

羊蹄山で2020年2月10日に発生した雪崩の調査報告 Report on an avalanche occurred at Mt. Youtei on Feb. 10, 2020

下山 宏¹, 奈良 亘², 小田 克大³, 阿部 夕香⁴, 菊池 泰子⁵, 尾関 俊浩⁶,
雪氷災害調査チーム⁷

Kou Shimoyama¹, Wataru Nara², Katsuhiko Oda³, Yuka Abe⁴, Yasuko Kikuchi⁵,
Toshihiro Ozeki⁶, Snow Damage Research Team⁷

Corresponding author: k-shimo@lowtem.hokudai.ac.jp (K. Shimoyama)

2020年2月10日に羊蹄山喜茂別コース横の沢にて雪崩事故が発生した。この報告を受けて雪氷学会北海道雪氷災害調査チームは2日後の2月12日に雪崩発生現場近くで積雪の調査を実施した。積雪断面観測と弱層テストにより、こしもざらめ雪が含まれる弱層が2層確認された。こしもざらめ雪は日射による表面融解過程を経て形成されたと推察され、積雪増加後も積雪内部に長期間存在して雪崩事故の原因となった。このような弱層形成過程は、今冬における少雪傾向の気象条件と関連性が高いことが示唆された。

1. はじめに

日本雪氷学会北海道支部では雪氷災害の調査を迅速に行うために、2007/08年冬期に雪氷災害調査チームを発足させ、これまでに北海道で発生した雪崩事故を中心に雪崩事故調査を行ってきた¹⁾。調査結果は「北海道の雪氷」にて報告されるとともに、概要が雪氷災害調査チームのホームページ (<http://avalanche.seppyo.org/snow/>) でも公開されている。本報では、2020年2月10日に羊蹄山で発生した雪崩事故の調査結果と、雪崩斜面

における積雪構造の形成過程について、気象の観点から解析した結果を報告する。

2. 雪崩事故の概要

2020年2月10日午前15時頃、羊蹄山に単独行で入山したスノーボーダーが行方不明となった。翌2月11日から捜査が行われ、9時30分頃に喜茂別コース横の沢、通称7号の沢で雪崩のデブリに埋没しているのを発見した。その後、北海道防災航空隊によってヘリコプターで札幌医大病院に搬送されたが、死亡が確認された。



図1. 雪崩発生地点の写真。標高1300 m 付近から撮影。



図2. 雪崩発生地点。

破断面の位置は写真判別による推定。積雪観測2地点の標高は1100 m。Pit-1は南向斜面で斜度40度、Pit-2は東北南向斜面で斜度は40度。

¹北海道大学低温科学研究所
²サップロッジ
³アルパインガイドノマド
⁴札幌山岳ガイドセンター
⁵ガイドオフィス・タクト
⁶北海道教育大学 札幌校
⁷日本雪氷学会 北海道支部

Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University
Sappolodge
Alpine Guide Nomad
Sapporo Mountain Guide Center
TAKT
Sapporo Campus, Hokkaido University of Education
Hokkaido Branch, the Japanese Society of Snow and Ice

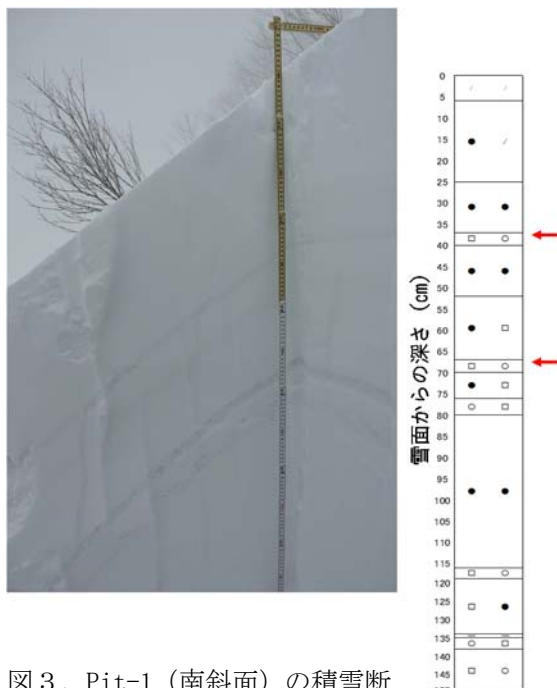


図3. Pit-1 (南斜面) の積雪断面写真と雪質. 積雪深は290 cm. 矢印は弱層を示す.

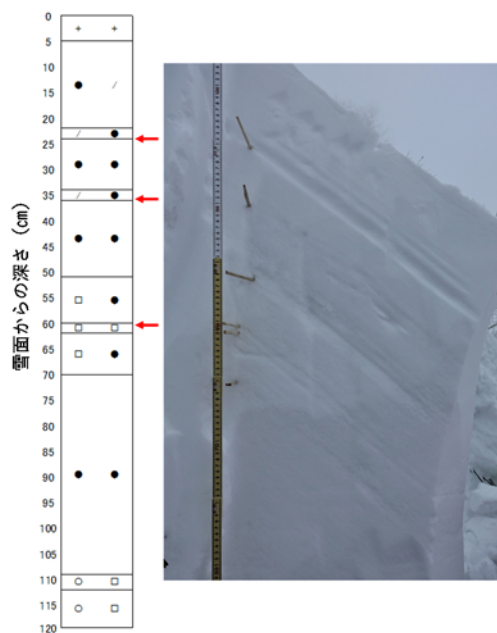


図4. Pit-2 (東北東斜面) の積雪断面写真と雪質. 積雪深は260 cm. 矢印は弱層を示す.

3. 調査結果

3. 1 雪崩の概要と破断面

雪崩の種類は面発生乾雪表層雪崩で、スノーボーダーがトリガーとなった可能性が高い。調査当日は視界が不良であり、また事故発生後に雪が降ったため雪崩発生区および堆積区の目視確認はできなかった。調査後日、関係者からの聞き取りと写真提供によって、破断面の位置は標高1450 m の沢地形最上部付近の南向き斜面であることが判明した (図 1)。破断面から埋没地点までの距離は約 600 m, 標高差は約 400 m。埋没地点のデブリ幅は約 10 m, デブリ層を含む積雪深は 5 m 以上であった。

3. 2 積雪断面構造と弱層

積雪観測は雪崩事故発生から 2 日後の 2020 年 2 月 12 日に行った。調査開始時点で雪崩発生区の詳細が不明であったため、被害者埋没地点の沢地形の両サイドの 2 地点で積雪断面観測を実施した (図 2)。南向き斜面 (Pit-1) と東北東向き斜面 (Pit-2) の積雪断面の写真と積雪構造をそれぞれ図 3, 図 4 に示す。Pit-1 の積雪断面の目視観測では融解を経験したとみられる層が 2 層明確に確認された。一方 Pit-2 では目視で確認できる層構造は無かったが、はけで断面を払うと積雪の柔

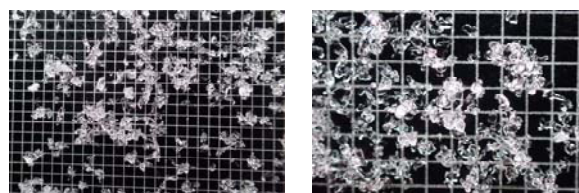


図5. Pit-1 の弱層の雪粒子写真.
右: 弱層1, 左: 弱層2. 目盛りはどちらも 1 mm.

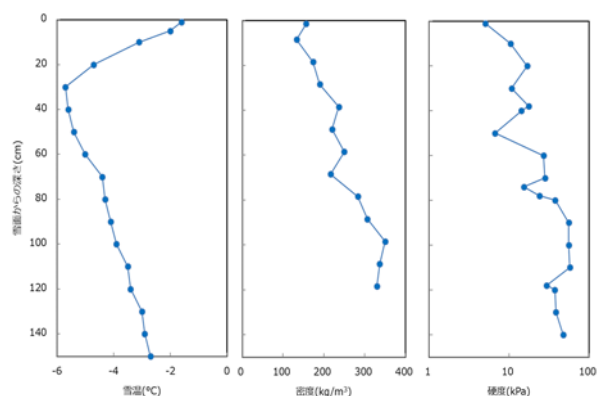


図6. 積雪断面観測結果.
左から雪温, 積雪密度, 積雪硬度を示す.

らかい層が複数層存在することが確認された。シャベルコンプレッションテスト (CT) を実施したところ、Pit-1 では雪面から 37~40 cm のこしもざらめ/ざらめ雪層 (弱層1: テスト結果は CTM18, SC) と 67~70 cm のこしもざらめ/ざら

め雪層（弱層2：CTH22, SC）で破断した。この2つの弱層の雪写真を図5に示す。Pit-2では雪面から22~24 cmのこしまり（平板結晶を含む）／しまり雪層（CTH21, BRK），34~36 cmのこしまり（平板結晶を含む）／しまり雪層（CTH21, BRK）と60~62 cmのこしもざらめ雪層（CTH22, SP/SC）で破断した。どちらの斜面でも弱層が複数確認された。これらの弱層以外はしまり雪を中心とした雪質であった。

積雪調査後日の写真判別により、破断面が南向きであることが分かったので、以降は南向き斜面のPit-1の積雪構造に着目する。図6にPit-1の雪温・密度・硬度の結果を示す。雪面から深さ150 cmでは全層氷点下であるが全体的にやや高い傾向にあり、5 cmで -2°C 、30 cmで極小値の -5.7°C 、以下は深さとともに温度は上昇し、150 cmで -2.7°C であった。積雪硬度は2つの弱層でそれぞれ極小値を示した。

また、シアフレームを用いた斜面安定性（SI）は弱層1で3.8（サンプル3回）、弱層2で3.1（サンプル4回）であり、どちらも雪崩発生の警戒を示す範囲（ $2 < \text{SI} < 4$ ）であった²⁾。SIの値からは、下層に位置する弱層2の方が安定性は低かった。

4. 雪崩発生までの気象条件

図7に雪崩発生から約1か月前までのアメダス喜茂別と倶知安の気象データを示す。1月10日から2月10日にかけての最高気温は1月29日に倶知安で記録した 3.3°C であった。積雪観測地点の標高は1100mであり、地上気温から考慮すると観測地点および破断面の標高帯で気温がプラスになることは無かったと考えられる。

積雪深が大きく増加する降雪イベントは、1月16~17日、1月20~21日、1月24~25日、2月2~7日に見られる。一方、日照時間が長く観測されたのは1月18~19日、1月23日、1月26~28日であった。アメダスの観測地点は平地にあるため、天候状況に関して羊蹄山山城とは直接対応できないが、上記の期間における気象衛星の可視画像を確認したところ、羊蹄山も雲のない晴天であったことが確認された。

5. 考察

積雪構造と気象データから、各層における雪質の形成過程を推察する。表層0~5 cmのこしまり雪は雪崩事故後に降った雪であるため、雪崩事故

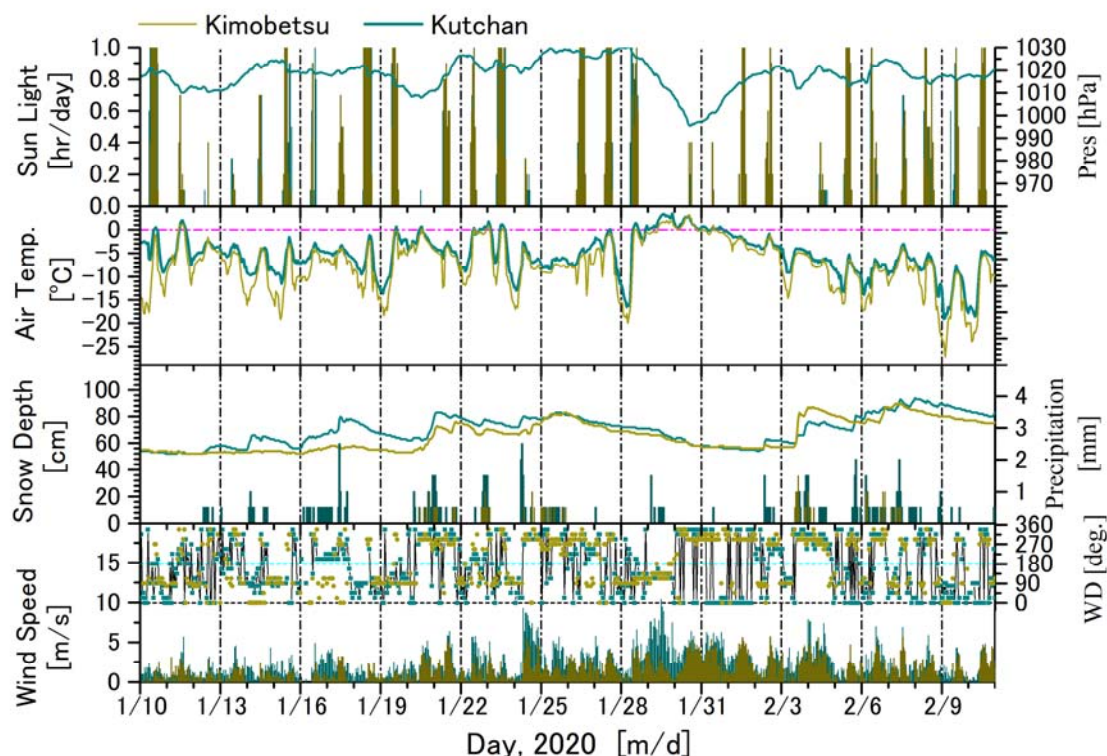


図7. アメダス喜茂別、倶知安の気象データ。

上から1時間毎の日照時間と気圧、気温、積雪深と降水量、風向と風速を示す。

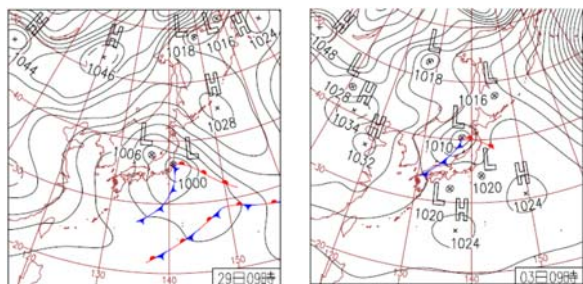


図8. 気象庁による午前9時の天気図。
2020年1月29日(左)と2月3日(右),

とは関連性がない。深さ5~25 cmのしまり/こしまり雪層は2月3日からの断続的な降雪によると考えられる。この雪は前線を伴った低気圧が日本海を北上して太平洋へ抜ける際に降った雪である(図8)。そしてこの様な気圧配置における低気圧の前面では雲粒の無い雪が降る事が知られている²⁾。この降雪結晶がPit-2の深さ22~24 cmのこしまり/しまり雪層である。この東向き斜面で保存された結晶構造は、南向き斜面では確認できなかった。

深さ25~37 cmの層は1月28~29日以降に積もった雪と考えられる。これはPit-2の深さ33~35 cmの降雪結晶を含むこしまり/しまり雪層の雪が降ったタイミングと同じである。この時も日本海上には低気圧が存在しており、雲粒無しの雪が降る気象条件であった(図8)。南向き斜面で結晶構造が保存されないのも2月3日のケースと同様であった。詳細は不明であるが、南向き斜面では降雪結晶が残らない何らかのプロセスが存在する可能性が示唆される。

弱層1のこしもざらめ/ざらめ雪は、晴天の続いた1月26~28日に形成されたと考えられる。日射による表面融解は表面下数センチの積雪層内で最も顕著であるのに対して、夜間の放射冷却は積雪表面で最も卓越する。このため積雪表面には大きな温度勾配が生じる。1月24~25日に降った雪の表面がこのようなプロセスを経て霜化が進み、日射の影響を受けない下の層ではしまり雪となった。

深さ52~67 cm層は、1月20日以降に降った雪と考えられる。層内で一部こしもざらめ化したのは、降雪初期に高かった気温がその後急激に低下し、低温な雪が上に降り積もったことで積雪層内に温度勾配が生じたと推察される。

そして弱層2となった深さ67~70 cmのこしもざらめ/ざらめ雪層は、18~19日にかけての

日射が原因で、積雪表層で生じた融解再凍結に伴う霜化プロセスを経て形成されたと考えられる。

日射によるこしもざらめ雪の形成は、冬型の持続しない今シーズンの気象条件と関連している可能性が考えられる。通常であれば厳冬期は晴天が継続せずに、高頻度で積雪表面が更新されていく。しかしながら、数日間にわたる晴天環境は、積雪内部のこしもざらめ雪が発達を促進して、弱層を形成する原因となった可能性が示唆される。

6. まとめ

2020年2月10日に羊蹄山で発生した表層雪崩の弱層は2層ある可能性が示唆された。これらの弱層は日射によって積雪表層で生じる融解再凍結に起因するざらめ/こしもざらめ雪層であり、南向き斜面で特徴的に見られる雪質であった。この弱層は雪崩発生から13日、もしくは22日前の持続する晴天環境によって形成された可能性が高い。また、このような雪質構造が長期間積雪内部で保存されることが示された。

【謝辞】

本調査は、ほくやく・竹山ホールディングス、大東工業、秀岳荘の各社からの寄付による雪氷災害調査チームの活動として実施した。

【参考文献】

- 1) 山田 知充, 2014: 活躍する雪氷災害調査チーム: 北海道支部の社会貢献活動, 雪氷, **76**, 481-485.
- 2) 雪氷災害調査チーム, 2015: 山岳雪崩大全, 山と溪谷社.