

第 47 次南極地域観測隊気象部門報告 2006

成田 修*・毛利光志・中島浩一・滝沢厚詩・押木徳明¹

Meteorological observations at Syowa Station in 2006 by the 47th Japanese Antarctic Research Expedition

Osamu Narita*, Kouji Mouri, Kouichi Nakashima,
Atsushi Takizawa and Noriaki Oshiki¹

(2009 年 12 月 14 日受付; 2010 年 1 月 20 日受理)

Abstract: This report describes the results of meteorological observations at Syowa Station from February 1st, 2006 to January 31st, 2007, carried out by the Meteorological Observation Team of the 47th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-47). The observation methods, instruments and statistical methods used by JARE-47 were almost the same as those used by the JARE-46 observation team.

Remarkable weather phenomena observed during the period of JARE-47 are as follows.

- 1) The monthly mean temperature in July in 2006 at Syowa Station was -24.1°C , which was the lowest record for Syowa Station.
- 2) The temperature of the lower part of the stratosphere over Syowa Station was lower than normal from winter to early spring in 2006. Especially, the minimum temperature at many standard pressure levels under 70 hPa set the lowest record in each month from August to October. On the other hand, in the troposphere, due to the A-class blizzard on 7–10 October, the maximum temperature at the standard pressure level from 850–350 hPa set the highest record in October.
- 3) The amount of total ozone over Syowa Station became lower than or equal to 220 m atm-cm from the end of August to mid-October. The monthly mean amount of total ozone in September was 173 m atm-cm, which was the 4th lowest value in the historical record. On 4th October, the amount of total ozone was 136 m atm-cm, which was the lowest value during JARE-46.

The amount of total ozone over Syowa Station on October 17th, 2000 was 114 m atm-cm, which was the lowest record. The monthly mean amount of total ozone in October was 137 m atm-cm, which was the lowest record. It was below half compared with the value before 1980 when the ozone hole had not yet appeared. The recovery of the total amount of ozone was slower than usual, in January 2007.

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

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

要旨: この報告は第 47 次南極地域観測隊気象部門が、2006 年 2 月 1 日～2007 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 46 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、次のものがあげられる。

- 1) 地上気象観測において、7 月の月平均気温が -24.1°C を記録し、これまでの極値を更新(昨年までの月平均気温の記録は 1997 年 9 月の -23.6°C)した。
- 2) 昭和基地上空の下部成層圏の気温は、冬から春先にかけて平年より低めに推移した。特に、8-10 月にかけ、70 hPa 以下の多くの指定気圧面で、これまでの各月の極値を更新する低温を観測した。一方、対流圏においては、10 月 7-9 日にかけての A 級ブリザードの影響で、850 hPa-350 hPa の指定気圧面で、00 UTC 観測における 10 月の高温の極値を更新した。
- 3) 昭和基地上空のオゾン全量は、10 月 17 日に 114 m atm-cm と、これまでの過去最小を記録(昨年までの最小値は 1995 年 10 月 6 日の 128 m atm-cm)、月の平均でも 10 月に 137 m atm-cm と、これまでの過去最小を記録し(昨年までの最小値は 1996 年 10 月の 156 m atm-cm)、オゾンホールが現れる前の 1980 年以前と比べて、半分以下の値となった。また、オゾン量の回復も例年より遅れ、2007 年 1 月となった。

1. はじめに

南極昭和基地における気象観測は、第 1 次隊が 1957 年 2 月 9 日から開始し、越冬できなかった 1958 年及び一時閉鎖した期間(1961-64 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 47 次南極地域観測隊気象部門は、2006 年 2 月 1 日に第 46 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、2007 年 1 月 31 日までの 1 年間、観測を行った。観測の方法、観測に用いた測器及び観測値の統計方法等は第 46 次隊とほぼ同様である(佐藤ほか, 2009)。

地上気象観測、高層気象観測、及びオゾン観測のうちのオゾン全量・反転観測は、第 46 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濃度観測は、2 台のオゾン濃度計を持ち込み、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 III (168 号機)を持ち込み、第 46 次隊使用の MK II (091 号機)と約 1ヶ月間の比較観測の後、正規運用とした。

特殊ゾンデ観測として、気水圏部門と共同で 8 回のエアロゾルゾンデ観測を行った。この内 6 台については、エアロゾル量とオゾン量との対応を調べるため、RS2-KC96 型オゾンゾンデとの連結飛揚を実施した。なお、1 月 15 日の観測については、第 48 次隊で実施した S17 航空機観測とマッチングさせている。

さらに、第 46 次隊持ち込みの次期高層気象観測装置(GPS 高層気象観測システム)及び GPS ゾンデ(RS-01G 型レーウィンゾンデ・KC-02G 型オゾンゾンデ)の試験観測を実施した(RS-01G 型レーウィンゾンデの試験観測にはブリザード襲来時の集中観測を含む)。

その他の観測として、海氷上に設置した雪尺による積雪観測、S16 に設置したロボット気

象計による気象観測，2台の自動気象観測装置（MAWS）を利用したオングル海峡上での特別観測などを実施した。

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，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 = 南極気象資料，Vol. 47 (Japan Meteorological Agency [気象庁]，2008) 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。

なお，世界の気象機関に観測結果を即時配信するための全球通信システム（GTS: Global Telecommunication System）へのデータ送信経路を，気象衛星通報局装置（DCP: Data Collection Platform）を使用しヨーロッパの静止気象衛星を経由する送信方法から，インテルサット（国際電気通信衛星機構）を経由し国内から送信する方法に切り替え，未配信となるデータ（年平均で約 3%，多い月では月平均で約 15%）を無くしている。

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，2002）及び世界気象機関（WMO）の技術基準に，統計処理については気象観測統計指針（気象庁，2005）にそれぞれ基づき行った。

観測結果は国際気象通報式（気象庁，1990）の地上実況気象通報式（SYNOP），地上月気候値気象通報式（CLIMAT）により，気象衛星通報局装置（以下「DCP 装置」）を用いて，インテルサット衛星回線を利用して通報を行った。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，10 m 間隔で 20 m 四方に 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，9 本の雪尺の前観測との差を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。

表 1 昭和基地における地上気象観測使用測器等一覧表 (2006 年 2 月~2007 年 1 月)
 Table 1. Observation elements, frequency of observation, minimum unit
 and instruments at Syowa Station (Feb. 2006–Jan. 2007).

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	巡回用電気式気圧計により 比較点検 (年 1 回)
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により 比較点検 (月 1 回)
	—		アスマン通風乾湿計		比較観測に使用
露点温度	連続・毎正時	0.1°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%	電気式湿度計 (静電容量型)	HMP233LJM	アスマン通風乾湿計により 比較点検 (月 1 回)
			アスマン通風乾湿計		比較観測に使用
風向	同上	1°	風車型風向風速計	FF-11	測風塔 (地上高 10.1 m) に設置
風速	同上	0.1 m/s			
全天日射量	同上	0.01 MJ/m ²	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	CF-212	観測棟北東側海岸斜面に設置
	週 1 回	同上	雪尺 (竹竿 9 本)		北の浦海氷上に設置
雲量・雲形・ 向き・高さ	定時		目視		
視程	定時 (目視)	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。

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、おおむね順調に作動した。

保守・点検は、国内の保守要領に準じて実施した。

(1) 気圧

フォルタン型水銀気圧計の廃止に伴い、2006 年 2 月 1 日に気圧計の高さをそれまでのフォルタン型水銀気圧計の牙針の先端の高さから電気式気圧計の気圧検出素子の高さに変更した。越冬観測を開始する前に国内から持ち込んだ巡回用電気式気圧計との比較観測を行い、越冬観測開始時にオフセットの設定を行った。観測は欠測することなく順調に行った。

(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。おおむね順調に観測を行っ

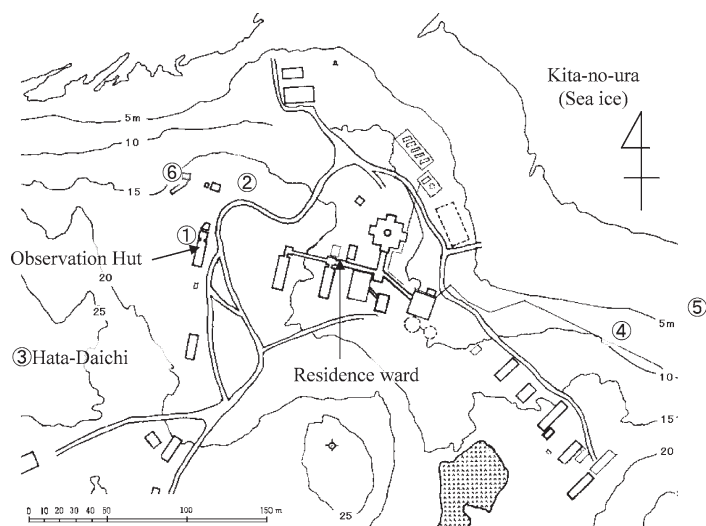


図1 昭和基地主要部と測器感部の配置（国立極地研究所（2004）に加筆）

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: 積雪計

⑤日射放射観測: 上向き反射放射

⑥オゾン観測: 地上オゾン濃度計

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

①Surface observation: barometer

Ozone observation: Dobson spectrophotometer

Radiation observation: Brewer spectrophotometer, downward radiation

②Surface observation: wind sensor, thermometer, hygrometer, visibility sensor

③Surface observation: sunshine sensor

④Surface observation: snow depth sensor

⑤Radiation observation: upward radiation

⑥Ozone observation: surface ozone monitor

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月1回行い、通風筒清掃時にも随時行った。アスマンの観測値を基準として、観測装置の値が気温は $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ 、湿度は $\pm 4\%$ の許容範囲内にあることを確認した。

(3) 風向・風速

測風塔上に設置した風車型風向風速計により通年観測した。

1年を通しておおむね順調に動作したが、4, 7, 10月に凍結または凍結の疑いがあったため風向風速計感部の交換を行った。また、9, 11月には自己診断異常が発生したため日平

均風速が準完全値となった日があった。

なお、2 月に風向風速処理ソフト改修のため処理基板上の ROM 交換を、3 月には南極地域特有の風向変化が小さいことが原因で風向風速計感部凍結監視プログラムにチェックが入ることが多かったため、監視パラメーターの変更を行った。

(4) 全天日射量、日照時間

全天電気式日射計と太陽追尾式日照計が一体型となっている日射日照計を気象棟南西側の旗台地に設置し、通年観測した。5 月に全天電気式日射計の点検を行った。8 月にはブリザードで全天電気式日射計のガラスドームが傷ついたため日射日照計の交換を行った。

(5) 積雪の深さ

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

超音波式積雪計は通常時でも観測値の飛び跳ね現象があり、特に強風時及び新雪時等に異常値が観測されることが多かった。この対策として、2007 年 1 月に送受波部と雪面の距離を近くすることにより安定した送受信ができるよう積雪計感部の設置高を約 40 cm 下げた。この処置により受信状態がやや改善された。

(6) 視程（視程計による参考記録）

管制棟裏に設置した視程計（現象判別付）を参考測器として通年運用した。

第 46 次隊越冬中の 2005 年 6-10 月にかけて温度計に起因する障害が頻発しており、その対策として、2006 年 2 月に第 47 次隊で持ち込んだ障害対策を施した基板と温度計の交換を行った。4 月には投受光部の熱線プリントがはがれたため、投受光部の交換を行った。地ふぶきにより視程計の投受光部に雪が付くことによって観測値が得られないことがあり、天候回復後に投受光部の清掃を実施した。これ以外にも投受光部の清掃を随時行った。

(7) 海氷上の積雪観測

2 月 14 日に雪尺 9 本を設置し、積雪深の変化はおおむね順調に観測した。前次隊の設置場所は表面の起伏が大きくなっていたため、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、及び設置時の海氷状態を考慮して新たに設置場所を選定した。越冬期間終盤になると夏の日射によって雪尺まわりの雪が溶け、最後の雪尺観測までには 9 本中 7 本の雪尺が倒れた。

2.3. 観測結果

月別気象表を表 2 に、極値、順位値の更新記録（10 位まで）を表 3 に、ブリザードの概要を表 4 に示す。また、年間の海面気圧、気温、風速、雲量及び日照時間の旬ごとの経過を図 2 に、海氷上（雪尺）と陸上（積雪計）の積雪深観測値の比較を図 3 に示す。さらに、越冬中の天気概況を表 5 に示した。

越冬期間中における昭和基地の気象の主な特徴として、以下のことがあげられる。

表 2 昭和基地における地上気象観測月別気象表 (2006 年 1 月~2007 年 1 月)
Table 2. Monthly summaries of surface observations at Syowa Station (Jan. 2006-Jan. 2007).

項目	単位	2006												2007											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年	2007										
平均海面気圧	hPa	988.1	988.4	981.7	985.2	979.1	987.6	981.4	998.2	987.1	980.4	983.6	986.7	985.6	989.0										
最低海面気圧	hPa	973.4	973.6	968.4	970.8	953.4	957.3	954.2	966.0	966.6	949.3	967.0	975.6	949.3	980.7										
起日		28	21	3	20	11	30	21	26	2	9	7	25	2	2										
平均気温	℃	-1.0	-4.3	-6.2	-9.6	-10.5	-16.2	-24.1	-17.0	-18.8	-16.0	-6.7	-1.8	-11.0	0.2										
日最高気温の平均	℃	2.1	-1.9	-3.9	-7.7	-8.6	-13.6	-20.8	-13.3	-15.5	-12.9	-3.3	1.1	-8.2	3.3										
日最低気温の平均	℃	-4.3	-7.1	-9.1	-12.0	-12.9	-19.1	-28.1	-20.6	-22.7	-20.5	-10.8	-5.0	-14.4	-3.3										
最高気温	℃	6.2	0.7	0.7	-2.7	-2.3	-6.1	-8.6	-6.2	-5.2	-3.5	3.1	3.3	6.2	6.7										
起日		28	3	11	11	21	1	11	10	22	9	29	11	6.2	6.7										
最低気温	℃	-7.9	-14.8	-19.7	-20.4	-24.2	-25.6	-35.1	-33.4	-33.9	-27.7	-21.1	-9.4	-35.1	-7.1										
起日		24*	25	23	1	15	21	25	2	7	14*	1	5	21	21										
日最低気温	0℃以上の日数	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1										
日平均気温	0℃以上の日数	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	14	19										
日最高気温	10℃以上の日数	28	5	1	—	—	—	—	—	—	—	8	23	65	30										
日最低気温	-10℃以上の日数	31	28	31	23	22	8	1	10	10	9	28	31	232	31										
日平均気温	-20℃未満の日数	—	—	—	2	2	12	28	14	18	18	1	—	95	—										
日最高気温	-20℃未満の日数	—	—	—	—	—	6	23	9	16	6	—	—	61	—										
日最低気温	-20℃未満の日数	—	—	—	—	—	3	15	5	9	3	—	—	35	—										
平均蒸気圧	hPa	3.8	3.0	2.8	2.2	2.2	1.1	0.7	1.3	1.0	1.4	2.2	3.5	2.1	3.9										
平均相対湿度	%	68	67	70	68	74	55	68	69	62	71	57	64	66	64										
平均風速	m/s	4.4	4.7	9.3	9.8	10.6	6.9	5.5	6.6	4.7	5.3	5.3	4.5	6.5	4.2										
16方位	NE	NE	NE	ENE	ENE	NE	E	ENE	NE	E	NE	ENE	NE	ENE	ENE										
最大風速	m/s	25.8	25.6	24.0	32.1	31.4	24.7	38.6	34.6	20.2	37.7	17.6	21.1	38.6	18.9										
風向	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	E	ENE	NE	E	NE	ENE	NE	ENE	ENE										
起日		16	21	27	10	8	5	11	26	23	8	29	7	14	14										
最大瞬間風速	m/s	32.0	33.1	31.0	41.6	39.6	31.7	52.2	44.9	26.3	50.3	22.9	27.2	52.2	24.9										
風向	ENE	ENE	ENE	NE	ENE	ENE	E	ENE	NE	E	NE	E	NE	ENE	ENE										
起日		16	21	27	10	8	5	11	27	23	8	16	7	14	14										
日最大風速	10.0 m/s 以上の日数	9	11	25	25	26	21	14	14	13	10	19	10	197	11										
15.0 m/s 以上の日数	日	2	2	15	11	17	11	6	11	3	8	7	3	96	1										
30.0 m/s 以上の日数	日	—	—	—	—	—	—	—	3	—	1	—	—	7	—										
日照時間	h	434.7	178.1	114.6	80.5	6.6	—	8.6	51.6	175.1	212.9	460.7	459.3	2182.7	408.8										
日照率	%	61	37	29	31	6	—	18	24	52	44	73	62	58	58										
平均全天日射量	MJ/m ²	26.8	16.2	7.6	2.3	0.2	0.0	0.1	1.4	6.9	15.3	27.0	31.1	11.2	27.4										
不照日数	日	1	4	13	15	27	30	26	16	9	7	—	—	148	2										
平均雲量	10分位	5.3	7.9	8.0	7.5	8.6	5.3	5.2	7.0	5.9	6.7	4.6	6.2	6.5	5.9										
日平均雲量	日	4	1	1	1	—	9	7	2	8	6	9	7	55	5										
1.5 未満の日数	日	10	17	17	17	21	11	7	15	12	16	4	13	159	12										
8.5 以上の日数	日	14	15	20	16	24	11	21	19	13	17	6	9	185	8										
雪日数	日	—	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—	—	7	2										
霧日数	日	3	—	—	—	—	—	—	1	6	8	—	—	40	—										
ブリザード日数	日	—	1	5	6	10	1	4	5	—	—	—	—	23	—										
ブリザード回数	回	—	1	3	3	5	1	4	5	—	—	—	—	—	—										

・統計方法は気象観測統計指針 (気象庁) による。

・数値右側の符号は次のとおり。

- () : 推定値。資料の一部が欠けているが、その数が許容する範囲内である。「*」期間中のそれ以前に同値の記録があった
- ・ 5 月 29 日から 7 月 14 日までは記録上太陽中心が地平線上に現れない。不照日数にはこの期間 (46 日) を加えてある。
- ・ブリザード基準については、表 4 欄外注を参照のこと。

表 3 昭和基地における地上気象観測極値・順位更新記録 (2006 年 2 月~2007 年 1 月)
 Table 3. New records of surface meteorological observation extrema and ranking at Syowa Station (Feb. 2006–Jan. 2007).

統計項目	対象	順位	順位値	起日
日最大風速	7 月	10 位	38.6 m/s (ENE)	11 日
	10 月	2 位	37.7 m/s (NE)	8 日
日最大瞬間風速	7 月	2 位	52.2 m/s (ENE)	11 日
	8 月	7 位	44.9 m/s (NE)	27 日
	8 月	9 位	43.7 m/s (ENE)	26 日
	10 月	1 位	50.3 m/s (NE)	8 日
	年間	10 位	52.2 m/s (ENE)	7 月 11 日
日最低気温の低い方から	2 月	6 位	−14.8°C	25 日
日最高気温の低い方から	2 月	10 位	−6.3°C	25 日
	7 月	3 位	−30.4°C	24 日
	7 月	8 位	−29.1°C	25 日
	9 月	8 位	−29.2°C	12 日
	12 月	10 位	−3.9°C	2 日
日最低気温の高い方から	5 月	5 位	−4.4°C	22 日
日最小相対湿度	2 月	2 位	27%	19 日
	6 月	8 位	28%	15 日
	11 月	2 位	23%	16 日
	12 月	8 位	32%	16 日
	1 月	7 位	32%	27 日
	1 月	8 位	32%	3 日
	年間	9 位	23%	11 月 16 日
月平均気温の高い方から	5 月	3 位	−10.5°C	
	8 月	7 位	−17.0°C	
	1 月	8 位	0.2°C	
	年間	8 位	0.2°C	1 月
月平均気温の低い方から	2 月	2 位	−4.3°C	
	7 月	1 位	−24.1°C	
	10 月	3 位	−16.0°C	
	年間	1 位	−24.1°C	2006 年 7 月
月間日照時間の多い方から	4 月	9 位	80.5 時間	
	7 月	8 位	8.6 時間	
	9 月	8 位	175.1 時間	
	11 月	2 位	460.7 時間	
月間日照時間の少ない方から	5 月	4 位	6.6 時間	
	6 月	1 位	0.0 時間	
	年間	1 位	0.0 時間	6 月
年平均気温の低い方から		8 位	−11.0°C	2006 年
年間日照時間の多い方から		4 位	2182.7 時間	2006 年

表 4 昭和基地におけるブリザードの概要 (2006 年 2 月~2007 年 1 月)
 Table 4. Summaries of heavy snowstorms (blizzards) at Syowa Station (Feb. 2006-Jan. 2007).

番号	階級	開始日時	終了日時	継続時間	最大風速		最大瞬間風速		最低海面気圧	
					風向	起時	風向	起時		起時
4701	B 級	2006 年 2 月 21 日 00 時 22 分	2006 年 2 月 21 日 13 時 10 分	12 時間 48 分	ENE	21 日 06 時 10 分	ENE	21 日 07 時 10 分	973.6 hPa	21 日 02 時 01 分
4702	B 級	2006 年 3 月 25 日 11 時 30 分	2006 年 3 月 26 日 04 時 20 分	16 時間 50 分	ENE	25 日 12 時 00 分	ENE	25 日 21 時 56 分	973.5 hPa	25 日 18 時 18 分
4703	C 級	2006 年 3 月 27 日 15 時 40 分	2006 年 3 月 28 日 05 時 20 分	13 時間 40 分	ENE	27 日 19 時 40 分	NE	27 日 21 時 15 分	972.8 hPa	27 日 19 時 44 分
4704	B 級	2006 年 3 月 30 日 03 時 50 分	2006 年 3 月 30 日 17 時 00 分	13 時間 10 分	NE	30 日 11 時 20 分	NE	30 日 14 時 24 分	983.0 hPa	30 日 17 時 00 分
4705	B 級	2006 年 4 月 6 日 03 時 10 分	2006 年 4 月 7 日 17 時 30 分	38 時間 20 分	ENE	6 日 12 時 00 分	ENE	6 日 11 時 42 分	973.6 hPa	6 日 11 時 35 分
4706	B 級	2006 年 4 月 10 日 02 時 50 分	2006 年 4 月 11 日 04 時 50 分	26 時間 0 分	ENE	10 日 20 時 50 分	ENE	10 日 20 時 45 分	975.8 hPa	10 日 21 時 41 分
4707	C 級	2006 年 4 月 23 日 17 時 40 分	2006 年 4 月 24 日 03 時 40 分	10 時間 0 分	ENE	23 日 22 時 00 分	NE	24 日 01 時 47 分	986.1 hPa	23 日 18 時 13 分
4708	B 級	2006 年 5 月 2 日 06 時 20 分	2006 年 5 月 3 日 01 時 00 分	18 時間 40 分	E	2 日 09 時 00 分	E	2 日 09 時 46 分	963.4 hPa	2 日 13 時 26 分
4709	A 級	2006 年 5 月 8 日 09 時 40 分	2006 年 5 月 10 日 13 時 30 分	51 時間 50 分	ENE	8 日 16 時 50 分	ENE	8 日 17 時 50 分	965.5 hPa	8 日 16 時 40 分
4710	C 級	2006 年 5 月 10 日 22 時 10 分	2006 年 5 月 11 日 04 時 30 分	6 時間 20 分	ENE	11 日 00 時 30 分	ENE	11 日 03 時 03 分	953.4 hPa	11 日 03 時 58 分
4711	C 級	2006 年 5 月 20 日 14 時 02 分	2006 年 5 月 21 日 08 時 10 分	18 時間 8 分	NE	20 日 22 時 40 分	NE	21 日 03 時 17 分	981.9 hPa	21 日 07 時 53 分
4712	B 級	2006 年 5 月 21 日 11 時 30 分	2006 年 5 月 23 日 10 時 20 分	46 時間 50 分	NE	22 日 01 時 00 分	NE	22 日 03 時 17 分	971.0 hPa	21 日 23 時 20 分
4713	C 級	2006 年 6 月 27 日 12 時 40 分	2006 年 6 月 27 日 18 時 30 分	6 時間 10 分	NE	27 日 17 時 30 分	NE	27 日 16 時 40 分	970.9 hPa	27 日 18 時 37 分
4714	A 級	2006 年 7 月 11 日 02 時 10 分	2006 年 7 月 11 日 21 時 00 分	18 時間 50 分	ENE	11 日 12 時 50 分	ENE	11 日 13 時 41 分	955.5 hPa	11 日 12 時 51 分
4715	C 級	2006 年 7 月 13 日 23 時 56 分	2006 年 7 月 14 日 18 時 50 分	18 時間 54 分	NE	14 日 11 時 40 分	NE	14 日 11 時 20 分	968.9 hPa	14 日 09 時 13 分
4716	B 級	2006 年 7 月 21 日 10 時 27 分	2006 年 7 月 22 日 05 時 20 分	18 時間 53 分	ENE	21 日 17 時 00 分	ENE	21 日 17 時 12 分	954.2 hPa	21 日 15 時 16 分
4717	C 級	2006 年 7 月 26 日 16 時 00 分	2006 年 7 月 26 日 22 時 50 分	6 時間 50 分	NE	26 日 17 時 30 分	ENE	26 日 17 時 35 分	980.7 hPa	26 日 17 時 19 分
4718	C 級	2006 年 8 月 9 日 01 時 30 分	2006 年 8 月 9 日 10 時 30 分	9 時間 20 分	NE	9 日 03 時 40 分	NE	9 日 05 時 45 分	1000.1 hPa	9 日 01 時 41 分
4719	B 級	2006 年 8 月 14 日 20 時 00 分	2006 年 8 月 16 日 10 時 20 分	38 時間 20 分	NE	15 日 01 時 50 分	NE	15 日 01 時 35 分	983.5 hPa	15 日 01 時 41 分
4720	B 級	2006 年 8 月 18 日 10 時 15 分	2006 年 8 月 18 日 22 時 30 分	12 時間 15 分	NE	18 日 12 時 10 分	NE	18 日 15 時 06 分	999.6 hPa	18 日 11 時 10 分
4721	A 級	2006 年 8 月 26 日 10 時 10 分	2006 年 8 月 27 日 02 時 49 分	16 時間 39 分	NE	26 日 22 時 50 分	NE	27 日 00 時 35 分	966.0 hPa	26 日 21 時 34 分
4722	C 級	2006 年 8 月 27 日 16 時 30 分	2006 年 8 月 28 日 00 時 12 分	7 時間 42 分	NNE	27 日 20 時 40 分	NNE	27 日 21 時 38 分	992.8 hPa	27 日 16 時 32 分
4723	A 級	2006 年 10 月 7 日 23 時 00 分	2006 年 10 月 9 日 19 時 35 分	44 時間 35 分	NE	8 日 07 時 10 分	NE	8 日 09 時 35 分	949.3 hPa	9 日 12 時 33 分

※ 1: 階級区分は次による。

A 級: 視程 100 m 未満, 風速 25 m/s 以上の状態が 6 時間以上継続

B 級: 視程 1 km 未満, 風速 15 m/s 以上の状態が 12 時間以上継続

C 級: 視程 1 km 未満, 風速 10 m/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だ擾乱の影響を受けている期間で求めた。

※ 3: 第 47 次越冬期間中に発生したブリザードに中断期間はない。

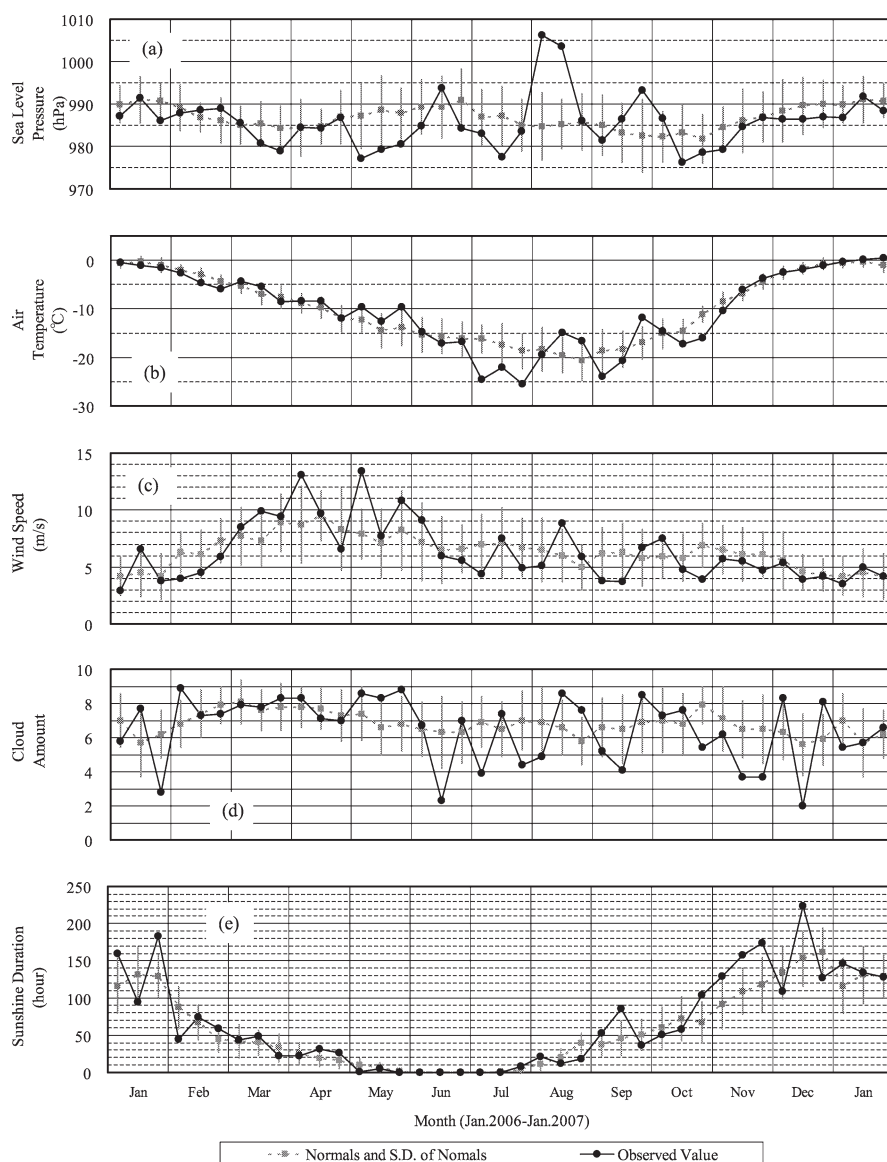


図 2 昭和基地における地上気象旬別経過図 (2006 年 1 月~2007 年 1 月)
 平年値は 1971 年~2000 年の平均値。

(a) 海面気圧 (b) 気温 (c) 風速 (d) 雲量 (e) 日照時間

Fig. 2. Time series of ten-day mean surface meteorological data at Syowa Station (Jan. 2006–Jan. 2007).

Normals are average values from 1971 to 2000.

(a) Sea level pressure, (b) Air temperature, (c) Wind speed, (d) Cloud amount, (e) Sunshine duration.

表5 昭和基地における天気概況 (2006年2月~2007年1月)
Table 5. Weather summaries at Syowa Station (Feb. 2006-Jan. 2007).

年・月	天気概況	
	上旬	中旬
2006年 2月	月の始め5日頃までは極冠高気圧の勢力が弱く、昭和基地北側の低気圧から湿った空気が入り込んだため曇りの日が続いたが、6日以降は好天と悪天が短い周期で変化した。21日は、発達した低気圧の影響でブリザードとなった。気温は全般的に低く、月平均気温は平年値(1971年~2000年の30年間の平均)の -3.0°C に対し -4.3°C とかなり低くなった。また、最高気温月平均は平年値 -0.7°C に対し -1.9°C で、これまでの観測で1番低い値となった。	前半は、極冠高気圧の勢力が弱く、また昭和基地の北西と北東側に低気圧が停滞したため、昭和基地周辺に湿った大気が入り込み曇りがちとなった。後半は、極冠高気圧の勢力が強まり晴れ間が多くなった。日照時間の合計は、平年の87.1時間に比べ44.5時間とかなり少なかった。
	15日に昭和基地北西の低気圧の影響で雪が降った他は、極冠高気圧に覆われて晴れの日が多かった。特に18日~19日にかけては快晴となった。	21日に発達した低気圧が昭和基地に接近し、午前中を中心に降雪を伴うふぶきとなり、最大風速25.6 m/s、最大瞬間風速33.1 m/sを記録、視程も1 km未満の期間が12時間継続しB級ブリザードとなった。その後23日まで低気圧が昭和基地の北東に停滞し曇りがちとなった他は、極冠高気圧に覆われ概ね晴れた。
2006年 3月	全般に極冠高気圧の勢力が弱く、4日、9日~12日及び20日~21日によく晴れた他は曇りや雪の日が多く、天候は悪めに推移した。特に月末は、25日~26日、27日~28日、30日に連続してブリザードの来襲を受けた。気圧は全般に低く月平均で低い方から歴代7位。風は全般に強く月平均で強い方から歴代7位の記録となった。気温は上旬と中旬が高くて下旬が低く、また日照は中旬に多く下旬に少ない傾向にあった。	上旬 極冠高気圧の勢力が弱く昭和基地北側に次々に通過する低気圧の影響を常に受け、曇りや雪の日が多かった。9日、10日に天候は回復したものの低気圧の影響により風が強かった。
	中 上旬に続き今期間も極冠高気圧の勢力が弱く昭和基地北側に次々に通過する低気圧の影響を受ける日が多かった。11日、12日は晴れたものの風が強く、13日~18日は曇りや雪。19日以降は大陸からの寒気が入り気温は低くなった。	下旬に続き今期間も極冠高気圧の勢力が弱く昭和基地北側に次々に通過する低気圧の影響を受けた。前半は大陸からの冷たい大気が入り込み気温が下がった。後半は、発達した低気圧の接近や昭和基地周辺で発生した低気圧の影響により、25日~26日にかけて最大風速21.4 m/s、最大瞬間風速28.4 m/sのB級ブリザード、27日~28日にかけて最大風速24.0 m/s、最大瞬間風速31.0 m/sのB級ブリザード、30日は最大風速19.3 m/s、最大瞬間風速24.1 m/sのC級ブリザードとなった。
2006年 4月	上旬は、発達した低気圧の影響で6日~7日、10日~11日に連続してブリザードになったのを始め、全般に風が強く曇りがちとなった。中旬と下旬は、23日~24日にブリザードとなったが、天候は周期的に変化し比較的好天の日が多かった。気温は平年より高く、日照時間は平年より多かった。	上 11日~2日は、昭和基地の北側を低気圧が東進したが、極冠高気圧の張り出しが強く晴れた。3日以降は極冠高気圧の張り出しが弱まり、6日~7日には発達した低気圧が北西側から昭和基地に接近して停滞し、10日~11日は低気圧が昭和基地の北で急速に発達した影響により、それぞれB級のブリザードとなった。
	中旬 昭和基地の北側に周期的に低気圧が通過した。低気圧の接近した11日~12日、14日~16日と18日は曇りがちで一時的となった。その他の日は晴れた。	下旬に続き昭和基地の北側を周期的に低気圧が通過した。低気圧の接近した21日、23日~24日、28日、30日に曇りか雪となった。特に23日~24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。その他の日は晴れた。旬日照時間は平年より多かった。

表 5 続き
Table 5. Continued.

年・月	天気概況	
	上旬	中旬
2006 年 5 月	期間を通して全般に極冠高気圧の勢力は弱く、低気圧が昭和基地に接近あるいは停滞し、天候は不順で曇りや雪の日が多かった。また、発達した低気圧の接近により、2 日-3 日、8 日-10 日、10 日-11 日、20 日-21 日、21 日-23 日にブリザードとなった。気圧は全般に低く、月現地気圧、月極面更正気圧とともにこれまでの観測で低い方から 1 位の記録となった。また、気温は上旬と下旬を中心に高く、月平均気温はこれまでの観測で高い方から 3 位の記録となった。その他、月平均雨量が多い方から 1 位、月平均風速が大きい方から 3 位、月平均蒸気圧が高い方から 1 位、月平均相対湿度が高い方から 2 位、月合計日照時間が少ない方から 5 位となり、観測記録でも天候不順を示す結果となった。	上 2 日-3 日にかけて、発達した低気圧が昭和基地の北側に通過したため B 級、8 日-10 日は発達した低気圧が昭和基地の西側にしばらく停滞した後ゆっくりと東進したため A 級ブリザードとなった。その他の期間も昭和基地付近は低圧場の状態が続き、4 日と 7 日に一時的に晴れた他は、雪や曇りの日となった。気温は高めに推移した。中旬 10 日-11 日にかけて、発達した低気圧が昭和基地の北側を通過したため C 級ブリザードとなった。14 日-15 日は高気圧の張り出しが一時的に強まり晴れた。その他は、雪や曇りとなった。
2006 年 6 月	下 20 日-21 日にかけて、発達した低気圧の接近に伴い C 級ブリザード、21 日-23 日は発達した低気圧が昭和基地の西側に停滞したため B 級ブリザードとなった。その他の日も昭和基地付近は低圧場の状態が続き、28 日に一時的に晴れた他は、雪や曇りの日となった。気温は高めに推移した。	旬 も昭和基地付近は低圧場の状態が続き、28 日に一時的に晴れた他は、雪や曇りの日となった。気温は高めに推移した。
2006 年 7 月	期間を通して全般に極冠高気圧の勢力が強く、月の始めと終わりに一時悪天となった他は全般に好天が持続し晴れる日が多かった。	上 前半の 1 日-6 日は、低気圧の影響により曇りや雪となった。特に 1 日と 5 日は、発達した低気圧の接近により強い風を伴った。後半の 7 日-10 日は、大陸の極冠高気圧の勢力圏内に入り、晴れる日が多かった。
	中 全期間を通して大陸の極冠高気圧の勢力が強く、18 日-19 日に一時的に薄雲が広がったが天気は安定し晴れた。	旬 勢力圏内に入り、晴れる日が多かった。
2006 年 8 月	下 期間の始めと終わりによく晴れたが、24 日-28 日にかけては発達した低気圧から延びる前線の影響により曇りや雪となり、27 日は C 級ブリザードとなった。	旬 期間を通して全般に極冠高気圧の勢力圏内に入り、晴れる日が多く風の弱い状態が続いた。このため地上付近に安定した接地逆転層が形成され、気温の低い状態が続いた。月平均気温は -24.1℃ を記録し、これまでの月平均気温の極値 -23.6℃ (1997 年 9 月) の記録を更新した。
	上 1 日は昭和基地の北側に接近した低気圧の影響で、9 日は昭和基地の西側の発達した低気圧の影響で一時的に薄雲が降ったが、その他の日は極冠高気圧に覆われ晴れの日が続いた。気温は平年より低い状態が続いた。	旬 11 日は北西から発達した低気圧の接近に伴い最大風速 52.2 m/s (7 月で歴代 3 位、年間で 10 位) の A 級ブリザードに、14 日は昭和基地付近で発生した低気圧の影響で最大風速 19.3 m/s の C 級ブリザードとなった。その他の日は、周期的に天気が変化し、13 日と 15 日-16 日に晴れた他は曇りや雪となった。気温は平年よりやや低い状態が続いた。
2006 年 8 月	下 昭和基地の北西から発達した低気圧の接近に伴い、21 日-22 日は最大風速 27.6 m/s の B 級ブリザードに、26 日は最大風速 21.9 m/s の C 級ブリザードとなった。その他の日は、極冠高気圧に覆われ晴れた。気温は平年より低い状態が続いた。	旬 月の始めは 7 月に引き続き曇り天候が安定し気温は低めに経過した。その他の期間は、周期的にブリザードの襲来を受け悪天となり、気温は高めに経過した。特に 14 日-18 日にかけて、2 つのブリザードを含め、悪天が長期間継続した。
	上 1 日-7 日にかけて極冠高気圧に覆われ、気温が低く晴れた。9 日は、発達した低気圧に伴う前線が昭和基地を通過したため、最大風速 19.6 m/s の C 級ブリザードとなった。	旬 期間の始めと終わりに晴れたが、14 日-18 日にかけては上空の気圧の谷に伴い、昭和基地の北西側で低気圧が次々に発生し、昭和基地に接近したためふぶきとなった。14 日-16 日は最大風速 34.4 m/s の B 級ブリザードに、18 日は最大風速 20.9 m/s の B 級ブリザードとなった。気温は高めに経過した。
2006 年 8 月	下 21 日と 24 日-25 日に一時晴れたが、全般に雪が降った。特に 26 日-27 日は発達した低気圧に伴う前線が昭和基地を通過したため最大風速 34.6 m/s の A 級ブリザードに、27 日-28 日は発達した低気圧が昭和基地の北側を通過したため最大風速 14.0 m/s の C 級ブリザードとなった。気温は高めに経過した。	旬 27 日-28 日は発達した低気圧が昭和基地の北側を通過したため最大風速 14.0 m/s の C 級ブリザードとなった。気温は高めに経過した。

表 5 続き
Table 5. Continued.

年・月	天気概況
2006 年 9 月	期間を通して概ね極冠高気圧に覆われ、プリザードの襲来もなく天気は比較的安定した。気温は、上旬と中旬が平年より低く、下旬はかなり高かった。日照時間は中旬を中心に多かった。
	上旬 前半は昭和基地の北側を低気圧が通過したため曇りや雪となり、後半は高気圧に覆われ晴れた。気温は低めに経過した。
	中旬 14 日-16 日と 20 日に昭和基地の北側を低気圧が通過したため、一時曇りが広がり風もやや強まったが、その他の日は概ね晴れが続いた。気温は低めに、日照時間は多めに経過した。
	下旬 昭和基地の北側を次々に低気圧が通過したため、曇りがちとなった。特に 21 日-23 日は、低気圧が発達したため風がやや強まりふぶきとなった。気温は旬平均-11.8℃で、かなり高くなった。
2006 年 10 月	期間を通して天候は概ね周期的に変化した。7 日-9 日にかけての A 級プリザードは、10 月としては歴代 2 位となる最大風速 37.7 m/s、10 月としては歴代 1 位となる最大瞬間風速 50.3 m/s を記録した。また、下旬は好天が続いた。
	上旬 4 日-5 日は、昭和基地の北側を低気圧が通過したため曇りで一時的となった。7 日-8 日は昭和基地の西側に発達した低気圧が接近し停滞、8 日-9 日は別の発達した低気圧が昭和基地に接近した。このため、7 日-9 日にかけて継続時間 44 時間以上となる A 級のプリザードとなった。この他の日は概ね晴れた。
	中旬 17 日-20 日にかけて、昭和基地付近をゆっくり低気圧が東進したため曇りや雪となり、一時ふぶきを伴った。その他の日は概ね晴れた。気温は平年に比べかなり低く推移した。
	下旬 21 日は、昭和基地付近で発生した弱い低気圧の影響により雪で一時的ふぶきを伴った。27 日-28 日は、昭和基地の北側を低気圧が通過したため曇りで一時的雪が降った。その他の日は、極冠高気圧に覆われ晴れた。気温は平年に比べかなり低く、日照時間はかなり多かった。
2006 年 11 月	上旬 プリザードの襲来もなく、昭和基地付近は概ね極冠高気圧の勢力圏内に入り、好天が持続した。このため、月平均相対湿度は低い方から 2 位などを記録した。
	中旬 8 日-9 日にかけて、昭和基地の北側を低気圧が通過したため曇りとなった。その他の日は、極冠高気圧に覆われ晴れが続いた。気温は平年より低く、日照時間は平年より多かった。
	下旬 19 日-20 日にかけて、極冠高気圧の勢力が弱まり昭和基地付近は低圧場に入ったため曇りとなった。その他の日は、極冠高気圧に覆われ晴れが続いた。気温は平年より高く、日照時間は平年より多かった。
	下旬 25 日は、昭和基地の北側を低気圧が通過したため曇りとなった。その他の日は、極冠高気圧に覆われ晴れが続いた。気温は平年並で日照時間は平年よりかなり多かった。
2006 年 12 月	月の始めと終わりは、昭和基地付近で極冠高気圧の勢力が後退し低気圧の影響を受けたため、曇りで一時的雪が降った。中旬は、昭和基地付近は極冠高気圧の勢力圏内に入り、好天が持続した。
	上旬 極冠高気圧の勢力が後退し昭和基地の北側を低気圧が次々に通過したため、4 日-5 日、9 日-10 日に一時晴れた他は、全般に曇りがちとなった。気温は平年並み、日照時間は平年より少なかった。
	中旬 11 日-12 日にかけて一時曇った他は、極冠高気圧に覆われ快晴や晴れとなった。気温は平年並み、日照時間は平年よりかなり多く期間合計で 220 時間を越えた。
	下旬 21 日-22 日に晴れた他は、全般に曇りの日が多かった。特に 29 日-30 日にかけては、昭和基地の北側に前線を伴った低気圧が接近したため雪が降った。気温は平年より低く、日照時間は平年より少なかった。

表 5 続き
Table 5. Continued.

年・月	天気概況	
	上旬	中旬
2007 年 1 月	月の始めは極冠高気圧の勢力が強く良く晴れたが、以降は極冠高気圧の勢力が安定せず、周期的に昭和基地の北側を通過する低気圧の影響を受け、晴れたり曇ったりとなった。気温は平年より高く、日照時間は平年より多かった。	
	上 前半は極冠高気圧に覆われ晴れたが、後半は昭和基地の北側、南緯 60 度付近を低気圧がゆっくりと通過したため曇が多く、8 日と 9 日は雪となった。気温は平年並み、日 旬 照時間は平年より多かった。	
	中 天気が周期的に変化し、晴れや曇りとなった。また、13 日夜半か 14 日午前中にかけて、南緯 60 付近にあった低気圧に伴う前線が昭和基地付近を通過したため、一 旬 時的に風が強まった。気温は平年より高く、日照時間は平年並であった。	
	下 中旬に引き続き天気が周期的に変化し晴れや曇りとなった。25 日~26 日にかけては、昭和基地の西側の低気圧から延びる停滞前線が昭和基地付近にかかり雪となった。気 旬 温は平年より高く、日照時間は平年並であった。	

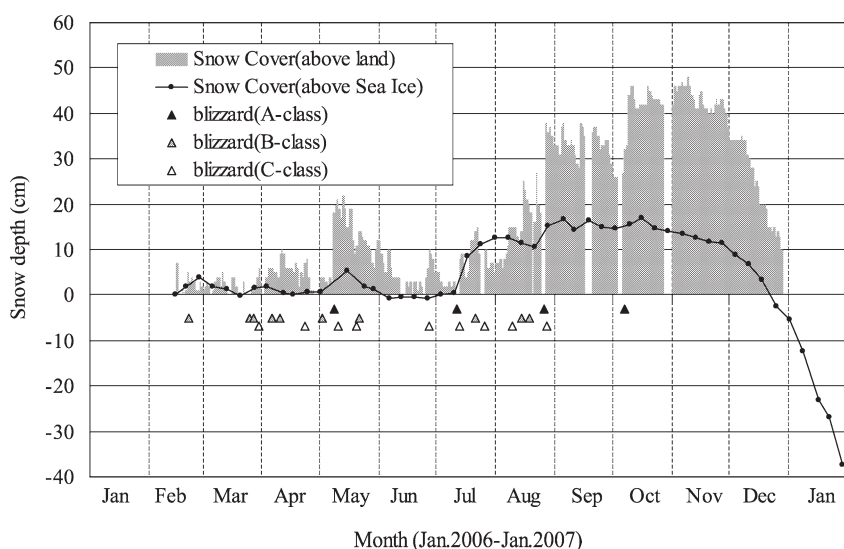


図3 海氷上(雪尺)と陸上(積雪計)の積雪深観測値の比較(2006年1月~2007年1月)
 Fig. 3. Comparison of snow depth on sea ice area with that on the ground at Syowa Station (Jan. 2006–Jan. 2007).

- (1) 年間を通して、日照時間は平年より多めに経過した(表3)。太陽が昇り日照がある時期は、図2から明らかに日照時間と雲量の平年値との差に負の相関があることがわかる。
- (2) 4月上旬と5月上旬はブリザードの継続時間が長くなった影響のため、風速が平年値より大きくなった(図2、表4)。
- (3) 極夜期間の6月中旬は大陸の極冠高気圧の勢力が強く、天気が安定し、雲量が平年より少なくなった。
- (4) 7月の月平均気温は -24.1°C となり、年間を通してこれまでの極値を更新(昨年までの記録は1997年9月の -23.6°C)し、低い方から第1位を記録した(表3、図2)。
- (5) 8月はブリザードが5回襲来したにも関わらず月平均海面気圧が998.2 hPaと平年値に比べて非常に高くなった。これは、8月は低気圧が周期的に通過したが、上旬と中旬を中心に勢力が強い極冠高気圧に覆われていた日が多かったことによる(図2、表5)。
- (6) ブリザードをもたらず低気圧が近づくと気圧が下がるとともに風が強まり、気温が上昇すると考えるが、6月中旬から11月にかけて、何度かブリザードとなっているにも関わらず、気圧、気温、風速の平年差で正の相関がよい(図2)。これは低気圧の接近がブリザードになる要因であるが、ブリザードの期間を通して気圧が低い状態ではないため低気圧による気圧の低下が気圧の旬平均に与える影響は小さいことを示している。
- (7) 海氷上(雪尺)と昭和基地の陸上(積雪計)との積雪の観測値に相関がある(図3)。5月上旬のA級ブリザード時に積雪となったが、その後しばらくブリザードが無く積雪が

減少した。7 月 11 日の A 級ブリザードにより海氷上、陸上ともに積雪が増えた。その後は、地形の影響を受ける地上では 11 月上旬まで積雪が増加したが、より強風で雪が飛散し易い海氷上では積雪の増加傾向は顕著でなかった。海氷上では 10 月中旬、昭和基地では 11 月上旬が積雪のピークとなり、その後 12 月下旬にかけて積雪は減少した。なお、海氷上では夏季が近づき積雪が消えた後に氷が溶け始めたため、観測値は負の値となっている。

3. 高層気象観測

3.1. 観測方法と測器

高層気象観測指針（気象庁，2004）に基づき，毎日 00，12 UTC の 2 回，高層気象観測を行った。RS2-91 型レーウィンゾンデ（明星電気製，以下「91 型ゾンデ」）をヘリウムガス充填したゴム気球に吊り下げて飛揚し，気球が破裂する上空約 30 km までの気圧，気温，風向・風速及び気温が -40°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 の気球を使用し，「高高度レーウィンゾンデ」観測を行った。なお，4 月では平均到達高度が 12 UTC の観測が 00 UTC の観測より低い結果となったが，この原因として 12 UTC は日射による気球の加熱があること，00 UTC で気球の不具合による低高度破裂があったことなどが要因であったと考える。

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の点検を行い，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（日本電気製パソコン，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）経由で世界気象通信網（GTS）に通報した。CLIMAT TEMP 報については，6 月から気象庁に送る高層気象観測報告を元に，気象庁で電文を作成，送信する体制に変更した。また，TEMP 報については，7 月 1 日から伝送方法を変更し，インテルサット衛星回線を利用した気象庁経由での通報に移行した。

観測器材を表 6 に，各センサーの性能を表 7 に示す。

表 6 昭和基地における高層気象観測器材

Table 6. Instruments for aerological observations 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	各センサについては表 7 に示す
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	600 g (1200 g) 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 1900 g (2100 g)、 強風降雪等状況により増量
懸垂紐	白色クレモナ糸 15 m (30 m)	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 15 m (30 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

() 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の性能

Table 7. Sensor performance of the RS2-91 rawinsonde.

観測要素	センサ	測定範囲	測定精度	備考
気圧	鉄・ニッケル製直径 46 mm 空ごう気圧計 (静電容量変 化式)	1040-5 hPa	±1 hPa	減圧点検および飛揚前点 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°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)	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.

年 月		2006 年												2007 年	合計
項 目		2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月		平均/ 極値
飛揚回数		57	62	62	67	61	65	63	61	63	62	62	63		748
定時観測回数		56	62	60	62	60	61	61	60	62	60	62	62		728
特別観測回数		0	0	1	0	2	4	0	0	5	0	0	1		13
欠測回数		0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0		2
資料欠如回数		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		1
再観測回数		1	0	2	5	1	3	1	1	1	2	0	1		18
到達気圧 / 高度	00 UTC	平均 hPa	5.5	6.9	15.2	6.9	7.8	9.2	8.2	6.7	7.8	10.4	7.3	6.2	8.2
		平均 km	35.7	34.0	28.6	34.0	30.1	30.2	29.8	30.8	30.3	30.1	34.1	35.3	31.9
		最高 hPa	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.9	5.0	5.0	5.0
		最高 km	36.5	36.2	34.9	36.2	32.0	32.0	31.9	32.8	32.3	34.8	36.7	36.7	36.7
	12 UTC	平均 hPa	10.4	10.4	12.1	10.4	8.9	12.7	8.1	11.0	10.5	12.8	11.0	13.0	10.9
		平均 km	31.3	30.8	29.1	30.8	28.8	27.5	28.9	27.9	28.2	28.5	30.8	30.7	29.4
		最高 hPa	7.6	7.1	6.5	7.1	5.0	5.0	5.6	5.5	7.3	7.1	7.0	7.6	5.0
		最高 km	33.2	32.7	32.0	32.7	31.8	31.6	30.9	31.1	30.5	32.9	34.2	33.8	34.2

3.2. 観測経過

観測状況を表 8 に示す。

第 47 次隊として 2006 年 2 月 1 日 00 UTC より 2007 年 1 月 31 日 12 UTC までの観測を行った。この期間中、ブリザードに伴う強風により飛揚できなかった欠測が 2 回 (2006 年 7 月 11 日 12 UTC, 2006 年 8 月 26 日 12 UTC), 資料欠如が 1 回 (2006 年 7 月 11 日 00 UTC) あった。

冬期間の下部成層圏の低温によりゴム気球が硬化して到達高度が低下するのを防ぐため、4 月 23 日 12 UTC~11 月 18 日 12 UTC, 11 月 24 日 12 UTC~11 月 28 日 00 UTC の期間、気球の油漬け処理を行った。なお、油漬けの実施期間は成層圏の気温がおおむね -68°C を下まわる時期を目安とした。

自動追尾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プリング部が損傷し、修復不可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。

3.3. 観測結果

2006 年 1 月~2007 年 1 月の主な指定気圧面の高度、気温、風速の月平均値 (00 UTC の観測値による統計) を表 9 に示す。また、2006 年 1 月~2007 年 1 月の 00 UTC における各指定気圧面の月平均気温と月平均気温平年値の年変化を図 4 に示す。

1~4 月は多くの気圧面で平年並みの気温だったが、2 月の 200 hPa 付近では気温が低く、250 hPa では平年値より 5°C 低くなった。

5~6 月にかけては、200~30 hPa 面で平年値より $2\text{--}3^{\circ}\text{C}$ 低い状態となった。特に 6 月の 200 hPa 面では 3.8°C 低くなった。

7 月には 300 hPa 面より下の対流圏で平年より低めの状態となった。特に 700 hPa で 2.6°C 低くなるなど、地上に近いほど低い気温となった。

8~10 月の 200 hPa 面より上空の気温は、再び平年値より低い状態となり、10 月は 30 hPa 面で 16.6°C 低くなり、月平均値としては観測以来最も低い気温となった。この期間には、70~10 hPa の多くの指定気圧面で、これまでの各月の極値を更新する低温を観測した。特に 8 月 9 日 00 UTC の観測では 20 hPa で -91.2°C を記録し、00 UTC の観測としては観測開始以来最も低い気温となった。

図 5 に、2006 年 1 月~2007 年 1 月の 00 UTC における指定気圧面月平均気温、風の東西並びに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す。2 月の下部成層圏の低温は、図 5 の上段に表れているように、200~300 hPa の高度で明瞭に現れていた。図 5 の下段に示した風の南北成分によると、250 hPa を中心に地上から 125

表9 月別指定気圧面観測値 (00 UTC)

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

項目	指定面 (hPa)	2006 年												2007 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	1183	1172	1122	1131	1081	1130	1050	1213	1113	1068	1128	1167	1130	1192
	800	1650	1634	1584	1589	1538	1580	1491	1666	1559	1518	1587	1631	1586	1661
	700	2661	2633	2585	2585	2529	2565	2458	2656	2532	2495	2585	2635	2577	2674
	600	3802	3767	3708	3706	3647	3679	3555	3776	3637	3600	3714	3764	3696	3816
	500	5112	5072	4999	4987	4929	4960	4817	5061	4905	4869	5015	5064	4983	5129
	400	6657	6614	6528	6499	6440	6467	6300	6572	6398	6364	6546	6595	6498	6678
	350	7550	7506	7413	7374	7312	7335	7157	7443	7260	7229	7429	7478	7374	7573
	300	8556	8510	8411	8358	8291	8308	8120	8419	8226	8201	8417	8468	8357	8581
	250	9741	9676	9579	9505	9422	9422	9229	9533	9332	9319	9549	9607	9493	9750
	200	11215	11124	11036	10932	10798	10752	10565	10846	10646	10652	10895	10985	10871	11195
	175	12101	12003	11916	11792	11627	11544	11359	11618	11421	11438	11691	11812	11694	12069
	150	13126	13022	12931	12787	12582	12459	12269	12504	12308	12335	12607	12769	12642	13081
	125	14339	14230	14130	13960	13704	13535	13336	13546	13350	13386	13684	13903	13759	14282
	100	15829	15712	15597	15389	15063	14837	14626	14808	14614	14658	14996	15302	15119	15763
	70	18228	18092	17938	17655	17206	16885	16659	16802	16620	16669	17100	17596	17288	18154
	50	20509	20347	20142	19772	19196	18783	18549	18660	18506	18562	19128	19853	19334	20437
	40	22029	21845	21602	21166	20502	20029	19791	19886	19760	19826	20513	21396	20695	21963
	30	23997	23782	23488	22967	22162	21613	21389	21462	21388	21487	22366	23423	22460	23943
気温 (°C)	850	-8.7	-11.4	-11.3	-14.0	-14.9	-19.1	-24.2	-17.6	-21.1	-19.2	-12.9	-10.1	-15.4	-7.7
	800	-11.7	-14.5	-14.2	-16.1	-17.3	-20.1	-24.8	-18.0	-22.6	-20.9	-15.5	-13.3	-17.4	-11.0
	700	-17.5	-19.9	-20.7	-21.2	-22.3	-23.1	-27.7	-22.1	-25.9	-25.4	-20.0	-19.8	-22.1	-17.0
	600	-23.7	-24.9	-27.6	-28.8	-28.9	-29.2	-32.8	-28.3	-31.4	-31.5	-25.8	-26.1	-28.3	-23.5
	500	-31.5	-32.4	-34.8	-37.0	-36.8	-37.1	-40.9	-36.5	-39.5	-39.3	-33.4	-33.5	-36.1	-31.0
	400	-41.7	-41.9	-43.9	-46.3	-46.9	-47.9	-51.0	-47.0	-49.8	-49.1	-44.1	-44.1	-46.1	-41.0
	350	-47.6	-47.8	-49.3	-52.2	-53.1	-54.2	-56.7	-53.3	-55.7	-54.5	-50.5	-50.4	-52.1	-47.0
	300	-52.1	-53.3	-54.2	-57.7	-59.1	-61.0	-62.7	-60.4	-62.3	-60.7	-57.5	-56.9	-58.2	-52.4
	250	-49.0	-54.6	-52.4	-57.4	-62.8	-67.4	-67.3	-68.5	-69.1	-66.5	-64.2	-61.9	-61.8	-54.0
	200	-46.6	-49.0	-48.5	-53.2	-61.6	-70.5	-69.4	-74.7	-74.1	-71.2	-69.2	-61.7	-62.5	-50.4
	175	-46.2	-47.8	-48.1	-52.7	-61.0	-70.4	-70.6	-76.3	-75.8	-73.0	-69.8	-61.2	-62.7	-49.3
	150	-46.0	-47.0	-48.4	-52.8	-62.0	-70.8	-72.3	-77.1	-77.1	-75.3	-70.7	-61.0	-63.4	-48.4
	125	-45.5	-46.5	-48.5	-53.9	-63.9	-72.3	-74.4	-78.8	-78.6	-77.2	-71.8	-60.2	-64.3	-47.5
	100	-44.5	-45.8	-48.6	-54.8	-66.2	-75.1	-76.7	-80.6	-80.4	-79.6	-72.5	-57.6	-65.2	-45.5
	70	-42.3	-44.5	-49.2	-57.3	-69.6	-79.0	-80.1	-83.7	-81.6	-81.2	-70.0	-48.9	-65.6	-42.6
	50	-40.9	-43.9	-49.6	-59.0	-72.4	-81.6	-82.4	-85.1	-81.6	-80.5	-64.0	-39.5	-65.0	-40.3
	40	-40.1	-43.6	-49.5	-59.9	-74.0	-82.9	-83.2	-85.8	-80.6	-78.4	-57.8	-34.9	-64.2	-38.9
	30	-38.7	-42.5	-48.8	-60.7	-75.5	-83.7	-83.5	-86.1	-78.6	-72.7	-48.7	-30.7	-62.5	-37.2
風速 (m/s)	850	7.4	4.1	8.5	9.4	12.0	8.9	9.1	10.5	7.4	8.9	6.2	6.7	8.3	7.2
	800	7.7	4.8	7.0	7.8	9.8	8.2	8.7	9.5	7.4	8.1	6.0	5.7	7.6	6.3
	700	6.4	6.2	7.0	7.4	8.0	8.0	9.8	9.5	7.1	7.8	7.0	5.2	7.5	6.5
	600	6.4	6.9	7.2	7.8	8.9	10.3	10.5	11.8	9.7	9.8	7.6	6.3	8.6	7.1
	500	7.3	9.4	8.8	9.4	11.5	12.8	12.0	13.8	12.5	11.5	9.8	8.0	10.6	8.2
	400	9.4	12.2	11.8	11.6	14.5	14.6	14.3	17.1	15.0	13.6	12.0	10.7	13.1	10.1
	350	10.3	14.0	13.7	13.2	15.9	15.8	15.5	19.6	16.4	14.8	13.5	12.9	14.6	11.5
	300	10.5	15.4	14.8	14.0	17.0	18.2	17.2	20.7	16.0	16.5	14.9	13.7	15.7	13.4
	250	8.0	12.1	13.5	12.1	16.1	18.2	17.4	21.4	15.1	16.3	14.9	12.7	14.8	11.6
	200	6.2	8.6	11.1	9.4	15.6	15.2	16.6	20.1	13.6	16.2	13.8	8.6	12.9	8.3
	175	6.0	7.8	10.3	10.7	15.7	13.7	16.1	19.1	13.7	16.0	12.6	7.4	12.4	8.3
	150	5.2	7.4	10.5	10.6	15.5	13.9	17.2	18.7	14.0	15.9	13.2	6.5	12.4	7.9
	125	5.4	6.6	10.0	11.9	16.7	14.5	18.9	19.7	14.9	16.5	14.1	6.4	13.0	7.7
	100	4.6	6.2	9.6	13.2	19.1	16.6	21.2	22.2	16.6	17.0	15.9	6.5	14.1	7.5
	70	4.1	5.1	9.5	14.8	22.1	19.0	25.8	25.0	21.1	19.9	20.7	7.8	16.2	6.5
	50	3.2	4.3	9.2	17.1	25.1	23.0	29.1	29.2	25.9	23.1	25.6	9.4	18.7	6.1
	40	3.4	4.5	10.6	18.0	27.5	25.2	32.0	31.6	29.3	25.7	29.2	9.4	20.5	5.7

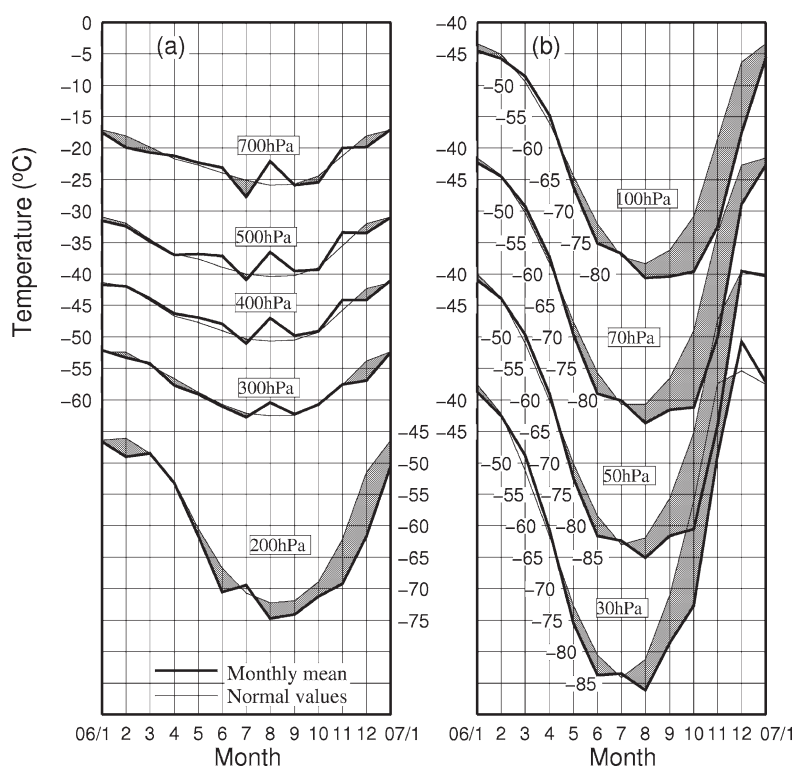


図 4 指定気圧面の月平均気温の年変化 (2006 年 1 月~2007 年 1 月) と月平均気温平年値 (1971 年~2000 年) の年変化 (00 UTC)

(a) 700 hPa-200 hPa (b) 100 hPa-30 hPa

Fig. 4. Annual variations of monthly mean upper air temperatures (Jan. 2006-Jan. 2007) and normal values (1971-2000) at Syowa Station.

(a) 700 hPa-200 hPa, (b) 100 hPa-30 hPa

hPa まで平年偏差が正となっており、この時期は平均的に南よりの風が卓越し寒冷な大気が移流しやすい状態だったと考える。

7 月の成層圏における南北成分の平年偏差が正の領域を示し、高い高度ほど偏差が大きくなった。一方、東西風は 6-8 月にかけて各高度で強まり、8 月には 300 hPa 付近を中心に正偏差となった。10-11 月には平年値より 10°C 以上低い領域が現れている。この期間の東西風は平年より弱く、9 月には 40 hPa 面以上で 10 m/s 以上の偏差が現れている。これは後述する図 8 の 9 月にもみられるように、昭和基地が極夜ジェットの外側に位置していたことと矛盾しない。

2006 年 1 月~2007 年 1 月の 00 UTC における昭和基地上空の気温の時間高度断面図を図 6 に示す。4-5 月にかけて成層圏温度が -70~-80°C の領域が現れるなど、気温が低下し、6 月には -85°C の領域がはっきり現れた。7 月上旬には極渦の中心が西に偏り昭和基地

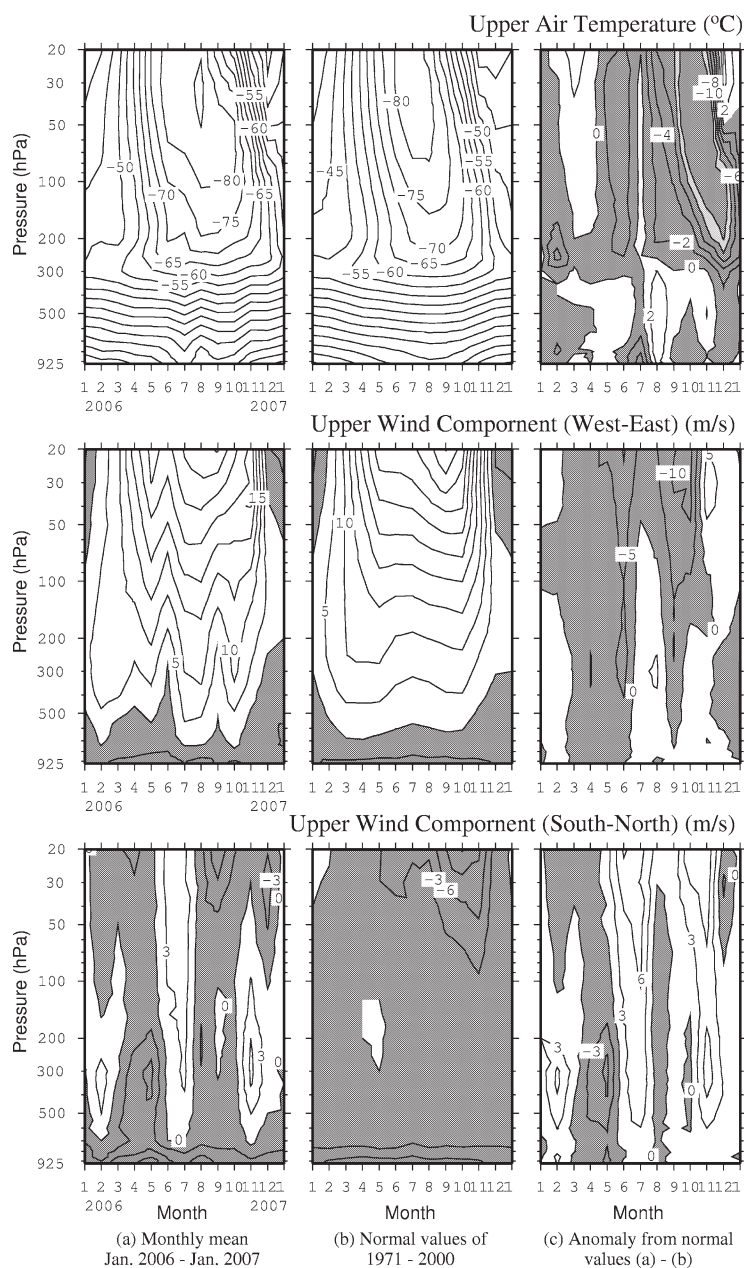


図5 高層気象指定気圧面気温・東西風・南北風観測結果
(a) 月平均値 (b) 平年値 (1971年~2000年) (c) 平年偏差
上・中・下段はそれぞれ気温, 風の東西成分, 同南北成分.

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).

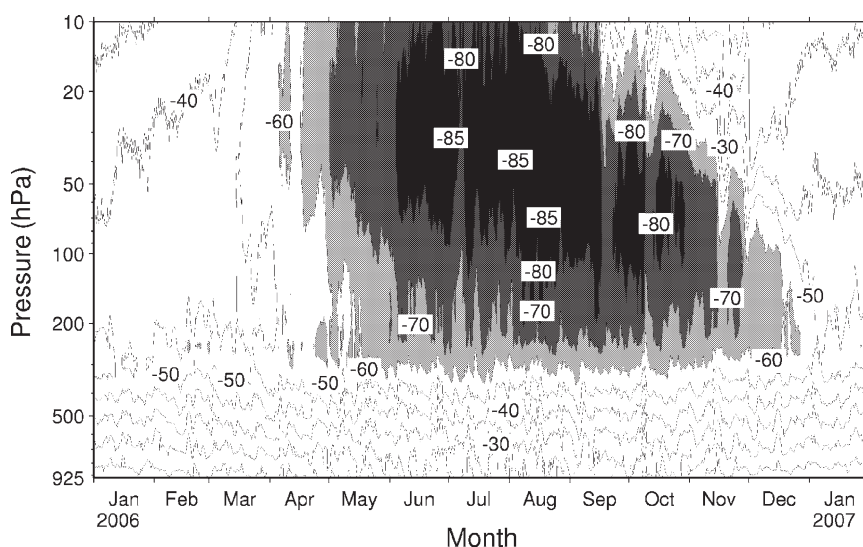


図 6 昭和基地上空の気温の時間高度断面図 (2006 年 1 月~2007 年 1 月)

薄灰色域: -60°C 以下, 灰色域: -70°C 以下, 濃灰色域: -80°C 以下, 黒色域: -85°C 以下

Fig. 6. Time-height cross section of upper-air temperature (Jan. 2006-Jan. 2007).

Light gray area indicates the region -60°C or below, gray area indicates the region -70°C or below, dark gray area indicates the region -80°C or below, black area indicates the region -85°C or below.

付近は極渦の外に位置したため、一時的に幅広い高度で気温が高くなって現れている期間がある。再び極渦の中に入ると気温は低い状態となり 7-8 月にかけて -85°C の領域は成層圏下部まで広がった。8 月中頃までは -70°C の領域がみられた。

成層圏突然昇温は極夜明けの時期に観測され、成層圏が低温状態の解消に寄与する。2006 年に観測した WMO への通報基準である最大上昇温度が 25°C / 7 日以上以上の事象は、9 月下旬に 15 hPa で 51.9°C 、11 月中旬に 40 hPa で 33.1°C 及び 11 月下旬に 40 hPa で 29.1°C と 3 回観測した。

9 月下旬から 11 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層から昇温した。また、WMO への通報基準に達しなかったものの、10 月上旬にも顕著な昇温を観測している。この事象では、500-300 hPa に総観規模スケールの気圧の谷を伴っていた。対流圏では気圧の谷に対応する低気圧が発達、成層圏の気圧の谷に先行して東進し、対流圏で顕著な昇温をもたらした。この際、10 月 8 日 00 UTC には 850 hPa で -5.1°C を観測するなど、850-350 hPa の指定気圧面では 10 月として極値を更新する最も高い気温を記録している。11 月下旬の突然昇温の際に -70°C の領域が消え、さらに上層から気温が上昇して -60°C の領域が観測されなくなったのは 12 月の終わりだった。

南半球月平均 500 hPa 高度及び平年偏差を図 7 に、南半球月平均 30 hPa 高度及び平年偏

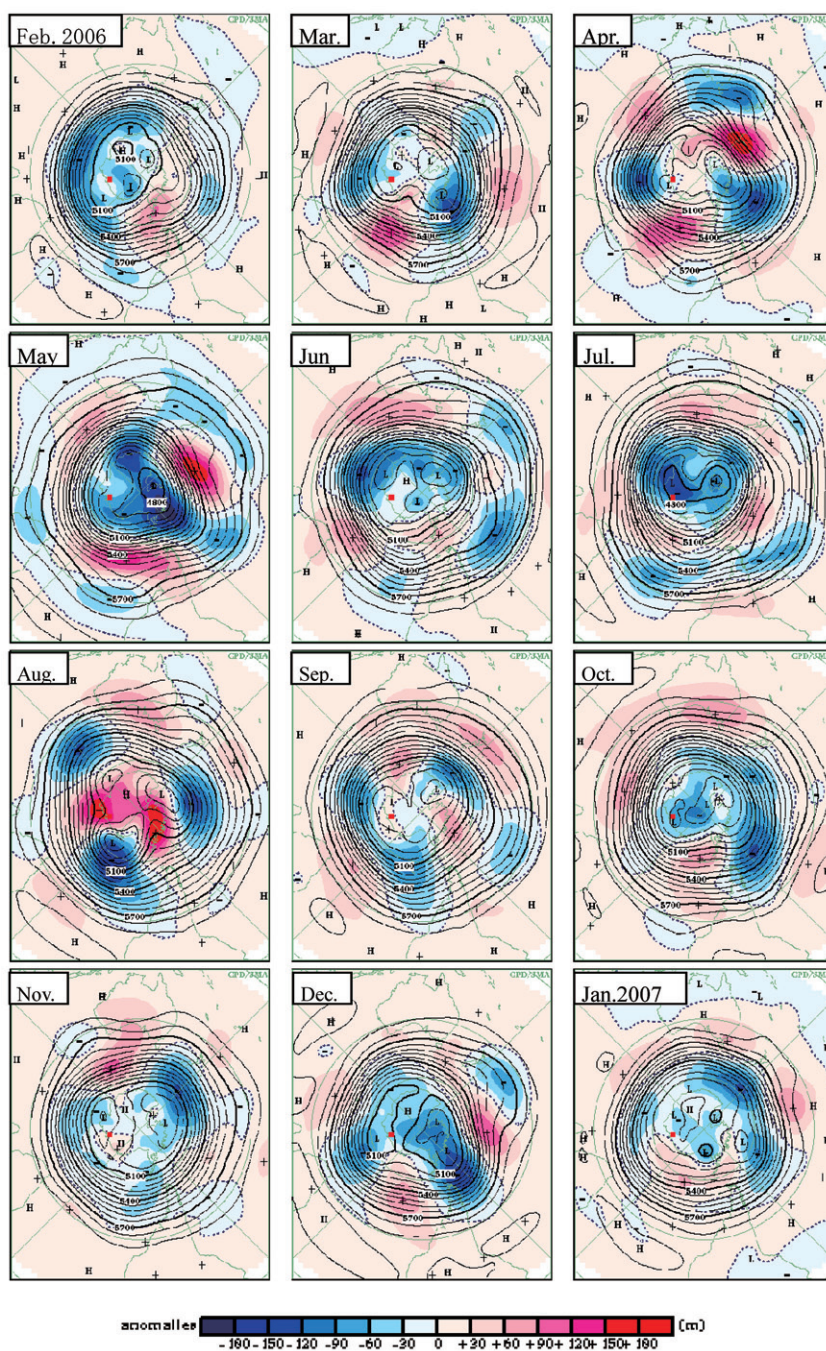


図7 南半球月平均 500 hPa 高度 (実線) 及び平年偏差 (陰影) (2006 年 2 月~2007 年 1 月)
赤丸は昭和基地の位置を示す。

Fig. 7. Monthly mean weather chart on 500 hPa (Feb. 2006–Jan. 2007). Red solid circle shows the position of Syowa Station.

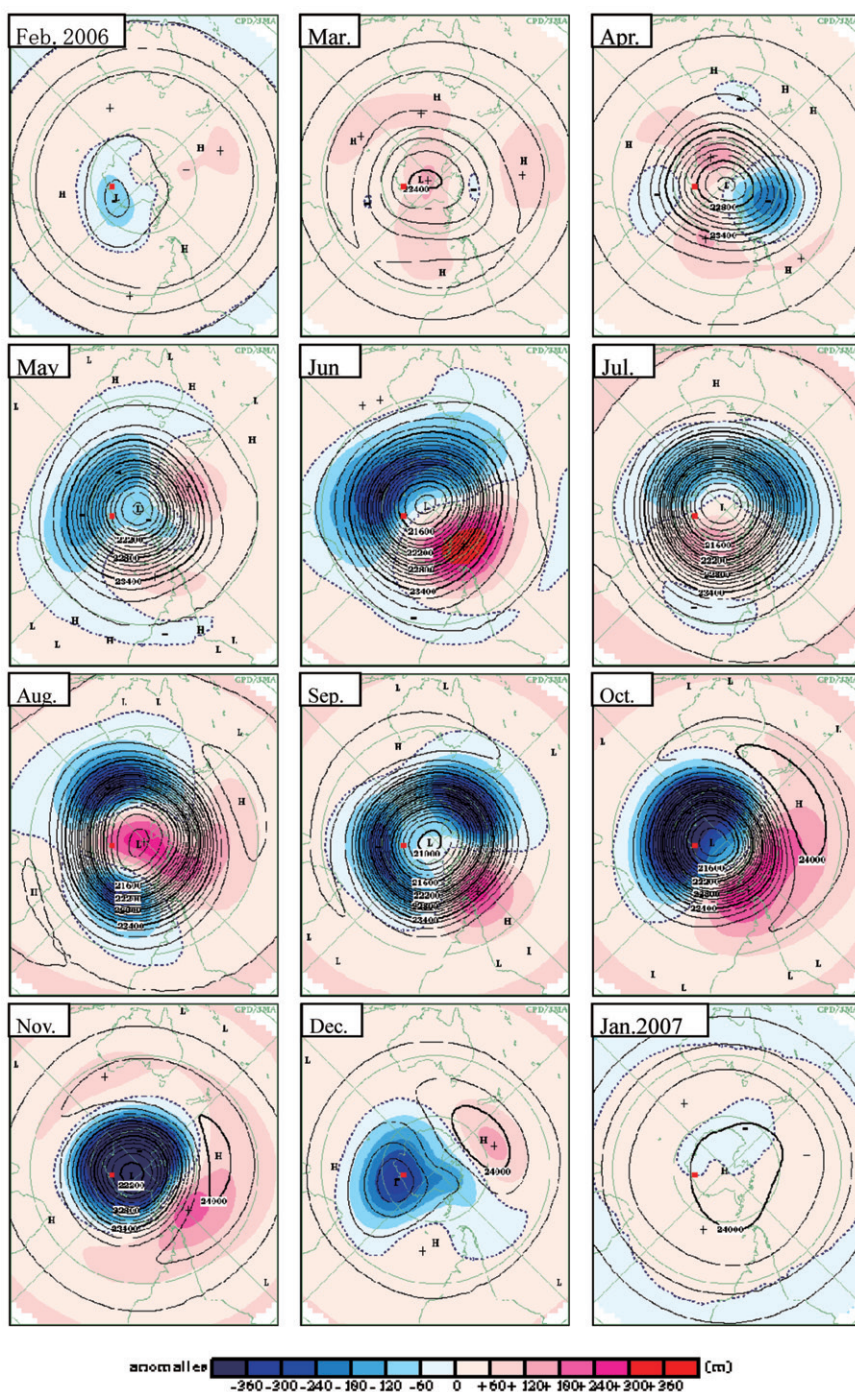


図 8 南半球月平均 30 hPa 高度（実線）及び平年偏差（陰影）（2006 年 2 月～2007 年 1 月）
赤丸は昭和基地の位置を示す。

Fig. 8. Monthly mean weather chart on 30 hPa (Feb. 2006–Jan. 2007). Red solid circle shows the position of Syowa Station.

差を図 8 に示す。これらは、長期再解析データ JRA-25 より作成されたもの (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 年の期間の平均値）を差し引いたものである。

500 hPa 面の月平均高度場では、2006 年 2 月にはすでに 5100 m 以下の領域が出現し、高度の傾きが大きくなっていた。極渦に対応するこの領域は南極域の東側に広がった分布をしており、東南極側の広い範囲で高度は負偏差となっている。2–4 月にかけて、南極半島付近の負偏差が明瞭になる一方、東経 10–70° 付近の負偏差は残ったままだった。8 月には東南極側の高度の負偏差は正偏差に変わったが、9 月から再び波数 2 の状態で安定すると、高度もおおむね負偏差で推移した。10–12 月には、南極半島付近での負偏差が大きくなった。

30 hPa の月平均高度場に注目すると、2006 年 4 月から強くなった極渦は、9 月に最盛期にまで発達し、高度の平年偏差は負の領域が多くなっており平年より強い状態で推移した。気象庁（2007）は、この主要要因として 9–10 月中旬にかけて特に対流圏プラネタリー波の上方伝播が例年に比べて弱かったことを述べている。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を含む東南極側で負の領域が広がった。例年に比べ強く、安定して維持された極渦が昭和基地上空に位置していたことが、図 4 に示した成層圏の低温の背景となっていることが分かる。引き続き負偏差の強い状態は 12 月にも表れていた。

3.4. GPS ゾンデの試験観測

第 46 次隊では、現用の高層気象観測システムの後継機となる GPS 高層気象観測システムの動作試験等を行った。この動作試験に併せて、ゾンデ（RS-01G）で使用する電池の寿命時間を確認したところ、気球の破裂前に寿命が尽きることが多かった（佐藤ほか，2009）。このため、第 47 次隊では、長寿命化を図った注水電池（B2000GL）を持ち込んで試験観測を 13 回行った。このうち 5 回は、ゾンデを連結飛揚して同時に観測データを取得する比較観測を行った。

注水電池の試験観測の結果、B2000GL 型の注水電池の使用により到達高度が 10 hPa 以下となった 6 事例の受信時間の平均は 120 分程度となり、RS-01G での昭和基地での観測には十分な観測時間が確保できることが確認できた。

ゾンデの比較観測では、10–5 hPa の高度で気温の差が最大で 3°C 程度、また、高高度で高度が低めに算出される結果となった。その他、おおむね測器精度の範囲内に収まり、RS-01G に切り替わった場合のデータの連続性について問題になる点は見当たらなかった。ただし、5 事例とサンプル数が少ないので、第 46 次隊で行った比較観測の結果と合わせて、別途とりまとめる。

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 (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 (WOUDC) へ送られた。また、オゾンホール時期 (8-12 月) には、WMO 事務局の要請により気象庁経由で全量及びオゾンゾンデ観測結果を数日ごとに WMO 事務局へ報告した。その結果は、WMO OZONE BULLITEN としてまとめられ、世界の関係機関に配布された。地上オゾン濃度の観測結果も同様に、電子メールで毎月気象庁へ報告した。この観測データは、定められた提出形式に則し、気象庁から WMO 温室効果ガス世界資料センター (WDCGG) へ送られた。

観測器材を表 10 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測器内部に取り入れた紫外光について、指定された 2 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

表 10 昭和基地におけるオゾン観測器材
Table 10. 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 43 mm ϕ 空こう気圧計 (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 (ヨウ化カリウム・臭化カリウム水溶液)
				電池	B96KC 型注水電池
				気球	2000 g 気球※標準浮力: 3200 g
地上オゾン 濃度観測	オゾン濃度計	Dylec MODEL1100	0-200 ppbv	観測装置	紫外線吸収法、最小感度 0.1 ppbv, 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	0-1000 ppbv		UV ランプによる紫外線照射

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, 太陽の北中時並びに午前及び午後の大気路程 $\mu = 1.5, 2.5, 3.5, 4.5$ (μ : オゾン層を通過する光線の垂直路程に対する相対的な路程) の時刻に行った。さらに, 観測期間を延ばすため, 太陽高度が低くなる時期については, CD 波長組 (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 $\mu = 3.5, 4.5, 5.5, 6.5$ の時刻について行った。測器の測定限界となる大気路程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, μ が変化する数時間に渡って連続して直射光観測により測定限界を確認し, 観測データの採用可否を決定した。また, 太陽光による観測ができない冬期には, 月光を用いて AD 波長組による観測を行った。

4.1.2. 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 80-90° の範囲のショート反転観測と, 60-90° 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。

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 型オゾンゾンデを気球に吊り下げ, 上空約 35 km までのオゾン分圧, 気圧, 気温及び風向・風速の高度分布を観測した。オゾンゾンデはポンプで大気を吸入し, 大気中のオゾンと反応液 (ヨウ化カリウム及び臭化カリウム) との化学反応の際に生ずるオゾン量に比例した反応電流を測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設備は, 高層気象観測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。気球は 2000 g のゴム気球を使用し, ヘリウムガスを充填して浮力・垂浮力 3200 g とした。また, 高層気象観測と同様に 4-11 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し, 仕切りに小さな穴をあける処理を行い, 注水電池の発熱を利用した。

観測は原則として 7-10 日ごとに行い, オゾンホール時期 (8-12 月) には飛揚間隔を短くして行った。原則として風が弱く晴天の日を選び, 高層気象観測の時間帯をはずして行った。

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。

4.1.4. 地上オゾン濃度観測

第 38 次隊（1997 年 1 月）より開始した地上オゾン濃度観測（江崎ほか，2000）を第 47 次隊も引き続き行った。観測は，大気取り入れ口からテフロン配管に大容量ポンプで地上付近の大気を吸引し，更にオゾン濃度計内のポンプによりテフロン配管から流量毎分 1.5 l でオゾン濃度計に取り入れて，地上付近の大気に含まれる微量のオゾンを紫外線吸収方式のオゾン濃度計（Dylec，MODEL1100）で 12 秒ごとに測定した。データは収録用パソコン内のハードディスク及び光磁気ディスクに収録するとともに自記紙に記録した。

観測装置は，放球棟横の旧水素ガス発生器室内に設置し（図 1，⑥の位置），大気取り入れ口は，同建物主風向側（北東側）の地上から 5 m の高さとしている。

オゾン濃度計は計 4 台で運用している。昭和基地には，観測現用器と予備器の 2 台を保有し，残りの 2 台は帰国隊が国内に持帰りオーバーホール及び気象庁本庁での検定を行った後，再び次の隊が昭和基地に持ち込む方法で運用している。持ち込んだ 2 台を半年ずつ使用することで，長期間の使用によって生じ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。

第 47 次隊では，第 45 次隊が昭和基地において 1 年間観測に使用し，持ち帰った 2 台のオゾン濃度計（101A，101B）を国内で引き継いで，気象庁地球環境・海洋部環境気象管理官（以下「環境気象管理官室」）の検定装置により使用後検定を実施し，オーバーホールと使用前検定を行った上で昭和基地に持ち込んだ。昭和基地では，第 46 次隊が持ち込んで昭和基地で使用していた 2 台のオゾン濃度計（A166，A456）との相互比較を行った後に，観測に使用した。第 46 次隊持ち込みの当該機器は同隊が国内に持ち帰り，環境気象管理官室の検定装置での使用後検定の後，オーバーホールされた。

第 43 次隊までは，気象庁南極観測事務室の検定装置により使用前検定及び使用後検定を行っていたが，気象庁が観測に使用するすべてのオゾン濃度計に対してデータの均質性を確保するため，第 44 次隊以降昭和基地に持ち込むオゾン濃度計の検定は，環境気象管理官室の検定装置により一括して行っている。

4.2. 観測経過

4.2.1. オゾン全量観測

観測には，第 46 次隊から引き継いだドブソン分光光度計（Beck119）を使用した。越冬中は長期にわたる測器障害も無く，おおむね順調に観測を行うことができた。

月別オゾン全量観測及びオゾン反転観測日数と，観測種別ごとの内訳を表 11 に示す。同日に複数の種別で観測を行っているため，内訳の合計が観測日数と異なる場合がある。4-8 月は太陽高度角が低い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ときにしか得られないため，

表 11 昭和基地における月別オゾン全量観測およびオゾン反転観測日数

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

		2006 2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	2007 1 月	合計
全量観測日数		28	30	27	3	12	10	26	30	29	30	31	31	287
回数 内訳	AD 直射光	60	48	9	0	0	0	0	81	96	129	114	112	649
	CD 直射光	41	33	52	0	0	0	24	93	148	95	90	145	721
	AD 天頂光	129	121	28	0	0	0	4	121	61	149	155	75	843
	CD 天頂光	85	83	104	0	0	0	61	127	95	114	120	113	902
	月光	12	5	13	27	71	58	37	9	5	2	0		239
反転観測回数		11	9	6	0	0	0	2	21	24	33	0	7	113

晴天が続いても観測可能な日数は月に 10 日間程度しかない。

4.2.2. オゾン反転観測

測器の状況は 4.2.1. の項に記述したとおりで、おおむね順調に観測を行った。

観測日数は表 11 のとおりである。太陽高度角が低い、または太陽が昇らない 4 月下旬～8 月中旬及び太陽が沈まない 12 月中旬～1 月上旬は、オゾンの高度分布を算出するの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。

4.2.3. オゾンゾンデ観測

第 47 次隊では、定常気象観測用のオゾンゾンデを 54 台持ち込み、第 46 次隊より 2 台を引き継いだ。この結果、第 47 次隊では、56 台のオゾンゾンデを飛揚した。なお、このうち 6 台は、気水圏部門と共同でエアロゾルゾンデとの連結飛揚を行った。

表 12 KC-96 型オゾンゾンデ観測状況

Table 12. Dates of observations and attained heights of ozonesonde (RS2-KC96).

年 月		2006 年 2 月		3 月		4 月		5 月		6 月		7 月	
日	観測終了	6	5.6	9	55.8 *1	11	30.9 *1	7	4.3 *2	6	4.4 *2	7	5.2
	気 圧	16	5.1	15	4.9	17	3.9	15	6.7	15	3.5	15	4.1
	(hPa)	25	6	28	3.8	25	8.5	25	8 *2	25	3.3 *2	23	4.3 *2
												29	4.9 *2

年 月		2006 年 8 月		9 月		10 月		11 月		12 月		2007 1 月	
日	観測終了	3	4.3	5	5.6	1	6.5 *3	1	6.2	1	5.5	1	4.7
	気 圧	4	4.8 *3	8	4.4	6	4.8	6	9	7	4.8	15	6.9 *3
	(hPa)	10	3.6 *2	12	4.1	11	5.6	11	7.1	8	5.4 *3	24	3.9
		13	7.6 *2,3	15	642.9 *1,3	15	4.1	16	12	15	6		
		19	6	16	5.2	22	4.9	21	5.4	22	7.5		
		23	5.8	21	9.6	26	6.7	26	9.9	29	5.2		
		25	7.7	26	5.1								
		28	5.2										
		31	4.5										

注*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。

*2: 極夜期で月光によるオゾン全量観測が出来なかったため、ドブソン比 (補正係数) なし。

*3: エアロゾルゾンデとの連結飛揚。

オゾンゾンデの飛揚状況を表 12 に示す。越冬期間中、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 11 回あった。このうち、極夜期で月光によるオゾン全量観測ができなかったのが 8 回で、残りの 3 回は気球破裂などによりオゾンゾンデ観測最終高度が 30 hPa に達しなかった。

4.2.4. 地上オゾン濃度観測

2005 年 12 月 23 日に第 46 次隊で使用したオゾン濃度計 A166 と A456 及び第 47 次隊持ち込みのオゾン濃度計 101A と 101B の相互比較を行い、測器の精度確認を行った。その後、1 月 14 日まではオゾン濃度計 4 台、1 月 14 日～2 月 1 日の越冬交替時まで A456、101A 及び 101B の 3 台による並行観測を実施した。第 46 次隊との相互比較及び並行観測におけるオゾン濃度計間の指示濃度の差は、誤差の目安である 3% 以内に収まった。ただし、相互比較により 101B のデータにノイズとみられる急な濃度上昇が不定期に確認されたため、2 月 1 日の観測開始は、101A を観測現用器、101B を予備器とした。

越冬中の 7 月 1 日に 101A と 101B の相互比較を行うとともに並行観測を開始した。その結果、7 月末の時点でも 101B の観測データに 2006 年 1 月と同様のノイズが発生したため、2 台のオゾン濃度計による並行観測を長期間行い経過観察することとし、引き続き 101A の値を正規データとした。

2006 年 12 月 25 日には、第 48 次隊の持ち込んだオゾン濃度計 A166 と A456 及び第 47 次隊が使用した 101A と 101B の相互比較を行い測器の精度確認を行った。その後、1 月 12 日まではオゾン濃度計 4 台、1 月 12 日～1 月 31 日の越冬交替時までには 101A、A166 及び A456 の 3 台による並行観測を継続し、2 月 1 日をもって第 48 次隊に観測を引き継いだ。第 46 次隊及び 48 次隊との相互比較・並行観測の結果並びに、2006 年 7 月からの第 47 次隊使用のオゾン濃度計 2 台による並行観測の結果をふまえ、第 47 次隊では観測現用器と予備器との入れ替えは行わず、オゾン濃度計 101A の値を 1 年間の正規データとした。

第 47 次隊が観測に使用した 101A と 101B は国内に持ち帰り、環境気象管理官室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ることから、ブリザード後の詰まった雪の除去作業の時間帯を欠測としたほかは 1 年間を通しておおむね順調に観測を行った。

4.3. 観測結果

4.3.1. オゾン全量観測

2006 年 1 月～2007 年 1 月のオゾン全量日代表値の年変化を図 9 に示す。

昭和基地上空のオゾン全量は、8 月中旬～11 月下旬までオゾンホールが目安となる 220 m atm-cm を継続的に下回った。特に 10 月 17 日には 114 m atm-cm まで減少し、これまでの過去最小記録である 1995 年 10 月 6 日の 128 m atm-cm を 14 m atm-cm 下回った。また、オ

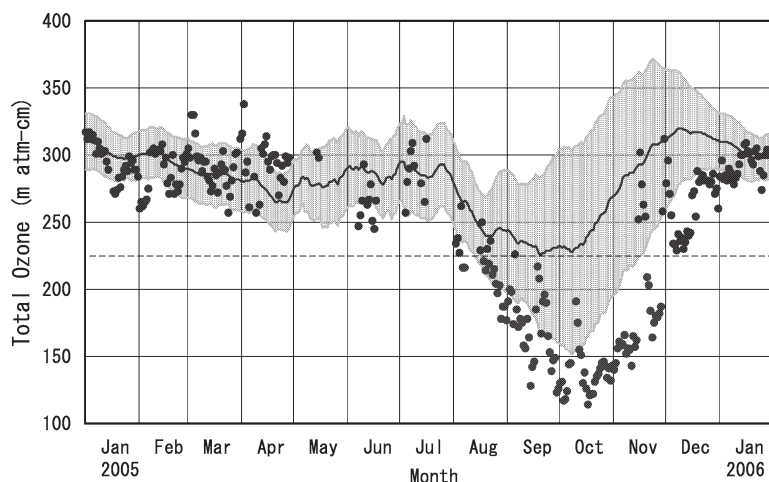


図 9 昭和基地におけるオゾン全量日代表値の年変化 (2006 年 1 月~2007 年 1 月)
陰影部は平年値 (1971~2000 年) とその標準偏差 (σ) を、破線はオゾンホールを目安である 220 m atm-cm の値を示す。

Fig. 9. Annual variations in total ozone at Syowa Station (Jan. 2006-Jan. 2007).
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.

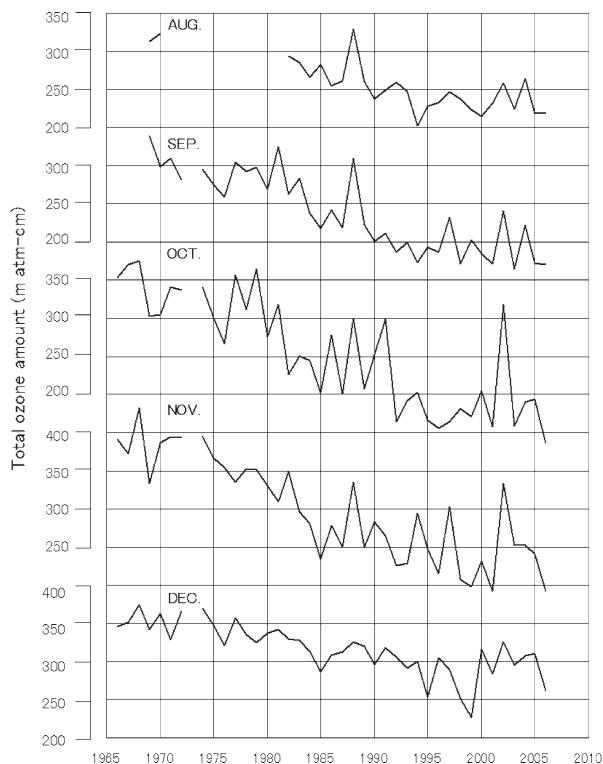


図 10 昭和基地における月平均オゾン全量の経年変化 (1966~2006 年)

Fig. 10. Time series of monthly mean total ozone at Syowa Station (1966-2006).

ゾン量の回復も例年より遅れ、翌年 1 月になって平年並となった。

昭和基地における 8-12 月の各月平均オゾン全量の経年変化を図 10 に示す。月平均においても 10 月に 137 m atm-cm を記録し、これまでの過去最小である 1996 年 10 月の 156 m atm-cm の記録を更新した。

4.3.2. オゾン反転観測

オゾン反転観測による気層別オゾン量の高度分布を図 11 に示す。2006 年 4-8 月はロン

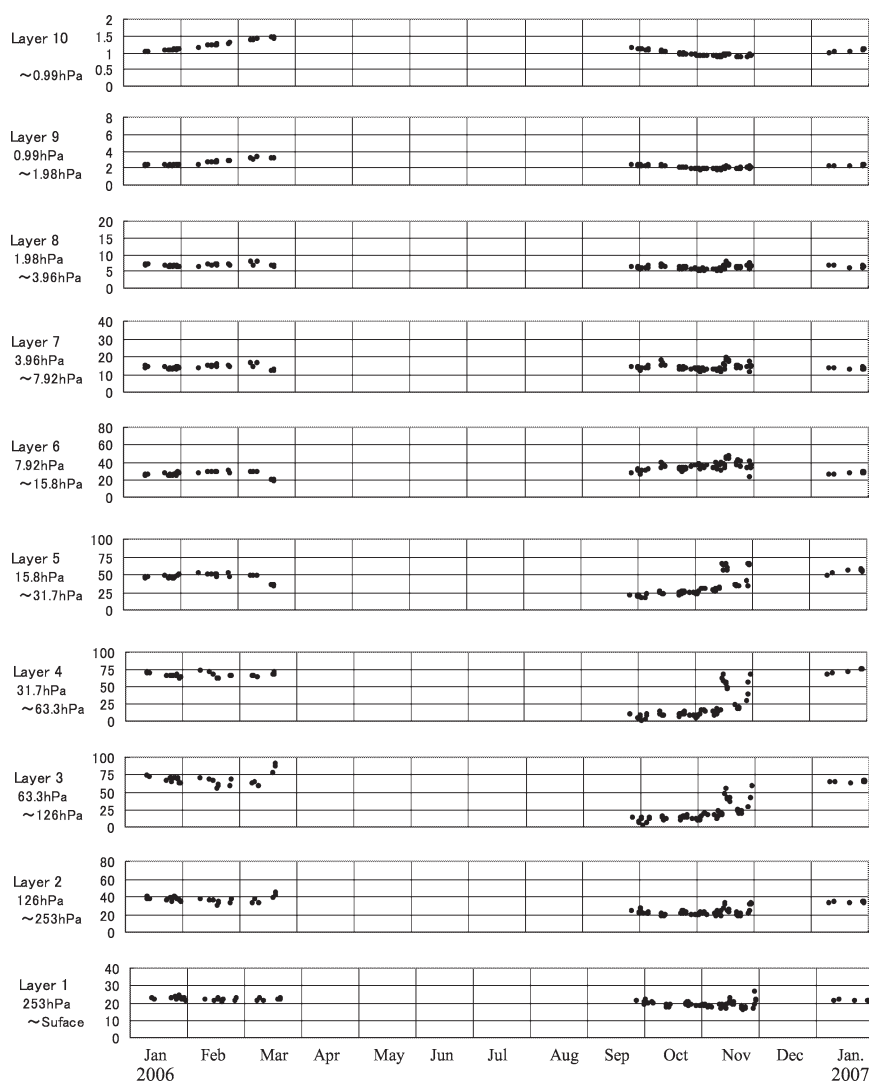


図 11 昭和基地における反転観測による気層別オゾン量 (2006 年 1 月~2007 年 1 月)

Fig. 11. Amount of ozone in selected layers obtained by Umkehr observations at Syowa Station (Jan. 2006-Jan. 2007).

グ反転観測データが得られなかったため表示していない。

9-11 月にかけては第 2, 3, 4, 5 層 (253-15.8 hPa) でオゾン量が少ない状態で推移し、特に 9 月下旬-11 月中旬の第 3, 4 層は非常に少なく、10 月上旬にはオゾンがほぼ消滅した状態であった。昭和基地がオゾンホールの外に出た 11 月下旬には、第 3, 4, 5 層でオゾン量が急増した。

4.3.3. オゾンゾンデ観測

2006 年 1 月-2007 年 1 月のオゾン分圧の時間高度断面を図 12 に、2006 年 8 月-2007 年 1 月までのオゾン分圧の高度分布を図 13 に示す。

オゾン分圧は通常、高度 100-50 hPa 付近で最大となる高度分布を示す。図 12 より、1-8 月中旬まではこの高度のオゾン分圧は 10 mPa 以上であったが、11 月中旬に一時的に増加したものの 9 月中旬-12 月上旬にかけては 2.5 mPa 未満の領域が断続的に広がり、この高度領域でオゾンがほぼ破壊された状態であったことが分かる。

一方、30 hPa より上層では 11 月上旬からオゾンが増加し始め、オゾンの多い層が下層に向かって広がる形で昭和基地上空のオゾンホールは解消した。

4.3.4. 地上オゾン濃度観測

1997 年 1 月-2007 年 1 月までの地上オゾン濃度日別値を図 14 に示す。データは、1 時間に 150 個以上の 12 秒値が得られた場合、平均して特別値を求め、1 日のうち 1 個以上の特別値が得られた場合、特別値を平均して日別値とした。また、地上オゾン濃度の月別値と

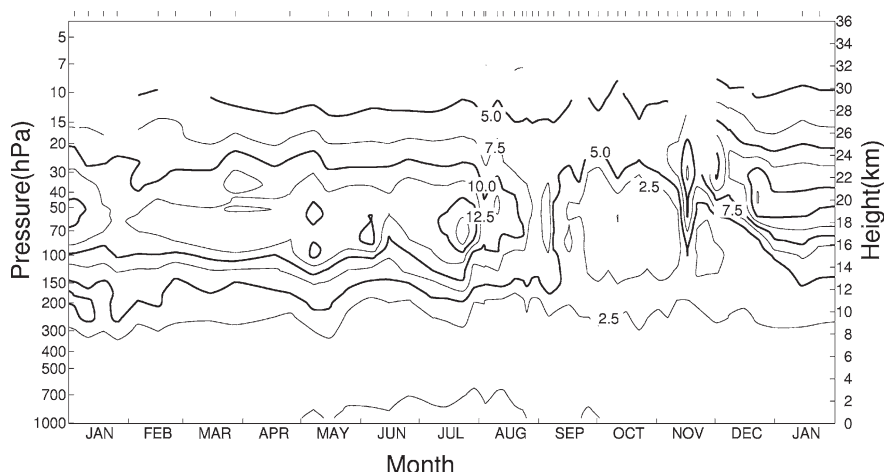


図 12 昭和基地におけるオゾンゾンデ観測によるオゾン分圧の時間高度断面図(単位: mPa, 2006 年 1 月-2007 年 1 月)

Fig. 12. Time-height cross section of ozone partial pressure (mPa) by ozonesonde observations at Syowa Station (Jan. 2006-Jan. 2007).

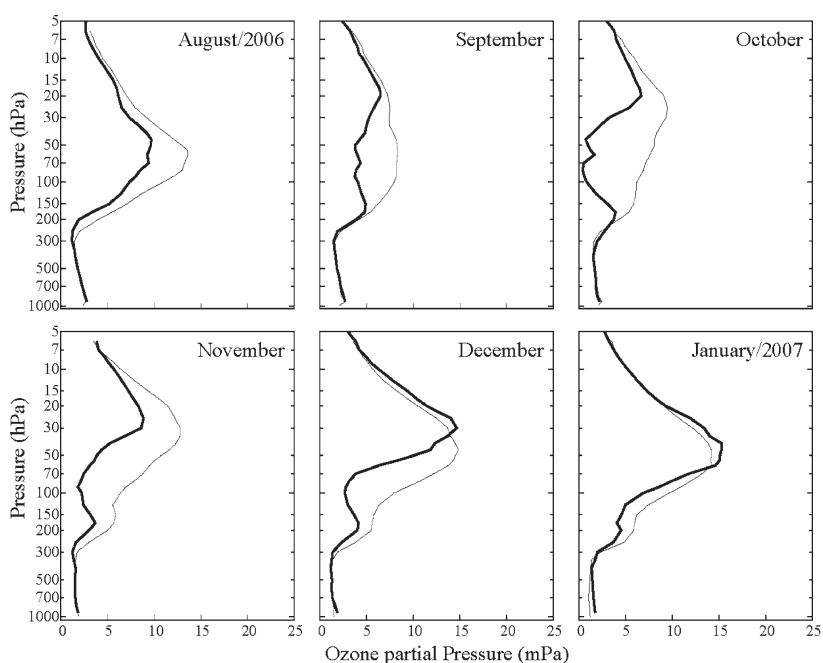


図 13 昭和基地におけるオゾン分圧の高度分布 (2006 年 8 月~2007 年 1 月)
太実線は月平均オゾン高度分布。細実線は 1971~2000 年の累年平均オゾン高度分布。
Fig. 13. Vertical distribution of ozone partial pressure observed by ozonesonde at Syowa Station
(Aug. 2006-Jan. 2007).
Thick lines show monthly mean profiles (Aug. 2006-Jan. 2007).
Thin lines show normal profiles (1971-2000).

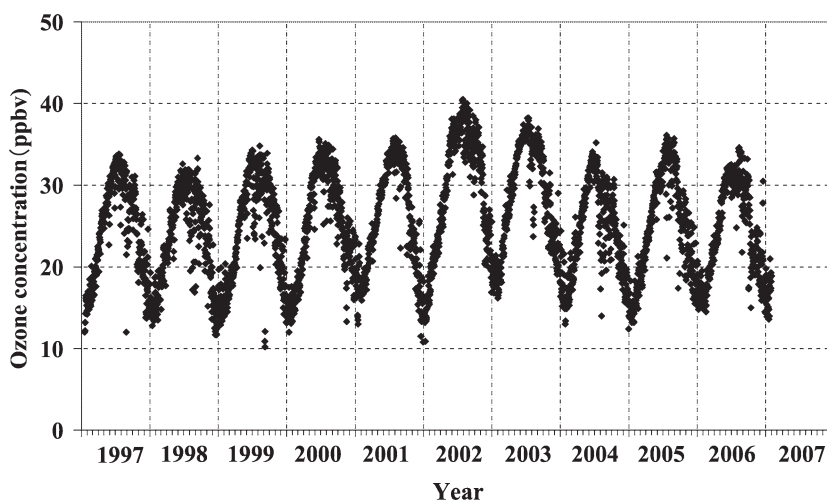


図 14 昭和基地における地上オゾン濃度日別値 (1997 年 1 月~2007 年 1 月)
Fig. 14. Daily means of surface ozone concentration observed at Syowa Station (Jan. 1997-Jan. 2007).

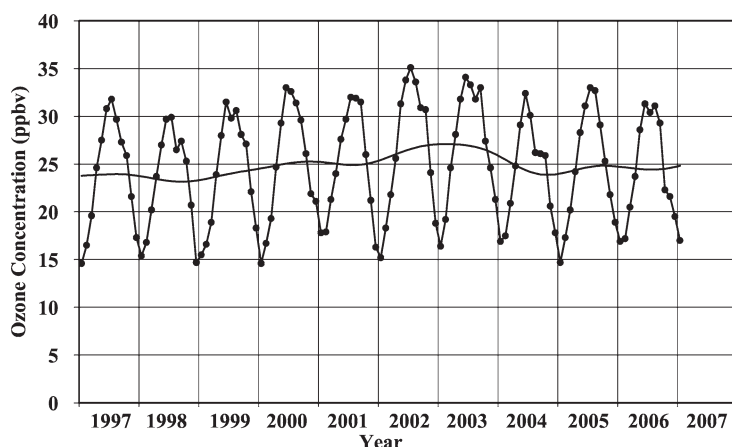


図 15 昭和基地における地上オゾン濃度の月別値と季節変動成分を除いた濃度の年々変動 (1997 年 1 月~2007 年 1 月)

Fig. 15. Time series of monthly mean surface ozone concentrations and seasonally corrected concentrations at Syowa Station (Jan. 1997–Jan. 2007).

季節変動成分を除いた濃度変動 (長期変動成分) を図 15 に示す。

昭和基地における地上オゾン濃度は、夏季に濃度が低く、冬季に高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。第 47 次隊の観測期間においても同様の傾向が示された。1997–2006 年までの昭和基地における地上オゾン濃度の長期変化は明瞭ではなく、有意な変化が検出されるかを確認するためには、今後とも観測データの蓄積を続ける必要がある (気象庁, 2008, 2009)。

観測値のデータ処理は、データセレクションを行う閾値の選定について検討した結果をもとに、観測値 (12 秒値) の標準偏差の閾値を 0.3 ppb とした (東島ほか, 2003)。

4.4. GPS オゾンゾンデの試験飛揚

次期オゾンゾンデ観測においては、使用器材を現用の RS2-KC96 型オゾンゾンデ (以下「KC-96 型」) から GPS オゾンゾンデ (KC-02G 型オゾンゾンデ (以下「KC-02G 型」)) に変更の予定であった。第 46 次隊において KC-02G 型の性能及び動作確認のため、KC-02G 型と KC-96 型の 13 回の連結試験飛揚が行われた (佐藤ほか, 2009)。第 47 次隊においても、KC-02G 型の注水電池の継続時間と反応官の反応液温確認のため、6 回の単独試験飛揚を行い、おおむね良好な結果が得られた。観測状況を表 13 に示す。

これらの結果を受け、第 48 次隊から、KC-02G 型の正式運用を開始した。

表 13 KC-02G 型オゾンゾンデ観測状況

Table 13. Dates of observations and attained heights of ozonesonde (KC-02G).

年 月	2006 年				2007 年			
	5 月		7 月		9 月		10 月	
日	19	5.5	25	5.8 *	6	5.0	24	5.7
観測終了 気圧 (hPa)					30	68.6		
							22	8.1

注 *: 注水電池の電力低下により観測測器の出力が低下したため、気球破裂前に観測終了。

4.5. 2006 年のオゾンホールの特徴

図 16 に、米国航空宇宙局 (NASA) のオーラ衛星のオゾン監視装置 (OMI) データ (<http://aura.gsfc.nasa.gov/>) を基に作成した、2006 年 8-12 月の旬別オゾン全量の南半球分布図を示す。陰影部は極夜のため観測できない領域である。オゾンホールは 8 月下旬に急激に発達し、9 月 24 日に 2006 年の最大の面積である 2929 万 km² を記録した。これは 2000 年 9 月 9 日の 3027 万 km² に次ぐ、過去第 2 位の広さだった。また、オゾン欠損量 (破壊量) も 9 月 24 日に 10535 万トンとなり、2003 年 9 月 25 日の 10726 万トンに次ぐ、過去第 2 位の規模だった。オゾンホール内の最低オゾン全量は、8-9 月中旬にかけて高い状態で推移したが、その後低下し、10 月 8 日に 2006 年の最低値である 85 m atm-cm を記録した。その後は、11 月下旬までこれまでの最低レベルで推移した。12 月にはいつからオゾンホールは急速に縮小し、12 月 17 日に消滅した。

このように、2006 年のオゾンホールが過去最大級に発達した理由として、①成層圏のオゾン層破壊物質の量が依然として多い状況であること、② 2006 年の 8-9 月にかけて南半球中・高緯度成層圏の気温が低く、オゾンが破壊されやすい気象条件が広範囲に広がっていたことなどが考えられる (気象庁, 2008)。

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 の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) で毎秒サンプリングの上向き反射放射観測を開始し、第 40 次隊 (1999 年) では下向き日射放射観測のデータサンプリングを毎秒に変更した。第 47 次隊ではこれらの観測システムにより第 46 次隊から引き続き観測を行った。

波長別紫外域日射観測はプリューワー分光光度計を用いた。第 42 次隊で単分光方式の MK II から二重分光方式の MK III (168 号機) へ測器を変更 (田口ほか, 2006) したが、第 45 次隊が MK III (168 号機) をメンテナンスのため国内に持ち帰ったため、第 46 次隊では MK II (091 号機) を観測に使用した。第 47 次隊ではメンテナンスの完了した MK III (168 号機) を持ち込み、MK III との比較観測を行った後、2006 年 2 月 1 日から MK III を単独運

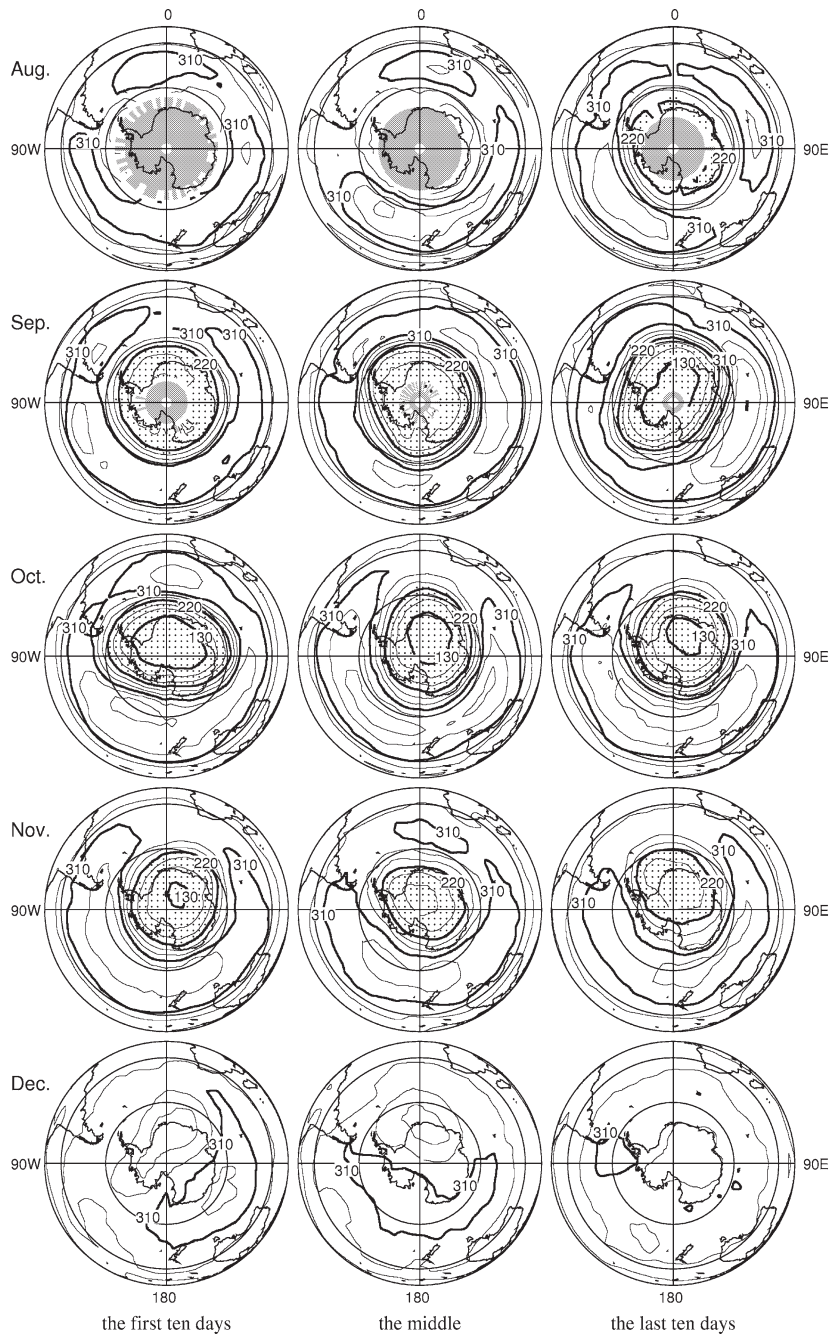


図 16 OMI による旬別オゾン全量の南半球分布図 (2006 年 8 月-12 月)
等値線間隔は 30 m atm-cm. NASA 提供の OMI データを基に作成. 点域は 220 m atm-cm 以下の領域を示す. 陰影部は極夜のため観測できない領域.

Fig. 16. Distribution of ten-day means of total ozone in the Southern Hemisphere based on OMI/NASA data. The contour interval is 30 m atm-cm (Aug. 2006-Dec. 2006).

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 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	KIPP&ZONEN CM21T	305-2800 nm	990574	0.01 MJ/m ²	1 秒
	直達日射量 (大気混濁度)	直達日射計 太陽追尾装置	KIPP&ZONEN CH-1	300-2800 nm	10276	0.01 kW/m ²	1 秒
	散乱日射量	精密全天日射計 太陽追尾装置 遮蔽球	KIPP&ZONEN CM-21T	305-2800 nm	41258	0.01 MJ/m ²	1 秒
	B 領域紫外線量	紫外域日射計	KIPP&ZONEN UV-S-AB-T	280-315, 315-400 nm	50635	0.01 kJ/m ²	1 秒
	長波長放射量	精密赤外放射計	KIPP&ZONEN CG4	4-50 μm	30642 50798	0.01 MJ/m ²	1 秒
上向き 放射	反射量	精密全天日射計	KIPP&ZONEN CM21T	305-2800 nm	980520 00738	0.01 MJ/m ²	1 秒
	B 領域紫外線量	紫外域日射計	KIPP&ZONEN UV-S-AB-T	280-315, 315-400 nm	30621 40625	0.01 kJ/m ²	1 秒
	長波長放射量	精密赤外放射計	KIPP&ZONEN CG4	4-50 μm	990001	0.01 MJ/m ²	1 秒
その他	放射収支量	放射収支計	KIPP&ZONEN CNR-1	305-2800 nm 5-50 μm	20444 00247	0.01 MJ/m ²	1 秒
	大気混濁度	サンフォト メーター	EKO MS-110	368 500 675 778 862 938 nm	ES82-486		10 秒
	波長別 紫外域日射量	ブリューワー 分光光度計	SCI-TEC BREWER MKⅢ	286.5-363 nm	#168	1 μW/m ²	1 時間

用し観測に使用した。

観測の種類と使用した測器を表 14 に示す。

5.1.1. 下向き日射放射観測

観測項目及び特記事項は以下のとおりである。データは 1 秒ごとにデータロガーで収集した後に品質管理を行い、異常データについては欠測処理を行った。観測場所は気象棟前室屋上及びその北側に棟続きで隣接する観測デッキ上（図 1 ①の位置）である。

(a) 精密全天日射計を用いた全天日射量の連続観測

(b) 直達日射計を用いた直達日射量の連続観測

直達日射計感部は太陽追尾装置に搭載した。オゾン全量観測時刻付近で、太陽面に雲がかかっていないときを選び、ホイスナー・デュボアの混濁係数を求めた。

(c) 精密全天日射計を用いた散乱日射量の連続観測

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

(d) 全天型紫外域日射計を用いた B 領域紫外線量の連続観測

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

田ほか, 2000; 伊藤, 2005)。このため, データの処理にあたっては, ブ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, 補正する方法 (柴田ほか, 2000) をとった。

なお, 測器感度の変化を追跡するために, 第 46 次隊と同様, 広帯域 (全天型) 紫外域日射計用の外部標準ランプ点検装置 (伊藤・高野, 2006) を運用したが, 5.2.1.項で述べるとおり, 第 47 次隊においてデータの補正には使用しなかった。

(e) 精密赤外放射計を用いた長波長放射量の連続観測

5.1.2. 上向き反射放射観測

観測場所は観測棟下の海水上であり, 第 46 次隊により新設された観測架台を引き継いで使用した (図 1 ⑤の位置)。データは下向き日射放射同様, 1 秒ごとにデータロガーで収集した後に処理した。

(a) 精密全天日射計を用いた反射日射量の連続観測

(b) 全天型紫外域日射計を用いた B 領域紫外線反射量の連続観測

データ処理は, 下向き B 領域紫外線量の観測と同様に行った。なお, 全天型紫外域日射計への太陽直射光の入射を防ぐために, 新たに遮へいリングを持ち込み, 2006 年 2 月 22 日より運用した。また, 測器感度の変化を追跡するために, 外部標準ランプ点検を 2006 年 2 月及び 11 月に実施した。

(c) 精密赤外放射計を用いた長波長放射量の連続観測

(d) 放射収支計を用いた放射収支の連続観測

5.1.3. 波長別紫外域日射観測

紫外域日射観測指針 (気象庁, 1993) に準じ, MK III (168 号機) を用いて, 286.5-363.0 nm (UV-B 領域と, UV-A 領域の一部の波長域) 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 46 次隊と同様である (図 1 ①の位置)。

5.1.4. 大気混濁度観測

オゾン全量観測時刻付近で太陽面に雲が無いときを選び, 自動観測型サンフォトメーターで観測した波長別直達光強度 (368, 500, 675, 778, 862 nm の 5 波長) から, 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 (Ångstrom A) 及び混濁係数 (Ångstrom B) を求めた。

5.2. 観測経過

5.2.1. 下向き日射放射観測

2006 年 2 月 1 日に第 46 次隊から観測を引き継ぎ, 第 47 次隊のデータ収録を開始した。

第 46 次隊が持ち込んだ全天型紫外域日射計用の外部標準ランプ点検装置を用いて、おおむね 1 か月に 1 回程度を目安として、全天型紫外域日射計の測器感度の点検を実施した。一方、全天型紫外域日射計とブリュワー分光光度計との出力値の比較による感度追跡も行ったところ、全天型紫外域日射計の測器には外部標準ランプ点検でみられたような感度変化はみられなかった。このため、外部標準ランプ点検装置による点検方法に問題があると考え、全天型紫外域日射計の感度補正は行わなかった。

これらのほかはおおむね順調であった。

5.2.2. 上向き反射放射観測

2006 年 2 月 1 日に第 46 次隊から観測を引き継ぎ、第 47 次隊のデータ収録を開始した。上向き反射放射観測は、可視域及び紫外域では地表面からの反射、赤外域では地表面から射出される放射量を観測するため、雪面の状態が観測結果に大きく影響すると考える。観測場所の雪面と測器受光面との距離は、地ふぶきや降雪、夏期の融雪・解氷により変動する。測器の高さは、ある程度以上高くしないと、特定の地表面のみの放射を受け取ることになり、空間代表性がなくなる。測器高 2 m 以上になるとメンテナンス等の作業自体が厳しくなるため、1.5 m 前後を目安とし、1-2 m を通年確保した。その調整のため、2006 年 1 月 3 日、4 月 27 日、8 月 4 日及び 30 日、2007 年 1 月 6 日に上向き反射放射観測架台の高さを変更した。

5.1.2. 項で述べたとおり、太陽直射光の入射を防ぐため、既に第 45 次隊から遮へいリングの設置されている上向き全天日射計に加え、紫外域日射計にも遮へいリングを取り付けた。ただし、第 47 次隊の観測データにおいても、太陽高度が低い極夜前後の時期では、短波日射量及び紫外域日射量における上向き出力と下向き出力との逆転がみられた。原因として遮へいリング設置後も太陽直射光の入射が完全に防げていない、又は測器感度の太陽高度依存により太陽高度の低い期間に下向き出力が過小評価されている等が考えられるが特定には至っていない。

2006 年 5 月 29 日、データ収録装置（パソコン）の電源部の不具合が発生し、予備電源部との交換作業を実施した。

5.2.3. 波長別紫外域日射観測

2006 年 2 月 1 日に第 46 次隊から観測を引き継ぎ、第 47 次隊が持ち込んだブリュワー分光光度計 MK III（168 号機）による観測を行った。

本体分光部内の障害に伴い、2007 年 1 月 15-16 日にかけて欠測となったほかは越冬期間を通じおおむね順調に観測を行った。測器の光学系全体の波長感度を監視するための外部標準ランプ点検は、10 日に 1 回程度行った。

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

5.2.4. 大気混濁度観測

2006 年 2 月 1 日に第 46 次隊から観測を引き継いだ。

2006 年 2 月 8 日にデータ収録装置（パソコン）の電源部の不具合が発生し、予備の同型パソコンの電源部と交換して復旧した。このほかはおおむね順調であった。

5.3. 観測結果

5.3.1. 下向き日射放射観測

下向き日射放射量日積算値の年変化を図 17 に示す。

2006 年の下向き日射放射観測は、例年とほぼ同様な年変化傾向であった。短波放射量は太陽高度とともに減少し、太陽が昇らない冬期間には 0 MJm^{-2} となっているが、長波長放射量については、冬季においてもおおむね 10 MJm^{-2} 以上の放射量が観測されている。これは大気分子や雲からの放射によるものである。B 領域紫外線量については、例年と比べて 10 月~11 月における値が大きい、これは同時期における昭和基地周辺の上空のオゾン全量が過去最少レベルで推移したことを反映している。

5.3.2. 上向き反射放射観測

上向き反射放射量日積算値の年変化を図 18 に示す。

2006 年の上向き反射放射観測は、下向き日射放射観測と同じく例年とほぼ同様な年変化傾向であった。全天日射量に対する反射日射量の割合は、夏期で 6-7 割程度であるが、太陽高度が低くなるほど増加し、極夜前後の時期では 9 割以上に達した。

上向き長波長放射量は、下向き長波長放射と比較して日積算値毎のばらつきが小さい傾向にある。これは、上向き長波長放射は通年積雪に覆われている観測場所の雪面温度に依存し安定しているのに対し、下向き長波長放射は雲の有無で大きく変化するためと考える。

B 領域紫外線量については、例年と比べて 10 月~11 月における値が大きい、これも下向き B 領域紫外線量の観測結果と同様に、同時期における昭和基地周辺の上空のオゾン全量が過去最少レベルで推移したことに起因していると考ええる。

短波、長波及び全波長の正味放射量日積算値の年変化を図 19 に示す。2006 年は特別な変化はみられなかった。長波の放射量は、正味放射量(図中▲)がほとんど期間中負値となっており、期間を通じて上向きの放射が卓越していることが分かる。全波長の正味放射量(図中○)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(図中●)の影響を強く受けている。

5.3.3. 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別紫外域日射量の日積算値とオゾン全量を図 20 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 μ が 2.5-4.5 の

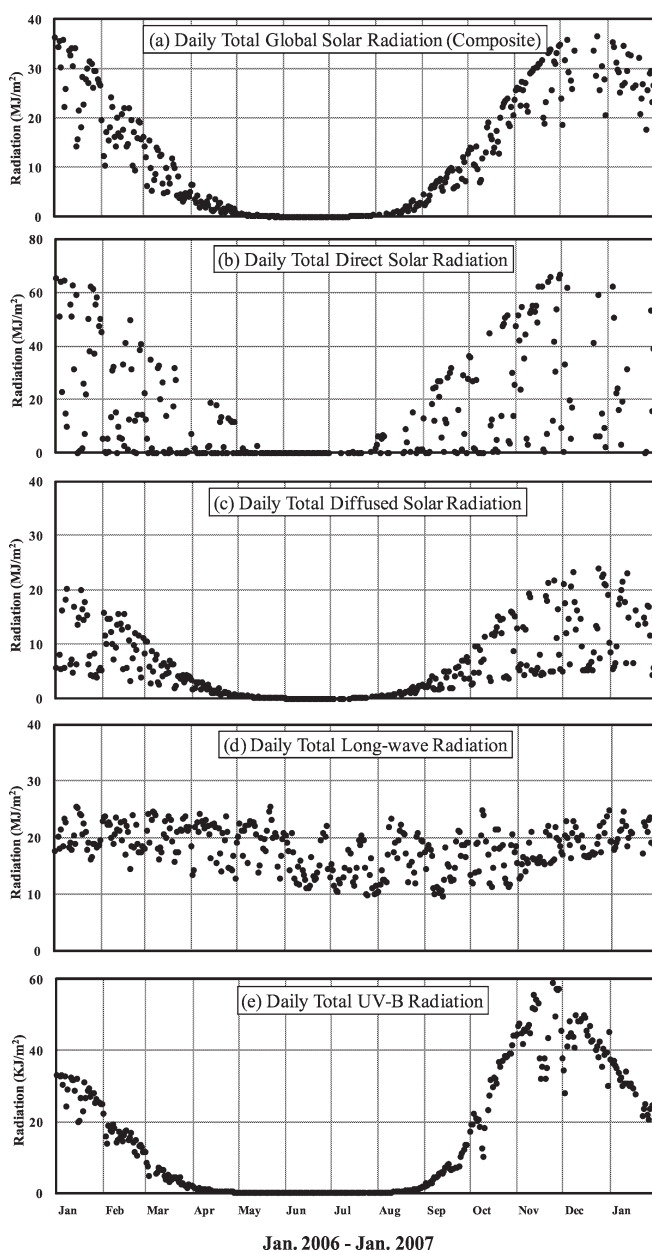


図 17 下向き日射放射量日積算値の年変化 (2006 年 1 月~2007 年 1 月)

(a) 全日射量 (b) 直達日射量 (c) 散乱日射量 (d) 長波放射量 (e) B 領域紫外線量
 Fig. 17. Annual variations in daily integrated values of downward radiation components (Jan. 2006-Jan. 2007).

(a) Daily total global solar radiation (composite), (b) Daily total direct solar radiation, (c) Daily total diffused solar radiation, (d) Daily total long-wave radiation, (e) Daily total UV-B radiation.

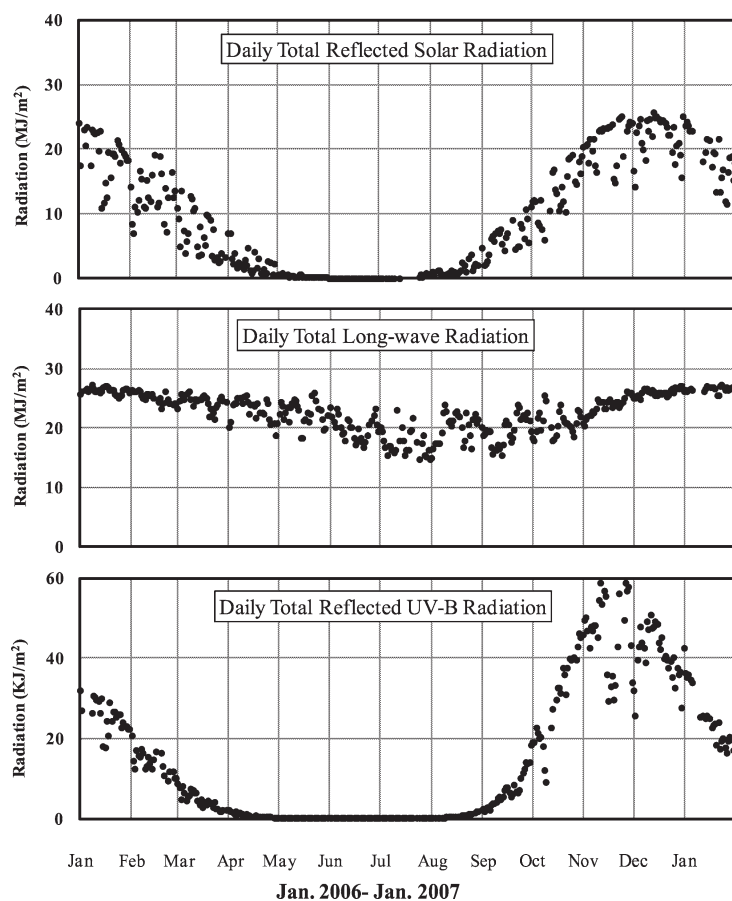


図 18 上向き反射放射量日積算値の年変化 (2006 年 1 月~2007 年 1 月)

(a) 反射日射量 (b) 長波長放射量 (c) B 領域紫外線反射量

Fig. 18. Annual variations in daily integrated values of surface upward radiation components (Jan. 2006–Jan. 2007).

(a) Daily total reflected solar radiation, (b) Daily total upward long-wave radiation, (c) Daily total reflected UV-B radiation.

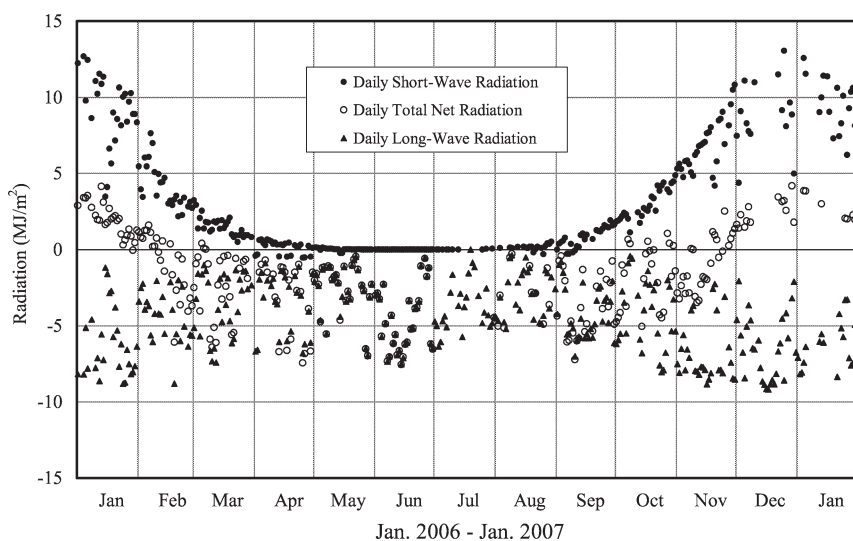


図 19 短波、長波及び全波長の正味放射量日積算値の年変化 (2006 年 1 月~2007 年 1 月)
 Fig. 19. Annual variations in daily integrated net radiation of short wavelengths, long wavelengths, and all wavelengths (Jan. 2006–Jan. 2007).

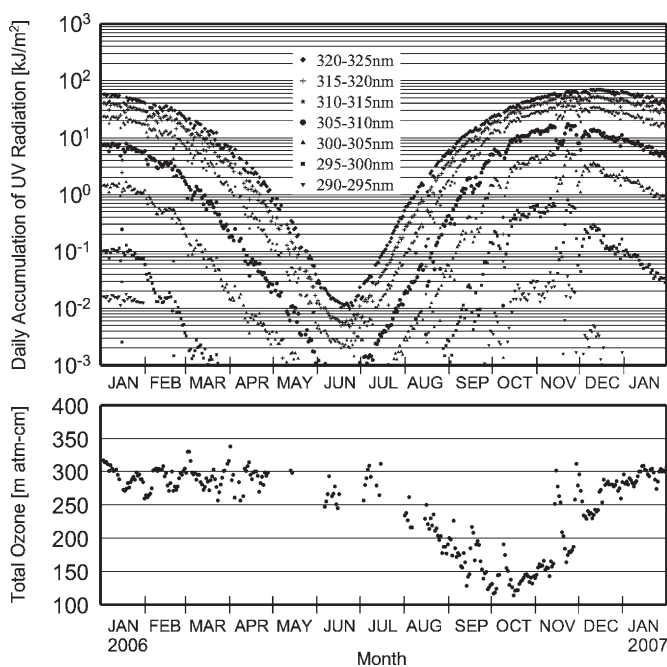


図 20 昭和基地における波長帯別紫外域日射量の日積算値 (上図) とオゾン全量 (下図) (2006 年 1 月~2007 年 1 月)
 Fig. 20. Daily accumulated ultraviolet radiation integrated for each wavelength band (above) and total ozone amount (below) at Syowa Station (Jan. 2006–Jan. 2007).

とき、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（東島ほか，2003）。

各波長帯ともにオゾン全量と逆相関の関係で日積算値は大きく変動しているが、オゾン全量の変動による影響は短波長側で大きい。逆に、長波長側ではオゾン全量の変動の影響が小さいために、年間最大値の起日は短波長側に比べ太陽高度角が高く日照時間が長い夏至（2006 年は 12 月 22 日）に近くなる傾向があるが、2006 年に関しては、290.0-325.0 nm のすべての波長帯で 11 月 23 日に日積算値の年間最大値を記録した。

10 月後半-12 月の初めにかけては、太陽高度角の上昇、全日射量の増加との対応以上に、オゾン全量の変動の影響を大きく受けて変動している。12 月上旬になると、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増加したことに伴って、290-310 nm の短波長側の日積算値が減少傾向に転じた。

紫外線の人体への影響度は、特に UV-B 領域の短波長側で強いという特徴がある。従って、人体への影響という観点から紫外線の強度を論じる際には、波長ごとに紫外線強度と皮膚に対する相対影響度（McKinley 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 mWm^{-2} で割った UV インデックスが用いられることが多い。昭和基地における 2006 年 1 月-2007 年 1 月の日最大 UV インデックスの年変化を図 21 に示す。

2006 年の最大 UV インデックスは 11 月 23 日に 12.0 を記録した。これは、昭和基地での観測以来の最大値であり、日本では九州及び南西諸島における夏季の晴天時の観測値にほ

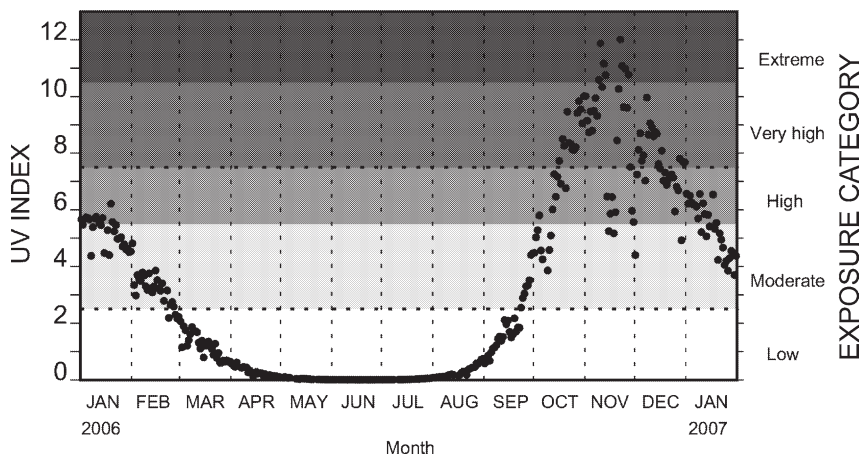


図 21 昭和基地における日最大 UV インデックスの年変化（2006 年 1 月-2007 年 1 月）

Fig. 21. Annual variation of daily maximum UV index at Syowa Station (Jan. 2006-Jan. 2007).

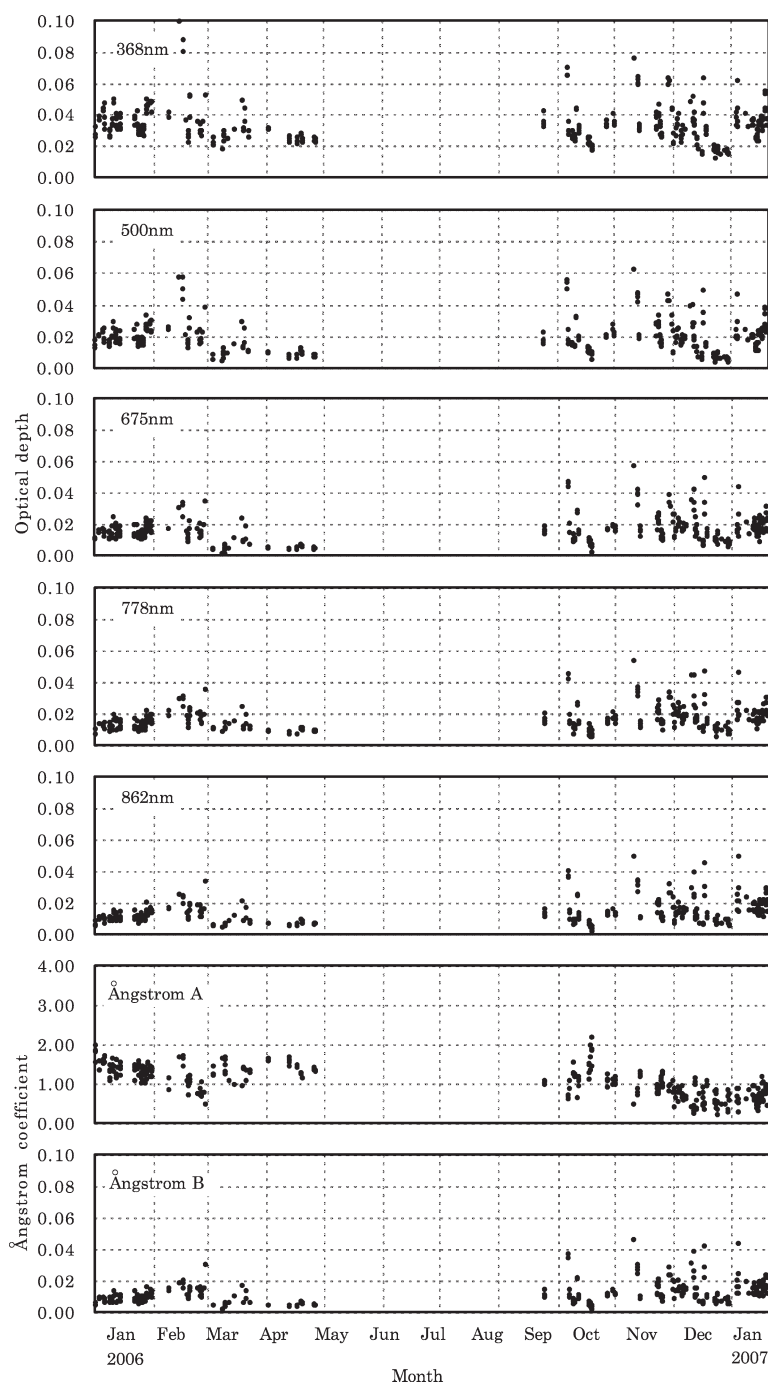


図 22 昭和基地における波長別エアロゾルの光学的厚さの季節変化 (2006 年 1 月~2007 年 1 月)
 Fig. 22. Annual variations in aerosol optical depth for each wavelength at Syowa Station (Jan. 2006–Jan. 2007).

ば等しい。

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

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ー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、サンフォトメーターでは波長別（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 からは、オングストロームの波長指数（Ångstrom A）及び混濁係数（Ångstrom B）が求められる。

なお、AOD 算出に用いるレーリー散乱式中の定数については、気象庁の大気混濁度観測と基準を合わせるため、第 46 次隊と同様に 0.00864 を用いた（東島ほか，2003）。

(a) 2006 年の観測結果

サンフォトメーターによる 5 波長の各 AOD、及び各波長の 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）の季節変化を図 22 に示す。5 波長の AOD は全期間でほぼ同じような変化傾向を示している。2006 年 10–12 月を中心に AOD が大きく変動する事例がみられ、何らかの粒子が流入したものと考えられる。

ホイスナー・デュボアの混濁係数の季節変化を図 23 に示す。直達日射量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め、春から夏にかけて次第に大きくなり、夏から秋にかけて小さくなる傾向がある。

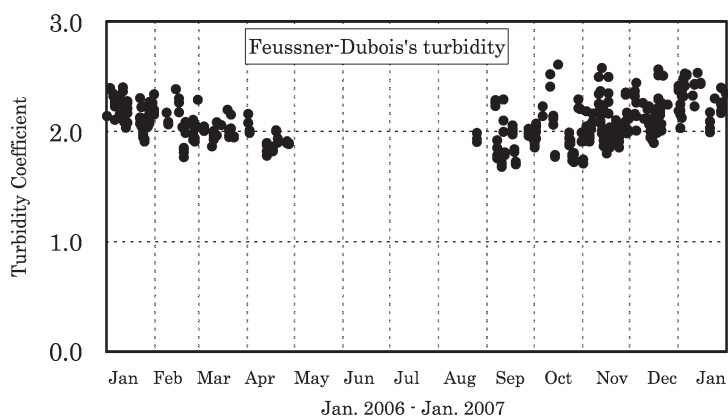


図 23 昭和基地におけるホイスナー・デュボアの混濁係数の季節変化（2006 年 1 月–2007 年 1 月）
Fig. 23. Annual variations in Feussner-Dubois's turbidity coefficient at Syowa Station (Jan. 2006–Jan. 2007).

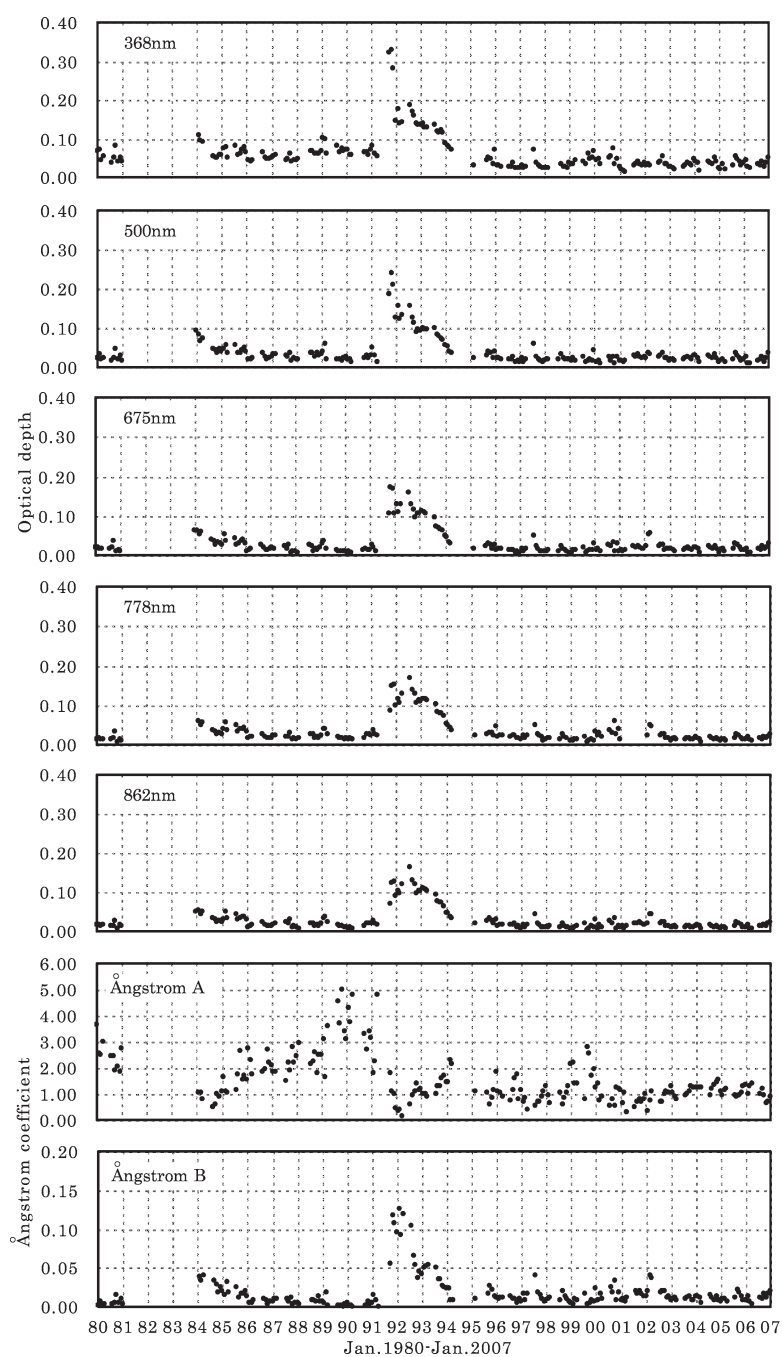


図 24 昭和基地上空の大気混濁度経年変化 (1980 年 1 月~2007 年 1 月)

Fig. 24. Time series of atmospheric turbidity above Syowa Station (Jan. 1980–Jan. 2007).

(b) 大気混濁度の経年変化

サンフォトメーター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) の経年変化を図 24 に示す。

全球的に噴出物が拡散したとされる, 1991 年 6 月のピナツボ火山噴火 (15.08 N, 120.21 E) のときに 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)。2006 年の値は, ほぼ平年並みであった。

ホイスナー・デュボアの混濁係数の経年変化を図 25 に示す。サンフォトメーターで観測した場合と同様, 1982 年 (4 月: エル・チチヨン (17.20 N, 93.12 W)), 1991 年に全球的な火山噴火の影響を受けており, その後数年間かけて平年値に戻っていることが分かる。また, 春から夏にかけて増加し, 秋から冬にかけて減少する季節変化をしていることが分かる。2006 年の値は, ほぼ平年並みであった。

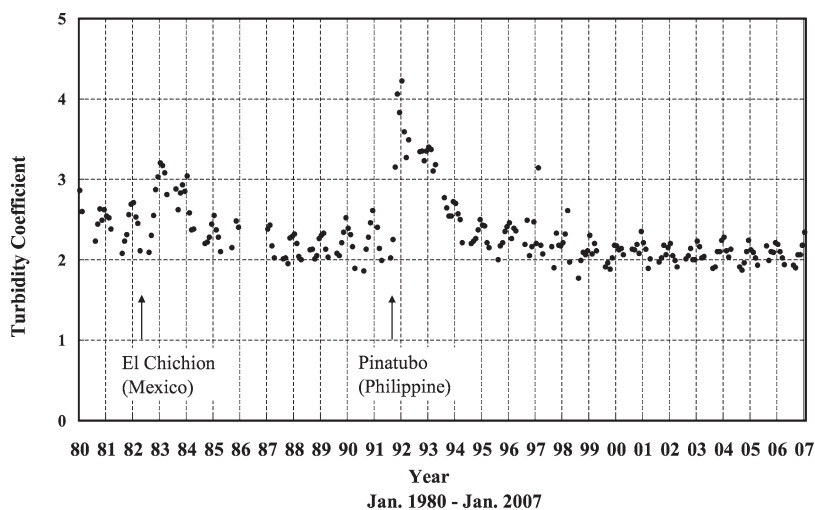


図 25 昭和基地上空の大気混濁度経年変化 (1980 年 1 月–2007 年 1 月)

Fig. 25. Time series of Feussner-Dubois's turbidity coefficient by pyrhelimeter (Jan. 1980–Jan. 2007).

6. 特殊ゾンデ観測

第 47 次隊では特殊ゾンデ観測として、定常気象観測分として 4 回、気水圏部門分として 4 回の計 8 回のエアロゾルゾンデ観測を気水圏部門と共同で実施した。うち 6 回は、オゾンゾンデとの連結飛揚により観測を実施した。

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 43 次隊の「南極域における地球規模大気変化観測」においても継続課題として、定常気象観測部門と気水圏部門との共同で実施している。

6.1. 観測の目的

成層圏オゾンの多くは下部成層圏に存在しているので、オゾン全量の変動に対する寄与は、上部成層圏よりも下部成層圏の方が大きい。

冬の極域の下部成層圏では、低温のもとで極域成層圏雲（Polar Stratospheric Clouds, 以下「PSCs」）が発生し、この雲の粒子の表面で不均一反応が進行して、準安定な塩素化合物から塩素ガスが発生する。

春を迎え極域に紫外線（主に UV-A）が照射すると塩素ガスは分解し、上部成層圏とは異なるタイプの触媒反応サイクルを作ってオゾンを破壊する。このため、南極域のオゾンホールは冬季から春季にかけて出現し、夏季に消滅する季節変化を繰り返している（気象庁、2007）。

エアロゾルゾンデ観測は、オゾンホール形成の要因となる冬季の南極域における PSCs の消長を捉えるとともに、エアロゾル鉛直分布の季節変化を明らかにすることを目的として実施している。

6.2. 観測方法と測器

ヘリウムガスを充填して浮力錘浮力 7000 g とした 3000 g のゴム気球に、エアロゾルゾンデを吊下げて高度約 30 km まで飛揚し、エアロゾルの粒径別の数濃度と、気温、湿度、高度、風向、風速を観測した。エアロゾルゾンデ観測に使用した観測器材を表 15 に示す。

(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、計数と制御を行う OPC 部（Optical Particle Counter: 光散乱方式粒子計数器）と、気象要素（気温・湿度・高度）の観測及び信号を送出する GPS ゾンデ部から構成され、相互に信号ケーブルで接続されている。OPC 部として ADS-02-8CH 型エアロゾルゾンデ（以下「02-8CH 型」）、GPS ゾンデ部として RS-01G 型 GPS ゾンデを使用した。

OPC 部は、粒径別の粒子計数データ、ポンプ流量などのコンディションデータを GPS ゾンデ部に送出する。GPS ゾンデ部では、OPC 部からのデータをモデム信号に変調した上

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.

エアロゾル ゾンデ	エアロゾルゾンデ型式		ADS-02-8CH
	GPS (レーウィン) ゾンデ部		RS-01G 型 GPS ゾンデ
	OPC 部	エアサンプリング	
		ポンプ	アルミギアポンプ
		サンプリング流量	約 3000 cm ³ /分
		シースエア流量	約 500 cm ³ /分
		粒子検出方式	
		光源	レーザーダイオード (780 nm, 70 mW)
		検出素子	シリコンフォトダイオード
		散乱角	側方 60° 散乱方式
		粒径区分	8 ch 並行計測 (粒子半径 0.15, 0.26, 0.42, 0.70, 1.00, 1.80, 2.60, 3.60 μm より大きい粒子を計測)
		粒子数計測間隔	4 秒積算値
	電池		Li 乾電池
	その他		GPS (レーウィン) ゾンデ-OPC 接続用篠竹, 電源線・信号線 (各約 1.5 m)
	伝送 データ	時刻 (電源投入後の秒数) 粒径毎の粒子数 (4 秒積算値 (ADS-02-8CH), 20 秒積算値 (ADS-98-5N)) ポンプ回転数, 排気温度, 内部温度 半導体気圧計値 (Low モード, High モード) 基準電圧値 (0 V, 4 V) レーザー電流値, リファレンス値 レーウィンゾンデデータ (気温, 湿度, 気圧) (ADS-98-5N の場合のみ)	
地上設備			GPS 高層気象観測システム
気球			3000 g 気球 (ヘリウムガスによる浮力・垂浮力 7000 g)
吊紐			口管部品
パラシュート			ポリエステル製編紐
			不織布, 大型

で、気象要素を送出するための PCM 信号と重畳して 400 MHz の搬送波により送出する。

OPC 部の粒子計測部に取り込むサンプルエアは、モーター駆動のギアポンプによって毎分 3000 cm³ の流量で吸引される。サンプルエアに含まれる粒子 (エアロゾル) の検出にはレーザーダイオードを用いている。光学セルに導かれたサンプルエアにレーザー光を照射して、その前方散乱光をレーザービームに対して 60° の方向に置かれたシリコンフォトダイオードで検出する。シリコンフォトダイオードで検出したパルスの電圧から粒径を、パルス数から粒子の個数を計測する。計測は、粒子半径 $>0.15 \mu\text{m}$, $>0.26 \mu\text{m}$, $>0.42 \mu\text{m}$, $>0.70 \mu\text{m}$, $>1.00 \mu\text{m}$, $>1.80 \mu\text{m}$, $>2.60 \mu\text{m}$, $>3.60 \mu\text{m}$ の 8 チャンネルを並行して 4 秒周期で繰り返される。各チャンネルでは、測定下限粒径より大きいすべての粒子個数をカウントするため、計数値は測定下限粒子のより大きいチャンネルの粒子数を合算した個数となる。

(2) 観測システムの構成と信号処理

エアロゾルゾンデの観測処理には、GPS 高層気象観測システム (3 章 3.4 参照) を使用した。受信したゾンデ信号は、受信部内で GPS ゾンデデータ (PCM 信号) と OPC 出力データ (モデム信号) に分離され、それぞれがデータ処理部に送られ、物理量として再度合成

される。

6.3. 観測経過

第 47 次隊におけるエアロゾルゾンデの飛揚状況を表 16 に示し、昭和基地上空の PSCs の存在領域を図 26 に示す。図 26 には、高層気象観測による鉛直温度分布をもとに、PSCs の生成要件を満たす温度が発現した可能性のある時期に陰影をつけて示している。灰色の領域は PSCs (TYPE I) を構成する物質の一部と考えられている硝酸三水和物 ($\text{HNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, Nitric Acid Trihydrate, 以下「NAT」) 粒子が析出する温度 (T_{NAT}) 領域 (硝酸 10

表 16 昭和基地におけるエアロゾルゾンデ飛揚状況
Table 16. Aerosol sonde observations at Syowa Station.

回数	飛揚年月日			観測目的	到達高度	(気圧)	備考
1	2006 年	4 月	29 日	バックグラウンド観測	29.5 km	(9.8 hPa)	
2	2006 年	7 月	24 日	PSCs 発達期の観測	28.9 km	(7.8 hPa)	
3	2006 年	8 月	4 日	PSCs 発達期の観測	31.7 km	(4.9 hPa)	*
4	2006 年	8 月	13 日	PSCs 発達期の観測	29.0 km	(8.0 hPa)	*
5	2006 年	9 月	15 日	オゾンホール盛期の観測	3.1 km	(645.9 hPa)	*
6	2006 年	10 月	1 日	オゾンホール盛期の観測	30.9 km	(6.8 hPa)	*
7	2006 年	12 月	8 日	オゾンホール回復期の観測	35.3 km	(5.7 hPa)	*
8	2007 年	1 月	15 日	バックグラウンド観測 (第 48 次隊との引き継ぎ観測)	34.1 km	(7.2 hPa)	*

注 *: オゾンゾンデとの連結飛揚。

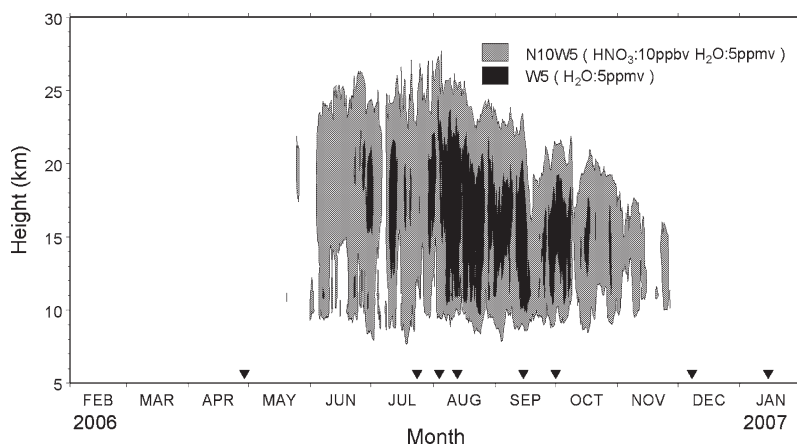
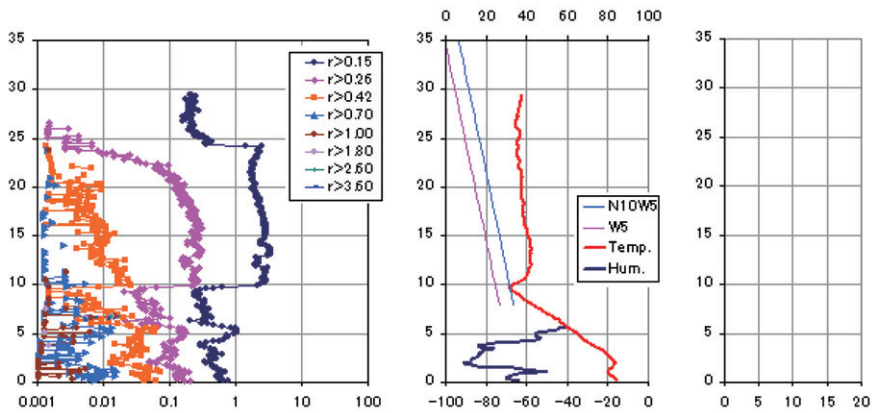


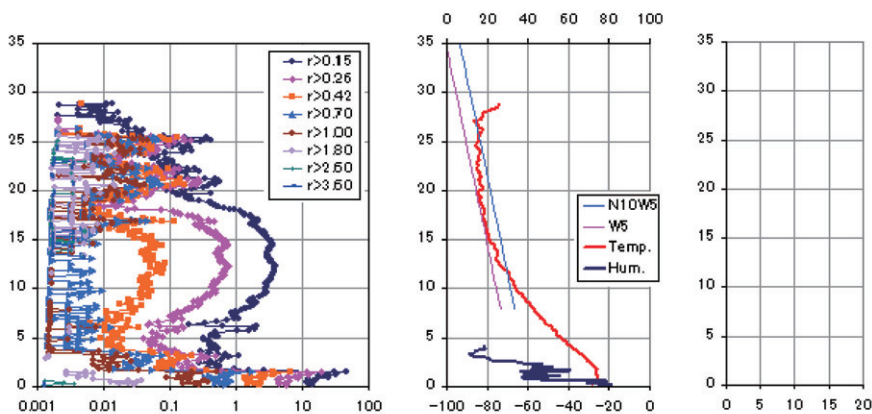
図 26 昭和基地上空の PSCs の存在領域 (高層気象観測による鉛直温度分布をもとに推定)
灰色領域は TYPE I の PSCs, 黒色は TYPE II の PSCs を示す。三角形 (▼) はエアロゾル
ゾンデ観測が行われた日を示す。

Fig. 26. Existence region of PSCs (estimated from the temperature distribution observed by aerological observations) over Syowa Station. Gray area indicates PSCs (TYPE I), black area indicates PSCs (TYPE II). Triangles indicates days on which aerosol sondes were launched.

(a)2006.4.29



(b)2006.7.24



(c)2006.8.4

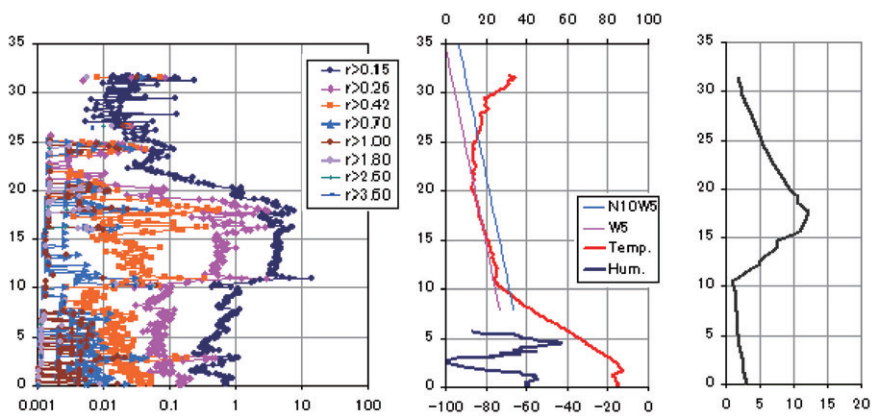


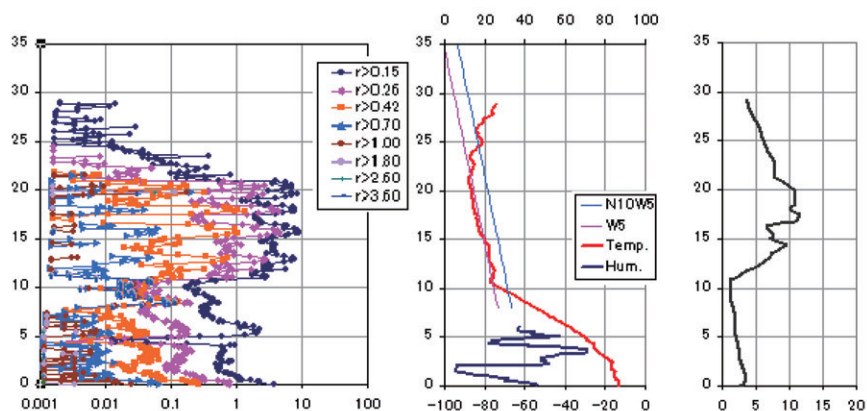
図 27 昭和基地上空のオゾンゾンデ観測結果及びエアロゾルゾンデ観測結果 (1/3)

(a) 2006 年 4 月 29 日 (b) 2006 年 7 月 24 日 (c) 2006 年 8 月 4 日

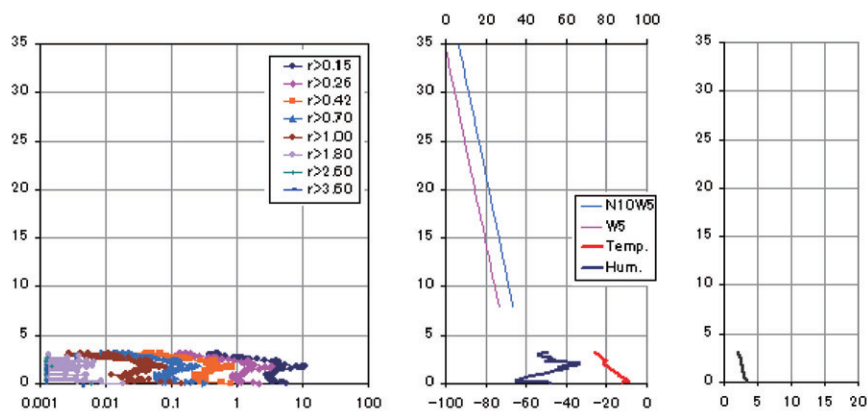
Fig. 27a. Results of ozone sonde and aerosol sonde observations over Syowa Station. (1/3)

(a) Apr. 29, 2006, (b) Jul. 24, 2006, (c) Aug. 4, 2006.

(d)2006.8.13



(e)2006.9.15



(f)2006.10.1

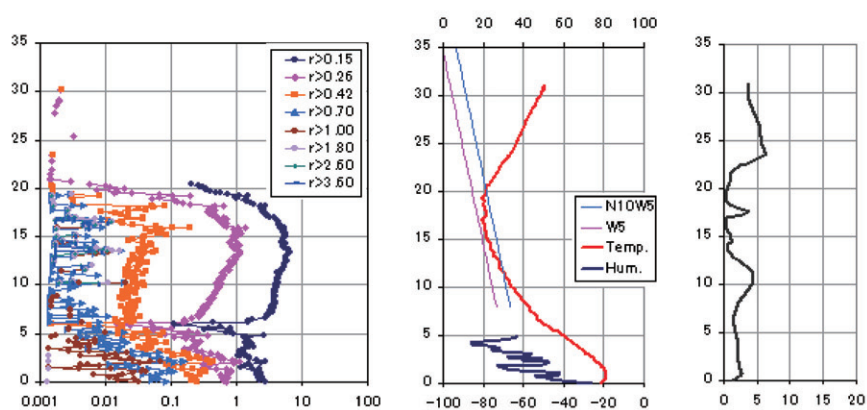


図 27 昭和基地上空のオゾンゾンデ観測結果及びエアロゾルゾンデ観測結果 (2/3)

(d) 2006 年 8 月 13 日 (e) 2006 年 9 月 15 日 (f) 2006 年 10 月 1 日

Fig. 27b. Results of ozone sonde and aerosol sonde observations over Syowa Station. (2/3)

(d) Aug. 13, 2006, (e) Sep. 15, 2006, (f) Oct. 1, 2006.

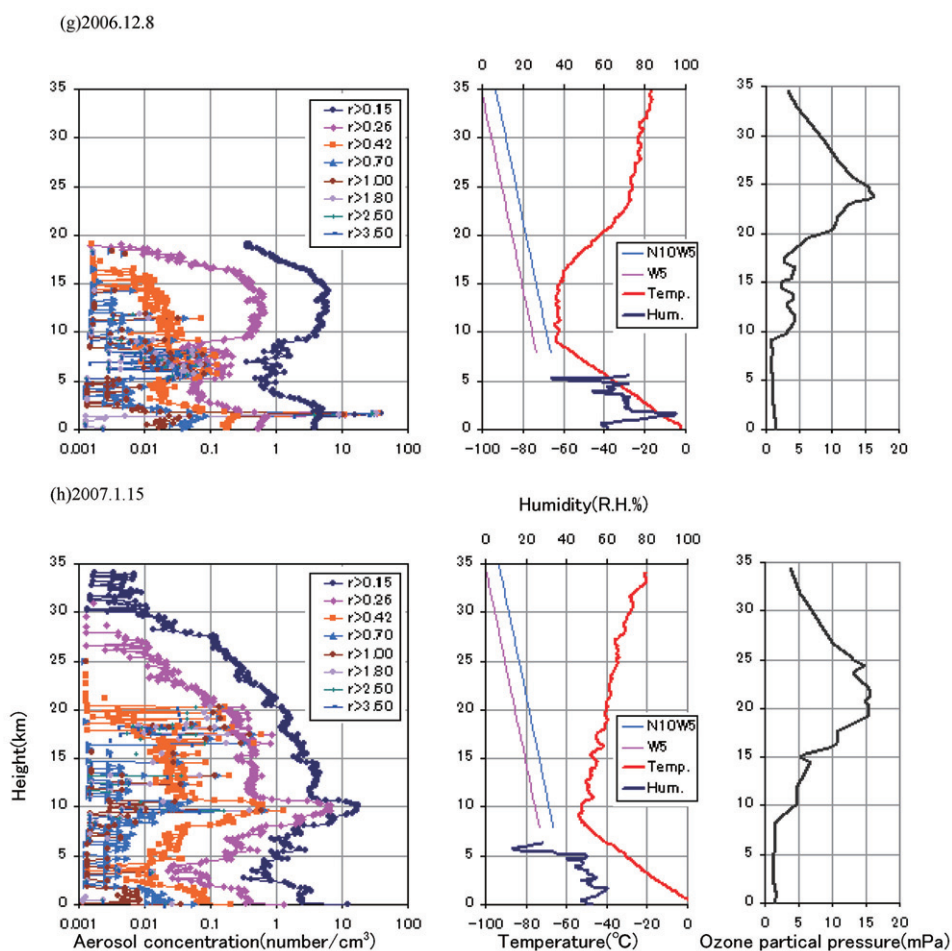


図 27 昭和基地上空のオゾンゾンデ観測結果及びエアロゾルゾンデ観測結果 (3/3)

(g) 2006 年 12 月 8 日 (h) 2007 年 1 月 15 日

Fig. 27c. Results of ozone sonde and aerosol sonde observations over Syowa Station. (3/3)
(g) Dec. 8, 2006, (h) Jan. 15, 2007.

ppbv, 水蒸気 5 ppmv を仮定) を, 黒色領域は PSCs (TYPE II) を構成する氷 (以下「ICE」) 粒子が析出する温度 (T_{ICE}) 領域を示す. (▼) はエアロゾルゾンデ観測を行った日である.

6 月に高度 10–25 km 付近に, NAT 粒子の析出温度を下回る領域が出現し, 8 月から成層圏上部の昇温に伴い上限高度が次第に低下し, 11 月に消滅した. また, 6 月下旬–10 月には, ICE 粒子の析出温度領域が断続的に出現し, 8–10 月上旬にかけては広い高度範囲に広がった. なお, 2006 年の成層圏下部の気温は冬から春にかけて平年より低く, PSCs の存在可能領域は平年と比較して広範囲で解消の時期も遅かった.

6.4. 観測結果

エアロゾルゾンデ観測結果を図 27 に示す。図の縦軸は高度を表し、横軸は左図が空気 1 cm^3 あたりの粒子数（以下「粒子濃度（個 / cm^3 ）」）で、粒径別の粒子濃度（20 秒ごと）をプロットしてある。中央の図は気温のプロファイルで、PSCs (TYPE I) 及び PSCs (TYPE II) の生成温度の目安として、 T_{NAT} と T_{ICE} を重ねてある。オゾンゾンデと連結飛揚した日については、右図にオゾンゾンデ分圧の鉛直分布を示した。

なお、02-8CH 型では、4 秒ごとのサンプリングをしているが、個々のサンプリングデータを 20 秒積算して、その層の平均濃度を求めている。

以下に、季節ごとのエアロゾル粒子濃度鉛直分布の特徴を述べる。

(1) 秋季（4 月）

PSCs 発生前の状態を捉えるために、4 月 29 日に観測を行った。気温は T_{NAT} より高く PSCs の発生する環境にはなかった。

10 km 付近の対流圏界面から上で半径 $>0.15 \mu\text{m}$ 、半径 $>0.26 \mu\text{m}$ 、半径 $>0.42 \mu\text{m}$ の粒径の粒子濃度が高くなっている。対流圏界面から上では半径 $>0.70 \mu\text{m}$ より大きい粒径の粒子濃度はほとんど観測されていない。

(2) PSCs 発達期（7, 8 月）

PSCs 発達期の観測として、7 月 24 日、8 月 4 日、13 日に観測を行った。

7 月 24 日には、高度 11-25 km 付近では気温が T_{NAT} より低く、PSCs (TYPE I) の存在可能な気温であった。高度 17-25 km 付近に 4-5 層の粒子濃度の濃い層がみられ、PSCs (TYPE I) であると考ええる。この高度では 4 月には存在しなかった半径 $>0.70 \mu\text{m}$ より大きい粒子が増加している。

8 月 4 日には、高度 10-25 km 付近では気温が T_{NAT} より低く、PSCs (TYPE I) の存在可能な気温であった。また、高度 15-21 km 付近では気温がほぼ T_{ICE} 温度となっており、PSCs (TYPE II) の存在可能な温度であった。高度 11 km 付近、16-20 km、24 km 付近に何層かの粒子濃度の濃い層がみられ、PSCs と考える。高度 20-25 km 付近の粒子濃度は 7 月 24 日と比較して減少しており、成長した粒子が重力により沈降したものとする。

8 月 13 日には、高度 10-25 km 付近で気温が T_{NAT} より低く、PSCs (TYPE I) の存在可能な気温であった。また、高度 11 km と 15-22 km 付近では、気温がほぼ T_{ICE} 温度を下回っており、PSCs (TYPE II) の存在可能な気温であった。高度 11-21 km の間は粒子濃度が全般に濃く何層もの極大域がみられ、PSCs と考える。8 月 4 日と比較して粒子が成長しているとする。高度 10-15 km 付近の半径 $>0.42 \mu\text{m}$ 、半径 $>0.70 \mu\text{m}$ の粒子濃度は 8 月 4 日と比較して濃くなっており、8 月 4 日に高度 15-20 km 付近にあった粒子の一部が重力により沈降したものとする。

(3) オゾンホール時期 (9, 10 月)

オゾンホール時期の状況を捉えるために、9 月 15 日と 10 月 1 日の 2 回観測を行った。

9 月 15 日の観測では、気球が低い高度で破裂したため、高度約 3 km までの観測データしか得られなかった。

10 月 1 日の観測では、高度 11–20 km 付近では気温が T_{NAT} より低く、PSCs (TYPE I) の存在可能な気温であった。半径 $>0.26 \mu\text{m}$ 、半径 $>0.42 \mu\text{m}$ の粒子では 15–20 km 付近で層状の極大域が一部みられるものの、8 月 13 日と比較すると成層圏の粒子分布は濃度も全般に減少し滑らかなプロファイルになっている、なお、データの信頼性が低下したため、半径 $>0.26 \mu\text{m}$ の観測は高度 21 km 付近までとなっている

(4) 夏季 (12 月, 1 月)

夏季のオゾン層回復期の状況を捉えるために、12 月 8 日と 1 月 15 日の 2 回、観測を行った。成層圏温度は上昇し、PSCs 存在可能な気温領域は存在しない。

12 月 8 日の観測では、観測データの信頼性が低下したため OPC の観測は高度 19 km 付近までとなっている。高度 15–19 km 付近の粒子濃度は 10 月 1 日より減少しエアロゾルが沈降除去されつつあると考える。

1 月 15 日の観測では、対流圏界面のすぐ上の 10 km 付近に極大域がみられる。また半径 $>0.26 \mu\text{m}$ から半径 $>3.60 \mu\text{m}$ の粒子濃度は 12 月 8 日と比較して増加している。夏になって極渦が崩壊し、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てきたためと考える。

6.5. オゾンゾンデとエアロゾルゾンデとの連結飛揚

(1) 観測の概要

オゾンホール期のオゾン量とエアロゾル量との鉛直分布の関係を調べるために、これまで、同日または 1–2 日前後した期間にオゾンゾンデとエアロゾルゾンデとの観測を江崎ほか (2007) や阿保 (2008) により行ってきたが、上空の大気の流れは変化するため、両ゾンデが同一の空気塊を観測していないという限界があった。これは、第 45 次隊以前は、オゾンゾンデとエアロゾルゾンデを同一の地上設備を使用して観測していたことから、両ゾンデを同時に飛揚する観測がシステム上不可能であった。しかし、第 46 次隊で高層気象観測装置の後継機である GPS 高層気象観測システムを持ち込んだこと及びエアロゾルゾンデを 02-8CH 型に変更したことにより、両ゾンデの同時観測が可能となった。

このため、第 47 次隊では、オゾン量とエアロゾル量との同時刻での鉛直分布の関係を調べるため、8 回のエアロゾルゾンデ観測のうちオゾンゾンデとの連結飛揚観測を 6 回実施した (図 27)。観測はすべて気水圏部門と共同で行った。

(2) 飛揚器材と飛揚形態

両ゾンデの連結飛揚は、20 m の吊紐 2 本を接続した 50 m の吊紐 1 本を Y 字に連結し、各浮力錘浮力 5000 g とした 3000 g 気球 2 個を Y 字の上端に接続して実施した。また、竹竿で 3 角形に連結したエアロゾルゾンデの OPC 部、レーウィンゾンデ部及びオゾンゾンデを吊紐の Y 字の下端に接続した。ゾンデ信号の受信と観測処理は、オゾンゾンデは自動追跡型方向探知機と 91 型高層気象観測装置で、エアロゾルゾンデは GPS 高層気象観測システムで並行して行った。

(3) 観測結果

オゾンホール生成直前の時期の 8 月 4 日及びオゾンホールの生成が始まる時期の 8 月 13 日に連結飛揚した観測を述べる。

8 月 4 日の観測では、PSCs とオゾンの破壊の対応が示唆されるまでの観測結果は得られなかった。オゾンゾンデによる観測では、オゾン分圧は高度 18 km 付近に極大を持つ滑らかな鉛直分布をしており、PSCs 影響によるオゾンの破壊はみられなかった。一方、エアロゾルゾンデ観測では、PSCs とみられる高度 11 km 付近、16–20 km、24 km 付近に何層もの粒子濃度の濃い層が観測された。

8 月 13 日の観測では、PSCs とオゾンの破壊の対応が示唆される観測結果が得られた。オゾンゾンデ観測では、高度 15–17 km 付近、18 km 付近にオゾンの減少した極小域が観測された。この高度は PSCs の層と一致しており PSCs 表面で発生する塩素原子がオゾンを破壊すると考えられているプロセスとの良い対応が観測された。一方、エアロゾルゾンデ観測では、PSCs とみられる粒子濃度の濃い層が高度 11–21 km 付近に何層かみられた。

7. 天 気 解 析

各国数値予報センター等の HP から取得した各種天気図及び予想図、気象衛星による雲写真、また、毎日の地上気象観測、高層気象観測、ロボット気象計から得られたデータ等を参考にして、低気圧や前線の移動を把握して天気解析を行い、気象観測を行う際に利活用するとともに、隊の野外オペレーション等を支援するために気象情報を提供した。

7.1. 解析に用いた資料

(1) 各国数値予報センター等作成天気図及び予想図、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、各種衛星画像の取得、閲覧を行い天気解析の参考とした。

(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.YYYYYMMD0000.gif>

(12 UTC) <http://www.bom.gov.au/archive/charts/YYYY/MM/IDX0033.YYYYYMMD1200.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.YYYYYMMD0000.gif>

(12 UTC) <http://www.bom.gov.au/archive/charts/YYYY/MM/IDX0008.YYYYYMMD1200.gif>

※YYYY, MM, DD はそれぞれ年, 月, 日の意味である。

④ 南アフリカ気象局作成天気図

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

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ポジット衛星画像

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

⑦ NASA (米国航空宇宙局), TOMS 及び OMI によるオゾン全量解析値

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

(2) 極軌道衛星雲画像

衛星受信部門が基地内のホームページに掲載していた NOAA の赤外及び可視画像。

(3) 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, 気圧及び風向・風速。

(4) 気象庁数値予報格子点資料に基づく各種天気図及び予想図

2006 年 2 月までは第 46 次隊に引き続き, 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 (ともに 00 UTC, 12 UTC 初期値) を気象庁データサーバより FTP 取得し, 昭和基地気象棟にて各種天気図及び予想図の自動作成を行い, 解析に用いた。2006 年 3 月にモデル格子点資料の形式が変更になり, 現用のプログラムでは図作成処理ができなくなったため, 以降の利用を中止した。第 48 次隊にてプログラムの改修を行い再度利用を開始した。

(5) 無線 FAX 放送天気図

インターネット回線の不具合時等に (1) の資料が入手できなくなった際の予備機として無線 FAX 受画装置を備えている。特に不具合はなかったため使用する機会はなかった。以

下の資料が利用可能である。

- ① 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。
- ② プレトリア (南アフリカ) 放送の 00, 12 UTC の地上実況図。

7.2. 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当日の夜から翌日の予想を発表するとともに、基地内の HP や掲示板で地上気象観測実況値などと併せて公開した。さらに、オゾンホール期には数値予報資料を参考にし、適切なタイミングでオゾンゾンデ観測を実施した。

8. その他の観測

8.1. 内陸旅行中の気象観測

第 47 次隊では、2006 年 8-9 月に航空隊用燃料のドームふじ中継拠点 MD364 への輸送旅行(天候不良により実際の行先は第二航空中継拠点(ARP2)往復へ変更)、10-12 月のドームふじ基地旅行(往路)及び 2007 年 1-2 月のドームふじ基地旅行(復路)を行った。気象隊員はこれらの旅行に参加し、旅行中に気象観測を行った。なお、ドームふじ基地旅行は、往路は途中から先発隊と後発隊の二隊に分れての行動、復路は全行程二隊に分れての行動となったが、気象隊員は先発隊の一員として行動し、気象観測を行った。

旅行ルートを図 28 に示す。S16 からみずほ基地間は S ルート、H ルート及び Z ルートを、みずほ基地からドームふじ基地間は MD ルートを使用した。

8.1.1. 観測方法と測器

表 17 に、中継拠点往復旅行(以下「中継点旅行」)、ドームふじ基地旅行(往路及び帰路、以下「ドームふじ旅行」)の観測項目及び気象観測測器を示す。雲(雲量・雲形・向き・高さ)、現在天気、大気現象及び視程は目視により観測し、その他の項目は雪上車に設置した気象観測装置及び携帯用測器を用いて観測した。

8.1.2. 観測経過

- (1) 中継点旅行(2006 年 8 月 13 日~9 月 17 日、全行程 36 日間)

中継点旅行では、目視観測を含む観測を、06, 09, 12, 15, 18, 21 LT を目安として、移動経路及びキャンプ地にて行った。日中の観測時刻は旅行隊の移動や作業のために多少のずれがあった。観測は雪上車の影響を受けないように車両の風上側で行った。旅行隊装備品である携帯用アネロイド型気圧計の測定範囲は 663 hPa 以上のため、663 hPa 未満は気

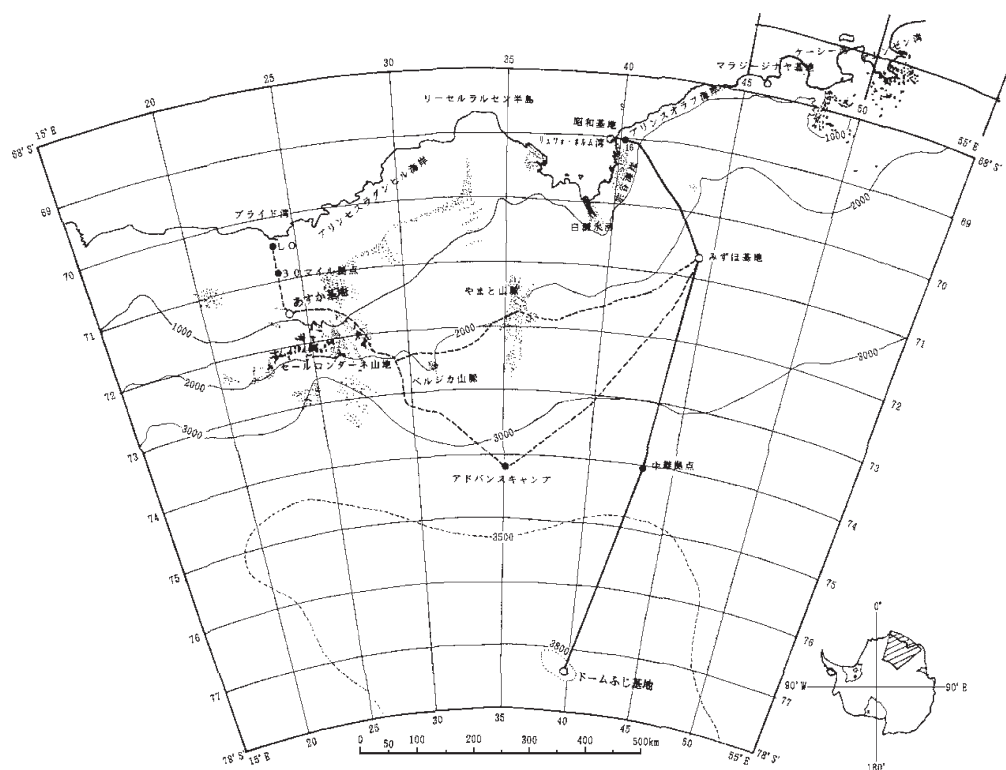


図 28 昭和基地からドームふじ基地への経路（国立極地研究所（2004））

Fig. 28. Traverse route from Syowa Station to Dome Fuji Station.

表 17 旅行中に使用した気象観測測器等一覧表

Table 17. 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	携帯式アネロイド型気圧計	中継旅行においては 663 hPa 以上で使用
	0.1 hPa	±0.15 hPa	振動式気圧計	中継旅行においては 663 hPa 未満で使用
気温	0.1°C	±0.5°C	スリング式ガラス製温度計	中継旅行においては -50°C 以上で使用
	0.1°C	±0.1°C	電気式白金抵抗型温度計	中継旅行においては -50°C 未満で使用
風向	5°	±5°	ハンドベアリングコンパス	
風速	1 m/s	±0.5 m/s	携帯用発電式 3 杯型風速計	
雲（雲量・雲形・ 向き・高さ）			目視	
現在天気			目視	
大気現象			目視	
視程	10 m		目視	

水圏部門の振動式気圧計を使用した。また、スリング式ガラス製温度計の測定範囲は -50°C 以上のため、 -50°C 未満は気水圏部門の電気式白金抵抗型温度計を使用した。

- (2) ドームふじ旅行(往路 2006 年 10 月 25 日~11 月 30 日,復路 2007 年 1 月 18 日~1 月 30 日,全行程 50 日間 (いずれも先発隊の日程))

ドームふじ旅行では、目視観測を含む観測を、09, 12, 15, 18, 21 LT を目安として、移動経路及びキャンプ地にて行った。観測は雪上車の影響を受けないように車両の風上側で行った。気圧の観測は気水圏部門の振動式気圧計を使用した。ただし、不具合により振動式気圧計で観測ができないとき (663 hPa 以上に限る) には携帯用アネロイド型気圧計を使用した。また、気温の観測には -50°C を下回らなかったため全てスリング式ガラス製温度計を使用した。

8.1.3. 観測結果

- (1) 中継点旅行

観測結果を図 29 に示す。観測記録期間は 2006 年 8 月 13 日 1940 LT~9 月 17 日 0600 LT である。旅行期間中は出発時と到着時の大陸沿岸部を除き、断続的な高い地ふぶきにより視程 1 km 未満となる状態が多かった。往路の S16 ではブリザードに見舞われ、8 月 14 日~8 月 19 日まで同地点で停滞した。S16 出発後に降雪はほとんど無く、地上が地ふぶきであつても上空は晴天となる場合が多かった。気温と気圧は標高が高くなるにつれ低下し、みずほ基地から内陸側へ約 200 km 以上進んだ 9 月 4 日~6 日の期間には、低温停滞の目安となる -60°C 以下が観測された。9 月 6 日 0800 LT の MD246 では中継点旅行中の最低気温となる -65.3°C を観測した。

- (2) ドームふじ旅行

- (a) 往路

観測結果を図 30 に示す。観測記録期間は 2006 年 10 月 25 日 1950 LT~2006 年 11 月 30 日 1200 LT である。旅行中の風向はほとんど東寄りであつた。11 月 7 日~19 日にかけては、第 48 次ドーム航空隊の到着待機のため、MD246 に滞在した。みずほ基地通過後から MD246 滞在前半の 10 月 31 日~11 月 10 日頃までは、高い地ふぶきやふぶきにより視程が 1 km 未満となることが多かつた。旅行中に高い地ふぶきやふぶきにより視程 1 km 未満となつた日は 18 日あつた。気温は S16 を出発してから標高が上がるにつれて低くなり、MD202 において 11 月 5 日 2100 LT に旅行中の最低気温である -41.5°C を記録した。

- (b) 復路

観測結果を図 31 に示す。観測記録期間は 2007 年 1 月 18 日 1200 LT~30 日 2040 LT である。旅行中は、1 月 22 日~24 日にかけて高い地ふぶきにより視程が 1 km 未満となることがあつたが、その他の日はおおむね良好であつた。風速が 10 m/s を超えることはなかつた。

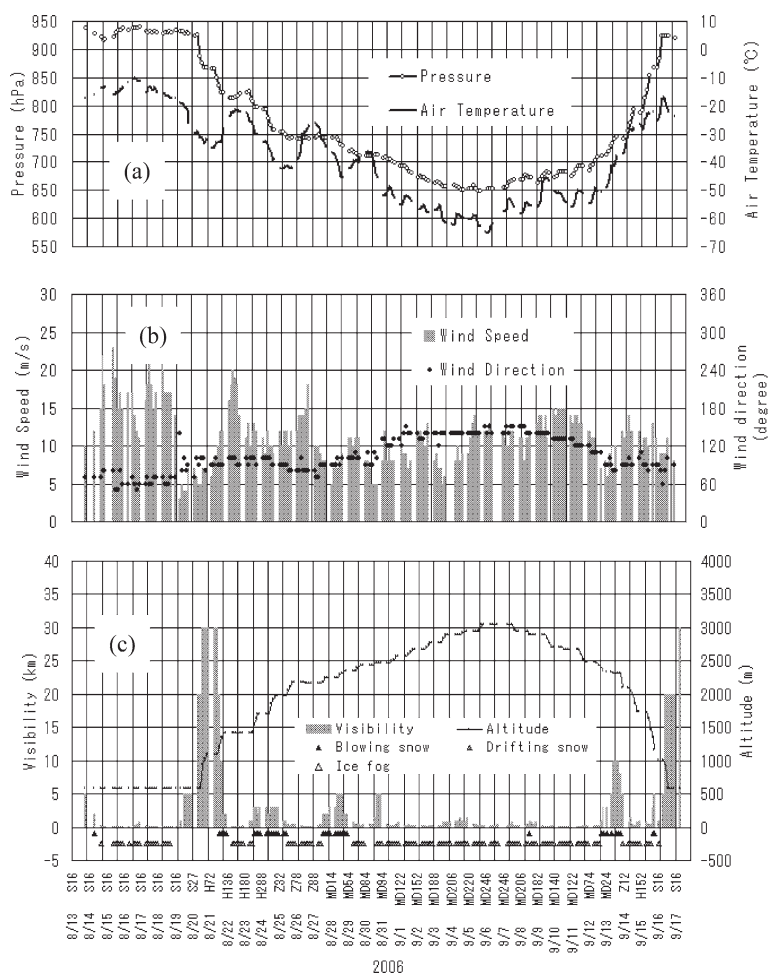


図 29 ドームふじ基地中継拠点往復旅行中の気象観測データ (2006 年 8 月 13 日~9 月 17 日)
(a) 現地気圧及び気温 (b) 風速及び風向 (c) 視程及び高度

Fig. 29. Surface meteorological observation data during the traverse to the relay point (Aug. 13 - Sep. 17, 2006).

(a) Station pressure and Air temperature, (b) Wind speed and Wind direction, (c) Visibility and Altitude.

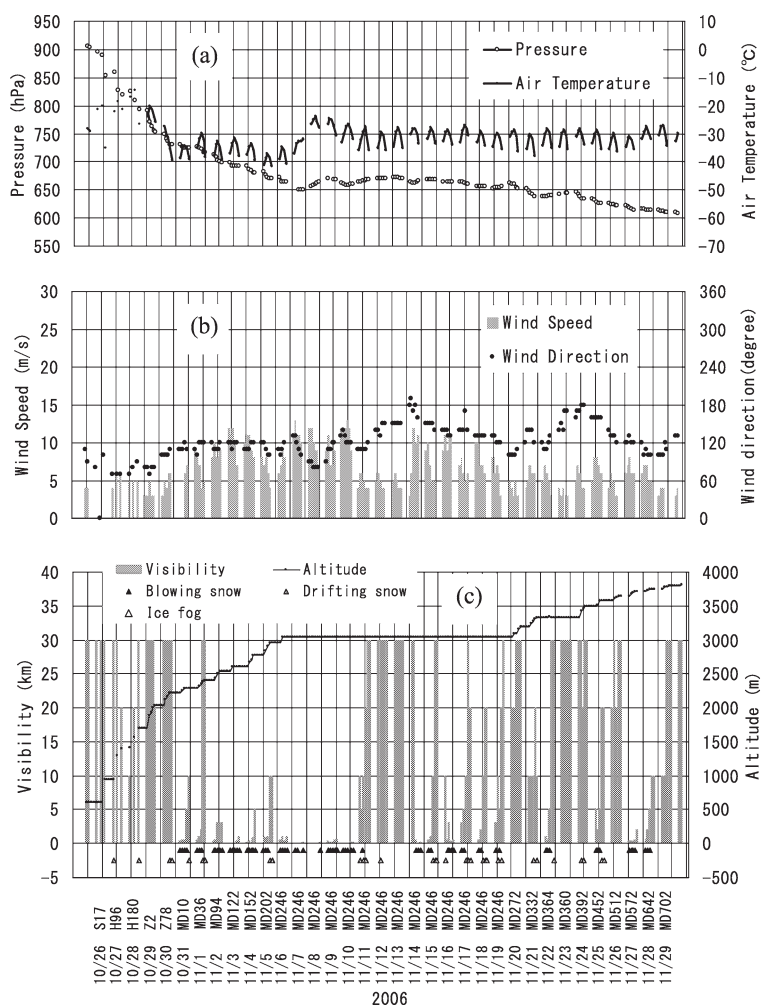


図 30 ドームふじ基地旅行(往路)中の気象観測データ(2006年10月25日~11月30日)
(a) 現地気圧及び気温 (b) 風速及び風向 (c) 視程及び高度

Fig. 30. Surface meteorological observation data from S16 to Dome Fuji Station (Oct. 25–Nov. 30, 2006).

(a) Station pressure and Air temperature, (b) Wind speed and Wind direction, (c) Visibility and Altitude.

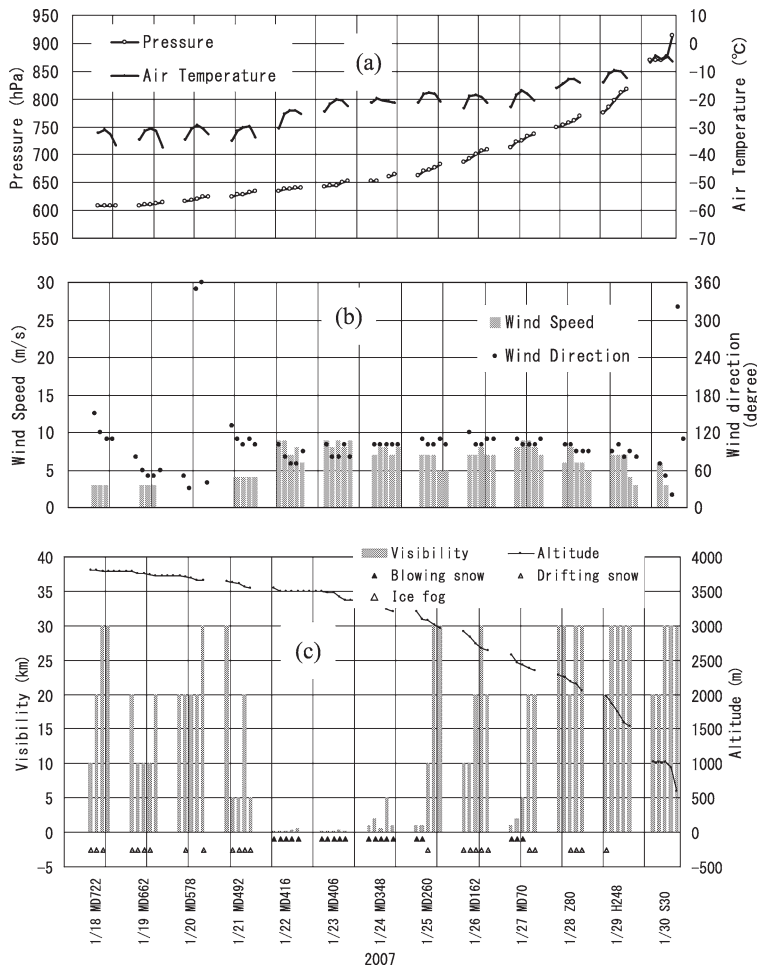


図 31 ドームふじ基地旅行（復路）中の気象観測データ（2007 年 1 月 18 日～1 月 30 日）

(a) 現地気圧及び気温 (b) 風速及び風向 (c) 視程及び高度

Fig. 31. Surface meteorological observation data from Dome Fuji Station to S16 (Jan. 18–Jan. 30, 2007).

(a) Station pressure and Air temperature, (b) Wind speed and Wind direction, (c) Visibility and Altitude.

8.2. ドームふじ基地での観測

8.2.1. 地上気象観測

(1) 観測方法と測器

ドームふじ基地での地上気象観測は、氷床掘削のため同基地を再開し測器を設置してから、復路先発隊の出発のため測器の運用を停止するまでの 2006 年 12 月 1 日～2007 年 1 月 17 日に、測器による自動連続観測と定時に目視観測を行った。気圧計は第 46 次隊がドームふじ基地を一時閉鎖後に撤収して昭和基地で引き継いだものを使用し、その他の測器は第

表 18 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 (2006 年 12 月~2007 年 1 月)
 Table 18. Observation elements, frequency of observation, minimum unit and instruments at Dome Fuji Station (Dec. 2006–Jan. 2007).

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・ 正 1 分	0.1 hPa	振動式気圧計	YOKOGAWA F4711	2006 年 12 月 6 日 ~2007 年 1 月 16 日
気温	連続・ 正 1 分	0.1°C	電気式白金 抵抗型温度計	YOKOGAWA E-734	2006 年 12 月 9 日 ~2007 年 1 月 13 日
風向	連続・	16 方位	風車型	YOUNG	2006 年 12 月 9 日
風速	正 10 分	0.1 m/s	風向風速計	05178A	~2007 年 1 月 13 日
雲 (雲量・雲形・ 向き・高さ)	定時		目視		09, 12, 15, 18, 21 LT
現在天気	定時		目視		09, 12, 15, 18, 21 LT
大気現象	定時		目視		09, 12, 15, 18, 21 LT
視程	定時	10 m	目視		09, 12, 15, 18, 21 LT

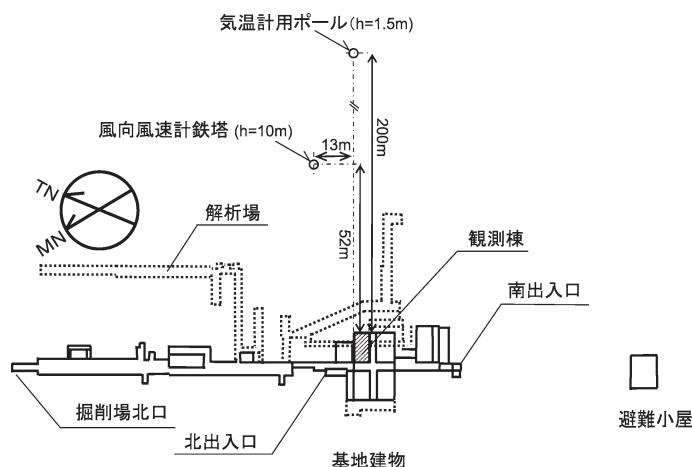


図 32 ドームふじ基地における気象測器の配置。点線部は雪洞を示す。

Fig. 32. Locations of surface meteorological instruments at Dome Fuji Station. The Dotted line area shows the snow trench.

46 次隊が同基地に残置していたものを使用した。測器による自動連続観測は、正 1 分の現地気圧及び気温、10 分間の平均風速とその風向、10 分間の最大瞬間風速とその風向について行った。目視観測は、1 日 5 回 (09, 12, 15, 18, 21 LT) の定時観測時に、雲 (雲量・雲形・向き・高さ)、現在天気、視程及び大気現象について行った。表 18 に観測項目と使用測器等を、測器の配置を図 38 に示す。観測は地上気象観測指針 (気象庁, 2002) に、統計処理については気象観測統計指針 (気象庁, 2005) にそれぞれ基づき行った。

(2) 観測経過

測器の保守・点検については、国内の保守要領に準じて行った。

(a) 気圧

振動式気圧計を電流記録形ロガー（以下「ロガー」）に接続して自動連続記録した。基地停電時は測器への電源供給停止のため欠測とした。

(b) 気温

基地東側 200 m に設置してある地上高 1.5 m の強制通風式通風筒に温度計を設置し、ロガーにより自動連続記録した。通風口及び感部に霜が付着したときには随時にメンテナンスを行い、この間は欠測とした。基地停電時は通風ファンへの電源供給停止のため欠測とした。

(c) 風向・風速

風車型風向風速計を地上高 10 m の測風塔に設置し、ロガーにより自動連続記録した。感部に霜が付着することがあるため、随時メンテナンスを行い、その間は欠測とした。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。

表 19 ドームふじ基地における地上気象観測月別気象表（2006 年 12 月～2007 年 1 月）
Table 19. Monthly summaries of surface observations at Dome Fuji Station (Dec. 2006–Jan. 2007).

年 月		2006 12	2007 1
平均現地気圧	hPa	603.0	607.6
最低現地気圧 起日	hPa	597.1 20	599.7 2
平均気温	°C	−34.4	−34.7
最高気温の平均	°C	−29.5	−29.6
最低気温の平均	°C	−40.7	−42.0
最高気温 起日	°C	−25.4 18	−24.9 4
最低気温 起日	°C	−44.2 25	−43.6 13
最低気温−40°C 未満の日数	日	15	11
平均気温−40°C 未満の日数	日	0	0
最高気温−40°C 未満の日数	日	0	0
最低気温−60°C 未満の日数	日	0	0
最高気温−60°C 未満の日数	日	0	0
平均風速	m/s	4.1	4.6
最多風向		NNW	NNE
最大風速	m/s	9.1	9.7
風向 起日		NNW 26	NE 5
最大瞬間風速	m/s	10.6	11.1
風向 起日		NNW 26	NE 5
最大風速 5.0 m/s 以上の日数	日	20	12
10.0 m/s 以上の日数	日	0	0
15.0 m/s 以上の日数	日	0	0
平均雲量		5.0	4.6
平均雲量 1.5 未満の日数	日	8	4
8.5 以上の日数	日	6	3
雪日数	日	24	15
霧日数	日	0	0
ブリザード日数	日	0	0

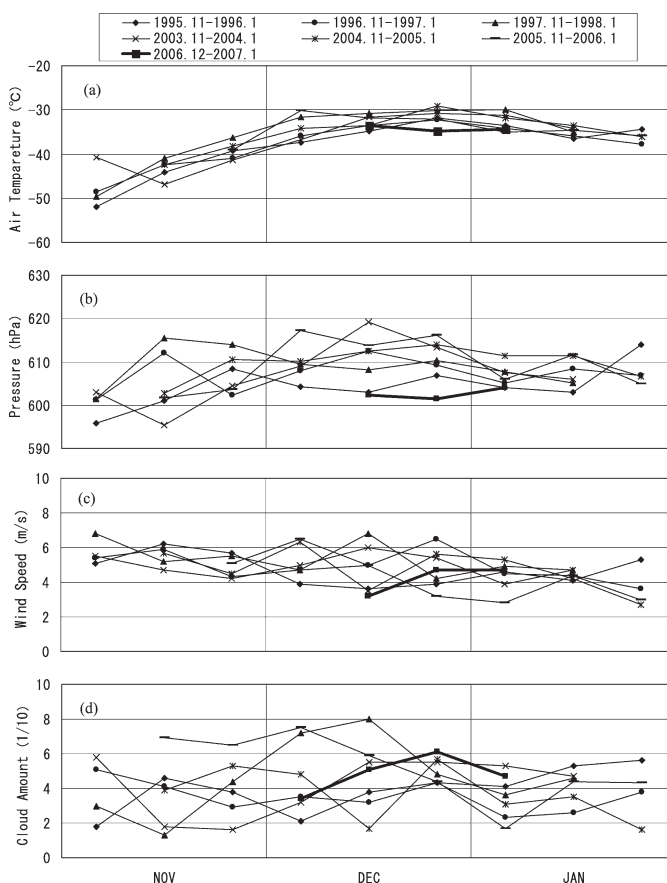


図 33 ドームふじ基地の 11-1 月の地上気象旬別経過 (1995-1998 年, 2003-2007 年)

(a) 気温 (b) 現地気圧 (c) 風速 (d) 雲量

Fig. 33. Time series of ten-day mean surface meteorological data from Nov. to Jan. at Dome Fuji Station (1995-1998, 2003-2007).

(a) Air temperature, (b) Station pressure, (c) Wind speed, (d) Cloud amount.

(3) 観測結果

ドームふじ基地滞在期間中の月別気象表を表 19 に、現地気圧、気温、風速、雲量の旬ごとの経過を図 33 に示す。図 33 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 次隊越冬時(2003 年 2 月~2004 年 1 月)、第 45 次隊滞在時(2004 年 11 月~2005 年 1 月)及び第 46 次隊滞在時(2005 年 11 月~2006 年 1 月)の旬平均を示す。

滞在期間中の天気概況を表 20 に示す。

8.2.2. 大気混濁度観測

(1) 観測方法と測器

大気混濁度観測は、携帯型サンフォトメーター (EKO, MS-120 / S91037.05) を用いて 5

表 20 ドームふじ基地における天気概況 (2006 年 12 月~2007 年 1 月)
Table 20. Weather summaries at Dome Fuji Station (Dec. 2006-Jan. 2007).

年・月	天気概況	
2006 年 12 月	晴または薄曇の日が多く、ブリザードの到来もなく、天気は概ね穏やかだった。上旬、下旬は、ほぼ毎日のように細氷を観測した。	
	上旬	6 日から 7 日にかけて、風がやや強まり高い地ふぶきにより視程が 5 km 未満となった。その他は概ね晴または薄曇で経過した。10 日を除き毎日細氷を観測した。
	中旬	風は弱く、概ね晴または薄曇で経過した。
	下旬	概ね晴または薄曇で経過した。22 日を除き毎日細氷または雪を観測した。26 日は風がやや強まり最大風速 9.1 m/s を観測し、視程が 5 km 未満となった。
2007 年 1 月	晴の日が多かったが、上旬から中旬にかけてはほぼ毎日のように細氷や雪を観測した。ブリザードの到来はなく、天気は概ね穏やかだった。	
	上旬	概ね晴または薄曇で経過した。毎日細氷を観測し、3 日から 5 日と 7 日から 9 日に雪を観測した。5 日は風が強まり最大風速 9.7 m/s を観測した。
	中旬	風は弱く、晴の日が多かった。14 日から 15 日にかけては快晴で経過したが、他の 8 日間は細氷または雪を観測した。
	下旬 (28 日まで)	晴の日が多かった。22 日から 23 日にかけてやや風が強まり、高い地ふぶきのため視程が 5 km 未満となった。

波長 (368, 500, 675, 778, 862 nm) について観測した。観測期間は 2006 年 11 月 30 日~2007 年 1 月 14 日で、太陽面に雲がなく、かつ降雪や地ふぶきの影響を大きく受けないときに観測した。観測回数は、太陽北中時及び一定の大気路程において、1 日 4 回を基本として行った。

(2) 観測経過

低温による測器の器温の低下を防ぐため、測器に毛布やビニールを巻く対策を施した。

(3) 観測結果

図 34 に、サンフォトメーターによる 5 波長の各 AOD, 及び各波長の 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。なお、ドームふじ旅行出発前の昭和基地においてラングレー観測を行い、その結果から各波長の測器定数を決定した。

観測期間中において AOD の値に大きな変化はみられなかった。また、AOD のばらつきをみると 12 月上旬に大きかったが、後半は小さめで推移した。

8.3. S16 ロボット気象計

8.3.1. 観測方法と測器

ロボット気象計は、昭和基地東方約 19 km の大陸氷床上の S16 (Point 50) に設置しており、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 47 次隊では、第 46 次隊から引

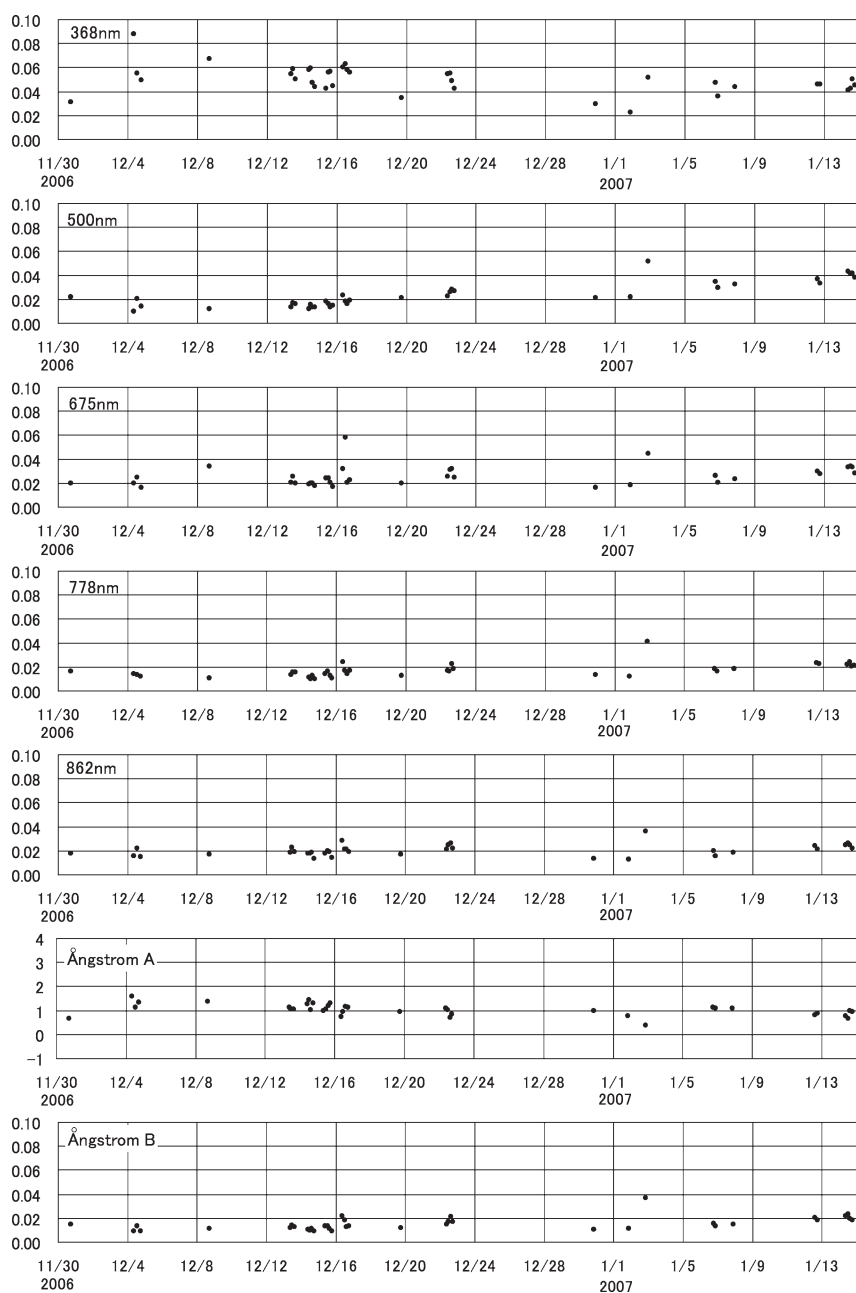


図 34 ドームふじ基地における波長別エアロゾルの光学的厚さ (2006 年 11 月 30 日~2007 年 1 月 14 日)

Fig. 34. Aerosol optical depth for each wavelength at Dome Fuji Station (Nov. 30, 2006-Jan. 14, 2007).

表 21 S16 におけるロボット気象計の測器等一覧表 (2006 年 2 月~2007 年 1 月)
Table 21. Observation elements, frequency of observation and instruments at S16 (Feb. 2006–Jan. 2007).

観測種目	観測時刻	観測精度	使用測器等	備考
現地気圧	毎正分	$\pm 1 \text{ hPa}$	鉄ニッケル合金空こう気圧計 (静電容量変化式)	RS2-91 型 レーウィンゾンデを使用
気温	毎正分	$\pm 0.5^\circ\text{C}$	ビード型ガラスコートサーミスタ (アルミ蒸着加工)	
風速	毎正分	$\pm 0.3 \text{ m/s}$	風車型風向風速計	YOUNG CYG-5103VM
風向	毎正分	$\pm 3^\circ$		

き継いで観測を行った。

観測測器を表 21 に示す。気圧・気温測定部及び発信器部は高層気象観測用のゾンデを改造したものをを用い、データの取得はロボット気象計からの電波を高層気象観測用のパラボラアンテナで受信して行っている。

電源はホーカー製サイクロン電池を使用し、風力発電機により充電を行っている。観測項目は気圧、気温、風向、風速で、毎日 2 回 00, 12 LT の高層気象観測時間帯を除き常時観測を行った。

8.3.2. 観測経過

第 46 次隊では風力発電装置のレギュレータの不具合があったが、引き継ぎ時にレギュレータの交換を行い、その後はバッテリー交換を行わずに順調に動作した。

2006 年 6 月にロボット気象計処理部のハードディスクが故障したため、6 月はじめの数日間は観測データが欠落した。これを機に、変調信号の生データの収録が行えるよう処理部のプログラムを改修した。

現地でのロボット気象計の点検を 2006 年 6 月、10 月、2007 年 1 月に行った。2007 年 1 月は第 48 次隊への引き継ぎを兼ねて点検を行い、その際に風力発電装置のブラシが磨耗していたため交換した。

8.3.3. 観測結果

S16 ロボット気象計で観測した気圧、気温、風速の旬ごとの経過を図 35 に示す。図には、比較のために昭和基地の旬別値も示している（現地気圧のスケールは S16 が左側、昭和基地が右側であることに注意）。S16 は標高 560 m のため標高 20 m 前後の昭和基地より気圧、気温が低く風速は大きいが、変化傾向はよく似ている。

気圧は 6 月下旬から 10 月上旬までの期間、S16 に比べ昭和基地の気圧が高い傾向がより顕著である。これは他の時期に比べ地表付近の気塊が冷えて重くなっていることが要因の一つになっていると考える。

気温は 2006 年 1 月中旬~6 月下旬にかけて昭和基地の方が全体的に高く、7 月下旬以降は昭和基地とほぼ同じ値で経過した。このように夏の終わりから冬の初めにかけて S16 よ

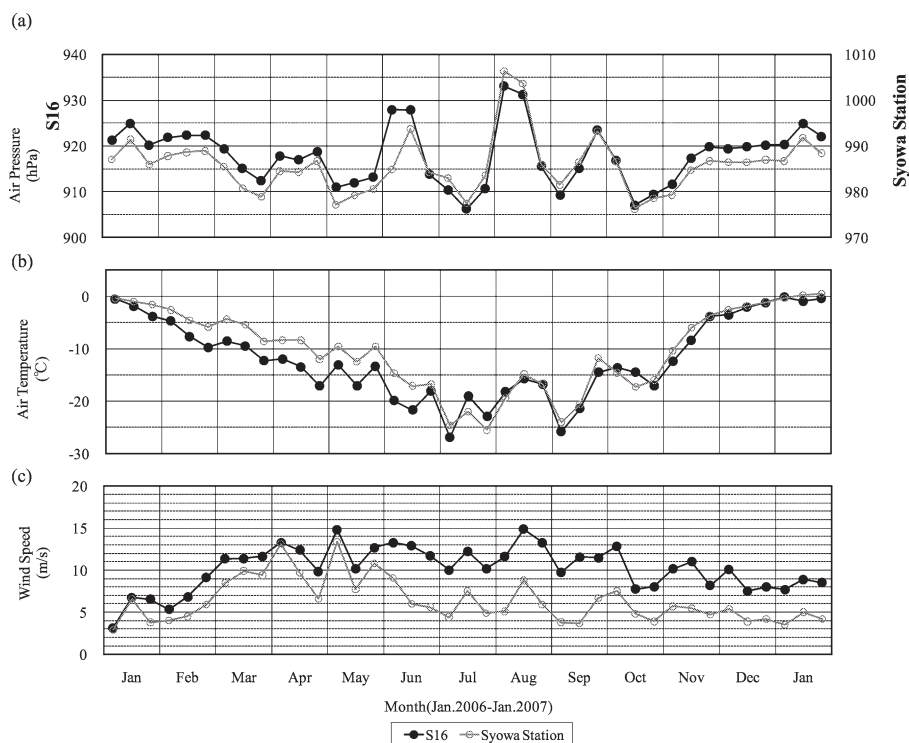


図 35 S16 における気象旬別経過図 (2006 年 1 月~2007 年 1 月)

(a) 現地気圧 (b) 気温 (c) 風速

Fig. 35. Time series of ten-day mean surface meteorological data at S16 (Jan. 2006–Jan. 2007).

(a) Air pressure, (b) Air temperature, (c) Wind speed.

り昭和基地の気温が高くなる傾向は第 45 次隊, 第 46 次隊でもみられた。この原因として, 冬期から春先にかけて昭和基地で気温の逆転層が形成され易いことや夏季に通風筒を持たない S16 の温度計感部が日射を受けることなどが複雑に影響していると考えられる。

風速は全体に S16 の方が昭和基地よりも大きい, 2006 年 5 月までに比べて 6 月以降の方が風速の差が大きくなった。

8.4. 移動気象観測装置 (MAWS)

8.4.1. 観測方法と測器

移動気象観測装置(MAWS)はヴァイサラ社製の気象観測装置であり, 2006 年 8 月 23 日から 11 月 3 日にかけて, 昭和基地からオングル海峡を渡って南極大陸の向岩を結ぶ「向岩ルート」上のポイントである 2 地点 (M05, M10) に MAWS を設置して観測データ収集を行った。M05 は昭和基地から南東に約 3 km 離れたオングル海峡の中間地点, M10 は昭和基地から南東に約 5 km 離れた南極大陸の露岩地帯近くの海氷上である。

表 22 移動気象観測装置 (MAWS) の測器等一覧表

Table 22. Observation elements, frequency of observation and instruments of MAWS.

観測種目	観測精度	使用測器等
現地気圧	± 0.3 hPa	気圧計 (PMT16A)
気温	$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$	温度湿度計 (QMH101)
湿度	$\pm 2\%$: 0-90% $\pm 3\%$: 90-100%	
日射	$100 \mu\text{V/W/m}^2$	日射計 (QMS101)
風速	± 0.3 m/s	風向風速計 (WMS302)
風向	$\pm 3^{\circ}$ 以下	

表 23 移動気象観測装置 (MAWS) の観測地点 (2006 年 8 月 23 日~2006 年 11 月 3 日)

Table 23. Observation points of MAWS (Aug. 23, 2006–Nov. 3, 2006).

観測地点	緯度	経度
M05	南緯 69 度 00.901 分	東経 39 度 39.535 分
M10	南緯 69 度 01.651 分	東経 39 度 41.680 分

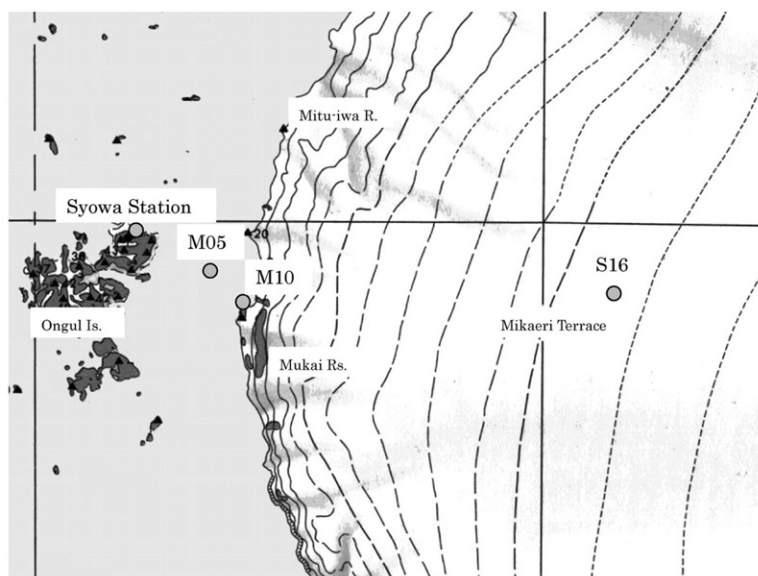


図 36 M05, M10, S16 及び昭和基地の位置

Fig. 36. Positions of M05, M10, S16 and Syowa Station.

観測測器を表 22 に、観測地点を表 23 に示す。M05, M10, S16 及び昭和基地の位置を図 36 に示す。

8.4.2. 観測経過

M05 では 8 月 23 日から 11 月 3 日までの期間を通してデータ収集を行ったが、M10 では MAWS に電源系の不具合があったため 8 月 25 日から 10 月 1 日までデータ収集が行えな

かった。10月1日にM10設置のMAWSのメンテナンスを行い、データ収集を再開した。

M10では10月9日から10月17日まで風速計感部の凍結の疑いがあり、同期間風速データは欠測とした。また、M05では8月27日から9月20日、10月9日から10月17日、10月19日から10月21日、10月25日から10月26日の期間で風向計感部の凍結が疑いがあり、同期間の風向を欠測とした。

11月3日に両地点のMAWSを撤収した。

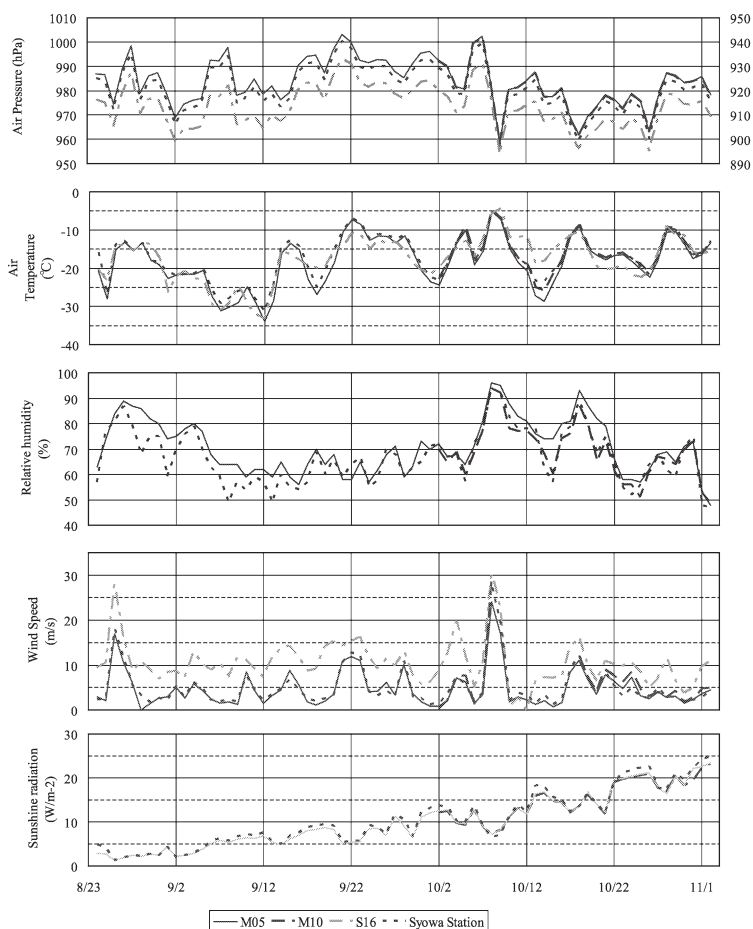


図 37 M05, M10, S16 及び昭和基地における地上気象日別経過図(2006 年 8 月 24 日~2006 年 11 月 2 日)

(a) 現地気圧 (b) 気温 (c) 湿度 (d) 風速 (e) 日射量

Fig. 37. Time series of day mean surface meteorological data at M05, M10, S16 and Syowa Station (Aug. 24, 2006–Nov. 2, 2006).

(a) Air pressure, (b) Air temperature, (c) Relative humidity, (d) Wind speed, (e) Sunshine radiation.

8.4.3. 観測結果

M05 及び M10 で観測した気圧、気温、湿度、風速、日射の日平均値を図 37 に示す。図には比較のため昭和基地及び S16 ロボット気象計の観測値も示している。

気圧は各観測地点でほぼ同じ変化傾向である。M05 と M10 については観測地点間の距離は離れているが標高が同じため、ほぼ同じ値で経過した。

気温は M05 と M10 は昭和基地とほぼ同じ変化傾向である。10 月 8 日から 14 日のブリザードの始まりから終了時までをみると、ブリザードで気温が上昇するピークは 3 地点ともほぼ同じであるが、ブリザードが終了後の気温下降時には M05 が最も気温が下がり、次いで M10、昭和基地の順であった。これは露岩地帯の昭和基地、露岩近くの M10、露岩がない M05 の順で日射による気温の上昇の影響が大きいと考える。

湿度は M10 と昭和基地に比べ M05 の変化が鈍い。これは M05 の周囲が氷で覆われているため、その氷からの昇華により湿度変化が鈍くなっていると考ええる。

風速及び日射量は M05、M10、昭和基地ともにほぼ同じ変化傾向であった。

8.5. 気象庁本庁へのデータ伝送

世界の気象機関への観測結果の通報は、昭和基地の気象衛星通報局装置からヨーロッパの静止気象衛星を経由して行っていたが、月平均で最大 15% が未配信となっていた。第 47 次隊ではこれを改善するため、第 45 次隊からインターネット常時接続となったインテルサット衛星回線を利用して観測データを一端日本国内に FTP 送信し、日本国内から世界の気象機関へ通報する方法に切り替えた。これによりほぼ 100% の配信が可能となった。なお、通報を切り替えた時期は以下の通り。

- ① 地上実況通報式 (SYNOP) の通報 2006 年 7 月
- ② 地上月気候値気象通報式 (CLIMAT) の通報 2006 年 7 月
- ③ 高層実況気象通報式 (TEMP) の通報 2006 年 6 月
- ④ 高層月平均値気象通報式 (CLIMAT TEMP) の通報 2006 年 6 月

謝 辞

第 47 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・助言をいただいた第 47 次隊の白石和行観測隊長、神山孝吉越冬隊長ほか第 47 次観測隊員の皆様、国立極地研究所及び気象庁南極観測事務室、高層気象台ほか気象庁の関係官、並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。

この報告をまとめるにあたり、気象庁の田代照政南極観測事務室長、第 46 次観測隊気象部門の方々にご助言をいただきました。お礼申し上げます。

文 献

- 阿保敏広・佐々木利・海老田綾貴・藤田 建・久光純司 (2008): 第 45 次南極地域観測隊気象部門報告 2004. 南極資料, **52**, 437-515.
- 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. Meteor. Soc. Japan, **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.
- 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.
- 伊藤真人 (2005): 広帯域 (全天型) 紫外域日射計の NIST ランプ検定による測器感度変化と問題点. 高層気象台彙報, **65**, 45-52.
- 伊藤真人・高野松美 (2006): 広帯域 (全天型) 紫外域日射計用外部標準ランプ点検装置の開発とその精度. 高層気象台彙報, **66**, 57-64.
- 金戸 進 (1997): ビナツボ噴火と昭和基地の気候. 南極資料, **41**, 285-290.
- 気象庁 (1990): 国際気象通報式 (第 8 版). 東京, 447 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 (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 (2004): 高層気象観測指針. 東京, 248 p.
- 気象庁 (2005): 気象観測統計指針. 東京, 158 p.
- 気象庁 (2007): 大気・海洋環境観測報告第 7 号 2005 年観測成果. 東京 (CD-ROM).
- 気象庁 (2008): 大気・海洋環境観測報告第 8 号 2006 年観測成果. 東京 (CD-ROM).
- 気象庁 (2009): 大気・海洋環境観測報告第 9 号 2007 年観測成果. 東京 (CD-ROM).
- 国立極地研究所 (2004): 基地要覧 (第 16 版), 2004 年, 東京, 186 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 Journal, **6**, 17-22.
- 佐藤 健・西巻英明・岩城貴信・山本浩嗣・伊藤大輔 (2009): 第 46 次南極地域観測隊気象部門報告 2005. 南極資料, **53**, 136-219.
- 柴田誠司・伊藤真人・能登美之・上野丈夫・岡本利次 (2000): 全天型紫外域日射計の感度変化と測定精度. 高層気象台彙報, **60**, 17-24.
- 田口雄二・加藤裕規・肆矢朗久・坪井一寛・池田友紀子 (2006): 第 42 次南極地域観測隊気象部門報告 2001. 南極資料, **50**, 152-211.