

国立登山研修所 大学生登山リーダー夏山研修会

夏山の気象雪氷

飯田肇

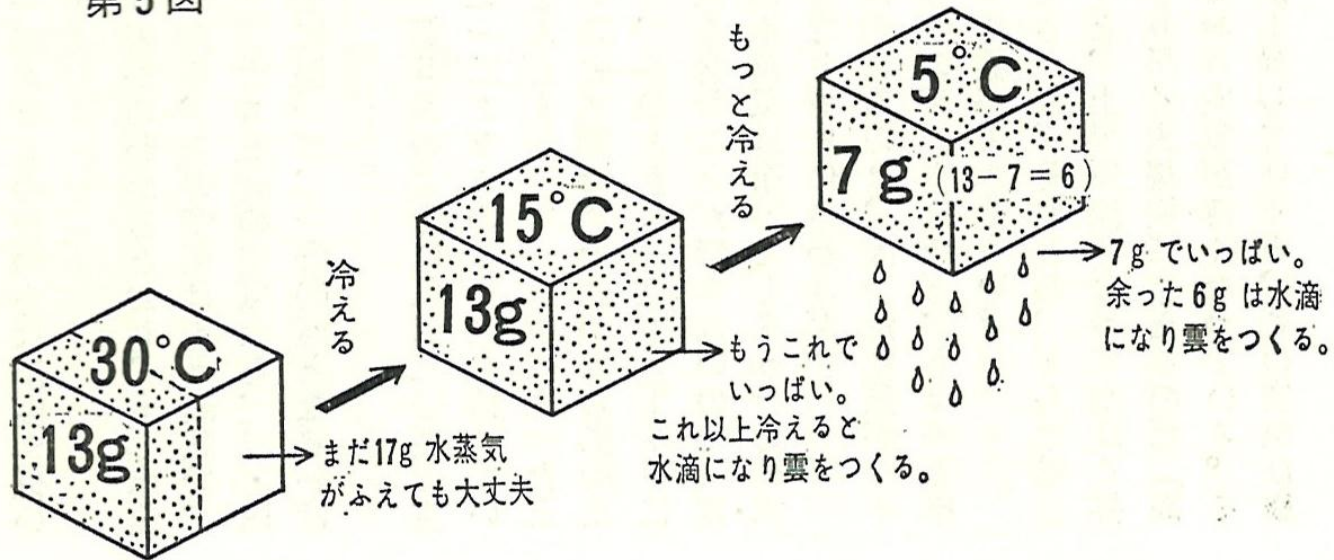
(立山カルデラ砂防博物館)

雲ができるまで

第3表 1立方メートルの空気中に含み得る最大水蒸気量(水蒸気の重さ)

温度 (°C)	30	25	20	15	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
水蒸気量 (g)	30	23	17	13	9	7	5	3.4	2.4	1.6	1.1	0.7	0.5

第5図



■ 気温を下げれば 雲ができる。

自然の中で 雲を作るしくみ

空気を持ち上げればよい



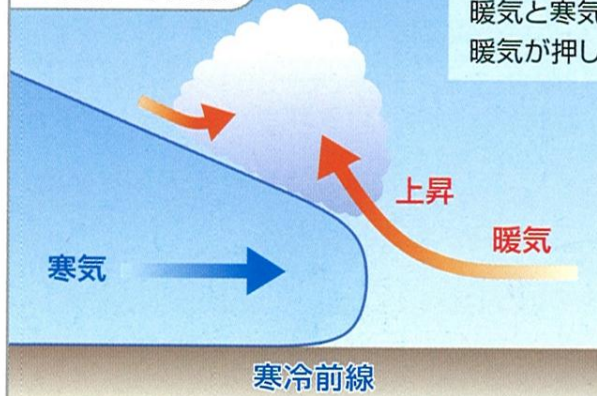
上昇気流



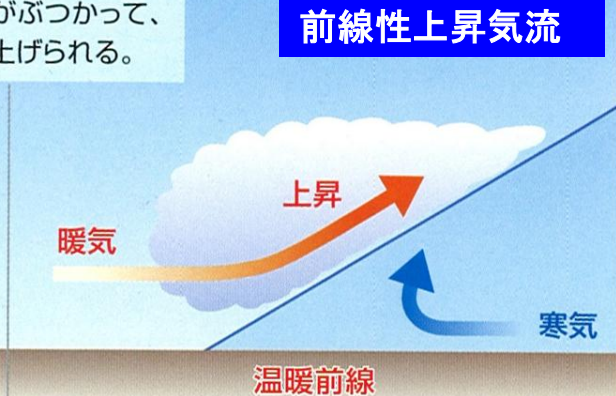
雲の発生

悪天候

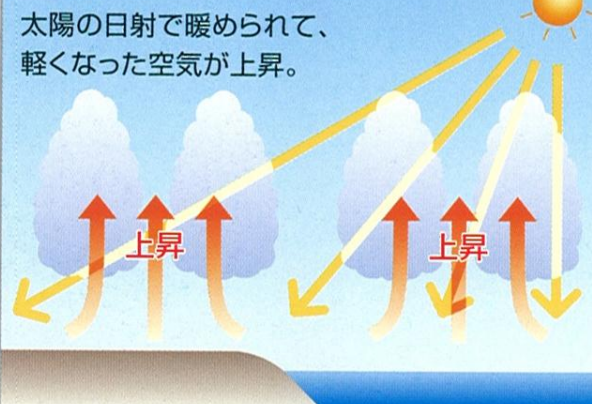
●前線性上昇気流



前線性上昇気流



●対流性上昇気流



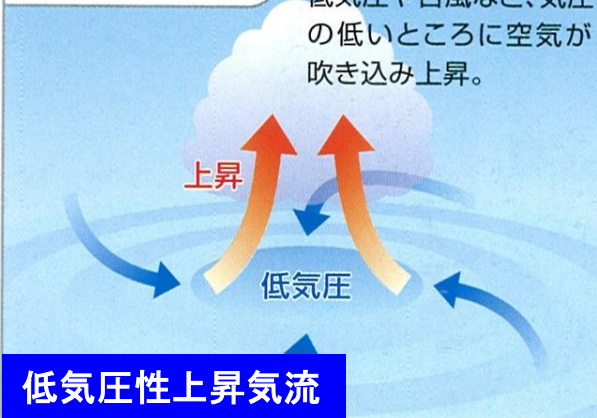
上空に寒気(重い空気)が流れ込み、下層の軽い空気が上昇。



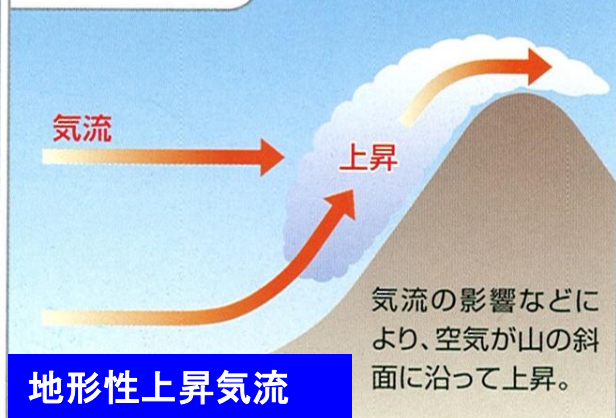
対流性上昇気流



●低気圧性上昇気流



●地形性上昇気流



1 氷晶と過冷却水滴

雲の高いところでは、氷の微粒子(氷晶)の雲の中に過冷却水滴が混在している。

2 氷晶が雪結晶に

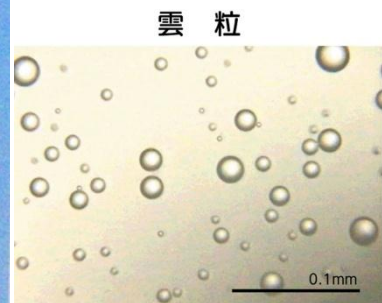
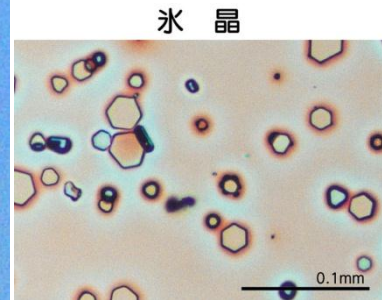
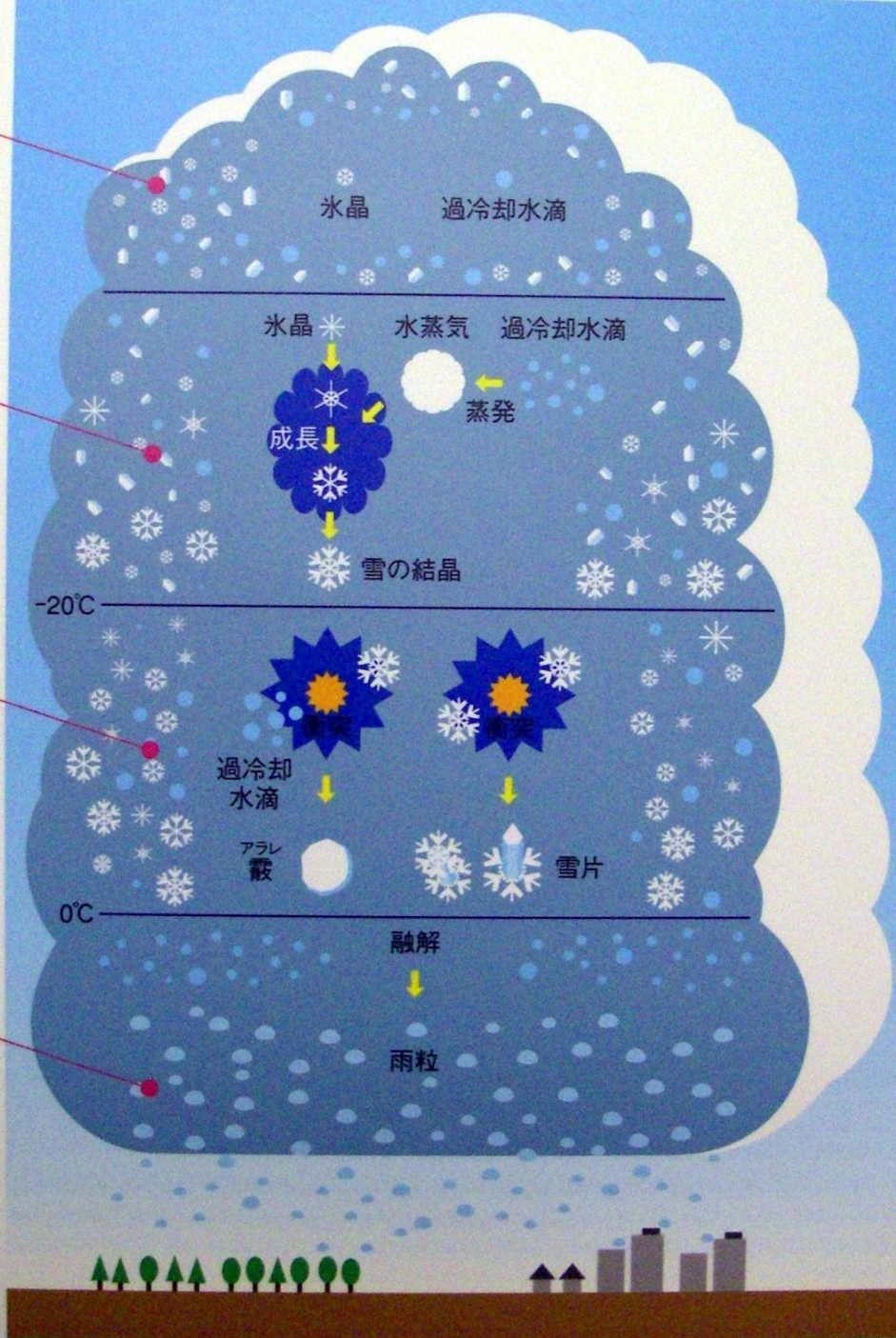
氷晶がまわりの過冷却水滴から水蒸気をもらいながら成長。雪の結晶となり、降り始める。

3 アラレや雪片が成長

雪の結晶が大きくなり、まわりの過冷却水滴に衝突しながら成長して「アラレ」になる。また、雪の結晶どうしが衝突してくつき「雪片」となる。

4 雨の誕生

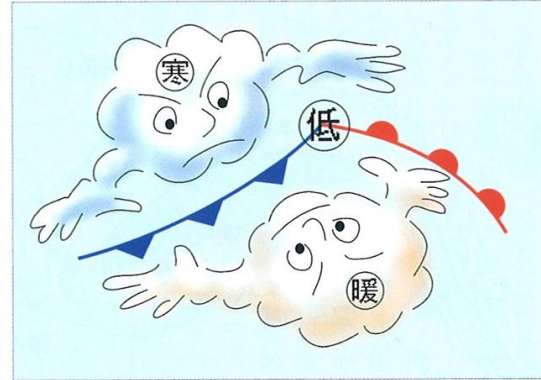
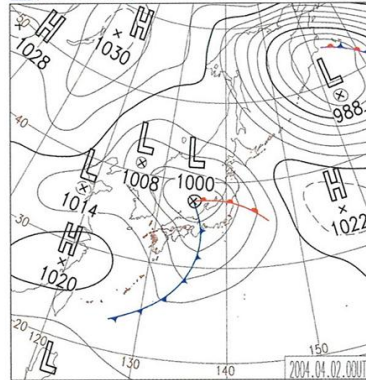
雪片やアラレがとけて雨になる。



低気圧の種類

温帯低気圧

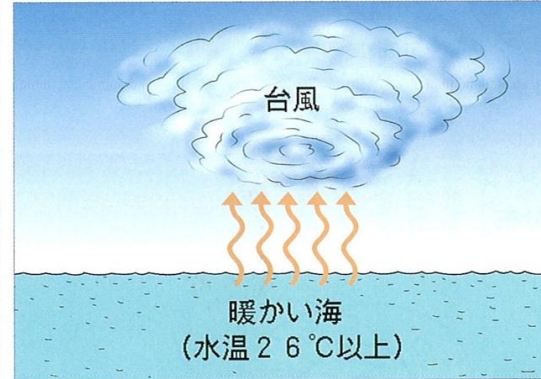
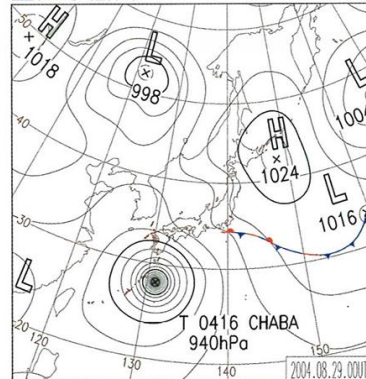
■ 温帯低気圧



エネルギー源は寒気と暖気のぶつかり合い。とくに、冬から春にかけては、暖かい空気の勢力が急に強まるため、寒気と暖気の温度差が大きくなり、急速に発達する。

熱帯低気圧

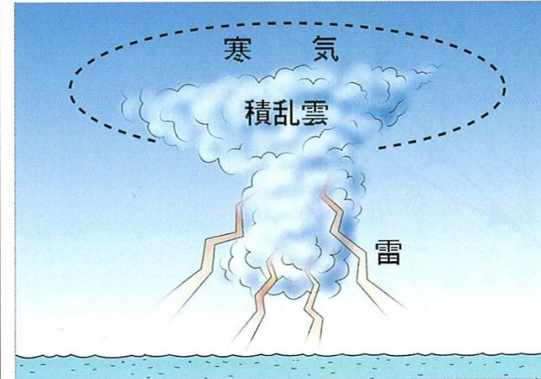
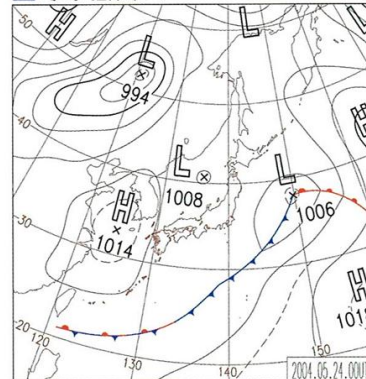
■ 熱帯低気圧



熱帯の海の水蒸気と熱が台風をつくりだす。海面水温が26度以上の海で、熱帯低気圧は発生、発達し、中心で風速17m/s以上の強風になるものを台風と呼ぶ。

寒冷低気圧

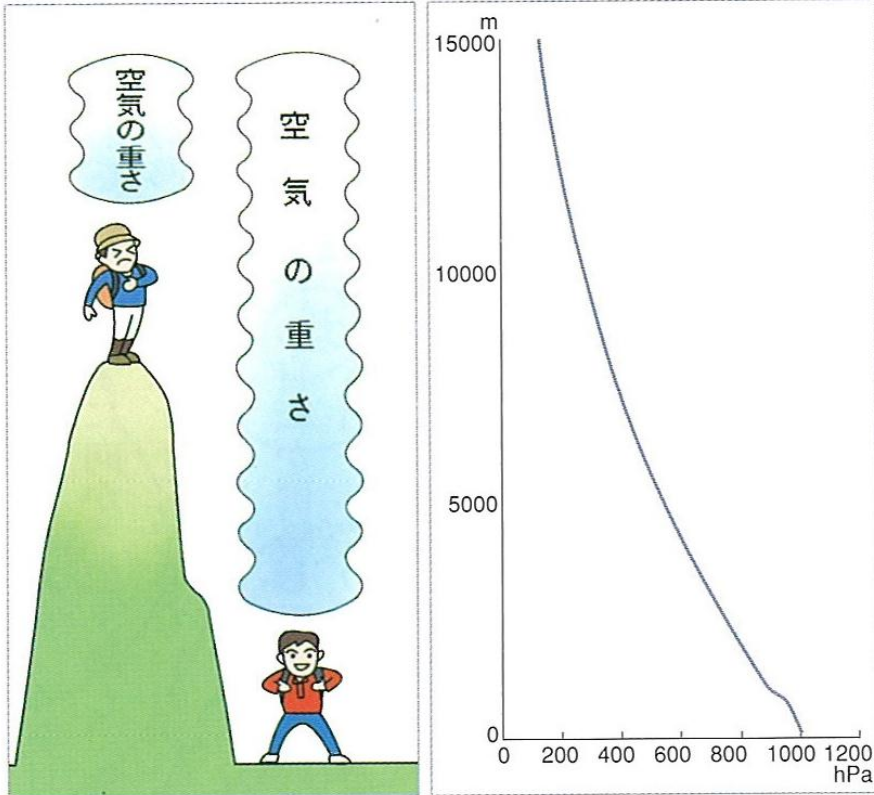
■ 寒冷低気圧



上空の寒気は大気の状態を不安定にする。地表の気温が高くなったうえに、上空に寒気が流れ込むと、より大気が不安定になり積乱雲が発達する。

高さとは気圧

■ 気圧と高さの関係



上空へ行くほど空気の重さは軽くなるが、酸素が少なくなるため呼吸が苦しくなる。

(つくば市館野の平年値)

■ 高度と気圧

高度	気圧	酸素量
0m	1013hPa	100%
1000m	900hPa	91%
1500m	850hPa	86%
2000m	800hPa	82%
3000m	700hPa	74%
5500m	500hPa	60%

■ 5500mで1/2。 3000mで7/10。 2000mで4/5。 1000mで9/10。

高さと気温

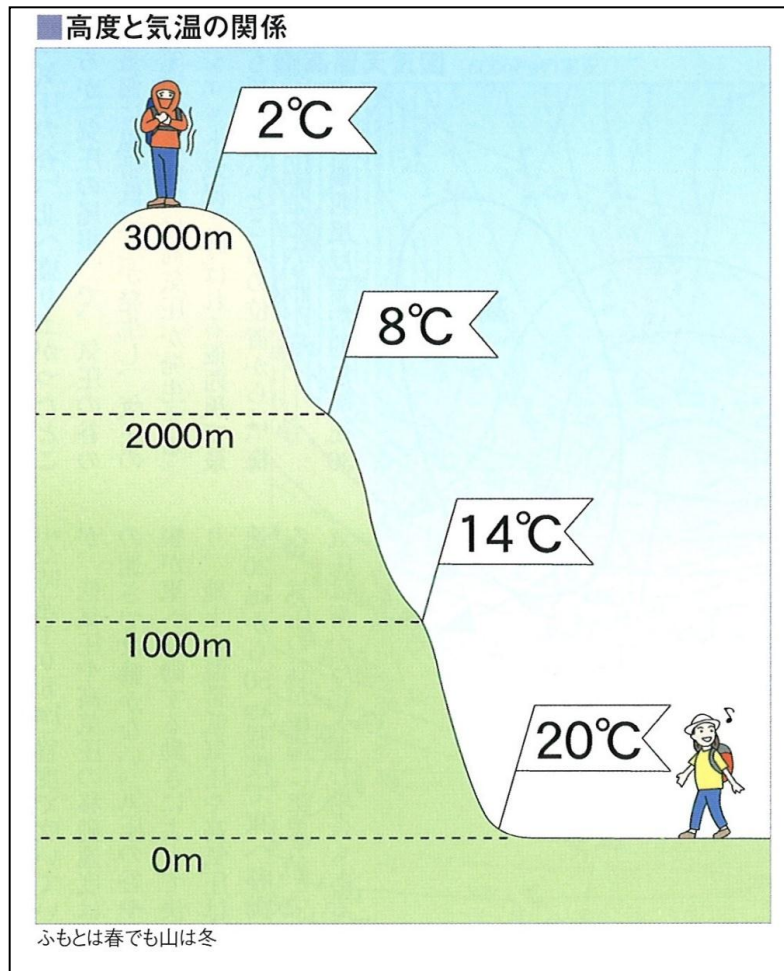


表1 100mごとの気温

高度	気温°C
0m	8.8
100m	8.3
200m	8.1
300m	8.4
400m	7.7
500m	6.9
600m	6.0
700m	4.9
800m	3.8
900m	2.9
1000m	2.0

- 100m上ると0.6°C下がる。 1000m上がると6°C下がる。
- 乾燥断熱減率 1°C/100m 湿潤断熱減率 0.5°C/100m

2012年 連休の山岳遭難

■白馬岳 三国境付近の稜線 2012年5月4日

男性6名 死亡 低体温症 63~78才

■爺ヶ岳稜線 2012年5月4日

女性1名 死亡 低体温症 62才

■涸沢岳稜線 2012年5月4日

男性1名 死亡 低体温症 71才

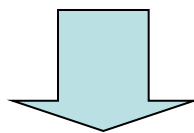
■奥穂高岳稜線 2012年5月6日

男性2名 死亡 低体温症 30代

遭難の原因ー低体温症

低体温症の3大要因

- 低 温 稜線付近の気温
- 風 稜線付近の強風
- 濡 れ 降雨、凍雨、みぞれ



温帯低気圧の発達、通過による気象遭難

2009年 トムラウシ山遭難 概況

遭難時の地上天気図(気象庁)

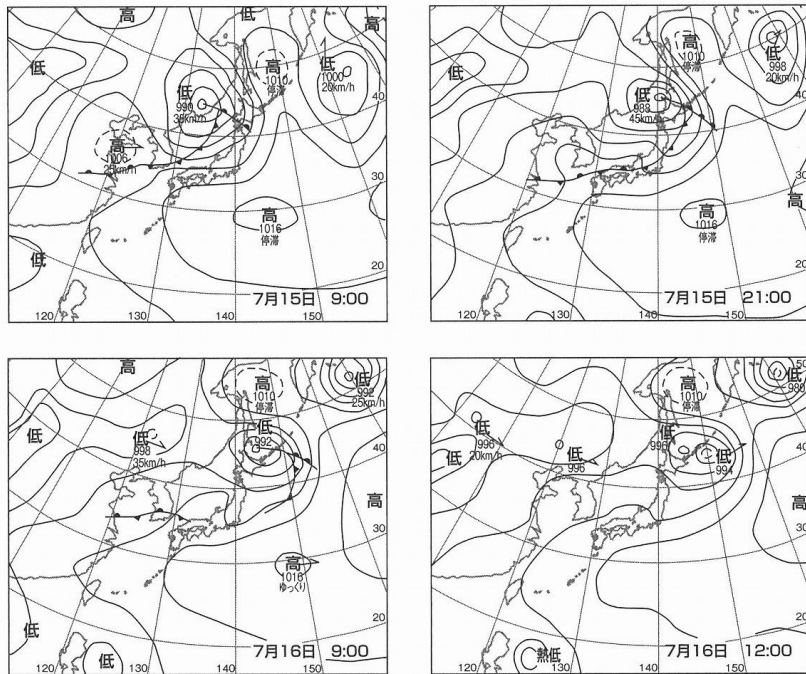


図1——遭難時の地上天気図(気象庁)

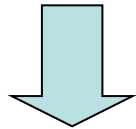
遭難時の気象状況(聞き取り調査)

5:00	ヒサゴ沼避難小屋	昨夜来の風雨が強い状態続く。 2時ごろ風雨強く小屋に雨吹き込む。朝から大荒れ。風雨ひどかった。ヒサゴ沼に白波が立つくらいの風。
5:30	ヒサゴ沼避難小屋出発	出発時には断続的な風雨に。雨はバラバラ。風は強いが立ってられないほどではない。出発をためらう人もいた。ヒサゴ沼では風がそれほどでもなかったので、主稜線に向かった。
	雪渓終わりから主稜線まで 天沼ーロックガーデン	西風が非常に強く、苦勞して進む。 クワウンナイ川源頭から吹き上げる西風が強さを増し、木道歩きで非常に難渋する。 時にハイマツの上に吹き飛ばされるので、ガイドが耐風姿勢を教え、風の息する瞬間を狙って前進する。 最も風が強く、目が見えない。皆ときどき風に吹き飛ばされており、帰って見たら全身痣だらけ。 木道の端を持って強風に耐えながら必死に歩いた。
8:30	ロックガーデン	風雨は依然強い。ロックガーデンの上の広い平で風がまた一段と強くなった。 ものすごい風になった。とてもではないが、真っ直ぐに立って歩けない風だ。記憶では冬の富士山くらいの強風だった。
10:00	北沼徒渉点	北沼からの水が氾濫して、川幅 2m ほどの流れになっていた。流れは 15 ~ 30cm の深さに急激に増水していった。お客様を支えているときに風で体を持っていかれ、全身を濡らしてしまった。 北沼は白く大きく波打っていた。小さな沼がこんなに、と怖かった。
10:30	北沼分岐	北沼では猛烈に寒く、体が勝手に震えて止まらなかった。
12:00	北沼分岐ー南沼キャンプ場	このころは風も弱まり、雨もやんでいた。

■引き返しのタイミングが
何回もあった!!

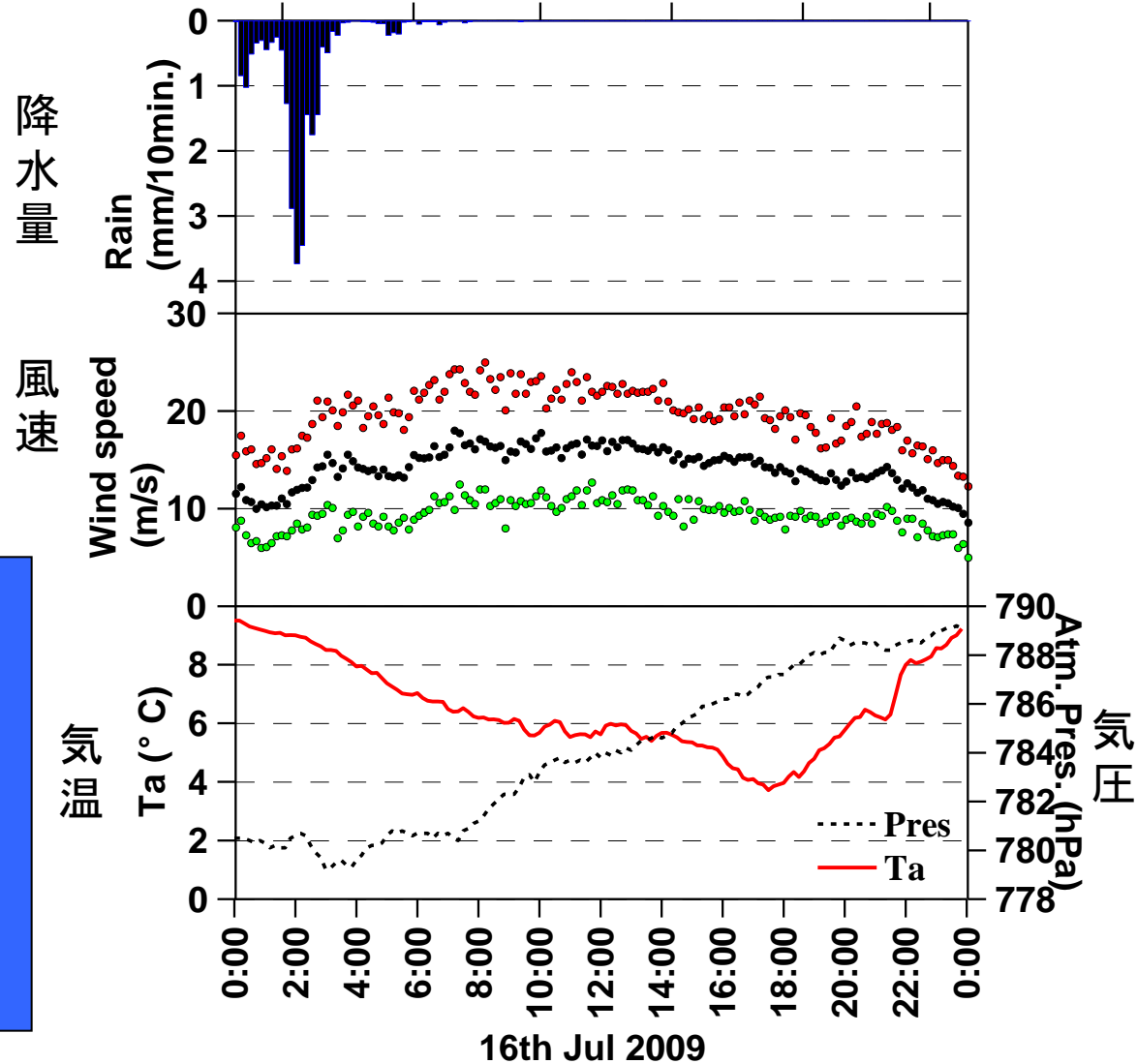
トムラウシ山遭難 稜線での気象状況

気温 6°C
 最低気温 3.8°C
 平均風速 18m/s
 最大風速 24m/s



■夏山低体温症の外的要因

- ・氷点下近くの低温
- ・強風
- ・濡れ(冷たい雨)



大雪山稜線(五色観測サイト)における気象状況(2009年7月16日)

(北海道大学大学院地球環境科学研究院GCOEによる)

風速の目安

■風の強さと吹き方

風速 (m/s)	予報用語	人への影響	屋外・樹木の様子
10～15	やや強い風	風に向かって歩きにくくなる。傘がさせない。	樹木全体が揺れる。電線が鳴る。
15～20	強い風	風に向かって歩けない。転倒する人も出る。	小枝が折れる。
20～25	非常に強い風(暴風)	しっかりと身体を確保しないと転倒する。	
25～30		立ってられない。屋外での行動は危険。	樹木が根こそぎ倒れ始める
30～	猛烈な風		

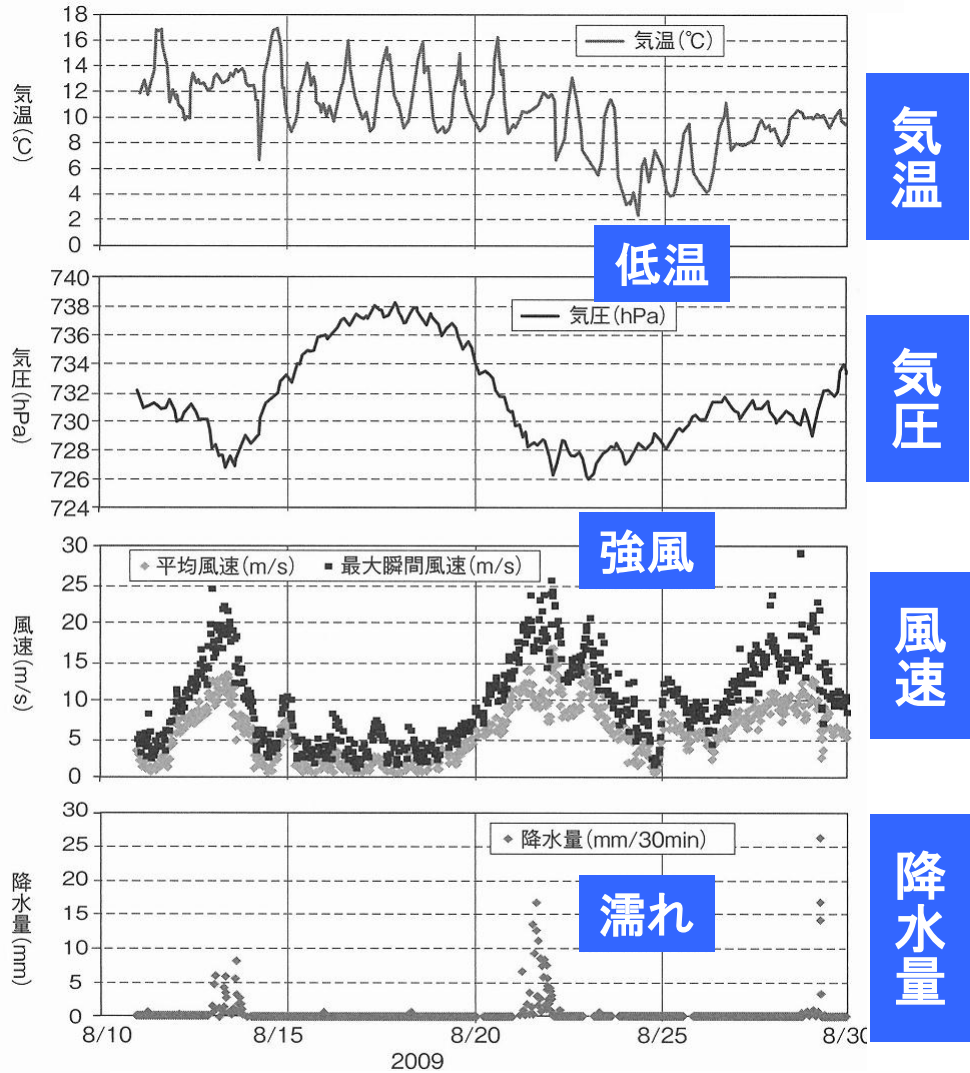
■風速は10分間平均風速

■瞬間風速は平均風速の1.5～3倍以上になる。

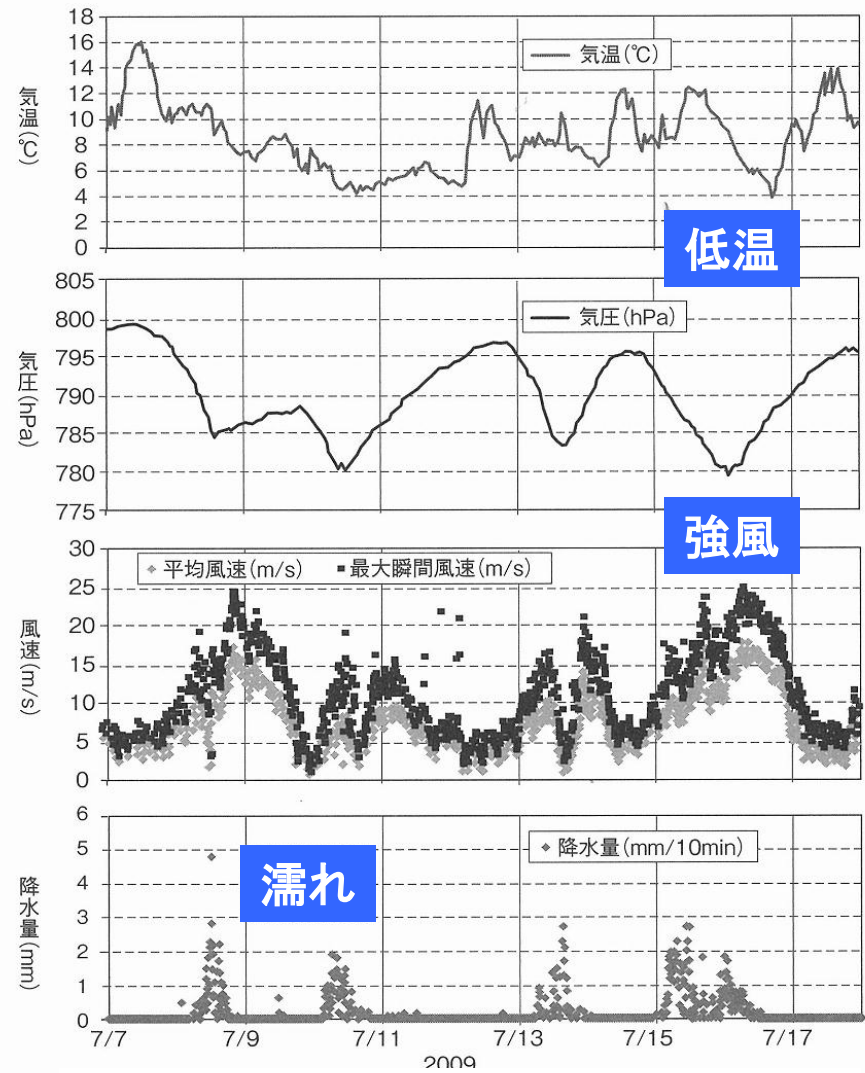
■15～20m/s 強い風。風に向かって歩けない。転倒する人も出る。

■20～30m/s 非常に強い風。立ってられない。屋外での行動は危険。

トムラウシ山遭難 大雪山と北アルプスの夏の気象



劔岳(2750m)の気象 2009年8月



大雪山(2015m)の気象 2009年7月

トムラウシ山遭難 稜線気象の特異性

順位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
月最低 気温℃	0.5 1968 7/4	1.5 1967 7/1	2.4 1979 7/5	3.2 1960 7/6	3.3 1992 7/12	3.4 2003 7/1	3.4 1993 7/20	3.6 1962 7/7	3.9 1966 7/5	4.5 2004 7/1
月最大 風速 (m/s)	31 1969 7/14	31 1965 7/11	29 1967 7/3	28 1961 7/7	26 1982 7/17	25 1994 7/14	24 1996 7/30	24 1977 7/2	23 2001 7/8	23 2000 7/22

→ トムラウシの気象は、
10位にはいない！

表2 ——札幌の7月午前9時の800hPaでの
月最低気温、月最大風速の極値(1957-2009、気象庁)

年	7月平均気温(℃)	7月最低気温(℃)	8月平均気温(℃)	8月最低気温(℃)
1987	9.9	3.7	10.5	5.7
1988	9.9	3.8	13.9	7.8
1989	11.6	2.7	11.8	3.8
1990	—	—	—	—
1991	9.4	3.9	11.5	0.5
1992	9.3	2.5	10.7	2.1
1993	9.9	0.2	10.5	3
平均	10	2.8	11.5	3.8

→ トムラウシの気象より
低温。

氷点下に近い気温！

表3 ——大雪山・白雲岳避難小屋(2000m)の
1987～1993年7、8月の月平均気温、月最低気温

■氷点下に近い気温や風速20m/sに及ぶ風は、
大雪山では、特異ではなく毎夏のように発生する現象。

北アルプス 稜線気象の特異性

年	7月平均気温(°C)	7月最低気温(°C)	8月平均気温(°C)	8月最低気温(°C)
1998	9.4	2.6	9.9	3.6
1999	—	—	—	—
2000	—	—	—	—
2001	10.9	3.6	10.8	4.1
2002	10.9	4.8	10.1	0.1
2003	9.7	6.6	11.6	8.7
2004	11.8	4	12.2	3.9
2005	10.1	4.5	11.9	4.5
2006	—	—	12.7	6.2
2007	9.7	5.2	11.9	5.4
2008	9.7	3.9	10.7	2.1
2009	9.7	4.3	12	3.4
平均	10.2	4.4	11.4	4.2

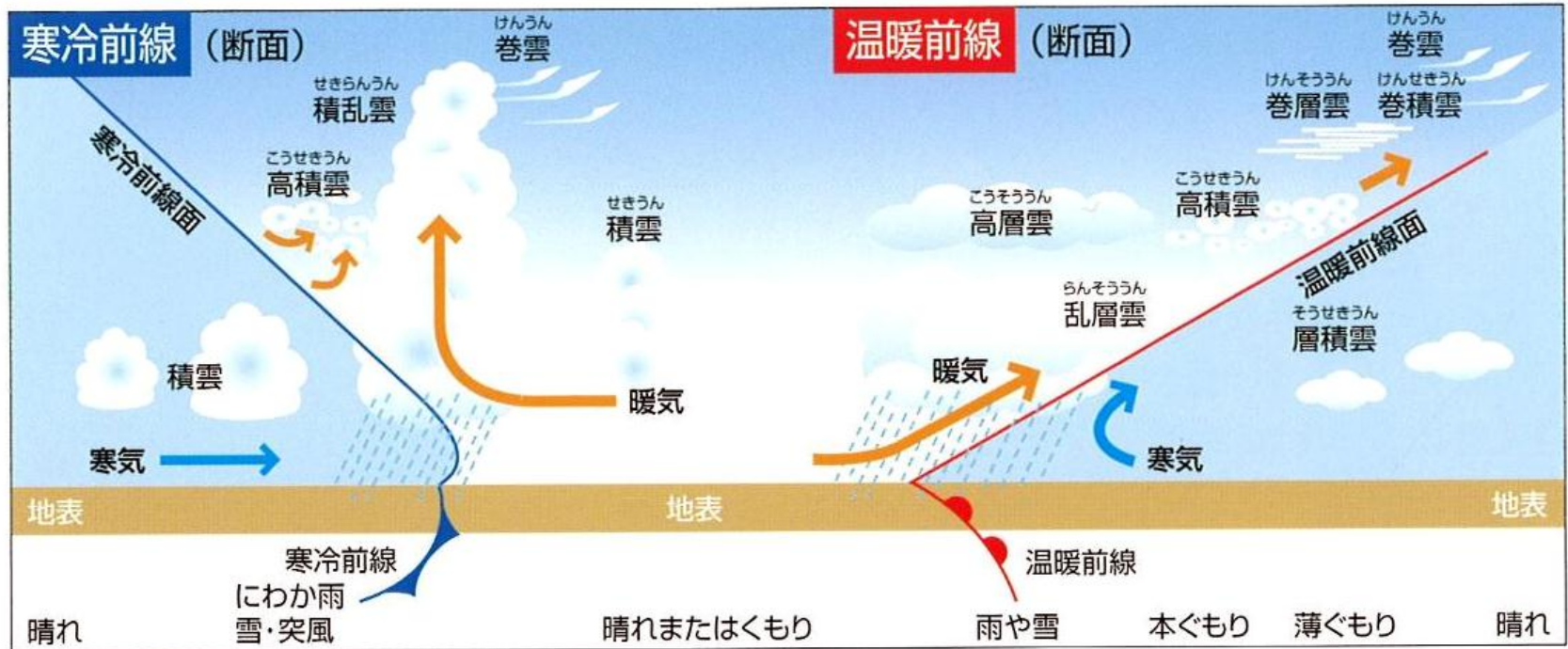
氷点下に近い気温！

氷点下に近い気温！

表4 ——北アルプス内蔵助山荘(2780m)の
1998～2009年7、8月の平均気温、月最低気温
(福井、飯田 2010年)

- 夏期 氷点下に近い気温 風速20m/sに及ぶ風
→ 北アルプスでも毎夏のように発生している現象。

温帯低気圧の構造



温暖前線

暖かい空気が冷たい空気のにし上がって上昇します。前線通過の1000kmも前から巻雲があらわれ、前線が近づくにつれて厚く低い層状の雲となって雨をもたらします。通過後に気温が上がります。

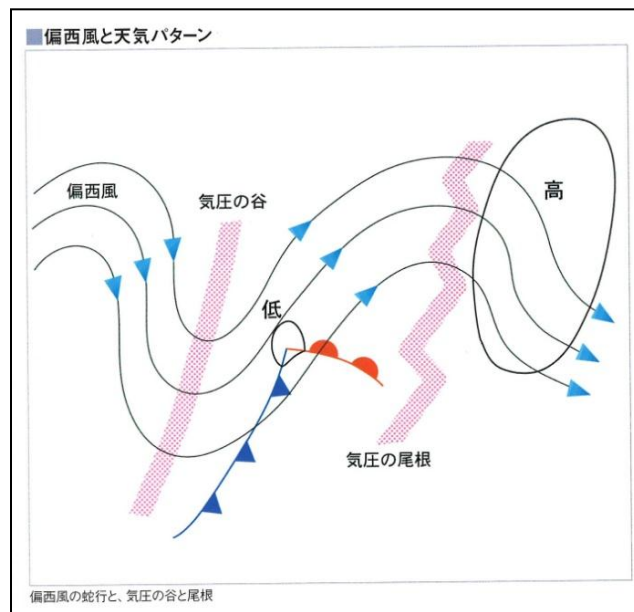
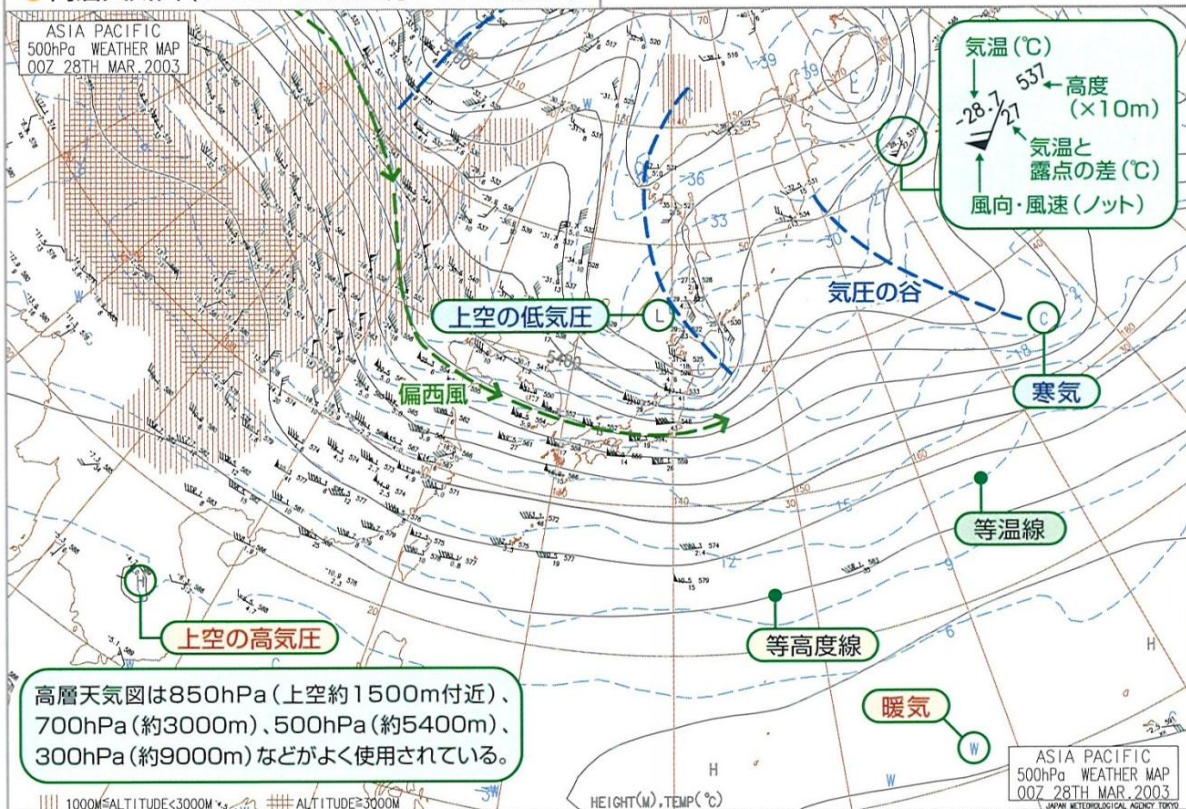
寒冷前線

冷たい空気が暖かい空気の下にもぐりこむことにより上昇気流が発生して、積乱雲が発達します。短時間に雷を伴った強い雨が降ります。通過後に気温が急に下がります。

雲から天気を読む → 観天望気

高層天気図

● 高層天気図 (500hPa、上空約5400m付近)



- 温帯低気圧は 上層の気圧の谷の前面にできる。
- 寒冷前線通過後に寒気が流れ込む。

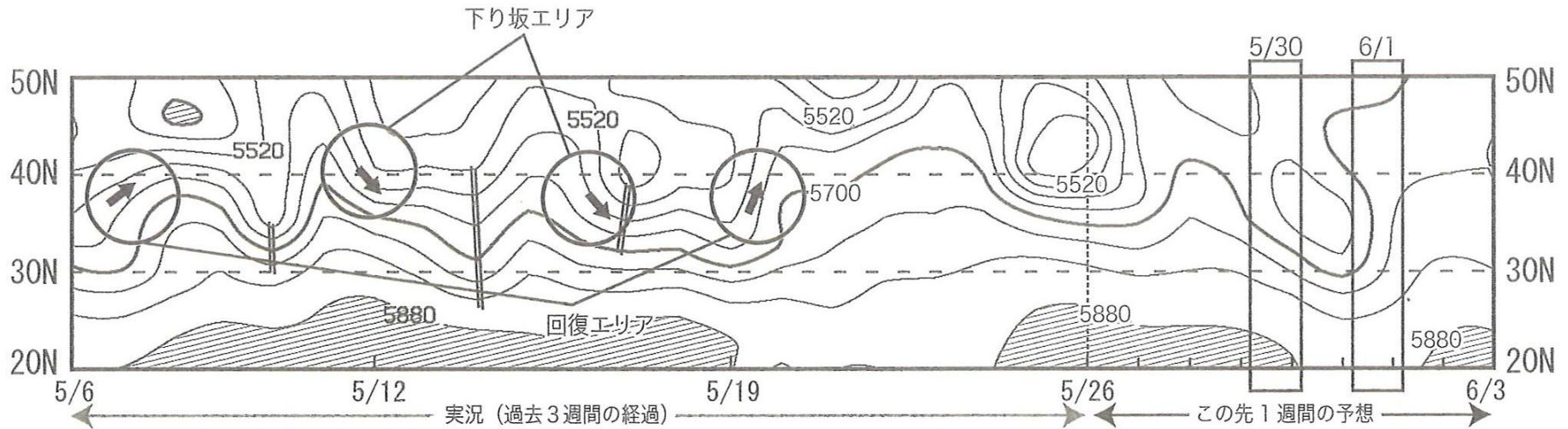
■ 山の天気予測 高層天気図500hPaが活躍。
ポイント ・ 上層の気圧の谷 ・ 上層の寒気

上層の寒気

- 気象遭難の約9割 → 温帯低気圧の発達、その後の寒気流入
- 温帯低気圧の発達 寒気と暖気の強さ
- 上層の寒気の強さ 500hPa高層天気図の気温に注目！

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

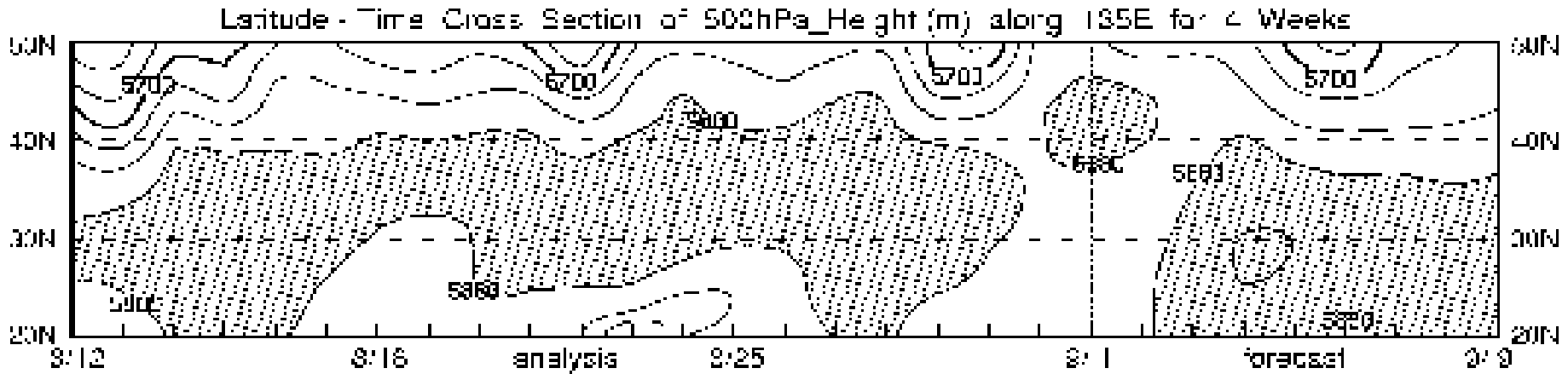
週間予報支援図



■支援図を見るポイント

- ・右肩下がりのエリア→高度が低下→天気が下り坂に向かうエリア
- ・右肩上がりのエリア→高度が上昇→天気が回復に向かうエリア
- ・目的の山域の緯度がわかれば、その緯度での高度線のアップダウンを調べる。
- ・支援図(高層天気図)→気圧の谷がわかる。
地上天気図→実際の低気圧の位置がわかる。
- ・東経135度は大阪付近。山域の経度により気圧の谷の通過に時間のずれが生じる。

週間予報支援図



■太平洋高気圧の圏内 500hPaで **5880m**線

2010年夏山遭難の特徴

- ・8月2日 日高ヌカビラ岳 8名行方不明救出
- ・7月31日 奥秩父滝川 取材班2名
- ・8月12日 赤石岳小渋ルート 1名
- ・8月13日 木曾駒ヶ岳正沢川 1名
- ・8月14日 黒部川上の廊下 1名
- ・8月15日 日高中ノ岳歴舟川 3名

■沢の増水・土石流(鉄砲水)による山岳遭難が多発

→ 短時間降水量の増加(1時間雨量の増加)

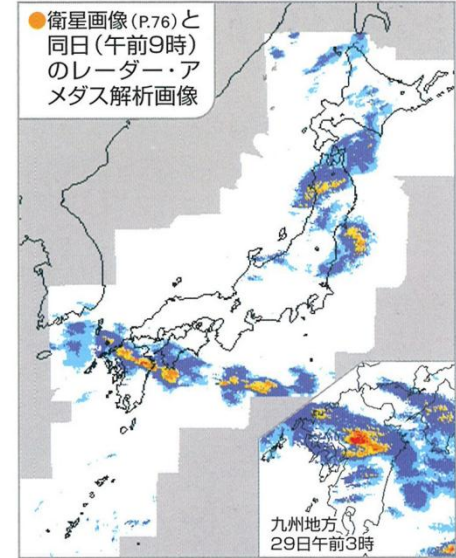
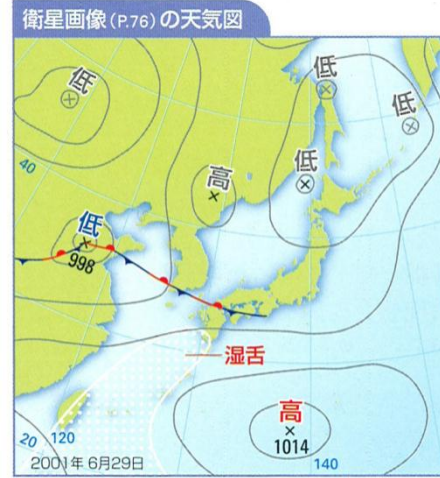
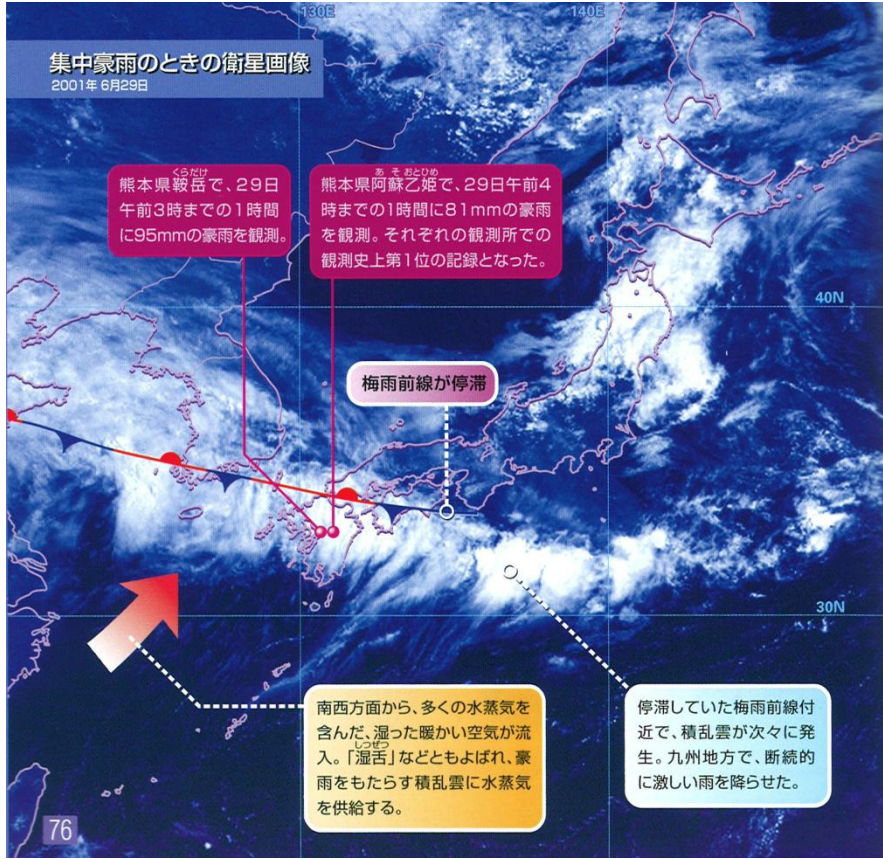
■問題点

山岳での雨量観測点が稀少

高山では降雨は風を伴う→雨量計の補足率の問題

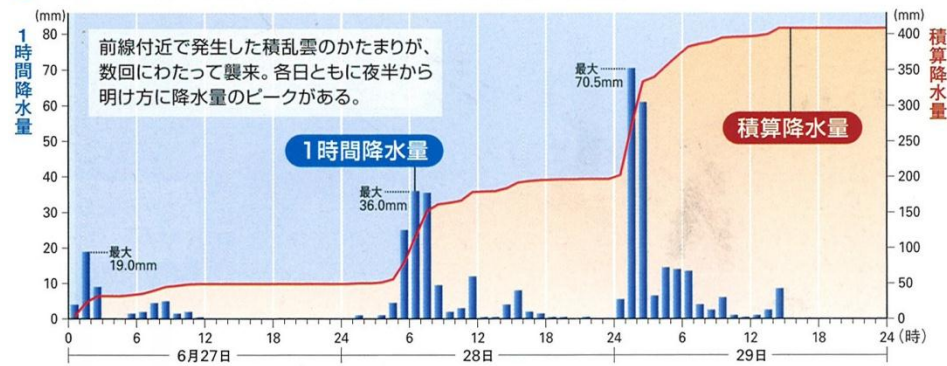
観測点からの伝達システムの問題

梅雨末期の集中豪雨



熊本県鞍轍岳で1時間に95mmの豪雨を記録した日の画像。赤く見えるのが特に雨の強い地域。

●集中豪雨時の雨量の変化(熊本県阿蘇山 2001年6月27~29日)



■集中豪雨の多い季節

梅雨末期(7月上中旬)

台風(9月)

前線+台風

→ 集中豪雨

湿舌

土砂災害の種類

■土石流



■土石流の前兆

- ①山鳴りや、立ち木の裂ける音、石のぶつかり合う音が聞こえる。
- ②雨が降り続けているのに川水位が下がる。
- ③川の水が急に濁ったり、流木混ざり始める。

■地すべり



■地すべりの前兆

- ①地面にひび割れができる。
- ②沢や井戸の水が濁る。
- ③斜面から水が噴き出す。

■がけ崩れ



■がけ崩れの前兆

- ①がけから出てくる水が濁る。
- ②がけに亀裂が入る。
- ③小石がパラパラ落ちてくる。

土砂災害の営力 豪雨

■土砂災害のほとんどは

梅雨 や 台風 の時期に発生。+湿舌

■土砂災害

1時間雨量が30mmを超す。

林道通行止。注意報発令。

1時間雨量が50mmを超す。

土砂災害が発生。警報発令。

■累積雨量

降り始めからの雨量100mm以上になると

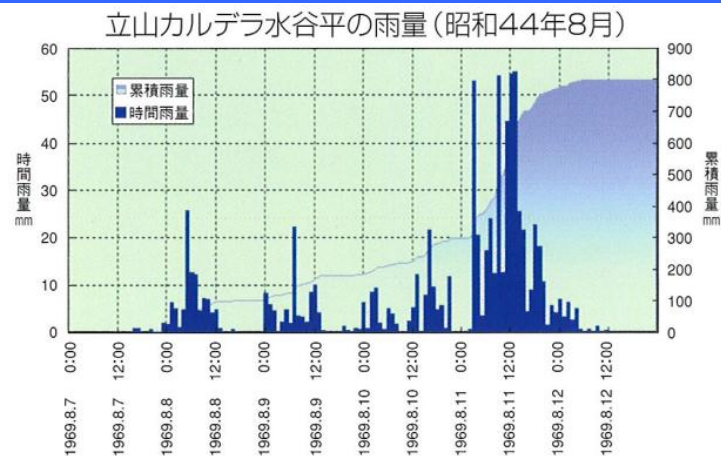
注意報等が発令。



激流が流れ下る称名川(昭和44年8月11日)



土石流通過後、土砂であふれた称名川(昭和44年8月)



雨の強さの目安

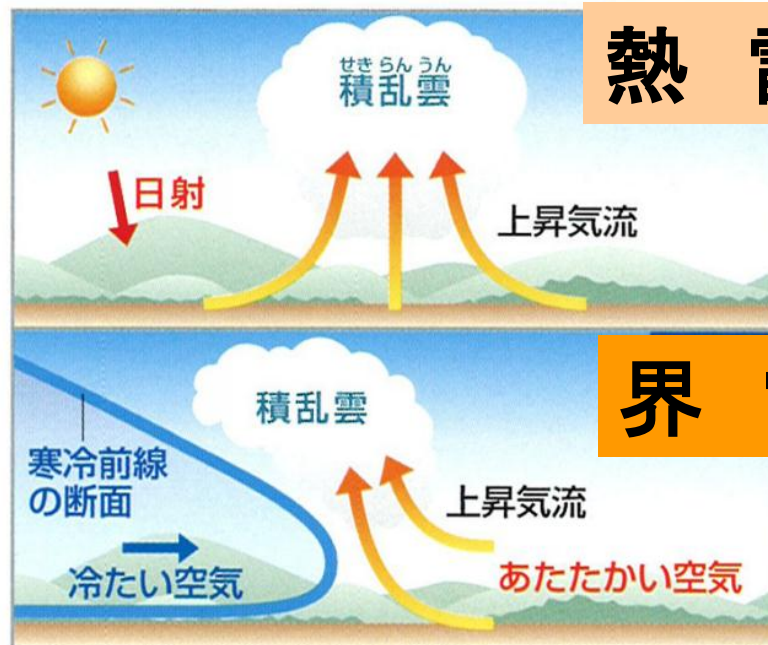
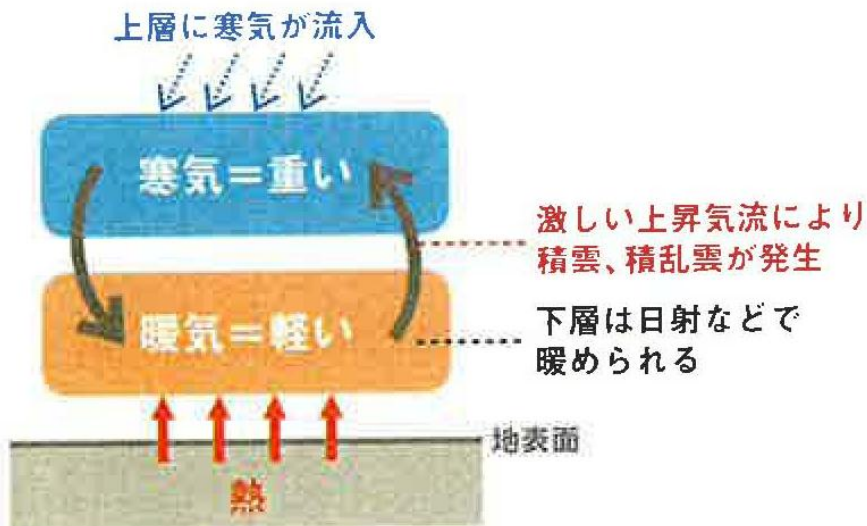
1時間雨量 (mm)	予報用語	人の受ける イメージ	人への影響	屋内 (木造住宅を想定)	屋外の様子
10以上～ 20未満	やや強い 雨	ザーザーと降る	地面からの跳ね返り で足元がぬれる	雨の音で話し声 がよく聞き取れない	地面一面に水たまり ができる
20以上～ 30未満	強い雨	どしゃ降り	傘をさしていても ぬれる	寝ている人の半 数くらいが雨に 気がつく	
30以上～ 50未満	激しい雨	バケツをひっくり 返したように降る			道路が川のように なる
50以上～ 80未満	非常に 激しい雨	滝のように降る (ゴォーと降り 続く)	傘はまったく役に 立たなくなる	水しぶきであたり 一面が白っぽく なり、視界が悪く なる	
80以上～	猛烈な雨	息苦しくなるよう な圧迫感がある。 恐怖を感じる			

■時間雨量20mm～30mm 強い雨。どしゃ降り。

■時間雨量30mm～50mm 激しい雨。バケツをひっくりかえしたよう。

山崩れ、がけ崩れ等の災害が起きやすくなる。警報が出る。林道等の通行止め。

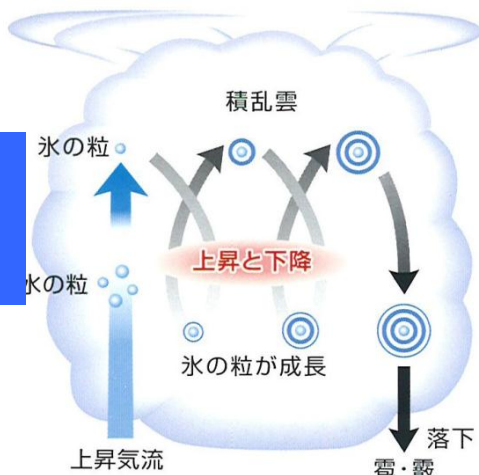
夏山の危険 雷



激しい気象現象
積乱雲の発生発達

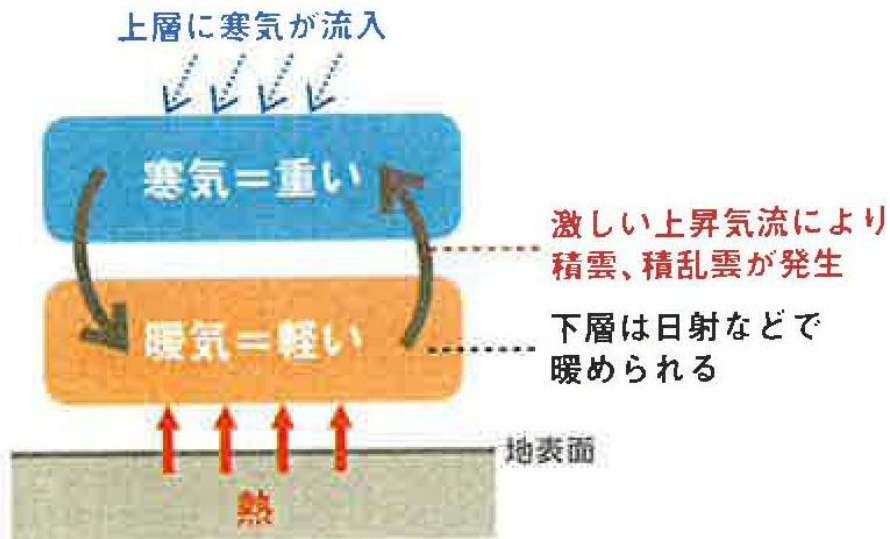
● 雹・霰の成長

■ アラレやヒョウが降る →
積乱雲(雷雲)の中にいる!



大人の指先ほどもある、雹のかたまり。埼玉県で、カボチャ大で重さ数キログラムもある雹が降った記録がある。

雷実況情報 8/31-9/5



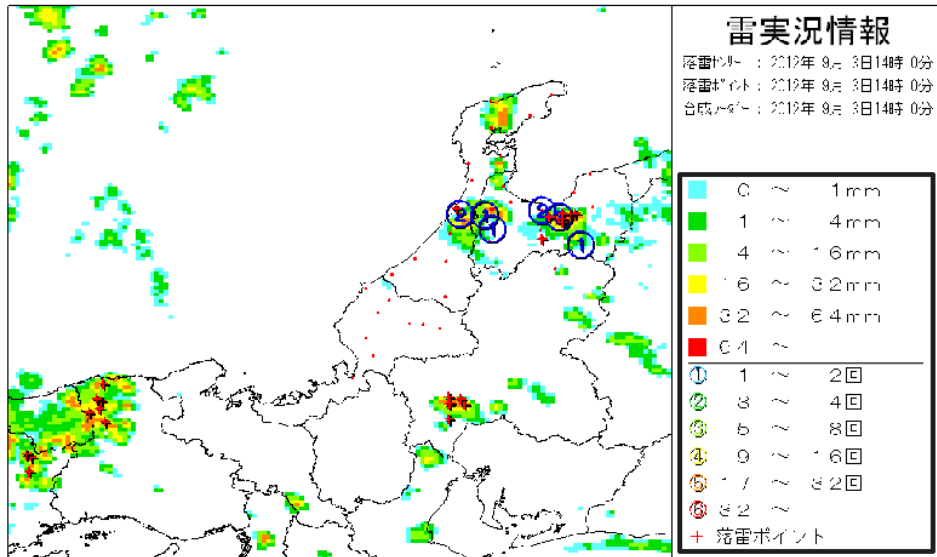
雷の発生を促す気象条件5カ条

- ❶ 上層に寒気が入るとき(目安としては上空約5500mの500hPa面でマイナス6度以下)
- ❷ 前線を伴わない低気圧(大抵は上層に寒気を伴っている)が接近したとき
- ❸ 日本海を前線が南下しているとき
- ❹ 日中、晴れて著しく気温が上がったとき
- ❺ 朝から湿度が高いとき

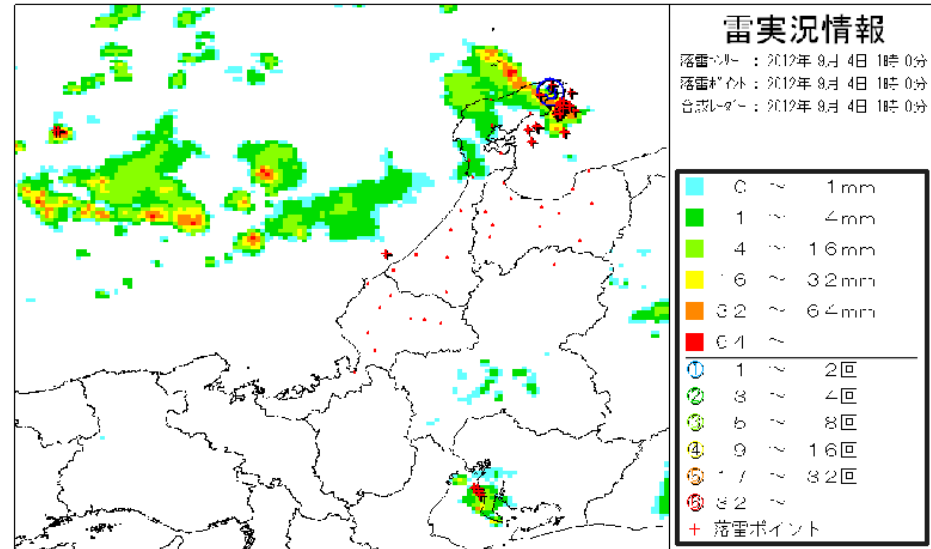
猪熊孝之:実践山の天気入門(2010)より

8月31日9時	輪島	500hPa	-3.7°C	富山市最高気温	33.0°C
9月 1日9時	輪島	500hPa	-4.7°C	富山市最高気温	31.4°C
9月 2日9時	輪島	500hPa	-5.9°C	富山市最高気温	30.4°C
9月 3日9時	輪島	500hPa	-7.1°C	富山市最高気温	30.3°C
9月 4日9時	輪島	500hPa	-6.7°C	富山市最高気温	27.6°C
9月 5日9時	輪島	500hPa	-7.1°C	富山市最高気温	31.1°C
9月5日21時	輪島	500hPa	-7.9°C		

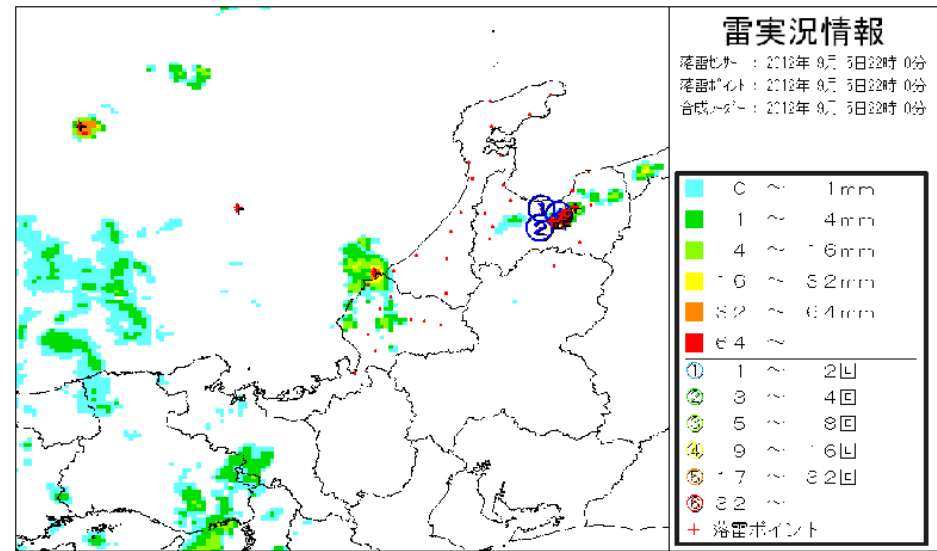
雷実況情報



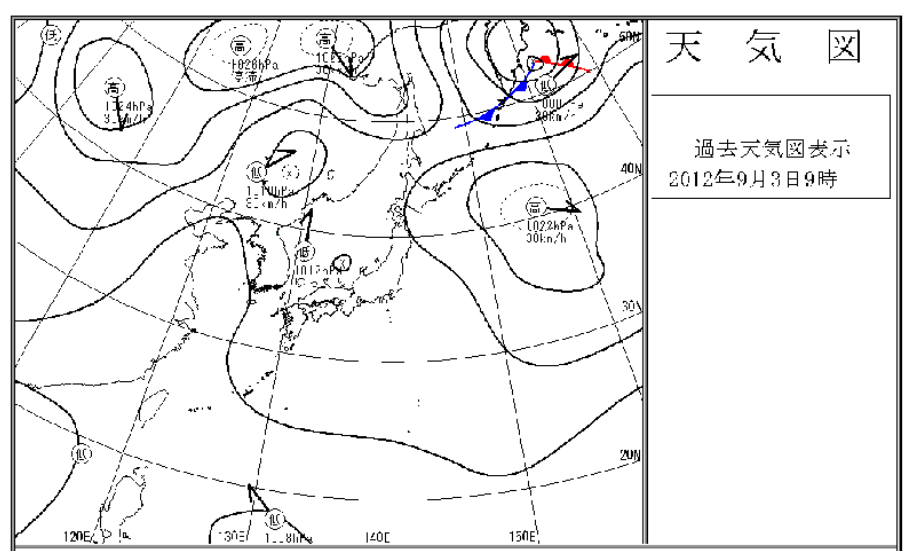
9月3日 14:00



9月4日 01:00



9月5日 22:00



9月3日09:00 天気図

夏山の雪溪



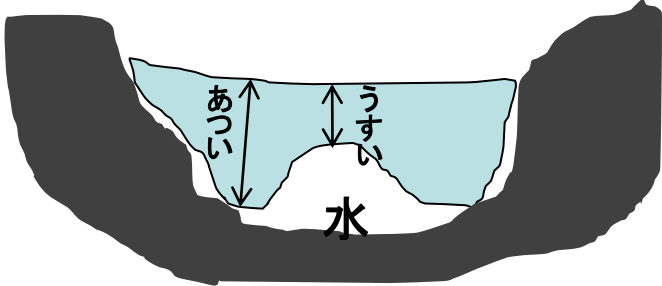
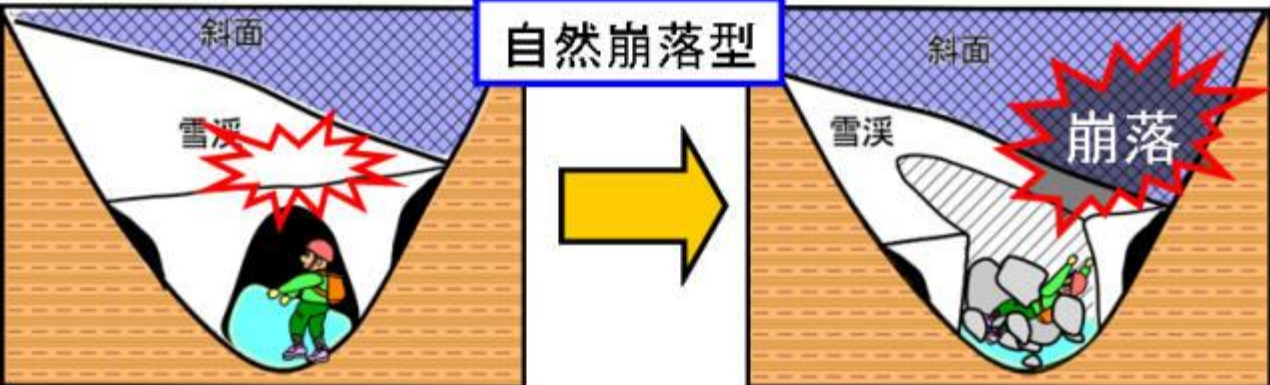
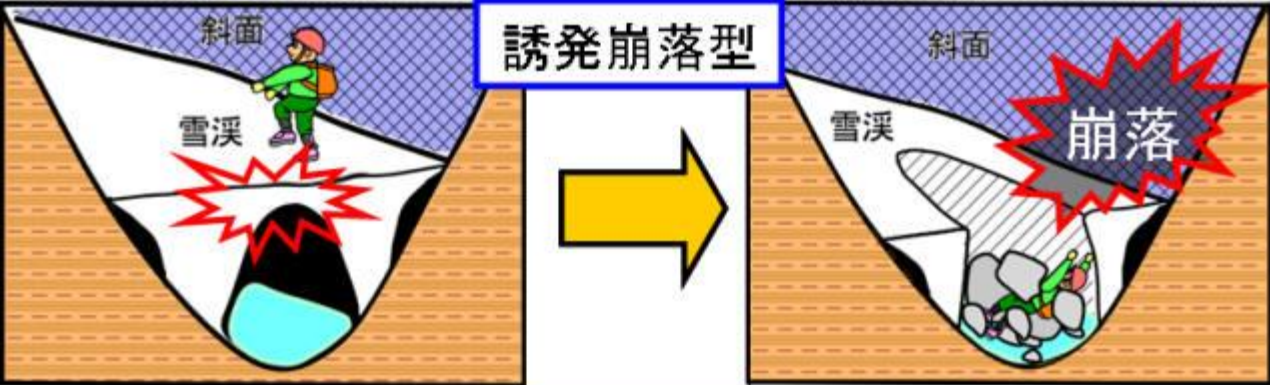
雪溪の崩落

荒沢岳西本城沢で発生した雪溪崩落災害

2004年8月1日11時半頃，新潟県北魚沼郡湯之谷村（現魚沼市）の荒沢岳（1968.7m）の西本城沢（標高約1000m）において，冬期に雪崩によって涵養された雪溪が大規模な崩壊を起こし，崩壊した雪塊の下敷きとなって写真愛好家4人が死傷した（3人死亡，1人負傷）．一般に夏期の雪崩涵養型雪溪は，雪溪底部に溪流との熱交換によってトンネル状の空洞が形成され，スノーブリッジ状となる．今回の災害では，この空洞内に入り込んで写真撮影をしていた人が被災した．



雪溪の崩落



参考文献

- 登山者のための気象学
山本三郎、山と溪谷社(1973)
- 山岳気象入門
村山貢司・岩谷忠幸、山と溪谷社(2005)
- 気象・天気図の読み方・楽しみ方
木村龍治、成美堂出版(2004)
- 雪溪崩落災害データベース
新潟大学災害復興科学センター(2009)
- 山岳気象大全
猪熊隆之、山と溪谷社(2011)