

## 第 44 次南極地域観測隊気象部門報告 2003

江崎雄治\*・杉田興正・鳥井克彦・高橋 武・安達正樹<sup>1</sup>Meteorological observations at Syowa Station and at Dome Fuji Station  
in 2003 by the 44th Japanese Antarctic Research ExpeditionYuji Esaki\*, Okimasa Sugita, Katsuhiko Torii, Takeshi Takahashi and Masaki Adachi<sup>1</sup>

(2007 年 1 月 4 日受付; 2007 年 3 月 30 日受理)

**Abstract:** This report describes the results of meteorological observations at Syowa Station from February 1st, 2003 to January 31st, 2004, and at Dome Fuji Station from February 1st, 2003 to January 20th, 2004, carried out by the Meteorological Observation Team of the 44th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-44). The observation methods, instruments and statistical methods used by the JARE-44 were almost the same as those used by the JARE-43 observation team.

Remarkable weather phenomena observed during the period of JARE-44 are as follows.

- 1) Annual mean surface temperature in 2003 at Syowa Station was  $-9.0^{\circ}\text{C}$ , which was the second highest value in the historical record of Syowa Station. The number of snow days in 2003 at Syowa Station was 233 days, which set a record at Syowa Station.
- 2) The amount of total ozone over Syowa Station became lower than or equal to 220 m atm-cm in mid-August, and was close to the minimum levels from September to October. The monthly means of total ozone in June and September at Syowa Station were the lowest values since the beginning of monitoring. The ozone hole in 2003 appeared earlier than usual. The annual maximum in the ozone mass deficiency and the ozone hole area were the second largest and the largest, respectively.
- 3) The mean surface temperature in the wintering period (Feb., 2003–Jan., 2004) at Dome Fuji Station was  $-53.8^{\circ}\text{C}$ ; the lowest temperature was  $-79.6^{\circ}\text{C}$  observed on July 23rd.

**要旨:** この報告は、第 44 次南極地域観測隊気象部門が、2003 年 2 月 1 日から 2004 年 1 月 31 日まで昭和基地において、及び 2003 年 2 月 1 日から 2004 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 43 次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、次のものが挙げられる。

- 1) 昭和基地での年平均気温は  $-9.0^{\circ}\text{C}$  で観測史上第 2 位の高さであった。また、年合計雪日数は第 1 位の多さであった。
- 2) 南極昭和基地上空におけるオゾン全量は、8 月中旬にオゾンホールを目安である 220 m atm-cm 以下の値を観測した後、9 月から 10 月にかけて過去最低レベルで推移した。6、9 月は月平均値としては過去最も少なかった。2003 年のオゾン

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

\* Corresponding author. E-mail: yesaki@met.kishou.go.jp

ホールは、欠損量（破壊量）が過去最大、面積が過去2位であり、例年よりも発達時期が早かった。

3) ドームふじ観測拠点における越冬期間（2003年2月～2004年1月）の平均気温は $-53.8^{\circ}\text{C}$ 、最低気温は7月23日に観測した $-79.6^{\circ}\text{C}$ であった。

## 1. はじめに

日本の南極地域における気象観測は、昭和32（1957）年に実施された国際的な学術調査、IGY（国際地球観測年）を契機として、第1次観測隊が昭和32年1月、前人未到の地に昭和基地を開設して以来、越冬できなかった昭和33年（第2次観測隊）及び一時閉鎖した期間（昭和36-39年）を除き、昭和基地を中心に行われてきた。第44次南極地域観測隊気象部門は、昭和基地においては2003年2月1日に第43次観測隊より定常気象観測業務を引き継ぎ、2004年1月31日まで1年間気象観測を実施した。ドームふじ観測拠点においては基地の立ち上げ作業及び観測測器の設置を行い、2003年2月1日に気象観測を再開し、基地一時閉鎖のために観測機器を停止させた2004年1月20日までの約1年間、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、地上日射放射観測、特殊ゾンデ観測を行った。観測の方法、観測に用いた測器、観測値の統計等は第43次観測隊とほぼ同様である（木津ら、2007）。ドームふじ観測拠点においては主として地上気象観測及び大気混濁度観測を行った。観測の方法、観測に用いた測器、観測値の統計等は第38次観測隊とほぼ同様である（江崎ら、2000）。昭和基地においては地上気象観測、高層気象観測、地上オゾン観測は、第43次隊から引き継いだ観測装置で観測を行った。

地上日射放射観測では、上向き及び下向きの紫外域日射観測用として新たに更新した紫外域日射計を持ち込み、観測を行った。オゾン全量・反転観測では、ドブソン分光光度計（Beck119）を持ち込み、第43次観測隊が観測に使用していたBeck122との測器相互比較を行った上で測器の入れ替えを行った。特殊ゾンデ観測は、オゾンゾンデ54台をほぼ毎週1回、エアロゾルゾンデは、季節変動を把握するために、計7台（内1台は気水圏部門分）を飛揚した。

その他、海氷上に設置した雪尺による積雪観測、S16及びとつつき岬に設置した気象ロボットによる気象観測、内陸旅行時の地上気象及び大気混濁度観測を行った。また、国立極地研究所気水圏研究グループ並びに国立環境研究所との協力観測として、ILAS-II（環境観測技術衛星「みどりII（ADEOS-II）」搭載の改良型周縁赤外分光計II型）検証のためのデータ取得を目的として、36回のオゾンゾンデ観測を実施した。

これらの観測から得られたデータは南極気象資料2003年（Antarctic Meteorological Data, Vol. 44, 気象庁, 2005a）としてCD-ROMで刊行した。ここでは観測の経過及び結果の概要について述べる。

## 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，2002）及び世界気象機関（WMO）の技術基準に基づいて行い，統計処理については，地上気象観測統計指針（気象庁，1990 a）に基づき行った。

観測結果は国際気象通報式（気象庁，1990 b）の地上実況通報式（SYNOP），地上月気候値気象通報式（CLIMAT）形式により，気象衛星通報局装置（以下，「DCP 装置」という）

表 1 昭和基地における地上気象観測使用測器等一覧表（2003 年 2 月～2004 年 1 月）  
Table 1. Observation elements, frequency of observation, minimum unit and instruments at Syowa Station (Feb. 2003–Jan. 2004).

観測種目	観測時刻	観測 最小単位	使用測器等	型式	備考
現地気圧	連続・ 毎正時	0.1hPa	電気式気圧計 (静電容量型)	PTB220	フォルトン型水銀気圧計により比較点 検（週 1 回）
	—		フォルトン型水銀気圧計		比較観測に使用
海面気圧	連続・毎正時	0.1hPa	—		気温・相対湿度・現地気圧から 算出
気圧変化量・ 気圧変化型	毎正時	0.1hPa	—		現地気圧から算出・決定
気温	連続・ 毎正時	0.1℃	電気式温度計 (白金抵抗型)	Pt-100	アスマン通風乾湿計により比較点検 (月 1 回)
	—		アスマン通風乾湿計		比較観測に使用
露点温度	連続・毎正時	0.1℃	—		気温・湿度観測値から算出
蒸気圧	同上	0.1hPa	—		気温・湿度観測値から算出
相対湿度	同上	1%	電気式湿度計 (静電容量型)	HMP233LJM	アスマン通風乾湿計により比較点検 (月 1 回)
			アスマン通風乾湿計		比較観測に使用
風向	同上	1°	風車型風向風速計	FF-11	測風塔（地上高 10.1m）に設置
風速	同上	0.1m/s			
全天日射量	同上	0.01MJ/m <sup>2</sup>	日射日照計 (全天電気式日射計)	MS-62F	気象棟南西側旗台地に設置， 日照計と一体型
日照時間	同上	0.1h	日射日照計 (太陽追尾式日照計)	MS-101D	気象棟南西側旗台地に設置， 日射計と一体型
積雪深	同上	1cm	超音波式積雪計	C-F212	観測棟北側海岸斜面に設置
	週 1 回	同上	雪尺（竹竿 9 本）		北の浦海氷上に設置
雲量・雲形・ 向き・高さ	定時		目視		
視程	定時（目視）	10m（目視）	目視		
			視程計（現象判別付）	TZE-6P	参考測器
大気現象	常時		目視		
			視程計（現象判別付）	TZE-6P	参考測器

※観測時刻の「定時」は，00，03，06，09，12，15，18，21 UTC の 8 回

を用いて、ヨーロッパの静止気象衛星 METEOSAT 経由でドイツのダルムシュタット地上局へ送信した。観測結果は、そこからさらに GTS (Global Telecommunication System, 全球通信システム) 回線を経由して直ちに世界の気象機関へ通報されている。

観測項目と使用測器等を表 1 に、測器配置を図 1 に示す。

(1) 総合自動気象観測装置 (地上系) による自動観測

気圧、気温、湿度、風向・風速、全天日射量、日照時間、積雪深及び視程については、総合自動気象観測装置 (地上系) により連続観測及び毎正時の観測を行った。なお、視程計は目視観測の補助測器として運用した。

(2) 目視観測

雲、視程については、目視により 1 日 8 回 (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC) の観

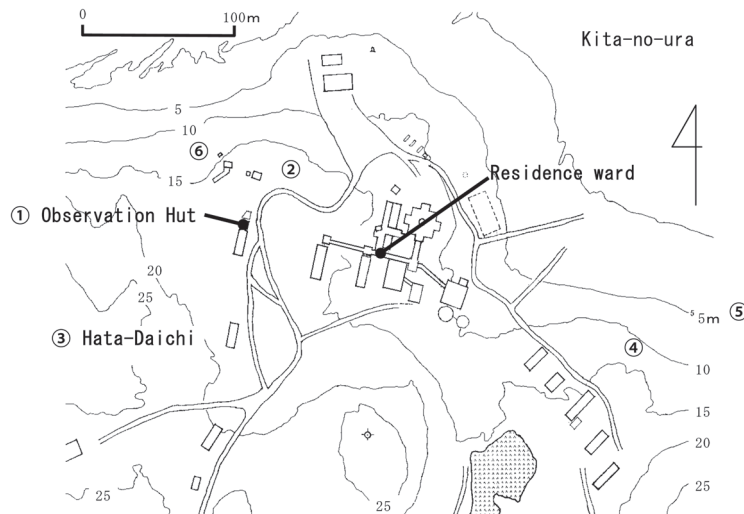


図 1 昭和基地主要部と測器感部の配置 (国立極地研究所 (1998) に加筆)

- ① 地上気象観測：気圧計  
オゾン観測：ドブソン分光光度計  
日射放射観測：ブリューワー分光光度計, 下向き日射・放射
- ② 地上気象観測：風向風速計, 温度計, 湿度計, 視程計
- ③ 地上気象観測：日射日照計
- ④ 地上気象観測：積雪深計
- ⑤ 日射放射観測：上向き反射・放射
- ⑥ オゾン観測：地上オゾン濃度計

Fig. 1. Location of surface meteorological instruments in the main part of Syowa Station.

- ① Surface observation: Barometer  
Ozone observation: Dobson spectrophotometer  
Radiation observation: Brewer spectrophotometer, downward radiation
- ② Surface observations: Wind sensor, thermometer, hygrometer, visibility sensor
- ③ Surface observation: Sunshine sensor
- ④ Surface observation: Snow depth sensor
- ⑤ Radiation observation: Upward radiation
- ⑥ Ozone observation: Surface ozone monitor



測を行った。また、大気現象については、随時観測を行った。

### (3) 海氷上積雪深観測

北の浦の海氷上に 20 m 四方、10 m 間隔に 9 本の竹竿を利用した雪尺を立て、週 1 回程度の割合で雪尺の雪面上の長さを測定し、前観測との差を 9 本平均して前回の積雪深に加算したものを積雪深観測値とした。なお、積雪深は雪尺設置時点を 0 cm として起算した。

#### 2.1.2. 観測経過

総合自動気象観測装置（地上系）系統の各測器は、おおむね順調に作動した。

国内の保守要領に準じて保守・点検を実施した。

#### (1) 気圧

測器の精度監視と器差補正值算出のために、基準器であるフォルタン型水銀気圧計との比較観測を週 1 回行った。誤差の月平均値は年間を通じて  $-0.2$  hPa から  $+0.1$  hPa で許容範囲内であり、動作状況は良好であった。

#### (2) 気温、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。ブリザードの際には、百葉箱内に雪が詰まることがしばしばあり、その都度除雪を行った。2003 年 9 月 16 日は除雪作業中に日最低気温を記録したため欠測とした。

比較観測はアスマン通風乾湿計により月 1 回行い、通風筒清掃時には適宜行った。アスマンの観測値を基準として、観測装置の値が気温においては  $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 、湿度は  $\pm 4\%$  の許容範囲内にあることを確認した。

#### (3) 風向・風速

測風塔上に設置した風車型風向風速計により通年観測した。

1 年を通しておおむね順調に動作したが、2003 年 5 月 22 日にはケーブルの異常により、7 月 27 日には着霜後の気温低下により風向軸が凍結したため、断続的に欠測となり欠測時間が 30 分以上となったため、日平均風速を欠測とした。

#### (4) 全天日射量、日照時間

全天電気式日射計と太陽追尾式日照計が一体型となっている日射日照計を気象棟南西側の旗台地に設置し、通年観測した。

全天日射計のガラスドームへの着霜のため 2003 年 5 月 1 日の全天日射量の日合計値が欠測となった他、モデムの通信障害のため、3 月 29 日の全天日射量の日合計値、11 月 26 日の日照時間および全天日射量の日合計値、12 月 1 日の日照時間の日合計値が欠測となった。また、2004 年 1 月 10 日は第 45 次隊との引継ぎをかねた感部交換を行ったため全天日射量の日合計値が欠測となった。

#### (5) 積雪の深さ

観測棟北東側の北の浦に下る海岸斜面に設置した超音波式積雪計により通年観測した。

表 2 昭和基地における地上気象観測月別気象表 (2003年1月~2004年1月)  
 Table 2. Monthly summaries of surface observations at Syowa Station (Jan. 2003-Jan. 2004).

	2003年												全年	2004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	993.2	990.9	984.5	979.3	988.2	992.1	984.8	981.1	980.9	987.2	985.9	994.9	986.9	985.2
最低海面気圧	974.3	972.8	969.9	952.7	956.7	968.0	947.8	958.3	957.2	968.9	970.5	982.0	947.8	950.6
起日	29	17	18	18	12	22	24	13	3	21	16	2	18	
平均気温	0.0	-2.4	-4.7	-7.7	-12.9	-12.4	-16.7	-16.8	-15.2	-13.3	-5.6	-0.7	-9.0	0.3
最高気温	2.8	0.2	-2.8	-5.0	-9.9	-10.1	-13.9	-13.6	-12.4	-10.9	-3.3	2.3	-6.4	2.7
最低気温	-3.1	-5.2	-6.8	-10.9	-16.5	-15.0	-20.4	-20.6	-18.5	-16.6	-9.0	-3.9	-12.2	-2.3
最高気温	4.9	3.6	3.2	-1.7	-4.8	-3.5	-4.4	-7.1	-6.6	-4.1	1.6	5.8	5.8	6.8
起日	29	19	2	12	28	14	11	1	3	19	12	15	1	1
最低気温	-5.5	-9.4	-12.8	-22.6	-26.3	-24.6	-34.0	-30.3	-27.8	-25.9	-15.2	-8.1	-34.0	-5.5
起日	2	26	22	10	20	20	27	25	8	10	8	4	26	26
最低気温	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
平均気温	17	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	32
最高気温	29	17	7	-	-	-	-	-	-	-	4	26	83	29
最低気温	31	28	31	30	18	17	12	9	13	15	30	31	265	31
最高気温	-	-	-	2	10	6	15	16	11	9	-	-	69	-
最低気温	-	-	-	-	1	-	8	9	5	1	-	-	25	-
最高気温	-	-	-	-	-	-	8	2	2	-	-	-	12	-
平均蒸気圧	3.9	3.5	2.9	2.7	1.8	1.8	1.5	1.4	1.4	1.6	2.7	3.9	2.4	4.2
平均相対湿度	63	68	64	76	73	70	77	74	65	69	66	67	69	68
平均風速	4.0	5.2	8.5	9.1	7.9	10.0	7.6	7.0	7.2	6.5	6.7	4.2	7.0	5.8
16方位	NE	NE	ENE	NE	NE	ENE	NE	NE	ENE	NE	NE	NE	NE	NE
最大風速	20.2	21.3	23.1	32.6	31.8	38.0	39.6	34.1	31.2	22.0	25.7	16.8	39.6	34.4
風向 起日	ENE, 22	NE, 18	ENE, 10	ENE, 12	ENE, 28	NE, 22	NE, 31	NE, 1	NE, 16	NE, 18	ENE, 27	E, 2	ENE, 18	ENE, 18
最大瞬間風速	27.1	29.0	30.2	41.0	40.5	48.0	51.9	44.3	40.6	27.4	33.2	22.2	51.9	46.5
風向 起日	E, 22	NNE, 18	ENE, 10	ENE, 12	ENE, 28	NE, 22	NE, 31	ENE, 1	NE, 16	NE, 18	ENE, 27	E, 2	ENE, 18	ENE, 18
最大風速	7	11	25	26	19	26	19	20	22	21	23	10	229	14
10.0m/s以上の日数	3	5	14	13	11	13	11	8	9	11	8	2	108	8
15.0m/s以上の日数	3	5	14	13	11	13	11	8	9	11	8	2	108	8
30.0m/s以上の日数	3	5	14	13	11	13	11	8	9	11	8	2	108	8
日照時間	445.2	262.3	125.3	49.1	12.9	-	9.1	56.8	110.8	165.0	248.8	484.4	1969.7	355.3
日照率	63	54	31	19	11	-	19	26	33	34	41	67	50	50
平均全日射量	26.5	17.4	7.9	2.3	0.2	0.0	0.1	1.4	6.1	13.7	22.9	30.7	10.8	24.4
日照日数	2	1	7	12	23	-	14	17	12	7	5	-	100	1
平均曇量	5.8	6.3	7.6	8.4	8.0	8.1	7.5	7.6	8.2	7.8	7.1	6.1	7.4	7.5
平均曇量	7	4	1	1	1	1	2	1	1	1	6	4	29	1
1.5未満の日数	11	13	15	20	16	16	16	17	20	17	17	12	190	16
8.5以上の日数	8	10	20	26	26	24	27	25	21	24	15	7	233	13
雪日数	1	3	-	-	2	-	2	1	-	-	-	4	13	1
霧日数	1	3	-	-	2	-	2	1	-	-	-	4	13	1
ブリザード日数	-	-	-	4	4	5	6	5	3	-	-	-	27	-

1) 統計方法は「地上気象観測統計指針」(気象庁, 1990a)による。2) 「」内の値は期間中に20%以下の欠測があったことを示す。  
 3) 5月31日より7月13日まででは、計算上太陽中心は地平線上に現れないので、日照日数にこの期間(44日)は含まれない。  
 4) ブリザードの基準については、表4「ブリザードの概況」を参照のこと。

強風時や新雪時には受信波のレベルが低下して測定不能となることが度々あった。また、観測装置付近に送油配管が敷設され観測環境が変化したため 2003 年 6 月にセンサー取り付けアームの向きを変更した。欠測は時別値の約 2.5%、1 日を通して欠測となった日が 3 日あった。

#### (6) 視程（視程計による参考記録）

管制棟裏に設置した視程計（現象判別付）を参考測器として通年運用し、視程障害時の目視観測の補助や、大気現象発現時刻の決定等に利用した。

#### (7) 海水上の積雪観測

2003 年 3 月中旬までは海水状態が安定せず、雪尺を設置できなかったが、海水状態が安定した 3 月 19 日に雪尺を設置し観測を開始した。前次隊の設置場所が確認できなくなっていたため、航空機オペレーションで使用する滑走路や野外オペレーションで予定されているルートとの位置関係、及び設置時の海水状態により新たに設置場所を選定した。12 月に入ると海水の状態が悪化し海水上に出ることが危険と判断されたため、12 月 22 日をもって観測を終了した。

### 2.1.3. 観測結果

月別気象表を表 2 に、極値、順位値の更新記録（3 位まで）を表 3 に、各月のブリザードの内容を表 4 に示す。また、年間の海面気圧、気温、風速、雲量及び日照時間の旬ごとの経過を図 2 に、海水上（雪尺）と昭和基地内（積雪計）の積雪深観測値の比較を図 3 に示す。

越冬期間中における昭和基地の気象の主な特徴として、次のことが挙げられる。

- (1) 気温は 7 月下旬を除き全般に平年並みか高めで経過し、2003 年の年平均気温は観測史上第 2 位の高さであった。
- (2) 2003 年の年平均雲量は観測史上第 3 位の多さで、年合計雪日数は第 1 位の多さであった。特に 4 月から 9 月にかけての冬季に雲量が多く天候が不順だった。一方、2 月や 12 月は日照時間が多く好天であった。
- (3) 6 月は周期的に接近した低気圧の影響で天候の悪い日が多く、月平均風速は観測開始以来第 1 位を更新した。また、7 月終わりから 8 月始めにかけて連続して接近した 2 個の低気圧は A 級ブリザードをもたらし、最大瞬間風速は 7 月として第 2 位を記録した。このブリザードによって、観測史上初めて 8 月にオングル海峡の海水が流された。
- (4) 2004 年 1 月 1 日には 1997 年以來の雨を観測した。また、1 月 17 日から 18 日にかけて接近した低気圧は大風をもたらし、最大風速が 1 月として第 3 位、最大瞬間風速が第 2 位を記録する強風となった。また、最低海面気圧は 1 月としての極値を更新した。
- (5) 2003 年のブリザードは歴代 4 位の少なさで、ここ 15 年間では最少であった。月別では 6 月の日数と 7 月の回数を除いて平年より少なく、特に秋季・春季に少なかった。ブリザードの初日（4 月 19 日）は観測史上第 3 位の遅さ、終日（9 月 19 日）は第 2 位の早さであった。

表 3 昭和基地における地上気象観測極値・順位更新記録 (2003年2月~2004年1月)  
 Table 3. New records of surface meteorological observation extrema and ranking at Syowa Station (Feb. 2003-Jan. 2004).

年	月	月別値			旬別値		
2003	2	月間日照時間	262.3 h	3位(多)	旬平均風速(上旬)	2.1 m/s	2位(小)
					日照時間旬合計(上旬)	145.8 h	1位(多)
					日照時間旬合計(下旬)	77.1 h	3位(多)
					旬平均雲量(下旬)	4.3	2位(少)
	3	月最高気温	3.2 °C	2位(高)	旬平均気温(上旬)	-1.8 °C	2位(高)
					日照時間旬合計(中旬)	69.8 h	3位(多)
	4	月平均現地気圧	976.7 hPa	3位(低)	旬平均海面気圧(中旬)	970.4 hPa	1位(低)
		月平均海面気圧	979.3 hPa	3位(低)	旬平均気温(中旬)	-6.3 °C	3位(高)
		月最低海面気圧	952.7 hPa	2位(低)	旬平均風速(中旬)	13.2 m/s	3位(大)
		月平均気温	-7.7 °C	3位(高)	旬平均気温(下旬)	-7.8 °C	2位(高)
		最高気温月平均	-5.0 °C	2位(高)	旬平均雲量(下旬)	9.3	3位(多)
		月平均蒸気圧	2.7 hPa	2位(高)			
	5	月平均雲量	8.0	2位(多)	日照時間旬合計(下旬)	0.0 h	1位(少)
	6	月平均蒸気圧	1.8 hPa	2位(高)	旬平均雲量(上旬)	8.8	3位(多)
		月平均風速	10.0 m/s	1位(大)	旬平均風速(中旬)	11.0 m/s	3位(大)
				旬平均風速(下旬)	10.9 m/s	1位(大)	
	7	月平均相対湿度	77 %	3位(高)	旬平均海面気圧(上旬)	999.1 hPa	2位(高)
		月最大瞬間風速	51.9 m/s	2位(大)	日照時間旬合計(中旬)	0.0 h	1位(少)
	8	月最低気温	-30.3 °C	2位(高)			
		月平均蒸気圧	1.4 hPa	3位(高)			
	9	月平均雲量	8.2	2位(多)	旬平均雲量(上旬)	9.2	1位(多)
				旬平均気温(中旬)	-12.5 °C	2位(高)	
				旬平均雲量(中旬)	9.6	1位(多)	
				日照時間旬合計(下旬)	81.3 h	3位(多)	
	10						
	11			日照時間旬合計(中旬)	55.1 h	3位(少)	
	12	月最大風速	16.8 m/s	3位(小)	日照時間旬合計(上旬)	174.7 h	2位(多)
2004	1	月平均現地気圧	982.7 hPa	3位(低)	旬平均気温(上旬)	1.3 °C	2位(高)
		月最低海面気圧	950.6 hPa	1位(低)	旬平均風速(中旬)	8.4 m/s	3位(大)
		最低気温月平均	-2.3 °C	2位(高)			
		月最低気温	-5.5 °C	2位(高)			
		月最大風速	34.4 m/s	3位(大)			
		月最大瞬間風速	46.5 m/s	2位(大)			

(6) 積雪はブリザードが発生する4月中旬までは低い値で推移したが、2回目のブリザード(4月22日~23日, B級)の時に海氷上, 昭和基地ともに急激に増加し, 5月下旬(25日, B級及び27日~29日, A級)と6月下旬(22日~24日, A級)のブリザード時にも増加が見られた。その後, 7月31日~8月2日のA級ブリザードの際は海氷上の積雪は増加したが, 昭和基地の積雪の変化は少なかった。一方, 9月から10月にかけてはブリザード及びブリザードに至らないふぶきや雪の際に昭和基地の積雪は段階的に増加したが, 海氷上の積雪の変化は昭和基地に比べ少なかった。これは昭和基地の積雪計が基地風上の海岸斜面上にあり(図1の④の位置), 降り積もった雪や地ふぶきで運ばれてきた雪が海氷上に比べ溜まりやすかったためと考えられる。10月下旬以降は両者ともおおむね減少に転じた(図3参照)。

越冬期間中の天気概況を表5に示す。

表 4 昭和基地におけるブリザードの概要 (2003 年 2 月 ~ 2004 年 1 月)  
 Table 4. Summaries of heavy snowstorms (blizzards) at Syowa Station (Feb. 2003-Jan. 2004).

通番	開始			終了			継続時間	階級	最大風速 (m/s)		最大瞬間風速 (m/s)		最低海面気圧 (hPa)		中断時刻 (日)		
	年	月	日	年	月	日			時	分	風向	起時 (日)	風向	起時 (日)		起時 (日)	起時 (日)
1	2003	4	19	2003	4	20	11	40	30.4	ENE	0230 (20)	39.2	NE	0211 (20)	954.9	1023 (20)	
2	2003	4	21	2003	4	22	15	10	29.7	ENE	1020 (22)	37.1	ENE	1001 (22)	965.6	1225 (22)	
3	2003	5	25	2003	5	25	22	10	26.2	NE	1550 (25)	36.3	NE	1526 (25)	979.8	1647 (25)	
4	2003	5	27	2003	5	29	2	40	31.8	ENE	1240 (28)	40.5	ENE	1309 (28)	976.0	1552 (28)	
5	2003	6	7	2003	6	8	5	30	22.7	ENE	0250 (8)	28.9	E	0247 (8)	984.3	0305 (8)	
6	2003	6	22	2003	6	24	16	40	38.0	NE	1940 (22)	48.0	NE	1757 (22)	968.0	1903 (22)	0320 (24) -0800 (24)
7	2003	7	1	2003	7	1	22	10	25.2	ENE	1250 (1)	31.9	ENE	1308 (1)	988.1	1248 (1)	
8	2003	7	3	2003	7	3	16	20	22.0	NE	0950 (3)	29.2	NE	0933 (3)	997.8	0655 (3)	
9	2003	7	11	2003	7	12	17	0	28.5	ENE	0240 (12)	36.1	ENE	0016 (12)	955.1	0101 (12)	
10	2003	7	18	2003	7	18	22	10	30.4	E	1230 (18)	38.0	E	1228 (18)	959.1	1300 (18)	
11	2003	7	31	2003	8	2	17	0	39.6	NE	1710 (31)	51.9	NE	1722 (31)	966.7	2234 (1)	
12	2003	8	7	2003	8	7	22	30	23.3	NE	1600 (7)	30.7	NE	1611 (7)	970.6	1638 (7)	
13	2003	8	13	2003	8	14	1	33	28.6	NE	1920 (13)	38.9	NE	1920 (13)	958.3	2041 (13)	
14	2003	9	15	2003	9	16	17	20	31.2	NE	0400 (16)	40.6	NE	0352 (16)	957.3	0255 (16)	
15	2003	9	19	2003	9	19	20	30	27.3	ENE	1350 (19)	34.2	ENE	1423 (19)	982.4	1420 (19)	

注 1. 階級区分は次による

- A級ブリザード (視程100m以下、風速25m/s以上の状態が6時間以上継続)
- B級ブリザード (視程1km以下、風速15m/s以上の状態が12時間以上継続)
- C級ブリザード (視程1km以下、風速10m/s以上の状態が6時間以上継続)

2. 極値については、それぞれのブリザードをもたらしした擾乱の影響を受けている期間で求めた

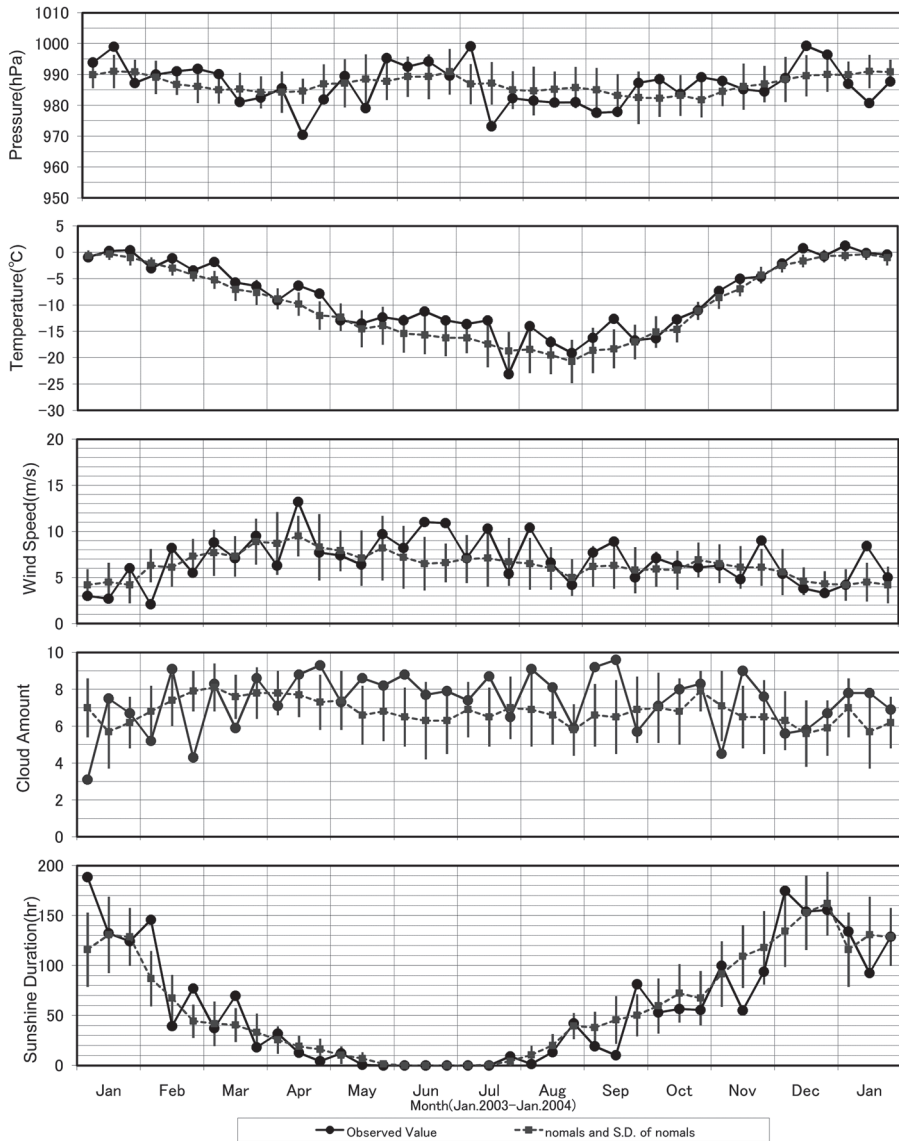


図 2 昭和基地における地上気象旬別経過図 (2003 年 1 月～2004 年 1 月)。平年値は 1971-2000 年の平均値。

Fig. 2. Time series of ten-day mean surface meteorological data at Syowa Station (Jan. 2003–Jan. 2004). Normal is average value in 1971 to 2000.

## 2.2. 高層気象観測

### 2.2.1. 観測方法及び測器

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 型ゾンデと記す) を用いて高層気象観測を行った。毎日 00 と 12 UTC の 2 回, ヘ



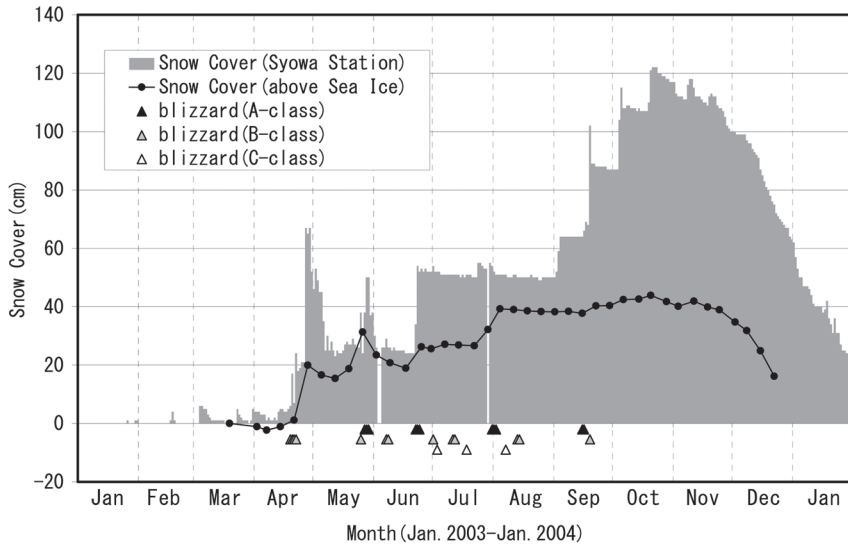


図 3 海水上（雪尺）と昭和基地内（積雪計）の積雪深観測値の比較（2003 年 1 月～2004 年 1 月）  
 Fig. 3. Comparison of snow depth on sea ice with that at Syowa Station (Jan. 2003–Jan. 2004).

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 km までの気圧、気温、相対湿度（気温が $-40^{\circ}\text{C}$ に達するまで観測）、風向・風速の高度分布を観測した。昭和基地は 1995 年に GUAN（世界気象機関（WMO）内に設置された全球気候観測システム（GCOS）の基準高層気象観測網）観測点指定を受けており、「より高い高度までのデータ取得」を要請されている。このため、第 43 次隊から 00 UTC の観測において、より到達高度性能の高い 1200 g 気球を使用した「高高度レーウィンゾンデ観測」を開始した（木津ら、2007）。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について表 6 に示す。

なお、観測に際しては 91 型ゾンデを減圧槽に入れて、広域型振動式気圧計により事前に使用する気圧計点検を行い、基準気圧からの補正値を求めた。また、飛揚直前には搬送波、室内の気圧、気温及び湿度に関して 91 型ゾンデの総合的な点検を行い、各要素について基準値以内に入っていることを確認した。

ゾンデ信号の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使用）を用いた。観測結果は、国際気象通報式（気象庁、1990 b）の地上高層実況通報式（TEMP）、高層月平均気象通報式（CLIMAT TEMP）形式により、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）経由で全球通信システム（GTS）に通報した。

表 5 昭和基地における天気概況 (2003年2月~2004年1月)  
Table 5. Weather summaries at Syowa Station (Feb. 2003-Jan. 2004).

年・月	天気概況	
2003年 2月		期間の中頃は動きの遅い低気圧の影響で悪天が多く、ふぶきとなった日もあったが、期間初めと終わりは高気圧に覆われて晴天となった日が多かった。月間日照時間は多い方から3位の記録を更新した。また、期間中ブリザードはなかった。
	上旬	期間中頃に低気圧の影響で雪が降った以外は、高気圧に覆われて晴れて穏やかな日が続く、記録的な好天となった。2日、3日及び7日には霧を観測した。日照時間旬合計は多い方から1位、旬平均風速は小さい方から2位の極値を更新した。
	中旬	低気圧が昭和基地の北の海上を次々と通過したため悪天が多かった。特に17日から18日にかけては動きの遅い低気圧や前線の影響で風が強ふぶきとなったが、ブリザードには至らなかった。
2003年 3月	下旬	期間初めは低気圧の影響で雪が降ったが、その後は高気圧に覆われて晴天が続いた。日照時間旬合計は多い方から3位、旬平均雲量は少ない方から2位の記録を更新した。
	上旬	期間の初めと終わりは低気圧や前線の影響で、曇や雪の日が多かった。期間中頃は南下してきた低気圧の影響で曇や雪となった日もあったが、その他は概ね晴れた日が多かった。気温は高めで推移し、2日の最高気温は3月として高い方からの2位を更新した。また、先月に引き続きブリザードはなかった。
	中旬	期間の初めは晴れたが、その後は昭和基地の北の海上を次々と低気圧が通過したため、曇や雪の日が多かった。気温は高めで経過し、旬平均気温は高い方から2位の記録を更新した。
2003年 4月	下旬	期間の初めは晴れた日が多かった。日照時間旬合計は多い方から3位の記録を更新した。
	上旬	期間の初めは晴れた日もあったが、その後は動きの遅い低気圧や前線の影響で曇や雪の日が多かった。23日は一時的にふぶいたが、ブリザード基準には至らなかった。
	中旬	上旬は晴れた日もあったが、中旬以降は低気圧が周期的に接近したため、雪やふぶきとなる日が多かった。期間の後半にB級ブリザードが2回あった。月平均現地気圧、月平均海面気圧は共に低い方から3位、月最低海面気圧は低い方から2位、月平均気温は高い方から3位、最高気温月平均は高い方から2位、月平均蒸気圧は高い方から2位の記録を更新した。
2003年 5月	下旬	21日から22日にかけて接近した低気圧によりB級ブリザードとなった。その後も低気圧や気圧の谷の影響で雪の日が続いた。旬平均気温は高い方から2位、旬平均雲量は多い方から3位の記録を更新した。
	上旬	期間の初めと7日から8日にかけては低気圧や前線の影響で雪が降ったが、その他の日は晴れや薄曇りの日が多かった。
	中旬	周期的に低気圧が接近したため、雪やふぶきの日が多かった。19日から20日にかけて接近した低気圧によるふぶきはB級ブリザード基準に達し、第44次隊初のブリザードとなった。旬平均海面気圧は低い方から1位、旬平均気温は高い方から3位、旬平均風速は大きい方から3位の極値を更新した。
2003年 6月	下旬	21日から22日にかけて接近した低気圧によりB級ブリザードとなった。その後も低気圧や気圧の谷の影響で雪の日が続いた。旬平均気温は高い方から2位、旬平均雲量は多い方から3位の記録を更新した。
	上旬	期間前半は晴れた日もあり、1日には霧を観測したが、その他の日は昭和基地の北を東進する低気圧の影響で曇や雪の日が多く、ふぶいた日もあった。
	中旬	低気圧が周期的に接近したため、雪やふぶきの日が多かったが、期間の終わり頃は大陸の高気圧に覆われて晴れた日もあった。
2003年 7月	下旬	期間の初めは晴れた日もあったが、その後は低気圧が周期的に接近したため、雪やふぶきとなった日が多かった。25日に接近した低気圧はB級ブリザードを、27日から29日にかけて接近した低気圧はA級ブリザードをもたらした。26日には霧を観測した。
	上旬	期間前半は晴れた日もあり、1日には霧を観測したが、その他の日は昭和基地の北を東進する低気圧の影響で曇や雪の日が多く、ふぶいた日もあった。
	中旬	低気圧が周期的に接近したため、雪やふぶきの日が多かったが、期間の終わり頃は大陸の高気圧に覆われて晴れた日もあった。
2003年 8月	下旬	期間の初めと中旬の後半及び下旬の中頃に晴れた日があった他は、低気圧が周期的に接近したため曇や雪の日が多く、ふぶいた日もあった。上旬にはB級ブリザード、下旬にはA級ブリザードが1回ずつあった。全般に風がやや強く、月平均風速は大きい方から1位の極値を更新した。また、月平均蒸気圧は高い方からの3位を記録した。
	上旬	期間の初めに晴れた他は低気圧や気圧の谷の影響で曇や雪の日が多く、ふぶいた日もあった。7日から8日にかけて接近した低気圧はB級ブリザードをもたらした。旬平均雲量は多い方からの2位を記録した。
	中旬	期間前半は低気圧が周期的に接近したため、曇や雪の日が多くふぶいた日もあったが、期間後半は概ね晴れた日が多かった。全般に風がやや強く、旬平均風速は大きい方からの3位を記録した。
2003年 9月	下旬	22日から24日にかけて接近した低気圧はA級ブリザードをもたらした。その後は26日から27日にかけて晴れた他は、昭和基地の北を東進する低気圧の影響で曇や雪の日が多かった。旬平均風速は大きい方から1位の極値を更新した。
	上旬	上旬の後半と下旬の前半は大陸の高気圧に覆われて概ね晴れた日が多かったが、その他の期間は低気圧や前線の影響で悪天が続くことが多かった。昭和基地付近に停滞した低気圧や前線の影響でブリザードになった日が多く、上旬と中旬にはB級ブリザード、C級ブリザードがそれぞれ1回ずつの計4回あった。さらに7月終わりから8月初めにA級ブリザードが1回あり、最大瞬間風速は7月として2位の記録を更新した。月平均相対湿度は観測史上3位の高さであった。
	中旬	期間前半は前線や低気圧の影響で悪天が続く、1日と3日はそれぞれB級、C級ブリザードとなった。期間中頃以降は周期的に昭和基地の北を通過した低気圧の影響で7日頃と10日頃曇や雪となった他は大陸の高気圧に覆われ晴れた日が多かった。旬平均海面気圧は高い方から2位の記録を更新した。
2003年 10月	下旬	期間前半は昭和基地に接近した低気圧の影響で雪やふぶきの日が多く、11日から12日に接近した低気圧はB級ブリザードをもたらした。その後は15日と20日に晴れた他は昭和基地の北に停滞した低気圧や前線の影響で雪やふぶきが続く18日にはC級ブリザードとなった。
	上旬	期間前半は前線や低気圧の影響で悪天が続く、1日と3日はそれぞれB級、C級ブリザードとなった。期間中頃以降は周期的に昭和基地の北を通過した低気圧の影響で7日頃と10日頃曇や雪となった他は大陸の高気圧に覆われ晴れた日が多かった。晴れて気温の下がった日が多く23日と27日には氷霧を観測した。期間の終わりは昭和基地付近を通過した低気圧の影響で曇や雪の日が多く、31日から8月2日にかけて連続して接近した2個の低気圧はA級ブリザードをもたらした。
	中旬	期間前半は昭和基地に接近した低気圧の影響で雪やふぶきの日が多く、11日から12日に接近した低気圧はB級ブリザードをもたらした。その後は15日と20日に晴れた他は昭和基地の北に停滞した低気圧や前線の影響で雪やふぶきが続く18日にはC級ブリザードとなった。

年・月	天気概況	
2003年 8月		期間前半は周期的に接近した低気圧の影響で雪やふぶきの日が多く、7月終わりに続いてA級ブリザードに加え、C級、B級ブリザードがそれぞれ1回ずつあった。その後は期間の終わりに低気圧や気圧の谷の影響で曇や雪となった他は大陸の高気圧に覆われて概ね晴れた日が多かった。月最低気温は高い方から2位、月平均蒸気圧は高い方から3位の記録を更新した。
	月上旬	7月31日から2日にかけて連続して接近した2個の低気圧はA級ブリザードをもたらした。その後も4日と10日に晴れた他は、周期的に接近した低気圧の影響で雪やふぶきの日が多く、7日に接近した低気圧はC級ブリザードをもたらした。
	月中旬	期間前半は周期的に接近した低気圧の影響で雪やふぶきの日が多く、13日から14日に接近した低気圧はB級ブリザードをもたらした。期間後半は17日から18日にかけて気圧の谷の影響で雪が降った他は、大陸の高気圧に覆われて概ね晴れた日が多かった。
	月下旬	期間前半は23日に昭和基地に接近した低気圧の影響で雪が降った他は、大陸の高気圧に覆われて晴れた日が多く、21日には氷霧を観測した。期間後半は27日に晴れた他は、昭和基地の北海上を通過した低気圧や気圧の谷の影響で曇や雪の日が多かった。
2003年 9月		上旬から中旬にかけては低気圧や気圧の谷の影響で悪天となった日が多く、特に中旬には周期的に接近した低気圧の影響でふぶきとなり、A級ブリザード、B級ブリザードがそれぞれ1回ずつあった。下旬は大陸の高気圧に覆われて概ね晴れた日が多かった。月平均雲量は多い方から2位を記録した。
	月上旬	8日に高気圧に覆われて晴れた他は、昭和基地の北を通過した低気圧や気圧の谷の影響で曇や雪の日が多かった。旬平均雲量は多い方から1位の極値を更新した。
	月中旬	期間前半は昭和基地の北に停滞した低気圧や気圧の谷の影響で曇や雪の日が多かった。期間後半は18日に一時的に晴れた他は周期的に接近した低気圧の影響でふぶきとなった日が多く、15日から16日にかけてはA級ブリザード、19日にはB級ブリザードとなった。旬平均気温は高い方から2位、旬平均雲量は多い方から1位の極値を更新した。
	下旬	期間初めは昭和基地の北を通過した低気圧の影響で曇や雪となったが、その後は大陸の高気圧に覆われて概ね晴れた日が多かった。日照時間旬合計は多い方から3位の記録を更新した。
2003年 10月		期間の中頃は高気圧に覆われて晴れた日が多かったが、その他の日は周期的に昭和基地の北を通過した低気圧や前線の影響で曇や雪の日が多くふぶいた日もあった。期間中ブリザードはなかった。
	月上旬	期間の初めと終わりは高気圧に覆われて晴れたが、その他の日は昭和基地の北を次々と通過した低気圧や前線の影響で曇や雪の日が多く、ふぶいた日もあったがブリザードには至らなかった。
	月中旬	期間初めは昭和基地の北を通過した低気圧の影響で雪が降ったが、その後期間中頃にかけては高気圧に覆われて概ね晴れた日が多かった。期間後半は、18日頃昭和基地に接近した低気圧や前線の影響でふぶきや雪となった日が多かったが、ブリザードには至らなかった。
	下旬	期間中頃と終わり頃には高気圧に覆われて晴れた日もあったが、周期的に昭和基地の北を通過した低気圧や気圧の谷の影響で曇や雪の日が多く、ふぶいた日もあった。
2003年 11月		上旬はブロッキング高気圧の圏内となり晴天が続いたが、中旬以降は昭和基地の北をゆっくり通過した低気圧や昭和基地付近に停滞した前線の影響で曇や雪の日が多かった。期間の終わり頃は前線の影響で風の強い状態が続いたがブリザードにはならなかった。
	月上旬	期間の初めと終わりは低気圧の影響で曇や雪となったが、その他の日はブロッキング高気圧の圏内となり晴天が続いた。
	月中旬	期間の初めと中頃に一時的に晴れた他は、昭和基地の北をゆっくりと通過した複数の低気圧の影響で曇や雪の日が多かった。日照時間旬合計は少ない方から3位の記録を更新した。
	下旬	期間初めは昭和基地の北に停滞した前線の影響で曇となったが、その後期間中頃にかけては大陸の高気圧に覆われ晴れとなった。期間後半は、昭和基地の北をゆっくり通過した低気圧や昭和基地付近に停滞した前線の影響で曇や雪となり、風の強い状態が続いた。
2003年 12月		昭和基地の北を通過した低気圧の影響で、曇となった日もあったが、全般に高気圧に覆われ穏やかな晴天の日が多かった。月最大風速は弱い方から3位の記録となった。最高気温は5日から0℃を下回る日が少なくなった。また、先月に引き続きブリザードはなかった。
	月上旬	期間前半は弱い低気圧の影響で曇となった日もあったが、その他の日は高気圧に覆われて晴れの日が続いた。日照時間旬合計は多い方から2位の記録を更新した。
	月中旬	期間の初めと中頃に気圧の谷や前線の影響で曇となったが、その他の日は高気圧に覆われ概ね晴れた日が多かった。気温は高めで推移し、旬平均気温は高い方から2位の記録を更新した。
	下旬	期間の終わり頃は昭和基地の北をゆっくり通過した低気圧の影響で、曇や雪となったが、その他の日は高気圧に覆われて概ね晴れた日が多かった。また、24日から25日にかけてと、29日から30日にかけての夜間には霧が発生した。
2004年 1月		大陸の高気圧に覆われて晴れた日もあったが、周期的に昭和基地に接近した低気圧や気圧の谷の影響で曇や弱い雪となった日が多く、1日には昭和基地で7年ぶりの雨を観測した。また、17日から18日にかけて接近した低気圧は大風をもたらした。1月として最大風速で3位、最大瞬間風速で2位の記録を更新した。月平均現地気圧は低い方から3位、月最低海面気圧は1位の極値を更新した。また、最低気温月平均及び月最低気温はそれぞれ高い方からの2位を記録した。
	月上旬	期間の初めに昭和基地に接近した低気圧の影響で1日には7年ぶりの雨が降った。その後は8日に昭和基地の北を通過した低気圧の影響で曇となった他は、高気圧に覆われて概ね晴れた日が多かった。旬平均気温高い方からの2位を記録した。
	月中旬	期間の終わりに高気圧に覆われて晴れた他は低気圧や気圧の谷の影響で曇の日が多く雪の降った日もあった。特に17日から18日にかけて昭和基地に接近した低気圧は大風をもたらした。日最大風速は1月として3位、日最大瞬間風速は2位の記録を更新した。旬平均風速は大きいほうから第3位の記録を更新した。
	下旬	期間中頃は高気圧に覆われて概ね晴れたが、その他の日は昭和基地の北を周期的に通過した低気圧や気圧の谷の影響で曇や雪の日が多かった。

表 6 昭和基地における高層気象観測器材

Table 6. Sensors and instruments for aerological observations at Syowa Station.

使用機器等		測定範囲	観測精度	備考	
RS2-91型レーウィンゾンデ	センサー	気圧 鉄ニッケル合金空ごう (静電容量変化式)	1050 ~ 5 hPa	±1 hPa	減圧点検, 飛揚前点検で精度確認
		気温 ビード型ガラスコート サーミスタ (アルミ蒸着加工)	+40 ~ -90 °C	±0.5 °C	飛揚前点検で精度確認
		湿度 高分子膜 (静電容量変化式)	0 ~ 100 %	±7 % (10~95 %) ±10 % (上記以外)	飛揚前点検で精度確認
		風向 風速 ゾンデ観測による高度計算値と自動追跡型方向探知機の測角値から算出			経緯儀による測角比較観測 (極夜期を除く目視可能時)
電池	B91RS型注水電池			立ち上げ機により 規定電圧を確認後飛揚	
充填ガス	ヘリウムガス			標準浮力錘浮力1900 g, 強風・降雪等状況により増量	
気球	00UTC	1200 gゴム気球			飛揚前に加温保存, 冬期間は油漬け処理を実施, 00UTC強風時は600 g気球に替える
	12UTC	600 gゴム気球			
懸垂紐	白色クレモナ糸			全長15 m, 強風時は気象観測用巻下器に替える	
その他	強風時	気象観測用巻下器			飛揚後に懸垂紐が15 mに伸長
	暗夜時	PA72型追跡補助電灯			注水電池により起電発光

2.2.2. 観測経過

観測状況を表7に示す。

第44次隊として2003年2月1日00 UTCより2004年1月31日12 UTCまでの観測を行った。この期間中、ブリザードによる強風のため飛揚作業を取り止めた欠測が2回(2003年7月31日12 UTC及び8月1日12 UTC)あった。

冬期間の下部成層圏の低温によりゴム気球が硬化して到達高度が低下するのを防ぐため、

表 7 昭和基地における高層気象観測状況

Table 7. Number of observations and attained height of aerological observations at Syowa Station.

項目	年月	2003年											2004年	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		56	63	63	64	63	64	63	60	62	60	62	63	743	
定時観測回数		56	62	60	62	60	61	61	60	62	60	62	62	728	
特別観測回数		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
欠測回数		0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	
資料欠如回数		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
再観測回数		0	1	3	2	3	3	2	0	0	0	0	1	15	
到達気圧 /高度	00 UTC	平均 hPa	5.0	5.2	18.2	6.2	6.6	7.5	7.8	7.2	8.2	6.0	5.5	5.6	7.4
		平均 km	36.5	35.7	27.3	32.1	31.5	30.5	30.2	30.7	30.9	35.1	36.4	36.1	32.8
		最高 hPa	3.3	3.1	4.7	2.8	2.7	3.1	3.2	4.4	4.8	3.9	3.9	4.1	
	12 UTC	最高 km	39.1	38.9	35.0	36.6	35.5	34.3	34.3	33.1	34.1	38.1	38.7	38.1	
		平均 hPa	11.3	9.3	9.7	9.4	9.1	8.7	8.4	9.5	12.0	10.2	10.9	10.2	9.9
		平均 km	31.4	31.8	30.4	29.3	29.0	28.3	28.7	28.5	28.3	31.1	31.6	31.8	30.0
最高 hPa	6.3	6.2	6.6	5.5	5.0	6.1	6.0	7.2	7.8	6.8	7.8	8.0			
最高 km	34.7	33.8	32.9	31.6	31.9	30.4	30.6	30.1	30.4	34.0	33.5	33.5			

\*7/31 12UTC, 8/1 12UTC ブリザードによる強風のため欠測



5月2日00 UTC から11月4日00 UTC まで気球の油漬け処理を行った。なお、油漬けの実施期間は成層圏の気温がおおむね $-68^{\circ}\text{C}$ を下回る時期を目安とした。また、1年を通して加温をした気球を観測に使用した。

表7の4月の月平均到達気圧に注目すると、この期間のみが00 UTC に行った高高度レーウィンゾンデ観測（主として1200 g 気球を使用）よりも12 UTC のレーウィンゾンデ観測（600 g 気球を使用）の方が高くなった。これは、上空において気球が受ける日射による加熱の影響と考えられ、00 UTC の観測では日射を受けないため、成層圏の気温が $-60^{\circ}\text{C}$ を下回る程度であっても、気球が硬化し気球の早期破裂が起きていることや油漬けをしない場合の気球の低温下（約 $-60^{\circ}\text{C}$ 以下）における性能が、600 g 気球に対して1200 g 気球の方がやや劣っていることによると考えられる。このため、気球の油漬け開始時期（おおむね5月上旬頃）より前で、成層圏気温が $-60^{\circ}\text{C}$ を下回るようになった場合には、600 g 気球を00 UTC の高高度レーウィンゾンデ観測においても使用することが望ましいことがわかった。

自動追跡型方向探知機（MOR-22）の追従性能の測定精度を確認するために、極夜期を除き数回測風経緯儀による比較観測を実施し、その結果はおおむね良好であった。その他、高層気象観測装置の総合的な動作点検を毎月1回程度実施し、性能に異常の無いことを確認した。また、比較観測場所である気象棟前室の屋上が多少ゆがみ測風経緯儀の水平バランスが崩れ、比較観測に支障があったため、前室屋上にコンパネを8月に敷設し補強した。これにより比較観測環境が改善された。

表8 月別指定気圧面観測値 (00 UTC)

Table 8. Monthly summaries of aerological data at standard pressure levels (00 UTC).

項目	指定面 (hPa)	2003年											2004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	平均	1月
高度 (m)	850	1225	1200	1141	1091	1148	1171	1106	1072	1070	1125	1151	1240	1145	1162
	700	2702	2676	2609	2553	2594	2607	2531	2496	2489	2554	2614	2723	2596	2642
	500	5150	5122	5037	4964	4989	4976	4894	4859	4861	4934	5049	5183	5002	5100
	300	8598	8560	8465	8340	8353	8282	8203	8154	8171	8261	8459	8636	8374	8565
	200	11253	11226	11100	10920	10862	10759	10642	10581	10593	10699	10967	11207	10901	11210
	150	13170	13147	13003	12775	12638	12502	12331	12252	12257	12390	12739	13057	12688	13122
	100	15874	15854	15676	15367	15116	14916	14667	14561	14568	14735	15246	15700	15190	15833
	50	20539	20487	20206	19722	19247	18914	18550	18423	18478	18727	19686	20393	19448	20519
	30	24020	23912	23524	22895	22220	21787	21341	21241	21380	21812	23142	23909	22599	24016
	気温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	850	-8.7	-9.6	-11.0	-11.9	-15.6	-17.3	-19.0	-19.6	-20.3	-19.0	-12.4	-8.0	-14.4
700		-17.9	-18.0	-19.6	-20.6	-22.8	-24.4	-26.1	-26.0	-26.0	-24.7	-19.1	-16.5	-21.8	-17.3
500		-31.3	-32.0	-33.6	-36.1	-37.5	-40.9	-41.0	-41.3	-40.0	-38.8	-33.2	-30.4	-36.3	-30.3
300		-52.2	-52.4	-53.5	-56.9	-58.1	-61.2	-62.2	-62.9	-62.8	-61.8	-56.8	-54.0	-57.9	-51.8
200		-46.2	-45.4	-47.5	-52.9	-62.6	-65.3	-71.3	-72.9	-73.8	-71.2	-63.2	-54.4	-60.6	-47.4
150		-45.3	-44.9	-47.1	-53.3	-62.4	-67.3	-73.8	-76.4	-76.9	-73.7	-62.3	-52.6	-61.3	-45.2
100		-44.8	-45.1	-48.8	-56.2	-66.2	-72.4	-78.8	-80.6	-79.5	-77.2	-60.2	-47.2	-63.1	-43.7
50		-41.4	-44.4	-50.9	-60.7	-72.7	-79.2	-85.3	-84.7	-80.6	-73.1	-46.9	-38.8	-63.2	-40.5
30		-39.4	-43.9	-51.3	-62.5	-75.4	-82.2	-87.1	-84.3	-76.8	-59.0	-37.9	-37.2	-61.4	-38.3
風速 (m/s)		850	5.8	6.7	8.8	10.8	8.6	10.1	9.6	8.8	9.9	9.0	9.8	7.2	8.8
	700	5.7	5.8	7.4	8.5	8.7	7.6	8.6	7.8	7.7	7.1	8.3	6.9	7.5	8.7
	500	5.2	7.3	8.5	10.9	14.4	9.3	15.1	9.5	9.8	9.7	11.6	7.2	9.9	8.5
	300	8.0	9.7	12.7	17.2	24.2	13.1	17.5	15.0	12.7	13.1	17.6	11.4	14.4	13.9
	200	5.4	7.6	8.4	16.0	22.7	12.6	16.0	16.2	12.2	13.1	13.7	8.1	12.7	6.3
	150	4.8	6.5	8.8	16.6	21.7	13.8	16.7	17.4	11.9	14.1	13.8	8.1	12.9	5.6
	100	4.1	5.8	9.3	18.4	22.3	18.6	19.6	21.4	15.4	16.8	19.4	9.3	15.0	4.7
	50	3.4	3.9	9.9	22.8	28.0	28.6	28.1	31.2	23.5	21.1	27.0	8.0	19.6	2.4
	30	5.0	3.6	11.2	27.0	33.5	36.8	34.8	37.9	31.0	25.7	26.8	7.7	23.4	3.0

ゾンデ気圧計の点検に使用する点検自動気圧計点検装置の真空ポンプが老朽化により油漏れが激しかったため、4月に予備のポンプに交換した。9月には放球棟に設置した放球監視モニターが故障した。このため、ビデオカメラとテレビを使用して気球充填・放球作業を監視できるようにした。11月には次期 GPS ゾンデ観測機器導入のための電波影響調査を実施した。

### 2.2.3. 観測結果

2003年1月～2004年1月までの主な指定気圧面の高度、気温、風速の月平均値（00 UTC の観測値による統計）を表8に示す。

2003年1月から2004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の太い実線で示し、平年値（1971-2000年の00 UTC）を細い実線で示す。

地上気温を見てみると、2003年2月から2004年1月までほぼ年間を通して平年値より高い気温で推移した。一方、成層圏の100 hPaから30 hPaにかけては、2003年5月から11月位まで平年値より気温が低い状態が継続した。このことは、極渦の安定と極成層圏雲の発達

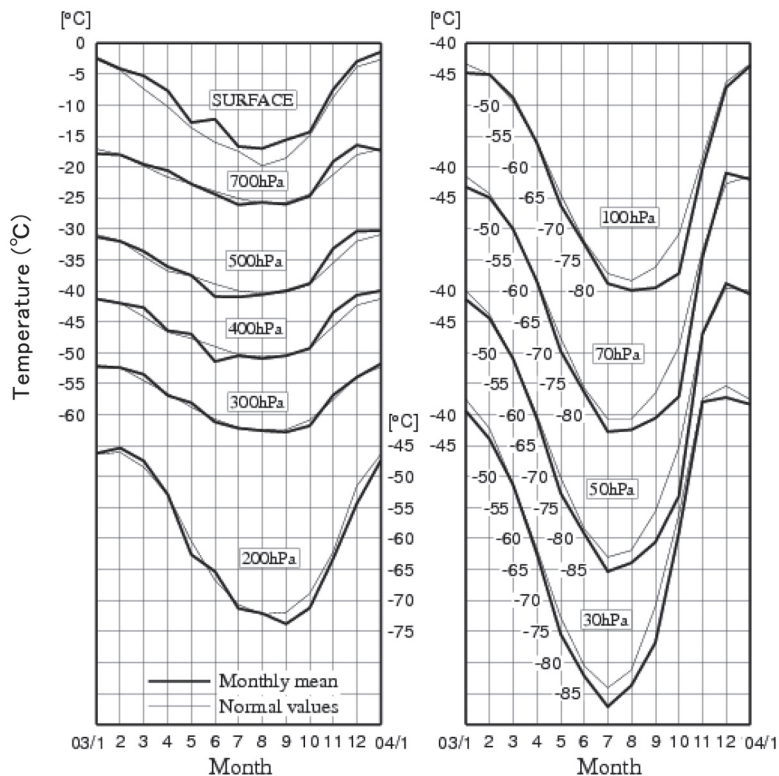


図4 指定気圧面の月平均気温の年変化（2003年1月～2004年1月）と累年平均（1971年～2000年）の年変化（00 UTC）

Fig. 4. Annual variations of monthly mean upper air temperatures of 2003 and normal values (1971-2000) at Syowa Station.



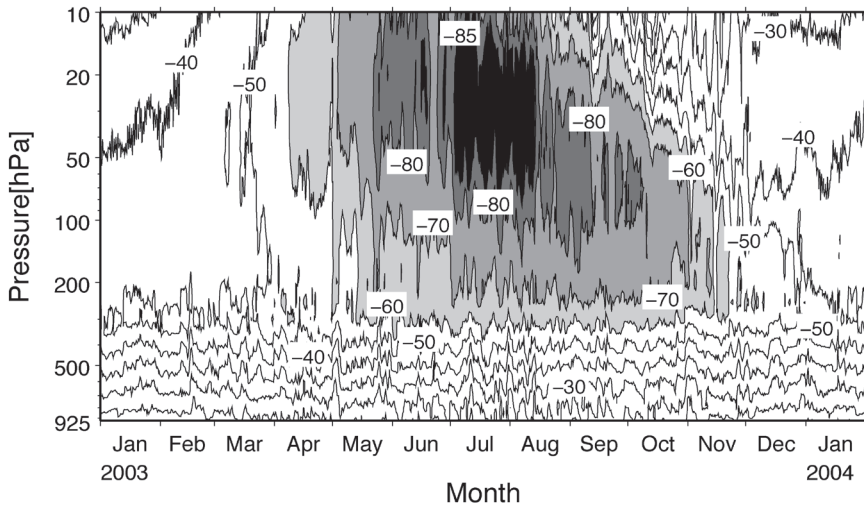


図 5 上層気温の時間高度断面図 (2003 年 1 月～2004 年 1 月) 薄灰色域:  $-60^{\circ}\text{C}$  以下, 灰色域:  $-70^{\circ}\text{C}$  以下, 濃灰色域:  $-80^{\circ}\text{C}$  以下, 黒色域:  $-85^{\circ}\text{C}$  以下

Fig. 5. Time-height cross section of upper-air temperature (Jan. 2003–Jan. 2004).

The light gray area indicates the region  $-60^{\circ}\text{C}$  or below; the gray area indicates the region  $-70^{\circ}\text{C}$  or below; the dark gray area indicates the region  $-80^{\circ}\text{C}$  or below; the black area indicates the region  $-85^{\circ}\text{C}$  or below.

をもたらし、2003 年のオゾンホールが発達時期が例年より早くなったことと関係していると思われる。

図 5 に 2003 年 1 月～2004 年 1 月までの 00 UTC 及び 12 UTC の上層気温の時間高度断面図を示す。これによると、2003 年 6 月上旬以降、70 hPa 面から上で  $-80^{\circ}\text{C}$  以下の低温域が現れ、8 月中旬まで領域を拡大し、9 月上旬まで持続している様子がわかる。一方、8 月上旬、9 月中旬から 10 月中旬にかけて、成層圏突然昇温 (WMO の基準で  $+25^{\circ}\text{C}/1$  週間) を観測した。成層圏突然昇温現象は、成層圏上層から下層へ徐々に伝わっていき、 $-60^{\circ}\text{C}$  以下の気温の低い領域は、11 月には消滅した。

次に 2003 年 1 月から 2004 年 1 月の指定気圧面月平均気温、風の東西風成分及び南北風成分の月別統計値変化と平年値 (1971–2000 年) からの偏差についての年変化を図 6 に示す。

図 6 上段左図気温の変化を見ると、50 hPa から上の領域に注目すると、先に述べた成層圏突然昇温に対応して、2003 年 8 月に入ると成層圏上部から昇温が始まった。上段右図を見ると 2003 年 9 月から 10 月の 70 hPa を中心にして負偏差となっており、平年に比べて成層圏気温が低い状態が継続した。これはこの時期の極渦が安定していたことと対応し、オゾンホールの欠損量 (破壊量) も過去最大となった要因と考えられる。300 hPa から上の領域に注目すると、1 月から 3 月及び 6 月を除いてほとんどの領域で年平均値に比べて気温の低い負偏差となった。

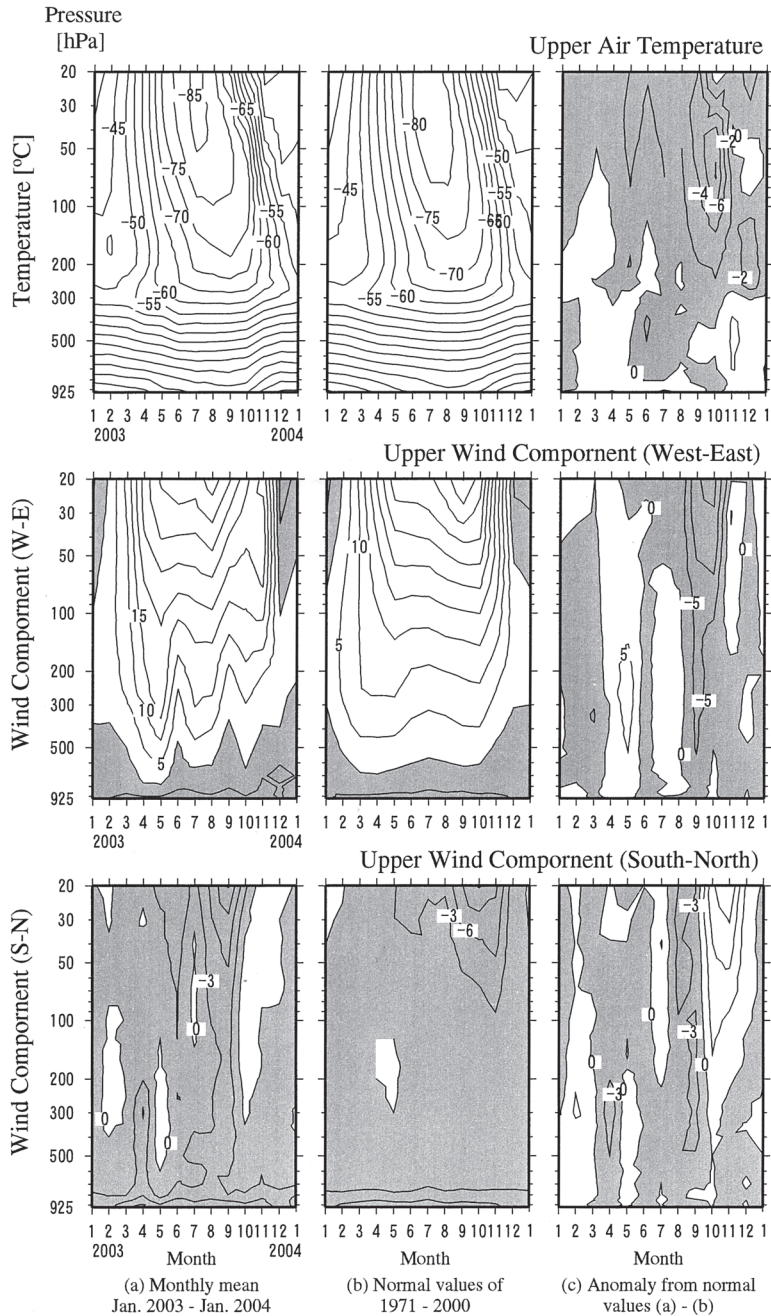


図 6 高層気象指定気圧面観測結果 (a) 2003 年月平均値, (b) 累年平均値 (1971-2000 年), (c) 累年平均値からの偏差偏差

Fig. 6. Annual variations in upper air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and upper wind components(m/s)(left), normal values(1971-2000)(middle), and their anomalies (right).

図 6 中段の東西風成分の変化を見ると、2003 年 5 月は、250 hPa を中心にして地上から 20 hPa まで及び 7 月の地上から 70 hPa まで年平均値に比べて西風成分が卓越している。一方、9 月から 10 月にかけての地上から 20 hPa は、平均値に比べて西風成分が弱まっている。

図 6 下段の南北風成分の変化を見ると 2003 年 2 月の地上から 20 hPa まで及び 11 月の 20 hPa を中心とした領域で年平均値に比べて南風成分が卓越している。

南半球 500 hPa 面を図 7 に、30 hPa 面の月平均高度を図 8 に気象庁解析資料によりそれぞれ示す。赤丸は昭和基地の位置を示し、平年偏差は各月平均高度値から平年値（1979-1993 年）を差引いたものである。また、等値線の間隔は 500 hPa が 60 m、30 hPa が 120 m である。500 hPa 面の月平均高度場を見てみると、2003 年 2 月から 9 月にかけて、南極大陸付近は低圧部で、弱いながら波数 3 から 4 のパターンを示している。その中で、2003 年 6 月の東経 100 度付近及び 8 月の西経 170 度付近の強い正偏差が特徴的である。2003 年 11 月になると、南極大陸上空が高気圧場となり 12 月をピークとして 2004 年 1 月まで持続している。昭和基地では初ブリザードが 4 月 19 日と例年に比べて遅く（表 4 参照）、じょう乱が昭和基地に接近してもブリザード基準に達することがなかった。これは、2003 年 2 月及び 3 月の 500 hPa 面において昭和基地の南方に高気圧が表現されていることから、ブリザードとなるような強いじょう乱が昭和基地付近に接近できなかったことによると考えられる。

次に 30 hPa 面の月平均高度場を見てみると、極渦は 2003 年 3 月から次第に強まり 8 月に最盛期を迎えるが、9 月には、東経 45 度を中心とした昭和基地付近が高度の負偏差域が現れはじめる。10 月になるとさらに偏差が拡大し、東経 50 度を中心とした昭和基地付近が強い負偏差に、南極点を対象にして西経 130 度南緯 70 度付近に中心を持つ南極沿岸域が強い正偏差となり、極渦の中心はやや昭和基地寄りに位置した。昭和基地におけるこの時期の高層気象観測の結果を見てみると、10 月の 30 hPa の平均高度（00 UTC）が 21812 m（表 8 参照）に対して、平年値（00 UTC、1971-2000 年）は 22109 m であり、平年と比べて約 300 m の低い高度となっている。11 月になると極渦は急速に弱まるとともに、偏差の強さが弱まり、位置が時計回りに約 90 度変化した。12 月になると南極域は高気圧場に覆われ始めた。

2003 年 10 月以降、極渦の中心が南極点から昭和基地の方向に移動したため、昭和基地では 11 月までオゾンホールの影響を受けた。

## 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（Beck119）を用いた全量・反転（高度分布）観測、RS2-KC96 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、及び地上オゾン濃度観測装置を用いた地上オゾン濃度の連続観測を行った。

全量・反転観測とオゾンゾンデ観測結果は、電子メールで毎月気象庁へ報告した。これら



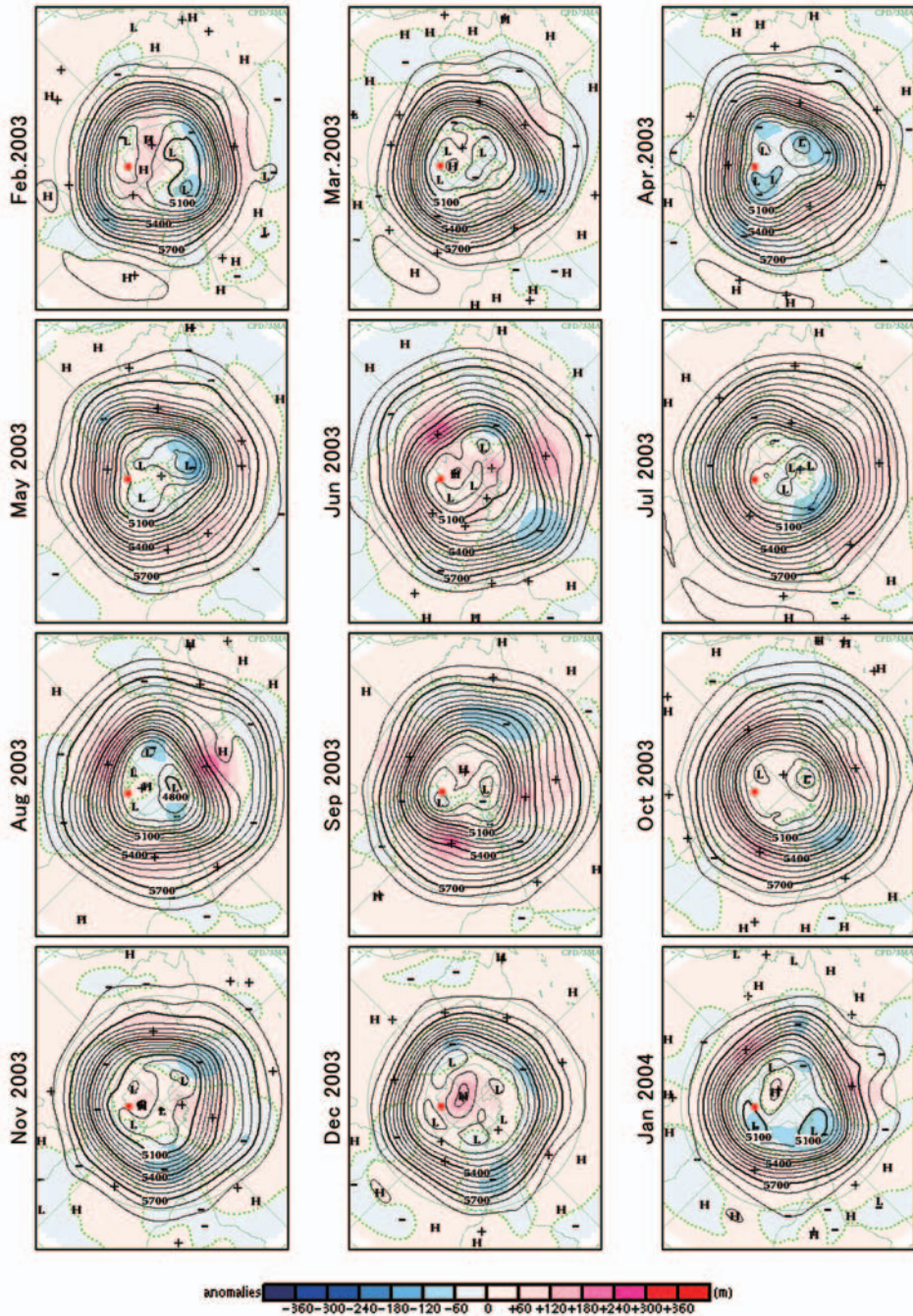


図 7 南半球月平均 500 hPa 高度及び年偏差 (2003 年 2 月～2004 年 1 月). 赤丸は昭和基地の位置を示す.

Fig. 7. Monthly mean weather chart on 500 hPa (Feb. 2003–Jan. 2004). Red solid circle shows the position of Syowa Station.

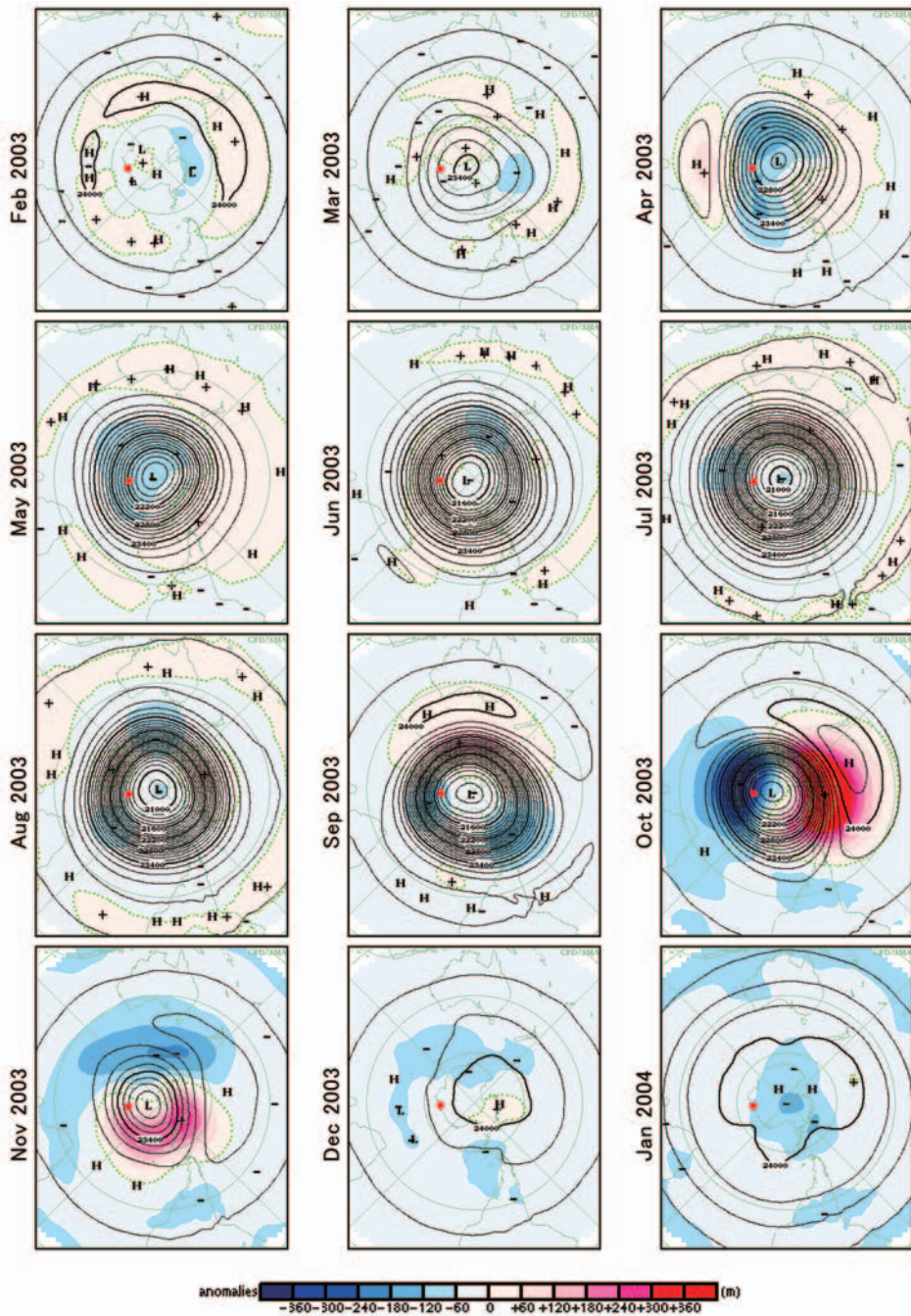


図 8 南半球月平均 30 hPa 高度及び平年偏差 (2003 年 2 月～2004 年 1 月)。赤丸は昭和基地の位置を示す。

Fig. 8. Monthly mean weather chart on 30 hPa (Feb. 2003–Jan. 2004). Red solid circle shows the position of Syowa Station.



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。また、オゾンホール時期（8-12月）には、WMO 事務局の要請により気象庁経由で全量及びオゾンゾンデ観測結果を数日ごとに WMO 事務局へ報告した。その結果は、WMO OZONE BULLITEN としてまとめられ、世界の関係機関に配布された。

観測器材を表9に示す。

(1) オゾン全量観測

オゾン観測指針(オゾン全量・反転観測編) (気象庁, 1991) に準じ、ドブソン分光光度計を用いて太陽直射光及び天頂散乱光の観測を行った。ドブソン分光光度計は測器内部に取り入れた紫外光について、指定された二つの波長をそれぞれ取り出し、その強度比を測定することでオゾン全量を観測する測器である。太陽光ではAD波長組(A波長組: 平均波長305.5 nmと325.0 nm, D波長組: 平均波長317.5 nmと339.9 nm)を用いた観測を、太陽の北中時及び午前、午後の $\mu=1.5, 2.5, 3.5, 4.5$  (ここで $\mu$ は、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定義する)の時刻に行った。また、太陽高度が低くなる時期についてはCD波長組(C波長組: 平均波長311.5 nmと332.4 nm, D波長組: 平均波長317.5 nmと339.9 nm)を用いた観測を、北中時及び $\mu=3.5, 4.5, 5.5, 6.5$ の時刻に行った。なお、測器の測定限界となる $\mu$ の値はオゾン全量やエアロゾル全量の多寡により変化するため、 $\mu$ が変化する数時間に渡って連続して直射光観測を行い、測定限界を確認する $\mu$ 限界観測を2

表9 昭和基地におけるオゾン観測器材  
Table 9. Sensors for ozone observations at Syowa Station.

観測項目	使用測器等	型式及び測器番号	単位及び測定範囲	構成	備考
オゾン全量・反転観測	オゾン分光光度計	Beck No.119	m atm-cm		石英プリズムを使って太陽光をスペクトルに分け、測定しやすい2種の波長の光を取り出し強度比を測定する
オゾンゾンデ観測	オゾンゾンデ	RS2-KC96	hPa	気圧	鉄ニッケル合金空こう気圧計 (静電容量変化式)
			℃	気温	ビード型ガラスコートサーミスタ (アルミ蒸着加工)
			mPa	オゾン計測部	ピストンポンプ (吸気および導気管: ポリエチレン製) 反応管 (アクリル樹脂製単管, 白金電極, 炭素電極, 液温センサー) 反応液 (ヨウ化カリウム・臭化カリウム水溶液)
				風向 風速	ゾンデ観測による高度計算値と自動追跡型 方向探知機の測角値から算出
				電池	B96KC型注水電池
				気球 その他	2000g気球 ※標準浮力: 3400g オゾンゾンデ巻下器(50m)
地上オゾン観測	オゾン濃度計	Dylec MODEL1100	0~200ppbv	観測装置	紫外線吸収法, 最小感度0.1ppbv, 12秒サンプリング
	空気精製器	Dylec MODEL1400		検定装置	原料ガス(空気)を乾燥後, 含まれるオゾン を分解, NO <sub>2</sub> を除去し精製空気にする
	オゾン発生器	Dylec MODEL1410	0~1000ppbv		UVランプによる紫外線照射



月、3月、4月、9月、11月、1月に行った。太陽光による観測が出来ない冬季には月光焦点法観測（以下、月光観測）を行った。用いた波長組は AD 波長組である。必要な光量が得られる  $\mu$  は満月でおおむね  $\mu=2.8$  以下、半月でおおむね  $\mu=1.8$  以下であることから、観測が可能となる日数は月に 10 日間程度である。観測可能な時間帯において月光面に雲が無い場合には、 $\mu$  を定めず観測を行った。

#### (2) オゾン反転観測

オゾン観測指針(オゾン全量・反転観測編) (気象庁, 1991) に準じ、ドブソン分光光度計を用いて日中の晴天天頂散乱光を連続観測し、オゾンの高度分布を得るための反転観測を行った。太陽天頂角が 80 から 90 度の範囲のショート反転観測と、60 から 90 度の範囲のロング反転観測を天頂晴天時の午前または午後可能な限り行った。

#### (3) オゾンゾンデ観測

オゾン観測指針(オゾンゾンデ観測編) (気象庁, 1997) に準じて、RS2-KC96 型オゾンゾンデをゴム気球に吊り下げ、上空約 35 km までのオゾン分圧、気圧、気温及び風向・風速の高度分布を観測した。オゾンゾンデはポンプで大気を吸入し、大気中のオゾンと反応液（ヨウ化カリウム及び臭化カリウム）との化学反応の際に生ずるオゾン量に比例した反応電流を計ることによりオゾン量を求めている。

オゾンゾンデの信号を受信する地上施設は、高層気象観測施設と同じものを使用した。オゾンゾンデ飛揚前の校正には、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錘浮力 3400 g とした。また、高層気象観測と同様に 5 月から 10 月の到達高度が低くなる期間は、気球の油漬け処理を行った。さらに、上空で温度が極端に低くなることによる反応液の凍結等を防ぐために、オゾンゾンデ内に収納されている注水電池とポンプ及び反応管との間の仕切りを薄くする処理を行い、注水電池の発熱を利用した。

観測は原則として週 1 回、オゾンホール時期は週 2 回行った。また、環境観測技術衛星 (ADEOS II) に搭載された改良型大気周縁赤外分光計 II 型（以下、ILAS-II と記す。）で観測されたオゾンデータを検証するため、国立環境研究所 ILAS-II プロジェクト、国立極地研究所気水圏研究グループ及び気象庁観測部による共同観測として、ILAS-II プロジェクト事務局が指示する日時に観測を行った。

飛揚は風の弱い晴天の日で高層気象観測を行っていない時間帯に行った。ただし、ILAS-II 検証観測時には弱い降雪がある場合にも観測を行った。データの解析は観測終了後直ちに行った。また、極夜時期などのドブソン分光光度計によるオゾン全量観測値が得られない場合を除き、飛揚当日のオゾン全量観測値を用いて補正を行った。

#### (4) 地上オゾン濃度観測

第 38 次隊（1997 年 1 月）より開始した地上オゾン観測（江崎ら, 2000）を第 44 次隊も引

き続き行った。観測は、大気取り入れ口からテフロン配管を通して粗引き用のポンプで地上付近の大気を吸引し、更にオゾン濃度計内のポンプにより流量毎分 1.5 l でオゾン濃度計に取り入れることにより、地上付近の大気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 秒ごとに測定した。データは収録用 PC 内の HDD 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内に設置し (図 1 の⑥の位置)、大気取り入れ口は、同建物主風向側 (北東側) 地上から 5 m の高さとしている。

オゾン濃度計は計 4 台で運用しており、昭和基地には、現用器、予備器の 2 台を維持し、2 台は帰国隊が国内に持ち帰りオーバーホール後、再び次の隊が昭和基地に持ち込む運用方法としている。持ち込んだ 2 台のうちの 1 台を半年ずつ観測現用器として使用し、観測後期においてみられる水銀ランプ照度低下による観測値への影響を最小限に抑えることができる。運用の詳細を表 10 に示す。

第 44 次隊では、第 42 次隊が昭和基地において 1 年間観測に使用し、国内に持ち帰った 2 台のオゾン濃度計 (A166, A456) を気象庁環境気象課の検定装置により使用後検定を行い、オーバーホールを行った。その後、使用前検定を行った上で昭和基地に持ち込んだ。第 43 次隊が持ち込んで昭和基地で使用していた 2 台のオゾン濃度計 (101A, 101B) との相互比較検定を行い、第 43 次隊持ち込みの当該機器は国内に持ち帰り、気象庁南極観測事務室の検定装置で使用後検定を行った後、オーバーホールされた。

第 43 次隊までは、気象庁南極観測事務室の検定装置により使用前検定及び使用後検定を行っていたが、気象庁が観測に使用するすべてのオゾン濃度計に対してデータの均質性を確保するため、検定を気象庁環境気象課において一括して実施する方針となった。このため、第 44 次隊以降昭和基地に持ち込むオゾン濃度計については、気象庁環境気象課の検定装置により使用前検定及び使用後検定を行うこととなった。

### 2.3.2. 観測経過

#### (1) オゾン全量観測

観測には、日本国内において点検・改修を行い第 44 次隊で持ち込んだドブソン分光光度計 (Beck119) を使用した。2002 年 12 月から 2003 年 1 月にかけて各種点検を行って輸送による感度変化等がないことを確認した上で、第 43 次隊が観測に使用していた Beck122 との測器相互比較を行った。その結果、Beck119 の正常動作が確認できたため 2 月 1 日から Beck119 を観測に用いた。越冬中は長期にわたる測器障害も無く、おおむね順調に観測を行うことができた。Beck122 は点検のため第 43 次隊が持ち帰った。

表 11 に、月別オゾン全量観測及びオゾン反転観測日数を示す。また、観測種別ごとの内訳も示す。1 日に複数の種別で観測を行っているため、内訳の合計が観測日数と異なる場合がある。4 月から 8 月は太陽高度角が低いいため観測可能日数が少ない。これは、4 月及び 8

表 10 昭和基地におけるオゾン濃度計検定及び観測使用履歴  
Table 10. Official approval of ozone monitor and history of use for observation at Syowa Station.

検定日時	検定種別	検定場所	検定履歴				観測使用期間					
			101B	101A	A166	A456	101B	101A	A166	A456		
1996/10/07	101B使用前検定	環境研究所	■									
1997/01/17	相互比較検定	昭和基地	■	■								
1997/07/25	相互比較検定	昭和基地	■	■			1997/01/18	予備器				
1997/10/14	A166使用前検定	国立極地研究所			■		↓					
1998/01/11	相互比較検定	昭和基地	■	■			1998/01/31	予備器				
1998/05/12	101B使用後検定	国立極地研究所	■	■				1998/01/31	予備器			
1998/10/12	101B使用前検定	国立極地研究所	■	■				↓				
1999/01/19	相互比較検定	昭和基地	■	■			1999/01/20	予備器				
1999/05/18	101A使用後検定	南極観測事務室		■						1999/01/20		
1999/07/21	相互比較検定	昭和基地	■	■						↓		
1999/10/17	101A使用前検定	南極観測事務室		■						2000/01/31		
2000/01/08	相互比較検定	昭和基地	■	■								
2000/04/19	相互比較検定	昭和基地	■	■			2000/02/01	予備器				
2000/07/04	A166使用後検定	南極観測事務室		■			↓					
2000/07/31	相互比較検定	昭和基地	■	■			2000/07/31	予備器				
2000/10/20	A166, A456使用前検定	南極観測事務室		■				2000/08/01				
2000/11/04	相互比較検定	昭和基地	■	■			予備器			2000/11/26		
2000/11/26 101A障害のため101Bに交換							2000/11/26					
2001/01/20	相互比較検定	昭和基地	■	■			↓					
2001/05/22	101A, 101B使用後検定	南極観測事務室	■	■			2001/01/31			2001/02/01	予備器	
2001/08/07	相互比較検定	昭和基地	■	■						↓		
2001/09/14	101A, 101B使用前検定	南極観測事務室	■	■						2001/07/31		
2002/01/10	相互比較検定	昭和基地	■	■							2001/08/01	
2002/05/31	A166, A456使用後検定	南極観測事務室		■						予備器		
2002/07/04	相互比較検定	昭和基地	■	■			2002/02/01	予備器				
2002/09/03	相互比較検定	昭和基地	■	■			↓					
2002/09/27	A166, A456使用前検定	環境気象課	■	■			2001/08/31					
2003/01/14	相互比較検定	昭和基地	■	■						2002/09/01		
2003/05/14	101A, 101B使用後検定	南極観測事務室	■	■			予備器			↓		
2003/07/19	相互比較検定	昭和基地	■	■						2003/02/01	予備器	
2003/09/10	101A, 101B使用前検定	環境気象課	■	■						↓		
2004/01/03	相互比較検定	昭和基地	■	■						2003/07/31		
2004/05/28	A166, A456使用後検定	環境気象課		■							2003/08/01	
											↓	
											2004/01/31	

■ : 相互比較検定 □ : 使用前・使用後検定

月の太陽高度角が低いため、また、5月から7月は月光による観測のみとなるため観測可能日数そのものが少なくなることによる。月光による観測に必要な光の強度は満月に近い月齢の時にしか得られないため、晴天が続いても観測可能な日数は月に10日間程度しかない。

(2) オゾン反転観測

測器の状況は(1)に記述した通りである。

観測日数は表11の通りである。太陽高度角が低い、又は太陽が昇らない5月から7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を行わなかった。

表 11 昭和基地における月別オゾン全量観測及びオゾン反転観測日数

Table 11. Days of total ozone observations and ozone Umkehr observations with the Dobson spectrophotometer at Syowa Station.

		2003											2004	
		2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	合計
全量観測日数		23	30	20	2	5	3	20	26	28	29	31	31	248
回数 内訳	AD直射光	66	46	15				4	55	80	80	124	103	
	CD直射光	51	48	30				28	53	52	44		15	
	AD天頂光	101	109	28				42	80	113	129	154	143	
	CD天頂光	76	105	74				48	101	73	72		16	
	月光		2		18	39	23	23	11	4				
反転観測日数		9	6	2				3	6	12	11		6	69
内訳	ロング	13	6						6	12	14		7	
	ショート			2				5	2	1	1			

## (3) オゾンゾンデ観測

第44次隊では、定常気象観測用のオゾンゾンデを54台、ILAS-II検証用を24台、計78台を持ち込んだ。また、第43次隊よりILAS-II検証用オゾンゾンデを24台引き継いだ。10月に、飛揚前の点検において気圧偏差が基準を越え不合格となる気圧計の不良が頻発したため、昭和基地にあるオゾンゾンデの気圧計を全数検査し、交換が必要となった気圧計の持ち込みを第45次隊に依頼した。なお、ILAS-IIの故障により飛揚計画が変更されILAS-II検証用オゾンゾンデの10台を第45次隊に引き継ぐことになったため、観測計画への影響は生じなかった。この結果、第44次隊での飛揚台数は92台であった。

オゾンゾンデの観測状況を表12に示す。

また、ドブソン分光光度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35回あった。このうち、ドブソン分光光度計不調によるオゾン全量観測値が取得できなかったことが1回、極夜期で月光によるオゾン全量観測ができなかったことが29回（ILAS-II検証用15回）、残りの5回は気球破裂、オゾン反応不良などによりオゾンゾンデ観測最終高度が30 hPaに達しなかったものである。

## (4) 地上オゾン濃度観測

2003年1月14日に第43次隊で使用したオゾン濃度計101Aと101B及び第44次隊持ち込みのオゾン濃度計A166とA456の相互比較検定を行い測器の精度確認を行った。2月1日にA166を観測現用器、A456を予備器として観測を開始した。

越冬中の7月19日に2台のオゾン濃度計A166とA456の相互比較検定を行うとともに、配管を交換した。7月の相互比較検定の後、観測現用器（A166）と予備器（A456）を入れ替え、456Aを観測現用器とした。

越冬終了時の2004年1月3日には、配管を交換するとともに第45次隊の持ち込んだオゾン濃度計101Aと101B及び第44次隊が観測に使用したオゾン濃度計A166とA456の相互

表 12 オゾンゾンデ観測状況  
Table 12. Date of observations and attained height of ozonesonde.

年 月	2003年					
	2月	3月	4月	5月	6月	7月
日観測終了 気圧(hPa)	5 7.1	5 5.5	3 210.1 *2	14 5.7 *3,4	12 6.4 *3	15 3.9 *4
	15 4.0 *4	12 6.1	5 6.8	15 33.0 *3,4	18 26.7	16 3.8 *3,4
	23 6.0 *4	19 41.9 *2,4	9 8.0	16 4.5 *3,4	26 3.5 *3	19 11.8 *3,4
	25 8.9 *1,4	20 6.7 *4	15 15.0	17 4.6 *3,4		20 8.4 *3,4
		21 5.2 *4	24 17.5	19 9.8 *4		21 4.4 *3,4
		28 4.5		20 4.5 *4		22 5.3 *3,4
				21 4.4 *3,4		23 4.4 *3,4
				22 20.2 *3,4		25 5.3 *3,4
				23 3.5 *3,4		26 6.3 *3,4
				24 40.3 *3,4		27 4.7 *3,4
				26 20.6 *3,4		28 6.0 *3,4
						29 9.2 *3,4
						30 4.3 *3,4
						31 30.4 *3,4
年 月	2003年					2004年
	8月	9月	10月	11月	12月	1月
日観測終了 気圧(hPa)	3 6.8 *3,4	1 5.5	3 11.6	3 17.9	1 3.9	7 37.2 *2
	4 4.5 *3,4	6 5.4	7 9.8	4 5.4 *4	4 6.5	14 5.8
	5 5.9 *3,4	8 5.9	9 13.2	6 6.2	8 16.2	20 5.5
	8 7.2 *3	12 13.1	13 5.8	11 4.6 *4	11 5.6	28 6.6
	11 7.2	17 20.6	16 30.6 *2	12 6.6	16 7.2	
	15 6.5 *3	23 3.9	20 5.8	14 4.3	18 5.5	
	19 44.1 *2	24 5.4	24 4.4	18 5.3	24 7.2	
	21 15.0	26 4.9	28 8.5	21 5.5	31 5.7	
	25 19.7	29 10.2	30 5.8	24 5.4		
	28 3.5					

注 \*1：オゾン全量観測が出来なかったため、ドブソン比（補正係数）なし。  
 \*2：気球破裂・オゾン反応不良などにより最終高度が30hPaに達せず、ドブソン比なし。  
 \*3：極夜期で月光によるオゾン全量観測が出来なかったため、ドブソン比（補正係数）なし。  
 \*4：ILAS-II 検証報告を行った観測。

比較検定を行い測器の精度確認を行った。その後、1月31日の越冬交替時まで A456 の観測を継続し、2月1日をもって第 45 次隊に観測を引き継いだ。

第 44 次隊が観測に使用した A166 及び A456 は国内に持ち帰り、気象庁環境気象課で使用後検定を行った。

ブリザード時に大気取り入れ口が雪で詰まり、除去作業の期間について欠測とした。また、7月19日未明の停電によりデータ収録システムが停止し欠測したことがあったが、その他は1年間を通しておおむね順調に観測を行うことができた。

### 2.3.3. 観測結果

#### (1) オゾン全量観測

図9に2003年1月から2004年1月のオゾン全量観測結果を示す。昭和基地上空のオゾン全量日代表値は、8月中旬にオゾンホールを目安となる 220 m atm-cm 以下の値を観測し、9月から10月にかけては継続的に 220 m atm-cm を下回った。9月25日に記録した 133 m atm-cm (日代表値) は、定常観測を開始した 1966 年以降の最小値となった。11月に入るとオゾンホールの変形や移動により、オゾンホールの縁辺部が昭和基地上空を通過するようになり、オゾン全量は急激な増減を繰り返した。オゾン全量が 220 m atm-cm を下回った最後の日は

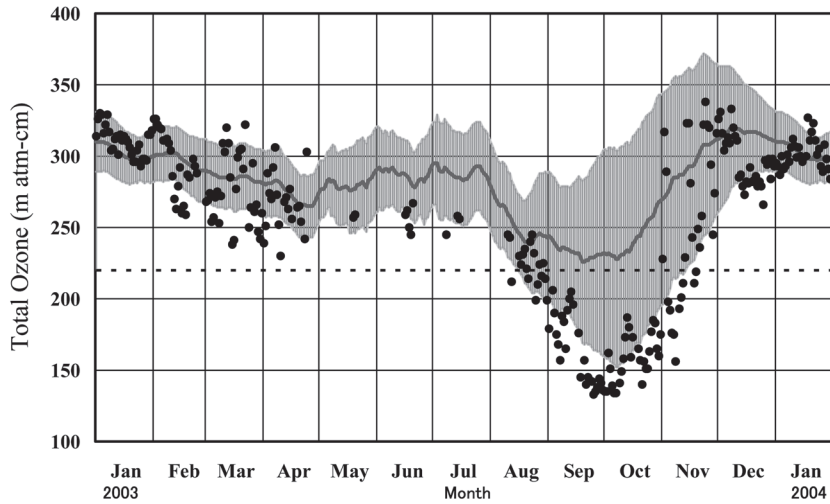


図 9 昭和基地におけるオゾン全量日代表値の年変化 (2003 年 1 月～2004 年 1 月)  
 陰影部は平年値 (1971-2000 年) とその標準偏差 ( $\sigma$ ) を, 点線はオゾンホール目安である  
 220 m atm-cm の値を示す。

Fig. 9. Annual variations in total ozone at Syowa Station (Jan. 2003-Jan. 2004).

The average and standard deviations ( $\pm \sigma$ ) of the 1971-2000 period are shown for comparison in light gray. The dashed line shows 220 m atm-cm.

11 月 19 日であった。図 10 に昭和基地における 8 月から 12 月の月平均オゾン全量の経年変化を示す。2002 年は 9 月下旬に極渦が二つに分裂するなど特異な気象状況のために 9 月から 11 月の月平均オゾン全量が多かったが、2003 年は各月とも、2001 年までと同様にオゾンホール出現前に比べオゾン量が減少している状況が観測された。9 月の月平均値は 165 m atm-cm で、その月として 1966 年以降の最低値となった。

### (2) オゾン反転観測

図 11 にオゾン反転観測による層別オゾン量の高度分布を示す。2003 年 4 月から 8 月と 12 月はロング反転観測データが得られなかったため表示していない。

9 月から 10 月にかけては第 2, 3, 4, 5 層 (253-15.8 hPa) でオゾン量が少ない状態で推移し、特に 9 月下旬から 10 月上旬の第 3, 4 層は非常に少ない状態であった。昭和基地が一時的にオゾンホールの外に出た 11 月上旬には、第 3, 4, 5 層でオゾン量が急増した。

第 9, 10 層 (1.98 hPa より上層) のオゾン量は、2003 年 1 月から 3 月にかけて増加し、9 月から 11 月上旬にかけて減少傾向にあった。

### (3) オゾンゾンデ観測

図 12 に 2003 年 1 月から 2004 年 1 月のオゾン分圧 (mPa) の時間高度断面を、図 13 に 2003 年 8 月から 2004 年 1 月までのオゾンゾンデ観測結果を示す。

オゾン分圧は通常、高度 100 hPa から 50 hPa 付近で最も高い高度分布を示す。図 12 及び



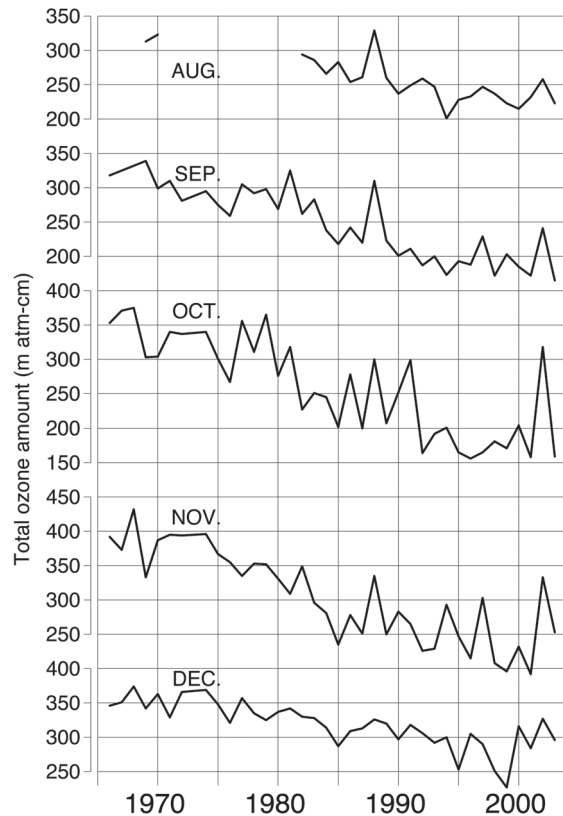


図 10 昭和基地における月平均オゾン全量の経年変化 (1966-2003 年)

Fig. 10. Time series of monthly mean total ozone at Syowa Station (1966-2003).

図 13 より, 1 月から 8 月中旬まではこの高度の分圧は 10 mPa 以上であったが, 8 月中旬以降は上層からオゾン分圧が低下し始め 9 月中旬から 10 月にかけてはオゾンがほぼ破壊された状態が続いた。

一方, 30 hPa より上層では 10 月からオゾンが増加し始め, オゾンの多い層が下層に向かって広がる形で昭和基地上空のオゾンホールは解消した。しかし, 図 13 の通り, 高度 150 hPa から 100 hPa では 12 月から 1 月かけても平年に比べオゾンの少ない状態が続いた。

#### (4) 2003 年のオゾンホールの特徴

図 14 に, NASA のアースプローブ衛星の TOMS (オゾン全量マッピング分光計) データ ([http://toms.gsfc.nasa.gov/ozone/ozone\\_v8.html](http://toms.gsfc.nasa.gov/ozone/ozone_v8.html)) を基に作成した, 2003 年 8 月から 12 月の南半球の旬別オゾン全量分布図を示す。陰影部は極夜のため観測できない領域である。図より, 8 月中旬にオゾンホールの目安となる 220 m atm-cm 以下の領域が現れ, 9 月は月を通して南極大陸のほぼ全域を覆い, 24 日にはオゾンホールの面積が 2003 年の最大 (2917 万 km<sup>2</sup>, 過去 2 位) となった。この時期, オゾン欠損量 (破壊量) は 10726 万 t で過去最大, 最低オゾン全量も 82 m atm-cm と過去最低を記録した。10 月以降, オゾンホールの規模は急速に縮小

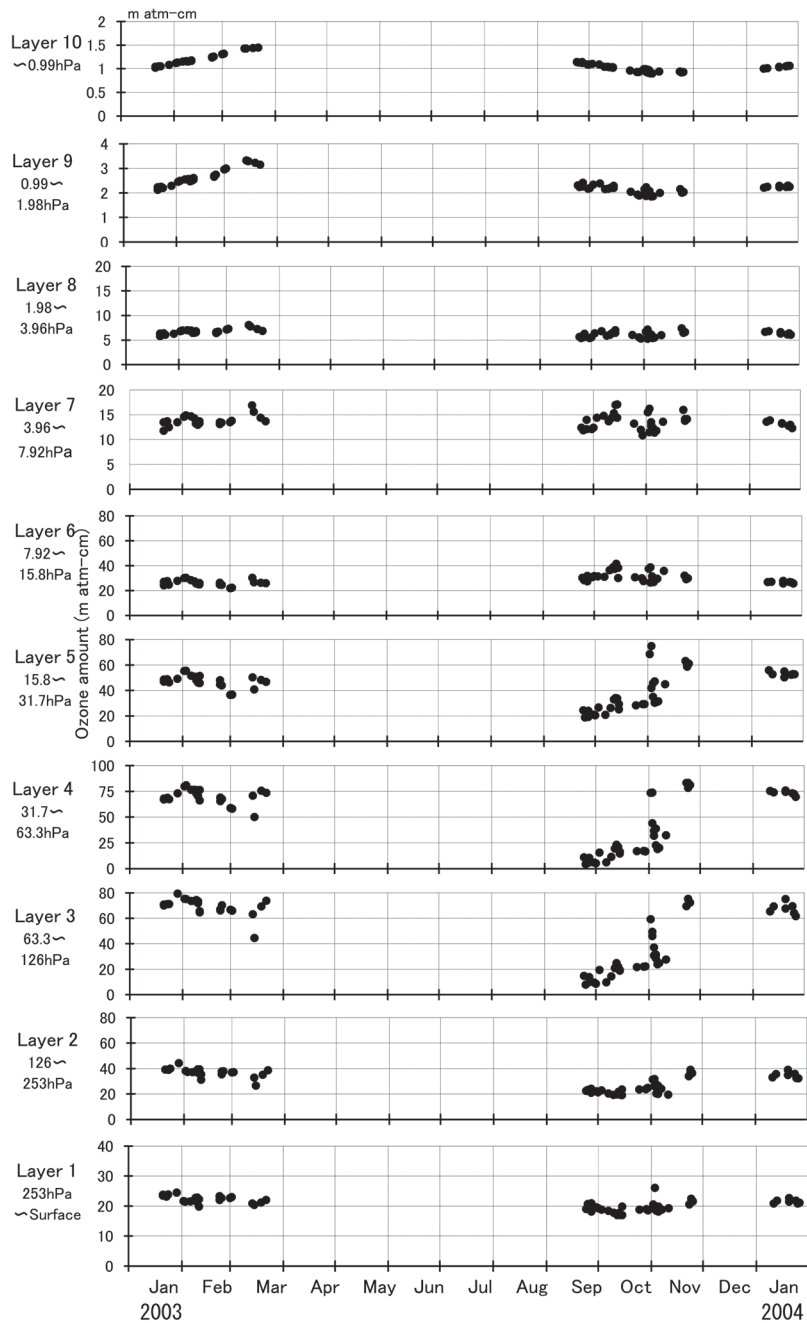


図 11 昭和基地における反転観測による気層別オゾン量 (2003 年 1 月~2004 年 1 月)

Fig. 11. Amount of ozone in the selected layers obtained by Umkehr observations at Syowa Station (Jan. 2003–Jan. 2004).

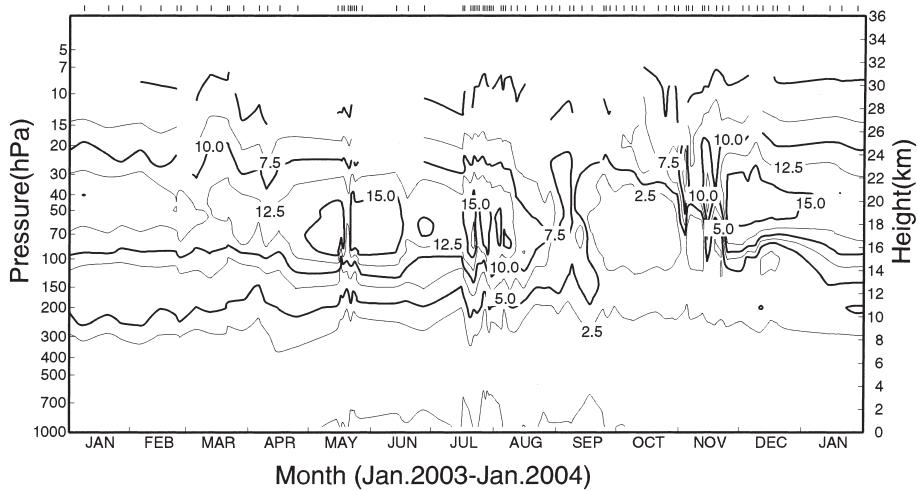


図 12 昭和基地におけるオゾンゾンデ観測によるオゾン分圧の時間高度断面図 (2003 年 1 月～2004 年 1 月)

Fig. 12. Time-height cross section of ozone partial pressure (mPa) by ozonesonde observations at Syowa Station (Jan. 2003–Jan. 2004).

し、12月10日にオゾンホールは消滅した。

このように2003年のオゾンホールは過去最大規模であった。これは、7月下旬から9月上旬にかけて極渦が安定していたため下部成層圏の $-78^{\circ}\text{C}$ 以下の領域の面積が例年より広く、極域成層圏雲が広い範囲で発生しやすかったためである。また、10月以降は極渦が不安定となったためオゾンホールが急速に縮小した(気象庁, 2004)。

#### (5) 地上オゾン濃度観測

図15に1997年1月から2004年1月までの観測値(日別値)を、図16に地上オゾン濃度の月別値と季節変動成分を除いた濃度変動(長期変動成分)を示す(気象庁, 2005b)。

データは、1時間に150個以上の12秒値が得られた場合、平均して時別値を求め、1日のうち1個以上の時別値が得られた場合、時別値を平均して日別値とした。

昭和基地における地上オゾン濃度は、夏季に濃度が小さく、冬季に大きくなるという季節変化を示し、極夜明けから春季にかけてデータのばらつきが大きいことがわかる。2002年の冬季から春季にかけての観測値が、2003年の同時期の観測値より高くなったが、これは、2002年5月の月平均オゾン全量が観測開始以来2番目に大きい値を記録して以降、春季にかけてのオゾン全量が平年より多めに経過したことが影響しているものと考えられる。1997年から1999年にかけての地上オゾン濃度年平均値は約23から24 ppbv程度で推移していたが、2000年には25 ppbvを超えた。2001年にはわずかに減少し24.8 ppbvとなったものの、2002年には26.6 ppbv、2003年には27.1 ppbvとなり、観測開始から2003年までの傾向とし

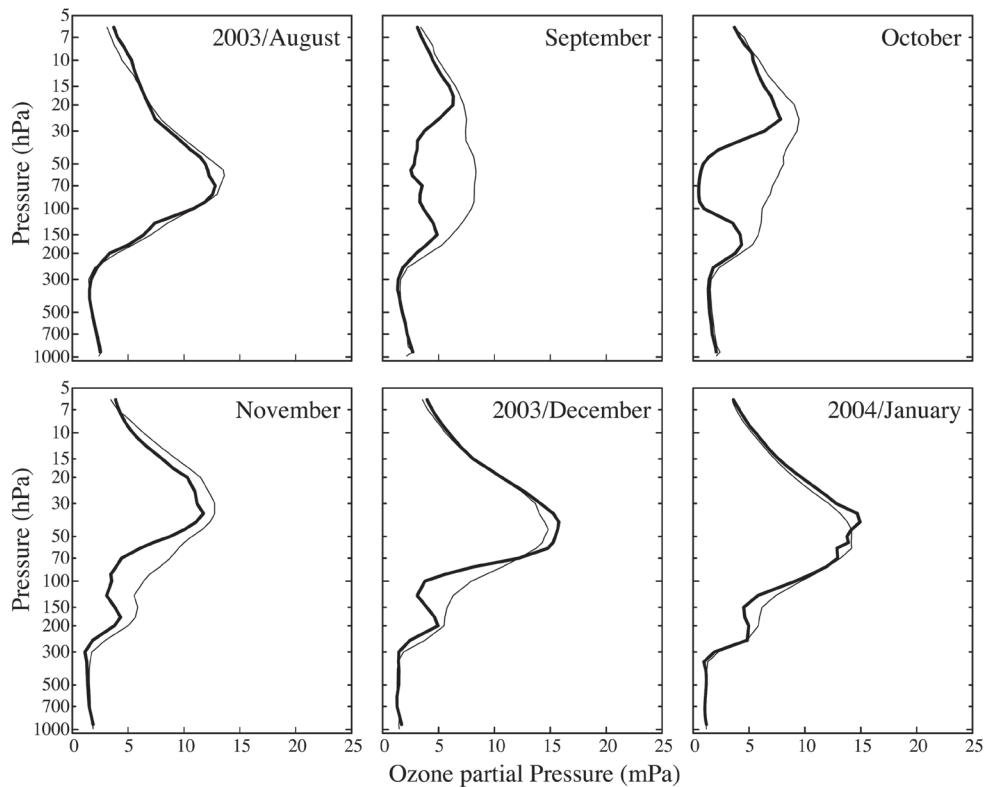


図 13 昭和基地におけるオゾンゾンデ観測結果 (2003 年 8 月～2004 年 1 月)

太実線は月平均オゾン高度分布, 細実線は 1971-2000 年の累年平均オゾン高度分布.

Fig. 13. Result of the vertical distribution of ozone by ozonesonde observations at Syowa Station (Aug. 2003–Jan. 2004). Thick lines show monthly mean profiles (Aug. 2003–Jan. 2004), Thin lines show normal profiles (1971–2000).

では増加傾向であった。この傾向が長期的に有意であるかを判断するには、今後の観測データの蓄積を待つ必要がある。

これまで、データ処理については、時別値へのフラグ付けのみに標準偏差のいき値 2.0 ppb を利用し、時別値から作成した日別値、月別値については、時別値のフラグ 1 以上（時別値のデータ数のみのセレクション）のものについて平均し求めていた。しかし、観測開始から 7 年経過しデータが蓄積されてきたことから、データセレクションを行うに当たってのいき値の選定について、東島らが検討した結果（東島ら, 2003）をもとに観測値（12 秒値）の標準偏差のいき値を 0.3 ppb としてデータ処理を行い、過去のデータについても同様に再処理を行った。

南極・北極の高緯度地域では、極夜明けの春期に大気中の海塩粒子や、積雪・海水中の海塩成分から放出された海塩起源の物質の影響で、地上付近のオゾンが分解されてその濃度が

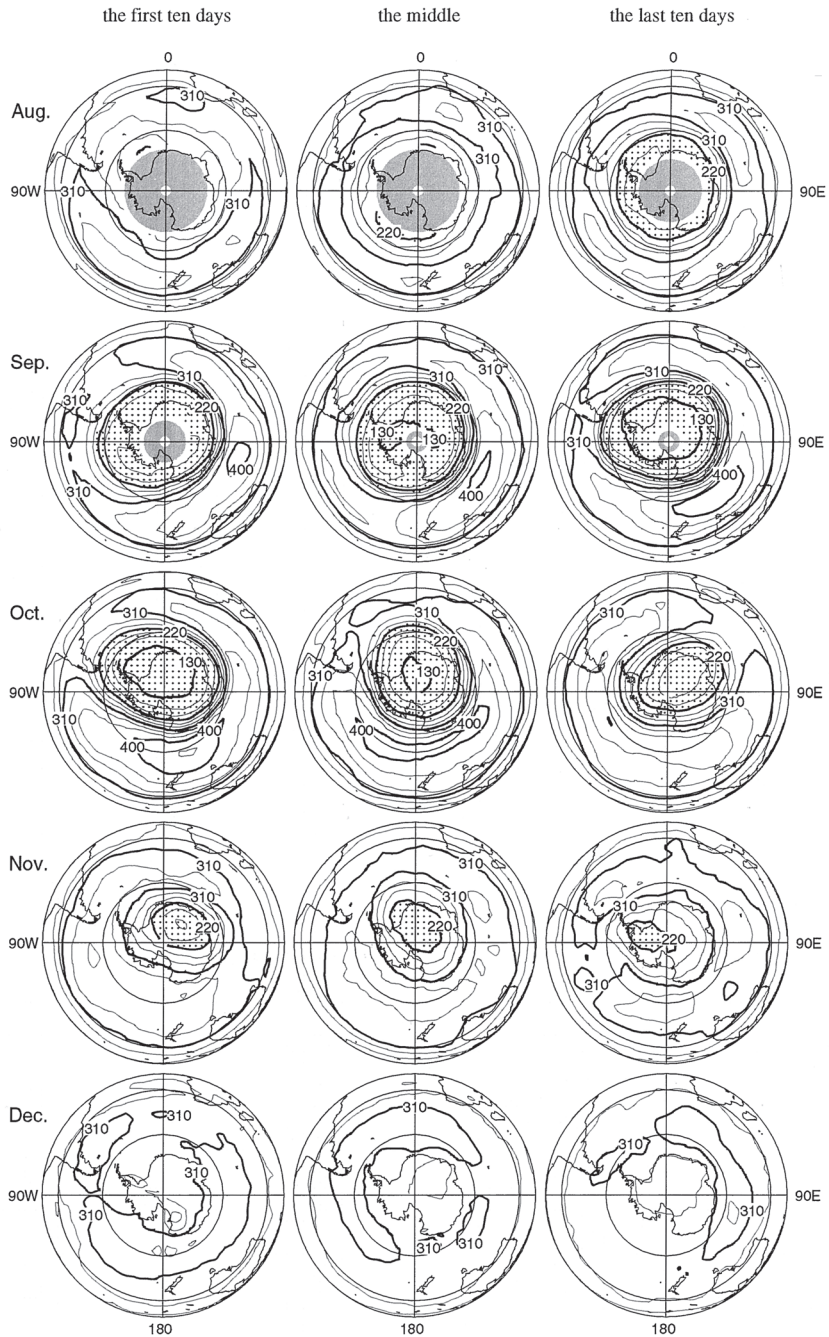


図 14 TOMS による旬別オゾン全量の南半球分布図 (2003 年 8 月~12 月)  
 等値線間隔は 30 m atm-cm. NASA 提供の TOMS データを基に作成. 点域は 220 m atm-cm 以下の領域を示す. 陰影部は極夜のため観測できない領域.

Fig. 14. Distribution of ten-day means of total ozone in the Southern Hemisphere based on TOMS/NASA data. The contour interval is 30 m atm-cm (Aug. 2003-Dec. 2003).



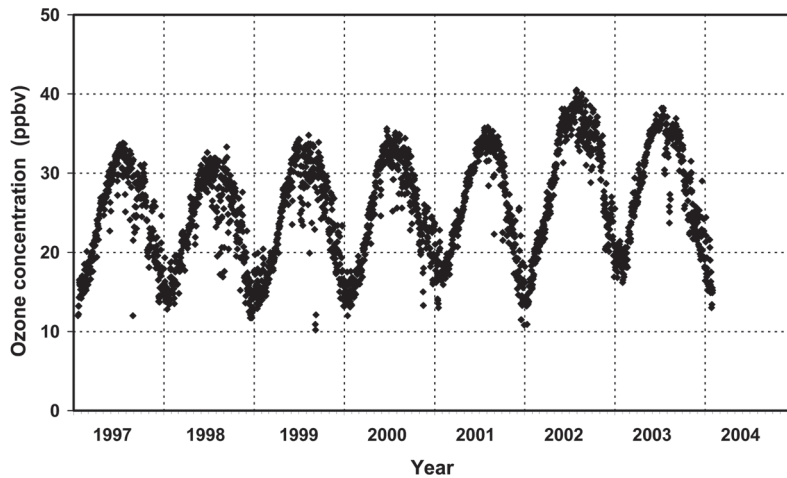


図 15 昭和基地における地上オゾン濃度日別値 (1997年1月~2004年1月)

Fig. 15. Daily means of surface ozone concentration observed at Syowa Station (Jan. 1997–Jan. 2004).

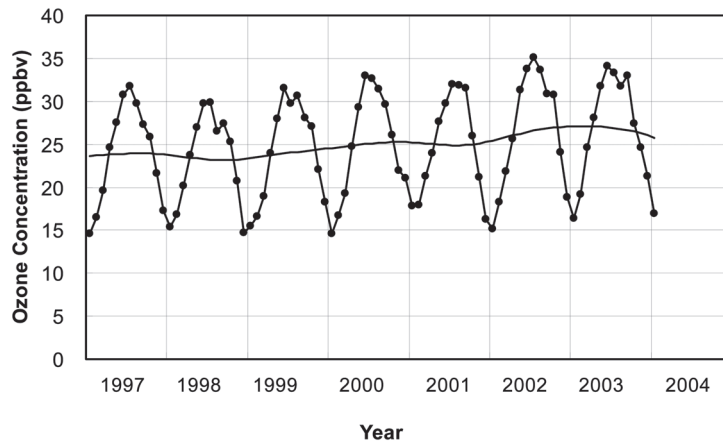


図 16 昭和基地における地上オゾン濃度の月別値と、季節変動成分を除いた濃度の年々変動

Fig. 16. Time series of monthly mean surface ozone concentrations and seasonally corrected concentrations at Syowa Station.

ほとんどゼロになる現象 (青木, 1997, 江崎ら, 2000) があることが知られているが, 第44次隊でも, 極夜明けにオゾン濃度がゼロ近くにまで減少する現象を観測した.

図 17 に 8 月 5 日から 16 日までの地上オゾン濃度観測値 (時別値) 及び地上気象観測値 (風向, 風速, 気温, 気圧) の変化を示す. 8 日の LT 1400 頃, 急激に地上オゾン濃度が減少し始め, LT 1650 には濃度が 8.4 ppbv となった. その後 11 日までは 2003 年 8 月の平均値 (31.8 ppbv) よりも低い濃度で推移, 12 日には一旦通常の濃度レベルまで回復したが, 14 日 LT 0100 過ぎから再び濃度が減少し始めゼロ近くまで下がった. この時は, LT 0530 に濃度が

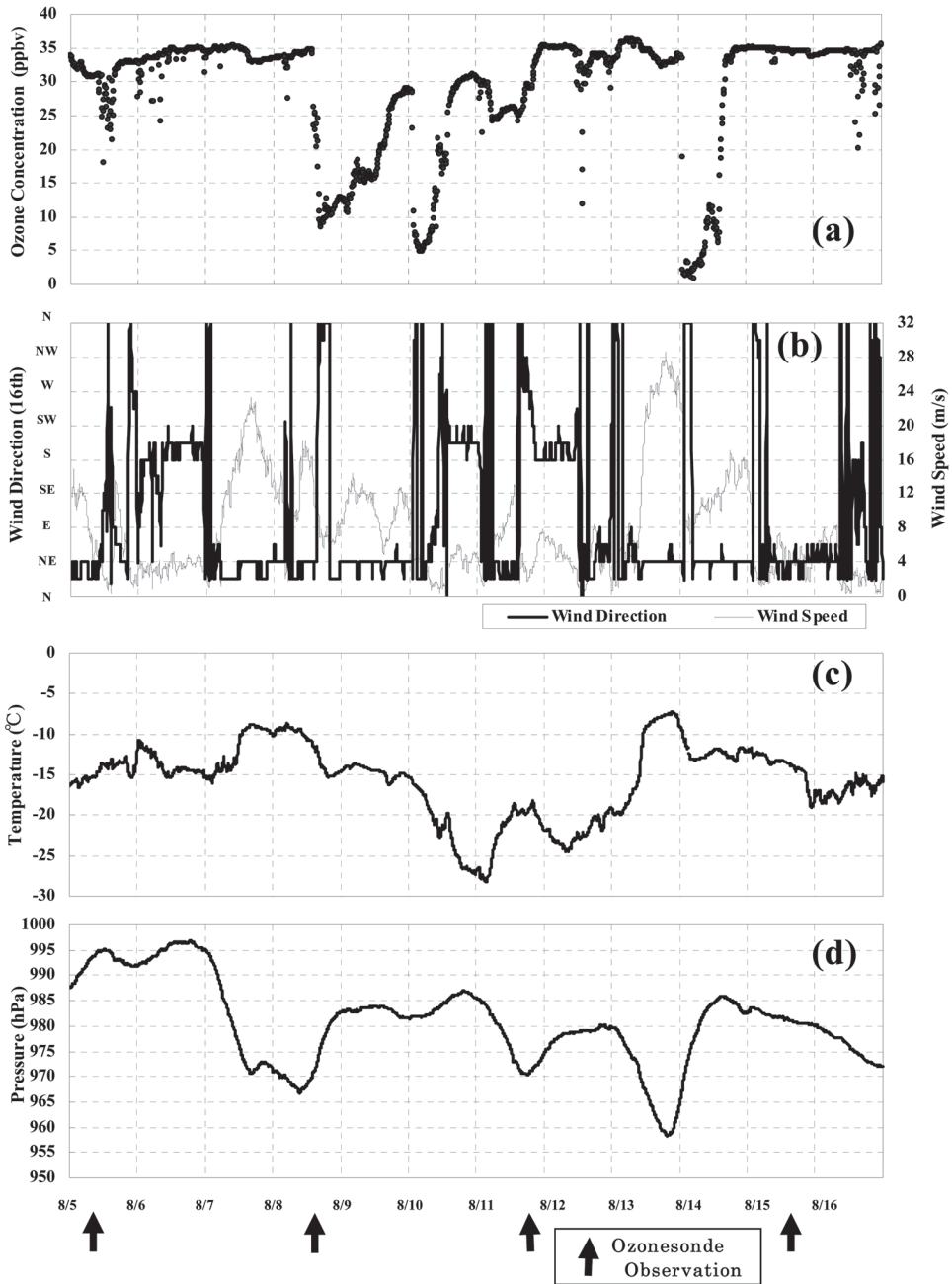


図 17 地上オゾン濃度急減現象時の地上オゾン濃度 (a) と地上気象観測値 (風向・風速 (b), 気温 (c), 気圧 (d)) の変化

Fig. 17. Variations of surface ozone concentration (a) and surface meteorological data (wind direction, wind speed (b), temperature (c), pressure (d)) during periods of surface ozone depletion events at Syowa Station.

0.8 ppbv まで減少し、2003 年の最小値を記録した。

図 18 に地上オゾン濃度減少時頃を含む期間（8 月 5 日～15 日）に実施したオゾンゾンデ観測結果を示す。最も濃度が減少した 8 月 14 日には観測できなかったが、最初に濃度が急減した 8 月 8 日に実施した結果を見ると、地上付近ではオゾン分圧が低い状態が観測されたが、上空に行くに従い増加し、約 800 hPa（約 1500 m）以上の高度では差が認められなくなっている。

第 44 次隊の観測では、第 38 次隊観測時（1997 年 8 月）のように長時間（約 22 時間）連続して地上オゾンが低濃度にならず、1 週間の間に断続的にオゾン濃度が低い状態が発現した。また、8 月 8 日のオゾンゾンデ観測で捕らえたオゾンの減少した空気塊の上端高度について 1997 年 8 月と比較した結果、高度が約 1000 m 低かった。これらのことより、オゾンの減少した空気塊の水平及び垂直方向の規模がより小さかったために、この差が生じたものと考えられる。

通常この時期の昭和基地の地上付近の空気塊は、北東のカタバ風により南極大陸の内陸部から運ばれてくるが、地上オゾン濃度減少の前には北風になることが多かった。第 44 次隊では観測隊史上初めて、極夜明けの 7 月末から 8 月始めにかけての A 級ブリザードにより、オングル海峡の海水を含めたリュツォ・ホルム湾内の海水が広く流出し海水面が現れた事を考えると、海塩粒子の補給の可能性が十分にあり貴重な観測の機会であったと思われるが、これに起因する現象を確認するには至らなかった。

今後、地上付近のオゾンがどこでどのように破壊されているかを解明するためには、気水圏部門で観測する地上付近のエアロゾル量の変化などと合わせて、更に事例の解析を重ねて

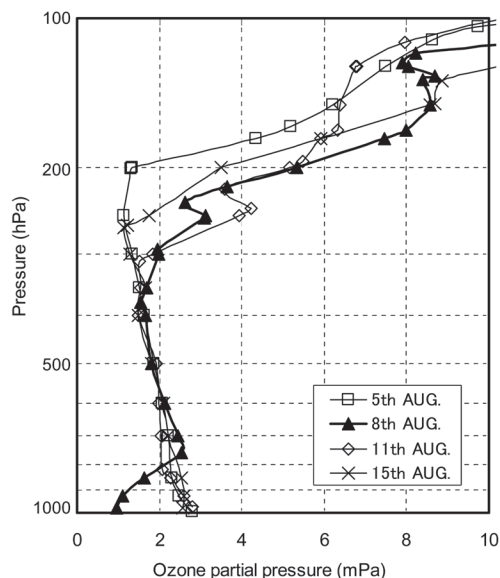


図 18 地上オゾン濃度急減現象の前後に行ったオゾンゾンデ観測によるオゾン分圧の高度分布

Fig. 18. Vertical profiles of ozone partial pressure (mPa) obtained from ozonesonde observations around the time of surface ozone depletion events at Syowa Station.

いく必要がある。

## 2.4. 地上日射・放射観測

### 2.4.1. 観測方法と測器

地上日射放射観測は WMO 全球ベースライン地上日射放射観測網 BSRN (Baseline Surface Radiation Network) の観測点としての条件を満たすために、第 39 次隊 (1998 年) では新たに毎秒サンプリングの上向き反射放射観測を開始し、第 40 次隊 (1999 年) では下向きのデータサンプリングも毎秒に変更して観測を開始した。第 44 次隊ではこれらの観測システムにより第 43 次隊から引続き観測を行った。

波長別紫外域日射観測はブリュワー分光光度計を用いるが、第 42 次隊で単分光方式の MK II から二重分光方式の MK III (168 号機) へ測器を変更した (田口ら, 2006)。第 44 次隊ではこの MK III を第 43 次隊から引継ぎ観測を行った。加えて、第 44 次隊で持ち込んだブリュワー分光光度計 MK II (091 号機) により比較観測を行った。

観測の種類と使用した測器を表 13 に示す。

#### (1) 下向き日射放射観測

観測項目及び特記事項は以下の通り。データは 1 秒ごとにデータロガーで収集した後にデータ点検を行いデータの欠測処理を行った。観測場所は前室屋上及び観測架台上 (図 1 ①の位置) である。

##### (a) 精密全天日射計を用いた全天日射量の連続観測

##### (b) 直達日射計を用いた直達日射量の連続観測

直達日射計感部は太陽追尾装置に搭載した。オゾン全量観測時刻付近で、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。

##### (c) 精密全天日射計を用いた散乱日射量の連続観測

太陽追尾装置に搭載した精密全天日射計により観測した。遮へい球は、直達日射計の開口角と同等の視直径を持ち、太陽追尾装置に連動して、太陽からの直射光を遮るように設定されている。

##### (d) 全天型紫外域日射計を用いた B 領域紫外線量の連続観測

44 次隊で持ち込んだ Kipp & Zonen 社製紫外域日射計 (UV-S-AB-T) は、その測定範囲が 280 nm から 400 nm で、全天の UV-B (280-315 nm) 及び UV-A (315-400 nm) 領域の紫外線量を同時に測定可能な測器である。測器温度は内部の温度調整器により 25°C に安定化している。本報告では、B 領域紫外線量について解析した結果を報告する。測器の較正は高層気象台第三課で行った。全天型紫外域日射計は、測定波長に依存した測器感度の経時変化が指摘されている (柴田ら, 2000)。このため、データの処理にあたっては、ブリュワー分光光度計による UV-B 量観測値との比較により変換定数を月ごとに求め、補正する方法をとった。

表 13 昭和基地における地上日射・放射観測の種類と使用測器  
 Table 13. Instruments for surface radiation observation at Syowa Station.

観測項目		使用測器	感部型式	測定範囲	測器番号	観測 最小単位	サンプリング 間隔
下向き 放射	全天日射量	精密全天日射計	KIPP&ZONEN CM21T	305-2800 nm	738	0.01 MJ/m <sup>2</sup>	1秒
	直達日射量 (大気混濁度)	直達日射計 太陽追尾装置	KIPP&ZONEN CH-1	300-2800 nm	990198 10276	0.01 kW/m <sup>2</sup>	1秒
	散乱日射量	精密全天日射計 太陽追尾装置 遮蔽球	KIPP&ZONEN CM-21T	305-2800 nm	990574 970397	0.01 MJ/m <sup>2</sup>	1秒
	B領域紫外線量	紫外域日射計	KIPP&ZONEN UV-S-AB-T	280-315, 315-400 nm	10548 30619	0.01 kJ/m <sup>2</sup>	1秒
	長波長放射量	精密赤外放射計	KIPP&ZONEN CG4	4-50 μm	990001 30641	0.01 MJ/m <sup>2</sup>	1秒
上向き 放射	反射量	精密全天日射計	KIPP&ZONEN CM21T	305-2800 nm	970397 980520	0.01 MJ/m <sup>2</sup>	1秒
	B領域紫外線量	紫外域日射計	KIPP&ZONEN UV-S-AB-T	280-315, 315-400 nm	10547 30621	0.01 kJ/m <sup>2</sup>	1秒
	長波長放射量	精密赤外放射計	KIPP&ZONEN CG4	4-50 μm	10565	0.01 MJ/m <sup>2</sup>	1秒
その他	放射収支量	放射収支計	KIPP&ZONEN CNR-1	305-2800 nm 5-50 μm	20444	0.01 MJ/m <sup>2</sup>	1秒
	大気混濁度	サンフォトメータ	EKO MS-110	368 500 675 778 862 938 nm	S98135.01 S98154.01		10秒
	波長別 紫外域日射量	プリューワー 分光光度計	SCI-TEC BREWER	286.5-363 nm	#168	1μW/m <sup>2</sup>	1時間

(e) 精密赤外放射計を用いた長波長放射量の連続観測

(2) 上向き放射放射観測

観測棟北側の海氷上に設置した観測鉄塔のアームに測器を取り付けた(図 1 ⑤の位置)。データは下向き放射同様、1秒ごとにデータロガーで収集した後に処理した。

(a) 精密全天日射計を用いた反射日射量の連続観測

(b) 全天型紫外域日射計を用いた B 領域紫外線反射量の連続観測

使用した全天型紫外域日射計は、下向き B 領域紫外線量の観測に使用した測器と同じ仕様  
の紫外域日射計(Kipp & Zonen 社製 UV-S-AB-T)であり、データ処理についても同様に行っ  
た。

(c) 精密赤外放射計を用いた長波長放射量の連続観測

(d) 放射収支計を用いた放射収支の連続観測

(3) 波長別紫外域日射観測

紫外域日射観測指針(気象庁, 1993)に準じ、MK III(168号機)を用いて、286.5-363.0  
nm(UV-B領域と、UV-A領域の大半の波長域)で0.5nm刻みの波長別紫外域日射量の観測



を毎正時（現地時間 24 時を除く）に行った。測器の設置場所は、第 43 次隊と同様である（図 1 ①の位置）。

#### (4) 大気混濁度観測

自動観測型サンフォトメータを用い、波長別直達光強度（368, 500, 675, 778, 862, 938 nm の 6 波長）をオゾン全量観測時刻付近で、太陽面に雲が無い時を選び、波長別のエアロゾルの光学的厚さ（Aerosol Optical Depth, 以下「AOD」という）を求めた。また、前述の 5 波長の AOD より、オングストロームの波長指数（Ångstrom A）及び混濁係数（Ångstrom B）を求めた。

#### 2.4.2. 観測経過

##### (1) 下向き日射放射観測

2003 年 2 月 1 日に第 43 次隊から観測を引継ぎ、第 44 次隊のデータ収録を開始した。

7 月 19 日に停電によりデータ収録用パソコンが停止したため、復電するまで欠測となった。8 月 14 日にデータ収録用パソコンが故障したため、予備のパソコンに交換し翌日のデータ収録再開まで欠測となった。9 月 29 日には太陽追尾装置の駆動ベルトの劣化損傷により動作不能となった。10 月 1 日に予備の太陽追尾装置に観測測器を移設して観測を再開したが、この間、直達日射量観測、散乱日射量観測が欠測となった。44 次隊で持ち込んだ紫外域日射計は、温度調整器により 25℃に保持する仕様となっているが、外気温が -20℃ 近くまで下がるような時には、温度調整器が十分に働かず測器温度が変動した。これらの他はおおむね順調であった。

##### (2) 上向き反射放射観測

第 43 次隊の観測中（2002 年 2 月 13 日）に倒壊した上向き反射放射観測用鉄塔の部品交換を 2003 年 1 月に実施し、第 43 次隊から観測を引き継いだ。

7 月 19 日に下向き日射放射観測同様停電によりデータ収録用パソコンが停止し、復旧まで欠測となった。また、下向き日射放射観測同様、紫外域日射計の温度調整器が十分に機能せず、測器温度が変動した。上向き反射放射観測に使用した紫外域日射計は、下向き日射放射観測に使用した紫外域日射計と比較して測器温度の変動が大きかった。この他はおおむね順調に観測を継続した。

上向き反射放射観測に使用した紫外域日射計だけでなく、下向き日射放射観測に使用した紫外域日射計も外気温が -15℃ を下回るようになった時に、仕様通り測器温度を 25℃ に保つことができなかった。このため測器温度の変動が大きくなると出力値への影響が考えられることから、2 台とも持ち帰って再調整することとした。

上向き観測用鉄塔は海水上に設置されているが、2002 年の夏季に融雪量が多く、鉄塔の土台部分がむき出しになってしまい不安定となったことから、強風によりステーでは支えきれなくなって倒壊した。2003 年に第 43 次隊から観測を引き継いだ時と 2004 年に第 45 次隊へ

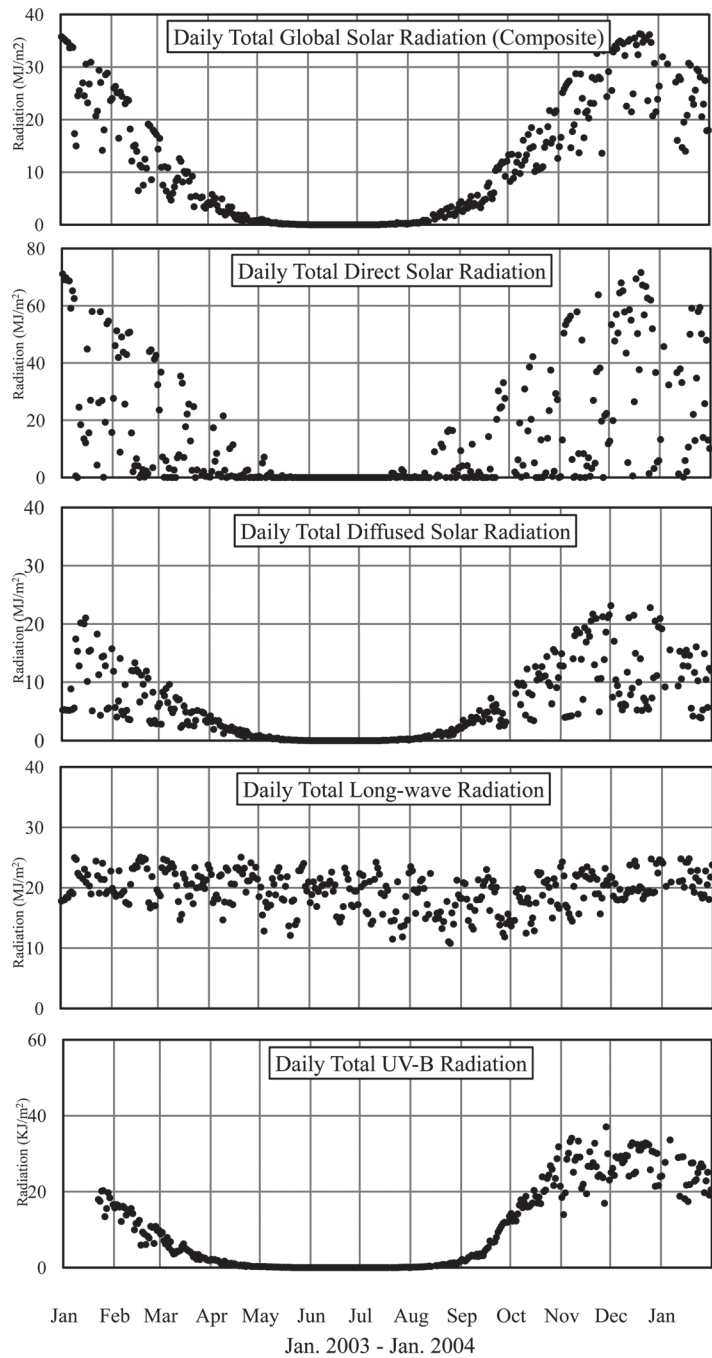


図 19 下向き日射放射量日積算値の年変化 (2003 年 1 月～2004 年 1 月)  
 Fig. 19. Annual variations in daily integrated values of downward radiation components  
 (Jan. 2003–Jan. 2004).

観測を引き継ぐ時には土台が現れるまで海水が融解することはなかったが、H 鋼等で補強したとはいえ夏期の海水の融解が多くなれば倒壊の危険性がある。今後のことを考えると、上向き観測用鉄塔の設置場所、設置方法について再検討する必要があると思われる。

### (3) 波長別紫外域日射観測

2003 年 2 月 1 日にブリューワー分光光度計 MK III を第 43 次隊から引継ぎ観測を行った。

2 月と 8 月には測器に接続した通信コネクタ部のケーブル劣化等に起因する測器と制御パソコン間の通信障害による欠測が頻発したが、その他の月の観測は順調であった。測器の光学系全体の波長感度を監視するための外部標準ランプ点検は 10 日に一回程度行った。点検結果から、第 43 次隊と第 44 次隊の測器感度に段差が見られたが、これは越冬交代時に外部標準ランプ点検装置の電源コネクタ交換によるものと考えられる。この感度変化も含め、帰国後のデータ再計算時において観測値に補正を行った。

第 44 次隊で持ち込んだブリューワー分光光度計 MK II については、MK III との比較観測を 2003 年 1 月下旬から 2 月まで、及び 2003 年 10 月中旬以降越冬終了の 2004 年 1 月末まで行い、その他の期間は室内において外部標準ランプ点検と測器駆動系維持のための運転を実施した。

なお、ブリザード等の強風時には測器保護のために、受光部に保護具を取り付けた上で観測を中断した。

### (4) 大気混濁度観測

2003 年 2 月 1 日に第 43 次隊から観測を引継ぎ、観測を行った。

下向き日射放射観測同様、7 月 19 日の停電による欠測、及び 9 月 29 日の太陽追尾装置の故障により、10 月 1 日の観測再開までの間欠測となった。この他はおおむね順調であった。

#### 2.4.3. 観測結果

##### (1) 下向き日射放射観測

図 19 に下向き日射放射量日積算値の年変化を示す。

2003 年の下向き日射放射観測については例年と違った変化は見られない。短波日射量は太陽高度とともに減少し、太陽が昇らない冬期間には  $0 \text{ MJ/m}^2$  となっているが、長波長放射量に関しては、冬季においてもおおむね  $10 \text{ MJ/m}^2$  以上の放射量が観測されている。これは大気分子や雲からの放射によるものである。

##### (2) 上向き反射放射観測

図 20 に上向き反射放射量日積算値の年変化を示す。

上向き反射放射の測器感部設置場所は通年積雪に覆われているため、長波放射の日積算値は、季節変化が小さく、接地逆転の強さの変化が大きい冬期間に日々のばらつきが大きくなる傾向がある。2003 年の上向き反射放射観測については、下向き日射放射観測と同様に特異な変化は見られないが、上向き反射放射量は春のほうが秋よりもやや多くなっており、これ

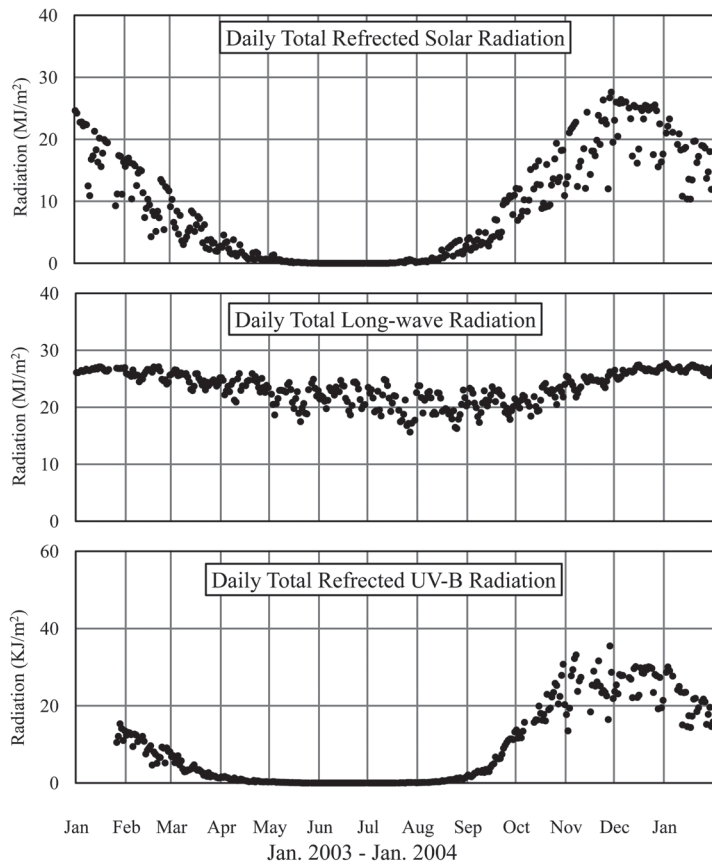


図 20 上向き反射放射量日積算値の年変化 (2003 年 1 月~2004 年 1 月)  
 Fig. 20. Annual variations in daily integrated values of surface upward radiation components (Jan. 2003–Jan. 2004).

は図 21 で述べるアルベドの違いに起因している。

図 21 に短波放射反射率の年変化を示す。4 月下旬から 8 月にかけて反射率が 100% かそれに近い値となっているが、これは放射量が小さく測器の測定限界となっているためである。反射率は冬前にはおおむね 60-70% であり、4 月から 5 月にかけて海水面の積雪が一様になるに従って反射率は 80-90% になり、春から夏にかけては徐々に反射率が落ちる傾向がある。これは反射面である雪面の状態を反映していると考えられる。

図 22 に短波、長波及び全波長の正味放射量日積算値の年変化を示す。2003 年は特別な変化は見られなかった。長波の放射量は、正味放射量 (▲) がほとんど期間中負値となっており、年間を通じて上向きの放射が卓越していることがわかる。全波長の正味放射量 (○) は、短波放射の日射・反射量が小さい冬期間は長波放射の放射収支に依存し、短波放射が大きくなる夏期間には、短波放射による収支 (●) の影響を強く受けている。

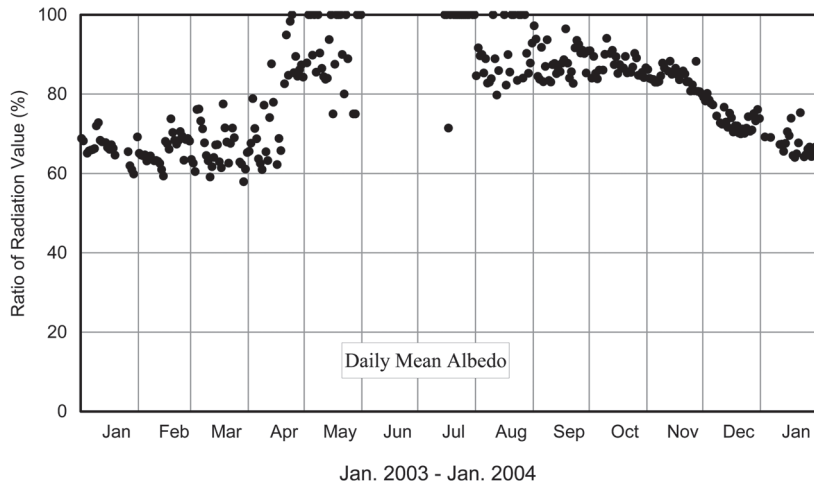


図 21 短波放射反射率の年変化 (2003 年 1 月～2004 年 1 月)  
 Fig. 21. Annual variations in daily mean albedo (Jan. 2003–Jan. 2004).

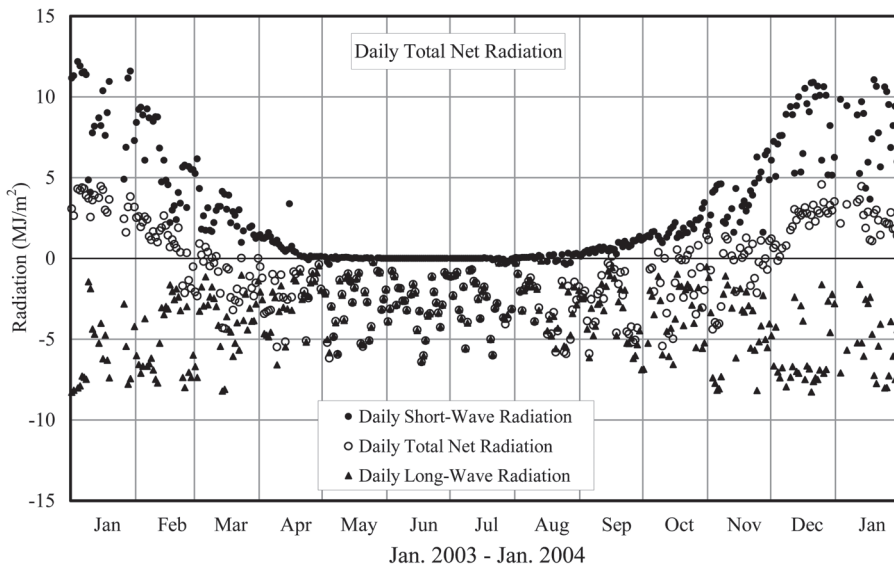


図 22 短波、長波及び全波長の正味放射量日積算値の年変化 (2003 年 1 月～2004 年 1 月)  
 Fig. 22. Annual variations in daily integrated net radiation of short wavelengths, long wavelengths, and all wavelengths (Jan. 2003–Jan. 2004).

放射収支計により得られた放射収支量の変化傾向と比較すると、測器の設置場所の違いに起因する日の出及び日の入時間帯前後での差が見られた。また、他の測器と比べると霜や水滴が着くことが多かったことから、下向き・上向きの観測により求めた放射収支量との差が生じることが多かった。なお、冬季は両者の整合は良く取れているが、夏季は整合の取れな



いことが多い。これは夏季の雪面の状態が荒れてしまうことが大きく影響していると考えられる。また、特に太陽高度が低いときには、放射収支計の日射成分の測定には太陽入射角依存性など問題が多いことが知られており、測器自体の問題が考えられる。

### (3) 波長別紫外域日射観測

波長 5 nm ごとに積算したブリューワー分光光度計による紫外域日射量と昭和基地のオゾン全量を図 23 に示す。

放射伝達モデル (Aoki *et al.*, 2002) の計算によると、太陽光の大気路程  $\mu$  が 2.5 から 4.5 の時、オゾン全量が 300 m atm-cm から 1% 減少した場合、UV-B 強度は 1.6-1.8% 程度増加する。またオゾン全量が 300 m atm-cm から 150 m atm-cm へ半減した場合には、UV-B 強度が 2 倍から 3 倍程度増加する (東島ら, 2003)。

図中の波長帯ともオゾン全量が増加すると日積算値は減少するが、その影響は短波長側で大きい。逆に、長波長側ではオゾン全量の変動の影響が小さいために、年間最大値の起日は短波長側に比べ太陽高度角が高く日照時間が長い夏至 (2003 年は 12 月 22 日) に近くなる傾向がある。このため、305 nm 以下の波長帯では 10 月 30 日に、305 nm から 310 nm の波長帯では 11 月 7 日に、310 nm 以上の波長帯では 11 月 28 日に各波長帯の日積算値の年間最大値

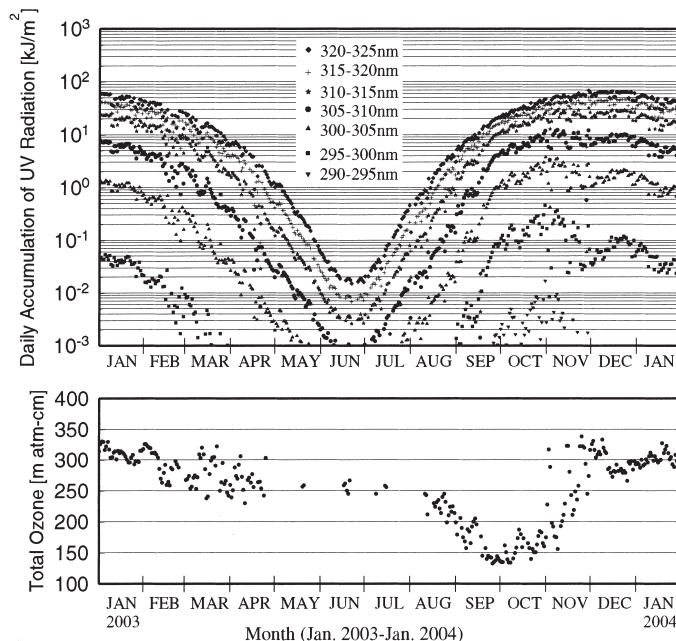


図 23 昭和基地における波長帯別紫外域日射量の日積算値 (上図) とオゾン全量 (下図) (2003 年 1 月~2004 年 1 月)

Fig. 23. Daily accumulated ultraviolet radiation integrated for each wavelength band (above) and total ozone amount (below) at Syowa Station (Jan. 2003-Jan. 2004).

を記録した。また、オゾン層による吸収の度合いが大きい 290 nm から 295 nm の波長帯は、オゾン全量の少ない 9 月末から 11 月の間のみ観測されている。12 月になると、太陽高度角が高くなり、日照時間も長くなるが、オゾンホールが解消しオゾン全量が急激に増加することに伴って、295 nm から 300 nm の波長帯の日積算値は 11 月に比べ急速に減少した。

紫外線の人体への影響度は、UV-B 領域の、特に短波長側で強いという特徴がある。従って、人体への影響という観点から紫外線の強度を論じる際には、波長ごとに紫外線強度と皮膚に対する相対影響度 (McKinlay and Diffey, 1987) をかけた上で波長積分して算出される「紅斑紫外線量 (CIE 量)」や、紅斑紫外線量を  $25 \text{ mW/m}^2$  で割った UV インデックスが用いられることが多い。図 24 に、昭和基地における 2003 年 1 月から 2004 年 1 月の日最大 UV インデックスの年変化を示す。

2003 年の最大 UV インデックス 8.8 は 11 月 28 日に記録した。これは、日本の那覇の 6 月の日最大 UV インデックスの月平均値にほぼ等しい。また、11 月 2 日は前後の記録と比べて小さな UV インデックスとなった。これは、この日に昭和基地がオゾンホールの外となりオゾン全量が  $327 \text{ m atm-cm}$  と急増したためである。

なお、UV インデックスの算出に当たっては、観測を行っていない波長帯を含むため、325–400 nm の波長域による寄与分については、324 nm の観測値をもとに推定した値を用いた。

#### (4) 大気混濁度観測

大気混濁度は、直達日射計及びサンフォトメータの観測により求められる。直達日射計で求められる大気混濁度は全波長 (300–2800 nm) 域での混濁度を示すのに対し、サンフォト

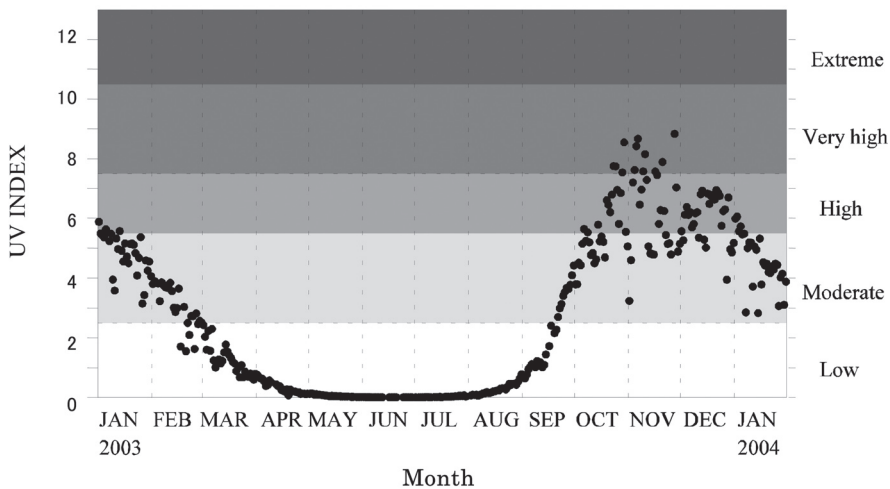


図 24 昭和基地における日最大 UV インデックスの年変化 (2003 年 1 月～2004 年 1 月)  
 Fig. 24. Annual variation of daily maximum UV index at Syowa Station (Jan. 2003–Jan. 2004).

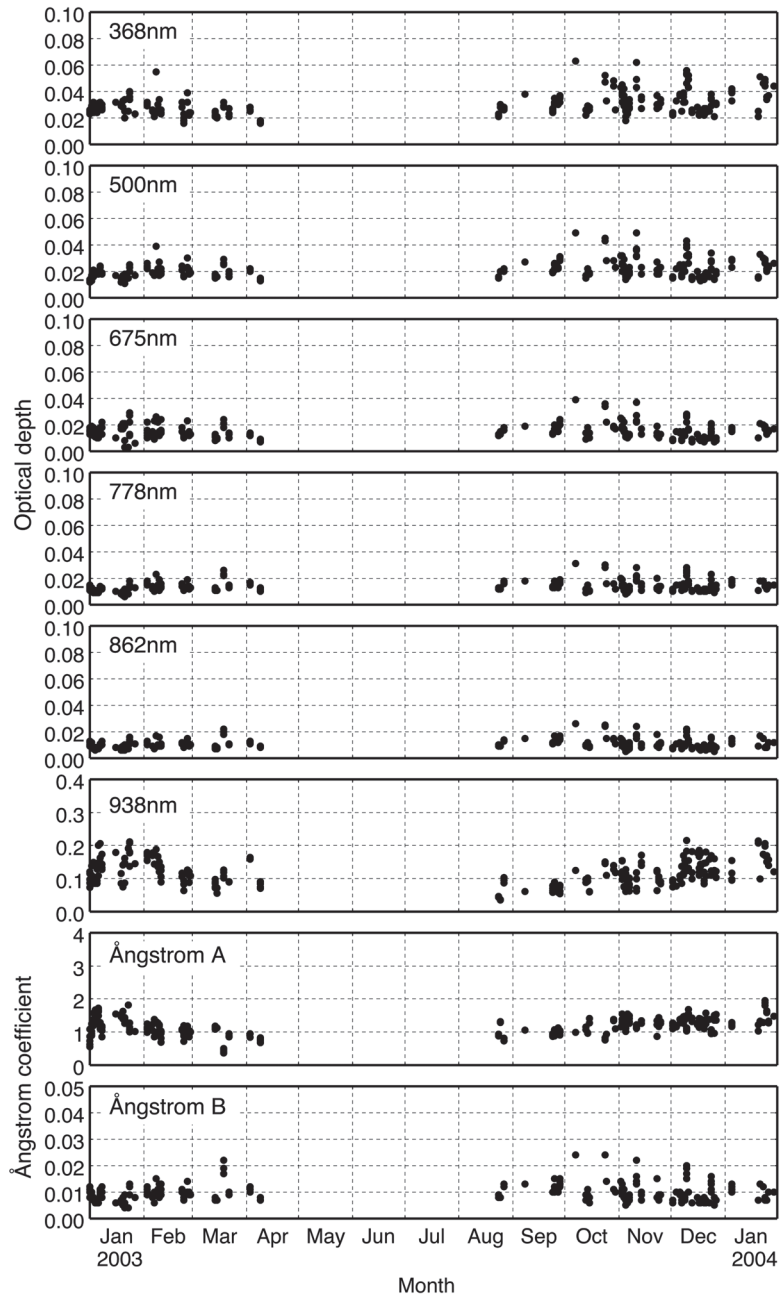


図 25 昭和基地における波長別エアロゾルの光学的厚さの季節変化 (2003 年 1 月～2004 年 1 月)

Fig. 25. Annual variations in aerosol optical depth for each wavelength at Syowa Station (Jan. 2003–Jan. 2004).

メータでは波長別 (368, 500, 675, 778, 862, 938 nm の 6 波長) の直達光強度を測定することにより、波長別のエアロゾルの光学的厚さ (AOD) を求めることができる。6 波長の内、938 nm は大気中の水蒸気による吸収を受けるため、水蒸気的光学的厚さを推定するために使用されている。また、5 波長 (368-862 nm) の AOD からは、オングストロームの波長指数 (Ångstrom A) 及び混濁係数 (Ångstrom B) が求められる。

なお、AOD 算出に用いるレーリー散乱式中の定数については、気象庁の大気バックグラウンド汚染観測と基準を合わせるため、第 40 次隊同様 0.00864 を用いた (東島ら, 2003)。

#### (a) 2003 年の観測結果

図 25 にサンフォトメータによる 6 波長 (368, 500, 675, 778, 862, 938 nm) の各 AOD、及び 368 nm から 862 nm の 5 波長の AOD から求めたオングストロームの波長指数 (Ångstrom A) と混濁係数 (Ångstrom B) を示す。938 nm 以外の 5 波長の AOD は極夜前まではほぼ同じような変化傾向を示しているが、極夜が明けた 8 月以降は短波長 (368, 500, 675 nm) の AOD の変動が大きくなっている。また、938 nm は他の波長の変化傾向とは異なり、春から夏にかけて AOD が大きくなり、秋から冬にかけては小さくなっている。

図 26 には直達日射量から求めたホイスナー・デュボアの混濁係数を示す。直達日射から求めたホイスナー・デュボアの混濁係数は、サンフォトメータによる測定波長 938 nm と同様に大気中の水蒸気の影響を受ける波長を含むため、春から夏にかけて大きく、秋から冬にかけて小さくなっている。

#### (b) 大気混濁度の経年変化

図 27 にはサンフォトメータで大気混濁度の観測を開始した 1980 年からの各波長 (368, 500, 675, 778, 862 nm) の AOD、及び 368 nm から 862 nm の 5 波長の AOD から求めたオングストロームの波長指数 (Ångstrom A) と混濁係数 (Ångstrom B) の経年変化を示す。

全球的に噴出物が拡散したとされる、1991 年 6 月のピナツボ (15.08 N, 120.21 E) 火山噴火の時に AOD は大きく増加し、その後数年かけて平年値に戻っている。なお、北半球で起きた火山噴火の影響が全球的に拡散するには、ある程度時間を要し、ピナツボ火山噴火の場合、その影響は 1991 年末時点では衛星観測 (Herber *et al.*, 1996) から南緯 20 度程度までとされており、1991 年に昭和基地で観測された短波長での AOD のピークは、1991 年 8 月に起きたチリにあるハドソン火山噴火 (45.54 S, 72.58 W) の影響とみられる。その後の 1992 年から 1993 年にかけての AOD の増加は、ピナツボの全球的な拡散によるものと考えられる (金戸, 1997)。2003 年の値は、ほぼ平年並みであった。

図 28 には直達日射量から求めたホイスナー・デュボアの混濁係数の経年変化を示す。サンフォトメータで観測した場合と同様、1982 年 (4 月: エルチチョン (17.20 N, 93.12 W)), 1991 年に全球的な火山噴火の影響を受けており、その後数年間かけて平年値に戻っていることが分かる。また、春から夏季にかけて増加し、秋から冬季にかけて減少する季節変化をし

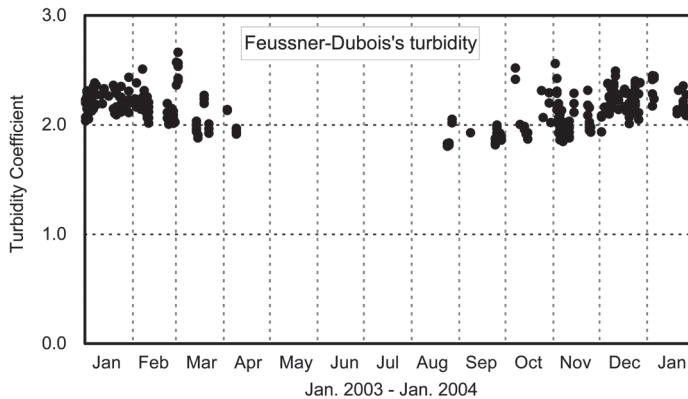


図 26 昭和基地における直達日射計によるホイスナー・デュボアの混濁係数の季節変化 (2003 年 1 月～2004 年 1 月)

Fig. 26. Annual variations in Feussner-Dubois's turbidity coefficient by pyrhelimeter at Syowa Station (Jan. 2003–Jan. 2004).

ていることが分かる。2003 年の値は、ほぼ平年並みであった。

#### 2.4.4. 下向き長波長放射量と天気及び全雲量との関係

下向き長波長放射量は上空の雲の状態と密接に関係し、雲が多くなると雲からの下向きの長波長放射量が増加することがわかっており、これに関する研究も古くから行われている (Yamanouchi, 1985; Yamanouchi and Kawaguchi, 1984; 山内, 1983)。この関係について、昭和基地における毎正時ごとの天気及び全雲量に対する下向き長波長放射量の関係について調査した。調査期間は 2003 年 2 月から 2004 年 1 月である。下向き長波長放射量については、毎正時の 1 分平均値を用いた。全雲量については、目視による正規観測としての 3 時間ごとの全雲量値に加えて、記録が残っている毎正時の全雲量値を用いて解析を行った。なお、これは毎正時全体の約 68% にあたる。

図 29 に天気別の下向き長波長放射量の年変化を示す。図中の緑丸が快晴 (雲量が 1 割以下の状態)、赤丸が薄曇り (雲量が 9 割以上であって、上層の雲が中・下層の雲より多く、降水現象がない状態)、黒丸が曇り (雲量が 9 割以上であって、中・下層の雲が上層の雲より多く、降水現象がない状態) の時の下向き長波長放射量を示している。下向きの長波長放射量は夏季に大きく冬季に小さくなるという年変化を示すが、天気の違い、すなわち、雲の量が増えると下向きの長波長放射量も増加していることがわかる。また、全雲量が 9 以上である曇りと薄曇りを比較すると、より雲が厚く雲底高度の低い曇りの方が下向き放射量が大きいのことがわかる。これは、雲が厚く中下層雲が主体の曇りと氷晶からなる上層雲を主体とした薄曇りと比較して、上層雲の方が地表面からの距離が大きく雲の温度が低いことに起因している (Dürr and Philipona, 2004)。天気別の下向き放射量の 1 年間の変化傾向を見てみるとほぼ相似であることから、1 年間の下向き長波長放射量の平均値により比較を行った結果、



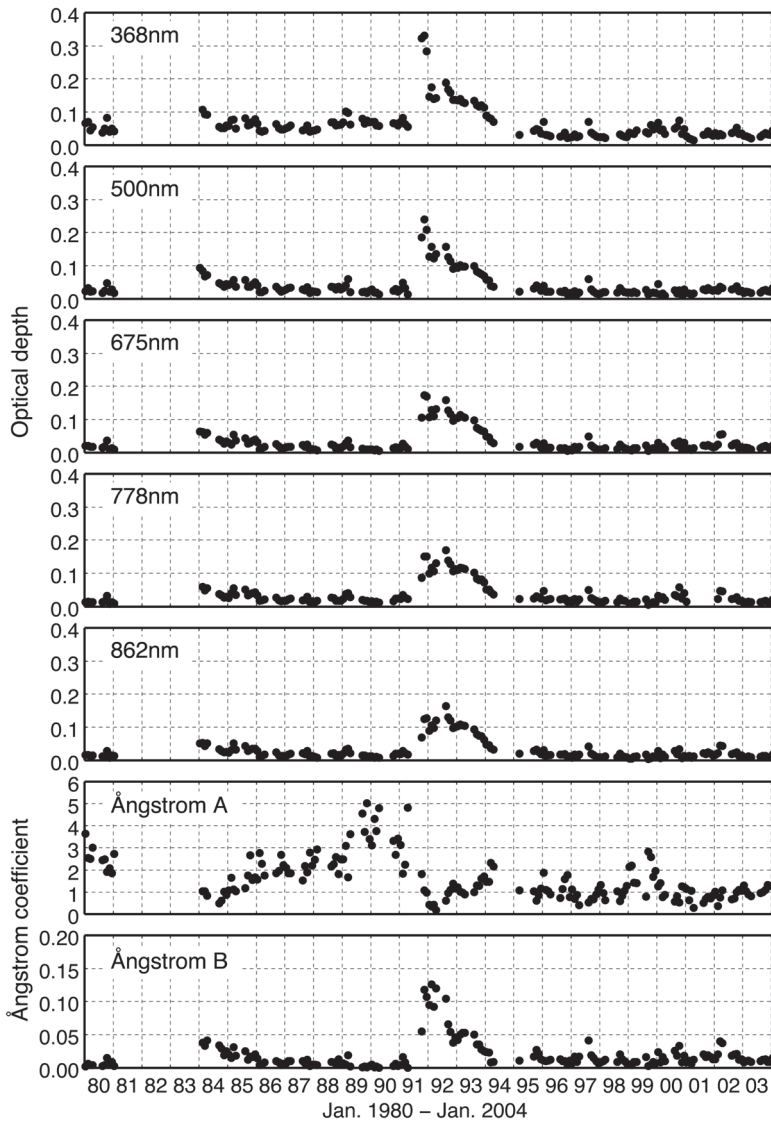


図 27 昭和基地上空の大気混濁度経年変化 (1980 年 1 月~2004 年 1 月)  
 Fig. 27. Time series of atmospheric turbidity above Syowa Station (Jan. 1980–Jan. 2004).

快晴に対して薄曇りが  $30.7 \text{ W/m}^2$ 、曇りが  $74.7 \text{ W/m}^2$  それぞれ大きくなった。これは、みずほ基地における雲の影響による下向き放射増加量 (薄曇り: 約  $40 \text{ W/m}^2$ 、曇り:  $77 \pm 6 \text{ W/m}^2$ ) と良く一致している (Yamanouchi and Kawaguchi, 1984)。ばらつきについては、ともに冬季を中心に大きくなる傾向が見られ、年の平均は、快晴が 11、薄曇りが 20、曇りが 21 となった。

次に、図 30 に毎正時の下向き長波長放射量と全雲量の関係を季節ごとに示す。図中の全雲量 9、10-及び 10 の 3 種類の結果については、左側が薄曇り (赤丸)、中央が曇り (黒丸)、

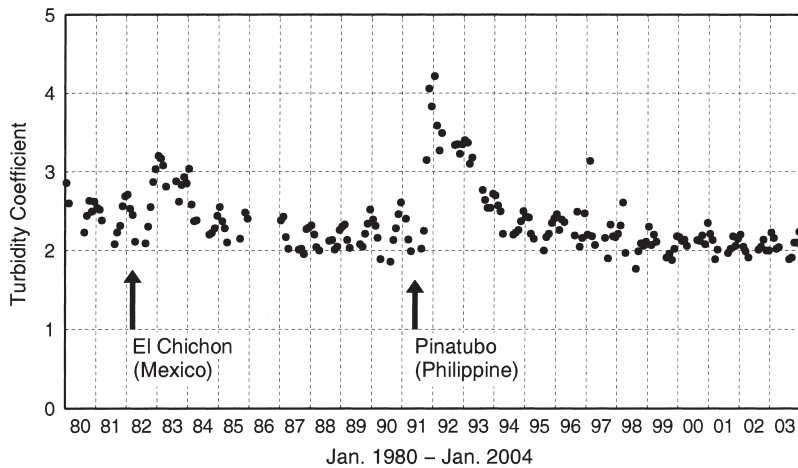


図 28 直達日射量から求めたホイスナー・デュボアの混濁係数の経年変化（1980年1月～2004年1月）

Fig. 28. Time series of Feussner-Dubois's turbidity coefficient by pyrliometer (Jan. 1980-Jan. 2004).

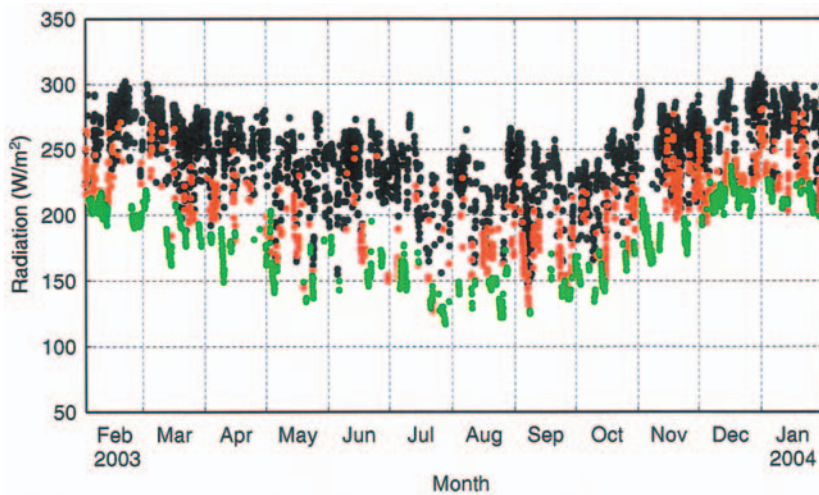


図 29 昭和基地における天気別の下向き長波長放射量の年変化（2003年2月～2004年1月）。緑丸が快晴，赤丸が薄曇り，黒丸が曇りを示す。

Fig. 29. Annual variations of downward longwave radiation classified by the weather type at Syowa Station (Feb. 2003-Jan. 2004). Green solid circles show clear sky, red solid circles show high cloud overcast and black solid circles show overcast.

右側が雪（水色丸）の天気を示す。

下向きの長波長放射量と全雲量との関係は、基本的に全雲量が増加すると下向き放射量も増加する傾向であることがわかった。季節ごとに見てみると、秋季、冬季及び春季はほぼ同様の傾向を示しているが、夏季の下向き放射量は他の季節に比べて大きく、そのばらつきも

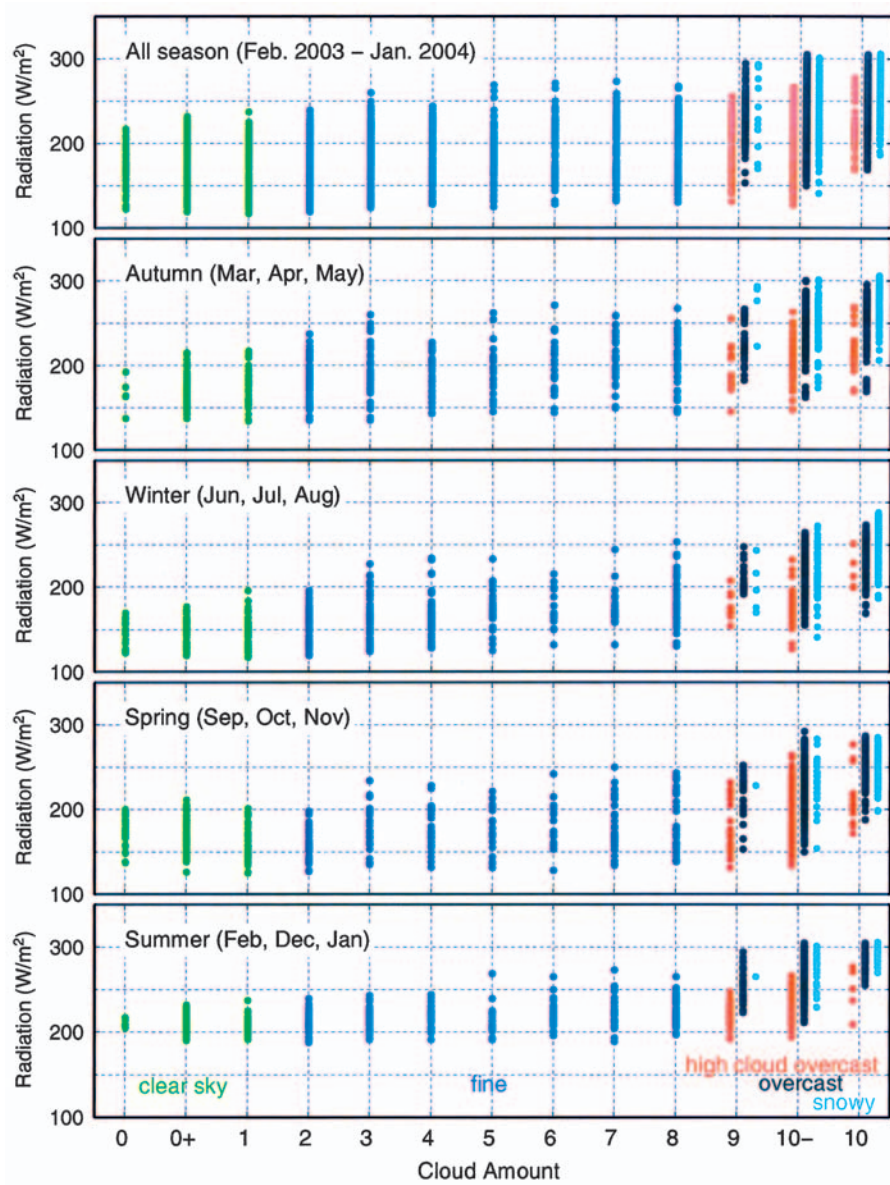


図 30 昭和基地における下向き長波長放射量と全雲量の関係 (2003 年 2 月～2004 年 1 月)  
 緑丸が快晴, 青丸が晴, 赤丸が薄曇り, 黒丸が曇り, 水色丸が雪を示す。  
 Fig. 30. Relations between downward longwave radiation and the total cloud amount at Syowa Station (Feb. 2003–Jan. 2004). Green solid circles show clear sky, blue solid circles show fine, red solid circles show high cloud overcast, black solid circles show overcast and light blue solid circles show snowy.

小さいことがわかった。晴れ（青丸）と薄曇り（赤丸）の一部（全雲量 9 及び 10-）について詳しく見てみると、平均した下向き放射量には有意な差は無いように見られるが、晴れと曇り（黒丸）とは有意な差が見られた。このことは、薄曇り（中下層雲量が 5 割以下）の主体である上層雲は、下向きの長波長放射には余り寄与していないことを示唆している。また、全雲量 10- 以上の雪（水色丸）と曇りの関係について、下向き放射量の平均で比較すると、雪の方がその値がやや大きく、降下する雪自体の下向き放射への寄与が見られる。これらの結果については、今後更に長期の観測データを解析し確認する必要がある。

次に、快晴時の下向き長波長放射量と地上気温及び水蒸気圧との関係を示す経験式の一つである Brunt の式 (Kondratyev, 1969) を用いて解析を行った。

$$G_0 = \sigma T^4 (a + b \sqrt{e}), \quad (1)$$

$G_0$ : 快晴時の下向き長波長放射量 ( $\text{W/m}^2$ ),  $\sigma$ : Stefan-Boltzmann 定数,

$T$ : 地上の気温 (K),  $e$ : 地上の水蒸気圧 (hPa),  $a, b$ : 係数

昭和基地における全季節（2003 年 2 月～2004 年 1 月）及び季節ごとの快晴時の下向き長波長放射量、地上気温及び水蒸気圧から計算した  $G_0/\sigma T^4$  を Y 軸に、 $e^{1/2}$  を X 軸にとってプロットしたものを図 31 に示す。また、この図から求めた切片  $a$ 、傾き  $b$  及び相関係数を図中にあわせて示す。

全季節について見ると、切片、傾き及び相関係数がそれぞれ 0.593, 0.0465, 0.435 となった。この切片及び傾きの値は、Yamamoto-Brunt による値 ( $a = 0.51, b = 0.066$ ) と比べると傾きが小さくなった。南極昭和基地などの高緯度の低温でかつ低水蒸気圧が卓越する地域と低中緯度地域とを比較すると傾きの値は緯度が大きくなるにつれて小さくなることがわかっており (竹内・近藤, 1981), 昭和基地における結果もやや小さい値となった。

相関係数については、0.435 とやや弱い相関が見られるが、 $e^{1/2}$  の値が大きくなる程、言い換えると地上の水蒸気圧が大きくなる程ばらつきが小さくなる傾向が見られた。次に季節ごとの関係を見てみると、最もばらつきが大きい秋季及び傾きの値が小さい夏季の季節が、相関係数約 0.1 と非常に小さい値となった。川口 (1979) による昭和基地における値 ( $a = 0.585, b = 0.078$ ) と比較すると、傾きは年平均として小さい値となったが、季節変動の範囲内に入っており、切片はほぼ等しい結果となった。また、季節による傾きの違いを見てみると、冬季が最も大きく (0.117), 夏季が最も小さく (0.021) となった。

これは、地上の水蒸気圧が小さいほど傾きが大きくなることを示しており、前に述べた地上の水蒸気圧が小さい高緯度地域ほど傾きが小さくなる傾向とは全く逆の傾向となった。これは、冬季に気温の接地逆転が強まり、地上気温が上空の気温に対する代表性が無くなり (関係性が薄くなり)、Brunt の式での近似がうまく表現できなくなることによる (山内, 1983)。南極昭和基地における観測は、人的汚染源がほとんど無くエアロゾルも少ないため、

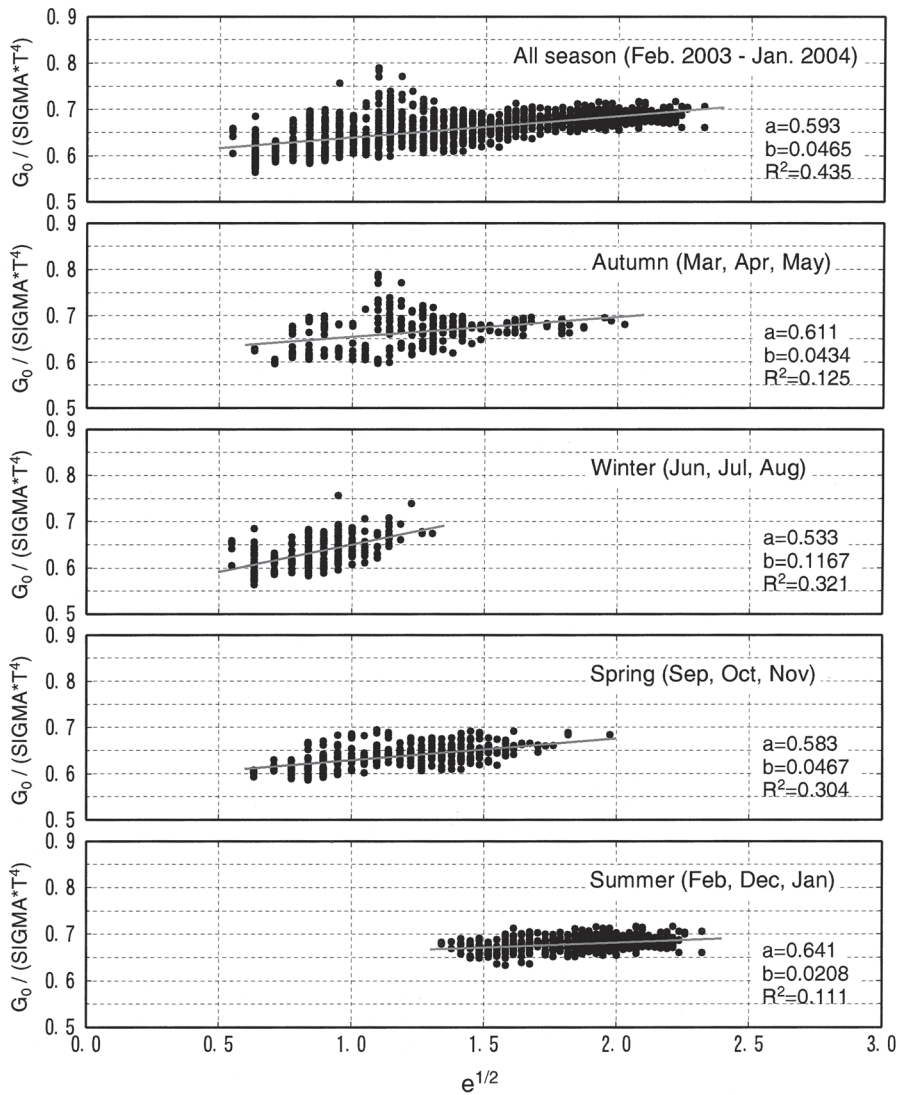


図 31 昭和基地における  $G_0 / \sigma T^4$  と  $e^{1/2}$  の関係 (2003 年 2 月~2004 年 1 月)  
 Fig. 31. Relations between  $G_0 / \sigma T^4$  and  $e^{1/2}$  at Syowa Station (Feb. 2003-Jan. 2004).

バックグラウンドの自然現象を捉えることのできる貴重な観測地点であり、今後も観測データを蓄積し、これまで述べた現象の解明を進めていくことが必要である。また、北半球中緯度で同様の観測を行っている高層気象台(茨城県つくば市)の観測結果の傾向と比較することにより、南極特有の現象を明らかにすることが期待できると思われる。



## 2.5. 特殊ゾンデ観測

### 2.5.1. エアロゾルゾンデ観測

第44次隊ではエアロゾルゾンデ観測を、気水圏部門と共同で実施した。この観測は、第38次隊の気水圏系プロジェクト研究観測「南極大気・物質循環観測」から開始されており、第40次隊からは定常気象観測部門の特殊ゾンデ観測として気水圏部門と共同で観測を行っている。

#### (1) 観測目的

成層圏オゾンは紫外域日射を吸収することにより成層圏の大気を暖め、大気循環や気温の鉛直構造を作る熱源となっている。南極域の成層圏は、冬期には安定な極渦が形成され、周囲の大気から孤立する。極夜期にはオゾンによる加熱が無くなるために、極渦内部の下部成層圏は長波放射によって冷却され、著しい低温となる。この低温下において、硝酸 ( $\text{HNO}_3$ ) や氷晶 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) などを主成分とした極域成層圏雲 (Polar Stratospheric Clouds; 以下 PSCs と記す) が生成される。この PSCs には高度 20 km 程度において気温が  $-78^\circ\text{C}$  以下で生成する固相の硝酸三水和物や液相の三成分系液滴粒子 (TYPE I) と、 $-85^\circ\text{C}$  以下で生成する氷晶 (TYPE II) の2種類がある。

成層圏中の比較的安定な硝酸塩素や塩化水素などの塩素化合物は、PSCs 表面での不均一反応によって塩素分子と硝酸などの窒素化合物に変換される。窒素酸化物は PSCs に取り込まれ、さらに PSCs 粒子の重力沈降などにより成層圏から失われる(脱窒作用)ため、成層圏中に塩素分子が蓄積される。塩素分子は春になると太陽光により光解離され活性塩素となり、成層圏オゾンを破壊すると考えられている(気象庁, 1999)。

エアロゾルゾンデ観測の目的は、オゾンホール的重要原因と考えられている PSCs の観測を行うと共に、エアロゾル鉛直分布の季節変化を明らかにすることである。

#### (2) 観測方法及び測器

エアロゾルゾンデを浮力錘浮力 7000 g のヘリウムガスを充填した 3000 g ゴム気球に吊り下げて高度約 30 km まで飛揚し、粒子半径が、 $> 0.15 \mu\text{m}$ ,  $> 0.25 \mu\text{m}$ ,  $> 0.4 \mu\text{m}$ ,  $> 0.6 \mu\text{m}$ ,  $> 1.8 \mu\text{m}$  の各粒子数、流量、気温、湿度、気圧、風向、風速についての高度分布を観測した。エアロゾルゾンデ観測に使用した飛揚器材を表 14 に示す。

#### (a) エアロゾルゾンデの構成

エアロゾルゾンデは、粒子検出・計数・制御を行う OPC 部 (Optical Particle Counter: 光散乱方式パーティクルカウンター) と、気象要素 (気温・湿度・気圧) の観測及び信号送信をするレーウィンゾンデ部から構成され、相互に信号ケーブルで接続されている。第44次隊では、OPC 部として ADS-98-5N 型 OPC、レーウィンゾンデ部として RS2-91 型レーウィンゾンデを用いた。

OPC 部は粒子計数データ、ポンプ流量などのコンディションデータと共に、レーウィンゾ

表 14 エアロゾルゾンデ観測器材

Table 14. Specifications of balloon-borne aerosol sondes at Syowa Station.

98型5ch エアロゾルゾンデ (ADS-98-5N)	レーウィン ゾンデ部	RS2-91型 レーウィンゾンデ	高層気象観測用と同等 (気温, 湿度, 気圧の感部及び変換部, 発信器部を使用)
	OPC部	エアサンプリング	ポンプ : アルミギアポンプ サンプリング流量: 約3000cm <sup>3</sup> シースエア : 約500cm <sup>3</sup>
		粒子検出方式	光源 : レーザーダイオード 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
		粒径区分	5ch並行計測 (粒子半径 0.15, 0.25, 0.4, 0.6, 1.8 μmより 大きい粒子を計測)
	粒子サンプリング	20秒積算値	
電池	Li電池		
その他	レーウィンゾンデーOPC部接続用篠竹, 電源線, 信号線 (各約1.5m)		
※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より大きい粒子毎の20秒積算値 ポンプ回転数 排気, 内部温度 半導体気圧計値(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(気温, 気圧, 湿度)			
気球	3000g気球 (ヘリウムガスによる標準浮力7000g)		
	口管部品		
吊紐	ポリエステル製編紐70m		
パラシュート	不織布, 大型		

ゾンデ部のセンサーから得た信号を合成し、既定の周期と配列でレーウィンゾンデ部の送信部に送出する。レーウィンゾンデ部の発振器では 1680 MHz の搬送波を OPC から送出された信号によって変調し、ダイポールアンテナから発信する。

OPC 部の粒径計測部に取り込むサンプルエアは、モーター駆動のギアポンプによって毎分約 3000 cm<sup>3</sup> の流量で吸引される。サンプルエアに含まれる粒子 (エアロゾル) の検出にはレーザーダイオードを用い、光学セルに導かれたサンプルエアにレーザー光を照射して散乱光をシリコンフォトダイオードで検出する。粒子による前方散乱光は電圧のパルスとして取り出され、パルス数から粒子の個数を、パルス電圧から粒径を検出している。観測に使用した測器は半径 0.15 μm より大きな粒子を検出する仕様となっており、半径 > 0.15 μm, > 0.25 μm, > 0.4 μm, > 0.6 μm, > 1.8 μm の 5 チャンネルで並行計測している。粒子の計測は 20 秒区切りで繰り返される。各チャンネルでは測定下限粒径より大きい粒子すべての個数をカウントするため、測定下限粒径のより大きいチャンネルと重複してカウントされる粒子が出てくることになる。

(b) 観測システム構成

エアロゾルゾンデの信号受信の地上施設は高層気象観測施設と同じものを使用した。受信

したゾンデ信号は信号の分離と周波数のデジタル化を行った後、データ処理用のパソコンに送出し、データの蓄積及び観測処理を行った。

### (3) 観測経過

第44次隊では気象定常観測部門として6台、気水圏部門として1台の計7台のエアロゾルゾンデを昭和基地に持ち込み観測を行った。表15に第44次隊における各観測の主な目的、観測日時、到達気圧及び到達高度を示す。この内、2003年9月24日の観測については、飛揚時に風が強まったため巻下器を使用し、パラシュートを使用せずに実施した。

### (4) 観測結果

昭和基地における高層気象観測をもとにPSCs生成要件である温度が発現した時期とエアロゾルゾンデ観測実施日を図32に合わせて示す。PSCs (TYPE I) を構成する物質の一部と考えられている硝酸三水和物 ( $\text{HNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , Nitric Acid Trihydrate, 以下 NAT という) 粒子が析出する温度領域 (硝酸 10 ppbv, 水蒸気 5 ppmv を仮定) に薄い影を、PSCs (TYPE II) を構成する氷粒子が析出する温度領域 (水蒸気 5 ppmv を仮定) に濃い影をつけ、TYPE I 及び TYPE II の PSCs の存在領域としている。

高層気象観測による上層気温の時間高度断面図 (図5) によると、成層圏気温は、2003年5月下旬以降  $-80^\circ\text{C}$  以下の低温域が現れ、次第に低温領域を拡大し、7月上旬から8月中旬までは  $-85^\circ\text{C}$  を下回っていた。成層圏気温はその後成層圏上部から上昇し始めたが、9月上旬まで  $-80^\circ\text{C}$  以下の領域は持続していた。10月中旬以降は  $-80^\circ\text{C}$  以下となる日はなくなった。

図32より、成層圏気温は5月下旬からPSCs (TYPE I) 生成に必要とされる温度領域となり、7月上旬にはPSCs (TYPE II) 生成に必要とされる温度領域がほぼ継続するようになった。また、7月上旬からは目視観測でもPSCsと見られる雲を観測した。8月中旬からは

表 15 昭和基地におけるエアロゾルゾンデ飛揚状況  
Table 15. Summary of aerosol sonde observations at Syowa Station.

回数	飛揚時刻 (LT)	飛揚目的	到達気圧 (hPa)	到達高度 (km)
1	2003年4月3日17時50分	秋期の観測	12.5	28.8
2	2003年6月19日17時32分	PSCs 捕捉 (第1回目)	4.6	32.4
3	2003年7月25日17時41分	PSCs 捕捉 (第2回目)	6.7	29.5
4	2003年9月24日18時10分	成層圏オゾン減少期の観測	7.6	29.9
5	2003年11月5日17時23分	極渦崩壊期の観測	6.2	34.0
6	2003年12月5日17時15分	成層圏オゾン回復期の観測	6.3	35.0
7	2004年1月13日17時24分	夏期観測 (第45次隊への引継)	6.3	35.2

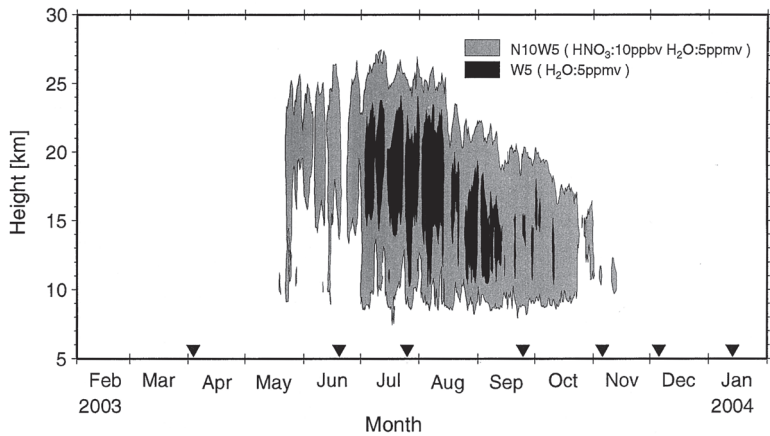


図 32 昭和基地上空の 2003 年 2 月から 2004 年 1 月における PSCs の存在領域 (高層気象観測の温度分布をもとに推定). 灰色領域は、タイプ I の PSCs, 黒色はタイプ II の PSCs を示す. 三角形 (▼) はエアロゾルゾンデ観測が行われた日を表す.

Fig. 32. Existence region of PSCs (estimated from the temperature distribution obtained by aerological observations) over Syowa Station (Feb. 2003–Jan. 2004). Gray area indicates PSCs (Type I); black area indicates PSCs (Type II). Triangles indicate days on which aerosol sondes were launched.

成層圏上部より昇温傾向となり、PSCs (TYPE II) の生成温度を満たさない日が増え始め、9 月中旬以降は PSCs (TYPE II) 生成温度以上の日が継続するようになった。さらに、10 月下旬には PSCs (TYPE I) の生成に必要な温度領域も見られなくなった。

大気中のエアロゾル濃度を測定するにあたっては、空気  $1 \text{ cm}^3$  あたりの粒子個数 (以下、粒子濃度 (個/ $\text{cm}^3$ ) と記す) を用いている。第 44 次隊で行ったエアロゾルゾンデ観測の結果及び、エアロゾルゾンデ観測日に最も近いオゾンゾンデ観測によるオゾン分圧鉛直分布の観測結果を図 33-1 から 3 に示す。エアロゾルゾンデ観測の気温グラフには、PSCs (TYPE I) 及び PSCs (TYPE II) 生成温度の目安として、NAT (硝酸 10 ppv, 水蒸気 5 ppmv) 及び氷 (水蒸気 5 ppmv) の析出温度線を重ね合わせている。オゾン層のオゾンの量や分布については、1 日で大きく変化するため、エアロゾルゾンデとオゾンゾンデを同じ日に飛揚し観測した事例 (2003 年 7 月 25 日及び 9 月 24 日) についてのみコメントした。その他の事例については、その季節の代表的なオゾン層のプロファイルを示したものとして参考として掲載した。

また、高度別の空気塊に対する粒子の重量混合比 (粒子構成物質を硫酸エアロゾル、比重  $1.5 \text{ g/cm}^3$  と仮定) の変化について図 34 に示す。

#### (a) 秋期 (4 月)

PSCs 発生前のバックグラウンド観測として 2003 年 4 月 3 日に観測を行った。高度約 4 km から約 8 km にかけては粒子濃度の変化は少ないが、対流圏界面付近の高度約 9 km で半径 >

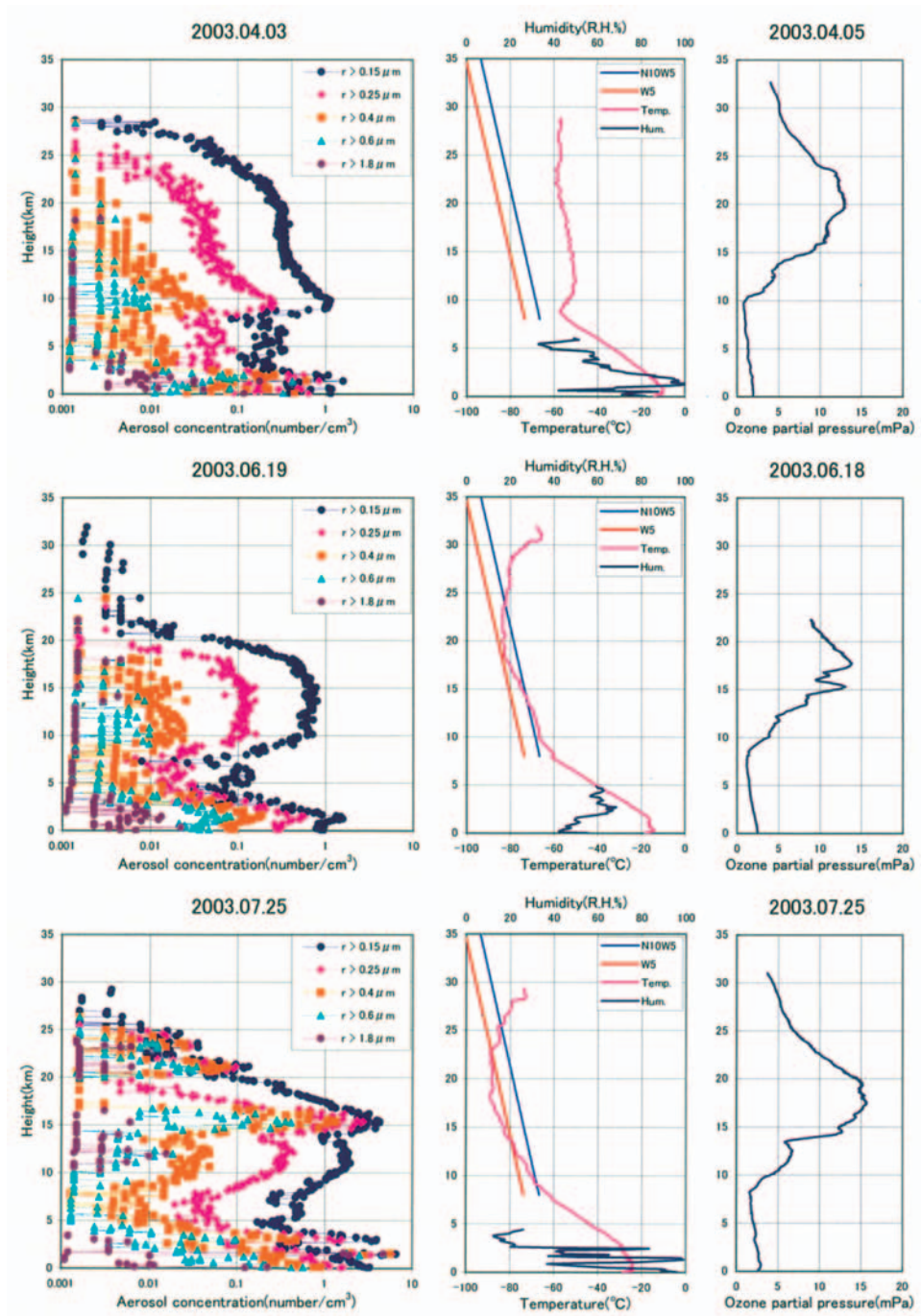


図 33-1 昭和基地上空におけるエアロゾルゾンデ観測結果及びオゾンゾンデ観測結果 (2003 年 4, 6, 7 月)

Fig. 33-1. Results of aerosol sonde and ozone sonde observations over Syowa Station (Apr., Jun., Jul. 2003)



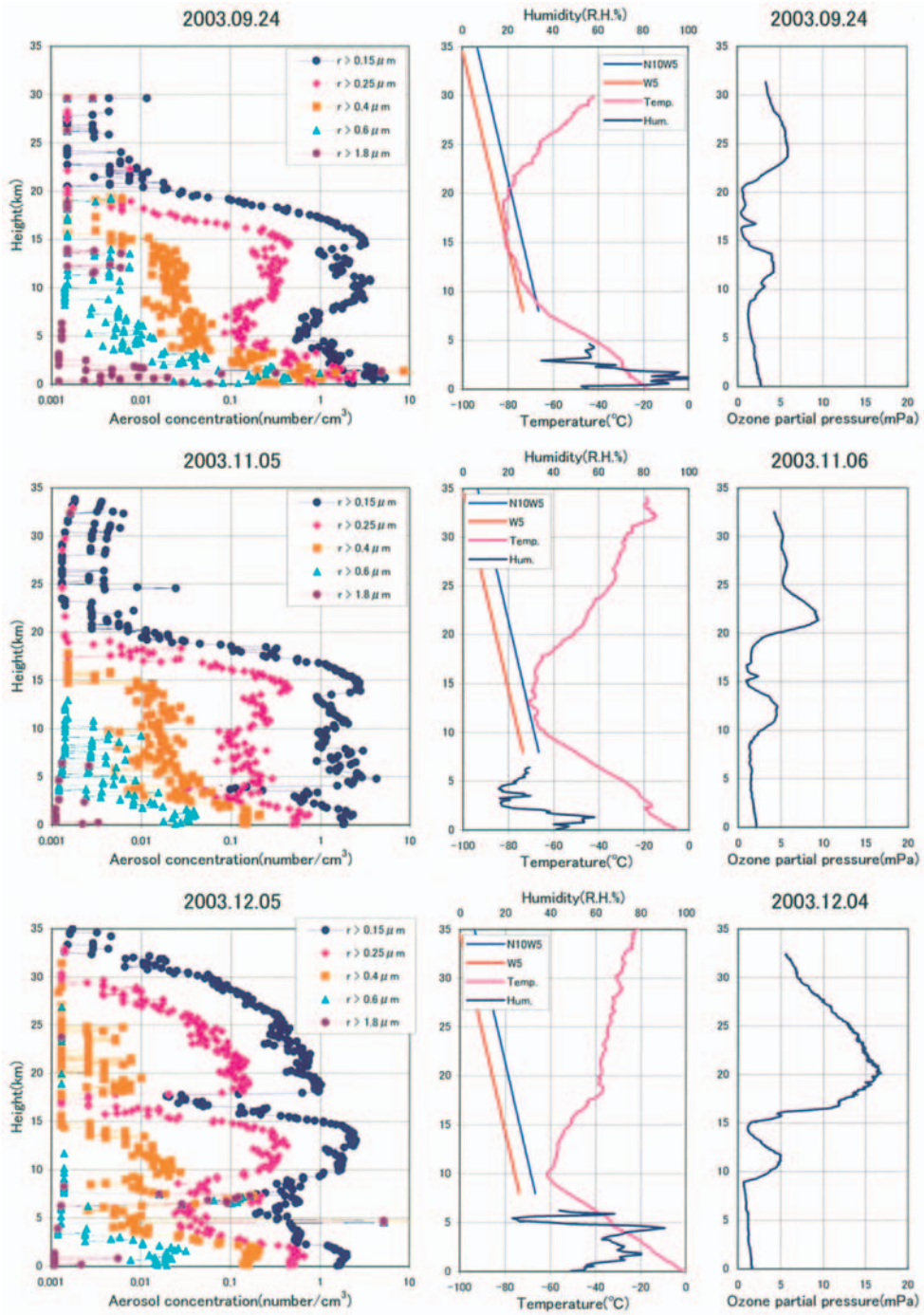


図 33-2 昭和基地上空におけるエアロゾルゾンデ観測結果及びオゾンゾンデ観測結果 (2003年9, 11, 12月)

Fig. 33-2. Results of aerosol sonde and ozone sonde observations over Syowa Station (Sep., Nov., Dec. 2003).

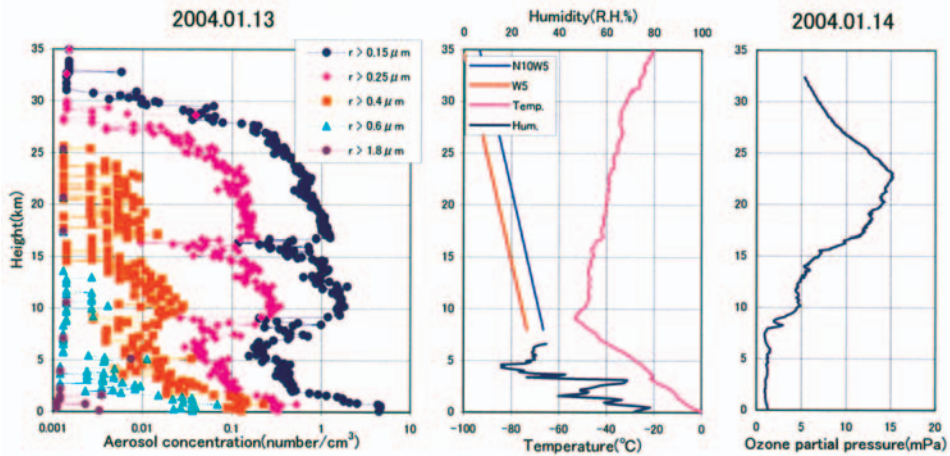


図 33-3 昭和基地上空におけるエアロゾルゾンデ観測結果及びオゾンゾンデ観測結果 (2004 年 1 月)  
 Fig. 33-3. Results of aerosol sonde and ozone sonde observations over Syowa Station (Jan. 2004).

0.15  $\mu\text{m}$ , 半径  $> 0.25 \mu\text{m}$ , 半径  $> 0.4 \mu\text{m}$ , 半径  $> 0.6 \mu\text{m}$  で粒子濃度が高くなっている。高度約 10 km より上層では粒子濃度は高度と共に減少しているが、高度約 15 km から高度約 20 km にかけて半径  $> 0.15 \mu\text{m}$ , 半径  $> 0.25 \mu\text{m}$  の粒子濃度はほぼ一定となっている。一方、半径  $> 1.8 \mu\text{m}$  の粒子濃度は高度約 4 km 以上では低い値となっている。なお、高度約 2 km 前後に見られる粒子濃度の増加は湿度観測データ等より雲粒子によるものと考えられる。

#### (b) PSCs 生成期 (6-7 月)

6 月 19 日の観測では成層圏気温は高度約 14 km から約 24 km にかけて PSCs (TYPE I) の生成温度まで下がっており、この状態は約 4 週間前から続いていた。半径  $> 0.15 \mu\text{m}$ , 半径  $> 0.25 \mu\text{m}$  の粒子は、高度約 9 km から約 18 km にかけて高い値でほぼ一定となっているが、高度約 20 km 以上では急激に低くなっている。重量混合比を見ると、高度 23 km 以上で 4 月 3 日に比べ極端に減少していた。このことは、高度約 20 km 以上の成層圏エアロゾルが、極渦内部の下降流や重力により沈降していったことを示していると考えられる。一方、PSCs とみられる顕著に粒子濃度の高い層は見られなかったが、半径  $> 1.8 \mu\text{m}$  の粒子で高度約 14 km 及び高度約 18 km で粒子濃度が若干高くなっていた。高度 18 km では重量混合比も若干増加しており、PSCs (TYPE I) が形成され始めていた可能性がある。

約 1 カ月後の 7 月 25 日の観測では、成層圏気温はさらに下がっており、高度約 9 km から約 26 km にかけて PSCs (TYPE I) の生成温度以下、高度約 14 km から約 23 km にかけては PSCs (TYPE II) の生成温度以下となっていた。粒子濃度の高い層が、高度約 11 km から約 13 km, 高度約 14 km から約 17 km, 高度約 21 km から約 24 km にかけての 3 層にわたって観測された。特に半径  $> 0.6 \mu\text{m}$  の粒子で粒子濃度の変化が大きく、高度約 15 km 及び約 21

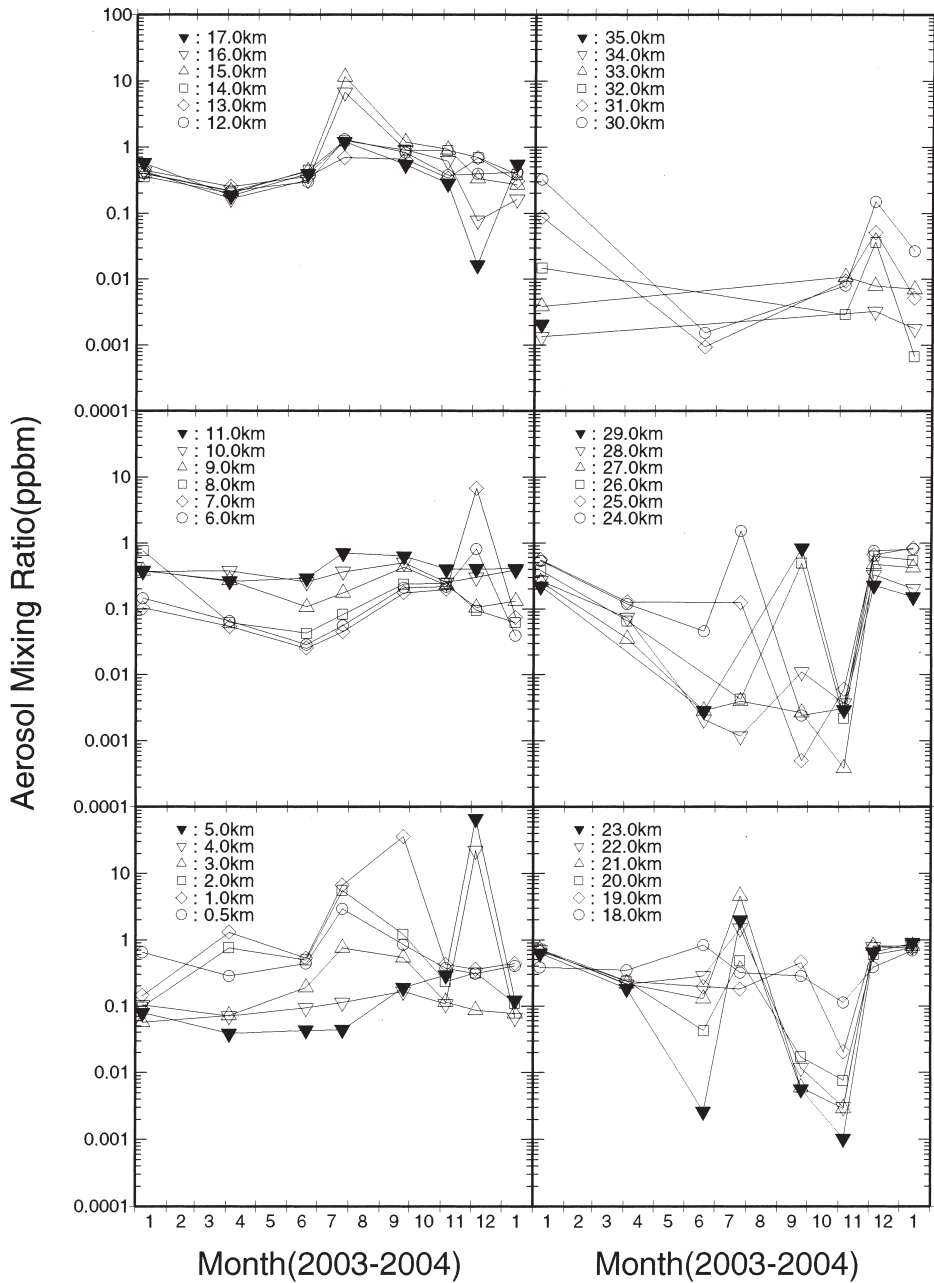


図 34 昭和基地上空におけるエアロゾル重量混合比の高度別年変化 (2003 年 1 月～2004 年 1 月)  
 Fig. 34. Time series of aerosol mixing ratio in each altitude over Syowa Station (Jan. 2003–Jan. 2004).

km で顕著に高くなっていた。一方、半径  $> 1.8 \mu\text{m}$  の粒子は高度約 12 km で粒子濃度が顕著に高くなっており、高度約 21 km、約 23 km でも高い値を示していた。重量混合比を見ると、高度 15 km から 16 km 及び高度 20 km から 24 km で 6 月 19 日に比べて顕著な増加が見られた。

高度約 21 km から約 24 km の層は、気温が  $-88^\circ\text{C}$  から  $-85^\circ\text{C}$  で、高度約 21 km から約 23 km にかけては PSCs (TYPE II) の生成温度となっていた。半径  $> 0.15 \mu\text{m}$  の粒子濃度が低い、それに比べ半径  $> 1.8 \mu\text{m}$  の割合が高くなっており、成長の進んだ PSCs 粒子を捕らえる可能性がある。高度約 14 km から約 17 km にかけての層は気温が  $-82^\circ\text{C}$  から  $-87^\circ\text{C}$  であり PSCs (TYPE II) の生成温度となっているが、半径  $> 1.8 \mu\text{m}$  の粒子が比較的少なく、粒径の小さいものが主体となっており、PSCs の成長過程にある可能性がある。高度約 11 km から高度約 13 km にかけての層は、気温が  $-72^\circ\text{C}$  から  $-77^\circ\text{C}$  であり PSCs (TYPE I) の生成が可能な温度となっているが、半径  $> 1.8 \mu\text{m}$  の粒子が比較的多く、より上層で生成された PSCs 粒子が成長し、重力によって沈降してきた可能性もある。なお、高度約 4 km 以下の粒子濃度の増加は湿度観測データ等より雲粒子によるものと考えられる。

(c) 成層圏オゾン減少期 (9 月)

9 月 24 日の観測では高度約 9 km から約 21 km にかけて気温が PSCs (TYPE I) 生成可能温度以下となっていたが、PSCs (TYPE II) 生成温度以下の層は高度約 15 km 付近のみとなっていた。7 月 25 日と比べると高度約 15 km を中心に粒子濃度が低くなった層が見られるものの、半径  $> 1.8 \mu\text{m}$  の粒子では高度約 11 km から約 14 km にかけてやや粒子濃度の高い層が見られた。また、高度約 19 km 付近では半径  $> 0.6 \mu\text{m}$ 、半径  $> 0.4 \mu\text{m}$  の粒子の粒子濃度が若干高くなっていった。一方、半径  $> 0.15 \mu\text{m}$ 、半径  $> 0.25 \mu\text{m}$  の粒子は高度約 15 km 以上では高度と共に粒子濃度が減少しており、高度約 20 km から約 25 km にかけてはその他の粒径粒子も低い値となっており、重量混合比も極端に減少していた。

高度約 11 km から約 14 km にかけての層は、気温が  $-74^\circ\text{C}$  から  $-79^\circ\text{C}$  であり、PSCs を捉えている可能性がある。高度約 19 km では気温が  $-82^\circ\text{C}$  であり、重量混合比もやや高いため、PSCs 粒子が残っている可能性があるが、全般的に高度約 15 km から約 25 km にかけては粒子濃度が低くなってきており、PSCs の成長による重力沈降が起こっていると考えられる。PSCs の沈降の起こった高度とオゾンの破壊されている高度はほぼ対応しており、脱窒されるとともに活性塩素によるオゾン破壊が行われていたと推定される。なお、高度 26 km 以上 (特に高度 26 km 及び高度 29 km) で重量混合比の増加が認められるが、これは気温プロファイルより、PSCs によるものではなく、9 月中旬以降に観測された成層圏突然昇温と対応して中緯度から大気と共に移流してきた硫酸エアロゾルを観測したのと考えられる。また、高度約 2 km 以下の粒子濃度の増加は湿度観測データ等より雲粒子によるものと考えられる。

さらに、7 月 25 日のオゾンゾンデ観測によるオゾン分圧データでは、まだ顕著なオゾン量

の減少は見られなかったが、9月24日の観測では高度約12 km から約24 km にかけてオゾンが破壊されており、特に高度約15 km から約20 km にかけてはオゾンがほとんど観測されない層が現れた。また、オゾン全量観測においても8月中旬にオゾンホールの日安である220 m atm-cm 以下の値を観測した後、9月から10月にかけて過去最低レベルで推移していた。

#### (d) 成層圏オゾン回復期 (11-1月)

11月5日の観測では、半径 $> 1.8 \mu\text{m}$ の粒子は高度約6 km 以上、半径 $> 0.6 \mu\text{m}$ は高度約13 km 以上、半径 $> 0.4 \mu\text{m}$ は高度約18 km 以上でほとんど観測されなくなり、成層圏エアロゾルの沈降が進んでいることがうかがえる。半径 $> 0.15 \mu\text{m}$ 、半径 $> 0.25 \mu\text{m}$ の粒子も高度約15 km 以上で粒子濃度がそれ以下の高度に比べて低くなっており、重量混合比も高度19 km 以上では、高度24 km と高度25 km を除き、9月24日に比べ大きく減少していた。その後は、12月5日、2004年1月13日の観測において、高度約18 km 以上で半径 $> 0.15 \mu\text{m}$ 、半径 $> 0.25 \mu\text{m}$ 、半径 $> 0.4 \mu\text{m}$ の粒子濃度が増加してくる様子が観測された。また、オゾンゾンデ観測の結果においても同様の増加傾向が見られた。これは極渦が崩壊し中緯度からオゾンと共にエアロゾルに富んだ空気塊が運ばれてきたためと考えられるが、高度16 km 付近に最後まで粒子濃度の低い層が残されていたのが特徴的である。重量混合比で見ても11月5日から12月5日にかけて高度18 km 以上では急激に増加しているが、高度16 km、17 km では逆に減少していた。1月13日の観測では高度17 km 付近の粒子濃度は増加したが、高度16 km 付近に粒子濃度の低い層が見られた。なお、12月5日の高度約5 km の粒子濃度の増加は湿度観測データ等より雲粒子によるものと考えられる。

昭和基地におけるオゾン全量は11月上旬には一時的に220 m atm-cm を上回る日が現れ始め11月下旬には継続して上回るまでにオゾンホールは回復した。

## 2.6. 天気解析

インマルサット FAX 及び無線 FAX 受画装置より受画した各種天気図、予想図、気象衛星から送られてくる雲写真、毎日の地上観測、高層気象観測、ロボット気象計等から得られたデータを参考に、低気圧、前線の移動を把握して天気解析を行い、気象観測に資すると共に隊のオペレーション活動を行う際の気象情報を提供した。なお、第44次隊では静止気象衛星 METEOSAT からの気象資料を受信するために新 MDD システムを持ち込み設置したが、衛星のパワーアンプ障害により信号受信ができず運用を開始できなかった。

### 2.6.1. 解析に用いた資料

#### (1) 気象庁配信天気図

気象庁 (JMA) 作成解析資料をインマルサット FAX により入手した。内容は以下の通りである。



地上天気図	海面気圧	(初期値, 24, 48, 72, 96, 120 時間予想)
850 hPa 天気図	気温	(初期値, 24, 48, 72, 96, 120 時間予想)
500 hPa 天気図	高度, 気温	(初期値, 24, 48, 72, 96, 120 時間予想)
100 hPa 天気図	高度	(初期値, 24, 48, 72, 96, 120 時間予想)
30 hPa 天気図	高度, 気温	(初期値)

## (2) 無線 FAX 放送天気図

メルボルン放送の 00, 12 UTC の南半球 500 hPa 実況図と地上及び 500 hPa の 48 時間予想図, インド洋域の地上実況図と 36 時間予想図.

プレトリア (南アフリカ) 放送の 00・12 UTC の地上実況図.

## (3) 極軌道衛星雲画像

NOAA-12, 16 の赤外及び可視画像 1 日 5-10 枚.

## (4) ロボット気象計

S16 (昭和基地の東方向, 標高 500 m, 海岸から約 10 km) 地点及びとっつき岬 (昭和基地の北東方向約 15 km) のロボット気象計による気温, 気圧及び風向・風速.

### 2.6.2. 解析結果の提供とその利用

解析結果は, 昭和基地屋外作業, 野外オペレーション, 航空機オペレーション時などに気象情報として提供したほか, ブリザードによる外出注意令, 禁止令の発令, 解除の参考となる情報を提供した. また, 毎日のミーティング時に天気解析結果及び翌日の予想を発表するとともに基地内のホームページで公開・周知した. 天気解析により, 2003 年 7 月 31 日から 8 月 2 日にかけて続いた A 級ブリザードが連続して接近した 2 個の低気圧によりもたらされたことや, 11 月上旬の晴天が昭和基地付近に発生した持続期間のやや短いブロッキング高気圧によってもたらされたことなどがわかった.

## 2.7. その他の観測

### 2.7.1. 内陸旅行中の気象観測

第 44 次隊気象部門は, 2002 年 12 月 21 日から 2003 年 1 月 19 日のドームふじ往路と, 2004 年 1 月 23 日から 2 月 5 日のドームふじ復路において気象観測を行った. また, 気水圏部門の ADEOS-II/GLI 検証地上観測等の支援のため 2003 年 9 月 26 日から 10 月 6 日にかけて, みずほ旅行に参加し, 旅行中に気象観測を行った. 旅行ルートを図 35 に示す.

#### (1) 観測方法及び測器

ドームふじ観測拠点への往路及び復路 (以下, ドームふじ旅行という) 及びみずほ旅行の観測項目及び気象観測測器を表 16 に示す. 旅行中は, ドームふじ旅行における気圧計を除き, 旅行隊装備品である携帯用測器を用いて観測し, 視程, 天気, 雲, 大気現象は目視により観測した.

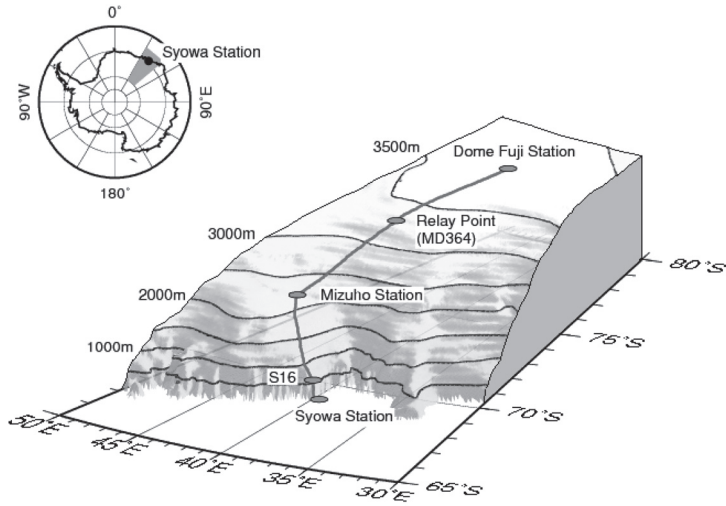


図 35 昭和基地からドームふじ観測拠点への経路  
 Fig. 35. Traverse route from Syowa Station to Dome Fuji Station.

表 16 旅行中に使用した気象観測測器等一覧表  
 Table 16. Instruments and accuracy of meteorological observation on traverse route.

観測項目	観測 最小単位	観測 精度	使用測器等	備考
現地気圧	1hPa	±1hPa	携帯用アネロイド型気圧計	ドームふじ往路旅行 (2003年1月7日まで)、 みずほ旅行および H100旅行に使用
	1hPa	±1hPa	電気式アネロイド型気圧計	ドームふじ往路に使用 (2003年1月8日から)
	0.1hPa	±0.1hPa	振動式気圧計	ドームふじ復路に使用
気温	0.1°C	±0.5°C	スリング式ガラス製温度計	旅行中に使用
風向	1°	±5°	ハンドベアリングコンパス	旅行中に使用
風速	1m/s	±0.5m/s	携帯用発電式3杯型風速計	旅行中に使用
雲量・雲形・ 向き・高さ			目視	
視程	10m(目視)		目視	
大気現象			目視	

(2) 観測経過

(a) ドームふじ旅行 (2002年12月21日~2003年1月19日, 2004年1月23日~2月5日)

ドームふじ旅行では、目視観測を含む観測は、朝のキャンプ地出発前と、昼食時、夕方のキャンプ地到着時に行ったため、観測時刻は一定ではない。観測は雪上車の影響を受けないように風上側で行った。往路においては、旅行隊装備品である携帯型気圧計(高度計)が735 hPaまでしか測定できないため、1月8日からは気象庁の移動気象観測測器を使用した。

復路においてはドームふじで使用した振動式気圧計を使用した。

(b) みずほ旅行 (2003年9月26日~10月6日)

みずほ旅行では、目視観測を含む観測は、おおむね朝のキャンプ地出発前と、昼食時、途中休憩時、夕方のキャンプ地到着時に行ったため、観測時刻は一定ではない。観測は雪上車の影響を受けないように風上側で行った。

(3) 観測結果

(a) ドームふじ旅行往路

図36に観測結果を示す。観測データは、S16に滞在中のものを含んでいる。S16滞在中には地ふぶきのため視程が1km未満になった日が2日あったが、S16出発後の旅行中の天気はおおむね良好であった。気温は、S16出発後高度が高まるにつれて低くなり、ドームふじ到着前日には-36.0℃を記録した。

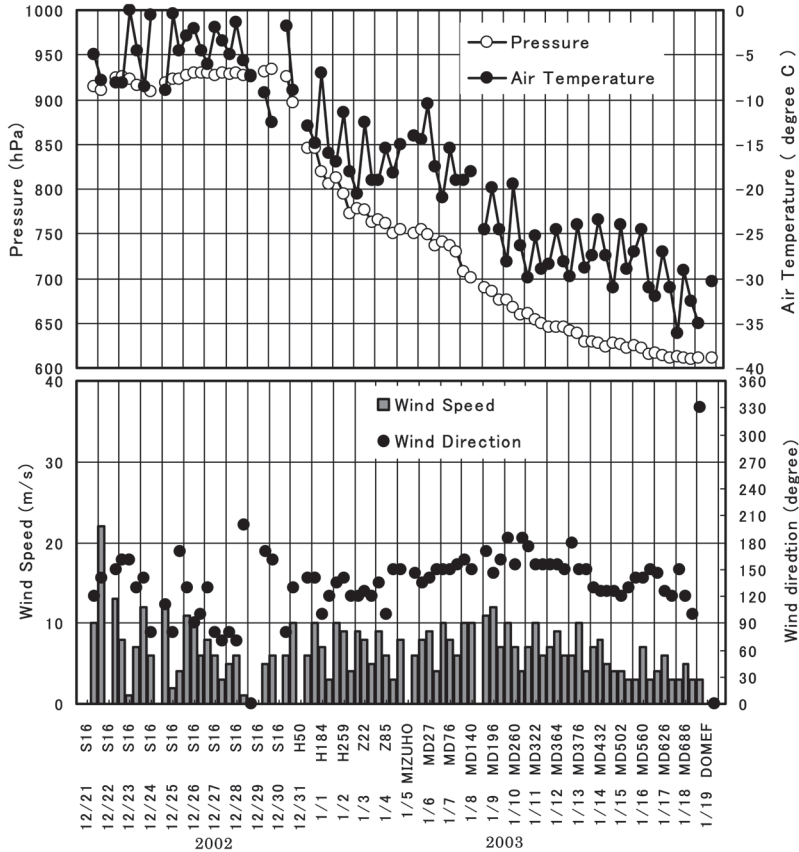


図 36 ドームふじ旅行往路の気象観測結果 (2002年12月21日~2003年1月19日)

Fig. 36. Surface meteorological observation data from S16 to Dome Fuji Station (Dec. 21, 2002-Jan. 19, 2003).

(b) ドームふじ旅行復路

図 37 に観測結果を示す。旅行中の天候はおおむね良好であったが、地ふぶきのため視程が 1 km 未満になった日が 2 日あった。気温は、2 月 2 日頃までは、おおむね  $-20^{\circ}\text{C}$  を下回ったが、その後は  $-20^{\circ}\text{C}$  を下回ることにはなかった。風は、旅行中ほぼ東よりの風が吹き、10 m/s を超える日が 3 日あった。風が 10 m/s を超えるときには、地ふぶきで視程が 100 m 以下になることもあった。

(c) みずほ旅行

図 38 に観測結果を示す。旅行中の天気は、9 月 28 日以降はほぼ毎日のように地ふぶきとなり、風速は 10 m/s 前後で、視程が 1 km 未満になった日が 5 日あった。気温は、みずほ基地で 10 月 1 日と 10 月 2 日に  $-40^{\circ}\text{C}$  以下を記録した以外は  $-40^{\circ}\text{C}$  を下回ることにはなかった。

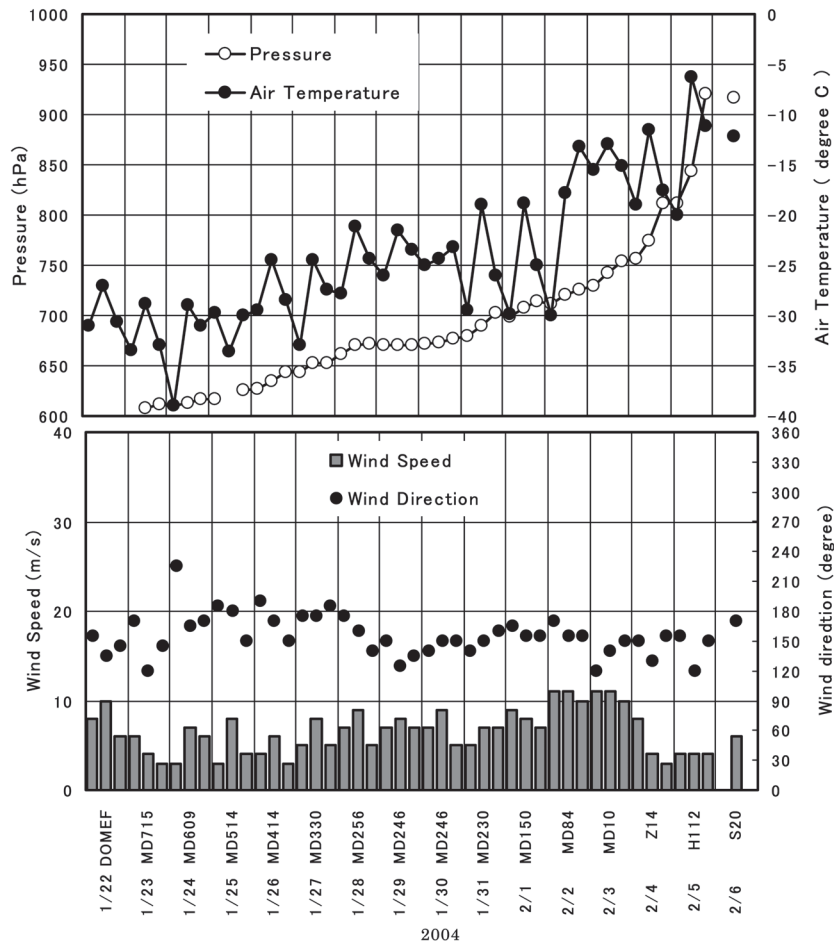


図 37 ドームふじ旅行復路の気象観測結果 (2004 年 1 月 23 日~2 月 5 日)

Fig. 37. Surface meteorological observation data from Dome Fuji Station to S16 (Jan. 23–Feb. 5, 2004).

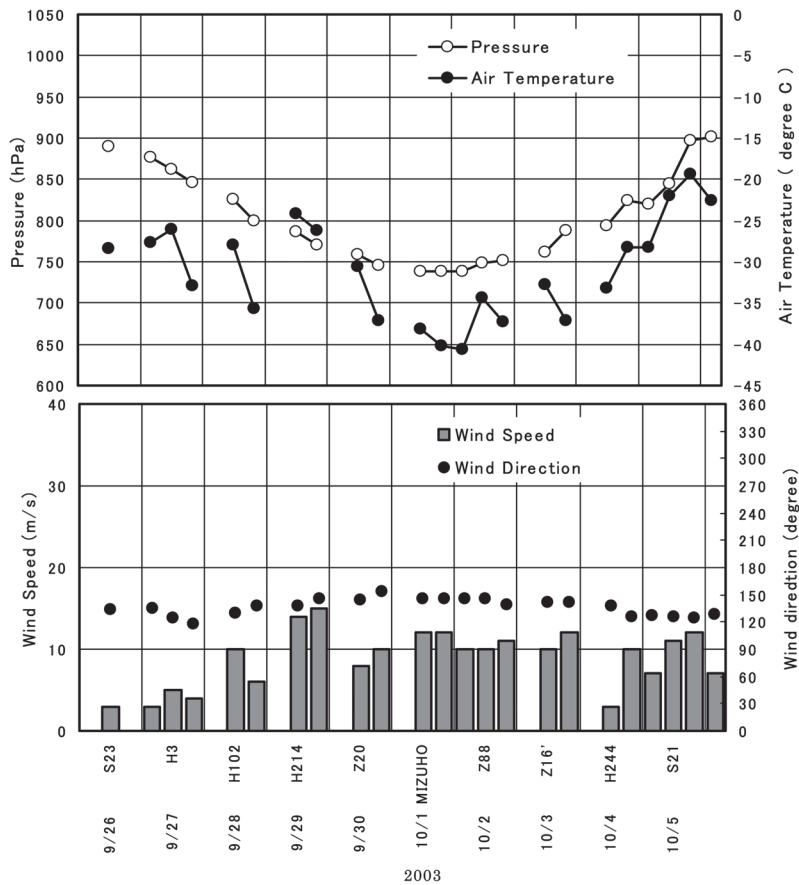


図 38 みずほ旅行中の気象観測データ (2003年9月26日～10月6日)

Fig. 38. Surface meteorological observation data during the traverse to Mizuho Station (Sep. 26–Oct. 6, 2003).

### 2.7.2. 内陸旅行中の大気混濁度観測

ドームふじ旅行では、地上気象観測にあわせて大気混濁度観測を行った。

#### (1) 観測方法と測器、観測経過

携帯型サンフォトメータ (EKO, MS-120/S97133.01) を用い、368, 500, 675, 778, 862 nm の 5 波長で太陽光強度を観測し、大気混濁度の計算を行った。観測は内陸旅行中の地上気象観測後で太陽面に雲がなくかつ地ふぶきの影響を受けない時に、雪上車の影響を受けないように風上側で行った。往路においては 2003 年 1 月 2 日からドームふじ到着前日の 18 日まで 18 回の観測を、復路においては 2004 年 1 月 27 日から S16 到着前日の 2 月 4 日まで 6 回の観測を行った。

#### (2) 観測結果

ドームふじ観測拠点で行ったラングレー観測結果から、測器定数を往路と復路に分けて決



定した。図 39 に観測結果を示す。往路と復路の旅には 1 年の期間の開きがあり、単純な緯度分布としての評価は難しい。測器の得られたデータのばらつきが大きかったため、明らかに異常と思われるデータのみを除いて処理を行っている。測器の帰国後の検定でも劣化等は見られなかったため、江崎ら（2000）の旅行中の結果と比較するとばらつきが大きくエアロゾルの光学的厚さ（AOD）もやや大きいことがわかった。

### 2.7.3. ロボット気象計

ロボット気象計は昭和基地周辺の気象状況を把握することにより、観測隊の野外活動などの支援をすることを目的として、各隊次の判断により運用している。第 44 次隊では第 43 次隊より引き継いだ S16 及びとつつき岬に設置したロボット気象計で通年観測をしたが、バッテリーの起電力低下や測器の故障によりデータ取得できない期間があった。ロボット気象計は、高層気象観測用のゾンデを改造したもので、データの取得は高層気象観測用のパラボラアンテナで信号を受信することにより行っている。

#### (1) S16 ロボット気象計

S16（Point50）に設置してあるロボット気象計を前次隊から引継ぎ観測を行った。観測項目は気圧・気温・風向・風速で、毎日 2 回 00, 12 UTC の高層気象観測前にロボット気象計からの電波を受信し観測を行った。

4 月のブリザードによりオングル海峡の海水が流出したため極夜前のバッテリー交換ができなかった。このため電池の起電力が低下し 2003 年 6 月 12 日までしかデータ取得できなかった。バッテリーを交換した 7 月 16 日から観測を再開し、とつつき岬のロボット気象計が故障した 7 月 31 日以降は高層気象観測以外の時間帯に連続して観測データを取得した。越冬期間中 2 月、7 月、9 月、10 月にバッテリー交換を行い、11 月には測器交換を行った。2004 年 1 月には第 45 次隊との引継ぎを兼ねて測器交換とバッテリー交換を行った。

#### (2) とつつき岬ロボット気象計

とつつき岬露岩帯（68° 54.670' S, 39° 49.162' E）に設置してあるロボット気象計を前次隊から引継ぎ、観測を行った。観測項目は気圧・気温・風向・風速で、昭和基地では高層気象観測以外の時間帯に連続して観測データを取得した。

4 月のブリザードでオングル海峡の海水が流出したため極夜前のバッテリー交換ができなかった。このため電池の起電力が低下し 4 月 11 日までしかデータ取得できなかった。6 月にルートワークで測器を確認したところ、ブリザードにより気温測定用サーミスターが脱落していたため修理のため回収した。7 月 23 日に測器の設置及びバッテリー交換を実施し観測を再開したが、7 月 31 日に発信が不良となり観測を中断した。8 月に測器を確認したところ風速計のベアリングが壊れており、修理不能のため第 44 次隊としての観測を終了した。2004 年 1 月には第 45 次隊との引継ぎ及び移動観測装置（MAWS）の設置を行った。

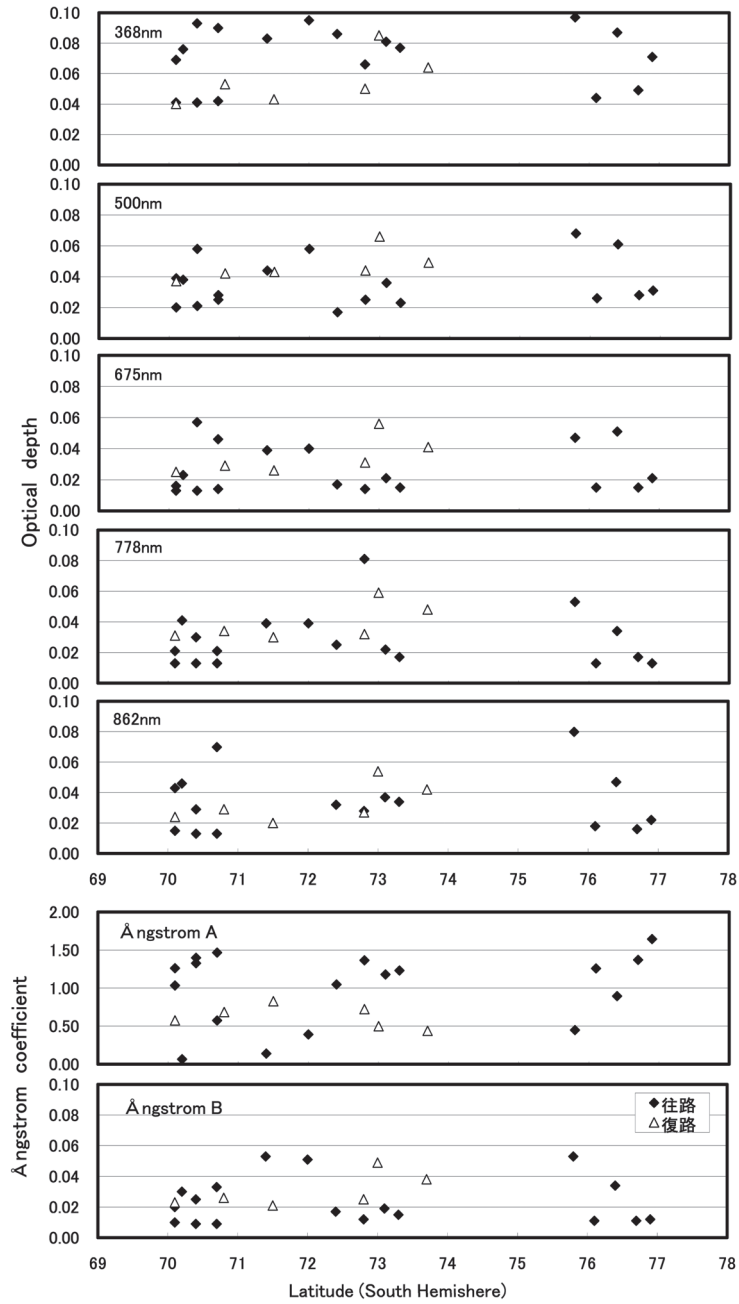


図 39 S16—ドームふじ間のエアロゾルの光学的厚さ  
 Fig. 39. Aerosol optical depths from S16 to Dome Fuji Station.

#### 2.7.4. 大気微量成分観測

第 44 次隊では、定常気象隊員 5 名の内、1 名がドームふじ観測拠点で越冬し、昭和基地が 4 名体制であったため、第 44 次隊に限りモニタリング研究観測のうち二酸化炭素濃度、メタン濃度、地上オゾン濃度観測及び維持作業などの共同観測を実施しないことが極地研究所気水圏グループと気象庁南極観測事務室により南極出発前に協議の上決定された。ただし、越冬期間中、気水圏系隊員が観測のために長期間旅行した際には、定常気象隊員が観測機器の日常点検等を行い協力した。

### 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

観測及び統計は、地上気象観測指針（気象庁、2002）及び地上気象観測統計指針（気象庁、1990a）に基づき行った。2003 年 2 月 1 日から、基地一時閉鎖のため観測機器を停止させた 2004 年 1 月 20 まで、持ち込んだ自動気象観測機器による連続観測と定時の目視観測を行った。機器による連続観測は、気圧、気温、10 分平均風向・風速、瞬間風速、全天日射量について行い、目視観測は、視程、雲量、雲形、天気について、目視により 1 日 6 回（06, 09, 12, 15, 18, 21UTC）の観測を行った。大気現象については、随時観測を行った。観測項目と使用測器等を表 17 に、測器配置を図 40 に示す。

観測結果は、毎週月曜日にメールにより国立極地研究所観測協力室ならびに研究系気水圏グループ、気象庁観測部南極観測事務室に報告した。

##### 3.1.2. 観測経過

自動気象観測装置の測器は、低温による影響のほか、故障やノイズの混入などトラブルが多くその対策に苦慮した。保守・点検については、国内の保守要領に準じた。

低温時の測器への着霜の影響は、特に風速と全天日射に対して大きく、その対策として、3 月に測風塔（高さ 10 m）への昇降が安全にできるように、足場を取り付け、冬期間毎日 3 回（LT 0900, 1500, 2100）に霜落としを行った。全天日射計については毎日 1 回霜落としを行ったほか、ヒーターと通風ファンを取り付けて使用した。

基地の一時閉鎖に伴い、2004 年 1 月 20 日 24 時で観測及び観測装置を停止し、各測器感部を検定のため国内に持ち帰った。検定の結果は、振動式気圧計、風向風速計、温度計とも検定公差内であった。

##### (1) 気圧

2003 年 2 月下旬頃から電気式気圧計（正機）に段差が生じる不具合が見られ始めた。このため、定時観測時に振動式気圧計（予備機）との比較を行い、精度を確認しながら観測を続けた。3 月にかけては予備機との偏差も小さかったが、4 月に入って次第に偏差が大きくな

表 17 ドームふじ観測拠点における地上気象観測使用測器等一覧表 (2003年2月~2004年1月)  
 Table 17. Observation elements, frequency of observation, minimum unit and instruments at Dome Fuji Station  
 (Feb. 2003–Jan. 2004).

観測種目	観測時刻	観測 最小単位	使用測器等	型式	備考
現地気圧	連続・ 毎正時	0.1 hPa	電気式気圧計 (静電容量型)	PTB-210	2003年2月1日~ 5月8日
			振動式気圧計	F4711	2003年5月9日~ 2004年1月20日
気温	同上	0.1°C	電気式温度計 (白金抵抗型)	Pt-100	
風向	同上	1°	風車型風向風速計	CYG-5103	測風塔 (地上高 10.0 m) に設置
風速	同上	0.1 m/s			
全天日射量	同上	0.01 MJ/m <sup>2</sup>	全天電気式日射計	MS-801F	測風塔西側 (地上高 1.8 m) に設置
雲量・雲形・ 向き・高さ	定時		目視		06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC
視程	定時	10 m	目視		06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC
大気現象	常時		目視		

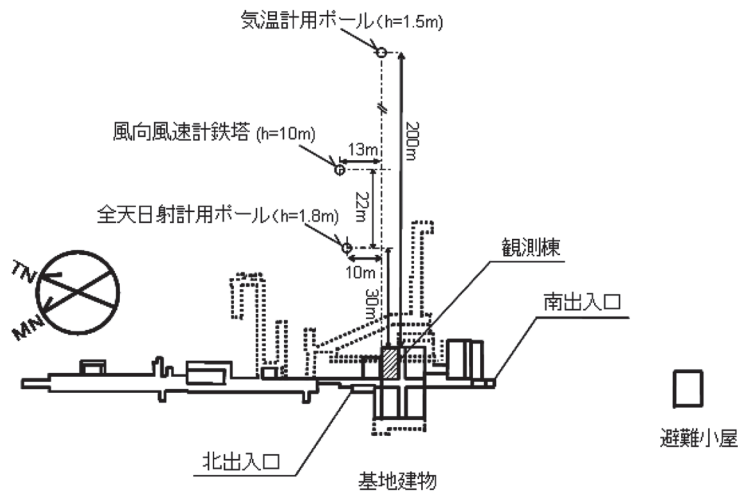


図 40 ドームふじ観測拠点における気象測器の配置. 点線部は雪洞を示す.

Fig. 40. Locations of surface meteorological instruments at Dome Fuji Station. The dotted line area shows the snow trench.

り始めたため、振動式気圧計のデータをフロッピーディスク (FD) に取り込むプログラムを作成し、5月9日より予備機を正機として運用を始めた。その後、電気式気圧計は使用不能となった。また、データを取録したFDの劣化等により、11月から2004年1月にかけて数時間にわたるデータの欠損が頻発した。

## (2) 気温

基地の影響を極力避けるため、基地から東側に200 m離れた地点に温度計を設置し、通年

観測した。観測開始直後からデータにノイズが入ったため、通信や電源等による影響も含めて原因を調査したが、特定することができなかった。また、11月下旬頃からさらに大きなノイズが混入するようになったが、このノイズについては混入する時間帯等から、原因は氷床掘削に用いるウインチのインバータから発生する高周波であると判断し、高周波ノイズを消去するためのコンデンサーを取り付けた。しかし、基地内に十分な容量のコンデンサーの在庫がなくノイズを完全に除去することはできなかった。混入したノイズについては可能な限り修正を行なった。

### (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。弱風・低温時には着霜が発生したため、1日3回プロベラ部の霜落としを行った。風向軸については凍結することはなかった。1年を通しておおむね順調に動作した。

### (4) 全天日射量

感部は基地から東側に50m離れた地点に設置し、電気式全天日射計で通年観測した。3月前半にはドームに着霜し、ドーム内で乱反射したと見られる現象が頻発したため、3月15日に通風ヒーターを取り付けたところ着霜はほとんどなくなった。

なお、日射計取り付け台の構造上、太陽高度が低い時期に、取り付け台の支柱の陰が観測に影響している時間帯があった。

#### 3.1.3. 観測結果

月別気象表を表18に、年間の気圧・気温・風速・雲量の旬毎の経過を図41に示す。図41には、あわせて第I期ドームふじ越冬(1995年2月～1998年1月)時の旬平均も示す。また各月のブリザードの概要を表19に示す。

図41より、第44次越冬期間においては、ブロッキング高気圧の影響で11月上旬の気温が高かったこと及び12月中旬から下旬にかけての気圧がやや高めであったことを除けば、第I期ドームふじ越冬(1995年2月～1997年12月)時と大きな差はない。特筆すべき点としては、越冬をした各4年間の年最低気温は $-79.6^{\circ}\text{C}$ から $-79.7^{\circ}\text{C}$ とほとんど差がなく、ドームふじ観測拠点の冬季の気候は、大きな変動がなく安定していることを示唆している。なお、11月上旬の気温に見られたブロッキング高気圧の影響に関する考察については、Hirasawa *et al.* (2000) に詳しい。

ブリザードについても年間の回数が13回と、第I期の12回を上回ったものの、規模、回数ともに大きな差は見られなかった。なお、ドームふじ観測拠点でのブリザード時の主風向は、南極沿岸部に位置する昭和基地と違い、顕著に卓越した風向を示さない。統計的には北東風が最も多く観測されたが、南寄りの風によってもブリザードが観測されることがあった。なお、ドームふじ観測拠点の一時閉鎖にあわせて、2004年1月20日に自動観測機器を撤去した。このため、その後発現した1月22日のC級ブリザードにおいては、機器による



表 18 ドームふじ観測地点における地上気象観測月別気象表 (2003年2月～2004年1月)  
Table 18. Monthly summaries of surface observations at Dome Fuji Station (Feb. 2003–Jan. 2004).

年	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2004	2004	44次越冬期間 平均値・極値
月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	2003/7/24
平均気圧	608.2	600.6	592.6	594.2	600.3	591.2	590.9	591.3	593.2	600.9	613.9	606.7	598.7	606.7	606.7	598.7
最低気圧	600.6	588.1	579.2	574.7	590.7	574.4	578.0	578.0	576.0	589.9	602.4	600.5	574.4	600.5	600.5	574.4
起日	2	30	18	15	29	24	10	10	10	17	3	12	—	3	12	2003/7/24
平均気温	℃	-42.7	-53.2	-62.2	-63.6	-64.3	-66.4	-62.9	-58.9	-43.0	-33.0	-32.6	-53.8	-32.6	-32.6	-53.8
最高気温の平均	℃	-36.4	-48.4	-55.8	-58.0	-59.2	-59.7	-57.3	-52.7	-36.7	-28.1	-27.9	-48.1	-27.9	-27.9	-48.1
最低気温の平均	℃	-49.4	-59.1	-67.3	-69.6	-69.0	-72.3	-68.4	-66.5	-50.5	-39.2	-38.9	-59.9	-38.9	-38.9	-59.9
最高気温	℃	-29.6	-36.9	-44.9	-47.9	-47.9	-45.9	-50.0	-38.2	-26.4	-24.6	-23.5	-23.5	-23.5	-23.5	-23.5
起日	20	1	13	8	23	6	2	5	31	3	30	2	2004/1/2	30	2	2004/1/2
最低気温	℃	-56.9	-68.9	-74.4	-76.1	-75.6	-79.6	-77.9	-76.2	-57.7	-46.3	-43.1	-79.6	-43.1	-43.1	-79.6
起日	23	30	25	12	29	23	12	7	11	9	1	16	2003/7/23	16	16	2003/7/23
最低気温	日	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
平均気温	日	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
最高気温	日	20	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
最低気温	日	—	11	7	30	30	31	29	30	30	—	—	—	—	—	—
平均気温	日	—	4	21	24	25	26	22	22	13	—	—	—	—	—	—
最高気温	日	—	2	28	13	17	15	9	9	1	—	—	—	—	—	—
平均風速	m/s	4.9	4.9	6.3	6.9	6.9	6.8	7.0	6.3	5.8	5.4	4.3	5.9	4.3	4.3	5.9
最多風向	6方位	S	S	E	E	NE	ESE	ENE	E	SE	E	E	ENE	E	E	ENE
最大風速	m/s	9.2	10.5	9.6	12.1	11.0	15.5	12.6	10.9	10.8	10.6	15.6	15.6	15.6	15.6	15.6
風向	風向	N	N	NW	SSE	NE	NE	NE	S	NW	SE	NE	NE	NE	NE	NE
起日	日	18	16	3	5	23	6	1	30	31	1	2	18	18	18	2004/1/18
最大瞬間風速	m/s	10.8	12.0	10.2	14.8	13.3	18.3	14.8	12.5	13.2	12.5	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3
風向	風向	NNE	N	NE	SSE	NE	NE	NE	S	S	ESE	NE	NE	NE	NE	NE
起日	日	3	16	12	5	23	6	1	30*	1	2	18	2003/7/16	18	18	2003/7/16
最大風速	5.0m/s以上の日数	27	20	30	31	30	31	31	30	30	27	16	332	16	16	332
10.0m/s以上の日数	日	—	1	—	8	1	5	4	1	3	1	3	2	3	3	2
15.0m/s以上の日数	日	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
平均全日射量	MJ/m <sup>2</sup>	22.8	X	0.8	—	—	—	0.3	3.5	15.5	39.8	37.7	19.0	37.7	37.7	19.0
平均雲量	日	4.0	2.7	3.8	3.0	2.4	3.0	4.4	3.7	2.9	3.7	5.2	3.6	5.2	5.2	3.6
平均雲量	日	7	18	12	18	19	18	8	12	19	17	11	164	11	11	164
8.5以上の日数	日	1	1	2	1	1	2	6	2	2	4	7	35	7	7	35
雪日数	日	25	26	27	29	30	31	31	25	26	23	13	312	23	23	312
露日数	日	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ブリザード日数	日	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(※1) 1～20日までの統計値  
1) 統計方法は地上気象観測指針(気象庁, 1990a)による  
2) 「」付きの値は期間中に20%以下の欠測があったことを示す  
3) 「\*」付きの値は期間中のそれ以前に同値の記録があったことを示す  
4) ブリザード基準については表19「ブリザードの概要」参照

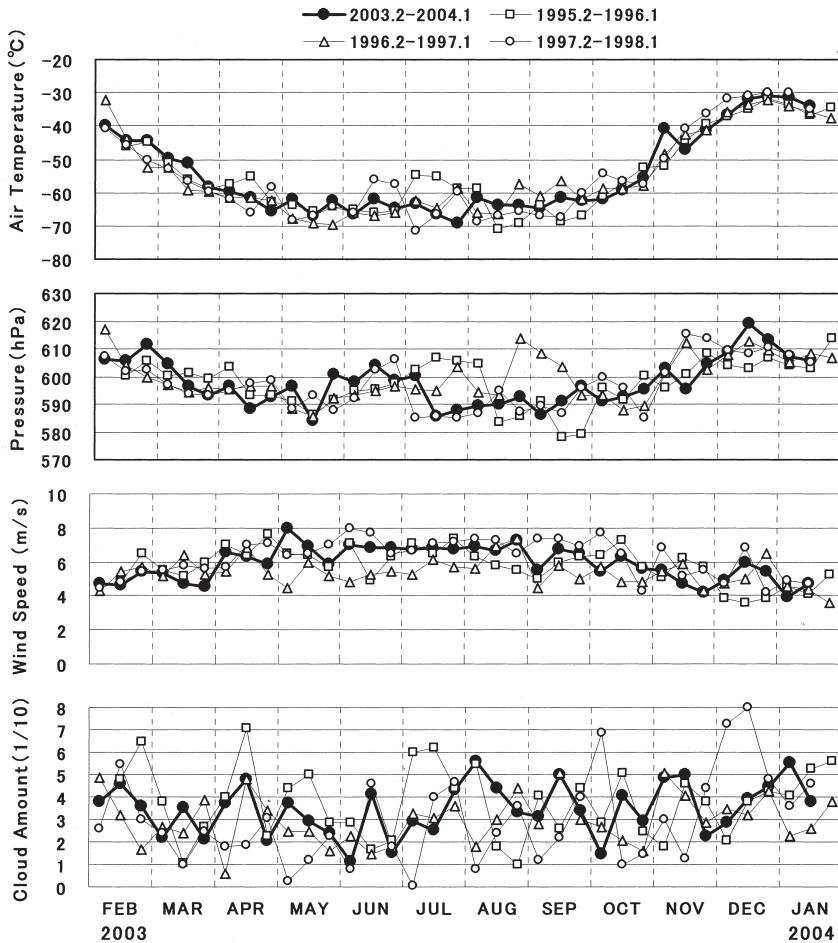


図 41 ドームふじ観測拠点における地上気象旬別年変化 (1995 年 2 月～1998 年 1 月, 2003 年 2 月～2004 年 1 月)

Fig. 41. Annual variations of surface synoptic data from February 1995 to January 1998 and from February 2003 to January 2004 at Dome Fuji Station.

連続観測ができなかったが、3 杯型風速計による随時観測を行い、ブリザードと認定した。表 19 ではこのブリザードでの最大風速として、随時観測での最大値を示している。

越冬期間中の天気概況を表 20 に示す。

### 3.2. 大気混濁度観測

#### 3.2.1. 観測方法と測器

携帯型サンフォトメータ (EKO, MS-120/S97133.01) 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 2003 年 2 月 17 日から 3 月 28 日まで、及び 10 月 6 日から 2004 年 1

表 19 ドームふじ観測拠点におけるブリザードの概要 (2003年2月~2004年1月)  
 Table 19. Summaries of heavy snowstorms (blizzards) at Dome Fuji Station (Feb. 2003-Jan. 2004).

通番	開始		終了		継続時間	階級	最大風速			最大瞬間風速		
	月日	時分	月日	時分			m/s	風向	起時(日)	m/s	風向	起時(日)
1	3/16	05:00	3/16	13:00	8時間 0分	C	10.5	N	0805 (16)	12.0	N	0754 (16)
2	5/5	08:00	5/6	04:30	20時間 30分	C	12.1	SSE	1513 (5)	14.8	SSE	1502 (5)
3	5/7	08:00	5/9	03:00	43時間 0分	C	11.8	NE	1658 (8)	14.3	NE	1653 (8)
4	6/23	00:00	6/23	16:00	16時間 0分	C	11.0	NE	0526 (23)	13.3	NE	0855 (23)
5	7/6	08:00	7/7	08:00	24時間 0分	B	15.5	NE	1815 (6)	18.3	NE	1814 (6)
6	7/12	12:00	7/12	20:00	8時間 0分	C	10.8	NNE	1607 (12)	12.6	NNE	1556 (12)
7	8/1	03:00	8/2	10:30	23時間 0分(*1)	C	12.6	NE	0546 (1)	14.8	NE	0539 (1)
8	8/28	16:00	8/29	24:00	28時間 0分(*2)	C	10.0	ENE	0321 (29)	14.3	NE	0537 (29)
9	9/16	07:40	9/16	15:45	8時間 5分	C	9.4	NE	1350 (16)	10.7	NE	1214 (16)
10	9/30	18:10	10/1	11:30	17時間 20分	C	10.9	S	2017 (30)	13.2	S	0453 (1)
11	10/13	20:15	10/14	15:30	19時間 15分	C	10.5	ESE	1037 (14)	13.0	SE	0350 (14)
12	1/18	03:00	1/18	15:30	12時間 30分	B	15.6	NE	1048 (18)	18.3	NE	1039 (18)
13	1/22	10:20	1/22	17:40	7時間 20分	C	12.0	E	1330 (22)	-	-	- (*3)

(\*1): 中断時間 16:30 (1日) - 01:00 (2日)、(\*2): 中断時間 12:00 - 16:00 (29日)、

(\*3): 風速は3杯型風速計による随時観測

注1)

階級区分は次による

A 級ブリザード (視程 100m 以下、風速 13m/s 以上の状態が 6 時間以上継続)

B 級ブリザード (視程 1km 以下、風速 10m/s 以上の状態が 6 時間以上継続)

C 級ブリザード (視程 1km 以下、風速 7m/s 以上の状態が 6 時間以上継続)

表 20 ドームふじ観測拠点における天気概況 (2003年2月~2004年1月)

Table 20. Weather summaries at Dome Fuji Station (Feb. 2003-Jan. 2004).

年・月	天気概況	
2003年 2月	ブリザードもなく、比較的穏やかな天候が続いた。	
	上旬	一時的に薄雲が広がる程度で、晴れの日が続いた。
	中旬	前半は穏やかに晴れたが、後半はやや雲が多く、弱い地吹雪を伴う日があった。
	下旬	概ね晴れたが、後半には風がやや強く弱い地吹雪を伴う日が多かった。
2003年 3月	16日にC級ブリザードを記録。その他は、比較的穏やかな天候が続いた。	
	上旬	旬半ばに一時的に薄雲が広がったが、その他は晴れの日が続いた。
	中旬	前半は穏やかに晴れたが、後半はやや雲が多く、弱い地吹雪を伴う日があった。
	下旬	概ね晴れたが、後半には風がやや強く弱い地吹雪を伴う日が多かった。
2003年 4月	10日に最低気温が-70℃を下回り、初めて雪マリモを観測した。上旬と中旬に薄雲の広がる日があり、全日日射量は少なめであった。下旬は晴天が続いて気温が下がり、25日には最低気温-74.4℃を記録した。	
	上旬	旬半ばに薄雲の広がる日があった。
	中旬	薄雲が広がる日と晴天が交互に現れた。風は前半がNE風、後半にNW風が卓越した。
	下旬	晴天が続き、気温が低かった。風は弱めでE~SE風が卓越した。
2003年 5月	上旬に2回のC級ブリザードに見舞われたが、中旬以降は天候が比較的安定した。	
	上旬	全般に風が強く、5日および7日から9日にかけてC級ブリザードを観測した。
	中旬	11日および13日には雲が多かったがその他の日は概ね晴。12日には最低気温-76.1℃を記録した。
	下旬	概ね晴天が続いた。26日から28日にかけては風が弱く、気温も高かった。

年・月	天気概況	
2003年 6月		23日にC級ブリザードを観測した。中旬から下旬の初めにかけて雪がちらついたり地吹雪となることが多かったが、その他の期間は概ね晴れとなった。
	上旬	4日と10日に少し雪がちらついたが、その他の日が概ね快晴の日が続いた。
	中旬	やや雲が多く、11日にはふぶき、15日から17日にかけては雪混じりの天候となった。
	下旬	23日にC級ブリザードを観測。24日以降は快晴の日が続いた。
2003年 7月		6日と12日にブリザードを観測した。6日は今越冬初めてのB級ブリザードであった。ブリザードの前後には薄雲が広がる日があったが、その他の期間は概ね晴れとなった。
	上旬	前半は快晴の日が続いた。6日のB級ブリザード以降は薄雲が広がるが多かった。
	中旬	12日にC級ブリザードを観測した。また13日と17日には雪となった。
2003年 8月		月初めと月末にC級ブリザードを観測した。薄雲が広がる日が多く、月平均雲量4.4は今越冬最多となった。
	上旬	1日から2日にかけてC級ブリザードを観測した。後半は薄雲が広がるが多かった。
	中旬	11、12日と18日は快晴となったが、その他の日は薄雲が広がった。
	下旬	晴れる日が多かったが、風がやや強く28日から29日にかけてC級ブリザードを観測した。
2003年 9月		前半は概ね晴れの天気が続いた。16日から23日かけて風が強く、地吹雪が続いた。16日と30日にはC級ブリザードを観測した。
	上旬	2日から4日に薄雲が広がったが、その他の日は晴れまたは快晴が続いた。
	中旬	前半は晴れたが、後半には薄雲が広がった。16日にC級ブリザードになったあとも風が強く地吹雪を伴うことが多かった。
2003年 10月		21～22日は風が強く地吹雪となったが、23日以降は風もおさまり、晴れまたは快晴が続いた。30日には再び風が強まりC級ブリザードとなった。
	上旬	9月30日から1日にかけてC級ブリザードとなり、2日まで影響が残ったがその後は風も弱まり晴れまたは快晴の日が続いた。
	中旬	12日から13日にかけて風が強まり、C級ブリザードとなった。また、11日と15日から17日にかけて薄雲が広がった。その他の日は概ね快晴であった。
2003年 11月		24日と30日から31日にやや風が強まり、雲が広がった。また30日には一時的に雪が降った。
	上旬	1日から5日と9日から12日は雲が拡がりやすく時折雪が降った。その他の日は概ね快晴となった。ブロッキング高気圧の影響で月初めは気温が高く、最高気温-26.4℃を記録した。月後半は風が弱く、穏やかな日が続いた。
	中旬	2日から3日と10日夜には雪、また5日の深夜には氷霧を観測した。前半は気温が高かったが、後半は平均気温が-40℃台に戻った。
2003年 12月		11日から12日にかけて弱い雪が降ったが、その後は快晴の日が続いた。
	上旬	26日から27日にかけて薄雲が広がったもの、晴れまたは快晴の日が多かった。
	中旬	月を通して大きな変化なく概ね晴時々曇りで経過。中旬と下旬にやや風が強く地吹雪となる日があったが、ブリザードには至らなかった。気温は高めで推移した。
2003年 12月		8日夜から9日にかけて雪が降った。
	上旬	14日から15日にかけてやや風が強まり、地吹雪となったがブリザードには至らなかった。
	中旬	空に広がる雲は中層雲が多くなり、夏の傾向を見せた。27日から28日にかけてもやや風が強まり地吹雪となった。
2004年 1月		9日から12日にかけて快晴となったほかは雲が拡がり、概ね晴時々曇りで経過した。
	上旬	8日までは風が弱く晴れ間は広がるものの、雲が多く時折雪が降った。
	中旬	12日までは風が弱く快晴の日が続いた。後半に入ると次第に雲が広がって風が強まり、18日には今越冬12回目となるブリザード(B級)を観測した。

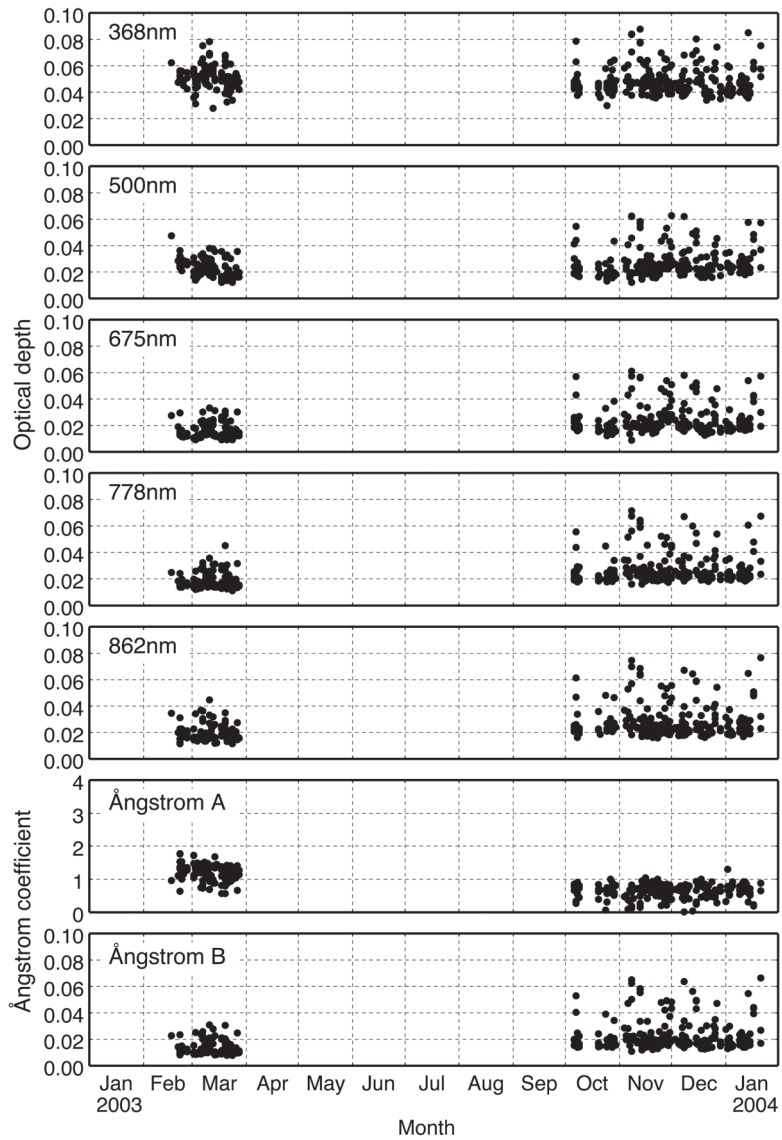


図 42 ドームふじ観測拠点における波長別エアロゾルの光学的厚さの季節変化 (2003年2月～2004年1月)

Fig. 42. Annual variations of aerosol optical depth for each wavelength at Dome Fuji Station (Feb. 2003–Jan. 2004).



月 21 日までで、太陽面に雲がなく、かつ地ふぶきの影響を大きく受けない時に観測した。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。

### 3.2.2. 観測経過

冬明けの観測開始は 9 月上旬を予定していたが、測定値を HOLD できないという測器の障害が発生し、観測を行うことができなかった。外気温が低く、測器の温度変化が大きいため機器内部のはんだが緩んだ可能性が考えられるが、原因を特定することができなかった。その後、測器内部を点検し、クリーニングを繰り返すうちに復旧したため、10 月から観測を再開した。

### 3.2.3. 観測結果

測器定数を決めるラングレー観測の結果から、極夜前と極夜明けに分けてそれぞれ測器定数を決定した。測器の温度変化が大きかったためか、得られたデータのばらつきが大きく、明らかに異常と思われるデータのみを除いて処理を行った。解析結果はエアロゾルの光学的厚さ (AOD) として示されるが、この経過と 5 波長の AOD から求めたオングストロームの波長指数 ( $\alpha$ ) と混濁度係数 ( $\beta$ ) を図 42 に示した。観測結果から極夜前と極夜明けで AOD には大きな変化は見られなかった。また、江崎ら (2000) の観測では、冬明け後の 9 月から 10 月に各波長で AOD が大きく、11 月になると段階的に減少する結果がみられたが、2003 年については特にそのような傾向は現れていない。AOD のばらつきについて見てみると、2003 年の方が大きめで推移したが、昭和基地においても江崎ら (2000) による観測結果と比較して 2003 年の AOD のばらつきが大きいことがわかった。

## 謝 辞

第 44 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小島秀康越冬隊長他、第 44 次観測隊員の皆様、南極観測事務室、高層気象台他気象庁の皆様、ならびに観測機器の輸送で支援を頂いた南極観測船「しらせ」の方々へ感謝します。また、日射・放射観測資料をまとめるにあたり助言・ご指導をいただいた高層気象台の長沼弘主任研究官、居島修研究官にお礼申し上げます。

この報告をまとめるにあたり、気象庁の首藤康雄南極観測事務室長、第 43 次観測隊気象部門の方にご指導いただき、厚くお礼申し上げます。

## 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.
- Aoki, Te., Aoki, Ta., Fukabori, M. and Takao T. (2002): Characteristics of UV-B irradiance at Syowa Station, Antarctica: Analyses of the measurements and comparison with numerical simulations. J. Meteorol. Soc. Jpn., **80**, 161-170.
- Dürr, B. and Philipona, R. (2004): Automatic cloud amount detection by surface longwave downward radiation

- measurements. *J. Geophys. Res.*, **109**, D05201, doi: 10.1029/2003JD004182.
- 江崎雄治・栗田邦明・松島 功・木津暢彦・中嶋哲二・金戸 進 (2000): 第 38 次南極地域観測隊気象部門報告 1997. 南極資料, **44**, 125-204.
- Herber, A., Thomason, L.W., Dethloff, K., Viterbo, P., Radionov, V.F. and Leiterer, U. (1996): Volcanic perturbation of the atmosphere in both polar region: 1991-1994. *J. Geophys. Res.*, **101**, 3921-3928.
- 東島圭志郎・佐藤 健・安ヶ平一也・村方栄真・河原恭一 (2003): 第 40 次南極地域観測隊気象部門報告 1999. 南極資料, **47**, 171-271.
- Hirasawa, N., Nakamura, H. and Yamanouchi, T. (2000): Abrupt changes in meteorological conditions observed at an inland Antarctic station in association with wintertime blocking. *Geophys. Res. Lett.*, **27**, 1911-1914.
- 金戸 進 (1997): ピナツボ噴火と昭和の気候. 南極資料, **41**, 285-290.
- 川口貞男 (1979): 南極大気の放射特性. 東北大学博士論文, 179 p.
- 気象庁 (1990 a): 地上気象観測統計指針. 東京, 124 p.
- 気象庁 (1990 b): 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 (1993): 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 (1997): オゾン観測指針(オゾンゾンデ観測編). 東京, 60 p.
- 気象庁 (1999): 近年における世界の異常気象と気候変動～その実態と見通し～ (VI) (各論). 東京, 341 p.
- 気象庁 (2002): 地上気象観測指針. 東京, 176 p.
- 気象庁 (2004): オゾン層観測報告. **2003**, 54 p.
- 気象庁 (2005 a): 南極気象資料 2003 年—第 44 次日本南極地域観測隊昭和基地及びドームふじ基地. 東京 (CD-ROM).
- 気象庁 (2005 b): 大気・海洋環境観測報告第 5 号 2003 年観測成果. 東京 (CD-ROM).
- 木津暢彦・金濱 晋・鎌田浩嗣・上野圭介・長井勝栄 (2007): 第 43 次南極地域観測隊気象部門報告 2002. 南極資料, **51**, 35-94.
- Kondratyev, K. Ya. (1969): *Radiation in the Atmosphere*. New York, Academic Press, 912 p (Int. Geophys. Ser. v. 12).
- McKinlay, A.F. and Diffey, B.L. (1987): A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. *CIE J.*, **6**, 17-22.
- 柴田誠司・伊藤真人・能登美之・上野丈夫・岡本利次 (2000): 全天型紫外域日射計の感度変化と測定精度. 高層気象台彙報, **60**, 17-24.
- 田口雄二・加藤裕規・肆矢朗久・坪井一寛・池田友紀子 (2006): 第 42 次南極地域観測隊気象部門報告 2001. 南極資料, **50**, 152-211.
- 竹内清秀・近藤純正 (1981): 地表に近い大気. 東京, 東京大学出版会, 226 p (大気科学講座 1).
- 山内 恭 (1983): 南極における放射収支. *天気*, **30**, 427-445.
- Yamanouchi, T. (1985): A simple cloud-radiation statistics at Mizuho Station, Antarctica. *Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue*, **39**, 87-96.
- Yamanouchi, T. and Kawaguchi, S. (1984): Longwave radiation balance under a strong surface inversion in the katabatic wind zone, Antarctica. *J. Geophys. Res.*, **89**, 11771-11778.