に対応する必要がある。



写真 3-9 雪崩の発生状況



写真 3-10 雪崩の発生状況

2) 家屋や道路等への到達状況（写真 3-11、写真 3-12）

雪崩が家屋や道路等に到達した場合は、避難、通行規制や除排雪を早急を実施し、通行者や住民の安全確保に努める。また、残雪や新たな積雪で再発生する危険性がないか調査する。



写真 3-11 家屋に接近した雪崩



写真 3-12 法面からの崩落雪

3) 雪庇の発達状況

雪庇は、風により稜線付近に運ばれた雪片が風下に徐々に付着しひさし状に成長したものである（写真 3-13、図 3-12）。これは、先端部がある程度まで発達すると崩落し、雪崩を誘発する危険性がある。また、小段など勾配変化点では、気温上昇に伴い斜面積雪が下方にせり出して、先端の雪庇が崩落する恐れがある（写真 3-14、図 3-13）。このため、雪庇の発達状況を調査する必要がある。



写真 3-13 稜線付近の雪庇



写真 3-14 法肩にせり出した雪庇

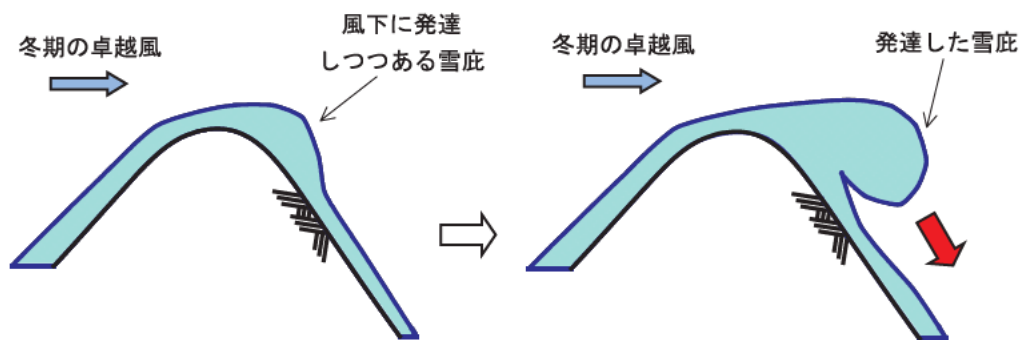


図 3-12 稜線付近の雪庇

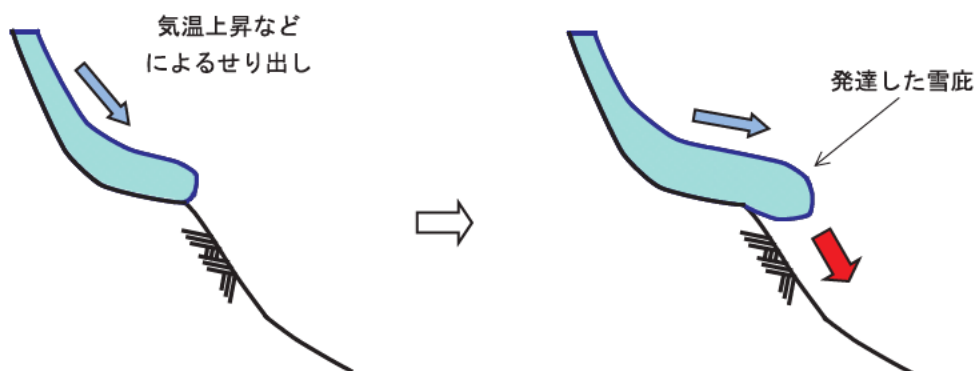


図 3-13 勾配変化点の雪庇

4) 吹きだまりの発生や吹きだまりによる雪庇、巻きだれの発達状況

斜面に吹きだまりや雪庇、巻きだれが発生すると、斜面が不安定となり、雪崩発生の原因となる（図 3-14）。

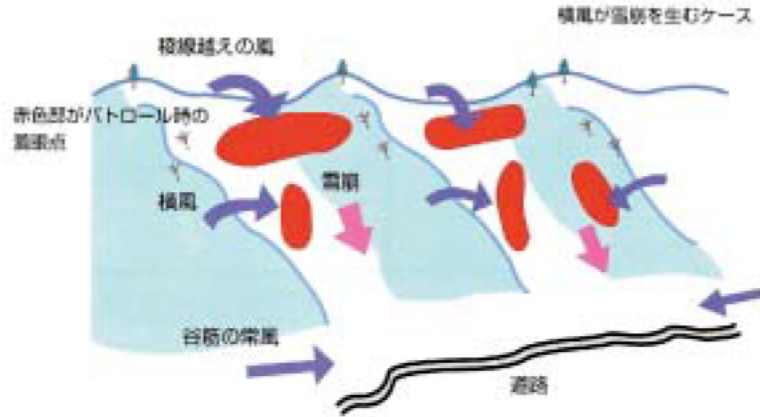


図 3-14 稜線付近の雪庇および斜面の吹きだまり⁶⁾

5) クラック（雪割れ）の発生状況

斜面の雪にクラック（雪割れ；図 3-15、写真 3-15）が生じている場合、積雪がすべりはじめていることを示している。調査員の安全確保が可能な場合には現地での状況確認や移動量の計測を行うとよい。

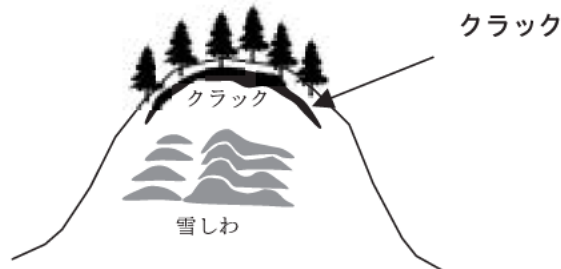


図 3-15 斜面のクラック(雪割れ)⁷⁾



写真 3-15 斜面のクラック(雪割れ)

6) 雪しわの発生状況

積雪層内の移動量が大きくなると、積雪表面にこぶ状の雪しわ（写真 3-16）が発生することがあり、このような場合には注意を要する。しわがこぶ状（オーバーハング）になり、そのこぶに縦状のクラックが生じた場合は、その周辺から雪が崩落する危険性が極めて高い（図 3-16）。



写真 3-16 斜面の雪しわ¹⁾



図 3-16 斜面の雪しわ

7) 地すべりや法面崩壊等による地形変状

地すべりや法面崩壊等によって地形が変化した斜面は、斜面勾配の変化や植生の減少等により雪崩が発生しやすくなるほか、雪崩の経路が変わることがあるので注意が必要である（写真 3-17、図 3-17）。

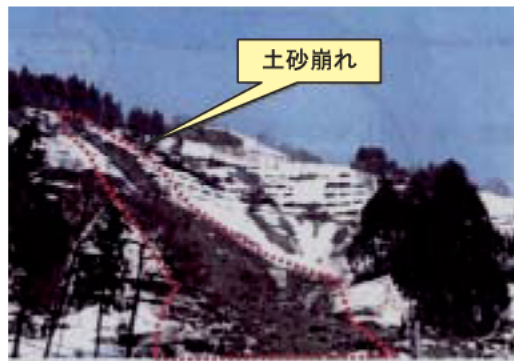


写真 3-17 土砂崩れ等の発生¹⁾

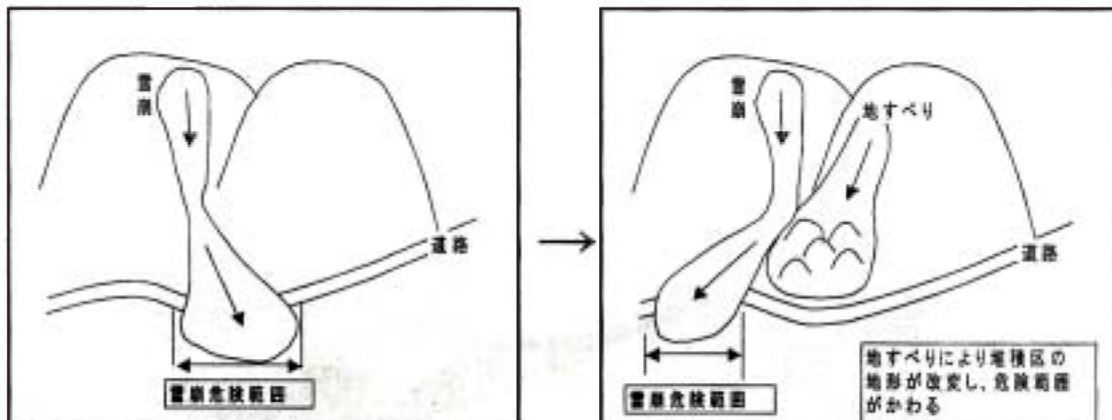


図 3-17 地形変状による雪崩経路の変化²⁾

8) 積雪による積雪表面の平滑化

積雪により平滑化した積雪表面に、新たに雪が降ると、積雪初期の表面がすべり面となり雪崩が発生しやすい状態となるので注意が必要である(図3-18、写真3-18)。

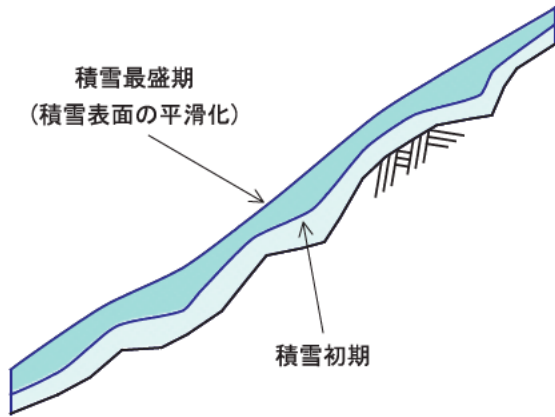


図 3-18 積雪表面の平滑化



写真 3-18 積雪表面の平滑化

9) スノーボールの発生状況

雪庇等の一部が崩落しスノーボールが発生している場合は、雪崩発生の前兆現象であるので注意が必要である(写真3-19、図3-19)。



写真 3-19 スノーボールの発生

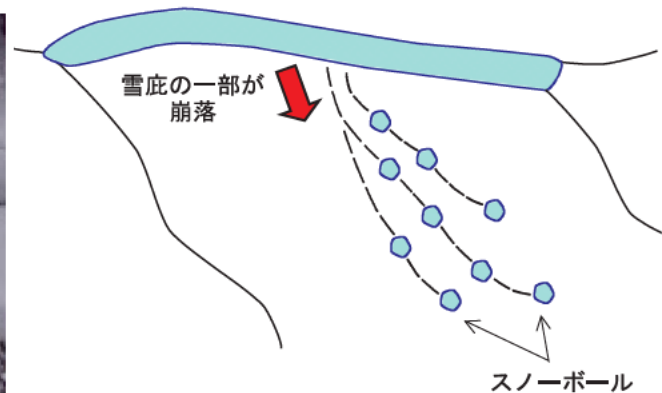


図 3-19 スノーボールの発生

10) その他

雪崩が毎年のように発生している斜面(写真3-20)や特に植生がない斜面は、積雪の増加につれて雪崩発生危険性が高くなる。



写真 3-20 雪崩の発生しやすい斜面

(2) 植生状況

同じ斜面勾配で同じ積雪量であっても、長い草が密生している斜面では雪崩が発生しやすく、多くの樹木の先端が雪面上に抜け出ている斜面では発生しにくい。また、植生の樹冠疎密度が疎であると、雪崩が発生しやすい。図 3-20 に雪崩発生危険性の高い事例を順に示す。

沢筋に沿って樹木のない斜面では、雪崩の常襲場所になっている場合が多いので注意が必要である。

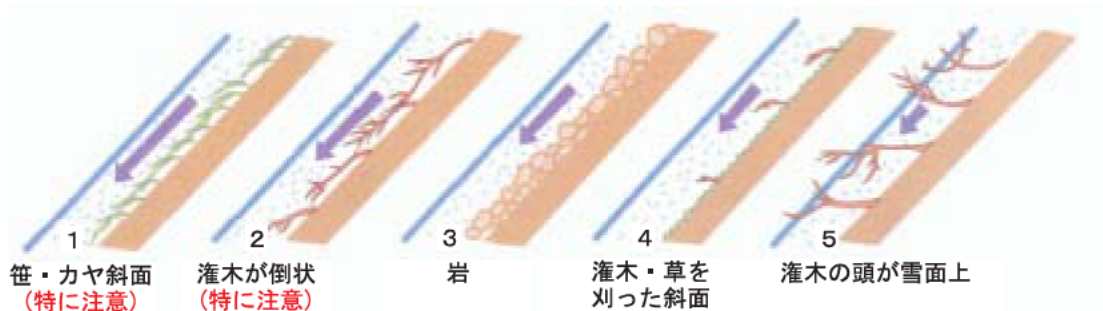
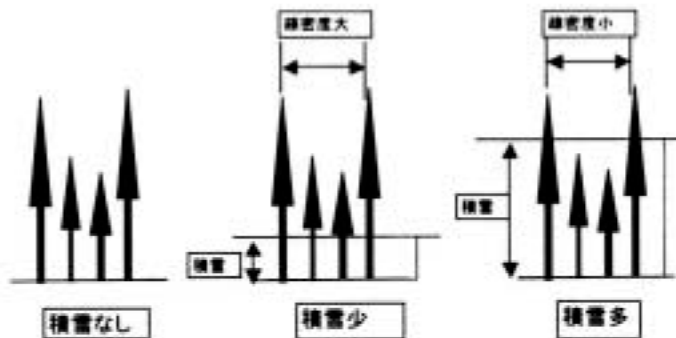


図 3-20 植生と雪崩発生しやすいさ⁷⁾

以下に植生に関する点検項目を示す。点検時には、樹種や樹径などについてもあわせて点検するとよい。

1) 樹林の高さ

樹木が密生していて、雪面上にその先端が抜け出ている場合は、雪崩抑止効果が期待できる。樹林地帯であっても、疎であれば樹間を通り抜ける可能性があるため注意が必要である (図 3-21、写真 3-21)。



積雪が増えると雪上木が少なくなり、樹冠疎密度が小さくなる → 表層雪崩が発生しやすくなる

図 3-21 雪上木の模式図³⁾



写真 3-21 樹間を通り抜けた雪崩

2) 雪崩による被災

雪崩により植生が変化すると雪崩が発生しやすくなる場合がある。また、再び同じ経路で雪崩が発生する危険性も高くなるため注意が必要である。被災箇所におい

ては、以下の項目について調査する。

- ①被災状況：幹折れ、枝折れ、流木
(写真 3-22)
- ②被災樹木の状況：樹種、樹径、被災高さ
- ③流下方向：幹や枝が折れ曲がっている方向、枝が残っている方向

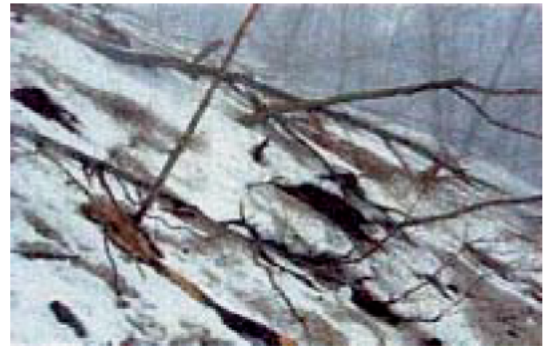


写真 3-22 雪崩による植生の被災

3) 植生の折れ、たわみ、位置の変化

斜面下部方向への雪の移動により、植生の折れやたわみ、位置が変化していないか調査する。

4) その他

樹木の着雪、冠雪（写真 3-23）や枝張りの雪塊の崩落が雪崩発生の誘因となる場合があるので、注意深く調査する必要がある（図 3-22, 図 3-23）。

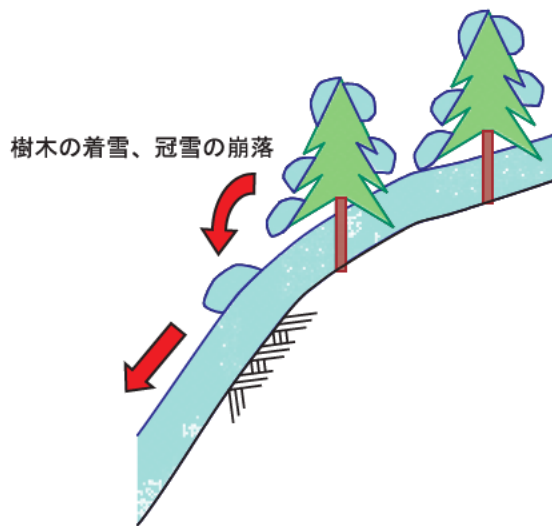


図 3-22 樹木の着雪、冠雪

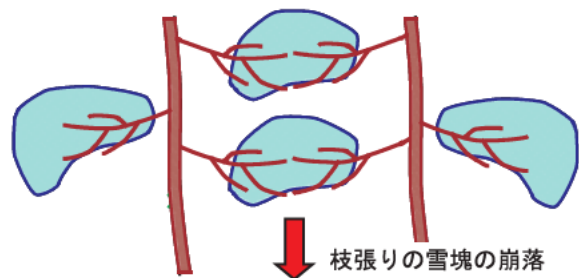


図 3-23 枝張りの雪塊



写真 3-23 樹木の着雪、冠雪¹⁾

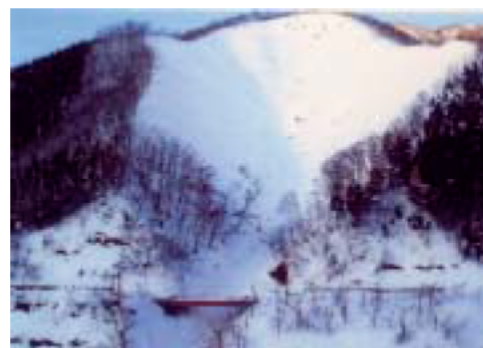


写真 3-24 植生が伐採された斜面

また、植生が伐採された斜面（写真 3-24）では、雪崩の発生抑止効果が低減するため、雪崩の危険性が高くなる。このため、点検時にはこの点を特に注意して調査する必要がある。

（3）雪崩対策施設の状況

雪崩対策施設がその機能を十分に発揮する状態か、または施設上部からの雪庇等が雪崩を誘発する危険性がないか点検する。

1）施設が雪に埋没していないか

雪崩対策施設が雪に埋没（写真 3-25）していると、雪崩に対する抑止効果が減少するので施設上部の堆雪除去や監視が必要となる場合もある。

2）施設天端からの雪庇、巻きだれの発生状況

施設天端からの雪庇、巻きだれが成長し崩落すると、雪崩発生誘因となるため早期に除去するか監視を継続する必要がある（写真 3-26、図 3-24）。



写真 3-25 雪崩予防柵の埋没

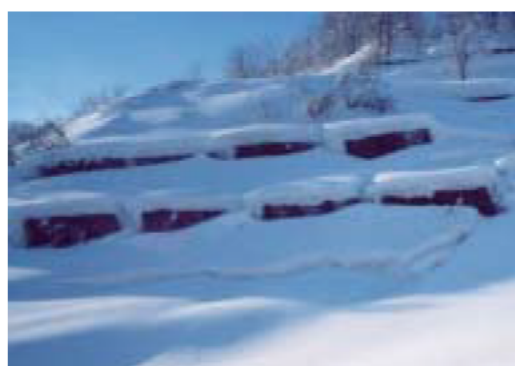


写真 3-26 雪崩予防柵上部の巻きだれ

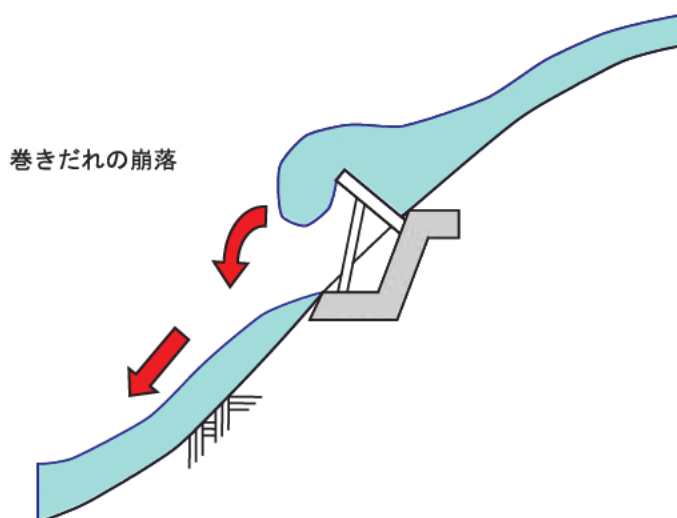


図 3-24 施設上部の巻きだれの崩落

3) 施設の破損

施設の破損がある場合は、雪崩に対する効果が低下するため、監視を継続し、無雪期に修繕等を実施して次の冬期に備える必要がある（写真 3-27、写真 3-28）。



写真 3-27 雪崩予防柵の破損



写真 3-28 防護擁壁上の柵の破損

4) その他

雪崩対策施設の間を流下した雪崩（写真 3-29）がないか確認する。また、雪崩防護擁壁等のポケット部に堆雪し、余裕がなくなっている場合は、雪崩が防護擁壁を乗り越える可能性があるので注意する（写真 3-30）。



写真 3-29 雪崩予防柵の間を流下した雪崩¹⁾



写真 3-30 雪崩防護擁壁を乗り越えそうな状況¹⁾

3.3.2.2 緊急時点検

緊急時点検は、家屋等に影響を与えるような雪崩の発生や発生の危険性が高まった場合に実施する。緊急時点検は、主として表 3-8 の緊急時の点検項目について点検を行う。点検結果に応じて住民の避難など適切な対処を行う必要が生じる。

表 3-8 緊急時の点検項目 ²⁾に加筆修正

項目	点検内容	着眼点
斜面状況	①雪崩が斜面で発生する危険性はあるか 建物や道路等に到達する危険性はあるか (雪崩の規模, 到達範囲の推定)	<ul style="list-style-type: none"> ・斜面内の不安定積雪(弱層はあるか) ・建物等からの発生区の見通し角(18° 以上)
	②斜面中に雪崩の兆候が認められるか 斜面の残雪は移動しているか	<ul style="list-style-type: none"> ・吹きだまりの増大 ・クラック(雪割れ)の成長 ・雪しわ,スノーボールの増加
	③斜面に雪崩を誘発する要因があるか	<ul style="list-style-type: none"> ・崩落しそうな雪庇の成長 ・落ちそうな巻きだれの不安定さ

3.3.2.3 気象監視

積雪時には、現地点検の他に気象状況を定期的に確認し雪崩が発生する危険性がないか監視する。特に雪崩発生の危険性が認められた時には、緊急時点検に役立てるため、気象状況を把握する。

雪崩発生の要因となる気象観測データとしては、積雪深、降雪量、気温、風向・風速等があげられる。気象状況を定期的に記録し、雪崩発生の危険性を監視する。特に雪崩発生時にはその規模等の調査とあわせて気象の履歴を把握する。また、観測データの推移は定期的にグラフ化することにより、雪崩発生の危険性をある程度把握することが可能になる場合もある(図 3-25)。

雪崩は気象条件の影響を強く受ける。表層雪崩には、主に厳冬期における積雪深の急激な増加や低温の継続、強風などが作用する。他方、全層雪崩は、主に融雪期に多く、気温の上昇や温暖な日が持続し、降雪が少なく風が弱い場合に発生する。各対象地域ごとに気象状況は大きく異なるため、表 3-9(新潟県の事例)を参考に検討すると良い。

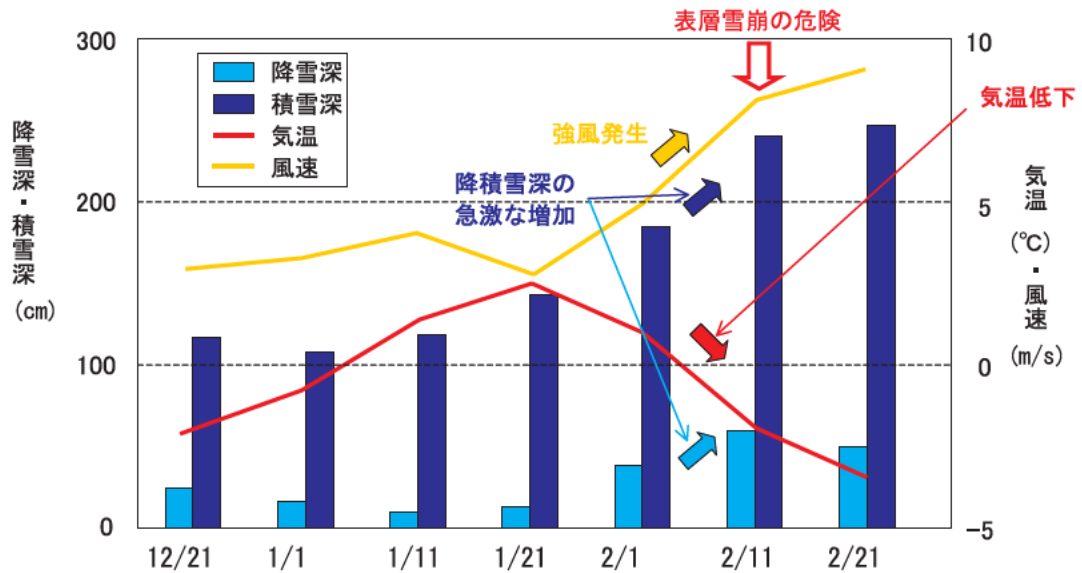


図 3-25 気象値のグラフ化

表 3-9 気象監視項目 ²⁾を加筆修正

(主に新潟県の事例を参考)

項目	着眼点	対象とする雪崩
積雪深	過去に雪崩が発生したときの積雪深を超えている場合	表層雪崩 全層雪崩
降雪	<ul style="list-style-type: none"> 積雪が1.5m程度になって、さらに新雪が30cm以上降り続いている場合 数cm以上の降雪強度が何時間も続いた場合 過去に雪崩が発生したときの累積降雪量を超えている場合 (→斜面積雪の駆動力の増加し、支持力を超えて雪崩が発生する) 	表層雪崩
気温	<ul style="list-style-type: none"> 気温-4~-7°Cで低温状態が続いた場合 (→積雪の沈降が遅れ、不安定状態が持続する) 	表層雪崩
	<ul style="list-style-type: none"> 降雪直後、暖気が流入し気温が上昇して0°C以上が続いたとき (→支持力が低下して駆動力を下回り雪崩が発生する) 	湿雪雪崩
風向 風速	<ul style="list-style-type: none"> 雪底、吹きだまりの発達方向に継続して吹いているとき (→風下方向に吹きだまりが発生し、駆動力が増加し雪崩が発生する) 	表層雪崩 全層雪崩
	<ul style="list-style-type: none"> 南よりの強風が継続して吹いているとき (→ざらめ化が進み、積雪内部が不安定状態になり雪崩が発生する) 	湿雪雪崩
雨量	<ul style="list-style-type: none"> 雨が継続して降っている場合 (→ざらめ化が進み、積雪内部が不安定状態になり雪崩が発生) 	湿雪雪崩

雪崩点検は、数多くの斜面を目視点検により迅速に行う必要がある。雪崩点検を行うには、降雪前に雪崩発生履歴や冬期の雪庇の状況などを既往の資料から把握しておくことで効率的に実施できる。このため、降雪前にこれまでの雪崩発生履歴や冬期の雪庇等の処理状況などを様々な資料から把握しておく必要がある。これらの資料に基づき、管内図等に危険箇所を明記し、効率的な点検を実施するよう心がける。

また、危険箇所の把握とあわせて対象箇所周辺で観測されている気象観測局の位置と観測内容を事前に把握しておく。気象観測局は気象庁が所管する観測所のほかに、国や地方公共団体、教育関係機関、スキー場等の観測局がある。観測項目には、積雪深、降水量、気温、風向・風速、日射量等があるが、各観測所により項目は異なっている。これらの気象データから過去の雪崩発生時の気象状況と比較し、雪崩発生の危険性を把握することもできる（図 3-26、図 3-27）。

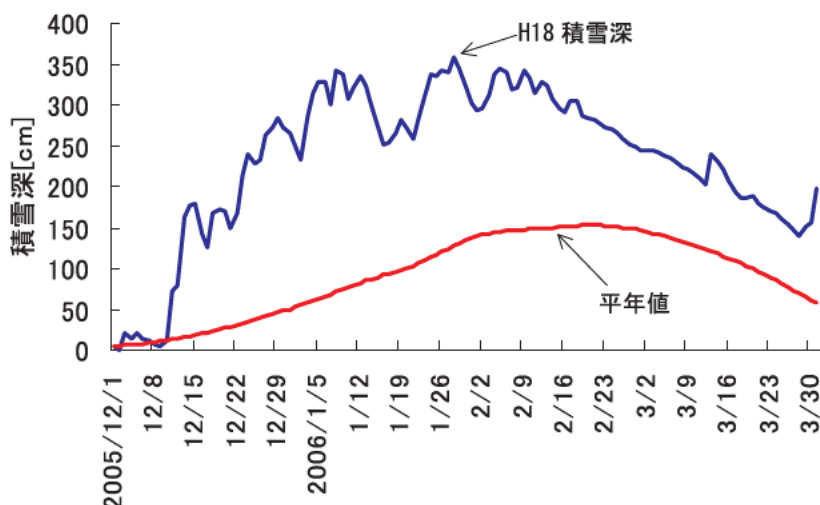


図 3-26 新潟県湯沢における平成 18 年豪雪時の積雪深の推移

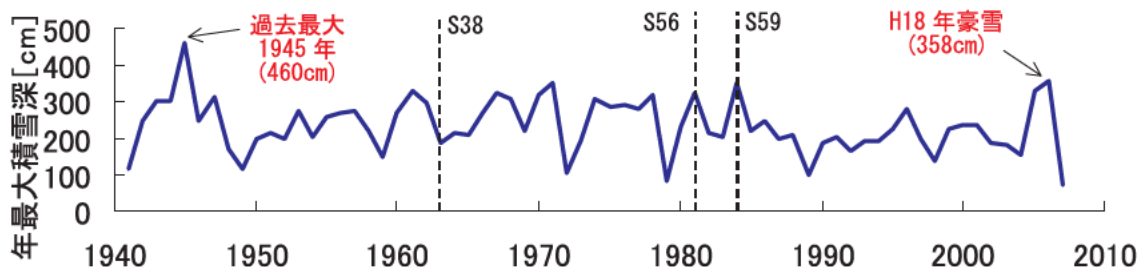


図 3-27 新潟県湯沢の年最大積雪深の推移

(参考) 気象庁の「なだれ注意報」発令基準

気象庁では、雪崩による災害が予想される場合に「なだれ注意報」を発令し、注意を呼びかけている。各地方気象台が、降雪の深さ、積雪の深さ、気温等を気象データに基づき発表しており、その発令基準は各地域により異なる。表 3-10 に、主な地域の発令基準を示した。

表 3-10 主な地域のなだれ注意報発令基準⁸⁾

道・県名	北海道 (宗谷支庁) (上川・留萌支庁) (石狩・空知・後志支庁) (網走支庁) (釧路・根室・十勝支庁) (渡島・檜山支庁)	北海道 (胆振・日高支庁)	青森県 秋田県 岩手県 宮城県	山形県
①降雪	24時間の降雪の深さ30cm以上	24時間降雪の深さ30cm以上	山沿いで24時間降雪の深さ40cm以上	1.山沿いで24時間降雪の深さ30cm以上で肘折の積雪100cm以上 2.山形の日平均気温5℃以上で肘折の積雪180cm以上 3.山形の日最高気温5℃以上で肘折の積雪300cm以上 4.12月は日降水量30mm以上で肘折の積雪100cm以上
②積雪 気温	積雪の深さ50cm以上で、日平均気温5℃以上	積雪の深さが40cm以上で日平均気温5℃以上	積雪が50cm以上で日平均気温5℃以上の日が継続	
県名	福島県	新潟県	長野県	
①降雪	24時間降雪の深さ40cm以上	降雪の深さが50cm以上で気温の変化が大きい場合	1.表層なだれ:積雪が50cm以上あって、降雪の深さ20cm以上で風速10m/s以上。または積雪が70cm以上あって、降雪の深さ30cm以上 2.全層なだれ:積雪が70cm以上あって、最高気温が平年より5℃以上高い、または日降水量が15mm以上	
②積雪 気温	積雪が50cm以上で日平均気温3℃以上の日が継続	積雪が50cm以上で最高気温が8℃以上になるか、日降水量20mm以上の降雨がある場合		
県名	富山県	石川県	福井県	
①降雪	降雪の深さが90cm以上あった場合	1.降雪の深さが50cm以上あって気温の変化の大きい場合(昇温) 2.積雪が100cm以上あって金沢の日平均気温5℃以上、または昇温率(+3℃/日)が大きいとき(ただし0℃以上)	降雪の深さが50cm以上であった場合	
②積雪 気温	積雪が100cm以上あって日平均気温2℃以上の場合		積雪が100cm以上あって最高気温が10℃以上の場合	
県名	岐阜県	滋賀県	島根県	
①降雪	24時間の降雪の深さが30cm以上で積雪が70cm以上になる場合	—	—	
②積雪 気温	1.積雪の深さが70cm以上あって、日平均気温が2℃以上の場合 2.積雪の深さが70cm以上あって、降雨が予想される場合	積雪の深さが50cm以上あり次のいずれか 1.24時間降雪の深さ30cm以上 2.日最高気温10℃以上 3.24時間雨量15mm以上	・積雪の深さ100cm以上の場合 ・積雪の深さ50cm以上あり次のいずれか 1.降雪の深さ30cm以上 2.最高気温が8℃以上 3.かなりの降雨	

3.3.3 雪崩点検結果のとりまとめ

3.3.3.1 雪崩危険箇所点検カルテの作成

雪崩危険箇所の点検結果は、図 3-28 のような雪崩危険箇所点検カルテに記載しておくといよい。カルテには現地で点検すべきポイントを予め明確にしておく。危険箇所での点検すべきポイントは、斜め写真や地形図等を利用して記述し、現地の状況を迅速に確認できるように整理する。危険斜面ごとに整理すべき事項は以下のとおりである。

- (1) 管内図または地形図に危険箇所と写真撮影箇所を記載したもの。雪崩保安林等の箇所の記載も望ましい。
- (2) 地上から危険斜面を見た状況が分かる写真。鳥瞰写真が望ましいが、「雪崩危険箇所点検」等を活用する。
- (3) ヘリコプターや高所から見た危険斜面の全景が分かる写真。なお、全景写真は山頂部や尾根から山裾の道路、家屋等が全て入っているものが望ましい。
- (4) 点検項目、着眼点
 - ① 雪崩発生の有無
 - ② 雪崩が発生している場合、建物まで到達していないか
 - ③ 雪庇の発達状況（山頂部や尾根部の発達状況）
 - ④ 吹きだまりの発生状況（斜面、沢内の発生状況、沢内の堆雪状況）
 - ⑤ クラック（雪割れ）の発生状況：斜面積雪の移動状況
 - ⑥ 雪しわの発生状況（斜面積雪の移動状況）
 - ⑦ 地すべりや崩壊による地形状況
 - ⑧ 積雪表面の平滑化
 - ⑨ スノーボールの発生状況（上部の雪庇やクラックからの一部崩落）
 - ⑩ その他異常積雪
 - ⑪ 積雪深に対する雪上木高や雪崩抑止効果
 - ⑫ 植生の雪崩による被災
 - ⑬ 樹木の折れ、たわみ、位置の変化
 - ⑭ その他、樹木の着雪・冠雪など
 - ⑮ 雪崩対策施設の埋没（施設の機能状況）
 - ⑯ 雪崩対策施設天端からの巻きだれ
 - ⑰ 施設の破損等の変状
 - ⑱ その他、施設間からの崩落雪、防護擁壁等のポケット部の堆雪
- (5) 雪崩発生履歴
- (6) 家屋や重要構造物等の有無



図 3-28 雪崩危険箇所点検カルテの作成例

また、雪崩発生履歴は表 3-11 に示すとおり一覧表にまとめ、データの蓄積をはかるとよい。

表 3-11 雪崩発生履歴一覧表(記載例)

番号	年月日	時間	分類	流下距離	流下幅	堆雪量	被災状況
①	H17年〇月〇日	△:△	表層	20 m	5 m	50 m ³	尾根部から発生し、倉庫手前で停止。 人的、物的被害なし。 応急的に雪堤を設置。
②	H18年〇月〇日	△:△	表層	50 m	10 m	200 m ³	道路を延長7m閉塞。 人的、物的被害なし。
	(写真)						
							
③							

3.3.3.2 雪崩危険箇所点検日誌

(1) 記録、報告、情報管理

無雪期および積雪期の点検結果は、カルテや日誌等に記録し、その後活用できるよう管理する。

1) 無雪期点検の記録、報告、情報管理

無雪期に得られた地形、植生および雪崩対策施設の状況は、あらかじめ雪崩危険箇所点検カルテに整理しておく。異常が見られた箇所については、必要に応じて対策工の検討や積雪期点検の点検対象箇所に追加する。

2) 積雪期点検の記録、報告、情報管理

積雪期の点検結果や気象監視結果は点検日誌(表 3-12)に記録し、その都度報告する。点検時は定期的に雪崩発生の危険性を把握するとともに雪崩危険斜面の状況写真を撮影しておく。

表 3-12 雪崩危険箇所点検日誌の作成例

平成 年 月 日() : 作成

年月日	平成 年 月 日 (曜日)		
点検時間	時 分 ~ 時 分		
点検員	課職 氏名		
	課職 氏名		
天候	吹雪・雪・曇・雨・晴 (積雪深: 降雪深:)		
気象状況	i)大雪警報 月 日 : 発令, 月 日 : 解除		
	ii)注意報 大雪・なだれ・風雪・強風・低温・着雪・融雪・濃霧・霜 月 日 : 発令		
対象箇所名			
市町村地区名	市 地内		
	郡 町 地内		
	郡 村 地内		
斜面点検			
斜面番号	斜面No.	有無	コメント
i)斜面状況	①雪崩発生の有無		
	②雪崩発生の場合、道路や建物等への到達状況		
	③雪庇		
	④吹きだまりによる巻きだれ		
	⑤クラック(雪割れ)		
	⑥雪しわ		
	⑦地すべりや法面崩壊等による地形変状		
	⑧積雪表面の平滑化		
	⑨スノーボール		
	⑩その他の異状		
ii)植生状況 (必要に応じ樹種, 樹径のチェック)	①積雪深に対する雪上木高や雪崩抑止効果		
	②雪崩による被災		
	③植生の折れ, たわみ, 位置の変化		
	④その他, 樹木の着雪・冠雪など		
iii)雪崩対策施設の 機能状況	①施設の埋没		
	②施設天端からの巻きだれ		
	③施設の破損等の変状		
	④その他, 施設間からの崩落雪 防護擁壁等のポケット部の堆雪		
斜面積雪処理			
i)必要性	・あり ・なし		
ii)緊急度	・A(即時) ・B(注意, 2~3日中) ・C(定期監視)		
iii)処理方法	・直接処理 ・待ち受け ・その他()		
iv)避難	・避難の必要性(有・無)		
備考			

3.4 雪崩危険箇所点検の出動基準、携行資器材

3.4.1 雪崩危険箇所点検の出動基準

今回収集した事例より雪崩危険箇所点検の出動基準を定めているいくつかの例を、以下に示す。

(1) 新潟県魚沼地域振興局地域整備部管内

除雪パトロールの出動基準は、①大雪警報発令時、②市に豪雪対策本部設置時、③雪崩等発生及び予想される場合、としている。

(2) 新潟県長岡地域振興局地域整備部 山古志地区雪崩管理対応（新潟県中越地震被災地）

管理道路の冬期路線確保の優先度および雪崩ソフト対策の困難度から路線の確保ランク（ランクA～D）を設け、あわせて通常および緊急パトロール実施の目安を設けている。

①通常パトロール

積雪1 m以上で日降雪量30 cm程度以上の降雪時

最高気温5℃以上で積雪が緩んできた場合

②緊急パトロール

積雪1.5 m以上で日降雪量50 cm程度以上の降雪時または見込まれる場合

(3) 新潟県長岡地域振興局地域整備部管内

管理道路を雪崩規模、雪崩頻度、交通量等の要素を基に総合的に判断して出動基準をランク分け（A～Eランク）し、ランク毎に通常および緊急パトロールの実施基準を設けている。

3.4.2 点検時の留意事項

点検出発前と点検時の留意事項は、次のとおりである。

(1) 点検出発前の留意事項

点検出発前の留意事項は、以下のとおりである。

- ① 気象情報収集
- ② 点検対象箇所の確認、効率的なパトロールコース（複数班での巡視の際は、重複や欠落のないように）
- ③ 帰庁時刻の報告および情報連絡体制の確認、通信機等の開局
- ④ 防寒具、ヘルメット、安全ベスト、身分証明書を着用
- ⑤ 携行資器材の確認（表 3-13）

(2) 点検時の留意事項

点検時の留意事項は、以下のとおりである。

- ① 点検者は現地精通者または専門知識を身につけた者とし、安全のため運転員を兼ねない。
- ② 対象箇所への移動中も車中より通過斜面を目視確認し、対象箇所では降車して状況確認する。
- ③ 徒歩で対象箇所へ移動する場合は、単独行動は避け複数で行動する。
- ④ 雪崩の発生または危険な状況を確認した際は、定められた情報連絡系統に基づき状況を報告するとともに、通行規制や雪崩に関する応急的な措置を施す。

3.4.3 携行資器材

携行資器材は、点検出動前に確認し、緊急時等に備えるため携行する。点検の際には、予期せぬ緊急事態が発生する可能性があるため、表 3-13 に示す携行資器材のうち必要なものを携行する。

表 3-13 携行資器材 ¹⁾に加筆

項目	資器材
①雪崩関係資料	管内図, 点検対象箇所位置図 集落における豪雪時の雪崩危険箇所の点検 雪崩危険箇所点検カルテ(案) 情報連絡体制図
②記録・測定器具	巻尺, 箱尺(スタッフ), ポール カメラ, 双眼鏡, 時計, カラー Sprey 気温計, 風向風速計, 降雪板
③保安用具	セフティコーン, バリケード, 保安灯 誘導棒, 安全ロープ, 規制標識
④照明器具	懐中電灯, その他照明灯
⑤応急資器材	スコップ, スノーダンプ, 救急箱, 凍結抑制(防止)剤
⑥救出用器具	ゾンデ棒, ザイル, 雪崩ビーコン, 携帯用GPS
⑦装着携行品	身分証明書, 防寒具, ヘルメット, 安全ベスト
⑧通信機器	無線機器, 携帯電話, ハンドマイク
⑨その他	カマ, ノコギリ

【参考資料】

- 1) 国土交通省北陸地方整備局長岡国道事務所(2005)：雪崩巡視の手引き(案)
- 2) 新潟県土木部道路維持課監修, (社)雪センター(2002)：道路における雪崩対策調査の手引き(案)
- 3) (社)日本建設機械化協会, (社)雪センター(2004)：2005 除雪・防雪ハンドブック(防雪編)
- 4) (社)雪センター(1996)：集落雪崩対策工事技術指針(案),
- 5) (社)雪センター(2003)：防雪対策施設事例集～道路防雪・雪崩対策～
- 6) 町田誠著(1998)：改訂 雪崩発生の予知と対策, 1998
- 7) 国土交通省北陸地方整備局長岡国道事務所(2005)：雪崩パトロール手帳, 国土交通省
- 8) 気象庁(2009)：<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/ki jun/index.html>

4. 道路における雪崩の特徴と着眼点

4. 道路における雪崩の特徴と着眼点

4.1 目的と構成

4.1.1 目的

本章は、道路管理者などの雪崩対策に携わる技術者を対象とし、道路における雪崩の特徴と積雪期における雪崩発生の子兆や雪崩対策施設の状況を観察するための着眼点を記述し、現象に対する知識の向上を目的に作成したものである。

なお、積雪期における雪崩発生の子兆や雪崩対策施設の状況を観察するための着眼点とは、道路上から判断できる観察内容を対象とした。

4.1.2 構成

本章は、「4.1 目的と構成」、「4.2 道路雪崩の特徴」、「4.3 雪崩現象把握のための着眼点」の3節から構成されている。

4.2 道路雪崩の特徴

4.2.1 わが国の雪崩災害の特徴

わが国の雪崩災害はほぼ毎年発生しており、特に豪雪年で発生件数が多い(図4-1)^{1),2)}。近年では1996年(平成8年)と2006年(平成18年豪雪)で雪崩発生件数が多い。特に平成18年豪雪では161件の雪崩災害が発生し、そのうち道路における雪崩災害が115件とその割合が高い²⁾。また、1960年頃から、全雪崩被害の発生件数に対する道路雪崩の占める割合が高い傾向にある(図4-1)。

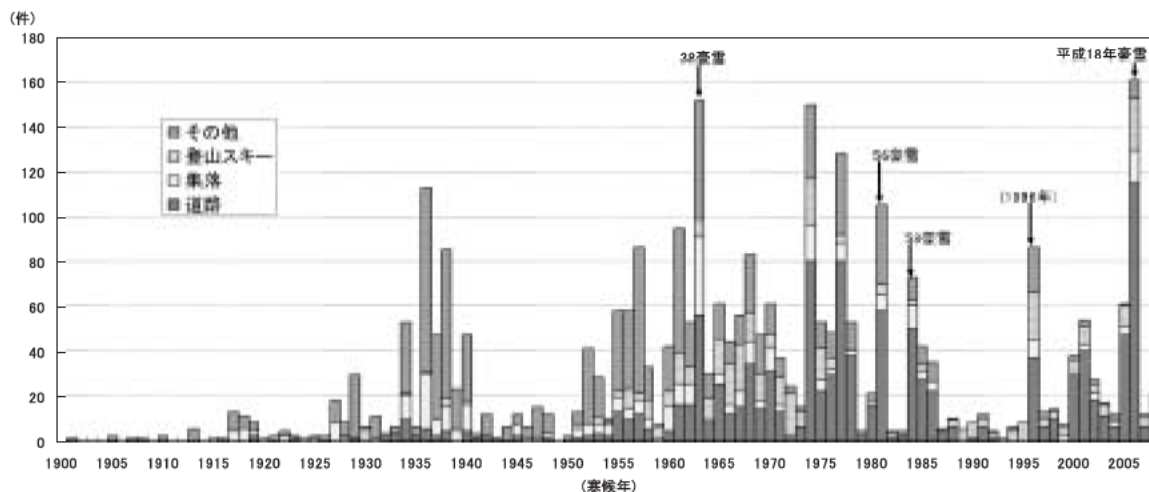


図 4-1 全国の雪崩災害の発生状況(1900(明治33年)~2008(平成20年))

1900~1999年は雪センター(2002)¹⁾より、2000~2008年は長部ほか(2008)²⁾の集計データを用いて作成

*寒候年とは前年秋から当年春までを表す

4.2.2 北海道の国道でみられる道路雪崩の特徴

北海道の国道における雪崩の発生および雪崩のおそれによる通行止めはほぼ毎年発生している（図 4-2）。雪崩発生による通行止めは、乾雪雪崩によるものが全体の 66%と多く、厳冬期である 1～2月に発生することが多い（図 4-3）³⁾。一方、湿雪雪崩による通行止めは融雪期にあたる 3月に多く発生している（図 4-3）。また北海道の国道では、斜面積雪が雪崩予防柵をすり抜けて道路に達する現象が、主に乾雪雪崩に伴って発生している（図 4-3）^{3)~9)}。このような雪崩をすり抜け現象を伴う雪崩と呼ぶ。

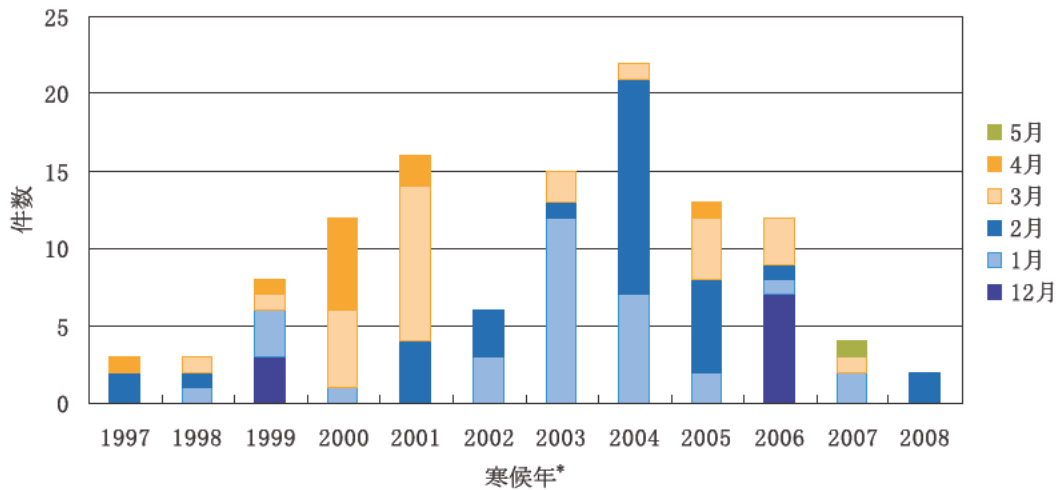


図 4-2 北海道の雪崩発生および雪崩の恐れによる月別通行止め発生件数

*寒候年とは前年秋から当年春までを表す（統計期間：1996年(平成8年)12月～2008年(平成20年)5月）

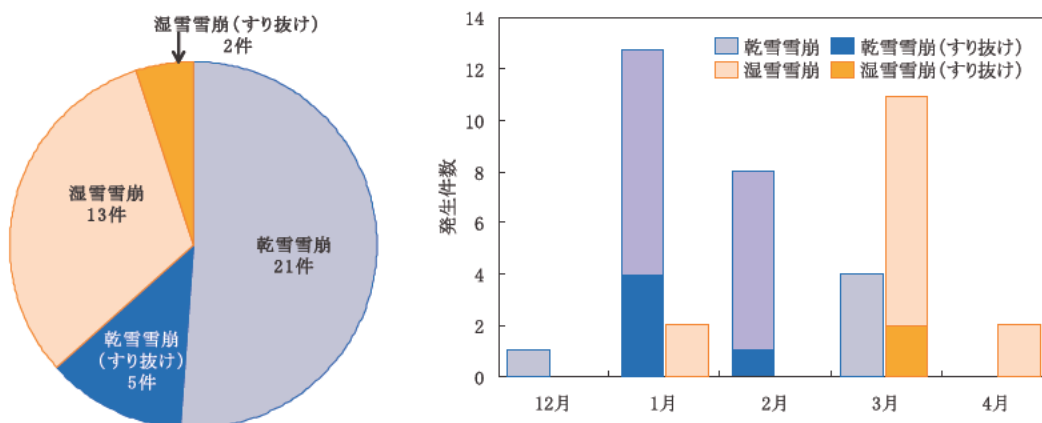


図 4-3 北海道の国道において発生した雪崩件数(左)及び月別発生件数(右)³⁾
 (統計期間:2001年(平成13年)4月～2006年(平成18年)3月)

4.3 雪崩現象把握のための着眼点

雪崩の発生要因には、素因である地形・植生条件と、誘因である気象・積雪条件がある(2.2.2.3)。このため、雪崩発生の危険性を把握するためには、対象地域の地形・植生条件、気象条件に着目することが重要となる。

本章では、雪崩発生の危険性を把握するための気象情報と、現地で雪崩発生の兆候や雪崩対策施設の状況を観察するための着眼点について整理した。なお本章では道路等から判断できる観察内容について記載した。

4.3.1 気象状況の把握

雪崩の発生に関係する主な気象要素は乾雪雪崩と湿雪雪崩で異なる。ここでは乾雪雪崩と湿雪雪崩の発生時における特徴的な気象状況を述べる。

典型的な乾雪雪崩は、積雪深が短時間のうちに急激に増加したときに発生しやすい。また、乾雪雪崩は雪庇の崩落や吹きだまりが誘因となって発生する危険があることから、雪庇の形成や吹きだまりの形成に寄与する風向風速を把握することも重要となる。

一方、春先の融雪期に多く発生する典型的な湿雪雪崩は、気温の上昇による融雪水や雨水が積雪内に浸透することで発生しやすくなるため、降水量も把握すべき気象要素の一つとなる。

上記の他、北海道で確認されているすり抜け現象を伴う雪崩は、降雪強度※が大きくて連続降雪量が多い場合で、降雪時の気温が低くかつ降雪時に無風か風が弱い気象条件下で発生する傾向にある^{3),7)}。これとは別に強風下で吹きだまりが形成される気象条件下でも発生することがある。したがって、すり抜け現象に関する気象情報を把握しておくことも、雪崩発生の危険性を判断するうえで重要となる。

なお、雪崩発生の危険性に関する判断基準は地域特性により異なる。例えば、気象庁が発表する「なだれ注意報(表4-1)」の判断基準も地域によって異なっている。したがって、雪崩発生の危険性に関して把握すべき気象情報の判断基準は、地域の積雪状況と過去の雪崩の特徴を踏まえて設定することが重要となる。

雪崩発生の危険性を把握するための留意すべき気象情報を表4-2に示す。

※ 累計降雪量を降雪時間で除した値

表 4-1 各地域における「なだれ注意報」発令基準¹⁰⁾

道・県	支庁名	発令基準
北海道 (平成 20 年 5 月 28 日現在)	宗谷支庁	①24 時間降雪の深さ 30cm 以上 ②積雪の深さ 50cm 以上で、日平均気温 5℃以上
	上川、留萌支庁	〃
	石狩、空知、後志支庁	〃
	網走支庁	〃
	釧路、根室、十勝支庁	〃
	胆振、日高支庁	①24 時間降雪の深さ 30cm 以上 ②積雪の深さ 40cm 以上で、日平均気温 5℃以上
	渡島、檜山支庁	①24 時間降雪の深さ 30cm 以上 ②積雪の深さ 50cm 以上で、日平均気温 5℃以上
青森県 (平成 20 年 6 月 24 日現在)		①山沿いで 24 時間降雪の深さが 40 cm 以上 ②積雪が 50 cm 以上で、日平均気温 5℃以上の日が継続
福島県 (平成 20 年 7 月 1 日現在)		①24 時間降雪の深さ 40cm 以上 ②積雪が 50 cm 以上で、日平均気温 3℃以上の日が継続
新潟県 (平成 20 年 6 月 30 日現在)		①降雪の深さが 50 cm 以上で気温の変化が大きい場合 ②積雪が 50 cm 以上で最高気温が 8℃以上になるか、日降水量 20mm 以上の降雨がある場合

表 4-2 留意すべき気象情報¹¹⁾

気象情報	乾雪雪崩	湿雪雪崩
天 気	○	◎
気 温	◎	◎
積雪深	◎	○
降雪量	◎	
降水量		◎
風 速	◎	
風 向	◎	

○: 必要な情報

◎: 特に重要な情報

4.3.2 雪崩現象の観察のための着眼点

雪崩現象の把握のため、表 4-3 に示す雪崩の発生状況や雪崩の前兆現象に関連する積雪斜面状況、植生状況、および雪崩対策施設の状況に注意する。特に、雪崩発生の危険性が高まっている場合には、雪崩発生の有無や雪庇の状態、クラック拡大状況などの積雪斜面状況を重点的に注意する。なお、これらの着眼点は道路等から判断できる観察内容についてまとめたものである。

以下に、それぞれの着眼点の概要について示す。

表 4-3 雪崩現象の観察のための着眼点¹²⁾

項目	点検内容	確認場所	表層雪崩	全層雪崩
1) 積雪斜面の状況	①雪崩が発生していないか。 雪崩が発生している場合、道路に到達していないか。	斜面全体	○	○
	②雪庇が発達しており、今にも落ちそうな状態でないか。	稜線付近	○	
	③スノーボールが頻繁に発生していないか。	斜面全体	○	
	④クラック（雪割れ）は発生していないか。	斜面全体		○
	⑤雪しわは発生していないか。	斜面全体		○
	⑥積雪により地形の凹凸がなくなり、積雪表面が平滑化していないか。	斜面全体	○	
	⑦吹きだまりができていないか。	斜面全体	○	
2) 植生状況	⑧積雪深に対して雪上樹高は十分か。	斜面全体	○	
	⑨雪崩による被災はあるか。	斜面全体	○	○
	⑩樹木の着雪・冠雪が肥大化していないか。	斜面全体	○	
3) 雪崩対策施設の状況	⑪雪崩発生区より上部斜面で雪崩が発生していないか。	設置範囲	○	
	⑫すり抜け現象を伴う雪崩が発生していないか。	設置範囲	○	○
	⑬スノーシェッド出入り口部において雪崩の漏れ出しがないか。	設置範囲	○	○
	⑭雪崩防護擁壁の堆雪ポケットに十分な余裕があるか。	設置範囲	○	○
	⑮巻きだれが成長し、今にも落ちそうな状態でないか。	設置範囲	○	
	⑯最下段の雪崩予防柵の下部斜面で雪崩が発生していないか。	設置範囲	○	○

(一部加筆・修正) ○：雪崩発生の要因または発生の目安

1) 積雪斜面状況

①雪崩の発生状況

小規模な表層雪崩の発生は、今後の新たな積雪により大規模な雪崩発生につながる可能性が高く注意が必要となる。特に、過去に雪崩が発生した場所に注意する。

②雪庇の形成

雪庇は図 4-4 に示すように、風によって運ばれた雪が稜線の風下側に堆積して付着しながら庇状に成長する。雪庇が発達すると、自然にもしくは衝撃などにより崩落し、そのとき積雪内部に弱層（表 2-3）や積雪粒子間の結合の弱い面（表 2-4）がある場合、雪崩を誘発する可能性がある¹³⁾。また雪庇そのものが雪塊となって道路に達する場合がある。雪庇の崩落や雪庇下部で誘発される雪崩は、しばしば晴天時の日中における加熱時に発生している¹⁴⁾。以上を踏まえ、雪庇の形成状況に注意する。

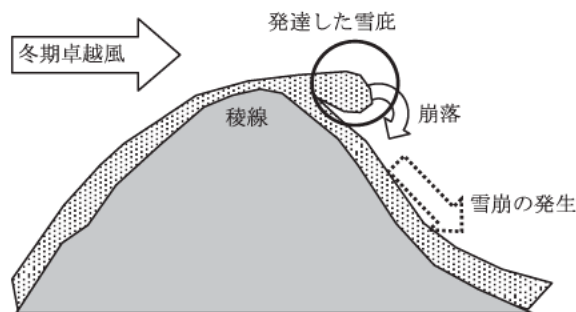


図 4-4 雪庇の形成¹⁵⁾



写真 4-1 雪庇の形成例

③スノーボールの発生

スノーボールとは、雪庇や樹木の着雪・冠雪、せり出した雪の一部が崩落して、斜面を転がり落ちて玉状の雪塊となったものである（図 4-5）。積雪内部に弱層（表 2-3）や積雪粒子間の結合の弱い面（表 2-4）がある場合、スノーボールが誘因となって雪崩が発生する可能性が考えられる。また、スノーボールを雪崩の前兆現象とする文献^{11),12),15)}もみられる。よって、スノーボールが頻繁に発生していないかその状況に注意する。

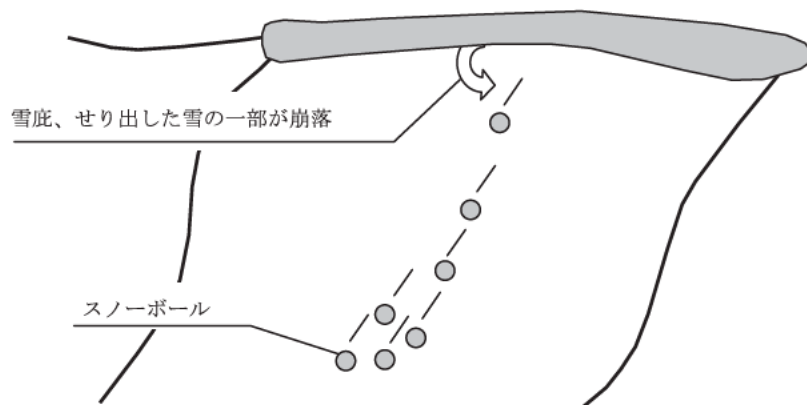


図 4-5 スノーボールの発生¹⁵⁾



写真 4-2 スノーボールの発生例

④クラック（雪割れ）の発生

斜面積雪のクラック（雪割れ）の存在は、積雪が既にすべり始め、グライドが発生している状況を示している¹²⁾ことから、クラックの存在に注意する。クラックの発生がただちに雪崩の発生につながるものではないが、雪崩発生の前兆現象の一つである。積雪表面で確認できるクラックの幅や大きさは、地表面で生じているクラックの幅や大きさより小さく見える場合がある¹⁶⁾（図4-6）。

斜面積雪の一日の移動量が10～20 cm以上あるとクラックが発生し、一日の移動量が1～2m以上になると雪崩が発生するという報告もある¹⁶⁾。また笹地斜面の場合は全層雪崩が発生する危険性が高いので、無積雪期に植生状況を確認しておくことも有用となる。灌木斜面でのグライド速度と雪崩の発生との関係を表4-4に示す。

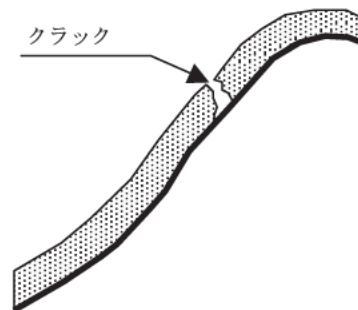


図 4-6 クラックの断面¹⁵⁾

表 4-4 灌木斜面におけるグライド速度と雪崩発生の危険度¹⁷⁾

グライド速度	雪崩発生時間	危険度
1 cm/分	10 分間	危険
1 cm/時	10 時間	注意
1 cm/日		安全



写真 4-3 クラックの形成事例

⑤雪しわの発生

雪しわとは積雪表面に発生するこぶ状のしわのことをいい(図4-7)、クラック発生後に斜面積雪の移動量が大きい場合に生じる現象である¹¹⁾。雪しわの発生は、雪崩発生の危険性が高い状態になっていることを示していることから、雪崩発生の前兆現象としてその形成に注意する。特に雪しわに亀裂が入る状態になると雪崩発生の危険性が高い¹⁸⁾。

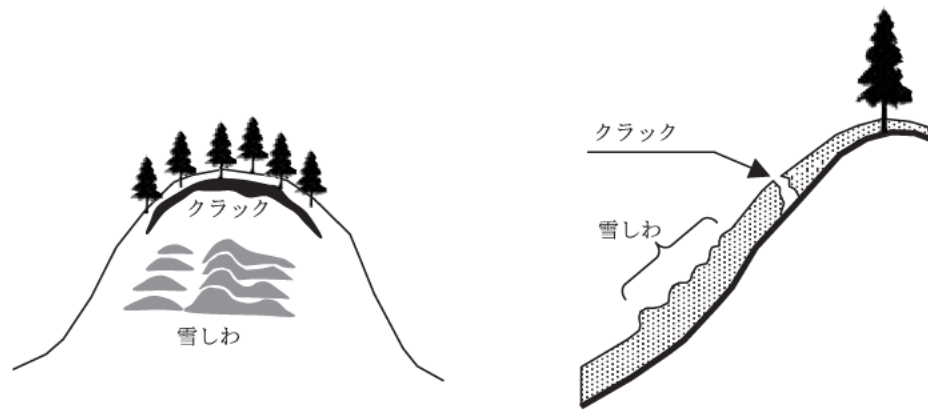


図 4-7 雪しわの形成¹⁵⁾



写真 4-4 雪しわの形成事例

⑥平滑化した斜面の形成

斜面に新雪が積もると、斜面の凹凸が次第になくなり平滑化する（図 4-8）¹⁵⁾。平滑化した斜面に新たな積雪が生じた場合、この表面がすべり面となり、雪崩発生の危険性が高まることから平滑した斜面の形成に注意する。

さらに常時強い風にさらされると、氷のように滑らかで堅い雪面が露呈してウィンド・クラストを形成する¹⁹⁾。また、レイン・クラストやサン・クラストなどの氷膜によって雪面が平滑化した場合も、その後の新たな降雪があるとき、これらがすべり面となって雪崩が発生する危険性がある²⁰⁾。サン・クラストは南または西向き斜面で形成される傾向にあり、レイン・クラストは降雨後あらゆる方位の斜面に形成される²⁰⁾。

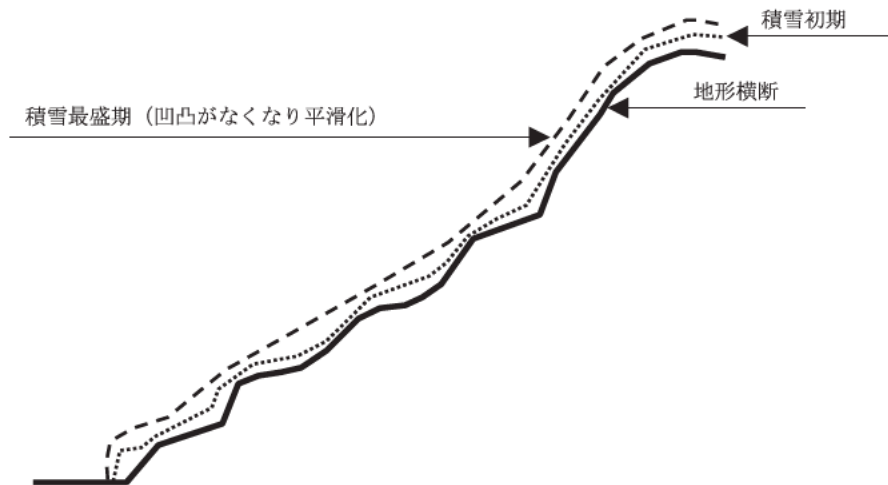


図 4-8 斜面積雪の平滑化¹⁵⁾

⑦吹きだまりの形成

斜面上の吹きだまりは、尾根を超えた風などによって運ばれた雪が堆雪することで形成される（図4-9）。吹きだまりが斜面上に形成されると、積雪深が大きくなることにより積雪荷重が増加する。積雪内部に弱層（表2-3）や積雪粒子間の結合の弱い面（表2-4）がある場合、吹きだまりの形成により斜面積雪の安定度が低下することから、雪崩発生の危険性が高くなる¹²⁾。また吹きだまりは、雪崩予防柵に形成される事例がある。よって、吹きだまりの形成状況に注意する。

吹きだまり形成の確認は積雪期に実施するが、無積雪時において地形状況を把握しておくことも、吹きだまりの形成状況を把握するためには有用となる。なお、吹きだまり形成の可能性が高い凹型の斜面については、特に注意が必要である。

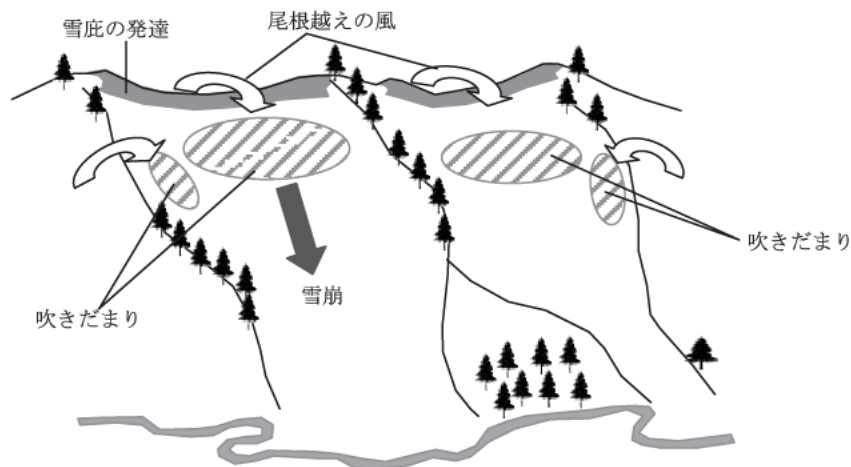


図 4-9 吹きだまりの形成模式図¹⁵⁾

2) 植生状況

⑧積雪深に対する雪上樹高

植生による斜面積雪の安定化が期待できるのは高木であり、高木が密生していれば樹木が雪に埋没することなく雪崩発生抑制を期待できる。ただし、低木・中木が多くを占めている場合は積雪が多くなると低木や中木の一部が雪に埋没してしまい、樹冠疎密度(2.2.2.3(2))が小さくなるために、表層雪崩が発生しやすくなる¹⁶⁾。したがって、積雪深に対する雪上樹高について注意する。一方、常緑樹などの枝が積雪中にある場合は、アンカーとして斜面積雪の移動を抑制する効果がある²⁰⁾。

⑨雪崩による樹木の被災

植生の良好な場所においても、雪崩により樹木が折れたり倒れたりして、樹冠疎密度が小さくなった場合には、被災箇所が新たな雪崩の発生域となる危険性が高くなる(図4-10)。このことから、雪崩が発生し樹木の被害が確認できた斜面は、被災箇所から新たな雪崩発生の兆候(表4-3に示す積雪斜面の状況)が見られないか注意する。雪崩による樹木の被害とは、木がなくなっていたり倒れていたり、あるいは谷側の枝がまだ残っているものの山側の枝葉がもぎ取られている木の存在である²⁰⁾。

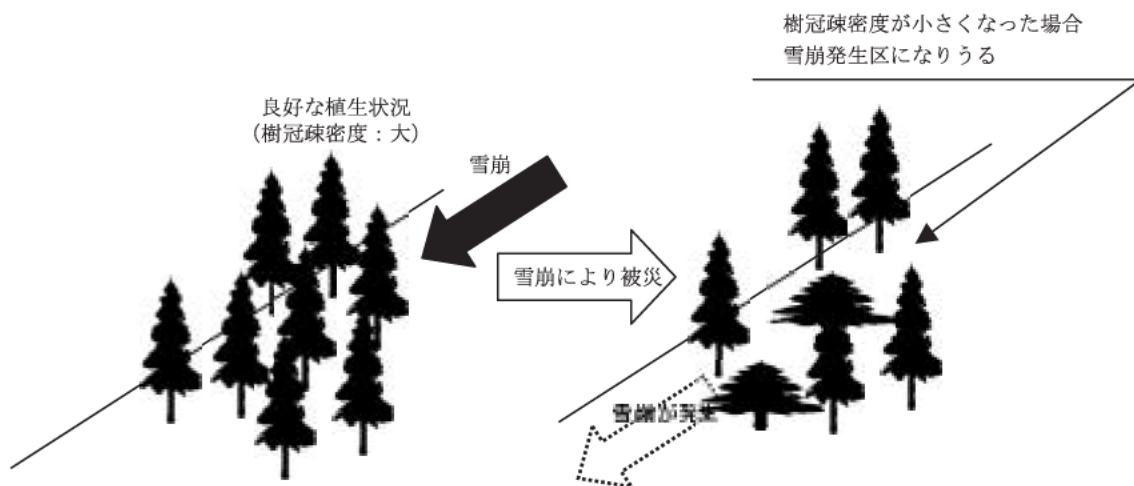


図 4-10 雪崩による樹木の被害(イメージ)

⑩樹木の着雪・冠雪

樹木に着雪または冠雪した場合には、これらが強風や自重等によって斜面に崩落する（図 4-11）。このとき積雪内部に弱層（表 2-3）や積雪粒子間の結合の弱い面（表 2-4）がある場合、着雪や冠雪の崩落が誘因となり、雪崩が発生することがあるため¹²⁾、樹木への着雪および冠雪状況に注意する。

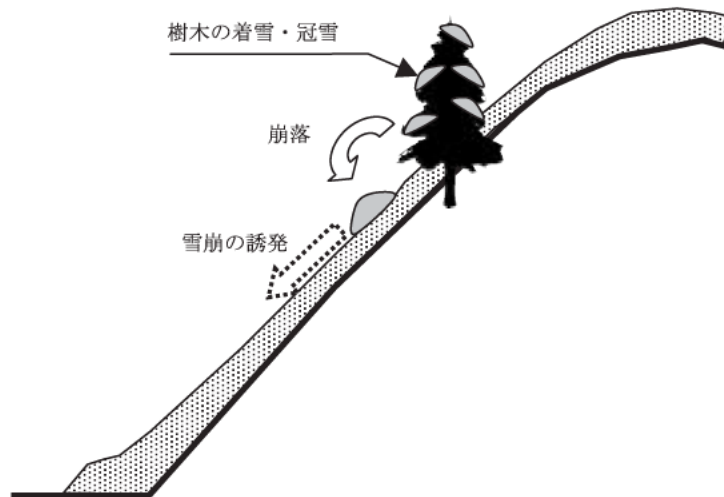


図 4-11 樹木の着雪・冠雪の崩落¹⁵⁾



写真 4-5 樹木の着雪・冠雪形成事例

3) 雪崩対策施設の状況

【雪崩対策施設に対する雪崩の有無を確認】

⑪雪崩発生区より上部斜面から雪崩の発生

雪崩予防柵は雪崩の発生を防止することを目的とした施設であり、雪崩予防柵周辺では雪崩が発生していないことが前提となるが、雪崩予防柵周辺における雪崩発生の有無に注意する。着目点は、雪崩予防柵の上部、雪崩予防柵間となる。さらに、雪崩が発生している場合には、施設が損壊していないか注意する。

⑫すり抜け現象を伴う雪崩の発生

すり抜け現象を伴う雪崩とは、雪崩予防柵の発生抑止機能が果たせず、雪崩予防柵面を積雪が通過した雪崩である（図 4-12、写真 4-6）。雪崩の観察・調査において、雪崩予防柵が設置されている斜面を雪崩が通過していないか注意する。雪崩が発生している場合には、施設が損壊されていないか注意する。

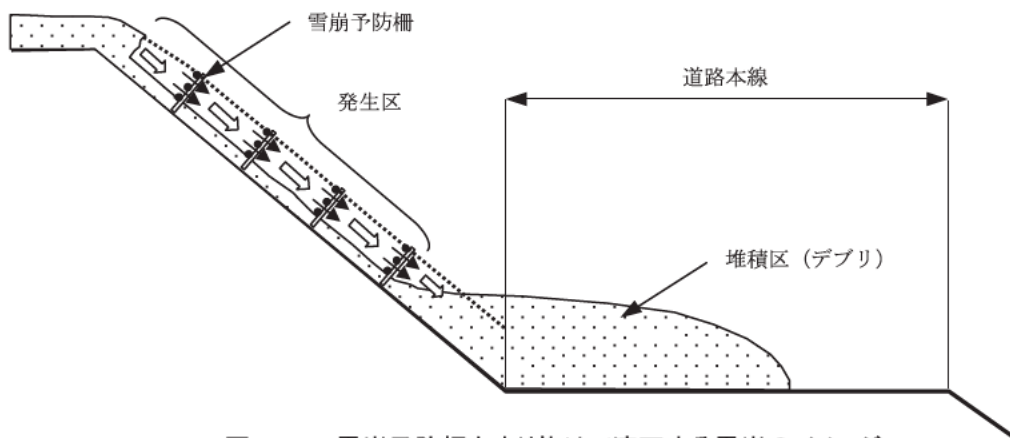


図 4-12 雪崩予防柵をすり抜けて流下する雪崩のイメージ



写真 4-6 雪崩予防柵を斜面積雪がすり抜けた現象の例
図中の破線は、積雪破断面の位置を示す。

⑬スノーシェッド出入り口部での雪崩の漏れ出し

スノーシェッドは、道路が雪崩の走路を横切る場合において、道路上に屋根を設置し、雪崩を通過させることを目的とした構造物である¹⁶⁾。しかし、樹木の伐採による植生状況の変化により雪崩発生区が拡大した場合や雪崩走路の地形条件が施工当時と変わった場合等には、必要となるスノーシェッドの長さが不足し、流下した雪崩が屋根を通過せずスノーシェッドの出入り口部に漏れ出してくる可能性がある(図4-13)。またスノーシェッドの上に樹木や岩石が堆積し、そこに雪崩が流下すると雪崩が分流して道路に漏れ出す場合がある。したがって、スノーシェッド出入り口部に雪崩の漏れ出しがないかに注意する。

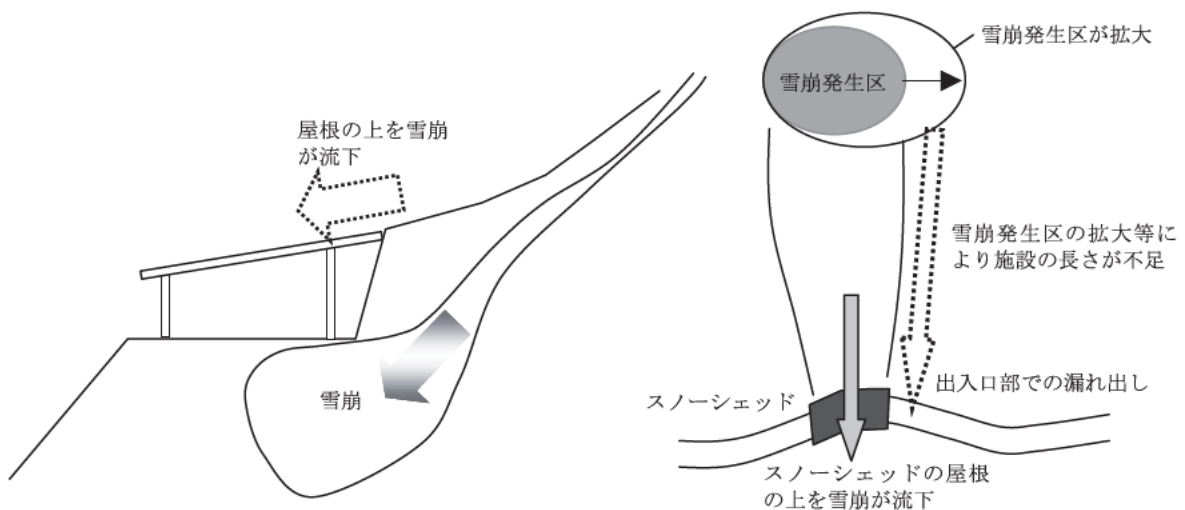


図 4-13 スノーシェッド出入り口部における雪崩の漏れ出し(イメージ)

⑭雪崩防護擁壁の堆雪ポケット

雪崩防護擁壁は、発生した雪崩を雪崩防護擁壁の背後に堆雪させて、道路等への雪崩の流下を防止する施設である。このため雪崩の観察・調査では、雪崩防護擁壁の堆雪ポケットに十分な余裕があるか注意する。堆雪ポケットに余裕がない場合には、流下してきた雪崩が擁壁を乗り越えて道路に到達する可能性がある¹²⁾(図4-14)。

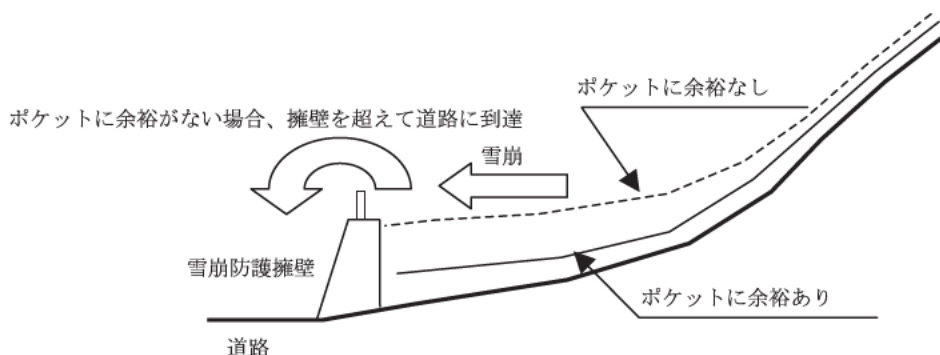


図 4-14 雪崩防護擁壁の堆雪ポケット容量の確認(イメージ)

【雪崩対策施設に対する雪崩の有無と雪崩の予兆の確認】

⑮巻きだれの成長

巻きだれは、雪崩予防柵や小段、その他の斜面構造物、転石などの上端に積雪がせり出すことによって形成される。巻きだれが崩落した場合には雪塊が本線に到達するだけでなく、雪底が崩落したときと同様に雪崩を引き起こす可能性があることから（図 4-15）、その形成状況に注意する。

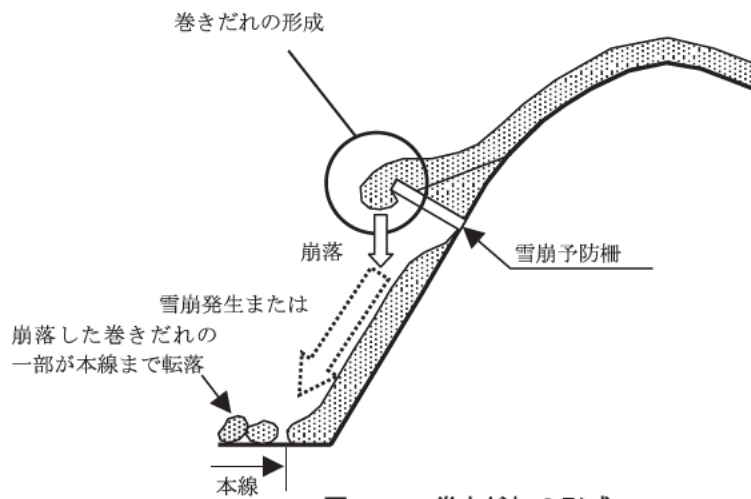


図 4-15 巻きだれの形成



写真 4-7 巻きだれの形成事例

(提供：竹内政夫氏)

⑯最下段の雪崩予防柵の下部斜面から発生する雪崩

最下段の雪崩予防柵の下部斜面から雪崩が発生していないか注意する。また、最下段の雪崩予防柵とその下部斜面積雪との間に空隙がある場合（図 4-16）には、その広がりに着目する。

なお雪崩予防柵最下段の下部斜面から発生する雪崩は、除雪によって路側に堆積していた雪を取り除くことおよびロータリー車で斜面に雪を積み上げることが要因となる可能性が考えられる。

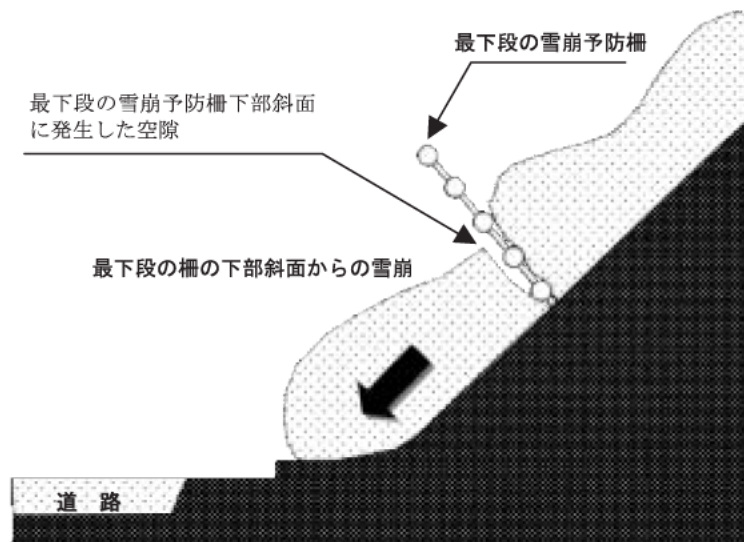


図 4-16 最下段の雪崩予防柵から発生する雪崩²¹⁾

4.3.3 調査時の携帯機材

雪崩の観察・調査は、常に雪崩に遭遇する危険が伴う。そのため応急措置を講ずる必要性が生じることを想定して、表 4-5 に掲げる資機材を適宜携行することが望ましい。このうち、ビーコン（雪崩ビーコン）は、電波の発信・受信を行う無線機であり、雪崩による埋没者の場所を特定するためのものである。ゾンデ棒は、雪面から雪の中に刺し込んで、人や物に当たった感触をもとに埋没者を探す細長い棒である。

表 4-5 携行する資機材

名 称	資 機 材	目 的
図面	地形図（1/25000）、 道路図（1/50000・地点票入り）	雪崩が発生している場合や雪崩発生の予兆が確認できた場合に、当該箇所的位置を特定するために使用する。
記録・測定器具	巻尺、ポール、 スタッフ、カメラ、双眼鏡	雪崩が発生している場合に、雪崩の規模を測定・記録するために使用する。
照明器具	サーチライト、懐中電灯	夜間など目視で斜面状況を確認できない場合に使用する
救出用備品	ゾンデ棒、スコップ、ザイル	雪崩に巻き込まれた車両・人がいた場合の救出に使用する。
装着携行品	ビーコン	雪崩に巻き込まれた場合、埋没者の位置特定に使用する。
通信器具	携帯（衛星）電話、無線機	雪崩が発生している場合や雪崩発生の予兆が確認できた場合など、事務所に緊急の連絡を行う場合に使用する。
関係書類等	道路防災カルテ 等	雪崩に関する既存の調査資料を確認する。

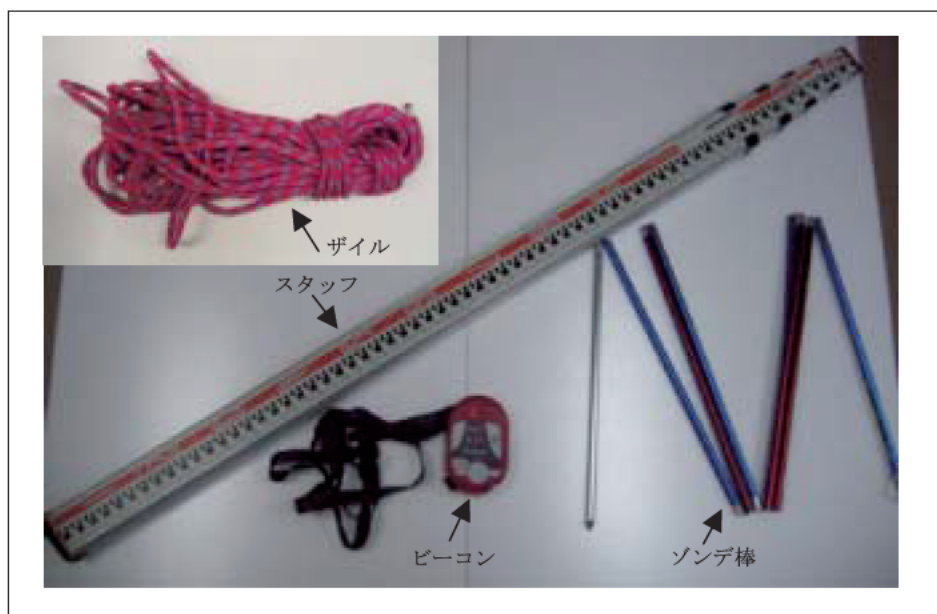


写真 4-8 携行する主要な資機材

【参考資料】

- 1) 社団法人雪センター (2000) : 雪崩災害事例集, 社団法人 雪センター
- 2) 長部友和, 和泉薫, 河島克久(2008) : 2007-08 冬期の雪崩災害の発生状況とその特徴, 雪氷北信越, 28, p.62
- 3) 松下拓樹, 松澤 勝, 伊東靖彦, 加治屋安彦(2008) : 斜面積雪が雪崩予防柵面をすり抜ける現象の発生条件, 寒地土木研究所月報, 665, p.10-17
- 4) 竹内政夫(2004) : 異常気象と雪崩の異変, 北の交差点, 15, p.18-21
- 5) 竹内政夫, 大槻政哉, 山田知充(2005) : 樹木や柵をすり抜ける新雪雪崩, 寒地技術論文・報告集, 21, p.768-771
- 6) 竹内政夫, 大槻政哉, 山田知充, 石本敬志(2005) : 北海道の道路雪崩と現場対応, 雪工学会誌, 21, p.202-211
- 7) 松下拓樹, 松澤 勝, 伊東靖彦, 加治屋安彦(2007) : 雪崩予防柵を斜面積雪がすり抜ける現象の発生気象条件について 一大雪湖周辺の事例解析一, 北海道の雪氷, 26, p.91-94
- 8) 竹内政夫, 大槻政哉, 山田知充, 石本敬志(2006) : 北海道における最近の道路雪崩とその対応, ゆき, 63, p.77-83
- 9) 竹内政夫(2008) : 北海道における雪崩との関わりと最近の道路雪崩, 北の交差点, 22, p.15-20
- 10) 気象庁(2008) : 警報・注意報発表基準一覧表, 気象庁
- 11) 町田 誠(2007) : 雪崩危険斜面の判定・雪崩管理の実態, 雪崩対策の基礎技術 2007, p.45-54
- 12) 国土交通省北陸地方整備局長岡国道事務所(2005) : 雪崩巡視の手引き (案), 国土交通省
- 13) 上石勲(1998) : 雪崩制御, 西村浩一編「雪崩」, 気象研究ノート, 190, p.161-178
- 14) デビット・マックラング、ピーター・シアラー著、日本雪崩ネットワーク訳(2007) : 雪崩ハンドブック, 東京新聞出版局, pp.342
- 15) 国土交通省北陸地方整備局長岡国道事務所(2005) : 雪崩パトロール手帳, 国土交通省
- 16) 社団法人日本建設機械化協会, 社団法人雪センター(2005) : 除雪・防雪ハンドブック, 社団法人日本建設機械化協会, 社団法人雪センター
- 17) 納口恭明, 山田穰, 五十嵐高志(1986) : 全層なだれにいたるグライドの加速のモデル, 国立防災科学技術センター研究報告, 38, p.169-180
- 18) 北海道雪崩事故防止研究会編(2002) : 決定版 雪崩学、山と溪谷社
- 19) 清水 弘(1979) : なだれ, 気象研究ノート, 136, p.63-123
- 20) ブルース・トレンパー(2004) : 雪崩リスクマネジメント, 山と溪谷社
- 21) 金田安弘, 竹内政夫(2008) : 新しい雪崩予防柵の提案 ～雪崩予防柵が抱える課題とその対応策について～, 北海道の雪氷, 27, p.25-28

5. 应 急 对 策 事 例

5. 応急対策事例

5.1 目的と事例収集先

5.1.1 目的

雪崩は積雪地域特有の自然災害で、例年、積雪斜面等に隣接する集落や道路等が被災する雪崩災害が発生し、生活や道路通行に支障をきたしている。雪崩はときには、人命や財産を奪うなど甚大な被害が生じることがある。雪崩が発生した場合には、デブリ除去など雪崩の再発生に備えて応急対策が必要となる。

本章は、雪崩が発生した場合、または発生危険性がある場合に、応急的に対処した全国の事例を収集整理し、応急対策の選定手法と対策実施時の留意点をとりまとめた。

5.1.2 事例収集先

応急対策の手法に関するアンケート・聞き取り調査は表 5-1 に示す行政機関のほか、雪崩パトロールや雪崩対策等の実務経験の豊富な建設コンサルタントや除雪工事会社に対して行った。

表 5-1 アンケート・聞き取り調査先一覧

聴取先	
①	長岡国道事務所
②	新潟県魚沼地域振興局
③	新潟県南魚沼地域振興局
④	新潟県土木部砂防課
⑤	新潟県糸魚川地域振興局
⑥	新潟県長岡地域振興局
⑦	新潟県十日町地域振興局
⑧	新潟県上越地域振興局
⑨	長野県北信建設事務所
⑩	長野県北信地方事務所
⑪	福井県奥越土木事務所
⑫	静岡県富士土木事務所

5.1.3 事例収集結果

応急対策手法に関する聞き取り調査結果を、関係機関別にまとめたものを表 5-2 に示す。

5.1.4 収集事例の特徴

既往の応急対策事例について、施工状況写真を収集するとともに施工時の留意事項を聞き取り調査した。雪崩が発生またはその危険性があった場合にはその雪崩の状況、気象状況等もあわせて収集した。表 5-3 は、施工状況写真から施工内容を、(1)直接処理、(2)待ち受け、(3)雪崩検知に分類し、その事例数を集計したものである。

表 5-3 アンケート・聞き取り調査における
施工内容および収集事例数

施工内容	収集事例数
(1)直接処理 ・雪庇処理 ・斜面積雪の処理	43
(2)待ち受け ・雪堤設置 ・仮設資材等設置	16
(3)雪崩検知 ・雪崩検知センサー	1(2)
計	60

※ 雪崩検知は2事例あるが、1つは雪堤と重複しているため、雪堤でカウントした。

合計 60 の事例の内、大半は雪庇や斜面上の積雪を直接処理する方法である。直接処理には、斜面や法面、雪崩対策施設上部、トンネルやスノーシェットの坑口部等の雪庇処理がある。特に機械作業の場合は、斜面上部の処理のために登坂路を施工し、重機が上部へ移動して作業する例や、ホイールクレーンのワイヤ先端に鉄板を取り付け、雪を切り落とす例がある。また、人力作業では、高所作業車を用いて道路案内標識や橋梁トラス上部など道路管理施設の雪庇処理やワイヤを用いて法肩部等の雪庇を処理する例がある。なお、上記の機械および人力作業を併用して、作業エリアを分担することで効率的に作業している場合もあった。この他に直接処理の特殊な事例として、火薬や蒸気圧破碎薬剤を用いた雪中爆破により発達した雪庇や斜面積雪を落とす方法がある。

待ち受けの事例は、主に雪堤または仮設資材の設置である。雪堤は、雪崩を防護するために設ける場合と、道路や建物等への直撃を避けるため誘導する方向に向けて設置する場合がある。特殊な工法として、雪崩による二次災害の危険性から対象斜面へ立ち入ることが困難であった場合に、無人重機を用いて雪堤設置を実施した例がある。雪堤の施工は、主に機械作業であるが、対象箇所への機械のアクセスが困難な場合は、人力で施工している。また、仮設資材の設置は、道路上にコンクリートブロックや大型土のうなどを設置して堆雪ポケットを確保する方法である。

雪崩検知の事例は、雪崩発生後に再び発生する危険性がある場合に、検知センサーを設置するものである。

5.2 応急対策事例の分類

5.2.1 応急対策事例の分類

雪崩危険斜面での応急対策は、大きく直接処理、待ち受け、雪崩検知に分類される。

また、施工方法を、①雪庇処理、②踏み固め・階段工、③雪堤設置、④仮設資材設置、⑤雪崩検知センサーの5種に分類した（図5-1）。

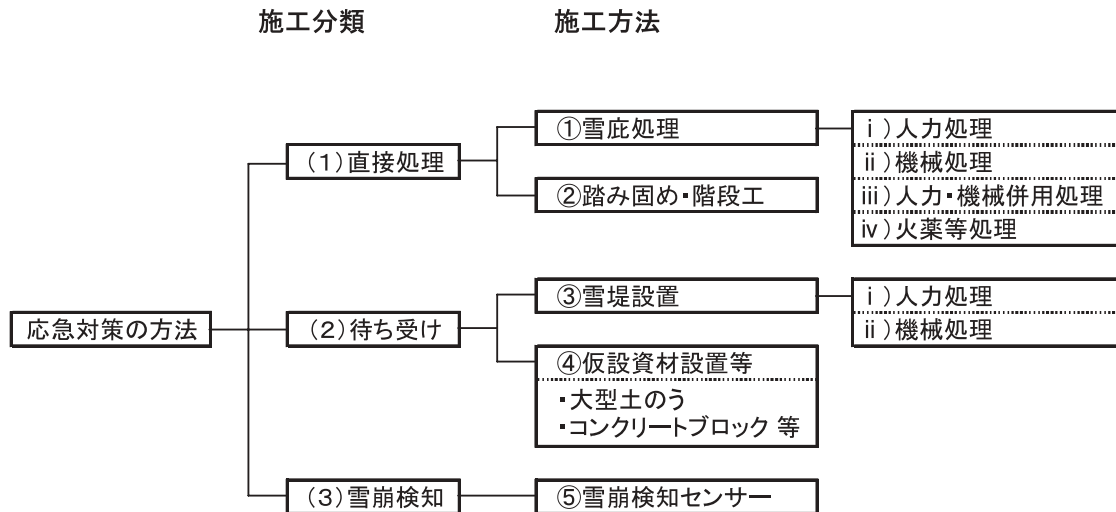


図 5-1 応急対策事例の分類

5.2.2 応急対策事例

主な応急対策の内容、作業方法、特徴等を以下に示す。

(1) 直接処理

① 雪庇処理

雪庇処理は、尾根、法肩、斜面勾配の変化点、雪崩対策施設や道路管理施設の上部に発生した雪庇等を除去する方法である。

発達した雪庇は、その崩落により雪崩の誘因となるため、あらかじめ切り落とす、あるいは掻き落とすなどして除去する必要がある。なお、ここでいう雪庇は尾根、法肩、斜面勾配の変化点に発生した雪庇の他、斜面内での異常積雪や雪崩対策施設および道路管理施設からの巻きだれや着雪も含むものとする。

雪庇処理は、人力や機械により作業するが、特殊な事例として火薬等を用いた雪中爆破により処理する方法がある。なお、ここでは、i) 人力処理、ii) 機械処理、iii) 人力・機械併用処理、iv) 火薬等処理、に分けて事例と作業の留意点を紹介する。

i) 人力処理

雪庇処理の対象規模が比較的小さく、人力で対応可能な場合は、スコップやスノーダンブ等を使用して人力で作業する。

人力作業に際しては、必要に応じ安全帯を装備するなど、転落を避ける対策が必要である。なお、処理して落とした雪の影響で雪崩を誘発しないように、雪塊を小割にして落とすよう配慮する (図 5-2)。

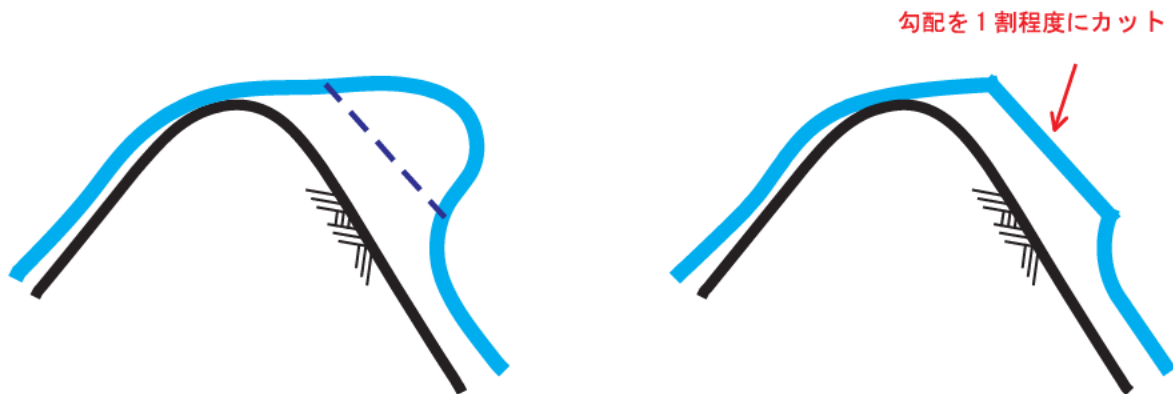


図 5-2 雪庇処理の方法



(斜面横方向に並んで作業し、作業中の斜面直下へは立ち入らない。
対象箇所へ登る際は、危険斜面を通らず迂回する。)

写真 5-1 尾根部の雪庇処理(新潟県妙高市:主)飯山斑尾新井線)



(急斜面での作業では、必ず安全帯を装着する。)

写真 5-2 斜面積雪の除去(福井県大野市:国道 158 号)



(雪崩対策施設の位置を必ず確認し、転落しないよう注意する。)

(落とした雪で雪崩を誘発しないように雪塊を小割にして落とす。)

写真 5-3 雪崩対策施設上部の雪庇処理(新潟県妙高市:主)飯山斑尾新井線)

道路の法面や管理施設の雪庇処理には、高所作業車やワイヤロープが用いられる場合がある。高所作業車を用いた事例として、トンネルやスノーシェッドの坑口部、橋梁のトラスや道路案内標識などの道路管理施設の上部処理がある。ワイヤロープによる処理は、法肩や施設上部に配置した人員と道路上の人員が、連携してワイヤを引っ張り、雪庇を切断するように除去する方法である。この際は、施設上部作業員の転落や、落とした雪庇に下部作業員が巻き込まれないよう注意する必要がある。なお、道路での作業時には、道路利用者の安全確保のため、全面または片側交互通行などの通行規制を行い、誘導員や注意喚起の標識を設置することが望ましい。



(道路利用者の安全確保のため、通行規制等を行う。
下に人や車両等がないことを確認しながら行う。)

写真 5-4 高所作業車によるトンネル坑口部の雪庇処理(新潟県十日町市:国道 253 号)¹⁾



写真 5-5 高所作業車による橋梁のトラス上部の雪庇処理
(長野県栄村:一)長瀬横倉停車場線)



(施設上部の作業員の転落や下部作業員が雪庇に巻き込まれないよう十分注意する。)

写真 5-6 ワイヤロープによるスノーシェッド坑口部の雪庇処理

(長野県飯山市：一)箕作飯山線)



写真 5-7 ワイヤロープによる法肩部の雪庇処理(長野県飯山市：主)飯山斑尾新井線)

ii) 機械処理

機械での雪庇処理は、バックホウ、ホイールクレーン、雪庇処理車等を用いて雪庇や巻きだれ、斜面積雪を処理する方法で、人力作業に比べ処理能力が格段に高い。

機械による雪庇処理は人力作業に比べ効率的で、短時間での作業が可能である。ただし、対象斜面付近に機械がアクセスできることが前提条件となり、また斜面が大規模な場合には機械が上部に届かないなど作業が制限される場合もある。

一般に雪庇や着雪処理にはバックホウが用いられるが、比較的高低差のある斜面上部や雪崩対策施設上部からの雪庇処理には、ロングアームバックホウが使用される。また、斜面積雪上に重機用の登坂路を施工し、対象箇所へ進入して処理する場合もある。さらに上部で作業員が登ることも困難な箇所では、ホイールクレーン等のワイヤ先端に鉄板を吊し、雪庇を切断するように落とす方法がある。

この他に、バックホウや雪庇処理車を使用して、雪崩防護柵等の背後の堆雪を除去してポケットを確保する事例がある。



(バックホウで斜面積雪を掻き落とし除去する。)

写真 5-8 バックホウでの斜面雪庇処理(新潟県妙高市:主)飯山斑尾新井線)



(斜面積雪上に重機用の登坂路を施工し、対象箇所へ進入して処理する。)

写真 5-9 バックホウでの法面雪庇処理(福井県大野市:国道 158 号)



(雪崩予防柵上部の堆雪やせり出した雪底をロングアームバックホウで除去する。
機械が施設と接触しないように必要に応じて監視員を配置する。)

写真 5-10 バックホウでの雪崩予防柵上部の雪底処理¹⁾

(新潟県十日町市:一)真田高島線)



(斜面積雪の除去とともに雪崩(落石)防護柵の堆雪部の積雪除去を行いポケットを確保する。
雪底処理車のバケットで除去する例もある。)

写真 5-11 バックホウでの落石防護柵上部の雪底処理および堆雪部の積雪除去

(福井県大野市:国道 158 号)



(ロングアームバックホウで坑口部の雪庇を除去する。)

写真 5-12 バックホウでのトンネル坑口部の雪庇処理(新潟県十日町市:国道 253 号)¹⁾



(ホイールクレーンのワイヤ先端に鉄板を吊るし、法面雪庇を切断するように除去する。)

写真 5-13 クレーンおよび鉄板での法面雪庇処理(福井県大野市:国道 158 号)



(ホイールクレーンのワイヤ先端に鉄板を吊るし、雪崩予防柵上部の雪庇を除去する。
施設を破損しないように十分注意する。)

写真 5-14 クレーンおよび鉄板での雪崩予防柵上部の雪庇処理¹⁾

(新潟県十日町市:一)真田高島線)

また、道路除雪においては、除雪後の崩落雪が直接道路へ流出しないような工夫がなされている。例えば法面雪庇除去のあと、道路除雪後の垂直雪面（除雪壁面）と法面との間に水平部を確保（段切り）する事例である。これは、その後の崩落雪をためたり、道路へ落ちる前のクッションの役割を期待するものである。

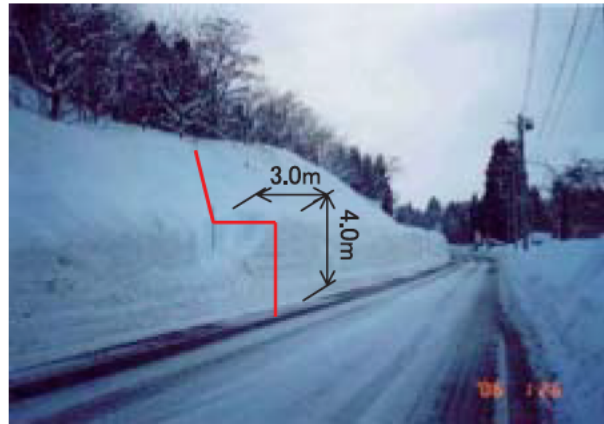


写真 5-15 法面雪庇処理および段切り(新潟県長岡市:国 290 号)²⁾

この他に、既往の文献では特殊車両を用いた雪崩危険斜面の積雪処理方法を紹介している（表 5-4）。

表 5-4 特殊車両を用いた斜面積雪の処理工法の種類^{3)に加筆}

工法		処理方法
バックホウ		法面の積雪または法肩や土留め擁壁上端の雪庇やせり出し雪を掻き落とす。
トラッククレーン	ワイヤーロープ方式	トラッククレーン車の本体とブーム先端に弓の弦のように取り付けられたワイヤーロープを雪庇やせり出し雪の背後にまわしたままトラッククレーン車を道路に沿って移動させ雪庇等を切断し、滑落させる。道路標識等の施設が作業の障害となる。
雪庇処理車	ハンマーナイフ方式	ブームの先端に取り付けたハンマーナイフを雪庇やせり出し雪に打ち込んで雪庇等を切断し、落下させる。
	ワイヤーロープ方式	トラッククレーンのワイヤーロープ方式と同じ
	ロータリー方式	ブームの先端に取り付けた小型のローター除雪装置によって雪庇等の雪を道路外へ投雪する。路面の排雪作業が不要。
	くさび方式	ブームの先端に取り付けたくさびを雪庇等に突き刺してくさびを開き、雪庇等を押し倒して落下させる。
	ジェット方式	ブームの先端に取り付けたノズルから高圧水を噴射し、雪庇等を切断して落下させる。
	クラムシェルバケット式	クラムシェルバケットにより雪崩（落石）防護柵等における背後の積雪を排除する。
クラムシェル		雪崩防護柵等における背後の積雪を排除し、雪崩防護機能を保持する。
ブルドーザ利用によるワイヤーロープ方式		路肩上に固定したワイヤーロープをブルドーザで引張って道路に沿って移動し、雪庇やせり出しを切断し滑落させる。
ロータリー方式		雪庇等の雪を直接道路外に投棄する。
ドーザー		
バックホウ付きトラック		除雪トラック上部にバックホウの回転部を備え付けた構造の処理車で大雪時に効果がある。



(雪庇処理車の本体とブーム先端にワイヤを設置し、走行しながら斜面のせり出し雪を除去する。道路標識等の施設が作業の障害となるため、事前に確認する必要がある。)

写真 5-16 雪庇処理車(ワイヤーロープ方式)による雪庇処理⁴⁾

iii) 人力・機械併用処理

人力のみ、あるいは機械のみでの雪庇処理が困難な場合には、人力と機械で作業エリアを分担し、連携しながら作業する。

人力と機械力を併用して作業する雪庇処理は、以下の場合に多く実施されている。

- ア) 斜面が比較的大規模で、機械が上部まで届かない場合
- イ) 斜面の起伏が大きく、機械から上部斜面の状況が目視できない場合
- ウ) 雪崩対策施設等の構造物が配置され、機械作業の障害がある場合

これらの状況では、人力と機械で処理エリアを分担し、連携しながら作業する。特に施設の間など細かい作業は人力で行う。なお、機械オペレーターと斜面作業員の無線等での通信方法や警告合図などは、作業前に確認する必要がある。



(法面上部の雪庇を人力で処理し、
落とした雪や下部斜面をロングアームバックホウで処理する。)

写真 5-17 バックホウと人力による法面雪庇処理(新潟県長岡市:一)二分栃尾線)²⁾



(斜面上部および雪崩予防柵上部の雪庇を人力で処理し、下部はバックホウで処理する。)

写真 5-18 バックホウと人力による雪崩対策施設付近の雪庇処理

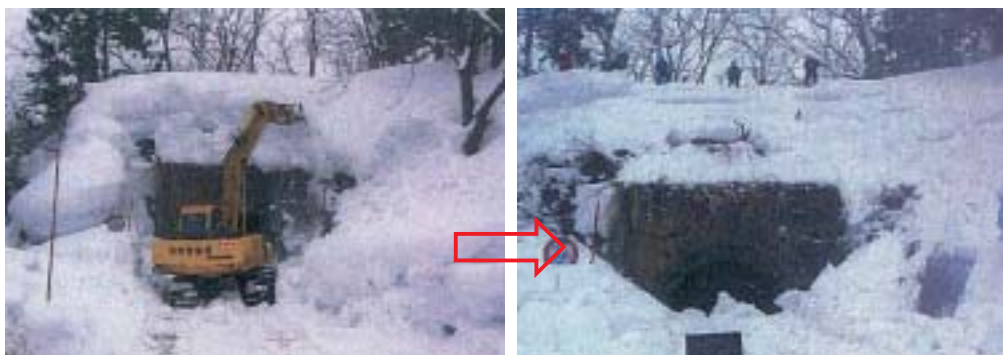
(新潟県妙高市:主)飯山斑尾新井線)



(雪崩予防柵の間など細かい部分を人力で処理し、
その他の部分をロングアームバックホウで処理する。)

写真 5-19 バックホウと人力による雪崩対策施設付近の雪庇処理²⁾

(新潟県長岡市:市)来伝吹谷田ノ口線)



(バックホウで坑口部にせり出した雪を除去し、その後上部積雪を人力で処理する。)

写真 5-20 トンネル坑口部の雪庇処理 (新潟県妙高市:主)飯山斑尾新井線)

iv) 火薬等処理

尾根部、法肩部に張り出した雪庇や斜面積雪内に火薬等を装填し、爆発により除去、落下させる方法である。

火薬等での処理は、対象箇所の積雪量や斜面形状により火薬等の配置（間隔、深さ）、火薬量（薬剂量）などは異なるが、最も効率的に処理できる場所に装填することが望ましい（図 5-3、5-4）。この処理方法は、爆破により崩落した雪庇が、斜面下方の雪を取り込みながら流下するため、斜面下方の雪も処理でき効率的である。人力処理に比べ短時間で大量かつ凍結した雪塊を処理できるが、火薬使用許可の申請と火薬取扱いの資格が必要である。また、申請や手続き等には日数を要し、爆破計画の策定には詳細な調査、計画とそれを実施できる十分な経験が必須である。なお、最近では火薬類取締法の対象外であり、作業までに時間を要しない蒸気圧破碎薬剤による処理も導入されてきている。いずれの場合も、爆破後の不安定な残雪は人力で処理を行う。

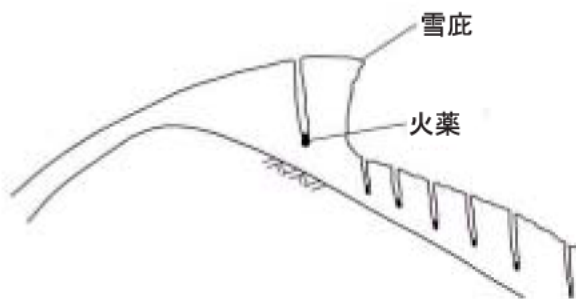


図 5-3 雪庇の処理(模式図)³⁾

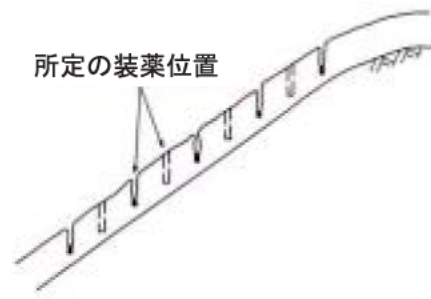


図 5-4 斜面積雪の処理(模式図)³⁾



(稜線部に発達した雪庇を火薬を用いた雪中爆破により処理する。
爆破時間帯は時間通行止めとした。)

写真 5-21 火薬による雪庇処理(新潟県湯沢町:国道 17 号)⁵⁾



(斜面の不安定な雪庇を蒸気圧破碎薬剤を用いて処理する。)

写真 5-22 蒸気圧破碎薬剤による雪庇処理(新潟県柏崎町:一)門出石黒線)⁶⁾

なお、蒸気圧破碎薬剤を用いた事例は、ニセコパノラマラインでの事例も参照されたい。

② 踏み固め・階段工

踏み固め・階段工は、斜面積雪を等高線なりに階段状に踏み固め、斜面の安定化を図る方法である。

踏み固め・階段工は雪踏みとも呼ばれ、階段状に細かく雪踏みし、斜面の安定化を促進するものである。特に、クラック（雪割れ）発生箇所では割れ目に雪を踏み入れ、斜面上下の積雪を繋げるように踏み固め、雪崩の発生を抑制するものである（図 5-5）。

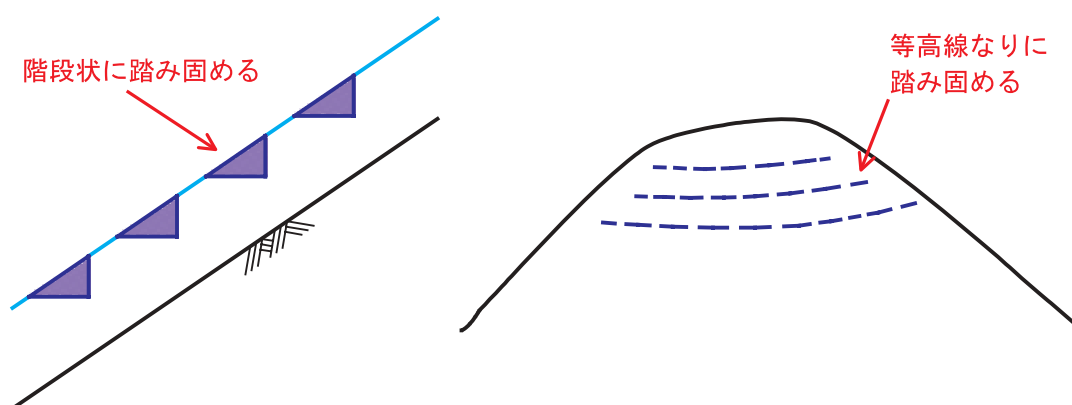


図 5-5 踏み固め・階段工の方法



（階段状に細かく踏み固める。

クラック（雪割れ）発生箇所では、割れ目に雪を踏み入れ、斜面上下の積雪を繋げるように踏み固める。）

写真 5-23 斜面積雪の踏み固め・階段工⁷⁾

(2) 待ち受け

待ち受けは、対象箇所へのアクセスが難しい場合に、雪堤や仮設資材等を用いて保全対象施設を防護する方法である。

待ち受けは、対象箇所へのアクセスが難しいなど対象部を直接処理することができない場合や、斜面が大規模で危険部分を全て処理することが困難な場合等に用いる。主に雪堤や仮設資材を用いて堆雪部（堆雪ポケット）を設け、保全対象への被害を防止する。

③ 雪堤設置

雪堤は、雪崩を阻止するために雪で堤を構築するもので、等高線沿いに数段設置する方法である。また、雪崩の流下方向を変えるために設置するものもある。

斜面部では山側の積雪を掘り上げ、堆雪部（堆雪ポケット）を確保しつつ築堤する。斜面末端の平坦部では周辺の雪を集めて堤を構築して雪崩を停止させる。特に斜面部の場合、数段設置すると効果的である（図 5-6）。雪堤は、主に斜面と垂直方向に配置して雪崩を阻止（防護堤）するが、重要構造物等がある場合には、雪崩の流下方向を変えるために誘導方向に傾ける方法もある。これは、誘導堤あるいは導流堤と呼ばれている（図 5-7）。雪堤が雪崩を捕捉した例があることからその効果は高く、雪崩が雪堤を乗り越えたとしても、減勢効果が期待できる。

また、雪堤の利点として、以下の事項が挙げられる。

- ア) 現場内や周辺の雪を使用するため、材料費および資材運搬が不要
- イ) 気温上昇とともに周辺の雪同様融解するため、撤去の手間や費用がかからない
- ウ) 雪崩が雪堤を乗り越えた場合でもその勢いが弱まり、到達範囲や衝撃力は減少する

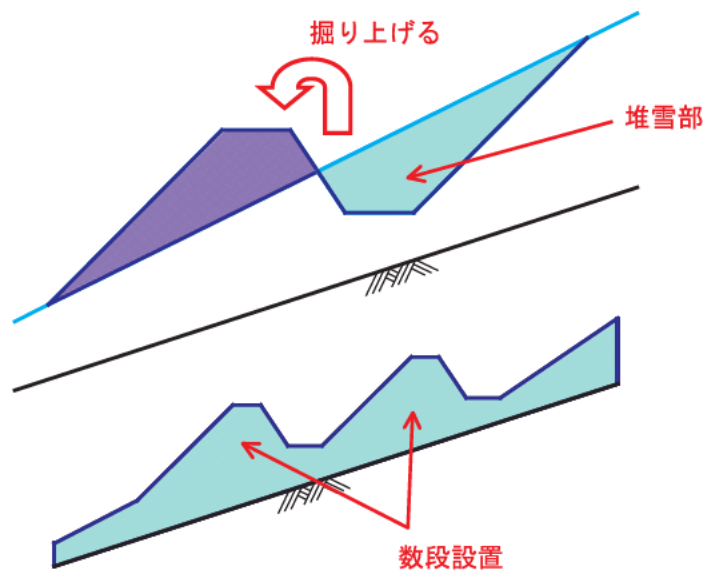


図 5-6 雪堤設置の方法

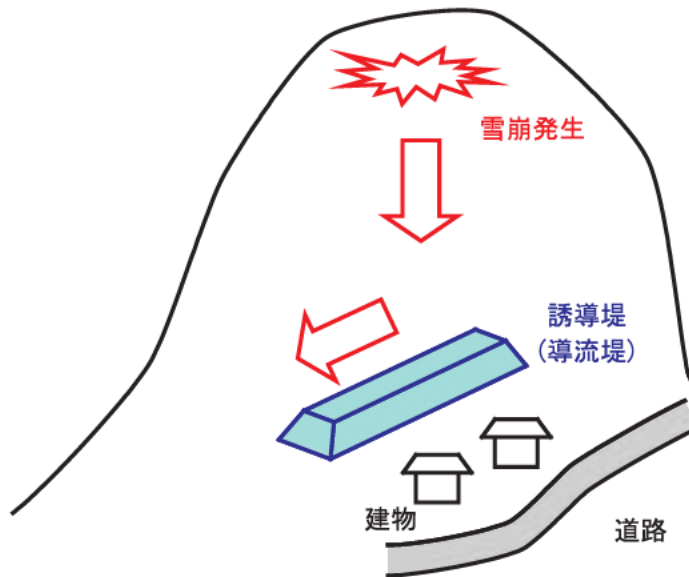


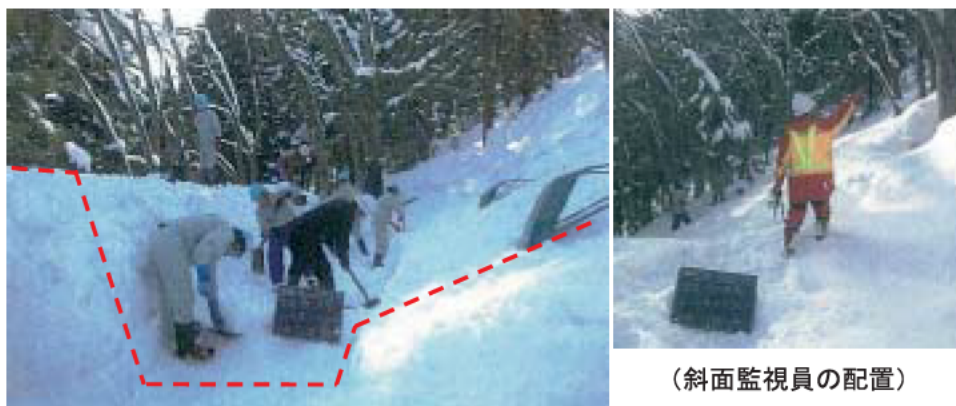
図 5-7 誘導堤(導流堤)の設置

なお、ここで紹介する事例は、i) 人力処理、ii) 機械処理、に分けて掲載する。

i) 人力処理

雪堤の設置予定箇所へ重機がアクセスできないなど機械力が使用できない場合には、人力で施工する。

人力作業に際しては、避難路の設定や斜面監視員を配置するなど安全管理には十分注意を払う必要がある。また、緊急時の避難合図や通信方法を決めておくことが重要である。



(斜面監視員の配置)

写真 5-24 人力による雪堤設置(新潟県妙高市:主)飯山斑尾新井線)

ii) 機械処理

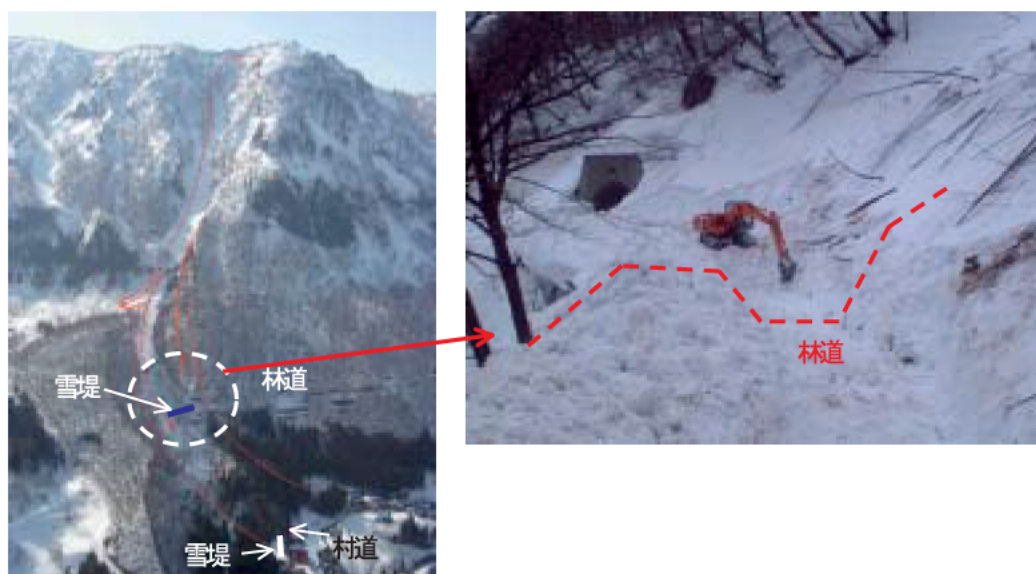
機械処理での雪堤設置は、バックホウやブルドーザ等を使用し、積雪で築堤と堆雪ポケットを設けるもので、人力処理に比べ作業効率がよく、大規模な施工が可能である。

機械処理による雪堤設置は、対象地への重機の進入が前提となる。また、斜面監視員の配置や作業時に雪崩が発生した場合の避難経路の確保を考慮しておく必要がある。雪の積み上げを機械処理、整形を人力で行うなど、人力と機械を併用し作業することがある。



(集落への雪崩流出を阻止するため、斜面と集落との間に雪堤を設置。
定期的または気象状況の変化時に斜面監視を実施。)

写真 5-25 バックホウによる雪堤設置(長野県野沢温泉村 明石)



(大規模な雪崩発生後、集落への雪崩流出を阻止するため、
雪崩走路である斜面中腹の林道と集落沿いの村道に雪堤を設置。)

写真 5-26 バックホウによる雪堤設置(長野県栄村 屋敷)



(雪堤設置の数日後に雪崩が発生し、雪崩を捕捉した状況。)

写真 5-27 雪堤が雪崩を捕捉した状況(新潟県妙高市:主)飯山斑尾新井線)



写真 5-28 雪堤が雪崩を捕捉した状況(新潟県湯沢町:国道 17 号)⁵⁾

この他に、斜面形状や周辺スペースによっては、斜面雪庇を掻き落とした際に、除去した雪を堤のように積み上げ、その後の崩落雪を捕捉するための堆雪ポケットを確保する事例がある。また、斜面積雪を穴状に掘り下げ堆雪ポケットを確保する事例もある。



(掻き落とした斜面雪庇を堤のように積み上げ、崩落雪を捕捉する堆雪ポケットを確保。)

写真 5-29 斜面雪庇処理および堆雪ポケット確保(新潟県長岡市:国道 290 号)²⁾



(バックホウで斜面積雪を穴状に掘り下げ、堆雪ポケットを確保。)

写真 5-30 斜面積雪を掘り下げ堆雪ポケット確保(新潟県妙高市:主)飯山斑尾新井線)

なお、雪堤の事例は、新潟県南魚沼郡湯沢町土樽の事例、および福井県大野市長野の事例も参照されたい。

④ 仮設資材設置等

仮設資材設置は、道路や建物等の保全対象に近接した斜面で雪崩が発生、または危険性がある場合に、コンクリートブロックや大型土のう等の仮設資材を設置して堆雪部を確保する方法である（図 5-8）。

道路や建物等の近接斜面で雪崩が発生もしくは危険性がある場合には、保全対象物を防護するため、道路上や建物等の背後に仮設資材を設置し、堆雪部（堆雪ポケット）を確保する。仮設資材として、コンクリートブロックや大型土のう等が用いられる。なお、資材の設置位置や延長、堆雪部の容量については、想定される雪崩規模に応じたものとする必要がある。また、道路上に設置する場合は、道路の全面または片側の通行規制が必要となり、迂回路の設置も検討課題となる。

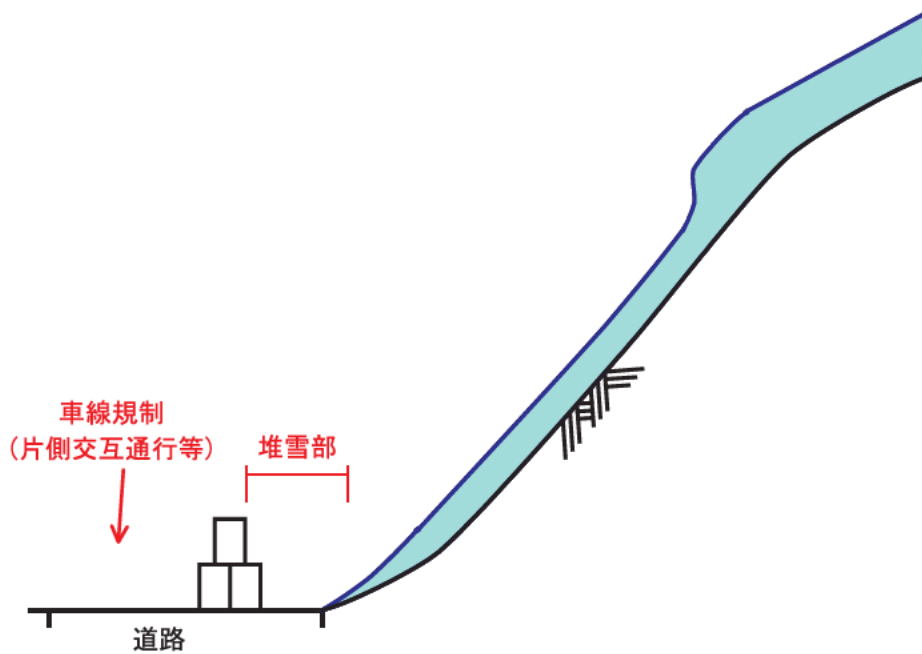


図 5-8 仮設資材の設置



堆雪ポケットの状況

(土砂混じりの雪崩が発生した際、既存のコンクリートブロック、鉄板、単管ネットが倒れたため、補強として大型土のうを設置。堆雪部を確保するため、車線規制を実施。)

写真 5-31 道路上に大型土のうを設置し堆雪ポケット確保¹⁾

(新潟県十日町市:国道 253 号)



(スラッシュ雪崩発生後、落石等に備えて大型土のうを設置。)

写真 5-32 斜面下端に大型土のう設置(静岡県富士山スカイライン)

なお、コンクリートブロックを設置した事例は、新潟県糸魚川市大所の事例を参照されたい。

(3) 雪崩検知

⑤ 雪崩検知センサー

既に雪崩が発生または危険性がある場合には、雪崩を検知するセンサー等を設置し警戒する必要がある。

雪崩を検知し、道路利用者や住民に注意喚起する方法として雪崩センサーがある。雪崩センサーにはグライドメーター、画像検知、地震計、振動センサー、ワイヤセンサー、圧力センサー等がある。

ここでは、雪崩発生後に応急的にワイヤセンサーおよび傾斜センサーを設置し、通行車両へ警告するシステムを構築した例を紹介する。写真 5-33 のように雪崩危険斜面にワイヤを2段に設置し、万が一雪崩がワイヤの下を通り抜けた場合に備え、傾斜センサーも追加で設置している。傾斜センサーは雪のグライドやクリープで 20° 以上傾いた時に道路上の警報が反応するよう設定された(図 5-9、図 5-10)。



写真 5-33 ワイヤセンサーおよび傾斜センサーによる雪崩警報システム⁶⁾

(新潟県妙高市:主)飯山斑尾新井線)

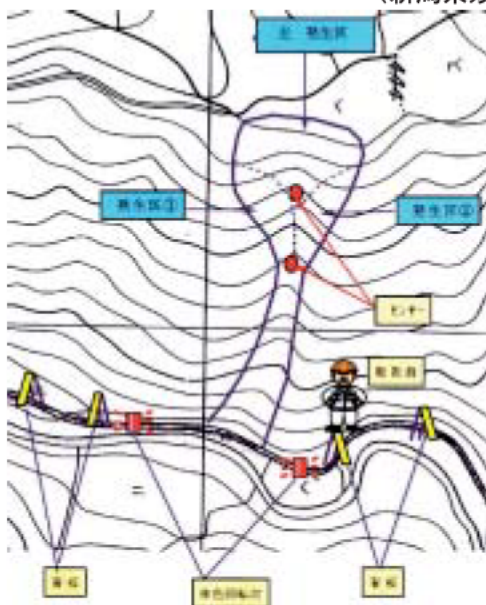


図 5-9 雪崩警報システムの配置図⁶⁾

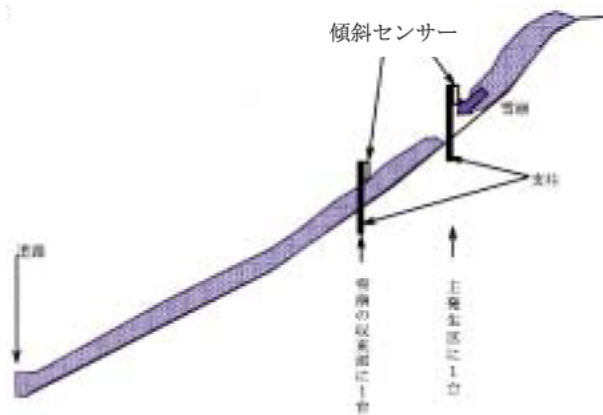


図 5-10 雪崩警報システムの模式図⁶⁾に加筆

なお、ワイヤセンサーの設置事例は、福井県大野市長野の事例も参照されたい。

5.2.3 応急対策の選定方法

雪崩の危険斜面は、各箇所により斜面形状や周辺状況をはじめ、その環境はそれぞれ異なるため、応急対策の方法も状況に応じた対策とする必要がある。既往の事例から整理した応急対策の選定方法について図 5-11 に選定フローを示し、以下に選定上の留意点を記述する。

(1) 直接処理

危険斜面に雪庇やクラックが発達し、雪崩発生危険性があると判断した場合には、はじめに対象部分の直接処理を検討する。対象規模が比較的小さく、人力で対応できる場合は、人力での雪庇処理や踏み固め・階段工を実施する。対象規模が大きく、人力では時間と労力を要する場合は、機械力での直接処理を検討する。この場合は、対象斜面付近までの道路アクセスが前提であり、また作業スペースがある場合に限られる。機種は、通常バックホウが用いられるが、斜面規模や起伏が大きい斜面では、ロングアームバックホウやホイールクレーン等を使用する方法もある。ホイールクレーンでの雪庇処理は、ワイヤ先端に設置した鉄板が回転しないように雪面に這わせるように対象部まで吊り上げ、雪庇を切り落とすもので、作業オペレーターの熟練が必要となる。この方法は、毎回アウトリガを張り出して作業するため、1回の作業範囲は限られ、施工性がよいとはいえない。しかし、対象箇所への人力での到達が困難で、バックホウでは届かず、また長期間の通行止めを避けたい場合には有効である。

人力のみ、あるいは機械のみでの作業が困難である場合には、両者を併用して作業する。この方法は、機械が斜面上部まで届かない場合や、斜面起伏が大きく機械から上部斜面が視認できない場合、あるいは雪崩対策施設が点在し、機械作業の支障となる場合に行う。

人力や機械での直接処理が困難と判断される場合は、特殊な方法として火薬等を用いた雪中爆破による処理がある。この方法は、火薬等の配置や量、詳細な調査、計画には十分な経験が必要である。

(2) 待ち受け

対象部の直接処理が不可能な場合は、待ち受けとして雪堤や仮設資材を設置する。道路や建物等の保全対象に近接した斜面で雪崩の危険がある場合は、大型土のうやコンクリートブロック等の仮設資材を堆雪部が確保できるように配置する。配置位置や延長、堆雪部の容量は、想定される雪崩規模に応じて選定する。この場合、重機のアクセスや資材搬入路の確保が前提条件となる。また、緊急を要する状況では、早急に調達できる資材や重機の確保が重要である。なお、道路上に設置する場合は、想定される雪崩規模から片側もしくは全面通行規制を実施し、あわせて迂回路の設置を検討する必要がある。

雪堤は、保全対象が危険斜面にさほど近接していない場合に用いる方法で、斜面部や山

裾部に数段設置することが望ましい。対象箇所への機械アクセスが可能な範囲では機械を使用し、機械アクセスが困難な箇所では、人力で施工する。雪堤の規模は、想定される雪崩を捕捉できるものとする。また、保全対象への直撃を避けるため誘導堤とする方法もある。

(3) 雪崩検知

雪崩検知は、ワイヤセンサー等を用いて雪崩の発生を検知する方法である。これは、雪崩が発生した際に、その後の警戒用として設けられている。

5.2.4 応急対策時の留意事項

作業に際しては、事前準備、効率的な作業計画の策定および安全管理を徹底する必要がある。以下に、作業上の主な留意事項を示す。

- ① 明るく目立つ色の防寒具を着用する。雪崩に巻き込まれた場合に衣服の内側に雪が入らないよう注意する。
- ② 斜面監視員を配置し、作業員と常時連絡できる体制を整える。無線やハンドマイク、警報装置を配備し合図を決めておく。
- ③ 緊急時の逃げ道となる避難経路を決めておく。避難の際は、作業責任者や斜面監視員が必要な指示を出す。機械の避難経路も必要である。
- ④ 単独行動は絶対にしない。作業責任者は、常に作業人員を把握する。
- ⑤ 斜面上部から下部へ向かい作業することを基本とする。対象箇所へは危険斜面を通らず、迂回して登る。作業中の斜面直下への進入は避ける。
- ⑥ 測深棒等により現状の積雪量や予定処理量を的確に把握する。
- ⑦ 必要に応じ安全帯や雪崩ビーコンを装着する。
- ⑧ 気温が急激に上がる場合や吹雪等での視界不良時には作業を行わない。無理に夜間作業は行わない。

⑧に関連して、作業中止基準の例として以下のものが紹介されている⁴⁾。

(表層雪崩)

- ・降雪により視界が悪くなった場合(視界 50m 程度)
- ・強風が続く場合(7m/s 以上の風が継続的に吹いている)
- ・新雪が 50cm 以上あり、マイナス気温が続き降雪がある場合
- ・近辺斜面で崩落が見られる場合
- ・樹木着雪が多く確認される場合
- ・カンジキの踏み固めが困難な場合
- ・少量の雪を落としたとき表面雪が多量に滑り落ちるとき

(全層雪崩)

- ・急激な気温上昇の場合(特に春暖期は注意)
- ・クラックの移動量が確認された場合
- ・スノーボール等の崩落が見られる場合
- ・雪庇等の箇所から水が流れ落ちる場合
- ・雪がゆるみ、足が取られる場合(ざらめ雪が多いとき)
- ・処理した雪以上の崩落が見られる場合

5.3 応急対策の事例

収集事例の中から応急対策の事例を以下に紹介する。

5.3.1 ニセコパノラマライン（道道岩内洞爺線）の事例－蒸気圧破碎薬剤での雪庇処理

平成19年4月23、24日にニセコパノラマライン（道道岩内洞爺線）で蒸気圧破碎薬剤を使用した雪庇処理が実施された。ニセコパノラマラインは冬期通行止めで、ゴールデンウィーク前に交通開放されている（図5-12）。雪庇発生箇所は、周辺状況や自然環境等から対策施設設置が困難であり、例年人力で処理を行っている。より効率的な処理方法を検討し、蒸気圧破碎薬剤を使用することとなった。これは、火薬類取締法の対象外であるため、官公庁との協議のみで実施でき、作業までに日数を要しない。また、火薬使用時に比べ発破時の振動が小さく、かつ爆速が遅いため雪のように柔らかい物には大きな効果がある。

対象の雪庇規模は、延長約80m、平均高さ約3m、平均張り出し長さ約5m、道路からの高さ約40mで、装填は1.5～2.0m間隔（場所により一列または千鳥格子状配置）、深さ1.5～2.0mとした。2日間の作業で雪崩の危険性のある雪庇を全て除去した（写真5-34、5-35、5-36）。なお、崩落雪の一部が道路まで達したことから、雪庇が道路交通への支障になる可能性が十分にあったと考えられる。

この方法の効果として、人力雪庇処理に比べ作業時間が短縮され、作業は数名でできるため作業時の危険の軽減とともに、経費を節減することができたと考えられる。



図 5-12 ニセコパノラマラインでの雪庇処理位置図⁶⁾

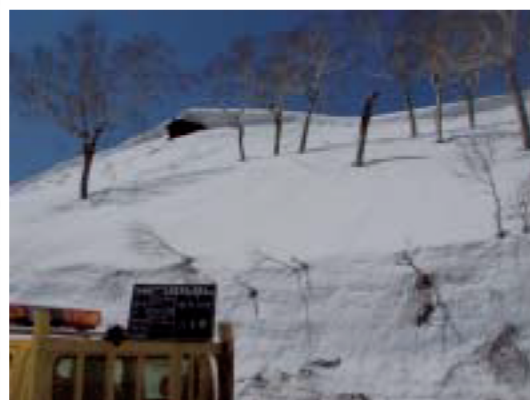


写真 5-34 発達した雪庇の状況⁶⁾

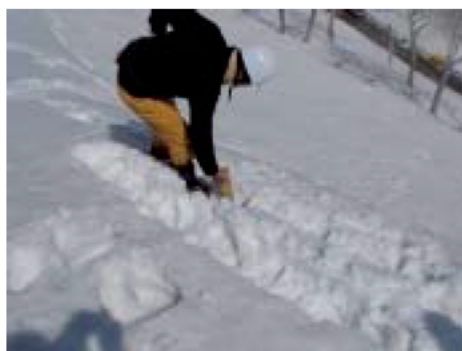


写真 5-35 蒸気圧破碎薬剤の設置作業状況⁶⁾



写真 5-36 雪底処理状況と破碎後の斜面状況⁶⁾

5.3.2 新潟県南魚沼郡湯沢町土樽の事例—雪堤（誘導堤・導流堤）設置—

平成17年12月28日午前8時すぎ、新潟県南魚沼郡湯沢町土樽で面発生乾雪表層雪崩が発生し、水平距離約1.5kmを流下し、魚野川を越えて対岸の県道を埋没させた。道路への流出量は6,000m³（延長300m、高さ4m、幅5m）であった。これにともない民宿を含む集落が孤立したほか、電柱倒壊により一時17戸が停電した（図5-13、写真5-37、5-38）。

この雪崩発生後、大量降雪による積雪量の増加が予測され雪崩が再発生する可能性があったため、約1か月後の平成18年2月1日に雪堤（誘導堤・導流堤）が構築された。場所は、魚野川左岸の河川敷で、バックホウおよびブルドーザ各1台を使用し、その規格は延長150m、高さ4m、天端幅5mであった。斜面方向より45度傾けて設置し、再度雪崩が発生した際には流下方向を変えることで県道等への到達を避ける効果を期待した（写真5-39、5-40）。なお、この後幸いにして雪堤付近までの雪崩の到達はなかった。



図 5-13 新潟県湯沢町土樽での雪崩発生箇所位置図

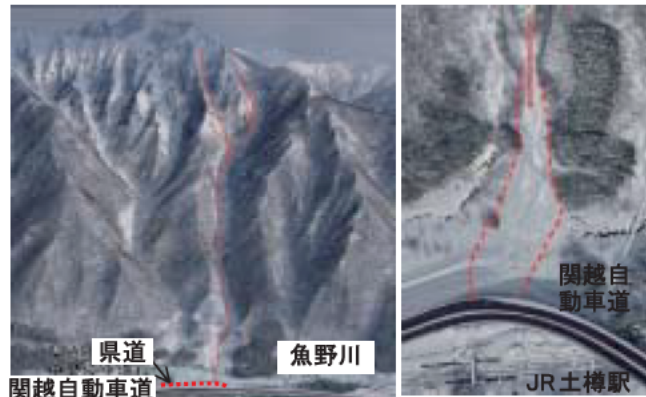


写真 5-37 雪崩流下経路(左)と堆積範囲(右)⁵⁾



写真 5-38 県道埋没と電柱倒壊⁵⁾



写真 5-39 誘導堤設置作業⁵⁾



写真 5-40 誘導堤(導流堤)設置状況⁵⁾

5.3.3 福井県大野市長野の事例—無人重機による雪堤と雪崩発生感知・通報システム—

平成 17 年 12 月 24 日午前 7 時半すぎ、福井県大野市長野で水平距離約 650m を流下する面発生表層雪崩が発生し、国道 158 号に架かる尼頭 1 号橋を直撃して、主桁が橋軸直角方向に最大 90cm ずれる被害が生じた（図 5-14、写真 5-41、5-42）。発生箇所は、すり鉢状の沢地形で最大傾斜角が約 40 度と急で、斜面途中に残雪が確認されたため、再発生による交通への危険性及び橋梁の補修工事の安全確保が課題となった。

この雪崩発生後、橋梁の復旧工事を急ぐとともに、雪崩の応急対策として専門家の意見に基づき、桁下の流下断面確保および 2 段の雪堤（1 号〔上段〕：延長 L=22.5m、高さ H=3.7m、天端幅 B=3.0m、2 号〔下段〕 L=25.0m、H=3.6m、B=3.0m）を設置した（写真 5-43、図 5-15）。雪堤構築等に際し作業の安全確保のため無人重機（遠隔操作式重機）2 台を使用し、平成 18 年 1 月 7 日までに完了した（写真 5-44）。さらに、上部雪堤にワイヤセンサーを 3 段に配置し、雪崩が発生した際には、警報機により通行車両へ警告するとともに、Eメール式警報装置により関係者へ通報するシステムを整備した（図 5-16）。なお、ワイヤセンサー設置に際しては、積雪が残る斜面での人力作業であったため、2 次災害には細心の注意を払う必要があった。

その後、施設設置後に雪崩は発生しなかったが、植生のない斜面であり雪崩発生の危険性が十分に考えられることから翌年冬期も継続してワイヤセンサーを設置した。



図 5-14 福井県大野市長野での雪崩発生箇所位置図

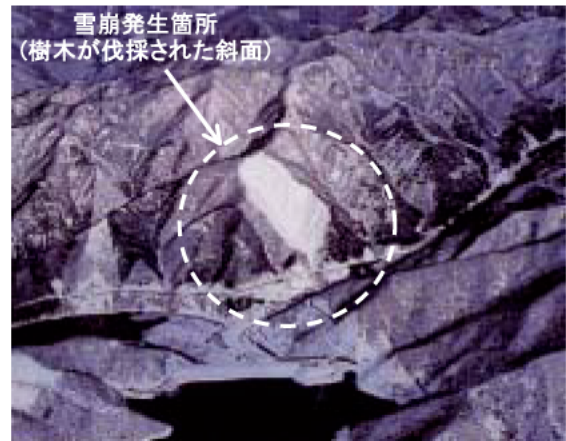


写真 5-41 雪崩発生箇所の航空写真

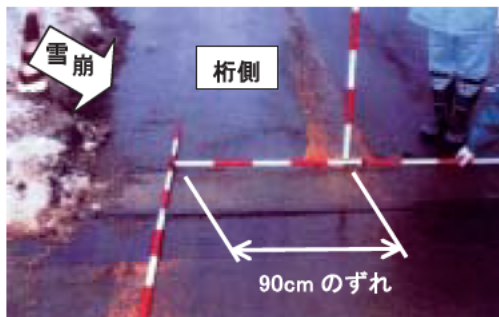


写真 5-42 橋梁の被災状況



写真 5-43 雪堤および雪崩発生感知・通報システムの設置状況



写真 5-44 無人重機での雪堤設置作業



図 5-16 ワイヤセンサーを用いた雪崩発生感知・通報システム

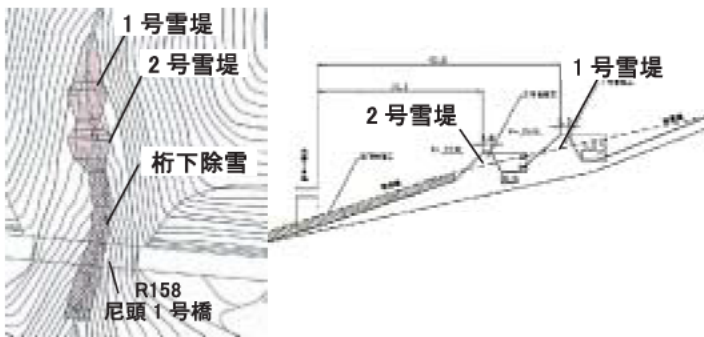


図 5-15 雪堤の平面図および縦断図



写真 5-45 平成 19 年 10 月の状況



5.3.4 新潟県糸魚川市大所の事例ーコンクリートブロック設置ー

平成 17 年 2 月 17 日午前 4 時 30 分頃、新潟県糸魚川市大所で幅 7m、延長 150m を流下する雪崩が発生し、一般県道平岩停車場蒲原線の山側に設置されているコンクリート擁壁頭部の落石防護柵が損傷した。雪崩は県道上に延長 50m、幅 7m にわたり堆積し、全面通行止めとなった（図 5-17、写真 5-46、5-47）。

当該区間の谷側には温泉旅館があり、この後積雪量の増加が予測され、雪崩が再発生する危険性があったため対策を講じる必要があった。このため、2 月 20、21 日に県道谷側車線にコンクリートブロック（4t ブロック）を延長約 67m、合計 83 個が設置され、山側にポケットが確保された。あわせて、迂回路を確保したため、県道沿線の旅館等への大きな支障はなかった（図 5-18、5-19、写真 5-48、5-49）。ブロック撤去は翌春 4 月に行われ、当該斜面の雪崩予防柵の設置および落石防護柵の補修作業に着手した。翌冬期の平成 18 年豪雪時も同様に、延長約 95m、合計 119 個のブロックを設置した（写真 5-50）。なお、ブロック設置後に大きな雪崩は発生しなかった。



図 5-17 新潟県糸魚川市大所での雪崩発生箇所位置図



写真 5-47 雪崩発生斜面と被災状況



写真 5-46 雪崩発生斜面と被災状況



写真 5-48 コンクリートブロック設置施工状況



写真 5-49 施工時の斜面監視

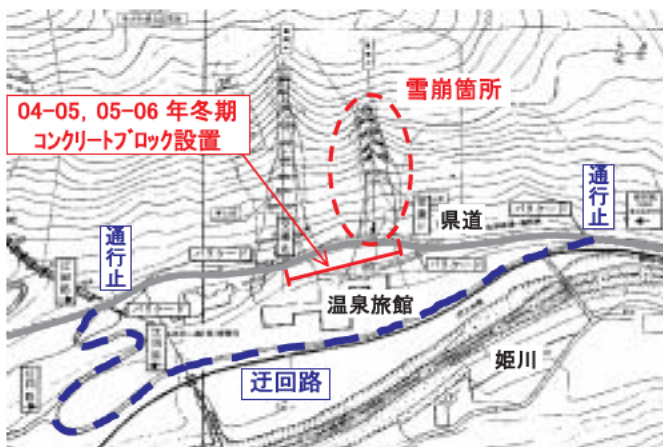


図 5-18 コンクリートブロック設置位置および迂回路



写真 5-50
コンクリートブロックの設置状況



図 5-19 コンクリートブロック設置図



写真 5-51 平成 19 年 8 月の斜面状況

【参考資料】

- 1) (株)丸山工務所 提供
- 2) 三信興業(株) 提供
- 3) (社)日本建設機械化協会, (社)雪センター(2005):除雪・防雪ハンドブック(防雪編)2005
- 4) 国土交通省北陸地方整備局長岡国道事務所(2005):雪崩巡視の手引き(案)
- 5) 町田建設(株) 提供
- 6) (株)アルゴス 提供
- 7) 町田誠著(1998):改訂 雪崩発生の予知と対策