

## 2015年に山形・宮城両県で発生した表層雪崩

阿部 修\*・中村一樹\*・小杉健二\*

### Surface Avalanches in Yamagata and Miyagi Prefectures in 2015

Osamu ABE, Kazuki NAKAMURA, and Kenji KOSUGI\*

*\*Shinjo Cryospheric Environment Laboratory, Snow and Ice Research Center,  
National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan  
oabe@bosai.go.jp*

#### Abstract

This report summarized the observation results for three surface avalanches that occurred due to a precipitation-induced weak layer in Yamagata and Miyagi Prefectures in 2015. Two avalanches occurred on the night of January 31- February 1, 2015, on slopes that were 7 km apart; one was in Sekiyama Pass along R48 and the other in Kannonji. It is considered that the weak layers formed at approximately the same time as an extratropical cyclone moved along the Pacific Ocean-side of the Japanese archipelago. Another avalanche occurred in Michiyukizawa along R112 on February 11, 2015, likely due to the presence of an extremely weak layer under the overburden snow, which had a thickness of only 15 cm. The avalanche slope described in this study was the site of the largest avalanche that occurred in Sekiyama Pass in 2014.

**Keywords:** Avalanche, Snowpack stability, Weak layer

#### 1. はじめに

2014年2月中旬に通過した南岸低気圧により関東甲信地方に大雪がもたらされ、その際、東北地方の各地で降雪結晶に起因する表層雪崩が発生した(阿部ら, 2014; 中村ら, 2014)。阿部ら(2015b)は、山形・宮城両県にまたがる国道48号関山峠で表層雪崩が頻発したのは40年ぶりの出来事であることを報告したが、2015年1月下旬には2014年と同様に、降雪結晶に起因する雪崩が発生し、前年のものに比べて規模は小さかったものの同じ斜面で発生した。この他にも道路沿いに小規模な落雪が発生した。また、ほぼ同時期に北西に約7km離れた山形県東根市観音寺でも同じ時期に形成されたと見られる弱層に起因する表層雪崩が発生した。さらに、2015年2月11日には山形県鶴岡市の国道112号月山道路の道行

沢でも降雪結晶に起因する表層雪崩が発生した。本報告ではこれら3つの表層雪崩の詳細な観測結果について述べる。なお、道路管理上大きな問題となる斜面積雪の安定性の経過については、阿部ら(2015a)に詳しく報告したので、ここでは省略する。

#### 2. 雪崩調査

##### 2.1 発生場所・日時と気象条件

図1および表1に3つの表層雪崩の発生場所と発生日時を示した。このうち、関山峠(稜線の標高約850m)と観音寺(発生区の標高483m)の雪崩は2015年1月31日から翌日にかけて発生したので、両者の雪崩はほぼ同一時期に形成された降雪結晶の弱層によるものと判断した。道行沢(発生区の標高約730m)の雪崩は2015年2月11日19時35分頃に発

\* 国立研究開発法人 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター 新庄雪氷環境実験所



図1 雪崩発生場所(○印, ●印は参照したアメダス観測点の位置)

Fig. 1 Location of avalanches (○ : Avalanche, ● : Automatic weather station (AMeDAS)).

表1 雪崩発生日時および発生場所

Table 1 Times and sites of avalanche occurrences.

#	発生日時	発生場所
1	2015年1月31日 23:35頃	国道48号関山峠
2	2015年1月31日～2月1日	東根市観音寺
3	2015年2月11日 19:35頃	国道112号道行沢

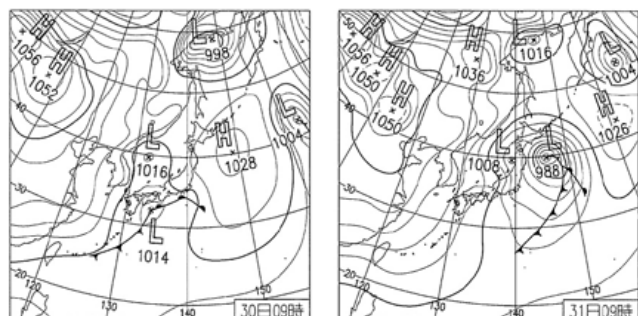


図2 2015年1月30日09:00と1月31日09:00の地上天気図(気象庁ホームページより)

Fig. 2 JMA surface weather charts for 09:00 JST on 30 and 31 January, 2015.

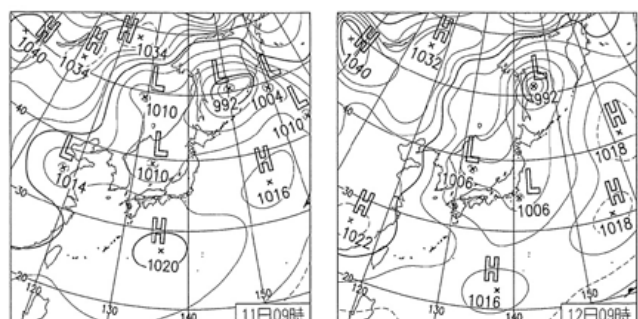


図3 2015年2月11日09:00と2月12日09:00の地上天気図(気象庁ホームページより)

Fig. 3 JMA surface weather charts for 09:00 JST on 11 and 12 February, 2015.

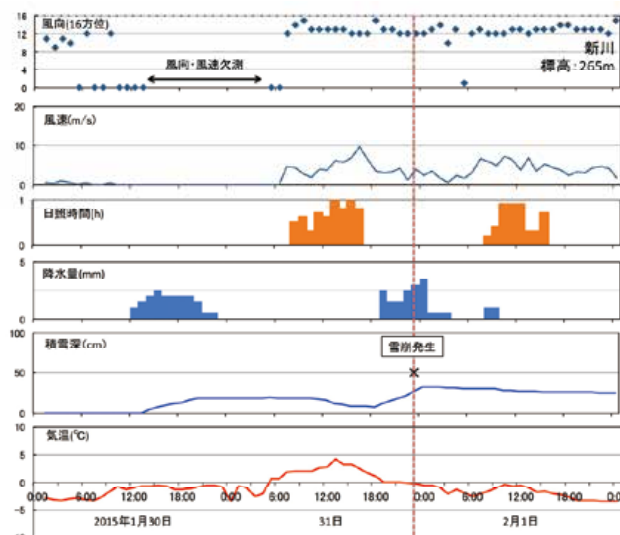


図4 2015年1月30日～2月1日の新川アメダスの気象データの変化。雪崩発生時刻は関山峠のもの。

Fig. 4 Hourly variations in meteorological conditions at Nikkawa meteorological station. Time of occurrence is given for the avalanche at Sekeiyama Pass on January 31, 2015.

生じた。前者2件は南岸低気圧の通過前にもたらされた降雪結晶により弱層が形成されものと考えられる(図2)。衛星画像によれば、その後冬型の気圧配置となり、秋田沖から延びたバンド状の雲からの強い降雪により上載荷重が増大し雪崩の発生に至ったものと推察した。後者は、日本海上にあった小低気圧の通過に伴い発生したものである(図3)。

最寄りのアメダス観測点の、発生日とそれぞれ前後1日を含む計3日間の気象データの変化を図4、5に示した。関山峠と観音寺の雪崩については新川アメダスを、道行沢の雪崩については大井沢アメダスのデータを参照した。前者では、関山峠の雪崩発生地点より標高が低く、積雪深は少なめに、気温は高めに観測される(阿部ら, 2014)。降雪が始まったのは2015年1月30日12時頃でその後一旦止み、31日19時頃から強い降雪があり、その約4時間後に雪崩が発生したことがわかる。一方後者では、2015年2月11日10時頃から、はじめは弱い降雪であるが、途中から強い降雪に変わり、その直後に雪崩が発生したことがわかる。なお、降雪結晶の弱層の形成時期については、次の断面観測の結果から判断する。

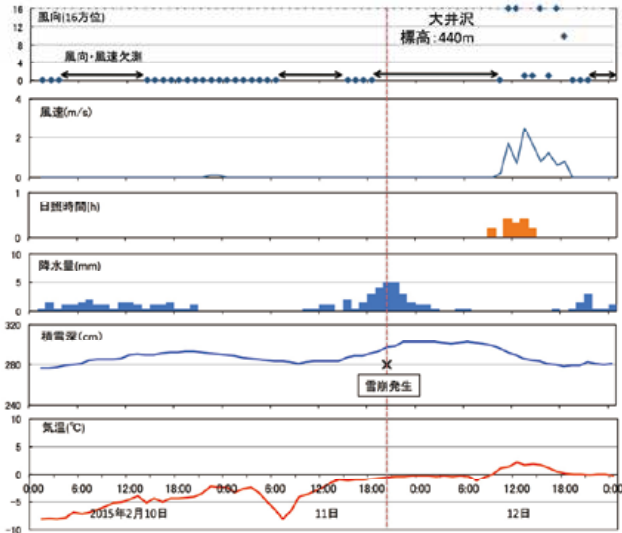


図5 2015年2月10日～2月12日の大井沢アメダスの気象データの変化。雪崩発生時刻は道行沢のもの。  
 Fig. 5 Hourly variations in meteorological conditions at Oisawa meteorological station. Time of occurrence is given for the avalanche at Michiyukizawa on February 11, 2015.

## 2.2 関山峠の雪崩

本雪崩は2015年1月31日23:35頃に関山トンネル仙台市側抗口より南へ約600mの地点に発生した。また同抗口付近で小規模な落雪が発生し、車両23台が一時立ち往生した(山形新聞社, 2015a)。巻き込まれた車両や人的被害はなかった。2015年2月1日および3日に雪崩現地調査を、4日に周辺斜面の雪崩安全点検を行った。今回発生した雪崩は、同じ斜面で発生した昨年の雪崩のデブリ体積(3,000 m<sup>3</sup>)の約半分であった(図6)。ただし、昨年



図6 関山峠の道路上のデブリ(矢印は雪崩襲来方向)  
 Fig. 6 Avalanche-transported debris on the road at Sekiyama Pass (the arrow indicates the avalanche flow direction).

と同様、樹林帯をすり抜ける雪崩であった。なお、昨年の雪崩発生後、道路に直行する雪崩走路の沢に高さ約2mのネットが2カ所に離れて設置されていたが、雪崩はこの2つのネットを支えていた両側の樹木ごと破壊して道路に到達した。ネットはいずれも沢の両側にある太さ約30cmのブナの樹木に連結されていた。

雪崩発生前日の1月30日夜に弱層を形成する降雪結晶が降ったことが新庄市と北上市で目視により確認されている。2月1日の断面観測の結果を図7に示した。高さ113cmより上層に降雪結晶からなる弱層(図中weak)が3層確認された。図8に直後に行ったコンプレッションテスト(池田, 2010)の破壊状況を示したが、破壊したのは最も上層の弱層のみであった。シアーフレーム(測定領域: 0.025 m<sup>2</sup>)で測定した高さ126cmと143cmの平均剪断強度(各4回の平均)はそれぞれ、0.44, 0.26 kPaであった。後述する観音寺の表層雪崩の破断面の観察から、図7の最も下にある弱層が滑り面となった面発生乾雪表層雪崩だと推測した。ただし、発生区での確認は行っていない。

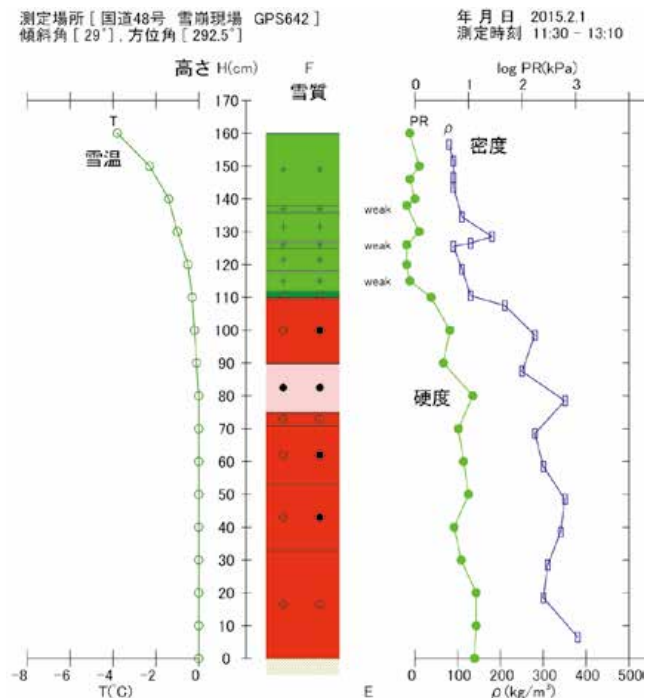


図7 関山峠における積雪断面観測(2015年2月1日)。3層の弱層が観測された。  
 Fig. 7 Results of snow pit observations in Sekiyama Pass on February 1, 2015, showing the existence of three weak layers.





図8 関山峠のコンプレッションテスト後の積雪断面 (2015年2月1日)  
 Fig. 8 Snow column observed after the compression test in Sekiyama Pass (February 1, 2015).

2月3日に上と同一箇所の上層のみの積雪断面観測を行った(図9)。コンプレッションテストの結果は、1回目がCT1: 139 cm, CT11: 117, 131 cm, CT12: 126 cm, 2回目がCT5: 141 cm, CT7: 118 cmであった。また、剪断強度は、高さ117 cmでは0.52 kPa, 高さ108 cmでは0.67 kPaと大きくなっていた。

2月4日には沿線の雪崩点検を行い、安全が確認されたことから16:00に通行止めが解除された。

### 2.3 観音寺の雪崩

黒伏高原スノーパークに通ずる市道が雪崩により埋没したとの通報が、1月31日23時5分頃、東根市消防本部にあったとの情報(山形新聞社, 2015a)を受けて、2月2日に現地に行ったところ、この雪崩は法面雪崩であり、これ以外に自然斜面で面発生表層雪崩があることに気づき、本格的に調査を実施したものである。また、その4日後の6日にも同じ場所で調査を行った。

雪崩の幅は約20 m, 斜面長は約30 mであった(図10)。この雪崩による被害はなかった。雪崩は標高483 m, 傾斜角38°, 方位角13°(ほぼ北向き)の斜面で発生した(図11)。破断面における断面観測の結果、この弱層の位置はざらめ雪のすぐ上にあり、降雪初

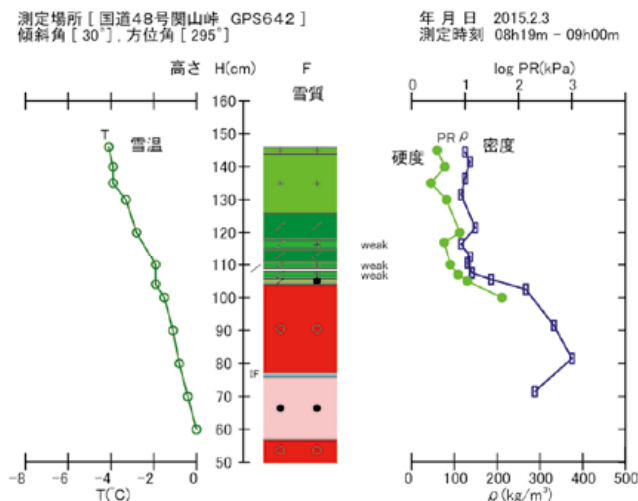


図9 関山峠における積雪断面観測(2015年2月3日)  
 Fig. 9 Results of snow pit observations in Sekiyama Pass on February 3, 2015 (same site as Fig. 7).



図10 観音寺の雪崩の発生区(2015年2月2日)  
 Fig. 10 Starting zone of the avalanche at Kannonji (February 2, 2015).

期に形成されたことがわかった(図12, 13)。弱層はほとんど雲粒のない降雪結晶であった。

図14は、関山峠と観音寺の雪崩斜面の上層を斜面に垂直に切り出し、新庄雪氷環境実験所の低温室に持ち込み、厚さ約2 cmに薄くして裏から散乱光を当てて撮影したものである。底部に見えるざらめ雪層は、降雪開始時の旧雪である。これによれば、濃淡のパターンは似ているものの、詳細にみると少し異なる部分があることがわかる。このうち、観音寺の矢印は雪崩発生区で確認した滑り面である。ほぼ同時期に発生した関山峠の雪崩についても観音寺のものと同様に新雪の底部付近に滑り面があったものと推測される。

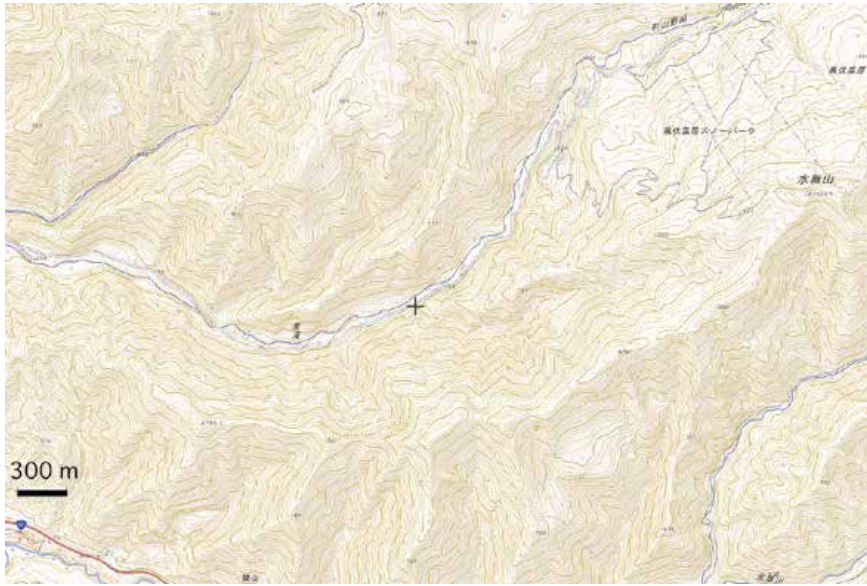


図 11 観音寺の雪崩発生概略位置(道路脇+印の北向き斜面, 国土地理院ホームページより)  
 Fig. 11 Site of the avalanche at Kannonji ; the slope had a north-facing aspect (map obtained from Geospatial Information Authority of Japan (GSI)).



図 12 観音寺の雪崩破断面(2015年2月2日)  
 雪崩があった後, 新雪が積もったが破断面(C)における滑り面(S)が残っている。  
 Fig. 12 Crown surface of the avalanche at Kannonji (February 2, 2015). The sliding surface (S) was recognized beside the crown surface under the new snow.

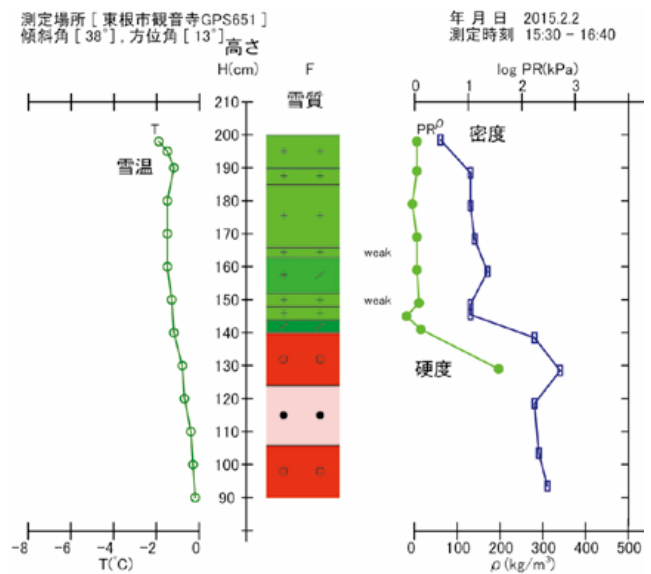


図 13 観音寺の雪崩発生区における積雪断面観測(2015年2月2日)  
 Fig. 13 Results of snow pit observations at starting zone at Kannonji on February 2, 2015, showing the existence of two weak layers.

## 2.4 道行沢の雪崩

2015年2月11日19時35分頃, 国道112号で雪崩があったとの通報があり, 月山第一トンネルの西川町側抗口付近など計4カ所で雪崩や崩落が確認された(山形新聞社, 2015b)。1台の車両が巻き込まれたが, 人的被害はなかった。翌12日に道行沢の明瞭な雪崩破断面において調査を行った(図15, 16)。

雪崩は, 標高約730 m, 傾斜角40°, 方位西南西の樹木のない道路法面で発生した面発生乾雪表層雪崩であった。雪崩の幅は約50 m, 斜面長は約50 mであった。

図17, 18に雪崩破断面における積雪断面観測結果を示した。滑り面となった弱層(図18のweak)は, 図3の天気図から, 小さな低気圧の通過前にもたら



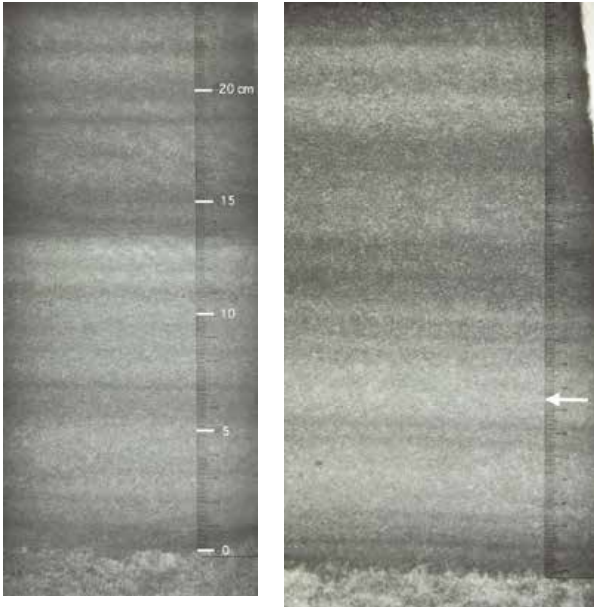


図14 関山峠(左2月1日)と観音寺(右2月2日)の垂直積雪薄片写真. 矢印は観音寺の雪崩を引き起こした弱層.  
**Fig. 14** Vertical thin sections of the new snow (left: Sekiyama Pass on February 1, right: Kannonji on February 2). The arrow indicates the weak layer that induced the avalanche at Kannonji.



図15 道行沢の雪崩の発生区(2015年2月12日). 楕円内は破断面の一部.  
**Fig. 15** Starting zone of the avalanche at Michiyukizawa (February 12, 2015). The oval indicates part of the crown surface of the avalanche.



図16 道行沢の雪崩発生概略位置(道路脇+印の南向き斜面, 国土地理院ホームページより)  
**Fig. 16** South-facing aspect of the slope of the avalanche at Michiyukizawa (map obtained from GSI).



図 17 道行沢の雪崩破断面(2015年2月12日)  
雪崩があった後、新雪が積もったが破断面における滑り面が残っている。

Fig. 17 Crown surface of the avalanche in Michiyukizawa (February 12, 2015), with the sliding surface beside the crown surface visible under the new snow.

された降雪によるものと推測される。積雪断面観測時のルーペによる弱層を構成する雪粒子の観察によると、雲粒のほとんどない降雪結晶であった。なお、観測時の弱層の上積雪の深さは41 cm(図 18)であったが、雪崩発生後の斜面に積もった新雪(図 17)の深さが約26 cmであったので、発生当時、この弱層には深さ約15 cmという薄い新雪層が上乗荷重として存在したことがわかった。このような薄い新雪層が弱層の上に上乗荷重として存在した場合、もし積雪安定度  $SI \leq 1.5$  が雪崩発生条件とすると、発生当時の弱層の剪断強度はわずかに75 Paしかなかったことになる。当時は重機で道路際の斜面の除雪を行っただけで、面発生表層雪崩が起こったという証言もある。また、今冬は大雪のため、雪崩の発生した法面が平滑になり、表層雪崩が発生しやすくなっていたことも発生の要因の1つとしてあげられる。

なお、2月15日には沿線の雪崩点検を行い、安全が確認されたことから12:00に通行止めが解除された。

### 3. まとめ

昨冬に続いて、降雪結晶の弱層をもつ表層雪崩が3件発生した。発生区の標高が最も低いのは観音寺の483 m、道行沢は730 m、関山峠は不明であるが麓で498 mであったので、発生区はそれよりかなり

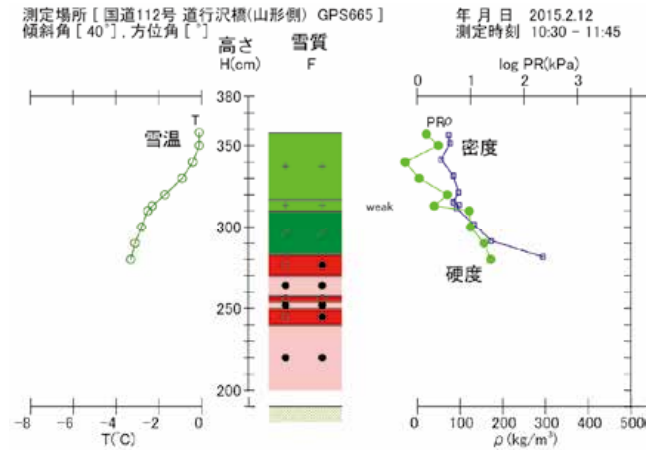


図 18 道行沢の雪崩発生区における積雪断面観測(2015年2月12日)

Fig. 18 Results of snow pit observations at the starting zone in Michiyukizawa on February 12, 2015, showing the existence of one weak layer.

高いはずである(稜線の標高は850 m)。関山峠で発生した雪崩は昨冬と同一斜面で発生した。この斜面は十分成長した落葉広葉樹に覆われているにも拘わらず再度発生したことになる。なお、関山峠についてはこの雪崩発生箇所を含む2カ所にスノーシートが建設中である(2015年10月現在)。

### 謝辞

国土交通省東北地方整備局仙山河川国道事務所並びに同山形河川国道事務所には調査に際して全面的なご協力をいただいた。また、関山峠の調査については日本気象協会の丹治和博、加藤嘉憲両氏のご協力を得ました。ここに記して謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 阿部 修・中村一樹・佐藤研吾・小杉健二(2014)：国道48号関山峠の雪崩災害。2014年2月14-16日の関東甲信地方を中心とした広域雪氷災害に関する調査研究，科学研究費補助金研究成果報告書，135-138。
- 2) 阿部 修・中村一樹・小杉健二・丹治和博・加藤嘉憲(2015)：東北地方の降雪結晶の弱層により発生した表層雪崩，東北の雪と生活，30，73-74。
- 3) 阿部 修・中村一樹・佐藤研吾・小杉健二(2016)：国道48号関山峠で多発した雪崩の調査

- と斜面積雪の安定性評価, 防災科学技術研究所  
主要災害調査, **49**, 39-46.
- 4) 池田慎二(2010): 雪崩斜面における積雪安定性  
評価と弱層テスト. 積雪観測ガイドブック, 日  
本雪氷学会編, 79-96, 朝倉書店.
- 5) 中村一樹・上石 勲・阿部 修(2014): 2014年  
2月の低気圧の降雪による雪崩の特徴. 日本雪  
工学会誌, **30-2**, 106-113.
- 6) 山形新聞社(2015a): 山形新聞(発行2015年2月  
2日).
- 7) 山形新聞社(2015b): 山形新聞(発行2015年2月  
12日).
- (2015年9月28日原稿受付,  
2015年10月29日改稿受付,  
2015年10月29日原稿受理)

## 要 旨

2015年に山形・宮城両県で発生した3件の表層雪崩の調査結果をまとめた。そのうち、2件は国道48号関山峠と東根市観音寺で互いに7km離れた場所で2015年1月31日から2月1日にかけて発生したことから、ほぼ同時期に形成された弱層により発生したものと推測した。また、2015年2月11日に発生した雪崩は、弱層の上載積雪の厚さがわずか15cmしかなかったことから、非常にもろい弱層であったことが判明した。なお、国道48号関山峠において発生した雪崩は、昨年と同一斜面で発生したものであった。

**キーワード**：雪崩，積雪安定度，弱層