

第 48 次日本南極地域観測隊気象部門報告 2007

中村辰男^{1*}・野村幸弘¹・島村哲也¹・岩坪昇平¹・松澤一雅¹Meteorological observations at Syowa Station in 2007 by
the 48th Japanese Antarctic Research ExpeditionTatsuo Nakamura^{1*}, Yukihiro Nomura¹, Tetsuya Shimamura¹
Syouhei Iwatsubo¹ and Kazumasa Matsuzawa¹

(2012 年 1 月 11 日受付; 2012 年 3 月 27 日受理)

Abstract: This report describes the results of meteorological observations at Syowa Station from February 1st, 2007 to January 31st, 2008, carried out by the Meteorological Observation Team of the 48th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-48). The observation methods, instruments and statistical methods used by JARE-48 were almost the same as those used by the JARE-47 observation team.

Remarkable weather phenomena observed during the period of JARE-48 are as follows.

- 1) In October 2007, there were 6 blizzards and 15 blizzard days, and the monthly mean temperature was -10.8°C , which was the highest record for Syowa Station.
- 2) In November 2007, the monthly sunshine duration at Syowa Station was 474.8 hours, which was the longest record, and minimum humidity 21% updated minimum.
- 3) The monthly mean amount of total ozone over Syowa Station in July was 233 m atm-cm, which was the lowest record. The amount of total ozone became lower than or equal to 220 m atm-cm from mid-August to end of October. On October 5th, the amount of total ozone was 138 m atm-cm, which was the lowest value in 2007.

要旨: この報告は第 48 次南極地域観測隊気象部門が、2007 年 2 月 1 日～2008 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・統計方法などは第 47 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) 10 月はブリザードが 6 回襲来し、ブリザード日数は 15 日を記録した。月平均気温は -10.8°C を記録し、これまでの高い方の極値を更新した (2006 年までの記録は 1996 年 10 月の -10.9°C)。
- 2) 11 月は好天が続き、日照時間 474.8 時間はこれまでの多い方の記録を更新し (2006 年までの記録は 2006 年 11 月の 460.7 時間)、6 日には日最小湿度 21% を記録して極値を更新した (2006 年までの記録は 1993 年 11 月 16 日の 21%)。
- 3) 昭和基地上空のオゾン全量は、7 月の月平均オゾン全量が 233 m atm-cm で最小値を更新した。また、8 月中旬から 10 月下旬までオゾンホールを目安となる 220 m atm-cm をほぼ継続的に下回った。2007 年の最小値は、10 月 5 日の 138 m atm-cm であった (2006 年までの最小値は 2006 年 10 月 17 日の 114 m atm-cm)。

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

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

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48次南極地域観測隊気象部門は、2007年2月1日に第47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、2008年1月31日までの1年間観測を行った。観測の方法、観測に用いた測器及び観測値の統計方法等は第47次隊とほぼ同様である(成田ほか, 2010)。

地上気象観測、高層気象観測(毎日00UTC)、地上日射放射観測は、第47次隊から引き継いだ観測装置で観測を行った。高層気象観測(毎日12UTC)は第46・第47次隊で動作試験を行ったGPS高層気象観測システムにより実施した。なお、世界の気象機関に観測結果を即時配信するための全球通信システム(GTS: Global Telecommunication System)への観測データの提供は、第47次隊と同様にインテルサット(国際電気通信衛星機構)を経由して国内から送信した。

オゾン観測のうち、オゾン全量観測・反転観測はドブソン分光光度計Beck122を持ち込み、第47次隊使用のBeck119との比較観測を約1か月間実施後、正式運用とした。オゾンゾンデ観測については、使用測器を従来のRS2-KC96型からRS-KC02G型へ移行した。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。

特殊ゾンデ観測として、気水圏部門と共同で6回のアエロゾルゾンデ観測を行った。また、アエロゾルゾンデの飛揚時にはオゾンゾンデを連結または数時間後に飛揚することで、できるだけ同時刻のオゾンの鉛直分布も観測した。

その他の観測として、海水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実施した。

また、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から作成した各種天気図、予想図を気象庁データサーバよりインテルサット(国際電気通信衛星機構)を経由して取得し、2007年6月21日から昭和基地周辺の天気解析に利用した。2007年11月1日~2008年1月26日までの日本・スウェーデン共同トラバース旅行隊などの夏期行動支援として気象情報を提供するため、南極大陸内部の天気図も作成した。

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. 48(気象庁, 2009)としてCD-ROMに取りまとめて刊行した。本稿では第48次隊が担当した期間の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，2005a）にそれぞれ基づいて行った。

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を用いてインテルサット衛星回線を利用して通報を行った。観測項目と使用測器などを表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，積雪の深さ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。

表1 昭和基地における地上気象観測使用測器等一覧表（2007年2月～2008年1月）
Table 1. Observation elements, frequency of observation, minimum unit and instruments at Syowa Station (Feb. 2007–Jan. 2008).

| 観測種目 | 観測時刻 | 観測 最小単位 | 使用測器等 | 型式 | 備考 |
|-----------------|--------|------------------------|---------------------|-----------|-------------------------------------|
| 現地気圧 | 連続・毎正時 | 0.1 hPa | 電気式気圧計 (静電容量型) | PTB220 | 巡回用電気式気圧計(静電容量型)により比較点検(年1回) |
| 海面気圧 | 連続・毎正時 | 0.1 hPa | — | | 気温・現地気圧から算出 |
| 気圧変化量・ 気圧変化型 | 毎正時 | 0.1 hPa | — | | 現地気圧から算出・決定 |
| 気温 | 連続・毎正時 | 0.1℃ | 電気式温度計 (白金抵抗型) | Pt-100 | 携帯用通風乾湿計により 比較点検(月1回) 比較観測に使用 |
| | — | | 携帯用通風乾湿計 | | |
| 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 | 0.1 hPa | — | | 気温・湿度観測値から算出 |
| 相対湿度 | 同上 | 1% | 電気式湿度計 (静電容量型) | HMP233LJM | 携帯用通風乾湿計により 比較点検(月1回) 比較観測に使用 |
| | | | 携帯用通風乾湿計 | | |
| 風向 | 同上 | 1° | 風車型風向風速計 | FF-11 | 測風塔(地上高10.1m) に設置 |
| 風速 | 同上 | 0.1 m/s | | | |
| 全天日射量 | 同上 | 0.01 MJ/m ² | 日射日照計 (全天電気式日射計) | MS-62F | 気象棟南西側旗台地に設置， 日照計と一体型 |
| 日照時間 | 同上 | 0.1 h | 日射日照計 (太陽追尾式日照計) | MS-101D | 気象棟南西側旗台地に設置， 日射計と一体型 |
| 積雪深 | 同上 | 1 cm | 超音波式積雪計 | CF-212 | 観測棟北東側海岸斜面に設置 |
| | 週1回 | 同上 | 雪尺(竹竿9本) | | 北の浦海氷上に設置 |
| 雲量・雲形・ 向き・高さ | 定時 | | 目視 | | |
| 視程 | 定時(目視) | 10 m(目視) | 目視 | | |
| | | | 視程計(現象判別付) | TZE-6P | 参考測器 |
| 大気現象 | 常時 | | 目視 | | |
| | | | 視程計(現象判別付) | TZE-6P | 参考測器 |

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

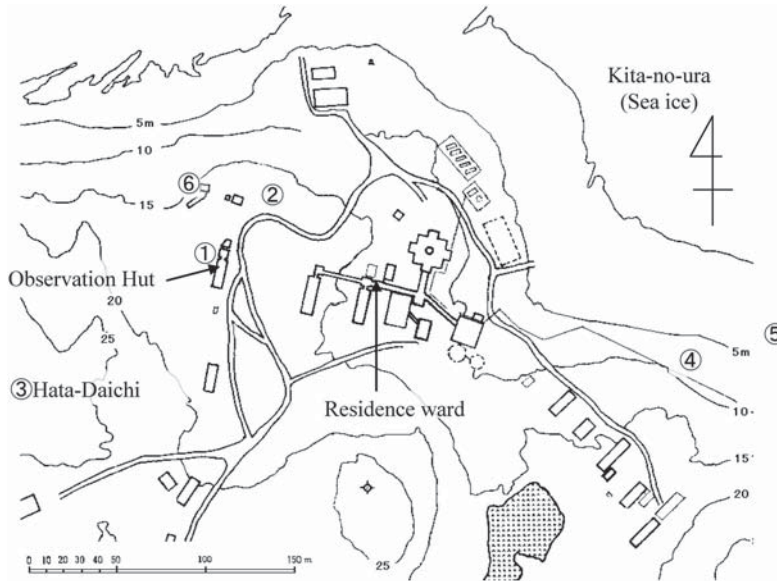


図 1 昭和基地主要部と測器感部の配置 (国立極地研究所 (2004) に加筆)

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

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

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

(2) 目視観測

雲及び視程については、目視により1日8回(00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC)の観測を行った。また、大気現象については随時観測を行った。

(3) 海水上の積雪の深さ観測

北の浦の海氷上に、10m間隔で20m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の深さに加算したものを、積雪の深さの観測値とした。なお、積雪の深さは雪尺設置時点を

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、国内の保守点検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、国内から持ち込んだ巡回用電気式気圧計との比較観測を行い、越冬観測開始時にオフセットの設定を行った。観測は欠測することなく順調であった。

(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。おおむね順調に観測を行った。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。

比較観測は携帯用通風乾湿計により3か月に1回行い、通風筒清掃時にも随時行った。携帯用通風乾湿計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、2月には総合自動気象観測装置（地上系）の障害のため、また、6、9、10月には凍結または凍結の疑いのため、日平均風速が準完全値となった日があった。

なお、国内での瞬間風速の処理方法の変更に伴い、12月4日0713LTから、瞬間風速の観測値をこれまでの0.25秒間隔の値から3秒平均値（0.25秒間隔の値12個の平均値）へ変更した。

(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。6月に全天電気式日射計の点検を行った。

(5) 積雪の深さ

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

2007年1月に、超音波式雪積計の感部の設置高をこれまでの294 cm から254 cm へと40 cm 下げたことにより超音波送受器の受信状態が安定し、強風時及び新雪時などにみられた観測値の飛び跳ね現象がやや改善され、おおむね良好に観測した。

(6) 視程（視程計による参考記録）

管制棟裏に設置した視程計（現象判別付）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の補助に利用した。地ふぶきにより視程計の投

受光部に雪が付くことによって観測値が得られないことがあり、天候回復後に投受光部の清掃を実施した。これ以外にも投受光部の清掃を随時行った。

(7) 海氷上の積雪の深さの観測

3月26日に雪尺9本を設置し、12月17日まで積雪の深さの変化をおおむね順調に観測した。前次隊からの観測データと比較できるよう、第47次隊とほぼ同じ設置場所とした。夏季になると夏の日射によって雪尺の地際の雪が解け、12月17日の最後の雪尺観測までに9本中8本の雪尺が倒れた。

2.3. 観測結果

月別気象表を表2に、極値・順位値の10位までの更新記録を表3に、ブリザードの概要を表4に示す。また、年間の海面気圧・気温・風速・雲量及び日照時間の旬ごとの経過を図2に、海氷上(雪尺)と陸上(積雪計)の積雪深観測値の比較を図3に示す。さらに、越冬期間中の天気概況を表5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) 2007年の天候は4月以降、偶数月はブリザードが多く悪天傾向となり、奇数月は高気圧に覆われ好天傾向になるという特徴を示し、その変化は各月の中旬を中心に顕著であった(表4, 図2)。

(2) 好天月・悪天月にかかわらず、年間を通して海面気圧と気温は平年と比べて高めに推移し、年平均海面気圧・気温は、統計を開始して以来のそれぞれ高い方から2位(海面気圧)と4位(気温)を記録した(表3, 図2)。

(3) 悪天傾向がみられた偶数月は雲量・風速・湿度が平年を上回る値となり、一方で日照時間は平年と比べて少なかった。12月の日照時間は354.0時間となり、12月としては少ない方から5位を記録した。また、10月はブリザードが6回襲来し、ブリザード日数は15日を記録した。ブリザードをもたらす低気圧が近づくと北から暖かい空気が流れ込むため気温が上昇することが多く、10月の月平均気温(-10.8℃)は最も高い極値を更新した(表3, 表4, 図2)。

(4) 好天傾向がみられた奇数月は雲量・風速・湿度が平年を下回る値となり、日照時間は平年と比べて多かった。特に11月の日照時間は474.8時間となり、11月としては多い方の極値を更新した。晴れて暖かい日が多かったため、月平均気温は高い方から2位の-4.5℃を記録し、日最小相対湿度では極値を更新した21%(6日)をはじめ、4位の24%(12日)、9、10位の28%(10、11日)など、空気の乾燥した日が多かった。その他、5月の日照時間は9位、9月の日照時間は10位と奇数月は日照時間が多くなる傾向がみられた(表3, 図2)。

(5) 海氷上(雪尺)と昭和基地の陸上(積雪計)の積雪の深さの観測値には相関があるといわれているが、第48次隊での海氷上の雪尺観測では年間を通して積雪量がほとんど増え

表2 昭和基地における地上気象観測月別気象表 (2007年1月~2008年1月)
Table 2. Monthly summaries of surface observations at Syowa Station (Jan. 2007-Jan. 2008).

| 項目 | 2007 | | | | | | | | | | | | 2008 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|---------------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|-------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 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 | 989.0 | 984.9 | 988.6 | 988.1 | 990.0 | 995.0 | 998.8 | 986.7 | 991.1 | 983.7 | 989.1 | 980.8 | 988.8 | 986.2 | 974.2 | 974.2 | 960.5 | 976.2 | 967.8 | 953.2 | 932.2 | 918.8 | 911.1 | 905.5 | 976.2 | 967.8 | 953.2 | 932.2 | 31 | |
| 最低海面気圧 | 980.7 | 973.2 | 955.0 | 964.7 | 979.5 | 961.7 | 972.0 | 953.2 | 974.1 | 960.5 | 976.2 | 967.8 | 953.2 | 947.2 | 932.2 | 932.2 | 918.8 | 911.1 | 905.5 | 976.2 | 967.8 | 953.2 | 947.2 | 932.2 | 918.8 | 911.1 | 905.5 | 976.2 | 967.8 | 31 |
| 起日 | 2 | 26 | 4 | 13 | 23 | 3 | 22 | 14 | 8 | 3 | 1 | 20 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 平均気温 | 0.2 | -3.2 | -7.7 | -10.4 | -12.3 | -12.7 | -16.3 | -16.1 | -19.4 | -10.8 | -4.5 | -1.5 | -1.8 | -4.4 | -12.8 | -12.8 | -8.6 | -4.3 | -12.8 | -4.4 | -12.8 | -4.4 | -1.8 | -1.5 | -9.6 | -11.8 | -11.8 | -11.8 | -11.8 | -11.8 |
| 最高気温の平均 | 3.3 | -0.8 | -5.5 | -7.9 | -9.6 | -9.6 | -13.8 | -13.1 | -16.3 | -8.2 | -1.1 | 1.0 | 0.6 | -6.8 | -12.8 | -12.8 | -8.6 | -4.3 | -12.8 | -4.4 | -12.8 | -4.4 | -1.8 | -1.5 | -9.6 | -11.8 | -11.8 | -11.8 | -11.8 | -11.8 |
| 最低気温の平均 | -3.3 | -5.8 | -10.8 | -13.5 | -15.2 | -16.5 | -19.1 | -19.2 | -23.1 | -14.2 | -8.6 | -4.3 | -4.4 | -12.8 | -12.8 | -8.6 | -4.3 | -12.8 | -4.4 | -12.8 | -4.4 | -1.8 | -1.5 | -9.6 | -11.8 | -11.8 | -11.8 | -11.8 | -11.8 | -11.8 |
| 最高気温 | 6.7 | 3.1 | -0.7 | -2.9 | -2.5 | -2.9 | -4.5 | -6.4 | -9.8 | -3.8 | 4.2 | 6.7 | 3.0 | -6.8 | -12.8 | -12.8 | -8.6 | -4.3 | -12.8 | -4.4 | -12.8 | -4.4 | -1.8 | -1.5 | -9.6 | -11.8 | -11.8 | -11.8 | -11.8 | -11.8 |
| 最低気温 | 23 | 4 | 2 | 17 | 2 | 19 | 6 | 23 | 12 | 30 | 8 | 12 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 |
| 起日 | -7.1 | -11.6 | -19.1 | -24.6 | -26.0 | -28.3 | -33.4 | -32.0 | -29.7 | -24.5 | -18.4 | -8.2 | -33.4 | -10.5 | -10.5 | -10.5 | -10.5 | -10.5 | -10.5 | -10.5 | -10.5 | -10.5 | -10.5 | -10.5 | -10.5 | -10.5 | -10.5 | -10.5 | -10.5 | -10.5 |
| 起日 | 21 | 28 | 25 | 26 | 22 | 24 | 13 | 28 | 19 | 1 | 4 | 7 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| 最低気温 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 0°C以上の日数 | 19 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 平均気温 | 3.9 | 3.2 | 2.8 | 2.2 | 1.6 | 1.9 | 1.1 | 1.3 | 0.9 | 2.1 | 2.5 | 3.8 | 2.3 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 | 3.5 |
| 最高気温 | 64 | 66 | 78 | 73 | 59 | 73 | 58 | 69 | 61 | 75 | 57 | 69 | 67 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 |
| 平均風速 | 4.2 | 6.1 | 7.6 | 8.0 | 6.6 | 8.2 | 7.6 | 8.6 | 3.5 | 10.1 | 4.9 | 6.2 | 6.8 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.1 |
| 最大風速 | ENE | NE | NE | ENE | ENE | NE | ENE | ENE | ENE | NE | ENE | NE | ENE | ENE | ENE | ENE | ENE | ENE | ENE | ENE | ENE | ENE | ENE | ENE | ENE | ENE | ENE | ENE | ENE | ENE |
| 16方位 | 18.9 | 23.4 | 29.7 | 35.3 | 30.2 | 42.1 | 39.2 | 31.4 | 14.2 | 29.2 | 16.8 | 20.4 | 42.1 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 | 25.8 |
| 風向 | ENE, 14 | ENE, 15 | ENE, 19 | NE, 17 | ENE, 27 | ENE, 27 | NE, 19 | ENE, 22 | ENE, 5 | E, 6 | NE, 15 | E, 11 | E, 11 | NE, 7 | NE, 7 | NE, 7 | NE, 7 | NE, 7 | NE, 7 | NE, 7 | NE, 7 | NE, 7 | NE, 7 | NE, 7 | NE, 7 | NE, 7 | NE, 7 | NE, 7 | NE, 7 | NE, 7 |
| 起日 | 24.9 | 31.9 | 38.8 | 44.7 | 37.9 | 52.4 | 49.0 | 38.9 | 17.8 | 39.2 | 21.9 | 26.0 | 26.0 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 34.5 | 34.5 |
| 最大瞬間風速 | ENE, 14 | ENE, 15 | ENE, 19 | NE, 17 | ENE, 27 | ENE, 27 | NE, 19 | ENE, 22 | ENE, 5 | E, 6 | NE, 15 | ENE, 11 | ENE, 11 | ENE, 7 | ENE, 7 | ENE, 7 | ENE, 7 | ENE, 7 | ENE, 7 | ENE, 7 | ENE, 7 | ENE, 7 | ENE, 7 | ENE, 7 | ENE, 7 | ENE, 7 | ENE, 7 | ENE, 7 | ENE, 7 | ENE, 7 |
| 風向 | 11 | 15 | 19 | 18 | 19 | 21 | 16 | 22 | 22 | 5 | 28 | 18 | 15 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 起日 | 1 | 9 | 9 | 11 | 9 | 17 | 7 | 13 | 19 | 4 | 6 | 105 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 最大風速 | 15.0 m/s以上の日数 | 1 | 9 | 9 | 11 | 9 | 17 | 7 | 13 | 19 | 4 | 6 | 105 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 10.0 m/s以上の日数 | 30.0 m/s以上の日数 | 1 | 9 | 9 | 11 | 9 | 17 | 7 | 13 | 19 | 4 | 6 | 105 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 日照時間 | 408.8 | 172.3 | 72.4 | 72.9 | 28.5 | - | 5.9 | 67.0 | 166.8 | 183.1 | 474.8 | 354.0 | 2007 | 329.6 | 329.6 | 329.6 | 329.6 | 329.6 | 329.6 | 329.6 | 329.6 | 329.6 | 329.6 | 329.6 | 329.6 | 329.6 | 329.6 | 329.6 | 329.6 | 329.6 |
| 日照率 | 58 | 36 | 18 | 28 | 25 | - | 12 | 31 | 50 | 38 | 75 | 48 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 | 46 |
| 平均全天日射量 | 27.4 | 14.9 | 7.2 | 7.2 | 2.5 | 0.3 | 0.0 | 1.4 | 6.8 | 14.1 | 27.2 | 28.1 | 28.1 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 24.2 |
| 日照量 | 2 | 5 | 13 | 12 | 19 | 30 | 29 | 16 | 4 | 9 | 1 | 3 | 143 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 平均雲量 | 5.9 | 7.9 | 8.5 | 7.6 | 6.3 | 7.3 | 4.8 | 7.1 | 5.8 | 7.7 | 4.2 | 6.8 | 6.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 | 7.7 |
| 平均雲量 | 5 | 2 | 1 | 1 | 5 | 5 | 8 | 4 | 5 | 3 | 9 | 4 | 52 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1.5未満の日数 | 8.5以上の日数 | 8 | 14 | 23 | 17 | 11 | 21 | 2 | 20 | 16 | 23 | 6 | 13 | 174 | 174 | 174 | 174 | 174 | 174 | 174 | 174 | 174 | 174 | 174 | 174 | 174 | 174 | 174 | 174 | 174 |
| 曇日数 | 2 | - | - | - | - | - | 1 | - | - | - | - | 1 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 霧日数 | 1 | - | - | - | - | - | 3 | 5 | 1 | 9 | - | 15 | 48 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ブリザード日数 | - | - | - | - | - | - | 4 | 3 | 2 | 4 | - | 6 | 24 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| ブリザード回数 | - | - | - | - | - | - | 4 | 3 | 2 | 4 | - | 6 | 24 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

・統計方法は気象観測統計-指針 (気象庁) による。

・数値右側の符号は次の通り

「」：観測値 斜線：資料の一部が欠けているが、その部分が許容する範囲内であった。

・5月30日から7月13日までは記録上太陽中心が地表線上に現れない、日照日数にはこの期間 (46日) を加えてある。

・ブリザード回数については、表注欄外を参照のこと。

表 3 昭和基地における地上気象観測極値・順位更新記録 (2007年2月~2008年1月)
 Table 3. New records of surface meteorological observations extrema and ranking at Syowa Station
 (Feb. 007-Jan. 2008).

| 年 | 月 | 統計項目 | 観測値 | 起日 | 順位 |
|--------------|---------------|---------------|----------------|-------|-----|
| 2007 | 2 | 日最小相対湿度 | 25% | 26日 | 2位 |
| | 3 | 日最高気温の低い方から | -14.7°C | 25日 | 7位 |
| | | 月平均気温の低い方から | -7.7°C | | 5位 |
| | | 月間日照時間の少ない方から | 72.4時間 | | 6位 |
| | 4 | 日最大風速 | 35.3 m/s (NE) | 17日 | 3位 |
| | | 日最大瞬間風速 | 44.7 m/s (NE) | 17日 | 4位 |
| | 5 | 月間日照時間の多い方から | 28.5時間 | | 9位 |
| | 6 | 日最大風速 | 42.1 m/s (NE) | 19日 | 3位 |
| | | 日最大瞬間風速 | 52.4 m/s (NE) | 19日 | 4位 |
| | | 日最高気温の高い方から | -2.9°C | 19日 | 8位 |
| | | 月平均気温の高い方から | -12.7°C | | 8位 |
| | | 月間日照時間の少ない方から | 0.0時間 | | 1位 |
| | 7 | 日最大風速 | 39.2 m/s (ENE) | 22日 | 7位 |
| | | 日最大瞬間風速 | 49.0 m/s (ENE) | 22日 | 9位 |
| | 8 | 月平均気温の高い方から | -16.1°C | | 4位 |
| | 9 | 月間日照時間の多い方から | 166.8時間 | | 10位 |
| | 10 | 日最高気温の高い方から | -2.0°C | | 9位 |
| | | 月平均気温の高い方から | -10.8°C | | 1位 |
| | 11 | 日最小相対湿度 | 21% | 6日 | 1位 |
| | | 日最小相対湿度 | 24% | 12日 | 4位 |
| 日最小相対湿度 | | 28% | 11日 | 9位 | |
| 日最小相対湿度 | | 28% | 10日 | 10位 | |
| 月平均気温の高い方から | | -4.5°C | | 2位 | |
| 月間日照時間の多い方から | | 474.8時間 | | 1位 | |
| 12 | 月間日照時間の少ない方から | 354.0時間 | | 5位 | |
| 2008 | 1 | 日最大瞬間風速 | 34.5 m/s (ENE) | 7日 | 10位 |
| | | 日最低気温の低い方から | -10.5°C | 25日 | 7位 |
| | | 日最小相対湿度 | 27% | 27日 | 2位 |
| | | 月平均気温の低い方から | -1.8°C | | 4位 |
| | | 月間日照時間の少ない方から | 329.6時間 | | 10位 |
| 全 年 | | 日最大風速 | 42.1 m/s (NE) | 6月19日 | 9位 |
| | | 日最大瞬間風速 | 52.4 m/s (NE) | 6月19日 | 10位 |
| | | 日最小相対湿度 | 21% | 11月6日 | 4位 |
| | | 月間日照時間の少ない方から | 0.0時間 | 6月 | 1位 |
| | | 年平均気温の高い方から | -9.6°C | | 4位 |

表 4 昭和基地におけるブリザードの概要 (2007 年 2 月 ~ 2008 年 1 月)
 Table 4. Summaries of heavy snowstorms (blizzards) at Syowa Station (Feb. 2007–Jan. 2008).

| 階級 | 階級 | 開始日時 | 終了日時 | 継続時間 | 最大風速 | | | 最大瞬間風速 | | | 最低海面気圧 | | 中断 |
|------|----|----------------------|----------------------|---------|----------|-----|-------------|----------|-----|-------------|----------|-------------|---------------------------|
| | | | | | 風速 (m/s) | 風向 | 起 時 | 風速 (m/s) | 風向 | 起 時 | 気圧 (hPa) | 起 時 | |
| 4801 | C | 2007年 3月 3日 1910 LT | 2007年 3月 4日 0230 LT | 7時間20分 | 15.8 | NE | 3日 2130 LT | 20.1 | NE | 3日 2157 LT | 985.4 | 4日 0230 LT | |
| 4802 | C | 2007年 3月17日 2225 LT | 2007年 3月18日 0720 LT | 8時間55分 | 15.6 | NNE | 17日 2350 LT | 23.4 | NNE | 18日 0023 LT | 993.5 | 18日 0348 LT | |
| 4803 | B | 2007年 3月19日 0540 LT | 2007年 3月20日 2050 LT | 39時間10分 | 29.7 | ENE | 19日 1910 LT | 38.8 | ENE | 19日 1908 LT | 976.4 | 19日 1358 LT | |
| 4804 | B | 2007年 3月27日 2110 LT | 2007年 3月29日 0640 LT | 33時間30分 | 28.0 | NE | 28日 0900 LT | 35.0 | NE | 28日 0804 LT | 977.7 | 28日 0728 LT | |
| 4805 | A | 2007年 4月 9日 1550 LT | 2007年 4月10日 0950 LT | 18時間0分 | 32.3 | ENE | 10日 0010 LT | 41.0 | ENE | 10日 0153 LT | 965.5 | 9日 2359 LT | |
| 4806 | C | 2007年 4月13日 0110 LT | 2007年 4月13日 0845 LT | 7時間35分 | 23.7 | ENE | 13日 0350 LT | 31.4 | NE | 13日 0410 LT | 964.7 | 13日 0134 LT | |
| 4807 | A | 2007年 4月16日 1440 LT | 2007年 4月18日 1530 LT | 48時間50分 | 35.3 | NE | 17日 1230 LT | 44.7 | NE | 17日 1350 LT | 971.6 | 18日 0303 LT | |
| 4808 | C | 2007年 5月23日 1950 LT | 2007年 5月24日 1020 LT | 14時間30分 | 19.0 | NE | 24日 0200 LT | 27.7 | NE | 24日 0643 LT | 980.0 | 23日 2042 LT | |
| 4809 | A | 2007年 5月27日 0030 LT | 2007年 5月27日 1320 LT | 12時間50分 | 30.2 | ENE | 27日 0630 LT | 37.9 | ENE | 27日 0922 LT | 981.2 | 27日 0620 LT | |
| 4810 | C | 2007年 6月 3日 0200 LT | 2007年 6月 3日 1127 LT | 9時間27分 | 27.5 | ENE | 3日 0740 LT | 33.4 | ENE | 3日 0817 LT | 961.7 | 3日 0742 LT | |
| 4811 | C | 2007年 6月11日 1500 LT | 2007年 6月11日 2210 LT | 7時間10分 | 24.3 | ENE | 11日 2050 LT | 29.7 | ENE | 11日 1901 LT | 996.7 | 11日 1515 LT | |
| 4812 | A | 2007年 6月19日 0910 LT | 2007年 6月20日 2230 LT | 37時間20分 | 42.1 | NE | 19日 1900 LT | 52.4 | NE | 19日 1840 LT | 981.9 | 19日 1849 LT | |
| 4813 | C | 2007年 6月26日 0130 LT | 2007年 6月26日 2250 LT | 17時間5分 | 23.3 | NE | 26日 0620 LT | 30.6 | NE | 26日 0655 LT | 968.3 | 26日 0548 LT | 26日0930 LT- 26日1345 LT |
| 4814 | A | 2007年 7月22日 0250 LT | 2007年 7月23日 0940 LT | 30時間50分 | 39.2 | ENE | 22日 1150 LT | 49.0 | ENE | 22日 1452 LT | 972.0 | 22日 1127 LT | |
| 4815 | B | 2007年 8月13日 1000 LT | 2007年 8月14日 0740 LT | 21時間40分 | 21.3 | ENE | 14日 0320 LT | 26.2 | ENE | 14日 0313 LT | 953.2 | 14日 0041 LT | |
| 4816 | B | 2007年 8月16日 0220 LT | 2007年 8月18日 0700 LT | 38時間0分 | 29.9 | NE | 16日 1450 LT | 38.1 | NE | 16日 1351 LT | 972.2 | 16日 1313 LT | 17日0320 LT- 17日1800 LT |
| 4817 | C | 2007年 8月21日 1015 LT | 2007年 8月22日 0120 LT | 15時間5分 | 20.2 | NNE | 21日 1240 LT | 37.9 | NE | 21日 1232 LT | 984.0 | 21日 1232 LT | |
| 4818 | B | 2007年 8月30日 1143 LT | 2007年 8月31日 1007 LT | 22時間24分 | 24.3 | NE | 30日 1710 LT | 32.1 | NE | 30日 1701 LT | 983.8 | 30日 1500 LT | |
| 4819 | B | 2007年 10月 1日 1430 LT | 2007年 10月 4日 1010 LT | 66時間40分 | 24.3 | ENE | 1日 2240 LT | 30.2 | NE | 2日 0334 LT | 960.5 | 3日 0033 LT | 3日1840 LT- 3日1940 LT |
| 4820 | B | 2007年 10月 8日 0630 LT | 2007年 10月 9日 1515 LT | 32時間45分 | 24.5 | NE | 9日 1230 LT | 30.9 | NE | 9日 1226 LT | 966.3 | 8日 1638 LT | |
| 4821 | C | 2007年 10月11日 2110 LT | 2007年 10月12日 0420 LT | 7時間10分 | 20.8 | ENE | 11日 2150 LT | 26.3 | ENE | 11日 2120 LT | 990.3 | 11日 2131 LT | |
| 4822 | B | 2007年 10月14日 2345 LT | 2007年 10月16日 0610 LT | 30時間25分 | 29.2 | NE | 15日 1830 LT | 39.2 | NE | 15日 1751 LT | 977.8 | 15日 0907 LT | |
| 4823 | B | 2007年 10月21日 2130 LT | 2007年 10月22日 1550 LT | 18時間20分 | 19.8 | NE | 22日 0750 LT | 25.2 | NNE | 22日 0730 LT | 988.4 | 22日 0732 LT | |
| 4824 | B | 2007年 10月28日 0350 LT | 2007年 10月29日 1030 LT | 30時間20分 | 24.1 | ENE | 29日 0620 LT | 30.8 | NE | 28日 2351 LT | 971.5 | 28日 0441 LT | 28日2240 LT |

※1: 階級区分は次による.

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

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

C級: 視程1 km未満, 風速10 m/s以上の状態が6 時間以上継続.

※2: 極値については, それぞれのブリザードをもたらしただけの影響を受けている期間で求めた.

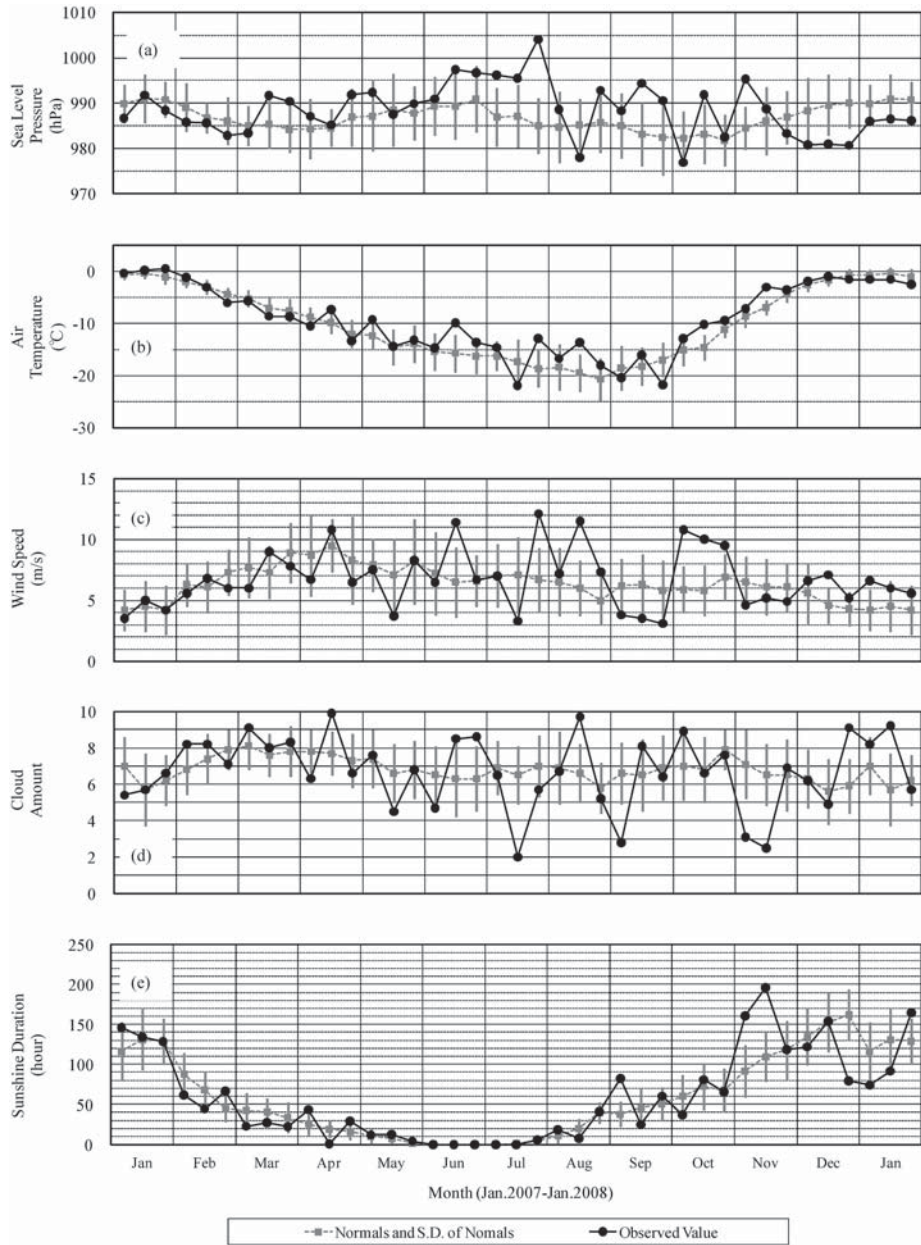


図 2 昭和基地における地上気象旬別経過図 (2007 年 1 月～2008 年 1 月)

平年値は 1971 年～2000 年の平均値。

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

Fig. 2. Time series of ten-day mean surface meteorological data at Syowa Station (Jan. 2007–Jan. 2008). Normals are average value in 1971 to 2000.

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

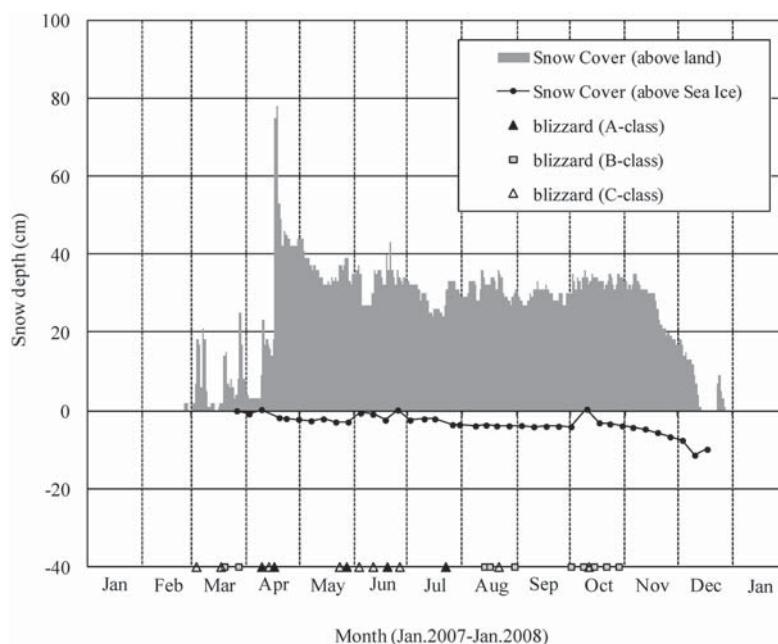


図 3 海氷上（雪尺）と陸上（積雪計）の積雪深観測値の比較（2007 年 1 月～2008 年 1 月）
 Fig. 3. Comparison of snow depth on sea ice area with that on the ground at Syowa Station (Jan. 2007–Jan. 2008).

なかった（図 3）。ブリザード後には若干積雪の増加が確認できる時もあったが、陸上の積雪の変化と比べると少ない結果となった。一方、地形の影響を受ける陸上では降雪に伴い積雪が増加したが、この違いの理由として、障害物が無く陸上より強風となる海氷上では降った雪が飛散し、積雪となりにくかったためと考えられる。積雪計の観測では、初めて A 級ブリザードが観測された 3 月中旬から積雪が増え、11 月中旬まで多少の増減を繰り返しながら積雪状態が維持されていたが、その後 12 月中旬にかけて減少した。なお、海氷上では夏季になるにつれて海水が解け始めたため、11 月以降は負の値が大きくなっていった。

3. 高層気象観測

3.1. 観測方法と測器

高層気象観測指針（気象庁，2004）に基づき，毎日 00，12 UTC の 2 回高層気象観測を行った。00 UTC には 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），12 UTC には RS-01GM 型 GPS ゾンデ（明星電気製，以下「GPS ゾンデ」と記す）をそれぞれ，ヘリウムガスを充填したゴム気球に吊り下げて飛揚し，気球が破裂する上空約 30km 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。第 48 次隊では，GPS ゾンデを用いた高層気象観測を 2007 年 2 月 1 日 12 UTC より行った。12 UTC

表 5 昭和基地における天気概況 (2007年2月~2008年1月) (1/2)
Table 5. Weather summaries at Syowa Station (Feb. 2007-Jan. 2008). (1/2)

| 年月 | 天気概況 |
|-------------|--|
| 2007年 2月 | 全般に極冠高気圧の勢力が弱く昭和基地北側の低気圧から湿った空気が入り込んだため曇りの日が多かった。発達した低気圧の影響でふぶきとなったのは、2-3日、18日、24-26日の3回あったが、ブリザードには至らなかった。気温は平年並みで推移した。 |
| | 上旬 昭和基地の北側を周期的に低気圧が通過し、天気は周期的に変化した。 |
| | 中旬 上空の気圧の谷が昭和基地の西で停滞し、曇りの日が続いた。15-16日にかけては、昭和基地に北西から接近した低気圧の影響で最大瞬間風速 31.9 m/s を記録するなどふぶきとなった。 下旬 24-26日にかけて、昭和基地の北西から接近した低気圧の影響でふぶきとなった。27-28日にかけて、極冠高気圧の勢力が強まり快晴となった。今期間、旬合計日照時間は 66.3 時間であり、平年値の 44.5 時間に比べかなり多かった。 |
| 2007年 3月 | 全般に極冠高気圧の勢力が弱く、昭和基地北側の低気圧から湿った空気が入り込んだため曇りの日が多かった。そのため月合計日照時間が 72.4 時間を記録し、少ない方から 6 位となった。気温は低めで推移し、月平均気温-7.7℃は低い方から 5 位を更新した。発達した低気圧の影響により 3-4日、17-18日、19-20日、27-29日の4回、ブリザードを観測した。 |
| | 上旬 極冠高気圧の勢力が弱く、昭和基地の北側を通過した低気圧が東方で大陸に進入し、南よりの風が吹くことが多かった。また、西方に低圧部が残る平均雲量が 9.1 と多かった。 |
| | 中旬 前半は極冠高気圧の張り出しが強くなり曇りの日が多かったが、後半はその勢力が弱まって北西から低気圧がたびたび接近し、19日には最大瞬間風速 38.8 m/s を記録するなどブリザードとなった。 下旬 前半は周期的に天気を変化したが、後半は猛烈に発達した低気圧が昭和基地のはるか西方に停滞したため長期間ブリザードとなり、28日には最大瞬間風速 35.0 m/s を記録した。 |
| 2007年 4月 | 天気変化の周期が長く、上・下旬は晴天、中旬は荒天が続いた。中旬の旬合計日照時間は 0.5 時間を記録し、少ない方から 1 位となった。中旬の平均雲量は 9.9 を記録し、同様に多い方から 1 位だった。発達した低気圧の影響により、9-10日、13日、16-18日の3回ブリザードを記録した。 |
| | 上旬 極冠高気圧の張り出しが強くなり晴天が続き、旬合計日照時間は 43.3 時間を記録し、多い方から 4 位となった。 |
| | 中旬 発達した低気圧が徐々に接近しふぶきが続いた。特に 16-18日にかけて猛烈に発達した低気圧の影響で、日最大瞬間風速は 44.7 m/s を、日最大風速は 35.3 m/s を記録し、大きい方からそれぞれ 4 位、8 位となった。 下旬 極冠高気圧の張り出しが強くなり晴天が続き、旬合計日照時間は 29.1 時間を記録し、多い方から 6 位となった。 |
| 2007年 5月 | 前半は天気変化の周期が長く、上旬は曇天、中旬は晴天が続き、その後短い周期で荒天となった。発達した低気圧の影響により 23-24日と 27日の2回、ブリザードを記録した。なお、31日には太陽の昇らない極夜となった。 |
| | 上旬 昭和基地のはるか北東に低気圧が停滞し、風の強い曇天が続き、1-7日まで日照時間がゼロだった。北よりの暖かい空気が流れ込んだため旬平均気温は-9.3℃を記録し、高い方から 6 位となった。 |
| | 中旬 極冠高気圧の張り出しが強くなり穏やかな晴天が続き、旬平均雲量は 4.5 を、旬平均風速は 3.7 m/s を記録し、旬平均雲量は少ない方から 7 位、旬平均風速は小さい方から 8 位となった。 下旬 徐々に低気圧が近づき、短い周期でふぶきとなった。23日、24日には最大瞬間風速 27.7 m/s を、27日には同 37.9 m/s をそれぞれ記録するなど、ブリザードとなった。 |
| 2007年 6月 | 上旬に晴天が続いたほか荒天が続いた。低気圧の影響で、北から暖かい空気が流れ込むことが多かったため気温は高めで推移し、月平均気温は高い方から 8 位の -12.7℃ を記録した。1-3日、11日、19-20日、26日の4回ブリザードを記録した。 |
| | 上旬 発達した低気圧の影響により 1-3日にかけてふぶきとなり、3日には最大瞬間風速 33.4 m/s を記録するなどブリザードとなった。その後、極冠高気圧の張り出しが強まり快晴が続き、平均雲量は 4.7 と少なかった。 |
| | 中旬 発達した低気圧が接近した影響により、11日には地ふぶきによるブリザードとなった。その後も、低気圧が接近・停滞したためふぶきが続いた。19日には猛烈に発達した低気圧の影響で、日最大風速は 42.1 m/s を、日最大瞬間風速は 52.4 m/s を記録し、6月としては、大きい方からそれぞれ 3 位、4 位となった。これらは、通年の統計としても大きいほうからそれぞれ 9 位、10 位だった。北から暖かい空気が流れ込んだ影響で旬平均気温は -9.9℃ となり、高い方から 2 位となった。 下旬 発達した低気圧が徐々に接近し、ふぶきが続いた。26日には最大瞬間風速 30.6 m/s を記録するなどブリザードとなった。 |
| 2007年 7月 | 全般に一週間から 10 日の長い周期で天候が変化した。上旬は曇りがちの日が多く、中旬は晴天が続いた。下旬の前半の 22-23日はブリザードに見舞われ、後半は晴天が続いた。雪日数はこのブリザードによる 2 日のみで、7月(平年値 17.7日)としては最も少ない記録となった。気温は平年と比べ上旬・下旬は高め、中旬は低めであった。12日に太陽が戻り極夜が明けた。 |
| | 上旬 前半は昭和基地の北東に、後半は北西にそれぞれ低気圧が停滞し曇りの日が続いた。 |
| | 中旬 昭和基地付近は極冠高気圧に覆われ晴天が続いた。 下旬 22-23日にかけて猛烈に発達した低気圧が昭和基地の北西から接近し、その影響でブリザードとなった。日最大風速は 39.2 m/s を、日最大瞬間風速は 49.0 m/s を記録し、大きい方からそれぞれ 7 位、9 位となった。その後も昭和基地の北方に低気圧が停滞し、東よりの風の強い状態が 26日まで続いた。 |

表 5 昭和基地における天気概況 (2007 年 2 月～2008 年 1 月) (2/2)

Table 5. Weather summaries at Syowa Station (Feb. 2007–Jan. 2008). (2/2)

| 年月 | 天気概況 |
|--|--|
| 2007 年 8 月 | 全般に低気圧の影響を受ける日が多く、13–14 日、16–18 日、21–22 日、30–31 日の 4 回ブリザードを記録した。低気圧が北から暖かい空気をもたらした影響で気温は高めに推移し、月平均気温は高い方から 4 位の -16.1°C を記録した。 |
| | 上旬 低気圧が次々と昭和基地に接近し雪の日が多かった。5 日には昭和基地のはるか西方で猛烈に発達した低気圧が停滞し、月の最大風速 31.4 m/s 及び最大瞬間風速 38.9 m/s を記録した。しかし、降雪を伴わなかったため、ブリザードには至らなかった。 |
| | 中旬 13 日、14 日及び 16–18 日にかけて発達した低気圧が昭和基地に接近し、その影響でブリザードとなった。荒天の日が多く、旬平均雲量の 9.7 は多い方から 1 位、旬平均気温の -13.6°C は高い方から 2 位、旬平均風速の 11.5 m/s は大きい方から 2 位を記録した。 |
| | 下旬 23–28 日にかけて、昭和基地は極冠高気圧に覆われて晴天が続いた。しかし、その前後の 21 日、22 日及び 30 日、31 日には猛烈に発達した低気圧が昭和基地に接近し、その影響でブリザードとなった。 |
| 2007 年 9 月 | 昭和基地はおおむね極冠高気圧に覆われることが多く、天気は比較的安定した月だった。気温は上旬が低く、中旬が高く、下旬がかなり低かった。また、月平均風速 3.5 m/s は小さい方から 1 位となった。 |
| | 上旬 昭和基地は極冠高気圧に覆われ晴天が続いた。平均雲量 2.8 は少ない方から 2 位、旬合計日照時間の 81.9 時間は多い方から 4 位を記録した。 |
| | 中旬 極冠高気圧の張り出しが弱く、曇りの日が多かった。 |
| 下旬 昭和基地は極冠高気圧に覆われ晴天が続いた。平均気温 -21.8°C は低い方から 4 位、平均風速 3.1 m/s は弱い方から 2 位を記録した。 | |
| 2007 年 10 月 | 次々に発達した低気圧が昭和基地に接近し、1–4 日、8–9 日、11–12 日、14–16 日、21–22 日、28–29 日の 6 回ブリザードを記録した。ブリザード日数は月の半分の 15 日だった。低気圧が北から暖かい空気をもたらした影響で気温は高めに推移し、月平均気温は高い方から 1 位の -10.8°C を記録した。また、月平均風速は大きい方から 1 位の 10.1 m/s を記録した。 |
| | 上旬 昭和基地は発達した低気圧の接近に伴い、1–4 日にかけて及び 8 日、9 日にブリザードとなり、ともに最大瞬間風速が 30 m/s を超えた。 |
| | 中旬 昭和基地は発達した低気圧の接近に伴い、11 日、12 日及び 14–16 日にかけてブリザードとなった。15 日には最大風速 29.2 m/s を記録した。 |
| 下旬 昭和基地は発達した低気圧の接近に伴い、21 日、22 日及び 28 日、29 日にブリザードとなった。28 日には最大瞬間風速 30.8 m/s を記録した。 | |
| 2007 年 11 月 | 全般に極冠高気圧の勢力が強く、上旬・中旬を中心に快晴の日が多かった。そのため月合計日照時間が 474.8 時間を記録し、多い方から 1 位を更新した。気温は高めで推移し、月平均気温が -4.5°C と高い方から 2 位を更新した。また、6 日に日最小湿度が 21% を記録するなど湿度の低い日が多く、月平均湿度 57% は低い方から 2 位だった。 |
| | 上旬 昭和基地はブロッキング高気圧の影響で晴天が続いた。旬合計日照時間 160.3 時間は多い方から 1 位、旬平均雲量 3.1 は少ない方から 2 位を記録した。 |
| | 中旬 昭和基地はブロッキング高気圧の影響で晴天が続いた。気温は高めで推移し、旬平均気温 -3.0°C は高い方から 1 位、旬合計日照時間 196.2 時間は多い方から 1 位、旬平均雲量 2.5 は少ない方から 3 位を記録した。 |
| 下旬 大きな天気の変化は無く、雲が多いものの晴れの日が多かった。 | |
| 2007 年 12 月 | 全般に極冠高気圧の勢力が弱く、下旬を中心に雪や曇りの日が多かった。そのため月合計日照時間が 354.0 時間を記録し、少ない方から 5 位を更新した。 |
| | 上旬 4–5 日の周期で大気に変化した。 |
| | 中旬 4–5 日の周期で天気に変化し、低気圧の影響で風の強い日が多かった。平均風速 7.1 m/s は大きい方から 4 位を更新した。 |
| 下旬 昭和基地の西に低気圧が停滞することが多く、ほとんど晴れなかった。そのため、平均雲量 9.1 は多い方から 1 位、旬合計日照時間 78.9 時間は少ない方から 2 位を記録した。 | |
| 2008 年 1 月 | 全般に極冠高気圧の勢力が弱く、上・中旬を中心に雪や曇りの日が多く、気温は低めで推移した。そのため月平均気温が -1.8°C を記録し、低い方から 4 位を更新した。 |
| | 上旬 低気圧の影響を受けることが多く、発達した低気圧の接近に伴い 7 日には月の最大風速 25.8 m/s 及び最大瞬間風速 34.5 m/s を記録した。 |
| | 中旬 低気圧の影響を受けることが多く、雪や曇りの日が多かった。旬平均雲量が 9.2 を記録し、多い方から 2 位を更新した。 |
| 下旬 ブロッキング高気圧の影響で晴天が続き、朝方は冷え込む日が多かった。25 日には最低気温 -10.5°C を記録し、低い方から 7 位を更新した。 | |

※ 表中の極値順位については、いずれも昭和基地で気象統計を開始してからの記録。

でRS-KC02G型GPSオゾンゾンデを飛揚するオゾンゾンデ観測を行う際には、GPSゾンデの代替観測とした。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。00UTCの観測は高度5hPaの観測データ取得を目標とし、より到達高度の高い1200g気球を使用した「高高度レーウィンゾンデ」観測を行った。

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。GPSゾンデは、GPSゾンデ内部のGPS衛星信号受信ユニットが衛星信号を正しく受信されることを確認するために、事前に動作点検を行った。また、飛揚直前に91型ゾンデでは搬送波、気圧・気温及び湿度に関する総合的な点検、GPSゾンデでは受信信号周波数、GPS衛星信号、気温及び湿度に関する総合的な点検をそれぞれ行い、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。

91型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などは高層気象観測装置データ処理部(PC: 日本電気製(PC-98機)、高層気象観測処理ソフトウェアは気象庁製)を用いた。GPSゾンデ信号の受信、計算処理、作表、気象電報作成などはGPS高層気象観測システム(明星電気製)を使用した。

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)により、地上気象観測と同様にインテルサット衛星経由で全球通信システム(GTS)に通報した。

観測器材を表6に、各センサーの性能を表7に示す。

3.2. 観測経過

表8に観測状況を示す。

第48次隊として2007年2月1日00UTC～2008年1月31日12UTC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やめた欠測が7回(4月10日00UTC、4月17日12UTC、4月18日00UTC、6月19日12UTC、6月20日00UTC、7月22日12UTC、8月16日12UTC)、資料欠如(指定気圧面100hPaまでのすべての観測値が得られなかった観測)が1回あった(7月25日12UTC)。

冬季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25日00UTC～11月13日00UTC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 を下回る時期を目安とした。また、1年を通してあらかじめ加温した気球を観測に使用した。

自動追尾型方向探知機の総合的な動作試験を月1回程度実施したほか、追従性能の測定精

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 | |
|------|-------------------------|---|-----------------------|
| ゾンデ | RS2-91 型レーウィンゾンデ | 00 UTC 観測時に使用 | 各センサについては、表 7 に 示す |
| | RS-01GM 型 GPS ゾンデ | 12 UTC 観測時に使用 | |
| 電 池 | B91RS 型注水電池 | 00 UTC 観測時に使用、 立ち上げ機により規定電圧を確認後接続、飛揚 | |
| | 単 3 型リチウム電池 | 12 UTC 観測時に使用、 飛揚前点検時に接続、飛揚 | |
| 気 球 | 600 g (1200 g) ゴム気球 | 飛揚前に加温保存、 冬季低温時は油漬け処理を実施 | |
| 充填ガス | ヘリウムガス | 浮力錘による標準浮力は、以下のとおり 00 UTC 観測時 1900 g (2100 g) 12 UTC 観測時 1800 g 強風降雪等状況により増量 | |
| 懸垂紐 | 白色クレモナ糸 15 m (30 m) | 強風時は気象観測用巻下器 (高高度気象観測用巻下器) に 代える | |
| その他 | 気象観測用巻下器 (高高度観測用巻下器) | 強風時に懸垂紐に代わり使用、 飛揚後に懸垂紐が 15 m (30 m) に伸長 | |
| | PA72 型追跡補助灯 | 暗夜時に使用、注水電池により起電発光 | |

() 内は高高度観測時

度を確認するため、測風経緯儀による比較観測を数回実施した。同方向探知機は、11月9日 00 UTC に方位角オーバーロードが発生したため数分間、高層風データが欠測となった。また、同方向探知機のヒーター電源用スリップリング部が損傷し、修復不可能な状態となったことから、ファンヒーター 1 台と屋外用投光器 2 個をレドーム内に設置し、4月18日から11月30日までレドーム内を加温した。これにより例年行われていた霜取り作業が無くなり、同方向探知機の動作もおおむね良好であった。

3.3. 観測結果

2007年1月～2008年1月の主な指定気圧面の高度、気温、風速の月平均値（00 UTC の観測値による統計）を表9に示す。また、2007年1月～2008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（1971-2000年）の年変化を図4に示す。

1-4月は多くの指定気圧面で平年並みの気温だったが、1月の200hPa面では、平年値より4℃低くなった。

7月ならびに9-11月にかけては、200hPa面より高い高度の指定気圧面で気温が平年値より低く、200hPa面より低い高度の指定気圧面では気温が平年よりも高かった。

12月は、すべての指定気圧面で気温が平年よりも高かった。

表 7 RS2-91 型レーウィンゾンデと RS-01GM 型 GPS ゾンデの各センサの性能
Table 7. Sensor Performances of RS2-91 Rawinsonde and RS-01GM GPS sonde.

| ゾンデ形式 | 観測要素 | センサ | 測定範囲 | 測定精度 | 備考 |
|----------------------|------|---|------------|-----------------------------------|------------------------------|
| RS2-91 型 レーウィンゾンデ | 気 圧 | 鉄・ニッケル製 直径 46 mm 空ごう気圧計 (静電容量変化式) | 1040~5 hPa | ±1 hPa | 減圧点検および 飛揚前点検で 精度確認し補正 |
| | 気 温 | ビード型ガラスコートサーミ スタ (アルミ蒸着加工) | +40~-90℃ | ±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 |
| RS-01GM 型 GPS ゾンデ | 気 圧 | 非搭載 (GPS 高度により算出) | 1040~5 hPa | | |
| | 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 | GPS ゾンデが受信する GPS 衛 星信号の受信周波数が, GPS ゾンデと GPS 衛星との相対速 度に応じて変化すること (ド ップラー効果) を利用して風 成分を測定し算出 | | | |

図 5 に, 2007 年 1 月~2008 年 1 月の 00 UTC における指定気圧面月平均気温及び風の東西・南北成分の各平均値, 平年値, 平年偏差の時間高度断面図を示す。図 5 の上段右の平年偏差では, 10 月の 50 hPa の高度を中心に負偏差となっていた。この下部成層圏の低温の持続は, この時期の極渦が安定していたことに対応している。また, 図 5 下段に示した風の南北成分において, 11 月の 300 hPa の高度を中心に顕著な正の平年差がみられ, この時期の極渦が大きく蛇行し, 昭和基地上空は南風となっていたことに対応している。

2007 年 1 月~2008 年 1 月の 00 UTC における昭和基地上空の気温の時間高度断面図を図 6 に示す。4-5 月にかけて成層圏で -70℃~-80℃の領域が現れるなど, 気温が低下し, 5 月下旬には -85℃以下の領域がはっきり現れた。8 月上旬には昭和基地付近が極渦の外に位置したため, 一時的に幅広い高度で気温が高くなる期間があった。8 月以降, 若干の気温の上昇はあったが, 10 月までは -70℃以下の領域がみられた。

成層圏突然昇温は極夜明けの時期に観測され, 成層圏が低温な状態の解消に寄与すると言われている。2007 年に観測した WMO への通報基準である, 最大上昇温度が 25℃/7 日以上のは数は, 8 月上旬に 10 hPa で 42.5℃, 9 月中旬に 10 hPa で 45.3℃, 9 月下旬に 20 hPa で 42.6℃の計 3 回あった。9 月下旬の突然昇温により, 成層圏の低温域は上層から次第に昇温し, 11 月下旬には -60℃の領域が消滅した。

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 heights of aerological observations at Syowa Station.

| 項目 | 年 月 | 2007 年 | | | | | | | | | | | | 2008 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 | | 57 | 67 | 59 | 63 | 59 | 65 | 63 | 60 | 63 | 60 | 62 | 64 | 742 | |
| 定時観測回数 | | 56 | 62 | 57 | 62 | 58 | 61 | 61 | 60 | 62 | 60 | 62 | 62 | 723 | |
| 欠測回数(※1) | | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | |
| 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 | | 1 | 5 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 19 | |
| 到達 気圧 / 高度 | 00 UTC | 平均 hPa | 7.1 | 12.0 | 16.7 | 6.8 | 7.9 | 14.5 | 8.5 | 9.8 | 10.5 | 9.4 | 9.2 | 10.0 | 10.2 |
| | | 平均 km | 34.7 | 31.4 | 28.6 | 31.5 | 30.2 | 27.9 | 29.0 | 28.6 | 29.2 | 31.3 | 32.0 | 32.0 | 30.5 |
| | | 最高 hPa | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 6.6 | 6.3 | 6.7 | 7.2 | 7.7 | 5.0 |
| | | 最高 km | 36.5 | 35.8 | 34.6 | 33.5 | 32.4 | 32.1 | 32.2 | 30.4 | 33.1 | 33.3 | 33.4 | 33.6 | 36.5 |
| | 12 UTC | 平均 hPa | 10.5 | 12.2 | 12.6 | 9.9 | 10.5 | 19.1 | 8.3 | 11.0 | 12.0 | 11.0 | 9.5 | 10.3 | 11.4 |
| | | 平均 km | 31.2 | 30.4 | 29.2 | 29.1 | 28.6 | 27.6 | 28.9 | 27.9 | 28.2 | 30.5 | 32.0 | 31.7 | 29.6 |
| | | 最高 hPa | 5.6 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 6.1 | 5.8 | 5.0 | 7.9 | 8.3 | 5.0 | 5.0 | 7.8 | 5.0 |
| | | 最高 km | 35.4 | 35.1 | 33.7 | 32.5 | 31.1 | 30.9 | 33.6 | 29.5 | 30.1 | 36.0 | 36.8 | 33.5 | 36.8 |

(※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

南半球月平均 500 hPa 高度及び平年偏差を図 7 に、南半球月平均 30 hPa 高度及び平年偏差を図 8 に示す。これらは長期再解析データ JRA-25 より作成されたもので、平年偏差は月平均高度場から 25 年平均値 (1979-2004 年) を差し引いたものである。

500 Pa 面の月平均高度場では、2007 年 2 月にはすでに 5100 m 以下の領域が出現し、高度の傾きが大きくなっていた。3-11 月にかけて昭和基地付近は正偏差に覆われ、特に 11 月の正偏差が大きかった。このことは、図 4 でみられるように、11 月の対流圏での気温の平年偏差が強く正を示していることに対応している。

30 hPa の月平均高度場では、2007 年 4 月から次第に強くなった極渦は、7-8 月にかけて最盛期にまで発達し、高度の平年偏差は正の領域が多い状態で推移した。気象庁 (2008) は、この主な要因として対流圏プラネタリー波の上方伝播が 7 月~8 月中旬にかけて平年よりも多く、その後 9 月中旬まではほぼ平年並みの状態であったが、9 月中旬~10 月までは平年よりも多かったことを述べている。9-12 月にかけての昭和基地上空の高度場の平年偏差がおおむね負の領域にあったことは、図 4 に示した成層圏の気温が平年よりも低かったことに対応している。

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) | 2007年 | | | | | | | | | | | | 2008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 | 1192 | 1151 | 1166 | 1162 | 1162 | 1196 | 1214 | 1120 | 1142 | 1114 | 1182 | 1121 | 1160 | 1165 |
| | 800 | 1661 | 1615 | 1628 | 1620 | 1619 | 1652 | 1666 | 1658 | 1588 | 1569 | 1646 | 1586 | 1618 | 1630 |
| | 700 | 2674 | 2623 | 2629 | 2614 | 2611 | 2644 | 2649 | 2545 | 2563 | 2562 | 2654 | 2590 | 2613 | 2638 |
| | 600 | 3816 | 3755 | 3756 | 3737 | 3732 | 3763 | 3763 | 3649 | 3665 | 3680 | 3797 | 3719 | 3736 | 3773 |
| | 500 | 5129 | 5060 | 5049 | 5028 | 5018 | 5049 | 5043 | 4919 | 4932 | 4961 | 5109 | 5017 | 5026 | 5074 |
| | 400 | 6678 | 6601 | 6574 | 6552 | 6534 | 6563 | 6549 | 6413 | 6425 | 6468 | 6650 | 6550 | 6546 | 6610 |
| | 350 | 7573 | 7491 | 7454 | 7435 | 7408 | 7436 | 7419 | 7276 | 7287 | 7338 | 7538 | 7437 | 7424 | 7498 |
| | 300 | 8581 | 8492 | 8449 | 8428 | 8391 | 8417 | 8392 | 8246 | 8256 | 8313 | 8533 | 8434 | 8411 | 8496 |
| | 250 | 9750 | 9666 | 9627 | 9585 | 9528 | 9546 | 9506 | 9362 | 9367 | 9431 | 9679 | 9594 | 9553 | 9665 |
| | 200 | 11195 | 11135 | 11094 | 11012 | 10911 | 10907 | 10826 | 10690 | 10685 | 10763 | 11051 | 11018 | 10941 | 11121 |
| | 175 | 12069 | 12022 | 11977 | 11871 | 11738 | 11718 | 11605 | 11472 | 11459 | 11550 | 11866 | 11875 | 11769 | 12003 |
| | 150 | 13081 | 13047 | 12977 | 12863 | 12693 | 12653 | 12501 | 12369 | 12343 | 12452 | 12806 | 12864 | 12722 | 13025 |
| | 125 | 14282 | 14261 | 14199 | 14030 | 13819 | 13751 | 13554 | 13422 | 13383 | 13512 | 13917 | 14035 | 13847 | 14239 |
| | 100 | 15763 | 15746 | 15688 | 15451 | 15183 | 15082 | 14828 | 14699 | 14652 | 14800 | 15278 | 15475 | 15219 | 15732 |
| | 70 | 18154 | 18128 | 18008 | 17707 | 17334 | 17175 | 16835 | 16716 | 16670 | 16848 | 17483 | 17798 | 17405 | 18134 |
| | 50 | 20437 | 20385 | 20212 | 19823 | 19335 | 19116 | 18706 | 18598 | 18566 | 18792 | 19623 | 20030 | 19469 | 20418 |
| 40 | 21963 | 21888 | 21670 | 21210 | 20649 | 20387 | 19932 | 19839 | 19826 | 20104 | 21086 | 21540 | 20841 | 21944 | |
| 30 | 23943 | 23824 | 23546 | 22984 | 22231 | 22011 | 21523 | 21422 | 21470 | 21853 | 23024 | 23519 | 22623 | 23918 | |
| 気温 (°C) | 850 | -7.7 | -10.5 | -11.6 | -14.3 | -15.4 | -15.5 | -18.3 | -19.4 | -21.3 | -15.7 | -10.4 | -9.5 | -14.1 | -9.7 |
| | 800 | -11.0 | -12.9 | -14.0 | -16.6 | -16.9 | -16.9 | -19.6 | -21.2 | -22.5 | -17.2 | -13.3 | -13.0 | -16.3 | -12.6 |
| | 700 | -17.0 | -18.6 | -20.5 | -21.2 | -21.9 | -22.0 | -23.4 | -25.7 | -25.9 | -22.0 | -17.3 | -19.8 | -21.3 | -18.3 |
| | 600 | -23.5 | -25.4 | -26.7 | -27.3 | -28.2 | -28.4 | -29.4 | -31.5 | -32.0 | -29.0 | -23.2 | -28.6 | -27.6 | -25.3 |
| | 500 | -31.0 | -32.4 | -34.8 | -35.2 | -36.0 | -36.2 | -37.4 | -39.2 | -39.8 | -37.3 | -31.6 | -33.9 | -35.4 | -33.1 |
| | 400 | -41.0 | -42.4 | -45.0 | -44.5 | -46.3 | -46.6 | -47.6 | -49.5 | -49.5 | -47.6 | -42.9 | -43.3 | -45.4 | -43.2 |
| | 350 | -47.0 | -48.2 | -50.7 | -50.2 | -52.3 | -52.5 | -53.9 | -54.9 | -55.3 | -53.7 | -49.2 | -49.2 | -51.4 | -49.1 |
| | 300 | -52.4 | -53.8 | -53.7 | -55.4 | -58.2 | -58.9 | -60.8 | -61.1 | -61.6 | -60.2 | -55.5 | -54.7 | -57.2 | -54.1 |
| | 250 | -54.0 | -50.9 | -50.4 | -56.3 | -61.2 | -63.8 | -67.7 | -67.1 | -68.3 | -66.7 | -61.1 | -56.3 | -60.3 | -52.9 |
| | 200 | -50.4 | -46.7 | -47.5 | -53.5 | -61.5 | -65.7 | -73.4 | -72.1 | -74.0 | -71.4 | -64.2 | -54.2 | -61.2 | -48.2 |
| | 175 | -49.3 | -46.1 | -47.0 | -53.2 | -61.3 | -65.6 | -74.4 | -73.7 | -76.2 | -72.6 | -64.7 | -53.8 | -61.5 | -47.0 |
| | 150 | -48.4 | -45.8 | -47.5 | -53.7 | -61.7 | -66.5 | -75.0 | -75.0 | -77.9 | -73.9 | -64.8 | -53.9 | -62.0 | -46.2 |
| | 125 | -47.5 | -45.7 | -48.1 | -55.0 | -63.2 | -68.1 | -76.8 | -76.6 | -78.5 | -75.3 | -65.1 | -53.4 | -62.8 | -45.2 |
| | 100 | -45.5 | -45.6 | -48.6 | -56.0 | -65.3 | -70.7 | -79.2 | -78.7 | -79.4 | -76.4 | -64.3 | -52.0 | -63.5 | -44.1 |
| | 70 | -42.6 | -44.4 | -49.2 | -58.3 | -68.7 | -74.5 | -82.6 | -81.1 | -80.3 | -77.0 | -59.3 | -48.8 | -63.9 | -42.0 |
| | 50 | -40.3 | -43.3 | -49.6 | -60.0 | -71.3 | -77.7 | -84.8 | -83.0 | -80.7 | -74.1 | -52.0 | -43.8 | -63.4 | -40.1 |
| 40 | -38.9 | -42.8 | -50.3 | -61.6 | -72.7 | -79.4 | -86.0 | -83.0 | -79.3 | -69.9 | -46.2 | -40.3 | -62.5 | -39.0 | |
| 30 | -37.2 | -42.3 | -50.3 | -62.8 | -74.1 | -81.0 | -86.0 | -82.4 | -76.2 | -60.3 | -40.4 | -36.1 | -60.8 | -37.6 | |
| 風速 (m/s) | 850 | 7.2 | 8.5 | 8.9 | 10.1 | 8.7 | 11.8 | 9.4 | 11.7 | 6.0 | 12.5 | 5.2 | 7.9 | 9.1 | 8.1 |
| | 800 | 6.3 | 8.6 | 7.9 | 8.6 | 7.7 | 10.6 | 8.7 | 9.8 | 5.1 | 9.5 | 5.7 | 7.6 | 8.0 | 5.7 |
| | 700 | 6.5 | 8.1 | 8.3 | 7.3 | 7.4 | 8.9 | 8.1 | 8.6 | 7.0 | 8.7 | 7.2 | 7.0 | 7.8 | 5.1 |
| | 600 | 7.1 | 8.5 | 10.2 | 8.1 | 7.6 | 9.9 | 7.6 | 9.8 | 7.0 | 9.2 | 9.1 | 8.0 | 8.5 | 6.3 |
| | 500 | 8.2 | 8.3 | 11.6 | 9.3 | 8.9 | 11.5 | 8.8 | 11.1 | 8.1 | 10.3 | 11.6 | 8.2 | 9.7 | 8.4 |
| | 400 | 10.1 | 10.7 | 14.9 | 12.7 | 10.8 | 15.4 | 12.5 | 13.9 | 11.1 | 12.2 | 14.3 | 8.4 | 12.3 | 10.1 |
| | 350 | 11.5 | 12.1 | 16.5 | 15.2 | 11.8 | 17.6 | 13.8 | 15.5 | 12.8 | 14.2 | 15.7 | 9.3 | 13.8 | 12.4 |
| | 300 | 13.4 | 13.1 | 17.1 | 16.2 | 11.7 | 18.8 | 15.0 | 16.1 | 14.1 | 15.1 | 16.8 | 9.7 | 14.8 | 12.8 |
| | 250 | 11.6 | 9.9 | 15.9 | 13.3 | 11.5 | 18.0 | 15.3 | 16.8 | 15.3 | 14.7 | 16.6 | 6.8 | 13.8 | 9.4 |
| | 200 | 8.3 | 9.2 | 13.6 | 11.0 | 10.6 | 16.0 | 13.7 | 15.6 | 14.9 | 14.1 | 15.3 | 7.1 | 12.5 | 7.3 |
| | 175 | 8.3 | 9.1 | 13.1 | 11.7 | 10.6 | 17.0 | 12.0 | 15.2 | 13.9 | 14.0 | 16.3 | 8.1 | 12.4 | 6.7 |
| | 150 | 7.9 | 9.3 | 12.4 | 12.4 | 10.1 | 17.9 | 11.6 | 15.3 | 13.0 | 14.6 | 16.3 | 9.0 | 12.5 | 6.5 |
| | 125 | 7.7 | 9.3 | 12.2 | 13.1 | 9.9 | 19.2 | 11.8 | 17.0 | 14.9 | 15.1 | 18.3 | 11.0 | 13.3 | 6.0 |
| | 100 | 7.5 | 8.8 | 11.8 | 13.9 | 12.2 | 21.0 | 13.2 | 19.6 | 16.6 | 16.3 | 20.6 | 12.3 | 14.5 | 5.4 |
| | 70 | 6.5 | 7.1 | 10.8 | 16.5 | 15.3 | 25.6 | 17.7 | 24.0 | 21.3 | 20.1 | 26.9 | 13.5 | 17.1 | 4.1 |
| | 50 | 6.1 | 5.5 | 10.7 | 18.2 | 19.2 | 29.8 | 22.5 | 29.6 | 26.2 | 23.1 | 34.0 | 13.4 | 19.9 | 3.1 |
| 40 | 5.7 | 4.7 | 10.9 | 19.7 | 22.4 | 33.6 | 25.1 | 33.3 | 30.5 | 25.2 | 36.0 | 12.6 | 21.6 | 2.8 | |
| 30 | 6.4 | 3.5 | 11.4 | 21.9 | 26.8 | 38.1 | 30.7 | 38.3 | 36.2 | 27.9 | 36.0 | 11.1 | 24.0 | 4.4 | |

4. オゾン観測

4.1. 観測方法と測器

オゾン観測は、ドブソン分光光度計を用いた全量・反転（高度分布）観測、RS2-KC96型またはRS-KC02G型オゾンゾンデ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。

ドブソン分光光度計は、第48次隊で国内から持ち込んだBeck122を使用した。越冬開始

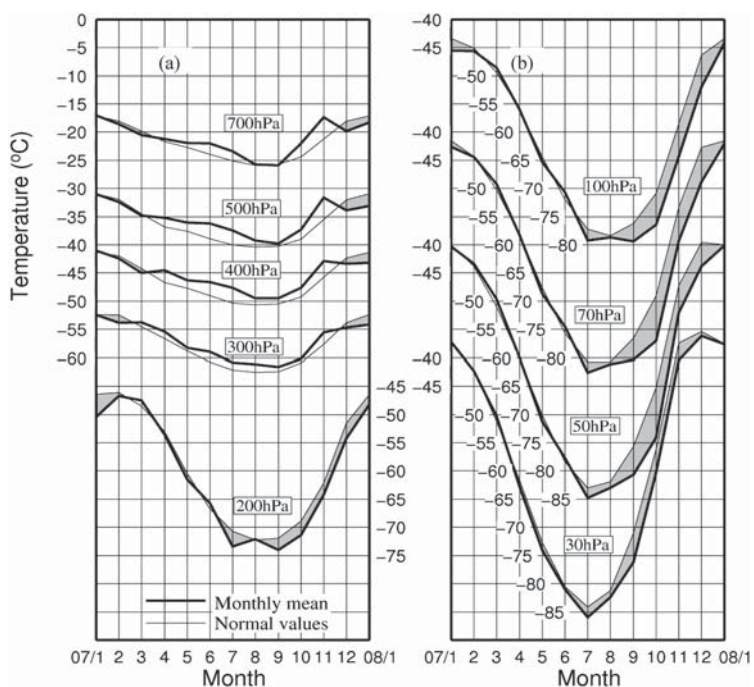


図 4 指定気圧面の月平均気温の年変化（2007 年 1 月～2008 年 1 月）と累年平均（1971 年～2000 年）の年変化（00 UTC）

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

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

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

前には、第 47 次隊で使用していた Beck119 との比較観測を実施して測器の品質確認を行った。2 月 1 日に測器の入れ替えを行い、Beck119 は点検、調整、較正のため第 47 次隊が国内に持ち帰った。なお、Beck122、Beck119 はともに自動制御方式（宮川，2002）が採用されていたが、Beck119 は第 47 次隊の持ち帰り後に、国内で改良型の自動制御方式（宮川，2007）に更新された。越冬期間終了時には第 49 次隊で再び持ち込まれた Beck119 との比較観測を実施した後、2 月 1 日に測器の入れ替えを行った。Beck122 は第 48 次隊で国内へ持ち帰り、改良型の自動制御方式に更新された。

オゾンゾンデの RS2-KC96 型と RS-KC02G 型は、オゾン計測部は共通であるが、前者では改造型 91 ゾンデ、後者では GPS ゾンデをそれぞれ組み合わせて用いられる。その結果、後者では気圧と風向・風速の計測が GPS 化したほか、伝送方式の変更で多チャンネル化したことにより、湿度の計測が可能となった。

観測器材を表 10 に示す。

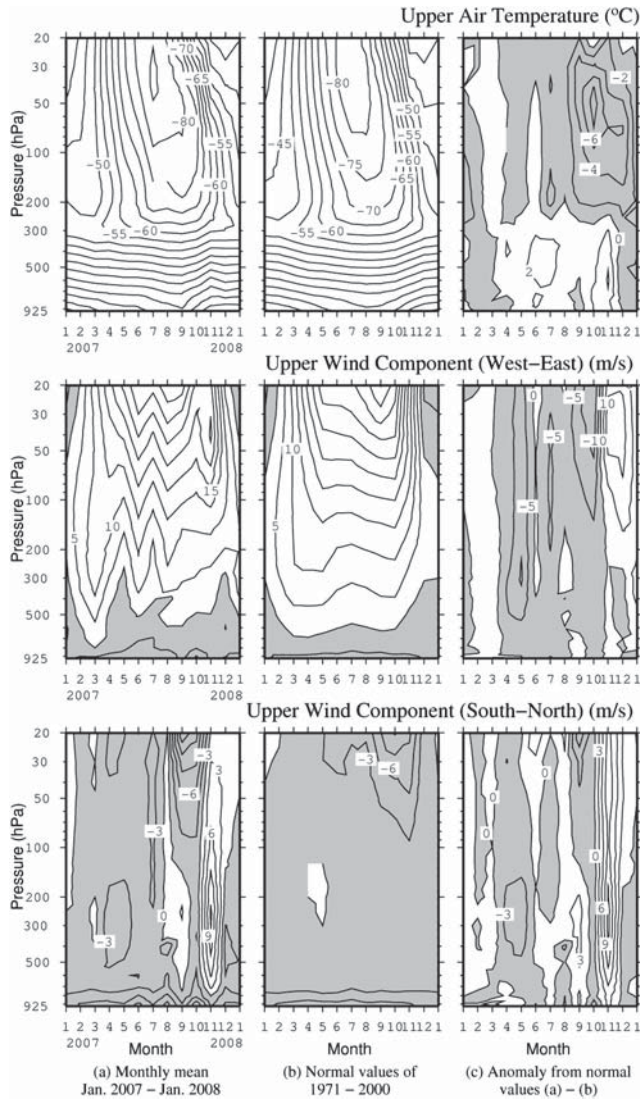


図 5 高層気象指定気圧面気温・東西風・南北風観測結果
(a) 月平均値, (b) 平年値 (1971 年~2000 年), (c) 平年偏差,
上・中・下段はそれぞれ気温, 風の東西成分, 同南北成分.

Fig. 5. Annual variations in upper air temperature (°C) and upper wind components (m/s) (left), normal values (1971-2000) (middle), and their anomalies (right).

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, 太陽の直射光及び天頂散乱光, 月の直射光を用いて観測を行った. 観測は基本的に降水や強風時を除き, 太陽の北中時と午前及び午後の $\mu = 1.5, 2.5, 3.5, 4.5$ (μ : オゾン層を通過する光線の垂直路程に対

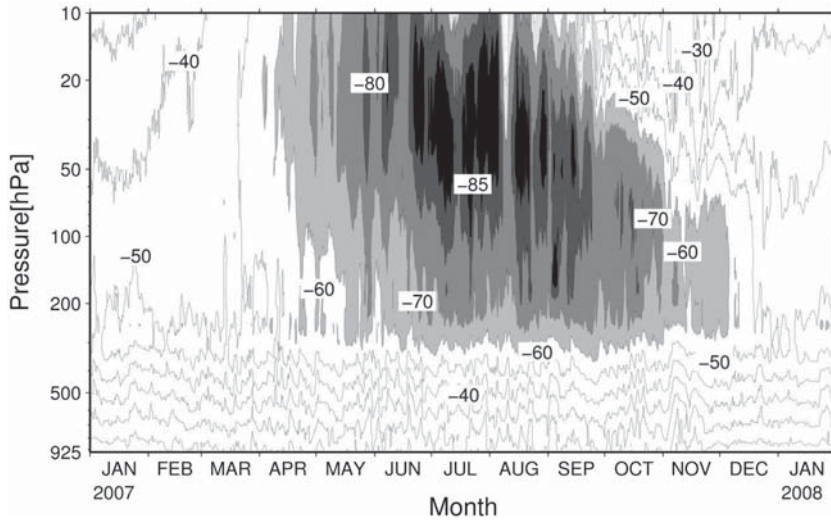


図6 昭和基地上空の気温の時間高度断面図(2007年1月~2008年1月)
薄灰色域: -60°C 以下, 灰色域: -70°C 以下, 濃灰色域: -80°C 以下, 黒色域: -85°C 以下

Fig. 6. Time-height cross section of upper-air temperature (Jan. 2007–Jan. 2008).

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.

する相対的な路程)となる時刻に, AD波長組(A波長組:平均波長305.5nmと325.0nm, D波長組:平均波長317.5nmと339.9nm)を用いて行った。太陽高度が低くなる時期については, 北中時と $\mu=3.5, 4.5, 5.5, 6.5$ となる時刻にCD波長組(C波長組:平均波長311.5nmと332.4nm, D波長組:平均波長317.5nmと339.9nm)を用いて行った。オゾン全量の測定限界となる μ の値は測器によって異なり, オゾン全量やエアロゾル全量の多寡によっても変化するため, 現地で μ が変化する数時間にわたり太陽直射光の連続観測を行うことで決定した。太陽光による観測ができない冬季には, 半月から満月の日の μ が小さい時刻を中心にAD波長組を用いて月光観測を行った。

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, 天頂散乱光のACD波長を連続して観測した。観測はロング反転観測では太陽天頂角が $60\text{--}90$ 度, ショート反転観測では $80\text{--}90$ 度の範囲で, 指定された天頂角の晴天天頂光観測値が得られたときに成立する。

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型またはRS-KC02G型オゾンゾンデを気球に吊り下げ, 上空約35km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

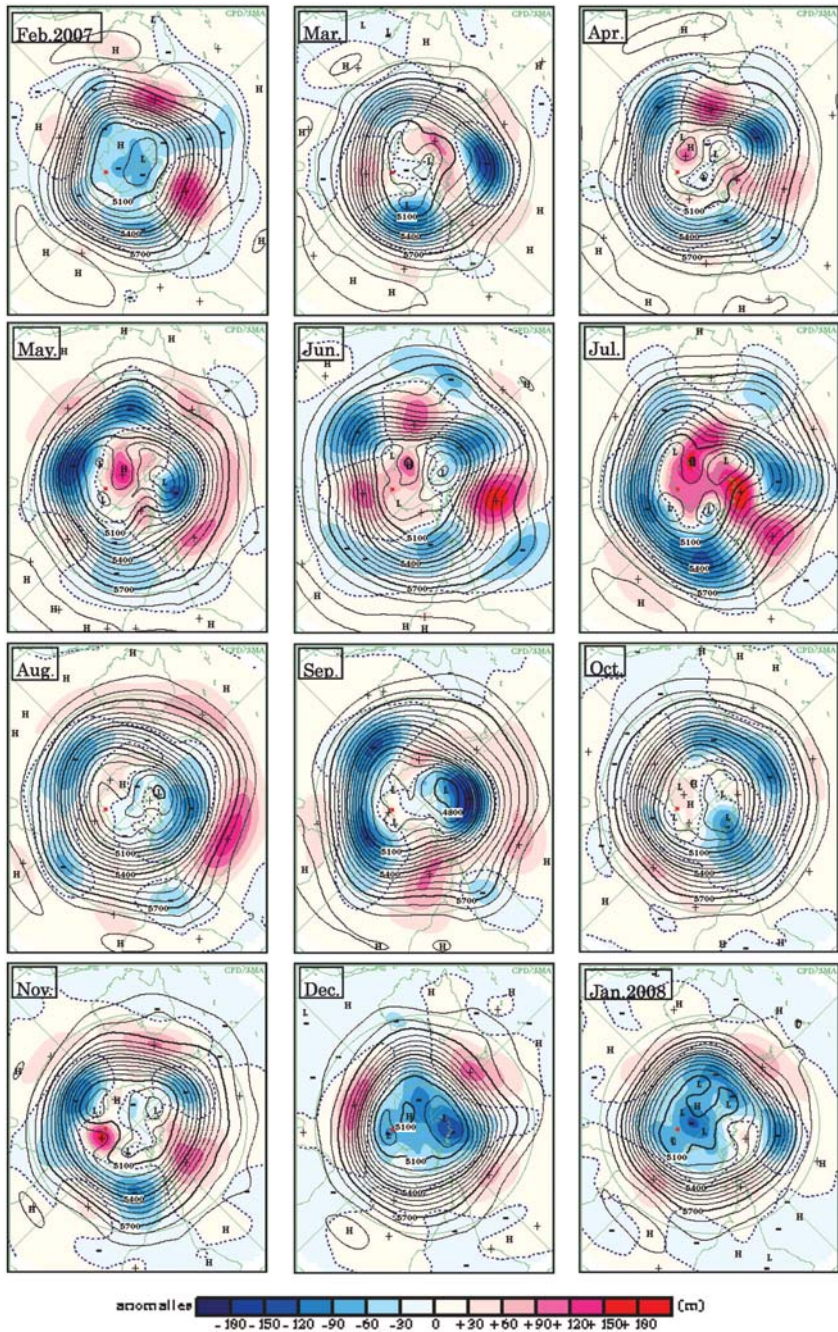


図 7 南半球月平均 500 hPa 高度 (実線) 及び年偏差 (陰影) (2007 年 2 月～2008 年 1 月) 赤丸は昭和基地の位置を示す。

Fig. 7. Monthly mean weather chart on 500 hPa (Feb. 2007–Jan. 2008). Red solid circle shows the position of Syowa Station.

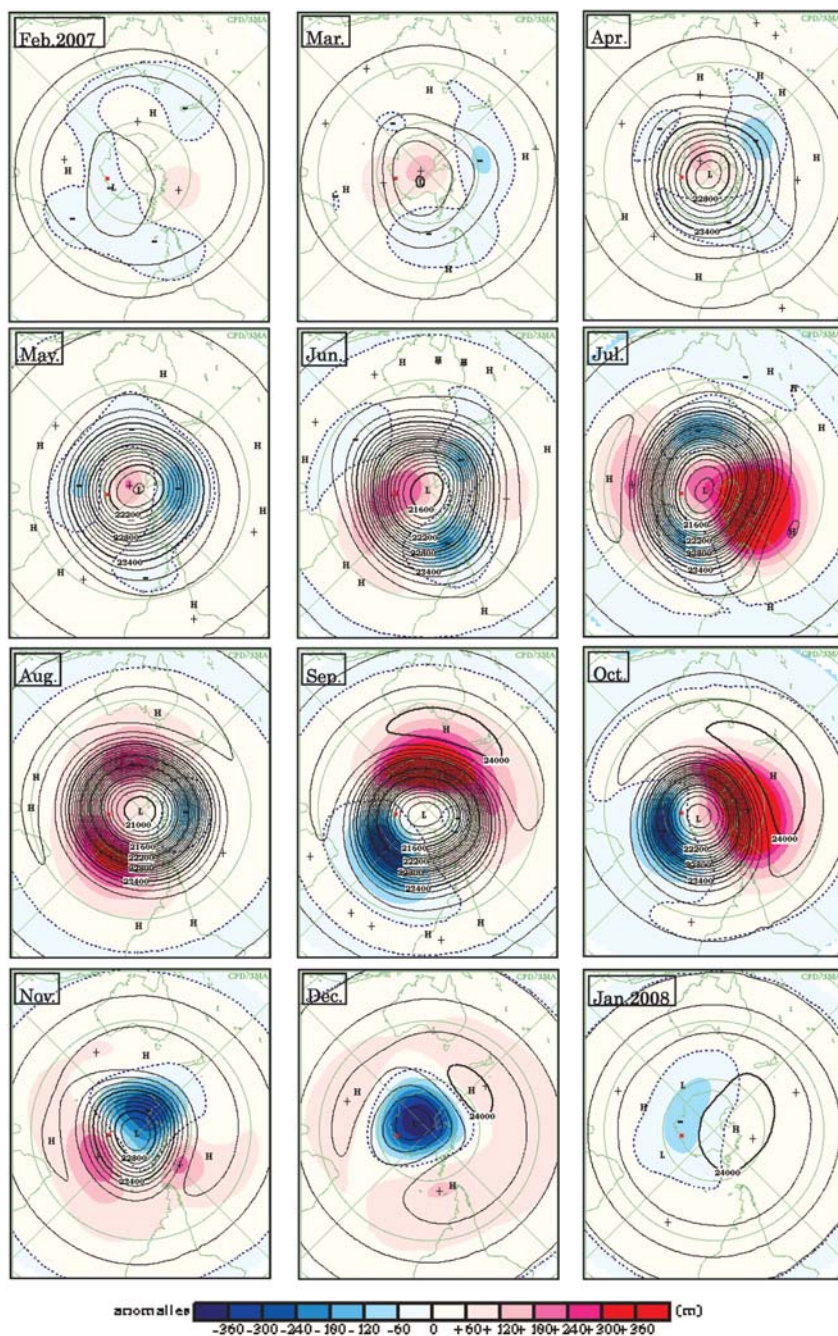


図 8 南半球月平均 30 hPa 高度 (実線) 及び月平均偏差 (陰影) (2007 年 2 月～2008 年 1 月) 赤丸は昭和基地の位置を示す。

Fig. 8. Monthly mean weather chart on 30 hPa (Feb. 2007–Jan. 2008). Red solid circle shows the position of Syowa Station.

表 10 昭和基地におけるオゾン観測器材
Table 10. Sensors for ozone observations at Syowa Station.

| 観測項目 | 使用測器等 | 型式及び測器番号 | 単位及び測定範囲 | 構成 | 備考 |
|------------|-------------------------|------------------|------------------|--------|--|
| オゾン全量・反転観測 | オゾン分光光度計 | Beck No.122 | 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、測定に適切な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 | 1050~5 hPa | 気圧 | ニッケルスパン製 43 mmφ 空ごう気圧計 (静電容量変化式) |
| | | | -90~+40°C | 気温 | ビード型ガラスコートサーミスタ (アルミ蒸着加工) |
| | | | mPa | オゾン計測部 | ピストンポンプ (吸気および導気管: ポリエチレン製) 反応管 (アクリル樹脂製単管) 反応液 (ヨウ化カリウム・臭化カリウム水溶液) |
| | | | | 電池 | B96KC 型注水電池 |
| | | | | 気球 | 2000 g 気球 |
| | | | | 標準浮力 | 3200 g (ヘリウムガスによる浮力錘浮力) |
| | | その他 | オゾンゾンデ巻下器 (50 m) | | |
| | | RS-KC02G | 1050~5 hPa | 気圧 | GPS 高度により算出 |
| | | | -90~+40°C | 気温 | ビード型ガラスコートサーミスタ (アルミ蒸着加工) |
| | | | 1~100% | 湿度 | 高分子膜 (静電容量変化式) |
| | | | mPa | オゾン計測部 | ピストンポンプ (吸気および導気管: ポリエチレン製) 反応管 (アクリル樹脂製単管) 反応液 (ヨウ化カリウム・臭化カリウム水溶液) |
| | | | | 電池 | B96KC 型注水電池 |
| 気球 | 2000 g 気球 | | | | |
| 標準浮力 | 3200 g (ヘリウムガスによる浮力錘浮力) | | | | |
| その他 | オゾンゾンデ巻下器 (50 m) | | | | |
| 地上オゾン濃度観測 | オゾン濃度計 | Dylec MODEL.1100 | 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 MODEL.1400 | | 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 MODEL.1410 | 0~1000 ppbv | | UV ランプによる紫外線照射 |

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標準浮力を 3200 g とした。また, 高層気象観測と同様に 4-11 月の到達高度が低くなる期間は, 気球の油漬け処理を行った。さらに, 上空で温度が極端に低くなることによる反応液の凍結などを防ぐために, 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仕切りを薄くし, 仕切りに小さな穴をあける処理を行い, 注水電池の発熱を利用した。

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

て行った。

データの解析は観測終了後直ちに行った。解析では、飛揚当日のオゾン全量観測値を用いてオゾンゾンデ観測で得られるオゾン全量と、ドブソン分光光度計で観測したオゾン全量が同じ値になるように補正係数（以下「ドブソン比」と記す）を求め、補正を行った。なお、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や、気球の破裂、オゾン反応不良などにより最終高度が30hPaに達しない場合は、ドブソン比を1.000として解析した。

4.1.4. 地上オゾン濃度観測

第38次隊（1997年1月）より開始した地上オゾン濃度観測（江崎ほか、2000）を、第48次隊でも引き続き行った。観測は、大気取り入れ口からテフロン配管に大容量ポンプで地上付近の大気を吸引し、さらにオゾン濃度計内のポンプによりテフロン配管から流量毎分1.5l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（MODEL1100;ダイレック製）で12秒ごとに測定した。データは収録用パソコン内のハードディスク及び光磁気ディスクに収録するとともに自記紙に記録した。

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

オゾン濃度計は1年ごとに国内での点検や校正が必要なため4台で運用しており、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んでいる。さらに、昭和基地に持ち込んだ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点検用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ている。

第48次隊では、国内から持ち込んだ2台のオゾン濃度計（A166、A456）と第47次隊が使用していた2台のオゾン濃度計（101A、101B）との相互比較を行った後、観測に使用した。

4.2. 観測経過

4.2.1. オゾン全量観測

越冬期間中は長期にわたる測器障害も無く、おおむね順調に観測を行うことができた。

月別オゾン全量観測日数と観測種別ごとの内訳を表11に示す。同日に複数の種別で観測を行っているため、内訳の合計が観測日数と異なる場合がある。4-8月は太陽高度角が低いため観測可能日数が少ない。6-7月は極夜期のため月光観測のみを行ったが、晴天が続いても観測可能な月齢や μ の条件が揃う日数は月に10日間程度である。

4.2.2. オゾン反転観測

測器の状況は4.2.1項に記述したとおりで、おおむね順調に観測を行った。

月別反転観測日数と観測種別ごとの内訳は表11のとおりである。太陽高度角が低い（または太陽が昇らない）4月中旬～8月中旬及び太陽が沈まない12月上旬～1月上旬は、オゾ

ンの高度分布を算出するのに必要なデータセットが得られないため観測を行わなかった。観測が可能な期間では午前と午後で1日2回の観測が可能であるが、観測成立条件が厳しいため可能な限り観測を行った。

4.2.3. オゾンゾンデ観測

第48次隊では、オゾンゾンデを54台持ち込み、52回のオゾンゾンデ観測を実施した。なお、このうち27回はRS-KC96型、25回はRS-KC02G型によるものである。また、気圏部門と共同でエアロゾルゾンデとの連結飛揚による観測を行った。

オゾンゾンデの飛揚状況を表12に示す。なお、ドブソン比が得られない観測は22回あった。

4.2.4. 地上オゾン濃度観測

2006年12月25日に、第47次隊で使用したオゾン濃度計101Aと101B及び、第48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。その後、1月12日まではオゾン濃度計4台、1月12日～2月1日の越冬交替時までは101A、A166及びA456の3台による並行観測を実施した。第47次隊の使用測器との相互比較及び、並行観測におけるオゾン濃度計間の指示濃度の差は、誤差の目安である3%以内に収まったため、2月1日の観測開始時はA456を現用器、A166を予備器とした。

また、越冬期間中の7月7日に現用器の切り替えのため、A166とA456の相互比較を行うとともに並行観測を開始した。その結果、比較観測により精度確認ができたため、8月24日からは予備機のA166を現用器とし、A456を予備器とした。

8月31日に濃度計の流量に不具合が発生し、原因の調査や対応により、約1か月間観測を休止した。原因が電源部にあることが判明したため周波数を調整し、9月24日からA166とA456の2台のオゾン濃度計の並行観測を開始した。並行観測で精度確認ができたため、10月31日にはA166による観測を再開した。

1年間の運用については、8月末から約1か月間の電源部の不具合による欠測及び、ブリザー

表 11 昭和基地における月別オゾン全量観測およびオゾン反転観測日数

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

| 年 | | 2007 | | | | | | | | | | | 2008 | 合計 |
|----------|--------|------|----|-----|----|----|----|----|-----|----|-----|-----|------|-----|
| 月 | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | |
| 全量観測日数 | | 28 | 25 | 27 | 14 | 3 | 8 | 15 | 30 | 23 | 30 | 30 | 31 | 264 |
| 回数 内訳 | AD 直射光 | 65 | 28 | 8 | 1 | 0 | 0 | 3 | 77 | 64 | 131 | 89 | 89 | 555 |
| | CD 直射光 | 37 | 27 | 37 | 3 | 0 | 0 | 20 | 85 | 49 | 102 | 67 | 59 | 486 |
| | AD 天頂光 | 124 | 93 | 47 | 10 | 0 | 0 | 21 | 127 | 95 | 151 | 150 | 148 | 966 |
| | CD 天頂光 | 86 | 84 | 101 | 10 | 0 | 0 | 30 | 119 | 79 | 118 | 117 | 104 | 848 |
| | 月光 | 0 | 3 | 25 | 20 | 24 | 65 | 40 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 191 |
| 反転観測日数 | | 8 | 5 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 15 | 7 | 23 | 0 | 6 | 71 |
| 回数 内訳 | ロング | 10 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 8 | 35 | 0 | 10 | 71 |
| | ショート | 0 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 7 | 17 | 1 | 2 | 0 | 0 | 33 |

表 12 RS2-KC96 型オゾンゾンデ及び RS-KC02G 型オゾンゾンデの観測状況

Table 12. Dates of observations and attained heights of ozonesonde (RS2-KC96, RS-KC02G).

| 年 月 | 2007 年 | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------|----------|-----|----------|-----|-----------|------|-----------|-----|---------|----------|-----------|--|
| | 2 月 | | 3 月 | | 4 月 | | 5 月 | | 6 月 | | 7 月 | | |
| 日 観測終了 気圧 (hPa) | 4 | 5.5 *2 | 15 | 4.9 *1 | 21 | 54.2 *1,2 | 13 | 6.1 *3 | 10 | 7.2 *3 | 2 | 6.9 *1,3 | |
| | 22 | 5.6 | 24 | 4.8 *2 | 26 | 5.0 *2 | 18 | 15.8 *1,3 | 27 | 7.2 *3 | 11 | 14.0 *1,3 | |
| | 28 | 3.7 *1 | | | | | 30 | 4.8 | | | 12 | 10.9 *3 | |
| | | | | | | | | | | | 15 | 6.3 *3 | |
| | | | | | | | | | | 20 | 5.9 *1,3 | | |
| | | | | | | | | | | 28 | 6.5 | | |
| 年 月 | 2007 年 | | | | | | | | | | | 2008 年 | |
| | 8 月 | | | 9 月 | | | 10 月 | | | 11 月 | | 12 月 | |
| 日 観測終了 気圧 (hPa) | 1 | 4.7 *1 | 1 | 8.4 *1 | 6 | 72.4 *1,2 | 4 | 7.7 | 4 | 11.1 *1 | 2 | 6.8 *1 | |
| | 8 | 5.1 *1,3 | 5 | 9.0 *1 | 10 | 10.7 | 9 | 65.2 *1,2 | 8 | 9.8 | 9 | 6.7 *1 | |
| | 10 | 5.0 *3 | 10 | 13.4 | 19 | 14.7 *1 | 15 | 4.2 | 12 | 11.5 *1 | 13 | 341.2 *2 | |
| | 23 | 4.5 *1 | 16 | 7.3 *1 | 25 | 9.4 | 19 | 6.7 *1 | 17 | 4.3 | 22 | 5.1 *1,2 | |
| | 25 | 66.7 *2 | 23 | 7.9 *2 | 30 | 5.6 *1 | 24 | 6.5 | 21 | 4.3 *1 | | | |
| | 27 | 11.2 | 26 | 9.4 *1 | | | 28 | 5.2 *1 | 25 | 5.8 | | | |
| | | | 30 | 8.4 *1,2 | | | | | | | | | |

注 *1: RS2-KC96 型オゾンゾンデ。

*2: 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、ドブゾン比（補正係数）なし。

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

ド後の大気取り入れ口に詰まった雪の除去作業の時間帯の欠測のほかは、順調に観測を行った。

4.3. 観測結果

オゾン全量・反転観測とオゾンゾンデ観測結果は、毎月電子メールで気象庁へ報告した。これらの観測データは、気象庁から WMO 世界オゾン紫外線データセンター (WOUDC) へ送られた。また、オゾンホール時期 (8-12 月) には、WMO 事務局の要請により気象庁経由でオゾン全量及びオゾンゾンデ観測結果を数日ごとに報告した。その結果は、WMO Antarctic Ozone Bulletin としてまとめられ、世界の関係機関に配布された。また、2007 年 3 月 1 日から、CREX (Character form for the Representation and Exchange of data: 文字形式汎用気象通報式) によるオゾン全量データの電文送信を開始した。電文は測器の測定限界を超える極夜期間を除き、GTS 回線を通じて毎日 1 回発信した。地上オゾン濃度の観測結果も同様に、電子メールで毎月気象庁へ報告した。この観測データは、定められた提出形式により気象庁から WMO 温室効果ガス世界資料センター (WDCGG) へ送られた。

4.3.1. オゾン全量観測

2007 年 1 月～2008 年 1 月のオゾン全量日代表値の年変化を図 9 に示す。昭和基地上空のオゾン全量は、8 月中旬～10 月下旬までオゾンホールの目安となる 220 m atm-cm をほぼ継続的に下回った。特に 9 月下旬と 10 月上旬はオゾン全量が非常に少なく、10 月 5 日に 2007 年の最小値である 138 m atm-cm を記録した (2006 年までの最小値は 2006 年 10 月 17 日の 114 m atm-cm)。11 月上旬以降は、大気の流れによって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りしたため、オゾン全量が大きく変動している。その後は変

動を繰り返し、12月中旬以降は300 m atm-cm 前後の値で推移した。

昭和基地における月平均オゾン全量の経年変化を図10に示す。7月の月平均オゾン全量は233 m atm-cm で最小値を更新した(2006年までの最小値は1994年の242 m atm-cm)。8月の月平均オゾン全量は204 m atm-cm で過去二番目に少ない値(2006年までの最小値は1994年の201 m atm-cm)、12月の月平均オゾン全量は268 m atm-cm で過去五番目に少ない値となった(2006年までの最小値は1999年の227 m atm-cm)。

4.3.2. オゾン反転観測

オゾン反転観測(ロング反転観測)による層別オゾン量の高度分布を図11に示す。計算アルゴリズムはMateer and Deluisi (1992)による。2007年4-8月と12月はロング反転観測データが得られなかったため表示していない。

9-10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~10月上旬の第3・4層は非常に少ない状態であった。11月には第3・4・5層(126~15.8 hPa)でオゾン量が急増し、変動が大きかった。第9・10層(1.98 hPaより上層)のオゾン量は2-3月にかけては増加、9-10月にかけては減少する季節変化がみられた。

4.3.3. オゾンゾンデ観測

2007年1月~2008年1月のオゾン分圧の時間高度断面を図12に、2007年8月~2008年1月までのオゾン分圧の高度分布を図13に示す。

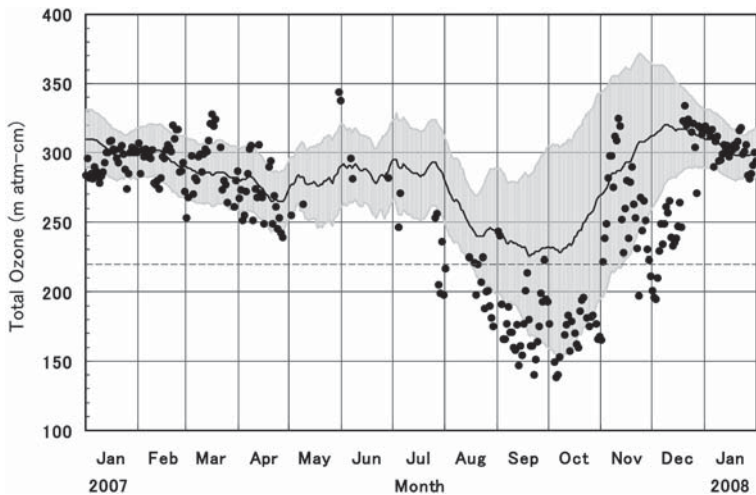


図9 昭和基地におけるオゾン全量日代表値の年変化(2007年1月~2008年1月) 陰影部は平年値(1971-2000年)とその標準偏差(σ)を、破線はオゾンホルの目安である220 m atm-cmの値を示す。

Fig. 9. Annual variations in total ozone at Syowa Station (Jan. 2007-Jan. 2008). The average and standard deviations ($\pm\sigma$) of the 1971-2000 period are shown for comparison in light gray. The dashed line shows 220 m atm-cm.

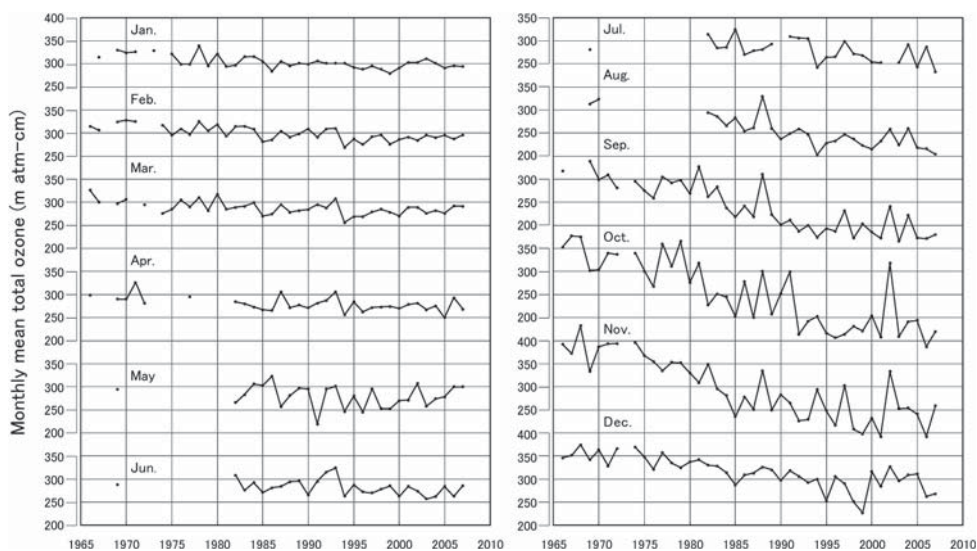


図 10 昭和基地における月平均オゾン全量の経年変化 (1966-2007 年)
 Fig. 10. Time series of monthly mean total ozone at Syowa Station (1966-2007).

オゾン分圧は通常、高度 100~50 hPa 付近で最大となる高度分布を示す。図 12 より、1 月~8 月中旬まではこの高度領域のオゾン分圧は 10 mPa 以上であったが、9 月中旬~11 月上旬にかけては高度 100~30 hPa 付近で 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 より上層の領域では、11 月上旬からオゾンが増加し始め 12 月上旬に一時的に減少したものの、その後はオゾンの多い層が下層に向かって広がる形で昭和基地上空のオゾンホールは解消した。

4.3.4. 地上オゾン濃度観測

1997 年 1 月~2008 年 1 月までの地上オゾン濃度日別値を図 14 に示す。観測値は、焼却の排気等に起因する異常値を除くため、第 47 次隊と同様に観測値 (12 秒値) の標準偏差が 0.3 ppbv 以下のものを採用した (東島ほか, 2003)。積算値は、1 時間に 150 個以上の 12 秒値が得られた場合、それらを平均して時別値を求め、1 日のうち 1 個以上の時別値が得られた場合、時別値を平均して日別値とした。また、地上オゾン濃度の月別値と月別値から季節変動成分を除いた濃度変動 (長期変動成分) の年変化を図 15 に示す。

図 14 をみると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傾向を示している。1997-2007 年までの昭和基地における地上オゾン濃度の長期変化は明瞭ではなく、有意な変化を確認するためには今後も観測データの蓄積を続ける必要がある (気象庁, 2009, 2010)。

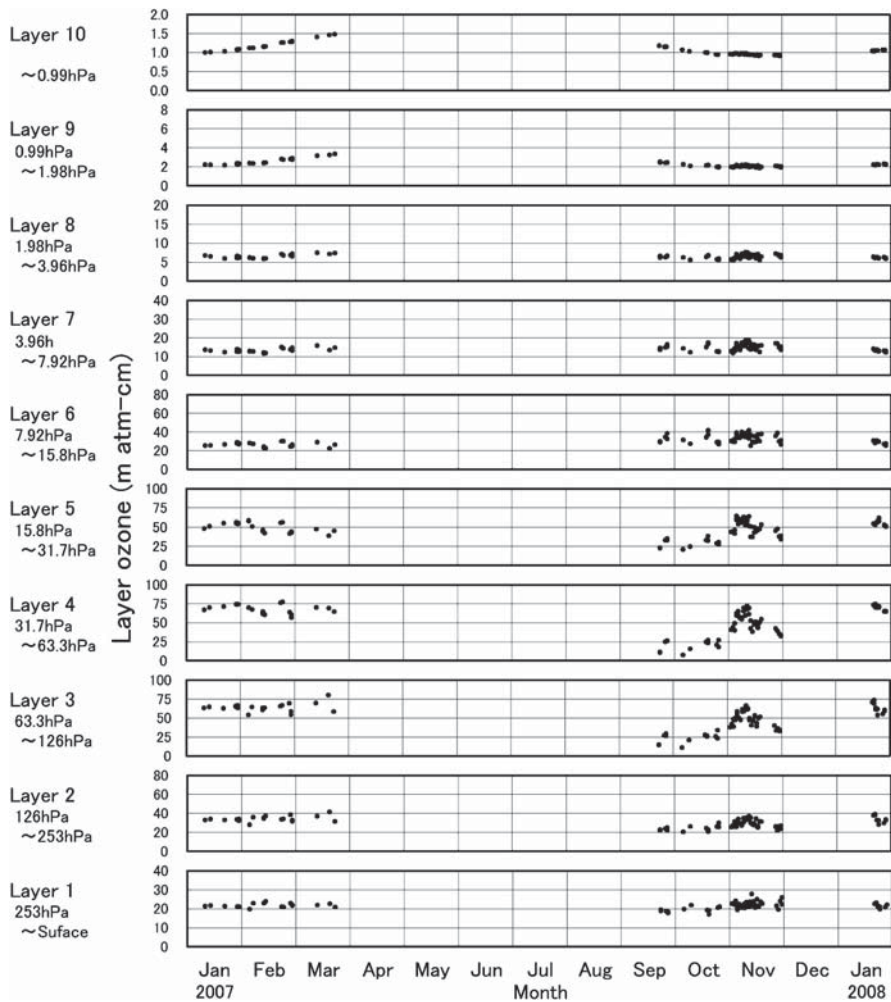


図 11 昭和基地における反転観測による気層別オゾン量 (2007 年 1 月～2008 年 1 月)
 Fig. 11. Amount of ozone in the selected layers obtained by Umkehr observations at Syowa Station
 (Jan. 2007–Jan. 2008).

4.4. 2007 年のオゾンホールの特徴

図 16 に、気象庁が米国航空宇宙局 (NASA) のオーラ (Aura) 衛星のオゾン監視装置 (OMI) データを基に作成した、2007 年 8–12 月の旬別オゾン全量の南半球分布図を示す。陰影部は極夜のため観測できなかった領域である。オゾンホールは 8 月中旬に発生し、9 月 13 日に 2007 年の最大面積である 2490 万 km^2 を記録した。また、オゾン欠損量 (破壊量) は 9 月 24 日に 2007 年の最大値である 8190 万 t となった。その後、10–11 月にかけて最近 10 年間の平均的な規模で推移し、11 月下旬に急速に規模が縮小した。12 月に入って一時的に面積が拡大したが、12 月 16 日に消滅した。面積・欠損量とも最近 10 年間 (1998 年以降) でみると、

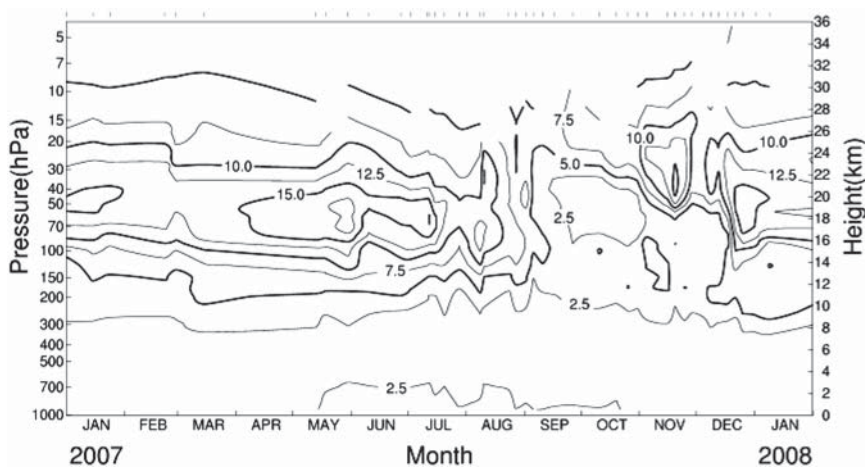


図 12 昭和基地におけるオゾンゾンデ観測によるオゾン分圧の時間高度断面図 (単位: mPa, 2007 年 1 月~2008 年 1 月)

Fig. 12. Time-height cross section of ozone partial pressure (mPa) by ozonesonde observations at Syowa Station (Jan. 2007–Jan. 2008).

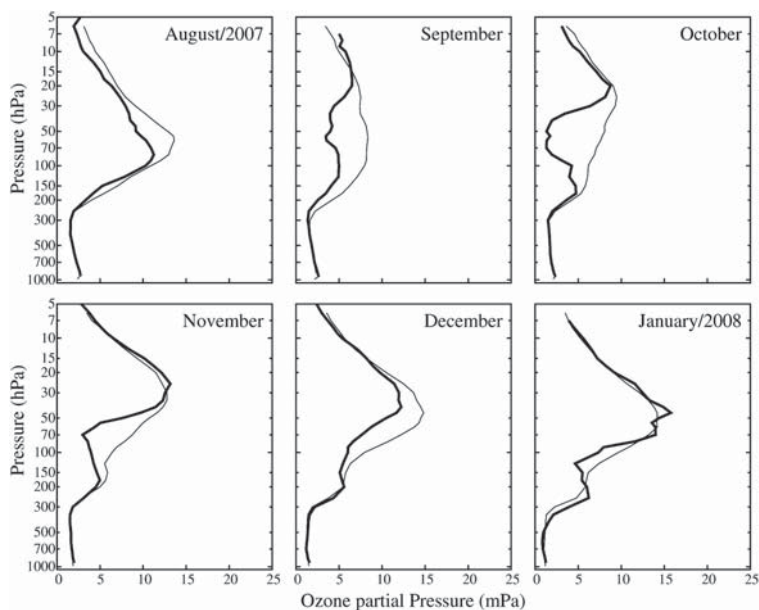


図 13 昭和基地におけるオゾン分圧の高度分布 (2007 年 8 月~2008 年 1 月)

太線は月平均オゾン高度分布. 細線は 1971–2000 年の累年平均オゾン高度分布.

Fig. 13. Vertical distribution of ozone partial pressure observed by ozonesonde at Syowa Station (Aug. 2007–Jan. 2008).

Thick lines show monthly mean profiles (Aug. 2007–Jan. 2008). Thin lines show normal profiles (1971–2000).

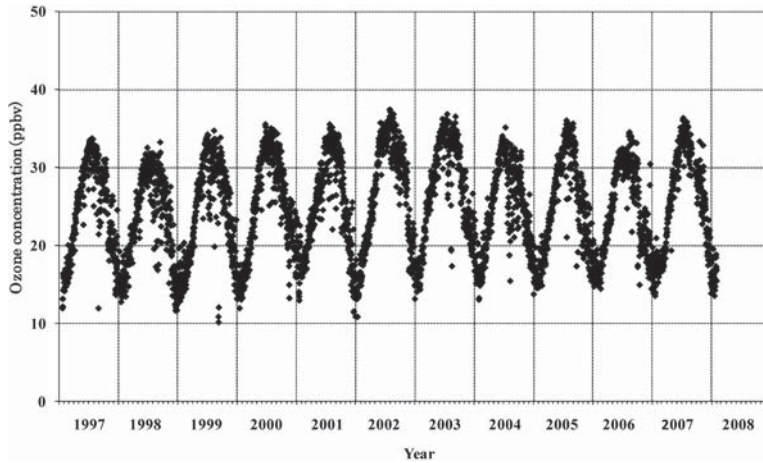


図 14 昭和基地における地上オゾン濃度日別値 (1997 年 1 月～2008 年 1 月)

Fig. 14. Daily means of surface ozone concentration observed at Syowa Station (Jan. 1997–Jan. 2008).

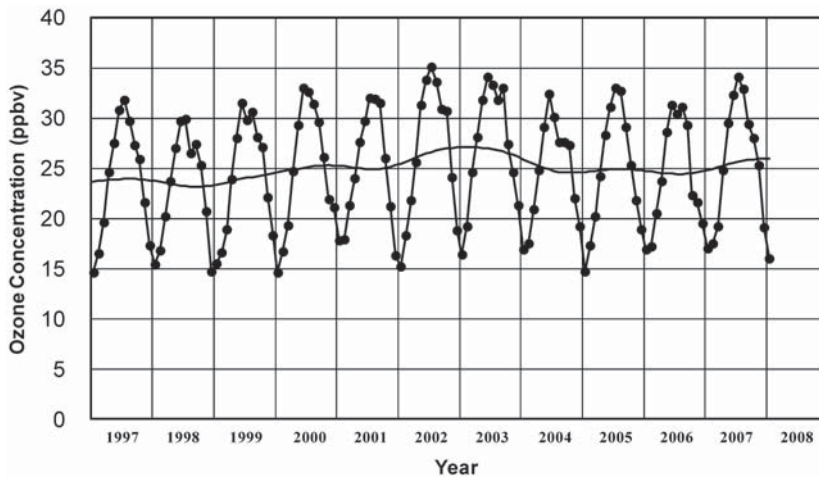


図 15 昭和基地における地上オゾン濃度の月別値と季節変動成分を除いた濃度の年々変動 (1997 年 1 月～2008 年 1 月)

Fig. 15. Time series of monthly mean surface ozone concentrations and seasonally corrected concentrations at Syowa Station (Jan. 1997–Jan. 2008).

2002 年, 2004 年に次いで規模が小さかった。

このように, 2007 年のオゾンホールが最近 10 年間と比べて小規模であった理由は, ① 7–8 月にかけて南半球中・高緯度の成層圏の気温が平年並みで, オゾンホールが広範囲に発達する気象条件ではなかったこと, ② 9 月中旬に南半球成層圏で突然昇温が起こり, 一般にオゾンホールの規模が最大となる 9 月下旬の成層圏気温が高くなったことなどが考えられ

る (気象庁, 2008).

5. 地上日射・放射観測

5.1. 観測方法と測器

地上日射放射観測は WMO の基準地上放射観測網 (BSRN: Baseline Surface Radiation Network) の観測点としての条件を満たすために, 第 39 次隊 (1998 年) で毎秒サンプリングの上向き反射放射観測を開始し, 第 40 次隊 (1999 年) では下向き日射放射観測のデータサンプリングも毎秒へ変更した. 第 48 次隊ではこれらの観測システムにより第 47 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, 南極用に整備されたブリューワー分光光度計 MKⅢ (伊藤・宮川, 2001) を用いて行った. 観測に用いた 168 号機は国内でメンテナンスが行われた後, 第 47 次隊で持ち込まれたものであり, 第 48 次隊でも継続して同機を使用した.

観測の種類と使用した測器を表 13 に示す.

5.1.1. 下向き日射放射観測

観測項目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である (図 1, ①の位置).

(a) 精密全天日射計を用いた全天日射量の連続観測

地上日射・放射観測で観測する全天日射量は, 直達日射計による水平面直達日射量と精密全天日射計による散乱日射量の合成 (以下「直散合成」と記す) で求められるが, 精密全天日射計単独で観測された全天日射量は, 直散合成による全天日射量の品質確認のために用いた.

(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観測値を選び, 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と遮へいボールにより観測した. 遮へいボールは直達日射計の開口角と同等の視直径の黒色球体で, 太陽追尾装置に搭載することで太陽からの直射光^{さきざき}を遮り, 散乱光のみを観測できる装置である.

(d) 全天型紫外域日射計を用いた B 領域紫外線量の連続観測

全天型紫外域日射計は, 測定波長に依存した測器感度の経時変化が指摘されている (柴田ほか, 2000; 伊藤, 2005). このため, データの処理にあたっては基準となるブリューワー分光光度計による UV-B 量観測値との比較により測器定数を月ごとに求め, 補正する方法 (柴田ほか, 2000) をとった.

なお, 測器感度の変化を追跡するため, 第 47 次隊と同様に広帯域 (全天型) 紫外域日射

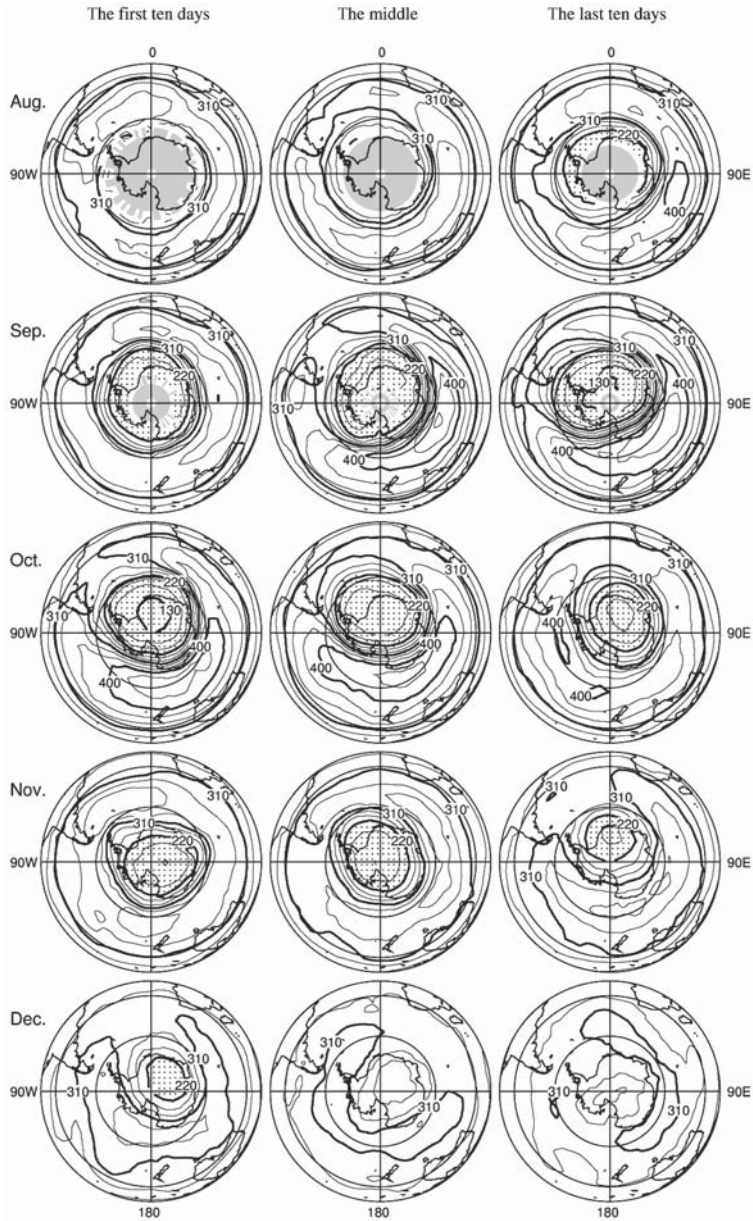


図 16 OMI による旬別オゾン全量の南半球分布図 (2007 年 8 月～12 月)
等値線間隔は 30 m atm-cm. NASA 提供の OMI データを基に作成. 陰影部は極夜のため観測できない領域, 点域は 220 m atm-cm 以下の領域を示す.

Fig. 16. Distribution of ten-day means of total ozone in the Southern Hemisphere based on OMI/NASA data (Aug. 2007-Dec. 2007).

The contour interval is 30 m atm-cm. Gray area indicates no observation for polar night. Dots area indicates less than 200 m atm-cm.

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

| 観測項目 | 使用測器 | 感部型式 | 測定範囲 | 測器番号 | 観測 最小単位 | サンプリング 間隔 | |
|-----------|------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------|----------------------------|---------------------------|------|
| 下向き 放射 | 全天日射量 | 精密全天日射計 | KIPP&ZONEN CM21T | 305–2800 nm | 990574 970397 | 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 CH1 | 200–4000 nm | 990198 010276 060445 | 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 遮へいボール | KIPP&ZONEN CM21T | 305–2800 nm | 041258 | 0.01 MJ/m ² | 1 秒 |
| | B 領域 紫外線量 | 紫外域日射計 | KIPP&ZONEN UVS-AB-T | 280–315 nm | 050635 | 0.01 kJ/m ² | 1 秒 |
| | 長波長放射量 | 精密赤外放射計 遮へいボール | KIPP&ZONEN CG4 | 4.5–42 μm | 050798 010565 | 0.01 MJ/m ² | 1 秒 |
| 上向き 放射 | 反射日射量 | 精密全天日射計 遮へいリング | KIPP&ZONEN CM21T | 305–2800 nm | 000738 | 0.01 MJ/m ² | 1 秒 |
| | B 領域 反射紫外線量 | 紫外域日射計 遮へいリング | KIPP&ZONEN UVS-AB-T | 280–315 nm | 040625 | 0.01 kJ/m ² | 1 秒 |
| | 長波長放射量 | 精密赤外放射計 | KIPP&ZONEN CG4 | 4.5–42 μm | 990001 010565 | 0.01 MJ/m ² | 1 秒 |
| その他 | 放射収支量 | 放射収支計 | KIPP&ZONEN CNR1 | 305–2800 nm 5–50 μm | 000247 | 0.01 MJ/m ² | 1 秒 |
| | 大気混濁度 | サンフォトメータ 太陽追尾装置 | EKO MS-110 | 368 500 675 778 862 nm | S94121.02 | | 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 III | 290–325 nm | #168 | 1 μW/m ² | 1 時間 |

計用の外部標準ランプ点検装置（伊藤・高野，2006）を運用したが，5.2.1 項で述べるとおり，第 48 次隊においてデータの補正には使用しなかった。

(e) 精密赤外放射計を用いた長波長放射量の連続観測

第 48 次隊では，精密赤外放射計を遮へいボールの付きの太陽追尾装置に搭載して観測した。

5.1.2. 上向き反射放射観測

観測場所は観測棟下の海水上であり，第 46 次隊により新設された観測架台を第 48 次隊でも引き続き使用した（図 1，⑤の位置）。データは下向き日射放射同様，1 秒ごとにデータロガーで収集した後に処理した。

(a) 精密全天日射計を用いた反射日射量の連続観測

太陽高度角が低いときに測器感部への太陽直射光の入射を防ぐため，第 45 次隊が持ち込み，運用を開始した遮へいリングを引き続き運用した。

(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。反射日射量の観測と同様に，第 47 次隊が持ち込み，運用を開始した遮へいリングを引き続き運用した。また，測器感度

の変化を追跡するため、外部標準ランプ点検を2007年3月、8月及び12月に実施した。

(c) 精密赤外放射計を用いた長波長放射量の連続観測

(d) 放射収支計を用いた放射収支の連続観測

5.1.3. 波長別紫外域日射観測

紫外域日射観測指針（気象庁，1993）に準じ，290–325 nm（UV-B 領域と，UV-A 領域の一部の波長域）の範囲を 0.5 nm 間隔の波長別に観測した。観測スケジュールは従来，太陽天頂角 96 度以下を目安に作成されていたが，第 48 次隊では薄明時の特徴を調査するため 100 度以下まで観測時間を拡大し，毎正時（2400 LT を除く）で観測が実行されるように作成した。調査結果については別稿（島村，2011）にまとめた。測器の設置場所は，第 47 次隊と同様である（図 1，①の位置）。

5.1.4. 大気混濁度観測

自動観測型サンフォトメーターで観測した波長別（368, 500, 675, 778, 862 nm の 5 波長）の測定値から，オゾン全量観測時刻付近で太陽面に雲が無いときを選び，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 (α) 及び混濁係数 (β) を求めた。なお，AOD 算出に用いるレーリー散乱の光学的厚さを求める式 (1) 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 40 次隊以降 0.00864 が用いられている（東島ほか，2003）。

$$\tau_R = 0.00864 \cdot (P/1013.26) \cdot \lambda^{-(3.916 + 0.074 \cdot \lambda + 0.05/\lambda)} \quad (1)$$

τ_R : レーリー散乱の光学的厚さ

P : 気圧 (hPa)

λ : 波長 (μm)

5.2. 観測経過

5.2.1. 下向き日射放射観測

2007年2月1日に第47次隊から観測を引き継ぎ，第48次隊のデータ収録を開始した。

全天日射量を観測するために用いた精密全天日射計は，第48次隊で国内に持ち帰ったが，昭和基地に持ち込む前後で測器常数に変化が見られたことから，この精密全天日射計による全天日射量は参考扱いとした。測器常数に変化を起こした原因は製造業者による調査でも不明であった。

全天型紫外域日射計の測器感度を監視するため，おおむね1か月に1回，第46次隊が持ち込んだ全天型紫外域日射計用の外部標準ランプ点検装置を用いて点検を実施した。その結果，全天紫外域日射計の測器感度に大きな変動が認められた。一方，全天型紫外域日射計は，より精度の高いブリュワー分光光度計との出力値の比較による感度点検も行っており，この結果においては外部標準ランプ点検でみられたような大きな変化は認められなかった。

よって、感度校正はブリューワー分光光度計との比較による補正值を用い、外部標準ランプ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

2007年2月1日に第47次隊から観測を引き継ぎ、第48次隊のデータ収録を開始した。上向き反射放射観測は、可視域及び紫外域では地表面からの反射、赤外域では地表面から射出される放射量を観測するため、観測領域内の地表面を覆う雪面の影響を受けやすい。この影響をできるだけ均一にするため、観測場所の雪面と測器受光面との距離をできるだけ一定となるように測器の高さを調整した。設置高については、短期間での降雪量やメンテナンスの容易性から1.5m前後を目安とし、実際には1-2mを通年で確保した。期間中における設置高の調整については、2007年4月19日及び2008年1月8日の2回実施した。

5.1.2項で述べたとおり、上向き全天日射計と全天紫外域日射計には太陽直射光の入射を防ぐために遮へいリングを設置しているが、第47次隊と同様に第48次隊の観測データにおいても太陽高度が低い極夜前後の時期に、短波長放射及び紫外域日射の上向き放射量が下向き放射量より大きくなる日があった。

5.2.3. 波長別紫外域日射観測

2007年2月1日に第47次隊からブリューワー分光光度計 MKⅢ (168号機) による観測を引き継ぎ、第48次隊のデータ収録を開始した。

主な機器障害と処置は以下のとおりである。2007年4月28日に停電の影響でプッシュロッド #2 (マイクロメータ #2の一部) が脱落して観測不能となったため、本体を室内に搬入して調整を行い、4月29日に観測を再開した。5月2日にマイクロメータの動作不良が発生し、数時間欠測したが自然復旧した。5月27日に避雷器 (アジマストラッカーに付属) のケーブル半断線による不具合が発生し、数時間欠測した。その後一時的に自然復旧したが、マイクロメータの動作不良が発生して観測不能となった。5月29日に本体を調整するため室内に搬入する際に衝撃を与えたことから、併せて本体内部の点検・調整を行い、6月15日に観測を再開した。このほかはおおむね順調に観測を行った。なお、ブリザード等の強風時には測器保護のため、受光部に保護具を取り付けた上で観測を中断した。

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。また、2007年12月下旬から越冬期間終了の2008年1月末には第49次隊で持ち込まれたブリューワー分光光度計 MKⅡ (091号機) との並行運用を行った。

5.2.4. 大気混濁度観測

2007年2月1日に第47次隊からサンフォトメーターによる観測を引き継いだ。

測器温度が安定しない不具合を除き、一年を通しておおむね順調であった。

5.3. 観測結果

5.3.1. 下向き日射放射観測

下向き日射放射量日積算値の年変化を図 17 に示す。

2007 年の下向き日射放射観測は、各観測項目とも例年とほぼ同様な年変化であった。短波長放射量は太陽高度とともに減少し、太陽が昇らない冬季には 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 月上旬の値が小さく、11 月下旬～12 月中旬の値が大きくなっているが、これは図 9 にみられる上空のオゾン全量の変化と逆の傾向を示しており、この期間の上空のオゾン量の変化を反映している。

5.3.2. 上向き反射放射観測

上向き反射放射量日積算値の年変化を図 18 に示す。

2007 年の上向き反射放射観測は、下向き日射放射観測と同じく例年とほぼ同様な年変化傾向であった。全天日射量に対する反射日射量の割合は、夏季で 6-7 割程度であるが、太陽高度が低くなるほど増加し、極夜前後の時期では 9 割以上に達した。上向き長波長放射量は下向き長波長放射と比較して日ごとのばらつきが小さい傾向にある。これは上向き反射放射の観測場所が通年積雪に覆われていたためであり、冬季には地表面温度の変化が増大するのに伴い、日積算値のばらつきも大きくなったと考えられる。B 領域紫外線量については、11 月上旬の値が小さく、11 月下旬～12 月中旬の値が大きいが、これも下向き日射放射と同様に、同時期における昭和基地周辺の上空のオゾン全量の推移に起因していると考えられる。

短波、長波及び全波長の正味放射量日積算値の年変化を図 19 に示す。2007 年は例年と同様な年変化を示した。長波長の放射量は、正味放射量（図中▲）がほとんどの期間において負の値となっており、期間を通じて上向きの放射が上回っていることが分かる。全波長の正味放射量（図中○）は、短波長放射の日射・反射量が小さい冬季について長波長放射の放射収支に依存し、短波長放射が大きくなる夏季には、短波長放射による収支（図中●）の影響を強く受けている。

5.3.3. 波長別紫外域日射観測

波長 5 nm ごとに積算した波長別紫外域日射量の日積算値とオゾン全量を図 20 に示す。

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、年間最大値が現れる起日は短波長側比べて太陽高度角が高く、日照時間が長い夏至（2007 年は 12 月 22 日）に近くなる傾向がある。2007 年においても、290-310 nm で 12 月 3 日、310-320 nm で 12 月 4 日、320-325 nm においては 12 月 13 日と長波長側ほど、より夏至に近い日に日積算値の年間最大値を観測した。

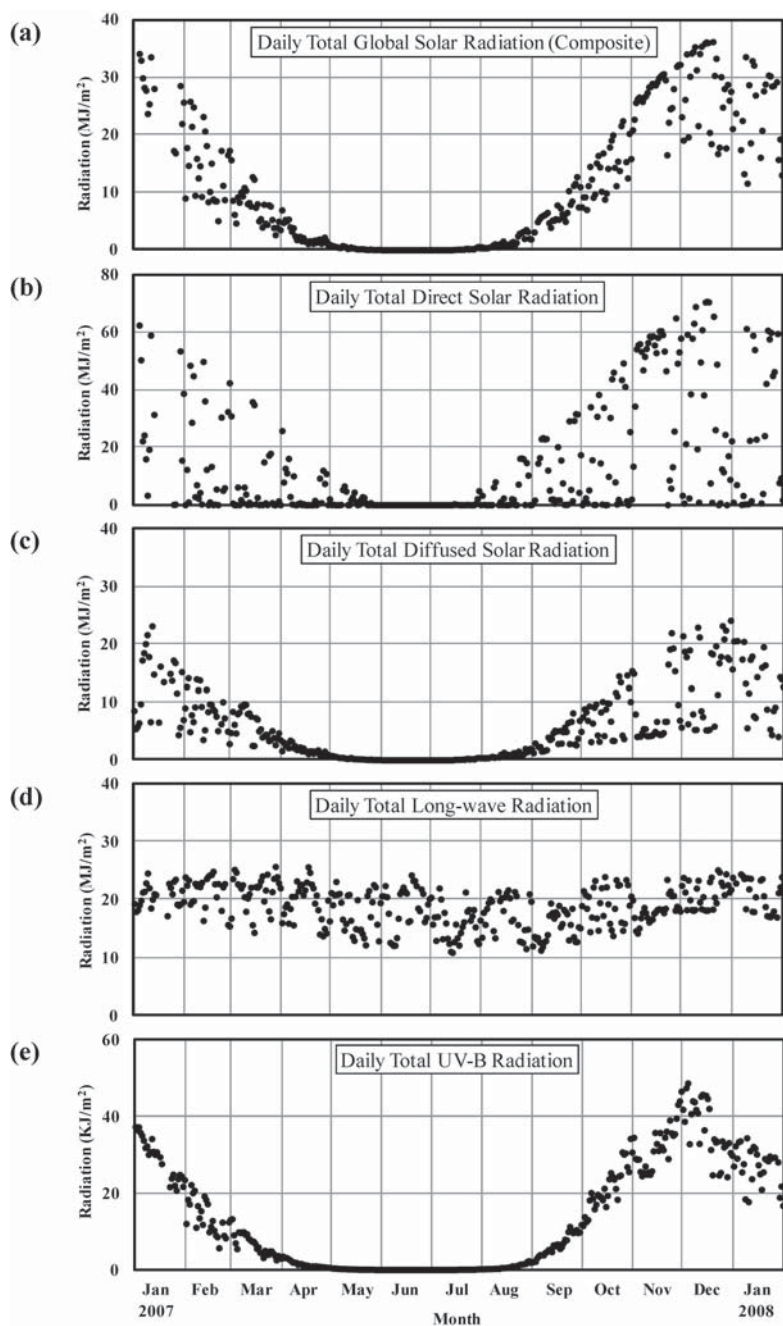


図 17 下向き日射放射量日積算値の年変化 (2007 年 1 月～2008 年 1 月)

(a) 全天日射量, (b) 直達日射量, (c) 散乱日射量, (d) 長波長放射量, (e) B 領域紫外線量.

Fig. 17. Annual variations in daily integrated values of downward radiation components (Jan. 2007–Jan. 2008). (a) Daily total global solar radiation (Composite), (b) Daily total direct solar radiation, (c) Daily total diffused solar radiation, (d) Daily total long-wave radiation, (e) Daily total UV-B radiation.

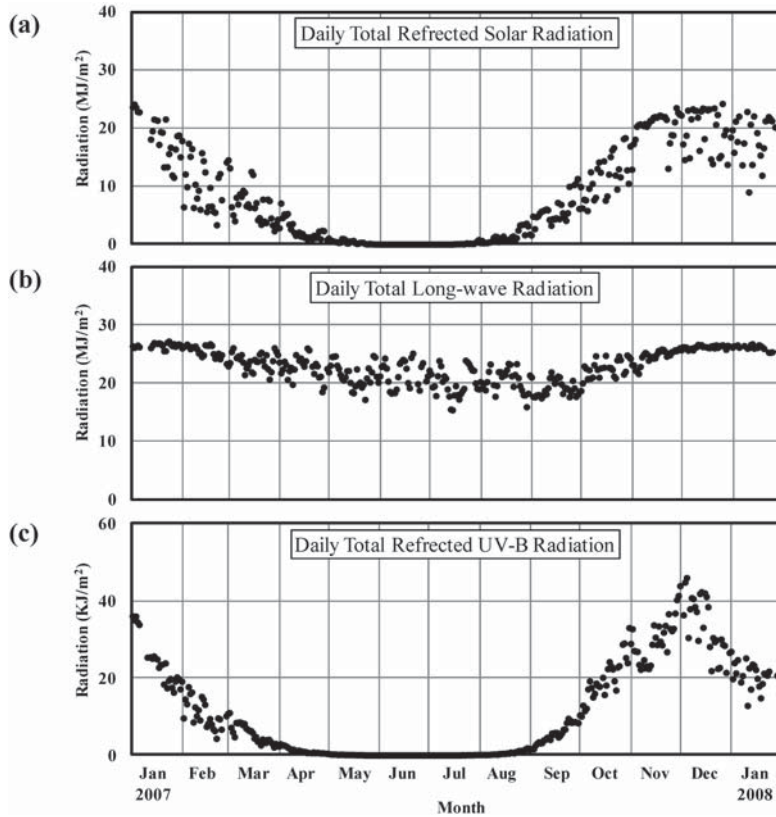


図 18 上向き反射放射量日積算値の年変化 (2007 年 1 月～2008 年 1 月)
 (a) 反射日射量, (b) 長波長放射量, (c) B 領域紫外線放射量.

Fig. 18. Annual variations in daily integrated values of surface upward radiation components (Jan. 2007–Jan. 2008).

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

また、夏至前の 11 月上旬～12 月中旬にかけては、太陽高度角の上昇、全天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。さらに 12 月中旬以降はオゾンホールが解消してオゾン全量が増加したことに伴い、290–310 nm の短波長側の日積算値が減少傾向に転じている。

オゾン全量の紫外線への影響に関しては、放射伝達モデル (Aoki *et al.*, 2002) の計算によると、 μ が 2.5–4.5 のときオゾン全量が 300 m atm-cm から 1% 減少した場合、UV-B 強度は 1.6–1.8% 程度増加しており、これは過去の観測結果ともほぼ一致する (田口ほか, 2006)。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 強度は μ が 2.5 のとき 2 倍程度、 μ が 4.5 のとき 3 倍程度増加する観測結果が得られている (例えば、東島ほか, 2003)。

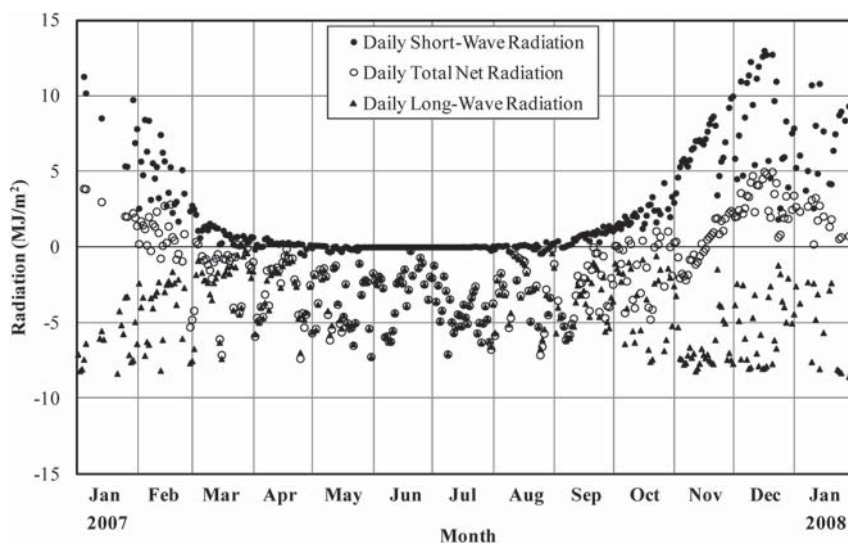


図 19 短波、長波及び全波長の正味放射量日積算値の年変化 (2007 年 1 月～2008 年 1 月)
 Fig. 19. Annual variations in daily integrated net radiation of short wavelengths, long wavelengths, and all wavelengths (Jan. 2007–Jan. 2008).

昭和基地における 2007 年 1 月～2008 年 1 月の日最大 UV インデックスの年変化を図 21 に示す。

2007 年の最大 UV インデックスは 12 月 3 日に 10.8 を記録した。これは、日本では関東地方における夏季の晴天時の観測値にほぼ等しい。

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ため、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「红斑紫外線量 (CIE 量)」や、红斑紫外線量を 25 mWm^{-2} で割った UV インデックスが用いられることが多い。UV インデックスの算出にあたっては、290–400 nm の範囲の値を用いるが、観測を行っていない 325 nm–400 nm の波長域による寄与分については、324 nm の観測値を基に推定した値を用いた。

5.3.4. 大気混濁度観測

(a) 2007 年の観測結果

サンフォトメーターによる 5 波長の各 AOD 及び、各波長の AOD から求めたオングストロームの波長指数 (α) と混濁係数 (β) の季節変化を図 22 に示す。5 波長の AOD は全期間でほぼ同じような変化傾向を示している。2007 年 8 月 23 日に AOD がやや大きい値になっているが、要因は不明である。

ホイスナー・デュボアの混濁係数の季節変化を図 23 に示す。直達日射量から求めたホイ

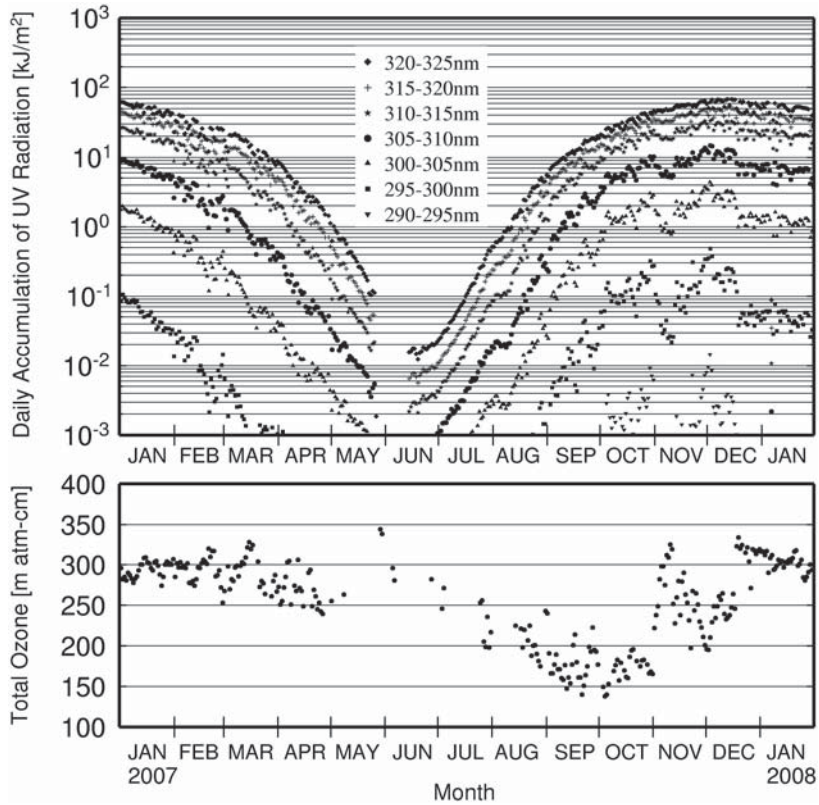


図 20 昭和基地における波長帯別紫外域日射量の日積算値(上図)とオゾン全量(下図)(2007年1月~2008年1月)

Fig. 20. Daily accumulated ultraviolet radiation integrated for each wavelength band (above) and total ozone amount (below) at Syowa Station (Jan. 2007-Jan. 2008).

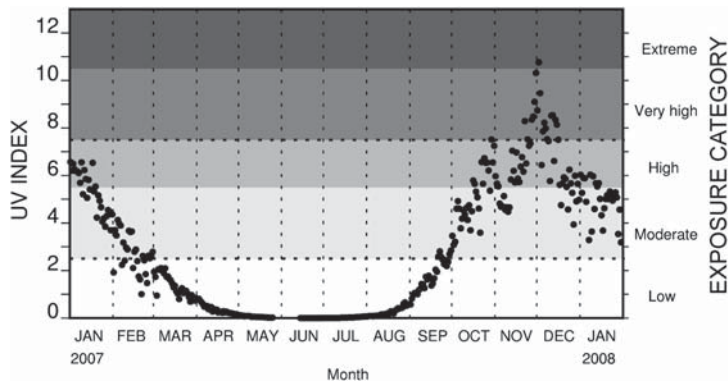


図 21 昭和基地における日最大 UV インデックスの年変化 (2007年1月~2008年1月)
Fig. 21. Annual variation of daily maximum UV index at Syowa Station (Jan. 2007-Jan. 2008).

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) 気混濁度の経年変化

サンフォトメーターで大気混濁度の観測を開始した 1980 年からの各波長 (368, 500, 675, 778, 862 nm) の AOD 及び、368–862 nm の 5 波長の AOD から求めたオングストロームの波長指数 (a) と混濁係数 (β) の経年変化を図 24 に示す。

全球的に噴出物が拡散したとされる、1991 年 6 月のピナツポ火山噴火 (15.08 N, 120.21 E) のときに AOD は大きく増加し、その後数年かけて平常の値に戻っている。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の期間を要し、ピナツポ火山噴火の場合、南半球への影響は 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、ピナツポ火山の噴出物の全球的な拡散によるものと考えられる (金戸, 1997)。2007 年の値は、ほぼ平常並みであった。

直達日射計の観測値から得られたホイスナー・デュボアの混濁係数の経年変化を図 25 に示す。サンフォトメーターで観測した場合と同様、1982 年 (4 月: エル・チヨン (17.20 N, 93.12 W)), 1991 年にピナツポ火山噴火の影響を受けており、その後数年間かけて平常の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示している。2007 年の値は、ほぼ平常並みで推移した。

6. 特殊ゾンデ観測

エアロゾルゾンデ観測は、第 38 次隊の気水圏系プロジェクト研究観測「南極大気・物質循環観測」により開始され、第 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、気象部門と気水圏部門との共同で実施している。

第 48 次隊では特殊ゾンデ観測として、気象部門分 3 回、気水圏部門分 3 回の計 6 回のエアロゾルゾンデ観測を気水圏部門と共同で実施した。なお、第 38 次～第 48 次隊による観測成果のまとめとして木津ほか (2010) の報告がある。

6.1. 観測の目的

成層圏オゾンの多くは下部成層圏に存在しているため、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、低温により極域成層圏雲 (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) が照射するとこの塩素ガスが分解し、上部成層圏とは異なるタイプの触媒

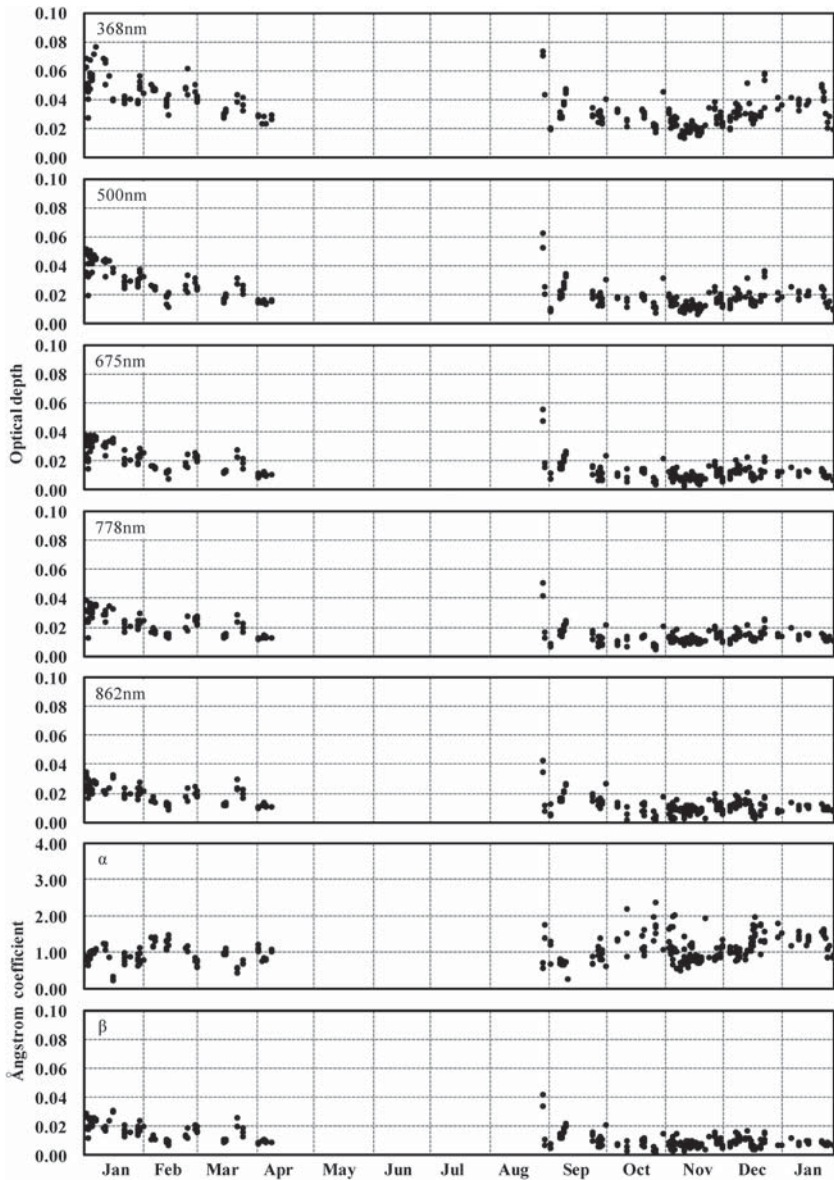


図 22 昭和基地における波長別エアロゾルの光学的厚さの季節変化 (2007 年 1 月～2008 年 1 月)
 Fig. 22. Annual variations in aerosol optical depth for each wavelength at Syowa Station (Jan. 2007–Jan. 2008).

反応サイクルが起きることにより、下部成層圏のオゾンを破壊する。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, 2005b)。

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

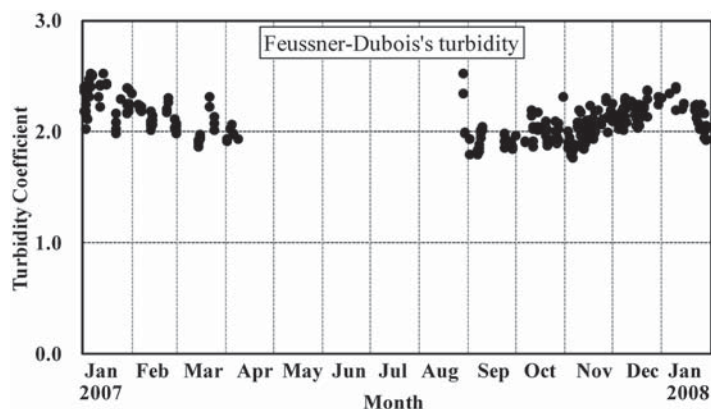


図 23 昭和基地におけるホイスナー・デュボアの混濁係数の季節変化 (2007 年 1 月～2008 年 1 月)
 Fig. 23. Annual variations in Feussner-Dubois's turbidity coefficient at Syowa Station (Jan. 2007–Jan. 2008).

消長を雲の粒子として捉えるとともに、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たゴム気球に、エアロゾルゾンデを吊り下げて高度約 30 km まで飛揚し、粒径別の空気 1 cm^3 あたりのエアロゾル粒子数 (以下「粒子濃度」と記す)、気温、湿度、高度、風向・風速を観測した。また、エアロゾルゾンデの飛揚時にはオゾンゾンデを連結または数時間後に飛揚することで、できるだけエアロゾルゾンデの飛揚に近い時刻のオゾンの鉛直分布も観測した。同時観測に用いたオゾンゾンデは、気水圏部門の EnSci 製 ECC-Z 型オゾンゾンデ (以下「ECC 型」と記す) 及び、気象部門の明星電気製 RS2-KC96 型オゾンゾンデ (以下「KC96 型」と記す)、RS-KC02G 型オゾンゾンデ (以下「KC02G 型」と記す) である。

エアロゾルゾンデ観測に使用した観測器材を表 14 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、制御を行う OPC 部 (Optical Particle Counter: 光散乱式粒子計数器) と、気象要素 (気温、湿度、気圧または GPS 値) の観測及び信号を送出するレーウィンゾンデ部または 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 48 次隊で用いた OPC 部は、ADS-98-5N 型 (以下「98-5N 型」と記す) と ADS-02-8CH 型 (以下「02-8CH 型」と記す) の二種類である。OPC 部は軽量・小型で、低圧下でのサンプリングや多くの成分の粒子計測が可能であり、低温から高温の周囲環境に耐えることなどの条件を満たすように開発されたものである (土屋ほか, 1996)。粒子計測は、測定下限粒径

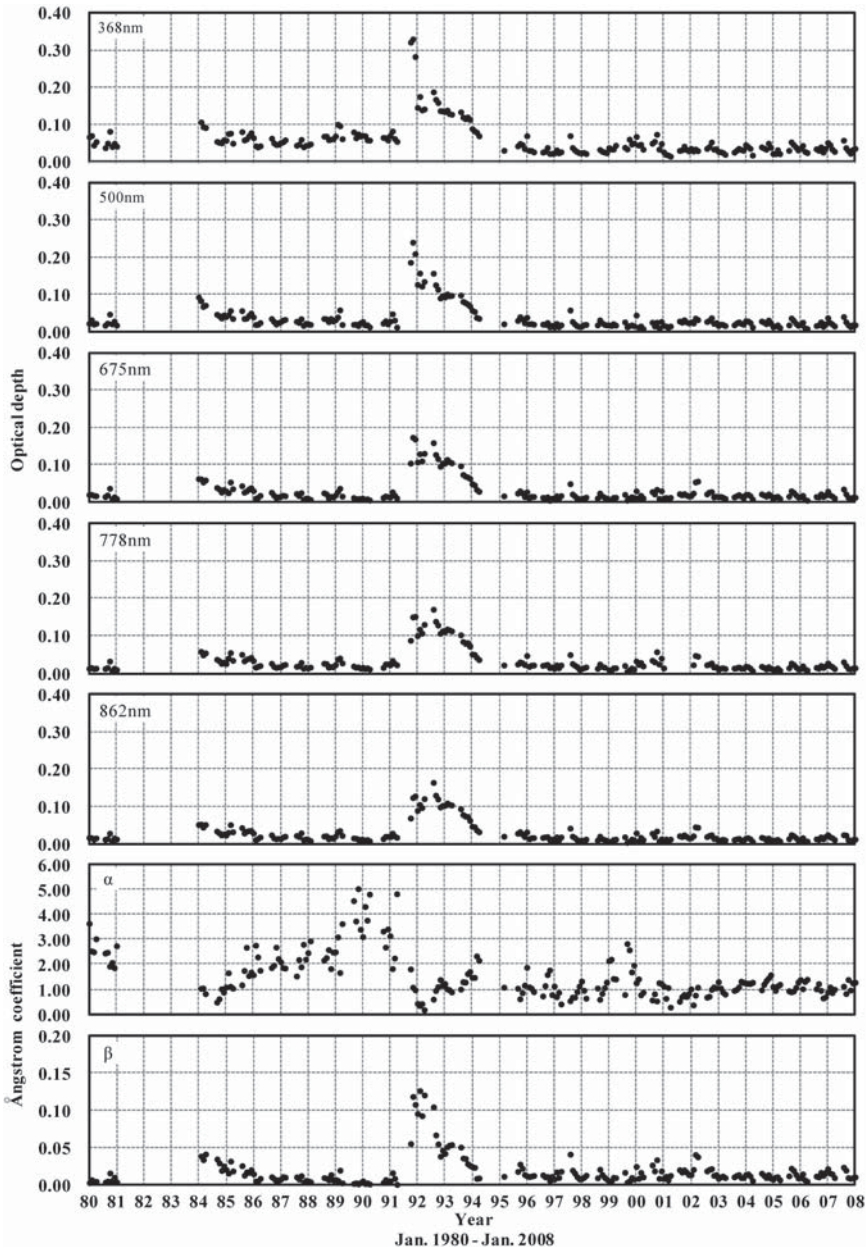


図 24 昭和基地上空の大気混濁度経年変化 (1980 年 1 月～2008 年 1 月)

Fig. 24. Time series of atmospheric turbidity above Syowa Station (Jan. 1980–Jan. 2008).

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なチャンネルの粒子数を合算した個数となる。チャンネル数は 98-5N 型で 5 チャンネル, 02-8CH 型で 8 チャンネルである。なお, 第 46 次隊の比較観測によると 02-8CH 型は 98-5N 型に比べ,

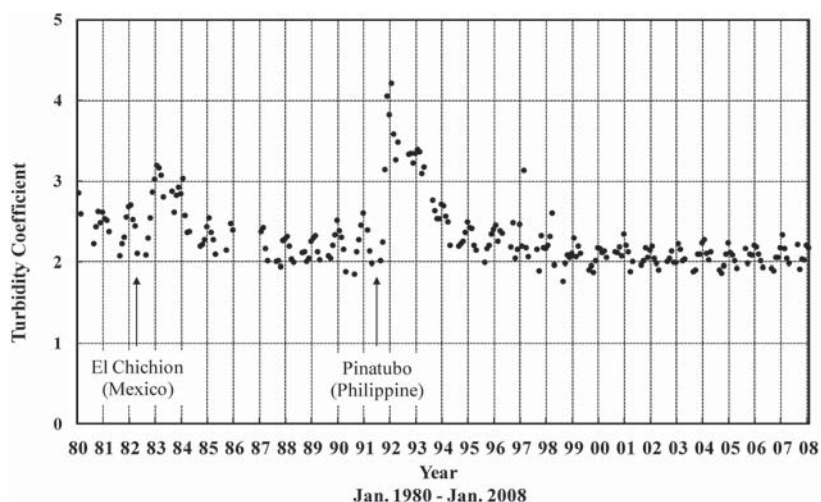


図 25 昭和基地上空の大気混濁度経年変化（1980年1月～2008年1月）

Fig. 25. Time series of Feussner-Dubois's turbidity coefficient by pyrliometer (Jan. 1980–Jan. 2008).

25%程度粒子検出効率が高くなる傾向が得られている（佐藤ほか，2009）。

レーウィンゾンデ部及びGPSゾンデ部のセンサーの性能については，高層気象観測と同様である。

(2) 飛揚形態

エアロゾルゾンデとオゾンゾンデの連結には竹竿を用いた。竹竿の形態は，オゾンゾンデを2種類（ECC型とKC96型）連結する場合は井桁形，ECC型のみの場合は三角形とし，それぞれの隅にOPC部，レーウィンゾンデ部またはGPSゾンデ部，オゾンゾンデを固定した。竹竿が水平になるように各隅から1m程度の吊紐でバランスをとり，上方に向かって50mの吊紐，大型パラシュート，20mの吊紐，気球の順に接続した。なお，気球を複数使用しているため20mの吊紐も気球の個数分用意し，パラシュート頂部から分岐するように接続した。

(3) 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，98-5N型では高層気象観測で用いる91型ゾンデと同様，02-8CH型ではGPSゾンデと同様の設備を用いた（3.1節を参照）。受信したゾンデ信号は，受信部内でOPC出力データと気象要素データに分離され，それぞれがデータ処理部に送られ，物理量として再度合成される。

6.3. 観測経過

第48次隊におけるエアロゾルゾンデの飛揚状況を表15に示す。10月6日の観測では，飛揚直後に測定機器が地物に衝突し，観測値を取得することができなかった。10月19日の

表 14 エアロゾルゾンデ観測器材

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

| | 型式 | ADS-98-5N | ADS-02-8CH |
|---|--|---|--|
| | | 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 | | |
| 粒子計測部 (Optical Particle Counter) | 粒子検出方式 | | |
| | 光源 | レーザーダイオード (波長 780 nm) | |
| | 検出素子 | シリコンフォトダイオード | |
| 粒径区分 | 前方散乱方式 | 側方 60° 散乱方式 | |
| | 5 ch 並行計測 (粒子半径が 0.15, 0.25, 0.40, 0.60, 1.80 μm より大きい粒子を 計測) | 8 ch 並行計測 (粒子半径が 0.15, 0.25, 0.42, 0.66, 0.97, 1.74, 2.53, 3.53 μm より大きい粒子を計測) | |
| 粒子数計測間隔 | 20 秒積算値 | 4 秒積算値 | |
| レーウィン/ GPS ゾンデ部 (気象要素の 感部及び発信 器部を使用) | 型式 | 改造型 RS2-91 型 レーウィンゾンデ | RS-AS03G 型エアロゾルゾンデ (改造型 RS-01G 型 GPS ゾンデ) |
| | センサの性能 | 高層気象観測器材の RS2-91 型 レーウィンゾンデと同様 | 高層気象観測器材の RS-01GM 型 GPS ゾンデと同様 |
| 電池 | 単三型リチウム乾電池 28 本 (21V) | | |
| その他 | レーウィン/GPS ゾンデ~OPC 接続用篠竹, 電源線・信号線 (各約 1.5 m) | | |
| 伝送データ | 時刻 (電源投入からの経過秒), 粒径毎の粒子数, 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), レーザー電流値, 基準電圧値 (0V, 4V), リファレンス値, レーウィン/GPS ゾンデ値 (気温・湿度・気圧/ GPS 値) | | |
| 地上設備 | 自動追跡方向探知機 及び高層気象観測装置 | GPS 高層気象観測 システム | |
| 気球 (3000 g 気球は口管部品を含む) | 4/26: 2000 g×3 (油漬けあり) 7/11: 2000 g×3+1500 g×1 (油漬けあり) 8/28: 3000 g×1+1500 g×1 (油漬けあり) 10/6: 3000 g×1+2000 g×1+1500 g×1 (油漬けあり) 10/19: 3000 g×1+2000 g×1+1500 g×1 (油漬けあり) 1/9: 3000 g×2 (油漬けなし) | | |
| 浮力 (ヘリウムガスによる浮力・鍾浮力) | 4/26: 4500 g×3 7/11: 4500 g×3+3000 g×1 8/28: 6500 g×1+3000 g×1 10/6: 6000 g×1+3000 g×1+2500 g×1 10/19: 6000 g×1+3200 g×1+2500 g×1 1/9: 6000 g×2 | | |
| 吊紐 | ポリエステル製編紐 | | |
| バラシュート | 不織布, 大型 | | |
| 連結したゾンデの組み合わせ (エアロゾルゾンデ (ゾンデ番号) + オゾン ゾンデの型式) | 4/26: ADS-98-5N 型 (H9259)*+ECC-Z 型 7/11: ADS-02-8CH 型 (H20022)*+RS2-KC96 型及び ECC-Z 型 8/28: ADS-02-8CH 型 (H20091)+ECC-Z 型 10/6: ADS-02-8CH 型 (H20092)+RS2-KC96 型及び ECC-Z 型 10/19: ADS-02-8CH 型 (H20093)+RS2-KC96 型及び ECC-Z 型 1/9: ADS-02-8CH 型 (H20094)+RS2-KC96 型及び ECC-Z 型 | | |

注 / 「または」の意味で使用

*第 46 次隊で飛揚回収したものを再利用

観測では、高度 18.4 km 付近で OPC の障害により半径 $0.15\mu\text{m}$ より大きな粒子の観測値の信頼性が低下したため、その間の観測値については欠測扱いとした。

図 26 は、高層気象観測による鉛直温度分布をもとに、PSCs が生成または継続して存在可能である温度（以下「飽和温度」と記す）の領域に陰影をつけて時間高度断面図として示している。TYPE I の PSCs を構成する物質の一部と考えられている硝酸三水合物 ($\text{HNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, Nitric Acid Trihydrate, 以下「NAT」と記す) 粒子の飽和温度（以下「 T_{NAT} 」と記す）領域は、5 月に高度 10–25 km 付近に断続的に出現し、6 月中旬からは連続的に推移した。8 月からは成層圏上部の昇温に伴い上限高度が次第に低下した後、11 月に消滅した。TYPE II の PSCs を構成する氷（以下「ICE」と記す）粒子の飽和温度（以下「 T_{ICE} 」と記す）領域は、6 月下旬～10 月中旬に断続的に出現し、7 月上旬～9 月中旬にかけては広い高度範囲に広がった。8 月からは成層圏上部の昇温に伴い上限高度が次第に低下した後、10 月に消滅した。

6.4. 観測結果

エアロゾルゾンデとオゾンゾンデの観測結果を図 27 に示す。図では右列に粒子濃度、中列に気温、湿度、 T_{NAT} 、 T_{ICE} 、左列にエアロゾルゾンデ観測直近のオゾン分圧をそれぞれ鉛直分布で示している。

それぞれのエアロゾルゾンデ観測に対応したオゾンゾンデ観測の状況は、7 月 11 日、10 月 19 日、1 月 9 日の観測では KC96 型との連結飛揚に成功し、良好な観測結果を取得している。4 月 26 日の観測ではエアロゾルゾンデ飛揚の約 30 分前に KC02G 型を飛揚したが、オゾン反応電流の異常により良好な観測結果が得られなかったため、参考として 4 月 21 日に飛揚した KC96 型の観測結果を示した。なお、この日のオゾン分圧は機器障害のため高度約 18 km 以上のデータが得られていない。さらに、8 月 28 日の観測では、KC96 型と同時観測していないため、前日に飛揚した 8 月 27 日の KC02G 型の観測結果を示した。

表 15 昭和基地におけるエアロゾルゾンデ飛揚状況

Table 15. Aerosol sonde observations at Syowa Station.

| 回数 | 飛揚年月日、時刻（現地時間） | 観測目的 | 到達高度 | 到達気圧 |
|----|--------------------------|-------------|------------|-----------|
| 1 | 2007 年 4 月 26 日 1509 LT | PSCs 発生前の観測 | 32.2 km | 6.4 hPa |
| 2 | 2007 年 7 月 11 日 1807 LT | PSCs 発達期の観測 | 25.5 km | 14.3 hPa |
| 3 | 2007 年 8 月 28 日 0953 LT | PSCs 発達期の観測 | 27.4 km | 10.7 hPa |
| 4 | 2007 年 10 月 6 日 2233 LT | オゾンホール盛期の観測 | 0 km *1 | 968.1 hPa |
| 5 | 2007 年 10 月 19 日 1814 LT | オゾンホール盛期の観測 | 27.1 km *2 | 14.6 hPa |
| 6 | 2008 年 1 月 9 日 1039 LT | オゾン層回復期の観測 | 34.3 km | 7.2 hPa |

注 *1: 飛揚直後に地物衝突したため観測値なし

*2: 半径 $>0.15\mu\text{m}$ のエアロゾル粒子数は機器障害で信頼性が低いため高度 18.5 km 以上の観測値なし

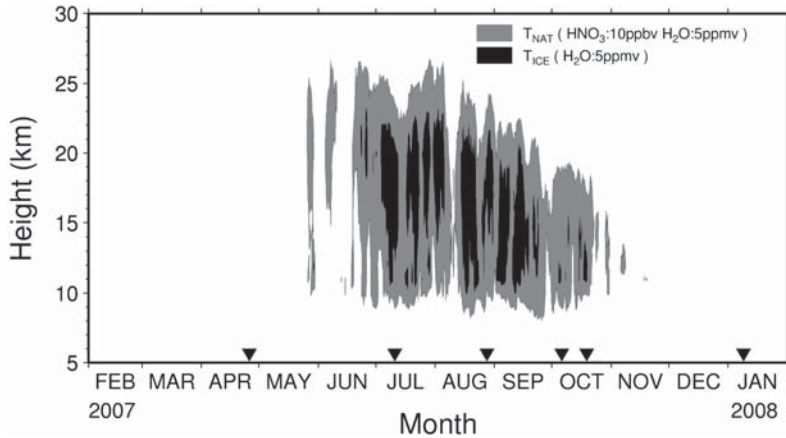


図 26 昭和基地上空の PSCs 存在可能領域の時間高度断面図（高層気象観測による鉛直温度分布を基に推定）
 灰色領域は NAT (HNO_3 : 10ppbv, H_2O : 5ppmv を仮定) の飽和温度領域, 黒色は ICE (H_2O : 5ppmv を仮定) の飽和温度領域を示す. 三角形 (▼) はエアロゾルゾンデ観測が行われた日を示す.

Fig. 26. Time-height cross section of regions where PSCs exist (estimated from the temperature distribution observed by aerological observations) over Syowa Station. Gray area is at the saturation temperature of NAT (assuming HNO_3 : 10ppbv, H_2O : 5ppmv), and the black area is at the saturation temperature of ICE (assuming H_2O : 5ppmv). Triangles (▼) indicate days on which aerosol sondes were launched.

6.4.1. 対流圏における特徴

粒子濃度は一年を通して、ほぼすべての粒径で高度 2–3 km 付近の大気混合層で高く、高度が上昇するに従って低くなる特徴がみられた。

6.4.2. 成層圏における特徴

以下に、季節ごとの成層圏における気温、粒子濃度、オゾン分圧の鉛直分布の特徴を述べる。

(1) 秋季 (4 月: PSCs 発生前)

昭和基地上空の気温は T_{NAT} より高く、PSCs の発生する環境にはなかった。

半径 0.15–0.40 μm を測定下限とする粒子濃度は、圏界面付近を境に急増して高粒子濃度層となっている。また、より小さい粒子ほど粒子濃度が高く、高粒子濃度層の上端高度も高い。このような成層圏下部にバックグラウンド的に存在するエアロゾルの高粒子濃度層はユンゲ層と呼ばれる。一方、半径 0.60 μm を測定下限とする粒子濃度は、対流圏に比べて低かった。

オゾン分圧はユンゲ層と同様に圏界面を境に成層圏で急増しているが、高度 15 km 付近から上層はユンゲ層とは異なり、さらに増加している。

(2) 冬季 (7–8 月: PSCs 発達期)

昭和基地上空の気温は T_{NAT} より低い層及び T_{ICE} とほぼ同程度か、より低い層がみられた。

ユンゲ層は秋季の観測より上端高度が下がっており、上端付近での粒子濃度は高度の増加

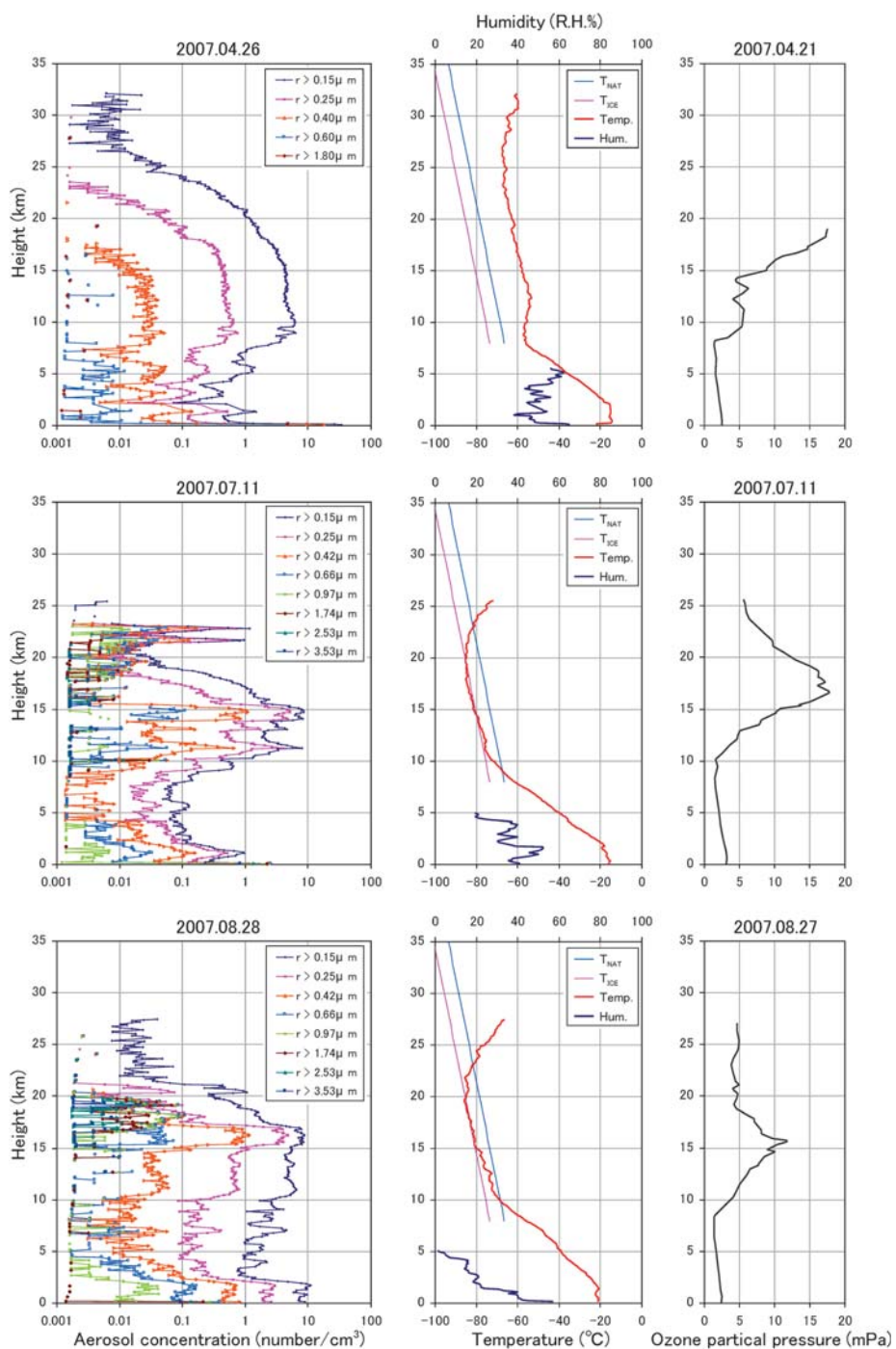


図 27 昭和基地上空のエアロゾルゾンデ観測結果及びオゾンゾンデ観測結果 (1/2)
 Fig. 27. Results of aerosol sonde and ozone sonde observations over Syowa Station. (1/2)

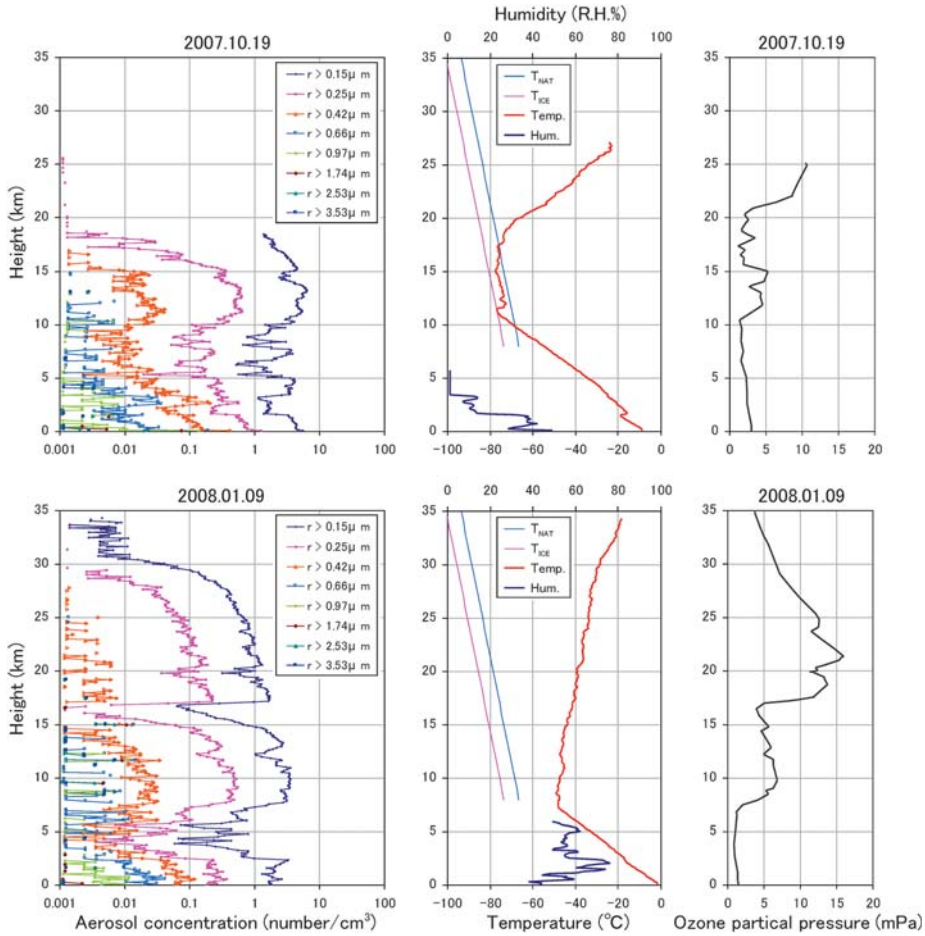


図 27 昭和基地上空のエアロゾルゾンデ観測結果及びオゾンゾンデ観測結果 (2/2)

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

に対して、より急減している。ユンゲ層から突出する高粒子濃度層が数層みられるが、半径 $0.15\text{--}0.66\mu\text{m}$ を測定限界とする高粒子濃度層と、半径 $0.97\text{--}3.53\mu\text{m}$ を測定限界とする高粒子濃度層のピーク高度と層厚の傾向が異なり、後者のほうがよりピーク高度が高く層厚が厚い。また、7-8月の変化傾向として、半径 $0.15\text{--}0.66\mu\text{m}$ を測定限界とする高粒子濃度層では8月のほうが7月よりピーク高度が高く、異なる空気塊の流入と新たな高濃度粒子層の生成が示唆されるものの、半径 $0.97\text{--}3.53\mu\text{m}$ を測定限界とする高粒子濃度層についてはピーク高度の低高度化、及び大粒子化がみられた。なお、上記のユンゲ層から突出する高粒子濃度層は、上空の気温の状況からPSCsであると考えられる。

オゾン分圧はユンゲ層と同様に、圏界面を境に成層圏で増加している。7月には $15\text{--}22\text{ km}$ 付近に 10 mPa を超える高オゾン分圧層がみられたが、8月では 16 km 付近から上層でオゾ

ン分圧が急減しているため、高オゾン分圧層はほとんどみられない。また、ユンゲ層上端付近のオゾン分圧は、7月では粒子濃度のように急減せずに緩やかに減少しているが、8月では高度18km付近から上層で5mPa程度と、ほぼ一定の値になっている。

(4) 春季（10月：オゾンホール盛期）

昭和基地上空の気温は T_{NAT} より低い層及び、ほぼ T_{ICE} と同程度の層がみられた。

ユンゲ層の上端高度はPSCs発達期の冬季とほぼ同程度である。ただし、冬季のようなユンゲ層内において突出する高粒子濃度層や、半径0.66-3.53 μm を測定限界とする粒子はほとんどみられない。

オゾン分圧はユンゲ層と同様に、圏界面を境に成層圏で若干増加しているが、高度12-15km付近は5mPa程度、15-21km付近は2mPa程度でほぼ一定となっている。ユンゲ層上端付近より上層ではオゾン分圧が急増している。

(5) 夏季（1月：オゾン層回復期）

気温は上昇し、PSCsが存在可能な気温領域は存在しない。

ユンゲ層は高度17km付近の粒子濃度の大きな変動を境に上部と下部に分かれており、上部と下部のユンゲ層内には、それぞれさらに小さな変動がいくつか認められる。半径0.25 μm を測定限界とする粒子濃度と半径0.42 μm を測定限界とする粒子濃度の比をみると、下部のユンゲ層のほうが上部のユンゲ層よりも半径0.42 μm を測定限界とする粒子の割合が高い。また、半径0.66-3.53 μm を測定限界とする粒子については、下部のユンゲ層で若干認められるのに対して上部のユンゲ層ではほとんど認められない。

オゾン分圧はユンゲ層と同様に、圏界面を境に成層圏で若干増加し、高度17km付近のユンゲ層の大きな変動を境にさらに急増して2倍近くになっている。また、ユンゲ層内の高度20km付近、高度24km付近の小さな減少層とオゾン分圧の減少層の高度にも一致が認められる。これらはオゾンホールの崩壊に伴って、高度17km付近より高層にオゾン分圧と半径0.15-0.25 μm を測定限界とする粒子濃度の高い空気塊が、オゾンホールの外から流入したことを示唆する。

7. 天気解析

気象庁数値予報格子点資料に基づく各種天気図・予想図及び各国数値予報センターなどのHPから取得した各種天気図・予想図、気象衛星による雲写真及び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などを参考にして、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活用するとともに、観測隊の野外オペレーションなどを支援するために気象情報を提供した。

7.1. 解析に用いた資料

(1) 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)から作成した各種天気図及び予想図を気象庁データサーバより FTP により取得し、2007年6月21日から利用を開始した。昭和基地周辺の天気解析を基本としたが、日本・スウェーデン共同トランスバース旅行隊などの夏期行動支援として気象情報を提供するため、2007年11月1日からは南極大陸内陸部の天気図を作成した。

(2) 極軌道衛星雲画像

衛星受信部門が基地内の HP に掲載している NOAA の赤外及び可視画像を利用した。

(3) ロボット気象計

S16(昭和基地の東方向、標高500m、海岸から約19km)地点のロボット気象計による気温、気圧及び風向・風速を即時的に受信し、利用した。

(4) 各国数値予報センター等作成の天気図、予想図、衛星画像及びオゾン層解析値

インターネット上に各国数値予報センターなどが HP で公開する解析値及び予報値を利用した。また、各種衛星画像の取得・閲覧を行い、天気解析の参考とした。

(主な参照先と URL (当時))

① AMPS (Antarctic Mesoscale Prediction System)

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

② オーストラリア気象局作成インド洋天気図

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

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

※YYYY・MM・DD はそれぞれ西暦年・月・日である。

③ オーストラリア気象局作成南半球 500 hPa 解析図

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

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

※YYYY・MM・DD はそれぞれ西暦年・月・日である。

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ポジット衛星画像

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

⑦ NASA (米国航空宇宙局) 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、プリザードによる外出注意令・禁止令の発令及び解除の参考となる情報を提供した。また、毎日のミーティング時に天気解析結果及び当日の夜から翌日の天候予想を発表するとともに、基地内の HP・掲示板で地上気象観測実況値などと併せて公開した。さらに、オゾンホール期には数値予報資料を参考にし、適切なタイミングでオゾンゾンデ観測を実施した。

8. その他の観測

8.1. ロボット気象計

8.1.1. 観測方法と測器

ロボット気象計は、昭和基地東方約 19km の大陸氷床上の S16 (Point 50) に設置しており、昭和基地周辺の気象状況を把握することにより、観測隊の野外活動などの支援を目的として、各隊次の判断により運用している。第 48 次隊では、第 47 次隊から引き継いでロボット気象計による S16 での観測を行った。

観測測器を表 16 に示す。気圧・気温測定部及び発信器部は高層気象観測用のゾンデを改造したものを用いて気象データを送信し、データの取得は昭和基地にある高層気象観測用のパラボラアンテナで受信して即時的なデータ取得を行った。

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

8.1.2. 観測経過

2007 年 2 月～8 月中旬にかけては、おおむね順調にデータを取得できた。8 月下旬に風力発電機の架台が傾いたことと風力発電機の発電能力が低下したことにより、観測とデータ送信が中断した。9 月 19 日の点検の際に架台の補修を行った。9 月～10 月中旬にかけて、データ送信が不安定となり観測データが取得できないことが頻発した。このため、10 月 17 日の点検時にゾンデの発信機の交換を行い、観測を再開した。11 月 4 日の点検時には風力発電機の架台が傾いていたため、架台の調整を行った。その後も、データ送信の不安定な状態が続いたが原因は不明であった。

2008 年 1 月 28 日に、第 49 次隊との引き継ぎを兼ねて点検を行った。

8.2. 気象庁本庁へのデータ伝送

観測結果の通報は、インテルサット衛星回線を利用して観測データを日本国内に FTP 送信し、日本国内から世界の気象機関へ通報している。ヨーロッパの静止衛星経由で通報していた 2006 年以前は月平均で最大 15% が未配信となっていたが、第 48 次隊ではほぼ 100% の

表 16 S16 におけるロボット気象計の測器等一覧表 (2007 年 2 月~2008 年 1 月)

Table 16. Observation elements, frequency of observation and instruments at S16 (Feb. 2007–Jan. 2008).

| 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 | 鉄ニッケル合金空ごう気圧計 (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% | 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° | | |

配信が確保できた。

謝 辞

第 48 次観測隊の気象定常観測を遂行するにあたり、観測上の技術援助及び助言を頂いた第 48 次隊の宮岡 宏観測隊長ほか第 48 次観測隊員の皆様、国立極地研究所及び気象庁南極観測事務室、高層気象台ほか気象庁の関係官、並びに観測機器の輸送で支援を頂いた南極観測船「しらせ」乗組員の方々に感謝いたします。

この報告をまとめるにあたり、気象庁の川嶋浩二南極観測事務室長、土井元久前南極観測事務室長、田代照政元南極観測事務室長、並びに第 47 次・第 50 次観測隊気象部門の方々にご助言いただきました。お礼申し上げます。

文 献

- Aoki, Te., Aoki, Ta., Fukabori, M. and Takao, T. (2002): Characteristics of UV-B Irradiance at Syowa Station, Antarctica: Analyses of the Measurements and Comparison with Numerical Simulations. *J. Meteor. Soc. Japan*, **80**, 161–170.
- 江崎雄治・栗田邦明・松島 功・木津暢彦・中嶋哲二・金戸 進 (2000): 第 38 次南極地域観測隊気象部門報告 1997. 南極資料, **44**, 125–204.
- Herber, A., Thomason, L.W., Dethloff, K., Viterbo, P., Radionov, V.F. and Leiterer, U. (1996): Volcanic perturbation of the atmosphere in both polar region: 1991–1994. *J. Geophys. Res.*, **101**, 3921–3928.
- 東島圭志郎・佐藤 健・安ヶ平一也・村方栄真・河原恭一 (2003): 第 40 次南極地域観測隊気象部門報告 1999. 南極資料, **47**, 171–271.
- 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・宮川幸治 (2001): 二重分光光度計ブリューワー MKⅢ による紫外域日射観測. 高層気象台彙報, **61**, 5–28.
- 伊藤真人・高野松美 (2006): 広帯域 (全天型) 紫外域日射計用外部標準ランプ点検装置の開発とその精度. 高層気象台彙報, **66**, 57–64.
- 金戸 進 (1997): ビナツボ噴火と昭和基地の気候. 南極資料, **41**, 285–290.
- 気象庁 (1990): 国際気象通報式 (第 8 版). 東京, 447 p.
- 気象庁 (1991): オゾン観測指針 オゾン全量・反転観測編. 東京, 91 p.
- 気象庁 (1993): 紫外域日射観測指針. 東京, 83 p.
- 気象庁 (1997): オゾン観測指針 オゾンゾンデ観測編. 東京, 60 p.

- 気象庁 (2002): 地上気象観測指針. 東京, 176p.
- 気象庁 (2004): 高層気象観測指針. 東京, 248p.
- 気象庁 (2005a): 気象観測統計指針. 東京, 158p.
- 気象庁 (2005b): 付録3 基本的事項 オゾン層破壊. 異常気象レポート2005 近年における世界の異常気象と気候変動—その実態と見通し (VII) —. 東京, 359-360.
- 気象庁 (2008): 1-3 南極オゾンホール. オゾン層観測報告2007. 東京, 18-26.
- 気象庁 (2009): 大気・海洋環境観測報告第9号2007年観測成果. 東京 (CD-ROM).
- 気象庁 (2010): 大気・海洋環境観測報告第10号2008年観測成果. 東京 (CD-ROM).
- 木津暢彦・林 政彦・山内 恭・岩坂泰信・渡辺征春 (2010): エアロゾルゾンデによる南極昭和基地上空の成層圏・対流圏エアロゾル濃度の季節・経年変化の観測. 南極資料, **54**, 760-778.
- 国立極地研究所 (2004): 基地要覧. 第16版. 東京, 21p. (内部資料)
- Mateer, C.L. and DeLuise, J.J. (1992): A new Umkehr inversion algorithm. *J Atmos. Terr. Phys.*, **54**, 537-556.
- McKinley, A.F. and Diffey, B.L. (1987): A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. *CIE J.*, **6**, 17-22.
- 宮川幸治 (2002): ドブソンオゾン分光光度計の新自動制御方式. 高層気象台彙報, **62**, 27-44.
- 宮川幸治 (2007): ドブソンオゾン分光光度計の自動化ウインドウズシステムの高度化—コンパクトPCI制御方式への移行—. 高層気象台彙報, **67**, 85-98.
- 成田 修・毛利光志・中島浩一・滝沢厚詩・押木徳明 (2010): 第47次南極地域観測隊気象部門報告2006. 南極資料, **54**, 32-107.
- 佐藤 健・西巻英明・岩城貴信・山本浩嗣・伊藤大輔 (2009): 第46次南極地域観測隊気象部門報告2005. 南極資料, **53**, 136-219.
- 柴田誠司・伊藤真人・能登美之・上野丈夫・岡本利次 (2000): 全天型紫外域日射計の感度変化と測定精度. 高層気象台彙報, **60**, 17-24.
- 島村哲也 (2011): 南極昭和基地における薄明時の波長別紫外域日射の特徴について. 高層気象台彙報, **69**, 9-16.
- 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.
- 土屋政義・葛西 武・林 政彦・岩坂泰信・高見勝己 (1996): 観測気球搭載用エアロゾル・ゾンデの開発. 計測自動制御学会論文集, **32**, 290-296.