

1. ま え が き

災害の原因を調査する時、素因と誘因に分けて考えることが多い。災害を発生させる基盤とでもいうべきものと、災害の発生に直接役立った引金とでもいうべきものに分けて考え、どちらか一方が無ければ災害は発生しないという。この考え方は災害調査の常識になっているが概括的にすぎて災害の構造を分析することができない。素因も決して単一なものではなく、多くの要素から構成されており、その要因の一つ一つは同じ重さではない。要素の数も重さも時間と共に様々に変化し、素因は常に一定のポテンシャルエネルギーを持つわけではなく、時間と共に変化する。

地すべり、地震、なだれなど自然の破壊に由来する自然現象は、破壊に関連する限り、破壊の一般理論が適用できる。破壊はそもそも組織敏感性 (structure sensitive properties) をもつもので、組織の大まかな類似性によって左右されるのではなく、ごく小さな部分の影響によって左右されるのである。地形、地質、地殻、気象、積雪などが同じであっても、同時に地震、地すべり、なだれなどが発生するわけではない。偶然に入りこんだきずや不均一部分が経時変化をおこし、生長して破壊を大きく左右することもある。したがって定量的に破壊の発生条件を決定することはむずかしく、確率分布を示すと考えられる。このために自然の破壊を一つのブラックボックスとして考え、破壊の発生を確率論的にとらえる試みが行なわれてきた。

災害は自然の破壊と一義的に結びついてはいない。人間は多かれ少なかれ、積極的にせよ消極的にしろ、自然の破壊に抵抗して自己を守ろうと努力している。不幸にしてこの両者に短絡が生じると、災害が発生する。自然の破壊と災害とは別の現象であろう。

災害調査において遭遇する事例には、常時一定の頻度でなだれが発生する道路を通行し災害に会うということも多い。一定の確率でなだれが発生しており、遭遇すれば災害になることを承知の上で通行し、災害に会ったという例である。また過去の多くの例から、なだれが発生しないと予測していた場所で新しいケースとしてなだれが発生し、災害に会う例もある。このように災害の要素を完全に把握して対応することは、今日の社会通念からみてかなりむずかしい。自然の未知の部分の解明に目を向けたとしても容易に防災に役立つ成果はえられないであろう。まして特効薬的な発見などはありえないのではなかろうか。人類の歴史において、科学知識の量が飛躍的に増大した時期は18世紀から今世紀の前半であるという。今後もこのような増加率で科学知識が発展すると考えるのは誤りで、むしろ衰退の域に達しているという。したがって自然現象の研究に精を出しさえすれば、どんどん防災の科学技術が進歩すると考えるのは誤りで、研究の成果は努力にもかかわらず少しか進歩しないであろうし、防災に役立つ知識も少しか増加しない。今日、外見上目をみはるようなビッグ・プロジェクトも、よく分析してみると過去の古い技術の組合せによっていることが多い。防災技

術も今日以上に飛躍的に科学知識の量が増大するのを期待できないのだから、今日までの知識の整理と分析を行ない、新しい発想で組立てることを考えた方がよい。何百年先に役立つかわからない防災科学技術の研究より重要である。

この調査研究において、災害の要因と構成を分析することを目途とした。災害の調査が重要な研究テーマになるのではないかと考えた。これは一つの試みであって、未完であり、提言でもある。

(広 部)

2. 清津峡のなだれ

清津峡は、新潟県南部の中魚沼郡中里村に位置している。なだれは清津峡入口の清津峡温泉(大石小石地内)を襲い旅館一棟を全壊させた。現地聞き取り調査によると、この地点では過去2回かなり大規模な乾雪表層なだれ(地方名“わや”)が発生している。1回目は昭和20年であるが当時この地点に建物はなく(昭和28年に建築)、2回目は昭和38年1月6日に発生し、当該旅館の浴場に侵入している。この他、例年大雪のときにはなだれ発生が見られるが、今回程規模は大きくなく清津川を乗越えて対岸の旅館に達することはない。なお、中里村役場の報告によると、今回の災害発生から20日後の2月24日にもなだれが再発し、この規模は今回の4倍であった。このなだれ災害について2月20日に現地調査を行なった。その調査結果に基づいて、このなだれの発生状況・原因について考察を述べる。

2.1 なだれの発生状況および被害

このなだれの発生日時は、昭和53年2月5日午前11時55分である。なお、現地より下流約500mの東京電力測水所の自記記録によると、12時00分頃から14時までは川の流れはなかった。これは、清津川の川底に堆積したなだれのデブリにより川がせき止められたためと考えられるが、この時刻はなだれの発生時刻と一致している。

図2.1になだれ発生地点付近の地形図を、発生状況を写真2.1に示す。なだれは、対岸の桜峰北西山腹(標高約700m)より発生し、走路上の林間の隘路を樹木をなぎ倒して通り抜け(写真2.1)、ついで平均斜度45°(最小39°、最大56°)の急斜面を逆落しに下り、幅約60m・比高約20mの清津川河床を越流して対岸の旅館苗場館を直撃倒壊させた。なだれのフロントは、川を乗り越えるときに、川底の石や“いわな”を共に押し上げて家屋の屋根上に残し、さらに旅館背面の斜面を登り横方向にも流れて堆積している(写真2.2)。

発生地点から堆積地点までの標高差は約300m、村役場の調査によるとデブリ量約400m³である(図2.2)。デブリはスコップおよびスノーダンプで掘り出すのに困難でなかったことから、デブリ密度は400kg/m²程度と仮定すると、ポテンシャル階級(清水, 1966)は

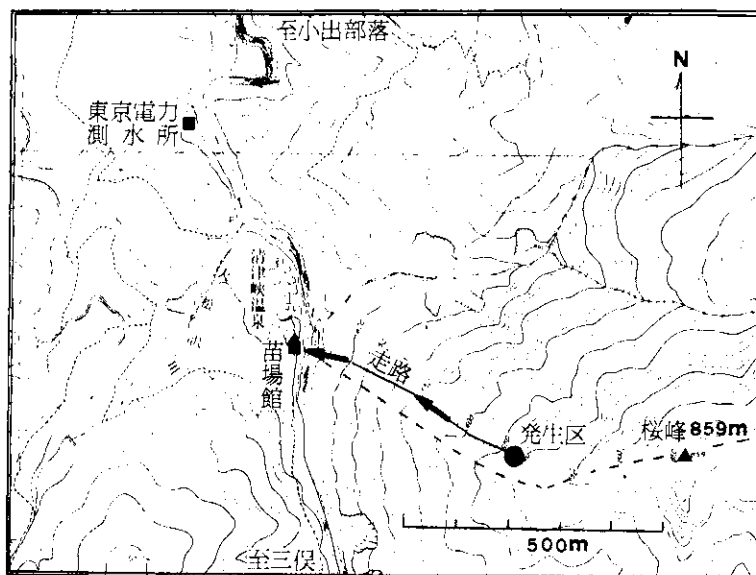


図2.1 清津峡温泉地形図

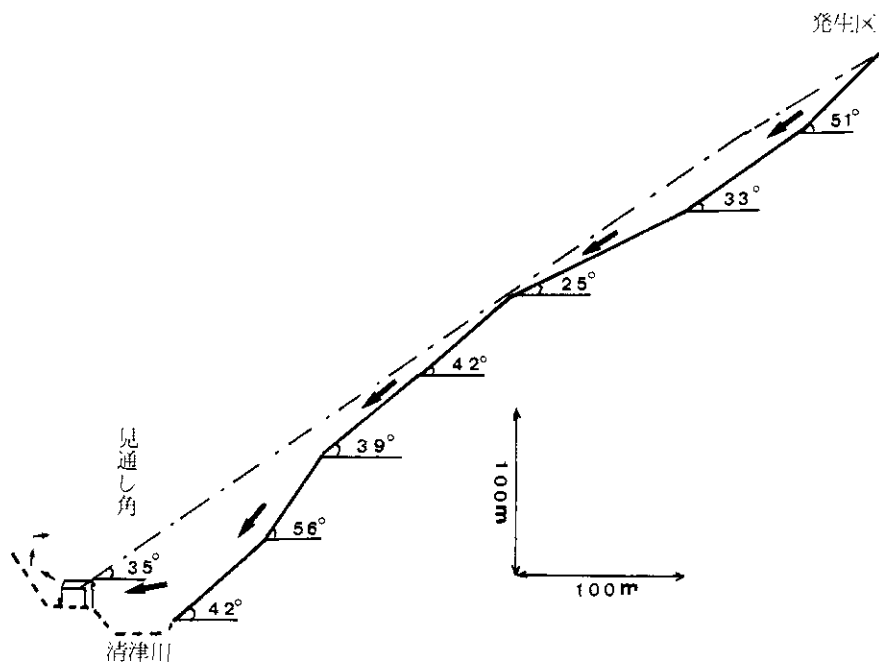


図2.2 走路断面図



(1) 発生区 (▼印)



(2) 走 路



(3) 現場へ向う道路のなだれ



(4) 堆積区, 矢印の清津川は雪で埋没

写真2.1 清津峡のなだれ



(1) 部落方向



(2) いわな、川原の石、樹幹



(3) 清津峡方向

写真2.2 復旧作業と屋根の上で発見された異物

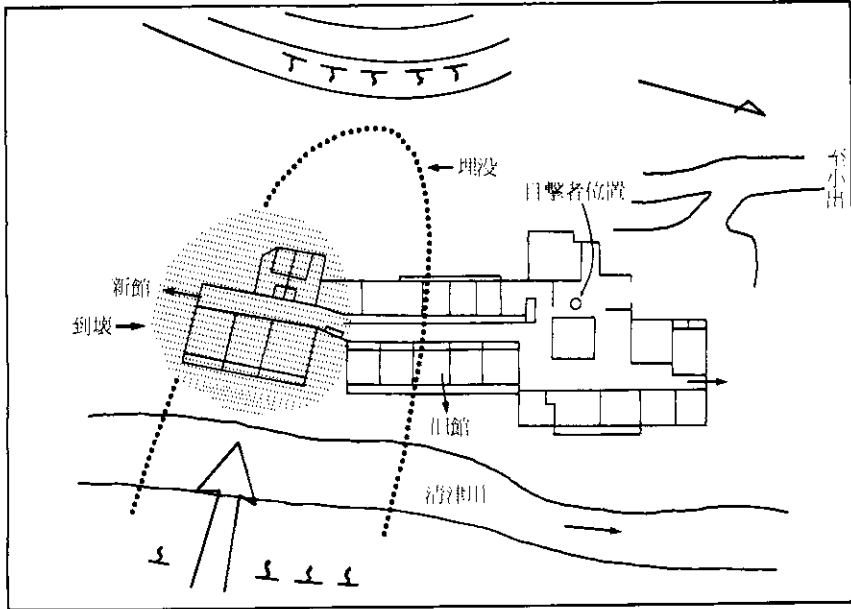


図2.3 苗場館と被害状況

5.7となる。また、このなだれの見通し角は約 35° である。なお、このデブリ体積は現地調査から過少に見積られていると推定される。

発生当時、3人が倒壊した新館屋根上で数分前まで雪掘り作業を行っていたが、昼食のため十数m離れた旧館に退去しており危うく難を逃れている。これら3人の目撃者によると、このなだれは猛烈な突風を伴い、しばらく顔をあげることもできなかったとのことである。被害の状況を図2.3および写真2.3に示した。被害を受けた苗場館新館は、地上3階建てで1階は過去のなだれの到達範囲（昭和38年の浴場侵入）を考慮し鉄筋コンクリート造りとしてあったが、2・3階は計 263m^2 の木造であった。今回のなだれで木造部分の2・3階が全壊した。写真2.3の(2)、(3)に見られるように、家屋内には隙間から隅々まで粉雪が侵入しており新雪系なだれの特徴を示している。なお、なだれ災害の後処理には消防団・民間人など延べ150人を要している。

以上の発生状況ならびに次節で述べる気象・積雪状況から、このなだれは「煙り型の面発生乾雪表層なだれ」と判断される。

2.2 気象および積雪状況

ここで使用した資料の観測地点は、現場より清津川下流沿い約2kmの清津峡小学校である（新潟県企画開発部資料による）。

昭和53年1月の平均気温は -0.9°C 、最高積雪深は 195cm （1月31日）であり、この地点の観測開始以来過去8冬期間の記録と比較すると、昭和53年1月は平年値より気温は高く、積雪量は少ないといえる。昭和48年1月は今年と同様、平均気温が高く極端



(1) 倒壊状況



(2) 内部



(3) 内部

写真2.3 旅館の被害状況

な寡雪であったが、このような冬は大規模ななだれは発生していない。1月29日頃から一転して冬型が強まり、2月1日から4日までの積算新雪深は215cmであり、特に2月2日および4日のそれぞれの新雪の深さ80cmおよび70cmはこの地方最大級の日降雪強度である。この間の気温は $-4 \sim -5^{\circ}\text{C}$ と低温である。清津峡小学校における発生当日の積雪の深さは320cmと記録されているが、発生現場付近で積雪の深さ450cm、そのうち、新雪層の厚さは約180cmと報告されている。

2.3 考 察

2.3.1 発生要因

桜峰山腹のなだれ発生区では1月の暖冬のため数度に渡り小規模ななだれが発生し、1月末の大雪前には山腹上にほとんど雪がなかったと村民は語っている。また、別の村民は、1月29日以降の大雪による新雪層と旧雪表面には境界が見られたと述べている。

上記の2人の村民による観察は、なだれの発生要因の考察に当って矛盾するものではない。このなだれの発生原因は、1月の暖冬による斜面の不安定化と旧雪表面での滑り面の形成という素因に加え、発生前数日間の持続した寒気下における大きな降雪強度が誘因となり、この地点では稀な大規模ななだれ発生に至ったものと考えられる。新雪系のなだれは、一般に灌木等による支持力の影響を受けない位の基盤の積雪(旧雪)が必要であるが(荘田, 1970)、持続した降雪強度が大きければ、それ以前の小崩落があって基盤の雪がある程度失われてもなだれ発生に至る場合もあり得るであろう。

以上で述べたことは、自然の破壊としてのなだれ発生原因である。なだれが災害化するためには、別に人間側の要因が一般にはある場合が少なくない。このなだれ災害の場合、過去約30年の間に3度の比較的大規模のなだれが発生している。スイスでは(Frutiger, 1970)、なだれの再現期間を用いてなだれ危険度のゾーニングを行ない、これを用いてなだれ危険地図を作成している。このゾーニングで、最危険ゾーン(レッド・ゾーン)は30年あるいはそれ以下の再現期間を持つ地域か、300年までの再現期間で 3 ton/m^2 の衝撃力を伴うなだれが発生した地域であり、レッドゾーンには建物の建築等は一般には許可されていない。スイスのように過去の災害なだれ資料が整備されていない我国では山間部に新たに建築物を建てる場合には十分な考慮が必要であろう。

2.3.2 なだれの流動化

前述した家屋の後処理時に屋根で発見された川底の石および“いわな”の存在は、この新雪なだれが流動状態(fluidization)の雪にあったことを示す一つの証左とも考えられる。

前野・西村(1977)の実験結果によれば、雪内気流速度が増加すると(新雪層)の雪粒は流動状態の雪に遷移し、これに体積膨張を生じ液体に近い粘性を持つようになる。体積膨張によって流動状態の雪の表面では、物体は浮力を受ける。川底の“いわな”はこのような機構も加わって川底から輸送されたのだろう。

2.3.3 なだれの速度および衝撃力

なだれの破壊力階級について、清水(1966)が一つの提案を述べているが、この式に用いられている摩擦係数 k は雪質によって決まるものと思われるが、 k の決定はなされていない。この破壊力階級は、終速度における運動エネルギーから定義されているので、走路上の速度分布と平均傾斜が知られていれば終速度が求まり、これから k を近似的に決定することもできるが、観測の行なわれていない災害なだれではこの方法は適用できない。ここでは、たつまきの強さを表わすのに用いられている藤田スケール(Fujita, 1976)と速度圧に関するベルヌーイの式によって、このなだれの速度および衝撃力を概算してみることにする。

たつまきの藤田スケールは、最小スケールF1をビューフォート風力階級12と一致させ、最大スケールF12が音速マッハ1に一致するように構成されている。藤田スケールFと風速 V (m/sec)との関係は次式で表わされる。

$$V = 6.30 (F + 2)^{1.5}$$

このスケールの特徴は、ビューフォート風力階級と同様に反応を見て推定できるように構成されており、測定を行わずにスケールが決められる点にある。また、スケールは被害と風速の両方に結びついている。たとえば、有名な志谷谷のなだれでは宿舎が跡かたもなく吹飛んでいるので、藤田スケールをそのまま適用すればF5(想像を絶するたつまき)になる。なお、たつまきの事実上の上限はF5である。

さて、清津峡の災害なだれの場合2.3階の木造部分は倒壊し一部分は分解しバラバラになっている(写真2.3)。したがって、このなだれは藤田スケールのF3(強烈なたつまき)の上限に当る。この場合の対応するたつまきの相当風速は、70~92m/s(約5secの平均風速)の範囲である。藤田スケールは、純粋な空気流であるたつまきに適用されるものであり、雪粒を粉体として空気流に含む煙り型の新雪なだれとは異なる。したがって、上記の相当風速をそのままなだれ速度と考えることはできない。しかし、たつまきと煙り型乾雪表層なだれの被害とともに、流体について一般に成立するベルヌーイの式から導かれる速度圧(P)によって生じると考えられる。前節で述べたようにこのなだれは流動化しているものと仮定する。

$$P = \rho V^2 / 2g \quad (1)$$

ここに、 ρ は流体の実効密度(kg/m³)、 V は速度(m/s)、 g は重力の加速度(m/s²)である。したがって、たつまきとなだれに対して同じ速度圧を及ぼすそれぞれの速度の換算が、式(1)を等置することによって一応求められる。すなわち、

$$V_s = \sqrt{\rho_a / \rho_s} V_a \quad (2)$$

ここに、添字 a は空気流、 s はなだれ流を示す。式(2)中の定数 ρ_s 、すなわちここでは乾雪表層なだれのみかけの空気密度あるいは雪煙密度の観測値は、フランスのグルノーブルなだれ研究グループがなだれ走路に雪煙採取箱を設置し観測を試みているが著者は未見であり、

他には文献は見当たらない。Mellor (1968)は、なだれの雪煙と類似している吹雪の研究結果などから、雪煙の最小密度は $1\text{kg}/\text{m}^3$ のオーダー（吹雪の最大値とコンパラブル）、最大密度は $10\text{kg}/\text{m}^3$ のオーダー（新雪層の最小密度に近い）と推定している。これからの計算ではこのMellorの推定値を用いる。なお、式(2)の ρ_s は厳密には雪煙の実効密度でなければならない。煙り型の場合実効密度は近似的に空気と雪の密度の和である（Mellor, 1968）。清津峡のなだれについて、たつまきの相当風速を 90m とすれば、対応するなだれ速度は $30\sim 70\text{m}/\text{s}$ であり、衝撃力は(1)式からどちらの場合も $5\text{ton}/\text{m}^2$ となる。得られた値は、Vollemy (1955)の整理したなだれ速度の範囲内にある。Mellorの推定値は、逆に妥当なものといえるが、数十 ton/m^2 以上の衝撃力を持つ表層なだれに対しては、(1)、(2)式と藤田スケールだけからでは説明できない。

上述の計算は、推定値を用いた試算にすぎないが、災害なだれの調査では、被害・雪質・気象などがわずかに得られるデータに過ぎないので被害からの推定が可能なたつまきの藤田スケールに相当するなだれのスケールの開発は重要であると考えられる。なだれの場合には、全層なだれ・表層なだれの別および乾湿、あるいは煙り型流れ型によってなだれ流の密度が異なるが、これらの観測はほとんどなく数値は得られていない。上述の意味でもこれらの観測を今後行なう必要がある。

2.4 ま と め

- (1) このなだれは、煙り型の面発生乾雪表層なだれに分類される。
- (2) なだれの規模は、清水のポテンシャル階級で表示すると5.7である。
- (3) 発生原因は、発生前の暖冬が素因であり、これに引き続く短期間の集中的な多量の降雪が誘因である。
- (4) このなだれは、流動化（fluidization）していたものと考えられる。たつまきの藤田スケールとベルヌーイの式を使用し、このなだれの速度は $30\sim 70\text{m}/\text{s}$ 、衝撃力は約 $5\text{ton}/\text{m}^2$ と推定した。
- (5) 山間部に新たに住家等を建築する場合、なだれの再現期間を防雪柵の最大確率積雪深の再現期間より長期にとるべきである。

参 考 文 献

- 1) Frutiger, H. (1970): The avalanche zoning plan. USDA Forest Serv. Alta Avalanche Study Center, Transl. 11.
- 2) 藤田哲也(1976): たつまき(上). 共立出版
- 3) 前野紀一・西村浩一(1977): 流動状態の雪の性質. 昭和52年度日本雪氷学会秋期大会講演予稿集.
- 4) Mellor, M. (1968): Cold Regions Science and Engineering, Part III: Engineer Section A3: Snow Technology, Avalanches. US Army CERREL, 215.
- 5) 清水 弘(1966): なだれの階級. 低温科学, 物理篇, 第24輯, 211-220.
- 6) 荘田幹夫(1962): 雪崩診断の一例, -成出發電所の雪崩危険調査-. 鉄道技術研究所速報, N. 62-232.

(山 田)

3. 信濃平スキー場のなだれ

信濃平スキー場は、長野県北部の飯山市郊外に位置している。同スキー場の背面には、急峻な黒岩山が控えており、最近では、昭和49年、52年の2度にわたって表層なだれが発生している。この災害なだれについて、2月21日に現地調査を行った。

3.1 発生状況および被害

このなだれの発生日時は、昭和53年2月3日14時50分である。なだれは、黒岩山（標高927m）の東斜面800m付近から発生し、地形・勾配の微妙な変化に沿って、標高差400m、斜距離1,000mを音もなく（目撃者談による）滑走、停止した（図3.1、写真3.1）。なだれは、走路上の第2リフト監視小屋（5m²）を40～50m押し流して全壊させ、その際に第2リフトの上りケーブル全線も脱索させて（写真3.2）、更に約400

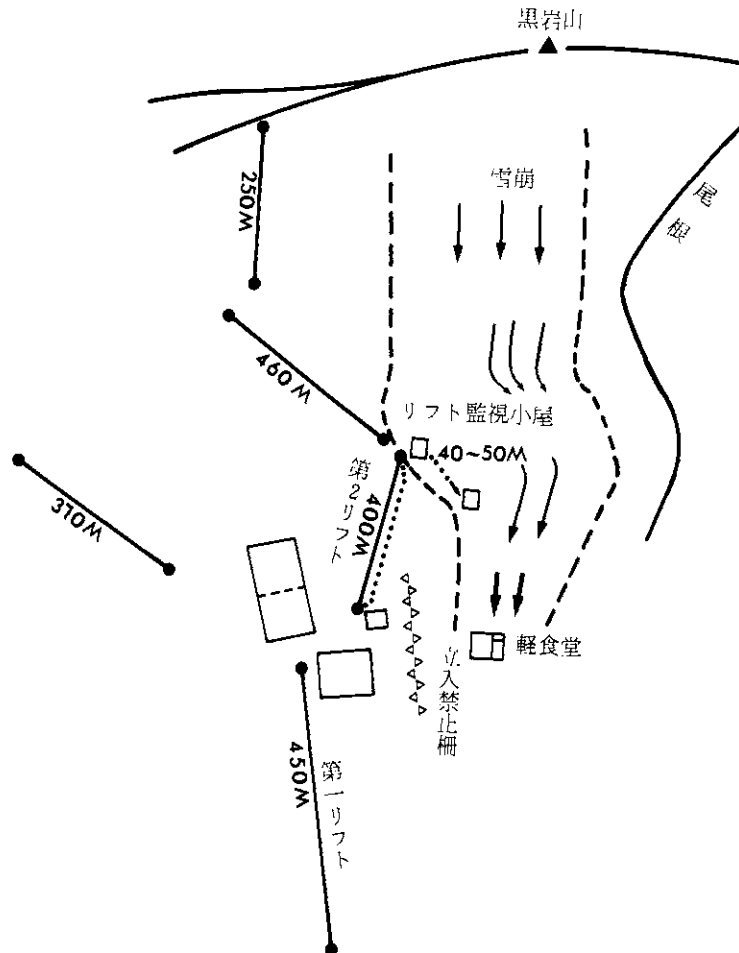


図3.1 信濃平スキー場見取り図

m下方の軽食堂の窓および入口ドアを破壊して内部に侵入した。このためスキーヤー3名・従業員1名が10日ないし2週間の傷を受けた。写真3.2に軽食堂内部の雪の侵入状態を示した。軽食堂付近でのなだれ幅は約20m、デブリ厚さは20～30cmであり、デブリ中に上部から輸送された樹枝が混入していた。また、第2リフト緊張（上部）附近の破壊力はかなり大きく、写真3.2からデブリ深さ1m以上あったと思われる。前章で引用した藤田スケールでこのなだれを表わすと第2リフト監視小屋附近でF2、軽食堂付近でF1である。

このなだれも、以上の状況から清津峡なだれと同じく煙り型の乾雪表層なだれと判断される。

3.2 気象および積雪状況

なだれ発生に至る気象および積雪状態は、ほぼ前章で報告した清津峡の場合と同じである。なだれ発生地点に最も近い飯山・野沢両地域気象観測所の記録によると、発生前日2月2日の新積雪の深さはそれぞれ63cmおよび110cmであり、発生当日も降雪が両地点とも約40cmである。特に、野沢の110cmは長野地方気象台管区観測開始以来2番目の記録である。当日の最高気温は、野沢で-5.5℃、飯山で-3.6℃と低温である。

第2リフト乗場付近における当日朝の積雪の深さは3m、新雪の深さは約1mであり、発生地点の降積雪量は野沢の量にほぼ等しい。

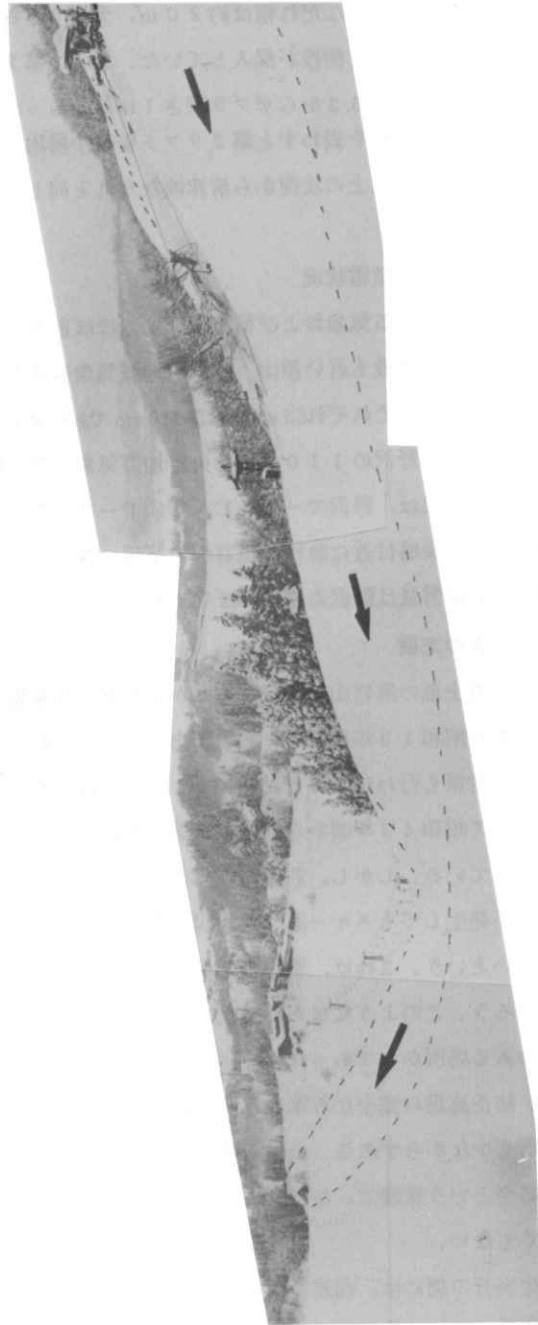
3.3 災害の考察

スキー場上部の黒岩山斜面は、古くからなだれの常習発生斜面であり、戦争中に林地を伐採したため昭和15年にはスキー場下方の村へなだれが到達し3、4軒が埋没している。そのための対策も行われており、昭和21年には既に階段工が設置されている。スキー場開設と前後して昭和42年頃から階段工は延長され、新たに防止柵が設置され、その延長も年々増加されている。しかし、前述のように、最近も数度のなだれが発生している。この場合、なだれが発生してもスキー場で踏み固めを行っているとなだれの走路上での増殖が抑止されるためであろう。このようになだれ防止への努力がなされているが、今回のなだれ発生区は防止施設のある場所からであった。発生区は50°近い急斜面もあり、至るところ発生の危険がある。防止施設の完全な対策には今後数年を要するであろう。また、急傾斜のため施設困難な場所も少なからずある。多量の降雪がありなだれが発生すれば、スキー場ゲレンデへの侵入は必至という状態で、なだれ災害発生の生殺与奪の権をスキー場管理者が握っているといえなくもない。

発生当日の朝には、前述のように約1mの新雪があり長野県北部では08時10分になだれ注意報（降雪の深さ80cmを越えると予想される時）が発令されている。信濃平スキー場の管理者は、なだれ発生の危険ありとして、危険区域を定める立入禁止の柵を設け、危険のない第1リフトのみ運転し第2～5リフトは閉鎖していた。傷害事故は、軽食堂「ボー



(1) 遠望, 正面は黒岩山(標高927m)



(2) 第2リフト上部より軽食堂を望む

写真3.1 なたれ発年状況



(1) 第2リフト緊張の脱索



(2) 軽食堂前面に吹付けられた雪煙，頭文字Bが落ちている



(3) 内部への雪の侵入状況

写真3.2 被害状況

フィン」の除雪のため立入禁止区に入っていた経営者ほか2名の従業員と顔見知りの客4人が訪ずれ、お茶の準備中になだれが襲ったためである。今回のなだれ災害に当たってのスキー管理者の講じた処置は概ね適切なものであった。しかし、今回のように明白になだれ危険が予測されない場合、予測は困難となるし、スキー場閉鎖か否かの判断は微妙なものとなる。このような場合、経験に加えてできる限り科学的・客観的な資料によって判断する必要がある。

飯山地区のスキー場では、他に2、3箇所のなだれ危険斜面があることが指摘されている。スキー場災害を防止するためには、第一になだれ防止施設などが重要である。現在スキー場管理者の主に直観・経験にたよっているなだれ予測について、なだれ危険の心配がほとんどないスキー場も含め、防災システムを作ることも一つの方法として、“現状”では重要であると考えられる。そのための試みとして、行政ベースによる文部省の登山研修所のような「なだれ学校」を開設し、予測による対策をより客観的に確度の高いものにする努力が必要であろう。

(山田)

4. 頸城地域の群発なだれ

4.1 災害の状況

4.1.1 地域の概要

頸城地域は、新潟県の上越市、十日町市、中魚沼郡、柏崎市に囲まれた丘陵地一帯で、東頸城丘陵と呼ばれ、標高300m～600mに集落が点在している新潟県内でも屈指の多雪地帯であり、また、なだれ多発地域でもある。

この地域には鉄道はなく、集落と集落は国道、主要地方道、県道等の道路網で結ばれている。この道路網は地域住民の生活道路であり、また、商工業、農林業、各種産業にとっても唯一の交通路である。

無積雪期（夏期）は、丘陵地帯を縦横に各種道路が機能するため、周辺の地方都市との交通が広範囲に行われ、経済・文化・生産活動等が活発に行われている。

しかし、積雪期（冬期）は多量の積雪となだれ多発のため、ほとんどの道路が閉鎖されて交通範囲が極端に狭められ、産業・経済活動は鈍化し、物資の移動は停帯してしまい、地域内の住民は無積雪期とは対照的に消費的孤立的生活を営んでいる。

近年この地域の道路も幅員の拡張・改修やなだれ防止施設が整備され、また、大型除雪車の出現等により、積雪期でも車両交通が可能となった。

しかし、積雪期に車両交通機能を有する道路は、町村間を連結する幹線道路が主体で、集落と集落を結ぶ地域住民の生活道路はごく一部にすぎない。また、幹線道路も多量の積雪となだれの発生で、しばしば交通規制を受けながら機能しているのが現状である。

頸城地域は例年各所でなだれが発生し、交通路ではなだれに遭遇して尊い人命が奪われたり、林木・田畑の被害が起っている。

なだれ災害防止の観点から、この地域のなだれ発生状況は面的な調査が必要であるが、今冬期は線的ななだれ発生状況調査を試みた。

4.1.2 調査内容・方法の概略

調査地域は表4.1に示す新潟県東頸城郡の6町村で、表4.2に示す積雪期車両通行可能道路延長（沿線）約136kmである。

調査内容は、発生日月、時刻、場所、なだれの規模、なだれの種類、障害の状況等である。調査期間は昭和52年12月1日より昭和53年4月20日までとした。また調査期間の2月22、23日に現地調査をした。現地調査をした時期は、積雪最多期で全層なだれ多発期直前である。

表4.1 調査地域内の町村概要となだれ発生地の道路

町村名	面積 km ²	人口 人	世帯数 戸	発生地名	発生 件数	道路線名等
浦川原村	50.88	5,154	1,229	蔵岡	2	一般国道376号, 名木山・浦川原線
				上猪子田	6	一般国道376号, 名木山・浦川原線
				小島谷	2	一般国道253号
				計	10	
牧村	61.33	5,075	1,198	小川	2	主要地方道813号, 上越・柏崎線
				中条	1	主要地方道813号, 上越・柏崎線
				桜滝	1	一般県道425号, 高尾・田島線
				岩神	1	一般県道425号, 高尾・田島線
				高谷	1	主要地方道813号, 上越・柏崎線
				計	6	
安塚町	70.37	6,382	1,623	和田	4	主要地方道813号, 上越・柏崎線
				行野	2	主要地方道813号, 上越・柏崎線
				円平	1	一般県道300号, 安塚・飯山線
				上船倉	1	主要地方道827号, 上越・松之山線
				須川	1	一般県道300号, 安塚・飯山線
				信濃坂	2	一般県道301号, 柳島・信濃坂線
計	11					
大島村	67.85	4,196	1,019	田麦	4	一般国道253号
				大平(2)	2	一般国道253号
				中野	16	主要地方道843号, 上越・安塚・津南線
				深沢	11	主要地方道813号, 上越・柏崎線
				大島	11	主要地方道843号, 上越・安塚・津南線
				岡	1	主要地方道813号, 上越・柏崎線
計	45					
松之山町	86.49	5,686	1,509	小谷(2)	53	一般国道353号
				東川(2)	20	一般国道353号
				湯本	1	主要地方道827号, 上越・松之山線
				湯山	15	主要地方道827号, 上越・松之山線
				坂下	6	一般国道353号
				天水	1	主要地方道827号, 上越・松之山線
藤越	4	一般県道243号, 月池・松代線				
計	100					
松代町	92.01	7,907	2,015	大伏	69	一般国道253号
				池尻	41	一般国道253号
				田沢	17	一般国道253号
				会沢	4	一般県道62号, 松代・岡野町線
				蒲生	5	一般国道253号
				儀明	8	一般国道253号
				蓬平	9	一般県道62号, 松代・岡野町線
				大平	8	一般国道253号
				千坂	3	一般国道253号
				赤坂	2	一般県道243号, 月池・松代線
				峠	3	主要地方道843号, 上越・安塚・津南線
				松代	4	主要地方道812号, 松代・高柳線
				室野	2	主要地方道843号, 上越・安塚・津南線
田野倉	1	一般県道426号, 田野倉・松代線				
計	176					
6町村合計	428.93	34,400	8,593	44	348	

注) 発生地名は複数地点を表している。また、()内の数字は同一地名内のなだれ発生地域を表す。

表4.2 調査地域内の車両通行可能道路概要となだれ発生状況

道路線名	道路延長 A	除雪延長 B	$\frac{B}{A} \times 100$ %	なだれ 発生件数	発 生 ケ 所 数	備 考
	km	km	%			
一般国道 253号	371	343	92.5	159	16	
一般国道 353号	203	143	70.4	79	13	
主要地方道 843号	293	145	49.5	32	7	上越・安塚・津南線
主要地方道 827号	382	160	41.9	18	5	上越・松之山線
主要地方道 813号	324	200	61.7	22	8	上越・柏崎線
主要地方道 812号	6.7	2.0	29.9	4	3	松代・高柳線
一般県道 426号	4.4	4.0	90.9	1	1	高尾・田島線
一般県道 425号	4.8	0	0	1	1	田野倉・松代線
一般県道 376号	4.4	4.0	90.9	8	1	名木山・浦川原線
一般県道 301号	15.2	9.2	60.5	1	1	柳島・信濃坂線
一般県道 300号	14.2	4.7	33.1	4	2	安塚・飯山線
一般県道 243号	9.1	6.8	74.7	6	2	月池・松代線
一般県道 62号	6.8	6.0	88.2	13	4	松代・岡野町線
合計	222.9	135.8	60.9	348	64	

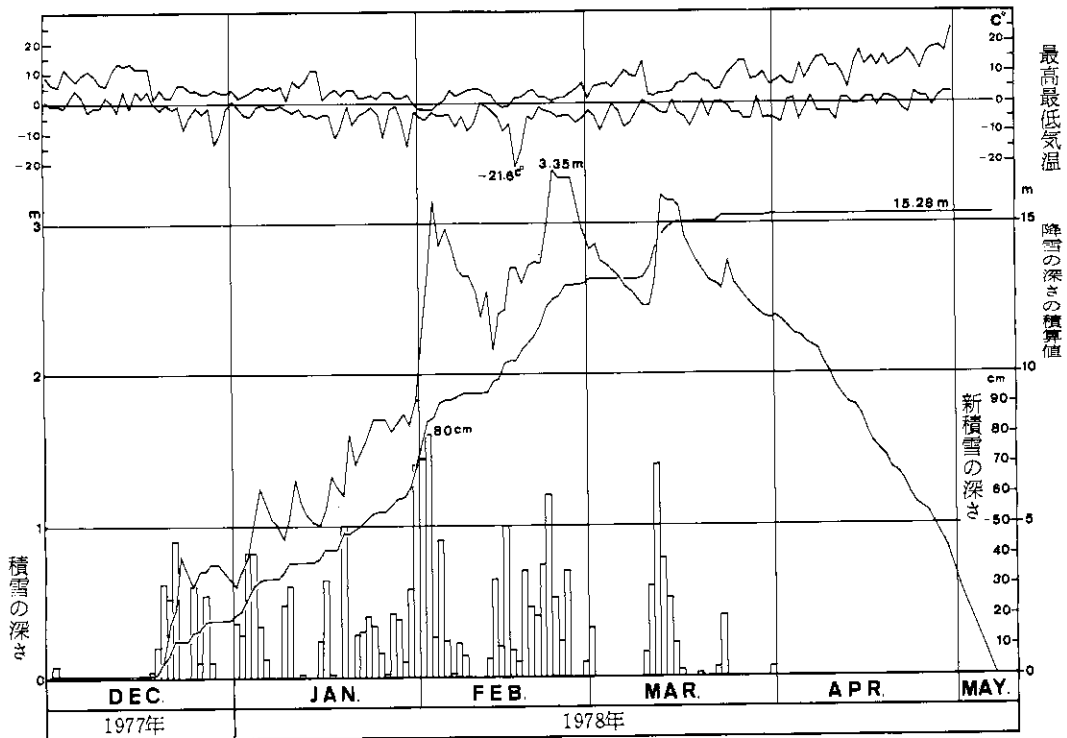


図4.1 1977～1978年冬期の気象および積雪推移

4.1.3 気象および積雪の概要

調査地域内の松之山町は東頸城郡で最も積雪の多い所である。気象観測資料の蓄積も少なく、

調査地域内の気象的な代表性に乏しい。今回の調査では、古くから気象観測が続けられている新潟県立松代高等学校の観測資料にもとづいて気象の推移を見ることにした。

1977年～1978年冬期の松代の気象観測値は図4.1のような推移であった。

気温は例年並であったが、最深積雪深335cm(平年282cm)、降雪の深さの積算値1528cm)、根雪日数141日(平年132日)で、積雪・降雪・根雪日数は平年値を越える値であった。松代では昭和19年～20年の冬期に根雪日数183日というまさに半年間雪に閉ざされた記録があり、新潟県内でも魚沼地方と同様に雪の多い地域である。また気温は12月中旬から3月上旬まで低温になるが、多量の降雪のある日は気温の変動(日較差)が小さく温暖になる傾向がある。

4.1.4 なだれ発生状況の調査結果

調査地域で交通障害をひきおこしたなだれ発生地点を図4.2に示す。また、時期別にみたなだれ発生頻度を図4.3に示す。図4.3の上段は1976年～1977年冬期、下段は1977年～1978年冬期の日なだれ発生件数の推移を比較して示した。

冬期間を通してなだれが発生しているが、1月上旬の積雪増加期の初期、2月中旬、3月上旬の積雪増加期の末期になだれの多発期がある。

調査期間に発生したなだれは348件であった。このなだれについて規模別に集計した結果を図4.4に示す。図4.4に示したように調査地域内では、小規模のなだれ発生による交通障害が最も多く、大規模のなだれ発生は少なかった。

次になだれ発生件数を交通障害時間別に集計した結果を図4.5に示す。図4.5に示した結果では、交通障害時間1時間のなだれ発生件数が最も多く、その次が1時間30分の交通障害時間のなだれ発生件数となっている。

4.2 災害の考察

調査地域内の交通障害をひきおこしたなだれ発生状況を単純な集計値から、

1. 除雪道路延長135.8kmに対して、44カ所のなだれ発生地点があり、348件のなだれが発生した(表4.1, 4.2および図4.1),
2. 小規模なだれが多く発生している(図4.4),
3. なだれによる交通障害は、交通止、片側通行、大型車交通止であった。また、障害となった時間は1時間～1.5時間が多かった(図4.5), などが指摘される。

以上のことから、調査地域内の積雪期車両通行可能道路について言えることは、なだれと交通障害の関連性は大きく、道路機能を低下させていることである。積雪期の道路機能を維持するために、なだれ発生地点の防止施設の検討、なだれ予知方法の確立、なだれ発生時期の交通規制の適性化等を骨子とした抜本的対策を実施することにより、道路機能の維持となだれ災害(障害)の防止あるいは低減が期待できる。(五十嵐)

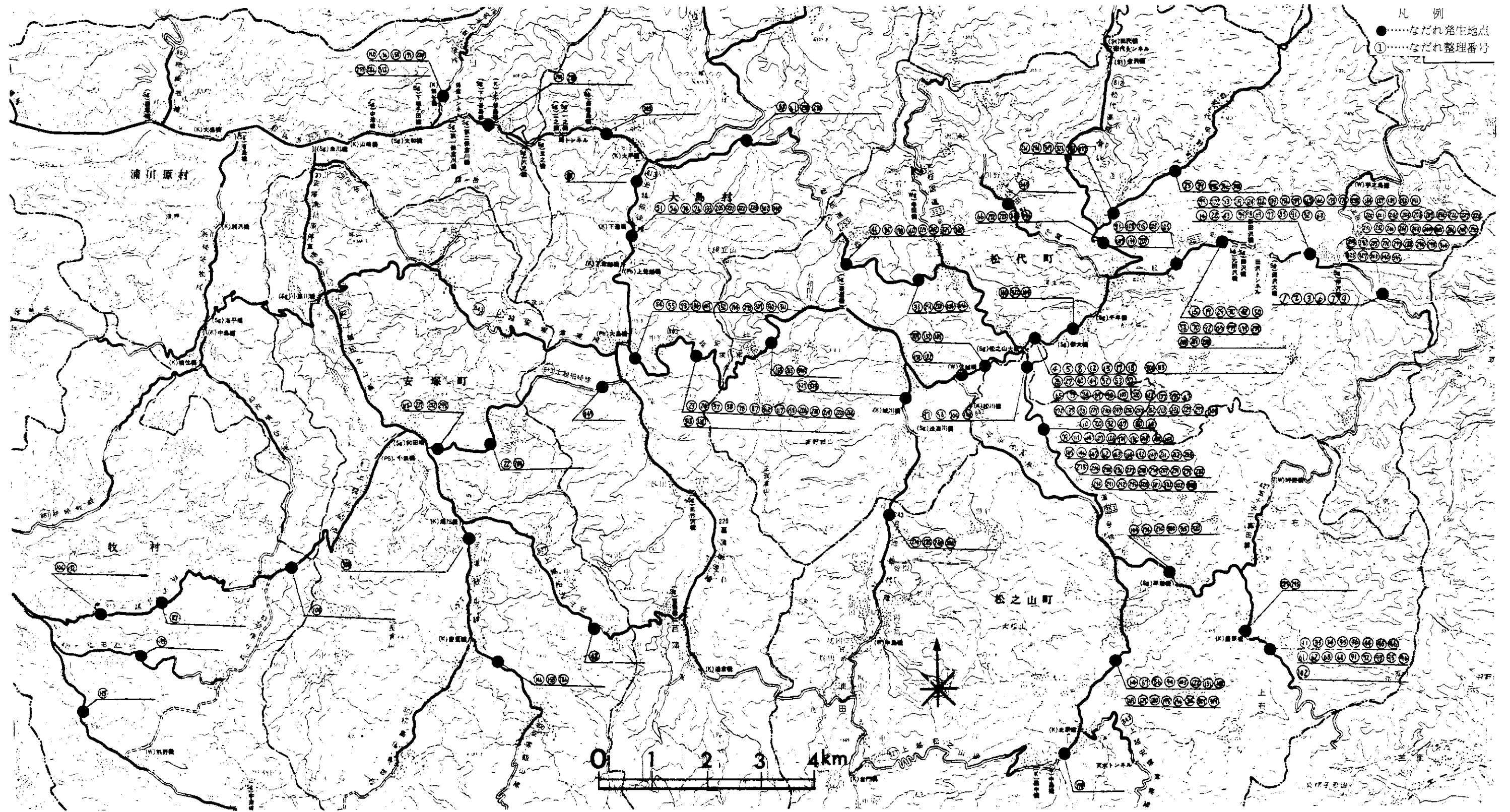


図4.2 1977~1978年冬期頸城地域なだれ発生状況図

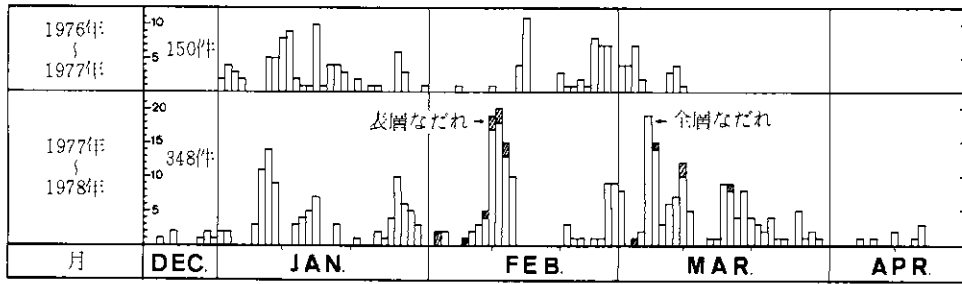


図4.3 時期別にみたなだれ発生状況(日件数)

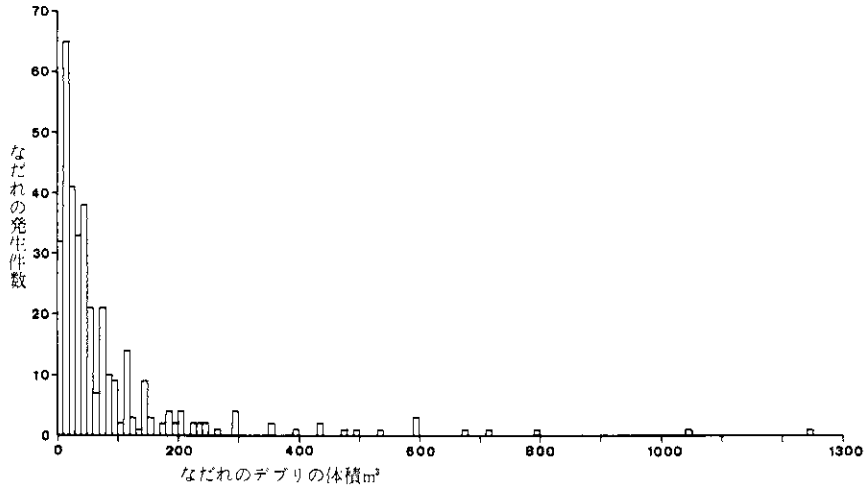


図4.4 なだれの規模別発生頻度(m³)

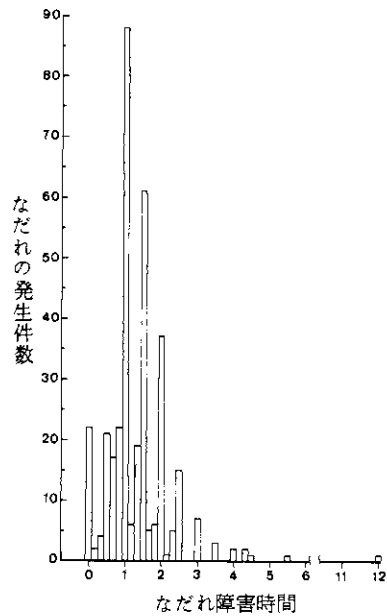


図4.5 交通障害時間別なだれ発生状況

5. 五竜とおみスキー場のなだれ

五竜とおみスキー場は長野県北部の姫川流域沿いに点在するスキー場の一つである。これらのスキー場はいずれも北アルプスの枝尾根に造成されており、急峻でスケールの大きい斜面を特徴としている。この地域のスキー場において過去に新聞等で報道されている大規模ななだれ災害3件が発生しており、そのうちの一件はこの同じスキー場で発生したものである。しかし、前回のなだれ（1974年2月9日発生）は表層なだれであり、発生斜面も今回とは異なっている。ここでは、3月7日に行った大雪調査の一環としての現地調査および7月4日の白馬村依頼調査の結果に基づいて報告する。

5.1 なだれの発生状況

このなだれの発生時刻は、昭和53年2月24日9時30分頃である。図5.1になだれの発生位置を、写真5.1に発生状況を示す。なだれはゲレンデとなっているタカクイリ川右岸の北東斜面の沢より発生し、同斜面を土砂を削り樹木を倒しながら流下し、タカクイリ川を乗越え、ここで地形に沿って右折しゲレンデ中央部に約100m流出して停止した。

対岸の飯森ゲレンデを巡回中のパトロール員4名の観察によると、「ガリガリという木の倒れる音がしたので振り返ると（斜面の）中間より上の部分で地肌が見えた。全層なだれと思われる勢い（速さ）で下になだれが発生したのを確認した。同時に下部より雪煙が高く上った。（そして）その後も引続き落ちた。」と発生時の状況を述べている。これらの証言と写真5.1より、発生区における滑り面が地面であり、なだれの種類は面発生全層なだれであることは明らかである。雪煙は、後で気象及び積雪観測結果で述べるように、前日までの数日間に積った表層の新雪がなだれにより流動化して生じたものである。したがって、このなだれの流動形態の主要部は、いわゆる流れ型であり、煙り型も現象としてこれに伴ったと考えらるべきであろう。なおスキー場管理者によると全層なだれの前兆であるクラックは、降雪もあり確認されていないということである。ただし、発生区右岸道路沿いにはクラックが見られる（写真5.1のC1）。

発生区の斜面勾配は 44° 、植生は灌木であるが、沢状流路の両側と上部には広葉樹の疎林帯がある。樹種は胸高直径より少くとも30～50年生以上のブナと推定される。発生区の地形的特徴として浅い沢状であることと発生斜面を横切ってジグザグ状に2本の道路があることである（写真5.1）。2本の道路のうち、下方の1本はスキー場造成時のブルドーザー用道路であり、上方の1本は登山道及びスキー用緩斜面を目的として前年1月に新たに造成されたものである。上方の道路はなだれの発生面上縁と一致し、なだれ発生時に幅3～5mにわたり約10m陥没した（写真5.4）。2本の道路間の斜距離は約100mである。なお、発生斜面の沢には、厳冬期でもかなりの湧水が流れている（写真5.5の(1)）。タカクイリ川は冬期は雪に覆われているが、少なくとも3mの凹地となっている。堆積区となったと

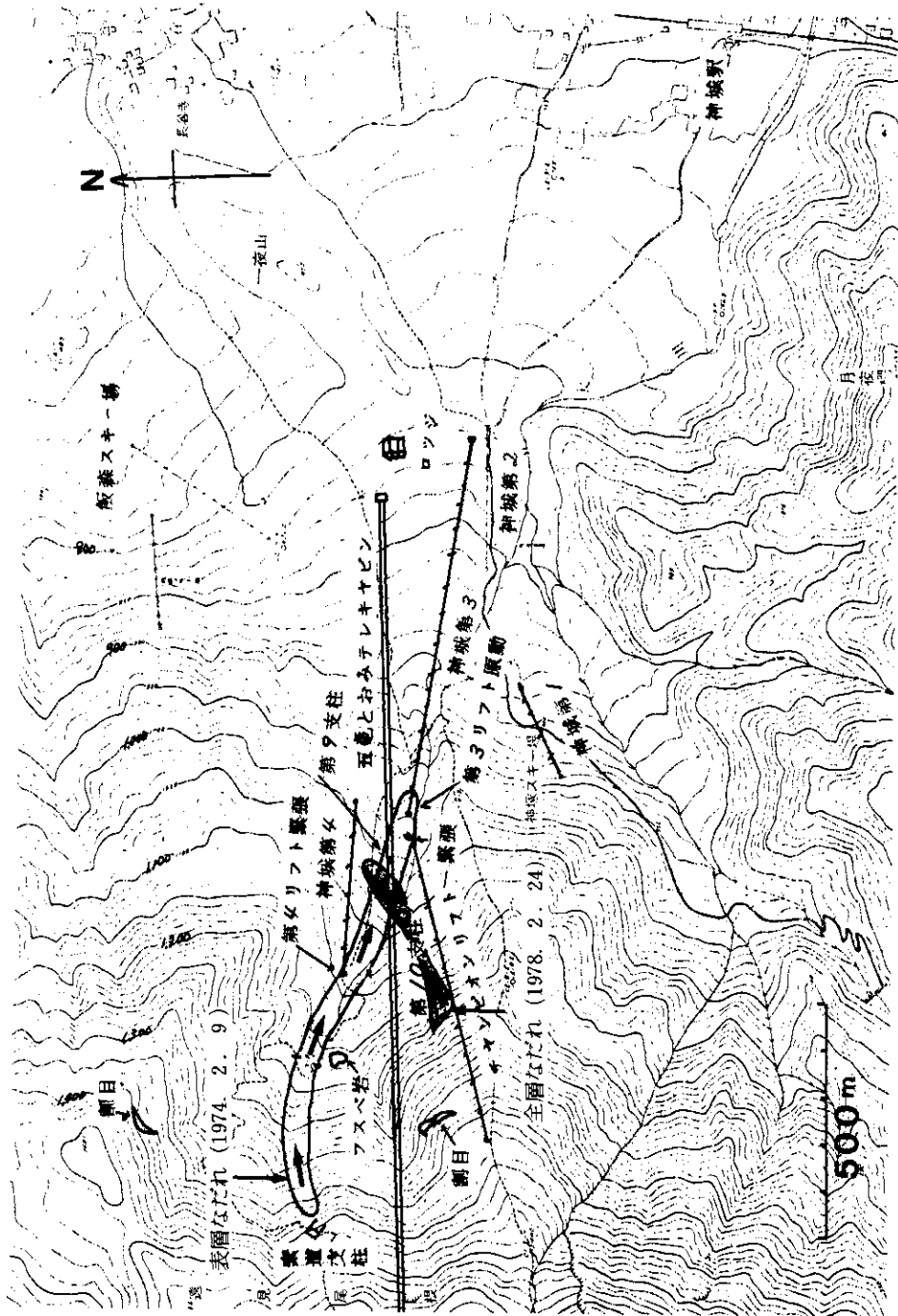


図5.1 なだれ発生地域の地形とスキー場施設

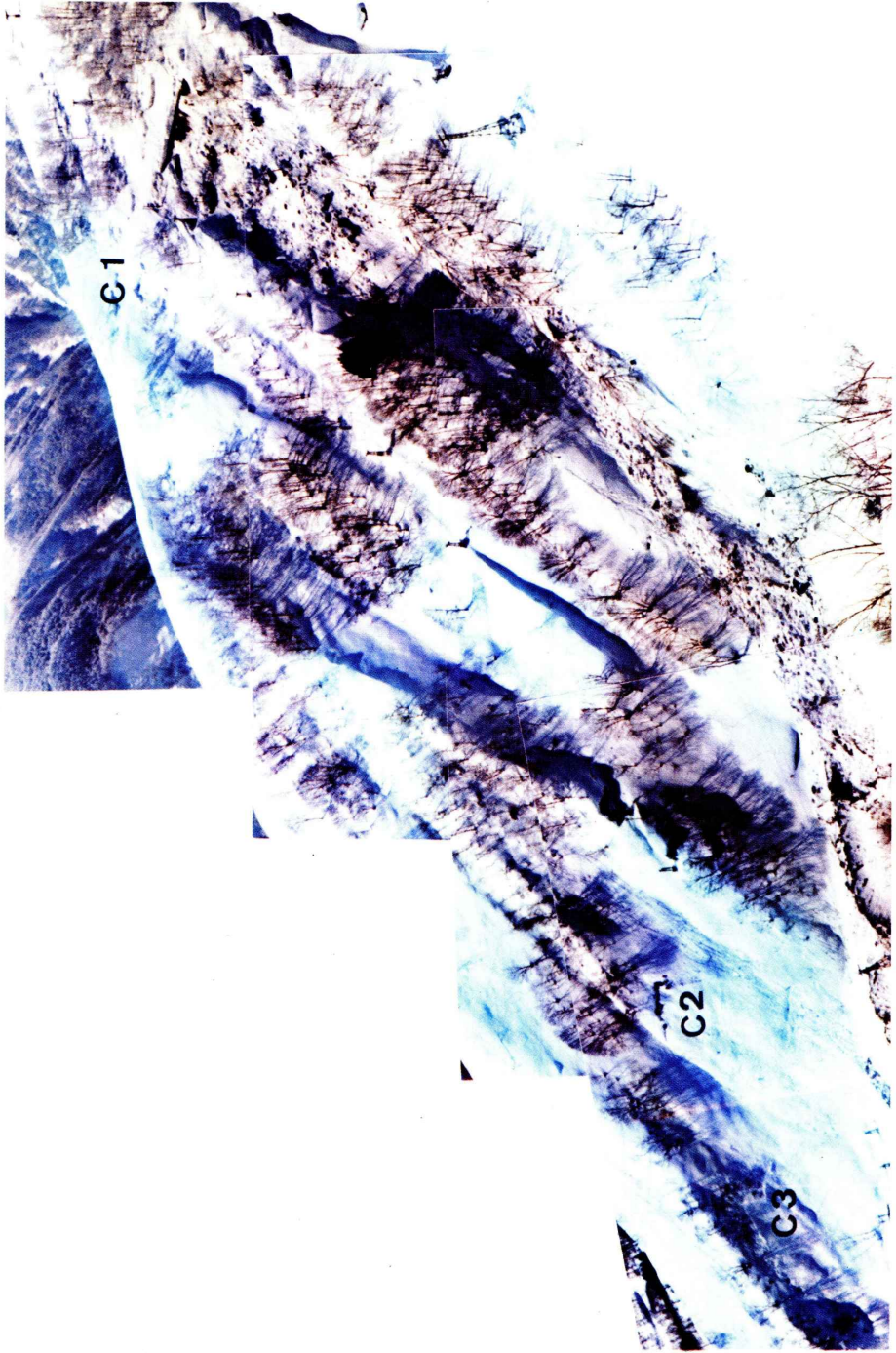


写真5.1 なだれ全景・C₁、C₂、C₃はクラック



(1) 発 生 区



(2) 推 積 区

写真5.2 発生区と推積区



(1) チャンピオンリフト第8支柱の移動(矢印は新雪滑り面を示す)

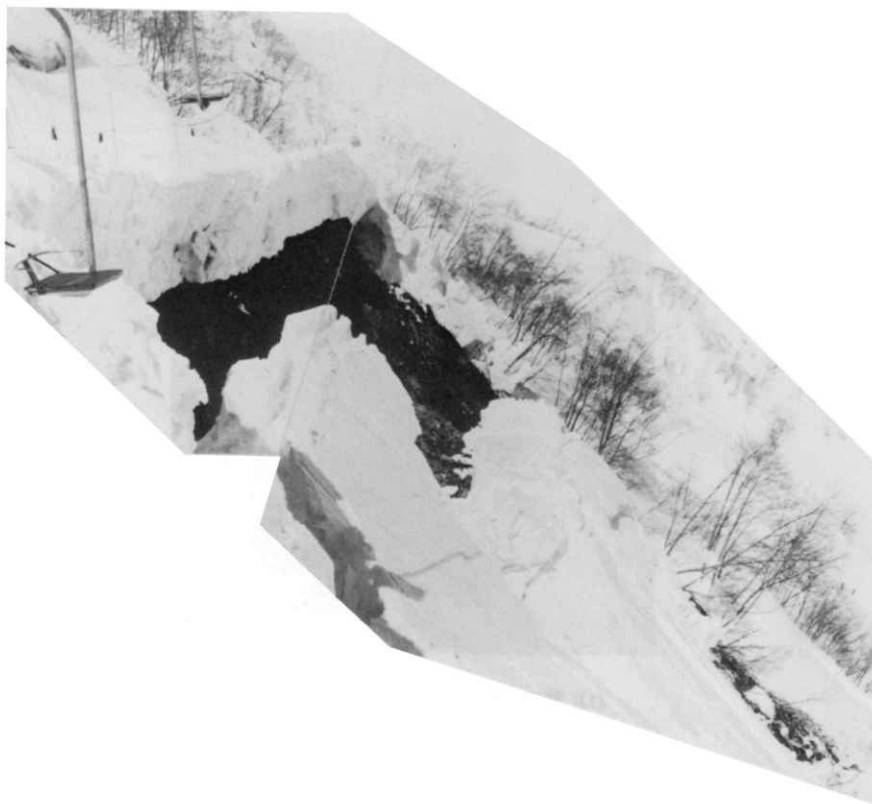


(2) リフト右方へ拡大したクラック



(3) 走 路

写真5.3 発生区の支柱の移動とクラックおよび走路

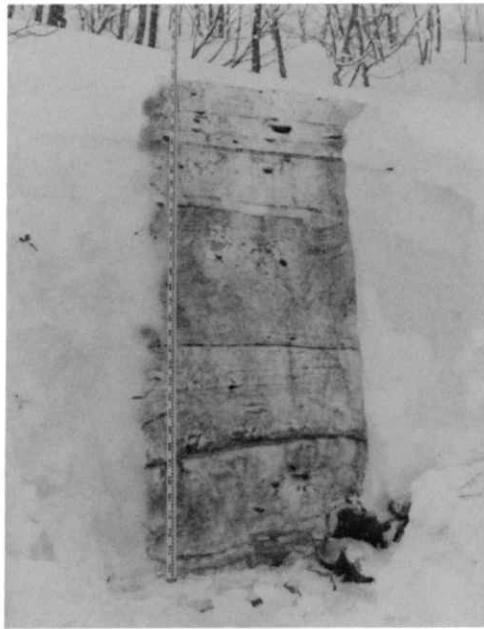


(1) 冬期（発生翌日），発生区上縁が道路と一致

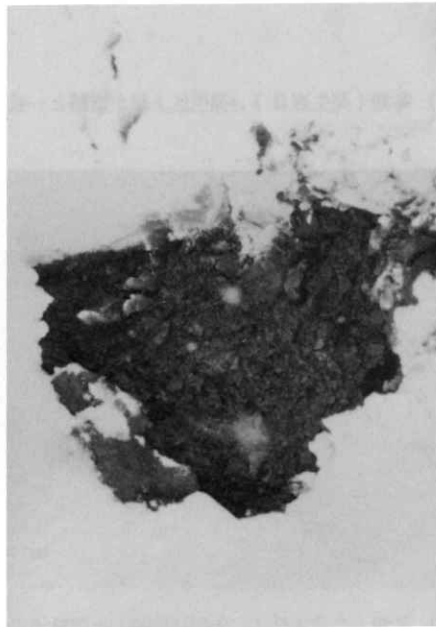


(2) 夏期（7月4日），矢印は陥没した道路の一部

写真5.4 発生区上縁の状況



(1) 積雪層断面 (3月2日観測), 発生日上方



(2) 発生区の湧水 (3月撮影)

写真5.5 積雪断面と発生区の湧水

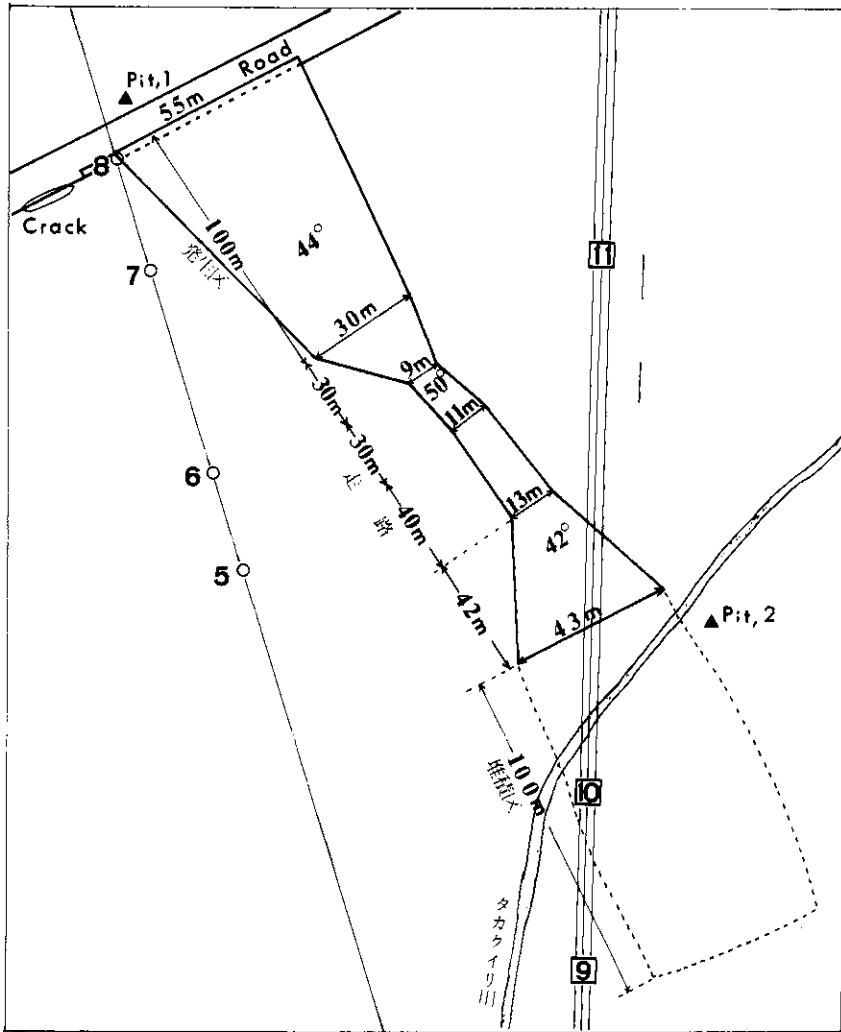


図 5.2.1 なだれの平面見取図 (Pitは積雪観測地点)

おみゲレンデの平均斜度は約 10° である。

なだれの規模は、図 5.2 に示した通りである。積雪の深さは発生区で 3 m、堆積区で 1.5 m、また堆積区のデブリの厚さは 1.5 ~ 1.7 m であった。見通し角（なだれ停止点より発生点を見上げた仰角）は実測により 28° であった。次に、このなだれの階級を概算してみる。なだれにより流下した雪の体積は、発生区の斜面長 100 m、平均幅 4.3 m 及び積雪深の実測値 3 m から、 $12,900 \text{ m}^3$ である。崩落前の平均密度を 350 kg/m^3 と仮定すると質量は 4,515 ton となる。また、流下した雪の質量とデブリの質量の重心間落差は約 150 m である。これらの値より、清水（1966, 第 2 章参考文献参照）の定義による質量階級

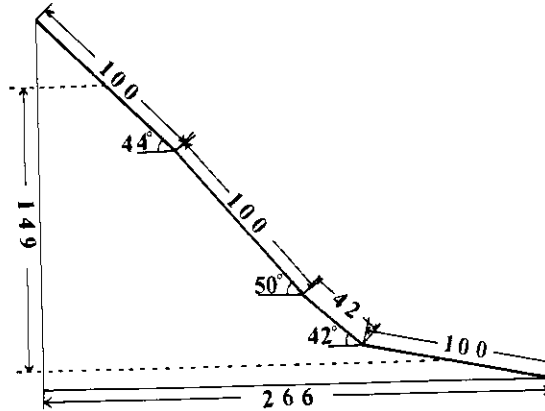


図 5.2.2 なだれ断面見取図

(M.M.)は3.7, ポテンシャル階級(P.M.)は6.8となる。このなだれは大規模ななだれといえる。このなだれは多量の土砂をデブリ中に含んでいたが, 階級の計算には土砂を含んでいない。

5.2 被害及び救助作業

発生区上縁附近に位置するリフトの8号支柱の基礎が谷側へ約1.5m移動し(写真5.3の(1)), リフトのケーブル線が断線した。滑走区においては, 広葉樹がなぎ倒された他は被害はなかった。

主たる被害は堆積区で発生している。なだれの主流によりテレキャビン10号支柱下部は完全に破壊して, 実・空線は脱索し, また9号支柱では空線が脱索している(写真5.6の(2))。同時に, 搬器が1台中破, 1台が小破し, 9~10号支柱間を運行中の搬器内の乗客3名が下腿部, 後頭部, 腰部に打撲傷を受けた。搬器内で宙吊りになった乗客19名は, 1時間半後に全員救出された。

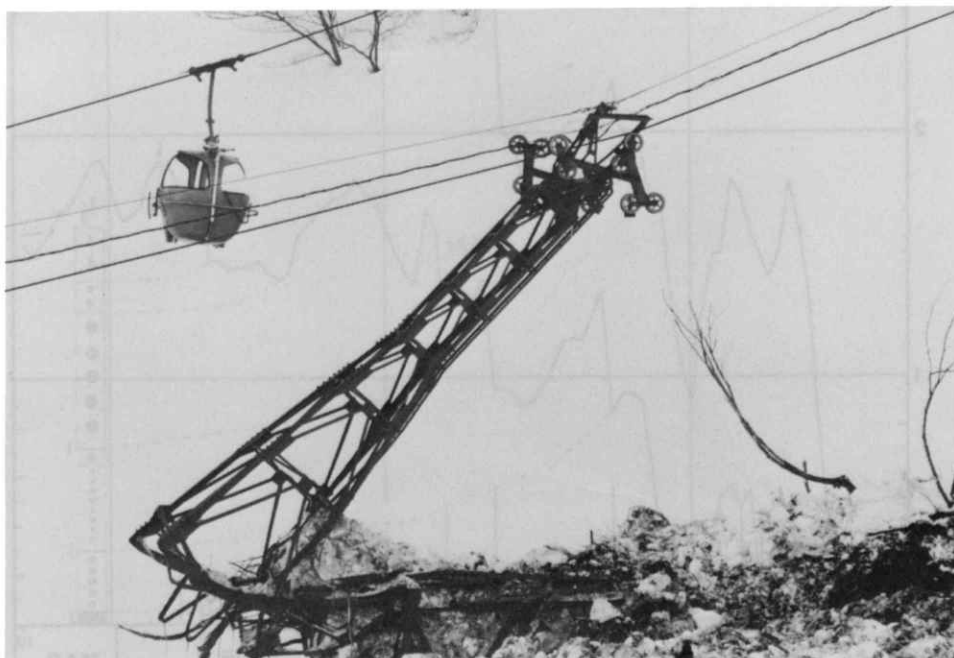
発生時にゲレンデには45人のスキーヤーがおり, なだれに約30m流されたものもいたが無事であった。デブリ中の埋没者捜索のため, ただちに発生直後の9時40分からスコップ及び竹棒により, 午後2時00分から鉄製ゾンデ棒による掘削及びゾンデング作業が行われた。しかし, 午後3時50分までに埋没者は発見されなかった(写真5.6の(1))。さらに, 所在不明のものがいるという情報があり, 午後3時00分からはブルドーザーによりデブリの掘返し作業が続いて午後6時15分まで行われたが, 何ら不審のものは発見されなかった。所在不明のものは他のゲレンデで滑っていたことが後で判明した。

翌25日には, 斜面の不安定な雪の除去作業, 26日には後発なだれ防止のためブルドーザーによってスノーマウンド数基の構築作業が行われている。(写真5.1の堆積区)

なお, なだれによって倒壊したテレキャビン前面の石積のよう壁はなだれエネルギーの減衰にかなり有効であったと認められる。



(1) ゾンデ棒とストップによる搜索作業



(2) テレキャビン支柱の被害状況

写真5.6 埋没層の搜索と被害

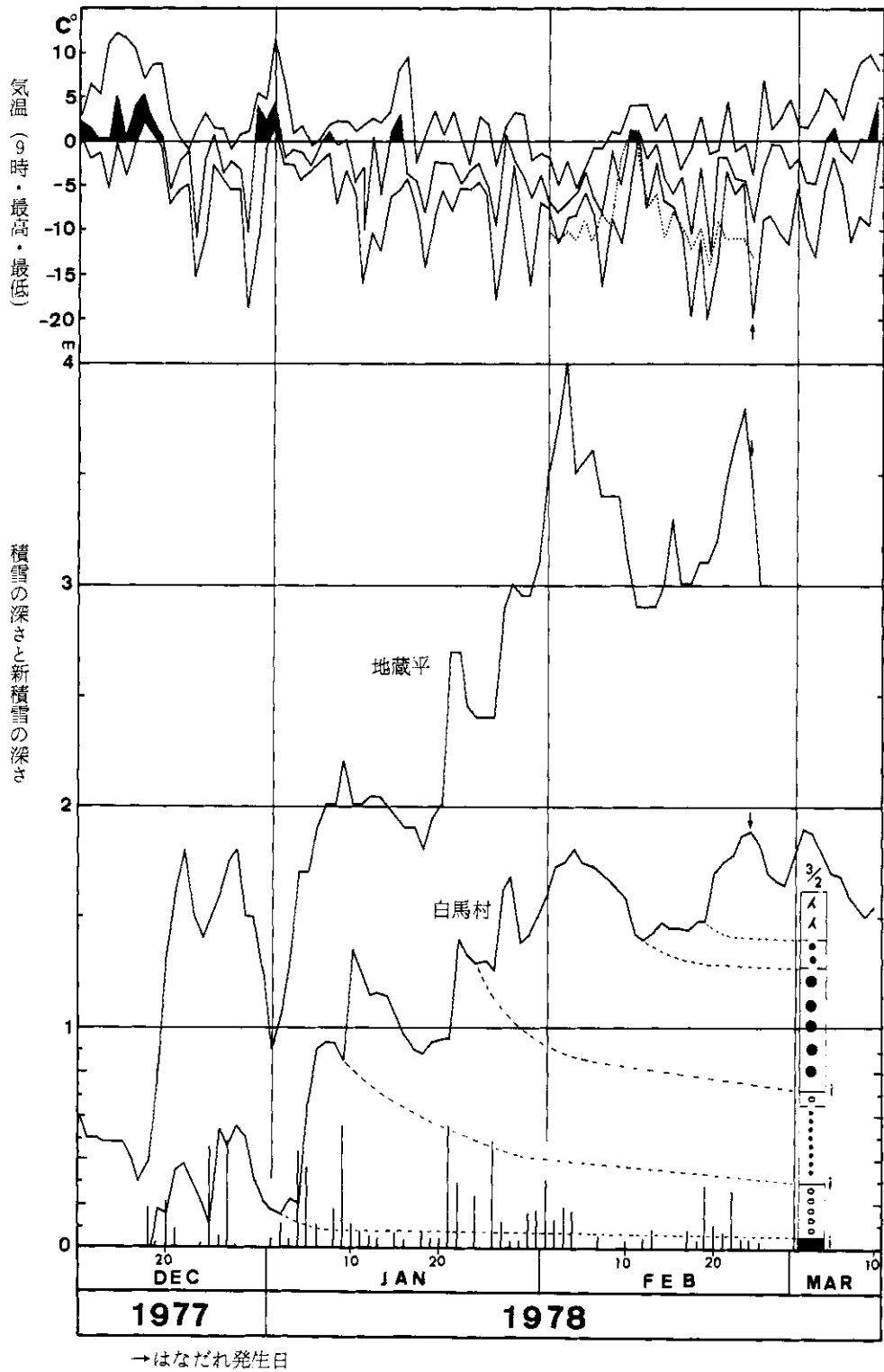


図5.3 白马村の気象と積雪断面図

5.3 気象及び積雪状況

図 5.3 に示した気象観測資料は、なだれ発生現場より北方約 5 km に位置する白馬村役場（標高 700 m）で観測されたものである。五竜とおみスキー場では独自に標高 1,530 m の地蔵平他 2 地点で気象観測（気象要素：天気，雲量，降積雪，9 時および最高・最低気温，湿度，風向・風速）を 9 時と 15 時に行なっている。しかし，発生現場の標高 1,100 m 及び地形・積雪量から判断して，白馬村の気象条況が発生時の現地の気象状況により近いと考えられるので，ここでは主に白馬村の気象データを用いたが，地蔵平についても積雪の深さ及び 9 時気温（図 5.3 上部の点線）だけを同図に示した。なお，スキー場を管理している五竜とおみ開発株式会社では，なだれ発生 6 日後の 3 月 2 日に 2 カ所でピットによる積雪観測を実施している。この結果のうち堆積区（図 5.2.1 の pit 2）の層構造も同じく図 5.3 に示した。他の 1 点は発生区上縁（図 5.2.1 の pit 1）で，積雪の深さが 290 cm と深いが，層構造雪質は堆積区と同様である。写真 5.5 の(1)にはこの発生区上縁の積雪断面を示してある。

2 月初旬に北陸地方に大雪をもたらした寒気団により，白馬村では 2 月 3 日に積雪 190 cm に達し，1 月末から 2 月上旬にかけて気温の低い日が続き，この間に最高気温がプラスになることはなかった。8 日頃より気温は上昇し，10 日には最低気温が $+0.2^{\circ}\text{C}$ になり，この日この時期には珍らしく 3.8 mm の降雨を記録している（地蔵平でも日中雨が降っている）。その後引き続き寒気団により再び気温は低下し，2 月 18 日からなだれ発生前日の 23 日までにかかなりの降雪があり積雪深は 189 cm に達している。発生前日は雪で最高気温が零下であり，発生当日の天気は快晴であったが 9 時気温は -9.0°C と低かった。

積雪量は，表 5.1 に示したように過去 13 冬期の最高積雪深の平均 136 cm を越え大雪年である。積雪の深さは発生区で約 3 m であり，密度 350 kg/m^3 と仮定すると重量にして約 1.1 ton/m^2 である。なお，標高 1,530 m の地蔵平では白馬村の約 2 倍の積雪があることが図 5.3 からわかる。

発生時の積雪状態は，なだれ発生後の気象状態から推測して，図 5.3 に示した 3 月 2 日の観測結果が，表層を除く発生日の層構造及び雪質を示しているものと見なし大差なからう。図 5.3 には，3 月 2 日の層境界が形成された時点までさかのぼって，その層界の沈降曲線を粘性圧縮と観測地点の違いを考慮し推測によって描き入れてある。表層のこしまり雪（記号： \times ）はなだれ発生時には約 50 cm の新雪層であり，これがパトロール員に

表 5.1 白馬村の最高積雪深

冬 期	起 日	積雪の深さ (cm)
S40/41	1.9	66
41/42	1.11	105
42/43	2.23	149
43/44	3.13	127
44/45	3.20	208
45/46	1.2.13	100
46/47	2.29	75
47/48	3.6	78
48/49	2.10	190
49/50	2.28	193
50/51	2.12	133
51/52	2.23	153
52/53	3.2	190
最高積雪深の平均		136

よって目撃された雪煙の原料となったものである。中層(72~128 cm)の大粒子ざらめ雪(記号:●)層は2月初旬の大雪によって形成されたものであり、この層は2月10日の降雨によってざらめ雪化したことは明白である。また、この下層の小粒ざらめ雪層もこの時の降雨による浸透水により変態した可能性がある。下層5 cmの厚い氷板は12月の降雪により形成されたものであり、12月29日~31日の計87 mmの降雨により氷板下したものである。

5.4 考 察

5.4.1 災害なだれ発生原因

前章で述べたように、なだれ発生前は寒冷な気象下であり、日平均気温は21日に+0.4°Cである。他はほぼ2週間にわたって零度以下の日が続き、当日は快晴であったが9時気温は-9°Cであった。さらに、2月17日から当日までの連続した降雪により発生区では積雪の深さ約3 mに達している。また、表層は新雪であるが2月10日の降雨により積雪層の大部分を占める中層及び下層がざらめ化している。

全層なだれ発生の主たる要因は一定量以上の積雪と昇温または降雨であり、後者によって積雪は表面融解し、その浸透水によってざらめ化(力学的強度の弱体化につながる)が進み、また、接地面が潤滑化される。長野地方気象台管区における全層なだれ注意報は、積雪の深さ3 m以上で日平均気温0°C以上が予測される時に発令される。この基準に照らしてみると、当日までにこの地方に全層なだれ発生の積雪条件は満たされていたが、直接的気象誘因は存在しなかったといえる。なお、これらの気象条件は、降雪量は少ないが、全層なだれよりもむしろ表層なだれの発生条件に近い。写真5.3の(1)の矢印部分には新雪・旧雪境界面に表層なだれの潜在的可能性を示す滑り面と推定される面が見られる。

3月7日の現地調査時点で、災害なだれ下方の2カ所のクラックのうち上方のクラック(写真5.1のC(2))は小規模なだれとなっていた(3月6日午後発生、写真5.7の(2))。このなだれは発生時及び発生以前の気象は温暖であり、主に気象的発生要因によって説明される。この時期には頸城地域でも全層なだれが多発しており、我々が3月6日に国道117号(津南町)を通過中全層なだれに遭遇した(写真5.7の(3))。姫川流域で発生した他のなだれの例では1974年3月7日小谷村わらび平スキー場で発生した全層なだれは、平均気温がプラスの降雨下で発生した全層なだれであり、1974年2月9日の五竜とおみのなだれは(山田・川田・1974)多量の降雪時に強い風によって引き起こされた表層なだれである。当該災害なだれとこれらのなだれは発生時の気象条件あるいはなだれの種類が全く異なっており、この災害なだれは特殊な例であるといえる。すなわち、前述のように、表層なだれの発生しやすい気象条件下に全層なだれが発生している。

地形的条件として、発生区の斜面勾配44°は危険斜面といえるが、植生は少なくとも30~50年以上のブナの疎林であり、なだれの前兆現象であるグライド量を抑制する効果



(1) デブリ中の枝, 直径15 cm



(2) 発生日のクラックC1は3月6日全層なだれとなった。C3はクラックのまま。



(3) 3月6日午後, 国道117号で本調査途中で遭遇したなだれ

写真5.7 デブリ中の異物と3月6日午後のなだれ

がある。また、この間にこの場所で大規模なだれのなかったことを示している。一方、発生区上縁の登山道は谷川が幅3～5mにわたって約10m陥没しており、発生区全体の表土及び林木が流出している。発生区における湧水は、接地面積雪の剪断強度の弱化、表土の力学的強度の弱化に寄与していた可能性がある。

なだれ発生前に発生区にクラックは発見されていないが写真5.1を見ると発生地点付近のクラックC1の他に、災害なだれの発生した同じ山腹の谷側下方に数m幅に成長したクラックが2カ所(C2, C3)見られる。筆者らは(渡辺ほか, 1978)一斜面におけるグライド現象の活発化とその地域のなだれ発生数には相関のあることを報告している。したがって、グライド現象の結果として生じるクラックの存在からこの地域で全層なだれが発生する確率的条件があったといえよう。ただし、この地点の植生はかやであり、災害なだれ発生地点の植生と異なる。なお、発生前なだれの発生区でのクラック不在はこのなだれの急激な崩落を示唆している。

5.4.2 総括

- 1 全層なだれ発生の積雪条件は満たされていたが、気象誘因は存在しなかった。しかし、グライド現象は活発化しており、なだれの潜在的可能性はあったものと考えられる。
- 2 地形条件は両傾向要素を持つが、過去に大規模ななだれの発生はなかった。
- 3 したがって、当該なだれの直接誘因は発生区斜面を横切る登山道下方の不安定な切欠き残土及び法肩切盛部分が約1 ton/m²の積雪重量により急激に流動し全層なだれ発生に至ったものと考えられる。また、湧水の存在はこれを助長したと推定される。この結論を裏付けるためには、発生当時の道路法面の土質の力学的強度に関する調査が必要である。

本報告に使用した写真の大多数は、白馬村観光課および五竜とおみ開発(株)によって撮影されたものである。

参 考 文 献

- 1) 山田 穰・川田邦夫(1974): 五竜とおみスキー場の表層なだれ, 昭和49年度日本雪氷学会秋期大会なだれ懇談会口頭発表。
- 2) 渡辺興亜・五十嵐高志・山田 穰(1978): 1976-1977年冬期の新潟県を中心とする地方の広域積雪現象について, 国立防災科学技術センター研究速報, 第29号。(山田)

6. 姫川流域のなだれ

6.1 災害の状況

長野県白馬村から小谷村をへて新潟県糸魚川市にかけて曲折した山間をぬうようように姫川が流れている。この県境付近は積雪も多く、なだれの常襲地帯でもある。姫川に沿って国鉄大糸線が走り、国道148号線も通じている。国鉄大糸線は冬期も多少運休したものの運行を続けたが、国道148号は2月1日に閉鎖され、4月13日になって72日ぶりに開通した。この間長野県側は平岩駅まで生活物資の輸送路として除雪は行われたが、なだれの危険のため通行止となった。新潟県側は小滝駅までの道路は除雪されていた。

長野県側の除雪区間はホテル大越近傍、電気化学保養所近傍、蒲原沢近傍など道路に急斜面が迫った所で、なだれ発生の危険箇所がある。姫川をへだてた対岸では、写真6.1、写真6.2に示すように到る所でなだれが発生している。傾斜が急で崩壊性の土質の上に積る雪は、なだれと共に土の表面も侵蝕し、山肌を荒している。地形は急峻な山肌の迫った狭い谷を姫川が流れる状態で、なだれは冬期には随所で発生しており、道路は山肌の中腹をぬうように構築され巧みになだれを回避している。

新潟県側の除雪区間は開けた地形であり、山腹も片側だけで道路に迫っているわけではないが、のり面は長く時折発生する大規模なだれは道路を埋める危険がある。写真6.3、写真6.4はがま岩近辺で発生した全層なだれで、巾20m、滑走斜面120m、デブリの堆積高さ4m、デブリ量150m³程度であった。写真はデブリ除雪後の状況を示している。

小滝—平岩間の県境地帯は急峻な山腹がさらに迫り、国鉄も大半がトンネルになっている状況で、国道148号線は除雪が不可能になっている。写真6.5、写真6.6、写真6.7、写真6.8にこの状況を示すが、常時落下するなだれのデブリにより道路は埋まり、凍結して通行は全く不可能である。

6.2 災害の考察

小滝—平岩間の道路に落下するなだれは、この地域に特有のものである。地形が急峻で比較的長い斜面が道路に接しているため、降雪は斜面に積ることが不可能で、また気温も低いため、斜面の樹間を通過して落下する。降雪があれば常時、断続的になだれが沢に沿って生じる状態である。したがって除雪も間に合わず、危険も極めて大きい。防雪棚も表層なだれのため役立たず、沢以外の積雪を人工的になだれを発生させ取除くことも、地形上不可能である。スノー・シェードを作り落雪を全部、上を通過させる方式がとられ、1955年冬には国道を通す計画が立てられている。春になると落下する雪は岩石や樹片も同時に落すようになり、最後に土の表層を混ぜて落下させ、なだれは終了する。赤色土の混入したなだれの発生が危険の終了の目安になっているようである。この地域はなんといっても地形上の条件の悪さが問題となる。

(広部)



写真6.1 姫川対岸のなだれ

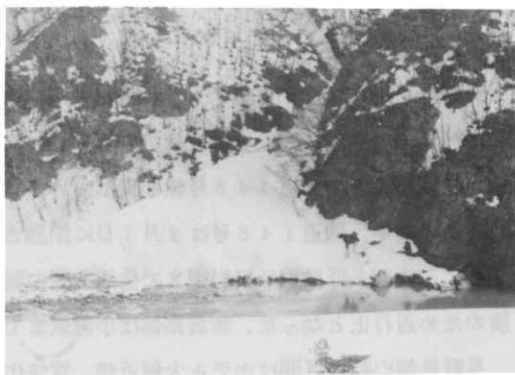


写真6.2 姫川に落下したなだれ



写真6.3 がま岩近傍でのなだれ跡



写真6.4 がま岩近傍のなだれ跡



写真6.5 姫川沿いの国道148号(小滝—平岩間)



写真6.6 国道148号北野洞門付近



写真6.7 国道に堆積したデブリ



写真6.8 デブリで埋まった国道148号

7. 列車運行の支障

7.1 災害の状況

7.1.1 調査の概要

積雪地域に施設された国鉄は、長年の経験による雪害対策が講じられ、また、多量の降積雪時の列車運行もその体制が整えられている。このため国鉄の積雪災害は少ない。しかし、多雪地域を走るローカル線では、なだれの危険性やなだれ発生、多量の降積雪による列車運行の支障が起っている。

1977年-1978年冬期における国鉄の雪害調査を実施した。調査内容は、国鉄沿線におけるなだれ発生状況および多量の降積雪による列車への影響である。調査地域は新潟県内に敷設された国鉄線について、また、調査期間は1977年12年1日より1978年4月20日までとした。調査方法は新聞記事および鉄道管理局資料の収集によって行った。

新潟県内の鉄道で発生したなだれは18件であったが、列車への直接的な被害はなかった。全体の約3分の1のなだれは列車への影響は全くなかったが、約3分の2のなだれは列車の遅延や運休に及ぶ影響があった。

また、2月1日から8日までの間に多量の降積雪のため旅客・貨物列車の運休が続出した。この期間に運休した旅客列車は645本、貨物列車は1,145本で、通勤通学および貨物の輸送に大きな影響を与えた。

7.1.2 国鉄沿線におけるなだれ発生状況

国鉄沿線におけるなだれ発生状況を表7.1に示す。なだれの発生は、信越線・上越線と平野部を走っているローカル線ではみられなかった。多雪地域の山間部を走る飯山線・大糸線に多くのなだれの発生が見られた。また、なだれの発生は12月および2~3月に多く見られた。

表7.1 国鉄沿線におけるなだれ発生状況

なだれ発生		発生場所			列車への影響	発生要因等
年月日	時刻	地名	区間	地点		
飯山線						
52.12.23	16:17	長野県下水内郡栄村	森宮野原～足滝	52k160	29分	積雪多量のため 21 m ³
52.12.27	10:50	長野県下水内郡栄村	横倉～森宮野原	49k100	16分	多量の積雪と気温上昇による 64 m ³
52.12.30	12:46	長野県下水内郡栄村	森宮野原～足滝	51k810	21分	降雨のため 30 m ³
52.12.31	7:07	長野県下水内郡栄村	森宮野原～足滝	52k000	8分	降雨のため 10 m ³
53.2.2	20:8	長野県飯山市	戸狩～上境	30k500	223分	降雪多量のため 200 m ³
53.2.3	6:00	長野県飯山市	上境～上桑名川	32k350	429分	降雪多量のため 250 m ³
53.2.5	11:35	長野県下水内郡栄村	森宮野原～足滝	52k050	不通期間中	降雪多量のため 500 m ³

表 7.1 (つづき)

なだれ発生		発 生 場 所			列車への 影 響	発 生 要 因 等
年 月 日	時 刻	地 名	区 間	地 点		
53. 2. 7	14:10	長野県下水内郡栄村	森宮野原～足滝	52k250	不通期間中	降雪多量のため 700 m ³
53. 2. 12	7:23	新潟県中魚沼郡津南町	足滝～越後田中	54k300	63分	多量の積雪と気温上昇のため 120 m ³
53. 2. 13	17:50	新潟県中魚沼郡中里村	越後鹿渡～越後田沢	63k850	32分	多量の積雪と気温上昇のため 5 m ³
53. 2. 22	12:25	長野県下水内郡栄村	森宮野原～足滝	52k180	11分	多量の新雪による 40 m ³
53. 2. 23	15:55	長野県下水内郡栄村	森宮野原～足滝	51k710	58分	多量の新雪による120 m ³
53. 2. 27	13:20	新潟県中魚沼郡津南町	津南駅構内	57k700	3列車39～69分	気温上昇及び降雨のため 800 m ³
53. 3. 6	6:00	長野県下水内郡栄村	森宮野原～足滝	51k950	なし	気温上昇による 7 m ³
53. 3. 9	10:05	新潟県中魚沼郡津南町	越後田中～津南	57k663	なし	気温上昇による 60 m ³
53. 3. 10	10:33	長野県下水内郡栄村	信濃白鳥～平滝	44k470	なし	気温上昇及び降雨のため 0.5 m ³
53. 3. 17	16:14	新潟県中魚沼郡津南町	足滝～越後田中	53k200	8分	気温上昇による 7.5 m ³
米 坂 線						
53. 2. 1	不 明	山形県西置賜郡小国町	手ノ子～羽前沼沢	不 明	なし	線路側雪が落下
53. 3. 5	不 明	新潟県岩船郡関川村	越後金丸～越後片貝	不 明	12分	山側から落雪 44 m ³
53. 3. 16	不 明	山形県西置賜郡小国町	手ノ子～羽前沼沢	不 明	5分	線路側が落下
赤 谷 線						
53. 2. 10	不 明	新潟県東蒲原郡三川村	東赤谷～赤 谷	不 明	なし	線路側が落下
只 見 線						
53. 3. 17	不 明	新潟県北魚沼郡入広瀬村	入広瀬～柿ノ木	不 明	9分	線路側雪が落下
53. 3. 19	不 明	新潟県北魚沼郡入広瀬村	田子倉～大白川	不 明	5分	線路側雪が落下
53. 3. 20	不 明	新潟県北魚沼郡入広瀬村	田子倉～大白川	不 明	なし	線路側雪が落下
53. 3. 6	11:40	福島県南会津郡只見町	会津蒲生～只見			気温上昇のため、会津川口～只見間当分の間不通(3/7～4/20)
大 糸 線						
53. 2. 24	12:40	新潟県糸魚川市	平 岩～小 滝	90k900	なし	積雪多量のため 126 m ³
53. 2. 24	12:30	新潟県糸魚川市	平 岩～小 滝	90k300	なし	積雪多量のため 160 m ³
53. 2. 27	10:40	新潟県糸魚川市	小 滝～根 知	92k900	なし	積雪多量のため 86 m ³
53. 2. 28	15:05	新潟県糸魚川市	平 岩～小 滝	90k970	なし	積雪多量のため 360 m ³
53. 2. 28	10:50	長野県北安曇郡小谷村	北小谷～平 岩	84k000	なし	積雪多量のため 100 m ³
53. 2. 28	15:10	新潟県糸魚川市	平 岩～小 滝	87k069	なし	積雪多量のため 336 m ³
53. 3. 1	5:25	新潟県糸魚川市	平 岩～小 滝	90k855	120分,上下4本運休	降雪多量のため 480 m ³
53. 3. 1	5:57	新潟県糸魚川市	平 岩～小 滝	86k060	120分,上下4本運休	降雪多量のため 48 m ³
53. 3. 6	14:20	長野県北安曇郡小谷村	北小谷～平 岩	84k780	なし	積雪多量のため 192 m ³
53. 3. 6	14:50	新潟県糸魚川市	平 岩～小 滝	91k300	なし	積雪多量のため 420 m ³

なだれの規模は小さく、列車の運行には間接的な列車の遅延あるいは運休の被害が生じたが、直接的な被害は1件もなかった。

7.1.3 多量の降積雪による列車への影響

新潟県内は1月31日から多量の降雪に見舞われた。この降雪は2月5日まで続き、各地で記録的な積雪状態となった。この降積雪のため、県内を走っている列車に大幅な運転規制が実施され、旅客・貨物輸送に影響を与えた。最も影響の大きかったのは2月3日で、旅客列車119本が運休となった。貨物列車は252本が運休され、51本の列車が運転されたにすぎなかった。

図7.1に県内の各国鉄線の運転規制状況を示す。飯山線・只見線の運転規制が強められているが、規制された期間は6～8日間であった。運転規制が実施された2月1日～2月8日までに運休した旅客列車は645本で、全体の14%が運転されなかった。また、貨物列車は、1,145本(49%)が運休した。列車運休のため、旅客・貨物の輸送に大きな影響を及ぼした。また、飯山線では8日間も不通となり、長期にわたって運転規制が実施され、地域住民の生活に影響を及ぼした。

旅客列車運休による影響の例として表7.2に長岡駅の2月の降車客の状況を示す。運転規制が実施された2月1日から8日までを月の平均降車客を100としてみるとかなり減少していたことがわかる。

7.2 災害の考察

国鉄の雪による列車への影響は、端的に見ると小規模なだれによる列車の遅延・運休と多量の降積雪時の列車の遅延・運休の形態がある。前者の要因が比較的明確で範囲もかぎられているため、防雪対策を講じることによって影響の軽減は更に高められることであろう。後者の場合は多種多様の要因が広範囲におよぶため、抜本的な対策はきわめて困難である。多量の降積雪時の列車遅延・運休は、積雪地帯を走る鉄道では将来も続くであろう。

また、国鉄は冬期ダイヤおよび運転規制を実施する一方、防雪施設の整備拡充を図り、冬期間の列車運行の円滑化に努めている。近年、冬期間の道路交通網が夏期間と大差なくなっている

表7.2 長岡駅の2月の降車客状況

曜日	日	降車客	%	規 制
水	1	4,132	-24.4	3次
木	2	4,784	-12.4	
金	3	3,654	-33.1	
土	4	3,876	-29.0	2次
日	5	4,270	-21.8	
月	6	4,570	-16.3	1次
火	7	4,665	-14.6	
水	8	4,688	-14.2	2次
木	9	4,716	-13.7	
金	10	6,767	+33.9	
土	11	8,574	+57.0	
日	12	9,676	+77.1	
月	13	5,605	+2.6	
火	14	5,862	+7.3	
水	15	4,641	-15.0	
木	16	4,933	-9.7	
金	17	5,207	-4.7	
土	18	5,647	+3.4	
日	19	6,699	+22.6	2次
月	20	5,356	-2.0	
火	21	5,731	+4.9	
水	22	4,977	-8.9	
木	23	4,719	-13.6	
金	24	4,933	-9.7	
土	25	6,070	+11.1	
日	26	7,691	+40.8	
月	27	4,940	-9.6	
火	28	5,571	+2.0	
	合計	15,958		
	平均	5,463	100	

%は2月の平均降車客数を100とした場合の増減を示す

運 転 規 制 経 過

線区別	間	日 別	2	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	3	1	2
上越	長岡~水	上																	
信越	黒姫~直江津			1次 10:00	12:00						2次 10:00 1次 10:00	16:00 16:00							
	直江津~長岡																		
越前	長岡~新湊																		
羽越	新湊~酒田											2次 15:00	16:00						
飯山	戸狩~十日町			3次													3/9 24:00		
	十日町~越後川口			3次													3/9 24:00		
白新	新潟~新発田											2次 15:00	16:00						
只見	小出~只見											2次 15:00	12:00						
越後	柏崎~新潟																		
	局雪対策本部																		
	地区雪営 長岡・直江津																		
	対策本部 酒田・新湊・新潟																		
	気象警報等																		

図7.1 運 転 規 制 経 過 (つづき)

ため、生活様式も雪国の特色が薄らぎ、夏期間あるいは雪の降らない地域と同じようになりつつある。生活様式の変化によって、交通機能に依存度の高い社会構造が形成された雪国は、交通網の機能低下により生活そのものに直接影響を受けてしまう。

国鉄の雪による災害は起っていないが、列車の遅延・運休は社会あるいは地域住民の生活に及ぼす影響が大きいため、列車の遅延・運休そのものが雪害あるいは災害としてみなされつつある。これらの問題を雪害あるいは災害として扱うかどうかは別問題として、雪国社会に直接及ぼす影響が大きく社会問題とされている。

(五十嵐)

8. 柏崎市のガケ崩れ

8.1 災害状況

昭和53年1月7日(土)午後3時30分、柏崎市折居5131の部落の川に面した斜面が崩壊し、民家一棟が倒壊し、老人1人、幼児2人が死亡した。倒壊した家屋は木造2階建てで、道路に面していたが側面は川に面し、斜面と川の間の狭い平坦地に建てられていた。

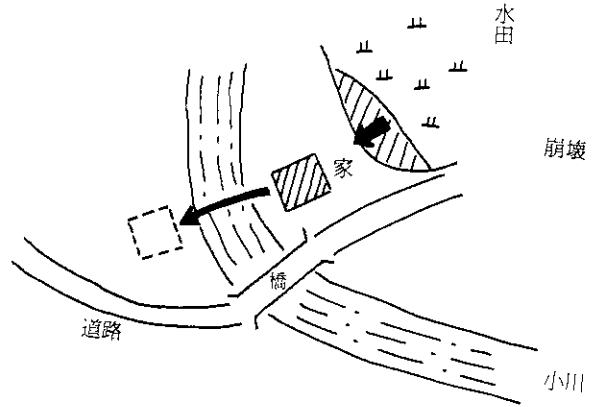


図8.1 崩壊個所の見取図

図8.1に示すように崩壊した斜面の土砂は、家屋を押しつぶし2階の部分を川の対岸に飛散させ、さらに火災が発生し救出の余裕もなかったようである。図8.2に示すような斜面の勾配は 35° 程度で、高さは約10mであり、斜面には直径15~20cmの杉木立があった。斜面の崩壊に伴い、この杉木立も根元より崩落し家屋を押しつぶした模様である。崩壊の規模は幅7m、平均厚さ2m、土量 250m^3 程度であった。倒壊家屋の平面図を図8.3に示す。

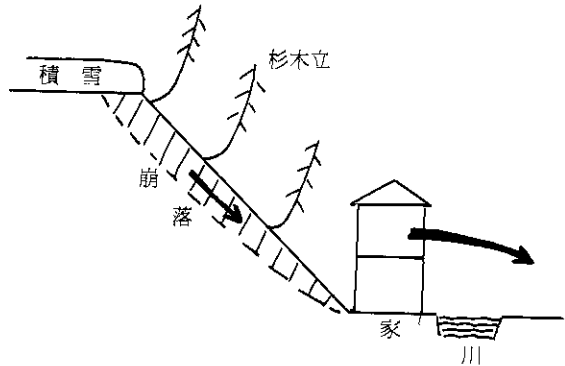


図8.2 崩壊個所の断面見取図

8.2 災害の考察

8.2.1 斜面の性質

土質は粘土質で一部丸石を含んでいる。このため含水率が上昇すれば強度が著しく低下することが予想される。また杉木立があり長年にわたり根が張って斜面を維持していたものの、反面、表面の浸蝕はかなり大きかったのではないかと、近傍の斜面の観察から想像できる。斜面の上部は平坦な水田になってお

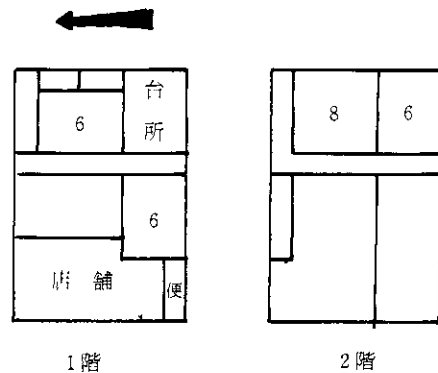


図8.3 倒壊家屋の平面図

り、常時斜面の上は溜水になり、粘土の含水率を高め、安定の面からみると極めて不利な条件にあった。

8.2.2 気象条件

図8.4に示すように12月中は異状な長雨が続き、このため水田には溜水が一杯になっており、降雪前に斜面の粘土の含水率が大幅に上昇していたことが予想される。12月末より降雪があり、さらに気温が急に上昇し、積雪の融解が始まった。

8.2.3 災害の原因

斜面上部の平坦地は、長雨による溜水と融雪水が一緒になり、表面流出して斜面より川に流入していた。降雨水の場合には、いかに雨量が多くても浸透量を上回る水は表面流出し、降雨が止まれば大量に貯留されることはない。そして蒸発が発生し溜水を減じる働きをする。今回のように斜面頂部に積雪があった場合には、積雪自体が水を貯留する役割を演じ、降雨や降雪が止んでも、土層の側からみると引続き連続した降雨があることになる。溜水浸透が長期にわたり続き、粘土層を最後には不飽和から飽和に近付けて行ったことが容易に想像できる。斜面の上部に平坦地があり、そこに積雪の生じる地形は各所にみられるが、危険度は大きいといえるのであろう。

8.2.4 災害の遠因

斜面に巨木を有する所がなぜ崩壊するのかという疑問が生じる。樹令数十年に及ぶ巨木の根は安定に役立っているのではなからうか。図8.2に示すように積雪地域の斜面の樹木は根元が曲っている。この場合斜面上の雪および樹木に積った雪の重量は根に伝わり、斜面を内側に圧するのでなく、外側に引張る作用をする。これが崩壊の直接原因とはならないであろうが、表面にクラックを生じ易く、水の侵入を助け、侵蝕を促進したことは予想できよう。豪雪地帯の斜面の巨木は決して斜面の安定には役立たず、むしろ危険である。

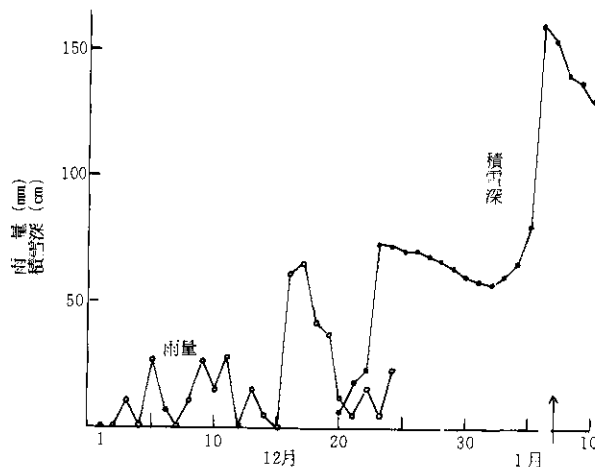


図8.4 降雨量と積雪深さの状況

このガケ崩れの主因は降水と融雪水の浸透による地盤の軟弱化であり、上部平坦地の水田、積雪が考えられ、異常降雨によるガケ崩れとは別に、豪雪地帯特有の一例といえることができる。（広部）

9. 糸魚川市の地すべり

9.1 災害の状況

昭和53年4月13日17時30分、糸魚川市上早川地区土塩・坪野地内の標高約500mの地点より地すべりが発生した。断続的に坪野川沿いに土石流となって流出し、約1,600m離れた前川に流入した。坪野橋、坪野大橋を破壊し、住家1個を全壊、1個を破損し、非住家2個を全壊した。農地6ha、用水路2箇所、農道2箇所に損害を与えた。流出土量は21万 m^3 、4月18日現在地すべり地点の残留土は24万 m^3 で、計45万 m^3 が崩落した。崩落地点には残雪約1mがあり、目撃者の話によると、雪混りの土石流が屈曲した坪野川の兩岸にあふれ出し、砂防ダム4箇所を越え、この中1箇所は破壊してコンクリートの残がい東平の橋付近まで運んだ。落下音より約3分位で土石流は前川に達したという。災害地の見取図を図9.1に示す。災害写真を写真9.1、写真9.2、写真9.3に示す。

9.2 災害の考察

9.2.1 崩落地点の状況

写真9.3からもわかるように崩落個所の上部は平坦地で巾50~150m、長さ150m程度の面積があり、約3,000 m^2 の田圃である。この平坦地には湧水があり、池を形成し、この水を田圃に利用していた。これより下部の坪野川までの山肌には千枚田が散在し、斜面の安定の面からみるときわめて都合の悪い所である。

9.2.2 気象条件

平坦地付近は4~5mの積雪があり、災害発生日には残雪が1m程度あった。今年は降雪の始まりが遅く、春にずれこんで大量の残雪があり、例年なら3月20日頃には春一番が吹くのだが、4月10日まで寒い日が続いた。急に暖くなり一気に融雪が起ると

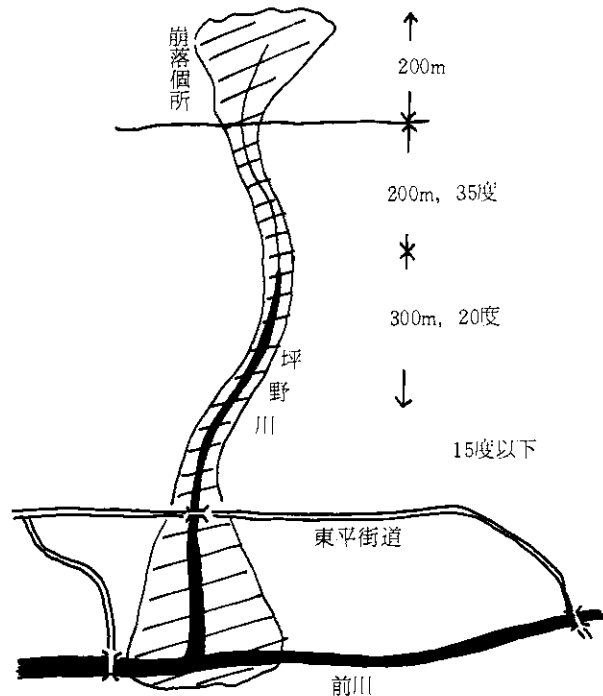


図9.1 坪野・土塩地すべり災害見取図

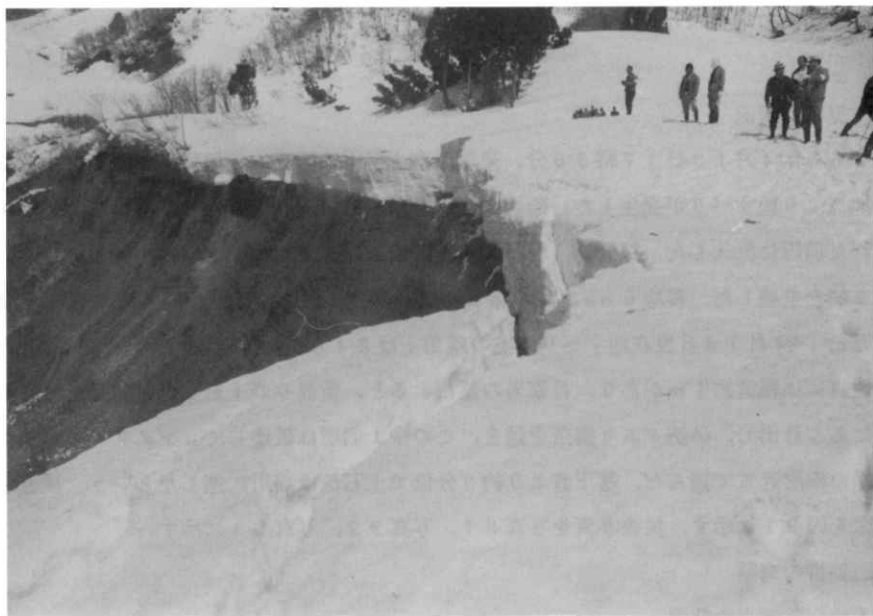


写真9.1 崩落現場

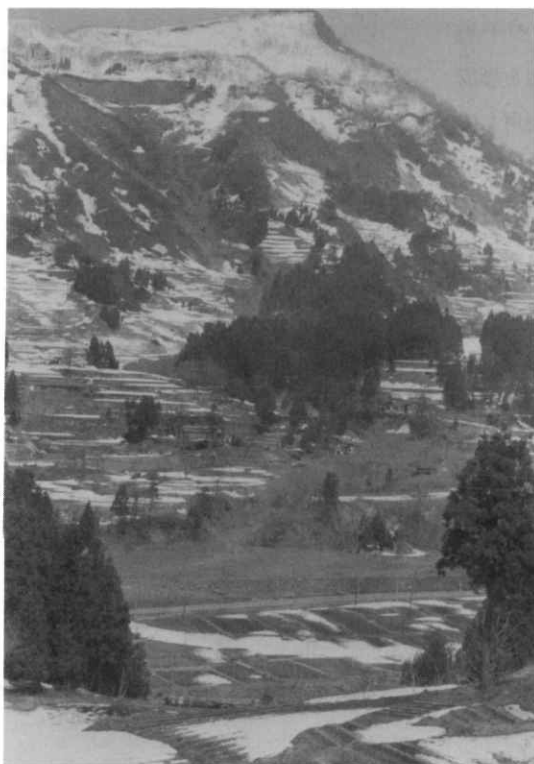


写真9.2 崩落個所の遠景



写真9.3 前川に流出した土砂と壊れた橋

いう現象があった。

9.2.3 災害の原因

崩落個所の上部に平坦地があり、湧水があり田圃を形成し、さらに積雪があるという悪条件が重なっているが、かなり古くからの田圃でもあり、今年に限っての悪条件というわけではない。積雪による重量増は3 mで1 t/m²程度で、とりわけ問題とはならない。目撃者によると、冬のうちから雪の表面から土中までの大きなクラックが生成していたという。このクラックに融雪水が侵入し崩落を生じさせたものと考えられる。

このような地形条件下では当然崩落が生じる状態にあり、たまたま老化した個所で発生したにすぎない。この意味では、まだまだこの例に似た災害は発生することが予想される。時間の経過の中で一定の確率で同様な災害が今後も発生しうるのである。標高の高い所での平坦地は傾斜地に改造するとか、湧水の排水を考えると、除雪するとかしなければならない。田圃を作るなどは論外といってよいであろう。(広部)

1.0. 大町有料道路のなだれ

1.0.1 災害の状況

昭和53年4月30日午前10時30分頃、長野県大町市扇沢下(図1.0.1)においてなだれが発生し、たまたま通過中の乗用車を直撃、死亡1、軽傷2を出した。図1.0.2の断面図からわかるように、なだれは3回にわたって発生した模様で、道路をこえて落下している。気象状況は4月29日午前8時から30日午前8時までに、扇沢駅で28mmの降雨があり、大町建設事務所では4月29日午前8時より同日18時までに11mmの降雨があり、前日の降雨が重要な意味をもっているようである。この災害について現地踏査を行っていない

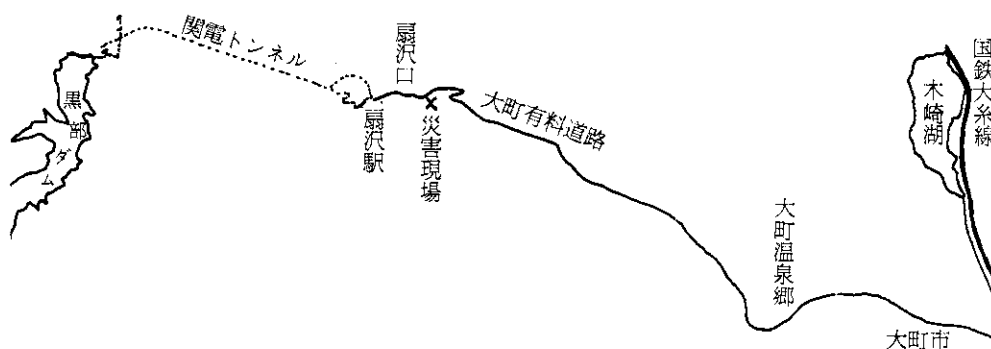


図1.0.1 災害現場の位置

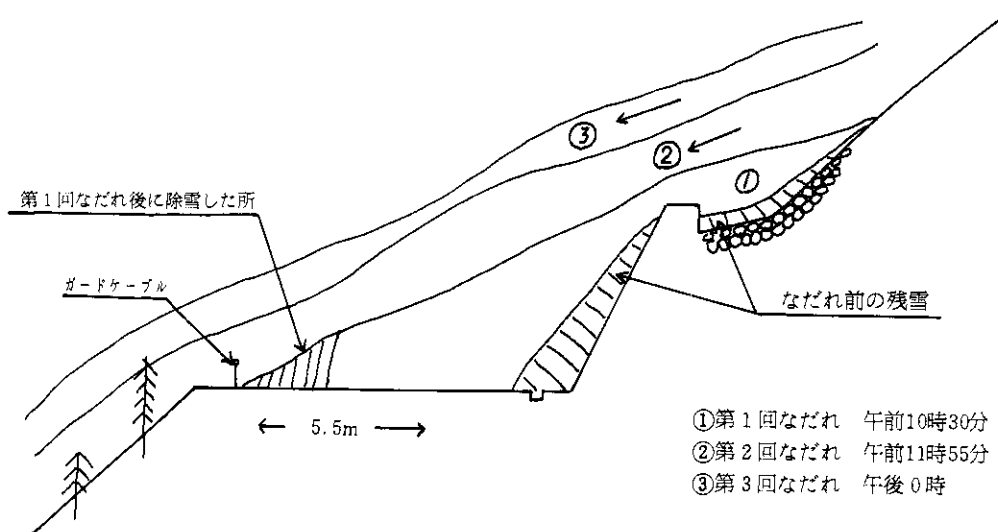


図1.0.2 なだれの発生状況

ので、長野県観光道路課より提供された写真 1 0.1, 写真 1 0.2, 写真 1 0.3, 写真 1 0.4 および図 1 0.3, 図 1 0.4, 図 1 0.5 を示すことにする。

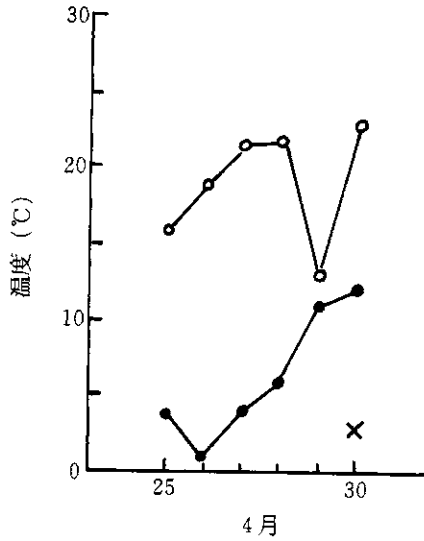


図 1 0.3 大町建設事務所における最高・最低温度

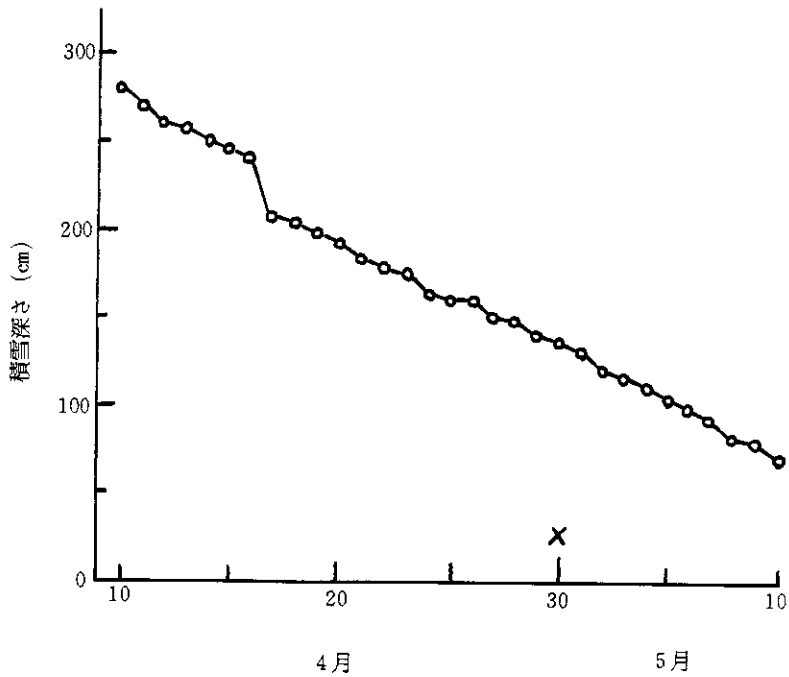


図 1 0.4 黒 4 ダム取水口における積雪深さの変化状況



写真10.1 災害箇所近傍の状況



写真10.2 道路上に堆積したデブリ



写真10.3 道路をこえたデブリ



写真10.4 埋まったクルマ

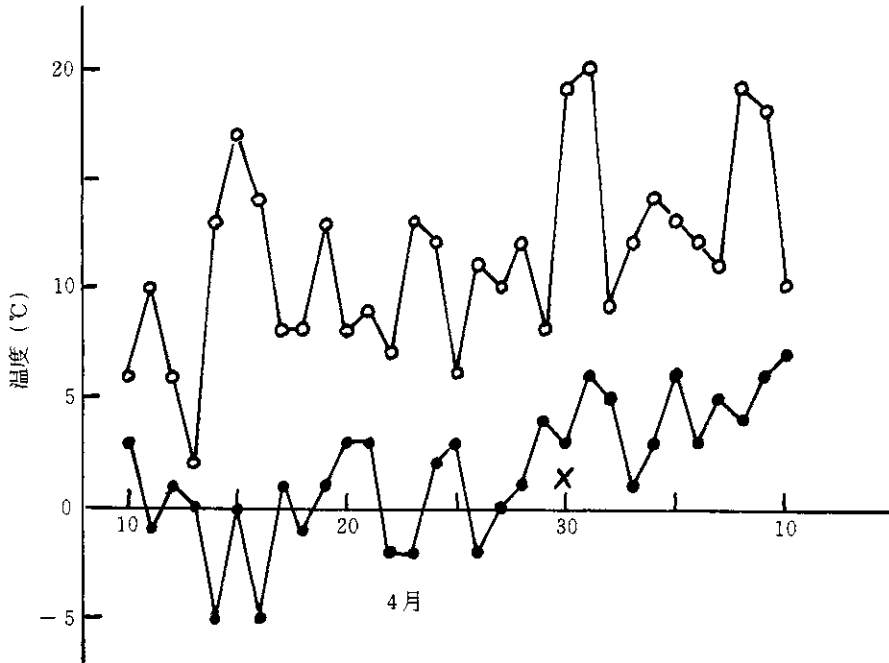


図10.5 黒4ダム取水口における最高・最低温度

謝 辞

この研究を推進するに当り、下記の機関の御厚意により、資料を提供していただき、心から御礼申し上げます。

- | | |
|----------------|-------------|
| 新潟県中魚沼郡中里村役場 | 金沢鉄道管理局 |
| 新潟県東頸城郡安塚土木事務所 | 長野県下水内地方事務所 |
| 新潟県糸魚川市役所 | 長野県大町地方事務所 |
| 新潟県柏崎市役所 | 長野県白馬村役場 |
| 新潟県糸魚川土木事務所 | 長野県小谷村役場 |
| 新潟鉄道管理局 | 長野県観光道路課 |
| 長岡駅 | 気象庁長野地方气象台 |
| 長野鉄道管理局 | |

(広部)

(1978年10月31日原稿受理)