HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	大雪山の雪渓調査（第２年度）
Author(s)	木下, 誠一; KINOSITA, Seiiti; 堀口, 薫 他
Citation	低温科學. 物理篇, 24, 201-210
Issue Date	1966-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18043
Type	departmental bulletin paper
File Information	24_p201-210.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

Seiiti KINOSITA and Colleagues 1966 Studies of Firn on Mt. Daisetsu in Summer. II.
Low Temperature Science. Ser. A, 24. (With English Summary p. 210)

大雪山の雪渓調査* (第2年度)

木下誠一・堀口　薫
(凍上学部門)
若浜五郎・中村　勉
(応用物理学部門)
清水　弘・秋田谷英次・成田英器
(雪害科学部門)
田畑忠司・小野延雄・青田昌秋
(海洋学部門)
牛木久雄・山田知充
(大学院学生)

(昭和40年10月受理)

I. 緒　　言

大雪山の高根ヶ原東斜面には，毎夏いくつかの雪渓が残る。そのうちの一つに雪かべ雪渓と呼ばれる雪渓がある。この雪渓は，石狩川上流ヤンベタツプ川の水源の谷頭にあって，層雲峡奥の高原温泉より約3粁，白雲岳と平ケ岳を結ぶほぼ中央に位置する。我々は，昨年夏この雪渓を始めて調査した[1]。ひきつづき今年も調査を行なったので，その結果について報告する。今年は，9月2～5日に本調査を，又8月27日と9月23日にも小規模な調査を行なった。今年の冬が近年にない大雪であったため，雪渓は昨年に比べて非常に大きく，体積が11倍にも達するものであった。

II. 雪渓調査の問題点

雪渓が雪氷学的に興味深いのは，気温の高い夏に大量の雪が斜面にあることである。そのため，次の三つの現象が，調査の主題目として取上げられる。すなわち，雪質の変態，雪量の変化，斜面にそう流動である。これらの現象は，いずれも冬季斜面にある積雪についても当然考えられることである。しかし，雪渓の場合には，春から秋までの間，表面から底まで全層が0°Cで水を含むので，これらの現象の進行が非常に速いのである。

(1) 雪質の変態　積雪は，荷重をうけると，次第に密にしまって行く[2]。このような変態は，一たん雪どけが始まって，雪が水を含むようになると，非常に速く起る[3]。特に，雪が

* 北海道大学低温科学研究所業績　第750号

水に浸されるような場合には，雪は容易に氷に変ってしまう[4]。雪渓では，このような雪質の変態過程がみられる。

(2) 雪量の変化　雪渓のある場所は，冬には大量の雪が吹きだまりで堆積するが，一方，夏には，急速にとけて縮小する。雪渓の表面が波状になって，その波の山の上にゴミがたまるが，これは急速な融雪のために起る特有な現象である。

(3) 斜面流動　斜面にある積雪は下方に向って粘性的な流動を起す。雪渓のように雪が水を含むと，この流動も速くなる。又，底面でのすべりも大きいと考えられる。雪渓を小規模な氷河と考える場合[5]，この問題も重要であろう。

以上のように，雪渓では，雪質の変態，雪量の変化，斜面流動がともに非常な速さで起っている。しかも，雪渓のなかには数年前までもの雪が残っているものもある。一般の積雪や氷河では経験されないような特有な現象がみられるという点で興味深いのである。

III. 観測結果

1. 雪渓の規模

今年の雪渓の状態を第1図の写真 **a** と **b** に示す。又，測量図を第3図に示す。雪渓のある谷頭はガレ場で，上方に向って左側がきりたった露岩，右側が小高い草地で囲まれている。恐らく冬には大量の雪が吹きだまるであろう。

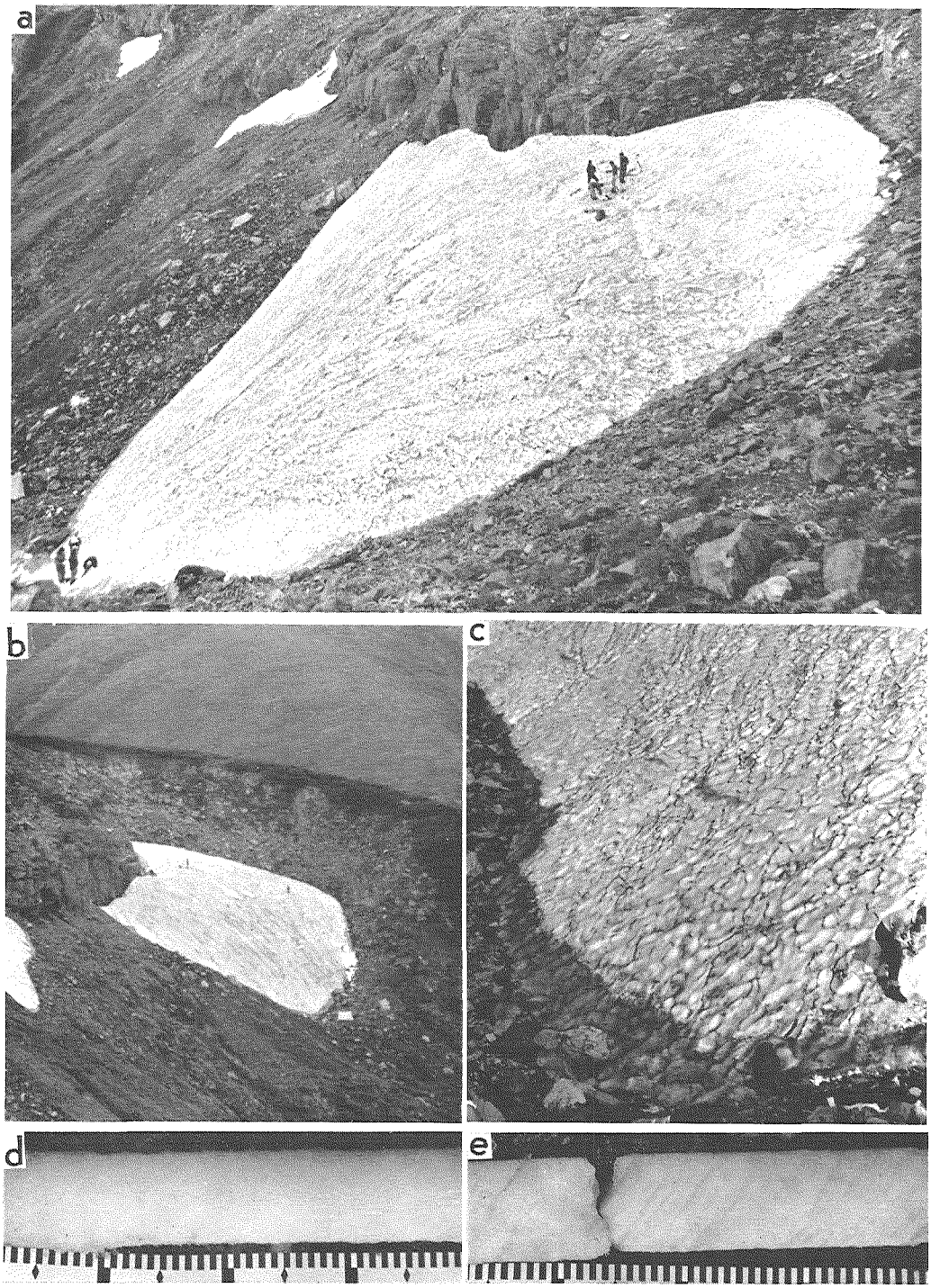
第3図で太い実線の曲線で囲まれた範囲が，9月3日本調査のときの雪渓である。その内側の左上部に細い実線の曲線で囲まれた範囲があるが，この範囲が昨年8月27日調査のときの雪渓の位置を示す。又，太い実線の少し内側にほぼ平行して点線の曲線があるが，これは9月23日の調査のときの雪渓の周縁を示すものである。僅か20日間でかなり衰退していることが解る。以後特に断わらない限り，9月3日本調査のときの雪渓の状態について述べる。

第3図の中で左右に走る一連の曲線群は，高度差2mごとの等高線で，5本ごとに0m，10m，20m，30m，40mと印がつけてある。この等高線は，雪渓の周縁で，大きく曲る破線とほぼまっすぐの実線とに別れるが，破線は雪渓の底，実線は雪渓の表面を表す。

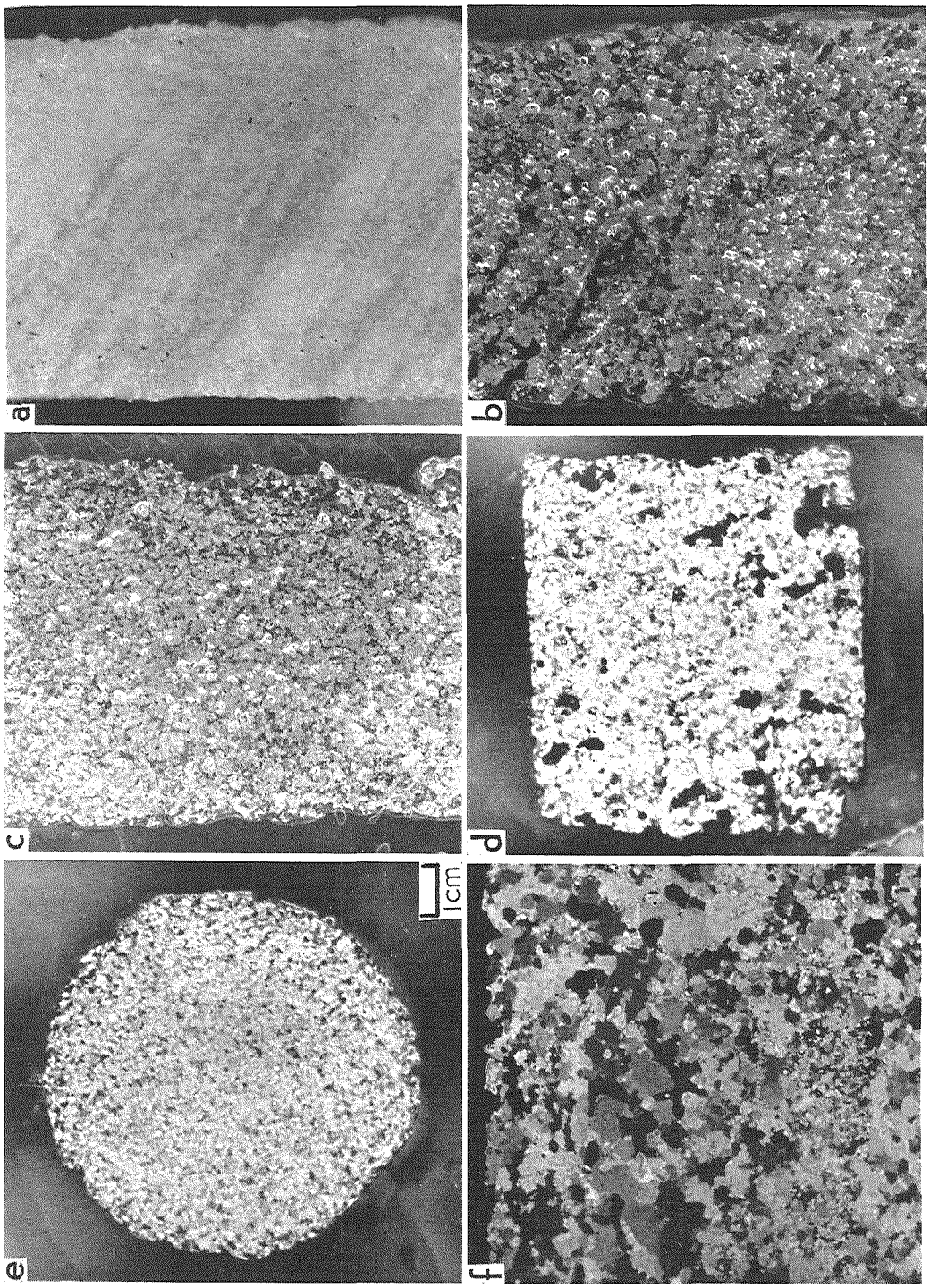
雪渓の下から小さな川が流れ出ているが，この川の近くに高さの基準0mをとった。この基準点は昨年用いたものである。

第3図の上部の方に尾根と書きそえた鎖線があるが，それから上は，高根ケ原に続いている。雪渓の中央部の標高はほぼ1730mである。雪渓の規模は，第3図のab線にそって55m，又雪渓表面の等高線にそって最大60mに達し，昨年のそれぞれ27m，50mに比べると，かなり大きい。A, B, C, Dの4点は，ボーリングを行なった地点を示す。A点だけは底まで掘らなかったが，底まで掘ったB, C, D点では，それぞれ深さが8m5cm，7m77cm，5m37cmであった。雪渓の底の等高線はこの値から推定して作図したものである。

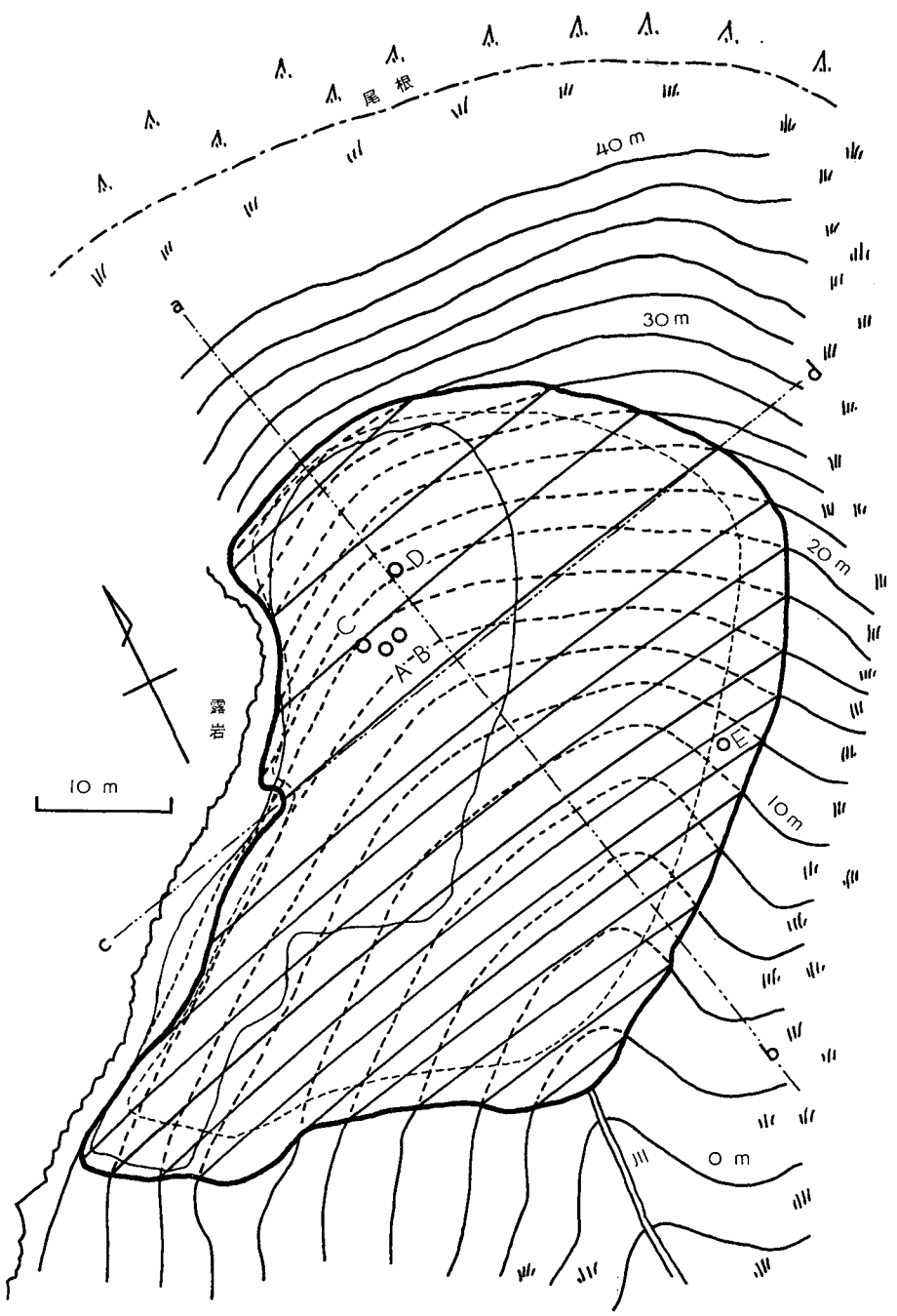
雪渓全体の大きさは，表面積が1893 m^2，体積が8568 m^3，又平均密度0.7 gr/cm^3とすると，重量はほぼ6000トンである。昨年のそれぞれ688 m^2，805 m^3，560トンに比べると，非常に大きいものである。



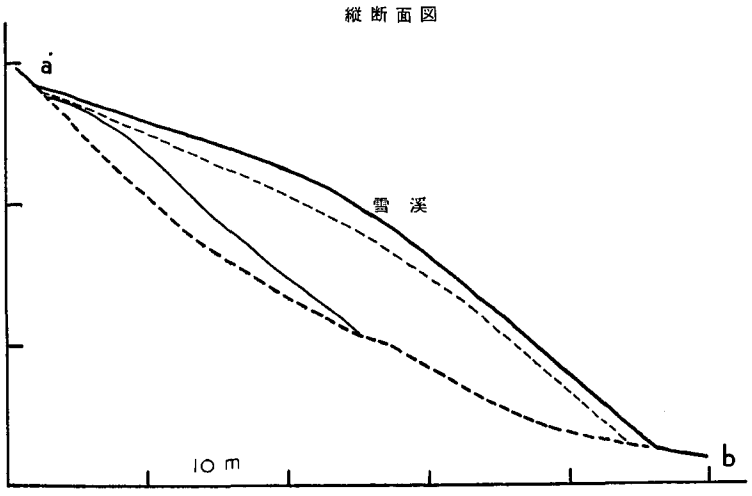
第1図　**a** 雪渓の全景，**b** 雪渓の全景，**c** 雪渓表面の波状模様，**d**, **e** ボーリングによって採取された試料の一部，**d** 一様なざらめ雪，**e** 氷の層をはさむざらめ雪



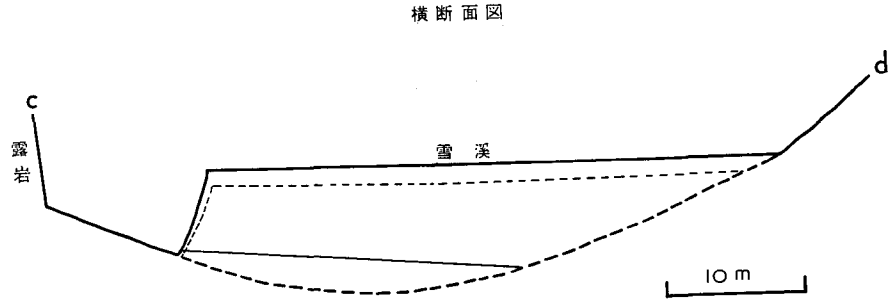
第2図 **a**, **b**, **c**, **d**, **f** 鉛直薄片, **e** 水平薄片, **a**, **b** 氷の層をはさむざらめ雪, **c**, **e** 一様なざらめ雪, **d** 底近くの氷, **f** 雪渓表面のゴミの下の氷, **a** 以外は偏光写真



第3図 雪渓附近の測量図。A, B, C, D, Eはボーリングをおこなった地点，太い実線が9月3日の雪の周縁を示す。又，細い点線は9月23日の，細い実線は昨年8月27日の雪渓の周縁を示す



第4図 雪渓の縦断面図



第5図 雪渓の横断面図

第3図測量図のａｂ線にそって作った縦断面図が第4図，ｃｄ線にそって作った横断面図が第5図である。一番上の太い実線が今年9月3日の本調査のときの，その下の細い破線が今年9月23日の，更にその下の細い実線が昨年8月27日の雪渓の表面を示す。又，一番下の破線はボーリングの結果から推定された雪渓の底を示す。今年の本調査のときの雪渓表面の勾配は，平均30°，最大47°であった。第5図に示されるように，雪渓と左側の露岩との間には，幅数m，深さ約5mの大きな溝があいていて，雪渓の左端は露岩と同じくきり立った断崖になっていた。この断崖は，恐らく露岩からの輻射による融雪でできたものであろう。

2. 雪渓の雪量変化

第3，4，5図に点線で9月23日の雪渓の周縁を示した。このときの雪渓の大きさは，表面積が1526 m^2，体積が5733 m^3，重量はほぼ4000トンである。9月3日の本調査のときからは，面積が約8割に，又体積が約$\frac{2}{3}$に縮小した。又，厚さは平均約80 cm減ったことになるが，これは雪渓の表面1 cm^2当り水量にして56 cmの融雪に相当する。従って1日平均水量にして2.8 cmの融雪速度である。

又，8月27日の予備調査のときから，9月3日の本調査のときまでの間にも，かなりの融

雪がみられた。8月27日には測量は行なわなかったのであるが，第3図のE点で底までボーリングをしたところ，深さが3 m 20 cmあった。それが9月3日には1 m 30 cm減って，1 m 90 cmになったことと，周縁の衰退の状況を考えて，大まかな計算をすると，8月27日の雪渓の大きさは，表面積が2060 m²，体積が10500 m³，重量が7000トンである。従って，8月27日から9月3日までに面積が約9割に，体積が約8割に縮小した。この期間の融雪は1 cm²当り水量にして42 cm，又一日平均では6 cmになる。この融雪速度は9月3日から9月23日までの間の2.8 cm/dayに比べるとかなり速い。これは主として，気温の差によるものである。9月2～5日の日中の気温は平均＋9℃，又9月24日の日中の気温はほぼ＋5℃であった。

以上をとりまとめて，次の表に示す。

雪かべ雪渓の大きさ

年月日	表面積	体積	重量	平均の厚さ	融雪速度（水量）
39. 8. 27	688 m²	805 m³	560トン	1.2 m	
40. 8. 27	2060	10500	7000	5.1)	6 cm/day
40. 9. 3	1893	8568	6000	4.5)	
40. 9. 23	1526	5733	4000	3.7)	2.8

このように雪渓はかなりの速さで衰退する。8月末の融雪速度は，札幌の春先の融雪速度にほぼ等しい[6]。

雪渓では，融雪が表面と底で起る。今のところ観測された融雪量を，表面と底とに分離することは出来ないが，札幌の初冬の地面融雪量が水量にして0.13 cm/day[6]であることから，雪渓の底での融雪は，高々1日2～3 mmにすぎないことが想像される。従って雪渓では，融雪はほとんど表面で起ると考えてよい。

ところで，第1図**c**の写真に，雪渓特有の表面に残る波状のゴミ模様を示してあるが，表面でかなりの融雪が起るのに，この模様は余り変らないようである。しかも，波の山にはゴミが集積しており，その下には氷がみられることが多い。この模様の成因や融雪にともなう移動などについては，今後の調査の対象にしたい。

3. 斜面流動

本調査のときに底まで鉛直にあけたボーリングの穴を，20日後の9月23日に調べたところ，斜面にそう流動はほとんど観測されなかった。立山の「はまぐり雪」での観測によると，1年間に4 mの流動がみられる[5]。したがって1カ月以内の観測では，測定の誤差の範囲内に入ってしまうようである。又，ボーリングの穴から底の方を見下すと，水の流れが認められた。雪渓の底に水があることは，底面での流動がかなりあることを予想させる。これらについては，今後の継続した何年かにわたる観測の結果に期待したい。

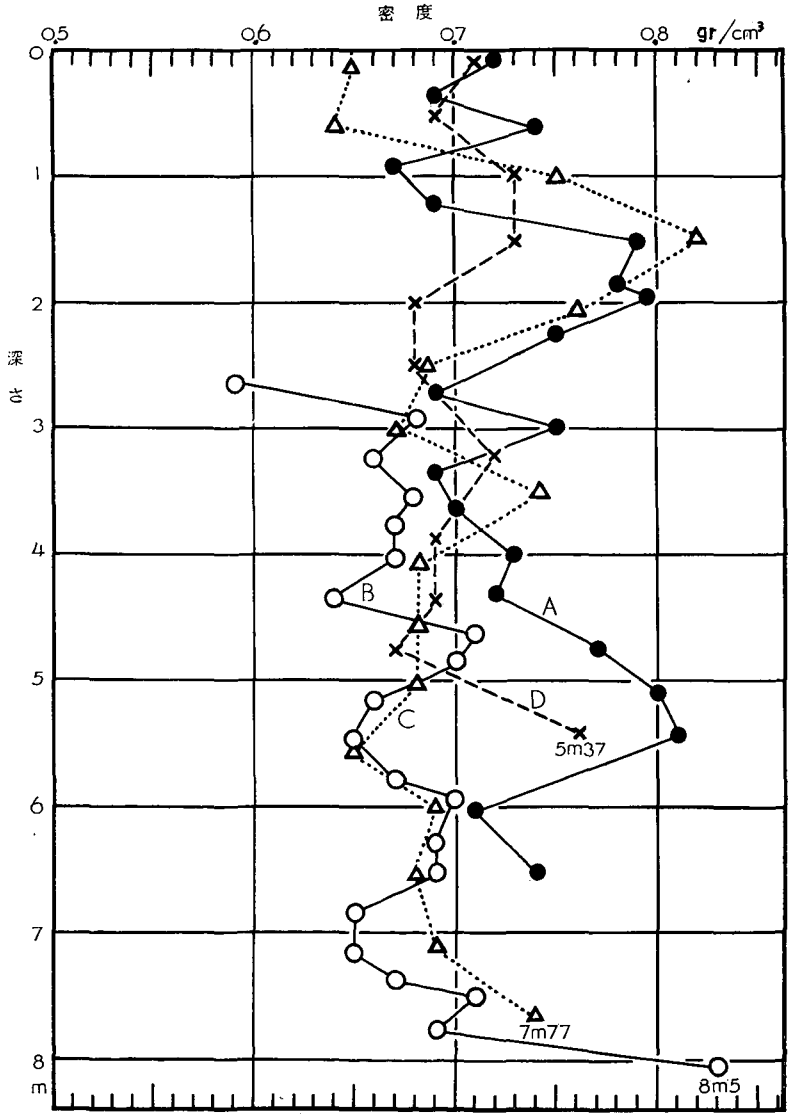
4. 層構造，密度，微細組織

ボーリング地点で表面から底まで連続して直径7.5 cmの円筒試料を採取した。その試料の一部を第1図の写真**d**と**e**に示す。雪質は，底の30 cmほどの氷の層を除き，ほとんど全部が密にしまったざらめ雪で，ただ，ところどころに薄い氷の層がはさまれているにすぎなかった。

写真 **d** は，一様なざらめ雪，写真 **e** は，薄い氷の層を幾層かはさむざらめ雪の例である。

密度は，第 6 図のグラフで示されるように，底近くの氷の層を除けば，一様なざらめ雪はみなほとんど 0.7 gr/cm³ に近かった。ただ，氷の層を多くはさむものだけが，0.8 gr/cm³ に近かった。

試料を厚さ 1 mm ほどに薄く切って，拡大してみた写真を第 2 図に示す。**a** 以外は，偏光でみた写真で，色の濃淡の度合によって，結晶粒の大きさが判定できる[7]。写真 **a** と **b** は同じ試料で薄い氷の層を含んだざらめ雪，**c** は一様なざらめ雪，**d** は底の方の氷の層である。**a**, **b**,



第 6 図 雪渓の密度分布。A, B, C, D の記号は，第 3 図測量図のボーリング地点 A, B, C, D を表す

c, **d** はみな鉛直に切った薄片である。又，**e** は一様なざらめ雪を水平に切った薄片である。結晶の大きさは，ざらめ雪が 1 mm ほど，氷が 2～6 mm であった。

第 1 図 **c** の写真にみられるように，雪渓の表面には波状の模様があって，その波の山の部分には，ゴミが集積している。この山の部分のなかには，深さ 10 cm ほども氷になっているものがあった。**f** は，その氷を鉛直に切り出した薄片の写真である。結晶粒は大きさ 1 cm ほどで，かなり大きなものであった。

d や **f** の氷は，雪に含まれていた水が寒気にふれて凍ったものではなく，0°C 以上の気温のときに，雪が水に浸されたために，僅かの圧力で氷に変態したものである。

5. 2 年雪の存在について

雪渓の表面には，ゴミや土粒子の濃淡の波模様がある。一つの波の幅は 30～50 cm で，波の山のところが特に濃い。このような汚れは，雪渓の表面にだけあって，その下にはない。従って，この上にその次の冬の雪が積っても，その汚ない表面は境界層として残るであろう。又，上に積る雪との間には年齢の違いが 1 年あるから，雪質の変態の進行程度が違う筈で，従って，密度，微細組織に不連続がみられる筈である。しかし，**4.** で述べたように，今年は雪渓が非常に厚かったにもかかわらず，層構造，密度，微細組織とも，表面から底までほぼ一様で，汚れをもった境界層や不連続な変化がみられなかった。ただ，底の 30 cm ほどが氷であったが，これは底の方を流れる水が，雪に浸みたために，雪質が変態してできた氷[4]で，年齢の違いによるものではない。

それでは，今年の雪渓は，この冬に降り積った雪だけで，昨年の雪 (2 年雪) はないのであろうか。**2.** の雪量変化の項で述べたように，8 月 27 日から 9 月 23 日までの間に，雪渓の厚さが平均 1 m 50 cm も減少し，又体積は約半分に減った。昨年の調査は 8 月 27 日で，そのとき雪渓の一番厚いところでも 3 m にすぎなかった。昨年もその後は恐らく今年と同じような減少をしたのに違いないから，10 月中旬の根雪の頃までには，一番厚いところでも 1 m 位になってしまっただろう。更に，冬の間でも底の方では，融雪が起っているのであるから，今年の夏までには，昨年の雪が完全に無くなってしまったのかも知れない。

2 年雪，3 年雪を期待したのであるが，不幸にも得られなかったようである。今年の雪渓は非常に大きいので，恐らく来年には確実に 2 年雪として残るであろう。2 年雪，3 年雪については，来年以降の調査に期待したい。

6. 雪渓をとかした水の電気電導度

既に述べたように，雪渓の表面はかなりの速度でとける。そのとけ水は雪渓の中に滲みこみ，そして雪渓の外へ流れ出る。その水には雪渓の表面の汚れが含まれると考えられるが，それを調べる一つの方法として，雪渓をとかして，その水の電気電導度を測る方法がある。ボーリングによって採取された雪の試料をとかして，その水の電気電導度を測ったところ，次の結果を得た。

雪渓の表面から	30～70 cm	2.5 $\mu\mho$/cm
	500	2.8

755～775	3.5
800	5.0

この値は，普通の蒸溜水の 0.6 よりは大きく，又水道水の 400 よりはかなり小さい。非常にきれいなものと云える。一般に，新雪の電気電導度は 2 $\mu\mho$/cm であるから，雪渓の雪は新雪より僅かに汚れていることになる。

この調査にあたり，朝日新聞社から色々と御援助をいただいた。又，大雪観光開発株式会社には格別な御便宜をはかっていただいた。ここに厚く感謝の意を表わす次第である。

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) 小島賢治 1955 積雪層の粘性圧縮 I. 低温科学, 物理篇, ***14***, 77–94.
3) 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.
4) 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.
5) 吉田順五 1964 立山の万年雪の雪氷学的調査. 富山大学学術総合調査団報告, 35–54.
6) 小島賢治 1957 積雪層の粘性圧縮 III. 低温科学, 物理篇, ***16***, 167–196.
7) 中村 勉 1966 熱板による積雪薄板の作製. 低温科学, 物理篇, ***24***, 133–137.

Summary

In some valleys high in the mountains snow forming firn remains unmelted during the summer. Studies were made on the firn "Yukikabe-Snow" located near the top of a valley, "Yanbetappu" of Mt. Daisetsu, Hokkaido. We made the second year research on the firn from the second to the fifth of September, 1965. The major themes of this research operation were to observe metamorphism of snow texture, snow melt and creep of the firn along the slope. These phenomena proceed at high speed in this firn, as it contains snow-melt water throughout the whole mass in summer.

The firn area was 55×60 m and 8 m thick in the centre (Photos. **a** and **b** of Fig. 1, map, Fig. 3) The firn volume was 8658 m^3 which was eleven times what it was the previous summer. The layer structure was almost homogeneous, "Zarame-snow" of 1～2 mm diameter, (Photo. **d** of Fig. 1, Photos. **c** and **e** of Fig. 2), except for an ice layer at the bottom. The density was about 0.7 gr/cm^3 (Fig. 6).

Two minor projects of research on the firn were made on August 27 and September 23. The observations showed a daily mean snow-melt of the firn of 6 cm-water/day at the end of August, and of 2.8 cm-water/day in the middle of September.