



HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|------------------|---|
| Title | 1965年札内川なだれ調査報告 |
| Author(s) | 清水, 弘; SHIMIZU, Hiromu; 遠藤, 八十一 他 |
| Citation | 低温科学. 物理篇, 24, 221-238 |
| Issue Date | 1966-03-22 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/18045 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 24_p221-238.pdf |



1965年札内川なだれ調査報告*

清水 弘・遠藤八十一
(雪害科学部門) (応用物理学部門)

渡辺興亜・山田知充
(気象学部門大学院)
(昭和40年10月受理)

I. ま え が き

1965年3月14日頃、北海道日高山脈中央部の札内川上流部で大規模ななだれが発生し、偶々附近の雪洞で露営中の北海道大学山岳部部員6名(リーダー: 沢田義一)が全員遭難(埋没)死亡した。このなだれは、第1次捜索隊によって“1965年札内川なだれ”と名付けられた。これに対して、北大山岳部は3月26日(沢田隊の最終下山予定日の翌々日)から大、小編成の捜索隊を数次に亘り現地に派遣して捜索を続け、6月20日全遺体を収容することができた。北大低温科学研究所は、雪害科学部門を中心に山岳部の協力を得て5月、6月および7月にこのな

第1表 1965年札内川なだれによる遭難の捜索および調査

| 日 時 | 行 動 | |
|-----------------------|-----------------------------|--|
| 昭40/3/14, 2:00†(?) | なだれ発生 | 北大山岳部沢田隊6名(L† 沢田義一)埋没 |
| 3/26-4/5 | 第1次捜索隊 (40名) L. 木崎甲子郎 | キャンプ推定地からデブリ末端にかけて発掘作業(トレンチ7, ピット42) 遺品は殆んど発見されず。 稜線ルートの捜索。測量。デブリの断面観察。 |
| 5/7-5/10 | 偵察隊(4名) L. 安藤久男 | 第2次捜索隊の入山コース偵察 表面融雪量測定 |
| 5/14-5/21 | 第2次捜索隊 (17名) L. 木崎甲子郎 | 捜索隊: アバ建設††† 調査隊: 測量, 表面融雪量, 水流量 |
| 5/14-5/24 | 第1次調査隊 (3名) L. 清水 弘 | デブリの表面および内部構造 断面観測, ボーリング, 気象観測 |
| 6/1-6/7 | パトロール1 (4名) L. 古瀬 健 | 捜索(デブリ末端でストック発見) アバ保守 表面融雪量, 水流量, 気象観測 ボーリング, トレンチ, 稜線ルート捜索 |

* 北海道大学低温科学研究所業績 第754号

| 日 時 | | 行 動 |
|--------------------|---|---|
| 6/7-(6/13) 6/13 | パトロール 2 (5名) L. 庵谷 晃 | 搜索, アバ保守, 氷板追跡, 表面融雪量, 水流量 気象観測, デブリ上流部調査 遺体(沢田)発見, 札幌に通報 |
| 6/14-6/20 | 第3次捜索隊 (64名) (遺族その他) (14名を含む) L. 橋本正人 | 他の5遺体発見, 茶毘に附す。 |
| 6/21-6/27 | 第2次調査隊 (4名) L. 清水 弘 | 表面融雪量, 氷板追跡, 水流量, 気象観測 分岐点沢調査 |
| 7/ | 第3次調査隊 (4名) L. 清水 弘 | 表面融雪量, デブリの消耗過程 気象観測, 観測機材搬出 |

† 沢田遺書による推定日時。

†† L.: リーダー。

††† アバ: 遺体, 遺品の流失を防ぐための水中柵。

だれの調査を行なった(第1表)。

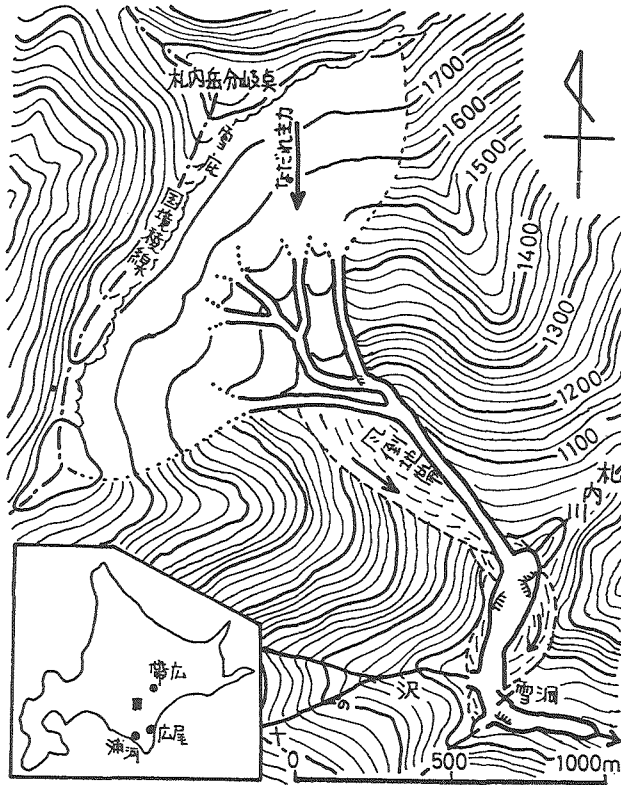
調査はなだれ発生後かなりの時日を経てから開始されたため, 推定困難な問題が多かったが, なだれの発生, 種類, 規模, 流動様式についての考察がなされ, デブリの構造観察が行なわれた。又, デブリの消耗過程の考察と観測が行なわれた。

II. なだれの規模

なだれは札内岳分岐点(1885 m)の南東斜面で発生し, 一旦分岐点沢に収斂し, 札内川本谷にデブリ(なだれ雪の堆積)を押し出した(第1図, 第2図)。なだれが発生した南東斜面は平均傾斜約 35° , なだれの通路となった分岐点沢は約 15° , 札内川本谷は約 6° であった。なだれの走行は全長約3 kmに及び, なだれ発生源と思われる稜線からデブリ末端までの標高差は約900 mであった(第3図)。

3月および5月の測量結果によれば, なだれ発生当時札内川本谷に堆積したデブリの量は約 4×10^5 トンと推定され, 長さ約1 km, 幅30~100 mに亘って谷を埋め, その平均厚は約10 mであった。

なだれの階級¹⁾としては, 質量階級は M.M.=5.6, ポテンシャル階級は P.M.=8.4 で, 日本国内のものとしては最大級に属するものと思われる。

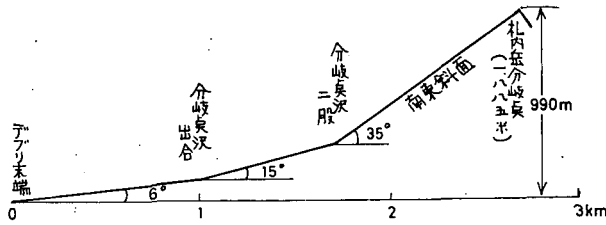


第1図 1965年札内川なだれ



第2図 なだれ現場 (撮影: 北海道新聞社)

- a. 分岐点沢
- b. なだれ風に吹き払われた斜面
- c. 分岐点沢出合(札内川本流)
- d. 十の沢
- e. 雪洞地点
- f. 屈曲点テラス
- g. デブリ末端(札内川本流)



第3図 なだれ通路の断面図

III. なだれの発生と流動に関する考察

1. なだれの発生

なだれ発生の日時について、沢田遺書*は“3月14日午前2時ごろ”と推定している。後日発見された他隊員の行動記録が13日で終わって居り、沢田以外の遺体が就寝状態で発見されたこと等から考えて、沢田遺書の推定はかなり正しいものと思われる。

なだれ発生前後の気象状況と一般情報を第2表に示す。これによると、12日は快晴に恵まれ、当時稜線にあった他隊**は“雪は一般にしめり”と報じている。これに従うと、12日夕刻には積雪表面は融解一再凍結によるクラスト(氷膜)を生じたことが想像される。しかし、帯広、広尾、浦河の気温から推定すると、海拔1800mの稜線の日中気温は、当時少なくとも -10°C 前後と推定されるから、積雪表面の融解は困難であろう。

吉田²⁾は、札幌附近の春さきの快晴日に於ける日射条件で、日射による積雪の内部融解を理論的に考察した。それによると、4時間の日射時間に対して、最初の雪温が -9°C 以下のときは内部融解は起き得ない。12日早朝の稜線推定気温は約 -20°C であり、内部融解は期待できない。

しかし、1日間の快晴は南東斜面の表面附近の雪温を上昇させたであろう。その結果積雪内部には、表面では -10°C 位で深さに従って高くなるような温度勾配が生じ、やや深部からの昇華水蒸気³⁾が表面附近で凝結し、一種のクラストが生じたことが考えられる。

第4図に3月31日午前3時(なだれ発生の約24時間前と推定される)の地上天気図を示す。久米⁴⁾は、昭和2年から同34年までの36例についてなだれ発生時の天気図をしらべ、結局7種の気圧配置型に分類した。これによると、第4図は典型的なTns型(又は谷川型)と呼ばれる気圧配置型である。つまり、太平洋と日本海とに低気圧があり、上層には深い気圧の谷がある。この場合、谷の前面では上層に強い南風が入って気温が上昇し、谷の通過後は風は西に変わって気温は急降する。山岳地帯は全土に亘って大量の降雪を見る型である。当時附近にあった各隊の情報によれば

(1) 稜線は12日は快晴であったが、13、14日は猛吹雪となり行動不能であった。前半、

* 沢田のみは、埋没後数時間テプリの底の雪洞中に生存し、脱出を試みていた。その遺書には腕時計から推定した日時が記録されていた。

** 東京都立大学山岳部

第2表 なだれ発生前後の気象状況と一般情報

| 3月 | 浦河 | 帯広 | 広尾 | 稜線 附近 | 札幌川 本谷 | 情報 |
|-----|---------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------|--|
| 12日 | 1010 -1 -6~-1 | 1009 -3.6 -3.6~-2.2 | 1010 -0.5 -8.5~-0.7 | 快晴 | 快晴 後 うすぐもり | |
| 13日 | 1002 2 0~2 | 1009 -1.2 -2.3~-0.2 | 1006 -2.4~-1.2 | 猛吹雪 (東京都立大隊) 行動不能 | 雪 無風 大雪 | 14:00沢田隊は十の沢 附近の雪洞, 附近にデブ リなし(北大山スキー部) |
| 14日 | 1005 2 0~3 | 1007 2.0 0.7~3.8 | 1005 1.5 0.3~3.7 | | 曇時々雪 | |
| 15日 | 1020 3 -1~-4 | 1021 0.7 | 1021 2.3 0.1~4.2 | 快晴 なだれ音 頻発 | 快晴 気温上昇 | |
| 16日 | 1026 2 -3~-2 | 1027 -3.1 -8.0~-2.4 | 1027 0.0 -5.2~-1.6 | 晴 後 ガス | うすぐもり | |
| 17日 | 1019 2 -3~-2 | 1019 -2.5 -5.9~-1.6 | 1019 -0.9 -7.1~-0.5 | 晴 | | |
| 18日 | 1012 1 0~3 | 1013 -2.5~-4.3 | 1013 0.9 -1.2~-2.8 | 雪 | 雪 | 十の沢附近に巨大なデ ブリ発見(帯広畜大隊) |

浦河, 帯広, 広尾の気象資料は午前9時のもの。

天気 気象庁表示法による

気圧 各欄上段の4桁の数字 (mb)

気温 各欄中段の数字 (°C)

日気温変化 各欄下段の数字 (°C)

稜線附近および札幌川本谷の気象状況は, 当時附近にあった他隊からの情報による。

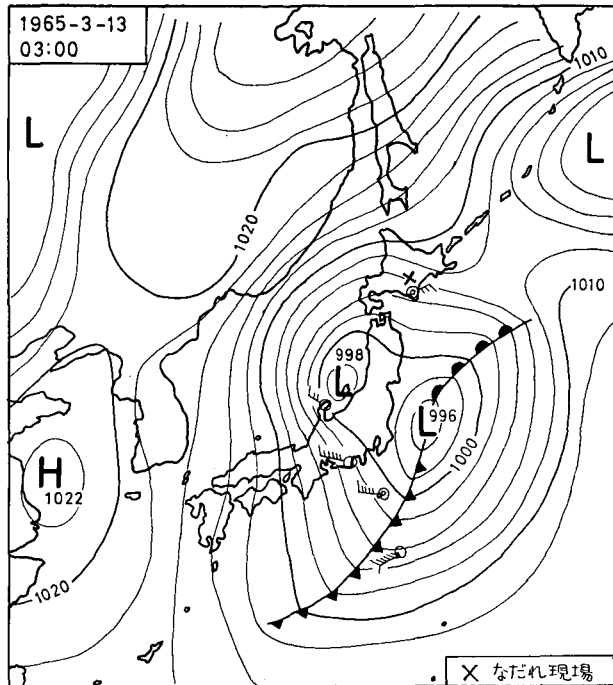
東風により国境稜線の西側に発達していた雪庇は, 風向の変化(東風→西風)に従って消失(埋没)し, 後半には稜線東側に巨大な雪庇が新しく成長した(東京都立大山岳部, 北大第1次捜索隊)。

(2) 札幌川の谷(稜線からの標高差は約900m)では, 13日正午ごろから無風状態で豪雪となり, 14日朝まで降り続いた(北大山スキー部, 沢田隊行動記録)。

前記の旧雪表面と新積雪の状況から考えて, 当時この附近斜面の表層積雪は極めて不安定で, 大規模ななだれを起し易い状態にあったと考えられる。

今回のなだれを発生させた直接のきっかけとして, 次の2つの機構が考えられた。

- a. 稜線東側に張り出した雪庇の崩落。
- b. 不安定な斜面積雪に直接作用した強風。



第4図 3月13日(なだれ発生の前日)
午前3時の地上天気図

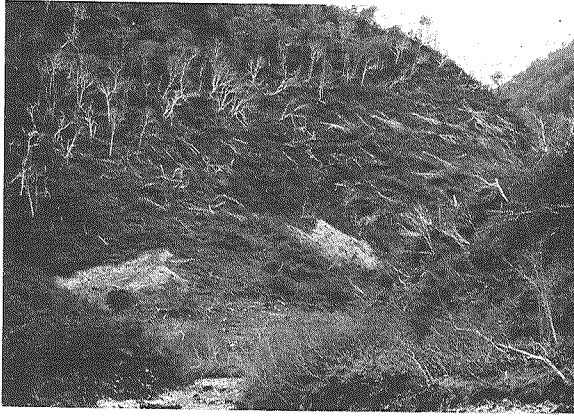
強い風雪下で成長する雪庇は、それを構成する雪粒間の結合が充分強化されない中に雪庇の本体が急速に発達し、構造的に脆弱なものとなる(いわゆる風成雪)。第1次捜索隊の観察によれば、稜線沿いに張出し20mを越す雪庇と、その崩落の跡が見られ、又、なだれ斜面を横切っているクラックが見られた。3月14日午前3時の天気図によれば、この時刻には気圧の谷は既に北海道東方海上に過ぎ去って居り、稜線での西風が強まっていたと考えられる。これらの情報から判断すると、なだれのきっかけは機構a、つまり稜線の東側(札内川側)に張り出した雪庇の崩落であった可能性が強い。

2. なだれの種類と流動様式

なだれの種類、流動様式を推定する手がかりは複雑であったが、次のようにまとめられた。

(1) 当時の積雪状況(12日のクラストの上に多量の新雪が積ったこと)、およびなだれ風によったと思われる風倒木地帯がなだれの通路に沿って極めて広範囲に広がっていたことから、高速度の**新雪表層なだれ**が発生したと考えられる。これは、新雪がなだれる場合に見られるもので、その前端に雪煙を噴きあげつつ進み、運動形態としては**けむり型**⁵⁾に該当するであろう。

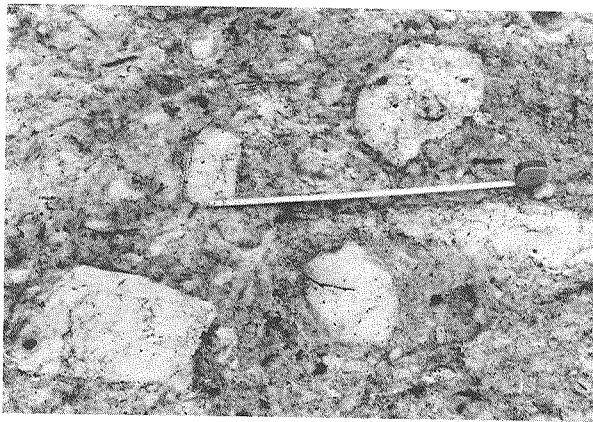
(2) デブリは、なだれる以前の自然積雪層を保ったままの大小の雪塊(以下ブロックと呼ぶ)を無数に含んでいた(第7図)。これは12日のクラストよりかなり深い、かたいしまり雪層までなだれたことを示している(但し、クラスト以下の旧雪層内部に、当時しもざらめ雪層が



第5図 なだれ風に吹き払われた風倒木斜面(分岐点沢出合附近の本流左岸)



第6図 なだれ風で折られた樹幹



第7図 デブリの表面に露出したブロック

あったか否かについては、情報が得られていない)。これを旧雪表層なだれ*と呼んでおく。運動形態としては、速度のおそいながれ型⁵⁾に属するであろう。

(3) デブリは全体に多量の土砂を含み、デブリの融解分に含まれていた土砂は、デブリ表面に堆積し、いわゆる“黒なだれ”の様相を呈していた(第7, 第10図)。土砂の混入は、なだれが地盤を削ることによっておきるが、なだれ発生地域はハイマツ又は灌木のブッシュ地帯であり、当時の日中平均気温は $-10\sim-15^{\circ}\text{C}$ 位と推定されるから、全層なだれが発生したとは考えられない。一方、なだれの通路に沿って、小尾根や屈曲部外側の地盤が著しく削られてい

* 旧雪層なだれ：この名称は仮称であり、なだれ分類委員会のなだれ発生分類に於ける考え方を参考にした。つまり、この場合の表層というのは、全層なだれではないという意味であり、表面附近だけとは限らない。

ことから、やはり極めて強力な“ながれ型の旧雪表層なだれ”があったと考えられる。

“黒なだれ”は異常暖気のもと、異常に多量の降雨があったとき、ふだんはなだれない場所に発生するといわれるが⁶⁾、今回のなだれでは、平地に於ける気温は平年並であり、降雨の記録は全くない。むしろ従来なだれたことのない場所で始めて発生したなだれが、なだれ道のできていない地形を烈しく削ったため黒なだれを生じたものと考えられる。

以上を総合して考えると、このなだれは

a. 発生的には“面発生乾雪表層なだれ”

b. 運動形態は“けむり型の新雪表層なだれ”と“ながれ型の旧雪表層なだれ”

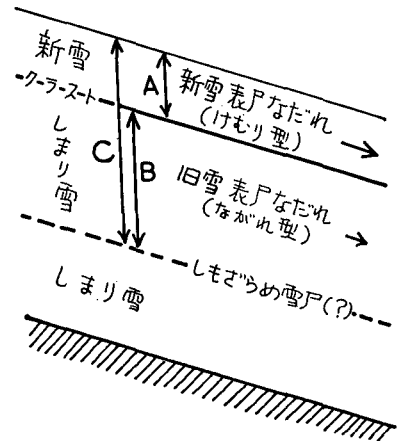
から成っていたと考えられる。然し、この2種類のなだれが別個に発生したとは考え難い。全体的には、厚い表層なだれCが発生し、滑落中、その速度差に従って“新雪表層なだれA”が“旧雪表層なだれB”に先行する形をとったものと思われる(第8図)。

札幌内岳分岐点南東斜面に発生したなだれは上記のような流動様式(2種類の表層なだれに分離すること)をとりながら、地形的、時間的にいくつかの異なった径路をとって滑落し、分岐点沢に一旦収斂されたであろう。分岐点沢周辺の破壊、倒木状況から見ると、なだれの主力部は前記斜面の東半分から落下して来たように思われる。分岐点沢の右岸斜面は殆んど沢筋全長に亘って、斜面距離100 m(標高差60 m)以上の高さまで、なだれ風による倒木地帯がひろがっていた(第2図)。

札幌内川本谷は分岐点沢の出口から約70°右に折れ、更にここから700 m下流で殆んど直角に左折して居り、この間の平均傾斜は約6°であった。又、当時この谷は深い新雪でおおわれ、なだれの走行抵抗は全体としてかなり大きかった筈である。このような条件下を約1 km走っているなだれの走行機構は、多くの問題を含んでいるであろう。なだれの流動様式の推定およびデブリの観察結果から、このなだれの流動系列を前期、中期、後期の主流に分解して考察した。

A. 前期主流

高速の新雪表層なだれを主体とする最先駆部で、強力ななだれ風による破壊を伴ったと考えられる。なだれ風で当時の雪面附近から切断された樹幹は最大直径70 cm、樹齢110年に及ぶものがあった(第6図)。この種の破壊はなだれ自身の流動速度だけでは説明することができない。爆発的ななだれ風の発生機構について、小笠原⁷⁾はけむり型の新雪表層なだれを密度の大きな気体として取扱い、その断熱圧縮及び膨脹によって説明している。これによると、この種のなだれが障壁によって密度が4倍まで圧縮された時は、膨脹時に300 m/sの爆風を発生し得る。



第8図 2種類の表層なだれ

B. 中期主流

ながれ型の旧雪表層なだれを主体とし、それ自身の慣性力によって破壊を行なうものである。巨木（最大直径90 cm, 樹齢200年以上）を根元から引き抜き、倒木を遙か下流まで運搬している（第9図, 図版II, III）。デブリの表面融雪に従って露出してきた白樺, 岳樺の巨木は、この附近の札内川本谷の河原には見られないもので、分岐点沢上流部の沢筋沿いから運ばれたものと考えられる。又、途中の小尾根, 屈曲部外側斜面の地盤を烈しく削って土砂を混入し、全体に黒ずんだ外観を呈したいわゆる“黒なだれ”となっている。更に屈曲点では巨大な雪堤を外縁に作り、デブリ内部には剪断破壊面, 褶曲などの構造を形成している。

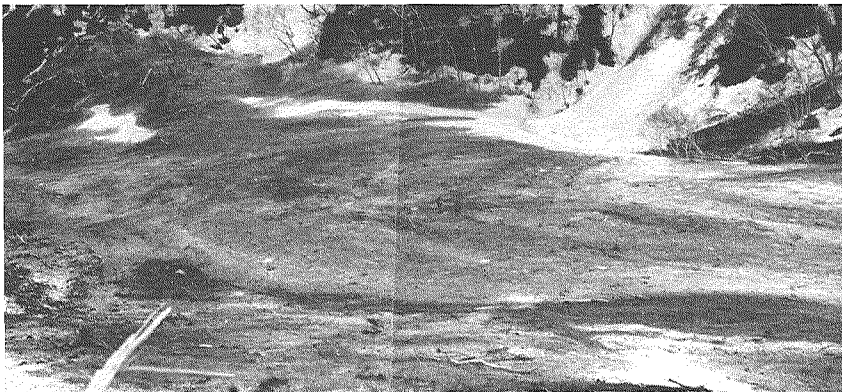


第9図 なだれで根元からおし流された樹木

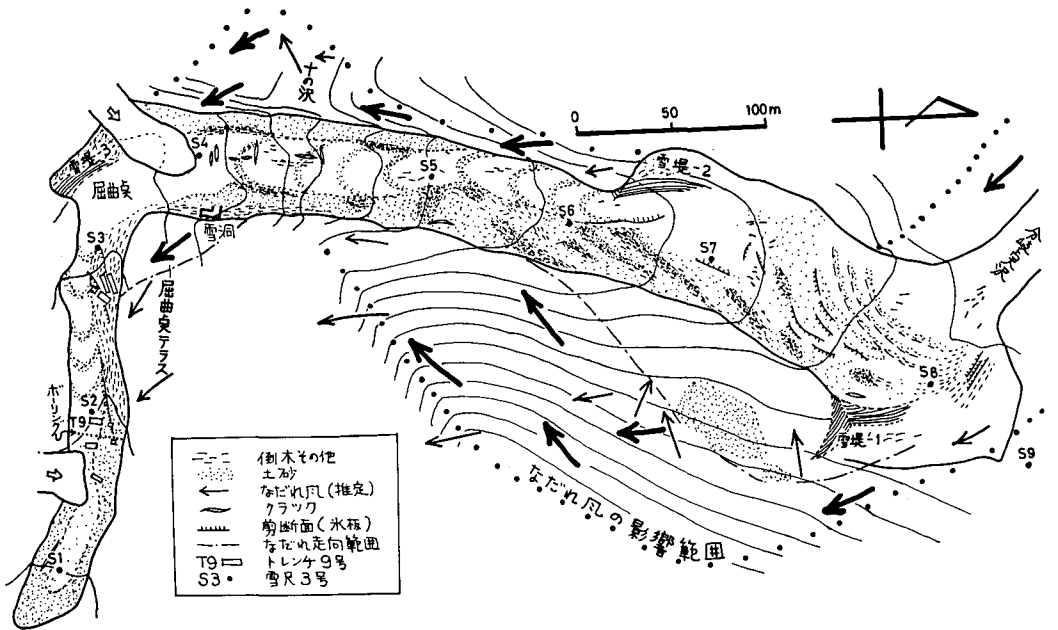
C. 後期主流

その主体は中期主流と同じものであるが、活潑な破壊を行なった中期主流の後に続くながれ型の旧雪表層なだれである。既に倒木を含まず、縞模様（第10図）、剪断破壊面、褶曲などを作りながら右岸寄りに流動したと思われる（第11図）。

以上の流動系列をまとめて、第3表に示す。



第10図 デブリ表面の縞模様（分岐点沢出合）



第11図 デブリの表面構造 (5月下旬)

第3表 1965年札内川なだれの発生と流動系列

| | | | |
|------|------------------------------------|----------------|--|
| 発生 | クラストの上に多量の新雪 雪庇崩落 面発生乾雪表層なだれ | | |
| 運動形態 | | | |
| 流動系列 | 前期主流 | 新雪表層なだれ (けむり型) | なだれ, 風による破壊 樹木 (雪面から切断) |
| | 中期主流 | 旧雪表層なだれ (ながれ型) | なだれ本体による破壊 樹木 (根こそぎ), 小尾根 倒木, 土砂運搬 雪堤, 剪断面, 褶曲 |
| | 後期主流 | | 倒木, 土砂を含まず |

III. デブリの構造に関する考察

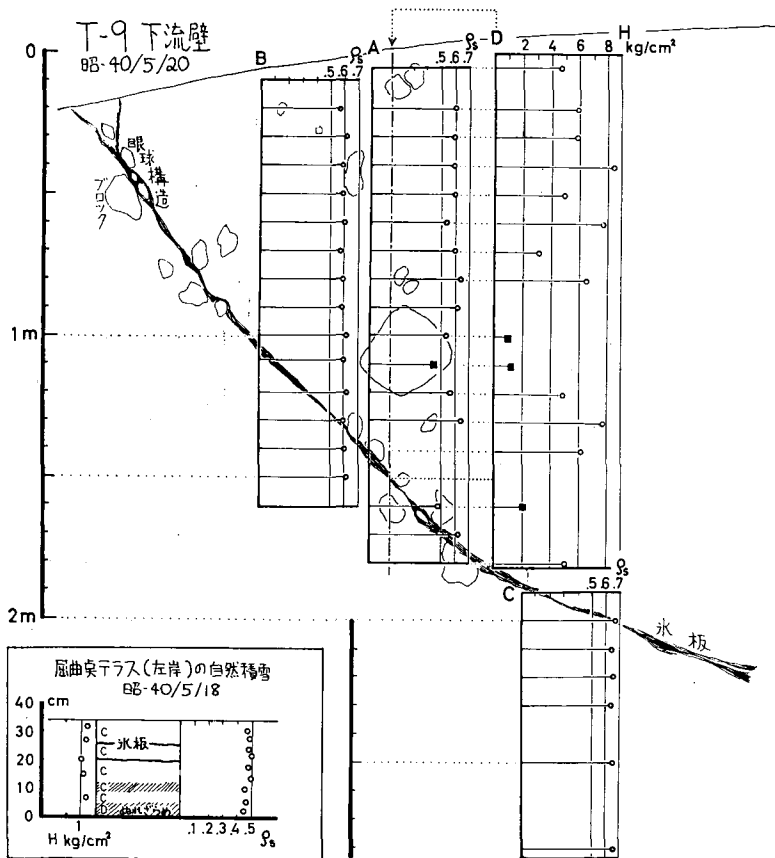
1. デブリの雪質

デブリの雪質調査は、トレンチ (ざんごう) T9 の壁およびボーリングによって行なわれた (第11図)。又、比較のため、なだれをかぶらなかつた自然積雪の断面観測が屈曲点テラス付近で行なわれた。5月下旬の観測結果を第12図に示す。

なだれをかぶらなかつた自然積雪は、全層ざらめ化して (粒径1~4mm)、薄い氷板 (厚さ1mm程度) 及びぬれざらめ雪層を含んで、きれいな成層構造を示していた。密度は0.44~0.55 g/cm³ の範囲におさまり、木下式硬度計による硬度は1 kg/cm² 以下の標準的な春期積雪状態であった。

一方デブリは成層構造をもたないぬれざらめ雪の中に大小のブロックが無秩序に混入されていた。ブロックを埋めていたざらめ雪は0.3~0.5 g/l の土砂を極めて均質に含み、粒径は1~2mmであった。このざらめ化は融雪水の浸透によってひき起されたものと考えられる⁸⁾。

ブロックを形成している雪粒は、粒径1mm前後のこざらめ雪で成層構造をかなり明瞭に



第12図 デブリと自然積雪の断面観測

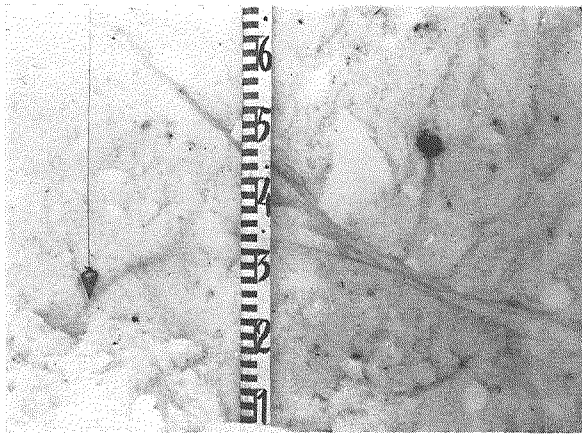
示し、融雪水はブロックの外縁に沿って流下し、ブロック内には殆んど浸透しなかったようである。

ブロックの雪の密度は 0.45 g/cm^3 位、硬度は 1.2 kg/cm^2 程度で、自然積雪に近い値を示していた。

一方、ブロックを埋めていたざらめ雪部分は密度 $0.53 \sim 0.67 \text{ g/cm}^3$ 、硬度は $3 \sim 8.5 \text{ kg/cm}^2$ と高い値を示し、なだれの流動停止時の強い圧縮作用を示唆していた。その強い圧縮作用下で尚ブロックがなだれ以前の自然積雪層を保持していたのは、当時、12日のクラスト以下の旧雪が堅牢なかたしまり雪であったことを示しているといえよう。

2. 氷板

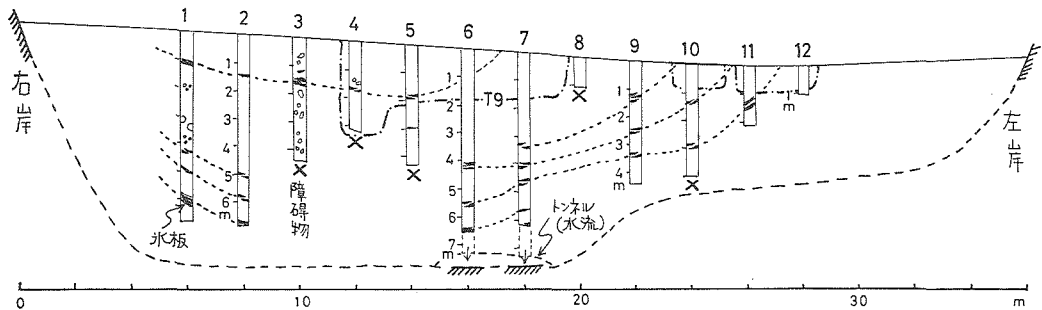
5月下旬の調査時、デブリ内部に少なからぬ氷板が観察された。氷板の厚さは数 mm から 10 cm 以上に及ぶものがあり、厚い部分は屢々眼球構造状の小雪塊を含んでいた(第13, 第14図)。追跡によると、この氷板は局部的に存在するものではなく、デブリ内に大きな槌状の氷殻を形成していることがわかった(第15, 第16図)。この氷板は、3月の捜索時には観察されず、眼球構造を含む部分の雪



第13図 デブリ内部の氷板 (T9にて)



第14図 デブリ表面での氷板の追跡
(白線) (デブリ末端附近の左岸)



第15図 ボーリングによる氷殻の観察 (第11図、第16図のボーリング線に沿う)

質は極めて堅く、微粒な帯状構造を示していた。

この氷板形成の機構は実験室での追試が必要であるが、第III節、第2項に述べたなだれの流動様式から、ある程度の想像ができそうである。つまり、なだれの前・中・後期の各主流、又はその中の幾つかのピーク相互間に大きな差動運動があったとすれば、その界面に強い剪断力が生じ、界面附近の雪を臼でひくように微細に砕くことは可能であろう。

融雪期に入って、デブリ内に浸透して来た融雪水は、毛管現象によってこの界面微粒層に吸収・保持され、デブリ上部の荷重によってこの微粒層の結晶成長が促進され氷板化したことが考えられる⁸⁾。

尚、眼球構造は地質学に於いて、例えば片麻岩中でカリ長石が結晶成長をする場合、あるいは既に結晶が含まれている場合、母体の片麻岩内に大きな剪断歪が生じたときなどに見られる構造で、かつて剪断歪を起したことの証拠として取扱われる。このデブリ内に見られた眼球構造も、その成因は地質学に於けるものと類似に考えられよう。従って、この氷板を挟んで隣合った部分は夫々異なった運動単位として大きな差動運動をなしたと考えられる。

IV. デブリの消耗過程

デブリの消耗は、次のような機構によって進行すると考えられる。

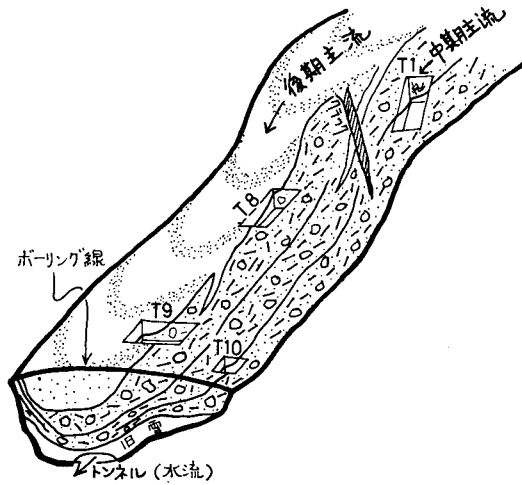
- (1) 表面からの融雪 (輻射, 気温, 風, 降雨などによる)
- (2) 底面からの融雪 (水流, 風による水蒸気凝結の潜熱による)
- (3) 崩落 (デブリの底面融雪によるトンネル成長の結果)

1. 表面からの融雪

表面からの融雪は、3月末～5月下旬期間で、デブリ末端附近では約2m (4cm/日)、分岐点沢出合附近では約3.7m (7cm/日)であった。

5月初め、偵察隊入山の時期には、デブリの上・中・下流部に3本の雪尺が設置され、約10cm/日の表面消雪が観測された。

5月下旬、9本の雪尺がデブリ表面に設置され (第11図)、調査隊又はパトロール隊による観測が行なわれた。しかし、各隊の交替期間 (3～10日間の不在) 中に倒れる雪尺が多く、連続観測はできなかった。9本の雪尺の中、S1～S8はデブリの末端附近から上流に向かって、中心線に沿って約100m間隔で設置された。雪尺の根の深さは50～100cm位とし、デブリ内部では融解は進行せず、従って雪尺自身がデブリ内に沈降することはないものとして、デブリの表



第16図 デブリの構造模型 (屈曲点の下流部)

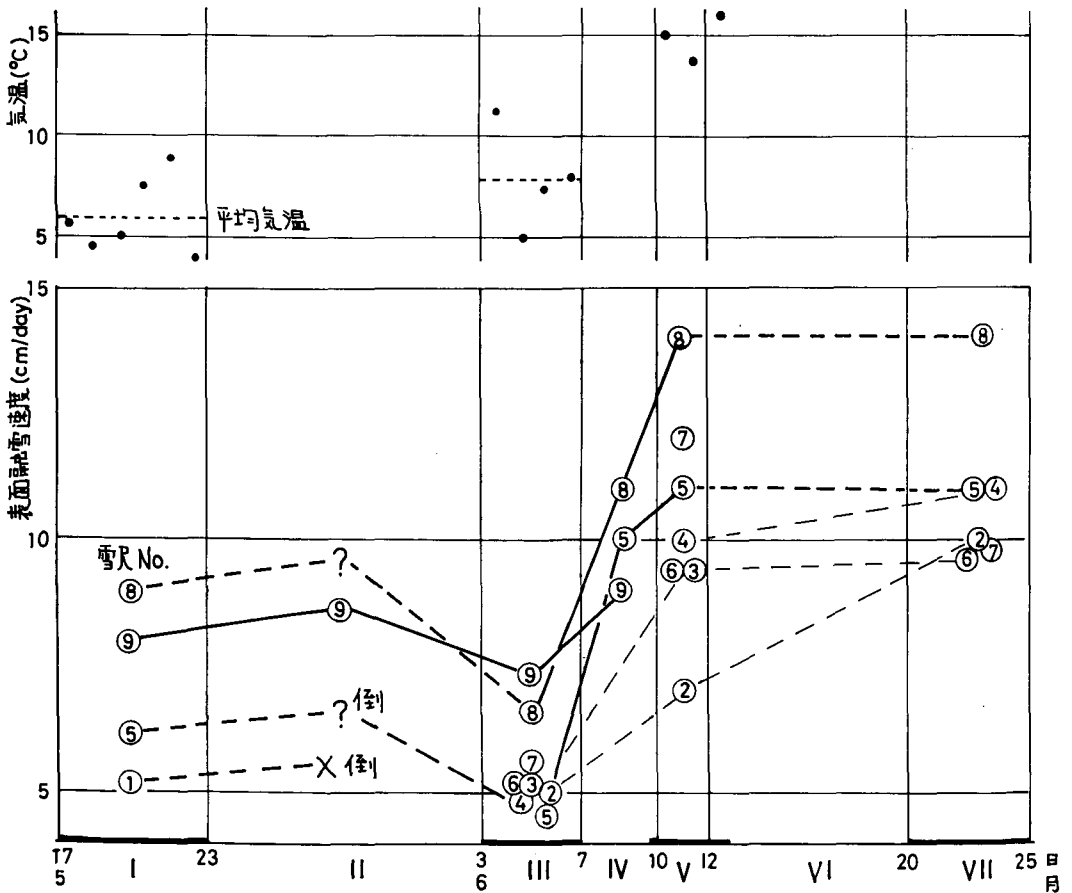
面沈下量を測った(今後は、雪尺の根をもっと深くする工夫が必要である)。S9は分岐点沢出合の少し上流の、デブリをかぶらなかつた自然積雪部で、地面までボーリングして雪尺を立てた。観測期間を次のように分けて、期間平均の表面融雪量、気象条件を第17図に示した。

- 期間 I 5月17日~23日: 第1次調査隊
- III 6月3日~7日: 第1次パトロール隊
- V 6月10日~12日: 第2次パトロール隊
- VII 6月20日~25日: 第2次調査隊

期間 II, IV, VI は上記各隊の交替による観測休止期間である。

各期間毎の表面融雪の傾向をしらべると、期間 III の平均日中気温が I よりも少し高いにも拘らず、表面融雪量は III の方が少ない。平均風速は I, III 共余り変らないが、III は曇天又は雨天に終始したことから考えて、輻射による融雪効果が大きく影響していると思われる。

期間 V, VII は日中平均気温も約 10°C 上昇し、好天に恵まれたため、表面融雪量は I, III にくらべて大幅に増加している。



第17図 デブリの表面融雪速度

次に、場所的な融雪状況をしらべてみよう。S8は分岐点沢出合にあり、札内川本谷のデブリの最高点である。この付近では谷幅も広く、南向きの緩斜面であり輻射を強く受ける場所である。又、この出合に於いてデブリは鞍状の地形をなし、風が収斂して通過するため、蒸発あるいは水蒸気凝結潜熱による融解が最も活潑に行なわれるであろう。S8での表面融雪が全期間に亘って、殆んど最高値を示しているのは以上のような地形的条件によるものと思われる。又、S7以下の上・中流部では輻射条件はS8と余り変らないにも拘らず、表面融雪量がS8よりもかなり小さい値を示している。これはS8が鞍部地形によって、風の融雪効果を強く受けているためと思われる。

第4表 デブリの表面土砂

| 位 置 | 表面土砂密度 |
|---------------|----------------------|
| S 8 (分岐点沢出合) | 700 g/m ² |
| S 5 (中流部) | 900 |
| S 2 (デブリ末端附近) | 1200 |

更にデブリの表面条件と融雪量の関係を注目しよう。期間I, III, Vに於いては、一般に上流の方が下流よりも大きな融雪量を示した(但し、S9を除く)。一方、デブリ表面をおおっている土砂の量は、下流に厚く上流に薄いことが目視観察によっても明瞭に認められた。6

月11日に於ける表面土砂密度を第4表に示す。表面が薄い土砂に覆われた雪は、土砂の薄層による輻射吸収で表面融雪が促進されるが、厚い土砂層はむしろ断熱的に作用して融雪が抑制されることは既によく知られている。この機構が札内川なだれのデブリの表面融雪にもかなり作用していると思われる。

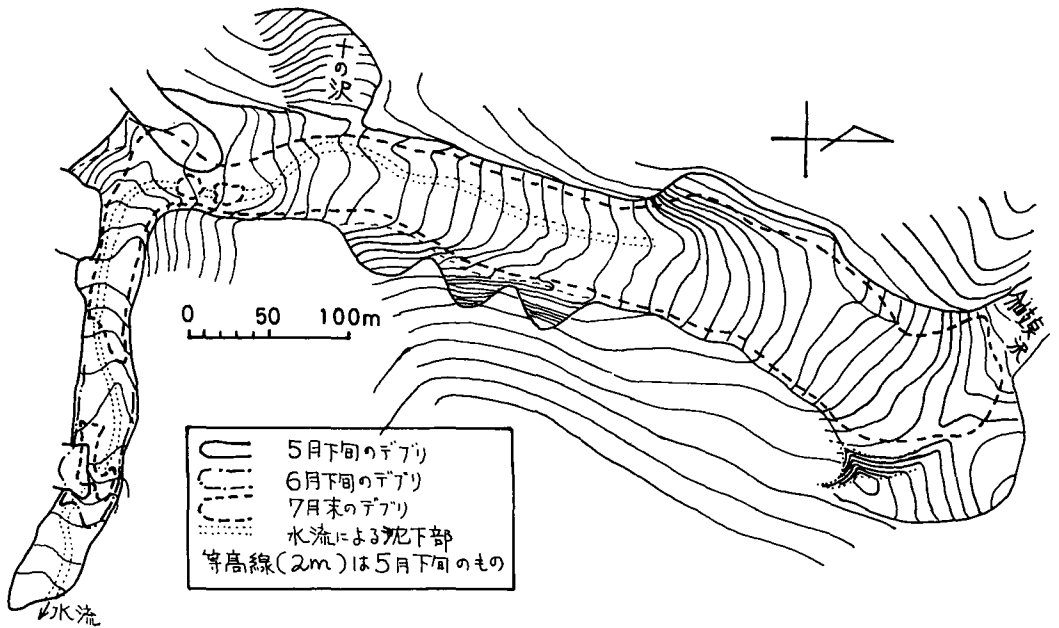
表面融雪はこのような気象条件、地形条件、表面条件などの組合せによって進行するが、観測された融雪速度は、最大15 cm/日、最小4.6 cm/日、平均約10 cm/日であった。

2. デブリ底面からの融雪および崩落

デブリ底面からの融雪および崩落による消耗過程の観測は技術的に困難であった。しかし6月、7月の調査によれば、札内川本谷のデブリは川筋部分が河原部分にくらべて沈下が著しく、最高7mに達する落ちこみがあり、川筋が明瞭に追跡できた。これは前記の機構(2)による底面からの融雪のため、水流に沿ってデブリ内にトンネルが成長し、薄くなった天井部分が沈降したためと考えられる。尚、トンネル成長の著しい部分の崩落による孔が7月にはいくつか見られたが、いずれも水流の真上であった。

7月末、デブリ表面は既に厚い土砂(1~3 cm)および倒木類で密に覆われて居り、表面融雪も短期間には余り顕著に認められない程度であった。10月1日に現場附近を通過した登山者の報告によれば、当時デブリ本体は殆んど消滅し、雪堤附近に残雪を少し認める程度であった由である。従って7月以降のデブリの消耗は、主として機構(2)、(3)の底面からの融雪および崩落によって、活潑に行なわれたことが窺われる。

5月、6月および7月のデブリの輪廓と表面状況を第18図および図版I, II, IIIに示した。



第18図 デブリの消耗過程(輪廓)

V. む す び

1965年札内川なだれの調査は、なだれ発生後かなりの時日を経てから行なわれたため、その発生、流動に関して推定困難な問題が多かったが、他方、興味ある情報も尠からず得られた。

このなだれは、発生的には面発生乾雪表層なだれと推定され、そのきっかけは雪庇の崩落と推定された。運動形態としては、クラストの上に多量につもった不安定な新雪を主体とする高速度のけむり型新雪表層なだれと、クラスト以下の固いしまり雪を主体としたながれ型の旧雪表層なだれから成っていたと考えられる。なだれの走行は、全長約3 km、全落差800 m、札内川本谷に堆積したデブリの量は約 4×10^5 トンであった。なだれの階級¹⁾分類によれば、質量階級はM.M.=5.6、ポテンシャル階級はP.M.=8.4であった。

デブリの構造観察から、前期・中期・後期の各主流から成る流動様式が推定された。又、デブリ内に見られた巨大な氷殻群は、実験室での追試を必要とするが、差動運動に基づく剪断破壊面と解釈された。デブリの消耗過程は技術的な困難さのため、十分な結果は得られなかったが、デブリ消耗に寄与する幾つかの量について定性的な傾向が得られた。融雪の機構については、今後実験の方法も加えて検討すべき問題が見られた。

今回のなだれ調査にあたって今面的協力を惜しまれなかった北大山岳部諸兄に厚く感謝の意を表し、今後のなだれ調査にも積極的に協力されることをお願いしたい。

最後に、このなだれのため札内川に逝かれた沢田義一君ほか5名の方々の御冥福を祈って止まない。

文 献

- 1) 清水 弘 1966 なだれの階級. 低温科学, 物理篇, **24**, 211-220.
- 2) 吉田順五 1960 日射による積雪の内部融解. 低温科学, 物理篇, **19**, 97-110.
- 3) 吉田順五・黒岩大助 1950 積雪内部の昇華. 低温科学, **3**, 89-100.
- 4) 久米庸孝 1960 雪崩と遭難. 雪氷, **22**, 2-7.
- 5) なだれ分類委員会 1964 なだれの分類名称. 雪氷, **26**, 195-198.
- 6) 吉田順五・他 1963 北海道日高の雪崩調査報告. 低温科学, 物理篇, **21**, 75-94.
- 7) 小笠原和夫 未出版
- 8) 若浜五郎 1965 水を含んだ積雪の変態. 低温科学, 物理篇, **23**, 51-66.

Summary

In the very early morning of March 14, 1965, a huge snow avalanche broke out at the south-east slope of Satsunai-dake Junction Peak, Mnts. Hidaka, Hokkaido, and six climbers of the Academic Alpine Club of Hokkaido University were all buried and killed in a snow hole where they were spending night.

This avalanche was classified as a "surface avalanche of dry snow with line source" in its outbreaking, and as the combination of "airborne type of surface avalanche of new snow" and "sliding type of surface avalanche of old snow" in its movement. The avalanche run about 3 km with 800 m of head, vertical distance of falling, and deposited roughly 4×10^5 tons of snow debris in the Satsunai-Gawa valley (Fig. 1, 2 and 3). Mass Magnitude (M.M.) and Potential Magnitude (P.M.)¹⁾ of the avalanche were 5.6 and 8.4 respectively, and was supposed to be one of the biggest avalanches in Japan.

It was presumed that the avalanche had been composed from three principal movement groups as followings;

1st group: airborne type of surface avalanche of new snow, making damages on the surroundings of the avalanche course by extremely strong avalanche wind. Tree trunks were sharply cut off at the snow surface level by the avalanche wind.

2nd group: sliding type of surface avalanche of old snow, extracting huge trees by the roots (Fig. 9), and destroying minor ridges along the course.

3rd group: sliding type of surface avalanche of old snow, without remarkable destruction any more.

Noteworthy features generated by the avalanche were:

1. Trace of avalanche wind.

Terrifically wide areas along the avalanche course were swept by extremely strong avalanche wind (Fig. 1, 2, 5, 6 and 11).

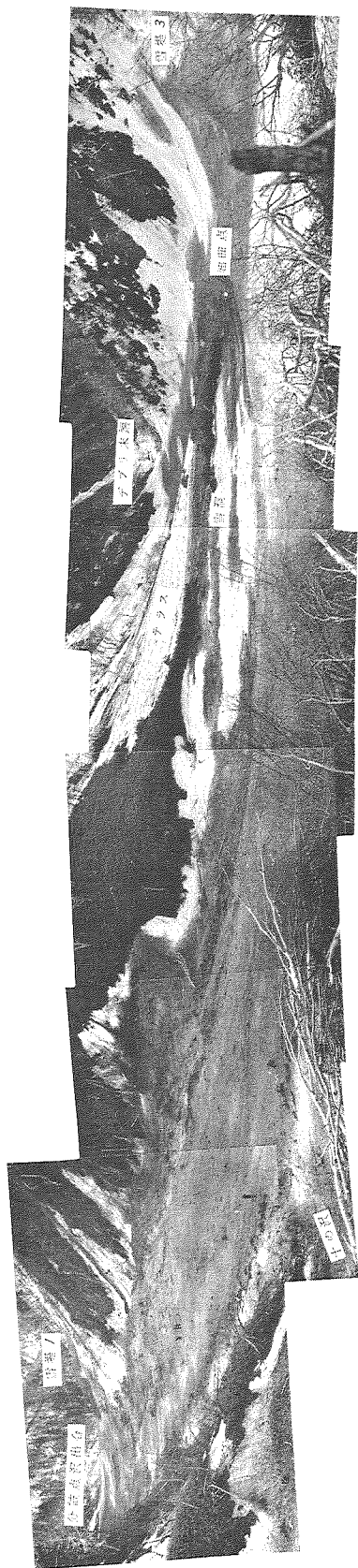
2. Ice-shells in the debris.

A number of ice sheets making sets of shells were found in the debris (Fig. 12, 13, 14, 15 and 16). It was tentatively interpreted as following: By the differential movement of adjacent movement units of avalanche snow, i.e. between three principal movement groups or between adjacent peaks of movement in each group, snow was finely milled by shearing force at the boundary of units. In snow melt season, melt water from the sur-

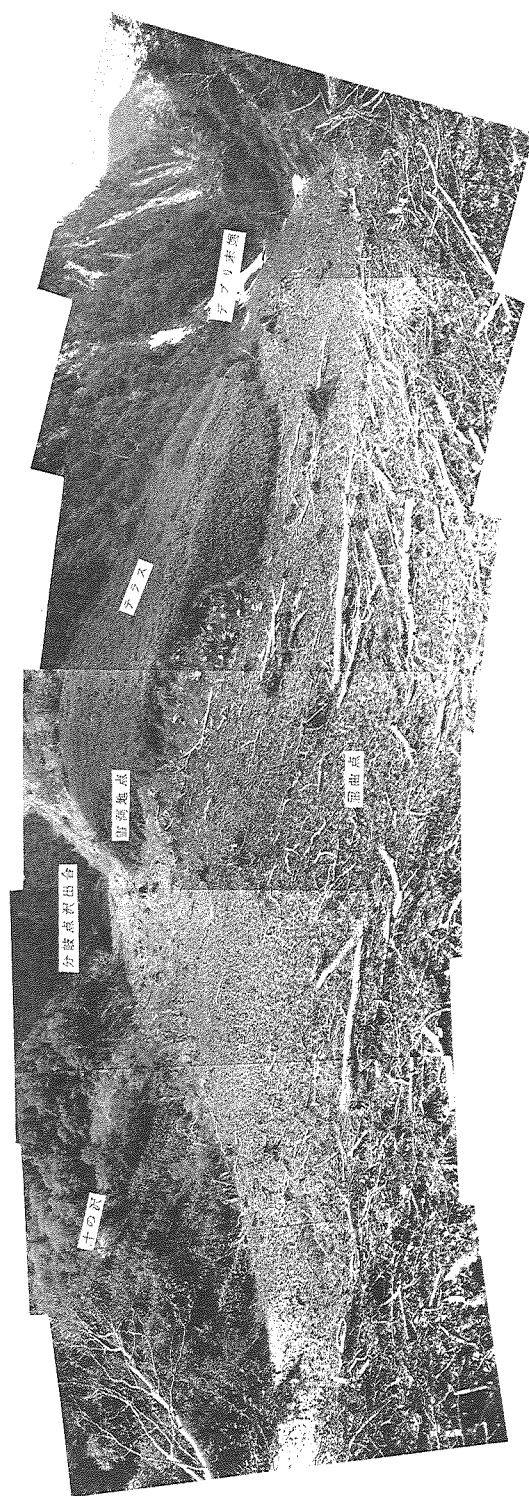
face of debris was absorbed and preserved in this boundary layer by capillary attraction due to its fine structure. Then, under the load of upper part of debris, this soaked layer turned into ice sheets⁸⁾ composing shells in the debris. Frequently, small snow blocks were found along the ice sheet (Fig. 12 and 13), and it seemed to correspond to eyeball-structure in geology which was treated as the sign of remarkable shear strain occurred in rock.

Although observation of diminution of the debris had many technical difficulties, following informations were obtained :

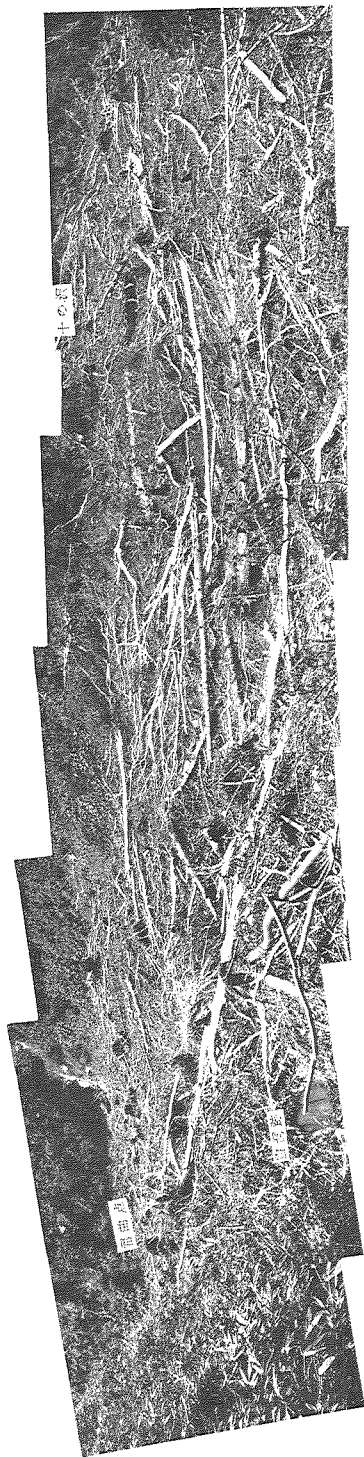
1. Solar radiation and wind had dominate contribution to the diminution of the debris.
2. Thin layer of soil on the debris accelerated the surface melting of the debris due to the absorption of radiation by the soil layer. But thick layer of soil acted as thermal insulator to the debris.
3. Melting debris from the bottom along the water stream was very active in summer, and it resulted in active collapsing and diminution of debris.



札内川本谷に堆積したアブブリ (5月17日、十の沢出口の右岸から撮影)



表面融雪のため、倒木が露出してきたテマリ (6月25日、屈曲点の第3雪塊から撮影)



表面融雪のため、倒木が露出してきたデブリ（7月30日、雪洞地点附近から）