

## 第9次南極地域観測隊越冬隊員に関する医学的研究

### I. 生理学的研究

大久保 嘉 明\*

#### MEDICAL INVESTIGATION ON THE WINTERING MEMBERS OF THE 9TH JAPANESE ANTARCTIC RESEARCH EXPEDITION

##### I. PHYSIOLOGICAL ASPECTS

Yoshiaki OKUBO\*

##### *Abstract*

Physiological reactions to the cold of 29 wintering members of the 9th Japanese Antarctic Research Expedition (1968–1969) were studied at Syowa Station, Antarctica, and during the South Pole Traverse. The members were divided into two groups; the traverse members whose main project was the South Pole Traverse, and the base members who were engaged in observation activities at the station. Mean outside temperature was  $-10^{\circ}\text{C}$  ( $+9.5^{\circ}\text{C}$  to  $-32.4^{\circ}\text{C}$ ), mean wind velocity was 6.4 m/s and mean humidity was 62% at Syowa Station during the wintering.

1. Lying and sitting occupied approximately 60% of the time of a day. About 30% of the time by the traverse members at the station, and 12–13% of the time by the base members and by the traverse members during the traverse, were spent in various outdoor activities.

2. As to the average 24-hour energy expenditure, a large amount of energy was expended in such activities as sleeping, observa-

tion and light work at the station, and in sitting and driving during the traverse.

3. Energy balance was positive at the station and negative during the traverse.

4. Basal metabolism showed seasonal variation. It increased when the outside temperature lowered, and decreased as the outside temperature rose. This is considered to be the result of acclimatization to the cold.

5. Body weight tended to increase at the station, and this is considered to be caused by the positive energy balance. A significant positive correlation was found between the skinfold thickness of the abdomen and the body weight.

6. Arterial blood pressure tended to fall in winter and to rise during the traverse.

7. After the autumn traverse concentration of blood was recognized. During the South Pole Traverse with the well-equipped snow vehicles, concentration of blood was hardly observed, but erythrocytosis due to the high altitude and unexplained leukopenia were noticed. Relative increase of lymphocyte in

---

\* 東京医科歯科大学第一内科. First Department of Internal Medicine, Tokyo Medical and Dental University, Yushima, Bunkyo-ku, Tokyo.

percentage of differential leukocyte count was also recorded during the South Pole Taverse.

8. The vital capacity of lung tended to decrease due to physical fatigue.

## 1. 緒 言

北極圏や南極圏は、人の寒冷馴化を研究するには、最適の実験室であり、極地にある各国の基地や氷上旅行中での研究成果が、数多く報告されている。日本人の寒冷馴化についても、毎年昭和基地にて越冬した医療担当隊員により、研究が続けられてきた。第9次隊に参加した筆者は、生理学的、血清学的およびウィルス学的方面より研究を行なったが、本稿では、第1報として、まず生理学的立場より、行動様式、消費および摂取エネルギー、基礎代謝、体重、皮下脂肪、血圧、血液および肺活量について検討を加えた。

第9次隊での基地生活は、第1次越冬隊の決死的越冬と異なり、越冬人員も多く、また恒久基地として、観測機器の拡充と同時に隊員の生活条件の改善、娯楽施設の増強等で精神的にも肉体的にも無理の少ない段階になってきていて、日本の研究室の延長と言っても過言ではないだろう。

昭和基地は、南極大陸から約 5km 離れたオングル島にある関係上、大陸からの下降気流からもまぬがれ、我々が越冬した1年間の気温(図1)も最高 +9.5°C, 最低 -32.4°C, 年

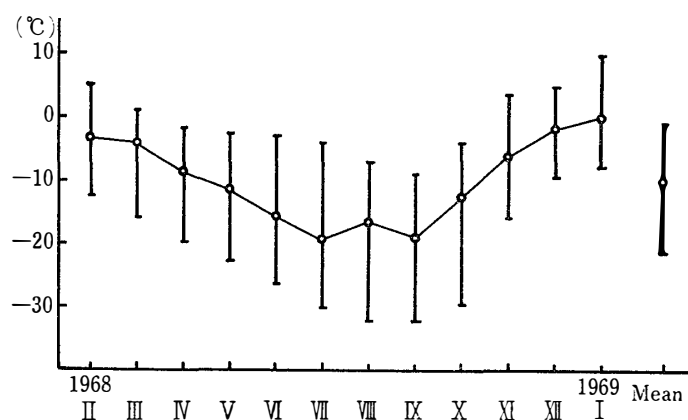


図1 昭和基地における気温

Fig. 1. Outside temperature at Syowa Station.

平均 -10°C で、想像を絶する程の寒さではなかった。平均風速は 6.4m/s, 平均湿度は62%であった。従って、内陸部にある Plateau, Vostok, Amundsen-Scott などの各基地のような極寒基地程の生理学的変動は期待できないが、昭和基地なりの変化はつかみ得たと思う。

第9次隊は、「昭和基地から南極点に至る内陸調査旅行」すなわち「極点旅行」をその一大目的としていた。従って、極点旅行を主目的とした「旅行隊員」と、基地での観測に専念する「基地隊員」の二つのグループに大別できる。それぞれのグループは、後記の行動調査の結果でも分かるように、基地での生活様式にもかなりの相違がみられ、各種検査の時期的ずれもあるので、それぞれのグループ別にデータをまとめた。旅行隊員は、寒冷馴化、観測テスト、作業訓練および燃料デポを目的として、1968年4月から同5月へかけて3週間、71°Sまでの秋旅行に参加した。また、極点旅行は、同年9月末から翌年2月中旬までの141日間で、米国の Plateau 基地 (79°14'S, 40°30'E) 経由、南極点の Amundsen-Scott 基地まで、往復 5,182km の大旅行であった。旅行隊員が経験した気温は図2に示されたように、最低 -52°C を記録した。

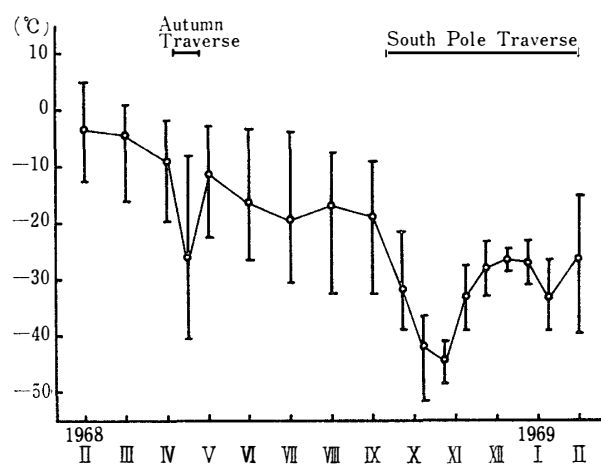


図2 旅行隊員が経験した気温

Fig. 2. Outside temperature experienced by the members of traverse group.

## 2. 検 査 方 法

検査対象は1968年2月より1969年1月まで昭和基地で越冬した、第9次越冬隊の基地隊員18名、旅行隊員11名、計29名で、年齢は基地隊員が25～43才(平均33才)、旅行隊員は27～50才(平均37才)であった。

### 2.1. 行 動 様 式

表1のごとく、基地グループについては、夏期(10月～4月)16日間、冬期(5月～9月)5日間、旅行グループについては、基地での夏期5日間、冬期8日間、極点旅行中18日間(往路7日間、復路11日間)、計52日間の観察を行なった。基地での34日間は、筆者が各人

表 1 行動調査を行なった人員と日数

Table 1. Subjects and period of observation for time study.

	At Syowa Station		During South Pole Traverse
	Summer	Winter	
Traverse group	5	8	18
Base group	16	5	—
Total 52 days	21	13	18

Note Summer: Oct. -Apr.; Winter: May-Sept.

を24時間追跡し, sleeping, lying, sitting, standing, walking, desk work, eating, shovelling などの動作を1分単位で記録し, 旅行中は同じ項目につき, 各自記録用紙に記入してもらって集計した. 第8次越冬隊員の広瀬(1969)の値と比較するために, 彼と同じように次の11の項目に分類することも試みた.

- |                          |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| 1. Lying                 | 7. Heavy work indoors      |
| 2. Sitting               | 8. Walking outdoors        |
| 3. Standing              | 9. Light work outdoors     |
| 4. Walking indoors       | 10. Moderate work outdoors |
| 5. Light work indoors    | 11. Heavy work outdoors    |
| 6. Moderate work indoors |                            |

## 2.2. 消費および摂取エネルギー

消費エネルギーは, 2.1. 行動様式で求めた各動作の *RMR* (relative metabolic rate) と, その動作での消費時間および *BMR* (basal metabolic rate) より算出した. *BMR* は基地で実測した値の平均値を採用した. すなわち, 基地グループ 1.0kcal/min (*BMR* 被験隊員の平均身長 167.3cm, 平均体表面積 1.72m<sup>2</sup>), 旅行グループ 1.1kcal/min (同平均身長 170.0cm, 平均体表面積 1.85m<sup>2</sup>) であった. *RMR* は沼尻(1964)に従った.

1日の消費カロリーを下記の式で計算した.

$$A = BMR \times t_1 + BMR \times \sum (1.25 + RMR) t_2$$

但し,

*A*: 1日の消費エネルギー(kcal)

*BMR*: 被験者の基礎代謝率(kcal/min)



*RMR*: 各動作のエネルギー代謝率

$t_1$ : 臥位での消費時間 (min)

$t_2$ : 各動作での消費時間 (min)

また *RMR* は下記の通り

Lying 0.0, Sitting 0.3, Standing 0.5, Walking 2.0, Light work 1.0,

Moderate work 3.0, Hard work 5.0

摂取エネルギーは、行動様式を記録する際に、摂取した食物の種類と量を観察し、日本栄養士会（1958）の食品標準成分表により算出した。

### 2.3. 基 礎 代 謝 量

基地隊員から5名を選出し、毎月2回、早朝空腹時に呼気ガスを採取し、基礎代謝量を測定した。型の如く1名につき Douglas bag 3個を用意し、1個につき約5分間ずつ呼気ガスを採取、呼気ガス温が室温におちつくのを待ってよく混和し、品川製作所製の湿式ガスマーターでガス量を測定すると同時に、約50mlのガスサンプルを採った。サンプル採取には水銀を満たした50ml注射筒を用い、労研式ガス分析器と、日立 K23 型 gas chromatograph の両方でガス分析を行なった。

### 2.4. 体 重

毎月1回入浴時に下着1枚または裸体で計量した。体重計はバネ式を用いたので、計量前に天秤式計量器で検定を行なった。極点旅行中は、11月 Plateau 基地、12月極点基地、および1969年1月帰路 Plateau 基地にて計3回計量を行なった。

### 2.5. 皮 下 脂 肪 厚

毎月1回、栄養研式 skinfold calipers を用いて計測した。旅行中の旅行隊員については、11月往路 Plateau 基地で1回計測した。

Skinfold calipers は、国際規格に準じた圧力(10g/mm<sup>2</sup>)で、測定部位の断面積は20mm<sup>2</sup>、誤差は0.05%以下におさえてある。

測定部位(図3)は

- a. 右肩甲骨下端より約1cm下部,
- b. 右上腕外側,
- c. 臍の右側約5cmの部位

の3カ所で、cobalt greenpolc 0.1ml を皮内注射して目印とした。同部位を連続3回計測して

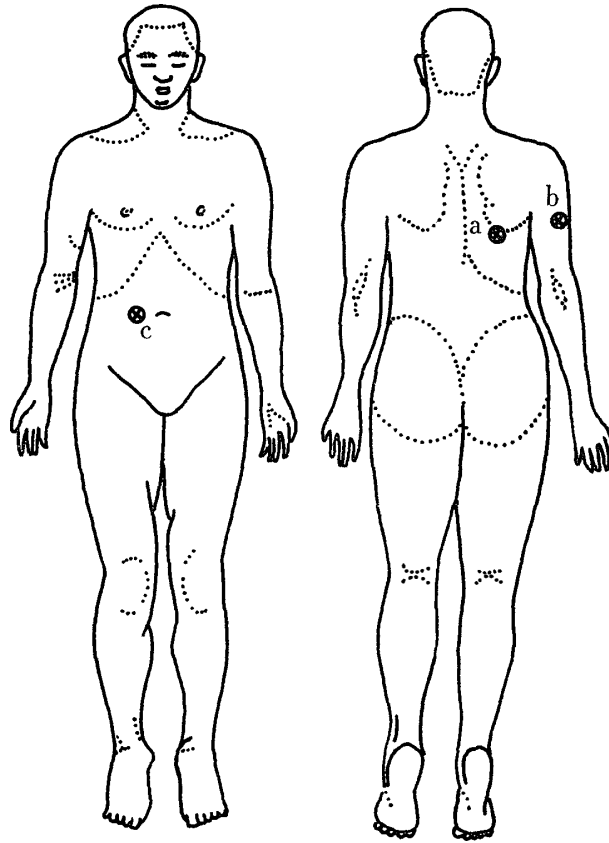


図3 皮下脂肪測定箇所. 0.1mlのコバルトグリーンボールを皮内注射して測定の見印とした.

a. 肩甲骨下端より約1cm下部, b. 上腕外測, c. 臍の右約5cmの位置.

Fig. 3. Skinfold sites. Cobalt green pole (0.1 ml) was injected intradermally as a marker. a: Approximately 1cm below the inferior margin of right scapula. b: Outer side of right brachium. c: Approximately 5cm on the right side of the navel.

その平均値をその月の測定値とした.

## 2.6. 動 脈 血 圧

基地では毎月, 旅行中の旅行隊員については往復(11月, 1月)の Plateau 基地にて安静時に Riva-Rocci 水銀血圧計を使って, 上肢の血圧を測定した.

## 2.7. 血 液

旅行隊員について, 秋旅行および極点旅行前後に, 赤血球数, 白血球数, ヘマトクリット値, 血色素量および白血球分画について検査した. 極点旅行中は, 検査器具の都合上, 往路の Plateau 基地と極点基地にて, 白血球分画用末梢血塗抹標本だけを作製し, 昭和基地にて鏡検した. 塗抹標本の染色は May-Grunwald 染色液と, Giemsa 染色液を用い, ヘマトクリ

ットは electronic microhematocrit (YSI Model 30, Yellow Spring Instrument, Co.) で測定し血色素量は Sahli 法で検査した.

## 2.8. 肺 活 量

湿式回転式の KYS 肺活量計を用い, 毎月 1 回食前に計測. 各自連続 3 回の計測で, 最高値をその月の肺活量値とした.

## 3. 結 果

### 3.1. 行 動 様 式

HIROSE (1969) と同じく, 11 の基本労作に分けて表にしたのが表 2 で, lying および sitting

表 2 季節別各種動作消費時間の割合

Table 2. Seasonal values of time spent in various activities (in %).

Activities	Base group		Traverse group		Mean at the station	South Pole Traverse
	Summer	Winter	Summer	Winter		
1. Lying	31.5	32.6	32.8	33.3	32.6	26.2
2. Sitting	29.1	32.6	26.4	25.4	28.4	35.7
3. Standing	4.7	6.6	5.2	3.6	5.0	0.1
4. Walking indoors	2.3	3.2	1.9	1.3	2.1	0.0
5. Light work indoors	19.5	12.4	3.2	6.9	10.5	13.2
6. Moderate work indoors	0.5	0.3	0.0	0.8	0.4	11.5
7. Hard work indoors	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8. Walking outdoors	2.6	2.0	8.6	5.7	4.7	1.8
9. Light work outdoors	5.1	9.0	16.0	14.7	11.3	8.3
10. Moderate work outdoors	4.7	1.3	5.8	8.3	5.0	2.2
11. Hard work outdoors	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.0
Time spent indoors	87.6	87.7	69.5	71.3	79.0	86.7
Time spent outdoors	12.4	12.3	30.5	28.7	21.0	13.3

Note Summer : Oct.-Apr.; Winter : May-Sept.

を合計した消費時間は, 1 日のうち約60%を占めている. その次に多いのは, 旅行グループでは屋外軽作業, 基地グループの極点旅行中の旅行隊員では屋内軽作業で, 10%以上の時間を費やしている. また, これを屋内生活と屋外生活に分けると, 旅行グループは昭和基地で約30%を屋外で生活しているのに対し, 基地グループと旅行中の旅行隊員は85%以上を屋内(ただし, 旅行中は車内を屋内とした)で過していることが分かる. HIROSE (1969) の報告でもほぼ同じような結果が出ている.

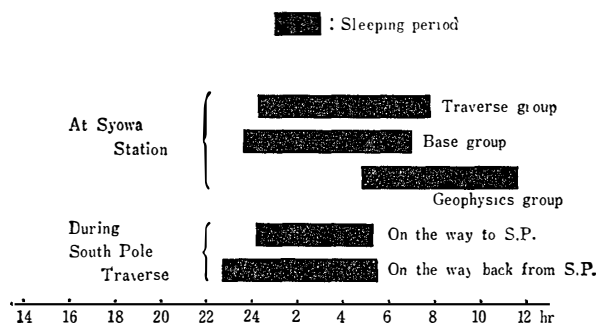


図4 各グループ別就寝時間

Fig. 4. Sleeping period of the respective groups.

睡眠時間をみると(図4), オーロラ, 地磁気, 電波科学などの地球物理部門の観測者が朝5時頃就寝し, 11時半頃起床するという, 普通の人と半日ずれた sleeping cycle で生活しているのに反し, 基地での他の観測者(00Z, すなわち昭和基地時間午前3時の定時気象観測と他基地への気象連絡のため, 当番に当たった気象と通信担当隊員の例外はあるが)は, 午前0時前後に就寝, 7時過ぎ起床というオーソドックスな生活をしている。しかし, 極点旅行中はかなり厳しく, 往路約5時間, 帰路は少し余裕が出て約7時間の睡眠時間で, 往路の苦勞がしのばれる。

### 3.2. 消費および摂取エネルギー

消費エネルギーを動作別にみると, 基地グループの夏は(図5), observation (469 kcal), sleeping (438kcal) および light work (414kcal)が上位を占め, 冬期も(図6) observation (593 kcal), sleeping (426kcal) および sitting (360kcal) が上位で, observation と sleeping に消費するエネルギーが大であることが分かる。旅行グループの場合は, 基地においては(図7),

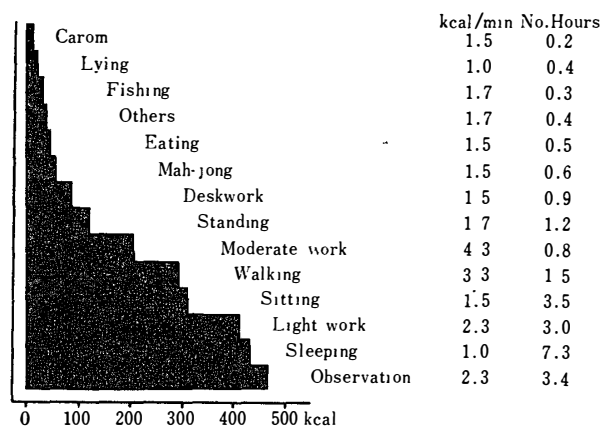


図5 夏期の日消費エネルギー(基地グループ)

Fig. 5. Energy expenditure per day during the summer (base group).

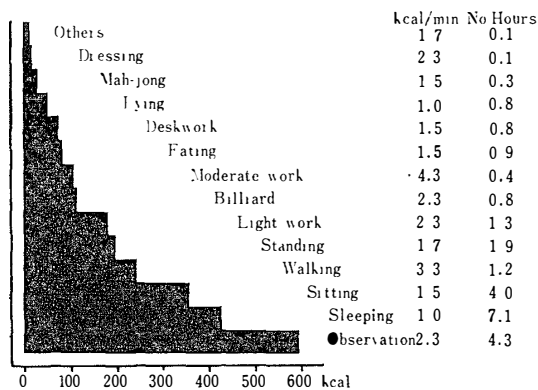


図 6 冬期の一日消費エネルギー（基地グループ）

Fig. 6. Energy expenditure per day during the winter (base group).

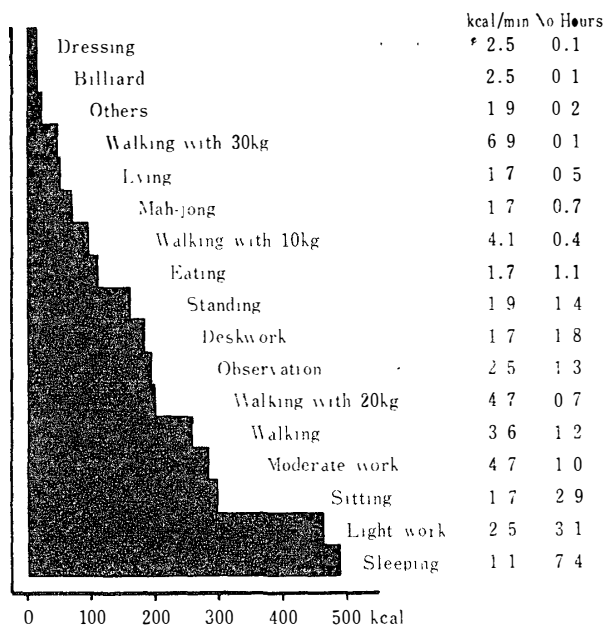


図 7 昭和基地滞在中の一日消費エネルギー（旅行グループ）

Fig. 7. Energy expenditure per day at Syowa Station (travel group).

sleeping と light work が大きな値を占め、それぞれ 488kcal と 465kcal であった。また旅行中は(図8), sitting (857kcal), driving (733kcal) および sleeping (463kcal) が主な消費源であった。

1 日当りのエネルギー出納をみると(表 3) 基地グループは、夏期 2,555kcal の消費に対し、2,778kcal 摂取、冬期は 2,455kcal 消費、2,738kcal 摂取で、それぞれ 200kcal, 300kcal の摂取過剰(正出納)になっている。旅行グループは、夏期は消費、摂取いずれも 3,000kcal

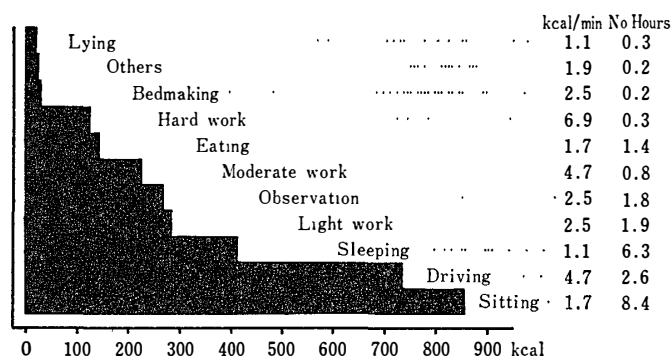


図8 極点旅行の一日消費エネルギー（旅行グループ）

Fig. 8. Energy expenditure per day during South Pole Traverse (traverse group).

表3 南極における一日平均消費および摂取エネルギー

Table 3. Mean daily energy expenditure and calorie intake in Antarctica.

	Body weight kg	Expenditure kcal/day (kcal/kg/day)	Food intake			
			kcal/day (kcal/kg/day)	Protein	Fat	Carbohydrate
				cal % (g/kg/day)	cal % (g/kg/day)	cal % (g/kg/day)
Base group { Summer	62.1	2,555(41)	2,778(45)	13.9(1.5)	29.2(1.5)	56.9(6.2)
group { Winter	66.0	2,455(37)	2,738(41)	17.9(1.8)	20.1(0.9)	62.0(6.1)
Traverse group { Summer	71.3	3,068(43)	3,027(42)	15.2(1.6)	18.9(0.9)	65.9(7.0)
group { Winter	68.0	3,181(47)	3,407(50)	13.7(1.7)	33.0(1.8)	53.3(6.7)
Mean at Syowa Station	66.9	2,815(42)	2,988(45)	15.2(1.7)	25.3(1.3)	59.5(6.5)
During South Pole Traverse	65.3	3,282(50)	2,992(46)	13.1(1.5)	28.1(1.4)	58.8(6.7)

余でバランスがとれているが、冬期には、消費 3,181kcal に対し、摂取 3,407kcal で、約 200 kcal の正出納になった。一方旅行中は逆に消費 3,282kcal、摂取 2,992kcal で約 300kcal の摂取不足（負出納）になっている。

食事の栄養素別摂取内容では、冬期の旅行隊員が脂肪を 33cal% 摂取して、日本人の標準値よりかなり多く、夏の基地隊員と旅行中の旅行隊員が 28—29cal% で日本人としてはやや多い脂肪摂取量になっている。蛋白質摂取量は、1日 90—110g であった。

### 3.3. 基礎代謝量

外気温と単位体表面積当りの基礎代謝量とを比較したのが図9で、5月から12月までをみると、外気温が低い時期に代謝量は増加し、外気温が高くなると代謝量が減少する。このことは、日本人の日本における季節変動の傾向とよく一致している。

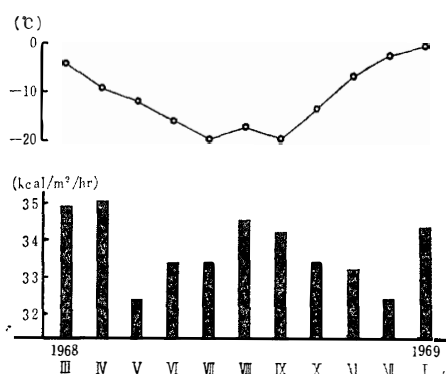


図 9 基地隊員 5 名の月別平均基礎代謝および昭和基地の外気温

Fig. 9. Monthly mean values of basal metabolism on five members of base group and outside temperature at Syowa Station.

### 3.4. 体重および皮下脂肪厚

グループ別の体重と皮下脂肪厚の測定値を一緒にのグラフにまとめた (図10, 11).

基地グループの体重は、東京での平均 61kg 弱から、越冬中漸次増加して、平均 64kg まで達し、約 3kg 増加した。皮下脂肪厚は、腹部で漸次増加し、体重の年間変動と有意の正相関を示した ( $r=0.741, p<0.01$ ) が、肩甲骨下端部と上腕外側部の皮下脂肪厚の変動はわずかであった。

旅行グループの体重は、東京での平均 67.4kg に比し、越冬当初 68.6kg に一時増加したが秋旅行直後の 5 月の測定値では平均 65.6kg で、旅行出発直前の 4 月の値より 2.3kg(3%) 減

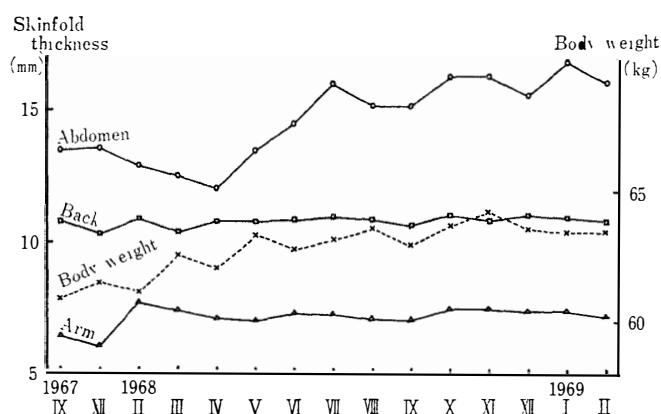


図10 月別平均体重および平均皮下脂肪厚 (基地グループ)

体重と腹部皮下脂肪厚間には有意の正相関がみられた。点線：体重 実線：3カ所の皮下脂肪厚。

Fig. 10. Monthly mean values of body weight and skinfold thickness (base group).

Dotted line: body weight. Solid line: skinfold thickness of three sites. Body weight and skinfold thickness of abdominal wall correlated significantly.

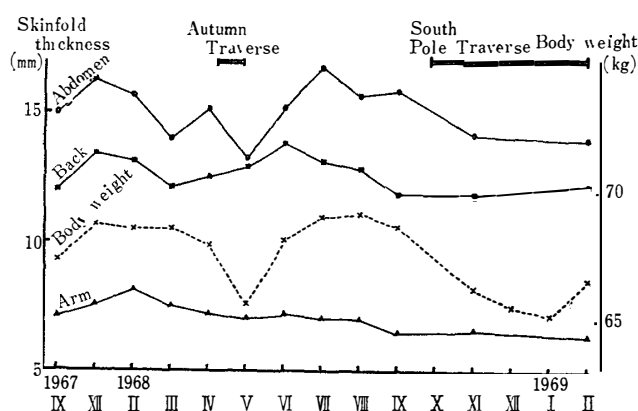


図11 月別平均体重および平均皮下脂肪厚(旅行グループ)。基地グループと同じように、体重と腹部皮下脂肪間に有意の正相関を認めた。点線：体重、実線：3カ所の皮下脂肪厚

Fig. 11. Monthly mean values of body weight and skinfold thickness (travel group).

Dotted line: body weight. Solid line: skinfold thickness of three sites.

Body weight and skinfold thickness of abdominal wall correlated significantly as in the base group.

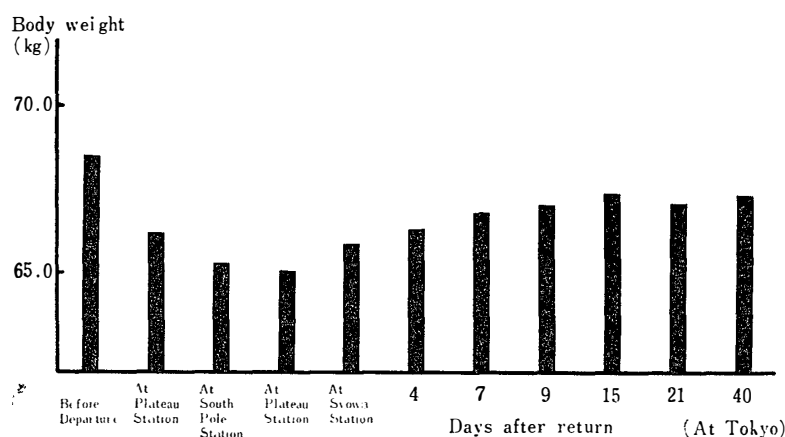


図12 極点旅行前後および昭和基地帰還後の平均体重の変化

Fig. 12. Mean values of body weight before and during South Pole Traverse and on each day after return.

少した。この値は基地帰還後3～5日でまったく元の値に復帰した。その後、真冬の8月に最大値69.1kg(平均)を示したが、極点旅行中漸次下降し、1969年1月、帰路のPlateau基地で最低値65.1kgを示した。出発前の9月の値に比し、3.5kg(5%)の減少であった。この極点旅行後の基地帰還後体重回復状態を、各経過日における平均値として図12に示した。すなわち、帰還後1週間たって大体一定の値に落ち着き、秋旅行後の回復より数日の遅れがみられた。旅行グループの皮下脂肪厚の変化は、図11のように、肩甲骨下端部で冬の6月に最高値を示し、上腕外側での変化は少なかった。腹部での変化が最大で、体重の変動との相関



をみると、有意の正相関 ( $r=0.784, p<0.01$ ) を示すが、肩甲骨下端部 ( $r=0.373$ ) や上腕外側では、体重との有意の相関はみられなかった。

基地グループ、旅行グループいずれも体重と腹部皮下脂肪厚の月別変動に有意の相関がみられたが、これは、NAGAMINE and SUZUKI (1964) の成績とも一致している。

### 3.5. 動 脈 血 圧

基地グループの血圧は（図13）東京での値が最高で、越冬中は真冬の8月に、最高最低血圧共に最低値を示している。その後春になって暖くなるにつれて上昇の傾向を示したが、著明な変化ではない。

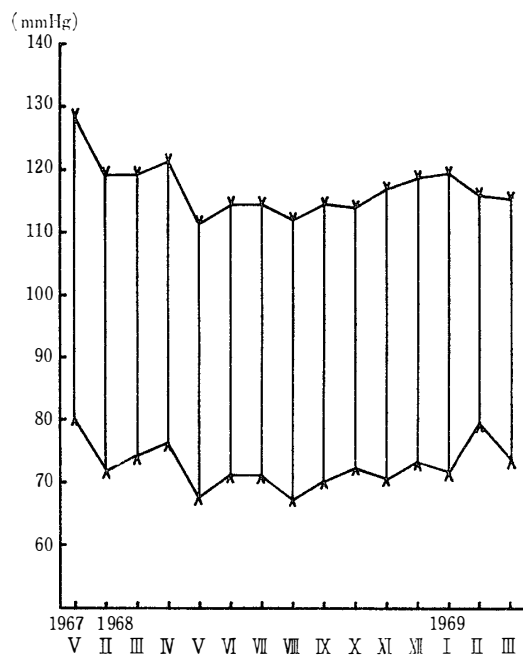


図13 動脈血圧の月別平均値(基地グループ)

Fig. 13. Monthly mean values of arterial blood pressure (base group).

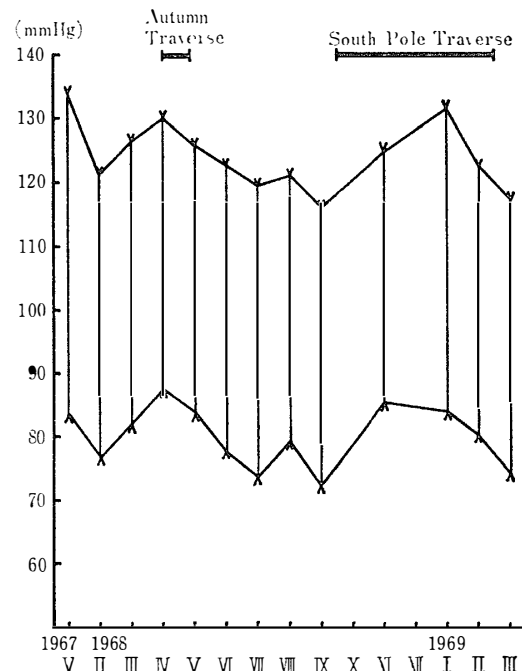


図14 動脈血圧の月別平均値(旅行グループ)

Fig. 14. Monthly mean values of arterial blood pressure (traverse group).

旅行グループの血圧は（図14）越冬開始時の夏2月に最高最低血圧共に一時的低下を示し、冬になって明らかな最高最低血圧低の低下を示した。極点旅行中は逆に著明に上昇し、基地帰還、東京帰着で再び低下し、昭和基地での冬の値と同値になっている。

### 3.6. 血 液

秋旅行前後の結果では（図15）赤血球数とヘマトクリット値が有意の差 ( $p<0.05$ ) で増加し、血色素量、白血球数の増加も認められた。白血球分画の変化はわずかであった。

極点旅行でも（図16）赤血球数とヘマトクリット値は有意の差 ( $p<0.01$ ) で増加が認

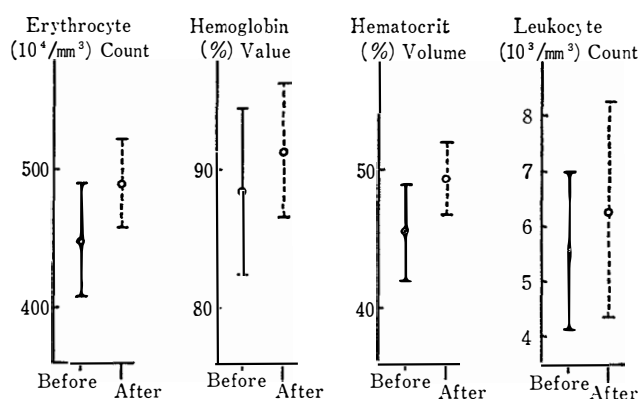


図15 秋旅行前後の赤血球数，血色素量，ヘマトクリット値および白血球の平均値と標準偏差

Fig. 15. Average values of erythrocyte counts, hemoglobin, hematocrit and leukocyte counts before and after Autumn Traverse with standard deviation.

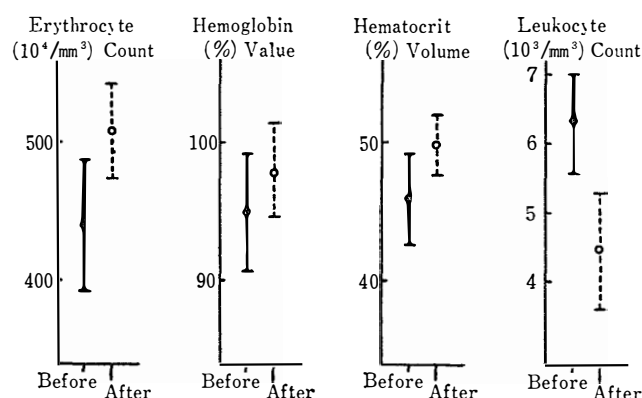


図16 極点旅行前後の赤血球数，ヘマトクリット値および白血球数の平均値と標準偏差

赤血球数とヘマトクリット値は有意の増加を示したが，白血球数は有意の減少を示した。

Fig. 16. Average values of erythrocyte counts, hemoglobin, hematocrit and leukocyte counts before and after South Pole Traverse with standard deviation. Values of erythrocyte counts and hematocrit increased significantly, whereas leukocyte counts showed a significant decrease.

められたが，白血球数は逆に有意の差 ( $p < 0.01$ ) で減少していた。

Plateau 基地と極点基地では，白血球分画用の塗沫標本しかとれなかった。昭和基地出発前と帰着後の各分画の割合はあまり変っていないが，その途中に当る Plateau 基地と極点基地では，好中球の比較的減少とリンパ球の比較的増加が認められた (図17)。

### 3.7. 肺 活 量 (図18)

基地グループは東京での測定値が最大で，昭和基地で一時低下し，冬になってやや増加しているが，東京帰着時に最低を記録した。

旅行グループは，越冬当初の2月に最低を示し，3月には回復した。秋旅行後一時低下し

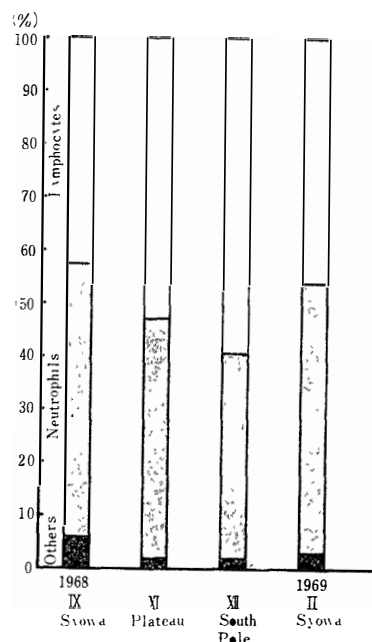


図17 極点旅行中の各基地における白血球分画の平均値。Plateau および極点基地で好中球の比較的減少とリンパ球の比較的増加がみられた。

Fig. 17. Mean values of differential leukocyte count at each station during South Pole Traverse. At Plateau and South Pole Stations, a relative decrease of neutrophil and a relative increase of lymphocyte were observed.

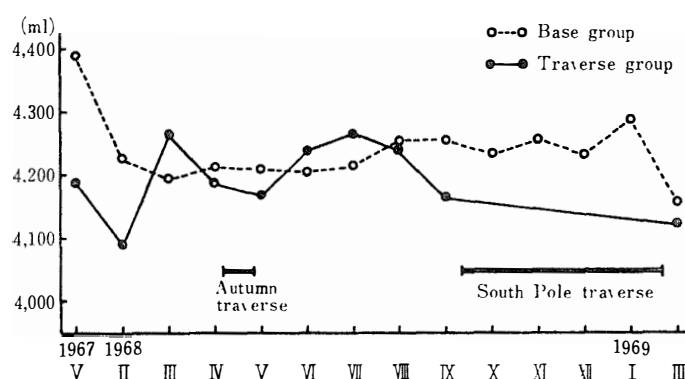


図18 2 グループの月別平均肺活量値。点線：基地グループ；実線：旅行グループ。

Fig. 18. Monthly mean values of vital capacity of lung in two groups. Dotted line: base group; Solid line: traverse group.

たが、冬期は増加し、極点旅行で3回目の減少を認めた。

#### 4. 考 案

行動様式でみた季節的変動は、基地グループ、旅行グループいずれも著明ではない。しか

し、基地グループの場合、極光観測のような冬期特有の現象に多忙を極める部門があり、冬期の戸外軽作業が9%にもなっている。極光観測者以外の観測者だけについてみると、冬期の戸外生活は10%にも満たない。

これに比し、旅行グループは、基地周辺の地質、地形、重力などの観測、雪上車や装備の旅行準備、旅行用観測テストなどのため、夏期はもちろん、冬期になっても戸外活動が多く、約30%を戸外で過ごしている。

Lying と sitting に費やす時間は、合わせて約60%で、HIROSE (1969) や NORMAN (1965) の値と似たような結果になっている。

基地での生活様式は、以上のように越冬目的による相違が著明である。旅行中のパターンを第8次隊の Plateau 基地までの旅行 (HIROSE, 1969) と比較してみると、ほとんど同じような値であるが、これは、観測項目の類似性と、極地における旅行という同じ条件下の行動や生活のため、当然の結果であろう。旅行中の屋外生活は、気象、高度、天測、雪氷、地磁気、重力、VLF、人工地震などの観測や、車両整備、貨物整理、そり掘り出しなどの作業に費やされている。

動作別にみた消費エネルギーパターンは、基地グループをみると、observation が最も大きな値を占め、基地恒常観測がいたについた結果と言えよう。特に冬期は、オーロラ、電離層観測などで多忙になる時期であり、かつ、外界は暗黒の時間が長いので、室内観測にも専念できるからでもあろう。旅行グループの結果 (図7, 8) をみると、バラエティーに富んだ基地生活と、極端に単純化された旅行生活が如実に証明されている。基地での生活を MILAN and RODAHL (1961) の報告にある1958年 Little America V での研究と比較してみると、hard work outside, sleeping, sitting, walking inside tunnel, driving tractor が上位を占め、仕事の軽重の差はあるが、我々の結果と類似している。

1日当りのエネルギー出納をみると (表3) 旅行グループの冬期と基地グループは、明らかに正出納になり、極点旅行では負出納になっている。基地では旅行中と違って、安楽な気分ですぐに食事でき、食事そのものが娯楽の一部であるので、正出納となる傾向を生じたと考えられる。食品数も約500種類 (原, 1966)、一人一日 4,000kcal 用意されて、専門の調理担当隊員の調理なので、かなり豪華な食卓となった。それに反し、旅行中は、外国旅行隊の20~30種類 (LA GRANGE, 1963; LEWIS, 1963) に比し、第9次隊では約100種類、一人一日 5,200kcal を整えたとは言え、限られた時間で素人の調理という関係上、簡単な料理しかできず、かつ気ぜわしさのための摂取不足がこの負出納の原因となったのであろう。ビタミン類については、総合ビタミン剤を用意し、特にビタミンCは一日 100—500mg の摂取を厳守するよう心

がけた。また野菜類は、基地では冷凍野菜を、旅行用には凍結乾燥野菜を使用した。MILAN and RODAHL (1961), ORR (1965) によると、彼らは一日 4,000—5,000kcal も摂取しているが、これは体格の差があるためであり、当然のことと言える。また食事内容を成分別にみても、脂肪が 30—40cal% で日本人に比べてかなり多い。

MUIR (1969)や LLOYD (1969) によると、重労働、カロリー負出納、寒冷刺激が、ケトン尿と密接な関係にあると報告しているが、我々は残念ながらケトン尿の検査を行なわなかった。

欧米人について測定した基礎代謝量は、極地でもほとんど季節変動を認めない (EDHOLM, 1964; WILSON, 1960)。日本で行なったカナダ人と日本人の基礎代謝量の測定 (YOSHIMURA *et al.*, 1966; 行吉, 1968) でも、日本人では季節変動を認めたが、カナダ人は年間を通じてほぼ一定の値を示した。昭和基地で測定した基礎代謝量 (図 9) でも、建設期間をのぞくと、気温の低下に従って基礎代謝量の上昇を認め、日本での傾向と同じ反応を示した。南極では日本と 6 カ月の季節的ずれがあるにもかかわらず、外気温と一定の関係を保っているということは、この変動が気候馴化の結果であることを示している。3 月、4 月および翌年 1 月の高値は、基地建設作業、観測の準備および帰国準備で肉体的疲労の強い時期なのでその影響が出たと解釈できよう。行吉 (1968) は日本人と欧米人との基礎代謝量の季節的変動の差について、体格、体質 (内分泌機能)、栄養の摂取状態が関係し、日本人でも体格が大きいほど、季節的変動が少ない。また甲状腺機能に関しても、欧米人の方が安定した値を示すと述べている。

体重は基地で生活する限り増加の傾向を示した。旅行隊員は秋旅行で  $-40^{\circ}\text{C}$  下でのテント生活、夜を徹しての走行など、非常に厳しい訓練で、顔面や手指に I ~ II 度の凍傷がみられ、体重や皮下脂肪も急激な減少を示した。この時はエネルギー代謝の検査は行なわなかったが、基地帰還後 3 ~ 5 日間で体重回復を認め、赤血球数、白血球数、血色素量、およびヘマトクリット値がいずれも増加を示していたので、脱水の影響が大きかったに違いない。

一方、平均 3.5kg (5%) の体重減少を来した極点旅行では、明らかなカロリー負出納が認められるが、脱水の徴候は明らかではない。すなわち、赤血球数、血色素量、ヘマトクリット値の増加はあるが、白血球数の著明な減少を伴っており、また体重回復に 1 週間以上もかかっている。さらに、造水装置の完備した大型雪上車のおかげで飲用水の制限はなく、十分に水分を摂取していた。従って、今回の旅行時の体重減少を、我々の秋旅行や、HICKS (1966), DAVIES (1969) および ORR (1965) らのそれと同様に、脱水とエネルギー不均衡のための体重減少であると速断してよいかどうかは問題であり、むしろ、ストレスとエネルギー負出納

の要因が大きかったとみるべきであろう。

LEWIS (1960) は皮下脂肪と体重について、両者は正相関を示し、特に肩甲骨下端部の皮下脂肪が体重とよく平行すると述べているが、我々の結果では、NAGAMINE and SUZUKI (1964) の言うように、体重は腹部の皮下脂肪と有意の正相関を示す（基地グループ  $r=0.741$ ,  $p<0.01$ , 旅行グループ  $r=0.784$ ,  $p<0.01$ ）。これも、基礎代謝量と同じく、日本人特有の現象なのかよく分らないが、注目すべき所見と思われる。

BUDD (1965), 景山 (1963), TIKHOMIROV (1963) らが指摘しているように、血圧は南極越冬中、やや低下する傾向を示す。我々の結果でも冬期に最高最低血圧共に低下し、旅行に出ると上昇する傾向を示した。この血圧の低下は、南極の夜になると、外出する時間も短くなり、周囲も暗黒の世界であるために、中枢神経系の抑制や副交感神経緊張が影響して現われた下降であろうと思われる。これに対して旅行隊の場合、夜のない夏期に常時日光に照らされ、かつ雪上車の生活という2種類のストレスにさらされているので、旅行中の血圧上昇は当然であろう。PALMAI (1962) は、血圧と皮下脂肪厚に相関ありと報告しているが、我々の検査では相関を認めなかった。

旅行前後に検査した血液所見では、秋旅行前後をみると（図15）、旅行後赤血球数、血色素量、ヘマトクリット値、および白血球数の増加をみており、血液の濃縮を考えさせる。極点旅行では（図16）、赤血球数とヘマトクリット値が有意（ $p<0.01$ ）の増加を示しているのに反し、白血球数は有意の差（ $p<0.01$ ）で減少している。このことは、血液の濃縮と考えることは困難であり、南極大陸内陸部が3,000m以上の高度にあることより、むしろ高度に対する適応に起因する赤血球増多症によると解釈できる。Vostok 基地でも最初の2～2.5カ月で赤血球数は最高に達している（TIKHOMIROV, 1961）。

一方白血球数の減少は、景山 (1963), POPOV (1965), TIKHOMIROV (1961) らも認めており、その理由として、細菌感染源の極端な減少や強い紫外線をあげている（景山, 1963; TIKHOMIROV, 1961）。そして POPOV (1965) は、白血球減少、好酸球減少、単球減少などを細網上皮系の機能抑制に関係ありとしている。基地での生活は、準無菌状態での生活と言えようが、大陸旅行はほぼ完全な無菌環境と思われる。しかし、はたしてこれが白血球減少の原因になるか否かは問題であり、むしろ紫外線やその他の放射線の影響を考えた方が妥当のようである。

白血球分画についてみると（図17）、昭和基地を出発して Plateau 基地、極点へ行くに従いリンパ球の比較的増加と、好中球の比較的減少が著明である。Filchner Ice-Shelf 上の Ellsworth 基地で、10名の隊員を検査した BARSOU (1962) の報告でも、一時的に全く同じ

ようなリンパ球の比較的増加がみられている。この原因も将来の研究課題であろうが、BARSOUM も指摘しているように、寒冷の持続的効果によるものではなかろうか。

肺活量の一時的低下は、建設期間や旅行後にみられるが、これは肉体的疲労による低下であらう。

## 5. 要 約

第9次日本南極地域観測隊越冬隊員29名を対象に、生理学的研究を行ない、次の結果を得た。

- 1) 1日のうち、約60%を lying と sitting で費やした。また基地での旅行隊員は約30%、基地隊員と極点旅行中の旅行隊員は12~13%を屋外または車外で過した。
- 2) 消費エネルギーのパターンは、基地では sleeping, observation, light work が優位を占め、極点旅行中は sitting と driving が大きな値を示した。
- 3) エネルギー出納は、基地で生活する間は正出納を示し、極点旅行中は負出納を示した。
- 4) 基礎代謝量は外気温が低下すると増加し、外気温の上昇に伴って減少するという季節変動を示し、気候馴化の結果と思われる。
- 5) 基地に居ると体重が増加する傾向を示したが、エネルギー正出納に起因するものであろう。また腹部の皮下脂肪厚と体重間に有意の正相関がみられた。
- 6) 動脈血圧は越冬中、冬期に下降する傾向を示した。
- 7) 秋旅行後、血液の濃縮を認めた。雪上車内装備の完備された極点旅行では、血液濃縮は認め難く、高々度による赤血球増加と原因不明の白血球減少を示した。極点旅行中、リンパ球の比較的増加も認めた。
- 8) 肺活量は、肉体的疲労により低下する傾向を示した。

## 謝 辞

おわりに、各種検査に心持よくご協力下さった村山雅美隊長ほか第9次越冬隊員各位に衷心よりお礼申し上げます。

また、本研究のご指導ならびにご校閲を賜った京都府立医科大学の吉村寿人教授、東京医科歯科大学の小宮正文教授、福岡良男助教授に感謝の意を表します。さらに、摂取カロリー計算に全面的協力を惜しまれなかった二幸デパート、佐藤能子氏に深謝致します。

## 文 献

- BARSOUM, A. H. (1962): Some observations on blood in relation to cold acclimatization in the Antarctic. *Milit. Med.*, **127**(9), 719-722.
- BUDD, G. M. (1965): Effect of cold exposure and exercise in a wet, cold Antarctic climate. *J. Appl. Physiol.*, **20**(3), 417-422.
- DAVIES, A. G. (1969): Seasonal changes in body weight and skinfold thickness. *Brit. Antarct. Surv. Bull.*, **19**, 75-81.
- EDHOLM, O. G. (1960): Polar physiology. *Fed. Proc.*, **19**(Suppl. 5), 3-10.
- 原 実 (1966): 南極の食糧と栄養. 極地, **2**, 20-23.
- HICKS, K. E. (1966): Body weight, skinfold thickness, blood pressure, pulse rate and oral temperature in Antarctica. *Med. J. Aust.*, **1**, 86-90.
- HIROSE, S. (1969): Activity patterns and energy metabolism of men in Antarctic Expedition. *Antarctic Rec.*, **34**, 79-89.
- 景山孝正 (1963): 第4次南極地域観測隊越冬隊における医学的考察. 南極資料, **17**, 1508-1518.
- LA GRANGE, J. J. (1963): The requirements and nature of the logistics support for a small National Antarctic Expedition. Symposium on Antarctic Logistics. National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, 601-610.
- LEWIS, H. E., J. P. MASTERTON and S. ROSENBAUM (1960): Body weight and skinfold thickness of men on a polar expedition. *Clin. Sci.*, **19**, 551-561.
- LEWIS, H. E., A. B. E. DE JONG and J. M. HARRIES (1963): British sledging rations, recent developments. Symposium on Antarctic Logistics. National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, 611-626.
- LLOYD, R. M. (1969): Ketonuria in the Antarctic: A detailed study. *Br. Antarct. Surv. Bull.*, **20**, 59-63.
- MILAN, F. A. and K. RODAHL (1969): Caloric requirements of man in the Antarctic. *J. Nutr.*, **75**, 152-156.
- MUIR, A. L. (1969): Ketonuria in the Antarctic: A preliminary study. *Br. Antarct. Surv. Bull.*, **20**, 53-58.
- NAGAMINE, S. and S. SUZUKI (1964): Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biol.*, **36**, 8-15.
- 日本栄養士会 (1958): 食品標準成分表, 第一出版, 東京.
- NORMAN, J. N. (1965): Cold exposure and patterns of activity at a polar station. *Br. Antarct. Surv. Bull.*, **6**, 1-13.
- 沼尻幸吉 (1964): 労働の強さと適正作業量, 労働出版, 東京.
- ORR, N. W. (1965): Food requirements and weight changes of men on Antarctic Expeditions. *Br. J. Nutr.*, **19**, 79-91.
- PALMAI, G. (1962): Skinfold thickness in relation to body weight and arterial blood pressure. *Med. J. Aust.*, **2**, 13-15.
- POPOV, V. A. (1965): Changes in physiology of normal individuals in the Arctic. *Fed. Proc.*, **24**, T945-T947.
- TIKHOMIROV, I. I. (1961): Kharakter sdvigov v krovi u zimovshchikov na stantsii Vostok. (Blood changes in personnel wintering at Vostok Station). In. *Byull. Sov. Antarkt. Eksped.*, **31**, 44-47. (Sov.



Antarct. Exped., Inf. Bull., **4**(1), 22-24, 1964).

TIKHOMIROV, I. I. (1963): Izmeneniia so storony serdechno-sosudistoi sistemy pri akklimatizatsii vo vnutrikontinental'nykh raionakh Antarktidy. (Changes in the cardiovascular system during acclimatization in the intracontinental districts of the Antarctic Continent). Byull. Eksp. Biol. Med. (Bull. Exp. Biol. Med.), **56**(12), 28-31. (Text in Russian with English summary).

WILSON, O. (1960): Changes in body-weight of men in the Antarctic. Br. J. Nutr., **14**, 391-401.

WILSON, O. (1962): Basal metabolic rate of "tropical" man in a polar climate. In: Biometeorology, Proceedings of the Second International Bioclimatological Congress, London, 1960. Edited by S. W. Tromp. New York, Macmillan, 411-426.

YOSHIMURA, M., K. YUKIYOSHI, T. YOSHIOKA and H. TAKEDA (1966): Climatic adaptation of basal metabolism. Fed. Proc., **25**(4), 1169-1176.

行吉哉女 (1968): 基礎代謝の季節変化の人種的差異に関する研究. 栄養と食糧, **20**(5), 74-83.

(1970年3月30日受理)