

2017年3月27日に那須岳で雪崩災害をもたらした積雪の力学的特性
Characteristics of snow cover causing an avalanche accident
at Mt. Nasu on March 27, 2017

河島 克久¹⁾, 松元 高峰¹⁾, 渡部 俊¹⁾, 西村 浩一²⁾
K. Kawashima¹⁾, T. Matsumoto¹⁾, S. Watabe¹⁾, K. Nishimura²⁾

¹⁾ 新潟大学 災害・復興科学研究所

¹⁾ *Research Institute for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University*

²⁾ 名古屋大学大学院 環境学研究科

²⁾ *Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University*

Abstract: Aiming at clarifying characteristics of snow cover causing avalanche accidents at Mt. Nasu and Mt. Adataro on March 27, 2017, snow pit works were conducted with special attention to the type of snow crystal and the strength of snow. Consequently, it was found that the snow layer formed by extratropical cyclons passing along the Pacific Ocean side of Japan on March 26-27 includes a lot of plate crystals and column crystal without cloud droplet. The above-mentioned snow layers are characterized by less snow-hardness in comparison with snow layers formed by northwesterly winter monsoon at regions along the Sea of Japan, which is related to the occurrence of avalanche accidents.

Key words: snow pit work, characteristics of snow cover, snow hardness, snow crystal

1 はじめに

2017年3月26日から27日にかけて、日本の南を通過した低気圧（南岸低気圧）や伊豆諸島付近に発生した低気圧の影響により、関東甲信地方の山地を中心に大雪となった地域があった。その中で、3月27日午前8時30分頃に栃木県那須町の那須岳（那須温泉ファミリースキー場付近）において雪崩が発生し、高体連登山専門部会主催の「春山安全登山講習会」に参加していた高校生と教員が巻き込まれ、死者8名、重症2名、中等症・軽傷38名を出す事態となった（平成29年3月27日那須町で発生した雪崩事故について（第9報）、栃木県県民生活部危機管理課）。著者らは、この雪崩災害をもたらした積雪の力学的特性や降雪結晶の特徴を調べることを目的として2017年4月3日に現地調査を実施した。また、那須岳から北北東方向に約60km離れた安達太良山（福島県）でも3月27日午後1時頃に雪崩災害が発生しており（死者1名）、この事例に関しても降雪結晶の特徴を調べることを目的として3月29日に現地調査を行った。

2 調査地点

那須岳における調査位置を図-1に示す。調査では、那須ロープウェイ山頂駅（標高1690m）から登山道の牛ヶ首山頂分岐（1718m）まで登り、この分岐点近傍の那須岳（茶臼岳）南東斜面（標高1716m）で積雪断面観測と積雪試料の採取（積雪粒子の撮影のため）を行った。調査地点は被災地点よりも標高が約300m高い。これは、発災から1週間経過した時点での調査であることから、高標高地点の方が積雪の変質が少ないと考えたためである。一方、安達太良山では、標高約1220mの鷺倉温泉において積雪断面観測（表層部のみ）と積雪試料採取を行った。

3 アメダス那須高原のデータからみた気象の推移

被災地点から東に約5.3km離れた気象庁・アメダス那須高原（図-1、標高749m）における気象の変化（2017年3月24日～4月3日）を図-2に示す。アメダス那須高原では3月27日2:00から積雪深の増加が認められ（アメダス那須高原よりも高標高地点では3月26日夜

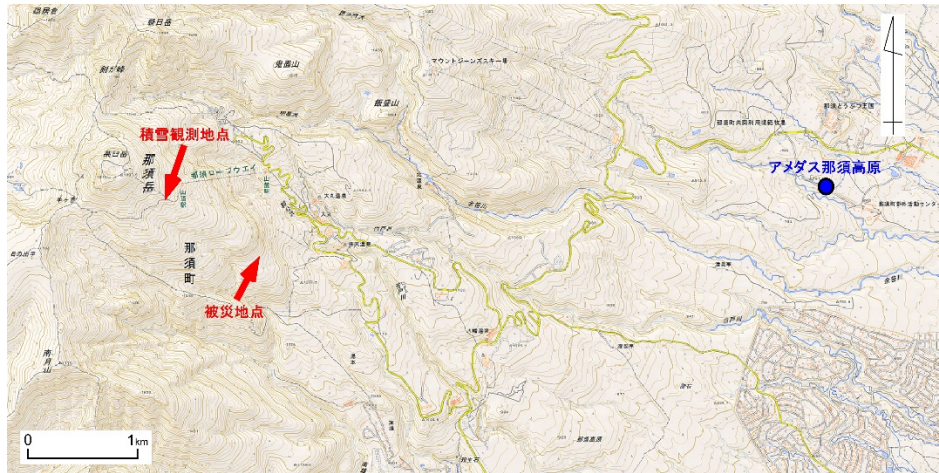


図-1 積雪観測地点，被災地点，アメダス那須高原の位置（国土地理院「地理院地図」画像を使用）。

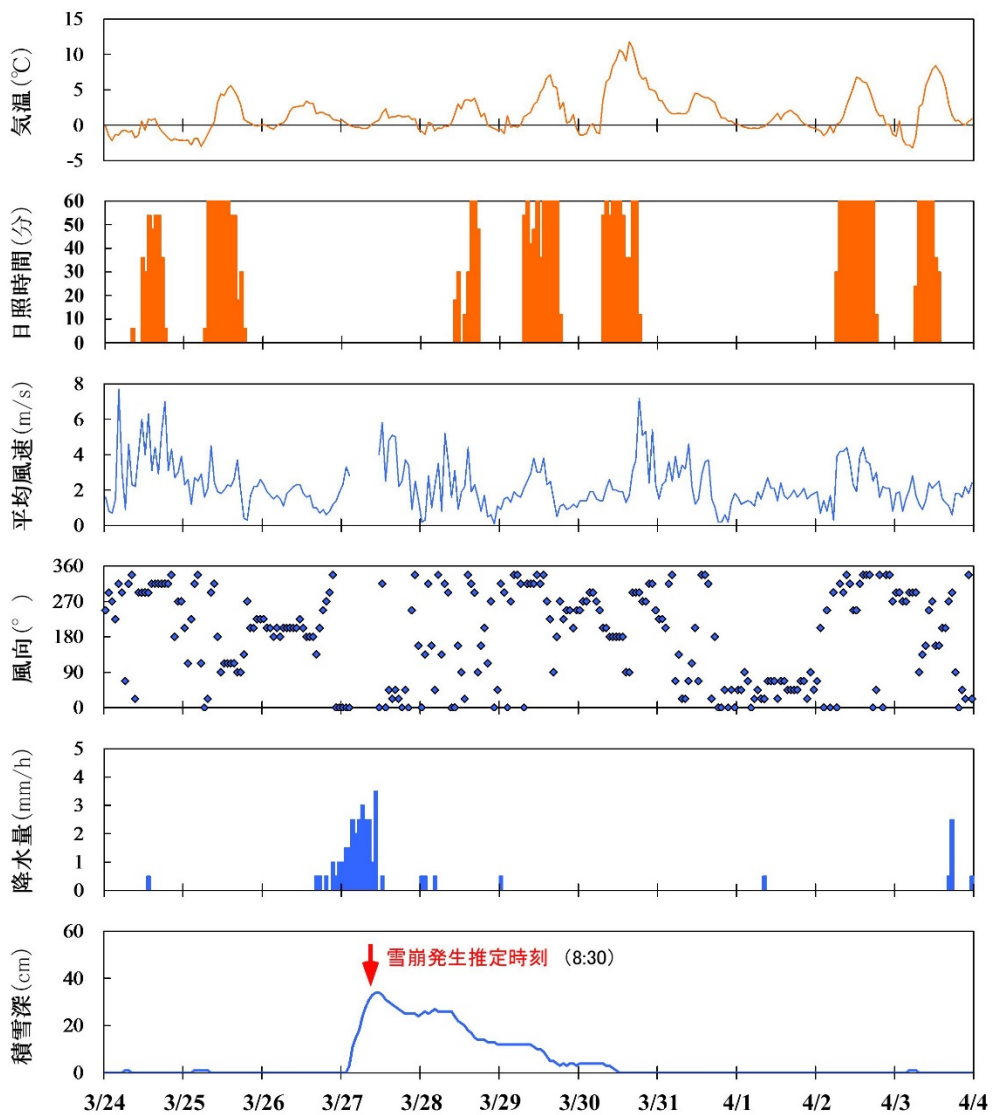


図-2 アメダス那須高原における気象推移（2017年3月24日～4月3日）。

から降雪があったものと考えられる), 被災時刻に近い同日 9:00 には 33 cm に達している. 降雪時間帯の風向風速は, 3 月 27 日 3:00~10:10 が欠測のため不明な点が多いが, 欠測時間帯前後のデータから見る限り, 北寄りの風で風速 (10 分間平均) は 4 m/s 前後はあった可能性がある. 降雪時の気温は 2:10 から 8:20 までマイナス (-0.5~-0.1°C) であり, 降雪は乾雪が主であったと考えられる.

雪崩発生後の気象に着目すると, 日照時間から分かるように 3 月 29 日と 30 日は晴天であり, 気温もそれぞれ 7.8°C, 11.8°C まで上昇している. 3 月 31 日からは天気が下り坂になり, 聞き取り調査の結果, 4 月 1 日には那須温泉ファミリースキー場周辺では降雪がもたらされたことが分かった (標高の低いアメダス那須高原では降雪なし). その後, 4 月 2 日から 4 月 3 日午前までの天気は晴であり, 調査を行った 4 月 3 日午後には曇から雪へと変化した.

4 調査結果

4.1 積雪層構造と降雪結晶の特徴

那須岳南東斜面で行った積雪断面観測の結果を図-3 に, 積雪断面の写真を図-4 に示す. 図-3 において積雪深は斜面に垂直に測定している. 地上高 0~24 cm の積雪はざらめ雪 (一部こしもざらめ雪) であり, 汚れを含んでいることから, 3 月 26~27 日の大雪の前から堆積していた古い雪であると判断できる. 前章の気象の推移と照らし合わせると, 地上高 24~64 cm の積雪が 3 月 26~27 日の大雪によってもたらされたものであり, この内, 上部 4 cm (地上高 60~64 cm) は 3 月 29 日~30 日の晴天時の融解によってざらめ化したと考えられる. また, 地上高 64~90 cm の積雪が主に 4 月 1 日に降った雪であり, この内, 上部 4 cm (地上高 86~90 cm) は 4 月 2 日から 4 月 3 日午前までの晴天時の融解によってざらめ化したとみなすことができる. 雪温はほぼ全層にわたってマイナスであり, 3 月 26~27 日の積雪は上部 4 cm を除いて温暖変態の影響をあまり受けていないと言える. 3 月 26~27 日の大雪に対応する地上高 24~60 cm のしまり雪層に着目すると, その密度は地上高 45 cm を除くと 255~288 kg/m³ の範囲であるが, 地上高 45 cm だけが小さく 235 kg/m³ であった. また, この層の硬度 (デジタル式荷重測定器 (プッシュゲージ) による測定) は 28.9~64.9 kPa の範囲であり, 密度の小さい地上高 45 cm の硬度が極めて小さいことが明らかになった. 密度・硬度ともに極めて小さかった地上高 45 cm の積雪の粒子をほぐし, 接写した写真を図-5 に示す. この高さの積雪は比較的大きいサイズの板状結晶のなごりを有する雪粒子を多数含んでいることが特徴であった.

次に, 安達太良山 (鷲倉温泉) で行った積雪断面観測の結果を図-6 に, 積雪断面の写真を図-7 に示す. 観測地点近傍における気象の推移 (アメダス鷲倉 (標高 1220 m) 及び新潟大学白糸の滝駐車場観測点 (標高 1120 m), 図省略) と照らし合わせた結果, 雪面から 8~29 cm の深さの積雪層が 3 月 26~27 日の低気圧性の降雪に対応しており, 雪温がマイナスであること等から堆積後に温暖変態の影響は受けていないものと考えられる. 3 月 26~27 日の降雪に対応する積雪層の粒子をほぐし, 接写した写真を図-8 に示す. この積雪層には, 雲粒付着のほとんどない板状結晶や柱状結晶が多数認められた.

4.2 低気圧性の降雪による積雪層の硬度の特徴

地上高 24~60 cm のしまり雪層の密度と硬度の関係を図-9 に示す. 硬度は密度の増加に伴って急激に増加する傾向が認められる. 図中の破線の曲線は, Tekeuchi *et al.* (1998) 及び竹内ら (2001) が, 日本海側の多雪地域 (主に冬型気圧配置時の降雪) において得た乾いたこしまり雪・しまり雪の密度 ρ (kg/m³) と硬度 H (kPa) の経験式であり, 次式で表される.

$$H = 1.31 \times 10^{-8} \rho^4 \quad (1)$$

本調査で得られた硬度の多くは式(1)の曲線よりも下側に位置しており, 今回の低気圧による積雪には日本海側地域の経験式が適合しないことが分かる. 乾いたこしまり雪・しまり雪の硬度は密度の 4 乗に比例することは古くから知られているので (木下, 1960), これに従って今回の測定値に最適な経験式を求めると, 図-9 に実線で示した式(2)が得られた.

$$H = 9.23 \times 10^{-9} \rho^4 \quad (2)$$

那須茶臼岳南東斜面
 標高 1716m
 2017/04/03
 14:10 - 14:50
 曇ときどき雪
 気温 : -2.7 °C
 積雪深 : 90 cm

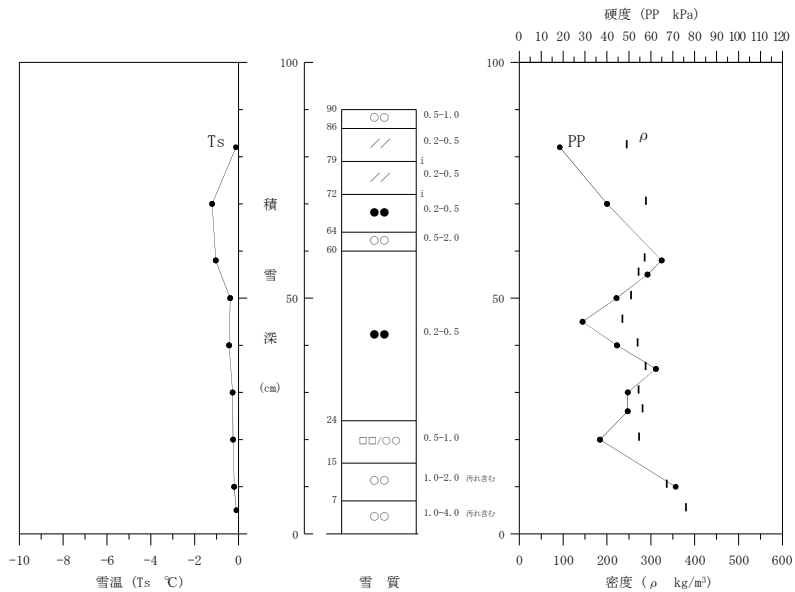


図-3 那須岳南東斜面における積雪断面観測の結果.

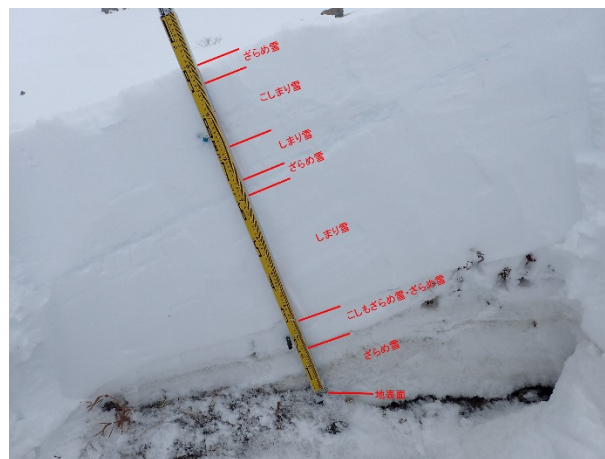


図-4 那須岳南東斜面における積雪断面の写真.

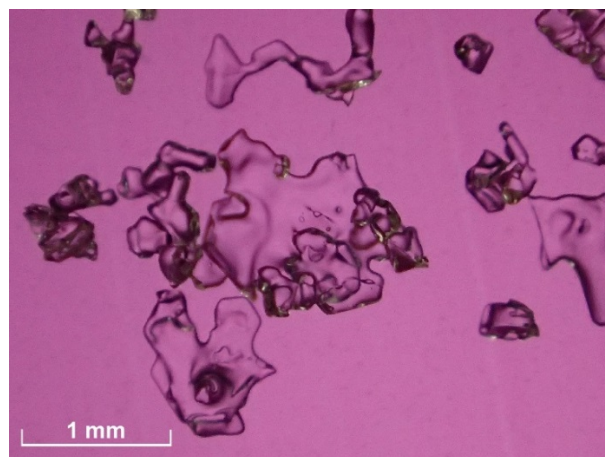


図-5 地上高 45 cm の積雪の粒子 (那須岳南東斜面).

鷺倉温泉東方約100m地点
 2017/03/29
 17:15 - 17:45
 快晴
 気温 : -1.2 °C
 0-29cmの積雪水量 : 44 mm
 0-29cmの平均密度 : 150 kg/m³

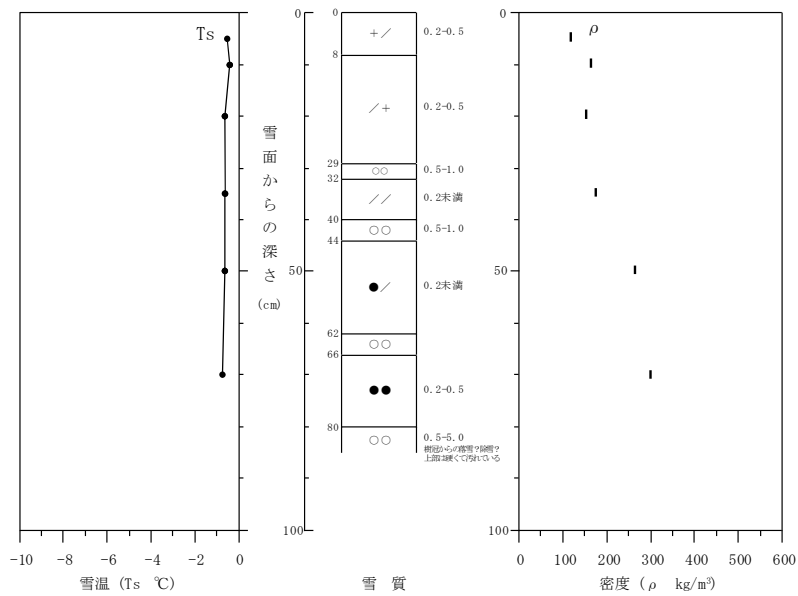


図-6 鷺倉温泉における積雪断面観測の結果.



図-7 鷺倉温泉における積雪断面の写真.

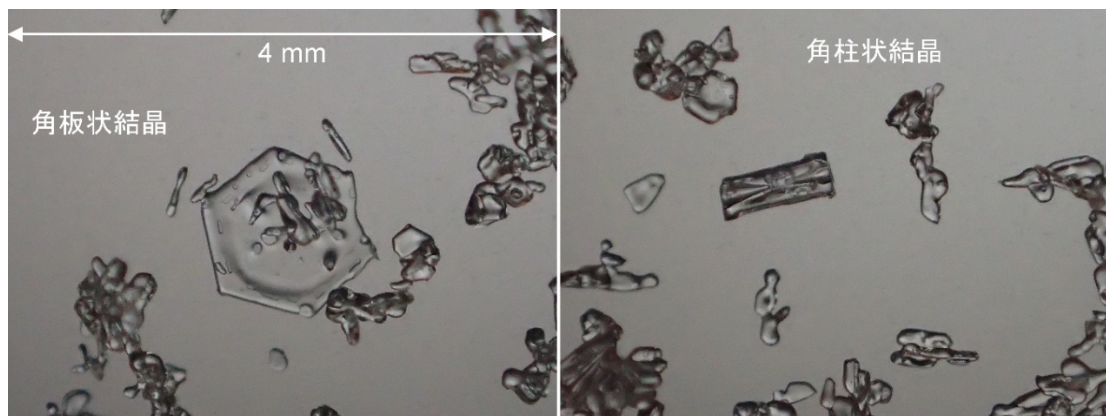


図-8 3月26~27日の降雪に対応する積雪層の粒子(鷺倉温泉).

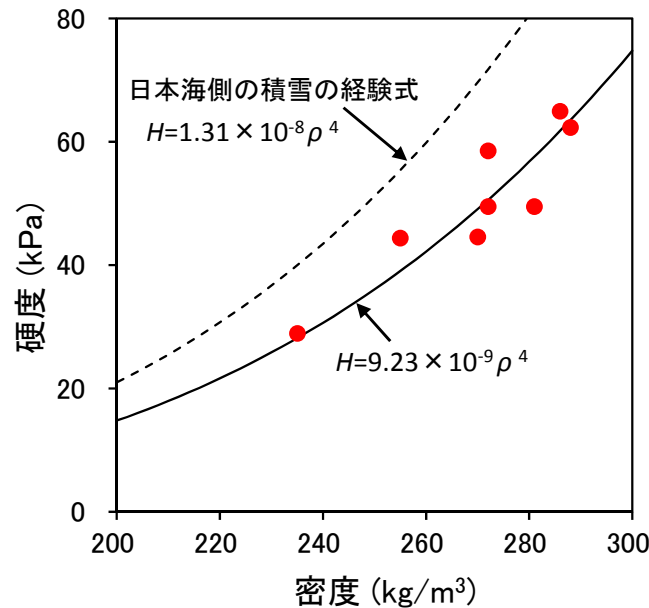


図-9 那須岳南東斜面における地上高 24~60 cm のしまり雪層の密度と硬度の関係。

式(2)の係数と式(1)の係数の比の値は約 0.70 であることから、同一密度でみたとき地上高 24~60 cm の積雪の硬度が日本海側地域の平均的な値の約 70%であることを意味している。これはあくまで大雪から 1 週間経過した積雪の力学的特性であるが、3 月 27 日の時点でも低気圧によってもたらされた積雪層（新雪）の硬度が極めて小さかった可能性が考えられる。

5 まとめ

2017 年 3 月 26~27 日に日本の南を通過した低気圧（南岸低気圧）や伊豆諸島付近に発生した低気圧によって、那須岳（栃木県）や安達太良山（福島県）にもたらされた積雪は力学的強度が極めて小さかった可能性がある。また、3 月 26~27 日の降雪で形成された積雪層の強度も一様ではなく、その内部に特に強度の小さい積雪を含んでいることが分かった。さらに、この積雪層には、雲粒付着のほとんどない板状結晶や柱状結晶が多数含まれていたことが特徴である。

謝辞

積雪粒子の接写撮影にご協力いただいた新潟大学理学部の栗原璃氏と吉川知里氏に感謝の意を表します。なお、本研究は JSPS 科研費 17K18453 及び 15K01161 の助成を受けて実施された。

引用文献

- Takeuchi, Y., Y. Nohguchi, K. Kawashima and K. Izumi, 1998 : Measurement of snow hardness distribution. *Annals of Glaciology*, **26**, 27-30.
- 竹内由香里, 納口恭明, 河島克久, 和泉薫, 2001 : デジタル式荷重測定器を利用した積雪の硬度測定. *雪氷*, **63**, 441-449.
- 木下誠一, 1960 : 積雪の硬度 I. *低温科学, 物理篇*, **19**, 119-133.