

第 46 次南極地域観測隊気象部門報告 2005

佐藤 健*・西巻英明・岩城貴信・山本浩嗣・伊藤大輔¹Meteorological observations at Syowa Station in 2005
by the 46th Japanese Antarctic Research ExpeditionTatsuru Sato*, Hideaki Nishimaki, Takanobu Iwaki,
Hirotugu Yamamoto and Daisuke Ito¹

(2009 年 4 月 20 日受付; 2009 年 5 月 22 日受理)

Abstract: This report describes the results of meteorological observations at Syowa Station from February 1st, 2005 to January 31st, 2006, carried out by the Meteorological Observation Team of the 46th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-46). The observation methods, instruments and statistical methods used by the JARE-46 were almost the same as those used by the JARE-45 observation team.

Remarkable weather phenomena observed during the period of JARE-46 are as follows.

- 1) Annual mean relative humidity and cloud amount in 2005 at Syowa Station were 73% and 7.5, both records for Syowa Station. Annual mean wind speed and number of snow days were 7.2 m/s and 228 days, both second highest values.
- 2) There were 30 blizzards of which 6 were class A, 9 class B and, 15 class C, typical of a normal year.
- 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. 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.

要旨: この報告は、第 46 次南極地域観測隊気象部門が、2005 年 2 月 1 日から 2006 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 45 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、2005 年の年平均相対湿度 73% は高い方から、年平均雲量 7.5 は多い方からの極値を更新し、年平均風速 7.2 m/s は大きい方から、年合計雪日数 228 日は多い方から第 2 位の記録となった。
- 2) ブリザードの回数は、A 級 6 回、B 級 9 回、C 級 15 回の計 30 回で平年並みだったが、5 月は過去最多の 5 回を記録した。
- 3) 昭和基地上空のオゾン全量日代表値は、8 月下旬から 10 月中旬までオゾンホールの目安となる 220 m atm-cm 以下の値を継続的に下回り、9 月の月平均値は 173 m atm-cm で、過去 4 番目に少なかった。10 月 4 日には越冬中の最低値である

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

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

136 m atm-cm を記録した。

1. はじめに

南極昭和基地における気象観測は、第 1 次隊が 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 46 次南極地域観測隊気象部門は、2005 年 2 月 1 日に第 45 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、2006 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、観測値の統計方法等は第 45 次隊とほぼ同様である（阿保ら、2008）。

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 45 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、第 45 次隊がブリューワー分光光度計 MK III（168 号機：第 42 次持ち込み）を、保守と検定のために国内に持ち帰ったため、第 44 次隊以降予備機として運用していた MK II（091 号機）により通年観測した。また、上向き反射放射観測では、測器を設置した鉄塔が夏季の融雪・解氷により倒壊の恐れが生じ、一旦観測を中断したため、越冬後半の約 7 か月間のみ観測した。特殊ゾンデ観測として、気水圏部門と共同で 9 回のエアロゾルゾンデ観測を行った。さらに、次期高層気象観測装置（GPS 高層気象観測システム）の一部を持ち込み、空中線の設置環境調査や試験運用を実施した。

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などを行ったほか、第 45 次隊が整備したインテルサット（国際電気通信衛星機構）によるインターネット常時接続環境を利用して、気象庁本庁への定常的なデータ伝送を開始した。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. 46（Japan Meteorological Agency [気象庁]、2007）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。

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

観測項目と使用測器等を表 1 に, 測器配置を図 1 に示す。

(1) 総合自動気象観測装置 (地上系) による自動観測

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

(2) 目視観測

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

表 1 昭和基地における地上気象観測使用測器等一覧表 (2005 年 2 月~2006 年 1 月)

Table 1. Observation elements, frequency of observation, minimum unit and instruments at Syowa Station (Feb. 2005–Jan. 2006).

観測種目	観測時刻	観測 最小単位	使用測器等	型式	備考
現地気圧	連続・毎正時	0.1hPa	電気式気圧計 (静電容量型)	PTB220	フォルトン型水銀気圧計 により比較点検 (週 1 回)
	—		フォルトン型水銀気圧計		比較観測に使用
海面気圧	連続・毎正時	0.1hPa	—		気温・現地気圧から算出
気圧変化量・ 気圧変化型	毎正時	0.1hPa	—		現地気圧から算出・決定
	—		—		—
気温	連続・毎正時	0.1℃	電気式温度計 (白金抵抗型)	Pt-100	アスマン通風乾湿計により 比較点検 (月 1 回)
	—		アスマン通風乾湿計		比較観測に使用
露点温度	連続・毎正時	0.1℃	—		気温・湿度観測値から算出
蒸気圧	同上	0.1hPa	—		気温・湿度観測値から算出
相対湿度	同上	1%	電気式湿度計 (静電容量型)	HMP233LJM	アスマン通風乾湿計により 比較点検 (月 1 回)
			アスマン通風乾湿計		比較観測に使用
風向	同上	1°	風車型風向風速計	FF-11	測風塔 (地上高 10.1m) に設置
風速	同上	0.1m/s			
全天日射量	同上	0.01MJ/m 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	0.1h	日射日照計 (太陽追尾式日照計)	MS-101D	気象棟南西側旗台地に設置, 日射計と一体型
積雪深	同上	1cm	超音波式積雪計	CF-212	観測棟北東側海岸斜面に設置
雲量・雲形・ 向き・高さ	週 1 回	同上	雪尺 (竹竿 9 本)		北の浦海氷上に設置
	定時		目視		
視程	定時(目視)	10m(目視)	目視		
			視程計 (現象判別付)	TZE-6P	参考測器
大気現象	常時		目視		
			視程計 (現象判別付)	TZE-6P	参考測器

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

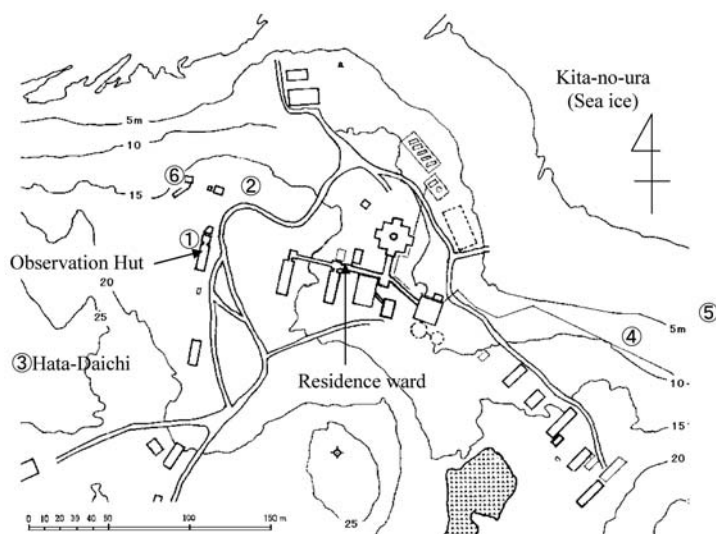


図 1 昭和基地主要部と測器感部の配置（国立極地研究所（2004）に加筆）

- 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.

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

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) 海水上積雪深観測

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。

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

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ト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 -0.05 hPa から $+0.08 \text{ hPa}$ 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月 1 回行い、通風筒清掃時にも行った。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、2005 年 7 月 9 日と 8 月 11 日には着霜後の気温低下により風向軸が凍結し、断続的に欠測となり欠測時間が 30 分以上となったため、日平均風速を欠測とした。

(4) 全天日射量、日照時間

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

1 年を通じて順調に作動したが、2005 年 4 月 27 日のデータ処理部の障害と、2006 年 1 月 9 日に行った第 47 次との引き継ぎを兼ねた感部交換のため、全天日射量の特別値がそれぞれ 2 時間欠測となった。

(5) 積雪の深さ

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

強風時や新雪時には受信波のレベルが低下して測定不能となることが度々あった。欠測は特別値の約 8.5% で、1 日を通して欠測となった日が 11 日あった。

(6) 視程（視程計による参考記録）

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

(7) 海氷上の積雪観測

2005 年 3 月下旬までは海氷状態が安定せず雪尺を設置できなかったが、海氷状態が安定した 3 月 26 日に雪尺を設置し観測を開始した。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、及び設置時の海水状態を考慮して新たに設置場所を選定した。2006 年 1 月 2 日の観測で海水の融解により 6 本の雪尺が傾いていたため観測を終了した。

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（3 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、越冬中の天気概況を表 5 に、海水上（雪尺）と陸上（積雪計）の積雪深観測値の比較を図 3 に示す。

越冬期間中における昭和基地の気象の主な特徴として、以下のことが挙げられる。

- (1) 2 月から 9 月上旬にかけてはおおむね、風速は平年より大きく、雲量は平年より多く、日照時間は平年より少なめで経過した（図 2）。年平均相対湿度 73%，年平均蒸気圧 2.4 hPa は高い方から第 1 位を、年平均雲量 7.5 は多い方から第 1 位を、年平均風速 7.2 m/s は大きい方から第 2 位を、年合計雪日数 228 日は多い方から第 2 位を記録した（表 2）。
- (2) 2 月は曇りや雪、風の強い日が多く、月平均相対湿度、月平均蒸気圧は高い方から第 1 位を、月平均雲量は多い方から第 1 位を、月平均風速は大きい方から第 1 位を記録した。月間日照時間は少ない方から第 1 位を記録した（表 3）。
- (3) 5 月は雪やふぶきの日が多く、月間日照時間 0.0 h は観測開始以来少ない方から第 1 位を記録した。月平均風速は大きい方から第 1 位を記録した。
- (4) 11 月は月平均気温、最高気温月平均、最低気温月平均がそれぞれ低い方から第 1 位を記録した。月平均風速は小さい方から第 1 位を、月最大風速と月最大瞬間風速は小さい方から第 2 位を記録した。
- (5) 2005 年に観測したブリザードは 30 回だった。2 月から 4 月は合計 4 回と少なかったが、5 月は多くなり 5 月としては最多の 5 回を観測した。その後 10 月まで毎月 3 回～6 回と多く観測された。11 月から 2006 年 1 月まではブリザードはなかった（表 4）。
- (6) 積雪は、陸上では 2 月から 6 月にブリザードやふぶきの度に一時的に多かったものの、例年より少ない状態が続いた。7 月からは次第に増加し、9 月上旬にピークとなった。10 月から 11 月はおおむね 40 cm 前後で安定した。一方海水上の積雪は、観測開始の 3 月から 6 月までは降雪があっても強風で吹き飛ばされるなどして少なく、おおむね 0 cm 前後が続いた。積雪がなくなり裸氷となり日射の影響で海水の表面が解けたため、積雪がマイナスとなる時もあった。7 月になると A 級ブリザードが連続したことで積雪量は急増し、その後も徐々に増加して 10 月下旬にピークとなった。12 月になると陸上、海水上ともに急減し、12 月下旬からは積雪は観測されなくなった。

海水上に比べ、陸上の積雪は変動が激しく、また年間を通しておおむね海水上よりも積雪

表 2 昭和基地における地上気象観測月別気象表 (2005 年 1 月~2006 年 1 月)

Table 2. Monthly summaries of surface observations at Syowa Station (Jan. 2005-Jan. 2006).

項目	2005												2006												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
平均海面気圧	990.3	981.2	985.0	982.6	984.3	994.9	986.2	983.5	980.5	982.0	987.2	998.9	986.4	988.1	989.4	990.6	991.8	993.0	994.2	995.4	996.6	997.8	999.0	1000.2	988.1
最低海面気圧	978.4	964.3	947.6	955.6	952.6	970.9	954.6	945.6	949.9	954.5	969.8	979.0	945.6	973.4	974.4	975.6	976.8	978.0	979.2	980.4	981.6	982.8	984.0	985.2	973.4
起日	1	25	21	15	25	3	5	10	8	7	6	7	8/10	28											
平均気温	-0.5	-1.8	-5.7	-10.5	-11.4	-14.3	-14.6	-16.4	-17.8	-14.2	-9.4	-0.9	-9.8	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
日最高気温の平均	2.3	-0.1	-3.3	-8.0	-9.3	-11.0	-11.5	-12.9	-15.0	-11.7	-6.2	2.0	-7.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
日最低気温の平均	-3.7	-3.6	-8.7	-13.6	-13.8	-18.3	-17.7	-20.0	-21.2	-18.2	-13.3	-4.7	-13.1	-4.3	-4.3	-4.3	-4.3	-4.3	-4.3	-4.3	-4.3	-4.3	-4.3	-4.3	-4.3
最高気温	6.4	2.6	-0.2	-3.5	-4.1	-2.5	-7.2	-4.6	-7.8	-4.2	2.9	6.4	6.4	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
起日	11	8	12	27	4	3	14*	28	11	29	22	12/22	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
最低気温	-6.5	-9.8	-20.4	-24.9	-26.0	-32.8	-30.8	-36.4	-31.5	-31.3	-25.0	-8.4	-36.4	-7.5	-7.5	-7.5	-7.5	-7.5	-7.5	-7.5	-7.5	-7.5	-7.5	-7.5	-7.5
起日	27	16	24	24	30	19	22	2	30	9	4	20	8/2	24*											
日最低気温 0℃以上の日数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
日平均気温 0℃以上の日数	14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
日最高気温 0℃以上の日数	28	17	0	0	0	0	0	0	0	0	3	25	73	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
日最高気温 -10℃以上の日数	31	28	31	25	21	16	13	14	6	12	22	31	250	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
日最高気温 -20℃未満の日数	0	0	1	5	2	15	8	11	16	11	4	0	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
日平均気温 -20℃未満の日数	0	0	0	2	2	5	4	7	12	6	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
日最高気温 -20℃未満の日数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
平均海面気圧	3.8	4.0	3.1	2.2	2.1	1.8	1.6	1.5	1.2	1.7	2.2	4.0	2.4	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
平均相対湿度	65	75	74	75	73	74	74	77	72	75	69	71	73	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
平均風速	4.1	9.3	7.0	8.0	10.7	7.8	8.8	8.0	8.5	6.3	4.1	3.5	7.2	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
最大風速	20.5	33.7	25.6	24.2	34.4	31.8	35.8	33.7	34.8	23.7	15.9	18.0	35.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8
風向	E	ENE	ENE	E	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	E	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE
起日	2*	25	21	30	3	21	5	10	10	22	30	6	7/5	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
最大瞬間風速	29.0	45.0	34.3	30.8	42.7	42.6	45.7	43.7	45.2	32.1	20.2	24.0	45.7	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
風向	ENE	ENE	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	2	25	21	30	3	21	5	10	10	22	30	6	7/5	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
最大風速	9	23	19	23	24	16	21	18	17	19	10	7	206	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10.0m/s以上の日数	3	17	12	14	17	12	14	13	14	8	1	1	126	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
15.0m/s以上の日数	0	1	0	0	2	2	2	3	5	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30.0m/s以上の日数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
日照時間	499.9	117.0	139.6	26.6	0	-	1.0	43.5	141.3	187.7	275.1	499.7	1931.4	434.7	434.7	434.7	434.7	434.7	434.7	434.7	434.7	434.7	434.7	434.7	434.7
日照率	71	24	35	10	0	0	0	20	42	39	44	67	44	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
平均全日降水量	28.4	13.8	7.7	2.0	0.2	0.0	0.1	1.3	6.5	14.8	24.7	31.6	10.9	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8	26.8
不降日数	-	5	10	22	31	30	30	18	11	7	2	-	166	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
平均降水量	4.7	9.1	7.0	8.9	8.3	7.8	8.7	8.1	6.2	7.9	7.8	4.9	7.5	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
1.5未満の日数	10	0	4	0	3	2	0	2	6	3	2	7	39	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
8.5以上の日数	7	22	15	22	24	14	23	21	11	20	17	8	204	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
雪日数	4	21	21	25	24	18	24	27	16	23	15	10	228	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
落日数	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	5	11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ブリザード日数	0	2	1	1	10	10	7	12	8	6	0	0	57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 3 昭和基地における地上気象観測極値・順位更新記録 (2005 年 2 月~2006 年 1 月)

Table 3. New records of surface meteorological observations extrema and ranking at Syowa Station (Feb. 2005-Jan. 2006).

年	月	要素	観測値		順位	要素	観測値		順位			
		年別値										
2005		年平均蒸気圧	2.4	hPa	1 位	高						
		年平均相対湿度	73	%	1 位	高						
		年最小相対湿度	31	%	2 位	高						
		年平均雲量	7.5		1 位	多						
		年平均風速	7.2	m/s	2 位	大						
	月別値	旬別値										
2005	2	月平均現地気圧	978.6	hPa	2 位	低	旬平均海面気圧 (中旬)	977.1	hPa	1 位	低	
		月平均海面気圧	981.2	hPa	2 位	低	旬平均雲量 (上旬)	9.2		3 位	多	
		最低気温月平均	-3.6	℃	2 位	高	旬平均雲量 (下旬)	10.0		1 位	多	
		月平均蒸気圧	4.0	hPa	1 位	高	旬平均風速 (上旬)	8.9	m/s	3 位	大	
		月平均相対湿度	75	%	1 位	高	旬平均風速 (下旬)	11.8	m/s	1 位	大	
		月平均雲量	9.1		1 位	多	日照時間旬合計 (上旬)	47.7	h	3 位	大	
		月平均風速	9.3	m/s	1 位	大	日照時間旬合計 (下旬)	7.1	h	1 位	少	
		月最大瞬間風速	45.0	m/s	3 位	大						
		月間日照時間	117.0	h	1 位	大						
		3	月最低海面気圧	947.6	hPa	2 位	低	旬平均雲量 (上旬)	4.8		3 位	少
								日照時間旬合計 (上旬)	84.3	h	2 位	多
4	月平均雲量	8.9		2 位	多							
	月間日照時間	26.6	h	2 位	多							
5		月平均蒸気圧	2.1	hPa	1 位	高	旬平均気温 (上旬)	-7.9	℃	1 位	高	
		月平均雲量	8.3		2 位	多	旬平均雲量 (上旬)	9.9		1 位	多	
		月平均風速	10.7	m/s	1 位	大	旬平均雲量 (中旬)	9.4		2 位	多	
		月間日照時間	0.0	h	1 位	少	旬平均風速 (上旬)	13.2	m/s	1 位	大	
							日照時間旬合計 (上旬)	0.0	h	1 位	少	
6						日照時間旬合計 (中旬)	0.0	h	1 位	少		
						日照時間旬合計 (下旬)	0.0	h	1 位	少		
		月平均蒸気圧	1.8	hPa	3 位	高	旬平均雲量 (上旬)	9.0		3 位	多	
		月平均相対湿度	74	%	3 位	高	旬平均風速 (上旬)	12.3	m/s	3 位	大	
7		月平均蒸気圧	1.6	hPa	3 位	高	旬平均雲量 (上旬)	9.7		1 位	多	
		月平均雲量	8.7		1 位	多	旬平均風速 (上旬)	12.3	m/s	3 位	大	
						日照時間旬合計 (中旬)	0.0	h	1 位	少		
8		最低気温月平均	-20.0	℃	3 位	高	旬平均雲量 (下旬)	9.4		1 位	多	
		月平均蒸気圧	1.5	hPa	2 位	高	旬平均風速 (下旬)	9.4	m/s	3 位	大	
		月平均相対湿度	77	%	2 位	高	日照時間旬合計 (下旬)	10.6	h	2 位	大	
		月平均雲量	8.1		3 位	多						
		月平均風速	8.0	m/s	3 位	大						
9						旬平均雲量 (上旬)	9.3		1 位	多		
						旬平均風速 (上旬)	12.9	m/s	1 位	大		
						日照時間旬合計 (上旬)	4.5	h	1 位	少		
10					旬平均海面気圧 (上旬)	973.3	hPa	3 位	低			
11		月平均気温	-9.4	℃	1 位	低	旬平均気温 (上旬)	-14.0	℃	1 位	低	
		最高気温月平均	-6.2	℃	1 位	低	旬平均気温 (中旬)	-9.6	℃	1 位	低	
		最低気温月平均	-13.3	℃	1 位	低	旬平均雲量 (下旬)	9.5		2 位	多	
		月最低気温	-25.0	℃	1 位	低	旬平均風速 (上旬)	2.6	m/s	1 位	小	
		月平均蒸気圧	2.2	hPa	1 位	低						
		月平均風速	4.1	m/s	1 位	小						
		月最大風速	15.9	m/s	2 位	小						
		月最大瞬間風速	20.2	m/s	2 位	小						
12		月平均現地気圧	996.3	hPa	2 位	高	旬平均海面気圧 (下旬)	1000.8	hPa	1 位	高	
		月平均海面気圧	998.9	hPa	2 位	高						
2006	1					旬平均雲量 (下旬)	2.8		2 位	少		

注 年・月・旬ともに極値・順位値を更新した 1 位から 3 位までを記載した。

「」付きの値は期間中に 20% 以下の欠測があったことを示す。

表 4 昭和基地におけるブリザードの概要 (2005 年 2 月~2006 年 1 月)
 Table 4. Summaries of heavy snowstorms (blizzards) at Syowa Station (Feb. 2005-Jan. 2006).

通番	年	月	日	時	分	年	月	日	時	分	階級	最大風速 風向	最大風速 風向	最大瞬間風速 風向	最低海面気圧 起時 (11)	中絶時間 時刻 (11)
1	2005	2	18	5	20	2005	2	18	11	50	C	25.2 NE	0330 (18)	33.2 NE	0322 (18)	972.6 0418 (18)
2	2005	2	25	15	20	2005	2	25	23	0	C	33.7 ENE	1050 (25)	45.0 ENE	1054 (25)	964.3 1924 (25)
3	2005	3	3	2	20	2005	3	3	8	50	C	15.4 NE	0820 (3)	22.0 NNE	0816 (3)	1823 (4)
4	2005	4	30	2	30	2005	4	30	10	30	C	24.2 E	2140 (30)	30.8 ENE	2141 (30)	969.2 2140 (30)
5	2005	5	3	6	20	2005	5	5	7	30	A	34.4 ENE	1400 (3)	42.7 ENE	1310 (3)	1509 (3)
6	2005	5	6	1	20	2005	5	6	16	10	B	27.6 NE	1000 (06)	36.2 NE	0958 (6)	979.4 0956 (6)
7	2005	5	14	16	40	2005	5	15	8	30	B	27.7 E	2300 (14)	37.6 E	1848 (14)	973.1 2025 (14)
8	2005	5	16	15	30	2005	5	17	2	0	C	28.4 ENE	1620 (16)	35.4 ENE	1655 (16)	978.4 0602 (16)
9	2005	5	24	3	40	2005	5	25	7	0	B	30.2 ENE	1040 (24)	39.9 E	0315 (25)	952.6 0347 (25)
10	2005	6	1	17	20	2005	6	4	7	30	B	30.0 NE	1240 (3)	37.8 NE	1211 (3)	970.9 1626 (3)
11	2005	6	8	4	30	2005	6	9	4	0	C	19.0 ENE	1650 (8)	25.2 ENE	0809 (8)	982.9 0417 (8)
12	2005	6	10	23	28	2005	6	11	10	50	C	20.8 NE	0610 (11)	27.5 NE	0553 (11)	985.9 0815 (13)
13	2005	6	20	11	30	2005	6	21	21	40	B	31.8 ENE	1540 (21)	42.6 ENE	1534 (21)	974.1 1440 (21)
14	2005	7	1	10	20	2005	7	2	4	40	A	28.8 ENE	2040 (1)	36.0 ENE	2036 (1)	977.8 2230 (1)
15	2005	7	4	9	10	2005	7	6	11	50	A	35.8 ENE	2030 (5)	45.7 E	0004 (28)	954.6 0114 (5)
16	2005	7	24	6	50	2005	7	24	14	50	C	24.8 ENE	0940 (24)	31.5 NE	1137 (24)	980.6 0918 (24)
17	2005	7	28	0	30	2005	7	28	9	20	C	17.9 NE	0040 (28)	24.4 NNE	0601 (28)	988.9 0308 (27)
18	2005	8	4	14	40	2005	8	7	0	40	B	22.2 ENE	2310 (6)	29.0 ENE	2307 (6)	971.8 0841 (7)
19	2005	8	9	6	30	2005	8	10	18	55	A	33.7 ENE	0130 (10)	43.7 ENE	0234 (10)	945.6 0220 (10)
20	2005	8	24	4	0	2005	8	24	15	41	C	16.9 NNE	0900 (24)	23.9 NE	0731 (24)	991.8 0419 (24)
21	2005	8	25	10	10	2005	8	27	0	20	B	25.5 NE	1250 (25)	33.3 NE	1452 (26)	971.5 1334 (25)
22	2005	8	27	23	0	2005	8	28	20	50	B	29.3 ENE	0530 (28)	37.2 ENE	0514 (28)	957.1 1134 (28)
23	2005	8	31	16	58	2005	9	1	17	10	A	32.5 NE	0120 (1)	39.7 NE	0147 (1)	958.3 1845 (31)
24	2005	9	6	22	20	2005	9	7	23	0	B	32.0 NE	0830 (7)	39.9 NE	0804 (7)	973.3 0005 (7)
25	2005	9	8	11	10	2005	9	10	14	50	A	34.8 E	0650 (10)	45.2 NNE	1933 (8)	949.9 1900 (8)
26	2005	9	27	15	20	2005	9	28	3	34	C	29.7 ENE	2300 (27)	36.1 ENE	0010 (28)	970.0 0011 (28)
27	2005	10	2	9	40	2005	10	3	0	37	C	18.2 NE	1920 (2)	23.7 NE	2008 (2)	975.8 0951 (2)
28	2005	10	10	21	20	2005	10	11	8	0	C	22.6 E	0430 (11)	30.5 E	0543 (11)	983.1 0228 (11)
29	2005	10	22	5	50	2005	10	22	18	20	C	23.7 NE	1110 (22)	32.1 ENE	1124 (22)	989.9 1114 (22)
30	2005	10	24	10	10	2005	10	24	20	49	C	17.6 NE	1810 (24)	22.4 NE	1808 (24)	983.5 1028 (24)

※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。

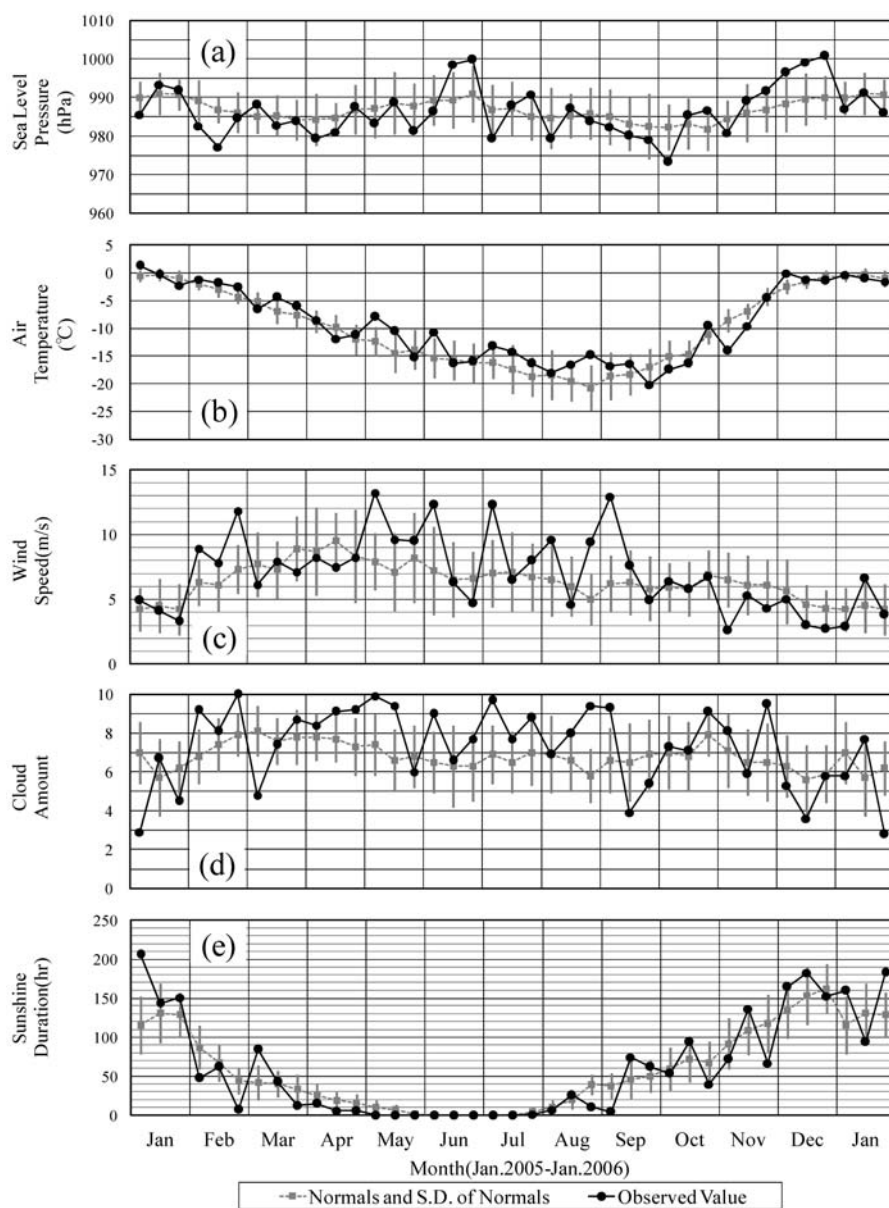


図 2 昭和基地における地上気象旬別経過図 (2005 年 1 月~2006 年 1 月)。
 平年値は 1971–2000 年の平均値。(a) 海面気圧, (b) 気温, (c) 風速, (d) 雲量, (e) 日照時間。

Fig. 2. Time series of ten-day mean surface meteorological data at Syowa Station (Jan. 2005–Jan. 2006). Normals are average value in 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 (2005 年 2 月~2006 年 1 月) (1/4)
Table 5. Weather summaries at Syowa Station (Feb. 2005-Jan. 2006). (1/4)

年・月	天気概況	
	全般	天気概況
2005 年 2 月	上旬	全般的に昭和基地の西に気圧の谷が停滞し曇や雪の日が多く、風も強かった。月平均風速 (9.1)、月平均風量 (9.3 m/s) は、ともに 2 月として大きい方の極値を更新し、月間日照時間 (117.0 h) は 2 月の少ない方の極値を更新した。月平均気温 (−1.8℃) は半年よりもかなり高く、2 月として高い方から第 4 位の記録となった。ブリザードは 18 H と 25 H の 2 回襲来し、ともに C 級であった。
	中旬	期間を通して昭和基地の西に気圧の谷が停滞した。1 H から 5 H にかけては、発達した低気圧とそれに伴う前線が昭和基地に接近し、荒天が続いた。7 H から 8 H は昭和基地のはるか北から南東進した低気圧と昭和基地の西にある低気圧の間で風が弱く、晴れ間もあったが、9 H 以降は再び西からの低気圧の接近により曇りがちで経過した。旬平均風速 (9.2)、旬平均風量 (8.9 m/s) はともに大きい方から第 3 位であった。旬合計日照時間 (47.7 h) も少ない方から第 3 位を記録した。気温は半年よりも高かった。
	下旬	11 H まで、前線の影響で雪が降ったが、12 H から 13 H には大陸の高気圧が強まって、風はやや強いものの晴れ間の見える天気となった。14 H から 15 H には低気圧が接近してきたが、急速に衰弱したため、16 H に気圧の尾根が通過するまで、引き続き好天に恵まれた。17 H 以降は再び発達した低気圧が接近して悪天で経過し、特に 18 H の午前中はふぶきとなり C 級ブリザードを記録した。気温は半年よりも高かった。
	下旬	期間を通して昭和基地の西に気圧の谷が停滞し、24 H から 26 H にかけては昭和基地の西で谷が深まった。これに対応する地上低気圧も 26 H にかけて非常に発達しながら昭和基地に接近し、25 H はほぼ終日風速が 25 m/s 以上で経過した。この日の最大風速は 33.7 m/s、最大瞬間風速は 45.0 m/s を記録したが、視程が 1 km 前後で推移したため、ブリザードとしては C 級であった。旬平均風速 (10.0)、旬平均風量 (10.0)、旬合計日照時間 (7.1 h) は少ない方の極値、旬合計日照時間 (7.1 h) は少ない方の極値を更新した。旬平均気温 (−2.6℃) は半年よりもかなり高く、高い方から第 4 位であった。
2005 年 3 月	上旬	月の前半は 2 H ~ 3 H、10 H ~ 12 H を除いておおむね好天で経過したが、後半は次々に接近した低気圧の影響で雪やふぶきの H が多かった。特に 18 H ~ 22 H、27 H ~ 28 H には強風を伴ってふぶきとなったが、悪視程の継続時間が短く、ブリザードにはならなかった。月平均気温は半年より高く、月合計日照時間は半年より多かった。期間中のブリザードは 3 H に記録した C 級 1 回のみであった。
	中旬	9 日まで東経 50°~70° 付近に長波の谷が停滞し、昭和基地付近は相対的に東谷の場となったために好天の日が多かった。2 月~3 日にかけては、昭和基地の北を非常に発達した低気圧が通過したためにふぶきとなり、3 H に C 級ブリザードを記録したが、低気圧は南下接近することはない。天候の回復は早かった。日照時間は半年よりかなり多く、旬合計値 84.3 h は多い方から第 2 位を記録し、旬平均風速 4.8 も少ない方から第 3 位であった。旬平均気温は半年より低かった。
	下旬	13 H ~ 15 H と 17 H は東西の低気圧にはさまれて好天となったが、それ以外は低気圧の影響で雪やふぶきとなった。10 H ~ 12 H は昭和基地付近に前線が停滞して降雪が長時間にわたった。18 H 以降は昭和基地付近は西谷の場が継続し、下旬のはじめにかけ悪天が続いた。旬合計日照時間は半年並み、旬平均気温は半年より高かった。
	下旬	23 H と 26 H に東西の低気圧にはさまれて一時的に好天となった以外には、低気圧が次々と昭和基地に接近した影響で雪の日が多かった。21 H には発達した低気圧が南東進して昭和基地に接近したためにふぶきとなり、この日の最低海面気圧 947.6 hPa は 3 月としては低い方から第 2 位を記録したが、低気圧は昭和基地付近に達した後急速に衰弱したために、ブリザードにはならなかった。旬合計日照時間は半年より少なく、旬平均気温は半年より高かった。
2005 年 4 月	上旬	昭和基地付近は、月を通して低気圧の接近が多く、また前線帯が形成されたことにより、悪天の日が多く、雪日数 (25 日)、日照日数 (22 日) は半年 (雪 18.7 日、日照 14.6 日) を大きく上回った。日照時間の月合計値 (26.6 h) は、半年 (60.9 h) の半分にも満たず、4 月としては少ない方から第 2 位の記録となり、月平均風速も多い方から第 2 位を記録した。その反面、著しく発達した低気圧の接近は少なく、ブリザードは 30 日に記録した C 級 1 回のみであった。月平均気温は半年並みであった。
	中旬	4 H に大陸の高気圧が、一時的に勢力を強め、終日快晴となったほか、低気圧が昭和基地付近を次々に通過し、曇や雪の日が多かった。6 H から 8 H にかけては、発達した低気圧が南東進して昭和基地に接近し、ふぶきとなったが、降雪が少なく悪視程が持続しなかったこと、低気圧が昭和基地付近で急速に衰弱したこと、ブリザードにはならなかった。
	下旬	14 H は東西の低気圧にはさまれて相対的に高圧場となり、期間中唯一降雪が観測されたために、好天は半日程度しか持続しなかった。そのほかの日には、緩やかな東谷の場の中で比較的穏やかであった 17 H から 18 H を含めて毎日降雪があり、旬合計日照時間は半年よりかなり少なかった。
	下旬	23 H から 24 H にかけて、大陸の高気圧が昭和基地付近に張り出したため、一時的に好天となったが、そのほか低気圧が次々に昭和基地付近を通過し、雪やふぶきの H が多かった。29 日から 30 日にかけては、発達した低気圧が昭和基地に接近し、30 日に C 級ブリザードを記録した。旬平均風速は多い方から第 4 位を記録した。

表 5 昭和基地における天気概況 (2005 年 2 月~2006 年 1 月) (2/4)
Table 5. Weather summaries at Syowa Station (Feb. 2005-Jan. 2006). (2/4)

2005 年 5 月	昭和基地の両側に長波の谷が停滞し、発達した低気圧が次々に接近したため、雪やふぶきの日が多く、5 月の日照時間は第 3 次隊が観測を開始して以来初めて 0.0 時間となった。月平均風速も大きい方の極値となり。月平均雲量も多い方から第 2 位の記録であった。期間中 A 級 1 回、B 級 3 回、C 級 1 回の計 5 回のブリザードを記録した。
	上旬 9 日までは昭和基地付近に前線帯がかり、低気圧が次々に接近して雪やふぶきの天候で経過した。3 日から 5 日にかけては、昭和基地に接近した発達した低気圧とそれに伴う前線の影響で A 級ブリザードとなった。6 日にも別の低気圧が接近し、B 級ブリザードを記録した。10 日には前線帯がやや北上し、雲は多めながら穏やかな天候となった。旬平均気温は高い方の極値。旬平均雲量は多い方の極値。旬平均風速は大きい方の極値をそれぞれ更新した。
	中旬 13 日までは前線帯が昭和基地から北に離れて位置し、低気圧の接近はなかったが、雲は多く降雪を伴った。14 日から 15 日にかけては、昭和基地の東に急速に発達しながら南下した低気圧により、B 級ブリザードとなった。また、この低気圧が衰弱した後昭和基地付近に発生した低気圧の影響で、16 日から 17 日にも C 級ブリザードを記録した。18 日以降は、昭和基地付近は弱いながらも気圧の尾根にあたり、雲は多かったが穏やかに経過した。旬平均気温は高い方から 4 位、旬平均雲量は多い方から 2 位、旬平均風速は大きい方から 6 位を記録した。
2005 年 6 月	下旬 25 日までは低気圧の接近でふぶきの日が多く、特に 24 日から 25 日に接近した低気圧は中心示度 924 hPa にまで発達し、B 級ブリザードをもたらした。26 日以降は極端高気圧の張り出しにより、穏やかに晴れる日が多く、30 日から 31 日には平均気温が -20℃を下回り、冷え込みが厳しかった。旬平均気温は平年並みであった。
	月の前半は、低気圧や前線の接近によりふぶきや雪の日が多かったが、後半は極端高気圧の勢力が強まり、穏やかな日が多かった。月平均気温は平年より高く、3 日に観測された月最高気温 -2.5℃は、6 月としては高い方から第 4 位の記録となった。また、月平均湿度、月平均蒸気圧はともに 6 月として高い方から第 3 位を記録した。期間中のブリザードは B 級、C 級それぞれ 2 回、計 4 回記録された。
	上旬 1 日から 2 日にかけて昭和基地に接近した低気圧は昭和基地付近で消滅したが、その後も前線が残り、3 日から 4 日にかけて接近した別の低気圧が東に遠ざかるまで悪天が継続した。この 4 日間にはわたる悪天は、継続時間 62 時間 10 分の B 級ブリザードとなった。旬の後半は、8 日から 9 日にかけて、昭和基地付近に発生した小低気圧の影響で C 級ブリザードとなったが、そのほかは低気圧が昭和基地から比較的速くを通過したため、雲は多めながらもブリザードとなるような悪天はなかった。旬平均気温は高い方から第 5 位、旬平均雲量と旬平均風速はともに大きい方から第 3 位の記録となった。
2005 年 7 月	中旬 10 日夜から 11 日にかけて西から昭和基地に近付いた低気圧は、C 級ブリザードをもたらした後衰弱しながら西へ退いた。このため、12 日には天候が一旦回復したが、同じ低気圧が 13 日から 14 日にかけて昭和基地の直近まで進み、再びふぶき横暴となった。15 日から 19 日にかけては、極端高気圧が昭和基地付近に張り出し、比較的穏やかな天候が続いた。17 日までは上空の気圧の尾根が明瞭でなく、雲は多めに経過し降雪も伴ったが、18 日、19 日は昭和基地付近は北から伸びる気圧の尾根に入り、快晴となった。冷え込みも厳しくなり、19 日には今季最低の -32.8℃を記録した。旬平均気温は平年並みであった。
	下旬 20 日から 21 日に発達した低気圧とそれに伴う前線が昭和基地に接近し、B 級ブリザードとなったほかは、昭和基地付近はおおむね極端高気圧の勢力下であり、風も弱く穏やかな天候が続いた。特に 25 日は快晴で、極端成層圏雲が観測できた。旬平均海面気圧は高い方から第 5 位、旬平均風速は小さい方から第 8 位の記録となった。
	中旬に比較的に穏やかな日が多かったが、それ以外は低気圧の接近により雪やふぶきで経過した。冷え込みは緩く、最低気温が -30℃を下回ったのは 2 日間だけで、月平均気温は平年より高かった。月平均雲量は多い方の極値を記録し、月平均風速も大きい方から第 7 位であった。期間中のブリザードは、A 級と C 級が各 2 回、計 4 回であった。
2005 年 7 月	上旬 1 日から 2 日と 4 日から 6 日には発達した低気圧や前線が昭和基地に接近してふぶきとなり、それぞれが A 級ブリザードとなった。7 日には低気圧が遠ざかって天候は回復し、その後 9 日まで北から張り出した高気圧の勢力下に入り、比較的穏やかだったが、降雪は毎日あった。10 日に接近した低気圧は昭和基地の北に達する前に雲域が消散し、悪天は長続きしなかった。旬平均雲量は多い方の極値を記録し、旬平均風速は高い方から第 5 位、旬平均気温は高い方から第 3 位となった。
	中旬 12 日から 19 日にかけて、昭和基地上空は気圧の尾根に入り、14 日から 15 日に昭和基地の直近に発生した弱い低気圧の影響で降雪があったほかは晴れ間が多く、特に 16 日から 19 日は風も弱かった。11 日は 10 日に接近した低気圧の影が残り風が強かった。20 日は、南緯 60°以北を通過した低気圧から伸びる気圧の谷が昭和基地付近にかかり降雪があった。旬平均気温は平年より高かった。
	下旬 21 日にかけて、移動性の高気圧が昭和基地付近を通過したために穏やかに経過した。夜間の放射によって冷え込みが厳しかった。31 日にも昭和基地の北を通過した。低気圧の後で南風が入り好天となった。その他は、昭和基地付近は次々に接近する低気圧の影響でふぶきの日が多く、24 日と 28 日にはそれぞれ C 級ブリザードを記録した。旬平均気温は平年より高く、旬平均雲量は多い方から第 5 位を記録した。

表 5 昭和基地における天気概況 (2005 年 2 月~2006 年 1 月) (3/4)
Table 5. Weather summaries at Syowa Station (Feb. 2005-Jan. 2006). (3/4)

年・月	天気概況
2005 年 8 月	<p>月の初めと中旬の後半によく晴れた日があったが、その他は低気圧への接近により雪やふぶきの日が多く、降雪を観測した日数は半年の約 1.5 倍に達し、降雪のない日はわずかに 4 日間だけであった。月平均気温は高い方から第 5 位を記録し、最高気温の月平均、最低気温の月平均もそれぞれ高い方から第 4 位と第 3 位を記録した。月平均雲量は多い方から、月平均風速は大きい方からともに第 3 位であった。期間中のブリザードは、A 級 1 回、B 級 3 回、C 級 1 回の合計 5 回であった。</p> <p>上旬 1 日から 2 日は趣冠高気圧の張り出しにより、よく晴れて気温も下がった。2 日の最低気温 -36.4℃は、今季最低気温となった。4 日から 6 日は深い気圧の谷が西から接近し、昭和基地付近には複数の低気圧が停滞して、58 時間以上に及ぶ B 級ブリザードをもたらした。8 日には一時的に好天となったが、9 日から 10 日には発達した低気圧が昭和基地に接近して A 級ブリザードとなった。旬平均気温は平年並みであったが、旬平均風速は大きい方から第 6 位の記録となった。</p> <p>中旬 旬のはじめは昭和基地付近に低気圧が停滞し、風は弱いながらも、毎日降雪があった。15 日から 16 日には昭和基地に接近した低気圧が東に抜け、ふぶき模様となったが、ブリザードには達しなかった。17 日には昭和基地上空に東西に伸びる気圧の尾根が形成され、風も弱く好天となったが、冷え込みは強くなかった。旬平均気温は平年より高く、旬平均風速は小さい方から第 10 位の記録となった。</p> <p>下旬 23 日までは雲は多めながらも風が弱く、穏やかに経過した。24 日から 28 日は気圧の谷が西から近付き、発達した低気圧が次々と昭和基地に接近して、24 日 C 級、25 日から 27 日 B 級、28 日 B 級と断続的にブリザードとなった。29 日には真西の低気圧にはさまれて、一時的に晴れて穏やかな天気となったが、30 日には再び低気圧の接近でふぶき模様となった。旬平均気温は高い方から第 4 位を記録し、旬平均雲量は多い方から第 3 位、旬平均風速は大きい方から第 3 位、旬合計日照時間は少ない方から第 2 位であった。</p>
2005 年 9 月	<p>月の前半は昭和基地の西に気圧の谷が停滞し、低気圧や前線の接近、通過によりふぶきや地ふぶきの日が多かったが、後半は、27 日頃に低気圧の接近で悪天となったほかは晴れの日が多かった。月平均気温、月合計日照時間も平年並みであったが、月平均風速は、大きい方から第 4 位の記録となった。期間中のブリザードは、前月末から 1 日にかけて記録した A 級ブリザードを含めて、A 級 2 回、B 級 1 回、C 級 1 回の計 4 回であった。</p> <p>上旬 1 日は低気圧の接近により、前日 31 日から続く悪天で A 級ブリザードとなった。2 日から 5 日は昭和基地付近は大きな低圧場の中で毎日降雪があったが、風は弱かった。6 日から 10 日にかけては、西側の谷の深まりに伴い、発達した低気圧が昭和基地に接近して、6 日から 7 日に B 級、8 日から 10 日には A 級のブリザードとなった。旬平均気温は平年並みであったが、旬平均風速、旬平均雲量はともに大きい方から第 1 位、旬合計日照時間は少ない方から第 1 位を記録した。</p> <p>中旬 旬の前半は深い気圧の谷が昭和基地の東に位置し、雲の少ない日が多かったが、気圧の傾きが大きく、風の傾きが大きく、風は強かった。後半は、上空の強風帯が昭和基地の北に達さなかったため、北を通過する低気圧はあったが、風は弱く晴れの日が続いた。旬平均気温は平年より高く、旬合計日照時間は平年より多かった。</p> <p>下旬 25 日までは中旬の後半からの好天が継続したが、27 日から昭和基地の西で上空の気圧の谷が深まり、28 日にかけて低気圧が接近して C 級のブリザードとなった。旬平均気温は平年より低く、旬合計日照時間は平年より多かった。</p>
2005 年 10 月	<p>月の半ばに、上空の低気圧が弱まり、地上付近が高圧場となって好天が比較的に続いたが、そのほかには、上空の寒冷低気圧や、昭和基地に接近した地上低気圧の影響で雪やふぶきの日が多かった。月平均気温は平年より低く、月合計日照時間は平年並みだったが、月平均雲量は多い方から第 4 位の記録となった。期間中、C 級ブリザードを 4 回記録した。</p> <p>上旬 1 日に気圧の尾根が昭和基地の東に抜けた後、西から接近した低気圧によって、4 日までふぶきや雪の日が続き、2 日には C 級ブリザードを記録した。5 日に一旦天候が回復したものの、6 日から 7 日には真から延びた気圧の谷に対応する低気圧が昭和基地付近に停滞して、ふぶきとなった。8 日から 9 日には東に達さった気圧の谷は、10 日以降寒気に伴って再び昭和基地上空に進んで停滞し、11 日にかけて強い地ふぶきとなって C 級ブリザードを記録した。旬平均気温は平年より低く、旬合計日照時間は平年並みだったが、旬平均風速は低い方から第 3 位の記録となった。また、9 日に観測された月最低気温 (-31.3℃) は、10 月としては低い方から第 5 位の記録となった。</p> <p>中旬 13 日以降、上空の寒冷低気圧は徐々に弱まり、15 日からはおおむね大陸の高気圧の圏内で好天となった。18 日以降は昭和基地の北を通過した低気圧の影響で雲が多めとなったが、風は弱く穏やかな日が続いた。旬平均気温は平年より低く、旬合計日照時間は平年より多かった。</p> <p>下旬 21 日から 24 日は、低気圧への接近、停滞によりふぶきとなり、22 日と 24 日にはそれぞれ C 級ブリザードを記録した。25 日から 28 日は昭和基地上空に気圧の尾根があって、27 日を中心に大陸の高気圧の張り出しにより、穏やかに経過したが、29 日には発達した低気圧が接近し、昭和基地付近を通過後の 30 日以降も前線帯が残ってふぶきや雪の日が続いた。旬平均気温は平年より高く、旬合計日照時間は平年より少なかった。</p>

表 5 昭和基地における天気概況 (2005 年 2 月~2006 年 1 月) (4/4)
Table 5. Weather summaries at Syowa Station (Feb. 2005-Jan. 2006). (4/4)

2005 年 11 月	月の前半は昭和基地上空は低圧帯となって、地上低気圧が昭和基地の東側に位置することが多かったため、南寄りの風が卓越して雪の日は多く、気温は低く経過した。後半には地上付近はおおむね北東風が卓越し、気温が一気に上昇した。発達した低気圧の後進はなかったものの、中旬にカタバ風による強風の吹いた日が多かった。月平均気温、最高気温、最低気温、月平均風速、月最大風速、月最大瞬間風速は小さい方から第 2 位の記録となった。期間中、ブリザードはなかった。
	昭和基地の北を低気圧が次々に通過し、また前線帯が昭和基地付近にかかることが多く、6 日を除いて毎日降雪を観測したが、南寄りの風が吹くことが多く、気温は低く経過した。旬平均気温は低い方、旬平均風速は小さい方の極値をそれぞれ更新した。旬合計日照時間は年並みであった。
	13 日までは南から西寄りの風が卓越し、気温が低く経過したが、14 日以降、風は東寄りになり、低気圧は昭和基地の北を次々に通過したが、大陸上空にも高圧帯が形成されるようになり、昭和基地付近は低気圧の影響をほとんど受けなかった。14 日から 17 日は、大陸の高気圧の影響で好天となったが、午前中を中心に強風を伴い、風が顕著な日変化を示した。18 日以降は、昭和基地の北を通過した低気圧の影響で、曇りがちの天気となった。旬平均気温は低い方からの極値を更新し、旬合計日照時間は多い方から第 5 位の記録となった。
	上空の気圧傾度は緩み、強風帯は消滅したが、昭和基地付近には弱い低気圧が停滞することが多く、雲は多く経過した。28 日以降、上空の寒気が東に抜けて、気温はさらに上昇した。旬平均気温は年並みで、旬平均降水量は多い方から第 2 位、旬合計日照時間は少ない方から第 5 位の記録となった。
2005 年 12 月	月の前半は上空の低圧帯が昭和基地の東側に停滞し、高気圧に覆われて晴れた日が多く、気温も高く経過した。後半は高気圧の張り出しがやや弱まり、雪の日が多かったが、発達した低気圧の後進はなく、大きな崩れはなかった。月合計日照時間は年より多かった。期間中ブリザードはなかった。
	3 日から 4 日と 7 日から 8 日にかけては、昭和基地の北東にある低気圧から伸びる気圧の谷の影響で曇が多く、8 日には降雪も伴ったが、その他は晴れた日が多かった。高気圧の張り出しが強く、気圧の傾きが大きかったために 6 日を中心に風が強く吹いた。旬平均気温は低い方から第 4 位の記録となり、旬合計日照時間も年より多かった。
	17 日から 18 日にかけては、上空の寒冷な低気圧の影響で大気が不安定となり、曇が多く雪や雪あられを伴ったが、その他は、高気圧に覆われ、風も弱く晴れた日が多かった。旬平均気温は年並みで、旬合計日照時間は年より多かった。
	引き続き高気圧に覆われ、風は弱かったが、下層の雲がかなりやすく雪の日が多かった。地上付近は温度が高く、夜間の冷え込みによってしばしば霧が発生した。旬平均風速は、小さい方から第 5 位の記録した。
2006 年 1 月	中旬に低気圧や気圧の谷の影響で悪天の日が多かったが、そのほかは晴れて風の弱い日が多かった。月平均気温は年並みで、月合計日照時間は年より多かった。期間中ブリザードはなく、月別の極値・順位値の更新もなかった。
	2 日は、東側の低気圧から伸びる気圧の谷が昭和基地にかかり、雪となった。また、7 日から 8 日にかけては、昭和基地の北を通過した発達した低気圧に伴う雲域がかなり、やや強い風を伴って雪となった。そのほかはおおむね晴れて風も弱く、穏やかな日が多かった。旬平均気温は年並みで、旬合計日照時間は年より多かった。
	昭和基地の北には東西に伸びる気圧の谷があつて、昭和基地は低圧帯に入ることが多く、12 日と 19 日を除いて毎日降雪があつた。特に 15 日から 17 日は、発達した低気圧が昭和基地に接近し、強い風を伴ってふぶき模様となった。旬平均気温は年より低く、旬合計日照時間は年より少なかった。
	旬の前半は高気圧に覆われ、後半は低圧帯に入ったものの西側に気圧の尾根が位置したため、旬を通して晴れた日が多く、午前中を中心にカタバ風にやや強い風が吹くことが多かった。26 日から 27 日にかけては東の低気圧から伸びる気圧の谷がかなり、強い降雪があつた。また 31 日には、西から接近する低気圧の雲域がかかって降雪があつた。旬平均降水量は少ない方から第 2 位を記録し、旬合計日照時間は多い方から第 4 位であった。旬平均気温は年並みだった。

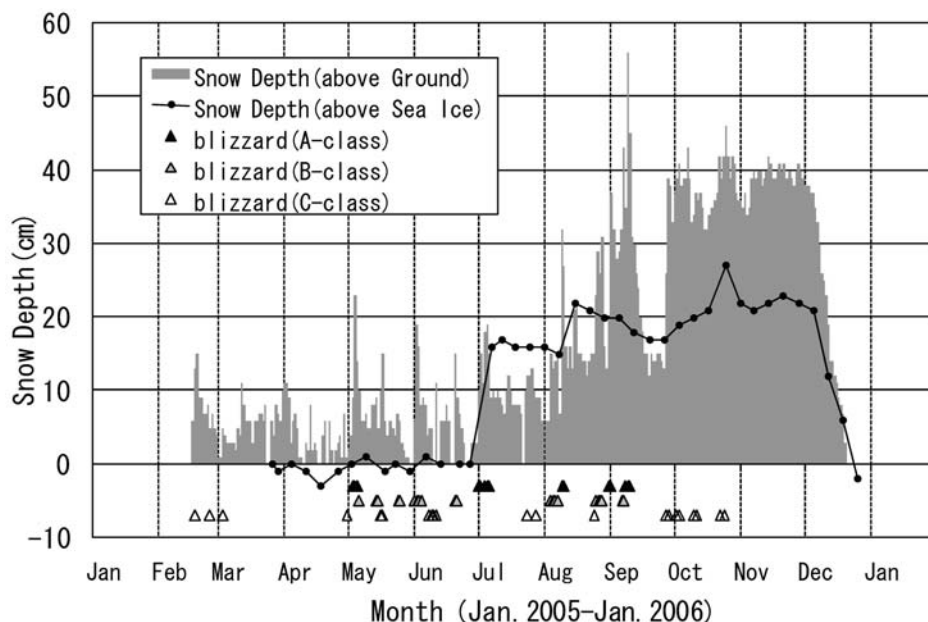


図 3 海氷上（雪尺）と陸上（積雪計）の積雪深観測値の比較（2005 年 1 月～2006 年 1 月）
 Fig. 3. Comparison of snow depth on sea ice area with that on the ground at Syowa Station
 (Jan. 2005–Jan. 2006).

が多い。これは、陸上の積雪を観測している積雪計が、地形や地物の影響を受けないように主風向に正対した海岸に設置されてはいるものの、主風向側に緩やかに下る斜面に位置するため、陸上では、風が完全に吹き抜ける海氷上よりも風の強弱による積雪の増減が顕著で、かつ、吹きつけによって積雪が増加することが影響していると考えられる（図 3）。

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，1995）に基づき，毎日 00，12 UTC の 2 回高層気象観測を行った。ヘリウムガスを充填したゴム気球に RS2-91 型レーウィンゾンデ（明星電気製，以下「91 型ゾンデ」と記す）を吊り下げて飛揚し，気球が破裂する上空約 30 km までの気圧，気温，風向・風速及び気温が -40°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）観測点としての指定を受けており，「より高い高度までのデータ取得」を要請されている。00 UTC の観測は高度 5 hPa の観測をめざし，より到達高度性能の高い 1200 g 気球を使用した「高高度レーウィンゾンデ」観測を第 43 次隊から行っている（木津ら，2007）。

観測に際しては、91 型ゾンデを減圧槽に入れて、広域型振動式気圧計により事前に使用する気圧計の点検を行い、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、作表及び気象電報作成等は高層気象観測装置データ処理部（パソコン; 日本電気製、高層気象観測処理ソフトウェアは気象庁製）を用いた。

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

表 6 に観測器材を、表 7 に各センサの性能を示す。

3.2. 観測経過

表 8 に観測状況を示す。

第 46 次隊として 2005 年 2 月 1 日 00 UTC より 2006 年 1 月 31 日 12 UTC までの観測を行った。この期間中、ブリザードによる強風のため飛揚作業を取り止めた欠測が 1 回（9 月 10 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 24 日 00 UTC から 11 月 3 日 12 UTC まで気球の油漬け処理を行った。なお、油漬けの実施期間は成層圏の気温がおおむね -68°C を下まわる時期を目安とした。また、1 年を通して加温した気球を観測に使用した。

表 8 の 4 月の観測状況を見ると、高高度レーウィンゾンデ観測の方が通常のレーウィンゾンデ観測よりも平均到達気圧が高い。これは、気球の油漬け処理を開始する直前の 4 月 20 日～22 日に、通常のレーウィンゾンデ観測の到達気圧が高高度レーウィンゾンデ観測よりも 4–20 hPa 低かったことが大きく影響している。木津ら（2007）は、この時期の低温下での気球の低高度破裂は、日射による加熱を受けない 00 UTC の観測で発生しやすいことを指摘した上で、日中と夜間とで油漬け処理を実施する気温の基準を変える必要性を指摘している。なお、等圧面高度が高い月の前半に、高高度レーウィンゾンデの到達高度が通常のレーウィンゾンデを上回っていたために、平均到達高度は高高度レーウィンゾンデの方が高い。

自動追跡型方向探知機の総合的な動作試験を月 1 回程度実施したほか、方向探知の精度を確認するため、測風経緯儀による比較観測を随時実施し、測風経緯儀による比較が困難な極夜期には極軌道衛星（NOAA）の追跡による精度確認を行った。測風経緯儀による比較観測の結果が高層気象観測指針に規定されている許容範囲外であったため、4 月 24 日に方向探知機の水準調整を行った。また、同方向探知機は越冬開始当初から角度飛び等の追跡不良がた

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	600g (1200g) ゴム気球	飛揚前に加温保存、 冬季低温時は油漬け処理を実施
充填ガス	ヘリウムガス	浮力錘による標準浮力は 1900g (2100g)、 強風降雪等状況により増量
懸垂紐	白色クレモナ糸 15m (30m)	強風時は気象観測用巻下器 (高高度気象観測用巻 下器) に変える
その他	気象観測用巻下器 (高高度観測用巻下器)	強風時に懸垂紐に代わり使用、飛揚後に懸垂紐が 15m (30m) に伸長
	PA72 型追跡補助灯	暗夜時に使用、注水電池により起電発光

() 内は高高度観測時

表 7 RS2-91 型レーウィンゾンデ各センサの性能

Table 7. Sensor Performances of 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 46mm 空 ごう気圧計 (静電容量変化式)	1040~5hPa	±1hPa	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℃	±0.5℃	飛揚前点検で精度確認
湿度	高分子膜 (静電容量変化式)	1~100%	±7% (10~95%) ±10% (上記以外)	飛揚前点検で精度確認
風向・風速	ゾンデ観測による高度計算値 と自動追跡型方向探知機の測 角値から算出			測風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		2005 年												2006 年	合計 平均/極値
		2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月		
飛揚回数		56	63	60	66	62	63	62	58	63	60	62	63	738	
定時観測回数		56	62	60	61	59	62	61	57	62	60	62	62	724	
欠測回数（※1）		0	0	0	1	1	0	1	3	0	0	0	0	6	
資料欠如回数（※2）		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
再観測回数		0	1	0	5	3	1	1	1	1	0	0	1	14	
レーウィン ゾンデ観測 00 または 12 UTC	回数		30	32	33	40	37	35	33	34	33	30	32	32	401
	平均到達気圧	hPa	10.8	9.7	10.0	18.1	14.2	14.3	10.2	11.3	13.2	10.4	10.8	10.3	11.9
	平均到達高度	km	31.7	31.7	29.9	27.2	28.2	27.6	28.0	27.8	28.0	31.0	31.8	31.7	29.6
	最高到達気圧	hPa	6.8	6.4	6.1	5.5	6.0	6.0	4.6	6.2	8.4	5.6	6.0	5.5	4.6
	最高到達高度	km	34.0	33.6	33.0	32.0	31.1	30.4	32.6	31.1	30.2	35.3	35.7	36.2	36.2
高高度 レーウィン ゾンデ観測 00 UTC	回数		26	30	27	21	22	27	28	23	29	30	30	30	323
	平均到達気圧	hPa	4.6	4.8	10.8	6.1	5.9	7.3	7.9	8.4	9.3	7.2	5.5	5.6	7.0
	平均到達高度	km	36.9	36.0	30.5	32.5	31.6	30.1	30.0	29.8	30.5	33.9	36.2	35.9	32.8
	最高到達気圧	hPa	3.3	3.3	3.4	2.4	3.2	3.4	4.6	4.6	5.1	3.8	3.6	4.0	2.4
	最高到達高度	km	39.0	38.9	36.2	37.1	35.1	33.7	32.6	33.5	34.5	38.2	39.0	38.4	39.0

(*1) : 500 hPa 指定気圧面までの全ての観測値が得られなかった回数

(*2) : 100 hPa 指定気圧面までの全ての観測値が得られなかった回数

(注 1) 9/10 00 UTC はブリザードによる強風のため欠測

びたび発生することがあり、12 月に入ってから方位角オーバーロード誤検出による追跡不良が頻発したため、12 月 17 日に方位角部及び高度角部のモータードライバーユニットを交換した。

3.3. 観測結果

表 9 に 2005 年 1 月～2006 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) を示す。また、図 4 に 2005 年 1 月～2006 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示す。300 hPa 面以下の高度における気温は、2005 年 1 月は平年値よりおおむね低めであったが、3 月は高めに転じ、300 hPa 面では平年値より 2.5°C 高かった。6 月から 10 月の 100 hPa 面以上の高度においては、平年値よりおおむね低めに推移し、9 月の 50 hPa 面では平年値より 3.5°C 低かった。11 月は各層と

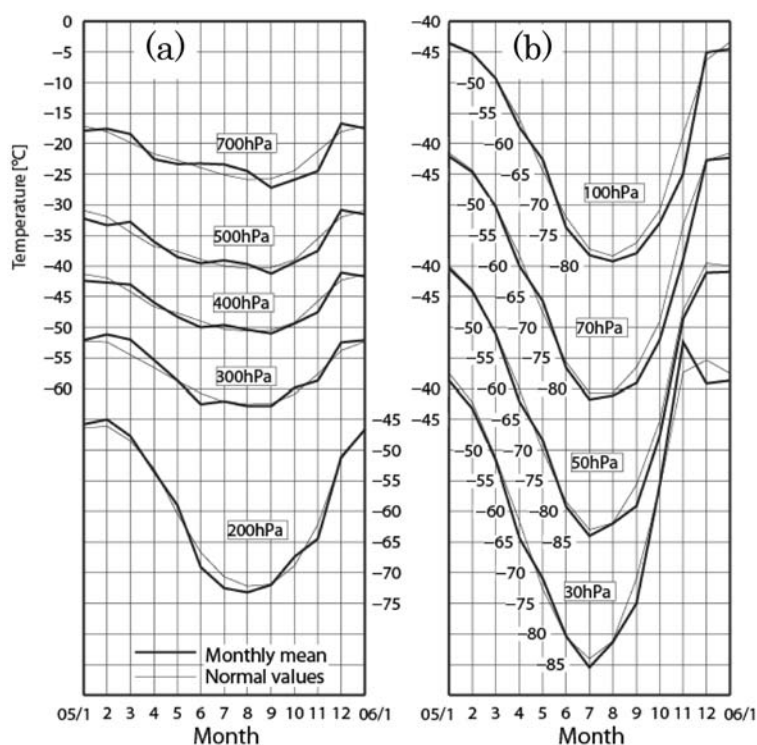


図 4 指定気圧面の月平均気温の年変化 (2005 年 1 月～2006 年 1 月) と月平均気温平年値 (1971 年～2000 年) の年変化 (00 UTC)
(a) 700 hPa～200 hPa, (b) 100 hPa～30 hPa.

Fig. 4. Annual variations of monthly mean upper air temperature (Jan.2005–Jan.2006) and normal values (1971–2000) at Syowa Station.

(a) 700 hPa～200 hPa, (b) 100 hPa～30 hPa.

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)	2005年													2006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	1201	1126	1146	1111	1117	1199	1124	1106	1065	1088	1143	1273	1142	1183	
	800	1668	1594	1611	1568	1572	1655	1577	1557	1510	1539	1597	1741	1599	1650	
	700	2679	2606	2618	2560	2559	2644	2562	2538	2479	2517	2581	2755	2592	2661	
	600	3817	3743	3753	3677	3671	3756	3674	3646	3576	3619	3691	3899	3710	3802	
	500	5126	5043	5057	4962	4945	5026	4946	4916	4835	4886	4969	5214	4994	5112	
	400	6667	6580	6594	6479	6446	6517	6441	6405	6318	6380	6476	6764	6506	6657	
	350	7558	7470	7483	7356	7313	7377	7303	7263	7174	7245	7347	7660	7379	7550	
	300	8563	8477	8487	8347	8291	8341	8270	8226	8137	8219	8327	8666	8363	8556	
	250	9749	9668	9670	9507	9429	9451	9380	9331	9243	9343	9458	9836	9505	9741	
	200	11227	11149	11135	10937	10822	10786	10702	10648	10566	10692	10825	11275	10897	11215	
	175	12117	12041	12017	11796	11660	11584	11486	11427	11350	11495	11641	12145	11730	12101	
	150	13145	13071	13035	12786	12627	12504	12386	12319	12249	12416	12580	13156	12690	13126	
	125	14364	14290	14235	13950	13764	13586	13444	13367	13305	13496	13688	14359	13821	14339	
	100	15860	15779	15700	15366	15144	14897	14725	14638	14586	14806	15044	15842	15199	15829	
	70	18265	18163	18032	17606	17337	16964	16741	16652	16617	16898	17245	18235	17396	18228	
	50	20549	20416	20222	19695	19366	18885	18615	18538	18527	18900	19403	20514	19469	20509	
	40	22072	21914	21671	21069	20699	20149	19847	19785	19797	20258	20897	22031	20849	22029	
	30	24042	23848	23537	22833	22405	21773	21430	21396	21450	22059	22893	23996	22639	23997	
気温 (°C)	850	-8.2	-8.4	-10.4	-14.5	-16.0	-15.1	-17.3	-18.8	-21.2	-18.4	-15.6	-7.8	-14.3	-8.7	
	800	-11.3	-11.2	-13.0	-16.7	-18.2	-17.4	-19.0	-19.9	-23.3	-20.3	-18.4	-11.0	-16.6	-11.7	
	700	-17.9	-17.6	-18.4	-22.5	-23.3	-23.2	-23.4	-24.5	-27.2	-25.9	-24.5	-16.7	-22.1	-17.5	
	600	-24.0	-25.2	-25.1	-28.7	-30.4	-30.7	-30.5	-31.0	-33.1	-31.9	-29.9	-22.7	-28.6	-23.7	
	500	-32.2	-33.3	-32.8	-36.0	-38.5	-39.5	-39.1	-39.7	-41.2	-39.4	-37.5	-30.8	-36.7	-31.5	
	400	-42.4	-42.7	-43.0	-46.0	-48.3	-50.0	-49.6	-50.4	-51.0	-49.4	-47.5	-41.1	-46.8	-41.7	
	350	-47.9	-48.0	-48.2	-51.3	-53.9	-56.3	-55.5	-56.5	-56.8	-54.4	-53.1	-46.9	-52.4	-47.6	
	300	-52.1	-51.2	-52.0	-55.4	-58.7	-62.5	-62.0	-62.8	-62.8	-59.9	-58.7	-52.5	-57.6	-52.1	
	250	-48.8	-48.3	-50.3	-55.5	-60.4	-67.3	-68.1	-69.2	-68.6	-65.0	-63.0	-54.5	-59.9	-49.0	
	200	-45.8	-45.0	-47.7	-53.5	-59.0	-69.1	-72.5	-73.2	-72.0	-67.4	-64.5	-51.1	-60.1	-46.6	
	175	-45.3	-44.8	-47.5	-53.3	-58.5	-68.9	-73.0	-74.8	-73.2	-68.3	-64.5	-49.8	-60.2	-46.2	
	150	-44.9	-44.8	-47.7	-54.3	-59.5	-69.8	-74.0	-76.0	-74.6	-69.9	-65.2	-48.6	-60.8	-46.0	
	125	-44.5	-45.1	-48.6	-55.6	-60.8	-71.2	-76.0	-77.7	-76.1	-71.9	-65.8	-47.0	-61.7	-45.5	
	100	-43.6	-45.2	-49.3	-57.3	-62.6	-73.7	-78.2	-79.2	-77.9	-72.9	-64.9	-45.1	-62.5	-44.5	
	70	-42.1	-44.6	-50.3	-60.0	-65.7	-76.6	-81.7	-78.1	-79.1	-72.0	-58.9	-42.7	-62.9	-42.3	
	50	-40.4	-44.1	-51.1	-62.1	-68.4	-79.2	-84.0	-82.0	-79.1	-67.6	-48.6	-41.1	-62.3	-40.9	
	40	-39.6	-43.8	-51.6	-63.3	-69.9	-80.0	-84.9	-82.1	-78.1	-62.9	-40.4	-40.5	-61.4	-40.1	
	30	-38.7	-43.2	-51.6	-64.4	-71.0	-80.4	-85.5	-81.4	-75.0	-55.6	-32.4	-39.2	-59.9	-38.7	
風速 (m/s)	850	6.4	11.9	9.6	9.0	11.6	10.4	11.1	10.2	10.1	8.7	5.7	4.3	9.1	7.4	
	800	6.1	10.5	8.7	7.9	9.8	8.7	10.6	9.3	9.4	7.2	5.5	4.9	8.2	7.7	
	700	5.9	9.1	7.1	8.5	8.2	7.7	9.9	8.9	9.1	8.3	6.1	5.3	7.8	6.4	
	600	6.5	9.4	7.5	8.5	9.4	9.2	10.3	11.1	9.6	9.9	6.7	6.8	8.7	6.4	
	500	7.1	10.3	9.4	10.6	10.3	11.2	11.8	12.0	11.7	13.3	8.7	8.6	10.4	7.3	
	400	8.5	11.9	13.4	13.8	12.9	12.7	14.0	16.3	15.7	15.1	11.3	11.1	13.1	9.4	
	350	9.2	13.1	15.8	16.0	15.3	13.2	14.6	18.1	15.1	15.2	12.8	11.2	14.1	10.3	
	300	9.5	13.6	16.5	17.1	16.6	13.8	15.5	19.2	15.6	15.0	13.4	10.8	14.7	10.5	
	250	6.8	12.6	15.3	17.5	15.7	12.8	16.2	18.3	15.0	14.7	13.0	9.3	13.9	8.0	
	200	6.1	10.2	12.9	17.3	15.9	12.5	15.5	16.8	13.5	15.2	12.2	5.7	12.8	6.2	
	175	6.5	9.6	12.2	17.2	16.3	12.2	15.5	16.0	13.8	15.0	11.8	5.3	12.6	6.0	
	150	5.9	8.7	12.2	16.7	17.2	13.4	16.5	16.9	13.8	16.5	12.0	4.8	12.9	5.2	
	125	6.0	8.0	11.6	17.8	18.6	14.8	18.5	18.8	14.8	18.2	11.9	5.3	13.7	5.4	
	100	5.3	7.3	11.2	18.6	21.4	17.3	21.1	20.9	17.2	21.3	12.5	6.3	15.0	4.6	
	70	5.1	6.1	11.1	20.1	25.7	22.6	25.8	26.4	21.7	27.6	13.9	7.0	17.8	4.1	
	50	5.4	5.4	11.1	21.5	31.3	28.2	29.5	32.0	26.0	33.8	16.3	7.4	20.7	3.2	
	40	6.0	4.3	10.8	22.7	34.4	30.9	32.4	36.3	31.0	38.5	18.9	7.7	22.8	3.4	
	30	7.0	3.6	11.1	24.1	38.1	36.1	34.6	42.2	37.3	42.0	21.9	7.2	25.4	4.9	

も平年値より低めであったが、30 hPa 面では平年値より 5.0°C も高かった。これは、後述する 30 hPa 面以上の高度における、10 月中旬以降のオゾン層の回復と対応している。12 月は、300 hPa 面以下の高度においては平年値より高めに転じた。

図 5 に 2005 年 1 月～2006 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。4 月の 200 hPa 以上の高度において気温が平年より低い領域がみられるが、これは風の南北成分の平年偏差において南成分が大きくなっていることに対応しており、南から気温の低い気塊が流入したことが原因であると推察される。また、11 月の 50 hPa 以上の高度において気温が平年より高い領域がみられるが、これは風の東西成分の平年偏差において西成分が小さくなっていることによく対応しており、昭和基地上空の流れが、極渦の主流である強い西風から外れた結果であると考えられる。

図 6 に 2005 年 1 月～2006 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示す。2005 年 4 月には成層圏で -70～-80°C の領域が現れるなど、気温が下降した。その後、一旦 -70°C 以下の領域はなくなったものの、5 月には再び出現し、7 月には -85°C 以下の領域がはっきり現れている。

8 月以降は極夜が明けて日照が戻り、若干の気温の上昇はあったが、10 月までは -70°C 以下の領域がみられる。

成層圏突然昇温はこの極夜明けの時期に観測されるが、WMO への通報基準である +25°C/7 日以上気温の上昇については、8 月下旬に 10 hPa で 25.7°C、9 月中～下旬に最大 10 hPa で 59.2°C、10 月中～下旬に最大 40 hPa で 28.6°C、10 月下旬～11 月上旬に最大 50 hPa で 35.8°C の 4 事象を観測した。

8 月下旬の突然昇温によって成層圏の低温域は上部を中心に解消に向かった。

9 月上～中旬は 50 hPa 付近を中心に気温の低い状態が維持されたが、9 月中～下旬の大規模な突然昇温及びその後の突然昇温によってさらに上層から気温の高い領域が入り込み、12 月には -60°C の領域が消滅した。

図 7 に南半球月平均 500 hPa 高度及び平年偏差を、図 8 に南半球月平均 30 hPa 高度及び平年偏差を示す。これらは、長期再解析データ 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 面の月平均高度場においては、南極大陸上では 2005 年 2 月にはすでに 5100 m 以下の領域に覆われており、その後極渦は強化されていった。極渦は 6 月に一旦弱まったものの、7 月から 10 月は南極大陸上がほぼ極渦の中にあった。昭和基地付近は、2 月、5 月、9～11 月と周期的に負偏差になったが、12 月には一転して正偏差になった。これは、図 4 に示す昭和基地の対流圏における気温の平年偏差に対応している。

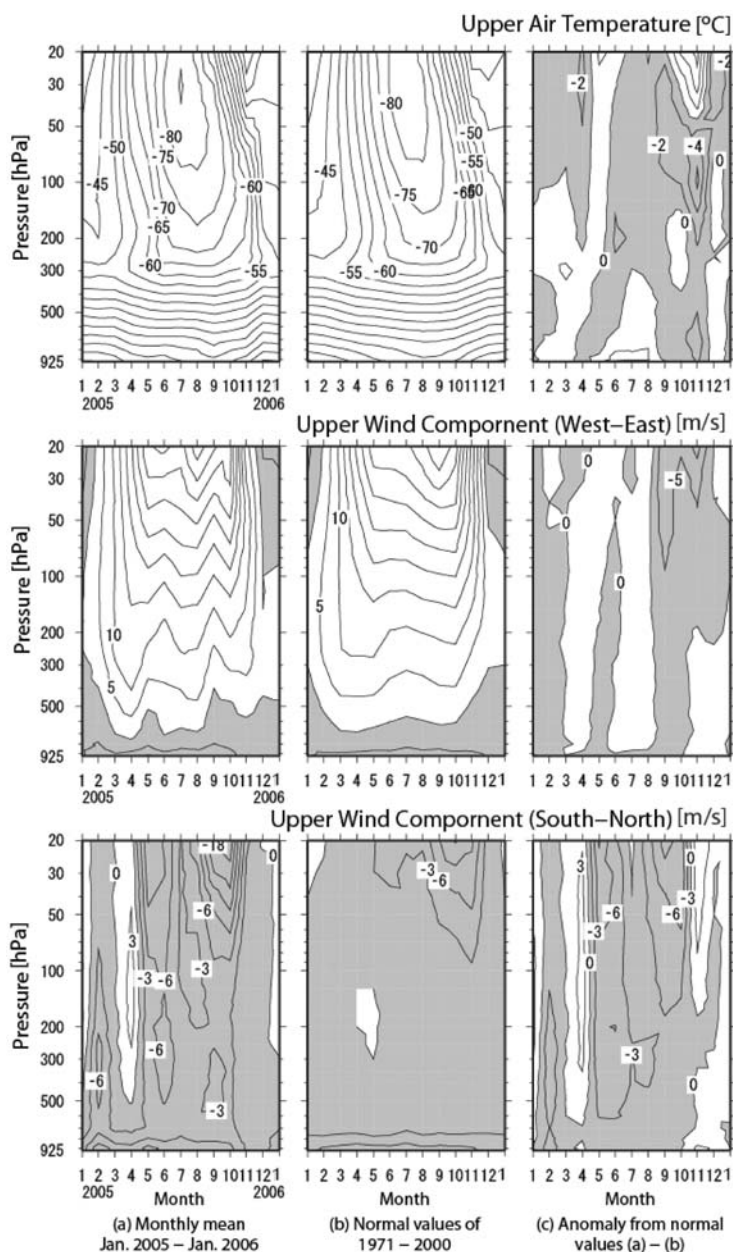


図 5 高層気象指定気圧面気温・東西風・南北風観測結果
(a) 月平均値, (b) 平年値 (1971–2000 年), (c) 平年偏差, 上・中・下段はそれぞれ気温, 風の東西成分, 同南北成分。

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).

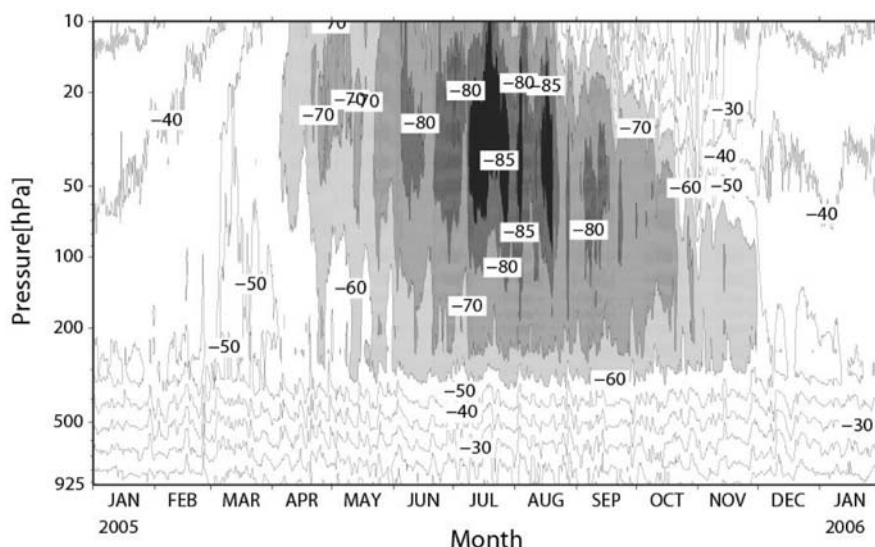


図 6 昭和基地上空の気温の時間高度断面図（2005 年 1 月～2006 年 1 月）

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. 2005–Jan. 2006).

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.

30 hPa の月平均高度場においては, 2005 年 4 月以降強化されていった極渦は, 8 月に最盛期にまで発達した. 極渦の周辺には強い負偏差がみられたものの, 正偏差の領域もあり, 極渦としてはおおむね平年並みに推移した. 11 月になると, 極渦の中心は昭和基地側に寄り, 昭和基地付近が負偏差, 中心から外れた西南極方面が正偏差となったが, 次第に気温が上昇して極渦自体が弱くなり, 12 月には夏期の特徴である高気圧場に覆われた.

3.4. GPS 高層気象観測システムの試験運用

第 46 次隊では, 現用の高層気象観測システムの更新機となる予定の GPS 高層気象観測システムを持ち込み, 現用システムとの比較観測を含む総合的な動作試験を行った. システムの試験運用は, RS-01G 型 GPS ゾンデ (明星電気製, 以下「01G 型ゾンデ」と記す) を用いて, 地上で発信させての受信試験と, 実際に 01G 型ゾンデを飛揚しての受信試験の 2 通りを行った. 01G 型ゾンデの試験飛揚回数は, 現用の 91 型ゾンデとの比較観測のための連結飛揚が 48 回, 任意の時刻における単独飛揚が 20 回の計 68 回であった.

3.4.1. 機器の構成

表 10 に新旧高層気象観測システムで使用する器材を, 表 11 に 01G 型ゾンデの各センサの性能を示す.

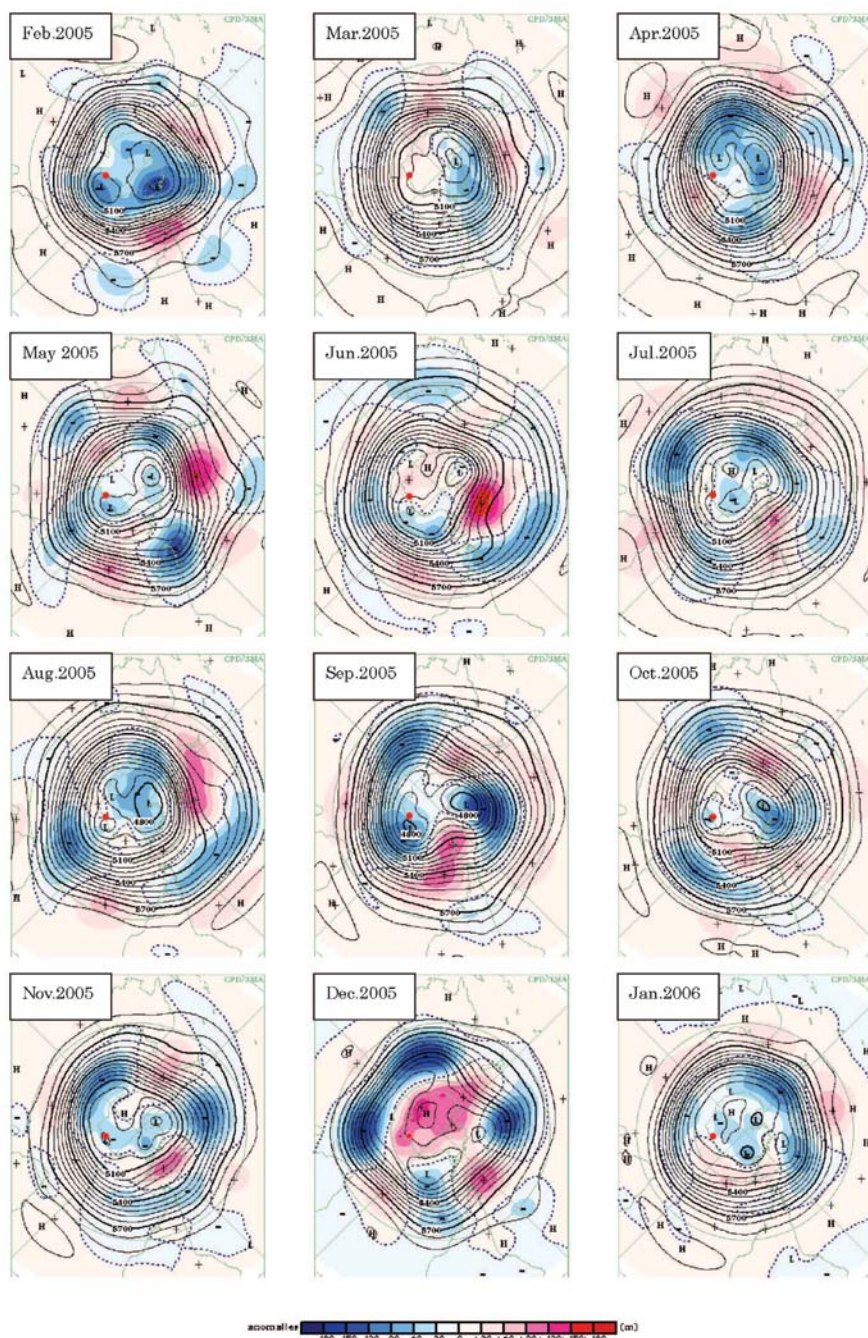


図 7 南半球月平均 500 hPa 高度 (実線) 及び平年偏差 (陰影) (2005 年 2 月~2006 年 1 月) 赤丸は昭和基地の位置を示す。

Fig. 7. Monthly mean weather chart on 500 hPa (Feb. 2005–Jan. 2006). Red solid circle shows the position of Syowa Station.

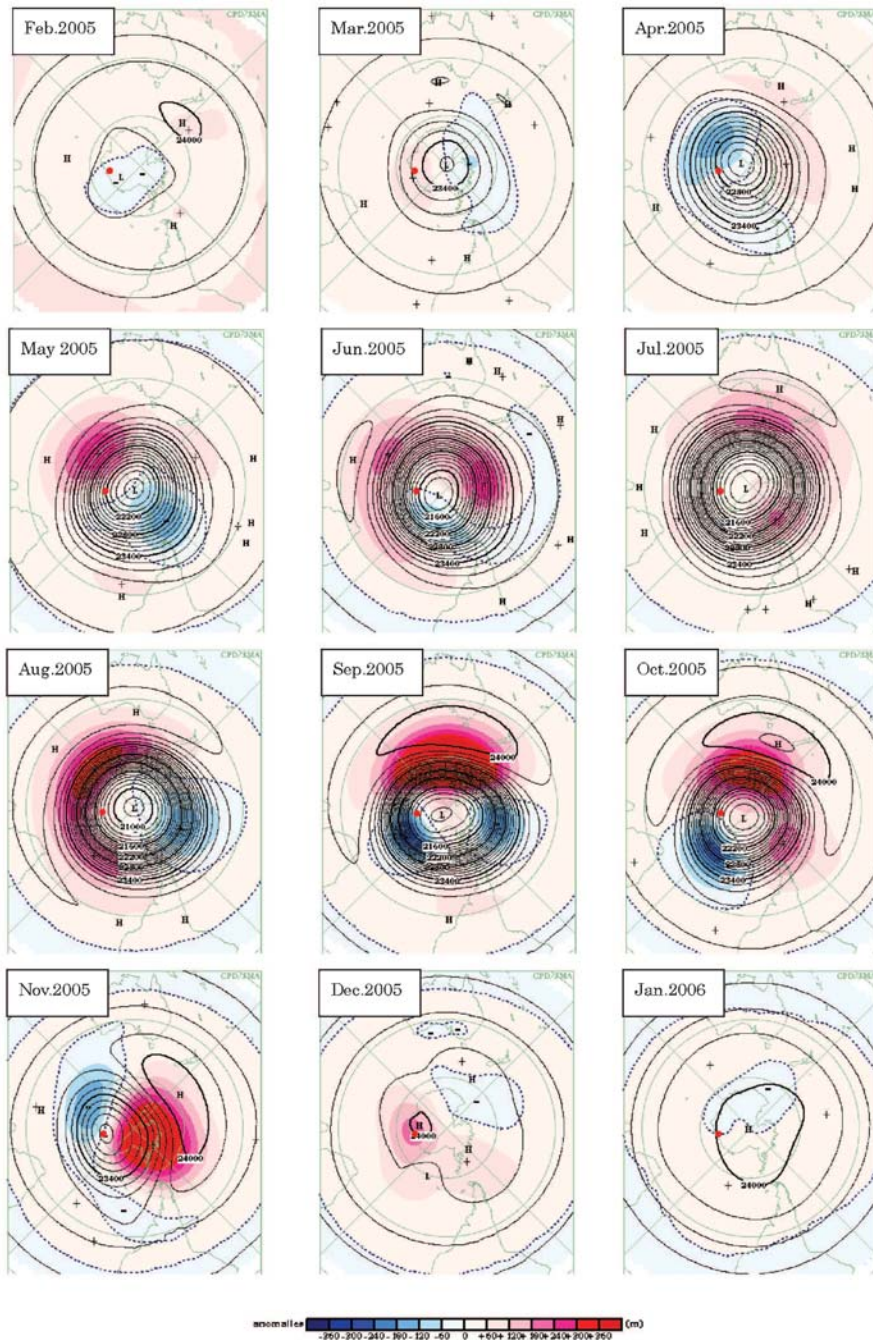


図 8 南半球月平均 30hPa 高度 (実線) 及び平年偏差 (陰影) (2005 年 2 月~2006 年 1 月) 赤丸は昭和基地の位置を示す。

Fig. 8. Monthly mean weather chart on 30 hPa (Feb. 2005–Jan. 2006). Red solid circle shows the position of Syowa Station.

表 10 新旧高層気象観測システムで使用する器材

Table 10. Instruments for aerological observations by the GPS sonde observing system at Syowa Station.

現用システム		新システム
地上設備	自動追跡型方向探知機 91 型高層気象観測装置	GPS 高層気象観測システム
装置	方向探知+測高	D-GPS 方式
測位方式		
ゾンデ		
型式	RS2-91	RS-01G
搭載センサ	気圧・気温・湿度 (センサ詳細については表 7 のとおり)	気温・湿度・3 次元位置 (センサ詳細については表 11 に示す)
搬送周波数	1680MHz	404.5MHz
変調方式	時分割周波数変調	PCM 変調
伝送チャンネル数	4ch	8ch
サンプリング周期	4 秒	1 秒
電池	B91RS 型注水電池	B2000G 型注水電池または B2000GL 型注水電池または U9VL-J 型リチウム電池(1 回の飛揚で 2 個使用)
その他器材	表 6 のとおり	

表 11 RS-01G 型 GPS ゾンデ各センサの性能
Table 11. Sensor performances of RS-01G GPS sonde.

観測要素	センサ	測定範囲	測定精度	備 考
気圧	GPS の測位高度により逆測高計算を用いて算出			
高度	GPS の測位高度による	-200～ 40000 m	±5 m	
気温	ビード型ガラスコートサーミスタ (アルミ蒸着加工)	40～-90℃	±0.5℃	飛揚前点検で精度確認
湿度	高分子膜(静電容量変化式)	1～100%	±7%	飛揚前点検で精度確認
風向・風速	GPS 受信機を搭載し、GPS 衛星の 航法データを使用して算出			

地上設備は、空中線部、受信部、データ処理部及びゾンデ点検装置から構成される(図 9)。空中線部は、GPS 衛星信号受信用アンテナと、ゾンデ信号受信用の 3 基のアンテナ及びブリアンプから成り、ゾンデ信号受信用アンテナは、ゾンデの位置に応じてデータ処理部からの信号により自動的に切替えて使用する。GPS 衛星信号受信用アンテナで受信した GPS 信号は、基地局信号としてゾンデの位置補正に用いられる。

受信部では、受信機でゾンデ RF 信号を VIDEO 信号に変換し、さらに PCM 復調器(エアロゾルゾンデの場合はモデム)によってデジタル信号に復調される。

データ処理部では、受信部からのデジタル信号を受けて、観測データの処理を行うとともに、各種資料の作成を行う。

3.4.2. ゾンデ受信用アンテナ設置位置の選定

01G 型ゾンデは、搬送波として 400 MHz 帯の周波数を使用している。

第 44 次隊が行った事前の調査により、この帯域の信号が影響を受ける恐れのある電波発

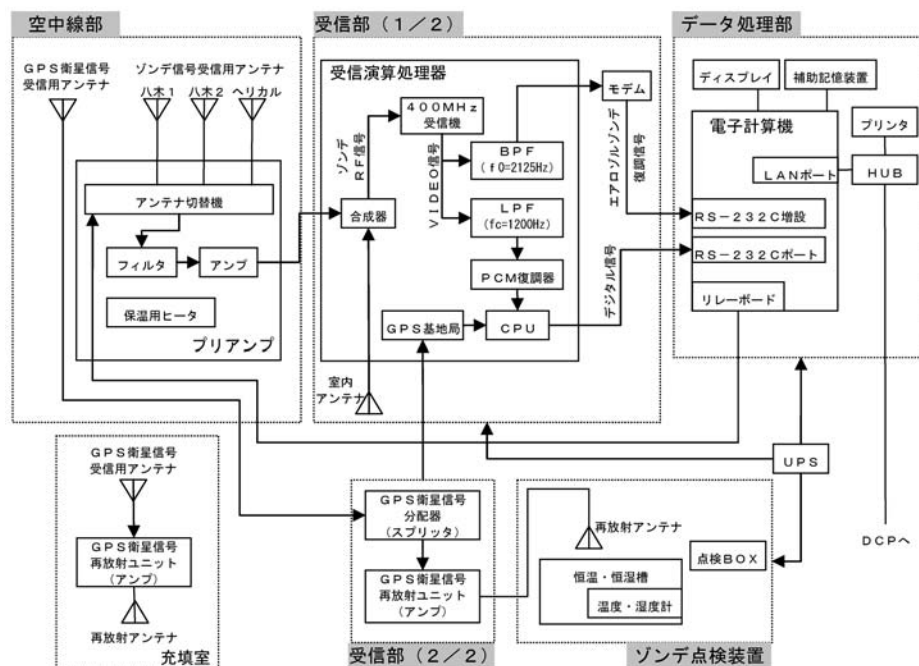


図 9 GPS 高層気象観測システムの地上設備の構成

Fig. 9. Configuration of ground facility of a GPS upper air observation system.

信源として、表 12 に示す気象棟屋上の DCP と地学棟西側の DORIS があることが分かった。

このため第 46 次隊では、本格的な試験運用に先立ち、ゾンデ受信用アンテナ設置環境のモニタを行った上で、アンテナの設置位置を決定することとした。

気象棟屋上の DCP の空中線は方位 318.5° を指向して設置されているため、これから $\pm 60^\circ$ の範囲を除き、かつゾンデ信号のケーブルロス进行を勘案して気象棟から 80 m 以内の扇状の領域がアンテナ設置可能範囲となる。この範囲内で、図 10 に示す ① 気象棟北東端と ② 旗台地を設置候補地とした。

アンテナ設置位置の環境モニタの結果を表 13 に示す。旗台地では、DORIS の影響を受けてアンプの自動利得調整が抑圧され、ゾンデが遠方に飛翔した際に十分な受信性能を発揮できなかった。これに対し、気象棟北東端に設置した場合には、ゾンデ信号は遠方まで良好に受信できた。

これらのことから、ゾンデ受信用アンテナ設置位置は気象棟北東端に決定した。

3.4.3. 試験飛揚の結果

図 11 は 01G 型ゾンデの試験飛揚の結果を示したもので、左図は全観測の航跡、右図は全観測で得られた気温の鉛直分布である。

アンテナ設置位置でのモニタ後、本格的な試験飛揚は 2005 年 7 月から開始し 2006 年 1 月

表 12 気象棟近傍の電波発信源

Table 12. Radio wave radiation sources near the observation hut.

	発信周波数 送信出力	空中線の位置	空中線の方向
DCP (気象衛星通報局装置)	402.116MHz 10W	気象棟屋上	AZ : 318.5° EL : 15°
DORIS (衛星測位システム(フランス))	401.25MHz 5W	気象棟から 190° 80m	天頂

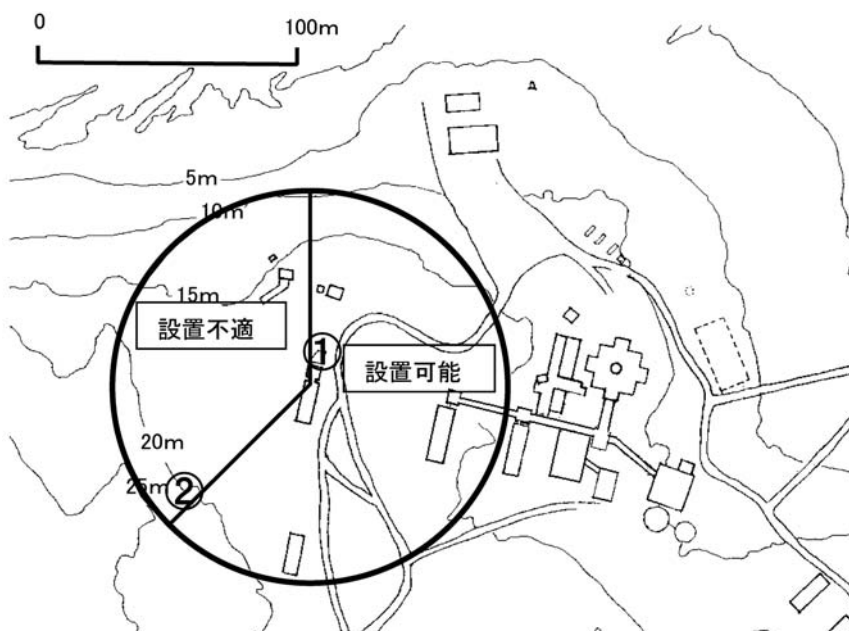


図 10 GPS ゾンデ受信アンテナ設置位置

Fig. 10. Antenna establishment position for GPS sonde signal reception.

まで行った。この間、成層圏の気温が -90°C を下回る低温や、飛翔距離が300kmを超える観測もあったが、ゾンデ、地上設備ともおおむね良好に動作することが確認できた。

電池は、リチウム電池と注水電池の2種類を使用した。U9VL-J型リチウム電池の場合は観測中の寿命が60分程度と短く、B2000G型注水電池も7割程度が120分未満で、気球破裂前に電池寿命が尽きることが多かった。このため、高高度観測においては、現用のB91RS型注水電池を改造して長寿命電池を作成して使用した。第47次隊以降はゾンデの仕様が変わり、単3リチウム電池2本を電源として用いるRS-01GM型GPSゾンデ（センサ部は01G型と同等）が導入されて、観測に十分な電池寿命が得られるようになった。

3.4.4. 現用ゾンデとの観測値の比較

01G型ゾンデと91型ゾンデとの連結飛揚による指定気圧面観測値の比較では、両者は測

表 13 GPS ゾンデ信号受信用アンテナ設置位置と環境モニタの結果
 Table 13. Result of environmental monitor in antenna establishment positions for GPS sonde signal reception.

設置候補地	設置月日	近傍の電波発信源と強度	ゾンデ試験飛揚
旗台地 (気象棟南西約 80 m)	1 月 16 日	DORIS (30 m) : 0 dbm DCP (80 m) : -40 dbm	DORIS アンテナから発射される電波により、アンプの自動利得調整が抑圧を受けた
気象棟 MDD アンテナ塔屋 (気象棟北東端)	4 月 10 日	DORIS (100 m) : -30 dbm DCP (20 m) : -40 dbm	良好
一九広場前 (気象棟東約 50 m)	設置せず	強風時に飛散物が衝突する可能性が高いことからアンテナ設置不適と判断した	

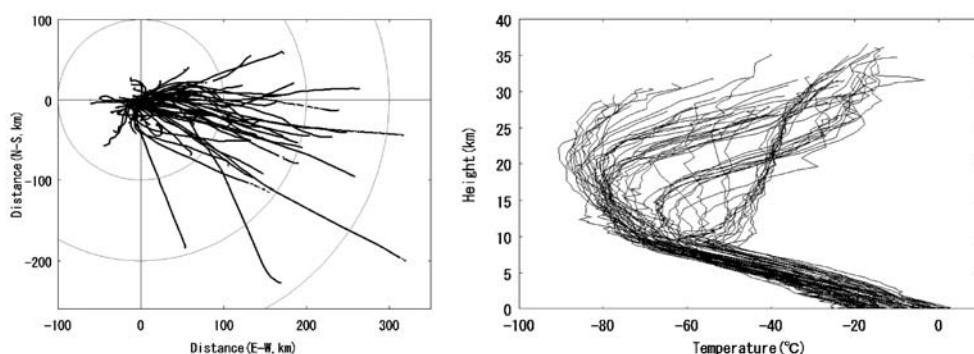


図 11 RS-01G 型 GPS ゾンデの試験飛揚の結果 (左: 航跡図, 右: 気温鉛直分布)
 Fig. 11. Result of test launching of RS-01G GPS sondes. (Left: Trajectory, Right: Temperature profile)

器精度の範囲で良く一致していた。ただ、気温差は高高度になるほどばらつきが大きい、相対湿度は低湿時に 91 型ゾンデの方が高いなどの特徴的な差異がみられた。両ゾンデは気温、湿度に関しては同一のセンサを使用しているが、気圧に関しては 91 型ゾンデがセンサにより直接観測しているのに対し、01G 型ゾンデは高度観測値から測高公式を用いて算出しているため、上述の観測値の差異は、気圧観測値の差に起因している可能性があり、詳細な吟味が必要である。

91 型ゾンデとの比較観測結果の詳細等については、別途報告する。

4. オゾン観測

4.1. 観測方法と器器

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, RS 2-KC96 型オゾンゾンデ (明星電気製) を用いたオゾン高度分布観測, 及び地上オゾン濃度観測装置を用いた地上オゾン濃度の連続観測を行った。

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

の観測データは、気象庁から WMO 世界オゾン紫外線データセンター（カナダ）に送られた。また、オゾンホール時期（8-12 月）には、WMO 事務局の要請により気象庁経由で全量及びオゾンゾンデ観測結果を数日ごとに WMO 事務局へ報告した。その結果は、WMO OZONE BULLITEN としてまとめられ、世界の関係機関に配布された。

観測器材を表 14 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 $\mu=1.5, 2.5, 3.5, 4.5$ (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、CD 波長組による観測においては極夜明けの $\mu=6.5$ -8.4 の北中時にも観測を行ったが、その後の μ 限界観測結果などからこの時期の測定限界はおおよそ $\mu=6.8$ であった。また、

表 14 昭和基地におけるオゾン観測器材
Table 14. 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 mmφ 空こう気圧計（静電容量変化式）
			℃	気温	ビード型 ガラスコートサーミスタ（アルミ蒸着加工）
			mPa	オゾン計測部	ビストンポンプ（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

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錘浮力 3200 g とした。また、高層気象観測と同様に 5 月から 10 月の到達高度が低くなる期間は、気球の油漬け処理を行った。さらに、上空で温度が極端に低くなることによる反応液の凍結等を防ぐために、オゾンゾンデ内に収納されている注水電池とポンプ及び反応管との間の仕切りを薄くする処理を行い、注水電池の発熱を利用した。

観測は原則として 7-10 日ごと、オゾンホール時期は飛揚間隔を短くして行った。

飛揚は風の弱い晴天の日で高層気象観測を行っていない時間帯に行った。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（江崎ら，2000）を第 46 次隊も引き続き行った。観測は、大気取り入れ口からテフロン配管を通して粗引き用のポンプで地上付近の大気を吸引し、更にオゾン濃度計内のポンプにより流量毎分 1.5 l でオゾン濃度計に取り入れて、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ち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46次隊では、第44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（A166, A456）を国内で引き継いで、気象庁地球環境・海洋部環境気象課（現環境気象管理官、以下「環境気象管理官室」と記す）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45次隊が持ち込んで昭和基地で使用していた2台のオゾン濃度計（101A, 101B）との相互比較を行った後に、観測に使用した。第45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、検定を環境気象管理官室において一括して実施する方針となった。このため、第44次隊以降昭和基地に持ち込むオゾン濃度計については、環境気象管理官室の検定装置により使用前検定及び使用後検定を行うこととなった。

4.2. 観測経過

4.2.1. オゾン全量観測

観測には、第45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。

表15に、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月から8月は太陽高度角が低いため観測可能日数が少ない。5月から7月は極夜期のため月光による観測のみを行ったが、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10日間程度しかない。

表 15 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 15. Days of total ozone observations and ozone Umkehr observations with the Dobson spectrophotometer at Syowa Station.

	2005												2006	
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	合計	
全量観測日数	23	25	19	5	5	3	13	23	25	30	31	29	231	
回数 内訳	AD 直射光	34	61	7				1	48	69	81	126	107	534
	CD 直射光	27	47	16				15	47	56	66	103	86	463
	AD 天頂光	85	98	23				3	82	102	127	147	134	801
	CD 天頂光	73	79	57				33	79	85	103	118	110	737
	月光		1	13	45	45	27	50	24					205
反転観測回数	3	11	1						18	12	16	1	14	76

4.2.2. オゾン反転観測

測器の状況は 4.2.1 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 15 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 月下旬から 8 月中旬及び太陽が沈まない 12 月中旬から 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 46 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 45 次隊より 1 台を引き継いだ。この結果、第 46 次隊では、55 台のオゾンゾンデを飛揚した。

オゾンゾンデの飛揚状況を表 16 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 13 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ことによるものが 10 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 に達しなかったものである。

表 16 KC-96 型オゾンゾンデ観測状況
Table 16. Date of observations and attained height of ozonesonde (RS2-KC96).

年		2005 年							
月		2 月		3 月		4 月		5 月	
H	観測終了	7	5.0	1	3.2	10	28.9	8	5.9 *2
	気圧 (hPa)	15	4.0	6	2.9	18	3.3	18	4.2 *2
				15	4.1			27	6.9
				26	9.3				
年		2005 年							
月		6 月		7 月		8 月		9 月	
H	観測終了	7	21.9 *2,3	7	3.7 *2,3	3	11.8 *2	2	5.3
	気圧 (hPa)	16	6.0 *2,3	13	4.0 *2	7	5.5 *2,3	4	4.3
		27	17.4 *3	18	11.5 *3	11	7.6 *2	6	7.7 *3
				22	4.5 *3	17	5.3	12	5.0
				30	7.3 *2	20	5.3	16	6.5
						23	10.0	19	6.6
						27	10.2 *3	22	976.1 *1
								23	7.9
								27	7.4
								30	7.5
年		2005 年							
月		10 月		11 月		12 月		2006 年 1 月	
H	観測終了	5	9.8	4	6.3	4	4.8	4	6.0
	気圧 (hPa)	10	13.5	10	4.7	11	4.4	11	5.1
		15	214.9 *1	16	4.9	20	7.8 *3	19	4.1
		16	6.6	22	6.4 *3	28	36.1 *1	26	8.5 *3
		23	7.3	29	5.5				
		28	8.9 *3						

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、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出来なかったため、ドブソン比（補正係数）なし。

*3：KC-02G 型オゾンゾンデとの連結飛揚。

4.2.4. 地上オゾン濃度観測

2005年1月3日に第45次隊で使用したオゾン濃度計101Aと101B及び第46次隊持ち込みのオゾン濃度計A166とA456の相互比較を行い測器の精度確認を行った。2月1日にA456を観測現用器、A166を予備器として観測を開始した。

越冬中の7月9日に2台のオゾン濃度計A166とA456の相互比較を行うとともに、配管を交換した。相互比較により、A166のデータにノイズが確認されたため、2台の濃度計による並行観測を長期間行って様子を見ることとし、引き続きA456の値を正規データとした。

並行観測期間中、予備器A166のノイズは徐々に収まったが、これとは別にA166には、濃度計の水銀ランプ光量の変動が通常よりも大きい、試料流量の低下表示が頻繁に現れる、濃度計から異常音が生じるなどの不具合が発生した。一方、越冬当初から観測現用器として使用したA456にも、一時的に小さなノイズが生じたことがあったこと、また1年間の長期連続運用による経時劣化の可能性があったことから、2006年1月14日まで並行観測を継続した。

2005年12月23日には、配管を交換するとともに第47次隊の持ち込んだオゾン濃度計101Aと101B及び第46次隊が観測に使用したオゾン濃度計A166とA456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日から1月31日の越冬交替時まではA456、101A及び101Bの3台による並行観測を継続し、2月1日をもって第47次隊に観測を引き継いだ。第47次隊との相互比較・並行観測の結果ならびに、2005年7月からの第46次隊使用の濃度計2台による並行観測の結果をふまえ、第46次隊では観測現用器と予備器との入れ替えは行わず、濃度計A456の値を1年間の正規データとした。

第46次隊が観測に使用したA166とA456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。また、4月21日の停電により欠測したが、そのほかは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

図12に2005年1月から2006年1月のオゾン全量日代表値の年変化を示す。

昭和基地上空のオゾン全量日代表値は、8月下旬から10月中旬までオゾンホールを目安となる220 m atm-cmを継続的に下回った。9月の月平均値は173 m atm-cmで、過去4番目に少なかった（過去最低は2003年の165 m atm-cm）。10月4日に越冬期間中の最低値である136 m atm-cmを記録した。

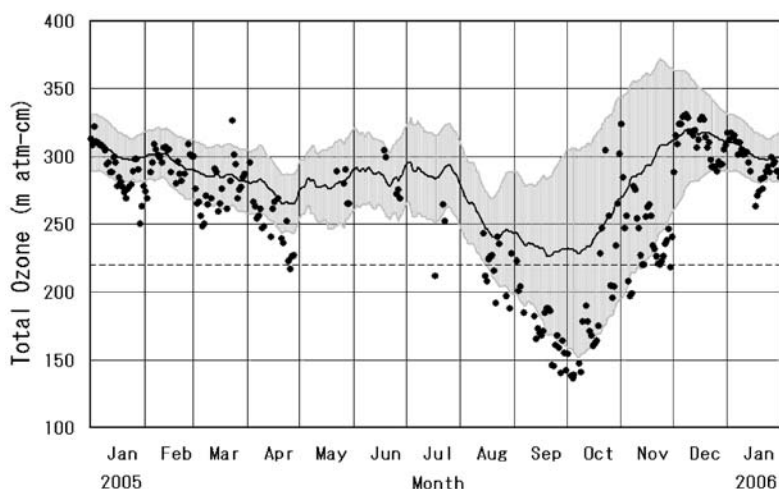


図 12 昭和基地におけるオゾン全量日代表値の年変化（2005 年 1 月～2006 年 1 月）
陰影部は平年値（1971～2000 年）とその標準偏差（ σ ）を、破線はオゾンホール
の目安である 220 m atm-cm の値を示す。

Fig. 12. Annual variations in total ozone at Syowa Station (Jan. 2005–Jan. 2006).
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.

10 月中旬以降は、極夜ジェットの衰弱によりオゾンホールが変形、移動しながら、昭和基地上空を覆ったり離れたったりしたため、オゾン全量が大きく変動している。オゾン全量が 220 m atm-cm を下回った最後の日のは 11 月 29 日であった。

その後は変動を繰り返し、12 月になると 300 m atm-cm を継続して上回るようになった。

図 13 に昭和基地における 8 月から 12 月の月平均オゾン全量の経年変化を示す。

4.3.2. オゾン反転観測

図 14 にオゾン反転観測による気層別オゾン量の高度分布を示す。2005 年 4 月から 8 月はロング反転観測データが得られなかったため表示していない。

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

第 9, 10 層（1.98 hPa より上層）のオゾン量は、2005 年 1 月から 3 月にかけて増加し、9 月から 11 月上旬にかけて減少傾向であった。

4.3.3. オゾンゾンデ観測

図 15 に 2005 年 1 月から 2006 年 1 月のオゾン分圧の時間高度断面を、図 16 に 2005 年 8 月から 2006 年 1 月までのオゾン分圧の高度分布を示す。

オゾン分圧は通常、高度 100 hPa から 50 hPa 付近で最大となる高度分布を示す。図 15 よ

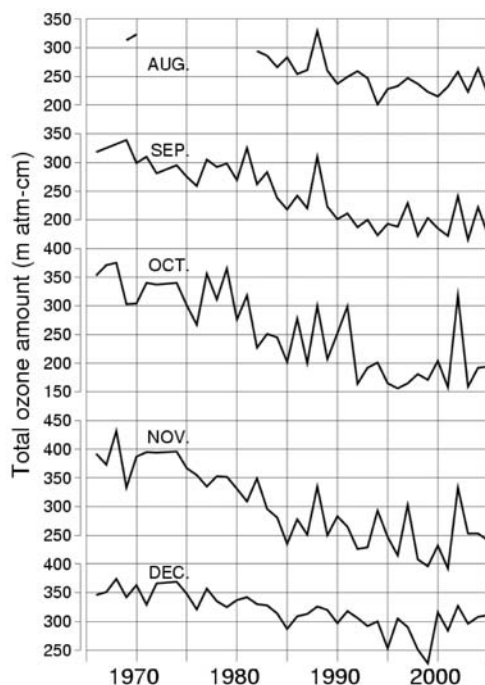


図 13 昭和基地における月平均オゾン全量の経年変化 (1966–2005 年)
 Fig. 13. Time series of monthly mean total ozone at Syowa Station (1966–2005).

り、1月から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、9月中旬から11月下旬にかけては 2.5 mPa 未満の領域が広がり、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10月中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

図 17 に 1997 年 1 月～2006 年 1 月までの地上オゾン濃度日別値を示す。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、図 18 に地上オゾン濃度の月別値と季節変動成分を除いた濃度変動（長期変動成分）を示す（気象庁，2007）。

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ことが分かる。昭和基地での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どうか、今後の観測データの蓄積を待つ必要がある。

観測値のデータ処理については、データセレクションを行うにあたっての閾値の選定につ

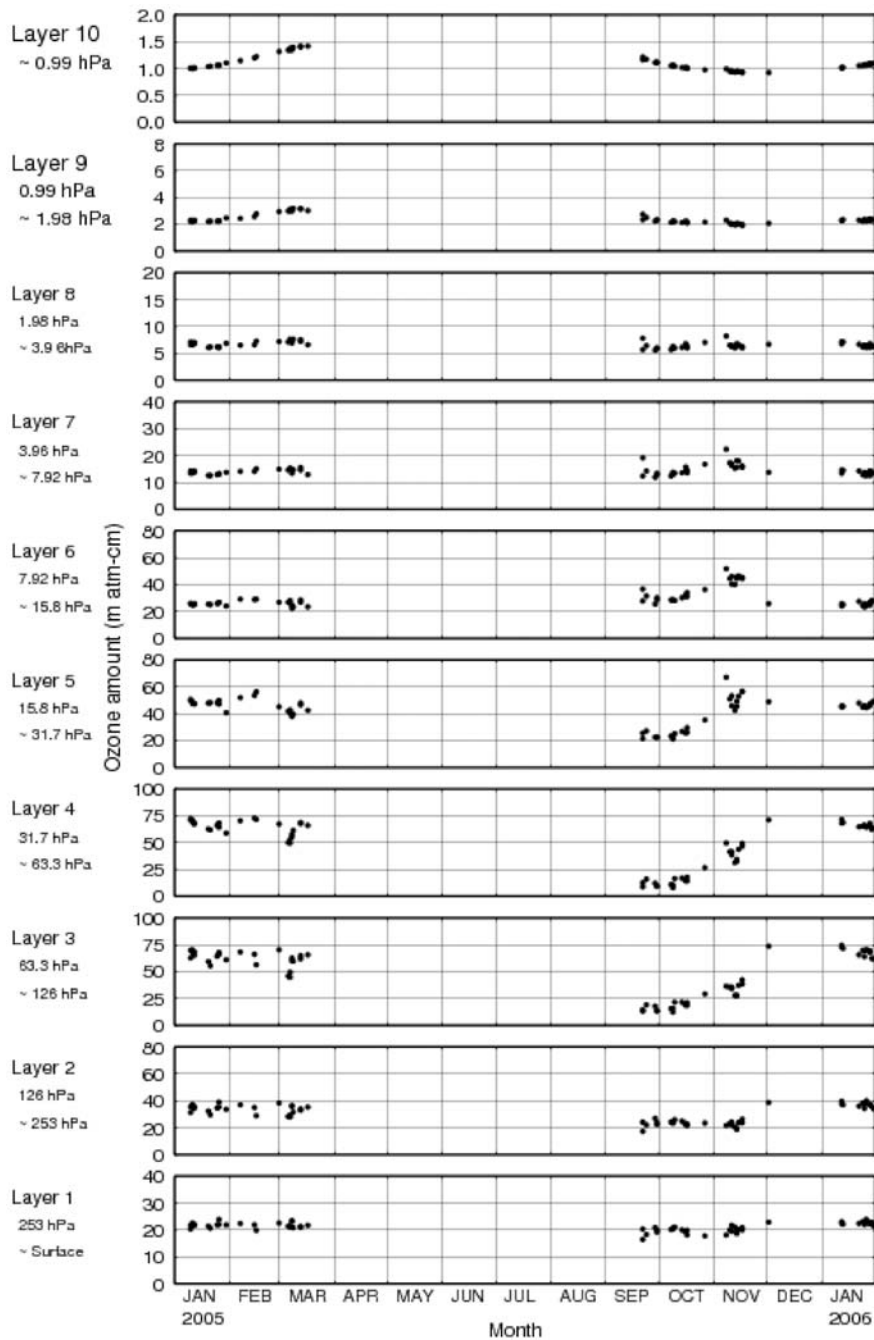


図 14 昭和基地における反転観測による気層別オゾン量 (2005 年 1 月~2006 年 1 月)
 Fig. 14. Amount of ozone in the selected layers obtained by Umkehr observations at Syowa Station (Jan. 2005–Jan. 2006).

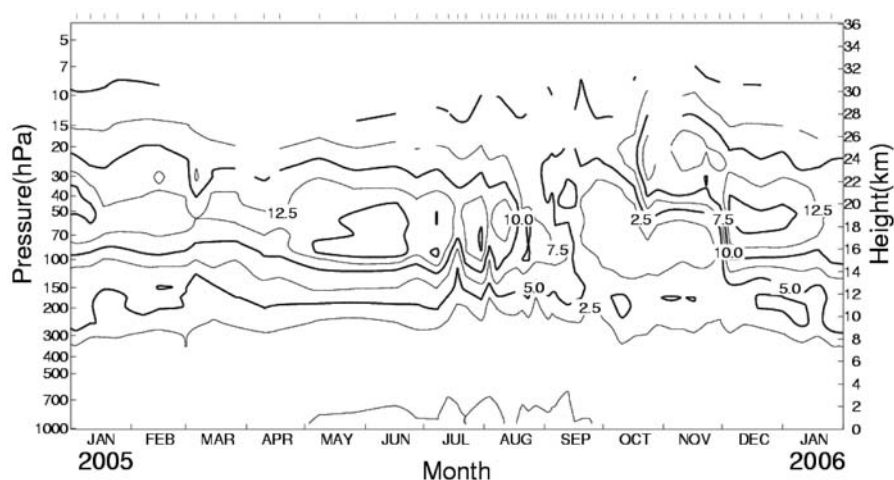


図 15 昭和基地におけるオゾンゾンデ観測によるオゾン分圧の時間高度断面図
(単位: mPa, 2005 年 1 月~2006 年 1 月)

Fig. 15. Time-height cross section of ozone partial pressure (mPa) by ozonesonde observations at Syowa Station (Jan. 2005–Jan. 2006).

いて、東島らが検討した結果（東島ら，2003）をもとに観測値（12 秒値）の標準偏差の閾値を 0.3 ppb として実施した。

南極・北極の高緯度地域では、極夜明けの春期に大気中の海塩粒子や、積雪・海水中の海塩成分から放出された海塩起源の物質の影響で、地上付近のオゾンが分解されてその濃度がほとんどゼロになる現象があることが知られている（青木，1997; 江崎ら，2000）。

第 46 次隊では、図 19 に示すとおり、2005 年 7 月 21 日 12 時頃から 23 日 9 時頃にかけて地上オゾン濃度が急激に低下し、7 月 21 日 21 時に極小値 11.8 ppbv を観測する現象があった。第 38 次隊以降これまでに気象部門で報告されている地上オゾン急減現象は、最も早い時期のものでも 8 月の上旬であり、今回の事例は、地上オゾン濃度がゼロ近くまで低下するような顕著な事例ではなかったものの、極夜明けのごく早い時期に発生しているという点において特徴的であった。なお、7 月 22 日にオゾンゾンデ観測を実施したが、オゾン濃度の鉛直分布においてオゾンの減少がみられるなどの特徴的な観測結果は得られなかった。

極夜明けに地上オゾン濃度が低下する現象を説明するためには、今後も、更に事例の解析を重ねていく必要がある。

4.4. GPS オゾンゾンデの試験飛揚

4.4.1. 試験飛揚の目的

次期高層気象観測装置として導入予定の GPS 高層気象観測システムの試験運用を実施したことは、3.4 項で述べたとおりである。オゾンゾンデ観測においては、高層気象観測装置の

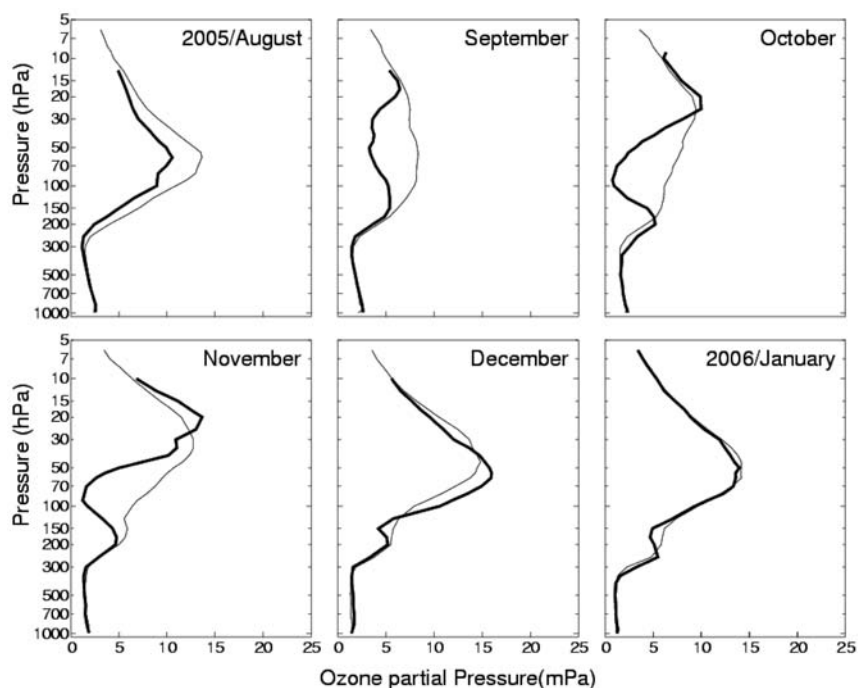


図 16 昭和基地におけるオゾン分圧の高度分布 (2005 年 8 月~2006 年 1 月)
太実線は月平均オゾン高度分布, 細実線は 1971-2000 年の累年平均オゾン高度分布.
Fig. 16. Vertical distribution of ozone partial pressure observed by ozonesonde at Syowa Station (Aug. 2005-Jan. 2006).
Thick lines show monthly mean profiles (Aug. 2005-Jan. 2006). Thin lines show normal profiles (1971-2000).

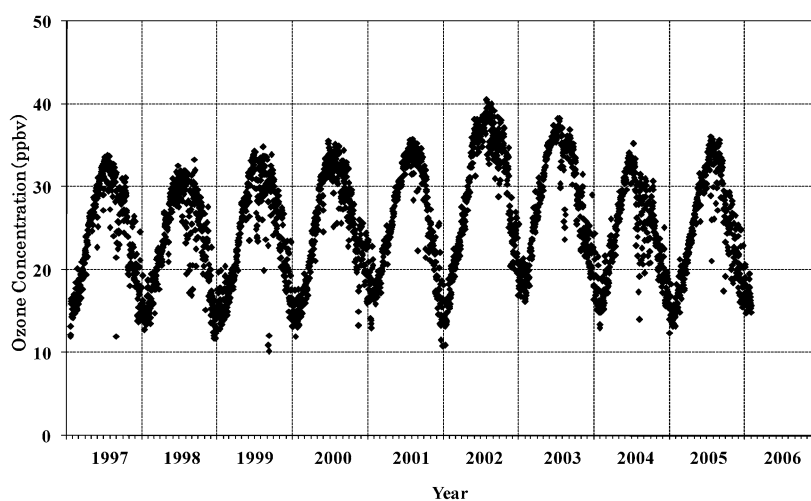


図 17 昭和基地における地上オゾン濃度日別値 (1997 年 1 月~2006 年 1 月)
Fig. 17. Daily means of surface ozone concentration observed at Syowa Station (Jan. 1997-Jan. 2006).

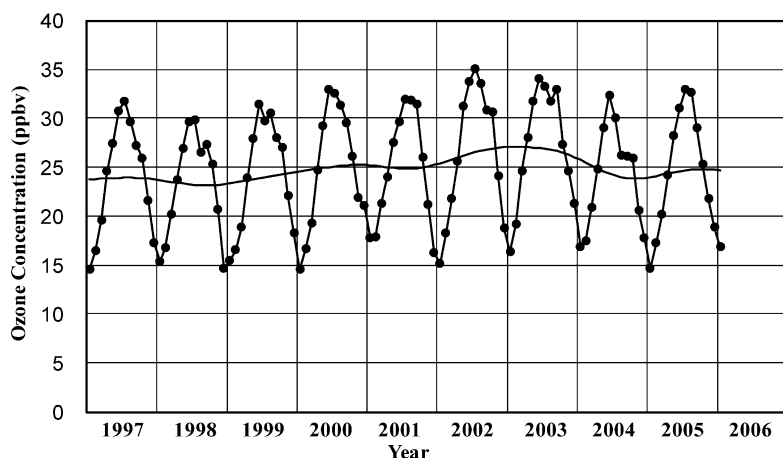


図 18 昭和基地における地上オゾン濃度の月別値と季節変動成分を除いた濃度の年々変動
 Fig. 18. Time series of monthly mean surface ozone concentrations and seasonally corrected concentrations at Syowa Station.

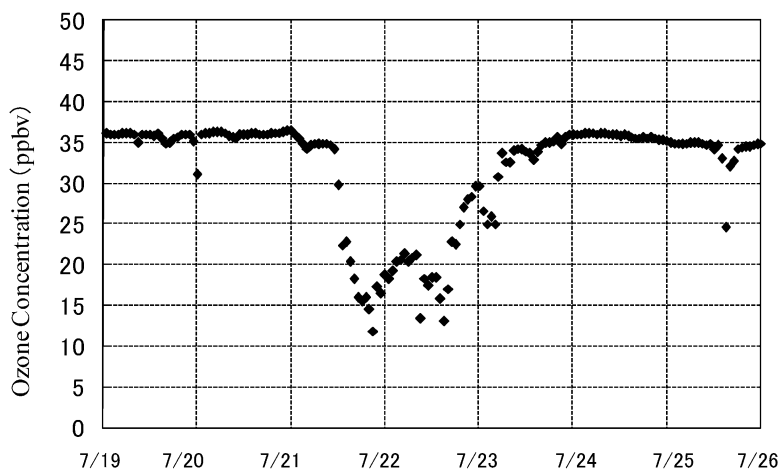


図 19 2005 年 7 月 19 日から 25 日にかけての地上オゾン濃度の変化
 Fig. 19. Variation of surface ozone concentration observed at Syowa Station between the 19th and 25th in July 2005.

更新に合わせ、使用する器材を現用の RS2-KC96 型オゾンゾンデ（以下「KC-96 型」と記す）から、GPS オゾンゾンデに変更する予定である。

GPS オゾンゾンデは国内での運用実績がないため、次隊以降の正規運用時に安定した観測を行うことができるよう、観測機器や観測処理ソフトの安定動作を確認することを目的として試験飛揚を行った。GPS オゾンゾンデの導入にあたっては、注水電池による観測測器の発

信継続時間と、反応液の凍結防止対策が課題であった。

4.4.2. 測器及び飛揚方法

(1) 観測測器

GPS オゾンゾンデは KC-02G 型オゾンゾンデ（以下「KC-02G 型」と記す）を用いた。KC-02G 型は、3 次元測位と温度、湿度の計測及び観測データの送信を行う GPS ゾンデ部と、大気中のオゾン濃度を測定するオゾン計測部から成る。GPS ゾンデ部には RS-01G 型 GPS ゾンデを用い、オゾン計測部は KC-96 型と同一の器材を用いている。サンプリング周期は、KC-96 型が 10 秒であるのに対し、KC-02G 型は 1 秒とより詳細なデータの取得が可能となっている。また、KC-02G 型の筐体は、KC-96 型に比べて隔壁の厚みを増して保温性能を高めている。

(2) 連結飛揚の構成

KC-02G 型と KC-96 型を、直径約 2 cm、長さ約 180 cm の竹竿の両端に固定し、50 m の吊紐で気球に吊るした。気球は 2000 g のゴム気球を用い、標準浮力を 4000 g として飛揚した。

4.4.3. 試験飛揚の結果

(1) 観測状況

反応液の液温やゾンデの動作状況等を新旧ゾンデで比較するために、試験飛揚 13 回すべてを連結飛揚により実施した。観測状況を表 17 に示す。

(2) 機器の状況

地上設備及び KC-02G 型オゾンゾンデは、おおむね順調に稼動した。観測処理ソフトは不具合によるプログラム停止が数回発生したが、ゾンデデータは正常に保存されており、再処理によって観測データを取得できた。

(3) 注水電池の継続時間

注水電池は現用と同型の B96KC 型を使用した。KC-02G 型は KC-96 型よりも発信器部の消費電力が大きいことから、電池の消耗を抑えるため飛揚前点検ではオゾンゾンデ試験器

表 17 KC-02G 型オゾンゾンデ観測状況
Table 17. Dates of observations and attained heights of ozonesonde (KC-02G).

年		2005 年								
月		6 月		7 月		8 月		9 月		
日	観測終了	7	80.1 *	7	5.4 *	7	5.2 *	6	7.8	
	気圧 (hPa)	16	9.0 *	18	11.8	27	10.2			
		27	18.6	22	5.5 *					
年		2005 年								2006 年
月		10 月		11 月		12 月		1 月		
日	観測終了	28	9.0	22	12.5 *	20	17.1 *	26	13.2 *	
	気圧 (hPa)									

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。

からゾンデに給電し、飛揚 15 分前に注水電池を接続した。気球破裂前に電池の出力低下によって発信が停止したと考えられる観測は、全 13 回中 8 回あった。

第 47 次隊以降は、GPS ゾンデ部として RS-01GM 型 GPS ゾンデが導入されたことに伴い、GPS ゾンデ部の電源が、オゾンゾンデ部との共用から独立した電源（単 3 リチウム電池 2 本）に変更になった。これにより全体として電池容量が増え、観測に十分な電池寿命が得られるようになった。

(4) 反応液の凍結防止

現用の KC-96 型は反応液の凍結防止のため、反応管室と電池室との隔壁に穴を開けて注水電池からの発熱を反応液に伝達させ、さらに筐体に目張りを施していたが、KC-02G 型では筐体の保温性能が向上したため、従来の対策を施さなくとも反応液が凍結した事例はなかった。

KC-96 型と KC-02G 型の反応液の液温を比較すると、最大で 10°C 程度の差が生じている場合もあったが、おおむね同程度の温度であり、温度変化は KC-02G の方が緩やかだった。従来行っていた筐体内の隔壁への穿孔による凍結防止対策では、穴の大きさや数により、液温が大きな影響を受けていたが、KC-02G 型では安定した液温を維持できるようになった。

(5) 観測データの比較

KC-02G 型のオゾンゾンデ部は KC-96 型と同一の器材を用いているため、オゾン観測値に系統的な差異が生じることはない。両者のオゾン分圧の鉛直プロファイルは、おおむね良く一致していた。ただし、3.4.4 項で述べたとおり、気圧の観測方法の変更が、両ゾンデの観測値に影響を与える可能性がある。このことについては、前述のとおり詳細に吟味した上で別途報告する。

4.5. 2005 年のオゾンホールの特徴

図 20 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、2005 年 8 月から 12 月の旬別オゾン全量の南半球分布図を示す。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 月中旬に急激に発達し、9 月は月を通して南極大陸のほぼ全域を覆い、11 日にはオゾンホールの面積が 2005 年の最大 (2673 万 km²) となった。またオゾン欠損量 (破壊量) は 9 月 19 日に 8887 万 t となった。これらとともに、最近 10 年間の中では平均的な大きさであり、オゾンホールは依然として大規模に発達しているといえる。最低オゾン全量は 102 m atm-cm となった。11 月中旬になるとオゾンホールの規模は急速に縮小し、12 月 14 日に消滅した。

このように、2005 年のオゾンホールは、これまでと比較して、早い時期から発達した。面積及びオゾン欠損量 (破壊量) は、過去 10 年の中では平均的な値となり、依然として大規模に発達した。

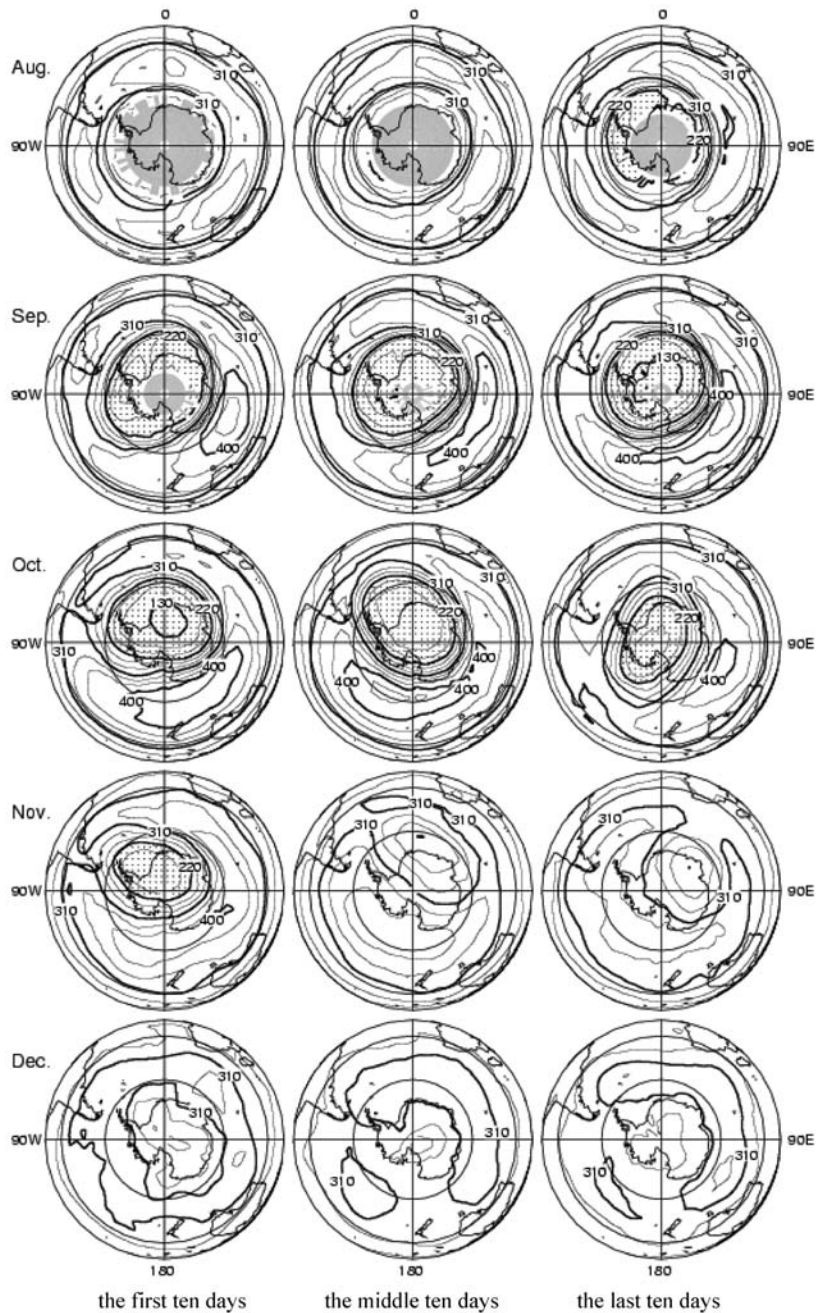


図 20 OMI による旬別オゾン全量の南半球分布図 (2005 年 8 月~12 月)
 等値線間隔は 30 m atm-cm. NASA 提供の OMI データを基に作成. 点域は 220 m atm-cm
 以下の領域を示す. 陰影部は極夜のため観測できない領域.

Fig. 20. 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. 2005– Dec. 2005).

2005 年のオゾンホールが例年より早い時期に拡大した理由の一つとして、成層圏のオゾン層破壊物質の形成に必要な、成層圏で -78°C 以下の低温域が例年より広範囲に広がり、オゾンが破壊されやすい気象状況であったことが考えられる（気象庁，2006）。

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 のベースライン地上放射観測網（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も毎秒に変更した。第 46 次隊ではこれらの観測システムにより第 45 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ブリューワー分光光度計を用いる。第 42 次隊で単分光方式の MK II から二重分光方式の MK III（168 号機）へ測器を変更した（田口ら，2006）が、第 45 次隊で MK III（168 号機）をメンテナンスのため国内に持ち帰る必要があり、第 45 次隊が予備機として使用していた MK II（091 号機）を、MK III（168 号機）との比較観測を行った後、2005 年 2 月 1 日から引き継ぎ観測に使用した。

観測の種類と使用した測器を表 18 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時を選び、ホイスナー・デュボアの混濁係数を求めた。

- (c) 精密全天日射計を用いた散乱日射量の連続観測

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

- (d) 全天型紫外域日射計を用いた B 領域紫外線量の連続観測

全天型紫外域日射計は、測定波長に依存した測器感度の経時変化が指摘されている（柴田ら，2000; 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（柴田ら，2000）をとった。

表 18 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 18. 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	738 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	970397 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	30619 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 μ m	30642	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	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	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 μ m	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 μ m	20444	0.01 MJ/m ²	1 秒
	大気混濁度	サンフォトメータ	EKO MS-110	368 500 675 778 862 938 nm	S94121.02 ES82-486		10 秒
	波長別 紫外域日射量	ブリュワー 分光光度計	SCI-TEC BREWER MK II	290-325 nm	#091	1 μ W/m ²	1 時間

なお、測器感度の変化を補正するために、新たに高層気象台で開発された広帯域（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）を持ち込んで運用したが、5.2.1 項で述べるとおり、第 46 次隊においてはデータの補正に用いることはできなかった。

(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

観測棟下の海氷上に新設した架台に測器を取り付けた（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。

(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 II（091 号機）を用いて、290.0–325.0 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 45 次隊と同様である。

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時を選び、自動観測型サンフォトメータ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」と記す)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

2005 年 2 月 1 日に第 45 次隊から観測を引き継ぎ、第 46 次隊のデータ収録を開始した。

2 月 9 日に太陽追尾装置が原点復帰できず、太陽を追尾できなくなった。このため、予備の太陽追尾装置に散乱日射量観測用精密全天日射計、直達日射計 2 台、自動型サンフォトメータ 2 台を移設し、2 月 11 日に観測を再開した。この障害により、散乱日射量、直達日射量、大気混濁度観測が 2 日間欠測となった。

第 46 次隊で持ち込んだ広帯域(全天型)紫外域日射計用の外部標準ランプ点検装置を用いて、おおむね 3 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。点検装置は順調に動作したが、4 月及び 8 月の点検結果では測器感度が 3 月の点検時の約半分になり、その後の 11 月及び 12 月の点検では 3 月の点検結果とほぼ同じ測器感度になるという変化がみられた。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では、全天型紫外域日射計の測器感度に、外部標準ランプ点検でみられたような変化はなかった。結局、外部標準ランプ点検装置による点検結果に現れた測器感度変化の原因を特定できなかったため、点検装置による全天型紫外域日射計の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

2004-2005 年の夏期に上向き反射放射観測鉄塔周辺の融雪・解氷が進み、鉄塔の倒壊の恐れが生じたため、2005 年 1 月 19 日、上向き反射放射観測鉄塔上のすべての日射・放射計を撤収して上向き反射放射観測を中断した。測器を撤収した時点で既に、観測鉄塔の基礎として埋設していた合板や鉄骨が感部直下の雪面上に露出していたため、観測データがこれらの影響を受けたと考えられる 2005 年 1 月 1 日から 19 日までの間を欠測とした(阿保ら, 2008)。

同鉄塔は倒壊を免れたが、将来にわたって倒壊の危険をともなうため撤去し、単管鉄パイプを門型に組み上げて上向き反射放射観測架台を新設し、6 月 16 日にデータ収録を再開した。

また、これまで測器感部から AD 変換部（拡張ターミナル）までの数十 m にわたって雪面上にケーブルを展張していたため、融雪水がケーブル伝いに流入し、上向き反射放射観測場所の融雪・解氷を早めていたことから、観測架台を新設するにあたり、足場材を用いてケーブルの一部高架化を図った。旧上向き反射放射観測鉄塔と、新設した架台の写真を図 21 に示す。

6 月 16 日の上向き反射放射観測データ収録の再開にあたり、紫外域日射計感部にケーブルを接続する際、感部保護カバーの通線穴付近において、低温により硬化したケーブルが断線した。これは、通線穴から感部までの通線ルートが、ケーブルを曲げなければ感部と接続できない構造となっていたことによる。このため、ケーブルを曲げずに感部と接続できるよう感部保護カバーを改造し、ケーブルを再敷設して、B 領域紫外線反射量については 7 月 14 日に観測を再開した。

2006 年 1 月 3 日から 7 日まで、ブリューワー分光光度計 MK II による感度補正のため、B 領域紫外線反射量観測用の紫外域日射計により下向き紫外域日射量の観測を行った。

5.2.3. 波長別紫外域日射観測

2005 年 2 月 1 日にブリューワー分光光度計 MK II を第 45 次隊から引き継ぎ観測を行った。

3 月に監視部パソコン、8 月に制御部パソコンのハードディスクが故障したために交換した。また、10 月と 12 月に内部水銀ランプの照度が低下したため交換したが、そのほかは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

2005 年 2 月 1 日に第 45 次隊から観測を引き継いだ。

5.2.1 項で述べたとおり、2 月 9 日の太陽追尾装置の故障により、2 月 11 日の観測再開までの間データを取得できなかった。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

図 22 に下向き日射放射量日積算値の年変化を示す。

2005 年の下向き日射放射観測では例年と違った変化はみられない。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 MJ/m^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 MJ/m^2 以上の放射量が観測されている。これは大気分子や雲からの放射によるものである。B 領域紫外線量については、11 月下旬は値が大きく、12 月に値が急に下がっているが、これは 12 月頃を境に昭和基地周辺の上空のオゾン全量が急激に増加したことによるものである。



図 21 上向き反射放射観測施設
(上) 融雪・解氷により基部まで露出した観測鉄塔 (2005 年 1 月)
(下) 単管鉄パイプを門型に組んで新設した観測架台 (2005 年 6 月)
Fig. 21. Sensor installation for observation of upward radiation.
(Upper) The old tower. (Jan. 2005)
(Bottom) The new gate type stand. (Jun. 2005)

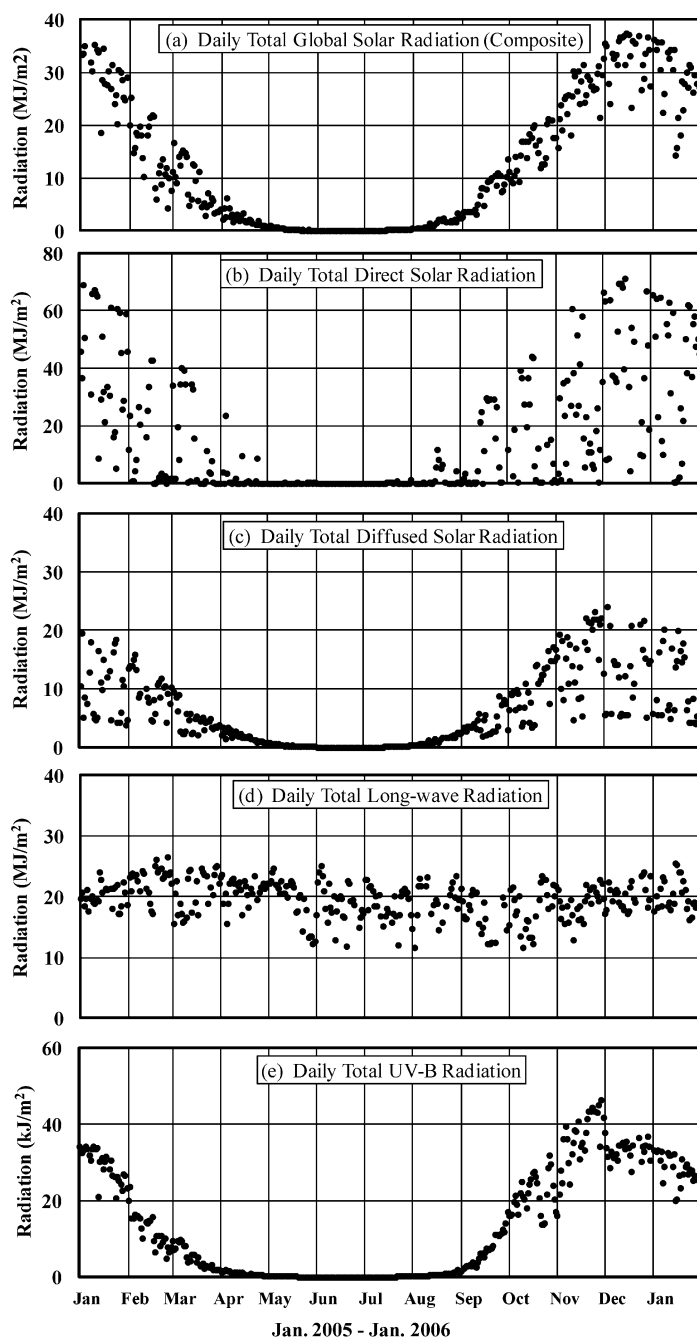


図 22 下向き日射放射量日積算値の年変化 (2005 年 1 月~2006 年 1 月)

(a) 全天日射量, (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. 22. Annual variations in daily integrated values of downward radiation components (Jan. 2005 - Jan. 2006).

(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.

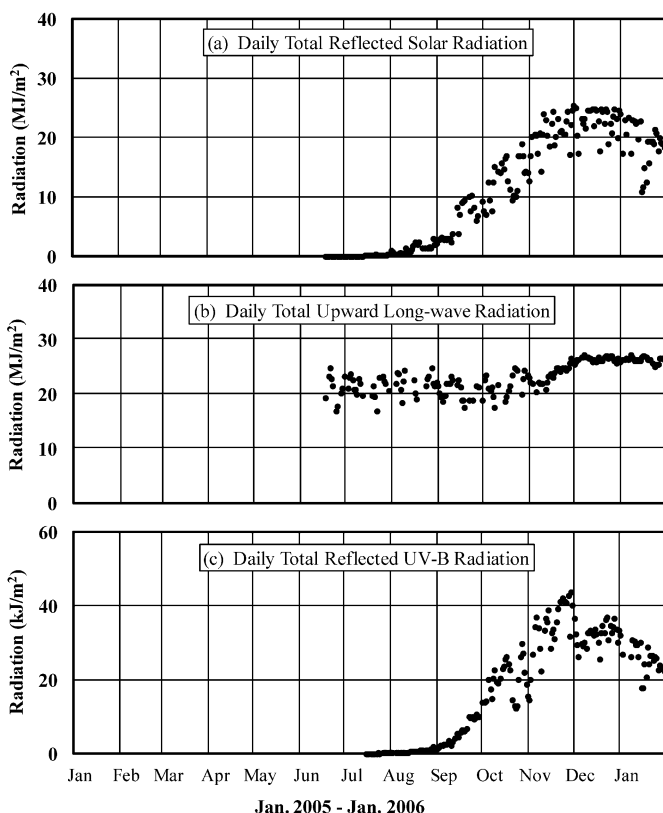


図 23 上向き反射放射量日積算値の年変化（2005 年 1 月～2006 年 1 月）
 (a) 反射日射量, (b) 長波長放射量, (c) B 領域紫外線反射量.

Fig. 23. Annual variations in daily integrated values of surface upward radiation components (Jan. 2005–Jan. 2006).

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

5.3.2. 上向き反射放射観測

図 23 に上向き反射放射量日積算値の年変化を示す.

5.2.2 で述べたとおり, 2004–2005 年の夏期に上向き反射放射観測鉄塔周辺の融雪・解氷が進んだことに伴い, 反射日射量, 長波長放射量及び放射収支の上向き反射放射観測は, 2005 年 1 月 1 日から 6 月 16 日まで観測中断による欠測となっている. B 領域紫外線反射量の観測については, 2005 年 1 月 1 日から 7 月 14 日まで欠測となっている.

図 24 に短波, 長波及び全波長の正味放射量日積算値の年変化を示す. 上向き反射放射観測が 2005 年 1 月 1 日から 6 月 16 日まで観測中断による欠測となったため, 観測再開以降のグラフとなっているが, 2005 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

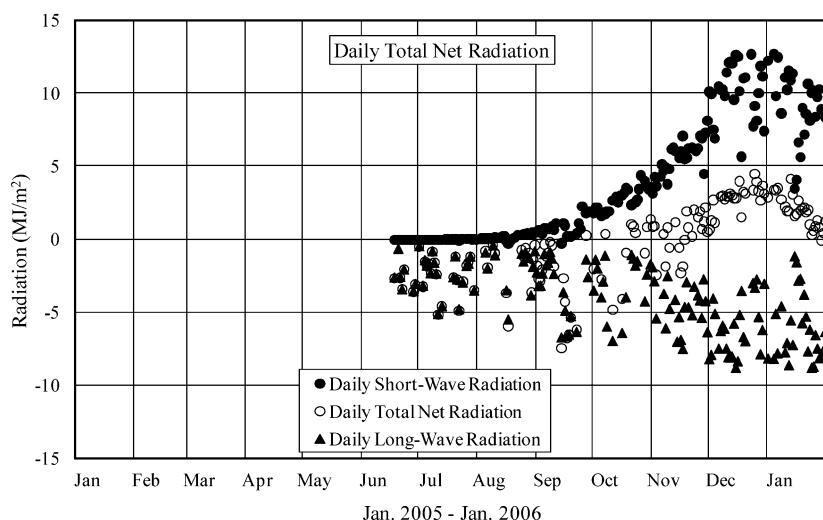


図 24 短波、長波及び全波長の正味放射量日積算値の年変化 (2005 年 1 月~2006 年 1 月)

Fig. 24. Annual variations in daily integrated net radiation of short wavelengths, long wavelengths, and all wavelengths (Jan.2005-Jan.2006).

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

図 25 に波長 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 から 4.5 の時、オゾン全量が 300 m atm-cm から 1% 減少した場合、UV-B 強度は 1.6-1.8% 程度増加する。またオゾン全量が 300 m atm-cm から 150 m atm-cm へ半減した場合には、UV-B 強度が 2 倍から 3 倍程度増加する (東島ら, 2003)。

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 (2005 年は 12 月 21 日) に近くなる傾向があるが、2005 年に関しては、290.0-325.0 nm のすべての波長帯で 11 月 29 日に日積算値の年間最大値を記録した。

10 月後半から 12 月の初めにかけては、太陽高度角の上昇、全日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 月になると、太陽高度角が高くなり、日照時間も長くなるが、オゾンホールが解消しオゾン全量が急激に増加したこと

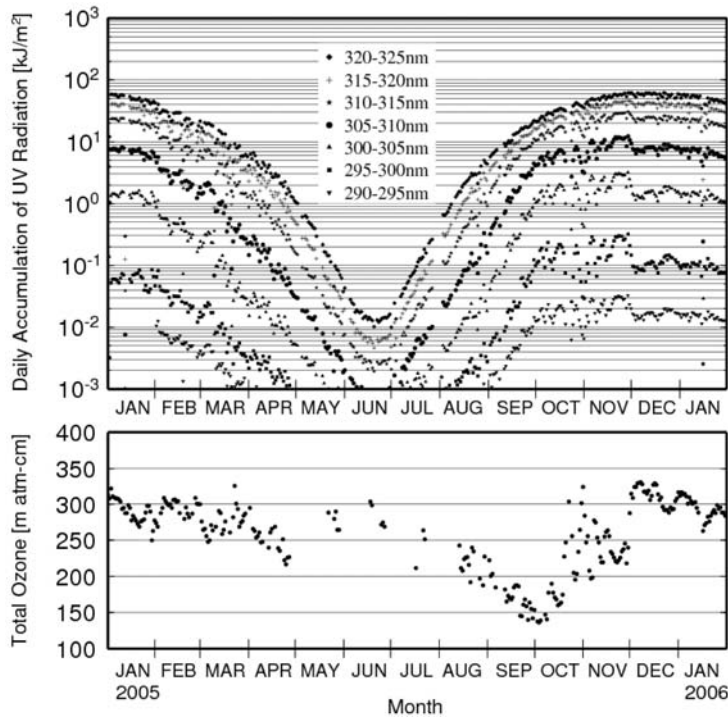


図 25 昭和基地における波長帯別紫外域日射量の日積算値（上図）とオゾン全量（下図）（2005 年 1 月～2006 年 1 月）

Fig. 25. Daily accumulated ultraviolet radiation integrated for each wavelength band (above) and total ozone amount (below) at Syowa Station (Jan. 2005–Jan. 2006).

に伴って、290 nm から 310 nm の短波長側の日積算値は 11 月に比べ急速に減少した。

なお、300 nm 以下の波長帯は、二重分光方式の MKⅢに比べ、単分光方式の MKⅡは迷光の影響を受けるため高い値を示すことが知られている。

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 mW/m^2 で割った UV インデックスが用いられることが多い。図 26 に、昭和基地における 2005 年 1 月から 2006 年 1 月の日最大 UV インデックスの年変化を示す。

2005 年の最大 UV インデックス 9.4 は 11 月 21 日に記録した。これは、日本の那覇の 6 月の日最大 UV インデックスの月平均値にほぼ等しい。

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、325–400 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。

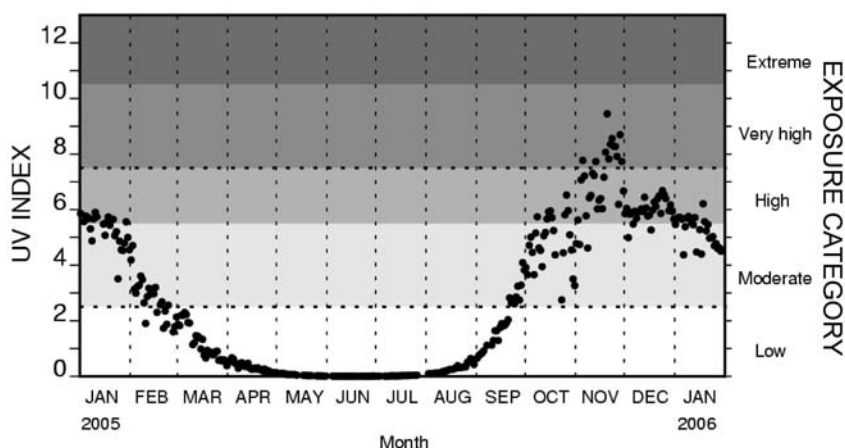


図 26 昭和基地における日最大 UV インデックスの年変化 (2005 年 1 月~2006 年 1 月)
 Fig. 26. Annual variation of daily maximum UV index at Syowa Station (Jan. 2005–Jan. 2006).

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。直達日射計で求められる大気混濁度は全波長 (300–2800 nm) 域での混濁度を示すのに対し、サンフォトメータでは波長別 (368, 500, 675, 778, 862 nm の 5 波長) の直達光強度を測定することにより、波長別のエアロゾルの光学的厚さ (AOD) を求めることができる。また、5 波長 (368–862 nm) の AOD から、オングストロームの波長指数 (Ångstrom A) 及び混濁係数 (Ångstrom B) が求められる。

なお、AOD 算出に用いるレーリー散乱式中の定数については、気象庁の大気混濁度観測と基準を合わせるため、第 45 次隊と同様に 0.00864 を用いた (東島ら, 2003)。

(a) 2005 年の観測結果

図 27 にサンフォトメータによる 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おり、2005 年 9 月から 11 月の AOD の変動が特に大きくなっている。

図 28 にホイスナー・デュボアの混濁係数の季節変化を示す。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。

(b) 大気混濁度の経年変化

図 29 にサンフォトメータで大気混濁度の観測を開始した 1980 年からの各波長 (368, 500, 675, 778, 862 nm) の AOD, 及び 368–862 nm の 5 波長の AOD から求めたオングストローム

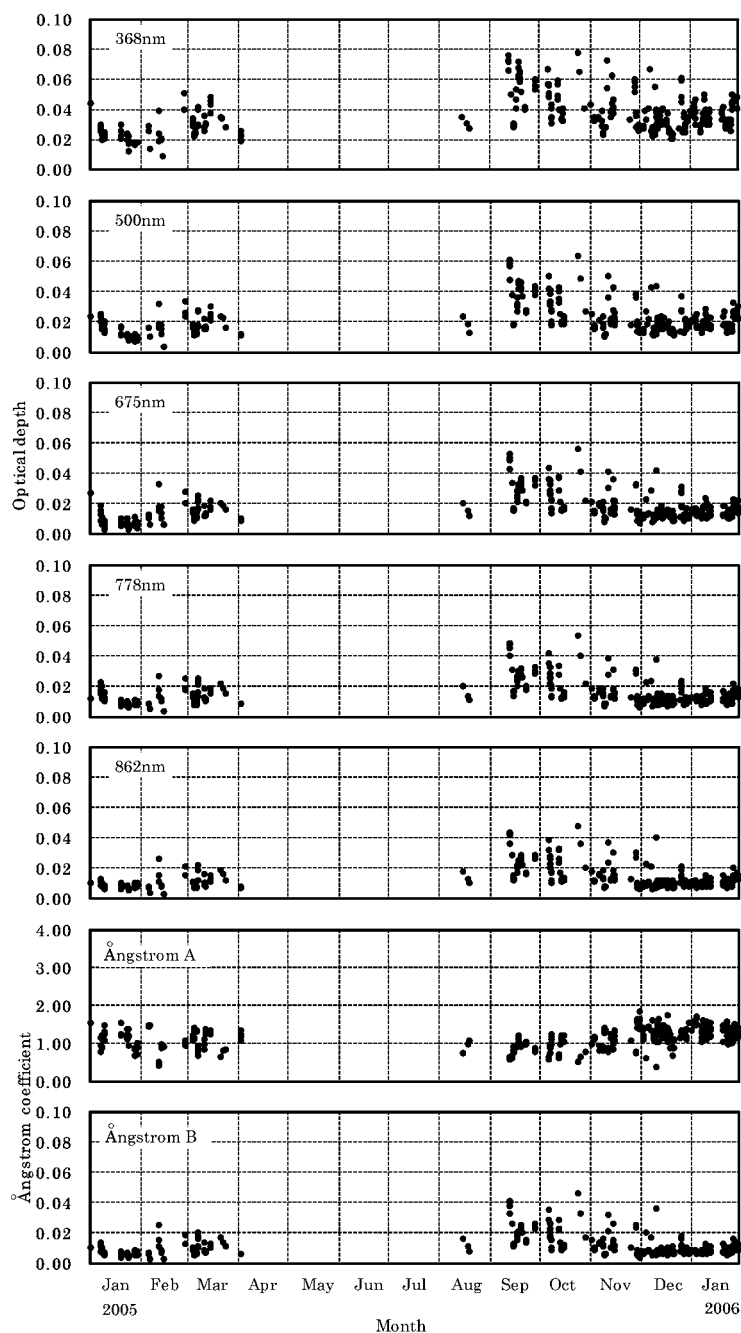


図 27 昭和基地における波長別エアロゾルの光学的厚さの季節変化 (2005 年 1 月~2006 年 1 月)
 Fig. 27. Annual variations in aerosol optical depth for each wavelength at Syowa Station (Jan. 2005–Jan. 2006).

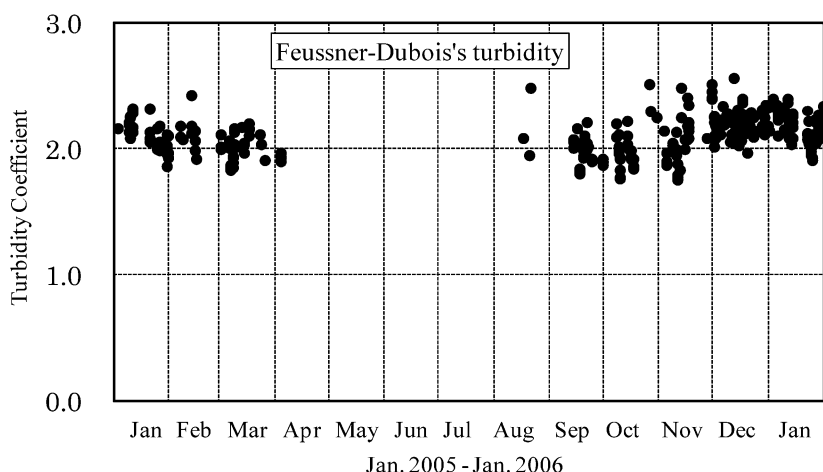


図 28 昭和基地におけるホイスナー・デュボアの混濁係数の季節変化 (2005 年 1 月~2006 年 1 月)
 Fig. 28. Annual variations in Feussner-Dubois's turbidity coefficient at Syowa Station (Jan.2005-Jan.2006).

の波長指数 (Ångstrom A) と混濁係数 (Ångstrom B) の経年変化を示す。

全球的に噴出物が拡散したとされる、1991 年 6 月のピナツボ火山噴火の (15.08 N, 120.21 E) 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)。2005 年の値は、ほぼ平年並みであった。

図 30 にホイスナー・デュボアの混濁係数の経年変化を示す。サンフォトメータで観測した場合と同様、1982 年 (4 月: エル・チチョン (17.20 N, 93.12 W)), 1991 年に全球的な火山噴火の影響を受けており、その後数年間かけて平年値に戻っていることが分かる。また、春から夏にかけて増加し、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。2005 年の値は、ほぼ平年並みであった。

5.4. 下向き長波長放射による全雲量の推定

極域の大気境界層におけるエネルギー収支において、日射のない極夜期は特に下向き長波長放射の寄与が重要であり、雲の果たす役割は大きい。昭和基地での雲の目視観測は 3 時間ごとに行われているが、極夜期においては薄暮の時間が長く、この時間帯に薄い上層雲が現れると、極寒のもとで雲を観測するのに特に労力を要する。そこで、目視観測の一助となる

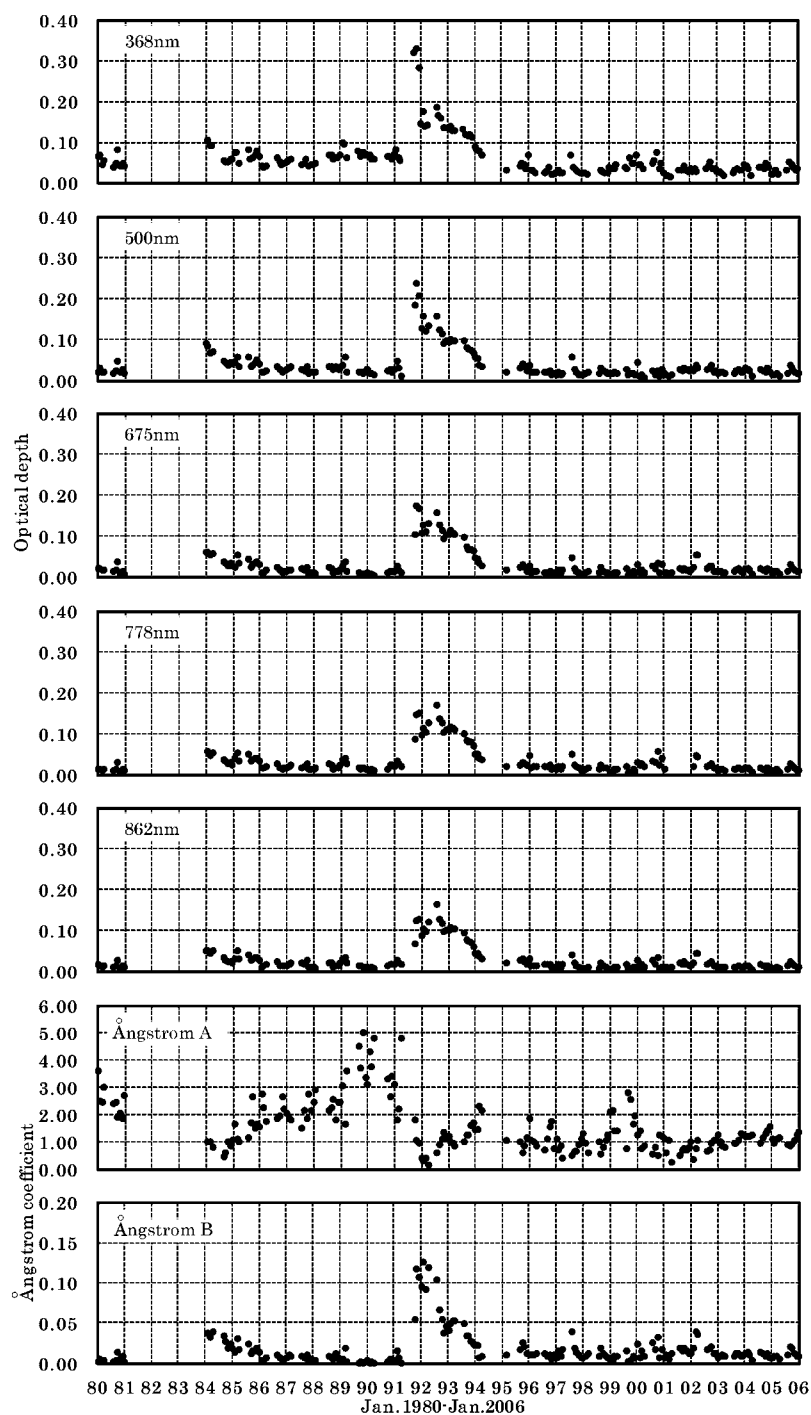


図 29 昭和基地上空の大気混濁度経年変化（1980 年 1 月～2006 年 1 月）

Fig. 29. Time series of atmospheric turbidity above Syowa Station (Jan. 1980–Jan. 2006).

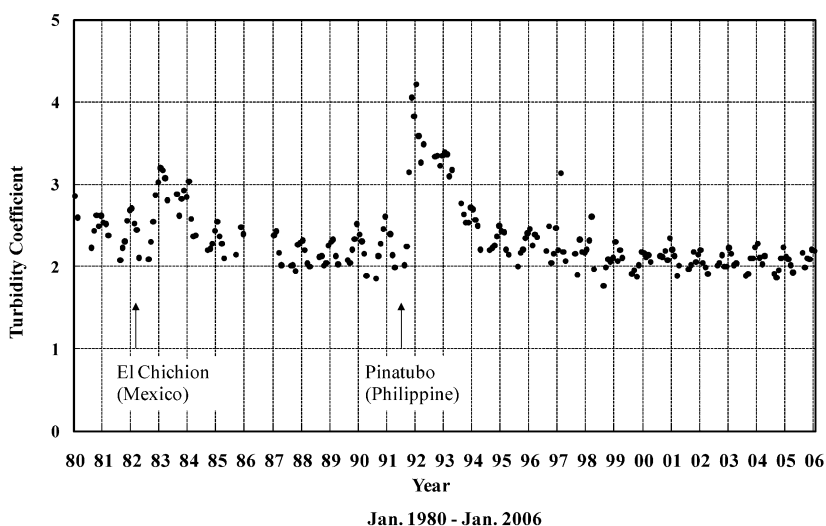


図 30 昭和基地上空の大気混濁度経年変化 (1980 年 1 月~2006 年 1 月)

Fig. 30. Time series of Feussner-Dubois's turbidity coefficient by pyrhelimeter (Jan. 1980–Jan. 2006).

可能性を探るため、第 46 次日本南極地域観測において山本 (2008) が、自動観測を行っている下向き長波長放射、地上気象データ、及び下向き長波長放射を推定するための経験式を用いて、2002–2003 年のデータにより雲量推定の調査を行っており、雲量推定の精度は目視雲量と比較して 8 分雲量で雲量差 ± 2 以内に約 80% が収まったことなどから、下向き長波長放射データが昭和基地における雲の目視観測の補助として利用可能であると報告している。

6. 特殊ゾンデ観測

第 46 次隊では特殊ゾンデ観測として、気水圏部門と共同で 9 回のエアロゾルゾンデ観測を実施した。

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。

第 46 次隊では、従来の ADS-98-5N 型エアロゾルゾンデ (以下「98-5N 型」と記す) に代えて、ADS-02-8CH 型エアロゾルゾンデ (以下「02-8CH 型」と記す) による観測を行った。このため、98-5N 型と 02-8CH 型の連結飛揚による、新旧ゾンデの比較観測を 1 回実施した。

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」と記す）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 19 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。第 46 次隊では、OPC 部として ADS-02-8CH 型 OPC、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

表 19 エアロゾルゾンデ観測器材

Table 19. Specifications of balloon-borne aerosol sondes at Syowa Station.

エアロゾルゾンデ型式			
		ADS-02-8CH	ADS-98-5N
エアロゾルゾンデ	GPS (レーウィン) ゾンデ部	RS-01G 型 GPS ゾンデ	RS2-91 型 レーウィンゾンデ
	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	
地上設備	OPC 部	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	前方散乱方式
		粒径区分	
		8ch 並行計測 (粒子半径 0.15, 0.26, 0.42, 0.70, 1.00, 1.80, 2.60, 3.60 μ m より大き い粒子を計測)	5ch 並行計測 (粒子半径 0.15, 0.25, 0.40, 0.60, 1.80 μ m より 大きい粒子を計測)
		粒子数計測間隔	
		4 秒積算値	20 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)	
地上設備	伝送 データ	時刻 (電源投入後の秒数)	
		粒径毎の粒子数 (4 秒積算数 (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 (0V, 4V)	
		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)	
	GPS 高層気象観測 システム		自動追跡型方向探知機及 び高層気象観測装置
	3000 g 気球 (ヘリウムガスによる浮力鍾浮力 7000 g)		口管部品
気球		ポリエステル製編組	
吊組		不織布, 大型	
パラシュート			

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

表 20 に第 46 次隊におけるエアロゾルゾンデの飛揚状況を示す。図 31 は、昭和基地上空の PSCs の存在領域を示したもので、高層気象観測による鉛直温度分布をもとに、PSCs 生成要件を満たす温度が発現した可能性のある時期を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」と記す) 粒子が析出する温度 (T_{NAT}) 領域 (硝酸 10 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」と記す) 粒子が析出する温度 (T_{ICE}) 領域を示す。同図にはエアロゾルゾンデ観測の行われた日 (▼) も示した。

図 31 から、6 月には高度 20 km 付近を中心に、NAT 粒子の析出温度を下回る領域が出現

表 20 昭和基地におけるエアロゾルゾンデ飛揚状況
Table 20. Aerosol sonde observations at Syowa Station.

回数	飛揚年月日	観測目的	到達高度	(気圧)
1	2005 年 5 月 20 日	バックグラウンド観測	28.8 km	(10.4 hPa)
2	2005 年 6 月 27 日	PSCs 生成期の観測	21.3 km	(32.3 hPa)
3	2005 年 8 月 8 日	PSCs 発達期の観測	29.3 km	(7.6 hPa)
4	2005 年 8 月 18 日	オゾンホール生成期の観測	30.5 km	(6.3 hPa)
5	2005 年 9 月 30 日	オゾンホール盛期の観測	29.2 km	(9.0 hPa)
6	2005 年 11 月 12 日	極渦崩壊期の観測	30.1 km	(11.2 hPa)
7	2005 年 11 月 21 日	新旧 OPC の比較観測	28.2 km	(14.6 hPa)
8	2005 年 12 月 25 日	オゾンホール回復期の観測	32.5 km	(9.2 hPa)
9	2006 年 1 月 24 日	バックグラウンド観測 (第 47 次隊との引継ぎ観測)	35.0 km	(6.5 hPa)

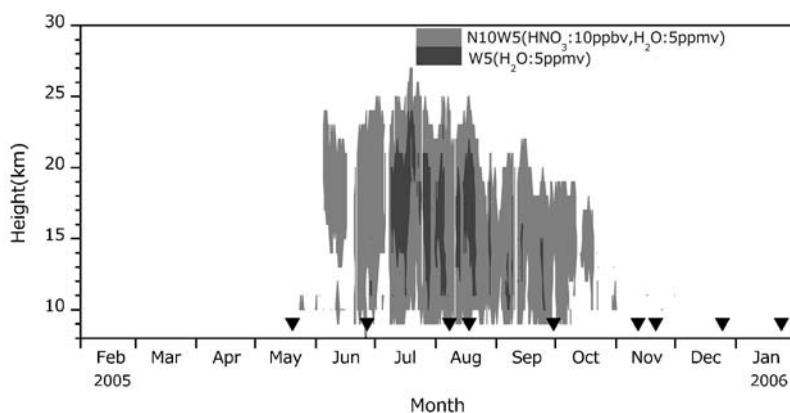


図 31 昭和基地上空の PSCs の存在領域 (高層気象観測による鉛直温度分布をもとに推定)
灰色領域は TYPE I の PSCs, 黒色は TYPE II の PSCs を示す. 三角形 (▼) はエアロゾル
ゾンデ観測が行われた日を示す.

Fig. 31. 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.

し, 7 月から 8 月には, ICE 粒子の析出温度領域が広い高度範囲に広がっている. このことから, エアロゾルゾンデの観測は, おおむね表 20 に示した観測の目的に合致する時期に実施できたと考ええる.

6.4. 観測結果

図 32 にエアロゾルゾンデ観測結果を示す. 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)」と記す) 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

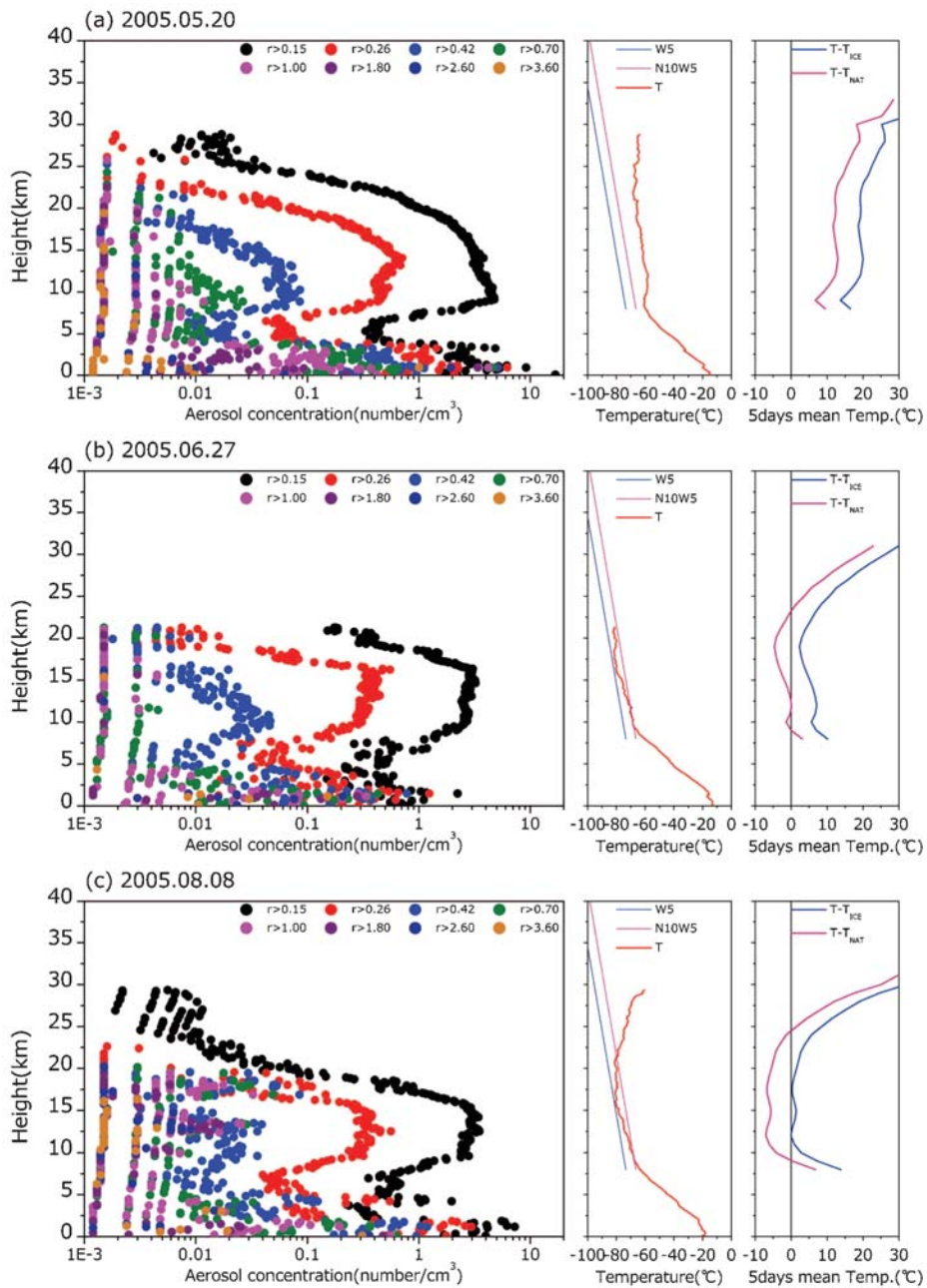


図 32 昭和基地上空のエアロゾル数濃度と気温の鉛直分布 (1/3)

(a) 2005 年 5 月 20 日, (b) 2005 年 6 月 27 日, (c) 2005 年 8 月 8 日.

Fig. 32. Vertical profile of aerosol concentration and temperature over Syowa Station. (1/3)

(a) May 20, 2005, (b) Jun. 27, 2005, (c) Aug. 8, 2005.

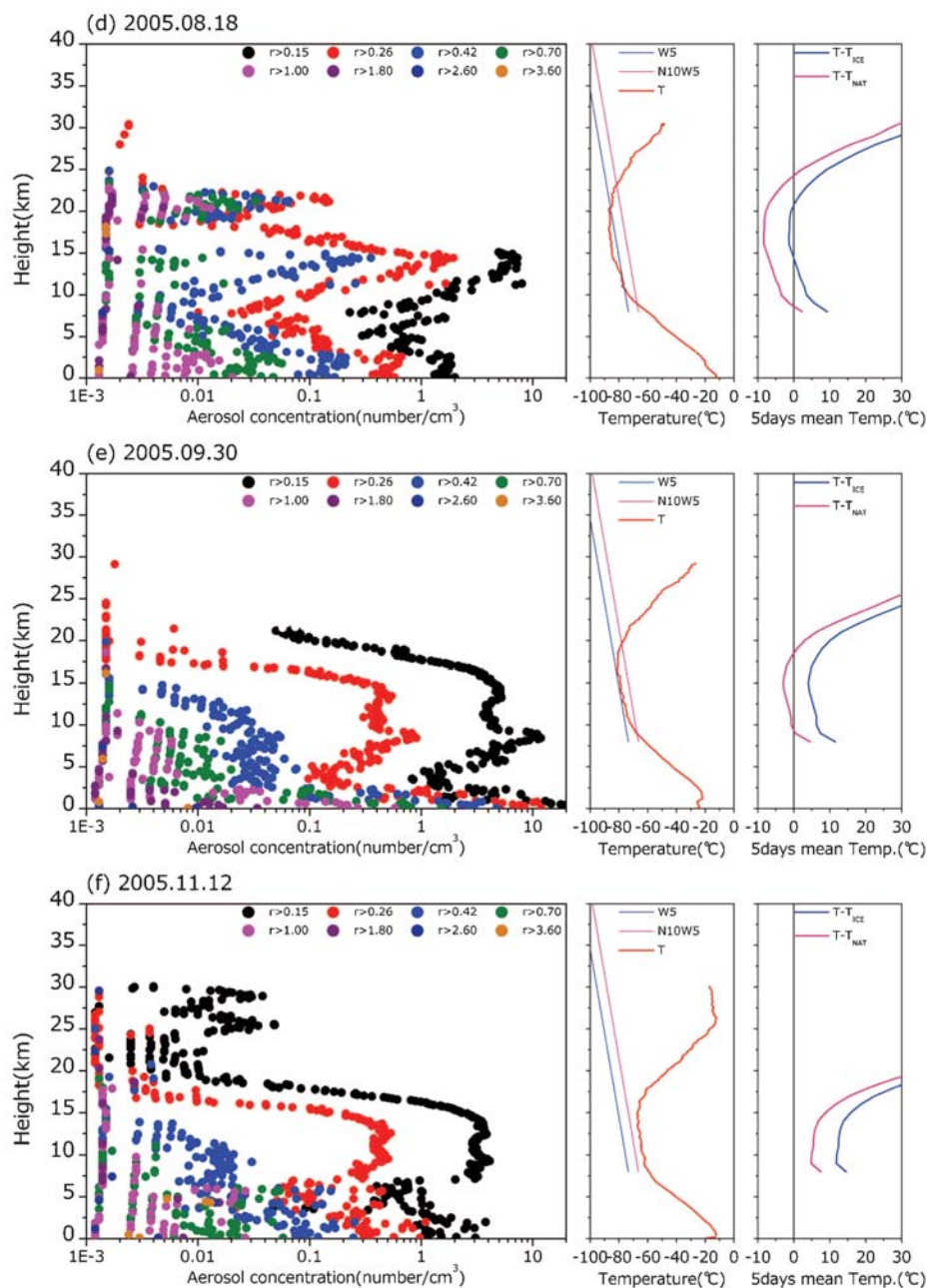


図 32 昭和基地上空のエアロゾル数濃度と気温の鉛直分布 (2/3)

(d) 2005 年 8 月 18 日, (e) 2005 年 9 月 30 日, (f) 2005 年 11 月 12 日.

Fig. 32. Vertical profile of aerosol concentration and temperature over Syowa Station. (2/3)

(d) Aug. 18, 2005, (e) Sep. 30, 2005, (f) Nov. 12, 2005.

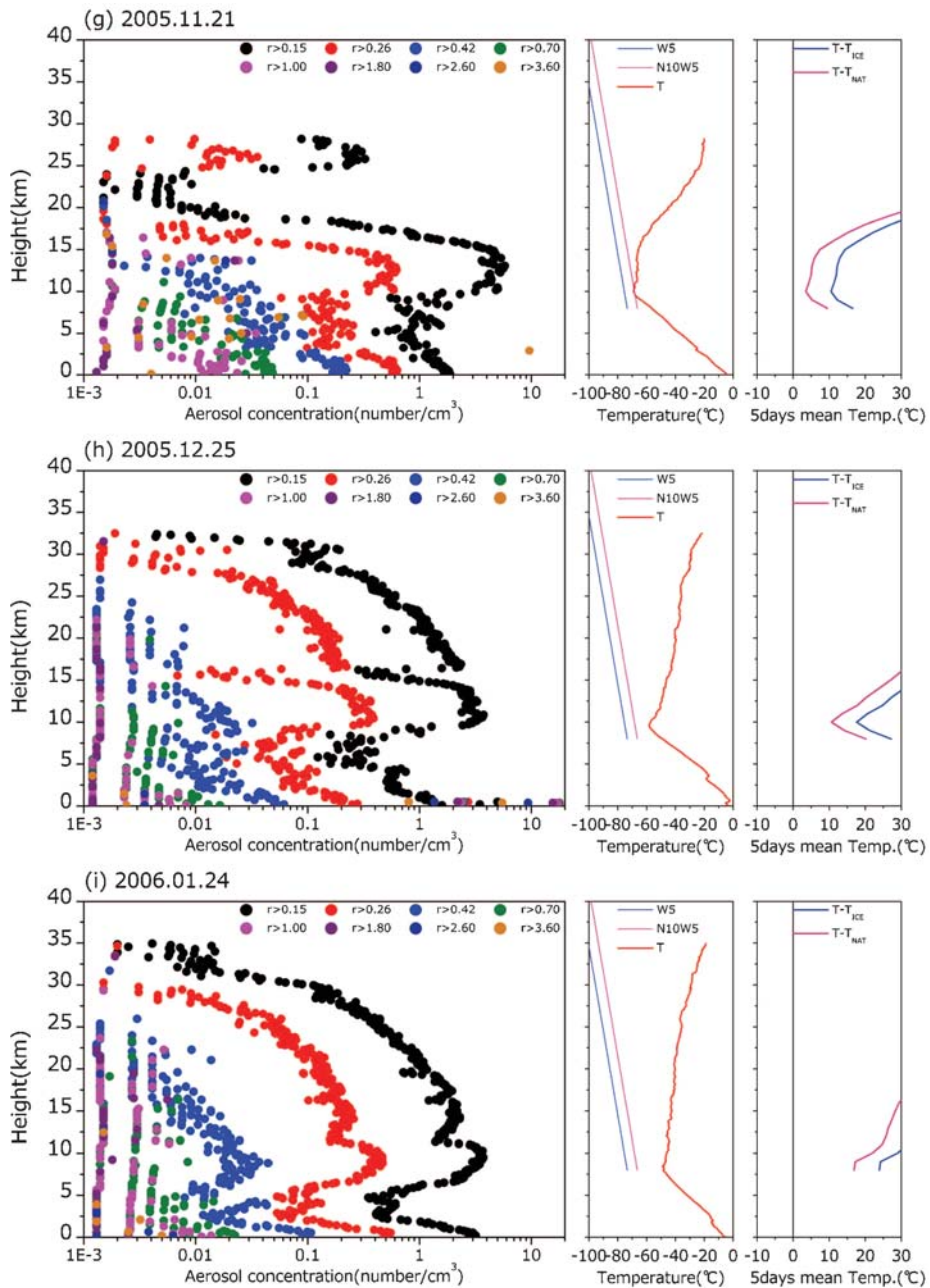


図 32 昭和基地上空のエアロゾル数濃度と気温の鉛直分布 (3/3)

(g) 2005 年 11 月 21 日, (h) 2005 年 12 月 25 日, (i) 2006 年 1 月 24 日.

Fig. 32. Vertical profile of aerosol concentration and temperature over Syowa Station. (3/3)

(g) Nov. 21, 2005, (h) Dec. 25, 2005, (i) Jan. 24, 2006.

II) の生成温度の目安として、 T_{NAT} と T_{ICE} を重ねてある。NAT や ICE の析出は、環境温度の履歴も関係していると考えられていることから、右図には飛揚日の前 5 日間の各高度の平均気温と T_{NAT} 及び T_{ICE} との差を示した。

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 (5 月)

PSCs 発生前の状態を捉えるために、5 月 20 日に観測を行った。図 31 及び図 32 の気温プロファイルから、上空は PSCs の発生する環境にはなかった。

成層圏下部の 8 km 付近で半径 $>1.00\mu\text{m}$ までの粒径の粒子濃度が高くなっている。8 km より上空では、半径 $>1.00\mu\text{m}$ 、半径 $>0.70\mu\text{m}$ の濃度は高度 15 km 付近まで漸減しており、半径 $>0.42\mu\text{m}$ までの粒径の粒子濃度は 13 km 付近まで高くなっている。

(2) PSCs 発生期 (6 月)

PSCs 発生期の観測として、6 月 27 日に観測を実施した。図 31 から、この時期は高度 10 km から 25 km の領域で、気温は T_{NAT} を下回っていたことが分かる。図 32 右図からも、高度 20 km 付近を中心に、前 5 日間平均で $T - T_{\text{NAT}}$ が -5°C 程度となっており、NAT が生成する環境にあったことが分かる。粒径別の濃度分布は、高度 21 km までしか得られていないが、20 km 付近で半径 $>0.42\mu\text{m}$ 、半径 $>0.70\mu\text{m}$ の濃度が若干高くなっていた。また、5 月にみられた成層圏下部の半径 $>0.70\mu\text{m}$ 、半径 $>1.00\mu\text{m}$ の高濃度域はなくなっており、これらの粒子は沈降して対流圏に取り除かれたものと考えられる。

(3) 冬季 (8 月)

PSCs 最盛期及びオゾンホール生成期の状況を捉えるために、8 月に 8 日と 18 日の 2 回観測を行った。図 31 と図 32 から、この時期は成層圏のほとんどの領域で T_{NAT} を下回る気温となっており、特に 18 日は高度 15 km から 20 km で前 5 日間の $T - T_{\text{ICE}}$ がマイナスになっていた。8 日には高度 13 km 付近と 18 km 付近、18 日には高度 21 km 付近を中心に半径 $>0.70\mu\text{m}$ 、半径 $>1.00\mu\text{m}$ 、半径 $>1.80\mu\text{m}$ といった大径の粒子濃度が高く、特に 8 日の 13 km 付近では半径 $>3.6\mu\text{m}$ の巨大粒子の濃度も高くなっている。18 日の 21 km 付近のピークは、8 日の同高度より上層に大径粒子が存在していないことから、別の場所で生成された粒子の流入によるものと考えられる。一方、8 日の 18 km 付近にピークを形成していた大径粒子は沈降してピークが不明瞭になったが、同高度付近にあった半径 $>0.42\mu\text{m}$ までの粒子は 18 日にかけて沈降しながら明瞭なピークを形成しており、比較的小径の粒子は生成が進んでいたと考えられる。

(4) 春季 (9 月)

オゾンホール最盛期の状況を捉えるために、9 月 30 日に観測を行った。図 12 に示したと

おり、この時期は昭和基地上空のオゾン量が第 46 次隊の越冬期間中で最も低くなっていた。図 31 から、8 月下旬以降は T_{ICE} を下回る領域はほとんどみられず、 T_{NAT} 以下の領域も、高度 20 km 以下の層のみとなっている。図 32 のエアロゾル数濃度のプロファイルで、半径 $>0.70 \mu m$ 以上の大径粒子は、成層圏の最下層、高度 10 km 付近までしか存在しておらず、PSCs 粒子は、ほとんどが成層圏から除去された後であると考えられる。

なお、飛揚時の地上気象観測では、上層に濃い Ci を観測しており、高度 8 km 付近の半径 $>0.26 \mu m$ までの粒子のピークは、この Ci を捉えたものと考えられる。

(5) 極渦崩壊期 (11 月)

極渦崩壊期の観測として、11 月 12 日と 21 日の 2 回観測を行った。図 31 から、昭和基地上空の気温は 10 月下旬以降 T_{NAT} を上回り、新たな PSCs 粒子の生成はなかったと考えられる。図 32 のエアロゾル数濃度のプロファイルからも、成層圏には半径 $>0.70 \mu m$ 以上の粒子はほとんど存在しない。21 日には、高度 14 km 付近を中心に、半径 $>3.60 \mu m$ までの大径の粒子が観測されたが、これは極渦が崩壊して、中緯度域から輸送されてきたものと考えられる。

なお、11 月 21 日には高度 3 km 付近に巨大粒子が高濃度で観測された。地上気象観測による雲資料と湿度の鉛直プロファイルから、中・上層雲の雲粒子を捉えたものと考えられる。

(6) 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 25 日と 1 月 24 日の 2 回、観測を行った。いずれの観測でも、成層圏下部の高度 10 km 付近をピークに、高度 30 km 付近まで、半径 $>0.26 \mu m$ 以下の比較的小径の粒子が広く存在している。

6.5. 新旧エアロゾルゾンデの比較

エアロゾルゾンデ観測では、観測を開始した第 38 次隊から第 45 次隊まで、98-5N 型のエアロゾルゾンデを使用してきた。第 46 次隊では、OPC の製造メーカーがゾンデの型式を変更したこと、高層気象観測装置の更新によって、98-5N 型が使用できなくなる見込みとなったことから、従来の 98-5N 型に代えて、02-8CH 型による観測を行った。新旧のエアロゾルゾンデは、OPC 部の粒子検出方式が異なることから、新旧ゾンデの観測データの均質性を確認するために 98-5N 型と 02-8CH 型の連結飛揚による比較観測を実施した。

6.5.1. OPC 部及びレーウィンゾンデ部の変更

(1) OPC 部の変更

表 19 に新旧エアロゾルゾンデの仕様を示している。新旧ゾンデは粒子検出のための検出素子の配置が異なる。98-5N 型は光源の光軸の延長上に検出素子を置き、サンプルエア中の粒子の前方散乱光を利用しているのに対し、02-8CH 型では光軸から側方 60° の位置に素子を配して、側方散乱光を検出する。

また、検出粒径区分は、98-5N 型では 5 階級だったが 02-8CH 型では 8 階級となり、大径粒

子について詳細な粒径分布が得られるようになった。

さらに、積算時間間隔も 98-5N 型の 20 秒から 02-8CH 型では 4 秒に変更されたが、データ処理の最終段階で 5 個の 4 秒値を積算して 20 秒積算値とした。

(2) レーウィンゾンデ部の変更

02-8CH 型では、従来 RS2-91 型を使用していたレーウィンゾンデ部を、RS-01G 型の GPS ゾンデ部に変更した。表 10 に示したとおり、01G 型は 8 つの伝送チャンネルを有しているが、OPC 部からの観測データやコンディションデータを伝送するためにはチャンネル数が不足である。このため先に述べたように、01G 型のゾンデデータとは別に、OPC 部のデータはモデム信号に変調した上で 01G 型の PCM 変調信号に重乗して送出される。

6.5.2. 比較観測

(1) 飛揚器材と飛揚形態

新旧エアロゾルゾンデの連結飛揚では、ペイロードが約 10 kg になる。このため、20 m の吊紐 2 本とパラシュートを接続した 50 m の吊紐 1 本を Y 字に連結し、浮力錘浮力 7300 g とした 2000 g 気球 2 個を Y 字の上端に、竹竿で連結した 2 台のエアロゾルゾンデを Y 字の下端に接続した。ゾンデ信号の受信と観測処理は、98-5N 型を自動追跡型方向探知機と 91 型高層気象観測装置で、02-8CH 型を GPS 高層気象観測システムで並行して行った。

(2) 観測結果

新旧エアロゾルゾンデの粒子濃度観測値（20 秒積算値）を比較した。両ゾンデは検出粒径区分が若干異なるが、両ゾンデの粒径区分が同じ $>0.15\mu\text{m}$ と $>1.80\mu\text{m}$ はそれぞれ同粒径の観測値を比較対象とし、粒径区分が異なるものについては $>0.26\mu\text{m}$ と $>0.25\mu\text{m}$ （それぞれ 02-8CH 型と 98-5N 型の粒径、以下 02-8CH 型の粒径で「 $0.26\mu\text{m}$ 」と記す、以下同じ）、 $>0.42\mu\text{m}$ と $>0.40\mu\text{m}$ 、 $>0.70\mu\text{m}$ と $>0.60\mu\text{m}$ を比較対象とした。また両ゾンデは、高度の観測方法が異なるため、等高度での比較では必ずしも同じサンプルの比較にならない。このため、飛揚後の経過時間が同じ観測点について比較することとし、経過時間の差が 10 秒を超えるものは比較対象外とした。なお、高度 3 km 付近の中・上層雲による高濃度の観測値は、OPC 部の測定限界を超えているため比較対象から外した。

図 33 に比較観測の結果を粒径別に示す。左図は縦軸が観測開始からの経過時間、横軸がエアロゾル数濃度で、両ゾンデによる観測結果をプロットした。右上段はエアロゾル数濃度の散布図で横軸が 02-8CH 型、縦軸が 98-5N 型である。右下段は、散布図の数濃度 0.00–0.03 ($1.80\mu\text{m}$ では 0–0.01) の範囲を拡大して示している。右上段の散布図には回帰直線を併せて示した。

図 33 から、 $1.80\mu\text{m}$ を除いて各粒径とも新旧エアロゾルゾンデの観測値はおおむね良く一致しているが、数濃度が低いときには両ゾンデの観測値の差は相対的に大きく、数濃度が高いときには相対的に小さい傾向がある。回帰係数は $0.15\mu\text{m}$ で 0.79、 $0.26\mu\text{m}$ で 0.81、 $0.42\mu\text{m}$

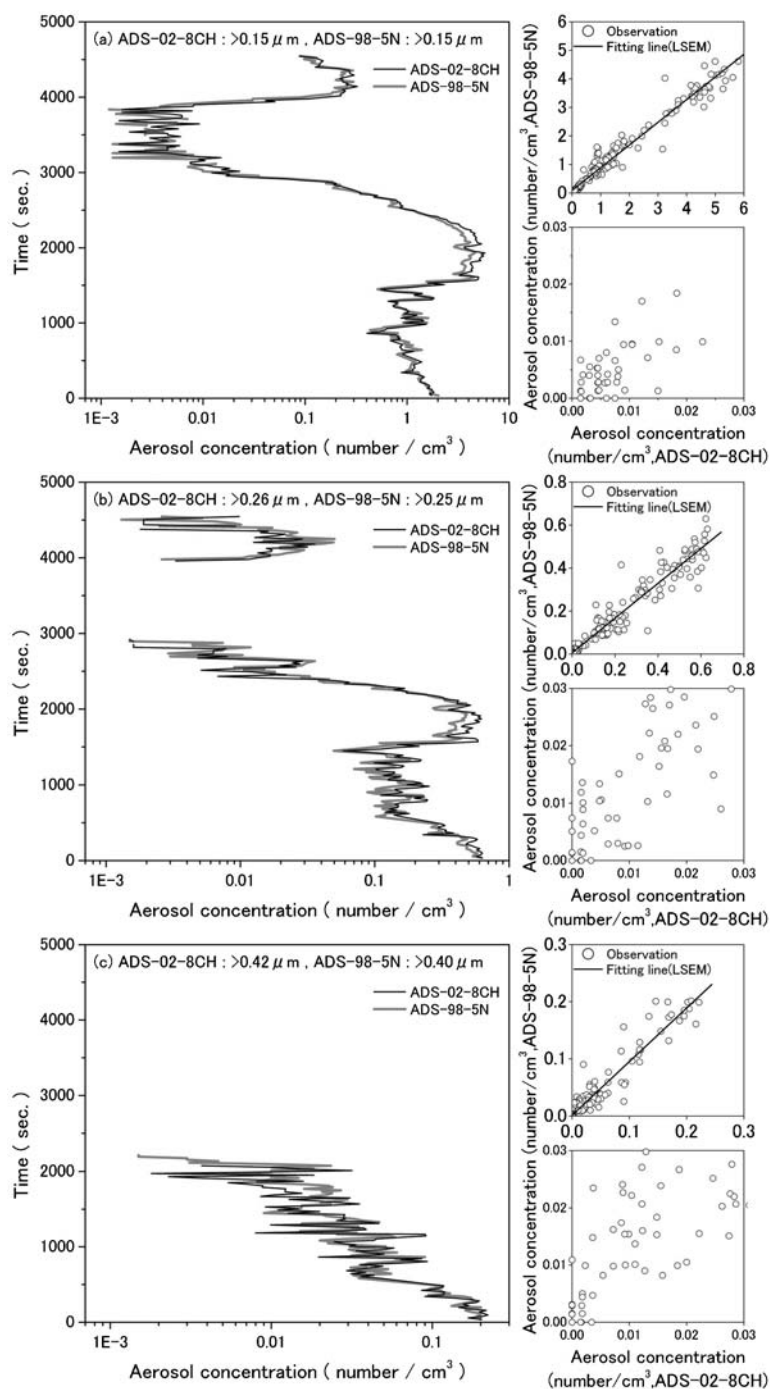


図 33 新旧エアロゾルゾンデ連結飛揚による粒径別のエアロゾル数濃度の比較 (1/2)

(a) $r > 0.15 \mu\text{m}$, (b) $r > 0.26 \mu\text{m}$, (c) $r > 0.42 \mu\text{m}$.

Fig. 33. Comparison of aerosol concentration in each particle size observed by 2 types of aerosol sonde. (1/2)
(a) $r > 0.15 \mu\text{m}$, (b) $r > 0.26 \mu\text{m}$, (c) $r > 0.42 \mu\text{m}$.

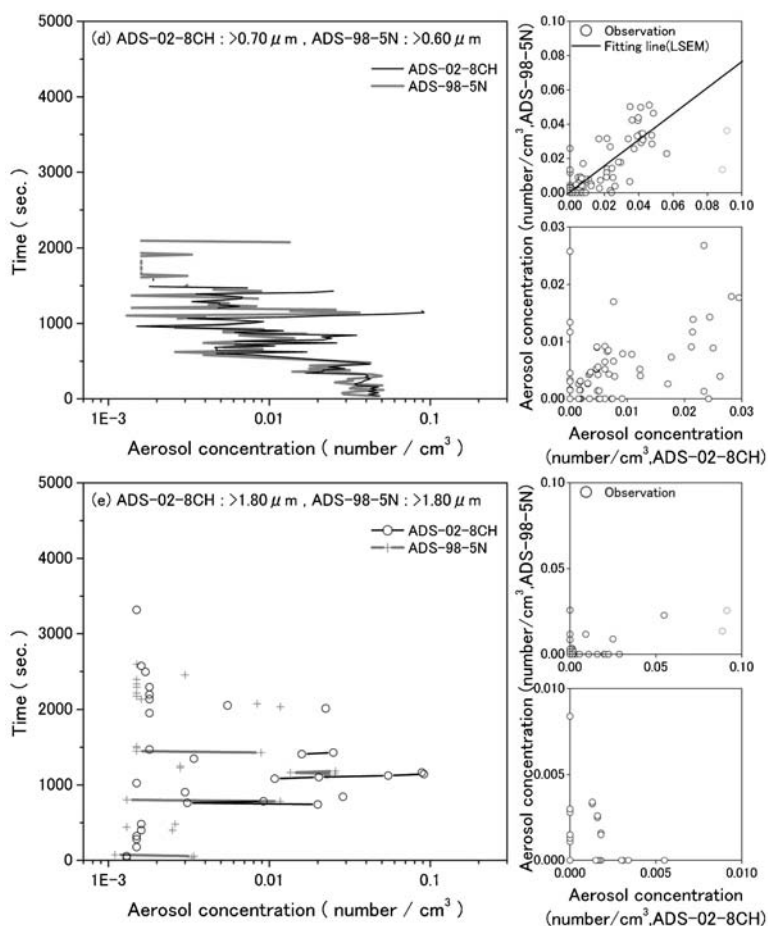


図 33 新旧エアロゾルゾンデ連結飛揚による粒径別のエアロゾル数濃度の比較 (2/2)
(d) $r > 0.70 \mu\text{m}$, (e) $r > 1.80 \mu\text{m}$.

Fig. 33. Comparison of aerosol concentration in each particle size observed by 2 types of aerosol sonde. (2/2)
(d) $r > 0.70 \mu\text{m}$, (e) $r > 1.80 \mu\text{m}$.

で 0.94, $0.70 \mu\text{m}$ で 0.76 となった. $1.80 \mu\text{m}$ は全体に数濃度が低く, かつエアロゾルを検出した観測点数が少ないためにばらつきが大きいことから回帰係数を求めている. $0.15 \mu\text{m}$, $0.26 \mu\text{m}$, $0.70 \mu\text{m}$ で回帰係数が 0.8 前後となったことは, 02-8CH 型が 98-5N 型に比べて 25% 程度粒子検出効率が上がっていることを示している. 今後, 新旧エアロゾルゾンデの観測値を同時に扱う際には, 両者の粒子検出効率の差異に留意する必要がある.

7. 天気解析

気象庁数値予報格子点資料を取得し作成した各種天気図及び予想図, 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．また，ドームふじ基地運用時には，気象庁数値予報格子点資料を取得して随時予想図等を作成し，電子メールにて送信した．

7.1. 解析に用いた資料

(1) 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

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，解析に用いるとともに気象棟 HP で公開した．

(2) 無線 FAX 放送天気図

予備機として無線 FAX 受画装置を運用し，以下の資料を利用した．

- 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．

(3) 極軌道衛星雲画像

NOAA-12, 16 の赤外及び可視画像 1 日 5~10 枚．

(4) ロボット気象計

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

(5) 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．なお，以下の①~④については，資料（画像ファイル等）の取得・印刷を時刻起動にて行った．

（主な参照先と URL [当時]）

① AMPS (Antarctic Mesoscale Prediction System)

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

② オーストラリア気象局作成インド洋天気図

(00 UTC) <http://www.bom.gov.au/archive/charts/YYYY/MM/IDX0033.YYYYYMMDD0000.gif>

(12 UTC) <http://www.bom.gov.au/archive/charts/YYYY/MM/IDX0033.YYYYYMMDD1200.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.YYYYYMMDD>

0000.gif

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

1200.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/ship/ship.gif>

⑤ ECMWF (ヨーロッパ中期予報センター) 予報図

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

⑥ ウィスコンシン大学コンボジット衛星画像

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

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

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

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翌日の予想を発表するとともに, 基地内の HP 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観測を実施した.

気象棟 HP で公開した天気図は, 以下のとおりである.

【気象庁全球予報モデル】

① 初期時刻: 00, 12 UTC

② 予報時間: 初期値から 84 時間予報まで 6 時間間隔.

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

③ 天気図の種類:

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

南半球 500 hPa 天気図 (等圧面高度, 気温, 相対渦度)

南半球 100 hPa 天気図 (等圧面高度, 気温)

南半球 30 hPa 天気図 (等圧面高度, 気温)

昭和基地時系列予報 (気圧, 気温, 風向, 風速, 降水量)

S17, ドームふじ基地時系列予報 (等圧面高度, 気温, 風向, 風速)

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

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

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

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

【気象庁全球波浪モデル】

① 初期時刻: 00, 12 UTC

② 予報時間: 初期値から 84 時間予報まで 6 時間間隔

③ 天気図の種類:

しらせ航行域波浪予報図（有義波高，波の進行方向，波の周期）

しらせ航行域波浪予報多画面図（有義波高，波の周期）

8. その他の観測

8.1. 内陸旅行中の気象観測

第 46 次隊では，2005 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，10-11 月のドームふじ基地旅行（往路）及び 2006 年 1-2 月のドームふじ基地旅行（復路）を行った．気象部門はこの旅行に参加し，旅行中に気象観測を行った．

図 34 に旅行ルートを示す．S16～みずほ基地間は S ルート，H ルート及び Z ルートを，み

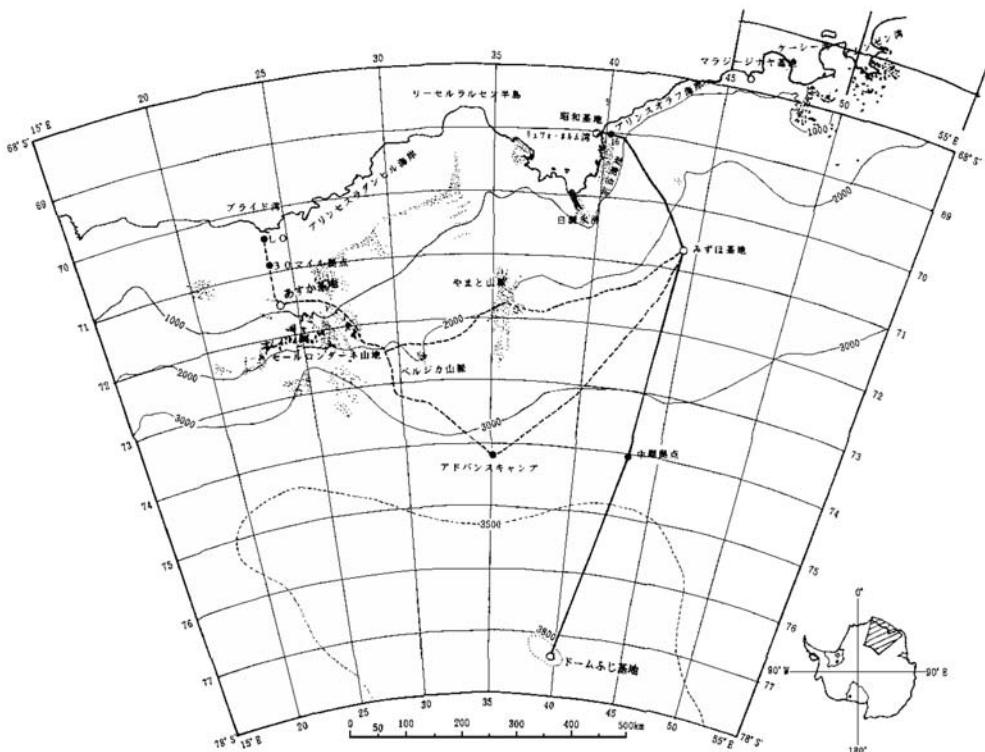


図 34 昭和基地からドームふじ基地への経路（国立極地研究所 [2004]）

Fig. 34. Traverse route from Syowa Station to Dome Fuji Station.

表 21 旅行中に使用した気象観測測器等一覧表

Table 21. 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	中継点旅行において 663 hPa 以上で使用
	0.1 hPa	±0.15 hPa	振動式気圧計	中継点旅行においては 663 hPa 以下で使用
気温	0.1℃	±0.5℃	スリング式ガラス製温度計	−50℃以上で使用
	0.1℃	+0.1℃	電気式白金抵抗型温度計	−50℃以下で使用
風向	5°	±5°	ハンドベアリングコンパス	中継点旅行における 観測最小単位は1°
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	

ずほ基地〜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 21 に中継拠点往復旅行（以下「中継点旅行」と記す）、ドームふじ基地旅行（往路及び帰路、以下「ドームふじ旅行」と記す）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（2005 年 8 月 17 日～9 月 24 日、全行程 39 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, 24 時（以下時刻はすべて LT）にルート上で行った。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はあったが、欠測はなかった。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 以下は気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℃ 以上のため、−50℃ 以下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 2005 年 10 月 17 日～11 月 8 日、復路 2006 年 1 月 29 日～2 月 10 日、全行程 36 日間）

ドームふじ旅行では、中継点旅行と同様に、目視観測を含む観測を、06, 09, 12, 15, 18, 21, 24 LT にルート上で行った。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。旅行隊装備品であるスリング式ガラス製温度計の測定範囲は −50℃ 以上のため、−50℃ 以下は気水圏部門の電気式白金抵抗型温度計を使用した。気圧は振動式気圧計により自動連続観測を行った。

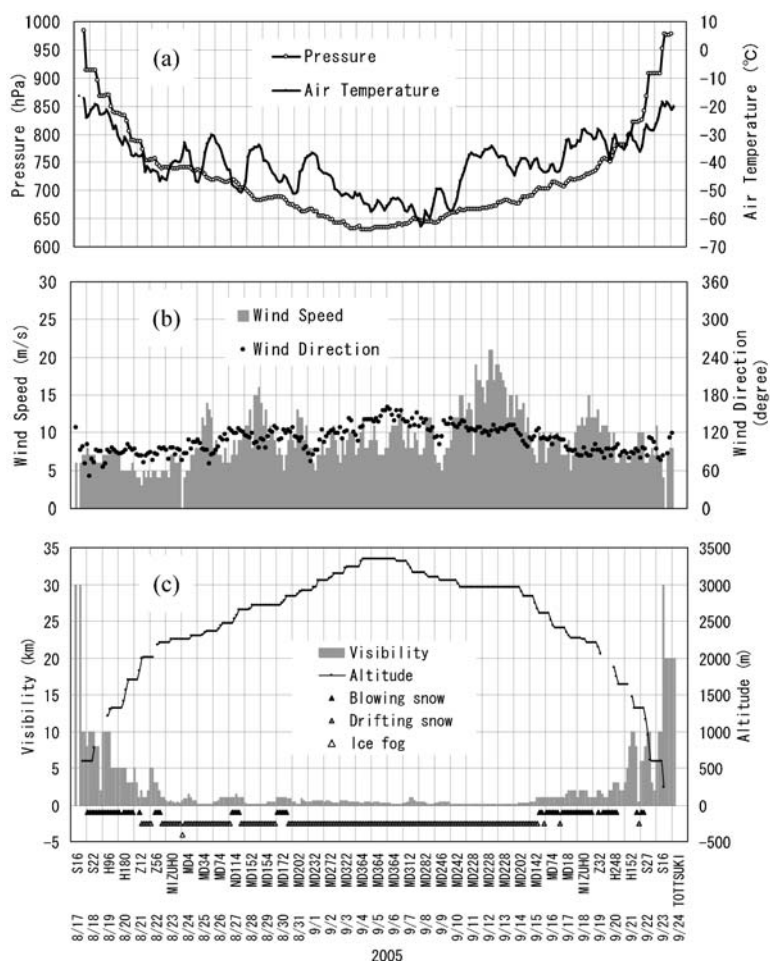


図 35 ドームふじ基地中継拠点往復旅行中の気象観測データ (2005 年 8 月 17 日~9 月 24 日)

(a) 現地気圧及び気温, (b) 風速及び風向, (c) 視程及び高度。

Fig. 35. Surface meteorological observation data during the traverse to relay point (Aug. 17-Sep. 24, 2005).

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

8.1.3. 観測結果

(1) 中継点旅行

図 35 に観測結果を示す。観測記録期間は 2005 年 8 月 17 日 1320 LT から 9 月 24 日 0900 LT で、とっつき岬に滞在中のものを含んでいる。とっつき岬出発後は標高が高まるにつれて、気温と気圧は低くなった。標高 3000 m を超えるところでは、日中は雲が広がり夜間は晴れるという日変化がみられた。9 月 8 日 0600 LT MD292 では放射冷却により中継点旅行中の最低気温の -62.8°C を観測した。中継点旅行中の最高気温は -16.5°C 、最大風速は 21 m/s

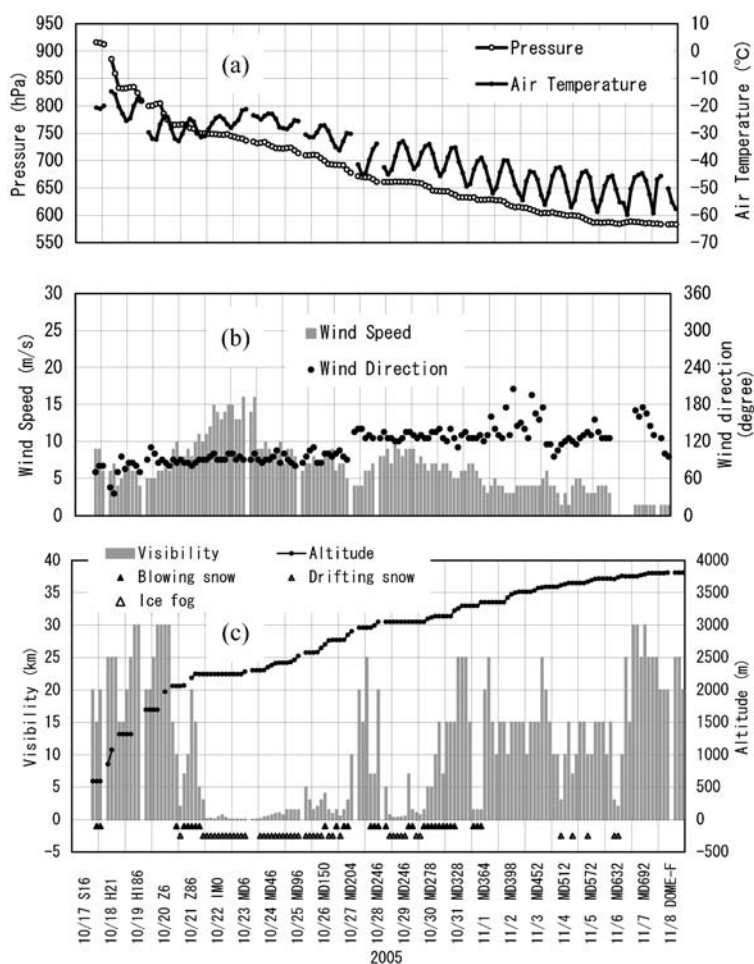


図 36 ドームふじ基地旅行（往路）中の気象観測データ（2005 年 10 月 17 日～11 月 8 日）

（a）現地気圧及び気温，（b）風速及び風向，（c）視程及び高度。

Fig. 36. Surface meteorological observation data from S16 to Dome Fuji Station (Oct. 17–Nov. 8, 2005).

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

であった。旅行出発時と到着時の大陸沿岸部を除いて、旅行中は常時地ふぶきに見舞われ、標高 2500 m 以上では視程 1 km 未満が多く、特に 9 月 10 日から 9 月 13 日は視程 100 m 未満の状態が続いた。

（2）ドームふじ旅行

（a）往路

図 36 に観測結果を示す。観測記録期間は 2005 年 10 月 17 日 2100 LT～2005 年 11 月 8 日 2400 LT である。旅行中の天候はおおむね良好で、停滞した日はなかったが、みずほ基地から

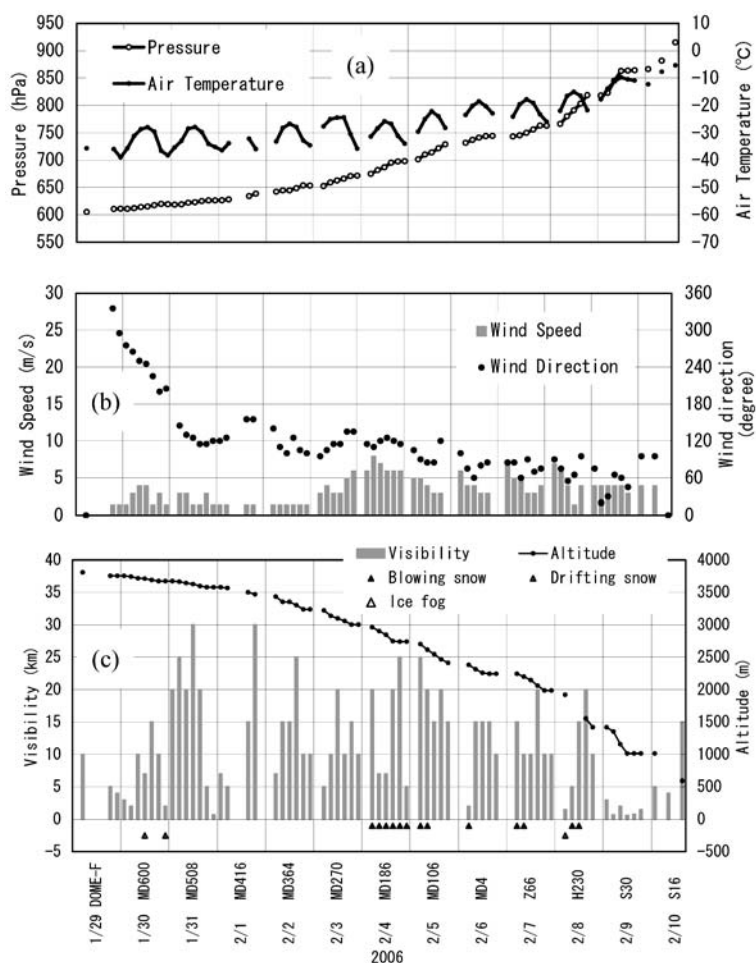


図 37 ドームふじ基地旅行（復路）中の気象観測データ（2006 年 1 月 29 日～2 月 10 日）
 (a) 現地気圧及び気温, (b) 風速及び風向, (c) 視程及び高度.

Fig. 37. Surface meteorological observation data from Dome Fuji Station to S16 (Jan. 29–Feb. 10, 2006).
 (a) Station pressure and Air temperature, (b) Wind speed and Wind direction, (c) Visibility and Altitude.

MD ルートの前半にかけて東寄りの風が 10 m/s を超え、視程が 100 m 未満となった。また、旅行中に高い地ふぶきやふぶきにより視程 1 km 未満となった日が 8 日あった。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、MD658 において 11 月 7 日 0600 LT に旅行中の最低気温である -59.9°C を記録した。

(b) 復路

図 37 に観測結果を示す。観測記録期間は 2006 年 1 月 29 日 0900 LT～2006 年 2 月 10 日 1800 LT である。旅行中の天候はおおむね良好で、停滞した日はなかった。旅行中に雪により視程 1 km 未満となった日が 2 日あったが、風速が 10 m/s を超えることはなかった。

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、氷床掘削のため基地を再開し測器を設置してから、基地一時閉鎖のため測器の運用を停止するまでの2005年11月17日～2006年1月27日に、測器による自動連続観測と定時の目視観測を行った。測器は、気圧計は第45次隊が基地一時閉鎖後に撤収して昭和基地で引き継いだものを持ち込み、その他については第45次隊が基地に残置したものを引き継いだ。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、雲（雲量・雲形・向き・高さ）、現在天気、視程については1日7回（06, 09, 12, 15, 18, 21, 24LT）行い、大気現象については随時観測を行った。表22に観測項目と使用測器等を、図38に測器の配置を示す。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。また、基地の一時閉鎖に伴い、2006年1月27日0138LTですべての測器の運用を停止した。

(a) 気圧

振動式気圧計を電流記録形ロガーに接続して自動連続記録した。発電機切り替えに伴う停電時は欠測とした。

(b) 気温

基地東側200mに設置してある地上高1.5m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

表 22 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（2005年11月～2006年1月）

Table 22. Observation elements, Frequency of observation, minimum unit and instruments at Dome Fuji Station (Nov. 2005–Jan. 2006)

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	2005年11月17日 ～2006年1月27日
気温	連続・ 正1分	0.1℃	電気式白金 抵抗型温度計	YOKOGAWA E-734	2005年11月22日 ～2006年1月23日
風向	連続・ 正10分	16 方位	風車型風向 風速計	YOUNG 05178A	2005年11月21日 ～2006年1月23日
雲（雲量・雲形・ 向き・高さ）	定時		目視		06, 09, 12, 15, 18, 21, 24 LT
現在天気	定時		目視		06, 09, 12, 15, 18, 21, 24 LT
大気現象	定時		目視		06, 09, 12, 15, 18, 21, 24 LT
視程	定時	10 m	目視		06, 09, 12, 15, 18, 21, 24 LT

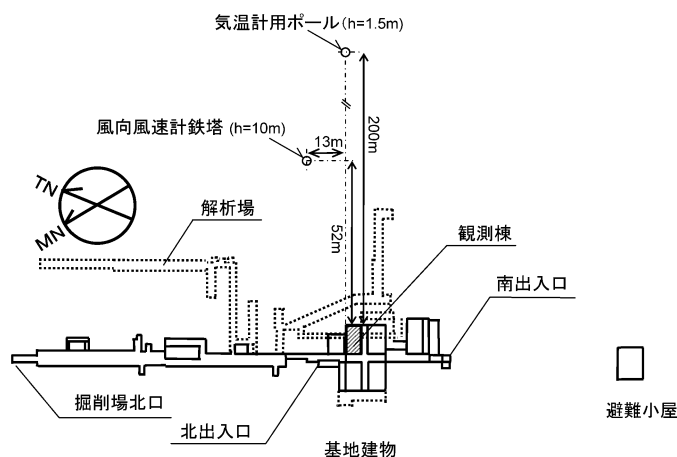


図 38 ドームふじ基地における気象測器の配置. 点線部は雪洞を示す.

Fig. 38. Locations of surface meteorological instruments at Dome Fuji Station. The Dotted line area shows the snow trench.

かった.

(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。

(3) 観測結果

表 23 にドームふじ基地滞在期間中の月別気象表を、図 39 に現地気圧、気温、風速、雲量の旬ごとの経過を示す。図 39 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）及び第 45 次隊滞在時（2004 年 11 月～2005 年 1 月）の旬平均を示す。また、表 24 に滞在期間中のブリザードの概要を示す。

滞在期間中は、過去の越冬時及び滞在時における観測値に比べて、11 月中旬～12 月上旬の雲量が最も多かった。これは、図 7 の 500 hPa 月平均高度場に示すように、11 月には例年どおりブロッキング高気圧が張り出していたものの、ドームふじ基地付近は平年と比べて高度が負偏差となっており、高気圧の張り出しが弱かったことが原因であると推察される。また、12 月下旬～1 月上旬の風速は、過去の観測値と比べて最も小さかった。

表 25 に滞在期間中の天気概況を示す。

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（EKO, MS-120/S97133.01）を用いて 5 波長（368, 500, 675, 778, 862 nm）について観測した。観測期間は 2005 年 12 月 16 日～2006 年 1

表 23 ドームふじ基地における地上気象観測月別気象表 (2005 年 11 月~2006 年 1 月)
 Table 23. Monthly Summaries of surface observations at Dome Fuji Station (Nov. 2005–Jan. 2006).

年 月		2005 11	2005 12	2006 1
平均現地気圧	hPa	603.4	615.7	608.1
最低現地気圧	hPa	597.5	604.8	601.7
起日		22	31	24
平均気温	°C	−39.2	−31.3	−35.0
最高気温の平均	°C	−33.8	−26.5	−30.1
最低気温の平均	°C	−46.5	−37.7	−41.2
最高気温 起日	°C	−28.0 29	−20.6 7	−28.2 4
最低気温 起日	°C	−50.7 25	−42.1 6	−43.4 23
最低気温 40°C未満のH数	H	8	4	19
平均気温 40°C未満のH数	H	5	0	0
最高気温 −40°C未満の日数	H	0	0	0
最低気温 −60°C未満の日数	H	0	0	0
最高気温 60°C未満の日数	H	0	0	0
平均風速	m/s	5.2	4.9	3.6
最多風向		ENE	E	ESE
最大風速	m/s	12.1	12.2	8.2
風向 起日		ENE 28	ENE 10	SSW 12
最大瞬間風速	m/s	15.6	14.9	9.8
風向 起日		ENE 28	ENE 7	NE 16
最大風速 5.0 m/s 以上の日数	H	10	27	15
10.0 m/s 以上の日数	H	2	7	0
15.0 m/s 以上の日数	H	0	0	0
平均雲量		5.9	5.9	2.6
平均雲量 1.5 未満の日数	H	3	5	12
8.5 以上の日数	H	7	10	2
雪日数	H	12	17	18
霧日数	H	0	0	0
ブリザード日数	H	1	3	0

月 23 日で、太陽面に雲がなく、かつ地ふぶきの影響を大きく受けない時に観測した。観測回数は、太陽北中時及び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 40 にサンフォトメータによる 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、観測期間終了後にラングレー観測を行い、その結果から測器定数を決定したが、ラングレー観測中に AOD が大きく変動したことに起因すると考えられるデータの日変化がみられたため、このような日変化が生じないように、柴田・廣瀬 (2000, 2001) の手法にならって測器定数を調整した上でデータ処理を行った。

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

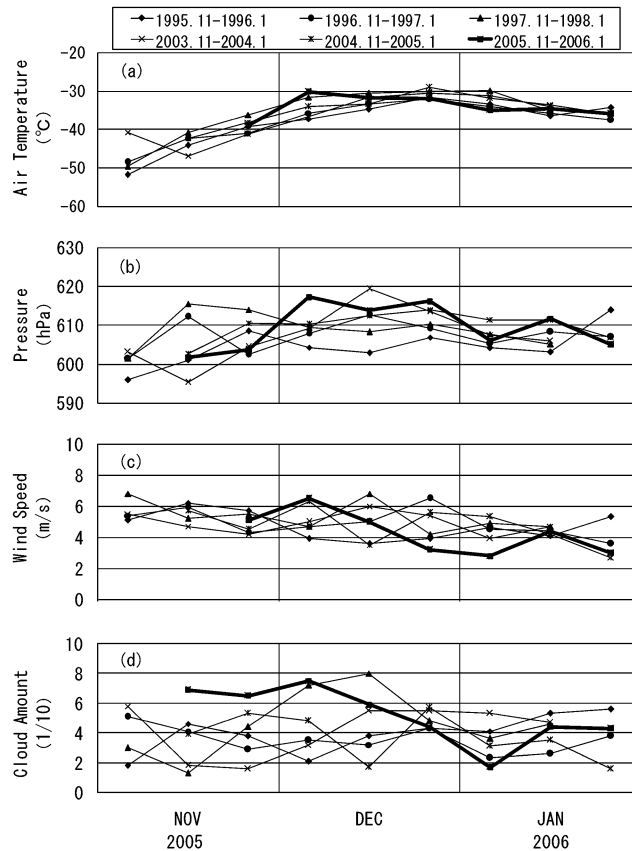


図 39 ドームふじ基地の 11–1 月の地上気象旬別経過 (1995–1998 年, 2003–2006 年)
(a) 気温, (b) 現地気圧, (c) 風速, (d) 雲量.

Fig. 39. Time series of ten-day mean surface meteorological data from Nov. to Jan. at Dome Fuji Station (1995–1998, 2003–2006).

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

表 24 ドームふじ基地におけるブリザードの概要 (2005 年 11 月~2006 年 1 月)

Table 24. Summaries of heavy snowstorms (blizzards) at Dome Fuji Station (Nov. 2005–Jan. 2006)

	開始				終了		階級	最大風速 (m/s)			最大瞬間風速 (m/s)			継続時間
	年	月	H	時刻	H	時刻		風向	起時 (H)		風向	起時 (H)		
1	2005	11	28	0910	29	1800	B	12.1	ENE	1810 (28)	15.6	ENE	1857 (28)	29時間50分 (*1)
2	2005	12	6	1100	10	1300	B	12.2	ENE	1030 (10)	14.9	ENE	2107 (7)	32時間10分 (*2)
3	2005	12	12	1700	12	2400	C	10.4	SW	2020 (12)	12.6	WSW	1742 (12)	7時間00分
4	2005	12	20	0550	20	1630	C	10.8	ENE	1420 (20)	12.8	ENE	1418 (20)	10時間40分

(*1) : 中断 29 日 0730 LT–1030 LT.

(*2) : 中断 6 日 1900 LT~7 日 1100 LT, 8 日 1200 LT~10 日 0550 LT.

(注) 階級区分は次による.

A 級 : 視程 100 m 未満で風速 13 m/s 以上の継続時間が 6 時間以上.

B 級 : 視程 1 km 未満で風速 10 m/s 以上の継続時間が 6 時間以上.

C 級 : 視程 1 km 未満で風速 7 m/s 以上の継続時間が 6 時間以上.

表 25 ドームふじ基地における天気概況 (2005 年 11 月~2006 年 1 月)
 Table 25. Weather Summaries at Dome Fuji Station (Nov. 2005-Jan. 2006)

年・月	天気概況	
2005 年 11 月		中旬の後半から下旬の前半にかけては、おおむね穏やかに経過したが、下旬の後半は風が強くなり、荒れた天気となった。
	中旬	17 日から 18 日にかけて上層雲が広がり、薄曇りとなった以外は、おおむね晴れまたは快晴で経過した。
	下旬	28 日から 29 日にかけて、最大風速が 12.1 m/s を記録し、ふぶきにより視程が 100 m まで悪化した時間帯があった。この期間に、ドームふじ基地における B 級ブリザード基準に達した。その他の日は、22 日から 25 日にかけて晴れた以外は、上層雲が広がり、おおむね薄曇りで経過した。
2005 年 12 月		上旬から中旬にかけて、B 級 1 回、C 級 2 回のブリザードを観測するなど、悪天の日が多かったが、下旬に入ると、晴れる日が多くなり、風も比較的弱く経過した。
	上旬	6 日から 8 日にかけて、最大風速 11.9 m/s、最大瞬間風速 14.9 m/s を記録し、ふぶきにより視程が 300 m まで悪化した時間帯があった。また、9 日の後半から 10 日の前半にかけても、最大風速 12.2 m/s を記録し、ふぶきにより視程が 100 m まで悪化した時間帯があった。この期間に、ドームふじ基地における B 級ブリザード基準に達した。また、11 日から 22 日にかけても、風が 7-9 m/s まで強まり、ふぶきにより視程が 400 m まで悪化した時間帯があった。その他の日は、風は 6 m/s 以下で、11 日、4 日の前半、10 日の後半に晴れた以外は、上層雲が広がり、おおむね薄曇りで経過した。
	中旬	11 日から 12 日にかけて、最大風速 10.4 m/s、最大瞬間風速 12.6 m/s を記録し、高い地ふぶきにより視程が 600 m まで悪化した時間帯があった。また、18 日から 20 日にかけて、最大風速 11.1 m/s、最大瞬間風速 13.5 m/s を記録し、高い地ふぶきにより視程が 500 m まで悪化した時間帯があった。それぞれドームふじ基地における C 級ブリザード基準に達した。その他の日は、風は 5 m/s 以下で、17 日の前半までは晴れまたは快晴、後半からは上層雲が広がり、おおむね薄曇りで経過した。
	下旬	28 日から 29 日の朝の内にかけて雪となった。また、21 日から 22 日にかけてと 30 日は、上層雲が広がり、薄曇りとなったが、その他の日は、おおむね晴れまたは快晴で経過した。風は期間を通して 6 m/s 以下で経過した。
		中旬から下旬にかけて、雪を観測した日があったが、期間を通して比較的晴れた日が多かった。風は中旬に強まった日があったが、おおむね弱く経過した。
2006 年 1 月	上旬	2, 4, 7 日に上層雲が広がり、薄曇りとなった時間帯があった以外は、おおむね晴れまたは快晴で経過した。風は期間を通して 6 m/s 以下で経過した。2 日は、雪を観測し、視程が 5 km まで悪化した時間帯があった。
	中旬	13 日の夜遅くに雪となった。また、16 日の後半から 17 日の前半までは、上層雲が広がり、薄曇りとなった。その他の日は、おおむね晴れまたは快晴で経過した。12 日と、15 日から 16 日にかけては、風が 7-8 m/s まで強まり、低い地ふぶきにより視程が 5 km まで悪化した時間帯があったが、その他の日は、おおむね 6 m/s 以下で経過した。15 日は、雪が一時的に強く降ったことにより視程が 2.0 km まで悪化した時間帯があった。
	下旬	24 日は雪となった。また、25 日の前半は、上層雲が広がり、薄曇りとなった。その他の日は、おおむね晴れまたは快晴で経過した。風は期間を通して 6 m/s 以下で経過した。

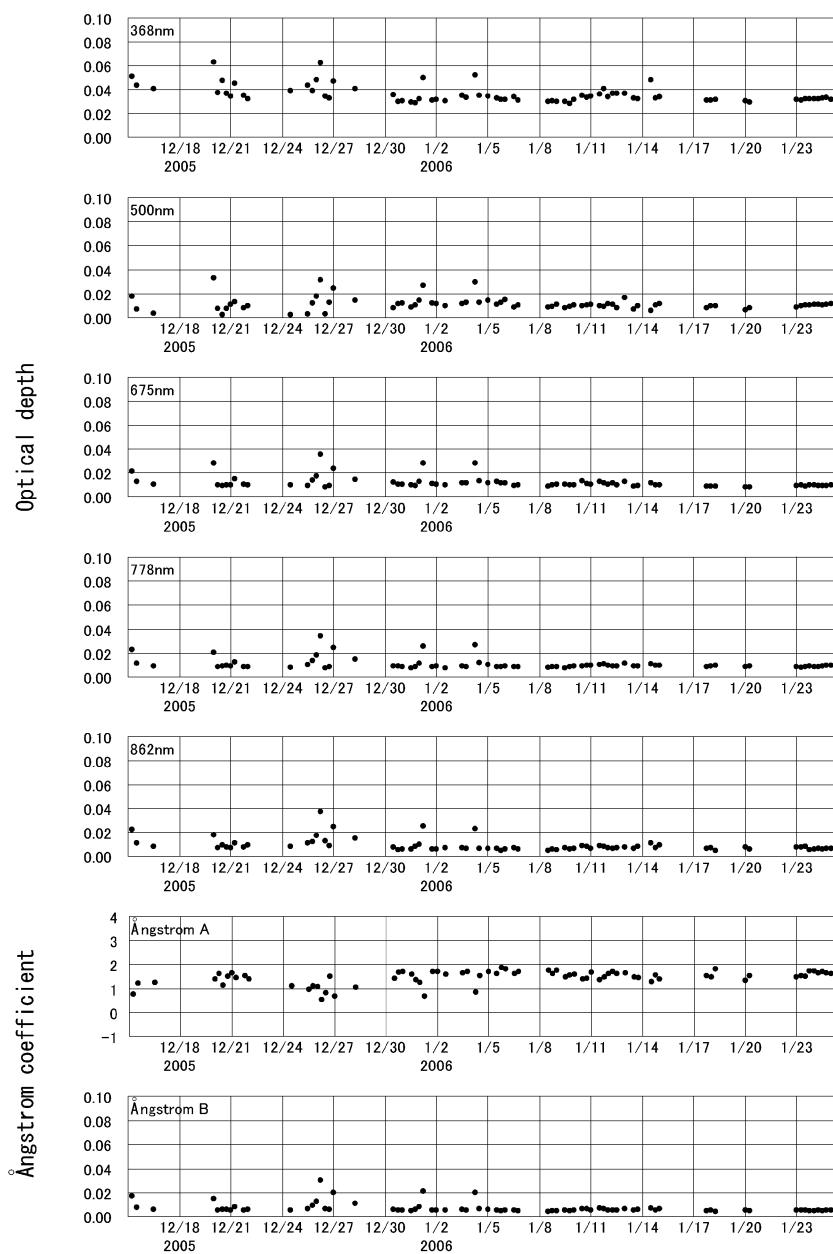


図 40 ドームふじ基地における波長別エアロゾルの光学的厚さ (2005 年 12 月 16 日~2006 年 1 月 23 日)

Fig. 40. Aerosol optical depth for each wavelength at Dome Fuji Station (Dec. 16, 2005-Jan. 23, 2006)

表 26 S16 におけるロボット気象計の測器等一覧表 (2005 年 2 月~2006 年 1 月)

Table 26. Observation elements, frequency of observation and instruments at S16 (Feb. 2005-Jan. 2006).

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	+1 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	+0.5°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	±0.3 m/s	風車型風向風速計	YOUNG CYG-5103VM
風向	毎正分	±3°		

みると、観測期間の前半は大きかったが、後半は小さめで推移した。

8.3. 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 46 次隊では昭和基地東方約 19km の大陸氷床上の S16 (Point 50) に設置してあるロボット気象計を第 45 次隊から引き継ぎ、観測を行った。

観測測器を表 26 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で、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することにより行っている。電源はサイクロン電池を使用し、風力発電機により充電を行った。観測項目は気圧、気温、風向・風速で、毎日 2 回 00, 12 UTC の高層気象観測時間帯を除き常時観測を行った。

8.3.2 観測経過

S16 に設置してあるロボット気象計を前次隊から引き継ぎ観測を行った。雪上車による昭和基地から S16 へのルートが開通した 5 月以降、2 か月に 1 回程度、現地で携帯用測器との比較観測を行った。

第 45 次隊から使用しているサイクロン電池は、従前使用していた車両用鉛蓄電池に比べて軽量で、充電特性に優れ、密閉型のため補液等のメンテナンスが不要であり、風力発電機との組み合わせにより、長期間無保守での運用が可能であった。

気圧・気温測定部及び発信器部の予備機を作成する際に、実機の内部結線を確認する必要が生じたため、10 月 26 日から 10 月 30 日の間、現用のロボット気象計を基地に撤収し、観測を休止した。また、風力発電用のレギュレーターの故障により、11 月 5 日に風力発電機を停止してバッテリーのみで運用したが、11 月 14 日にバッテリーからの給電が止まって観測が中断した。12 月 23 日に第 47 次隊が持ち込んだレギュレーターを取り付け、風力発電機によ

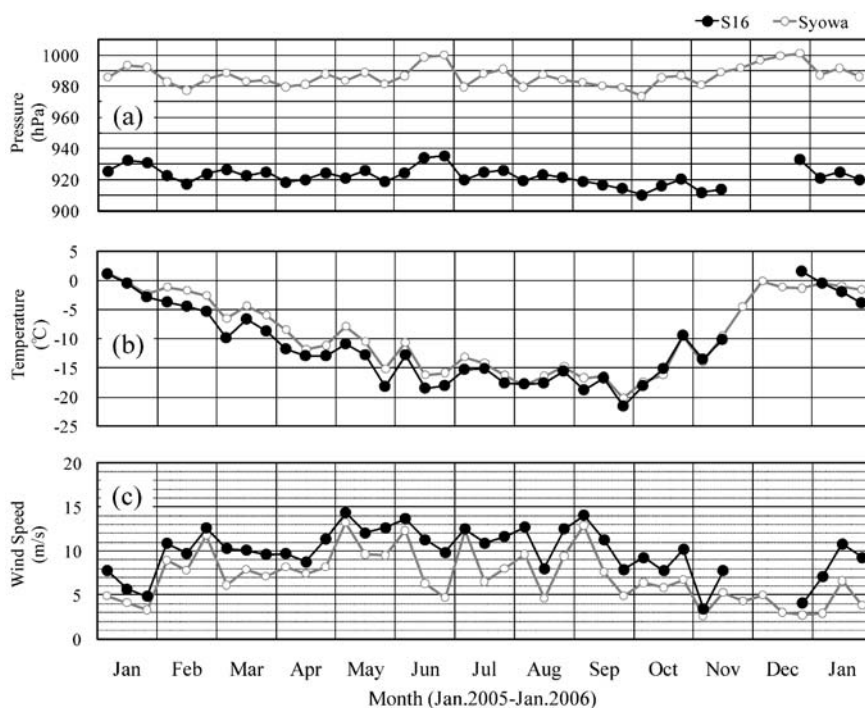


図 41 S16 における地上気象旬別経過図 (2005 年 1 月~2006 年 1 月)

(a) 現地気圧, (b) 気温, (c) 風速.

Fig. 41. Time series of ten-day mean surface meteorological data at S16 (Jan. 2005–Jan. 2006).

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

る運用で観測を再開した。

8.3.3 観測結果

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 41 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。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、変化傾向はよく似ている。

気温は、3 月~5 月の秋季に両地点の差が大きく、第 45 次隊の観測結果とも一致している (阿保ら, 2008)。乾燥断熱減率を仮定すれば、両地点の高度差により、気温は昭和基地の方が 5°C 程度高くなるはずであるが、実際の気温差はそれほど大きくない。これは、ロボット気象計の気温感部が、日射を直接受ける構造となっていること、風速が相対的に小さい昭和基地では、接地逆転の発達により夜間に気温が低くなりやすいことなどが影響していると考えられる。また、阿保ら (2008) は夏季 (12 月~2 月) には気温差が小さいと報告しているが、2005 年 2 月、月を通して曇が多く風が強かったために、気温差は大きかった。

8.4. 気象庁本庁へのデータ伝送

第45次隊から、インテルサット（国際電気通信衛星機構）の衛星回線を利用したインターネットへの常時接続環境が整った。

第46次隊では新たにデータ伝送用サーバを昭和基地に持ち込んで、気象棟内の観測系LAN内に置き、IPルータを介して昭和基地内のLANと接続した。9月からはインテルサット回線を経由した地上気象観測報告（国内気象通報式〔気象庁，1981〕JM651）の本庁送付を開始した。送付したデータは、本庁統計室で処理され、2005年12月13日からは国内のデータと同様に気象庁ホームページで公開された。

2006年1月には、高層気象観測報告（同JM1101）等についてもデータ伝送の準備を整え、順次伝送試験を行った。

これらにより、従来観測隊の帰国後に行われていた観測データの統計処理等が、準リアルタイムで行えるようになり、データの公表までの時間が大幅に短縮された。今後、伝送データの種類を拡充することで、データの品質管理や統計処理に関わる現地での負担の軽減、データの迅速な公表等が図られるものと期待できる。

謝 辞

第46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46次隊の松原廣司隊長、渡邊研太郎越冬隊長ほか第46次観測隊員の皆様、極地研究所及び南極観測事務室、高層気象台ほか気象庁の関係官、ならびに観測機器の輸送で支援を頂いた南極観測船「しらせ」の方々に感謝します。

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43・44・45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.
- 青木周司（1997）：昭和基地および「しらせ」船上における地上オゾン濃度の連続観測. 南極資料，**41**，231–247.
- Aoki, Te., Aoki, Ta., Fukabori, M. and Takao, T. (2002): Characteristics of UV-B Irradiance at Syowa Station, Antarctica: Analyses of the Measurements and Comparison with Numerical Simulations. *J. Meteorol. Soc. 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.
- 林 政彦（2001）：Optical Particle Counter による対流圏・成層圏エアロゾルの観測. エアロゾル研究，**16**，118–124.
- Herber, A., Thomason, L.W., Dethloff, K., Viterbo, P., Radionov, V.F. and Leiterer, U. (1996): Volcanic perturbation of the atmosphere in both polar region: 1991–1994. *J. Geophys. Res.*, **101** (D2), 3921–3928.

- 東島圭志郎・佐藤 健・安ヶ平一也・村方栄真・河原恭一 (2003): 第 40 次南極地域観測隊気象部門報告 1999. 南極資料, **47**, 171-271.
- 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.
- 木津暢彦・金濱 晋・鎌田浩嗣・上野圭介・長井勝栄 (2007): 第 43 次南極地域観測隊気象部門報告 2002. 南極資料, **51**, 35-94.
- 気象庁 (1981): 国内気象通報式 (第 3 版). 東京, 74p.
- 気象庁 (1990): 国際気象通報式 (第 8 版). 東京, 447p.
- 気象庁 (1991): オゾン観測指針 (オゾン全量・反転観測編). 東京, 91p.
- 気象庁 (1993): 紫外域日射観測指針. 東京, 83p.
- 気象庁 (1995): 高層気象観測指針. 東京, 128p.
- 気象庁 (1997): オゾン観測指針 (オゾンゾンデ観測編). 東京, 60p.
- 気象庁 (2002): 地上気象観測指針. 東京, 176p.
- 気象庁 (2005): 気象観測統計指針. 東京, 158p.
- 気象庁 (2006): オゾン層観測報告. 2005. 56p.
- 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).
- 国立極地研究所 (2004): 基地要覧 (第 16 版), 2004 年, 東京, 186p. (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.
- 坂尻政市・須田 智 (1996): 気象衛星の追跡による方向探知機の測角値の点検について. 高層気象台彙報, **56**, 45-48.
- 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.
- 柴田誠司・廣瀬保雄 (2000): サンフォトメータ測器定数監視方法の改良 (I). 高層気象台彙報, **60**, 63-66.
- 柴田誠司・廣瀬保雄 (2001): サンフォトメータ測器定数監視方法の改良 (II). 高層気象台彙報, **61**, 33-36.
- 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.
- 山本浩嗣 (2008): 昭和基地における下向長波長放射による雲量推定. 測候時報, **75**, 1-9.