

# 雪質と雪氷災害

－雪を知り、雪に備える－

秋田大学 教育文化学部

本谷 研

## 克雪対策技術研修会

(2022年1月28日 横手セントラルホテル)

冬、田沢湖と鳥海山遠景(中央やや左)

### 【解説】

「雪質と雪氷災害」－雪を知り、雪に備える－として、雪による様々な被害を減らすために役に立つかもしれない情報をまとめました。

# 第1章 雪が降る仕組みと最近の雪害

- 秋田をはじめとした東北地方の日本海側で雪が沢山降る仕組み
- 最近の大雪事例と年毎の降積雪状況
- 最近の秋田県内の雪害(雪に関する死傷者数)の推移

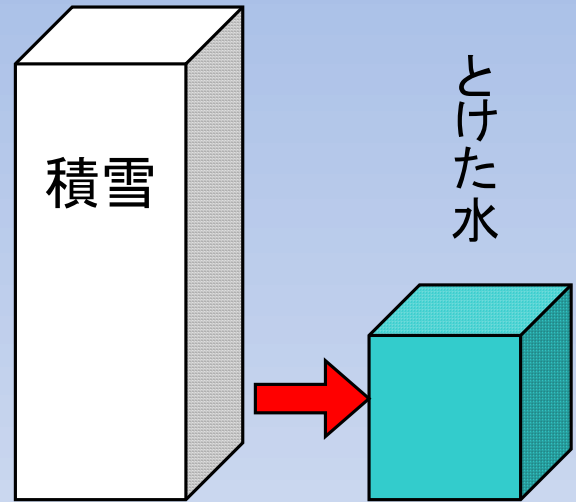
(c) 秋田大本谷研

## 【解説】

第1章では秋田をはじめとした東北地方の日本海側で冬季にたくさんの雪が降る仕組みや、最近の大雪事例とシーズンごとの東北全体の雪の降り方・積り方の特徴、秋田県における近年の雪に関する死傷者数の推移などについて説明します。

# 雨雪を水にして表す (mm単位)

ミリメートル



**雨量 (mm):** 雨がそのまま  
まった時 (蒸発も浸透もしな  
かった時) の水の深さ (mm)

**積雪水量 (mm):** 雪  
が全部とけた場合  
の水の深さ (mm)

## 【解説】

空から降ってくる雨や雪のことを降水を言います。

雨の場合に「雨量何ミリ」というのは、上面と下面が同じ面積の入れ物に降ってきた雨を溜めて蒸発も浸透も全く生じなかった場合の水の深さをミリメートル単位で表したものです。

これと同じように、雪の場合も積もった雪 (または降ってきた雪) をと全部かした場合 (このとき同じ底面積で不変とします) の水の深さ何ミリと表す場合があります。これを積雪水量と呼びます。

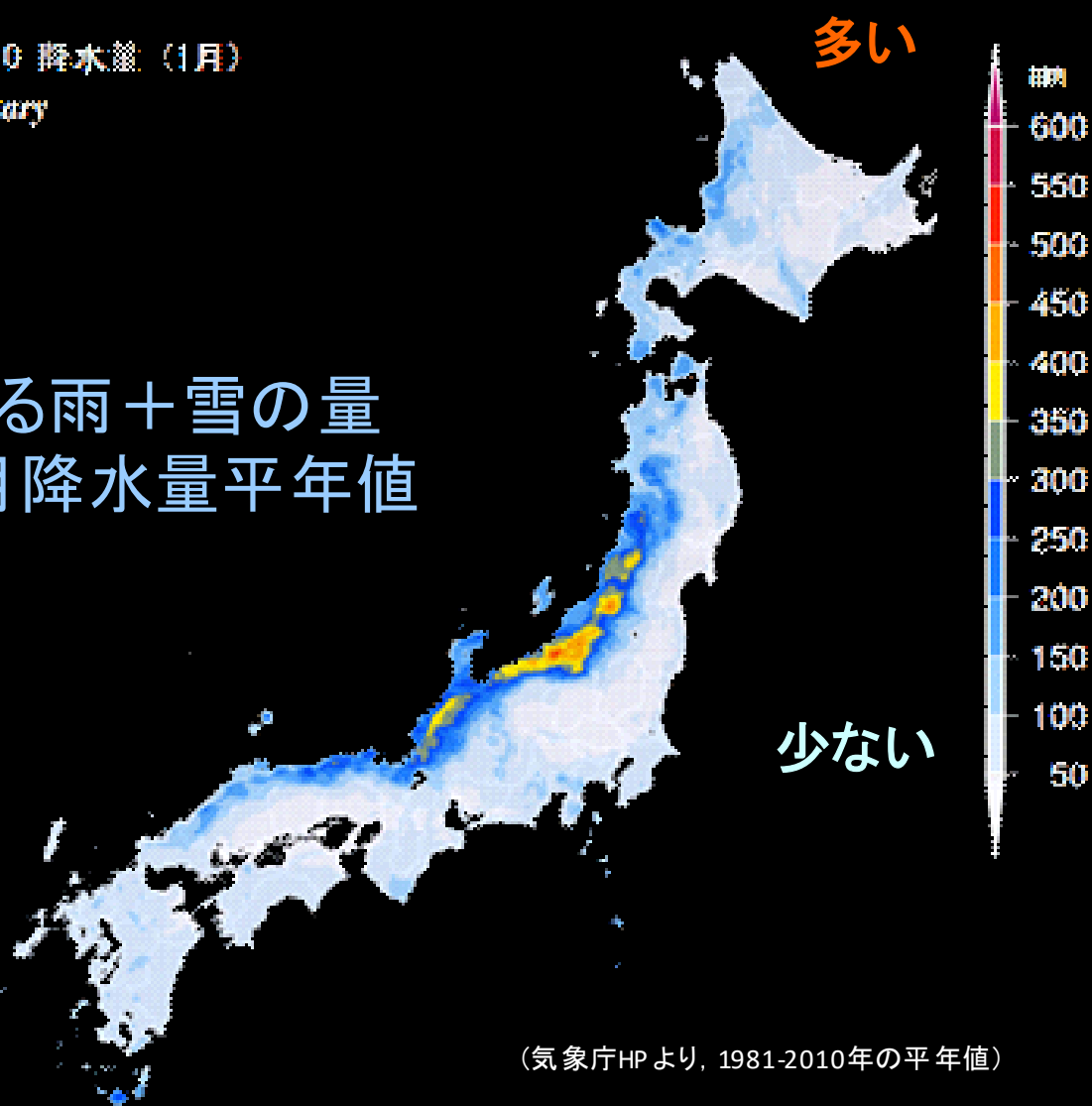
降りたての雪ですとふわふわして沢山の空気を含んでおり、雪の深さが10cmあっても積雪水量は10mm程 (またはそれ以下) のこともあります。

(c)秋田大本谷研

メッシュ平均値2010 降水量 (1月)

Precipitation / January

1月に降る雨+雪の量  
=1月の月降水量平年値



## 【解説】

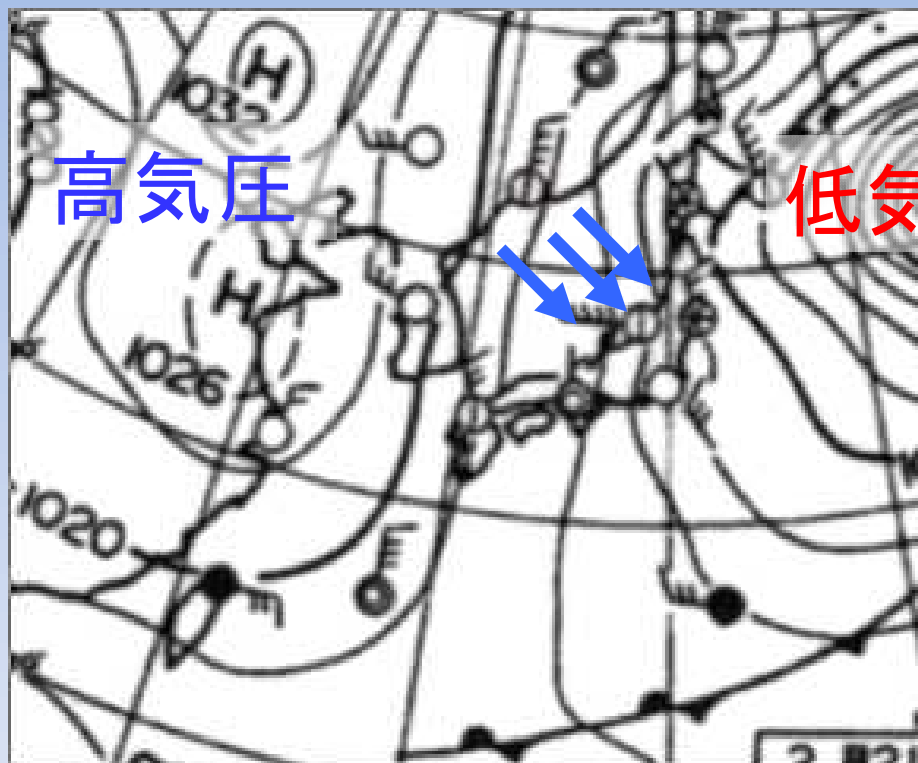
この図は長期間(1981年から2010年までの30年間)平均の1月における降水量(降ってくる雨と雪の合計)の分布を示しています。

山陰から北陸、東北の日本海側へと降水量が多い濃い青や黄色(一部赤)が広がっているのがわかります。

こうした一帯では1月のみでも100mmから最大500mm近くの降水量があり、冬季全体ではその2、3倍に達します。

# 天気図と衛星画像

## 冬の季節風(西高東低:冬型の気圧配置)



2000年2月21日12時(JST)

(c)秋田大本谷研

### 【解説】

冬場の東北日本海側に雪が多く降るときに典型的な気圧配置を天気図で確認してみましょう！

大陸内陸部に強い高気圧、日本の東海上には低気圧があるので、西の気圧が高く東が低い「西高東低」型の気圧配置であることがわかります。

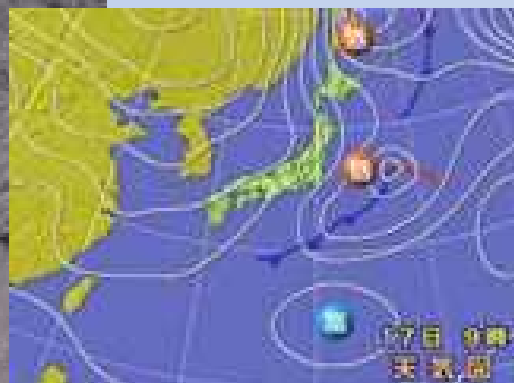
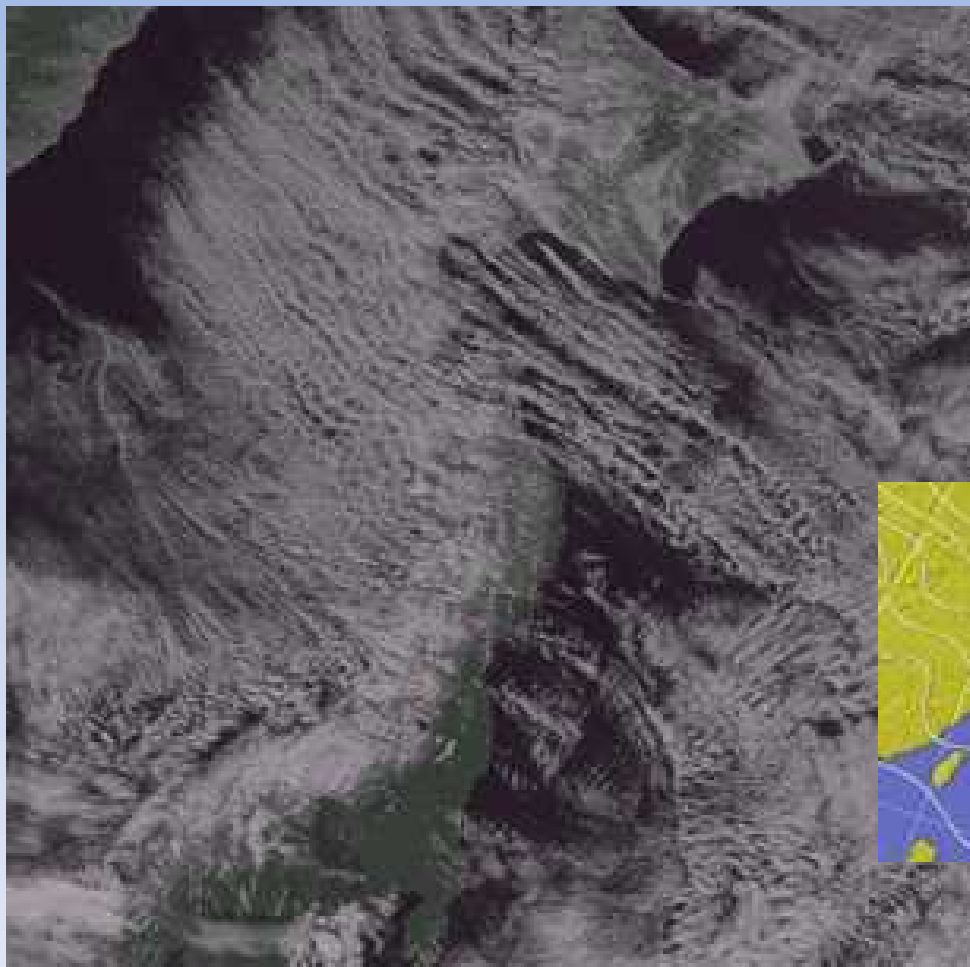
日本付近で何本もの等圧線が南北に縦に並び、気圧の差は大きくなっています。

このとき気圧差と地球の自転の効果により日本海上では北西からの季節風が強く吹きます。

## 寒気の吹き出し(例)

2006年1月17日  
の衛星画像と  
天気図

←筋状雲が卓越



(JAIDAS, 気象人HPより)

### 【解説】

そうした冬型の気圧配置のときに特徴的な雲の画像例をお見せします。  
左側の画像は右下のような天気図の時の衛星雲画像を示しています。  
日本海上には筋状の雲がたくさん並んでおり、一部山があまり高くないところや津軽海峡付近などでは筋状雲が太平洋側の海上にまで伸びています。  
この筋状雲が発達することで雪を降らせます。

# 暖流の流れる日本海



(c)秋田大本谷研

(日本海事広報協会HPより)

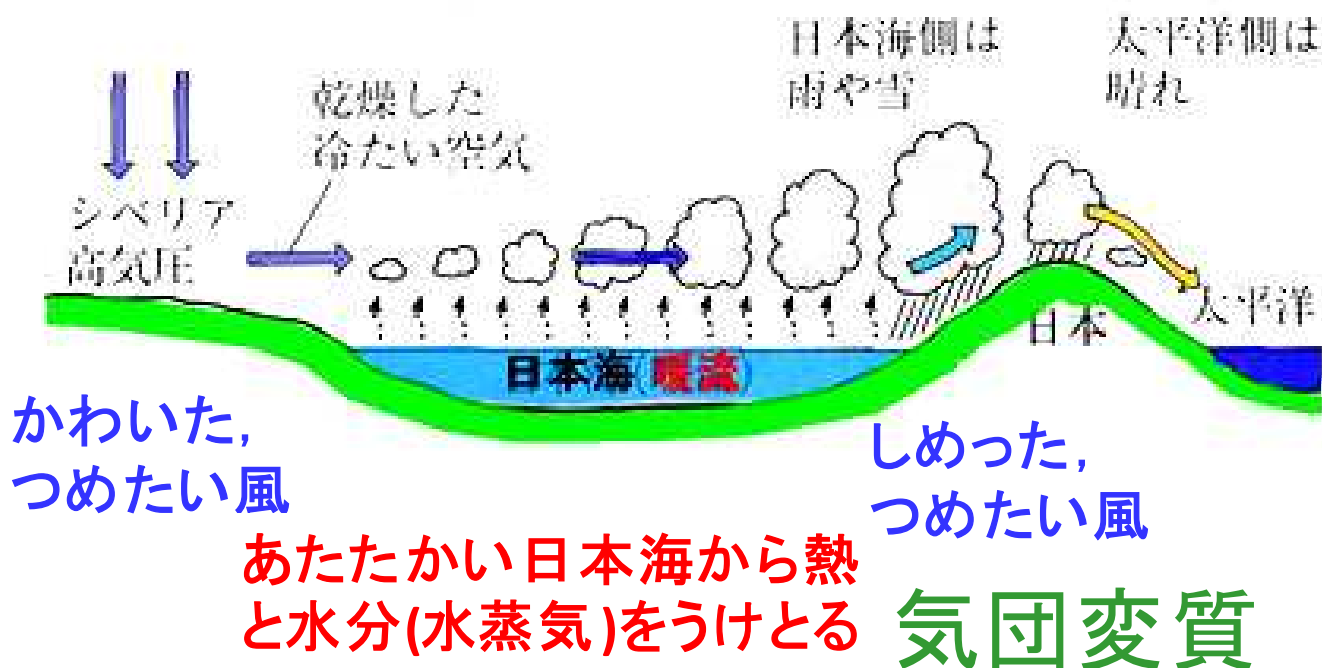
## 【解説】

冬の北西からの季節風が吹く際に、日本海上で筋状雲が発生・発達するには日本海を流れる海流に秘密があります。

皆さんよくご存じのように、日本周辺には黒潮という強い海の流れがあり、フィリピン沖付近から大量の熱を運んできますが、その一部は九州の南西付近で分岐して対馬海流(対馬暖流)として日本海に注ぎ込んでいます。このため、東北の日本海沿岸の海水温は高く、冬場でも10℃またはそれ以上になります。

# 日本(東北)を東西に切ってみた図

## 日本海側で多雪となる仕組み



(c)秋田大本谷研

(図は講談社ブルーバックス『新しい高校地学の教科書』に加筆)

### 【解説】

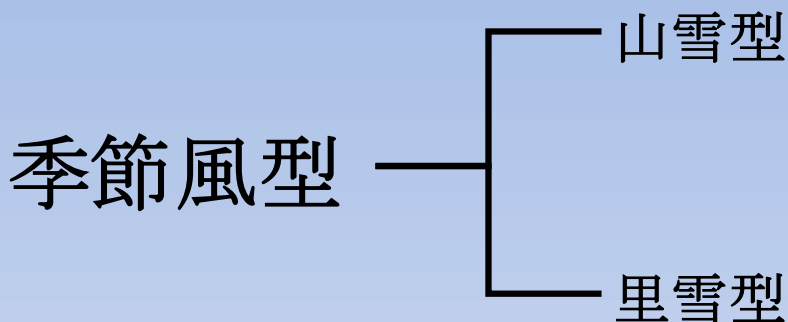
シベリア高気圧は冬季大陸上で強い放射冷却により低温となった大気が地上付近へと、どんどん下降して生じ、時に1040hPa以上の強い高気圧になります。

こうした高気圧から日本海へ吹き出す季節風は、最初はとても乾燥した冷たい風ですが、温かい対馬海流の流れる日本海上を吹いてくるうちに海面から熱と水蒸気を与えられるので、海面上では大気の大気が対流が盛んになり、積雲系の雲が発生・発達しながら日本列島に近づいてきます。こうした積雲系の雲(雪雲)が奥羽山脈などの西側斜面に達すると上昇し、雲の中の対流活動は一層盛んになって沢山の雪を降らせます。

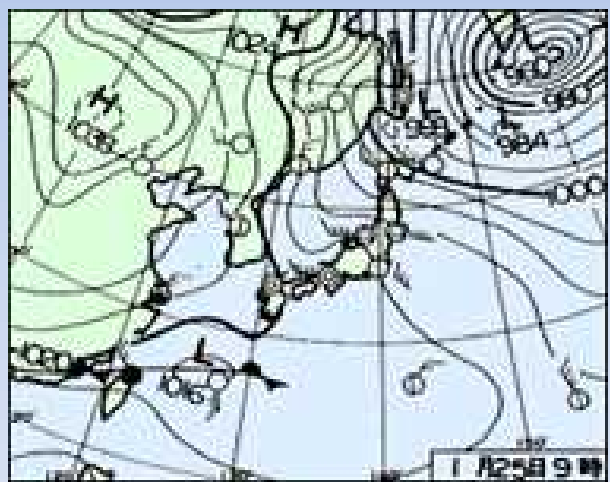
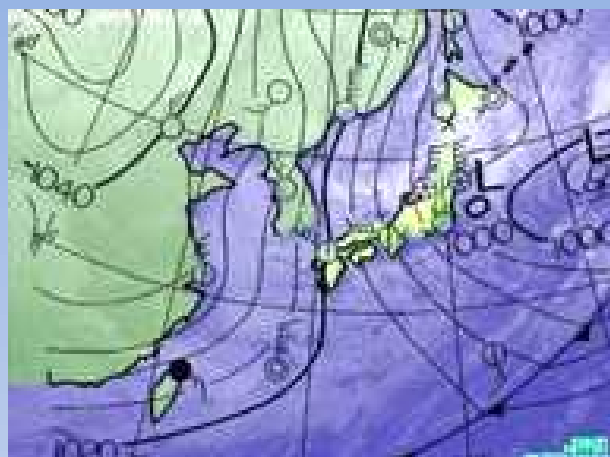
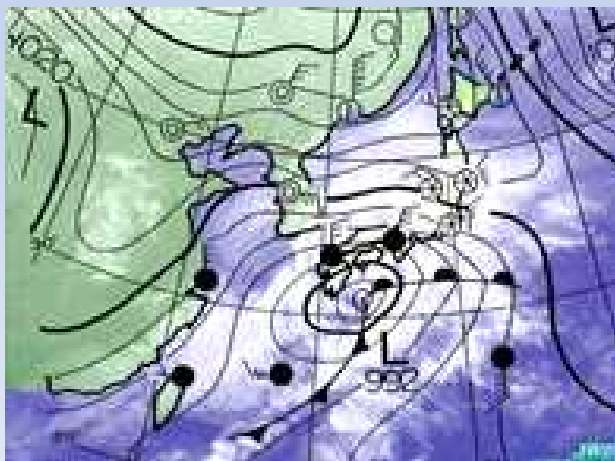
季節風は、雪を降らせて雲粒や水蒸気が少なくなった状態で太平洋側に達するので、冬型で秋田で雪でも仙台は良い天気のことも多くなります。このように、もともと乾燥・冷涼だった季節風が日本海上で湿潤化し非常に湿った冷たい季節風へと変わることを「気団変質」と呼んだりします。



# 雪の降り方



## 低気圧型



### 【解説】

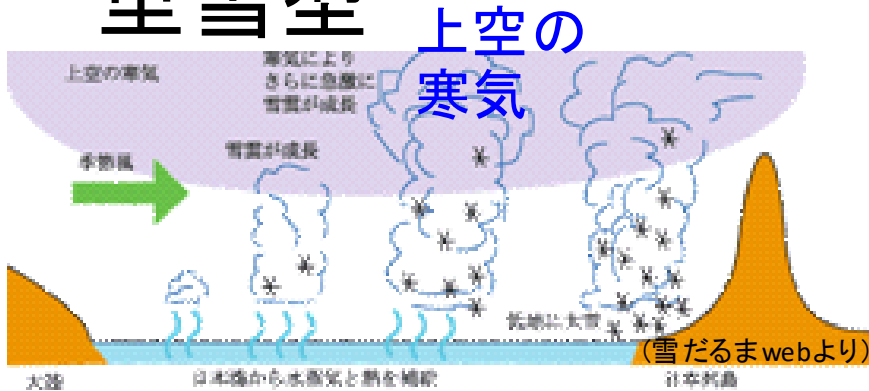
雪の降り方を気圧配置の特徴から見てみます。

天気図が西高東低の冬型の気圧配置のときが季節風型で、右上の例の様に等圧線が南北に比較的まっすぐになる山雪型と、右下の例の様に等圧線が日本海上で折れ曲がった里雪型の2つがあります。

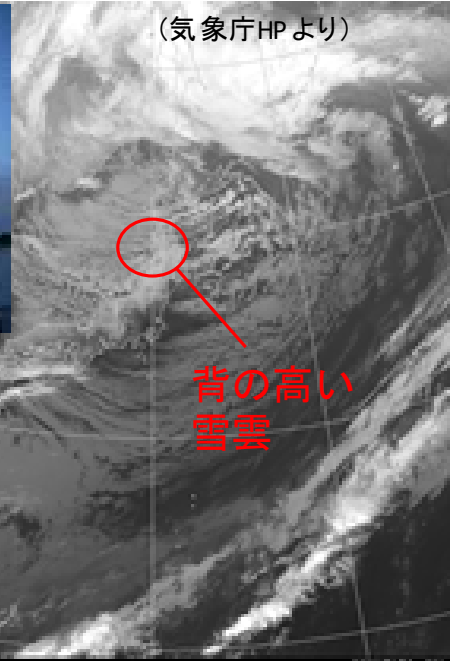
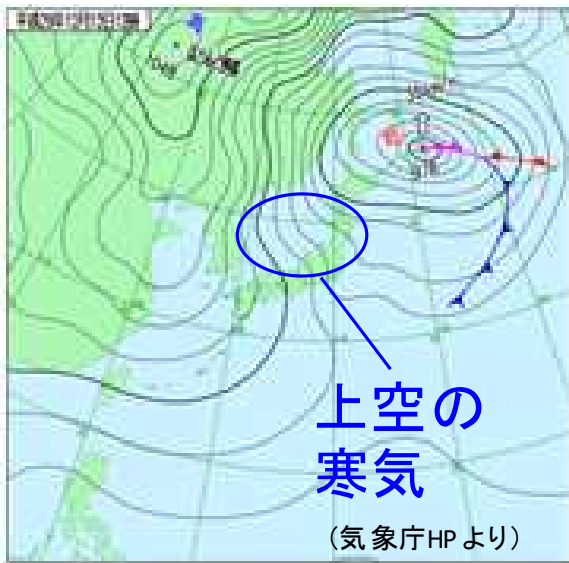
山雪型では筋状の雪雲は日本海上で次第に発達しつつ日本列島に達し、山の北西側斜面を登るときに一層活動が盛んになって雪を降らせるため、沿岸や平地よりも標高の高い山間部で降雪が多くなります。里雪型は詳しくは次のスライドで説明しますが、日本海上空に強い寒気があるときに雪雲が既に発達した状態で日本列島に上陸してくるため沿岸や平地でも降雪が多くなります。

また、冬季に低気圧が通過する場合も低気圧の中心から西側の寒冷前線に伴って上空の寒気を引き込むため雪が降り、この場合も標高・地形にあまりよらず低気圧の経路に沿って雪が多くなります。

# 里雪型



日本海上空に強い寒気が進入している時、沖合いから雪雲が発達し、沿岸から大雪に



(c)秋田大本谷研

## 【解説】

里雪型の雪の降り方について2017年の12月半ばを例に詳しく説明します。左上のイラストの様に、日本海上空に強い寒気が入ってくると、上が冷やされて重く、下は海面で温められることになるので大気状態が不安定になります。そのため、沖合の海上で雪雲が発達し、降雪を伴いながら沿岸に上陸することになります。

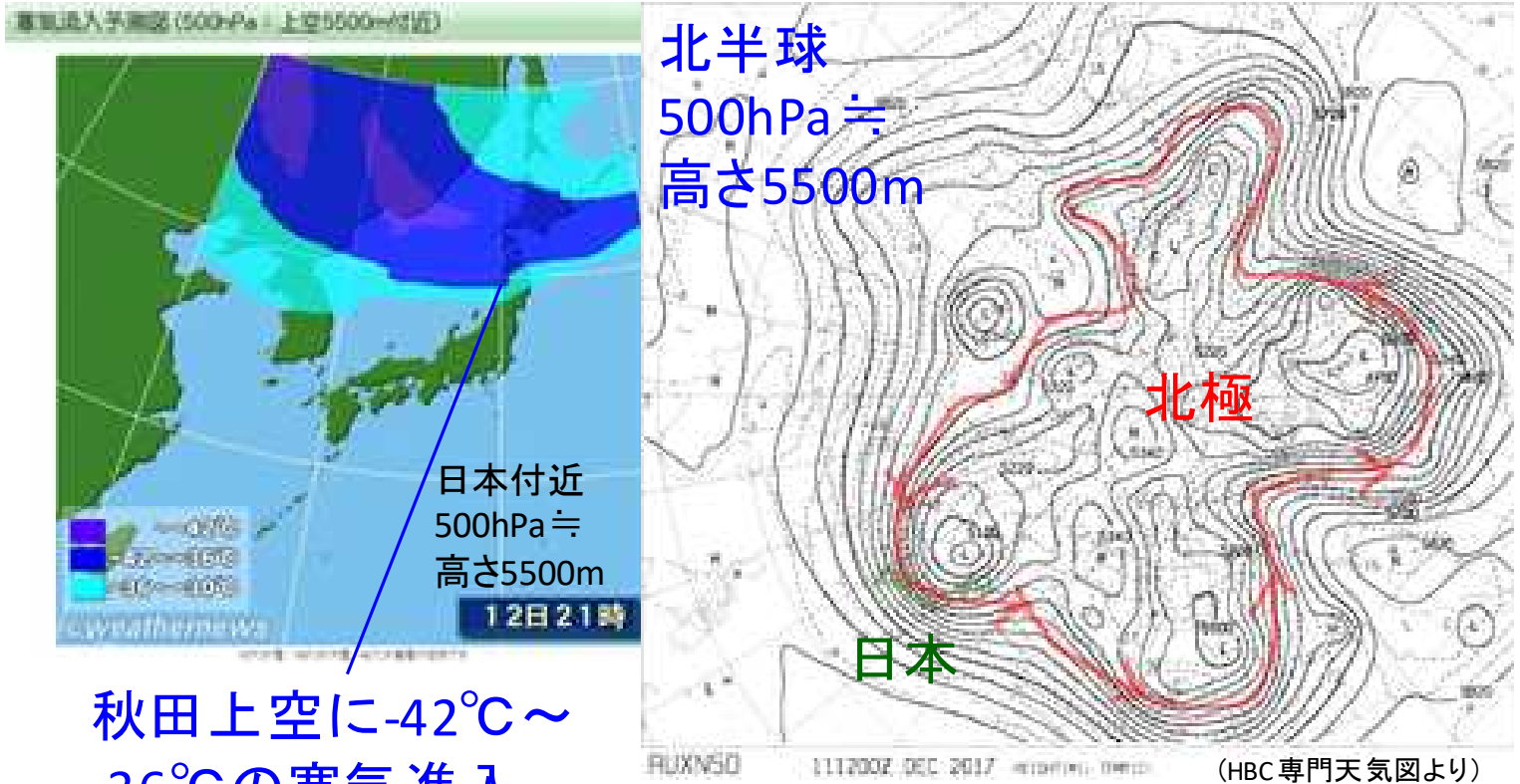
こうした天気図の例が左下で日本海上の等圧線の屈曲部分が上空の寒気進入を示しています。

季節風による筋状雲は通常背が低く雲頂でもせいぜい2～3km程度なのですが、こうした里雪傾向のときの雪雲はやや背が高くなり(中央、中段の「やや発達した積乱雲」の画像)、右下の衛星画像でも背の高い(白さがはっきりとした)雪雲が秋田上空にあることがわかります。

中央下段の気象レーダーによる雪の降り方をみても、雪の強く降っている範囲は日本海の沖合から続いていることが見て取れます。

# 2017年12月12-13日の上空の様子

(東北電力HP気象情報より)



秋田上空に-42°C～  
-36°Cの寒気進入

偏西風の蛇行のため日本付近  
にしばらく寒気進入し易い状態

(c)秋田大本谷研

## 【解説】

前のスライドに続き、里雪の時の上空の寒気の様子と寒気の南下をもたらす仕組みについて説明します。

左図は上空約5500m付近(気圧が500hPa)における気温分布を表しています。

濃い青は-42～-36°Cの第一級の寒気であり、これが秋田上空付近まで南下していることがわかります。

右側はその時の北半球(北極中心)における上空の大気の流れを示した図で赤線は偏西風の強いところの流れを示しています。

このときは日本付近で偏西風が南へ蛇行しており、より北の大陸上空から寒気が入りやすい状態にあったことがわかります。

# 福井30豪雪(仮称)

(c) 秋田大本谷研



**交通麻痺**  
→社会的混乱

図. 2018年2月福井豪雪時の現地写真

## 【解説】

こうした里雪をもたらすような強い寒気の南下や日本海上での季節風の合流の仕方などにより、突発的な大雪が生じることがあります。

これらの画像は2018年2月の福井県内における積雪状況を示したものです。

2018年は、福井市内では1/12-13の2日間で60cm以上の降雪があったほか、2/4-2/7の4日間では140cm以上の降雪となり、国道8号を中心に大規模な車の立ち往生が発生、交通麻痺により社会的混乱が生じました。

## 福井30豪雪(仮称)



図. 福井県坂井市のドラッグストア(クスリのアオキ北丸岡店)の様子(2018年2月9日午後撮影)

(c) 秋田大本谷研

### 【解説】

左側上下の画像は、2018年2月の福井豪雪時のドラッグストア店内の様子です。

数日以上におよぶ交通麻痺のため、物流は滞り、食料品の在庫はほぼない状態になりました。



# 異常豪雪時のチェーン装着義務化

経緯：H30福井豪雪時に大型車の立ち往生が多数発生  
=<冬タイヤでもチェーン必要(特に大型車)>

## 直轄道路6区間

- ・山形県：国道112号/月山道路(西川町志津～鶴岡市上名川)27km
- ・山梨県 静岡県：国道138号/山中湖・須走(山梨県山中湖村平野～静岡県小山町須走字御登口)9km
- ・新潟県：国道7号/大須戸～上大鳥(村上市大須戸～村上市上大鳥)16km
- ・福井県：国道8号/石川県境～坂井市(あわら市熊坂～あわら市笹岡)4km
- ・広島県 島根県：国道54号/赤名峠(広島県三次市布野町上布野～島根県飯南町上赤名)12km
- ・愛媛県：国道56号/鳥坂峠(西予市宇和町～大洲市松尾)7km

## 高速道路7区間

- ・新潟県 長野県：E18/上信越道(信濃町IC～新井PA)25km
- ・山梨県：E20/中央道(須玉IC～長坂IC)9km
- ・長野県：E19/中央道(飯田山本IC～園原IC)10km
- ・石川県 福井県：E8/北陸道(丸岡IC～加賀IC)18km
- ・福井県 滋賀県：E8/北陸道(木之本IC～今庄IC)45km
- ・岡山県 鳥取県：E73/米子道(湯原IC～江府IC)34km
- ・広島県 島根県：E74/浜田道(大朝IC～旭IC)27km

路上での立ち往生を防ぐため、以前は通行止めにしてきたような大雪時にもチェーン装着車の通行を認める

## 【解説】

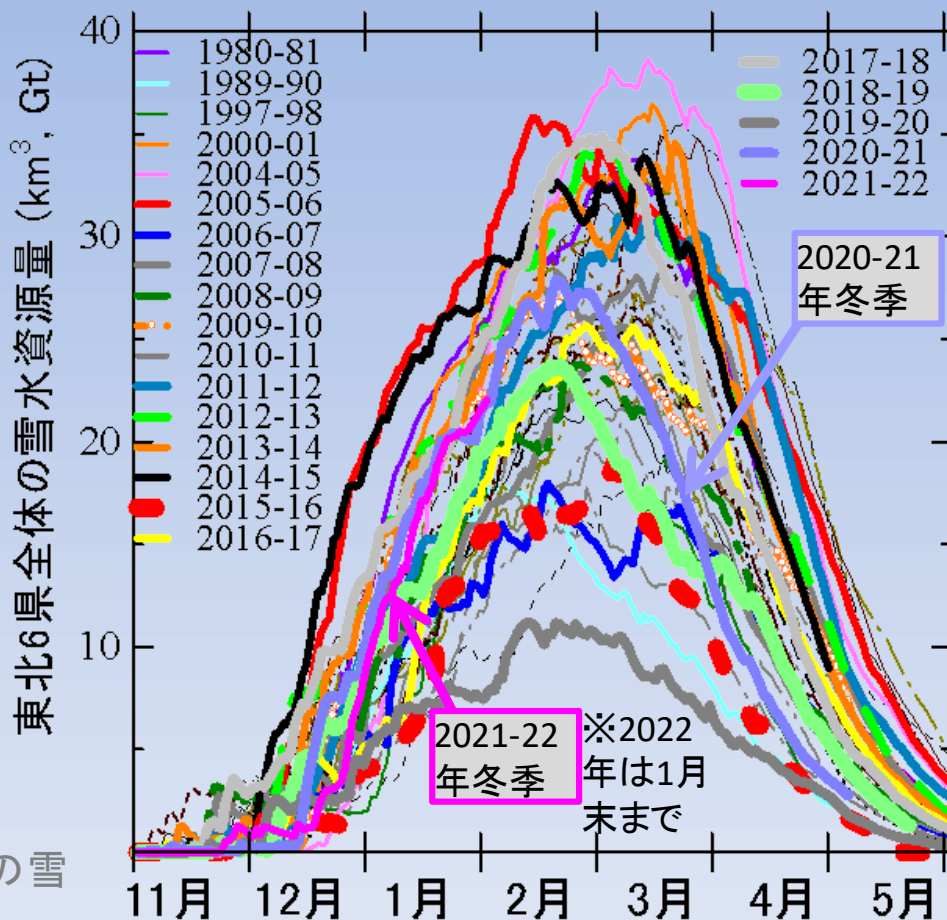
近年、大雪に伴い大規模な車の立ち往生が発生したことを受け、特に大型車の走行不能を防止する目的で、異常豪雪時には冬用タイヤだけでなくチェーンの装着を必須と出来るよう、制度の改正が実施されました。

ここに示す直轄道路(国交省が直接管理する主要国道)6区間と高速道路7区間について、異常降雪時にもこれまでのような一律な通行止めではなく、冬用タイヤに加えチェーン装着を条件に車の通行を認めるもので、通常の冬タイヤ・チェーン規制とは異なります。

現在のところ、秋田県内に対象区間はありませんが、冬道では1台の通行不能が大規模な立ち往生を引き起こしかねないので、不要不急の車の使用を控えるほか、タイヤチェーンやスノーヘルパー等の脱出用機材、立ち往生時のための準備(カイロ、食料、水、簡易トイレ)などを準備すると良いでしょう。

## 2020-21年冬季の東北6県全体の積雪傾向

図5



解析領域(上図9太枠)と領域の雪水総量季節変化(右図10)

@秋田大本谷研

### 【解説】

気象庁の観測データに基づいて、東北6県全体(正確には左図の太枠内)に積る雪の量の季節変化をここ40年分見積もったのがこのグラフになります。

雪の量は年毎に大きく変動することがわかりますが、一番雪の多い2~3月のピーク時に東北6県全体の雪の量はおよそ27Gt(ギガトン)で、田沢湖の貯水量の3.7倍程度に達します。

2019-20年の冬は過去40年間で最も雪が少なかったのですが、その後の2021-22年、2021-22年と比較的雪が多い年が続いています。

# 雪害多発

## 横手と湯沢の48時間降雪量、観測史上最大 県南部大雪続く

2021年12月1日 朝日新聞



秋田県内は1日、強い冬の気圧配置が続き、県南部を中心に大雪となっている。秋田地方気象台によると、近年までの48時間降雪量は横手が44センチ、湯沢市が61センチと、それぞれ観測史上最大を更新した。



県総合防災課は「今後も降雪が予想される。雪下ろしをする時は車輪を巻くなど安全対策を講じた上で、事故に十分注意してほしい」としている。

12月1日 朝日新聞

## 雪の下敷きに...60代男性死亡 秋田・大仙市

2021年12月1日 朝日新聞



1日午前、秋田県大仙市で、60代の男性が雪の下敷きになったと見られる。事故原因は不明だが、雪が原因と見られる。

事故があったのは大仙市上野田の町民会館で、60代の男性が「雪が積もった」と訴えている。現場から約100メートル離れた場所に、男性の車が倒れていた。男性は雪の下敷きになったと見られる。事故原因は不明だが、雪が原因と見られる。

男性は市内の病院に搬送されたが、搬送から約1時間後に死亡が確認された。

大仙市警署によると、男性は午前10時ごろから1人で作業をしていたが、雪が積もったため凍死したと見られる。現場の周囲を調査したところ、男性の車が倒れていた。男性は雪の下敷きになったと見られる。

警察は現場からの降雪に巻き込まれたものとみて、事故原因を調べている。

(c)秋田大本谷研

## 秋田県横手市では積雪2m超え 冬型緩むため落雷に注意

2021年12月1日 朝日新聞



12月1日 朝日新聞

記録的積雪となった県内は大雪のピークを越えました。6日は気温の上昇に伴う降雪や雪崩に注意が必要です。

4日から降り続いた雪により横手市では午前11時に積雪が2mを超え観測史上1位を更新しました。ただ県内は冬型の気圧配置が次第に弱み気配が上がったことから午後5時時点の各地の積雪は横手市で19センチ秋田市で23センチなどとなっています。今後の大雪の影響で横手市では米田の空き店舗が倒壊する被害も出ています。寒い中作業は避けたい。県警では住民が降

## 秋田市が道路豪雪対策本部を設置、12時間降雪量が史上最大

2021年12月1日 朝日新聞



秋田県は1日午前9時に豪雪対策本部を設置し、秋田県内各地の豪雪対策本部を設置した。豪雪対策本部は、豪雪による交通障害や事故の発生を防止し、被害の拡大を防ぐため設置された。



## 秋田県横手市の国道で雪崩 けが人なし

2021年12月1日 朝日新聞



12月1日 朝日新聞

1日、秋田県横手市内の国道で雪崩が発生しました。けが人はいませんでした。

横手警察署によると、雪崩が発生したのは横手市の内小田川沿いの国道107号です。積雪が約1メートルに達したところ、雪が崩れ落ちて道路を閉鎖しました。雪崩は倒れたものの車や人が巻き込まれる被害はありませんでした。

現場は約30分程度にわたって通行止めとなりました。13日の降雪のピークは1メートル、6日センチを超え県内全域に豪雪が広がっています。

## 【解説】

2021-22年冬季の雪に関する報道記事の例を示しました。

秋田県内でも時間降雪量の記録を更新するほどの大雪となり、横手ではいわゆる48豪雪以来の積雪深2mを超えるなどしたため、雪崩の発生も頻発し、雪に関する事故が増加したほか、多くの農業被害が発生しました。



## 秋田県の冬季における降積雪・雪害の傾向

表 1. (秋田県防災ポータルサイトより)	合計	死亡	重傷	軽傷
2020-21冬(気温↓,多雪)	264名	18名	137名	109名
2019-20冬(暖冬,極少雪)	23名	1名	14名	8名
2018-19冬(暖冬,少雪)	95名	6名	51名	38名
2017-18冬(寒冬,多雪)	173名	7名	104名	62名
2016-17冬(暖冬,多雪)	102名	5名	48名	49名
2015-16冬(暖冬,少雪)	69名	3名	34名	32名
2014-15冬(暖冬,雪平年)	94名	11名	57名	26名
2013-14冬(県南等で多雪)	161名	17名	70名	74名
2012-13冬(県北等で多雪)	234名	19名	94名	121名
2011-12冬(県南で多雪)	208名	14名	99名	95名

※多雪の年の傾向：雪による死傷者増加(おおむね100名を超える)

←屋根雪処理,除・排雪機会増加のため,

横手周辺などで記録的豪雪→被害人数は総数でここ10年で1位!死者数で2位

## 【解説】

表に、2011-12年から2020-21年までの10冬季に秋田県内で発生した雪に関する死傷者数の推移を示します。

記録的に雪が少なかった2019-20年の冬は、雪による死傷者数も合計23名と少なくなりましたが、多くの場合、雪が平年並みよりも多い年は死傷者数も増加し、100名以上に達することがわかります。

2020-21年の冬は雪に関する事故も多発し、死傷者数は264名にもなりました。

事故の内訳は、屋根の雪下ろしや除雪中の事故、落雪による生き埋めなどが多く、高齢化を反映して高齢者の関わるものがほとんどです。

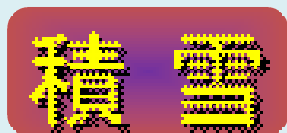
## 第2章 雪質とその変化

- 積雪の分類（雪質の違い）とその特性
- 雪質による特性の違いがもたらすもの

(c) 秋田大本谷研

### 【解説】

第2章では、積雪の分類特に雪質の違いやその特性と、雪質による特性の違いがどのようなことをもたらすか、についてお話します。



## 積雪の分類(雪質の違い)

- ・新雪
- ・しまり雪
- ・ざらめ雪
- ・しもざらめ雪

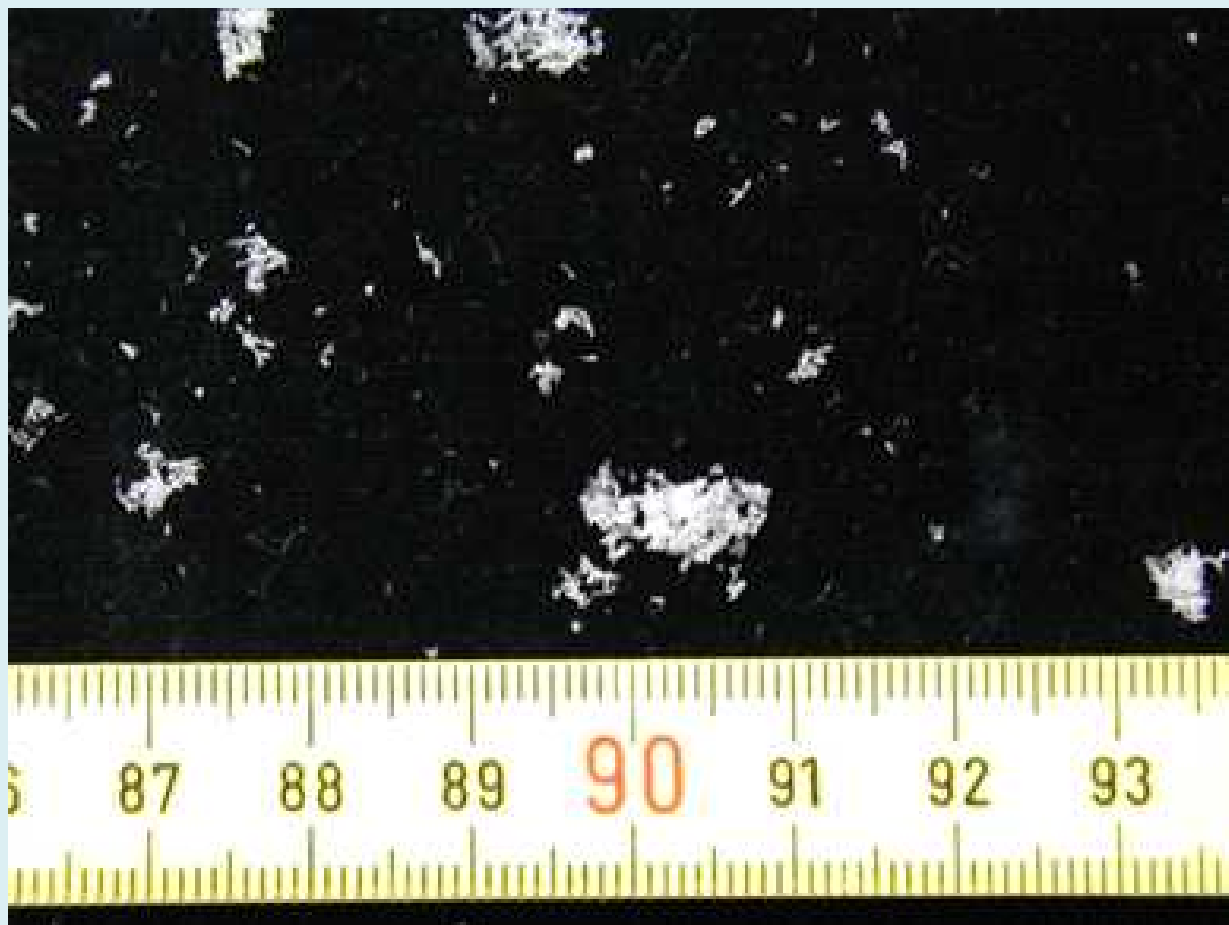
### 【解説】

積雪の性質を表す区別に「雪質」があります。

「新雪」「しまり雪」「ざらめ雪」「しもざらめ雪」などの区別で、基本はこの4種類です。新雪としまり雪の間(しまり雪になりかけ)を「こしまり雪」、普通の雪が「しもざらめ雪」になる途上の雪を「こしもざらめ雪」と呼ぶほか、積雪表面の霜「表面霜」や積雪中の氷の層＝「氷板」などの呼び名もあります。

ちなみに、太宰治の小説「津軽」や新沼謙治の「津軽恋女」で登場する7種類の雪の分類は昭和13年から19年頃に東北地方の气象台や測候所で決めて使っていた暫定的なものとのこと。

それでは、雪質の違いを見ていきましょう。



**新雪**：降り積もったばかりの雪。軽く、軟らかい。斜面上に一度に大量に積もると崩れやすい。

20

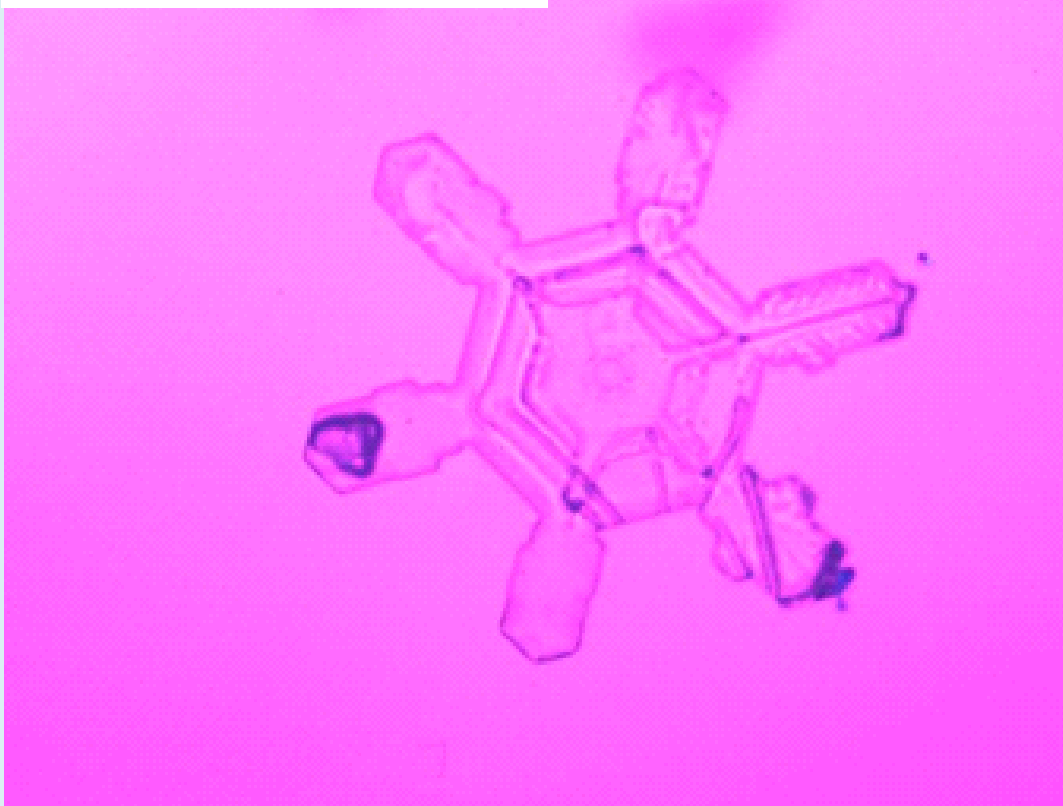
## 【解説】

まず、「新雪」です。画像の様にいくつかの雪粒がまとまって雪片を成している場合も多く見られます。

降り積もったばかりの雪を新雪と呼びます。

気温の低い時の新雪は非常に軽く、やわらかいため、斜面上に一度に大量の降雪があると崩れやすくなります。

## 新雪(顕微鏡写真)



### 【解説】

新雪の顕微鏡写真の例です。

雪片をほぐしてやると綺麗な結晶が見える場合が多いです。

低温で乾燥した乾き雪の場合、雪片を成す結晶同士は軽く絡まっているだけなので、簡単にバラバラになります。

雪結晶についての逆三角のかけらは雲粒で、これが多いと重たい降雪になり、極端な場合は結晶がわからないほど覆われた「あられ」になります。



**しまり雪**: 降り積もった後、雪粒同士が結合してできた雪。

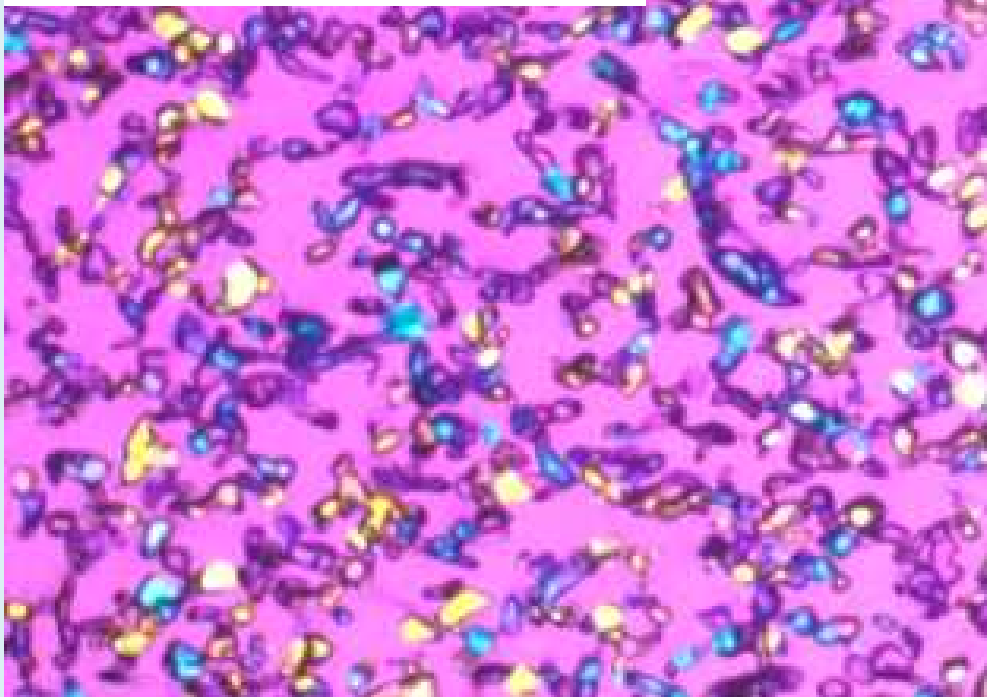
22

## 【解説】

次に「しまり雪」です。

これは雪が降り積もったのちに、雪粒同士がくっついてできる雪です。雪の重さによって降った雪が圧縮されることと、氷点下では次で述べる焼結作用によって雪粒同士が次第に強く結びつくようになります。

## しまり雪(顕微鏡写真)



雪粒同士が**焼結**により結着 → ひっぱり強度 **強い**  
せん断強度

### 【解説】

「しまり雪」の偏光顕微鏡写真です。  
雪粒が一つ一つバラバラではなく、いくつもつながっていることが見て取れます。

粘土をこねて焼き物をつくったことがあるかと思いますが、焼き物は粘土鉱物の融点よりも若干低い800℃から1000℃程度で長時間加熱することで固くなります。

このように、融点よりも若干低い温度で物質の結合が強くなる作用を焼結と呼びます。

雪は氷から出来ていますので、氷点下数℃では焼結作用が進み、雪粒同士の結合が強くなります。

このため、しまり雪はだんだんと固くなり、圧縮だけでなく、引っ張りや互い違い方向の力(剪断)にも強い雪になります。

## 沈降力による被害

## クリープ・グライド による被害



↑  
斜面下の積雪の**全重量**  
が幹やガードレールに  
かかったため

24

### 【解説】

しまり雪がひっぱり強く、一体化しやすいため、斜面にしまり雪ができると、立木やガードレールなどには非常に大きな力（下向きの力になるので「沈降力」と呼んだりする）が加わる場合があります。

これは斜面の積雪が固く頑丈な「しまり雪」になったため、斜面上の立木やガードレールにその下の斜面の積雪全体がぶら下がるようになって非常に大きな力が加わるからです。

こうした根曲がりが生じて、ブナのように曲がりに強い木は立て直して成長することができますが、そうでない樹木は折れてしまいます。

山間部で良く目にする崖下方向に飽細工の様に曲がったガードレールはこうしたしまり雪の仕業です。





**ざらめ雪**:融けて、粒が大きくなった雪。水分を含んだ状態では、雪粒同士の結合が弱くなる。

25

## 【解説】

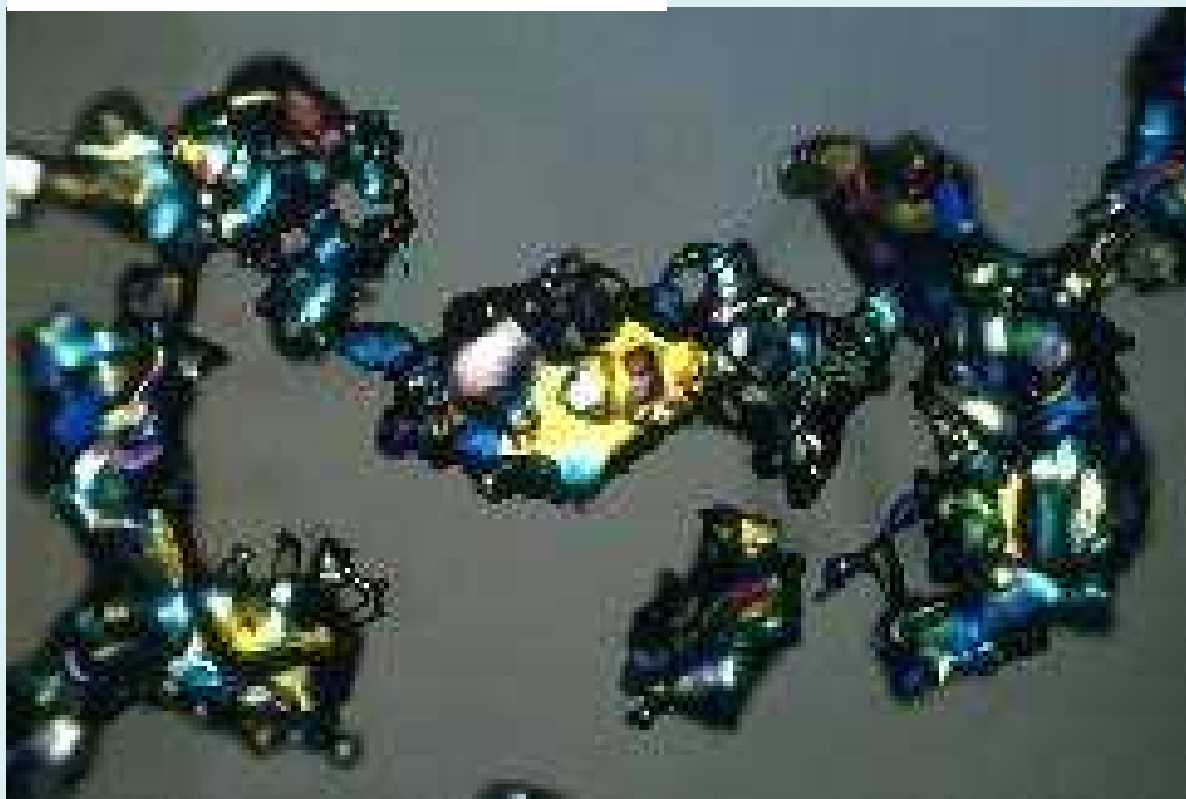
次は「ざらめ雪」です。

これは、新雪やしまり雪がいったん解けて、また凍ることで雪粒がだんだんと丸く大きくなってできた雪です。

融けたとき雪粒は水の膜で覆われるので、温度が下がってそれが再凍結するとより丸く、大きくなるわけです。

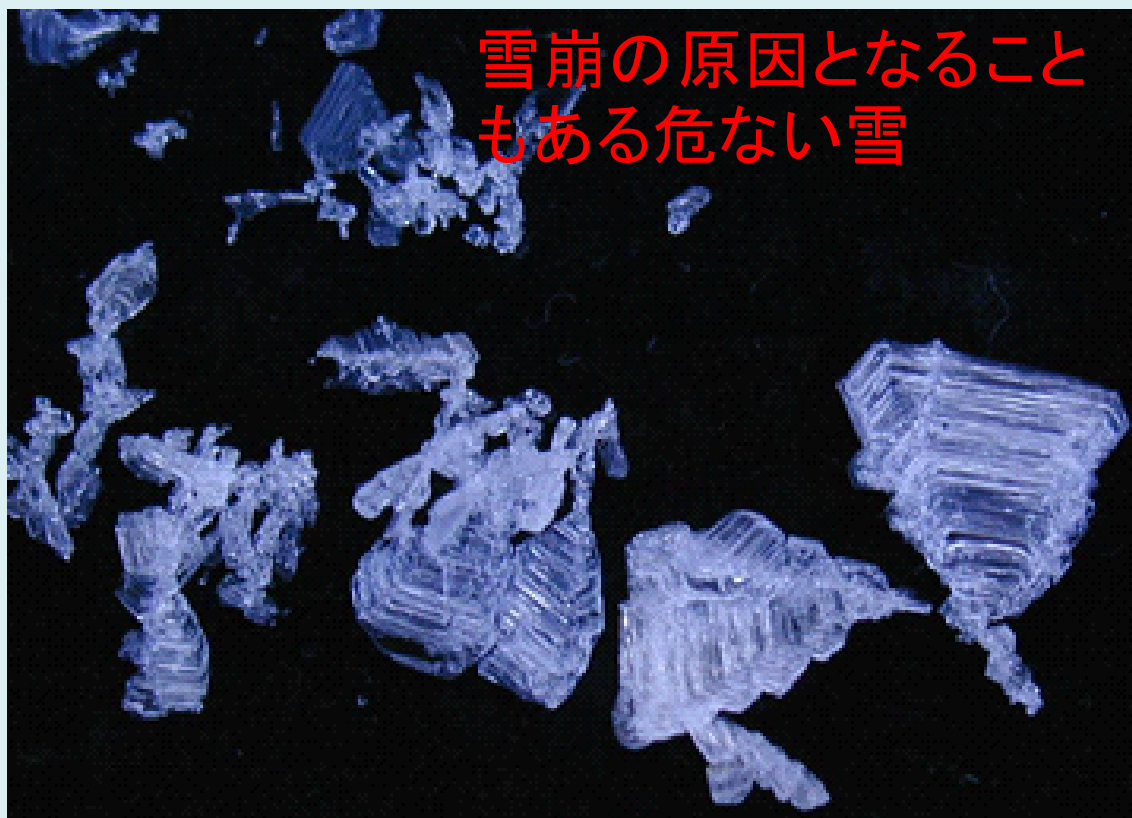
しまり雪とは違って、雪粒同士はしっかりと結びついておらず、バラバラになりやすくなります。

## ざらめ雪(顕微鏡写真)



### 【解説】

これはざらめ雪の偏光顕微鏡写真です。  
周りの雪粒に全く接していない雪粒も見られます。  
ざらめ雪になると、雪粒同士の結合は弱くなるので、積雪が多い時期の除雪時に綺麗な雪の壁をつくっても、気温が上がって積雪がザラメ化するとボロボロと崩れてしまい、また雪寄せが必要になるわけです。  
とりわけ水を含んだざらめ雪はぼろぼろと崩れやすく、雪と地面の間が滑る全層雪崩の原因になることもあります。



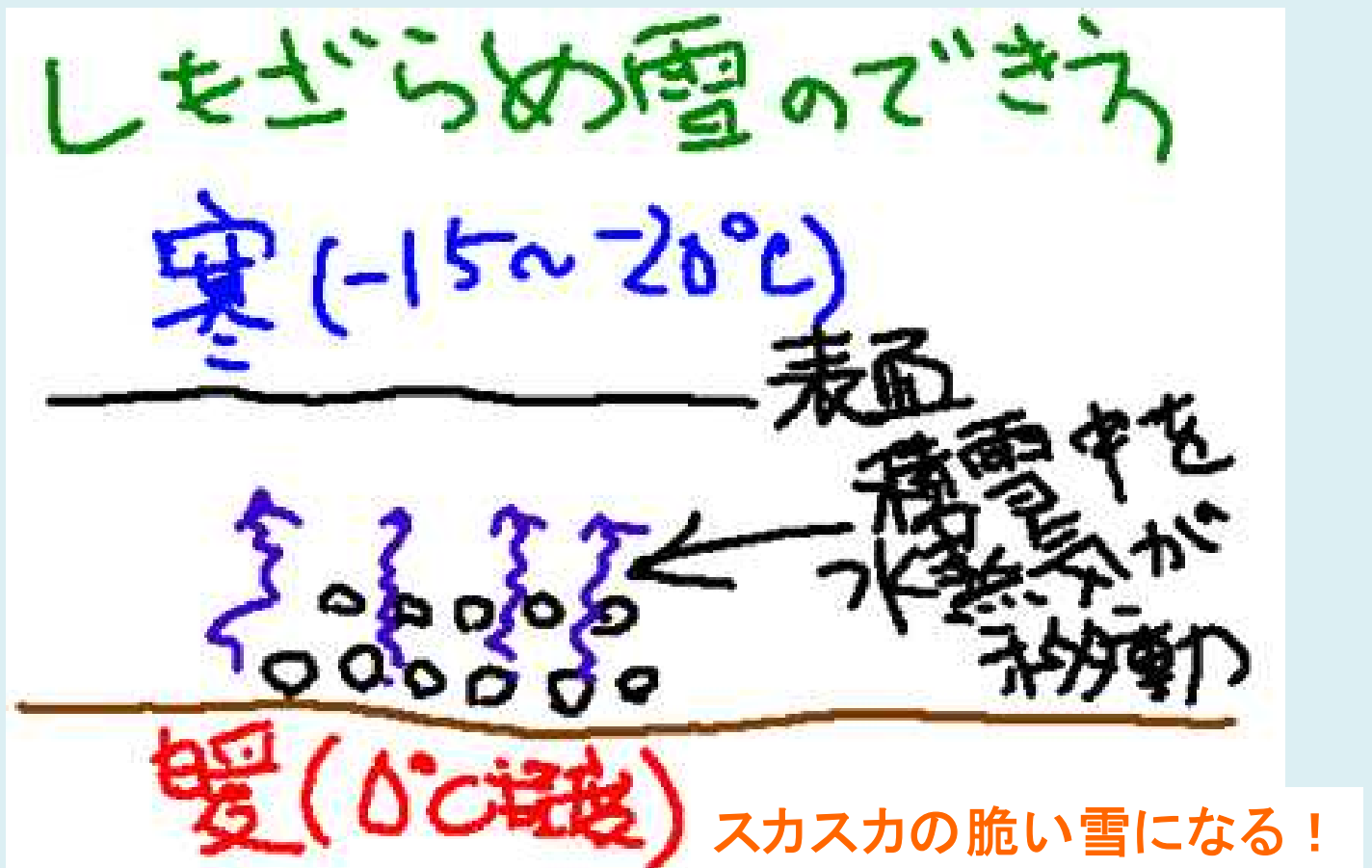
**しもざらめ雪**: 雪の内部に大きな温度差があるとき、霜が成長し雪粒の形が変化した雪。もろい。

## 【解説】

最後に「しもざらめ雪」です。

これは、降り積もった雪の内部で発達する「霜」のような変わった雪で、顕微鏡で見ると雪粒は霜のような一方向に伸びた形、またはコップ状になっており、一つ一つがバラバラです。

簡単に崩れてしまう脆い雪なので、しもざらめ雪が出来た後にたくさん雪が降ると雪崩が生じやすくなります。



積雪表面温度の低下と雪の断熱性によって起こる現象

### 【解説】

しもざらめ雪のでき方の模式図です。

積雪が数十cmから1mちょっと位までの時、雪と地面の接する最下層では地熱もあって冬中ほぼ0°Cなのに、積雪表面は放射冷却などで氷点下15°Cにも20°Cにもなることがあります。

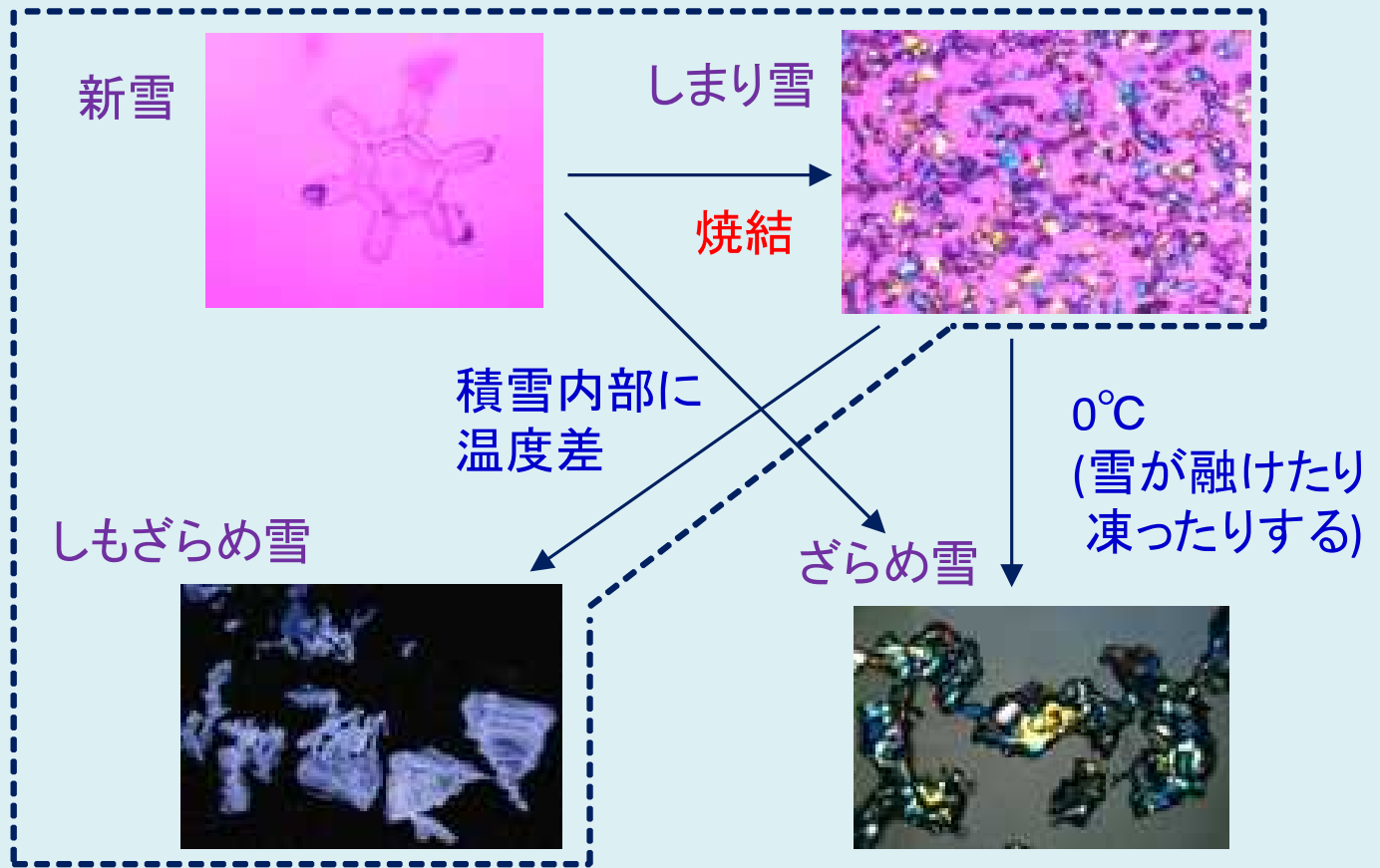
そうすると、雪粒の間のわずかな隙間で空気や水蒸気は移動できるので、温かい下層の雪粒が昇華・蒸発してその水蒸気は積雪表面から抜けていってしまいます。

このため、雪粒は霜のような隙間の多い構造に変化して、スカスカの脆い雪になります。

積雪深が2~3mなど積雪があまりに深くなると、雪の中の温度勾配があまり大きくならなくなるので、しもざらめ雪はそれ以上できなくなりますが、一旦できたしもざらめ雪は積雪層内に融けるまで残ることになり、斜面では雪崩発生の原因になる場合もあります。

# 雪質の変化

0°C未満(雪が融けたり凍ったりしない)



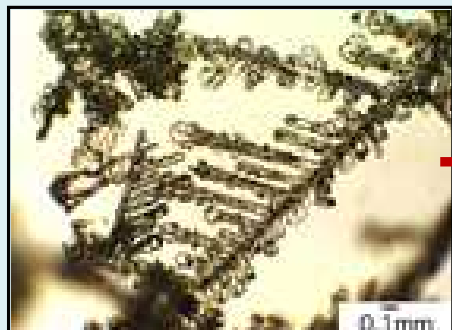
## 【解説】

これまで雪質毎の特性を見てきましたが、雪質は降りたての新雪からその後の気象条件や積り方により変化していきます。

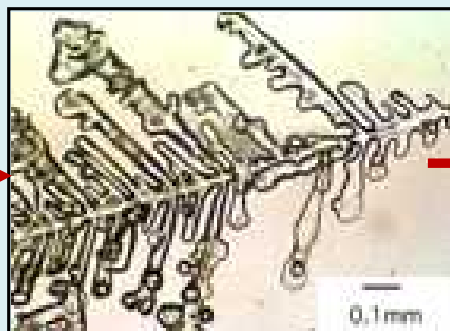
「新雪」は自重による圧縮や焼結で「しまり雪」になったり、「しまり雪」が融ければ再凍結して「ざらめ雪」になったり、積雪層内に大きな温度差(温度勾配)があれば「しもざらめ雪」に変化したりします。

## 乾燥等温変態

温度：-20°C



降雪直後



1日後



3日後



しまり雪

30

### 【解説】

低温・乾燥の条件で、雪質の変化を顕微鏡写真で確認してみましょう。

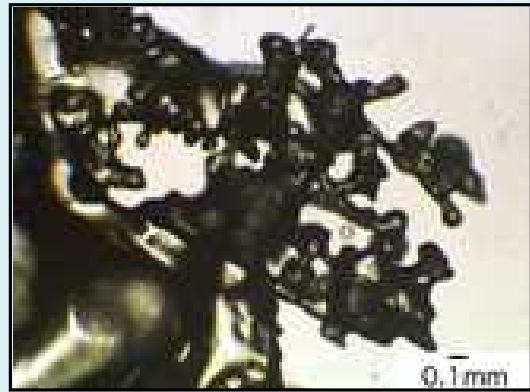
降りたての「新雪」は最初、雪の結晶の細かい造形がそのままですが、低温・乾燥条件下でも、だんだんと結晶の細く尖った部分から昇華・蒸発し、次第に太い部分のみの単純な形状に変化していきます。

これに焼結作用が加わり、「しまり雪」へと変化していきます。

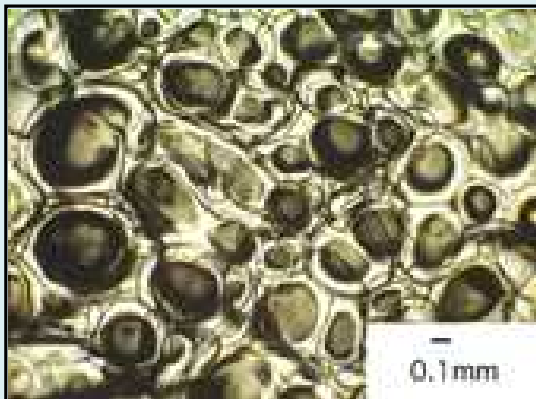
## 凍結融解変態



降雪直後



融雪後



水べた雪



ざらめ雪

31

### 【解説】

こんどは凍結と融解を繰り返す場合の、雪質の変化を顕微鏡写真で確認してみましょう。

0℃付近では、積雪は解け始めますが、融けた雪粒が再凍結することで「ざらめ雪」へと変化していきます(右上から右下)。

「新雪」(左上)の結晶構造は次第に失われ、水の膜に覆われて、それからまた再凍結することで丸く大きくなっていきます。

融けた水をまとった状態が水べた雪で、雪粒を水膜が覆っていることがわかります(左下)。

## 雪質と雪対策メモ

### ・農業施設・果樹被害に関わる雪の特性

#### 1) 雪の重さによるもの

←上に雪を載せない、早く融かす

#### 2) 凍着・着雪・しまり雪などの沈降力によるもの

←凍結を伴う着氷雪を防ぐ、しまり雪になるのを防ぐ(新雪のうちに処理するか、なるべく早くざらめ雪に変える)

### 【解説】

雪質の違いについて理解したうえで、農業施設や果樹被害をもたらす原因について考えてみましょう。

原因のうち一つは雪の重さによるもので、これは積雪荷重を減らす必要があります。つまり、雪を載せないこと、早く融かすこと、が有効です。

原因の2つ目は凍着雪による過重増加やしまり雪の引っ張り作用(沈降力)によるものです。

これには、着氷雪を防ぐこととしまり雪の結合を弱めることが有効そうです。しまり雪による害を防ぐには、新雪のうちに取り除くか、なるべく早くザラメ雪に変えてしまうか、が考えられます。

しまり雪になる前に雪に切れ目を入れる様に除雪を行ったり、雪を踏み固めて沈降力があまり大きくなるようにするなどの対策ができるでしょう。



## 第3章 いろいろな雪氷災害

- 吹雪、着雪・冠雪、屋根雪、雪崩など各雪氷災害の起こる仕組み
- 雪の密度の変化

(c) 秋田大本谷研

### 【解説】

第3章ではいろいろな雪氷災害、つまり、吹雪、着雪・冠雪、屋根雪、雪崩とそれらが起こる仕組みについて解説します。  
また雪の密度の変化についても説明します。

## 災害時の雪



### 吹雪による視程障害



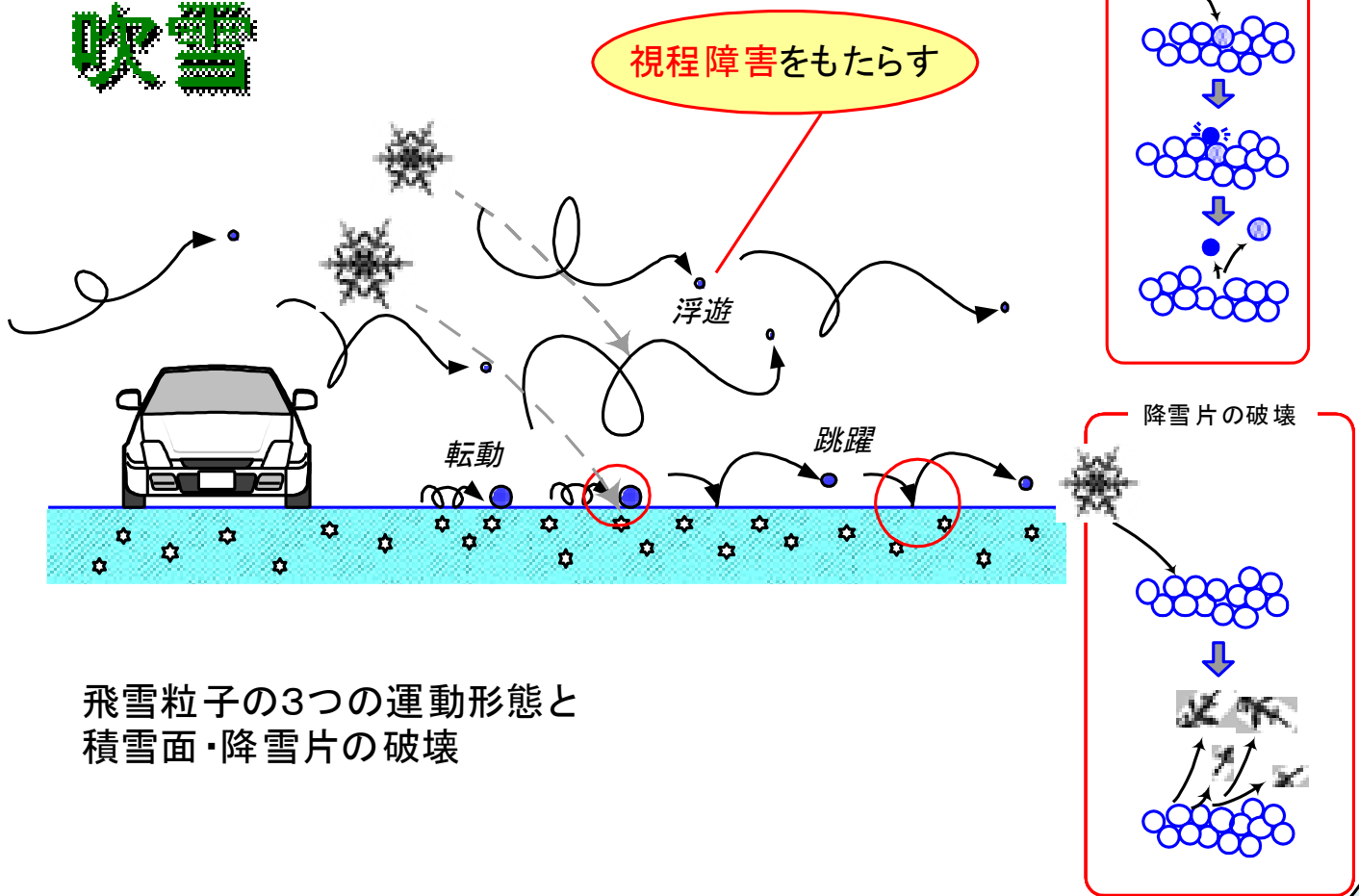
### 【解説】

最初に「吹雪」です。

激しい降雪がある場合でも見通しは悪くなりますが、乾いた軽い積雪がある場合に風が強くなると、積雪表面の雪粒も吹上られ空中に漂うようになって、より一層視程が短くなります。

吹雪発生時には数十メートル先さえ見えなくなることも珍しくなく、高速道路の多重玉突き衝突事故など深刻な被害をもたらす場合もあります。

# 吹雪



飛雪粒子の3つの運動形態と  
積雪面・降雪片の破壊

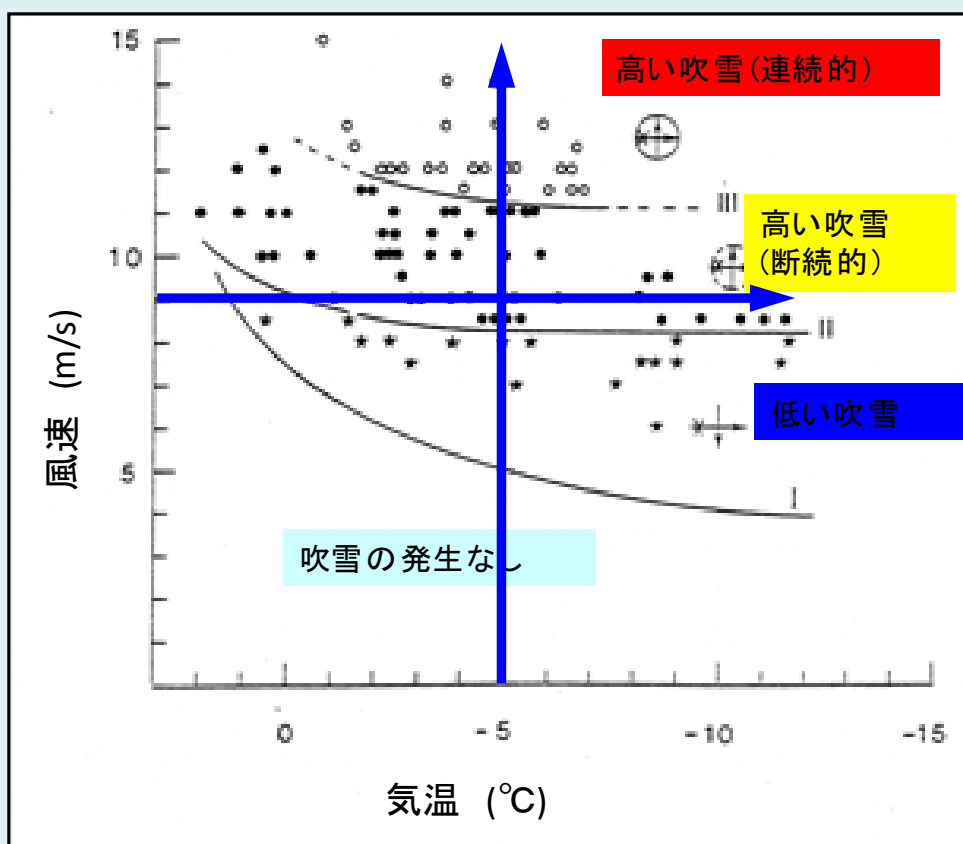
## 【解説】

一旦降り積もった雪が強風にさらされると、まず表面の雪粒が転がりながら移動する「転動」が起こります。

さらに風が強まると雪粒はジャンプしながら移動する跳躍を起こし、やがて空中に飛び出して浮遊する雪粒が見られるようになります(飛雪粒子)。

積雪面では、飛雪粒子の衝突による雪粒のたたき出しと、降雪片(降雪粒子)の破壊による飛雪粒子の生成が起こり、どちらも空中にある雪粒を増やして見通しを悪くします。

## 吹雪の発生条件



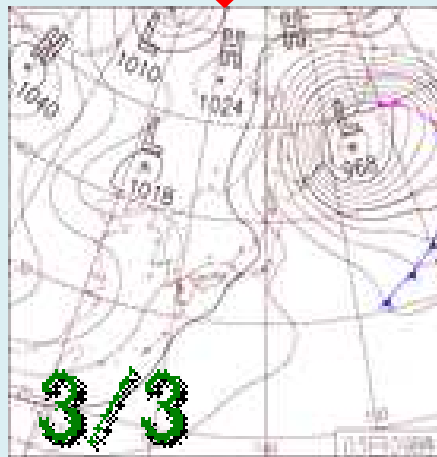
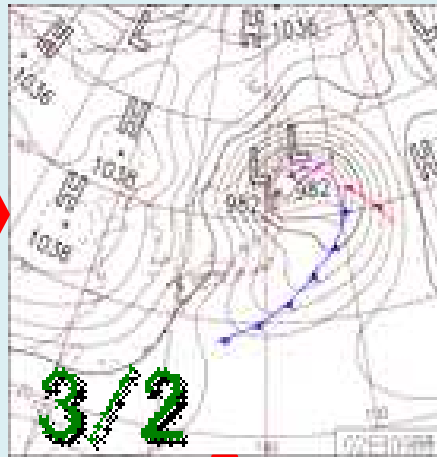
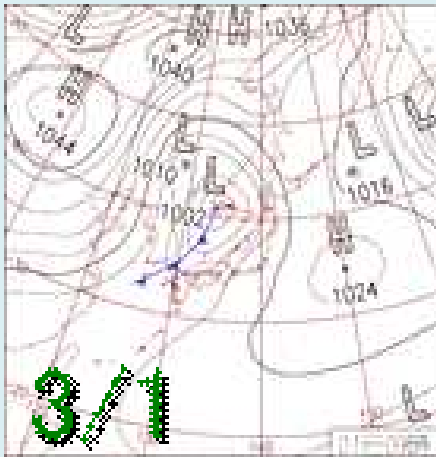
36

### 【解説】

図は吹雪発生の様子と気温および風速の関係を表しています。極端な視程低下を招く、積雪表面から高くまで雪が巻き上げられる連続的(あるいは断続的)な吹雪は、大まかに言って気温が $-5^{\circ}\text{C}$ 以下で風速が $8\text{m/s}$ 以上のとき生じることがわかります。

ただし、気温がそこまで低くなくとも、放射冷却などで雪の表面が低温で乾いた新雪があると、風速次第では吹雪になることもあります。

# 2013年3月北海道での吹雪災害



3月1日から3日までの朝9時における地上天気図  
(気象庁HP)

(c)秋田大本谷研



## 【解説】

2013年3月に北海道東部で発生した吹雪による事故の例を示します。

左に同年3/1から3/3までの天気図を示します。

左上3/1の時点で日本海にあった低気圧は3/2の9時(中央上段)には北海道周辺まで進み、中心気圧は1002hPaから982hPaへと20hPa低下し急速に発達しました。

北海道東部では2日の昼前まで時折雲間も明るくなる比較的穏やかな天候でしたが、午後になり急に暴風雪となり、吹雪による生き埋めに伴う一酸化炭素中毒や方向感覚喪失による遭難により8名の方が亡くなる痛ましい災害になりました。さらに低気圧は、3/3に千島列島の東海上へ進み中心気圧は968hPaまで低下しました(中央下)。

# 雪に埋もれた車の中は危険です

## 雪に埋もれた車内の危険

❶ CO: 酸素の250倍  
血中のヘモグロビン  
と結合しやすい→酸欠

❷ あーあ！  
まいったなあ！  
もう動かないよ。

雪に埋もれた車には隙間から  
排ガスが入り込む

外気

外気取り入れ口

エンジンが  
動いている状態

車内

排気管

排ガス

(寒地土木研究所の資料などから作製) 排ガス

出典 www.asahi.com

CO: 一酸化炭素

### 【解説】

吹雪や大雪のときに気を付けて頂きたいのが、一酸化炭素中毒です。ガソリン・ディーゼル等の内燃機関型のエンジンを積んだ自動車の場合、エンジンを作動したまま車のマフラー(排気管)まで雪に埋まると、たとえ内気循環モードであっても微量の排気ガスが車内へ入ってきます。

雪に埋まった状態ではエンジンは酸素不足の状態で作動し続けるので、不完全な燃焼となり、通常より高濃度の一酸化炭素が発生します。

一酸化炭素は血中の赤血球に含まれるヘモグロビンと強く結びつく(酸素の250倍結合し易い)ので、新たな酸素を取り入れられなくなり死に至ります。

暖房などのためエンジンを動作させる場合は、熟睡してしまわず必ず15~30分に一度マフラー付近を点検・除雪してください。

防寒着や携帯カイロ等でしのげる場合、エンジンを停止させた方が安全です。

## 着雪・冠雪による被害



39

### 【解説】

次に着雪・冠雪による被害です。

低温・乾燥下のサラサラの雪は軽く凍り付きにくいいため比較的大丈夫ですが、気温が高く湿った重たい雪が降ると、樹木や地物に着雪しやすく、重量もあるため、枝折れや曲がりなどの原因になります。

こうした着雪が送電線などに生じると大規模な停電を引き起こす場合もあります。

## 屋根雪(損傷、倒壊)



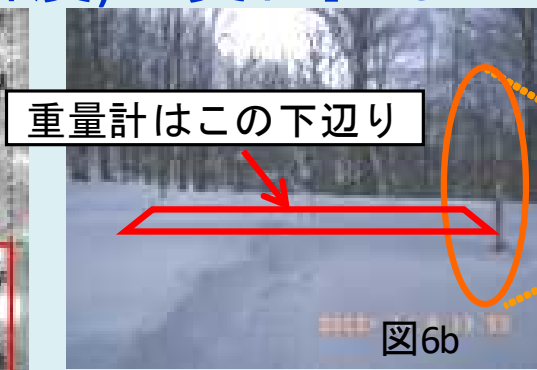
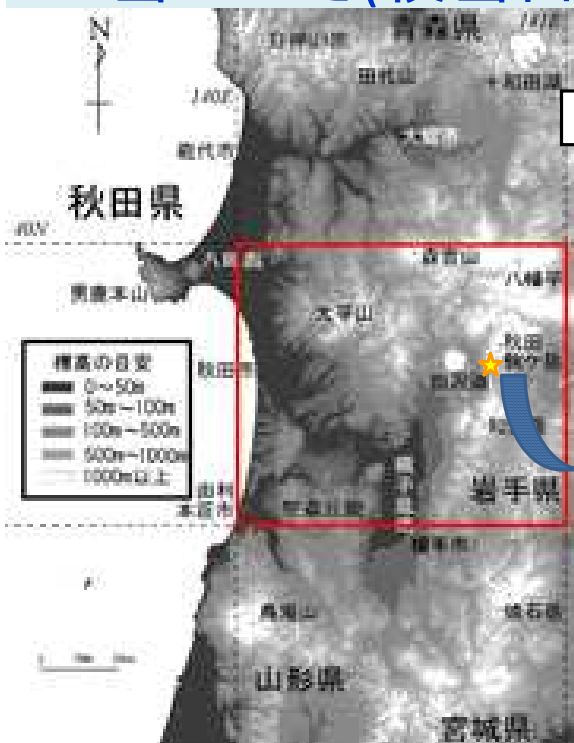
### 【解説】

次に屋根雪による建物の損傷、倒壊です。  
自然落下式の屋根であっても、事故防止のため雪止めを設置したり、屋根への雪の積もり始めに凍着が生じたりして滑落し難くなると屋根雪は次第に増加し、ついには設計荷重を上回って軒先や建物全体にダメージを与えてしまう場合があります。

特に、倉庫や工場、体育館などの大空間の建物は屋根雪荷重超過時の耐性が低く、屋根全体の破壊や倒壊にいたることもあります。



# 雪の重さ(積雪密度)の変化『しまった雪は重い』



山岳(標高750m程度)の積雪重量計近傍で積雪深も同時観測⇒全層積雪密度季節変化を求めた。

図6a. 積雪重量計設置場所(★)  
 ・1~3月は概ね350kg/m<sup>3</sup>程度  
 ・融雪末期の全層積雪密度は600kg/m<sup>3</sup>程度まで高まる(←妥当)

(c) 秋田大本谷研



## 【解説】

着雪・冠雪や屋根雪に関連して、雪の密度の変化について示します。降りたての新雪は密度が低く、ほとんどの場合1立方メートルあたり100kg以下ですが、圧密や焼結が進むことにより雪の密度はだんだんと高くなり、山地のしまり雪やざらめ雪では300kg/m<sup>3</sup>から500kg/m<sup>3</sup>程度にまでなる場合があります。

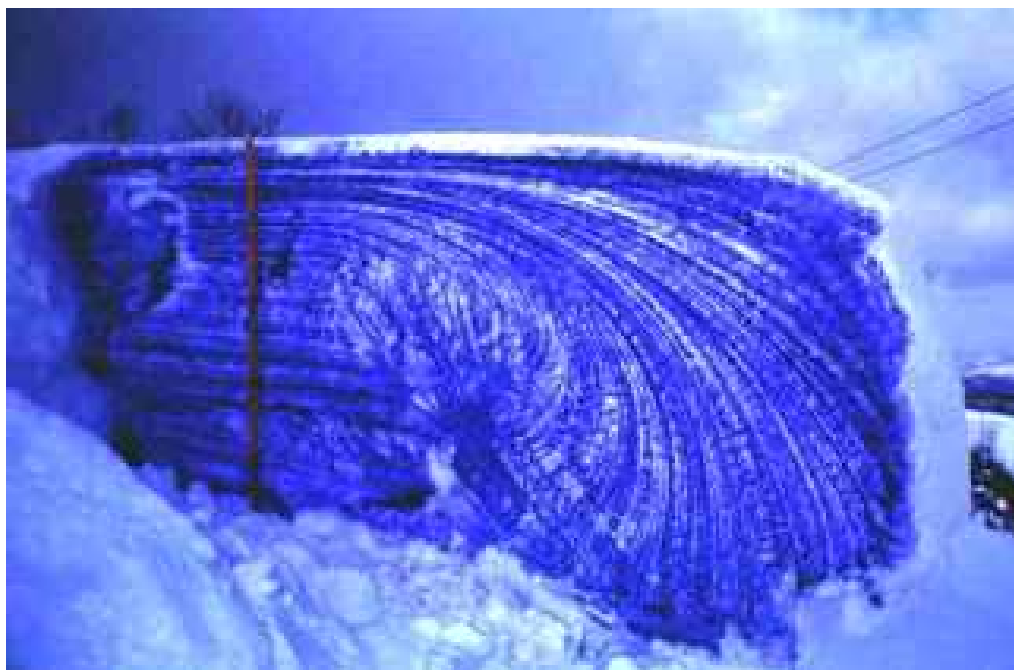
右下図は秋田駒ヶ岳近くの乳頭温泉地区(標高750m)で観測した積雪密度の変化の様子です。降り始めの12月にはほとんどが新雪で、雪の圧密も進んでいないため、100kg/m<sup>3</sup>から200kg/m<sup>3</sup>ですが、次第に締まった重い雪となり、1月から2月には300kg/m<sup>3</sup>、融雪末期にはそれ以上になります。

平地の積雪ではここまで高密度になることは珍しいですが、積雪深から積雪荷重を見積もるときは「雪の密度はすくなくとも300kg/m<sup>3</sup>(以上)」と想定しておくべきでしょう。

## 雪庇 (せっぴ)

地表面の起伏が緩斜面から急斜面に変化する場所に、風下側に形成される吹きだまりの一種。

雪崩を誘発する場合があります



42

### 【解説】

屋根の軒先や山の斜面の段差などに風下側に流された雪粒が張り出した「雪庇」をつくることがあります。

建物の軒先を傷める原因になるほか、崩壊すると落雪による被害をもたらすので、あまり大きくなる前に取り除いた方がよいでしょう。

また、山の斜面上の雪庇が崩れると、それを切欠に雪崩が生じる場合があります、注意が必要です。

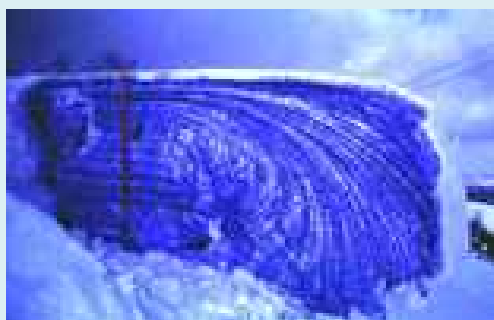
上の図は屋根の軒先にできた雪庇の断面にインクを吹き付け、雪粒の張り出しにより次第に雪庇ができる過程を解り易くするために着色したものです。

# 雪崩



↑表層雪崩

雪庇＝雪崩を誘発



全層雪崩

## 【解説】

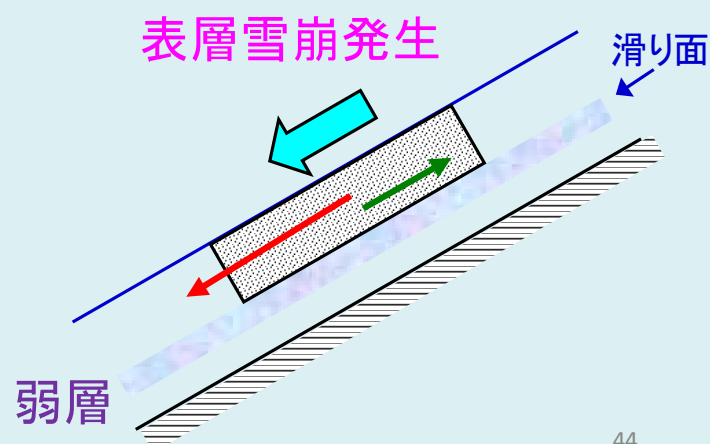
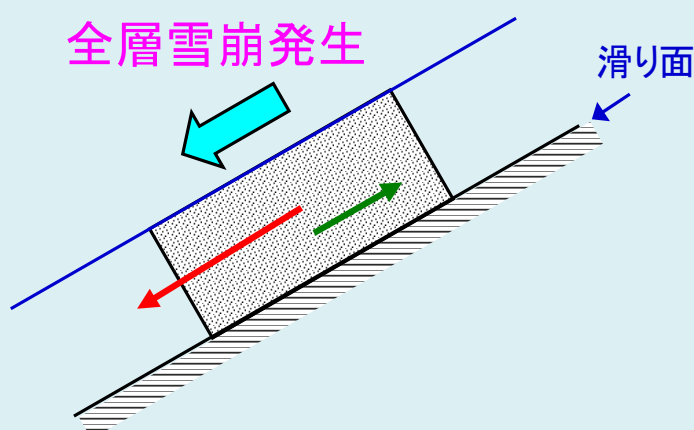
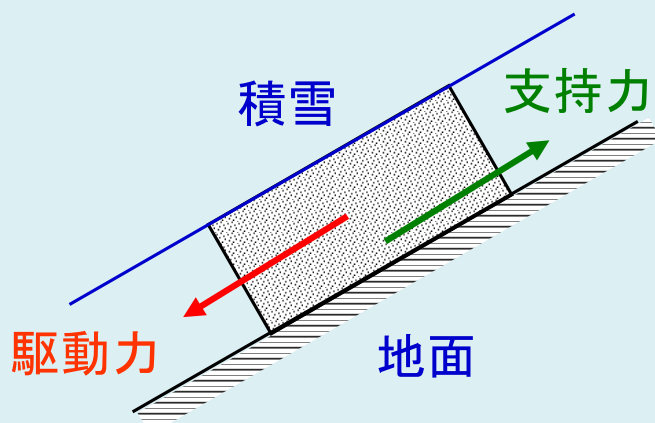
次に雪崩について説明します。

雪崩には上の写真の様に表面近くの積雪だけが流れて、下の積雪面が残る「表層雪崩」と、積雪層全体が地面や植生との境界で滑って生じる「全層雪崩」があります(右下図)。

上の写真の斜面の上側には雪庇が発達しているのが見られ、写真中央部では表層雪崩の原因となったようです。

全層雪崩は、融雪末期などに積雪と地面や植生との間に雪解けの水が溜まって滑りやすくなり、右下図では積雪下の背の低い樹木が見えています。

# 雪崩の発生メカニズム



44

## 【解説】

斜面に積雪があってもいつも雪崩が発生する訳ではありません。通常斜面にある雪は、谷側の雪が支えることやしまり雪の引っ張りなどで山側の雪にぶら下がることで重力により斜面に沿って下ろうとする力（駆動力）と支持力とが釣り合っています。

融雪が進んで雪解け水が溜まり積雪と下の地面との間の支持力が低下して全層雪崩が発生したり、積雪層内の弱層（しもざらめ雪など）の上の積雪荷重が増え、駆動力が支持力を上回って表層雪崩を引き起こしたりします。

## 雪崩に関し注意すべき雪質 (弱層となる雪質)

- ・新雪
- ・しもざらめ雪
- ・ぬれざらめ雪
- ・あられ
- ・表面霜

低密度ほど  
せん断強度  
が小さい＝  
滑りやすい



境界面

異なる雪質の境界面も弱層  
(弱面)となることがある

短時間に大量の降雪があ  
るとそれまでの積雪と新た  
な積雪の境界で雪崩発生  
の危険大！



身近で見られた弱層(弱面)

### 【解説】

表層雪崩のすべり面となる弱層には「新雪」「しもざらめ雪」「ぬれざらめ雪」「あられ」「表面霜」などいろいろあります。

しまり雪とざらめ雪が接しているような雪質が変化する境界面も弱層になります。

雪寄せ(雪かき、雪はね)をしているとき、思いがけないところで雪の層が奇麗にはがれることがあります。これも弱層でその上下の積雪が剥離して生じています。

雪崩発生の可能性のある場所に立ち入る前に、雪のブロックを切り出して弱層を調べる方法があり、冬山登山などで応用されています。

# 2012年2月1日17時頃発生した雪崩災害 (3名死亡)に関する報告書の紹介



写真1 災害現場全景(撮影：秋田県)

(c)秋田大本谷研

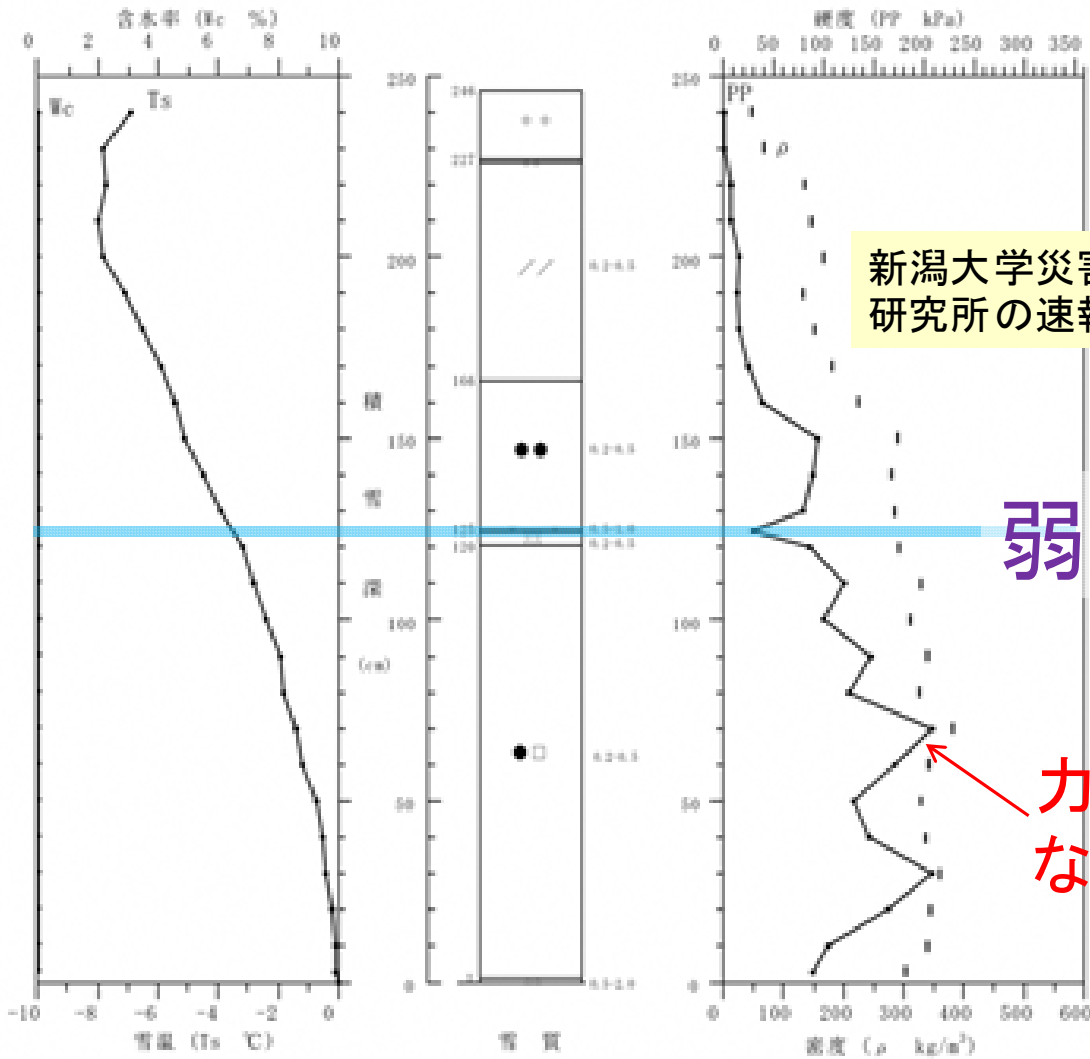
## 【解説】

秋田県内の雪崩被害例として2012年2月に玉川温泉で発生した雪崩について説明します。

被災当時、簡易的な小屋を建てて(写真の「被災箇所」)岩盤浴ができるようにしていましたが、斜面上方300~400mのところ(写真の「雪崩A 破断面」)から表層1m程度の積雪層が流下し、岩盤浴中の3名が雪崩に巻き込まれて亡くなりました。



(c)秋田大本谷研



玉川温泉  
岩盤浴場脇斜面 標高790m

2012/02/03 11:30 - 14:30

天気：雪

気温：-8.7℃

積雪深：225cm

全層積雪水量：455mm

全層平均密度：202 kg/m³

新潟大学災害・復興科学  
研究所の速報より引用

弱層

力学的な強さ

2012年2月1日に発生した  
雪崩報告書の紹介

## 【解説】

斜面上方の破断面の積雪層構造を調べた結果、現地の積雪深は2.5mほどで積雪層のほぼ中間、地面より1.25mのところに「こしもざらめ雪」から成る弱層があったことが分かりました。

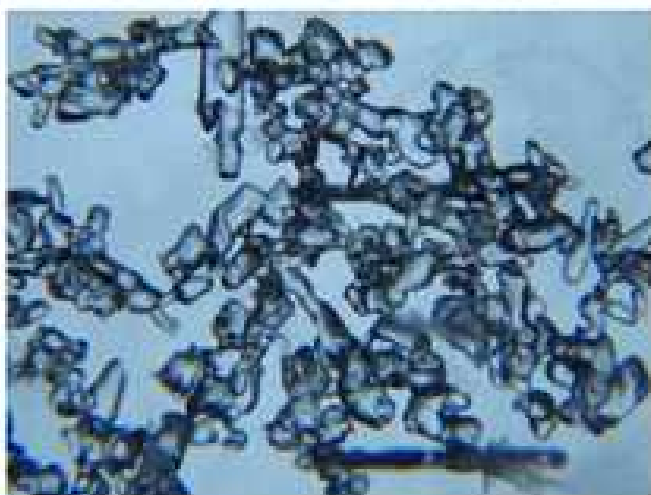
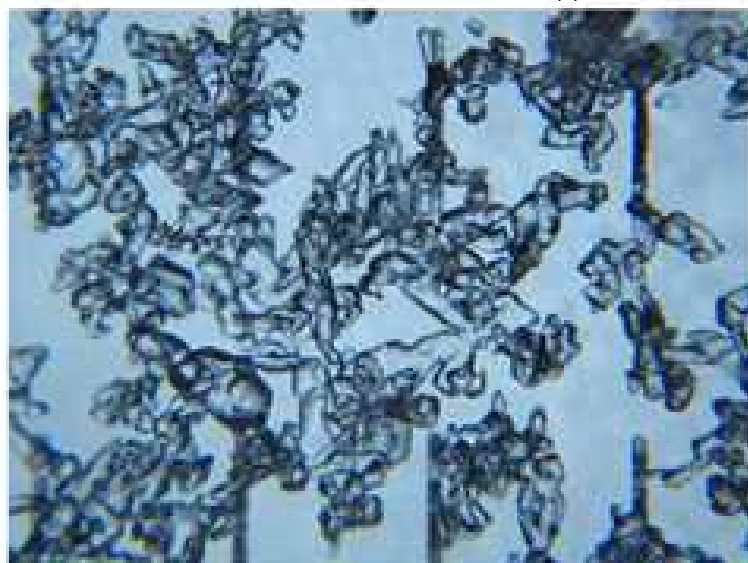
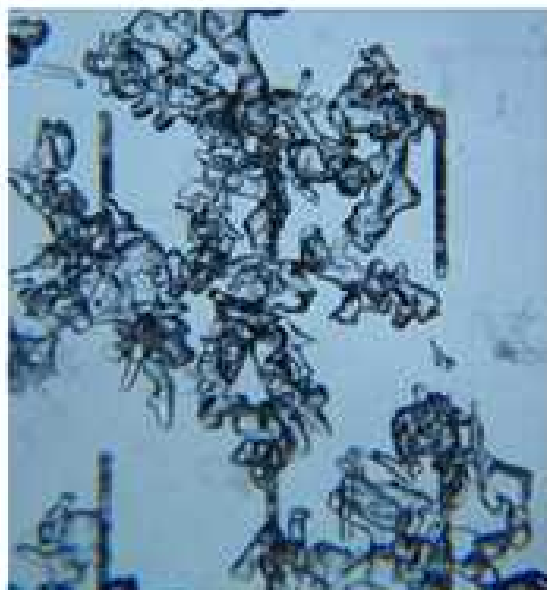


図 高さ124～124.5cmの  
こしもざらめ雪層(弱層)  
の雪粒子

(背景の黒目盛の間隔: 2mm)

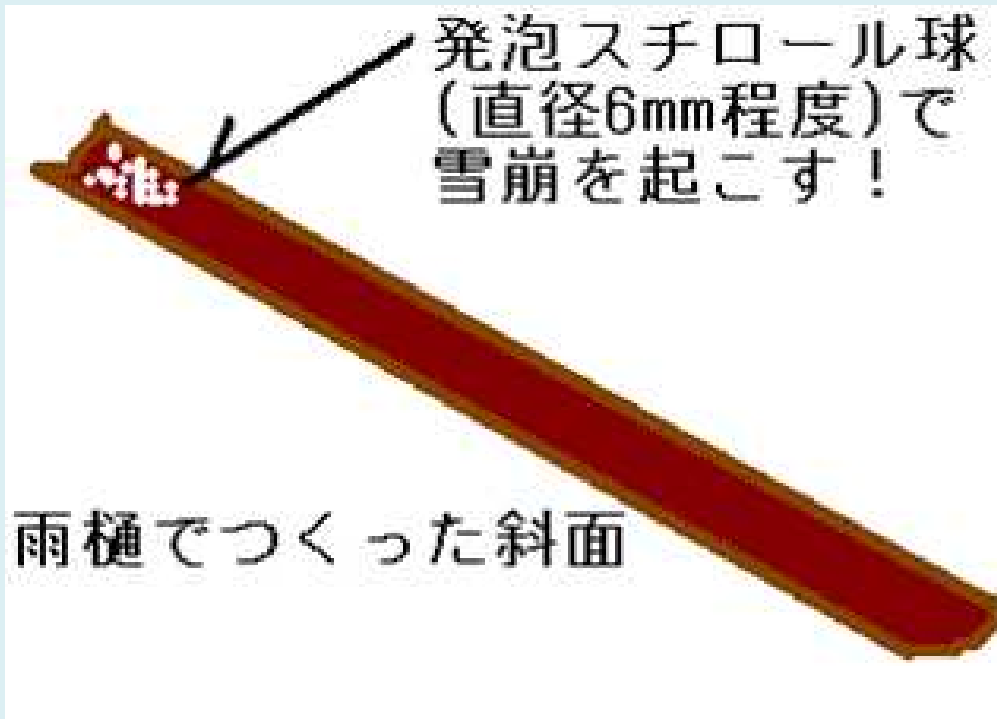
新潟大学災害・復興科学  
研究所の速報より引用

【解説】

写真は弱層(「こしもざらめ雪」層)の顕微鏡写真です。  
完全な霜状にはなっていませんが、雪粒が痩せてバラバラになった構造であることがわかります。



# 雪崩の実験(防災研式)



流下の様子を観察  
& 流下にかかる  
時間を測る.

用いるスチロール  
球の数が増える  
ほど早く流れ下る

(c) 秋田大本谷研

## 【解説】

雪崩のうち、乾いた雪で起こる表層雪崩の流下速度は速く、時速100km以上に達することもまれではありません。

雪崩が早くなる様子を実験で確かめることもでき、乾いた軽い雪の代わりに発泡スチロール球、斜面のかわりにプラスチック製の雨樋を使ったりします。

スチロール球1個の場合は、空気抵抗によりゆっくりとしか移動しませんが、数百個程度だと空気抵抗を忘れたかのように素早く流れ下ります。

# なぜ雪崩は速くなる？

- 空気中では空気抵抗のため、雪は、粒子一つずつで流れるよりも集団で塊となって流れる方が速くなる
- 先頭集団から飛び出した雪の粒子は、すぐ後ろの集団に追いつかれまたその中に取り込まれる



自転車レースのような状況・・・

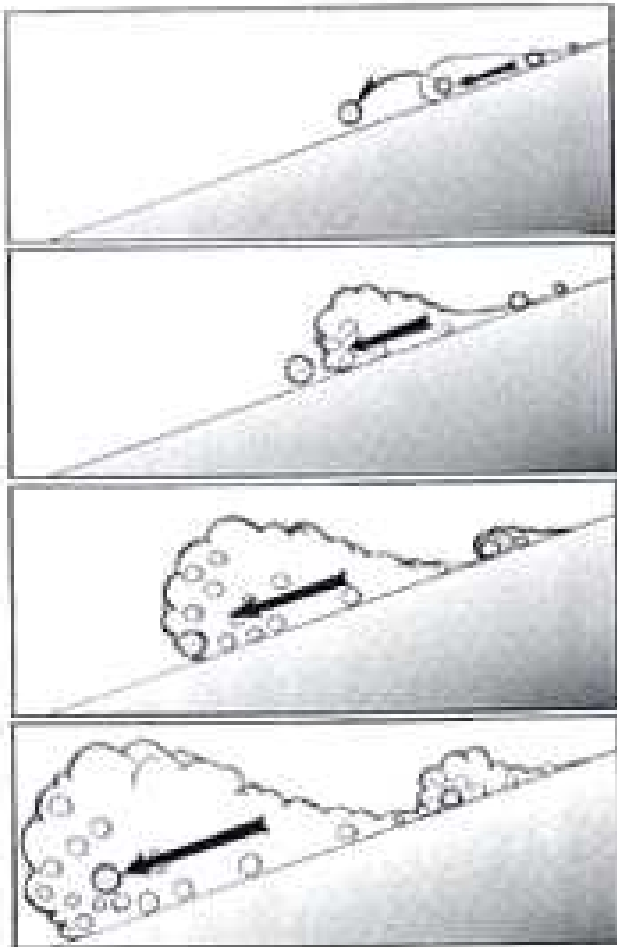


## 【解説】

雪崩が早くなる仕組みは、自転車レースの先頭集団や渡り鳥の編隊飛行を見ると解ります。

複数で先頭集団を作り、一番先頭の空気抵抗が最大になるポジションを次々と交代していくことで、一人(一羽)当たりの空気抵抗は単独の場合よりも小さくなります。

先頭集団の台数(個体数)が増えれば増えるほど見かけの空気抵抗が小さくなることで、高速な移動を実現しているのです。



(雪崩、西村浩一、日本気象学会、夏季大学講座、Vol.46, 84-87, 1997)

## なぜ雪崩は速くなる？(続き)

- 集団で流れ下るために粒子1個あたりの空気抵抗はずいぶん小さくなる
- 集団の先頭部に塊ができ、後方に行くと分散している→ 実際におこる雪崩の特徴を良く表している！！

・・・土石流・火砕流なども同じ理由で速くなる場合がある

### 【解説】

先頭集団での粒子の動きを順を追って左の図に示しました。先頭集団から飛び出した粒子は、空気抵抗がグッと増すので、次の瞬間には減速し後ろの先頭集団に飲み込まれます。

先頭集団の中では、最前面からやや後方の粒子ほど、空気抵抗を受けずに済むので素早く流下して集団内を前へ前へと移動します。

こうした動きにより、先頭集団の最前面の粒子は常に入れ替わっており、この入れ替わりが盛んになるほど粒子1つあたりの見かけの空気抵抗が減るわけです。

実験でも先頭が団塊状で後ろ程分散した先頭集団ができるのですが、これは自然の雪崩にもみられる特徴です。

雪崩と同様のメカニズムにより、土石流や火砕流(ガスが少ない場合)も流下速度が速くなると言われています。

# 雪崩から身を守るには

- 積雪**急斜面を避ける**(特にまとまった降雪の後や急に雪解けが進んだとき)
- **雪庇(せっぴ)を避ける**(崩れると雪崩)
- スキー場・観光地では**コース(登山道)を外れない**
- 植生のない斜面は要注意(ある程度密な森林内は比較的安全)
- 土地勘のある人と一緒に行動



公的 雪崩防止工(乳頭温泉鶴の湯など)  
対策例: 専門家による安全診断(玉川温泉岩盤浴)

(東京製綱株式会社HPより引用)

## 【解説】

それでは雪崩から身を守るにはどうしたらよいのでしょうか？

第一に、まとまった降雪があった直後や急に雪解けが進んだときには、雪の残った急斜面を避けることが大事です。特に樹木がなかったり、雪の下が笹だらけの斜面は注意が必要です。

また、不安定な雪庇に近寄らないこと、スキー場や観光地では安全が確認されたコースを外れないことも重要です。

普段立ち入らない場所には単独では決して入らず、土地勘のあるガイドを頼むと安心ですが、経験には限度があるので過信は禁物です。

秋田県内の雪崩対策は乳頭温泉「鶴の湯」のように、斜面上に雪崩防止柵を作るハード対策や、玉川温泉のように雪崩の専門家による安全診断と冬季の立入り規制などのソフト対策などが適材適所で実施されています。

## 第4章 雪の将来、雪との共存

- 気候変動で雪の降り方はどう変化するか？
- 雪の情報を活用する
- 雪がもたらす恵みも大きい

(c) 秋田大本谷研

### 【解説】

第4章では雪の降り方・積り方の将来の変化や、減災・克雪のための雪の情報の活用、雪国における雪との共存について述べます。

# 気象庁による雪の将来予測

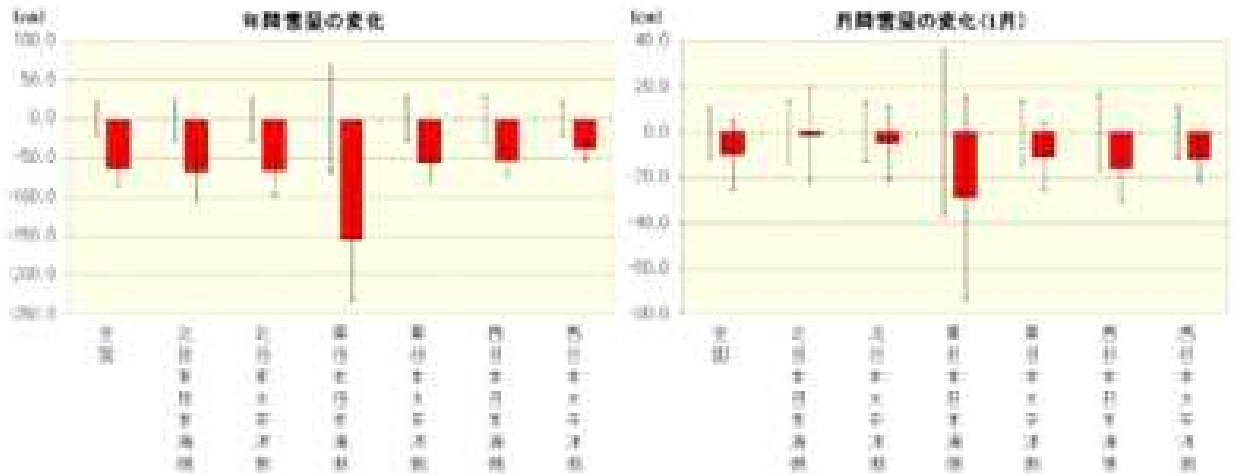


図4 年及び1月の降雪量の変化

左が年降雪量、右が1月の月降雪量の変化を示す。21世紀末と20世紀末の差として表している。赤い棒グラフは地域ごとの平均で、各地域に二本付されている黒い縦棒は左側が20世紀末、右側が21世紀末における年々変動の標準偏差(降雪量が多い年と少ない年のばらつきを目安)を表している。単位はいずれもcm。地域区分については図5を参照。

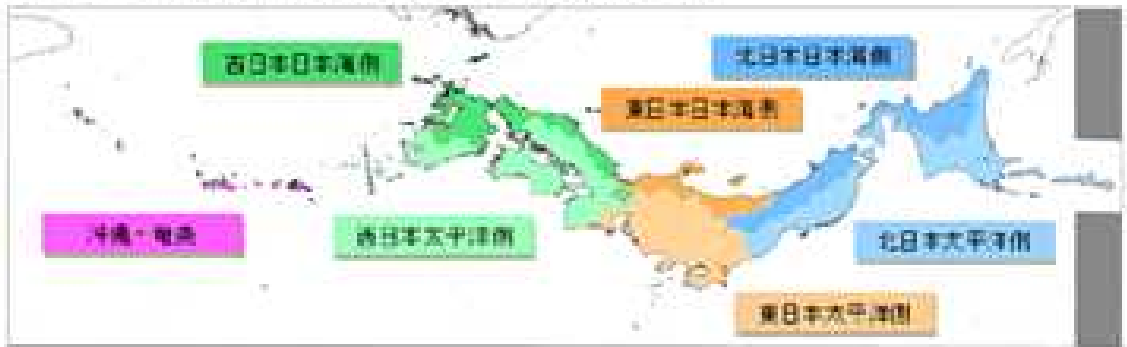


図5 予測結果の表示に用いた日本の地域区分

気象庁温暖化予測情報第8巻より

## 【解説】

雪の将来像を調べる足掛かりとして、気象庁がまとめた温暖化予測情報第8巻を照会します。

日本を7つのブロックに分けて、ブロックごとに降雪量が将来どう変動するか、気候変動予測モデルにより調べた結果がまとめられています。

秋田を含む北東北日本海側と北海道の日本海沿岸は「北日本日本海側」ブロックです。

# 気象庁による雪の将来予測

気象庁 温暖化 予測情報第8巻より

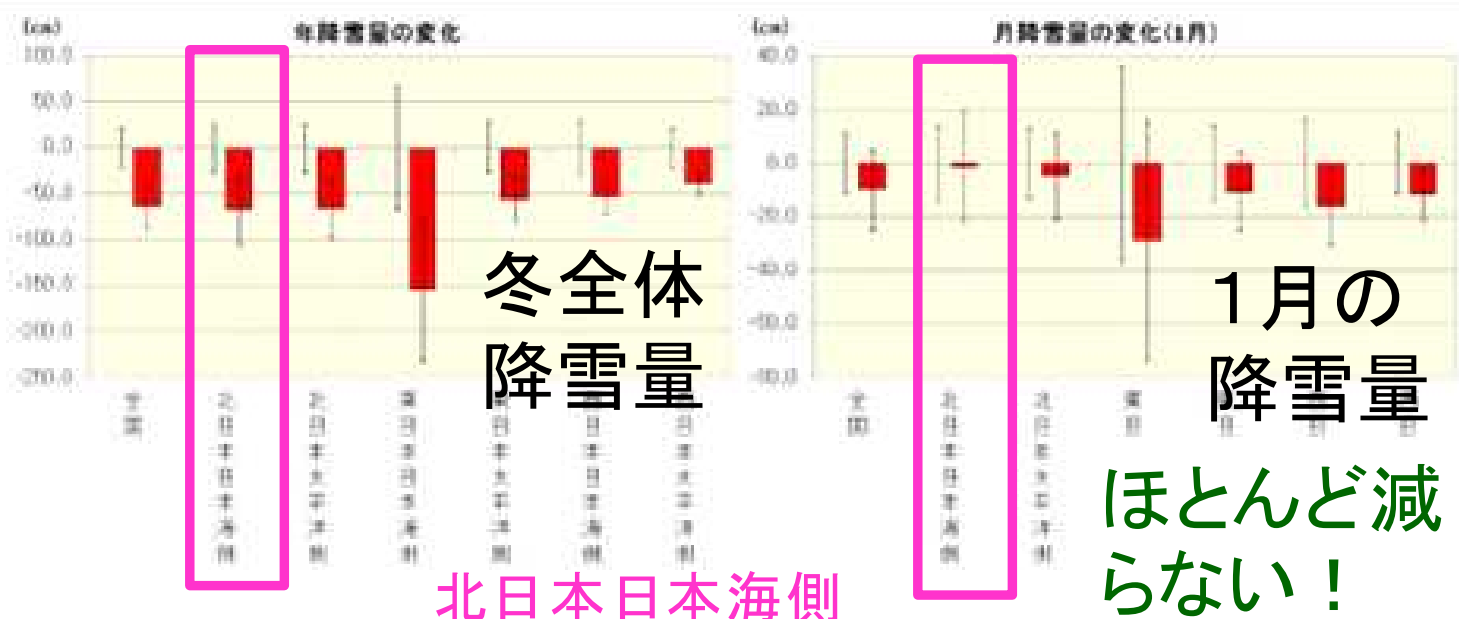


図4 年及び1月の降雪量の変化

左が年降雪量、右が1月の月降雪量の変化を示す。21世紀末と20世紀末の差として表している。赤い棒グラフは地域ごとの平均で、各地域に二本付されている黒い縦棒は左側が20世紀末、右側が21世紀末における年々変動の標準偏差(降雪量が多い年と少ない年のばらつきの目安)を表している。単位はいずれもcm。地域区分については図5を参照。気象庁温暖化予測情報第8巻より

今世紀末(2080-2100年頃)に平均気温3℃上がっても

北日本日本海側では1月の降雪量ほぼ変化なし (c)秋田大本谷研

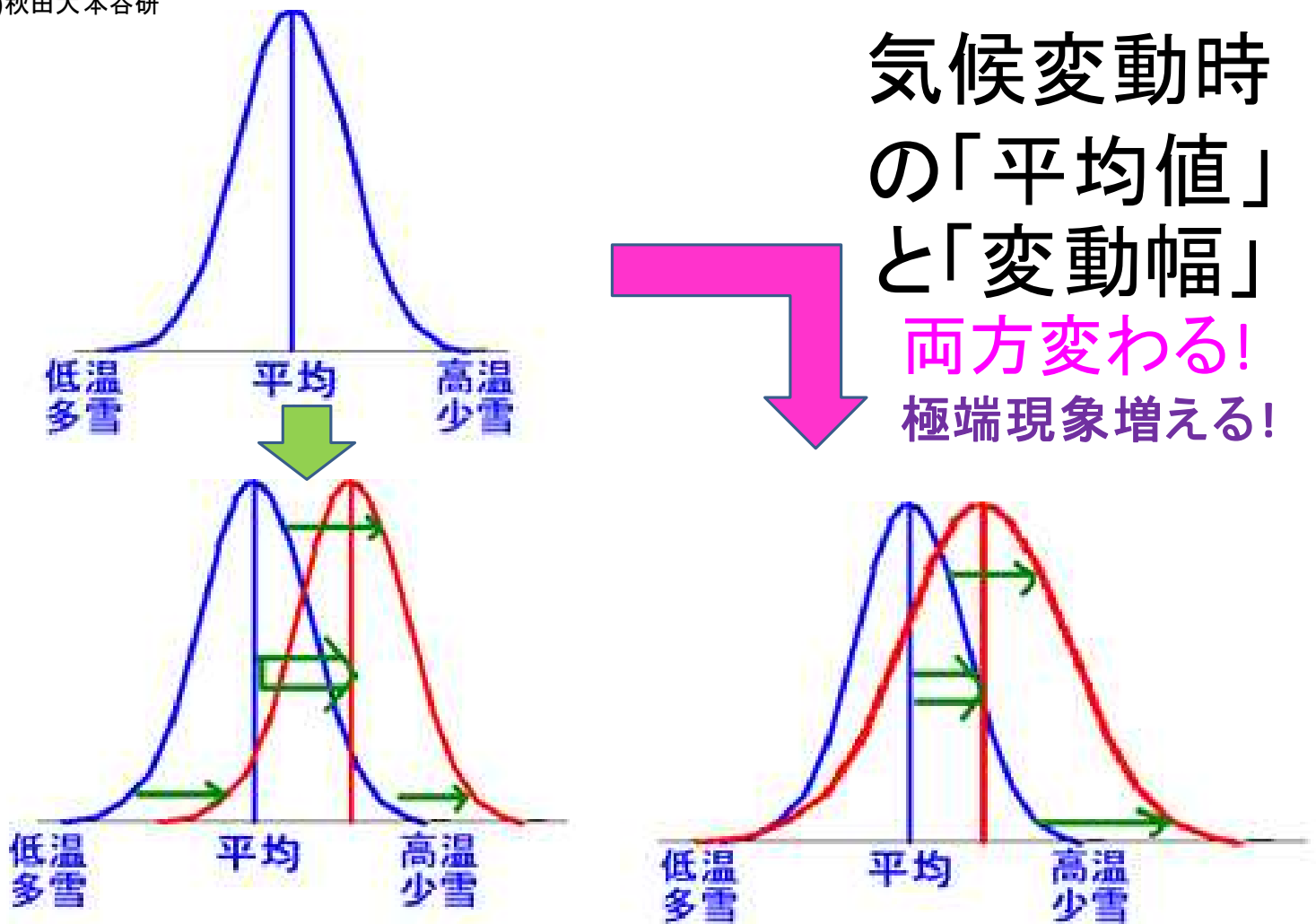
## 【解説】

雪の将来予測として年降雪量(冬季に降る雪の深さ合計)の現在からの変化を左図、同じく1月における降雪量(1月に降る雪の深さ合計)を右図に示します。

北日本日本海側ブロックに注目すると、左図で年降雪量は60cm程減少するものの、1月の降雪量は1~2cmの減少とほとんど減らないことがわかります。

この予測シナリオでは21世紀末の平均気温が20世紀末と比べ3℃上昇すると仮定していますが、その場合でも厳冬期(1月)の北日本日本海側における降雪量はほぼ変化がないようです。





局地的豪雪は減らないか、むしろ増える(Kawase et al., 2016)

## 【解説】

また、温暖化により気温は高くなり、降雪量は減少するとみられますが、平均値の変化と共に極端な低温・高温、または多雪・少雪も平均的に変化する保証はありません。

むしろ温暖化によりこうした極端現象は多くなる(分布幅は拡大する)と予想されています。

つまり、平均値付近となる確率が最も高く、両極端では低くなるような「正規分布」に似たパターンで自然現象が発生しているとき、平均値の変化と分布幅の変化は一様ではなく、平均値の変化に比べ分布幅の拡大が顕著となることが懸念されているのです。

ちなみに、中部日本や北陸を対象にした最新の気候変動シミュレーションでは平均的には降雪量も積雪量も減少するものの、時折短期間に発生する極端降雪(局地的豪雪)は減らないか、むしろ増えるという示唆がなされています。



# 雪の情報を得る

(c) 秋田大本谷研

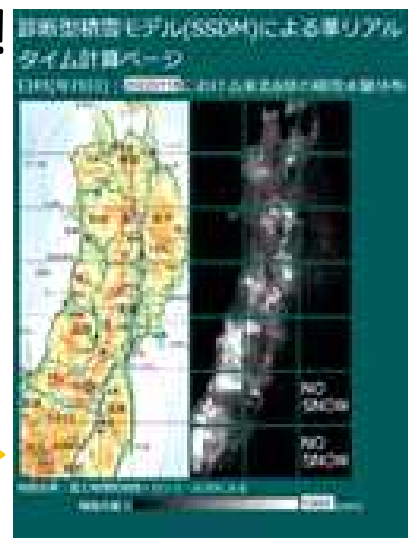


屋根雪下ろしなどの参考になる。

(防災科研や大学で開発・運用中！)

※秋田県の防災ポータルページでも案内中！

現在、高解像度版を開発中



『雪おろシグナル』:現在(前日までの)積雪重量分布図を示す

## 【解説】

では、現在の雪の分布や今後の降り方などの情報を応用して減災・防災に役立てることを考えてみましょう。

屋根の雪下ろしの時期検討などのために、雪の降り始めからの積雪荷重がどの程度か、日々の降雪量や融雪量も加味して示す「雪おろシグナル」というシステムがあります。

左の分布図で色が緑や黄緑の場合、積雪荷重は $300\text{kg}/\text{m}^2$ 以下で耐雪設計の家屋でしたら通常雪下ろしは必要ありません。

現在運用中のものは解像度があまり高くありませんが、現在高解像度の新システムを開発中です。

「雪おろシグナル」は秋田県の防災ポータルページにもリンクがあり、どなたでも自由に閲覧できます。

# 雪の情報を得る(つづき)



※気象庁ホームページより引用(2022/1/19取得)

## 『今後の雪』

現在積っている(はずの)積雪深分布やその後一定期間(3～72時間先)迄の予測降雪量(cm)を示す。(気象庁のホームページで閲覧可能)

(c) 秋田大本谷研

## 【解説】

次にご紹介するのは気象庁ホームページの「今後の雪」情報です。現在積っている(はずの)積雪深(cm)分布やその先一定期間(3～72時間先)迄の予測降雪量(cm)を示します。

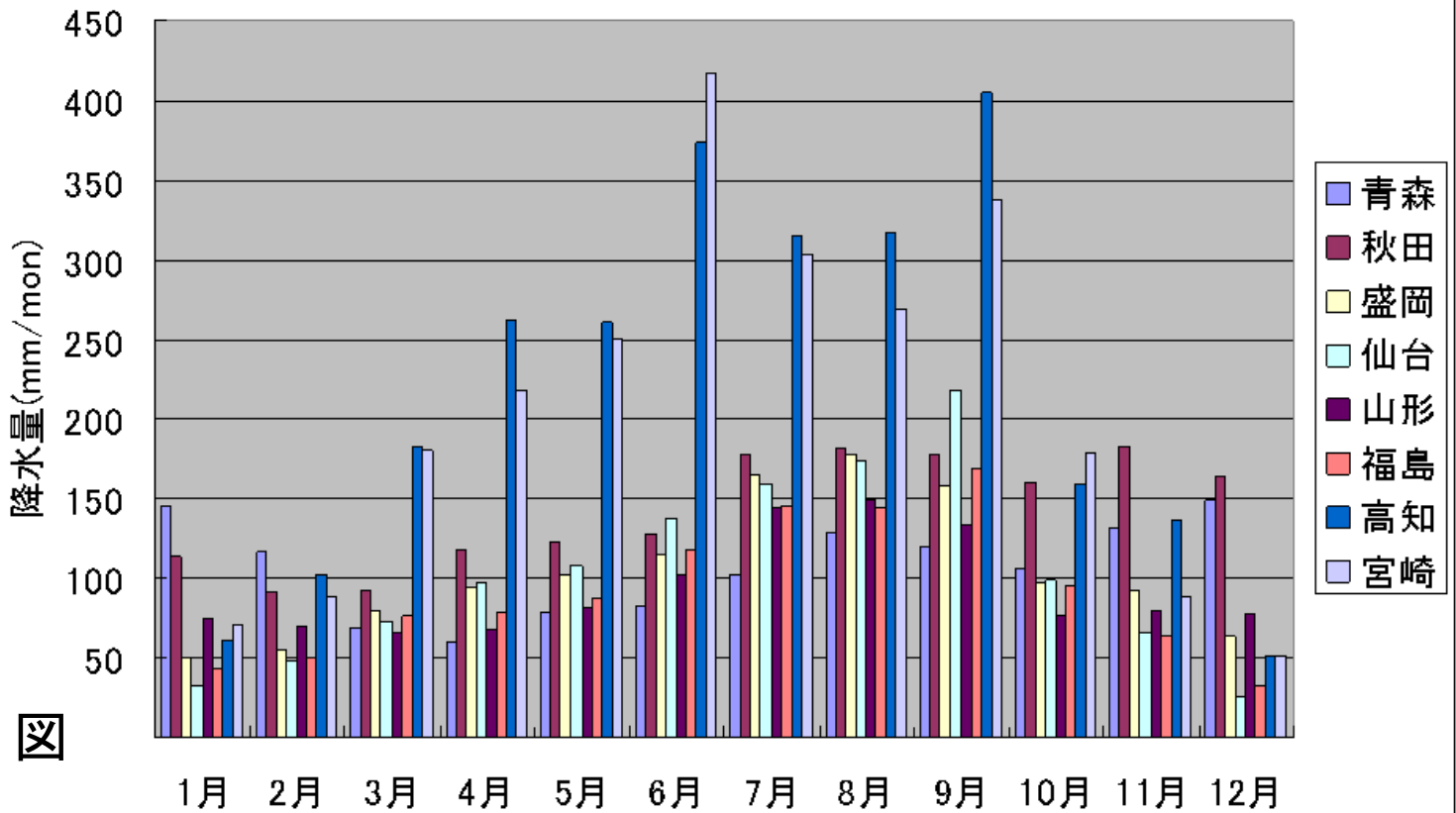
図は積雪深分布の表示例で、図中の数字は積雪観測アメダスにおける実測値です。

積雪深の分布ですので雪の重さはわかりませんが、2～3日先までの降雪量予測が分布も含めてわかるので、除雪計画を立てるときや移動時のルート選定などに便利です。

気象庁ホームページからリンクをたどると閲覧できます。

# 月ごとの降水量(水資源)

東北6県と四国・九州の平年月降水量



## 【解説】

さて、ここまで雪の性質や雪氷災害、雪の将来などについてお話ししましたが、雪国にとって雪は厄介なだけではなく、大きな恵みをもたらす面もあることについても忘れてはならないと思います。

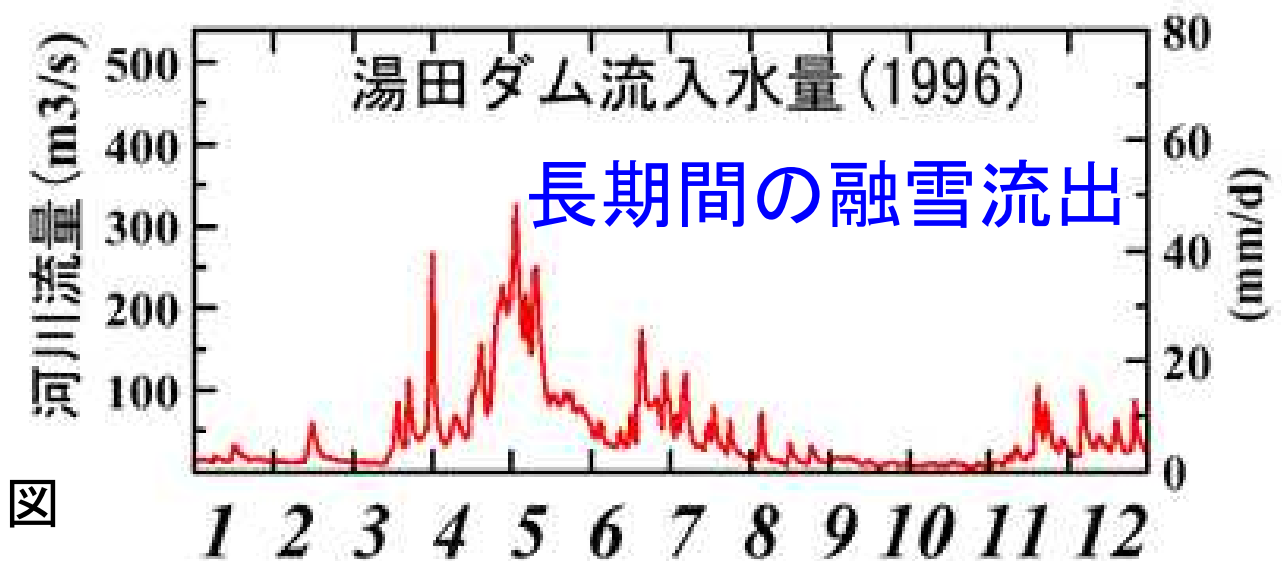
この図は東北6県の県庁所在地と九州(代表として「宮崎」)、四国(代表として「高知」)の月ごとの降水量(1980-2010年の30年平均値)を示しています。南国である宮崎、高知の降水量は多く、3月から9月までは東北6県のおよそ倍になっていますが、こうした降水量のうちの多くは梅雨時の集中豪雨や台風がもたらしたもので、水資源としては使いにくい雨です(むしろ、災害の原因になりやすい)。

東北6県は月降水量は100-200mmですが12月から翌年3月ごろまでの降水の大部分は、雪として蓄えられ4月から5月の雪解け水となるので、比較的使い易い水資源です。

## 積雪の標高分布による波及効果

- ・低い標高から優先的に融けていく
- ・高い標高ほど長期に渡って水資源を貯留

### →積雪の標高分布による貯留効果



図

(c) 秋田大本谷研

### 【解説】

また積雪は、低い標高から優先的に融けていくため、高い標高の場所ほど長期に渡って水資源を貯留しているといえます。

このために平地の雪と違って山岳の雪は長期間に渡って安定した水資源となっています。

これを積雪の標高分布による貯留効果と言って置きましょう。

図に秋田・岩手県境にある湯田ダムへと、周囲の山岳から流れ込む水の季節変化を示します。

5月上旬をピークとして3月から6月までにわたる長期間の融雪流出があることがわかります。

これも山地の積雪が標高分布しているためです。もしもある決まった標高に全部の雪があるとすると、一度に融けて急に流出するので水資源として使いにくいのみならず洪水などの災害を招きかねません。

# 水稻単収の推移

豊かな水資源(融雪水)&対冷品種改良  
→(戦後)東北6県の米収量 > 九州7県

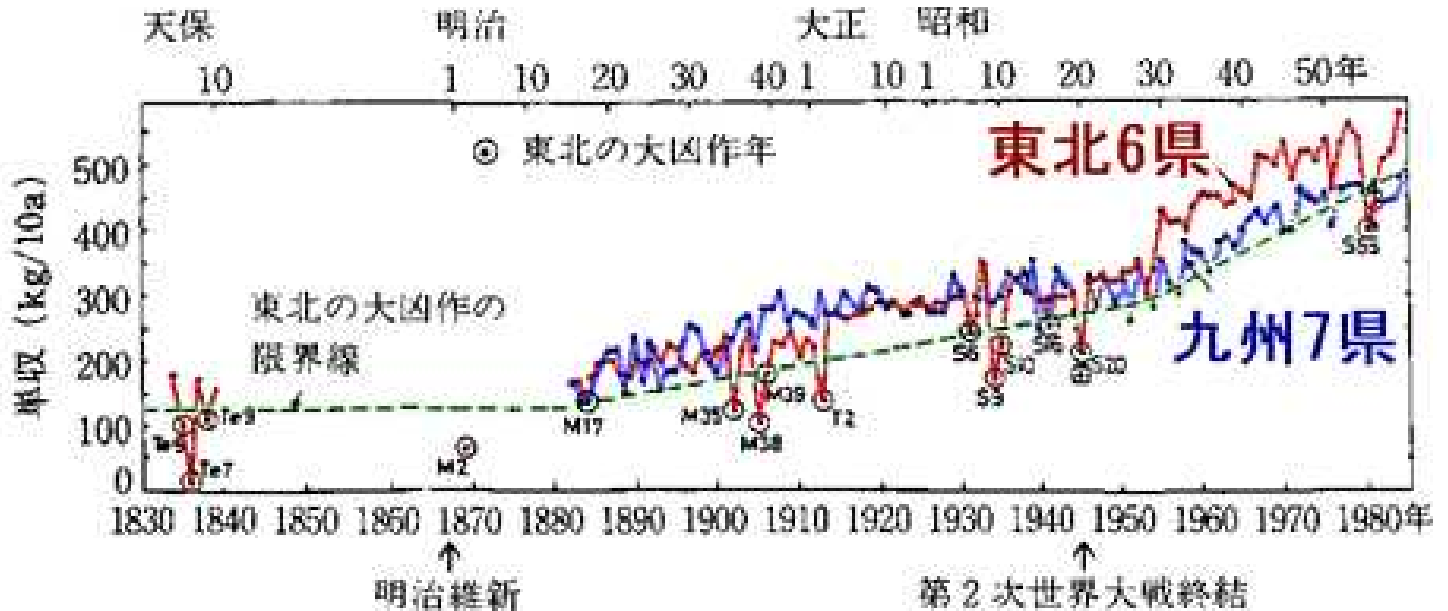


図 東北と九州における水稻の10a当り収量(単収)の比較

(c) 秋田大本谷研

## 【解説】

図に江戸時代末期から昭和の時代までの、東北6県と九州7県、それぞれで平均したコメの10a当たりの収量の推移を示します。

第2次大戦前までは九州7県の収量が東北6県のそれを上回っていましたが、戦後の農業用水・圃場整備やコメの品種改良などで1950年代半ばに東北6県が九州7県を収量で上回るようになりました。

これにはいろいろな努力がありましたが、水資源の面で雪深い東北の地の利が生かされたこともプラスになっていることでしょう。

# メリット(水資源) vs デメリット(雪害)

積雪の水資源貯留 ≒ 大型ダム換算100基  
ダム建造費500億/1基 × 100基 = 50兆円: ①

秋田県の除雪費用40億～100億/年度: ②

① ÷ (② × 6) = 80～200年分の  
除雪費用に匹敵

(c) 秋田大本谷研

## 【解説】

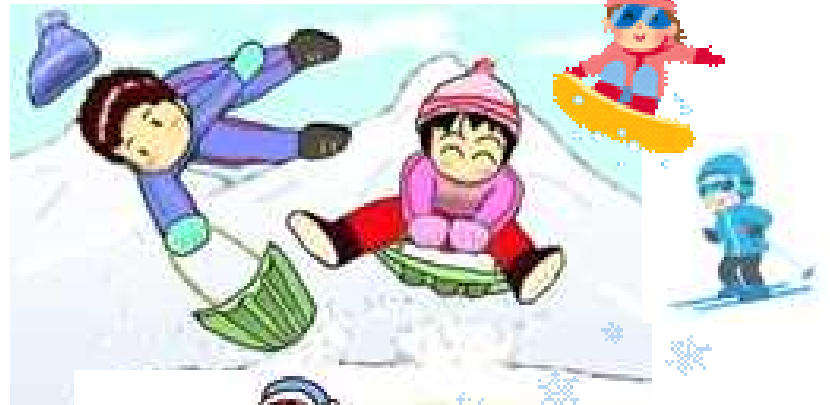
ところで、大雪で大変だとの報道に、雪の降らない地方の方が「そんなところに住んでいるのが悪い」とおっしゃる場合がありますが、本当にそうでしょうか？

雪による水資源の確保に代えて、もし人工的にダムで水を貯めたと仮定して、ダムの建設費用分が雪国のメリット、仮にデメリットとして除雪費用を考え、秋田県の平均的な除雪費用を参考にそれを6倍したものを東北6県のコストと仮定して(随分課題見積もりですが…)、コスト & メリットを試算してみます。

東北6県の雪水資源はダム換算だと100基程度分なので50兆円分のコストに相当すると見積もると、これは除雪費用の80～200年分となります。乱暴な見積もりではありますが、雪国のメリットは決して小さくはないでしょう。

# 身近な利雪・親雪

## ウインタースポーツ



(c) 秋田大本谷研

### 【解説】

また、雪は水資源をもたらすだけでなく、観光資源にもなり、また雪国特有の風情や癒しをもたらす質的なメリットももたらしてくれます。

ウインタースポーツや雪遊びも雪の降らないところでは決してできない貴重な体験と言えるでしょう。



## 最後に

- 降雪・積雪は止められない(自然現象)
- しかし、現象の仕組みを理解し、対処することで被害を一部コントロールすることは可能
- 新しく正しい情報(積雪荷重分布:防災科研『雪おろシグナル』など、科学的予測:気象庁天気予報や『今後の雪』)、が何よりも重要
- 被害発生までの時間的余裕(リードタイム)を最大化し、「出来る対策」で被害軽減(理想は回避)することが肝要

(c)秋田大本谷研

### 【解説】

最後に、第1章から4章までを踏まえて雪に関わる減災、克雪と雪との共存についてまとめてみます。

自然現象である降雪・積雪を止めることは不可能ですし、雪によるメリットを失うことも問題があります。

しかし、自然現象である降雪(降雪予測)・積雪の仕組み(雪質など)を理解し、対処することはある程度可能と言えます。

そのためには、現象の仕組みについての理解のほか、生ものの自然の姿をいち早く正確に知る必要があります。

他の気象情報に加え、「雪おろシグナル」や「今後の雪」などの情報が大いに役立ちそうです。

防災のための対策と共通しますが、降った雪・積った雪がどういった被害をもたらすかを考え、先んじて出来得る対策を行うことで被害を小さくできるのではないのでしょうか。