

2024 年 3 月に利尻山と羊蹄山で発生した雪崩の調査報告

Report on avalanches occurred at Mt. Rishiri and Mt. Yotei in March, 2024

原田 裕介¹, 杉山 慎², 下山 宏², 立本 明広³, 佐々木 大輔⁴,
佐々木 翔平⁵, 國見 祐介⁶, 雪氷災害調査チーム⁷

Yusuke Harada¹, Shin Sugiyama², Kou Shimoyama², Akihiro Tachimoto³, Daisuke Sasaki⁴,
Shohei Sasaki⁵, Yusuke Kunimi⁶, Snow Damage Research Team⁷

Corresponding author: harada-y@ceri.go.jp (Y. Harada)

本稿では、雪氷学会雪氷災害調査チームが実施した、2024 年 3 月 3 日に利尻山アフトロマナイ川左岸側標高約 600-650m の南南東向き斜面、3 月 11 日に羊蹄山北側標高約 1600-1700m の東または西向き斜面で発生した雪崩の調査結果を報告する。調査結果には以下の共通点が見られた。①：2 月下旬から雪崩発生日までに形成された上部の積雪層に、結晶構造が残存した降雪結晶も含む 2 つの弱層が確認された。②：①より下層の雪質は 2 月中旬の暖気で融解しその後の寒気で凍結した硬いざらめ雪で、その上面が雪崩の流下に際しすべり面となった。

1. 2024 年 3 月 3 日：利尻山雪崩

1. 1 概要

2024 年 3 月 3 日 12:35 ごろ、利尻山アフトロマナイ川左岸側標高 310-650m の東北東向きの斜面 (N45° 11' 11-29", E141° 16' 13-57") にて、バックカントリースキーをしていた 8 名パーティーのうち 7 名が表層雪崩に巻き込まれた。この雪崩で、3 名が埋没したが別パーティーにより救助された。また、1 名が全身圧迫によりその後死亡が確認された。

雪氷災害調査チームでは、3 月 4~5 日に雪崩発生区・走路・堆積区 (デブリ) における①ゾーニング、②主要地点マーキング、③写真撮影、④積雪断面観測を実施した (図 1~図 3)。

1. 2 調査結果

1. 2. 1 雪崩の概況

雪崩発生区の破断面は、冬期強風時卓越風 (北西方向) に直交する尾根の風下側 (雪庇と吹きだまりが形成される) で、雪庇直下の急斜面で破断していた。また、雪崩堆積区のデブリは、雪崩流下方向の右岸側と左岸側の 2 手に分かれていた。

1. 2. 2 破断面における積雪断面観測

- 常に雪庇が発生する尾根の風下側で、雪庇直下の急斜面 (斜度 54°) が破断した。
- 積雪断面調査を行った破断箇所では、風下側に

吹きだまる形で堆積したこしまり雪層 (新雪が粉碎された雪の層) が、融解再凍結により硬化したざらめ層の上部に堆積していた (図 2)。

- 鉛直方向に雪面から 89cm まだが、こしまり雪層 (風による粉碎)、89-148cm がざらめ雪層 (融解再凍結により硬化)、148cm より下部がしまり雪層であった。
- すべり面は、こしまり雪層とざらめ雪層の境界であった。
- シャベルコンプレッションテスト結果: 弱層 1: CTN (破壊なし), 弱層 2: CTM11(SP) on DFbk, 弱層 3: CTM20(SC) on DFbk
- 破断面の形状は、1) すべり面 (弱層 1) ~ 弱層 2, 2) 弱層 2 から雪面までの 2 段となっており、

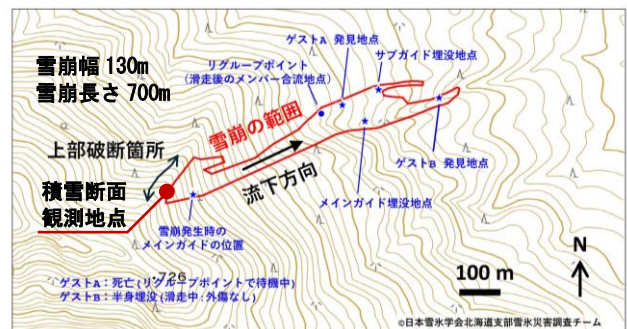


図 1 利尻山での調査における雪崩ゾーニング、主要地点マーキング (地理院地図に加筆)

¹ 土木研究所 寒地土木研究所

² 北海道大学低温科学研究所

³ ノルテ

⁴ ガイド盤溪

⁵ サークルゲームガイドサービス

⁶ 株式会社しゃこまる

⁷ 日本雪氷学会 北海道支部

Civil Engineering Research Institute for Cold Region, Public Works Research Institute

Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

NORTE

Guide BANKEI

Circle Game Guide Service

Shakomaru inc.

Hokkaido Branch, the Japanese Society of Snow and Ice

計約 40cm の厚さであった (図 3) . 今回の弱層の破壊しやすさは、弱層 2 (11 回で破壊) > 弱層 3 (20 回で破壊) > 弱層 1 (破壊なし) となった。

1. 2. 3 気象の状況

- AMeDAS 本泊 (利尻空港) , 稚内の気象データによれば、①2 月 12~15 日と 17~20 日に気温が 0℃以上上昇して南からの強風が吹き、19~20 日にはまとまった降水がみられた。また、②3 月 1~2 日の気温は概ね 0℃以下で、降水と強風が見られた (図 4)。
- 2 月 29 日午後から 3 月 1 日午前中にかけて、当時の地上気圧配置 (低気圧の前面または北側 ; 図 5) , 本泊での東向きの風向、降水量から、調査地ではプレート状の降雪結晶が降った可能性が高い。なお、現場から約 7.5km 北北東に位置する市街地でも、降雪結晶が確認されている。
- その後 3 月 3 日かけて、利尻島では北西風に伴う吹雪となった (現地での情報) 。なお、道道利尻島線は、3 月 2 日 14 時から 3 月 3 日 7 時 30 分まで吹雪により通行止めであった。

1. 3 考察・まとめ

- 積雪断面観測と気象データから、上記①の期間において積雪層内に融解や降雨により水が介在することでざらめ雪層が形成され、その後の 0℃以下の気温により再凍結したものと推定される。また、こしまり雪層は、主に上記①の期間より後に、吹きだまりや降雪によって形成されたものと考えられる。
- 降雪結晶を含む新雪が風で碎かれながら堆積することで、プレート状の破片が混在したこしまり雪層 (断面観測の -30cm~-60cm) が形成され、その層内に弱層 2 が形成されたと推察される。
- 破断面の形状が 2 段となっていることから、弱層 2 より上部の積雪が崩れて、その刺激によりすべり面 (弱層 1) ~弱層 2 までの積雪が流下した可能性が示唆される。
- 以上の調査結果から、雪崩が発生した斜面では、2 月 12~20 日までの暖気と降水、その後の 0℃以下の気温による融解再凍結に伴い、ざらめ雪の硬い表面が形成されたと推定された。その上に堆積した不安定な積雪層が雪崩となったものと考えられる。雪崩最上部の破断面は、尾根の風下側に吹きだまる形で堆積したこしまり雪層が破断し、傾斜の強いざらめ雪層の

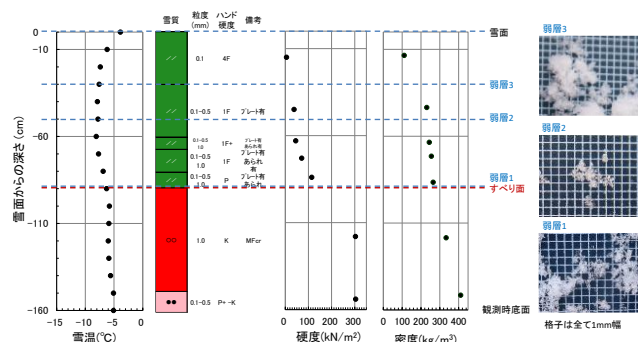


図 2 発生区破断面における積雪断面観測結果

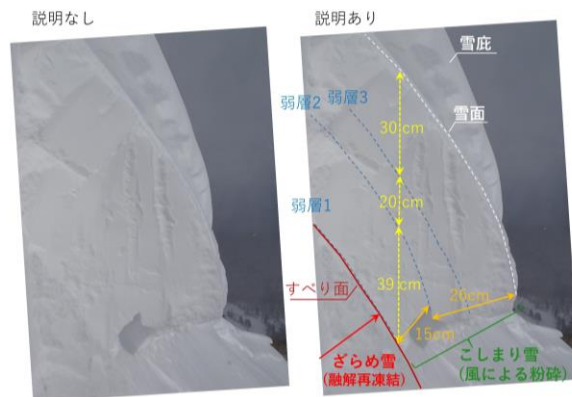


図 3 破断面 (積雪観測断面) の形状

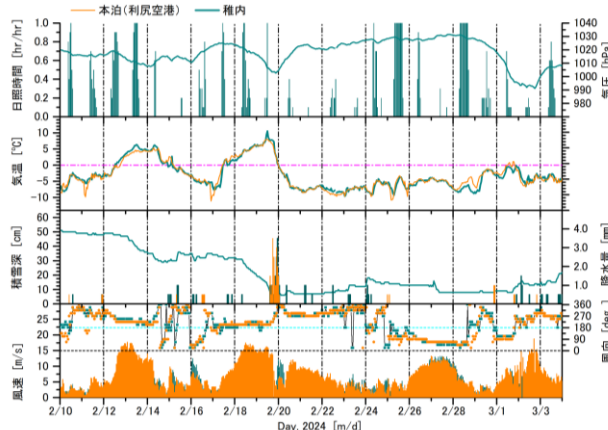


図 4 気象庁 AMeDAS 観測結果 (本泊, 稚内)

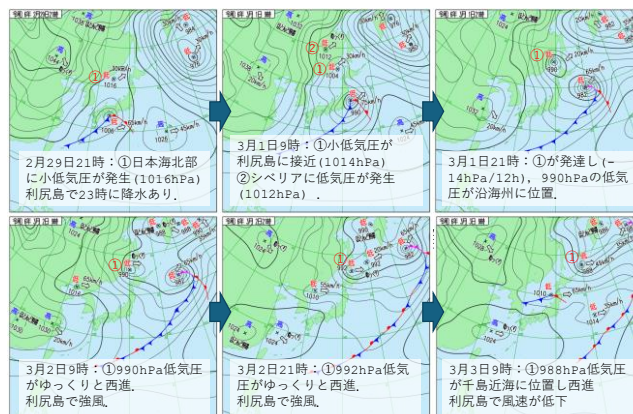


図 5 地上天気図の推移 2/29 21:00-3/3 9:00 (気象庁に加筆)

上を流下したことで形成されたものである。

2. 2024 年 3 月 11 日：羊蹄山雪崩

2. 1 概要

2024 年 3 月 11 日午前 11 時 10 分ごろ、羊蹄山北側(倶知安町側)斜面(N42°49'57"-51°04",E140°48'27"-44")で雪崩が発生し、バックカントリースキーをしていた 6 名パーティーのうち 3 名が雪崩に巻き込まれ、2 名が死亡した。死亡した 2 名は外国籍のガイドで、うち 1 名は日本でのガイド歴が 10 年以上あった。この雪崩は標高 1650m 付近で発生し、標高 650m 付近まで流下した。

雪氷災害調査チームでは、3 月 12 日に①雪崩走路・堆積区(標高 1145m-650m)における概況確認、②標高 1145m 東向き斜面(雪底の影響を避けた吹きだまり斜面)での積雪断面観測)を実施した(図 6、図 7)

2. 2 調査結果.

2. 2. 1 雪崩の概況

- ・雪崩範囲：標高 1650m 付近の沢地形から 650m のデブリ末端まで水平距離 2 km 以上、標高差 1000m に及ぶ。
- ・雪崩発生区：標高 1650m 付近の東向きの斜面(情報による)より発生した雪崩は、下流に続く沢地形の底部に沿って流下した。積雪調査箇所付近からは、視界不良のため発生区の破断面と流下形状は確認できなかった。

とした 10~15m 程で、硬いざらめ雪より上部の積雪が流下していた。細かなデブリ(φ50cm 以下)が、標高 1100m 以下で連続して存在した。また、沢の側面(最下部から 10-20m 程度の高さの斜面)に破断が複数箇所存在し、主雪崩の流下によって破断箇所から下部の積雪を取り込んだ形跡が確認された。加えて、傾斜角が急となる滝下流では、主雪崩の流下速度が一時的に速くなり、デブリが横方向へ広がり、かつ沢の側面から斜面積雪が取り込まれた様子が確認された。しかしながら、全体的には雪崩走路は狭く、斜面の大部分の積雪を取り込んだ形跡は見られない。また、デブリのブロックサイズが小さいことから、雪崩速度は比較的速かったものと推察される。

- ・雪崩堆積区：雪崩に巻き込まれた 3 名は、標高 750m 付近のデブリ堆積区で埋没していた。標高 750m のデブリ層の厚さは 3~4m と推定。

2. 2. 2 積雪断面観測

- ・映像等の情報より、東向きの上部斜面に破断面が確認されたことから、断面観測は標高 1145m の東向き斜面で実施した。
- ・断面観測は雪底の存在する尾根の直下で、雪底先端から約 5m 下方で実施した(図 6、図 7)。
- ・シャベルコンプレッションテストの結果、2 つの層で弱層が確認された(弱層 1：CTM12(BK)down15cm, 弱層 2：CTH23(RP,SP)

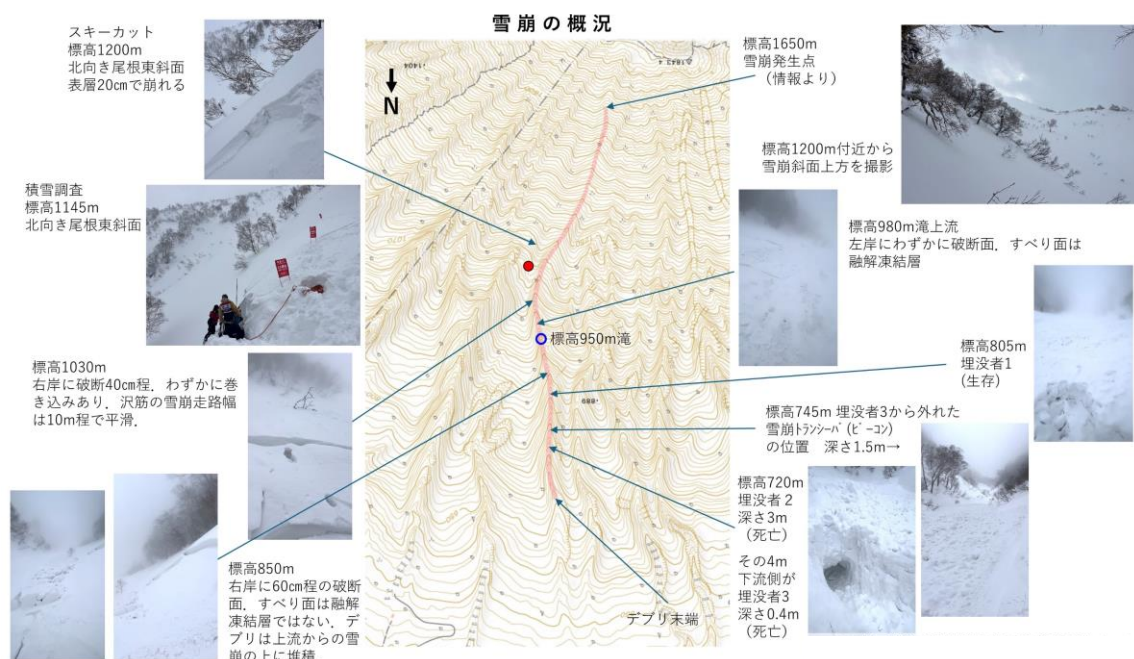


図 6 羊蹄山における雪崩の概要 (2024 年 3 月 12 日)

- ・雪崩走路：雪崩走路の幅は沢地形の底部を中心

down 40cm).

- ・弱層1の雪質：雪面からの深さ17-19cmの硬度低いこしまり雪層で、その上部の雪面からの深さ10-17cmはやや硬度の高いこしまり雪層であった。
- ・弱層2の雪質：雪面からの深さ34-48cmの密度の高いこしまり雪層と、同じく48-55cmのこしもざらめ雪の層との境界であった。こしもざらめ雪の層内では、結晶構造が残存した降雪結晶も確認された。
- ・スキークットテストの結果、かなり強めの衝撃を加えることで弱層1が破断し、沢底部までの約150mを流下する表層雪崩が発生した。
- ・今回の弱層の破壊しやすさは、弱層1(12回で破壊) > 弱層2(23回で破壊) となった。

2. 2. 3 気象の状況

- ・AMeDAS 倶知安の気象データによると、3月9日から10日にかけて降雪が確認された。10日夕方から風が強まり、上空1500mの気象データでは風速12m/s以上の西風が、雪崩事故当日にかけて観測された(図8)。
- ・3月11日は本州の南に中心を持つ移動性高気圧からの暖気移流によって気温が上昇し、午前10時のAMeDAS 倶知安(標高約180m)は3.7℃(前日の同時間は-5.5℃)であった。雪崩発生区の標高帯でも、暖気移流の影響で急激な温度上昇の影響を受けたと考えられる(図9)。
- ・2月19日には最高気温が12.8℃に達しており、同時間帯においては羊蹄山のほぼ全域でプラス気温であったと推察される。上記を含む2月13日から19日までの暖気で形成されたのが、積雪断面観測地点における雪面からの深さ69-112cmのざらめ雪層(2月20日以降の寒気で再凍結した硬い層)であると推察される。

2. 3 考察・まとめ

- ・シャベルコンプレッションテストで確認された弱層1は、スキークットテストでも破断した。破断した層は3月9日から10日にかけて風の弱い環境で堆積した雪であり、雪崩となった層は10日夕方以降に強い西風によって運ばれた吹き溜まり雪の層であると推察される。
- ・標高および地形や植生状況の相違に起因して、風速等の積雪層の厚さに違いはあるものの、雪崩発生区においても、同様の積雪構造は存在したと考えられる。
- ・情報によると、当該パーティーのメンバーは3

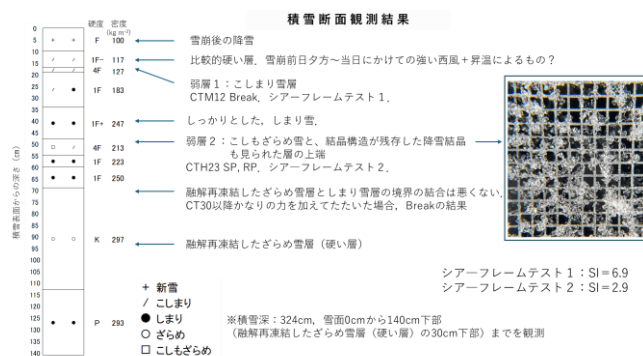


図7 積雪断面観測結果(羊蹄山標高1145m)

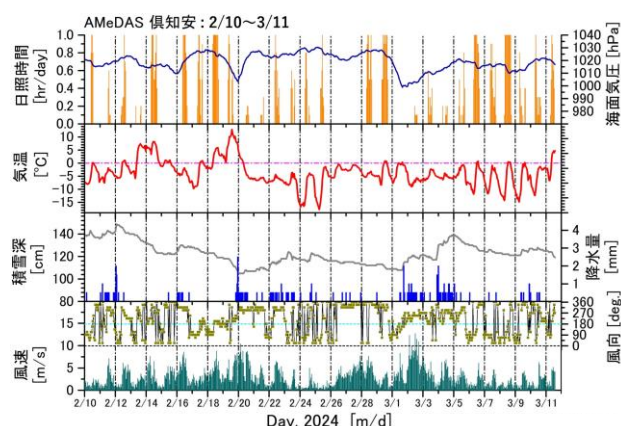


図8 気象庁 AMeDAS 観測結果(倶知安)

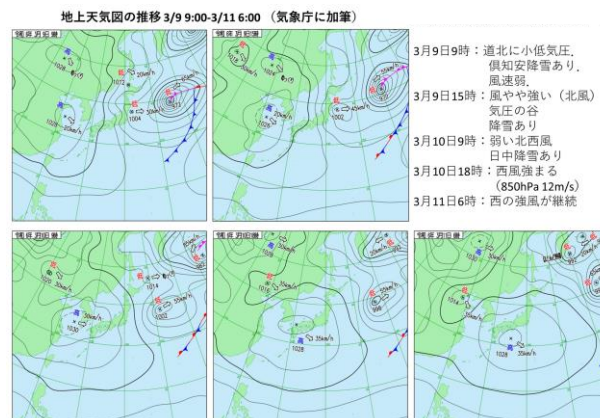


図9 地上天気図の推移 2/29 21:00-3/3 9:00 (気象庁に加筆)

日前にも同じ斜面を滑走した。事故当日は、その後の気象条件で形成された積雪層が、雪崩発生地点(標高1650m付近の東向き斜面)で崩落した可能性が高い。

- ・雪崩発生区である東向き斜面は、吹きだまりがより溜まりやすく、発生時間を考慮すると昇温と日射の影響も併せて受けていた。よって、吹雪によって砕かれた雪が堆積し、雪崩発生前に積雪の上層が気象条件によって変質したことで、崩落したものと考えられる。