

## 第 41 次南極地域観測隊気象部門報告 2000

山口寛司・青山 隆・菅谷重平・山下順也・平野礼朗\*

### Meteorological observations at Syowa Station in 2000 by the 41st Japanese Antarctic Research Expedition

Kanji Yamaguchi, Takashi Aoyama, Juhei Sugaya,  
Junya Yamashita and Yoshiaki Hirano\*

(2004 年 11 月 26 日受付; 2005 年 1 月 24 日受理)

**Abstract:** This report is a collection of results on meteorological observations performed by the 41st Japanese Antarctic Research Expedition from February 1, 2000 through January 31, 2001 at Syowa Station. The measuring instruments and means of compiling statistics were almost the same as those used on the 40th Expedition.

Remarkable weather phenomena during the wintering period are as follows.

- 1) In surface weather observations, fine weather continued in March, the minimum monthly mean temperature, monthly lowest temperature, and maximum duration of monthly sunshine were recorded. On the other hand, cloudy weather continued in October, the maximum monthly mean cloud amount and the minimum duration of monthly sunshine were recorded.
- 2) In upper air observations, heavy westerly wind blew above 50 hPa compared to a normal year, in September and October.
- 3) The large-scale ozone hole was observed, as in the previous year. The ozone hole disappeared on December 1; the recovery of the total amount of ozone was secondary earliest in the last 9 years.
- 4) In observations using aerosol sondes, we observed variations of polar stratospheric clouds (PSCs), which are thought to be the most important cause of ozone holes formed in the springtime Antarctic lower stratosphere.

**要旨:** この報告は、第 41 次南極地域観測隊気象部門が、2000 年 2 月 1 日から 2001 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 40 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) 地上気象観測において、3 月には好天が継続し、月平均気温の低い方、月最低気温の低い方、月間日照時間の多い方等の、また、10 月には曇天が持続し、月平均雲量の多い方、月間日照時間の少ない方のそれぞれの極値の更新があった。
- 2) 高層気象観測では、9 月、10 月の 50 hPa より上の領域で 30 年平均値に比べて強い西風偏差が現れた。
- 3) オゾン全量観測において、昨年に引き続き大規模なオゾンホールを観測した。オゾンホールの消滅は 12 月 1 日で、オゾンホールが継続して大規模に発達している 1992 年以降では 94 年に次ぎ 2 番目に早かった。

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

- 4) エアロゾルゾンデ観測において、春季南極上空で形成されるオゾンホール的重要要因となっていると思われる極成層圏雲（PSCs）の雲粒子の分布状況を観測した。

## 1. はじめに

第41次南極地域観測隊気象部門は、昭和基地において2000年2月1日に第40次隊より定常気象観測業務を引き継ぎ、2001年1月31日まで1年間越冬観測を行った。昭和基地において、地上気象観測、高層気象観測、オゾン観測、地上日射放射観測、特殊ゾンデ観測等を行った。

地上気象観測、高層気象観測は、第40次隊から引き継いだ観測装置で観測を行った。地上日射放射観測の内、波長別紫外域日射観測と大気混濁度観測を除いて第40次隊から引き継いだ観測装置で観測を行った。波長別紫外域日射観測では、第39次隊で故障し持ち帰ったブリューワ分光光度計（SCI-TEC #91）の修理が完了したため、第41次隊で持ち込み観測を行った。また、大気混濁度観測では、自動観測型サンフォトメータ（MS-100）が障害により使用できなかったため、携帯型サンフォトメータ（MS-120）で観測を行った。

特殊ゾンデ観測は、オゾンゾンデ54台をほぼ毎週1回、第40次隊から正規観測となったエアロゾルゾンデは、季節変動を把握するために6台を4月に1台、6月に2台、7月、10月、1月にそれぞれ1台飛揚した。

その他、海氷上に設置した雪尺による積雪観測、S16に設置した気象ロボットによる気象観測、内陸旅行時の地上気象及び大気混濁度観測、「しらせ」船上における大気混濁度観測を行った。また、国立極地研究所気水圏研究グループ並びに国立環境研究所との協力観測として、ILAS (Improved Limb Atmospheric Spectrometer)-II 基礎データ取得を目的として、24回のオゾンゾンデ観測、気水圏部門と共同して大気微量成分観測及びエアサンプリングを実施した。

なお、観測データは南極観測資料 Vol. 41（気象庁、2002、以下「データレポート」という）として刊行したが地上オゾンのデータは暫定値であり、今後改訂を予定している。

## 2. 地上気象観測

### 2.1. 観測方法と測器

観測は地上気象観測指針（気象庁、1993a）及び世界気象機関（WMO）の技術基準に基づいて行い、統計処理については、地上気象観測統計指針（気象庁、1990a）に基づき行った。

観測結果は国際気象通報式（気象庁、1990b）の地上実況通報式（SYNOP）、地上月気候値気象通報式（CLIMAT）形式で、気象衛星通報局装置（以下「DCP装置」という）によって、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され、そこからさらに GTS（Global Telecommunication System, 全球気象通信網）回線を経由し

て直ちに世界の気象機関へ通報される。

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

表1 昭和基地における地上気象観測使用測器等一覧表(2000年2月~2001年1月)

Table 1. Observation elements, frequency of observation, minimum unit, instruments at Syowa Station (February 2000-January 2001).

観測種目	観測時刻	観測 最小単位	使用測器等	型式	備考
現地気圧	連続・ 毎正時	0.1hPa	電気式気圧計 (静電容量型)	PTB-220	フォルトン型水銀気圧計によ り比較点検(週1回)
	毎正時		フォルトン型水銀気圧計		比較観測に使用
海面気圧	連続・毎正時	0.1hPa	—		気温・現地気圧から算出
気圧変化量・気 圧変化型	毎正時	0.1hPa	—		現地気圧から算出・決定
気温	連続・ 毎正時	0.1℃	電気式温度計	Pt-100	アスマン通風乾湿計により比 較点検(週1回)
			アスマン通風乾湿計		比較観測に使用
露点温度	同上	0.1℃	—		気温・湿度観測値から算出
蒸気圧	同上	0.1hPa	—		気温・湿度観測値から算出
相対湿度	同上	1%	電気式湿度計 (静電容量型)	HMP233LJM	アスマン通風乾湿計により比 較点検(週1回)
			アスマン通風乾湿計		比較観測に使用
風向	同上	1°	風車型風向風速計	FF-11	測風塔(地上高10.1m)に 設置
風速	同上	0.1m/s			
全天日射量	同上	0.01MJ/m <sup>2</sup>	全天電気式日射計	MS-62F	気象棟西側旗台地に設置、日 照計と一体型
日照時間	同上	0.1h	太陽追尾式日射計	MS-101D	気象棟西側旗台地に設置、日 射計と一体型
積雪深	同上	1cm	積雪深計	CF-212	観測棟北側海岸斜面に設置
雲量・雲形・ 向き・高さ	定時		目視		
視程	定時(目視)	10m(目視)	目視		
			視程計(現象判別付)	TZE-6P	参考測器
			視程計	WIVIS	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
			視程計	WIVIS	参考測器

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

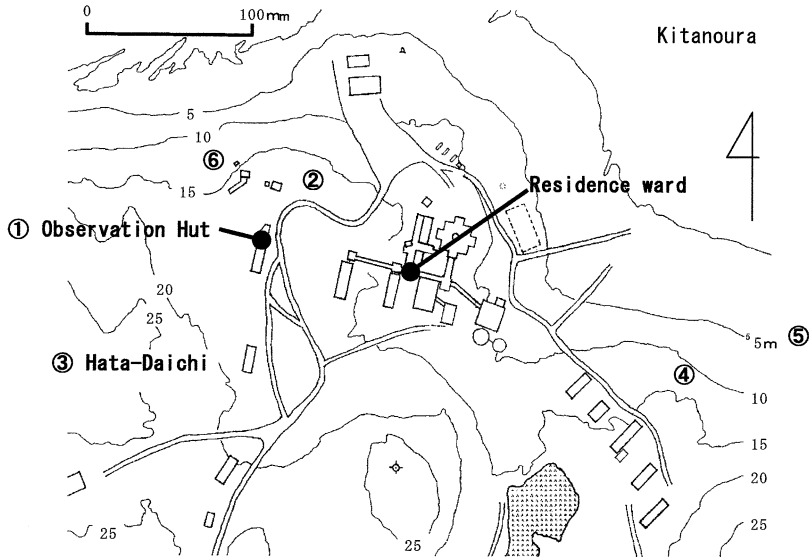


図 1 昭和基地主要部と測器感部の配置 (国立極地研究所 (1998) に加筆)

- ① 地上気象観測: 気圧計, 日照計, 日射計  
オゾン観測: ドブソン分光光度計  
日射放射観測: ブリュウワ分光光度計, 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: 日照計, 日射計
- ④ 地上気象観測: 積雪計
- ⑤ 日射放射観測: 上向き反射・放射
- ⑥ オゾン観測: 地上オゾンモニター

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

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 20m 四方、10m 間隔に 9 本の竹竿を利用した雪尺を立て、週 1 回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も 0cm として起算する。

## 2.2. 観測経過

総合自動気象観測装置 (地上系) 系統の各測器は、概ね順調に作動した。

国内の保守要領に準じて保守・点検を実施した。

### (1) 気圧

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

### (2) 気温、湿度

両測器とも百葉箱（強制通風式）内に置いて通年観測した。ブリザードの際には、百葉箱内に雪が詰まることがしばしばあり、その都度除雪を行った。

比較観測はアスマン通風乾湿計により週 1 回行い、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

風車型風向・風速計を測風塔上に設置し通年観測した。

1 年を通して概ね順調に動作したが、弱風時に着雪や着霜が発生し、その後の気温低下により風向軸が凍結したため、2000 年 6 月 12 日および 2000 年 11 月 15 日の 2 日間断続的に欠測した。両日とも、雪や氷の除去により復旧した。

感部の塗装には、第 40 次隊と同様に低温と強風により部分的にひび割れや剥離を生じた。メーカーからの助言により、ひび割れ部分を塗装することで応急的に補修した。

### (4) 全天日射量、日照時間

感部は気象棟西側の旗台地に設置し、全天日射量は全天電気式日射計で、日照時間は太陽追尾式日射計で通年観測した。概ね順調に動作した。

第 42 次隊との交代時に感部交換を行ったが、感部の定数設定（観測地点の標準時刻基準経度）に不具合があった。設定に不具合のあった感部については、現地で正常な定数に設定しなおし、再度設置を行った。これにより、交換作業を 2 日行ったため、2001 年 1 月 22 日と 24 日の 2 日間について日合計値が欠測となった。

### (5) 積雪の深さ

超音波式積雪深計を観測棟北側の北の浦に下る斜面に設置し、通年観測した。

2000 年 2 月に、凍結対策（感部送受波器内部に水がたまらないような処置）を施した感部を新たに持ち込み交換した。2000 年 3 月には除雪作業中に信号線ケーブルが切断される事故があったが、概ね順調に動作した。

新積雪が深くかつ低温の場合や、ふぶきの場合などに受信波のレベルが低下して測定不能となることが度々あり、特別値で約 360 個、日最深積雪で 13 日間欠測した。

### (6) 視程（視程計による参考記録）

管制棟裏に設置した視程計（現象判別付）及び視程計（WIVIS）と目視による観測値との対応は比較的良く、参考測器として通年運用し、視程障害時の目視観測の補助や、大気現象発現時刻の決定等に利用した。

### (7) 海氷上の積雪観測

2000年2月までは、海氷状態が安定しなかったため、第40次隊設置の雪尺(3本)を引き続き使用していたが、海氷状態が安定した2000年3月からは、第39次隊までが観測を行っていた場所(第40次隊設置場所から南西約100m)に9本の雪尺を設置した。2000年12月に入ると海氷の表面が緩みはじめ、大きく傾きだしたために測定不能となったものが出始めた。このため、その後1月中旬までは直立した雪尺のみを選択して観測を継続した。

## 2.3. 観測結果

月別気象表を表2に、年間の海面気圧・気温・風速・雲量・日照時間の旬ごとの経過を図2に、海氷上の積雪の経過を図3に示す。また、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。

図2および表3より、第41次越冬期間中は概ね平年並みの気象変化であったが、3月には好天が、10月には曇天が持続して極値の更新が多かったことがわかる。また、図3から、積雪深計による観測は海氷上での積雪観測と比較して積雪の増減の傾向がほぼ一致しており、昭和基地における積雪の増減を把握するためには充分使用できるものと考えられる。

表5に越冬期間中の天気概況を示す。

## 3. 高層気象観測

### 3.1. 観測方法及び測器

高層気象観測指針(気象庁、1995)に基づき、毎日00、12UTCの2回、RS2-91型レーウィンゾンデをヘリウムガス充填の自由気球につり下げて飛揚し、気球が破裂する上空約30km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を観測した。

ゾンデ信号の受信と測角には自動追跡型方向探知機(モノパルス方式MOR-22型)を用い、計算処理、作表、気象電報作成等は高層気象観測装置データ処理部により自動的に行った。

観測結果は、国際気象通報式(気象庁、1990b)の地上高層実況通報式(TEMP)、高層月平均気象通報式(CLIMAT TEMP)形式により、地上気象観測と同様に気象衛星通報局装置(DCP)を用いて、静止気象衛星(METEOSAT)経由で全球気象通信網(GTS)に通報した。

観測器材を表6に示す。

### 3.2. 観測経過

観測状況を表7に示す。

第41次隊として2000年2月1日00UTCより2001年1月31日12UTCまでの観測を行った。この期間中、強風のため気球の放球が成功せず飛揚作業を取り止めた欠測が1回

表 2 昭和基地における地上気象観測月別気象表 (2000 年 1 月~2001 年 1 月)  
Table 2. Monthly summaries of surface observations at Syowa Station (January 2000-January 2001).

	2000 年												2001 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	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	全年		
平均海面気圧	982.5	982.8	986.2	985.3	980.8	986.8	986.9	986.9	982.0	981.2	990.0	995.0	986.4	986.4	959.5	-	960.1	954.3	958.3	948.6	963.2	965.9	976.3	978.7	986.4	988.7	
最低海面気圧	968.4	959.5	-	960.1	954.3	958.3	948.6	963.2	965.9	966.3	976.3	978.7	948.6	948.6	959.5	-	960.1	954.3	958.3	948.6	963.2	965.9	976.3	978.7	948.6	973.3	
起日	11	28	-	4	9	28	1	13	20	30	-	-	8	28	-	4	9	28	1	13	20	30	-	-	8	28	
平均気温	-2.3	-4.2	-11.7	-11.0	-15.7	-11.8	-19.1	-17.4	-17.8	-12.9	-5.8	-1.3	-10.9	-10.9	-4.2	-11.7	-11.0	-15.7	-11.8	-19.1	-17.4	-17.8	-12.9	-5.8	-10.9	-1.0	
最高気温	0.6	-1.7	-8.6	-7.8	-11.4	-8.8	-15.8	-14.0	-14.6	-10.4	-2.9	1.7	-7.8	-7.8	-1.7	-8.6	-7.8	-11.4	-8.8	-15.8	-14.0	-14.6	-10.4	-2.9	-7.8	1.7	
最低気温	-5.6	-7.0	-15.6	-14.7	-20.4	-15.1	-23.1	-20.9	-21.9	-16.2	-9.3	-4.4	-3.9	-3.9	-10.9	-11.7	-11.0	-15.7	-11.8	-19.1	-17.4	-17.8	-12.9	-5.8	-3.9	-1.0	
最高気温	4.9	3.0	-1.8	-2.7	-4.6	-3.2	-5.4	-4.9	-6.0	-5.0	3.6	4.5	5.4	5.4	1.7	-1.8	-2.7	-4.6	-3.2	-5.4	-4.9	-6.0	-5.0	3.6	4.5	5.4	
起日	19	5	8	4	4	1	2*	12	2	3	30	31	18	18	5	8	4	4	1	2	2	3	30	31	18	18	
最低気温	-11.9	-14.0	-25.2	-26.7	-32.4	-25.6	-33.3	-31.0	-32.4	-33.2	-24.1	-10.1	-7.0	-7.0	-11.9	-14.0	-25.2	-26.7	-32.4	-25.6	-33.3	-31.0	-32.4	-10.1	-7.0		
起日	24	22	26	21	29	28	25	1	24	1	2	7	25	25	24	26	21	29	28	25	1	24	1	2	7	25	
最低気温	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0°C 以上の日数	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0°C 以上の日数	19	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
最高気温	31	29	20	25	13	23	5	9	3	16	29	31	26	26	19	20	13	23	5	9	3	16	29	31	26	26	
最低気温	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-10°C 未満の日数	-	-	8	7	17	6	22	18	19	8	1	-	-	-	8	7	17	6	22	18	19	8	1	-	-	-	
-20°C 未満の日数	-	-	1	1	4	1	15	13	7	2	-	-	-	-	1	1	4	1	15	13	7	2	-	-	-	-	
-20°C 未満の日数	-	-	-	-	-	-	7	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	7	5	3	-	-	-	-	-	-	
平均蒸気圧	3.6	3.1	1.7	2.0	1.5	1.9	1.2	1.3	1.0	1.8	2.8	3.8	2.1	2.1	3.6	3.1	1.7	2.0	1.5	1.9	1.2	1.3	1.0	1.8	2.1	3.9	
平均相対湿度	70	68	64	68	74	71	72	66	61	75	68	68	69	69	70	68	64	68	74	71	72	66	61	75	68	68	
平均風速	4.7	7.1	4.2	9.1	5.9	7.7	6.2	6.2	4.6	6.3	6.6	3.7	6.0	6.0	4.7	4.2	9.1	5.9	7.7	6.2	6.2	4.6	6.3	3.7	4.5		
最多風向	NE	NE	ENE	ENE	NE	NE	NE	NE	ENE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	ENE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
最大風速	26.1	22.5	19.9	32.2	22.0	38.4	41.1	28.3	22.5	29.2	25.1	19.5	41.1	41.1	26.1	22.5	19.9	32.2	22.0	38.4	41.1	28.3	22.5	19.5	19.7		
風向	ENE	ENE	E	E	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE
起日	10	14	18	18	23	ENE	31	ENE	11	ENE	30	ENE	29	29	10	14	18	18	23	ENE	31	ENE	11	29	29		
最大瞬間風速	33.7	28.6	25.4	41.7	30.4	49.6	53.6	37.1	29.2	39.5	31.3	25.1	53.6	53.6	33.7	28.6	25.4	41.7	30.4	49.6	53.6	37.1	29.2	25.1	26.9		
風向	ENE	ENE	E	E	E	ENE	ENE	ENE	E	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	
起日	11	18	12	22	18	21	11	17	11	17	23	5	11	11	11	12	18	21	11	17	11	17	23	5	11		
最大風速	15.0m/s	11	2	14	9	14	8	11	5	7	9	2	9	9	11	2	14	9	14	8	11	5	7	2	3		
30.0m/s 以上の日数	-	-	-	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
日照時間	404.7	189.2	232.6	94.6	3.1	-	4.5	69.3	175.3	69.4	299.7	443.1	1985.5	1985.5	404.7	189.2	232.6	94.6	3.1	-	4.5	69.3	175.3	443.1			
日照量	57	38	59	37	3	-	9	32	52	14	47	60	44	44	57	38	59	37	3	-	9	32	52	60			
平均全日射量	27.8	15.8	9.6	2.7	0.3	0.0	0.1	1.6	7.2	12.8	24.8	31.7	11.2	11.2	27.8	15.8	9.6	2.7	0.3	0.0	0.1	1.6	7.2	31.7			
不照日数	2	5	3	11	27	30	27	15	5	10	1	-	2	2	2	5	3	11	27	30	27	15	5	10	2		
平均雲量	5.9	7.8	5.6	7.1	7.7	8.4	7.7	7.4	6.6	9.4	7.7	7.0	7.4	7.4	5.9	7.8	5.6	7.1	7.7	8.4	7.7	7.4	6.6	7.7	7.0		
1.5 未満の日数	5	1	6	3	3	1	2	3	5	5	2	4	4	4	5	1	6	3	3	1	2	3	5	2	4		
8.5 以上の日数	8	16	8	13	19	18	18	18	14	26	17	12	18	18	8	16	8	13	19	18	18	14	26	17	12		
雪日数	10	18	10	18	23	22	21	17	13	30	15	8	205	205	10	18	10	18	23	22	21	17	13	15			
霧日数	2	-	-	-	-	1	4	-	2	-	1	3	13	13	2	-	-	-	-	1	4	-	2	1	3		
ブリザード日数	0	2	0	5	4	9	9	6	0	5	1	0	41	41	0	2	0	5	4	9	9	6	0	5	1		

1) 統計方法は「地上気象観測統計指針」(気象庁)による。2) D) 付の値は期間中に 20% 以下の欠測があったことを示す。  
 3) 5 月 29 日より 7 月 14 日までは、計算上太陽中心は地平線上に現れないので、不照日数 (47 日) にこの期間は含まれない。  
 4) ブリザードの基準については、表 4「ブリザード統計」を参照のこと。

(2000年7月1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04日12UTCまで、原則として気球の油漬け処理を行った。油漬けの実施期間は成層圏の気温が概ね $-70^{\circ}\text{C}$ を下回る時期を目安とした。

モノバルス式方向探知機(MOR-22)の探知精度を検査するために、極夜期を除き月1回以上、測風経緯儀による比較観測を実施した。結果は概ね良好であった。その他、高層気象観測装置の総合的な動作点検を毎月1回実施し、性能に劣化の無いことを確認した。

表3 昭和基地における地上気象観測極値・順位更新記録(2000年2月~2001年1月)

Table 3. New records of surface meteorological observations extrema and ranking at Syowa Station (February 2000–January 2001).

年	月	月別値			旬別値		
		項目	値	順位	項目	値	順位
2000	2	月平均現地気圧	980.2 hPa	1位(低)	旬平均海面気圧(中旬)	981.3 hPa	3位
		月平均海面気圧	982.8 hPa	1位(低)			
	3	月平均気温	$-11.7^{\circ}\text{C}$	1位(低)	旬平均気温(上旬)	$-7.6^{\circ}\text{C}$	2位
		最高気温月平均	$-8.6^{\circ}\text{C}$	1位(低)	旬平均気温(中旬)	$-12.7^{\circ}\text{C}$	1位
		最低気温月平均	$-15.6^{\circ}\text{C}$	1位(低)	旬平均気温(下旬)	$-14.7^{\circ}\text{C}$	1位
		月最高気温	$-1.8^{\circ}\text{C}$	1位(低)	旬平均雲量(下旬)	3.8	1位
		月最低気温	$-25.2^{\circ}\text{C}$	1位(低)	旬平均風速(上旬)	3.1 m/s	1位
		月平均蒸気圧	1.7 hPa	1位(低)	旬平均風速(下旬)	4.6 m/s	2位
		月平均雲量	5.6	1位(少)	日照時間旬合計(中旬)	78.4 h	1位
		月平均風速	4.2 m/s	1位(小)	日照時間旬合計(下旬)	87.5 h	1位
		月最大風速	19.9 m/s	2位(小)			
		月最大瞬間風速	25.4 m/s	2位(小)			
	月間日照時間	232.6 h	1位(多)				
	4	月間日照時間	94.6 h	2位(多)	旬平均海面気圧(中旬)	991.2 hPa	3位
					旬平均気温(中旬)	$-13.3^{\circ}\text{C}$	2位
					旬平均風速(下旬)	13.4 m/s	2位
					日照時間旬合計(中旬)	45.5 h	1位
	5	最低気温月平均	$-20.4^{\circ}\text{C}$	2位(低)	旬平均海面気圧(中旬)	971.3 hPa	1位
		月平均相対湿度	74 %	2位(高)	旬平均雲量(中旬)	9.5	1位
		月最大風速	22.0 m/s	3位(小)	日照時間旬合計(下旬)	0.0 h	1位
月間日照時間		3.1 h	3位(少)				
6	月平均気温	$-11.8^{\circ}\text{C}$	2位(高)	旬平均気温(中旬)	$-10.2^{\circ}\text{C}$	2位	
	最高気温月平均	$-8.8^{\circ}\text{C}$	1位(高)	旬平均雲量(中旬)	9.5	1位	
	月平均蒸気圧	1.9 hPa	1位(高)				
	月平均雲量	8.4	2位(多)				
7	月最大風速	41.1 m/s	1位(大)	旬平均雲量(上旬)	8.9	2位	
	月最大瞬間風速	53.6 m/s	1位(大)				
8	月最低気温	$-31.0^{\circ}\text{C}$	3位(高)	旬平均雲量(下旬)	8.6	3位	
				日照時間旬合計(中旬)	37.3 h	2位	
9	月平均現地気圧	989.2 hPa	2位(高)	旬平均海面気圧(上旬)	1003.8 hPa	1位	
	月平均海面気圧	992.0 hPa	2位(高)				
	月最大風速	22.5 m/s	3位(小)				
10	月最低気温	$-33.2^{\circ}\text{C}$	2位(低)	旬平均雲量(上旬)	9.7	1位	
	月平均雲量	9.4	1位(多)	旬平均雲量(中旬)	9.1	3位	
	月間日照時間	69.4 h	1位(少)	旬平均雲量(下旬)	9.5	2位	
				日照時間旬合計(上旬)	16.4 h	1位	
				日照時間旬合計(中旬)	26.5 h	3位	
11	月最低気温	$-24.1^{\circ}\text{C}$	1位(低)	日照時間旬合計(下旬)	26.5 h	2位	
				旬平均気温(下旬)	$-2.4^{\circ}\text{C}$	3位	
				旬平均雲量(下旬)	8.5	2位	
12				旬平均風速(上旬)	2.7 m/s	3位	
				旬平均雲量(中旬)	8.5	3位	
2001	1						



表 4 昭和基地におけるブリザードの概要 (2000 年 2 月 ~ 2001 年 1 月)  
 Table 4. Summaries of heavy snowstorms (blizzards) at Syowa Station (February 2000-January 2001).

通番	開始 年 月 日 時 分	終了 年 月 日 時 分	継続時間	階級	最大風速 (m/s) 風向: 起時 (日)	最大瞬間風速 (m/s) 風向: 起時 (日)	最低海面気圧 (hPa) 起時 (日)	中断 時刻 (日)
1	2000 2 9 22 50	2000 2 10 5 30	6時間40分	C	14.9 NE : 0230 (10)	20.5 NNE : 0209 (10)	983.7 : 0526 (10)	
2	2000 4 23 14 10	2000 4 24 17 30	23時間20分	A	32.2 ENE : 1530 (23)	41.2 ENE : 1517 (23)	965.3 : 1540 (23)	2110 (23) - 0110 (24)
3	2000 4 28 21 30	2000 4 30 18 20	43時間10分	B	30.9 ENE : 0540 (29)	39.0 ENE : 0530 (29)	968.3 : 1135 (29)	0840 (30) - 1020 (30)
4	2000 5 9 3 20	2000 5 9 20 20	15時間 0分	C	21.5 NE : 0830 (9)	28.5 NE : 0831 (9)	954.3 : 0548 (9)	1130 (9) - 1330 (9)
5	2000 5 12 3 15	2000 5 12 15 50	12時間35分	C	20.7 NE : 0840 (12)	27.4 NE : 0923 (12)	965.2 : 0613 (12)	
6	2000 5 17 5 7	2000 5 17 14 20	9時間13分	C	14.8 NE : 1330 (17)	23.0 NE : 1322 (17)	967.6 : 1418 (17)	
7	2000 5 31 17 0	2000 6 1 1 30	8時間30分	C	22.0 ENE : 1720 (31)	30.4 E : 1737 (31)	977.4 : 0102 (1)	
8	2000 6 5 0 30	2000 6 5 10 50	10時間20分	C	22.0 E : 0730 (5)	29.2 E : 0615 (5)	992.2 : 0118 (5)	
9	2000 6 6 16 30	2000 6 7 10 0	17時間30分	B	25.7 ENE : 0240 (7)	34.9 ENE : 0038 (7)	969.2 : 0247 (7)	
10	2000 6 11 17 10	2000 6 12 18 10	25時間 0分	A	38.4 ENE : 2310 (11)	49.6 ENE : 2307 (11)	968.5 : 2308 (11)	
11	2000 6 13 12 51	2000 6 13 22 20	9時間29分	C	21.1 NE : 1420 (13)	27.6 NE : 1406 (13)	969.9 : 1359 (13)	
12	2000 6 28 19 50	2000 6 29 6 50	11時間 0分	C	23.6 NE : 0220 (29)	30.5 NE : 0026 (29)	958.3 : 2144 (28)	
13	2000 7 1 11 30	2000 7 3 0 30	37時間30分	A	41.1 ENE : 1850 (1)	53.6 ENE : 1845 (1)	948.6 : 1845 (1)	
14	2000 7 10 20 10	2000 7 11 13 40	17時間30分	B	25.8 NE : 0550 (11)	33.2 ENE : 0344 (11)	961.9 : 1108 (11)	
15	2000 7 22 15 20	2000 7 23 14 10	22時間50分	B	21.1 ENE : 0700 (23)	28.0 NE : 1957 (22)	991.3 : 0710 (23)	
16	2000 7 26 16 40	2000 7 27 8 30	15時間50分	B	30.1 ENE : 2140 (26)	39.3 ENE : 2131 (26)	964.4 : 2119 (26)	
17	2000 8 10 19 0	2000 8 12 8 48	36時間58分	B	23.0 NE : 0200 (11)	30.3 NE : 0156 (11)	977.9 : 0848 (12)	1440 (11) - 1530 (11)
18	2000 8 23 12 50	2000 8 23 19 40	6時間50分	C	18.5 NE : 1640 (23)	24.7 NE : 1647 (23)	984.4 : 1301 (23)	
19	2000 8 26 13 40	2000 8 27 23 30	33時間50分	B	28.3 ENE : 1130 (27)	37.1 ENE : 1203 (27)	967.2 : 1137 (27)	
20	2000 10 2 20 2	2000 10 3 4 30	8時間28分	C	13.6 NE : 2350 (2)	19.7 NNE : 0424 (3)	971.6 : 0053 (3)	
21	2000 10 18 5 20	2000 10 18 11 40	6時間20分	C	21.5 ENE : 1110 (18)	30.0 ENE : 0559 (18)	973.1 : 1113 (18)	
22	2000 10 30 6 10	2000 10 31 17 0	34時間50分	B	29.2 ENE : 1420 (30)	39.5 NE : 0917 (31)	966.3 : 1452 (30)	
23	2000 11 14 0 50	2000 11 14 6 50	6時間 0分	C	21.3 ENE : 0120 (14)	26.9 NE : 0213 (14)	982.7 : 0225 (14)	

注1) 階級区分は次による

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

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

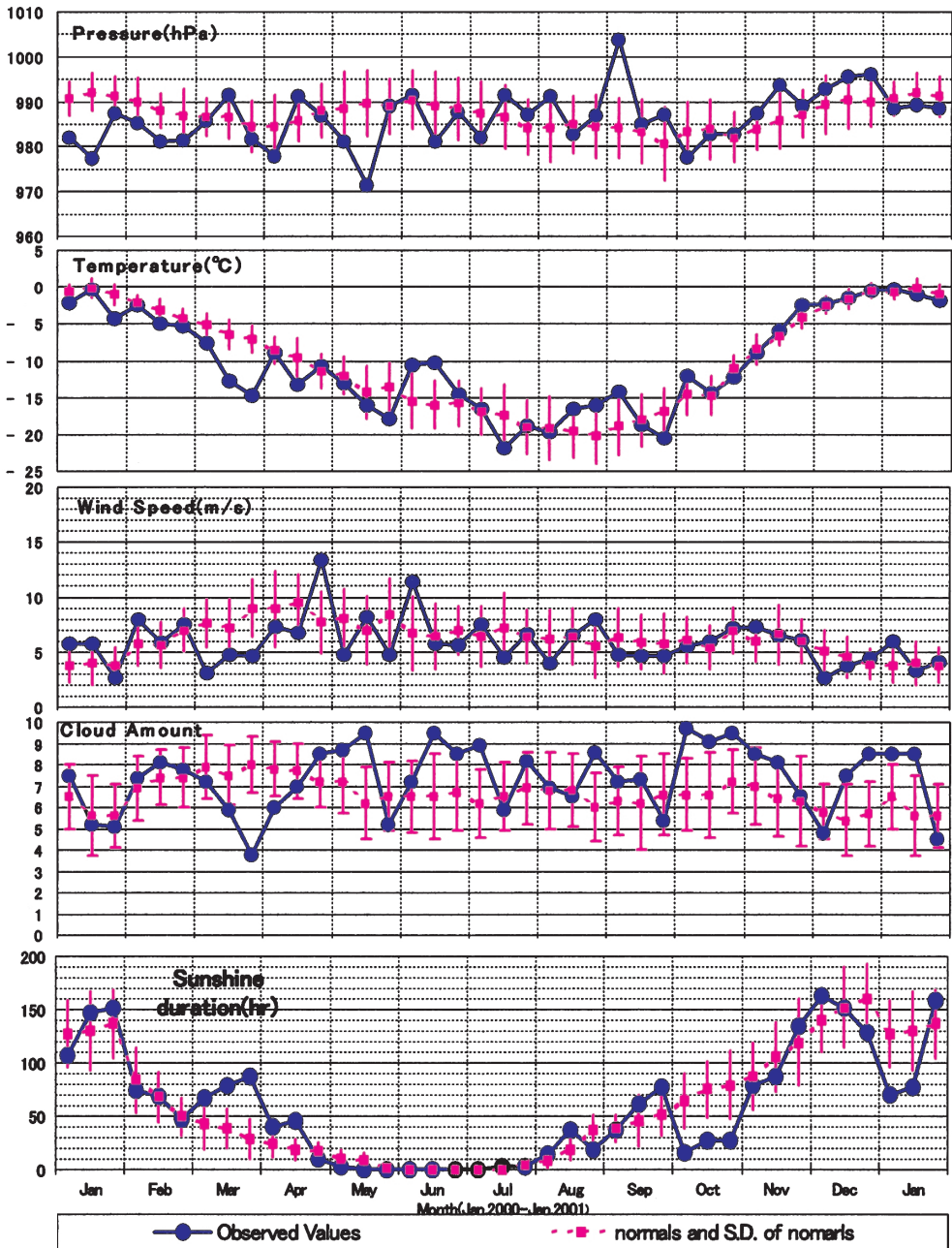


図 2 昭和基地における地上気象旬別経過図 (2000 年 1 月~2001 年 1 月). 平年値は 1961 年から 1990 年の平均値.

Fig. 2. Time series of ten-day mean surface meteorological data at Syowa Station (January 2000–January 2001). Normal is average value in 1961 to 1990.

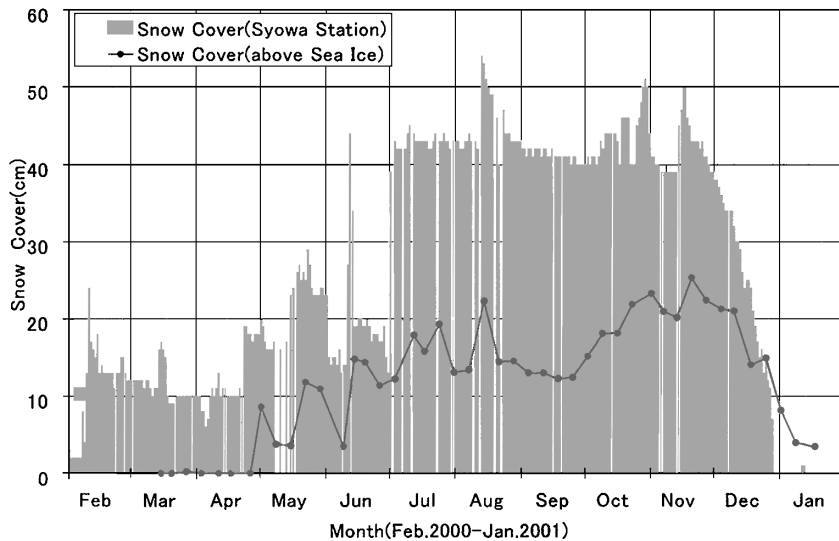


図 3 海水上(雪尺)と昭和基地内(積雪計)の積雪深観測値の比較  
(2000年2月~2001年1月)

Fig. 3. Comparison of snow cover on sea ice with that at Syowa Station  
(February 2000–January 2001).

### 3.3. 観測結果

2000年2月~2001年1月までの主な指定気圧面の高度, 気温, 風速の月平均値(00UTCの観測値による統計)を表8に示す。また, 2000年1月~2000年12月までの00UTCの上層気温の時間高度断面図を図4に示す。

図4を見ると, 2000年6月上旬以降, 70hPa面から上で $-80^{\circ}\text{C}$ 以下の低温域が現れ, 8月中旬まで領域を拡大し, 9月上旬まで持続している様子がわかる。一方, 8月下旬, 9月中旬・下旬, 10月中旬に, WMOの基準 $+25^{\circ}\text{C}/1$ 週間に達した成層圏突然昇温を観測した。図4を見るとこれに対応して, 20hPa面より上で, 8月下旬から $-60^{\circ}\text{C}$ 以上の比較的気温の高い領域が繰り返し現れるようになり, 10月以降下方へ拡大している。

次に2000年の月別統計値を, 30年平均値(1970~1999年)と比較する。図5は2000年の指定気圧面月平均気温, 風の東西風成分, 及び南北風成分の変化と, その30年平均値からの偏差である。

図5上段の気温の比較で, 50hPaから上の領域に注目すると, 先に述べた成層圏突然昇温に対応して, 2000年8月から11月は, 30年平均値に比べて気温が高い正偏差になっている。それ以外では, 4月から11月にかけての125hPaから下の領域で弱い正偏差が見られる以外は, ほとんどの領域で30年平均値に比べて気温の低い負偏差になっている。

図5中段の東西風成分の比較で, 50hPaから上の領域に注目すると, 2000年9月・10月

表 5 昭和基地の天気概況 (2000年2月~2001年1月)

Table 5. Weather summaries at Syowa Station (February 2000–January 2001).

年・月	天気概況	
2000年 2月		月間を通して極冠高気圧の張り出しが弱く、昭和基地周辺を低気圧が周期的に通過した。このため、好天と悪天が繰り返した。また、気圧は低めに推移し月平均現地気圧は、低いほうの極値の1位を更新した。ブリザードとなったのは、9日から10日にかけてのものだけだったが、その他にも視程が1km以下となった吹雪の日が数日あった。
	上旬	旬の中頃と終りに、低気圧が昭和基地に接近し吹雪となった。特に9日から10日にかけて接近した低気圧により、越冬交代後初めてのC級ブリザードとなった。旬をとおして風の強い日が多かった。
	中旬	旬の前半に低気圧が昭和基地に接近したほか、後半も曇りがちの日が多く、旬をとおしての日照時間は少なく、旬の日平均気温は低く経過した。
	下旬	旬の前半に数日晴れた日があった他は、曇天で推移した。旬の中頃に低気圧が接近し、吹雪いたがブリザードの基準には達しなかった。
2000年 3月		ほぼ月間を通して極冠高気圧の張り出しが強く、ほとんどの低気圧が昭和基地のはるか北を通過したため、好天に恵まれた。この優勢な極冠高気圧の影響で、月平均気温、最高気温、最低気温、月平均、月最高気温、月最低気温は低いほうの、月平均雲量は少ないほうの、平均風速は弱いほうの、月間日照時間は多いほうの極値をそれぞれ更新した。また、中旬までは卓越風向である北東よりの風よりも、南よりの風が多く吹いた。ブリザードは来襲しなかった。
	上旬	旬を通して風はおおむね弱かった。日照時間は、平年の1.5倍程度多く出ているが気温は低く、低いほうの極値の2位と同じだった。
	中旬	旬の中頃は平年程度の風が吹いたが、それ以外の時期は弱かった。上旬に引き続き日照時間は多く、多いほうの極値を更新した。また、気温も低く、低いほうの極値を更新した。
	下旬	旬の後半、上・中旬に比べると低気圧がやや南寄りを通り上中層の雲が広がったが、大きな天気の前線はなかった。旬平均気温は低いほうの、旬平均雲量は少ないほうの、日照時間合計は多いほうの極値をそれぞれ更新した。
2000年 4月		極冠高気圧の消長と共に、周期的に天気に変化した。ブリザードは下旬に2回昭和基地を襲った。そのほかにも、中旬にはブリザードにはならなかったが、風速が15m/s以上となった日があった。
	上旬	旬の前半は、極冠高気圧が強く張り出し天気の良い日が多かったが、後半は極冠高気圧は後退し曇天の日が多かった。
	中旬	上旬の終りから中旬の始めにかけて昭和基地付近に接近した低気圧が強風をもたらした。地吹雪となったが、視程はよくブリザードとはならなかった。旬の後半は極冠高気圧が張り出し、天気の良い日が続いた。
	下旬	旬の前半は、500hPa面で東経70度付近にできたブロッキング高気圧により、昭和基地の西のトラフは停滞し、昭和基地は悪天の日が続いた。このトラフの前面にできた低気圧は23日昭和基地に接近し、A級ブリザードをもたらした。このブリザード期間中の最大風速は、32.2m/sであった。旬の後半、ブロッキング高気圧は解消されたが、昭和基地付近は依然として大きな低圧部の中にあり、28日昭和基地に接近してきた低気圧により、B級ブリザードとなった。このブリザード期間中の最大風速は、30.9m/sであった。
2000年 5月		下旬の後半を除き昭和基地付近は深い気圧の谷の中に入り、雪または吹雪の日が続いた。下旬の後半に入りこの気圧の谷も漸く東に抜け晴れの日が続いた。ブリザードは、C級が4回昭和基地に来襲した。
	上旬	旬の前半は、リッジの前面となり陽の射した日があったが、後半は深いトラフがゆっくりと通過したため、雪模様の日が続いた。9日にはC級ブリザードとなった。
	中旬	旬を通じて深い谷の中で、昭和基地付近を次々と低気圧が通過していったため雪または吹雪の日が続いた。11日と17日にはC級ブリザードが来襲した。これらのブリザード以外も、視程が1km以下で風速10m/s以上となる期間があったが、継続時間が短い、一つの擾乱とは見せせないなどの理由でブリザードとはならなかった。平均雲量は、9.5で多い方の極値を更新した。
	下旬	中旬から続いていた気圧の谷は徐々に解消しはじめたが、旬の前半はまだ雪の日が続いた。後半は、リッジの前面となりほぼ毎日快晴の日が続いた。31日は東から移動してきた低気圧によりブリザードとなった。
		低気圧が周期的に昭和基地を通過し、好天と悪天を繰り返した。これらの低気圧が北から暖気を持ち込み、月を通して気温は平年に比べて高めに推移した。ブリザードはA級が1回、B級が1回、C級が3.5回昭和基地を来襲した(0.5回は5月31日から今月の1日にかけてのブリザードを0.5回と数えるためである)。

2000年 6月	上旬	5月31日から今日1日にかけてと、旬の中頃に相次いだ三つの低気圧が昭和基地付近を通過し、それぞれC級、C級、B級のブリザードとなった。旬平均気温は高く経過した。
	中旬	旬の始めに、二つの低気圧が相次いで昭和基地付近を通過し、それぞれA級、C級ブリザードとなった。また、旬の後半にも低気圧が通過したが、これはブリザード基準に達しなかった。今旬も気温は高く経過し、旬平均気温の高い極値を更新した。
	下旬	旬の初めに、昭和基地の北を通過した低気圧から延びる寒冷前線の影響で、雪が降った。旬の後半は昭和基地付近を通過した低気圧により、C級ブリザードとなった。
2000年 7月		500hPa面では気圧の谷と尾根が交互に通過し、その後、月の終りには寒気が残った。地上では、一般的に大陸の高気圧の張り出しが弱く、また、上空の谷や尾根に対応する低気圧や高気圧の通過に伴いほぼ周期的な天気変化を繰り返した。月の終りは下層雲による曇りの日が多かった。
	上旬	1日から2日にかけて低気圧が昭和基地付近を通過し、A級ブリザードとなった。このブリザードは最大風速41.1m/s、最大瞬間風速53.6m/sを記録し、それぞれ月の極値を更新した。その後は、ときおり晴れ間はのぞくものの雪模様の日が続いた。10日には再び低気圧が接近し、ブリザードとなった。
	中旬	10日から始まったブリザードは、11日まで続きB級ブリザードとなった。その後は旬後半まで晴れの日が続いた。旬の終りから下旬の最初まで上空約500mに湿った北東風が吹き付け、大陸からの寒冷な風により、霧の発生する日が続いた。
下旬	旬の前半と半ばにそれぞれ低気圧が接近し、共にB級ブリザードとなった。その後月末まで500hPa面に寒気が残り、曇りの日が続いた。	
2000年 8月		500hPa面の極循環の谷の動きが遅く、同じような天気が数日続くことが多かった。ブリザードはB級が2回、C級が1回であった。
	上旬	3日から4日と7日から8日は極冠高気圧が張り出し、晴れ模様となったが、それ以外では低気圧の接近により曇りまたは雪の日が多かった。
	中旬	上旬の終わってから12日までは、500hPa面の気圧の谷の前面となり、2つの低気圧が続いて昭和基地付近を通過し、長時間のB級ブリザードとなった。一方、旬半ば以降は高気圧が張り出し、晴れの日が続いた。これにより、日照時間旬合計は37.3時間となり、多いほうの2位の記録となった。
下旬	500hPa面で東経0度から10度付近にあった気圧の谷が停滞し、昭和基地付近はその前面となったため天気の悪い日が多かった。これにより、旬平均雲量は8.6となり、多いほうの3位の記録となった。23日および26日から27日にかけて低気圧が昭和基地付近を通過し、それぞれC級、B級のブリザードとなった。	
2000年 9月		月間を通して500hPa面の谷、尾根は順調に東進し、天気は周期的に変化した。また大陸の高気圧の勢力が強くなり気圧は高めに推移した。発達した低気圧の接近はなくブリザードは無かった。
	上旬	1日から5日にかけて低気圧が昭和基地北方南緯60度付近に停滞した影響で曇が多かった。6日から7日にかけてはこの低気圧が東方へ移動し晴れとなった。8日から10日にかけては大陸沿岸の低圧部に伴う下層、中層雲が停滞し弱い雪を降らせた。
	中旬	11日から13日にかけては大陸からの高気圧に覆われ晴れとなった。14日から20日にかけては昭和基地の北を低気圧が次々と通過し曇りまたは雪となった。
下旬	21日から25日にかけては高気圧に覆われ晴れまたは快晴の天気となった。26日から30日は北から低気圧が接近、停滞し曇りまたは雪の天気になった。	
2000年 10月		月間を通して上空の気圧の谷および地上の低圧部が昭和基地付近に停滞したため雪または曇の天気が長く続いた。このため月平均雲量は多い方、月間日照時間は少ない方の極値をそれぞれ更新した。ブリザードはB級が1回、C級が2回だった。
	上旬	旬を通して動きの遅い気圧の谷の影響で雪または曇の天気が続いた。2日から3日にかけては低気圧が接近しC級ブリザードになった。
	中旬	旬を通して地上の低圧部に入った状態が続き雪または曇の天気が続いた。18日には低気圧が接近しC級ブリザードになった。
下旬	旬の前半は地上の低圧部に入った状態が続き雪の天気が続いた。旬の半ばに高気圧に覆われて晴れたが、旬の後半は再び低圧部に入り雪の天気が続いた。30日から31日にかけては前線が昭和基地を通過しB級ブリザードとなった。	
2000年 11月	上旬	500hPa面での極を取り巻く低気圧性の循環は上旬から中旬にかけて崩壊し高気圧性の循環に移行した。それに伴い発達した低気圧の昭和基地への接近も少なくなってきた。
	中旬	2日から3日にかけて高気圧に覆われ晴れた以外は低気圧および前線の影響で雪または曇の天気となった。旬の前半は気圧の谷の影響で曇りまたは雪の天気となった。14日は前線の通過によりC級ブリザードとなった。旬の後半は高気圧に覆われ晴れまたは薄曇の天気となった。

		た。19日には最高気温がプラスとなった。
	下旬	23日から24日にかけて低気圧の影響で雪の天気となった。また27日には大気の状態が不安定になりしゅう雪が降った。その他の日は高気圧に覆われ概ね晴れの天気となった。
2000年 12月		500hPa面での気圧配置は安定した夏型となった。昭和基地への低気圧の接近も少なく、ブリザードは観測されなかった。
	上旬	高気圧が張り出し、晴れた日が多かった。旬の始めは沿岸の下層雲により雪がちらついていた。旬の半ばは昭和基地の北を通過した低気圧に流れ込む暖気により霧が発生
	中旬	高気圧の張り出しがやや弱く、曇り又はうす曇の日が多かった。旬半ばには昭和基地に接近した低気圧により、雪がちらついていた。
	下旬	23日頃から、500hPa面で北東から延びる気圧の尾根に抑えられて、昭和基地の北に寒気が残った。このため大気の状態が不安定となり、曇りの日が多かった。24日、25日には積雲系の雲からのしゅう雪を観測した。
2001年 1月		ほぼ月間を通して極冠高気圧の張り出しが弱く、曇りの日が多かった。しかし、昭和基地への低気圧の接近は少なく、雪の降る日はあったがブリザードにはならなかった。
	上旬	沿岸に中・下層雲が張り付き、曇りまたは雪の日が多かった。旬日照時間は少なく経過した。
	中旬	11日には低気圧の接近により雪が降った。その後、旬半ばまで小雪のちらつく日が続いた。旬後半は曇りの日が多かったが、極冠高気圧がやや張り出してきたので晴れ間の広がる日もあった。
	下旬	旬前半は極冠高気圧が張り出し、晴れの日が続いた。後半は昭和基地の北方を通過した低気圧の影響により、曇りの日が多かった。

表 6 高層気象観測器材

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

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

表 7 高層気象観測状況

Table 7. Number of observations and attained height of aerological observations.

		2000										2001	合計 (平均)		
		2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月		1月	
飛揚回数		60	62	64	63	62	75	62	61	63	62	62	62	758	
定時観測回数		58	62	60	62	60	61	62	60	62	60	62	62	731	
特別観測回数		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
再観測回数		2	0	4	1	2	13	0	1	1	2	0	0	26	
資料欠如回数		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
欠測回数		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
到達高度	平均	気圧 (hPa)	11.6	10.4	12.3	17.7	11.6	11.2	10.4	11.4	14.6	10.8	11.6	11.8	(12.1)
		高度 (km)	31.1	31.3	29.1	26.5	27.9	27.5	27.9	28.3	27.7	30.6	31.2	31.1	(29.2)
最高	平均	気圧 (hPa)	6.9	6.2	5.6	6.7	5.9	6.3	5.9	7.2	8.1	6.7	7.7	7.8	
		高度 (km)	34.0	33.9	33.4	31.0	30.9	30.5	30.7	30.7	32.0	33.6	33.7	33.7	

(注) ・7月1日 12UTCは強風のため欠測。  
 ・回数、到達高度共に00UTCと12UTCの両方の観測を含む。

表 8 月別指定気圧面観測値

Table 8. Monthly summaries of aerological observations (00 UTC).

	指定面 (hPa)	2000											2000	2001	
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年	1月
高度 (m)	850	1135	1133	1138	1134	1077	1137	1113	1119	1160	1084	1181	1234	1137	1187
	700	2608	2605	2587	2586	2508	2584	2539	2552	2588	2520	2641	2703	2585	2665
	500	5042	5045	4974	4993	4889	4990	4918	4938	4972	4901	5059	5134	4988	5115
	300	8462	8486	8348	8388	8232	8359	8234	8262	8329	8228	8442	8557	8361	8570
	200	11098	11129	10972	10974	10770	10835	10674	10682	10775	10688	10956	11193	10896	11231
	150	12999	13035	12862	12827	12568	12556	12363	12339	12442	12404	12724	13098	12685	13151
	100	15695	15730	15517	15419	15067	14945	14696	14640	14767	14797	15201	15811	15190	15869
	50	20371	20374	20032	19783	19242	18917	18570	18515	18749	18923	19528	20511	19460	20562
30	23876	23817	23353	22948	22252	21792	21371	21361	21764	22166	22946	24014	22638	24058	
気温 (°C)	850	-8.9	-10.1	-14.2	-13.7	-18.4	-15.2	-20.1	-18.9	-19.2	-18.0	-12.5	-9.9	-14.9	-8.9
	700	-19.1	-18.7	-23.0	-22.1	-24.6	-22.1	-24.8	-23.7	-25.2	-23.9	-20.5	-19.1	-22.2	-17.8
	500	-33.2	-32.3	-37.5	-35.6	-38.9	-36.4	-39.3	-38.7	-37.8	-38.9	-35.1	-33.1	-36.4	-31.1
	300	-53.8	-52.4	-55.7	-55.4	-58.2	-58.8	-62.2	-62.5	-59.6	-61.6	-57.5	-53.2	-57.6	-50.9
	200	-48.1	-47.6	-48.8	-53.1	-59.1	-68.2	-71.0	-74.3	-73.1	-68.3	-62.6	-48.4	-60.2	-45.8
	150	-46.8	-46.5	-49.0	-53.6	-60.6	-69.6	-74.2	-77.9	-76.4	-70.2	-63.7	-45.8	-61.2	-44.7
	100	-45.0	-45.8	-50.1	-55.9	-64.4	-74.1	-78.7	-80.5	-77.7	-72.3	-64.4	-43.5	-62.7	-43.6
	50	-40.2	-43.4	-51.3	-60.0	-70.9	-80.4	-84.8	-83.5	-75.0	-64.1	-52.5	-40.0	-62.2	-40.1
30	-37.3	-42.3	-51.2	-62.4	-74.0	-82.5	-86.2	-82.3	-67.4	-46.9	-37.5	-37.8	-59.0	-38.4	
風速 (m/s)	850	5.6	8.7	5.4	9.8	9.9	10.0	11.1	10.2	8.2	9.8	8.7	5.4	8.6	6.7
	700	5.5	6.7	7.4	7.2	9.0	7.8	8.4	9.2	5.7	6.7	8.4	5.5	7.3	6.4
	500	6.7	11.3	9.1	7.8	12.5	11.2	11.4	11.3	7.8	9.5	12.2	8.0	9.9	7.1
	300	10.1	16.5	15.8	15.7	17.5	16.9	15.4	16.8	11.4	15.0	16.8	11.0	14.9	10.6
	200	8.4	10.2	10.9	13.3	15.8	15.1	13.9	15.0	12.6	17.6	13.4	7.1	12.8	6.3
	150	8.8	8.7	10.9	13.4	16.5	13.8	13.8	14.4	13.9	19.6	13.1	7.3	12.9	5.5
	100	10.1	7.5	9.6	15.1	20.5	17.1	16.6	17.3	17.7	24.1	15.7	6.8	14.8	4.9
	50	8.0	4.9	9.2	19.6	28.7	26.5	25.0	27.6	33.1	38.2	15.8	6.7	20.3	2.4
30	5.7	3.8	8.9	23.6	33.8	34.6	30.9	36.5	49.6	52.1	12.8	8.9	25.1	3.9	

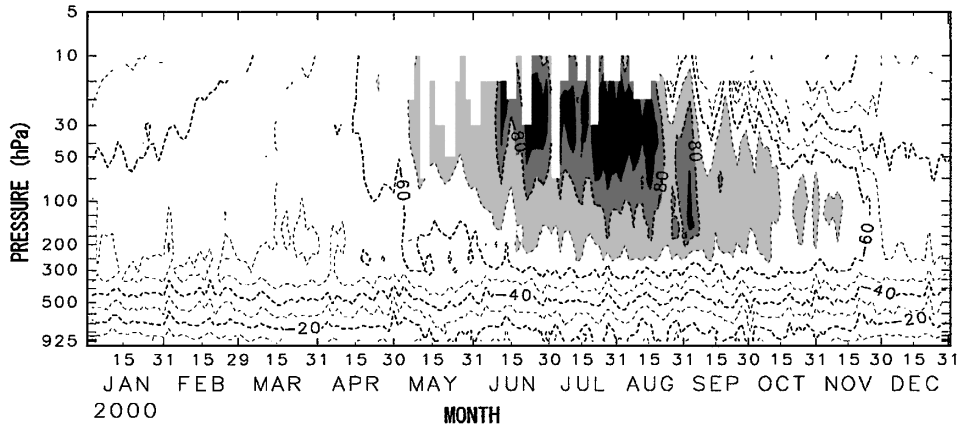


図 4 上層気温の時間高度断面図 (2000 年 1 月-2000 年 12 月)  
 灰色域:  $-70^{\circ}\text{C}$  以下, 濃灰色域  $-80^{\circ}\text{C}$  以下, 黒色域:  $-85^{\circ}\text{C}$  以下

Fig. 4. Time-height cross section of upper-air temperature (January 2000–December 2000).

は 30 年平均値に比べて西風成分の強い正偏差だが, 2000 年 6 月から 8 月と, 11 月・12 月は 30 年平均値に比べて西風成分の弱い負偏差となっている。

図 5 下段の南北風成分の比較で, 70 hPa から上の領域に注目すると, 2000 年 9 月から 11 月は, 30 年平均値に比べて南風成分が弱い (北風成分が強い) 負偏差となっている。

図 6 に南半球 500 hPa 面の月平均高度場を, 図 7 に 30 hPa 面の月平均高度場を気象庁解析資料で示す。平年偏差は 2000 年の月平均高度場から, 平年値 (1971 年~2000 年の 30 年平均) を差引いたものである。

まず 500 hPa 面の月平均高度場に注目する。2000 年 2 月から 10 月にかけて, 南極大陸付近は低圧部で, 弱いながら波数 3 から 4 のパターンを示している。その中で, 2000 年 3 月の西経 0 度から西経 40 度にかけての高度場の尾根と高度の強い正偏差, 2000 年 9 月の西経 90 度付近の高度の強い正偏差は特徴的である。2000 年 11 月になると, 南極大陸上空に高気圧場があらわれはじめ, 2001 年 1 月まで持続している。

次に 30 hPa 面の月平均高度場に注目すると, 2000 年 4 月から次第に強化されていった極渦は 2000 年 8 月に最盛期を迎えるが, 2000 年 9 月には, 南極大陸を含む西経 10 度から東経 100 度の高緯度域に高度の正偏差域が現れはじめる。2000 年 10 月には, ニューゼーランドの南海上に高気圧場が現れ, 東経 30 度から 180 度を経て西経 90 度にかけての南極大陸沿岸部に高度の強い正偏差が見られるようになり, 2000 年 11 月には極渦の中心が昭和基地付近にまで進んで, 2000 年 12 月には, 南極域は高気圧場に覆われ南極大陸上空を中心に高度の正偏差域に覆われている。



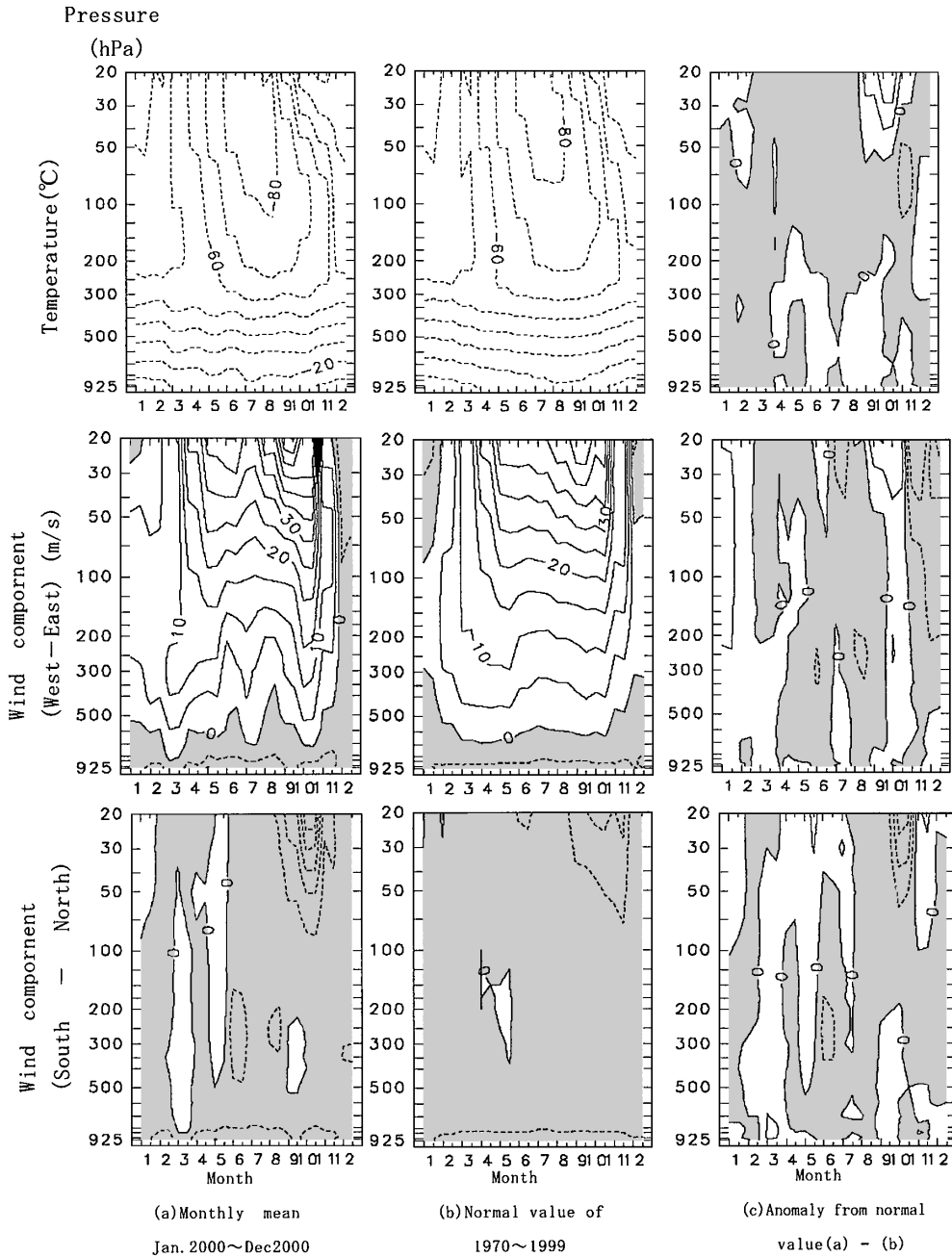


図 5 高層気象指定気圧面観測結果

(a) 2000 年の月平均値, (b) 30 年平均値 (1970~1999), (c) 偏差 ((a)-(b))

Fig. 5. Annual variations in upper air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and upper wind components (m/s).

(a) Monthly mean (2000), (b) normal values (1970~1999), and (c) deviations.

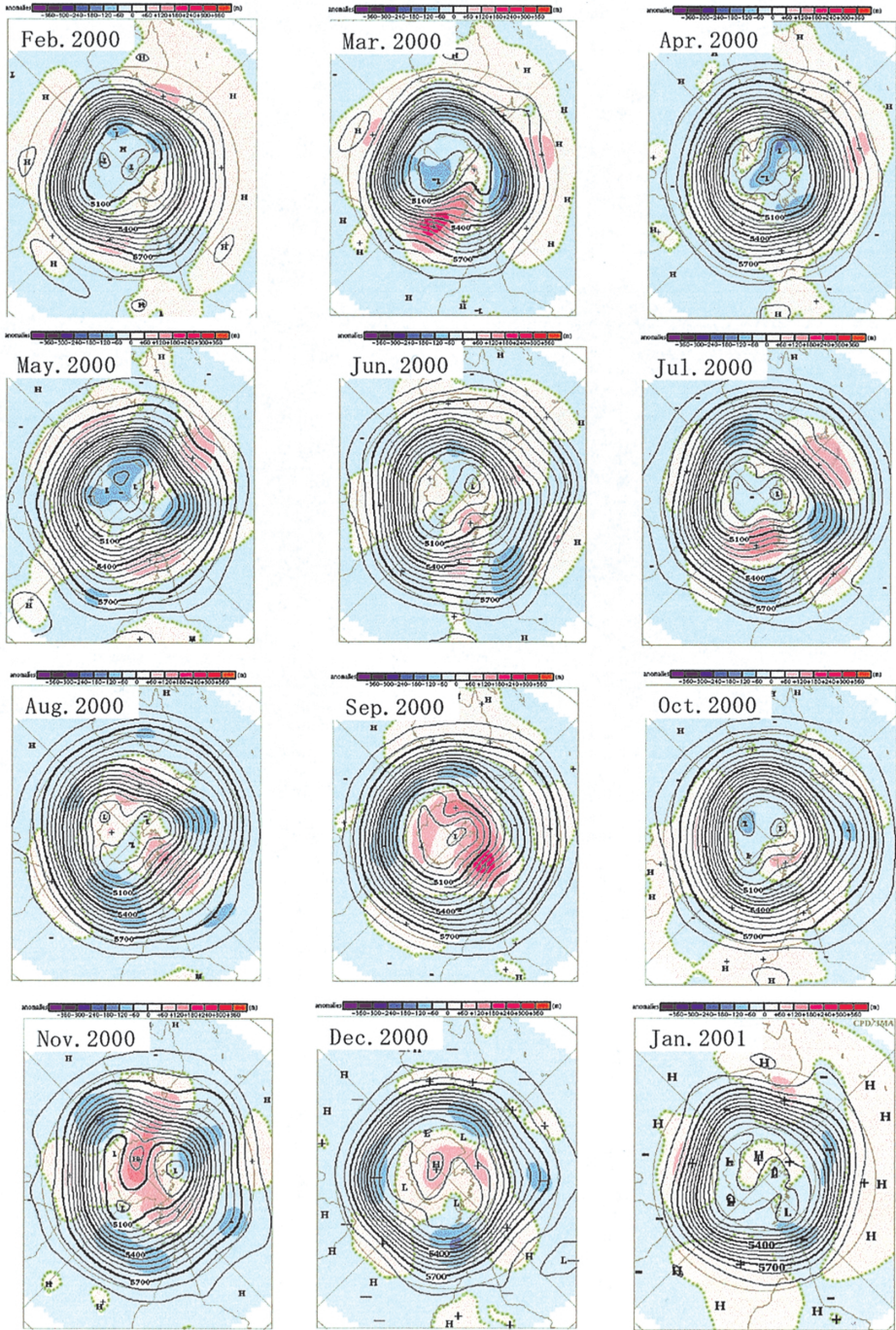


図 6 南半球月平均 500 hPa 高度及び平年偏差 (2000 年 2 月-2001 年 1 月)  
 Fig. 6. Monthly mean weather chart on 500 hPa (February 2000-January 2001).

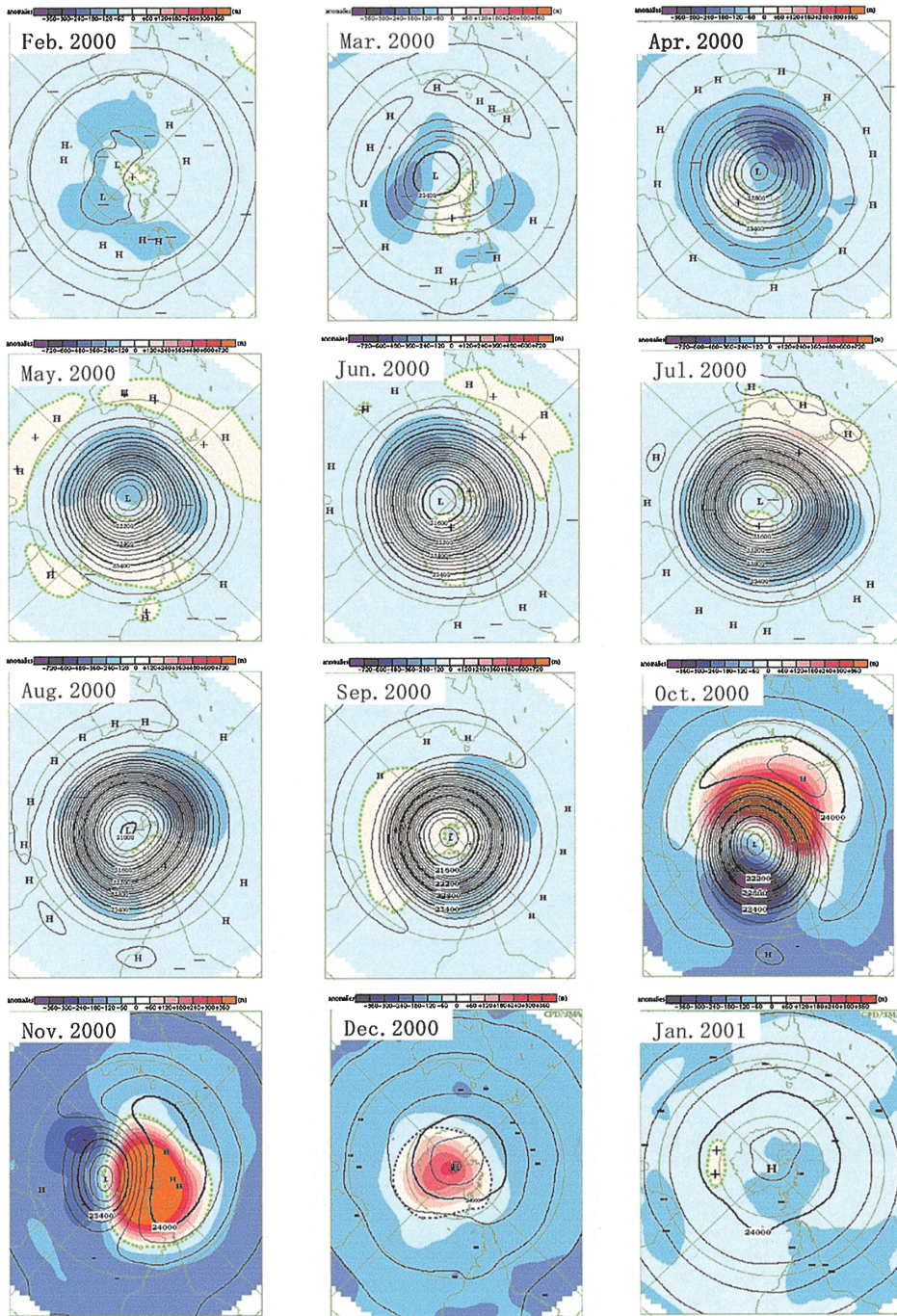


図 7 南半球月平均 30hPa 高度及び年偏差 (2000 年 2 月~2001 年 1 月)  
 Fig. 7. Monthly mean weather chart on 30hPa (February 2000–January 2001).

## 4. オゾン観測

## 4.1. 観測方法と測器

オゾン観測は、ドブソン分光光度計 (Beck-119) 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 (オゾンホール生成から消滅期間においては、WMO 事務局の要請により随時) 気象庁経由 WMO 事務局へ報告し、その結果は、WMO OZONE BULLITEN として世界の関係機関に配布された。また、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。観測機材を表 9 に示す。

## 4.1.1. オゾン全量観測

オゾン観測指針 (オゾン全量・反転観測編) (気象庁, 1991) に準じ、ドブソン分光光度計を用いて太陽直射光及び天頂散乱光の観測を行った。ドブソン分光光度計は器械内部に取り入れた紫外線光について、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器械である。太陽光では AD 波長組 (A 波長組: 平均波長 305.5 nm と 325.0 nm, D 波長組: 平均波長 317.5 nm と 339.9 nm) を用いた観測を、太陽の北中時及び午前、午後の大気路程  $\mu=1.5, 2.5, 3.5$  ( $\mu$ : オゾン層を通過する光線の垂直路程に対する相対的な路程) の時刻に行った。また、観測期間を延ばすため太陽高度が低くなる時期

表 9 オゾン観測器材

Table 9. Sensors for ozone observations at Syowa Station.

観測項目	使用測器等	型式及び測器番号	単位及び測定範囲	構成	備考
オゾン全量・反転観測	オゾン分光光度計	Beck No. 119	m atm-cm		石英プリズムを使って太陽光をスペクトルに分け、測定しやすい2種の波長の光を取り出し強度比を測定する
オゾンゾンデ観測	オゾンゾンデ	RS2-KC96	hPa	気圧	ニッケルスパン製43mmφ 空ごう気圧計 (静電容量変化式)
			°C	気温	ビード型 ガラスコートサーミスタ (アルミ蒸着加工)
			mPa	オゾン計測部	ピストンポンプ (吸気および導気管: ポリエチレン製) 反応管 (アクリル樹脂製単管) 反応液 (沃度カリ水溶液)
				電池	B96KC型注水電池
				気球	2000g気球 ※標準浮力: 3400g
			その他	オゾンゾンデ巻下器 (50m)	
地上オゾン観測	オゾン濃度計	Dylec MODEL1100	0~200ppmb	観測装置	赤外線吸収法, 最小感度0.1ppmb, 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, NO2を除去し精製する
	オゾン発生器	Dylec MODEL1410	0~1000ppmb		UVランプによる紫外線照射

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, 大気路程  $\mu=3.5, 4.5, 5.5, 6.5$  の時刻に行った. さらに太陽高度が低い ( $\mu>6.5$ ) 場合には, 測器の限界となるため観測は行わなかった. 太陽光による観測ができない冬季には, 月光による AD 波長組による観測を行った.

#### 4.1.2. オゾン反転観測

反転観測は, 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観測で, 太陽天頂角が 80~90 度の範囲のショート反転観測と, 60~90 度の範囲のロング反転観測を天頂晴天時の午前又は午後可能な限り行った.

#### 4.1.3. オゾンゾンデ観測

オゾン観測指針 (オゾンゾンデ観測編) (気象庁, 1997) に準じて, RS2-KC96 型オゾンゾンデをゴム気球につり下げ, 上空約 35 km までのオゾン分圧, 気圧, 気温及び風向・風速の高度分布を観測した. オゾンゾンデはポンプで大気を吸入し, 大気中のオゾンと反応液 (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受信等の地上施設は, 高層気象観測施設と同じものを使用した. オゾンゾンデ飛揚前の校正には, オゾン発生器及びオゾンゾンデ試験器を用いた. ゴム気球は 2000 g を使用し, ヘリウムガスを充填して浮力錘浮力 3400 g とした. また, 高層気象観測同様 5~10 月の到達高度が低くなる時は, 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ポンプの動作不良等を防ぐために, 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. 飛揚は原則として週 1 回行ったが, オゾンホールの時期には週 2 回とした.

観測は高層気象観測を行っていない風の弱い晴天の日を選んで行い, データの解析は観測終了後直ちに行った. 極夜期で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, 飛揚時刻に近いオゾン全量観測値を用いて補正を行った.

#### 4.1.4. 地上オゾン濃度観測

第 38 次隊より開始した地上オゾン観測 (江崎ら, 2000) を第 41 次隊も引き続き行った. 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) で 12 秒ごとに測定し, データはノート PC 内の HDD 及び MO に記録するとともに自記記録した.

観測装置は放球棟横の旧水素ガス発生器室内にあり (図 1 の ⑥ の位置), 大気取り入れ口は同建物主風向側 (北東側) 地上から 5 m の高さがある. 地上オゾン観測の系統図を図 8 に示す.

第 41 次隊まで, オゾン濃度計は計 3 台で運用しており, 昭和基地には, 現用器, 予備器の

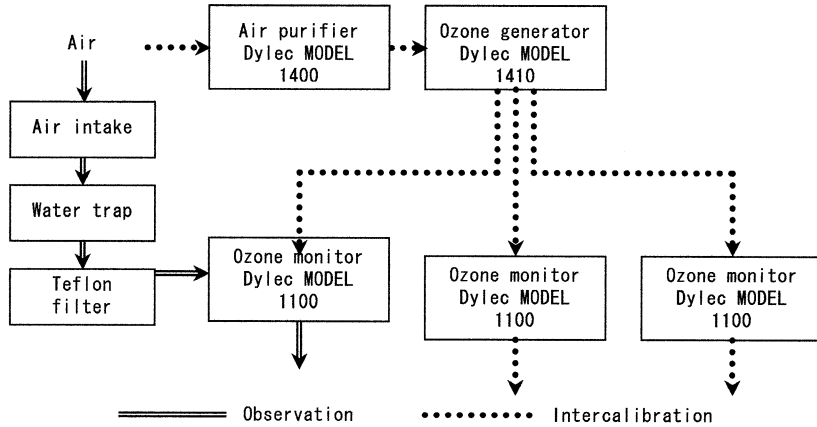


図 8 地上オゾン濃度観測装置系統図

Fig. 8. Schematic diagram of surface ozone concentration measurement system.

2 台を維持し、1 台は帰国隊が国内に持帰りオーバーホール後、次隊が昭和基地に持込む運用を行っていた。この運用では、オーバーホールの後昭和基地に持込まれたオゾンモニターは 1 年間予備器として定期的に観測器との比較をしながら昭和基地に保管され、翌年観測器として使用される。

このような運用では観測後期において水銀ランプ照度低下の影響が観測値にみられることから、第 42 次隊からオゾン濃度計 4 台運用体制（観測器・予備器の 2 台持込、同 2 台持帰り）へ移行することが計画され、第 41 次隊でも昭和基地の 2 台のオゾン濃度計を半年で観測器と予備器を入替え、観測期間半年とし運用を計画した。詳細は表 10 による。

第 41 次隊では、第 39 次隊が越冬中 1 年間観測に使用し国内に持ち帰ったオゾン濃度計 101A をオーバーホールし、気象庁南極観測事務室の検定装置（気相滴定法（GPT））により使用前検定を行った上で昭和基地に持込み、2000 年 8 月から同器に障害が発生した同年 11 月まで観測器とした。また、第 40 次隊が持込み昭和基地で予備器とされていたオゾン濃度計 101B を、第 40 次隊から観測を引き継いだ 2000 年 2 月から同年 7 月までと、オゾン濃度計 101A 障害後の同年 11 月から第 42 次隊に観測を引き継いだ 2001 年 1 月まで観測器とした。101A、101B ともに第 41 次隊で持帰り、気象庁南極観測事務室の検定装置で使用后検定を行った後、オーバーホールされた。障害が発生した 101A についても、電源投入後 2~3 日間は水銀ランプが安定しているため使用后検定結果を得られている。

第 41 次隊では、第 40 次隊のオゾン濃度計検定値の見直し（東島ら、2003）を受け、オゾン濃度計 101B について、使用前検定値は第 40 次隊の見なおし結果を、使用后検定値は帰国後気象庁南極観測事務室での検定結果を使用した。また、101A については使用前検定値、使用后検定値ともに気象庁南極観測事務室での検定結果を使用した。

表 10 オゾン濃度計検定及び観測使用履歴

Table 10. Official approval of ozone monitor and history of use for observation.

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	456	101B	101A	A166	456	
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	■	■	■						
1998/05/12	101B使用後検定	国立極地研究所	■					1998/01/31	予備器		
1998/10/12	101B使用前検定	国立極地研究所	■					↓		1999/01/20	
1999/01/19	相互比較検定	昭和基地	■	■	■						
1999/05/18	101A使用後検定	南極観測事務室		■						1999/01/20	
1999/07/21	相互比較検定	昭和基地		■	■						↓
1999/10/17	101A使用前検定	南極観測事務室		■							
2000/01/08	相互比較検定	昭和基地	■	■	■						
2000/04/19	相互比較検定	昭和基地	■				2000/02/01	予備器			
2000/07/04	A166使用後検定	南極観測事務室			■		↓		2000/07/31		
2000/07/31	相互比較検定	昭和基地	■	■	■				2000/08/01		
2000/10/20	A166, 456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		
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				
2001/05/22	101A, 101B使用後検定	南極観測事務室	■	■	■						

■ : 観測値に使用した検定値    ■ : 検定に関係したオゾン濃度計    | : 観測値に使用した検定値の期間

いずれの検定値についても、第 40 次隊及び第 42 次隊との越冬交代時に昭和基地において行われた相互比較検定によって、観測値の連続性が確保されていることを確認している。

## 4.2. 観測経過

### 4.2.1. オゾン全量観測

表 11 に、月別オゾン全量観測及びオゾン反転観測日数を示す。また、観測に使用した光源の内訳も示す。1 日に複数の光源で観測を行っているため、内訳の合計が観測日数にならない場合がある。4~8 月は太陽高度角が低いため観測可能日数が少ない。5~7 月は極夜期のため月光による観測のみを行ったが、観測に必要な光の強度は満月に近い月齢の時にしか得られないため、晴天が続いても観測可能な日数は月に 1 週間程度しかない。

### 4.2.2. オゾン反転観測

第 35 次隊より測器が自動化になり、より効率的にデータを取得できるようになった。第 41 次隊でも平年並の観測データを取得する事ができた。太陽高度角が低い、又は太陽が昇らない 4~8 月、及び太陽が沈まない 12 月は、データ処理に必要なデータセットが得られない

表 11 月別オゾン全量観測およびオゾン反転観測日数

Table 11. Observation days of total ozone observations and ozone Umkehr observations with the Dobson spectrometer at Syowa Station.

	2000												2001	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	25	30	24	5	7	8	17	29	20	28	31	31	255	
内訳	直射光 AD	16	25	4					24	12	26	30	27	164
	〃 CD	12	24	14				11	27	12	24	29	21	174
	天頂光 AD	25	30	7					24	20	28	31	31	196
	〃 CD	22	29	24				14	27	19	27	31	31	224
	月光				5	7	8	7	4					31
反転観測日数	4	16	5					11	2	9			47	
内訳	ロング	4	12					6	1	6			29	
	ショート		4	5				5	1	3			18	

ため観測日数が少ない。

#### 4.2.3. オゾンゾンデ観測

第 41 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。78 台のうち 2 台は、発信機の不良箇所が見つかり国内へ持ち帰った。結果として、第 41 次隊では 76 台を飛揚した。ILAS-II 検証用オゾンゾンデは、衛星 (ADEOS-II) の打上げが延期され、第 41 次隊越冬期間中に ILAS-II による観測は行われなかったため、基礎データの取得として 2000 年 5~7 月までの期間に飛揚した。

飛揚状況を表 12 に示す。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 21 回あったが、これは極夜期のため月光によるオゾン全量観測もできなかったことによる。

#### 4.2.4. 地上オゾン濃度観測

2000 年 1 月、第 40 次隊観測器 (166A) と予備器 (101B) 及び第 41 次隊持込みのオゾン濃度計 (101A) の相互比較検定を行い測器の精度確認を行った。2 月、第 40 次隊予備器を観測器 (101B)、第 41 次隊持込みのオゾン濃度計を予備器 (101A) として観測を開始した。

越冬中の 4 月、7 月、11 月に第 41 次隊の 2 台のオゾン濃度計 101B と 101A の相互比較検定を行うとともに、配管を交換した。7 月の相互比較検定の際、観測器 (101B) と予備器 (101A) を入替え、101A を観測器とした。11 月の相互比較検定の後、観測器 (101A) のデータばらつきが大きくなり、電源の ON、OFF で復旧するという障害が発生、同様の障害が繰り返し起こるようになったため、11 月 26 日、観測器としていた 101A を停止、101B を再び観測器として観測を継続した。帰国後 101A の障害は水銀ランプ障害と判明した。

越冬終了時の 2001 年 1 月には第 42 次隊の持込んだオゾン濃度計 166A と 456 及び第 41 次隊が使用したオゾン濃度計 101A 及び 101B の相互比較検定を行い測器の精度確認を行った。なお、障害が発生した 101A は、電源投入後 2~3 日間においては、出力値は安定している



表 12 オゾンゾンデ観測状況

Table 12. Date of observations and attained height of ozonesonde observations.

年 月	2000													
	2月		3月		4月		5月		6月		7月			
日 到達 気圧 (hPa)	2	6.7	2	4.1	6	9.0	3	4.4 *2	9	43.1 *1	1	4.6 *2		
	11	4.9	8	3.6	12	23.4	6	5.5 *2	14	5.4 *2	5	7.7 *2		
	16	17.3	15	4.3	19	3.7	10	4.4 *2	17	6.6 *2	8	7.1 *2		
	23	5.6	22	4.2	26	6.4	14	24.7 *2	22	17.4	12	5.8		
			29	4.1			17	11.8 *2	24	4.0	15	4.1		
							22	4.7	28	9.7 *2	19	5.2		
							25	10.9			24	9.4 *2		
							27	18.5			26	8.1 *2		
							31	7.1 *2			29	11.6 *2		
年 月	2000											2001		
	8月			9月			10月			11月		12月		1月
日 到達 気圧 (hPa)	2	5.4 *2	2	7.1	5	10.4	1	6.4	6	5.7	3	4.6		
	5	7.6 *2	6	8.2	8	8.9	8	4.5	14	6.9	11	8.4		
	8	6.7 *2	9	12.1	11	22.8	15	5.2	20	5.2	17	5.8		
	13	10.3 *2	13	12.2	15	10.1	22	5.5	27	5.8	24	6.6		
	16	6.8	16	10.5	19	26.1	29	7.7			31	14.6		
	19	5.7	20	10.5	21	6.0								
	24	8.7	23	9.5	25	6.4								
	26	5.2 *2	27	20.1										
	30	11.3	30	9.7										

\*1: 気球破裂・オゾン反応不良などにより最終高度が30 hPa に達せず、ドブソン比(補正係数)なし。

\*2: 極夜期で月光によるオゾン全量観測ができなかったため、ドブソン比なし。

5月3日から7月29日までは ILAS-II 検証報告を行った観測。

ため、相互比較検定においては値が得られている。その後、2月1日の越冬交代時に第42次隊に観測を引き継いだ。

第41次隊が観測に使用した101A及び101Bは国内に持ち帰り、気象庁南極観測事務室で使用後検定を行った。

上述の障害を除いて、ブリザード時に大気取り入れ口が雪詰まりして、大気サンプル流量が落ちることがあったが、1年間を通して概ね順調に観測を行うことができた。

### 4.3. 観測結果

#### 4.3.1. オゾン全量観測

図9に2000年1月~2001年1月のオゾン全量観測結果を示す。日代表値オゾン全量は、8月上旬からオゾンホールを目安である220 m atm-cm以下の値を観測し、その後大きな変動を示した。11月中旬には220 m atm-cmの値を超え、11月下旬にかけて、オゾン全量は急激に増加した。

#### 4.3.2. オゾン反転観測

図10にオゾン反転観測による層別オゾン量の高度分布を示す。2000年4~8月と12月は

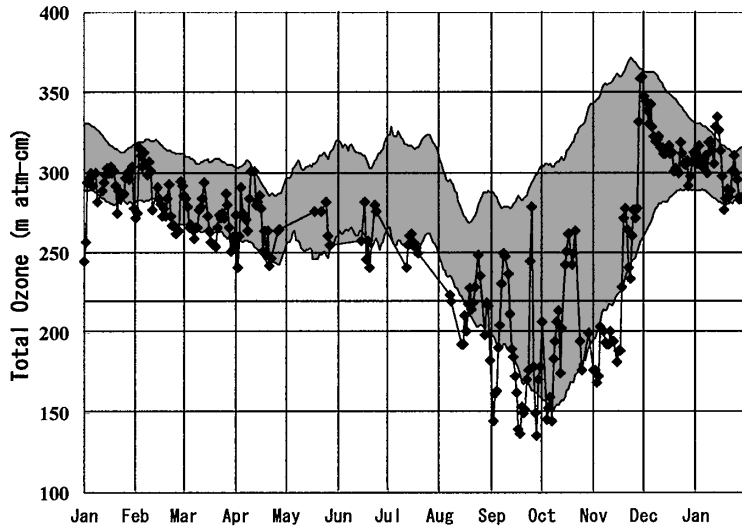


図 9 オゾン全量の年変化 (2000年1月~2001年1月)

◆: 日代表値, 陰影部: 平年値 (1971年~2000年) からの標準偏差の範囲

Fig. 9. Annual variations in total ozone at Syowa Station (January 2000–January 2001).

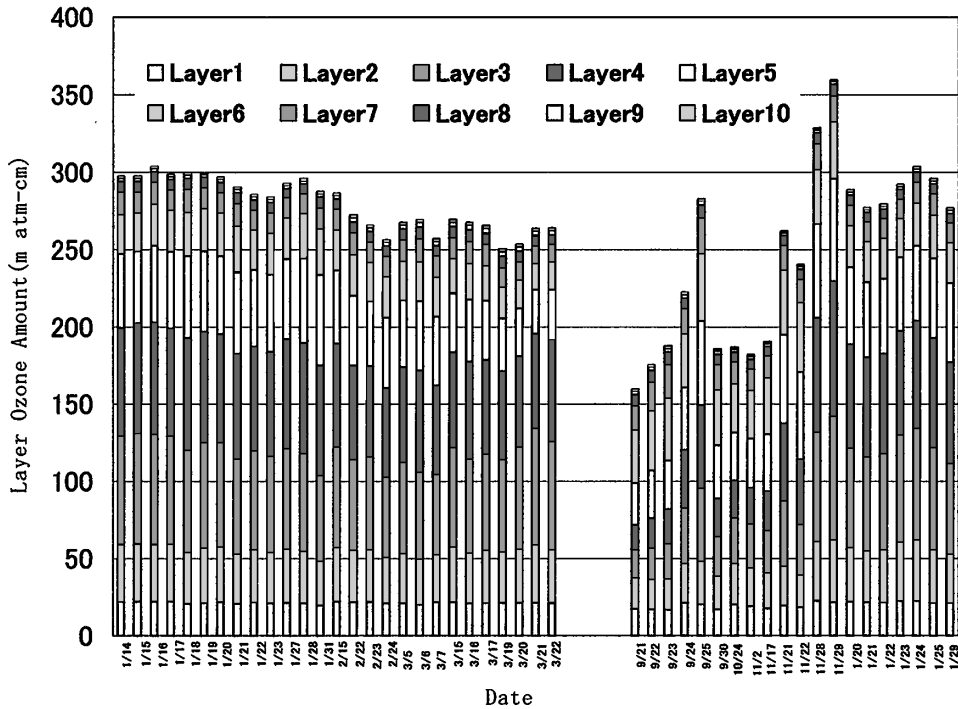


図 10 反転観測による気層別オゾン量 (2000年1月~2001年1月)

Fig. 10. Layer amount of ozone by Umkehr observations (January 2000–January 2001).

ロング反転観測データが得られなかったため表示していない。

#### 4.3.3. オゾンゾンデ観測

図 11 に、2000 年 1 月～2001 年 1 月のオゾン分圧 (mPa) の時間高度断面を示す。1～8 月上旬までは、高度 16～21 km 付近のオゾン分圧はほぼ 10 mPa 以上を示していたが、8 月中旬以降、オゾンホールが発達に伴って大幅に減少し、9 月中旬から 11 月中旬にかけて、オゾン分圧が 2.5 mPa 以下の極小域が高度 13～21 km 付近に現れた。一方、高度 22 km 付近で 9 月上旬に、高度 21 km より上空で 10 月中旬に一時的なオゾン分圧の増加が見られ、11 月下旬には 15～21 km の広い高度範囲で急激にオゾン分圧が増加した。

図 12 にアースプローブ衛星の TOMS (オゾン全量マッピング分光計) によって観測した、8 月から 12 月までの南半球の旬別オゾン全量分布図を気象庁解析資料で示す。8 月中旬には、オゾンホールの目安である 220 m atm-cm 以下の領域が西経 80～140 度付近に現れた。8 月下旬にはほぼ南極大陸全域を覆い、9 月上旬には最もオゾンホールの領域が広がった。また、9 月下旬から 10 月上旬に 130 m atm-cm 以下の領域が見られた。10 月以降、オゾンホールは次第に規模を縮小しながら、11 月上旬に昭和基地付近で 220 m atm-cm 以下となったのを最後に 220 m atm-cm 以下の領域はなくなり、12 月 1 日にオゾンホールは消滅した。これは、過去最も消滅が遅かった 1999 年よりも 28 日早く、オゾンホールが継続して大規模に発達している 1992 年以降では 94 年に次 2 番目に早かった (気象庁, 2001)。

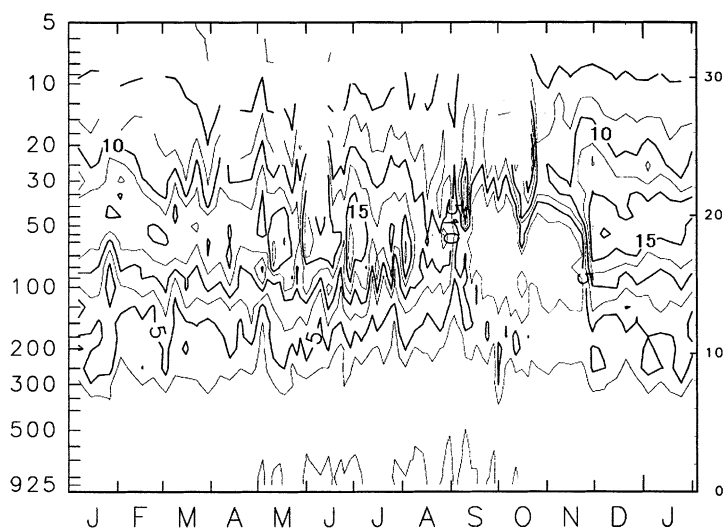


図 11 オゾンゾンデ観測によるオゾン分圧の時間高度断面図 (2000 年 1 月～2001 年 1 月)  
 Fig. 11. Time-height cross section of ozone partial pressure (mPa) by ozonesonde observations (January 2000–January 2001).

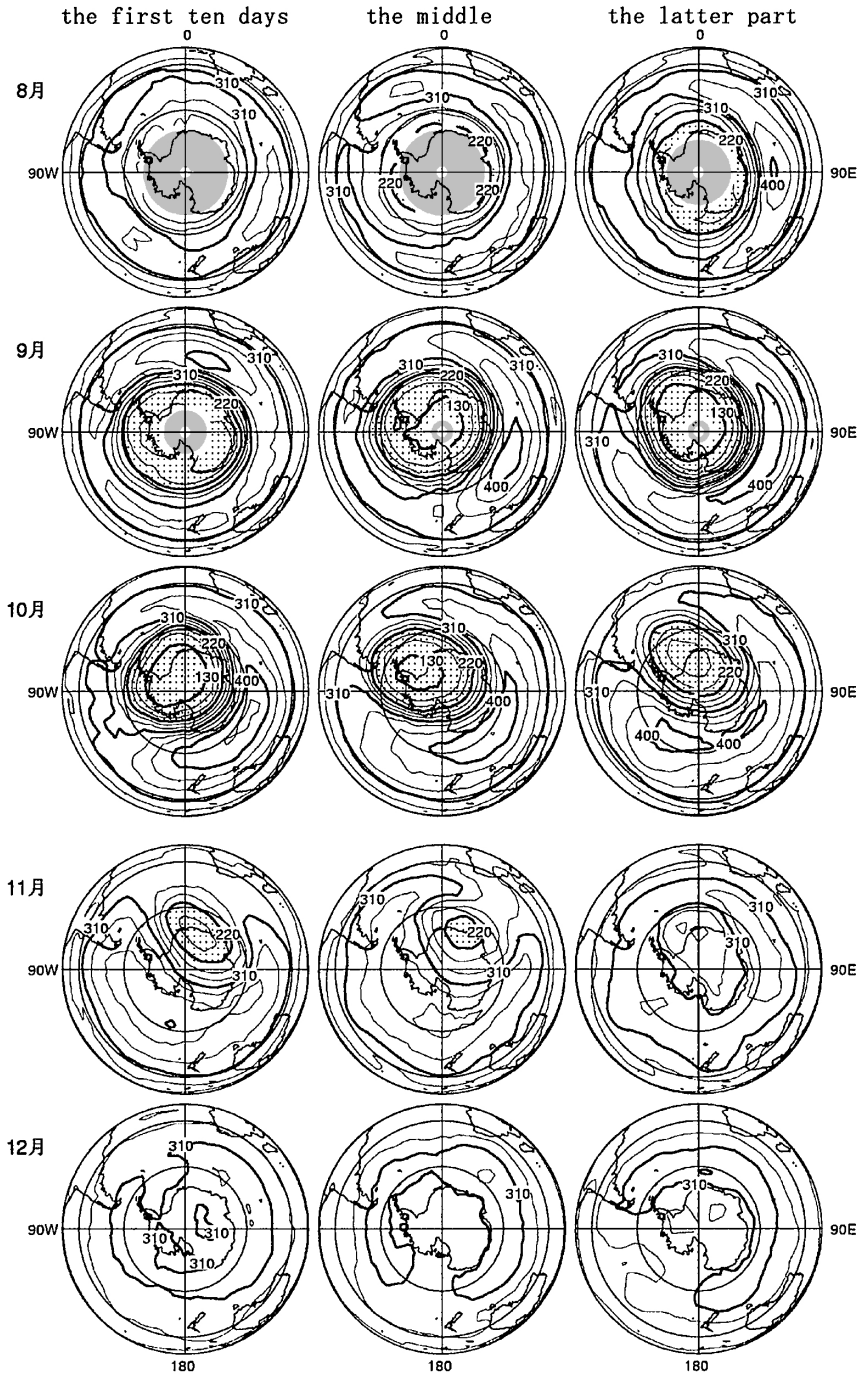


図 12 TOMS による旬別オゾン全量の南半球分布図 (2000 年 8 月-11 月)

Fig. 12. Distribution of ten-day mean of total ozone over the Southern Hemisphere by TOMS (August 2000–November 2000).

#### 4.3.4. 地上オゾン濃度観測

図13に1997年2月~2001年1月までの観測値(日別値)を示す。データは、1時間に150個以上の12秒値が得られた場合、平均して時別値を求め、1日のうち1個以上の時別値が得られた場合、時別値を平均して日別値とした。

昭和基地における地上オゾン濃度は、夏季に濃度が小さく、冬季に大きくなるという季節変化を示し、極夜明けから春季にかけてデータのばらつきが大きいことがわかる。

また、1998年から2000年にかけて、わずかだが地上オゾン濃度が増加している傾向が見受けられるが、データ取得期間が短く断定はできない。今後の観測データの蓄積を待ちたい。

第41次隊のデータレポートでは第40次隊がデータセレクション閾値の見なおし作業中であったため、暫定的に時別値の標準偏差の閾値を2.0 ppbとして時別値へのフラグ付けをして報告を行い、図13もこの値を使用した。第40次隊の報告により標準偏差の閾値を0.3 ppbとしたデータは第44次隊以降のデータレポートで報告する予定である。

第40次隊も部門別報告で述べている通り、このデータセレクションの値はデータの蓄積後再度検証の必要がある。また、反応性のガスである地上オゾンのデータに、このような標準偏差での閾値を設けデータセレクションを行うことについても議論があり、引き続き検討の必要がある。このため、第41次隊のデータレポートでは、時別値へのフラグ付けのみに標準偏差の閾値2.0 ppbを利用し、時別値から作成した日別値、月別値については、時別値のフラグ1以上(時別値のデータ数のみのセレクション)のものについて、平均し求めている。

なお、春季の地上オゾンの濃度がほとんどゼロになる現象(青木, 1997; 江崎ら, 1998)があることが知られているが、第41次観測中は、オゾン濃度がやや減少することはあったが顕著な現象は無かった。

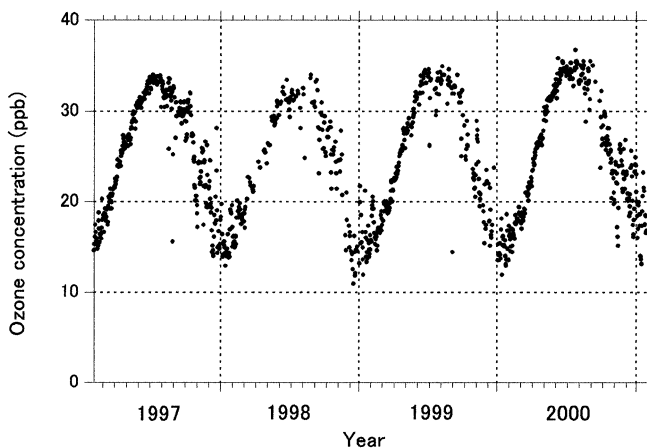


図13 地上オゾン濃度日別値(1997年2月~2001年1月)

Fig. 13. Daily means of surface ozone concentration (February 1997–January 2001).

## 5. 地上日射・放射観測

### 5.1. 観測方法と測器

地上日射放射観測は WMO 全球ベースライン地上日射放射観測網 BSRN (Baseline Surface Radiation Network) の観測点としての条件を満たすために、第 39 次隊で新たに毎秒サンプリングの上向き反射放射観測を開始し (岸ら, 2002), 第 40 次隊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 (東島ら, 2003). 第 41 次隊ではこれらの観測システムで引き続き観測を行うとともに、下向きの観測値にみられたノイズを取除く対策を行った。その結果、下向き観測値のノイズを取除くことができた。

波長別紫外域日射観測は、測器の交換を行ったほか、従来の観測システムで引き続き観測を行った。

大気混濁度観測については、自動観測型測器 (MS-110) が障害のため使用できず、「しらせ」船上観測に使用している携帯型サンフォトメータを使用し、1 日数回観測を行った。また、年数回連続観測を行い測器定数の決定・確認を行った。

観測の種類と使用した測器を表 13 に示す。

#### 5.1.1. 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。観測場所は前室屋上及び観測架台上である。

##### (1) 全天日射量

器温センサー付精密全天日射計を用いた。

##### (2) 直達日射量

器温センサー付直達日射計を用いた。感部は太陽追尾装置 (INTRA) に搭載した。

また、オゾン全量観測時刻で、太陽面に雲がかかっている時を選び、ホイスター・デュボアの混濁係数を求めた。

##### (3) 散乱日射量

太陽追尾装置 (INTRA) に搭載した精密全天日射計により観測した。遮蔽ディスクは、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。

##### (4) 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。測器定数は、ブリューワ分光光度計による UV-B 量観測値との比較により月ごとに求めた。

##### (5) 長波長放射量

ドーム温度、器温センサー付の精密赤外放射計により観測した。

#### 5.1.2. 上向き反射放射観測

観測棟下の海水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。

周辺からの散乱光を除去するために、感部の周囲に遮蔽バンドを取り付けて観測を行った。

(1) 反射日射量

精密全天日射計（器温センサーなし）により観測した。

(2) 長波長放射観測

ドーム温度，器温センサー付の精密赤外放射計により観測した。

5.1.3. 波長別紫外域日射観測

ブリューワ分光光度計（SCI-TEC #091）を使用して，波長別（290～325 nm で 0.5 nm 刻

表 13 地上日射・放射観測の種類と使用測器  
Table 13. Instruments for surface radiation observations 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 (器温センサー 付)	KIPP&ZONEN CM21T	305- 2800 nm	980520	0.01 MJ/m <sup>2</sup>	1秒
	直達日射量 (大気混濁度)	直達日射計 (器温センサー付) 太陽追尾装置	EKO MS-53F	300- 2800 nm	P92009	0.01 kW/m <sup>2</sup>	1秒
	散乱日射量	精密全天日射計 (器温センサー付) 太陽追尾装置 遮蔽ディスク	KIPP&ZONEN CM21T	305- 2800 nm	990574	0.01 MJ/m <sup>2</sup>	1秒
	B領域紫外線量	紫外域日射計	EKO MS-210W	280-315 nm	S90091.02	0.01 MJ/m <sup>2</sup>	1秒
	長波長放射量	精密赤外放射計 (ドーム温度付, 器温センサー付)	EPPLEY PIR	4-50 μm	30431F3	0.01 MJ/m <sup>2</sup>	1秒
上向き 放射	反射量	精密全天日射計 遮蔽バンド	KIPP&ZONEN CM21	305- 2800 nm	970397	0.01 MJ/m <sup>2</sup>	1秒
	長波長放射量	精密赤外放射計 (ドーム温度, 器温センサー付)	EPPLEY PIR	4-50 μm	32032F3	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-120 (携帯用)	368 500 675 nm 778 862	S97133.01 S95115.01		
	波長別 紫外域日射量	ブリューワ 分光光度計	SCI-TEC BREWER	290-325	#91	0.01 kJ/m <sup>2</sup>	1時間

み)紫外線量を紫外域日射観測指針(気象庁, 1993b)に基づき毎正時(24LTを除く)に観測を実施した。測器の設置場所は, 第40次隊と同様である。

#### 5.1.4. 大気混濁度観測

携帯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, 1日1~3回波長別のエアロゾルの光学的厚さ(Aerosol Optical Depth, 以下AOD)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(Angstrom A)及び混濁係数(Angstrom B)を求めた。

## 5.2. 観測経過

下向き日射放射観測, 上向き日射放射観測共に, 第41次隊観測開始当初から極夜期にかけて障害が頻発した。また, 下向き日射放射観測値にノイズが乗っていたが, 年間を通じて対応し, 第42次隊に交代する時点までにノイズを除去することに成功している。ノイズ対策の詳細については「5.2.2. 下向き日射放射観測ノイズ対策」で述べる。

大気混濁度観測については, 第40次隊から観測を引き継ぐ前に, 自動観測型サンフォトメータMS-110に障害が発生し, 第40次隊で持帰り修理となった。このため, 携帯型サンフォトメータMS-120を利用し観測を行った。

### 5.2.1. 下向き日射放射観測

2000年2月1日に第40次隊から観測を引き継ぎ, 第41次隊のデータ収録を開始した。

太陽追尾装置(INTRA)は, 第41次隊に観測が引き継がれる直前, 1999年12月に2000年対応(Y2K)のためのROM書き換え作業を実施した際, 太陽追尾装置内部の通信ケーブルに障害が発生したが, 第41次隊に観測が引き継がれた後も障害が頻発した。

3月に内部ヒーター漏電障害が発生し予備機に交換, 5月にこの予備機も電源部障害が発生し停止した。このため太陽追尾装置(INTRA)を利用しない6月の極夜期に, 2台の太陽追尾装置(INTRA)の故障していないモジュールやケーブルを組み合わせ, 動作する1台の太陽追尾装置(INTRA)を用意した。

その後は第40次隊でも報告されている(東島ら, 2003)サンセンサーが動作しないような時にスポットずれが起こることはあったが, 概ね順調に動作した。

2001年1月には, 第42次隊持込の太陽追尾装置を取付け, 第42次隊持込測器との比較観測を行った。

2000年3月, データ収録PCの2/29日問題(Y2K問題関連)のため, 日付表示が異常となった。ただちに, Y2K対応パッチをあてるとともに, 収録結果データのファイル名, タイムスタンプ等の変更により対応した。収録データについては, データロガーの日付を利用しているため問題無い。



4月、上向きデータ収録 PC のハングアップが頻発したことに伴い、上向きデータ収録 PC と同様の環境にある下向きデータ収録 PC の HDD をフォーマットし、HDD の不良セクターを調査・登録後、日射放射観測用データ収録 PC として OS 領域、データ領域を分離し、システムを再構築した。

第 40 次隊で毎秒サンプリングを開始した際から 1 分間に 1~2 個のデータ抜けが発生していたが、9月にロガーの設定を変更し改善された。

10月~12月にかけて、下向き日射放射観測システムのノイズ対策のため、それぞれの測器について数時間ずつの欠測が生じた。

### 5.2.2. 下向き日射放射観測ノイズ対策

第 40 次隊で毎秒サンプリングを開始した当初から、下向き観測値に多くのノイズがみられた。このため第 41 次隊では、年間を通じこのノイズ対策を行った。

2000年2月の越冬交代から極夜期を経て9月頃まで、太陽追尾装置 (INTRA) の不具合対策等と並行して、データにみられるノイズの現状把握と、他部門の機器に関するノイズ対策を通信担当中本隊員、多目的アンテナ担当高尾隊員等と機会を見つけては打ち合せ、聞き取り調査した。

この時点での、ノイズの状況を次の①~④にまとめる。

- ① ノイズの大きさの大小はあるものの、すべての下向き接続機器で発生している。
- ② すべての測器の信号線は、ノイズ対策ケーブルを使用しているにもかかわらずノイズが乗る。
- ③ 時にノイズが極端に大きくなる場合もある。
- ④ データロガーや測器信号線をアース線に接続した際にノイズが大きくなることがある。

また、聞き取り調査の結果、次の①~④の背景も判明した。

- ① 昭和基地ではどの部門もノイズ対策には苦労している。
- ② 大地が岩盤と海水で覆われているため、アースを取るのが難しい (多目的アンテナは海中アースを利用している)。
- ③ 高出力のレーダーや通信設備が狭い範囲に設置されているため、誘導ノイズの影響も疑われる。
- ④ 整備年度が異なるインバータ付き UPS やトランスなどを使用しているため、取得するコンセントによって電源の電位差がわずかながらある可能性もある。

これらの調査から、ノイズの原因としては、電源に電位差がある可能性や、アースが不安定な可能性から、電源系ノイズの可能性があり、さらに、高出力の電子機器が狭い範囲に設置されていることから静電誘導、電磁誘導系ノイズ発生の可能性も示唆された。

この調査結果から、長時間の屋外作業が可能となる 10月~11月にかけて、データロガーマニュアル中に記述されていたノイズ対策、及び聞き取り調査の結果を参考とし、次の①~

④の方法により順次対策を施した。

① 下向き接続測器，ロガー，データ収録 PC 電源は同じ電源に接続

② 測器～ロガー間信号ケーブルの余剰部分を切断

③ 気象棟に這わせている測器～ロガー間信号ケーブルをケーブルサドルで固定

④ ケーブルシールド線，ロガー筐体，データ収録 PC 筐体をすべて同一アース線に接続

ここで，①により，同一電源から電源を取得することで電源電圧差からノイズが発生する可能性を除去し，②により余っているケーブル（アナログ）がコイル状に巻かれ無造作に置かれている状況から，ノイズ原因となる可能性を除去した。③により，昭和基地はレーダー等の電波の高出力機器も多く存在するため，固定されず垂れている状態のケーブルが，風によりゆられ，磁界を横切るといった可能性を除去，④によりケーブルシールド線（コネクターにより測器筐体に接続），ロガー筐体，データ収録 PC 筐体を同一アース線に接続することにより，測器筐体～信号ケーブルシールド～ロガー筐体を同電位とし，測器感部～信号ケーブル～ロガーセンサー部を静電シールド場中に置いた。

これらの対策を施した結果ノイズは除去された。また，作業中，測器信号線シールドをアースに接続したものと，接続していないものが混在していた場合，ノイズが大きくなる場合もあった。ノイズ対策においてはすべての測器を同一のシールド中に置く状態にすることが重要である。今後の参考とされたい。

### 5.2.3. 上向き反射放射観測

第 40 次隊から引き継ぎ，観測を継続した。

3 月，下向きと同様データ収録 PC の 2/29 日問題（Y2K 問題関連）のため，日付表示が異常となった。ただちに，Y2K 対応パッチをあてるとともに，収録結果データのファイル名，タイムスタンプ等の変更により対応した。収録データについては，データロガーの日付を利用しているため問題無い。また，第 40 次隊から引き継いだデータロガーの ROM 交換作業を実施した。

4 月，上向きデータ収録 PC のハングアップが頻発したことに伴い，上向きデータ収録 PC の HDD をフォーマットし，HDD の不良セクターを調査・登録後，日射放射観測用データ収録 PC として OS 領域，データ領域を分離し，システムを再構築した。この後は概ね順調に観測を継続した。

### 5.2.4. 波長別紫外域日射観測

第 41 次隊では，故障により国内持ち帰りとなっていたブリューワ分光光度計（SCI-TEC #091）の修理が完了したため，再び昭和基地へ持ち込み 2000 年 2 月 1 日より観測を開始した。ブリザード等の強風時には測器保護のため受光部に保護具を取付け観測を中断したが，観測の経過は概ね順調だった。

測器の光学系全体の波長別感度を監視するための外部標準ランプ点検を原則として週 1 回

実施した。波長別感度は年間を通じて大きな変化はなく安定していた。

### 5.3. 観測結果

#### 5.3.1. 下向き日射放射観測

図 14 に下向き日射放射量日積算値の年変化を示す。ここで、2、3 月の下向き長波長放射は、測器の温度出力異常のため欠測とした。

図 15 は、全天型紫外域日射計及びブリュウワ分光光度計による UV-B 日積算値の年変化である。

全天型紫外域日射計については、測器感度の波長依存性や、波長に依存した測器感度の経時変化が指摘されている（宮本ら，1999；柴田ら，2000）。このため第 41 次隊では、全天型紫

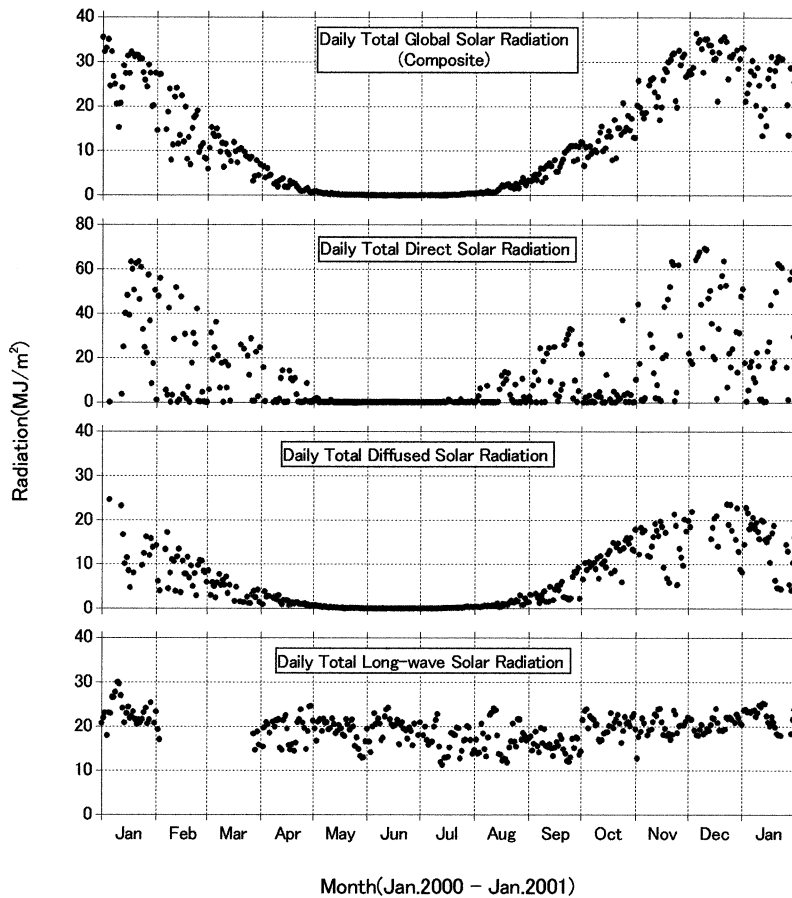


図 14 下向き日射放射量日積算値の年変化（2000 年 1 月～2001 年 1 月）

Fig. 14. Annual variations in daily integrated values of downward radiation components (January 2000–January 2001).

外域日射計の測器定数算出には、第40次隊と同様の方法（東島ら，2003）である，柴田ら（2000）の全天型紫外域日射計出力電圧の日積算値とブリューワ分光光度計による日積算UV-B量との直線回帰により，月ごとの換算係数を求める手法を採用した。

### 5.3.2. 上向き反射放射観測

図16に上向き反射放射量日積算値の年変化を示す。

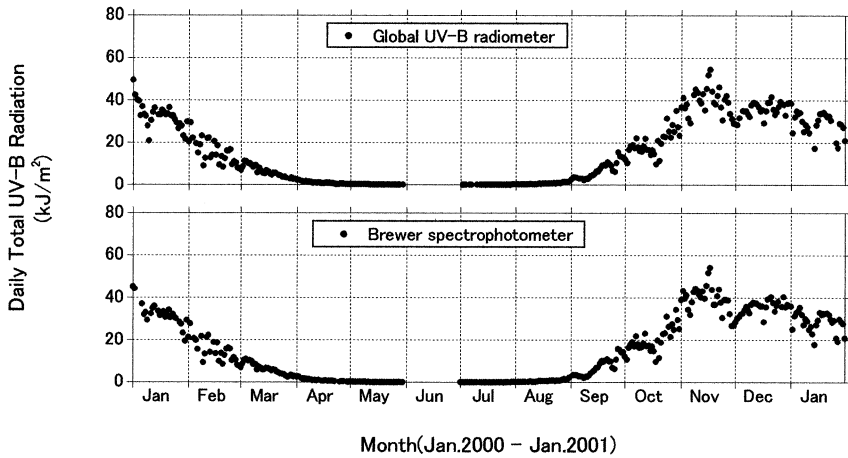


図15 B領域紫外域日射日積算値の年変化（2000年1月~2001年1月）

Fig. 15. Annual variations in daily integrated values for UV-B (January 2000–January 2001).

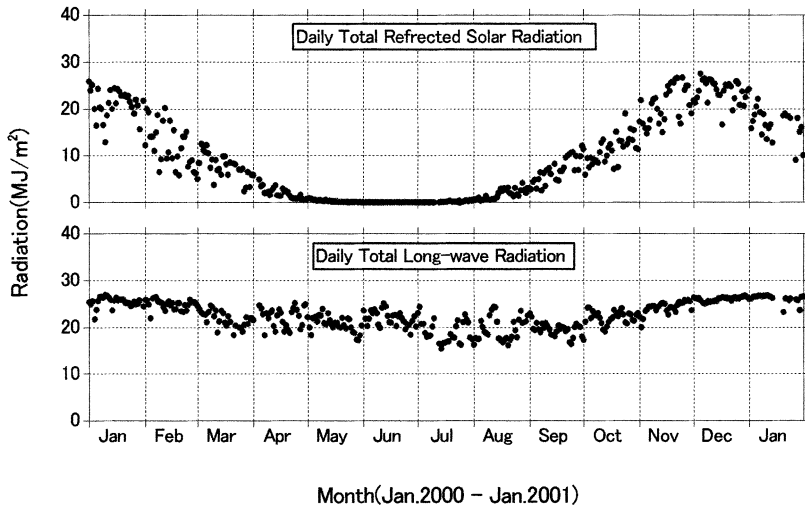


図16 上向き反射放射量日積算値の年変化（2000年1月~2001年1月）

Fig. 16. Annual variations in daily integrated values of surface upward radiation components (January 2000–January 2001).

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、日々のばらつきは、接地逆転の強さの変化が大きい冬期間に大きくなっている。

図 17 は短波、長波及び全波長の正味放射量日積算値の年変化である。

長波の放射量は、年間を通じて上向きが卓越し、正味放射量 (×) はほとんど負値となっている。全波長の正味放射量 (□) は、短波の日射・反射量が小さい冬期間は長波の放射収支に依存し、短波が大きくなる夏期間には、短波による収支 (△) を強く反映している。

第 41 次隊では、2000 年 11 月まで下向き日射・放射の観測データにノイズが乗ることが多く、日積算値が欠測となる日が多かった。2000 年 12 月以降、ノイズ対策により、年間を通して良好なデータが取得できるようになった。今後、放射収支に関する精密なデータの蓄積が期待できる。

### 5.3.3. 波長別紫外域日射観測

図 18 に波長 5 nm ごとに積算したブリューワ分光光度計による紫外域日射量と昭和基地のオゾン全量を示す。

過去の調査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、B 領域紫外域日射強度は 2% 程度、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、2 倍から 3 倍程度増加することが分かっている。

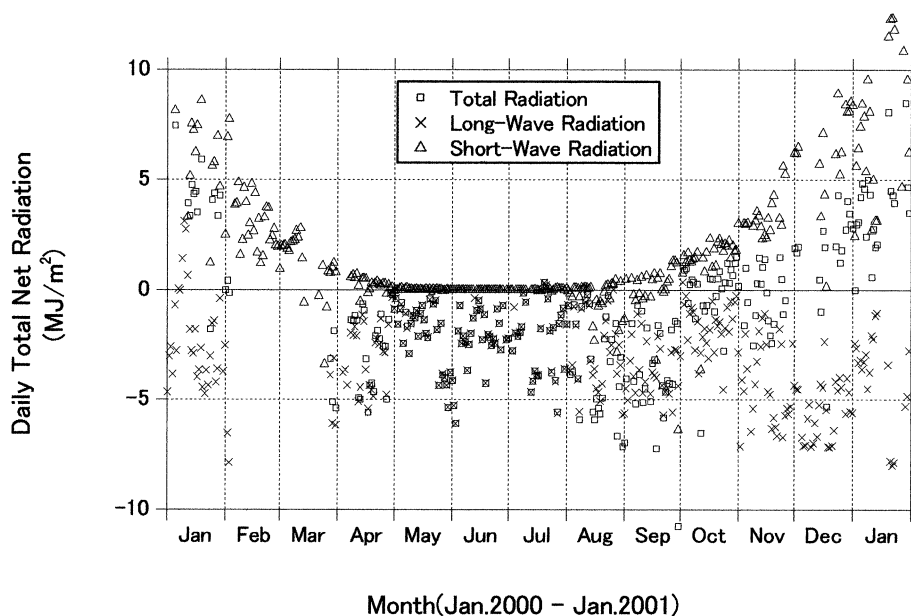


図 17 短波、長波及び全波長の正味放射量日積算値の年変化 (2000 年 1 月~2001 年 1 月)  
 Fig. 17. Annual variations in daily integrated net radiation of short wavelengths, long wavelengths, and all wavelengths (January 2000–January 2001).

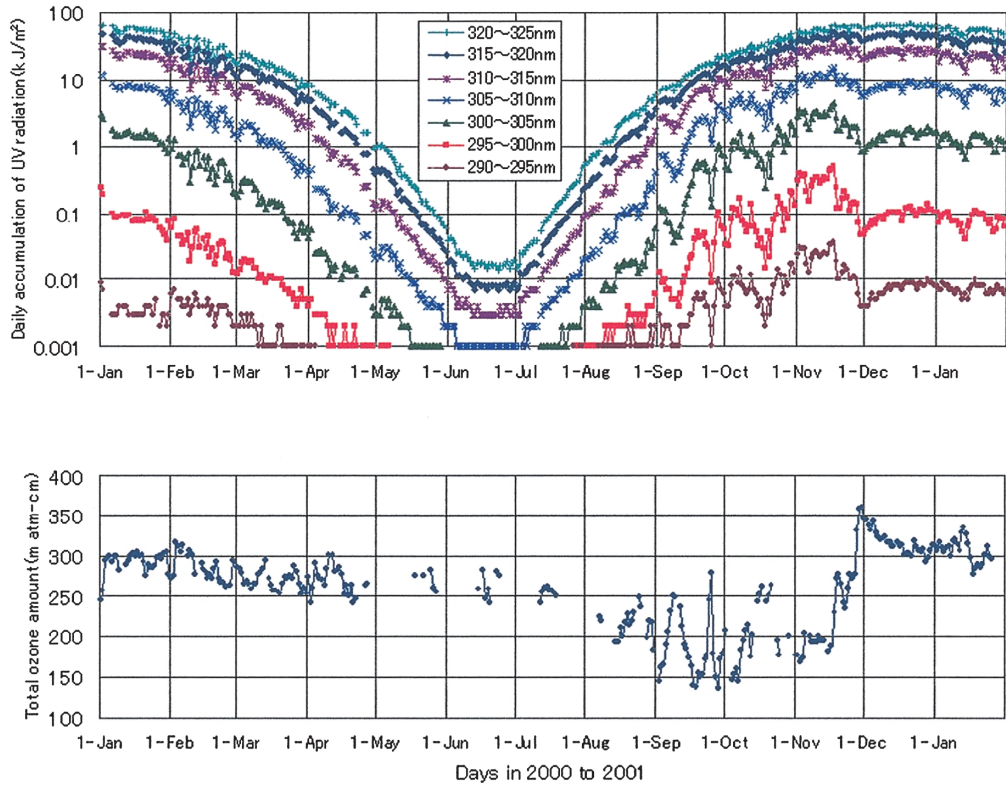


図 18 2000 年 1 月 1 日から 2001 年 1 月 31 日までの波長別紫外域日射日積算値 (上図) と昭和基地のオゾン全量 (下図)

Fig. 18. Daily accumulated ultraviolet radiation and total ozone amount at Syowa Station (January 1, 2000–January 31, 2001).

オゾンによる吸収をほとんど受けない波長 315 nm 以上の UV-A 領域の日積算値は、日々の天気変化の影響で細かい変動はあるが、太陽高度角と日照時間の増減に従いながら概ね滑らかに推移し夏至付近で最大値を観測している。

一方、波長 315 nm 以下の UV-B 領域ではオゾンによる吸収が大きいため特に 9 月から 11 月にかけてはオゾン全量の変動により各波長帯の日積算値は大きく変動している。また、UV-B 領域の日積算値の年間最大値は 11 月中旬に記録されている。オゾンホールが解消しオゾン全量が急激に増加した後の 12 月には太陽高度角も高く日照時間も長くなるが、一方でオゾン全量が最も多い時期となり UV-B 領域の日積算値は 11 月より減少する。11 月中旬から 12 月上旬にかけては、波長帯によっては日積算値は 1/10 程度に減少している。

#### 5.3.4. 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。第 41 次隊では、自動観測型サンフォトメータ MS-110 が障害により使用できなかったため、全期間を通

じて携帯型サンフォトメータ MS-120 を利用し観測を行った。測器が異なるため他の期間とデータを比較する場合には注意が必要である。

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 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。5 波長（368~862 nm）の AOD からは、オングストロームの波長指数（Angstrom A）及び混濁係数（Angstrom B）が求められる。

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

#### (1) 2000 年の観測結果

図 19 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を、図 20 には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（Angstrom A）と混濁係数（Angstrom B）を示す。この期間、波長別 AOD は携帯型サンフォトメータ MS-120 で観測を行っているためか、データの変動が大きくなっている。また、2000 年 10 月は曇る日が多く、直達、サンフォト共取得されたデータが少ない。

#### (2) 大気混濁度の経年変化

図 21 にはサンフォトメータで大気混濁度の観測を開始した 1980 年からの各波長（368, 500, 675, 778, 862 nm）の AOD, 及び 368~862 nm の 5 波長の AOD から求めたオングスト

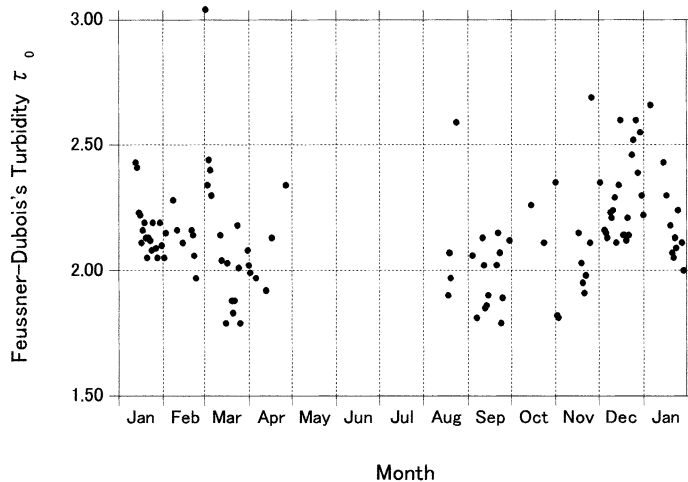


図 19 直達日射計によるホイスナー・デュボアの混濁係数の年変化  
(2000 年 1 月~2001 年 1 月)

Fig. 19. Annual variations in Feussner-Dubois's turbidity coefficient by pyrhelimeter  
(January 2000–January 2001).

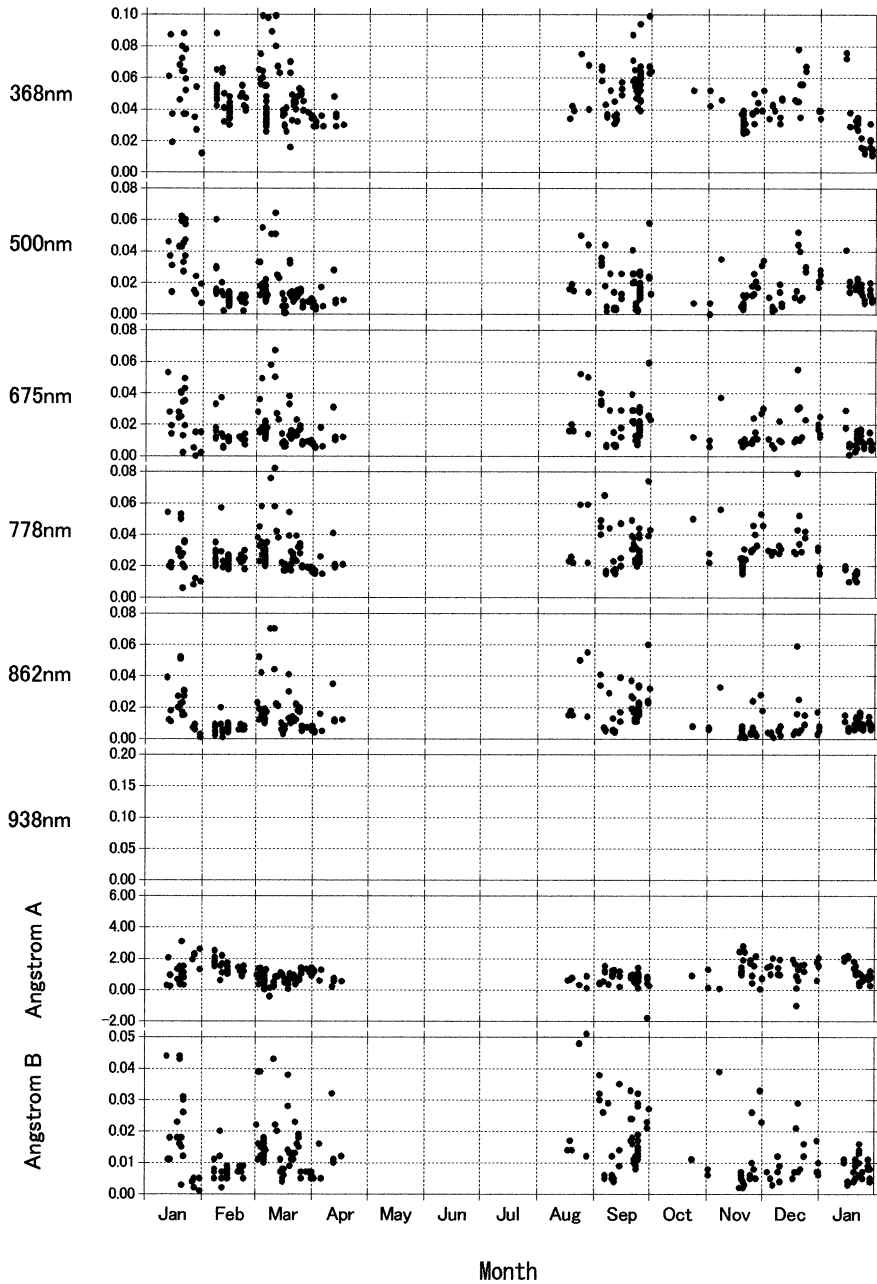


図 20 波長別エアロゾルの光学的厚さの年変化 (2000年1月~2001年1月)

Fig. 20. Annual variations in aerosol optical depth by wavelength (January 2000–January 2001).



ロームの波長指数 (Angstrom A) と混濁係数 (Angstrom B) の経年変化を示す。図中●がレーリー散乱式中の定数 0.00838, ○が同 0.00864 の値で, これによる AOD 値の差は 368 nm で 0.01 のオーダーである。

1980 年以降全球的に噴出物が拡散したとされる火山噴火 (1982 年 4 月: エル・チヨン

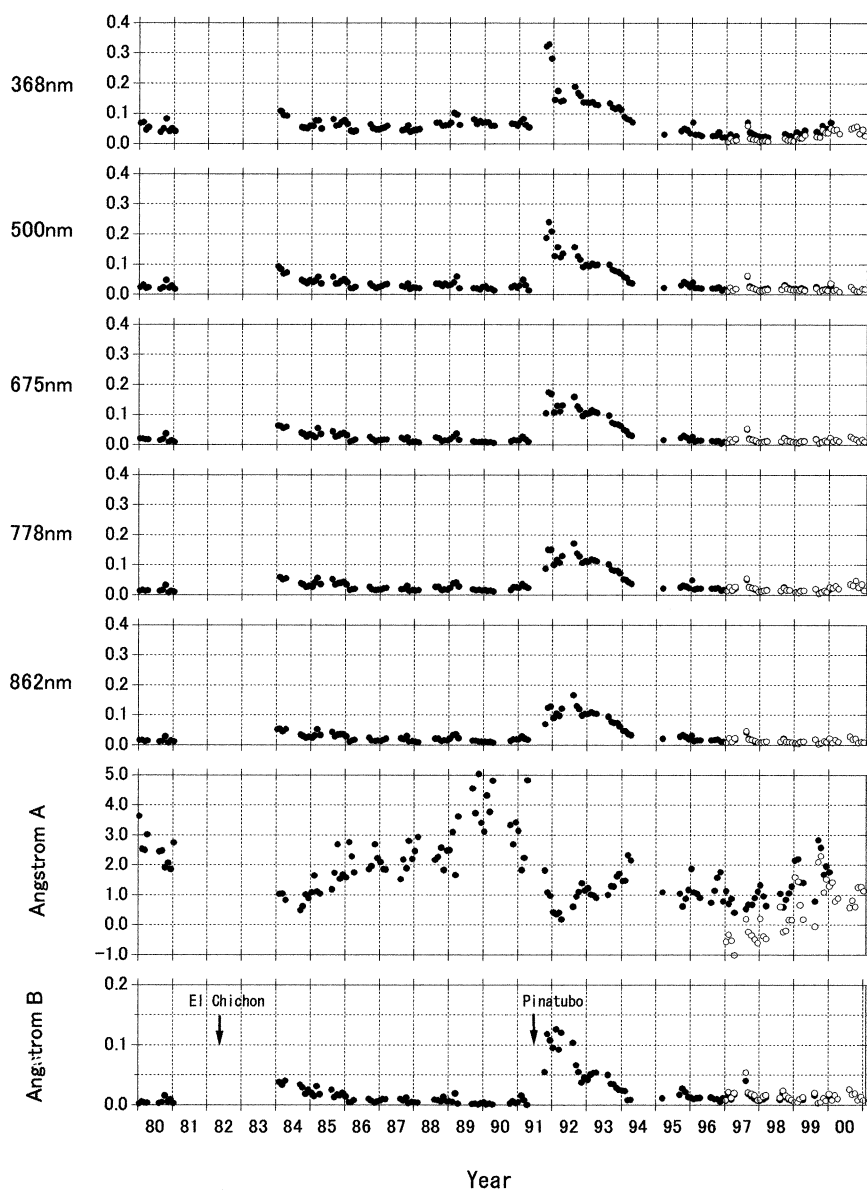


図 21 昭和基地上空の大気混濁度経年変化 (1980 年-2000 年)  
 ●: レーリー散乱式中の定数 0.00838, ○: レーリー散乱式中の定数 0.00864  
 Fig. 21. Time series of atmospheric turbidity above Syowa Station (1980-2000).

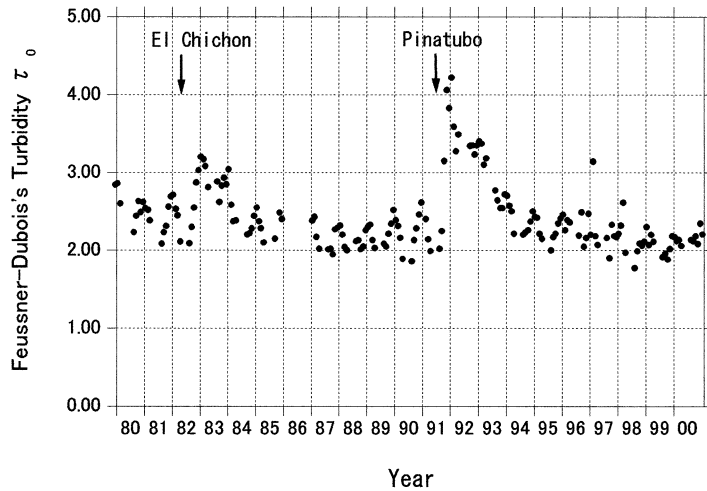


図 22 直達日射量から求めたホイスナー・デュボアの混濁係数の経年変化 (1980年2月~2001年1月)  
 Fig. 22. Time series of Feussner-Dubois's turbidity coefficient by pyrhelimeter (February 1980–January 2001).

(17.20 N, 93.12 W), 1991年6月: ピナツボ (15.08 N, 120.21 E)) の時に AOD は大きく増加し, その後数年かけて平年値に戻っている. なお, 北半球で起きた火山噴火の影響が全球的に拡散するには, ある程度時間を要し, ピナツボ火山噴火の場合, その影響は 1991 年末時点では衛星観測 (Herber *et al.*, 1996) から南緯 20 度程度までとされており, 1991 年に昭和基地で観測された短波長での AOD のピークは, 1991 年 8 月に起きたチリにあるハドソン火山噴火 (45.54 S, 72.58 W) の影響とみられる. その後の 1992~1993 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). 2000 年の値は, 波長 368 nm で AOD が 8 月からここ数年の値より増加している他は, ほぼ平年並みとなっている.

図 22 には直達日射量から求めたホイスナー・デュボアの混濁係数の経年変化を示す. サンフォトメータで観測した場合と同様, 1982, 1991 年に全球的な火山噴火の影響を受けており, その後数年間かけて平年値に戻っていることが分かる. また, 春から夏季にかけて増加し, 秋から冬季にかけて減少する季節変化をしていることが分かる. 2000 年の値は, ほぼ平年並みであった.

## 6. 特殊ゾンデ観測

### 6.1. エアロゾルゾンデ観測

第 38 次隊から気水圏系部門と共同で試験的に実施されてきたエアロゾルゾンデ観測は飛揚までの作業手順やデータ処理の技術的検討を経て, 第 40 次隊より定常気象観測として正式に観測が始まった. 第 41 次隊においても 6 回の観測を行った.

### 6.1.1. 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。冬期の南極下部成層圏では太陽光が当たらないためオゾンによる加熱が無く、極渦の発達により北からの暖気も流入しにくいため著しい低温となる。この低温下において極成層圏雲（Polar Stratospheric Clouds; 以下 PSCs と記す）が発現し、その関与によってオゾンが急速に破壊されると考えられている。この PSCs には気温が  $-78^{\circ}\text{C}$  以下で生成する三水和硝酸主体の氷晶（TYPE I）と、 $-86^{\circ}\text{C}$  以下で生成する水主体の氷晶（TYPE II）の 2 種類がある。

エアロゾルゾンデ観測の目的は、オゾンホール重要な要因と考えられている PSCs を構成する粒子の粒径や濃度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。

### 6.1.2. 観測方法及び測器

#### (1) エアロゾルゾンデの構成

エアロゾルゾンデは、粒子検出・計数・制御を行う OPC（Optical Particle Counter; 光散乱式パーティクルカウンター）と、気象要素を観測するレーウィンゾンデから成り、ヘリウムガスを充填したゴム気球（3000 g）につり下げて空中に飛揚される。第 41 次隊で使用した OPC は ADS-98-5N 型 OPC、レーウィンゾンデは RS2-91 型レーウィンゾンデである。OPC で計測された粒子計測データ等はレーウィンゾンデに信号ケーブルで送られ、気圧、気温、湿度のデータと共に 1680 MHz の搬送波に乗せて送出される。

OPC の粒子計測部ではポンプによって吸引されたサンプルエアにレーザー光を照射し、含まれる粒子の前方散乱光をフォトダイオードで電圧のパルスとして検出する。パルス数から粒子の個数を、パルス電圧からは粒径が検出できる。ADS-98-5N 型 OPC では特定の半径の粒子のみの個数を測定するのではなく、ある半径より大きな粒子の全個数を測定するようになっている。測定チャンネルは 5 個あり、測定下限半径の設定値はそれぞれ  $0.15\mu\text{m}$ ,  $0.25\mu\text{m}$ ,  $0.4\mu\text{m}$ ,  $0.6\mu\text{m}$ ,  $1.8\mu\text{m}$  である。

各チャンネルでは測定下限粒径より大きい粒子すべての個数をカウントするため、より測定下限粒径の大きいチャンネルと重複してカウントされる粒子が出てくる。通常、粒径の増加に対して粒子個数密度は指数関数的に小さくなるため、一つのチャンネルで測定される全粒子数のうち、より測定下限粒径の大きいチャンネルでも重複して測定される粒径の個数は小さい粒径の個数に対して無視できるほど少ない。従って、データの解析では各チャンネルの出力をその下限粒径間の粒子データと見なすことができる。

#### (2) 観測システム構成

地上受信施設は高層気象観測用の MOR-22 型モノパルス式方向探知機を用い、ゾンデを追跡しながら、信号を受信する。受信したゾンデ信号はデジタル化装置で受信信号の分離と

周波数のデジタル化を行った後、データ処理用のコンピューターに送出する。

### 6.1.3. 第41次隊における観測結果

第41次隊では下部成層圏のエアロゾル鉛直分布の季節変化を観測すること及び冬期にPSCs粒子を観測する目的で表14に示した6回の観測を行った。観測に使用した機材を表15に示す。

図23に昭和基地上空における2000年5月から2000年10月にかけての、TYPE IのPSCsが生成可能な気温の $-78^{\circ}\text{C}$ 以下とTYPE IIのPSCsが生成可能な気温の $-86^{\circ}\text{C}$ 以下の高度領域を示す。TYPE IのPSCsについては6月上旬から9月上旬まで、TYPE IIのPSCsについ

表14 昭和基地におけるエアロゾルゾンデ飛揚状況  
Table 14. 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	2000年4月17日17時18分	秋季の観測	29.3	23.0
2	2000年6月15日20時03分	PSCs 捕捉	23.5	23.3
3	2000年6月27日16時52分	PSCs 捕捉	13.9	25.8
4	2000年7月13日05時14分	PSCs 捕捉	8.6	28.3
5	2000年10月16日19時43分	オゾンホール期の観測	16.9	26.8
6	2001年1月20日17時35分	夏季観測, 第42次隊への引継	12.4	30.3

表15 エアロゾルゾンデ観測機材  
Table 15. Specifications of balloon-borne aerosol sondes.

	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等、但し、要素切替え周期は0.5秒
98型 5chエアロゾルゾンデ (ADS-98-5N)	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) 散乱方式: 前方散乱方式 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<0.15μm)	5ch並行計測 粒子半径>0.15μm(エイトケン核) >0.25μm>0.4μm>0.6μm(大核) >1.8μm(巨大核)
気球		天然ゴム製3000g	ヘリウムガス充填、浮力鑑秤力6600g 口管部補強のため 合成樹脂製の口管接続部品を取り付ける 成層圏低温時は気球の油責け処理を実施
吊紐		ポリエチレン性綱紐50m	強風時は巻き下げ器を使用
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した
駆動電池		Li乾電池	

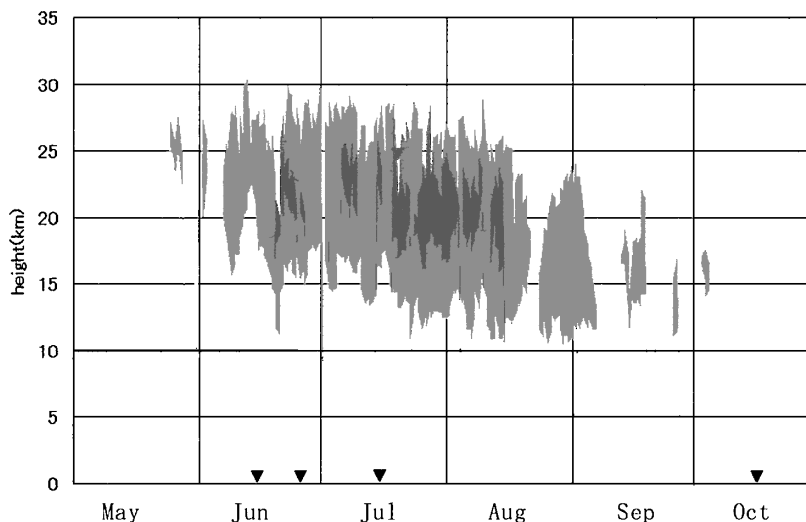


図 23 昭和基地上空における 2000 年 5 月から 2000 年 10 月までの  $-78^{\circ}\text{C}$  以下（灰色）及び  $-86^{\circ}\text{C}$  以下（黒色）の温度領域. 三角形はエアロゾルゾンデ観測が行われた日を表す.

Fig. 23. Region of low temperature over Syowa Station (May 1–October 30, 2000). Gray area indicates region below  $-78^{\circ}\text{C}$ , black indicates below  $-86^{\circ}\text{C}$ . Triangles indicate the days aerosol sondes were launched.

ては 6 月中旬から 8 月中旬まで発生可能な条件にあったことが分かる.

図 24 に第 41 次隊が行ったエアロゾルゾンデ観測の結果を示す. 以下の解析では大気中のエアロゾル濃度を空気  $1\text{ cm}^3$  あたりの粒子個数（以下、個数密度と記す）で表す. なお、相対湿度センサーについては  $-40^{\circ}\text{C}$  以下では測定精度が低下する. 観測結果のプロファイルには  $-40^{\circ}\text{C}$  以下の湿度データも記載したが、利用にあたっては注意が必要である.

(1) 2000 年 4 月 17 日

地上から対流圏界面の約  $2\text{ km}$  下の高度約  $8\text{ km}$  までは各チャンネルの個数密度とも高度と共に減少している. 高度  $2\text{ km}$  付近と  $4\text{ km}$  付近では下層雲、中層雲の存在により相対湿度も高く、各チャンネルの個数密度が大きくなっている. 半径  $>1.8\ \mu\text{m}$  の粒子は高度約  $1\text{ km}$  より上層ではほとんど存在していない.

高度約  $8\text{ km}$  から対流圏界面より上の顕著な逆転層上端の高度約  $11\text{ km}$  までは全個数密度は高度と共に急激に増加する. 対流圏界面高度より上の高度約  $11\text{ km}$  から高度約  $18\text{ km}$  までは全個数密度は僅かずつ増加していく. 高度約  $18\text{ km}$  より上では高度と共に個数密度は減少していく.

半径  $>0.4\ \mu\text{m}$  の粒子は高度約  $18\text{ km}$  より上にはほとんど存在していない.

(2) 2000 年 6 月 15 日

この日は全天の約 1 割が下層雲、約 6 割が上層雲に覆われていたため、対流圏内の個数密

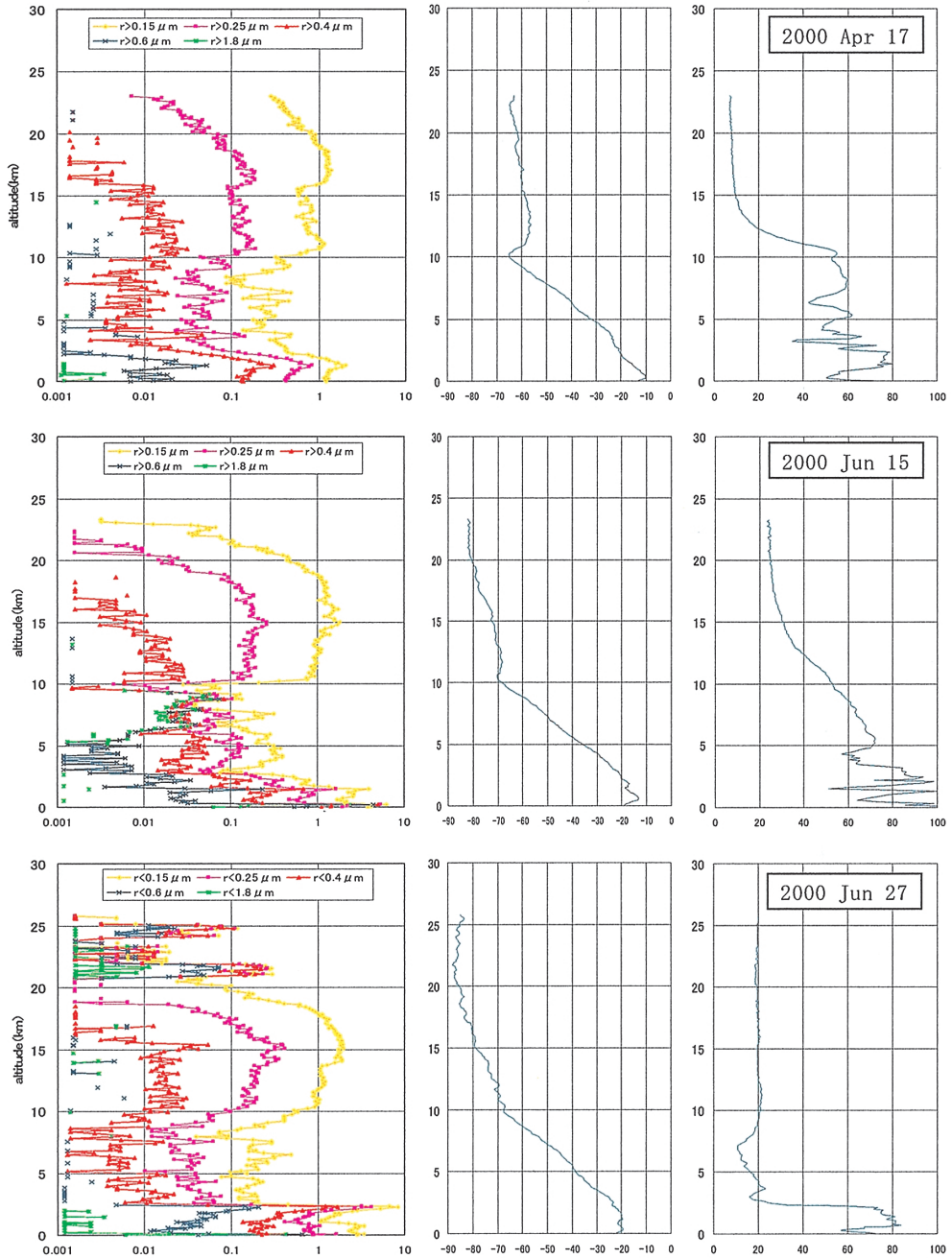


図 24a エアロゾルゾンデ観測結果 (2000年4・6月)

Fig. 24a. Results of aerosol sonde observations (April and June 2000).

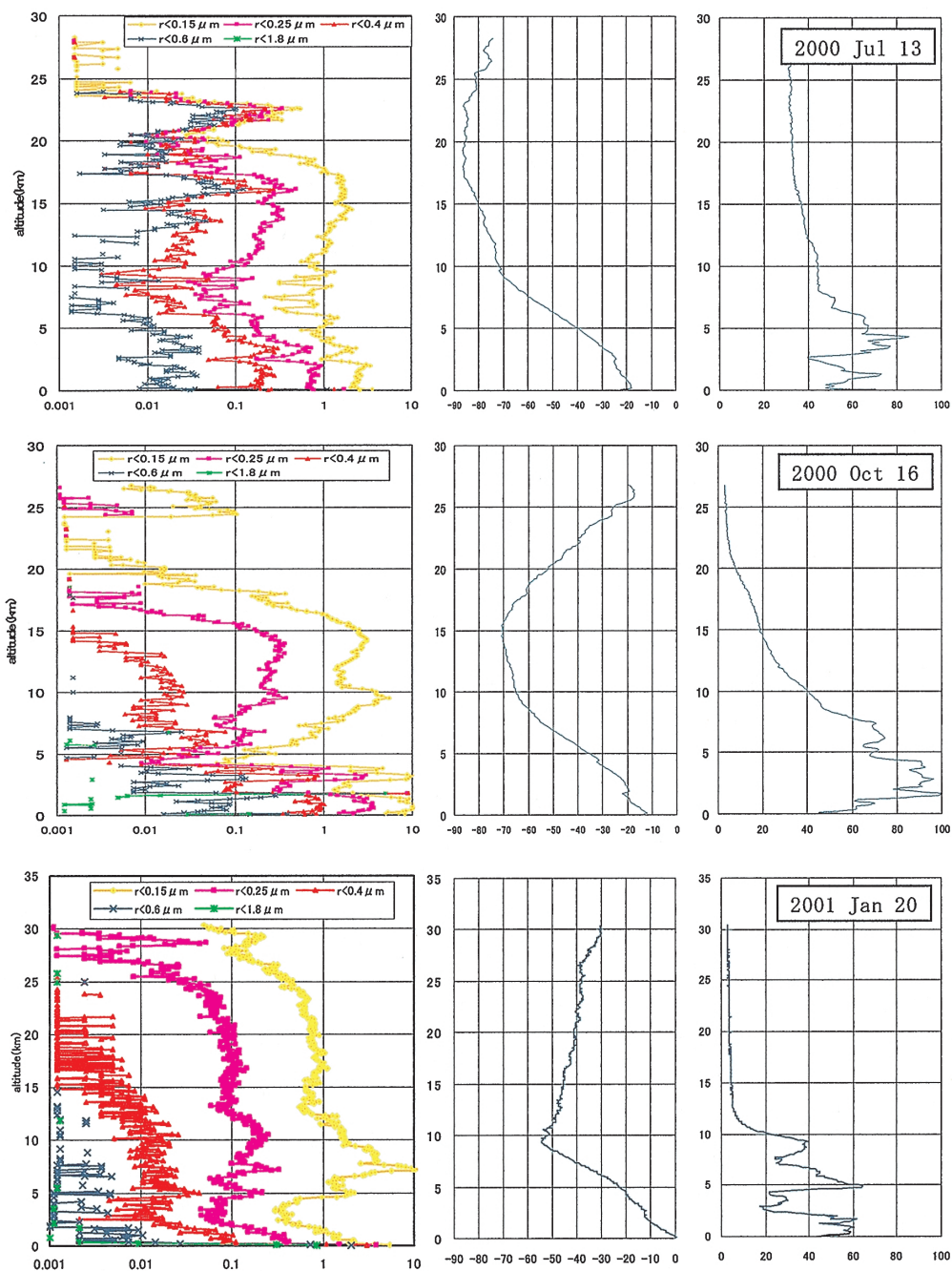


図 24b エアロゾルゾンデ観測結果 (2000年7・10月, 2001年1月)  
 Fig. 24b. Results of aerosol sonde observations (July and October 2000, January 2001).

度鉛直分布は相対湿度の高い部分に対応して雲粒子が多く捉えられている。すべての測定チャンネルにおいて高度約 9 km 付近で一旦個数密度が大きく減少しており、この付近に上層雲の上限高度があることがわかる。高度約 9 km から対流圏界面の高度約 10 km までの間は高度と共に急激に個数密度が増加している。

対流圏界面から高度約 18 km までは、半径  $>0.15 \mu\text{m}$  及び半径  $>0.25 \mu\text{m}$  の個数密度はわずかず増加していく。また半径  $>0.4 \mu\text{m}$  の個数密度は高度 18 km まで高度と共に減少している。高度約 18 km より上層では半径  $>0.15 \mu\text{m}$  と半径  $>0.25 \mu\text{m}$  の粒子は高度と共に急速に減少している。半径  $>0.6 \mu\text{m}$  の粒子は対流圏界面より上層にはほとんど存在していない。高度約 18 km より上層では TYPE I の PSCs 生成可能な気温  $-78^\circ\text{C}$  以下となっているが粒子の個数密度の増加は見られない。

(3) 2000 年 6 月 27 日

対流圏内の個数密度分布は相対湿度とも対応して、下層の雲粒子を捉えて大きく変動しているが、対流圏界面の高度約 10 km より 1~2 km 下に個数密度の極小が存在し、そこから対流圏界面までは各チャンネル共に高度と共に個数密度は急激に増加する。

対流圏界面から高度約 16 km までは半径  $>0.15 \mu\text{m}$ , 半径  $>0.25 \mu\text{m}$ , 半径  $>0.4 \mu\text{m}$  の個数密度はわずかず増加する。高度約 16 km より上層では高度と共に急激に減少するが、高度 21 km 付近と高度 25 km 付近には個数密度のピークが存在する。特に 4 月 17 日と 6 月 15 日に成層圏内ではほとんど計測されなかった半径  $>0.6 \mu\text{m}$ , 半径  $>1.8 \mu\text{m}$  の粒子についても数多く存在しているのが特徴的である。気温の分布を見ると、高度約 21 km から約 25 km では  $-86^\circ\text{C}$  以下になっており、Type I 及び Type II の PSCs 生成温度よりも低く、PSCs の粒子を捉えているものと考えられる。

(4) 2000 年 7 月 13 日

この日の観測では器材の不具合により、半径  $>1.8 \mu\text{m}$  の粒子は計測が出来なかった。対流圏内の個数密度分布は相対湿度とも対応して、雲粒子を捉えて大きく変動している。

対流圏界面の高度約 9 km から上層では半径  $>0.15 \mu\text{m}$ , 半径  $>0.25 \mu\text{m}$ , 半径  $>0.4 \mu\text{m}$  の粒子について高度と共に個数密度が増加し、高度約 17 km から高度約 20 km にかけて高度と共に急激に減少している。高度 22 km 付近に、測器の不具合のため計測できなかった半径  $>1.8 \mu\text{m}$  を除き、すべての粒径で個数密度のピークが存在する。6 月 27 日と同様に半径  $>0.6 \mu\text{m}$  の粒子が高度 16 km 付近と 22 km 付近で数多く観測されているのが特徴的である。気温の分布を見ると、高度約 16 km から約 23 km にかけて  $-86^\circ\text{C}$  以下になっており、PSCs の粒子を捉えているものと考えられる。

(5) 2000 年 10 月 16 日

この日は中層雲が全天の約 3 割、上層雲がほぼ 10 割存在しており、地上から対流圏界面の高度約 10 km まではこれらの雲がある高度で個数密度が高くなっている。相対湿度の高い部



分ともよく対応している。

対流圏界面より上層では高度 15 km 付近に個数密度の極大がありそれより上層では高度と共に急激に減少している。半径  $>0.6\mu\text{m}$  と半径  $>1.8\mu\text{m}$  の粒子は成層圏内ではほとんど計測されていない。また、高度 24 km 付近には半径  $>0.15\mu\text{m}$  と半径  $>0.25\mu\text{m}$  の粒子のピークが観測されているのが特徴的である。この付近の気温は  $-30^{\circ}\text{C}$  を上回っており、PSCs の粒子を捉えたものではない。2000 年は 8 月下旬以降、極渦の変形が頻繁に発生しており、この日も低緯度からの移流によって運ばれてきたエアロゾル粒子が高度 24 km 付近を中心に観測されたものと考えられる。

#### (6) 2001 年 1 月 20 日

地上から高度約 3 km まではすべての粒径において高度と共に個数密度は減少していくが、高度 5 km と 7 km 付近には上層雲の粒子の存在による個数密度のピークが見られる。

対流圏界面高度の約 10 km より上層では半径  $>0.15\mu\text{m}$ 、半径  $>0.25\mu\text{m}$  の個数密度は高度約 25 km まではほぼ一定、半径  $>0.4\mu\text{m}$  の個数密度は徐々に減少している。半径  $>0.6\mu\text{m}$  と半径  $>1.8\mu\text{m}$  の粒子は成層圏内では計測されていない。

#### 6.1.4. 第 38 次隊以降の観測結果から見た昭和基地上空のエアロゾルの季節的特徴

エアロゾルゾンデ観測は 1997 年 4 月から 2001 年 1 月までのべ 24 回実施された。図 25 に観測開始以降の個数密度の季節平均を示す。年間を通じた平均的な対流圏界面高度は約 10 km である。

対流圏内では、地表起源の粒子と水滴または氷晶で構成される雲の粒子により日々の変動が非常に大きい。平均的には高度 5 km 付近までは高度と共に個数密度は小さくなる傾向がある。高度 5 km 付近から上層では高度による変化は明瞭ではない。但し、季節変化は春に最も多く（特に大粒子）夏に最も少ない傾向が見られる。

成層圏では半径  $>0.15\mu\text{m}$  の全粒子の個数密度は対流圏界面の高度約 10 km 付近からそれより上方約 5 km までに極大をもつ。また高度 20 km 付近から上層側では高度とともに個数密度は急激に減少する。ただし、夏季はこの極大は高度 25 km 近くまで続く。

成層圏内の半径  $>0.6\mu\text{m}$  の大きな粒子の個数密度は冬季を除き、高度と共に急激に減少し高度約 20 km より上層にはほとんど存在しない。冬季については PSCs の存在により高度約 12 km から 16 km と 22 km 付近に個数密度のピークが見られる。ただし、半径  $>1.8\mu\text{m}$  の個数は冬季成層圏で多くなるもののピークについてはあまり明瞭ではない。

## 6.2. ILAS-II データ検証のための昭和基地におけるオゾンゾンデ観測

ILAS-II データ検証のためオゾンゾンデ RS2-KC96 を 24 台昭和基地へ持ち込み観測を行った。当初は 2000 年 11 月に打上げ予定であった環境観測技術衛星 ADEOS-II に搭載される、改良型大気周縁赤外分光計 II 型 (ILAS-II) で得られたオゾンデータ検証のため、ILAS-

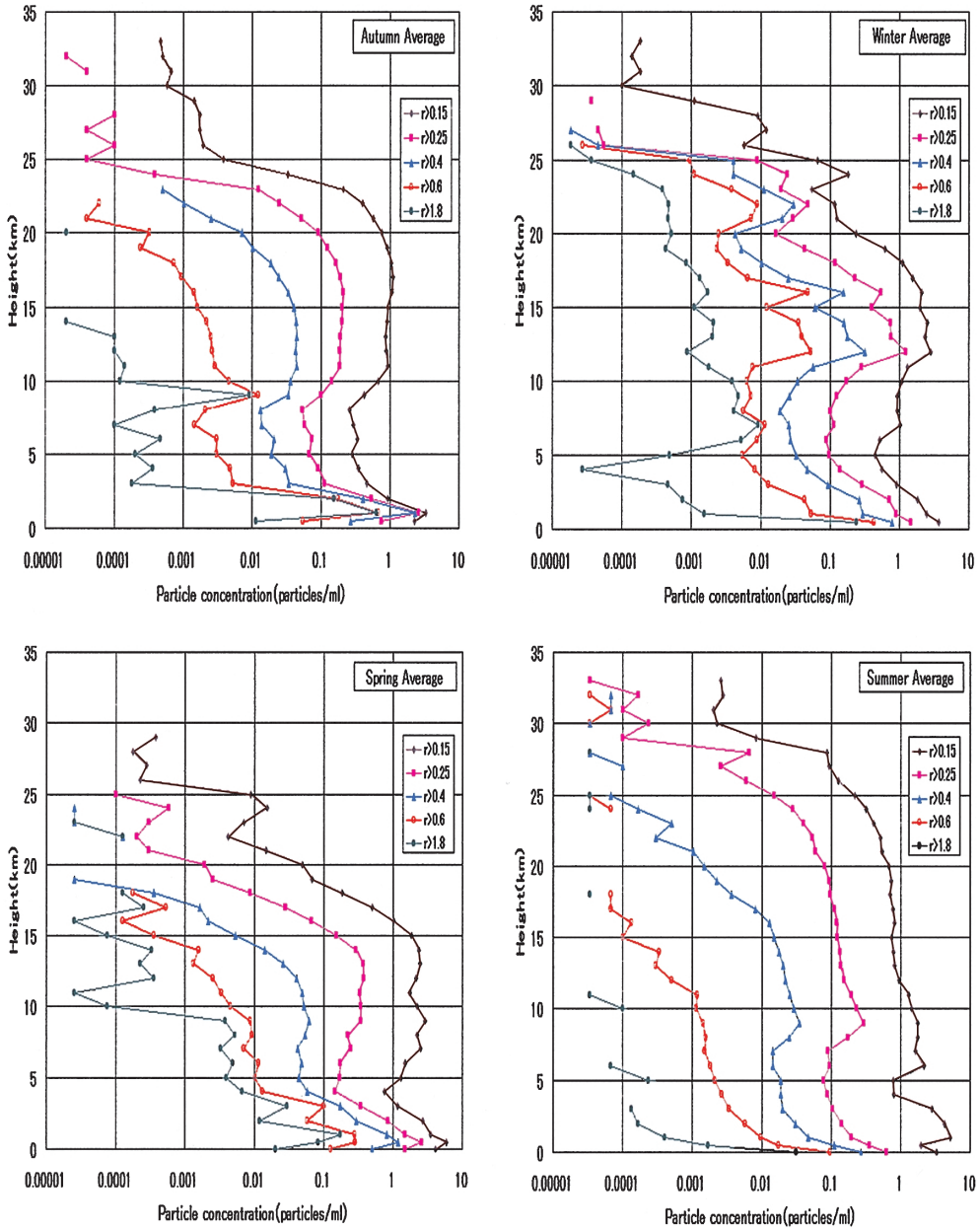


図 25 エアロゾル個数密度の季節ごとの平均 (1997年4月~2001年1月)

Fig. 25. Seasonal averages of aerosol particle concentration (April 1997–January 2001).

II と同期したオゾンデータの取得を目的としていた。しかしながら、ADEOS-II の打上げが延期されたため、第 41 次隊越冬期間中に ILAS-II による観測は行われなかった。このため、ILAS-II で得られるオゾンデータを解釈するための基礎データの取得、および南極上空のオゾン層の実態を把握する事を目的として、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、気象庁観測部による協力観測として実施した。

## 7. 天気解析

無線 FAX 受画装置及びインマルサット FAX 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。また、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提供のほか、毎日のミーティング時に翌日の天気予報を発表した。

利用した資料は以下の通りである。

### (1) 気象庁配信天気図

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

### (2) 無線 FAX 放送天気図

無線 FAX 受画装置により、キャンベラ放送の 00, 12 UTC の南半球 500 hPa 面解析図と地上及び 500 hPa 面 48 時間予想図、同放送の 00, 12 UTC のインド洋地上実況図、プレトリア (南アフリカ) の 00, 12 UTC の地上天気図を受信した。

### (3) 極軌道気象衛星雲写真

NOAA-12, 14, 15 号の赤外及び可視画像、1 日 5~10 枚を気象衛星受画装置 (NPS-1S) により受画した。

### (4) 静止気象衛星 METEOSAT からの気象資料放送

極軌道気象衛星 NOAA の軌道情報及び静止軌道衛星の雲画像等。

### (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) 地点のロボット気象計による気温、気圧、風向・風速。

## 8. その他の観測

### 8.1. 大気微量成分観測

第 41 次隊では、第 40 次隊に引き続きモニタリング研究観測のうち二酸化炭素濃度、メタン濃度、地上オゾン濃度観測及び維持作業を気水圏系隊員と定常気象隊員と共同で実施した。取得したデータは各研究機関及び大学に送られ解析される。

## 8.2. 「しらせ」船上での大気混濁度観測

### 8.2.1. 観測方法と測器

「しらせ」船上においては、表 13 に記載されている携帯型サンフォトメータ (MS-120S) を使用し、「しらせ」が 1999 年 11 月 14 日に東京晴海を出港してから、1999 年 12 月に昭和基地へ移動するまでの間、「しらせ」船上において大気混濁度の観測を行った。この期間中に 1 回の連続観測を行い、測器定数を決めた。

### 8.2.2. 観測結果

図 26 に各波長 (368, 500, 675, 778, 862 nm) におけるエアロゾルの光学的厚さ (AOD) の緯度分布を示す。AOD の計算には、レーリー散乱式中の定数 0.00864 を使用した。北緯 20 度~北緯 5 度付近、南緯 35 度以南は天候が悪く観測を行えなかった。南緯 10 度以北で AOD が他と比べ高い値を示している。

図 27 には 1991 年 (第 33 次隊) から 1999 年 (第 41 次隊) までの AOD の経年変化を、緯度帯 10 度ごとの平均で示す。レーリー散乱式中の定数は、1998 年までのデータについては 0.00838 を、1999 年のデータについては 0.00864 を使用した。この図をみると、1991 年はすべての波長、緯度において AOD が増加している。これは、5.3.4. でも述べたように 1991 年 6 月のピナツポ、同 8 月のハドソン火山噴火の影響である。この年行われた内陸旅行の観測結果によると、この影響は南緯 73 度付近まで及んでいる (松原ら, 1995)。その後 1993 年まで、ピナツポの全球的な拡散の影響で全波長において AOD が増加している (金戸, 1997)。また、1997 年の赤道付近で観測された高い AOD は、この年発生したインドネシアの森林火災の影響と思われる (岸ら, 2002)。1999 年の観測結果は、南緯 10~20 度において、各波長の AOD が例年に比べ減少している他は、概ね平年並みである。

## 8.3. みずほ基地での気象観測

第 41 次隊気象部門は、気水圏部門の航空機観測の支援のため 2000 年 9 月 16 日から 29 日にかけて、みずほ旅行 (春旅行) に参加し、9 月 25 日から 11 月 23 日までそのままみずほ基地に滞在、11 月 23 日から 29 日まで昭和へ帰途の旅行 (夏旅行) を行い、旅行中、及び滞在中に気象観測を行った。旅行ルートを図 28 に示す。

### 8.3.1. 観測方法と測器

みずほ基地への春、及び夏の旅行中 (以下、往復旅行という) の観測項目および気象観測測器を表 16 に示す。往復旅行中は、旅行隊装備品である携帯用測器を用い、みずほ基地滞在中は第 41 次隊で持ち込んだバイサラ社の移動気象観測装置 (以下、MAWS という) を用いて観測した。

### 8.3.2. 観測経過

#### (1) みずほ春旅行, 夏旅行中

みずほ春旅行, 及び夏旅行では, 目視観測をふくむ観測は朝キャンプ地出発前と, 昼食時, 夕方キャンプ地到着時に行ったので, 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.

#### (2) みずほ基地滞在中

みずほ基地滞在中は, 観測時刻は, 0900 と 1800 LT を基本としたが, 昭和基地から航空機が飛び立つと連絡のあった日は, 0730 LT にも観測を行った. MAWS は, 観測小屋の風上側

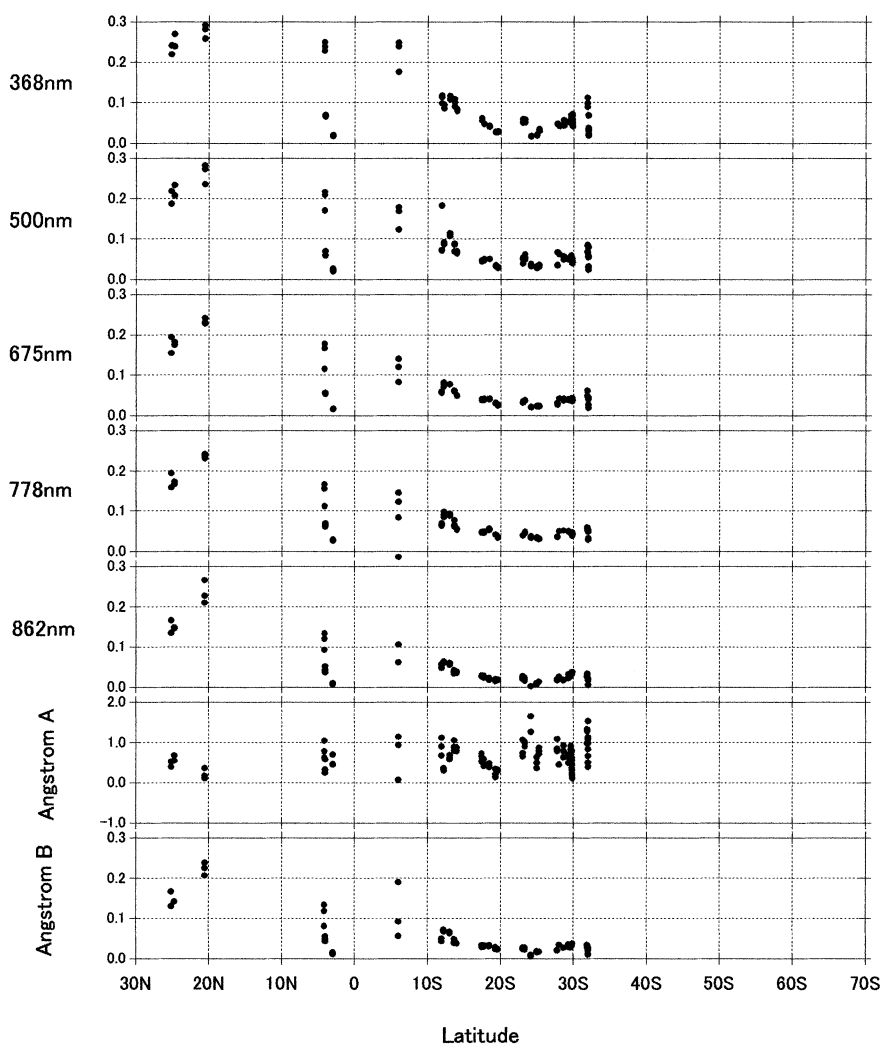


図 26 「しらせ」船上におけるエアロゾルの光学的厚さの緯度分布 (1999 年 11 月 16 日~27 日)  
 Fig. 26. Latitude distribution of aerosol optical depth on the R/V Shirase (November 16-27, 1999).

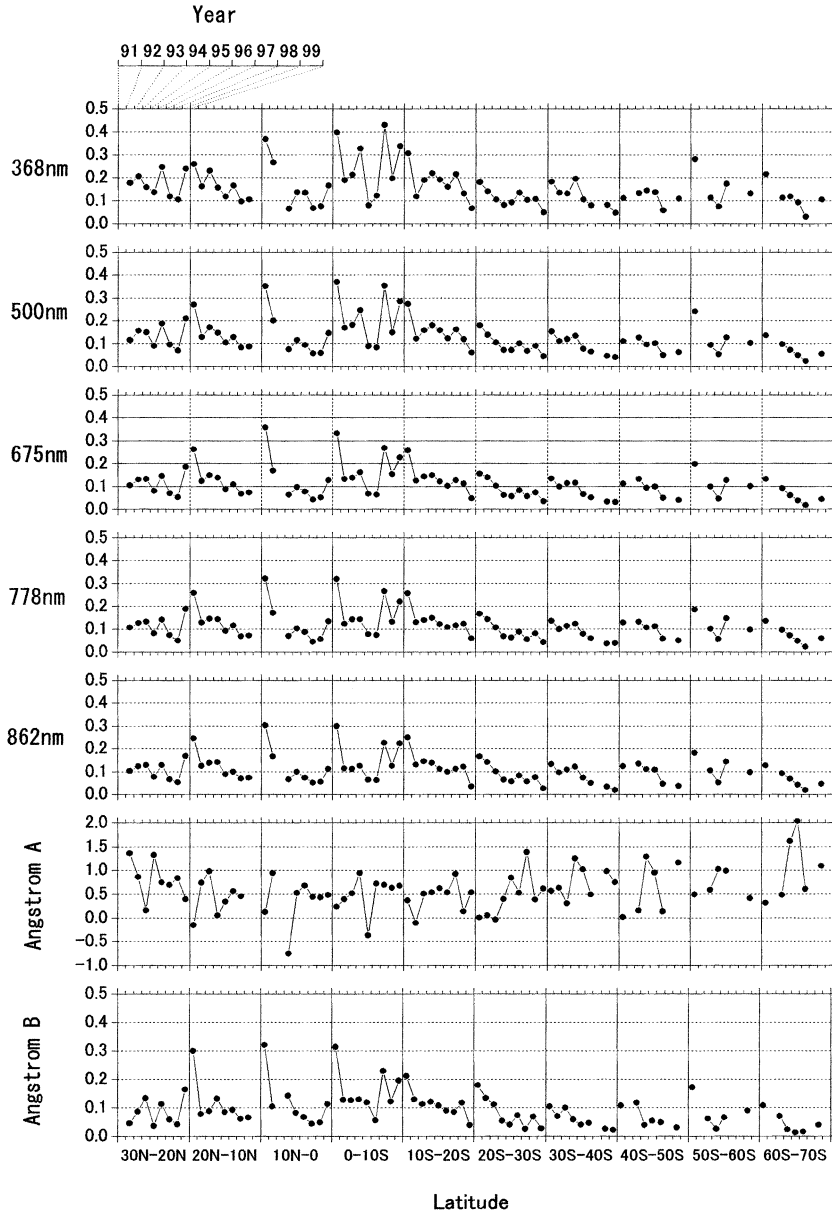
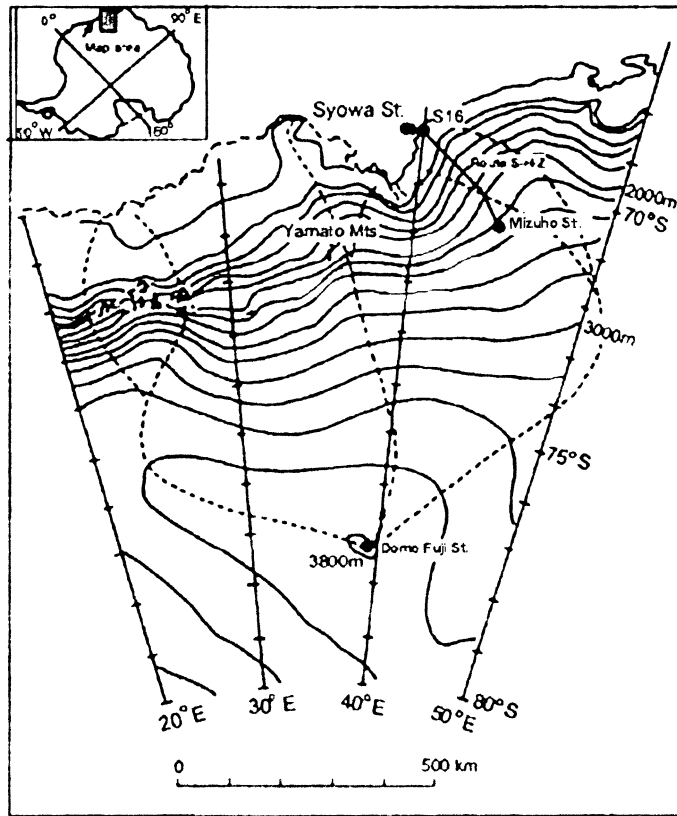


図 27 「しらせ」船上におけるエアロゾルの光学的厚さの経年変化（1991~1999年）  
波長別、緯度帯別に示す

Fig. 27. Time series (1991-1999) of aerosol optical depth on the R/V Shirase averaged every 10 degrees of latitude.



— : Traverse route

図 28 昭和基地からみずほ基地への経路

Fig. 28. Traverse route from Syowa Station to Mizuho Station.

約 10m の所に設置し、小屋や雪上車による風観測の影響を除いた。

観測データは、観測小屋内部に設置した PC に取り込みデータを連続収録する予定であったが、設定ミスでデータは残っていない。このため、観測時刻に読み取ったデータしか残っていない。

ブリザードや地吹雪の時には、雪による静電気が原因と思われる MAWS のハングアップが起こった。このため、MAWS と観測小屋をアース線をつないで静電気対策をしたが、障害を完全に取り除くことはできなかった。

MAWS の電源は、発発の交流電力を直流に整流し用いた。

### 8.3.3. 観測結果

#### (1) みずほ春旅行中

図 29 に 1800 LT の観測結果を示す。観測データは、春旅行の往復のデータを示したので、

表 16 旅行中に使用した気象観測測器等一覧表

Table 16. Instruments and accuracy of meteorological observation on traverse route and at Mizuho Station.

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	0.1hPa	±0.3hPa	電気式アネロイド型気圧計	みずほ滞在中に使用(MAWS)
	1hPa	±1hPa	携帯用アネロイド型気圧計	旅行中に使用
気温	0.1℃	±0.3℃	電気式白金抵抗温度計	みずほ滞在中に使用(MAWS)
	1℃	±0.5℃	スリング式ガラス製温度計	旅行中に使用
相対湿度	1%	±3%	静電容量式湿度計	みずほ滞在中に使用(MAWS)
				旅行中は観測せず
風向	1°	±3°	矢羽型風向計	みずほ滞在中に使用(MAWS)
	1°	±10°	ハンドベアリングコンパス	旅行中に使用
風速	0.1m/s	±0.3m/s	3杯型風速計	みずほ滞在中に使用(MAWS)
	1m/s	±0.5m/s	携帯用発電式3杯型風速計	旅行中に使用
雲量・雲形・ 向き・高さ			目視	
視程	10m(目視)		目視	
大気現象			目視	

みずほ基地滞在中のデータと日付が一部ダブっている。

旅行中の天気はおおむね良好であったが、地吹雪のため、視程が1km未満になった日が4日あった。気温は、みずほ基地で9月25日に $-51.2^{\circ}\text{C}$ を記録した以外は、 $-50^{\circ}\text{C}$ 以上であった。

#### (2) みずほ滞在中

図30に0900LTの観測結果を示す。滞在中の気温は、みずほに到着した9月25日0730に $-51.2^{\circ}\text{C}$ を記録した以外は、 $-50^{\circ}\text{C}$ 以上であった。11月5日頃までは、概ね $-30^{\circ}\text{C}$ を下回ったが、その後は $-30^{\circ}\text{C}$ を下回ることはなかった。また、気温と平行して、気圧も11月5日頃を境に高くなった。風は、滞在中ほぼ東よりの風が吹き、風速は平均して10m/s程度であったが、10m/sを超える日もあった。風が10m/sを超えるときには、地ふぶきで視程が10m程度になることもあった。

#### (3) みずほ夏旅行中

図31に1800LTの観測結果を示す。みずほ基地を出発後、昭和に近づくにつれ気温は高くなった。風は11月23日と24日を除いてほぼ10m/s以下で、視程も良好であった。

### 8.4. ロボット気象計

ロボット気象計は昭和基地周辺の気象状況を把握することにより、観測隊の野外活動などの支援をすることを目的として、各隊次の判断により運用している。

第41次隊では、第40次隊から引き継いだS16に設置したロボット気象計で通年観測し



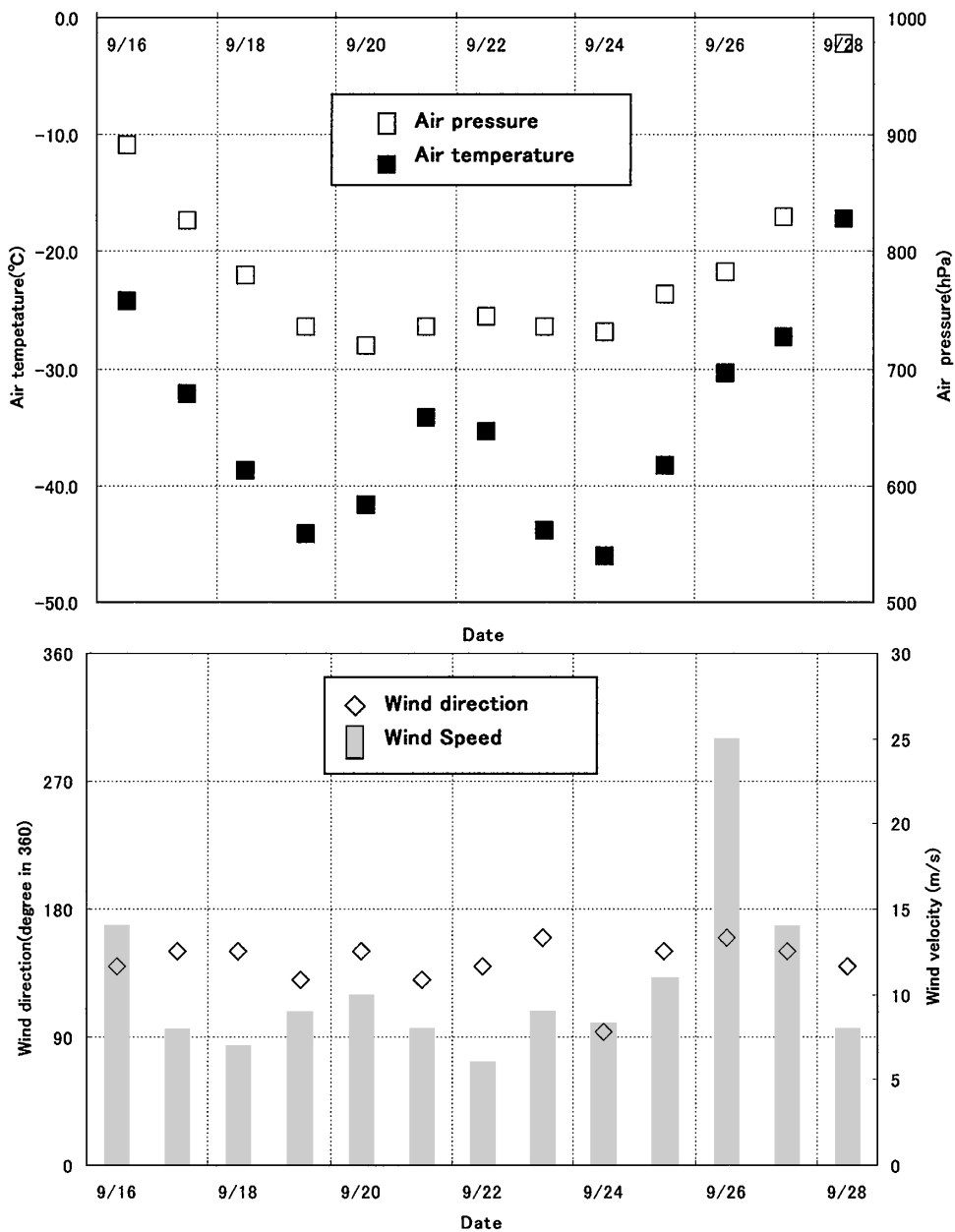


図 29 春季みずほ旅行中の気象観測データ (2000年9月16日~28日)  
 Fig. 29. Surface meteorological observation data during the traverse to Mizuho Station in spring (September 16-28, 2000).

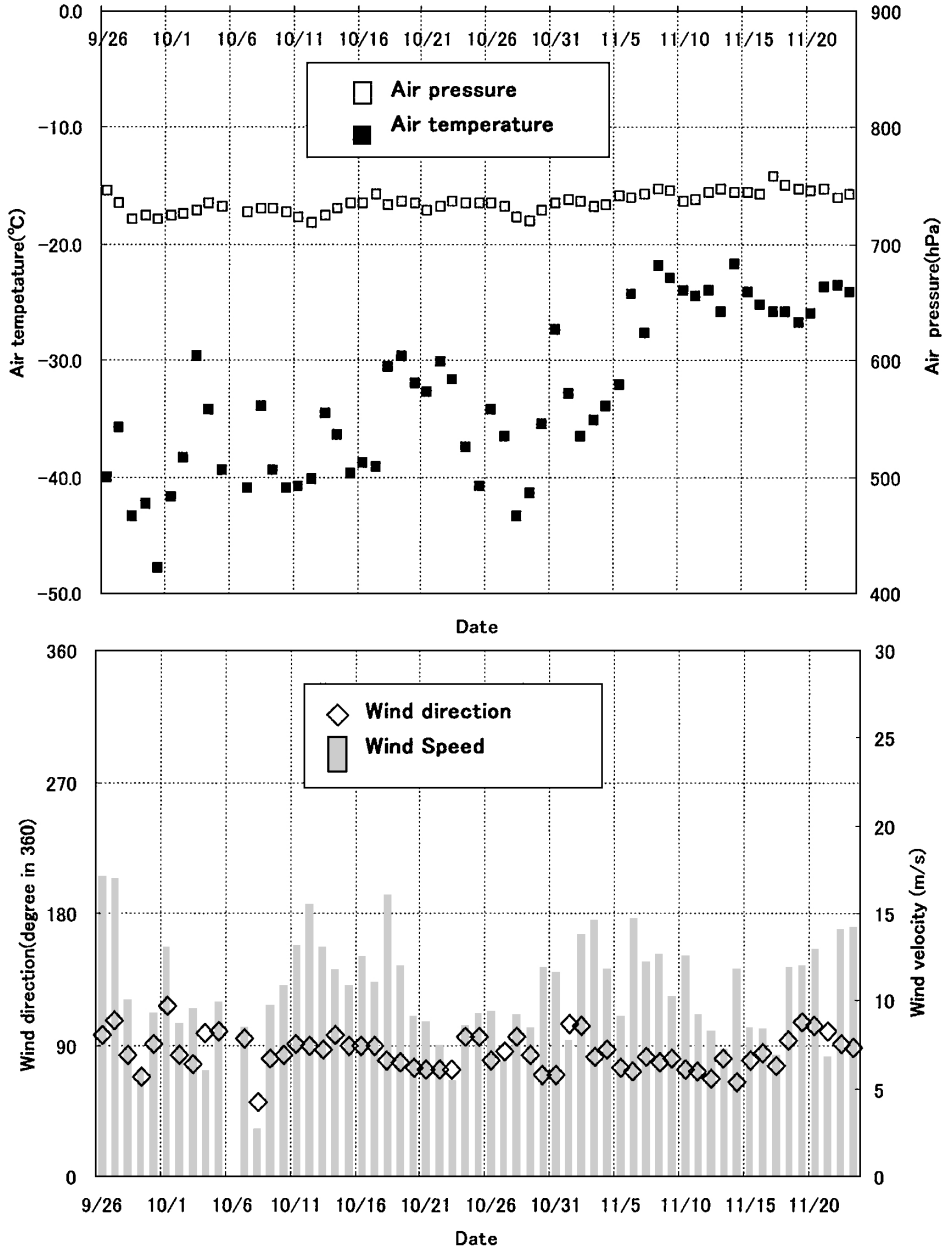


図 30 みずほ滞在中の気象観測データ (2000年9月26日~11月23日)  
 Fig. 30. Surface meteorological observation data at Mizuho Station  
 (September 26–November 23, 2000).

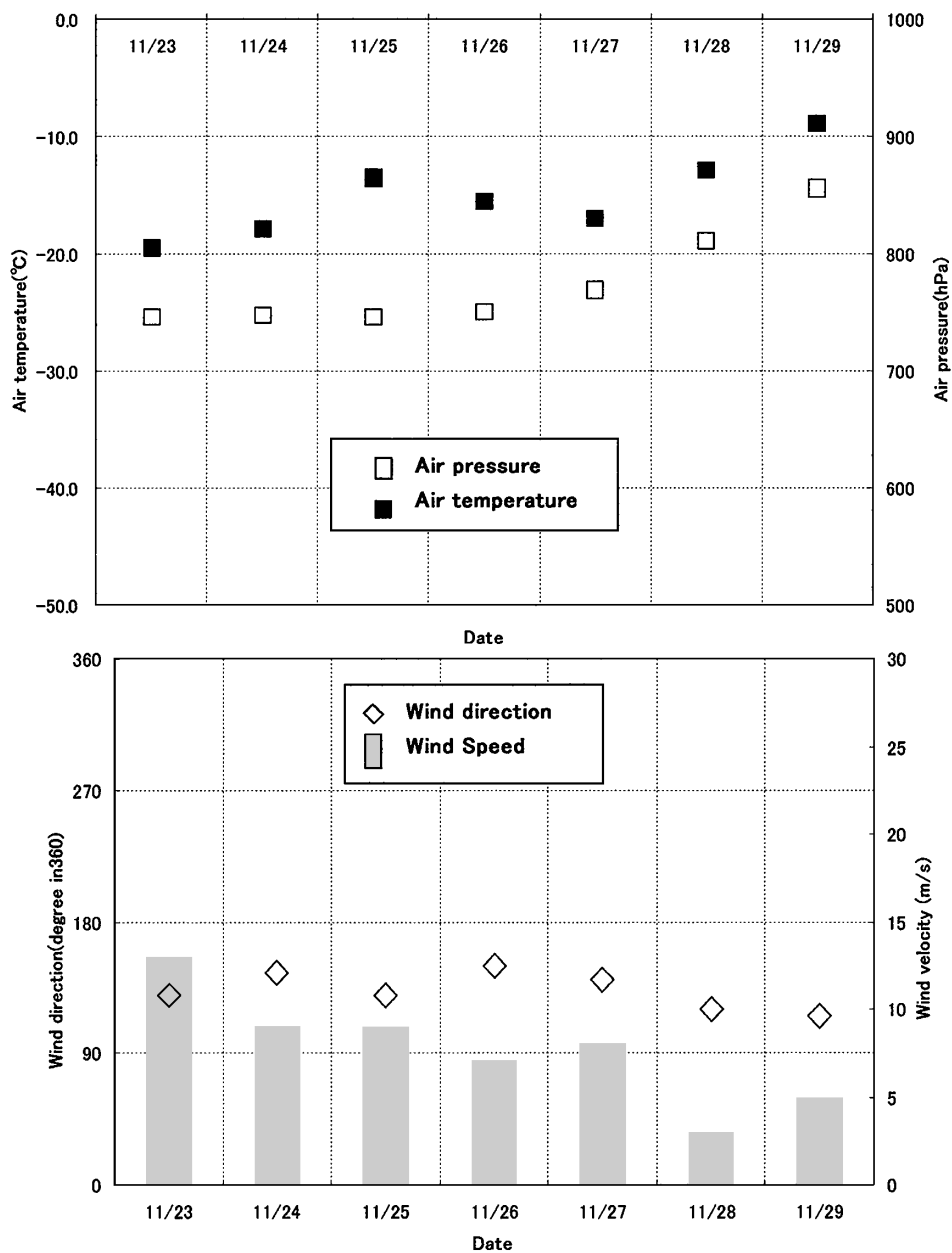


図 31 夏季みずほ旅行中の気象観測データ (2000年11月23日-29日)

Fig. 31. Surface meteorological observation data during the traverse to Mizuho Station in summer (November 23-29, 2000).

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。

観測項目は、気温、気圧、風向・風速である。観測は、毎日2回(00, 12 UTC)、高層気象観測の前に実施した。また、野外行動出発時や空輸実施時など適宜観測し、さらにブリザードが予測される場合にも実施した。

越冬期間中に2回(4月, 8月)バッテリーの交換を実施したほか、12月にも引き継ぎを兼ねてバッテリー交換を行った。

## 謝 辞

第41次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・助言をいただいた渡邊研太郎越冬隊長他、第41次隊員の皆様、南極観測事務室、高層気象台他気象庁の皆様、並びに船上観測でご支援を頂いた南極観測船「しらせ」の方々に感謝します。日射・放射観測資料をまとめるにあたり助言・ご指導をいただいた高層気象台の廣瀬保雄主任研究官、柴田誠司研究官にお礼申し上げます。

この報告をまとめるにあたり、気象庁の野村保夫南極観測事務室長、第40次隊気象部門の方にご指導いただき、厚くお礼申し上げます。

## 文 献

- 青木周司(1997): 昭和基地及び「しらせ」船上における地上オゾン濃度の連続観測. 南極資料, **41**, 231-247.
- 江崎雄治・林 政彦・山内 恭(1998): 昭和基地における地上オゾン急減現象(SOD)とそのバックトラジェクトリー解析—1997年8月28-29日のSODの事例解析—. 第21回極域気水圏シンポジウムプログラム・講演要旨. 東京, 国立極地研究所, 129-130.
- 江崎雄治・栗田邦明・松島 功・木津暢彦・中嶋哲二・金戸 進(2000): 第38次南極地域観測隊気象部門報告1997. 南極資料, **44**, 125-204.
- Herber, A., Thomason, L.W., Dethloff, K., Viterbo, P., Radionov, V.F. and Leiterer, U. (1996): Volcanic perturbation of the atmosphere in both polar region: 1991-1994. *J. Geophys. Res.*, **101**, 3921-3928.
- 東島圭志郎・佐藤 健・安ヶ平一也・村方栄真・河原恭一(2003): 第40次南極地域観測隊気象部門報告1999. 南極資料, **47**, 171-271.
- 稲川 譲・山本義勝・田口雄二・阿保敏広・居島 修(1997): 第35次南極地域観測隊気象部門報告1994. 南極資料, **41**, 549-588.
- 金戸 進(1997): ビ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(1990a): 地上気象観測統計指針. 東京, 124 p.
- 気象庁(1990b): 国際気象通報式(第8版). 東京, 497 p.
- 気象庁(1991): オゾン観測指針(オゾン全量・反転観測編). 東京, 91 p.
- 気象庁(1993a): 地上気象観測指針. 東京, 167 p.
- 気象庁(1993b): 紫外域日射観測指針. 東京, 83 p.
- 気象庁(1995): 高層気象観測指針. 東京, 128 p.
- 気象庁(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): 南極気象資料2000年—第41次日本南極地域観測隊昭和基地. 東京(CD-ROM).
- 国立極地研究所編(1998): 南極の科学3. 気象. 東京, 古今書院.
- 松原和正・小城良友・岸 隆幸・五十嵐寛・東島圭志郎(1995): 第33次南極地域観測隊気象部門報告1992.

- 南極資料, **39**, 264-302.  
宮本仁美・中村雅道・成田 修・横田 歩・森永裕幸 (1999): 第 37 次南極地域観測隊気象部門報告 1996.  
南極資料, **43**, 477-533.  
佐藤 隆・吉見英史・竹川元章・宮内誠司・中村辰男 (1998): 第 36 次南極地域観測隊気象部門報告 1995.  
南極資料, **43**, 96-161.  
柴田誠次・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.