

第 58 次日本南極地域観測隊気象部門報告 2017

水野太治^{1*}・重岡裕海¹・小野文睦¹・森 陽樹¹・梅澤研太¹Meteorological observations at Syowa Station in 2017
by the 58th Japanese Antarctic Research ExpeditionTaiji Mizuno^{1*}, Hiroumi Shigeoka¹, Fumichika Ono¹, Yoki Mori¹ and Genta Umezawa¹

(2019 年 12 月 19 日受付; 2020 年 2 月 8 日受理)

Abstract: This report describes the results of meteorological observations at Syowa Station from February 1st, 2017 to January 31st, 2018, carried out by the Meteorological Observation Team of the 58th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-58). The observation methods, instruments, and statistical methods used by JARE-58 were almost the same as those used by the JARE-57 observation team.

Remarkable weather phenomena observed during the period of JARE-58 are as follows.

- 1) The average temperature of the month fell below normal in June and August, but the other months were either the same as normal or higher than normal.
- 2) The rain was observed for the first time in five years, under the influence of a cyclone passing through the sea north of Syowa Station from December 23 to 25.
- 3) The area of the Antarctic ozone hole in 2017 was smaller than the average for the past ten years since mid-August. In mid and late September, it remained smaller than the minimum for the past ten years. The largest area was the smallest in the past 29 years.

Keywords: meteorology, wintering, Syowa Station

要旨: この報告は第 58 次日本南極地域観測隊気象部門が、2017 年 2 月 1 日～2018 年 1 月 31 日まで昭和基地において行った気象観測結果をまとめたものである。観測方法、測器、統計方法等は第 57 次隊とほぼ同様である。越冬期間中の特記事項としては、次のものが挙げられる。

- 1) 月平均気温は 6 月と 8 月に平年を下回ったが、その他の月は平年並みか平年より高く経過した。
- 2) 2017 年 12 月 23 日から 25 日にかけて昭和基地の北の海上を通過した低気圧の影響で、5 年ぶりに雨が観測された。
- 3) 2017 年の南極オゾンホール面積は、8 月中旬以降、過去 10 年間の平均値より小さく、9 月中旬・下旬には過去 10 年間の最小値より小さく推移し、最大面積は過去 29 年間で最小となった。

キーワード: 気象, 越冬, 昭和基地

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

* Corresponding author. E-mail: mizuno.t@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、越冬できなかつた 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 58 次日本南極地域観測隊（以下、第 58 次隊）気象部門は、2017 年 2 月 1 日に第 57 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、2018 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 57 次隊とほぼ同様である。

地上気象観測、高層気象観測及び地上日射放射観測については、第 57 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 57 次隊使用の Beck119 との比較観測を約 2 日間実施後、正式運用とし観測を行った。また、オゾン観測のうち地上オゾン濃度観測は、2 台のオゾン濃度計を持ち込み、観測を行った。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 2019 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>)。

その他の観測として、海氷上に設置した雪尺による積雪観測、S17 に設置した気象ロボットによる気象観測などを実施した。

ここでは観測の経過及び結果の概要と、観測結果を用いた解析や考察について報告する。

2. 地上気象観測

2.1. 観測方法と測器

観測は地上気象観測指針（気象庁、2011）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、2016）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) JMA-10 型地上気象観測装置による自動観測

気圧、気温、湿度、風向・風速、全天日射量、日照時間及び積雪の深さは、JMA-10 型地上気象観測装置により連続観測を行った。露点温度は気温、湿度及び気圧の観測データから算出した。また、視程計及び感雨器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) 海氷上の積雪の深さの変化量の観測

昭和基地付近の海氷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

表 1 昭和基地における地上気象観測使用測器等一覧表 (2017年2月~2018年1月)。

Table 1. Observation elements, observation frequency, minimum units, and instruments at Syowa Station (Feb.2017~Jan.2018).

観測種目	観測時刻	観測 最小単位	使用測器等	型式	備考
現地気圧	連続・毎正時	0.1hPa	電気式気圧計	PTB330	気象棟内筐体に設置 巡回用電気式気圧計 (PTB330TS) により比較点検 (年1回)
海面気圧	連続・毎正時	0.1hPa	—		気温・現地気圧から算出
気圧変化量・ 気圧変化型	毎正時	0.1hPa	—		現地気圧から算出・決定
気温	連続・毎正時	0.1°C	電気式温度計	K5639AJ	百葉箱内強制通風式通風筒に設置 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		
露点温度	連続・毎正時	0.1°C	—		気温・湿度観測値から算出
蒸気圧	同上	0.1hPa	—		気温・湿度観測値から算出
相対湿度	連続・毎正時	1%	電気式湿度計	HMT333	百葉箱内強制通風式通風筒に設置 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		
風向	連続・毎正時	1°	風車型風向風速計	WS-JN6	測風塔 (地上高11.3m) に設置
風速	同上	0.1m/s			
全天日射量	同上	0.01MJ/m ²	電気式全天日射計	MS-402F	気象棟前室屋上に設置
日照時間	同上	0.1h	回転式日照計	MS-094	白夜に対応するため、 気象棟屋上南側及び北側に設置
積雪深	同上	1cm	レーザ積雪深計	K5601HD	観測棟北側海岸に設置
	週1回	同上	雪尺 (竹竿9本)		
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)	WB7532	百葉箱南西に設置、参考測器
大気現象	常時		目視		
			視程計 (現象判別付) 感雨器	WB7532 NS-120	百葉箱南西に設置、参考測器 気象棟前室屋上に設置、参考測器

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

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58次隊においても、2017年12月まで、北の浦の海水氷上において、竹竿を利用した雪尺を20m四方に10m間隔で計9本設置した。週1回雪面上の雪尺の長さを測定し、前回の長さとの差から海水上の積雪の深さの変化量を観測した。雪尺観測は、第50次隊から第57次隊まで継続して同じ場所で実施し、強風または融雪の影響で雪尺が傾いた場合は、設置し直し観測を継続させていたが、設置し直すことによる雪面の乱れ、海水氷上を車両が通行することによる観測環境の悪化があったため、第58次隊では新規に雪尺観測場所を選定している。第58次隊で選定した雪尺観測場所を表2に示す。



- 図 1 昭和基地主要部と測器感部の配置 (2017 年 2 月～2018 年 1 月) (「図式描画済地形図ベクトルデータ」(国土地理院 (https://www.gsi.go.jp/antarctic/download_02_2500_2015.html) (2019-8-13 現在)) を元に作成)。
- ①地上気象観測：気圧計、回転式日照計、全天日射計
オゾン観測：ドブソン分光光度計
日射放射観測：ブリューワー分光光度計
 - ②地上気象観測：風向風速計・温度計・湿度計・視程計
 - ③日射放射観測：ブリューワー分光光度計・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
 - 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)
 - 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 (Feb.2017–Jan.2018) (Created based on “Schematized Vector Data of Topographic Map” (Geospatial Information Authority of Japan) (https://www.gsi.go.jp/antarctic/download_02_2500_2015.html) (accessed 2019-8-13)).

- ① Surface observation: Barometer, Sunshine duration, Solar radiation
Ozone observation: Dobson spectrophotometer, Radiation observation: Brewer spectrophotometer
- ② Surface observation: Wind sensor, Thermometer, Hygrometer, Visibility sensor
- ③ Radiation observation: Brewer spectrophotometer, Downward radiation (Pyranometer, Pyrhelimeter, Pyrgeometer, UV radiometer), Sunphotometer
- ④ Surface observation: Snow depth sensor
- ⑤ Radiation observation: Upward radiation (Pyranometer, Pyrgeometer, UV radiometer), Net radiometer
- ⑥ Ozone observation: Surface ozone monitor

表 2 雪尺観測設置場所.

Table 2. Latitude and longitude where the snow measure was installed.

	緯度	経度
雪尺①	S 69° 00' 07.3"	E 039° 35' 38.0"
雪尺②	S 69° 00' 07.1"	E 039° 35' 38.7"
雪尺③	S 69° 00' 06.9"	E 039° 35' 39.4"
雪尺④	S 69° 00' 07.1"	E 039° 35' 37.4"
雪尺⑤	S 69° 00' 06.9"	E 039° 35' 38.2"
雪尺⑥	S 69° 00' 06.7"	E 039° 35' 38.9"
雪尺⑦	S 69° 00' 06.9"	E 039° 35' 36.8"
雪尺⑧	S 69° 00' 06.6"	E 039° 35' 37.5"
雪尺⑨	S 69° 00' 06.5"	E 039° 35' 38.2"

※緯度および経度は2017年5月2日測定

2.2. 観測経過

JMA-10 型地上気象観測装置の各測器は、おおむね順調に作動した。

保守・点検は、気象庁の JMA-10 型地上気象観測装置保守点検実施手順書に準じて実施した。

(1) 気圧

電気式気圧計を気象棟内に設置し、通年観測した。測器の精度監視とオフセット値算出のために、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 2017 年 1 月 5 日に行い、2 月 1 日にオフセット値の確認及び設定を行った。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）

気象棟北西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。おおむね順調に観測を行った。携帯用通風乾湿計による比較観測は、定期保守として 3 ヶ月に 1 回、また、ブリザード等で百葉箱内の除雪が必要な場合は、除雪の前後で毎回行い、観測装置の値が許容範囲内であることを確認した。定期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上で実施した。止むを得ず正時にかかってしまった場合は、携帯用通風乾湿計で代替観測を行った。

2017 年 8 月 11 日から 13 日にかけて、ブリザードの影響により百葉箱内に雪がつまり、正常の観測ができていないと判断したため、8 月 11 日 6 時 1 分から 8 月 13 日 9 時 54 分まで気温、湿度及び算出される観測値を欠測とした。携帯用通風乾湿計により 8 月 13 日の 9 時の気温と湿度を観測した。

2018 年 1 月 4 日に通風筒、温度計、湿度計の交換を行い、携帯用通風乾湿計により 22 時、23 時、24 時の気温と湿度を観測した。

(3) 風向・風速

気象棟北西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、風向風速計の定期点検により日平均風速が準正常値となった日がある。また、低温弱風時における風向風速計凍結の確認及び凍結部解凍のために欠測が生じ、風向及び風速の 1 時間値、日平均風速、日最大風速及び日最大瞬間風速の風向が準正常値や資料不足値となった日があった。

2017 年 12 月 29 日に風向風速計の交換を行ったため、16 時の風向及び風速が欠測となった。

(4) 全天日射量、日照時間

気象棟屋上に設置した電気式全天日射計及び回転式日照計で、それぞれ全天日射量及び日照時間を通年観測した。点検のほか、基本観測棟及びクレーン作業の影の影響により日照時間、全天日射量の 1 時間値及び日合計が準正常値、資料不足値または欠測となった日があった。

(5) 積雪の深さ

レーザ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、晴天時などに異常値が観測され 5 月 8 日、9 日及び 7 月 5 日の積雪の深さが欠測したほか、2017 年 7 月 10 日以降、周囲の積雪が増えていると判断できるにもかかわらず、積雪計の値が増加しないことから観測データ異常と判断し、欠測とした。10 月 2 日にレーザの照射角度の確認を実施した結果、越冬交代前に確認した角度と齟齬があることが確認された。原因は 7 月 10 日から 12 日のふぶきにより積雪計を設置しているポールが曲がったためと考えられる。このため、11 月 1 日に積雪計の再設置を実施した。この際、設置高の調整のために積雪面の掘削を実施した。なお、58 次の観測期間中は積雪面が周囲と異なる状態が続いたため、欠測となった。

(6) 視程及び感雨（参考記録）

視程計（現象判別機能付）を百葉箱南西側、感雨器を気象棟前室屋上に設置し、参考測器として通年観測した。視程障害時の目視観測の参考や、大気現象発現時刻の決定等の参考とした。ふぶきにより視程計の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、定期点検時に投受光部の清掃及び感雨器の清掃を行った。

(7) 海水上の積雪の深さの変化量の観測

雪尺観測場所を選定する際、4 月まで海水の状態が悪く、とっつき岬等へのルート選定に時間がかかったため、観測場所の確定が遅れた。このため、観測開始は 5 月 2 日となった。おおむね毎週 1 回、越冬隊員 2 名以上で雪尺観測を行った。

7 月 17 日に強風または融雪の影響で雪尺が傾いたため 1 本撤去。その後は観測終了まで 8 本での運用となり、12 月 25 日に 8 本中 5 本が融雪の影響で傾いたため 5 本を撤去した。複数の雪尺が傾いた場合、設置し直すことが必要であったが、12 月下旬の海水状態が悪く、

作業が困難であることと、例年12月、1月中旬に傾いた雪尺は、設置し直しても翌週には再度融雪の影響で傾くことが多かったため、第58次隊ではこの時点で観測継続は不可能と判断し、観測終了とした。

2.3. 観測結果

月別気象表を表3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4に、ブリザードの概要を表5に、越冬期間中の天気概況を表6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、昭和基地内（積雪計）の積雪の深さと海氷上（雪尺）の積雪の深さの設置時からの変化量を図3に、月別ブリザード数を図4に、各隊次のブリザード回数を図5に示す。さらに、第58次隊で雪尺の観測をした期間（5月～1月）における、第50次隊以降の越冬隊（以下「近年」）の雪尺の観測値（雪の増分）の比較を図6に示す。

第58次隊の越冬期間における観測結果の特徴として、以下の点が挙げられる。

- ①近年と比較すると6月と8月の月平均気温が低かった。
- ②12月24日の明け方から、5年ぶりの雨の観測があった。
- ③ブリザード回数は20回と平年の24.7回を大幅に下回り、近年では最も少なかった。第1次隊から見ても少ないほうから9位であり、ブリザードが少ない隊だった。
- ④雪が近年のなかで少なかった。

2.4. 観測結果の通報及び提供

観測結果は、インテルサット衛星回線を利用して国際気象通報式（気象庁、1990）の地上実況気象通報式（FM12 SYNOP）で気象庁に送信し、気象庁から全球通信システム（GTS）で世界へ配信した。インテルサット衛星回線の保守または障害期間中は、イリジウム衛星回線を利用して通報を行った。また、地上気象観測報告を一日に2回、気象庁へ送信した。その他に、昭和基地イントラネットの気象情報専用Webページ上に地上気象の10分値データやグラフを掲載し、屋外作業や野外旅行支援のために、昭和基地の気象実況を提供した。

DROMLAN（Dronning Maud Land Air Network）支援のために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、昭和基地の気象実況を提供した（2017年10月25日から12月4日、12月8日から10日、2018年1月11日、12日）。

表 3 昭和基地における地上気象観測月別気象表 (2017年2月~2018年1月).
Table 3. Monthly summaries of surface observations at Syowa Station (Feb.2017~Jan.2018).

項目	単位	2017 2	2017 3	2017 4	2017 5	2017 6	2017 7	2017 8	2017 9	2017 10	2017 11	2017 12	2018 1	58次越冬期間 平均・合計・極値
平均海面気圧	hPa	989.5	988.4	982.1	980.7	990	982	982.5	979.2	988	984.4	984	984.9	984.6
最低海面気圧	hPa	972.1	966.5	945.2	958.6	968.7	957.3	966.1	961.1	967.6	971.2	968.6	956.6	945.2
起日		18	29	4	7	21	4	11	8	5	21	17	3	
平均気温	℃	-2.9	-5.3	-9.3	-10.1	-18.6	-15.5	-22.5	-17.3	-12.4	-5.2	-0.9	-1	-10.1
最高気温の平均	℃	-0.4	-3.4	-6.9	-8	-15.9	-12.2	-19.3	-14.3	-9.3	-2.6	1.6	1.5	-7.4
最低気温の平均	℃	-5.7	-7.8	-12.5	-12.3	-21.3	-18.9	-26.1	-21.3	-16.7	-8.9	-3.9	-4	-13.2
最高気温	℃	2.9	0.8	-1	-2.8	-9.5	-4.5	-9	-6.7	-5.1	2.2	5.4	5.2	5.4
起日		3	1	5*	11*	18	25	11	1	19	30*	22	27	
最低気温	℃	-12.3	-18.1	-22.1	-20	-28.4	-32.2	-32.9	-30	-29	-21	-8.8	-9	-32.9
起日		27	23	14	1	28	1	24	7	17	4	5	22	
最低気温	0℃以上の日数													4
平均気温	0℃以上の日数													2
最高気温	0℃以上の日数													13
最高気温	-10℃以上の日数													26
最高気温	-20℃以上の日数													31
最低気温	-20℃未満の日数			3		18	13	25	17	7	1			84
平均気温	-20℃未満の日数					11	8	17	6					42
最高気温	-20℃未満の日数					6		13	4					28
平均海面気圧	hPa	3.5	3.1	2.4	2.1	1.1	1.5	0.8	1.3	1.6	3.4	4	4.4	2.4
平均相対湿度	%	70	74	75	66	69	71	69	71	67	78	69	77	71
平均風速	m/s	7.2	6.7	7.9	9.3	4.6	9.3	4.7	7.7	5.4	6.1	4.6	5.2	6.6
最多風向	16方位	ENE	ENE	ENE	ENE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
最大風速	m/s	23.1	23.2	31.2	28.6	21.7	31.7	39.3	26.7	23.1	27	19.1	34.6	39.3
風向	起日	ENE, 18	ENE, 29	ENE, 4	NE, 7	NE, 18	NE, 4	NE, 11	NE, 15	NE, 12	NE, 20	ENE, 25	NE, 3	
最大瞬間風速	m/s	30	29.7	38.9	35.9	27.2	38.3	48.9	34	32.7	32.2	23.6	42.1	48.9
風向	起日	ENE, 18	ENE, 29	ENE, 4	ENE, 11	ENE, 18	ENE, 25	ENE, 11	ENE, 1	E, 17	NE, 20	NE, 28	NE, 3	
最大風速	10.0m/s以上の日数	20	18	21	25	10	27	12	15	19	12	15	12	206
	15.0m/s以上の日数	8	8	12	11	3	16	5	10	7	7	2	4	93
	30.0m/s以上の日数	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	1	5
日照時間	h	221.2	95.8	35.2	11.6		10.7	70.2	135.7	271.4	228.7	402.3	279	1763.6
日照数	%	46	24	14	12		24	32	40	56	36	54	39	
平均全天日射量	MJ/m ²	16.2	7.2	1.9	0.2	0	0.1	1.6	6.6	16.3	23.7	29.5	24.3	10.6
日照日数	日	5	11	17	23	30	20	14	10	3	4	1	3	138
平均雲量	日	7.1	8.5	8	6.7	6.4	6.1	6.7	6.4	5.9	8.1	6.5	8.2	7.1
平均曇量	日	4	1	2	3	4	6	4	6	10	1	1	0	42
1.5未満の日数	日	15	21	19	12	11	14	9	10	15	19	11	21	177
8.5以上の日数	日	132	126	132	123	123	122							132
月最深積雪	起日	2	22*	2	16*	2	2*							
降雪の深さ月合計	日	41	18	50	7	11	1							128
雪日数	日	6	20	23	15	18	18	16	18	16	17	10	18	195
霧日数	日	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	1	3	9
ブリザード日数	日	1	0	3	4	4	11	2	9	3	3	0	0	40
ブリザード回数	回	1		2	3	2	4	1	3	2	2			20

注 1. 統計方法は気象観測統計指針(気象庁, 2016)による。
 2. 数値右側の符号は次のとおり。
 「」: 標準正常値。統計値を求める対象となる資料の一部が欠けているが、通常の観測データと同様に扱うことができるもの。
 「」: 資料不足値。統計値を求める対象となる資料数が不足しているもの。
 「*」: 1つの極値に対して期間内に起日数が2日以上ある場合、最も新しい起日に*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、日照日数にはこの期間(45日)を加えてある。

表 4 昭和基地における地上気象観測極値・順位値更新記録 (2017年2月~2018年1月).
 Table 4. New records of surface meteorological observation extrema and rankings at Syowa Station
 (Feb.2017~Jan.2018).

年月	要素	観測値	起日	順位	統計開始年
2017年2月	日最小相対湿度	27%	24日	月3位	1981年2月
	降雪の深さ日合計	19cm	2日	月2位	2005年10月
	降雪の深さ月合計	41cm	—	月6位	2005年10月
	月最深積雪	132cm	2日	月1位	1999年2月
3月	月最深積雪	126cm	22日	月2位	1999年2月
4月	日最小相対湿度	21%	25日	通年5位 月3位	1981年2月
		26%	26日	月6位	
	降雪の深さ月合計	50cm	—	月7位	2005年10月
	月最深積雪	132cm	2日	月1位	1999年2月
5月	日最低気温の高い方から	-4.3℃	11日	月6位	1957年2月
	月平均気温の高い方から	-10.1℃	—	月3位	1957年2月
	日最小相対湿度	29%	18日	月10位	1981年2月
	月最深積雪	123 cm	16日	月3位	1999年2月
6月	月平均気温の低い方から	-18.6℃	—	月7位	1957年2月
	降雪の深さ月合計	11 cm	—	月10位	2005年10月
	月最深積雪	123 cm	8日	月5位	1999年2月
7月	月間日照時間の多い方から	10.7]h	—	月8位	1959年2月
	月最深積雪	122]cm	2日	月6位	1999年2月
8月	月平均気温の低い方から	-22.5℃	—	通年10位 月5位	1957年2月
	日最大風速・風向	NE 39.3m/s	11日	月7位	1957年2月
	日最大瞬間風速・風向	ENE 48.9m/s	11日	月8位	1957年2月
10月	日最小相対湿度	26%	1日	月3位	1981年2月
		27%	2日	月8位	
	月間日照時間の多い方から	271.4h	—	月6位	1959年2月
11月	日最低気温の高い方から	-2.2℃	20日	月8位	1957年2月
	月平均気温の高い方から	-5.2℃	—	月7位	1957年2月
	月間日照時間の少ない方から	228.7h	—	月8位	1959年2月
12月	日最低気温の高い方から	1.1℃	24日	月3位	1957年2月
	日最大風速・風向	NE 34.6m/s	3日	月7位	1957年2月
2018年1月	月間日照時間の少ない方から	279.0h	—	月9位	1959年2月

注) 1. 統計方法は気象観測統計指針 (気象庁, 2016) による。

2. 数値右側の符号は次のとおり。

「) 」 : 準正常値。統計値を求める対象となる資料の一部が欠けているが、通常の観測データと同様に扱うことができるもの。

「] 」 : 資料不足値。統計値を求める対象となる資料数が不足しているもの。

表 5 昭和基地におけるブリザードの概要 (2017年2月~2018年1月).
 Table 5. Summaries of heavy snowstorms (blizzards) at Syowa Station (Feb.2017-Jan.2018).

階 番 号	開始日時	終了日時	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)	
			終始時間	継続時間		風速	風向	風速	風向	気圧	起降
5801 C	2017年 2月 2日 06時05分	2017年 2月 2日 12時25分	6時間20分	6時間20分	0時間 0分	21.4	NE	2月 2日 08時00分	26.2	NE	2月 2日 07時33分
5802 B	2017年 4月 22日 00時30分	2017年 4月 22日 22時50分	22時間20分	21時間30分	0時間50分	24.0	ENE	4月 22日 13時01分	30.4	ENE	4月 22日 17時55分
5803 C	2017年 4月 29日 20時10分	2017年 4月 30日 03時10分	7時間00分	06時間20分	0時間40分	15.5	NE	4月 29日 20時30分	19.4	NE	4月 30日 02時56分
5804 B	2017年 5月 7日 01時50分	2017年 5月 8日 10時50分	33時間00分	33時間00分	0時間 0分	28.6	NE	5月 7日 13時33分	34.3	NE	5月 7日 13時10分
5805 C	2017年 5月 9日 02時40分	2017年 5月 9日 08時50分	6時間10分	6時間10分	0時間 0分	19.7	NE	5月 9日 03時30分	23.7	ENE	5月 9日 04時10分
5806 C	2017年 5月 11日 03時30分	2017年 5月 11日 10時00分	6時間30分	6時間30分	0時間 0分	28.1	ENE	5月 11日 07時13分	35.9	ENE	5月 11日 07時04分
5807 B	2017年 6月 18日 04時50分	2017年 6月 19日 04時30分	23時間40分	23時間40分	0時間 0分	21.7	NE	6月 18日 07時52分	27.2	NE	6月 18日 07時46分
5808 C	2017年 6月 22日 14時25分	2017年 6月 23日 00時50分	10時間25分	10時間25分	0時間 0分	16.8	ENE	6月 22日 20時53分	21.2	ENE	6月 22日 20時36分
5809 B	2017年 7月 4日 11時10分	2017年 7月 6日 02時45分	39時間35分	39時間35分	5時間 0分	31.7	NE	7月 4日 17時37分	37.1	ENE	7月 4日 18時07分
5810 B	2017年 7月 19日 22時15分	2017年 7月 21日 10時20分	25時間55分	49時間30分	1時間05分	23.1	ENE	7月 20日 00時43分	27.8	ENE	7月 20日 00時32分
5811 C	2017年 7月 19日 22時15分	2017年 7月 21日 10時20分	25時間55分	49時間30分	1時間05分	23.1	ENE	7月 20日 00時43分	27.8	ENE	7月 20日 00時32分
5812 A	2017年 7月 25日 04時20分	2017年 7月 26日 11時00分	30時間40分	28時間20分	2時間20分	31.2	ENE	7月 25日 13時21分	38.3	ENE	7月 25日 14時04分
5813 A	2017年 8月 12日 03時30分	2017年 8月 12日 21時40分	41時間10分	40時間20分	0時間50分	39.3	NE	8月 11日 13時48分	48.9	ENE	8月 11日 12時14分
5814 B	2017年 9月 1日 03時20分	2017年 9月 2日 06時50分	27時間30分	27時間30分	0時間 0分	26.2	NE	9月 1日 14時17分	34.0	ENE	9月 1日 15時55分
5815 B	2017年 9月 14日 09時50分	2017年 9月 15日 08時50分	23時間00分	23時間00分	0時間 0分	26.7	NE	9月 15日 00時25分	33.3	NE	9月 15日 00時20分
5816 B	2017年 9月 18日 19時30分	2017年 9月 22日 03時50分	80時間00分	80時間00分	0時間 0分	26.5	NE	9月 21日 06時18分	32.6	ENE	9月 21日 02時36分
5817 B	2017年 10月 12日 08時10分	2017年 10月 12日 22時10分	13時間00分	13時間00分	0時間 0分	23.1	NE	10月 12日 17時45分	28.4	NE	10月 12日 18時17分
5818 C	2017年 10月 28日 10時20分	2017年 10月 29日 08時30分	22時間10分	18時間20分	3時間50分	20.0	NE	10月 29日 05時27分	24.5	ENE	10月 29日 03時52分
5819 B	2017年 11月 17日 07時25分	2017年 11月 17日 22時00分	14時間35分	14時間35分	0時間 0分	24.5	NE	11月 17日 13時36分	29.0	NE	11月 17日 13時33分
5820 B	2017年 11月 19日 19時00分	2017年 11月 20日 13時00分	18時間00分	18時間00分	0時間 0分	27.0	NE	11月 20日 00時34分	32.2	ENE	11月 20日 00時25分

※1: ブリザードの影響で百葉箱内に雪が詰まったため、最低海面気圧が欠測となった。

表 6 昭和基地における月別気象概況 (2017年2月~2018年1月).
Table 6. Monthly weather summaries at Syowa Station (Feb.2017-Jan.2018).

年・月	天気概況
2017年 2月	おおむね晴れたが、周期的に北の海上を通過する低気圧の影響で、日最大風速が10m/sを超える日が20日と多く(平年値16.9日)、降雪を伴った1日~3日の朝方、15日はふぶきとなった。なお、22日夕方から快晴が続き、24日に日最低相対湿度27%と2月として過去3番目に低くなった。
2017年 3月	周期的に北の海上を通過する低気圧の影響で、月を通して曇りとなり雪が降った日が多かった。このため、気温は快晴や薄曇りの日があった中旬を除き平年より高く(旬平均気温:上旬-3.3℃(平年値-4.9℃)、下旬-5.5℃(平年値-7.7℃))、日照時間が95.8時間と少なかった(平年値120.1時間)。なお、下旬には発達した低気圧が複数通過したため、ふぶきとなった日が多かった。
2017年 4月	北の海上を通過する低気圧が多く、雲が多く雪の降る日が23日と多かった(平年値20.1日)。特に上旬は日照が出る時間が3.3時間と非常に少なかった(平年値26.1時間)。中旬から下旬にかけては、高気圧に覆われ晴れとなる日があり、連続して日中が晴れた25日の日最低湿度は21%と、歴代で5位、4月として3位の低さだった。なお、発達した低気圧が接近した22日はB級ブリザードとなった。
2017年 5月	北の海上を通過する低気圧が多かったため、月を通して気温が高く、月平均気温が-10.1℃と、5月としては高い方から3位となった。特に、発達した低気圧が接近した11日は、日最低気温が-4.3℃と、5月としては高い方から6位となった。しかし、北の海上を通過した低気圧は多かったが、雪が降った日が15日と少なかった(平年値18.5日)。なお、下旬は大陸から張り出した高気圧に覆われ、晴れとなった日が多かった。
2017年 6月	月を通して大陸から張り出した高気圧に覆われ、風が弱く晴れた日が多かった。この為、月平均気温が-18.6℃と6月としては低い日が多かったため、月平均気温が-15.5℃と高かった(平年値-19.6℃と、平年値(-14.8℃)に比べ、4.8℃も低く、旬平均風速が4.1m/sと、平年の8.1m/sに比べ、4.0m/sも弱かった。月の後半に北の海上を発達した低気圧が通過した影響でふぶきとなった日があり、18日がB級、22日がC級ブリザードとなった。
2017年 7月	北の海上を低気圧が周期的に通過したため、ふぶきの日が周期的にあった。この為、月を通して風の強い日が多く、気温が高い日が多かったため、月平均気温が-15.5℃と高かった(平年値-17.3℃)。また、周期的に高気圧に覆われたため、快晴となった日が多く、月間の日照時間が10.7時間と7月として過去8番目に多かった。なお、7月はブリザードが合計4回あり、その内の1回はA級となった。
2017年 8月	前半は低気圧が北の海上を周期的に通過したため、曇りで雪が降った日が多かったが、後半は大陸の高気圧に覆われ晴れとなった日が多かった。月を通しては曇りが8.5以上の日が9日と少なく(平年値13.1日)、気温が平年よりも低い日が多かった。特に下旬は最低気温が-30℃を下回る日が多かった。この為、月の平均気温が-22.5℃と低く、月平均気温が低い方から通年で10位、8月として5位となった。なお、8月11日から12日は発達した低気圧が接近したため、A級ブリザードとなった。
2017年 9月	周期的に接近した低気圧により、曇りで雪が降った日が多く、3回ふぶきとなったが、特に極値順位を更新するような極端な天候はなく、月を通してみればおおむね平年どおりの天候となった。なお、上旬から中旬にかけては、ふぶきの影響で平年に比べ風が強く(旬平均風速:上旬7.3m/s(平年値5.8m/s)中旬10.7m/s(平年値6.4m/s))、気温が高かった(旬平均気温:上旬-17.6℃(平年値-19.4℃)中旬-16.3℃(平年値-17.8℃))。また、下旬は22日まで続いたふぶき以降、低気圧があまり昭和基地まで接近しなかったため、晴れとなった日が多かった。
2017年 10月	中、下旬に1回ずつブリザードとなったが、月を通して晴れた日が多く風の弱い日が多かった。この為、月間日照時間が271.4時間と10月として多い方から6位、また、月初めは前月から快晴が続いていたため湿度が低く、10月として日最小相対湿度が1日は3位(日最小湿度26%)、2日は8位(日最小湿度27%)となった。なお、10月は快晴の日も多く、日平均曇量が1.5割未満の日が10日と平年に比べ7.2日も多かった(平年値2.8日)。
2017年 11月	低気圧が昭和基地付近を通過することが多く、北からの暖かく湿った空気が入りやすい状態であった。この為、月を通して雲が多く、月間日照時間が228.7時間と11月として少ない方から8位を記録。また、月を通して気温が高く、月平均気温が-5.2℃と11月として高い方から7位を記録し、20日には日最低気温が-2.2℃と11月として高い方から8位を記録した。なお、晴れた日が多かった上旬は、旬平均風速が3.3m/sと平年より2.9m/sも弱く(平年値6.2m/s)、旬平均気温も-8.4℃と平年に比べ0.7℃高かった(平年値-9.1℃)が、連続してB級ブリザードとなった中旬には、旬平均風速が8.8m/sと平年より2.3m/sも強く(平年値6.5m/s)、旬平均気温は-5.2℃と平年に比べ1.5℃も高かった(平年値-6.7℃)。下旬は低気圧の通過が多かったため、旬平均気温は-1.9℃と平年に比べ2.7℃も高かった(平年値-4.6℃)が、旬平均風速は6.2m/sと平年と比べ0.3m/s弱い(平年値6.5m/s)程度であった。
2017年 12月	大陸から高気圧が張り出し昭和基地を覆っていたが、北の海上を発達した低気圧が周期的に通過した。このため、月を通して悪天となった日が多かったが、曇が多い日が多かった。また、15日から22日まで曇が少なく日射が多い日が多かったため、気温が上がり、低気圧が通過した24日の明け方から、5年ぶりの雨を観測した。また、同日の日最低気温は1.1℃と12月として高い方から3位となった。
2018年 1月	周期的に低気圧が接近したため曇りで雪が降った日が多く、やや強い風が吹いた日が多かった。特に発達した低気圧が接近した3日はふぶきとなり、日最大風速が34.6m/sと1月として強い方から7位となった。また、曇りの日が多いため月合計日照時間が279.0時間と1月として少ない方から9位となり、日平均曇量が8.5以上の日が21日と平年に比べ7.8日多く(平年値13.2日)、雪が降った日が18日と平年に比べ7日多かった(平年値11日)。

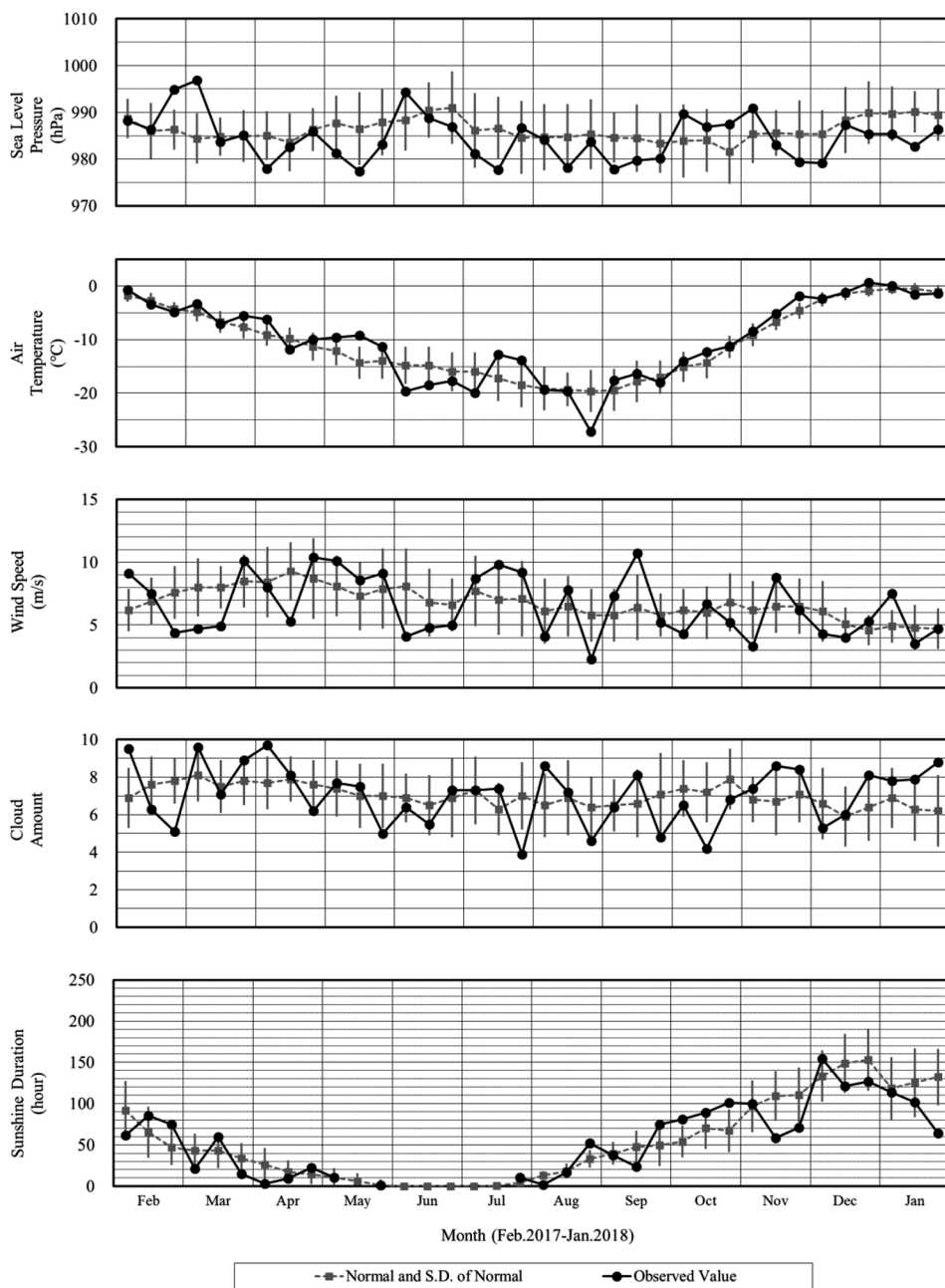


図 2 昭和基地における地上気象旬別経過図 (2017 年 2 月～2018 年 1 月).
 平年値は 1981 年～2010 年の平均値.

Fig. 2. Time series of ten-day mean surface meteorological data at Syowa Station (Feb.2017–Jan.2018).

The Normals are the mean value for the period from 1981 to 2010.

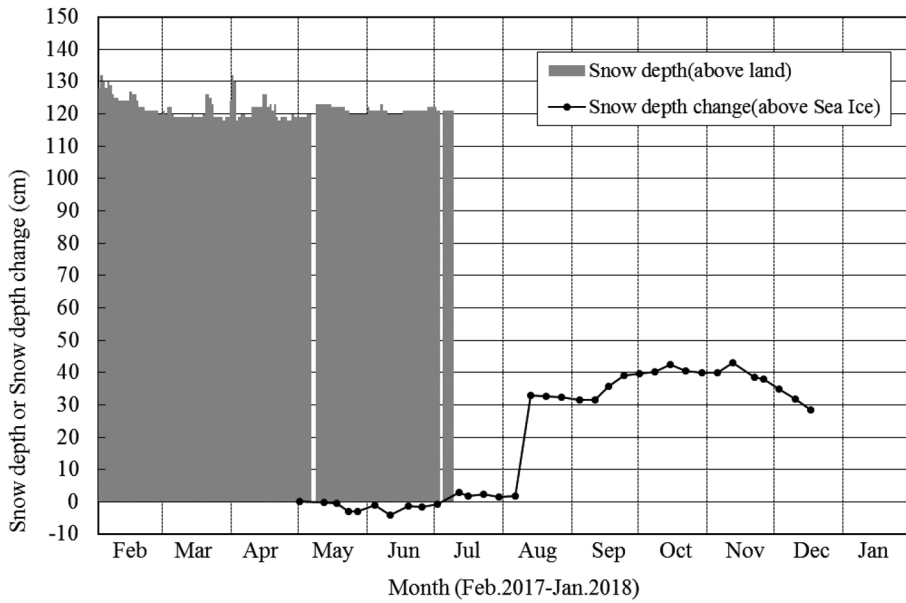


図 3 昭和基地内（積雪計）の積雪の深さと海氷上（雪尺）の積雪の深さの設置時からの変化量（2017年2月～2018年1月）。

Fig. 3. Snow depth changes at Syowa Station and over sea ice (Feb.2017–Jan.2018).

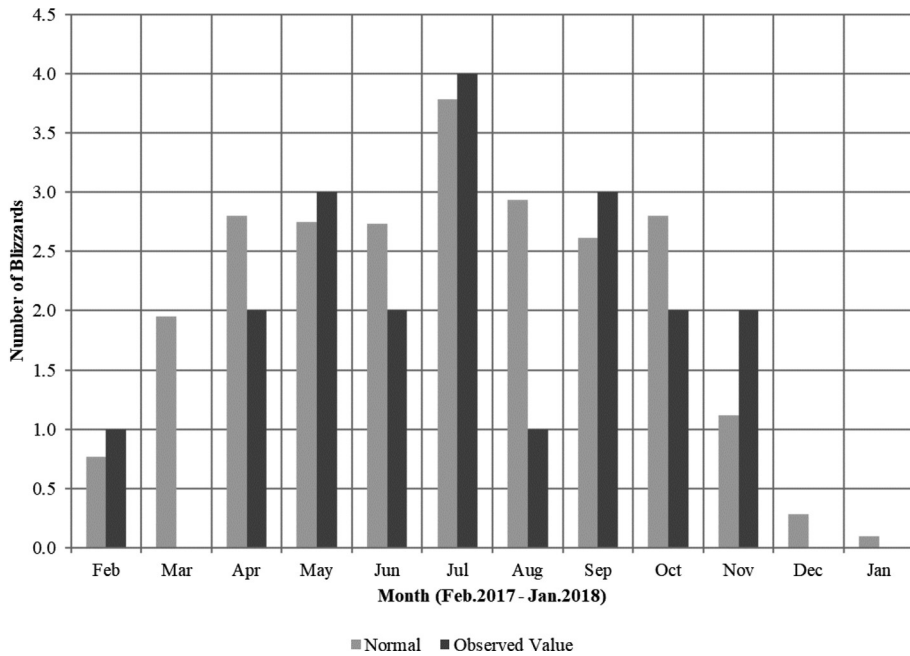


図 4 月別ブリザード数（2017年2月～2018年1月）。平年値は1981年～2010年の平均値。

Fig. 4. Number of blizzards per month at Syowa Station (Feb.2017–Jan.2018). The Normals are the mean value for the period from 1981 to 2010.

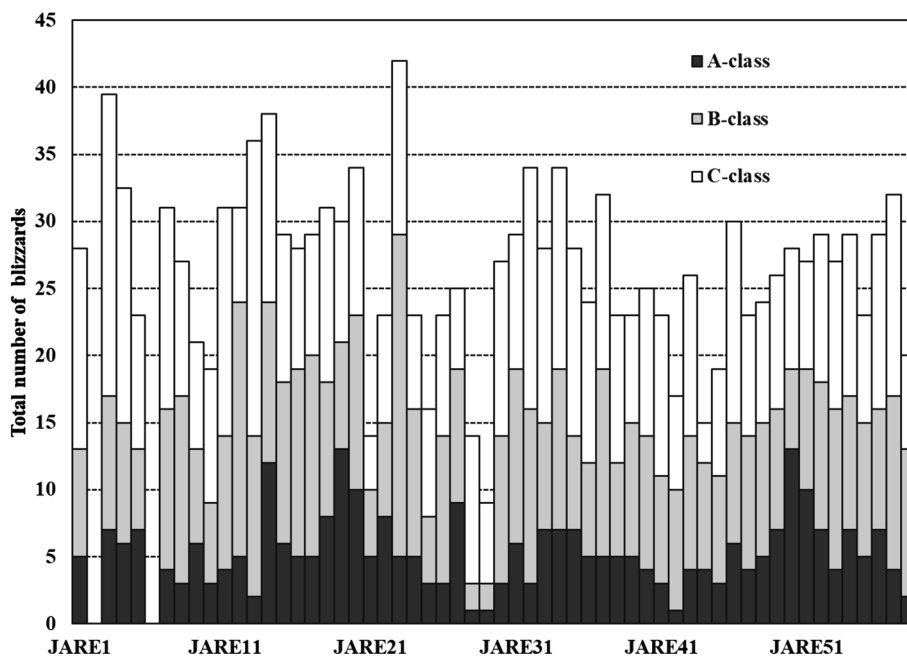


図 5 第 1 次隊以降の各隊次のブリザード回数 (第 1 次隊～第 58 次隊).
 Fig. 5. Total number of blizzards for each year (JARE1–JARE58).

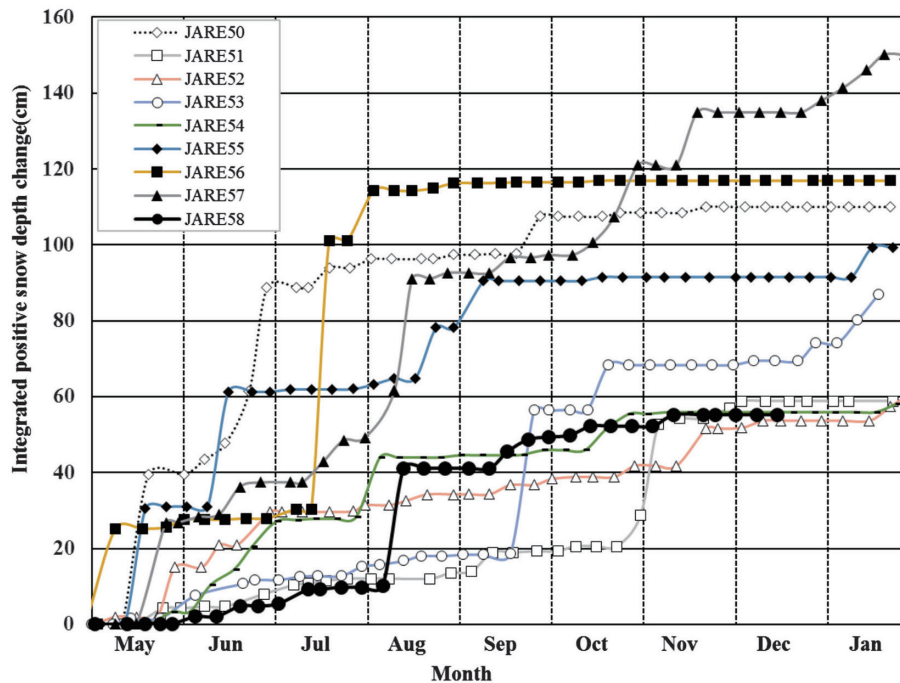


図 6 50 次隊から 58 次隊の雪尺観測の比較 (5 月～1 月).
 Fig. 6. Seasonal change (May–Jan.) of integrated positive snow depth change from JARE50 to JARE58.

さらに、しらせ搭載ヘリコプターの運航支援のために昭和基地の気象実況を提供した（2017年2月1日、3日、4日、5日、7日、13日、2017年12月15日から12月22日、2018年1月26日、27日、29日）。

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)における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600gゴム気球にRS-06G型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30km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。また、一部の観測においてはRS-06G型GPSゾンデの後継機であるRS-11G型GPSゾンデ(3.4.参照)で実施した。RS-06G型及びRS-11G型GPSゾンデの各センサの仕様を表7に示す。

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。

表7 RS-06G型及びRS-11G型GPSゾンデの各センサの仕様。

Table 7. Sensor specification of RS-06G and RS-11G GPS sonde.

ゾンデ形式	観測要素	センサ	測定範囲	分解能	備考
RS-06G型 GPSゾンデ	気圧	GPS高度、気温、湿度により算出	1050.0~3.0hPa	0.1hPa	計測精度 地上~100hPa : $\pm 1\text{hPa}$ 100hPa~3hPa : $\pm 0.5\text{hPa}$
	気温	サーミスタ	+40.0~-90.0 $^{\circ}\text{C}$	0.1 $^{\circ}\text{C}$	飛揚前点検で精度確認 計測精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
	湿度	静電容量変化式	0.0~100.0%RH	0.1%RH	飛揚前点検で精度確認 計測精度 $\pm 7\%RH$
	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	0.1~360.0 $^{\circ}$	0.1 $^{\circ}$	
	風速	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	0.0~200.0m/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 $\pm 5\text{m}$
RS-11G型 GPSゾンデ	気圧	GPS高度、気温、湿度により算出	1050.0~3.0hPa	0.1hPa	計測精度 $\pm 1\text{hPa}$ 以内
	気温	サーミスタ	+40.0~-90.0 $^{\circ}\text{C}$	0.1 $^{\circ}\text{C}$	飛揚前点検で精度確認 計測精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
	湿度	静電容量変化式	0.0~100.0%RH	0.1%RH	飛揚前点検で精度確認 計測精度 $\pm 7\%RH$
	風向	GPSゾンデが受信するGPS衛星信号により位置情報を求め、単位時間当たりの位置情報の変化により風成分を測定し算出	0.01~360.0 $^{\circ}$	0.01 $^{\circ}$	
	風速	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	0.00~200.00m/s	0.01m/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	-500.0~40000.0m	0.1m	計測精度 $\pm 5\text{m}$

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。

3.2. 観測経過

第 58 次隊として 2017 年 2 月 1 日 00UTC より 2018 年 1 月 31 日 12UTC までの観測を行った。この期間中に悪天等による欠測が 16 回あった。2017 年 2 月から 2018 年 1 月までの高層気象観測状況を表 8 に示す。

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、5 月 20 日から 10 月 22 日の期間はおおむね気球に、ゴム気球を油（航空タービン燃料油の JP-5）に浸したのち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°C を下回る時期を目安とした。2017 年 2 月から 2018 年 1 月までの高層気象観測のうち、気球破裂により正常終了した観測の到達高度と使用した気球の油漬け状況を図 7 に示す。図 7 から、4 月中旬から 5 月中旬にかけて低下していた到達高度が油漬けの開始により上昇していることが確認できる。

3.3. 観測結果

2017 年 1 月から 2018 年 1 月までの主な指定気圧面の高度、気温、風速の月平均値（00 UTC の観測値による統計）を表 9 に示す。また、2017 年 1 月から 2018 年 1 月までの 00 UTC における主な指定気圧面の月平均気温と平年値（1981 年～2010 年の累年平均値）の年変化を図 8 に示す。

表 9 及び図 8 に示す指定気圧面における、気温の観測結果の概要を以下に記す。

2017 年 1 月は 70 hPa から上層の指定気圧面において気温が平年値より低くなった。2 月は 700 hPa～400 hPa 指定気圧面で気温が平年値より高く、3 月は 500 hPa、400 hPa、及び 200 hPa から上層の指定気圧面において気温が平年値より低くなった。4 月は 700 hPa～400 hPa、70 hPa、及び 50 hPa 指定気圧面で気温が平年値より低くなった。5 月は 300 hPa から下層の指定気圧面で気温が平年値より高く、200 hPa から上層の指定気圧面において気温が平年値より低くなった。6 月には全ての指定気圧面で気温が平年値より低くなり、特に 300 hPa 指定気圧面から下層で顕著であった。7 月は 200 hPa から上層の指定気圧面では引き続き気温が平年値より低く推移したが、300 hPa から下層では気温が平年値より低い状態が解消された。8 月になると 300 hPa 指定気圧面から下層では再び気温が平年値より低くなる一方、200 hPa から上層の指定気圧面では平年並みまたは平年値より高くなった。9 月になると 700 hPa から上層では全ての指定気圧面において平年を上回る昇温となり、特に 30 hPa では平年値よりも 7°C 近く高くなった。10 月には 700 hPa～300 hPa 指定気圧面で平年を上回

表 8 昭和基地における高層気象観測状況.

Table 8. The number of observations and reached altitude of aerological observations at Syowa Station.

項目	年 月	2017年											2018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	
定時観測回数 (日数×2)		56	62	60	62	60	62	62	60	62	60	62	62	730
飛揚回数		57	63	59	62	63	57	60	57	64	61	63	61	727
正規観測回数 (※1)		56	62	59	60	60	57	60	55	62	60	62	61	714
欠測回数 (※2)		0	0	1	2	0	5	2	5	0	0	0	1	16
資料欠如回数 (※3)		0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
再観測回数		1	1	0	2	3	0	0	2	2	1	1	0	13
到達 気圧 (※4) / 高	回数	56	61	58	60	60	57	60	55	62	60	62	60	711
	平均 hPa	9.4	12.1	21.1	28.1	15.6	11.6	14.7	17.0	16.2	14.9	16.8	12.5	15.8
	平均 km	32.1	30.2	26.6	24.7	26.9	27.2	27.0	26.4	27.3	28.6	29.1	30.3	28.0
	最高 hPa	5.0	5.0	5.0	6.5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.5	5.5	5.2	5.1	5.0
	最高 km	36.5	35.7	34.5	30.5	32.1	32.2	32.5	33.8	34.2	35.8	36.7	36.9	36.9

※1：正規観測資料が得られた回数（地上値のみの観測を含む）
 ※2：悪天等のため観測が実施できず観測資料が無い回数
 ※3：正規観測のうち到達気圧が150hPa指定気圧面未満であった回数
 ※4：正規観測のうち到達気圧が150hPa指定気圧面以上の観測について集計

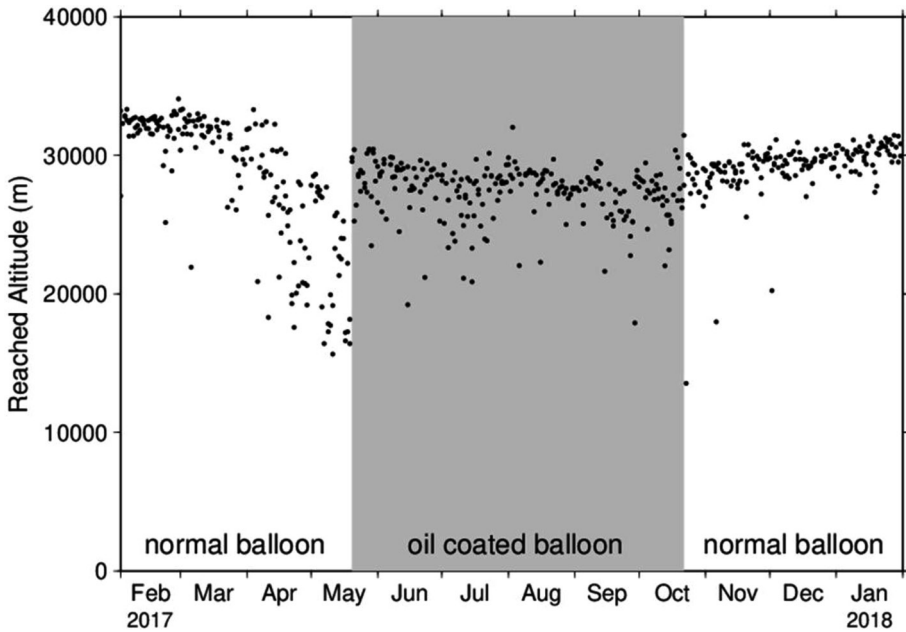


図 7 気球破裂により正常終了した高層気象観測の到達高度と使用した気球の油漬け実施状況 (2017年2月~2018年1月).

Fig. 7. Reached altitude of aerological observations terminated due to balloon burst (Feb.2017–Jan.2018).

A light gray area indicates the period when balloons were dipped into oil.

る昇温となる一方、200 hPa から上層の指定気圧面では平年値との差が小さくなったものの、全ての指定気圧面において気温が平年値より高くなった。11月になると70 hPa から下層の指定気圧面では引き続き気温が平年値より高く推移したが、50 hPa 指定気圧面から上層では

表 9 主な月別指定気圧面観測値 (00UTC).

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

項目	指定面 (hPa)	2017年												2018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	1238	1187	1176	1106	1097	1140	1086	1064	1062	1143	1140	1151	1133	1165
	800	1706	1653	1639	1564	1554	1590	1536	1510	1507	1597	1604	1617	1590	1633
	700	2719	2665	2644	2556	2549	2567	2520	2481	2481	2585	2612	2626	2584	2647
	600	3859	3809	3774	3671	3670	3665	3629	3579	3587	3704	3749	3764	3705	3793
	500	5173	5126	5070	4955	4955	4920	4900	4836	4855	4992	5058	5078	4993	5112
	400	6725	6679	6596	6461	6470	6396	6395	6311	6345	6507	6600	6629	6510	6668
	350	7622	7576	7479	7333	7344	7249	7258	7162	7205	7381	7490	7527	7386	7566
	300	8628	8583	8477	8318	8326	8211	8226	8119	8172	8363	8487	8539	8371	8577
	250	9809	9757	9651	9476	9460	9322	9338	9220	9287	9490	9641	9721	9514	9761
	200	11278	11225	11105	10910	10839	10665	10662	10540	10622	10838	11046	11184	10910	11233
	175	12165	12112	11981	11772	11667	11468	11445	11322	11412	11637	11885	12068	11745	12122
	150	13193	13139	12993	12764	12622	12392	12344	12218	12318	12552	12851	13093	12707	13149
	125	14411	14353	14189	13930	13746	13476	13399	13269	13386	13624	13994	14308	13840	14368
	100	15905	15839	15647	15350	15109	14789	14675	14545	14690	14933	15392	15803	15223	15859
	70	18301	18221	17970	17596	17234	16853	16685	16561	16774	17031	17640	18203	17422	18253
	50	20577	20473	20154	19706	(19213)	18769	18555	18444	18727	19037	19804	20489	19496	20527
	40	22095	21970	21597	21128	(20516)	20018	19784	19687	20047	20391	21281	22011	20877	22043
	30	24060	23903	23453	(22920)	(22193)	21629	21372	21297	21778	22182	23194	23982	22664	24006
	気温 (°C)	850	-8.1	-9.4	-10.7	-14.3	-14.5	-19.1	-19.0	-21.6	-21.5	-16.7	-10.5	-8.8	-14.5
800		-11.0	-11.9	-13.1	-16.3	-16.7	-20.7	-19.9	-22.6	-23.1	-18.7	-13.0	-12.1	-16.6	-10.9
700		-17.2	-17.0	-19.2	-22.9	-21.4	-26.3	-24.3	-26.8	-25.7	-22.6	-18.4	-18.2	-21.7	-16.7
600		-23.7	-22.7	-26.4	-29.4	-28.2	-33.5	-30.8	-33.3	-31.2	-27.9	-24.4	-23.5	-27.9	-22.0
500		-30.6	-30.4	-34.6	-37.6	-36.2	-42.3	-39.1	-42.0	-39.8	-36.1	-31.8	-30.8	-35.9	-30.2
400		-40.7	-40.5	-44.5	-47.4	-46.5	-52.0	-49.5	-52.6	-50.2	-46.4	-42.3	-40.6	-46.1	-40.2
350		-46.9	-46.8	-49.8	-52.8	-52.5	-57.4	-55.3	-58.1	-55.9	-52.3	-48.7	-46.1	-51.9	-46.2
300		-52.4	-52.9	-53.6	-56.4	-58.2	-62.6	-61.5	-64.0	-61.5	-58.8	-55.1	-51.2	-57.4	-51.5
250		-50.5	-51.4	-52.2	-54.9	-62.3	-66.7	-68.0	-69.1	-66.5	-64.8	-57.7	-51.3	-59.6	-49.7
200		-46.6	-46.6	-49.5	-52.8	-61.6	-67.6	-72.2	-72.4	-70.5	-68.3	-58.4	-47.4	-59.5	-46.3
175		-45.7	-45.8	-48.8	-52.8	-61.1	-67.8	-73.2	-73.8	-71.7	-69.5	-58.9	-46.5	-59.6	-45.5
150		-45.0	-45.6	-48.9	-54.0	-61.7	-68.9	-74.7	-75.3	-72.8	-70.9	-59.0	-45.8	-60.2	-45.3
125		-44.7	-45.6	-49.5	-55.1	-63.4	-70.7	-76.4	-77.0	-73.2	-72.3	-59.2	-44.9	-61.0	-45.0
100		-44.2	-45.4	-50.2	-56.6	-65.7	-73.3	-79.0	-78.9	-73.6	-72.9	-58.9	-43.6	-61.9	-44.6
70		-43.0	-44.7	-50.9	-59.4	-69.6	-77.2	-82.0	-81.2	-73.4	-71.0	-56.5	-41.9	-62.6	-42.9
50		-41.1	-44.3	-51.9	-61.5	(-73.0)	-79.9	-84.6	-82.4	-72.3	-67.6	-52.1	-40.8	-62.6	-41.5
40		-40.3	-43.8	-52.5	-61.3	(-74.1)	-81.3	-85.4	-82.3	-69.6	-63.9	-48.4	-39.7	-61.9	-40.5
30		-39.4	-43.3	-52.7	(-62.0)	(-75.3)	-82.3	-85.5	-81.3	-65.3	-56.8	-43.8	-38.2	-60.5	-39.5
風速 (m/s)		850	7.3	9.4	8.9	9.0	9.5	8.4	10.5	7.1	8.7	8.6	10.1	8.3	8.8
	800	6.7	8.2	7.7	7.9	8.0	7.4	8.2	5.9	7.9	7.6	8.9	8.7	7.8	7.5
	700	6.5	8.3	7.2	8.0	7.5	7.5	9.5	5.9	8.0	8.7	7.5	8.9	7.8	7.1
	600	6.4	9.2	8.4	9.8	9.1	8.1	11.5	7.0	8.3	8.2	8.9	9.4	8.7	8.0
	500	8.3	11.6	10.1	12.9	12.2	9.0	12.6	9.7	10.3	9.5	11.2	9.8	10.6	10.2
	400	10.8	15.4	14.0	15.6	15.5	11.0	13.4	11.0	13.2	12.2	14.0	12.1	13.2	12.9
	350	12.5	17.3	16.1	16.9	17.4	12.9	15.5	13.0	14.3	13.5	15.2	14.1	14.9	15.3
	300	12.7	19.4	17.8	18.2	18.6	13.8	16.9	14.1	16.7	15.1	17.0	14.7	16.3	15.9
	250	11.4	16.0	16.4	18.2	17.7	13.8	16.7	14.0	17.1	15.9	16.2	13.0	15.5	12.2
	200	7.3	10.9	12.7	19.1	15.9	14.6	16.7	15.1	18.0	15.9	17.5	9.8	14.5	8.6
	175	6.5	10.6	10.8	19.1	15.7	15.4	16.6	16.0	18.3	16.1	18.9	8.7	14.4	8.4
	150	5.4	9.7	10.1	20.2	16.0	17.1	16.1	17.7	19.5	17.5	18.9	9.0	14.8	7.1
	125	5.4	9.1	10.2	21.2	17.0	18.0	17.6	20.2	22.3	18.8	20.5	8.8	15.8	6.7
	100	4.8	8.6	9.3	21.8	19.1	21.2	19.6	22.0	25.7	21.6	21.4	7.6	16.9	6.2
	70	3.8	6.6	9.7	23.2	21.1	25.3	24.2	27.4	32.3	26.8	22.2	7.5	19.2	4.8
	50	3.4	5.6	8.9	25.9	(24.1)	30.7	28.1	32.7	41.3	32.2	22.5	5.2	21.7	4.6
	40	4.0	5.7	9.4	25.9	(28.3)	33.7	31.1	36.5	47.3	36.4	21.7	5.5	23.8	3.3
	30	4.8	4.8	10.8	(27.7)	(32.3)	40.0	35.5	40.6	56.4	40.3	20.6	5.6	26.6	4.7

※1ヶ月の観測回数が20回に満たない場合、または連続して5日以上欠測がある場合は、資料不足値として括弧付きで表している。

気温が平年値を下回った。12月にかけても同様の傾向が続いた。2018年1月になると200 hPa から下層の指定気圧面では引き続き気温が平年値より高く推移したが、100 hPa 指定気圧面から上層では気温が平年値より低くなり、特に30 hPa 指定気圧面の気温は1月の月平均気温の低いほうからの第1位を記録した。

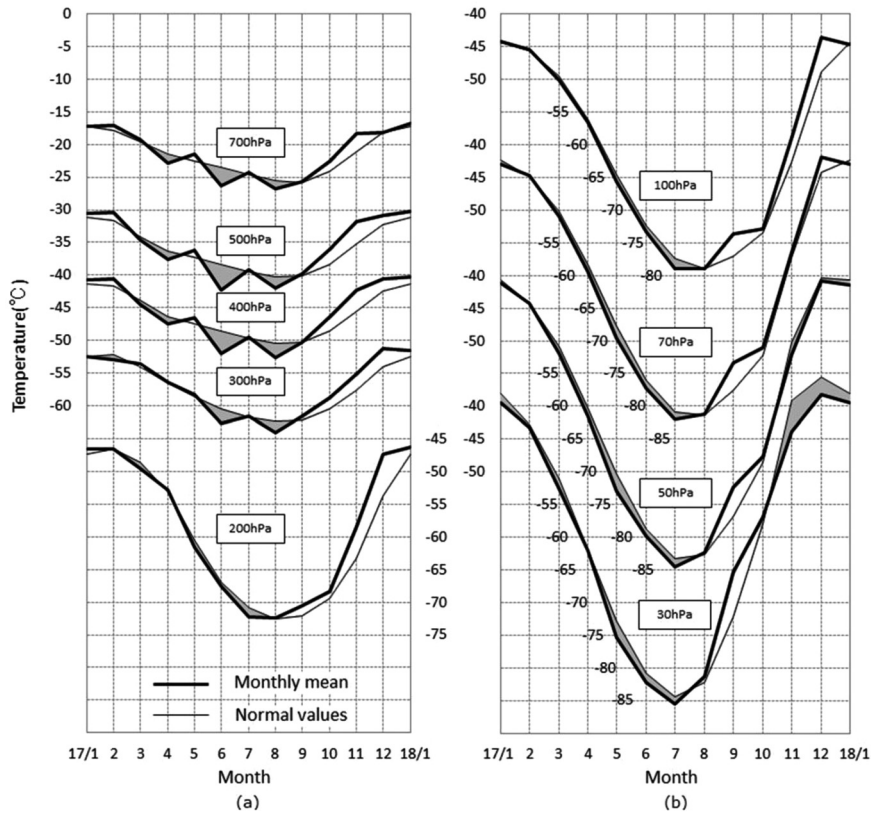


図 8 指定気圧面の月平均気温の年変化（2017 年 1 月～2018 年 1 月）と累年平均（1981 年～2010 年）の年変化（00UTC）。
(a)700hPa-200hPa, (b) 100hPa-30hPa.

Fig. 8. Annual variations of monthly mean upper air temperature (Jan.2017–Jan.2018) and normal values (1981–2010) at Syowa Station. (a) 700hPa-200hPa, (b) 100hPa-30hPa.

次に、2017 年 1 月から 2018 年 1 月までの上空の気温の時間高度断面の変化を図 9 に示す。成層圏で -70°C 以下の領域が明瞭に現れたのは 4 月下旬からで、5 月以降 -70°C 以下の領域は拡大した。また 5 月下旬からは -80°C 以下の領域も現れ、8 月下旬まで続いた。

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「最大上昇温度が 25°C / 7 日以上の上昇」は、9 月上旬から 10 月中旬にかけて 9 事象を観測した。特に、20 hPa 指定気圧面において 9 月 14 日から 9 月 19 日にかけて 40.3°C の昇温となった。

3.4. 観測機器更新・移設及び試験観測

昭和基地での高層気象観測において、第 59 次隊からは RS-06G 型 GPS ゾンデ（以下「06G」）の後継機である RS-11G 型 GPS ゾンデ（以下「11G」）への更新を予定している。そのため、

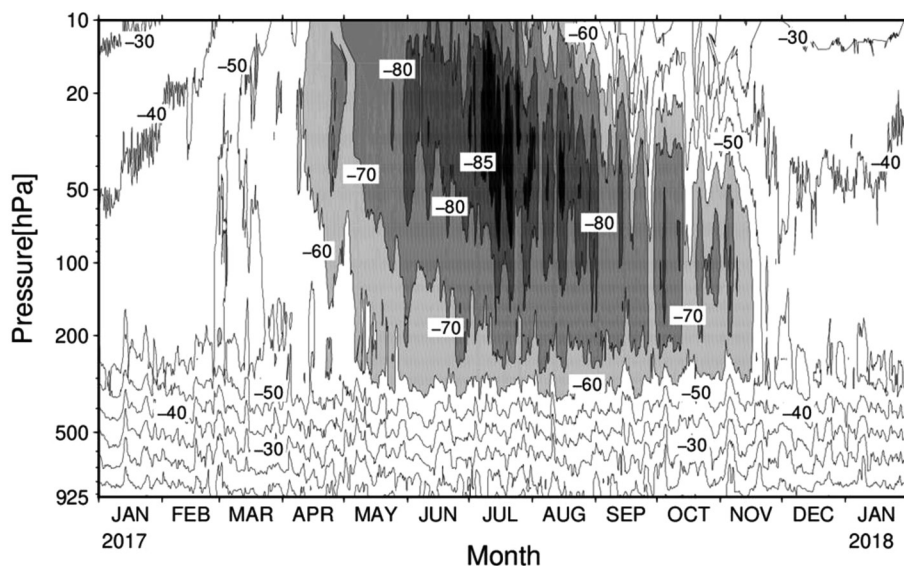


図 9 昭和基地上空の気温の時間高度断面図 (2017 年 1 月～2018 年 1 月)。
薄灰色域： -60°C 以下，灰色域： -70°C 以下，濃灰色域： -80°C 以下，
黒色域： -85°C 以下。

Fig. 9. Time-altitude cross-section of upper air temperature (Jan.2017–Jan.2018).

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

第 58 次隊では 11G での観測に必要な空中線部や屋内機器等の設備一式を持ち込み，機器の設置を行うとともに，動作確認のため飛揚試験を計 3 回実施し正常に観測ができることを確認した。その後も 06G と 11G の連結飛揚による試験観測を 8 回実施し観測データを比較するなど更新に向けた準備を進めた。2018 年 1 月には更新前の試験運用として 10 日間程度 11G での観測を実施した。

また，第 58 次隊では将来的に気象棟からの移転が予定されている新観測棟（基本観測棟）の工事により，2017 年 11 月上旬に気象棟北側の屋上架台を撤去することとなり，屋上架台の支柱に設置していた現行の空中線部を基本観測棟北東の支柱に移設した。移設期間中は 11G での観測を実施した。移設完了後，06G で試験観測を 2 回実施し観測再開とした。

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

表 10 昭和基地におけるオゾン観測機材.

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	備考	
オゾン全量・反転観測	ドブソン 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(E) RS-11G	気圧	1050~3hPa	GPS ゾンデと同様 (表7参照)
			気温	+40~-90°C	
			湿度	0~100%RH	
			風向 風速	0~360° 0~200m/s	
オゾンセンサ	ECC-1Z	mPa	飛揚前に、ポンプ流量補正係数を測定し、点検装置で性能を確認 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			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-1781-1 A-1781-2	0~200ppbv	紫外線吸収法, 最小感度 0.1ppbv, 15 秒サンプリング	

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、地上オゾン濃度観測は清浄大気観測室で行った。オゾン観測で使った観測機材を表10に示す。

オゾン全量・反転観測及び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、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、オゾンホール及びその前後の時期(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反応性ガス世界資料センター(WDCRG)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（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，降雪や強風時は観測を実施しなかった．

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上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期には，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

第 58 次隊にて国内で機器調整を実施したドブソン分光光度計（Beck122）を持ち込み，2017 年 1 月 2 日及び 4 日に第 55 次隊から第 57 次隊まで使用していた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，2017 年 1 月 14 日から Beck119 に替えて Beck122 を使用した．この Beck122 は第 57 次隊までの Beck119 同様，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，おおむね順調に観測を行った．

月別オゾン全量観測日数を表 11 に示す．5 月から 8 月は太陽高度角が低い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，2017 年 1 月から 2018 年 1 月の年変化を図 10 に示す．昭

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

	2017年												2018年	
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	合計	
全量観測日数 (太陽光)*1	27	29	22	-	-	-	19	24	29	25	31	29	235	
全量観測日数 (月光)*1	-	3	4	3	11	4	8	8	3	-	-	-	44	
反転観測日数	11	4	0	-	-	-	2	8	12	3	0	2	42	

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による全量観測を実施した場合は、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。

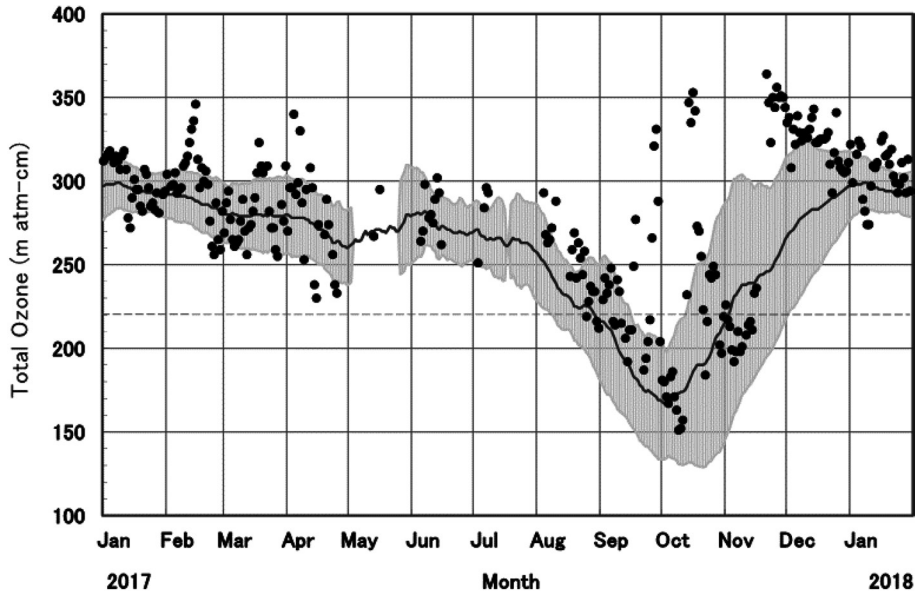


図 10 昭和基地におけるオゾン全量日代表値の年変化 (2017年1月~2018年1月).

陰影部は1994年から2008年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とする220 m atm-cmの値を示す。Fig. 10. Annual variations in total ozone at Syowa Station (Jan. 2017–Jan. 2018). The average and standard deviations ($\pm \sigma$) of the 1994–2008 period are shown for comparison in light gray. The dashed line shows 220 m atm-cm.

和基地上空のオゾン全量は、8月下旬からオゾンホールの目安となる220 m atm-cmを下回る日が見られるようになった。9月下旬、10月中旬は昭和基地がオゾンホールの外側に位置し

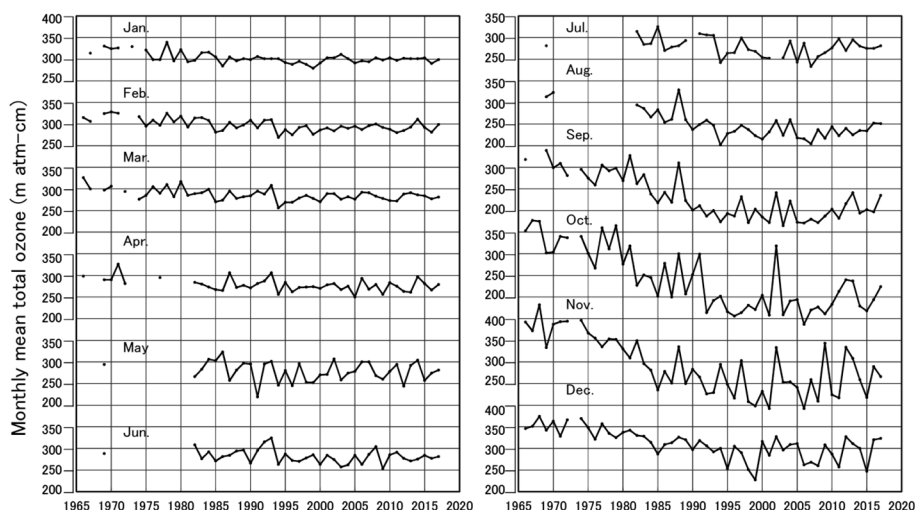


図 11 昭和基地における月平均オゾン全量の経年変化(1966 年～2017 年).

Fig. 11. Time series of monthly mean total ozone at Syowa Station (1966–2017).

たため 300 m atm-cm を超えるオゾン全量を観測した日があったが、10 月 9 日には 2017 年の最小値となる 151 m atm-cm を記録した。11 月中旬以降、オゾンホールは縮小しながら昭和基地上空から離れたため、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 11 に示す。2017 年の月平均値は参照値(1994 年から 2008 年の平均値)よりも大きく推移し、2017 年 9 月の月平均オゾン全量(235 m atm-cm)と 2017 年 12 月の月平均オゾン全量(285 m atm-cm)は 1990 年以降では 3 番目に多かった。

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(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° から 90° 、ショート反転観測では 80° から 89° 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。計算アルゴリズムは、Petropavlovskikh *et al.* (2005) の手法を用いている。また、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ている(Miyagawa *et al.*, 2009)。

4.3.2. 観測経過

月別オゾン反転観測日数を表 11 に示す。4 月下旬から 8 月中旬は、太陽高度角が低い(または太陽が昇らない)ため、オゾンの高度分布を算出するのに必要なデータセットを得られ

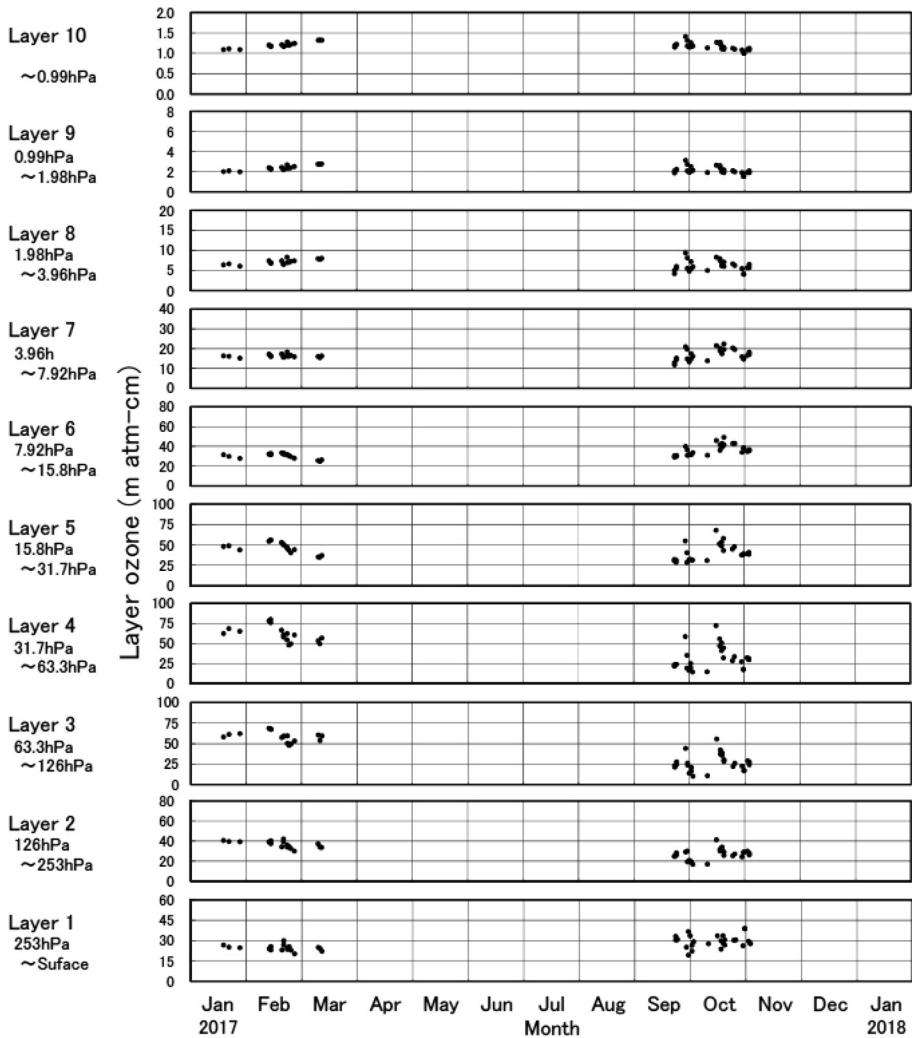


図 12 昭和基地における反転観測による気層別オゾン量 (2017年1月～2018年1月)。

Fig. 12. Amount of ozone in the selected layers obtained by Umkehr observations at Syowa Station (Jan.2017–Jan.2018).

ない期間となる。その前後の期間や太陽が沈まない12月上旬から1月上旬にかけても、反転観測は成立しにくくなるが、可能な限り観測を行った。

4.3.3. 観測結果

昭和基地における気層別オゾン量を図12に示す。第2層～第5層(253～15.8hPa)のオゾン量は、9月中旬から11月上旬にかけて少ない状態で推移したが、これはオゾンホールが発生していた期間とほぼ一致する。また、10月中旬は昭和基地がオゾンホールの外側に位置したため、第2層～第5層でオゾンの一時的な増加が見られた。一方、第6層(15.8～

7.92 hPa) はオゾンホール出現前よりも 9 月中旬以降にオゾン量が多い傾向が見られた。

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) に準じ, 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 を下回るまでの相対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。オゾンゾンデは高層気象観測用のラジオ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。ラジオゾンデは, 機材を更新するため 2017 年 12 月までは RS-06G (E) 型, 2018 年 1 月からは RS-11G (E) 型を使用した。気球は 2000 g のゴム気球を使用し, ヘリウムガスを充填して浮力錘浮力を 3200 g (巻下器不使用時は 3000 g) とした。飛揚機材を表 10 に示す。5 月から 10 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, 反応液の凍結を防ぐために, 第 57 次隊と同様にオゾンセンサ内部にアルミシートを入れ, 電池収納部の隙間に蓋をする低温対策を通年行った。また, 低温による GPS 測位センサ不良を防止するため, ラジオゾンデ内部にウォーターバッグを入れて保温した。上空の気温が -80°C を下回る 4 月から 11 月には, 反応液の凍結を防ぐために, オゾンセンサ内部にもウォーターバッグを入れて保温した。

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各月の旬ごとを目安に行い, オゾンホールが発生する時期 (8 月から 12 月) には 4~6 日ごとを目安にして飛揚間隔を密にした。

4.4.2. 観測経過

第 58 次隊ではオゾンゾンデを 51 回飛揚した。オゾンゾンデの観測状況を表 12 に示す。表に示した以外にも, RS-11G (E) 型 GPS ゾンデを用いたオゾンゾンデの試験飛揚として 2017 年 5 月 25 日, 10 月 4 日, 11 月 26 日に観測を実施し, 2018 年 1 月から RS-11G (E) 型 GPS ゾンデを使用した観測を正規観測とした。第 56 次隊までは観測に注水電池を使用して, 注水電池の発する熱で反応液を保温していたが, 注水電池の生産終了に伴い第 57 次隊では注水電池またはリチウム電池を使用して観測を実施した。第 57 次隊の試験によりリチウム電池を使用する際にオゾンセンサ内部に入れるウォーターバッグ内の水の温度を調整するこ

表 12 昭和基地における各月毎のオゾンゾンデ観測の観測日及び観測終了気圧。

Table 12. Dates and reached altitudes of ozonesonde observations at Syowa Station.

年 月	2017年											
	2月		3月		4月		5月		6月		7月	
日 観測	6	6.2	7	7.5	7	4.6	1	10.6	6	4.4	3	7.2
終了	13	5.5	13	4.5	12	4.6	13	37.3	13	5.2	8	11
気圧 (hPa)	20	7.5	31	9.2	24	5.8	25	7.6	20	8.7	19	8.1
年	2017年											2018年
年 月	8月		9月		10月		11月		12月		1月	
	日 観測	4	4.7	3	6.8	2	7.7	3*1	242.6	5	5.5	5
終了	7	8.6	7	6.7	7	6.4	8	5.1	12	5.2	11	5
気圧 (hPa)	15	8.1	10	5.3	11	9.5	13	7.4	20	5.7	17	16.6
	21	7	16	5.9	17	16.7	22	5.5	29	5.3	23	5.1
	25	6.1	23	5.4	23	5.5	28	16.7				
	29	9.4	26	9.6	30	10.2						

*1: 観測終了高度が対流圏界面以下のため、統計不採用。

とで反応液の凍結を防げることがわかったため、第 58 次隊では主にリチウム電池を使用し、第 57 次隊と同様にウォーターバッグ内の水の温度を調整して、観測を実施した。

4.4.3. 観測結果

2017 年 2 月から 2018 年 1 月までのオゾン分圧の月別高度分布を図 13 に示す。2 月から 8 月は 100~30 hPa でオゾン分圧が最大となる高度分布となっており 15 mPa 以上となる時期もあったが、9 月から 10 月はオゾンの破壊が進み 10 mPa 未満となった。その後、オゾンの回復が進み、12 月にはほぼ回復した。なお、9 月から 11 月の 100~30 hPa 付近のオゾン分圧はオゾンホールが明瞭に現れる以前の月平均値（1968~1980 年の平均値）よりは低いものの、参照値より高く推移した。

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ており（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

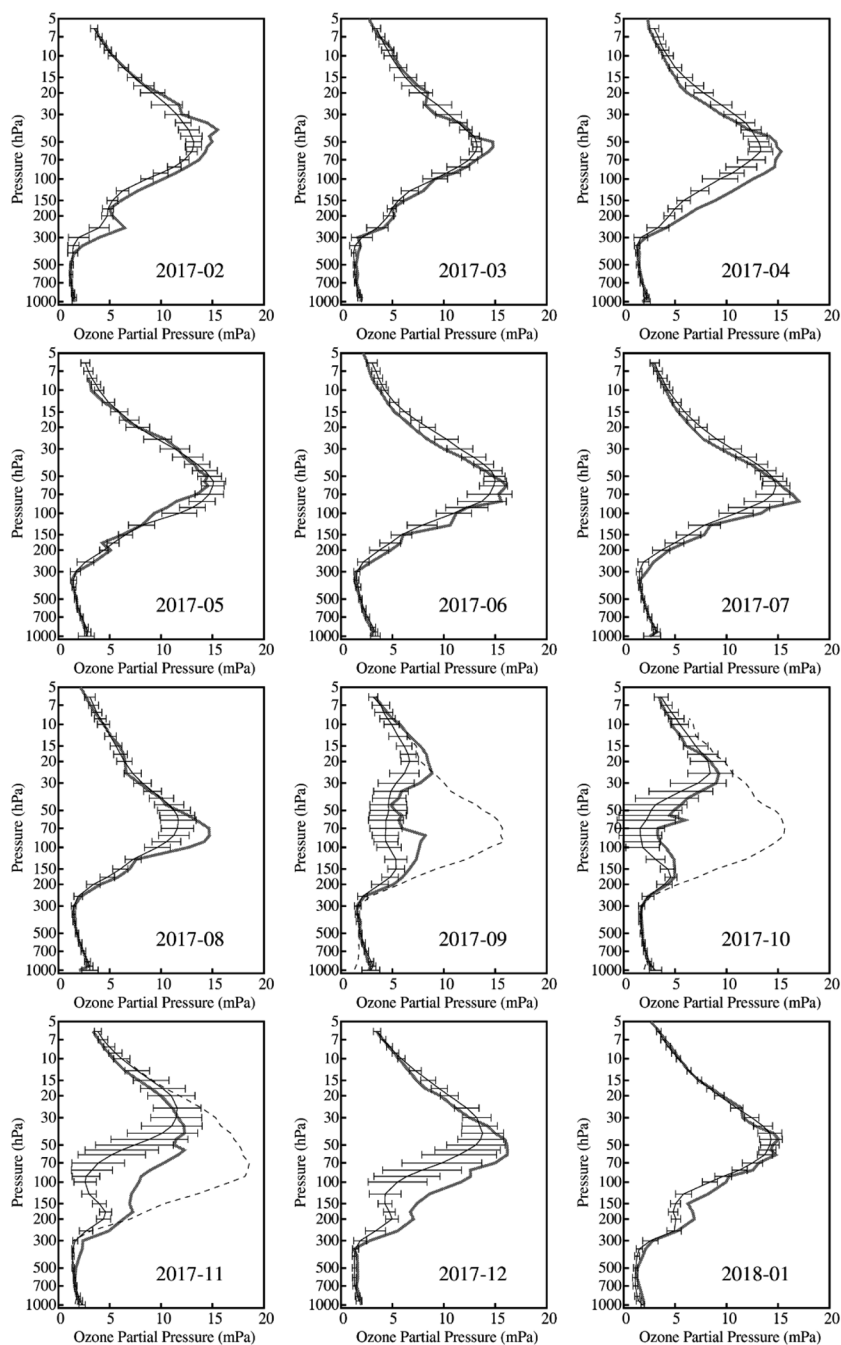


図 13 昭和基地におけるオゾン分圧の高度分布 (2017 年 2 月～2018 年 1 月)
 太実線は月平均オゾン高度分布, 細実線は 1994～2008 年の累年平均オゾン高度分布,
 破線はオゾンホールが明瞭に現れる以前の月平均値 (1968～1980 年平均値) [9～11
 月のみ], 横細実線は 1994～2008 年累年平均オゾン高度分布の標準偏差。

Fig. 13. Vertical distribution of ozone partial pressure observed by ozonesonde at Syowa Station (Feb.2017–Jan.2018).

Thick solid lines show monthly mean profiles. Thin solid lines show normal profiles (1994–2008).

Broken lines show monthly mean profiles before the first appearance of the ozone hole (1968–1980). Thin solid bars show standard deviation on monthly profiles (1994–2008).

58 次隊では、第 57 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比較を行った後に、観測に使用した。

4.5.2. 観測経過

2016 年 12 月 30 日から 2017 年 2 月 1 日まで、第 58 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 57 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十分に小さい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。現用器に異常が出た際気づきやすいように A-1781-1 についても通年で観測を行った。

12 月 24 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 2017 年 12 月 23 日から 2018 年 1 月 30 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。ほかにも海氷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

2017 年 2 月から 2018 年 1 月までの地上オゾン濃度時別値を図 14 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上で、全ての 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 58 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 58 次隊でも 7 月から 9 月にかけて同様の現象が観測された。

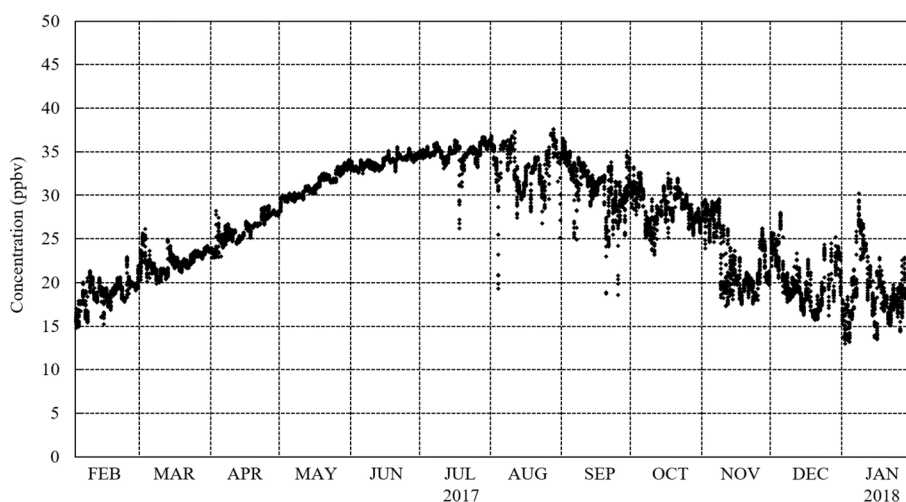


図 14 昭和基地における地上オゾン濃度時別値の時系列図 (2017 年 2 月～2018 年 1 月)。

Fig. 14. Time series of hourly mean surface ozone concentrations at Syowa Station (Feb.2017–Jan.2018).

4.6. 2017 年のオゾンホールの特徴

気象庁 (2017) によると, 2017 年の南極オゾンホールは 8 月上旬に観測され, 11 月 19 日に最近 10 年間の平均より早く消滅した。その面積は 8 月中旬以降, 最近 10 年間の累年平均値より小さく推移し, 特に 9 月中旬から下旬にかけては同期間の累年最小値より小さかった。オゾンホール面積の最大値は 9 月 11 日に観測され, その規模は 1,878 万 km^2 (南極大陸の約 1.4 倍) で, 1988 年以来の小さな値となった。

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) 及び上向き紫外域日射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。全天日射量, 直達日射量, 散乱日射量, 下向き赤外放射量, 紫外域日射量及び大気混濁度観測については, 第 57 次隊までは気象棟屋上に測器を設置して観測を行っていたが, 気象棟北東側に建設中の基本観測棟の影響で直達光が遮られ適切な観測環境を維持できないことから, 第 57 次隊,

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 間隔	
下向き 放射	全天日射量	精密全天日射計	KIPP&ZONEN CMP21	305-2800 nm	160650	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 CHP1	200-4000 nm	090043	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 遮へいポール	KIPP&ZONEN CM21T, CMP21	305-2800 nm	160649 041258	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	030621	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 遮へいポール	KIPP&ZONEN CG4	4.5-42 μm	010565 030642	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 CMP21	305-2800 nm	140466 170762	0.01 MJ/m ²	1 秒
	反射紫外域 日射量	全天型 紫外域日射計 遮へいリング	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, CGR4	4.5-42 μm	050798 160191	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	PMOD PFR	368 412 500 862 nm	08-N-059		60 秒
	波長別 紫外域日射量	ブリューワー 分光光度計	SCI-TEC BREWER MK III SCI-TEC BREWER MK II	290-325 nm	#168 #091	1 μW/m ²	1 時間

第 58 次隊で観測棟屋上へ測器を移設した。第 58 次隊ではこれらの観測システムにより第 57 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ーワー分光光度計 MK III (伊藤・宮川, 2001)を用いて行った。観測に用いた同 MK III 168 号機は第 54 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 13 に示す。

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)。観測場所は観測棟屋上である (図 1 ③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。また、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、基準となるブリュー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

2017年2月1日に第57次隊から観測を引き継ぎ、第58次隊のデータ収録を開始し、おおむね順調に観測を継続した。強風時は測器保護のため太陽追尾装置を停止し、一部の観測で欠測が生じた。4月5日に、ブリザードの影響で全天日射計（散乱日射量観測）及び赤外放射計に着氷を生じ測器を一時取り外して解氷後に再設置したため、この間の散乱日射量観測及び長波長放射量観測に欠測が生じた。7月13日から21日にかけて、太陽追尾装置の太陽追尾不良が発生したため、日の出から日の入りまでのうち晴天時の散乱日射量観測及び直達日射量観測に欠測が生じた。8月10日から13日にかけてのブリザードの影響で、太陽追尾装置が破損した。このため、8月14日に太陽追尾装置を予備器と交換し、作業中の長波長放射量観測に欠測が生じた。12月21日に、第59次隊持ち込みの全天日射計（全天日射量観測）及び直達日射計を観測棟屋上に設置し、正器との比較観測を開始した。12月22日に、第59次隊持ち込みの紫外域日射計を観測棟屋上に設置し、正器との比較観測を開始した。12月23日に、太陽追尾装置を第59次隊持ち込みのものと交換した。12月29日に、全天日射量、直達日射量、紫外域日射量の比較観測を終了した。比較観測結果から、各測器で問題なく観測できていることを確認した。2018年1月24日に昭和基地計画停電により、全天日射量観測、直達日射量観測、散乱日射量観測、長波長放射量観測及び紫外域日射量観測に欠測が生じた。

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、長波長放射量及び紫外域日射量）の日積算値の年変化を図15に示す。

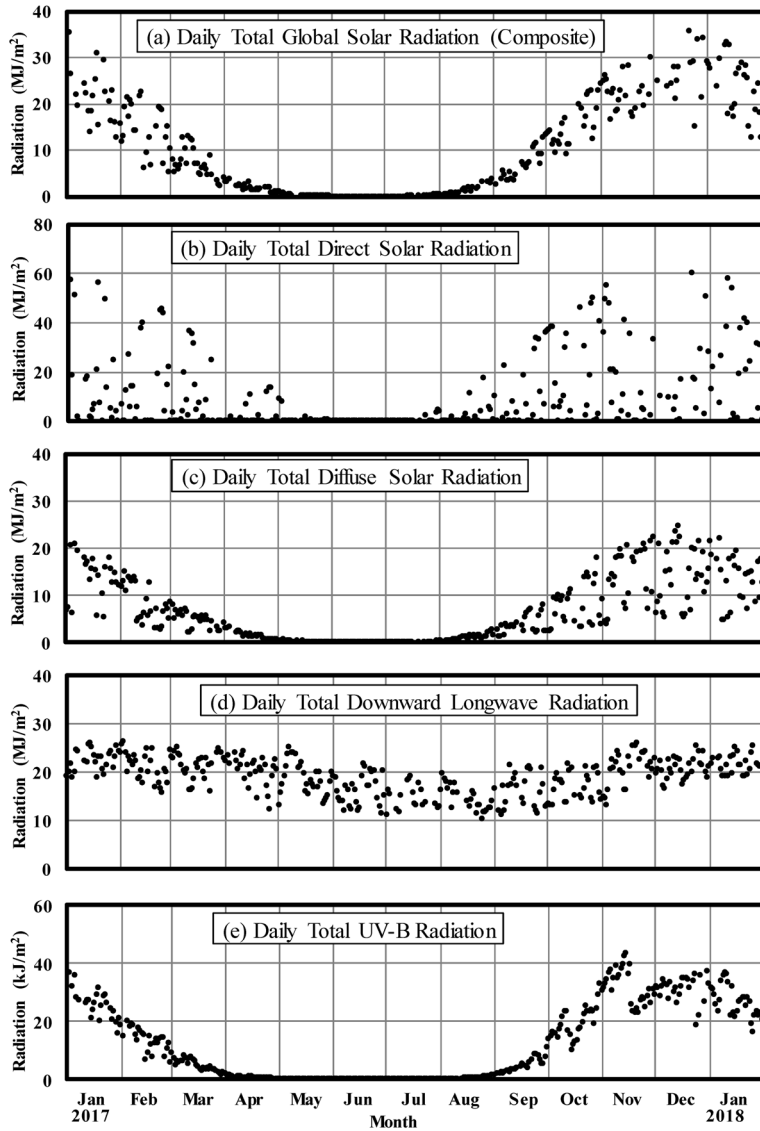


図 15 昭和基地における下向き日射放射量日積算値の年変化（2017年1月～2018年1月）。

(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. 15. Annual variations in daily integrated values of downward radiation components at Syowa Station (Jan. 2017–Jan. 2018).

(a) Daily total global solar radiation (Composite), (b) Daily total direct solar radiation, (c) Daily total diffuse solar radiation, (d) Daily total downward longwave radiation, (e) Daily total UV-B radiation.

2017 年の下向き日射放射観測は、11 月から 12 月にかけて、直達日射量が例年と比べ少なかったほか、全天日射量もやや少なかった。2017 年 11 月は低気圧が昭和基地付近を通過することが多く、北から暖かく湿った空気が入りやすい状態だった。このため月を通して雲が多く、月間日照時間は少ないほうから 11 月として 8 位を記録しており、直達日射量、全天日射量が減少した。散乱日射量、長波長放射量、紫外域日射量については、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 0MJ/m^2 となっているが、下向き赤外放射量については、冬季においてもおおむね 10MJ/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、11 月中旬に日積算値が急落した。これは図 10 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。

観測場所は観測棟から東北東約 120m の積雪上であり、第 46 次隊により設置された観測架台を第 58 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

太陽高度角が低い時に測器感部への太陽直射光の入射を防ぐため、遮へいリングを使用して観測を行った。

(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

データ処理にあたっては、国内の基準となるブリューワー分光光度計と紫外域日射量を比較して得られた測器定数を用いた。反射日射量の観測と同様に、遮へいリングを使用して観測を行った。

(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

5.3.2. 観測経過

2017 年 2 月 1 日に第 57 次隊から観測を引き継ぎ、第 58 次隊のデータ収録を開始し、おおむね順調に観測を継続した。7 月 6 日に、ブリザードの影響で全天日射計に着氷を生じ測器を一時取り外して解氷後に再設置したため、この間の反射日射量観測に欠測が生じた。12 月 27 日に、ロガーメインユニットを交換した。交換作業中の反射日射量観測、上向き赤外放射量観測、反射紫外域日射量観測に欠測が生じた。2018 年 1 月 2 日から 4 日にかけての強風の影響で、全天日射計信号ケーブルが断線したほか、紫外域日射計、赤外放射計、及び放射収支計で水準不良が生じた。このため、対応期間中の反射日射量観測、上向き赤外放射

量観測及び反射紫外域日射量観測データに欠測が生じた。

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。このため、設置高については、1.5 m 前後を測器の設置高の目安とし、実際には1-2mを通年で確保した。

5.3.1. で述べたとおり、上向き用に設置した全天日射計と全天型紫外域日射計には、太陽直射光の入射を防ぐために遮へいリングが設置されているが、第58次隊の観測データにおいても太陽高度が低い極夜前後の時期では全天日射量と反射日射量との逆転が見られた。

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16に示す。

2017年の上向き日射放射観測は、例年とほぼ同様な年変化傾向であった。全天日射量に対する反射日射量の割合は、夏季で7割程度であるが、太陽高度が低くなるほどこの割合は増加し、極夜前後の時期では9割以上に達した。上向き赤外放射量は下向き赤外放射量と比較して日毎のばらつきは小さいが、冬季は若干ばらつきが大きくなった。基本的には、反射日射量の観測場所は通年積雪に覆われており地表面の状態がほぼ同じであるために、ばらつきは小さくなる。ただし、冬季については天候の変化が激しく、それに伴い地表面温度の変化が増大するため、日積算値のばらつきも大きくなる。反射紫外域日射量については、下向きの紫外域日射量と同様、太陽高度の変化及びオゾン全量の変化に対応した年変化傾向を示し、11月中旬辺りで日積算値が急落した。これも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。

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、プリューワー分光光度計 MK III 168 号機を用いて、290 から 325 nm（UV-B 領域と、UV-A 領域の一部の波長域）までの範囲を 0.5 nm 間隔とした波長別の紫外域日射量を観測した。測器の設置場所は、第57次隊から引き続き観測棟屋上である（図1③の位置）。ブリザード等の強風時は、測器保護のために受光部に保護具を取り付けて観測を中断した。予備器であるプリューワー分光光度計 MK II 091 号機は第57次隊から引き続き気象棟屋上（図1①の位置）で作動させた。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を、10日に1回程度の間隔で行った。

5.4.2. 観測経過

2017年2月1日に第57次隊からプリューワー分光光度計 MK III 168 号機による観測を引き継ぎ、第58次隊の観測を開始した。また、同 MK III 168 号機にて太陽直射光を遮る遮蔽装置を用い、第54次隊から続いている波長別紫外域日射量の散乱成分の試験観測を行った。2017年8月10日～13日は強風のため観測を休止していたが、観測再開後に測器感度が異常

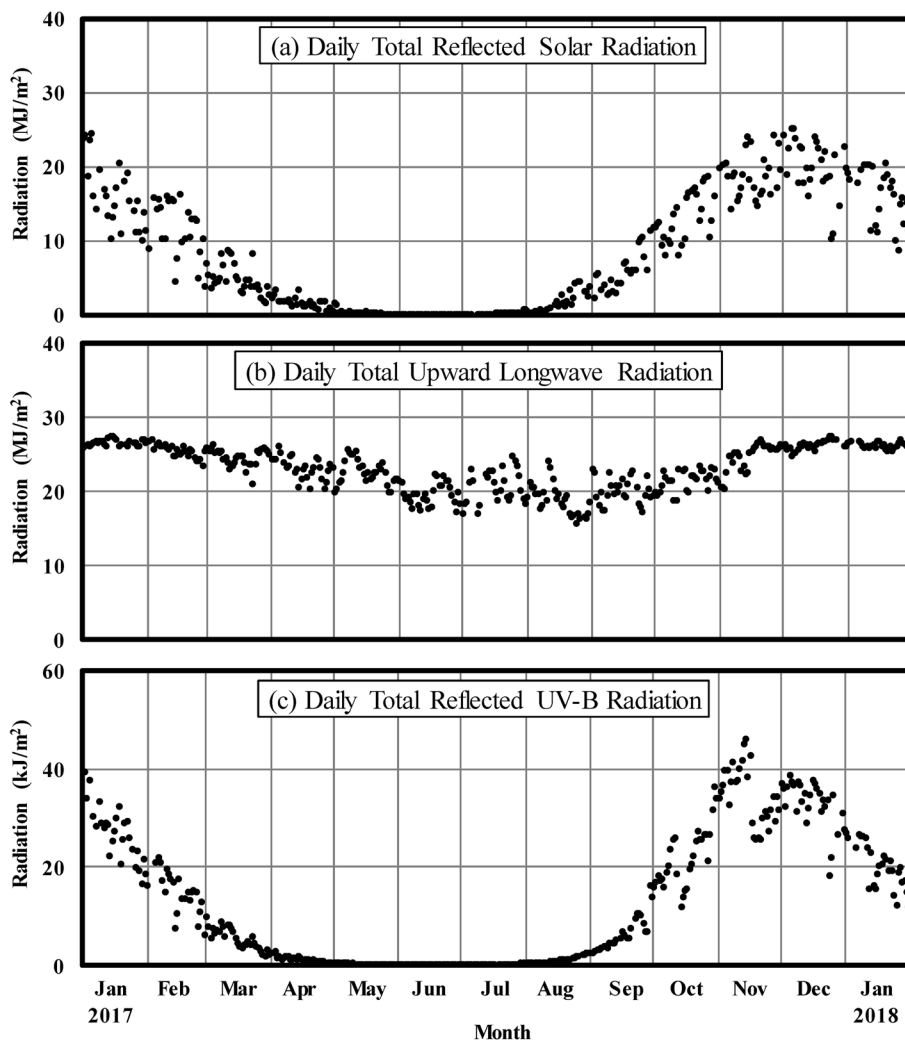


図 16 昭和基地における上向き日射放射量日積算値の年変化（2017 年 1 月～2018 年 1 月）。

(a) 反射日射量, (b) 上向き赤外日射量, (c) 反射紫外域日射量。

Fig. 16. Annual variations in daily integrated values of upward radiation components at Syowa Station (Jan. 2017–Jan. 2018).

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

に高いことを確認した。機器本体の調整では復旧しなかったため、外部標準ランプ点検の結果による観測結果の補正と測器常数の変更により観測を継続し、引き続き同 MK III 168 号機の観測データを採用とした。

2017 年 12 月 27 日から第 59 次隊が持ち込んだ同 MK III 209 号機との比較観測を実施した

が、同 MK III 209 号機の可動部に不具合が見られ復旧が困難な状態となった。このため、2018 年 1 月 25 日に同 209 号機を取り外し、第 58 次隊が国内に持ち帰った。

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 17 に示す。各波長帯ともに日積算値はオゾン全量とおおむね逆相関の関係で変動しているが、長波長側はオゾン全量の影響が比較的小さく、年間最大値が現れる起日は太陽高度が高く日照時間が長い夏至（2017 年は 12 月 22 日）に近くなる傾向がある。2017 年 1 月から 2018 年 1 月までの日積算値は、305～310 nm 及び 310～315 nm では 11 月 14 日に、315～320 nm では 2017 年 1 月 5 日に、320～325 nm では 12 月 17 日にそれぞれ最大となった。一方、短波長側は、太陽高度の高さや日照時間の長さよりもオゾン全量の影響を受けやすい。290～295 nm では 11 月 5 日、8 日、9 日に、295～300 nm で 11 月 8 日に、300～305 nm では 11 月 14 日に最大となった。

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（環境省、2008）。昭和基地における 2017 年 1 月から 2018 年 1 月の日最大 UV インデックスの年変化を図 18 に示す。UV インデックスは、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 となるが、変化傾向は波長別紫外域日射量の短波長側に近く、極夜明けの太陽高度が高くオゾン全量の少ない期間は非常に高くなる可能性がある。

2017 年はオゾンホールが 8 月上旬に観測され、その面積は 8 月中旬以降最近 10 年の平均よりも低く推移した。オゾンホールは 11 月 19 日に消滅し、昭和基地上空でも 11 月中旬にオゾン全量が急速に回復した。このため、オゾン全量が回復する前の 11 月 8 日に UV インデックスは最大となり 8.6 であった。この値は、WHO（2002）の指標では「VERY HIGH（非常に強い）」に相当する。2016 年の最大値は 11 月 7 日の 8.6 で、UV インデックスの最大値は 2016 年と同程度であった。

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。観測場所は観測棟屋上である（図 1 ③の位置）。PFR はオゾン全量観測時刻付近で太陽面に雲がないときに波長別（368, 412, 500, 862 nm の 4 波長）の直達日射の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」）を求めることができる。また、4 波長（368-862 nm）の AOD からは、オングストロームの波長指数 Ångstrom α （以下「 α 」）、及び混濁係数 Ångstrom β （以下「 β 」）が

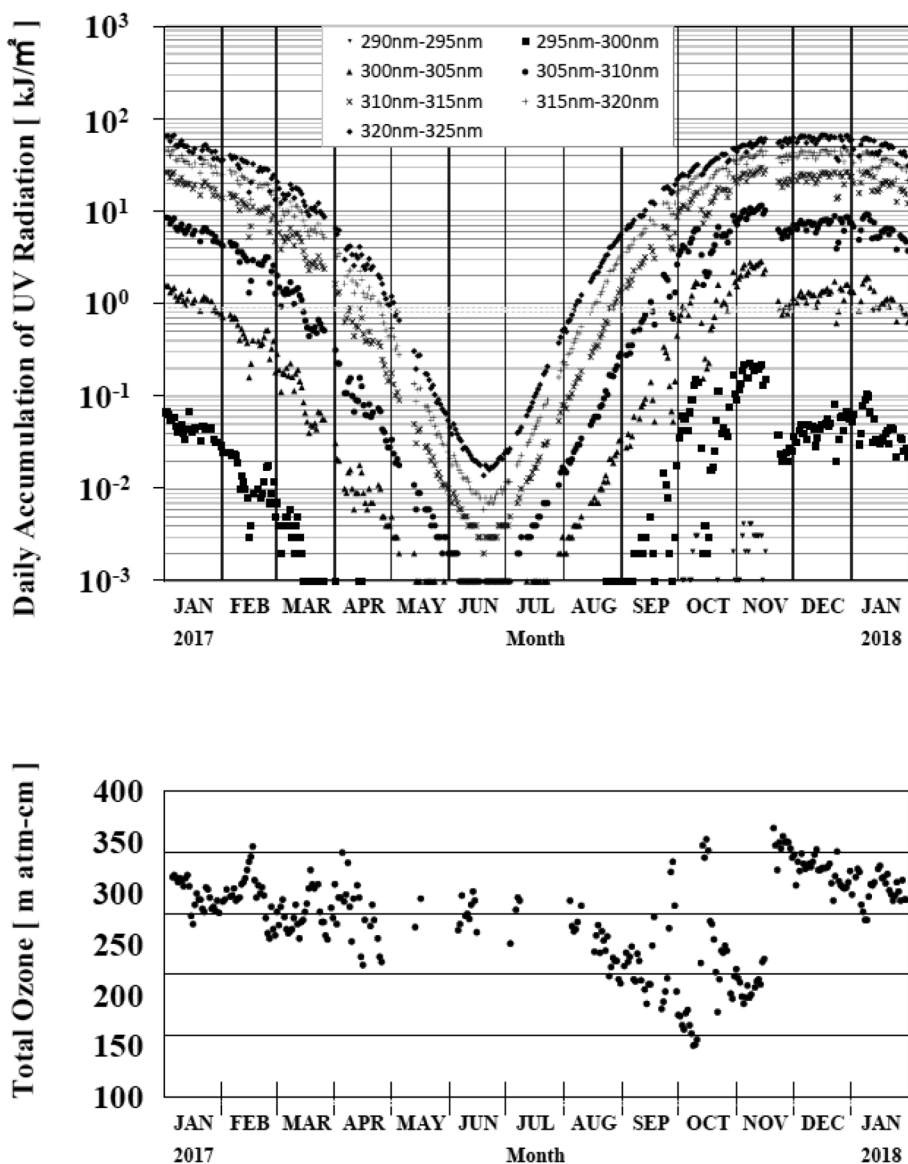


図 17 昭和基地における波長別紫外域日射量の日積算値（上図）とオゾン全量（下図）（2017年1月～2018年1月）。

Fig. 17. Daily accumulated ultraviolet radiation integrated for each wavelength band (above) and total ozone amount (below) at Syowa Station (Jan.2017–Jan.2018).

求められる。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 57 次隊と同様に 0.00864 を用いた（東島ほか，2003）。直達日射計では全波長（300–2800 nm）域の大気混濁度観測を実施し、オゾン全量観測時刻付近

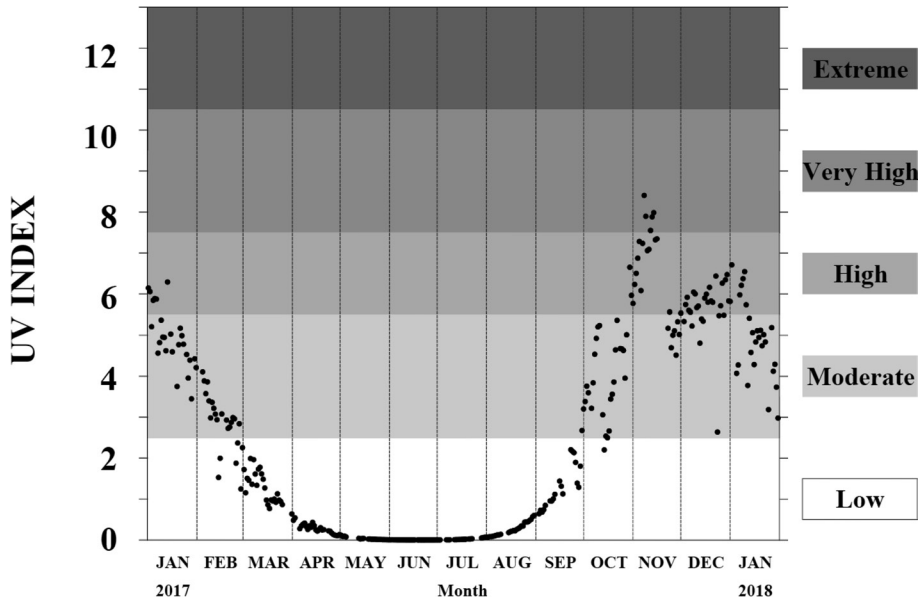


図 18 昭和基地における日最大 UV インデックスの年変化 (2017 年 1 月～2018 年 1 月)。

Fig. 18. Annual variation of daily maximum UV index at Syowa Station (Jan.2017–Jan.2018).

で太陽面に雲がないときを選び、ホイスナー・デュボアの混濁係数を求めた。

5.5.2. 観測経過

2017 年 2 月 1 日に第 57 次隊から観測を引き継ぎ、第 58 次隊のデータ収録を開始し、おおむね順調に観測を継続した。強風時は測器保護のため太陽追尾装置を停止し、欠測が生じた。8 月 10 日から 13 日かけてのブリザードの影響で太陽追尾装置が破損したため、8 月 14 日に太陽追尾装置を予備器と交換し、作業中の観測データに欠測が生じた。8 月 24 日に、副器として運用している N53 号機の受光窓内部に着霜が確認された。当時は外気温がマイナス 30 度を下回る日が続いていたため、測器内部の水蒸気が凝結、凝固したものと思われる。外気温が上昇するにつれ、着霜は解消した。12 月 23 日に太陽追尾装置を 59 次持ち込みのものとの交換し、作業中に欠測が生じた。12 月 31 日に、N53 号機と 59 次持ち込みの N55 号機を交換したが、同日中に N55 号機の受光窓内部に結露が確認された。結露発生時の外気温はマイナス 1 度程度であり、状況から測器不良が考えられたため再び N53 号機と交換し、N55 号機は第 58 次隊で持ち帰った。2018 年 1 月 24 日に、昭和基地計画停電により欠測が生じた。

5.5.3. 観測結果

PFR による 4 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 a ,

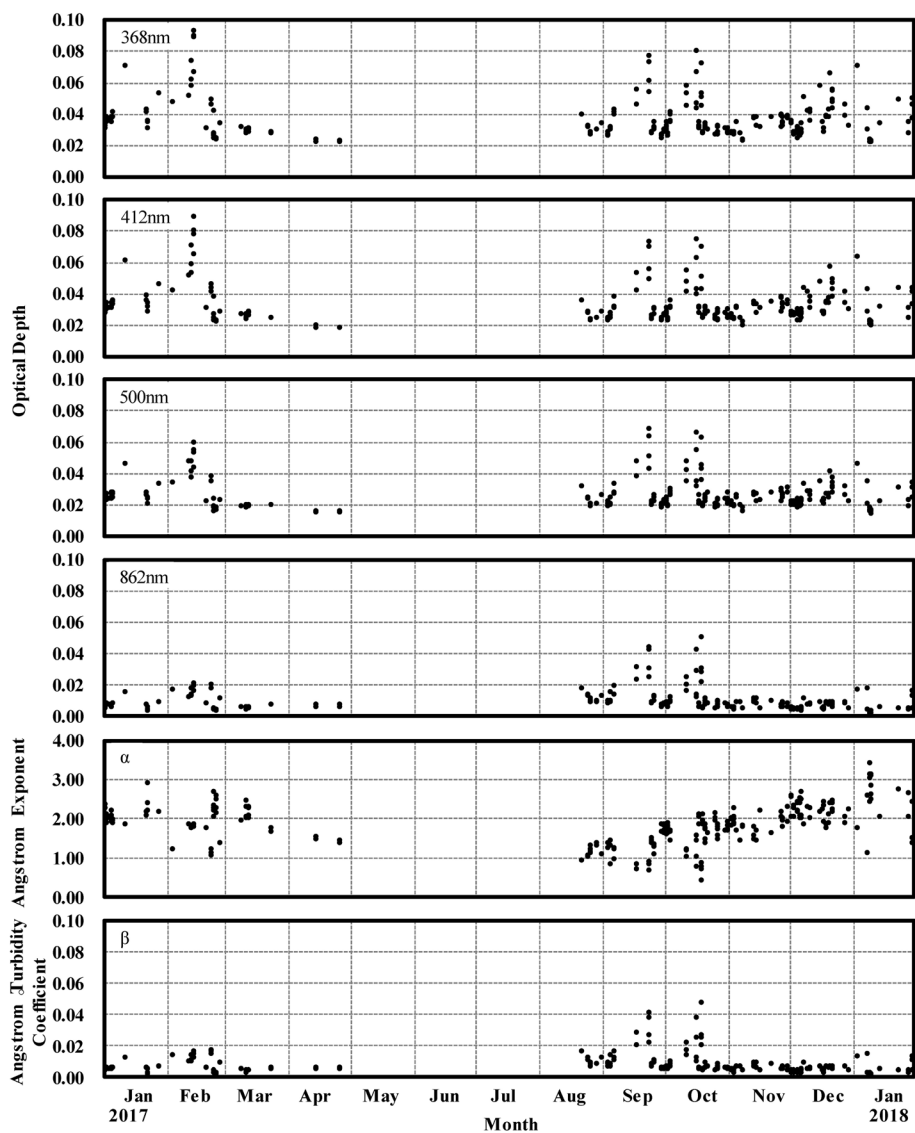


図 19 昭和基地における波長別エアロゾルの光学的厚さとオングストローム指数及びオングストローム混濁係数の年変化 (2017 年 1 月～2018 年 1 月).

Fig. 19. Annual variations of aerosol optical depth for each wavelength, Ångström exponent and Ångström coefficient at Syowa Station (Jan.2017–Jan.2018).

及び混濁係数 β の年変化を図 19 に示す。2017 年は例年同様に、4 波長の AOD とオングストロームの波長指数 α が夏から秋にかけてゆるやかに減少し、春から夏にかけて増加する傾向であった。これは、エアロゾルの組成の季節変動において、冬から春にかけて海塩粒子が

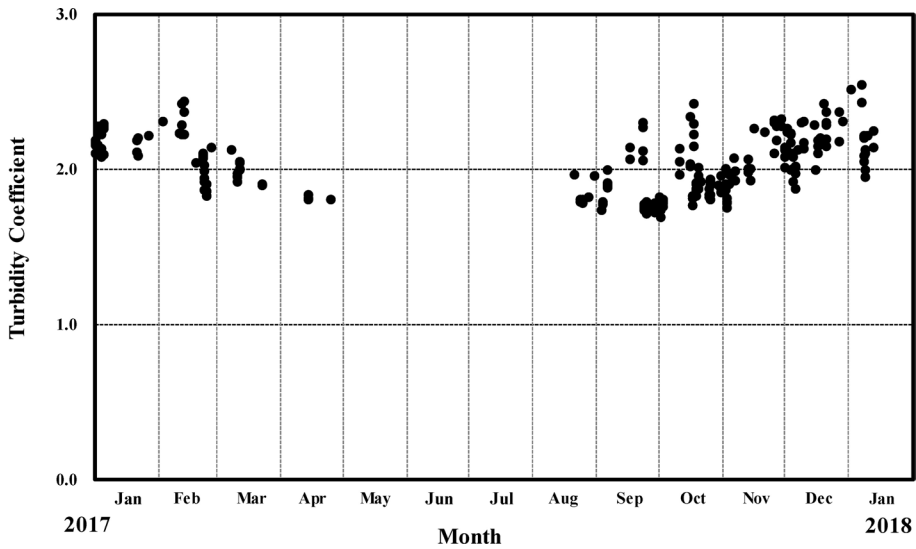


図 20 昭和基地におけるホイスナー・デュボアの混濁係数の年変化（2017年1月～2018年1月）。

Fig. 20. Annual variations of Feussner-Dubois' turbidity coefficient at Syowa Station (Jan.2017–Jan.2018).

卓越し、夏は硫酸粒子が卓越すること（Hara *et al.*, 2013）に伴い、粒径分布が季節変化していること（Hara *et al.*, 2011）に対応している。

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 20 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。2017 年も平年と同様の季節変化であった。

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、気象衛星による雲画像のデータを取得して高気圧や低気圧、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活用された。

6.1. 解析に用いた資料

- (1) 昭和基地における地上及び高層の気象観測データ、S17 の気象ロボット観測データ
- (2) 気象庁数値予報資料

気象庁の数値予報データから作成した予報資料を、1日2回昭和基地で受信して利用した。

(3) 各国気象機関の天気図・数値予報資料等

各国の気象機関がインターネット上で公開している天気図や数値予報資料（解析値及び予報値）等を利用した。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 オーストラリア気象局作成インド洋地上天気図
- ③ オーストラリア気象局作成南半球 500 hPa 解析図
- ④ 南アフリカ気象局作成地上天気図
- ⑤ ウィスコンシン大学コンポジット衛星画像

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及び禁止令の発令、解除の参考資料として提供した。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に公開した。第 58 次隊では、宿泊を伴う旅行隊がある場合は、旅行隊向けの気象情報を定時交信の際に提供したほか、しらせの活動支援のため気象庁数値予報資料を提供した。

7. 気象ロボット観測

7.1. 観測方法と測器

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、ロボット気象計を S17 航空機観測拠点屋上（標高約 600 m、南緯 69 度 01 分 45 秒、東経 40 度 05 分 30 秒）に設置している。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利用したほか、航空機オペレーションの気象実況値として提供した。気象ロボット観測地点と昭和基地の位置図を図 21 に示す。

観測項目は、気圧、気温、湿度、風向・風速で、403.0 MHz 帯周波数の電波によりデータを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。ロボット気象計の信号変換部、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、低温による機器の動作不良を防止している。データの送受信は通常は 10 分に 1 回行われるが、風力発電機による充電量に対しヒーターによる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、さらに電力の消費が激しいと送受信が停止するようになっている。観測項目、使用測器を表 14 に示す。

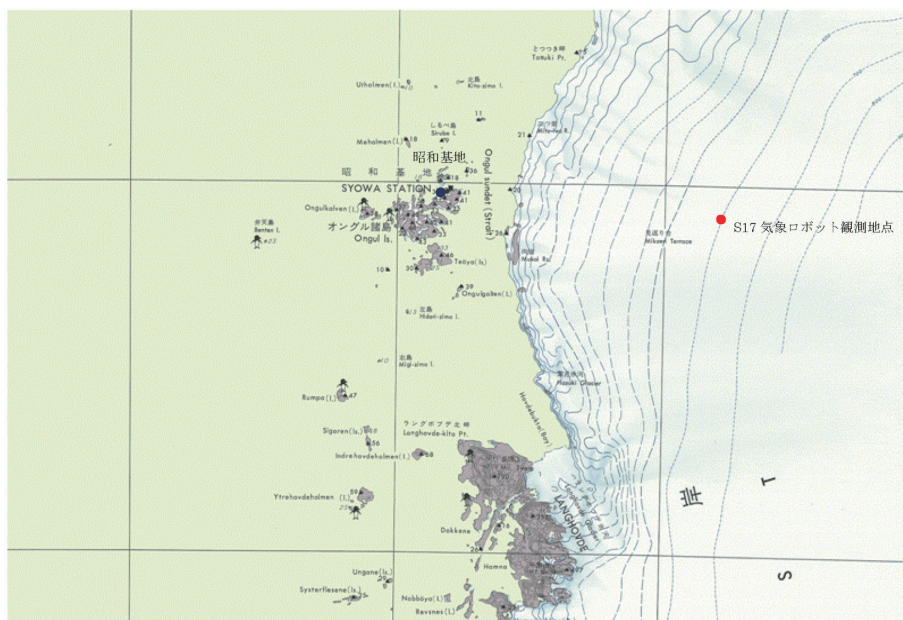


図 21 気象ロボット観測地点及び昭和基地 (「GIS ポータルサイト地形図」(国立極地研究所 (<http://geogisopen.nipr.ac.jp/gisopen/kyokuchi/?servicename=terrain> (2019-8-13 現在)) を元に作成)。

Fig. 21. Locations of surface observation at S17 and Syowa Station (Created based on "GIS portal site topography" National Institute of Polar Research (<http://geogisopen.nipr.ac.jp/gisopen/kyokuchi/?servicename=terra> (accessed 2019-8-13))).

表 14 S17 におけるロボット気象計の測器一覧表。

Table 14. Observation elements, observation frequency, observation accuracy, and instruments at S17.

観測項目	観測時刻	観測精度	使用測器・型式	備考
気圧	毎正分	± 0.60 hPa	電気式気圧計 (CVS-PTB-210)	信号変換箱内に設置
気温	毎正分	$\pm (0.15 + 0.002 t)$ ※t は温度の絶対値℃	電気式温度計 (C-HPT)	S17 航空拠点発電機小屋屋上自然 通風シエルター内に設置
湿度	毎正分	$\pm 1\%$ (0-90%) $\pm 1.7\%$ (90-100%)	電気式湿度計 (CVS-HMP-155D)	S17 航空拠点発電機小屋屋上自然 通風シエルター内に設置
風向	毎正分	$\pm 3^\circ$ 以下	風車型風向風速計 (CYG-5106-M-HD)	S17 航空拠点発電機小屋屋上に設置
風速	毎正分	± 0.3 m/s		

7.2. 観測経過

8月22日, 10月17日, 1月9日, 1月10日に定期点検を実施した。点検内容は, 屋外作業として, 外観チェック, 温度計・湿度計・風向風速計の点検清掃を実施した。温度計の比

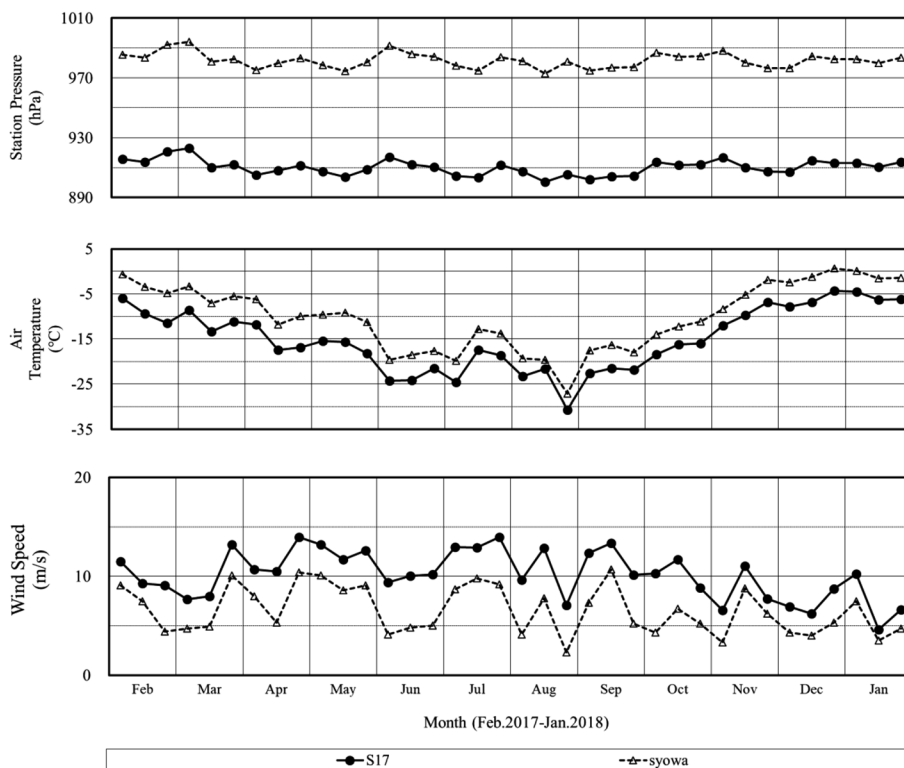


図 22 S17 観測点及び昭和基地における地上気象旬別経過図 (2017 年 2 月 ~2018 年 1 月).

Fig. 22. Time series of 10-day mean surface meteorological data at S17 and Syowa Station (Feb.2017–Jan.2018).

較観測には携帯用通風乾湿計を用い、観測データに問題がないことを確認した。屋内作業として CF カードの交換，風力発電機による充電の状態確認及び，配管の隙間から入り込んだ雪の除雪を実施した。1 月の点検は第 59 次隊への引継ぎも兼ねている。

4 月 11~18 日まで及び 9 月 25 日は風向風速計の凍結の疑いがあるため欠測とした。5 月 14~16 日まで，バッテリーの電圧低下のためデータの送受信が 1 日 1 回となった。10 月 19 日に風力発電機，風力発電機用ケーブル，チャージレギュレータの交換を行った。10 月 19, 20, 22 及び 23 日は通信異常により欠測となった時間がある。

7.3. 観測結果及びその提供

S17 の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 22 に，風向の出現頻度を表した風配図を図 23 にそれぞれ示す。図 22 から，両地点の標高の違いにより (S17 のほうが約 600m 高い)，昭和基地と比べ S17 の気圧は平均で 70 hPa，気温は平

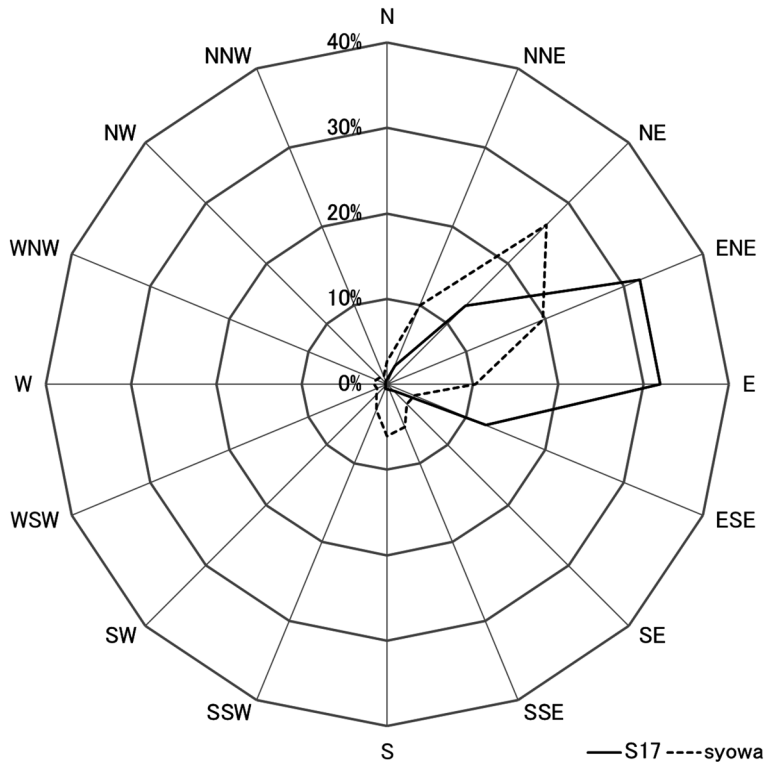


図 23 S17 観測点及び昭和基地における風配図 (2017 年 2 月～2018 年 1 月).
 Fig. 23. Wind rose at S17 and Syowa Station (Feb.2017–Jan.2018).

均で 5 度低く、また、風速は約 4 m/s 強い。一方、図 23 を見ると昭和基地の卓越風向がおおむね北東から東北東であることに対し、S17 では東北東から東になっている。これは大陸斜面上にそって吹くカタバ風の影響と考えられる。

昭和基地の地上気象実況と同様に、S17 の気象実況も昭和基地イントラネット上に掲載した。

DROMLAN 支援のために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、S17 の気象実況を提供した (2017 年 10 月 25 日から 12 月 4 日, 12 月 8 日から 10 日, 2018 年 1 月 11 日, 12 日)。

謝 辞

第 58 次観測隊の気象定常観測を遂行するにあたり、観測及び実施上の技術的援助・助言をいただいた第 58 次隊の本吉洋一観測隊長、岡田雅樹越冬隊長ほか第 58 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に感謝の意を表す。また、第 58 次観測隊行動において、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 57 次観測隊気象部門の方々にご助言いただいた。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**, 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**, 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**, 623-639, doi:10.15094/00009577.
- Hara, K., Osada, K., Nishita-Hara, C. and Yamanouchi, T. (2011): Seasonal variations and vertical features of aerosol particles in the Antarctic troposphere. *Atmos. Chem. Phys.*, **11**, 5471-5484, doi:10.5194/acp-11-5471-2011.
- Hara, K., Osada, K., and Yamanouchi, T. (2013): Tethered balloon-borne aerosol measurements: seasonal and vertical variations of aerosol constituents over Syowa Station, Antarctica. *Atmos. Chem. Phys.*, **13**, 9119-9139, doi:10.5194/acp-13-9119-2013.
- 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, 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.
- 環境省 (2008): 紫外線環境保健マニュアル 2008. 東京, 45 p.
- 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, 963 p.
- 気象庁 (2011): 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 (2016): 気象観測統計指針. 東京, 158 p.
- 気象庁 (2010): オゾン層・観測指針 [ECC 型編]. 東京, 54 p.
- 気象庁 (2017): オゾン層・紫外線の年のまとめ (2017 年). 気象庁ホームページ. 2018-7-27. https://www.data.jma.go.jp/gmd/env/ozonehp/annualreport_o3uv_2017.html.
- 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.
- 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.
- 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, 28p.