

第 54 次日本南極地域観測隊気象部門報告 2013

安達正樹^{1*}・斉藤信也¹・石丸和樹¹・大森英裕¹・三浦恒人¹Meteorological observations at Syowa Station in 2013
by the 54th Japanese Antarctic Research ExpeditionMasaki Adachi^{1*}, Shinya Saitou¹, Kazuki Ishimaru¹, Hidehiro Omori¹ and Hisato Miura¹

(2019 年 7 月 24 日受付; 2019 年 10 月 24 日受理)

Abstract: This report presents meteorological observations obtained by the Meteorological Observation Team of the 54th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-54) at Syowa Station, Antarctica, during February 2013-January 2014. The observation methods, instruments and statistical methods used by JARE-54 were almost the same as those used by JARE-53, except for the new observation at S17.

Remarkable features during the period of JARE-54 are as follows.

- 1) In March and April 2013, more blizzards than normal were observed and snow accumulation increased, therefore the maximum snow depth of the month updated the record ranking second place and first place, respectively. Also, for the sixth month in a row from August, the maximum snow depth of the month updated the record ranking first place because the blizzards were observed more often than normal during the period of JARE-54.
- 2) The amount of the total ozone over Syowa Station was considerably below 220 m atm-cm, which is a measure of the ozone hole from late September; however, it was frequently above the measure from September 28th onward to the middle of October, and recovered at the beginning of November.
- 3) A new radio-robot telemeteorograph was installed at S17 base near Syowa Station and brought into operations in January 2013. We got data from this telemeteorograph more steadily than from an old one at point S16.

Keywords: meteorological observations, Syowa Station, JARE-54

要旨: この報告は、第 54 次日本南極地域観測隊気象部門が、2013 年 2 月 1 日から 2014 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。新規に開始した S17 での観測を除き、観測方法、測器、統計方法等は第 53 次隊とほぼ同様である。越冬期間中の特記事項としては、次のものがあげられる。

- 1) 3 月と 4 月に平年より多いブリザードを記録し積雪量が増加したため、各月の月最深積雪はそれぞれ第 2 位と第 1 位を記録した。また、越冬中のブリザードも平年より多かったため、8 月以降 2014 年 1 月まで月最深積雪の極値を連続して更新した。

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

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

- 2) 昭和基地上空のオゾン全量は、9 月下旬からオゾンホールを目安となる 220 m atm-cm を大きく下回ったが、9 月 28 日以降 10 月中旬までは 220 m atm-cm を上回ることが多くなった。11 月上旬にはオゾン全量は回復した。
- 3) 2013 年 1 月に、新たにロボット気象計を S17 航空機観測拠点に設置し、運用を開始した。湿度データを除き、越冬期間中の観測は順調であった。また、S16 ロボット気象計と比較してより安定してデータを受信することができた。

キーワード： 気象、越冬、昭和基地、第 54 次

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（1962 年–1965 年）を除き、これまで半世紀の間、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 54 次隊気象部門は、2013 年 2 月 1 日に第 53 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、2014 年 1 月 31 日までの 1 年間観測を行った。S17 でのロボット気象計による気象観測を除き、観測方法、観測測器の種類及び観測値の統計方法などは第 53 次隊（藤田ほか、2018）とほぼ同様である。

地上気象観測、高層気象観測、オゾン観測のうちの地上オゾン濃度観測を除く観測並びに地上日射放射観測のうちの紫外域日射量観測及び波長別紫外域日射観測を除く観測は、第 53 次隊から引き継いだ観測装置で観測を行った。オゾン観測のうちの地上オゾン濃度観測は 2 台のオゾン濃度計を、地上日射放射観測のうちの紫外域日射量観測は全天型紫外域日射計を、波長別紫外域日射観測はブリュワー分光光度計 MK III 168 号機を持ち込み、第 53 次隊が使用していた測器と交換し観測を行った。これらの観測から得られたデータは、南極気象資料（Antarctic Meteorological Data）として 2015 年 3 月より気象庁ホームページにて公開している（<https://www.data.jma.go.jp/antarctic/datareport/index.html>）。

そのほかの観測として、海氷上に設置した雪尺による積雪観測、S16 及び S17 に設置したロボット気象計による気象観測、移動気象観測装置（MAWS）を利用した S17 における連続観測並びに内陸旅行中の気象観測を実施した。S17 のロボット気象計は第 54 次隊が持ち込み、2013 年 1 月に新たに設置したものである。越冬期間中、S17 ロボット気象計の安定運用が確認できたため、S16 ロボット気象計は 2014 年 1 月 31 日に観測を終了した。これらの観測から得られたデータは、利用にあたっては南極観測の知識や経験が必要なので、気象庁にて保管し、データ照会の内容に応じた提供を実施している。

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、測器及び通報

観測は地上気象観測指針（気象庁，2002）及び世界気象機関（World Meteorological Organization，以下「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，積雪の深さ及び視程は，総合自動気象観測装置（地上系）により連続観測を行った。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・視程及び天気は，目視により 1 日 8 回（00，03，06，09，12，15，18，21 UTC）の

表 1 昭和基地における地上気象観測使用測器等一覧表。

Table 1. Observation elements, frequency, minimum units, and instruments at Syowa Station.

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	0.1hPa	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	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	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（3 ヶ月 1 回）
	—		携帯用通風乾湿計		比較観測に使用
露点温度	連続	0.1℃	—		気温・湿度観測値から算出
蒸気圧	連続	0.1hPa	—		気温・湿度観測値から算出
相対湿度	連続	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（3 ヶ月 1 回）
	—		携帯用通風乾湿計		比較観測に使用
風向	連続	1°	風車型風向風速計	FF-11	測風塔（地上高 10.1m）に設置
風速	連続	0.1m/s			
全天日射量	連続	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	連続	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	連続	1cm	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)	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。

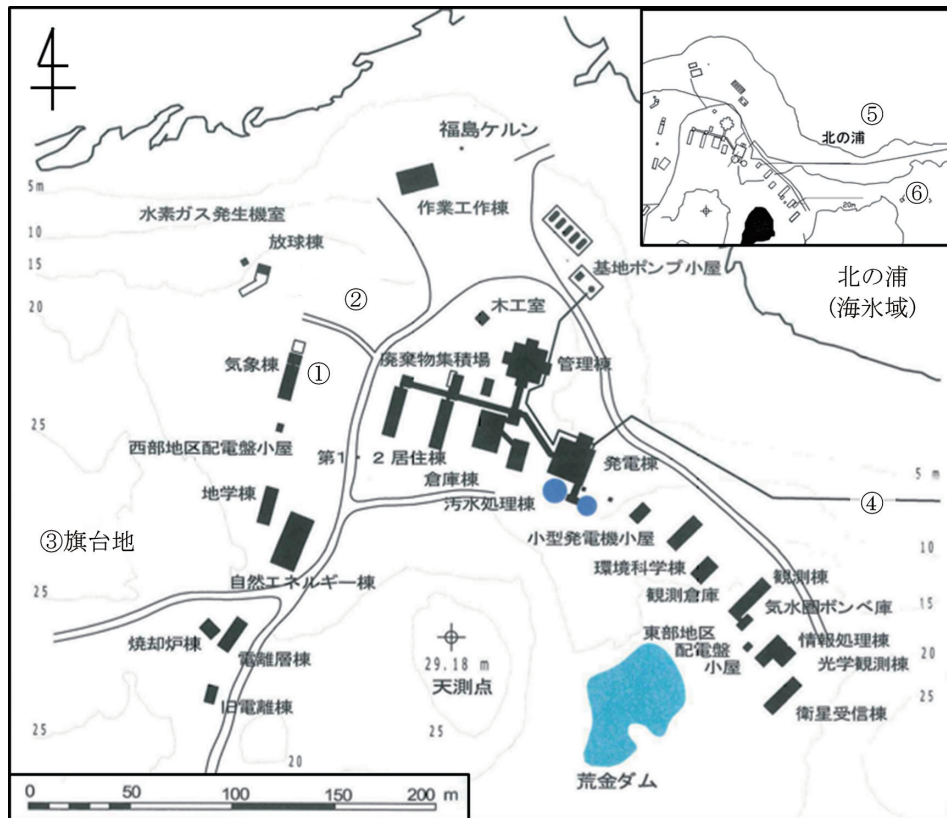


図 1 昭和基地主要部と測器感部の配置 (国立極地研究所提供図に加筆).

- 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・下向き放射 (全天日射計・直達日射計・赤外放射計・紫外域日射計)・サンフォトメータ
- 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: 上向き放射 (全天日射計・赤外放射計・紫外域日射計)・放射収支計
- 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 (Pyranometer, Pyrhemliometer, Pyrgeometer, UV radiometer), Sunphotometer
- 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 (Pyranometer, Pyrgeometer, UV radiometer), Net radiometer
- ⑥ Ozone observation: Surface ozone monitor

観測を行った。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の観測

昭和基地付近の海水上の積雪の深さの観測は、第1次越冬隊で基地周辺に雪尺を立てて観測したのが最初であり、第15次隊までは主として雪氷部門の研究観測の一環として、第16次隊以降は定常気象観測の一項目として実施している（気象庁、1989）。第40次隊より超音波式積雪計を導入することで基地内（陸上）の連続観測を開始したが、それまでの観測は引き続き海水上の積雪把握に有用と考え、雪尺による海水上の積雪の深さの観測を継続している。第54次隊においても、北の浦の海水上に、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。

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、JMA-95型地上気象観測装置保守点検実施手順（官署用）に準じて実施した。

(1) 気圧

電気式気圧計を気象棟内に設置し、通年観測した。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2012年12月23日に行い、越冬観測開始時の2013年2月1日にオフセットの設定を行った。観測は順調に行われ、期間中に欠測はなかった。

(2) 気温、湿度（露点温度）

気象棟北東にある百葉箱内に電気式温度計及び電気式湿度計を格納した強制通風式通風筒を設置し、通年観測した。観測はおおむね順調であった。携帯用通風乾湿計による比較観測を3カ月に1回行い、観測装置の値が許容範囲内にあることを確認した。保守及び百葉箱内の除雪は、正時にかからないよう注意したうえで実施した。除雪後も、携帯用通風乾湿計による比較観測を行い、観測装置の値が許容範囲内にあることを確認した。

2013年12月27日に通風筒、温度計、湿度計の交換を行った。

(3) 風向・風速

気象棟から北東にある測風塔上に風車型風向風速計を設置し、通年観測した。

おおむね順調に動作したが、弱風のときに測器の回転部分が凍結または凍結の疑いがあったため、日平均風速が準完全値（統計を行う対象資料の一部が欠けているが、統計を行う際は一部の例外を除いて正常値（資料が欠けていない）と同等に扱う（気象庁、2005））または欠測（統計を行う対象資料が欠けているために合計値や平均値等が求められない場合（気象庁、2005））となった日があった。また2013年12月23日に風車型風向風速計の交換を実施し、日平均風速が準完全値となった。

(4) 全天日射量, 日照時間

全天電気式日射計と太陽追尾式日照計が一体となっている日射日照計を気象棟南西の旗台地に設置し, それぞれ通年観測した。観測はおおむね順調であった。

(5) 積雪の深さ

超音波式積雪計を観測棟北東の北の浦へ下る海岸に設置し, 通年観測した。ふぶき, 低温, 新雪などによって異常値が観測され, 日最深積雪及び降雪の深さ日合計が資料不足値(統計を行う対象資料が許容範囲を超えて欠けており, 極値, 合計等の統計には用いることができるが, 平均の統計では欠測と同様に扱う(気象庁, 2005))または資料なしとなった日があった。

(6) 視程(視程計による参考記録)

視程計(現象判別機能付)を気象棟北東に設置し, 目視観測に資するための参考測器として通年観測した。ふぶきにより投受光部に雪が付着するため, 天候回復後に投受光部を点検し, 着雪がある場合は清掃を実施した。このほかにも投受光部の清掃を随時行った。

(7) 海水上の積雪の深さの観測

雪尺は第 50 次隊が設置した場所で継続して観測した。第 53 次隊から引き継ぐ際に, 9 本設置されていた雪尺の多くが強風や融雪で傾いていたため, 2013 年 2 月 4 日に 9 本全ての雪尺を同じ位置に新設した。2003 年 2 月 4 日は新旧の雪尺を同時に測定し, それ以降は新設した雪尺のみを観測した。これにより, 積雪の深さを 0 cm とする基準日を第 53 次隊と同じく, 第 50 次隊が雪尺を設置した 2009 年 3 月 21 日とした。観測はおおむね順調であった。

2.3. 観測結果

月別気象表を表 2 に, 観測開始からの極値・順位値の 10 位までの更新記録を表 3 に, プ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。さらに, 越冬期間中の天気概況を表 5 に示す。月平均気温を見ると 4 月, 5 月, 7 月, 1 月が平年より低温で, 特に 5 月は「月平均気温の低いほうから」の月別順位で第 2 位となる -17.6°C を記録した。一方, 「月平均気温の高いほうから」の月別順位を見ると, 8 月は第 6 位となる -16.4°C , 9 月は第 5 位となる -15.2°C , 11 月は第 1 位となる -3.9°C を記録した。また, 図 4 に示すとおり 3 月と 4 月に平年より多い回数のプリザードを記録し積雪量が増加したため, 各月の月最深積雪(積雪計(陸上)の観測値による。)はそれぞれ第 2 位と第 1 位を記録した。7 月 7 日に記録したプリザードでは日最大風速 44.4 m/s , 日最大瞬間風速 53.7 m/s を記録し, 7 月の「日最大風速」, 「日最大瞬間風速」の極値を更新した。越冬中のプリザードは 29 回と平年(24.6 回)より多かった。このため, 8 月以降 2014 年 1 月まで月最深積雪の極値を連続して更新するなど, 例年より積雪量が多かった。

表 2 昭和基地における地上気象観測月別気象表 (2013 年 2 月～2014 年 1 月).
Table 2. Monthly summaries of surface observations at Syowa Station (Feb. 2013-Jan. 2014).

項目	単位	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2013	2014	54次越冬期間 平均・合計・極値
平均海面気圧	hPa	982.6	978.5	981.7	986.8	994.2	985.6	994.2	989.6	987.7	986.9	992.3	987.1
最低海面気圧	hPa	965.7	952.2	964.8	965.5	972.1	964.1	970.3	955.6	957.1	971.4	977.4	952.2
平均気温	°C	-2.3	-5.4	-11.0	-17.6	-14.7	-19.2	-16.4	-15.2	-12.5	-3.9	-1.1	-1.2
最高気温	°C	-0.1	-3.3	-8.6	-14.0	-11.9	-15.6	-13.8	-11.9	-9.7	-1.2	1.0	1.5
最低気温	°C	-4.8	-8.2	-13.8	-21.8	-17.6	-23.4	-20.0	-19.4	-16.2	-7.4	-3.7	-13.4
最高気温	°C	3.5	0.5	-3.2	-5.0	-3.2	-4.0	-6.0	-3.4	-1.8	2.9	3.5	5.4
最低気温	°C	16	1	2	28	30	7	5	17	29	22	1	15
平均湿度	%	-10.2	-19.3	-21.2	-34.2	-24.1	-39.9	-35.9	-41.8	-29.0	-14.5	-10.1	-8.6
平均風速	m/s	1	11	23	23	27	17	31	2	1	4	8	*
最大風速	m/s	72	76	72	65	65	70	70	65	70	73	79	71
風向	°	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE
風向	°	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE
最大瞬間風速	m/s	27.2	26.2	31.9	36.6	31.1	44.4	37.5	43.4	36.5	24.6	29.0	20.1
最大瞬間風速	m/s	ENE, 12	ENE, 26	ENE, 18	ENE, 7	ENE, 30	NE, 7	ENE, 5	NE, 3	NE, 16	NE, 9	ENE, 31	NE, 1
最大瞬間風速	m/s	34.3	31.7	38.0	43.6	35.8	53.7	46.6	50.1	42.8	30.2	35.7	24.1
最大瞬間風速	m/s	ENE, 12	ENE, 26	ENE, 18	ENE, 7	ENE, 30	NE, 7	ENE, 5	NE, 3	NE, 16	NE, 9	ENE, 31	NE, 1
最大瞬間風速	m/s	16	22	25	11	21	17	15	16	16	20	12	7
最大瞬間風速	m/s	8	17	17	6	14	12	8	7	6	10	7	1
最大瞬間風速	m/s	-	-	1	1	1	2	3	2	2	-	-	12
日照時間	h	134.6	78.0	40.8	42.9	-	12.1	53.0	187.7	199.7	284.3	355.3	286.0
日照率	%	28	20	16	39	-	24	24	56	42	45	48	40
平均全日射量	MJ/m ²	15.1	7.2	2.2	0.3	0.0	0.1	1.5	7.1	14.7	23.6	28.3	24.6
不照日数	日	8	9	17	19	30	24	17	7	4	6	3	4
平均雲量	日	8.6	9.3	7.9	6.2	6.2	6.3	8.3	6.3	8.4	7.4	6.8	8.1
平均雲量	日	1	-	1	8	5	8	-	3	1	2	5	-
平均雲量	日	20	26	16	16	14	13	21	9	20	17	19	208
月最深積雪	cm	55	93	108	94	107	136	147	155	146	132	102	155
降雪の深さ	cm	31	31	10	8	8	27	5	3	3	1	3	3
降雪の深さ	cm	94	199	131	47	73	64	49	38	26	41	22	27
降雪日数	日	22	28	20	14	11	17	16	15	18	12	16	22
降雪日数	日	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	10
降雪日数	日	2	7	10	4	7	7	6	3	4	4	1	-
ブリザード回数	回	1	4	5	2	3.5	3.5	3	2	2	2	1	-

・統計方法は気象観測統計指針 (気象庁, 2005) による。

・数値右側の符号は次のとおり。

「」: 推定値。品質に軽微な問題がある対象となる資料の一部が許容する範囲内で欠けている場合。

「」: 資料不足値。統計値を求める対象となる資料が許容する資料数を満たさない場合。

「*」: 1つの極値に対して期間内に起日が2日以上ある場合、最も新しい起日を*を付加している。

・5月30日から7月13日までは記録上太陽中心が地平線上に現れない、不照日数にはこの期間 (45日) を加えてある。

表 3 昭和基地における地上気象観測極値・順位値更新記録(2013 年 2 月～2014 年 1 月).
 Table 3. New surface meteorological observations extrema and ranking at Syowa Station (Feb. 2013–Jan. 2014).

年月	要素	観測値	起日	順位
2013年2月	月間日照時間の少ない方から	134.6h		5位
	月最深積雪	55]cm	5日	4位
3月	日最小相対湿度	29%	12日	3位
	月最深積雪	93cm	31日	2位
4月	月最深積雪	108cm	10日	1位
5月	日最高気温の低い方から	-25.7℃	23日	3位
	月平均気温の低い方から	-17.6℃		2位
	月間日照時間の多い方から	42.9h		2位
	月最深積雪	94]cm	8日	4位
6月	月最深積雪	107cm	8日	3位
7月	日最低気温の低い方から	-39.9℃	17日	4位
	日最大風速・風向	NE44.4m/s	7日	1位
	日最大風速・風向	NE43.1m/s	8日	2位
	日最大瞬間風速・風向	NE53.7m/s	7日	1位
	日最大瞬間風速・風向	NE51.1m/s	8日	6位
	月間日照時間の多い方から	12.1h		5位
	月最深積雪	136cm	27日	2位
	日最大風速・風向	NE44.4m/s	7日	通年6位
	日最大風速・風向	NE43.1m/s	8日	通年10位
	日最大瞬間風速・風向	NE53.7m/s	7日	通年9位
	月最深積雪	136cm	27日	通年7位
8月	月平均気温の高い方から	-16.4℃		6位
	日最大風速・風向	ENE 37.5m/s	5日	9位
	月最深積雪	147]cm	5日	1位
	月最深積雪	147]cm	5日	通年3位
9月	日最高気温の高い方から	-3.4℃	17日	4位
	日最低気温の高い方から	-7.4℃	18日	4位
	日最低気温の低い方から	-41.8℃	2日	6位
	月平均気温の高い方から	-15.2℃		5位
	日最大風速・風向	NE43.4m/s	3日	4位
	日最大風速・風向	NE42.0m/s	4日	5位
	日最大瞬間風速・風向	NE50.1m/s	3日	6位
	日最大瞬間風速・風向	NE48.4m/s	4日	10位
	月間日照時間の多い方から	187.7h		6位
	月最深積雪	155]cm	4日	1位
	日最低気温の低い方から	-41.8℃	2日	通年9位
	日最大風速・風向	NE43.4m/s	3日	通年10位
	月最深積雪	155]cm	4日	通年1位
10月	日最大風速・風向	NE36.5m/s	16日	7位
	月最深積雪	146cm	3日	1位
	月最深積雪	146cm	3日	通年4位
11月	日最低気温の高い方から	-2.0℃	23日	5位
	月平均気温の高い方から	-3.9℃		1位
	月最深積雪	146cm	1日	1位
	月最深積雪	146cm	1日	通年4位
12月	日最大瞬間風速・風向	ENE35.7m/s	31日	10位
	月間日照時間の少ない方から	355.3h		10位
	月最深積雪	132cm	1日	1位
2013年	年平均気温の高い方から	-9.9℃		10位
2014年1月	月最深積雪	102cm	3日	1位

・順位は観測結果を月単位でまとめたもの

・数値右側の符号は次のとおり.

「]」: 資料不足値. 統計値を求める対象となる資料が許容する資料数を満たさない場合.

表 4 昭和基地におけるブリザードの概要 (2013 年 2 月 ~ 2014 年 1 月)。

Table 4. Summaries of heavy snowstorms (blizzards) at Syowa Station (Feb. 2013–Jan. 2014).

階 番	階	開始日時	終了日時	終始時間	継続時間	中断時間	最大風速 (m/s)	最大瞬間風速 (m/s)	最低海面気圧 (hPa)
通番	級						風速	風向	起時
5401	C	2013 年 2 月 11 日 17 時 20 分	2013 年 2 月 12 日 0 時 40 分	7 時間 20 分	7 時間 20 分	0 時間 0 分	24.6 ENE	ENE	11 日 18 時 17 分
5402	B	2013 年 3 月 13 日 19 時 30 分	2013 年 3 月 14 日 12 時 30 分	17 時間 0 分	17 時間 0 分	0 時間 0 分	26.0 NE	NE	14 日 5 時 01 分
5403	C	2013 年 3 月 24 日 17 時 45 分	2013 年 3 月 25 日 0 時 30 分	6 時間 45 分	6 時間 45 分	0 時間 0 分	21.7 NE	NE	24 日 23 時 34 分
5404	B	2013 年 3 月 26 日 9 時 40 分	2013 年 3 月 27 日 4 時 10 分	18 時間 30 分	18 時間 30 分	0 時間 0 分	26.2 ENE	ENE	26 日 18 時 33 分
5405	C	2013 年 3 月 30 日 11 時 40 分	2013 年 3 月 30 日 19 時 10 分	7 時間 30 分	7 時間 30 分	0 時間 0 分	18.5 NE	NE	30 日 16 時 58 分
5406	C	2013 年 4 月 1 日 19 時 15 分	2013 年 4 月 2 日 4 時 0 分	8 時間 45 分	8 時間 45 分	0 時間 0 分	19.9 ENE	ENE	2 日 0 時 58 分
5407	C	2013 年 4 月 3 日 22 時 40 分	2013 年 4 月 4 日 8 時 45 分	10 時間 5 分	10 時間 5 分	0 時間 0 分	20.5 ENE	ENE	4 日 2 時 24 分
5408	A	2013 年 4 月 10 日 1 時 34 分	2013 年 4 月 12 日 4 時 0 分	47 時間 26 分	42 時間 54 分	4 時間 32 分	29.6 ENE	ENE	10 日 22 時 49 分
5409	C	2013 年 4 月 18 日 1 時 50 分	2013 年 4 月 18 日 8 時 50 分	7 時間 0 分	7 時間 0 分	0 時間 0 分	34.8 ENE	ENE	18 日 7 時 07 分
5410	B	2013 年 4 月 24 日 12 時 30 分	2013 年 4 月 25 日 1 時 39 分	13 時間 9 分	13 時間 9 分	0 時間 0 分	24.0 E	E	25 日 0 時 54 分
5411	A	2013 年 5 月 7 日 6 時 50 分	2013 年 5 月 8 日 7 時 55 分	25 時間 25 分	25 時間 25 分	0 時間 0 分	36.6 ENE	ENE	7 日 17 時 56 分
5412	B	2013 年 5 月 26 日 9 時 35 分	2013 年 5 月 27 日 18 時 40 分	33 時間 5 分	33 時間 5 分	0 時間 0 分	25.7 NE	NE	27 日 6 時 33 分
5413	B	2013 年 6 月 5 日 14 時 44 分	2013 年 6 月 6 日 10 時 21 分	19 時間 37 分	19 時間 37 分	0 時間 0 分	25.4 NE	NE	6 日 7 時 07 分
5414	C	2013 年 6 月 15 日 22 時 20 分	2013 年 6 月 16 日 7 時 50 分	9 時間 30 分	9 時間 30 分	0 時間 0 分	18.3 E	ENE	16 日 0 時 53 分
5415	C	2013 年 6 月 20 日 2 時 10 分	2013 年 6 月 20 日 10 時 45 分	8 時間 35 分	8 時間 35 分	0 時間 0 分	25.8 ENE	ENE	20 日 6 時 27 分
5416	B	2013 年 6 月 29 日 3 時 10 分	2013 年 7 月 1 日 11 時 50 分	56 時間 40 分	50 時間 10 分	6 時間 30 分	31.1 NE	NE	30 日 19 時 42 分
5417	A	2013 年 7 月 7 日 9 時 40 分	2013 年 7 月 8 日 6 時 6 分	20 時間 26 分	20 時間 26 分	0 時間 0 分	44.4 NE	NE	7 日 21 時 24 分
5418	B	2013 年 7 月 12 日 8 時 45 分	2013 年 7 月 13 日 14 時 30 分	29 時間 45 分	29 時間 45 分	0 時間 0 分	21.9 NE	NE	13 日 2 時 18 分
5419	B	2013 年 7 月 26 日 8 時 5 分	2013 年 7 月 27 日 7 時 55 分	23 時間 50 分	23 時間 50 分	0 時間 0 分	28.4 E	E	27 日 3 時 00 分
5420	A	2013 年 8 月 1 日 17 時 50 分	2013 年 8 月 2 日 9 時 50 分	16 時間 10 分	16 時間 10 分	0 時間 0 分	31.7 ENE	ENE	2 日 5 時 05 分
5421	B	2013 年 8 月 3 日 3 時 55 分	2013 年 8 月 3 日 22 時 30 分	18 時間 35 分	18 時間 35 分	0 時間 0 分	28.0 ENE	ENE	3 日 14 時 58 分
5422	A	2013 年 8 月 4 日 13 時 5 分	2013 年 8 月 6 日 0 時 6 分	35 時間 1 分	35 時間 1 分	0 時間 0 分	37.5 ENE	ENE	5 日 9 時 29 分
5423	A	2013 年 9 月 3 日 13 時 15 分	2013 年 9 月 4 日 21 時 10 分	31 時間 55 分	31 時間 55 分	0 時間 0 分	43.4 NE	NE	3 日 22 時 36 分
5424	C	2013 年 9 月 18 日 4 時 50 分	2013 年 9 月 18 日 18 時 55 分	14 時間 5 分	14 時間 5 分	0 時間 0 分	25.7 NE	NE	18 日 12 時 36 分
5425	A	2013 年 10 月 16 日 10 時 20 分	2013 年 10 月 18 日 13 時 50 分	51 時間 30 分	51 時間 30 分	0 時間 0 分	36.5 NE	NE	16 日 15 時 23 分
5426	C	2013 年 10 月 28 日 6 時 30 分	2013 年 10 月 28 日 13 時 0 分	6 時間 30 分	6 時間 30 分	0 時間 0 分	28.0 NE	ENE	28 日 8 時 12 分
5427	C	2013 年 11 月 2 日 21 時 20 分	2013 年 11 月 3 日 11 時 30 分	14 時間 10 分	14 時間 10 分	0 時間 0 分	22.8 NE	NE	3 日 4 時 57 分
5428	B	2013 年 11 月 9 日 6 時 50 分	2013 年 11 月 10 日 4 時 50 分	22 時間 0 分	22 時間 0 分	0 時間 0 分	24.6 NE	NE	9 日 20 時 02 分
5429	C	2013 年 12 月 21 日 1 時 20 分	2013 年 12 月 21 日 7 時 30 分	6 時間 10 分	6 時間 10 分	0 時間 0 分	23.4 NE	NE	21 日 3 時 01 分

※階級区分は次による。

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

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

C級：視程 1km 未満，風速 10m/s 以上の状態が 6 時間以上継続

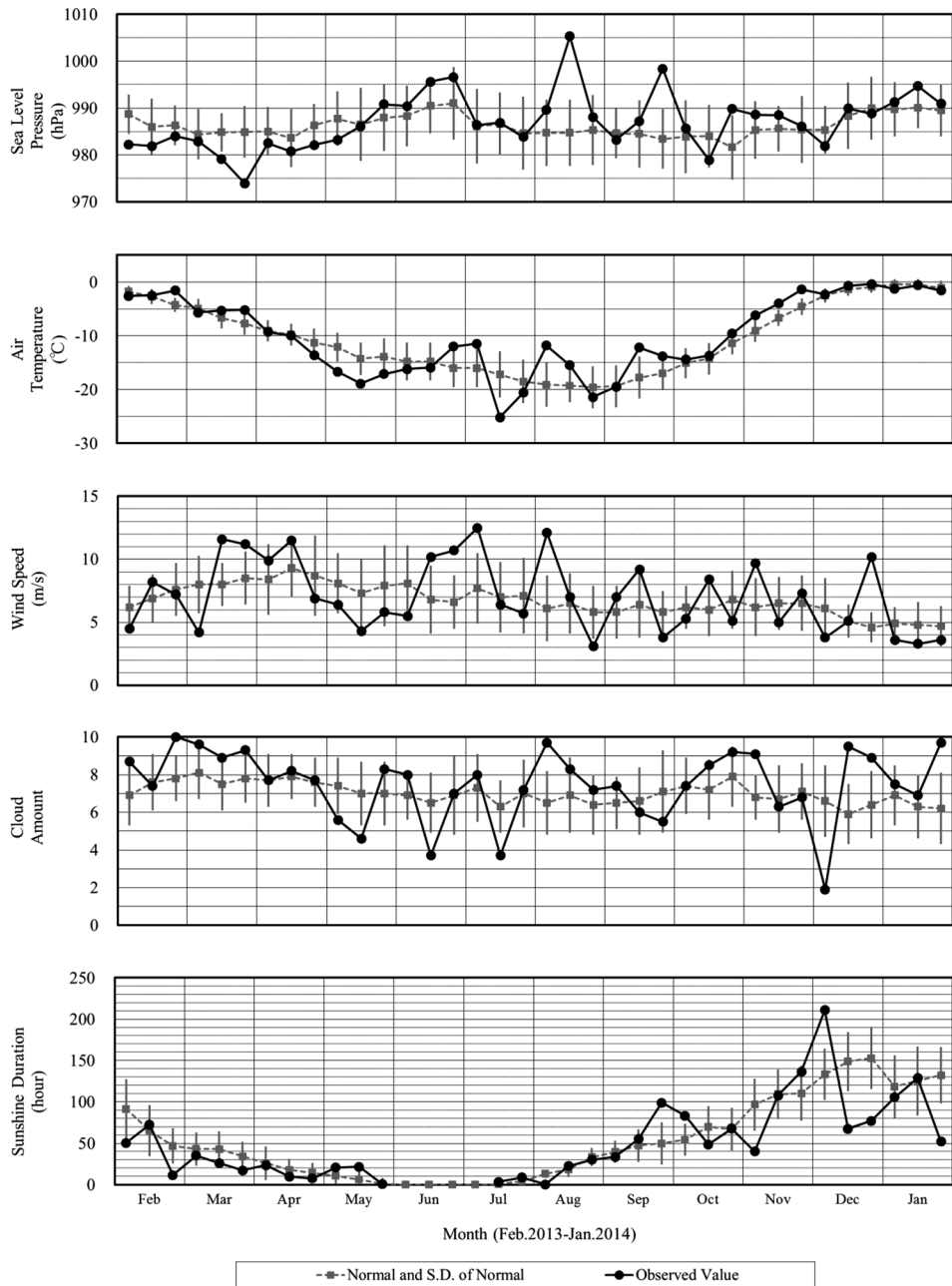


図 2 昭和基地における地上気象旬別経過図 (2013 年 2 月～2014 年 1 月)。平年値は 1981 年～2010 年の平均値。

Fig. 2. Time series of 10-day mean surface meteorological data at Syowa Station (Feb. 2013–Jan. 2014). The Normals are average values calculated based on observed data from 1981 to 2010.

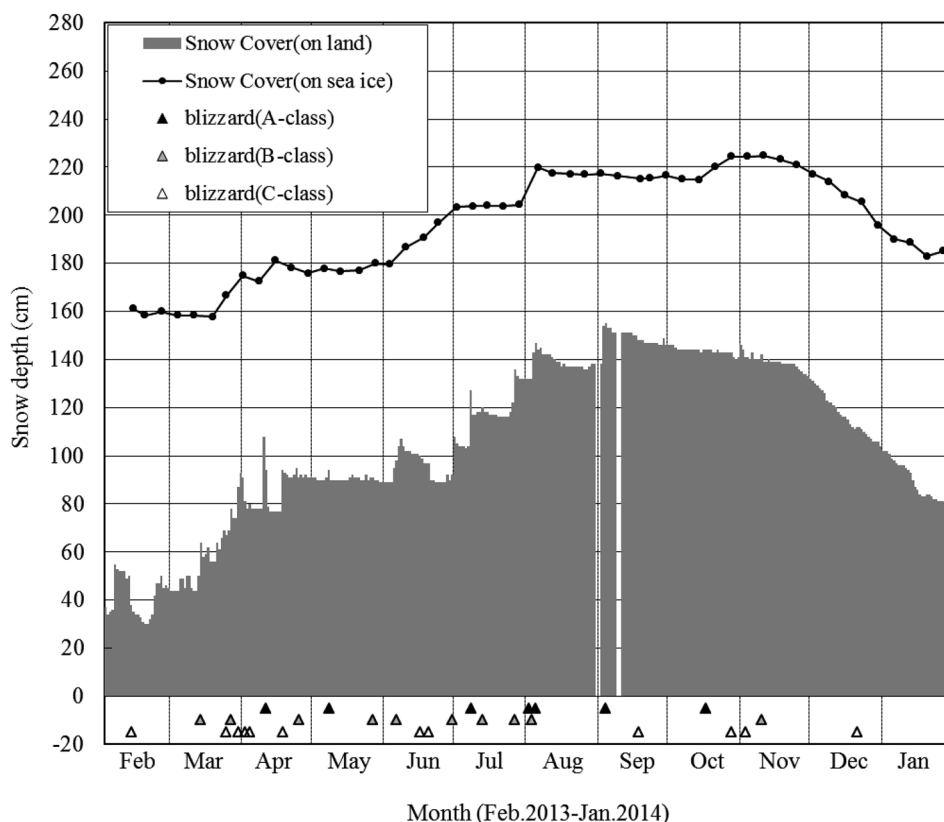


図 3 海氷上（雪尺）と昭和基地内（積雪計）の積雪深観測値の比較（2013 年 2 月～2014 年 1 月）。海氷上（雪尺）の観測については、2009 年 3 月 21 日の観測値を 0 cm とした上で、前観測との差を前回の積雪の深さに加算したものを積雪の深さの観測値とした。昭和基地内（積雪計）の観測については、設置地点の地表面が積雪の深さの基準面（0 cm）である。なお、8 月 31 日、9 月 1 日、9 月 9 日、9 月 10 日の昭和基地内（積雪計）による観測は欠測となっている。

Fig. 3. Comparison of snow depth on sea ice with that at Syowa Station (Feb. 2013–Jan. 2014). As for the snow cover on sea ice, the depth was initially set as 0 cm on March 21st 2009; the subsequent depth is the sum of the difference from the previous measurement and the depth at the time of the previous measurement. As for the snow cover on land, the ground level is used as a standard (0 cm level) for the depth. There are missing data on snow cover (on land) on August 31st and September 1st, 9th and 10th.

表 5 昭和基地における気象概況 (2013 年 2 月～2014 年 1 月)。(1/2)

Table 5. Weather summaries at Syowa Station (Feb. 2013–Jan. 2014). (1/2)

年・月	天気概況
	上旬と下旬を中心に低気圧と気圧の谷が周期的に昭和基地周辺へ接近し、曇りまたは雪の日が多かった。そのため雪量の平均、雪日数ともに平年を上回った。ブリザードは1回記録した。日照時間は平年よりかなり少なく、2月の「月間日照時間の少ない方から」の第5位となる134.6時間を記録した。また月平均気温は平年より高かった。
2013年 2月	<p>上旬 1日から2日までは大陸からの高気圧に覆われ晴れた。それ以降は低気圧と気圧の谷が周期的に昭和基地周辺へ接近したため、曇りまたは雪の日が多かった。そのため日照時間が平年よりかなり少なかった。日平均気温は、1、2日は平年よりかなり低く、3、7、8日も低く推移したため、旬平均気温は平年よりも低かった。</p> <p>中旬 期間のはじめに北西から発達した低気圧が昭和基地に接近したため、11日から12日にかけてふぶき、ブリザードを記録した。期間の後半には大陸からの高気圧に覆われ、晴れる日があった。旬平均気温は平年並で、日照時間は平年より多かった。</p> <p>下旬 低気圧と気圧の谷が周期的に昭和基地周辺へ接近したため、曇りまたは雪の日が多かった。そのため日照時間が平年よりかなり少なく、旬平均気温は平年よりかなり高かった。</p>
	低気圧と上空の気圧の谷が周期的に昭和基地付近へ接近したため、曇りまたは雪の日が多かった。そのため雪量の平均、雪日数ともに平年を上回った。ブリザードは4回記録した。月平均気温は平年より高く、日照時間は少なかった。
2013年 3月	<p>上旬 期間の前半は北西から低気圧が周期的に昭和基地付近へ接近したため、雪または曇りで経過した。後半は6日、9日に大陸からの高気圧に覆われて晴れたが、それ以外は前半同様に低気圧が接近した影響で雪または曇りで経過した。旬平均気温、日照時間はともに平年並であった。</p> <p>中旬 11日に大陸からの高気圧に覆われて晴れた後、低気圧と気圧の谷が周期的に昭和基地付近へ接近したため、雪または曇りで経過した。13～14日は発達した低気圧が接近したため、風・雪ともに強まり、ブリザードを記録した。旬平均気温は平年より高く、日照時間は少なかった。旬平均風速は平年値を上回った。</p> <p>下旬 低気圧が周期的に昭和基地付近へ接近したため、雪または曇りで経過した。24、25、26、27、30日は発達した低気圧が昭和基地付近へ接近したため、風・雪ともに強まり、ブリザードを記録した。また21日には雪あられを観測した。旬平均気温は平年よりかなり高く、日照時間は少なかった。旬平均風速は平年値を上回った。</p>
	低気圧と上空の気圧の谷が周期的に昭和基地付近へ接近したため、曇りまたは雪の日が多かった。上旬の後半は大陸からの高気圧に覆われ、晴れる日が多かった。上旬を中心に降雪が多く4月の月最深積雪が1999年の統計開始以来、最も多い値(108cm)を更新した。ブリザードは5回記録した。月平均気温は平年より低く、日照時間は平年並みだった。
2013年 4月	<p>上旬 期間の前半は低気圧と気圧の谷が周期的に昭和基地付近に接近したため、雪または曇りで経過した。1日および3日は発達した低気圧が接近したためふぶき、ブリザードを記録した。期間の後半は大陸からの高気圧に覆われる日が続いた後、9日頃からリュツォ・ホルム湾の北に停滞した低気圧の影響でふぶき、ブリザードを記録した。日照時間、旬平均気温は平年より少なかった。旬平均風速は平年値を上回った。</p> <p>中旬 上旬の終わりにから継続していたふぶきは12日の明け方におさまった。大陸からの高気圧に覆われ晴れた15日以外は低気圧と気圧の谷が周期的に昭和基地付近に接近した影響で、雪または曇りで経過した。また、17、18日は北西から発達した低気圧が接近した影響で地ふぶきとなり、ブリザードを記録した。旬平均気温は平年並、日照時間は平年より少なかった。旬平均風速は平年値を上回った。</p> <p>下旬 期間の前半は低気圧が周期的に昭和基地付近に接近したため、概ね雪または曇りで経過した。24日は低気圧が昭和基地付近より接近したためふぶき、ブリザードを記録した。期間の後半は大陸からの高気圧に覆われ、晴れる日があった。旬平均気温は平年より低く、日照時間は平年並だった。旬平均風速は平年値を下回った。</p>
	中旬を中心に高気圧に覆われて晴れる日が多かった。ブリザードは2回記録した。月平均気温は平年よりかなり低く、5月の「月平均気温の低い方から」第2位となる-17.6℃を記録した。23日には5月の「日最高気温の低い方から」第3位となる-25.7℃を記録した。日照時間は平年よりかなり多く、5月の「月間日照時間の多い方から」第2位となる42.9時間を記録した。
2013年 5月	<p>上旬 1日から2日にかけて昭和基地付近に低気圧が接近したため、雪または曇りで経過した。7日から8日にかけては発達した低気圧が昭和基地付近に接近したためふぶき、ブリザードを記録した。これら以外は大陸からの高気圧に覆われ、概ね晴れる日が多かった。旬平均気温は平年よりかなり低く、日照時間は平年より多かった。</p> <p>中旬 期間の前半は大陸からの高気圧に覆われ、概ね晴れる日が続いた。期間の後半は低気圧と気圧の谷が周期的に昭和基地付近に接近した影響で、雪または曇りで経過した。旬平均気温は平年より低く、日照時間は平年よりかなり多かった。</p> <p>下旬 期間の前半は23日を除き低気圧と気圧の谷が周期的に昭和基地付近に接近したため、雪または曇りで経過した。期間の後半は26日から発達した低気圧が昭和基地付近に接近し、27日にかけてふぶき、ブリザードを記録した。その後は、徐々に大陸からの高気圧に覆われ、29日から概ね晴れまたは薄曇りで経過した。旬平均気温は平年より低く、日照時間は平年より多かった。</p>
	大陸の高気圧に覆われた日が多かったため、晴れる日が多かった。雪日数は平年を下回った。ブリザードは3.5回記録した。月平均気温は平年並みであった。
2013年 6月	<p>上旬 期間の前半は大陸の高気圧に覆われ、概ね晴れまたは薄曇りで経過した。5日頃から、昭和基地の西から低気圧が接近したため風・雪が強まり、ブリザードを記録した。旬平均気温は平年より低かった。旬平均風速は平年値を下回った。</p> <p>中旬 期間の前半は大陸の高気圧に覆われ、概ね晴れで経過した。15日には低気圧が昭和基地付近を通過したため風が強まり、ブリザードを記録した。その後は大陸の高気圧に覆われ、概ね晴れまたは薄曇りで経過した。19日頃から、昭和基地の北西から発達した低気圧が接近したため風が強まり、再びブリザードを記録した。旬平均気温は平年並であった。旬平均風速は平年値を上回った。</p> <p>下旬 期間の前半は、22～23日にかけて昭和基地付近に低気圧が接近し曇りとなったほかは大陸の高気圧に覆われ、概ね晴れまたは薄曇りで経過した。後半は大陸の高気圧に覆われ、晴れまたは薄曇りで経過したのち、28日頃から昭和基地の北西から発達した低気圧が接近したため風・雪が強まり、ブリザードを記録した。旬平均気温は平年より高かった。旬平均風速は平年値を上回った。</p>
	期間の前半は低気圧や上空の気圧の谷の影響で雪または曇りの日が多かったのに対し、後半は高気圧に覆われ晴れる日が多かった。17日は気温が低下し、7月の「日最低気温の低い方から」第4位となる-39.9℃を記録した。ブリザードは3.5回記録した。7日からのブリザード時には強風が吹き、7月の「日最大風速・風向」および「日最大瞬間風速・風向」の第1位となる44.4m/sと53.7m/sを記録した。この記録は通年で見て「日最大風速・風向」第6位、「日最大瞬間風速・風向」第9位となった。月平均気温は平年より低かった。日照時間は平年より多かった。
2013年 7月	<p>上旬 前月29日からのブリザードは1日まで続いた。その後も周期的に低気圧や気圧の谷が昭和基地付近に接近したため、概ね曇りまたは雪で経過した。7日頃から昭和基地北西より発達した低気圧が接近した影響でふぶき、ブリザードを記録した。旬平均気温は平年よりかなり高かった。旬平均風速は平年値を上回った。</p> <p>中旬 12日頃から昭和基地西から低気圧が接近した影響でふぶき、ブリザードを記録した。14日以降は大陸の高気圧に覆われ、概ね晴れる日が続いた。旬平均気温は平年よりかなり低かった。旬平均風速は平年値を下回った。</p> <p>下旬 期間の前半は大陸の高気圧に覆われ、晴れる日が続いた。26日頃から北から発達した低気圧が昭和基地付近に接近したためにふぶき、ブリザードを記録した。旬平均気温は平年並だった。旬平均風速は平年値を下回った。</p>

表 5 昭和基地における気象概況 (2013 年 2 月～2014 年 1 月). (2/2)

Table 5. Weather summaries at Syowa Station (Feb. 2013–Jan. 2014). (2/2)

2013年 8月		発達した低気圧の影響で上旬に荒れた天気が続いた後も、低気圧と気圧の谷の影響で雲が広がる日が多かった。8月の月最深積雪は1999年の統計開始以来、最も多い値 (147cm) を更新した。ブリザードは3回記録した。上旬と中旬に低気圧が多く接近したため気温が上昇し、8月の「月平均気温の高い方から」6位となる-16.4℃を記録した。月平均気温は平年より高く、日照時間は平年より少なかった。
	上旬	低気圧と気圧の谷が周期的に昭和基地付近に接近したため、概ね雪または曇りで経過した。期間の前半には発達した低気圧が連続して昭和基地付近に接近したため、ブリザードを3回記録した。旬平均気温は平年よりかなり高く、日照時間はかなり少なかった。旬平均風速は平年値を上回った。
	中旬	低気圧と気圧の谷が周期的に昭和基地付近に接近したため、雲が広がるが多かった。19日頃からは大陸の高気圧に覆われることが多く、概ね晴れまたは薄曇りで経過した。旬平均気温は平年よりかなり高く、日照時間は平年並であった。旬平均風速は平年値を上回った。
2013年 9月	下旬	期間の前半は低気圧と気圧の谷が周期的に昭和基地付近に接近したため、概ね雪または曇りで経過した。後半は大陸からの高気圧に覆われ、晴れまたは薄曇りが多かった。旬平均気温は平年より低く、日照時間は平年並であった。旬平均風速は平年値を下回った。
		下旬を中心に大陸の高気圧に覆われる日が多かった。9月の月最深積雪は1999年の統計開始以来、最も多い値 (155cm) を更新し、この記録は通年で見て第1位となった。ブリザードは2回記録した。上旬のブリザードでは強風が吹き、9月の「日最大風速・風向」で第4位となる43.4m/s、「日最大瞬間風速・風向」で第6位となる50.1m/sを記録した。この記録は通年で見て「日最大風速・風向」第10位となった。中旬のブリザードの前後では気温が上昇し、9月の「日最高気温の高い方から」「日最低気温の高い方から」でそれぞれ第4位となる3.4℃、-7.4℃を記録した。一方で、2日は気温が下がり、9月の「日最低気温の低い方から」第6位となる-41.8℃を記録し、この記録は通年で見て第9位となった。月平均気温は平年より高く、「月平均気温の高い方から」第5位となる-15.2℃を記録した。日照時間は平年より多かった。
	上旬	2日頃まで大陸の高気圧に覆われ、概ね晴れて経過した後、北西から発達した低気圧が接近したため3日から4日にかけてふぶき、ブリザードを記録した。その後も低気圧や気圧の谷の接近により概ね雪または曇りで経過した。旬平均気温、日照時間はともに平年並であった。旬平均風速は平年を上回った。
2013年 10月	中旬	期間の前半は低気圧や気圧の谷の接近により、雪または曇りとなる日が多かった。14日頃から発達した低気圧が連続して昭和基地付近に接近し、強風が継続した。18日頃からは雪が強まり、ブリザードを記録した。その後は大陸の高気圧に覆われ、概ね晴れまたは薄曇りで経過した。旬平均気温は平年よりかなり高く、日照時間は平年並であった。旬平均風速は平年を上回った。
	下旬	昭和基地北の海上に低気圧が停滞したため、22日頃まで概ね曇りで経過した。その後は大陸の高気圧に覆われることが多く、概ね晴れまたは薄曇りで経過した。旬平均気温は平年より高く、日照時間は平年よりかなり多かった。旬平均風速は平年値を下回った。
		低気圧と上空の気圧の谷が周期的に昭和基地付近へ接近したため、曇りの日が多かった。10月の月最深積雪は1999年の統計開始以来、最も多い値 (146cm) を更新した。ブリザードは2回記録した。16日からのブリザード時には強風が吹き、10月の「日最大風速・風向」の第7位となる36.5m/sを記録した。月平均気温は平年より高く、日照時間は平年並みであった。
2013年 11月	上旬	6日までは低気圧や気圧の谷の影響で雪や曇りとなる日が多かった。7日以降は高気圧が優勢となり、概ね晴れて経過した。旬平均気温は平年並で、日照時間は平年より多かった。旬平均風速は平年値を下回った。
	中旬	期間の前半は高気圧の圏内となり晴れることが多かったが、13～14日は低気圧の影響で雪または曇りとなった。期間の後半は16～18日にかけて発達した低気圧が昭和基地に接近したため、ブリザードを記録した。その後も低気圧の影響を受け雪または曇りで経過した。旬平均気温は平年並で、日照時間は平年より少なかった。旬平均風速は平年値を上回った。
	下旬	低気圧と気圧の谷が周期的に昭和基地周辺へ接近したため、曇りまたは雪の日が多かった。24～25日は高気圧の圏内となり、晴れまたは薄曇りで経過した。28日は発達した低気圧の影響で風が強まり、ブリザードを記録した。旬平均気温は平年より高く、日照時間は平年並であった。旬平均風速は平年値を下回った。
2013年 12月		期間の前半は低気圧と上空の気圧の谷が周期的に昭和基地付近へ接近したため、曇りまたは雪の日が多かった。後半は大陸の高気圧に覆われ、晴れまたは薄曇りの日が多かった。11月の月最深積雪は1999年の統計開始以来、最も多い値 (146cm) を更新した。ブリザードは2回記録した。月平均気温は平年よりかなり高く、「月平均気温の高い方から」第1位となる-3.9℃を記録した。日照時間は平年より少なかった。
	上旬	低気圧と気圧の谷が周期的に昭和基地周辺へ接近したため、曇りまたは雪の日が多かった。2～3日および9～10日にかけて発達した低気圧が昭和基地に接近したため風雪が強まり、ブリザードを記録した。旬平均気温は平年よりかなり高く、日照時間は平年よりかなり少なかった。旬平均風速は平年値を上回った。
	中旬	期間の前半は低気圧や気圧の谷の影響で、曇りまたは雪の日が多かった。後半は大陸の高気圧に覆われ、晴れまたは薄曇りの日が多かった。旬平均気温は平年よりかなり高く、日照時間は平年並みであった。旬平均風速は平年値を下回った。
2014年 1月	下旬	期間の前半は低気圧の接近により、曇る日が多かった。後半は大陸の高気圧に覆われ、晴れまたは薄曇りの日が多かった。旬平均気温は平年よりかなり高く、日照時間は平年より多かった。旬平均風速は平年値を上回った。
	上旬	上旬までは大陸の高気圧に覆われ、概ね晴れまたは薄曇りで経過した。中旬以降は低気圧や上空の気圧の谷が周期的に昭和基地付近に接近したため、概ね雪または曇りで経過した。12月の月最深積雪は1999年の統計開始以来、最も多い値 (132cm) を更新した。ブリザードは1回記録した。月平均気温は平年より高かった。日照時間は少なく、「月間日照時間の少ない方から」第10位となる355.3時間を記録した。
	中旬	大陸の高気圧に覆われ、晴れまたは薄曇りの日が多かった。旬平均気温は平年並、日照時間は平年よりかなり多かった。旬平均風速は平年値を下回った。
2014年 1月	下旬	低気圧や気圧の谷が周期的に昭和基地付近へ接近したため、概ね雪または曇りで経過した。旬平均気温は平年より高く、日照時間は平年よりかなり少なかった。旬平均風速は平年値と等しかった。
		低気圧が周期的に昭和基地付近へ接近したため、概ね雪または曇りで経過した。21日は発達した低気圧が昭和基地付近へ接近したため、風・雪ともに強まり、ブリザードを記録した。旬平均気温は平年より高く、日照時間は平年よりかなり少なかった。旬平均風速は平年値を上回った。
2014年 1月	上旬	期間の後半を中心に低気圧と気圧の谷が周期的に昭和基地周辺へ接近し、曇りまたは雪の日が多かった。そのため平均曇量、雪日数とも平年を上回った。霧の発生する日も多く、霧日数も平年を上回り、過去最多となった。1月の月最深積雪は2000年の統計開始以来、最も多い値 (102cm) を更新した。月平均気温は平年より低く、日照時間は少なかった。
	中旬	期間の前半は低気圧の接近により、曇りまたは雪の日が多かった。期間の後半は大陸の高気圧に覆われ、晴れまたは薄曇りの日が多かった。しかしながら、風が弱かったため、霧が発生する日も多かった。旬平均気温は平年より低く、日照時間は平年並であった。旬平均風速は平年値を下回った。
	下旬	大陸の高気圧に覆われ、晴れる日が多かった。期間の後半になると、気圧の谷が接近したため、曇りまたは雪の日があった。また、霧の発生する日もあった。旬平均気温、日照時間も平年並であった。旬平均風速は平年値を下回った。
2014年 1月	上旬	低気圧や気圧の谷が周期的に昭和基地付近に接近したため、概ね曇りまたは雪で経過した。期間の後半には霧が発生する日があった。旬平均気温は平年より低く、日照時間は平年よりかなり少なかった。旬平均風速は平年値を下回った。
	下旬	低気圧や気圧の谷が周期的に昭和基地付近に接近したため、概ね曇りまたは雪で経過した。期間の後半には霧が発生する日があった。旬平均気温は平年より低く、日照時間は平年よりかなり少なかった。旬平均風速は平年値を下回った。

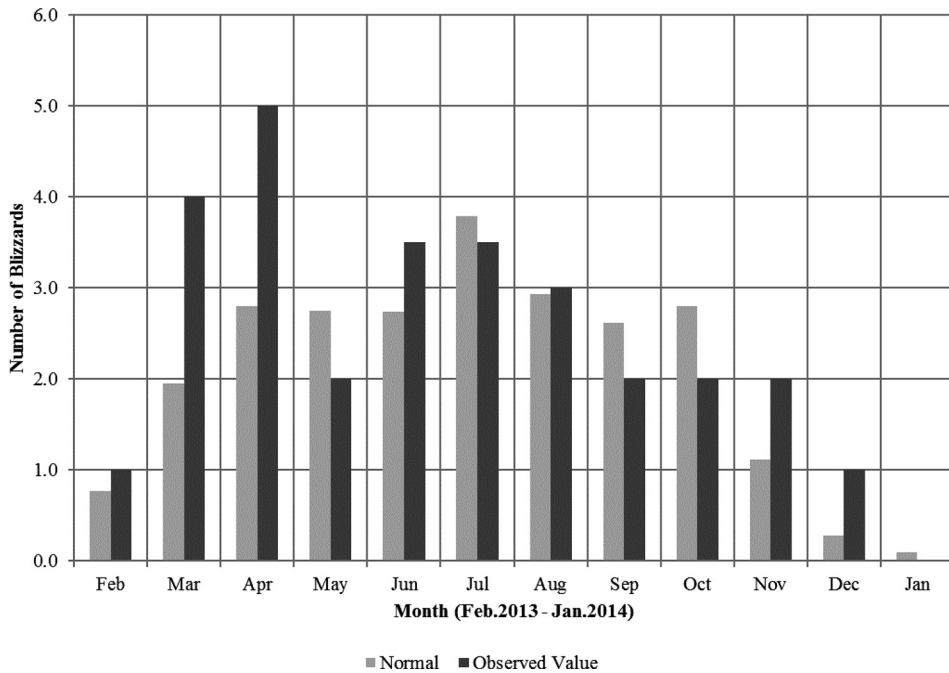


図 4 月別ブリザード数 (2013 年 2 月～2014 年 1 月)。平年値は 1981 年～2010 年の平均値。

Fig. 4. Number of Blizzards per month at Syowa Station (Feb. 2013–Jan. 2014). The Normal is the average value calculated based on observed data from 1981 to 2010.

3. 高層気象観測

3.1. 観測方法と測器

昭和基地は 1995 年に WMO 等の国際機関により構築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) において南極圏内の希少な観測点である。観測は高層気象観測指針 (気象庁, 2004) に基づき, 毎日 00, 12 UTC の 2 回行った。ヘリウムガスを充填した 600 g ゴム気球に GPS ゾンデ (明星電気製) 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 を下回るまでの相対湿度の高度分布を観測した。オゾンの鉛直分布を観測するオゾンゾンデを飛揚する際には (4.4. 参照), GPS ゾンデの代替観測とした。

飛揚直前には, 使用周波数, GPS 衛星数, 高度, 気温及び湿度に関する点検を行い, 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。

GPS ゾンデ信号の受信, 計算処理, 帳票作成, 気象電報作成などには 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 (FM35 TEMP) により, インテルサット衛星回線経由で全球通信システム (GTS) に通報した。GPS ゾンデ

表 6 RS-01GM 型及び RS-06G 型 GPS ゾンデの各センサの性能.
Table 6. Sensor Performances of RS-01GM GPS sonde and RS-06G GPS sonde.

ゾンデ型式	観測要素	センサ	測定範囲	分解能	備 考
RS-01GM型 GPSゾンデ (~2013年3月 11日 12UTC)	気圧	GPS高度, 気温, 湿度により算出	1040~5hPa	0.1hPa	計測精度 地上~100hPa : ± 1 hPa 100hPa~5hPa : ± 0.5 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℃	0.1℃	飛揚前点検で精度確認 計測精度 ± 0.5 ℃
	湿度	高分子膜 (静電容量変化式)	1~100%RH	0.1%RH	飛揚前点検で精度確認 計測精度 ± 7.0 %RH (10~95%) ± 10.0 %RH (上記以外)
	風向	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	0~360°	0.1°	
	風速		0~200m/s	0.1m/s	
	高度	GPSゾンデが受信するGPS衛星信号より幾何学高度を算出し, ジオポテンシャル高度(GPM)に変換	-200.0~40000.0m	0.1m	計測精度 ± 5.0 m
RS-06G型 GPSゾンデ (2013年3月 12日 00UTC~)	気圧	GPS高度, 気温, 湿度により算出	1050~3hPa	0.1hPa	計測精度 地上~100hPa : ± 1 hPa 100hPa~3hPa : ± 0.5 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℃	0.1℃	飛揚前点検で精度確認 計測精度 ± 0.5 ℃
	湿度	高分子感湿膜 (静電容量変化式)	1~100%RH	0.1%RH	飛揚前点検で精度確認 計測精度 ± 7.0 %RH
	風向	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	0~360°	0.1°	
	風速		0~200m/s	0.1m/s	
	高度	GPSゾンデが受信するGPS衛星信号より幾何学高度を算出し, ジオポテンシャル高度(GPM)に変換	-200.0~40000.0m	0.1m	計測精度 ± 5.0 m

の各センサーの性能を表 6 に示す.

3.2. 観測経過

第 54 次隊として 2013 年 2 月 1 日 00 UTC より 2014 年 1 月 31 日 12 UTC までの観測を行った (表 7). この期間中, ブリザードによる強風のため欠測となった観測が 4 回 (7 月 7 日 12 UTC, 8 月 5 日 12 UTC, 9 月 4 日 00 UTC, 10 月 16 日 12 UTC) あった.

3 月 11 日 12 UTC にはこれまで使用していた RS-01GM 型 GPS ゾンデによる観測を終了し, 3 月 12 日 00 UTC から RS-06G 型 GPS ゾンデによる観測を開始した.

南極の低温下でもゴム気球の性能を維持するため, 1 年を通して予め恒温槽に入れて加温した気球を観測に使用した. 特に, 冬期間は, 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ことを防ぐため, 4 月 25 日から 11 月 6 日の期間 (00 UTC, 12 UTC) 及び 11 月 9 日 (00 UTC), ゴム気球を油 (航空タービン燃料油の JP-5) に浸したのを乾燥させて使用する油漬けを実施し, 飛揚した. なお, 油漬けの実施期間は成層圏の気温が -68 ℃ を下回る時期を目安とした.

表 7 昭和基地における高層気象観測状況.

Table 7. The number of observations of aerological observations at Syowa Station.

項目	年 2013年												2014年	
	月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	合計
飛揚回数		58	65	61	63	61	68	62	59	63	61	62	63	746
定時観測回数		56	62	60	62	60	61	61	59	62	60	62	62	730
欠測回数(※1)		0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	4
資料欠如回数(※2)		0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
再観測回数		2	3	1	1	1	7	1	0	1	1	0	1	19
到達 (※3) 気圧 / 高	回数	56	62	60	62	60	61	61	59	61	60	62	62	726
	平均 hPa	11.3	11.0	11.9	10.7	10.1	19.8	11.8	12.7	15.7	12.9	11.2	11.6	12.6
	平均 km	31.1	30.4	29.0	28.7	28.3	25.9	27.7	27.9	27.3	30.0	31.2	31.2	29.0
	最高 hPa	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.2	5.4	5.0	5.0	5.7	5.0
	最高 km	36.6	35.9	34.4	33.0	32.3	31.7	33.0	33.9	33.9	36.6	36.9	36.0	36.9

※1：観測資料なし又は定時観測のうち到達気圧が500hPa指定気圧面未満であった回数。

※2：定時観測のうち到達気圧が500hPa指定気圧面以上100hPa指定気圧面未満であった回数。

※3：回数は定時観測の内、150hPa以上の指定気圧面の観測点が得られた回数。

3.3. 観測結果

2013 年 1 月から 2014 年 1 月までの 00UTC における主な指定気圧面の月平均気温と平年値（1981 年～2010 年）の年変化（00UTC）を図 5 に示す。

2013 年 1 月から 2 月にかけては 700 hPa 面から 400 hPa 面までの指定気圧面で気温が平年よりかなり高く、高いほうからの第 1 位を記録した。一方で 100 hPa より上層の指定気圧面の月平均気温は 1, 2 月とも平年並みとなった。700 hPa 面から 400 hPa 面までの指定気圧面では、3 月から 5 月にかけて平年より低かったが 6 月は逆に平年より高かった。8 月から 200 hPa 面より上層で急激に昇温し、9 月には平年より高い状態で推移した。11 月以降は上層で平年より気温が高い状態は解消したが、300 hPa 面以下の高度の指定気圧面で平年より気温がかなり高い状態となり、300 hPa 面の月平均気温が高いほうからの 1 位の値を更新した。12 月以降の 30 hPa 面では平年よりかなり低い状態となり、2014 年 1 月は低いほうからの 1 位の値を更新した。成層圏突然昇温は極夜明けの時期に観測されるが、WMO への通報基準である「1 週間以内に最大上昇温度が 25℃ 以上の気温上昇」は、9 月 4 日 12UTC から 10 月 24 日 12UTC にかけて 70 hPa より上層で度々発生し、9 月 19 日には 20 hPa で 52.1℃/7 日の昇温を記録した。11 月 18 日にも 200 hPa で 25.4℃/7 日を観測した。

2013 年 1 月から 2014 年 1 月までの月平均気温及び風の東西・南北成分の平均値、平年値及び平年偏差の時間高度断面図を図 6 に示す。

下部成層圏では気温 -70℃ 以下の領域が明瞭に現れたのは 5 月中旬からで、7 月上旬には -85℃ 以下の領域も現れて 7 月下旬まで負偏差の状態が継続した。この間の下部成層圏の風の東西成分は 6 月から 7 月にかけては平年よりも負偏差が大きかった。下部成層圏の風向の南北成分は 7 月初めまでは正偏差が大きかったがそれ以降は負偏差に変化した。8 月に入ると風向の南北成分は負偏差が大きくなり気温偏差も大きく正偏差となった。この状態は 10

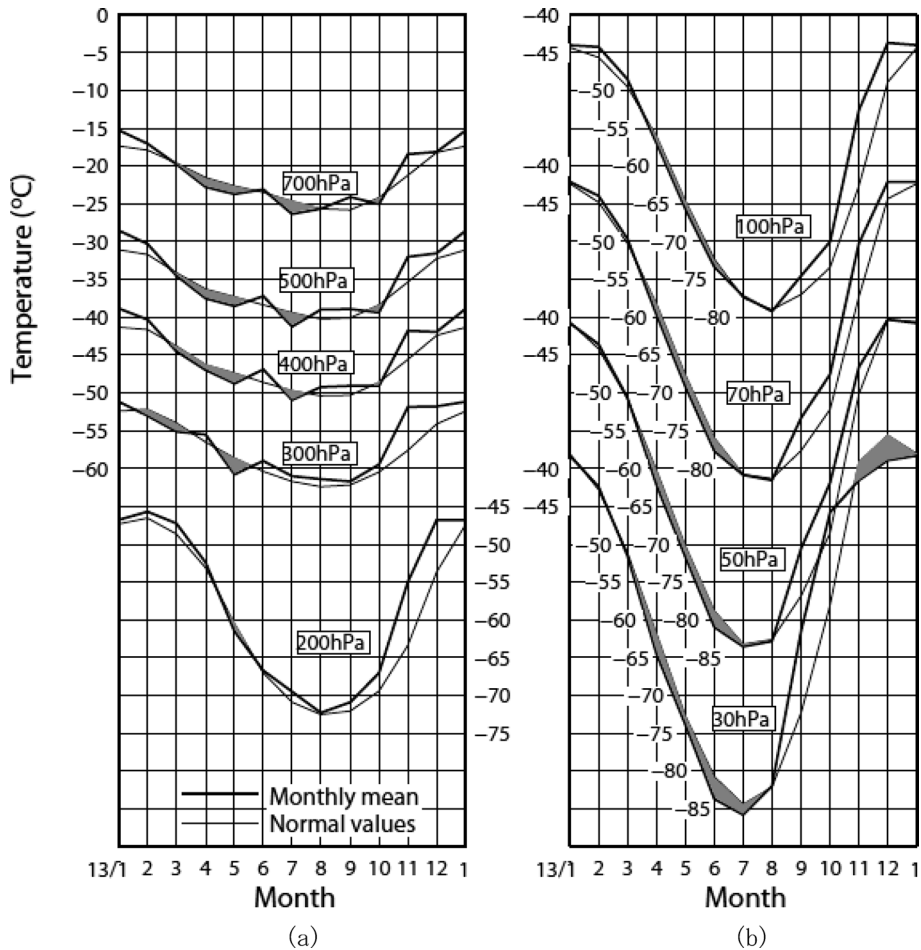


図 5 指定気圧面の月平均気温の年変化（2013 年 1 月～2014 年 1 月）と平年値（1981 年～2010 年）の年変化（00 UTC）. (a) 700 hPa–200 hPa, (b) 100 hPa–30 hPa.

Fig. 5. Annual variations of monthly mean upper air temperature (Jan. 2013–Jan. 2014) and normal values (1981–2010) at Syowa Station. (a) 700 hPa–200 hPa, (b) 100 hPa–30 hPa.

月上旬にかけて継続し、その間は 200 hPa より上層では気温偏差が平年より +10℃ 以上高い状態も見られた。11 月以降は風向の南北成分について 100 hPa より上層で正偏差に変化し、気温偏差が 100 hPa から 200 hPa の間で 10℃ 程度高くなり、50 hPa より上層で平年より低くなった。

4. オゾン観測

4.1. 概要

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、ECC 型オゾ

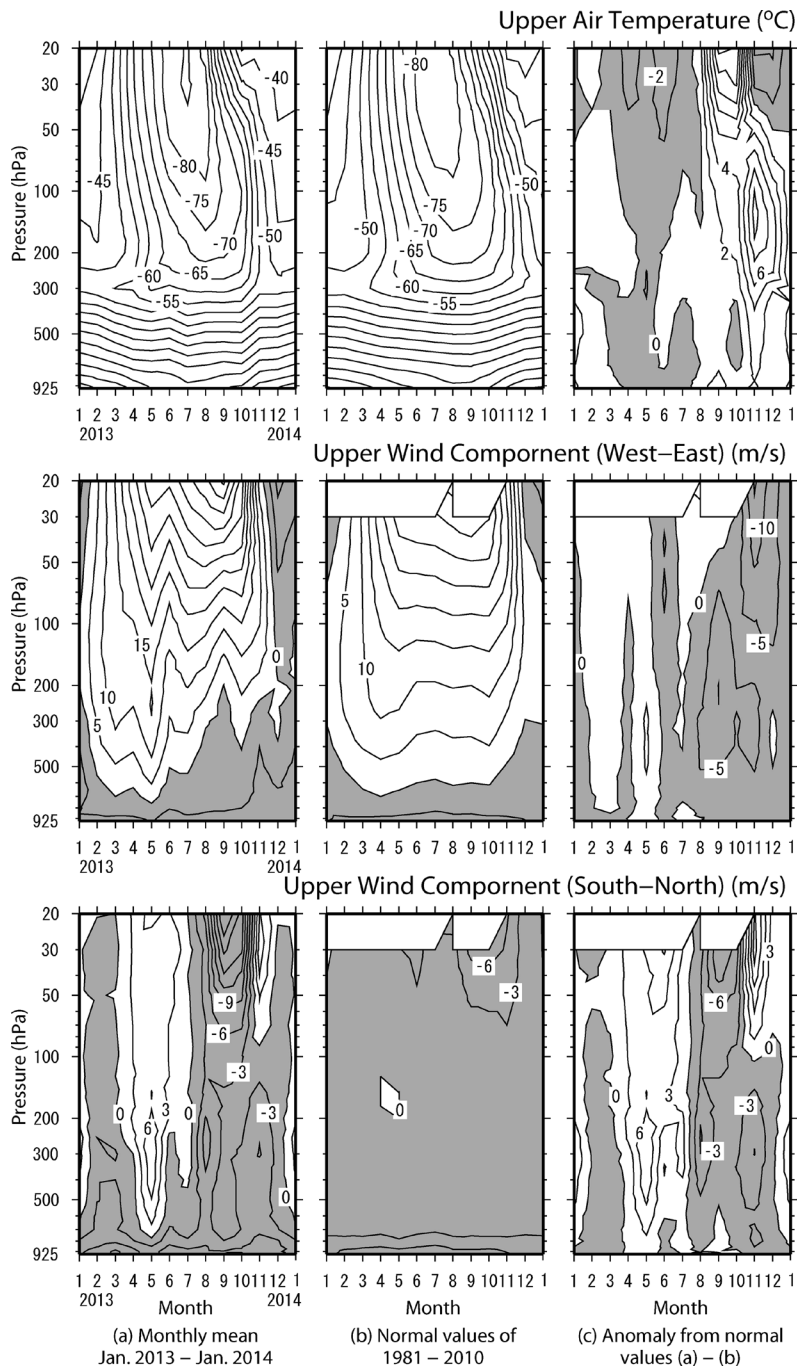


図 6 高層の気温と風の東西方向・南北方向の観測結果. (a) 月平均値, (b) 平年値 (1981 年～2010 年), (c) 平年値からの偏差.

Fig. 6. Annual variations in upper air temperature ($^{\circ}\text{C}$) and upper wind components (m/s). (a) Monthly mean, (b) normal values (1981–2010), (c) anomalies.

表 8 昭和基地におけるオゾン観測器材.

Table 8. 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		備考
オゾン全量・反転観測	ドブソン分光光度計	Beck No.122 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光し、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	ラジオゾンデ	RS-06G	気圧	1050～3hPa	RS-06G 型 GPS ゾンデと同等(表 6 参照)
			気温	+40～-90℃	
			湿度	1～100%	
			風向 風速	0～360° 0～200m/s	
	オゾンセンサ	ECC-1Z	オゾン計測部	mPa	飛揚前点検で性能確認・ポンプ修正係数を計算 反応液(ヨウ化カリウム溶液)
	気球	2000g			ゴム気球 ※標準浮力: 3200g
	巻下器又は吊紐	オゾン用巻下器又は吊紐			クレモナ製 50m 紐使用
地上オゾン濃度観測	オゾン濃度計	Dylec Model1100 A-1781-2 A-1781-1	0～200ppbv		紫外線吸収法, 最小感度 0.1ppbv, 15 秒サンプリング

ンゾンデ（以下「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。全量・反転（高度分布）観測及びオゾン高度分布観測は気象棟で、地上オゾン濃度の連続観測は清浄大気観測室で行った。オゾン観測で使用した観測機材を表 8 に示す。

オゾン全量・反転観測とオゾンゾンデ観測結果は、電子メールで毎月気象庁へ報告した。これらの観測データは、気象庁から WMO 世界オゾン紫外線データセンター（WOUDC）へ送られた。また、オゾンホール時期（8 月から 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 WMO 事務局へ報告した。報告した観測結果は、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、オゾン全量データは、観測を休止した極夜期間を除き、CREX 報（気象庁、1997）により GTS 回線を通じて毎日 1 回通報した。

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、定められた書式により、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。

4.2. オゾン全量観測

4.2.1. 観測方法と測器

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（Beck122）を用いて、太陽の直射光・天頂散乱光及び月の直射光による観測を行った。測

器の保護のため、降雪や強風時を除いて観測を実施した。

太陽光による観測は北中時と午前・午後各 2 回の毎日 5 回実施を基本とし、午前・午後の観測時刻はオゾン層を通過する光の垂直路程に対する相対的な路程（以下、「 μ 」）により決定した。太陽高度が高くなる時期については、 $\mu=1.5 \cdot 2.5 \cdot 3.5$ の時刻に 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，太陽高度が低くなる時期については、 $\mu=4.5 \cdot 5.5 \cdot 6.5$ の時刻に 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，それぞれ用いて観測を行った。太陽北中時の μ が 6.5 を上回る時期については、 $\mu \leq 7.0$ の範囲で CD 波長組の天頂散乱光観測のみ実施した。オゾン全量の測定限界となる μ の値は，測器によって異なるうえに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，月齢が 7 から 23 の範囲で μ が小さい時刻を中心に AD 波長組を用いて月光による観測を行った。その前後の期間には，比較観測として太陽光による観測と月光による観測を同日に行い，月光による観測結果の品質管理を行った。

4.2.2. 観測経過

ドブソン分光光度計は，2014 年 1 月 14 日までは第 52 次隊で国内から持ち込んだ Beck122 を引き続き使用した。2014 年 1 月 7 日及び 10 日に第 55 次隊持ち込みのドブソン分光光度計（Beck119）との比較観測を実施して測器の精度の確認を行った。その結果，直射光比較観測のデータに異常がないことが確認できたことから，2014 年 1 月 15 日から Beck119 を使用した。Beck119，122 とも，改良型自動制御方式（宮川，2007）により制御，観測を行う装置である。

越冬中は長期にわたる測器障害もなく，概ね順調に観測を行った。

月別オゾン全量観測日数を表 9 に示す。5 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。6 月から 7 月は極夜期のため月光観測のみを行ったが，観測可能な月齢や μ の条件が揃う日数は月に 10 日間程度であり，実際の観測日は天候によりさらに少なくなった。

4.2.3. 観測結果

4.2.1. で述べたとおり，観測条件が許す限り，異なる光線（太陽の直射光・天頂散乱光及び月光直射光）・波長組を用いて 1 日に複数回のオゾン全量観測を実施し，オゾン観測指針

オゾン全量・反転観測編（気象庁，1991）に定める観測資料の優先順位に従い，その日に行われた全ての観測のなかで最も観測精度が高いと判断される観測値が日代表値となる。このオゾン全量日代表値について，2013 年 1 月から 2014 年 1 月の年変化を図 7 に示す。昭和基地上空のオゾン全量は，8 月中旬から 11 月上旬までオゾンホールを目安となる 220 m atm-cm を度々下回り，9 月 25 日，2013 年の最小値である 161 m atm-cm を記録した。この期間，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たり

表 9 昭和基地における月別オゾン全量観測及びオゾン反転観測日数.

Table 9. Days of total ozone observations and ozone Umkehr observations with the Dobson spectrophotometer at Syowa Station.

	2013 年												合計
	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	
全量観測日数 (太陽光)*1	26	25	25	4	-	-	21	27	29	28	28	31	244
全量観測日数 (月光)*1	-	1	5	4	3	8	5	1	-	-	-	-	27
反転観測日数 (ロング)*2	4	0	-	-	-	-	-	6	5	5	1	2	22
反転観測日数 (ショート)*2	0	1	4	-	-	-	1	4	2	1	0	0	14

注) 「-」はオゾン全量観測またはオゾン反転観測が実施不可能な月。

*1: 同日に太陽光と月光があった場合の全量観測日数は、それぞれの日数に加算。日代表値を取らない観測日も含む。

*2: 同日にロングとショートがあった場合の反転観測日数は、ロングの日数に加算。

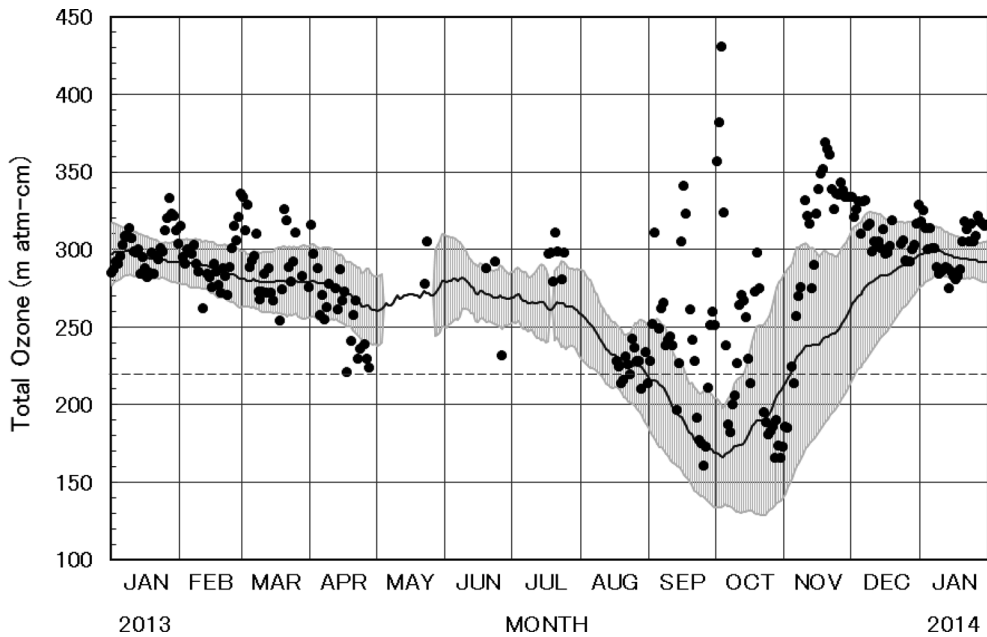


図 7 昭和基地におけるオゾン全量日代表値の年変化 (2013 年 1 月～2014 年 1 月). 黒丸は日代表値, 実線と陰影部は参照値 (1994 年から 2008 年の日代表値) の平均値とその標準偏差 (σ) を, 破線はオゾンホールを目安である 220 m atm-cm の値を示す. 参照値のデータ数が少ないため, 参照値の標準偏差 (σ) を算出していない期間がある.

Fig. 7. Annual variations in total ozone at Syowa Station (Jan. 2013–Jan. 2014). The dots are daily representative values. The black line and light gray shadings are the average and standard deviations ($\pm \sigma$) of daily representative values over the 1994–2008 period, respectively. The dashed line shows 220 m atm-cm. Standard deviations are not calculated for days with a small number of observations.

したため、オゾン全量が大きく変動した。11月上旬以降は、オゾンホールが昭和基地上空から離れたのち消滅したため、オゾン全量が回復した。

昭和基地における月平均オゾン全量の経年変化を図 8 に示す。4 月の月平均オゾン全量 (260 m atm-cm) は過去 4 番目、8 月の月平均オゾン全量 (225 m atm-cm) は過去 10 番目に少なかった。

4.3. オゾン反転観測

4.3.1. 観測方法と測器

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 (Beck122) を用いて、天頂散乱光の ACD 波長組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 度から 90 度、ショート反転観測では 80 度から 89 度の範囲について、指定された天頂角の晴天天頂光観測値が得られた時に成立する。観測結果の品質管理を行うため、天頂雲検出器 (宮川・上野, 2008) を測器に取り付けて運用した。

4.3.2. 観測経過

測器の状況は 4.2.2. に記述したとおりであり、概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を表 9 に示す。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 月上旬から 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。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り、可能な限り観測を行った。

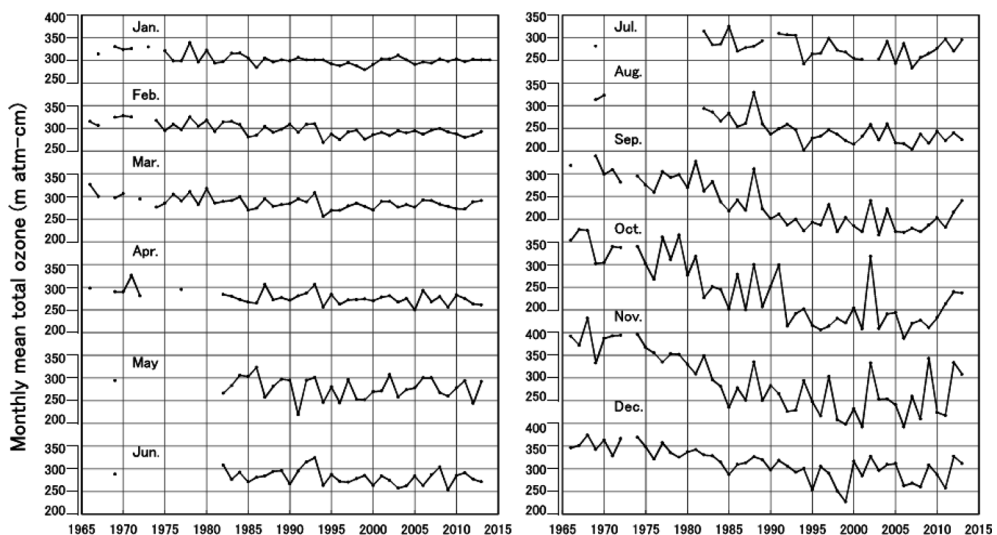


図 8 昭和基地における月平均オゾン全量の経年変化 (1966 年 2 月～2014 年 1 月)。

Fig. 8. Time series of monthly mean total ozone at Syowa Station (Feb. 1966–Jan. 2014).

4.3.3. 観測結果

2013年1月から2014年1月のオゾン反転観測（ロング反転観測）による気層別オゾン量の高度分布を図9に示す．2013年3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．計算アルゴリズムは，Petropavlovskikh *et al.* (2005) の手法を用いた．データの品質管理のために，準器との比較観測に基づく測器の特性評価から測定値を補正し

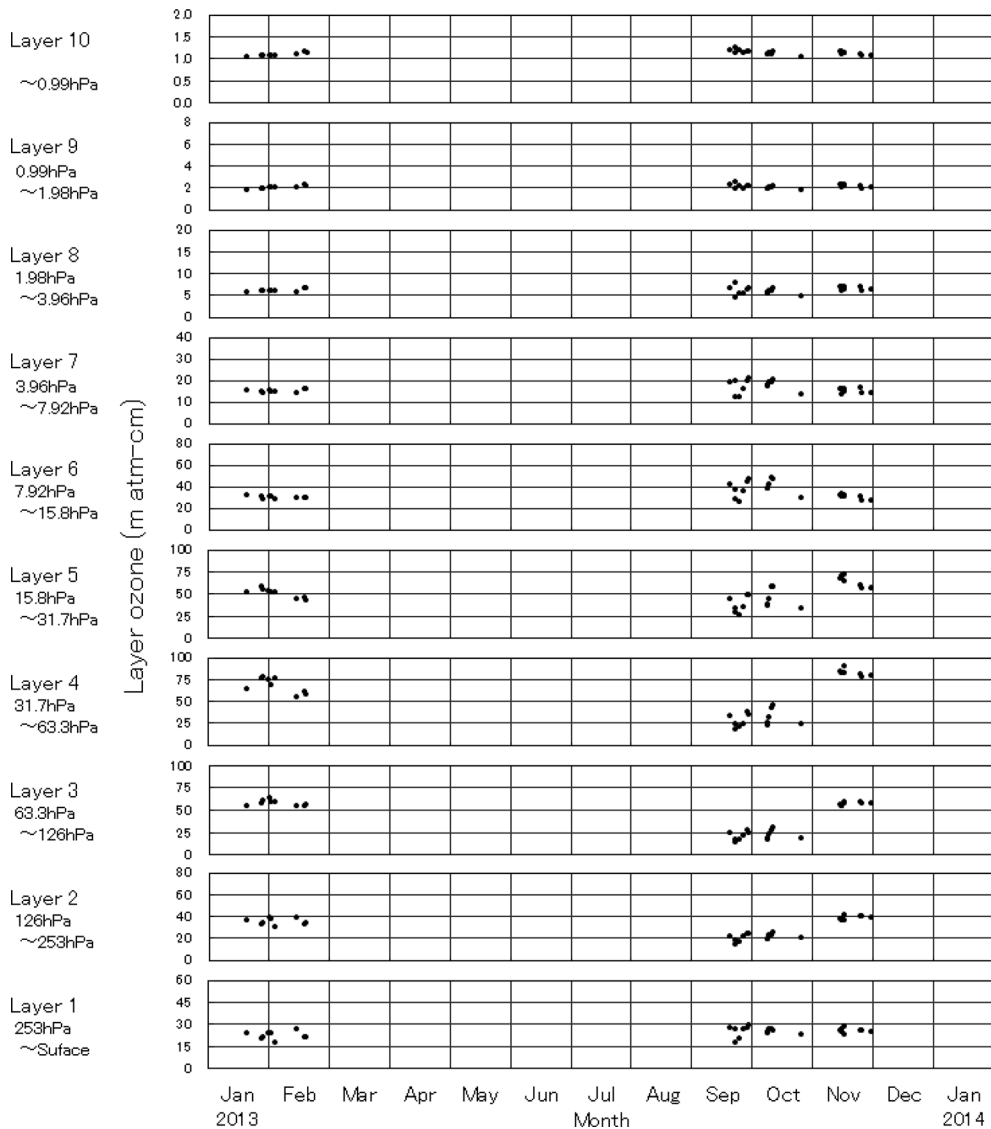


図9 昭和基地における反転観測による気層別オゾン量（2013年1月～2014年1月）.

Fig. 9. Amount of ozone in the selected layers obtained by Umkehr observations at Syowa Station (Jan. 2013–Jan. 2014).

た (Miyagawa *et al.*, 2009)。

9 月から 11 月上旬にかけては第 2・3・4・5 層 (253–15.8 hPa) のオゾン量が少ない状態で推移したが, 11 月中旬以降は, 第 2 層は極夜期前の値まで回復し, 第 3・4・5 層は極夜期前よりかなり大きい値が観測された。第 1 層 (surface から 253 hPa) 及び第 7, 8, 9, 10 層 (7.92 hPa より上層) のオゾン量は年間を通して大きな変化はなかった。

4.4. オゾンゾンデ観測

4.4.1. 観測方法と測器

オゾンゾンデ観測指針 [ECC 型編] (気象庁, 2010) に基づき ECC 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, 風向・風速及び気温が -40°C を下回るまでの湿度の高度分布を観測した。オゾンゾンデは高層気象観測用の GPS ゾンデとオゾン測定用のオゾンセンサを組み合わせて使用した。大気中に含まれるオゾンと反応液との化学反応の際に生ずる反応電流はオゾン量に比例するため, それを測定す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には, ポンプ効率測定装置 (中野・岩野, 2008) を用いて気圧に対するポンプ流量の補正係数 (ポンプ効率の修正係数) を求め, さらに, オゾンゾンデ点検装置を用いて性能の確認を行った。気球は 2000 g のゴム気球を使用し, ヘリウムガスを充填して浮力・垂力 (巻下器不使用時は 3000 g) とした。また, 5 月から 11 月のオゾンゾンデの到達高度が低くなる期間は, 高層気象観測と同様に気球の油漬けを行った。さらに, 上空で温度が -80°C を下回る 5 月から 10 月には, 反応液の凍結を防ぐために, 第 53 次隊と同様にオゾンセンサ及び GPS ゾンデ内部をウォーターバッグで保温, オゾンセンサ収納部をアルミシートで断熱, 電池収納部の隙間に蓋をするなどの低温対策を行った。

観測は原則として, 地上風が弱く晴天の日を選び, 12 UTC の高層気象観測を兼ねて行った。観測間隔は各月の旬ごとを目安としたが, オゾンホール時期 (8 月から 12 月) には観測間隔を密にした。

4.4.2. 観測経過

第 54 次隊ではオゾンゾンデを 53 回飛揚した。オゾンゾンデの観測状況を表 10 に示す。おおむね順調に観測することができたが, 53 回の飛揚のうち電波の受信不良によりデータ抜けが多く信頼性が低いと判断した 1 回と, 最終高度が圏界面に達しなかった 1 回については, 月平均値算出等の統計処理や世界オゾン紫外線データセンター (WOUDC) へのデータ報告には利用していない。

4.4.3. 観測結果

2013 年 2 月から 2014 年 1 月までのオゾン分圧の月別高度分布を図 10 に示す。

表 10 昭和基地におけるオゾンゾンデ観測状況.

Table 10. Dates of observations and attained heights of ozonesonde.

年 月	2013年					
	2月		3月		4月	
日 観測	7	6.2	4	4.3	6	5.2
終了	14	6.3	18	4.7	13	7.6
気圧 (hPa)	24	5.0 *	25	5.0	22	10.6
					25	5.7
					25	8.7
						19 11.2
						28 187.4 *
年 月	2013年					
	8月		9月		10月	
日 観測	6	17.6	5	10.1	1	7.6
終了	12	4.9	10	5.3	7	101.3
気圧 (hPa)	16	8.9	13	6.8	12	8.0
	21	5.5	19	6.2	19	9.8
	26	5.6	23	7.1	23	10.8
	31	5.0	27	6.5	26	9.2
					29	12.2
					30	5.3
年 月	2014年					
	8月		9月		10月	
日 観測	6	5.7				
終了	15	6.1				
気圧 (hPa)	22	10.9				

*:電波の受信不良によりデータ抜けが多く信頼性が低い, 到達高度が圏界面に達しなかった等の理由により統計不採用

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. この高度で 2–8 月に 10 mPa 以上となっていたオゾン分圧が, オゾンホールが発生した 9 月には 5 mPa 程度まで減少した. 10–11 月にかけても高度 150–30 hPa 付近でオゾンホールの影響によるオゾンの減少が観測されたが, 一時オゾンホールが昭和基地から離れた影響や, 過去の同時期に比べてオゾンホールが小さく推移し早めに縮小した影響で, 高度 200–30 hPa 付近のオゾン分圧は参照値 (1994 年から 2008 年の平均値) より高く推移した. オゾンホールが消滅した 12 月も同様に参照値より高い傾向は継続した.

4.5. 地上オゾン濃度観測

4.5.1. 観測方法と測器

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) を引き続き実施した. 観測は, 第 49 次隊より昭和基地中心部に対して主風向の風上側となる北東側に位置する清浄大気観測室で実施した (図 1, ⑥の位置). 同建物主風向側 (北東側) の地上から 4 m の高さに設置してある大気取入口からテフロン配管を通して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流量毎分 1.5 リットル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オゾンの濃度を紫外線吸収方式のオゾン濃度計 (Dylec 製 MODEL1100) で 15 秒ごとに測定した.

オゾン濃度計は 1 年ごとに国内での点検や較正が必要なため 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, 次の隊がオーバーホール及び気象庁本庁での較正を行った後, 再び昭和基地に持ち込んでいる. 第 54 次隊では, 第 53 次隊が昭和基地に持ち込んで使用していた 2 台のオゾン濃度計との相互

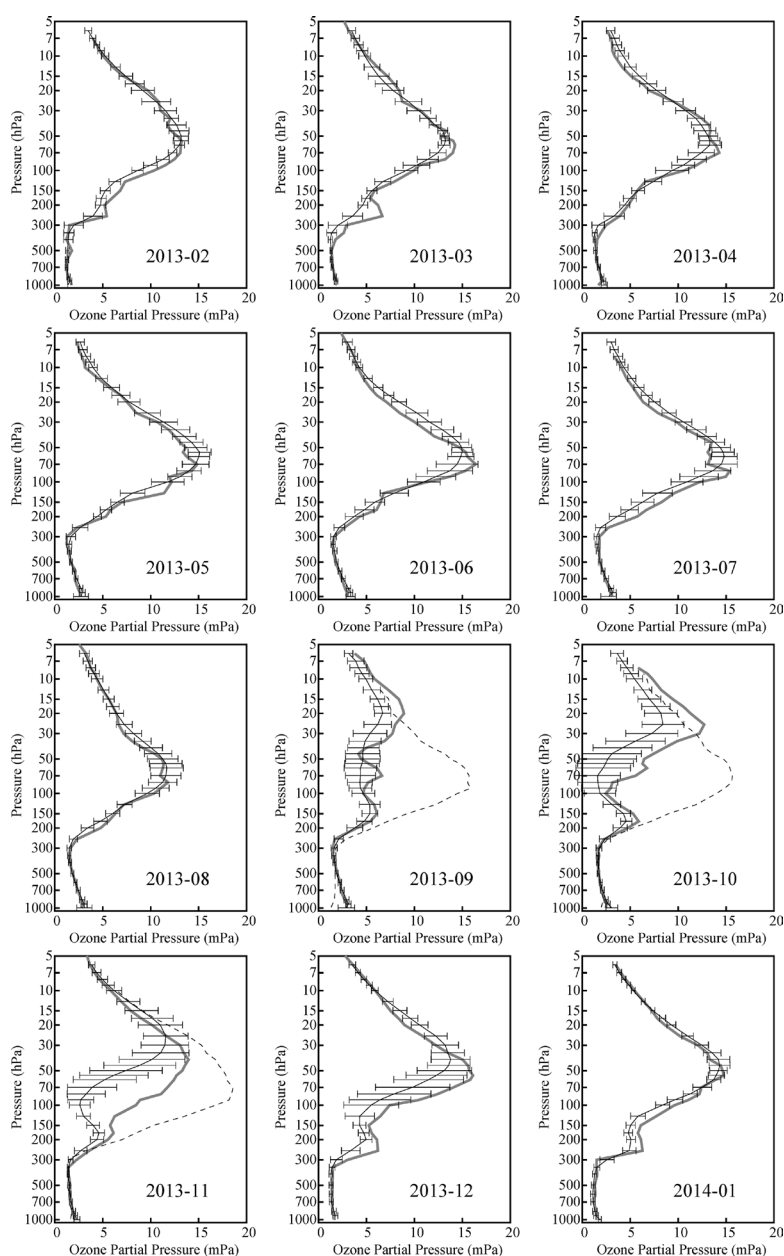


図 10 昭和基地におけるオゾン分圧の高度分布 (2013 年 2 月～2014 年 1 月). 太実線は月平均オゾン高度分布. 細実線は 1994–2008 年の累年平均オゾン高度分布. 破線はオゾンホールが明瞭に現れる以前の月平均値 (1968–1980 年平均値) [9–11 月のみ]. 横細実線は 1994–2008 年累年平均オゾン高度分布の標準偏差.

Fig. 10. Vertical distribution of ozone partial pressure observed by ozonesonde at Syowa Station (Feb. 2013–Jan. 2014). Thick lines show monthly mean profiles. Thin lines show normal profiles (1994–2008). Broken lines (only Sep.–Nov.) show monthly mean profiles before the first appearance of the ozone hole (1968–1980). Horizontal thin lines show standard deviation on monthly profiles (1994–2008).

比較を行った後に、観測に使用した。

4.5.2. 観測経過

2012年12月30日から2013年2月1日まで、第54次隊で持ち込んだオゾン濃度計2台(Dylec 製 MODEL1100 測器番号: A-1781-1, A-1781-2) と第53次隊で使用したオゾン濃度計2台(EBARA 製 EG-3000F 測器番号: 9020075, 9020077) との相互比較(オゾン発生器により一定のオゾン濃度ガスを各濃度計に流して出力を比較)及び比較観測を行った。その結果、濃度計間の出力の差が2ppb 以内であることを確認したため、2月1日以降はA-1781-2を現用器とした。

7月26日から7月27日にかけてA-1781-1とA-1781-2との相互比較及び比較観測を行い、濃度計間の出力の差が2ppb 以内であることを確認したため、8月1日からA-1781-1を現用器とした。

12月18日に年1回の保守として、観測装置内の全てのテフロン配管、ドレンポット、大気吸引フィルター、大容量ポンプダイヤフラムの交換を実施した。

年間を通した保守として、オゾン濃度計手前のテフロンフィルターは2、3ヶ月に1回交換した。また、ブリザード後、大気取入口に雪が詰まった場合には、大気取入口を交換し、取り外した大気取入口は洗浄して予備として保管した。ブリザードによる雪詰まりの影響を受けた期間は欠測とした。また、基地内の汚染の影響を受けた場合、基本的にはオゾン濃度が下がり観測値(15秒値)のばらつき(変動)が大きくなるので、風向・風速を参考にして欠測期間を判断した。例えば、越冬期間を通して弱い西風の場合は、基地汚染の影響を大きく受けた。また、南極観測船しらせが基地に接近・接岸していた2013年12月から2014年1月31日までは、弱い東よりの風の場合に南極観測船しらせの排気ガスの影響を受ける場合があった。ほかにも海水上の車両やコンテナヤードの作業等から影響を受けることもあり、データのばらつき及び風向・風速から汚染の影響を受けていると判断した場合は欠測とし、時別値の計算から除いた。

4.5.3. 観測結果

2013年2月から2014年1月までの地上オゾン濃度時別値を図11に示す。時別値は、4.5.2.で述べたようにデータのばらつき、風向・風速及び基地内外の行動から明らかに基地周辺の汚染の影響を受けたと思われるデータを除いたうえで、すべての15秒値を前1時間分平均して求め、日別値(図省略)は1時間に120個以上の15秒値が得られた場合の時別値を平均して求めた。

昭和基地における地上オゾン濃度は、例年、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2月ごろにかけてデータのばらつきが大きくなる傾向にあり、第54次隊でも同様の傾向が見られた。また、極夜明けに短時間の低濃度オゾンが観測されることがあり(青木, 1997; 江崎ほか, 2000; 江崎ほか, 2010)、第54次隊でも7月から11

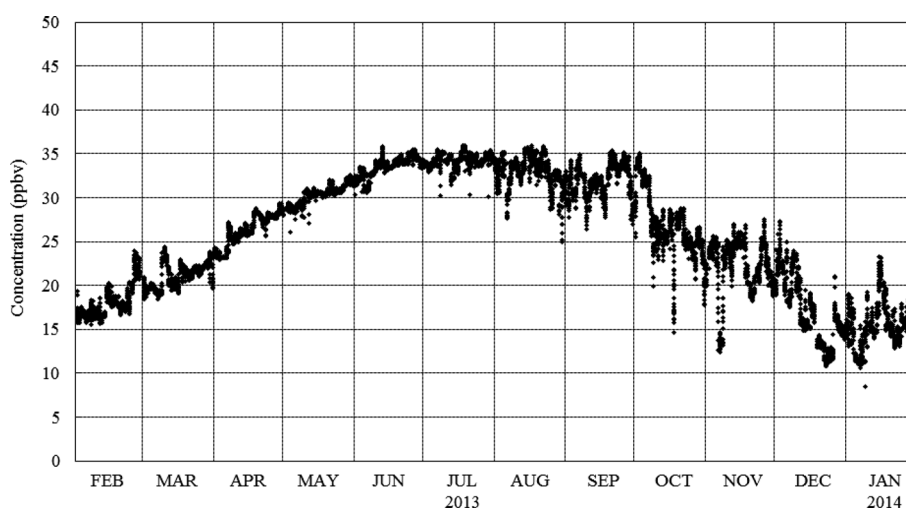


図 11 昭和基地における地上オゾン濃度時別値の時系列図（2013 年 2 月～2014 年 1 月）。

Fig. 11. Time series of hourly mean surface ozone concentrations at Syowa Station (Feb. 2013–Jan. 2014).

月にかけて同様の現象が観測された。

4.6. 2013 年のオゾンホールの特徴

気象庁では、オゾンホールの規模を定量的に表現するため、南緯 45 度以南におけるオゾンホールの面積、最低オゾン全量、オゾン欠損量を定義し、人工衛星による観測資料を用いて算出し公表している（気象庁，2014）。2013 年のオゾンホールは、例年と同様に 8 月に発生した後、過去（2003 年から 2012 年）の同時期と比べて同程度か小さい規模で推移し、9 月 16 日に 2013 年の最大面積である 2,340 万 km^2 （南極大陸の約 1.7 倍）まで拡大した。その後、オゾンホールの面積は、10 月上旬以降急速に縮小し、過去（2003–2012 年）の同時期と比べて小さい規模で推移し、11 月 18 日に消滅した。オゾン欠損量は 9 月 16 日に年最大値である 7,450 万 t、最低オゾン全量は 9 月 29 日に 115 m atm-cm となった。

2013 年の最大面積は、過去（2003 年から 2012 年）の平均値（2,500 万 km^2 ）と同程度だった。2013 年のオゾン欠損量の年最大値は、過去（2003 年から 2012 年）の平均値（8,530 万 t）と同程度だった。2013 年の最低オゾン全量は、1990 年代以降で 2002 年，2012 年，2010 年について 4 番目に高かった。（気象庁，2014）

5. 地上日射放射観測

5.1. 概要

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、従来の全天日射量、直達日射量及び大気混濁度に加え、第 32 次隊 (1991 年) より散乱日射量、下向き赤外放射量 (長波長放射量) 及び紫外域日射量の観測を開始し、第 39 次隊 (1998 年) より毎秒サンプリングでの反射日射量、上向き赤外放射量 (長波長放射量)、反射紫外域日射量及び放射収支量の観測を開始した。これに伴い、第 40 次隊 (1999 年) より大気混濁度を除いて、データサンプリングを毎秒に変更した。大気混濁度観測については、第 52 次隊 (2011 年) より測器を変更した。第 54 次隊ではこれらの観測システムにより第 53 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寒冷地対策を施したブリュワー分光光度計 MK III (伊藤・宮川, 2001) を用いて行った。観測に用いた同 MK III (168 号機及び 209 号機) はそれぞれ第 54 次隊、第 53 次隊で持ち込んだものである。

観測の種類と使用した測器を表 11 に示す。

表 11 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 11. 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	041258 980520	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, CHP1	200~4000 nm	090043 990198 060445	0.01 MJ/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 CM21T	305~2800 nm	000738	0.01 MJ/m ²	1 秒
	紫外域日射量	全天型 紫外域日射計	KIPP&ZONEN UVS-AB-T	280~315 nm	030619	0.01 kJ/m ²	1 秒
	下向き 赤外放射量 (長波長放射量)	精密赤外放射計 太陽追尾装置 遮蔽球	KIPP&ZONEN CG4	4.5~42 μ m	030642 990001	0.01 MJ/m ²	1 秒
上向き 放射	反射日射量	精密全天日射計 遮蔽リング	KIPP&ZONEN CM21T	305~2800 nm	970397	0.01 MJ/m ²	1 秒
	反射紫外域 日射量	全天型 紫外域日射計 遮蔽リング	KIPP&ZONEN UVS-AB-T	280~315 nm	050635 040625	0.01 kJ/m ²	1 秒
	上向き 赤外放射量 (長波長放射量)	精密赤外放射計	KIPP&ZONEN CG4	4.5~42 μ m	010565 030642	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 μ m	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	PMOD PFR	368 412 500 862 nm	08-N-059		60 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 #209	1 μ W/m ²	1 時間

5.2. 下向き日射放射観測

5.2.1. 観測方法と測器

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、測器の入射窓及びドーム清掃の時間帯などに記録された異常データについては手動で欠測処理を行った（間宮ほか，2012）。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

(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。

(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蔽球により観測した。遮蔽球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により太陽からの直射光を遮り、散乱光のみを観測するための装置である。

(d) 全天型紫外域日射計を用いた紫外域日射量の連続観測

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、基準となるブリュワー分光光度計による紫外域日射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。

(e) 精密赤外放射計を用いた下向き赤外放射量（長波長放射量）の連続観測

散乱日射量の連続観測と同様に太陽からの直射光を遮るために、太陽追尾装置に搭載した精密赤外放射計と遮蔽球により観測した。

5.2.2. 観測経過

2013 年 1 月 7 日、第 54 次隊で持ち込んだ全天型紫外域日射計を設置した。

2013 年 5 月 7 日、データロガー収納箱内にある漏電ブレーカーが落ち、データが収録できなくなった。当時はブリザードで平均風速 35 m/s から 40 m/s の猛烈な風が吹いていた。原因として雪の吹き込みや屋外にさらされているケーブルとコネクタを疑ったが、異常を発見できなかったため、翌日、ブレーカーを投入して観測再開した。その後、越冬期間中に再発することはなかった。

2013 年 11 月 20 日、第 55 次隊で使用する予定の測器（精密全天日射計、直達日射計）を設置し、並行観測を開始した。並行観測結果が良好だったため、2013 年 12 月 23 日に精密全天日射計を、2013 年 12 月 27 日に直達日射計を第 54 次隊で使用していた測器と交換した。また、2013 年 12 月 6 日にデータロガーを、2013 年 12 月 27 日には太陽追尾装置を交換した。

5.2.3. 観測結果

下向き日射放射の各量（全天日射量、直達日射量、散乱日射量、下向き赤外放射量及び紫

外域日射量)の日積算値の年変化を図12に示す。

2013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。全天日射量は太陽高度が低くなるほど減少し、太陽が昇らない冬季には 0 MJ/m^2 となっているが、下向き赤外放射量については、冬季においても 10 MJ/m^2 以上の放射量が観測された。これは大気分子や雲からの放射によるものである。紫外域日射量については、全天日射量とおおむね同様の傾向が見られているが、10月下旬から11月上旬にかけて日積算値の一時的な増加が見られている。これは図7に見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、この期間の紫外線量の変化が上空のオゾン量によることを反映している。

5.3. 上向き日射放射観測

5.3.1. 観測方法と測器

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、測器のドーム清掃の時間帯などに記録された異常データについては手動で欠測処理を行った(間宮ほか, 2012)。観測場所は観測棟から東北東約120mの積雪上であり、第46次隊により新設された観測架台を第54次隊でも引き続き使用した(図1⑤の位置)。

(a) 精密全天日射計を用いた反射日射量の連続観測

太陽高度角が低い時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蔽リングを引き続き使用した。

(b) 全天型紫外域日射計を用いた反射紫外域日射量の連続観測

データ処理は、下向き紫外域日射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蔽リングを引き続き使用した。

(c) 精密赤外放射計を用いた上向き赤外放射量の連続観測

(d) 放射収支計を用いた放射収支量の連続観測

5.3.2. 観測経過

上向き日射放射観測は、可視域及び紫外域では雪面からの反射、赤外域では雪面から射出される放射量を観測するため、観測領域内の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(2013年8月9日, 2014年1月13日)。2013年11月20日、第55次隊で使用する予定の測器(精密赤外放射計, 全天型紫外域日射計)を気象棟前室屋上に設置し、下向き日射放射観測の測器と並行観測を開始した。並行観測結果が良好だったため、上向き日射放射観測用に使用することとし、2014年1月7日に精密赤外放射計を、2014年1月11日に全天型紫外域日射計を第54次隊で使用していた測器と交換して観測架台に設置した。

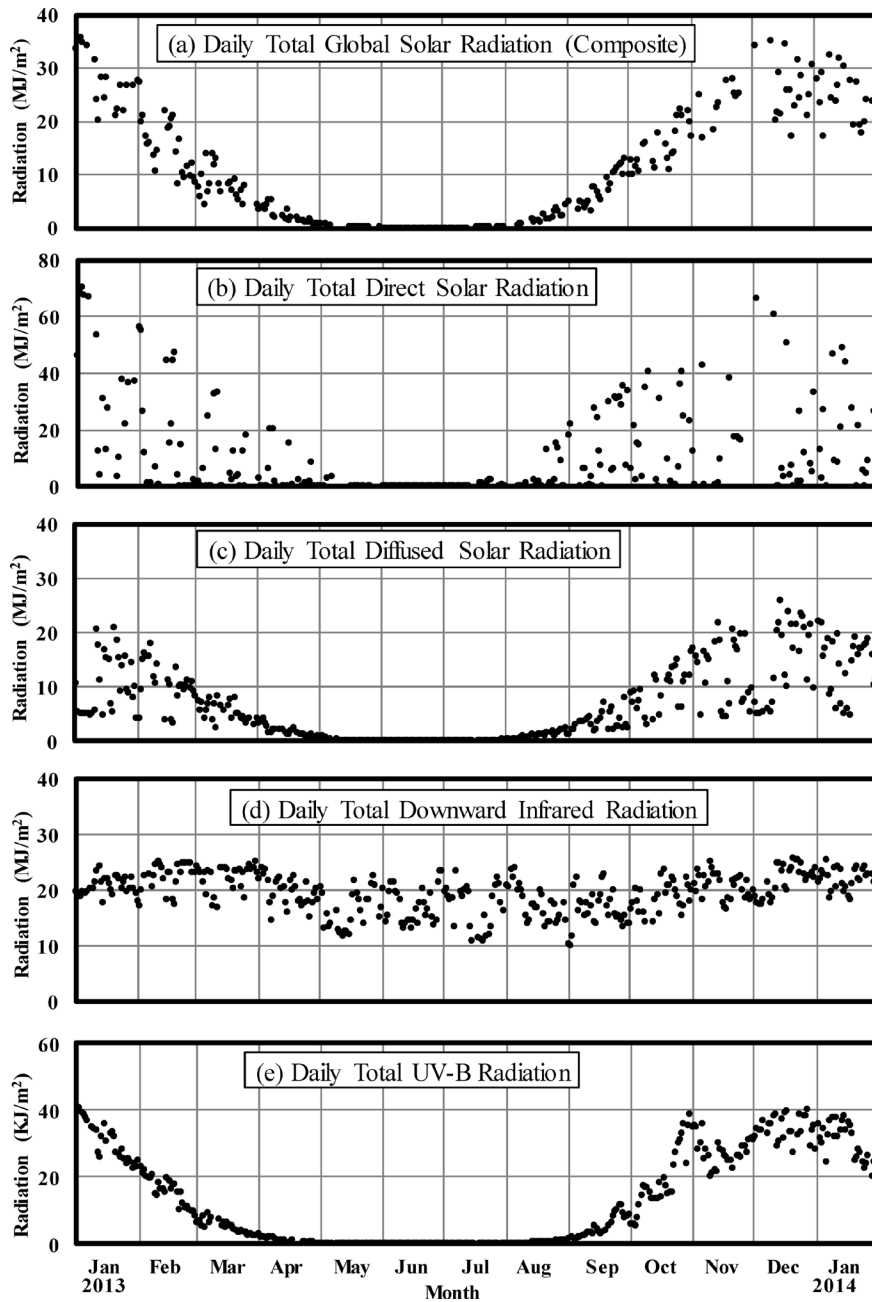


図 12 昭和基地における下向き日射放射量日積算値の年変化（2013 年 1 月～2014 年 1 月）. (a) 全天日射量, (b) 直達日射量, (c) 散乱日射量, (d) 下向き赤外放射量, (e) 紫外域日射量.

Fig. 12. Annual variations in daily integrated values of downward radiation components at Syowa Station (Jan. 2013–Jan. 2014). (a) Daily total global solar radiation (Composite), (b) Daily total direct solar radiation, (c) Daily total diffused solar radiation, (d) Daily total downward infrared radiation, (e) Daily total UV-B radiation.

5.3.3. 観測結果

上向き日射放射量日積算値の年変化を図 13 に示す。

2013 年の上向き日射放射観測は、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。上向き赤外放射量は、夏季は日毎の変化が小さいが、冬季は若干大きい。これは気温の日毎の変化が夏季は小さかったのに対し、冬季は大きかったためであると考えら

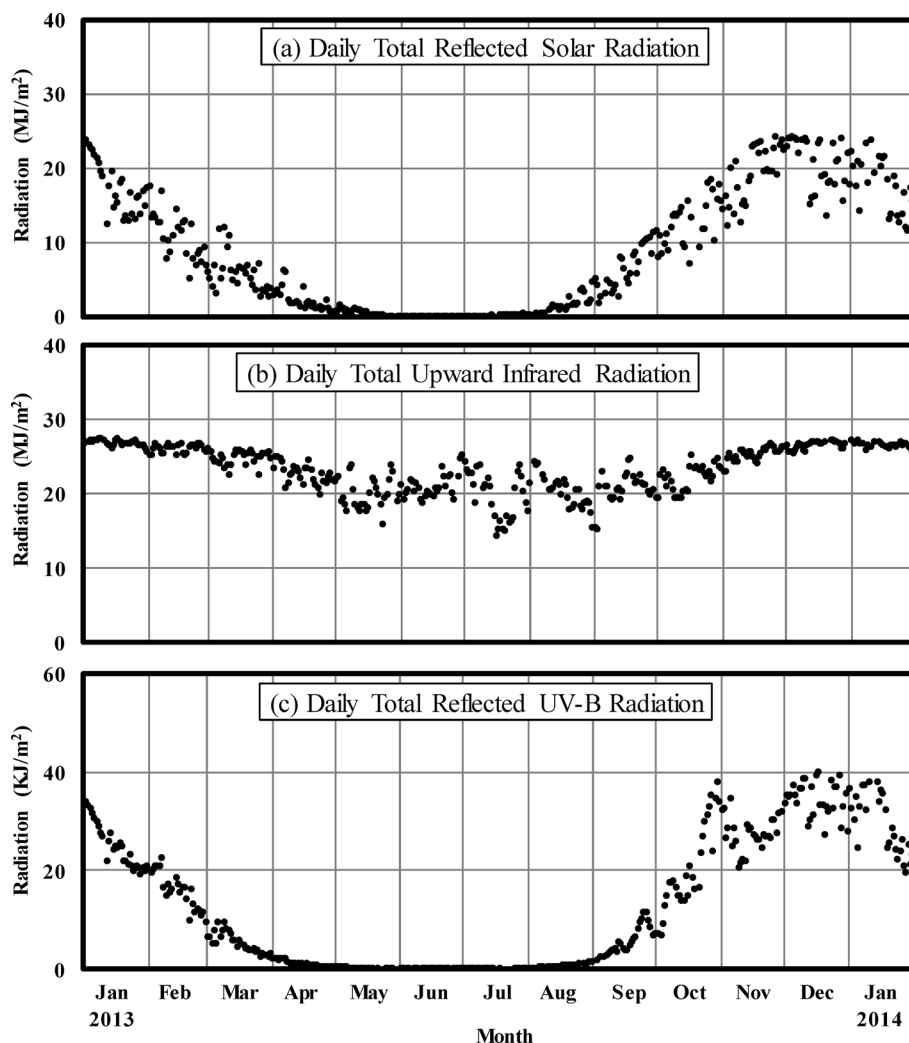


図 13 昭和基地における上向き日射放射量日積算値の年変化 (2013 年 1 月～2014 年 1 月)。(a) 反射日射量, (b) 上向き赤外放射量, (c) 反射紫外域日射量。

Fig. 13. Annual variations in daily integrated values of surface upward radiation components at Syowa Station (Jan. 2013–Jan. 2014). (a) Daily total reflected solar radiation, (b) Daily total upward infrared radiation, (c) Daily total reflected UV-B radiation.

れる。紫外域日射量については、下向き放射と同様の年変化傾向を示し、10月下旬から11月上旬にかけて日積算値の一時的な増加が見られている。

5.4. 波長別紫外域日射観測

5.4.1. 観測方法と測器

紫外域日射観測指針（気象庁，1993）に準じ、ブリューワー分光光度計 MK Ⅲ（168 号機及び 209 号機）を用いて、290 nm から 325 nm（UV-B 領域と、UV-A 領域の一部の波長域）の範囲を波長別に 0.5 nm 間隔で観測した。測器の設置場所は、第 32 次隊の観測開始以来同じ気象棟前室屋上である（図 1 ①の位置）。

5.4.2. 観測経過

2012 年 12 月 30 日、気象棟前室屋上にブリューワー分光光度計 MK Ⅲ（168 号機）（以下「168 号機」という。）を設置した。2013 年 1 月 1 日から 1 月 18 日まで 53 次隊が使用していた同 MK Ⅲ（209 号機）（以下「209 号機」という。）との比較観測を行った。両測器による観測データの継続性を確認し、1 月 1 日から 168 号機による観測データを採用した。209 号機は、1 月 19 日から 4 月 9 日にかけて屋内でメンテナンスを行い、その後は屋内で動作試験を行った。

8 月 11 日、168 号機の光電子増倍管に印加している高電圧の異常低下によって感度低下が発生し、正常に観測することが不可能になった。このため、209 号機を 8 月 12 日に気象棟前室屋上に設置し、8 月 30 日まで代替観測を行い、この期間は 209 号機による観測データを採用した。168 号機の障害の原因は不明であるが、室内でマイクロメーター等のメンテナンスを行い、8 月 31 日に気象棟前室屋上で観測を再開した。観測再開後は 209 号機を並行観測に使用し、2014 年 1 月 8 日に持ち帰りのため並行観測を終了して 209 号機を撤去した。

また、168 号機にて、太陽直射光を遮る遮蔽装置を用い、波長別紫外域日射量の散乱成分の試験観測を行った。

ブリザード等の強風時には測器保護のために観測を中断し、受光部に保護具を取り付ける、測器を屋内に移動する等の対策を行った。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 回程度の間隔で行った。

5.4.3. 観測結果

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 14 に示す。各波長帯ともに日積算値はオゾン全量の影響を受けるが、長波長側の観測値はオゾン全量の影響が比較的小さく、年間最大値は日最大太陽高度角が大きく日照時間が長い夏至（2013 年は 12 月 21 日）頃に出現する。一方で短波長側の観測値は、太陽高度角や日照時間よりもオゾン全量の影響を受けやすいため、年最大値は、日最大太陽高度角が比較的大きくかつオゾン全量が少ない頃に出現する。2013 年における日積算値の年最大値は、290 nm から 295 nm、295 nm から 300 nm、300 nm から 305 nm 及び 305 nm から 310 nm で 11 月 1 日、310 nm から

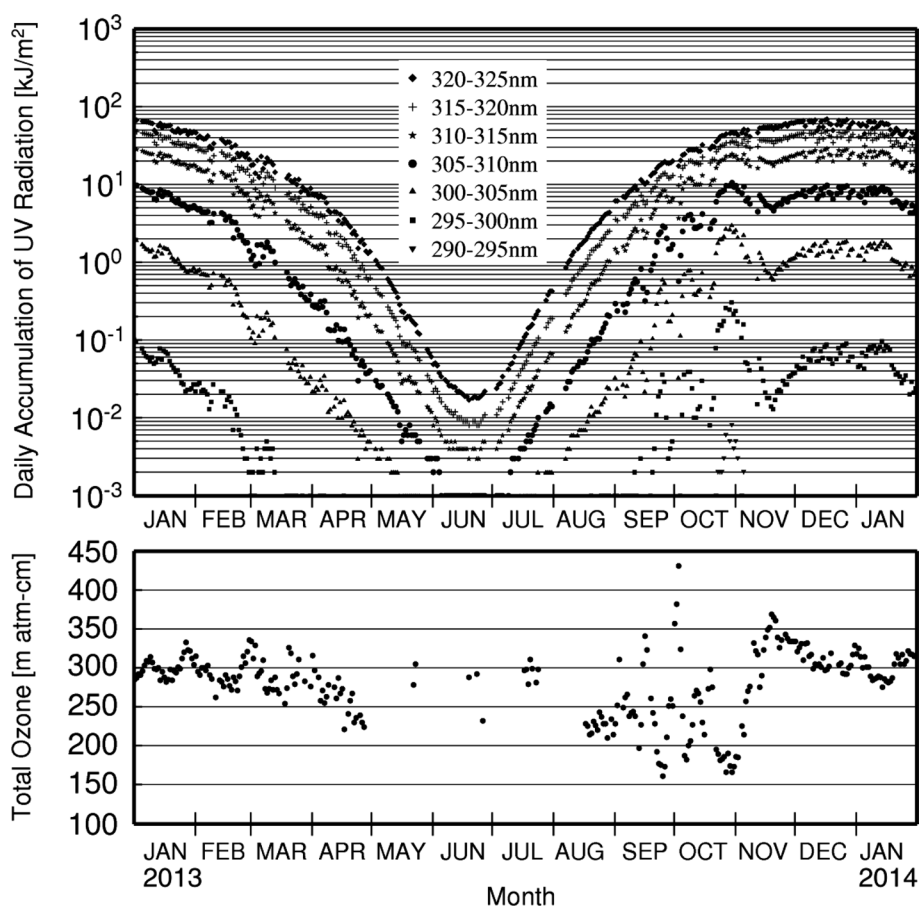


図 14 昭和基地における波長帯別紫外域日射量の日積算値（上図）とオゾン全量（下図）（2013 年 1 月～2014 年 1 月）。

Fig. 14. Daily accumulated ultraviolet radiation integrated for each wavelength band (above) and total ozone amount (below) at Syowa Station (Jan. 2013–Jan. 2014).

315 nm, 315 nm から 320 nm 及び 320 nm から 325 nm で 12 月 17 日に観測した。

紫外線が人体に及ぼす影響の度合いを示すために、紫外線の強さを指標化したものとして、UV インデックスがある。昭和基地における 2013 年 1 月から 2014 年 1 月の日最大 UV インデックスの年変化を図 15 に示す。UV インデックスは人体への影響が大きい短波長側に重みをかけたうえで波長積分し算出するため、波長別紫外域日射量の短波長側の観測値と同様の変化傾向を示す。2013 年における UV インデックスの年最大値は、10 月 27 日の 7.5 であった。

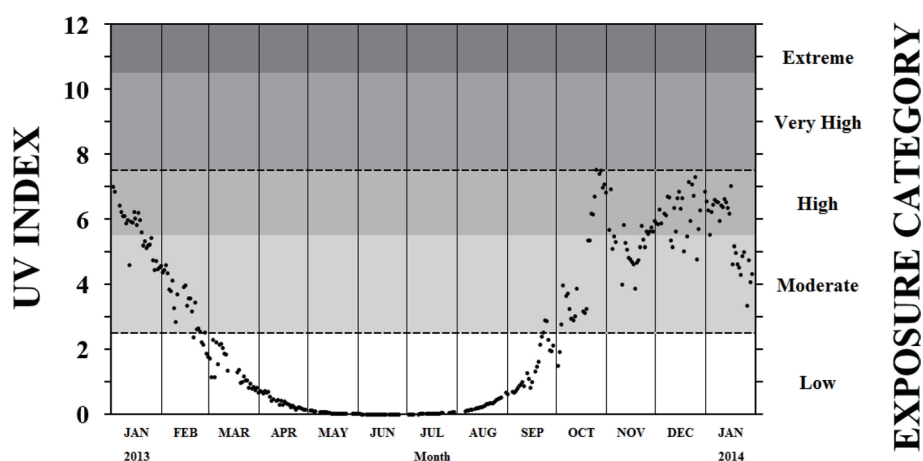


図 15 昭和基地における日最大 UV インデックスの年変化（2013 年 1 月～2014 年 1 月）。破線は必要とされる紫外線対策の目安を示す。2.5 までは対策不要，2.5 から 7.5 は対策が必要，7.5 以上は特に対策が必要とされる（WHO, 2002）。

Fig. 15. Annual variation of daily maximum UV index at Syowa Station (Jan. 2013–Jan. 2014). Broken lines show the required levels of sun protection: “NO PROTECTION REQUIRED” under 2.5; “PROTECTION REQUIRED” from 2.5 to 7.5; “EXTRA PROTECTION” over 7.5 (WHO, 2002).

5.5. 大気混濁度観測

5.5.1. 観測方法と測器

太陽追尾装置に搭載したサンフォトメーター（Precision Filter Radiometer (PMOD/WRC, 2007)，以下「PFR」）及び下向き日射放射観測の直達日射計の観測値を用いて大気混濁度観測を実施した。観測場所は気象棟前室屋上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）。

PFR では、オゾン全量観測時刻付近で太陽面に雲がないときを選び、波長別（368, 412, 500, 862 nm の 4 波長）の直射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（Aerosol Optical Depth, 以下「AOD」）、オングストローム指数 a 及びオングストローム混濁係数 β を求めた。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 40 次隊以降 0.00864 を用いている（東島ほか, 2003）。

直達日射計では、オゾン全量観測時刻付近で太陽面に雲がないときを選び、ホイースナー・デュボアの混濁係数を求めた。

5.5.2. 観測経過

正器の PFR（N59 号機）による観測は、5.2.2. 項で述べた漏電ブレーカーが落ちた件を除き概ね順調に継続した。副器の PFR（N53 号機）は、受光窓内部に着霜して観測に支障を来すことがあった。最初に着霜を発見したのは 2013 年 5 月 4 日で、前夜からの低温（最低気

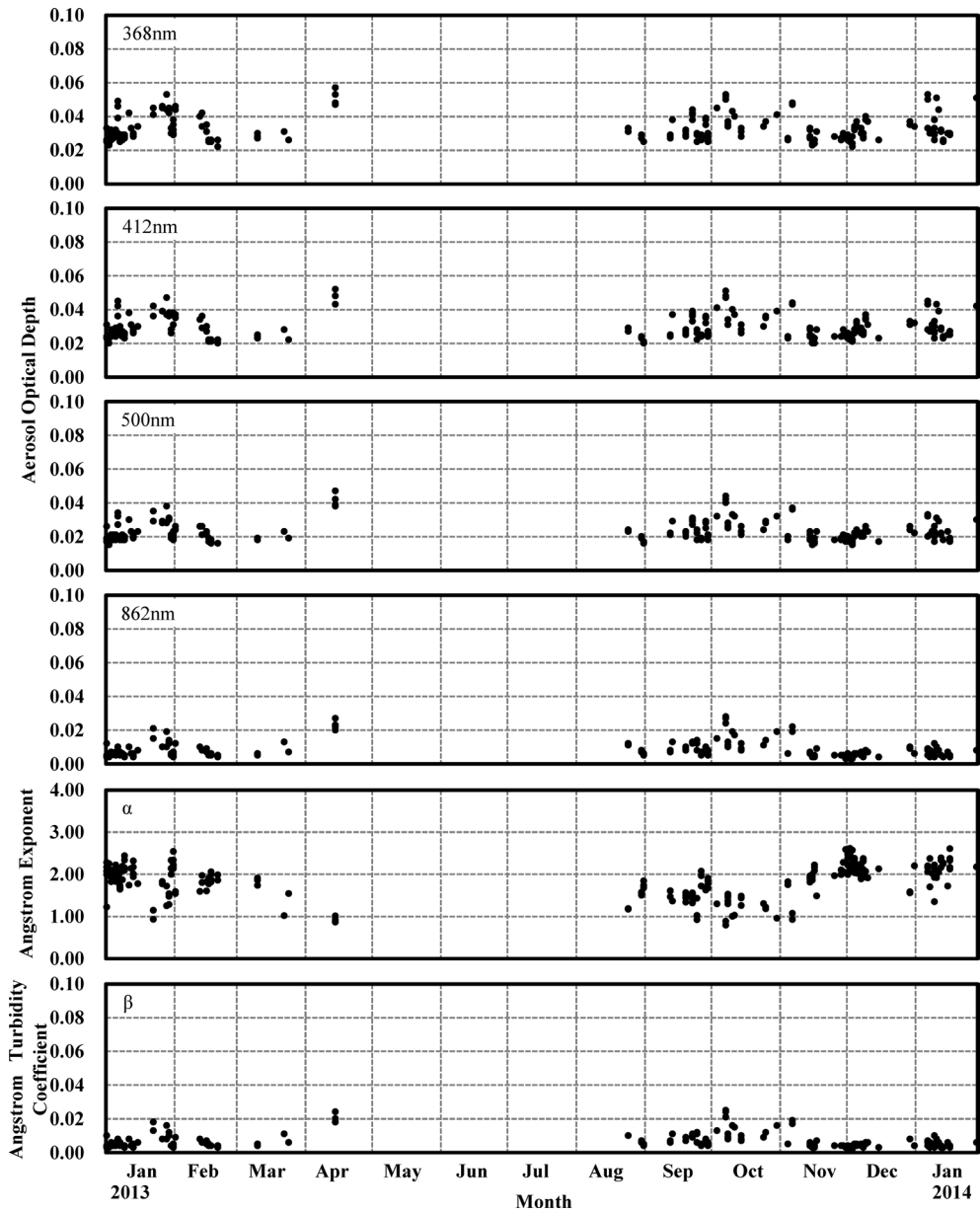


図 16 昭和基地における波長別エアロゾルの光学的厚さとオングストローム指数及びオングストローム混濁係数の年変化 (2013 年 1 月～2014 年 1 月)。

Fig. 16. Annual variations of aerosol optical depth for each wavelength, Angstrom exponent and Angstrom turbidity coefficient at Syowa Station (Jan. 2013–Jan. 2014).

温 -23.0°C)によって発生したと考えられる。気温の上昇により解消されるが、気温が低下すると再発し、2013 年 10 月中旬まで繰り返し発生した。

5.5.3. 観測結果

波長別の AOD 及び各波長の AOD から求めたオングストローム指数 α 、オングストローム混濁係数 β の年変化を図 16 に示す。

2013 年は、オングストローム指数 α が夏から秋にかけて減少し、春から夏にかけて増加する傾向であった。これは、秋から春は、海洋域からの低気圧接近機会が増加して、海塩由来の比較的粒径の大きいエアロゾルが基地周辺に輸送されており、一方で、夏は、風速が弱く、海塩粒子の発生が不活発で、相対的に粒径の小さいエアロゾルが増加していることを示唆している。

直達日射計による直達日射量から求めたホイスナー・デュボアの混濁係数の年変化を図 17 に示す。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、夏から秋にかけて小さくなり、春から夏にかけて次第に大きくなる傾向がある。2013 年も例年と同様の季節変化であった。

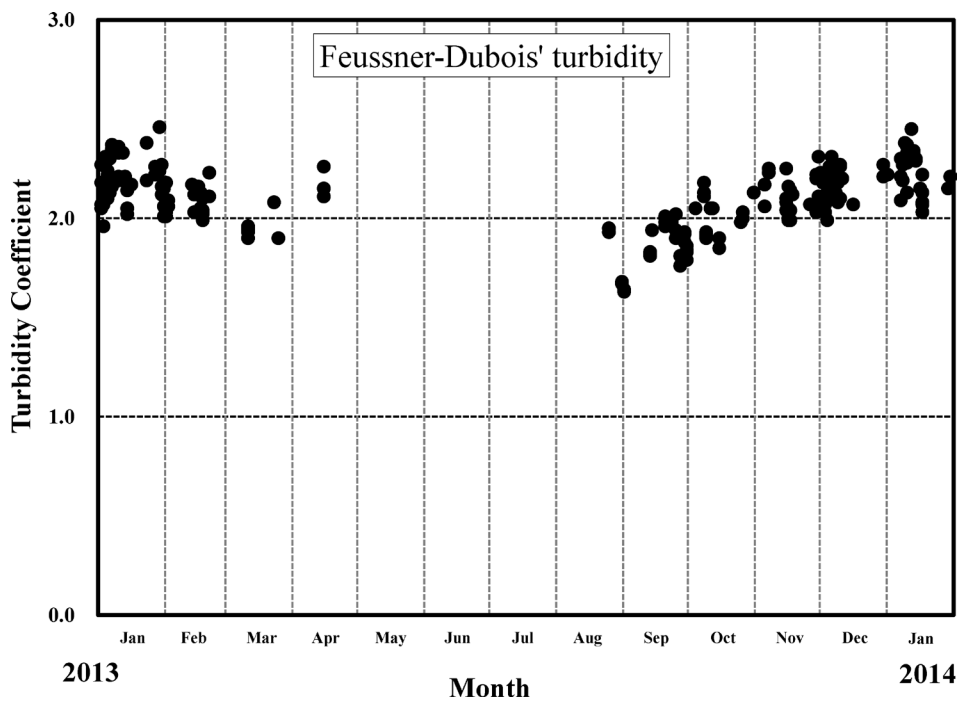


図 17 昭和基地におけるホイスナー・デュボアの混濁係数の年変化 (2013 年 1 月～2014 年 1 月).
Fig. 17. Annual variations of Feussner-Dubois' turbidity coefficient at Syowa Station (Jan. 2013–Jan. 2014).

6. 天気解析

各国数値予報センター等で公表している各種天気図及び予想図、気象衛星による雲写真のデータを取得して高低気圧や前線の移動などの天気解析を行った。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も参考にした。天気解析の結果は、気象観測を行う際や隊の野外オペレーション等の支援で気象情報を提供する際に利活用された。

6.1. 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

第53次隊に引き続き、気象庁全球予報モデル格子点資料（00UTC、12UTC 初期値）から作成した各種天気図及び予想図と、化学輸送モデル（CTM）実況解析図及び予想図を気象庁スーパーコンピュータシステムより SSH（Secure Shell）で取得し、解析に用いた。

(2) 各国数値予報センター等作成の天気図及び予想図、衛星画像

インターネットにて各国数値予報センター等が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）

- ① AMPS（Antarctic Mesoscale Prediction System）
 - ② AMRC（Antarctic Meteorological Research Center）
 - ③ オーストラリア気象局作成インド洋地上天気図
 - ④ オーストラリア気象局作成南半球 500 hPa 解析図
 - ⑤ 南アフリカ気象局作成地上天気図
 - ⑥ ウィスコンシン大学コンボジット衛星画像
- #### (3) 極軌道衛星雲画像

米国海洋大気庁（NOAA）が運用する衛星 NOAA の衛星受画装置により、独自に受信した赤外や可視などの衛星画像と、多目的アンテナ部門が昭和基地イントラネット上に掲載していた NOAA 衛星の赤外及び可視画像を天気解析に用いた。

6.2. 解析結果の提供とその利用

解析結果は、昭和基地屋外作業、野外オペレーション、航空機オペレーション時などに気象情報として提供したほか、ブリザードによる外出注意令、禁止令の発令、解除の参考となる資料として提供した。また、夕方に天気解析結果及び当日の夜から翌々日までの天気予想を発表するとともに、昭和基地イントラネット上で地上気象観測実況値などと併せて公開した。

昭和基地周辺以外の活動にも、活動地域周辺の気象情報を提供した。第53次隊から引き

続き、第 54 次隊セールロンダーネ山地地学調査隊（2013 年 2 月 1 日から 2 月 2 日、11 月 23 日から 12 月 17 日）、ドームふじ旅行隊（2013 年 2 月 1 日から 2 月 3 日）に対し、情報提供した。第 55 次隊のセールロンダーネ山地地学調査隊（2013 年 11 月 23 日から 12 月 17 日）にも情報提供した。また、しらせの活動支援のため気象庁数値予報資料及び気象情報を提供した（2013 年 2 月 1 日から 2 月 18 日、12 月 6 日から 2014 年 1 月 31 日）。

7. その他の観測

7.1. S16 ロボット気象計

7.1.1. 観測方法と測器

ロボット気象計は、昭和基地東方約 19km の大陸氷床上にある S16（P50、標高約 600m、南緯 69 度 01 分 38 秒、東経 40 度 05 分 21 秒、海岸から約 15km）に設置しており、昭和基地周辺の気象状況を把握することにより、観測隊の野外活動などの支援をすることを目的として、各隊次の判断により運用している。第 54 次隊では、第 53 次隊から引き継いで観測を行った。

観測測器を表 12 に示す。気圧・気温測定部及び発信器部は RS2-KC96 型オゾンゾンデを改造したものを用い、データの取得はロボット気象計からの電波を第 48 次隊まで高層気象観測で使用していたパラボラアンテナで受信して行った。

電源は風力発電機によって充電を行いながら低温用バッテリーを 3 個使用した。観測項目は気圧、気温、風向・風速で、連続観測を行った。

7.1.2. 観測経過

越冬期間中、気圧及び気温が 9 月 3 日から 11 月 4 日まで、風向・風速が越冬開始から 8 月 20 日まで及び 9 月 3 日から 11 月 4 日まで欠測となった。

2013 年 1 月 22 日に第 53 次隊から観測の引き継ぎを受けた際、風向風速計が障害中であったため、オゾンゾンデを改造した気圧・気温測定部及び発信器部の交換のみを実施した。その後、昭和基地にて風向風速計（予備機）の基盤を第 54 次隊で持ち込んだものと交換し、8 月 20 日に基盤を交換した風向風速計を現地のロボット気象計に取り付け風向・風速データ

表 12 S16 におけるロボット気象計の測器一覧表。

Table 12. Observation elements, frequency, accuracy and instruments at S16.

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	±1hPa	鉄ニッケル合金空ごう気圧計 (静電容量変化式)	RS2-KC96型オゾンゾンデを使用
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	±0.3m/s	風車型風向風速計	YOUNG CYG-5103VM
風向	毎正分	±3°		

が復旧した。

しかし、9月3日に発生したブリザードの影響により、全データが受信できなくなった。11月5日に現地にてケーブルのコネクタをつなぎ直したところ、全データを受信できるようになった。

S17に新規設置したロボット気象計の安定運用が確認できたため、S16ロボット気象計は2014年1月31日に観測を終了した。

7.2. S17 ロボット気象計

7.2.1. 観測方法、測器及び通報

従来、S16ロボット気象計を設置していたが、第54次隊で新規にロボット気象計を持ち込み、従来のロボット気象計設置地点より約2.5km離れたところにあるS17航空機観測拠点（標高約600m、南緯69度01分45秒、東経40度05分30秒）に設置した（図18）。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などを目的として、2013年1月29日に運用を開始した。観測項目は気圧、気温、湿度、風向・風速で、403.0MHz帯周波数の電波により、データを無線で昭和基地気象棟へ送信している。電源は、風力発電機によって充電されるサイクロン電池12個を使用している。また、信号変換部、蓄電池、送受信装置が収められているそれぞれの箱にはヒーター機能があり、低温

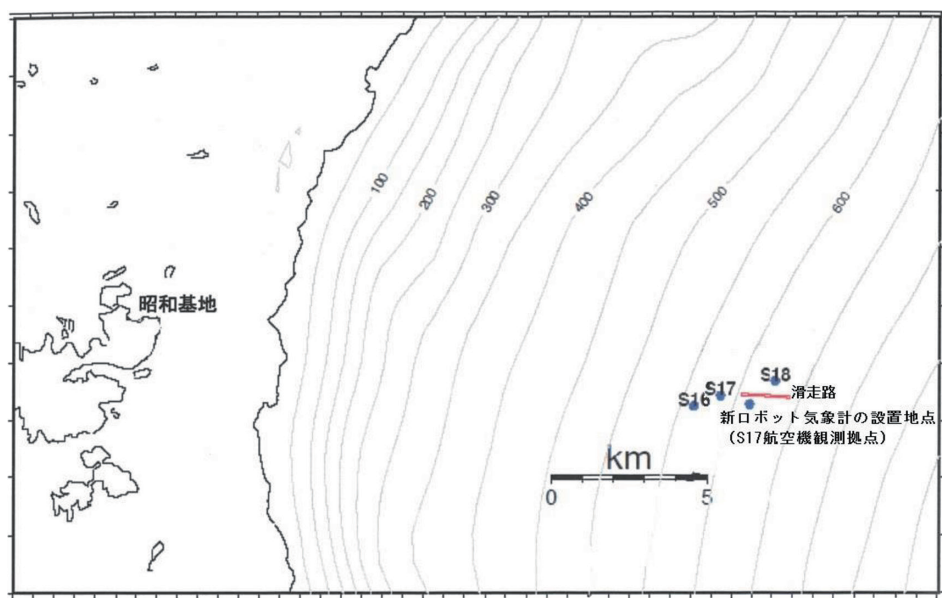


図 18 新ロボット気象計の設置地点 (S17 航空機観測拠点) (国立極地研究所提供図を改変)。

Fig. 18. Location of S17 base at where the new radio-robot telemeteorograph was installed.

による機器の動作不良を防止している。ヒーター電源が常に入り、電力の消費が激しい場合はデータの送受信が 1 日 1 回に変更される場合がある。

航空機オペレーション時は観測隊及びしらせに対し、DROMLAN 運航シーズン中はノボラザレフスカヤ基地（ロシア）やノイマイヤー基地（ドイツ）などの関係各国基地に対し、観測結果を通報した。

使用している観測測器を表 13 に示す。

7.2.2. 設置作業経過

2013 年 1 月 9 日に建築・土木部門の支援を受け、気象棟の壁面に送受信アンテナを設置した。また、2013 年 1 月 22 日～25 日の S16/17 地点を中心とする野外活動において、S17 航空機観測拠点にある発電機小屋に新規にロボット気象計を設置した。気圧計を含む信号変換器収納箱は発電機小屋の床面に、温度計、湿度計、風向・風速計及び風力発電機は発電機小屋の屋上に設置した。22 日に土台となる H 鋼及び台座ボールの設置、23～24 日に観測機器及び風力発電装置の設置並びに電波通信試験、25 日に配線の固定等を行った。設置当初は設置時以前のテストデータも送信されていたため、送信データ量が 1 日の受信許容範囲を超え、1 分値データを受信できなかった。この初期障害はデータ受信ソフトウェアの設定ファイル変更で解消され、2013 年 1 月 29 日から運用を開始した。

7.2.3. 観測経過

2013 年 5 月から湿度計データが度々不良となった。はじめは湿度計の接続コネクタを抜き差しすることで回復したが、徐々に不良データが連続するようになり第 54 次隊の越冬期間では回復することがなかった。そのほかの観測要素に関しては概ね順調であった。

7.2.4. 観測結果と利用

S17 ロボット気象計による地上気象旬別経過図を昭和基地のデータと合わせて図 19 に、風向の出現頻度を表した風配図を図 20 にそれぞれ示す。図 19 を見ると、両地点の標高が異なるため観測値には差があるが、どの要素も昭和基地と同じ変化傾向が見られる。また、図 20 を見ると、昭和基地の卓越風向が北東から東北東であるのに対し、S17 では東北東から東になっている。これは大陸斜面上に位置する S17 が常にカタバ風の影響を受けているた

表 13 S17 におけるロボット気象計の測器一覧表。

Table 13. Observation elements, frequency, accuracy and instruments at S17.

観測項目	観測時刻	観測精度	測器名
気圧	毎正分	$\pm 0.60 \text{ hPa}$	電気式気圧計 (CVS-PTB-210)
気温	毎正分	$\pm (0.15 + 0.002 t)$ ※ t は温度の絶対値 $^{\circ}\text{C}$	電気式温度計 (C-HPT)
湿度	毎正分	$\pm 1\% (0-90\%)$ $\pm 1.7\% (90-100\%)$	電気式湿度計 (CVS-HMP-155D)
風向	毎正分	$\pm 3^{\circ}$ 以下	風車型風向風速計 (CYG-5106-M-HD)
風速	毎正分	$\pm 0.3 \text{ m/s}$	

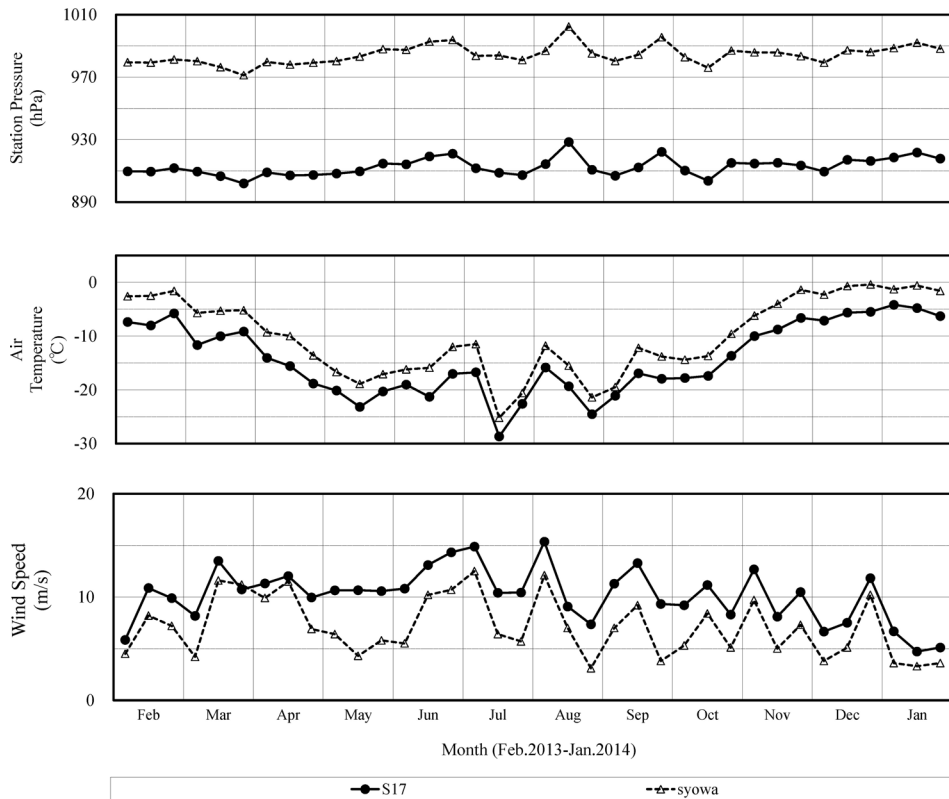


図 19 S17 ロボット気象計による地上気象旬別経過図 (2013 年 2 月～2014 年 1 月)。
 Fig. 19. Time series of 10-day mean surface meteorological data at S17 (Feb. 2013–Jan. 2014).

めと考えられる。これらの特徴は、成田ほか (2010) による S16 ロボット気象計の観測結果や、佐々木ほか (2015) による移動気象観測装置 (MAWS) を用いた S17 での観測結果と一致している。ただし、7.3. でも言及するが、S17 ロボット気象計が観測した旬平均風速を見ると 1 年のうちおよそ 60% は 10 m/s 以上となっており、設置高が高いために雪面上での観測より強く観測されていると考えられる。

S16 ロボット気象計より安定してデータを受信できたため、観測結果は、大陸方面への野外オペレーションへの支援情報や昭和基地周辺の気象予想の資料として頻繁に利用した。また、7.2.1. で述べたとおり、航空機運航のため観測結果を通報した。

7.3. 移動気象観測装置

7.3.1. 観測方法と測器

移動気象観測装置 (Mobile Automatic Weather Station, 以下「MAWS」) は、気圧、風向・

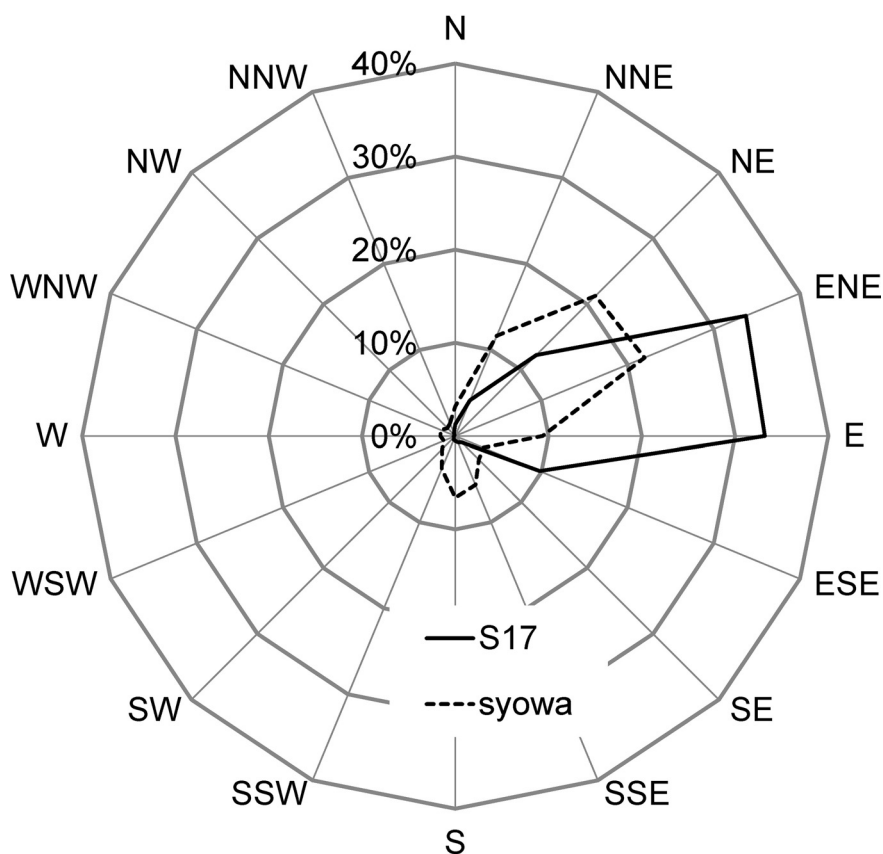


図 20 S17 観測点及び昭和基地における風配図 (2013 年 2 月～2014 年 1 月). 実線: S17 破線: 昭和基地.

Fig. 20. The wind rose for S17 observation point and Syowa Station (Feb. 2013–Jan. 2014). The solid line is for S17, and the dashed line is for Syowa Station.

風速, 気温, 湿度, 全天日射量の観測が行え, 内部データロガーまたはメモリにデータを蓄積できる, ヴァイサラ社製の気象観測装置である. 第 54 次隊では S17 航空機観測拠点に新規に設置したロボット気象計とのデータ比較を目的とし, 主風向風上側である同小屋北東側の雪面に MAWS を設置して観測を行った. 各観測データをサンプリング間隔 1 分で外部メモリ (CF カード) に収録した.

観測データは CF カードを交換して昭和基地に持ち帰り, 専用のソフトウェア (MAWS Terminal) を用いて PC にデータを保存した. データには MAWS による品質管理フラグ (VALID 「正常値」・INVALID 「欠測」・SUSPICIOUS 「疑問値」) が付加されており, VALID 以外のデータは異常と見なして統計には使用しなかった.

その他, 湿度が 100% を超えて出力されるなど明らかに異常なデータは使用しなかった.

観測測器を表 14 に示す。

7.3.2. 観測経過

2013 年 1 月 29 日から最後に内陸オペレーションが行われた 11 月 5 日まで観測を行った。この間、5 月 15 日から 6 月 7 日まではバッテリーの電圧低下と思われる原因により欠測となった。6 月 8 日以降も欠測する日が数日あった。バッテリーの電源低下は低温によるものと考えられ、欠測期間以外はおおむね順調に観測を行った。

7.3.3. 観測結果

ロボット気象計と MAWS を比較すると、日平均現地気圧の 2 乗平均平方根誤差は 1.1 hPa、日平均気温の 2 乗平均平方根誤差は 0.8℃となり、両者の変化もほぼ一致した（図省略）。一方、日平均風速は両者の設置高さが異なる（ロボット気象計は発電機小屋の屋上に対し、MAWS は雪面）ため、2 乗平均平方根誤差は 4.9 m/s と大きくなったが、風速の変化の傾向は概ね一致した。旬平均風速を比較すると 3～8 m/s 程度 MAWS の値が小さくなることが多かったが、両者の差が 1 m/s 程度と小さな旬もあった（図 21）。

表 14 移動気象観測装置 (MAWS) の測器一覧表。

Table 14. Observation elements, accuracy and instruments of MAWS.

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

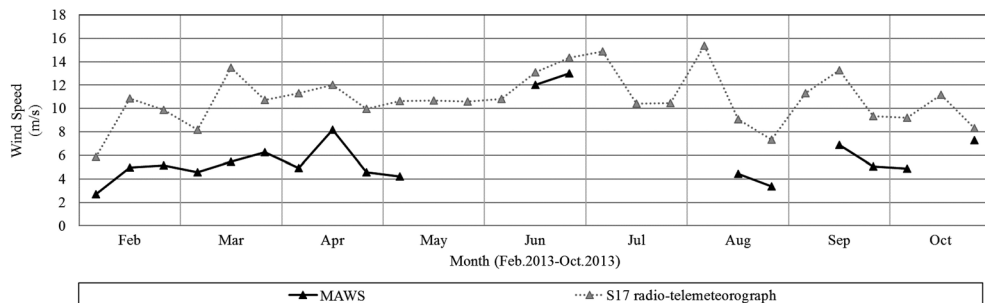


図 21 MAWS 及び S17 ロボット気象計の旬平均風速の経過図 (2013 年 2 月 1 日～2013 年 10 月 31 日)。

Fig. 21. Time series of 10-day mean wind speed data of MAWS and S17 radio-telemeteorograph (Feb. 2013–Oct. 2013). When the daily data is missing, the mean value of the 10-day period including that day is not calculated.

7.4. 内陸旅行中の気象観測

第 54 次隊では、2013 年 10 月 1 日から 19 日までの 19 日間、気水圏部門、宙空圏部門が担当するオペレーションの遂行、天文ドーム及び櫓（そり）回収を目的として、みずほ基地及びその南方 30 km の NMD30 への旅行（以下、みずほ旅行）を行った。気象部門から 1 名がみずほ旅行に参加し、旅行中に気象観測を行った。

図 22 に昭和基地からみずほ基地を経由し、ドームふじ基地に至るルートと位置関係を示す。S16～みずほ基地は S ルート、H ルート及び Z ルートを、みずほ基地～NMD30 は NMD ルートを使用した。

7.4.1. 観測方法と測器

雲（雲量・雲形）、現在天気、大気現象及び視程は目視により観測し、気温、気圧及び風向・風速は Nielsen-Kellerman 社製の携帯気象計 Kestrel 4500 を用いて観測した。

7.4.2. 観測経過

みずほ旅行では、目視観測を含む観測を、朝、昼、夜の 1 日 3 回、移動経路及びキャンプ地にて行った。観測は雪上車の影響を受けないように車両の風上側で行った。

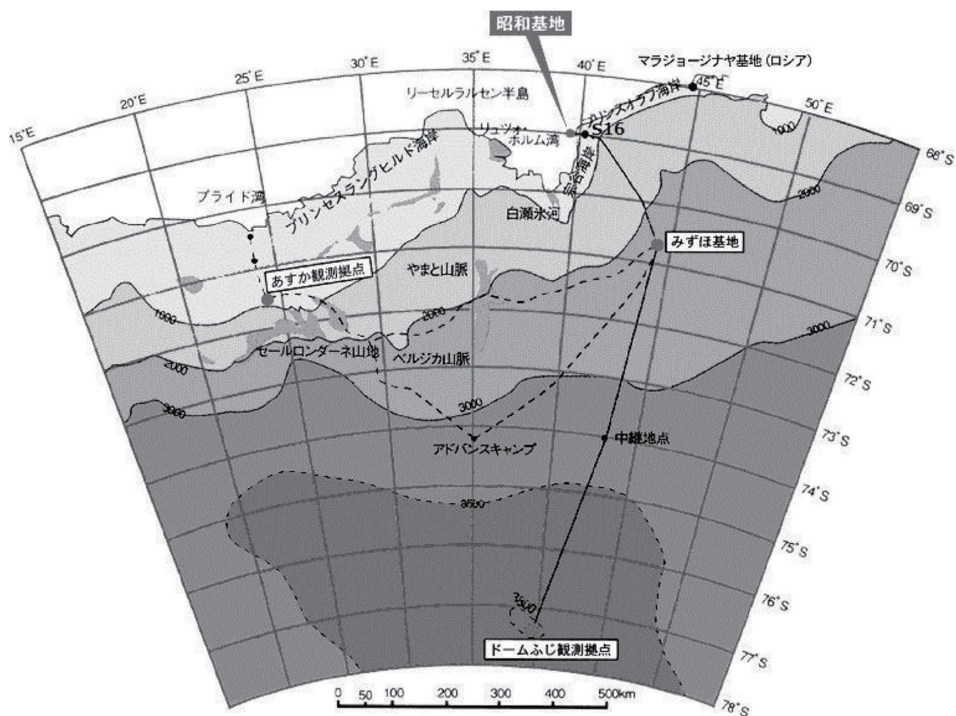


図 22 昭和基地からドームふじ基地への経路（国立極地研究所提供図を改変）。

Fig. 22. Traverse route from Syowa Station to Dome Fuji Station.

7.4.3. 観測結果

図 23 に観測結果を示す。観測記録期間は 2013 年 10 月 1 日 1930LT から 10 月 19 日 0545LT である。

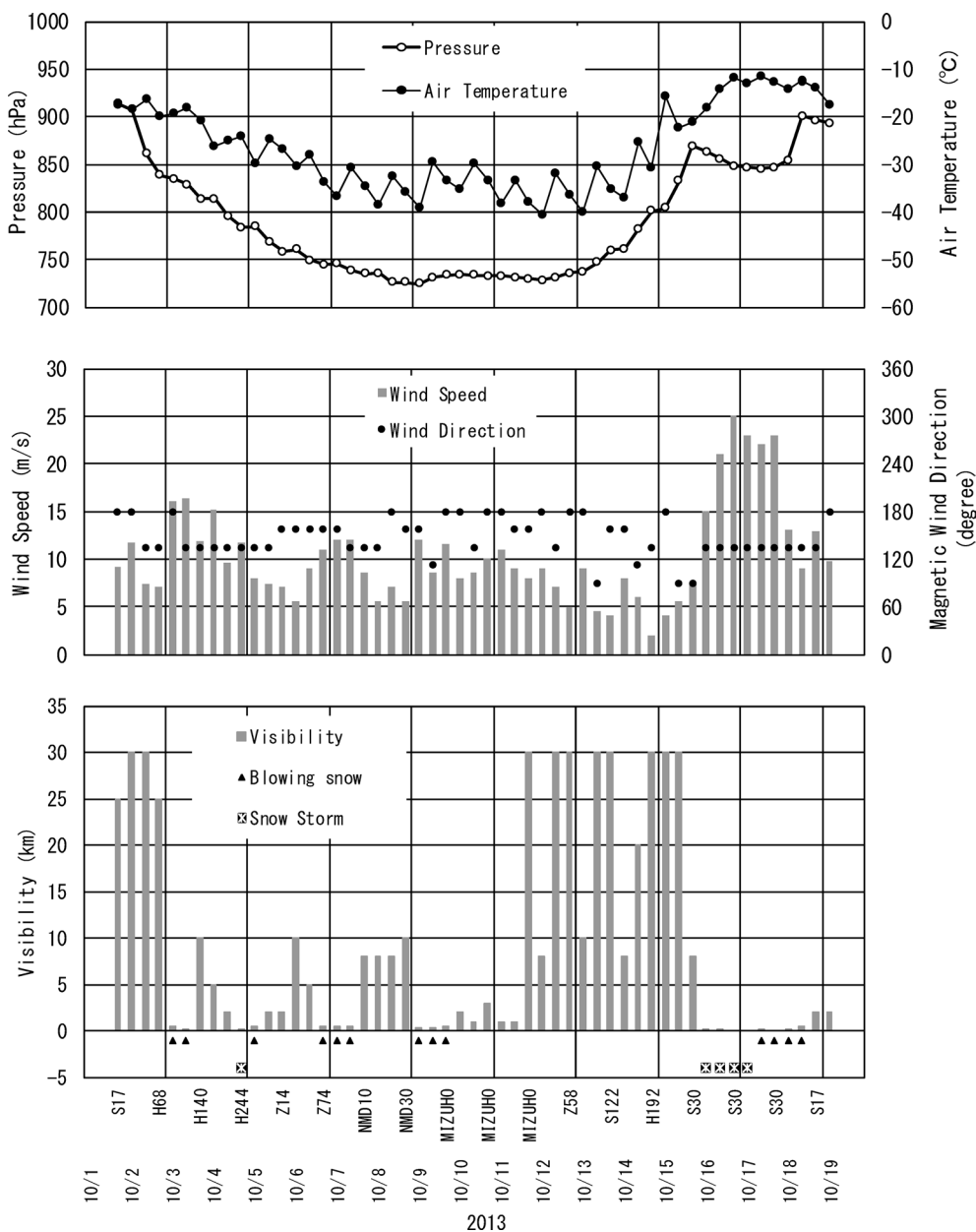


図 23 みずほ旅行中の気象観測データ (2013 年 10 月 1 日～19 日)。

Fig. 23. Surface meteorological observation data round trips from S16 to MIZUHO (NMD30).

3 日, 7 日及び 9 日の日中を中心に地ふぶきとなった。その後は 15 日まで晴天が続いた。16, 17 日はふぶきとなり, 視程が 10 m を下回ることがあった。

旅行中の最低気温は -40.6°C (10 月 12 日 0600 LT, みずほ基地) であった。最大風速は 25 m/s (10 月 16 日 1900 LT, S30) を観測した。

謝 辞

第 54 次隊の定常気象観測を遂行するにあたり, 観測上の技術的援助及び助言をいただいた第 54 次隊の渡邊研太郎観測隊長, 橋田元越冬隊長ほか第 54 次隊観測隊員の皆様, 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に感謝の意を表す。また, 第 54 次隊行動において, 観測物資の輸送をはじめ, 多大なる支援をいただいた海上自衛隊「しらせ」乗組員の方々にも厚く御礼申し上げる。

この報告をまとめるにあたり, 気象庁の荻原裕之前南極観測事務室長と田中恵信南極観測事務室長, 第 53 次観測隊気象部門の方々にご助言をいただいた。お礼を申し上げる。

文 献

- 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** (1), 231–247, doi: 10.15094/00008972.
- 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** (2), 125–204. doi: 10.15094/00009126.
- 江崎雄治・平沢尚彦・林 政彦・山内 恭 (2010): 1997 年春季に南極昭和基地において発現した地上オゾン急減現象。南極資料, **54** (特集号), 623–639, doi: 10.15094/00009577.
- 藤田 建・大吉智也・清水 悟・配島宏治・坂梨貴将 (2018): 第 53 次日本南極地域観測隊気象部門報告 2012。南極資料, **62**, 96–154, doi: 10.15094/00015345.
- 東島圭志郎・佐藤 建・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** (2), 171–271, doi: 10.15094/00009263.
- 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ワー MK III による紫外域日射観測。高層気象台彙報, **61**, 5–28.
- 気象庁 (1989): 南極気象観測三十年史。東京, 164–164.
- 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): 国際気象通報式・別冊。東京, 666 p.
- 気象庁 (2002): 地上気象観測指針。東京, 176 p.
- 気象庁 (2004): 高層気象観測指針。東京, 248 p.
- 気象庁 (2005): 気象観測統計指針。東京, 158 p.
- 気象庁 (2010): オゾンゾンデ観測指針 [ECC 型編]。東京, 46 p.
- 気象庁 (2014): オゾン層・紫外線の年のまとめ (2013)。東京, 46 p.
- 間宮嘉久・居島 修・石井憲介・大河原 望・辰己 弘 (2012): 新しい日射放射観測の開始について。測候時報, **79**, 15–37.
- 宮川幸治 (2007): ドブソン分光光度計の自動化ウィ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.
- 宮川幸治・上野圭介 (2008): 天頂雲検出器の反転観測への導入。高層気象台彙報, **68**, 51–58.
- Miyagawa, K., Sasaki, T., Nakane, H., Petropavlovskikh, I. and Evans, R. D. (2009): Reevaluation of long-term

- Umkehr data and ozone profiles at Japanese stations. *J. Geophys. Res.*, **114** (D7), doi: 10.1029/2008JD010658.
- 中野辰美・岩野園城 (2008): エアバッグ方式流量計を用いたオゾンゾンデ用ポンプ効率測定装置の開発. 高層気象台彙報, **68**, 43–50.
- 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** (1), 32–107, doi: 10.15094/00009522.
- Petropavlovskikh, I., Bhartia, P. K. and DeLuisi, J. (2005): New Umkehr ozone profile retrieval algorithm optimized for climatological studies. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L16808, doi: 10.1029/2005GL023323.
- PMOD/WRC (2007): Precision Filter Radiometer Documentation. PMOD/WRC, 43 p.
- 佐々木利・松元 誠・田中悦子・塩水流洋樹・高見英治 (2015): 第 51 次日本南極地域観測隊気象部門報告 2010. 南極資料, **59** (2), 179–228, doi: 10.15094/00010900.
- 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.
- WHO (2002): GLOBAL SOLAR UV INDEX -A Practical Guide-. Geneva, 28 p.