

## 第 45 次南極地域観測隊気象部門報告 2004

阿保敏広\*・佐々木利・海老田綾貴・藤田 建・久光純司<sup>1</sup>Meteorological observations at Syowa Station in 2004  
by the 45th Japanese Antarctic Research ExpeditionToshihiro Abo\*, Satoshi Sasaki, Ayataka Ebita, Tatsuru Fujita and Junji Hisamitsu<sup>1</sup>

(2008 年 9 月 1 日受付; 2008 年 9 月 24 日受理)

**Abstract:** This report describes the results of meteorological observations at Syowa Station from February 1st, 2004 to January 31st, 2005, carried out by the Meteorological Observation Team of the 45th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-45). The observation methods, instruments and statistical methods used by JARE-45 were almost the same as those used by the JARE-44 observation team.

Remarkable weather phenomena observed during the period of JARE-45 are as follows.

- 1) The monthly mean temperatures were within the normals or above normal, except July and November in which monthly mean temperatures were below normal. Especially, the monthly minimum temperature of  $-7.8$  degrees Celsius on February 7 sets a new maximum temperature for February; and both the monthly mean temperature of  $0.2$  degrees Celsius and the monthly mean daily maximum temperature of  $3.3$  degrees in Celsius were the highest recorded in December.
- 2) The frequency of blizzards was the eighth lowest in history. However, in July, blizzards occurred 5.5 times because grown low pressure systems approached one after another, and the monthly mean sea level pressure of  $980.5$  hPa was the lowest recorded in June. An A-class blizzard in October set both a new monthly maximum wind speed record of  $39.5$  m/s and a new monthly maximum instantaneous wind speed record of  $49.3$  m/s.
- 3) The ozone hole in 2004 tended to be small in scale. Both the ozone hole area and ozone mass deficiency (depletion ozone mass) were the second lowest in the past decade.

**要旨:** この報告は第 45 次南極地域観測隊気象部門が、2004 年 2 月 1 日から 2005 年 1 月 31 日まで昭和基地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 44 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) 月平均気温は 7 月と 11 月に平年を下回ったが、その他の月は平年並みか平年より高く経過した。特に 2 月 7 日の月最低気温  $-7.8^{\circ}\text{C}$  は 2 月の高い値の極値を、12 月の月平均気温  $0.2^{\circ}\text{C}$ 、最高気温月平均  $3.3^{\circ}\text{C}$  は 12 月の高い値の極値を更新した。
- 2) ブリザードは歴代 8 位の少なさであったが、発達した低気圧の相次ぐ接近により、6 月は 5.5 回のブリザードとなり、月平均海面気圧  $980.5$  hPa は 6 月の低い値の極値を更新した。また、10 月に来襲した A 級ブリザードにより、10 月としては

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

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

過去最高の最大風速 39.5 m/s, 最大瞬間風速 49.3 m/s を記録した。

3) 2004 年のオゾンホールの特徴は、面積、オゾン欠損量（破壊量）ともに、過去 10 年の中では 2 番目に小さく比較的小規模に推移した。

## 1. はじめに

南極昭和基地における気象観測は、第 1 次観測隊が昭和 32 年 2 月 9 日から開始し、越冬できなかった昭和 33 年及び一時閉鎖した期間（昭和 36-39 年）を除き、これまでほぼ半世紀の間気象庁派遣隊員により継続している。観測及び蓄積された気象観測資料は、国際的な枠組みのなかで、地球環境の監視など多目的に利用されている。第 45 次南極地域観測隊気象部門（以下、第 45 次隊）は、2004 年 2 月 1 日に第 44 次隊より昭和基地における定常気象観測業務を引き継ぎ、2005 年 1 月 31 日までの 1 年間、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、特殊ゾンデ観測等を行った。観測の方法、観測に用いた測器、観測値の統計等は第 44 次隊とほぼ同様である（江崎ら、2007）。

地上気象観測、高層気象観測及びオゾン観測のうちオゾン全量・反転観測は、第 44 次隊から引き継いだ観測装置で観測を行った。オゾン観測のうち地上オゾン観測は、2 台のオゾン濃度計を持ち込み、約半年で入れ替え観測を行った。地上日射放射観測では、ブリューワー分光光度計 MK II（091 号機：第 44 次隊持ち込み）と MK III（168 号機：第 42 次隊持ち込み）との比較観測を通年で実施し、MK III を持ち帰った。特殊ゾンデ観測は、オゾンゾンデ 51 台をほぼ毎週 1 回飛揚したほか、国立極地研究所気水圏研究グループなら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、34 回のオゾンゾンデ観測を実施した。エアロゾルゾンデは、季節変動の把握のため計 5 台を飛揚した。

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、航空機による大気混濁度観測などを行った。S16 の気象ロボットについては測器の更新と風力発電装置を設置した。また、第 45 次隊が整備したインテルサット（国際電気通信衛星機構）によるインターネット常時接続環境を利用して、各国気象機関等のホームページ（HP）からの実況天気図・数値予報天気図、さらに気象庁天気図等の利用が可能となった。また、ドームふじ基地での氷床掘削プロジェクトへ気象部門から人的支援を行い、中継拠点への物資輸送中や、ドームふじ基地での滞在期間中において、地上気象観測を実施した。

これらの観測から得られたデータは Antarctic Meteorological Data, Vol. 45 (Japan Meteorological Agency, 2006) 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と、観測結果を用いた解析や考察について報告する。特に、第 38 次隊から開始した地上オゾン濃度観測とエアロゾルゾンデ観測においては、8 年分の観測データが蓄積されたことから、極夜明けに見られる地上オゾン濃度が短期間にゼロ近くまで減少する現象と、エアロゾルゾンデ観

測で得られたエアロゾル濃度の高度分布の年変動について考察を加えた。

## 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，気象観測統計指針（気象庁，2005a）に基づき行った。

観測結果は国際気象通報式（気象庁，1990）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）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，そこからさらに全球通信システム（GTS: Global Telecommunication System）を経由して気象庁を含む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，国内の保守要領に準じて保守・点検を実施し，おおむね順調に作動した。なお，データ処理部は，第 46 次隊が持ち込み 2004 年 12 月 29 日に更新した。

##### (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 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

表 1 昭和基地における地上気象観測使用測器等一覧表 (2004 年 2 月～2005 年 1 月)  
 Table 1. Observation elements, frequency of observation, minimum unit, instruments at Syowa Station  
 (Feb. 2004 – Jan. 2005).

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)	PTB220	70kPa型水銀気圧計との 比較点検 (週 1 回)
	—		70kPa型水銀気圧計		比較観測に使用
海面気圧	連続・毎正時	0.1 hPa	—	—	気温・現地気圧から算出
気圧変化量・ 気圧変化型	毎正時	0.1 hPa	—	—	現地気圧から算出・決定
気温	連続・毎正時	0.1 °C	電気式温度計 (白金抵抗型)	Pt-100	アスマン通風乾湿計との 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 °C	—	—	気温・湿度観測値から算出
蒸気圧	同上	0.1 hPa	—	—	気温・湿度観測値から算出
相対湿度	同上	1 %	電気式温度計 (静電容量型)	HMP233LJM	アスマン通風乾湿計との 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	0.1 m/s			
全天日射量	同上	0.01 MJ/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	0.1 h	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	1 cm	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)	—	北の浦海水上に設置
雲量・雲形・ 向き・高さ	定時	—	目視	—	—
視程	定時(目視)	10 m(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

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。

比較観測はアスマン通風乾湿計により月 1 回行い、通風筒清掃時等には適宜行った。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。

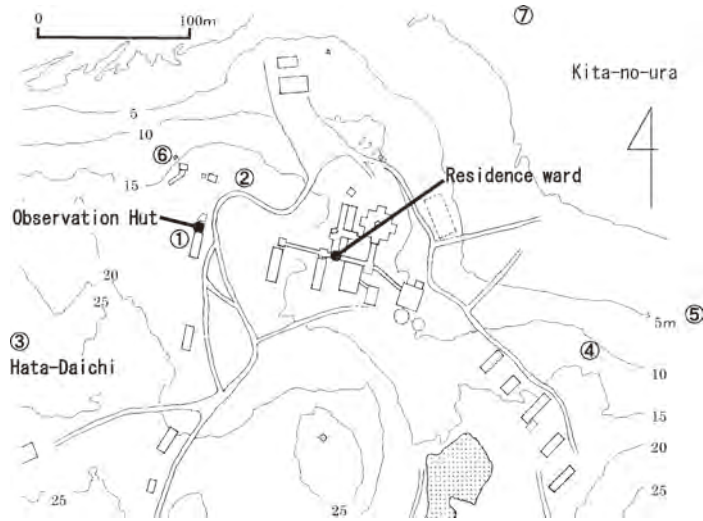


図 1 昭和基地主要部と測器感部の配置 (国立極地研究所(1998)に加筆)

- 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
- ⑦ 地上気象観測：雪尺（海水上）

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 observation: 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
- ⑦ Surface observation: Snow pole (on sea area)

1年を通しておおむね順調に動作したが，2004年4月8日から4月9日には着霜後の気温低下により風向風速計が凍結したため，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，全天日射量と日照時間を通年観測した。

太陽追尾不良のため2004年9月21日の日照時間が欠測となった。障害は感部交換により復旧した。10月28日には日射日照計へ供給しているDC24V電源ケーブルが断線したため，新たにケーブルを敷設し10月29日復旧した。これにより，10月28日の全天日射量・日照

時間が欠測，10月29日の全天日射量が欠測となった。

(5) 積雪の深さ

観測棟北東側の北の浦に下る緩やかな斜面地に設置した超音波式積雪計により通年観測した。感部直下の地面の半径2m程度は水平に整地されている(佐藤ら, 2003)。感度調整のため2004年10月にセンサーアームの向きを調整した。強風時や新雪時などに異常値が観測されることがあり，欠測は特別値で55個となったが，日別値は欠測とならなかった。

(6) 視程(視程計による参考記録)

視程は目視観測が正規であるが，気象棟の北の測風塔近くに設置した視程計(現象判別付)を参考測器として通年運用した。視程計は，投光部と受光部を備え前方散乱強度から視程を算出するもので，目視による観測値との対応は良く(佐藤ら, 2003)，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。地吹雪を降雪と判断したり，ブリザード時にレンズフード部に雪が詰まって測定不能となるが，現象の捕捉率は良好であった。

(7) 海水上の積雪観測

海水状態の安定を待って，2004年4月3日に雪尺を設置し観測を開始した。海水の融解により第44次隊の雪尺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を考慮して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13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，観測棟北東側(以下，陸上という)の積雪計と，海水上に設置した雪尺とで測定した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) 年間を通して低気圧の影響を受けることが多く，気圧は低めに経過し(図2)，2004年の年平均海面気圧983.7hPaは観測史上第2位の低さであった。また，年平均風速7.1m/sは強い値第2位であり，年合計雪日数は第3位の多さであった。昭和基地の観測当初からのトレンドを調査した結果，年平均風速に有意な増加傾向と，地上気圧には低下傾向が示されているほか，年平均海面気圧と南極振動に負の高い相関が見られることが報告されている(Sato and Hirasawa, 2007; Yamanouchi and Shudou, 2007)。そこで，第45次隊が観測した期間(2004年2月～2005年1月)の月平均気圧とNOAA([http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily\\_ao\\_index/aao/aao\\_index.html](http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/aao/aao_index.html))が公開している南極振動(AAO)インデックスを比較した結果，インデックスが小さい月ほど月平均気圧が高く，インデックスが大きい月ほど月平均気圧が低い傾向が確認できた。

表 2 昭和基地における地上気象観測月別気象表 (2004 年 1 月 ~ 2005 年 1 月)  
Table 2. Monthly summaries of surface observations at Syowa Station (Jan. 2004-Jan. 2005).

	2004												2005												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均海面気圧	985.2	982.5	977.7	984.5	985.5	980.5	978.6	980.8	980.8	983.6	985.1	990.0	983.7	980.3	983.7	980.3	983.7	980.3	983.7	980.3	983.7	980.3	983.7	980.3	983.7
最低海面気圧	950.6	967.9	954.2	954.2	943.5	946.5	954.8	954.5	961.7	953.9	960.3	976.8	943.5	978.4	950.6	967.9	954.2	954.8	954.5	961.7	953.9	960.3	976.8	943.5	
平均気温	0.3	-2.0	-4.9	-8.7	-12.6	-12.6	-20.6	-19.4	-20.4	-11.6	-7.5	0.2	-10.0	-0.5	0.3	-2.0	-4.9	-8.7	-12.6	-12.6	-20.6	-19.4	-20.4	-11.6	
最高気温の平均	2.7	-0.1	-3.2	-6.8	-10.3	-10.0	-17.7	-16.2	-17.0	-8.9	-4.4	3.3	-7.4	2.3	2.7	-0.1	-3.2	-6.8	-10.3	-10.0	-17.7	-16.2	-17.0	-8.9	
最低気温の平均	-2.3	-4.0	-7.0	-11.3	-15.2	-15.0	-23.8	-23.8	-24.4	-14.8	-11.5	-3.1	-13.1	-3.7	-2.3	-4.0	-7.0	-11.3	-15.2	-15.0	-23.8	-23.8	-24.4		
最高気温	6.8	3.2	0.2	-2.1	-4.5	-3.1	-7.8	-7.1	-9.0	-1.3	3.4	7.5	6.4	6.8	6.8	3.2	0.2	-2.1	-4.5	-3.1	-7.8	-7.1	-9.0	-1.3	
最低気温	1	2	14	*	7	31	1	4	25	20	28	12/28	11	1	2	14	*	7	31	1	4	25	20	12/28	
起日	-5.5	-7.8	-13.3	-19.4	-22.2	-22.4	-37.0	-33.8	-30.0	-23.2	-22.2	-8.1	-37.0	-6.5	-5.5	-7.8	-13.3	-19.4	-22.2	-22.4	-37.0	-33.8	-30.0	-23.2	
起日	26	7	22	29	*	5	31	1	29	8	3	7	7/31	27	26	7	22	29	*	5	31	1	29	8	
最低気温 0°C以上の日数	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
平均気温 0°C以上の日数	17	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	14	17	3	-	-	-	-	-	-	-	14	
最高気温 0°C以上の日数	29	12	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	28	29	12	3	-	-	-	-	-	-	28	
最高気温 -10°C以上の日数	31	29	31	27	16	15	4	4	2	18	26	31	31	31	31	29	31	27	16	15	4	2	18	31	
最高気温 -20°C未満の日数	-	-	-	-	6	4	21	21	24	4	3	-	83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83	
平均気温 -20°C未満の日数	-	-	-	-	-	-	17	14	18	-	-	-	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49	
最高気温 -20°C未満の日数	-	-	-	-	-	-	11	8	8	-	-	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	
平均蒸気圧	4.2	3.8	2.9	2.5	1.7	2.0	1.0	1.1	0.9	2.1	2.4	3.9	2.4	3.8	4.2	3.8	2.9	2.5	1.7	2.0	1.0	1.1	0.9	2.1	
平均相対湿度	68	70	67	75	66	78	73	71	68	76	67	63	70	65	68	70	67	75	66	78	73	71	68	70	
平均風速	5.8	8.1	10.5	7.2	8.1	9.6	4.8	6.3	5.2	8.3	6.3	4.4	7.1	4.1	5.8	8.1	10.5	7.2	8.1	9.6	4.8	6.3	5.2	8.3	
最多風向	ENE	NE	ENE	NE	ENE	NE	NE	NE	NE	ENE	ENE	ENE	ENE	NE	ENE	NE	ENE	NE	ENE	NE	NE	NE	NE	ENE	
最大風速	34.4	28.0	24.5	25.8	39.2	35.8	26.9	25.5	23.8	39.5	26.5	16.9	39.5	20.5	34.4	28.0	24.5	25.8	39.2	35.8	26.9	25.5	23.8	39.5	
風向	ENE	NE	ENE	ENE	NE	NE	NE	NE	NE	ENE	ENE	ENE	ENE	NE	ENE	NE	ENE	NE	ENE	NE	NE	NE	NE	ENE	
起日	18	3	13	5	28	13	24	17	15	32.1	36.6	22.0	52.8	29.0	18	3	13	5	28	13	24	17	15	32.1	
最大瞬間風速	46.5	35.9	33.8	35.1	52.8	46.6	35.3	32.1	28.6	49.3	36.6	22.0	52.8	29.0	46.5	35.9	33.8	35.1	52.8	46.6	35.3	32.1	28.6	49.3	
風向	ENE	NE	E	ENE	NE	NE	NE	NE	NE	ENE	ENE	ENE	ENE	NE	ENE	NE	ENE	NE	ENE	NE	NE	NE	NE	ENE	
起日	18	3	13	5	28	13	24	17	15	32.1	36.6	22.0	52.8	29.0	18	3	13	5	28	13	24	17	15	32.1	
最大風速	10.0m/s以上の日数	14	17	26	17	23	22	14	17	18	15	17	13	213	9	14	17	26	17	23	22	14	17	18	213
15.0m/s以上の日数	8	14	16	8	11	16	7	11	13	13	13	1	125	3	8	14	16	8	11	16	7	11	13	13	125
30.0m/s以上の日数	1	-	-	-	2	-	-	-	-	3	-	-	9	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	9
日照時間	355.3	185.4	155.0	28.9	31.7	-	7.3	60.5	142.4	188.1	344.5	510.7	2009.8	499.9	355.3	185.4	155.0	28.9	31.7	-	7.3	60.5	142.4	188.1	
日照率	50	37	39	11	29	-	14	28	44	40	54	69	71	71	50	37	39	11	29	-	14	28	44	40	
平均全天日射量	24.4	14.2	7.6	1.9	0.3	0.0	0.1	1.4	6.6	14.6	25.2	31.1	10.6	28.4	24.4	14.2	7.6	1.9	0.3	0.0	0.1	1.4	6.6	14.6	
日照日数	1	6	5	16	21	0	14	18	6	6	1	-	94	-	1	6	5	16	21	0	14	18	6	6	
平均雲量	7.5	7.3	7.1	8.6	6.9	8.8	6.2	6.6	6.1	7.8	6.2	4.9	7.0	4.7	7.5	7.3	7.1	8.6	6.9	8.8	6.2	6.6	6.1	7.8	
1.5未満の日数	1	1	3	1	4	2	6	3	6	2	4	7	10	7	1	1	3	1	4	2	6	3	6	2	
平均雲量	16	17	14	18	16	16	21	13	12	11	15	4	171	7	16	17	14	18	16	16	21	13	12	11	
8.5以上の日数	13	17	22	26	16	26	21	20	20	22	12	3	218	4	13	17	22	26	16	26	21	20	20	22	
雪日数	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	10	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	10	
霧日数	1	2	-	2	5	13	3	6	5	9	-	-	43	-	1	2	-	2	5	13	3	6	5	9	
ブリザード日数	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

1) 統計方法は気象観測計指針(気象庁)による  
 2) 1)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種の記録があったことを示す  
 4) 5月31日から7月12日までは計算上太陽中心が地平線に見えないため日照日数に含めない  
 5) ブリザード基準については、「表 4 昭和基地におけるブリザードの概要」参照

表 3 昭和基地における地上気象観測極値・順位更新記録 (2004年2月～2005年1月)

Table 3. New records of surface meteorological observations extrema and ranking at Syowa Station (Feb. 2004-Jan. 2005).

年	月	月別値			旬別値		
		要素	観測値	順位	要素	観測値	順位
2004	2	月平均現地気圧	989.9 hPa	2位 (高)	旬平均海面気圧 (中旬)	992.8 hPa	2位 (高)
		最低気温月平均	-1.0 °C	3位 (高)	旬平均気温 (下旬)	-2.2 °C	2位 (高)
		月最低気温	-7.8 °C	1位 (高)	旬平均風速 (下旬)	10.5 m/s	3位 (大)
		月平均蒸気圧	3.8 hPa	3位 (高)	日照時間旬合計 (上旬)	49.9 h	3位 (少)
	3	月平均風速	8.1 m/s	3位 (大)			
		月平均現地気圧	975.2 hPa	2位 (低)	旬平均海面気圧 (上旬)	976.9 hPa	2位 (低)
	4	月平均風速	10.5 m/s	2位 (強)	旬平均海面気圧 (中旬)	976.5 hPa	2位 (低)
		月間日照時間	28.9 h	3位 (少)	旬平均雲量 (下旬)	9.1	4位 (多)
	5	月最低海面気圧	943.5 hPa	2位 (低)	旬平均海面気圧 (下旬)	979.8 hPa	2位 (低)
		月最大瞬間風速	52.8 m/s	3位 (大)			
	6	月平均現地気圧	977.8 hPa	1位 (低)	旬平均海面気圧 (上旬)	974.0 hPa	1位 (低)
		月平均海面気圧	980.5 hPa	1位 (低)	旬平均海面気圧 (下旬)	978.3 hPa	3位 (低)
月最低海面気圧		946.5 hPa	2位 (低)	旬平均気温 (中旬)	-10.2 °C	2位 (高)	
月最低気温		-22.4 °C	2位 (高)	旬平均雲量 (上旬)	10.0	1位 (多)	
月平均蒸気圧		2.0 hPa	1位 (高)	旬平均雲量 (下旬)	9.2	3位 (多)	
月平均相対湿度		78.0 %	1位 (高)	旬平均風速 (中旬)	13.4 m/s	3位 (大)	
月平均雲量		8.8	2位 (多)				
月平均風速		9.6 m/s	2位 (大)				
7	月平均現地気圧	975.8 hPa	3位 (低)	旬平均海面気圧 (下旬)	974.4 hPa	2位 (低)	
	最高気温月平均	-17.7 °C	2位 (低)	旬平均気温 (下旬)	-25.0 °C	1位 (低)	
8				旬平均雲量 (下旬)	4.4	3位 (少)	
				旬平均海面気圧 (中旬)	975.6 hPa	2位 (低)	
9							
10	最低気温月平均	-14.8 °C	3位 (高)	旬平均気温 (下旬)	-8.8 °C	3位 (高)	
	月平均蒸気圧	2.1 hPa	1位 (高)	旬平均風速 (下旬)	11.0 m/s	2位 (大)	
	月平均風速	8.3 m/s	2位 (大)				
	月最大風速	39.5 m/s	1位 (大)				
	月最大瞬間風速	49.3 m/s	1位 (大)				
11	月平均蒸気圧	2.4 hPa	5位 (低)	旬平均気温 (上旬)	-13.6 °C	1位 (低)	
				旬平均気温 (下旬)	-1.8 °C	2位 (高)	
				旬平均風速 (上旬)	2.9 m/s	1位 (小)	
12	月平均気温	0.2 °C	1位 (高)	旬平均気温 (中旬)	0.3 °C	3位 (高)	
	最高気温月平均	3.3 °C	1位 (高)	旬平均気温 (下旬)	1.2 °C	2位 (高)	
	最低気温月平均	-3.1 °C	2位 (高)				
2005	1	月平均雲量	4.7	4位 (少)	旬平均気温 (上旬)	1.3 °C	2位 (高)
		月間日照時間	499.9 h	3位 (多)	旬平均雲量 (上旬)	2.9	1位 (少)
					日照時間旬合計 (上旬)	206.0 h	1位 (多)

(2) 2月は、4-6日の朝には霧となり、7日には月最低気温 $-7.8^{\circ}\text{C}$ を記録し、高い値第1位となった。

(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、月平均海面気圧は低い値、月平均相対湿度と月平均蒸気圧は高い値の観測開始以来第1位を更新した(表3)。

(4) 10月には8-10日に発達した低気圧がA級ブリザードをもたらし、9日の最大風速 $39.5\text{ m/s}$ 、最大瞬間風速 $49.3\text{ m/s}$ は10月としての極値を更新した。

(5) 12月は、大陸の高気圧に覆われることが多く、気温が高く推移したため、月平均気温 $0.2^{\circ}\text{C}$ 、最高気温月平均 $3.3^{\circ}\text{C}$ は12月としての極値を更新した。

(6) 2004年のブリザードは歴代8位の少なさで、月別では6月の回数・日数と10月の回数



表 4 昭和基地におけるブリザードの概要 (2004 年 2 月 ~ 2005 年 1 月)  
 Table 4. Summaries of heavy snowstorms (blizzards) at Syowa Station (Feb. 2004-Jan. 2005).

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)		中斷時刻 (日)					
	年	月	日	時	分	年			月	日	時	分	風速	風向		起時 (日)	風速	風向	起時 (日)	気圧
1	2004	4	5	17	50	2004	4	6	8	30	14時間40分	B	25.8	ENE	1920(5)	35.1	ENE	2135(5)	963.2	0614(6)
2	2004	5	1	8	10	2004	5	1	19	0	10時間50分	A	15.7	NE	1450(1)	21.4	NE	1249(1)	984.8	1444(1)
3	2004	5	28	7	10	2004	5	30	2	30	43時間20分	C	39.2	NE	2040(28)	52.8	NE	1526(28)	956.3	1736(28)
4	2004	5	31	8	40	2004	6	2	8	20	32時間40分	B	26.1	ENE	1800(31)	34.0	ENE	1813(31)	943.5	2137(31)
5	2004	6	5	9	50	2004	6	6	9	4	23時間14分	B	22.6	NE	0600(6)	31.3	NE	0511(6)	963.2	0637(6)
6	2004	6	8	20	8	2004	6	9	3	50	7時間42分	C	19.4	NE	0010(9)	24.7	NE	0002(9)	958.5	2053(8)
7	2004	6	11	14	49	2004	6	14	10	30	67時間41分	A	35.8	NE	1820(13)	46.6	NE	1818(13)	983.4	1525(11)
8	2004	6	23	20	50	2004	6	24	13	0	16時間10分	B	26.4	NE	0940(24)	35.7	NE	0958(24)	976.4	0459(24)
9	2004	6	24	19	20	2004	6	25	10	20	15時間0分	B	35.5	ENE	2150(24)	45.2	E	2137(24)	960.7	2231(24)
10	2004	7	4	4	20	2004	7	4	12	20	8時間0分	C	24.5	NE	0820(4)	31.4	NE	0954(4)	965.7	0440(4)
11	2004	7	23	16	0	2004	7	24	9	20	15時間40分	C	24.8	NE	0520(24)	32.7	NE	0514(24)	954.8	0609(24)
12	2004	8	6	3	25	2004	8	7	6	37	27時間12分	B	22.3	NE	1720(6)	29.2	NE	1542(6)	981.3	1555(6)
13	2004	8	11	10	40	2004	8	12	0	27	13時間47分	B	22.1	ENE	2230(11)	31.5	ENE	2229(11)	962.7	2230(11)
14	2004	8	28	11	30	2004	8	29	2	1	14時間31分	C	17.9	NE	2040(28)	24.3	NNE	1849(28)	969.1	0201(29)
15	2004	9	6	23	10	2004	9	7	7	20	8時間10分	C	23.8	NE	0320(7)	28.6	NE	0331(7)	975.9	0720(7)
16	2004	9	25	1	0	2004	9	27	0	53	34時間38分	C	21.4	NE	2150(25)	27.7	NE	2149(25)	961.7	1806(26)
17	2004	10	8	19	0	2004	10	10	17	0	46時間0分	A	39.5	NE	2210(9)	49.3	NE	2107(9)	982.8	2122(9)
18	2004	10	22	3	30	2004	10	25	11	40	50時間40分	B	32.4	NE	1640(23)	40.7	NE	1633(23)	953.9	1607(23)
19	2004	10	26	9	30	2004	10	27	8	20	22時間30分	C	23.4	NE	1250(26)	29.2	NE	1316(26)	971.7	1247(26)

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

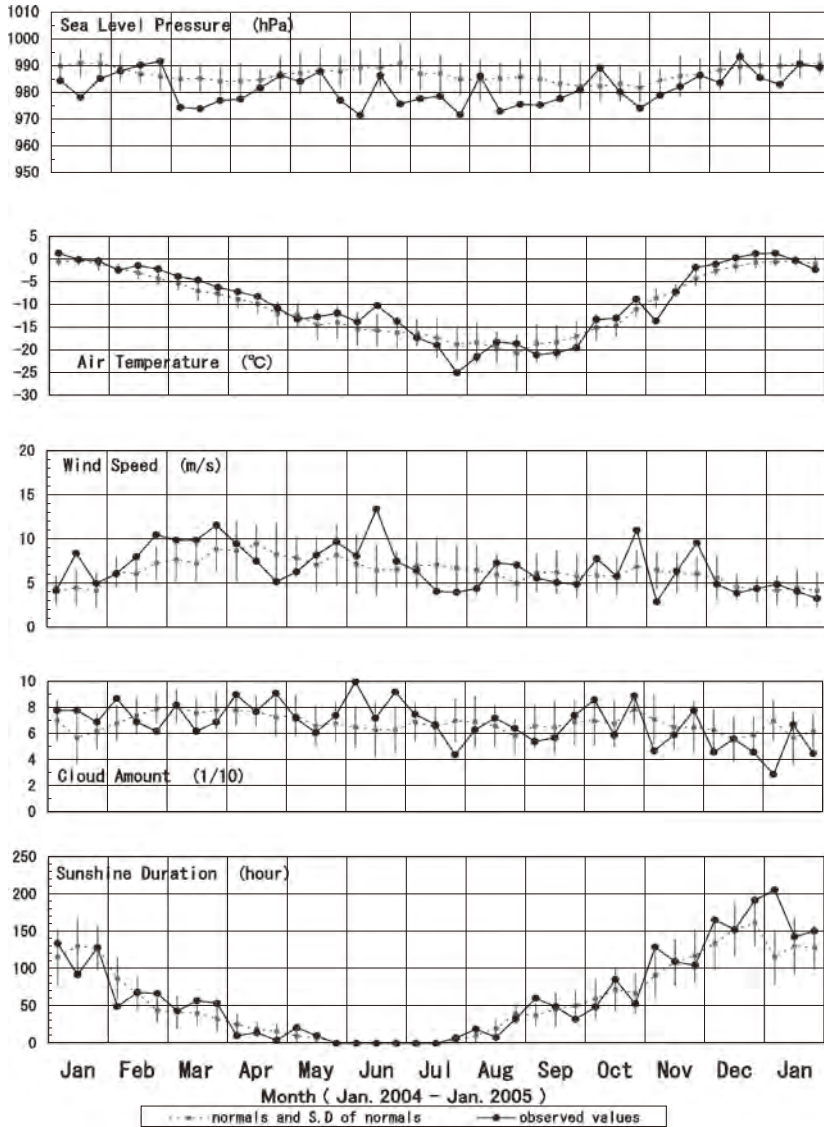


図 2 昭和基地における地上気象旬経過図 (2004 年 1 月～2005 年 1 月)。平年値は 1971 年から 2000 年の平均値。

Fig. 2. Time series of ten-day mean surface meteorological data at Syowa Station (Jan. 2004–Jan. 2005). Normal is average value in 1971 to 2000.

を除いて平年より少なく、2003 年に引き続き秋季と春季に少なかった。

(7) 積雪は陸上では 2 月半ばまでは減少しているが、2 月半ばや 4 月初め、5 月末にブリザードやブリザードに至らないふぶきや雪により階段状に大きく増加している。6 月以降は段階的に増加し、10 月中頃が積雪のピークとなっている。一方、海氷上の積雪は、4 月と 9

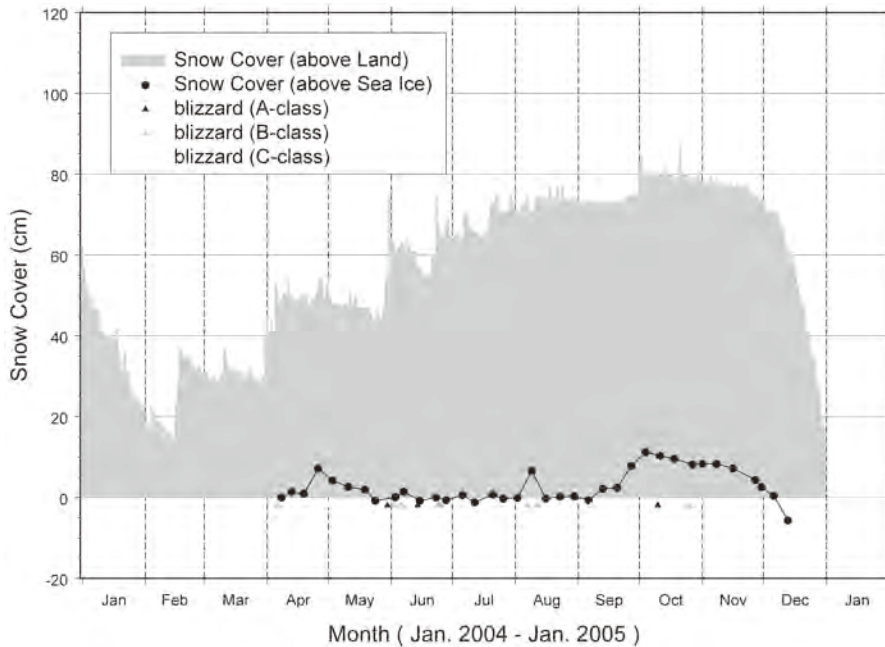


図 3 海氷上（雪尺）と陸上（積雪計）の積雪深観測値の比較（2004 年 1 月～2005 年 1 月）。  
 Fig. 3. Comparison of snow depth on sea ice area with that on ground area, at Syowa Station (Jan. 2004–Jan. 2005).

月に一時的に増加するが、その都度強風により吹き飛ばされ、裸氷となって雪が定着せず 0 cm 付近で経過した。10 月には、ブリザードや低気圧により積雪が増加してピークとなったものの陸上に比べると大幅に少なかった。11 月下旬以降は両者とも減少に転じ、海氷上は 12 月 13 日、陸上は 2005 年 1 月には融雪のため観測されなくなった（図 3）。

海氷上の雪尺はその隊次ごとに適切な場所を選んで、あるいは前次隊から引き継いで観測しているが、積雪状態は、雪尺周囲の氷の状態に大きく左右される。第 45 次隊の場所は、その周囲にパドルが凍った裸氷が広がっており、観測開始後しばらくは積雪し難い（風で飛ばされやすい）環境のため、雪尺観測に最適な場所ではなかった。雪尺の設置場所は、海氷面の状況と越冬中の積雪状況を考慮しつつ各隊次が継続して同一場所で観測できるよう選定する必要がある。

越冬期間中の天気概況を表 5 に示す。

## 2.2. 高層気象観測

### 2.2.1. 観測方法と測器

高層気象観測指針（気象庁、1995）に基づき、毎日 00, 12 UTC の 2 回高層気象観測を行った。ヘリウムガスを充填したゴム気球に RS2-91 型レーウィンゾンデ（明星電気製、以下、

表 5 昭和基地における天気概況 (2004年2月～2005年1月)  
Table 5. Weather summaries at Syowa Station (Feb. 2004–Jan. 2005).

年・月	天気概況
2004年 2月	大陸の高気圧に覆われ快晴となった日があるものの、全般的には動きの遅い低気圧や気圧の谷の影響で曇や弱い雪となった日が多かった。月最低気温-7.8℃は高い値第1位の極値を更新し、月平均現地気圧989.9hPaは高い値第2位、最低気温月平均-4.0℃は高い値第3位となり平年より暖かい月となり、月平均風速8.1m/sは強い値第3位を記録した。期間中、ブリザードはなかった。
	上旬 低気圧の影響で曇や弱い雪の日が多く、4～6日は霧が観測された。期間終わりに、高気圧圏内となり晴れた。日照時間合計49.9時間は少ない値第3位を記録した。
	中旬 期間の初めと終わりに高気圧に覆われ晴れたが、期間の中頃は低気圧の影響で雪や曇の日が多かった。
2004年 3月	下旬 期間初めは、高気圧に覆われ晴れた日が多かったが、期間中頃からは、動きの遅い低気圧の影響で、曇や強い雪となり、強風となる日が多かった。23日は、カタバ風が強くなり、ハイドリロッキング現象も見られた。月平均気温-2.2℃は高い値第2位、月平均風速10.5m/sは大きい値第3位となった。
	大陸からの高気圧の張り出しにより晴れた日が多く、月前半と月末に低気圧の接近により雪やふぶきとなった。月平均風速10.5m/sは強い値第2位、月平均現地気圧975.2hPaは低い値第2位を記録した。先月に引き続き、ブリザードはなかった。
	上旬 低気圧が次々と昭和基地の北を通過したため、曇や雪の日が多かった。期間半ばは大陸の高気圧の圏内となり晴れた。月平均海面気圧976.9hPaは低い値第2位を記録した。
2004年 4月	中旬 期間前半は発達した低気圧の影響で雪やふぶきとなったが、ブリザード基準には達しなかった。期間後半は、大陸からの高気圧の張り出しにより晴れて穏やかな天気となった。月平均海面気圧976.5hPaは低い値第2位を記録した。
	下旬 期間前半は中旬に引き続き大陸の高気圧の張り出しにより晴れたが、期間後半は昭和基地の北西に発生した低気圧により、雪や曇の日が多かった。
	低気圧や前線の影響で曇や雪の日が多く、上旬には、発達した低気圧により初のB級ブリザードとなった。月の半ば頃に、大陸の高気圧の張り出しにより晴れたが、月全体としては曇が多かった。月合計日照時間28.9時間は少ない値第3位を記録した。
2004年 5月	上旬 低気圧や前線の影響により、雪や曇の日が多く、ふぶきとなった日もあった。5～6日には発達した低気圧が昭和基地の北西に停滞したため風・雪が強まり、45次隊初のB級ブリザードとなった。9～10日には霧が発生した。
	中旬 低気圧が昭和基地の北西に停滞した日が多かったため、曇や雪の日が多かったが、前半の13～14日は大陸の高気圧の張り出しにより晴れた。
	下旬 低気圧が次々と昭和基地の北側を通過したため期間中を通して曇や雪となったが、風が弱くブリザードにはならなかった。
2004年 6月	天気は概ね周期的に変化した。上旬初めと中旬半ばに晴れた日が多かったため、月合計日照時間31.7時間は平年より多かった。発達した低気圧によりA、B、C級各1回、計3回のブリザードとなった。月最低海面気圧943.5hPaは5月として低い値第2位、月最大瞬間風速52.8m/sは5月として強い値第3位となった。
	上旬 1日には発達した低気圧の影響で、C級ブリザードとなった。2～6日は高気圧に覆われ、晴れの日が多く、7～10日は低気圧が次々と昭和基地の北を通過したため、曇や雪の日となった。
	中旬 11～14日は低気圧が次々と昭和基地の北側を通過し、曇りや雪の日となった。15～17日は大陸の高気圧に覆われ、晴れの日が多く、17～20日は低気圧が昭和基地の北西に停滞したため、曇や雪の日となった。
2004年 7月	下旬 月初めは弱い気圧の谷の影響で曇りで経過し、23～26日は大陸の高気圧圏内となり、夜間には晴れたが、日中は曇りとなった。発達した低気圧により28～30日はA級、31日～6月2日はB級ブリザードとなった。月平均海面気圧979.8hPaは低い値第2位を記録した。
	15～18日に大陸の高気圧に覆われ晴れたほかは、低気圧や前線の影響で雪や曇りの日が続いた。発達した低気圧の相次ぐ接近によりA級1回、B級3.5回、C級1回の6月としては合計5.5回のブリザードとなった。月平均現地気圧977.8hPaと月平均海面気圧980.5hPaは低い値第1位となり、月最低海面気圧946.5hPaは低い値第2位となった。月平均蒸気圧2.0hPaと月平均相対湿度78%は高い値第1位、月平均雲量8.8は多い値第2位、月平均風速9.6m/sは強い値2位を記録した。
	上旬 5月31日から2日までは、発達した低気圧によりB級ブリザードとなった。その後も次々と低気圧が昭和基地に接近したため、5～6日にはB級、8～9日にはC級ブリザードとなった。その他の日も曇りや雪となった。月平均海面気圧977.8hPaは低い値第1位、月平均雲量10.0は多い値第1位を更新した。
2004年 8月	中旬 11～14日は発達した低気圧によりA級ブリザードとなった。15～18日は大陸の高気圧に覆われ晴れたが、19～20日は低気圧や前線により、雪や曇りとなった。月平均気温-10.2℃は高い値第2位となり、月平均風速13.4m/sは多い値第3位となった。
	下旬 低気圧や前線の影響により、雪や曇りとなった。発達した低気圧が次々と昭和基地に接近した23～24、24～25日は、2回のB級ブリザードとなった。月平均海面気圧978.3hPaは低い値第3位、月平均雲量9.2は多い値第3位を記録した。
	天気は周期的に変化した。発達した低気圧の影響によりC級ブリザード2回となった。下旬には高気圧圏内となり、晴れの日が多く、月平均現地気圧975.8hPaは低い値第3位、最高気温月平均-17.7℃は低い値第2位を記録した。
2004年 9月	上旬 1～7日は低気圧の影響により、雪やふぶきとなり、4日は発達した低気圧によりC級ブリザードとなった。8～10日は大陸の高気圧圏内となったため、晴れとなり、10日には細氷が観測された。
	中旬 11～12日は大陸の高気圧圏内となり晴れた。13～19日は低気圧が次々と昭和基地の北を東進したため、雪や曇りとなった。20日は高気圧圏内となり晴れたため、夜には気温が-30℃を下回った。
	下旬 月初めと後半は高気圧圏内となり、晴れの日が多く、気温が低く経過した。22～24日は低気圧の影響により、雪やふぶきとなり、24日には低気圧が発達しながら昭和基地に再接近したため、C級ブリザードとなった。31日には月最低気温が-37.0℃となった。月平均海面気圧974.4hPaは低い値第2位、月平均雲量4.4は少ない値第3位となった。月平均気温-25.0℃は低い値第1位を記録した。

表 5 (続き).  
Table 5 (continued).

年・月	天気概況
2004年 8月	上旬前半と月末には高気圧の圏内となり晴れ、最低気温が-30℃以下となる日が多かった。その他の日の天気は周期的に変わった。B級2回、C級1回の3回ブリザードとなった。
	上旬 1～5日は高気圧圏内となり晴れ、日最低気温が-30℃を下回る日が4日あった。また2日には霧が観測された。それ以降は低気圧の影響により雪やふぶきとなり、6日は発達した低気圧の影響によりB級ブリザードとなった。
	中旬 11日は発達した低気圧の影響によりB級ブリザードとなった。また13日には細氷が観測された。その他は高・低気圧が周期的に昭和基地付近を通過したため、天気は周期的に変わった。旬平均海面気圧975.6hPaは低い値第2位を記録した。
2004年 9月	下旬 高・低気圧が周期的に昭和基地付近を通過したため、天気は周期的に変わった。23及び28日には細氷が観測された。また28日は発達した低気圧の影響によりC級ブリザードとなった。29～30日は大陸からの高気圧に覆われ快晴となり、30日には最低気温が-30℃を下回った。
	天気は周期的に変化した。C級ブリザードが2回あった。
	上旬 旬前半は高気圧により晴れ、後半は低気圧の影響により雪やふぶきとなり、6日～7日は発達した低気圧の影響によりC級ブリザードとなった。日照時間旬合計60.7時間は大きい値第4位を記録した。
2004年 10月	中旬 高・低気圧が周期的に昭和基地付近を通過したため、天気は周期的に変わった。17日には細氷が観測された。
	下旬 高・低気圧が周期的に昭和基地付近を通過したため、天気は周期的に変わった。22日には細氷と氷霧が、また28、29日には細氷が観測された。また25日～27日は発達した低気圧の影響によりC級ブリザードとなった。
	低気圧や低気圧からのびる前線の影響により、雪や曇りの日が多かった。発達した低気圧により、A級1回、B級1回、C級1回の計3回のブリザードとなった。月半ばと月末には、大陸の高気圧により、晴れとなった。月最大風速39.5m/sと月最大瞬間風速49.3m/sおよび月平均蒸気圧2.1hPaは、大きい(高い)値第1位を更新し、月平均風速8.3m/sは大きい値第2位、最低気温月平均-14.8℃は高い値第3位となった。
2004年 11月	上旬 1～5日は、昭和基地の北を低気圧が次々と通過したため、雪や曇りとなった。6～7日は高気圧圏内となったため、晴れとなり、7日には細氷が観測された。8～10日は、発達した低気圧によりA級ブリザードとなり、9日の最大風速39.5m/sと最大瞬間風速49.3m/sは、10月の極値を更新した。
	中旬 11～16日は、昭和基地の北側にある低気圧から東西にのびる前線の影響により、雪や曇りとなり、気圧の傾きが急になった11～14日はふぶきを伴ったがブリザードにはならなかった。17～19日は大陸の高気圧圏内となり、晴れて穏やかな天気となった。20日は西の低気圧からのびる前線が接近してきたため、薄曇りとなった。
	下旬 低気圧や前線の影響により、雪やふぶきとなる日が多く、22～23と24～25日は、4級ブリザードとなった。26～27日にはC級ブリザードとなった。旬終わりに大陸の高気圧圏内となり、概ね晴れた。旬平均風速11.0m/s大きい値第2位、旬平均気温-8.8℃は高い値第3位を記録した。
2004年 11月	上旬から中旬までは天気は周期的に変化した。下旬は低気圧や前線の影響により曇りの日が多かった。15日は、発達した低気圧により、地ふぶきで見通しが悪くなったが、ブリザードにはならなかった。月平均蒸気圧2.4hPaは、11月として低い値第5位を記録した。
	上旬 1、4、8日に低気圧の影響により、雪や曇りとなったが、その他の日は大陸の高気圧圏内となり、穏やかな晴れの天気となった。旬平均気温-13.6℃と旬平均風速2.9m/sは11月として低い(小さい)値の極値を更新した。
	中旬 旬前半は、大陸の高気圧圏内となり、晴れが続き、13日早朝には低い霧が発生した。旬半ばから後半は低気圧の影響により曇りや雪となり、15日には地ふぶきで見通しが悪くなったがブリザードにはならなかった。
2004年 12月	下旬 低気圧や前線の影響により、曇りや雪となった日が多かった。22日以降は、カタバ風のために、夜から午前中が強風となった。旬平均気温-1.8℃は11月として高い値第2位、旬平均風速9.6m/sは大きい値第4位を記録した。
	大陸の高気圧圏内となり、晴れの日が多く、半年より気温の高い日が多かったが、月初めと半ば、月末に、低気圧や前線の影響により、曇りとなり、25日朝には霧で見通しが悪くなった。12月にブリザードはなかった。月平均気温0.2℃と最高気温月平均3.3℃は12月の高い値の極値を更新した。最低気温月平均-3.1℃は月として低い値第2位となった。月最大風速16.9m/sは小さい値第5位となった。
	上旬 5日は小さい低気圧が昭和基地付近を通過したため、雪となった。その他の日は大陸の高気圧圏内となり、晴れの日が多く、旬平均雲量4.6は12月として少ない値第4位となった。旬平均気温-1.1℃は12月として高い値第5位を記録した。
2004年 12月	中旬 旬半ばと旬末に、低気圧や低気圧からのびる前線の影響により、曇りとなった。その他の日は、大陸の高気圧圏内となり、晴れの日が多かった。旬平均気温0.3℃は、12月として高い値第3位を記録した。
	下旬 大陸の高気圧圏内となり、晴れの日が多かったが、25日は小さな低気圧の影響により、朝には霧となり見通しが悪くなった。30～31日は、発達した低気圧とカタバ風により、午前中風が強かった。旬平均気温1.2℃は12月として高い値第2位を記録した。
	月の前半は大陸の高気圧圏内となり、晴れの日が多く、半年より気温の高い日が多かった。月の後半は低気圧や前線の影響により曇りの日が多かった。1～2日は発達した低気圧の影響で風が強くなった。13～15日は下層雲により朝晩を中心に曇りとなった。27日朝には霧が発生し、見通しが悪くなった。31日は低気圧が再接近したため、風雪が強まったが、ブリザードとはならなかった。日照時間月合計499.9時間が多い値第3位、月平均雲量4.7は少ない値第4位を記録した。
2005年 1月	上旬 大陸の高気圧圏内となり、晴れの日が多かった。1～2日は、発達した低気圧の影響とカタバ風により風が強くなり、5日午前中はカタバ風により午前中やや強かった。日照時間旬合計206.0時間が多い値・旬平均雲量2.9は少ない値の極値を更新した。旬平均気温1.3℃は高い値第2位を記録した。
	中旬 旬前半は、大陸の高気圧圏内となり晴れ日が多かったが、13～15日は下層寒気と湿りにより朝晩は曇りとなった。旬後半は低気圧や前線の影響により、薄曇りや曇りとなった。
	下旬 低気圧や前線の影響で薄曇りや曇りの日が多かった。27日は霧で見通しが悪くなり、30日午前中はカタバ風により風がやや強かった。

91 型ゾンデという) 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、風向・風速及び気温が $-40^{\circ}\text{C}$ に達するまでの相対湿度の高度分布を観測した。昭和基地は 1995 年に世界気象機関 (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 (GUAN) 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。00 UTC の観測は高度 5 hPa の観測をめざし、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」観測を第 43 次隊から行っている (木津ら, 2007)。

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自動追跡型方向探知機 (モノパルス方式 MOR-22 型; 明星電気製) を用い、計算処理、作表、気象電報作成等は高層気象観測装置データ処理部 (NEC 製 PC、高層気象観測処理ソフトウェアは気象庁製) を用いた。

観測結果は、国際気象通報式 (気象庁, 1990) の地上高層実況気象通報式 (TEMP)、高層月平均値気象通報式 (CLIMAT TEMP) に変換して、地上気象観測と同様に DCP 装置を用いて、静止気象衛星 (METEOSAT) 経由で全球通信システム (GTS) に通報した。

観測器材を表 6 に、各センサーの性能を表 7 に示す。

### 2.2.2. 観測経過

観測状況を表 8 に示す。

第 45 次隊として 2004 年 2 月 1 日 00 UTC より 2005 年 1 月 31 日 12 UTC までの観測を

表 6 昭和基地における高層気象観測器材  
Table 6. Instruments for aerological observation at Syowa Station.

器材名	形式等	備考
レーウィンゾンデ	RS2-91 型レーウィンゾンデ	各センサーについては表 7
電池	B91RS 型注水電池	立ち上げ機により規定電圧を確認後接続、飛揚
気球	600g (1200g) ゴム気球	飛揚前に加温保存、 冬季低温時は油漬け処理を実施
充填ガス	ヘリウムガス	浮力錘による標準浮力は 1900g (2100g)、 強風降雪等状況により増量
懸垂紐	白色クレモナ糸 15m (30m)	強風時は気象観測用巻下器 (高高度気象観測用巻下器) に変える
その他	気象観測用巻下器 (高高度観測用巻下器)	強風時に懸垂紐に代わり使用、飛揚後に懸垂紐が 15m (30m) に伸長
	PA72 型追跡補助灯	暗夜時に使用、注水電池により起電発光

( ) 内は高高度観測時

表 7 RS2-91 型レーウィンゾンデ各センサーの性能  
Table 7. Sensor performances of RS2-91 Rawinsonde.

観測要素	センサー	測定範囲	測定精度	備考
気圧	鉄・ニッケル製直径 46mm 空 ごう気圧計(静電容量変化式)	1040~5hPa	±1hPa	減圧点検及び飛揚前点検で 精度確認し補正
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℃	±0.5℃	飛揚前点検で精度確認
湿度	高分子膜(静電容量変化式)	1~100%	±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で 精度確認

表 8 昭和基地における高層気象観測状況  
Table 8. Number of observations and attained height of aerological observations at Syowa Station.

項目	年月	2004年												2005年	合計
		2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月		
飛揚回数		59	65	62	67	67	63	64	60	63	61	63	63	757	
定時観測回数		58	62	60	62	60	62	62	60	62	60	62	62	732	
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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
資料欠如回数		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
再観測回数		1	3	2	5	7	1	2	0	1	1	1	1	25	
到達 気圧 /高度	00 UTC	平均 hPa	6.2	7.3	10.3	9.3	15.7	5.1	7.1	7.8	9.6	11.3	6.1	5.6	8.5
		平均 km	36.0	34.0	31.1	30.6	28.7	31.5	31.1	30.9	30.4	30.7	36.0	36.2	32.3
	最高 hPa	2.9	3.3	3.7	3.7	3.4	3.4	2.8	3.0	5.0	5.6	3.9	3.2	2.8	
	最高 km	40.3	38.9	36.6	34.6	33.6	34.3	36.7	36.3	34.7	35.2	38.8	40.0	40.3	
12 UTC	平均 hPa	10.4	10.1	13.0	14.5	18.0	8.5	11.7	11.4	14.6	13.5	10.6	8.9	12.1	
	平均 km	30.3	31.2	28.7	27.4	26.7	28.6	27.6	28.1	27.4	28.8	31.9	32.8	29.1	
	最高 hPa	8.3	6.6	6.9	5.9	4.9	5.8	6.0	7.0	9.0	9.9	7.1	7.3	4.9	
	最高 km	32.4	33.1	32.4	31.4	32.1	30.7	30.5	30.4	30.6	31.4	34.4	34.1	34.4	

※5/28 12UTC ブリザードによる強風のため欠測

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1回（2004年5月28日12UTC）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、4月20日00UTCから11月30日12UTC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-60℃を下回る時期を目安とし、他の隊次より早めに実施した。また、1年を通して加温をした気球を観測に使用した。

自動追跡型方向探知機の総合的な動作試験を月1回程度実施したほか、追従性能の測定精度を確認するため、測風経緯儀による比較観測を数回実施した。同方向探知機のヒーター電源用スリッピング部が損傷し、修復不能な状態となっていることから、観測室とレドームをつなぐハッチ扉を常時開放し運用した。これによりレドーム内の霜取り作業が必要となっ

たが、動作はおおむね良好であった。

### 2.2.3. 観測結果

2004年1月～2005年1月の主な指定気圧面高度、気温、風速の月平均値（00 UTC の観測値による統計）を表9に示す。

また、2004年1月～2005年1月の00 UTCにおける各指定気圧面の月平均気温と平年気温の年変化を図4に示す。

5月と6月の100 hPa面より高いの高度における気温は、5月の30 hPa面で2.7℃低くなっているなど平年値より2℃前後低めを推移し、7月から9月の300 hPa面より高度が低い対流圏においては、7月の700 hPa面で3.3℃低くなっているなど、平年値より2～3℃低めに推移した。8月と9月の成層圏の70 hPa面より高い高度では、平年値より高めになっており、9月の30 hPa面では平年値より4.6℃も高めであった。

ここで、図5に2004年1月～2005年1月までの00 UTCにおける指定気圧面月平均気温、風の東西及び南北成分の平均値及び平年値（1971-2000年）、平年偏差の時間高度断面図を示

表9 月別指定気圧面観測値（00 UTC）

Table 9. Monthly summaries of the aerological data at standard pressure levels (00 UTC).

項目	指定面 (hPa)	2004年												2005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	1162	1217	1091	1125	1131	1074	1039	1064	1056	1111	1135	1206	1118	1201
	700	2642	2697	2560	2576	2571	2512	2445	2478	2461	2551	2588	2684	2564	2679
	500	5100	5157	4989	4971	4945	4894	4788	4830	4817	4936	4988	5127	4962	5126
	300	8565	8611	8407	8332	8282	8227	8072	8100	8122	8270	8344	8557	8324	8563
	200	11210	11250	11023	10932	10808	10706	10507	10507	10566	10722	10831	11137	10850	11227
	150	13122	13158	12915	12802	12610	12445	12205	12178	12265	12424	12586	12997	12642	13145
	100	15833	15856	15581	15418	15119	14851	14553	14501	14634	14796	15057	15651	15154	15860
	50	20519	20478	20116	19818	19294	18819	18449	18424	18664	18855	19434	20323	19433	20549
	30	24016	23902	23449	23008	22314	21682	21270	21323	21695	22014	22881	23862	22618	24042
気温 (℃)	850	-8.1	-9.0	-10.6	-13.8	-16.1	-17.7	-23.6	-21.7	-23.4	-16.3	-13.2	-7.9	-15.1	-8.2
	700	-17.3	-16.6	-19.1	-22.3	-24.1	-23.7	-28.4	-27.2	-28.1	-23.9	-22.3	-17.9	-22.6	-17.9
	500	-30.3	-30.5	-33.6	-37.6	-39.9	-39.2	-42.7	-42.3	-41.1	-38.6	-37.0	-32.5	-37.1	-32.2
	300	-51.8	-52.4	-53.8	-57.2	-59.1	-60.1	-63.4	-65.1	-62.2	-61.0	-59.4	-54.7	-58.3	-52.1
	200	-47.4	-47.4	-49.5	-51.0	-59.2	-66.1	-70.5	-73.7	-70.3	-69.9	-64.5	-53.2	-60.2	-45.8
	150	-45.2	-45.9	-48.1	-51.6	-59.8	-68.0	-72.8	-76.0	-72.5	-71.8	-64.9	-51.1	-60.6	-44.9
	100	-43.7	-45.8	-48.9	-54.2	-64.0	-72.9	-77.8	-78.5	-74.3	-74.4	-64.1	-47.6	-62.2	-43.6
	50	-40.5	-44.9	-50.2	-58.4	-70.4	-80.0	-83.7	-80.1	-73.1	-69.1	-47.8	-38.6	-61.4	-40.4
	30	-38.3	-43.2	-50.2	-59.9	-72.4	-82.9	-85.0	-77.4	-66.4	-54.7	-36.4	-35.0	-58.5	-38.7
風速 (m/s)	850	10.8	10.6	12.6	8.2	8.6	13.2	10.5	10.5	9.8	11.7	8.1	7.9	10.2	6.4
	700	8.7	9.1	8.9	7.2	8.8	9.2	7.9	9.0	7.2	9.6	6.9	9.2	8.5	5.9
	500	8.5	9.7	10.2	11.3	9.8	12.6	9.5	10.9	10.9	11.1	8.4	8.8	10.1	7.1
	300	13.9	17.1	14.6	18.5	13.6	19.1	11.5	12.9	13.9	15.2	10.9	9.3	14.2	9.5
	200	6.3	9.9	9.0	13.9	13.1	17.4	12.0	13.5	14.4	13.4	10.0	6.3	11.6	6.1
	150	5.6	8.3	8.7	14.4	14.5	16.5	14.3	13.9	17.2	11.2	11.4	7.5	12.0	5.9
	100	4.7	6.5	9.5	16.4	17.9	21.4	19.1	19.6	22.9	13.2	14.2	10.0	14.6	5.3
	50	2.4	4.3	11.5	20.8	26.6	29.3	28.0	30.8	36.5	21.0	21.8	12.3	20.4	5.4
	30	3.0	2.5	12.5	24.9	32.5	35.1	33.4	40.5	49.2	27.9	26.2	12.1	25.0	7.0



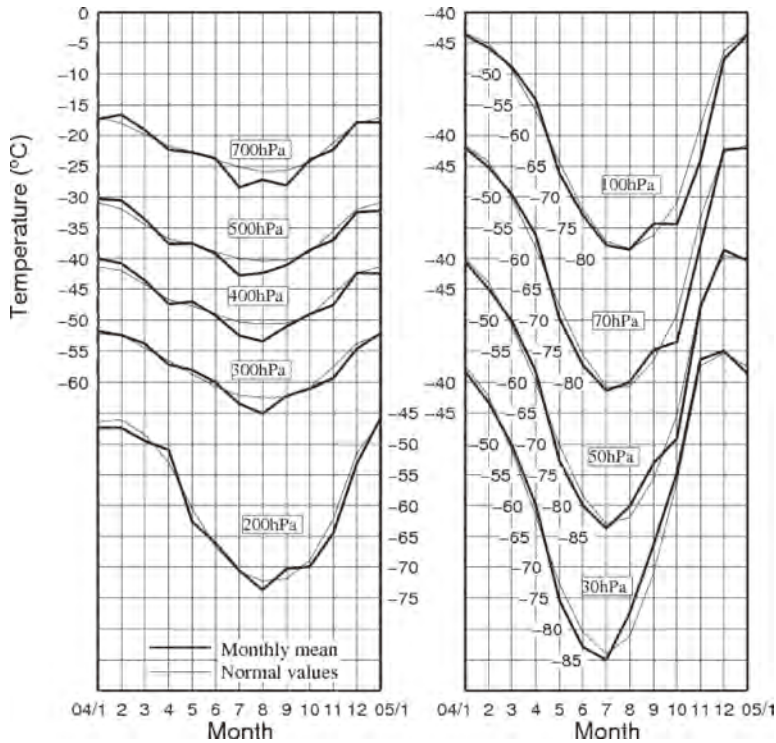


図 4 指定気圧面の月平均気温の年変化（2004 年 1 月～2005 年 1 月）と累年平均（1971 年～2000 年）の年変化（00 UTC）

Fig. 4. Annual variations of monthly mean upper air temperatures of 2004 and normal values (1971–2000) at Syowa Station (00 UTC).

す。先に示した 8 月と 9 月の成層圏の高温は、この図 5 の下段 (c) に示した風の南北成分図において、成層圏における 8 月の風の北成分の年平均偏差が 6 m/s 以上の領域を示しており、北から気温の高い気塊が流入したことが原因であると推察できる。一方で 10 月と 11 月の 200 hPa 面から 50 hPa 面の気温は、11 月の 100 hPa 面で 5.6°C 低くなっているなど、平年値より 3～5°C 低かった。これは、10 月と 11 月は、図 5 の中段の東西成分図において、東西風の負の偏差が大きく、つまり西風が平年より弱いことから、昭和基地上空の流れが、極渦の主流である強い西風から外れたことがわかる。

2004 年 1 月～2005 年 1 月までの 00 UTC、12 UTC の昭和基地上空気温の時間高度断面図を図 6 に示す。4 月～5 月にかけて成層圏温度が -70°C から -80°C の領域が現れるなど、気温が下降し、7 月には -85°C の領域がはっきり現れ、最低気温の時期であることを示している。極夜が明け日照が戻り、少々気温の上昇があるが、8 月中頃までは -70°C の領域は見られる。

成層圏突然昇温はこの極夜明けの時期に観測されるが、WMO への通報基準である +25°C/7 日

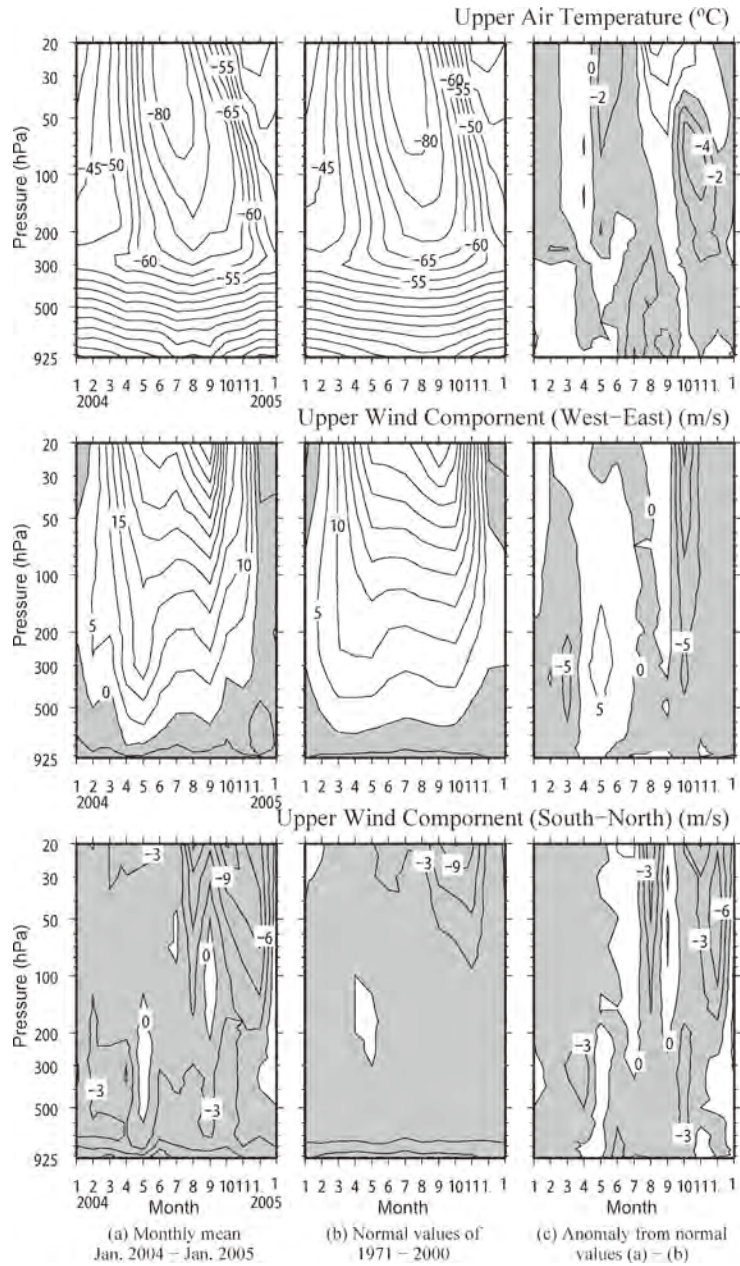


図 5 高層気象指定気圧面観測結果。(a) 2004 年月平均値, (b) 累年平均値 (1971 年~2000 年), (c) 累年平均値からの偏差。

Fig. 5. 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).

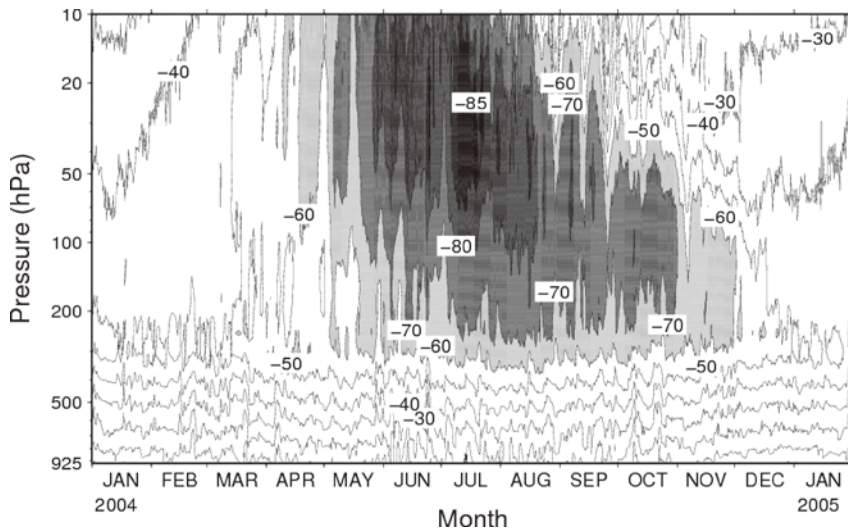


図 6 上層気温の時間高度断面図 (2004 年 1 月～2005 年 1 月)。薄灰色域： $-60^{\circ}\text{C}$  以下，灰色域： $-70^{\circ}\text{C}$  以下，濃灰色域： $-80^{\circ}\text{C}$  以下，黒色域： $-85^{\circ}\text{C}$  以下。

Fig. 6. Time-height cross section of upper-air temperature (Jan. 2004 - Jan. 2005).

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

以上の気温上昇を，8 月下旬に最大 10 hPa で  $49.2^{\circ}\text{C}$ ，9 月上～中旬に 15 hPa で  $25.1^{\circ}\text{C}$  と小規模なもの，9 月下旬に最大 15 hPa で  $53.0^{\circ}\text{C}$  の上昇と 3 事象を観測した。

8 月下旬から 9 月はこの 3 回の突然昇温により次第に成層圏の低温域は上部から低い高度に押し下げられた。前述の通り 10 月はしばらく低い気温の状態が維持されたが，11 月にさらに上層から気温が高い領域が入り込み，12 月には  $-60^{\circ}\text{C}$  の領域が消えた。

次に，図 7 に南半球月平均 500 hPa 高度及び平年偏差を，図 8 に南半球月平均 30 hPa 高度及び平年偏差を示す。これらは，長期再解析 (JRA-25) データより作成されたもの ([http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/db/diag/db\\_hist\\_mon.html](http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/db/diag/db_hist_mon.html)) で，平年偏差は月平均高度場から，平年値 (1979-2004 年の平均) を差引いたものである。

500 hPa 面の月平均高度場に注目すると，南極大陸上では 2004 年 3 月から 5100 m 以下の領域が出現し極渦は強化されていった。8 月には極渦は南極半島付近に位置し，南極半島付近は 12 月にかけて負偏差に覆われた。昭和基地付近は，3 月から 9 月にかけて負偏差に覆われ，特に 7 月の負偏差が強かった。このことは，図 4 で見られるように，7 月の対流圏での気温の平年偏差が強く負を示していることに対応している。

30 hPa の月平均高度場においては，2004 年 4 月から強化されていった極渦は 8 月に最盛期にまで発達したものの，高度場の平年偏差は正で極渦は平年より弱い状態で推移した。10 月になると，極渦の中心は昭和基地側に寄り，高度場の平年偏差も昭和基地付近で負となり，

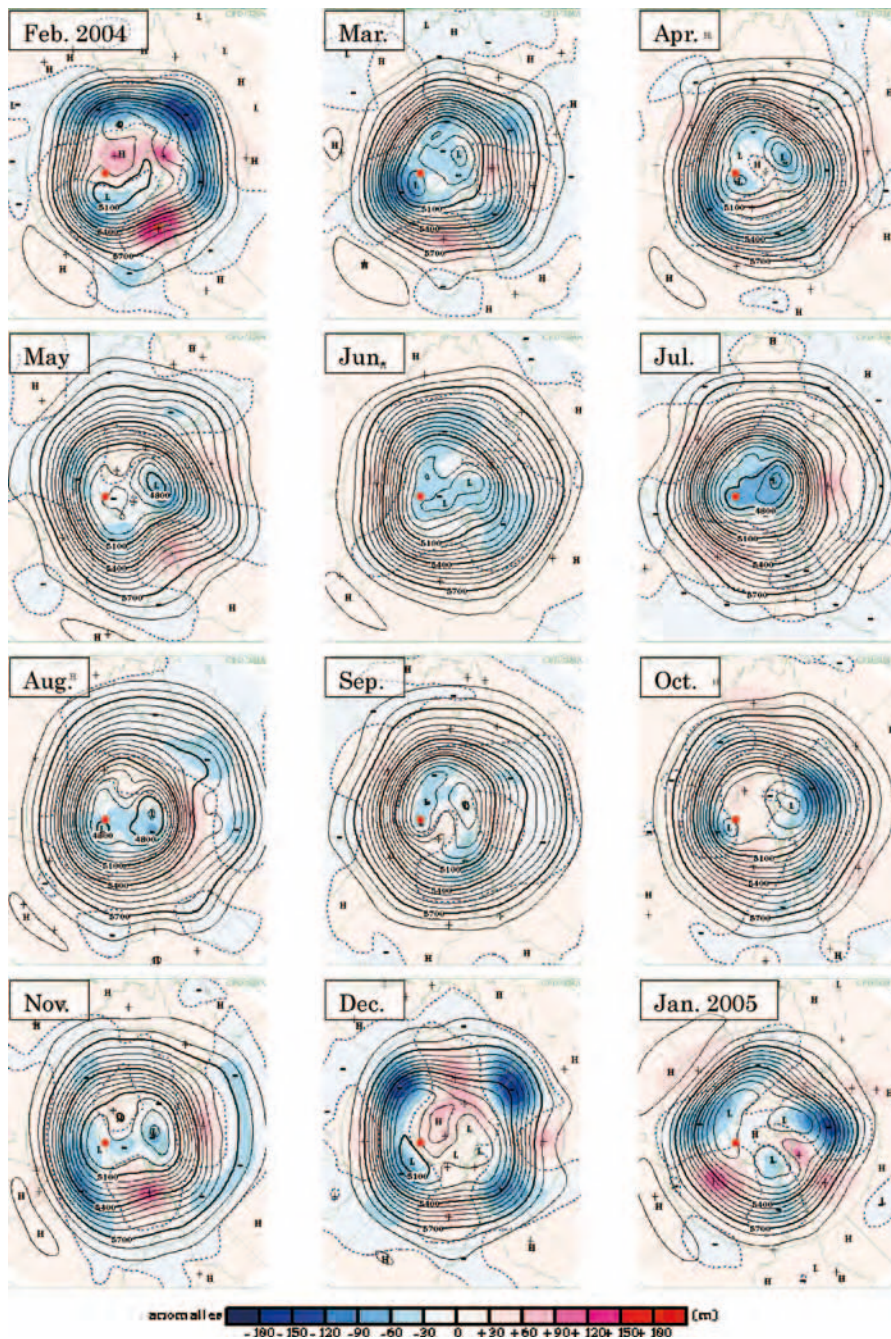


図 7 南半球月平均 500 hPa 高度及び平年偏差 (2004 年 2 月～2005 年 1 月). 赤点は昭和基地の位置を示す.

Fig. 7. Monthly mean weather chart on 500 hPa (Feb. 2004–Jan. 2005). The red point shows the position of Syowa Station.

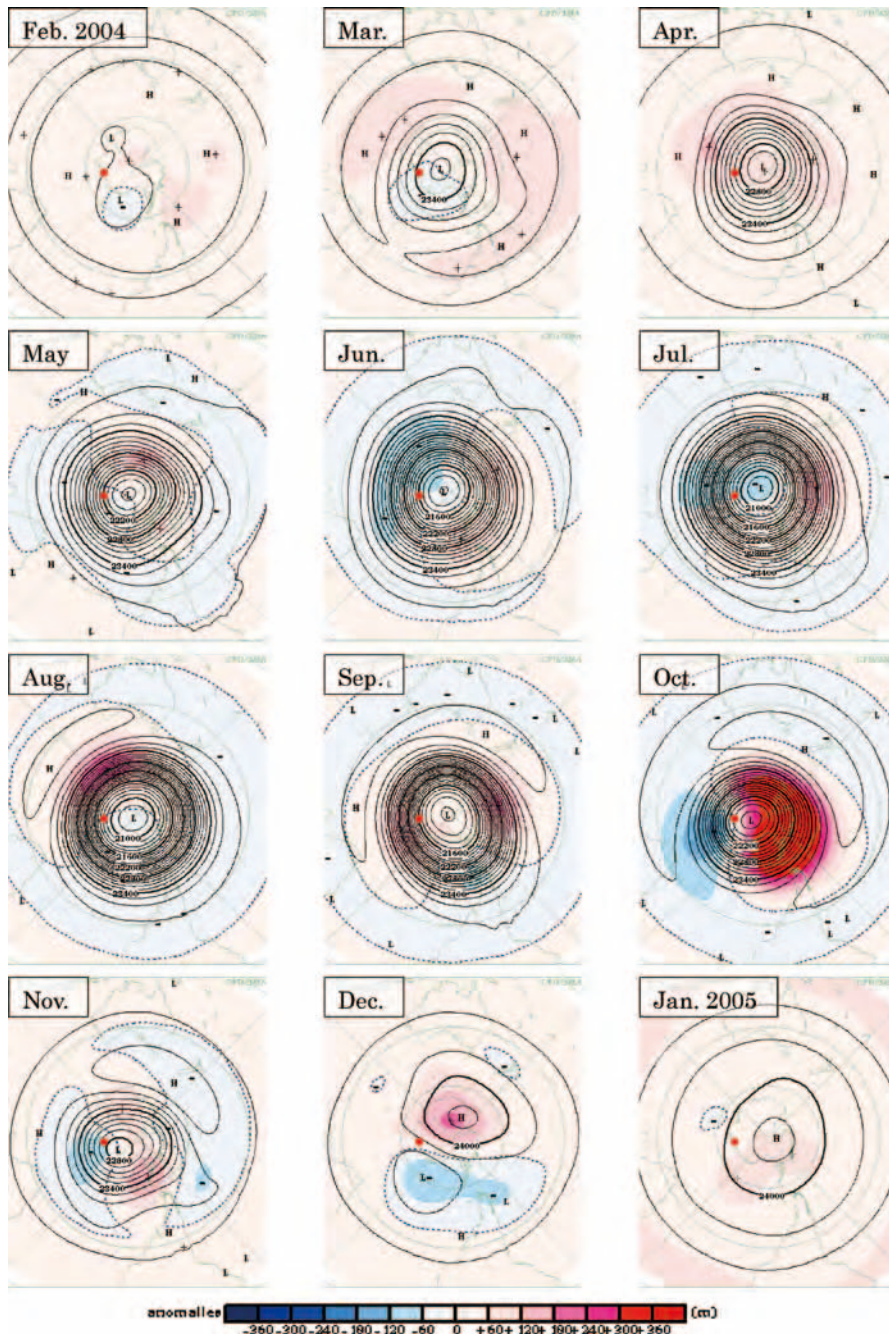


図 8 南半球月平均 30 hPa 高度及び年偏差 (2004 年 2 月～2005 年 1 月)。赤点は昭和基地の位置を示す。

Fig. 8. Monthly mean weather chart on 30 hPa (Feb. 2004–Jan. 2005). The red point shows the position of Syowa Station.

中心が離れた昭和基地の反対側では正となった。上述の10月の昭和基地上空の成層圏の気温が低く西風が弱かったことに対応している。極渦とともにオゾンホール領域も昭和基地側に偏り、2.3.2節で述べるように10月の昭和基地上空のオゾン量が低い状態が続いた。引き続き11月も極渦は昭和基地側に偏っていたが、次第に気温が上昇し極渦自体が弱くなり、12月には夏期の特徴である高気圧場に覆われた。

## 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 Antarctic Ozone Bulletinsとしてまとめられ、世界の関係機関に配布された。

観測機材を表10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を使用したオゾン全量観測を行った。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311.5 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、3月、4月、11月、12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、月光観測という)を行った。用いた波長組はAD波長組である。必要な得られる $\mu$ 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ない場合には、 $\mu$ を定めず観測を行った。

表 10 昭和基地におけるオゾン観測器材

Table 10. Instruments for the ozone observations at Syowa Station.

観測項目	使用測器等	形式及び測器番号	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 atur-cm		石英プリズムを使って太陽光をスペクトルに分け、測定しや対い 2 種の波長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	気圧センサ	鉄・ニッケル製空ごう気圧計(静電容量変化式)
			℃	気温センサ	ビード型ガラスコートサーミスタ(アルミ蒸着加工)
			mPa	オゾン測定部	反応管(アクリル樹脂性単管、白金電極、炭素電極、液温センサ)、反応液(KI、KBr 水溶液)、ピストンポンプ、ポリエチレン製吸気および導気管から成る。
			360 方位、m/s	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	B96 型注水電池			注水電池点検器により規定電圧を確認後接続、飛揚
	気球	2000g ゴム気球			飛揚前に加温保存、冬季低温時は油付け処理を実施
	充填ガス	ヘリウムガス			浮力錘による標準浮力は 3200g
	懸垂紐	白色クレモナ糸 50m			強風時はオゾンゾンデ用巻下器に変える
その他	オゾンゾンデ用巻下器				強風時に懸垂紐に代わり使用、飛揚後に懸垂紐が 50 m に伸長
	PA72 型追跡補助灯				暗夜時に使用。注水電池により起電発光
地上オゾン濃度観測	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、 $NO_2$ を除去し精製する
	オゾン発生器	Dylec MODEL1410	0~1000ppbv		UV ランプによる紫外線照射

(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°の範囲のショート反転観測と、60°から 90°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に可能な限り行った。

(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 型オゾンゾンデを飛揚して、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 3200 g とした。また、高層気象観測と  
同様に5月から11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。

観測は原則として毎週水曜日、オゾンホール時期は週2回行った。さらに、環境観測技術  
衛星「みどりⅡ」(ADEOSⅡ)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)のデータ検証のための基礎データを取得すること、南極上空のオゾン層の実態を  
把握することを目的に、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、2月隔日7回、5月隔日9回、7月隔日10回、11月隔日8回の観測を行った。なお、  
2003年10月31日のADEOSⅡの運用断念に伴いILAS-Ⅱの観測も終了したが、ILAS-Ⅱと  
ほぼ同じ季節的な観測緯度変化をする米国POAMⅢセンサーとオゾンゾンデの比較と、  
ILAS-Ⅱ観測期間中のILAS-ⅡとPOAMⅢの比較から、間接的にILAS-Ⅱオゾンデータの質  
が評価される。

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

地上オゾン濃度観測は、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)を用いて12秒ごとに測定するもので、観測データ  
は収録用PCによってハードディスク(HDD)と光磁気ディスク(MO)に収録するととも  
に自記紙に記録した。

オゾン濃度計等の観測装置一式は放球棟横の旧水素ガス発生器室内にあり(図1の⑥の位  
置)、大気取り入れ口は同建物の主風向側(北東側)地上から5m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、昭和基地で2台を維持し、他の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み交換するという運用方法として  
いる。さらに、昭和基地では、2台のうちの1台を観測現用器、1台を予備器として半年ず  
つ使用することで、長時間連続使用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 11 に示す。

第 45 次隊では、第 43 次隊が昭和基地において 1 年間観測に使用し、国内に持ち帰ったオゾン濃度計 (101A, 101B) を、気象庁環境気象課 (現在は、地球環境・海洋部環境気象管理官) (以下、環境気象課) の検定装置により使用後検定を行い、オーバーホールの後、使用前検定を行った上で昭和基地に持ち込んだ。昭和基地持ち込み後は、第 44 次隊が観測に使用していたオゾン濃度計 (166A, 456A) との相互比較を行い、166A と 456A は第 44 次隊

表 11 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 11. 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			■		↓ 1998/01/31				
1998/01/11	相互比較検定	昭和基地	●	●				予備器			
1998/05/12	101B使用後検定	国立極地研究所	■				1998/01/31		↓ 1999/01/20		
1998/10/12	101B使用前検定	国立極地研究所			■			予備器			
1999/01/19	相互比較検定	昭和基地	●	●					1999/01/20	↓ 2000/01/31	
1999/05/18	101A使用後検定	南極観測事務室		■							
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		■							
2000/01/08	相互比較検定	昭和基地	■	■				予備器			
2000/04/19	相互比較検定	昭和基地	■	■			2000/02/01		↓ 2000/07/31		
2000/07/04	A166使用後検定	南極観測事務室			■			予備器			
2000/07/31	相互比較検定	昭和基地	■	■			2000/08/01		↓ 2000/11/26		
2000/10/20	A166, A456使用前検定	南極観測事務室			■	■		予備器			
2000/11/04	相互比較検定	昭和基地	■	■			2000/11/26		↓		
2000/11/26 101A障害のため101Bに交換											
2001/01/20	相互比較検定	昭和基地	■	■			2001/01/31		2001/02/01	予備器	
2001/05/22	101A, 101B使用後検定	南極観測事務室	●	●				2001/07/31			
2001/08/07	相互比較検定	昭和基地	■	■					予備器	2001/08/01	
2001/09/14	101A, 101B使用前検定	南極観測事務室			■	■					↓ 2002/01/31
2002/01/10	相互比較検定	昭和基地	■	■				予備器			
2002/05/31	A166, A456使用後検定	南極観測事務室			■	■	2002/02/01		↓ 2001/08/31		
2002/07/04	相互比較検定	昭和基地	■	■							
2002/09/03	相互比較検定	昭和基地	■	■				予備器	2002/09/01		
2002/09/27	A166, A456使用前検定	環境気象課			■	■			↓ 2003/01/31		
2003/01/14	相互比較検定	昭和基地	■	■					2003/02/01	予備器	
2003/05/14	101A, 101B使用後検定	南極観測事務室	●	●				2003/07/31			
2003/07/19	相互比較検定	昭和基地	■	■						2003/08/01	
2003/09/10	101A, 101B使用前検定	環境気象課	●	●				予備器			
2004/01/03	相互比較検定	昭和基地	■	■			2004/02/01		↓ 2004/07/31		
2004/05/28	A166, A456使用後検定	環境気象課			■	■			2004/08/01		
2004/08/02	相互比較検定	昭和基地	■	■				予備器	2005/01/31		
2004/09/21	A166, A456使用前検定	環境気象課			■	■					
2005/01/02	相互比較検定	昭和基地	■	■							
2005/05/12	101A, 101B使用後検定	環境気象課	●	●							

■ : 相互比較検定

● : 使用前・使用後検定

が国内に持ち帰り、環境気象課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。

なお、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、環境気象課が一括して検定を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、環境気象課の検定装置により使用前・使用後検定を行っている。

### 2.3.2. 観測経過

#### (1) オゾン全量観測

観測には、第44次隊が持ち込んだドブソン分光光度計（Beck119）を引き続き使用した。越冬中は長期にわたる測器障害もなく、おおむね順調に観測を行うことが出来た。

表12に、月別のオゾン全量観測日数と観測種別ごとの観測回数内訳とを示す。同日に複数の種別で観測を行っているため、観測回数の合計と観測日数とは一致しない。

4月、8月は太陽高度角が低く観測可能日数が少ないため、観測日数も少なくなっている。5月から7月は極夜期のため月光による観測のみを行った。月光観測に必要な光の強度は満月に近い月齢の時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10日間程度しかない。

#### (2) オゾン反転観測

測器状況は(1)に記述した通りである。また、表12には月別のオゾン反転観測回数も合わせて示した。

太陽高度角が低い、または太陽が昇らない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。

#### (3) オゾンゾンデ観測

第45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台を持ち込んだほか、第44次隊よりILAS-II検証用オゾンゾンデを10台引き継いだ。

表12 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 12. Number of days of ozone observations and ozone Umkehr observations with the Dobson spectrophotometer at Syowa Station.

	2004												2005	合計
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月		
全量観測日数	27	29	27	5	4	10	24	26	27	30	31	31	271	
回数内訳	AD直射光	69	87	11	0	0	0	3	80	100	109	119	120	
	CD直射光	24	53	30	0	0	0	42	81	57	78	92	86	
	AD天頂光	122	118	27	0	0	0	38	104	128	138	155	156	
	CD天頂光	43	75	83	0	0	0	75	98	77	102	122	118	
	月光	0	0	1	37	27	81	40	0	0	0	0	0	
反転観測日数	7	8	2	0	0	0	3	16	10	13	1	9	69	
反転観測回数	12	14	3	0	0	0	4	25	14	17	1	14		

オゾンゾンデの観測状況を表 13 に示す。オゾンゾンデ観測は、毎週水曜日を基本とし、オゾンホール期には週 2 回の観測を実施した。合計 85 回のオゾンゾンデ観測を実施したが、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 22 回あった。そのうち、極夜期で月光によるオゾン全量観測ができなかったものが 17 回（ILAS-II 検証用の観測が 15 回）、気球の破裂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が 5 回であった。

(4) 地上オゾン濃度観測

2004 年 1 月 3 日に第 44 次隊で使用したオゾン濃度計 166A と 456A 及び第 45 次隊持ち込みのオゾン濃度計 101A と 101B の相互比較によって各濃度計の精度確認を行ったのち、2 月 1 日に 101B を観測現用器、101A を予備器として観測を開始した。166A と 456A は第 44 次隊が持ち帰った。越冬中の 8 月 2 日には、101A と 101B の相互比較を行うとともに配管交換の後、観測現用器（101B）と予備器（101A）を入れ替え、101A を観測現用器とした。越冬終了時の 2005 年 1 月 3 日には、配管を交換するとともに第 46 次隊の持ち込んだオゾン濃度計 166A と 456A 及び第 45 次隊が観測に使用したオゾン濃度計 101A と 101B の相互比較を

表 13 オゾンゾンデ観測状況  
Table 13. Dates of observations and attained heights of ozonesondes.

年 月	2004年											
	2月		3月		4月		5月		6月		7月	
日 観測終了 気圧 (hPa)	4	5.8 *4	3	4.5	1	7.5	4	7.1	3	25.8	8	5.8
	5	4.4 *4	17	5	13	4.5	12	4.5 *3,4	10	5.8 *3	13	5.8 *3,4
	6	4.1 *4	26	8.3	29	13.7	15	4.3 *3,4	16	9.5 *3	15	16.8 *3,4
	7	6.3 *4					16	8.4 *3,4			17	7 *3,4
	8	4.2 *4					19	3.8 *3,4			19	9 *3,4
	9	3.1 *4					20	2.9 *3,4			21	4.3 *3,4
	10	3.7 *4					22	2.8 *3,4			23	3.3 *3,4
	17	8.1					24	4.8 *3,4			25	2.4 *4
	27	4.1					26	4.4 *3,4			27	3.1 *4
							30	4.5 *3,4			29	7.2 *4
											31	4.2 *4
年 月	2004年						2005年					
	8月		9月		10月		11月		12月		1月	
日 観測終了 気圧 (hPa)	3	36.2 *2	1	51.7 *2	2	5.6	2	155.6 *2	7	3.5	4	5.1
	10	4.4	3	3.8	7	10.4	3	12.8	15	3.6	11	3.6
	13	3.5	5	6.2	8	16.7	6	33.6 *2	22	5.1	18	5.1
	21	985.4 *2	8	6.9	15	12.3	8	14.2 *1	28	4.9	25	3.5
	22	5.8	10	10.9	16	19.2	10	17.7 *4				
	27	5.1	14	17.5	19	9.2	12	5.1 *4				
	30	4.5	18	7.2	27	6.8	14	5.1 *4				
			21	7.4	29	3.8	16	5.3 *4				
			28	9.5 *1			18	7.9 *4				
							20	4.2 *4				
							22	4.8 *4				
							24	6.7 *4				
							27	4.9				
							30	4.1				

注 \*1: オゾン全量観測ができなかった、もしくは全量値が大きく違うため、補正係数(ドブソン比)なし  
 \*2: 最終高度が30hPaに達せず、ドブソン比なし  
 \*3: 極夜期の上、月光によるオゾン全量観測もできなかったため、ドブソン比なし  
 \*4: ILAS-II 検証報告を行った観測

行い各濃度計の精度確認を行った。1月31日まで101Aで観測を継続し、2月1日をもって第46次隊に観測を引き継いだ。

第45次隊が観測に使用した101Aと101Bは国内に持ち帰り、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。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2004年1月から2005年1月のオゾン全量観測結果を示す。2004年は8月の日平均値が265 m atm-cmと1989年以降で最も多くなるなど、7月から9月中旬まで最近15年のうちではやや多めに推移した。9月中旬から10月にかけて、オゾンホールが目安である220 m atm-cmをほぼ下回っていたが、11月には大きく変動しながら増加し、その後300 m atm-cm前後の値で推移した。

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の目安となる220 m atm-cmを下回った。9月18日に観測された167 m atm-cmは2004年に観測されたオゾン全量観測値の最低を記録した。

図10に昭和基地における8月から12月までの月平均オゾン全量の経年変化を示す。

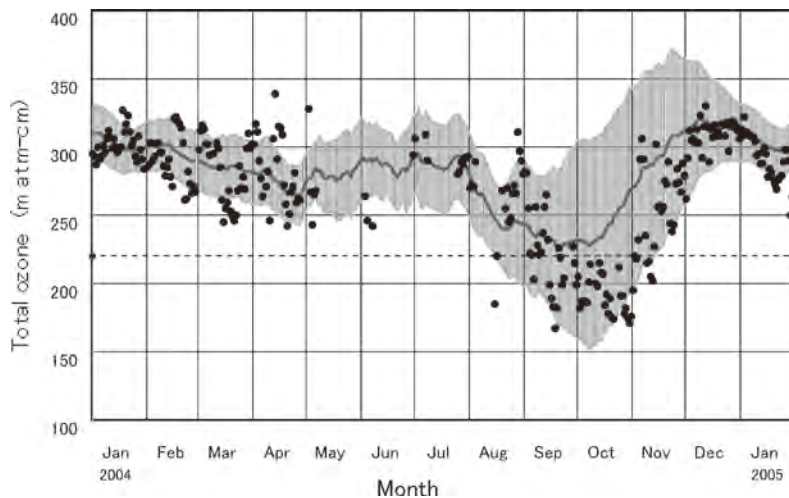


図9 昭和基地におけるオゾン全量日代表値の年変化（2004年1月～2005年1月）  
陰影部は平年値（1971-2000年）とその標準偏差（ $\sigma$ ）を、点線はオゾンホールの目安である220 m atm-cmの値を示す。

Fig. 9. Annual variations in total ozone at Syowa Station (Jan. 2004-Jan. 2005).

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.

2004 年の昭和基地上空の月平均オゾン全量は、7 月を除き、1 年を通してオゾンホールが明瞭に現れる以前の平均値より少なく、8 月以降は 10% 以上少なかった。

### (2) オゾン反転観測

図 11 にオゾン反転観測による気層別オゾン量の高度分布を示す。2004 年 4 月から 8 月と 12 月は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、特に第 3, 4 層で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 2004 年 1 月から 2005 年 1 月のオゾン分圧 (mPa) の時間高度断面図を、図 13 に 2004 年 8 月から 2005 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 100–50 hPa (約 14–20 km) に高く分布する。図 12, 13 より、1 月から 8 月下旬まではこの高度のオゾン分圧は 10 mPa 以上であったが、9 月に低下し始め、

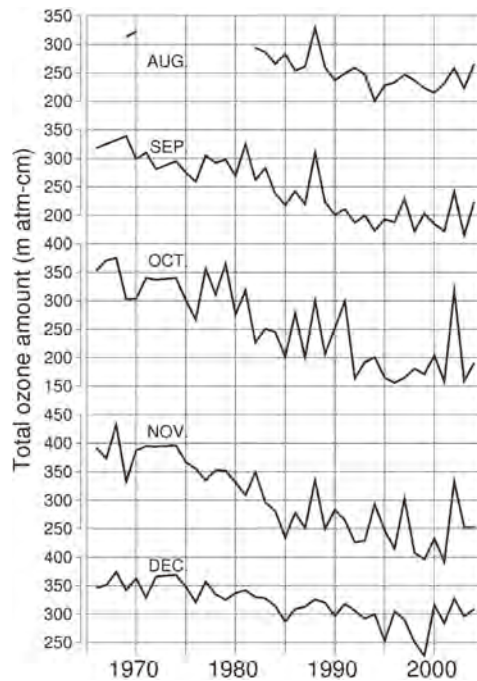


図 10 昭和基地における月平均オゾン全量の経年変化 (1966–2004 年)  
Fig. 10. Time series of monthly mean total ozone at Syowa Station (1966–2004).

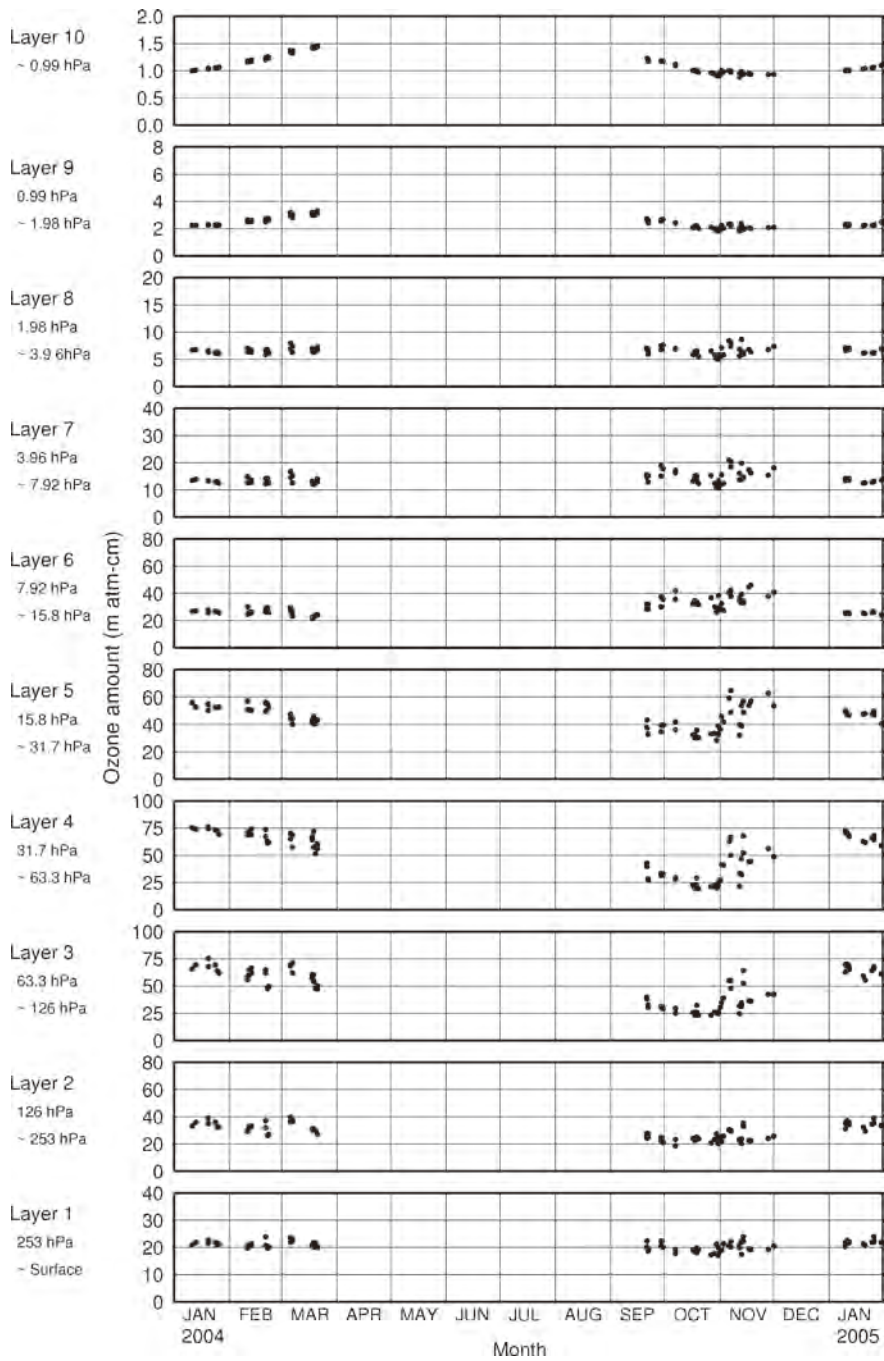


図 11 昭和基地における反転観測による気層別オゾン量 (2004 年 1 月~2005 年 1 月)  
 Fig. 11. Amount of ozone in the selected layers by Umkehr observations at Syowa (Jan. 2004-Jan. 2005)

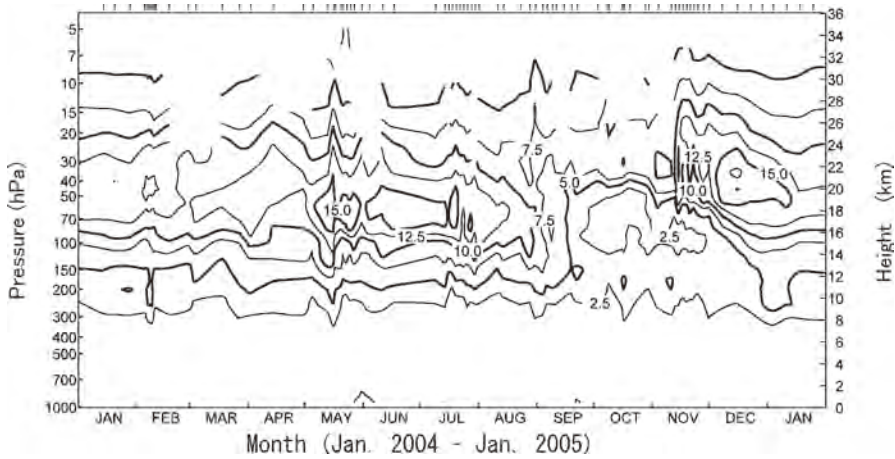


図 12 昭和基地におけるオゾンゾンデ観測によるオゾン分圧の時間高度断面図 (2004 年 1 月～2005 年 1 月)

Fig. 12. Time-height cross section of ozone partial pressure (mPa) by ozonesonde observations at Syowa Station (Jan. 2004-Jan. 2005).

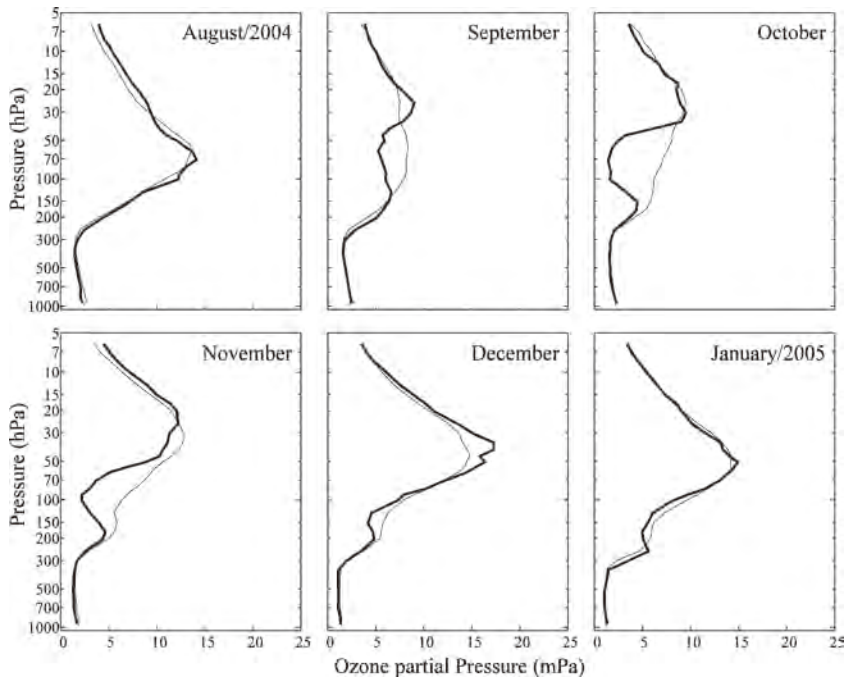


図 13 昭和基地におけるオゾンゾンデ観測結果 (2004 年 8 月～2005 年 1 月)

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. The vertical distribution of ozone by ozonesonde observations at Syowa Station (Aug. 2004 - Jan. 2005). Thick lines: monthly mean profiles, thin lines: normal profiles (1971-2000).

9月下旬から11月下旬にかけてオゾン分圧は極めて低い状態となった。

一方、30 hPa（約23 km）付近で11月からオゾンが増加し始め、オゾン量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。

#### (4) 2004年のオゾンホールの特徴

図14に、2004年8月から12月の旬別オゾン全量の南半球分布図を示す。これは米国航空宇宙局（NASA）のアースプローブ衛星に搭載されたオゾン全量マッピング分光計（TOMS）データ（[http://toms.gsfc.nasa.gov/ozone/ozone\\_v8.html](http://toms.gsfc.nasa.gov/ozone/ozone_v8.html)）を基に作成したものである。観測に太陽光を用いるため、極夜で観測できない領域がある。

8月下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、22日にはオゾンホールの面積とオゾン欠損量（破壊量）が2004年の最大となった。このときのオゾンホールの面積は2266万km<sup>2</sup>、オゾン欠損量は7011万tでともに過去10年の中では2番目に小さかった。オゾンホール内の最低オゾン全量は10月4日に102 m atm-cmと2004年の最低を記録した。11月中旬以降、オゾンホールは急速に縮小し、11月29日にオゾンホールは消滅した。

過去10年では2002年と2004年のオゾンホールの規模が小さかった。オゾンホールの規模は、オゾン層破壊物質の量とその年の南極上空の成層圏の気象状況により左右される。極渦が弱く南極域の成層圏気温が高い年は、極域成層圏雲が発生しにくいいため、オゾンホールの規模は比較的小さくなる（気象庁、2005c）。2004年は成層圏の-78℃以下の低温域が9月以降急速に縮小したことから、オゾン破壊が進行しにくかったと考えられる。

#### (5) 地上オゾン濃度観測

昭和基地における地上オゾン濃度は、6月に最大、1月に最小となり、国内に比べて安定した季節変動が現れる。また、極夜明けには地上付近のオゾンが分解されてその濃度がほとんどゼロになる現象（青木、1997；江崎ら、2000、2007；岸ら、2002）があることが知られており、大気中の海塩粒子や、積雪・海氷中の海塩成分から放出された海塩起源の物質の影響が示唆され、この現象が極夜が明けて太陽光が地上に当たり始めてから次第に日射量が増大してゆく時期に相当しているため、太陽光がこの現象に関連をもつ可能性があることを報告している。

図15に1997年1月から2005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、2006）。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観測データのばらつきが大きいことがわかる。2004年は前年に比べ8月前後で濃度が減少しているが、これは上記の短期間に地上オゾン濃度が低濃度となる現象が顕著で



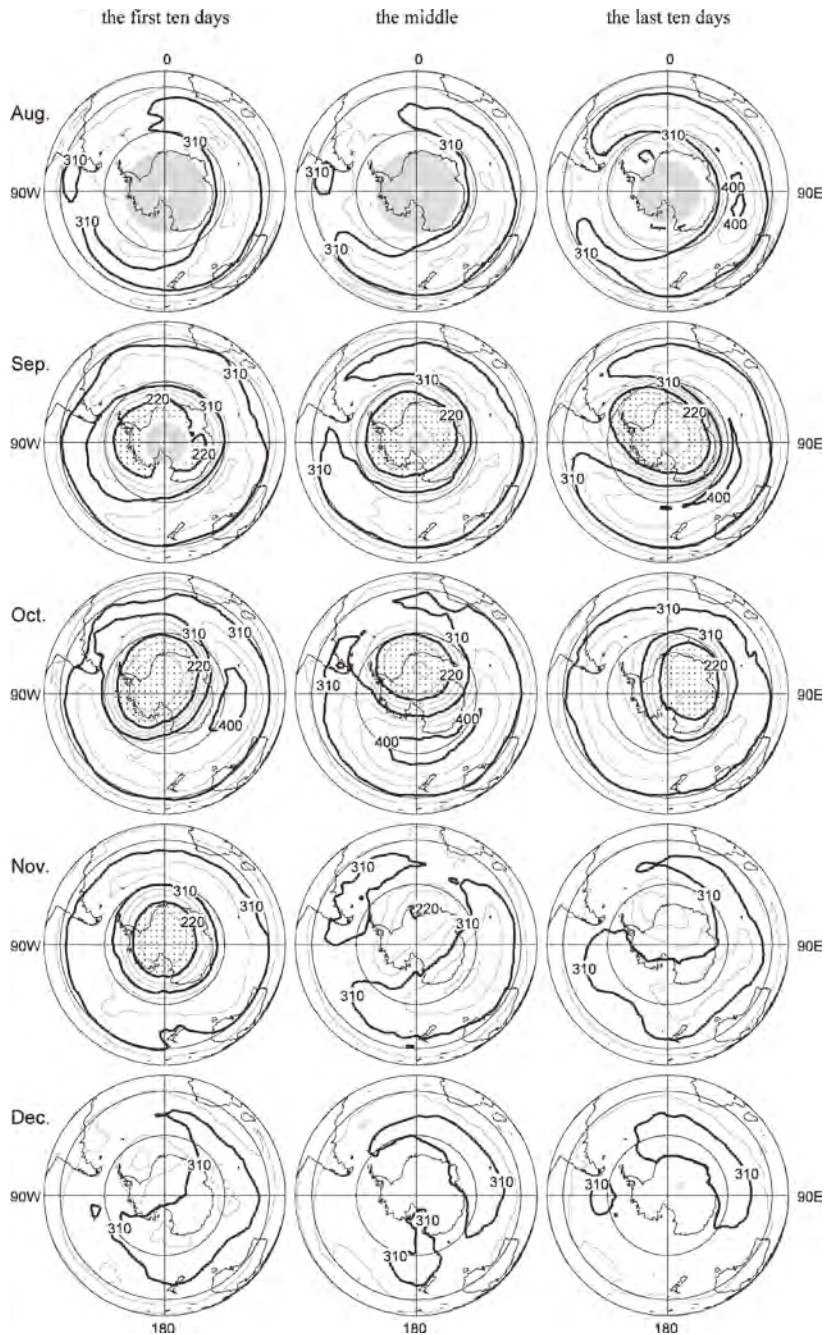


図 14 TOMS による旬別オゾン全量の南半球分布図 (2004 年 8 月～12 月)  
 等値線間隔は 30 m atm-cm. NASA 提供の TOMS データを基に作成. 点域は 220 m atm-cm 以下の領域を示す. 陰影部は極夜のため観測できない領域.

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. 2004–Dec. 2004).

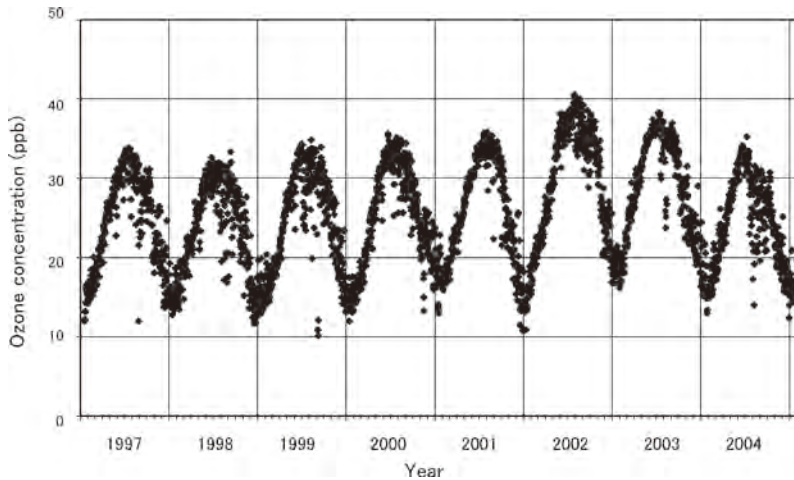


図 15 昭和基地における地上オゾン濃度日別値 (1997 年 1 月～2005 年 1 月)

Fig. 15. Daily means of surface ozone concentration observed at Syowa Station (Jan. 1997～Jan. 2005).

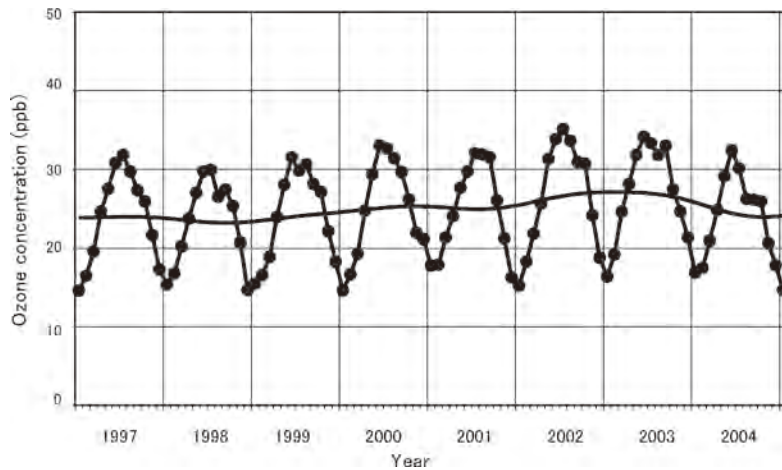


図 16 昭和基地における地上オゾン濃度の月別値と、季節変動成分を除いた濃度の年々変動

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

あったことに起因している。特に 8 月には、1 週間の間に断続的にオゾン濃度が低い状態が観測された。

地上オゾン濃度観測は、これまで 8 年分のデータが蓄積され、極夜明けのオゾン濃度の減少については各隊次の報告等で考察されている。本稿では、気象庁と電力中央研究所で共同実施された長期再解析 (JRA-25) データ及び国立極地研究所粒跡線モデル (Tomikawa and Sato, 2005; <http://www.firp-nitram.nipr.ac.jp/>) を用いた流跡線解析から考察する。なお、流跡線

の高度決定方法については 3 次元，初期高度決定方法についてはジオポテンシャル高度 (m) を採用した。

図 17 に第 38 次隊以降に観測された 1997 年から 2004 年の 8 月の地上オゾン濃度の時系列を示す。図 17 中の赤矢印は 1 日程度にわたりオゾン濃度が減少した時期（以下、「U 字型減少」と呼ぶ）を，青矢印はオゾン濃度が減少したものの比較的短期に回復した時期（以下、「V 字型減少」と呼ぶ）を示す。また，対流圏について流跡線解析が適用できるのは過去 5 日間

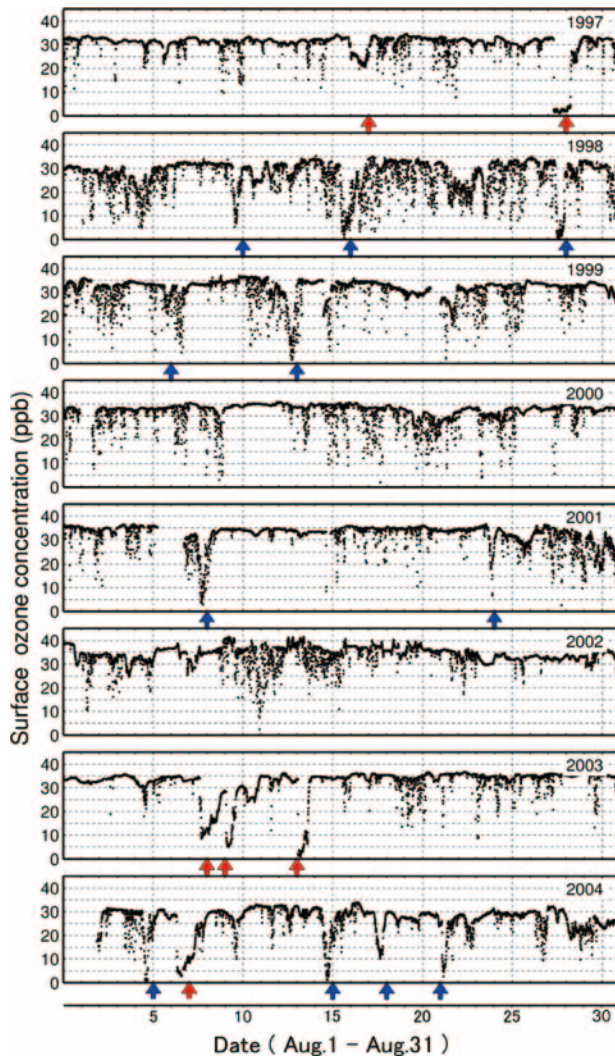


図 17 1997 年～2004 年における 8 月の地上オゾン濃度（単位 ppb）の時系列図  
 Fig. 17. Time series of 10-minute means of surface ozone concentrations in August from 1997 to 2004 at Syowa Station.

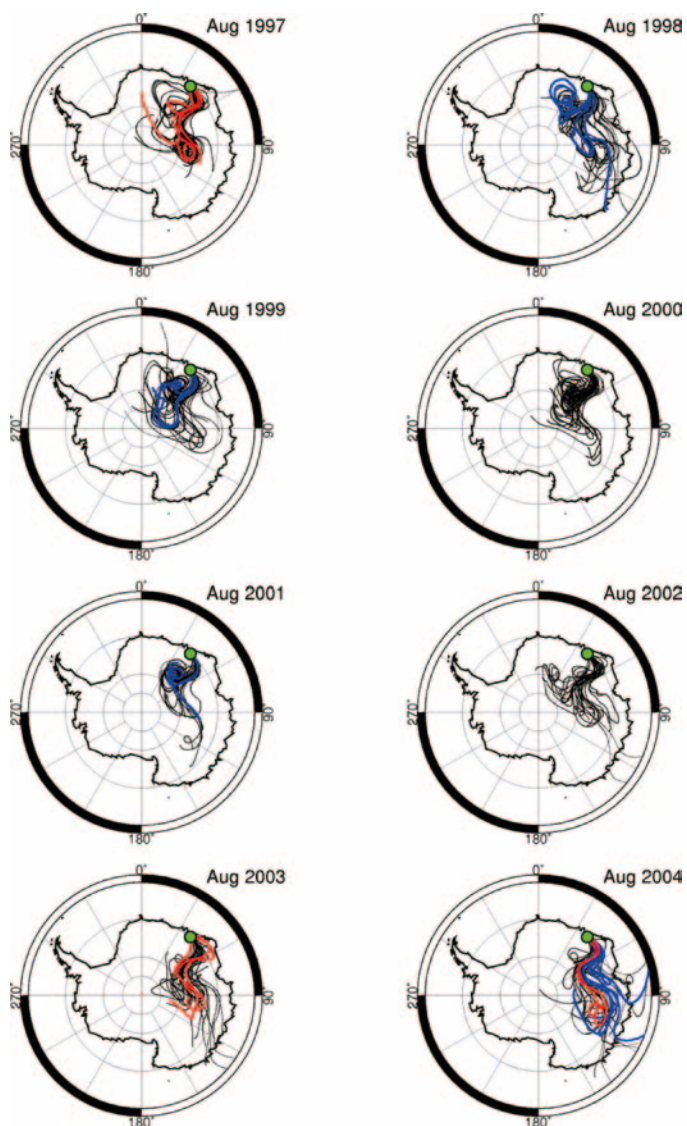


図 18 1997 年から 2004 年における 8 月の昭和基地上空 500 m を基点とした、5 日間の後方流跡線解析図。緑色の丸印は昭和基地を表す。計算開始時刻は 8 月の各日の 00 UTC。赤線は U 字型減少時、青線は V 字型減少時を示す。

Fig. 18. Backward trajectory analysis for 5 days at 500 meters above sea level over Syowa Station in August from 1997 to 2004. The green circle is Syowa Station. Calculation start time is 00 UTC of each day. The red lines and blue lines show at the time of the U-shaped depletion and the V-shaped depletion respectively.

程度との報告 (Suzuki *et al.*, 2008) を踏まえ、図 18、19 に図 17 と同時期における昭和基地上空 500 m を基準とした過去 5 日間の流跡線解析結果を示す。図 18 は水平成分、図 19 は経度・高度断面及び緯度・高度断面であり、U 字型減少時を赤線、V 字型減少時を青線で示す。

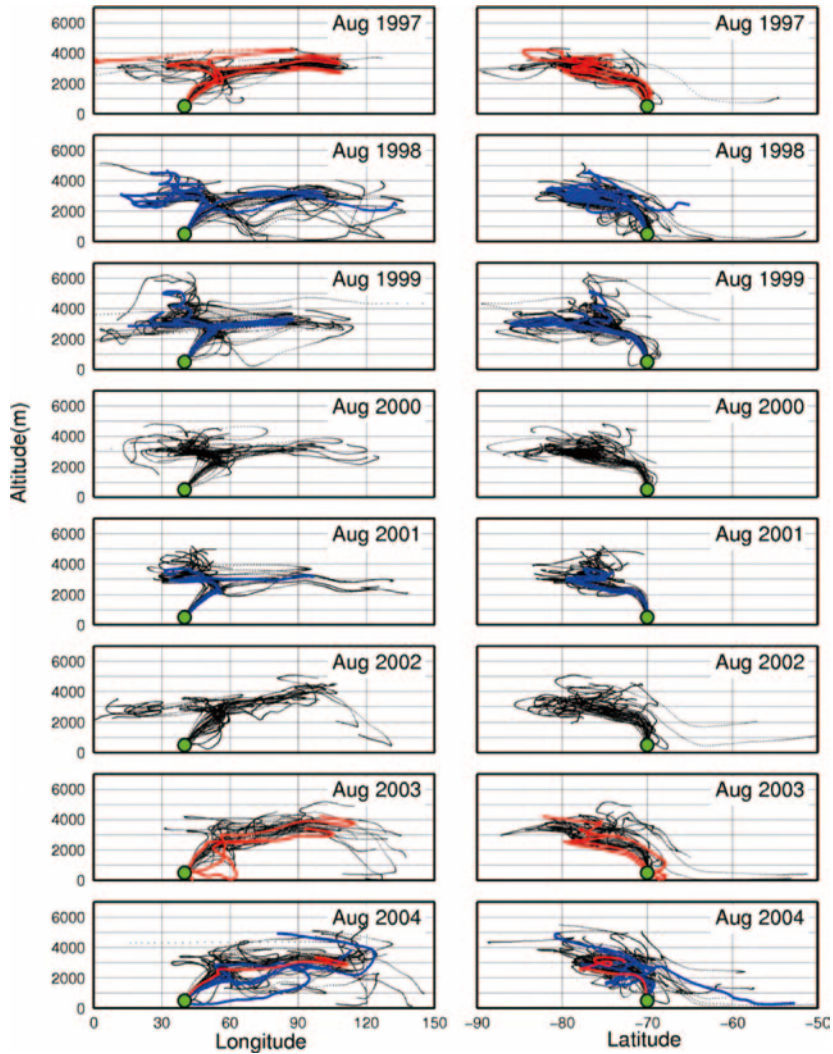


図 19 1997 年から 2004 年における 8 月の昭和基地上空 500 m を基点とした、5 日間の後方流跡線解析図の経度・高度断面図 (左) 及び緯度・高度断面 (右)。緑色の丸印は昭和基地を表す。計算開始時刻は 8 月の各日の 00 UTC。赤線は U 字型減少時、青線は V 字型減少時を示す。  
 Fig. 19. The longitude-height cross-section (left) and latitude-height cross-section (right) of backward trajectory analysis for 5 days at 500 meters above sea level over Syowa Station in August from 1997 to 2004. The green circle is Syowa Station. Calculation start time is 00 UTC of each day. The red lines and blue lines show at the time of the U-shaped depletion and the V-shaped depletion respectively.

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いことが報告されている (江崎ら, 2007)。しかし、図 18 に示した 5 日間の後方流跡線解析の結果では、U 字型減少時・V 字型減少時の空気塊は、その多くが南極大陸の内陸部から移流してきたもので

ある。また、図 19 からは U 字型、V 字型の地上オゾン濃度の現象をもたらすもたらさないに関わらず、昭和基地に到達する前の空気塊は、高度 3000 m から 4000 m 付近におおむね存在していることが分かる。1998 年 8 月、2003 年 8 月及び 2004 年 8 月は、空気塊の存在高度が上下方向に大きく変動しており、昭和基地周辺部及び昭和基地以北の海面付近で海塩粒子の補給を受けた空気塊が存在していた可能性がある。しかし、このうち地上オゾン濃度の減少をもたらしたケースは、2003 年 8 月の U 字型減少（この年は観測隊史上初めて、極夜明けの 7 月末から 8 月初めにかけての A 級ブリザードにより、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年である（江崎ら、2007））と、2004 年 8 月の V 字型減少の 2 例しかなかった。なお、1992 年 8 月に観測されたオゾン濃度の減少に関連した空気塊の水平スケールについての試算によれば、オゾン破壊をもたらした可能性のある空気塊のサイズは水平スケールが数百 km、鉛直スケールが約 3 km であったことが報告されている（青木、1997）。仮にこれらのオゾン濃度の減少をもたらした空気塊の水平スケールがこの程度であったと仮定しても、高度 500 m という低い高度からの流跡線解析を実施していることと、昭和基地は大陸沿岸の複雑な地形に位置していることなどにより、流跡線解析に用いた空間分解能 2.5 度格子の客観解析データでは地面付近の状況を十分に反映することができていない可能性もある。第 45 次隊では、5 月 31 日～6 月 2 日及び 6 月 11 日～14 日のブリザードにより 6 月下旬頃までリュツォ・ホルム湾内の海水が広く流出し海水面が出現した。このためこの期間は、海塩粒子の補給の可能性が十分にある空気塊が昭和基地へ輸送され、地上オゾン濃度の減少をもたらす可能性が高かったと考えられるが、同期間において地上オゾン濃度の減少は観測されなかった。この期間が極夜期であることから、地上オゾン濃度の減少と太陽光との関連を裏付ける一つの判断材料となるものと考えられる。

このような、地上オゾン濃度の現象は出現頻度・規模について程度の差こそあれ、8 月以降にも観測されることがある。大気混濁度、エアロゾル濃度等の観測との比較を行うなど、本現象の解明に向けて更に進んだアプローチを行う必要がある。

今後、地上付近のオゾンが、「どこで」、「どのように」破壊されているのかを解明するためには、上述の他に、地上オゾン濃度の減少をもたらす空気塊がどのように輸送されるのかをより高分解能の数値予報モデル等による昭和基地周辺部の詳細な調査を行うとともに、気水圏部門で観測する地上付近のエアロゾル量の変化（物理的側面）と、地上オゾンを破壊する化学過程（化学的側面）などについて、事例の解析を重ねていく必要がある。

## 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 全球基準地上放射観測網（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）ではあらたに毎秒サ

ンプリングの上向き放射観測を開始し、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 45 次隊では、これらの観測システムにより第 44 次隊より引き続き観測を行った。

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（091 号機）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 45 次隊ではこの MK III を第 44 次隊から引き続き観測を行った。加えて、第 44 次隊で持ち込んだ MK II（091 号機）により比較観測を行った。

観測種類と使用した測器を表 14 に示す。

(1) 下向き日射放射観測

観測項目は以下の通り。データは 1 秒ごとにデータロガーで収集した後に処理した。観測場所は気象棟前室屋上及び観測架台上（図 1 ①の位置）である。

(a) 全天日射量

精密全天日射計を用いた。

(b) 直達日射量

直達日射計を用い、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

表 14 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 14. 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&ZONE CM21T	305-2800 nm	000738	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&ZONE CH-1	300-2800 nm	990198 010276	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 遮へい球	KIPP&ZONE CM21T	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&ZONE UV-S-AB-T	280-315 nm	010548 030619	0.01 MJ/m <sup>2</sup>	1秒
	長波長放射量	精密赤外放射計	KIPP&ZONE CG4	4-50 μm	990001 030641 030642	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&ZONE CM21T	305-2800 nm	970397 980520	0.01 MJ/m <sup>2</sup>	1秒
	長波長放射量	精密赤外放射計	KIPP&ZONE CG4	4-50 μm	010565	0.01 MJ/m <sup>2</sup>	1秒
	B領域紫外線量	紫外域日射計	KIPP&ZONE UV-S-AB-T	280-315 nm	010548 030619	0.01 MJ/m <sup>2</sup>	1秒
その他	大気混濁度	サンフォトメータ	EKO MS-110	368 500 675 nm	S98153.01		10秒
	波長別 紫外域日射量	ブリュワー 分光光度計	SCI-TEC BREWER	286.5-363 290-325 nm	#168 #091	1μW/m <sup>2</sup>	1時間

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) 散乱日射量

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) B 領域紫外線量

全天型紫外域日射計を用いて B 領域紫外線全量を観測した。第 44 次隊で持ち込んだ Kipp & Zonen 社製紫外線計 (UV-S-AB-T) の測定範囲は 280–400 nm で、内部の温度調整器により 25°C に安定させてある。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、プリューワー分光光度計による UV-B 量観測値との比較により測器定数を月ごとに求める方法をとった。

(e) 下向き長波長放射量

精密赤外放射計により観測した。

(2) 上向き反射放射観測

観測棟下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) 反射日射量

精密全天日射計により観測した。

(b) B 領域紫外線反射量

全天型紫外域日射計により観測した。使用した紫外線計は、下向き B 領域紫外線量の観測に使用した紫外線計と同じ仕様の紫外線計 (Kipp & Zonen 社製 UV-S-AB-T) を使用しデータ処理についても同様に行った。

(c) 上向き長波長放射量

精密赤外放射計により観測した。

(3) 波長別紫外域日射観測

波長別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 0.5 nm 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 44 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 nm の 5 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

2004 年 2 月 1 日に第 44 次隊から観測を引継ぎ、第 45 次隊のデータ収録を開始した。

2004 年 4 月 6 日、強風のため、太陽追尾装置に設置されている太陽遮へいボール支持部が破損したほか、遮へいボールが著しく変形したため予備の部品との交換及び修理を行った。しかし、遮へいボール支持部の交換を行うことが出来ず、可能な限り調整を行ったが遮へいボールにより直射光を完全に遮へいできなかつたため、散乱日射データについては、太陽高度角が大きくなり、直接光の影響が無視できなくなった 8 月 23 日より 12 月 31 日の期間欠測とした。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

2004 年 2 月 1 日に第 44 次隊から観測を引継ぎ、第 45 次隊のデータ収録を開始した。

上向き放射観測用鉄塔 (以下、鉄塔という) は海氷上に設置されているが、鉄塔周辺部の融雪が著しく鉄塔が倒壊する可能性が極めて高くなったため、2005 年 1 月 19 日に鉄塔に設置されている全ての測器を撤収し観測を終了した。上向き放射観測データに関しては、鉄塔周辺の融雪状況等を考慮した上で第 46 次隊の地上日射放射観測の担当者と協議し、2005 年 1 月 1 日以降のデータを欠測とした。なお、2002 年 2 月には融雪量が多く、鉄塔の土台部分がむき出しとなり、強風時に鉄塔が倒壊している。

鉄塔周辺部の雪面の状況は年によって異なるが、海氷や積雪の融解が進むと鉄塔倒壊の危険性が高くなるほか、鉄塔の土台部分が露出するようになると上向き放射観測データの信頼性が著しく低下する。観測環境の改善のため、第 46 次隊では、新たな鉄塔の設置場所、設置方法について検討することとした。

##### (3) 波長別紫外域日射観測

2004 年に 2 月 1 日に第 44 次隊から観測を引継ぎ、ブリューワー分光光度計 MK III (168 号機) による観測を開始した。MK III は 9 月 30 日から 11 月 6 日までの間、分光部の異常により観測が出来なかつたため、同期間は第 44 次隊が比較観測用に持ち込んだ MK II (091 号機) により観測を行った。その他の月の観測はおおむね順調であった。越冬中、測器は光学系全体の波長感度を監視するため、外部標準ランプ点検を 10 日に一回程度行った。ブリザード等の強風時には測器の保護のため、受光部に保護具を取り付け、観測を中断した。MK III は第 45 次隊での観測終了後に国内へ持ち帰り、茨城県つくば市にある高層気象台において、米国の国立標準技術研究所 (NIST: National Institute of Standard and Technology) の照度付 1000 W 標準ランプによる感度変化の確認を行い、データ再計算時において観測値に補正を行った。

MK IIは、第45次隊においては2004年2月1日以降5月中旬、及び9月下旬以降越冬交代時の2005年1月末までMK IIIとの比較観測を行い、その他の期間は室内におい駆動系維持のための運転と外部ランプ点検を実施した。2005年2月、第46次隊にMK IIを引き継いだ。

#### (4) 大気混濁度観測

2004年2月1日に第44次隊から観測を引き継いだ。太陽追尾装置へのケーブル巻きつきによる追尾不良のため、短期間の欠測があった以外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20に下向き日射放射量日積算値の年変化を示す。

2004年の下向き日射放射観測については特徴的な変化は見られず、おおむね平年並みの観測結果であった。

#### (2) 上向き反射放射観測

図21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、地表面温度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。2004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徴的な変化は見られず平年並みであった。

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。2004年は特徴的な変化は見られなかった。長波の放射量は、正味放射量(▲)がほぼ全期間で負値となっており、年間を通じて上向き放射が卓越していることがわかる。また、図22からも明らかなように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。

#### (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波長帯別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も長い夏至(2004年は12月21日)に近くなる傾向

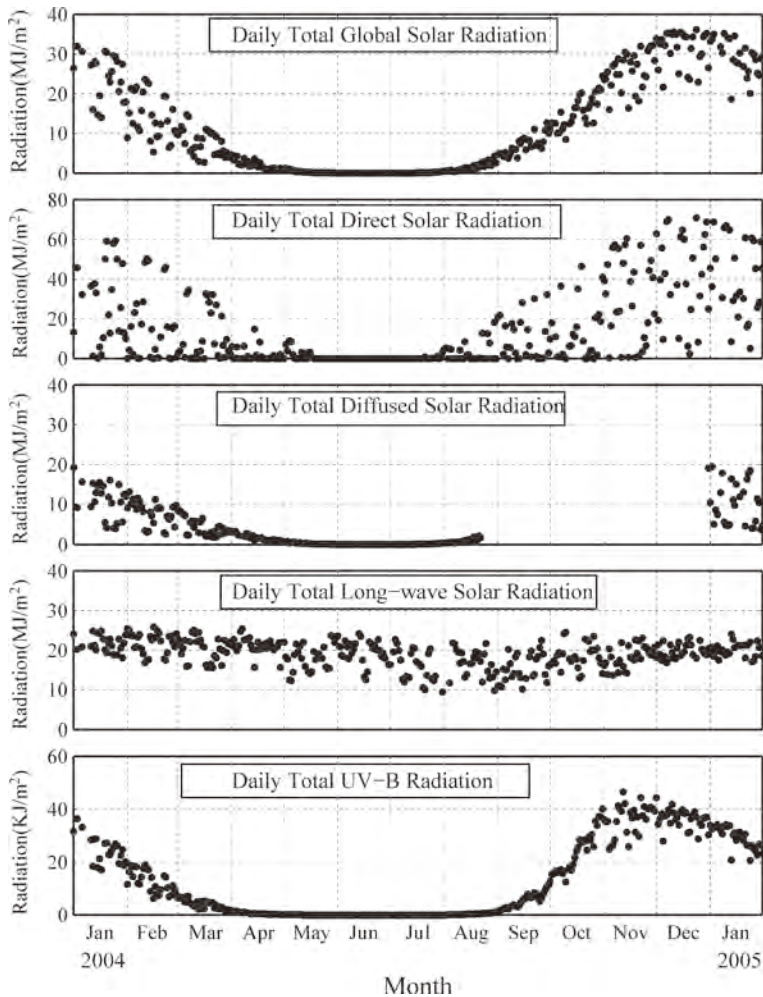


図 20 下向き日射放射量日積算値の年変化 (2004 年 1 月～2005 年 1 月)

Fig. 20. Annual variations in daily integrated values of downward radiation components (Jan. 2004–Jan. 2005).

がある。このため、300 nm 以下の波長帯では 10 月 31 日に、300 nm から 310 nm の波長帯では 11 月 12 日に、310 nm から 320 nm の波長帯では 12 月 1 日に日積算値の年間最大値を記録した。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 の波長帯では、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もなって、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

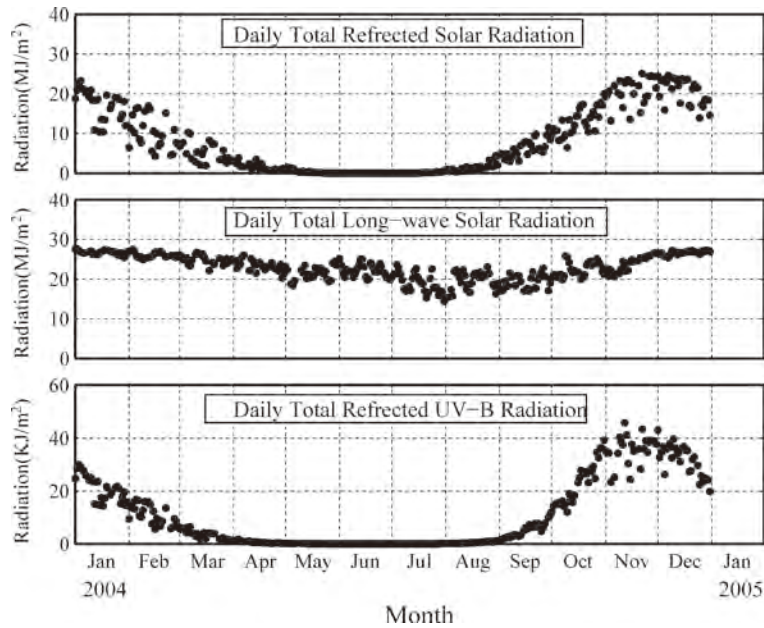


図 21 上向き反射放射量日積算値の年変化 (2004 年 1 月～2005 年 1 月)

Fig. 21. Annual variations in daily integrated values of surface upward radiation components (Jan. 2004–Jan. 2005).

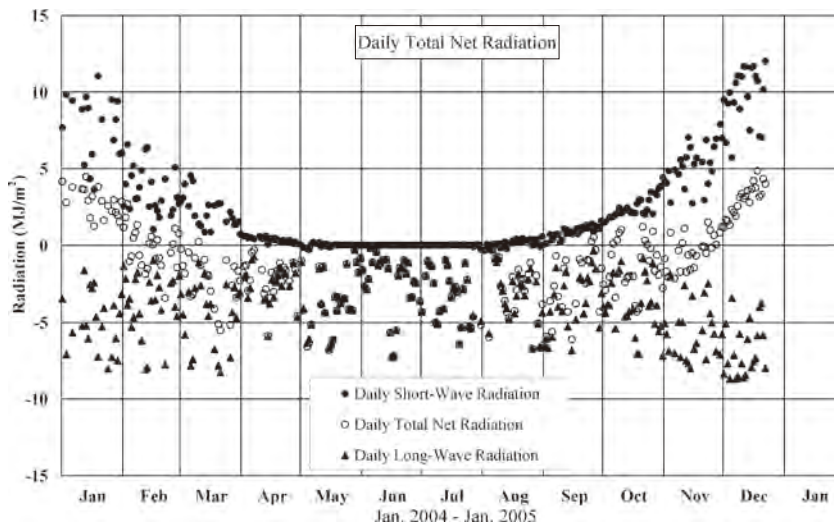


図 22 短波、長波及び全波長の正味放射量日積算値の年変化 (2004 年 1 月～2005 年 1 月)

Fig. 22. Annual variations in daily integrated net radiation of short wavelengths, long wavelengths, and all wavelengths (Jan. 2004–Jan. 2005).

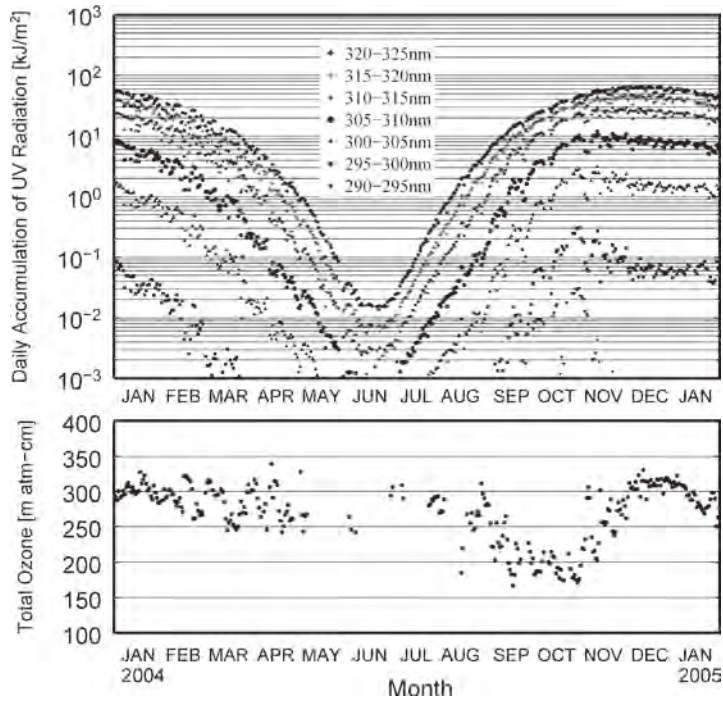


図 23 昭和基地における波長帯別紫外域日射量の日積算値（上図）とオゾン全量（下図）（2004 年 1 月～2005 年 1 月）

Fig. 23. Daily accumulated ultraviolet radiation integrated for each band (above) and total ozone amount (below) at Syowa Station (Jan. 2004–Jan. 2005).

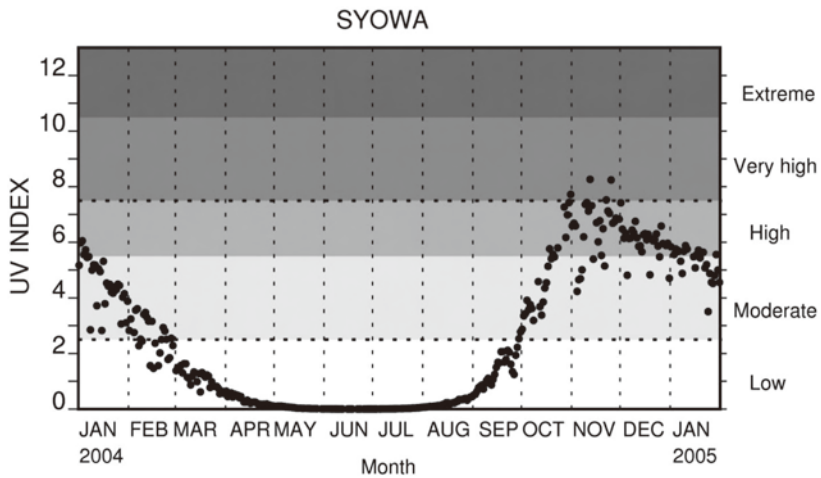


図 24 昭和基地における日最大 UV インデックスの年変化（2004 年 1 月～2005 年 1 月）

Fig. 24. Annual variation of daily maximum UV index at Syowa Station (Jan. 2004–Jan. 2005)

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 2004 年 1 月から 2005 年 1 月の日最大 UV インデックスの年変化を示す。

2004 年の最大 UV インデックス 8.26 は 11 月 12 日に記録した。これは日本の沖縄 (那覇) の 8 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 4 日から 6 日にかけては前後の記録と比べて UV インデックスが小さくなっている。これは、この日に昭和基地

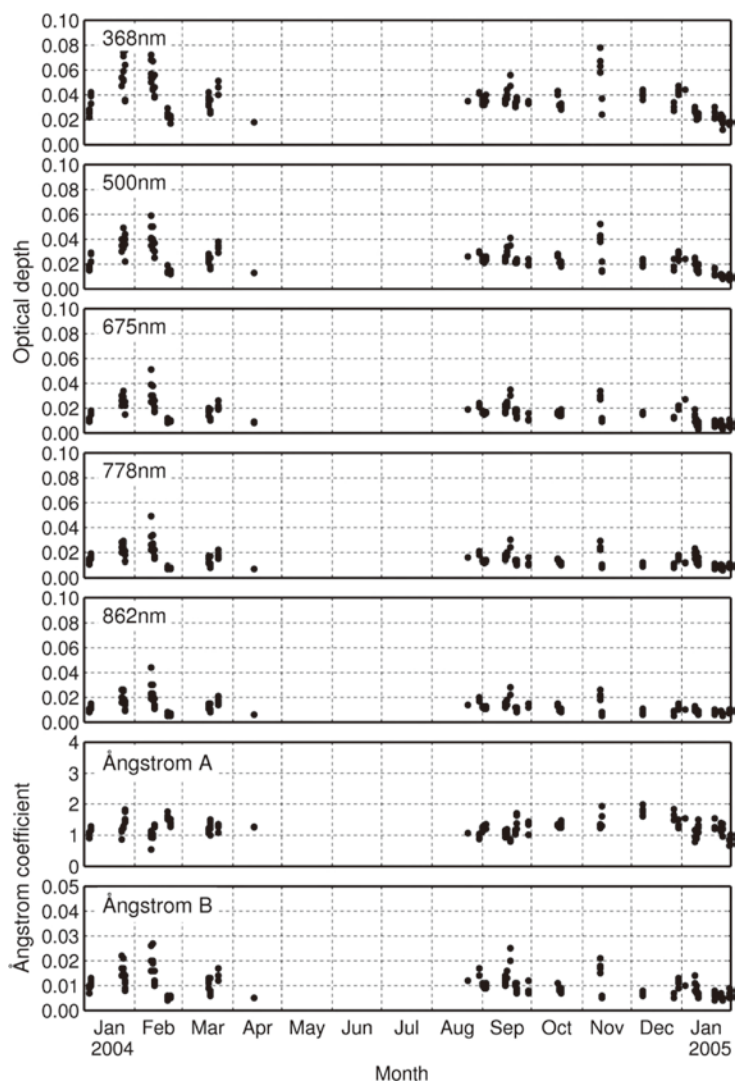


図 25 昭和基地における波長別エアロゾルの光学的厚さの季節変化 (2004 年 1 月～2005 年 1 月)  
 Fig. 25. Annual variations in aerosol optical depth for each wavelength at Syowa Station (Jan. 2004–Jan. 2005).

がオゾンホールの外となりオゾン全量値が 11 月 6 日では 306 m atm-cm 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 の観測値を元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、サンフォトメータでは波長別 (368, 500, 675, 778, 862 nm の 5 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。また、5 波長 (368-862 nm) の AOD から、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 44 次隊同様 0.00864 を用いた (東島ら, 2003)。

#### (a) 2004 年の観測結果

図 25 にサンフォトメータによる 5 波長 (368, 500, 675, 778, 862 nm) の各 AOD, 及び 368-862 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。5 波長の AOD は全期間ではほぼ同じような変化傾向を示しており、特に 2004 年 1 月から 2 月、11 月の AOD の変動が大きくなっている。

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、大気中の水蒸気の影響を受ける波長を含むた

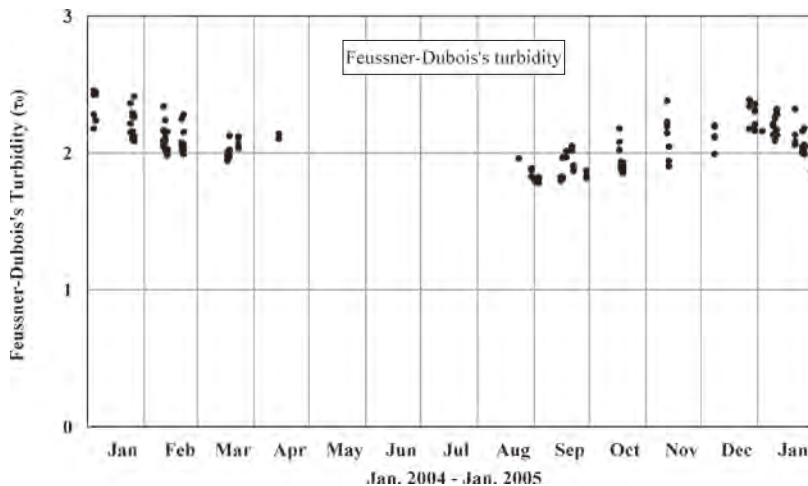


図 26 昭和基地における直達日射計によるホイスナー・デュボアの混濁係数の季節変化 (2004 年 1 月～2005 年 1 月)

Fig. 26. Annual variations in Feussner-Dubois's turbidity coefficient by pyrhelimeter at Syowa Station (Jan. 2004-Jan. 2005).

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 368–862 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。

この図を見ると 1980 年以降全球的に噴出物が拡散したとされる、1982 年 4 月のエル・チ

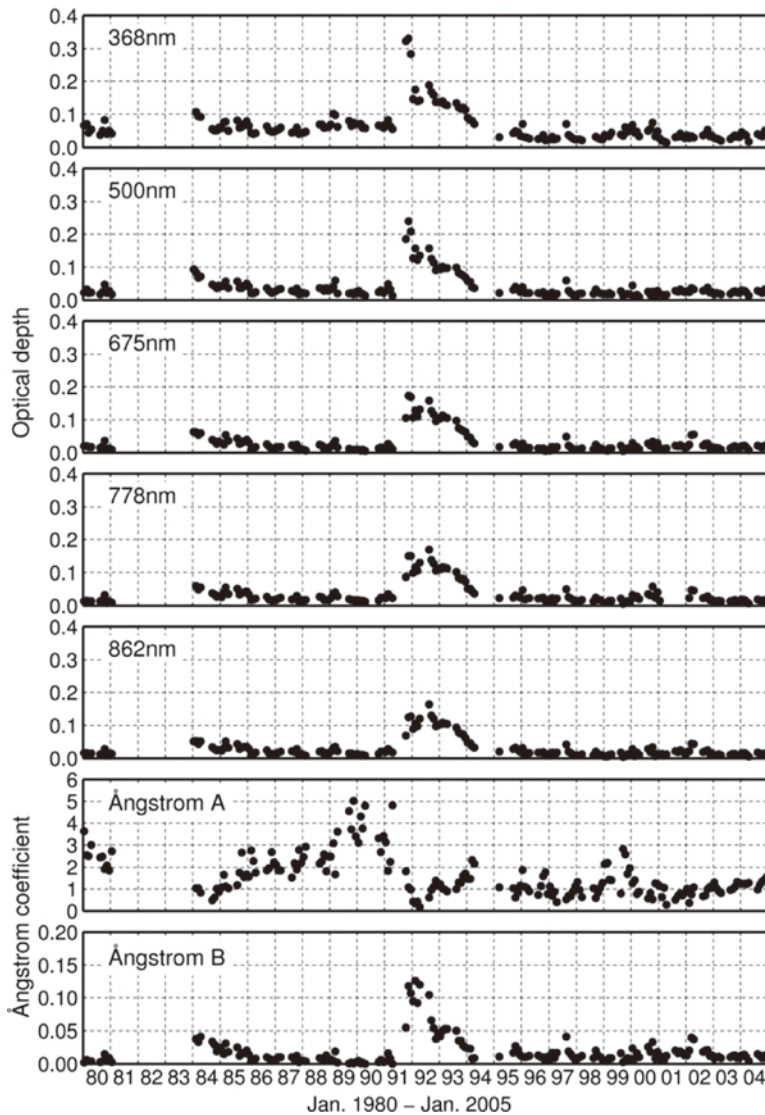


図 27 昭和基地上空の大気混濁度経年変化 (1980 年～2005 年)

Fig. 27. Time series of atmospheric turbidity above Syowa Station (1980–2005).



チヨン (17.20 N, 93.12 W), 1991 年 6 月のピナツボ (15.08 N, 120.21 E) の火山噴火の際に 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) の影響と見られる. その後の 1992-1993 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). 2004 年の値は, ほぼ平年並みであった. なお, 1981-1983 年の AOD の各波長の昭和基地における AOD データは存在せず, 1982 年 4 月のエル・チヨンの噴火による影響を評価することはできない. ただし, 昭和基地と同様な南極大陸沿岸域に建設されているロシアのミルニー基地 (66°33'S, 93°01'E) の観測結果によれば, エル・チヨンの噴火に伴い, 同基地の AOD (500 nm) の月平均値が, バックグラウンド値 (0.042, 1993-2005 年) の 2 倍を超える 0.1 以上となったことがわかっている (Tomasi *et al.*, 2007).

図 28 に直達日射量から求めたホイスナー・デュボアの混濁係数の経年変化を示す. サンフォトメータで観測した場合と同様, 1982 年 (4 月: エル・チヨン (17.20 N, 93.12 W)), 1991 年 (6 月: ピナツボ (15.08 N, 120.21 E)) 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ていることが分かる. 2004 年の値は, ほぼ平年並みであった.

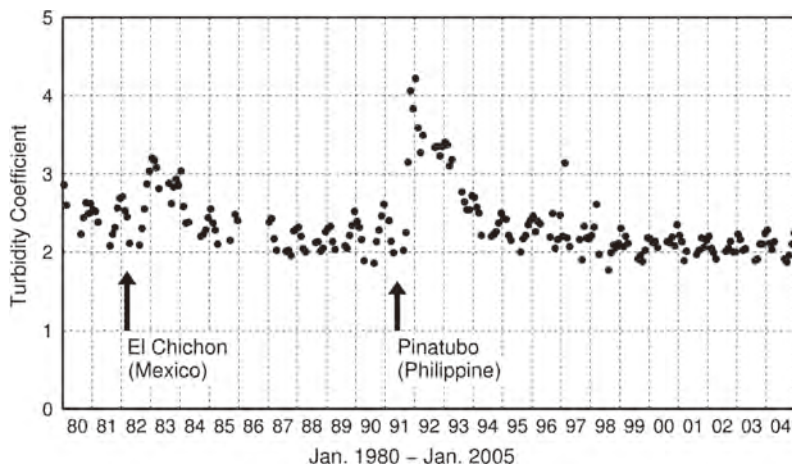


図 28 直達日射量から求めたホイスナー・デュボアの混濁係数の経年変化 (1980 年 2 月～2005 年 1 月)  
 Fig. 28. Time series of Feussner-Dubois's turbidity coefficient by pyrheliometer (Feb. 1980-Jan. 2005).

## 2.5. 特殊ゾンデ観測

### 2.5.1. エアロゾルゾンデ観測

エアロゾルゾンデ観測は、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」により開始され、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。第45次隊では5台のエアロゾルゾンデを持ち込み、観測を行った。

#### (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。南極域では、太陽の昇らない冬の極夜時期に気温が非常に低下し、成層圏では南極点を取り巻くように強い西風が吹く（極渦）。極渦の内部と外部の間では空気の混合が起りにくい。日射を吸収したオゾンによる加熱が無くなることから、極渦内部の下部成層圏は長波放射によって著しく低温となる。この低温下において、硝酸（ $\text{HNO}_3$ ）や氷晶（ $\text{H}_2\text{O}$ ）などを主成分とする極域成層圏雲（Polar Stratospheric Clouds；以下、PSCsと記す）が生成される。このPSCsの表面で特殊な化学反応が進み、さらに春になって太陽光の照射を受けることによりオゾンの破壊反応が一気に進行する（気象庁、2005b）。

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等（TYPE I）と、 $-85^\circ\text{C}$ 以下で生成する氷晶（TYPE II）がある。エアロゾルゾンデ観測の目的は、オゾンホール的重要な要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) 観測方法と測器

エアロゾルゾンデ観測に使用した飛揚器材を表15に示す。

##### (a) エアロゾルゾンデの構成

エアロゾルゾンデは、エアロゾルの検出・計測などを行う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行うレーウィンゾンデ部から構成される。OPC部とレーウィンゾンデ部は篠竹（約1.5 m）の両端に取付け、その間を信号線及び電源線で連結し、3000 gゴム気球に吊り下げて飛揚する。

OPC部は、ポンプによって毎分約 $3000\text{ cm}^3$ の流量でサンプルエアを吸引し、レーザー光を照射して得られる前方散乱光を利用して、サンプルエア内に含まれる粒径と粒子数を計測する仕組みとなっている。観測結果は、エアロゾルの半径 $> 0.15\ \mu\text{m}$ 、 $> 0.25\ \mu\text{m}$ 、 $> 0.4\ \mu\text{m}$ 、 $> 0.6\ \mu\text{m}$ 、 $> 1.8\ \mu\text{m}$ の5チャンネルを並行計測した20秒積算値とポンプ回転数等の粒子濃度を計測するために必要なデータ、及びレーウィンゾンデ部で測定した気象要素信号を組み合わせて、レーウィンゾンデ部の発信機部により地上受信設備へ伝送する。

表 15 エアロゾルゾンデ観測器材

Table 15. 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 (気象要素の感部・ 電波発信器)	RS-91 型 レーウィンゾンデ	高層気象観測用と同様、 但し、要素切り替え周期は 0.5 秒
	OPC 部 (粒子計測部)	エアサンプリング	ポンプ : アルミギアポンプ 気圧変化に応じ吸い込み容量をプログラム制御 サンプルエア流量 : 毎分約 3000cm <sup>3</sup> シースエア流量 : 毎分約 500cm <sup>3</sup>
		粒子検出方式	光源 : レーザーダイオード (波長 810nm) 散乱角 : 前方散乱方式 検出素子 : シリコンフォトダイオード 粒子は電圧のパルスとして検出され、パルス数か ら粒子数を、パルス電圧から粒径を計測する
		粒子検出チャンネル (半径 > 0.15 μm)	5ch 並行計測 粒子半径 > 0.15 μm (エアトケン核) > 0.25 μm, > 0.4 μm, > 0.6 μm (大核) > 1.8 μm (巨大核)
気球	天然ゴム製 3000g	ヘリウムガス充填、浮力鍾浮力 7000g 口管部補強のため合成樹脂製の口管部接続部品 を取り付ける 成層圏低温時は気球の油漬け処理を実施	
吊紐	ポリエステル製編紐 70m	強風時は巻き下げ器に替える	
パラシュート	不織布、大型	気球破裂後の降下時も可能な限り電波を受信	
駆動電池	Li 乾電池	Li 乾電池パックを使用	

## (b) 観測システム構成

エアロゾルゾンデから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。受信データは、要素の切り替え周期に同期して信号を分離し、デジタル化した後、高層気象観測装置データ処理部によって、データの蓄積及び観測処理計算を行った。

## (3) 観測経過

第 45 次隊では気象定常観測部門として 5 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 16 に各観測の主な目的、観測日時、到達気圧及び到達高度を示す。

## (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 29 に示す。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 (HNO<sub>3</sub> · 3H<sub>2</sub>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 の存在可能温度領域としている。

成層圏気温の観測結果によると、5 月下旬から TYPE I の存在可能温度領域が現れ、さらに低温化が進み、7 月上旬と中旬、8 月上旬と中旬に TYPE II の存在可能温度領域が継続して現れるようになった。7 月中旬以降は PSCs の存在可能温度領域の高度が徐々に低くなり (成

表 16 昭和基地におけるエアロゾルゾンデ飛揚状況  
 Table 16. 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	2004年 4月 18日 21時 11分	バックグラウンド観測	19.6	25.4
2	2004年 6月 18日 10時 57分	PSCs 生成時の観測	3.5	34.1
3	2004年 7月 7日 20時 57分	PSCs 発達時の観測	5.8	30.2
4	2004年 9月 18日 00時 17分	オゾンホール生成時の観測	365.4	7.0
5	2004年 10月 18日 17時 43分	オゾンホール時の観測	123.5	13.6

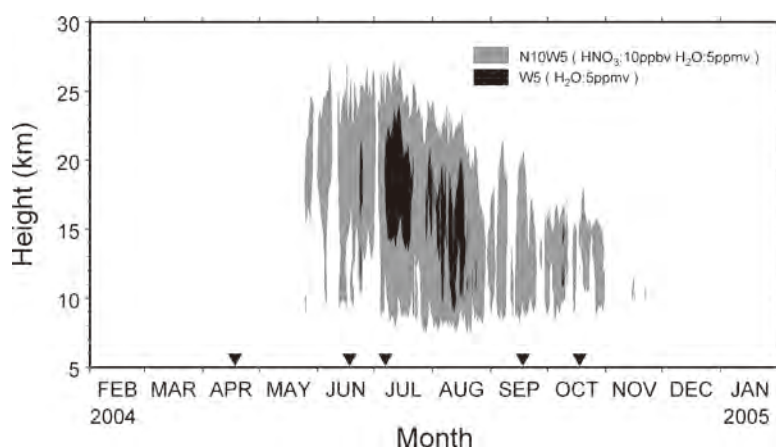


図 29 昭和基地上空の 2004 年 2 月から 2005 年 1 月における PSCs の存在領域 (高層気象観測の温度分布をもとに推定). 灰色領域は, タイプ I の PSCs, 黒色はタイプ II の PSCs を示す. 三角形 (▼) はエアロゾルゾンデ観測が行われた日を表す.

Fig. 29. Existence region of PSCs (estimated from the temperature distribution obtained by aerological observations) over Syowa Station (Feb. 2004–Jan. 2005). Gray area indicates PSCs (Type I); black area indicates PSCs (Type II). Triangles indicate days on which aerosol sondes were launched.

層圏上部から徐々に昇温傾向を示し), 8 月下旬から 10 月末までは, TYPE I の存在可能温度となる日が断続的となった. 11 月以降は PSCs の存在可能温度領域が見られなくなった.

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で得られたオゾン分圧の鉛直分布図を図 30-1, 30-2 に示す. エアロゾルの粒子濃度は, 粒子半径  $> 0.15 \mu\text{m}$ ,  $> 0.25 \mu\text{m}$ ,  $> 0.4 \mu\text{m}$ ,  $> 0.6 \mu\text{m}$ ,  $> 1.8 \mu\text{m}$  の各サイズの粒子が, 空気  $1 \text{cm}^3$  あたりに含まれる粒子個数 (以下, 粒子濃度 (個/ $\text{cm}^3$ ) と記す) で示す. 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粒子がカウントされる. エアロゾルゾンデ観測の気温グラフには, PSCs の TYPE I 及び TYPE II 生成温度の目安として, NAT (硝酸 10 ppv, 水蒸気 5 ppmv を

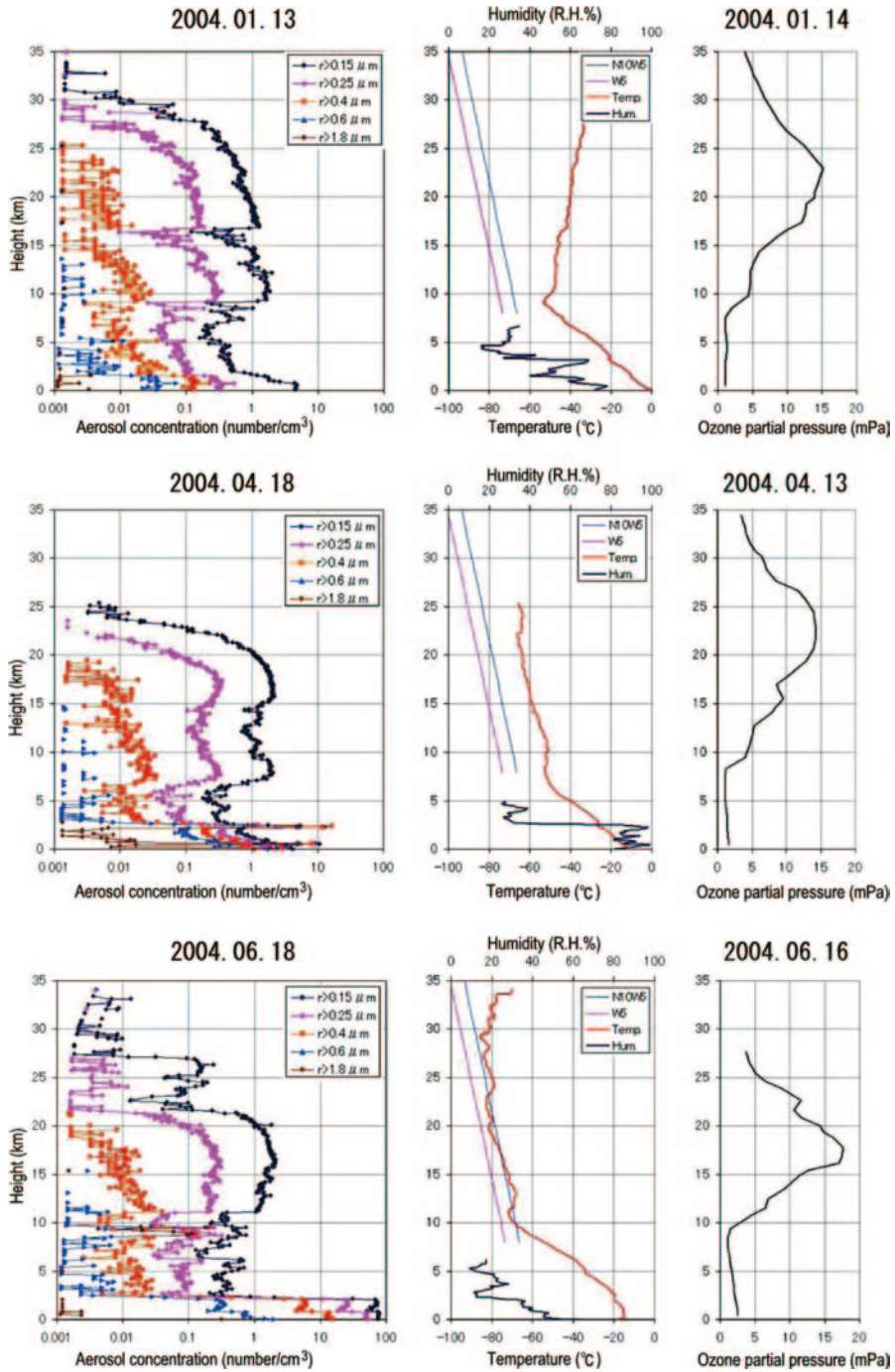


図 30-1 昭和基地上空におけるエアロゾルゾンデ観測結果及びオゾンゾンデ観測結果 (2004年1, 4, 6月)

Fig. 30-1. Results of aerosol sonde and ozone sonde observations over Syowa Station (Jan., Apr., Jun. 2004).

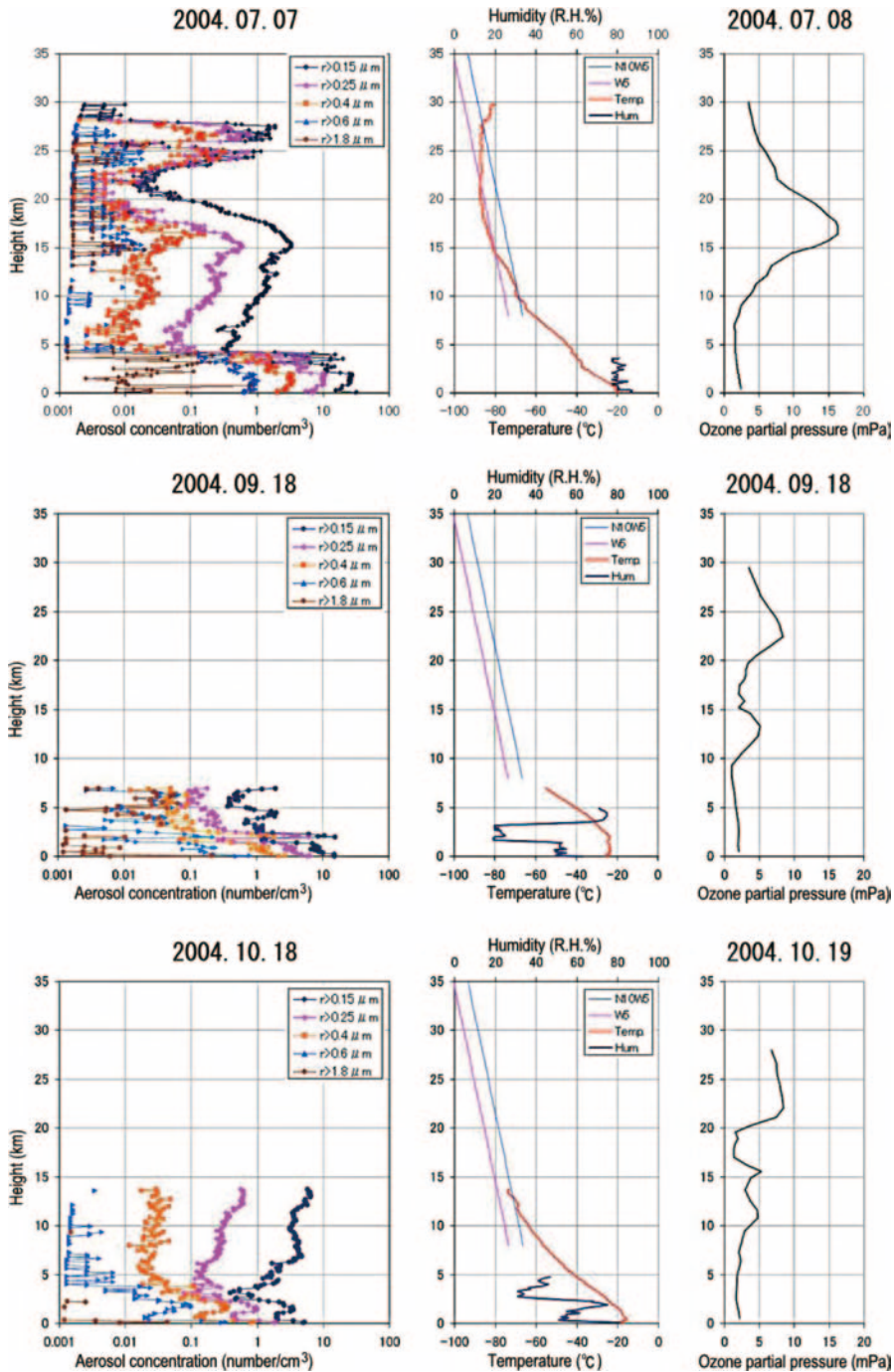


図 30-2 昭和基地上空におけるエアロゾルゾンデ観測結果及びオゾンゾンデ観測結果 (2004年7, 9, 10月)

Fig. 30-2. Results of aerosol sonde and ozone sonde observations over Syowa Station (Jul., Sep., Oct. 2004).

仮定) 及び氷 (水蒸気 5 ppmv を仮定) の析出温度線を重ね合わせる。

(a) 夏期から秋期 (1 月, 4 月)

2004 年 1 月 13 日, 第 44 次隊のエアロゾルゾンデ観測であるが, 引継ぎを兼ねて合同で実施したので, 年変化を比較する参考として掲載する。全体の傾向としては, 対流圏界面である高度 9 km 付近より上で粒子濃度が濃くなっており, 高度と共に減少する傾向にあるが, 高度 16 km 付近に粒子濃度の低い層が見られる。極渦の崩壊により中緯度との混合によりエアロゾルが高い高度まで多くなっている。

2004 年 4 月 18 日, PSCs 発生前のバックグランド観測として実施した。対流圏における粒子濃度の変化は 1 月とほぼ同様であった。対流圏界面である高度 7.5 km 付近以上の下部成層圏において, 半径  $> 0.15 \mu\text{m}$ , 半径  $> 0.25 \mu\text{m}$  の粒子の濃い状態にあり, 高度 18 km 付近をピークとしたユンゲ層が観測されている。半径  $> 0.4 \mu\text{m}$  の粒子濃度は対流圏界面付近の濃度が高く, その後は高度と共に減少している。

(b) PSCs 生成期・発達期 (6-7 月)

2004 年 6 月 18 日の観測では, 対流圏界面である高度 10 km 付近と, 高度約 16 km から約 23 km にかけて成層圏の気温が PSCs (TYPE I) の存在可能温度まで下がった。成層圏の気温は, この頃から PSCs (TYPE I) の存在可能温度以下となる日が継続し始めた (図 29)。対流圏界面付近で半径  $> 0.4 \mu\text{m}$ , 半径  $> 0.6 \mu\text{m}$ , 半径  $> 1.8 \mu\text{m}$  の粒子濃度が顕著に濃くなっている。対流圏界面から 22 km 程度までは 4 月のバックグランド観測と同様の傾向であるが, 22 km から 27 km 付近にかけては, 半径  $> 0.15 \mu\text{m}$ , 半径  $> 0.25 \mu\text{m}$  の粒子濃度が濃くなっている部分が 4 月のバックグランド観測と異なる。

高度約 2 km 以下の地上付近で粒子濃度が濃くなっているが, 同日は気水圏のモニタリング観測においても, 地上のエアロゾル濃度が高く, 湿度も高くないことから, 南極ヘイズ現象と推察される。南極ヘイズ現象は, 化学分析によるとそのエアロゾルのほとんどが海塩粒子で構成され, 昭和の通常レベルより高めのススも含まれていたことから, 中緯度から輸送されたエアロゾルが薄まりつつ南極海で発生した海塩粒子と混合し, 降雪やブリザードに取り込まれずに昭和基地まで運ばれて来たものによる現象と報告されている (原ら, 2008)。

2004 年 7 月 7 日の観測では, 成層圏気温はさらに低下しており, 高度約 9 km から約 27 km にかけて PSCs (TYPE I) の生成温度以下, 高度約 15 km から約 22 km にかけては PSCs (TYPE II) の存在可能温度以下となった。TYPE II の存在可能温度以下となった高度付近では, 特に半径  $> 1.8 \mu\text{m}$  の粒子濃度が濃くなっており, 成長の進んだ PSCs 粒子を捕らえている。また, TYPE I の存在可能温度以下となっている高度約 22 km から 27 km 付近では, エアロゾル濃度が濃く, 半径  $> 0.4 \mu\text{m}$  の割合が高くなっている。これは, 高度 22 km から 28 km 付近に入ってきた新しいエアマスが低温によって PSCs に成長したものと推定される。

なお、この日は観測準備時には雲量が少なく好天であったものの、飛揚時には弱い降雪が観測されており、この雪と雲の影響により高度約 4 km 以下で粒子濃度が濃くなっている。

(c) 成層圏オゾン減少期 (9 月, 10 月)

2004 年 9 月 18 日の観測は、飛揚後にレーウィンゾンデ部に不具合が発生し、観測要素の一部が伝送されなくなった。このため、地上でのデータ分離（デジタル変換）ができない状態となったことから観測を中止した。

2004 年 10 月 18 日の観測は、飛揚中に OPC 部に不具合が発生し（光学系の不具合と思われる）高度 14 km 以上における観測データの信頼性がないことから、観測を打ち切った。

(5) 季節変動の考察

昭和基地でのエアロゾルゾンデ観測は、対流圏及び成層圏下部のエアロゾル粒径分布の直接観測を定常的に通年実施しており、世界的にも貴重な観測となっている。1997 年 4 月から第 45 次隊までに計 52 回のエアロゾルゾンデ観測が行われている。これまでの、観測実施日一覧を表 17 に示す。これらの観測結果から、昭和基地の成層圏エアロゾルの長期変動として、高度 10 km 及び 15 km では、半径  $> 0.4 \mu\text{m}$  の粒子濃度が観測開始（1997 年）から 2000 年にかけて減少傾向となっていること、また、高度 20 km においては、半径  $> 0.15 \mu\text{m}$ 、半径  $> 0.25 \mu\text{m}$  の粒子濃度の季節変化量が 2000 年までは、年を経るごとに大きくなる傾向にあり、成層圏エアロゾル層の厚みが薄くなっていることを示す報告がされている（木津・林, 2007）。本編においては、各隊次が観測した粒径別粒子濃度を季節あるいはイベントごとにグループ化し、高度ごとに平均して求めたエアロゾル濃度の年変動を図 31 に示す。エアロゾルゾンデ観測は、各隊次の観測ターゲットに沿って観測を行っているため、PSCs の出現と成長による沈降、極渦崩壊による大気の状態など季節ごとの特徴が良く現れている。なお、対流圏については、雲の影響が大きいため平均場での解析が難しいので、今回は成層圏に限ってエアロゾルの季節変動を確認した。

(a) 3, 4, 5 月：バックグラウンド観測 (10 例)

各隊次が実施している観測で、対流圏界面付近（高度約 9 km）から高度 25 km までユンゲ層が観測されている。ユンゲ層は硫酸エアロゾルが主成分と考えられており、バックグラウンドエアロゾルとして知られる。大きな粒子のエアロゾルは成層圏下部に限られる。

(b) 6 月：PSC s 生成時の観測 (9 例)

極夜の季節であり、極渦の内部では、成層圏の気温の冷却が進む。この頃、成層圏下部では PSCs が生成され始める。高度 15 km から 25 km 付近に大きな粒子のエアロゾルが存在しており、例えば高度 20 km 付近にある半径  $> 0.25 \mu\text{m}$ 、半径  $> 0.4 \mu\text{m}$ 、半径  $> 0.6 \mu\text{m}$ 、半径  $> 1.8 \mu\text{m}$  のピーク高度を比べると粒径が大きいほど高度が低い。このことは、極渦内に閉じ込められた形成された PSCs が成長し、その一部が沈降している過程を示している。



表 17 昭和基地におけるエアロゾルゾンデの観測日

Table 17. Date of aerosol sonde observations at Syowa Station from 1997 to 2004.

	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
1月		1/28		1/22	1/20	1/22	1/7	1/13
2月			2/2				2/22	
3月					3/18			
4月	4/2	4/30	4/26	4/17	4/18	4/13	4/3	4/18
5月	5/27							
6月			6/18 6/29	6/15 6/27	6/3 6/30	6/27	6/19	6/18
7月	7/3	7/14	7/11	7/13	7/16		7/25	7/7
8月	8/19				8/5	8/2 8/5 8/9		
9月	9/22	9/24	9/8			9/24	9/24	9/18
10月		10/6	10/27	10/16	10/9			10/18
11月							11/5	
12月							12/5	

## (c) 7月：PSCs 発達時の観測（7例）

成層圏の冷却化が進み、氷粒子が析出する温度領域が継続する時期である。高度 20 km から 27 km 付近の各粒径のピーク高度をみると、半径  $> 0.15 \mu\text{m}$  が 24 km、半径  $> 0.4 \mu\text{m}$  と半径  $> 0.6 \mu\text{m}$  が 22 km、半径  $> 1.8 \mu\text{m}$  が 21 km と 6月に比べてその高度差が明瞭になっており、PSCs が発達して大きな粒子を形成しそれが重力によって沈降している過程を示している。

## (d) 8月：PSCs 終盤期の観測（6例）

極渦が高い高度から崩れ始め、成層圏の温度も高い高度側から昇温しはじめる。成長したエアロゾル粒子が沈降するため、高度 25 km 付近より上のエアロゾルが少なくなっている。

## (e) 9, 10, 11月：オゾンホール時期の観測（11例）

太陽光線により PSCs 表面ではオゾン破壊が進む。一方では、成層圏の温度が上昇し、PSCs の存在可能な温度領域が出現しなくなる。高度 20 km 付近より上のエアロゾルが極端に少ない状況がオゾンホール時期の特徴となっている。

## (f) 12, 1, 2月：成層圏オゾン回復期の観測（9例）

極渦が崩壊し中緯度からオゾンと共にエアロゾルを多く含んだ空気塊が運ばれ成層圏上部のエアロゾル濃度が濃くなる。また白夜の季節でもあり、成層圏の温度が上昇して気層が厚くなることと相まって一年のうちで一番高い高度までエアロゾル粒子が存在する環境である。海洋プランクトン起源の COS（カルボニルサルファイト）や CS<sub>2</sub>（二硫化炭素）が成層圏まで拡散し、光化学反応により硫酸エアロゾルを生成するのもこの季節である。

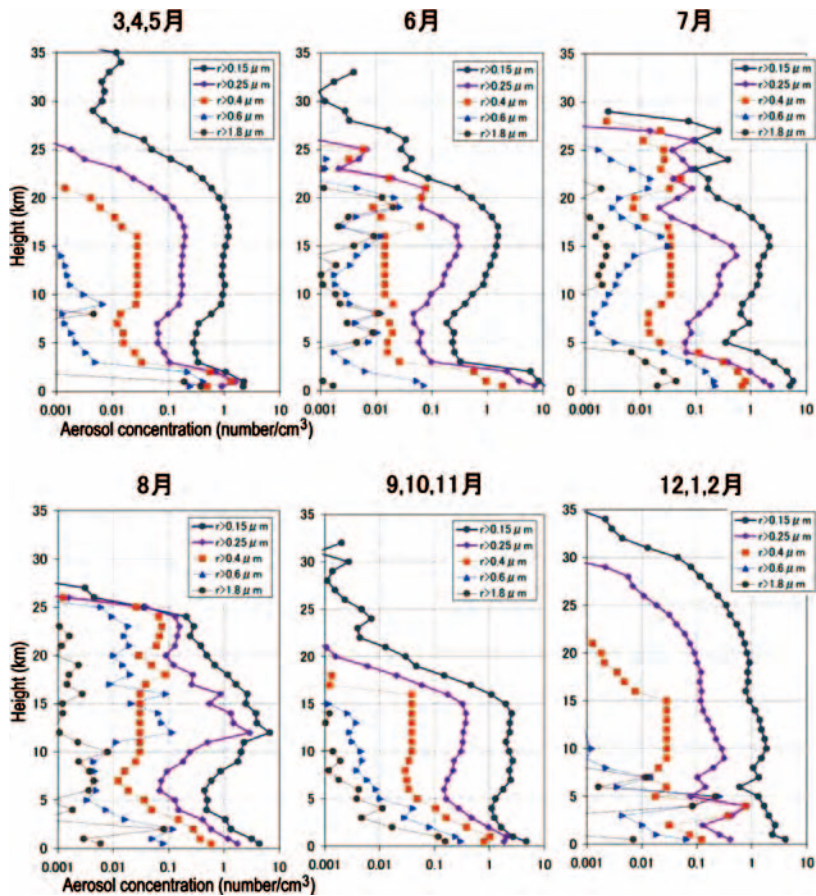


図 31 昭和基地上空におけるエアロゾル濃度の年変動（1997年～2004年の月または季節別平均値）  
 Fig. 31. Annual variations of monthly mean aerosol concentrations over Syowa Station from 1997 to 2004.

## 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45次隊よりインテルサット（国際電気通信衛星機構）によるインターネット常時接続環境が整ったことを機に，2004年8月末より気象庁数値予報データ（GRIB形式：国際気象通報式二進形式格子点資料気象通報式）を同庁データサーバよりFTPにて自動取得・天気図の自動作成を行い，昭和基地内イントラネットHPで公開した。また，ドームふじ基地運用時には，随時天気図を作成し，電子メールにて送信した。

### 2.6.1. 解析に用いた資料

#### (1) 気象庁作成天気図 (2004 年 9 月 7 日まで)

気象庁作成の天気図を 2004 年 4 月 22 日まではインマルサット FAX, その後 2004 年 9 月 7 日までは電子メールにより気象庁南極事務室経由で入手した. 内容は以下の通り.

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

#### (2) 気象庁数値予報格子点資料

気象庁全球予報モデル格子点資料及び気象庁全球波浪モデル格子点資料 (共に 00 UTC, 12 UTC 初期値) を気象庁 RSMC サーバより FTP 取得し, 2004 年 10 月より昭和基地気象棟にて各種天気図の自動作成を開始し, 気象棟 HP で公開した. 内容は以下の通り. 主な天気図を図 32 に示す.

##### (a) 気象庁全球予報モデル

①初期時刻: 00・12 UTC

②予報時間: 初期値から 84 時間予報まで 6 時間間隔.

12 UTC については 96 時間予報から 192 時間予報まで 12 時間間隔.

③天気図の種類:

南半球地上天気図 (海面更正気圧, 積算降水量, 相対湿度, 気温, 風向風速)

南半球 500 hPa 天気図 (等圧面高度, 気温, 相対渦度)

南半球 100 hPa 天気図 (等圧面高度, 気温)

南半球 30 hPa 天気図 (等圧面高度, 気温)

昭和基地時系列予報 (気圧, 気温, 風向, 風速, 降水量)

S17, ドームふじ基地時系列予報 (等圧面高度, 気温, 風向, 風速)

昭和基地周辺天気図 (海面更正気圧, 積算降水量, 気温, 風向風速, 500 hPa 相対渦度)

昭和基地周辺多画面図 (海面更正気圧, 積算降水量, 気温, 風向風速, 500 hPa 相対渦度)

しらせ航行域天気図 (海面更正気圧, 積算降水量, 気温, 風向風速, 500 hPa 相対渦度)

しらせ航行域多画面図 (海面更正気圧, 積算降水量, 気温, 風向風速, 500 hPa 相対渦度)

##### (b) 気象庁全球波浪モデル

①初期時刻: 00・12 UTC

②予報時間: 初期値から 84 時間予報まで 6 時間間隔

③天気図の種類:

しらせ航行域波浪予報図 (有義波高, 波の進行方向, 波の周期)

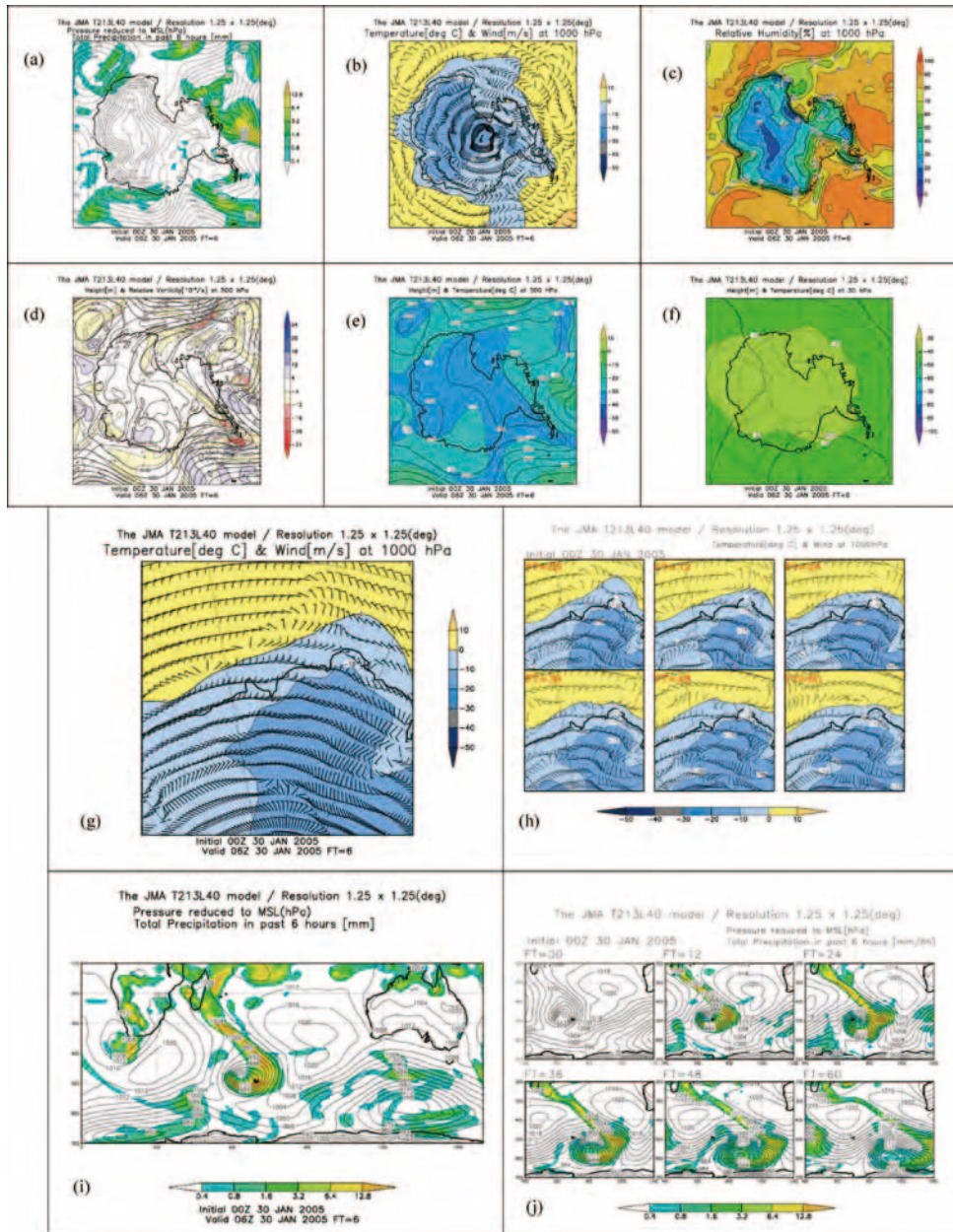


図 32 作成した天気図の例 (2005 年 1 月 30 日 00 UTC 初期値)。  
 南半球天気図 (a)海面更正気圧・積算降水量(6 時間), (b)温度・風(1000hPa), (c)相対湿度 (1000hPa),  
 (d)等圧面高度・渦度 (500hPa), (e)等圧面高度・気温 (500hPa), (f)等圧面高度・気温 (30hPa),  
 (g)昭和基地周辺天気図, 温度・風 (1000hPa) (h)昭和基地周辺多画面図, 温度・風 (1000hPa)  
 (i)しらせ航行情域天気図, 海面更正気圧・積算降水量 (6 時間)  
 (j)しらせ航行情域多画面図, 海面更正気圧・積算降水量 (6 時間)

Fig. 32. The examples of weather charts (initial time: Jan. 30, 2005, 00 UTC).

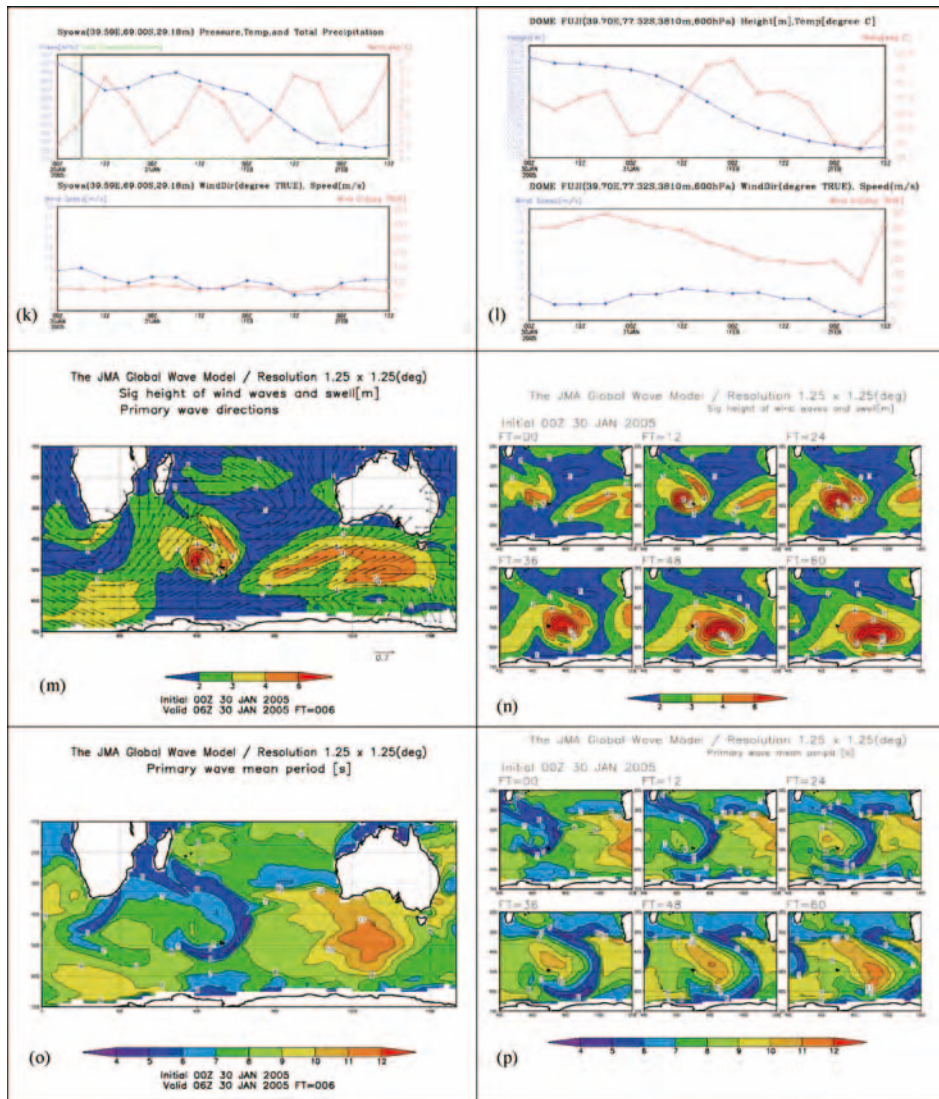


図 32 (続き).

- (k) 昭和基地時系列予報, (気温・気圧・降水量・風向・風速)
- (l) ドームふじ基地時系列予報, (気温・等圧面高度(600hPa)・風向・風速)
- (m) しらせ航行域波浪予報図, 有義波高・波の進行方向
- (n) しらせ航行域波浪予報多画面図, 有義波高
- (o) しらせ航行域波浪予報図, 波の周期
- (p) しらせ航行域波浪予報多画面図, 波の周期

Fig. 32 (continued).

しらせ航行域波浪予報多画面図（有義波高，波の周期）

(3) 無線 FAX 放送天気図（2004 年 2 月末まで受信）

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．

(4) 極軌道衛星雲画像

NOAA-12, 15 及び 17 号の赤外及び可視画像 1 日 5-10 枚．

極軌道衛星 NOAA の赤外及び可視画像．

(5) ロボット気象計

S16（昭和基地の東方向，標高 500 m，海岸から約 10 km）地点及びとつし岬（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．

(6) 各国数値予報センター等作成天気図，衛星画像及びオゾン層解析値

インターネットにて各国数値予報センター等が HP で公開する解析値及び予報値を利用した．また，(3)，(4) の FAX 放送天気図と同等なものが HP 上で入手可能となったため，FAX 放送天気図の受信を中止した（2004 年 2 月末）．

また，各種衛星画像の取得，閲覧を行い天気解析の参考とした．なお，以下の①～④については，資料（画像ファイル等）の取得・印刷を時刻起動にて行った．

（主な参照先と URL（当時））

① AMPS（Antarctic Mesoscale Prediction System）

<http://www.mmm.ucar.edu/rt/mm5/amps/>

② オーストラリア気象局作成インド洋天気図（00 UTC）

<http://www.bom.gov.au/archive/charts/YYYY/MM/IDX0033.YYYYMMDD0000.gif>

（12 UTC）

<http://www.bom.gov.au/archive/charts/YYYY/MM/IDX0033.YYYYMMDD1200.gif>

③ オーストラリア気象局作成南半球 500 hPa 解析図（00 UTC）

<http://www.bom.gov.au/archive/charts/YYYY/MM/IDX0008.YYYYMMDD0000.gif>

（12 UTC）

<http://www.bom.gov.au/archive/charts/YYYY/MM/IDX0008.YYYYMMDD1200.gif>

YYYY, MM, DD はそれぞれ年，月，日の意味であり可変．

④ 南アフリカ気象局作成天気図

<http://www.weathersa.co.za/ship/ship.gif>

⑤ ECMWF（ヨーロッパ中期予報センター）予報図

<http://www.ecmwf.int/>

⑥ ウィスコンシン大学コンボジット衛星画像

<http://amrc.ssec.wisc.edu/compmovie.html>

⑦ NASA (米国航空宇宙局), TOMS によるオゾン全量解析値

<http://jwocky.gsfc.nasa.gov/>

**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。さらに、オゾンホール期には数値予報資料等を参考にし、適切なタイミングで観測を実施した。

**2.7. その他の観測**

**2.7.1. 内陸旅行中の気象観測**

第 45 次隊気象部門は、2004 年 8 月 14 日から 9 月 22 日の中継拠点旅行、10 月 18 日から 10 月 27 日の H150 旅行、10 月 11 日から 11 月 11 日のドームふじ往路と、2005 年 1 月 23 日から 2 月 5 日のドームふじ帰路において気象観測を行った。旅行ルートを図 33 に示す。

(1) 観測方法と測器

中継拠点旅行、H150 旅行及びドームふじ基地への往路及び帰路（以下、ドームふじ旅行という）の観測項目及び気象観測測器を表 18 に示す。旅行中は、中継拠点旅行及びドームふじ旅行では、雪上車に設置した気象観測装置と携帯用測器を用いて観測し、H150 旅行では、旅行隊装備品である携帯用測器にて観測し、視程、天気、雲、大気現象は目視により観測した。

(2) 観測経過

(a) 中継拠点旅行（2004 年 8 月 14 日～9 月 22 日）

中継拠点旅行では、目視観測を含む観測は、06, 09, 12, 15, 18, 21 LT を基本としたが、旅行中の行動にあわせて観測時刻の前後することがあった。観測は雪上車の影響を受けないように風上側で行った。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、これより低い気圧では、雪上車に設置した振動式気圧計を使用した。

(b) H150 旅行（2004 年 10 月 18 日～10 月 27 日）

H150 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。

(c) ドームふじ旅行（往路 2004 年 10 月 11 日～11 月 11 日、復路 2005 年 1 月 23 日～2 月

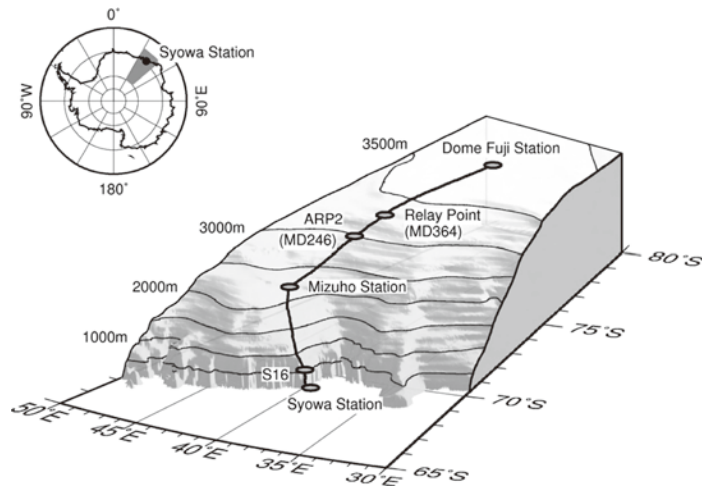


図 33 昭和基地からドームふじ基地への経路

Fig. 33. Traverse route form Syowa Station to Dome Fuji Station.

表 18 旅行中に使用した気象観測測器等一覧表

Table 18. Instruments and accuracy of meteorological observations 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	1 hPa	±1 hPa	携帯用アネロイド型気圧計	中継拠点旅行 H150 旅行に使用
	0.1 hPa	±0.1 hPa	振動式気圧計	中継拠点旅行(730 hPa 以下) ドームふじ往復路に使用
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
	0.1 °C	±0.5 hPa	電気式温度計	中継拠点旅行(-50 °C 以下) ドームふじ往復路に使用
風向	1°	±5°	ハンドベアリングコンパス	旅行中に使用
風速	1 m/s	±0.5 m/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	10 m(目視)		目視	
大気現象			目視	

5 日)

ドームふじ旅行では、03, 06, 09, 12, 15, 18 UTC を目途に停止した旗地点において、目視観測を含む観測を行った。このため移動中については観測時刻が正時でないことがある。観測は雪上車の影響を受けないように風上側で行った。また風向については、雪上車ポール設置の風車型風速風向計を目安にした。



### (3) 観測結果

#### (a) 中継拠点旅行

図 34 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 滞在中の旅行出発時と終盤の大陸沿岸部をのぞき、慢性的な地ふぶきとなった。8 月 29 日～9 月 5 日、9 月 8 日～9 月 16 日は視程が 100 m 未満、8 月 31 日～9 月 3 日には高い地ふぶきで視程が 10 m 未満となることがあった。気温・気圧は高度が高くなるにつれて低くなり、旅行中の最低気温は中継拠点で  $-60.0^{\circ}\text{C}$  を記録し、最低気圧は中継拠点で  $624.0\text{ hPa}$  を記録した。

最大風速は、MD ルート (MD50, 178, 242) にて  $16.0\text{ m/s}$  を記録した。

#### (b) H150 旅行

図 35 に観測結果を示す。旅行中の天候は、10 月 22 日以降、ほぼ毎日のように地吹雪となった。風速は最大で  $20\text{ m/s}$  を超え、視程は 10 m から 50 m で推移し、S16 等での停滞を余儀なくされた。気温は、H80 で 10 月 20 日に最低気温  $-24^{\circ}\text{C}$  を記録した。なお、10 月 23 日 12 時より、風速計が破損したことに伴い、風速の観測を欠測としている。

#### (c) ドームふじ旅行

##### ① ドームふじ旅行往路

図 36 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、ふぶきのため視程が 1 km 未満になった日が 6 日あり、そのうち 1 日は停滞した。気温は、S16 出発後高度が高まるにつれて低くなり、11 月 4 日 23 UTC に最低気温  $-61.6^{\circ}\text{C}$  を記録した。

##### ② 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、2 月 3 日以降は薄曇りが多く、風速が  $10\text{ m/s}$  をおおむね超え、地ふぶきや吹雪となり視程が 100 m になることがあった。気温は、2 月 4 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。旅行中通して地ふぶきのため視程が 1 km 未満になった日は 4 日だった。

### 2.7.2. 航空機による大気混濁度観測

気水圏部門のピラタス機による大気エアロゾルサンプリングにあわせて、高度 18000 ft までの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/S91037.05) を用い、2004 年 9 月から 12 月の期間に、ピラタス機上において計 11 回の大気混濁度観測を実施した。

観測は、原則として地上 6000, 12000 及び 18000 ft の 4 高度で行い、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。なお、地上での観測は、原則として飛行前と飛行後の 2 回行った。

観測はピラタス機の後部の小窓を開けて携帯型サンフォトメータを太陽光に向け、手動で太陽を追尾した。なお、携帯型サンフォトメータを用いた航空機による大気混濁度観測は第

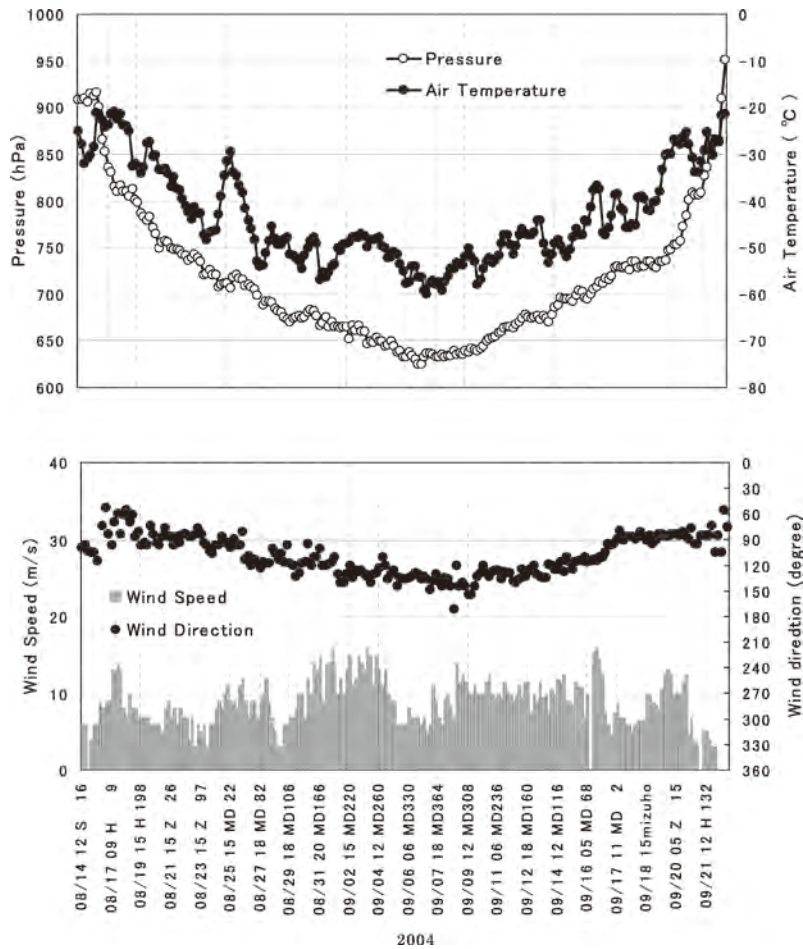


図 34 中継拠点旅行中の気象観測データ (2004 年 8 月 14 日～9 月 22 日)

Fig.34. Surface meteorological observation data during the traverse to relay point (Aug. 14–Sep. 22, 2004).

37 次隊でも行われており、高度とともに大気混濁度が単調に減少する事例と全層にわたって大気混濁度がほぼ一様な事例が報告されている (江崎ら, 2000).

## (2) 観測結果

図 38 にエアロゾルの光学的厚さ (AOD), 03・15 LT における高層気象観測によって得られた相対湿度及び気温の高度分布を観測日別に示す. 観測の困難さもあり一部に不整合も見られるが、この中でおおむね良好と見られる 9 回分の観測結果を示す. なお、368 nm の観測データは他の観測データとの整合が悪くデータから削除している. また、高層気象観測データの高度は AOD の観測高度とあわせるため、メートル値に 3.2808 を乗じて、フィート値に変換してある.

一般に AOD は高度の増加と共に減少するが、AOD の観測結果は次の 2 つに大別すること

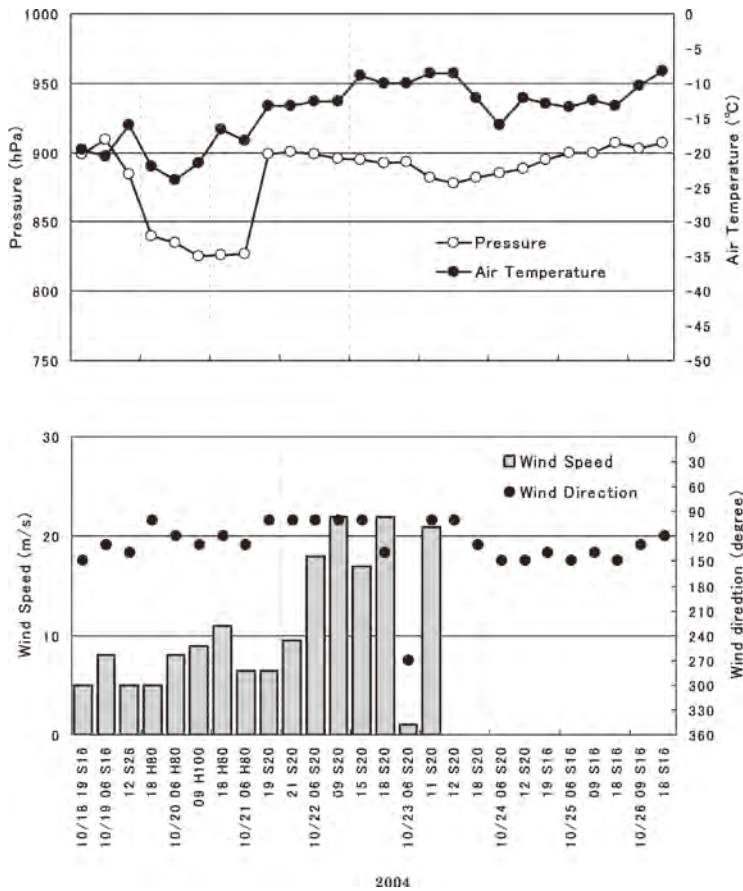


図 35 H150 旅行中の気象観測データ (2004 年 10 月 18 日～10 月 26 日)  
 Fig. 35. Surface meteorological observation data during the traverse to H150 (Oct. 18–Oct. 26, 2004).

ができる。①高度の増加と共に AOD 値が単調に減少するもの (9 月 21 日, 9 月 22 日, 10 月 7 日, 11 月 1 日)。②高度が増加しても AOD 値がほぼ一定であるもの (10 月 17 日, 11 月 6 日, 11 月 14 日, 11 月 19 日, 11 月 29 日)。①の場合には, 地上から高度約 6000 ft までの逆転層または中立 (図中の青矢印) な層が観測されていることから, 鉛直混合が起りにくく, AOD 値が単調に減少していると考えられる。一方, ②の場合には, 不安定成層をしているため, 鉛直混合が起りやすく, その層での AOD 値が, ほぼ一定していると考えられる。特に②の場合で相対湿度が約 70 から 80% の値の層 (図中の赤矢印部) が観測されている 10 月 17 日, 11 月 19 日, 11 月 29 日については, 03・15 LT の相対湿度の鉛直プロファイルはおおむね一致しており, それらの層の AOD 値が大きくなっている。今回, AOD 値と高層気象観測から得られた相対湿度・気温から定性的な比較を行ったが, AOD の観測時刻と高層気象観測時刻は異なり, また, 相対湿度については, 気温の観測と比べて, 観測ごと

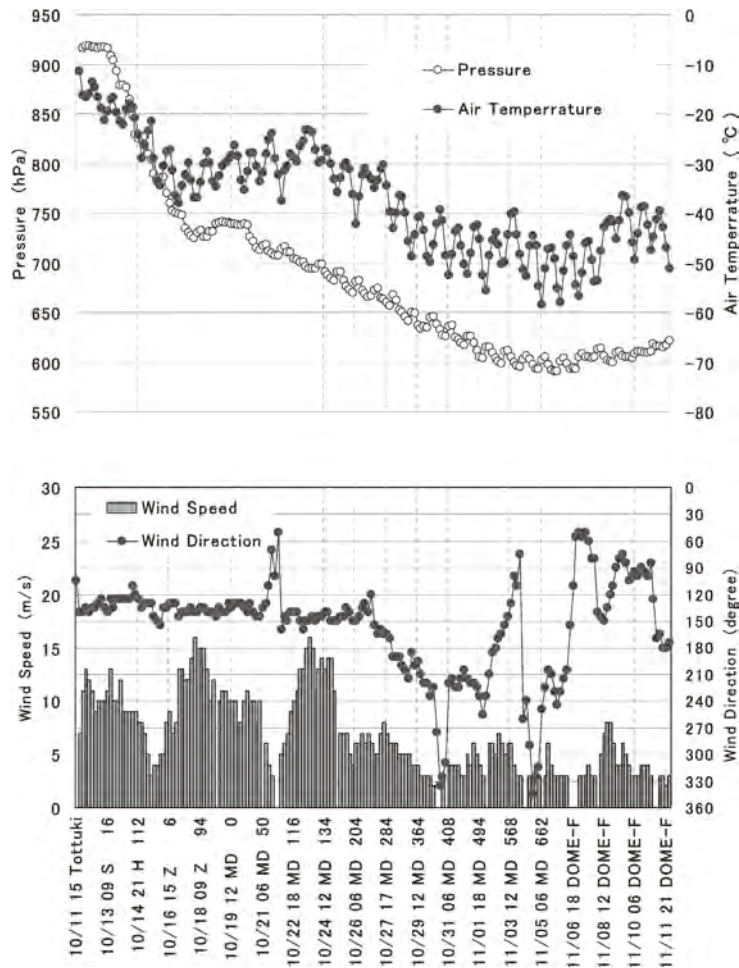


図 36 ドームふじ基地旅行往路の気象観測結果 (2004 年 10 月 11 日～11 月 11 日)  
 Fig. 36. Surface meteorological observation data from Tottuki Misaki to Dome Fuji Station (11 Oct.–11 Nov. 2004).

に大きく変動することがあり (図中央), 厳密に取り扱うことは困難である。また, 一定高度を飛行する小型航空機から携帯型サンフォトメータのスポットに太陽光を合わせるという簡易な観測方法 (実際の観測は容易ではない) であることを考慮すると共に, 他の観測データとの比較を行い慎重に判断する必要がある。

### 2.7.3. その他の観測

ロボット気象計や移動気象観測装置 (2 式) 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 45 次隊では第 44 次隊より引き継いだ S16 ロボット気象計及びとっつき岬に設置した簡易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

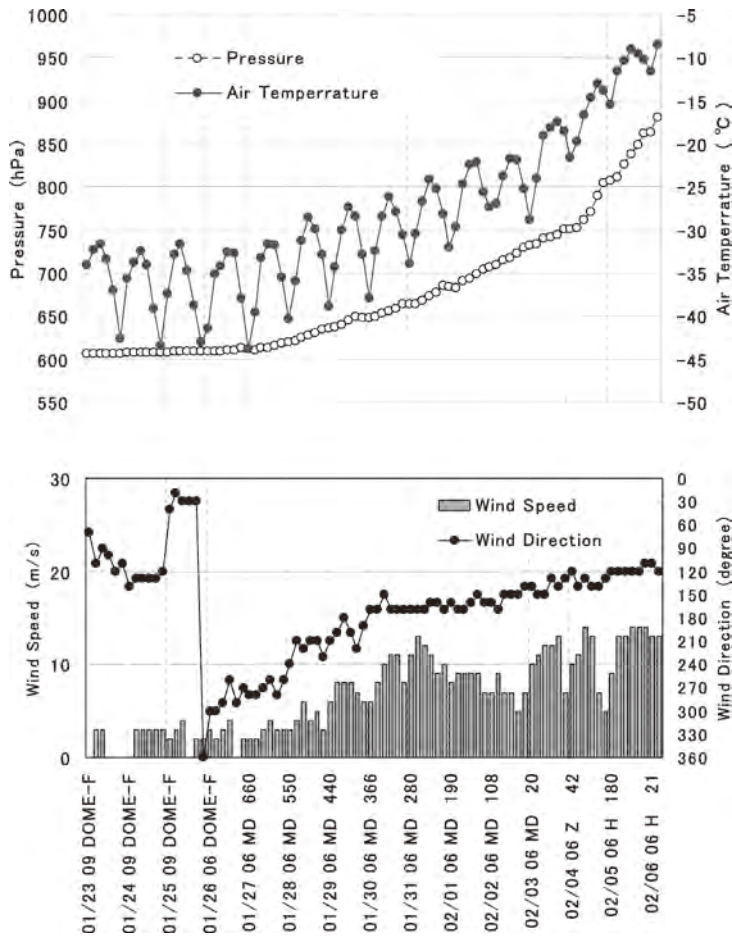


図 37 ドームふじ基地旅行復路の気象観測結果 (2005 年 1 月 23 日～2 月 6 日)  
 Fig. 37. Surface meteorological observation data from Dome Fuji Station to S16 (23 Jan.-6 Feb. 2005).

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。また、2004 年 9 月 20 日から 10 月 23 日にラングホブデ沖の海水ルート上に移動気象観測装置を設置し、観測を行った。

(1) 観測方法と測器、観測経過

・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、高層気象観測以外の時間帯にロボット気象計からの電波を受信し観測を行った。

1, 2, 5 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

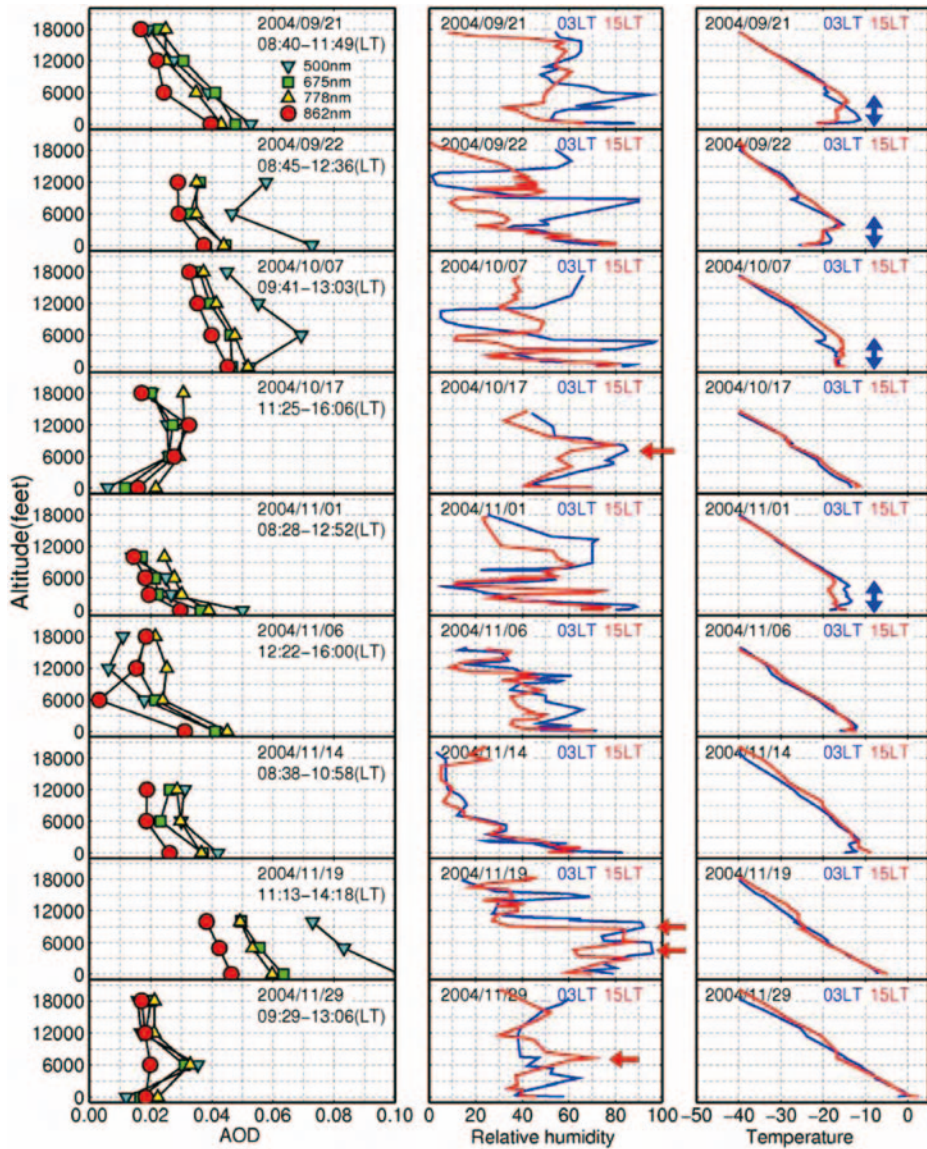


図 38 航空機観測による昭和基地上空のエアロゾルの光学的厚さ (左), 03・15 LT の高層気象観測によって得られた相対湿度 (中央) 及び気温 (右) の鉛直分布.

Fig. 38. Vertical profiles of aerosol optical depth by flight observations over Syowa Station (left); Vertical profiles of relative humidity (center) and temperature (right) by aerological observations at Syowa Station.

換ができなかった。このため電池の起電力が低下し 2004 年 6 月 28 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 21 日から観測を再開し、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 7 月にバッテリー交換を行い、11 月 4 日には風向風速計、気温・気圧測定感部及び発信器部の更新と風力発電装置の設置を行った。2005 年 1 月には第 46 次隊との引継ぎの際に確認したところ、良好に充電されていた。

・とっつき岬簡易気象計

とっつき岬露岩帯 (68°54.670'S, 39°49.162'E) に 2004 年 1 月、第 44 次隊との引継ぎ時に、移動気象観測装置 (MAWS: ヴァイサラ社製) の設置を行い、その後通年観測を行った。観測項目は 1 時間ごとの気圧・気温・風向・風速で、5, 8, 10, 12 月、2005 年 1 月に観測データの回収を行い、5, 8 月にバッテリーの交換を実施した。2005 年 1 月 28 日第 46 次隊との引継ぎ時に移動気象観測装置とバッテリーを撤収し観測を終了した。

・海氷上での観測

ラングホブデ沖海氷ルート上 (69°15.321'S, 39°35.895'E. 第 45 次隊 LS ルートポイント 1) に 2004 年 9 月 20 日から 10 月 23 日の期間、移動気象観測装置を設置し、観測を行った。観

表 19 昭和基地周辺における地上気象観測使用測器等一覧表 (2004 年 2 月～2005 年 1 月)  
Table 19. Observation elements, frequency of observations, minimum unit, instruments at the periphery of Syowa Station (Feb. 2004–Jan. 2005).

観測種目	観測 最小単位	昭和基地	とっつき岬	S 1 6	
現地気圧	0.1 hPa	電気式気圧計 (静電容量型) PTB220	電気気圧計 (静電容量型) PTB16A	空ごう気圧計 (静電容量変化式)	
気温	0.1 °C	電気式温度計 (白金抵抗型) Pt-100	電気式温度計 (白金抵抗型) QMH101	ガラスコートサーミスタ	
相対湿度	1 %	電気式湿度計 (静電容量型) MP233LJM	電気式湿度計 (静電容量型) QMH101	なし	
風向	1 °	風車型風向風速計 FF-11	風向計 QMW101	風向計 (11 月まで)	風車型風向風速計 (CVG-5103-VM) (11 月から)
風速	0.1 m/s		三杯型風速計 QMW101	三杯型接点式 風速計 (11 月まで)	
全天日射量	0.01 MJ/m <sup>2</sup>	日射日照計 (全天電気式日射計) MS-62F	なし	なし	
観測時刻	1 分	1 分	60 分	1 分 (高層気象観測時を除く)	
緯度(南緯)	0.1 ′	69° 00.3 ′	68° 54.4 ′	69° 54.7 ′	
経度(東経)	0.1 ′	39° 34.8 ′	39° 49.1 ′	40° 02.4 ′	
海面上から高さ	0.1 m	20.5 m	15.0 m	560.0 m	

測項目は10分ごとの気圧、気温、湿度、風向、風速、全天日射量である。

## (2) 観測結果

とっつき岬とS16の観測データを1年間にわたり取得できたことから、各地点の観測データと昭和基地の観測データとを比べ、それぞれの地域特性について確認した。測器の種類や測定場所の高度・観測時刻などを表19に示す。それぞれのデータサンプリング間隔が異なるため、取得データから日平均値を算出した。地上気圧、気温、風速について求めた日平均値を図39に時系列で示す。S16は6月に、とっつき岬は10月にバッテリー切れのための欠測部分がある。とっつき岬、S16とも昭和基地の観測と大きく異なる傾向は認められず、年間を通して昭和基地と同様の時系列変化をしている。なお、S16の地上気圧に大きな差となっているのは高度の違いによる。

次に季節別に昭和基地との偏差を比べてみた。季節は第45次隊の観測結果(2004年2月1日～2005年1月31日)を、秋:3月～5月、冬:6月～8月、春:9月～11月、夏:12月～2月とし、とっつき岬、S16の各日平均値から同日の昭和基地の観測値を差し引いた値を各

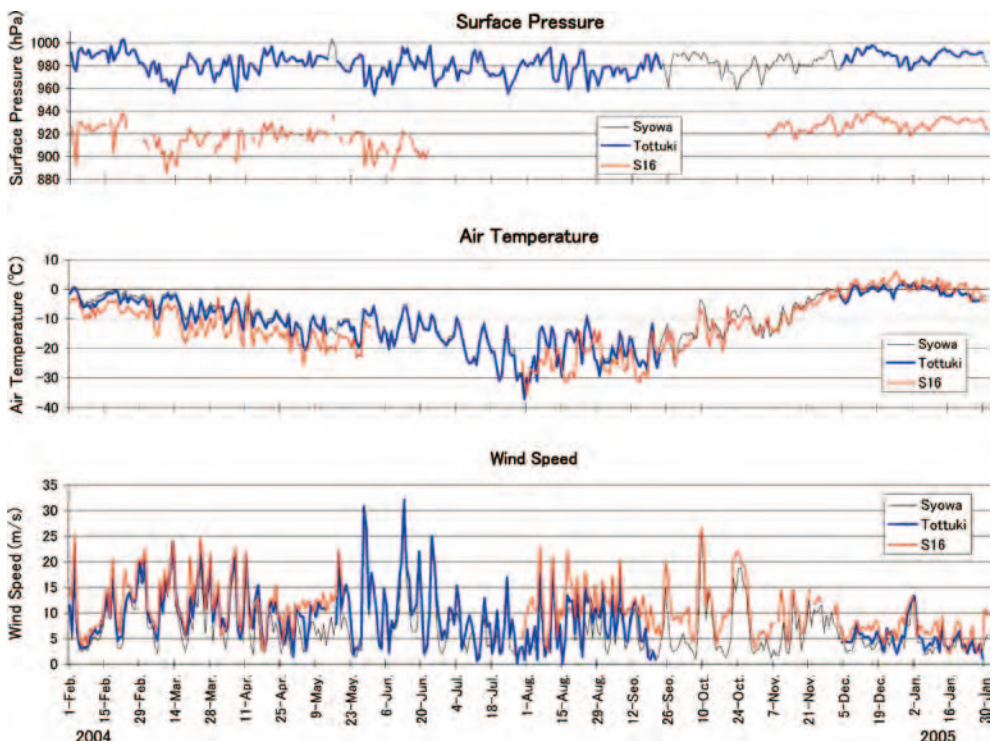


図 39 とっつき岬、S16、昭和基地で観測した地上気圧、気温、風速の日平均値の比較(2004年2月～2005年1月)

Fig. 39. Comparison of daily means of surface meteorological data among Syowa Station, Tottuki Misaki and S16 (Feb. 2004–Jan. 2005).



季節で平均し、その結果を図 40 に示す。

とつっき岬は、全年平均では、昭和基地に比べて気温は 0.9℃ 低く、現地気圧は 0.3 hPa 高く、風速は 1.8 m/s 強い程度であり、昭和基地と大きく変わらない。

S16 は、全年平均では、昭和基地に比べて気温は 3.0℃ 低く、現地気圧は高度差の影響もあり 63.0 hPa 低く、風速は 4.0 m/s 強い結果を示した。季節変化では、気温は、秋にもっとも昭和基地との気温差が大きく低温となっており、冬、春、夏の順に差が小さくなっている。S16 の観測装置には通風機構が無いので、風が弱い日には日射によりきょう体及び気温センサーが暖められることが影響していると推察される。特に 1 月には昭和基地と同じ気温や昭和基地より高い気温の日もある (図 39 の気温のグラフ)。風は通年昭和基地より強く、冬にもっとも差が大きくなっている。

とつっき岬及び S16 の気候は、平均的な場においては昭和基地と同様の時系列変化を示しているが、低気圧の接近に伴う気圧急変や、カタバ風、ブリザード等の視程障害、強風や降雪の降り始めなどにおける地域特性を知ることが出来れば、気象情報の提供に役立つ。第 45 次隊では、ラングホブデ沖海水ルート上の気象データも収集したが、今後も昭和基地周辺の地上気象観測データの蓄積と解析を進め、昭和基地周辺の気象特性を把握し、これらの観測データから悪天の兆候をいち早く捕まえることが可能となることが望まれる。

現状において S16 の気象データは、昭和基地周辺の実況データとして昭和基地で入手でき

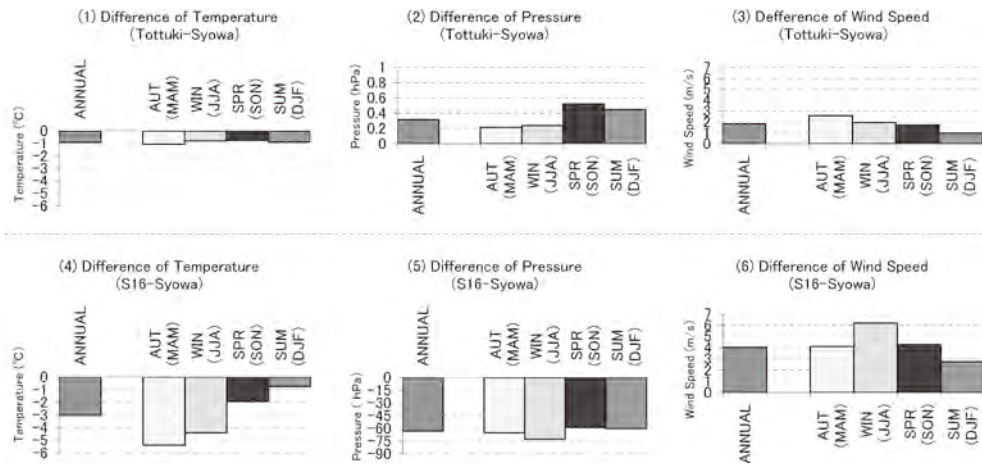


図 40 とつっき岬と S16 で観測した気圧・気温・風速 (日平均値) と、昭和基地の観測値との季節別偏差。とつっき岬と昭和基地との比較を (1), (2), (3), S16 と昭和基地との比較を (4), (5), (6) に示す。秋 (2004 年 3, 4, 5 月), 冬 (2004 年 6, 7, 8 月), 春 (2004 年 9, 10, 11 月), 夏 (2004 年 2, 12 月, 2005 年 1 月)。

Fig. 40. Difference of daily mean temperature, surface pressure and wind speed at Syowa Station, Tottuki Misaki and S16. Comparison between Syowa Station and Tottuki Misaki is (1), (2) and (3). Comparison between Syowa Station and S16 is (4), (5) and (6). AUT. (Mar., Apr. and May 2004), WIN. (Jun., Jul. and Aug. 2004), SPR. (Sep., Oct. and Nov. 2004), SUM. (Feb., Dec. 2004 and Jan. 2005).

る唯一のリアルタイムデータである。今回、S16 気象ロボットに風力発電装置を設置したことにより、極夜期間や夏期間に S16 へ渡れない場合のバッテリー切れを防ぐことが可能となり、安定した観測データの取得が期待される。

### 3. ドームふじ基地での観測

#### 3.1. 地上気象観測

##### 3.1.1. 概要

ドームふじ基地での観測は、氷床掘削のためドームふじ基地を再開した翌日の 2004 年 11

表 20 ドームふじ基地における地上気象観測使用測器等一覧表 (2004 年 11 月～2005 年 1 月)  
Table 20. Observation elements, frequency of observations, minimum unit, instruments at Dome Fuji Station (Nov. 2004–Jan. 2005).

観測項目	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	振動式気圧計	YOKOGAWA F4711	観測棟に設置
気温	同上	0.1 °C	電気式温度計 (白金抵抗型)	YOKOGAWA E-734	基地東側の強制通風式通 風筒(地上高 1.5 m)に設置
風向	同上	16 方位	風車型風向風速計	YOUNG 05178A	測風塔 (地上高 10.0 m) に設置
風速	同上	0.1 m/s			
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		

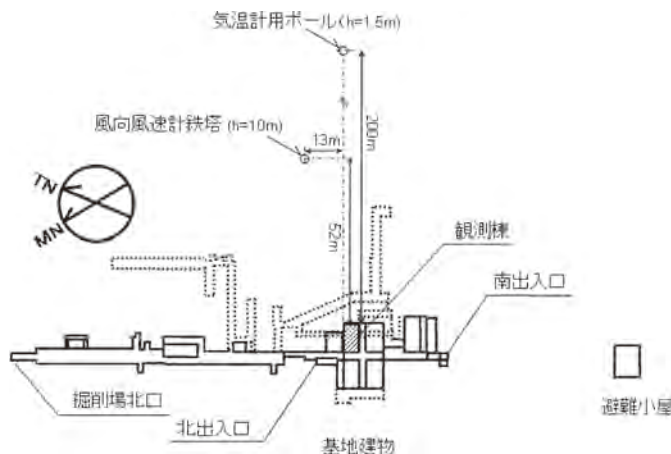


図 41 ドームふじ基地における気象測器の配置。点線部は雪洞を示す。  
Fig. 41. Location of surface meteorological instruments at Dome Fuji Station.  
Dotted line area shows snow trench.

月 12 日から、基地一時閉鎖のため観測機器を停止させた 2005 年 1 月 22 日までの間、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。観測機器は、気圧計については第 44 次隊が越冬観測後に撤収して昭和基地で引き継いだものを持ち込み、そのほかについては新たに持ち込んだものである。機器による連続観測は、気圧・気温・10 分平均風向・風速、瞬間風速について行い、目視観測は、視程・雲量・雲形・天気について 1 日 6 回 (06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC) 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 20 に、測器配置を図 41 に示す。観測及び統計は、地上気象観測指針 (気象庁, 2002) 及び気象観測統計指針 (気象庁, 2005a) に基づき行った。

### 3.1.2. 観測経過

自動気象観測装置の測器は、保守・点検については、国内の保守要領に準じた。

表 21 ドームふじ基地における地上気象観測月別気象表 (2004 年 11 月 12 日～2005 年 1 月 22 日の統計)  
Table21. Monthly summaries of surface observations at Dome Fuji Station (12 Nov. 2004–22 Jan. 2005).

年		2004	2004	2005
月		11	12	1
平均現地気圧	hPa	606.8	612.2	611.0
最低現地気圧	hPa	599.2	604.6	606.3
起日		19	5	21
平均気温	℃	-40.2	-32.1	-33.0
最高気温の平均	℃	-34.3	-27.4	-28.0
最低気温の平均	℃	-47.5	-38.8	-38.7
最高気温	℃	-29.7	-20.2	-29.8
起日		30	27	2
最低気温	℃	-54.3	-43.4	-43.6
起日		12	1	22
最低気温 -40℃未満の日数	日	19	14	7
平均気温 -40℃未満の日数	日	10	0	0
最高気温 -40℃未満の日数	日	1	0	0
最低気温 -60℃未満の日数	日	0	0	0
最高気温 -60℃未満の日数	日	0	0	0
平均風速	m/s	5.1	5.2	4.6
最多風向		ENE	ENE	E
最大風速	m/s	9.2	11.1	10.7
風向 起日		E 18	ENE 2	NE 1
最大瞬間風速	m/s	11.0	14.4	13.0
風向 起日		E 18	ENE 2	NE 1
最大風速 5.0m/s 以上の日数	日	17	28	21
10.0m/s 以上の日数	日	0	4	1
15.0m/s 以上の日数	日	0	0	0
平均雲量		4.6	4.1	3.1
平均雲量 1.5 未満の日数	日	4	9	6
8.5 以上の日数	日	3	4	1
雪日数	日	15	26	22
霧日数	日	0	0	2
ブリザード日数	日	0	0	0

基地の一時閉鎖に伴い、2005年1月22日24時で観測及び観測装置を停止した。

(1) 気圧

振動式気圧計の出力をロガーに記録した。発電機切り替え等に伴う停電時は欠測とした。おおむね順調に観測した。

(2) 気温

前年の第44次隊では氷床掘削に用いるウインチのインバーターから発生する高周波ノイズが信号線に混入するため、コンデンサーを取付けた。しかし、十分な静電容量がなく高周波ノイズを消去しきれなかった。このため第45次隊においては、さらに静電容量の大きなコンデンサーに交換することにより、ウインチによるノイズは見られなくなった。

短波による定時通信等の送信時に、気温の信号線にノイズが混入し、異常値が記録されたため、その間は欠測とした。

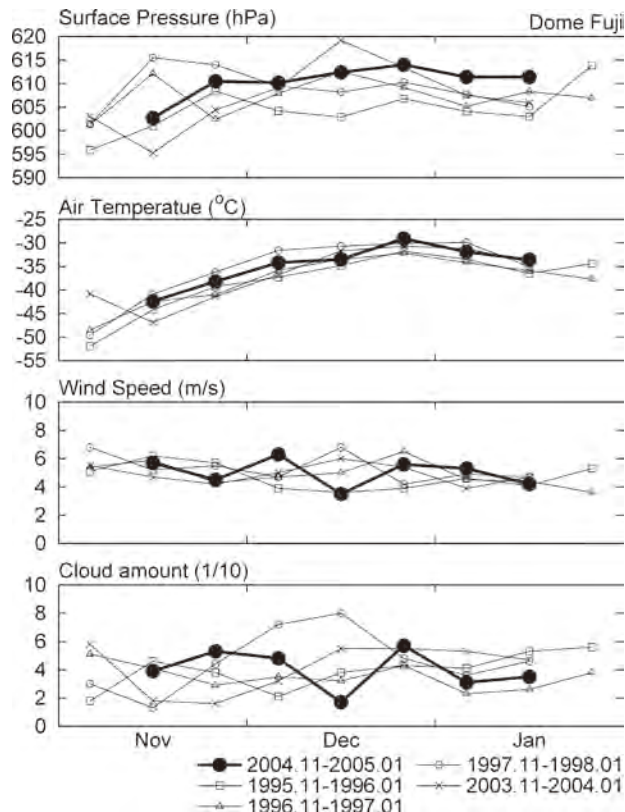


図 42 ドームふじ基地における地上気象旬別変化 (2004年11月～2005年1月, 1995年11月～1998年1月, 2003年11月～2004年1月)

Fig. 42. Variations of surface synoptic data at Dome Fuji Station (Nov. 2004–Jan. 2005, Nov. 1995–Jan. 1998 and Nov. 2003–Jan. 2004).

## (3) 風向・風速

風車型風向風速計を測風塔上に設置し観測した。特に、凍結などは発生せず。おおむね順調に動作した。ロガーは電池駆動であるため、停電による欠測はなかった。

## 3.1.3. 観測結果

滞在中の月別気象表を表 21 に、気圧・気温・風速・雲量の旬ごとの経過を図 42 に示す。図 41 には、あわせて第 I 期ドームふじ越冬時（1995 年 2 月～1998 年 1 月）・第 44 次越冬時（2003 年 2 月～2004 年 1 月）の旬平均も示す。またブリザードは発生しなかった。

図 42 より、滞在中は第 I 期ドームふじ越冬時（1995 年 2 月～1998 年 1 月）、第 44 次越冬時（2003 年 2 月～2004 年 1 月）と大きな差はなく安定していた。

滞在期間中の天気概況を表 22 に示す。

表 22 ドームふじ基地における天気概況（2004 年 11 月～2005 年 1 月）  
Table 22. Weather summaries at Dome Fuji Station (Nov. 2004-Jan. 2005).

年・月	天気概況	
2004 年 11 月	晴れの日と薄曇がちの日が数日おきに interchangeable、風が強くなることも少なかった。月末に向け次第に気温が高くなっていき、30 日には気温が -30℃ を超えた。細氷がほぼ毎日のように観測された。	
	中旬	14～16 日は薄曇が拡がりがちであったが、概ね晴れであった。
	下旬	22 日、23 日は風が弱く、22 日には一時的に雪があった。24～26 日が晴れたほかは薄曇がちであった。
2004 年 12 月	約 10 日毎に上層雲が全天にかかることが多い薄曇の日と、かかりにくい晴れの日が入れ替わった。細氷がほぼ毎日観測された。	
	上旬	風が 5 m/s を超えることが多く、低い地吹雪が多く観測された。
	中旬	20 日に薄曇が拡がった以外は、ほとんど雲が拡がることなく快晴が多かった。13、17 日に雪が観測された。
2005 年 1 月	おおむね晴れで、拡がる雲は上層雲が多かったが、中層雲が拡がり曇りとなることもしばしばあった。細氷が毎日観測された。気温が次第に下がり月の後半には日最低気温が -40℃ を下回り続けるようになった。月のはじめ以外は風速 5m/s を越えることが少なく、平穏な日が多かった。	
	上旬	1～4 日は風速 5 m/s を超えることが多く、1、4 日には地吹雪が観測された。
	中旬	11、12 日は一時的に霧がかかり視程が 0.5 km と悪くなるがあった。12～14 日は風速が 5 m/s を超えることが多く、12、13 日は低い地吹雪が観測された。また、16、20 日に雪が観測された。
	下旬	おおむね晴れであったが、22 日に雪が観測された。

## 謝 辞

第 45 次観測隊の気象定常観測を遂行するにあたり、観測上の技術的援助・助言をいただいた国立極地研究所の山岸久雄越冬隊長他、第 45 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

方々に感謝します。長田和雄第45次越冬隊員には、エアロゾルゾンデ観測・航空機による大気混濁度観測の協力を頂きました。

この報告をまとめるにあたり、粒跡線の計算及び図の作成には、気象庁及び電力中央研究所によるJRA-25長期再解析データ及び国立極地研究所粒跡線モデル (Tomikawa and Sato, 2005; <http://www.firp-nitram.nipr.ac.jp>) を用いました。また、気象庁の田代照政南極観測事務室長、第43・44次観測隊気象部門の方々、野村保夫氏にご助言をいただき、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.
- 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.
- 江崎雄治・杉田興正・鳥井克彦・高橋 武・安達正樹 (2007): 第44次南極地域観測隊気象部門報告2003. 南極資料, **51**, 129-208.
- 原圭一郎・長田和雄・矢吹正教・橋田 元・山内 恭・林 政彦・塩原匡貴・和田 誠 (2008): 昭和基地で観測された南極ヘイズ現象: 特徴と起源. 第25回エアロゾル科学・技術研究討論会講演要旨集, (金沢大学, 2008. 8. 20-22), 123-124.
- 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** (D2), 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.
- Japan Meteorological Agency (2006): Meteorological data at Syowa Station and Dome Fuji Station in 2004. *Antarct. Meteorol. Data*, **45**, CD-ROM.
- 金戸 進 (1997): ピナツボ噴火と昭和の気候. 南極資料, **41**, 285-290.
- 岸 隆幸・安田毅彦・吹田俊明・堀川和久・大河原望 (2002): 第39次南極地域観測隊気象部門報告1998. 南極資料, **46**, 318-376.
- 気象庁 (1990): 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 (2002): 地上気象観測指針. 東京, 176 p.
- 気象庁 (2005a): 気象観測統計指針. 東京, 158 p.
- 気象庁 (2005b): 異常気象レポート2005: 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〜 (VII) (各論). 東京, 383 p.
- 気象庁 (2005c): オゾン層観測報告. **2004**, 52 p.
- 気象庁 (2006): 大気・海洋環境観測報告. **6**, 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.
- 木津暢彦・林 政彦 (2007): 昭和基地における成層圏エアロゾルの長期変動. 第30回極域気水圏シンポジウムプログラム・講演要旨, 東京, 国立極地研究所, 96-97
- 国立極地研究所 (1998): 基地要覧. 第10版, 東京, 国立極地研究所, 160 p (内部資料).
- McKinley, A.F. and Diffey, B.L. (1987): A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human

- skin. CIE J., 17-22.
- 佐藤 健・東島圭志郎・安ヶ平一也・村方栄真 (2003): 昭和基地の地上気象観測装置更新前後のデータの均質性について. 南極資料, **47**, 409-471.
- Sato, K. and Hirasawa, N. (2007): Statistics of Antarctic surface meteorology based on hourly data in 1957-2007 at Syowa Station. *Polar Sci.*, **1**, 1-15.
- 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.
- Suzuki, K., Yamanouchi, T. and Motoyama, H. (2008): Moisture transport to Syowa and Dome Fuji stations in Antarctica. *J. Geophys. Res.*, in press.
- 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.
- Tomasi, C., Vitale, V., Lupi, A., Carmine, C.Di, Campanelli, M., Herber, A., Treffeisen, R., Stone, R.S., Andrews, E., Sharma, S., Radionov, V. von Hoyningen-Huene, W., Stebel, K., Hansen, G.H., Myhre, C.L., Wehrli, C., Aaltonen, V., Lihavainen, H., Virkkula, A., Hillamo, R., Ström, J., Toledan, C., Cachorro, V.E., Ortiz, P., de Frutos, A.M., Blindheim, S., Frioud, M., Gausa, M., Zielinski, T., Petelski, T. and Yamanouchi, T. (2007): Aerosols on polar regions: An historical overview on the basis of optical depth and in-situ observations. *J. Geophys. Res.*, 112, D16205, doi:10.1029/2007JD008432.
- Tomikawa, Y. and Sato, K. (2005): Design of the NIPR trajectory model. *Polar Meteorol. Glaciol.*, **19**, 120-137.
- Yamanouchi, T. and Shudou, Y. (2007): Trends in cloud amount and radiative fluxes at Syowa Station, Antarctica. *Polar Sci.*, **1**, 17-23.