



Title	大雪山雪渓調査報告（第3年度）
Author(s)	若浜, 五郎; WAKAHAMA, Gorow; 遠藤, 八十一 他
Citation	低温科学. 物理篇, 26, 215-229
Issue Date	1969-03-25
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/18087">https://hdl.handle.net/2115/18087</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	26_p215-229.pdf



## 大雪山の雪溪調査\* (第3年度)

若浜五郎・遠藤八十一

(低温科学研究所 応用物理学部門)

山田知充・牛木久雄・成瀬廉二\*\*

(北海道大学大学院 理学研究科学生)

(昭和43年10月受理)

### I. ま え が き

北海道中央部,大雪山系の高根ヶ原東斜面には,毎夏いくつかの雪溪がみられる(図版 I-1)。これは冬期間,平坦な高根ヶ原を吹送られてきた大量の雪が風下の東斜面に吹き溜り,夏になってもとけきらず雪溪として残ったのである。これら雪溪は最大径が100~200 mの小さいものではあるが,雪氷学的あるいは気候学的に興味ある問題を含んでいる。雪溪調査の意義については,すでに前年度の報告<sup>1),2)</sup>でのべたが,ここでもう一度ふり返ってその概略をのべてみよう。

この種の雪溪は万年雪ともよばれ,少なくとも数年前からの雪でできている。雪質は,アルプス,アラスカなどの氷河源流部のファイルンと,本質的には同じものである。雪の密度は $0.5\sim 0.8\text{ g/cm}^3$ で,ふつうの積雪と氷河水のちょうど中間の領域を占めている。わが国でこんなに密度の大きい雪が自然状態でみられるのは雪溪以外にはない。また,雪溪は夏の約半年間,全層が水を含んでぬれている。水を含み, $0^{\circ}\text{C}$ に保たれていると,雪は特異な変態をおこし<sup>3)</sup>,力学的な性質も急速に変化する<sup>4)</sup>。ある特定の雪溪を調査すれば,これらの変化が,年代のわかった雪について追跡できる。

一方,気候学的な立場からいえば,雪溪の規模が気候変動のよい目印になるということで雪溪の調査が重要である。最近,国際連合のユネスコや,国際地球物理連合で氷河や雪溪の消長を気候変動と結びつけて,この問題をとり上げている<sup>5)</sup>。数多くの氷河の消長が古くから調べられ,気候変動と関係づけられているが,雪溪の消長は氷河よりももっと敏感に,短期間のうちに気候の変化に反応する。この意味で,雪溪の気候学的な調査の意義は,氷河消長の研究の意義に劣らない。

このほか,雪溪には,ふつうの積雪には見られない現象がみられる。表面に亀甲状の模様ができることや,この亀甲の周縁がもり上がったところだけに土砂が集まる現象などがその例で

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第946号

\*\* 現在 低温科学研究所海洋学部門

ある。さらに、この土砂がどこから雪渓表面に運ばれてきたかということも興味深い問題である。これらのことは昔からよく知られてはいるが、その形成機構は未だよくわかっていない。

それで、低温科学研究所大雪山雪渓研究グループは、昭和38年の夏以来、毎夏数回ずつ、大雪山の雪壁雪渓の調査を行なってきた。第1年度、第2年度に得られた結果は、すでに報告した通りである<sup>1),2)</sup>。本報告は第3年度(昭和41年)に行なった調査の結果をまとめたものである。

なお、今年度、雪渓の観測に参加した者は次の通りである。

第1回(5月22~28日) 遠藤八十一, 山田知充, 牛木久雄, 成瀬廉二

第2回(7月1~6日) 遠藤八十一, 前野紀一, 山田知充, 牛木久雄, 成瀬廉二

第3回(8月4~8日) 遠藤八十一, 松川康夫, 山田知充, 牛木久雄

第4回(9月12~15日) 吉田順五, 木下誠一, 鈴木義男, 若浜五郎, 遠藤八十一, 成田英器, 田沼邦雄, 堀口 薫, 前野紀一, 青田昌秋, 松川康次, 小林俊一, 山田知充, 牛木久雄, 成瀬廉二

第5回(10月9~11日) 山田知充, 渡辺興亜

## II. 観測の方法と結果

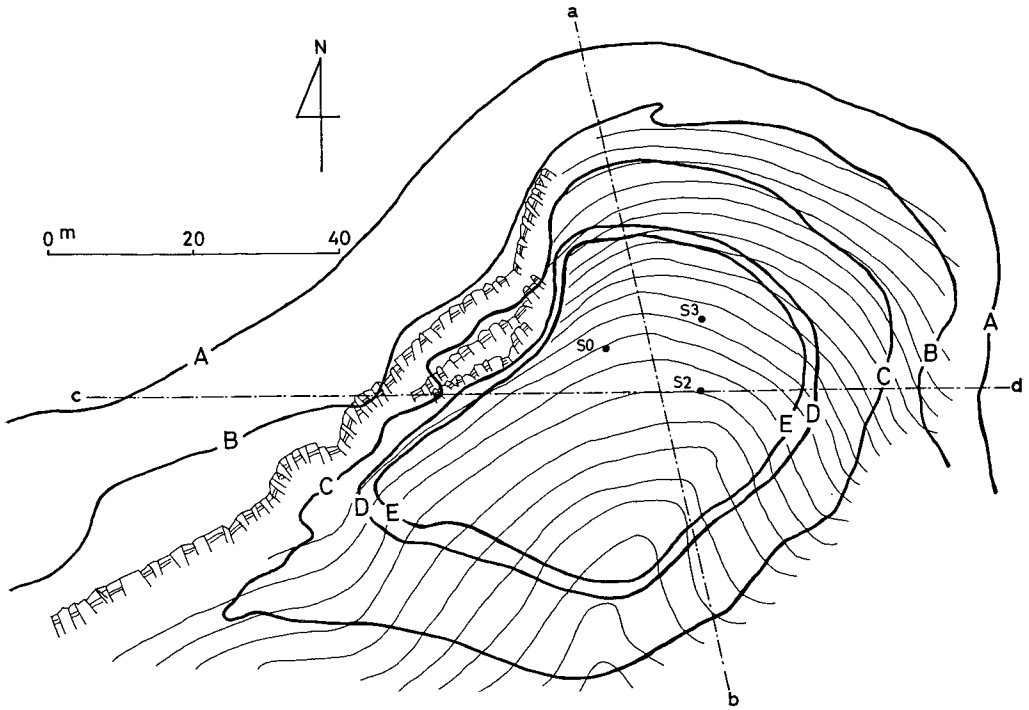
われわれが調査した雪壁雪渓の位置や概略については、すでに前の報告<sup>1),2)</sup>で詳しくのべたので、ここではふれない。今年(昭和41年)は、雪渓の消長を詳しく知るために、融雪がはじまって間もない5月から秋の終りの10月までの間、約1カ月に1回、合計5回に亘って調査を行なった。以下に観測の方法と結果をのべる。

### (1) 雪渓の規模

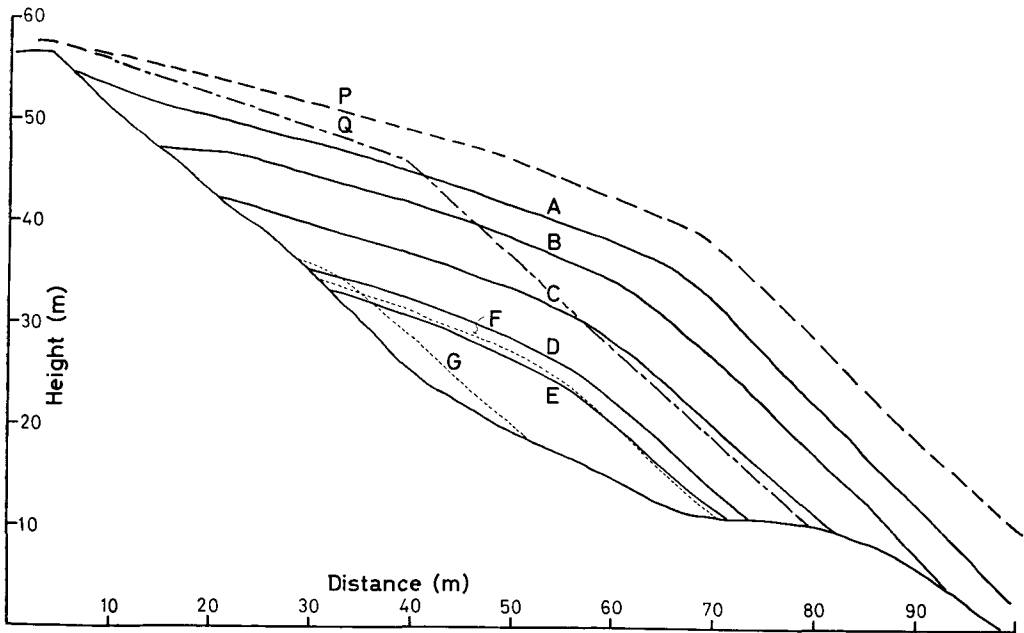
雪渓の規模や消耗過程を知るにはいくつかの方法があるが、本年度も従来の測地学的方法をそのまま踏襲した。昭和41年5月から10月までの計5回に亘り、雪壁雪渓付近の岩盤に設定した定点を基準にして、毎回雪渓の大きさを測量で求めた。第1図が得られた平面図である。図で太い実線A, B, ……Eはそれぞれ5月23日, 7月3日, 8月6日, 9月13日および10月10日の雪渓の輪廓である。7月半ばころまで雪渓斜面は下方の積雪とつながっていて、独立した雪渓の輪廓はまだできあがっていなかった。このため、5月23日, 7月3日の輪廓A, Bはまだ閉じていない。多数の細い実線は、雪渓周辺および雪渓下岩盤の2mおきの等高線である。

雪渓の最大傾斜線(第1図の鎖線a-b)にそって雪渓の縦断面図を第2図に示した。太い実線A, B, C, ……は第1図のA, B, C, ……にそれぞれ対応する。また、参考のために、2年前の昭和39年8月27日および約1年前の昭和40年9月23日の表面を、それぞれ破線G, Fで示した。

これらの測量結果を用いて雪渓の表面積, 体積および重量を求め、従来得られた値と比較して第1表にまとめた。重量の算出にあたっては、後にのべる雪渓の垂直密度分布を用いた。第1表によると、本年度は昨年度よりも雪渓の規模が5割ほど大きいことがわかる。



第1図 昭和41年5~10月の雪壁雪渓の平面図。A; 5月23日, B; 7月3日, C; 8月6日, D; 9月13日, E; 10月10日における雪渓の輪廓



第2図 雪渓の最大傾斜線(第1図の鎖線 a-b)にそう雪渓の縦断面図。A, B, …… Eは第1図の A, B, …… Eにそれぞれ対応する

## (2) 雪溪の形

雪壁雪溪は毎夏、第2図に見られるように、傾斜が緩い(17~18°)上半部と、傾斜が急な(40~45°)下半部とからなっている。この形状は、5月から10月にかけて、ずっと保たれていた。このことから、雪壁雪溪は、冬期間に堆積したときの形状が、消耗期になっても保存されたと考えられる。冬期この斜面上における吹きだまりの堆積量が最大に達したときでも、その表面が高根ヶ原の高さより高くなることはない。

吹き溜った雪は風下側にほぼ水平に張り出し、雪庇を形成する。事実このことは、筆者の一人が昭和40年2月中旬に実際に観察してたしかめた。当時この雪溪附近には、斜面の上縁にそって長大な雪庇が形成されているのが見られた(図版1-2)。雪庇の下方の急峻な斜面上につもる雪の表面の傾斜は、雪の安息角にひとしくなるであろう。実際にも、毎年、雪溪下半部の最大傾斜角は、黒岩<sup>6)</sup>が実験で得た新雪の安息角の45°にほぼひとしい。以上のことを考慮して、雪溪の最大堆積時の表面の形を推定で求めてみた。第2図の破線P(昭和41年)と、鎖線Q(昭和39年)がこれである。昭和40年は、41年とほぼ同じ形と考えられる。

## (3) 雪溪の消耗速度

第2図の測量結果から、5月23日から10月10日までの137日間に、約15mの雪がとけたことがわかる。1日平均11cm、水量にして約5~6cmの融雪速度である。雪溪の最大堆積時(第2図のP)から、最も消耗した10月10日ころまでに融けた雪は、深さにして約20mである。毎年この付近(海拔1,700m)で約20mの雪がとけるとすると、雪溪がとけ切らないで年を越すためには、20m以上の厚さに雪が吹き溜ることが必要である。昭和39年には、最大堆積時の積雪深が20mに満たなかった(第2図の鎖線Q)ので、雪溪が全部とけてしまったと考えられる。事実、昭和40年と41年に、雪溪の底までボーリングしても、昭和39年度の雪が見つからなかった。

## (4) 融雪の観測

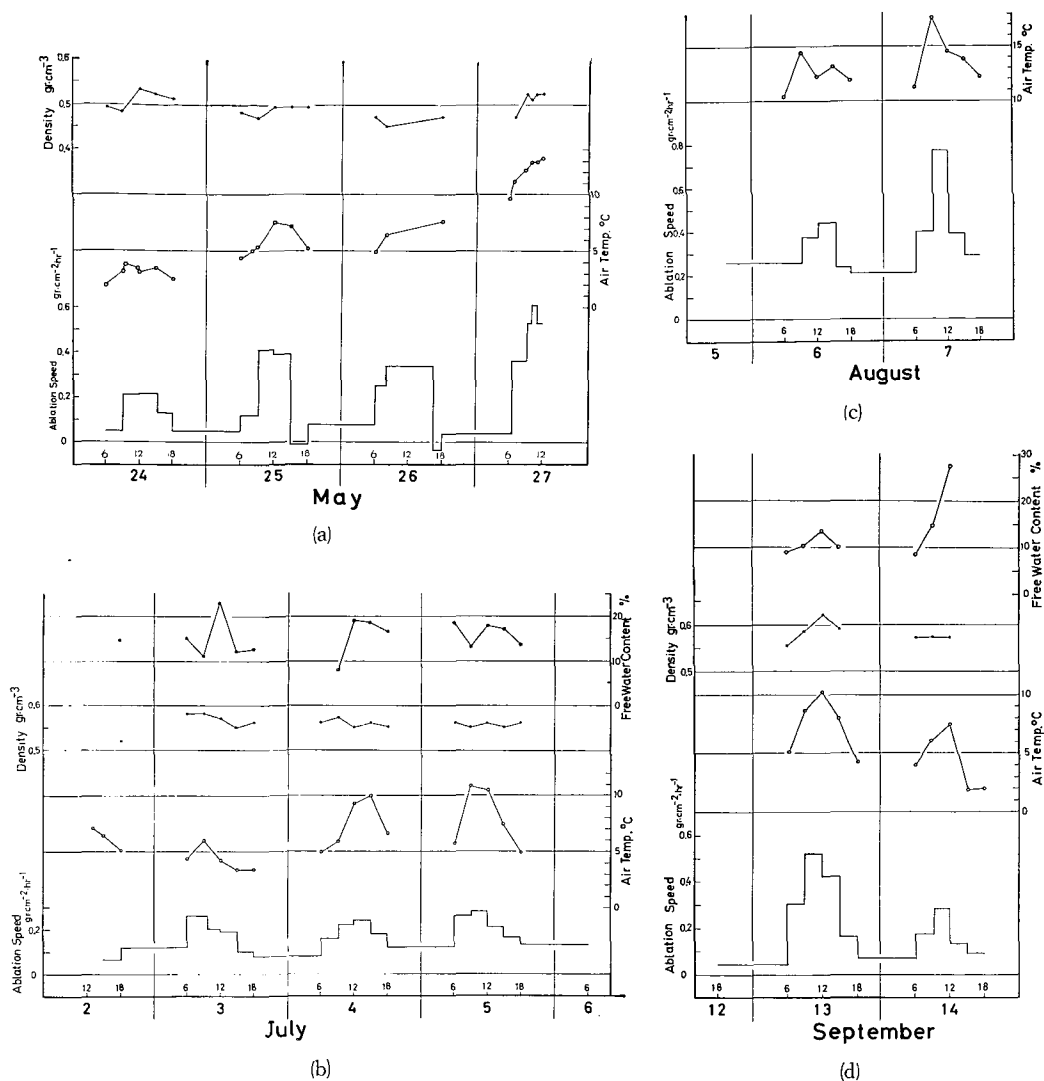
前項(3)でのべた測地学的な方法によっても、雪溪の平均の消耗速度が求められるが、消耗速度の日変化などの詳しいことは得られない。そこで、5月から9月に至る4回の調査時に、雪溪の融雪速度を実測した。

雪溪に約2mの穴をほって塩化ビニールの棒を6本立て、棒の雪面からの露出部分の長さを測って、表面の沈下速度を求めた。同時に、表面の雪の密度と含水率を測定し、融雪速度を算出した。測定は3時間間隔でおこなった。

得られた各調査時における融雪速度および雪の密度、気温をまとめて第3図の(a)から(d)までの図に示した。融雪速度は、その日の気温、天候状態などによって大きく変化するが、5月、7月、8月と増加し、9月には減少している。各調査時における1日当りの融雪速度を求

第1表 雪壁雪溪の規模の比較

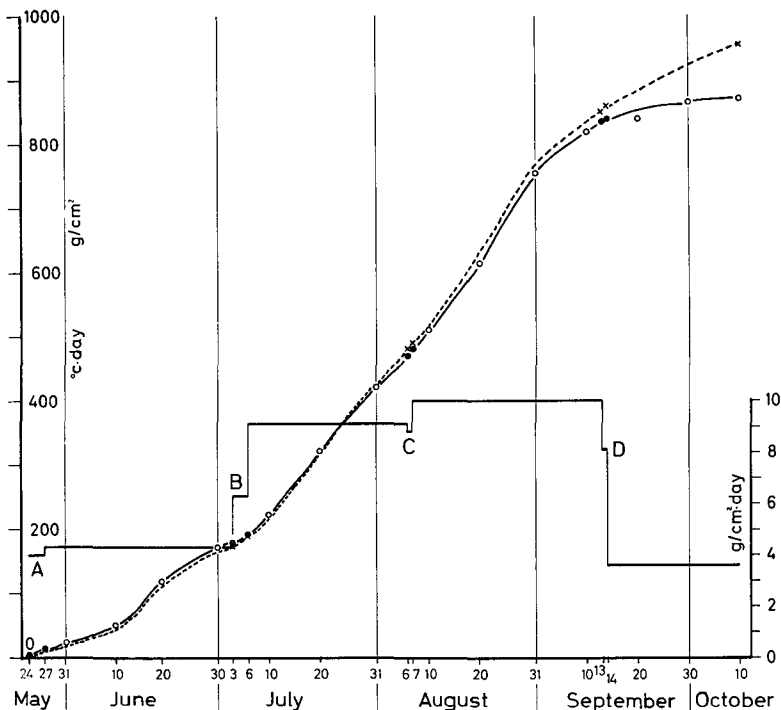
年月日	表面積 (m <sup>2</sup> )	体積 (m <sup>3</sup> )	重量 (トン)
39. 8. 27	688	805	560
40. 8. 27	2,060	10,500	7,000
9. 3	1,890	8,570	6,000
9. 23	1,530	5,730	4,000
41. 8. 6	3,910	29,400	17,600
9. 13	1,980	10,100	7,600
10. 10	1,670	7,360	5,500



第3図 各調査時における融雪速度, 雪の密度, 気温などの測定結果をまとめた図。(a); 5月, (b); 7月, (c); 8月, (d); 9月

め, 第4図に折線グラフで示した。尺度は右の縦軸に示してある。勿論, この期間に亘って毎日測定したわけではないので, 測定で得た値をその時期における代表値とみなした。それによると, 日平均融雪速度は, 6月で  $4 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{day}$ , 7月で  $8 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{day}$ , 8月で  $9 \sim 10 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{day}$ , 9月で  $6 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{day}$  のていどである。5月から10月迄の消耗期間の平均は  $6 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{day}$  となるが, これは前述の測量から求めた消耗速度  $6 \text{ cm} \cdot \text{water/day}$  とよく一致している。

つぎに, この期間中における融雪量を積算したものを第4図に点線で示した。左側の縦軸にその尺度を示す。点線上の×印は, 実際に融雪速度を測定した日を示す。消耗期の終りの10月10日には, 融雪量の積算値が約  $960 \text{ g/cm}^2$  となっている。つぎに融雪量と気温との関係



第4図 5～10月に至る間の1日当りの融雪速度(下の折れ線グラフ)と、積算融雪量(点線)及び積算日平均気温(実線)

を調べてみた。5回にわたる調査時には雪溪の現場で気温を測定したが、その他の時期には気温の実測値がない。そこで、大雪山に近い旭川地方気象台の日平均気温を用い、気温の減率が $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ と仮定して雪溪の高度に換算した日平均気温の $0^{\circ}\text{C}$ 以上の積算値を求めた。第4図の実線がそれで、尺度は左の縦軸に示した。5月23日から10月10日まで、大よそ $870^{\circ}\text{C}\cdot\text{day}$ である。融雪量の積算値および、この積算温度の値から、雪溪表面での熱伝達係数 $K$ を求めると、

$$K \approx 88 \text{ cal/cm}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{day} \approx 0.07 \text{ cal/cm}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}$$

がえられる。この値は吉田・内海<sup>7)</sup>が実験で得た値とほぼ一致している。

#### (5) 蒸発量の観測

5月と9月の調査時に、雪溪表面で雪の蒸発速度を重量法によって測定した。得られた蒸発速度は、日中で最大 $0.02 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{hr}$ 、平均 $0.01 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{hr}$ のていどであった。夜間は蒸発量が事実上0だったので、1日の蒸発量は約 $0.1 \text{ g/cm}^2$ となる。蒸発の潜熱は約 $600 \text{ cal/g}$ だから、この蒸発量を熱に換算すると約 $60 \text{ cal/cm}^2$ となる。すなわち、 $60 \text{ cal/cm}^2$ の熱が蒸発によって雪面から奪われることになる。一方、1日の平均融雪速度は $6 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{day}$ であった。これを熱量になおすと $480 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{day}$ となる。以上のことから、蒸発が雪溪の消耗速度に及ぼす影響は、消耗量としては約 $1/60$ であるが、熱量にすると約 $1/8$ のていどとなる。

### III. 雪壁雪渓の断面観測およびボーリング で得たコア試料の解析結果

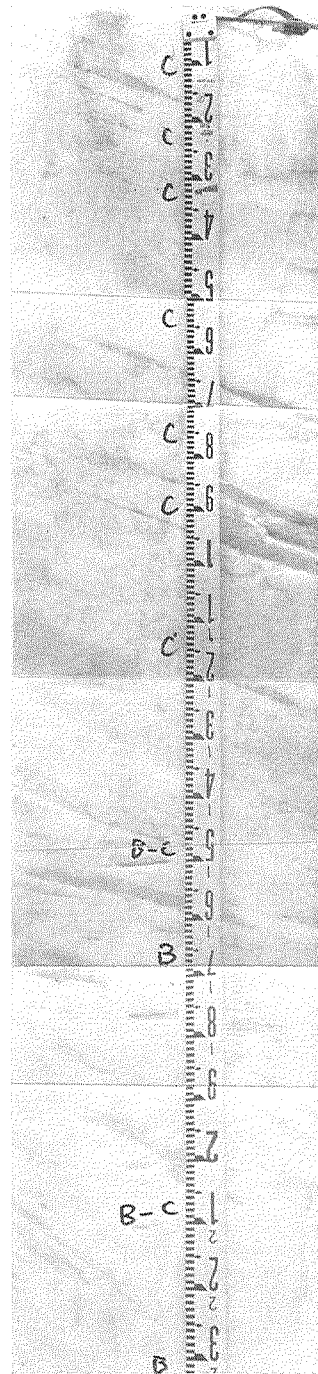
#### (1) 層構造, 年層境界, 2年雪

5月と7月の調査時には, 雪壁雪渓の上半部の緩斜面上に深い溝を掘り, その壁を利用して断面観測を行なった。第5図に, 7月3日における表面から深さ2m 30cmまでの断面を示す。表面にほぼ平行な多数の層と氷板がみられる。しかし, 層の傾斜は下層ほど急となり, 深さ2m 30cmでは45°に達している。また, 融雪水が滲透してできた水みちが成層を乱して, 不規則で複雑な模様をつくりだしているところもみられる。なお, この写真に印したA, B, Cなどの記号は, その部分の平均粒径を国際記号に従って示したものである(Aは粒径が0.5mm以下, Bは0.5~1.0mm, Cは1~2mmである)。後にのべるように, この時に調べた雪はすべて, 今冬すなわち昭和40年から41年(1965~1966)にかけての冬につもったもので, いわゆる1年雪である。

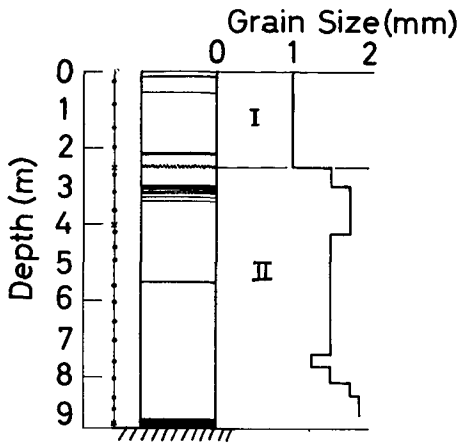
8月と9月には, 上記の緩斜面上で手動のくさく器を用いてボーリングを行ない, 9月には表面から底までの全層にわたって雪のコア試料を採取した。9月になると雪渓もずいぶんやせて, 厚さが9~10mになり, 全層をボーリング器械で貫くことができたのである。9月13~14日の両日, ボーリングを行なった場所は, 第1図にS<sub>0</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>と印した3点である。各ボーリング地点で採取したコア試料を用いて, 雪渓の層構造, 密度, 粒度などを現場で調べた。また, 試料の一部を札幌に持ち帰り, 低温科学研究所の低温室内で薄片を作って, その顕微鏡組織を調べた。

9月13日にボーリング地点S<sub>0</sub>で採取したコア試料について得られた測定結果の一部を第6図に示した。図の左側に雪質と層構造, 右側に粒度ゲージを用いて求めた平均粒径を示してある。S<sub>0</sub>点での雪渓の厚さは約9mで, これは, 雪渓の最も厚い場所にあたる。層構造を示す図で, 水平の実線または黒い帯の部分に, 氷板が見られた。

表面下2.5mふきんに波状の線を引いたところは, 今冬の雪(1年雪)と昨冬の雪(2年雪)との境界, つまり年層境界である。この部分には自然の土砂もみられたが, プラスチック



第5図 昭和41年7月3日, 雪壁雪渓にほった雪穴の壁。表面にほぼ平行な多数の層や氷板がみられる

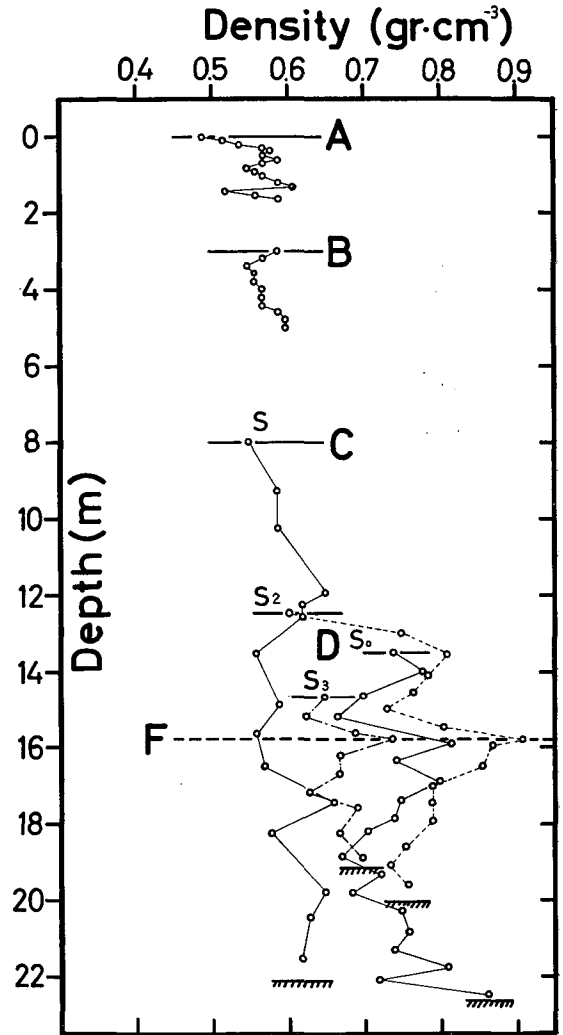


第6図 9月13日、ボーリング地点  $S_0$  でとりだした試料について得られた測定結果。図の左半分に雪質と層構造、右側に粒度を示す。表面下2.5 mの深さにある波状の線が、1年雪と2年雪とを分つ年層境界

の小片とオガクズが多量に発見された。プラスチックとオガクズは、昨年の秋の末、つまり前年の消耗末期に雪渓上に散布しておいたものである。それゆえ、この部分が1年雪と2年雪との年層境界であることに間違いはない。第6図の右側の粒径を示した図で、この年層境界を境にして、下側(2年雪)の粒径が不連続的に0.5mmも大きくなっている。この0.5mmは、1年雪が降り始める前の約1年間におこった2年雪粒子の成長分にあたる。

## (2) 密度分布

第7図に、5月、7月、8月および9月の各調査時におこなった密度測定の結果をまとめた。各回とも表面をのぞいては含水率を測定しなかったので、密度といっても、水を含んだ雪の密度、すなわち「ぬれ密度」である。横軸に、そのぬれ密度、縦軸には雪渓の深さをとってある。雪渓の下の岩盤の面は、傾斜が急で、また、凹凸もはげしいので、深さの基準にできない。それで、この図では便宜上、今年最初の調査を行なった5月24日の雪渓の表面を基準に選び、深さ0とした。これが、図の上部に示した実線Aである。融雪が進むにつれて、雪渓の表面は時間とともに下がり、7月3日には実線B、8月6日にはCの線にまで下がった。9月13~14日には、雪渓上の数カ所の点でボーリングを行ない、得られたコア試料について夫々、密



第7図 5月、7月、8月、9月の各調査時に行なった密度測定の結果をまとめた図。深さ16 mにある破線が年層境界を示す

度を測定した。この図には、便宜上、第1図に示したボーリング地点  $S_0$  での表面をもって、9月13日の雪渓表面の基準にえらんだ。他のボーリング地点  $S_2$ ,  $S_3$  の表面の高度は、 $S_0$  における表面の高度とかなりの差異があった。そこで、この図では、 $S_0$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  地点のそれぞれのボーリングコア試料について見出された年層境界を、同じ高度に合わせて記入した。深さ16mのところに入力した水平の破線Fが、その年層境界である。前項(1)でのべたように、この線から上の雪が1年雪(1965~66年の冬の雪)で、下が2年雪(1964~65年の冬の雪)である。

5月と7月の調査時には、密度等の測定は雪渓に掘った穴の壁を利用して行なった。このときの雪は、1年雪の上層部すなわち1年雪のなかでも比較的新しい雪である。ぬれ密度は  $0.55\sim 0.60\text{ g/cm}^3$  の間にちらばっているが、含水率を仮に15%とすると、水を含まない雪の実質部分だけの密度すなわち乾き密度は  $0.47\sim 0.51\text{ g/cm}^3$  となる。

8月と9月には、雪渓の底に達するまでボーリングを行ない、コア試料を採取して密度を測定した。実線、破線、鎖線などで示した密度曲線の最下端に、斜線を附した水平の実線を記してある。これらは、各ボーリング地点における雪渓の底面、つまり岩盤の深さを与えている。

8月6日に測定したぬれ密度の値は、 $0.55\sim 0.65\text{ g/cm}^3$  の範囲に分布しているが、1ヵ月あまりのちの9月13日には、同じ部分の雪の密度が  $0.65\sim 0.8\text{ g/cm}^3$  に増加している。その原因が、実際に密度が増したのか、あるいは、雪に含まれている水の量が9月において多かったのか不明である。9月の測定時における含水率が全層にわたって15%と仮定すると、乾き密度は  $0.55\sim 0.7\text{ g/cm}^3$  となる。こんなに密度の大きい雪は、ふつう我々が接する積雪では観測されない。氷河源流域にみられるフィルンの密度と同じていどの値である。

次に、年層境界(破線F)を境にした上下、1年雪と2年雪とで、密度の値を比較してみると、両者の間にとくに大きな差異はない。しいていえば、2年雪の方が、平均して多少密度が大きいだけである。しかし、年層境界の下1m位と、雪渓の底部には、氷あるいはほとんど氷化した雪がみられ、その付近で密度がとくに大きくなっていることが目につく。

消耗期の最末期の10月10日でも、雪渓の厚さが約6mもあったので、この2年雪が年をこして3年雪となることは確実である。来年度の3年雪の密度測定によって、密度増加あるいは氷化の過程が次第に明らかにされよう。

### (3) 雪渓の雪の組織

前の第(1)項でのべたように、9月13日に第1図の  $S_0$  点で採取した雪のコア試料に、1965~1966年の年層境界が発見された。また、この年層境界から下層の雪には、一昨年(1964年)の秋に散布したオガクズなどの目印しは見出されなかった。従って、本年オガクズなどがみつかった年層境界から下の雪は、全層が1964年から65年にかけての冬につもった雪と考えてよい。昨年(1965年)9月に行なったボーリング調査でも、一昨年(1964年)の秋の末に雪渓上に散布したオガクズなどの目印しが発見されなかったこと、および、第II節第(3)項でのべた測量結果からも上のことは確実である。かくて、昭和38年夏に、この雪壁雪渓の調査を開始して以来、

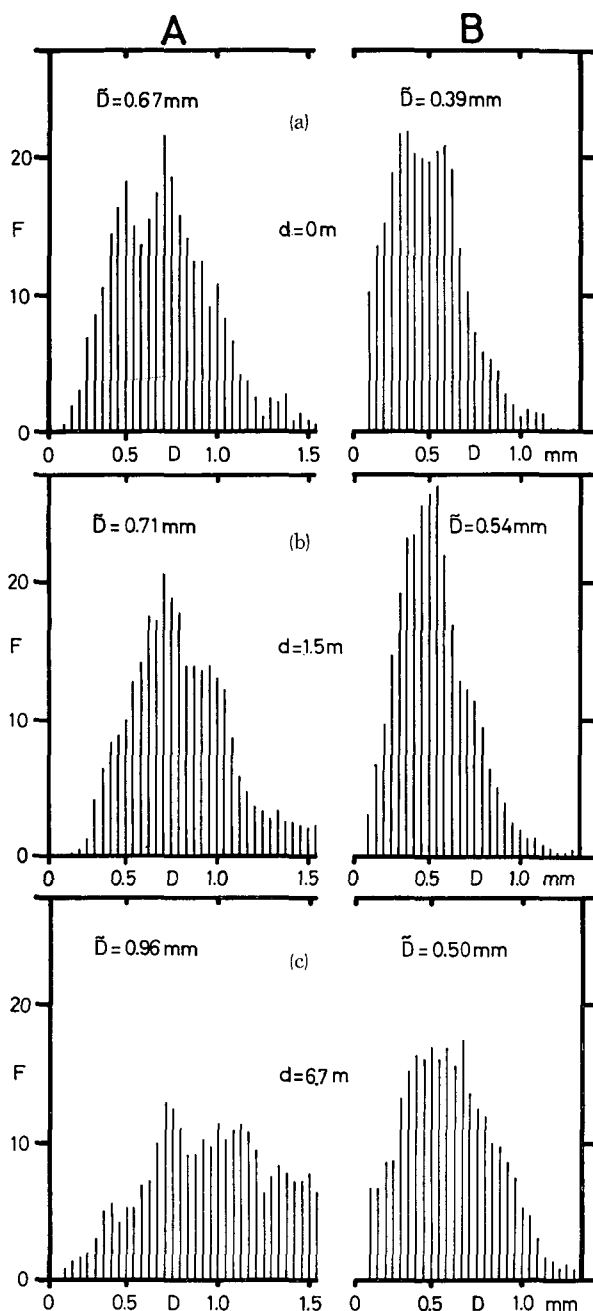
はじめて2年雪が確認されたのである。

そこで、ボーリング地点  $S_0$  でえられたコア試料の一部を本研究所にもち帰り、薄片にして雪の組織の観察および粒径の測定を行なった。図版 II から V にいたる一連の写真に、雪溪の上層から下層にかけての顕微鏡組織を示した。薄層はすべて鉛直面にそって切りだし、写真の上方が鉛直上方にあたる。また、倍率はすべての図版に共通で、図版 II の下につけた物指しの最小目盛が 1 mm である。

図版 II は、年層境界直上の1年雪、つまり、1年雪のなかでも最も古い組織を示す。雪が水を含んで粒子が丸みをおび、1個1個の粒が粗大化するとともに、上からの荷重で、数個の粒子が融合しているのがみられる。これは、水を含んだしまり雪に静荷重をかけて圧縮したときに得られた顕微鏡組織に酷似している(文献3の図版 II-8 参照)。

次の図版 III は、年層境界の下約 30 cm (深さ 280 cm) の雪の組織を示す。写真の右上から左下に向う対角線に沿って氷板を構成する大きな粒が連らなっているのがみられる。また、これとほぼ直角すなわち、写真の左上と右下とを結ぶ方向に組織が引き伸ばされたように見える。これは雪溪内部の流動状況を反映しているのかも知れない。

図版 IV は、深さ約 400 cm の、氷に近い雪の組織を示す。写真の上



第8図 外接円法(図の左側の3つ)と内接円法(右側の3つ)で求めた2年雪の粒径分布

(a); 年層境界直下の層, (b); 年層境界から 1.5 m 下, (c); 雪溪最下層(2年雪のうちで最も古い層)の雪から切りだした薄片について求めた粒径の頻度分布図

方には、直径が5 mmもある結晶粒がみられる。最後の図版 V は、2年雪の最下層、岩盤から10 cm上の層から切りだした氷に近い雪の組織を示す。

以上のように、雪渓上層部の薄片から下層部のものへと眺めると、下層部の雪の組織ほど変形や再結晶のあとが著しいことが認められる。たとえば、図版 V にみられるほとんどすべての結晶粒界が彎曲している。これは、結晶粒界の移動や再結晶が下部の雪ほど活発で、従って、結晶粒の成長、粗大化が進んでいることを示す証拠である。

そこで次に、2年雪の上中下3カ所から切りだした薄片について、粒径分布を調べた。薄片に現われた各結晶粒の切り口について、それぞれ外接円と内接円の直径を測定し、その結果を第8図に棒グラフで示した。図の左側の3つが外接円、右側の3つが内接円で求めた粒径分布で、粒径は0.05 mmきざみに測定した。測定した結晶粒の数は、それぞれ360個である。また、図の上段のふたつのグラフ(a)が年層境界直下(図版 III)、中段のふたつ(b)が年層境界から150 cm下(図版 IV)、下段の(c)が雪渓下層(図版 V)における粒径分布である。下層の雪ほど平均粒径 $\bar{D}$ が大きくなり、また、分布の幅が広がっている。

この図でわかるように、つもってから約1年9カ月ほど経過した2年雪の最下層部の雪でも、最大粒径が1.5 mmのていどであった。

次に、外接円による粒径と内接円による粒径との差 $\Delta\bar{D}$ は、上から下に、0.28 mm, 0.17 mm, 0.46 mmで、最下層部が最も大きい。この外接直径と内接直径の差 $\Delta\bar{D}$ は、結晶粒子の形の目安を与える。たとえば、粒子の切り口が円いときは $\Delta\bar{D}=0$ 、細長いだ円形るときほど $\Delta\bar{D}$ の値が大きくなる。 $\Delta\bar{D}$ の値が最下層部で最も大きいのは、そこで変形が盛に進行しているひとつの証拠である。もし、雪の変態が平衡状態に近づけば、粒子の形は一般に丸味を帯びる筈で、従って $\Delta\bar{D}$ の値が小さくなる筈である。

以上、結晶粒の大きさ、形、結晶粒界などを調べた結果、雪渓内部では粒子の変形が進行中で、組織は決して安定していないことがわかった。

#### IV. ま と め

大雪山系の深い谷間には、毎年夏になっても、いくつかの雪渓がとけ切らないで散在しているのがみられる。われわれはそのうちのひとつ、白雲岳と忠別岳とを結ぶ高根ヶ原が東におち込む谷頭に毎夏残存している通称雪壁雪渓について、昭和38年(1963)の予備調査以来、毎夏、雪氷学的調査を行ってきた。昭和39年、40年に行なった調査の結果はすでに前報告 I, II にのべた。本年(昭和41年、1966)も従前に引きつづき、5月23日から10月10日に至る雪渓の消耗期間に延べ5回にわたり、同じ雪壁雪渓について調査を行なった。今年の主要な研究課題は、雪渓内における雪の組織の変化および雪渓の消耗過程であった。本年度えられた結果をまとめると次のようになる。

(1) 第1図、第2図の太い実線 A, B, ……、E は、各調査時における雪壁雪渓の輪廓および最大傾斜線にそった縦断面図である。

(2) 雪渓の表面積、体積及び総重量を第1表にまとめ、昨年(昭和40年)及び一昨年(同

39年)の値と比較した。

(3) 第2図の雪溪の消耗過程を示す図から本年の消耗期間中における日平均融雪量を求めると、水換算6 cm/日の値が得られる。

(4) 雪溪上に立てた6本の杭を基準にして、各調査時の融雪速度の測定を行なった。その結果、5月末で4 g/cm<sup>2</sup>·day、7月には8 g/cm<sup>2</sup>·day、8月は9~10 g/cm<sup>2</sup>·day、9月中ばには、6 g/cm<sup>2</sup>·dayが求められた(第3, 4図)。このようにして求めた融雪速度を5~10月の全消耗期間にわたって平均した値は6 g/cm<sup>2</sup>·dayとなる。これは上の(3)でのべた日平均融雪水量の6 cm/dayと一致する。

(5) 5月と7月には、雪溪上に深い穴をほって断面観測を行なった(第5図)8月と9月には、手でボーリングを行ない、成層構造、密度、粒径などを調べた。9月13~14日には、雪溪上の3点(第1図のS<sub>0</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>点)で、表面から底に至る全層からコア試料をとり出すことに成功した。第6図にはS<sub>0</sub>点の試料についてえられた成層構造、粒度などの結果をまとめた。表面から約2.5 mの深さに、前年の秋の末に雪溪上に散布しておいたオガクズの粉を見出した。これは、1年雪と2年雪との年層境界である。この境界の下にある厚さ約6.5 mの雪が全部2年雪(1964~1965年の冬につもった雪)であることが確認された。

(6) 第7図に、5月、7月、8月及び9月の各調査時に得られた密度分布を示した。深さの基準として、5月24日の雪溪の表面を選び、そこを深さ0としてある。図で、深さ16 mのところに記した破線Fが、1年雪と2年雪の年層境界である。この図に示した密度は、ぬれ密度であるが、乾き密度になおすと、1年雪で0.5~0.55 g/cm<sup>3</sup>のていど、2年雪で0.55~0.7 g/cm<sup>3</sup>のていどである。これは氷河源流域にみられるフィルンの密度と同じていどの値である。

年層境界を境にした上下、1年雪と2年雪の密度の値に大きな不連続はない。しかし、年層境界の下と雪溪の最下層部には、氷あるいは氷に近い雪がみられ、その付近でとくに密度が大きくなっている。

(7) 9月13日、第1図のS<sub>0</sub>点で行なったボーリングで得たコア試料の一部を札幌の低温科学研究所に持ち帰り、薄片に切って顕微鏡組織を調べた。図版IIからVに至る一連の写真は、雪溪のいろいろな深さから切りだした薄片の部分偏光による顕微鏡写真である。これらの写真にみられるように、下層ほど結晶粒が粗大化し、又、結晶粒界の彎曲が著しい。これは、下層の雪ほど変形や再結晶が活発な証拠である。

(8) 2年雪の上、中、下3カ所から切りだした薄片について粒径分布を求め、第8図に棒グラフで示した。粒径は外接円、および内接円の直径で求めた。図の左側の3つは外接円法、右の3つは内接円法で求めた粒径分布である。上から下層に向うほど平均粒径が大きくなり、また、粒径分布が幅広くなっている。外接直径と内接直径の差 $\Delta\bar{D}$ は、最下層部で最も大きくなっている。これは、粒子の形が古い2年雪ほど細長いことを示し、雪溪内部が安定状態にはないことを示している。

おわりに、この研究を行なうにあたり、吉田順五教授を中心とする雪氷研究グループの方

々に種々御指導と助言をいただいた。厚く感謝する次第である。また、大雪観光株式会社の大久保喜平、福井保宏の両氏には、種々調査の便宜をはかっていただいた。深く感謝の意を表する次第である。

なお、この研究に費した費用の一部は、文部省科学研究費(災害科学特定研究費)から支出された。

## 文 献

- 1) 木下誠一・他 1965 大雪山の雪渓調査 (第1年度). 低温科学, 物理篇, **23**, 121-127.
- 2) 木下誠一・他 1966 大雪山の雪渓調査 (第2年度). 低温科学, 物理篇, **24**, 201-210.
- 3) 若浜五郎 1965 水を含んだ雪の変態. 低温科学, 物理篇, **23**, 51-66.
- 4) 木下誠一 1963 0°Cの水に浸した雪の圧縮, I. 低温科学, 物理篇, **21**, 13-22.
- 5) Guide to Measurements of the Variations of Existing Glaciers, Snow and Ice Commission, International Association of Scientific Hydrology, International Union of Geodesy and Geophysics., 1967.
- 6) Kuroiwa, D., Mizuno, Y. and Takeuchi, M. 1967 Micromeritical properties of snow. *In Physics of Snow and Ice* (H. Ôura, ed.) Part 1, Inst. Low Temp. Sci., Sapporo, 751-772.
- 7) 吉田順五・内海威彦 1948 簡単な空気寒暖計による雪面の輻射の測定. 低温科学, **4**, 1-10.

## Summary

Small firn fields are formed in some valleys in the Daisetsu mountain range stretching across the central part of Hokkaido. They remain unmelted during the summer and may be called glacierets (Plate I-1). Glaciological studies have been made over the past several years on one of the glacierets named "Yukikabe", which is located near the top of a valley carved on the eastern side of a plateau called "Takanega-hara" (1,730 m above sea level). The results obtained in the first (1964) and the second (1965) years of research have already been reported in the previous papers I and II.

During the ablation season of 1966, the research for the third year was carried out five times at intervals of about one month. The main objective was to observe the metamorphism of snow texture and the process of ablation of the entire glacieret. The metamorphism of snow into a firn proceeded rather quickly, because the snow retained melt water throughout its entire mass during the summer.

(1) The thick solid lines A, B, ..., E in Figs. 1 and 3 respectively give the outlines and the longitudinal sections of the glacieret at the time of the investigation. (A: May 23, B: July 6, C: Aug. 6, D: Sept. 13 E: Oct. 10, 1966).

(2) The surface area, the total volume and the total weight of the glacieret are tabulated in Table 1, along with those obtained in 1964 and 1965.

(3) By use of the longitudinal sections shown in Fig. 2 (geodetic method), it was found that the mean value of daily snow melt of the glacieret was 6 cm-water/day throughout the ablation season.

(4) The rate of snow melt was also measured at several sites on the surface of the glacieret by the stake method. The rates were found to be 4 g/cm<sup>2</sup>·day at the end of

May,  $8 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{day}$  during July,  $9 \sim 10 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{day}$  during August and  $6 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{day}$  in the middle of September (Figs. 3, 4). These numerical values give, when averaged over the period of ablation,  $6 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{day}$  which is in good accord with the average rate determined by the geodetic method.

(5) Measurements and observations were made on the density, the grain size and the stratification of the firn snow throughout the entire thickness of the glacieret. The wall of bored pits made with a hand auger and the snow cores removed from the pits were used for these measurements and observations. The boring sites are indicated by  $S_0$ ,  $S_2$  and  $S_3$  in Fig. 1. The stratification and the vertical distribution of grain size observed on September 13 are shown in Fig. 6. In the diagram of stratification, the solid lines and the black bands indicate ice sheets and thick ice plates respectively. The ragged line at a level of 2.5 m below the surface is the boundary dividing the two annual snow covers, the snow cover one year old deposited during the winter of 1965-66 and the snow cover two years old deposited during the winter of 1964-65. The boundary was identified by sawdust that was scattered on the surface of the glacieret at the end of the previous ablation season (Oct. 10, 1965) and had become embedded in the snow.

(6) The diagram of grain size in Fig. 6 gives the average of grain size taken for each of the snow layers. A more detailed study on grain size distribution was made on some selected layers of the 2 year old snow cover, by cutting thin sections for microscopic examination of the ice grains. The results are shown in the histograms of Fig. 8. The two histograms at the top give the distribution in the snow just below the annual boundary while those at the middle and at the bottom give the distribution in the snow at depths of 1.5 m and 6.7 m below the boundary. In each pair of histograms, the right and the left are drawn respectively with respect to the diameters of circles inscribing and circumscribing the ice grains. It is seen from these diagrams that the mean grain size grows larger and the difference between the maximum and the minimum of diameter becomes greater, with the increase in depth in the glacieret, or with the increase in age of the snow.

(7) In Fig. 7 are shown vertical distributions of density in the glacieret. At any depth the density is not less than  $0.5 \text{ g/cm}^3$  and attains  $0.9 \text{ g/cm}^3$  at its maximum.

### 図版説明

- I-1; 大雪山系高根ヶ原附近に散在する雪渓 (昭和40年8月27日)  
2; 大雪山系高根ヶ原東斜面に張り出す大雪庇 (昭和40年2月19日)
- II-V; 昭和41年9月13日  
ボーリング地点  $S_0$  で得たコア試料から切りだした薄片の部分偏光による顕微鏡写真。倍率はすべて同一で、図版 II の下につけた物指しの最小目盛が 1 mm にあたる。
- II; 深さ 240 cm (1年雪最下層)  
III; 深さ 280 cm (2年雪上層部)  
IV; 深さ 400 cm  
V; 深さ 925 cm (2年雪最下層)



