

南極東オングル島におけるセン類群落の
微気象について

松 田 達 郎*

MICROCLIMATE IN THE COMMUNITY OF MOSSES NEAR SYOWA BASE AT
EAST ONGUL ISLAND, ANTARCTICA

Tatsurō MATSUDA*

Abstract

The microclimatic condition was observed by the specially prepared selfrecording thermistor instrument in the community of mosses growing on the south-westward slope at the sandy area (about 500 m from Syowa Base) during the period from February 1961 to January 1962.

In summer the community of mosses appears on the surface of the earth (mainly from January to February) but disappears under the snow drift during autumn, winter and spring.

The temperature in the mosses community rises as high as +19°C in summer. Though

the air temperature (at Syowa Base) sometimes falls to -40°C, the temperature of mosses under the snow drift does not fall below -20°C (Fig. 6). Accordingly the mean temperature in the mosses community is higher than the air temperature (Fig. 5).

The diurnal change of mosses temperature was recognized in summer remarkably (Fig. 8) but not in winter (Figs. 10 and 11). However, even in summer the cooling rate calculated from the diurnal temperature change is only 1°C or 2°C per hour and therefore, the survival rate of microorganisms in mosses seems to be scarcely influenced by the cooling rate.

日本の南極観測隊が調査した Lützow-Holm Bay 付近の露岩地帯における植生はセン類及び地衣類を主としたものである (HORIKAWA and ANDO, 1961; 松田, 1963). 夏にできる池にはランソウなどが多くみられる (FUKUSHIMA, 1961).

この付近に生育しているセン類には次の4種類がある (HORIKAWA and ANDO, 1961). *Ceratodon purpureus*, *Bryum argenteum*, *Bryum inconnexum*, *Bryum ongulense* である. 東オングル島におけるこれらセン類の分布はこの島の主風向の影響をうけていることは松田 (1963) によって論じられた.

しかしセン類が南極の凍土地帯でいかにして生育を続けられるかということ, 又そのセ

* 国立科学博物館極地学課. Polar Section, the National Science Museum.

ン類群落に含まれている環境水中に生活している原生動物、ワムシ、クマムシ、センチュウなどがどのようにして生存を続けられるかということについて考察する上に、微気象を調査することは興味あることである。北極、アラスカの Point Barrow において、SCHOLENDER (1953) などは微気象についていくつかの資料を提供している。

南極地方においても生物の物理化学的環境がどのようにになっているのか分析する必要がある。環境測定最初の段階としてそれらの生育している温度を記録することにした。

気温及び日照時数については昭和基地における気象測定結果を使用した。気象担当の清野・三枝・鈴木・坂口の諸氏に感謝する。自記記録計の設置等について援助をいただいた村山越冬隊長・川崎・渡辺両氏ほか隊員の諸氏に感謝する。

この報告について種々懇切なる御教示と御援助をいただいた加藤陸奥雄教授（東北大学理学部生物学教室）に深く感謝する。

実験方法

昭和基地の南西方 500 m のところ (Fig. 1) にセン類の群落が生育していた。このセン類群落は *Bryum argenteum* を主とし、*Ceratodon purpureus* もあった (Figs. 2, 3)。図にもみられるように 2~3 m² 位の面積で砂地に生育している。平坦なじゅうたん状になっているのではなく、ぎっしり集まって生えている植物群の直径 10~20 cm 位の団塊が点在しているものであった。

昭和基地にサーミスター自記記録計を置き、ここからリード線をこのセン類群落まで引いた。セン類群落及びその外部環境条件を知るため次の 6 つの部位にサーミスターの感部を置き、6 点についての記録を行なった (Figs. 2, 3, 4)。

セン類群塊の表層温度 (M_1)、セン類群塊の中の温度 ($M_2 \rightarrow M_1$ より約 1 cm 下方)、砂地の表面温度 ($S_1 \rightarrow$ 植物のあるところから約 5 m 離れたところ)、植物群塊の下の地中温度 ($S_2 \rightarrow$ 深さ約 10 cm)、植物群落より約 3 cm 上の気温 (A)、氷の温度 (I \rightarrow 植物群落の近くの雪の吹きだまりの中で氷が一年中とけないところ。深さ夏で約 50 cm)。

これら 6 つの部位について自記記録を行なったが、この報告においては主にセン類の表層温度 (M_1)、地表面温度 (S_1)、地中 10 cm の温度 (S_2) について論じた。即ちセン類群落の中の温度 (M_2) は、夏の季節にその温度が M_1 より少し遅れを示す程度で一年を通じてほとんど M_1 と変わらないため、ここでは M_1 についてだけ示した。

地上 3 cm の気温 (A) は夏の 2 か月以外は雪におおわれてしまい、空気温を示さなかつ

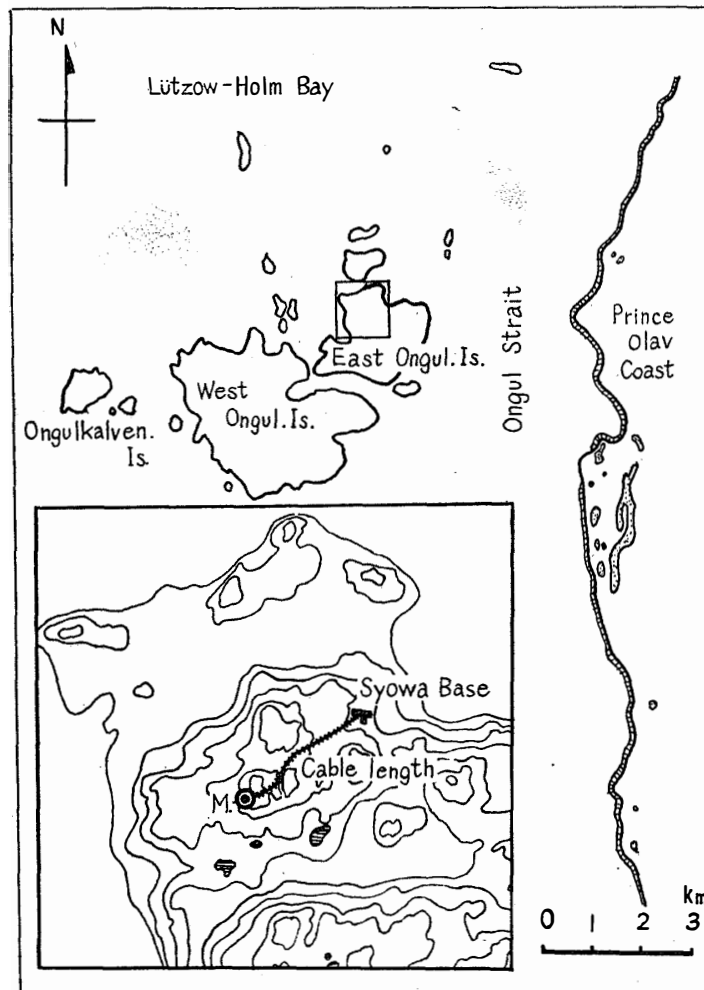


Fig. 1. Map of the Ongul Islands and places (M) at which the microclimatic conditions were measured.

た。氷温 (I) は他の温度変化に対する目安として一応の記録を行なったのでこの報告の結果には直接用いていないが、温度の検定や対照としては使用している。

観測は1961年2月23日から始め、1962年1月13日まで行なった。従って真夏(1月中旬から2月中旬まで)の観測の資料はない。1961年6月ブリザードの際自記記録計のケーブルを切断され記録を中断された。この事故の際24時間欠測の他は順調に記録された。

自記紙は2月巻きとしたため短期間の調査旅行中はそのまま放置しておいたが、著者が1961年3月末から4月末にかけての南極大陸旅行に出かけたあとは清野隊員に管理してい



Fig. 2. Showing the mosses community and thermistor instrument (on 22nd Feb. 1961).



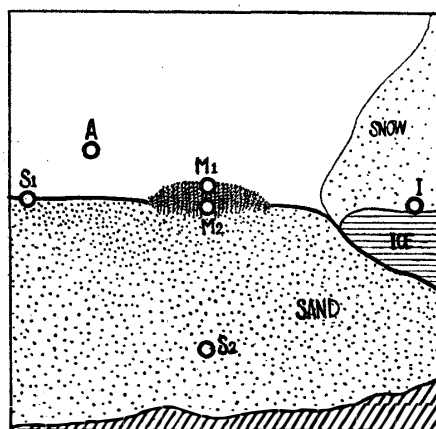
Fig. 3. General view of the observation field (on 18th Mar. 1961).

ただいた。ここに厚く感謝の意を表する。

自記紙からの読みとりは昭和基地における気象観測などともあわせ考え、毎日3時、9時、15時、21時の4回行なった。主としてこの1日4回読みとりの値について考察をすすめていく。これと平行して、気温・日照時数については同一時刻の昭和基地における気象班の測定値を引用した。なお1月と2月の観測はそれぞれ12日間、5日間しかないので気温や日照時数についてもこれにあわせて集計した。

Fig. 4. Diagram of observation field.

- A: Air temperature (height: 3 cm).
 I: Temperature in the snow drift.
 M_1 : Temperature on the surface of the mosses community.
 M_2 : Temperature in the cushion of the mosses community (depth: 1 cm).
 S_1 : Temperature on the soil surface.
 S_2 : Soil temperature under the mosses community (depth: 10 cm).



年によっても違いがあろうが、測定地点は3月末頃から12月まで完全に雪の下に埋もれたままで、1月から3月の終り頃までが露出する期間のように思われる。従って一年内の大部分は雪の下に埋もれていることになる。

結果及び考察

(1) 温度の一年間の変化

自記紙から1日4回(3時, 9時, 15時, 21時)の読みとりを行ない, その数値の月平均をとり Fig. 5 に示した. この図の中の気温と日照時数は昭和基地の気象観測値から計算した. 村越の報告(1958)にもあるように, 月の平均気温は一年を通じて 0°C 以下である.

ところがセン類の表層温度の平均値は1月には 0°C 以上になっている. 特に地表面(砂地)の温度はそれよりも高温を示している. 地中温度(10 cmのところ)の平均は 0°C 以下だった. しかし最も寒い冬の時期(7~8月)には地表面温度と気温が低くなっており, セン類群落及び地中温度はそれよりも $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ も高くなっている.

これは植物の生育しているところがドリフト(雪の吹きだまり)をかぶり(松田, 1963), 50 cm以上の雪の下にあるために外気よりもさほど冷却しないのであろう.

もしドリフトをかぶらなければ外気とほとんど同じように冷却されるのではないだろうか. このことの一例として, 大陸露岩の1つである Langhovde において1961年5月12

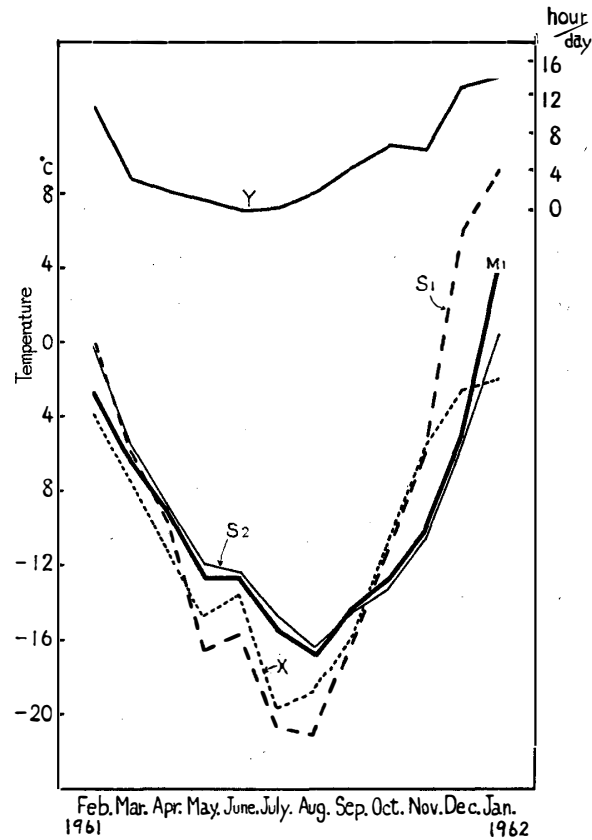


Fig. 5. Seasonal change in the mean temperature in the mosses community (M_1), and at the soil surface (S_1), the soil (S_2), and the air (X : at Syowa Base), and in duration of sunshine (Y : at Syowa Base).

日測定したところ、丁度気温が -29°C でそこには裸出したままのセン類の大群落があったが、それら植物体の温度も -29°C を示した。夏には山の上から流れてくる水を得て湿っているのであろうが、冬には裸出したまま乾燥してしまっていた。低温乾燥の状態を保たれていることがわかった。

東オングル島におけるセン類は多かれ少なかれ冬中雪におおわれてしまうので、外の気温ほどには冷却しないと思われる。しかも雪の下にあるため水分を十分に含み、かちかちに凍結したままの状態を冬を過ごすことになる。この植物よりはわずかに 10 cm ほど下にある地中温度はその変化は最も少なく、冬は高温に、夏は低くなっている。一方地表温度はその変化が最も著しい。地表面温度は、できるだけ雪をかぶらないところと思って植物の生育しているところから約 5 m 程はなれた砂地を選んで設置したのであるが、やはり4月から11月までは薄く雪に埋もれてしまった。それにしてもどの場所より夏には高温に、冬

には低温になっている。

これらの一年中の温度変化をみるためには昭和基地における太陽の存在を忘れてはならない。その1つとして日照時数の1日平均を Fig. 5 に示してある。6月には太陽が全く顔を出さないので日照はなく、12月は1日中太陽が出ているので日照時間も長い。11月に日照時間が短くなっているのはかなり長い間悪天候が続いた故であろう。全般的の傾向として日照時数と上記の平均温度の曲線が平行しているのは当然のことであろう。

これら測定値の平均値だけからは実際の温度変化の範囲を知ることはむづかしいので、1日4回の読みとり値の中で1月内における最高・最低値をとってその幅の一年を通じての動きを検討してみた。Fig. 6 はセン類群落の温度 (M_1) と気温 (昭和基地) の変化を示し、Fig. 7 は地中 10 cm の温度 (S_2) と地表面温度 (S_1) を示している。気温と地表面温度は1月の内における最高と最低の間に非常に大きな差があるし、セン類の温度、地中温度の変動はそんなに大きくはない。

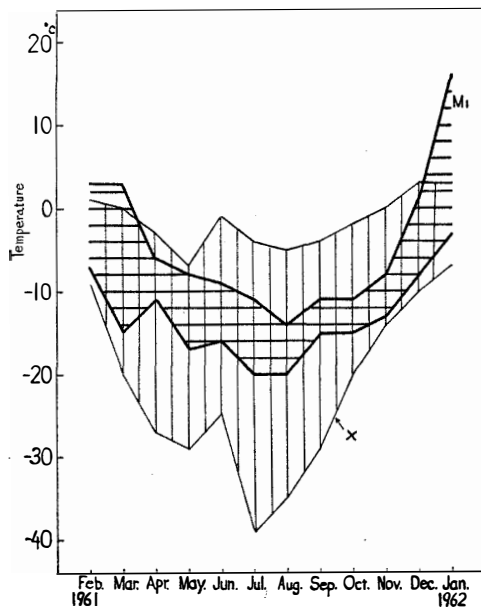


Fig. 6. Seasonal change in the range between maximum and minimum temperature at mosses community (M_1) and of air (X).

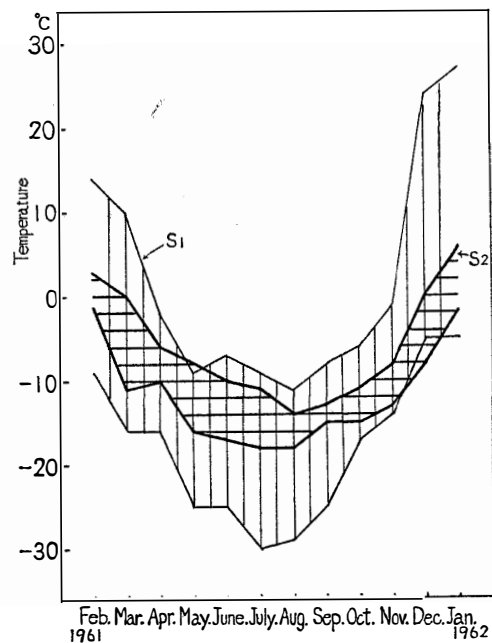


Fig. 7. Seasonal change in the range between maximum and minimum temperature at soil surface (S_1) and soil (S_2).

気温は冬には -40°C にもなるがセン類の温度は -20°C 以下にはならない。一方夏になると気温が $+3^{\circ}\text{C}$ までしか上昇しないのにセン類の温度は $+16^{\circ}\text{C}$ 以上になることはしばしばある。瞬間的には $+19^{\circ}\text{C}$ を示したこともあった (Fig. 14)。10月, 11月, すなわち南極の春から夏にかけて温度の上昇する頃にセン類の温度よりも気温の暖かくなり方が先行するが, それ以外は平均値としてセン類温度の方が暖かくなっている。このことは植物の生育ということにとって注目すべきことであろう。

セン類の温度だけでなく池の中の水温も気温より暖かくなっている。FUKUSHIMA (1961) の測定によると, 東オングル島の小さな池の温度は $+10^{\circ}\text{C}$ にもなっている。気温がせいぜい $+3^{\circ}\text{C}$ にしか上がることがない割にはこのように生物の生育の場としての環境温度が高温に保たれていることに注目しなければならない。

次に地中温度 (S_2) が割合に安定していることは当然のことであるが, 地表面温度が夏に最高 $+30^{\circ}\text{C}$ 近くを示していることは興味あることである。瞬間的には $+34^{\circ}\text{C}$ (1962年1月4日) を示したこともあった。このような高温が南極の凍土地帯の砂地にあることは細菌などの生育について考えるときに重要なことであろうと思う。しかし地表面温度は冬には薄く雪をかぶってはいるが -30°C になっている。雪をかぶらなければもっと冷却されるのではないだろうか。

(2) 温度の日変化

一年中の平均的な温度変化というものは重要なものであるが, 生物の環境として, 1日の内における変動ということはもっと重要なことであろう。

自記録をそのまま Figs. 8, 9, 10, 11, 12, 13 に示した。これは1月, 3月, 5月, 7月, 9月, 11月のよく晴れた日を選んで典型的な日変化を示そうとした。1月10日には未だ太陽は沈まないといってもやはり夜にはその高度は低く南の地平線すれすれである。従って夜は気温も低下する。昼間 $+30^{\circ}\text{C}$ 近かった地表面温, $+15^{\circ}\text{C}$ もあった植物温も夜には -3°C , 及び 0°C に降下する。このころは氷温 (I) を測定したところ以外は全部露出しているので, 日周変化は最もよく出ている。

植物の中の温度 (M_2) は植物の表層温度 (M_1) より暖かくなり方が遅れるし, 冷却するのも遅れる。しかし夜は 0°C 位でその温度はほとんど変らない。ここにおける気温 (A) は昭和基地の観測値 (地上約 1.5 m) よりはやや高いが, $M_{1,2}$ や S_1 のようには高くない。

氷温はドリフトの中にサーミスター感部をさしこんであるが常に 0°C を示している。感部のある部分の雪はザラメ雪の状態であった。地中 10 cm の温度 (S_2) は変動は少ない。

Figs. 8, 9, 10, 11, 12 and 13. Self-recording diurnal change in temperature (A, I, M₁, M₂, S₁, S₂). Letterings as in Fig 4.

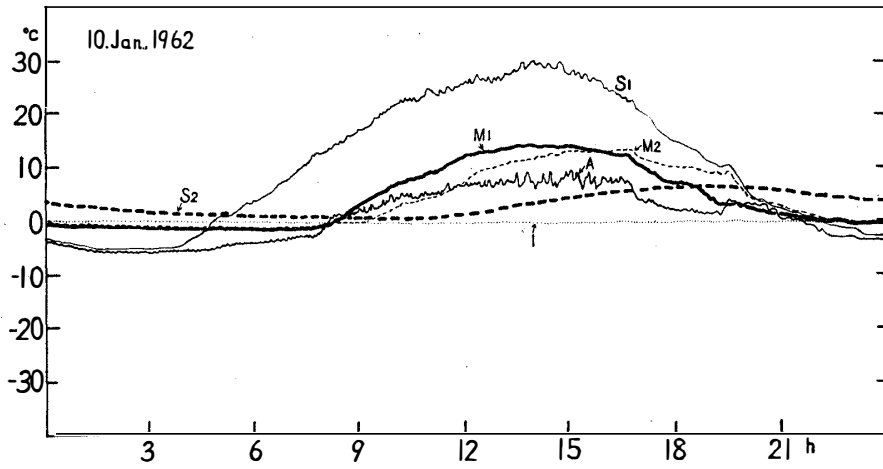


Fig. 8

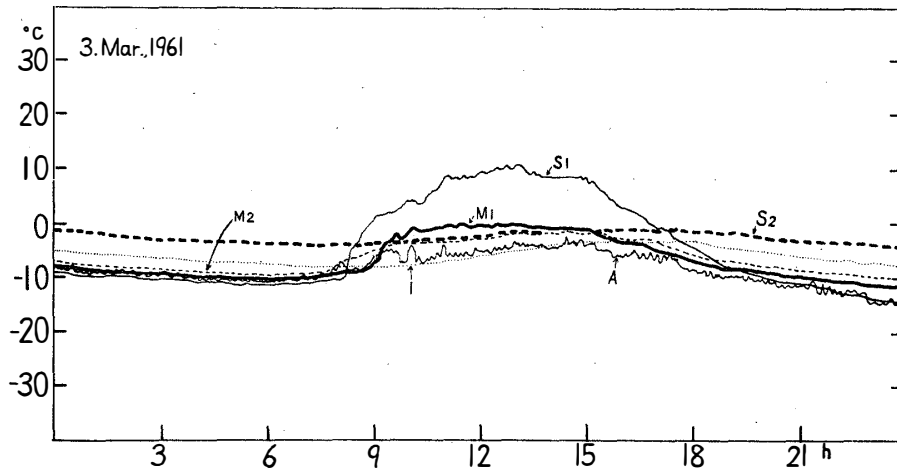


Fig. 9

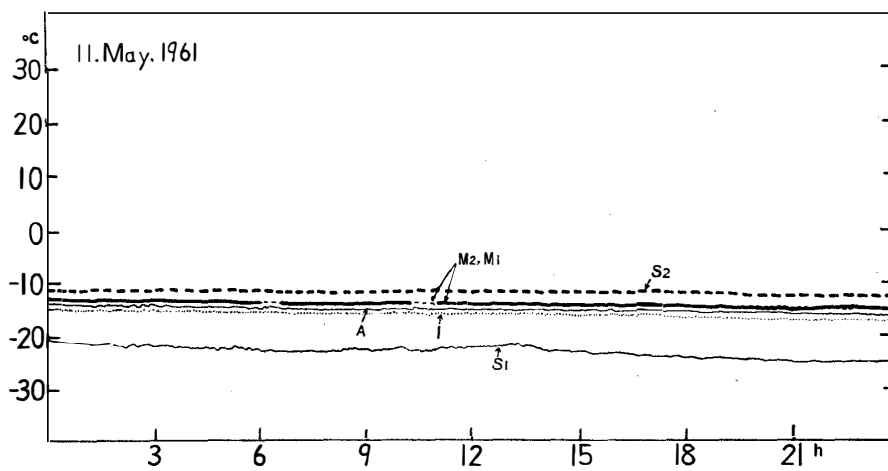


Fig. 10

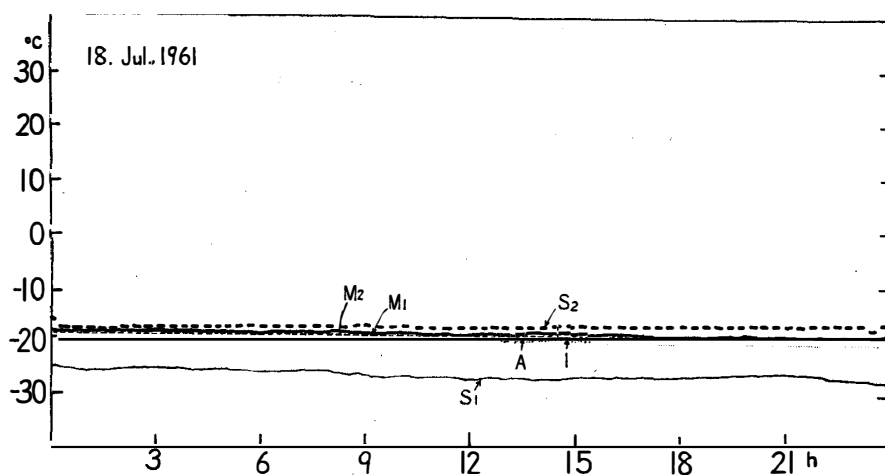


Fig. 11

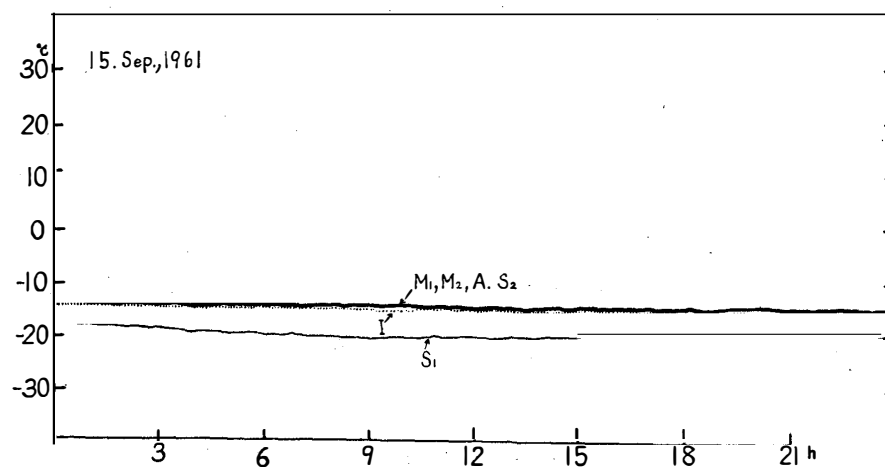


Fig. 12

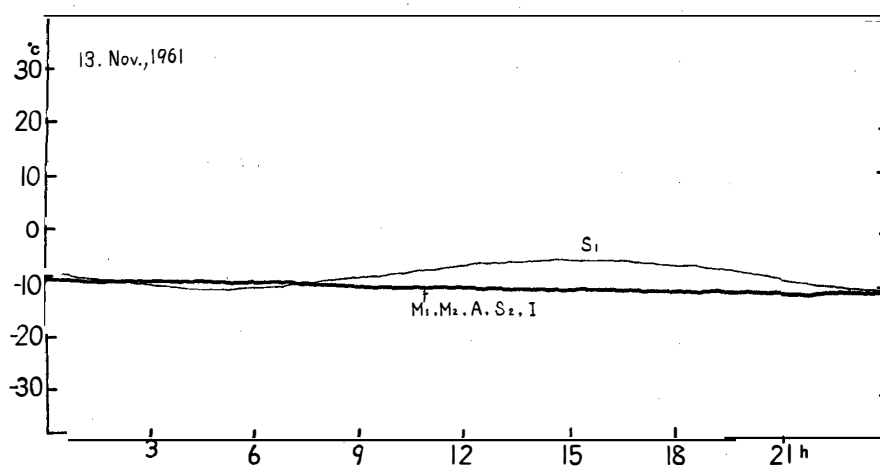


Fig. 13

3月になると (Fig. 9), 日照時間も短くなり, 植物の温度も 0°C が最高ではあるが朝方 -10°C 位から上昇を始めているので, 10°C 位の変動のあることがわかる. 0°C 以上を示しているのは地表面温度だけである.

5月, 7月, 9月はほとんど全部の測定点が雪に埋もれてしまい, 日変動もみられなくなっている. 地表面温度 (S_1) が低いのはおおわれている雪の層がうすいために熱の放散が行なわれているためだろう.

7~8月は気温が最も低くなる時期であるが, その頃でもセン類の温度は -20°C 以上で日変化は認められない. 厚いドリフト (といっても約 50 cm) に埋もれているため日変化が消されてしまうのだろう. 又放熱も妨げられて温度の降下も少なくてすむと思われる.

11月になると地表面のところの雪の量が少なくなり, 地表面温度だけが日変化を示すようになる. 実際に地表面 (S_1) のところの雪がすっかりなくなったのは11月30日からであった. 地表面温度 (S_1) のところは, 12月, 1月, 2月, 3月と裸出していた. 一方植物の生育しているところは1月と2月だけが露出している期間と考えてよい. 従って植物の温度の日周変化のあるのは夏の2か月の期間だけと考えてよいのではなかろうか.

セン類の表層温度 (M_1) の自記記録から 0°C 以上を示している日を調査し, 0°C 以上の温度が持続した時間とその日の最高温度をとって Fig. 14 に示した. 0°C 以上の持続する時間はこの資料からは1日の内では連続しており, ときどき 0°C 以上になるという例はなかった.

Fig. 14 によると 0°C 以上の温度が20時間も続いている日もある. 又最高温度が 19°C になることもあった. セン類は乾燥しているのではなく適当に水分を含んでいる状態である. この図に示されるように 0°C 以上の高温な時間の続く時間とその日の最高温度との間には相関関係があるように思われる. 従って 0°C 以上の時間の長い日ほど高温で, 植物の生育に都合よくなって来るだろう.

次に1日の内で最高の温度になるのはだいたい昼前後とみなされるが, このような高温になるまでの時間, もしくは高温から冷却されて夜に低温になるまでの時間とその温度差から, 温度の上昇率, 下降率をとってみよう. 1時間にせいぜい $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 位の変化率であり, 1時間に 3°C も変化することはほとんどない. しかもこの頃の最低温はせいぜい -10°C 位のものである. Aoki (1961) の南極のワムンについての実験で最もゆっくりと冷却する場合よりも遅い冷却率であるから, セン類群落の中にすんでいる小動物にとってはこの日周変化によって生存を妨げられるようなことはないであろう.

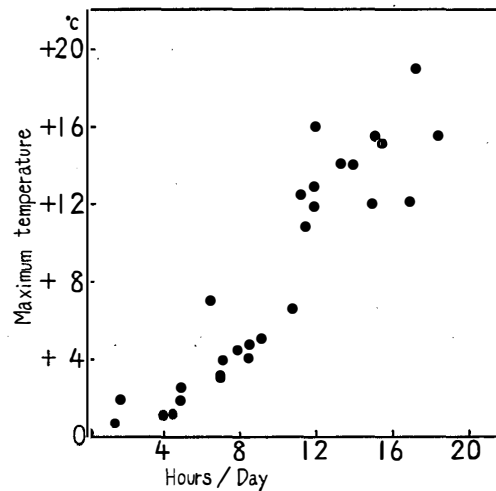


Fig. 14. Relations between the maximum temperature and the duration of hours during which the temperature does not fall below zero in a day.

結 論

昭和基地南西方 500 m の斜面砂地に生育しているセン類群落の微気象をサーミスター自己記録計を用いて測定した。セン類群落は夏は裸出しているが秋から冬・春にはすっかり雪に埋もれてしまう。

従ってセン類の温度は夏は最高 $+19^{\circ}\text{C}$ になることもあるが、冬には雪の下にあって、外の気温が -40°C に降ってもセン類の温度は -20°C 以下には降下しなかった。すなわちセン類の生育条件は外の気温よりもずっと高温でありよい条件であることがわかった。

冬の間はセン類温度の日周変化は認められないが、夏には著しい日周変化がみられる。夏には 0°C 以上になっている時間も多く、1 月には 20 時間近くも 0°C 以上を保っている日がある。その日周変化をみると、昼間 $+15^{\circ}\text{C}$ 以上の温度から夜には $-5\sim-10^{\circ}\text{C}$ 位まで下降する。水は液体の状態から氷の状態へ変化する。このときの温度の変化率をみると、1 時間にせいぜい $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ 位の変化であり、生物の生存にとっては致命的影響はないだろうということがわかった。

セン類群落が生育している条件及びそこにすむ微小な生物群の生活している条件について、温度という要素ととりあげて一年を通じての資料から論じてみた。

文 献

- Aoki, K. and Konno, H. (1961): Frost-resistance of the rotifer in Antarctic region. *Bull. Marine Biol. Stat. Asamushi*, **10**, 247-250.
- Fukushima, H. (1961): Algal vegetation in the Ongul Islands, Antarctica. *Antarctic Record*, No. **11**, 869-871.
- Horikawa, Y. and Ando, H. (1961): Mosses of the Ongul Islands collected during the 1957-1960 Japanese Antarctic Research Expedition. *Hikobia*, **2**, 160-178.
- 松田達郎 (1963): 南極東オングル島のセン類分布について. ヒコビア (印刷中).
- 村越 望 (1958): 第一次越冬隊気象部門報告. 南極資料, No. **4**, 1-22.
- Scholander P. F., Flagg, W., Hock, R. J. and Irving, L. (1943): Studies on the physiology of frozen plants and animals in the Arctic. *Jour. Cellular Comparative Physiology*, **42**, 1-56.

(1963年8月8日受理)