

## 第 38 次南極地域観測隊気象部門報告 1997

江崎雄治・栗田邦明・松島 功・  
木津暢彦・中嶋哲二・金戸 進\*Meteorological observations at Syowa Station and at Dome Fuji Station  
in 1997 by the 38th Japanese Antarctic Research ExpeditionYuji Esaki, Kuniaki Kurita, Isao Matsushima, Nobuhiko Kizu,  
Tetsuji Nakajima and Susumu Kaneto\*

**Abstract:** This paper describes the results of meteorological observations at Syowa Station from February 1, 1997 to January 31, 1998, and at Dome Fuji Station from January 25, 1997 to January 20, 1998, carried out by the Meteorological Observation Team of the 38th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-38).

The observation method, instruments, and statistical methods used by JARE-38 were almost the same as those used by the JARE-37 observation team.

Remarkable weather phenomena observed during the period of JARE-38 are as follows;

1) Annual mean surface temperature in 1997 at Syowa Station was normal. The monthly mean temperature in September was  $-23.6^{\circ}\text{C}$ , which was the lowest value in the historical record of Syowa Station.

2) The large scale Antarctic ozone hole was observed for the ninth successive year at Syowa Station. The lowest monthly mean total ozone amounts in 1997 was 164 m atm-cm recorded in October. This was the second lowest value of October historical record at Syowa Station.

3) Surface ozone concentration was observed through the whole year at Syowa Station. A surface ozone depletion event was observed from 28 to 29 August 1997.

4) Stratospheric aerosols were observed with an optical particle counter sonde at Syowa Station. Six sondes were released and the annual variation was observed.

5) Annual mean surface temperature at Dome Fuji Station was  $-54.4^{\circ}\text{C}$ ; the lowest temperature was  $-79.7^{\circ}\text{C}$  observed on July 8th.

**要旨:** この報告は第 38 次南極地域観測隊気象部門が、1997 年 2 月 1 日から 1998 年 1 月 31 日まで昭和基地において、および、1997 年 1 月 25 日から 1998 年 1 月 20 日までドームふじ観測拠点において行った気象観測結果をまとめたものである。観測方法、測器、統計方法等は第 37 次観測隊とほぼ同様である。

越冬期間中特記される気象現象として、次のものがあげられる。

1) 昭和基地での年平均気温はほぼ平年並みであった。9 月の月平均気温

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

は $-23.6^{\circ}\text{C}$ であり歴代1位の低さであった。

2) 昭和基地において、9年連続で大規模なオゾンホールを観測し、オゾン全量の最低月平均値は10月の $164\text{ m atm-cm}$ であった。これは観測開始以来2番目に低い記録であった。

3) 昭和基地において、1年を通して地上オゾン濃度観測を行った。8月28日から29日にかけて地上オゾン濃度急減現象を観測した。

4) 昭和基地において、エアロゾルゾンデにより成層圏エアロゾルの観測を行った。年間を通して6台のエアロゾルゾンデを飛揚した。

5) ドームふじ観測拠点における1997年の年平均気温は $-54.4^{\circ}\text{C}$ 、最低気温は7月8日に観測した $-79.7^{\circ}\text{C}$ であった。

## 1. はじめに

第38次南極地域観測越冬隊気象部門は、昭和基地においては1997年2月1日に第37次観測隊より定常気象観測業務を引き継ぎ1998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1997年1月25日に第37次観測隊から定常気象観測業務を引き継ぎ、基地一時閉鎖のため観測機器を停止させた1998年1月20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、オゾン観測、地上放射観測、特殊ゾンデ観測を、ドームふじ観測拠点では主として地上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37次観測隊とほぼ同様である(宮本ら, 1999)。

昭和基地においては、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7月に行った。オゾン観測では第38次隊より地上オゾン濃度観測装置を旧ガス発生器室に設置し、地上付近のオゾン濃度の観測を開始した。特殊ゾンデ観測ではエアロゾルの鉛直分布を観測するためのエアロゾルゾンデ観測を試験的に実施し、研究観測と合わせて年間を通して6台を飛揚した。

その他の観測として、昭和基地への往路の「しらせ」船上、内陸旅行時及び航空機による大気混濁度観測を行ったほか、昭和基地での気水圏部門の観測計画のうち、回収気球実験への協力及びILAS検証のためのオゾンゾンデ特別観測を行った。また、モニタリング研究観測のうちの二酸化炭素及びその他の大気中微量成分観測に関して国立極地研究所との共同観測を実施した。

これらの観測から得られたデータは Antarctic Meteorological Data, Vol. 38 (Japan Meteorological Agency, 1998) として CD-ROM で発表した。ここでは観測の経過と結果の概要を述べる。

## 2. 昭和基地での観測

## 2.1. 地上気象観測

## 2.1.1. 観測方法と測器

観測は地上気象観測指針 (気象庁, 1993a) 及び世界気象機関 (WMO) の技術基準に基づいて行い, 統計業務については地上気象観測統計指針 (気象庁, 1990a) により行った。気圧, 気温, 露点温度, 風向, 風速, 日照時間, 全天日射量については総合自動気象観測装置 (以下 AMOS-2 という) 地上系により連続記録及び毎正時の記録を行った。表 1 に使用測器を示す。

表 1 昭和基地における地上気象観測使用測器 (1997 年 2 月-1998 年 1 月)  
Table 1. Instruments used for surface meteorological observations at Syowa Station.

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 (毎日 09LT)
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毎週実施
露点温度	塩化リチウム露点計	E-771	アスマン通風乾湿計により比較観測を毎週実施 感部3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	精密全天日射計	MS-801	日射放射観測と共用
日照時間	回転式日照計	回転式	測器構造上北側用・南側用の2台設置 0300~2100LT北側, 2100~0300LT南側を使用

目視観測のうち, 雲, 視程, 天気については 1 日 8 回 (03, 06, 09, 12, 15, 18, 21, 24 時 (LT: UTC+3h)) 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。

## 2.1.2. 観測経過

AMOS-2 地上系の各測器は, 概ね順調に作動した。

観測結果は, 国際気象通報式 (気象庁, 1990b) の SYNOP 報により, 気象衛星通報局装置 (以下, DCP 装置という) にてヨーロッパの静止衛星メテオサットを経由し, 西ドイツのダルムシュタット地上局に通報した。

## (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指示気圧計で毎日 1 回, 09 時 (LT) 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) 内において通年観測した。比較観測は携帯用通風乾湿計により随時行った。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。

## (3) 風向, 風速

測風塔に設置した南極用風車型風向風速計 (予備器を含め 2 台) を用い通年観測した。

## (4) 日照時間, 全天日射量

日照時間は気象棟南西の約 200 m 離れた高台 (旗台地) に設置した回転式日照計で通年観

測した。なお、03-21時 (LT) は北側用を、21-03時 (LT) は南側用を使用した。

全天日射量は前室屋上に設置した精密全天日射計で通年観測した。

#### (5) 視程

目視による視程観測とともに、前室屋上に設置した前方散乱式視程計 (WIVIS) による補助観測も行った。

#### (6) 海水上の積雪

第37次観測隊から引き続き北の浦の海水上 (情報処理棟前) で1辺20m四方、10m間隔で9本の竹竿を立て、週1回の割合で観測した。海水の状態の悪化により、12月28日で観測を終了した。

### 2.1.3. 観測結果

表2に月別地上気象表を、表3に各月の極値、順位を更新した主な記録を、表4にブリザード統計 (昭和基地独自の基準による) を、図1に気圧、気温、風向、雲量、日照時間の旬別経過を、図2に海水上の積雪の変化を示す。

次に越冬期間中の天気概況を以下に示す。

#### 1997年

**2月** 月前半は弱い低気圧の通過により、天気は4-5日間好天の後2日間弱い崩れといった、おおよそ1週間周期で経過した。月後半は、昭和基地の西側、65°S・20°E付近に強い低気圧が停滞し、大きな天気の崩れは無かったが、低気圧から伸びる雲域のため曇りの日が多かった。  
 上旬 1日から4日にかけては弱い低気圧に覆われ曇りや弱い雪となった。その後は大陸からの高気圧の張り出しにより晴れの日が続いた。旬を通じて気温は高めに経過した。

中旬 14日から三ツ玉の弱い低気圧が西側に停滞し、この低気圧から伸びる雲域の影響で、15日には雪をもたらしたが、その後の発達は無く、旬全般に曇りの日が多かった。

下旬 前半是三ツ玉低気圧の停滞で曇りの日が多く、後半は高気圧の張り出しにより晴天の日が多かった。

**3月** 期間中昭和基地付近への低気圧の通過が間断無く続き、天気は一日の変化の激しい曇りの日が多かった。21日は70°S・25°Eと70°S・50°Eの発達した低気圧に挟まれ気圧傾度が大きくなり、平均17m/sを越える北東の風が10時間以上続き、数日前に降り積もった雪が舞い上がる地吹雪によりブリザードを記録した。

上旬 5,6,10日夜間晴れ間も見えたが、全般に弱い低気圧に覆われ曇りや弱い雪となった。

中旬 旬前半弱い高圧帯に入り晴れたが、その後は弱い低気圧の通過で曇りや雪となった。

下旬 21日から22日にかけてはC級ブリザードとなった。31日後半から4月1日は発達しながら接近する低気圧の影響でC級ブリザードとなった。

**4月** 期間前半は昭和基地付近への低気圧の通過が間断無く続き、天気は一日の変化の激しい曇りの日が多かった。6日は発達した低気圧が昭和基地を直撃しA級ブリザードを記録した。

表2 昭和基地の月別地上気象表 (1997年2月-1998年1月)  
Table 2. Monthly summaries of surface observations at Syowa Station.

	1997年												1998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	1月	
平均海面気圧	hPa	990.6	986.5	979.0	984.3	982.7	993.3	983.6	982.3	988.6	984.4	997.2	990.9	987.0	986.2
平均気温	℃	-1.1	-2.7	-6.7	-8.1	-15.0	-15.2	-20.4	-18.1	-23.6	-13.3	-7.5	-0.1	-11.0	-0.2
最高気温	℃	4.8	3.5	-0.3	-1.2	-3.0	-2.7	-10.5	-5.7	-8.4	-3.1	7.3	8.5	8.5	6.6
起日		21	2	8,9	27	8	17	12	14	26	7	30	1	12/1	3
最低気温	℃	-8.1	-14.1	-21.8	-25.9	-34.1	-28.2	-37.2	-32.2	-34.8	-25.6	-23.2	-6.1	-37.2	-7.3
起日		9	26	12	4	30	30	25	1	2	21	2	27	7/25	21
気温の階級日数															
最高気温 0℃未満の日数		4	13	31	30	31	30	31	31	30	31	28	1	291	2
平均気温 0℃未満の日数		21	23	31	30	31	30	31	31	30	31	29	19	337	19
最低気温 0℃未満の日数		31	27	31	30	31	30	31	31	30	31	30	30	363	29
最高気温 -20℃未満の日数		0	0	0	0	4	1	7	8	16	0	0	0	36	0
平均気温 -20℃未満の日数		0	0	0	0	7	6	15	13	23	4	0	0	68	0
最低気温 -20℃未満の日数		0	0	1	2	15	12	24	21	26	9	4	0	114	0
最高気温 0℃以上の日数		27	15	0	0	0	0	0	0	0	2	30	74	29	
平均蒸気圧	hPa	3.9	3.4	2.7	2.7)	1.6	1.3)	0.8	1.1	0.5	1.5	2.5	4.1	2.2)	4.1
平均相対湿度	%	69	67	69	77)	66	61)	55	64	50	62	66	67	64)	68
平均風速	m/s	3.4	6.4	6.1	13.3	5.7	7.5	4.5	6.1	4.0	5.7	4.3	4.6	6.0	5.0
最大風速 (10分間平均)	m/s	13.9	20.4	19.1	36.6	33.0	41.9	22.8	32.2	24.3	21.7	22.0	17.9	41.9	26.5
風向 起日		7 NE	6 E	22 ENE	6 NE	20 ENE	18 NE	31 NE	12 NE	30 NE	30 NE	6 E	23 E	6/18 NE	1 NE
最大瞬間風速	m/s	17.3	25.5	24.7	47.0	44.6	51.1	27.2	38.3	26.3	25.4	34.9	22.6	51.1	34.3
風向 起日		7 NE	2NE, 6E	22 ENE	6 ENE	20 ENE	18 NE	31 NE	12 NE	30 NE	30 NE	6 ESE	23 E	6/18 NE	1 NE
風速の階級日数															
最大風速 10.0m/s以上の日数		7	17	18	25	14	19	13	19	14	20	11	15	192	13
15.0m/s以上の日数		0	9	7	19	7	10	4	10	1	7	6	5	85	7
29.0m/s以上の日数		0	0	0	3	1	2	0	1	0	0	0	0	7	0
合計日照時間	h	365.4	232.0	110.0	28.9	2.7	-- <sup>2)</sup>	10.5	43.6	208.7	197.2	367.3	479.8	2046.1	263.2
日照率	%	52	48	28	11	2	-- <sup>2)</sup>	21	20	62	41	58	64	46	37
平均全天日射量	MJ/m <sup>2</sup>	27.9	17.7	8.3	2.5	0.3	0.0	0.1	1.6	7.6	16.1	27.1	33.0	11.9	24.9
不照日数		1	3	6	19	24	-- <sup>2)</sup>	12	15	5	6	3	0	94	4
平均雲量 10分比		7.7	6.6	8.2	8.9	6.9	6.5	6.6	6.9	4.5	7.3	5.8	5.1	6.8	8.2
平均雲量 1.5未満の日数		2	4	0	0	5	5	3	2	9	2	7	5	44	0
8.5以上の日数		16	10	18	21	15	10	11	10	4	17	6	7	145	22
雪日数		11	9	22	25	15	17	21	19	17	22	11	12	201	12
霧日数		1	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	5	0
ブリザード日数		0	0	3	15	4	6	2	7	1	4	0	0	42	0

- 1) 統計方法は「地上気象観測統計指針(気象庁,1990a)」
- 2) 5月29日から7月14日までは、計算上太陽中心は地平線上に現れない(不照日数はこの期間(47日)は含まない)。
- 3) 基準は本文、ブリザード統計を参照。
- 4) 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 昭和基地における地上気象観測の主な極値更新記録 (1997年2月-1998年1月)  
 Table 3. Principal extremes of surface meteorological observations recorded from February 1997 to January 1998 at Syowa Station.

月	月別値			旬別値		
1997年 2月				平均気温(上)	-0.7℃	2位 高
3月	平均現地気圧	976.5 hPa	2位 低	平均海面気圧(中)	976.9 hPa	2位 低
	平均海面気圧	979.0 hPa	3位 低			
	最大風速	19.1 m/s ENE	1位 弱			
	最大瞬間風速	24.7 m/s ENE	1位 弱			
4月	平均蒸気圧	2.7 hPa	2位 高	平均気温(下)	-5.4℃	1位 高
	平均雲量	8.9	1位 多	平均雲量(下)	9.5	1位 多
	平均風速	13.3 m/s	1位 強	平均風速(下)	20.0 m/s	1位 強
	最大風速	36.6 m/s NE	2位 強	合計日照時間(下)	0.7 h	1位 少
	最大瞬間風速	47.0 m/s ENE	2位 強			
	合計日照時間	28.9 h	3位 少			
5月	合計日照時間	2.7 h	2位 少	平均海面気圧(下)	979.5 hPa	1位 低
				平均風速(下)	3.7 m/s	3位 弱
				合計日照時間(上)	0.3 h	3位 少
6月	最高気温	-2.7℃	3位 高	平均海面気圧(下)	1000.3 hPa	3位 高
	最大風速	41.9 m/s NE	2位 強			
	最大瞬間風速	51.1 m/s NE	3位 強			
7月	最高気温平均	-16.8℃	3位 低			
	最高気温	-10.5℃	1位 低			
	平均蒸気圧	0.8 hPa	2位 低			
	最大風速	22.8 m/s NE	3位 弱			
	最大瞬間風速	27.2 m/s NE	3位 弱			
8月				平均気温(中)	-14.3℃	2位 高
				合計日照時間(中)	5.0 h	3位 少
9月	平均気温	-23.6℃	1位 低	平均気温(上)	-26.5℃	3位 低
	最高気温平均	-20.4℃	1位 低	平均気温(中)	-25.5℃	3位 低
	最低気温平均	-27.7℃	1位 低	平均雲量(上)	1.9	1位 少
	平均蒸気圧	0.5 hPa	1位 低	合計日照時間(上)	84.1 h	1位 多
	平均相対湿度	50%	2位 少			
	平均風速	4.0 m/s	2位 弱			
	最大瞬間風速	26.3 m/s NE	1位 弱			
	合計日照時間	208.7 h	2位 多			
10月	最大風速	21.7 m/s NE	3位 弱			
	最大瞬間風速	25.4 m/s NE	1位 弱			
11月	平均現地気圧	994.5 hPa	1位 高	平均海面気圧(中)	1002.7 hPa	1位 高
	平均海面気圧	997.2 hPa	1位 高	平均海面気圧(下)	998.8 hPa	2位 高
	最高気温	7.3℃	1位 高	平均気温(上)	-12.5℃	1位 低
	最低気温	-23.2℃	3位 低	平均雲量(上)	3.1	2位 少
	平均風速	4.3 m/s	2位 弱	合計日照時間(上)	151.3 h	1位 多
12月	平均気温	-0.1℃	2位 高	平均気温(上)	0.1℃	3位 高
	最低気温平均	-3.3℃	2位 高	平均雲量(下)	3.4	3位 少
	最高気温	8.5℃	3位 高			
	最低気温	-6.1℃	1位 高			
	平均蒸気圧	4.1 hPa	3位 高			
1998年 1月	平均現地気圧	983.7 hPa	3位 低	平均気温(上)	1.3℃	2位 高
	平均雲量	8.2	2位 多			

備考：月、旬ともに3位以上更新を記載。

期間後半は19日から40°S・55°E付近に中心を持つ優勢な高気圧が停滞し、気圧の尾根が南に張り出したため、西から次々と移動してくる低気圧が昭和基地付近でブロックされ、合計4回のブリザードが観測された。この影響で月平均風速13.3 m/sは4月として最も強くなった。

表4 昭和基地におけるブリザードの概要 (1997年2月-1998年1月)  
 Table 4. Summaries of heavy snowstorm (blizzard) at Syowa Station.

通番	開始			終了			継続時間 時間 分	階級	最大風速		最大瞬間風速		最低海面気圧		備考		
	月	日	時分	月	日	時分			風向	m/s	起時	風向	m/s	起時		hPa	起時
01	3	21	2120	3	22	0410	6 50	C	ENE	19.1	0016(22)	ENE	23.3	0200(22)	-----	-----	
02	3	31	1920	4	1	0425	9 05	C	NE	21.8	0114(1)	NE	25.6	0107(1)	-----	-----	
03	4	5	1820	4	7	0430	34 10	A	NE	36.6	1246(6)	ENE	47.0	1217(6)	968.0	1206(6)	
04	4	17	2050	4	18	0315	6 25	C	NE	23.6	2326(17)	NE	26.5	2400(17)	-----	-----	
05	4	20	0330	4	21	0140	22 10	B	NE	24.6	0705(20)	NE	28.5	0659(20)	-----	-----	
06	4	21	1157	4	23	0650	36 47	B	ENE	24.8	0214(22)	NE	29.5	0143(23)	-----	-----	中断0544~1150(22)
07	4	24	1910	4	26	0850	21 50	A	ENE	27.9	0505(25)	ENE	34.2	2346(24)	966.0	0711(25)	中断1020(25)~0210(26)
08	4	26	1920	4	28	0805	36 45	A	NE	36.5	1548(27)	ENE	45.2	2303(26)	964.1	0807(27)	
09	5	7	0300	5	7	1820	15 20	B	NE	20.8	1204(7)	NE	25.5	1519(7)	-----	-----	
10	5	8	0630	5	8	1410	7 40	C	NE	22.8	1238(8)	NE	25.5	1240(8)	968.2	1318(8)	
11	5	20	1050	5	21	0840	21 50	A	ENE	33.0	1712(20)	ENE	44.6	2008(20)	965.8	2228(20)	
12	6	5	0050	6	5	1030	9 40	C	ENE	26.4	0919(5)	ENE	31.3	0917(5)	-----	-----	
13	6	12	2115	6	13	0910	11 55	C	NE	27.6	0133(13)	NE	34.0	0126(13)	-----	-----	
14	6	17	1740	6	19	0440	35 00	A	NE	41.9	1640(18)	NE	51.1	1431(18)	-----	-----	
15	7	30	2320	7	31	0815	8 25	C	NE	22.8	0252(31)	NE	27.2	0244(31)	964.9	2349(30)	中断0120~0150(31)
16	8	5	2130	8	7	0540	28 10	B	ENE	27.1	0507(6)	NE	33.1	0528(6)	966.4	0553(6)	中断1130~1530(6)
17	8	12	0915	8	12	2110	11 55	C	NE	32.2	1237(12)	NE	38.3	1230(12)	-----	-----	
18	8	13	0725	8	13	1950	12 25	B	ENE	22.5	0828(13)	ENE	25.9	0824(13)	-----	-----	
19	8	27	2200	8	28	0728	9 28	C	NE	23.7	2358(27)	NE	26.8	2352(27)	968.7	0424(28)	
20	9	30	1040	9	30	2350	13 10	B	NE	24.3	1227(30)	NE	26.3	1219(30)	-----	-----	
21	10	1	0130	10	1	1540	14 10	C	NNE	18.9	0502(1)	NNE	25.3	0457(1)	-----	-----	
22	10	1	2330	10	2	0920	9 50	C	ENE	20.3	2103(1)	NE	22.4	2122(1)	-----	-----	
23	10	29	1505	10	30	1820	27 15	B	NE	21.7	0919(30)	NE	25.4	0917(30)	961.6	1831(29)	

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) 極値については, 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。(最低海面気圧は, 970hPa以下の場合記入.)

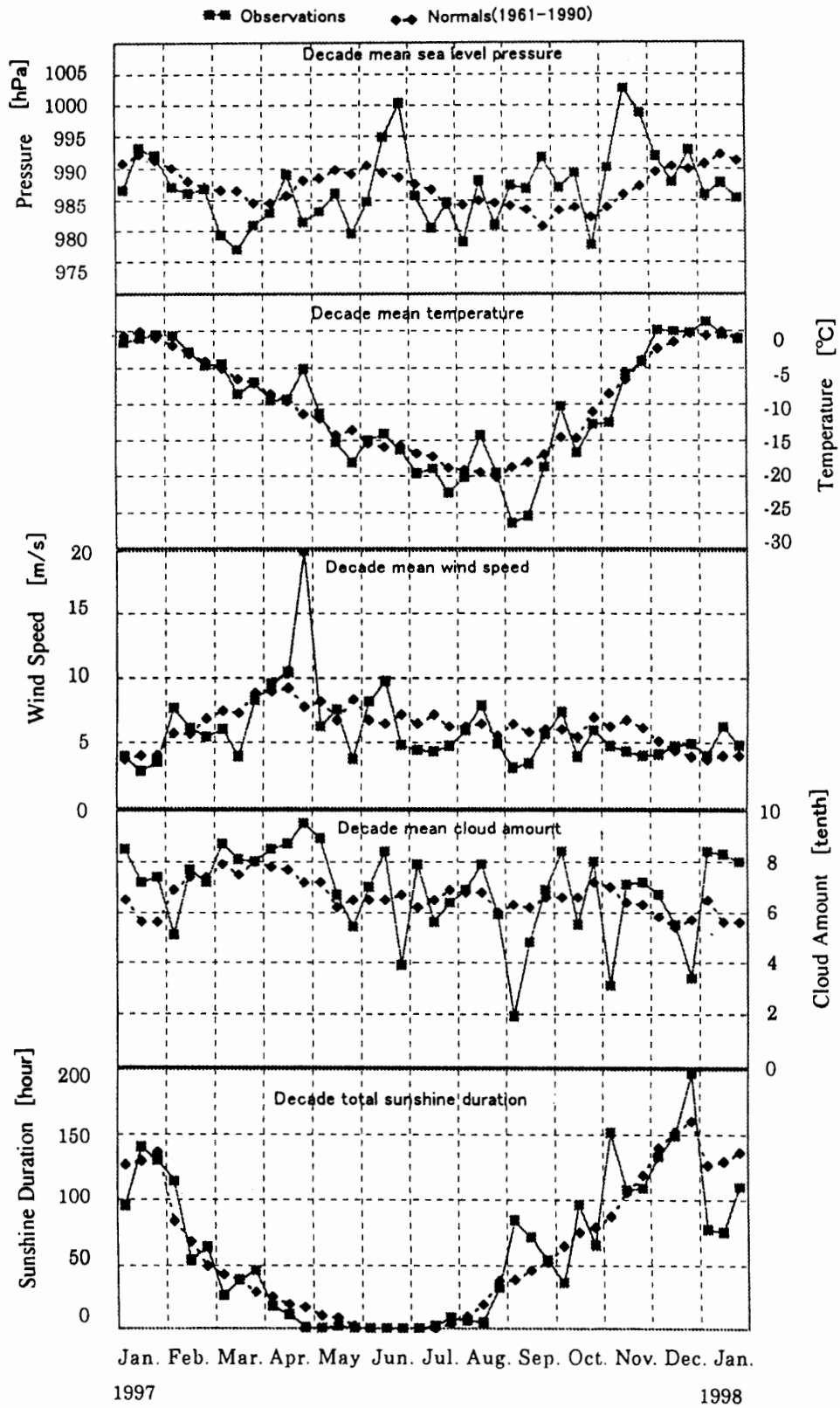


図1 昭和基地における地上気象旬別値年変化 (1997年2月-1998年1月)  
 Fig. 1. Annual variations of surface synoptic data from February 1997 to January 1998 at Syowa Station.



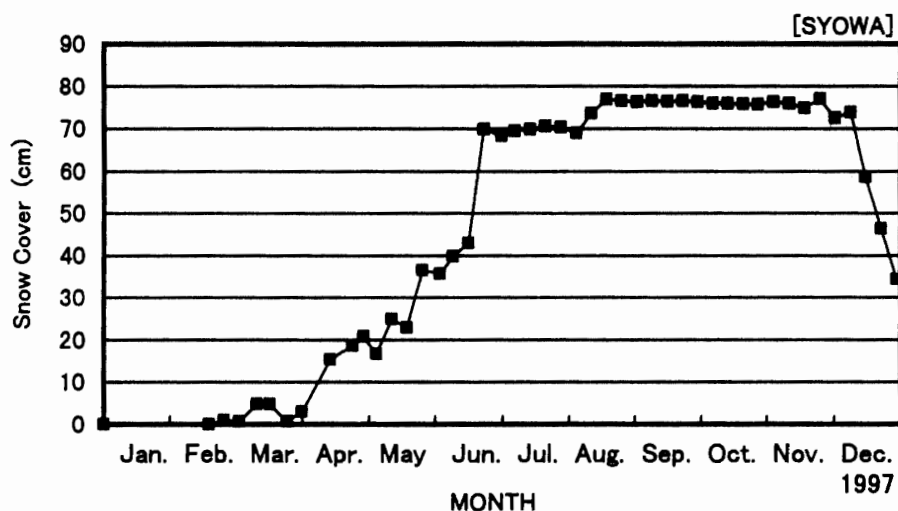


図 2 海水上の積雪の変化 (1997 年 1 月-1997 年 12 月)

Fig. 2. Variation of snow cover from January 1997 to December 1997 at Syowa Station.

上旬 前月 31 日から 1 日の C 級ブリザードのあとは低気圧通過後の晴れ間も見えたが、5 日後半から 7 日まで、発達した低気圧により A 級ブリザードとなり、その後も雲の多い天気となった。

中旬 弱い低気圧が期間中、間断無く通過したため変化の激しい雲の多い天気となり、17-18 日は C 級ブリザードとなった。

下旬 ブロッキングハイ現象により次々と低気圧が昭和基地を直撃し発達したため、平均 15 m/s を越える北東の風が続き、半日程度の中断は 2 度あったが、期間中ブリザードが続いた。4 回のブリザードの内訳は、A 級 2 回、B 級 2 回であった。

5 月 期間前半は低気圧の接近により曇りや雪の日が多く、7-8 日は低気圧の通過によりブリザードとなった。期間中盤以降は大陸の高気圧が強まり、概ね好天、弱風が継続したが、低気圧の通過により 20-21 日は A 級ブリザードとなった。

上旬 前月下旬から引き続き昭和基地西側のブロッキング高気圧は停滞し、若干西側に移動したため低気圧の接近は少なかったものの曇りや雪の日が多かった。弱い低気圧の通過により 7 日は B 級の、8 日は C 級のブリザードとなった。

中旬 大陸の高気圧の張り出しにより低気圧が昭和基地北側を通過し、低気圧による昭和基地への影響が減少し好天の日が継続した。ただし、20-21 日は発達した低気圧の影響で A 級ブリザードとなった。

下旬 中旬に引き続き低気圧が昭和基地北側を通過したため、好天が継続した。ただし、昭和基地の北に位置する低圧帯の影響で旬平均海面気圧は 1 位 (低い値) を記録した。

6 月 期間の上旬、中旬は低気圧の接近により曇りや雪の日が多かった。下旬以降は大陸の高気圧が強まり、昭和基地西側にブロッキング高気圧を形成し、概ね好天、弱風が継続した。

上旬 天気は周期的に変わり5日には低気圧の通過によりC級ブリザードとなった。また前半は気圧傾度が大きく、強風が続いた。

中旬 天気は周期的に変わり12-13日は弱い低気圧の影響でC級、17-19日は発達した低気圧の通過によりA級ブリザードとなり、最大風速41.9 m/sは6月として第2位の記録で、今越冬期間中の最大となった。

下旬 昭和基地西側にブロッキング高気圧が発生し、安定した好天が継続した。

**7月** 期間の前半は昭和基地が高気圧の縁辺に位置し、曇りや雪の日が多かった。後半は大陸の高気圧の張り出しにより、晴れの穏やかな日が多かった。

上旬 高気圧の縁辺に位置し、雪や曇りの日が多かった。

中旬 前半は高気圧の縁辺に位置し、ぐずついた天気が続いた。13日は弱い低気圧の接近により雪となった。16日以降は大陸からの高気圧の張り出しにより、晴れの穏やかな天気が続いた。

下旬 高気圧の張り出しにより、29日まで晴れ又は薄曇りの天気が続いた。30-31日は低気圧の接近により、C級ブリザードを記録した。

**8月** 昭和基地付近は、期間中周期的に低気圧が接近したため、曇りや雪の日が多い変化の大きい天気となった。

上旬 低気圧が2-3日周期で昭和基地付近に接近し、曇りや雪の日が多かった。5-7日は弱い低気圧の通過によりB級ブリザードを記録した。

中旬 昭和基地付近は、期間中弱い低気圧帯に覆われ曇りや雪の日が多かった。12、13日は弱い低気圧の影響によりそれぞれC級ブリザードを記録した。

下旬 期間前半は高気圧の張り出しにより、晴れの穏やかな日が多かった。後半は弱い低気圧帯に覆われ、27-28日は低気圧の通過によりC級ブリザードを記録した。

**9月** 昭和基地付近は、期間中大陸からの高気圧に覆われ、概ね好天の日が続いた。月末には低気圧の通過によりB級のブリザードを記録した。月平均気温 $-23.6^{\circ}\text{C}$ は9月として最も低くなった。

上旬 大陸からの高気圧に覆われ晴れの日が多かった。この影響で、旬平均雲量(少ない値)、旬間日照時間(多い値)は1位の記録を更新した。

中旬 大陸からの高気圧に覆われ概ね晴れの日が多かった。14、15日は弱い低気圧の影響で雪となった。

下旬 大陸からの高気圧の張り出しが弱まり、昭和基地は高気圧の縁辺に位置したため、天気は周期的に変化した。30日は発達した低気圧の通過によりB級ブリザードを記録した。

**10月** 昭和基地付近は低気圧帯に覆われ、曇りや雪の日が多かった。ブリザードは3回あったが、月最大瞬間風速は、10月として最も弱かった。

上旬 低気圧帯に覆われ曇りや雪の日が多かった。1-2日は弱い低気圧の影響により2回のC級

ブリザードを記録した。

中旬 天気は周期的に変化し、期間中風の弱い穏やかな日が続いた。

下旬 低圧帯に覆われ曇りや雪の日が多かった。29-30日は低気圧の通過により B 級ブリザードを記録した。

**11 月** 昭和基地付近は、期間中高気圧に覆われ、概ね晴れの穏やかな日が多かった。月平均海面気圧 997.2 hPa は 11 月として最も高くなった。中旬以降は局所的に雪雲が発生しやすくなり、弱い雪を観測した日があった。30日は大きな低圧帯の中で暖気が流れ込み、この影響で最高気温 7.3°C は 11 月として 1 位の記録を更新した。

上旬 高気圧に覆われ晴れの日が多かった。この影響で、旬平均気温 (低い値)、旬間日照時間 (多い値) は 11 月として 1 位の記録を更新した。

中旬 高気圧に覆われたが、局所的に発生した雲により曇りや弱い雪の日があった。旬平均海面気圧 (高い値) は 11 月として 1 位の記録を更新した。

下旬 高気圧に覆われたが、局所的に発生した雲により一日の天気変化の大きい日が続いた。

**12 月** 昭和基地付近は、期間中高気圧に覆われ、概ね晴れの穏やかな日が続き、日照時間が多かったため気温が高かった。

上旬 高気圧に覆われ晴れの日が多かった。

中旬 高気圧に覆われたものの、昭和基地の北を通過する低気圧の雲域がかかり曇りや雪の日があった。

下旬 期間前半は高気圧に覆われ晴れの日が多かった。27日以降低気圧の接近により曇りや雪となった。

## 1998 年

**1 月** 昭和基地付近は低圧帯に覆われ、期間中天気は周期的に変わり、曇りや雪の日が多かった。

上旬 期間前半は低気圧の通過に伴う暖気の流入で気温が高く、晴れの日が多かった。後半は低圧帯に覆われ、曇りや雪の日が多かった。

中旬 期間中低圧帯に覆われ、曇りや雪の日が多かった。

下旬 低気圧の接近により天気は周期的に変わり曇りの日が多かった。期間後半は、午前中風が強くなり午後から弱まる、夏季に特有な日変化の日が多かった。

## 2.2. 高層気象観測

### 2.2.1. 観測方法と測器

高層気象観測指針 (気象庁, 1995) に基づき、RS2-91 型レーウィンゾンデ (明星電気製, 以下 91 型ゾンデと略記) を用いた高層気象観測を行った。毎日 00 UTC と 12 UTC の 2 回、ヘリウムガスを充填したゴム気球に 91 型ゾンデを吊り下げて飛揚し、気球が破裂する上空約 30

表5 高層気象観測器材  
Table 5. Sensors for aerological observations.

レーウインゾンデ	RS2-91型レーウインゾンデ		RS2-80型レーウインゾンデ	
	センサ	気圧	ニッケルスパン製 43mmφ 静電容量変化式空こう気圧計	スミスパン製 60mmφ 抵抗板式空こう気圧計
		気温	ビート型 ガラスコートサーミスタ (アルミ蒸着加工)	小型ダイオードタイプ ガラスコートサーミスタ (白色塗装)
		湿度	高分子膜(静電容量変化式)	カーボンタイプ湿度計
電池	B91RS型注水電池		B80RS型注水電池	
気球	600g気球 ※標準浮力: 1900g		600g気球 ※標準浮力: 2200g	
その他	強風時	気象観測用巻下器		
	暗夜時	PA72型追跡補助灯		

※浮力は、強風・降雪等状況により増量した。

kmまでの気圧、気温、相対湿度(気温が $-40^{\circ}\text{C}$ になる高度まで観測)、風向、風速の高度分布を観測した。91型ゾンデに搭載されているセンサーの詳細及び飛揚器材を表5に示す。また、冬季に行った91型ゾンデとの比較試験に使用したRS2-80型レーウインゾンデ(以下80型ゾンデと略記する)の詳細も合わせて表5に示す。

なお、飛揚に際しては事前に減圧槽及び振動式気圧計により91型ゾンデの気圧計点検を行い、基準気圧からの補正值を求めた。また飛揚直前には搬送波及び室内の気圧、気温、湿度により91型ゾンデの総合的な点検を行い、各要素が基準内に入っていることを確認した。

飛揚後のゾンデ信号受信と測角にはモノパルス方式の自動追跡型方向探知機(明星電気製MOR-22型)を用い、受信したデータの計算処理、気象電報作成、保存、作表、統計には高層気象観測装置データ処理部(NEC製パーソナルコンピュータ、高層気象観測用ソフトウェアは気象庁作成)を用いた。観測結果は国際気象通報式(気象庁、1990b)によるTEMP報により、地上気象観測と同様にDCP装置からメテオサットを経由し、GTS回線に通報した。

## 2.2.2. 観測経過

観測状況として観測回数と到達高度を表6に示す。第38次観測隊として観測を行った、1997年2月1日00 UTCから1998年1月31日12 UTCまでの期間中、ブリザードによって飛揚作業を取りやめた「欠測」が1回、観測時間中に飛揚しても上空の観測資料が得られなかった「資料欠如」が3回あった。観測としての基準が満たされないため再度飛揚する「再観測」は28回あったが、原因はブリザードによる91型ゾンデの地物衝突や低高度での気球破裂である。

7月15日から19日まで、定常のゾンデ観測時に、冬季における80型ゾンデと91型ゾンデの観測値の差を確認するため、連結飛揚を10回実施した。

第38次隊が越冬中の観測到達高度は、平均で29.5 km (11.6 hPa)であった。到達高度はゴム

表 6 高層気象観測状況

Table 6. Numbers of observations and attained height of aerological observations.

年 月 項 目	1997												1998	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	58	63	74	65	62	63	63	60	63	60	63	62	756	
定時観測回数	56	62	57	62	59	62	62	60	62	60	62	62	726	
特別観測回数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
再観測回数	2	1	14	3	3	1	1	0	1	0	1	0	27	
資料欠如回数	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
欠測回数	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
到達	平均 hPa	12.6	9.3	12.7	13.9	13.5	13.1	12.3	11.0	13.8	9.2	8.9	9.4	(11.6)
	平均 km	32.1	31.7	28.9	27.2	27.2	26.9	27.0	28.3	27.4	32.0	32.7	32.5	(29.5)
高	最高 hPa	6.7	6.5	6.6	7.4	6.2	6.1	6.9	6.5	8.2	6.3	6.7	6.6	
度	最高 km	34.2	34.1	32.7	30.3	30.5	30.5	30.0	30.8	30.6	34.8	34.7	34.7	

(注) ・ 6/18 12UTC 強風のため欠測.

・ 4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 (4/6 12UTC, 4/27 00UTC, 4/27 12UTC) を除く.

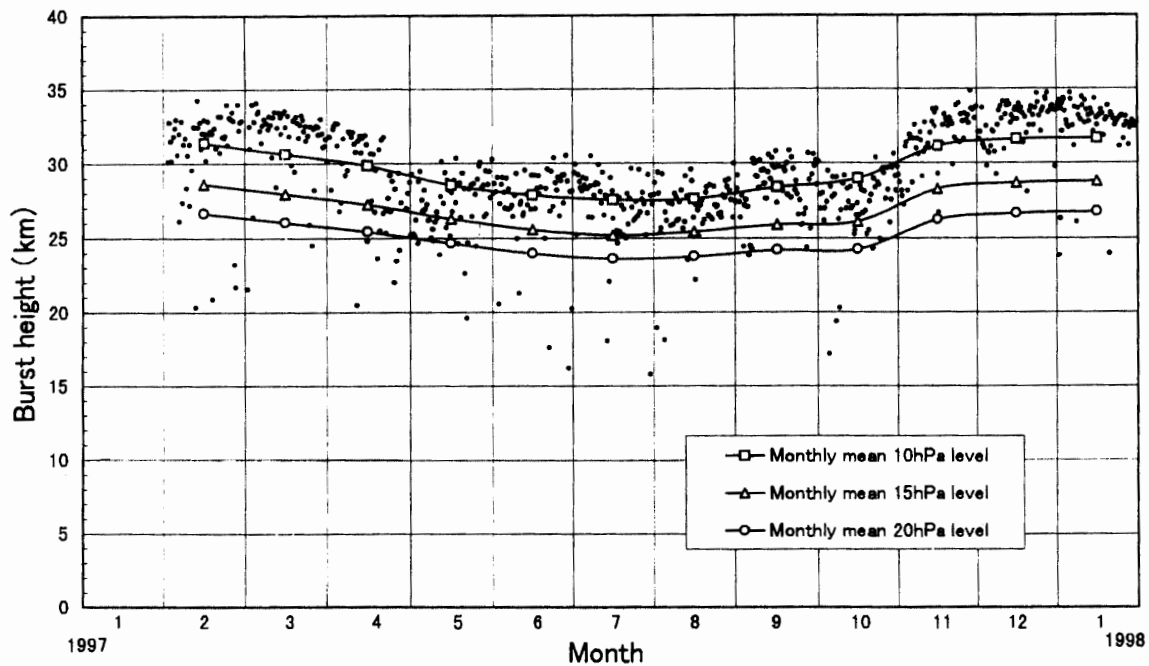


図 3 レーウィンゾンデ観測の到達高度 (1997 年 2 月-1998 年 1 月)

Fig. 3. Height attained by the 600 g balloon at Syowa Station.

気球の性能に依存するが、飛揚中極端な低温下にさらされる冬季はゴム気球の性能低下を招く。この改善策として、ほぼ例年どおり 5 月 1 日 00 UTC 観測より 10 月 31 日 12 UTC 観測まで、室内暖房用の灯油にゴム気球を事前に漬けた後、1 日程度保温する油漬け処理を気球に施した。この結果、5 月～10 月の到達高度は 27.3 km (12.9 hPa) となった。なお、油漬け処理を

行わない期間 (1997年2月~4月, 11月~1998年1月) の平均到達高度は 31.5 km (10.4 hPa) であった (図 3).

越冬中, ゾンデ本体に搭載する注水電池を立ち上げる際, 電池への注水用水に少量の食塩を加えた. これにより電池の立ち上がり時間が短縮され, 飛揚中のゾンデ電源電圧の安定性が確保された (坂尻・中野, 1999).

地上設備は, 方向探知機の高度角が著しく高い場合や著しく低い場合に, 方位角のばらつきが大きくなる傾向が見られたため, 検波回路の位相調整を試みたが, ゾンデから発射される電波の雪面反射等の影響が強く, 改善には至らなかった. 3月19日00 UTC から3月25日00 UTC の観測まで, 高層気象観測装置のゾンデ信号変換器同期モード部分が故障した. この対策として, 代替機能を持つプログラムを作成し, データ処理部で前処理をして観測を行った.

通報処理では, 1997年2月1日00 UTC 観測より, 通報プログラムを日本国内と同様とした. このため, 国内用電文を DCP 装置用に変換するためのパーソナルコンピュータをデータ処理部と DCP 装置との間に設けた. これにより, データ処理部の観測・通報システムについては国内と同一になり, 各種処理変更への対応が国内と同じですむようになった.

### 2.2.3. 観測結果

1997年2月1日から1998年1月31日までの00 UTC における高度・気温・風速の月平均指

表7 月別指定気圧面観測値 (00 UTC)  
Table 7. Monthly summaries of aerological data at standard pressure levels.

年月 項目	指定面 (hPa)	1997												1998	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)	850	1169	1095	1136	1102	1177	1089	1082	1106	1107	1229	1210	1167	1138	
	700	2642	2561	2598	2547	2619	2518	2513	2518	2535	2691	2684	2645	2589	
	500	5090	4980	5006	4944	5018	4895	4887	4883	4916	5135	5127	5092	4997	
	300	8547	8374	8372	8292	8354	8205	8191	8200	8250	8557	8557	8537	8368	
	200	11212	11011	10966	10801	10812	10635	10619	10655	10690	11097	11157	11176	10900	
	150	13132	12910	12825	12598	12530	12328	12295	12364	12377	12891	13021	13084	12693	
	100	15840	15575	15417	15102	14912	14673	14626	14746	14716	15422	15668	15787	15203	
	50	20481	20101	19761	19280	18859	18576	18547	18784	18686	19913	20324	20468	19483	
30	23922	23407	22905	22298	21710	21395	21437	21786	21710	23409	23844	23964	22645		
気温 (°C)	850	-9.6	-11.4	-11.9	-16.1	-17.2	-19.9	-19.5	-24.3	-19.0	-13.1	-8.7	-8.5	-15.0	
	700	-18.4	-19.9	-20.6	-22.4	-22.4	-24.5	-24.6	-26.4	-24.9	-18.6	-18.7	-17.9	-21.6	
	500	-31.5	-35.2	-36.5	-37.4	-37.7	-39.7	-40.4	-40.3	-38.6	-32.4	-32.0	-31.6	-36.1	
	300	-51.0	-55.4	-56.7	-60.2	-61.4	-63.1	-62.8	-61.3	-61.6	-55.3	-54.1	-53.0	-58.0	
	200	-45.5	-47.7	-52.0	-59.7	-68.4	-71.4	-72.9	-69.4	-71.6	-60.2	-52.3	-47.5	-60.0	
	150	-44.9	-47.9	-53.4	-60.5	-70.4	-73.3	-75.2	-71.3	-74.1	-60.3	-51.4	-46.1	-60.8	
	100	-44.8	-49.2	-56.4	-64.1	-75.0	-77.8	-78.3	-73.7	-77.7	-58.5	-48.7	-44.4	-62.5	
	50	-43.9	-51.2	-61.8	-70.0	-81.7	-83.6	-80.7	-73.6	-75.7	-43.9	-39.1	-40.5	-62.1	
30	-43.1	-51.3	-63.5	-72.5	-82.9	-85.1	-78.9	-70.8	-64.7	-36.2	-36.8	-38.3	-60.3		
風速 (m/s)	850	7.5	6.1	12.7	8.1	8.3	8.5	9.5	6.8	8.1	7.2	7.7	9.3	8.3	
	700	6.9	6.4	8.4	7.4	7.8	8.1	9.2	6.3	6.2	9.7	7.9	6.6	7.6	
	500	8.1	6.4	10.4	11.3	13.6	13.9	11.0	13.2	8.8	16.3	11.4	8.4	11.1	
	300	11.4	8.9	15.6	15.7	19.5	17.3	14.6	19.6	14.4	21.2	14.9	11.9	15.4	
	200	9.0	7.8	14.2	15.7	17.9	15.1	14.9	23.4	12.5	20.3	9.0	5.9	13.8	
	150	9.0	8.9	14.4	17.7	15.8	17.1	17.1	26.3	13.4	22.1	6.5	4.7	14.4	
	100	8.8	10.0	16.0	22.4	15.7	21.3	21.9	32.3	17.0	28.7	4.9	4.4	17.0	
	50	6.0	11.2	19.6	30.5	22.3	29.0	33.6	47.7	27.3	41.0	5.6	2.9	23.1	
30	4.2	12.0	23.3	36.1	26.5	34.0	44.7	59.5	35.1	39.0	6.9	3.2	27.3		

定気圧面データを表 7 に示す。

1997 年 1 月から 1998 年 1 月までの 00 UTC における各指定気圧面の月平均気温の経過を図 4 の太い実線で示す。図中には 1968 年から 1997 年までの累年平均気温を細い実線で示している。また、同期間の気温・高層風の東西成分・南北成分について、月平均・累年平均値・両者の差の年変化を図 5 に示す。図中のハッチは、風成分・累年平均からの偏差とも負値を示す。

今越冬期間の月平均気温を累年平均気温と比べると、対流圏内 (300 hPa 以下の層) においては、11 月の月平均気温がやや高めに経過したほかは顕著な差は見られない。地上気温で 9 月は最低であったが、対流圏への影響は 850 hPa でわずかに見られる程度であった。これに対し成層圏内では、6 月及び 10 月以降の平均気温が累年平均気温よりも低い傾向が続いた。特に 10 月の 50 hPa 面での平均気温は累年平均気温より 13.2°C 低く、9 月の 50 hPa 累年平均気温のレベルとなった。これは、平年より気温の上昇が 1 カ月遅れたことを意味し、オゾン観測結果の

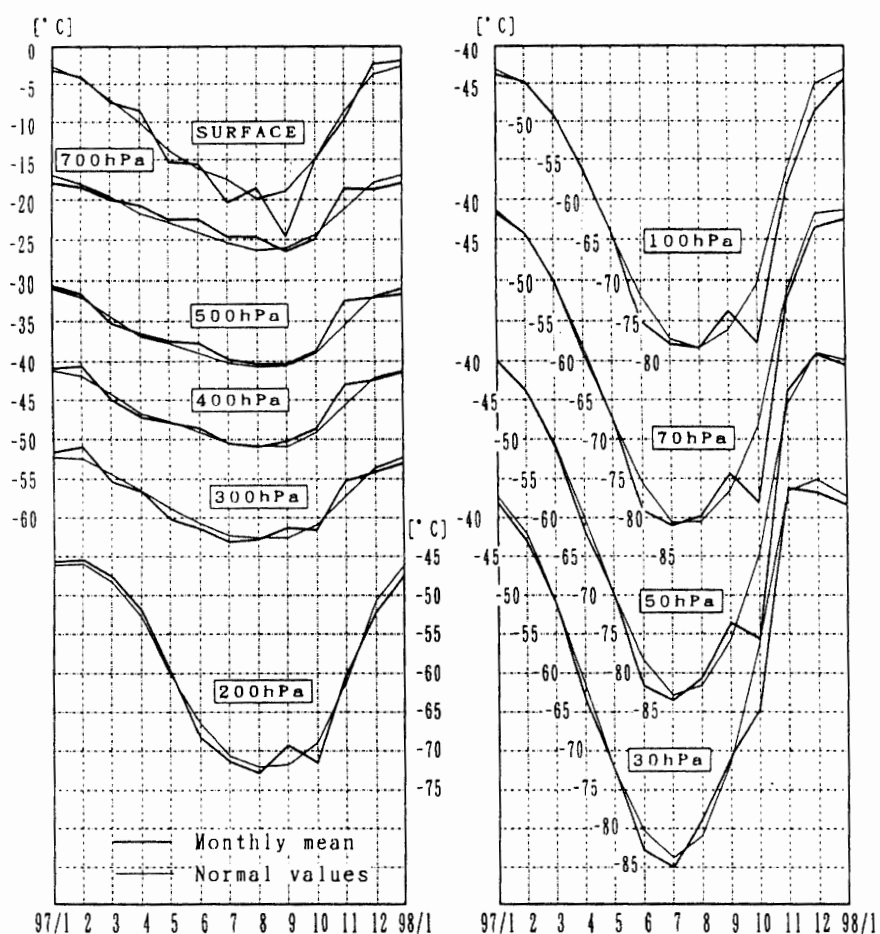


図 4 指定気圧面の月平均気温の年変化 (1997 年 1 月-1998 年 1 月) と累年平均 (1968-1997 年) の年変化 (00 UTC)

Fig. 4. Annual variations of monthly mean upper air temperatures of 1997 and normal values (1968-1997) at Syowa Station.

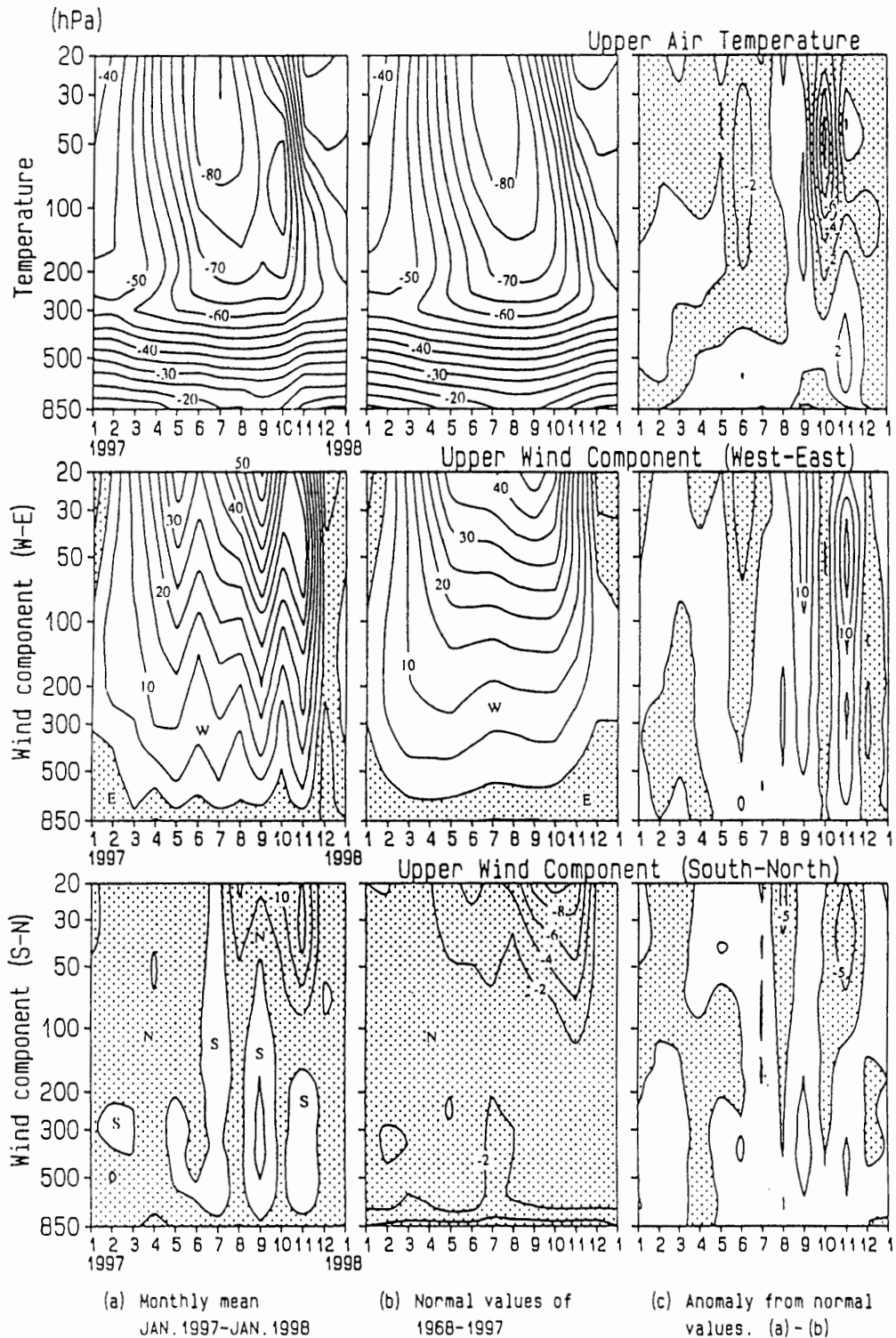


図5 上層の気温と高層風の東西成分・南北成分の年変化

(a) 1997年月平均値, (b) 累年平均値(1968-1997年), (c) 累年平均値からの偏差。

Fig. 5. Annual variations of upper air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and upper wind components (m/s). (a) Monthly means of 1997, (b) normal values in 1968 to 1997 and (c) anomalies from normal values.



項で述べるオゾンホールによる影響と考えられる。

上層風の東西成分では、9月の成層圏極夜ジェットの最大が特に強く認められた。さらに、11月にも極夜ジェットの強まりがあり、累年平均を 15 m/s 以上上回るなど、遅くまで極夜ジェットが維持されたことがわかる。なお、南北成分においては累年平均との顕著な差は認められなかった。

成層圏の日々の変化を見るため、1997年2月1日-1998年1月31日の00 UTCにおける50 hPa と 30 hPa の気温と高層風の変化を図6に示す。成層圏突然昇温の同時現象として知られるオゾン全量増加を示すため、最上段に白丸でその日別値を示した。

気温の変化を見ると、50 hPa 及び 30 hPa では6月の中旬に一度低温のピークを迎え、その後7月下旬、8月中旬頃に再度低温のピークが観測された。この期間、目視によりPSCs (極成層圏雲) が観測されている (表15参照)。

その後、成層圏内は昇温するが、その昇温は一樣ではなく成層圏突然昇温と呼ばれる顕著な昇温が8月上旬から11月中旬まで、たびたび見られた。1997年に観測された1週間あたり25℃以上の昇温があり、その内最大の温度差となった期間を表8に示す。表によると10月28日から始まった昇温は11月4日までに40 hPa 面で41.3℃の気温上昇となり、1997年で最大の昇温となった。この頃の昇温及び降温とオゾン量との対応が図6に見られる。

成層圏昇温期の9月から11月までの30 hPa 面月平均天気図を図7に示す。1997年の経過は、9月には極渦の中心がほぼ南極点上空に位置しており、昭和基地上空は等高線が混んでおり、強風域に位置していた。10月に入ると極渦はやや緩み、極渦の中心がやや昭和基地側に傾

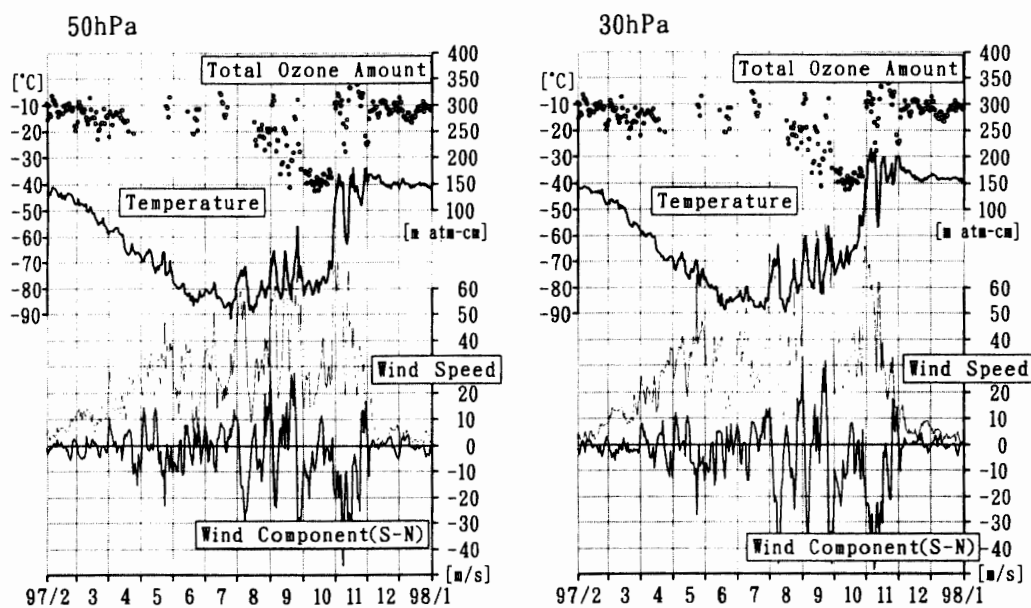


図6 成層圏の気温、風速、風の南北成分、オゾン全量の年変化 (1997年2月-1998年1月)  
 Fig. 6. Variations of air temperature, wind speed and wind components at 30/50 hPa and total ozone amount from February 1997 to January 1998.

表8 昭和基地における1997年の成層圏突然昇温  
 Table 8. Stratospheric sudden warming over Syowa Station in 1997.

気圧面(hPa)	始まり(気温℃)	終わり(℃)	昇温(Δ℃)
10	8/15 00UTC(-84.0)	8/21 12UTC(-47.8)	36.2
10	9/25 00UTC(-61.0)	9/29 00UTC(-33.8)	27.2
15	7/26 00UTC(-89.1)	8/05 00UTC(-56.9)	32.2
15	8/15 00UTC(-88.6)	8/22 12UTC(-58.2)	30.4
15	8/30 00UTC(-76.0)	9/03 00UTC(-49.5)	26.5
15	9/20 12UTC(-73.8)	9/29 00UTC(-41.2)	32.6
20	8/16 12UTC(-86.6)	8/23 12UTC(-60.2)	26.4
30	8/27 12UTC(-84.5)	9/03 12UTC(-58.6)	25.9
30	9/19 12UTC(-83.4)	9/26 12UTC(-55.5)	27.9
30	10/25 00UTC(-61.1)	11/02 21UTC(-29.2)	31.9
30	11/12 00UTC(-57.1)	11/16 12UTC(-24.1)	33.0
40	9/20 00UTC(-83.6)	9/26 00UTC(-56.1)	27.5
40	10/28 12UTC(-66.6)	11/04 12UTC(-25.3)	41.3
40	11/11 12UTC(-57.6)	11/17 12UTC(-29.2)	28.4
50	9/20 00UTC(-84.4)	9/26 00UTC(-55.8)	28.6
50	10/28 00UTC(-72.6)	11/04 12UTC(-32.4)	40.2
50	11/12 00UTC(-63.1)	11/17 12UTC(-32.8)	30.3
70	10/27 00UTC(-76.0)	11/04 00UTC(-47.1)	28.9
70	11/10 00UTC(-69.6)	11/15 12UTC(-42.2)	27.4

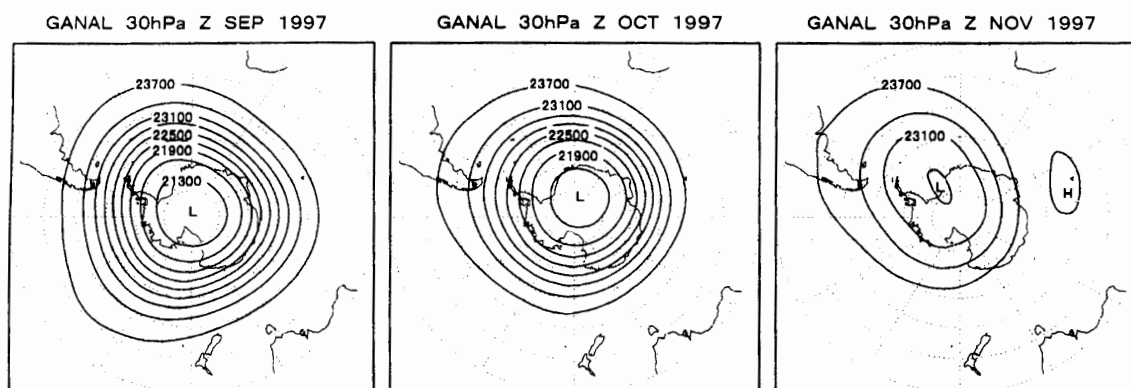


図7 南半球30hPa面天気図(1997年9月-1997年11月)

月平均高度場(実線)と平常高度場からの偏差(陰影)で示す。

Fig. 7. Monthly mean weather charts on 30 hPa from September to November in 1997. Solid line contours and height anomalies from normal values are shown.

いたため、昭和基地では比較的上層風が弱くなった。11月には極渦がかなり弱まり、その中心がウェッデル海上空へ移動し、昭和基地上空では北西風が卓越していった様子がわかる。

#### 2.2.4. 冬季における80型ゾンデと91型ゾンデの比較

##### (1) 観測方法

昭和基地における高層気象観測に使用するレーウィンゾンデは1994年12月31日までは80型ゾンデ、それ以降は91型ゾンデを使用している。この、新旧レーウィンゾンデの観測値の特性を把握するために両型のゾンデを連結して同時に飛揚する比較観測を第35次~第37

次観測隊が行っており、資料を取得している (稲川ら, 1997; 佐藤ら, 1999; 宮本ら, 1999)。それによると、両ゾンデの気温差 (T91-T80) は成層圏での夏季の+1.5°C程度が冬季は-1.5°Cと、符号が逆転する報告がなされている。第 38 次隊では冬季における両ゾンデの気温差が逆転する現象を確認するため、再度 10 回の両ゾンデの連結飛揚をこれまで比較例の少ない 7 月に行い、資料を取得した。

比較試験では、約 1.5 m 離して 91 型ゾンデと 80 型ゾンデを竹ざおに取り付け、ヘリウムガスを充填した 600 g ゴム気球に約 15 m の紐で取り付け飛揚した。ゾンデ信号の受信方法とデータ処理方法はこれまでの連結飛揚と同様である。

(2) 観測結果

両ゾンデの気温差を図 8 に示す。気温差図で差値が空白の部分、91 型ゾンデ又は 80 型ゾンデ観測が欠測した部分である。図 8 によると対流圏では気温差は小さい ( $\pm 0.5^\circ\text{C}$  程度) こと、成層圏では気温差が大きく ( $-1^\circ\text{C}$  程度) 現行の 91 型ゾンデは 80 型ゾンデよりも低い気温として観測されることがわかった。これらは、36・37 次隊報告の冬季の結果と同様である。

宮本ら (1999) は、この原因についてゾンデ内部の変換器の変換特性の低温部 ( $-65^\circ\text{C}$  以下) での差の可能性を指摘している。今回の例でも  $-65^\circ\text{C}$  以下で差 (T91-T80) が  $-1^\circ\text{C}$  前後

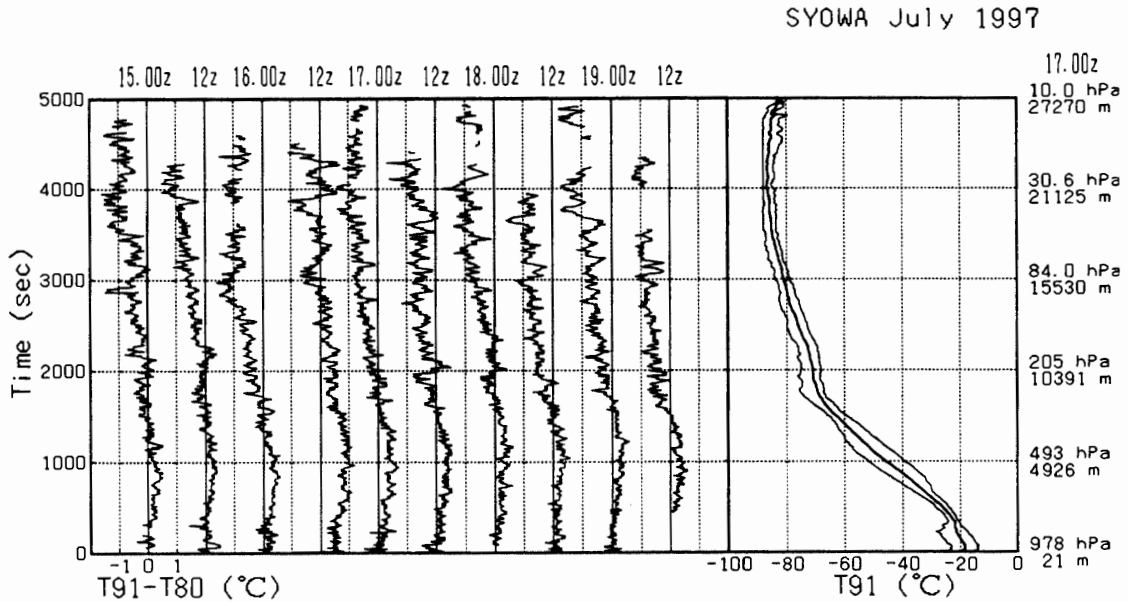


図 8 7 月の新旧レーウィンゾンデ (RS2-91 型と RS2-80 型) の比較結果  
 気温差 (左図: 10 例) 及び気温分布 (右図: 比較期間中の RS2-91 型の最高気温 (細線), 平均気温 (太線), 最低気温 (細線)) と、気圧・高度値 (右端: 7 月 17 日 00 z の値) を示す。

Fig. 8. Differences of temperature between RS2-91 and RS2-80 type rawinsondes (left) and RS2-91 temperature (right) in July 1997. RS2-91 temperature shows maximum (thin line), average (thick line) and minimum temperature (thin line) on 5 consecutive days. Pressure and altitude values are data observed on 00 z of 17 July.

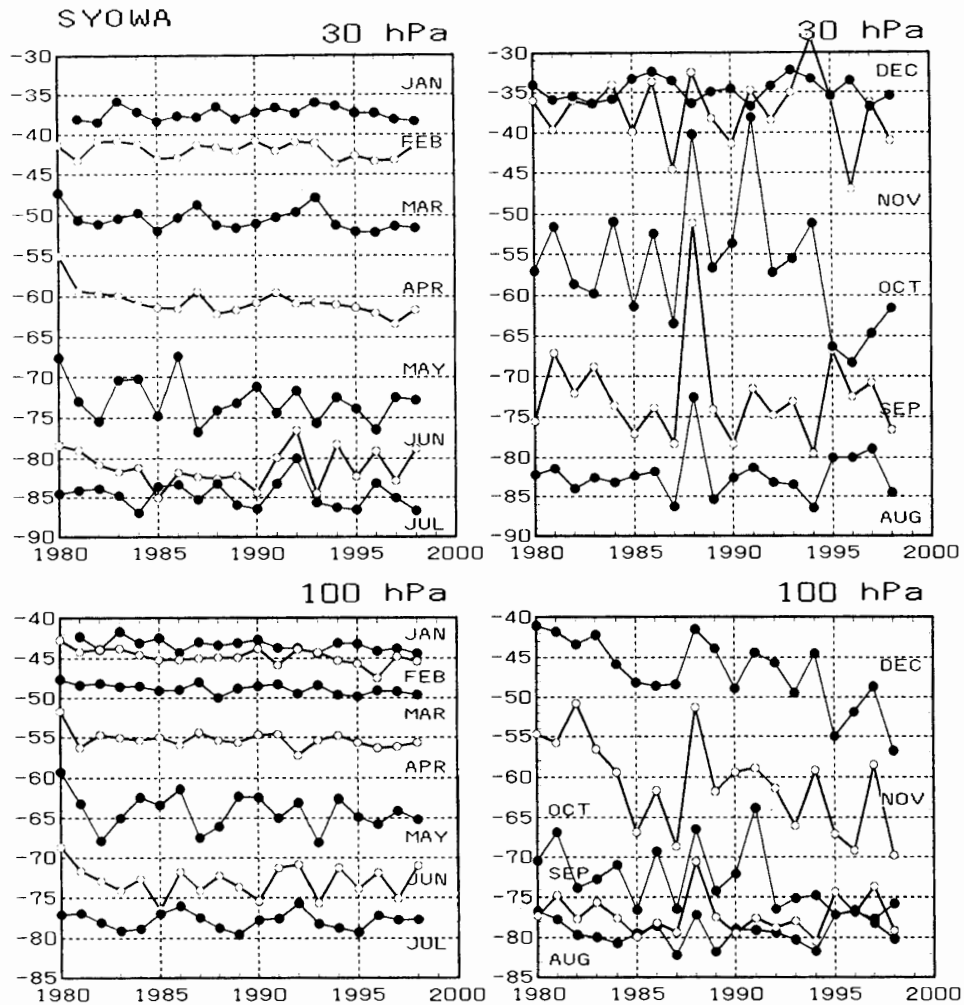


図9 昭和基地上空における成層圏気温の長期変化

Fig. 9. Long term variations of stratospheric temperature over Syowa Station.

に達しており、この可能性と矛盾しない。

このようなゾンデの型による観測値の差を補正したデータを用いて、昭和基地上空の成層圏気温の長期変化傾向を解析した。1980年から1998年までの00 UTCのデータにより、30 hPa面と100 hPa面の気温経過を月別に示す(図9)。ここで、1994年までのデータは、 $-65^{\circ}\text{C}$ 以下では $-1^{\circ}\text{C}$ の、 $-65^{\circ}\text{C}$ 以上では $+1^{\circ}\text{C}$ の補正を施した(91型のレベルに合わせたことになる)。これによれば、30 hPa面では顕著な長期傾向は見られないが、1979年10月の高温や1988年8月から10月の高温、1995年以降の10月の低温がめだっている。100 hPa面では10月から12月に大きな低下傾向が見られ、ゾンデの型による気温観測値の差を大きく超えた変化が読み取れる。

## 2.3. オゾン観測

### 2.3.1. 観測方法と測器

オゾン観測は、ドブソン分光光度計 (Beck-122, 以下ドブソン計と略記) を用いた全量観測及び反転 (高度分布) 観測と, RSII-KC79 型オゾンゾンデ (明星電気製) を用いたオゾン高度分布観測を行った。また, 地上オゾン濃度観測装置を持ち込み, 連続観測を開始した。

全量・反転観測とオゾンゾンデ観測結果は, インマルサット FAX と電子メールで毎月 (オゾンホールの観測強化期間は毎週) 気象庁へ報告した。これらの観測データは気象庁から WMO 世界オゾン紫外線データセンター (カナダ) に送られた。

地上オゾン濃度観測は, 1月17日から観測を開始し, 1年を通して観測データを取得した。1997年8月28日から29日にかけて, 昭和基地において発現した地上オゾン急減現象を観測した。

また, 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) のデータ検証のため, 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オゾンゾンデ観測を 27 回 (うち 3 回は第 37 次隊分) 行った。取得したデータは, 直ちに解析し, 暫定値として気象庁観測部南極観測事務室経由で電子メールにより関係機関に報告した。

#### (1) オゾン全量観測

ドブソン計を用いて, オゾン観測指針 (気象庁, 1991) に準じて, 太陽光では, AD 波長組を用いた直射光及び天頂光による観測を, 太陽の北中時及び午前, 午後の大気路程  $\mu = 1.5, 2.5, 3.5$  ( $\mu$ : 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) の時刻に行った。さらに観測期間を延ばすため, 太陽高度が低くなる時期については, CD 波長組を用いて大気路程  $\mu = 3.5-5.5$  の範囲で直射光及び天頂光観測を行った。また, 太陽光による観測ができない冬季には月光による AD 波長組による観測を行った。

ドブソン計による観測は, 観測スケジュール管理・ドブソン計の各操作部制御 (測器全体の方向制御を除く)・データ処理・測器精度維持に必要な各種点検は, すべてパーソナルコンピュータによる自動化システム (高層気象台観測第三課, 1996) となっていたが, さらに, 第 38 次隊では, 太陽光を測器に取り込むサンディレクターとして, 高層気象台観測第三課製作による自動制御で太陽高度角に追従するものを持ち込んだ (宮川・能登, 1997)。

#### (2) オゾン反転観測

ドブソン計により, 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を天頂晴天時の午前又は午後可能な限り行った。

#### (3) オゾンゾンデ観測

RSII-KC79 型オゾンゾンデをゴム気球に吊り下げ上空約 35 km まで飛揚し, オゾン観測指針 (気象庁, 1992) に準じて, オゾン分圧・気圧・気温・風向及び風速の高度分布を観測した。

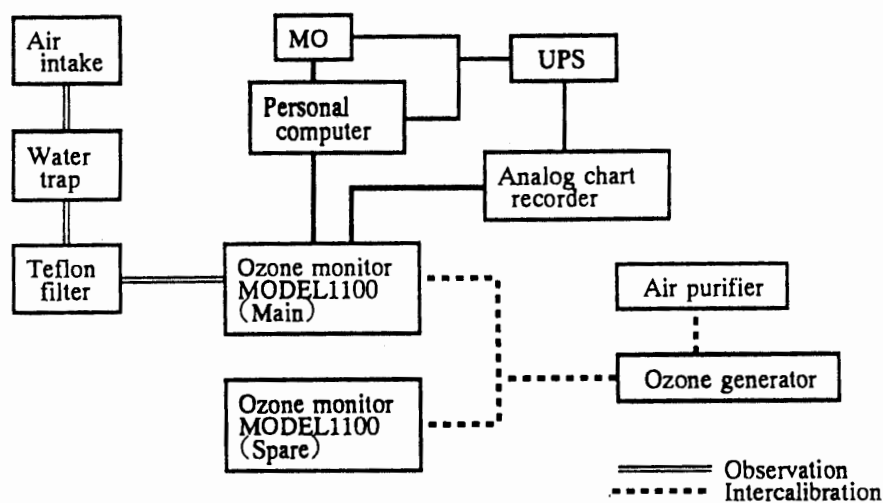


図 10 地上オゾン濃度観測装置の系統図

Fig. 10. Schematic diagram of the surface ozone measurement system.

地上施設は、高層気象観測施設と同じもののほか、オゾン発生器及びオゾンゾンデ試験器を用いた。ゴム気球は 2000 g を使用し、ヘリウムガスを充填して浮力 3200 g とした。飛揚は原則として週 1 回行ったが、オゾンホール出現時期には週 2 回 (ILAS 検証分を含む) とし、解析は観測終了後直ちに行った。

#### (4) 地上オゾン濃度観測

第 38 次隊より地上オゾン濃度観測を開始した。地上付近の大気中に含まれる微量のオゾン濃度を、紫外線吸収方式のオゾン濃度計 (Dylec, MODEL1100) で 12 秒ごとに観測した。観測データは、ノートパソコン及び MO に収録するとともに自記記録した。

観測装置は放球棟横の旧水素ガス発生器室に設置し、大気取り入れ口が同建物の北東側の屋根から 1 m 上の位置 (地上約 5 m) になるよう設置した。地上オゾン濃度観測装置の系統図を図 10 に示す。

昭和基地へは 2 台のオゾン濃度計を持ち込み、1 台を現用器、残りの 1 台を予備器として運用した。オゾン濃度計は、あらかじめ環境研究所の検定装置 (気相滴定法 (GPT)) により使用前検定を行った上で、1 年間南極で観測に使用した。1 年間使用した現用器は日本に持ち帰り、極地研究所で使用後検定 (同方法) を行い、観測値の補正を行った。また、越冬中 6 カ月ごとに現用器と予備器とのオゾン濃度計の相互比較を行い、測器の感度校正を行った。さらに、越冬交替時期には、現用器、予備器及び第 39 次隊が持ってきたオゾン濃度計との相互比較を 1 月末に行うことにより、1 年間使用したオゾン濃度計の感度校正及び経時変化の確認を行った。

### 2.3.2. 観測経過

#### (1) オゾン全量観測

表 9 に、月別のオゾン全量観測日数を示す。観測に使用した光源の内訳も示した。4 月、8 月

表 9 昭和基地における月別オゾン全量及びオゾン反転観測回数 (ドブソン計による)  
 Table 9. Number of total ozone observations and ozone Umkehr observations with the Dobson spectrophotometer at Syowa Station.

項目	年月												1998 1月	合計
	1997 2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月			
全量観測日数	28	30	17	4	8	8	13	29	27	28	31	31	254	
内 直射光AD	18	14	1					13	23	26	28	24	147	
"    CD			9				7	9					25	
天頂光AD	10	15						5	4	2	3	7	46	
"    CD		1	7				5	2					15	
訳 月光AD				4	8	8	1						21	
反転観測 回数	ロング ショート	8 1	1 1					2 3	8 15	15 2		3	37 21	

は太陽高度角が低いいため観測回数が少ない。5-7月は極夜期のため月光による観測を行った。

#### (2) オゾン反転観測

表 9 には月別のオゾン反転観測回数も合わせて示した。太陽高度角が低い、又は太陽が昇らない 4-8 月及び太陽が沈まない 12 月は、データ処理に必要なデータセットが得られないため、観測が成立しにくく観測回数が少ない。

#### (3) オゾンゾンデ観測

定常気象観測用のオゾンゾンデを 54 台、ILAS 検証用を 24 台持ち込み、第 37 次観測隊の残置分 3 台 (ILAS 検証用) を含めて 81 台を飛揚した。ILAS 検証用オゾンゾンデは 1997 年 5 月から 8 月までの期間で、衛星 (ADEOS) の軌道に合わせて 24 台の飛揚が計画された。6 月までは上述スケジュールで飛揚を行ったが、衛星 (ADEOS) の故障により 7 月から 8 月までの期間は、衛星の軌道に関係なく週 2 回飛揚した。

飛揚状況を表 10 に示す。このうち 3 回は飛揚の失敗やオゾン反応管の反応不良のためデータが取得できなかった。

また、ドブソン計のオゾン全量値による補正係数 (ドブソン比) が得られなかった観測が 22 回あったが、このうちの 19 回 (ILAS 検証 18 回) は極夜期のため、月光によるオゾン全量観測もできなかったものであり、残りは気球の破裂やオゾン反応管の不良により観測最終高度が 30 hPa に達しなかったものである。

#### (4) 地上オゾン濃度観測

1997 年 1 月 17 日より観測を開始した。7 月 25 日に現用器と予備器との相互比較、1998 年 1 月 11 日に現用器、予備器及び第 39 次隊持ち込み測器との相互比較をそれぞれ行い、測器の感度校正及び経時変化の確認を行ったが、大きな変化は見られなかった。

データ収録用パソコンのハードディスクが故障し、7 月 20 日から 24 日までの期間のデジタルデータが消失したため、アナログ記録から読み取ったほかは、概ね順調に観測を行うことが

表 10 昭和基地におけるオゾンゾンデ観測  
Table 10. Ozone sonde observations at Syowa Station.

年月	1997年 2月		3月		4月		5月		6月		7月	
日 到達高度 (hPa)	6	5.8*	6	5.7	4	4.6	1	24.7	1	15.1*	2	5.7
	7	6.9*	11	4.6	9	6.5	10	20.1*	14	4.6	10	8.3*
	12	22.4	19	6.0	19	4.3	13	6.2*	20	7.8	14	7.0*
	21	46.5	26	59.2			14	6.2*			16	6.2*
	26	4.7	28	5.8			16	10.1*			19	7.9*
							17	8.4*			23	6.2*
							18	5.6*			26	8.7*
							22	20.9*			31	5.3*
							24	7.3*				
							25	14.9*				
							28	7.3*				
							29	---				

年月	1997年 8月		9月		10月		11月		12月		1998年 1月	
日 到達高度 (hPa)	2	4.4*	1	4.5	3	6.3	1	5.5	3	5.2	7	13.2
	7	12.8*	3	10.9	6	6.8	5	14.2	10	5.9	16	7.3
	9	4.3*	6	5.3	9	7.0	8	5.5	17	4.9	21	6.8
	14	40.0*	11	5.1	12	---	12	10.0	24	8.7	23	13.7
	16	4.1*	13	10.1	15	12.4	15	5.5	31	4.4	28	6.6
	19	9.0*	17	4.7	18	22.7	19	7.5			31	5.3
	24	12.8	20	4.7	22	18.4	22	12.6				
	29	6.2	22	4.7	25	6.9	26	4.5				
			26	4.9			29	---				

注：「---」は飛揚の失敗やオゾン反応不良のためデータ取得出来ず。  
「\*」はILAS検証報告を行った観測。

できた。

### 2.3.3. 観測結果

#### (1) オゾン全量観測

図 11 に、1997 年 2 月～1998 年 1 月のオゾン全量観測結果を示す。黒丸 (●) は日代表値、黒四角 (■) は日代表値の月平均値、黒三角 (▲) は月別累年月平均値 (1961-1990 年) である。

月平均値は 1997 年 5 月、7 月以外の月は累年平均値を下回った。このように夏期でもオゾン全量が少ない状態は数年続いている。オゾン全量値は、8 月下旬から増減を繰り返しながら減少し、その後 11 月には一時減少したものの回復したが、12 月には再び平年値を下回った。なお、6、10、12 月の最低値は観測以来 3 番目に小さい値を記録した。1 年を通じての日別値の最小値としては、10 月 12 日に 137 m atm-cm を記録した。

#### (2) オゾンゾンデ観測

図 12 に、1997 年 2 月～1998 年 1 月のオゾン分圧 (mPa) の時間高度断面図を示す。2-8 月は高度 100-30 hPa 付近ではオゾン分圧は 10.0 mPa 以上あったが、9 月からはオゾンホール出現に伴い、オゾン分圧の低い部分が増えた。10 月は 70 hPa 付近でオゾンがほとんど無い状態が続いたが、11 月にはこれまでのオゾンホール解消期と同様に上層 (30 hPa 付近) から下層に向けオゾン分圧が増加していった。

#### (3) 衛星搭載の TOMS データによる考察

図 13 に TOMS (アースプローブ衛星搭載の Total Ozone Mapping Spectrometer) による



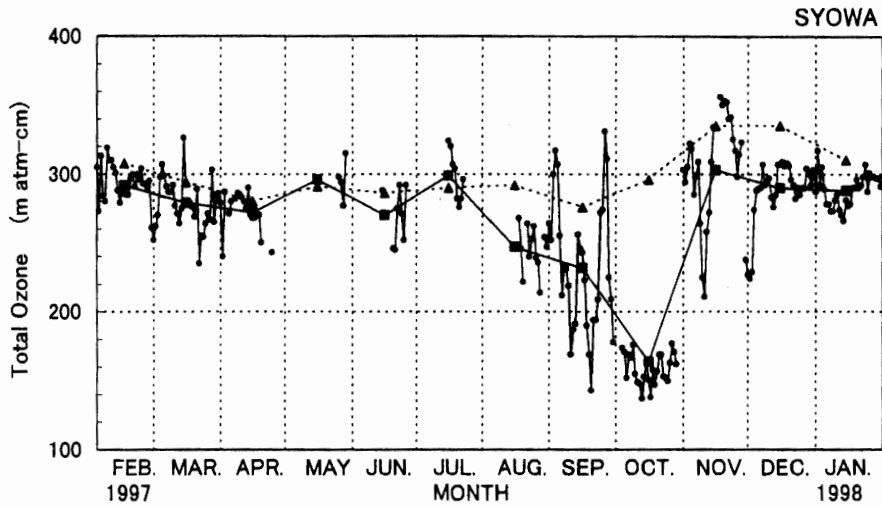


図 11 オゾン全量の年変化 (1997 年 2 月-1998 年 1 月)  
 ●は日代表値, ■は月平均値, ▲は月別累年平均値 (1961-1990 年).

Fig. 11. Total ozone amount at Syowa Station. "●" show daily representative values, "■" show monthly means of 1997 and "▲" show normal values (1961-1990).

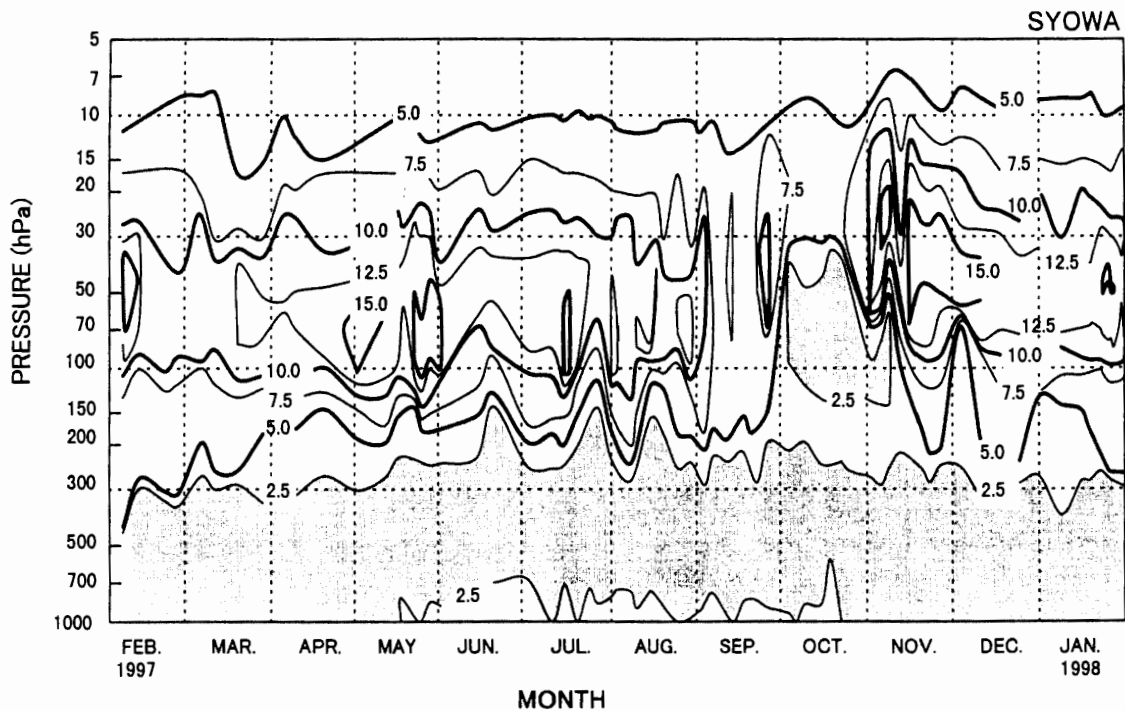


図 12 オゾン分圧の時間高度断面図 (1997 年 2 月-1998 年 1 月)

Fig. 12. Time-height cross section of ozone partial pressure (mPa) obtained from ozonesonde observations at Syowa Station.

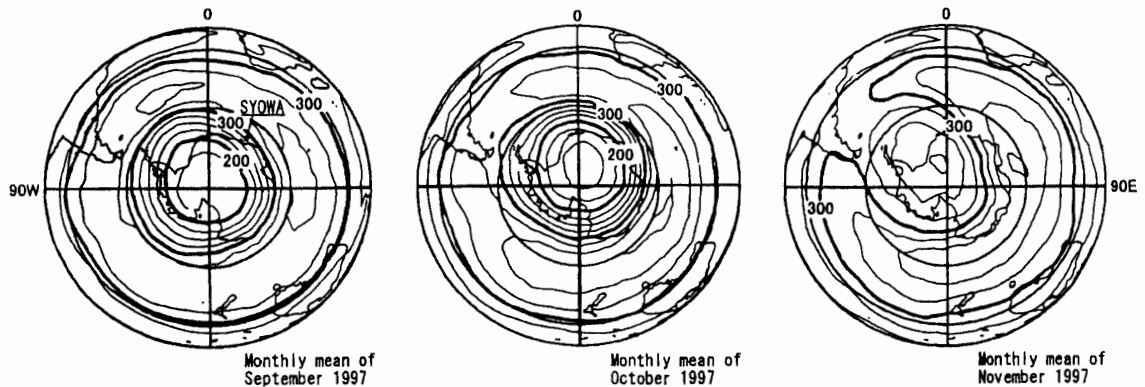


図 13 TOMS による月平均オゾン全量の南半球分布図 (1997 年 9 月-11 月) (気象庁オゾン層情報センター作成). 等値線間隔は 25 m atm-cm である.

Fig. 13. Distribution of monthly means of total ozone over the Southern Hemisphere by TOMS. The contour interval is 25 m atm-cm.

1997 年の 9, 10, 11 月の月平均オゾン全量の南半球分布を示す. なお, この図は気象庁オゾン層情報センターが TOMS のデータを基に作成したものである. 9 月には南極大陸の中心部に 175 m atm-cm 以下の領域が現れている. 10 月には 150 m atm-cm 以下の領域が東経 30 度付近を中心として広がっている. この期間, 昭和基地上空でも 200 m atm-cm 以下の日が続いている. 11 月にはオゾンホールは中心は南極半島付近に移動し, オゾンホールの目安である 220 m atm-cm 以下の領域も減少し, 日々の増減はあるものの 11 月末にはオゾンホールは解消していった (気象庁, 1998).

#### (4) 地上オゾン濃度観測

観測されたデータから基地活動による人的な汚染を除くために, 次のような処理を行った. まず, 生データ (12 秒値) から 1 時間ごとに平均値を求め, この時のデータ数が 150 個以上ありかつ標準偏差の値が 1.5 ppbv 以下の場合を 1 時間平均値として採用した. さらに, これを基に日平均値, 月平均値, 年平均値を求めた.

このようなデータセレクションによる 1 時間平均値データの残存率の変化を図 14 に示す. これを見ると, 冬季 (5 月~9 月) にデータ残存率が小さくなっており, 9 月が最も小さくなった. これは, 冬季には, 各観測棟の暖房及び発電棟の影響による汚染の度合いが大きくなり, 濃度データのばらつきが大きくなるためであると考えられる. また, 9 月は観測史上 2 番目に風の弱い月であったことも関係していると考えられる. なお, 観測開始から越冬終了までの期間 (1997.1.17-1998.1.31) を通してのデータ残存率は 79.6% であった.

昭和基地における風配図を図 15a に, 地上オゾン濃度の標準偏差 (1 分間の 5 データについて) と平均風向の関係を図 15b に示す. なお, データの期間は, 1997 年 1 月 17 日~1998 年 1 月 31 日である. (a) 図に示されるように昭和基地では北東 (NE) から東北東 (ENE) の風が卓越する. (b) 図 (スケールは例数) では, 東南東 (ESE) から南東 (SE) 方向の風の時には

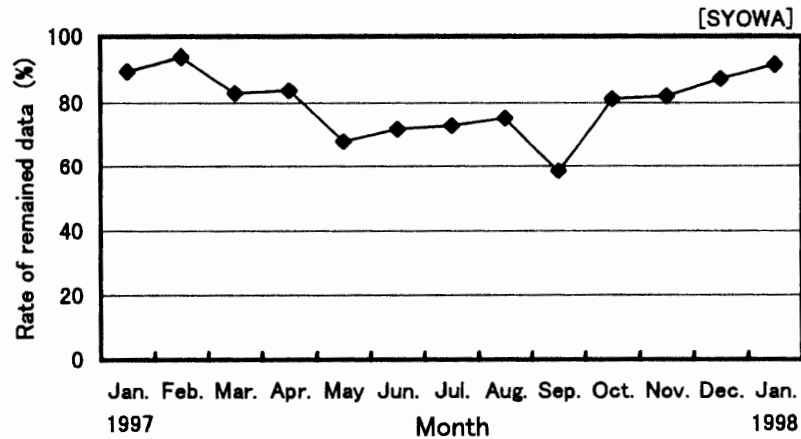


図 14 データセレクションによる 1 時間平均濃度データの残存率の変化  
 Fig. 14. Variation of hourly data remaining ratio by the data selection method.

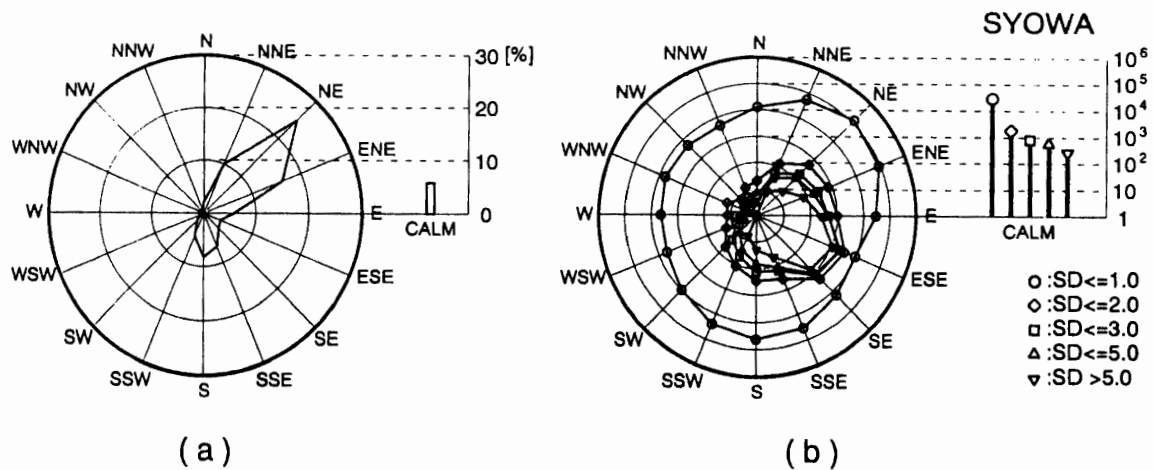


図 15 風配図 (a) と風向別の地上オゾン濃度標準偏差 (b) (1997 年 1 月 17 日-1998 年 1 月 31 日). (b) 図は 1 分間 5 個のデータから求めた標準偏差 (SD) の階級別例数を風向別に示した.

Fig. 15. Annual wind rose (a) and wind direction characteristic of standard deviation of surface ozone concentration (b) at Syowa Station. (b) shows number of each class separated by standard deviation (SD) of 5 data in a minute.

他の風向と比較して大きな標準偏差の例が多くなっていることがわかる。観測場所からこの方向には、管理棟、居住棟、発電棟があり、基地活動による汚染の影響を受けているためと考えられる。基地活動による人的な汚染を除いたバックグラウンドレベルのオゾン濃度値を求めるためには、さらに風向を考慮した統計処理も必要であることがわかった。この処理に関しては、今後の検討課題である。

図 16 に、このような統計処理後のデータによる、昭和基地での地上オゾン濃度の年変化を示す。夏季にオゾン濃度が最も小さく (1 月で 14 ppbv 程度)、冬にかけてオゾン濃度は徐々に

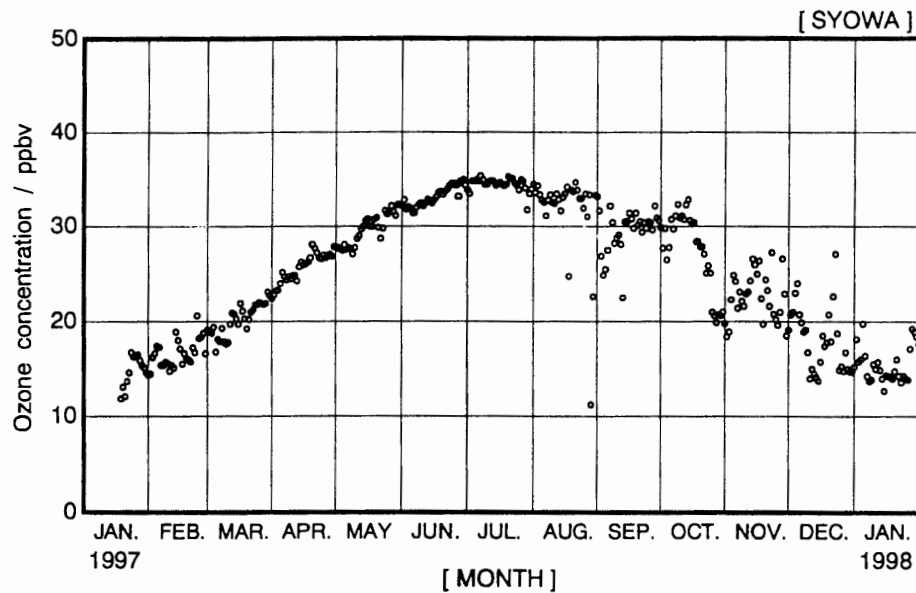


図 16 地上オゾン日平均濃度の年変化 (1997 年 1 月-1998 年 1 月)

Fig. 16. Annual variation of the surface ozone concentration observed at Syowa Station. Each circle represents the daily mean ozone concentration.

増加し、冬季に最も大きくなり (7 月で 34 ppbv 程度), また減少するという単純な季節変化と、特に春から夏にかけて日々の変化が見られる。越冬期間 (1997.2.1-1998.1.31) を通しての地上オゾン濃度の平均値は 25.4 ppbv であった。

南極・北極の高緯度地域では、極夜が明けた春期に地上付近のオゾン濃度が減少し、ほとんどゼロになる現象があることが知られている。北極において実施された Polar Sunrise Experiment 1992 (Barrie *et al.*, 1994) によると、この現象は海塩起源の物質とオゾンが光化学反応することにより起こると考えられている。昭和基地では、青木 (1997) の報告がある。

図 17 は、1997 年 8 月 28 日から 29 日に発現した地上オゾン急減現象で、この時観測された地上オゾン濃度の経時変化と地上気象及び高層気象観測結果を示す。観測された地上オゾン急減現象は、昭和基地に弱いブリザードをもたらした低気圧が接近し、北側を通過後、地上風が北東から北西に変化すると同時に発現し、北東風が強まるまでの約 22 時間 30 分継続した。

図 18 に地上オゾン急減現象の前後に行ったオゾンゾンデ観測結果を示す。

地上オゾン急減現象期間の日中は、前半弱い雪が降っており、その後も曇天であった。このため、オゾン全量観測ができず、これによる観測値の補正ができないためオゾンゾンデ観測もこの期間中に実施することはできなかった。

この現象の終了した直後に行ったオゾンゾンデ観測 (29 日 1042 LT 飛揚, 黒丸印 (●)) によると、700 hPa 以下の高度でオゾン分圧が通常値 (2.5 mPa) の 1/10 程度に減少している (0.3 mPa 程度) ことが観測されており、地上付近のオゾン濃度の急減現象が終了した後も上空にはオゾン濃度の少ない気塊が留まっていたことがわかる。

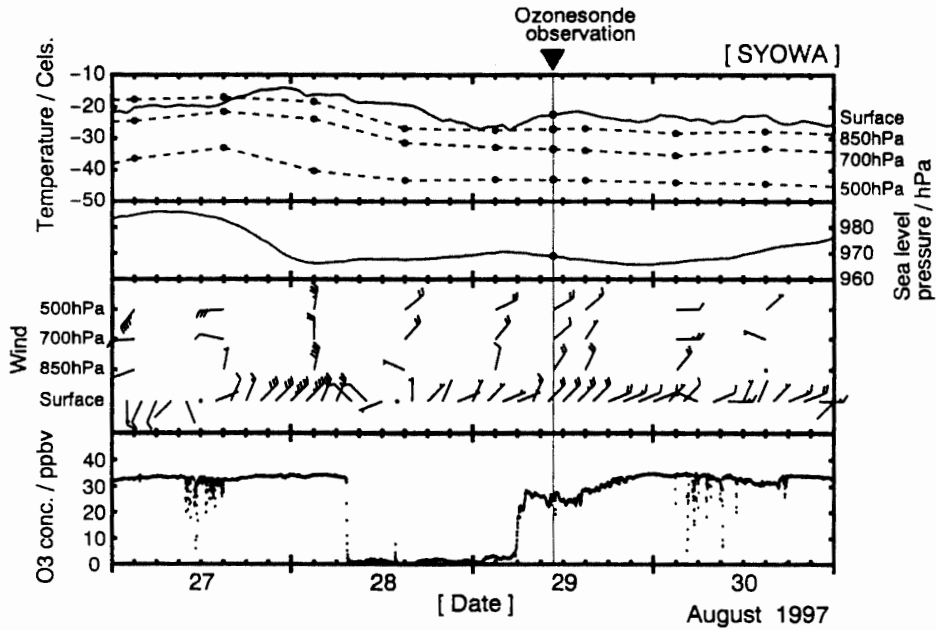


図 17 地上オゾン急減現象時の気象データ (気温, 気圧, 風) の変化  
 Fig. 17. Variations of meteorological data (temperature, sea level pressure and wind) during periods of surface ozone depletion events at Syowa Station.

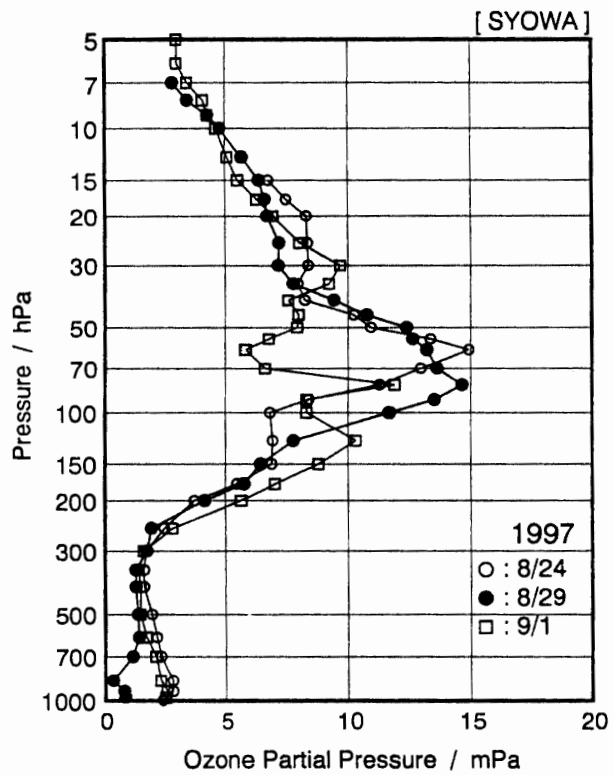


図 18 地上オゾン急減現象の前後に行ったオゾンゾンデ観測によるオゾン分圧の高度分布  
 Fig. 18. Vertical profiles of ozone partial pressure (mPa) obtained from ozonesonde observations around the time of the surface ozone depletion event at Syowa Station.

また、この現象の期間中、オゾン濃度の減少と同時にエアロゾル濃度 (粒子半径  $0.07\text{--}5.0\ \mu\text{m}$ ) が増加し、この状態がオゾン濃度が平常値に戻るまで継続したことが報告されている (江崎ら, 1998)。

さらに、地上オゾン急減現象期間 (8/28-29) に採取した地上付近の大気サンプルを分析した結果によると、他の日と比較してガス状無機ハロゲン化合物が若干高濃度で観測されたこと (原ら, 1998)、また、海塩成分 ( $\text{Cl}^-$  と  $\text{Na}^+$ ) が風速の割には高濃度であり、しかも微細粒子の海塩粒子が多かった (長田ら, 1998) ことが報告されている。

図 19 に地上オゾン急減現象時の気塊 (高度 500 m) の等温位面バックトラジェクトリー解析結果を示す。これは、急減現象が発現した 28, 29 日を挟んだ 7 日間 (25-31 日) の 00, 12 UTC

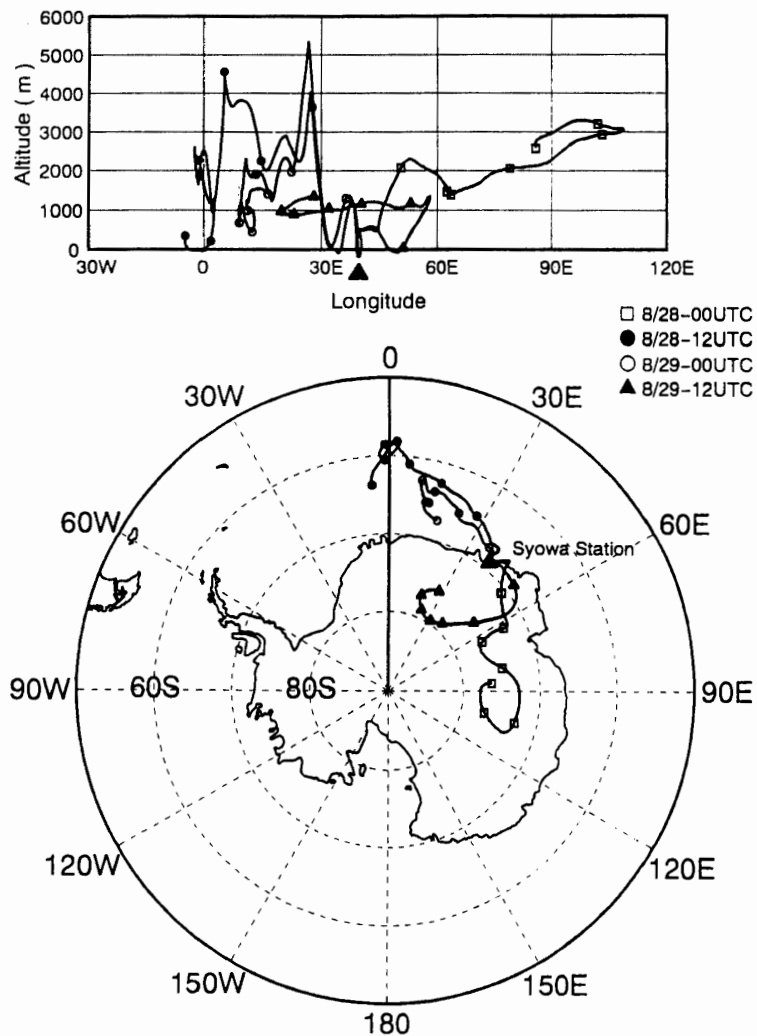


図 19 地上オゾン急減現象時の気塊 (高度 500 m) の等温位面バックトラジェクトリー解析結果

Fig. 19. Back trajectories of air mass (500 m above sea level) around the time of the surface ozone depletion event at Syowa Station.

についてそれぞれ7日間遡って計算を行ったものから、28・29日分を示した。ここで、上図は鉛直方向の移動を、下図は水平方向の移動を表している。

昭和基地付近の地上付近の気塊は、通常カタバ風により南極大陸の内陸部からくる (Turner *et al.*, 1996) が、現象期間の28日12 UTC及び29日00 UTCの気塊のみ、内陸部からではなく、65°S・10°E付近から低気圧の通過とともに海氷上を移動してきたことが分かった。また、この期間の海氷の状態は、気塊の通過した領域ではバックアイス状の領域はあったものの、大きな開水面は無く、輸送中に海塩粒子が供給された可能性は小さい。

一方、鉛直方向の移動を見ると、この気塊が5000 mから6000 mの高度に上昇した後に下降して昭和基地に到達したことがわかる。これは、気塊が一時期減圧状態におかれていたということであり、このことがオゾンの破壊に関係している可能性もある。

これらの結果から、この現象は、エアロゾル粒子が多く存在するオゾンが破壊された気塊が昭和基地を通過したことによること、この気塊のスケールは、地上風から計算すると、東西方向で約190 km、高さ約2600 m (700 hPa) 程度であったこと、が推定される。ただし、この期間の海洋の状態は大規模な開水面は無く、どこでオゾンが破壊されたかについては明らかではない。

今後、地上付近のオゾンがどこでどのように破壊されるかを解明するためには、今回行ったバックトラジェクトリー解析の事例を積み重ねることが必要であり、また、オゾン急減現象期間中の各種大気微量成分やエアロゾル粒子の化学分析についても行う必要がある。また、海氷上に存在が示唆されたオゾンの破壊された気塊の存在を航空機観測などによって確認することも必要であろう。

## 2.4. 地上日射・放射観測

### 2.4.1. 観測方法と測器

32次隊より全球ベースライン地上日射放射観測網 (BSRN) に対応すべく拡充された地上日射放射観測を継続し、精度維持に努めた。また、波長別紫外域日射観測、大気混濁度観測についても引き続き観測を行った。

各測器の設置場所は、遮蔽バンド付き精密全天日射計が気象棟の南西約200 m離れた旗台地で、他の測器は気象棟前室屋上及びMDDアンテナ架台屋上である。表11に使用測器を示す。

観測の種類とデータ収録方法は次のとおり。

- (1) 精密全天日射計を使用した全天日射量の連続観測
- (2) 器温付き直達日射計を使用した直達日射量の連続観測

オゾン全量観測時刻で太陽面に雲がかかっていない時を選び、ホイスナー・デュボアの混濁係数を求めた。

- (3) 精密全天日射計を使用した散乱日射量の連続観測

表 11 昭和基地における地上放射観測の使用測器  
 Table 11. Instruments used for surface radiation observations at Syowa Station.

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	精密全天日射計	EKO MS-801	F86024	300-2800 nm	97.2.1-98.1.31
直達日射量	直達日射計	EKO MS-53	F93005	300-2800 nm	97.2.1-98.1.31
散乱日射量	精密全天日射計	EKO MS-801	F86023	300-2800 nm	97.2.1-97.3.31
		FKO MS-801	F95046	300-2800 nm	97.9.1-98.1.16
		EKO MS-801	F91022	300-2800 nm	97.4.1-97.8.31
		EKO MS-801	F91022	300-2800 nm	98.1.17-98.1.31
下向き放射量	全波長放射計	EKO CN-11A	M90047	300-30000 nm	97.2.1-98.1.31
長波長放射量	精密赤外放射計	EPPLEY PIR	30431F3	4-50 $\mu$ m	97.2.1-98.1.31
紫外域日射量	紫外域日射計	EKO MS-210W	S90091.2	280-315 nm	97.2.1-98.1.31
	ブリューワー分光光度計	SCI-TEC BREWER	#091	290-325 nm	97.2.1-98.1.31
大気混濁度	サンフォトメータ	EKO MS-110	ES94121.02	368,500,675, 778,862,938 nm	97.2.1-98.1.31
	サンフォトメータ(AWI)	SP1A		371,500,675, 778,864,947 nm ほか11波長	97.2.1-98.1.31

遮蔽バンド付き精密全天日射計及び、遮蔽ディスク付き精密全天日射計を使用して、散乱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、合成全天日射量を算出した。

(4) 全波長放射計を使用した下向き放射量の連続観測

下向き放射量から全天日射量を差し引く方法で、合成長波長放射量を算出した。

(5) 精密赤外放射計を使用した長波長放射量の連続観測

(6) 紫外域日射計を使用したB領域紫外線量の連続観測

測器定数はブリューワー分光光度計による UV-B 観測量との比較から決定した。

(7) ブリューワー分光光度計を使用した波長別紫外域日射量の連続観測

波長別 (290 nm~325 nm で 0.5 nm 刻み) 紫外線量を気象庁紫外域日射観測指針 (気象庁, 1993b) に基づき毎正時 (24 LT を除く) に観測を実施した。

(8) サンフォトメーターを使用した波長別大気混濁度の連続観測

波長別直達光強度 (368, 500, 675, 778, 862, 938 nm の 6 波長) を毎分にデータ収録し、オゾン全量観測時刻で太陽面に雲が無い時を選び、波長別のエアロゾル及び水蒸気の光学的厚さを求めた。

(9) サンフォトメーター (ドイツ AWI) を使用した波長別大気混濁度の観測

ドイツ AWI (Alfred-Wegener-Institute for Polar and Marine Research) からの依頼により気水圏系プロジェクト研究観測の一環として行った。太陽面又は月面に雲が無い時にサンフォトメーターを MDD アンテナ架台屋上に設置し、波長別大気混濁度 (17 波長) の観測を行った。



(1)~(6)の6観測項目については、データ収録装置(EKO, SOLACIII)に5秒間隔でデータを取り込み、そのデータから1分平均値を求め収録した。

#### 2.4.2. 観測経過

##### (1) 全天日射量観測

概ね順調に観測を行った。

##### (2) 直達日射量観測

概ね順調に観測を行った。

##### (3) 散乱日射量観測

直達日射計, サンフォトメーター, 遮蔽ディスク付き精密全天日射計は, 1台の全自動太陽追尾装置(以下 INTRA と略記する)に設置し, 観測を行った。また, 遮蔽バンド付き精密全天日射計は旗台地に設置して観測を行った。

第37次隊で設置した遮蔽ディスク付き精密全天日射計の出力にノイズがのっていたため, 旗台地に設置している遮蔽バンド付き精密全天日射計を3月まで正規観測測器としていた。

3月に INTRA から漏電していることがわかり, 3月24日に予備機と交換した。その後 INTRA に設置している遮蔽ディスク付き精密全天日射計の出力にノイズがほとんど無くなったことから, 4月1日よりこれを正規観測測器とした。INTRA の漏電箇所はヒーター部分とわかり, その後修理を行った。

8月中旬ごろから再び INTRA の遮蔽ディスク付き精密全天日射計の出力にノイズがのるようになった。漏電等の原因ではなく, また, 修理を行った INTRA に精密全天日射計をのせても同様のノイズが出力されたことから, 9月1日から旗台地の遮蔽バンド付き精密全天日射計を正規観測測器とした。

旗台地の精密全天日射計は再検定の持ち帰りのため, 1998年1月17日に第39次隊持ち込みの検定済み測器への変更を行い, 引き続き遮蔽バンド付き精密全天日射計を正規観測測器とした。

##### (4) 下向き放射量観測

全波長放射計は強風時(概ね地上の平均風速が20 m/sを越える時)には, ポリエチレンドームが潰れて受感面を擦ることや, 雪が吹き込むことがあるため, 感部保護のために保護具を取り付け観測を中断した。

##### (5) 長波長放射量観測

概ね順調に観測を行った。

##### (6) B領域紫外線量観測

概ね順調に観測を行った。

##### (7) 波長別紫外域量日射観測

ブリューワー分光光度計は, 第37次隊より発生していた通信ケーブルの断線による観測の

中断が第 38 次隊においても発生した (1997 年 5 月 8, 10, 15 日, 11 月 8, 22, 28 日, 1998 年 1 月 7 日)。断線部分の修理により一時的には復旧するものの、何度も断線が起こることから、1998 年 1 月 7 日に第 39 次隊で調達した通信ケーブルと交換した。以後ケーブルに関連する観測の中断は起こらなかった。ケーブルの測器への巻き付きによる観測の中断については何度か起こった。

冬季から春季にかけて UV-B ガラスドームの内部に霜が生じたが内部のシリカゲルを交換 (8 月 22 日) することにより、ガラスドーム内部の霜は生じなくなった。

外部標準ランプ点検は、原則として週 1 回行った。感度変化は 1997 年 4 月くらいまでは低い傾向にあったが、年間を通して概ね安定していた。7 月 14 日に外部ランプ点検の際にランプ 3 を落とし、フィラメントが切れた。その後週一度の外部ランプ点検時には、ランプ 3 の代わりにランプ 6 を使用した。

第 38 次隊で使用したブリューワー分光光度計は、第 39 次隊により日本に持ち帰り、高層気象台の準器との比較観測を行った結果、その出力に 0.953 をかける補正を行うこととなった。

#### (8) 波長別大気混濁度観測

第 37 次隊で設置したサンフォトメーター (EKO, MS-110) の 938 nm の出力がレンジオーバーとなっていたため、1997 年 9 月 1 日に 25% の ND フィルターを取り付け正常となった。

#### (9) 波長別大気混濁度観測 (ドイツ AWI)

概ね順調に観測を行った。ラングレープロットのための観測を月に 1 回程度晴天時に行った。

### 2.4.3. 観測結果

#### (1) 地上日射・放射観測

図 20 に合成全天日射量・直達日射量・散乱日射量・全波長放射量・長波長放射量の日積算値の年変化を示す。

図 21 に全天日射量 (GL) と合成全天日射量 (EG) の差、およびその比率の年変化を示す。極夜期以外は 10% 程度合成全天日射量が少ない。これは、おもに全天日射計の高度角特性による (上野・志村, 1988) ことが考えられるが、国内と比べその差はやや大きい。この測定方法による差を検討するには、全天日射計と直達日射計の精度の検討が必要になるが、さらに散乱日射観測における遮蔽方式による精度の問題も大きいと考えられる。

今越冬期間中、遮蔽ディスク付き精密全天日射計の出力には、ほとんどの日にノイズが出力されていたが、このうち、比較的ノイズが少なかった、10 月 10 日の 1 分積算値により、バンド方式とディスク方式による散乱日射量の比較を図 22 に示す。

ディスクによる遮蔽は周辺光の一部を含んでいる。その補正は行っていないが、補正した場合、バンド方式との差はさらに拡大することになる。また、図 22 で 2 方式の差が大きくなる散乱日射レベルが午前と午後で異なっているが、ディスクのセンターズレは太陽高度角が小さ

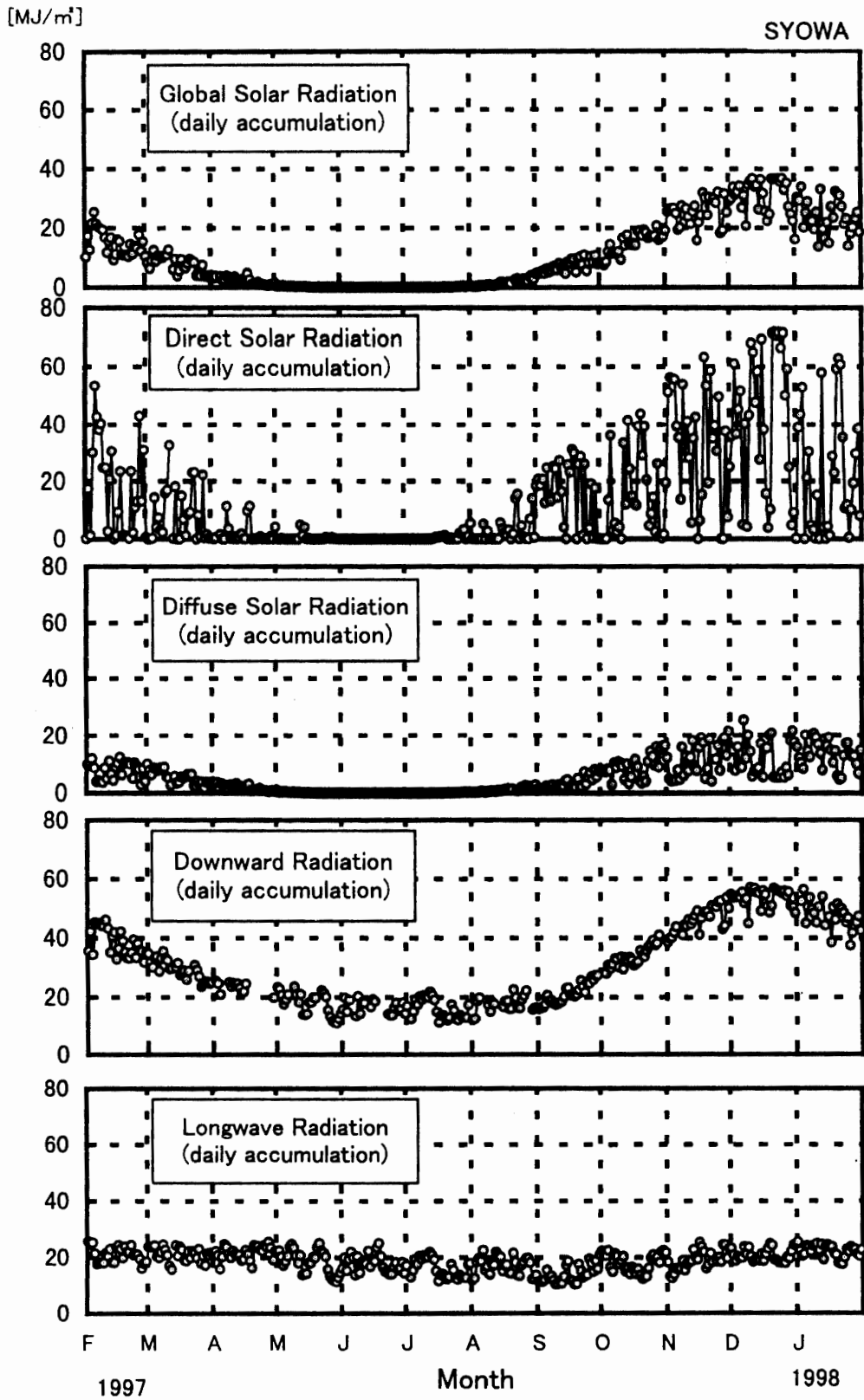


図 20 日射・放射量日積算値の年変化 (1997 年 2 月-1998 年 1 月)

Fig. 20. Annual variations of surface radiation components from February 1997 to January 1998 at Syowa Station.

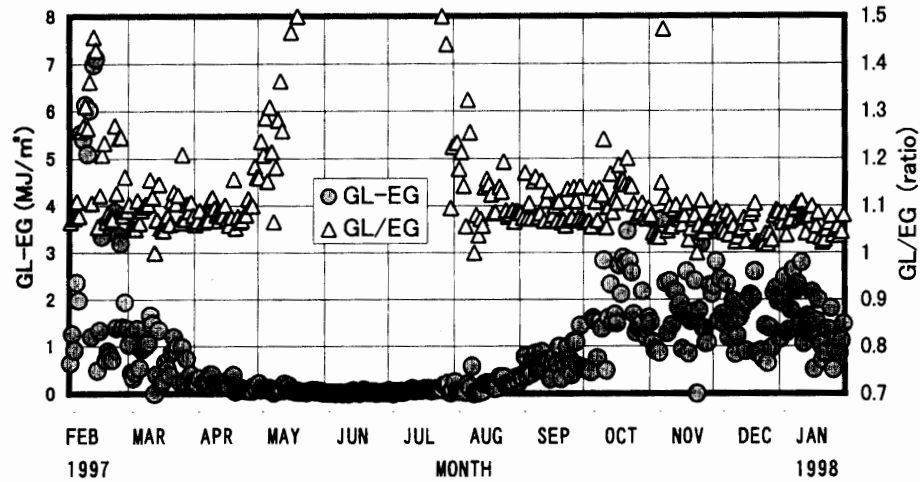


図 21 全天日射量と合成全天日射量の比較 (1997年2月-1998年1月)  
 Fig. 21. Annual variations of difference and ratio between global solar radiation (GL) and composite global solar radiation (EG) from February 1997 to January 1998 at Syowa Station.

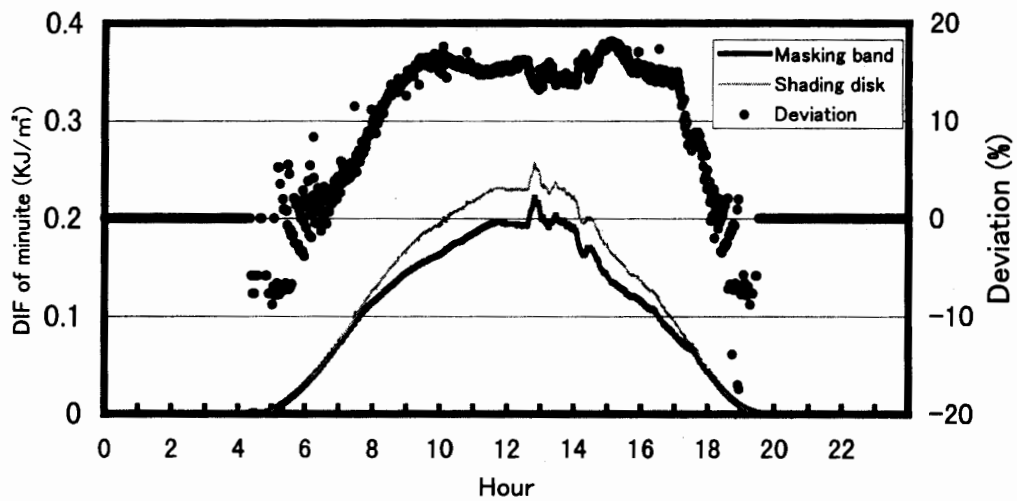


図 22 遮蔽バンド方式と遮蔽ディスク方式による散乱日射量の比較 (1997年10月10日の1分積算値の時系列)  
 Fig. 22. Diffuse solar radiation by the masking band method and tracking shade disk method using 1 min total values on 10 October 1997 at Syowa Station.

いときに多少見られたが、日中はなかった。

図 22 で、遮蔽ディスクによる散乱日射量は遮蔽バンドによる散乱日射量より太陽高度角の高い時間帯で、概ね 10-20% 程度、日積算値では 16% 多かった。なお、図には示していないが、10月1日は日積算値で 0.6% 遮蔽ディスクによる散乱日射量が多かった。10月10日は雲が少なく、時々太陽面に雲がかかるような天気であり、一方、10月1日はブリザードの日で1日中曇天だった。高層気象台における比較観測によると (志村ら, 1995), 1時間積算値で日射変動

の激しい状態で 7.2% 程度、曇天で 1.8% 程度であったことから、昭和基地での 10 月 10 日の 2 方式の差はかなり大きいことがわかる。遮蔽バンド用精密全天日射計は第 38 次隊で日本に持ち帰り、再検定を行ったが感度定数は 0.3% 程度の変化であった。

バンドによる遮蔽は周辺光を含め太陽面以外の散乱日射も遮蔽してしまうため、天空の散乱日射輝度が一様であると仮定して補正を行っている。しかし、実際には散乱日射輝度は一様ではなく、大気混濁度や雲の状態によって変化する。昭和基地は日本に比べて大気混濁度がかなり小さいことから、太陽周辺部と他の天空部分の散乱日射輝度のコントラストは日本よりも弱いと考えられる。つまり、太陽周辺部の強い散乱光が遮蔽バンドによって過剰遮蔽される量は日本より少なくなり、偏差は小さくならなければならない。この偏差の大きい原因はわからないが、全天日射量と合成全天日射量に 10% 程度の差があることの原因としては、遮蔽バンドによる補正量が少ないことも含まれると考えられる。図 20 から、散乱日射量は全天日射量の 60% 程度であり、遮蔽バンドによる散乱日射量がディスク方式より 16% 少なく観測されていることを補正すると、合成全天日射量は 10% 程度増加し、全天日射計による観測値との差が説明できる。

なお、図 21 で 2 月において全天日射量と合成全天日射量の比率が 20% から 40% と大きい日がある、これについては大気混濁度観測の項目で考察する。

図 23 に長波長放射量 (LG1) と合成長波長放射量 (LG2) の差と比率の変化を示す。LG2 の算出には全天日射量 (GL) を使用している。精密赤外放射計のドーム昇温による影響は、ドーム器温を測定することにより補正を行っている。全波長放射計は長波長側で測器定数を決定しているので、短波長側の放射が増える夏季の LG2 に影響があることが考えられる。図 23

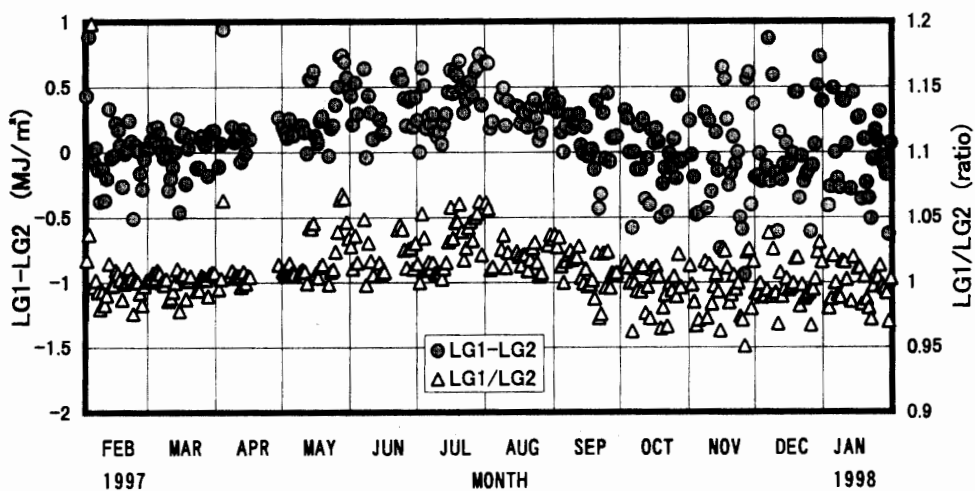


図 23 長波長放射量と合成長波長放射量の比較 (1997 年 2 月-1998 年 1 月)  
 Fig. 23. Annual variations of difference and ratio between longwave radiation (LG1) and composite longwave radiation (LG2) from February 1997 to January 1998 at Syowa Station.

で LG1 と LG2 の比は、ほとんど  $1 \pm 0.05$  に収まっており、これらの影響は一定程度におさえられていると考えられる。

夏季 (11 月から 1 月) の曇天の日と、冬季 (5 月下旬から 7 月) の晴天の日に、LG 1-LG 2 が  $0.5 \text{ MJ/m}^2$  をこえることがあった。この原因として、雲からの放射が何らかの影響を与えている可能性が考えられるが、全波長放射計はドーム内に通風しているため、そのドーム温度は、通風していない精密赤外放射計のドーム温度と異なることと関係している可能性もあり、はっきりと特定することはできない。

## (2) 紫外域日射量観測

B 領域紫外域日射計による観測結果を図 24 に示す。

図 25 は紫外域日射計の出力電圧に対してプリューワー分光光度計による B 領域紫外線強度をプロットしたものである。図中の曲線は、原点を通る二次関数の係数を最小二乗法で求めた。用いたデータは太陽高度角が 25 度以上のすべてのプリューワー観測時のもので、プリューワーによる UV-B 観測には通常約 8 分かかるため、紫外域日射計のデータは、プリューワー観測時刻  $\pm 4$  分の計 9 分間を平均して求めた。この紫外域日射計は 1995 年 2 月から連続して使用されており、その感度変化が明らかにされている (宮本ら, 1999)。今回の結果では、強い日射条件で感度が上がって直線性が悪くなる方向に変化した。

図 26 にオゾン全量と紫外域日射計による UV-B 強度及び大気路程  $\mu$  の関係を示す。大気路程  $\mu$  が 1.5, 2.5, 3.5,  $4.5 \pm 0.03$  の範囲にあり、全雲量が 5 割以下の全データを用いた。オゾン全量の観測には通常 3 分弱かかるため、UV-B 強度にはオゾン全量観測時刻  $\pm 1$  分の 3 分間のデータを平均して用いた。いずれの大気路程  $\mu$  についてもオゾン全量が減少するにつれ UV-B

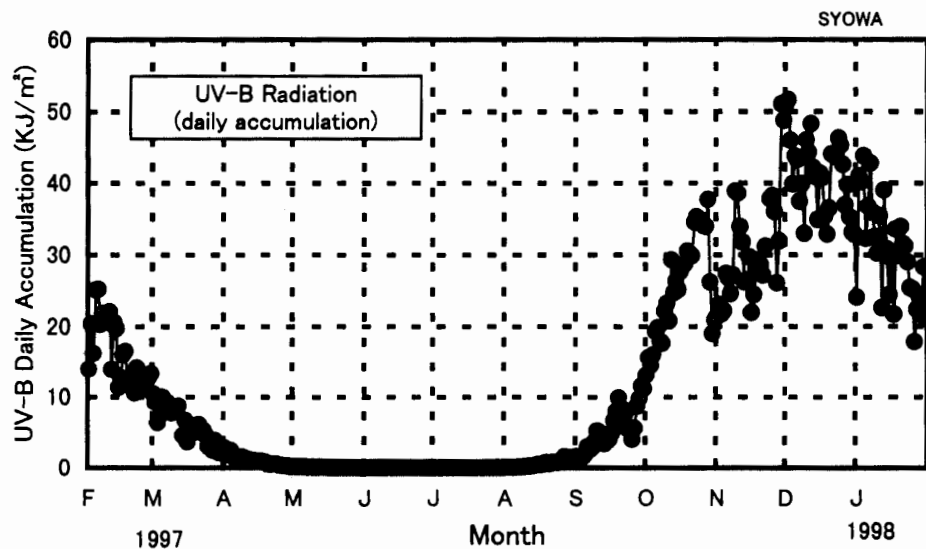


図 24 B 領域紫外域日射日積算値の年変化 (1997 年 2 月-1998 年 1 月)

Fig. 24. Annual variation of UV-B radiation from February 1997 to January 1998 at Syowa Station.

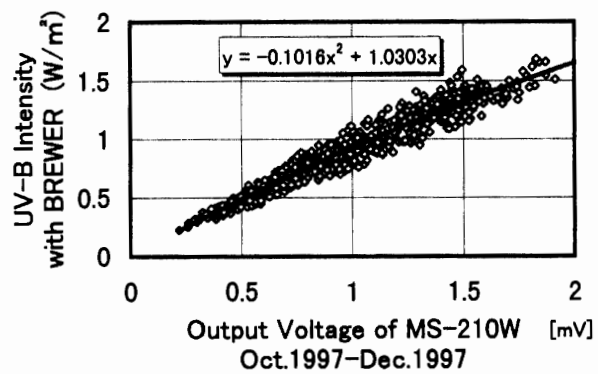
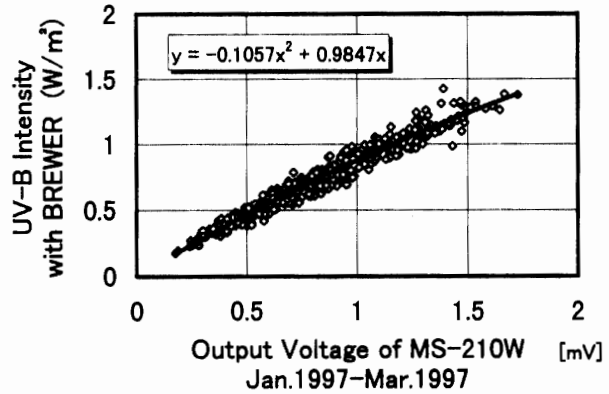


図 25 紫外域日射計の出力電圧とブリュワー分光光度計による B 領域紫外域日射強度との関係。図中の曲線は最小二乗法による 2 次近似 (ただし、原点を通る)。

Fig. 25. Relations between output voltage for global UV-B radiometer and UV-B intensity with the Brewer spectrophotometer. The solid lines show quadratic approximations by the method of least squares.

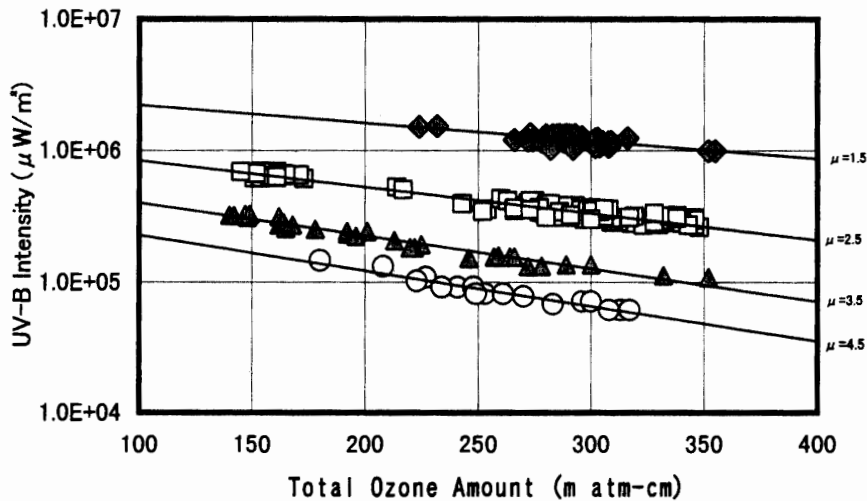


図 26 オゾン全量と UV-B 強度との関係 (1997 年 2 月-1998 年 1 月) 大気路程  $\mu$  が 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 $\pm$ 0.03 の時のデータを使用。図中の実線は最小二乗法による対数近似。

Fig. 26. Relations between total ozone amount and UV-B intensity from February 1997 to January 1998 at Syowa Station using all data when  $\mu$  are equal to 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 $\pm$ 0.03. The solid lines show the logarithmic approximation by the method of least squares.

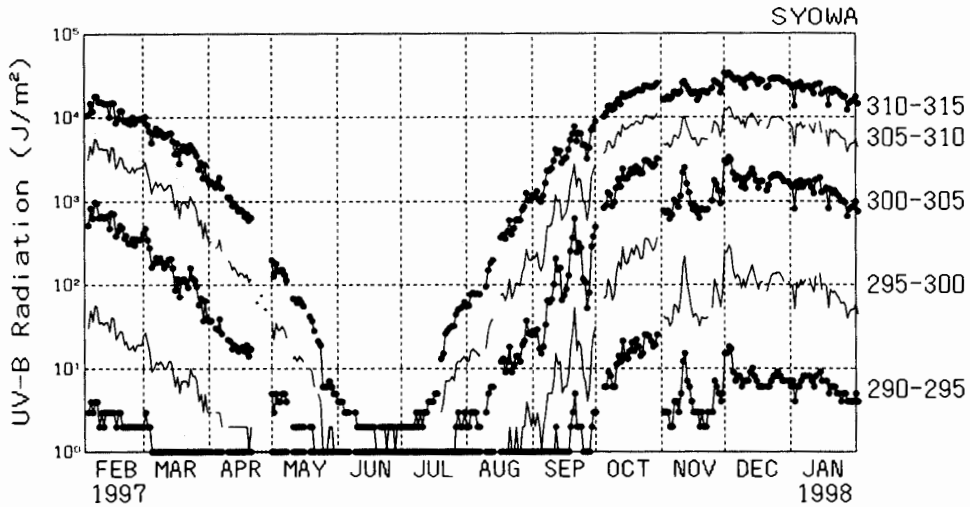


図 27 5 nm 帯別平均 UV-B 日積算値の年変化 (1997 年 2 月-1998 年 1 月)

Fig. 27. Annual variations of UV-B daily totals averaged over 5 nm bands from February 1997 to January 1998 at Syowa Station.

強度は指数関数的に増加している。オゾン全量を 300 から 297 m atm-cm へ 1% 減少した場合、大気路程  $\mu$  が 2.5 と 4.5 における B 領域紫外域日射強度はそれぞれ 1.4 と 1.8% 増加し、オゾン全量を 300 から 150 m atm-cm へ半減した場合には、 $\mu$  が 2.5 と 4.5 における B 領域紫外域日射強度はそれぞれ、2.0 倍と 2.5 倍に増加するという結果となった。これはこれまでの 35 次 (稲川ら, 1997) と 36 次 (佐藤ら, 1999) と概ね一致する。

図 27 に波長 5 nm 刻みで平均したブリューワー分光光度計による紫外域日射量を示す。オゾンによる吸収をほとんど受けない UV-A 領域に近い 310-315 nm の日積算値は太陽高度の高度角の増減に従いなだらかに推移し、夏至付近で最大値を観測している。一方、波長が短くなるにつれて、オゾンによる吸収の影響で変動は大きくなっている。290-300 nm の波長帯では 10 月下旬に極大値となっているが、これは、太陽高度が十分高い条件の中で昭和基地がオゾンホールの中に入る位置関係となったことが原因であり、この位置関係からはずれた 11 月上旬にはこの波長帯の紫外線強度は 1/10 程度となった。

図 28 に 1997 年 10 月から 11 月までのオゾン全量及び 50 hPa の気温の上昇及び UV-B 強度との関係を示す。オゾンホールは 10 月はじめにその面積が最大となり、その後は徐々に減少した。昭和基地はその緯度がオゾンホールの縁辺部に位置し、オゾンホールの形状の変化などの影響を受けてオゾン全量は大きく変動する。1997 年 10 月はこの変動がなく、昭和基地は連続してホール内で低温・低オゾン全量の状態が続いた。この間、太陽高度の増加に対応した紫外線量の増加が見られる。10 月末に成層圏気温の急上昇が見られ、これに対応してオゾン全量の急増及び紫外線量の急減が見られた。11 月中旬には一時的にホール内に入ったことによる変動があった。なお、11 月末には、50 hPa 気温が上昇したのに対し、オゾン全量が減少し紫外線



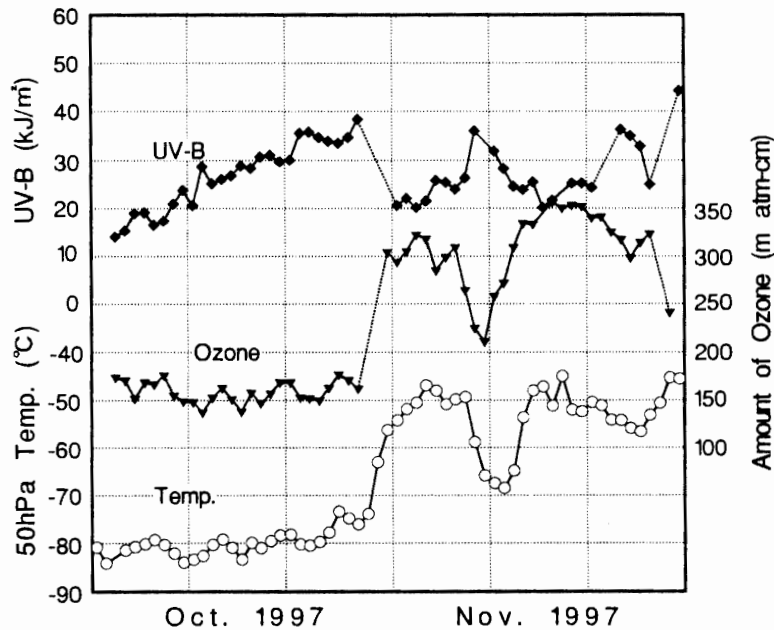


図 28 オゾン全量と 50 hPa の気温と UV-B 強度との関係 (1997 年 10 月-11 月)  
 Fig. 28. Relations among total ozone amount, 50 hPa temperature and UV-B intensity from October to November in 1997 at Syowa Station.

量が増加した。この時期はオゾンホール終末期であり、成層圏気温とオゾン全量との関係ははっきりしなくなっていたと考えられる。

(3) 大気混濁度観測

エアロゾルによる大気混濁度は波長別の直達光の観測により、光学的厚さ ( $\tau$ ) として以下の式で計算される (Frohlich and Shaw, 1980).

$$\tau = (1/m) \cdot \ln (E_0 / (E \cdot S)) - (\tau_R + \tau_0) \tag{1}$$

ここで、 $E_0$  は測器常数、 $E$  は出力値、 $S$  は太陽-地球間の距離補正係数、 $m$  は大気路程、 $\tau_R$  は大気分子によるレーリーの散乱係数、 $\tau_0$  はオゾン吸収率である。

オゾン吸収率はオゾン全量を  $T_0$  (atm-cm) として以下の式で計算される。

$$\begin{aligned} \tau_0 &= 0.0328 \cdot T_0 \quad (500 \text{ nm}) \\ &0.0415 \cdot T_0 \quad (675 \text{ nm}). \end{aligned} \tag{2}$$

また、レーリーの散乱係数は波長を  $\lambda$  ( $\mu\text{m}$ )、気圧を  $P$  (hPa) として以下の式で計算される。

$$\tau_R = 0.00838 \cdot (P/1013.26) \cdot \lambda^{(-3.916 + 0.074 \cdot \lambda + 0.050/\lambda)} \tag{3}$$

式 (1) は、直達光観測から計算される全混濁度から、レーリーの散乱係数とオゾン吸収率を引くことでエアロゾルによる混濁度が求められることを示している。式 (2) よりオゾン吸収率はオゾン全量が 300 m atm-cm の時 0.01 程度となる、式 (3) よりレーリーの散乱係数は気圧が

標準大気の 1013.26 hPa の場合、368 nm では 0.494、500 nm では 0.139 である。昭和基地におけるエアロゾルの混濁係数は 368 nm では概ね 0.02-0.04 で、レーリーの散乱係数の数%程度とごく小さい。

レーリーの散乱係数については、Young (1981) により 3.1% の補正 (定数 0.00838 を 0.00864 に) が必要であることが示されており、現在、気象庁は大気バックグラウンド汚染観測におけるサンフォトメーター観測の解析で、新たな定数を使用している。この新たな定数 (0.00864) を昭和基地に適用すると、368 nm の混濁度は 0.015 小さくなり、エアロゾルの粒径分布を表すオングストロームの波長指数がマイナスになって、大きなエアロゾルが小さいエアロゾルより多く存在するという結果が多くなった。

今までの昭和基地における混濁係数の計算に用いられているレーリーの散乱係数は式 (3) により行われてきていることもあり、日本国内の観測結果と絶対値での比較はできないものの、昭和基地における経年変化を見るために、計算式は引き続き式 (3) を用いた。

ただし、ドイツ AWI のサンフォトメーターで用いているレーリーの散乱係数は、式 (3) に Young (1981) による 3.1% の補正を施した、日本国内と同じ定数によっている。

図 29 にサンフォトメーターによるエアロゾルの光学的厚さ (以下 AOD と略記する) の各波長の年変化を示す。ただし、938 nm はエアロゾルのほかに水蒸気の吸収も受けており厳密には式 (1) は成立しないが、ここでは他の波長と同様に処理した結果をエアロゾルと水蒸気による光学的厚さとした。また、368-862 nm の 5 波長の AOD により求めたオングストロームの波長指数 (Angstrom A) と混濁係数 (Angstrom B) も示した。

368-862 nm では、9 月から 10 月にかけて AOD が大きくなり、11 月から 12 月にかけて小さくなる傾向がある。その中で 2 月中旬、8 月 30 日から 9 月 1 日、10 月 28 日から 11 月 3 日にピークがある。8 月と 10 月のピークについては、8 月の終わり頃と 10 月終わり頃に地上オゾン濃度が少なくなっており、対流圏のエアロゾルに変動があった可能性がある。

図 30 に直達日射量から求めたホイスナー・デュボアの混濁係数とサンフォトメーターによる 500 nm の AOD を示す。11 月から 12 月にかけて AOD は低くなる傾向だが、混濁係数は逆に 11 月頃からしだいに高くなる傾向がみられる。これは、混濁係数の計算には、水蒸気に吸収される波長も含まれるので、気温の上昇に伴う水蒸気量の増加に起因していると考えられる。

図 30 では、太陽自動追尾によるサンフォトメーターと直達日射計による大気混濁度が両者とも、2 月上旬から中旬にかけ大きくなったことが示されている。ここで今越冬中の AWI のサンフォトメーターの観測結果を図 31 に示す。AWI のサンフォトメーターは、観測の都度スポットを合わせている。2 月上旬から中旬にかけては、混濁係数や AOD は特に大きな値を示していない。このことから、INTRA そのもののスポットずれ、又は、INTRA に載っているサンフォトメーターや直達日射計のスポットずれや、測器の受光窓の汚れの可能性が考えられ

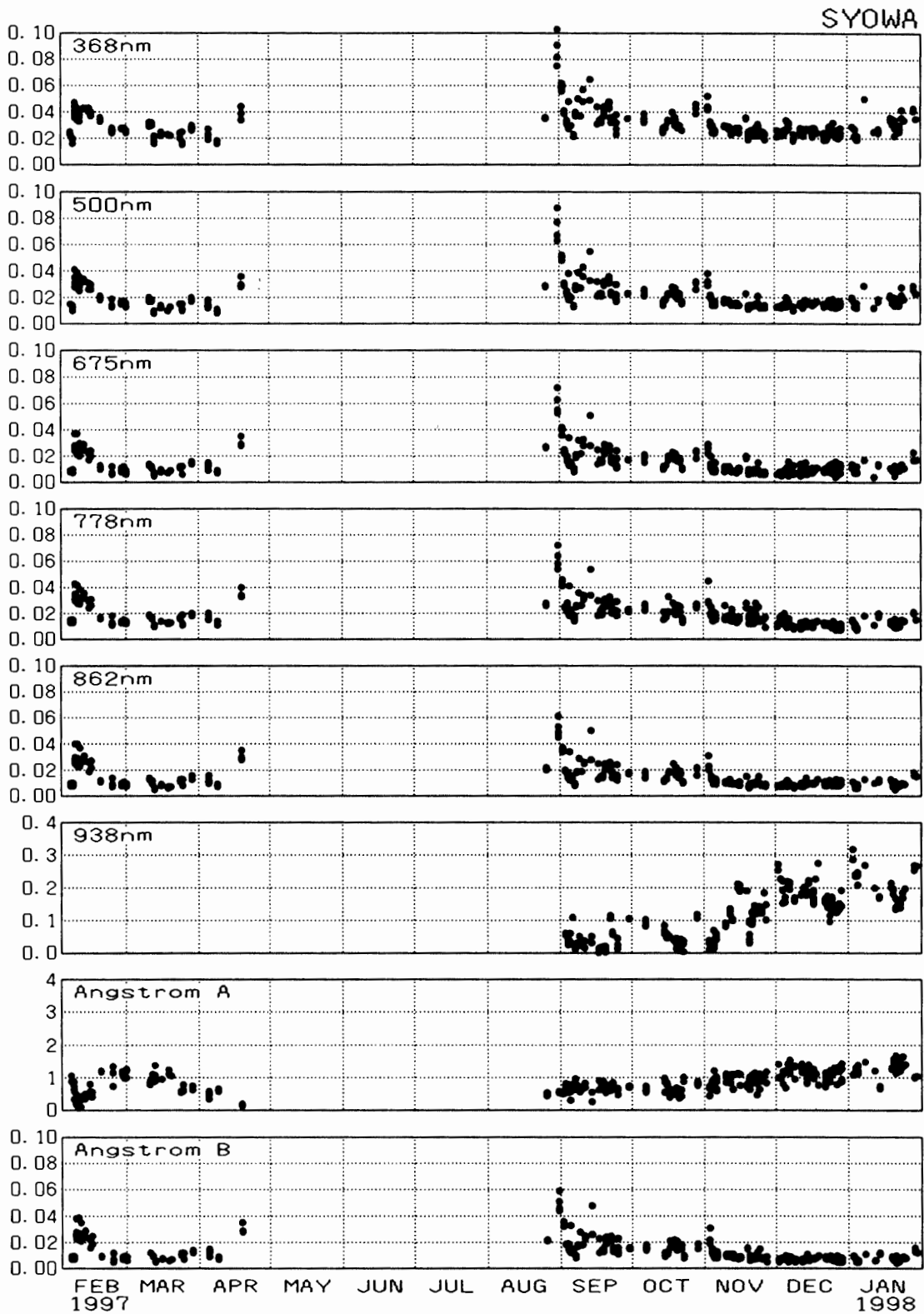


図 29 波長別のエアロゾルの光学的厚さの年変化 (1997 年 2 月-1998 年 1 月)

Fig. 29. Annual variations of aerosol optical depth from February 1997 to January 1998 at Syowa Station.

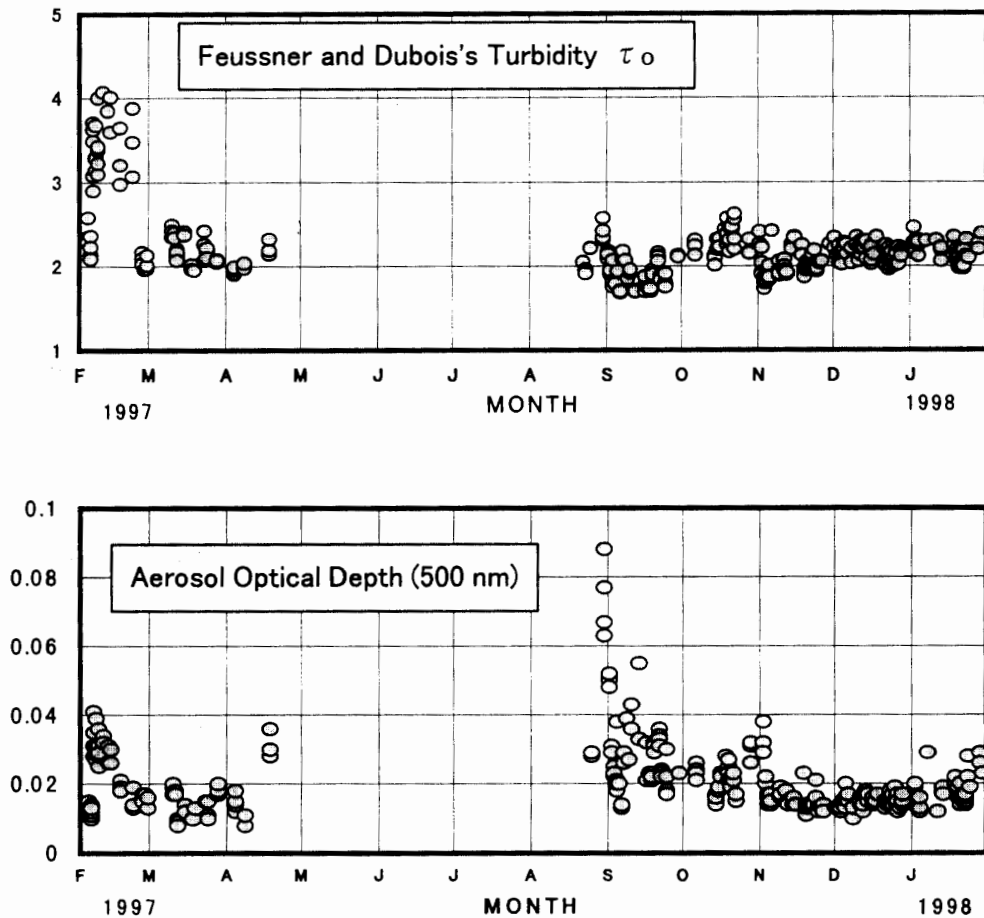


図 30 大気混濁度の年変化 (1997 年 2 月～1998 年 1 月)

上図は直達日射計によるホイスナー・デュボアの混濁係数。下図はサンフォトメーターによるエアロゾルの光学的厚さ (500 nm)。

Fig. 30. Feussner-Dubois's turbidity factor by pyr heliometer (upper) and aerosol optical depth at 500 nm by sunphotometer (lower) from February 1997 to January 1998 at Syowa Station.

る。スポットの確認や、受光窓の清掃は毎日行っていたものの、夏作業の埃等で受光窓が日中汚れやすい環境となっていた。全天日射量と合成全天日射量の差が大きい理由も、直達日射計の受光窓の汚れのために出力が小さかったからと説明できる。しかし、サンフォトメーターや直達日射計の受光窓の汚れが長期間続くことは考えにくく、また、AWIのサンフォトメーターのデータとの比較も完全にはできなかったことから、データは削除しなかった。

波長 938 nm によるエアロゾルと水蒸気の光学的厚さと、レーウィンゾンデ観測結果による可降水量との関係を図 32 に示す。可降水量は大気中の水蒸気の全量であり、この程度の可降水量では、938 nm における光学的厚さとの関係がほぼ直線的であるといえる。可降水量がゼロとなった場合のエアロゾルのみの光学的厚さは、一次相関で求めると 0.005 と計算されるが、862 nm でのエアロゾルの光学的厚さと比べ妥当な値といえる。

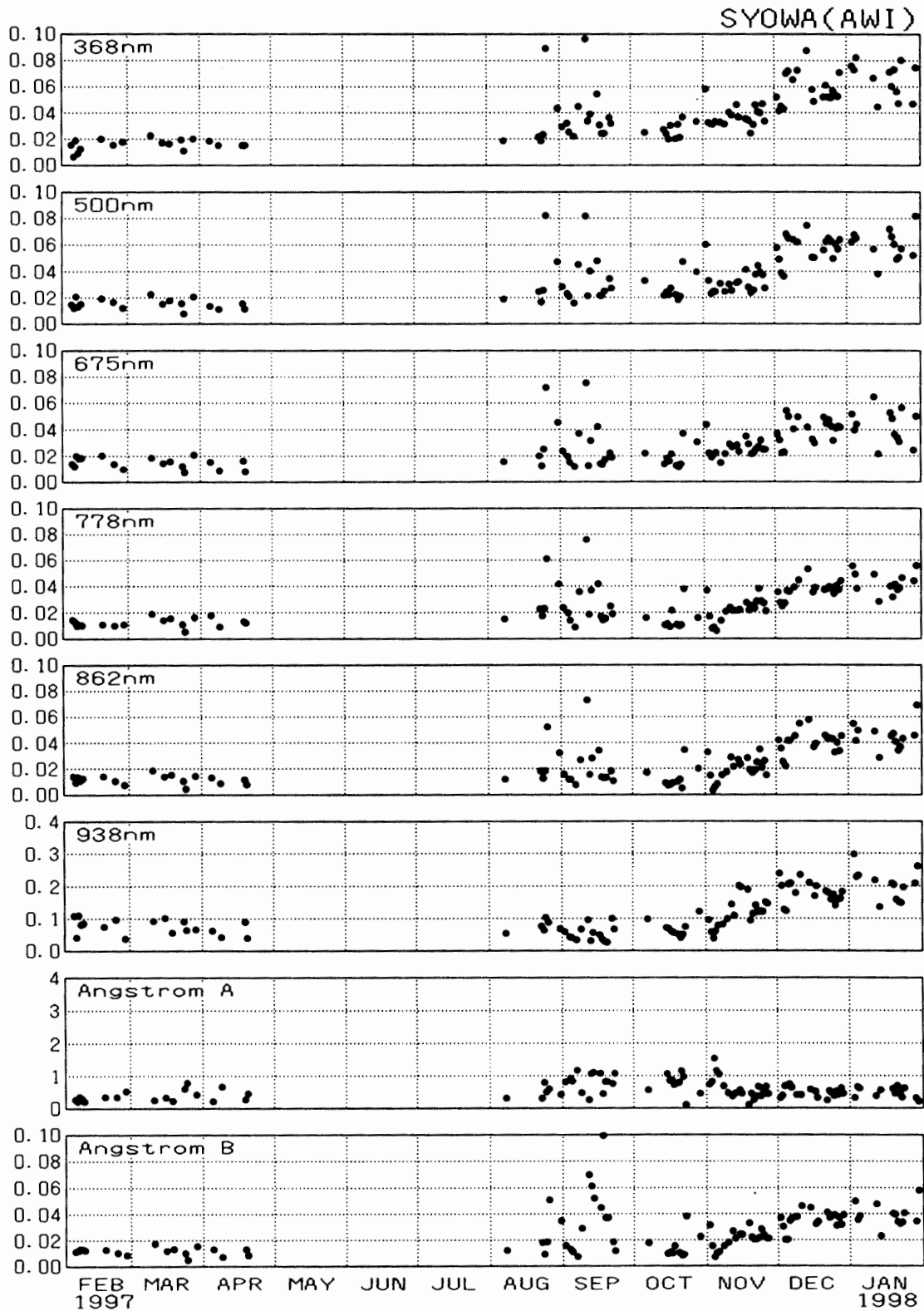


図 31 ドイツ AWI サンフォトメーターによる波長別のエアロゾルの光学的厚さの年変化 (1997年2月-1998年1月)

Fig. 31. Annual variations of aerosol optical depth by AWI sunphotometer from February 1997 to January 1998 at Syowa Station.

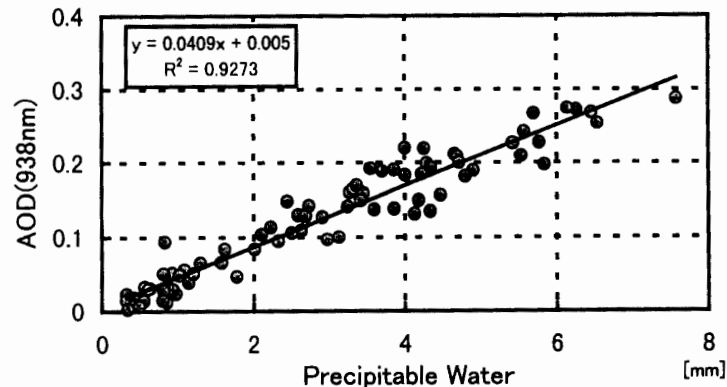


図 32 エアロゾルと水蒸気の光学的厚さ (938 nm) と可降水量との関係 (1997 年 9 月-1998 年 1 月)

Fig. 32. Relations between aerosol and vapor optical depth at 938 nm and precipitable water from September 1997 to January 1998 at Syowa Station.

## 2.5. 特殊ゾンデ観測

### 2.5.1. 輻射ゾンデ観測

#### 2.5.1.1. 観測方法と測器

RSII-R78D 型輻射ゾンデ (明星電気製) をゴム気球に吊り下げて上空約 35 km まで飛揚し、上向き及び下向きの長波放射量 (波長域 3-40  $\mu\text{m}$ )・気温・気圧・風向・風速の高度分布を観測した。

輻射ゾンデは片面に黒色塗膜、もう片面はアルミの無塗装膜の円盤状の受感部を、一枚は黒色面が上向きに、もう一枚は下向きになるよう取り付けられている。各膜面の温度と気温をサーミスタにより測定することにより、上向き及び下向きの放射量を算出し、さらに、正味放射や加熱率も計算される。気圧センサーはスミスパン製抵抗板式空ごう気圧計、気温センサーは小型ビートタイプガラスコートサーミスタ (アルミ蒸着加工) である。

ゴム気球は 1000 g のものを使用し、ヘリウムガスを充填して浮力を 2800 g とした。飛揚前の校正には輻射ゾンデ試験器を用いた。ゾンデ信号受信・測角・データ処理用の地上施設は高層観測と同じものを使用した。

観測データ処理は第 34 次観測隊気象部門が開発したプログラムを用いて行ったが、結果の通報は行っていない。観測は月の出ていない微風時の夜間 (太陽高度角が  $-12$  度以下) で、通常の高層気象観測 (レーウィンゾンデ観測) を行っていない時間帯に飛揚した。第 38 次隊では 20 台を持ち込み、例年の晴天時に加えて、雲による長波長放射の特徴を求めるための曇天時の飛揚も行った。飛揚状況を雲の状態も含めて表 12 に示す。

#### 2.5.1.2. 観測結果

##### (1) 晴天時における年間長波長放射量の変化

図 33 に快晴時における上向き長波放射量と下向き長波放射量の差から求めた放射量の高度

表 12 昭和基地における輻射ゾンデ観測  
Table 12. Radiometersonde observations at Syowa Station.

年	月	日	到達気圧(hPa)	雲の状態	備 考
1997	4	7	>5.0	曇り	
	5	3	11.0	快晴	
		4	15.7	薄曇	
		10	13.6	快晴	
		13	9.8	快晴	
		30	>5.0	快晴	
	6	7	235.0	快晴	センサー不良により観測中止
		9	>5.0	快晴	
		12	9.7	曇り	
		28	>5.0	快晴	
	7	3	5.6	快晴	
		6	>5.0	曇り	
		27	>5.0	快晴	
	8	2	>5.0	快晴	
		7	>5.0	快晴	
		18	175.1	薄曇	センサー不良により観測中止
		26	>5.0	快晴	
	9	11	>5.0	薄曇	
		22	>5.0	快晴	
	10	6	8.9	快晴	

※ >5.0は気球破裂高度が5.0hPaよりも高くなったため観測中止

分布の時間変化を示す。網掛けした領域は正味放射量が  $140 \text{ W/m}^2$  以上を示している。1997 年の観測期間中で成層圏の正味放射量が多かったのは 5 月前半, 6 月前半, 7 月後半から 9 月にかけてであった。

## (2) 雲の状態による長波長放射

雲の状態として, 全天を下中層雲が覆っている時と全天に上層雲のみがかかっている時の飛揚を行った。

全天を下中層雲が覆っている時の例として, 4 月 7 日 2030 LT 飛揚の気温, 長波放射量, 冷却率の鉛直プロファイルを図 34 に示す。同図には雲の高さを示す目安として同日 1431 LT に飛揚したレーウィンゾンデ観測による湿度の鉛直プロファイルも示す。4 月 7 日は目視観測では全天層積雲に覆われており, 750-850 hPa の高湿度層に対応するとみられ, それより上層には特に高湿度層は無く, 雲が無かったとみられる。図 34 によると, 雲底から下層で正味放射量が晴天時に比べ小さく, その変化が小さいため加熱・冷却がみられない, 雲中では, 正味放射が急増し, 雲頂付近の冷却率が  $-10 \text{ K/day}$  のピークとなる一方, 雲底付近では若干の加熱傾向にあり, Kawaguchi (1983) と同様の結果が得られた。

図 35 に, 全天に上層雲のみがかかっている時の観測例として, 9 月 11 日 2155 LT に飛揚した観測結果を示す。なお, 湿度の鉛直プロファイルは 9 月 12 日 0233 LT 飛揚のレーウィンゾンデ観測のものである。9 月 12 日は目視観測では全天巻雲に覆われており, 650 hPa から 500 hPa にかけて対応する高湿度層が見られるほかは, 下中層雲は観測されていない。図 35 によると上向き放射量は地上付近から巻雲の雲底にかけての変化量は少なく, 雲底から雲頂にかけて

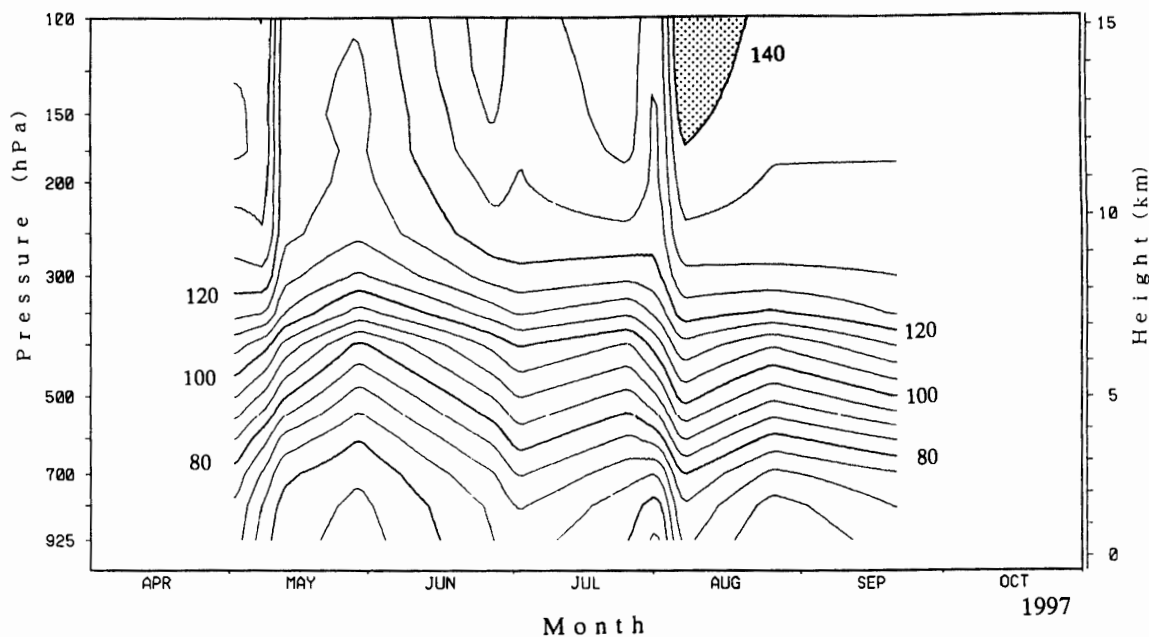


図33 輻射ゾンデによる正味放射量の変化。  
 正味放射量が  $140 \text{ W/m}^2$  以上の部分には影をつけてある。  
 Fig. 33. Variations of net flux of infrared radiation ( $\text{W/m}^2$ ) by radiometer sonde in 1997 at Syowa Station. Net flux above  $140 \text{ W/m}^2$  is shaded.

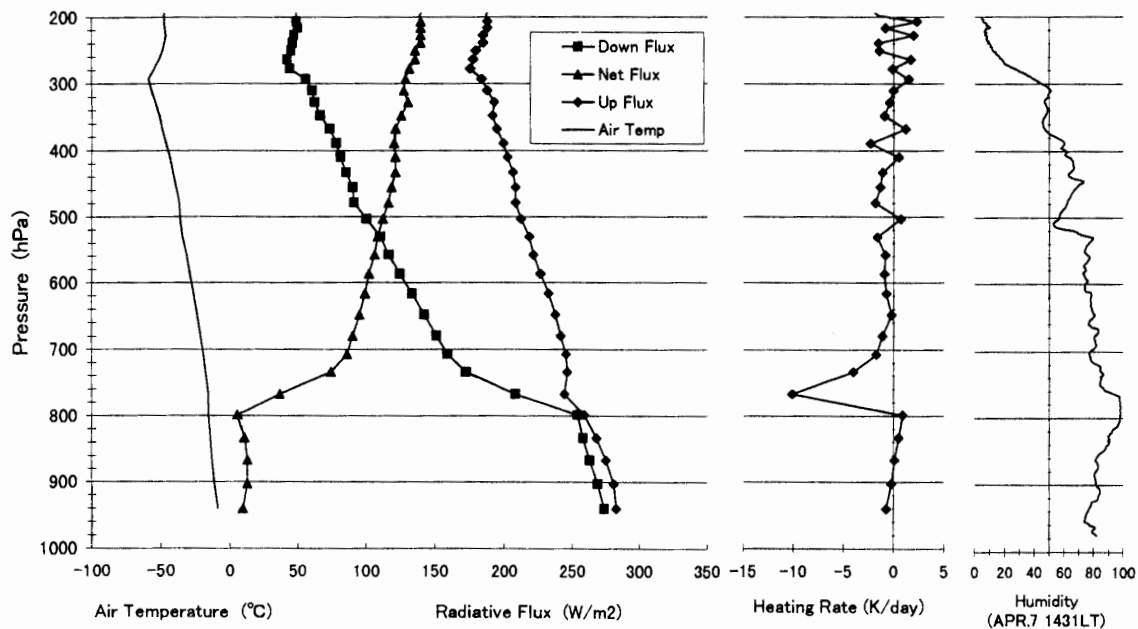


図34 曇天(下層雲)時における長波長放射量, 冷却率, 湿度の鉛直プロファイル  
 Fig. 34. Vertical profiles of infrared radiation, heating rate and humidity under low cloud coverage, 7 April 1997, at Syowa Station.



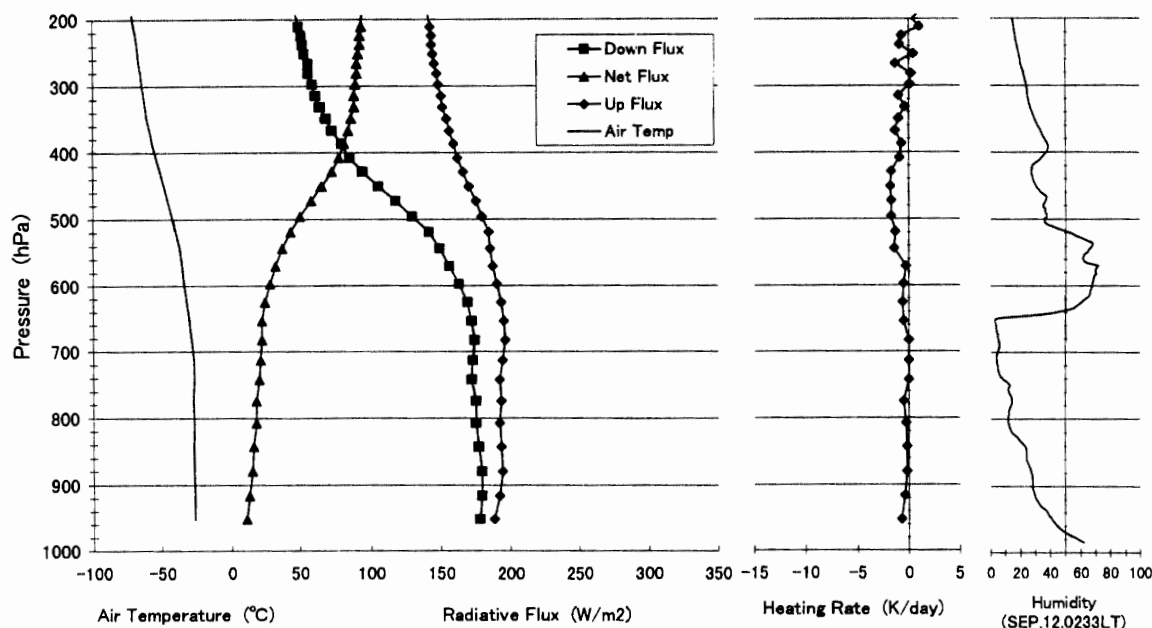


図 35 曇天(上層雲)時における長波長放射量, 冷却率, 湿度の鉛直プロファイル  
 Fig. 35. Vertical profiles of infrared radiation, heating rate and humidity under high cloud coverage, 11 September 1997, at Syowa Station.

ゆっくりとした変化で減少, 雲頂より上層にかけて急激に減少していくのがわかる。また, 冷却率も下中層雲の例ほど大きな冷却は無かったものの雲底付近から上層に若干の冷却が認められた ( $-1.8$  K/day 程度)。上層雲の放射量の変化に関しては, 雲を構成する雲水量(氷晶の密度)やその粒径の関与が考えられる。

## 2.5.2. エアロゾルゾンデ観測

第 38 次隊から始まった気水圏系プロジェクト研究観測の「南極大気・物質循環観測」で計画されたエアロゾルゾンデ観測に協力するため, 及び今後の定常観測化への技術的検討を行うため, 独自に用意した 5 台を加えた 6 台のエアロゾルゾンデを用いた観測を行った。

### 2.5.2.1. 観測方法と測器

光散乱方式のパーティクルカウンタ(以下 OPC 部分と標記)とレーウィンゾンデ(RS2-91 型レーウィンゾンデ, 以下 91 ゾンデ部分と標記)を搭載した 95 型 Sch エアロゾルゾンデ(シグマテック製: 以下エアロゾルゾンデと標記)をゴム気球に吊り下げて上空約 30 km まで飛揚し, 粒子半径 0.15, 0.25, 0.4, 0.6, 1.8  $\mu\text{m}$  以上の各粒子数, 気温, 湿度, 気圧, 風向, 風速の高度分布を観測した。エアロゾルゾンデに搭載されているセンサーの詳細及び飛揚器材を表 13 に示す。

飛揚前点検として OPC 部分についてはその基板上的入出力電圧に異常が無いことを確認した。また, 91 ゾンデ部分については減圧槽内での気圧計点検, 室内での気圧, 気温, 湿度の点検を高層気象観測指針(気象庁, 1995)に基づいて行い, 各要素の偏差が基準内のもののみ

表 13 昭和基地におけるエアロゾルゾンデ器材仕様  
 Table 13. Specification of Balloon-Borne Optical Particle Counter.

91 ゾンデ部	高層気象観測の項を参照	
OPC部	光学系	光源：レーザーダイオード（波長810nm） 散乱角：前方散乱方式 検出素子：シリコンフォトダイオード
	サンプルエア	ポンプ：アルミギアポンプ サンプリング流量：約 3000cm <sup>3</sup> / min（地上値） シースエア：約 500cm <sup>3</sup> / min（地上値）
	粒径区分	5 ch 同時計数方式 （粒子半径 0.15, 0.25, 0.4, 0.6, 1.8 μm 以上の粒子を計測）
	計数分解能	約20秒
伝送データ	時刻（電源投入後の秒数） 粒子半径 0.15, 0.25, 0.4, 0.6, 1.8 μm 以上の各粒子毎の 20 秒積算値 ポンプ回転数 排気温度 内部温度 半導体式気圧計値（Low モード, High モード） 基準電圧値（0V, 4V） レーザー電流値 リファレンス信号 91 ゾンデデータ（気圧、気温、湿度）	
気球	3000g気球（標準浮力：7000g）	
その他	パラシュート使用	

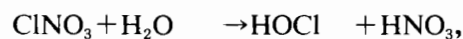
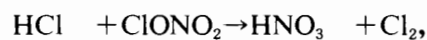
を観測に使用した。

飛揚前には点検済みの OPC 部分と 91 ゾンデ部分を連結し、エアロゾルゾンデとしての電波を送受信し、各種要素が正常に出力されることを確認するとともに、フィルターを用いて粒子数がゼロとなることを確認した後、飛揚した。

飛揚前後の電波の受信及び測角はモノパルス方式の自動追跡型方向探知機（明星電気製 MOR-22 型）を用いた。ゾンデ信号変換器からの受信信号のシリアル出力をノートパソコン（NEC 製）で処理し、データ保存、作表、統計処理を行った。処理用のソフトウェアは第 38 次観測隊で作成した。

#### 2.5.2.2. 観測計画及び経過

冬季の南極域成層圏は太陽光が当たらないため放射冷却により著しく低温となる。ある程度低温となると氷、硝酸 3 水和物（HNO<sub>3</sub>・3H<sub>2</sub>O, Nitric Acid Trihydrate, 以下 NAT と表記）等により構成される極成層圏雲（Polar Stratospheric Clouds, 以下 PSCs と表記）が生成される。この PSCs の表面では、



等の反応が進行し、オゾン破壊に寄与する  $\text{Cl}_2$  や  $\text{HOCl}$  等の前駆物質を成層圏内に蓄積させていくと考えられている (国立極地研究所編, 1988)。従って、春先に出現するオゾンホールへの PSCs の寄与や極域における物質循環、成層圏エアロゾルの季節変化を明らかにするため、次の条件でエアロゾルゾンデ観測を行った。

- 1) 夏季
- 2) PSCs が形成される前の時期
- 3) PSCs が形成される時期
- 4) オゾンホールが形成される時期

第 38 次観測隊では、この条件に従って観測を行った。飛揚状況を表 14 に示す。

表 14 昭和基地におけるエアロゾルゾンデ飛揚状況  
Table 14. Aerosol sonde observations at Syowa Station.

飛揚年月日		到達高度
1997年	4月 2日	28.3hPa(24km)
	5月 27日	8.1hPa(30km)
	7月 3日	13.4hPa(26km)
	8月 19日	8.8hPa(28km)
	9月 22日	13.1hPa(27km)
1998年	1月 28日	11.6hPa(31km)

### 2.5.2.3. 観測結果

#### (1) 季節変化

図 36 に観測されたエアロゾル粒子の季節変化を重量混合比で示す。成層圏エアロゾルを 11 km 以上のデータで見ると、8月19日の高度 11-17 km と、7月3日の高度 24 km 以上で、PSCs の影響による重量混合比の増大が認められた。また、高度 11-20 km では PSCs が観測される前後での顕著な混合比の変化はみられないが、高度 20-25 km では9月に重量混合比の減少が認められた。

PSCs を構成する粒子の生成条件を見るため、1997年4月から12月までの上層の気温の時間高度断面図 (00 UTC の観測値を使用) を図 37 に示す。PSCs を構成する物質の一部と考えられている NAT 粒子が析出する気温領域 (硝酸 10 ppbv・水蒸気 5 ppmv の雰囲気仮定) に薄い影を、氷粒子が析出する気温領域 (水蒸気圧 5 ppmv の雰囲気仮定) には濃い影をつけて、PSCs 生成の目安とした (Hanson and Mauersberger, 1988a, b)。これによると、1997年は PSCs の生成可能な気温の条件が6月から10月下旬まで断続的に続いていたことになる。目視によると6月後半、7月後半、8月中頃に、筋状又は赤く濁ったような PSCs が観測されており (表 15)、図 37 の影領域に良く対応している。エアロゾルゾンデ観測においても PSCs 生成の条件を満たしている7月3日及び8月19日の観測においては PSCs を捕らえており、特に8月19日の観測では、発達した PSCs が観測された。

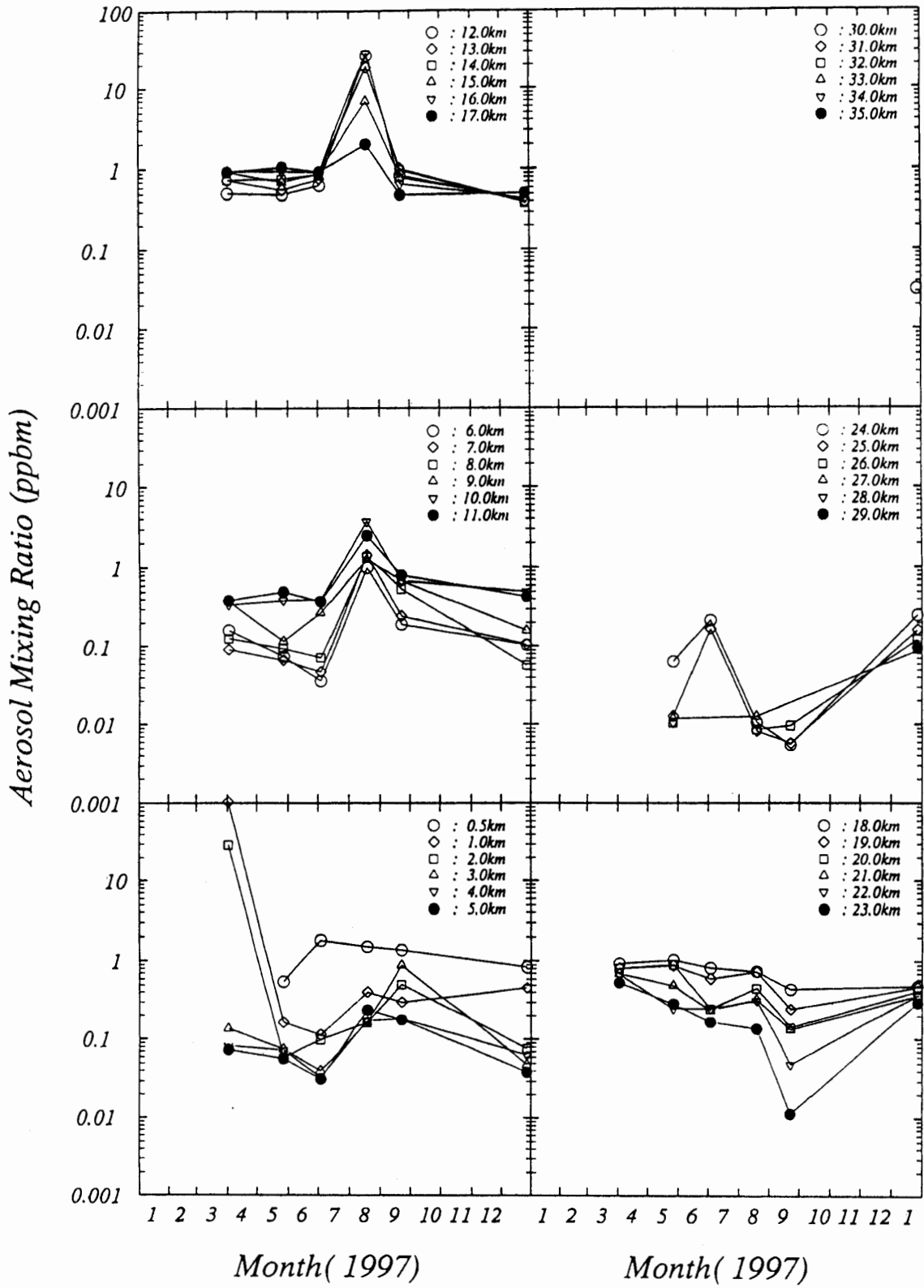


図 36 エアロゾルの重量混合比の季節変化  
 Fig. 36. Variations of aerosol mass mixing ratio over Syowa Station.

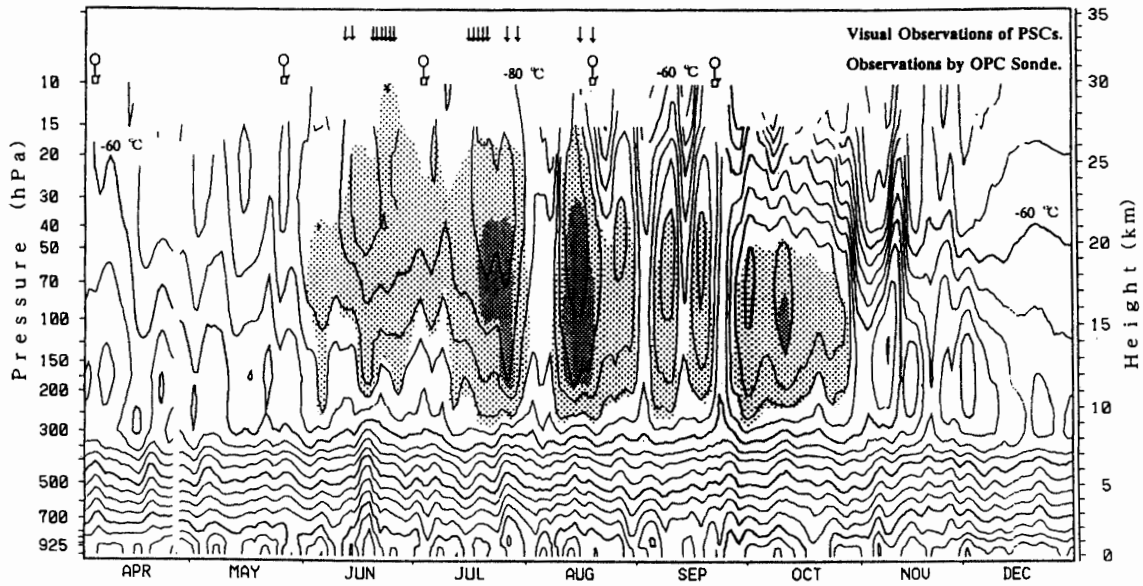


図 37 気温の時間高度断面図 (1997 年). 薄い影は NAT が析出する温度域 (硝酸: 10 ppbv, 水蒸気: 5 ppmv を仮定), 濃い影は氷が析出する温度域 (水蒸気: 5 ppmv を仮定).

Fig. 37. Time-height cross section of temperature obtained from upper air observations at Syowa Station in 1997. The thin shaded region is an area of frost point temperatures of "NAT" (assumed mixing ratios of  $HNO_3$  is 10 ppbv, and water vapor is 5 ppmv), the thick shaded region is an area of "ICE" (assumed mixing ratios of water vapor is 5 ppmv).

表 15 昭和基地における極成層圏雲 (PSCs) の目視観測 (1997 年)

Table 15. Visual observations of Polar Stratospheric Clouds (PSCs) at Syowa Station in 1997.

	6月	7月	8月
PSCsの観測日	14日	16日(筋状雲含む) 17日(筋状雲含む)	16日
	16日	18日 19日	19日(筋状雲含む)
	19日(筋状雲を含む) 20日	20日	
	21日	25日	
	22日		
	23日	28日	
	24日		

(2) PSCs が観測された 8 月 19 日の観測

PSCs を構成する粒子の増大が認められた 8 月 19 日の観測における粒子数濃度の高度分布を図 38 に, 同日の高度別の粒径分布を図 39 に示す。

8 月 19 日の目視による観測では, それまで筋状に見えていた PSCs の「濃さ」が薄らいできていた。このことは, PSCs が生成する気温が維持されている中で PSCs の状態 (固相か液相, その構成物質や濃度など) が変化することを示唆している。

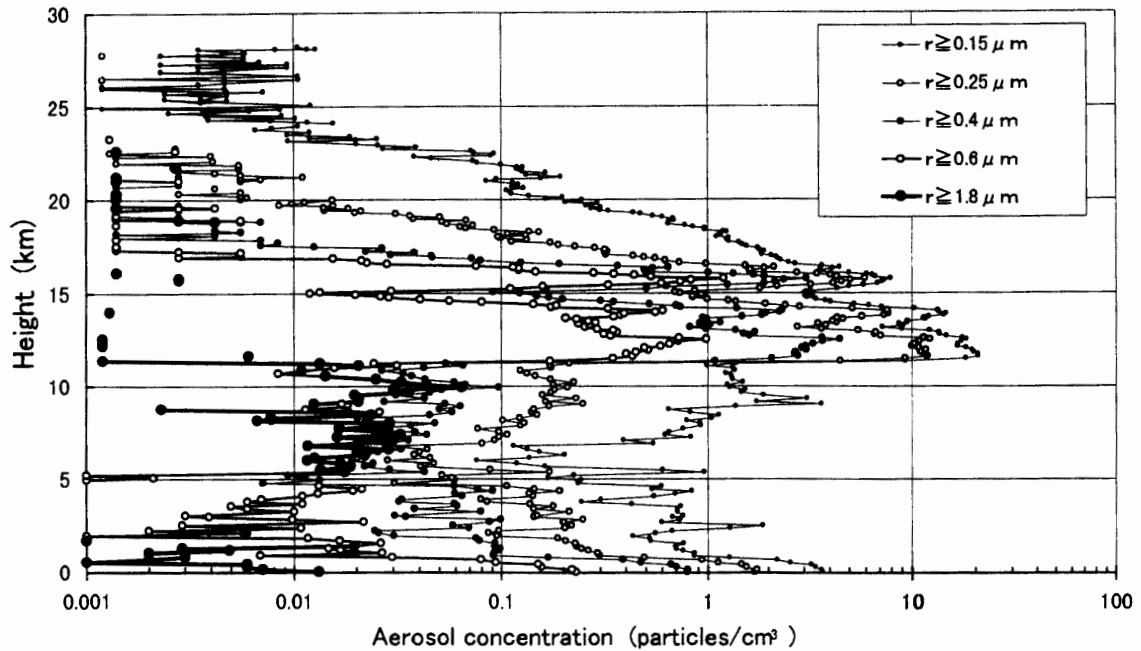


図 38 エアロゾルの積算数密度の高度分布 (1997 年 8 月 19 日)

Fig. 38. Aerosol profiles in integrated number concentration over Syowa Station on 19 August 1997.

図 37 によると圏界面より上層では、8月上旬から NAT 粒子が生成される気温条件が整っており、さらに、8月19日は氷粒子が生成する気温領域に入っていた(濃度条件は図説明参照)。このような低温下では、NAT や氷のような固体粒子に加えて、液体粒子(おもに硝酸・水・硫酸の過冷却3成分溶液)が存在する可能性が、エアロゾルゾンデとライダーによる同時観測から言われるようになってきている(Hayashi *et al.*, 1998)。この、北極・ニーオルスンにおける観測によると、固相 PSCs の特徴として  $1.8 \mu\text{m}$  以上の粒子濃度の増大が見られることに対して、液相の PSCs は、より小さいサイズにも粒子濃度の増大が見られることが特徴である。

昭和基地でも、PSCs が発現する前の観測では圏界面(高度約 12 km)より上層の粒子半径  $0.15 \mu\text{m}$  以上の粒子数は圏界面付近で約  $1 \text{個}/\text{cm}^3$  であったのに対して、8月19日の圏界面付近の粒子数は最大  $20.7 \text{個}/\text{cm}^3$  にその数が激増していた。また、図 39 の粒径分布図によると、圏界面から高度 18 km までは  $0.25\text{--}0.6 \mu\text{m}$  の粒子濃度が他の粒子濃度に比べ高い濃度を示している。これらのことから、8月19日に観測された圏界面付近の PSCs は固相よりも液相が卓越した PSCs 層であったこと、加えて、氷が析出する温度域でもあったことから、硝酸・水・硫酸の過冷却3成分溶液の粒子が存在した可能性が高いことが推測される。なお、同時に存在していたと考えられる固相 PSCs については、PSCs が存在する空気塊の温度履歴を調べることにより、その構成する物質を明らかにすることができる(木津ら, 1998a, 1999a, b)。

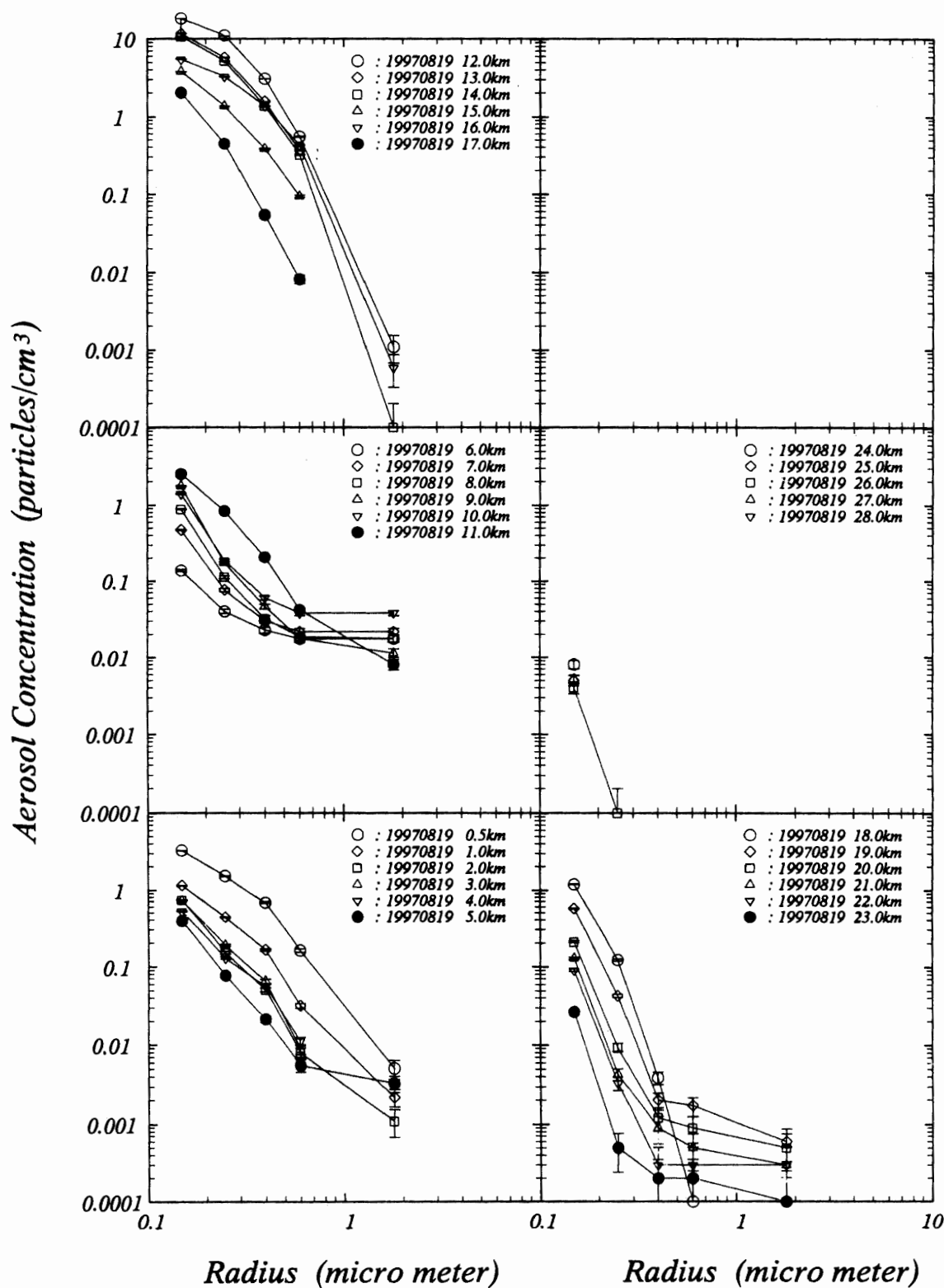


図 39 高度別のエアロゾル積算数密度の粒径分布 (1997 年 8 月 19 日)  
 Fig. 39. Size distributions of aerosol integrated number concentration at each level over Syowa Station on 19 August 1997.

## 2.6. 天気解析

### 2.6.1. 解析に用いた資料

昭和基地における地上及び高層観測資料のほかに、次の資料を利用した。

#### (1) FAX 放送天気図

キャンベラ放送の 00, 12 UTC の南半球 500 hPa 面解析図と地上および 500 hPa 面の 48 時間予想図, 同放送の 00, 12 UTC インド洋地上実況図, プレトリア (南アフリカ) 地上天気図 (06, 12, 18 UTC).

#### (2) 気象庁配信天気図

インマルサット FAX により気象庁 (JMA) 解析資料の提供を受けた。内容は南半球の地上・高層実況天気図及び予想天気図 (24-120 時間予想)。

#### (3) 極軌道気象衛星雲写真

NOAA-12, 14 号の赤外及び可視画像 1 日 5-10 枚。

#### (4) 静止気象衛星 METEOSAT からの気象資料放送

極軌道気象衛星 NOAA の軌道情報及び静止気象衛星の雲画像等。

南極各基地の SYNOP, TEMP 及び気候電報。

#### (5) ロボット気象計

S16 (昭和基地の東方向, 標高 500 m, 海岸から 10 km) 地点のロボット気象計による気温及び風向, 風速。

### 2.6.2. 天気解析の活用

上記の資料を利用して低気圧や前線の位置と移動状況を把握し, 野外行動, 航空オペレーションなど天候に左右されやすいオペレーション時に関係者へ気象情報を提供した。

また, プリザードによる外出注意令・禁止令の発令・解除のために資料提供したほか, 翌日の天気予報を夕食のミーティング時に毎日発表した。

## 2.7. その他の観測

### 2.7.1. 内陸旅行中の気象観測

第 38 次観測隊気象部門は, 夏期ドームふじ越冬支援旅行 (1996 年 12 月 20 日~1997 年 2 月 10 日) 及び春期ドームふじ燃料補給旅行に参加した。ドームふじ観測拠点へのルートは夏期, 春期共に同様であり, S16 からみずほ基地間が S ルート, H ルート, Z ルート, みずほ基地からドームふじ観測拠点間が MD ルートであった (図 40)。

#### 2.7.1.1. 観測方法

内陸旅行中は気圧・気温・風向・風速・視程・天気・雲量・雲形・大気混濁度の観測を行った。気圧, 気温, 風向, 風速, 大気混濁度の観測にはそれぞれ携帯型半導体式気圧計 (夏期旅行時は携帯用アネロイド型気圧計を併用), スリング式温度計, ハンドベアリングコンパス, 携



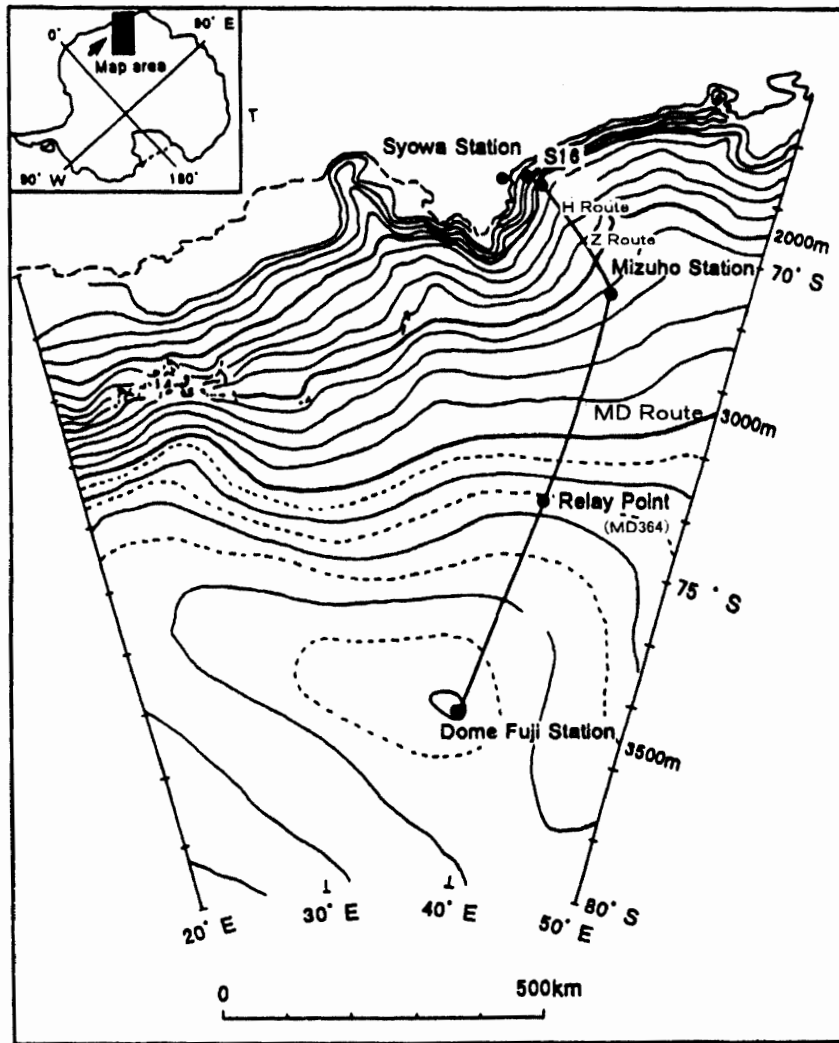


図 40 昭和基地からドームふじ観測拠点への経路  
 Fig. 40. Traverse route from Syowa Station to Dome Fuji Station.

帯型風速計，携帯型サンフォトメーターを用い，視程，天気，雲量，雲形は目視により観測した。気圧計の値についてドームふじと昭和基地で確認をしたが，1 hPa 程度の誤差であったので，旅行中の観測値に対する補正は行わなかった。

春期旅行時には高層気象観測用 RS2-91 型レーウィンゾンデ (明星電気製: 以下 91 ゾンデと標記) を使用してノートパソコンに気温，気圧，湿度を取り込む移動用地上気象観測装置で自動観測を行った。なお，使用した移動用地上気象観測装置及び制御用ソフトウェアは第 38 次隊が作成した。

2.7.1.2. 観測経過

(1) 夏期ドームふじ越冬支援旅行 (1996 年 12 月 20 日～1997 年 2 月 10 日)

観測は基本的に 09 時，21 時 (LT) に行った。

風速は 3 m/s 未満については目視により求めた。

(2) 春期ドームふじ燃料補給旅行 (1997年10月7日~1997年11月19日)

観測は 06, 09, 12, 15, 18, 21 時 (LT) に行った。

風速は 3 m/s 未満については静穏とした。

91 ゾンデによる自動観測は雪上車の電源が使用可能な間、1分ごとに気圧、気温、(湿度)の観測を行った。作成した移動気象観測装置の系統図を図41に示す。SM100型雪上車のルーフに取り付けた91ゾンデのアナログ信号(変調波周波数: 1000-4000 Hz, 気温、気圧、湿度、レファレンスの各要素1秒切り替え)を周波数カウンタを通してノートパソコンに取り込み、物理値に変換した。気圧値については昭和基地での点検結果に基づいて補正を施している。物理値に変換したデータは、振動によるデータセーブミスをできるだけ少なくするため、ノートパソコンのRAMへ保存し、キャンプ地へ着いた後、FDに再保存した。なお、91ゾンデの気圧計は、補給旅行前後に昭和基地気象棟において通常の高層気象観測用と同様の検定を行い補正値を求めた。また、室内における温度、気圧計の検定も実施した。

2.7.1.3. 観測結果

(1) 夏期ドームふじ越冬支援旅行

夏期ドームふじ越冬支援旅行中の21時(LT)における気温、気圧、風向、風速を図42に示

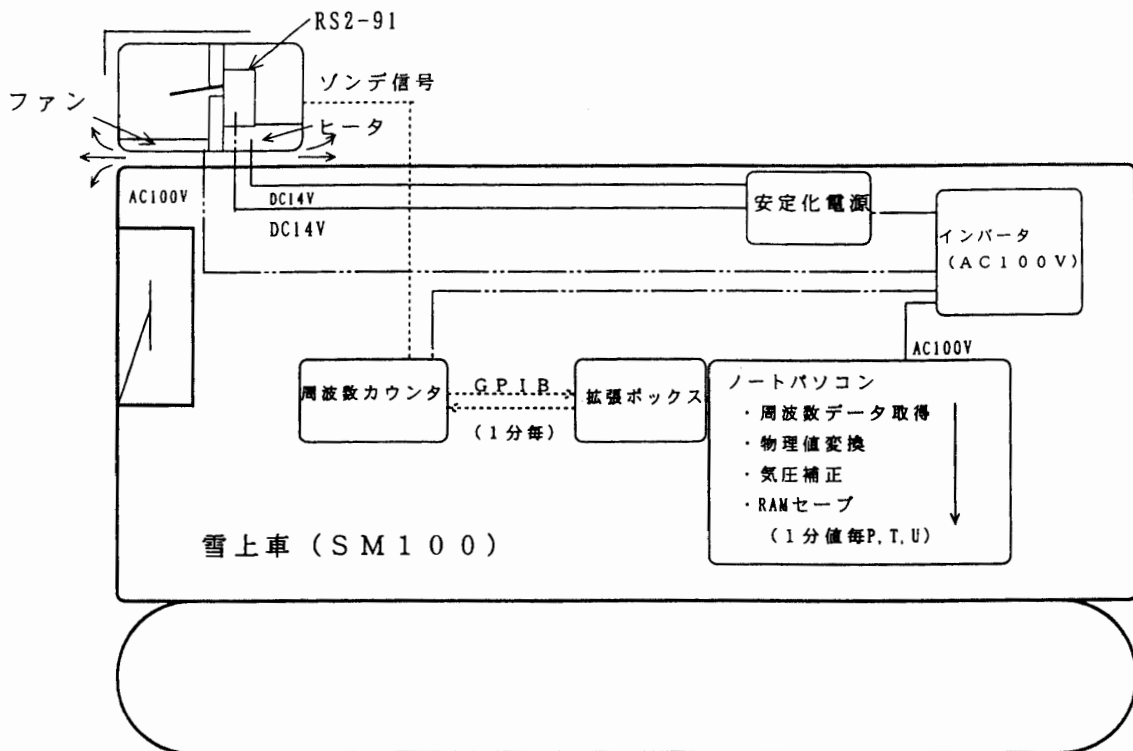


Fig. 41. Schematic diagram of the mobile weather observation system.

す。往路，復路共，概ね東風であったが，往路の MD702 (1997 年 1 月 15 日 21 LT) から西よりの風に変わった。往路では旅行出発時の S16 で 12 m/s (1996 年 12 月 24 日 09 LT)，復路ではみずほ基地で 15 m/s (1997 年 2 月 6 日 09 LT) の最大風速を観測した。

気温では往路の最低気温が MD561 の  $-34.0^{\circ}\text{C}$  (1997 年 1 月 13 日 21 LT) を観測し， $-30^{\circ}\text{C}$  を下回ったのは MD428 (1997 年 1 月 12 日 09 LT) からであった。復路での最低気温は  $-36.5^{\circ}\text{C}$  (1997 年 1 月 26 日 09 LT: MD700, 1997 年 1 月 27 日 21 LT: MD550) を観測し， $-30^{\circ}\text{C}$  を初めて上回ったのは MD200 (1997 年 1 月 31 日 21 LT) からであった。

(2) 春期ドームふじ燃料補給旅行

春期ドームふじ燃料補給旅行中の気温，気圧，高度，風速を図 43a (往路)，図 43b (復路) に示す。91 ゾンデによる観測要素は気温及び気圧値で，1 分ごとにサンプリングを行ったが，雪上車のエンジンを止めている間はインバータが使用できないのでデータは取れていない。また，夜間は行動を停止するので気圧値のグラフは段状になっている。図 43a，図 43b の風速は定時 (06, 09, 12, 15, 18, 21 LT) の手動観測による値をプロットした。また，高度は定時にいた観測値をプロットした。

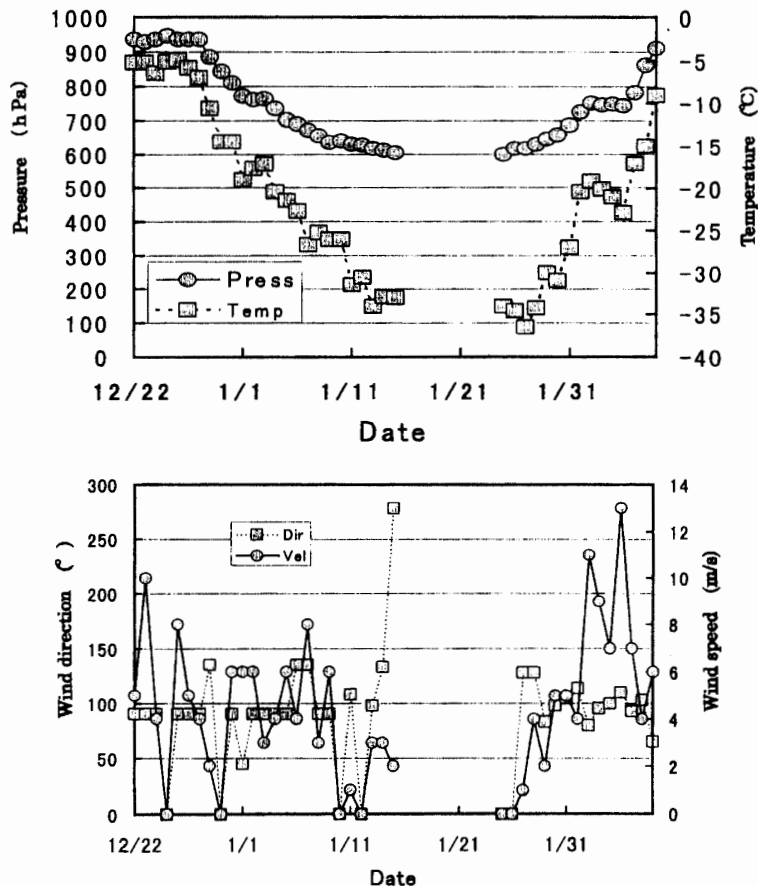


図 42 夏期ドームふじ越冬支援旅行往復路の気象データ (21 LT) の経過  
 Fig. 42. Surface meteorological data during traverse to Dome Fuji Station in summer.

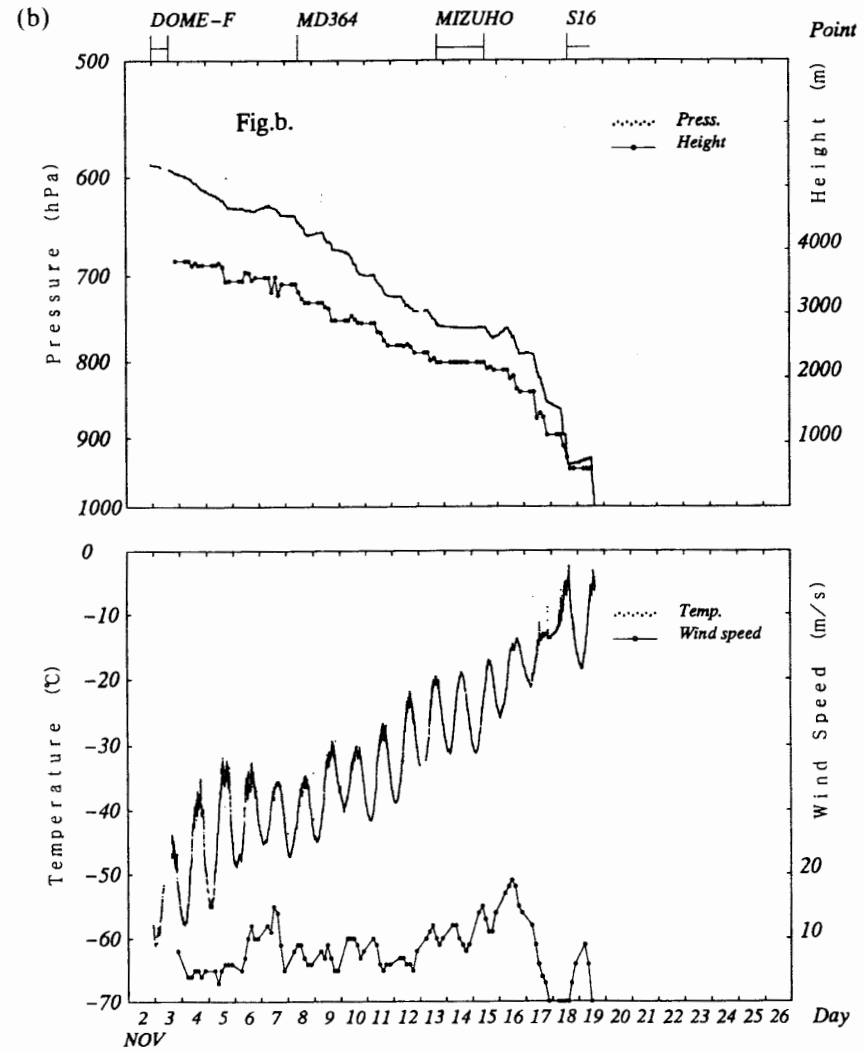
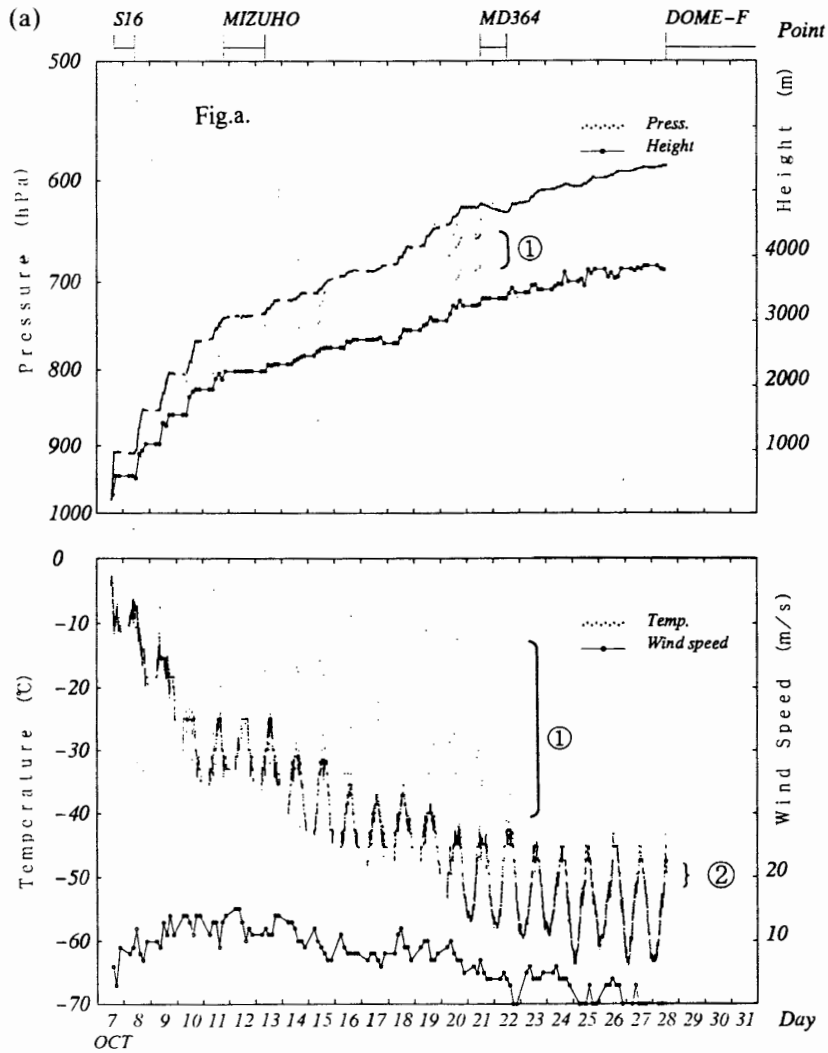


図 43 春期ドームふじ燃料補給旅行往復路の気象データと標高の経過

Fig. 43. Altitude and surface meteorological data during traverse to Dome Fuji Station(a) and from Dome Fuji Station(b) in spring.

春期燃料補給旅行中の最低気温は往路では MD658 で $-63.9^{\circ}\text{C}$  (1997 年 10 月 27 日 02 時 22 分 LT), 復路では MD700 で $-57.9^{\circ}\text{C}$  (1997 年 11 月 4 日 3 時 20 分 LT) であった。気温の昼夜差はドームふじ観測拠点に近づくにつれ大きくなる傾向にあり, 昼夜差の最大値は往路では MD619-658 間で  $20.7^{\circ}\text{C}$ , 復路では MD700-636 間で  $22.8^{\circ}\text{C}$  であった。

風速では, 往路は S16 からみずほ基地付近まで  $10\text{ m/s}$  を越す風が吹いており, みずほ基地をピークとしてドームふじ観測拠点まで徐々に弱まっていった。なお往路の最大風速はみずほ基地で  $15\text{ m/s}$  (1997 年 10 月 12 日) であった。復路においても, 途中 (1997 年 11 月 6, 7 日) でブロッキング高気圧による強風域に入った (詳細は次項) 以外は往路と同様の傾向を示し, 復路での最大風速は Z12 において  $19\text{ m/s}$  (1997 年 11 月 16 日) であった。

なお, 風向は往路復路共, 沿岸付近の東風から徐々に南成分が入り, ドームふじ観測拠点では南風に変わっていった。

### (3) 春期ドームふじ燃料補給旅行の帰路に遭遇したブロッキング高気圧について

ドームふじ観測拠点からみずほ基地へ向かう途中の 1997 年 11 月 6 日から 7 日にかけて特異な風速が記録された (図 43b)。6 日 09 時 LT 観測 (MD540) から急激に南よりの風が強くなり, 7 日 12 時 LT (MD436) には風速が  $15\text{ m/s}$  のピークを迎えた。その後 7 日 18 時 LT 観測 (MD392) まで強風が続いた。

図 43b の気圧値及び高度値 (気圧補正済み, Kamiyama *et al.*, 1994) によると, 補給隊がドームふじ観測拠点を出発した翌日の 11 月 4 日 06 時 LT (MD700: 標高 3789 m) から 5 日 09 時 LT (MD620: 標高 3722 m) にかけて高度が 67 m 低くなったのに対し, 気圧値の上昇が  $600.3\text{ hPa}$  から  $618.7\text{ hPa}$  へと  $18.4\text{ hPa}$  に達し, 気温も 11 月 4 日から 6 日にかけて上昇していることが認められる。その後, 気圧は 11 月 6 日 18 時 LT (MD466: 標高 3575 m) から 7 日 09 時 LT (MD456: 標高 3573 m) にかけて高度変化は 2 m だったのに対し, 気圧値は  $634.1\text{ hPa}$  から  $628.2\text{ hPa}$  と  $5.9\text{ hPa}$  低くなっており, 補給隊が高圧部の中心から離れたものと考えられる。

図 44 に 11 月 4 日 15 LT から 7 日 15 LT までの  $500\text{ hPa}$  の天気図を示す。昭和基地沖合から内陸にかけては, この間, 大規模なブロッキングパターンが形成され, 内陸奥深くまで高圧部に覆われていた。補給隊が経験した気圧及び気温の上昇はその影響によるものと考えられるが, 6 日から 7 日にかけて, ブロッキング高気圧が切り離され, 高圧部の縁辺に補給隊が位置した結果, 気圧の低下と風速の上昇が観測されたと考えられる。

#### 2.7.1.4. 移動気象観測用に使用した 91 ゾンデシステムについて

高層気象観測用に開発された 91 ゾンデは, 過酷な内陸旅行の移動気象用に使用する上で, 下記の問題点があったが, ほとんど改造をすることなく使用でき, 細かいデータを得られることがわかった。また, 気象要素の自動取り込みにより観測者の負担を軽減できることや, 工夫により 91 ゾンデを収納する筐体や雪上車への取り付け位置の簡略化も考えられ, 91 ゾンデによる移動気象観測は, 昭和基地にある材料で手軽にデータを取得できることがわかった (木津

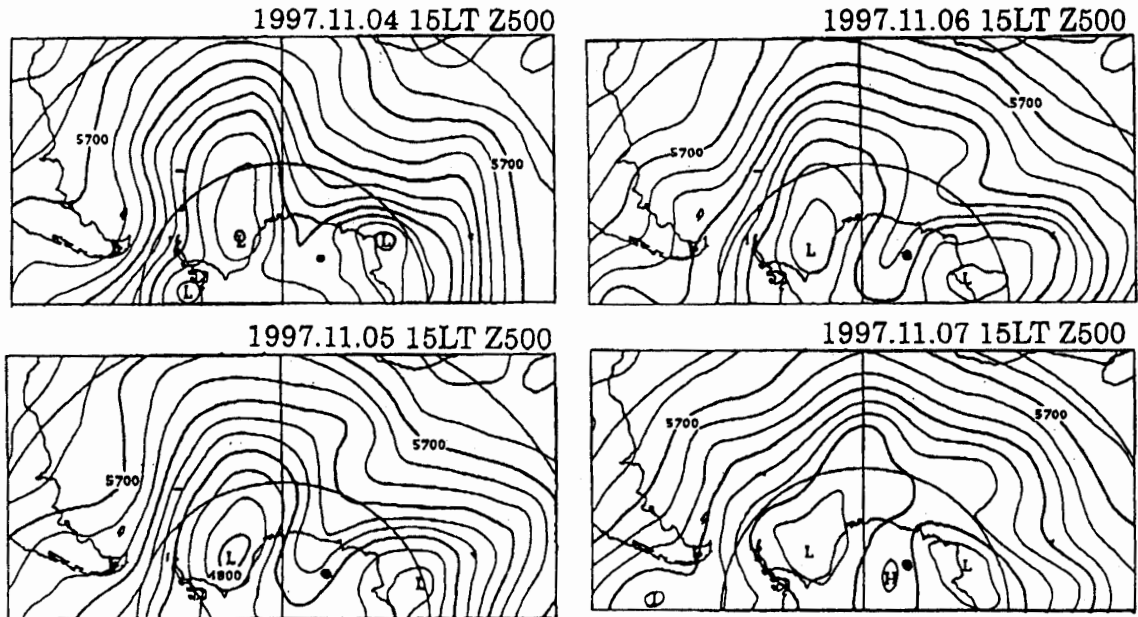


図 44 1997 年 11 月 4 日-7 日の 500 hPa 天気図。●はドームふじ燃料補給旅行隊の位置  
 Fig. 44. Weather chart on 500 hPa from 4 to 7 November 1997. Solid circles show the route of travel from Dome Fuji Station.

ら, 1998b).

(1) 低温によるゾンデ変換部への影響

91 ゾンデ内部にある変換部の低温による CPU 暴走を予想 (高層用に使用する場合は使用する注水型電池の発熱によりゾンデ内部は暖められる) し, 91 ゾンデ内部を暖めるヒーターを用意していたが, 暴走は無くヒーターは使用しなかった。また,  $-70^{\circ}\text{C}$  程度の低温になる内陸での 91 ゾンデ気圧計の内部温度補正 (ゾンデ内部で変換) は想定外 (高層観測では内部温度が  $-20^{\circ}\text{C}$  程度まで下がることを想定) ではあるが, ドームふじ観測拠点における地上気圧の観測値 ( $-60^{\circ}\text{C}$  程度の気温) における偏差は 2.0 hPa 以内に収まっていた。

(2) 振動によるゾンデ気圧計への影響

91 ゾンデ気圧計の雪上車の振動による影響を調べるため, 補給旅行には移動気象観測に使用したもの (No. 609531) を含めて 6 台の 91 ゾンデを持って行き, 補給旅行前後に昭和基地気象棟において減圧装置を使用して基準気圧計 (振動式気圧計) による気圧計点検を行った。なお, 移動気象観測装置に使用したもの以外の 91 ゾンデはエアキャップを一重に敷いたプラスチックケースに入れ, 雪上車内に固縛していた。

基準気圧計との偏差を図 45 に示す。基準気圧計との偏差は, 補給旅行前は細い線で, 補給旅行後は太い線で示している。それによると, ほとんどの気圧計は旅行前後で地上における偏差が 2.0 hPa 以内であり, ドームふじ観測拠点のある 600 hPa 面においては 1.0 hPa 以内に収まっていた。また, 旅行へ行くこと (振動を与えること) により偏差が少なくなったゾンデも

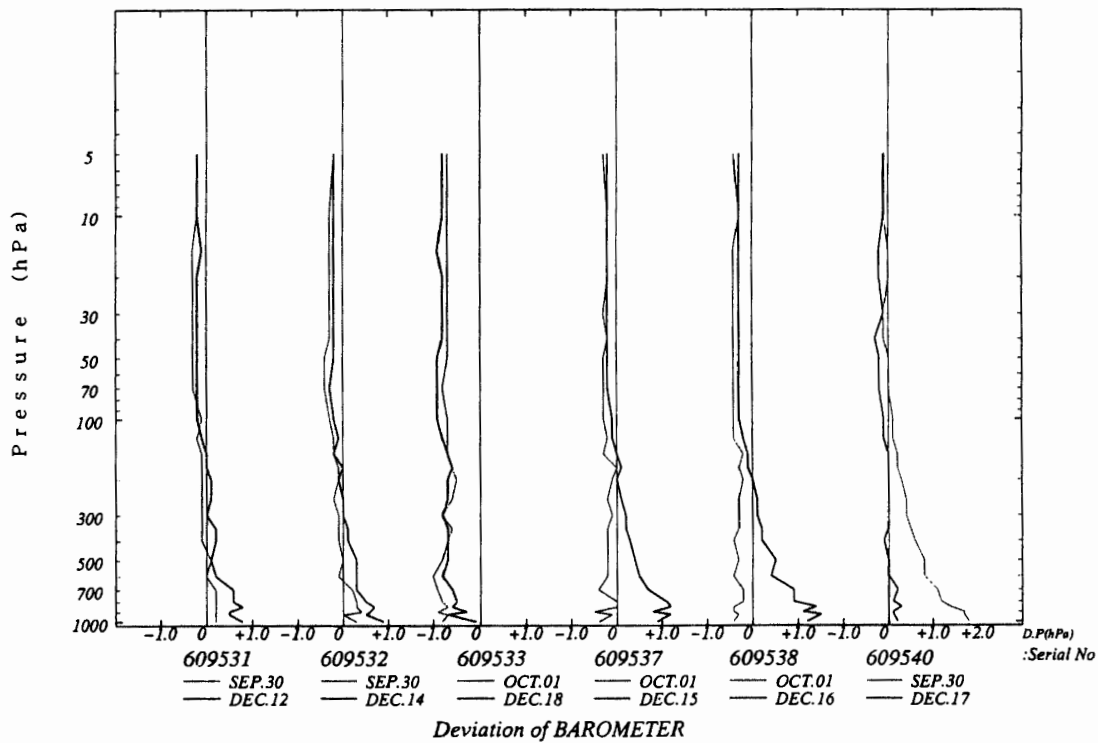


図 45 春期ドームふじ燃料補給旅行前後の 91 ソンデの気圧偏差  
 Fig. 45. Pressure check results of 6 barometers (for RS2-91 rawinsonde) before and after the trip to Dome Fuji Station. No. 609531 sonde was used for en-route observations.

2 例認められた。気象庁では、91 ソンデの気圧計現地点検における合格基準を、100 hPa までは  $\pm 5$  hPa 以内、100 hPa から 5 hPa まででは  $\pm 3$  hPa 以内としている。今回の旅行が気圧計に与えた影響はこの範囲内にあり、91 ソンデの気圧計は雪上車の振動に十分耐えられると考えられる。

(3) 無線機による電波の影響

補給旅行前半、雪上車間の無線交信時にその電波が 91 ソンデ内部の CPU を暴走させ、エラー又は異常値が観測された (図 43a の ①)。91 ソンデはその内部 CPU が暴走すると回路全体をリセットする機能 (ウォッチドックタイマー) を有しており、リセットするまでの数秒間は信頼性に欠けるデータを発信することとなり、図 43a の ① の現象を引き起こしたものと考えられる。この対策として、外部電波を遮断するために 91 ソンデの筐体をアルミホイルでシールドすることを行い、この現象は改善された。

(4) 雪上車エンジンから信号線に及ぼす影響

補給旅行前半、91 ソンデ気温部分に使用している 1500 Hz~3000 Hz 間の変調波で数カ所の変調不良が認められた (図 43a の ②)。雪上車のエンジンが発生する低周波ノイズの信号線への干渉の可能性が考えられたが、特定できなかった。復路で信号線をシールド線に変更するこ

とにより、干渉は無くなった。

## 2.7.2. 船上および内陸の大気混濁度観測

### 2.7.2.1. 観測方法と測器、観測経過

携帯型サンフォトメーター (EKO, MS-120) を使用し、「しらせ」船上及び夏期、春期ドームふじ観測拠点旅行中において、368, 500, 675, 778, 862 nm の 5 波長の太陽光強度を観測し、大気混濁度の計算を行った。また、船上及びドームふじ観測拠点で、ラングレープロットのための観測を数回行った。

### 2.7.2.2. 観測結果

#### (1) 「しらせ」船上 (1996 年 11 月～12 月)

観測結果を図 46 に示す。南緯 40 度から南緯 60 度までは天候が悪く、観測を行えなかった。エアロゾルの光学的厚さは、赤道付近で低い値を示し、北緯 20 度と南緯 20 度付近で高い値を示している。この年は特に火山の噴火の影響は無く、平常の値を示していると考えられる。

#### (2) ドームふじ観測拠点旅行

3 回の旅行で行った観測結果を図 47 に示す。春旅行 (10～11 月) では、外気温が低いことと、地吹雪が絶えなかったことから、観測条件が悪く、多くのデータを得ることができなかった。特に出力の小さい 368 nm はほとんど観測データを得ることができなかった。

さらに、2～3 週間をかけた旅行であり、単純な緯度分布としての評価はむずかしいが、大陸上での緯度分布はほぼ同様であると考えられる。

## 2.7.3. 航空機による大気混濁度観測

### 2.7.3.1. 観測方法と測器、観測経過

携帯型のサンフォトメーター (EKO, MS-120) を使用して大気混濁度の観測を太陽高度の低い時期を除いて月に 1 回程度、7 高度 (地上, 1000, 3000, 6000, 9000, 12000, 15000 フィート) で行った。なお、地上での観測は、原則として飛行前と飛行後の 2 回行った。

セスナ機の後ろの小窓を開けて携帯型サンフォトメーターを太陽光に向け、手動で太陽を追尾した。観測は難しく、なかなか良いデータを取ることができなかった。

### 2.7.3.2. 観測結果

図 48 にエアロゾルの光学的厚さ (AOD) の波長分布を観測日別に示す。地上観測 (破線) は 1 回だけのものもある。AOD は高度と共に減少するのが基本だが、観測の困難さもあり一部に不整合も見られる。この中で概ね良好と思われる 9 月と 10 月のデータから、AOD (500 nm) の鉛直分布を示す (図 49)。10 月 6 日は地上と 1000 フィートで AOD の変化が大きくその上では変化は小さい。一方、9 月 1 日は地上での AOD が大きく、6000 フィートにかけて AOD が徐々に減少している。図 29 で示した地上での連続観測のデータでも、8 月 30 日から 9 月 1 日にかけて AOD の値が大きいことから、地上オゾン濃度観測の項 (2.3.3.(4)) で述べたように、この時期、昭和基地付近の対流圏のエアロゾルに変動があったことが推察される。



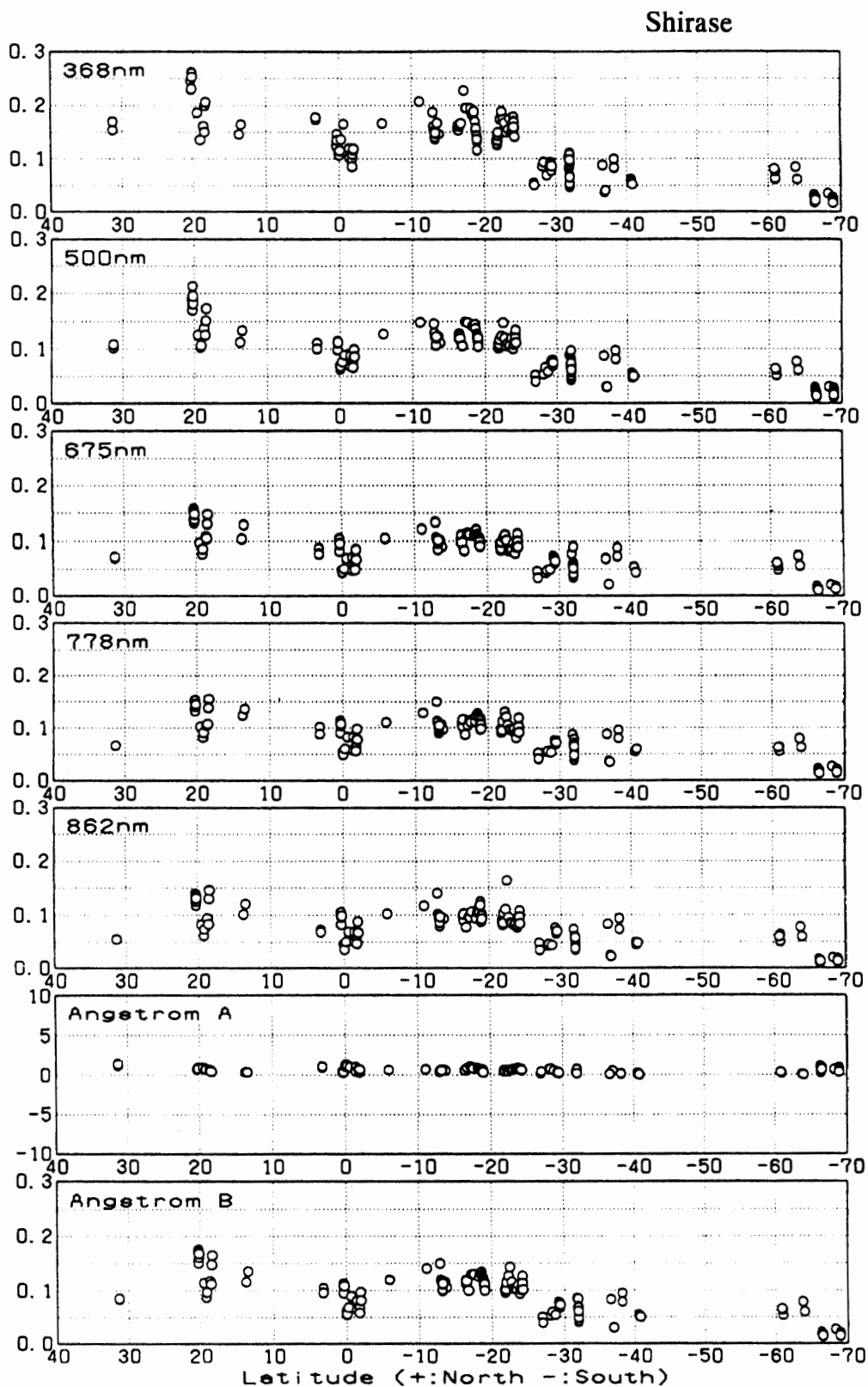


図 46 しらせ船上におけるエアロゾルの光学的厚さ (1996 年 11 月 14 日-12 月 20 日)  
 Fig. 46. Aerosol Optical Depths on R/V Shirase (14 November-20 December, 1996).

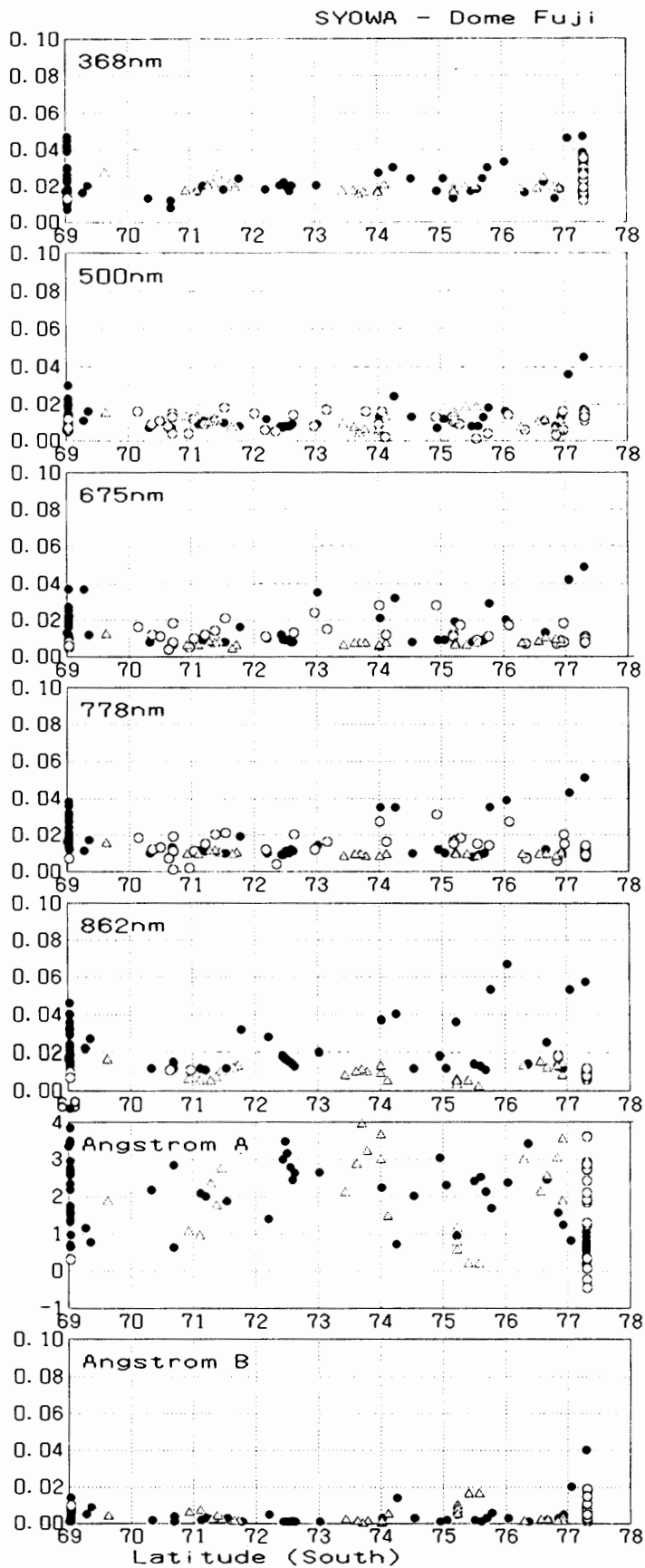


図47 昭和基地ドームふじ間のエアロゾルの光学的厚さ  
 ●: 1996年12月21日-1997年1月22日  
 ○: 1997年10月11日-11月19日  
 ▲: 1998年1月24日-2月5日  
 Fig. 47. Aerosol Optical Depths from Syowa Station to Dome Fuji Station.

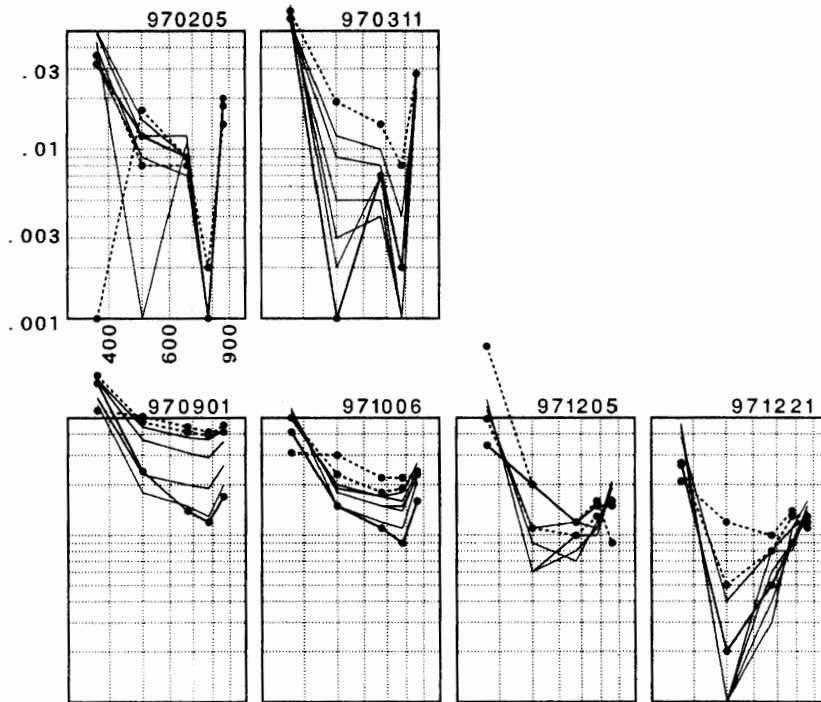


図 48 航空機観測による大気混濁度の波長分布. 破線は地上, 太実線は最高高度 (通常 15000 フィート).

Fig. 48. Wavelength distribution of aerosol optical depth over Syowa Station by flight observations. Surface data are shown by the broken line and 15000 ft data are shown by the thick line.

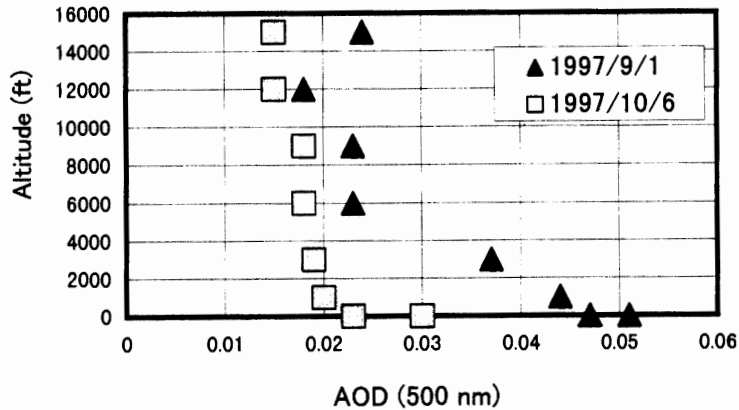


図 49 航空機観測による昭和基地上空のエアロゾルの光学的厚さの鉛直分布 (500 nm)

Fig. 49. Vertical profiles of aerosol optical depth at 500 nm over Syowa Station by flight observations.

#### 2.7.4. ロボット気象計

第 37 次観測隊から引き継いだ, 大陸上の S16 地点に設置したロボット気象計 (RS2-80 型レーウィンゾンデを改造したもの) を使用して, 通年にわたり観測した. 観測項目は気温及び

風向・風速で、毎日2回、高層気象観測 (00, 12 UTC) の前に観測を実施した。

1997年5月より、第38次隊で作成した連続監視プログラムを使用した観測に変更した。野外行動時や空輸実施時、ブリザードが予測される場合には、連続観測を実施して気象状況の変化を把握した。

越冬中には、4回のメンテナンス及びバッテリーの交換作業を行った。8月16日のバッテリー交換時に、太陽の北中時間に合わせて風向計の真北をチェックした結果、-5度の補正が必要なことがわかり、監視プログラムの変換式に補正を行った。

### 2.7.5. ILAS 検証ゾンデ

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を検証するため、国立環境研究所 ILAS プロジェクト、国立極地研究所気水圏グループ、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。

1997年5月から8月までの期間で、ADEOS が昭和基地の上空を通過する際に、24台のオゾンゾンデの飛揚が計画された。6月までは上記スケジュールに沿って飛揚した。ADEOS の故障により7月から8月の期間には、衛星の軌道に関係なく週2回飛揚した。

また、第37次隊の未飛揚分3台の内2台は1997年2月に、残り1台は5月に飛揚した。

取得したデータは、直ちに解析し暫定値として気象庁観測部南極観測事務室経由で電子メールにより関係機関に報告した。

### 2.7.6. 大気中の微量成分観測

第38次観測隊より、モニタリング研究観測のうち、二酸化炭素及びその他の大気中微量成分観測に関して、国立極地研究所との共同観測を開始した。

実施した観測項目一覧を表16に示す。取得したデータ及びサンプルは各研究機関及び大学に送られ、解析される。

表16 昭和基地における大気微量成分観測一覧  
Table 16. Observations of atmospheric trace components at Syowa Station.

大気微量成分 モニタリング	大気中のCO <sub>2</sub> 濃度連続観測	
	大気中のCH <sub>4</sub> 濃度連続観測	
	大気中の地上O <sub>3</sub> 濃度連続観測	
	大気 サンプリング	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO, N <sub>2</sub> O濃度およびCO <sub>2</sub> のδ <sup>13</sup> C測定用 (東北大)
		CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> 濃度測定用 (NOAA)
		酸素・窒素比測定用 (URI)
		各種ハロカーボン分析用 (東大)
大容量サンプリング (極地研)		
可視分光器による成層圏O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> 観測 (名古屋大)		
南極大気・ 物質循環観測	大気CO <sub>2</sub> 精製 (極地研)	
	サンフォトメーターによる大気混濁度観測 (ドイツAWI)	
	大気中エアロゾルサンプリング (ハイボリュームエアサンプラー (HVAS))	

### 3. ドームふじ観測拠点での観測

#### 3.1. 地上気象観測

##### 3.1.1. 概要

第 37 次隊から基地を引き継いだ 1997 年 1 月 25 日から、基地一時閉鎖のため観測機器を停止させた 1998 年 1 月 20 日まで、機器による連続観測と定時の目視観測を行った。観測機器は第 37 次隊とほぼ同じであるが、瞬間風速を自記記録させるため持ち込んだ風変換器及び自記記録器も使用した (3 月 2 日から)。使用測器を表 17 に示す。自記記録は、気圧、気温、10 分平均風向・風速、瞬間風速、全天日射について行い、目視観測は、視程、雲量、雲形、天気について行った。

観測結果は、毎週月曜日に極地研観測協力室、極地研気水圏研究グループ、気象庁南極観測事務室に報告した。国立科学博物館で開かれた「南極展」に、7 月 18 日から 11 月 16 日までの毎日、日最高気温と日最低気温を通報した。

##### 3.1.2. 観測経過

観測及び統計は、地上気象観測指針 (気象庁, 1993a) 及び地上気象観測統計指針 (気象庁, 1990a) に基づいて行った。なお、日平均風速は接点出力が無いため、気圧、気温と同様に毎正時の平均風速の 24 回平均を用いた。目視観測は原則として、1997 年 1 月中は 09・15・21 LT に、1997 年 2 月以降は 06 LT を除く 3 時間ごとに行った。

観測機器に大きな故障は無かった。低温時の測器への着霜の影響は、特に風速と全天日射に大きかった。対策として、10 m の測風塔の昇降が安全にできるように、足場とハシゴを取り付け (3 月 2 日)、冬期間毎日 6 時間ごとに霜落としを行った。全天日射計は随時、霜取りを行ったほか、極夜期間中に取り外し、ヒーターを取り付けて極夜明け後、使用した。多少の効果はあったと思われる。

風速計の風車がはずれる障害が 12 月に 3 回 (最大 6 時間程度欠測) あり、この間の風速は 3

表 17 ドームふじ観測拠点における地上気象使用測器一覧  
Table 17. Instruments used for surface meteorological observations at Dome Fuji Station.

測器名	感部型名	変換器型名	備考
気圧	円筒振動式気圧計	F-451-10-Z	観測棟に設置
風向風速	風車型風向風速計	GT-400	M-821-Z48 測風塔 (10m) に設置
気温 (1)	白金抵抗温度計	E-734-10-Z	M-823-Z13 基地東側 57.7m に設置
気温 (2)	白金抵抗温度計	E-734-10-Z	M-823-Z13 基地東側 203.5m に設置
全天日射	熱電堆式 A 型ネオ日射計	E-211-Z	M-825 基地屋上に設置

気温は (2) を正規測器として使用した。  
日射計は、当初、居住棟屋上に設置していたが、霜取りの便および屋上歩行時の騒音低減のため医療棟屋上に移設した (3 月 17 日)。



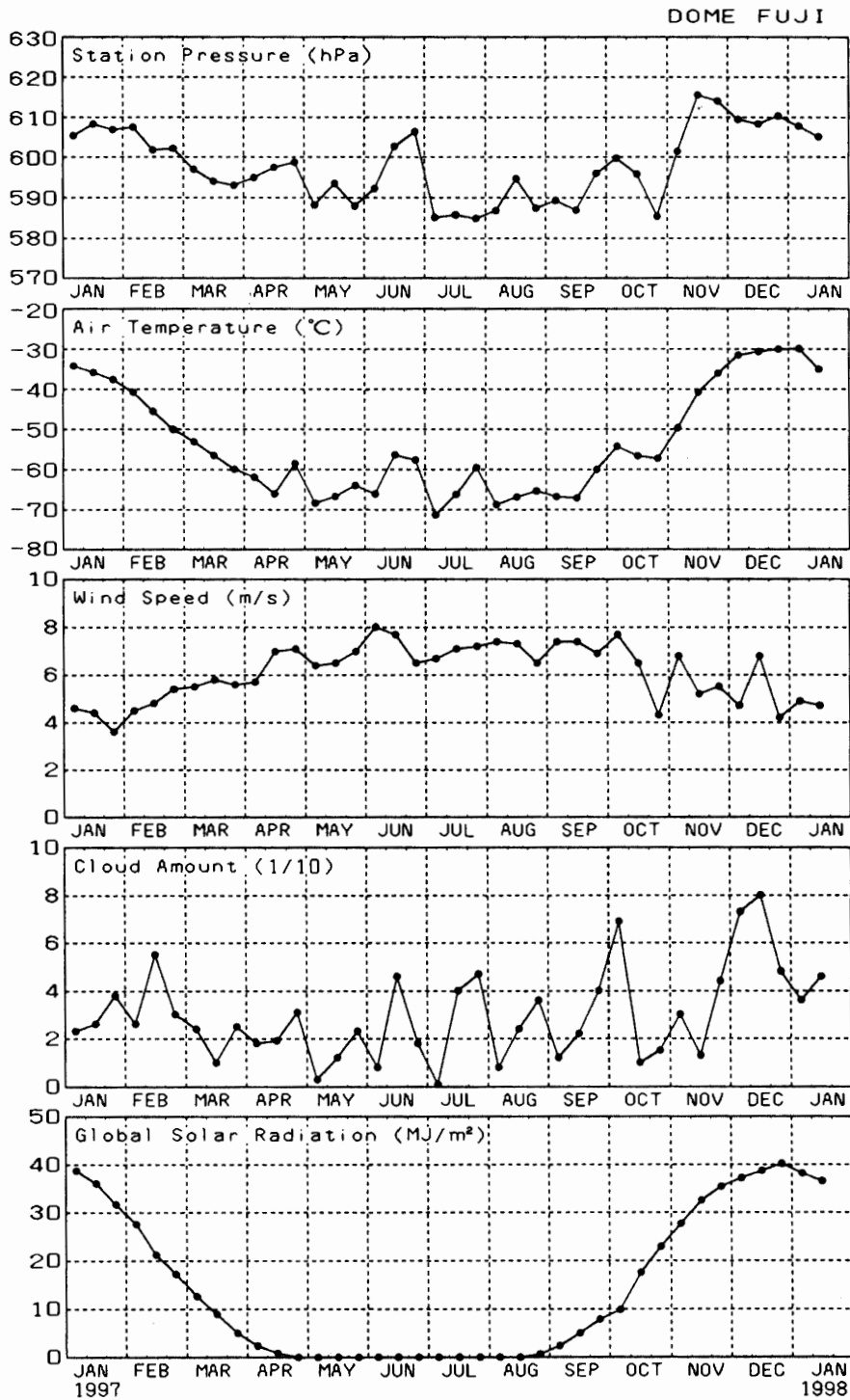


図 50 ドームふじ観測拠点における地上気象旬別値年変化 (1997 年 1 月-1998 年 1 月)  
 Fig. 50. Annual variations of surface synoptic data from January 1997 to January 1998 at Dome Fuji Station.

表 19 ドームふじ観測拠点におけるブリザード統計表  
(1997年1月1日-1998年1月20日)

Table 19. Summaries of heavy snowstorms (blizzards) at Dome Fuji Station.

期間	階級	最大風速 m/s(風向)	最大瞬間風速 m/s(風向)
4月27日1400-	2300 C	11.6( NE)	13.4( NE)
5月12日1100-	1900 C	9.4( NW)	11.1( NW)
6月17日1400-18日2300*	B	16.5( N)	19.6( N)
7月12日1230-	2130 C	10.5( SE)	12.4( SE)
9月23日1700-24日1600*	C	10.9( SE)	14.3( SE)
10月 6日1000-	2000 C	10.4(ENE)	13.8(ENE)
10月 7日0830- 9日1800*	B	14.5( NE)	18.1( NE)
11月 3日0800-	2000 B	11.6( S)	14.9( S)
11月17日1000-	1600 C	11.0( SE)	13.6( SE)
11月30日0500-	1700 B	13.5( NE)	15.8( NE)
12月18日1300-19日0200	B	13.3( NE)	16.3( NE)

\*については以下の期間、中断があった。

6月18日0800-1100

9月24日0500-0800

10月 8日1900-2300

階級基準	視程	風速	継続時間
階級	(未滿)	(以上)	(以上)
A	100 m	13 m/s	6 時間
B	1 km	10 m/s	6 時間
C	1 km	7 m/s	6 時間

換器を含めて調査したが、原因を特定することはできなかった。なお、風向検出用の基準電源の電圧低下時にこのような現象が起きるといわれており、さらに調査を続けている。

観測結果について、月別気象表を表 18 に、旬別気象経過図を図 50 に、ブリザード統計表を表 19 にそれぞれ示す。

### 3.1.3. 気象経過

#### 1997年

2月 ブリザードが無く、穏やかな天候が続いた。24日には雪マリモを観測した。

上旬 4日に風が強まったほかは晴れの日が続いた。

中旬 薄雲が拡がる日が続いたが旬末には晴れた。

下旬 晴れの日が続いたが、旬末には薄雲が拡がり気温が上昇した。

3月 ブリザードが無く、比較的穏やかな天候が続いた。28日の最低気温 $-67.9^{\circ}\text{C}$ は、3月としてはこの3年間で最低となった。24日には雪マリモを観測した。

上旬 9日に薄雲が拡がったほかは晴れの日が続いた。



中旬 風の強い日があったものの、晴れの日が続いた。

下旬 22日と25日に薄雲が広がったほかは、晴れて気温の低い日が多かった。

**4月** 中旬まで晴れて気温の低い日が続いた。最低気温は8日には $-70^{\circ}\text{C}$ を下回り、18日には $-75.0^{\circ}\text{C}$ となって4月としてはこの3年間で最低となった。下旬には雲の多い日もあり27日には初めてのブリザードを記録した。10日には雪マリモを観測した。

上旬 中頃に薄雲が広がったほかは晴れて気温の低い日が続いた。

中旬 晴れて気温の低い日が続いたが、旬末には気圧の上昇とともに気温も上がり、曇りの天気となった。

下旬 旬初めと後半に薄雲が広がり、27日には風も強まってC級ブリザードを記録した。

**5月** 晴れて風の強い日が多かったが、ブリザードは1回にとどまった。

上旬 前半は気温が高く経過したが、後半は平均気温が $-70^{\circ}\text{C}$ 以下の寒い日が続いた。旬平均気温はこの3年間で最低となった。30日の最低気圧 573.7 hPa は今越冬中の最低気圧となった。

中旬 12日に薄雲が広がり風も強まってC級ブリザードを記録したほかは、晴れの日が続いた。

下旬 前半は薄雲が広がることがあったが、後半は晴れて気温はやや低下した。風の強い日が多く、旬平均風速はこの3年間で最も大きかった。

**6月** 前半は晴れて風の強い日が多かったが、後半はブロッキング高気圧の影響を受け、ブリザードや曇りの日が多くなった。月平均気温は前2年より約 $5^{\circ}\text{C}$ 高くなった。18日の最高気温 $-29.2^{\circ}\text{C}$ は6月としては前2年を $20^{\circ}\text{C}$ 以上も上回った。19日の最高気圧 627.1 hPa は今越冬中の最高気圧となった。

上旬 晴れて風が強く寒い日が続いた。

中旬 12日まで晴れて寒い日が続いたが、14日から薄雲が広がり17-18日には最大風速が15 m/sを越えB級ブリザードを記録した。この間、気温は急上昇し最高気温は $-30^{\circ}\text{C}$ を上回った。

下旬 前旬からのブロッキング高気圧の影響で、27日ころまで気温の高い日が続いたが、その後は風が弱く寒い日となった。

**7月** 前半は、晴れて気温の低い日が多かった。後半はブロッキング高気圧等の影響を受け、曇りの日が多くなった。月平均気圧、月平均気温とも、前2年より低くなった。8日の最低気温 $-79.7^{\circ}\text{C}$ は7月としては前2年を下回り、今越冬中最低となった。なお、この値はこれまでの最低気温記録(1996年5月14日)と同じである。28日には雪マリモを観測した。

上旬 晴れて気温の低い日が続いた。

中旬 前半は12日に風が強まりC級ブリザードを記録したほかは、晴れて気温の低い日となった。後半はブロッキング高気圧の影響で気温が上昇し、薄曇りや雪の日が続いた。

下旬 前半は晴れて気温の低い日が続いた。25日以降はブロッキング高気圧の影響を受け気温が上昇、風が強く雪の日が多くなった。

**8月** 晴れの日が多く、気温の変化が大きかった。月平均気圧、月平均気温とも前2年より低く、月平均風速は前2年を上回った。ブリザードは無かった。20日には雪マリモを観測した。

上旬 晴れて気温の低い日が続いた。

中旬 前半はウェッデル海から伸びる高圧帯に覆われ気温が高くなった。後半は寒い日が続いたが、19日からはブロッキング高気圧の影響で薄雲が拡がり気温が上昇した。15日に太陽を視認した。

下旬 23日まで風が強く寒い日が続いたが、その後は風が弱まり最高気温が $-50^{\circ}\text{C}$ 近くに達する日が続いた。30日からは再び風が強まり気温は低くなった。

**9月** 風の強い日が多く、ブリザードが1回あり、月平均風速は前2年を上回った。月後半には、気温の日変化が現れてきた。25日には雪マリモを観測した。

上旬 3日と6日に一時雪があったほかは晴れて、気温の低い日が続いた。

中旬 晴れて気温の低い日が続いた。

下旬 24日まで風が強く、23日から24日はC級ブリザードを記録した。気温は徐々に上昇した。

**10月** 前半はブロッキング高気圧の影響でブリザードが2回あり、月最大風速と月最大瞬間風速は前2年の10月を上回った。後半は晴れて、風の弱まる日もあった。

上旬 3日まで晴れたが、その後薄雲が拡がり、6日にはC級、7日から9日にはB級ブリザードを記録した。この間、気温は上昇し、7日の最高気温は $-40^{\circ}\text{C}$ を上回った。

中旬 晴れの日が続いた。日最高気温は、前半は $-45^{\circ}\text{C}$ 位で高めに経過したが、後半は $-55^{\circ}\text{C}$ 位と低い日が続いた。

下旬 晴れの日が続いた。旬平均風速は前2年を下回った。

**11月** 各旬に1回ずつブリザードがあり、月最大風速と月最大瞬間風速は前2年の11月を上回った。しかし、天気は比較的良く、月平均雲量は前2年の11月を下回った。30日の最高気温 $-25.0^{\circ}\text{C}$ は11月としては前2年を上回った。

上旬 4日まで晴れの日が続いたが風が強く、3日はB級ブリザードを記録した。その後は時々薄雲が拡がったが、大きな天気の崩れは無かった。

中旬 11日と19日に薄雲が拡がったほかは晴れの日が続いた。17日は風が強まりC級ブリザードを記録した。

下旬 23日まで晴れの日が続いた。その後は薄雲が拡がる日が多く30日には風も強まりB級ブリザードを記録した。

**12月** 中旬まで雲が多い日が続き、18日にはブリザードを記録するなど風の強い日が多かった。下旬は、雲は多いものの風は弱い日が続いた。月平均気温は前2年より高く、月平均雲量

は前 2 年より多かった。1 日の最高気温  $-21.1^{\circ}\text{C}$  は 12 月としては前 2 年を上回った。

上旬 薄雲の広がる日が多かった。3 日まで風が強く、気温は高く経過した。

中旬 薄雲の広がる日が多かった。18 日から 19 日は風が強まり B 級ブリザードを記録した。

下旬 22 日と 23 日に良く晴れたほかは、薄雲の広がる日が多かった。夜間、氷霧が発生した日が 5 日あった。

### 1998 年

1 月 (20 日まで) ブリザードは無く、安定した天気の日が続いた。日中ダイヤモンドダストが強くなる日変化が見られた。夜間、霧の発生した日が 4 日あった。2 日の最高気温  $-21.1^{\circ}\text{C}$  は 12 月と同じで今越冬中の最高気温となった。

上旬 前半は薄雲の広がる日が多かった。旬末には風が強まる日があった。

中旬 16 日に良く晴れたほかは薄雲の広がる日が多かった。

#### 3.1.4. 予備観測システム

正規測器は 38 次越冬終了後、点検のため持ち帰ることとなっていたので、持ち帰り後の観測システムとして、及び、正規測器障害時の代替測器として、予備観測システムを整備した。これは、第 33 次隊より定常気象部門で、移動気象観測装置として内陸旅行時に使用していたものである (松原ら, 1995)。感部は気圧計、3 杯風速計、通風温度計と測風塔上約 8 m に設置した気温計 (自然通風) で、データロガーでデータ収集したのち、パソコンでデータ処理するものである。第 37 次隊までに、3 杯風速計の測風鉄塔への取り付け (9 m 高) がすんでおり、無通風の気温計 (地上と測風塔上) とともにデータ収集が行われていたので、地上気温の通風用の電源ケーブルの配線及び気圧計の接続と、パソコンでのデータ処理プログラムの整備を 10 月に行った。

正規測器とのデータ比較の結果、気圧は  $+2.0\text{ hPa}$  の補正を行うこととした。風速については、冬期間に差が大きく (3 杯風速計が  $1\text{ m/s}$  程度小さい)、夏期間は差はほとんど無かった。気温については、予備機が  $1^{\circ}\text{C}$  前後低い場合が多かった。

このシステムは、38 次帰路旅行で感部及び収録部を昭和基地に持ち帰っており、39 次以降のドーム旅行隊が持ち込んで使用できるようにした。

## 3.2. 大気混濁度観測

携帯型サンフォトメーター (EKO, MS-120/S95115.01) により 5 波長についての大気混濁度を観測した。観測期間は、1997 年 1 月 22 日から 4 月 2 日まで、及び、9 月 10 日から 1998 年 1 月 24 日までで、観測回数は太陽北中時、及び午前 2 回、午後 2 回をめぐりに行った。測器定数を決めるラングレー観測から、その変化が 3% 程度になるような目安で期間を区切って、混濁度の解析に使用した。期間別の測器定数の経過を図 51 に観測当初の値で規格化して示す。冬明け後の 9 月から 10 月にかけての定数の変化が大きいが、必ずしも各波長での変化が同時に起

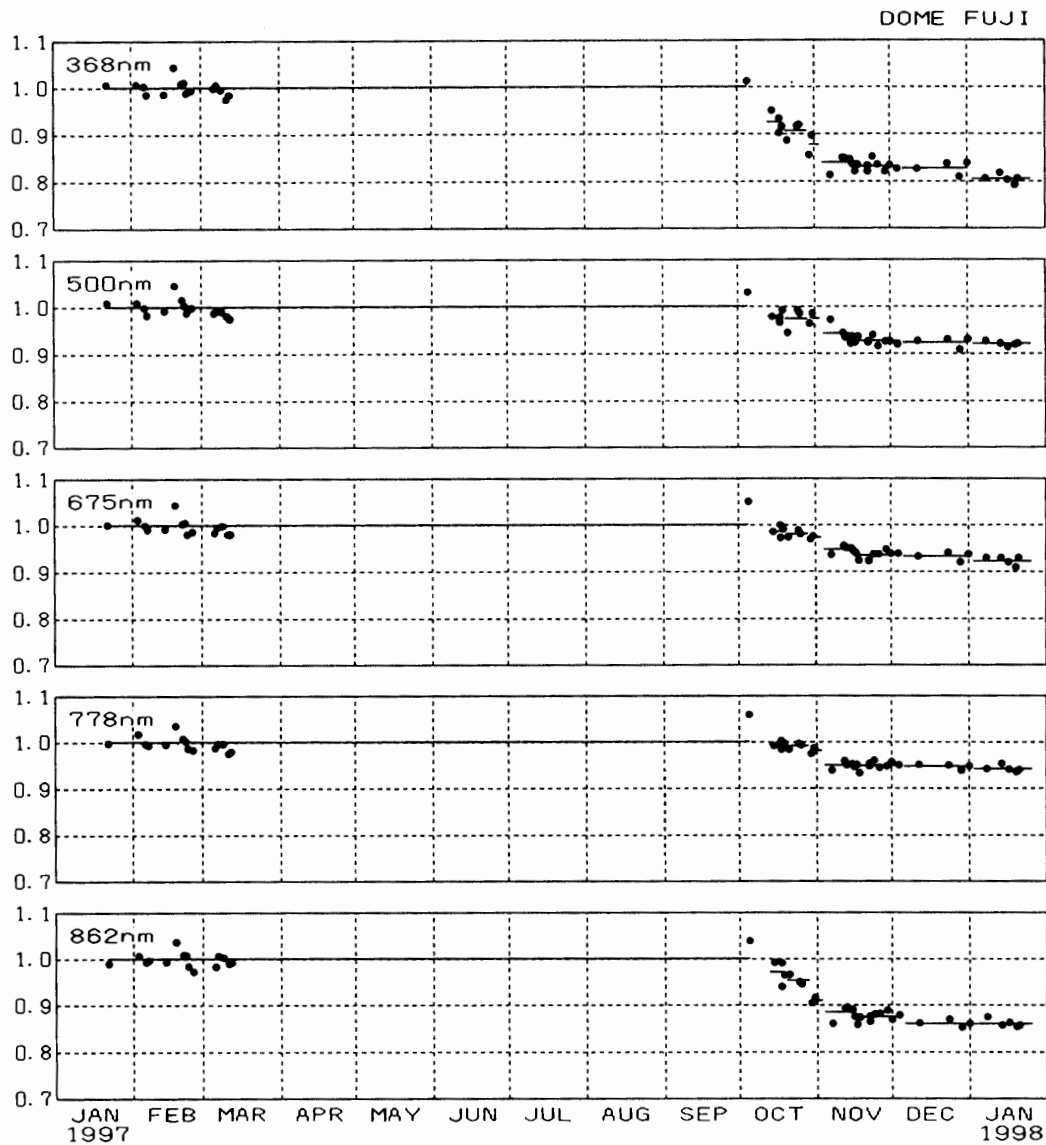


図 51 ドームふじ観測拠点で使用したサンフォトメーター測器定数の年変化 (1997年1月-1998年1月)

Fig. 51. Annual variations of instrument constants of the sunphotometer used at Dome Fuji Station from January 1997 to January 1998.

きているわけではなく、この大きな変化の原因ははっきりしない。なお、この時期は季節的にはオゾンホールが発達し、紫外線が特に強かったと考えられる。

解析結果はエアロゾルの光学的厚さ (以下 AOD) で表されるが、この経過を図 52 で、月別統計を表 20 で示す。5 波長の AOD から求めたオングストロームの波長指数 (A) と混濁係数 (B) も、図 52 と表 20 に示した。冬明け後の 9 月から 10 月に各波長で AOD が大きな時期があり、11 月に入って段階的に AOD が減少した。この不連続は波長指数の変化にも現れている。AOD の波長分布を月別に見ると (図 53), 9, 10 月は混濁度が大きく波長による違いが少ない

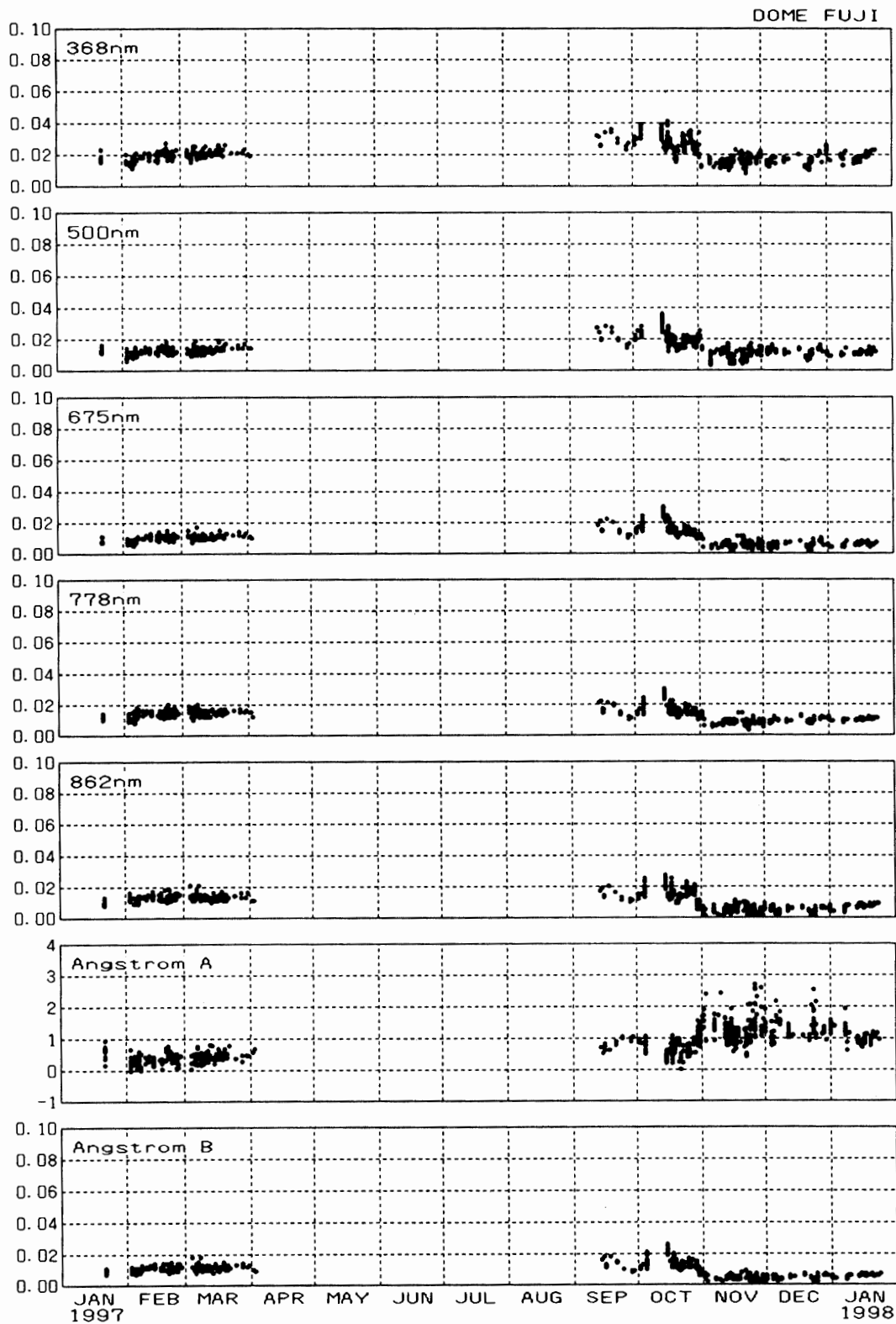


図 52 ドームふじ観測拠点における波長別大気混濁度の年変化 (1997 年 1 月-1998 年 1 月)  
 Fig. 52. Annual variations of aerosol optical depth from January 1997 to January 1998 at Dome Fuji Station.

表 20 ドームふじ観測拠点における大気混濁度月別統計表  
 Table 20. Monthly summaries of aerosol optical depth at Dome Fuji Station.

年 月	波長 (nm)					$\alpha$	$\beta$	観測 回数
	368	500	675	778	862			
1997								
JAN	0.017	0.012	0.008	0.012	0.009	0.612	0.008	3
FEB	0.019	0.012	0.010	0.014	0.013	0.375	0.011	59
MAR	0.021	0.013	0.011	0.015	0.013	0.434	0.012	63
APR	0.019	0.014	0.010	0.012	0.011	0.680	0.009	1
SEP	0.029	0.021	0.015	0.015	0.014	0.862	0.012	22
OCT	0.027	0.020	0.015	0.016	0.014	0.785	0.013	97
NOV	0.015	0.011	0.005	0.008	0.005	1.307	0.004	85
DEC	0.016	0.012	0.005	0.010	0.005	1.270	0.005	43
1998								
JAN	0.018	0.011	0.006	0.010	0.007	1.040	0.006	35

$\alpha$  : Angstrom wavelength exponent  
 $\beta$  : Angstrom turbidity coefficient

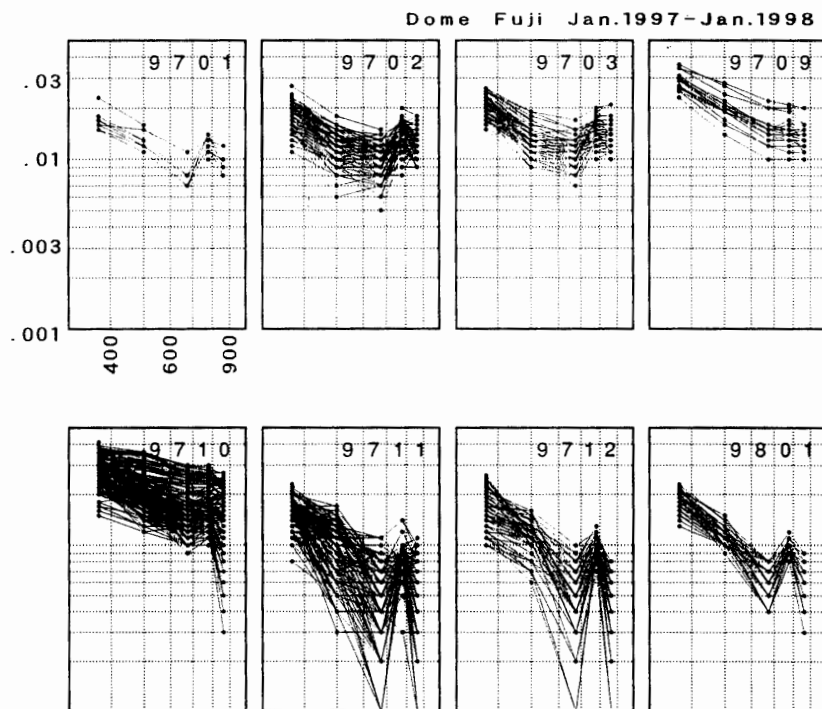


図 53 ドームふじ観測拠点における大気混濁度の波長分布の年変化  
 (1997年1月-1988年1月)

Fig. 53. Annual variations of wavelength distribution of aerosol optical depths from 1997 to January 1998 at Dome Fuji Station.

(傾きが緩やか)が、11月には長波長で特に AOD が減少し全体としては傾きが大きくなっており、上空のエアロゾル粒子の大きさなどの変化を反映していると考えられる。

## 謝 辞

第 38 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・助言をいただいた国立極地研究所の山内恭観測隊長ほか第 38 次観測隊員の皆様、南極観測事務室、高層気象観測室、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」の方々に感謝します。また、第 38 次観測隊より開始した地上オゾン濃度観測並びにエアロゾルゾンデ観測の立ち上げに際し、助言・ご指導いただいた国立極地研究所の橋田 元氏、森本真司氏、名古屋大学 STE 研の林 政彦氏 (現福岡大学理学部)、渡辺征春氏にお礼申し上げます。

最後に、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 37 次観測隊気象部門の方にご指導をいただき、厚くお礼を申し上げます。

## 文 献

- 青木周司 (1997): 昭和基地及び「しらせ」船上における地上オゾン濃度の連続観測。南極資料, **41**, 231-247.
- Barrie, L.A., Bottenheim, J.W. and Hart, W.R. (1994): Polar Sunrise Experiment 1992 (PSE 1992). *J. Geophys. Res.*, **99**, 25313-25314.
- 江崎雄治・林 政彦・山内 恭 (1998): 昭和基地における地上オゾン急減現象 (SOD) とそのバックトラジェクトリー解析—1997 年 8 月 28~29 日の SOD の事例解析—。第 21 回極域気水圏シンポジウムプログラム・講演要旨。東京, 国立極地研究所, 129-130.
- Frohlich, C. and Shaw, G.E. (1980): New determination of Rayleigh scattering in the terrestrial atmosphere. *Appl. Optics*, **19**, 1773-1775.
- Hanson, D. and Mauersberger, K. (1988a): Laboratory studies of the nitric acid trihydrate: Implication for the south polar stratosphere. *Geophys. Res. Lett.*, **15**, 855-858.
- Hanson, D. and Mauersberger, K. (1988b): Vapor pressure of  $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}$  solutions at low temperature. *J. Phys. Chem.*, **92**, 6167-6170.
- 原圭一郎・長田和雄・林 政彦・木戸瑞佳・松永捷司・岩坂泰信・山内 恭・深津 徹 (1998): 昭和基地における酸性ガス・大気エアロゾル成分—38 次南極観測隊での観測—。第 21 回極域気水圏シンポジウムプログラム・講演要旨。東京, 国立極地研究所, 97-98.
- Hayashi, M., Iwasaka, Y., Watanabe, M., Shibata, T., Fujiwara, M., Adachi, H., Sakai, T., Nagatani, M., Gernandt, H., Neuber, R. and Tsuchiya, M. (1998): Size and number concentration of liquid PSCs: Balloon-borne measurements at Ny-Ålesund, Norway in winter of 1994/95. *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, **76**, 549-560.
- 稲川 譲・山本義勝・田口雄二・阿保敏広・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 (1998): Meteorological Data at Syowa Station and Dome Fuji Station in 1997. *Antarct. Meteorol. Data*, **38**, CD-ROM.
- Kamiyama, K., Furukawa, T., Maeno, H., Kishi, T. and Kanao, M. (1994): Glaciological data collected by the 33rd Japanese Antarctic Research Expedition in 1992. *JARE Data Rep.*, **194** (Glaciology 21), 67 p.
- Kawaguchi, S. (1983): Effective infrared emissivity of clouds in Antarctica. *Mem. Natl. Inst. Polar Res., Spec. Issue*, **29**, 70-76.
- 木津暢彦・江崎雄治・松島 功・栗田邦明・中嶋哲二・林 政彦・渡辺征春・岩坂泰信・山内 恭 (1998a):

- 昭和基地上空の成層圏エアロゾルの季節変化—38次隊における光散乱計数型エアロゾルゾンデによる観測—。第21回極域気水圏シンポジウムプログラム・講演要旨。東京，国立極地研究所，149-150。
- 木津暢彦・中嶋哲二・江崎雄治・松島 功・栗田邦明・山内 恭・本山秀明・平沢尚彦 (1998b): 内陸旅行中の移動気象観測 (第38次南極地域観測隊)。第21回極域気水圏シンポジウムプログラム・講演要旨。東京，国立極地研究所，112-113。
- 木津暢彦・岸 隆幸・安田毅彦・吹田俊明・堀川和久・大河原望・林 政彦・渡辺征春・岩坂泰信・山内 恭・橋田 元 (1999a): 昭和基地上空における成層圏エアロゾルの季節変化—2年間にわたる光散乱計数型エアロゾルゾンデによる観測—。第22回極域気水圏シンポジウムプログラム・講演要旨。東京，国立極地研究所，11-12。
- 木津暢彦・林 政彦・渡辺征春・岩坂泰信・山内 恭 (1999b): 昭和基地上空の成層圏エアロゾルの季節変化—光散乱計数型エアロゾルゾンデによる南極地域での定常観測—。気象学会1999年春季大会・予稿集，132。
- 気象庁 (1990a): 地上気象観測統計指針。東京，124 p.
- 気象庁 (1990b): 国際気象通報式 (第8版)。東京，497 p.
- 気象庁 (1991): オゾン観測指針オゾン全量反転観測編。東京，91 p.
- 気象庁 (1992): オゾン観測指針オゾンゾンデ観測編。東京，66 p.
- 気象庁 (1993a): 地上気象観測指針。東京，167 p.
- 気象庁 (1993b): 紫外域日射観測指針。東京，83 p.
- 気象庁 (1995): 高層気象観測指針。東京，128 p.
- 気象庁 (1998): オゾン層観測報告1997。東京，47 p.
- 国立極地研究所編 (1988): 南極の科学 3 気象，東京，159-181。
- 高層気象台観測第三課 (1996): ドブソンオゾン分光光度計の自動化システムの開発。測候時報，**63**，303-330。
- 松原和正・小城良友・岸 隆幸・五十嵐寛・東島圭志郎 (1995): 第33次南極地域観測隊気象部門報告1992。南極資料，**39**，264-302。
- 宮川幸治・能登美之 (1997): 昭和基地で使用する自動制御サンディレクタ。高層気象台彙報，**57**，37-40。
- 宮本仁美・中村雅道・成田 修・横田 歩・森永裕幸 (1999): 第37次南極地域観測隊気象部門報告1996。南極資料，**43**，477-533。
- 長田和雄・原圭一郎・木戸瑞佳・林 政彦・山内 恭・深津 徹・宇井啓高・松永捷司・岩坂泰信 (1998): 南極・昭和基地の大気エアロゾルに含まれる水溶性イオン濃度—II—第38次日本南極地域観測隊における観測—。第21回極域気水圏シンポジウムプログラム・講演要旨。東京，国立極地研究所，99-100。
- 坂尻政市・中野辰美 (1999): 塩水による注水電池の立ち上げについて。高層気象台彙報，**59**，25-28。
- 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。
- 志村英洋・上野丈夫・寺坂義幸 (1995): 遮蔽バンド及び遮蔽ディスクを用いて測定された散乱日射量の比較。高層気象台彙報，**55**，31-36。
- Turner, J., Bromwich, D., Colwell, S., Dixon, S., Gibson, T., Hart, T., Heinemann, G., Hutchinson, H., Jacka, K., Leonard, S., Lieder, M., Marsh, L., Pendlebury, S., Phillipot, H., Pock, M. and Simmonds, I. (1996): The Antarctic First Regional Observing Study of the Troposphere (FROST) Project. Bull. Am. Meteorol. Soc., **77**, 2007-2032。
- 上野丈夫・志村英洋 (1988): 直達・天空散乱日射量から求めた全天日射量について。高層気象台彙報，**48**，37-42。
- Young, A.T. (1981): On the Rayleigh-scattering optical depth of the atmosphere. J. Appl. Meteorol., **20**, 328-330。

(2000年5月9日受付; 2000年6月1日改訂稿受理)