

## 東南極みずほ高原付近の気象状態について

上 田 豊\*

### Some Aspects of the Weather Conditions in the Vicinity of the Mizuho Plateau, East Antarctica

Yutaka AGETA\*

**Abstract:** The weather conditions from September to January in the vicinity of the Mizuho Plateau, the area between the coast and 72°S, are discussed on the basis of the weather observations made during the traverses of JARE-10 (the 10th Japanese Antarctic Research Expedition) in 1969-70 and the previous traverses.

The mean wind speed of about 8-10 m/s is obtained from the observations. It is found that the observed orientations of sastrugis and pitted patterns show seasonal variations. The wind direction is constant in inland, but diurnal variations of the wind direction were observed. When the wind direction changes counterclockwise to the north from the prevailing wind direction, it can be expected that weather is getting worse. The flow lines of the prevailing winds in the vicinity of the Mizuho Plateau are drawn from the orientations of sastrugis and other features.

The pressure variation in inland about 350 km distant from Syowa Station was similar to that at Syowa Station. Sea-salt particles were detected at 71°S and 43°E during a light snow or ice prisms falling when the wind was weak with its direction changing counterclockwise from the prevailing wind direction.

### 1. ま え が き

第10次日本南極地域観測隊の越冬中、1969年9月に21日間、11月から1970年1月にかけて90日間の内陸調査旅行がおこなわれた。その際実施した定時地上気象観測その他の結果、および過去の内陸調査隊が得たデータから、みずほ高原付近の72°Sから海岸にいたる地域の9月から1月にかけての気象の概略を求め、若干の考察をおこなった。

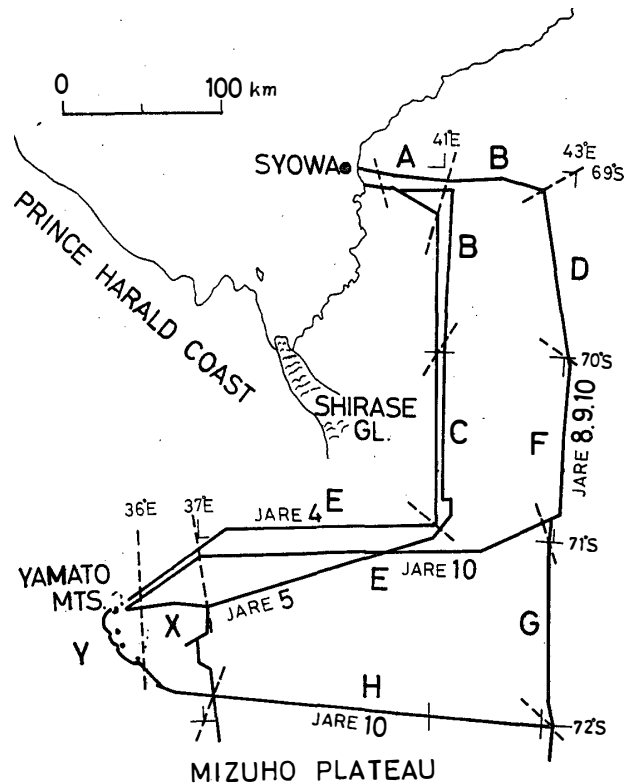
えられた観測値は定点観測でないため、データ処理の方法に困難が多いうえ、データ数および精度などの点で種々の考察には非常に不十分なものであるが、今後の内陸気象調査や内陸旅行の参考になればと考え、あえて現段階でえられる気象資料のまとめをこころみた。

---

\* 名古屋大学理学部水質科学研究施設. Water Research Laboratory, Faculty of Science, Nagoya University, Chikusa-ku, Nagoya.

## 2. 調査地域の区分

図1に本論文で参考にした内陸調査隊のルートと 72°S 以北の地域での滞在期間を示した。



JARE 4 Nov. 1–Dec. 15, 1960

JARE 5 Oct. 4–26, 1961 and Nov. 27–Dec. 19, 1961

JARE 8 Nov. 5–21, 1967 and Jan. 3–15, 1968

JARE 9 Sep. 28–Oct. 16, 1968 and Feb. 6–15, 1969

JARE 10 Nov. 1, 1969–Jan. 29, 1970

図1 日本隊の内陸調査旅行ルート図(1, 3次隊を除く)と地域区分  
 Fig. 1. Route map of JARE inland traverses (except JARE 1st and 3rd)  
 and division of traversed region.

内陸調査隊の観測で得られたデータは、定点観測でないため、単純な統計をとることはできない。そこで、ある一定の地域内でデータをできるだけ問題を少なくして平均できるようにするため、気象条件を左右すると考えられる緯度、高度、海岸からの距離に着目し、南北方向に 100 km、南北方向より気象条件の差異が少ないと考えられる東西方向に 200 km、高度差 500m 程度におさまり、かつ地形的に大体均質と思われる10個の地域にわけた。それぞれの地域は、海岸に近く、高度の低い順番にアルファベット記号を付し、図1に示した。ただし、やまと山脈のすぐ東側の地域は北西方向に下る階段状の比較的急な斜面を呈しているため、

山地の影響の強いやまと山脈地域とともに、特殊な気象条件をもつため X, Y とした。

海岸よりの地域は勾配が大きいので、A 地域の水平距離は短くなっている。B 地域は 41°E 線ぞいの 4 次, 5 次隊ルートと 69°S ぞいの 8 次, 9 次, 10 次隊ルートが海岸からの距離や高度が似ているので、両方を含めて一つの地域とした。E および H 地域は緯度, 高度, 海岸からの距離とも大きな変化がないので, 37°E から 43°E まで東西方向に長くのびている。それぞれの地域は図 1 からわかるように、大体経緯度の度のケタで区切られるようになっている。

### 3. 風

#### 3.1. 平均風速

表 1 に、4 次, 5 次, 8 次, 9 次, 10 次隊の風速データから、地域別、月毎の平均値を、

表 1 平均風速と卓越風向

Table 1. The mean wind speed and prevailing wind direction.

Region	(Syowa Station)	A	B	C	D	E
	Speed Direct. (m/s)	Speed Direct. a.m.p.m.	Speed Direct. a.m.p.m.	Speed Direct. a.m.p.m.	Speed Direct. a.m.p.m.	Speed Direct. a.m.p.m.
Sep.	5.1 NE	8 7(5)E	9 6(5)E	11 9(1)E	10 9(2)ENE	
Oct.	5.5 NE	15 10(1)NE	5 4(1)NE	8 6(1)E	13 10(1)ESE	10 9(1)E
Nov.	6.5 NE	10 7(3)ENE	12 9(3)E	11 11(1)E	8 8(2)E	12 10(1)ESE
Dec.	5.1 NE	7 6(1)ENE	9 6(2)ENE	10 7(2)E		12 9(2)ESE
Jan.	5.4 NE	6 5(2)ENE	9 7(2)E		12 7(2)E	12 10(1)E
Mean		9 7	9 6	10 8	11 9	12 10
Mean	5.5	8	8	9	10	11
	F	G	H	X	Y	Whole regions*
Sep.	11 10(2)E					10 8
Oct.	12 10(1)SE	10 11(1)E		12 11(1)E		11 9
Nov.	11 9(2)ENE	9 9(2)E	10 7(1)ESE	12 10(2)E	11 10(1)ESE	11 9
Dec.			6 5(1)E	13 10(3)E	10 9(2)E	10 7
Jan.	10 7(2)E	9 9(1)E		12 10(1)E	10 10(1)E	10 8
Mean	11 9	9 10	8 6	12 10	10 10	10 8
Mean	10	10	7	11	10	9

\* Excluding Syowa Station.

( ): Total number of parties passed which through the region in each month.

Values at Syowa Station are the mean of four winterings in 1956-1962 (after the Japan Meteorological Agency, 1964).

現地時間\*によって午前と午後に分けて示した。

表1の値は、それぞれの地域において各隊が観測した風速の値を隊別に平均し、それらの各隊の平均値をさらに平均したものである（同じ月に同じ地域を往復した隊も、往路と帰路のデータを別々に平均した。この段階での平均値の数、すなわち通過した隊の延数は、風速の値の右のかっこ内に示した）。したがって、ある地域で強風や悪天に遭遇し、滞在日数が長くなったため、数多くのデータを提供する隊の平均値も、好天で滞在日数が短かったため、数少ないデータを提供する隊の平均値も、等しい重みで平均してある。また、C, D, F, Gの各地域については、それぞれの地域内で気象条件にかなり差があることが考えられるので、各地域を南北方向の水平距離で2等分し、その区域毎の隊別の平均値をだし、それらの値をさらに平均した。

表1の値の算出にあたっては、多くの問題があり、得られた値をそのまま地域的、時間的な差異やその他の検討に使用することはできないが、対象地域の風の大略は知ることができるだろう。

表1より、全期間、全地域において平均風速8~10 m/sで、午前の値が午後より2 m/sほど大きい。しかしながら、これは1日わずか3~4回の観測によるものであり、内陸部の風速に多少の日変化があるので、正確な平均風速は求められない。参考のため図2に昭和基地の12月、1月の風速日変化と、みずほ高原と地理的条件の比較的似た位置にある Pionerskaya

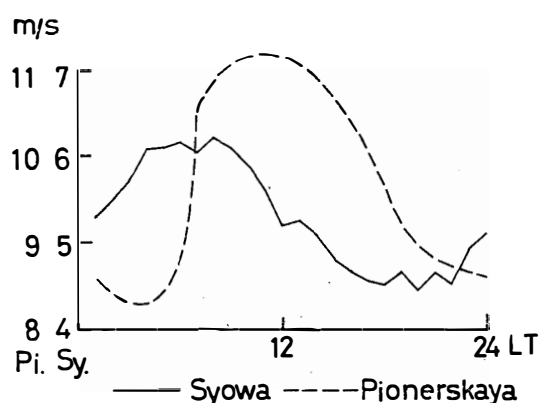


図2 昭和基地(12, 1月)と Pionerskaya (12月)の風速日変化  
(Japan Meteorological Agency, 1964; RUSIN, 1961による)

Fig. 2. Diurnal variations of wind speed at Syowa (Dec. and Jan.) and Pionerskaya (Dec.) (after the Japan Meteorological Agency, 1964; RUSIN, 1961).

\* 本論文で使われる現地時間は、昭和基地と同様にすべてグリニッチ標準時に3時間を加えて得た。本論文対象地域の東端と西端の間の時差は、わずか30分位なので無視した。

(69°44'S, 95°30'E, 2700 m) の12月の風速日変化を示した。

表1から平均風速の月による差や地域による差を求めることは、月によって得られたデータの地域的かたよりがあり、また地域によって得られたデータの時期的かたよりがあるので問題があるが、内陸部では平均風速の月による変化はほとんどなく、海岸近くの地域が内陸部より風がやや弱いことを示している。

Katabatic wind は、気温の逆転によってできた冷たく重い空気が、斜面に沿って流下するもので、南極氷帽の縁辺部の斜面で特に冬期に顕著な、風向の変化の少ない風である。本論文対象地域の風も、katabatic wind の原理によるものと考えてよいだろう。DOLGANOV(1959 b)は、katabatic wind の風速は同一の放射条件のもとでは、斜面傾斜が大きいほど、また斜面のふもとからの距離が短い地点ほど大きくなることを理論から求め、katabatic wind が最もいちじるしい冬期においては、海岸の Mirny 基地がその南々東約 370 km 離れた Pionerskaya 基地の1.4倍の風速をもつことを説明している。しかしながら、12月から3月にかけては、Pionerskaya の方が Mirny よりもやや大きい風速を示している (DOLGANOV, 1959a)。これは表1の傾向と大体似ているが、みずほ高原付近でも冬期は海岸部の方が内陸部より平均風速が大きくなることが推察される。

平均風速にかぎらず、気象状態の地域的・時間的差異を論ずるためには、観測目的に適切な内陸の数カ所に臨時気象観測所を配置し、同時継続観測が行われることが望まれる。

### 3. 2. 風速の度数分布

表2に10次隊の内陸調査で得られた風速の観測値の度数分布を示した。平均風速は 9 m/s

表 2 風速の度数分布  
Table 2. Frequency of wind speed.

Wind speed (m/s)	Frequency	%
0~ 2	19	6
3~ 5	63	20
6~ 8	59	19
9~11	75	24
12~14	62	20
15~17	23	7
18~20	11	4
(28)	1	(0)
Total	313	100

Sep., Nov., Dec., 1969 and Jan. 1970  
Mean value: 9 m/s

であり、表 1 の値と一致する。3~14 m/s の範囲内に全体の約 80% が、ほぼ均等に分布していることがわかる。

### 3. 3. 卓越風向とその季節変化

みずほ高原付近では、昭和基地にくらべると風向の変化がほとんどないことは、内陸旅行経験者には体験的に知られている。10 次隊の調査旅行中、約 10 km 毎にその付近で代表的な方向を示すと思われる sastrugi と pitted pattern\* を 3~6 個選び、それらの方向をハンドベアリングコンパスまたはクリノコンパスで測定した。

Sastrugi と pitted pattern は主に風の侵蝕によって形成されるものと考えてよく、その付近の卓越風向と方向が一致すると考えられている。10 次隊の夏期旅行で測定したそれらの方向を、観測点毎の差がわずかなので地域別に平均し、結果を図 3 に短い実線で示した。E および H 地域は東西方向の水平距離で 2 等分し、X 地域は南北に分けて示した。また往路と

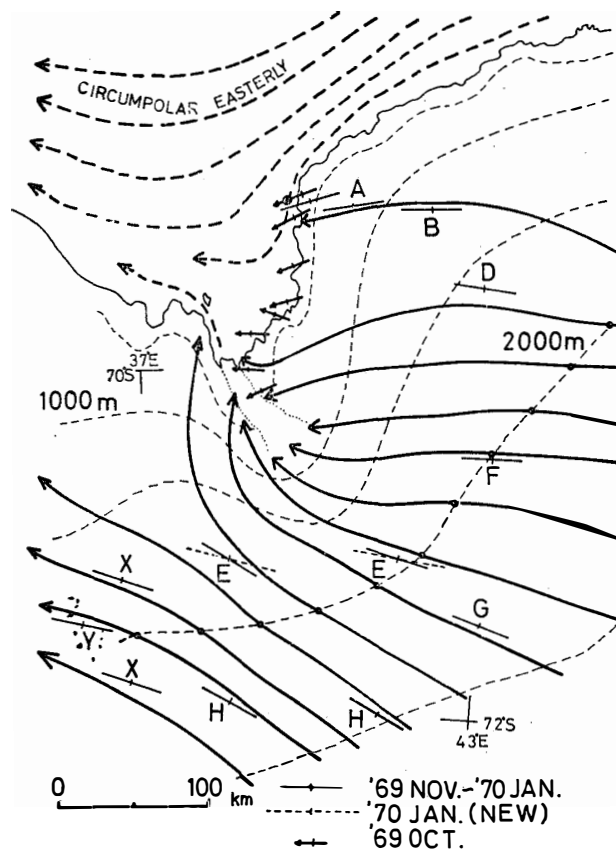


図 3 Sastrugi および pitted pattern の方向と卓越風の流線

Fig. 3. Orientations of sastrugis and pitted patterns, and flow lines of prevailing winds (Each flow line is drawn to cross the contour line of 2000 m at regular intervals).

\* DOUMANI, 1967 の Fig. 25 参照.

同じルートを帰路に通過した A, B, D, F の地域は、往路の値を示した。これらは気象観測時の風向の実測値から求めた地域別の平均的な風向（表 1）とほぼ一致している。

10次隊の内陸旅行ルートのうち、43°E 線に沿った 71°S 以北のルート (A, B, D, F) は 9 月と 11 月と 1 月に通過した。積雪の表面模様の方向の地域別平均値は、11 月は 9 月と比較して A, B, D の地域で 10°~20° 時計まわりの方向に寄っていることがみとめられた。

また 10次隊が 1 月に 71°S 線に沿って旅行した際、sastrugi と pitted pattern を硬いものと軟かいものに明瞭に区別できた。前者は後者より古いものと考えられ、Mac-Robertson Land でも同様のことが報告されている (MATHER, 1962)。新しくて軟かい sastrugi は、ブリザードでできる snow dune やドリフトとちがって、風による侵蝕をかなりうけると観察されたので、古くて硬い sastrugi と同様に、katabatic wind の卓越風向を示すものと考えられる。

この 71°S 線の新しい表面模様は、図 3 に短い点線で示したように、40°E から 43°E にかけては、古いものにくらべて平均 10° たらす反時計まわりの方向に寄っているにすぎないが、37°E から 40°E にかけては、平均して約 15° 反時計まわりの方向に寄っていた。古い表面模様は、4次隊が 11 月と 12 月に 71°S 線に沿って旅行した際の sastrugi の方向（吉田他, 1962）と非常によく一致している。また 1 月に測定された新しい表面模様の方向は、その際の気象観測からえられる平均的風向とよく一致している。したがって、新旧の表面模様の方向の差異は、この付近の 12, 1 月の卓越風向がそれ以前の時期よりやや反時計まわりの方向に寄るからと考えられる。

なお、71°S 以北のルート (A, B, D, F) での表面模様の方向は、11 月にくらべて 1 月の方が D 地域で約 10° 反時計まわりの方向に寄っていた以外、ほとんど差はなかった。またこのルートの 1 月の表面模様は、古いものと新しいものとの区別が明瞭でなく、両者の方向は大体一致していた。

9次隊 (FUJIWARA and ENDO, 1971)、10次隊のトラバースルートの雪尺測定から、71°S 以北の地域での annual net accumulation (年間純積雪量) のほとんどは秋から冬にかけて得られ、夏期はほぼ全域にわたって ablation が卓越していることが知られる。したがって、夏期にも新しい sastrugi が形成されても、それが存続するのは短期間であることも考えられるので、明瞭に判別できる新しい sastrugi は E 地域でのみ偶然見ることができたといえるであろう。これは G, H 地域を通過した 11 月後半から 12 月前半の比較的ひんぱんな降雪が E 地域にもおよんでおり、その後、風によって侵蝕され、1 月中旬に通過した時に

sastrugi や pitted pattern となって見られたのであろう。またその後通過した海岸近くの大陸斜面では、積雪表面がなめらかなので、新しい sastrugi は形成されにくかったのであろう。

みずほ高原と地理的条件が比較的似た位置にある Pionerskaya 基地の気象観測より得られた卓越風向をみると、12～1月は他の月に比べて約  $30^\circ$  反時計まわりの方向に寄っている (MATHER and MILLER, 1967). 昭和基地でも katabatic wind と考えられる風について統計をとると、風向が夏期に少し反時計まわりの方向へ寄る傾向がある (守田, 1968). 以上のことは、先に記した夏期に新しい表面模様が古いものより反時計まわりの方向をもって形成される傾向と一致する。

Katabatic wind の風向は、斜面の最大傾斜方向がわかっておれば、風向が地球の自転によって最大傾斜方向からずれる角度より求めることができる。BALL (1956) は、次式をあたえた。

$$\sin \beta = \frac{V_n l}{g \alpha \theta' / \theta} \quad *$$
 (1)

$$V_n^3 = \alpha \theta' g Q / k \theta, \quad (2)$$

ここで  $\beta$ : 斜面の最大傾斜方向からの風向のかたよりの角度

$V_n$ : 一様な流れをもった katabatic wind の normal speed

$l$ : Coriolis parameter

$g$ : 重力の加速度

$\alpha$ : 斜面の勾配

$\theta$ : cold air の温位

$\theta'$ : cold air とその上層の warm air の温度差

$k$ : 斜面の粗さに関する無次元の数

$Q$ : 氷床高原部からの cold air の最大傾斜方向への補給をあらわし、逆転の normal depth ( $h_n$ ) と  $V_n \cos \beta$  の積でしめされる。

(1) 式より、同じ場所では  $l$ ,  $g$ ,  $\alpha$  は時間的に一定であるから、 $V_n$  と  $\theta' / \theta$  が季節によって異なる値をもてば、 $\beta$  も季節によってかわってくる。(2) 式より  $V_n$  は  $\theta' / \theta$  その他から決まってくるので、(2) 式をもちいて(1) 式から  $V_n$  を消去すると、

\* 分子は geostrophic acceleration をあらわし、分母は katabatic acceleration をあらわす。南極では右辺が大きくなれば、風向は反時計まわりの方向に寄る。



$$\sin \beta \cdot \tan \beta = \frac{l^2}{g\alpha} \cdot \frac{h_n \theta}{k\theta'}, \quad (3)$$

したがって、同じ場所では  $\theta, \theta', h_n, k$  の季節による変化があれば、 $\beta$  も季節による変化をする。

一例として、 $\theta'$  の変化をみると、内陸の Vostok 基地 (78°27'S, 106°52'E, 3420 m) では、4～8月には  $\theta'$  は 25°C 近くになるが、12月～1月は 2～4°C である (DOLGIN, 1966)。冬期は太陽高度が低いから、放射冷却によって気温の逆転が強くなると解釈される。

また、BALL (1960) は、沖合を低気圧が通過する際の、気圧配置が風向に与える影響をあらわすモデルをあたえたが、沖合を通過する気団の季節による特性が、卓越風向に与える影響も無視できないだろう。

いずれにせよ、卓越風向の季節による変化を論ずるには、もっと多くの表面模様について、正確なデータを得なければ確実なことはいえない。また同一の sastrugi について方向変化をみるのが望ましい。D, F 地域でわずか10個の同一の sastrugi の方向変化を求めたが、一定の傾向はつかめなかった。また、風向の年変化に対応して表面模様の方向がどれくらいの時間のおくれをもって変化していくのか、あるいは古いものの方向は保たれて、その上に別個の新しい方向をもった表面模様が堆積されてゆくのか、これらの問題についての調査が必要である。同時に、内陸氷床上の対流圏下層における気温の垂直分布の観測が望まれる。

### 3. 4. 風向の日変化

10次隊の旅行中の36方位の風向観測値を、月別、観測時刻別に平均し、現地時間で15時の平均値との差をもとめて表3に示した。やまと山脈でのデータは、山地の影響が大きいため除いてある。この表の左欄にプラスで示されているのは、3時または9時から15時にかけて風向が反時計まわりの方向に寄ることを意味し、その傾向を示す日数は9月を除くと各月50～70%、逆の傾向を示す日数は0～20%、変化しない日数は20～30%の範囲にある。また右

表 3 風向の日変化

Table 3. Diurnal variations of wind direction.

Local time		Local time		
		3 or 9	15	21
1969	Sep.	+ 4°	0°	+ 6°
	Nov.	+ 10°	0°	+ 15°
	Dec.	+ 12°	0°	+ 13°
1970	Jan.	+ 11°	0°	+ 4°

The direction is shown as the deviation from the wind direction at 1500 LT.

欄にプラスで示されているのは、15時から21時にかけて風向が、時計まわりの方向に戻ることを意味し、その日数はやはり各月50~70%、逆の傾向を示す日数 0~20%、変化しない日数20~30%である。このことから、夏期には午前中の風向が午後になると約 10° 反時計まわりの方向に寄り、夕方になると元に戻ってくる傾向があるといえる。これは太陽高度の日変化による、前節(3) 式  $\theta'$ ,  $\theta$ ,  $h_n$  の変化が影響していると考えられる。

### 3.5. 風向の度数分布と風速

表4に10次隊の内陸調査で得られた風向の観測値の度数分布と、風向別の平均風速を示した。移動観測の風向観測値そのままから度数分布をとれば、通過した地域の卓越風向の分布に似たものとなり、あまり意味がない。そこで、全地域を一様な卓越風向の場にあると仮定して、卓越風向からのかたよりをみるような分布をとった。表4の C とは、旅行隊の通過時における、各観測点が属する地域の表面模様の方角の平均より求めた卓越風向の、 $\pm 15^\circ$  の範囲内にはいる風向を意味する。方位は  $30^\circ$  毎に分け、N は C より反時計まわりの方向（海岸寄り）にかたよった。また、S は時計まわりの方向（内陸寄り）にかたよった風向を示す。

表4 風向の度数分布と風向別平均風速

Table 4. Frequency of wind direction and mean wind speed in each direction.

Wind direction*	Frequency	%	Mean wind speed (m/s)
N3 ( $-105^\circ \sim$ )	1	(0)	3.0
N2 ( $-75^\circ \sim$ )	15	5	4.6
N1 ( $-45^\circ \sim$ )	94	30	8.5
C ( $-15^\circ \sim +15^\circ$ )	175	56	10.0
S1 ( $\sim +45^\circ$ )	24	8	7.9
S2 ( $\sim +75^\circ$ )	1	(0)	4.5
S3 ( $\sim +105^\circ$ )	1	(0)	9.0
Calm	2	1	
Total	313	100	

Sep., Nov., Dec., 1969 and Jan., 1970

\* "Wind direction" is shown as the deviation from the orientation of sastrugis and pitted patterns in each region.

表4より、卓越風向を中心とした  $90^\circ$  の範囲内にはほとんどの風向が集中すること、風向が卓越風向から離れる場合は反時計まわりの方向に寄る傾向があること、また卓越風向から離れるほど平均風速が小さくなるのがわかる。ただし、月別にみた風向別平均風速の例外として、9月はC方向が  $9.6 \text{ m/s}$  (60%) であるのに比べ、N1方向が  $12.3 \text{ m/s}$  (17%) と大きい風速を示している。これは同年9月の昭和基地におけるブリザード日数が11日であり、

12月と1月がそれぞれ1, 2日なのに比較して, 強い低気圧に見舞われやすかったことが関係していると思われる。このことは次節と関連している。

### 3. 6. 風向と天気の関係

風向を月別にみると, 最大頻度は45~80%で, すべてC方向に一致する。しかし, 地域別にみると, 例外として, G地域ではC方向1回に対しN1方向12回, H地域では12月前半だけをみるとC方向16回に対し, N1方向27回となり, 最大頻度が反時計まわりの方向に寄っている。G地域は10次隊の内陸旅行中降雪が最もひんぱんに連続し, 風が比較的弱かった11月16日から21日にかけて通過した。また, 11月22日から12月18日にかけて通過したH地域では, 風弱く, 天気が比較的悪かった。後述する海塩粒子は, 71°S以南では, 風向が大きく反時計まわりの方向に寄った11月16, 17, 18日のみ大気中に存在したことが確認できた\*。したがって, 少なくともG地域については, 海洋性の気団が内陸部へ侵入したことが考えられ, そのために風向が反時計まわりの方向に寄ったとみることができる。

あとで述べる図4からもわかるように, 一般に大陸斜面では雪, 吹雪などの天気の際は, 必ずといっていいほど, 風向は表面模様から知られる卓越風向より反時計まわりの方向寄りの風となるといえる。10次隊の旅行中, G, H, Xの地域で, 2日以上同一地点で停滞した際の, 一定時刻における日毎の風向変化と気温変化を比較すると, 風向が反時計まわりの方向に寄れば気温が上昇する傾向を示している。また昭和基地では, シノプティックスケールのじょう乱による風は, katabatic windより反時計まわりの方向にかたよることが推察されている(守田, 1968)。

したがって, 以上のことから, 風向が卓越風向より反時計まわりの方向に寄ることと低気圧の通過の相関があると考えられるので, 大陸斜面を旅行する際の天気変化の予測にある程度役立つ。しかし, 先に述べた風向の日変化にも注意しなければならない。

### 3. 7. みずほ高原付近の卓越風の流線

図3に, 4次隊(吉田他, 1962), 5次隊(藤原, 1964), 9次隊(FUJIWARA and ENDO, 1971), 10次隊によって得られた内陸部の表面模様の方向および海岸部の snow dune の方向(大浦・山田, 1966)をもとにし, 白瀬氷河一帯の卓越風の流線を示した。卓越風向のデータのえられない地域は, katabatic wind の理論からみちびかれたモデル(BALL, 1960)を参考にした。それぞれの流線の間隔は, 2000 m の等高線を等間隔に区切るようにとった。な

\* 12月3日と18日にもきわめて微量であるが海塩粒子が存在した可能性がある。

お点線はリュツォ・ホルム湾の地上気流 (MORITA and MURAKOSHI, 1960) を示す。

正確な流線をえがくためには、第一に氷床の正確な等高線が必要である。現在まだ標高のデータが不十分ではあるが、過去のトラバースでえられた等高線を使用した。

白瀬氷河沖合にある円丘氷山群の生成機構については、西堀 (1958) などにより、氷山が死滅しかかっているうえに、気流の関係でこの付近に多量の雪がたまるため、なだらかな円丘状になったと考えられている。図 3 から、白瀬氷河源流域の風は白瀬氷河沖合に集中することがわかる。したがって、広い地域から集まったかなりの量の飛雪をこの付近に供給するであろう。また沖合の海岸線に平行な気流は、リュツォ・ホルム湾に侵入し流線をゆるめる。したがって、海岸に沿って運ばれてきた雪も、この付近に蓄積しやすいだろう。また内陸部からの風と沖合の風がこの付近でぶつかりあうことも、そこに雪を落ちつかせる原因となるだろう。これらのことは円丘氷山群の生成に大きく貢献していると考えられるが、hydraulic jump (BALL, 1956; 守田, 1968) や低気圧の影響も大きいであろう。また、円丘氷山ができるためには、氷山が長期間この付近に滞在する必要がある。そこで、白瀬氷河からでた氷山が坐礁しているかどうか、また氷山の移動速度、移動方向や net accumulation など他の氷山と比較すれば、この問題もより明確に理解されるだろう。

#### 4. 気 温

表 5 に、最も多くの観測値が得られ、4 日の最高気温に近いと考えられる 15 時 (12 G.M.

表 5 地域別平均気温 : 1500 LT (°C)

Table 5. The mean temperature in each region at 1500 LT.

Region Month	(Syowa Station)	A	B	C	D	E	F	G	H	X	Y
Sep. 1st half	-18.7	-24(8)	-30(1)		-27(4)						
2nd half		-27(2)	-28(6)	-31(9)	-31(3)		-36(6)				
Oct. 1st half	-10.4	-9(3)	-16(3)	-23(3)	-27(5)		-29(7)	-31(2)			
2nd half						-24(9)		-36(2)		-25(6)	
Nov. 1st half	-5.1	-14(5)	-14(7)	-16(5)	-16(6)	-21(4)	-20(13)			-21(1)	
2nd half							-18(2)	-19(8)	-22(9)	-20(4)	-18(4)
Dec. 1st half	+0.2		-8(1)	-9(2)		-12(4)			-17(17)	-16(4)	-15(11)
2nd half				-10(2)	-14(1)					-14(14)	
Jan. 1st half	+0.8	-6(4)	-10(1)		-13(2)		-14(2)	-18(2)		-10(2)	-12(10)
2nd half		-7(1)	-9(1)		-10(2)	-11(7)	-11(2)				

( ): Number of original data

Values at Syowa Station are the mean at 1500 LT of four winterings in 1956-1962.

T.) の半月毎の地域別平均気温を示した。平均値の算出方法は表1の風速と同様であり、かっこ内はえられた観測値の総数である。

南極氷床では、フィルンの10 m 深の雪温がその地点の年平均気温にほぼ等しいことが知られている。南極の内陸部の年平均気温は、主に高度、緯度、海岸からの距離などで決まってくるが、東南極の沿岸部では、気温の減率は氷床高度100 mにつき大体1.0°Cである(CAMERON, 1964)。9次隊の測定結果でも、昭和基地から St. 170 (70°50.5'S, 43°07'E) まで(高度2000 m以下, 71°S以北)の年平均気温の減率は1.0°C/100 mであり(FUJIWARA and ENDO, 1971), 10次隊ものちに報告するが、ほぼ同様の結果を得た。

表5の値は表1について前記したことと同様の問題があり、また観測値の数も少なすぎるが、昭和基地の各月の15時の平均気温から1.0°C/100 mの気温減率で計算した値と比較すると、ほとんどが2~7°C高めにでている。これは気温の年較差や日較差が昭和基地より内陸部で大きく、表5が日変化の最高気温に近い時刻の値であることを反映していると考えられる。

## 5. 天 気

### 5.1. 天気の種類

天気の種類を求めるため、表6に10次隊の全データから、観測時刻別の各天気の度数を示

表6 天気の種類  
Table 6. Frequency of weather.

Local time	3 or 9		15		21	
	Frequency	%	Frequency	%	Frequency	%
○	38		32		38	
①	14		20		16	
②	18	75	15	73	13	77
⊗	10		10		9	
◎	0		0		1	
✖	17		16		16	
✖↗	9	25	11	27	7	23
↔	1		1		0	
<b>Total</b>	<b>107</b>	<b>100</b>	<b>105</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
↗	16	34	15	32	5	18
↘	20		19		13	

Sep., Nov., Dec., 1969 and Jan., 1970

した。ただし、地ふぶきのある時は、その時の雲の状態から求めた天気を探り、地ふぶきは別個にその度数を最下欄に示した。

表6から、雪、吹雪、地ふぶきなどの大気水象がみられた回数を加えると、総観測数の約50%になる。また、降水現象は25%前後で、日変化はほとんどないが、地ふぶきは夕刻に少なくなっていることがわかる。月別にみた天気の種類は、データ数が少ないので観測時刻によって不規則なばらつきがあるが、地ふぶき頻度は各月とも夕刻に少なくなる。これは先に述べた風速の日変化に対応している。

なお、3.3. 節で少しふれた net accumulation の季節別変化から、秋期や冬期では降水現象はもっとひんぱんであり、katabatic wind も顕著になって地ふぶきも多く、大気水象の比率がかなり増すことが推察される。

過去の日本の内陸調査隊が残した気象観測の報告は雪(×)、吹雪(×↑)、高い地ふぶき(↑)、低い地ふぶき(↓)、などの区別の仕方が不明確であるため、記載にあたって優先の仕方が統一されていない。今後内陸の天気について種々の比較検討を可能にするためにも、吹雪と地ふぶきの区別、雪と吹雪、高い地ふぶきと低い地ふぶきの区別などを、観測者の主観がはいるけれども明確にし、吹雪や雪などの降水現象があった際は必ず優先して、それとわかるように記載すべきである。同時に、南極の大陸斜面では地ふぶきがひんぱんにあるので、地ふぶきの場合は雲の状態から求めた天気記号を併記することが望ましい。

## 5. 2. 天気の持続性

10次隊の内陸旅行中、雪が連続した最大日数は11月中旬 G 地域での4日であり、強風をともなった吹雪の連続の最大は2, 3日程度であった。また快晴は11月下旬、H 地域で8日間続いたのが最大であり、その頃昭和基地も同様の天気が続いた(図4)。他の日本隊の内陸での観測からも、本論文対象地域の9~1月は、この程度が限度のようである。ただし、これは上記の天気が日中の大部分の時間を占めていた日の連続日数であり、10次隊の場合、雪や快晴の連続期間中、ともに約80 km 移動している。なお10次隊の旅行中には顕著な天気の周期性はみとめられなかった。

## 6. 視程と旅行隊の停滞日数

視程の観測は、観測者の主観に影響される面が大きい。しかし、天気、風速とともに、その両方の影響をうけた視程が、内陸旅行隊の行動日数を左右する要素となるので、一応参考までにその頻度を表7に示した。

表 7 視程の頻度

Table 7. Frequency of visibility.

Visibility (km)	1969 Sep. 5~25	1967 Nov. 5~21	1969 Nov. 1~30	1969 Dec. 1~31	1968 Jan. 3~15	1970 Jan. 1~29
	Frequency %	Frequency %	Frequency %	Frequency %	Frequency %	Frequency %
0.00~0.09	8 20	16 27	5 6	3 3	0 0	0 0
0.1~0.9	11 27.5	12 20	11 (12)	8 9	2 4	3 4
1~9	10 25	15 25	19 22	15 16	7 15	10 14
10~	11 27.5	17 28	53 60	66 72	37 (81)	60 82
Total	40 100	60 100	88 100	92 100	46 100	73 100

日本隊の内陸旅行で9月に行動した4次隊, 10次隊の合計旅行日数39日のうち, 悪天のため停滞した日数は約30%である. また72°S以北の地域で往路, 帰路ともに11月から1月にかけて行動した4次, 8次, 10次隊の合計旅行日数125日のうち, 悪天のため停滞した日数は全日程の約10%である. なお隊によってはそれぞれの時期に上記の約10%増しの停滞をしている隊もある. ただし, 10次隊の St. 240 (72°S, 43°E) からやまと山脈にいたる行程は, 数キロの視程が必要な測量をしながらの行動だったので, 考慮にいれてない. 内陸旅行隊の行動には気象以外の要素もからんでくるので, 悪天による停滞日数と視程, 天気, 風速などの単純な対応関係は期待できないだろう.

## 7. みずほ高原と昭和基地の気象の相関

図4に本論文対象地域で昭和基地から最も離れている G, H, X 地域を10次隊が通過した際の, 昭和基地と内陸の気圧変化, 天気, 内陸の風向, 内陸の大気中の海塩粒子の有無を示した.

昭和基地とやまと山脈付近の気圧変化に平行性がみられることは, すでに知られている (吉田他, 1962). 図4からも, 昭和基地より約350 km離れた72°S線の気圧変化は, 昭和基地と比較して大きな位相のずれもなく, 振幅はやや弱められるが良い相関がみられる. 内陸旅行では, 行動している時の気圧変化がわからないので, 3.6.節で述べた内陸での風向と天気の相関と, 内陸と昭和基地の気圧変化の相関があることから, 内陸での風向変化と昭和基地での気圧変化との間に一貫した相関関係が期待される. すなわち比較的相関関係を考えやすい, 内陸の風向 $\longleftrightarrow$ 内陸の天気 $\longleftrightarrow$ 昭和基地の天気 $\longleftrightarrow$ 昭和基地の気圧の間のすべての

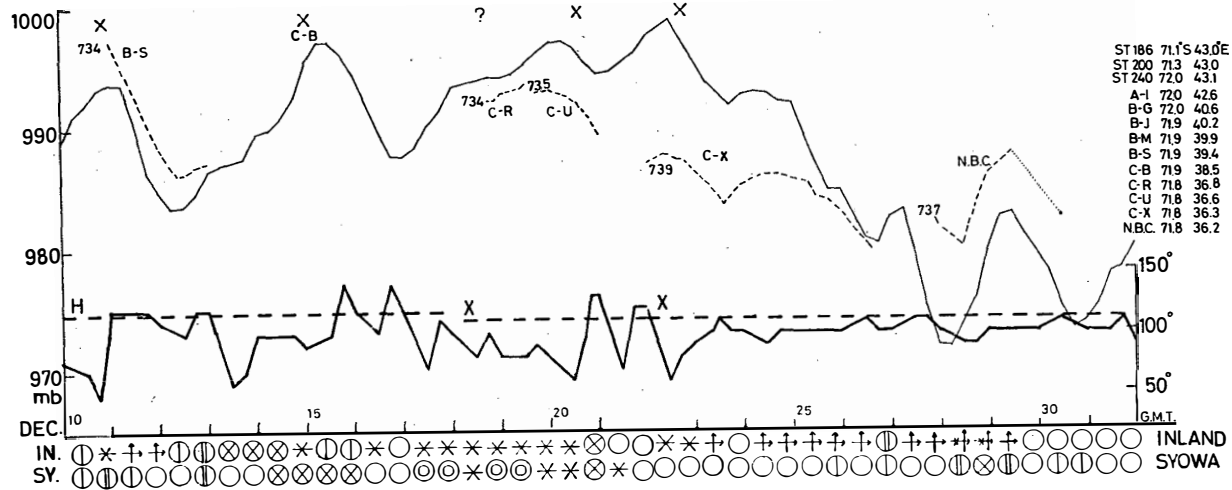
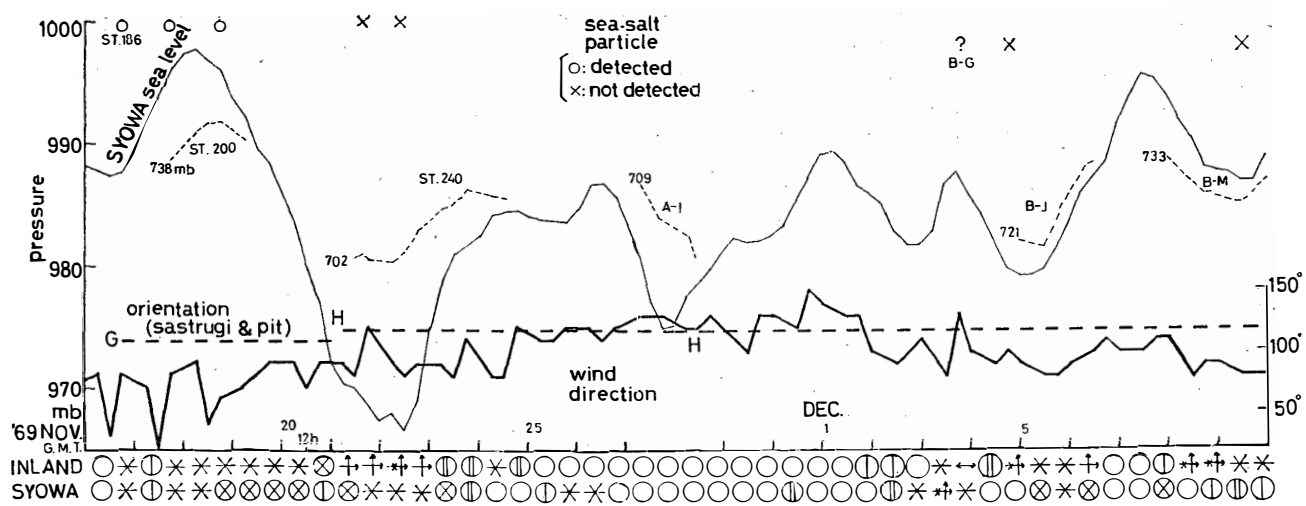


図 4 内陸と昭和基地の気圧変化と天気および内陸の風向と海塩粒子採取結果  
 Fig. 4. Pressure variations and weather in inland and at Syowa Station, and wind direction and results of sampling of sea-salt particles in inland.



相関がよければよい。しかし、図4にみられるように、内陸の天気と昭和基地の天気の相関は、降雪日が一致せず、また昭和基地の天気と気圧の相関もあまりよくないため、内陸の風向と昭和基地の気圧の相関はよくない。

今後内陸調査隊の観測から、昭和基地と内陸部の各気象要素を比較するためには、停滞日の少なくとも3時間毎の観測、また停滞日の連続観測を可能にするために、簡単な自記観測器の携行が望まれる。

## 8. 海 塩 粒 子

海塩粒子とは、海面で風波などにまきこまれた気泡が破裂する際、海水の微滴として大気中になげだされ、風によって運ばれている塩つぶのことである（鳥羽，1966）。南極の内陸部での海塩粒子の観測は、その輸送過程や大陸氷床への蓄積を考えると、気象学や地球化学、氷河学などの見地から興味ぶかい。10次隊の内陸旅行では、ジェット・インパクトで空気を吸引し、その中に含まれた海塩粒子をファーローの方法で処理したフィルムに付着させる方法をとった（TOBA and TANAKA, 1967）。観測は9月の内陸旅行で14回（12カ所）、11月から1月にかけての内陸調査で29回（22カ所）、空気の吸引量は1回の観測での最大がそれぞれ30~80 lである。観測の定量的な結果はのちに報告するが、ここではそれぞれの採取時に海塩粒子が検出されたか否かに着目して簡単に報告する。

9月には、往路の St. 29 (69.0°S, 40.6°E) から St. 102 (69.7°S, 42.8°E) までの5回の観測ではすべて海塩粒子の存在がみとめられた。その後 St. 120 (70.0°S, 43.1°E) から St. 170 (70.8°S, 43.1°E) に至り、同じルートを帰路にとり、St. 27 (69.0°S, 40.5°E) まで9回の観測を行なったが、St. 27 でのみ検出された。

11月の St. 22 (69.0°S, 40.3°E) から St. 160 (70.7°S, 43.1°E) までの8回の観測では、St. 22 でのみ検出された。その後12月末までの観測結果は図4に示した。1月にはいって St. Y 113 (71.5°S, 35.4°E) から St. 25 (69.0°S, 40.5°E) までの8回の観測では、St. 40 (69.1°S, 41.1°E) でのみ検出された。

以上のうち14回の観測は、71°S以南におけるもので、海塩粒子を採取できる可能性が比較的大きいと考えられる天気の良くない日を選んで行なった。そのうち5.2.節で述べた、10次隊の内陸旅行中最も降雪が持続し、また風向がその付近の積雪表面模様より知られる卓越風向より海岸寄りであった、11月16, 17, 18日の3回にわたって海塩粒子が検出された。また12月3日, 18日にも海塩粒子が存在した可能性がある。いずれも天気は小雪または細氷

で、風の弱い時であった。なお9次隊の極点旅行では、77°S 付近で海塩粒子を検出している (KIKUCHI and FUJIWARA, 1971)。

将来、南極地域での大気大循環その他を知る意味において、内陸基地での海塩粒子の継続した観測が望まれる。

### 9. 今後の内陸気象調査

内陸気象調査について気づいた点は、本論文の関連した各所に述べてきたが、本論文の不備な点は著者の責任によるものとともに、そのまま今後の問題とされるべき点を含んでいる。内陸旅行中の気象観測の宿命は、固定点での連続観測でないので、データの統計を無意味にすることが多いことである。しかしながら、みずほ前進基地ができたので、内陸の各種気象要素の時間的変化が確実におさえられることになるだろう。したがって、今後の内陸調査旅行では、気象の地域的特性を把握することに重点がおかれるべきであろう。

### 10. あとがき

第10次越冬隊気象部門石田恭市、鈴木剛彦、酒井重典の諸氏には、観測法についてご指導いただき、いろいろと便宜をはかっていただいたうえ、昭和基地の観測データを使わせてもらった。同じく内陸デポ旅行および本旅行隊の方々には、全面的なご支援をいただいた。京都大学理学部鳥羽良明助教授、田中正昭氏には、海塩粒子の観測にあたって非常にお世話になった。気象庁南極観測事務室には、昭和基地の観測データを提供いただいた。また国立科学博物館極地研究センター楠宏氏、川口貞男氏、名古屋大学理学部樋口敬二教授には、いろいろと有益なご助言をいただいた。ここに記して深く感謝する。

なお10次隊の内陸気象観測結果は、内陸調査隊の JARE Data Reports に収録の予定である。

### 文 献

- BALL, F. K. (1956): The theory of strong katabatic winds. *Aust. J. Phys.*, **9**, 373-386.  
BALL, F. K. (1960): Winds on the ice slopes of Antarctica. *Antarctic Meteorology; Proceedings of the Symposium held in Melbourne, 1959*, Pergamon Press, Oxford, 9-16.  
CAMERON, R. L. (1964): Glaciological studies at Wilkes Station, Budd Coast, Antarctica. *Antarctic Research Series*, **2**; *Antarctic Snow and Ice Studies*, ed. by M. Mellor, American Geophysical Union, Washington, 1-36.

- DOLGANOV, L. V. (1959a): Katabatic wind velocities in the Mirnyy-Pionerskaya area. *Inf. Bull. Sov. Antarct. Exped.*, **1**, 320-323 (English ed.).
- DOLGANOV, L. V. (1959b): Estimates of katabatic winds in Antarctica. *Inf. Bull. Sov. Antarct. Exped.*, **1**, 387-390 (English ed.).
- DOLGIN, J. M. (1966): Some results of meteorological and aerological studies in Antarctica for the period of 1956-1966. *Inf. Bull. Sov. Antarct. Exped.*, **57**, 43-59 (English ed.).
- DOUMANI, G. A. (1967): Surface structures in snow. *Physics of Snow and Ice; Sapporo Conference 1966*, ed. by H. Oura, Institute of Low Temperature Science, Hokkaido Univ., 1119-1136.
- FUJIWARA, K. (1964): Preliminary report on the morphology of the inland ice sheet of the Mizuho Plateau, East Antarctica. *Antarctic Rec.*, **23**, 1-11.
- FUJIWARA, K. and Y. ENDO (1971): Preliminary report of glaciological studies. *JARE Scient. Rep., Special Issue.*, **2**; Report of the Japanese Traverse Syowa-South Pole 1968-1969, 68-109.
- JAPAN METEOROLOGICAL SOCIETY (1964): Surface meteorological data at the Syowa Base. *Antarctic Meteorological Data*, **2**, Tokyo.
- KIKUCHI, K. and K. FUJIWARA (1971): Observation of giant sea-salt particles from Syowa Station to the South Pole. *JARE Scient. Rep., Special Issue*, **2**; Report of the Japanese Traverse Syowa-South Pole 1968-1969, 110-112.
- MATHER, K. B. (1962): Further observations on sastrugi, snow dunes and the pattern of surface winds in Antarctica. *Polar Rec.*, **11**, 158-171.
- MATHER, K. B. and G. S. MILLER (1967): Notes on topographic factors affecting the surface wind in Antarctica, with special reference to katabatic winds: and bibliography. *Tech. Rep. Grant No. GA-900*, Geophysical Institute of the Univ. of Alaska.
- MORITA, Y. and N. MURAKOSHI (1960): On the local climatic effects in the vicinity of Lützow-Holm Bay. *Antarctic Meteorology; Proceedings of the Symposium held in Melbourne, 1959*, Pergamon Press, Oxford, 17-36.
- 守田康太郎 (1968): 昭和基地で観測される Katabatic 風について (I), *南極資料*, **31**, 21-32.
- 南極地域観測統合推進本部 (1962): 日本南極地域観測隊第5次越冬隊報告, 121-122.
- 南極地域観測統合推進本部 (1968): 日本南極地域観測隊第8次越冬隊報告, 406-425.
- NISHIBE, N. and Z. SEINO (1971): Meteorological observations. *JARE Scient. Rep., Special Issue*, **2**; Report of the Japanese Traverse Syowa-South Pole 1968-1969, 49-67.
- 西堀栄三郎 (1958): 南極越冬記. 岩波書店, 170-171.
- 大浦浩文・山田知充 (1966): 宗谷海岸附近の Snow dune の方向について. *南極資料*, **21**, 30-40.
- RUSIN, N. P. (1961): Meteorological and radiational regime of Antarctica (translated from Russian). *Israel Program for Scientific Translations*, Jerusalem, 1964.
- 鳥羽良明 (1966): 海塩粒子. *海と空*, **41** (3・4合併号), 71-118.
- TOBA, Y. and M. TANAKA (1967): Simple technique for the measurement of giant sea-salt particles by use of a hand-operated impactor and a chloride reagent film. *Spec. Contr., Geophys. Inst., Kyoto Univ.*, **7**, 111-118.

吉田栄夫・村越望・矢田明 (1962) : 第4次南極地域観測隊越冬隊の調査旅行における気象観測について.  
南極資料, 15, 12-24.

(1971年3月8日受理)