

# 土木研究所資料

苗場山麓で発生した全層雪崩について

平成元年12月

建設省土木研究所  
新潟試験所  
砂防部急傾斜地崩壊研究室

「Copyright © (1988) 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、本報告書の全部又は一部の転載、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。」

## 苗場山麓で発生した全層雪崩について

新潟試験所	所長	下村 忠一
	主任研究員	寺田 秀樹
		中島 久男
急傾斜地崩壊研究室	室長	吉松 弘行
	研究員	藤沢 和範

### 要 旨

新潟県の苗場山麓において、平成元年3月29日に大規模な全層雪崩が発生した。この雪崩は、発生区の斜面勾配が $20\sim 25^\circ$ と緩やかであることや、到達範囲の見通し角が $17.4^\circ$ と極めて小さく、かつ流下距離が約2kmと長いこと等、極めて特異なものであった。

本論は、それらの特徴を現地調査結果を中心に、一部考察を加え報告するものである。

キーワード：雪崩，全層雪崩，雪崩調査

はじめに

昭和63年度（平成元年）冬期は、全国的に暖冬少雪で最大積雪深が過去最低となった所も少なくなかった。山間部においても、平年の50%程度にとどまっていた。

今回発生した雪崩は、新潟県苗場山麓の標高 2,000m付近の南東向き斜面から起こった。斜面の一部は、スキー場のゲレンデと隣接しているが幸いなことに人的被害はなかった。この雪崩は全層雪崩で、平成元年3月29日午後に発生したことがスキー場関係者から確認された。雪崩の特徴としては、一つには発生区が $25^{\circ}$ 以下の緩斜面だったことが挙げられる。一般に全層雪崩は、 $35\sim 45^{\circ}$ の斜面から発生する事例が多く、 $25^{\circ}$ 以下では非常に珍しい。もう一つは、雪崩が流下した距離が長いことが挙げられる。全層雪崩の場合は、雪崩の堆積物末端から発生地点を見通した角度は、一般に $24^{\circ}$ までの範囲とされているが今回はそれよりもはるかに小さく、見通し角 $17.4^{\circ}$ の地点にまで流れて堆積していた。

ここでは、このような特異な雪崩に対し現地調査を行う機会が得られたので、その状況を2、3の考察を加え報告するものである。

# 目 次

はじめに

第1章 雪崩発生地点の概要	1
第2章 気象概要	3
2.1 過去の気象概要	3
2.2 平成元年冬期の新潟県内における気象概要	4
2.3 雪崩発生時の気象概況	5
第3章 現地調査	7
3.1 調査の概要	7
3.2 調査結果	7
3.2.1 地形概要	7
3.2.2 雪崩の範囲	7
3.2.3 雪崩斜面の勾配	10
3.2.4 雪崩跡の状況	10
3.2.5 被害状況	13
(1) 主流走路及び中間堆積区	13
(2) 支流走路及び最終堆積区	15
第4章 雪崩規模等の推定	16
4.1 最大積雪深	16
4.2 雪崩発生時における積雪深、密度	17
4.3 雪崩の発生量	18
4.4 雪崩の規模	19
4.5 雪崩の速度	20
4.5.1 雪崩シミュレーションの概要	20
4.5.2 解析結果	21
4.6 雪崩の最大到達距離	23

第5章 考察	.....	25
5.1 主流	.....	25
5.2 支流	.....	25
第6章 まとめ	.....	26
おわりに	.....	27
参考文献	.....	28
付属資料 (写真)	.....	29

## 第1章 雪崩発生地点の概要

今回報告する雪崩は、図1-1に示す新潟、長野の県境に位置する苗場山麓（山頂標高 2,145m）の神楽ヶ峰（標高 2,030m）において平成元年3月29日に発生した。神楽ヶ峰は、図1-2に示すように新潟県南魚沼郡湯沢町三俣にあり、この地域は全国でも有数の豪雪地帯になっている。

湯沢町は、昭和30年に湯沢、土樽、神立、三俣、三国の5ヶ村が合併してできた町で、現在は上信越高原国立公園などの美しい自然と温泉、冬はスキー場などに年間約670万人もの観光客が訪れている。

もともとスキーと温泉の町ではあったが、昭和57年上越新幹線開業（昭和60年の上野乗入れにより湯沢～上野間が距離 199.2km、乗車時間一時間十数分）、昭和60年関越自動車道開通により関東方面からの交通条件に恵まれて通年リゾート地として躍進をしている。

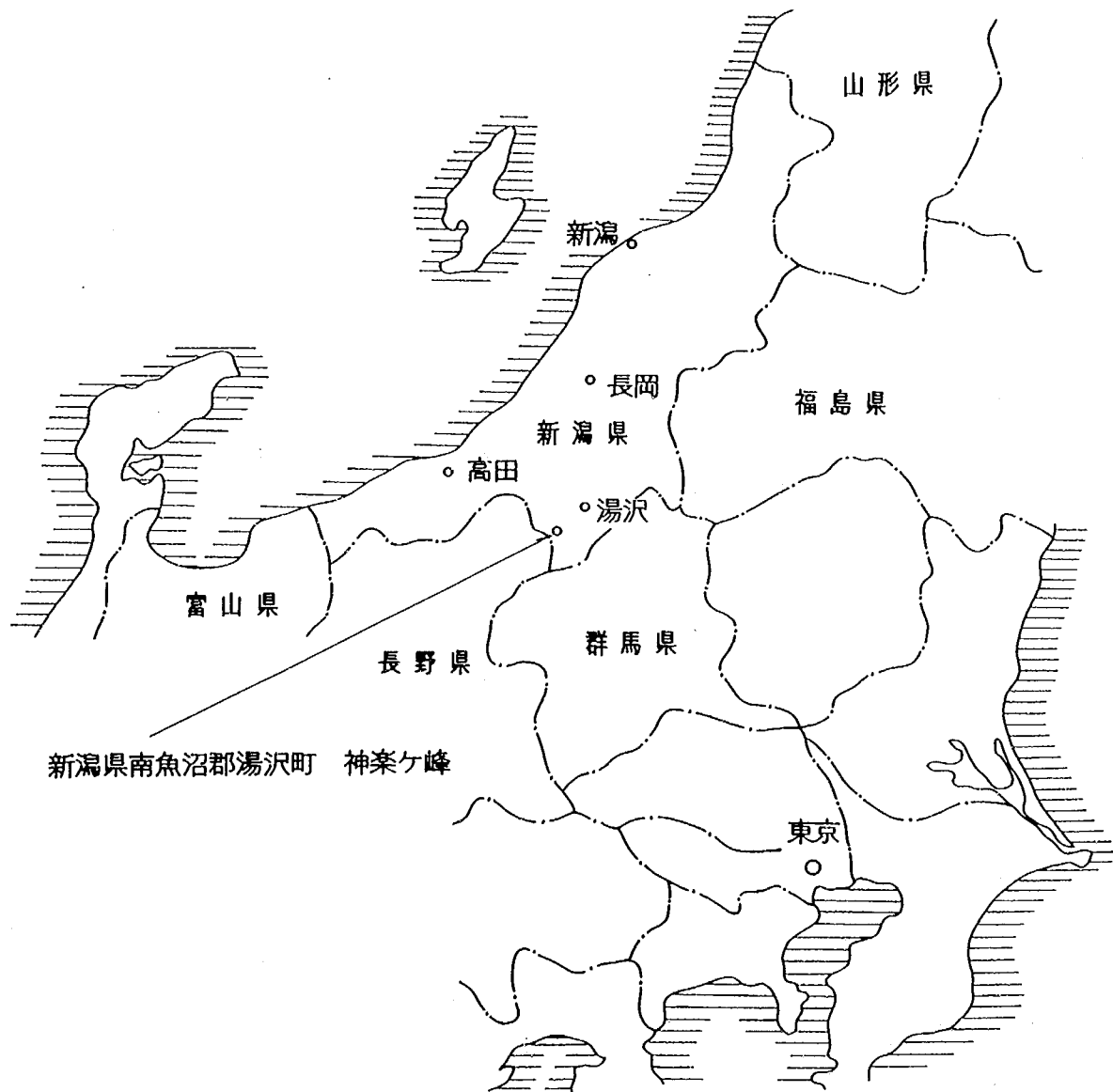


図1-1 雪崩発生地点の位置図(1)

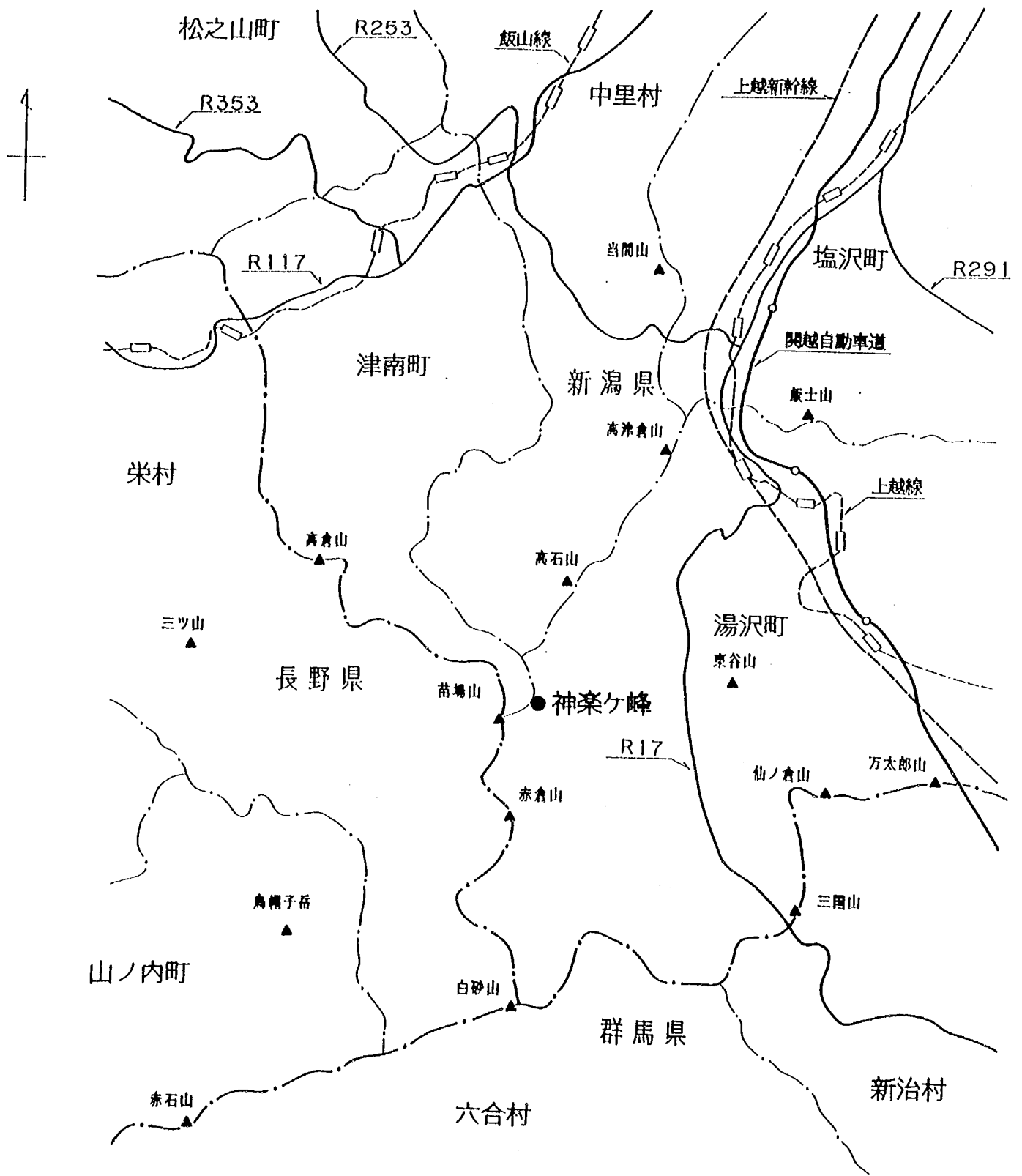


図1-2 雪崩発生地点の位置図(2)



## 第2章 気象概要

### 2.1 過去の気象概要

雪崩発生地点（標高 約2,000m）から約12km離れた湯沢町（気象庁AMeDS：湯沢町湯沢字中島川原、標高 340m）で過去10年間に観測された気温、降雪、積雪データを図2-1に示した。これを見ると、冬期間（1～3月）の平均気温は±0℃前後、最大積雪深は通常2m以上、累計降雪深は10～20m程度にも達している。

このような気象条件のため、この地域では過去にも大きな雪崩災害が起きている。その代表的なものとしては、今回の雪崩発生地点から6km程度離れた場所（当時三俣村）で、大正7年1月9日に発生した大規模表層雪崩がある。この雪崩は、死者158人という我が国の雪崩災害史上最大の惨事であった。また、この周辺における最近の雪崩としては、昭和59年2月9日に13kmほど離れた中里村清津峡温泉で死者5人をだした雪崩災害がある。

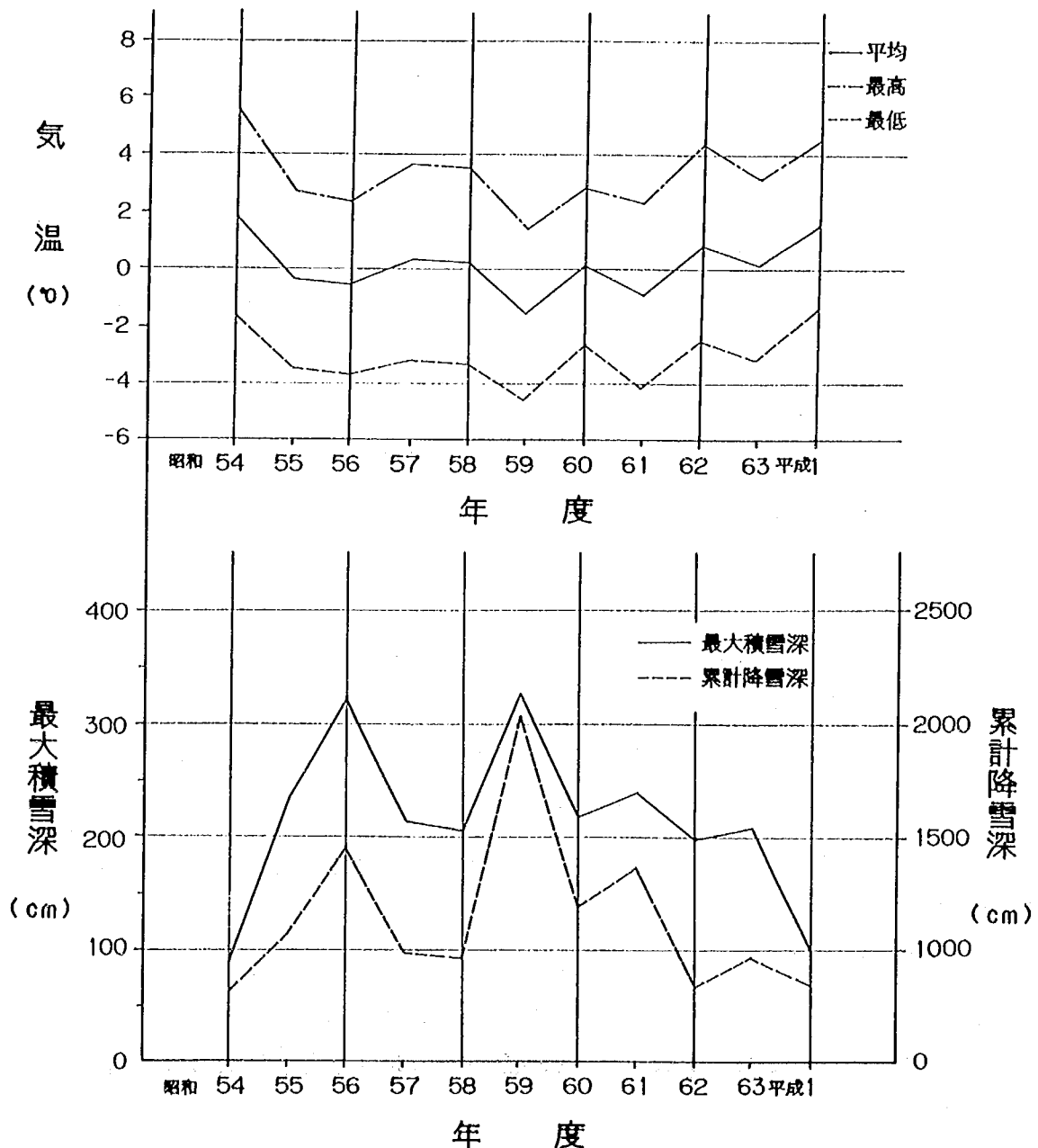


図2-1 雪崩現地周辺（湯沢）の気象概要

## 2. 2 平成元年冬期の新潟県内における気象概要

気象庁で観測された、昭和63年度冬期（12月～3月）における新潟県内（新潟、高田、相川、湯沢）の観測値と平年値を比較したものが表2-1である。表をみると、1、2月の日平均気温が平年に比べて、2.0～2.5℃前後も高く12月ないしは3月並であり、年最大積雪深も記録的な少雪で平年の10～40%程度にとどまっていることがわかる。

表2-1 各地点の気象状況

日平均気温（℃）								
地点	新潟		高田		相川		湯沢	
年度	63年度	平年	63年度	平年	63年度	平年	63年度	平年
12月	5.1	5.2	5.1	4.9	6.3	6.2	1.7	1.8
1月	4.8	1.9	4.7	1.5	5.1	2.7	1.8	-1.3
2月	4.4	2.0	4.1	1.7	4.3	2.6	1.4	-1.0
3月	6.9	5.0	6.6	4.4	6.6	5.3	4.1	2.2
積雪深（cm）								
地点	新潟		高田		相川		湯沢	
年度	63年度	平年	63年度	平年	63年度	平年	63年度	平年
最大	8	45	15	148	4	25	97*	248

• 平年：1950～1980の平均値

••は降雪深計

なお、月別の気象概況は以下の通りであった。

1 2月 中旬に、一時強い冬型の気圧配置となり山沿いでは大雪となったが、全般ではあまり寒さは厳しくなく、高気圧におおわれて気温はほぼ平年並みであった。

降雪量は、山沿いと下越の一部では平年並みかやや多いが、他の地域では全般にかなり少ないのが目立った。

1月 冬型の気圧配置になっても長続きせず、気温の高い日が続いた。

月の平均気温は新潟で4.8℃（平年比+2.8℃）、高田4.7℃（平年比+2.8℃）、相川5.1℃（平年比+2.1℃）と高い値だった。月末の27～28日にかけて、強い冬型の気圧配置となり、山沿いを中心にまとまった雪が降ったが、月の降雪量は新潟7cm（平年84cm）、高田25cm（平年275cm）、相川6cm（平年50cm）と平年の1割程度で、最深積雪も平年の平野部で20～30%、山沿いで40～50%と少なかった。

2月 上旬と中旬初めに一時冬型の気圧配置となり、山沿いでまとまった降雪となった所もあるが、あまり長続きはせず、平野部では最大積雪深が高田15cm、長岡12cmなど2月にしては平年の10%程度と記録的な少雪となった。全般に高・低気圧が交互にとおり、天気は周期的に変わり、気温の高い状態が続いた。

3月 上旬後半と中旬後半に一部冬型の気圧配置となり、山沿いを中心に降雪があったが長続きせず、

気温は高めに経過し、上越市高田では平年より11日早く桜が開花した。今冬全般は記録的な少雪暖冬となり、総降雪量で新潟37cm（平年比20%）、高田111cm（平年比17%）、相川16cm（平年比14%）と少なく、最大積雪深でも山沿いで平年の50%程度であった。

### 2. 3 雪崩発生時の気象概況

雪崩発生地点に一番近い気象観測所があるのは、図2-2に示す国道17号沿線の三俣（標高615m）である。この三俣では、気温、降積雪深等を建設省が観測しており、雪崩が発生した平成元年3月の状況を図2-3に示した。図をみると平均気温は0～+10℃の間を変動し、上旬と中旬に10cm/day程度のまとまった降雪が記録されているが、雪崩発生時には積雪深が60cm程度しかなかった（雪崩発生地点近くにあるスキー場による積雪深の公表値3.5m程度、なお現地積雪深の推定は別項4.2で述べる）。

また発生前の10日間程度をみると、20～25日までは最高、最低の日較差が5℃程度と少なく、最低気温についても0℃以上と高くなっている。28日には前日（25日）に比べ全体的に5℃程度も低くなったが、その後27～28日にかけて気温が上昇した。特に28日の日中には、雪崩発生地点の気温がプラスにまで上昇したと思われるが、発生日の29日には再び気温は低下している。この10日間に、三俣での降雪はほとんどなく、気温の高かった25日には降雨を記録した。

これら三俣の気象状況から雪崩の発生理由について考えるためには、発生区との標高差を考慮する必要がある。そこで気温の逆減率を0.55℃/100mとすると7℃程度の温度差があったことになる。図2-3から見ると、最高気温がプラスに上昇したのは上旬、中旬の各々3日間程度と発生直前の28日だけであり、そのうち最高値を示したのは5日である。このため、発生日直前の気温上昇だけを雪崩の発生理由とするには無理があると思われる。むしろ、雪底等を含め4～5m（後述）にも達した積雪の重さによって、不安定化が進んだ斜面積雪層とにより雪崩が発生したものと考えられる。



図2-2 気象観測地点（三俣）の位置図

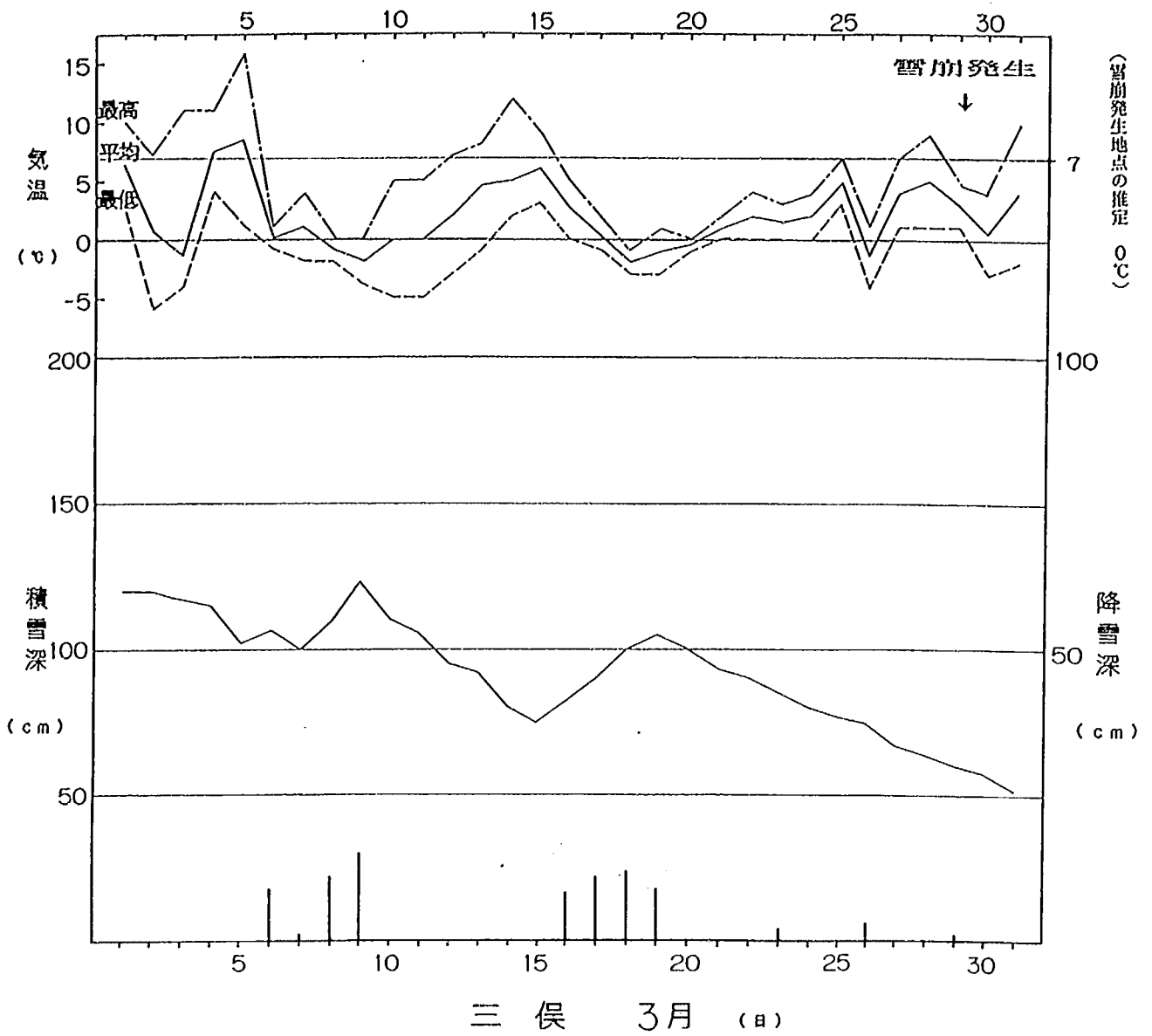


図2-3 平成元年3月の三俣における気象状況  
 (建設省長岡国道工事事務所の観測データによる)

## 第3章 現地調査

### 3. 1 調査の概要

現地調査は、雪崩が発生した翌月の4月8、20、26日に実施した。残念なことに第1回調査の8日は、降雨による濃霧のために発生区は見え、沢地形（支流）走路と最終堆積区について現地調査を行うと共に、雪崩発生直後の状況（発生区）についての聞き取り調査等を行った。また20、26日には、発生区、走路、堆積区の範囲及び位置、地形条件（勾配・形状）、植生条件、被害状況、積雪物理観測（26日のみ）の項目について調査を行った。

### 3. 2 調査結果

#### 3. 2. 1 地形概要

図3-1は雪崩発生箇所における周辺の平面図であり、網掛け部分が雪崩の範囲と考えられる部分である。また、図3-2は雪崩走路中央の縦断面図を示したものである。

図3-1のように雪崩の発生区は、標高1,940m付近と推定され、南東向き斜面で植生はササ地である。その後の走路は、東向きにカーブして立木のほとんどない斜面を約1km流下し、他方から続く沢との合流点に至っている。この沢合流点付近は標高1,600mに位置する平らな地形で、雪崩はそこを通過し緩い上り斜面となる付近で止まっていた。また沢合流点から下流は幅10~20mのかなり屈曲のある沢地形になっており、立木等はほとんど見られなかった。また雪崩の最終堆積区は、沢地形をさらに約1km流下した標高1,400m弱の地点にあった。

#### 3. 2. 2 雪崩の範囲

今回の雪崩については、発生直後に発生区のササが露出していたことなどから、面発生全層雪崩と判断された（写真3-1〔山内修氏提供、4/1撮影〕）。

発生区は、幅80m、長さ80~100mの範囲であった。最上部は尾根の鞍部となっていて、斜面の方位から雪崩発生誘因の一つとなる雪庇が張り出しやすい所で周りにも雪庇が見られた。実際に、3月29日以降同じ尾根で小さな雪崩が数回発生していた（写真3-2）。また、雪崩の発生した尾根沿いの斜面

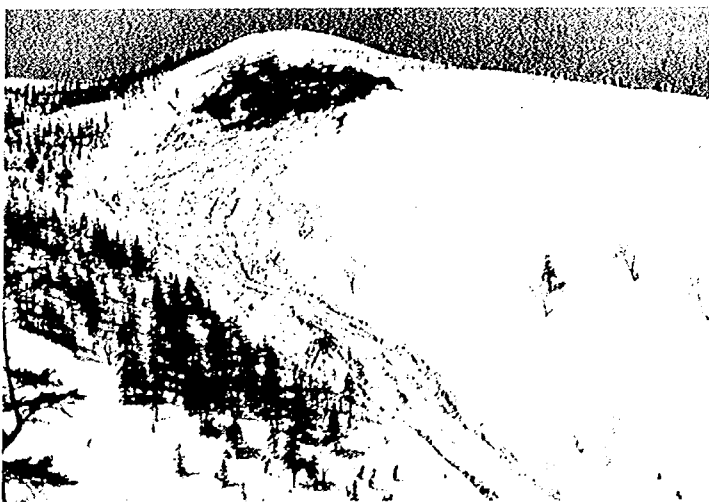


写真3-1 雪崩直後の斜面状況 (4.1)



写真3-2 3週間後の斜面全景 (4.20)

( ) 内は撮影月日

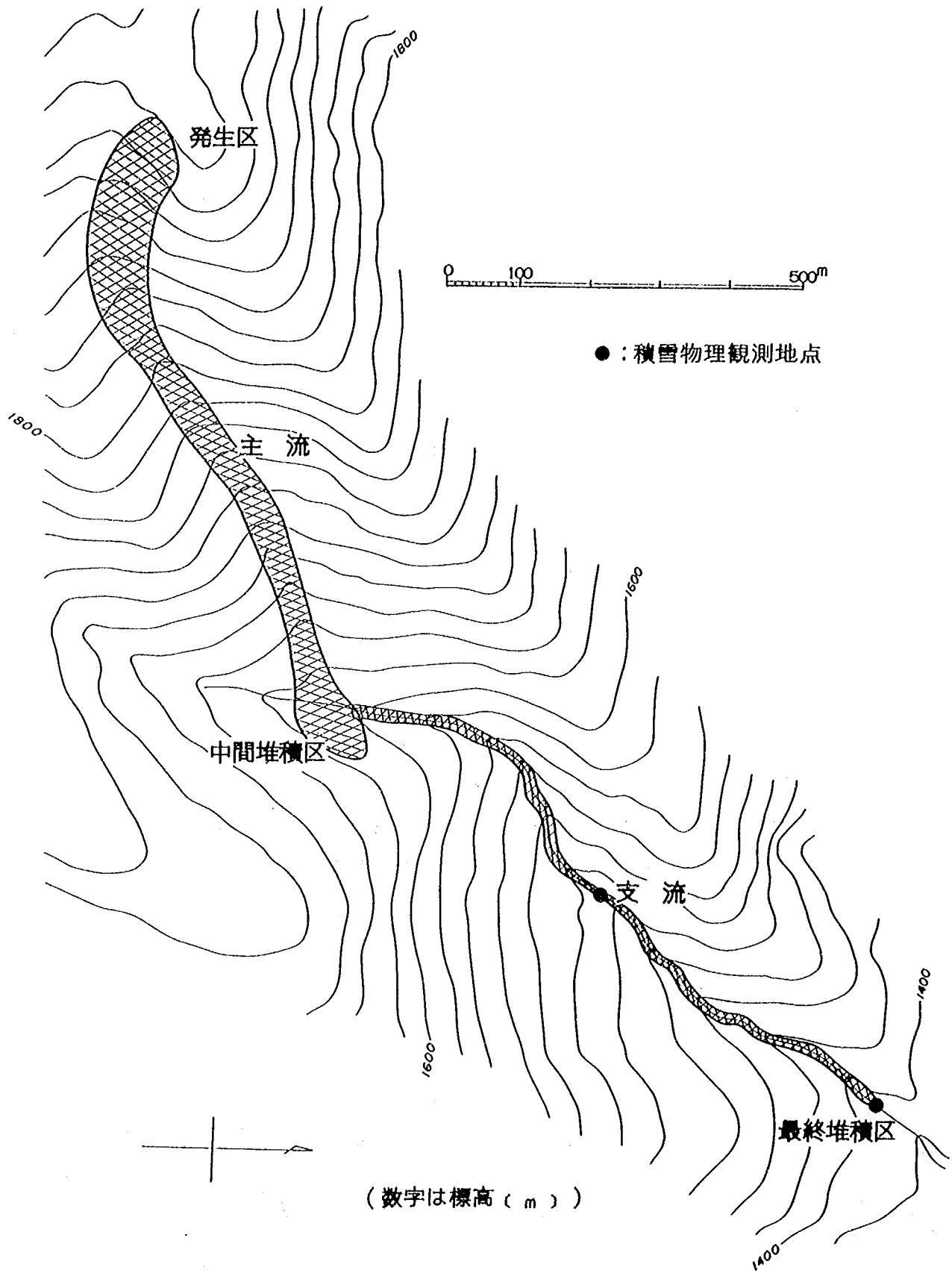


図3-1 雪崩走路の平面図

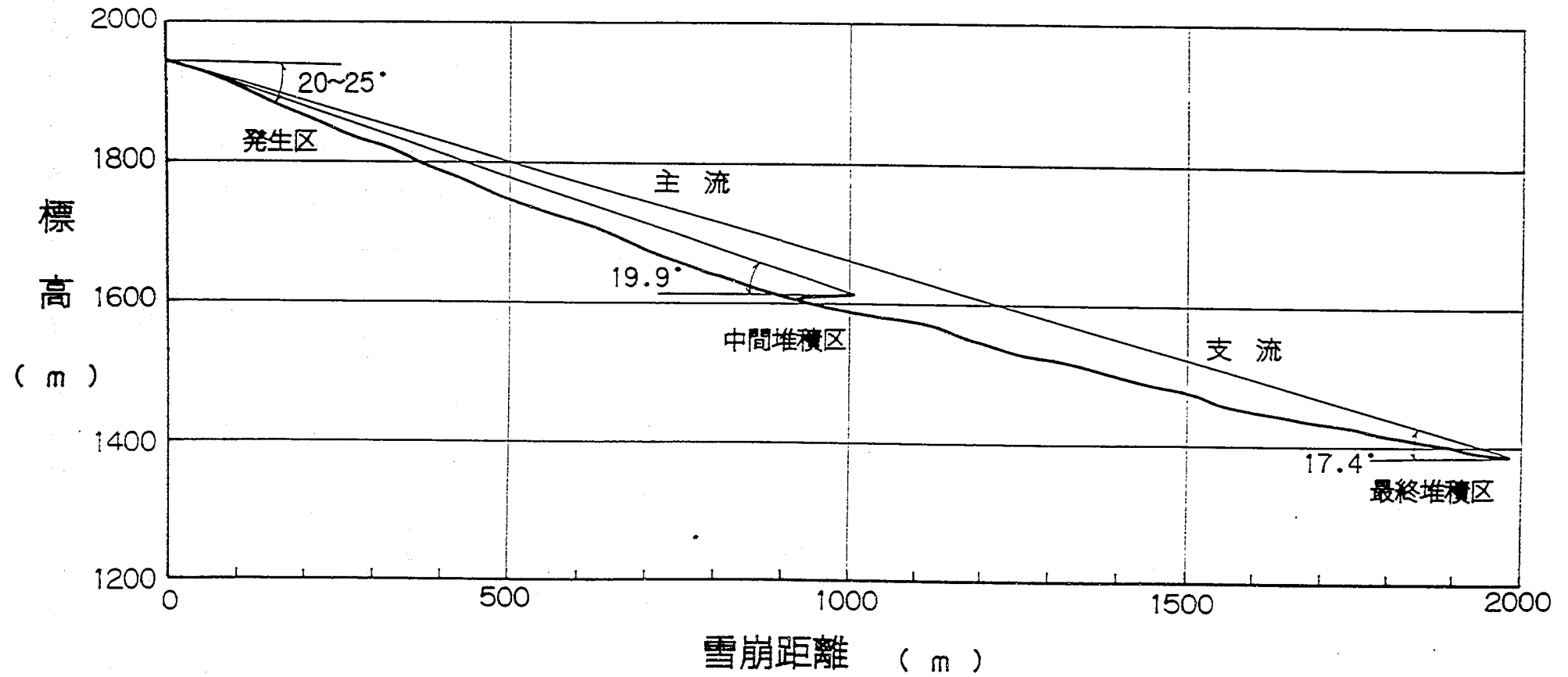


図3-2 雪崩走路中央の縦断面図

全体は植生が乏しく、稜線沿いには複数のクラックや雪しわがみられ、この斜面全体は雪崩の頻発斜面と考えられた。

なお走路については、図3-1のように斜面部（上部走路）と沢部（下部走路）を流下した両者では運動の性質が異なるように考えられ、以下に前者を主流、後者を支流として述べる。

主流の走路は、幅50~80m、距離約1km、標高差340mで発生区（尾根）から流下したものが、反対側の尾根中腹で下流側にカーブしている以外は、ほぼまっすぐに中間堆積区まで流れている。

そして支流走路は、中間堆積区のデブリによって沢方向に押し分けられるように沢下流に向かって流れている（写真3-3）。走路の総延長が、約0.9km、幅約10m、発生区からの標高差が550mで、写真3-4のようにかなり曲がりくねった沢に沿う形で屈曲して流れているため、速度はそれほど速くなかったものと考えられる。



写真3-3 主流から支流の分岐 (4.20)



写真3-4 支流走路 (4.20)

( )内は撮影月日

### 3. 2. 3 雪崩斜面の勾配

発生区の斜度は、 $20\sim 25^\circ$ 程度と比較的緩やかなものであった。このような緩斜面で、雪崩が発生するケースは図3-3に示すように少ないが、これは雪庇の形成により斜面上部の積雪深が下部に比べて非常に大きくなったことや地表の植生がササ地で滑りやすかったこと等が要因として考えられた。

また主流走路の平均斜度は $20.1^\circ$ で、発生区から中間堆積区に至るまでほぼ同様となっている。そして支流走路では、平均斜度が $11.4^\circ$ と主流走路に比べ $9^\circ$ も緩やかになり、最終堆積区では斜度が $7.6^\circ$ であった。

また、中間堆積区からの見通し角は $19.9^\circ$ であり、高橋<sup>2)</sup>の言う全層雪崩の到達範囲の下限( $24^\circ$ )より小さくなっていて、さらに、最終堆積区から発生点を見た場合の見通し角度は $17.4^\circ$ と全層雪崩はおろか表層雪崩の到達範囲の下限( $18^\circ$ )よりも小さい特異な例であった。

### 3. 2. 4 雪崩跡の状況

主流走路は幅50~80m程度で、走路上には白いきれいな雪塊とともに土砂で汚れた雪塊が残っていた。



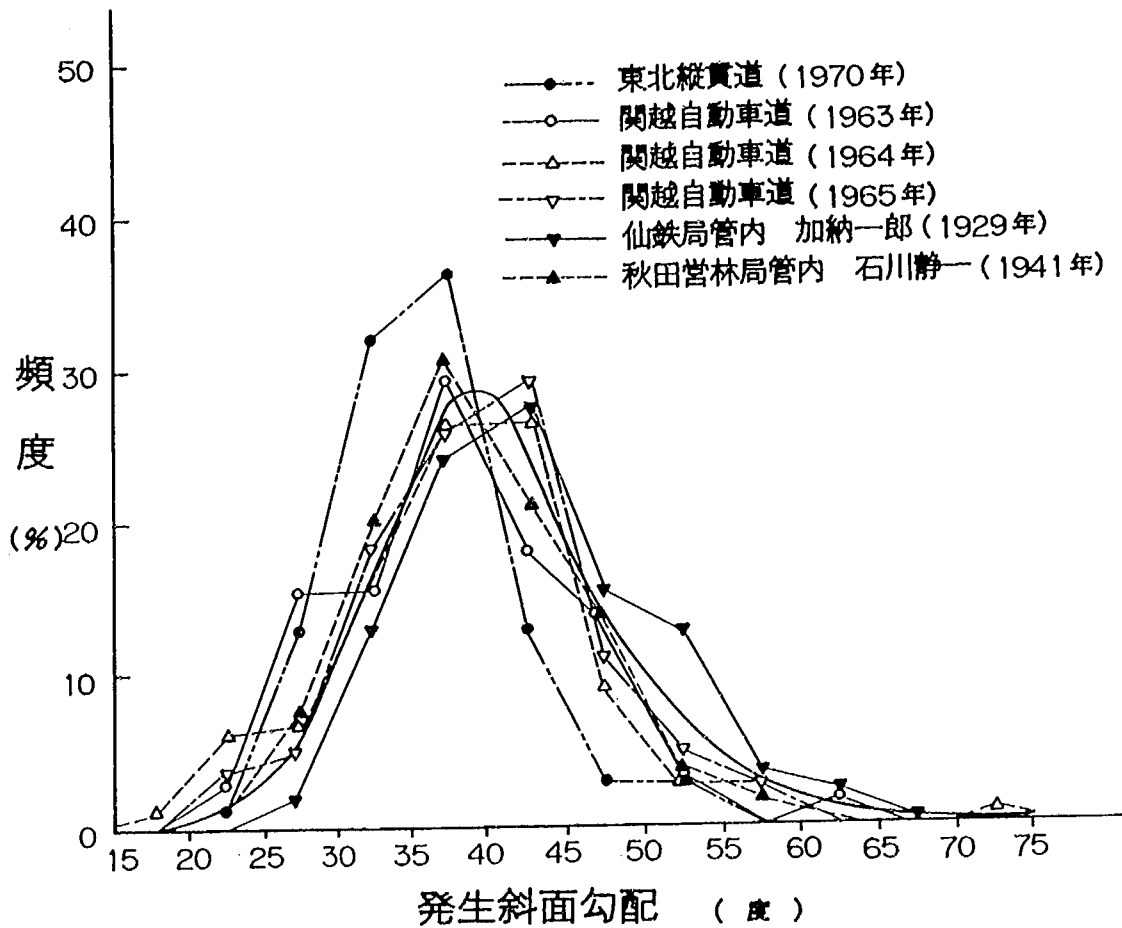


図3-3 雪崩発生斜面の勾配頻度 (長岡忠良氏による)<sup>1)</sup>

その雪塊の中には、2m程度にもなる大きなものもあった。

しかし支流走路では主流の流下形態と異なり、積雪面をブルドーザーで押し分けたようなガリー状の流下跡 (写真3-5、6) になっていた。流下幅は、主流との分岐部分で20m程度、最終堆積区では10m程度で溝の深さについては1~3m程度であった。溝側面の下部では積雪層構成が観察でき、その上に幅、高さ1m程度の堆積物 (スノーボール、土砂) が残され側面を形成していた (写真3-7)。土砂 (上部はササを含む) の付着は側面に多く、走路の底面部には少なかった。それら堆積物の少ない走路中央の底面は、段差はあるもののその表面は平滑であった。また雪崩発生から10日後の時点では、走路上をゆっくりと歩行しても足が埋まらない程度にしまっていた。したがって、積雪面を雪崩が押し分け削りながら流れ、その流下によって走路上を圧雪したものと考えられた。なお、溝側面の形成は両側にある部分もあれば、片側だけが顕著な部分もあった。

中間堆積区は、斜面から沢合流点の平地部分を超えて対岸に乗り上げる形で堆積し、その幅は最も広い所 (対角線状に) で80m程度の範囲であった (写真3-8)。また堆雪区の境には、積雪断面が一部に見えることから雪崩が積雪を削りながら堆積したことが判断できた (写真3-9)。

最終堆積区は、支流走路の溝先端に堆積物 (デブリ) が、高さ1.5m、幅10m、長さ90m程度で停止していた。デブリは最大で径1m程度の雪塊等からなり、雪塊の断面には積雪層が見られた。また表面の一部を発生区から運ばれたと思われる根の付いたササや土砂 (径20cm程度の石等を含む) が写真3-10



写真3-5 支流走路の断面状況(4.8)



写真3-6 ブルドーザーで押し通ったような雪崩跡(4.8)



写真3-7 支流走路の堆積物と積雪層(4.8)



写真3-8 中間堆積区(4.20)



写真3-9 雪崩による削剝によって現れた積雪断面(4.20)



写真3-10 支流走路のデブリ後端(4.8)

( )内は撮影月日

のように覆っていた。その他に、これも発生区付近から運ばれたと思われる径30cm程度あるカンバの木がデブリの上に1本のっていた。堆積区の先端には、土砂の付着により汚れたデブリの前面に、比較的にきれいな雪がラッセルされた状態で堆積していた（写真3-11）。



写真3-11 雪崩デブリの先端 (4. 8)

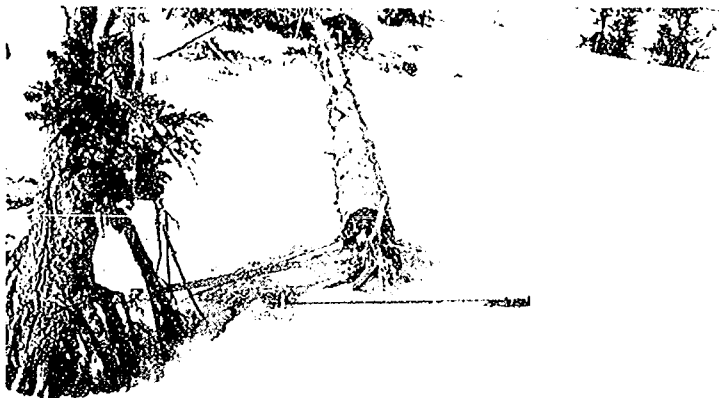


写真3-12 中間堆積区の流木 (4.20)

### 3. 2. 5 被害状況

今回の雪崩による被害は、幸いにも人的なものではなく、主に樹木に対するものであった。その被害状況の概要は図3-4及び以下の通りである。

#### (1) 主流走路及び中間堆積区

図のように、発生区から流れた雪崩が反対側尾根でカーブしたところ（図中②地点）では、数十本のトウヒが幹折れの被害を受け、流木となって走路脇に十数本が残されていた。また中間堆積区のデブリ前面には、流木が20～30本重なり合っていた。この樹木の太さは、ほとんどが直径20～30cm程度であったが、中には太いもので50cm以上の樹木が流されているケースもあり、雪崩衝撃力の大きさがうかがえた（写真3-12）。また今回の中間堆積区には、より広範囲に樹木の上部が剪断されているものが見られたが、これらの樹木は昭和52年に発生した表層雪崩の被害跡であることが聞き取り調査によりわかった（写真3-13）。



写真3-13 中間堆積区周辺の樹木 (4.20)

( ) 内は撮影月日

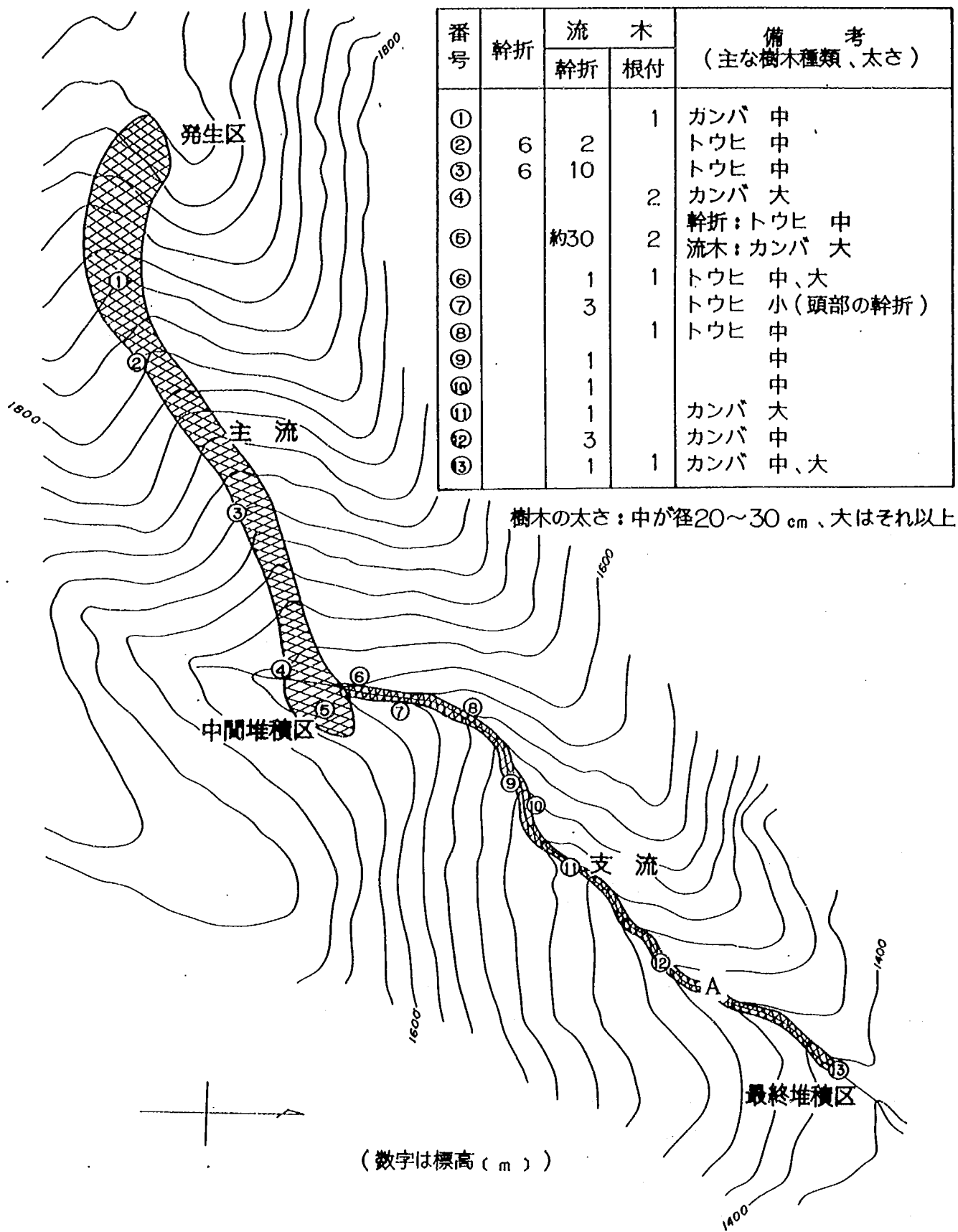


図3-4 樹木の被害状況

## (2) 支流走路及び最終堆積区

支流走路及び最終堆積区では、流木等は疎ら程度にしか見られなかった。支流走路上にあった流木は、支流走路内に立木がほとんどないことや樹木が引き抜かれた痕跡がないことを考えると主流の範囲（発生区、走路）にあった樹木が雪崩によって運ばれてきたものと考えられた。また、走路脇にあるカンバの立木に流木が引っかかっていたが、立木側には幹折れなどの被害はなかった。同じように、走路中央（支流堆積区手前の図中A地点）にある立木についても被害は樹皮の削痕程度しかみられなかったことから、少なくとも支流の後半部では雪崩のエネルギーがかなり衰えていたと考えられた（写真3-14）。



写真3-14 支流層路上の立木（撮影月日 4.20）

## 第4章 雪崩規模等の推定

### 4.1 最大積雪深

一般に雪崩が発生する斜面については、直接積雪深を測定している例はほとんどなく、その近傍の平地にある観測所で測定された積雪深データを用いて推定している。現在、雪崩発生斜面の発生区等における積雪深を推定する方法としては、標高と積雪深との相関関係から求める方法がよく用いられている<sup>3)</sup>が、この場合には適用地域、斜面状況等を考慮する必要がある。

表4-1 雪崩地点付近の年最大積雪深（平成元年）

機関名	地点名	標高 (m)	最大積雪深 (m)	備考
気象庁	塩沢	195	70	
建設省	〃	249	72	
〃	湯沢	332	99	
気象庁	〃	340	97	
〃	津南	452	122	
建設省	三俣	615	175	3/29の積雪深は60cm

※ 標高順にデータを並べた

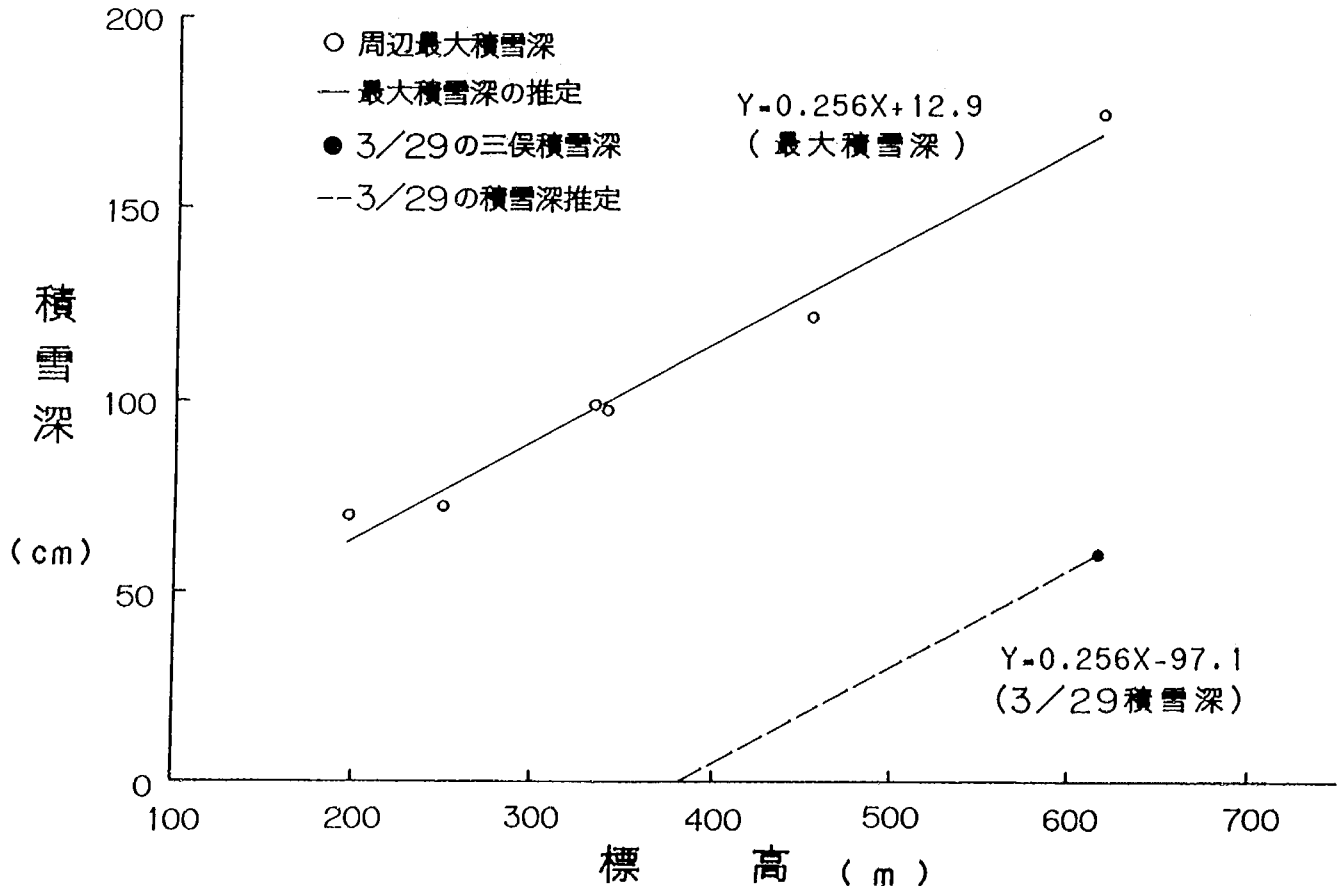


図4-1 標高による積雪深の推定

今回発生した雪崩斜面の積雪深を推定するために、まず周辺の観測所（気象庁、建設省）において2月上旬に観測された年最大積雪深（平成元年）を調べると表4-1に示す結果となった。そして標高と積雪深の関係として示したものが図4-1である。これらのデータから、最大積雪深を標高補正する一次回帰式（式4-1）が求められた。観測地の標高が低いためにより高い地域における式の適合性が問題となるが、式から雪崩発生地点（標高 2,000m付近）における最大積雪深を求めると5mを超える値となった。この値は、現地調査時の積雪状況等からみてもかけ離れた値ではないと考えられた。

$$Y = 0.256X + 12.9 \quad \dots\dots\dots (式4-1)$$

Y：最大積雪深（cm）      X：標高（m）

#### 4.2 雪崩発生時における積雪深、密度

雪崩が発生した3月29日には三俣の積雪深が60cmまで減り、三俣以外で観測している地点のほとんどで積雪がない状態であり、発生地点での積雪深を推定することは難しい状態であった。そこで、前項に求めた式4-1を三俣の60cmに合うように平行移動して求めた式4-2を用い、発生地点の積雪深を推定した。その結果4mを少し超える程度となり、現地調査時の目測とほぼ一致した。また、発生区では雪庇ができていたことや標高差による融雪時期のズレ等を考えても積雪深が4～5m程度の値であってもおかしくないと考えられた。

$$Y = 0.256X - 97.1 \quad \dots\dots\dots (式4-2)$$

Y：3/29積雪深（cm）      X：標高（m）

また平均積雪密度については、発生約1ヶ月後の4月26日に行った積雪物理観測結果（写真4-1、図4-2）では、0.4～0.5g/cm<sup>3</sup>の範囲であった。しかし、この値は密度としては比較的高い値になってお



写真4-1 積雪物理観測状況（撮影月日 4.26）

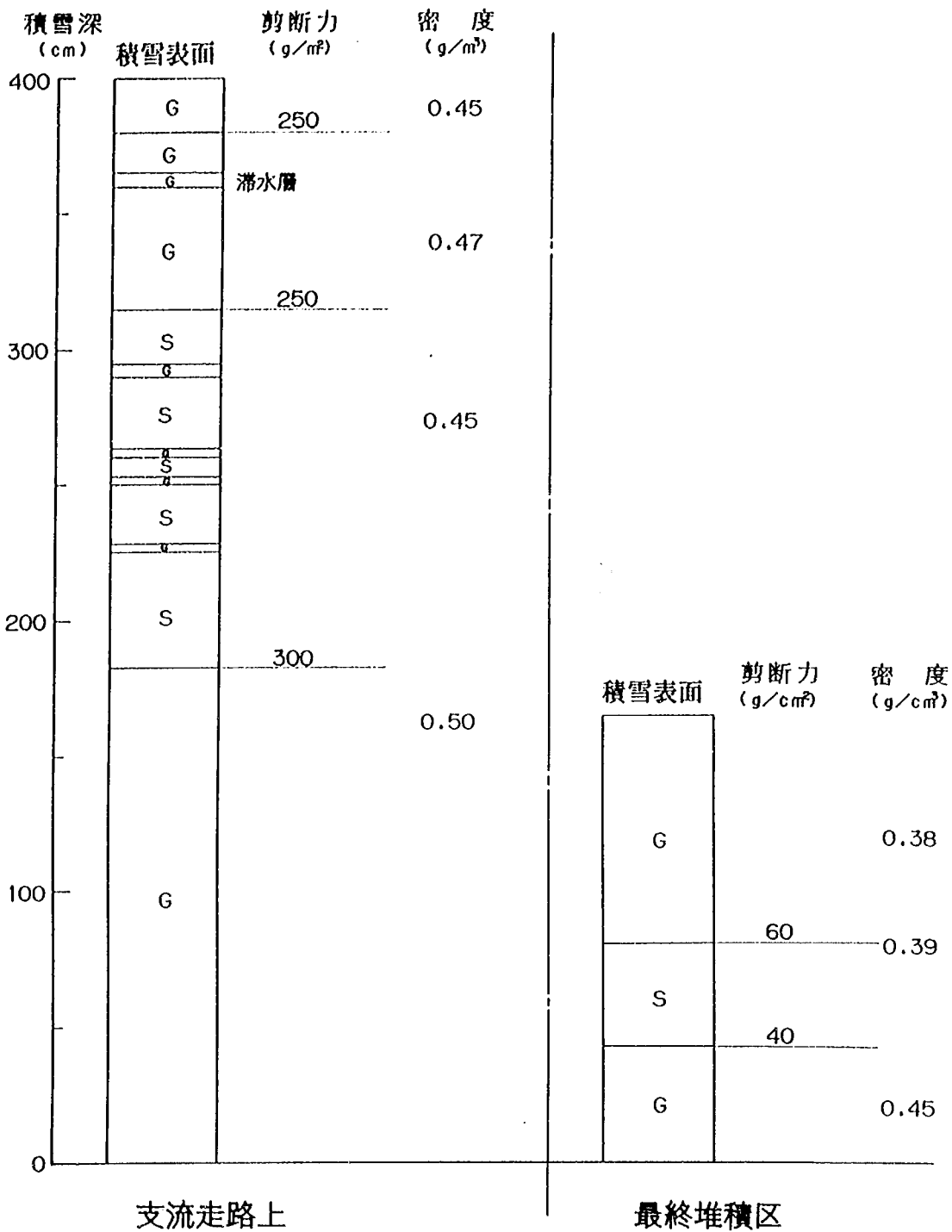


図4-2 積雪物理観測結果（観測日：4月26日）

り、発生時に比べると降雨や気温の上昇によりザラメ化が一層進み、密度が増加しているものと考えられるため、発生時にはもう少し軽い $0.4\text{g}/\text{cm}^3$ 程度であったと考えた。

#### 4.3 雪崩の発生量

雪崩発生区の面積は、長さ100m、幅80mであり、積雪深を4~5m程度と推定すると、その発生量は約 $32,000\sim 40,000\text{m}^3$ となる。また、雪崩発生区域の密度を $0.4\text{g}/\text{cm}^3$ 程度とした場合、発生重量は約12,800~16,000tに達する。



#### 4. 4 雪崩の規模

主流部分について雪崩の規模を推定するために、次式により検討を行った。雪崩エネルギーは雪崩現象の前後における位置エネルギーの差によって定まることから、雪崩の量と落差によりエネルギーが表され、これを常用対数表示したものが一般に雪崩規模として使われている。ここで用いる質量階級 (M. M) とは雪崩発生量を常用対数表示した数値で、ポテンシャル階級 (P. M) とは発生量と落差の積、すなわちポテンシャルエネルギーを常用対数表示したものである。

$$\text{質量階級} \quad M. M = \log_{10} M \quad \dots\dots\dots \text{(式4-3)}$$

$$\text{ポテンシャル階級} \quad P. M = \log_{10} M g h \quad \dots\dots\dots \text{(式4-4)}$$

∴ M: 質量 (t)  
h: 落差 (m)

4-3、4式で、落差 320m (発生区中間部から中間堆積区まで)、質量12,800~16,000 t として求めると、

$$M. M = 4.1 \sim 4.2 \quad P. M = 7.6 \sim 7.7$$

となり、質量階級は表4-2に示すランク1~5の内で4となった。また最近発生した柵口、幕ノ沢の表層雪崩の値 (表4-3) と比較してもかなり大きな雪崩であったことがわかる。

表4-2 質量階級の各度合 (ゴールド、1985より)<sup>4)</sup>

大きさ	内 容	質 量	走路長 (m)	衝撃力 (kPa)
1	人にほとんど害なし	<10 t	10	1
2	人を埋めたり傷つけたり、時には死なせることもある	10 <sup>2</sup> t	100	10
3	車を埋めたり、小さい建物を壊したり、立木を数本折ることがある	10 <sup>3</sup> t	1000	100
4	自動車や大型トラック、それに建物をいくつか壊したり、時には4ヘクタールの植林地に被害を与える力がある	10 <sup>4</sup> t	2000	500
5	最も大きな雪崩で一つの村や40ヘクタールの森林を破壊する力がある	10 <sup>5</sup> t	3000	1000

1パスカル (Pa) は 1 N/m<sup>2</sup>

表4-3 過去の雪崩規模例

雪崩の地点名	質 量 階 級 (M. M)	ポテンシャル階級 (P. M)	備 考
新潟県 能生町柵口	4. 6	8. 2	昭和61年 1月26日 表層雪崩 (死者13名)
新潟県 関山村幕ノ沢	4. 6	8. 6	昭和59年 2月16日 表層雪崩

## 4. 5 雪崩の速度

### 4. 5. 1 雪崩シミュレーションの概要

今回発生した雪崩の速度について、雪崩を流体力学的に取り扱ったVoellmyの方程式を基にしたACCELLモデル(式4-5)によりシミュレーション解析を行った。また、今回の雪崩については主流、支流で式の係数を変えて計算を行った。支流走路については、雪面が削られた状況から剛体に近いものが流下したとも考えられたので、剛体モデルについても解析を行った。

$$\text{ACCELL} \quad a = g (\sin\theta - \mu \cos\theta) - \frac{D}{M} v^2 \quad \dots\dots\dots \text{(式4-5)}$$

$$\text{剛体モデル} \quad a = g (\sin\theta - \mu \cos\theta) \quad \dots\dots\dots \text{(式4-6)}$$

- ∴
- a : 加速度 (m/s<sup>2</sup>)
  - g : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)
  - θ : 傾斜角 (度)
  - μ : 動摩擦係数
  - M/D : 牽引力に関する係数 (m)
  - v : 速度 (m/s)

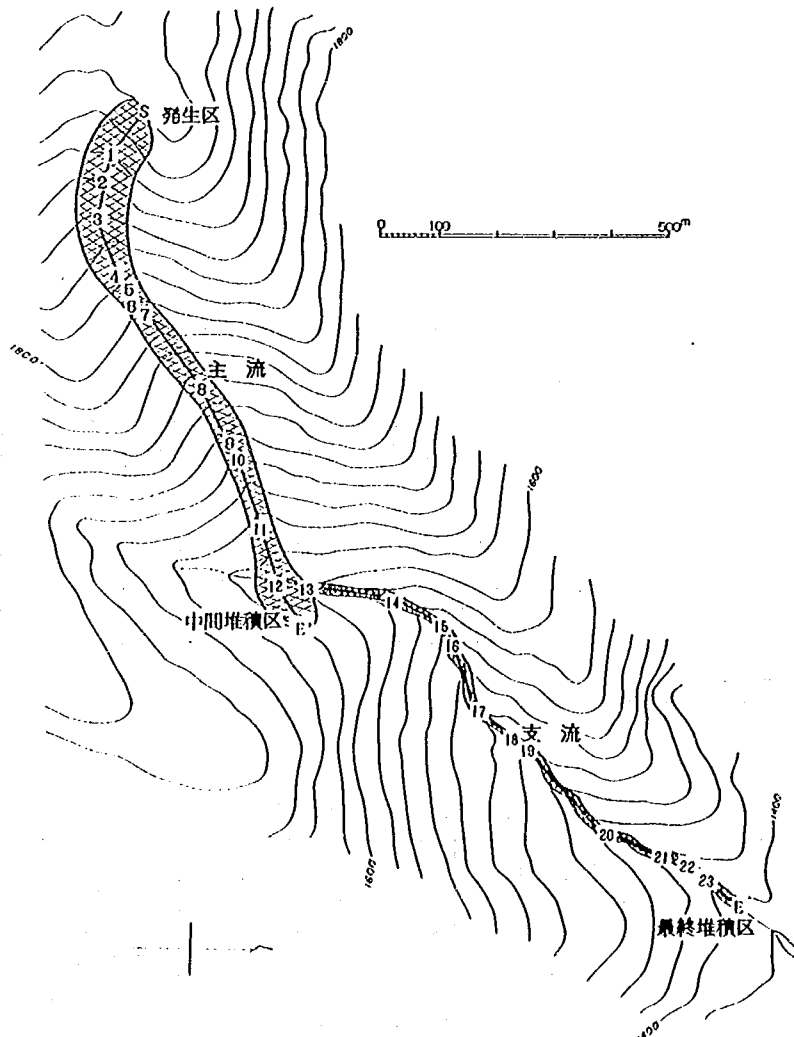


図4-3 シミュレーションに用いた雪崩経路と接点

#### 4. 5. 2 解析結果

主流については、寺本ら<sup>6)</sup>が柵口雪崩で用いた牽引力に関する係数 ( $M/D$ ) の値 ( $M/D$  の分布範囲の平均値  $537m$ ) を使用し、主流の堆積区で流れが止まるように動摩擦係数 ( $\mu$ ) を逆算して求めた。その結果  $\mu=0.25$  が得られ、これにより計算した結果をプロットすると図4-4になる。計算結果を見ると発生後の速度は急激に増加し、対岸の尾根付近 (図4-3の接点No. 3~4) で  $20m/s$  前後となり、以下わずかずつ速度を増しながら流下し、沢合流点付近 (接点No. 12) で急激に減速、停止している。また最大速度は接点No. 9の  $24.3m/s$  となっている。樹木の幹折れ被害を生じた接点No. 3付近では  $20m/s$  弱となっており、被害状況と考え合わせると妥当な速度範囲と思われる。

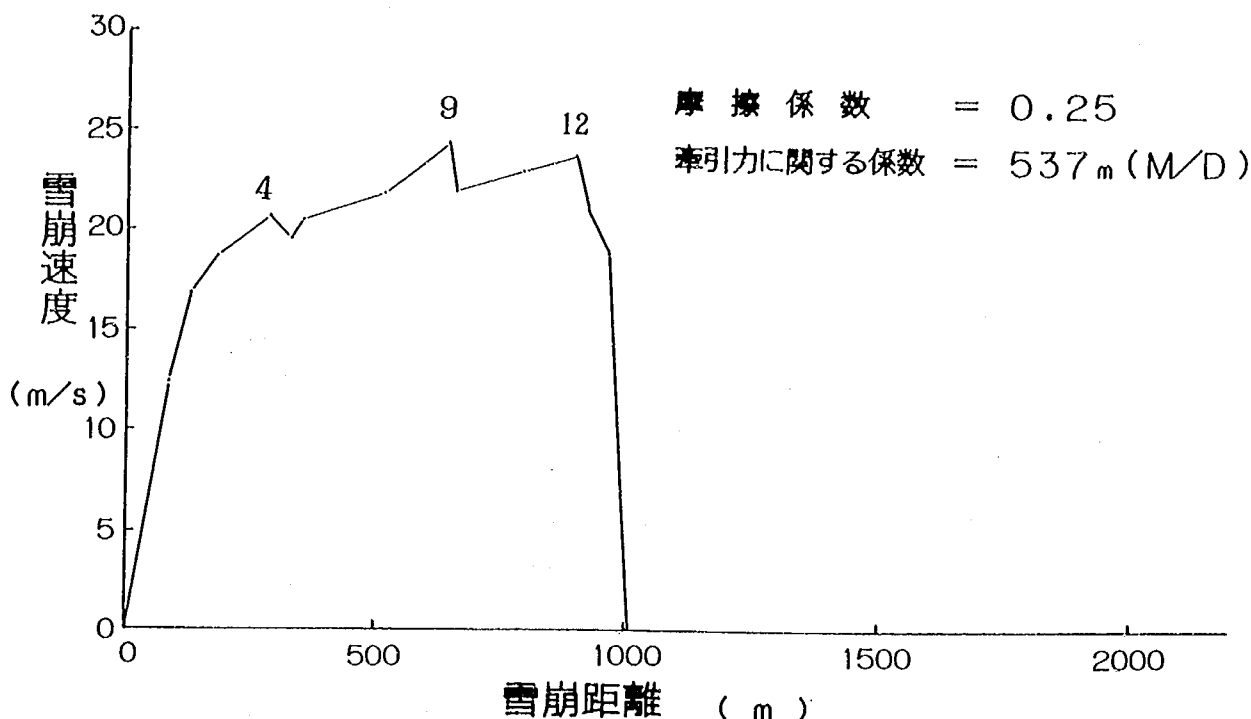


図4-4 ACCELLによる主流速度のシミュレーション結果  
(図中の数字は接点位置を示す)

支流については、主流で求めた分岐点での値 ( $20.98m/s$ ) を初速度として与え、 $M/D = 537m$  として支流の終端で速度が0になるような分岐点以降の動摩擦係数を逆算すると、主流の場合より小さい値  $0.175$  が求まった。これから支流は、主流より滑りやすい状況であったことが推定されたが、最大速度は  $18.9m/s$  で平均としても  $15m/s$  以上で流下し、最終堆積区前 (接点No. 20) で急激な減速をする結果となった (図4-5)。

前述したように支流部については、沢に沿って屈曲しながらブルドーザで押し分けたような溝を  $1km$  近くにもわたって形成し、かつ堆積物 (デブリ) がその溝の中におさまっていたことから、デブリが一塊となって滑ったとも考えらる。そこで、支流部分についてACCELLと同じ方法で剛体 (式4-6) として堆積区まで達する動摩擦係数を求めたところ  $0.225$  となった。速度分布 (図4-6) についてはACCELLとほぼ同じ傾向で  $20m/s$  程度の速度で流下し、最終堆積区前で急激に減速する結果となった。しか

し支流走路の屈曲状況や走路中央にある樹木が折れずに、雪崩流の方が2分されている状況（3章、写真3-14）をみると、支流走路を実際に流れた速度はこれよりは遅い速度であったと考えられた。

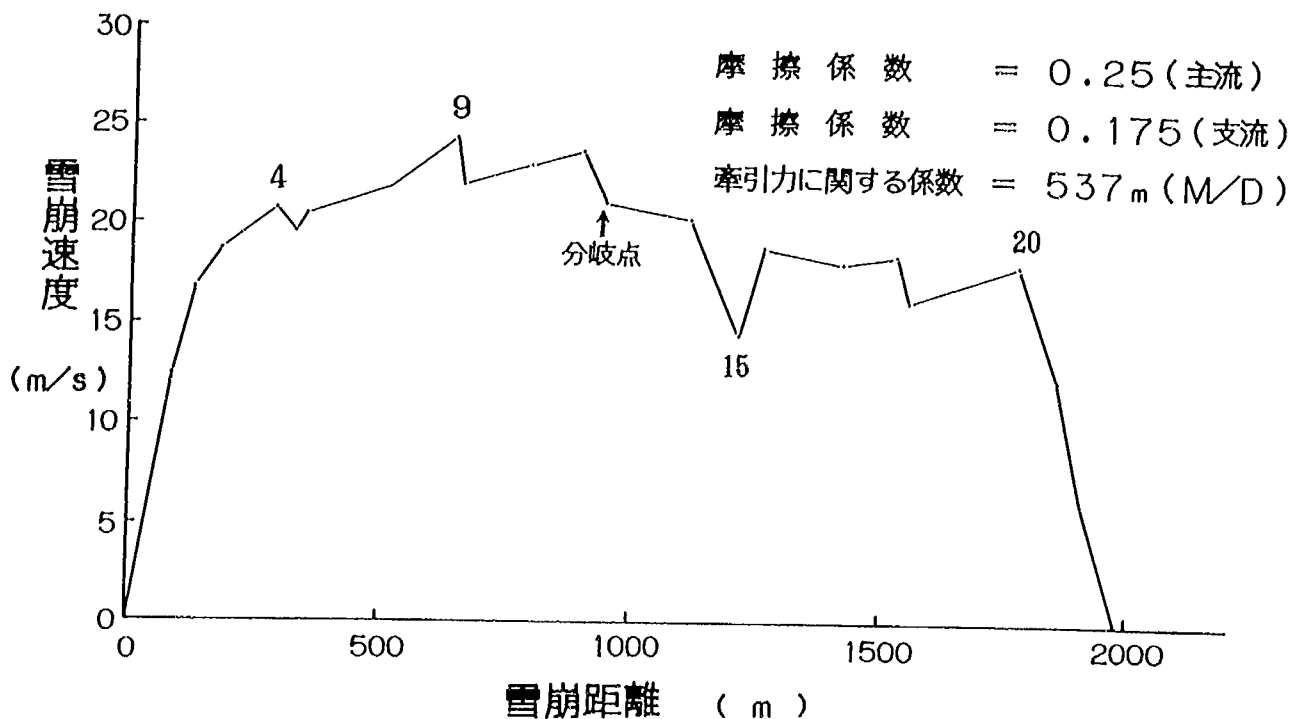


図4-5 ACCELLによる主流、支流速度のシミュレーション結果  
 (図中の数字は接点位置を示す)

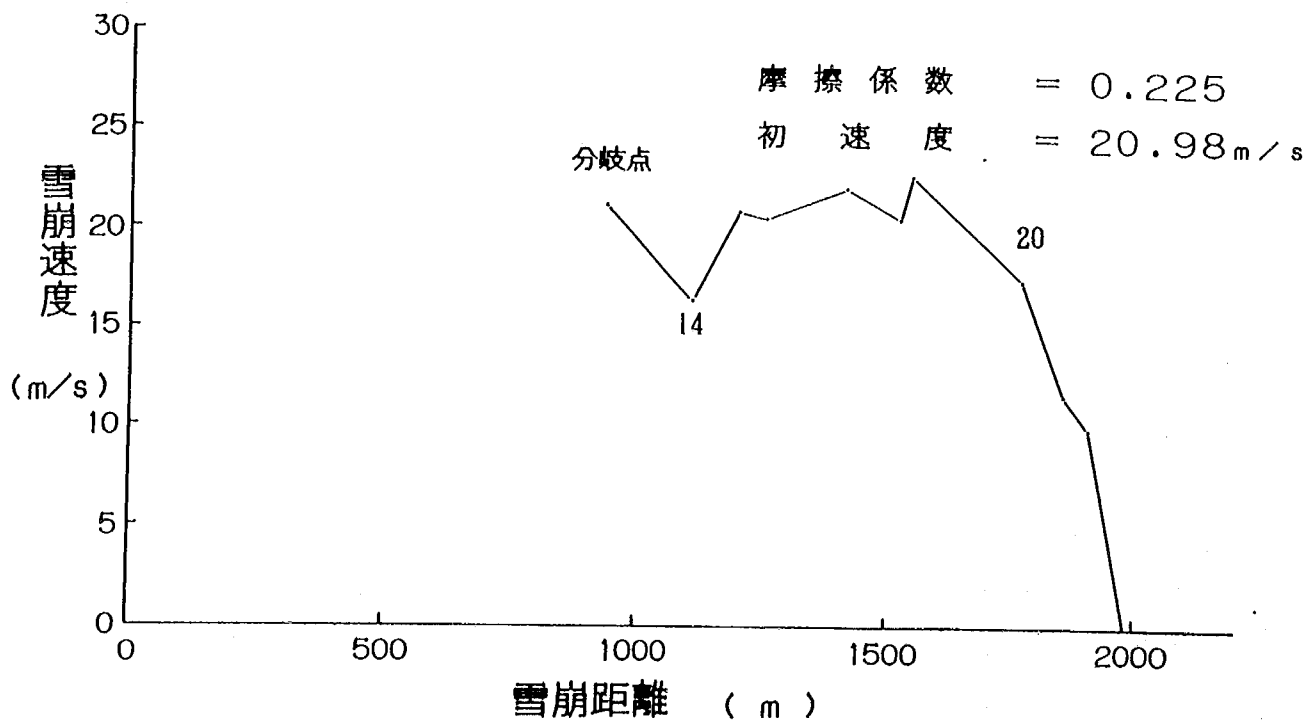


図4-6 剛体モデルによる支流走路のシミュレーション結果  
 (図中の数字は接点位置を示す)

#### 4.6 雪崩の最大到達距離

図4-7は、和泉<sup>6)</sup>が全層、表層雪崩の実測値(18ケース)を用いて、見通し角と最大到達距離との関係を示した図に今回発生した全層雪崩をプロットしたものである。この図から、今回の雪崩は全層雪崩(表層と比べても)にしては最大到達距離が非常に長いことがわかる(見通し角も他に比べ極めて小さい)。

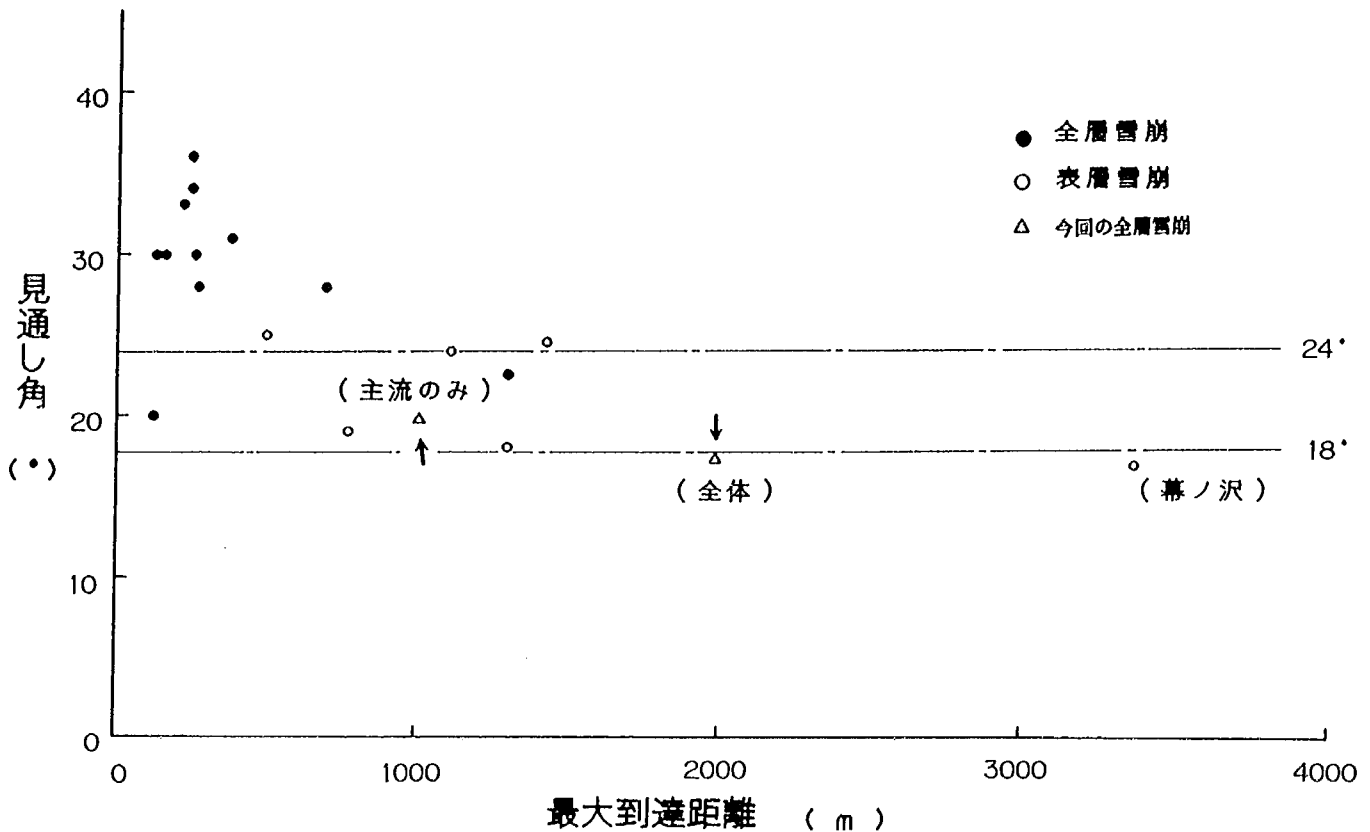


図4-7 見通し角と最大到達距離<sup>6)</sup>

さらに、式4-7<sup>6)</sup>により雪崩の超過距離を求めて比較をした結果、図4-8に示すように今回の雪崩による超過距離は主流のみが456m、全体で1,100mとなり、他の全層雪崩に比べ極めて長い稀なケースであった。

$$L_e = L - H / \tan 32^\circ \quad \dots\dots\dots (式4-7)$$

$L_e$  : 超過距離 (m)

$L$  : 最大到達距離 (m)    1,980m

$H$  : 標高差 (m)            主流 340m、全体 550m

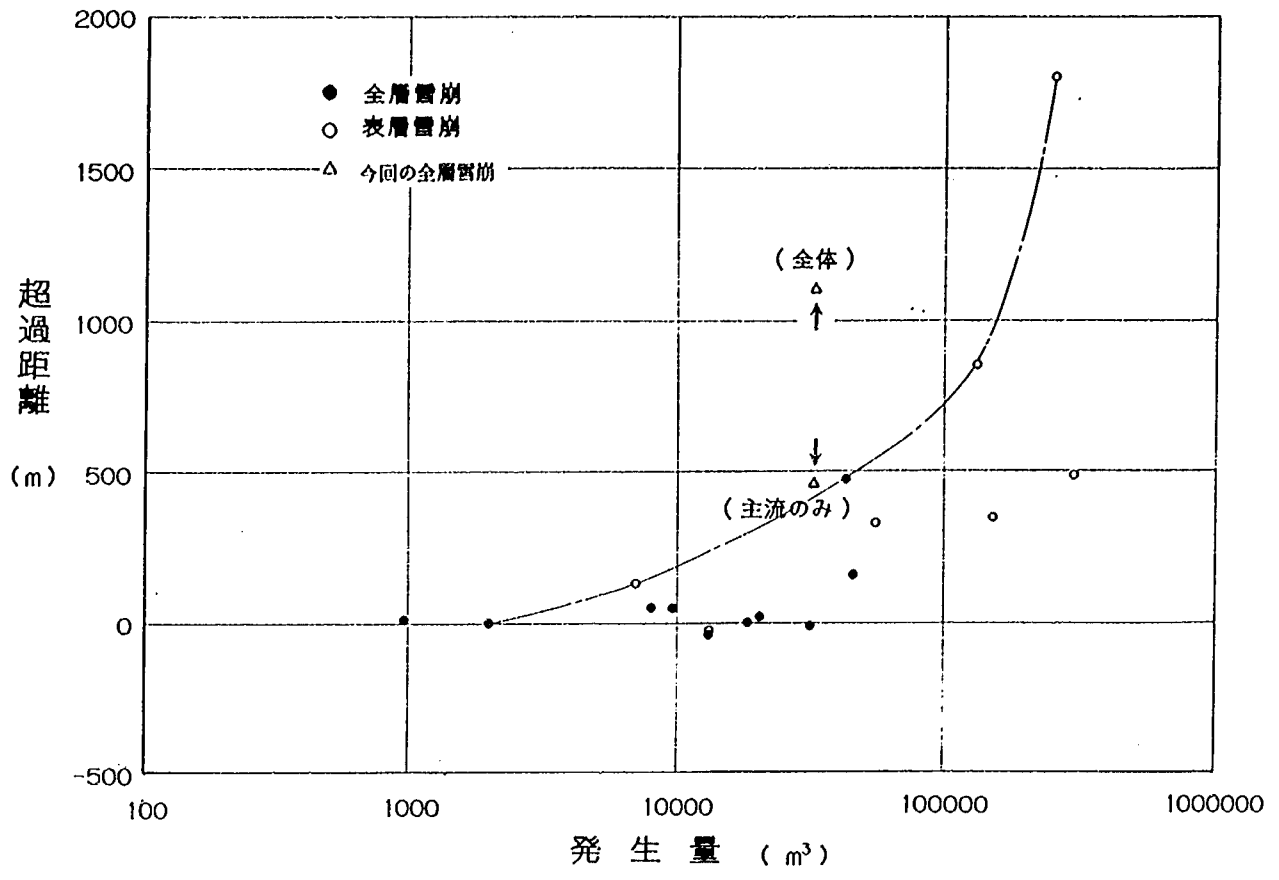


図4-8 超過距離と発生量の関係<sup>6)</sup>

## 第5章 考察

今回の雪崩到達距離が大きかった理由について考察した結果は以下の通りである。

### 5.1 主流

主流部分については、発生量（発生推定層厚4～5m）がかなり大きかったことと、発生直後のカーブ以外はほぼ直線状であり、また縦断的にも20°程度のほぼ一様な勾配であったため等により、エネルギーのロスが小さかったことが考えられる。さらに、見通し角が一般に言う下限値よりも小さかった理由の一つとしては、発生区の斜面勾配が20～25°と普通よりも緩やかで走路勾配とあまり変わらなかったことが、見かけ上では見通し角の値を小さくしているとも考えられる。

### 5.2 支流

支流部分については、まず観察結果から流下状況を考察すると以下のようなになる。

側堆の形成状況から考えると、少なくとも雪崩の先端は比較的硬い土砂混じりの雪塊等からなっていた。それが、相対的にやわらかい走路上の積雪を削り、ラッセルしながら流下した。ラッセルされた雪に発生区から運んできた雪塊や土砂の一部が混ざって側堆が形成された。また、その流下によって底面は圧雪された。

次に雪崩が、このような緩斜面を極めて長い距離にわたって流下する理由として次の3点を考えた。

- ① 雪塊が融雪水等による水分を多量に含んだため、極めて流動性が高くなった。
- ② 次々と新たな雪塊が後方から供給され、これに押されることにより運動エネルギーを維持した。
- ③ 走路の堆積中にクラスト面があり、この上を滑るように流下した。

これらについて、今回の雪崩にあてはめて考えると次のようになる。

①については、気温自体がそれほど上昇していないことや走路、堆積区において多量の水分が抜けたような痕跡は観察されなかったこと、さらにデブリの雪塊には泥等で汚れていないものがあったことから、可能性は低いと考えられる。

②については走路が屈曲していることから、仮に後方から次々と雪塊等が流下してきたとしても、前方の雪崩よりも速度が速い筈であるから、その屈曲部をスムーズに通過できないことから、これも可能性は低いと考えられる。

最後の③については、調査時に走路脇を整形すると多量に水分を含んだ厚さ1～2cmの層が観察され（写真5-1）、可能性としては最も高いと考えられる。しかし、調査を行った時点では日数が経っていたため、その層を境に滑ったかどうかを確認するまでには至らなかった。

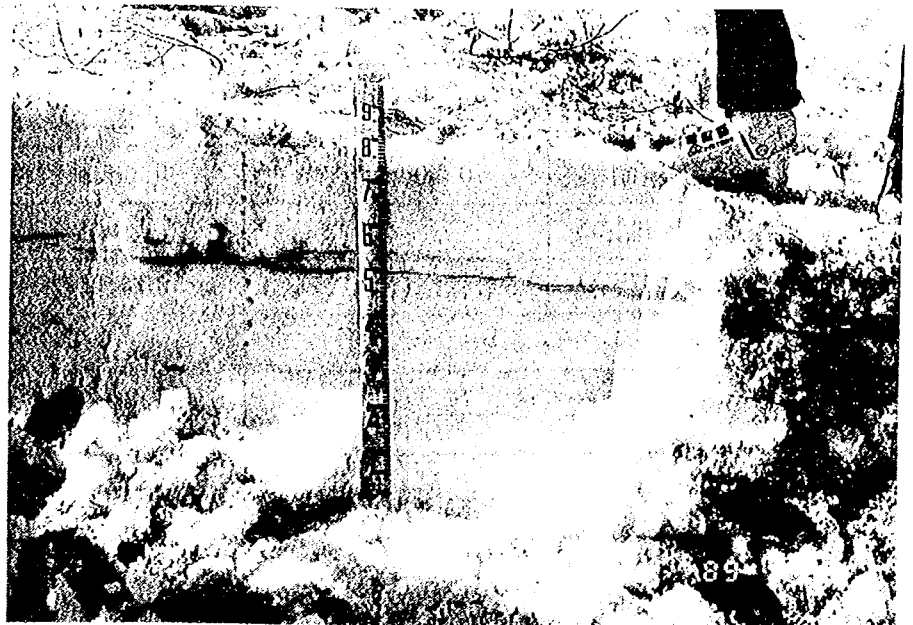


写真5-1 多量に水分を含んだ層（撮影月日 4.20）

第6章 まとめ

今回発生した雪崩の調査結果をまとめると以下のとおりである。

雪崩発生日 平成元年3月29日 15:00~16:00

雪崩発生日の気象

天 候 晴れ一時曇り

発生地点の推定値 三俣の観測値

気 温	平均気温	-4.0℃	+3.0℃
	最高気温	-2.0℃	+5.0℃
	最低気温	-6.0℃	+1.0℃

積雪深 4~5m 60cm (スキー場 公表値 3.6m)

雪崩分類 面発生湿雪全層雪崩

雪崩質量階級 (M. M) 4.1~4.2

雪崩ポテンシャル階級 (P. M) 7.6~7.7

	全 体	主 流	支 流
標 高	発生区 1,940m	堆積区 1,600m	堆積区 1,390m
落 差		340m	550m(220m)
雪崩距離	1,980m	1,000m	1,980m(1,050m)
幅	発生区 80m程度	流下区 50~80m 堆積区 最大80m	流下区 20~10m 堆積区 10m程度
斜面勾配	発生区 20~25° 流下区 平均15.5°	流下区 平均20.1° 堆積区 0~-6°	流下区 平均11.4° 堆積区 7.6°
発生区の見通し角		19.9°	17.4°
雪崩発生量 重量	32,000~40,000m <sup>3</sup> 12,800~16,000t		
雪崩面積	70,500m <sup>2</sup> 程度	60,000m <sup>2</sup> 程度	10,500m <sup>2</sup> 程度
雪崩堆積量			1,350~1,800m <sup>3</sup>
被害樹木	75本程度(カンナ、トナ)	60本程度	15本程度
シミュレーション			
ACCEL	最高速度 動摩擦係数μ	24.3m/sec 0.25	18.9m/sec 0.175
剛体モデル	最高速度 動摩擦係数μ		22.5m/sec 0.225

( ) 内の数字は支流走路間 (主流接点から) の値



今回の全層雪崩は、雪崩距離が長く比較的大きなものであった。また、雪崩が流下した距離が長かった理由についての詳細はわかっていないが、積雪層内に非常にすべりやすいクラスト層があったことが理由の一つに考えられた。

おわりに

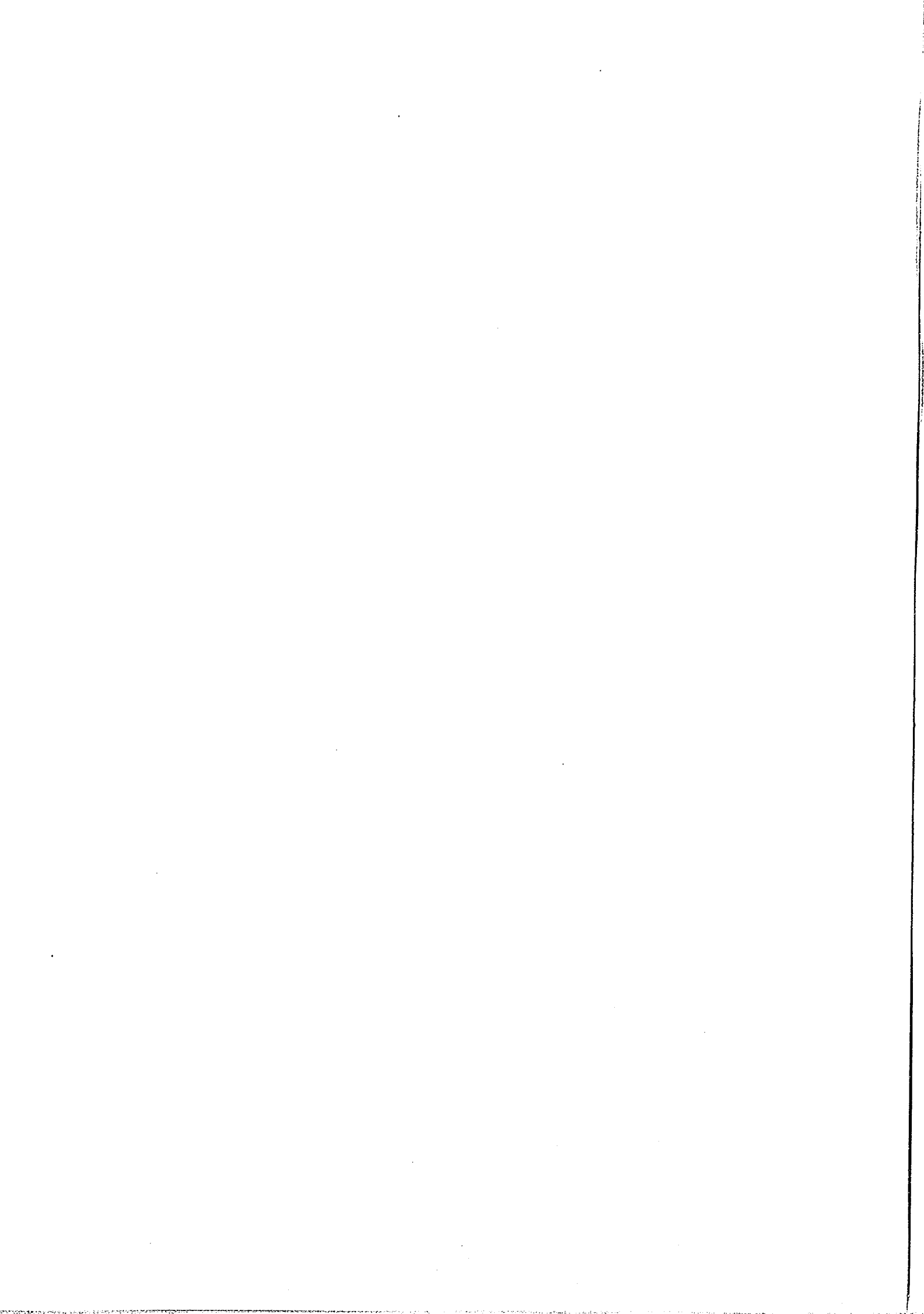
今回の調査では、雪崩の全容を捉えるまでには至らなかったものの、ある条件のもとでは今回のような特異な雪崩が発生することを報告した。特に、その到達範囲の大きさは今後雪崩ゾーニング等を考える場合は留意する必要があるものである。そのためには、今後も雪崩調査を数多く、かつ的確に行う必要があるものと考えられる。

最後に、雪崩の発生をいち早く連絡していただき、なおかつ現地調査で協力をしていただいた湯沢砂防工事事務所山内修所長をはじめとする事務所の方々や現地調査の際に便宜を図っていただいた六日町営林署とスキー場の関係者の皆様に深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 雪崩とその対策 : 雪崩対策研究会、(社)全国治水砂防協会 1986年12月
- 2) 雪崩の被害 : 高橋喜平、雪氷22巻1号 1960年1月
- 3) 雪氷防災  
- 明るい雪国を創るために - : 編著 高橋 博、中村 勉他、白亜書房 1986年12月
- 4) 雪崩発生の予知・予測に関する研究 : 第43回建設省技術研究会、建設省 1989年11月
- 5) 8方向ウォークモデルによる  
雪崩の到達区域シミュレーション : 寺本和子他、昭和63年度砂防学会研究発表会概要集  
1988年5月
- 6) 大規模雪崩の流動性 : 和泉 薫、新潟大学災害研年報 第7号 1986年1月
- 7) 新編防雪工学ハンドブック : (社)日本建設機械化協会、森北出版(株) 1988年3月
- 8) 大規模表層雪崩実態調査 : 下村忠一他、土木研究所資料 第2618号 1988年1月

## 付属資料（写真）



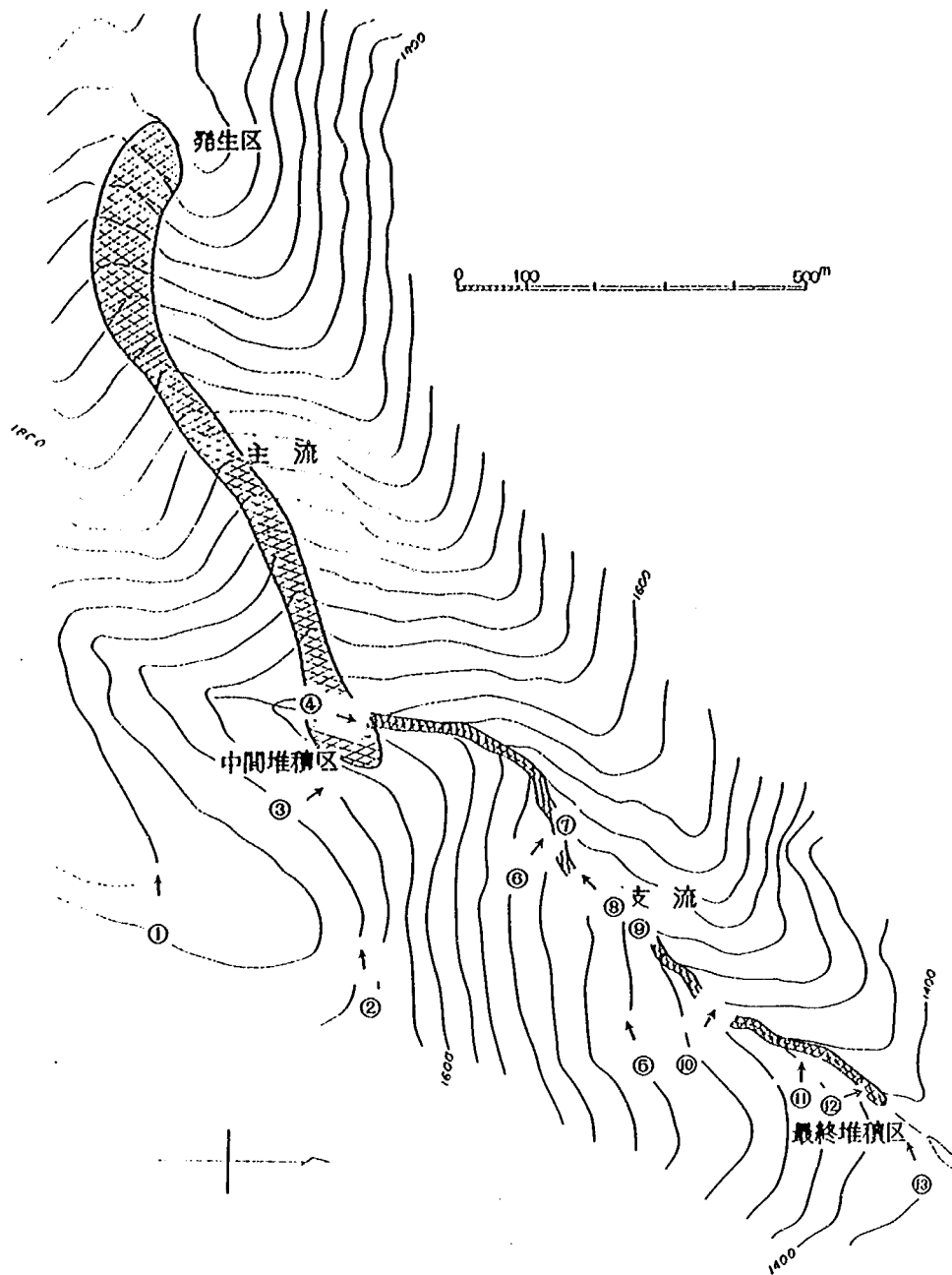
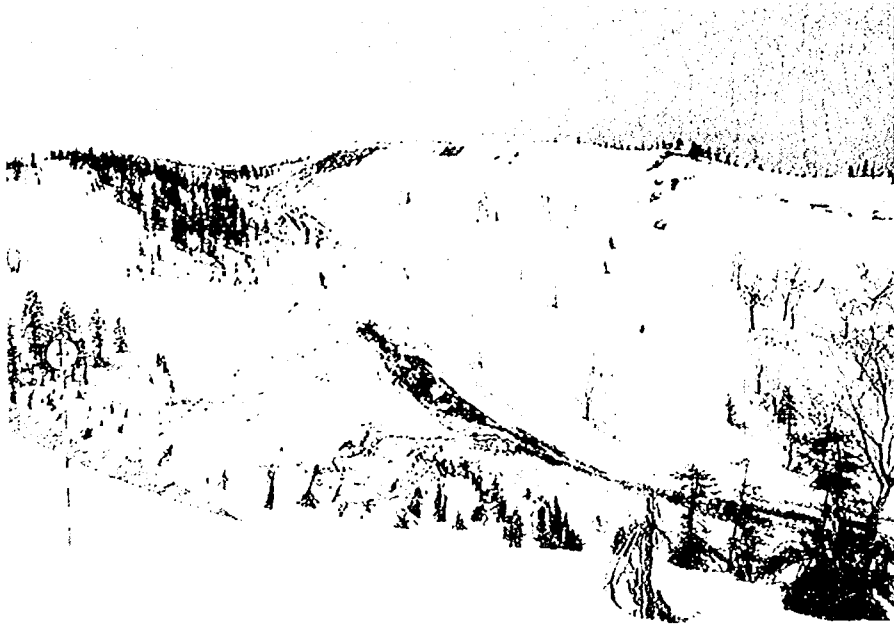


写真 (No. ) と撮影位置及び方向



付属写真-① (撮影月日 4. 1; 山内氏提供)



付属写真-②

(4.20)

付属写真-③

(4.20)



付属写真-④

(4.20)

( ) 内は撮影月日



付属写真-⑥

(4. 8)

付属写真-⑥

(4. 8)



付属写真-⑦

(4. 8)



( ) 内は撮影月日



付属写真-⑧

(4. 8)

付属写真-⑨

(4.20)

(流木によると思われる  
走路底面の亀裂)



付属写真-⑩

(4. 8)

( ) 内は撮影月日





付属写真-⑩

(4. 8)

付属写真-⑫

(4.20)



付属写真-⑬

(4. 8)

( ) 内は撮影月日

## 苗場山麓で発生した全層雪崩について

新潟試験所	所長	下村 忠一
	主任研究員	寺田 秀樹
急傾斜地崩壊研究室	室長	中島 久男
	研究員	吉松 弘行
		藤沢 和範

### 要旨

新潟県の苗場山麓において、平成元年3月29日に大規模な全層雪崩が発生した。この雪崩は、発生区の斜面勾配が $20\sim 25^\circ$ と緩やかであることや、到達範囲の見通し角が $17.4^\circ$ と極めて小さく、かつ流下距離が約2kmと長いこと等、極めて特異なものであった。本論は、それらの特徴を現地調査結果を中心に、一部考察を加え報告するものである。

キーワード：雪崩、全層雪崩、雪崩調査