

東オングル島東部の雪渓の融解

林 正 久*

On Meltwater of Snow Patches in East Ongul Island, Antarctica

Masahisa HAYASHI*

Abstract: Measurement of meltwater from snow patches was made in a small drainage basin near Syowa Station, East Ongul Island, Antarctica, during the period from December 12, 1975 to February 15, 1976, in order to obtain basic data for wastage of ice masses. 4.8×10^8 tons of snow disappeared from the basin during the observation period. Amount of meltwater was measured to be 3.1×10^8 tons in the same period. This fact may indicate that melting accounts for a quite large portion of wastage of snow patches in ice-free areas of polar regions. Investigation on the relationship between climatic elements and wastage showed that the amount of wastage depends mainly on the air temperature from January 1 to 19 when the temperature often exceeds the freezing point, but on solar radiation during the period from January 26 to February 15 when temperature rarely exceeds the freezing point.

要旨: 第 16 次南極観測隊員として、1975 年 12 月 12 日から 1976 年 2 月 15 日まで、昭和基地南東部の一流域を選び、雪渓の融水流の測定を行った。この流域は、雪渓の融水によって涵養されている。調査期間中に、 4.8×10^8 ton の雪が消失し、そのうち 3.1×10^8 ton が融水流として観測された。このことは、極地露岩地域の雪渓の消耗は、主として融水流の形をとることができる。気候要素との関係をみてみると、気温が氷点以上になることが多かった 1 月上・中旬は、雪渓の消耗量は気温に影響され、氷点を越えることの少ない 1 月下旬以降は、日射量の変化が流出量を左右しているといえる。

1. はじめに

極地の氷床の消長を考える上で、夏季における表面融解による氷雪の消耗量は、従来、非常に小さいとして無視されることが多かった。しかし、YOSHIDA (1972) は、プリンスオラフの海岸線 250 km の延長上で、 $1.8 \sim 7.4 \times 10^9$ ton/year の融解水流があるとし、大陸氷の消耗における融水の役割の重要性を述べた。これに対して、楠 (1973) は YOSHIDA の見積も

* 島根大学教育学部。 Faculty of Education, University of Shimane, 1060, Nishikawatsu, Matsue 690.

りが大きすぎるといっている。測定の困難さ、特に、連続観測のデータが乏しい点に問題があると思われる。筆者は、昭和基地周辺の雪渓を選び、1975年12月から1976年2月中旬まで、積雪の消耗量の測定を実施し、消耗における融水量の割合、さらに日射・気温が、消耗に及ぼす影響について考察した。

2. 調査地域

昭和基地の南東約1 km に位置する小流域を調査の対象とした(図1)。この流域は、片麻

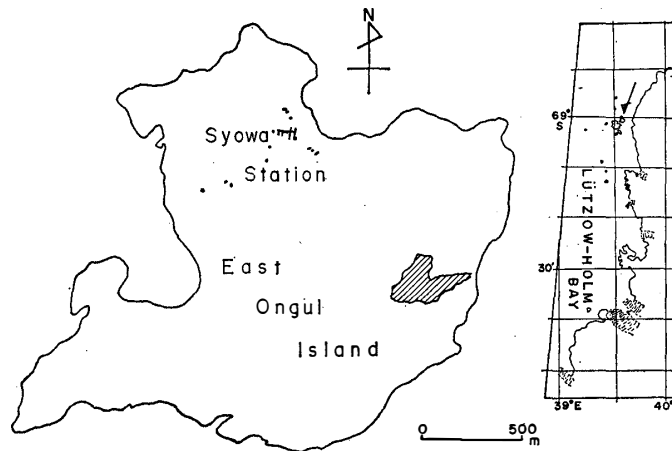


図1 調査地域の位置

Fig. 1. Location of the study area.

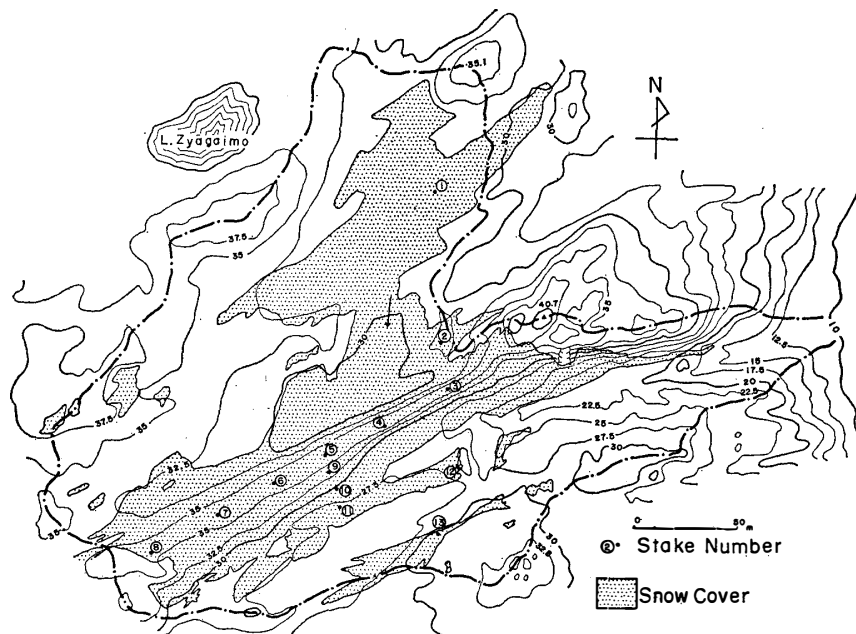


図2 1975年12月8日の積雪分布

Fig. 2. Distribution of snow cover on 8th December 1975 (figure in metre).

岩を基盤とする氷食谷で、上流部は浅い盆状の地形をなし、砂礫に薄く覆われている。一方、下流部は節理に添う峡谷状となっており、水路は浅い溝となっている。流域面積はおよそ 52,000 m²。1975 年 12 月上旬の積雪分布および地域の地形を図 2 に示す。積雪の大半は、夏の間消失してしまうが、40.7 m の三角点の南西を覆う雪は、越年性雪渓として残る。この部分の雪渓は、第 1 次隊の報告でも、万年雪とされており(吉川他, 1957), その後の空中写真から判読しても、完全に消失した形跡はなく、この 20 年間、万年雪として残存しているものと推定される。雪渓下の地形は明確ではないが、後述するように、雪渓をくりぬくトンネルができたことからみて、吹きだまりに雪のドリフトが堆積したものであると考えられる。雪渓の厚さは、最大 8 m を越え、下層部は氷となっている。

3. 調査期間および調査方法

積雪表面の消耗量の変化を求めるために、雪面に深さ約 1 m の穴をあけ、長さ 2.5 m の竹竿を設置し(1975 年 10 月 24 日)、時々埋めなおしながら、目盛りを読みとった。竹竿の設置地点は図 2 の 1~13 である。また、12 月上旬に、国土地理院発行の 1/5,000 地形図「東オングル島」を基に、水準・平板測量を行い、地形図および積雪分布図を作製した。積雪表面の消耗量は、11 月初旬から計測を始め、12 月 11 日から翌年 2 月 2 日までは 1 日 1 度観測した(欠測、12 月 12, 30, 31 日, 1 月 20~26 日)。流量は、谷の出口にコンクリートで堰を作り、容積法で測定した。流水のみられた 12 月 12 日から翌年 2 月 15 日まで、原則として、8 時、11 時、16 時、22 時の最低 4 回測定を行った(欠測、12 月 15 日, 1 月 20~25 日)。

4. 雪渓の消耗

4.1. 消耗過程の記載

本地域への積雪は、11 月 10・11 日のブリザードを最後として、それ以後、わずかな降雪を除いて、消耗が卓越するようになった。積雪表面はざらめ状となり、小さな水たまりが点々とみられるようになり、12 月上旬からは、図 3 に示した A, C, D などの小さな池が形成された。B 池は、12 月 19 日に雪面上に現われた小さな水たまりが急激に成長したもので、1 月中旬には A 池と合体した。1 月 20 日には、最大水深 2.25 m、面積 3,700 m² の大きな池となった。この B 池も、1 月 20~25 日の欠測期間中に、雪渓の底を通じて排水されて、干上がった。水抜けの正確な日時は不明であるが、昭和基地の荒金ダムで、同様な水抜けが発生した時期からみて、1 月 22 日の午後ではないかと思われる。雪渓の底の一部にトンネルが形

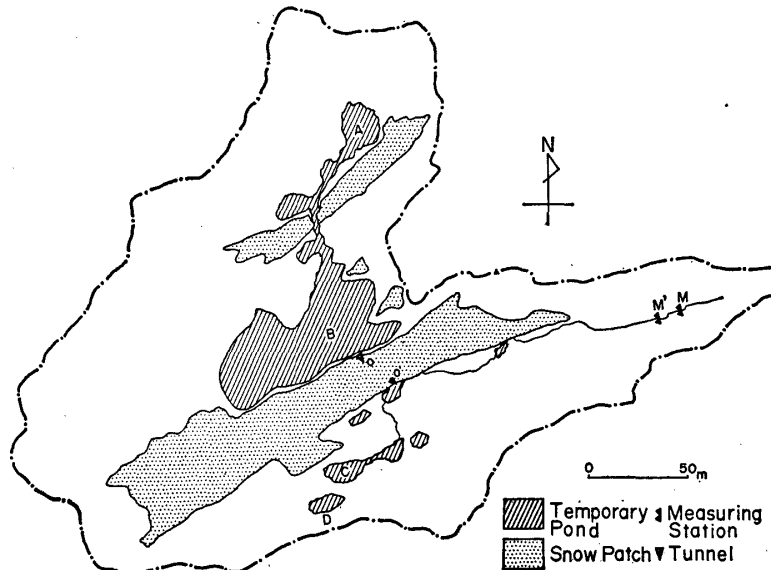


図3 池の位置と1976年2月15日の積雪分布

Fig. 3. Distribution of snow cover on 15th February 1976 and temporary ponds.

成され、短時間にすべての水が流出したと考えられ、水路上には砂礫が、河口部には多量の土砂が堆積しており、洪水の跡を示している。図4にB池の消長を表わす。1月下旬以降、雪溪は急激に縮小し、2月15日の残雪は、図3にみられるようになった。

4.2. 雪溪の消耗と融水流量

積雪表面の消耗は、11月下旬にすでに始まっていたが、融水流として水路で観察されるようになったのは、12月12日以後である。8時から翌日の8時までの融水量を日流量として求めた。また、積雪表面の消耗量も同様にして、各竹竿の平均を日表面消耗量とした。日流量、日表面消耗量および気候要素の変化を図5に表わす。日流量は、1月に入って急増したが、流域北部の融水はB池に蓄積されていたため、日流量の最大値は1月下旬に記録されている。したがって、B池の貯水量を考慮すれば、日流量は、1月中旬に最大であったといえる。1月26日以降は、流域全体からの流出である。そこで、流量の変化からみて、本地域の雪溪の消耗の過程を次の三つの時期に区分して考えていくことにする。(1)前期、12月12~31日、(2)中期、1月1~19日、(3)後期、1月26日~2月15日。

各時期の流水の特徴をみてる。図6に三つの時期の一部について、流量の変化を示す。前期は、一日中流水は少なく、特に夜間から早朝にかけて水路が凍結して、まったく流水のみられないこともある。12月17日に流量が増加しているのは、C池が決壊したためである。中期には、一日中流水が絶えることがなく、日平均気温が氷点を越えた、1、2日と13~

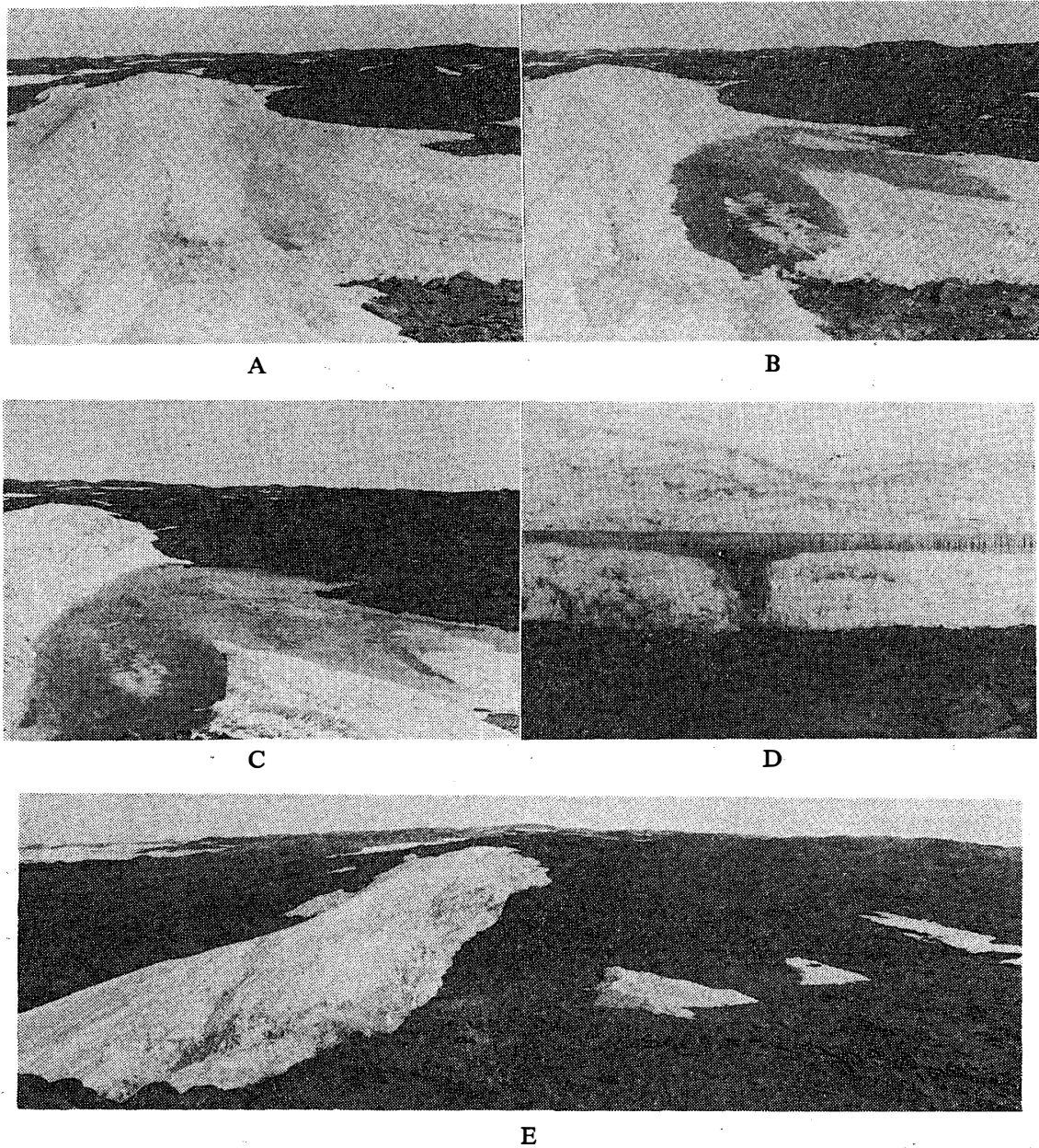


図 4 B 池の消長

Fig. 4. Fluctuation of Pond B.

A; 23rd December 1975, B; 14th January 1976, C; 20th January 1976,
D; Tunnel on 1st February 1976, E; 1st February 1976.

19日は、表面消耗も盛んで、一日のピーク流量が明確に現われた。後期は、気温・日射量ともに低下しているが、明らかなピーク流量がみられ、数日周期の流水量の増減が観測された。

晴天時における流量の最大値は、16時前後に出現することが多く、気温が14時頃最高となるのに比べ、約2時間遅くなっている。昭和基地付近で、地温観測を行った結果からも、

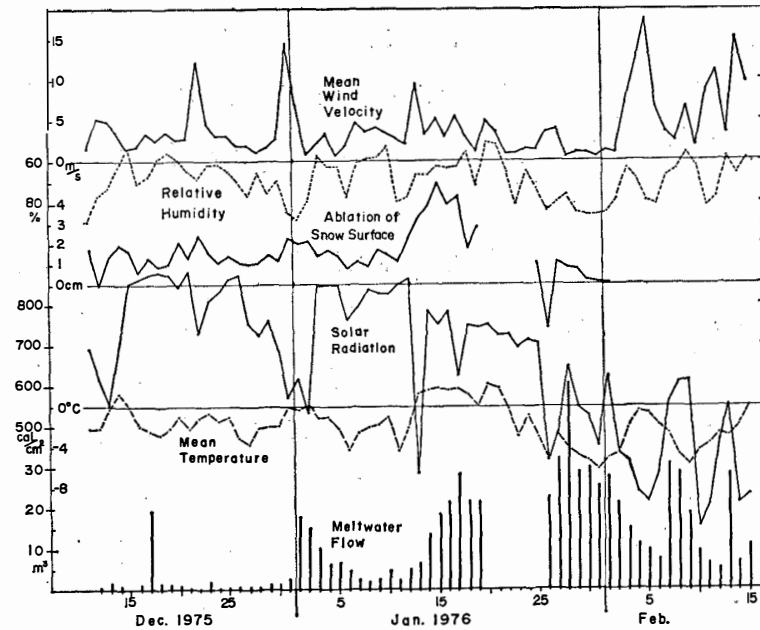


図 5 積雪の消耗と気候要素の変化

Fig. 5. Change of meltwater, surface ablation, temperature, radiation, humidity and wind velocity during study period.

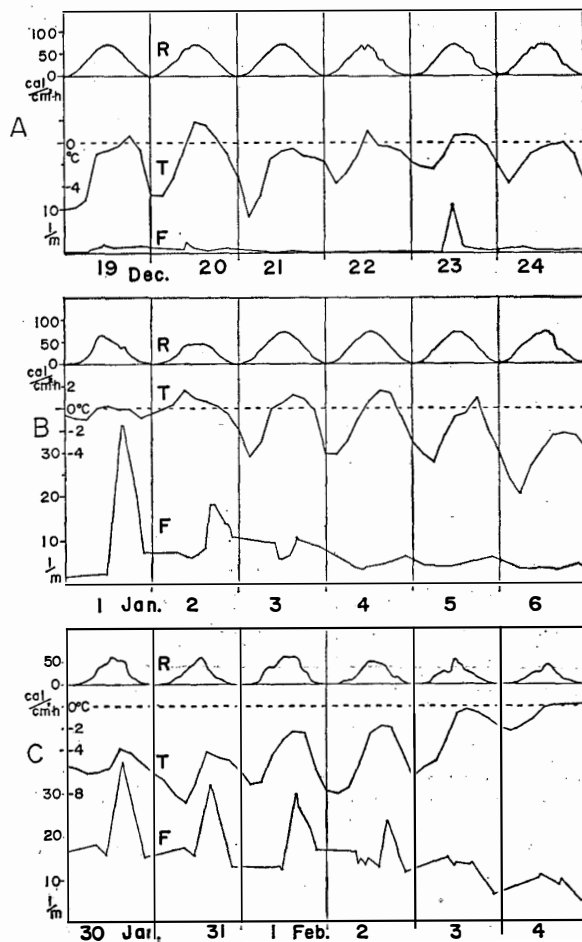


図 6 融水流量, 気温, 日射の変化

Fig. 6. Change of meltwater, temperature and radiation.

A; 19th-24th December 1975

B; 1st-6th January 1976

C; 30th January-4th February 1976

R; Solar radiation

T; Air temperature

F; Meltwater flow

同時期の深さ 5 cm の地温の最高値は、16 時 30 分頃に記録されることが多い。

午前中にみられる小規模な流量の変動は、雪渓内部の氷が融水の浸透を妨げること (Woo and SLAYMAKER, 1975), および夜間には水路の一部が凍結して、堰止めがおこるといことが原因であると考えられる。

極地以外の高山地域の雪渓において、SHARP (1951) は、消耗量の 90% は融解によると述べ、小林他 (1968) も、融雪は流水として 100% 河川に流出していると考えている。一方、CHESTER (1975) は、雪渓の消耗のうち、昇華・蒸発によるものが 50~80% で、融水となる量は少ないと報告している。南極においても、小疇 (1963) は、昭和基地付近を覆っていたかつての大陸氷は、主として昇華・蒸発によって後退していったと考え、一方、森脇 (1976) は、現在の大陸氷縁辺部において、夏季だけをみれば融水流量は昇華・蒸発量よりはるかに多いといっている。

そこで、本地域の雪渓の消耗に占める融水量の割合を算定した。その結果を表 1 にまとめる。雪の密度は、雪面下 50 cm までの積雪を 10 地点において簡易計測し、その平均値 0.44 g/cm^3 を用いてある。1975 年 12 月 12 日から 1976 年 2 月 15 日までに消失した積雪のおよそ $2/3$ が、融水流となって海へ流出したことになる。地中への水の浸透は測定していないが、地下 1 m における地温が、1 月は氷点以下であったことから、地下水として流出した量はそれほど多くないと考えられる。雪渓内部への貯留および水路上の水たまり等を考慮すれば、昇華・蒸発による消耗は 30% 以下であると思われる。

表 1 調査期間中の積雪の消耗量と融水流量

Table 1. Total amount of snow ablation and meltwater from 12th December 1975 to 15th February 1976.

	Snow ablation	Meltwater	
		Meltwater runoff	Pond B
Area	20,900 m ²	— —	3,700 m ²
Volume	11,000 m ³	685 m ³ (+150 m ³)*	2,270 m ³
Weight	4,840 ton	685 ton(+150 ton)*	2,270 ton

* Supposed meltwater flow for failing days (20th to 26th January).

5. 雪渓の消耗と気温・日射との関係

昭和基地で観測された気象資料をもとに、気温・日射と消耗量との関係を考察してみた。若浜他 (1968) は、消耗に影響を与える気温・日射・湿度・風などの諸要素のうち、日射量の

融雪効果が最大で、全体の 50% の役割を果すといい、Woo and SLAYMAKER (1975) は、気温と表面融解量は正の関係にあると報告している。本地域で、消耗が活発となった1976年1月以降について、前節の中期・後期それぞれについて、日平均気温、日射量、日流出量、日表面消耗量との間の相関を求めてみた。その結果は表2および表3に示す。表2から、表面消耗量、流水量は、1月上・中旬は、主として気温に左右されているといえる。一方、表3

表2 気温、日射量、表面融雪量、融水流量の間の相関

Table 2. Correlation coefficients among temperature, radiation, snow ablation and meltwater flow from 1st to 19th January 1976. (N=19)

	T	R	S	F
T (mean temperature)	—	-.500*	.677**	.755***
R (solar radiation)	-.500*	—	-.068	-.367
S (snow ablation)	.677**	-.068	—	.579**
F (meltwater flow)	.755***	-.367	.579**	—

$\gamma_{ST.R}=0.744***$ $\gamma_{FT.R}=0.709***$ Probability: *5%, **1%, ***0.1%

$\gamma_{SR.T}=0.424$ $\gamma_{FR.T}=0.018$

表3 気温、日射量、融水流量の間の相関

Table 3. Correlation coefficients among temperature, radiation and meltwater flow from 26th January to 15th February 1976. (N=21)

	T	R	F
T (mean temperature)	—	-.578**	-.481*
R (solar radiation)	-.578**	—	.801***
F (meltwater flow)	-.481*	.801***	—

$\gamma_{FT.R}=-0.037$ Probability: *5%, **1%, ***0.1%

$\gamma_{FR.T}=0.731***$

から、1月下旬以後、気温、日射ともに流出量に影響を与えているが、正味相関を求めると、流出量と気温との相関は有意ではなく、日射量が流出量を左右していると考えられる。

1月上・中旬は、気温がしばしば氷点以上になったのに対し、1月下旬以後、日最高気温が氷点を越えたのは3回だけであった。したがって、夏季になっても気温が氷点以上になる期間が短い極地においては、日射量が融雪におよぼす効果が、一般的には大きいと考えられる。

6. お わ り に

調査年の夏の気候は、快晴日数が多く日照時間、日射量ともに、過去5年間の最高であった。表4に示した過去10年間の夏の月平均気温からわかるように、調査年次は最も気温が低く、平均して $0.7\sim 1.0^{\circ}\text{C}$ 低い値を記録している。特に、12月、1月は、過去10年の最低の気温であり、例年になく寒冷な夏であったといえる。氷雪の消耗にも、こうした気候の年変化によって、差異が生じると考えられるので、今後、さらに長期にわたる観測の必要性があると思う。また、大陸氷の消耗との違いについても考慮しなければならない。

表 4 昭和基地における最近10年間の夏季の月平均気温

Table 4. Monthly mean temperature of summer season for these ten years at Syowa Station ($^{\circ}\text{C}$).

	November	December	January	February	Average
1966-1967	-5.9	-1.1	-0.1	-4.5	-2.9
1967-1968	-5.5	-1.2	-1.2	-3.2	-2.8
1968-1969	-6.1	-2.2	+0.4	-1.6	-2.4
1969-1970	-5.8	-0.8	+0.9	-3.6	-2.3
1970-1971	-6.0	-1.1	-0.5	-2.1	-2.4
1971-1972	-7.3	-0.7	-0.1	-2.7	-2.7
1972-1973	-6.4	-2.5	-0.8	-4.0	-3.4
1973-1974	-6.3	-2.2	-1.4	-3.1	-3.2
1974-1975	-5.7	-0.8	-0.3	-3.4	-2.5
1975-1976	-6.9	-2.5	-1.5	-3.9	-3.7
Average	-6.2	-1.5	-0.5	-3.2	-2.8

謝 辞

本研究を行うにあたり、星合孝男隊長をはじめ第16次隊の隊員、特に遠藤、黒木、中条、渡辺各隊員には、測量を手伝ってもらい、井村、山崎両隊員には、雪上車、建設器具利用の便宜をうけた。また、沖政、酒井、阪本、召田各隊員には、気象資料の整理で協力を得た。芳野赳夫隊長をはじめ第17次隊には、長期残留を心よく引きうけていただき、2月中旬まで観測することができた。ここに深く感謝申し上げます。

文 献

- CHESTER, B. B. (1975): Sublimation or melting: Observations from the White Mountains, California and Nevada, U.S.A. *J. Glaciol.*, **14**, 275-286.

- 小疇 尚 (1963): 昭和基地付近, 露岩地域の地形. 南極資料, 20, 61-74.
- 小林大二・成瀬廉二・大浦浩文 (1968): 母子里における融雪量と流出量. 低温科学, 物理篇, 26, 105-111.
- 楠 宏 (1973): 雪氷. 南極, 楠他編, 共立出版, 84-145.
- 森脇喜一 (1976): 昭和基地付近の露岩地域の地形と大陸氷縁辺部の地学的観察. 南極資料, 57, 24-55.
- SHARP, R. P. (1951): Melting versus evaporation in the Sierra Nevada, California. *J. Glaciol.*, 1, 583.
- YOSHIDA, Y. (1972): On meltwater channels in the marginal zone of the ice sheet along the Lützow-Holm Bay, Antarctica. *Geogr. Sci.*, 16, 19-24.
- 吉川虎雄・戸谷 洋 (1957): 第1次南極観測隊地理部門報告. 南極資料, 1, 1-13.
- 若浜五郎・中村 勉・遠藤八十一 (1968): 積雪内における融雪水の移動 II. 低温科学, 物理篇, 26, 53-75.
- WOO, M. K. and SLAYMAKER, H. O. (1975): Alpine streamflow response to variable snowpack thickness and extent. *Geogr. Ann., A*, 57, 201-211.

(1977年5月28日受理)