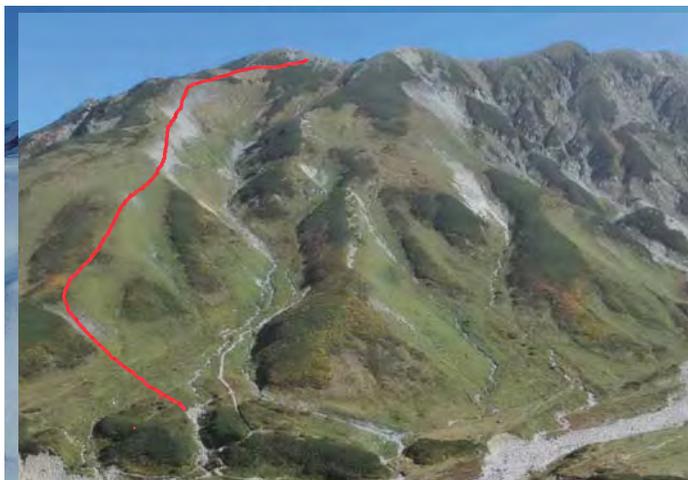


雪山はどこを登る？



雪山では吹きだまりを利用して登山
→夏の地形と全く違う積雪地形を登る

雪山の楽しみ



僕の前に道はない
僕の後ろに道は出来る

「道程」 高村光太郎

高山の積雪 雪庇

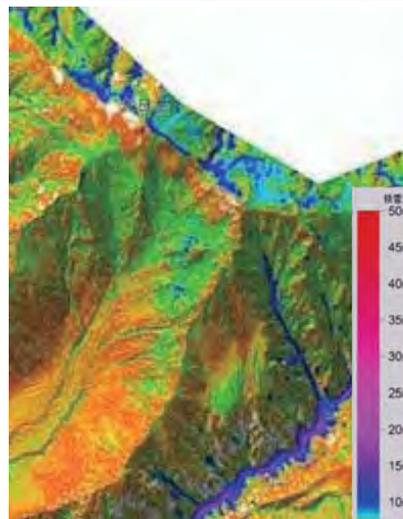


Photo 2 Disappearing snow on Mt. Dainichi, Jul.20, 2003
Photo taken by K. Ogino



稜線風下側に発達した吹きだまりの一種
大日岳山頂 長さ40m 深さ15m に発達

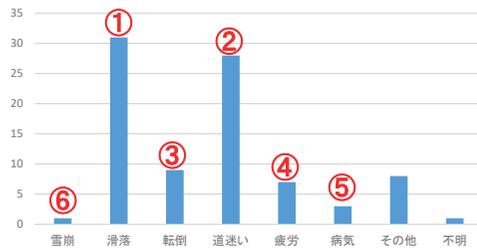
登山と雪

○登りにくい地形を覆い登山ルートを提供
雪が地面→積雪地形(新しい地形)を登る

×登山に困難や危険(リスク)をもたらす

- ・吹雪 → 低体温症
- ・深雪 → ラッセル
- ・硬雪・氷 → 滑落
- ・雪渓 → 崩落
- ・雪庇 → 崩落
- ・雪斜面 → 雪崩

積雪期は滑落、道迷いが多い！
雪崩は少ない



雪のことどのくらい知ってる？

○×クイズ

- ①雪の結晶は四角形である → 雪崩
- ②雪の粒は白い → 反射(雪焼け雪目)気候
- ③雪は水より重い → 雪崩
- ④雪の中は外気より寒い → 低体温症
- ⑤10℃の温度の雪がある → 雪質(歩行 雪崩)
- ⑥雪は地面から融ける → 雪質(歩行 雪崩)
- ⑦雪は音をよく通す → 雪崩
- ⑧日本には氷河がある → 硬雪 クレバス

すべての質問が登山と関わっている！！

筆飯3

登山と雪

□積雪とは

雪結晶(氷) + 空気 + 水

これらの比率、温度、時間等で性質が変わる
雪の密度、温度、雪質を観察して把握！

□積雪の変化と歩行形態→密度、雪質との関係

硬さ	柔らかい	→	→	→	硬い
雪質	新雪	こしまり雪	しまり雪	硬しまり雪	フィルン・氷
密度kg/m ³	50~200	200~300	300~400	400~600	600~900
歩行形態	ラッセル	通常歩行	キックステップ	アイゼン歩行	ダブルアックス

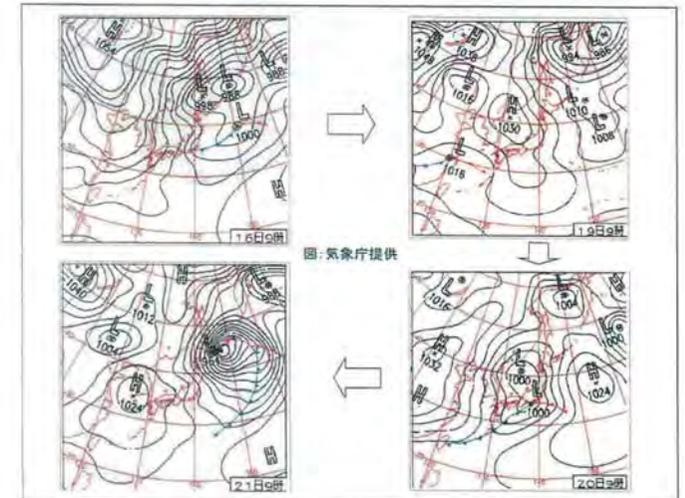
降雪と気象 冬の気圧配置の変化

冬型の気圧配置

移動性高気圧

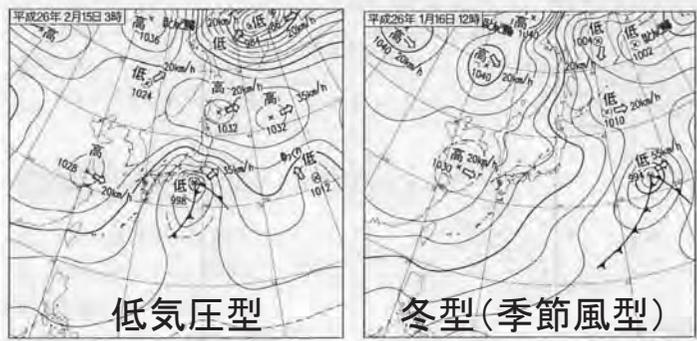
低気圧の通過

冬型の気圧配置



降雪をもたらすのは 冬型 と 低気圧型

降雪と気象 降雪をもたらす天気図型



太平洋側に大雪と多くの表層雪崩をもたらした南岸低気圧による低気圧型の天気図(2014年2月15日3時)
北海道ニセコアンヌプリ山で表層雪崩が発生した日の季節風型の天気図(2014年1月16日12時)

図6 低気圧型(左)と季節風型(右)の地上天気図

- 降雪をもたらすのは 冬型 と 低気圧型
- 日本海側 冬型で降る
- 太平洋側 低気圧型で降る
- 内陸 両方の影響

降雪と気象 冬型の気圧配置 山雪型



季節風型の模式図



西高東低の冬型の気圧配置(2012年2月12日8時地上天気図)

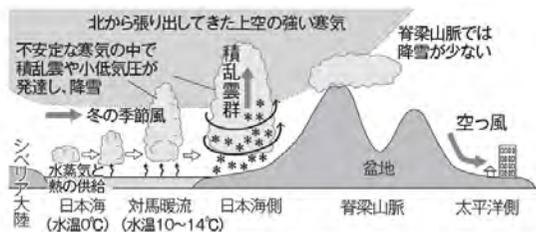


大陸と日本海上の筋状の雲の発生海域が近いほど寒気が強い
この日は距離が近いので、寒気が強いと判断される

寒気移流に伴い日本海に発生した筋状の雪雲(2012年2月8日12時衛星可視画像)

図12 季節風型の模式図(上)、冬型の気圧配置天気図(下左)、および気象衛星可視画像(下右)

降雪と気象 冬型の気圧配置 里雪型



里雪型の模式図 木村龍治「気象・天気図の楽しみ方」(成美堂出版)**を改変

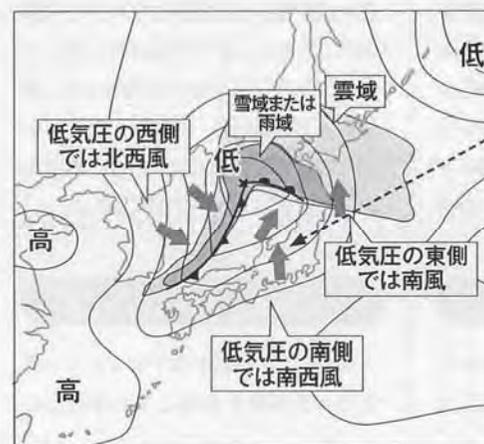


活発な帯状対流雲 JPCZ 日本海寒帯気団収束帯

本州付近で等圧線の間隔が広い(小低気圧がある場合もある)。日本海で等圧線が湾曲し、等圧線の方向が東西に

図15 里雪型の模式図(上)、地上天気図(左下)と気象衛星赤外画像(右下)

降雪と気象 日本海低気圧



擬似晴天(擬似好天)
低気圧接近時は、日本海側の山では擬似晴天(擬似好天)になるが、数十分から数時間後に大荒れになる。

日本海低気圧型の注意点

●低気圧と温暖前線の南側に位置する地域では、南から暖かい空気が流れ込み、気温が上昇して融雪が進み、積雪中や積雪底面へ融雪水が浸透することで、湿雪表層雪崩や全層雪崩の危険が高まる。フェーン現象が生じると、より顕著な高温になり、雪崩の危険は増す。

降雪と気象 南岸低気圧



サラサラした雪が降りやすい
温暖前線や低気圧北側から東側に広がる温暖前線の降雪域から、雲粒の付着が少ない針、さや、角柱、交差角板、鼓などの結晶から構成される、まるでグラニュー糖のようにサラサラした降雪が確認されている。

弱層となる雲粒なし板状結晶が降ることがある
温暖前線や低気圧北側から東側に広がる温暖前線の降雪域では、表層雪崩の弱層となる雲粒の付着が少ない板状結晶が降ることがある。

那須雪崩事故の要因となった弱層を形成

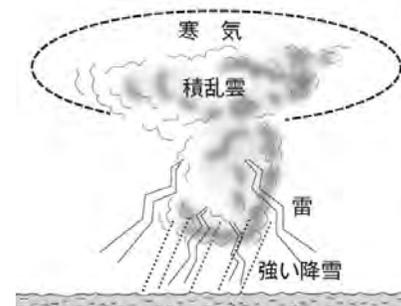
図7 南岸低気圧型の例 (猪熊隆之『山岳気象大全』*2より引用・改変)

南岸低気圧型の注意点

● 詳しいメカニズムはまだわかっていないが、雲の粒(雲粒)が多く付着した樹枝状結晶などを多く含むような季節風型の降雪とは異なり、南岸低気圧型のサラサラした降雪は、雲粒の有無に関わらずそれ自体が崩れやすいため、気温が氷点下の場合には表層雪崩を引き起こしやすい。

降雪と気象 寒冷低気圧

天気予報では「上空に寒気を伴った低気圧」などと表現される。



上空に寒気があると、大気がより不安定になって積乱雲が発達し、雪が強くなる

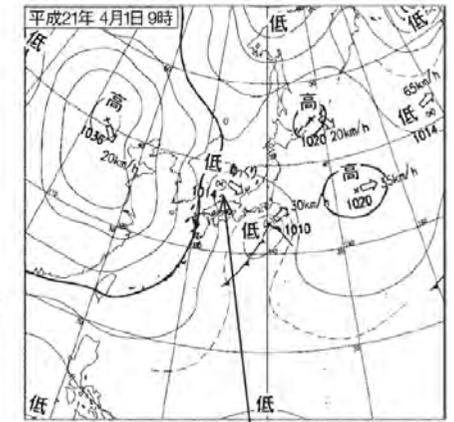


図10 寒冷低気圧

この低気圧が寒冷低気圧

ポイント

- ・ 天気図上では小さな低気圧であるが、雲粒が多く付着した雪の結晶やあられが強くなることが多い。
- ・ 雷や突風を伴い激しい天気となるため注意が必要である。
- ・ 動きが遅く、長時間、悪天候となることがある。

上層の寒気ー低気圧発達の目安

天気	季節	500hPa面気温
ドカ雪の目安	12~3月	-36℃以下
大雪の目安	12~3月	-30℃以下
低気圧発達による大荒れ	GW	-24℃以下
	9月下旬~10月上旬 梅雨期	-15℃ ~ -18℃以下 -9℃ ~ -12℃以下
雷雨	夏季	-6℃以下

- 温帯低気圧の発達 寒気と暖気の強さによる
- 上層の寒気の強さの目安

500hPa高層天気図の気温に注目!

降雪と気象 雪結晶



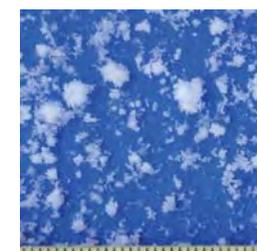
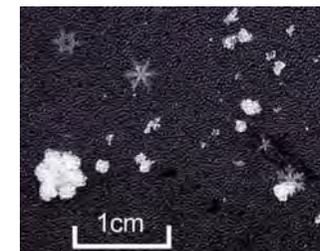
□ 樹枝状六花



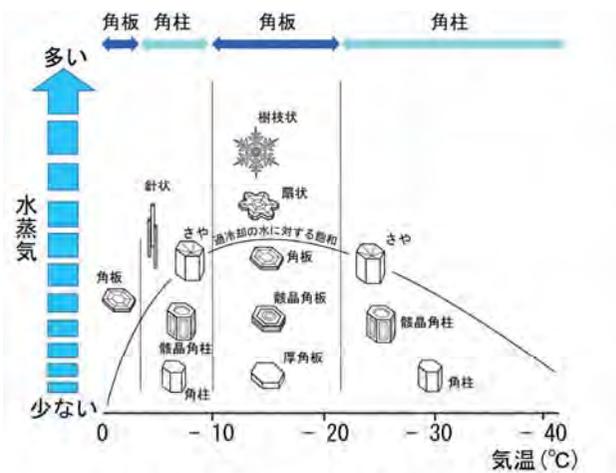
□ 針状



□ 板状
雲粒が凍結



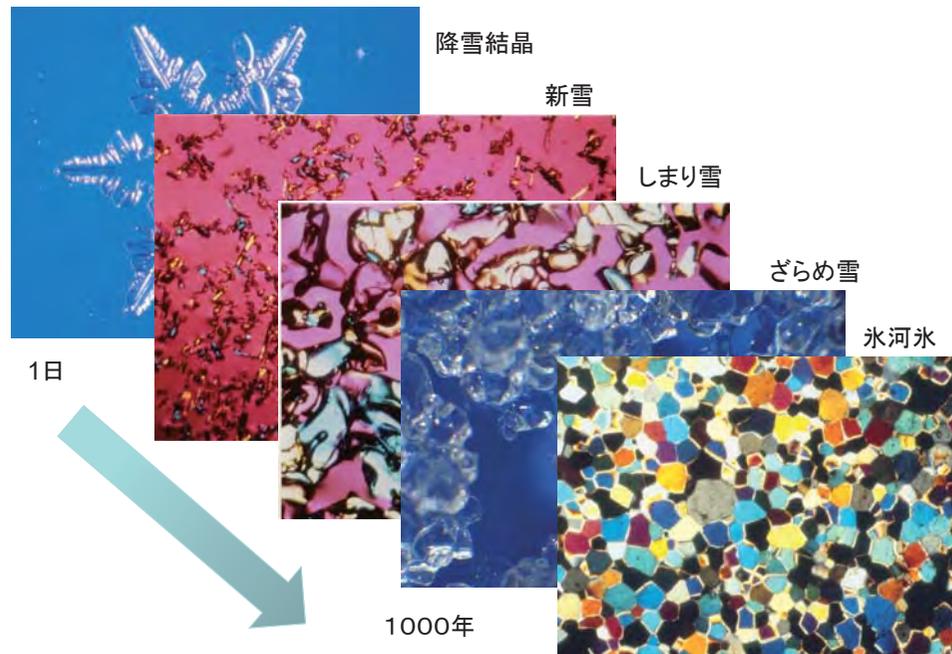
- 雪結晶に過冷却水滴が凍結
→ 雲粒付雪結晶(左)
→ あられ(右)



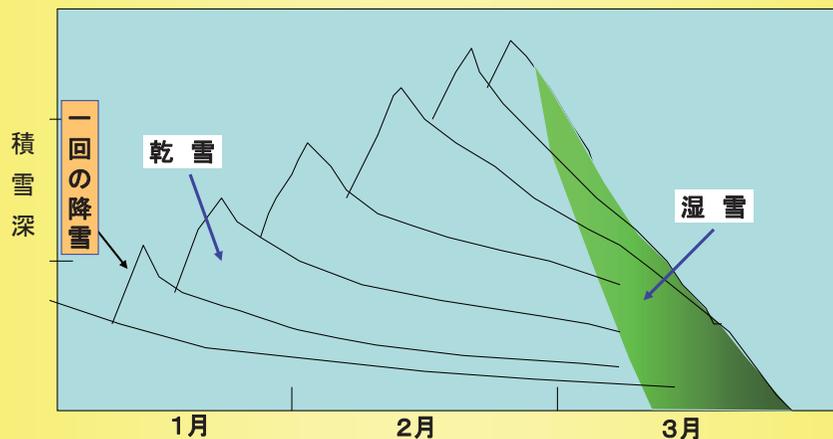
温度と水蒸気で決まる雪の形

中谷ダイアグラムの概念図(小林禎作・古川義純, 1991より)

雪の一生



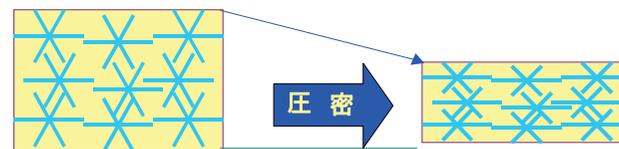
積雪とその変化 積雪の形成



- ①積雪は多くの層からできている。
- ②1回のもたまった降雪で一つの層ができる。(特に冬型気圧配置時に発達)
- ③降雪中断期に積雪は沈降して積雪深が減る。
- ④次の降雪で、積雪層が雪中に埋まる。
- ⑤融雪期になると融水が浸透し湿雪となる。やがて全層ざらめ雪となり消失する。

積雪とその変化 圧密と焼結

■ **圧密** 自重で圧縮され密度を増す。



■ **焼結** 結合部が太くなり丈夫になる。0°Cに近づくほど早く進む。

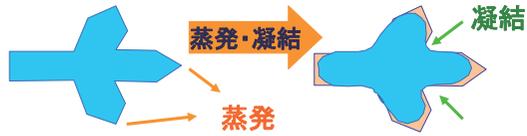


圧密・焼結が進むと 積雪は安定化する

積雪とその変化 蒸発と凝結

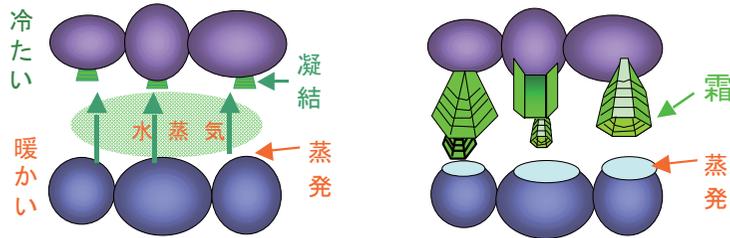
蒸発と凝結

3-1 温度差がないとき 凸部で蒸発、凹部に凝結 球形化



3-2 温度差があるとき

高温部で蒸発、低温部に凝結 → 霜成長

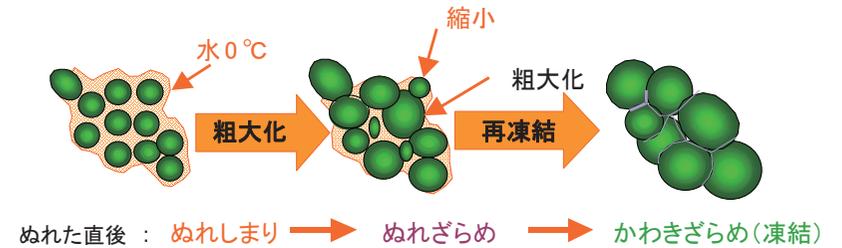


蒸発・凝結が進むと 積雪は不安定化する

積雪とその変化 融解と再凍結

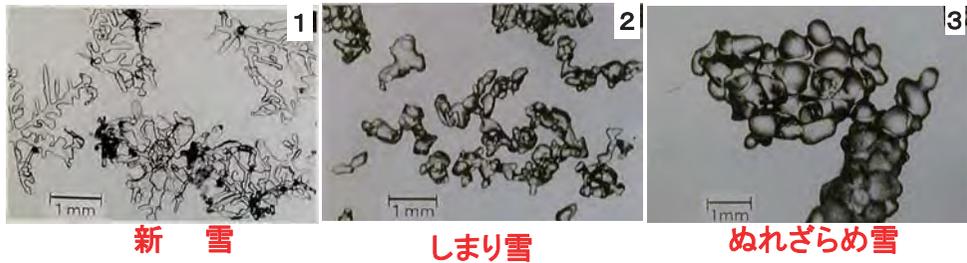
融解と再凍結

水が関与し粗大化。
ぬれざらめ雪 → 脆弱になる。
かわきざらめ雪 → 丈夫になる。



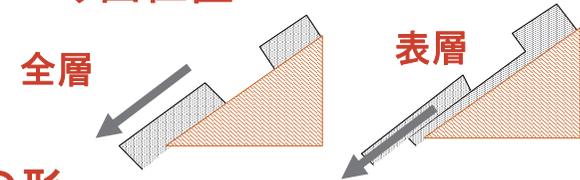
融解が進むと 積雪は不安定化する

積雪とその変化 積雪の変態(雪質)



雪崩の分類 雪崩の分類

雪崩層のすべり面位置



雪崩発生形の形

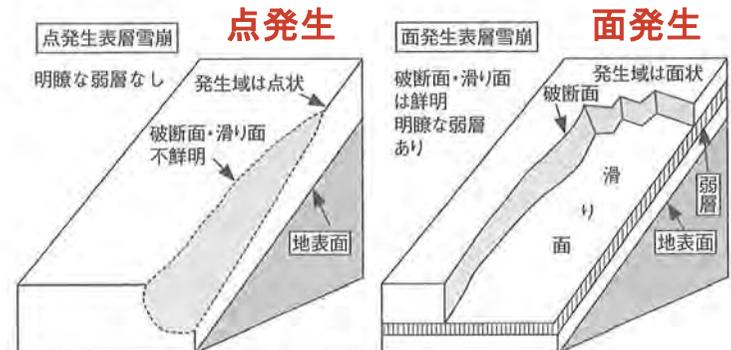
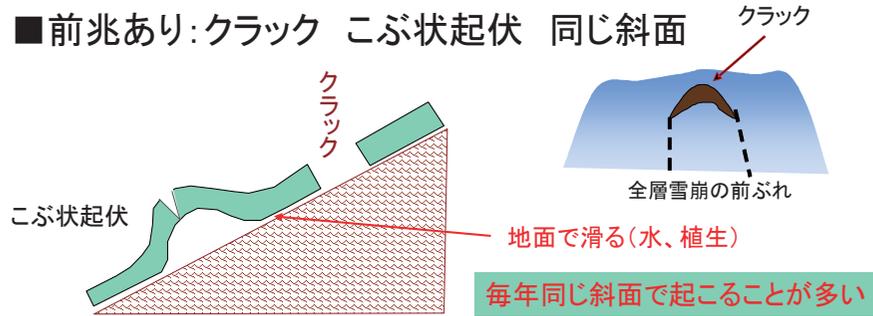


図 2-1 点発生雪崩と面発生雪崩

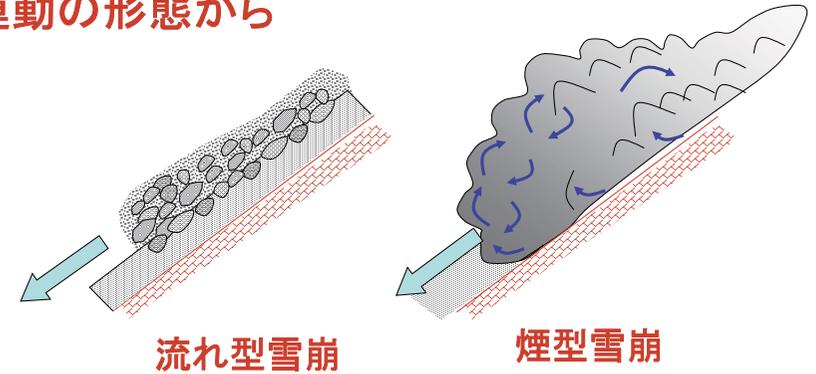
雪崩の分類 全層雪崩

■前兆あり:クラック こぶ状起伏 同じ斜面



雪崩の分類 雪崩の運動形態

■運動の形態から



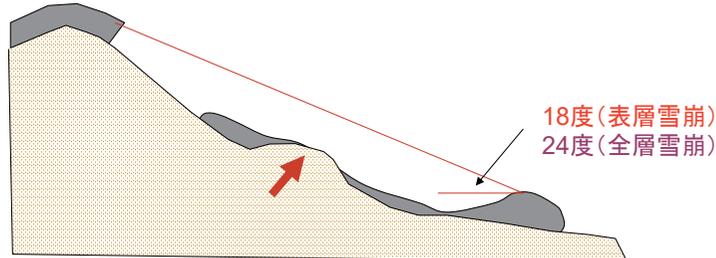
	流れ型雪崩	煙型雪崩
雪崩の速度	10~30m/秒	20~80m/秒
雪崩の衝撃力	15~30ton/m ²	

雪崩の分類 雪崩到達距離



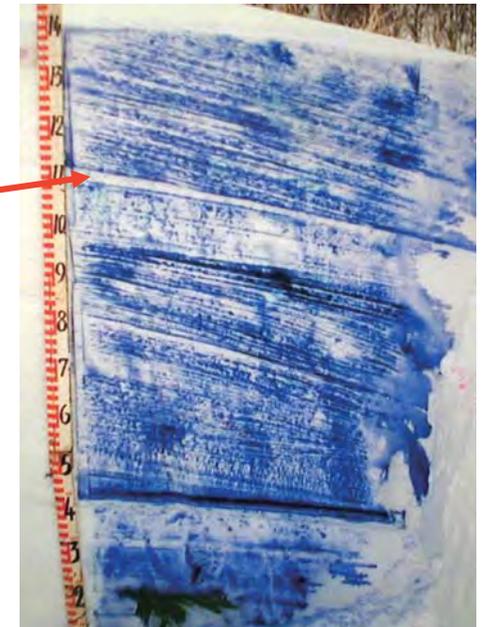
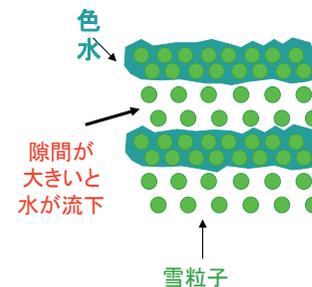
雪崩の発生角	
35~45度	:70%
30~50度	:90%
40度付近	:最多頻度

■雪崩の到達距離の目安

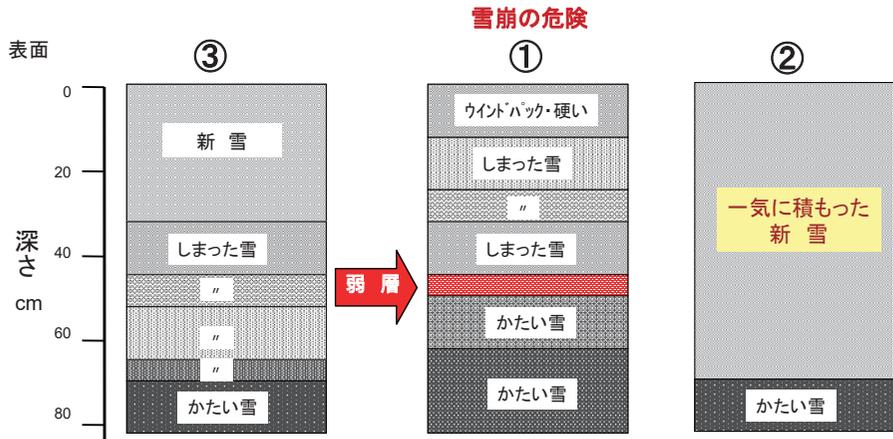


雪崩の発生メカニズム 積雪層の形成

空隙の多い
(ガサガサ)な層は
色に染まらない
弱層

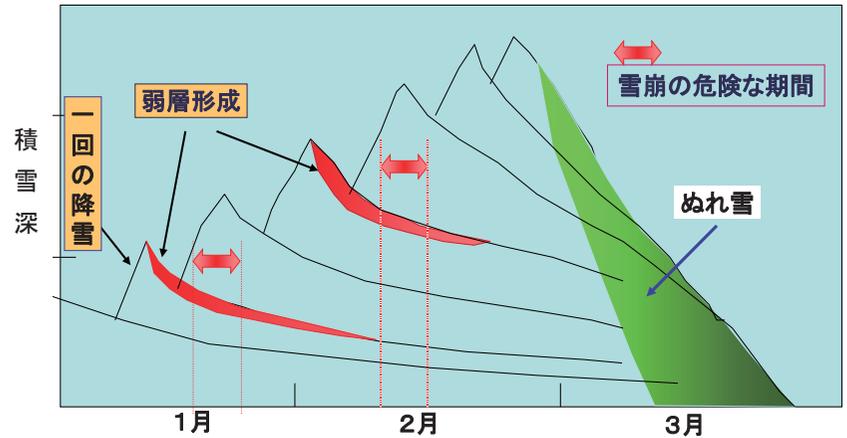


雪崩の発生メカニズム 積雪層と雪崩



- ① 連続した降雪→圧密・焼結が進み安定化
- ② 不連続な降雪→弱層が形成されると上下層が丈夫でも雪崩発生
- ③ 多量の降雪が一気に積もる→弱層がなくても表層雪崩が発生
(理論計算) 35° 斜面 1時間6cmの積雪が6時間継続

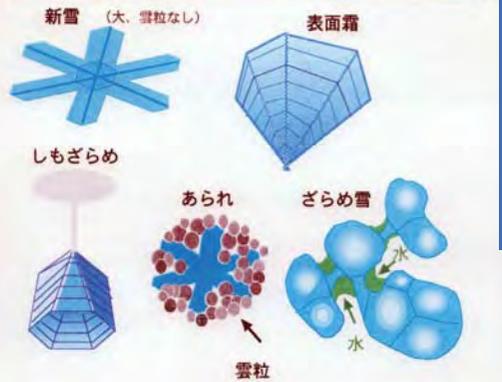
雪崩の発生メカニズム 積雪層と弱層の形成



- ①積雪は多くの層からできている。 ②1回の降雪で1つの層ができる、
- ③弱層は表面近くで形成される。 ④次の降雪で弱層は埋まる。
- ⑤弱層が弱い間に上載積雪が積もると雪崩発生の危険が高くなる。
- ⑥時間がたつと弱層は消滅する。(圧密と焼結で丈夫になる。)

雪崩の発生メカニズム 弱層の種類と特徴

降雪起源→	弱層の種類	結晶の形	形成条件または特徴
降雪起源→	降雪結晶	広幅六花	弱風/無風・降雪強度小
温度勾配→	表面霜	しだ状	夜放射冷却、弱風
温度勾配→	しもざらめ	骸晶、コップ	表面に新雪、昼日射、夜放射冷却、無風
降雪起源→	あられ	固い球状	時間が経ってもばらばら対流性の雲から
高温融雪→	ざらめ雪	丸い大粒	日射融解、結合弱い



- 代表的な弱層
- ・降雪結晶
- ・表面霜
- ・しもざらめ雪
- ・あられ
- ・濡れざらめ雪

雪崩リスクマネジメント 雪崩ハザード評価

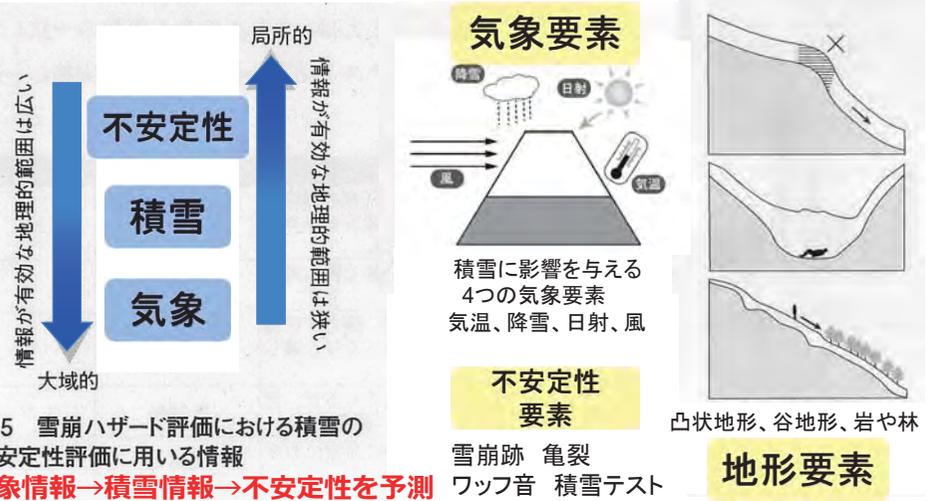
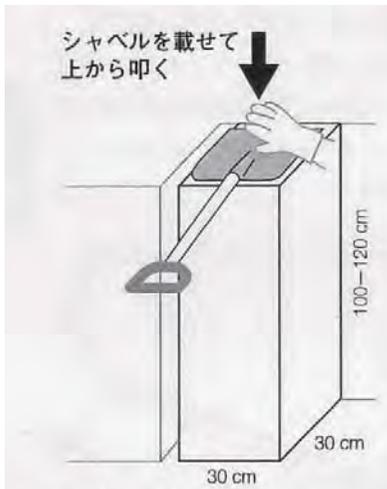


図5 雪崩ハザード評価における積雪の不安定性評価に用いる情報

気象情報→積雪情報→不安定性を予測

雪崩リスクマネジメントでは、
積雪、地形、気象を適切に評価し、適切な行動をし、
雪崩事故に対する装備やレスキューの方法を身につけることが必要。

雪崩リスクマネジメント 積雪観察、弱層テスト



結果の区分

CTV	雪柱を切り出している最中に破壊する
CTE#	手首を支点に1～10回叩くと破壊する
CTM#	肘を支点に1～10回叩くと破壊する
CTH#	肩を支点に1～10回叩くと破壊する
CTN	破壊が起こらない

コンプレッション・テスト

参考文献

- 『新・高みへのステップ 2部 -雪氷-』 国立登山研修所(2022)
- 『雪崩教本』 雪氷災害調査チーム・雪崩事故防止研究会, 山と溪谷社(2017)
- 『山岳雪崩大全』 雪氷災害調査チーム, 山と溪谷社(2015)
- 『雪崩リスク軽減の手引き』 日本雪崩ネットワーク, 東京新聞(2010)

ありがとうございました。