

第 37 次南極地域観測隊気象部門報告 1996

宮本仁美¹・中村雅道¹・成田 修¹・横田 歩¹・森永裕幸^{1*}Meteorological observations at Syowa Station and at Dome Fuji Station
in 1996 by the 37th Japanese Antarctic Research ExpeditionHitomi Miyamoto¹, Masamichi Nakamura¹, Osamu Narita¹,
Ayumi Yokota¹ and Hiroyuki Morinaga^{1*}

Abstract: This paper describes the results of meteorological observations at Syowa Station from February 1, 1996 to January 31, 1997, and at Dome Fuji Station from January 23, 1996 to January 24, 1997 carried out by the Meteorological Observation Team of the 37th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-37).

The method of observations, instruments, and statistical methods used by JARE-37 were almost the same as those used by the JARE-36 observation team. Remarkable weather phenomena observed during the period of JARE-37 were the following:

1) From July to October 1996, surface temperature at Syowa Station was higher than the average between 1961 and 1990. Especially, the monthly mean temperature anomaly in September was 6.1°C. Monthly mean temperatures in September and October set the records for the highest temperature in each month.

2) A heavy snowstorm hit Syowa Station from May 26th to 28th. On May 27th, the maximum wind speed was recorded at 44.3 m/s (the third highest on record), and the maximum peak gust was recorded at 61.2 m/s (the strongest ever).

3) At Syowa Station, the large scale Antarctic ozone hole was observed for the eighth straight year, and the monthly mean total ozone amounts in October and November were recorded as the lowest in observation history. Especially, 156 m atm-cm in October was the lowest in the historical record at Syowa Station.

4) During the JARE-37, winter observations were conducted at Dome Fuji Station, the second time ever at this site, as during JARE-36. Yearly mean temperature in 1996 at Dome Fuji Station was -54.4°C; the lowest temperature was -79.7°C observed on May 14th.

要旨: この報告は、第 37 次南極地域観測隊気象部門が、1996 年 2 月 1 日から 1997 年 1 月 31 日まで昭和基地において、1996 年 1 月 23 日から 1997 年 1 月 24 日までドームふじ観測拠点において行った気象観測の結果をまとめたものである。観測方法、測器、統計等は第 36 次観測隊とほぼ同様である。越冬期間中に特記される気象現象としては、次のものがあげられる。

1) 昭和基地においては 7 月から 10 月にかけて気温が平年より高めに経過し、特に 9 月は月平均気温が平年値に比べ 6.1°C も高かった。月平均気温は 9 月と 10 月に歴代 1 位の高温を記録した。

¹ 気象庁, Japan Meteorological Agency, Otemachi 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8122.

* 旧姓 (Former name): 池ヶ谷裕幸 (Hiroyuki Ikegaya).

2) 5月26日から28日にかけて発達した低気圧(ブリザード)に昭和基地が襲われ、27日には最大風速44.3 m/s(歴代3位)、最大瞬間風速61.2 m/s(歴代1位)の強風を記録した。

3) 昭和基地において、8年連続で大規模なオゾンホールを観測し、オゾンホールが顕著だった10月、11月のオゾン全量の月平均値は過去最低を記録した。特に10月の156 m atm-cmは、これまで観測された月平均値の中で最小であった。

4) 37次では36次に引き続きドームふじ観測拠点において越冬観測を行った。ドームふじ観測拠点における1996年の年平均気温は -54.4°C 、最低気温は5月14日に観測した -79.7°C であった。

1. はじめに

第37次南極地域観測隊気象部門は、昭和基地においては1996年2月1日に第36次観測隊より気象定常観測業務を引き継ぎ1997年1月31日までの1年間、ドームふじ観測拠点においては1996年1月23日に第36次観測隊より気象定常観測業務を引き継ぎ1997年1月24日までの1年間、それぞれ越冬観測を行った。昭和基地においては主として地上気象観測、高層気象観測、特殊ゾンデ観測、オゾン観測、地上放射観測を、ドームふじ観測拠点では主として地上気象観測、高層気象観測及び大気混濁度観測を行った。基地における観測の方法、観測に用いた測器、観測値の統計等は第36次観測隊とほぼ同様である(佐藤ら、1999)。

昭和基地においては、地上気象観測では目視観測の補助測器として降雨強度計付視程計を気象棟観測架台に設置し、高層気象観測ではRS2-80型レーウィンゾンデとの比較観測を行った(Nakamura *et al.*, 1998)。地上日射・放射観測では、全自動赤道儀を観測架台に設置した。

ドームふじ観測拠点においては、第37次隊で持ち込んだ気温計を基地の東側200mの地点に設置し3月21日より正式運用を行った。また1996年夏期のオペレーション期間中を中心に計25回の高層気象観測を行った。観測結果については週毎にFAX及び電子メールで報告を行った。

その他の観測として、昭和基地への往路の「しらせ」船上及び内陸旅行時に大気混濁度観測を行った他、気水圏部門との協力観測として、昭和基地では回収気球実験の補助やILAS検証のためのオゾンゾンデ特別観測を、ドームふじ観測拠点では地上オゾン濃度観測をそれぞれ行った。

これらの観測から得られたデータはリアルタイムで世界気象通信網(GTS)に通報したほか、Antarctic Meteorological Data, Vol. 37 (Japan Meteorological Agency, 1997)として印刷及びCD-ROMにより発表した。ここでは観測の経過と結果の概要について述べる。

2. 昭和基地における観測

2.1. 地上気象観測

2.1.1. 観測方法と測器

観測は気象庁地上気象観測指針および世界気象機関 (WMO) の技術基準に基づいて行い、統計業務については、気象庁地上気象観測統計指針により行った。気圧、気温、露点温度、風向風速、全天日射量、日照時間については、総合自動観測装置地上系 (以下 AMOS-2 地上系) により連続記録および毎正時の記録を行った。雲、視程、天気については、目視により 1 日 8 回 (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC) の観測を行った。大気現象については、随時観測を行った。また、目視観測補助測器として降雨強度計付視程計 (以下視程計または WIVIS) を持ち込み観測を開始した。使用測器を表 1 に、その系統を図 1 に示す。

表 1 地上気象観測使用測器一覧表
Table 1. Instruments used in surface meteorological observations.

観測項目	測器名	感部型式	備考
気圧	円筒振動式気圧計	F-451	フォルタン型水銀気圧計により比較観測実施 (9 時)
気温	白金抵抗温度計	E-732	アスマン通風乾湿計により比較観測を随時実施
露点温度	塩化リチウム露点計	E-771-21 6131-2200	アスマン通風乾湿計により比較観測を随時実施 感部 2 台をローテーション使用
風向風速	風車型風向風速計	南極仕様	測風塔 (10.1m) 上に 2 台設置 (現用器・予備器)
全天日射量	熱電堆式 A 型ネオ日射計	H-211	1996 年 1 月 21 日まで使用
	精密全天日射計	MS-801	1996 年 1 月 21 日から使用
日照時間	回転式日照計	回転式	測器構造上北側と南側に 2 台設置 03:00~21:00 南側, 21:00~03:00 北側を使用

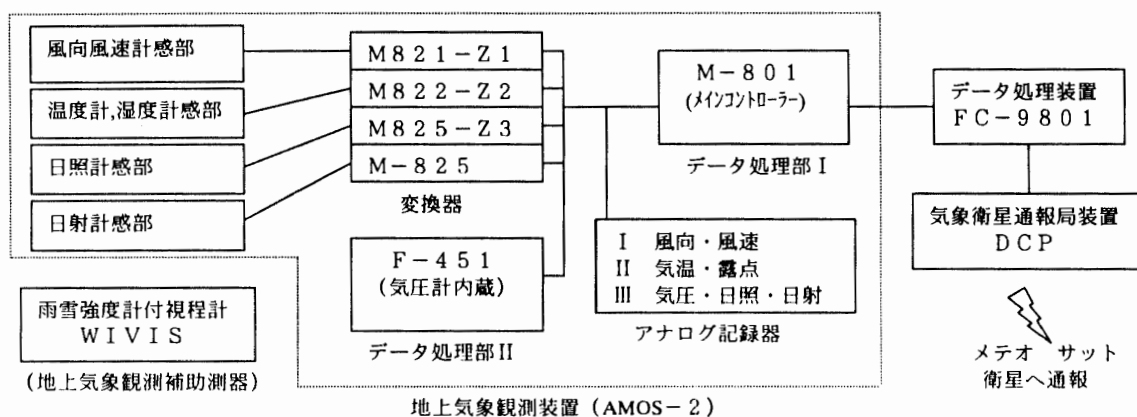


図 1 地上気象観測測器系統図

Fig. 1. Instrument system used for surface meteorological observations.

2.1.2. 観測経過

AMOS-2 地上系の各測器は、おおむね順調に作動した。観測結果は、国際気象通報式 (SYNOP) により、気象衛星通報局装置 (以下 DCP 装置) からヨーロッパの静止気象衛星 METEOSAT を経由し、世界気象通信網 (GTS) に通報した。

(1) 気圧

円筒振動式気圧計により観測し、比較観測はフォルタン型水銀気圧計で毎日 06 UTC に行った。

(2) 気温、露点温度 (湿度)

両測器とも百葉箱 (強制通風式) 内に置いて、通年観測した。比較観測は携帯型通風乾湿計により週 1 回行った。また測器の交換時などには随時行った。湿度は気温と露点温度から、AMOS-2 地上系による計算処理で求めた。ブリザード時には百葉箱内に舞い込んだ雪片などにより記録に乱れが見られた。その際は、記象紙上に平滑線を手書きし、これから正時の値を読み取った。この読み取り値と計測値に気温で 0.3°C ・露点温度で 0.5°C より差が大きくなった場合、観測値を読み取り値に置き換えた。可能な限りこの手法により欠測時間を短縮したが、気象状況により明らかに異常と思われる場合には欠測とした。また、露点温度と気温が逆転した場合は露点温度を気温に置き換えた。

(3) 風向、風速

風車型風向風速計を測風塔上に設置し通年観測した。気温の急激な変化や水霧により霜が付くことがあり、その都度着霜を払ったほか、測器感部の分解保守を数回実施した。

ブリザード終了後、急激な冷え込みにより、風向風速計感部内で結露もしくは雪片によって記録が異常となっていることがあった。この時は測器を副器に切り替えることで、記録は正常に戻ったが、自記記録上異常と思われる時間の合計が 30 分を超過したため、日平均風速を欠測とした。激しい樹霜の付着に対しては鉄塔に登ってこれを取り除くことで対処し、欠測としなかった。

(4) 日照時間、全天日射量

日照時間は回転式日照計で、全天日射量は精密全天日射計で通年観測した。回転式日照計は、2 台を 03 時と 21 時 (LT) に切り替えて使用した。また、不照時間中にもかかわらず日照が出たように記録されたり、日照が多く出ている場合があることに気が付いた。風速が弱いときにはあまり事例がないことから、ケーブルの振動によりノイズを拾うのではないかと疑い、点検した。以前の隊次でケーブルをつなぎ合わせた形跡があり、2 本のボルトが骨木の役として使われていた。この鉄製のボルトが、ケーブルが風で揺らぐ際にショートしパルス信号を出していたようである。繋ぎ目を整形し直した後はこの異常は出ていない。また、データの正否および修正に関しては気象棟屋上の精密全天日射計のデータを参考とした。

(5) 積雪観測

北の浦の海氷上に、東西南北方向に平行な 1 辺 20m の四角形に 10m 間隔で 9 本の竹竿を立て、雪面からの高さを測ることによって積雪を観測した。1996 年 2 月下旬から 1997 年 1 月下旬にかけて、週 1 回の割合で観測を実施した。また 8 月から 1 月にかけて、気象棟と地学棟間のケーブルラック支柱を利用して、雪面の高さを測定し海氷上の積雪との比較を試みた。

(6) 視程計による観測

目視による観測の補助測器として設置し観測を開始した。

2.1.3. 観測結果

月別気象表を表 2 に、各月の極値と順位を更新した主な記録を表 3 に、ブリザード統計を表 4 に示し、気圧、気温、雲量、日照時間、風速の旬別平均値の経過を図 2 に、積雪の深さおよびドリフトの高さとブリザードの関係を図 3 に、ブリザード時の視程の変化例を図 4 に示す。

越冬期間中の気象の特徴として次のことがあげられる。

5 月下旬に襲来した A 級ブリザードにより、昭和基地における最大瞬間風速の極値を更新した。この他のブリザードは、A 級 5 回、B 級 14 回、C 級 13 回の合計 32 回、日数 60 日と、ほぼ平年並みであった。また 1990 年より続いている多雪の傾向が見られた。

8 月下旬から 9 月にかけて、過去の極値を相次いで更新した高温と、気圧の高さは特に際立っていた。

以下に月ごとの概況を示す。

1996 年

2 月 天気は 5-6 日間隔で周期的に変化した。月平均気温は平年よりやや高かった。特に 1、2 日の日最高気温は 2 月として歴代 1 位、全年を通じて 8 位に当たる $+8.0^{\circ}\text{C}$ を記録した。発達した低気圧の接近により、A 級ブリザードが 1 回観測された。

上旬 大陸からの高気圧に覆われた 1-3 日にかけては晴れたが、旬の中頃は曇や雪の天気となった。9-10 日を除いて日平均気温は平年より高く経過し、旬平均気温も 2 月上旬としては歴代 1 位の $+0.4^{\circ}\text{C}$ を記録した。

中旬 13-14 日にかけて発達した低気圧の接近により A 級ブリザードとなった。19-20 日には天気は回復したが、旬平均風速は平年より 2.2m/s 強かった。

下旬 前半は低気圧の接近により曇や雪の日が多かったが、後半は高気圧の張り出しにより晴天の日が多かった。旬平均気温は平年並みであった。

3 月 曇や雪の日が多く、降雪を観測しなかったのは 6 日間だけであった。月平均気温は平年よりやや低く、月平均雲量は平年より 5% 多かった。

上旬 1-3 日にかけては晴天が続いたが、それ以降は曇や雪の日が多かった。5 日は低気圧の

表 2 月別地上気象表

Table 2. Monthly summaries of surface observations.

項目	年 月	1996年												全 年	1997年 1月
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月		
平均海面気圧	hPa	991.1	989.6	981.9	984.4	984.1)	987.5	991.0	988.8	995.7	980.3	991.3	990.3	988.0	990.6
平均気温	°C	-1.4	-2.2	-7.1	-11.2	-16.3)	-16.3	-14.6	-15.9	-11.8	-10.9	-5.9	-1.5	-9.6	-1.1
最高気温	°C	7.1	8.0	0.0	-1.3	-6.1	-4.8	-4.8	-2.8	-3.6	-1.9	0.2	4.5	8.0	4.8
起日		29	1,2	27	4	29	29,30	5	25	30	30	15	16,22	2/1,2	21
最低気温	°C	-12.3	-11.9	-19.4	-29.7	-27.6	-36.1	-27.0	-33.5	-24.7	-22.7	-18.0	-8.2	-36.1	-8.1
起日		19	29	20	19	15	21	2	20	27	14	4	7	6/21	9
気温の階級日数															
最高気温 0°C未満の日数		6	13	30	30	31	30	31	31	30	31	29	9	301	4
平均気温 0°C未満の日数		25	23	31	30	30)	30	31	31	30	31	30	24	346	21
最低気温 0°C未満の日数		30	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	31
最高気温 -20°C未満の日数		0	0	0	0	2	5	0	3	0	0	0	0	10	0
平均気温 -20°C未満の日数		0	0	0	2	10)	10	2	10	1	0	0	0	35	0
最低気温 -20°C未満の日数		0	0	0	3	15	14	13	15	3	2	0	0	65	0
最高気温 0°C以上の日数		25	16	1	0	0	0	0	0	0	0	1	22	65	27
平均蒸気圧	hPa	4.0	3.7	2.7	2.1	1.3)	1.4	1.4	1.2	1.7	2.0	2.8	3.8	2.3	3.9
平均相対湿度	%	73	70	71	71	66)	61	62	57	63	72	68	69	67	69
平均風速	m/s	3.9	6.9	8.0	8.1)	6.5	6.9	7.7	6.4	6.8	7.5	7.0	5.3	6.8	3.4
最大風速(10分間平均)	m/s	19.7	34.4	25.6	36.0	44.3	26.6	39.3	26.6	35.2	30.2	25.5	27.0	44.3	13.9
風向 起日	16方位	NE 3	NE 14	ENE 5	ENE 16	NE 27	ENE10,NE29	NE 28	E 25	NE18,ENE19	NE 16	NE 23	NE 4	NE 5/27	NE 7
最大瞬間風速	m/s	24.4	43.6	30.5	43.9	61.2	31.5	50.5	35.0	45.5	37.4	31.2	32.0	61.2	17.3
風向 起日	16方位	NE 3	NE 14	ENE 5	ENE 16	NE 27	ENE 10	NE 28	E 25	NE 18	NE 16	ENE 23	NE 4	NE 5/27	NE 7
風速の階級日数															
最大風速 10.0m/s以上の日数		9	17	20	18	13	14	21	20	18	21	20	15	206	7
15.0m/s以上の日数		3	12	13	11	11	9	14	12	13	9	11	7	125	0
29.0m/s以上の日数		0	1	0	2	2	0	2	0	2	1	0	0	10	0
合計日照時間	hr	389.8	211.8	120.6	36.0	13.2	¹⁾ 5.3	95.8	105.1	127.6	328.5	483.2	1916.9	365.4	
日照率	%	55	42	30	14	12	¹⁾ 10	44	31	26	52	65	43	52	
平均全天日射量	MJ/m ²	26.8	17.3	9.0	2.4	0.3	0.0	0.1	1.8	6.3	14.8	26.2	32.7	11.5	27.9
不照日数		0	5	5	18	23	¹⁾ 14	13	8	8	2	2	98 ¹⁾	1	
平均雲量	10分比	7.2	6.8	8.2	8.4	8.0	5.5	8.0	6.4	7.6	8.6	6.8	5.5	7.3	7.7
平均雲量 1.5未満の日数		0	5	1	1	0	9	2	5	2	0	3	8	36	2
8.5以上の日数		17	14	18	20	18	13	18	10	14	23	15	9	189	16
雪日数		11	18	25	21	23	14	18	13	17	22	13	10	205	11
霧日数		3	1	1	1	1	2	0	0	0	0	1	3	13	1
ブリザード日数		0	2	5	9	7	6	8	5	6	8	3	1	60	0

1) 5月28日から7月14日までは、計算上太陽は地平線に現われない(不照日数にこの期間(47日)は含まない)。

2) 階級日数中の数字右の) は期間内の統計に欠測日があったことを示す。

表3 主な地上気象観測記録 (1996年2月-1997年1月)
Table 3. Principal records from February 1996 to January 1997.

	月別値			旬別値		
	項目	順位	記録	項目	順位	記録
1996年						
2月	最低海面気圧	(低) 2位	955.2 hPa	平均海面気圧 (上)	(高) 2位	999.2 hPa
	最高気温 *1	(高) 1位	8.0 °C	平均気温 (上)	(高) 1位	0.4 °C
	平均蒸気圧	(高) 3位	3.7 hPa			
3月						
4月	最低気温	(低) 2位	-29.7 °C			
	最大風速	(強) 2位	36.0 m/s ENE			
	最大瞬間風速	(強) 2位	43.9 m/s ENE			
5月	最低海面気圧	(低) 3位	949.7 hPa	平均気温 (中)	(低) 3位	-20.2 °C
	平均気温	(低) 3位	-16.3 °C	平均曇量 (下)	(多) 2位	8.8
	平均曇量	(多) 1位	8.0			
	最大風速	(強) 2位	44.3 m/s NE			
	最大瞬間風速 *2	(強) 1位	61.2 m/s NE			
6月						
7月	最大風速	(強) 3位	39.3 m/s NE	平均気温 (下)	(高) 3位	-12.5 °C
	最大瞬間風速	(強) 3位	50.5 m/s NE			
8月	平均気温	(高) 2位	-15.9 °C	平均海面気圧 (下)	(高) 1位	998.5 hPa
	最高気温の平均値	(高) 2位	-12.4 °C	平均気温 (下)	(高) 1位	-12.4 °C
	最低気温の平均値	(高) 1位	-19.7 °C	日照時間 (下)	(多) 3位	58.6 hr
	最高気温	(高) 1位	- 2.8 °C			
	合計日照時間	(多) 2位	95.8 hr			
9月	平均現地気圧	(高) 1位	993.0 hPa	平均海面気圧 (上)	(高) 1位	1002.0 hPa
	平均海面気圧	(高) 1位	995.7 hPa	平均海面気圧 (中)	(高) 3位	996.9 hPa
	平均気温	(高) 1位	-11.8 °C	平均気温 (上)	(高) 2位	-11.7 °C
	最高気温の平均値	(高) 1位	- 8.9 °C	平均気温 (中)	(高) 1位	-11.5 °C
	最低気温の平均値	(高) 1位	-15.7 °C	平均気温 (下)	(高) 3位	-12.2 °C
	最高気温	(高) 3位	- 3.6 °C	平均曇量 (下)	(多) 3位	8.9
	最低気温	(高) 1位	-24.7 °C	日照時間 (下)	(少) 2位	22.4 hr
	平均蒸気圧	(高) 2位	1.7 hPa			
10月	平均気温	(高) 1位	-10.9 °C			
	最低気温の平均値	(高) 1位	-14.0 °C			
	平均蒸気圧	(高) 3位	2.0 hPa			
	平均曇量	(多) 1位	8.6			
	合計日照時間	(少) 1位	127.6 hr			
11月	平均現地気圧	(高) 2位	988.7 hPa	平均海面気圧 (上)	(高) 2位	992.3 hPa
	平均海面気圧	(高) 3位	991.3 hPa	平均海面気圧 (中)	(高) 2位	996.0 hPa
				平均気温 (中)	(高) 2位	- 4.4 °C
				平均風速 (下)	(強) 3位	8.9 m/s
12月				平均曇量 (中)	(少) 3位	2.9
1997年						
1月						

*1 1, 2日に出現した。また2月3日にも月別値3位となる 7.9°Cを記録した。

*2 この値は通年でも1位となる。

表 4 ブリザード統計表

Table 4. Heavy snowstorm (blizzard) data from February 1996 to January 1997.

No.	開始 月日時分	終了 月日時分	継続 時分	階級	最大風速		最大瞬間風速		最低海面気圧	
					風向 m/s	起時	風向 m/s	起時	hPa	起時
01	2 13 2000	2 14 1350	17 50	A	NE 34.4	0629(14)	NE 43.6	0624(14)	955.2	0839(14)
02	3 5 0140	3 5 1100	9 20	C	ENE 25.6	0141(05)	ENE 30.5	0023(05)		
03	3 12 0340	3 13 0320	23 40	B	ENE 23.1	1407(12)	ENE 27.0	1558(12)		
04	3 26 1230	3 27 1710	22 20	C	ENE 23.3	1811(27)	NE 30.0	1818(26)		
05	4 3 0350	4 4 0130	19 10	B	NE 26.7	0657(03)	ENE 33.1	0651(03)	967.1	0650(03)
06	4 10 1616	4 12 0930	37 44	B	E 24.5	0822(12)	E 29.1	0354(12)		
07	4 15 2330	4 16 1920	19 50	B	ENE 36.0	0656(16)	ENE 43.9	0630(16)	969.5	0655(16)
08	4 20 0925	4 21 0700	21 35	A	NE 31.4	1807(20)	NE 43.1	1757(20)	966.6	1759(20)
09	5 12 1850	5 13 0620	11 30	C	NE 19.5	0124(13)	NE 23.8	0133(13)	969.5	0653(13)
10	5 26 1940	5 28 1545	44 05	A	NE 44.3	0904(27)	NE 61.2	0846(27)	949.7	1042(27)
11	5 28 2115	5 29 0500	7 45	C	NE 21.2	0400(29)	NE 25.5	0351(29)		
12	5 29 2240	5 30 0500	6 20	C	NE 22.0	0124(30)	NE 25.5	0111(30)		
13	6 9 1700	6 10 0630	13 30	B	ENE 26.6	1458(10)	ENE 31.5	1457(10)	968.7	1455(10)
14	6 11 1900	6 12 1430	18 30	B	NE 25.1	2310(11)	NE 30.5	2231(11)		
15	6 29 0535	6 30 0020	18 45	B	NE 26.6	1225(29)	NE 30.7	1430(29)		
16	6 30 1815	7 1 0040	6 25	C	NE 19.7	1331(30)	NE 24.4	1325(30)		
17	7 4 2330	7 5 1430	15 00	B	NE 30.3	0357(05)	NE 37.2	0402(05)		
18	7 9 2030	7 10 1630	16 00	C	NE 19.4	2211(09)	NE 23.5	2203(09)	965.1	0003(09)
19	7 27 2220	7 29 2030	44 55	A	NE 39.3	0943(28)	NE 50.5	1219(28)	966.0	1218(28)
20	8 8 1205	8 9 0240	14 35	C	NE 23.2	1640(08)	NE 27.5	1635(08)	958.6	2140(08)
21	8 15 2240	8 16 2040	21 35	C	ENE 22.3	0234(16)	ENE 27.5	0233(16)	962.1	0512(17)*
22	8 28 0510	8 28 2210	17 00	B	NE 24.1	1506(28)	NE 29.3	1451(28)		
23	9 18 1735	9 20 2240	53 05	A	ENE 35.2	0016(19)	NE 45.5	2357(18)		
24	9 24 0150	9 24 0830	6 40	C	ENE 22.1	0357(24)	ENE 26.1	0454(24)	962.0	0907(24)
25	9 29 1410	9 30 0100	11 50	C	NNE 18.4	1859(29)	NNE 24.3	1655(29)		
26	10 4 2030	10 5 1030	14 00	C	NE 20.5	0924(05)	NE 24.8	0931(05)		
27	10 16 0210	10 16 1710	15 00	B	NE 30.2	1013(16)	NE 37.4	1004(16)		
28	10 18 0645	10 19 0810	25 25	B	ENE 28.5	2334(18)	ENE 34.7	2334(18)	949.7	2328(18)
29	10 27 0620	10 28 1120	29 00	B	NE 26.4	2139(27)	NE 31.7	2136(27)	966.1	2130(27)
30	10 29 0630	10 29 1630	10 00	C	ENE 25.4	0850(29)	ENE 30.1	0850(29)		
31	11 22 2320	11 24 0630	31 10	B	NE 25.5	0603(23)	ENE 31.2	1918(23)		
32	12 4 0005	12 4 1410	14 05	B	NE 27.0	0840(04)	NE 32.0	0823(04)		

1)ブリザードの階級 A: 視程 100m未満, 平均風速 25m/s以上, 継続時間 6時間以上
 B: 視程 1000m未満, 平均風速 15m/s以上, 継続時間12時間以上
 C: 視程 1000m未満, 平均風速 10m/s以上, 継続時間 6時間以上

2)最大風については, それぞれのブリザードをもたらした擾乱の影響を受けている期間内とした。

3)最低海面気圧は970hPa以下の場合記入。また起日の * はブリザード日数対象外日の出現を示す。

4)継続時分は以下の中断時間を除いて算出している。()内は日にち。

No.04 2020(26)~2120(26), 0500(27)~1020(27)

No.05 1700(3)~1930(3)

No.06 0030(11)~0400(11)

No.18 0320(10)~0720(10)

No.19 1130(29)~1245(29)

No.21 0445(16)~0510(16)

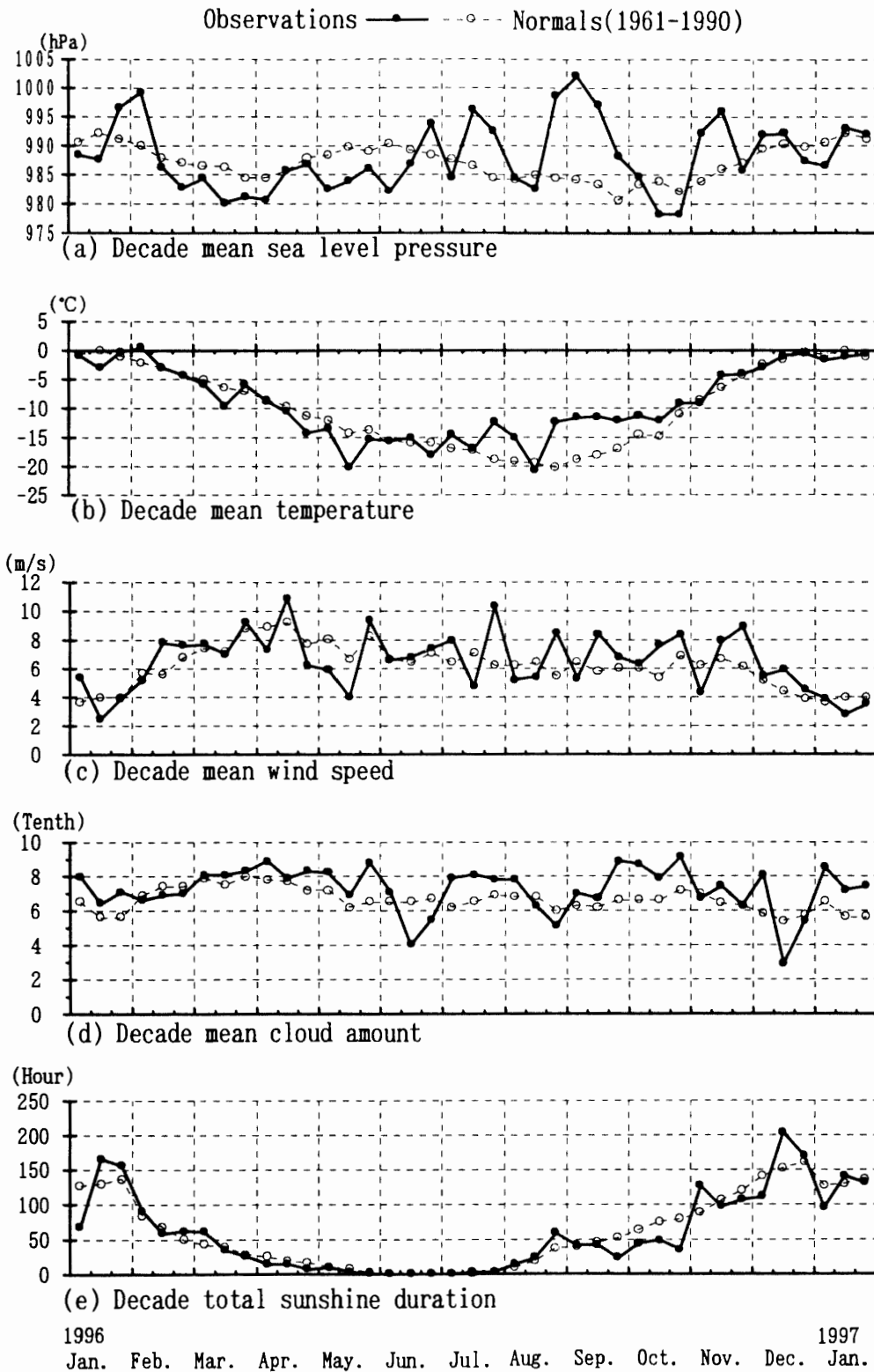


図 2 気圧, 気温, 風速, 雲量, 日照時間の旬別平均値の年変化 (1996 年 1 月~1997 年 1 月)
 Fig. 2. Surface meteorological data (10-days means of sea level pressure, temperature, wind speed and cloud amount, and 10-days total sunshine duration) from January 1996 to January 1997 at Syowa Station.

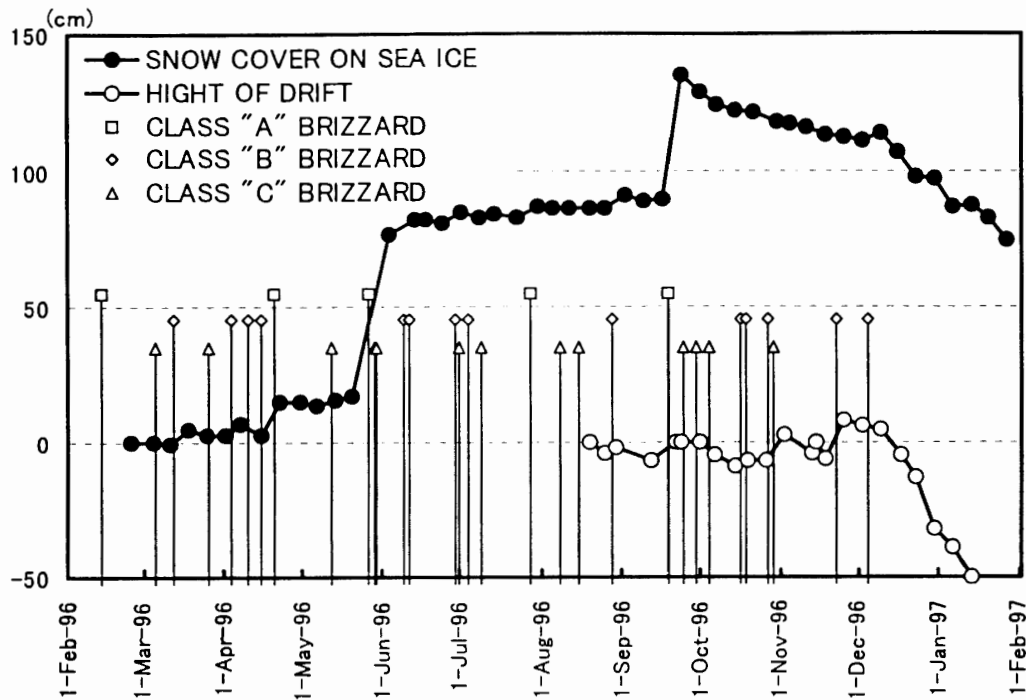


図 3 積雪の深さ及びドリフトの高さの変化とブリザード

Fig. 3. Relation between blizzards and the changes of snow depth on the sea ice and height of deposited snow on the earth island.

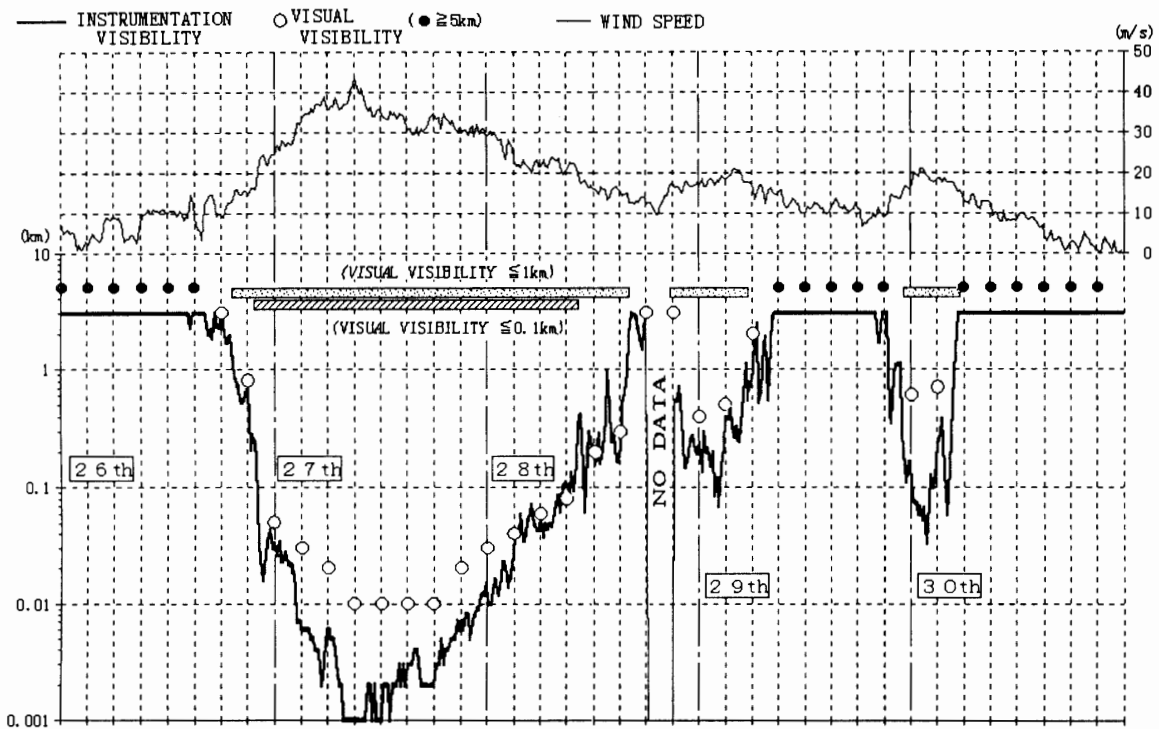


図 4 ブリザード時の視程の変化の例

Fig. 4. Change of visibility at blizzards.

接近により C 級ブリザードとなった。

中旬 12-13 日にかけて低気圧の接近により B 級ブリザードとなった。旬を通じて曇や雪の日が多かったが、旬平均気温は平年よりかなり低かった。

下旬 旬の半数が日平均風速 10 m/s 以上と風が強く、雪を観測しない日はなかった。26-27 日にかけて C 級ブリザードを観測した。

4 月 晴天は長続きせず、曇や雪の日が多かった。月平均気温は平年よりやや低く、月平均雲量は平年より 12% 多かった。ブリザード日数が 9 日と第 37 次隊の月間日数としては一番多かった。また、月平均風速も第 37 次隊として最も強い値であったが、4 月の平年値よりは 0.6 m/s 弱かった。

上旬 曇や雪の日が多く、3-4 日には B 級ブリザードを観測した。日平均気温は、旬の前半は平年より高く、後半は低く経過した。

中旬 10-12 日にかけてと、15-16 日にかけて相次いで B 級ブリザードを観測した。16 日には最大風速、最大瞬間風速とも 4 月としては歴代 2 位の強さを記録した。18-19 日にかけては放射冷却により気温が下がり、19 日には日最低気温が -29.7°C と、4 月としては歴代 2 位となる低温を観測した。

下旬 20-21 日にかけて発達した低気圧の接近により A 級ブリザードとなったが、上旬同様に旬平均風速は平年より弱かった。日平均気温は 21 日と 22 日を除いて平年より低かった。

5 月 中旬の後半から下旬の前半にかけては比較的穏やかな日が続いたが、その他は曇や雪の日が多く、特に下旬の後半はブリザードが相次いで襲来し、昭和基地の記録を更新する強風を観測した。月平均気温は平年よりかなり低く、5 月としては歴代 3 位の低温となった。また、月平均雲量は 5 月としては歴代 1 位の多さとなった。

上旬 晴天は長続きせず、曇や雪の日が多かった。日平均気温は周期的に変化し、旬平均風速は平年より 2.2 m/s 弱かった。

中旬 12-13 日にかけて C 級ブリザードとなった他は、全般に風の弱い日が多く、旬平均風速は平年より 3.0 m/s 弱かった。また日平均気温は旬を通じて平年より低く、5 月中旬の平均気温としては歴代 3 位の低さとなった。

下旬 旬の後半は、26-28 日にかけて A 級、28-29 日、29-30 日にかけて C 級と合わせて 3 回のブリザードが相次いで襲来する大荒れの天候となった。特に A 級ブリザードとなった 27 日には、最大瞬間風速が 61.2 m/s と、全年を通じても歴代 1 位となる強風を記録した。

6 月 好天、悪天ともに持続する月であった。15-23 日にかけては晴天が続き、放射冷却により冷え込み、この間日平均気温が平年値を下回った。月平均気温は平年並み、月平均雲量は平年より 17% 少なくなり、3 月から 5 月まで続いていた月平均雲量が平年より多い状態は解消した。また、氷霧を 2 度観測した。

上旬 2-3日周期で天気は周期的に変化した。良く晴れた6日には、第37次隊としては初めて -30°C を下回る低温を観測した。

中旬 旬の前半、9-10日にかけてと11-12日にかけて相次いで2回のB級ブリザードが来襲する等悪天が続いたが、後半からは一転して晴天となり、旬平均雲量は平年より38%も少なかった。

下旬 旬の前半までは中旬の後半からの晴天が続き、21日には -36.1°C という、6月の最低気温としては歴代5位、第37次隊としては最も低い値を観測した。後半は2-3日周期で天気に変化し、月末の29-30日にかけてB級、30日-7月1日にかけてはC級のブリザードとなった。

7月 曇や雪の日が多く、月平均雲量は平年より23%も多かった。また、太陽が昭和基地に戻ってきたことにより、日照時間及び全天日射量が再び観測され始めた。

上旬 2-3日周期で天気は周期的に変化した。6月30日-1日にかけてC級、4-5日にかけてB級、9-10日にかけてC級と、3回のブリザードが相次いで襲来した。

中旬 旬平均雲量は平年より多かったものの、風の弱い日が多く、旬平均風速は平年より2.5m/s弱かった。旬平均気温は平年並みであった。

下旬 全般に雪の日が多く、特に27-29日にかけては発達した低気圧の直撃により、A級ブリザードを観測した。このブリザードでは、最大風速、最大瞬間風速共に7月としては歴代3位の強風を観測した。また、旬平均風速は平年より3.9m/sも強く、この平年較差は第37次隊では最大であった。旬平均気温は7月下旬としては歴代3位の高温であった。

8月 昭和基地の北に中心を持つ高気圧や、大陸からの高気圧に覆われて、晴の日が多かった。8月の記録としては、25日に記録した最高気温 -2.8°C が歴代1位となった他、月平均気温と月合計日照時間は歴代2位を記録するなど、高温や晴天の記録が多くなった。

上旬 旬の前半は北からの高気圧に覆われ晴の日が多く、日平均気温が平年より下回ったのは7日のみであった。後半は低気圧の影響を受け曇や雪の日が多かった。8-9日にかけてC級ブリザードを観測したが、旬平均風速は平年より1.0m/s弱かった。

中旬 天気は周期的に変化し、15-16日にかけては低気圧の接近によりC級ブリザードを観測した。

下旬 旬の中頃までは、大陸から張り出した高気圧の影響で晴の日が多かった。しかし気圧傾度が強くなった旬の中頃には日平均風速10m/s以上となる日が続いた。旬平均海面気圧、旬平均気温ともに8月下旬としては歴代1位の高さとなった。28日は低気圧の接近によりB級ブリザードを観測した。

9月 優勢な気圧の尾根の影響で、地上・高層共に暖気にすっぽり覆われる状態が、8月下旬から引き続き9月中頃まで持続した。上空も高温のため、晴れても放射冷却現象が起こらず、日平均気温が平年を下回ったのは2日間のみという記録的な暖かさとなった。月平均気温で

平年を 6.5°C も上回る 9 月としては歴代 1 位の高い値となった。

上旬 旬の前半は高気圧に覆われ穏やかな日が多かったが、後半は気圧傾度が強まり、日最大風速が 15m/s 以上の日が続いた。9 月上旬として、旬平均海面気圧は歴代 1 位、旬平均気温は歴代 2 位の高さとなった。

中旬 旬の前半は引き続き高気圧に覆われ晴の日が多かった。後半は低気圧の影響により曇や雪の日が多く、特に発達した低気圧に直撃された 18-20 日にかけて A 級ブリザードを観測した。旬平均気温は 9 月中旬としては歴代 1 位の高さとなった。

下旬 旬を通じて低気圧の影響を受け、曇や雪の日が多かった。24 日と 29-30 日にかけて、それぞれ C 級のブリザードを観測した。このため、日照時間の旬合計が 9 月下旬としては歴代 2 位の少なさとなった。

10 月 低気圧の接近が多く、曇や雪の日が多かった。このため月平均気温 (高)、月平均雲量 (多)、日照時間 (少) の各要素では 10 月として歴代 1 位の値を記録した。

上旬 3 日までは晴または薄曇の天気であったが、それ以降は曇や雪の日が続いた。4-5 日にかけて C 級ブリザードを観測した。旬平均気温は平年よりやや高かった。

中旬 14 日と 20 日に晴れた他は曇や雪の日が多く、特に後半は相次いで低気圧が接近して荒れ模様の日が続いた。16 日と 18-19 日に 2 回の B 級のブリザードを観測した。旬平均気温は平年よりやや高く、旬平均風速は平年より 2.2m/s 強かった。

下旬 31 日を除いて曇や雪の日が多く、発達した低気圧による直接の影響を受けた 27-28 日は B 級、29 日は C 級のブリザードを観測した。旬平均気温は平年よりやや高く、旬平均風速は平年より 1.4m/s 強かった。

11 月 月の前半は高気圧に覆われる日が多く比較的穏やかな天気が続いた。後半は天気が 4-5 日周期で変化した。月平均気温は平年並み、月平均風速は平年より 0.8m/s 強かった。

上旬 旬を通じて高気圧に覆われ、晴または薄曇の天気が多かった。旬平均気温は平年並み、旬平均風速は平年より 1.7m/s 弱かった。

中旬 旬の中頃には晴天の日も見られたが、総じて曇の日が多かった。日平均気温は 16-17 日を除いて平年より高く経過した。また、15 日には 2 月以来のプラスの気温を観測した。

下旬 22 日後半から 25 日にかけてと 29-30 日にかけて、低気圧や気圧の谷の影響で雪の天気となった。このうち低気圧が接近した 22-24 日にかけて B 級ブリザードを観測した。旬平均気温は平年並み、旬平均風速は 11 月下旬としては歴代 3 位の強風となった。

12 月 月の始めに発達した低気圧の影響で風雪が強まった他は、夏らしい穏やかな日が多かった。月平均気温は平年並みであった。

上旬 5 日のはじめまでは低気圧の影響で雪の降りやすい状態であった。低気圧が最も接近した 4 日には B 級ブリザードを観測した。旬平均気温は平年並みであった。

中旬 旬を通じて高気圧に覆われ晴の日が多く、旬平均雲量は 12 月中旬としては歴代 3 位

の少なさだった。旬の後半は気圧の谷の影響で、気圧の傾きが急となり 17-18 日は日平均風速が 10 m/s 以上の強風となった。旬平均風速は平年より 1.4 m/s 強かった。

下旬 旬の前半に気圧の谷の影響を受けたが、大きな天気の流れはなかった。旬平均気温は平年並みであった。

1997 年

1 月 月を通じて風は弱く、月平均風速は平年より 0.5 m/s 弱かった。薄雲の広がる日が多く、このため月平均雲量は平年より 31% 多かったが、不照日数は 1 日のみであった。月平均気温は平年並みだった。

上旬 旬のはじめと終わり頃には晴れ間もあったが、全体に雲が多く、旬の中頃には気圧の谷の影響でやや強い風を伴う雪を観測した。旬平均気温は平年よりやや低かった。

中旬 旬の中頃までは 1-2 日周期で天気は変化し、弱い雪を観測した。旬の終わりは晴天が続いた。旬平均気温は平年よりやや低く、日最高気温が平年を上回った日数は 2 日だけだった。

下旬 旬の中頃までは晴天が持続し、この間日最高気温も平年を上回り穏やかであった。後半天気は周期的に変化し、弱い雪も観測されたが降雪時間はいずれも短かった。旬平均気温は平年並みだった。

2.1.4. 固形降水量と積雪の深さに関する考察

極域における固形降水量の観測は、水循環を研究する上で、また、気候モデルにおける降水量の検証において重要となってきた。しかし、特に南極域においては、強風のために観測が困難であり、昭和基地でも定常的観測を実施していない。

ここでは先ず、第 37 次隊で設置した降雨強度計付視程計 (WIVIS) から得られた降水量について紹介する。次に降水量に関連する積雪の深さについて、定常観測として実施している 1974 年 (第 15 次隊) 以降の観測をとりまとめた結果により考察する。

WIVIS は、目視による視程観測の補助測器として導入したものであるが、光学的方法により降水の種類や量及び強度を測定する機能が備わっている。南極においては、ブリザード時のレンズへの着雪や、降雪と共に地ふぶきを同時に観測してしまうなどの問題点があるが、補正方法の開発によって降水量の目安と出来る可能性がある。表 5 に積雪の深さの観測日間における WIVIS による無補正の換算降水量と、積雪の深さ、ブリザードとの関係を示す。これによると、換算降水量は上記の理由により過大に記録されているが、積雪の深さとの関係、年変化、経年変化などの調査が可能になると考えられる。

図 5 に各年の最深積雪とブリザード時間の関係を、表 6 に各観測場所における年最深積雪の状況表を、また、図 6 に各隊における積雪の観測場所の概略図を示す。

1974-1988 年までは、ブリザードの少ない年が 1980, 1984, 1988 年と 4 年周期で現れるなど変動が激しかったが、1989 年以降は、ブリザードの多い傾向が続いている。各年の最深積

表 5 WIVIS による換算降雪量と積雪・ブリザードとの関係
 Table 5. Relation between the converted snowfall by WIVIS and snow/blizzard.

	観測間の 日数	WIVIS 換算降雪量(mm)	積雪深差 (cm)	期間内のブリザードクラスと 継続時間合計 (hour)
3月 4日	8	3.1	0	
11日	7	157.1	-1	C 9.3
18日	7	90.7	6	B 23.7
25日	7	1.1	-2	
4月 1日	7	31.8	0	C 22.3
7日	6	35.8	4	B 19.2
15日	8	31.2	-4	B 37.7
22日	7	190.3	12	B, A 41.2
30日	8	2.5	0	
5月 6日	6	4.4	-1	
13日	7	27.8	2	C 11.5
20日	7	0.5	1	
6月 3日	14	1014.3	60	A, C, C 58.1
13日	10	62.8	5	B, B 32
17日	4	0	0	
24日	7	2.8	-1	
7月 1日	7	26.9	4	B, C 25.1
8日	7	39.5	-2	B 15
14日	6	7.5	1	C 16
22日	8	2.7	-1	
30日	8	653.9	4	A 44.9
8月 5日	6	0.6	-1	
11日	6	16	0	C 14.6
19日	8	16	0	C 21.6
25日	6	* 31	0	* (地吹雪による)
9月 2日	8	28.5	5	B 17
9日	7	1	-2	
16日	7	3.5	1	
23日	7	383.8	45	A 53.1
30日	7	18.8	-6	C, C 18.5
10月 7日	7	11.7	-5	C 14
14日	7	1.7	-2	
21日	7	64.6	-1	B, B 40.4
30日	9	153.5	-3	B, C 39
11月 4日	5	0	-1	
11日	7	11.4	-1	
18日	7	0.2	-3	
25日	7	22	-1	B 31.1
12月 2日	7	0.2	-1	
9日	7	14.1	3	B 14.1
16日	7	0	-7	
23日	7	1.8	-9	
30日	7	0.2	-1	

注) 換算降雪量は、地ふぶきによる飛雪なども降水として測定するため、実際の降水量と異なる。

雪は、ブリザード時間の経年変化に似た傾向となっており、昭和基地における積雪がブリザードと深く結びついていることが伺える。その一方で、多雪の傾向が分かれる 1989 年以前と 1990 年以降では、同程度のブリザード時間であっても、年最深積雪に違いが見られる。ま

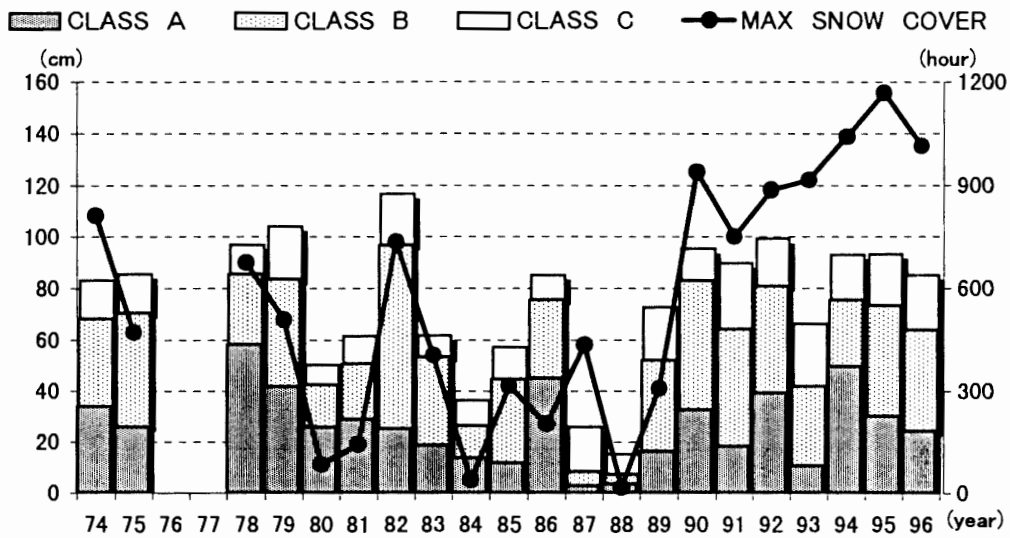


図 5 年最深積雪と年間のブリザード時間との関係
 Fig. 5. Yearly maximum snow depth and total duration of blizzard.

表 6 各隊および各観測場所における積雪の状況表
 Table 6. Snow of each party and observation sites.

観測年 (隊次)	観測場所	年最深積雪 (cm)	ブリザード継続時間 合計(hour)	年最深積雪とブリザード 時間の割合(hour/cm)
74(15)	①	108	622.0	5.8
75(16)	①	63	640.0	10.2
78(19)	②	90	725.0	8.1
79(20)	②	68	779.8	11.5
80(21)	③	11	375.3	34.1
81(22)	③	19	461.3	24.3
82(23)	②	98	874.0	8.9
83(24)	②	54	462.5	8.6
84(25)	⑤	5	272.7	54.5
85(26)	④	42	428.0	10.2
86(27)	⑤	27	636.7	23.6
87(28)	④	58	193.5	3.3
88(29)	⑥	2	114.4	57.2
89(30)	⑦	41	543.2	13.2
90(31)	⑦	125	714.2	5.7
91(32)	⑦	100	671.0	6.7
92(33)	⑦	118	742.7	6.3
93(34)	⑦	122	496.9	4.1
94(35)	⑦	139	696.1	5.0
95(36)	⑦	156	698.8	4.5
96(37)	⑦	135	637.7	4.7
各観測場所ご との積雪状況 (観測場所右横 の数字は観測 年の回数)	①2	86	631.0	7.3
	②4	78	710.3	9.1
	③2	15	418.3	27.9
	④2	50	310.8	6.2
	⑤2	16	454.7	28.4
	⑥1	2	114.4	57.2
	⑦8	117	650.0	5.6

注) 84年は5月から、88および89年は4月から観測を行った。

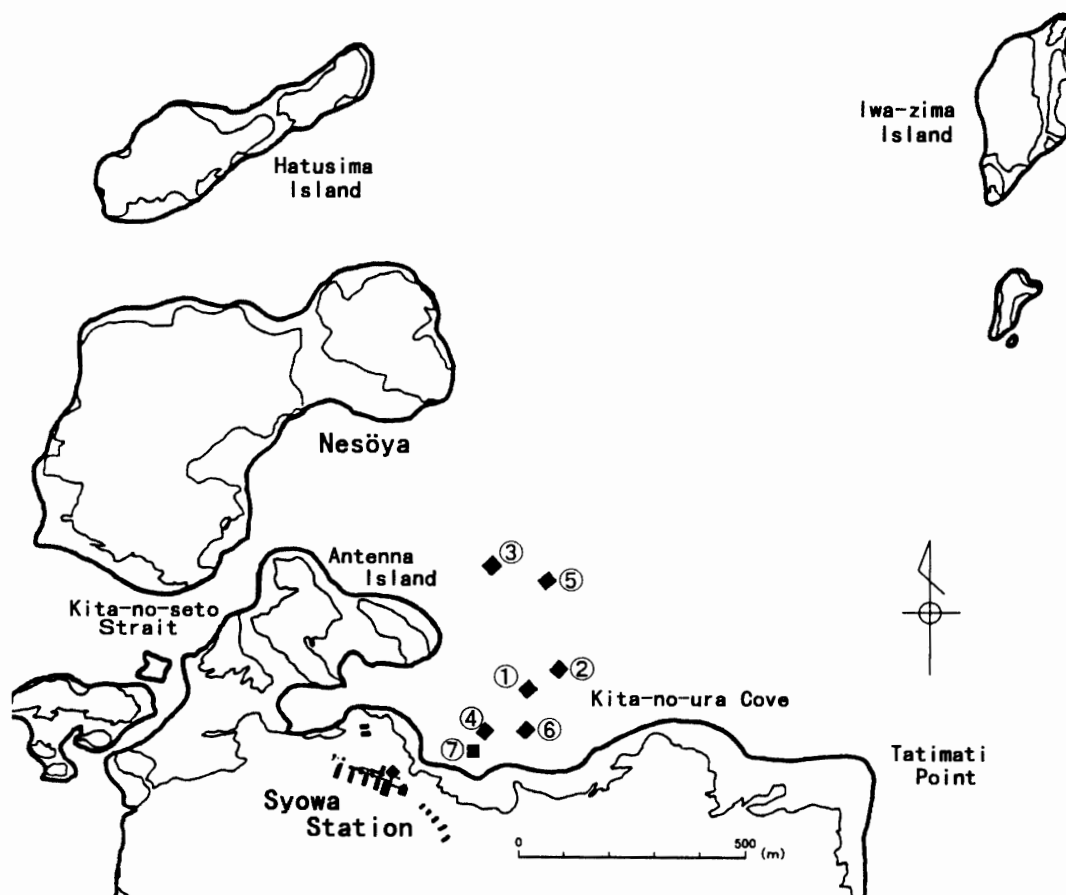


図 6 過去の隊次の観測場所
 Fig. 6. Observation sites of snow depth by JARE-15 to JARE-37.

た、表 6 に示すように、観測場所によっても大きな差が見られる。

積雪の観測は海氷上に雪尺を設置して行っており、飛行場との位置関係やその年の海水状況などによって、観測場所や観測開始時期が左右されてきた。上記の原因を究明するには、これらの経緯を踏まえた上で、各観測場所で同時に観測を行うなど検証が必要であり、また、今後の観測についても、場所を固定し、さらに陸上の観測点（第 39 次隊で設置）との比較を実施することが必要と思われる。

2.2. 高層気象観測

2.2.1. 観測方法および測器

高層気象観測指針（気象庁、1995）に基づき、毎日 00, 12 UTC の 2 回、RS2-91 型レーウィンゾンデをヘリウムガス充填の自由気球に吊り下げて飛揚し、気球が破裂する上空約 30 km までの気圧、気温、風向、風速および気温が -40°C に達するまでの相対湿度を観測した。

ゾンデ信号の受信と測角には自動追跡型方向探知機（モノパルス方式 MOR-22 型）を用

い、計算処理、作表、気象電報作成等は高層気象観測装置データ処理部により自動的に行った。

観測結果は、国際気象通報式の地上高層実況気象通報式 (TEMP) に変換して、地上気象観測と同様に気象衛星通報局装置 (DCP) を用いて、静止気象衛星 (METEOSAT) 経由で世界気象通信網 (GTS) に通報した。観測器材を表 7 に示す。

表 7 高層気象観測器材

Table 7. Sensors and instruments for aerological observations.

レー ウ ィ ン ソ ン デ	セン サ	気 圧	RS2-91型レーウィンゾンデ ニッケルスパン製 43mmφ 静電容量変化式空ごう気圧計
		気 温	ビート型ガラスコートサーミスタ (アルミ蒸着加工)
		湿 度	高分子膜 (静電容量変化式)
電 池		B91RS型注水電池	
気 球		600g気球 標準浮力: 1900g (浮力は強風や降雪等の状況により増量した)	
その他	強風時	気象観測用巻下器 66型運動式巻下器 (風速20m/s以上で使用)	
	暗夜時	PA72型追跡補助電灯	

2.2.2. 観測経過

観測状況を表 8 に示す。

第 37 次隊として 1996 年 2 月 1 日 00 UTC より 1997 年 1 月 31 日 12 UTC までの観測を行った。この間、強風のため飛揚作業を取りやめた欠測が 1 回 (5 月 27 日 12 UTC, 最大風速 44.3 m/s, 最大瞬間風速 61.2 m/s の A 級ブリザードによる)、強風のため飛揚が成功しなかった資料欠如が 2 回 (5 月 27 日 00 UTC: 2 度放球したが成功せず、放球時平均風速 32.4 m/s,

表 8 高層気象観測状況

Table 8. Number of observations and attained height of aerological observations.

年 月	1996												1997	合 計 (平均)
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月		
飛揚回数	59	65	63	66	62	66	66	71	63	61	63	62	767	
定時観測回数	58	62	60	61	60	62	62	60	62	60	62	62	731	
特別観測回数	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	8	
再観測回数	1	3	3	5	2	4	4	3	1	1	1	0	28	
資料欠如回数	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	
欠測回数	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
到達高度	平均 hPa	9.7	10.2	12.6	10.7	9.0	8.5	9.3	9.6	10.4	11.7	10.7	9.9 (10.2)	
	平均 km	32.3	31.3	29.2	29.7	29.8	29.5	29.7	29.2	29.2	30.2	31.5	32.1 (30.3)	
	最高 hPa	6.5	6.4	5.1	5.0	5.0	5.5	5.6	6.3	6.5	6.9	6.9		
	最高 km	34.2	34.1	34.5	32.7	32.2	31.3	31.7	31.4	32.1	32.9	34.2	34.6	

(注) ・ 5/27 12UTC 強風のため欠測。

・ 5月、7月の平均到達高度は、それぞれ地上値しか得られなかった資料欠如の観測 (5/27 00UTC, 7/28 12UTC) を除く。

・ 特別観測は、RS2-91型とRS2-80型のレーウィンゾンデを連結飛揚した比較観測。

34.3 m/s, 以降放球取りやめ, 7月28日12UTC: 4度放球したが成功せず, 放球時平均風速 33.9 m/s, 34.1 m/s, 36.5 m/s, 37.6 m/s), 再観測回数は28回で16回がブリザードによるものであった。また, RS2-91型レーウィンゾンデとRS2-80型レーウィンゾンデの比較実験のため, 特別観測を9月上旬に8回行った。

冬季の成層圏下部の低温により気球が硬化して観測終了高度が低下するのを防ぐ気球の油付け処理は, 4月25日から9月30日までは全観測(00, 12 UTC)に, 10月1日から11月10日までは日射の無い00 UTC(03 LT)の観測に実施した。

地上施設では, 気温が低下してきた4月から5月にかけて, 信号強度の弱くなってくる放球後60分頃からゾンデ信号が受信できなくなる不具合が16回発生した。5月1日にこの現象の生じる原因が方向探知機のヒーター回線内にあることを突き止めたが, 現象の発生が不規則であることから越冬中にはその発生箇所を特定できなかった。対策として, 観測前に方向探知機を十分温めておき, 観測時にはヒーター回線を切断する方法をとった。この他, 観測には支障が見られなかったが点検時に異状を示した周波数変換器を交換し, それに伴い位相を調整した。また, 方向探知機に角度のがたつきが発生していたため, この調査を行って結果を国内に送付した。その後, 受信部の交換調整等により修理を試みたが, 発生を止めることはできなかった。これら以外は前次隊と同様, おおむね正常に動作した。またゾンデ気圧計の現地点検に, 初期設定をすれば吸排気からデータ収集までをパソコンによる自動制御で行える, 全自動式気圧点検システムを新たに導入した。このシステムは年間を通して順調に動作し, 点検データの均質化と大幅な作業の効率化が図られた。

方向探知機を用いた高層風測定の精度を維持するための測風経緯儀による比較観測は, 1996年5月に1回, がたつき調査のために受信部及び受信操作部を交換した12月に4回, 1997年1月に1回行った。比較結果にはいずれも方位角, 高度角とも既定の範囲を少しだけ超える差が見られたが, これが第37次隊観測者による誤差であるのかの究明はできていない。

また, 平成7年3月25日に気象庁から刊行された高層気象観測指針(気象庁, 1995)に従い昭和基地周辺の地物図を作成し, 地物により正しい測角値を得られない可能性のある範囲を示した低高度角帯を新たに設定した。

第36次隊で更新した放球棟に関しては, 8月28日と11月24日に電動シャッターが故障した。原因はいずれもシャッターストッパー部で, それぞれブリザード時の雪の吹き込みによる不動作と, 緩みであった。設営隊員の協力を得て, その日のうちに修理した。また1996年4月に放球棟と気象棟内とを結ぶインターホンを更新し, ブリザード時でも放球の確認が容易となった。

前次隊から引き継いだ20個のゾンデを含む, 第37次隊が持ち込んで観測に使用したRS2-91型ゾンデには, 現地点検やベースライン点検で不合格となったものはなかった。

2.2.3. 観測結果

1996年2月から1997年1月までの各指定気圧面の高度、気温、風速の月平均指定気圧面観測値を表9に示す。

次に、この期間の指定気圧面月平均気温の変化とその累年平均気温からの偏差を図7に示

表9 月別指定気圧面観測値
Table 9. Monthly summaries of aerological observations in the JARE-37 period.

年月 項目	指定面 (hPa)	1996												1997	平均
		2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月		
高度 (m)	800	1197	1115	1122	1106	1133	1163	1136	1209	1088	1189	1199	1202	1138	
	700	2683	2577	2572	2542	2575	2609	2573	2663	2533	2648	2674	2676	2586	
	500	5147	4988	4985	4926	4966	5014	4967	5075	4927	5068	5118	5130	4991	
	300	8609	8393	8385	8264	8305	8367	8311	8434	8264	8456	8545	8584	8362	
	200	11256	11044	10978	10781	10779	10808	10764	10879	10715	10952	11120	11244	10886	
	150	13152	12944	12836	12574	12514	12500	12463	12563	12412	12700	12955	13165	12670	
	100	15827	15609	15429	15060	14926	14849	14822	14907	14766	15131	15558	15880	15166	
	50	20439	20133	19792	19195	18948	18771	18764	18869	18731	19334	20154	20577	19412	
30	23863	23445	22959	22158	21857	21613	21646	21827	21719	22601	23694	24079	22574		
気温 (°C)	800	-8.5	-11.5	-14.7	-17.9	-16.6	-16.6	-18.1	-14.8	-15.5	-12.2	-9.1	-9.4	-15.1	
	700	-15.9	-20.7	-21.4	-24.0	-22.9	-21.8	-23.1	-20.6	-22.7	-20.7	-18.3	-17.9	-22.0	
	500	-30.3	-35.5	-35.2	-38.8	-38.3	-36.7	-37.8	-36.4	-38.3	-34.9	-32.2	-30.6	-36.2	
	300	-50.5	-53.0	-55.2	-59.8	-60.2	-60.9	-60.5	-60.4	-60.9	-57.7	-54.3	-51.7	-58.1	
	200	-48.4	-47.5	-52.9	-59.7	-66.7	-71.4	-70.3	-71.8	-70.6	-65.0	-55.5	-45.7	-61.1	
	150	-47.8	-47.9	-53.2	-61.4	-67.8	-73.1	-72.6	-74.2	-72.9	-66.6	-55.0	-44.7	-61.9	
	100	-47.5	-49.1	-56.4	-65.9	-71.9	-77.2	-76.6	-77.0	-76.8	-69.2	-51.9	-43.8	-63.7	
	50	-44.7	-50.9	-60.3	-73.0	-77.6	-82.3	-80.4	-77.7	-76.9	-60.3	-40.5	-39.9	-63.0	
30	-43.3	-52.1	-62.1	-76.6	-79.1	-83.2	-80.0	-72.5	-68.3	-46.9	-33.5	-38.1	-60.0		
風速 (m/s)	800	9.0	8.9	10.2	8.3	9.2	12.7	9.5	8.8	10.0	8.1	6.9	4.4	8.0	
	700	6.7	7.0	9.1	7.4	8.1	9.3	8.3	7.9	7.6	6.2	7.1	4.4	7.2	
	500	9.7	9.6	12.3	13.3	11.2	13.0	10.0	11.2	9.5	7.0	8.6	6.8	10.0	
	300	14.7	14.4	17.4	18.3	14.8	15.9	13.0	15.6	14.4	10.3	12.9	9.3	15.1	
	200	9.8	11.3	15.6	18.0	15.5	16.6	13.2	16.0	14.6	11.0	9.5	5.0	12.9	
	150	8.2	12.5	15.5	19.0	16.1	17.9	15.9	17.2	16.8	12.5	10.1	4.2	13.3	
	100	7.3	12.3	17.9	21.8	22.1	23.9	21.9	22.7	21.0	18.1	12.9	3.8	15.8	
	50	5.2	12.4	21.4	28.4	33.9	35.0	35.0	35.6	31.7	30.0	18.7	3.9	21.8	
30	4.8	12.6	24.7	33.6	43.3	43.8	46.0	48.5	38.1	32.4	18.6	7.1	26.6		

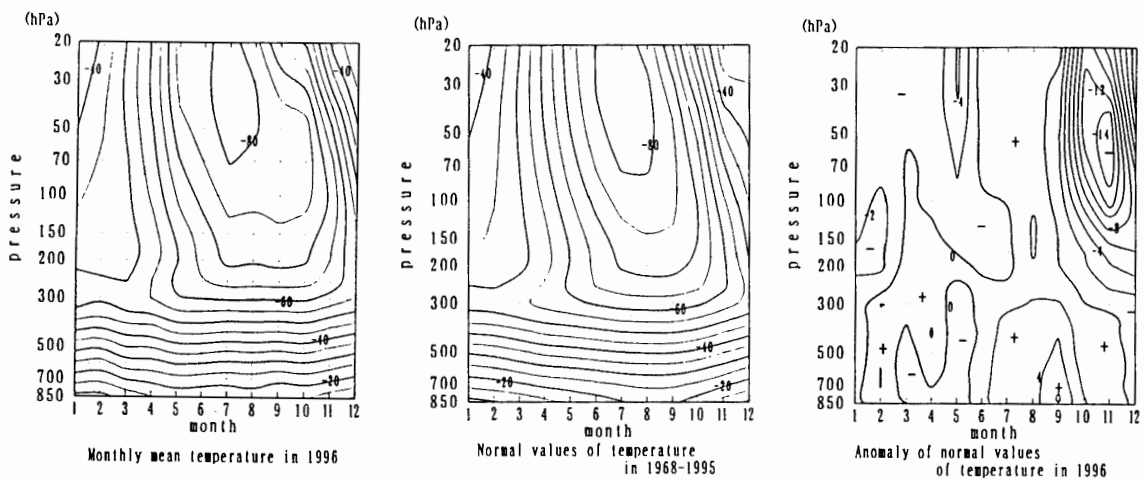


図7 指定気圧面月平均気温の変化とその累年平均値からの偏差
Fig. 7. Variations of monthly mean upper air temperature and anomaly from normal values.

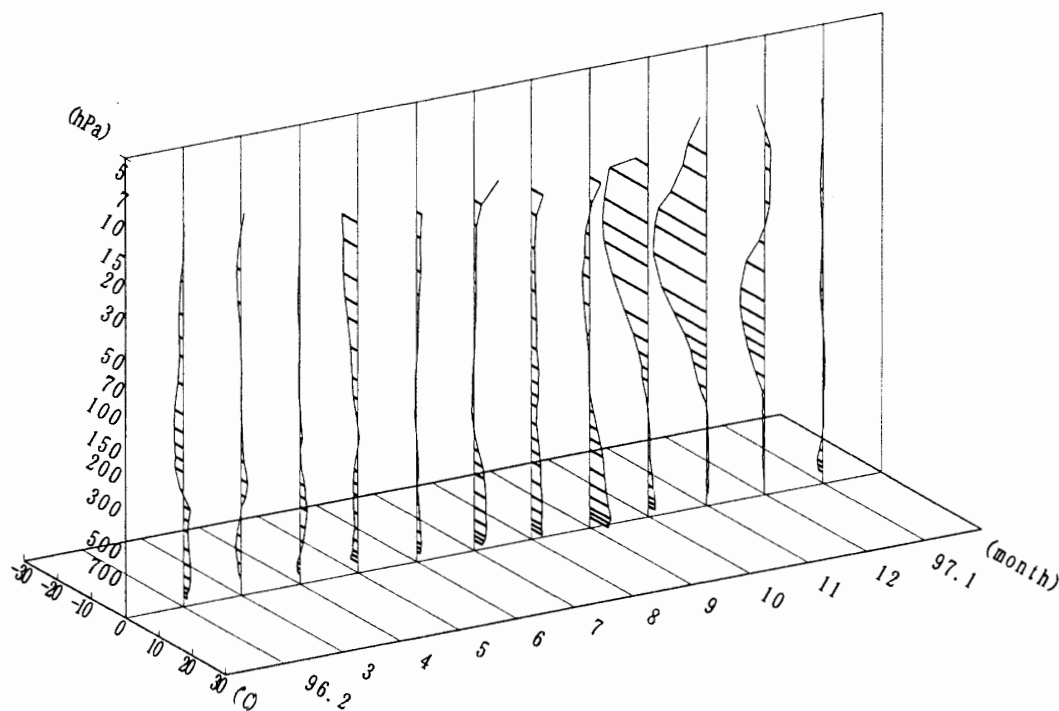


図 8 指定気圧面の月平均気温と累年平均気温の差

Fig. 8. Annual variations of temperature anomaly from normal values.

す。ここで用いている累年平均気温は 1968 年から 1996 年 1 月までの平均値である。また指定気圧面の月平均気温と累年平均気温の差を図 8 に示す。

累年平均気温と比較すると、対流圏では 5 月が低かったが 6 月から 11 月にかけて高く推移し、特に 7 月から 9 月までは顕著に高かった。このため 5 月から 10 月まで気温変動の少ない鍋底型の経過を示した。また 8 月は対流圏から成層圏にまで累年平均より高い気温を示した。

成層圏では 9 月から 12 月にかけて下部成層圏の気温が低く推移し、特に 10 月から 12 月にかけて顕著に低かった。9 月から 10 月まで下部成層圏では気温の上昇が鈍くほとんど 8 月の気温のまま推移して、冬季の成層圏に発達する極渦により形成された極成層圏雲が消滅せず、これをもとに太陽放射が戻ってくる春季にかけてオゾンホールが形成されていたと思われる。通常は成層圏上部から次第に低温状態が解消されてくるが、昨年に続いて下部成層圏の低温状態が 12 月まで続いた。

月平均気温の P-T 線図を図 9 に示す。9 月では対流圏が暖かく下部成層圏は平年並となっているが、10 月では 50, 30 hPa, 11 月では 100, 50, 30 hPa のそれぞれの指定面において最低値を更新しており、10, 12 月の 100 hPa 面では昨年に続いて 2 番目に低い値を示していた。なお 1 月には、例年通り平年並に戻っている。

図 10 に、上層風の東西成分の変化とその累年平均値からの偏差を示す。風の東西成分にお

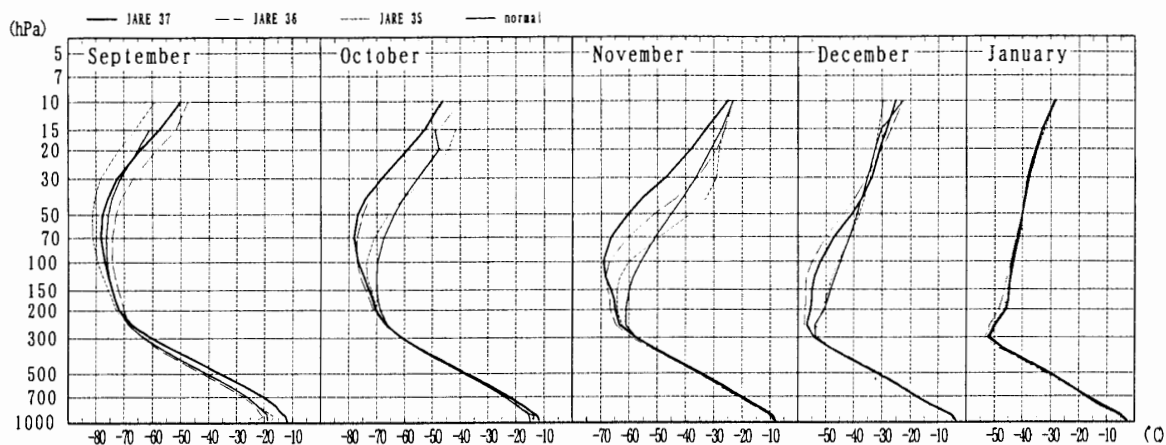


図 9 月平均気温の P-T 線図

Fig. 9. Monthly mean temperature profiles at standard pressure level.

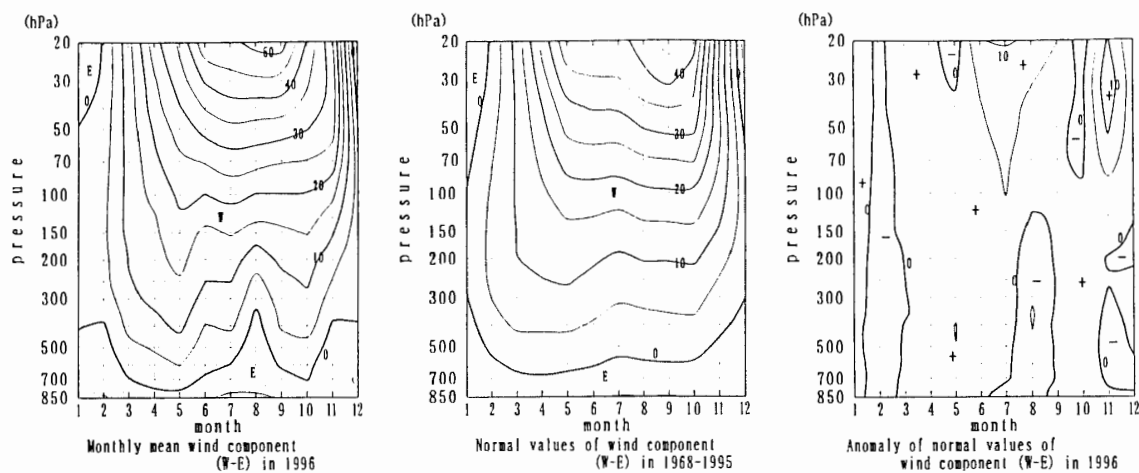


図 10 上層風の変化とその累年平均値からの偏差

Fig. 10. Variations of upper wind components and anomaly from normal values.

いては、対流圏では気温の高かった冬季に東風が入り込んでいた。成層圏では例年9月ごろに最大となるジェットが、気温の低い状態の続いた11月まで顕著な弱まりを見せていない。

2.2.4. 南極昭和基地での新旧レーウィンゾンデによる気温の比較について

(1) 比較目的

昭和基地において高層気象観測に用いられているレーウィンゾンデは、1995年1月1日00 UTCの観測よりRS2-80型からRS2-91型に切り替えられた。これら新旧ゾンデ間のデータの特徴を把握し、観測データを定量的に扱えるようにしておくことは、データ利用の面から重要であるので、昭和基地においても第35次隊、第36次隊により両ゾンデを連結して飛揚する比較観測を1年にわたって実施した(稲川ら, 1997; 佐藤ら, 1999)。この結果、冬季とその他の季節とでは両ゾンデ間の気温差の振る舞いに違いが見られた。両ゾンデによる気温測定 of 冬季における特徴を確かめるため、第37次隊でも1996年9月に同様の比較観測を

行った。

(2) 比較方法

比較観測は日射の影響を考えなくてよい夜間に行うこととし、1996年9月上旬に計8回実施し、7回分の資料を得た。

91型ゾンデは気象棟で受信してルーチン観測と同様に処理、80型ゾンデはRT棟で受信しデジタイザを介してFDに収録した後気象棟にてバッチ処理を行った。国内での比較観測に倣い1m長の竹竿の両端に両ゾンデを固定して飛揚した。

(3) 比較結果

図11に各ゾンデで観測された指定気圧面気温の差(91型気温-80型気温)を示す。各データの気圧値は各ゾンデに搭載している気圧計から得ているので、この差には、小さいが気圧計の構造が異なることから生じる差も含まれる。200hPaから30hPaまでは負の値であり、この間91型は80型より低い気温を示している。

図12に91型と80型の気温とその差(91型気温-80型気温)を飛揚からの経過時間の関数として示す。横軸を経過時間とすることで、気圧計の構造の違いによる差を除くことができる。どの観測においても飛揚後25分位までは両ゾンデ間に殆ど差は見られないが、30分前あたりから60-75分にかけては、91型は80型に比べ低い気温を示し、それ以降は逆に高くなっている。

図13に80型の気温と気温差を91型の気温の関数として示す。この図を見ると、どの観測においても地上から-65℃付近に到達するまではほとんど両ゾンデ間の気温に差は見られないが、それ以下の気温となると91型の気温が低くなっている。

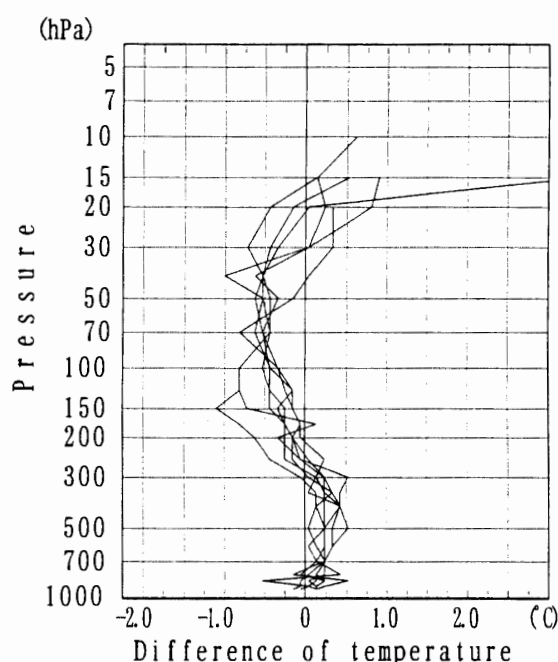


図 11 91型ゾンデと80型ゾンデで観測された指定気圧面気温の差(91型気温-80型気温)

Fig. 11. Vertical profiles of temperature differences (RS2-91 minus RS2-80) at each standard pressure level at Syowa Station, in early September 1996.

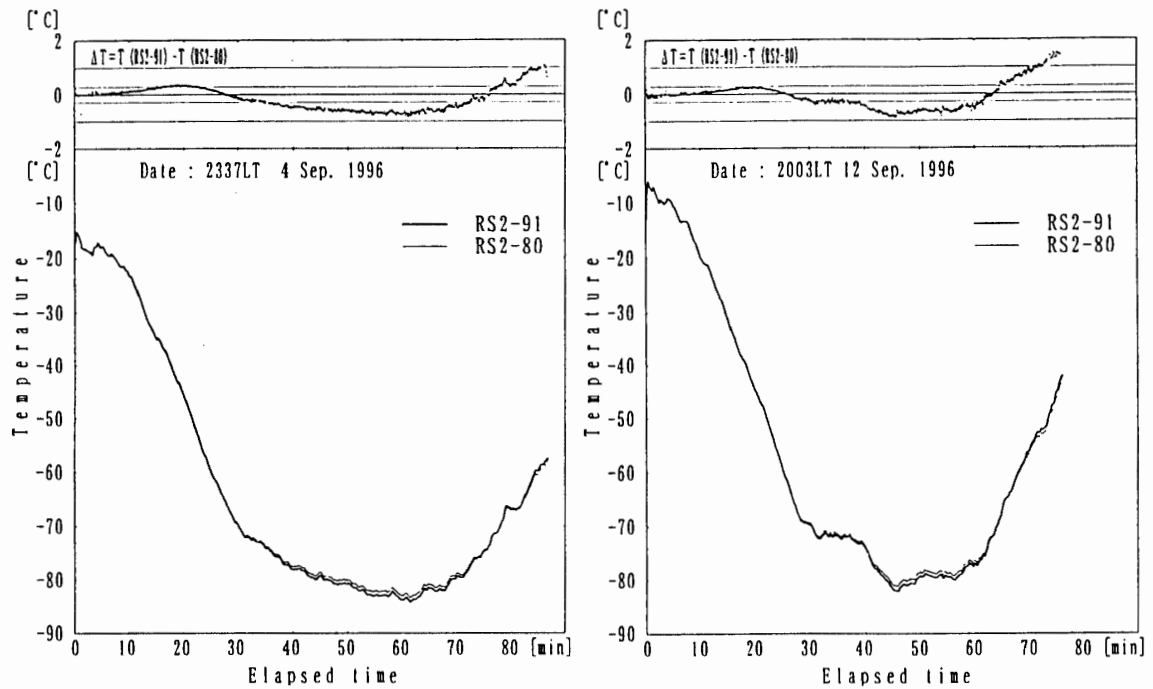


図 12 放球後の経過時間に対する 91 型と 80 型の測定気温と気温差 (91 型気温 - 80 型気温)
 Fig. 12. Temperatures measured by RS2-91 and RS2-80, and differences (RS2-91 minus RS2-80) as functions of time elapsed from launch.

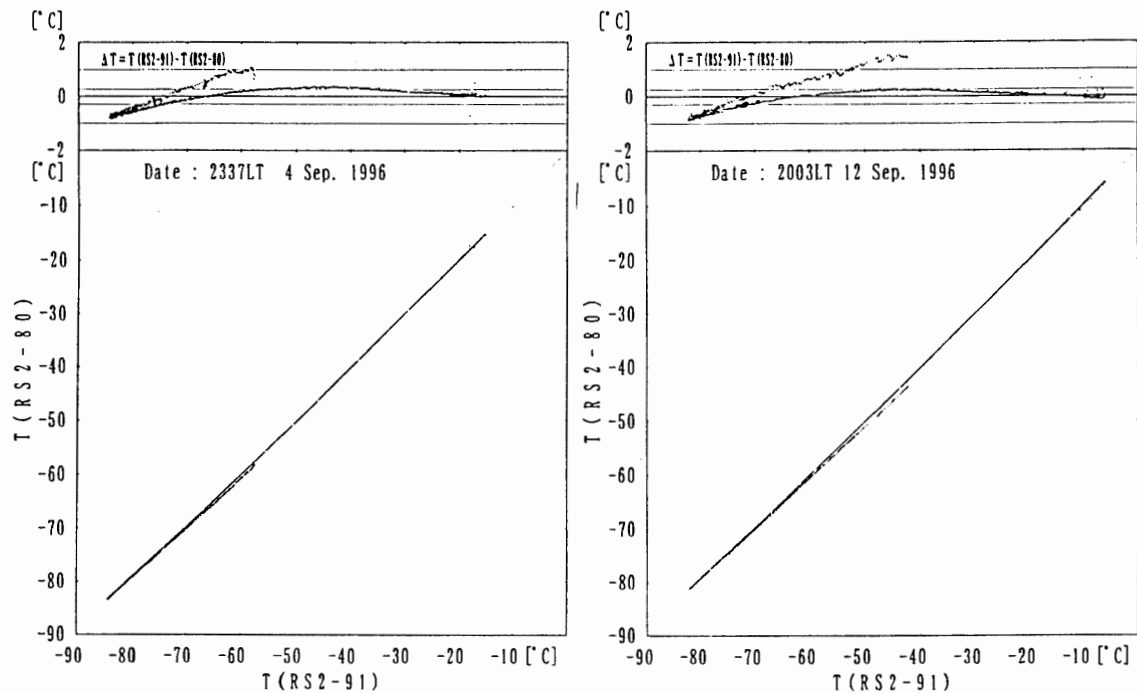


図 13 91 型の測定気温に対する 80 型の測定気温と気温差 (91 型気温 - 80 型気温)
 Fig. 13. Temperatures measured by RS2-80 and differences (RS2-91 minus RS2-80) as functions of the temperature measured by RS2-91.

(4) 考察

稲川ら(1997)と佐藤ら(1999)によれば、91型と80型で観測された各指定気圧面值の気温差は、

- ① 対流圏では1年を通して小さい(±約0.5°C)。
- ② 成層圏では1年を通して大きくなる傾向がある(±約1.5°C)。
- ③ 成層圏では冬季に91型が80型より低く、それ以外の季節ではその反対の傾向になった。

と報告されている。①と②の傾向は国内での比較観測(於高層気象台:館野)結果と同傾向であるが、南極の冬季の傾向は国内で行った比較観測結果には現れていない。今回第37次隊で行った比較観測の結果も第35次隊、第36次隊と同様の結果となった。このため、③は国内では現れないが昭和基地では現れる現象と考えられる。

ここで、80型と91型の観測値に温度差が出る理由を考察する。これらのゾンデに使用されている温度センサはサーミスタであり、測定誤差の原因には、日射、時定数の違い、長波長放射、ジュール熱、サーミスタの非線形性の不適切な補償が考えられる。

このうち、この比較では日射による誤差は除かれており、またジュール熱による誤差は無視できる(中村ら, 1983)。また、時定数の違いによる誤差は0.2°C未満と見積もられている(図12参照)。80型のサーミスタの白色塗料が91型のアルミ蒸着に比べより大きく長波を放射することがすでに知られており、これが高高度で80型の気温が低くなる原因であるが、80型の気温が高くなる原因とは考えられない。

91型ゾンデに関しては、国内での種々の比較観測によって日射補正を必要としない気温測定に関しては-65°C以下においてもほとんど正しいことが確かめられている。80型に使用しているサーミスタは気象庁内で-75°Cまでの検定を受けており、そのセンサ自体の測定誤差は多くても±0.3°Cであり、これも80型の気温が高くなる原因とは考えにくい。

これらから、この差はサーミスタ本体からのものではなく、気温センサ以降にあるゾンデ内の処理部の温度特性によるものではないかと推察できる。両ゾンデの構造は、センサ部、変換器部、送信器部に分けられるが、送信器部はどちらも同じ構造のものを使用している原因とは考えにくい。80型の変換器部の温度特性は-40°Cまでは検査されているが、-65°C以下での検査は行われておらず、これがこの差の現れる原因と考えるのが妥当と思われる。

また、この現象が昭和基地の冬季に現れることについては、日本での比較観測を行った館野や昭和基地の冬季から春季にかけての時期を除いて上空の気温が-65°C以下になる範囲が、圏界面付近の範囲のみに限られることによると考えられる。昭和基地の冬季から春季にかけては、多くの指定気圧面にわたって現象が現れてくる。この結果、冬季の昭和基地上空における両ゾンデの指定気圧面での比較結果にのみ、他の比較結果と異なる傾向が現れたと考えられる。

(5) まとめ

冬季における両ゾンデ間の気温差の振る舞いは、今回の試験でも第36次隊で行った結果と同じであった。これは80型変換器部の温度特性によるものと考えるのが妥当と思われる。今後、気候学的な解析等にはこの結果を考慮すべきであろう。

2.3. オゾン観測

2.3.1. 観測方法と測器

オゾン観測はオゾン観測指針（気象庁，1991，1992）に準じ、自動化されたドブソン分光光度計（測器番号 Beck-119）を用いたオゾン全量観測及びオゾン反転観測（気圧層別オゾン量観測）と、RSII-KC79型オゾンゾンデを用いた気温とオゾン量の垂直分布の観測とを実施した。

観測結果は速報値として、インマルサット FAX 及び電子メールにより毎月（オゾンホールが発生する7月から11月には毎週）気象庁経由で WMO に報告した。

得られた観測結果及び測器点検結果については帰国後整理を行い、係数およびデータの確定作業を実施した。

(1) オゾン全量観測

ドブソン分光光度計を用いて、太陽直射光・太陽天頂散乱光・月光直射光の測定によりオゾン積分量を得るオゾン全量観測を行った。太陽直射光および太陽天頂散乱光による観測は、太陽の北中時および午前2回、午後2回の一日5回を基本に行った。午前・午後2回の観測時刻については、 $\mu = 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, 5.5, 6.5$ (μ : オゾン層を通過する光線の垂直路程に対する相対的な路程) となる時刻で、このうち可能な限り μ が小さな2回を選択した。観測には AD 波長組を使用した。観測時刻の太陽高度角が低い場合 ($\mu > 3.5$) には CD 波長組を用いた観測に切り替えた。さらに太陽高度角が低い ($\mu > 6.5$) 場合には、測器の限界となり観測は行わなかった。また、太陽光による観測が出来ない冬の極夜期には、月光による AD 波長組焦点法観測（満月時で $\mu < 2.8$ ）を行った。

(2) オゾン反転観測

ドブソン分光光度計により、晴天時の太陽天頂散乱光を連続測定しオゾン高度分布を得るためのオゾン反転観測を行った。この観測には、太陽天頂角が80-90度の範囲のショート反転観測と、60-90度の範囲のロング反転観測があり、午前または午後の1回、可能な限り行った。

(3) オゾンゾンデ観測

気象庁オゾン観測指針（1992）に基づき、RSII-KC79型オゾンゾンデを用いて、気温とオゾン量の垂直分布を観測した。地上施設は高層気象観測施設と同じであり、他にオゾン発生器やオゾンゾンデ試験器を使用した。観測終了後直ちに第34次観測隊開発のプログラムを

用いて解析を行った。またこの解析結果を暫定値として、毎月ないしオゾンホール期においては毎週報告した。気球は 2000g を使用し、ヘリウムガスを充填し浮力を 3200g とした。

2.3.2. 観測経過

(1) オゾン全量観測

1 年を通して観測器に大きなトラブルはなく、順調に観測を行った。

表 10 に、月別のオゾン全量観測日数を観測種別毎に示す。太陽北中高度が比較的高い 1-4 月、9-12 月では、降雪がない限り毎日観測を実施した。4-8 月は太陽北中高度が低く観測可能な日数が少ないため観測日数も少なくなっている。5-7 月は極夜期のため月光による観測のみを行った。月光観測は、満月の前後しか観測可能な光量が得られないため、観測日数はどの月も 1 週間程度であった。

表 10 月別オゾン全量およびオゾン反転観測回数 (1996 年 2 月-1997 年 1 月)

Table 10. Number of ozone observations with the Dobson spectrophotometer.

項目	年月												合計	
	1996 2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1997 1月		
全量観測日数	27	28	19	6	5	4	17	28	27	29	30	31	251	
内	直射光AD	20	21	1					19	23	27	28	26	165
	" CD			6				11						17
	天頂光AD	6	7	3					8	4	2	2	5	37
	" CD	1		9				3						13
	訳 月光				6	5	4	3	1					19
反転 観測	ロング	12	3						1	5	15		4	40
	ショート	1	1	1				5	8	1	3		1	21

(2) オゾン反転観測

表 10 には月別のオゾン反転観測回数もあわせて示した。測器の自動化により効率的にデータを取得し、昨年並みの観測データを得ることができた。北中太陽高度が低い、または太陽が昇らない 4-8 月及び太陽が沈まない 12 月は、データ解析に必要な太陽天頂角のデータセットが得られない日が多く、観測が成立しにくい。

(3) オゾンゾンデ観測

オゾンゾンデ 54 台を持ち込み、原則として週 1 回、オゾンホール期間には臨時に飛揚した他、別項で述べる ILAS プロジェクトの検証として 21 台、合計 75 台を飛揚した。飛揚状況を表 11 に示すが、反応不良によりデータの取得ができないことが一度あった。

2.3.3. 観測結果

(1) オゾン全量観測

図 14 に 1996 年 2 月～1997 年 1 月のオゾン全量観測結果を示す。○印は毎日の値 (日代表値、1 日に複数回の観測値がある場合には最も観測条件がよいもの)、実線は平均値 (1961-

表 11 オゾンゾンデ飛揚状況一覧表
 Table 11. Ozonesonde observations at Syowa Station.

年月	1996年 2月	3月	4月	5月	6月	7月
日 到達高度 (hPa)	3 15.1 9 35.7 18 11.1 21 13.3 28 4.1	8 52.7 16 4.5 21 7.4	1 7.2 5 5.1 9 3.6 17 反不 18 3.8 22 5.0	1 6.0 5 4.2 25 19.1 31 4.4	5 9.5 14 4.9 26 4.6	2 4.2 13 7.4 17 155.7

年月	1996年 8月	9月	10月	11月	12月	1997年 1月
日 到達高度 (hPa)	1 5.4 11 7.0 14 68.6 18 5.2 21 7.9 27 6.3	3 41.4 5 4.5 6 12.4 7 7.8 11 10.9 12 9.1 18 20.9 26 20.9	1 44.3 3 7.2 10 8.7 14 7.5 20 6.7 23 4.9 25 11.0 30 6.4	1 5.4 3 4.6 9 4.8 15 7.2 *1 16 5.6 *1 18 7.3 *1 19 5.4 *1 20 6.0 *1 26 4.9 *1 27 4.9 *1 30 6.0 *1	1 25.7 *1 8 5.0 *1 11 6.6 20 6.0 25 5.6	1 6.0 8 5.4 15 4.8 *1 18 4.8 *1 19 5.6 *1 22 6.3 *1 23 6.5 *1 25 5.1 *1 26 5.6 *1 27 5.3 *1 29 6.8 *1 30 5.2 *1 31 5.5 *1

注: *1 は I L A S 検証報告を行ったオゾンゾンデ観測。
 「反不」は飛揚後オゾン反応不良となり、データ取得できず。

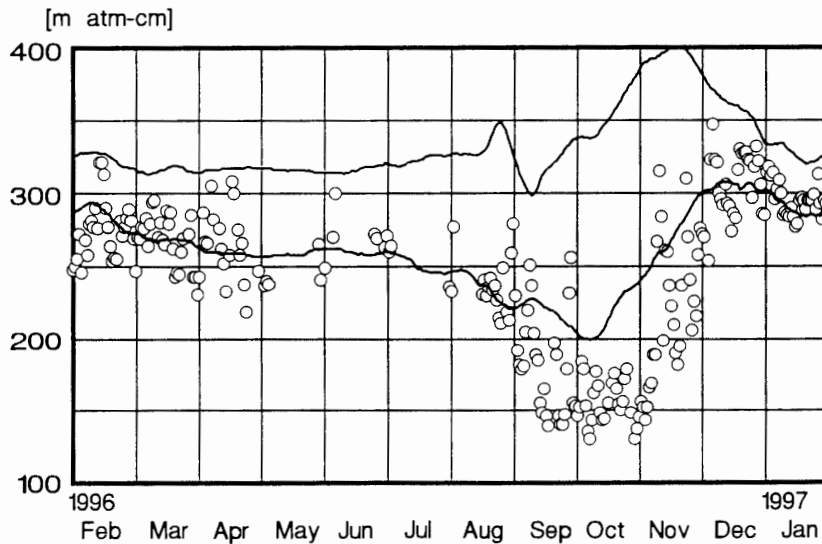


図 14 オゾン全量の変化 (○印は日代表値; 1996年2月-1997年1月)
 Fig. 14. Variations of total ozone. "○" shows daily representative value.

1990年) $\pm\sigma$ (標準偏差) である。オゾン全量は前年のオゾンホールを引きずる形で少ない値で推移し、1年を通し平年値を下回った。特に、10月8日には131 m atm-cmまで減少し、前年の10月6日に記録した128 m atm-cmに次ぐ少ない記録となった。

図 15 に各月ごとに月平均値の累年変化（1960 年～1997 年 1 月）を示す。1996 年 2 月・3 月は観測開始以来 2 番目に少ない値、7・8・9 月は 3 番目に少ない値を記録した。また、オゾンホールが顕著な 10・11 月には、それぞれ 156 m atm-cm、216 m atm-cm までオゾン量は減少し、これまでの最小記録値を更新した。特に 10 月の値は、これまで観測された月平均値のなかで最も少ない値であった（これまでの記録は 1992 年 10 月の 164 m atm-cm）。

(2) オゾン反転観測

図 16 にオゾン反転観測による第 1 層（地上～253.3 hPa）・第 4 層（63.3～31.7 hPa）・第 8 層（4.0～2.0 hPa）の気層別オゾン量の年変化を示す。1996 年 4～8 月、12 月は観測データが得られなかったため表示していない。第 2 層から第 7 層、特に第 4 層については、10 月前後にオゾン減少が激しく見られるのが特徴である。今期間も第 1・8 層では 1 年を通し変化しなかったが、第 4 層についてはオゾンホールの時期に減少した。1996 年 2・3 月及び 1997 年 1 月はオゾン層の中心が第 4 層にあったが、9～11 月はこの層のオゾンの減少が顕著となり、10 月には 1～3 月の 1/6 以下となった。

(3) オゾンゾンデ観測

図 17 に 1996 年 2 月～1997 年 1 月までのオゾン分圧鉛直分布の変化を、図 18 にオゾン全量値が極小となった 10 月と、平年並みのオゾン全量値に回復した 12 月のオゾン分圧鉛直分布を示す。図 17 の網掛け領域はオゾン分圧が $25 \mu\text{mb}$ 以下と、オゾンがほとんど無いことを表しており、70 hPa 付近を中心に 9 月中旬から 11 月下旬までこの状態が続いた。12 月は全量的には平年の値に戻っているものの、100 hPa 付近は依然平年よりかなり少ないオゾン分圧となっている。また、オゾンホール解消時には上空からオゾン分圧が増加するが、この時 70 hPa より上空では、平年よりもオゾン分圧が高くなっている。

(4) ILAS データ検証のための昭和基地におけるオゾンゾンデ観測

1996 年 8 月に打ち上げられた地球観測プラットフォーム技術衛星（ADEOS）に搭載された改良型大気周縁赤外分光計（ILAS）で観測したオゾンデータの検証をするため、ILAS と独立なオゾンの鉛直分布データを得ることを目的として、国立環境研究所 ILAS プロジェクト、国立極地研究所気水圏研究グループ、気象庁観測部南極観測事務室による、共同研究として実施した。

実施期間は 1996 年 11 月から 1997 年 2 月までの間で、ADEOS が昭和基地の上空近くを通る時（観測機会は 28 回）を狙って 24 台のオゾンゾンデの飛揚が計画された。観測状況は表 11 に示したとおりだが、越冬交代までに強風などで飛揚できなかった時を除き、21 回のオゾンゾンデ飛揚を行った。取得したデータは、通常のオゾンゾンデ観測と同じプログラムを使用し解析を行った。解析後直ちに暫定値としてではあるが電子メールで伝送した。

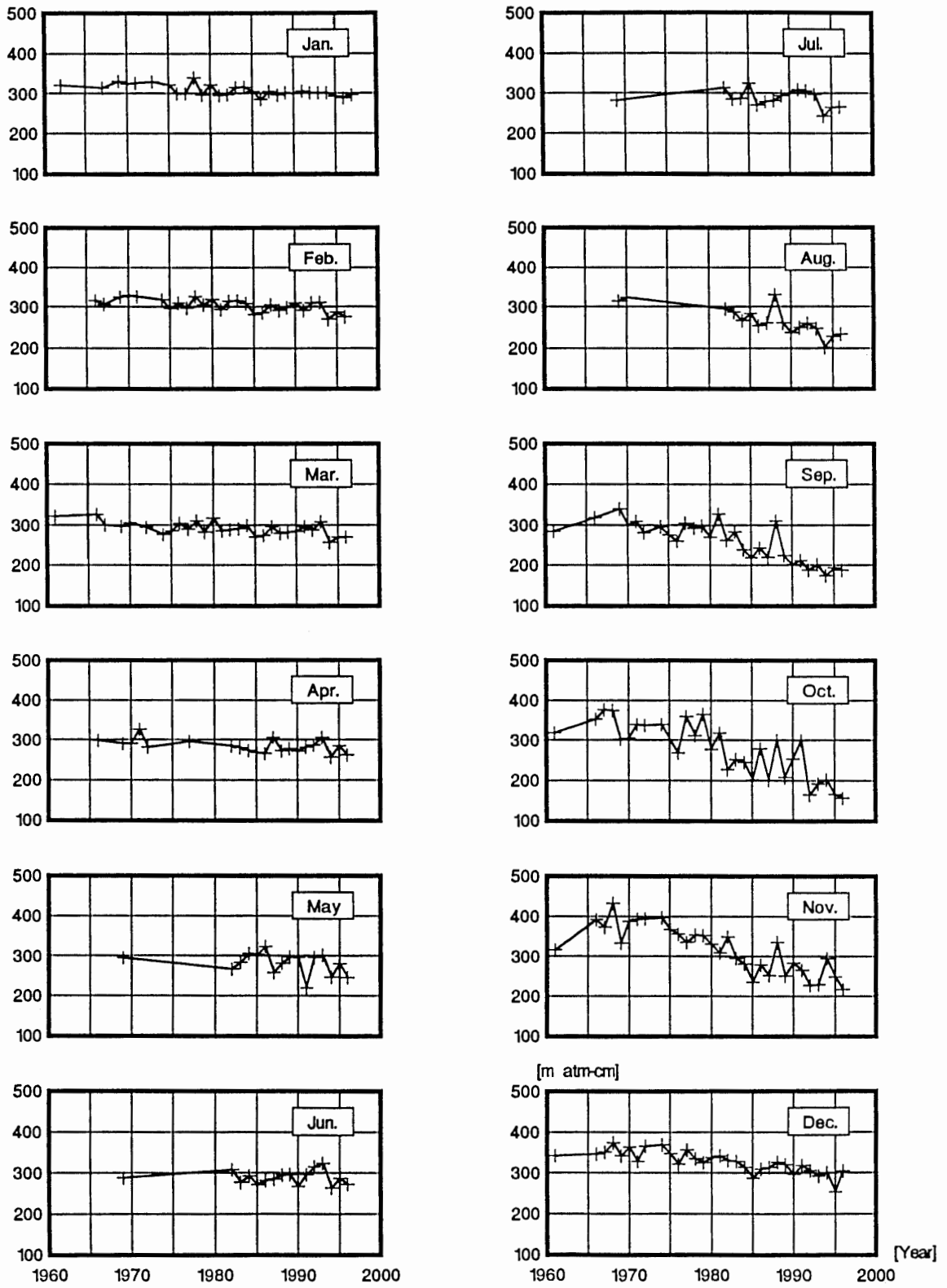


図 15 オゾン全量月平均値の累年変化
 Fig. 15. Variations of monthly mean total ozone.

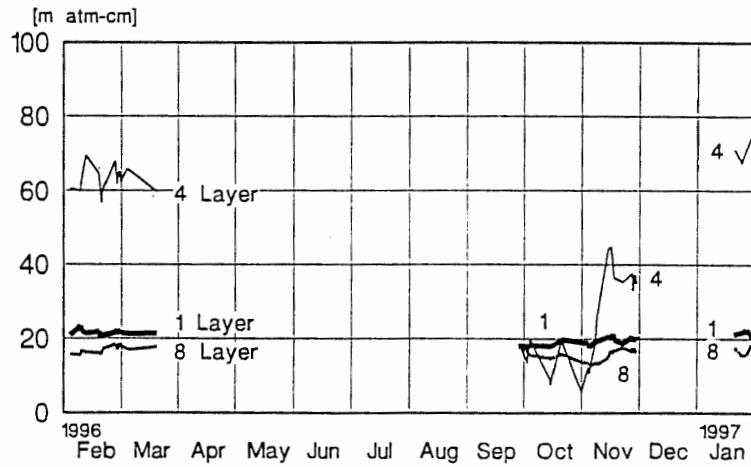


図 16 第 1・4・8 層のオゾン量の年変化 (1996 年 2 月-1997 年 1 月)
 Fig. 16. Variations of 1・4・8 layer ozone amount obtained from ozone Umkehr observations. Note that data are not available from April to August, and December.

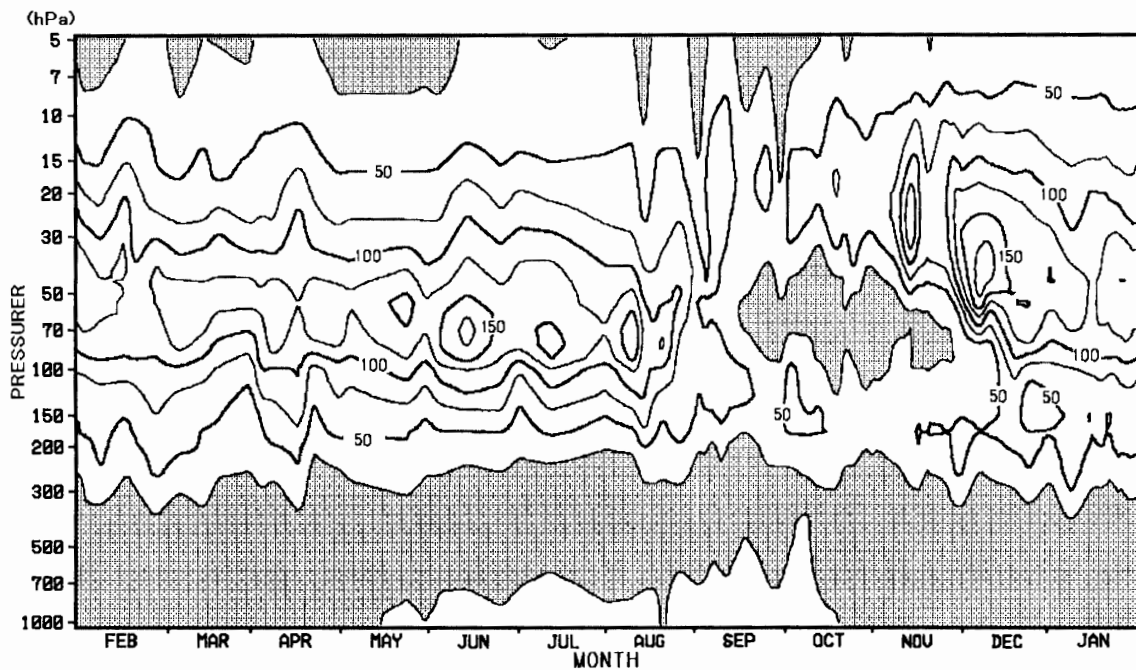


図 17 オゾン分圧 (μmb) の鉛直分布の年変化 (1996 年 2 月-1997 年 1 月)
 Fig. 17. Ozone partial pressure (μmb) profile (February 1996 to January 1997).

2.3.4. 極成層圏雲 (PSCs) の観測

冬季の南極成層圏で気温が -78°C 以下まで低下すると、オゾンホールの原因となる極成層圏雲 (PSCs, Polar Stratospheric Clouds の略) とよばれる雲を形成する。この PSCs は、太陽高度角が $-3 \sim -5$ 度の時間帯に輝いて見えることから、対流圏の雲と識別が可能である。今回は、目視により地上から 4 回の観測を記録した。観測日は、6 月 22 日、7 月 12 日、7 月 20 日、7 月 22 日である。

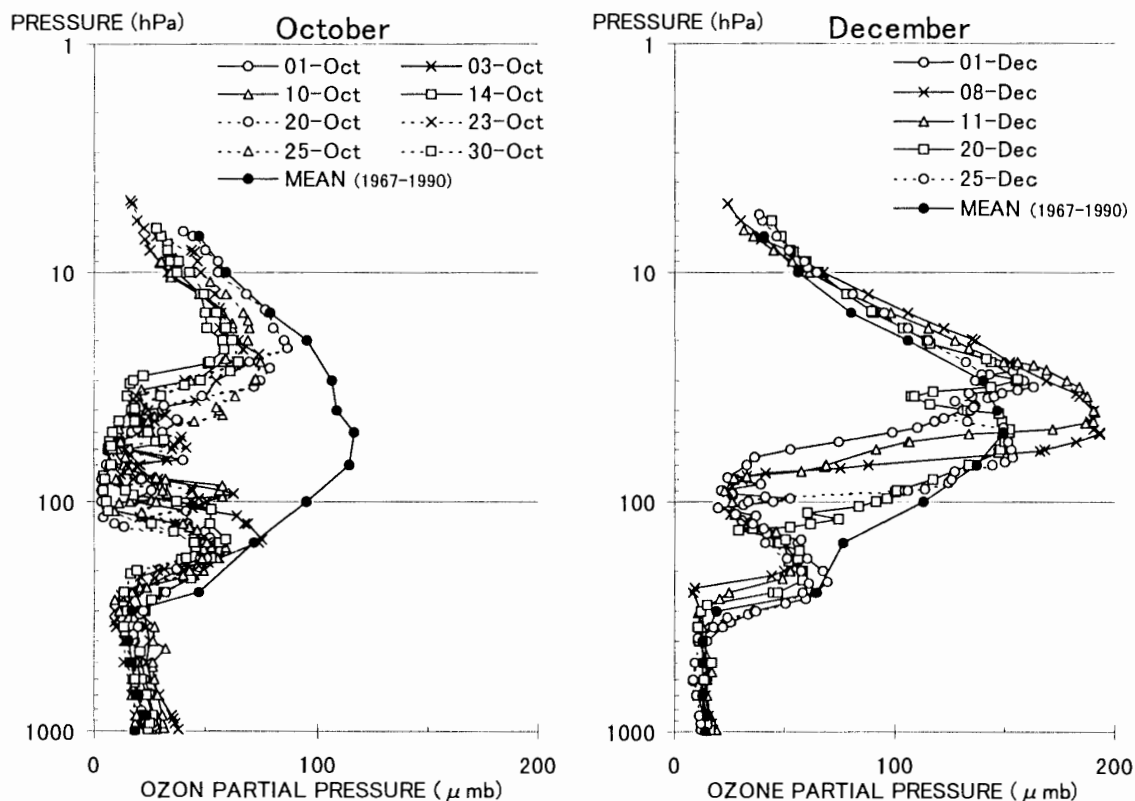


図 18 オゾン全量値が極小となった 10 月と、平年並みに回復した 12 月のオゾン分圧の鉛直分布
 Fig. 18. Ozone partial pressure profiles of October 1996 in which total ozone recorded a minimum and of December 1996, when total ozone recovered to the average.

2.4. 地上日射・放射観測

2.4.1. 観測方法と測器

各測器の設置場所は、全天日射計（6月30日まで）と遮蔽バンド付き精密全天日射計が気象棟の南西約 200 m 離れた高台（旗台地）で、他の測器は気象棟前室屋上及びこれに隣接した観測架台である。表 12 に使用測器を示す。

下記 (1)-(5) 及び (7) の項目については、データ収録装置で 5 秒間隔の信号を取り込み、パーソナルコンピュータで 1 分ごとの平均値を記録した。(6) の項目については、データ収録装置で毎正分の信号を取り込み、パーソナルコンピュータで記録した。(8) の項目については、毎正時観測を実施しパーソナルコンピュータで記録した。

(1) 全天日射量観測

全天日射計（6月30日まで）、精密全天日射計（7月1日以降）を使用して全天日射量の連続観測を行った。また、散乱日射量と直達日射量を用いて合成全天日射量も算出した。

(2) 直達日射量観測

感部器温センサ付きの直達日射計を使用して直達日射量の連続観測を行った。また、太陽

表 12 地上放射観測使用測器

Table 12. Instruments used for surface radiation observations.

観測項目	測器名	感部型式	番号	測定範囲	使用期間
全天日射量	全天日射計	EKO MS-43F	A8631	300-2800nm	96. 2. 1 - 96. 6. 30
		EKO MS-801	F86024		96. 7. 1 - 97. 1. 31
直達日射量	直達日射計	EKO MS-53	P92009	300-2800nm	96. 2. 1 - 96. 6. 30
		EKO MS-53	P93005		96. 7. 1 - 97. 1. 31
散乱日射量	精密全天日射計	EKO MS-801	F86023	300-2800nm	96. 2. 1 - 97. 1. 31
	遮蔽バンド	EKO MB-11S			96. 2. 1 - 97. 1. 31
下向き放射量	全波長放射計	EKO CN-11A	M90047	300-30000nm	96. 2. 1 - 97. 1. 31
下向き赤外放射量	精密赤外放射計	EPPLEY PIR	30431F3	4-50 μ m	96. 2. 1 - 97. 1. 31
波長別直達日射量	サンフォトメータ	EKO MS-110	ES94121.02	368nm, 500nm, 675nm, 778nm, 862nm	96. 2. 1 - 97. 1. 31
B領域紫外域日射量	紫外域日射計	EKO MS-210W	S90091.2	280-315nm	96. 2. 1 - 97. 1. 31
波長別紫外域日射量	ブリューワ分分光度計	SCI-TEC BREWER	#091	290-325nm	96. 2. 1 - 97. 1. 31

面に全く雲がかかっていない時（主にオゾン全量観測の太陽直射光観測時刻）のサンプリングデータからホイスナー・デュボアの混濁係数を求めた。

(3) 散乱日射量観測

精密全天日射計（遮蔽バンド付き，極地研究所より借用）を使用して散乱日射量の連続観測を行った。

(4) 下向き放射量観測

全波長放射計を使用して下向き放射量の連続観測を行った。

(5) 下向き赤外放射量観測

精密赤外放射計を使用して下向き赤外放射量の連続観測を行った。また，下向き放射量から全天日射量の値を差し引く方法でも赤外放射量を求めた。

(6) 波長別直達日射量観測

サンフォトメータを使用して，波長別（368, 500, 675, 778, 862, 938 nm の 6 波長）直達日射量の観測を行った。太陽面に全く雲がかかっていない時（主にオゾン全量観測の太陽直射光観測時刻）のサンプリングデータから大気混濁度を求めた。

(7) B 領域紫外域日射量観測

紫外域日射計を使用して全天光を測定することにより，B 領域紫外線全量の連続観測を行った。測器定数はブリューワ分分光度計による UV-B 観測量との比較から決定した。

(8) 波長別紫外域日射量観測

紫外域日射観測指針（気象庁，1993b）に準じ，ブリューワ分光光度計（SCI-TEC #091）を使用して 290–325 nm 間の 0.5 nm 刻みの波長別紫外線量を観測した．290–315 nm 間で波長積分することにより UV-B 量も算出した．

2.4.2. 観測経過

本体内部に CPU を持ち，自己補正機能（サンモニタ）も備えた全自動赤道儀（BRUSAG 製）を 2 台新しく持ち込み，観測架台に設置した．各観測については以下の通り．

(1) 全天日射観測

7 月 1 日に全天日射計 MS-43F（旗台地）から精密全天日射計 MS-801（気象棟屋上）に測器と観測場所を変更した．春季，気象棟レドームの影によるデータの不連続が生じたが，前後のデータから修正できるものは修正した．

(2) 直達日射観測

EKO SD-01 の赤道儀を使用していたためスポット調整が毎日必要であったが，7 月 1 日より赤道儀を BRUSAG 製に変更したためスポット調整の必要がなくなった．赤道儀の交換と同時に直達日射計感部も交換した．

(3) 散乱日射観測（遮蔽バンド）

赤道儀（BRUSAG 製）を使用した遮蔽ディスク方式で観測を実施したが，感部出力にノイズが大きく予備測器とした．正規観測は，従来通り遮蔽バンドを使用した方式とした．

(4) 下向き放射量観測

強風時には，ポリエチレンドームが潰れて受感面を擦ることや破れて雪が吹き込むことがあるため，感部保護を最優先し保護具を取り付け観測を中断した．太陽高度角が西側で低くなる場合に感部を取り付けるアーム部分の影が感部にかかることがわかったので，測器の向きを変更し感部に影ができないようにした．

(5) 下向き赤外放射量観測

感部器温とシリコンドーム器温が測定可能な測器を使用し，器温による観測値の補正を行った．感部の結露防止とシリコンドームからの二次輻射軽減のため通風ファンを使用した．観測は当初，赤道儀（BRUSAG 製）の遮蔽ディスクを使用し太陽光を遮ることでドーム器温の上昇をおさえ二次輻射をより軽減した観測を実施する予定であったが，赤道儀（BRUSAG 製）の動作不良のため赤道儀の使用は行わなかった．

(6) 波長別直達日射観測

太陽追尾に赤道儀（BRUSAG 製）を使用して観測を実施した．938 nm の波長については感度調整ができずスケールオーバーしたため欠測とした．

(7) B 領域紫外域日射観測

全期間を通じて観測は順調に経過した．

(8) 波長別紫外域日射観測

ケーブル断線による障害のため一部欠測する期間もあったが、観測はおおむね順調に経過した。秋季から春季にかけて UV-B ガラスドーム及び水晶窓内部の一部に結露、結氷が生じたが、内部のシリカゲルを交換することにより結露等は生じなくなった。また、測器保護のため強風時には受感面に保護具を取り付け、観測を中断した。外部標準ランプ点検を原則として週 1 回行い、測器の感度変化が年間を通して安定していたことを確認した。

2.4.3. 観測結果

図 19 に、合成全天日射量（散乱日射量と直達日射量 $\times \sin(h)$ ）を合成した量： h は太陽高度角、直達日射量、散乱日射量、下向き放射量（全波長）、下向き赤外放射量（赤外放射計）を示す。

前年に、ドーム器温を測定することでシリコンドーム自体からの放射を補正可能とした新しい赤外放射計（EPPLEY PIR）を持ち込み、比較観測を行った（佐藤ら、1999）。比較観測は順調に行われ、1996 年 1 月からは正規観測として 1 年を通じた良好な観測結果を得た。以下に、下向き赤外放射の観測状況と観測結果について示す。

下向き赤外放射量は、精密赤外放射計（EPPLEY PIR）で直接測定する方法と、全波長放射計（EKO CN-11A）の値から全天日射計（精密全天日射計）の値を差し引いて求める方法がある。全波長放射計を利用した方法は、精密赤外放射計が開発される以前から行われ、現在も昭和基地で観測が実施されている。しかし、全波長放射計は黒体炉における検定により得られた長波長（赤外）側での測器感度定数だけで全波長域の測器感度定数を決定しているため、短波長側で長波長側との感度の差により観測誤差を生じる可能性がある。また、短波長の観測には高度角特性や方位角特性（太陽の高度角や方位角の違いによる短波長感度の違い）による誤差が大きいことも知られている。一方、精密赤外放射計は、短波長をシリコンドームにより遮蔽し長波長のみを通過させ、赤外放射量を直接観測することを可能とした。しかし、ドームが日射等により暖められることでドーム自体からの放射を同時に測定してしまう（全波長放射計はポリエチレン製ドームを使用しているためドーム自体が暖まりにくい）問題がある。この問題を解決するため、それまでの精密赤外放射計にドーム器温センサを取り付けた測器が新たに作られ、その検定方法が確立された（塩原・浅野、1992）。昭和基地では、1995 年よりこの測器による観測が開始され、ドームの放射がうまく除去されるようになった。

「ドーム器温センサ付きの赤外放射計から得られた観測値」と「全波長放射計の値から全天日射計の値を差し引いて求めた値」を比較した。日積算値で両者を比較した場合、その差はほとんどが 5% 以内に収まり、一年を通しよく一致していた。しかし、時別値で比較した場合には、両者の間に差が見られた。図 20 に、快晴日（12 月 28 日）、曇天日（11 月 30 日）、及び 12 月の平均の両者の差の日変化（毎時間値）を示す。快晴日の 14-17 時の時間帯に 15%

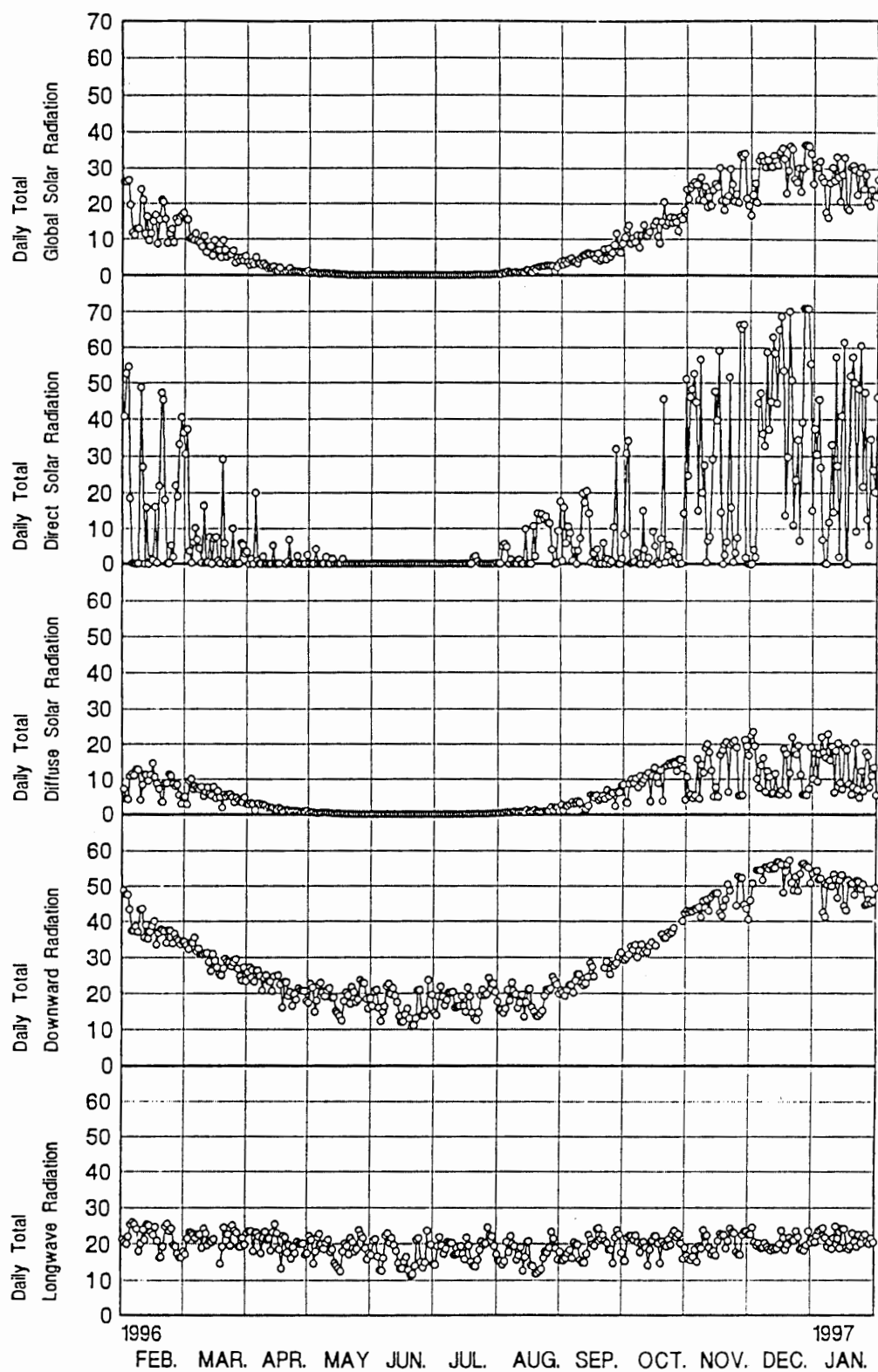


図 19 1996年2月から1997年1月の地上日射・放射観測結果 (MJ/m^2)
 Fig. 19. Variations of surface radiation (MJ/m^2) in 1996. 2-1997. 1.

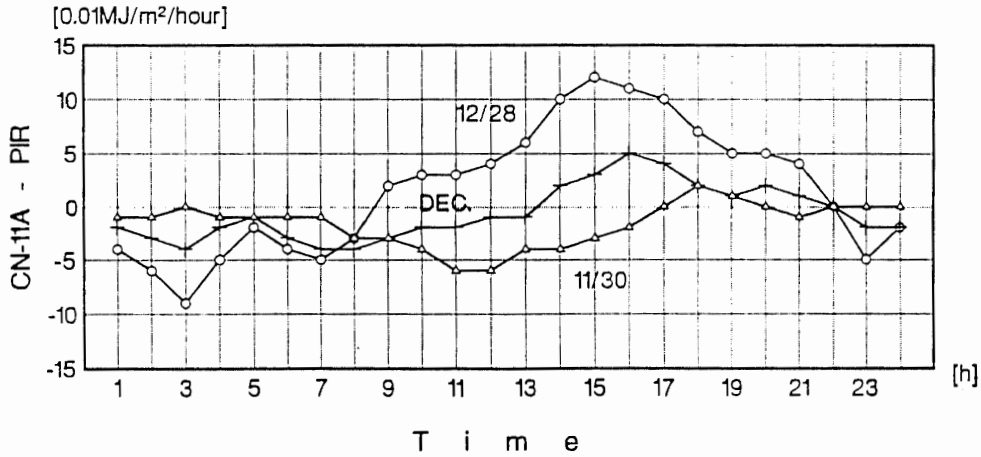


図 20 快晴日と曇天日及び 12 月の平均値から求めた、CN-11A と PIR による長波長放射量の差の日変化

Fig. 20. Differences of long wave radiation (hourly accumulation) between CN-11A and PIR.
 -○- line is fine weather day (1996. 12. 28). -△- line is cloudy weather (1996. 11. 30).
 -+- line is monthly average (December 1996).

以上の差が見られ、曇天日は 1 日中「全波長放射計の値から全天日射計の値を差し引いて求めた値」が低い傾向であった。また太陽が 1 日中出ている 12 月の月平均値でも、差に日変化が見られた。これは、全波長放射計の持つ、長波感度と短波感度の違いによる誤差や高度角・方位角特性による誤差などが原因となっていると考えた。

下向き赤外放射量の特徴を精密赤外放射計の観測結果から考察する。下向き赤外放射量は上空の大気分子や水蒸気からの放射であり、雲の状態変化（雲量や種類の違い）で大きく変化する。また、天候が安定（雲の変化がない）していれば、ほぼ一定で日変化が見られないのが特徴である。

図 21 に、つくば及び昭和基地の、地上気温と日積算値の関係を雲量別の記号で示す。データはそれぞれ 1 年分である。地上気温で約 5°C を境に気温の高い事例がつくば、低い事例が昭和基地であり、両観測点ともに地上気温と赤外放射量について正の相関が認められる。

下向き赤外放射量を評価する方法の一つとして、黒体放射量 (σT^4 , T は地上気温) と比較する方法がある。図 22 に、「日積算量/黒体放射量」と地上気温との関係を雲量別の記号で示す。一つの曲線ラインにのる快晴時のデータに着目すると、-15°C 付近までは気温の低下とともに「日積算量/黒体放射量」の割合は低下するが、-15°C 以下では減少傾向が顕著ではなくなり、割合の変動が大きくなった。

図 23 に、直達日射計による大気混濁度（ホイスナー・デュボアの混濁係数）とサンフォトメータの観測より求めたオングストロームの波長指数 α と混濁係数 β の年変化を示す。1991 年のピナトゥポ噴火およびハドソン噴火から 5 年が経過しており、大気混濁度（ホイスナー・デュボアの混濁係数）は、噴火前の値にほぼ近い値 (2.0-2.5) で経過している。

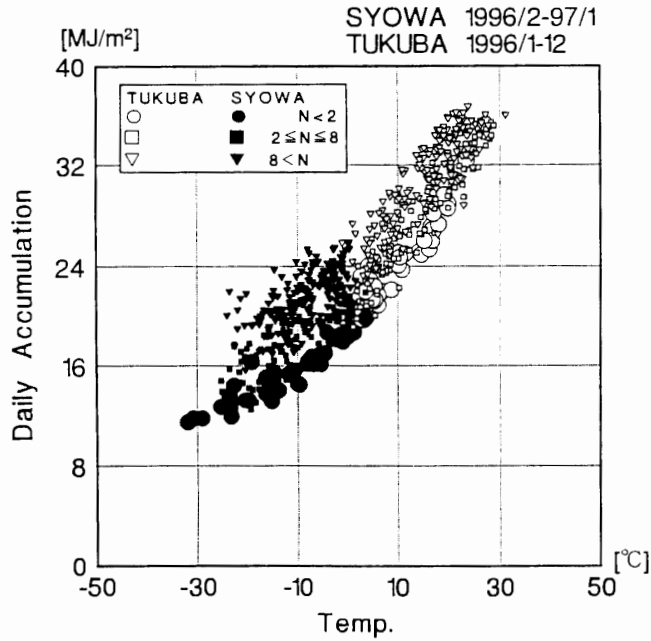


図 21 日積算長波長放射量と地上気温との関係

Fig. 21. Relation between long wave radiation (daily accumulation) and surface temperature (daily mean).

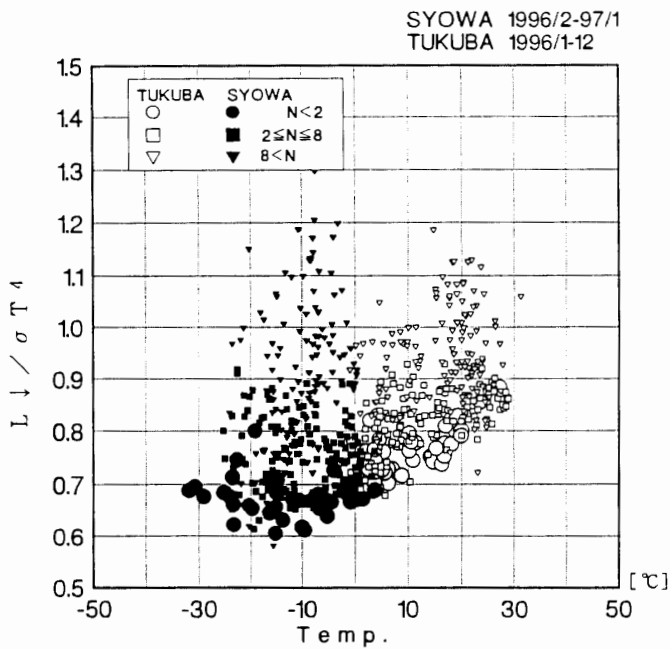


図 22 「長波長放射量/黒体放射」と地上気温との関係

Fig. 22. Relation between "long wave radiation (daily accumulation)/blackbody radiation" and surface temperature (daily mean).

B 領域紫外域日射量は、B 領域紫外域日射計 (EKO MS-210) による観測と、毎正時の波長別紫外域日射観測 (ブリューワ分光光度計) から波長積分を行って求める方法の 2 種類を実施している。図 24 に、ブリューワ分光光度計による観測結果を示す。

B 領域紫外域日射計の特徴として、天候に左右されることなく 24 時間連続観測が可能 (ブリューワ分光光度計は毎正時のみ観測を行い、強風時には測器保護のため観測を中断している) で、メンテナンスもほとんど必要ないことがあげられる。しかし、測器の検定方法が確立されておらず、現在はブリューワ分光光度計の値を真値として測器常数 (B 領域紫外域日

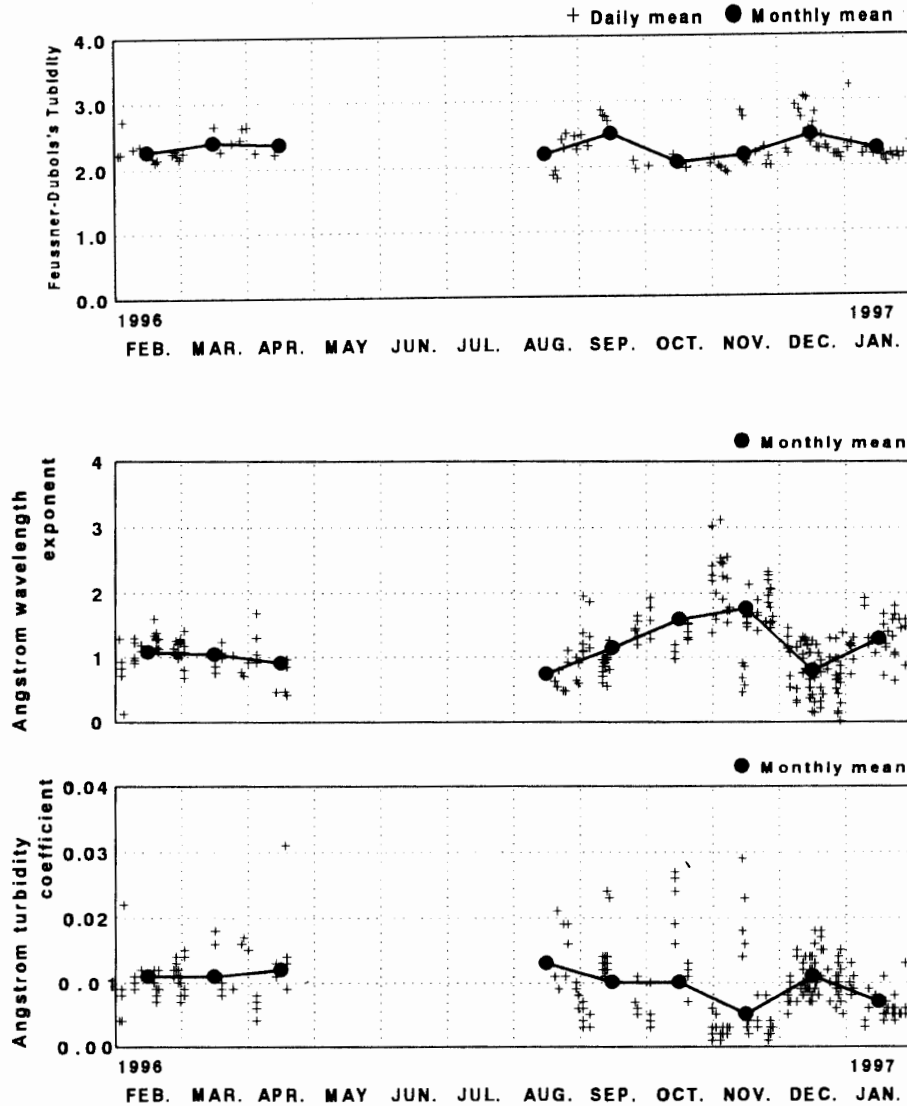


図 23 直達日射計による大気混濁度の年変化

Fig. 23. Variations of Feussner-Dubois's turbidity factor by pyrhelimeter in 1996. 2-1997. 1.

射の出力電圧とブリューワ分光光度計の観測値の比) を決定する方法をとっている (ブリューワ分光光度計は各種ランプ点検により測器感度を監視し補正を施している)。

比較により求めた測器定数を使用し観測値を求めることで、ブリューワ分光光度計の欠測データを補うことが可能となった。ただし、図 25 に示すように $\pm 10\%$ 程度 (最大で 20%) の誤差を含んでいることに注意が必要である。誤差の生じる原因として、波長別に感度特性が違ふことや感部器温の違いに依存した感度の変化が考えられる。波長別感度特性はオゾン量 (オゾン量の変化により波長別強度比が変化する) の変化に、感部器温は外気温の変化に影響を受けることから、図 25 には、オゾン量と地上気温の変化も月平均値で示した。はっきりとした関係は読みとれないが、オゾン量と気温に影響を受けていることがわかる。

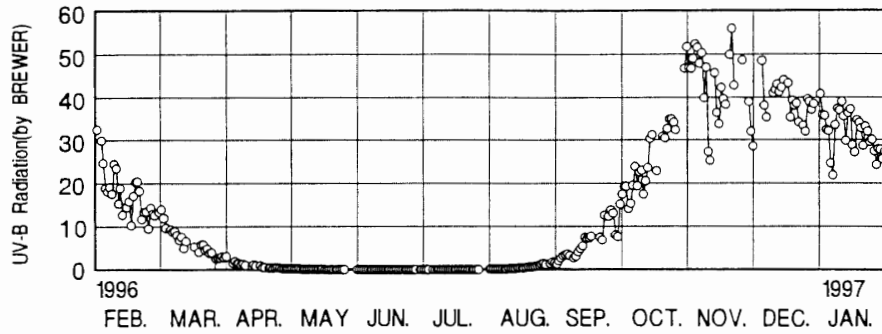


図 24 紫外域日射計による B 領域紫外域日射日積算値 (kJ/m^2) の年変化 (1996 年 2 月～1997 年 1 月)

Fig. 24. Annual variation of daily totals of UV-B radiation with UV-B radiometer (kJ/m^2) from February 1996 to January 1997.

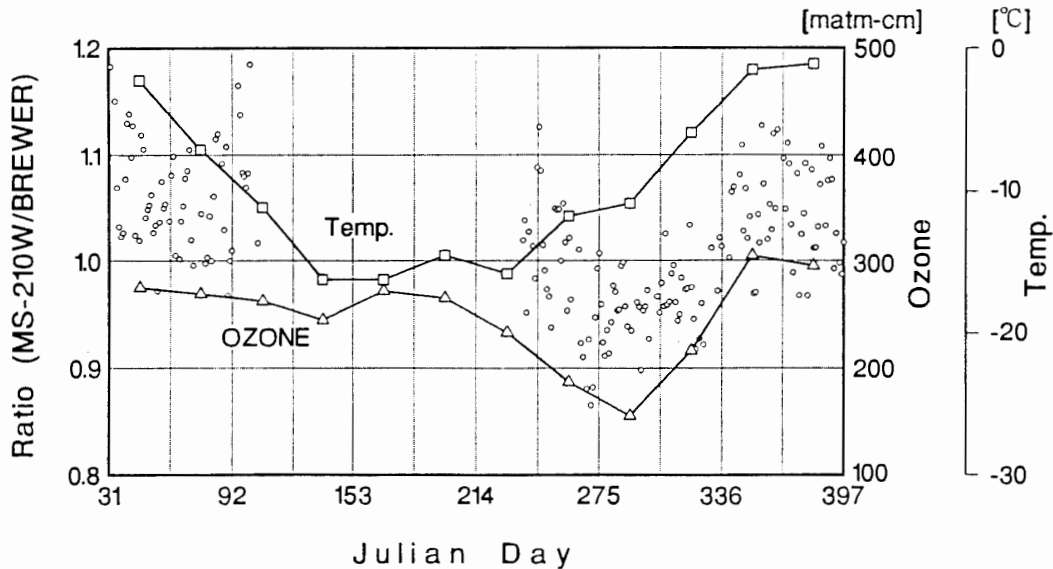


図 25 紫外域日射計とブリューワ分光光度計による UV-B 強度の比

Fig. 25. The relation between UV-B intensity with the Brewer spectrophotometer and the global UV-B radiometer. -□- line is surface temperature (monthly mean). -△- line is total ozone (monthly mean).

B 領域紫外域日射計 (EKO MS-210) の測器感度の安定性をみるため、1995 年 2 月から 3 年間連続使用された測器 (測器番号 S90091.2) について、その感度変化の様子をみた。測器常数は、94 年、95 年については感度の違いに応じ期間設定 (1 年を 2-3 期間に区分) し決定している。ただし、96 年については、1 年を通じ感度が安定していたことから測器常数は一定とした (図 26)。出力電圧に対する紫外線強度の感度特性は、使用開始当初 (94 年～95 年前半) は紫外線強度が強くなるに従い電圧が高く出過ぎる傾向にあり、曲線的な感度特性を持っていた。また、期間毎の感度変化も 10% 以上であった。この特徴は 95 年後半と 96 年には直線的な感度特性となり、感度変化も約 2% に押さえられた。しかし、感度の安定は短い

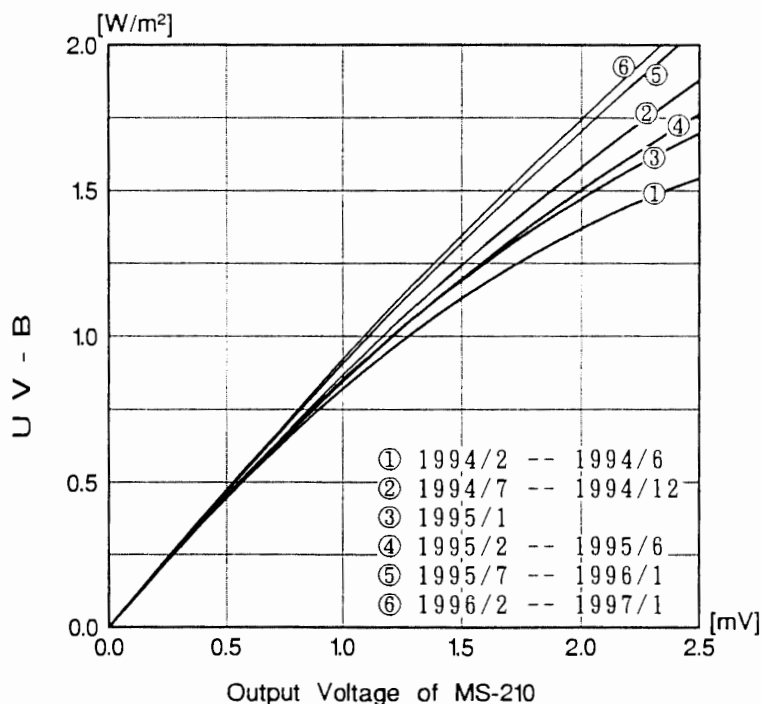


図 26 B 領域紫外域日射計 (EKO MS-210 測器番号 S90091. 2) の測器感度の変化
 Fig. 26. Variation of the instrument's (EKO MS-210) coefficient from February 1994 to January 1997.

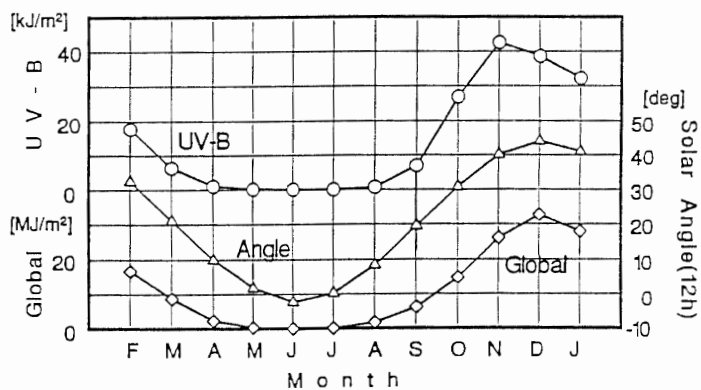


図 27 太陽高度角, 全天日射量, 紫外域日射量の年変化の違い
 Fig. 27. The difference of annual variation among sun angle, global radiation and UV-B radiometer measurements.

期間の結果であり, 今後の感度変化を監視する必要がある。

B 領域紫外線強度とオゾン全量との関係を調査した。図 27 に, B 領域紫外線量・全天日射量・北中時刻の太陽高度角の月平均値を示す。オゾンホールが発生する 10 月, 11 月の B 領域紫外域日射量が際だって多くなっているのがわかる。

図 28 に, 10 月, 11 月の B 領域紫外域日射量・オゾン量・50 hPa 気温の変化を示す。B 領

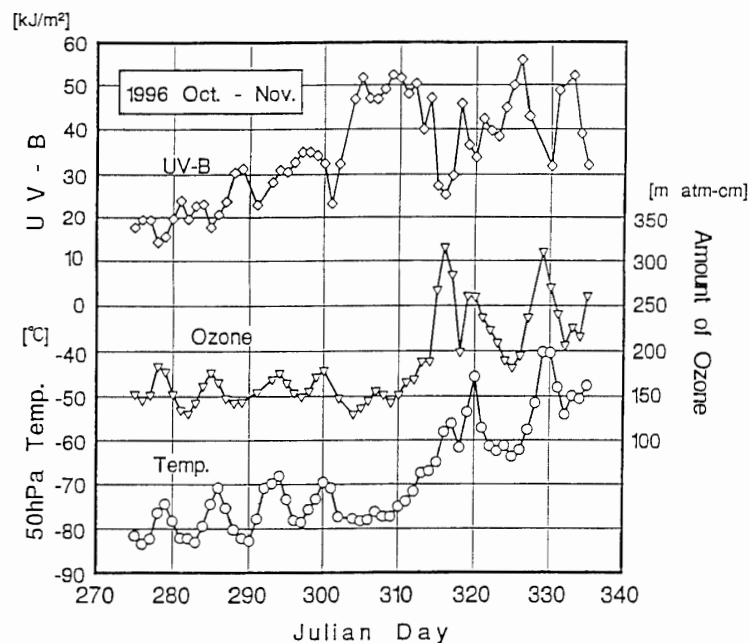


図 28 10, 11月のオゾン全量と紫外域日射量の変化

Fig. 28. Variation of UV-B intensity with the Brewer spectrophotometer and total ozone amount in October and November.

域紫外域日射量とオゾン量が逆相関となっている。

2.5. 輻射ゾンデ観測

2.5.1. 観測方法

RSII-R78D型輻射ゾンデを用いて、気圧、気温、風向、風速、上向きおよび下向きの長波長放射量（波長域 $3\text{--}40\mu\text{m}$ ）の鉛直分布を測定した。地上施設は高層気象観測施設と同じものの他、輻射ゾンデ試験器を用いた。解析には第34次隊が開発したプログラムを用いて観測終了後直ちに処理を行った。気球は1000gを使用し、ヘリウムガスを充填し浮力を2800gとした。

輻射ゾンデ15台を持ち込み、4月から9月の月の出ていない夜間の晴天微風時に飛揚した。飛揚状況を表13に示す。

2.5.2. 観測結果

図29に、輻射ゾンデ観測による上向き長波長放射量と、下向き長波長放射量の差から求めた正味放射量の鉛直分布の時間変化を示す。正味放射量 130 W/m^2 以上の領域に網掛けを施した。この観測期間中で成層圏の正味放射量が多かったのは、7月の後半から8月の前半にかけてであった。

表 13 輻射ゾンデ飛揚状況一覧表

Table 13. Radiometersonde observations at Syowa Station.

年	1996年		5月		6月		7月		8月		9月	
月	4月		5月		6月		7月		8月		9月	
日	19	5.0	13	2.8	6	1.8	13	5.1	3	3.1	2	3.3
到達高度 (hPa)			17	1.3	13	1.9	17	4.6	7	5.0		
					16	1.2	20	1.7	18	4.2		
					22	1.5						
					27	1.6						

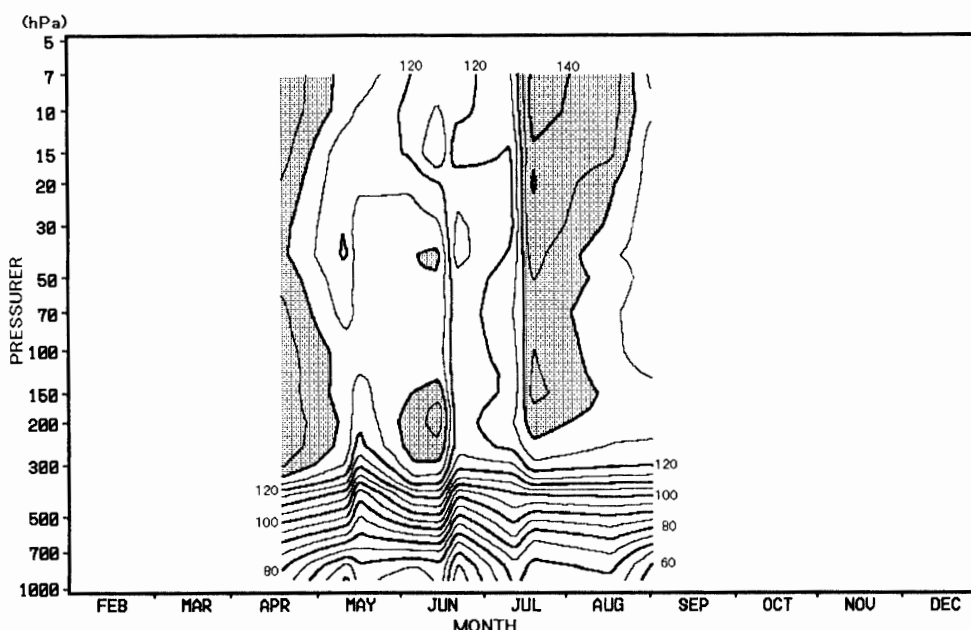


図 29 輻射ゾンデ観測による正味放射量 (W/m^2) の変化
 Fig. 29. Change of net radiation (W/m^2) observed by radiometer sondes.

2.6. 天気解析

2.6.1. 天気解析

昭和基地における地上及び高層気象観測資料の他、キャンベラ放送及びプレトリア放送の地上及び解析天気図と予想図、極軌道衛星の雲写真、静止気象衛星 METEOSAT の雲画像及び配信される南極各基地の地上及び高層気象観測資料、S16 ロボット気象計による観測結果、気象庁からの数値予報図、ドームふじ観測拠点の観測結果等を利活用して低気圧や前線の位置とその移動の状況を把握し、野外活動、航空オペレーション、沿岸及び内陸旅行、その他天候に左右されやすいオペレーション時に関係者に気象情報を提供した。また、外出注意令・禁止令の発令・解除のための資料提供の他、毎日、明日の天気予報を発表した。

2.6.2. 冬季（1996年7月）～春季（1996年10月）にかけて昭和基地で観測された高温について

1996年7月から10月にかけて、昭和基地では平年値に比べて気温が高めに経過した。特

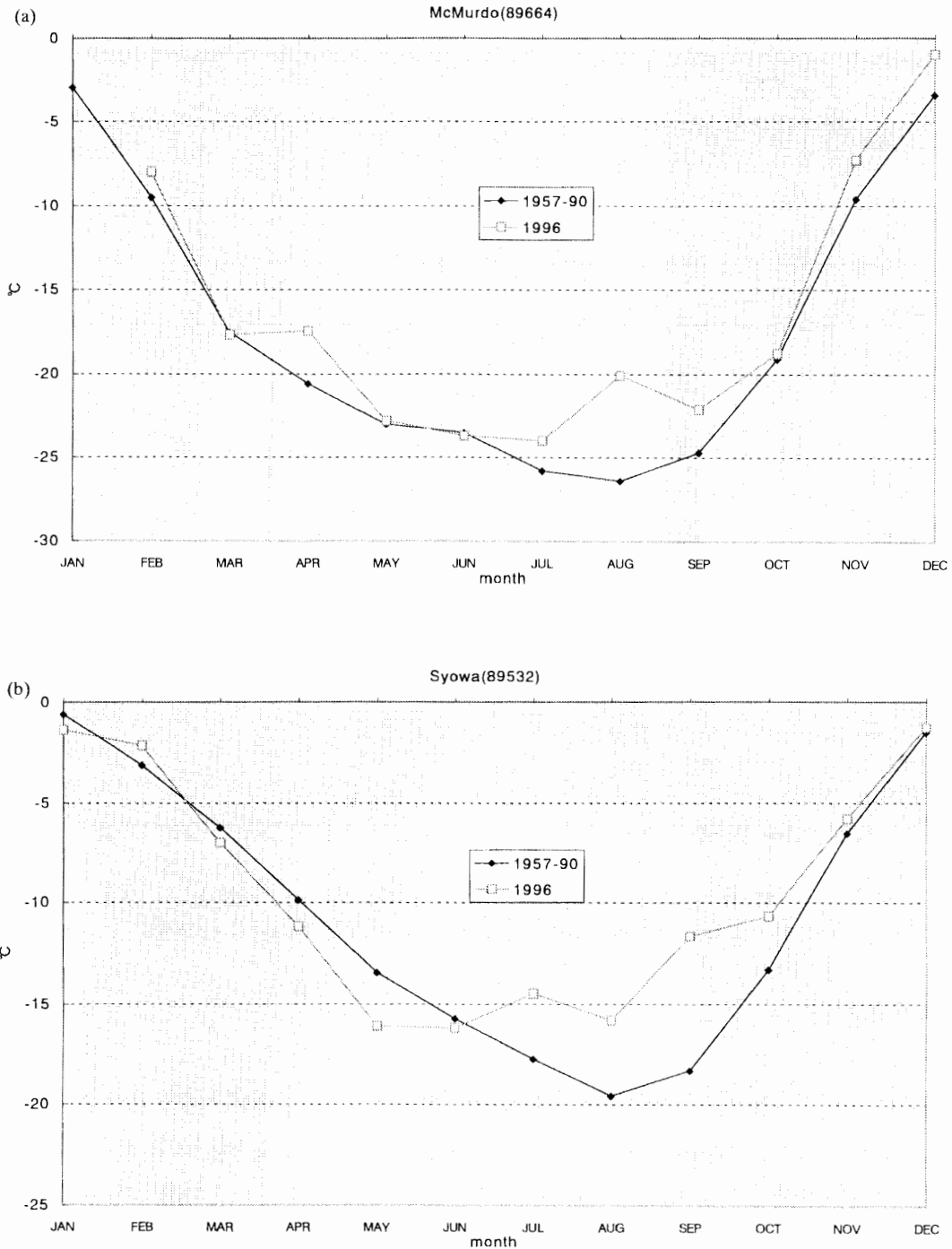


図 30 CLIMAT 報による (a) McMurdo(89664), (b) 昭和基地(89532), (c) Casey(89611)及び (d) Orcadas(88968)の1996年の地上気温の月平均値と平年値

Fig. 30. Monthly mean temperature and the average by CLIMAT report at (a) McMurdo (89664), (b) Syowa (89532), (c) Casey (89611) and (d) Orcadas (88968).

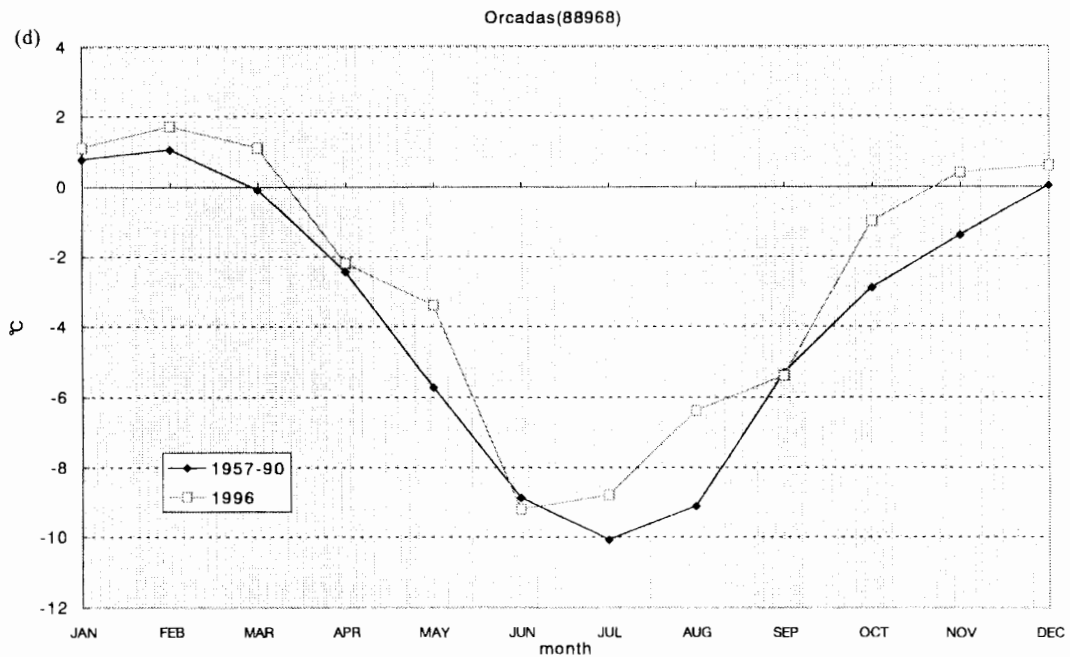
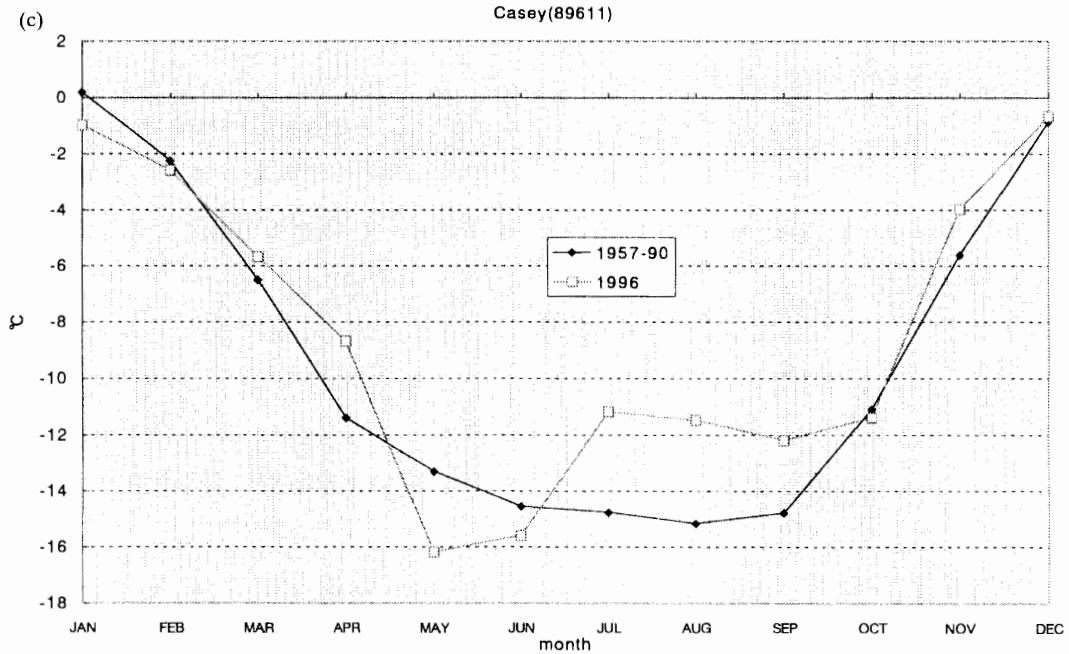


図 30 続き

に 8 月後半から 9 月前半にかけては平年値に比べ約 8.0°C もの高温を記録した。

図 2 に示しように、昭和基地の地上気温は、7 月から 10 月にかけて、8 月中旬を除いて高めに経過しており、特に 8 月後半から 9 月前半にかけては平年値に比べ 8.0°C もの高温となっている。図 7 からは、対流圏下部では 6 月から 10 月にかけて、9 月をピークとして気温が高めに経過していることが分かる。特に 8 月は、対流圏下部のみならず成層圏も含め観測

された全ての指定気圧面において平年値より高くなっている。表2から分かるように、8月と9月は地上気温だけでなく海面気圧も平年値より高くなっており、また雪日数は平年並みかそれ以下である。一方10月は平均気温は平年より高いものの海面気圧は平年より低く、また雪日数は平年より多くなっている。気候系監視報告(気象庁, 1996a, b, c)の南半球の海面気圧の月平均値からの偏差によれば、9月は昭和基地周辺の正の偏差が顕著であるが、10月はそれほど顕かではない。

夏季を除いては、昭和基地で記録される高温はブリザード時の気温の急上昇からも分かるのとおり、低気圧による低緯度からの暖気の移流によることが多い。しかし、1996年は10月を除いてこの条件は当てはまらない。図30にCLIMAT報によるMcMurdo(89664)、昭和基地(89532)、Orcadas(88968)及びCasey(89611)の1996年の地上気温の月平均値と平年値を示す。

すべての基地において、7月から9月にかけては平年より高温となっている。このことから、1996年7月から9月にかけての昭和基地における高温は、南極域全域の現象であることがわかる。一方10月は他の基地ではほぼ平年並みに気温が経過していることから、昭和基地における高温は低気圧の襲来による局地的な現象と見ることができる。

2.7. その他の観測

2.7.1. ロボット気象計

大陸上のS16(標高500m, 海岸から10km)のロボット気象計を前次隊から引き継ぎ観測した。このロボット気象計はRS2-80型レーウィンゾンデを改造した物で、気温および風向・風速について、毎日2回(00, 12UTC)、高層観測の前に観測した。また、野外行動出発時や空輸実施時など適宜観測し、さらにブリザードが予測される場合にも観測した。5月27日ブリザードにより発信停止したが、8月23日発信器を交換することにより修理した。越冬中4回のバッテリー交換を行った。

S16と昭和基地の気温の関係から以下のような考察が行える。

図31に昭和基地とS16の気温相関図を、表14に2地点間の気温差の関係を示す。

S16と昭和基地との高度差は約500mであり、たとえばS16の気塊を昭和基地の高度まで下降させた場合、乾燥断熱減率によりその気塊の温度は4-5°C上がる。表14や図31からも、実際にS16から昭和基地に向かって風が吹く時、2地点間の気温差が4-5°Cとなっていることが伺える。この気温差から外れる事例は少ないが、2地点間の気温差が大きくなるに従って昭和基地に現れる特徴として、昭和基地の卓越風向であるNE風が少なくなり、風速も弱くなることや、昭和基地の気温が低くなるなどが挙げられる。このようなことから、地上の総観場としては、S16を含む昭和基地周辺が気圧傾度力による風の場合に支配されている時、2地点間の気温差はほぼ一定であり、一方気圧傾度が緩くなると、カタバ風や夜間の放射

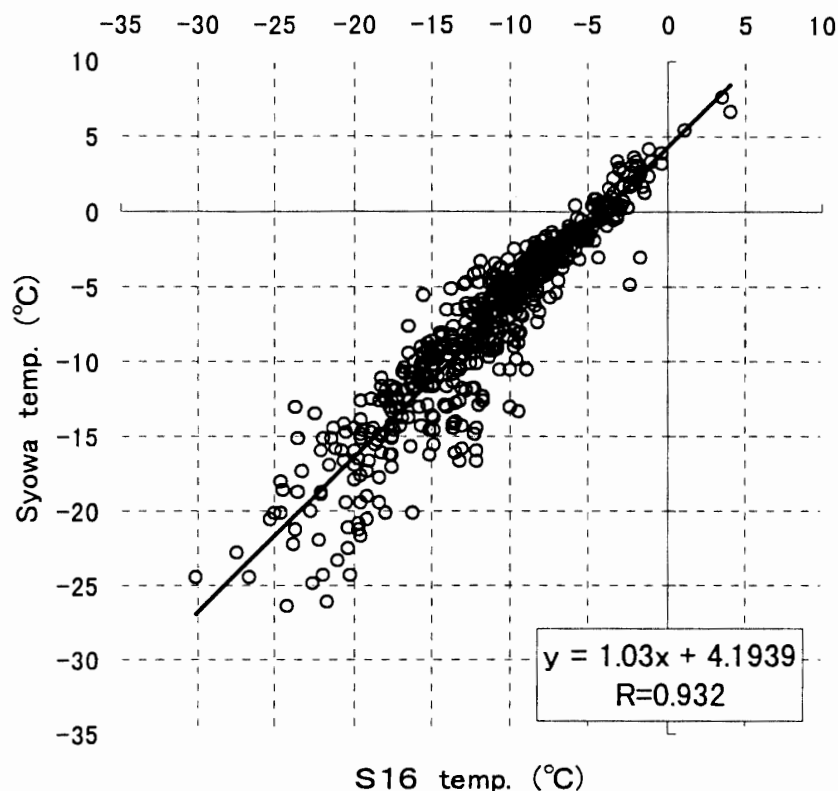


図 31 S16 と昭和基地の気温相関図

Fig. 31. Correlation of surface temperature between S16 and Syowa.

表 14 S16 と昭和基地の気温差に対する昭和基地の風と気温

Table 14. Wind speed and temperature at Syowa Station in relation to the difference of temperature between S16 and Syowa.

気温差 (例数)	気温		風速		昭和基地風向頻度									
	S16	昭和基地	S16	昭和基地	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	
10 (2)	-19.6	-9.3	9.0	2.2			1			1				
9 (4)	-16.2	-7.5	9.1	2.9		1	1	2						
8 (6)	-14.6	-6.6	9.9	4.3		2	1	1	1		1			
7 (24)	-14.1	-7.3	9.3	3.0	2	4	8	3				1	6	
6 (72)	-12.9	-7.0	10.3	6.8	4	34	23	3	2	1	1	1	3	
5 (134)	-10.8	-5.9	10.5	6.9	12	64	26	9	9	0	2	2	10	
4 (130)	-8.6	-4.6	11.7	9.7	13	81	17	2	7	2	0	2	6	
3 (79)	-10.5	-7.4	8.9	5.7	12	33	5	2	17	3	1	2	4	
2 (30)	-13.1	-11.2	8.1	4.6	1	11	1	1	7	3	2	1	3	
1 (23)	-13.4	-12.4	9.4	5.2	1	7		1	9	2	2		1	
0 (9)	-15.6	-15.6	7.6	2.8	1	2		1	3		1		2	
-1 (16)	-14.0	-15.0	7.4	3.5		3	2		4	1	2	2	2	
-2 (8)	-20.0	-22.2	8.5	3.8	1	1	1		2	2			1	
-3 (6)	-10.7	-13.6	7.9	4.1				1	3		1		1	
-4 (6)	-15.3	-19.4	7.6	3.5			1		2		2		1	

気温差：(昭和基地の気温)-(S16の気温)

冷却など、それぞれの地点での局地的な気象現象が発生し、気温差にばらつきが多くなると言える。

3. ドームふじ観測拠点における観測

3.1. 地上気象観測

3.1.1. 概要

年間を通じて穏やかな天候であり、気温は、極夜を迎えた冬期には南極内陸部特有の鍋底型となった。風速は、10m/sを越すことはまれで、風向は周期的に変動した。ブリザードは、B級5回、C級6回の計11回であった。

3.1.2. 装置の概要

(1) 自動観測

気圧、気温、風向風速、全天日射量を毎分観測した。使用測器一覧を表15に示す。

(2) 目視項目

表 15 使用機器一覧（ドームふじ観測拠点）

Table 15. Instruments used for surface observations at Dome Fuji Station.

観測項目	測器名	感部型名	変換器型名	備考
風向風速	風車型風向風速計	GT-400	M-821-248	測風塔(10m)に設置
気温	白金抵抗温度計	E-734-10-Z	M-823-213	基地東側57.7mに設置
気温	白金抵抗温度計	E-734-10-Z	M-823-213	基地東側203.5mに設置
全天日射量	熱電堆式A型ネオ日射計	E-211-Z	M-825	基地屋上に設置
気圧	円筒振動式気圧計	F-451-10-Z		

雲、視程、天気については、目視により1日3回(06, 12, 18 UTC)の観測を行った。また、大気現象については、随時観測を行った。ブリザードについては、昭和基地及びみずほ基地での定義を考慮し、第36次隊で取り決めた階級基準を継続して用いた。

3.1.3. 観測

観測は、気象庁地上気象観測指針(気象庁, 1993a)及び世界気象機関(WMO)の技術基準に従い、統計については気象庁気象観測統計指針に従った。観測結果は、週毎に国立極地研究所及び気象庁に報告した。

(1) 気圧

定時交信等、HF帯送信機からの送信波の影響により、時折異常値を示すことがあった。

(2) 気温(通風型)

第37次隊持ち込みの気温計を基地東側200mに設置、3月3日から比較運用させ、同月21日から正式運用とし、2台の気温計により観測を行った。年間を通じ、通風ファンは良好に動作した。通風口に霜が付くことがあり、毎日このメンテナンスが必要であった。

(3) 気温(無通風型)

上記の通風型設置により変換チャンネルを割り当てたため、運用は3月2日で終了した。

(4) 風向風速

3月から11月までの期間、特に極夜期間は風向風速計に霜が付くことが多く、同測器が取り付けられているタワー（10m高）に登り、これらを取り除く必要があった。

(5) 全天日射計

(4)と同様、感部のガラス部分に霜が付くことが多く、これを毎日取り除く必要があった。また、極夜には感部を撤収し基地内で保管した（5月1日撤収、8月4日取付）。

(6) 変換部

全天日射計変換部が持つ独自の時計が2-3カ月に1秒遅れることがあった。変換部ユニットを抜くことによりデータがリセットされ、再び挿入することにより、時計が15時から始まることから、時折これらの操作をして変換部のメンテナンスを行った。

3.1.4. 観測結果

月別気象表を表16に、ブリザード統計（ドームふじ観測拠点独自の基準による）を表17に、気圧、気温、風速、雲量の旬別気象変化図を図32に示す。

3.1.5. 各月の天気概況

1996年

1月 月の前半は、上層雲が多いものの穏やかな日が続いた。後半になるにしたがい雲が厚くなり、悪天の日が多くなった。

上旬 天気は周期的に変化した。

中旬 上層雲が張り出すものの、比較的穏やかな日が続いた。

下旬 期間前半は穏やかな天気が続いたが、後半は沿岸低気圧の影響で悪天の日が続いた。

29-30日はC級ブリザードとなり、31日には -18.6°C と高い気温を記録した。

2月 気温は、月の上旬から中旬にかけ急激な下降を示した。その後、天気は周期的に変化するものの穏やかな日が続いた。ブリザードは、C級を1回記録した。

上旬 やや雲の多い日が続き、気温及び気圧ともに急激に下降した。

中旬 沿岸低気圧の影響で期間中は天気が大きく変動し、14-15日にはC級ブリザードとなった。

下旬 風が強く、雲の少ない日が続いた。日平均気温は -50°C を下回り、太陽も沈みはじめ全天日射量も減少してきた。

3月 天気は周期的に変化をするものの雲の少ない安定した日が続いた。全天日射量は、徐々に減少した。

上旬から中旬 大きな崩れもなく晴天が続いた。

下旬 天気は周期的に変化し、前半及び後半は、気圧、気温が上昇し、風も強く、雲の多い日が続いた。

表 16 月別気象表 (ドームふじ観測拠点)
 Table 16. Monthly summaries of surface observations at Dome Fuji Station.

			1996年												
			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
気圧	平均 (現地)	(hPa)	607.2	607.3	595.7	595.1	588.8	594.8	598.2	601.0	601.7	590.3	605.3	609.9	599.6
	最高 (現地)	(hPa)	629.5	628.9	605.9	607.6	598.5	608.6	612.5	631.9	618.8	609.2	619.6	619.8	629.5
	最低 (現地)	(hPa)	598.3	596.3	585.2	578.3	579.3	583.7	582.8	584.7	581.8	574.3	596.8	597.9	574.3
気温	平均	(℃)	-34.8	-42.5	-57.2	-61.8	-68.9	-66.4	-61.8	-63.1	-59.8	-58.7	-44	-33.8	-54.4
	最高	(℃)	-18.6	-18.9	-41.5	-47.1	-54.2	-51.5	-43.2	-41.5	-44.1	-44.4	-32.4	-23.4	-18.6
	(起日)		31	2	5	22	10	4	6	26	12	2	29	16	
	最低	(℃)	-48.9	-60.9	-67.4	-71.6	-79.7	-79.6	-78.0	-79.1	-74.3	-72.3	-60.5	-46.4	-79.7
	(起日)		24	28	16,27	14	14	29	11	18	7	8	1	1	
	平均-40℃未満の日数		0	21	31	30	31	30	31	31	30	31	27	0	
	最高-40℃未満の日数		0	11	31	30	31	30	31	31	30	31	7	0	
	最低-40℃未満の日数		21	24	31	30	31	30	31	31	30	31	30	19	
	最高-60℃未満の日数		0	0	2	8	19	19	11	14	9	0	0	0	
	最低-60℃未満の日数		0	4	19	28	31	30	26	28	24	30	1	0	
風速	平均	(m/s)	4.7	5.1	5.6	5.9	5.2	5.1	5.7	6.7	5.1	5.1	5.2	5.4	5.4
	最大	(m/s)	11.1	11.1	9.4	12.1	11.8	8.7	14.8	13.0	13.5	9.1	10.8	11.1	14.8
	風向		NE	NE	ESE	ESE	S	SW	NE	E	NE	SW	E	NE	NE
	(起日)		29	14	20	20	15	15	29	27	9	5	14	27	
	5分間最大瞬間	(m/s)	12.6)	13.5	10.0	13.8	12.9	9.1	16.3	14.2	14.8	9.4	12.2	12.6	16.3)
	風向		N	NE	ESE	ESE,NE	S	NNE	NE	E	NE	SW	E	NE	NE
	(起日)		29	14	20	20,21	15	4	29	27	9	5	14	27	
	最大風速 5m/s以上の日		25	26	31	23	27	28	24	26	25	29	27	26	317
	最大風速10m/s以上の日		4	2	0	4	1	0	6	5	2	0	2	4	30
	最大風速15m/s以上の日		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
最多風向	(16方位)	NE	SE	SW	SE	S	NE	SE	SE	NE	SE	NE	NE		
全天日射量	(MJ/m)	35.2	21.9	10.6	1.4	0	0	0	0.2	5.9	21.6	32.7	39.1	14.1	
雲量	平均 (10分比)		5.0	3.3	3.0	2.9	2.2	1.9	3.4	3.1	3.6	2.1	4.0	3.7	3.2
	平均雲量1.5未満の日数		6	10	15	11	14	17	11	11	11	14	5	11	136
	平均雲量8.5以上の日数		6	2	2	1	0	0	3	2	2	1	2	1	22
雪日数		28	17	23	15	21	27	28	22	24	25	29	27	286	
ブリザード日数		1	1	0	2	0	1	3	2	1	0	0	0	11	

表 17 ブリザード統計 (ドームふじ観測拠点)

Table 17. Blizzard data at Dome Fuji Station.

No.	開始時刻 月日時分	終了時刻	継続時間 時間 分	階級	最大風速			最大瞬間風速		
					m/s	風向	起日	m/s	風向	起日
1	1 29 03:30	1 30 04:30	25 00	C	11.1	NE	29	12.6	N	29
2	2 14 10:00	2 15 03:30	17 30	C	11.1	NE	14	13.5	NE	14
3	4 17 05:30	4 17 17:00	11 30	C	9.7	NE	17	10.4	NE	17
4	4 20 13:30	4 21 11:00	21 30	B	12.1	ESE	20	13.8	ESE	20
5	6 4 10:30	6 4 20:10	09 40	C	8.5	NNE	4	9.1	NNE	4
6	7 5 16:00	7 6 12:40	20 40	C	9.5	NNW	6	10.5	NNW	6
7	7 18 11:00	7 20 11:00	48 00	B	12.5	WNW	18	14.3	WNW	18
8	7 28 19:40	7 29 19:10	23 30	B	14.8	NE	29	16.3	NE	29
9	8 24 06:00	8 25 02:00	20 00	B	11.8	ESE	24	12.9	ESE	24
10	8 26 08:00	8 27 16:00	32 00	C	13.0	F	27	14.2	F	27
11	9 8 13:00	9 9 21:00	32 00	B	13.5	NE	9	14.8	NE	9

階級 A: 視程 100m未満、平均風速13m/s以上、継続時間6時間以上
 階級 B: 視程1000m未満、平均風速10m/s以上、継続時間6時間以上
 階級 C: 視程1000m未満、平均風速 7m/s以上、継続時間6時間以上

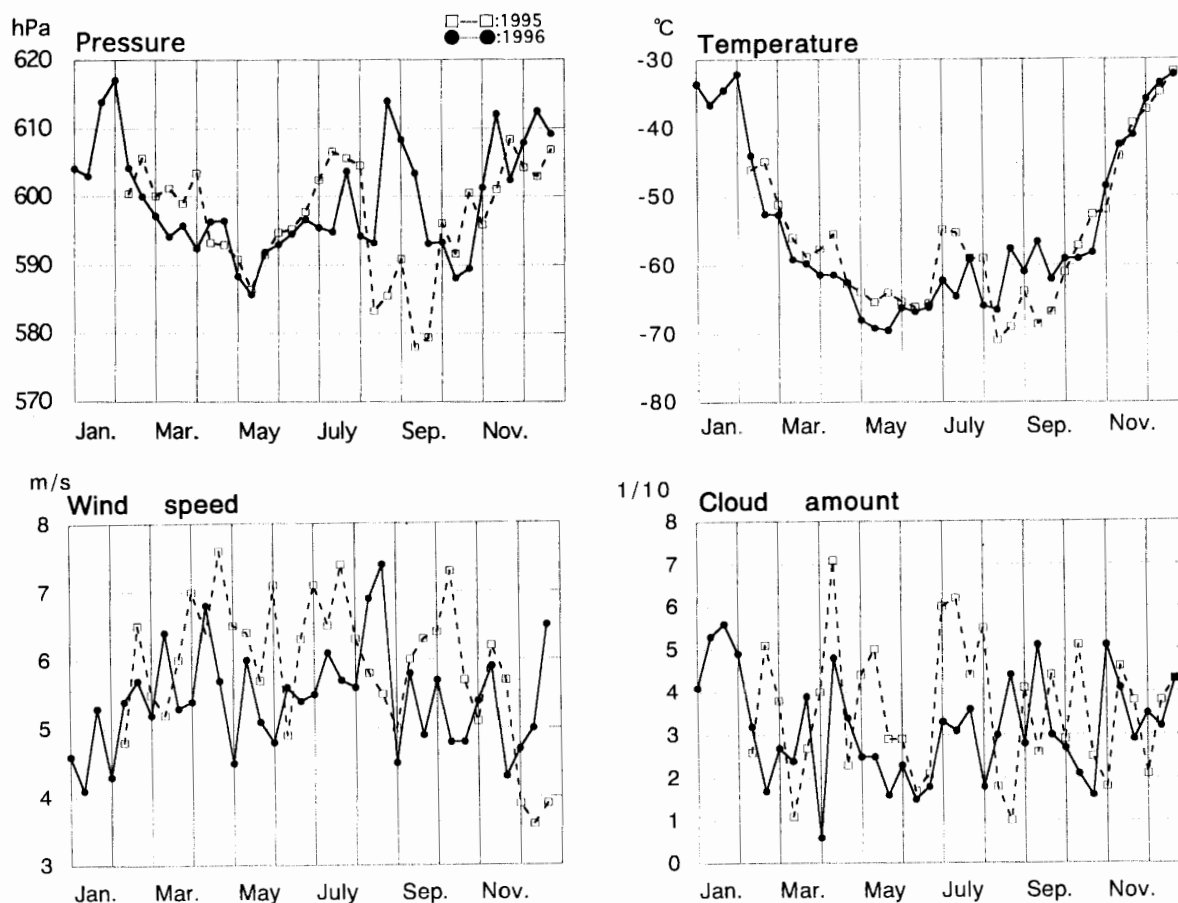


図 32 ドームふじ観測拠点における気圧、気温、風速、雲量の旬別気象変化図

Fig. 32. Annual variations of ten-day mean values of pressure, temperature, wind speed and cloud amount from January to December 1996 at Dome Fuji Station. (Broken lines show values of 1995).

4月 下旬に極夜を迎え、全天日射量は無くなった。おおむね、安定した天候であったものの、中旬に今期初めてのB級ブリザードとなった。

上旬 大きな崩れもなく晴天が続いた。

中旬 沿岸低気圧の影響で、天気は大きく崩れ、17日にはC級、20-21日はB級ブリザードとなった。

下旬 大きな崩れもなく晴天が続いた。

5月 月半ば及び後半の数日、風の強い日があったものの、おおむね安定した天候であった。また、14日には、昨年の最低気温を下回る -79.7°C を記録した。

上旬 安定した天候が続いた。

中旬から下旬 沿岸低気圧の影響で、15、28日は風が強く、天気が崩れた。

6月 おおむね安定した天候であったものの、上旬にC級ブリザードとなった。気温の変化は小さく、南極内陸特有のcoreless winter（鍋底型気候）に入ったことを示している。

上旬 4日にC級ブリザードとなり、その後若干気温の高い日が続いた。

中旬 好天が持続した。

下旬 期間を通じて、風の強い日が多かった。

7月 天気は周期的に変化した。先月と比較して、月平均気温、月平均気圧及び月平均風速ともに高かった。

上旬 5-6日にかけてC級ブリザードとなり、最高気温 -43.2°C を記録した。

中旬 旬の前半は比較的穏やかに経過したが、後半18日から20日かけてB級ブリザードとなった。

下旬 天気は周期的に変化し、気温の高い日が続き、旬平均気温は -59.0°C であった。また、28日から29日にかけB級ブリザードとなり、最大瞬間風速 16.3 m/s を記録した。

8月 前半は、おおむね平穏な天気であったが、半ば過ぎから、天気は周期的に変化し、後半は、気圧及び気温とも高い日が続いた。17日、4カ月ぶりに太陽が顔を出し、19日には日射計が太陽光を感知するようになった。また、B級ブリザード及びC級ブリザードを各1回記録した。

上旬 おおむね平穏な天気の日が続いた。

中旬 おおむね平穏な天気であったが、後半、天気は周期的に変化し、気温の低い日が続いた。

下旬 天気は周期的に変化し、気温及び気圧の高い日が続き、24日から25日にかけてB級ブリザード、26日から27日にかけてC級ブリザードとなった。

9月 上旬に、沿岸低気圧の影響で悪天候となり、B級ブリザードとなった。その後は、おおむね平穏な天気であった。

上旬 期間前半は、穏やかな天気であったが、後半、沿岸低気圧の影響で8日から9日にか

けて B 級ブリザードとなった。

中旬から下旬 おおむね平穏な天気であった。

10 月 全般的に平穏な天気であった。気温の日変化が顕著に見られるようになった。

11 月 14 日、28 日と一時的に天気が崩れたものの、全般的に平穏であった。日最高気温は中旬に入り、連日 -30°C 台となった。

12 月 上旬および中旬は静穏な天候であったものの、下旬は、沿岸低気圧の影響で悪天候となり、風の強い日が続いた。

上旬から中旬 おおむね平穏な日が続いた。

下旬 期間を通じて、アメリー棚氷の湾に存在した低気圧の影響と高気圧の縁辺にあたり、風が強くなり、時に雪や吹雪となった。

3.1.6. ドームふじ観測拠点の風向の周期特性

1996 年 10 月の風向データを図 33 に示す。風向は反時計方向に回る傾向があり、その中で明瞭な 5 日周期の転向が見られる。一般に南極大陸は、大陸の斜面に沿ってカタバ風といわれる局地風が吹き、卓越された風向があるとされている。しかしながら、内陸でもドームふじなどの寒冷核心部気候帯といわれるところでは、表面傾斜がほぼゼロと考えられており、風向の安定度を示す定常率は他の観測拠点に比べると非常に小さい。年間を通じて風向の変化は見られたものの、特にこの 10 月の定常率は 11% であった (昭和基地: 90%)。

総観的な場から、500 hPa の天気図を用いてアメリー棚氷やロス棚氷、若しくは昭和基地沿岸に位置する低気圧との関係を見てみたが、それらの動きなどから風向の周期特性に関係すると思われる影響は特定できなかった。

しかしながら、他の観測拠点 (ドーム C) と比べると、その周期は同調しており、周期だけに注目してみると地球規模の大気循環に大きく関係するロスビー波の 5 日周期を示唆しているとも考えられる。また、極域に見られる顕著なブロッキングの影響とも考えられるが、その原因を特定するにはデータ数があまりに乏しく、今後の課題としたい。

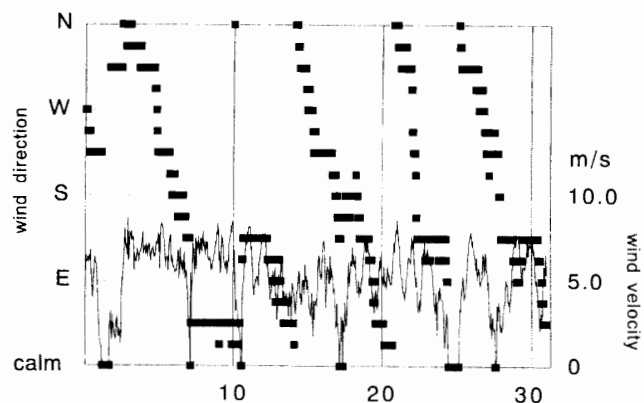


図 33 ドームふじ観測拠点での 1996 年 10 月の風向データ
 Fig. 33. Variation of wind in October 1996 at Dome Fuji Station. (Solid line shows wind velocity; dotted line shows wind direction.)

3.2. 高層気象観測

3.2.1. 概要

ヴァイサラ社製レーウィンゾンデ（オメガゾンデ）を飛揚し、上空 10km 前後までの気圧、気温、湿度を観測した。

3.2.2. 装置及び観測方法

気象庁高層観測指針（気象庁，1973）に基づき、毎月任意の一日の 12 UTC（但し、1996 年 1 月及び 8 月には集中観測を実施）、ヘリウムガスを充填した自由気球に RS80-15N 型レーウィンゾンデを吊り下げて飛揚し、観測を行った。

3.2.3. 観測経過及び結果

観測状況を表 18 に示す。

オメガゾンデは、オメガ局を受信し双曲線法を用いて位置を解析することにより風向風速を得ることが出来る。しかし南極においては、第 36 次隊及びあすか観測拠点同様、オメガ局を受信することが出来ず上空の風向風速のデータを全く取れなかった。

気球の充填は、1996 年 2 月に建設したスノーモービル小屋で行い、ここから飛揚を行った。

3.2.4. ヘリウムガス関係

単管 12 本を第 36 次隊より引き継ぎ、1996 年 11 月、昭和基地からの補給旅行により単管 12 本を加え、合計 24 本で運用した。充填は、ボンベから直接気球に充填を行った。また、常時 2-3 本を屋内に入れておいた。極低温であることから、若干大目に準備したが、屋内（平均気温 10℃）での充填は、国内のそれと大差なくできた。使用済みの単管 4 本及び輸送中に漏れた単管 1 本は持ち帰り、第 38 次隊への引継は、単管 19 本であった。

3.3. 大気混濁度観測

1995 年 11 月の晴海港出航から 1997 年 2 月の S16 到着までの期間中、晴天時の正午頃に携帯型サンフォトメータ（MS-120）を用いて 368, 500, 675, 778 及び 862 nm の 5 波の波長別直達日射量を観測した。また、1995 年 12 月、「しらせ」船上、1996 年 1 月及び 1997 年 1 月にドームふじ観測拠点において、ラングレー方式によるサンフォトメータの測器定数の決定を行った。観測は、おおむね順調であった。「しらせ」船上およびドームふじ観測拠点での観測結果を元にした 500 nm におけるエアロゾルの光学的厚さの緯度分布を図 34 に示す。

3.4. 地上オゾン濃度観測

紫外線吸光法による Dasibi 型オゾン計を用いて、地表付近のオゾン濃度の連続観測を 1996 年 2 月 28 日から開始した。風向が絶えず変動しており、加えて低温であることなどから、空気取り入れ口の設置場所の選定は難しく、最終的に基地近くの東側に設置した。

試料大気は、屋外に設置された空気取り入れ口からテフロンチューブ配管を通り、測器に

表 18 高層気象観測状況 (ドームふじ観測拠点)

Table 18. Aerological data at Dome Fuji Station.

飛揚月日	観測時刻 (LST)	ゾンデ最終			指定面						圏界面		
		高度(m)	気圧(hPa)	気温(℃)	500hPa 高度(m)	250hPa 気温(℃)	250hPa 高度(m)	100hPa 気温(℃)	100hPa 高度(m)	100hPa 気温(℃)	高度(m)	気圧(hPa)	気温(℃)
1996年													
1月14日	15h	10178	231.0	-51.3	5136	-35.8							
1月15日	15h	6615	402.2	-46.4	5139	-37.7							
1月16日	03h	16024	95.4	-42.8	5136	-36.8	9660	-54.7	15705	-42.7	8829	285.1	-58.8
1月17日	03h	9580	253.0	-55.0	5135	-38.9					8852	283.8	-59.0
1月17日	15h	8219	313.7	-56.7	5132	-37.7							
1月19日	03h	8961	277.8	-58.9	5091	-35.9							
1月19日	15h	9327	262.3	-56.6	5076	-35.4							
1月20日	06h	7258	362.6	-46.6	5076	-35.8							
1月20日	09h	7500	350.3	-47.2	5084	-35.4							
1月20日	12h	11693	183.5	-47.5	5092	-35.1	9685	-56.3			9247	267.9	-57.5
1月20日	15h	7800	335.8	-47.9	5103	-35.4							
1月20日	18h	8325	310.1	-51.3	5109	-36.1							
1月20日	24h	8070	322.6	-54.7	5124	-36.7							
1月21日	03h	16668	87.2	-42.0	5131	-36.4	9716	-56.5	15752	-42.9	9426	261.7	-57.3
5月27日	15h	5552	452.4	-48.4	4889	-44.9							
7月28日	15h	6094	429.9	-44.5	5072	-41.2							
8月18日	15h	5727	435.3	-52.5									
8月19日	15h	14150	105.1	-81.2	4817	-47.4	9171	-71.4			12639	137.3	-79.8
9月17日	15h	8177	306.8	-61.7	5023	-43.8							
9月18日	15h	12997	134.2	-79.1	5042	-43.8	9413	-71.1			10349	213.0	-75.5
9月19日	15h	5969	435.9	-46.8	5046	-39.2							
9月20日	15h	11355	181.7	-77.1	5085	-41.8	9511	-70.3			10683	204.3	-78.3
10月20日	15h	18064	53.6	-76.1	4784	-45.7	9167	-68.0	14514	-78.2	10979	184.2	-73.3
11月25日	15h	14800	105.6	-68.0	5118	-40.9	9556	-63.7			8806	282.4	-62.4
12月24日	15h	4719	537.3	-32.2									
1997年													
1月23日	15h	7070	381.8	-43.8	5212	-32.6							

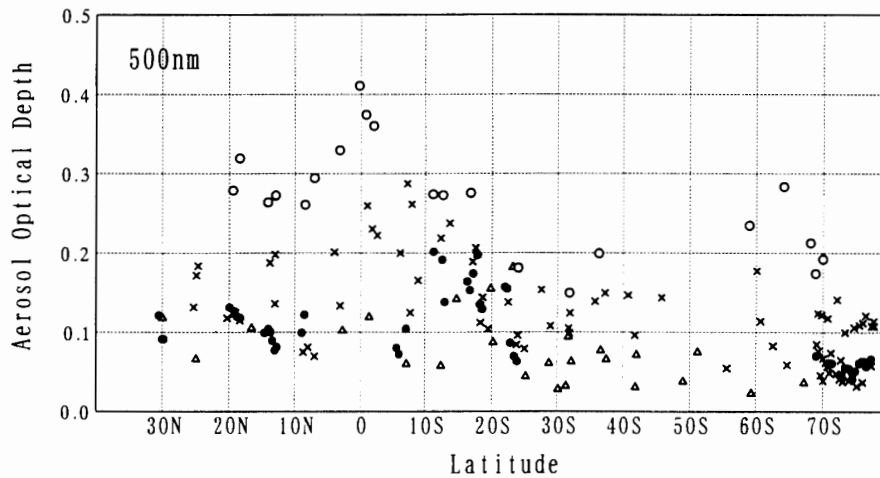


図 34 エーロゾルの光学的厚さの緯度分布 (サンフォトメータによる)

Fig. 34. Latitude distribution of aerosol optical depth at 500 nm wavelength using a sunphotometer. "△", "○", "×", and "●" show data of 1979-1981, 1991, 1992-1994, 1995-1996 respectively.

導入した。観測は自動化されており 10 秒ごとに測定が行われる。測定データは、ペンレコーダー、各種プリンターに出力され、パソコンの FD に随時保存される。オゾン濃度計の絶対検定はあらかじめ国内で実施し、帰国後に再度検定が行われた。10 日ごとにオゾンを含まない空気を分析し、測器のゼロ点の変動の補正を行った。それらの結果は、旬ごとに国立極地研究所に報告した。

時折、空気採り入れ口に雪がつかったり、発電機の発電量の変化に伴いサンプリング流量が変動することがあったものの、観測自体に支障を来すことはなく、おおむね順調に経過した。

謝 辞

第 37 次観測隊の気象定常観測を遂行するにあたり、観測上の技術的援助・助言をいただいた藤井理行観測隊長ほか第 37 次観測隊員の皆様、南極観測事務室・オゾン層情報センター・高層気象台ほか気象庁の皆様、並びに船上観測でご支援をいただいた「しらせ」乗員の方々に感謝します。

この報告をまとめるにあたり、気象庁の高尾俊則南極観測事務室長、第 35・36 次隊気象部門の方々にご指導をいただき、厚くお礼申し上げます。

文 献

- 稲川 譲・山本義勝・田口雄二・阿部敏広・居島 修 (1997): 第 35 次南極地域観測隊気象部門報告 1994. 南極資料, **41**, 549-588
- Japan Meteorological Agency (1997): Meteorological data at Syowa Station and Dome Fuji Station in 1996. *Antarct. Meteorol. Data*, **37**, 223 p.
- 気象庁 (1973): 高層気象観測指針. 270 p.
- 気象庁 (1991): オゾン観測指針オゾン全量反転観測編. 91 p.
- 気象庁 (1992): オゾン観測指針オゾンゾンデ観測編. 66 p.
- 気象庁 (1993a): 地上気象観測指針. 167 p.
- 気象庁 (1993b): 紫外域日射観測指針. 83 p.
- 気象庁 (1995): 高層気象観測指針. 128 p.
- 気象庁 (1996a): 気候系監視報告—平成 8 年 8 月—. 54 p.
- 気象庁 (1996b): 気候系監視報告—平成 8 年 9 月—. 40 p.
- 気象庁 (1996c): 気候系監視報告—平成 8 年 10 月—. 38 p.
- 気象庁 (1997): オゾン層観測報告 1996. 46 p.
- Nakamura, M., Miyamoto, H., Narita, O. and Yokota, A. (1998): Comparison of temperature data measured by RS2-91 and RS2-80 rawinsonde at Syowa Station, Antarctica. *Polar Meteorol. Glaciol.*, **12**, 124-129.
- 中村匡善・林 則雄・増田一彦 (1983): RS2-80 型レーウィンゾンデの気温センサーに生ずる種々の誤差の見積もりについて—日射補正式について—. *測候時報*, **50**, 117-138.
- 佐藤尚志・吉見英史・竹川元章・宮内誠司・中村辰男 (1999): 第 36 次南極地域観測隊気象部門報告 1995. 南極資料, **43**, 96-161.
- 塩原匡貴・浅野正二 (1992): シリコン製ドーム付長波長放射計のドーム効果の定量化と測定誤差について. 気象研究所研究報告, **43** (1), 17-31.

(1999 年 8 月 6 日受付, 1999 年 9 月 29 日改訂稿受理)