

第7次南極地域観測隊気象部門報告 —高層気象観測—

石田 恭市*・清野 善兵衛*・清水 正義*

REPORT OF UPPER AIR OBSERVATIONS OF THE 7TH JAPANESE ANTARCTIC RESEARCH EXPEDITION, 1966-1967

Kyoichi ISHIDA*, Zenbei SEINO* and Masayoshi SHIMIZU*

Abstract

Syowa Station was officially opened on February 1st, 1966 and routine upper observations by the use of newly-developed rawinsonde (Type RS II-64) were started on February 11th. By January 31st, 1967, 360 sondes in total were released at 1200 GMT, including 3 additional observations at 0000 GMT during the period of stratospheric warming in October 1966.

Meteorological elements measured with the sonde attached to 600 gr Latex balloon were: Temperature with bead-type thermistor (0.5-1.0 mm in diameter, 1.0-1.5 mm long), humidity with carbon-type hygrometer (thickness 1 mm, size 16×60 mm), and pressure with bellow-type barometer (60 mm in diameter). Signals were received by a D55B Automatic Direction Finder with parametric amplifier, and were printed automatically.

Monthly average values of temperature, height, and humidity were computed. Increase in humidity was observed in late summer and the decrease was noticed in late spring, which indicated the change of air mass over Syowa Station. Analysis of mean monthly

temperatures at 500 mb-level showed that there were pronounced year-to-year variations in all seasons except winter. Mean monthly temperatures at 50 mb-level indicated large year-to-year variations in September, October, and November. In the troposphere and the stratosphere, the southerly wind component prevailed in April-May (autumn) and September-October (spring), and the easterly wind component which was predominant in summer disappeared in the stratosphere during winter.

Stratospheric warming started on October 20th from the coast of east Antarctica. Accompanying the movement of the warming centre to the east, the warmed area expanded all over the continent. Circum-polar vortex disappeared on about November 20th and summer type circulation was established. At Syowa Station, changes in wind direction and speed were not observed immediately after the stratospheric warming; however, within a month the wind speed decreased gradually and the direction changed from westerly to easterly.

1. 概 況

第7次越冬隊による気象部門の作業は、1966年1月下旬に開始された。

* 気象庁. Japan Meteorological Agency.

高層気象関係の機器の設置及び調整は、2月に入ってから行なわれ、9日、10日の2回、ラジオゾンデの試験飛揚を行ない、2月11日正式に観測をはじめた。観測時間は、12GMT（現地時間で15時）である。第8次隊と交替する1967年1月31日まで、強風で観測不可能の日を除き、ほとんど毎日行なった。臨時観測を含めて年間総飛揚回数は、360回である。観測後、ただちに資料整理を行ない、国際気象通報式 TEMP（各層の気圧、気温、湿度、風向、風速）及び PILOT（各層の風向、風速）として、モーンソン基地を經由、オーストラリアにある IAAC（南極気象資料解析センター）に通報された。

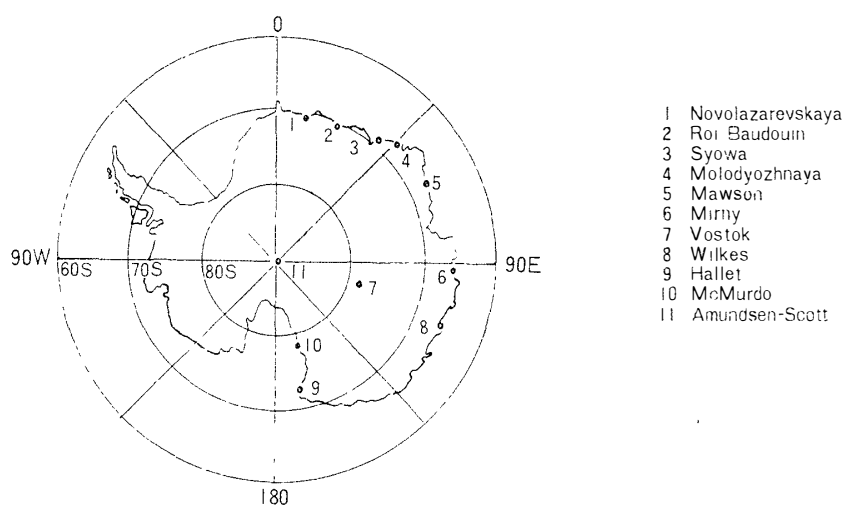


Fig. 1. Rawinsonde stations on Antarctica.

Table 1. Frequency of upper air observations at Syowa Station (Feb. 1966~Jan. 1967).

		観測回数	欠測回数	復行回数	臨時観測回数
1966	Feb.	21	1	2	2
	Mar.	33	0	2	0
	Apr.	30	1	1	0
	May.	30	1	0	0
	Jun.	28	3	1	0
	Jul.	29	2	0	0
	Aug.	30	1	0	0
	Sep.	31	1	2	0
	Oct.	34	2	1	3
	Nov.	32	0	2	0
	Dec.	32	0	1	0
1967	Jan.	30	1	0	0
Total		360	13	12	5

飛揚回数の内訳は Table 1 のとおりである。臨時観測は成層圏昇温が観測された 10 月に、9 日、19 日、20 日の 3 回、00 GMT におこなったものである。欠測 13 回のうちブリザードによるものが 11 回であった。観測された高度は、冬季 18 km、夏季 24 km で年平均 21.0 km であった。これは国内における観測高度 (24 km 前後) より低い。

2. 観測方法

2-1. 受信装置及びゾンデ

受信装置は、自動追跡記録型方向探知機 (D55B) で、飛揚中のゾンデの高度角、方位角は自動印字され、気圧、気温、湿度の信号は自動記録により受信された。D55B は、国内の高層観測に使用されている GMD 1-A と同じタイプのもので、受信能力をあげるため、パラメトリック増幅器を附加してある。記録方式は、周波数変換記録方式とし、国内における符号による受信方式と異なっている。ゾンデは、南極観測のために、特に開発した RS II-64 型 (Fig. 2) を使用した。感部は、気温にサーミスター、湿度にカーボン、気圧に空盒を用いた。主な特性は、次のとおりである。

発信器 使用周波数：1680MC，変調周波数：10 cps～200 cps，出力：0.4 W，重量：1.1 kg
(電池を含む)。

感部 気温：0.7mm×1.2mm のビード型サーミスターで、20°C～-80°C の変化に対し、

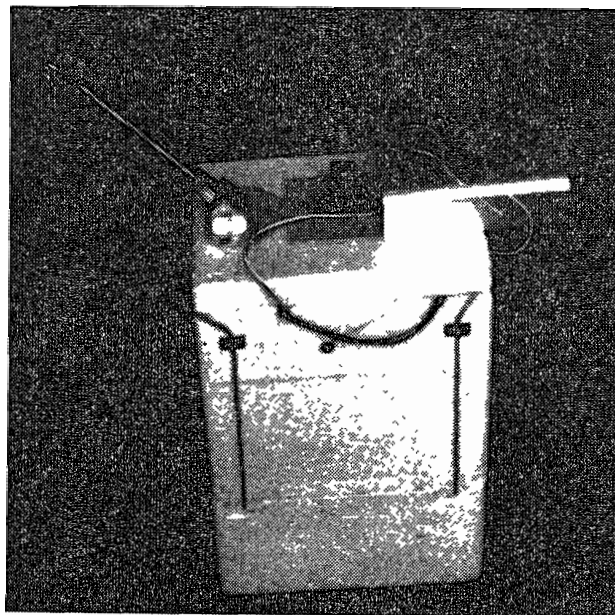


Fig. 2. RS II-64 Type Rawinsonde.

22k Ω ~620k Ω の抵抗変化をする。

湿度：厚さ 1mm のガラス板にカーボンを塗布したカーボン湿度計で、10%~90% の変化に対し、70k Ω ~3M Ω の抵抗変化をする。

気圧：直径 60mm の空盒気圧計を使用，レバーを介して 150ヶの接点板上を摺動させる。

2-2. 気球，浮力，飛揚

気球は，ゾンデの重量が多少軽減されたので 600 gr ラテックス（国内では 800 gr）を使用した。冬の間（5 月末より 9 月末まで）は，充填前に気球を軽油に浸すことにより観測高度の低下を防いだ。浮力は「アンモニア加熱分解ガス発生装置」により，水素，窒素の混合ガスを得そのまま使用した。この装置は，今回はじめて試みたものであるが，操作が簡単であり，ほぼ良好に動作した。主な特性はつぎのとおりである。

消費電力：9kw，ガス発生量：5 m³/h，昇温時間：常温から約 2 時間で 950°C，ガス圧力：0.1~0.01kg/cm²，ガス成分：水素 75%，窒素 25%，ほかに水分微量。

懸垂物をつけないときの浮力は，2500 gr で，このために要する充填時間は，およそ 35 分である。ゾンデの上昇速度は 300m/s であった。液化アンモニアボンベ 1 本（50kg 入り）から約 33 回分得られた。12 月 26 日に装置が故障したので，その後約 1 カ月間，基地残存のカルシウムハイドライドを使用したり，ヘリウムガスを使用したりして飛揚した。

放球は，風速の弱いときは，放球塔の外で行ない，10m/s を越えると放球塔内より巻下器を使用して直接飛揚した。しかし，20m/s 以上になると気球が塔内より出てもすぐ地面に衝突したり，受信装置も，追跡時に機械的な負荷が大きくなるので観測を中止した。

3. 観 測 結 果

3-1. 概 況

各指定気圧面における月平均値は Table 2 のとおりである。季節変化に伴う循環の特長については，第 5 次越冬（1961）のときにほぼ通年連続観測されたのでその観測にもとづきすでに報告されている¹⁾。極地方における高層気象の特長としての冬季に圏界面が高くなること，成層圏における極夜の強い周極渦の存在と春季における気温の急昇，接地層附近における逆転層の存在などは，いままでの観測と同じであるが，さらにいくつかの事実について調べてみる。過去の観測値も含めて 500 mb と 50 mb 面について，月平均気温の変化を表わした (Fig. 3)。このなかで 50 mb 面の 1959 年 6 月，12 月，1960 年全年，1961 年 1 月の資料

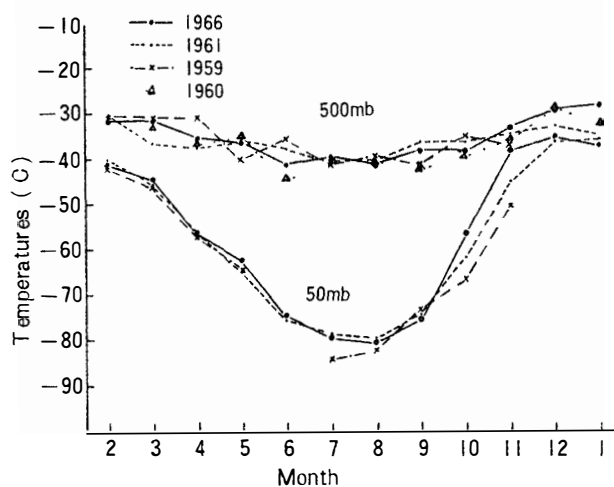


Fig. 3. Annual variations of 500mb and 50mb temperatures at Syowa Station.

が欠になっている。図によると、500mb 面が冬季7、8月における年による変動がすくなく、安定した状態を示すが、他の月は割合変動が大きくなっている。年間の大部分、とくに春、秋に変動が大きいのは、PHILLPOT²⁾ が指摘しているように極地方における季節変化の時期が年により大きく変動していることを示している。50 mb 面についての特長は冬から春(9、10、11月)にかけての年による変化が大きいことである。これは成層圏における春への移行の時期が年によって差があるためで、とくに今回(1966年)は、顕著な成層圏昇温現象が観測され、10月、11月の月平均気温は、1959年、1961年のときと比較してかなり高温であった。湿度については夏から秋にかけて高く、冬から春にかけて低くなる傾向があり、気団の交代を意味している。風についてみると、一般に中緯度の圏界面附近にみられる強い偏西風帯が明瞭ではなく、8km~10kmの高度で20m/sが観測される程度である(Fig. 4)。地上1 km 附近にみられる強風域は、夏季(1月、2月)を除く全年を通じてみられ、これは、気温の逆転層に対応している。風向については興味ある結果があらわれている(Fig. 5)。すなわち、南北成分についてみると、秋季(4月、5月)と春季(9月、10月)に成層圏をも含めて南からの成分が強くなっており、高緯度から低緯度への大気の移動を意味している。東西成分について夏季(1月)には対流圏、成層圏全域にわたって、東よりの成分が卓越しているが、冬季(7、8、9月)には対流圏のみで東よりの成分が卓越している。それに対応してこの期間が成層圏ではもっとも風速が強く、西よりの成分が卓越した。これは、大気循環の場から季節の変わりかわりを論ずる場合の大きな目安になると思われる³⁾。

3-2. 成層圏昇温

10月20日頃と、11月10日前後に昭和基地上空において、かなり明瞭な成層圏昇温が観測さ

Table 2(a). Monthly mean heights (gpm) and temperatures (°C) at standard pressure levels (Feb. 1966~Jan. 1967).

		1000mb	850mb	700mb	500mb	400mb	300mb	200mb	150mb	100mb	70mb	50mb	30mb	20mb	Trop.
Heights (gpm)	Feb.	-21	1245	2717	5160	6702	8623	11322	13261	16002	18420	20710	—	—	8266
	Mar.	-70	1193	2660	5098	6648	8562	11257	13187	15904	18294	20544	24001	26861	8359
	Apr.	-102	1142	2594	5005	6526	8404	11014	12887	15515	17811	19981	23200	—	8706
	May	-56	1182	2629	5033	6550	8418	10989	12820	15388	17637	19698	22884	—	8833
	Jun.	-83	1127	2545	4900	6383	8207	10695	12453	14890	16989	19019	21981	—	8946
	Jul.	-49	1155	2577	4947	6441	8273	10718	12411	14777	16816	18824	—	—	10188
	Aug.	-167	1030	2438	4790	6272	8057	10515	12187	14511	16526	18434	21396	—	10493
	Sep.	-137	1091	2529	4917	6419	8258	10699	12393	14750	16812	18754	21625	14011	10633
	Oct.	-161	1065	2499	4884	6388	8237	10711	12443	14902	17096	19205	22661	—	9736
	Nov.	-102	1162	2625	5057	6582	8372	11023	12847	15581	17876	20135	23818	26423	9461
	Dec.	-93	1192	2674	5139	6701	8620	11267	13195	15948	18398	20748	24332	27238	9280
	Jan.	-52	1241	2734	5210	6779	8708	11377	12969	16068	18510	20828	24373	27234	9156
	mean	-91	1152	2602	5012	6533	8395	10966	12754	15353	17599	19740	23027	26353	9338
Temperature (°C)	Feb.	—	-11.2	-18.6	-32.1	-40.7	-47.5	-43.4	-42.8	-41.9	-41.5	-41.5	—	—	-50.4
	Mar.	—	-11.8	-19.8	-32.0	-41.3	-48.5	-44.0	-44.3	-44.7	-44.6	-44.5	-41.8	-36.7	-51.0
	Apr.	—	-14.4	-21.8	-35.9	-44.8	-55.0	-50.7	-50.9	-53.2	-55.8	-56.8	-54.7	—	-57.2
	May	—	-15.4	-22.3	-36.3	-46.0	-55.7	-56.1	-55.8	-58.2	-60.7	-62.4	-67.2	—	-60.3
	Jun.	—	-21.1	-26.8	-41.6	-51.2	-61.3	-64.1	-65.9	-70.1	-74.0	-74.6	-76.6	—	-64.2
	Jul.	—	-21.8	-25.4	-39.9	-49.7	-61.3	-71.5	-73.2	-76.9	-79.9	-79.6	—	—	-72.2
	Aug.	—	-23.5	-28.4	-41.6	-51.4	-63.1	-73.4	-75.8	-78.9	-80.9	-80.8	-78.8	—	-74.3
	Sep.	—	-17.5	-23.8	-38.4	-48.6	-61.2	-72.5	-74.1	-75.6	-76.2	-75.9	-76.7	-71.2	-73.1
	Oct.	—	-18.3	-24.4	-38.3	-47.9	-59.6	-67.5	-67.1	-64.6	-61.4	-56.9	-43.7	—	-67.3
	Nov.	—	-12.4	-19.8	-33.4	-43.7	-55.6	-58.4	-54.4	-47.6	-41.7	-38.7	-30.1	-21.5	-60.6
	Dec.	—	-8.4	-16.6	-29.4	-39.2	-51.1	-46.2	-42.9	-39.8	-37.3	-35.1	-31.9	-29.6	-56.0
	Jan.	—	-6.5	-15.1	-28.4	-37.8	-49.7	-44.2	-42.3	-40.8	-38.3	-37.1	-35.0	-31.4	-52.9
	mean	—	-15.2	-21.9	-35.6	-45.2	-55.8	-57.6	-57.5	-57.7	-57.7	-57.0	-53.6	-38.1	-61.6

Table 2(b). Number of temperature readings at standard pressure levels (Feb. 1966~Jan. 1967).

	1000mb	850mb	700mb	500mb	400mb	300mb	200mb	150mb	100mb	70mb	50mb	30mb	20mb
1966 Feb.	4	17	17	17	17	17	17	17	17	17	13	—	—
Mar.	0	31	31	31	31	31	31	30	30	29	23	10	2
Apr.	0	29	29	29	29	29	29	28	27	22	14	3	—
May	5	30	30	30	30	30	30	30	30	24	12	3	—
Jun.	1	27	27	27	27	27	27	27	26	24	17	6	—
Jul.	4	29	29	29	29	29	29	29	28	27	9	—	—
Aug.	0	30	30	30	30	30	30	30	30	26	15	3	—
Sep.	3	29	29	29	29	29	29	28	28	27	24	9	1
Oct.	0	29	29	29	29	29	29	29	29	29	24	6	—
Nov.	1	30	30	30	30	30	30	30	29	27	24	13	2
Dec.	0	31	31	31	31	31	31	31	31	30	25	10	4
1967 Jan.	2	30	30	30	30	30	30	30	28	27	25	18	5

Monthly mean humidities (U), dewpoint-temperatures (T_d), and numbers of humidity readings (n) at standard pressure levels.

	Surface			850mb			700mb			500mb			400mb		
	$U(\%)$	$T_d(^{\circ}\text{C})$	n	$U(\%)$	$T_d(^{\circ}\text{C})$	n	$U(\%)$	$T_d(^{\circ}\text{C})$	n	$U(\%)$	$T_d(^{\circ}\text{C})$	n	$U(\%)$	$T_d(^{\circ}\text{C})$	n
1966 Feb.	66	-9.2	17	51	-22.2	16	42	-34.3	16	38	-46.2	16	47	-47.6	6
Mar.	64	-10.7	31	64	-18.6	31	69	-24.8	31	63	-36.8	31	57	-43.5	11
Apr.	79	-13.9	29	73	-18.5	29	70	-26.3	29	60	-40.3	25	46	-46.0	4
May	67	-17.9	30	62	-22.2	30	60	-29.2	30	50	-42.5	22	38	-49.4	5
Jun.	66	-23.6	27	74	-24.6	27	75	-30.0	27	66	-42.4	6	—	—	—
Jul.	57	-27.0	29	55	-28.7	29	46	-34.9	29	45	-46.2	17	—	—	—
Aug.	72	-27.9	30	68	-27.9	30	70	-32.1	30	63	-42.8	12	—	—	—
Sep.	73	-19.4	29	59	-24.1	29	56	-31.9	29	51	-45.3	20	28	-53.4	2
Oct.	71	-18.1	29	58	-25.2	29	57	-31.4	29	47	-44.9	18	36	-48.0	1
Nov.	76	-8.1	30	64	-18.6	30	64	-25.8	30	56	-39.9	30	52	-46.3	6
Dec.	70	-4.1	31	57	-15.9	31	56	-24.0	31	48	-38.1	31	36	-48.0	16
1967 Jan.	73	-2.5	30	56	-14.1	30	54	-22.8	30	47	-37.9	30	40	-45.7	22

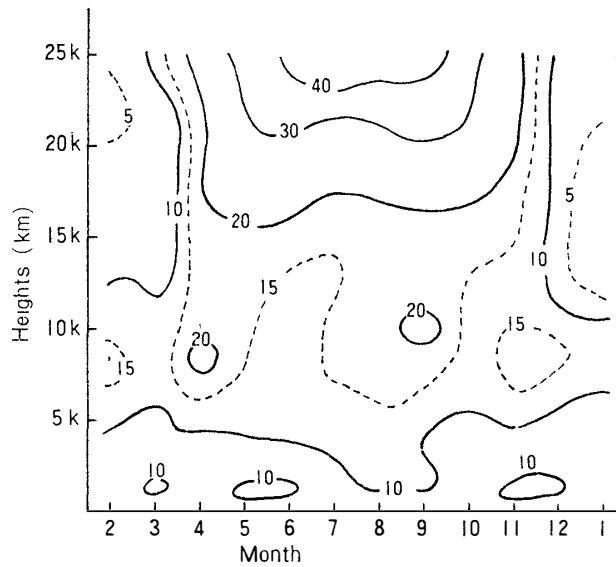


Fig. 4. Annual variations of monthly mean wind speed (m/sec) at Syowa Station.

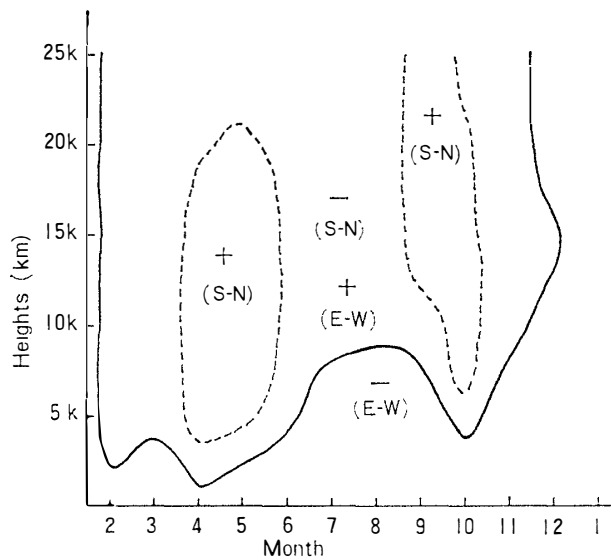


Fig. 5. Annual variations of monthly mean wind components at Syowa Station.

れた(Fig. 6). このように明瞭なものは、過去3回の観測においてみられなかったことで、きわめて興味がある。比較のために、基地より約2000km東方にあるソ連のミルヌイ基地の資料をのせた。以下、主として50mb面(約20km)における解析を中心にのべてみる。

昭和基地においては10月15日から20日までの5日間に -61°C から -34°C と 27° の昇温があった。これはミルヌイにおいても同様に -63°C から -37°C と 26°C の昇温をしている。その後、昭和基地では下降をはじめ、 -57°C になった。これに対してミルヌイでは、10月20日頃の昇温のあとあまり大きく下降せず、いわゆる夏型に移行していった。メルボルンの解析センターからの資料によると、10月21日、22日にボードワン基地においても昇温を

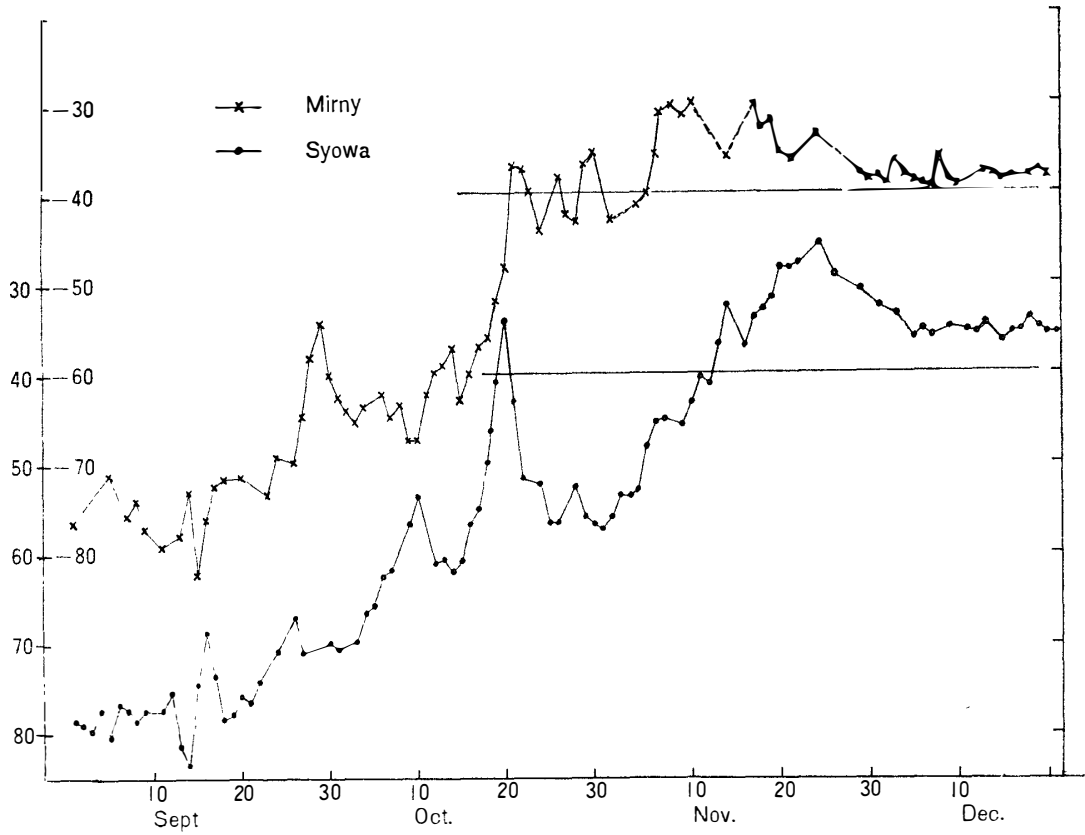


Fig. 6. Variations of 50mb temperature at Syowa and Mirny (Sept.~Dec. 1966).

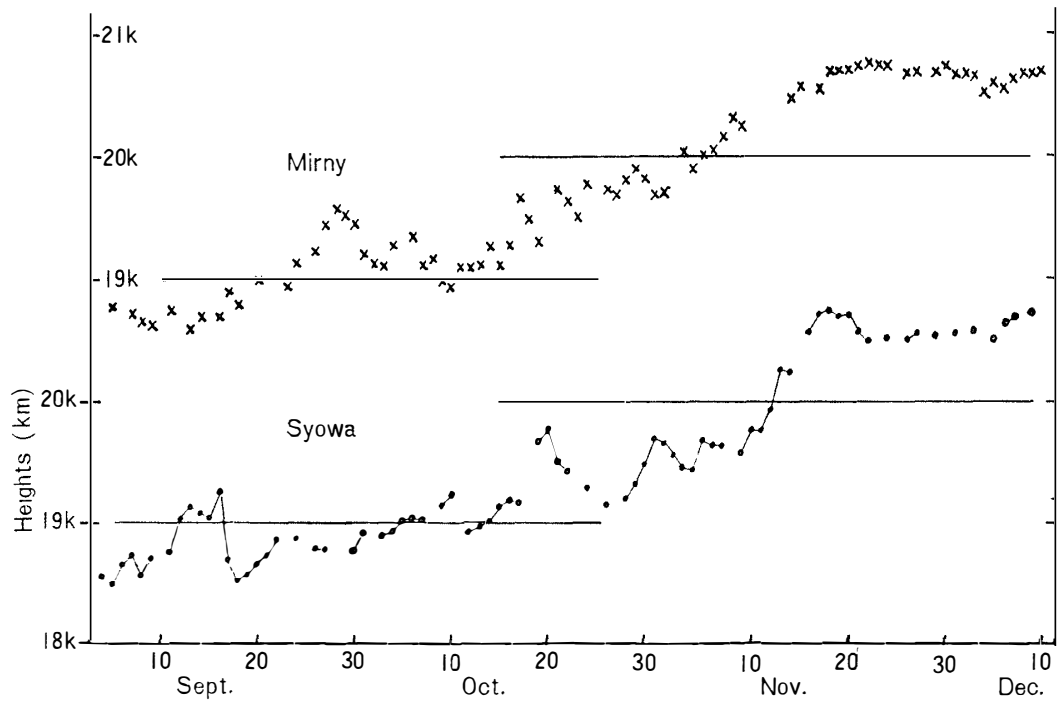


Fig. 7. Variations of 50mb height at Syowa and Mirny (Sept.~Dec. 1966).

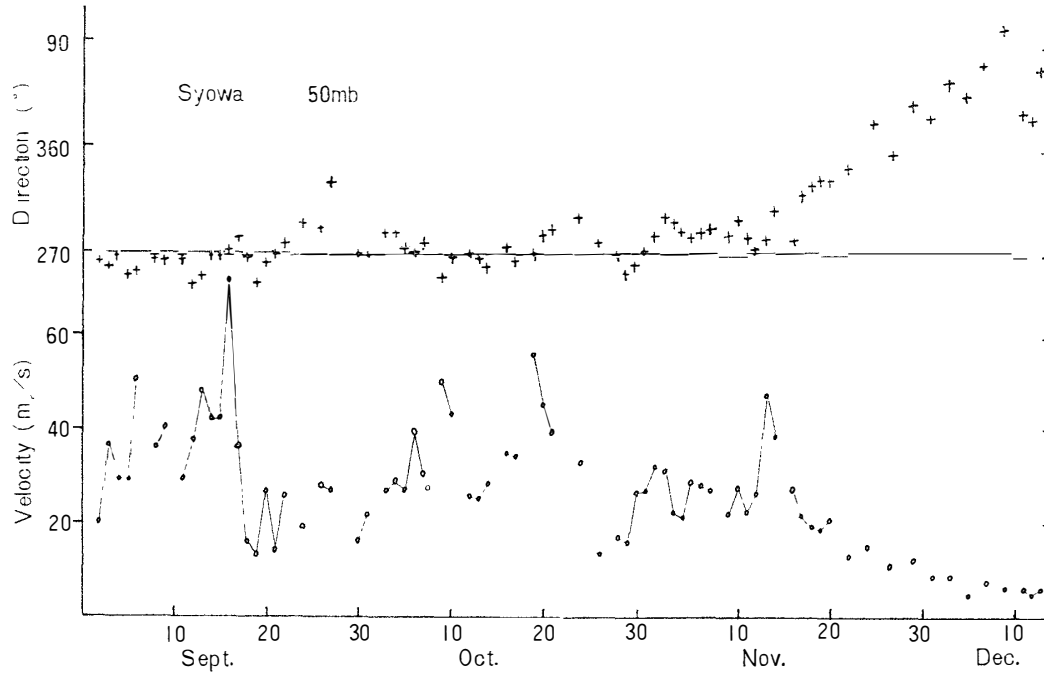


Fig. 8(a). Variations of 50mb wind velocity and direction at Syowa (Sept.~Dec. 1966).

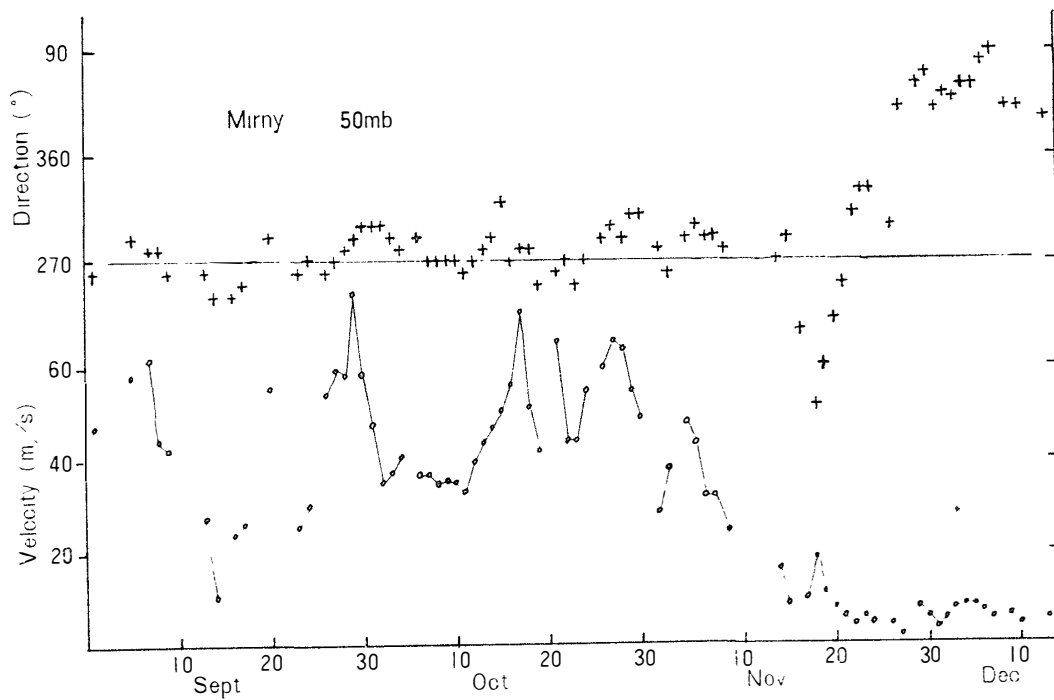


Fig. 8(b). Variations of 50mb wind velocity and direction at Mirny (Sept.~Dec. 1966).

観測している。西方のラザレフ基地では資料がすくないが、23日から11月8日まで昇温は観測されていない。逆にミルヌイより東方のウイルクス基地では21日、22日の48時間に15°Cの昇温をみている。なお、内陸のポストークにおいては、昇温は小さく、気温は -60°C と低かった。

以上のことから考えると、10月20日前後の昇温は、東南極大陸の沿岸ボードワンからウイルクスに至る間に発生したものであり、これらのうちの西側半分は2~3日間くらいで消滅したが、東側ではこのまま昇温が続いたものと思われる。なおこの昇温の前駆現象として、昭和基地においては9月16、26日、10月10日の3回にわたり周期的に小さな昇温があった。また、ミルヌイについては9月29日にかなり大きな昇温を観測している。これは昇温現象と偏西風の波動とのあいだの有意な関係を示すものとして興味がある。昭和基地においては、2度目の昇温は、11月5日頃から始まり11月24日には -26°C にもなった。このときの昇温率は、前回に比較して緩まんであったが、 -26°C というかなりの高温になったことは注目される⁴⁾。11月2日00 GMTの50mb面の気温はつぎのようになっている。極点 -59°C 、ボード -56° 、ハレット -39° 、モーション -55° 、ロワボードワン -61° 、ポストーク -56° 、昭和基地 -54° 、ミルヌイ -45° 。すなわち高温の中心部はハレット基地附近であったと考えられる。これは、ZHDANOV⁵⁾が指摘している様に地磁気の極附近にあたり興味深い。

高度の変化についてみるとFig.7のようになる。ここで注目されるのは、ミルヌイ、昭和基地とも11月17日頃を境として、高度がほとんど変化しなくなっていることである。従って平均的にみて、この頃に夏型に移行したものとみて良い。9月28日頃ミルヌイにおいて、10月20日頃昭和基地において変化がみられるが、これは成層圏のやや大きな昇温に対応している。11月1日頃の昭和基地における変化は、地上附近の高気圧の通過に対応している。風向および風速の変化についてみると、Fig.8のようになる。すなわち、強い偏西風の循環に対応して風速は、周期的に大きく変化しているが、昭和基地では11月13日以降、風速が次第に減少していき、同時に風向も次第に変化（順転）して、12月に入ると完全な偏東風に変っている。ミルヌイについては風速は、昭和基地よりも強くなっているが、10月27日頃から次第に弱くなり、11月27日以後は、完全に東よりの風に変った。その間、11月15日から19日にかけて風向が一時逆転して南風となり、その後、風速が10 m/s以下に減少してから順転していった。強い南風が入ったということは、一時的にせよ、昭和基地とミルヌイとの間に強いリッジが形成されたことになり、周極渦の崩壊過程を示している。この様な春から夏への移行における変化は、地上の気圧変化についても明瞭に表われている(Fig.9)。すなわち13日、18日のきれいな周期で変化していたものが、11月20日になって急に不明瞭になり、周期性が

みられなくなっている。このときが、ちょうど上層においても急激に夏型に移行したときであり、今年の南極における夏への移行はこのときであると考えて良い。

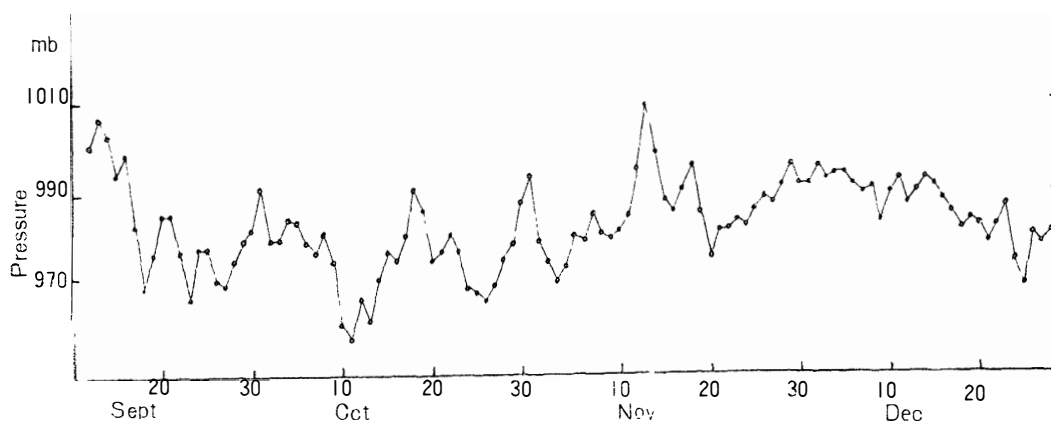


Fig. 9. Variations of surface pressure at Syowa (Sept.~Dec. 1966).

以上、成層圏昇温に関連した今年の高層の特長を要約するとつぎのようになる。

ア. 今年の南極における成層圏昇温は、10月20日頃である。

イ. 発生した場所は、東南極大陸沿岸地域であるが、間もなく高温中心域は、東側に移動し、ハレット基地附近を中心として、昇温が大陸全域に広がった。

ウ. 南極渦が崩壊され、完全な夏型になったのは11月20日頃である。

エ. 成層圏昇温に伴う風向、風速の大きな変化は認められず、その後約1カ月にわたる風速の漸減があってから、偏西風から偏東風への移行がみられた。

参 考 文 献

- 1) SEINO, Z. and N. SUZUKI: Description of aerology and seasonal circulation patterns over the Syowa Base in 1961. *Antarctic Rec.*, 23, 12-31, 1964.
- 2) PHILLPOT, H. R.: The springtime accelerated warming phenomenon in the antarctic stratosphere. I. A. A. C. Tech. report, 3, 1, Melbourne, 1964.
- 3) GAIGEROV, S. S.: On stratospheric warmings in Antarctic and Arctic. Symposium on Polar Meteorology. Geneva Sept. 5-9, 3, 1966.
- 4) GODSON, WARREN L.: A comparison of middle-stratosphere behaviour in the Arctic and Antarctic, with special reference to final warmings. Proceedings of the International Symposium on Stratospheric and Mesospheric Circulation. Met. Abh., Berlin, 36, 167, 1963.
- 5) ZHDANOV, L. A.: The behaviour of the antarctic stratospheric warming phenomenon in the spring of 1964. I. A. A. C. Tech. report, 4, 12, Melbourne, 1965.

(1967年10月2日受理)