

土木研究所資料

1992年5月4日 白馬大雪溪の大雪崩について

平成5年3月

建設省土木研究所
急傾斜地崩壊研究室
新潟試験所

Copyright © (1993) by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部または一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

1992年5月4日 白馬大雪渓の大雪崩について

急傾斜地崩壊研究室 室 長 中村 良光
主任研究員 寺田 秀樹
大浦 二郎
新潟試験所 所 長 綱木 亮介
研 究 員 藤澤 和範

要 旨

1992年5月4日午前7時半頃、長野県の北アルプス白馬岳東面の大雪渓（通称「白馬大雪渓」）で大規模な雪崩が発生し、2名の登山者が犠牲となった。

この雪崩は、マスコミにより流下長が2～3kmにも達する大規模な全層雪崩と報道された。また、雪崩は大雪渓上を流下しており、規模が大きいかかわらず流下、堆積に際し森林等の影響を受けていないケースと考えられた。

そこで、筆者らは、この大規模な雪崩の発生状況と流下、堆積の実態を明かにするため、空中写真や地上写真の判読、現地調査や目撃者へのインタビュー等を行った。その結果、今回の雪崩は湿雪表層雪崩に分類されること、質量階級等から日本でも最大規模の雪崩であったこと等を明らかにした。

本報では、それらの調査結果に若干の考察を加えて報告する。

キーワード：白馬大雪渓，大規模雪崩，湿雪表層雪崩，空中写真判読

目次

1. はじめに	1
2. 調査方法	1
2.1 地上写真の判読	1
2.2 空中写真の判読	1
2.3 現地踏査	1
2.4 目撃者へのインタビュー	1
2.5 新聞情報等の収集	2
2.6 気象データの収集	2
3. 概況	2
3.1 調査地概況	2
3.2 雪崩の概要	4
4. 発生時の降積雪気象状況	6
5. 雪崩の実態	10
5.1 発生状況	10
5.2 流走、堆積状況	10
5.2.1 流走、堆積実態	10
5.2.2 流動特性	22
6. おわりに	25
参考文献	26
参考資料	27

1. はじめに

1992年5月4日午前7時半頃、長野県の北アルプス白馬岳東面の大雪渓（通称「白馬大雪渓」）で大規模な雪崩が発生し、2名の登山者が犠牲となった。この雪崩は、マスコミにより流下長が2～3kmにも達する大規模な全層雪崩と報道された。また、雪崩は大雪渓上を流下しており、規模が大きいにもかかわらず流下、堆積に際し森林等の影響を受けていないケースと考えられた。そこで、筆者らは、この大規模な雪崩の発生状況と流下、堆積の実態を明かにするため、空中写真や地上写真の判読、現地調査や目撃者へのインタビュー等を行った。本報では、それらの調査結果に若干の考察を加えて報告する。

2. 調査方法

主に以下の方法で得られた情報を基に、雪崩の発生、流下堆積状況について検討した。

2. 1 地上写真の判読

筆者らが収集した地上写真は、発生時または発生翌々日に次の方々によって撮影されたものである。

①5月4日撮影（山田暉治氏撮影）

流下中及び停止直後に撮影されている。

②5月6日撮影（信濃毎日新聞社藤森秀彦氏撮影）

発生区やデブリの状況が撮影されている。

③5月5日撮影（読売新聞社撮影）

デブリの状況が撮影されている。

2. 2 空中写真の判読

①5月11日に撮影した空中写真（縮尺1/6,000）

発生後7日間経過し、その間に降雨があり、雪面やデブリの状況に変化があると思われるが、全体的状況は比較的良好に把握できる。

②5月4日読売新聞社撮影の写真

末端の堆積状況が撮影されている。撮影高度等は不明である。

2. 3 現地踏査

5月27日、発生後3週間以上経過しているが、デブリの範囲や流下痕跡等は把握できた。（参考資料）

2. 4 目撃者へのインタビュー

地上写真①の撮影者の登山パーティのリーダーであった永井孝侑氏に対面インタビューを行った。主に当時の降積雪気象状況や雪崩の流下堆積状況等の情報を収集するために行った。

2.5 新聞情報等の収集

現地の当時の気象状況等の情報を収集するために行った。(参考資料)

2.6 気象データの収集

雪崩発生日を中心に地上気象、高層気象データを収集した。

3. 概 況

3.1 調査地概況

雪崩の発生した白馬大雪渓は、我が国の三大雪渓の一つで、長野県白馬村に位置する(図-1)。発生区は白馬岳(2,932.2m)と杓子岳(2,812m)の間の稜線部(約2,600m)にあたる。付近の斜面には、尾根沿いにダケカンバを中心とする広葉樹が存するが、それ以外の稜線部及び斜面には岩盤が露出し、植生も矮小である。

雪崩は、標高2,600mの稜線から東方約2.8kmにある白馬尻小屋跡の標高約1,500mまで達している。

雪崩の発生した稜線はほぼ南北方向に伸びている。発生区全体は稜線から標高2,300mに向かってすりばち状をなしている。図-2に縦断図を示すが、標高2,400m付近に遷急点がありその上部で30°程度、下側では標高2,300m付近までが39°程度となっている。それ以降標高1,700m付近まで顕著な谷地形を呈し、左岸側からの2つの支渓を合流する。この間の谷幅は100m程度、勾配は23°~25°とほぼ一定している。標高1,500m付近の白馬沢の合流点にかけては谷地形が緩み勾配も緩くなり、谷幅も広がっている。

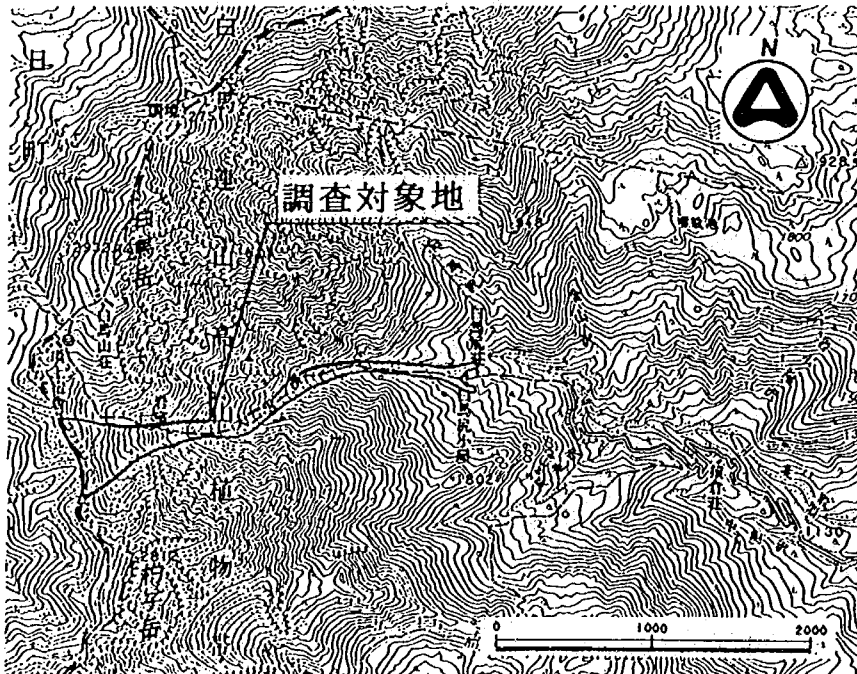


図-1 位置図

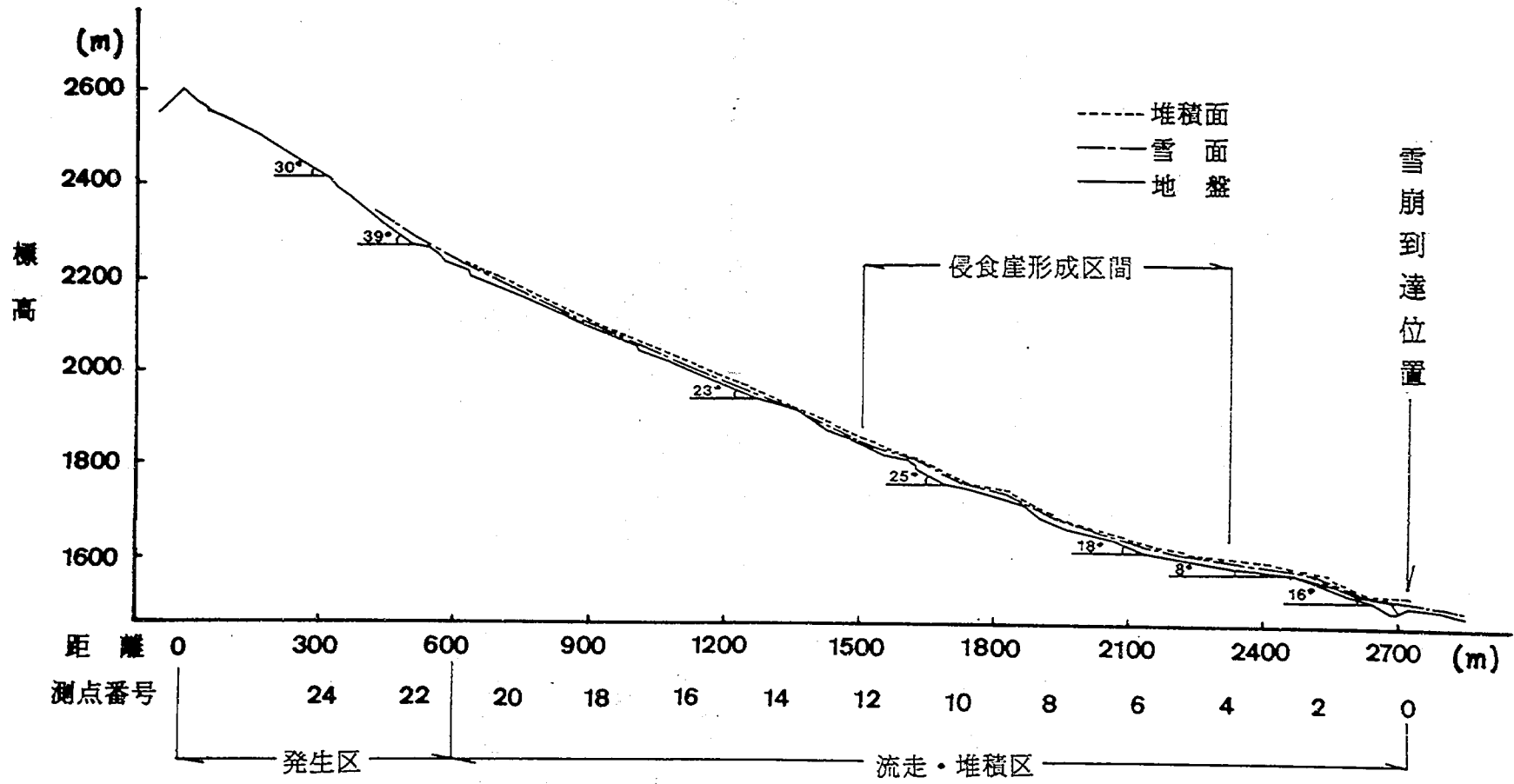


図 - 2 縦断図

3.2 雪崩の概要

空中写真①からは、本流だけでなく、2本の支溪それぞれからも大きな雪崩が流出したことが確認される(図-3)。デブリの堆積層序から、下流側支溪、本流、上流側支溪の順で流出したものと推定された。このうち、上流側支溪からの雪崩は、5月6日撮影の地上写真には見られないことから、7日~11日の間に流出したものである。各々の雪崩の諸元を表-1に示した。白馬尻にまで到達しているのは、本流筋の雪崩であるので、以降この雪崩を解析の対象とする。

雪崩の発生地点は前述のとおり、白馬岳と杓子岳間の稜線付近である。空中写真①および写真-1から雪崩は面発生表層雪崩であり、その発生区内には雪崩の発生痕跡と考えられる複数の破断線があり、それらは稜線直下(A)、遷急線をなす勾配変化部(C)および両者の中間(B)の大きく3つに区分される。

破断線(A)と堆積末端とは標高差約1,010m、最大到達距離約2,770mにおよび、流下幅は50~110mである。又、この時の見通し角は21.8°である。この値は乾雪の雪崩とすると高橋の経験則における表層雪崩の範囲内にあるが、湿雪雪崩とすると経験則の全層雪崩の範囲をはずれる。

プランメータを用いて計測された雪崩面積は、標高2,220m付近を発生区下限(後述)とすると発生区面積は132,000㎡、流走堆積区が151,000㎡であった。

表-1 空中写真から判読された主な雪崩の諸元

区 分	発生標高 (m)	到達標高 (m)	雪崩延長 (m)	見通し角 (°)
本 流	2,600	1,490	2,770	21.8
上流支溪	2,410	1,930	820	30.3
下流支溪	2,490	1,610	1,720	27.1

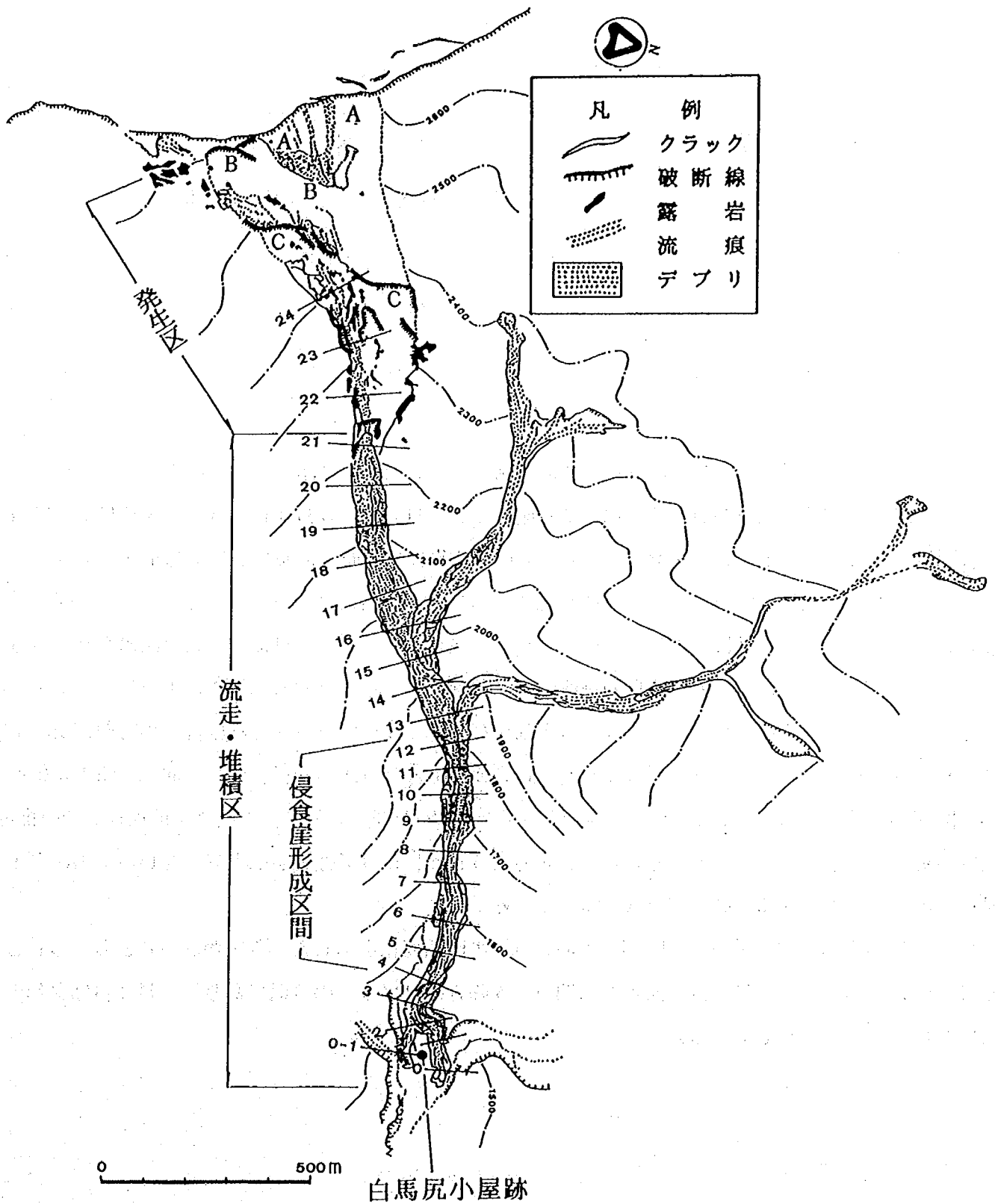


図-3 平面図

4. 発生時の降積雪気象状況

発生日を中心に地上気象観測データを収集した。ただし、観測所は発生源から東方へ4～10km離れ、標高は1,360～1,950m低い(表-2)。

表-2 気象観測所一覧

観測所	標高	観測概要	所管
白馬	700	日照時間, 天気, 風向, 風速, 気温, 降水量	気象庁
白馬	730	天気, 気温, 降水量	建設省
猿倉	1,240	積雪深	建設省
姫川第2発電所	650	天気	中部電力

4月25日から発生日をはさむ5月9日までの観測データを図-4に示す。これによると、4月25～29日と5月5～6日の間は日照時間が8時間以上あり晴天で、4月30日～5月4日と5月7～9日では日照時間は6時間以下で曇または雨という状況であった。風向は雪崩発生当時は北風で、風速は最大でも4～5(m/s)程度であった。最低気温はそれ以前に比較し高めであるが、最高気温は逆に低くなっている。降水量については、4月30日と5月8日に比較的まとまった量を記録し、5月3～4日にも小雨が記録されている。

ここで、雪崩発生点に最も近い猿倉観測所の積雪記録を見ると4月30日から5月1日にかけて積雪深が増大し、5月3日から4日にかけて積雪深の減少割合が小さくなっている。これは各々の時期に山麓で記録された降雨が高地では降雪であったと考えられ、白馬連峰では3日から4日にかけて50cmの新雪が積もったとの新聞記事と符合する。図-4には、気温低減率を0.6(°C/100m)とした雪崩発生地点標高での推定日最高及び最低気温を合わせて示している。これによると5月4日には最低気温は上昇しているもののマイナスで、最高気温は逆に低下するもののプラスを示している。

図-5に同様の方法で雪崩発生時刻を中心に気温の時間変化を示した。降雪があったと考えられる5月3、4日について見ると、5月3日は深夜から明け方を除きほぼプラスの気温であり、5月4日は夕刻まで0℃ないしマイナスで推移している。

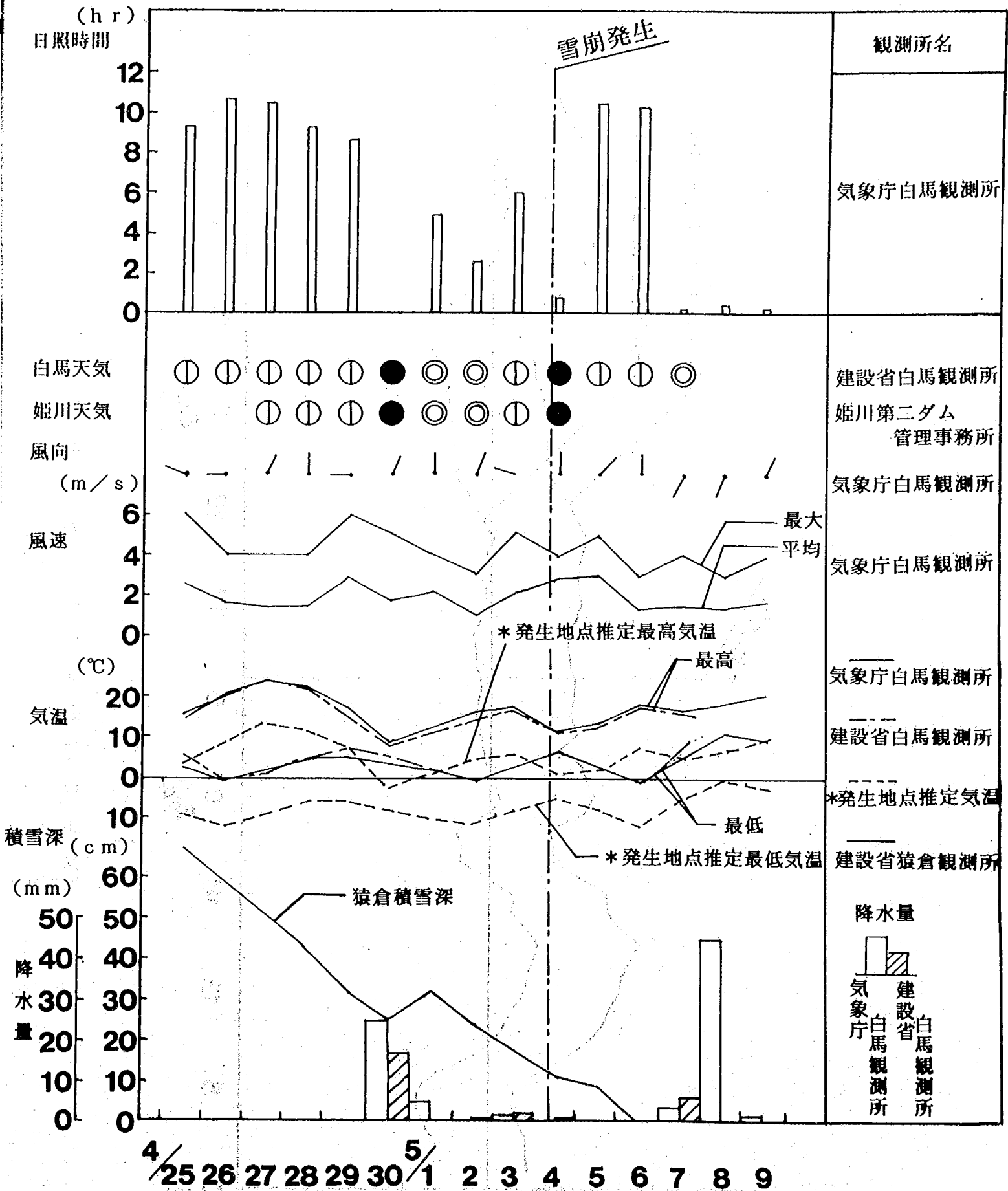


図-4 雪崩発生日前後の地上気象状況

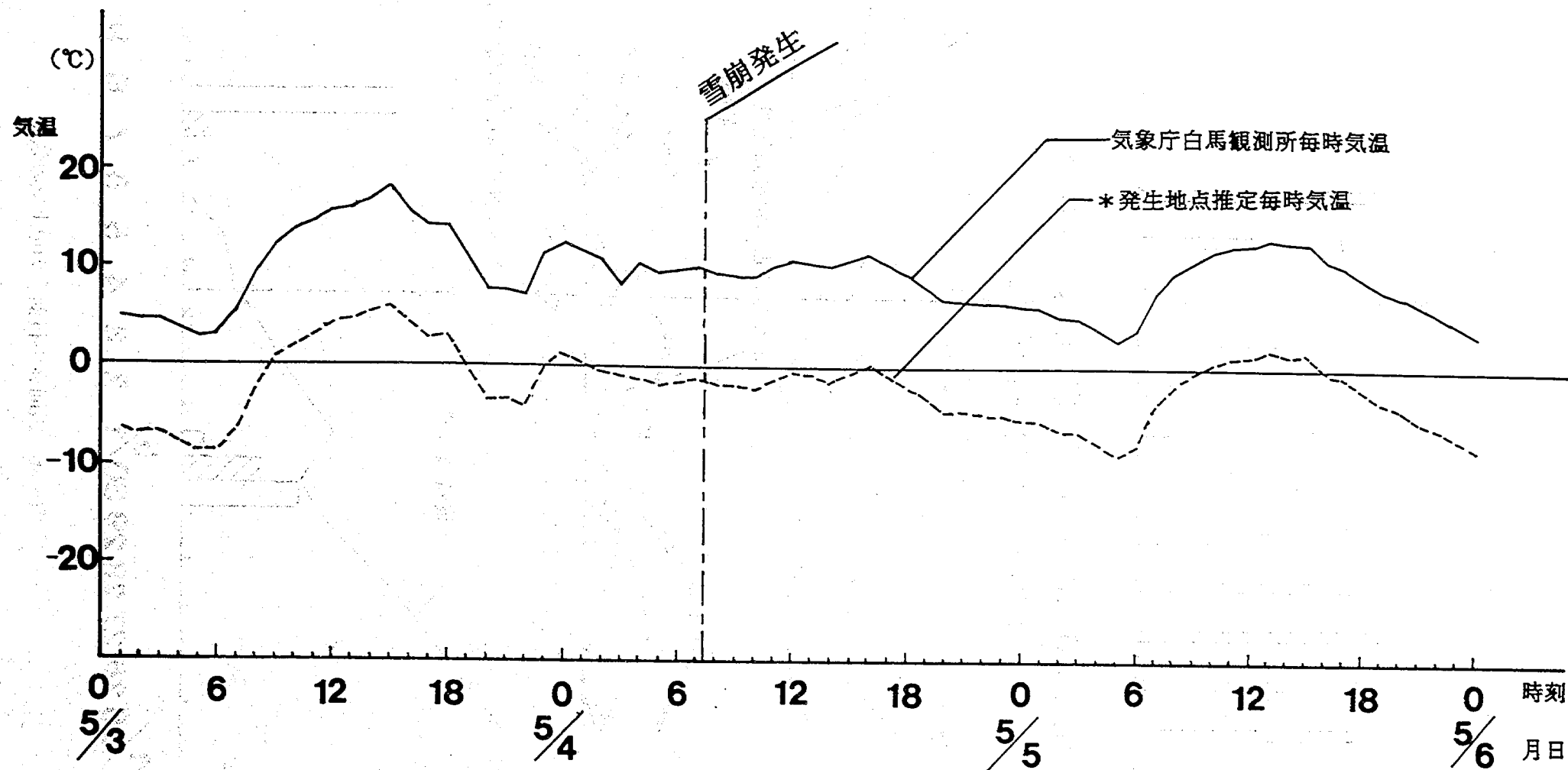


図 - 5 雪崩発生時刻前後の気温状況

一方、当時の上空約3,000mの気温分布や風速を表す高層天気図について、5月1日から4日にかけて日本列島上空約3,000mに -10°C ～ -6°C という寒気団が入り込み大気の状態が不安定となっていた。特に標高2,500m以上の高山地帯ではこの寒気団の影響をまともにうけ気温は低く、風が強く吹き、低地で降雨であったならば吹雪となる可能性がある状態であるという気象庁職員の見解を得た。発生点推定気温(図-4)と併せて、3日夜半から4日午前9時にかけて見ると長野県上空3,000mでの風速は50kt以上と強く、気温は -10°C ～ -6°C と低かった。

永井氏への聞き取り調査によると、発生当日早朝(5:00～7:00頃)は滞在していた猿倉荘付近(標高1,200～1,300m)では天気は曇で小雪ないし霧を伴った強い北風が吹いていた。また、7:00頃白馬尻に到着したが稜線は望めなかったとのことで、地上気象データや高層気象データからの推定と一致している。

また、永井氏からは5月3日は晴でテントの中(慕當地猿倉荘付近)は暑いほどであったが3日夜半に北風が強まったことおよび発生当時白馬尻付近の雪質は新雪という感じではなく湿雪であったことと、山の上にテントを張った人からの伝聞として5月2日夜にはテントの除雪をするほど降雪があったとの情報を得た。

これらから、雪崩発生前の4月30日から5月1日または5月2日から3日にかけて強風を伴う比較的多量の降雪があったこと、5月3日は天候が回復し気温が上昇したが、5月3日夜半から4日の発生当時は発生区付近は強風または吹雪模様であったと考えられる。

降雪量については白馬連峰には発生当日にかけて50cmの新雪があったとの新聞記事(参考資料)があるだけで、それ以上の量的な推定は困難であった。

これらから雪崩の発生要因について、

- ① なだれた層の積雪は、主にこれらの強風下に形成されたものであり、すり鉢状の地形に大量に吹き溜まった可能性があること。
- ② 強風下の降雪であるため下方の積雪面と不連続で不安定な積雪構造であったとも考えられること。
- ③ 5月3日、日中の気温の上昇とそれ以降の気温の低下は、それ以前の雪面にクラストを形成させ、それ以降に形成された積雪層と不連続面を形成し、すべり面となった可能性がある。

などが考えられる。

直接のきっかけとしては、前述のクラスト面上に形成された3日夜半から4日にかけての積雪層の荷重増による滑落と後述する稜線付近の雪庇の崩落による衝撃があげられる。

なお、発生した雪崩層の乾湿の判定は地上気温データに高層天気図のデータをあわせて考えても、標高2,600m付近では 0°C 前後と推定されるが、断定は困難である。

5. 雪崩の実態

5. 1 発生状況

空中写真および写真-1から稜線には巨大な雪庇が観察される。山小屋や樹木の大きさなどから、雪庇の高さは5~10m程度と推定された。破断線(A)はこの直下にあり、雪庇の崩落をきっかけとして雪崩が発生した可能性がある。空中写真には雪庇の背後(西側)に多数の開口亀裂が観察され、雪庇が不安定な状態にあることを伺わせる。

破断線(A)は総延長約230m、高さ2~4mと推定される。このうち北側のものは雪庇の影で空中写真からは判読が困難であったが、南側は明瞭に判読されている(高さ2m程度)。破断線(A)と(B)の間には(A)から発生したと思われる雪崩のデブリが長さ140m、幅60m程度にわたって観察される。破断線(B)は総延長約245mで高さ3~5mと推定される。(B)は地上写真からは明瞭に確認されるが、空中写真からは一部不明瞭な部分も存在している。破断線(C)は連続性が明瞭で総延長約300m、高さ2~4mと推定される。(C)のうち左岸側のカギ形の破断線は頂部がシャープではなく、雪庇のように見える。また、(C)の下部には流下部底面、側面に多数のカギ形の破断線が存在している。このような状況は標高2,220m地点までつづいている。なお、この地点から下流にはデブリの堆積が生じており、破断線(A)からこの地点の範囲を発生区と推定した。

また、下方の2つの破断線が比較的明瞭に保存されていることから、上部から発生した雪崩が順次下方の雪崩を誘発させることにより形成されたものと考えられる。特に(B)では斜面勾配が 25° ~ 28° 程度と比較的緩勾配であるにもかかわらず広範囲に発生しており、その可能性が高い。また、発生した雪崩の全てが4月30日あるいは5月3日以降の降雪によるものかそれ以前の旧雪を巻き込んだものかは不明であるが、仮に上部では異常に吹き溜まった新雪だけがなだれたとしても後述するように10万 m^3 規模の雪崩となり、その流下による衝撃から下方では旧雪を巻き込んだとしても不思議はない。

細分化された発生区の面積と発生量(発生区面積×破断面高さ)を求めるとA($48 \times 10^3 m^2$: $96 \sim 192 \times 10^3 m^3$)、B($53 \times 10^3 m^2$: $159 \sim 265 \times 10^3 m^3$)、C($31 \times 10^3 m^2$: $62 \sim 124 \times 10^3 m^3$)となり合計で($132 \times 10^3 m^2$: $317 \sim 581 \times 10^3 m^3$)の範囲となる。雪密度を $0.1 \sim 0.3 (g/cm^3)$ として質量階級(M.M.)及びポテンシャル階級(P.M.)を求めると、それぞれM.M.= $4.5 \sim 5.2$ 、P.M.= $8.5 \sim 9.2$ となり、日本では最大規模の雪崩であったと考えられる。

5. 2 流走、堆積状況

5. 2. 1 流走、堆積実態

空中写真によれば、雪崩の堆積は発生区直下の標高2,200m付近から始まり、末端まで2,000m以上にわたっている。

位置的な雪崩の堆積傾向を把握するために、末端付近より100mピッチに横断測線を設け、次のような方法で横断図を作成し、区間毎の堆積、洗掘量を求めた。測線No.2とNo.3は現地踏査の際に実施した簡易横断測量結果を用い、それ以外はそれらの結果と5月6日撮影の地上写真を参考に空中写真判読から推定した。

したがって、水平方向の精度は比較的高いが、鉛直方向には誤差が1m程度はあると考えられる。同様に、雪崩流路周辺の雪面状況と地盤線（1/5,000地形図（建設省松本砂防工事事務所作成）から推定）から雪崩発生以前の雪面線を推定し、堆積、洗掘量を求め縦断勾配及び流下幅と対比した（図-6）。また、横断図の例を図-7に示す。

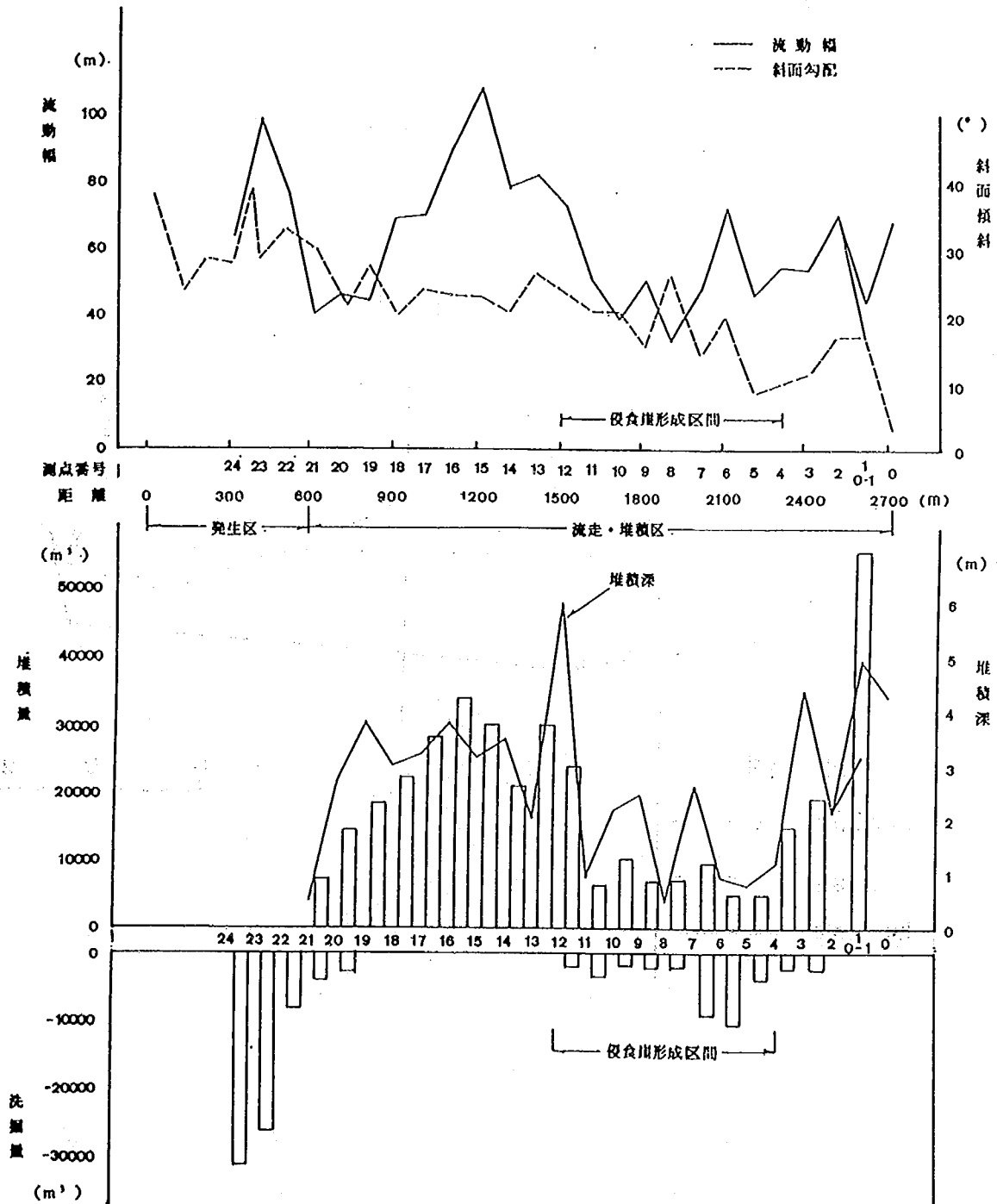
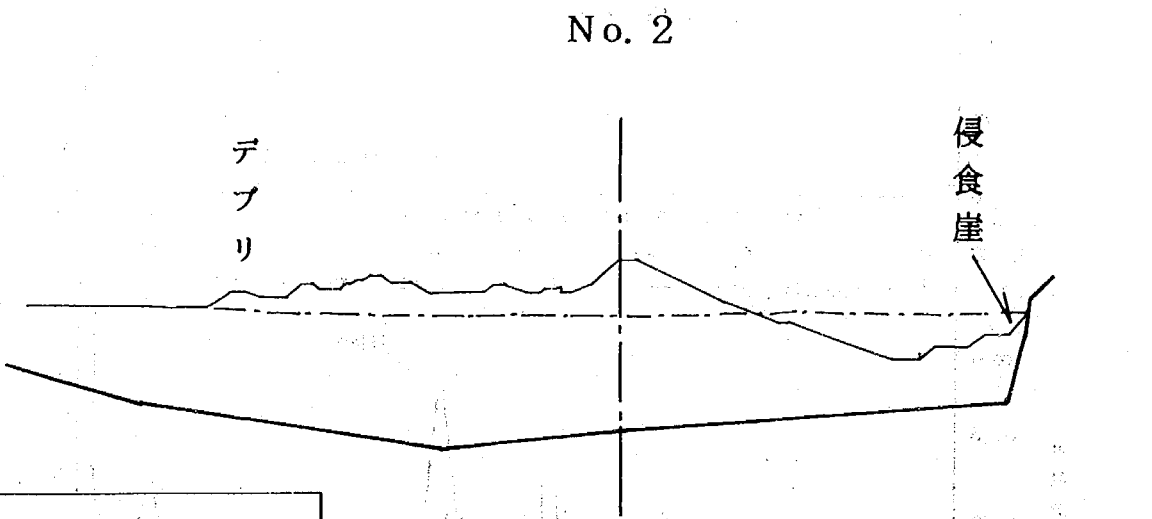
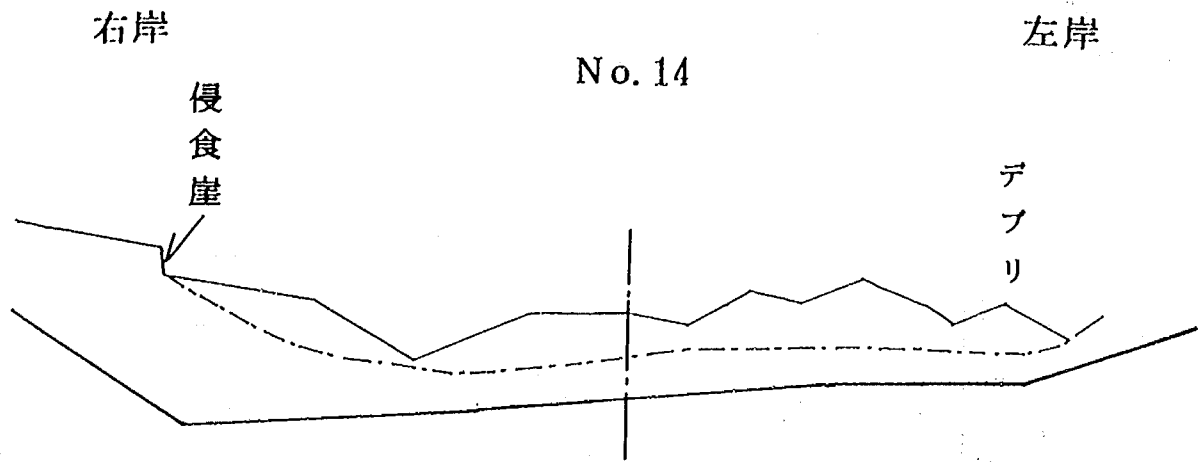


図-6 区間勾配、流動幅と堆積、洗掘状況



凡 例	
堆積面	——
雪面	- - - -
地盤	——

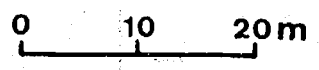


図-7 横断面の例

これから、堆積は測線No.20~21から始まり、測線No.12より下流に洗掘区間があることと堆積量が多いのは中流部No.18~12の相対的に流動幅が広がっている区間と勾配の急減するNo.5以降から末端の部分であることがわかる。合計の堆積量は末端区間よりも中流区間の方が多いが、測線No.2より下流だけで $55 \times 10^3 \text{ m}^3$ 以上の堆積量が見込まれた。また図には平均堆積深も示されているが中流部で3~6m、末端で4~5m、平均で3m程度である。こうして求められた総堆積量は $389 \times 10^3 \text{ m}^3$ であった。

また、測線No.12からNo.5付近にまでブルドーザによって押し通ったような深さ数m（最大で4~5m程度）の侵食崖（雪堤）が延長約800mにわたって、主に右岸側に形成されている（写真-2）。雪塊の集合からなるデブリがその壁面によって分けられた流路内に堆積している。ただし、デブリは常に連続して堆積しているわけではなく、堆積末端付近には流下路内ではあってもデブリがとぎれた部分もある。壁面には雪面に平行な走痕が筋状に形成されている（写真-2）。それより下流には周囲の雪面よりも盛り上がりデブリが堆積しており、垂直に近いデブリ側面に積雪層構造または走痕を残した部分もある（写真-3）ことから、雪崩の前進にともなって押し出され、取り込まれた部分もあると思われる。また、デブリがとぎれた部分から流下方向を見た写真-4を見ると、流下跡底面は固く滑らかで、その上をデブリが滑って来て止まったように見える。

また、地上写真や現地踏査時の観察から末端部のデブリは横断的に中央が凸のカマボコ状に堆積し、地形的な沢部全体に広がっては流れていない。

デブリは写真から、大きいもので数mにもなる雪塊の集積からなっており（現地踏査時でも径1~1.5m程度のものが多かった）、マトリックスはないように見える（写真-5）。こうした雪塊は詳細に観察するとそれよりも小さい10cmオーダー程度のスノーボールが凝集することによって構成されているように見える。これは、流れの状態が流下の過程で変化したことを示していると思われる。発生時にはスノーボールであったものが、流下に伴い標高が低下し雪崩に取り込まれる積雪の雪温、含水率の上昇と外気温の上昇により付着性が増大し、スノーボールが凝集したものと考えることができる。また、こうしたことから、少なくとも堆積区間では雪崩の雪質は、湿雪であったと考えられる。

末端では測線No.2付近から微高地を境に二股状に分かれて堆積している。現地踏査時のデブリの状況や空中写真の判読結果から、当初左岸側沿いの流れ、右岸側の流れ、右岸側から左岸側へ流入する流れ（右岸側と左岸側で落差があり、左岸側の方が低くなっている）の順番と推定した。しかし、永井氏によると雪崩は始め数分程度右岸側を流れており、先頭が停止するとその背面に後続が順次盛り上がるように堆積して行き、ついには流下方向を転じ左岸側へ向かったと述べている。分岐点より上流側で撮影された雪崩の流下中の写真-6を見ると既に先頭が二股に分かれて流下していること、分岐前の双方の流路の境には現地踏査の段階でも流下方向に平行した小高いデブリの山が形成されており、その連続した境界の下流部分に右岸側から左岸側への流下痕跡があることから、雪崩は左岸側と右岸側の流れが同時に流下し、右岸側の雪崩の後続が左岸側へ流入したものと判断される。いずれにしろ、低温室での雪崩の流下堆積実験で見られるように雪崩が先頭から順次背後へ堆積していったことと、土石流に見られるような首振り現象を生じていることがわかる。

永井氏（雪崩流下時に測線No.2~3の右岸段丘上にいた）からはさらに次のような情報を得た。

① 雪崩の流下に際して特に音はしなかった。雪崩は溶岩のようにモコモコと駆け足程度の速度（駆け出

すほどではなく、十分に逃げられる程度の速度)で、傾斜の急なところでは早く、平らなところではゆっくりと動いていた。

- ② 雪崩はブルドーザに押されたように雪面をかきわけながら、表面の雪を前方へ押し出すように進み、かきわけられた雪はそれほど側面には行かなかった。
 - ③ 雪崩の高さは先頭と後方でそれほど差がなかった。
 - ④ 後方の流れは先頭によってつけられた道を通ってくるようだった。
 - ⑤ 雪塊の大きさは先頭で0.5～1 m程度で、特に回転しているということはなかった。
 - ⑥ 雪崩は何回かに分かれてきたわけではなく、上方から継続的に供給されてきた。
- と述べている。

流動中の写真-7を見ると、雪崩は大小の雪塊から構成され平面的には先端が船の舳先のようにとがり、縦断的には先端から少し後方に最高点を持った楔形をしている。舳先から両側へ積雪を削り取った雪塊を堆積させながら進んでいるのがわかる。その一番外側は相対的に細かいスノーボールになっている。

盛り上がるように流れているのは、先頭よりもその後方の雪塊の方が、前面の積雪を押し分けることなどによる抵抗が少ないことから相対的に流下速度が早いため、前方の雪塊を押し出すあるいは乗り上げることになるためと思われる。また、その際の圧力が雪崩の推進力になっており、先頭部では後方からの圧力が最も強い状態となっていると推測される。

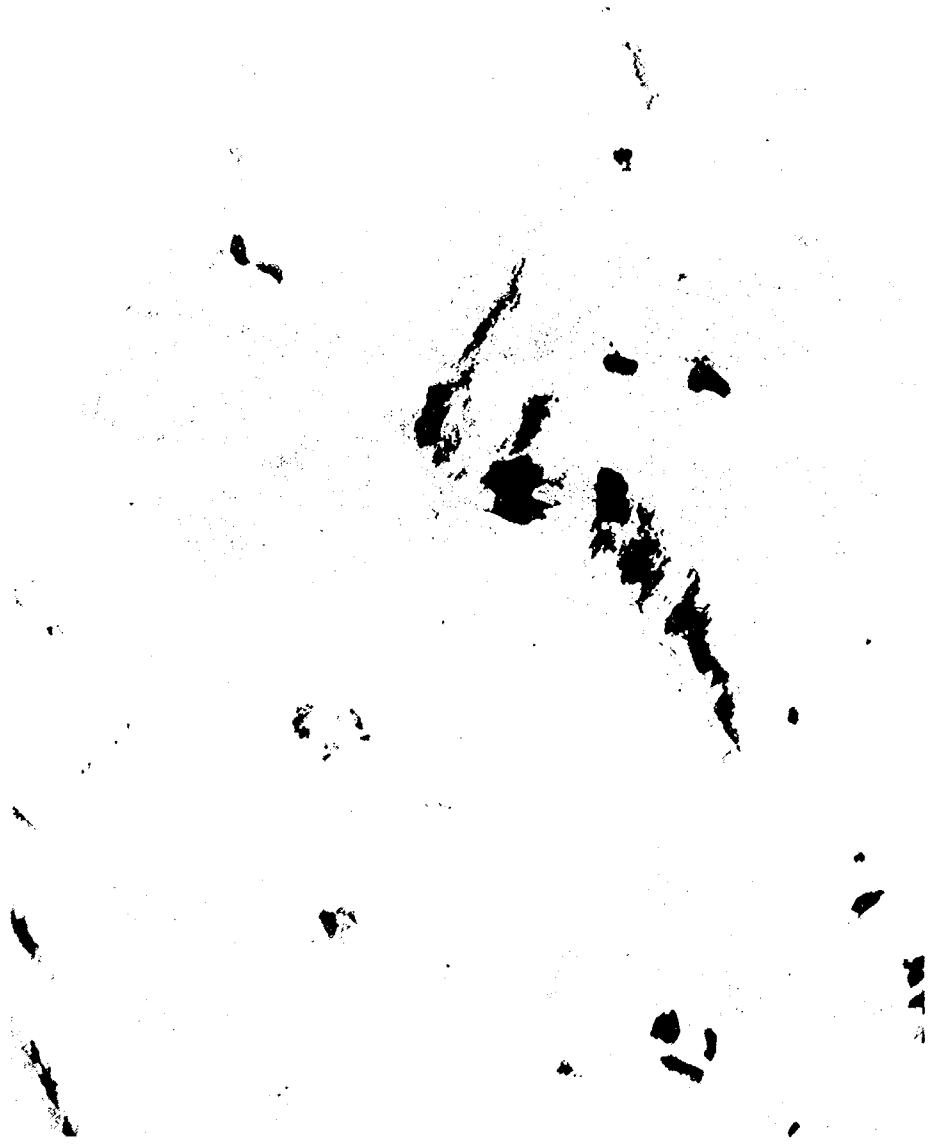
このことは、次のようなことと符合する。上流部では侵食崖の方が堆積面より高いことから、雪崩による削剥、圧密が主に雪崩の先頭部の方で行われたと考えられる。また、現地踏査の際に、デブリ先端とデブリ前方の自然積雪部分との境付近に連続した開口した亀裂面が形成されており、その亀裂面が70°から90°の角度で上流側下方へ傾斜していることが観察された(写真-8)。この面を中心にデブリ側下流自然積雪側双方の雪面が盛り上がっていることからこの部分の積雪密度が相対的に高いことが推測され、それは雪崩前面の自然積雪が雪崩の前進にともなって圧縮された結果だと考えることができる。



空中写真 (1/6,000 5月11日撮影)



空中写真 (1/6,000 5月11日撮影)



空中写真（5月4日 読売新聞社撮影）



写真-1 堆積区 (No. 7~8付近) より発生区方向 (5月6日 藤森秀彦氏撮影)
稜線上の大規模な雪庇と発生区の複数の破断面が見える。また、デブリは大きな雪塊の集合である。



写真-2 右岸側に形成された侵食崖（雪堤）とデブリ（5月6日藤森秀彦氏撮影）
壁面には雪面に平行な走痕が見られる。大きな雪塊は小さな雪塊が凝集している。



写真-3 末端No.2～3付近のデブリ（5月4日山田暉治氏撮影）
側面に積雪層構造が見える。写真は下流方向へ撮影されている。



写真-4 雪崩により圧雪状態となった走路底面と雪塊（5月6日藤森秀彦氏撮影）



写真-5 雪崩末端右岸側の走路のデブリ（5月5日読売新聞社撮影）



写真-6 流下中の雪崩（5月4日山田暉治氏撮影）

No.2~3右岸側からやや上流側方向へ撮影されている。雪崩の先頭はクワガタのように2股になっている。遠方のテントの大きさと比較すると、高さ4~5m程度と推定される。

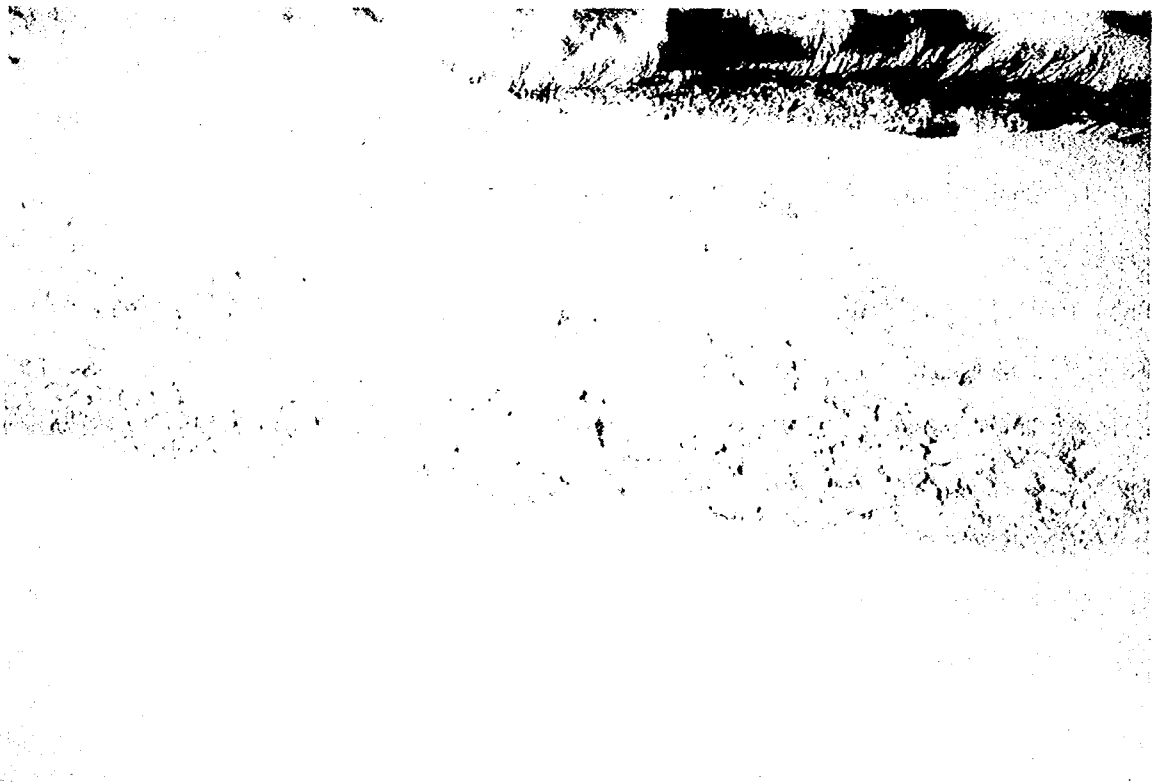


写真-7 流動中の雪崩（5月4日山田暉治氏撮影）

雪崩は大小の雪塊から構成され、先頭のやや後方に高さのピークがある。雪崩の側方に削り取った雪を堆積させている。

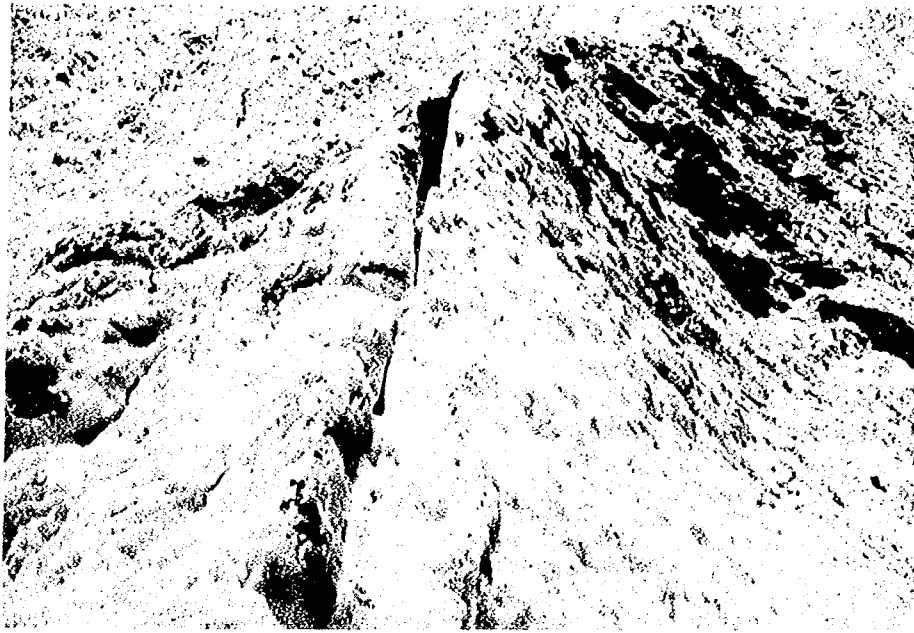


写真-8

写真-8 デブリ末端の開口した亀裂（5月27日撮影）

亀裂面は左方のデブリ側に向かってやや傾斜している。雪面は亀裂に向かって双方が盛り上がっている。

5. 2. 2 流動特性

前述のとおり、今回の雪崩は湿雪と考えた場合には、流動性の高いものである。そこで、いくつかの方法で他事例と比較した。

和泉（1985）の定義した超過距離と雪崩発生量の関係図に、今回の雪崩をプロットすると最大ではないものの同規模の乾雪表層雪崩に比しても決して小さくない超過距離を示していることがわかる（図-8）。

最近、Fujisawa and Tsunaki (in press) は見通し角を目的変数とし発生区の傾斜等の縦断地形条件を変数にした重回帰式を日本で発生した多くの災害雪崩に対して求めた。このうち、乾雪表層雪崩に対して求められた式に、今回の雪崩を当てはめると、図-9のようにほぼその回帰線上に適合した。したがって、今回の流下距離は乾雪表層雪崩並に長い距離を流下したものの、縦断地形の条件からは特に異常な距離を流下したとは言えないことになる。

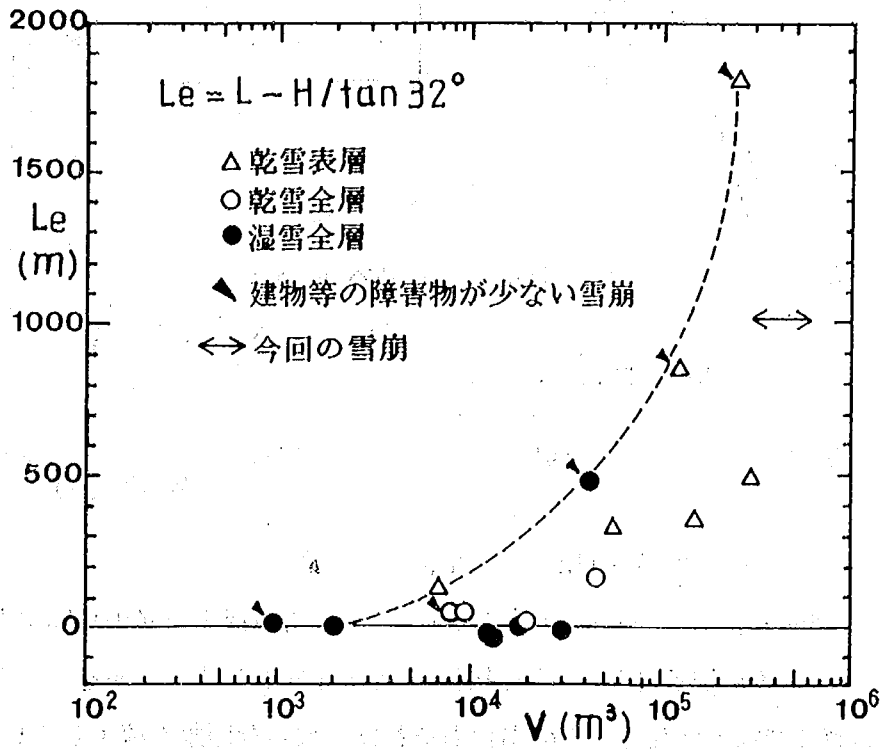


図-8 雪崩発生量と超過距離 (和泉,1985を基に作成)

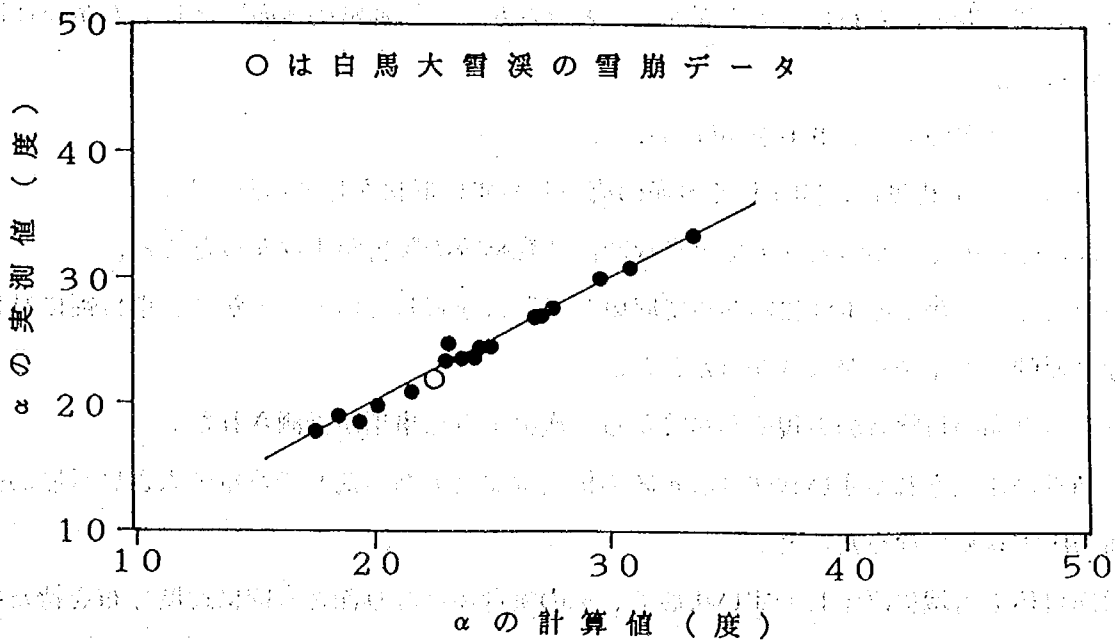


図-9 Fujisawa and Tsunakiにより統計的に求められた表層雪崩の見通し角との対比

Voellmy (1955) のモデルに、動摩擦係数： $\mu = \gamma (\text{g/cm}^3) / 2,000$ 、とし停止位置に合う乱流抵抗： ξ を逆算した。ただし、流下末端の流深は、横断面から求めた径深 ($R=4.3\text{m}$) を用いた。この値は、現地踏査時の樹木痕跡や流動中の写真を見てもほぼ妥当と思われる。雪密度を200、300、400 g/cm^3 ($\mu=0.1, 0.15, 0.2$ に相当する) の発生時の流深を2.0 m とした場合の速度分布を図-10に示した。

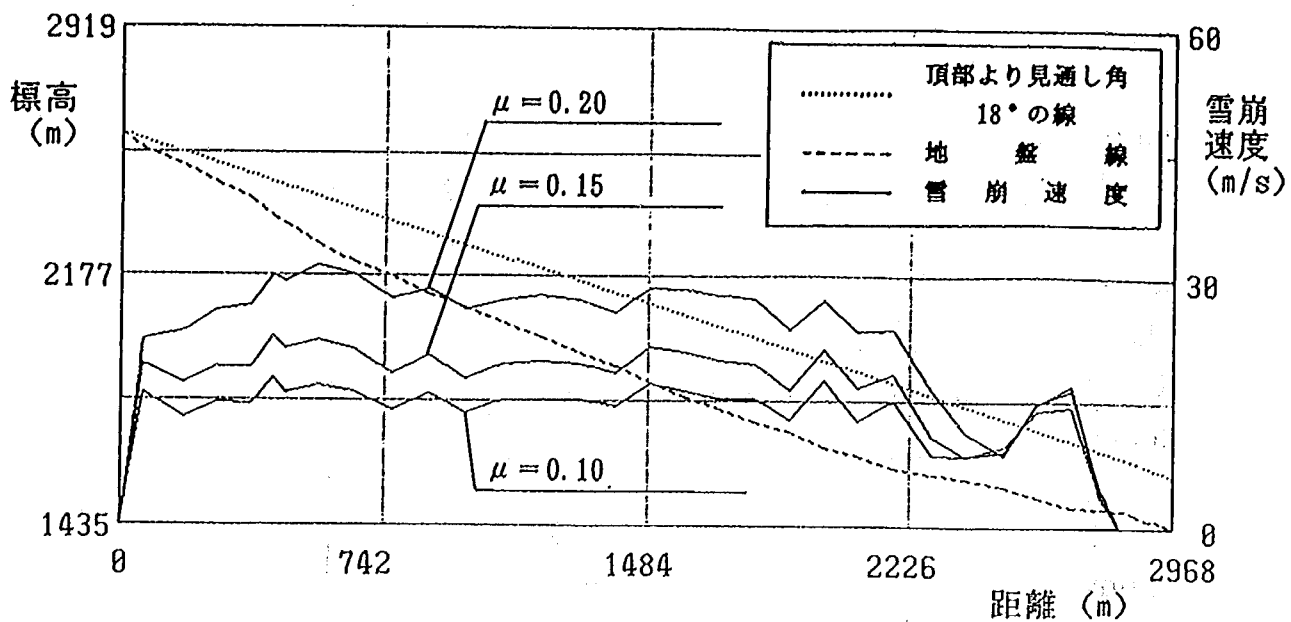


図-10 Voellmy モデルによる速度分布

その時の ξ は250、500、1,250で、 $\gamma = 300\text{g/cm}^3$ の場合はVoellmyの言う湿雪雪崩の範囲にちょうど適合する。また、その際の測線No. 2～3付近の流速は7～15%程度で、若干早すぎるようである。しかしながら流下範囲について考えれば、 ξ の値は特別ではなく、この場合もそれほど異常な距離を流下しているとは言えないことになる。

したがって、湿雪の雪崩としては、流動性は高いものの、地形条件そのものは雪崩の流下しやすいもので、それほど異常な距離を流下したものではないと考えられる。

むしろ、どうして深さ数mにもわたって雪面を削りとりながら、“通常の雪崩”としてもかなり長い距離を流下できたのだろうか。

基本的な要素としては次のような事項があげられる。

- ① 縦断地形が $20^\circ \sim 25^\circ$ 程度の区間が長く雪崩の流下しやすい形状をしていたこと。
- ② 横断的には谷底が広く、かつ雪渓上で大きな凹凸や森林等の障害が少なかったこと。
- ③ 発生規模が大きく、かつ流走区に向かって収束した形状を有していることから、単位幅に対して大きな質量となり運動エネルギーが大きかったこと。

さらに、流下する雪崩の目撃者の表現や写真等から、次のような事項が推測された。

- ① 流走路の積雪が圧縮されやすい状態（流走区の積雪は湿雪であった）で質量の大きい雪崩の流下にともない底面が圧雪状態になったこと。
- ② 同時に雪崩自体も雪塊に凝集しやすい状態で、その集合体となり深さ方向に速度分布を持たない底面すべりが卓越する運動形態となったこと。
- ③ 雪崩の後方ほど底面が滑らかになり抵抗が小さくなることから雪崩後方の速度が前方に較べてあまり低下せずに、雪崩先頭の速度が低下すると雪崩後方から圧力が供給され推進力となった。

また、今回の雪崩は、これまで清水他（1975）、秋田谷他（1981）、下村他（1989）により報告されている雪崩と同じようなタイプの雪崩の可能性があり、極めて異常な形態の雪崩であったとは言えないようである。これらの雪崩に共通するのは、発生源の標高が比較的高く、湿雪で雪塊を含み雪堤を作りながら流下し、

流下距離が比較的長く（消水他については不明）、流下速度が遅いかあるいは早くないと推測される（秋田谷他については不明）ことなどである。

6. おわりに

1992年のゴールデンウィークに白馬大雪渓で発生した大規模雪崩について、各種の写真や現地調査、目撃者へのインタビュー等から、当時の気象条件、雪崩の規模や流下堆積実態や流動特性について検討し、その一部については、明かにできたと考えられる。しかし、例えば発生規模や流下規模が何故今回”過去に例のない大規模な（読売新聞長野版5月5日）”雪崩になったのかなど不明な点が多い。また、今回のようなタイプの雪崩の発生条件や運動機構等については、今後の課題としたい。

最後に、貴重な写真を提供していただいた山田暉治氏と信濃毎日新聞社藤森秀彦氏、御多忙中にもかかわらず早くインタビューに応じていただいた永井孝侑氏、資料の収集に御協力いただいた長野県姫川砂防事務所の高澤一雄氏に厚く感謝の意を表します。

参考文献

秋田谷英次・遠藤八十一・小野寺弘道・酒谷幸彦, 1981:北海道・ニセコスキー場のなだれ. 低温科学, 物理篇, 40, 166-169.

Fujisawa, K. and Tsunaki, R., Method of Estimating Snow Avalanche Runout Distances with Topographic Data, A. Glaciology, 17, (in Press).

和泉薫, 1985:大規模雪崩の流動性. 新潟大災害研年報, 7, 187-194.

清水弘・藤岡敏夫・秋田谷英次・成田英器・中川正之・川田邦夫, 1975:黒部峡谷高速なだれの研究IV. 低温科学, 物理篇, 33, 109-116.

下村忠一・寺田秀樹・中島久男・吉松弘行・藤澤和範, 1989:苗場山麓で発生した全層雪崩について. 土木研究所資料, 2818, 35pp.

Voellmy, A., 1955: Uber die Zerstorungskraft von La-winen, Schweizerische Bauzeitung, (English translation: On the destructive force of avalanches, U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Alta Avalanche Study Center Translation No. 2, 1964, 62pp.)

参 考 资 料

南京中央档案馆编《南京中央档案馆编



写真-9 雪崩の源頭部と浸食崖



写真-10 浸食崖と堆積状況
左側のデブリは本雪崩以前のもの

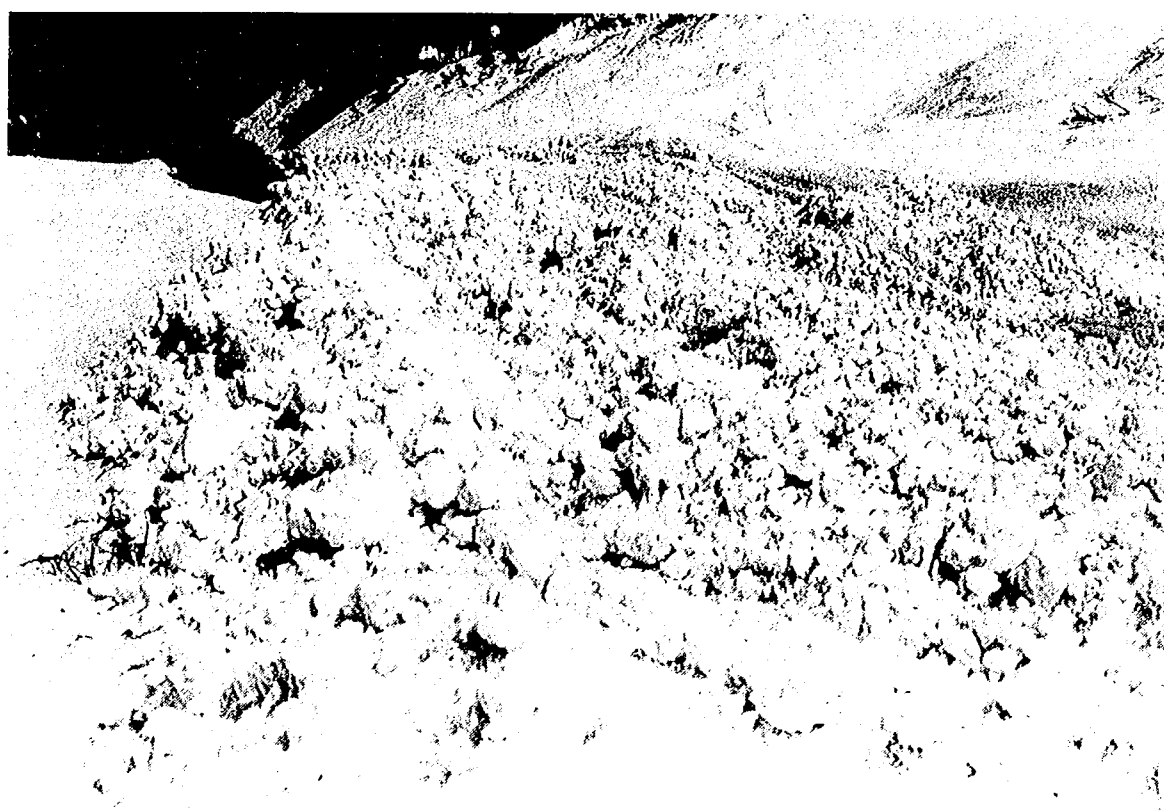


写真-11 雪崩末端の流下と堆積状況



写真-12 雪崩の堆積状況



写真-13 雪崩末端部の堆積状況



写真-14 雪崩末端部の堆積状況

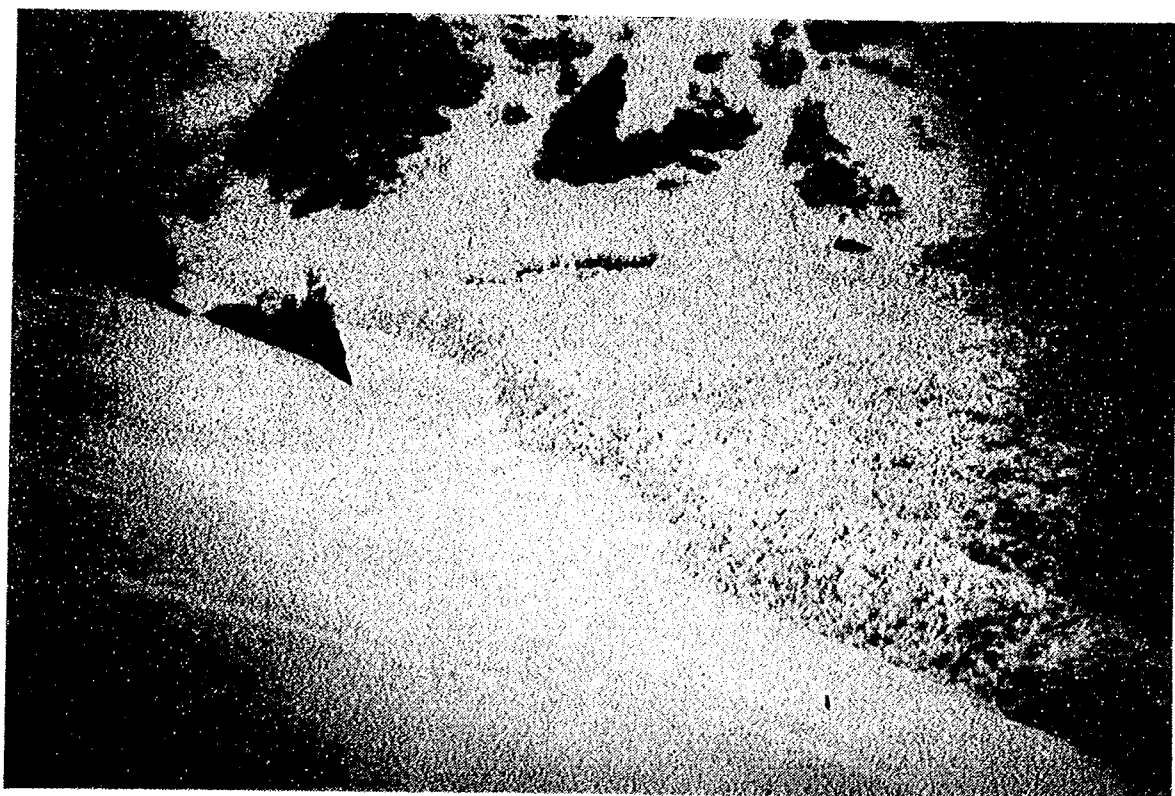


写真-15 雪崩の流下状況

流動中の写真3ショット（本文 写真-6，7が1，2ショット目）



写真-16 雪崩の流下状況

流動中の写真4ショット(本文 写真-6, 7が1, 2ショット目)



写真-17 雪崩末端部の堆積状況

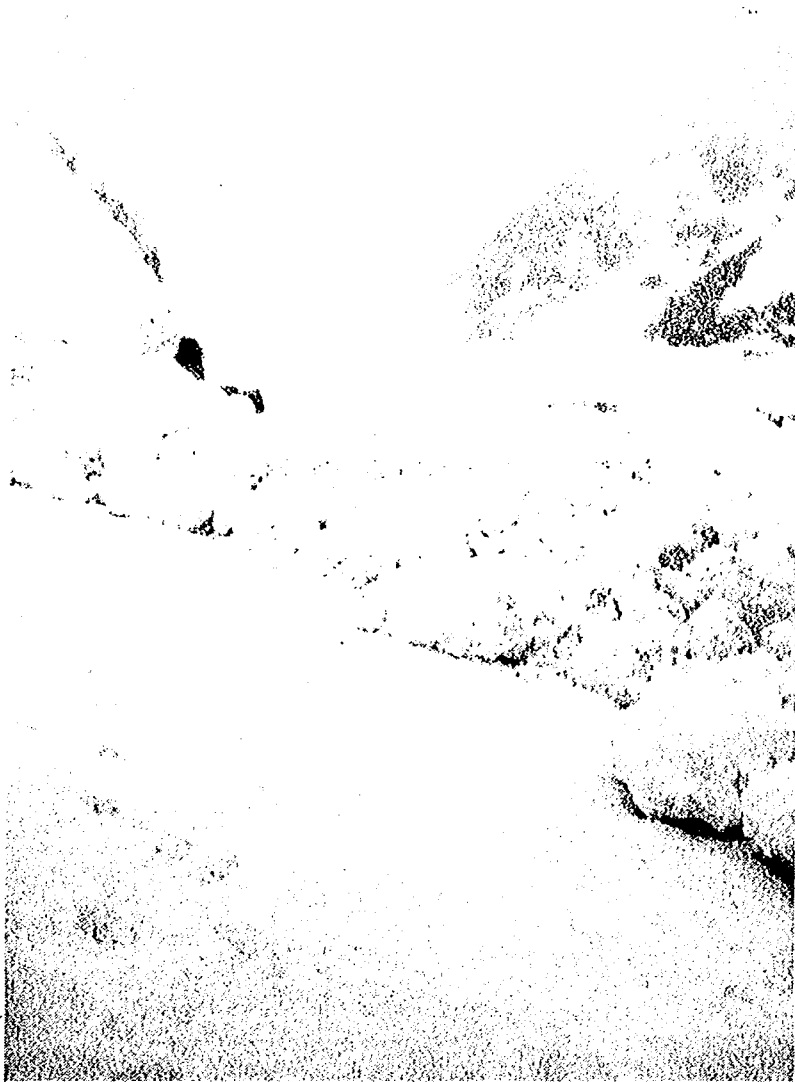


写真-18 雪崩が停止した直後の上流側

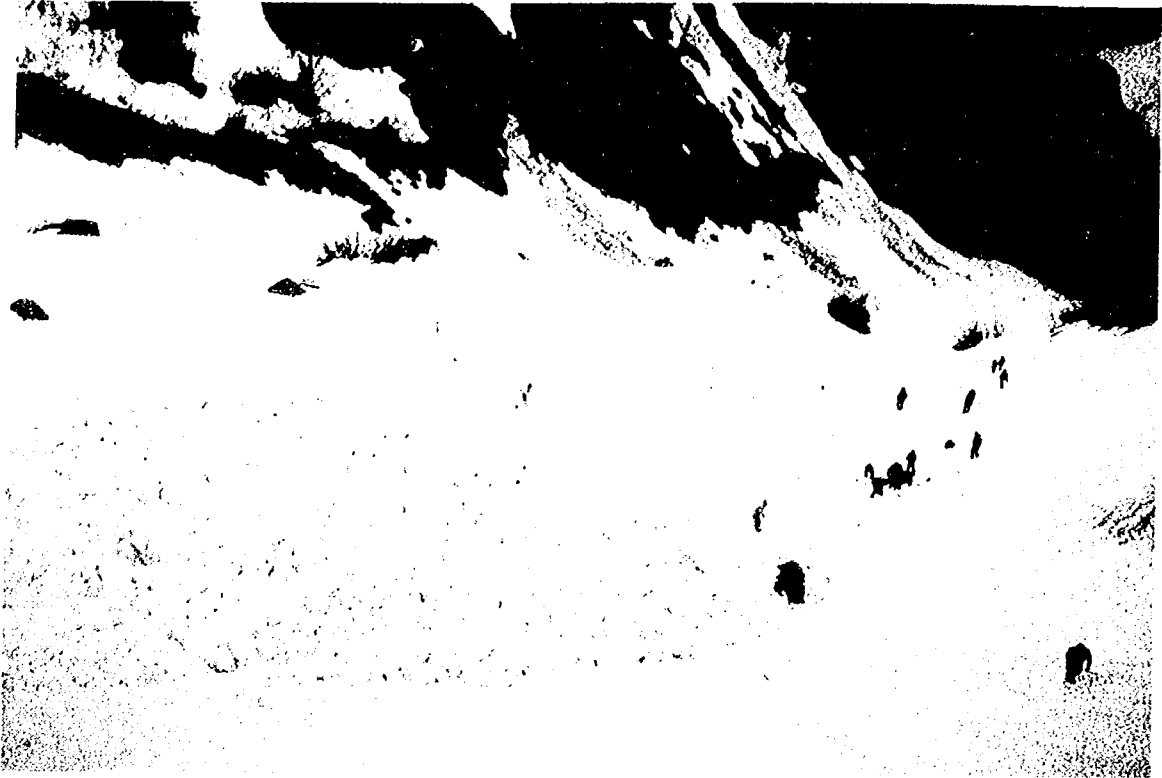


写真-19 雪崩末端部の堆積状況



写真-20 現地踏査（5月27日）左岸側のデブリ



写真-21 現地踏査（5月27日）白馬尻の本流が分岐する地点から上流部



写真-22 現地踏査（5月27日）本流が分岐した様子



写真-23 現地踏査（5月27日）測線No. 3付近から下流部



写真-24 現地踏査（5月27日）測線No. 7付近から上流部



写真-25 現地踏査（5月27日）測線No.7付近から上流部（望遠）

白馬岳大雪渓に関する新聞記事（5月）

	記事内容	新聞社名（日付）
現場概況	○ 日本三大雪渓の一つ、長野県北アルプス白馬岳（標高2,933m）の白馬大雪渓は1年中、雪の融けないところもある場所である。	読売長野版（5日）
	○ 大雪渓の終端部である白馬尻は、白馬村の猿倉登山口から歩いて約1時間20分のところにある。	読売長野版（5日）
気象状況	○ 5月4日、北、中央アルプスや富士山などは強風と吹雪の天候となった。	読売全国版（5日）
	○ 北アルプス一帯は4月29日より、5月4日までの6日間連続の猛吹雪。 ○ 5月に入り寒気団が下がり、アイスバーン状の旧雪の上に新雪が積もり滑落事故が起き易く、低気圧の通過で強風、突風が吹き付け足場が悪く雪崩の危険性も増していた。	読売全国版（5日） 朝日長野版（5日）
状況	○ 白馬連峰は前日からの雪で新雪が50cm積もり、雨や雹等が降る悪天候で視界も悪かった。	読売長野版（5日）
	○ 連休中は吹雪や強風の大荒れの天気で、尾根では20、30mの風が吹き、ガスが濃く立ち込めて見通しが悪かった。	信濃毎日（6日）
雪崩発生状況と規模	○ 日本三大雪渓の一つである白馬岳（標高2,933m）の白馬大雪渓で4日朝全層雪崩が発生。	読売全国版（5日）
	○ 雪崩は午前7時半頃、標高2,500m付近の小雪渓付近で「ドドー」という音をたてて発生した。	読売全国版（5日）
	○ 目撃者の証言によると雪崩は幅約80m、厚さ4m、長さ2～3kmであった。	読売全国版（5日）
	○ 雪崩に巻き込まれた人の証言によると厚さ3mの雪でテントが埋まったという。	読売長野版（5日）
	○ 雪渓の終点である白馬尻は、崩れた雪のブロック塊でできた雪の塔で埋め尽くされていた。	読売長野版（5日）
	○ 雪崩の目撃者の証言によると、雪崩はモコモコとわきあがるように雪渓全体が約10m盛り上がり崩れ、スピードはゆっくりで駆け足くらいであった。	読売長野版（5日）
	○ 雪崩の規模は、長さ2～3km、幅約80m、白馬尻では高さ10mのデブリを目撃した。	読売長野版（7日）
	○ デブリは雪渓上部に向かい延々と続いており、頭大の雪の塊がゴロゴロして、雪崩跡の両岸にはナイフで切ったような深さ1mの溝ができていた。	読売長野版（7日）
	○ 雪崩の塔は、7～8mもあるものがあった。	読売長野版（7日）
	○ 大雪渓上の小雪渓部分から白馬尻小屋まで、大雪渓の全域に及び過去に例のない大規模なものであった。 ○ 本流を流れるこのような規模の雪崩は極めて珍しい。	読売長野版（5日） 信濃毎日（7日）
被害状況	○ スキー客1人が負傷	読売全国版（5日）
	○ 雪崩が発生した白馬岳に、2人が行方不明であることが判明した。	読売長野版（5日）
	○ 行方不明の男性2人の内1人遺体で収容	信濃毎日（16日）
	○ 行方不明の男性残り1人遺体収容。	信濃毎日（26日）

1992年5月4日 白馬大雪渓の
大雪崩について

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第3181号
平成5年3月 (1993)

急傾斜地崩壊研究室 室 長 中村 良光
主任研究員 寺田 秀樹
新 潟 試 験 所 所 長 大浦 二郎
研 究 員 綱本 亮介
藤澤 和範

要旨

1992年5月4日午前7時半頃、長野県の北アルプス白馬岳東面の大雪渓（通称「白馬大雪渓」）で大規模な雪崩が発生し、2名の登山者が犠牲となった。
この雪崩は、マスコミにより流下長が2～3kmにも達する大規模な全層雪崩と報道された。また、雪崩は大雪渓上を流下しており、規模が大きいかかわらず流下、堆積に際し森林等の影響を受けていないケースと考えられた。
そこで、筆者らは、この大規模な雪崩の発生状況と流下、堆積の実態を明らかにするため、空中写真や地上写真の判読、現地調査や目撃者へのインタビュー等を行った。その結果、今回の雪崩は湿雪表層雪崩に分類されること、質量階級等から日本でも最大規模の雪崩であったこと等を明らかにした。本報では、それらの調査結果に若干の考察を加えて報告する。

キーワード：白馬大雪渓、大規模雪崩、湿雪表層雪崩、空中写真判読

郵便はがき

3 0 5 - □ □

41円切手
をはって
下さい。

茨城県つくば市大字旭一

建設省土木研究所砂防部

急傾斜地崩壊研究室 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第3181号

上記のとおり受領いたしました。

所属(住 所)

氏 名

印

土木研究所資料第3181号

1992年5月4日 白馬大雪渓の大雪崩について

○