

災害調査 那須町雪崩災害調査 (2017.3.28 実施) (速報詳細版)

研究代表者	雪氷・気象災害軽減イノベーション センター：中村一樹	実施期間	平成 28 年度
研究参加者	雪氷：小杉健二 雪氷：根本征樹		

速報のまとめ

1) 調査結果

- ・本州の南海上を低気圧が東に進み、2017年3月26日夕方から27日午前中にかけてこの時期としては稀な大雪となった。
- ・3月28日午後に、雪崩が流下して事故があったとされる沢をスキー場のゲレンデから登り、遭難地点近くの標高1,350m、傾斜角35度の東向き斜面で積雪断面観測を実施した。
- ・積雪表面から約17cm～30cm下（特に弱いのは22cm～25cm下）の新雪・こしまり雪層中に雲粒の付着の少ない板状等の降雪結晶の弱層が検出された。
- ・この弱層上に季節外れの大雪となった新雪の荷重が加わり、弱層が破壊されて表層雪崩が発生したと推定される。
- ・今回の表層雪崩の原因となった弱層は、南岸低気圧に伴う降雪中に、降ってくる結晶の形状が雲粒の付着の少ない板状等の、比較的大型の降雪結晶により形成されたものであろう。さらにその後、同じ南岸低気圧からもたらされた短時間に強い降雪により表層雪崩が発生したと推定した。

2) 現状と課題

- ・今回の調査結果を基に、低気圧に伴う降雪が引き起こす表層雪崩についての注意喚起、啓発の取り組みを実施する。
- ・今回の調査結果から得られた知見を現在研究開発中の雪氷災害予測システムに反映させ、雪氷防災に役立つシステムに改良を図る。
- ・雪崩斜面が特定されている場合、積雪の内部の状況から雪崩が発生しやすい状況を予測することは可能となってきたが、今回のような低気圧性の崩れやすい降雪が起因になり、不特定箇所が発生するような雪崩の予測手法は確立されていないため、今後の研究が必要である。
- ・雪崩が発生した場合にどこまで到達するかの運動解析は可能となってきているが、流下中の雪の取り込みなどのより精緻なシミュレーションは開発が必要である。
- ・雪崩がどこで発生するのかを広域に把握する手法は確立されていないため、山岳域も含めた全国的な雪崩ハザードマップを整備することが必要である。

本資料は速報ですので、後日内容が更新される場合があります。ご了承下さい。

[目 的]

2017年3月27日8時30分頃（推定時刻）、栃木県那須郡那須町の那須温泉ファミリースキー場付近の山岳地で雪崩が発生した。当該山岳地にて春山登山研修中の高校生と教員が雪崩に巻き込まれ、死亡8名（男性教員1名、男子生徒7名）、重症2名（男子生徒2名）、中等症・軽症38名の被害となった。27日のラッセル訓練参加者数は55名（生徒46名、教員9名）であった（栃木県HP公表：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）より抜粋）。本調査の目的は、現地の雪崩跡および積雪が時間経過とともに変質する前に災害調査を行い、雪崩の発生原因を明らかにすることにより、災害防止に資することである。

[実施内容]

現地で救助に当たった消防隊員から情報を得て、2017年3月28日午後、雪崩が流下して事故があったとされる沢をスキー場のゲレンデから登り、図1の★印で示す標高1350m付近（GPS使用）で図2のように積雪を掘り、13時50分～16時20分に積雪内部の状態を把握するための積雪断面観測を実施した。雪崩の発生域はこの調査地点よりも上方であり、この場所までは雪崩は到達していないと考えられる。しかしながら調査当日まで降雪が続いており、調査時においても雪崩発生リスクがあったため、危険回避のためやむを得ず、遭難地点の下方に選定した。図1中の円印付近が、現地で救助に当たった消防隊員から聞き取った雪崩による遭難地点のおおよその位置である。



図1 調査地点（★印の位置、矢印は図3の写真の撮影方向）

※背景図は国土地理院の地理院地図を使用



図2 積雪断面観測の様子

[結 果]

図3にスキー場から見た調査地点と遭難地点を示す。積雪断面観測は、★印の地点で実施した。図3中の黒矢印付近が、現地で救助に当たった消防隊員から聞き取った雪崩による遭難地点のおおよその位置である。地形から考察すると、この地点に雪崩が流下するためには、雪崩は図3のAの破線で囲まれたエリアの斜面で発生したと考えられる。調査当日である3月28日に目視により雪崩の痕跡の観察を行ったが、3月27日～28日かけて降り続いた新雪により、図3のAのエリアでは雪崩の破断面やデブリなどの痕跡を確認することはできなかった。なお、図3のBの破線で囲まれた範囲には、別の雪崩の流路やデブリの痕跡が認められた。

図3から分かるように、Aのエリアの斜面には樹木がほとんどなく、特に傾斜が急になっている標高1474mから1504mの傾斜角は38度（GISで推定）で、雪崩が発生することが多い傾斜角30度～45度の範囲に入っていることから、雪崩が発生する可能性の高い斜面であると判断できる。

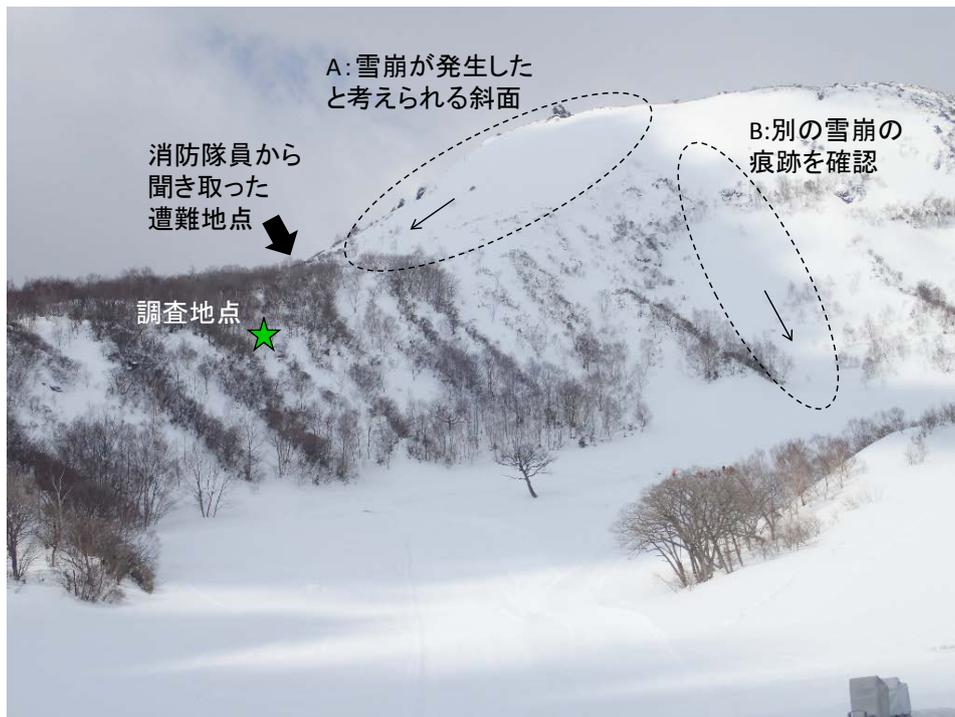


図3 スキー場から見た調査地点と遭難地点

表1と図4に積雪断面観測結果を示す。調査地点の傾斜角は35度、傾斜方向は東向き(方位角90°)で、積雪深は305cmであった。積雪断面観測は、積雪深200cm以上の表層部分を対象に実施した。図5に2017年3月24日～28日における気象庁の那須高原アメダスの気象観測データの経過を示す。那須高原アメダスは、積雪断面観測を実施した調査地点から東に約5km離れており、標高は749mである。したがって、大気中の平均的な気温減率0.65°C/100mから考えると、調査地点での気温はアメダス観測値よりも約3.9°C程度低いと推定される。

雪温は、積雪表面から100cm下まで氷点下で、全て乾き雪であった。積雪表面から35cm～37cm下にざらめ雪が存在し、それより上は新雪・こしまり雪の層であった。この新雪・こしまり雪の層内には硬度が1.0kPa前後、密度も50kg/m³前後と軽い部分が認められ、この部分が雪崩の弱層に相当すると考えられた。したがって、この弱層よりも上にある層が崩落した乾雪表層雪崩が発生したと推定できる。積雪表面の0cm～3cmには、やや硬いクラストが認められた。この層は、3月28日日中の日射により形成されたと考えられる。

図4と図5に基づき積雪層の形成について考察する。図5の気温の経過より、那須高原では3月25日にプラスの気温となり、最高気温+6.9°Cを記録した。したがって、気温減率から考えると、調査地点でも+3.0°C程度まで気温が上昇しており、3月25日に積雪断面の一番上に位置する35cm～37cmのざらめ雪の層が形成されたと判断できる。その後、3月26日15時まで降水量は無かったが、26日16時以降に降水量が観測され、断続的に28日4時まで続く。降水量が観測されているこの期間の那須高原アメダスの最高気温は、10分値の記録で+2.4°Cであるから、調査地点では、最高気温が-1.5°C程度までしか上昇しないことになる。降雨と降雪の境界の気温は、概ね+2°Cであるから、調査地点のこの期間の降水は全て氷点下の気温の中、乾いた降雪でもたらされたことになる。

一方、図5の積雪深の記録を参照すると、3月27日1時には0cmだったが、7時間後の8時には30cmを超え(31cm)、10時にはこの日の最深積雪深の34cmを記録しており、短時間に集中的に雪が降り積もったことが分かる。図6に那須高原アメダスにおける今冬季と過去3冬季の日最深積雪深及び平年値(1989～2010年)との比較を示す。これから分かるように、今冬季の3月27日の積雪深は突出しており、3月の観測史上最高を更新した。なお、図6の2013-14年冬季に突出した値である88cmが記録されているが、これは関東甲信から東北地方にかけて大雪となった2014年2月15日の値で、全期間を通じて観測史上最高の値である。

図7に2017年3月26日21時～27日15時の気象庁地上天気図を示す。積雪表面から35cm～37cm下のざらめ雪層の上の新雪・こしまり雪層は、全て26日から28日にかけて本州南岸を通過した南岸低気圧の北側の降雪雲に伴う降雪であると判断できる。積雪表面から25cm～22cm下の特に硬度が0.8kPaと小さい層を中心として、その上下も併せて積雪表面から30cm～17cm下の層が特に軟らかく、密度が小さい層であるが、この層は、南岸低気圧の通過に伴う降雪の初期に形成されたと考えられる。図8に、積雪断面中の弱層の位置と雪結晶の写真を示す。Bは、積雪表面から23.5cm下の位置の弱層の結晶の写真である。新雪・こしまり雪層中の雲粒の付着の少ない板状等の比較的大型の降雪結晶の弱層で、積雪内では空隙が多い粗い構造となる。新雪がこの弱層上にさらに積もって上載荷重が加わることで、この弱層が破壊されて表層雪崩が発生したと推定される。一方、Aは、弱層の上側の積雪表面から13.5cm下の位置、Cは弱層の下側の積雪表面から33.5cm下の位置の結晶の写真であるが、一部に雲粒の付着も認められ、積雪内ではBに比べ密な構造となり、隣同士の雪粒子が多点多で焼結（結合）し比較的大きな構造になりやすい形状であった。

以上より、今回の表層雪崩の原因となった弱層は、南岸低気圧に伴う降雪中に、降ってくる結晶の形状が雲粒の付着の少ない板状等の、比較的大型の降雪結晶により形成されたものであろう。さらにその後、同じ南岸低気圧からもたらされた短時間に強い降雪により表層雪崩が発生したと推定した。

用語解説

乾き雪（乾雪）：雪温が氷点下で、水気を含まない雪。

新雪：降雪の結晶形が残っている積雪。

こしまり雪：新雪としまり雪の間。降雪結晶の形は殆ど残っていないがしまり雪にはなっていない積雪。

しまり雪：こしまり雪がさらに圧密と焼結によってできた丸みのある氷の粒で構成される積雪。

ざらめ雪：水を含んで粗大化した丸い氷の粒や、水を含んだ雪が再凍結した大きな丸い粒が連なった積雪。

クラスト：表面近傍にできる薄い硬い層。サンクラスト、レインクラスト、ウインドラスト等がある。

デブリ：雪崩による堆積物のこと。

弱層：雪の内部にある不安定で弱い層のこと。表層雪崩の原因になることがある。

表層雪崩：すべり面が積雪内部にある雪崩のこと。雪粒同士の結合力が弱い層（弱層）が形成されると、弱層の上に積もった雪が滑り落ちる表層雪崩が発生しやすくなる。はっきりとした弱層が見られなくても、滑り落ちる面が積雪の中にある場合は表層雪崩に分類される。短時間に大量の降雪があった場合にも、新しく積もった雪が崩れて、表層雪崩が発生しやすくなる。

全層雪崩：すべり面が地面にあり、積雪層が一度に地面から動く雪崩のこと。

南岸低気圧：日本の南海上を主として東～北東に進む低気圧のこと。

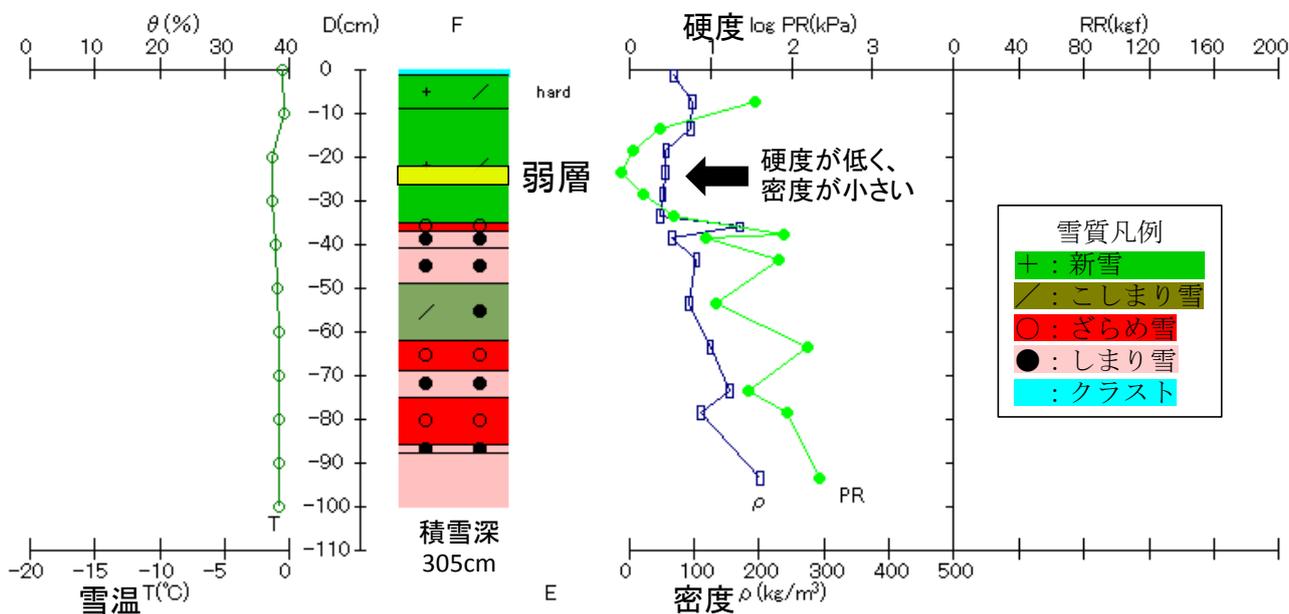
表 1 積雪断面観測結果

年月日		積雪深	積雪相当水量	全層平均密度		天気	気温(時刻)	風速(時刻)	測定時刻				
2017.03.28		305 cm	mm	kg/m ³		晴れ	-2.6 °C(13h40m)		13h50m - 16h20m				
緯度		経度	標高	傾斜角	方位角	座標軸	測定者						
37° 07'06.2"		139° 58'49.0"	1350 m	35 °	90 °	D	K.K.M.N.K.N						
雪質:F,粒度:E			雪温 T(°C)		密度 ρ(kg/m ³)		含水率 θ(%)		硬度 PR(kPa)		ラム硬度 RR(kgf)		
高さ, D (cm)	F	E (mm)	D	T	D	ρ	D	θ	D	*1 φ (cm)	PR	H	RR
0 - -1.5	-		0	-0.6	0 - -3	69			-7.5	1.5	35		
-1.5 - -9	+、/	hard	-10	-0.4	-6 - -9	97			-13.5	1.5	2.4		
-9 - -35	+、/		-20	-1.3	-12 - -15	94			-18.5	1.5	1.1		
-35 - -37	○		-30	-1.3	-17 - -20	57			-23.5	1.5	0.8		
-37 - -41	●		-40	-1.1	-22 - -25	56			-28.5	1.5	1.5		
-41 - -49	●		-50	-1.0	-27 - -30	52			-33.5	1.5	3.5		
-49 - -62	/、●		-60	-0.9	-32 - -35	48			-38	1.5	82		
-62 - -69	○		-70	-0.9	-35 - -37	170			-38.5	1.5	8.8		
-69 - -75	○		-80	-0.9	-37 - -40	66			-43.5	1.5	70		
-75 - -86	○		-90	-0.8	-42 - -45	104			-53.5	1.5	12		
-86 - -88	●		-100	-0.8	-52 - -55	93			-63.5	1.5	160		
-88 - -305					-62 - -65	125			-73.5	1.5	30		
					-72 - -75	154			-78.5	1.5	90		
					-77 - -80	111			-93.5	1.5	220		
					-92 - -95	201							
備考													

*1: φ は円板径を表わす。

測定場所 [栃木県那須温泉ファミリースキー場]
傾斜角 [35°], 方位角 [90°]

年月日 2017.03.28
測定時刻 13h50m - 16h20m



積雪表面から深さ100cmまでを調査

Shinjo Branch, Snow and Ice Research Center, NIED

図 4 積雪断面観測結果

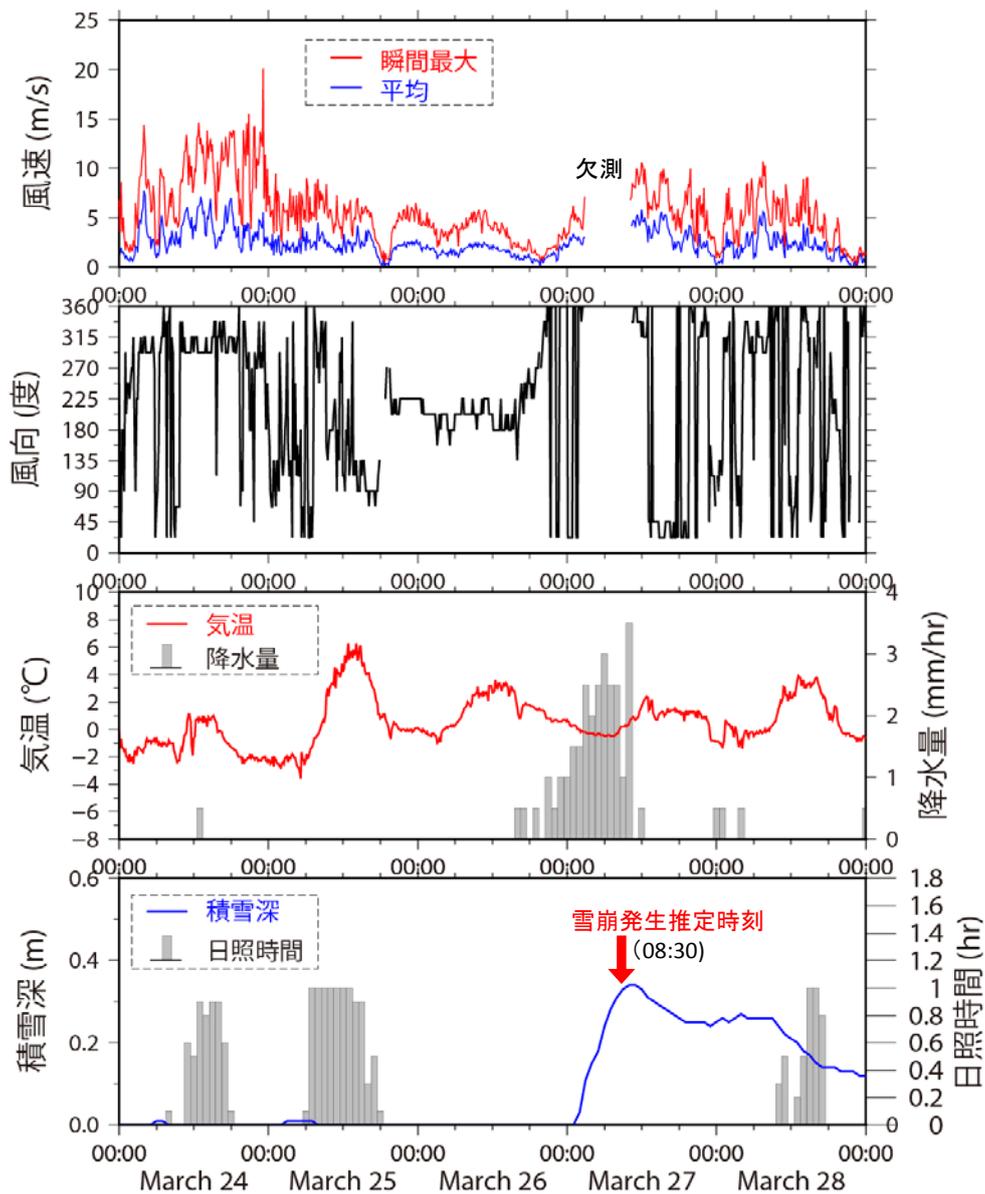


図5 2017年3月24日～28日の那須高原アメダスの気象の経過

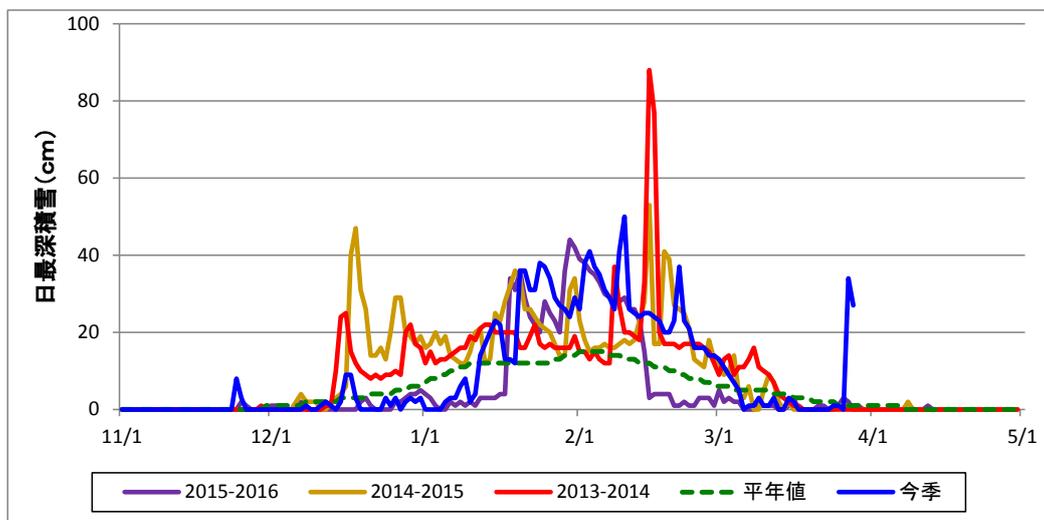
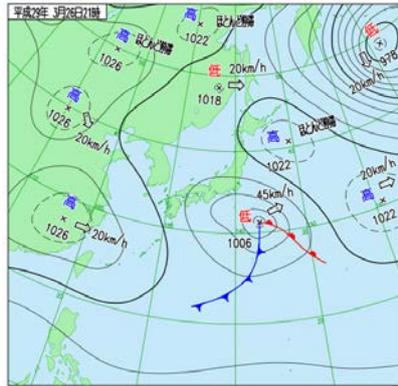
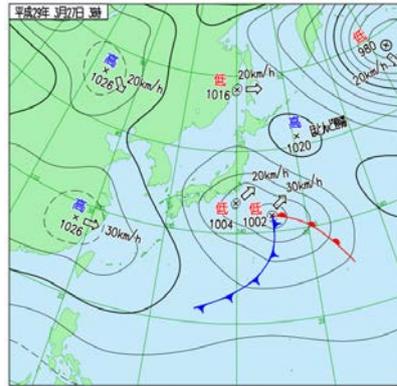


図6 那須高原アメダスにおける今冬季(3/28まで)と過去3冬季の日最深積雪深及び平年値との比較

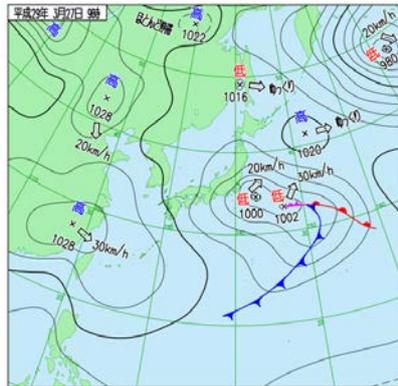
3月26日21時



3月27日3時



3月27日9時



3月27日15時

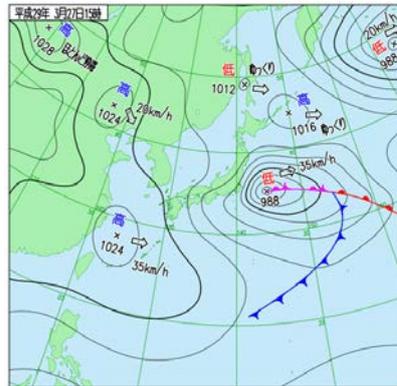


図7 2017年3月26日21時～27日15時の気象庁地上天気図
(気象庁ホームページ <http://www.jma.go.jp/jma/index.html> より)

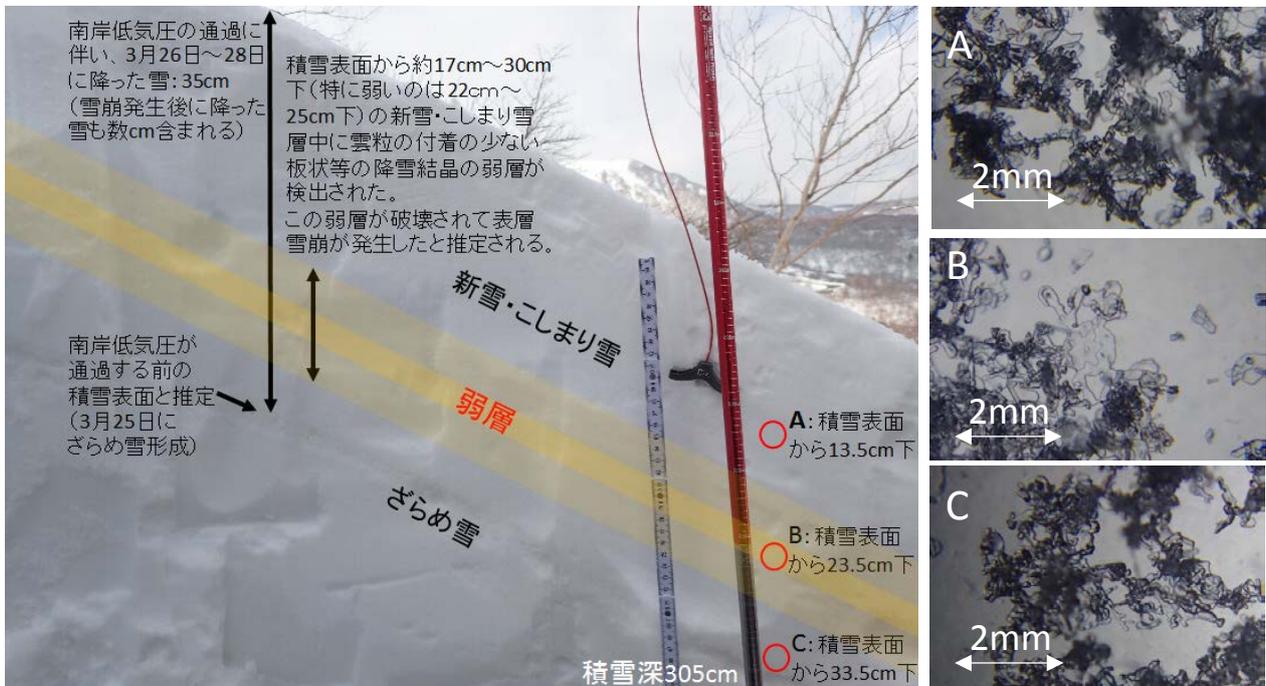


図8 積雪断面中の弱層の位置と雪結晶の写真