

## 第36次南極地域観測隊気象部門報告 1995

佐藤尚志・吉見英史・竹川元章・宮内誠司・中村辰男\*

### Meteorological Observations at Syowa Station and Dome Fuji Station in 1995 by the 36th Japanese Antarctic Research Expedition

Takashi SATO, Hideshi YOSHIMI, Motoaki TAKEKAWA,  
Seiji MIYAUCHI and Tatsuo NAKAMURA\*

**Abstract:** This paper describes the results of meteorological observations carried out by the Meteorological Observation Team of the 36th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-36) from 1 February 1995 to 31 January 1996 at Syowa Station and Dome Fuji Station. The first overwintering team at Dome Fuji Station had conducted year-round surface synoptic observations under extremely cold conditions that had not been experienced by any other Japanese projects before.

The method of observations, instruments and statistical calculation at Syowa Station were the same as those of the JARE-35 observation team. At Dome Fuji Station, similar surface observation techniques were used. The principal topics in the period of JARE-36 were as follows.

- 1) In the "A" class blizzard which hit Syowa Station in October, 49.0 m/s maximum gust wind speed was recorded, the strongest for October in history.
- 2) An Antarctic ozone hole of large scale was observed for the seventh successive years at Syowa Station. The lowest daily total ozone was 128 m atm-cm on 6 October 1995, the lowest in the historical record of Syowa Station.
- 3) The lowest temperature of  $-79.6^{\circ}\text{C}$  for this period was marked on 18 August 1995 at Dome Fuji Station, the lowest in the history of the Japanese Antarctic Research Expedition.

**要旨:** この報告は、第36次南極地域観測隊気象部門が1995年2月1日から1996年1月31日まで昭和基地及びドームふじ観測拠点において行った気象観測の結果をまとめたものである。ドームふじ観測拠点では、これまで日本の観測隊が経験したことの無い極低温下で、通年の地上気象観測が初めて行われた。

昭和基地での観測方法・設備・統計計算等は第35次観測隊とほぼ同じである。ドームふじ観測拠点での地上気象観測方法は昭和基地と同様である。越冬期間中特記される気象現象としては次のものが挙げられる。

- 1) 昭和基地でA級ブリザードの襲来により、10月としては過去最高の最大瞬間風速49.0 m/sを記録した。
- 2) 昭和基地で7年連続の大規模なオゾンホールを観測し、観測開始以来最低の日代表値128 m atm-cmのオゾン全量を、10月6日に記録した。
- 3) ドームふじ観測拠点で、8月18日に日本の南極観測隊史上の最低気温 $-79.6^{\circ}\text{C}$ を観測した。

\* 気象庁. Japan Meteorological Agency, 3-4, Otemachi 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8122.

## 1. はじめに

第36次南極地域観測越冬隊気象部門は、昭和基地で4名の隊員が、ドームふじ観測拠点で1名の隊員が気象観測業務を行った。

昭和基地では、1995年2月1日に第35次観測隊気象部門より定常気象観測業務を引継ぎ、1996年1月31日までの1年間観測を実施した。昭和基地における地上気象・高層気象・ゾンデ・日射放射・特殊ゾンデ観測について、観測項目や方法・観測結果の統計計算・通報方法は第35次観測隊(稲川ら, 1997)とほぼ同じである。高層気象観測では、第36次観測隊の夏期オペレーションで更新された放球棟を使用して、気球充填・放球作業を実施した。またレーウィンゾンデの新旧型の同時飛揚比較観測を行った。施設面ではMDD受信システムを新設し、ヨーロッパの静止気象衛星METEOSATの雲画像・NOAA衛星の軌道情報等が受信可能となった。

ドームふじ観測拠点では、観測隊気水圏部門の「氷床ドーム深層掘削観測計画」(5年計画の4年次)に関連して、1995年2月11日より通年の地上気象観測を開始した。また、1995年11月から1996年1月にかけて、オメガ測風方式のレーウィンゾンデによる高層気象観測を行った。

得られたデータは、Antarctic Meteorological Data, Vol. 36 及び Vol. 37 (JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY, 1996, 1997)として印刷発表されている。ここでは観測の経過と結果の概要を述べる。

## 2. 昭和基地の観測

### 2.1. 地上気象観測

#### 2.1.1. 観測方法と測器

地上気象観測指針(気象庁, 1993a)および世界気象機関(WMO)の技術基準に基づいて観測を実施し、結果の統計については地上気象観測統計指針(気象庁, 1990a)に基づき行った。気圧・気温・露点温度・風向風速・全天日射量・日照時間については、総合自動気象観測装置地上系(以下AMOS-2と略記する)により連続記録および毎正時の記録を行った。使用測器を表1に示す。目視観測は、雲・視程・天気について1日8回(00・03・06・09・12・15・18・21 UTC)の観測を行い、大気現象については随時観測を行った。

観測結果は国際気象通報式第8版(気象庁, 1990b)による形式(FM12, SYNOP報)で、気象衛星通報局装置(以下DCPと略記する)にて観測後ただちに無線送信した。DCPから発信した電報は、ヨーロッパが運用する静止気象衛星METEOSATを経由し、ドイツのダルムシュタット地上局に通報され国際気象通信網(GTS回線)に入力された。

また第35次観測隊に引き続き、「北の浦」の海氷上(情報処理棟前)に一辺20m四方の範囲に10m間隔で9本の竹竿を立て、竹竿の雪面上の長さで積雪量を測った。海氷上の起伏に

表1 昭和基地における地上気象観測使用測器 (1995年2月-1996年1月)  
 Table 1. Instruments used for surface meteorological observations at Syowa Station.

観測項目	測器名	感部型式	備考
気圧	円筒振動式気圧計	YOKOGAWA F-451	フォルトン型水銀気圧計により比較観測実施 (毎日9時)
気温	白金抵抗温度計	YOKOGAWA E-732	アスマン通風乾湿計により比較観測を随時実施
露点温度	塩化リチウム露点計	YOKOGAWA E-771-21 6131-2200	アスマン通風乾湿計により比較観測を随時実施 感部2台をローテーション使用
風向風速	風車型風向風速計	YOKOGAWA 南極仕様	測風塔(10.1m)上に2台設置(現用器・予備器)
全天日射量	熱電堆式A型ネオ日射計 精密全天日射計	EKO H-211 EKO MS-801	1996年1月21日まで 1996年1月21日から
日照時間	回転式日照計	EKO 回転式	測器構造上北側用・南側用の2台設置 03:00~21:00北側, 21:00~03:00南側を使用

変換器名	変換器型式
風向風速変換器	YOKOGAWA M-821-Z1
温度湿度変換器	YOKOGAWA M-822-Z2
日照日射変換器(日射)	YOKOGAWA M-825
日照日射変換器(日照)	YOKOGAWA M-825-Z3
データ変換部Ⅱ(円筒振動式気圧計感部を内蔵)	YOKOGAWA F-451
データ処理部	YOKOGAWA M-801

よる吹きだまりの影響を避けるため、9本の測定値の平均をとった。

### 2.1.2. 観測経過

AMOS-2系統の各測器は順調に作動したが、気象条件により欠測があることがあった。

#### (1) 気圧

気象棟内の円筒振動式気圧計により通年観測し、欠測はなかった。フォルトン型水銀気圧計との比較観測は毎日一回06 UTCに行い、 $\pm 0.3$  hPa以上の差は一年間認められなかった。

#### (2) 気温・露点温度

両測器とも屋外の百葉箱(強制通風式)内に設置してあり、通年観測した。ブリザードによる雪が百葉箱の中に大量に入り込んで詰まってしまうことが時々あったが、できるだけ早期に雪を取り除いて欠測を少なくするようにした。塩化リチウム露点計の感部は、2カ月に1回交換しながら使用した。アスマン型通風乾湿計との比較観測をおよそ一週間ごとに行ったが、気温・露点温度とも $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以上の差は一年間認められなかった。

#### (3) 風向・風速

風車型風向風速計により、百葉箱近くの測風塔上に設置して通年観測した。厳冬期の微風時に付着した霜は早期に取り除いた。

#### (4) 全天日射量・日照時間

全天日射計は気象棟前室屋上に、回転式日照計は気象棟南西の約200 m離れた高台(旗台地)に設置してある。厳寒期には感部を覆うガラスドームに霜が付着したが、頻繁に取り除くことにより通年観測することができた。

#### (5) 雲・視程・天気・大気現象

目視により通年観測した。厳冬期を中心に、細氷・氷霧といった寒冷地特有の大気現象を観測した。

#### (6) 海氷上の積雪

観測は10日に1回の割合で、好天時に実施した。

#### 2.1.3. 観測結果

表2に月別気象表を、表3に各月の極値・順位を更新した主な記録を、表4にブリザードの概要を、図1に年間の気圧・気温・風速・雲量・日照時間の旬別経過を、図2に海氷上の積雪変化と観測されたブリザードを、それぞれ示す。

越冬期間中における昭和基地の気象の主な特徴として、次の3点が挙げられる。

#### (1) 2月の多雲量・3月の少雲量

月平均雲量は、2月に8.7とその月の過去最多であったが、3月は逆に6.2とその月の過去最少となった。

#### (2) 6・8月の低温、7月の高温

6月は大陸の高気圧の勢力が強く晴れて寒い日が続き、6月として過去最低の月平均気温 $-20.9^{\circ}\text{C}$ を記録した。7月になると北からの低気圧の接近により気温が上昇し、7月として過去最高の気温 $-2.5^{\circ}\text{C}$ を観測した。8月には再び大陸の高気圧に覆われるようになり、8月としては過去最低の月平均最低気温 $-27.4^{\circ}\text{C}$ を記録した。

#### (3) 10月のブリザード

猛烈に発達した低気圧の影響によってA級ブリザードとなり、最大瞬間風速は10月として過去最高の $49.0\text{ m/s}$ を観測した。このほかB級2回、C級2回のブリザードにより荒れた月となった。

次に月ごとの概況を示す。

1995年

**2月** 曇りや雪の日が多く、日照時間が少ない月だった。月平均雲量は2月としては最多の8.7となったが、月平均気温・風速は平年並みであった。A級ブリザードが1回記録された。

上旬 大陸の高気圧が張り出した4日から7日にかけては晴天となった。

中旬 北方の海上を東進する低気圧により、曇りや雪の日が続いた。

下旬 発達した低気圧が南東進して接近してきたため21日にA級ブリザードとなり、最大風速 $34.9\text{ m/s}$ ・最大瞬間風速 $43.0\text{ m/s}$ を記録した。

表2 昭和基地の月別地上気象表(1995年2月-1996年1月)  
 Table 2. Monthly summaries of surface meteorological observations at Syowa Station.

	1995年												1996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	全年	1月
平均海面気圧	986.1	987.1	985.5	983.4	981.9	991.8	993.9	991.0	974.8	984.7	988.6	985.2	986.2	991.1
平均気温	-2.3	-2.9	-8.9	-8.9	-15.0	-20.9	-14.1	-22.6	-21.7	-12.2	-7.5	-2.3	-11.6	-1.4
最高気温	5.9	4.0	-0.3	-2.8	-4.7	-7.7	-2.5	-11.3	-10.7	-2.1	0.6	4.2	5.9	7.1
起日	13	3	9	3	3	3.4	28	7	10	25	19	20	1/13	29
最低気温	-12.6	-12.6	-23.5	-21.9	-29.3	-34.7	-33.8	-39.9	-39.5	-28.9	-16.4	-9.2	-39.9	-12.3
起日	29	27	13	9	15	14	5	23	1	1	4	12	8/23	19
平均気温	25	24	31	30	31	30	31	31	30	31	30	28	352	25
0℃未満の日数	10	16	31	30	31	30	31	31	30	31	29	12	312	6
最低気温	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	30
平均気温	0	0	0	0	7	17	3	17	16	1	0	0	61	0
-20℃未満の日数	0	0	0	0	2	10	2	11	10	0	0	0	35	0
最高気温	0	0	2	3	14	26	10	25	26	5	0	0	111	0
-20℃未満の日数	21	12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	19	43	25
最高気温	3.8	3.7	2.4	2.5	1.6	0.8	1.4	0.7	0.8	1.9	2.5	3.8	2.2	4.0
平均蒸気圧	72	74	72	74	71	55	56	61	65	70	70	73	68	73
平均相対湿度	4.8	6.0	7.6	10.0	7.1	4.2	7.4	4.0	4.6	7.2	4.8	4.8	6.0	3.9
最大風速 (10分間平均)	19.0	34.9	36.1	29.1	30.3	20.1	30.2	23.4	27.4	36.8	18.5	22.1	36.8	19.7
風向	NE 20	NE 21	NE 9	ENE 15	NE 3	NE 25	ENE 9	NE 27	NE 9	NE 13	NE 6	ENE 3	NE 10/13	NE 3
最大瞬間風速	23.2	43.0	45.7	36.0	38.3	24.1	37.2	28.9	32.5	49.0	23.6	27.0	49.0	24.4
風向	NE 20	NE 21	NE 9	ENE 15	NE 3	NE 25	ENE 9	NE 29	NE 9	NE 13	NE 7	ENE 3	NE 10/13	NE 3
最大風速 10.0m/s以上の日数	16	14	22	22	16	10	20	10	19	20	13	11	193	9
15.0m/s以上の日数	4	8	12	19	12	4	14	6	6	10	5	4	104	3
29.0m/s以上の日数	0	1	2	1	1	0	3	0	0	2	0	0	10	0
合計日照時間	313.0	137.5	171.1	72.0	15.9	- <sup>1)</sup>	11.9	101.6	139.1	188.9	302.9	469.4	1923.3	389.8
日照率	44	29	43	28	14	-	25	47	41	40	48	63	44	55
平均全天日射量	25.2	14.7	8.6	2.7	0.3	0.0	0.1	1.6	6.4	13.8	24.0	30.3	10.6	26.8
日照日数	2	9	8	12	23	30	9	7	10	8	1	2	121	0
平均雲量	7.4	8.7	6.2	7.6	7.6	4.8	5.4	4.8	6.3	7.7	7.6	5.8	6.7	7.2
平均雲量	3	1	5	3	3	7	6	9	4	2	2	7	52	0
8.5以上の日数	18	21	12	17	19	6	9	8	13	18	17	12	170	17
雪日数	14	17	17	15	25	12	7	19	21	18	12	10	187	11
満日数	4	1	0	0	1	1	0	3	3	1	1	3	18	3
ブリザード日数	0	2	6	12	10	1	5	4	5	11	1	0	57	0

1) 5月29日から7月15日まで、計算上は太陽が地平線上に現れない。

表3 昭和基地における地上気象観測の主な極値更新記録(1995年2月-1996年1月)  
 Table 3. The principal extremes of surface meteorological observations at Syowa Station recorded from February 1995 to January 1996.

月	月別値			旬別値		
1995年 2月	平均蒸気圧	3.7 hPa	3位 高	平均雲量(中)	9.7	2位 多
	平均相対湿度	74 %	2位 高	(下)	9.1	1位 多
	平均雲量	8.7	1位 多	合計日照時間(中)	39.0 hr	3位 少
	最大風速	34.9 m/s NE	3位 強	(下)	20.0 hr	1位 少
3月	合計日照時間	137.5 hr	3位 少	平均気温(上)	-7.6 °C	2位 低
	平均気温	-8.9 °C	2位 低	(中)	-9.7 °C	3位 低
	平均最高气温	-6.3 °C	2位 低	平均雲量(下)	5.5	3位 少
	平均最低气温	-12.3 °C	2位 低			
	最低气温	-23.5 °C	3位 低			
	平均雲量	6.2	1位 少			
	最大風速	36.1 m/s NE	2位 強			
	最大瞬間風速	45.7 m/s NE	2位 強			
4月	合計日照時間	171.1 hr	2位 多	平均海面気圧(中)	979.8 hPa	3位 低
	平均蒸気圧	2.5 hPa	3位 高	(下)	980.6 hPa	3位 低
				平均気温(下)	-7.9 °C	2位 高
				平均風速(下)	13.1 m/s	1位 強
				合計日照時間(上)	47.0 hr	2位 多
5月				平均風速(上)	11.5 m/s	2位 強
6月	平均気温	-20.9 °C	1位 低	平均気温(中)	-24.7 °C	1位 低
	平均最高气温	-16.9 °C	1位 低	平均雲量(中)	2.3	2位 低
	平均最低气温	-25.3 °C	1位 低			
	最高气温	-7.7 °C(複数)	2位 低			
	平均蒸気圧	0.8 hPa	1位 低			
	平均風速	4.2 m/s	2位 弱			
	最大風速	20.1 m/s NE	1位 弱			
	最大瞬間風速	24.1 m/s NE	1位 弱			
7月	平均現地気圧	991.2 hPa	3位 高	平均海面気圧(下)	994.1 hPa	2位 高
	平均海面気圧	993.9 hPa	3位 高			
	最高气温	-2.5 °C	1位 高			
8月	平均現地気圧	988.2 hPa	3位 高	平均気温(下)	-25.4 °C	3位 低
	平均気温	-22.6 °C	3位 低	平均雲量(上)	2.2	1位 少
	平均最低气温	-27.4 °C	1位 低	平均風速(中)	3.2 m/s	1位 弱
	最高气温	-11.3 °C	1位 低	合計日照時間(上)	35.6 hr	1位 多
	平均蒸気圧	0.7 hPa	3位 低			
	平均雲量	4.8	2位 少			
	平均風速	4.0 m/s	2位 弱			
	最大瞬間風速	28.9 m/s NE	3位 弱			
9月	合計日照時間	101.6 hr	1位 多	平均海面気圧(中)	974.0 hPa	2位 低
	平均現地気圧	972.0 hPa	2位 低	平均気温(下)	-25.1 °C	1位 低
	平均海面気圧	974.8 hPa	2位 低	平均雲量(中)	9.3	1位 多
	平均最高气温	-18.0 °C	3位 低	合計日照時間(上)	62.4 hr	1位 多
	最高气温	-10.7 °C	1位 低	(中)	6.9 hr	1位 少
10月	平均蒸気圧	0.8 hPa	2位 低	平均海面気圧(中)	976.4 hPa	3位 低
	最低海面気圧	945.5 hPa	1位 低	(下)	990.0 hPa	3位 高
	最大風速	36.8 m/s NE	2位 強			
11月	最大瞬間風速	49.0 m/s NE	1位 強	平均海面気圧(下)	993.7 hPa	3位 高
	平均風速	4.8 m/s	3位 弱	平均風速(下)	3.1 m/s	1位 弱
	最大風速	18.5 m/s NE	2位 弱			
12月	最大瞬間風速	23.6 m/s ENE	2位 弱			
	平均相対湿度	73 %	3位 高	平均気温(下)	-2.3 °C	2位 低
1996年 1月	最低气温	-12.3 °C	2位 低	平均気温(中)	-3.1 °C	1位 低
				合計日照時間(上)	68.8 hr	2位 少

表4 昭和基地におけるブリザードの概要(1995年2月-1996年1月)  
 Table 4. Summaries of heavy snowstorms (blizzards) from February 1995 to January 1996 at Syowa Station.

通番	開始 月日	時刻 時分	終了 月日	時刻 時分	継続時間 時間分	階級	最大 m/s	最大 風向	最大 風速 m/s	最大 瞬間 風速 m/s	最大 瞬間 風向	最大 瞬間 風速 m/s	最低 海面 気圧 hPa	最低 海面 気圧 hPa	最低 海面 気圧 起時	中 断 期 間	
01	2	21	01:20	2	22	07:50	30	30	A	34.9	NE	21H18:09	43.0	NE	21H17:59	966.9	21H17:59
02	3	8	12:40	3	11	09:45	69	05	A	36.1	NE	9H03:21	45.7	NE	9H02:08	963.9	9H02:41
03	3	24	10:45	3	25	06:30	19	45	A	27.0	ENE	24H21:28	33.1	ENE	24H21:41	---	---
04	4	14	17:30	4	18	16:50	76	25	A	29.1	ENE	15H04:00	36.0	ENE	15H01:18	964.1	15H04:10
05	4	20	20:30	4	21	14:20	17	50	C	21.4	NE	21H08:05	25.5	NE	21H02:59	---	---
06	4	22	11:30	4	26	05:10	86	20	B	26.6	ENE	23H20:09	32.9	ENE	23H18:24	959.5	24H06:30
07	5	2	23:00	5	5	04:15	53	15	B	30.3	NE	3H05:31	38.3	NE	3H07:57	969.1	3H12:45
08	5	7	07:20	5	9	04:27	45	07	B	23.6	NE	8H13:06	31.3	NE	8H10:31	967.0	8H10:31
09	5	20	00:56	5	20	09:50	8	54	C	21.0	NE	20H04:24	25.6	NE	20H05:35	(969.5	19H16:13)
10	5	21	13:10	5	22	06:40	17	30	C	24.2	ENE	21H18:24	27.2	E	21H18:07	968.3	21H17:15
11	6	25	09:40	6	25	17:25	7	45	C	20.1	NE	25H16:06	24.1	NE	25H16:02	---	---
12	7	9	19:45	7	10	15:30	19	45	B	30.2	ENE	9H23:58	37.2	ENE	9H23:51	---	---
13	7	11	19:30	7	12	06:55	11	25	C	18.6	NE	12H04:59	22.6	NE	11H19:44	---	---
14	7	29	00:35	7	29	08:40	8	05	C	29.1	ENE	29H06:18	37.2	NE	29H06:15	(965.9	28H18:11)
15	8	26	23:30	8	29	01:14	42	44	C	23.4	NE	27H03:36	28.9	NE	27H03:40	965.8	27H04:01
16	9	2	08:29	9	2	13:49	7	20	C	15.0	NNE	2H08:20	19.6	NNE	2H09:00	967.8	2H07:19
17	9	8	21:55	9	10	00:50	26	55	B	27.4	NE	9H06:06	32.5	NE	9H05:57	---	---
18	9	15	01:35	9	15	07:41	6	06	C	16.2	NNE	15H03:04	21.2	NE	15H04:47	961.7	15H03:01
19	10	2	02:05	10	3	09:50	31	45	B	26.3	NE	2H22:48	32.0	NE	3H02:12	967.5	2H05:33
20	10	8	09:10	10	8	15:50	6	40	C	18.3	ENE	8H14:32	22.9	ENE	8H14:24	---	---
21	10	12	18:52	10	14	02:10	30	18	A	36.8	NE	13H03:06	49.0	NE	13H02:46	945.5	13H20:47
22	10	16	17:20	10	17	01:56	8	36	C	13.7	NE	16H18:24	18.6	NE	16H18:39	---	---
23	10	22	04:18	10	24	15:40	59	22	B	26.0	NE	22H11:36	32.1	NE	22H11:33	---	---
24	11	1	06:57	11	1	14:20	7	23	C	16.5	NE	1H12:56	21.0	NE	1H13:05	---	---

\*階級 A : 視程 100m未満、平均風速 25 m/s以上、継続時間 6時間以上  
 B : 視程 1000m未満、平均風速 15 m/s以上、継続時間 1.2時間以上  
 C : 視程 1000m未満、平均風速 10 m/s以上、継続時間 6時間以上  
 \*最低海面気圧は970hPa以下となった場合のみ示す。括弧は開始前あるいは終了後を示す。  
 \*中断期間は風速が10 m/s未満の期間を示す。

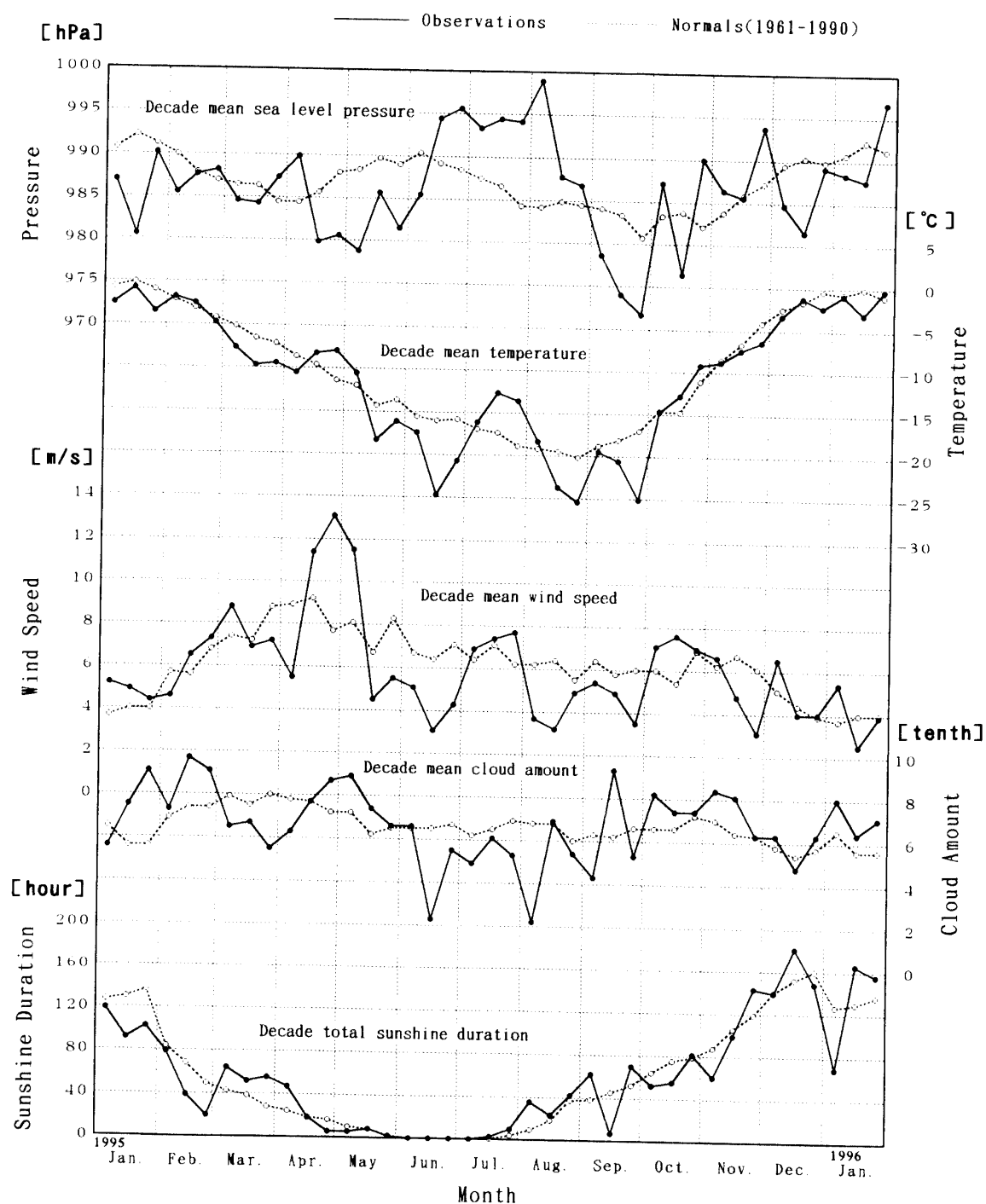


図1 昭和基地における地上気象観測値 (海面気圧・気温・風速・雲量の旬平均値と日照時間の旬合計) (1995年1月-1996年1月)

Fig. 1. Surface meteorological data (decade means of sea level pressure, temperature, wind speed and cloud amount, and decade total sunshine duration) from January 1995 to January 1996 at Syowa Station.



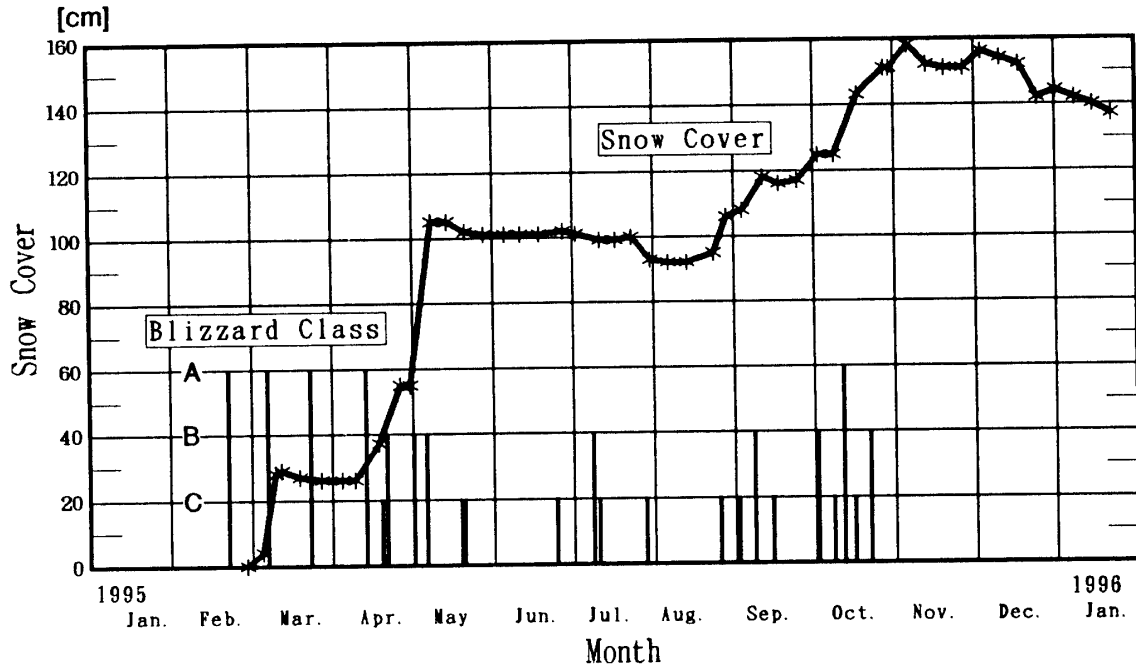


図2 昭和基地の積雪量の年変化 (1995年2月-1996年1月). 縦の棒線はブリザードを表し、長さでその級を示す

Fig. 2. Variation of snow cover from February 1995 to January 1996 at Syowa Station. Vertical lines show blizzards and their classes.

**3月** 天気は周期的に変化し晴れの日が多く、日照時間が多かった。気温は低めに経過し、月平均雲量が3月としては最少の6.2となった。月平均風速は平年並みであった。また、A級ブリザードが2回記録された。

上旬 4日から7日にかけて晴れの日が続いたが、8日からは低気圧が昭和基地付近に停滞してA級ブリザードとなり、最大風速36.1 m/s・最大瞬間風速45.7 m/sを記録した。

中旬 11日は前旬から引き続きブリザードとなり、ブリザードの継続時間は69時間05分に達した。13日はよく晴れて冷え込み、最低気温 $-23.5^{\circ}\text{C}$ を記録した。

下旬 24日から25日にかけてA級ブリザードとなった。

**4月** 月の前半は大陸の高気圧の勢力が強く、晴れの日が多かった。後半は動きの遅い低気圧の影響でふぶきの日が多く、3回のブリザード(A級1回・B級1回・C級1回)を記録した。

上旬 晴れの日が多く、気温は低めに経過した。

中旬 低気圧の接近・停滞により、14日から18日にかけて継続時間76時間25分におよぶA級ブリザードとなった。20日からC級ブリザードが始まった。

下旬 引き続き動きの遅い低気圧の接近により、ふぶきの日が多かった。21日のC級ブリザ

ードに続き、22日から26日にかけては継続時間86時間20分におよぶB級ブリザードとなった。このため、旬としては気温が過去高い方から2位、風速が過去最強となった。

**5月** 月の前半は、しばしば動きの遅い低気圧の接近によりふぶきや雪の日が多かった。後半は天気は周期的に変化した。B級2回、C級2回のブリザードを記録した。

上旬 動きの遅い低気圧の接近により、ふぶきや雪の日が多かった。2日から5日にかけてと、7日から9日にかけてB級ブリザードとなった。旬平均風速は強い方から第2位だった。

中旬 天気は周期的に変化した。11日は第36次観測隊として初めて氷霧を観測した。20日は低気圧の接近によりC級ブリザードとなった。

下旬 21日は低気圧の接近によりC級ブリザードとなったが、22日から25日にかけては気圧の尾根に入り晴天が続いた。後半は短い周期で天気が変わった。

**6月** 大陸の高気圧の勢力が強く、晴れて寒い日が続いた。月平均気温は6月としては最低の $-20.9^{\circ}\text{C}$ を記録した。C級ブリザードを1回記録したほかは全般に風が弱く、月最大風速は6月としては最も弱い $20.1\text{ m/s}$ となった。

上旬 前半は気圧の谷の影響で曇りや雪の日が多かった。後半は大陸の高気圧が強まり晴天が続いた。

中旬 大陸の高気圧に覆われ連日の晴天となり、記録的な低温となった。

下旬 前半は引き続き高気圧に覆われ晴天が続いた。25日は低気圧の接近によりC級ブリザードとなり、その後天気は短い周期で変化した。

**7月** 晴れの日が多く、気温は高めに経過した。昭和基地周辺の上空の流れは北に大きく蛇行したため低気圧はるか沖合いを通り、晴天となる日が多かった。しかし低気圧の接近時には気温が著しく上昇し、28日は7月としては過去最高と並ぶ $-2.5^{\circ}\text{C}$ を記録した。B級1回・C級2回のブリザードを記録した。

上旬 初め天気は短い周期で変化し、中ごろは高気圧に覆われて晴天となった。その後、低気圧の接近により気温がかなり高くなった。9日から10日にかけてはB級ブリザードとなった。

中旬 11日から12日にかけて気圧の谷が残りC級ブリザードとなった。中ごろからは高気圧に覆われて晴れる日が多かった。

下旬 後半気温が著しく上昇した。発達した低気圧が北東から接近して28日に地ふぶきとなり、29日には降雪も加わりC級ブリザードとなった。この低気圧に吹き込む暖気により、28日の最高気温は $-2.5^{\circ}\text{C}$ と記録的な高温となった。そのほかの日は高気圧に覆われ、晴れまたは薄曇りとなった。

**8月** 大陸の高気圧に覆われ、晴れて気温の低い日が多かった。月平均最低気温は8月として

は過去最低の $-27.4^{\circ}\text{C}$ を記録した。風は弱く、ブリザードはC級が1回のみであった。

上旬 大陸の高気圧に覆われ、晴天が続いた。旬平均雲量は旬としては過去最少の2.2、旬合計日照時間は旬として過去最多の35.6時間をそれぞれ記録した。

中旬 天気は周期的に変化したが大きな崩れはなかった。風が弱く旬平均風速は旬としては過去最も弱い $3.2\text{ m/s}$ を記録した。

下旬 晴れて気温が低く、23日は第36次隊の最低気温 $-39.9^{\circ}\text{C}$ を記録した。26日から29日にかけて、低気圧の接近によりC級ブリザードとなった。

**9月** 昭和基地を含む大陸沿岸は低圧部となる日が多く、気圧は低めに経過した。また、後半を中心に平年より気温の低い日が多かった。B級1回、C級2回のブリザードを記録した。

上旬 低気圧の接近により、2日はC級ブリザード、8日から10日にかけてはB級ブリザードとなったが、そのほかの日は晴天が続いた。旬合計日照時間は旬として過去最多の62.4時間となった。

中旬 低気圧がしばしば昭和基地付近を通過し、雪や曇りの日が多かった。15日はC級ブリザードとなった。旬合計日照時間は旬としては過去最少の6.9時間を、旬平均雲量は旬としては過去最多の9.3をそれぞれ記録した。

下旬 天気は周期的に変化した。気温の低い日が多く、旬平均気温は旬としては過去最低の $-25.1^{\circ}\text{C}$ となった。

**10月** 天気はほぼ周期的に変化した。12日から14日にかけて猛烈に発達した低気圧の接近により大荒れとなり、最大瞬間風速は10月として過去最強の $49.0\text{ m/s}$ を記録した。このA級ブリザードのほかに、B級2回・C級2回のブリザードを記録した。

上旬 天気は短い周期で変化した。2日から3日にかけてと、8日は低気圧の接近でそれぞれB級・C級のブリザードとなった。

中旬 12日から14日にかけて、猛烈に発達した低気圧が南南東進しながら接近しA級ブリザードとなった。最大風速は10月として過去第2位の $36.8\text{ m/s}$ 、最大瞬間風速は10月として過去第1位の $49.0\text{ m/s}$ に達し、最低海面気圧も10月としては最低の $945.5\text{ hPa}$ を記録した。16日から17日にかけてC級ブリザードとなったが、そのほかの日は晴れの日が多かった。

下旬 天気は周期的に変化した。22日から24日にかけて低気圧の接近によりB級ブリザードとなった。

**11月** 弱い気圧の谷に入ることが多く、曇りや薄曇りの日が多かった。C級ブリザードが1回あったが、大きな天気の崩れは少なかった。

上旬 曇りや雪の日が多く、時々ふぶきや地ふぶきとなった。1日は低気圧の接近でC級ブリザードとなった。

中旬 曇りや薄曇りの日が多かった。19日にはこの夏初めて最高気温が $0^{\circ}\text{C}$ 以上になった。

下旬 前半は曇りの日が多かったが、後半は晴天が続いた。

**12月** 高気圧に覆われ晴天の続くことが多かった。

上旬 1日と、5日から8日にかけて晴天となったほかは曇りの日が多く、3日は低気圧の接近により地ふぶき模様の天気となった。

中旬 初め低気圧の影響で雪となったが、その後は回復し17日以降は快晴が続いた。

下旬 天気は周期的に変化した。28日からは高気圧に覆われ晴天が続いた。気温の低い日が多く、霧の発生する日があった。

1996年

**1月** 日平均雲量が1.5未満の快晴日数は1日もなく、曇りの日が多かった。中旬を中心に気温の低い日が多かったが、月の終わりは暖気により5年ぶりの雨となった。

上旬 曇りや雪の日が多く、日照時間が少なかった。

中旬 気温の低い日が多かった。旬平均気温は旬としては過去最低の $-3.1^{\circ}\text{C}$ となり、19日は1月としては2番目に低い $-12.3^{\circ}\text{C}$ を記録した。

下旬 前半は曇りや薄曇りの日が続いたが、後半は晴れの日が多かった。29日以後、上空に暖気が入ってきて地上気温も上昇し、29・30日は1991年以来5年ぶりに雨を観測した。

#### 2.1.4. 海水氷上と陸上における積雪

積雪の季節・年変化を調べるために、「北の浦」の海水氷上(情報処理棟前)に9本の竹竿を立て、その雪面上の高さの変化量を積雪量としている。ただし海水氷上であるため、日射等の影響を受け竹竿が沈み込む可能性も考えられる。そこで、沈み込む心配のない陸上にも竹竿を立て、同じように積雪量を測定し、海水氷上のものと比較した。

##### (1) 観測方法

陸上の観測は、1995年7月12日に気象棟裏山の北側に3本の竹竿を立てて開始し、およそ週に1度海水氷上と同じ日に測定を実施し、1995年12月18日に2本の竹竿が倒れるまで継続した。海水氷上の観測では9本の測定値の平均を、陸上の観測では3本の測定値の平均をそれぞれの積雪量とした。

##### (2) 観測結果

海水氷上・陸上の1995年7月12日からの積雪量と、前回の測定日から測定前日までの合計全天日射量を図3に示す。積雪量は9月までは海水氷上と陸上で同じような変化を示しているが、10月以降はその変化は異なっている。合計全天日射量は9月中旬までは $50\text{ MJ/m}^2$ 未満で推移し、その後次第に増加している。10月30日に合計全天日射量が落ち込んでいるのは、天気の都合上観測間隔が2日と短かったためである。

海水氷上と陸上で積雪量の変化が異なり始めた9月25日以前と以降とに期間を分け、積雪変化量の平均と標準偏差・海水氷上と陸上の相関係数・観測回数を表5に示す。海水氷上では、一週間当たりの積雪変化量の平均が、前半の $1.6\text{ cm/week}$ から後半は $3.2\text{ cm/week}$ と増えている。

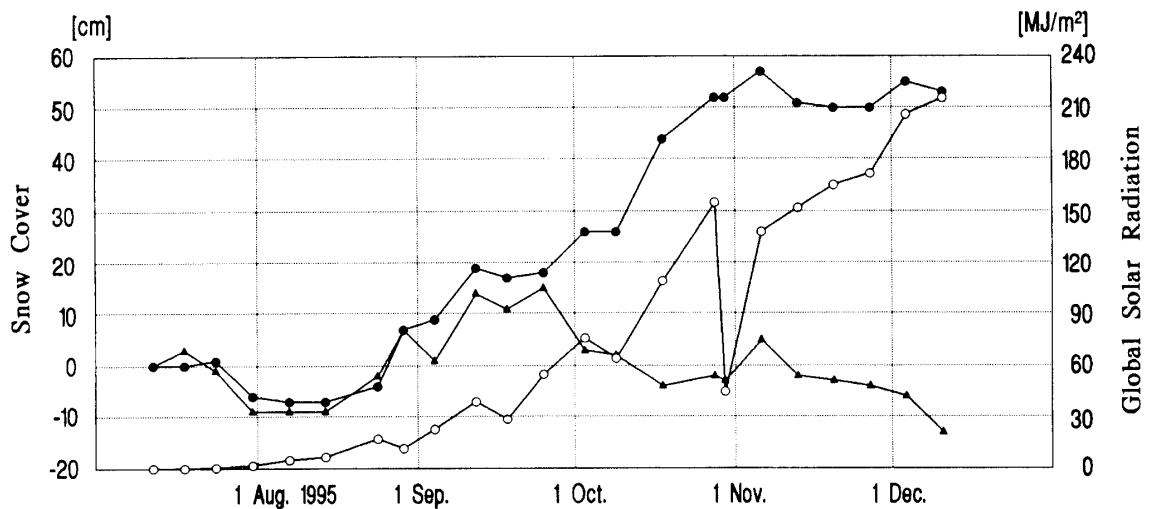


図3 積雪量および前回の測定日から今回の測定前日までの合計全日射量の変化 (●: 海水上の積雪量, ▲: 陸上の積雪量, ○: 合計全日射量)

Fig. 3. Variations of snow cover on the sea ice surface ("●") and on the land surface ("▲"), global solar radiation ("○") integrated from the day of the last measurement to the day before this measurement, from 12 July to 11 December 1995 at Syowa Station.

表5 海水上と陸上における一週間の積雪変化量の統計値(平均・標準偏差・相関係数・観測回数). 海水上と陸上で積雪量の変化が異なり始めた9月25日を境に, 前半と後半に期間を分けた.

Table 5. Means, standard deviations, correlation coefficients and observation numbers of snow cover variations on the sea ice surface and on the land surface at Syowa Station. The period is divided at 25 September when the snow cover began to differ between the sea ice surface and the land surface.

		平均 cm	標準偏差 cm	相関係数	観測回数
前半	海水上	1.6	4.9	0.824	11
	陸上	1.3	6.2		
後半	海水上	3.2	6.3	-0.034	11
	陸上	-2.5	5.1		
全期間	平均	2.4	-0.6	0.309	22
	標準偏差	5.7	6.0		

前半: 1995年7月1日~9月25日

後半: 1995年9月25日~12月11日

のに対し, 陸上では前半の 1.3 cm/week から後半の -2.5 cm/week と海水上とは逆に減少している.

図4に, 海水上と陸上の積雪量の分布図を9月25日以前と以降とに分けて示す. この図から, 海水上と陸上の積雪量は, 前半はよい相関があるのに対し後半は無相関であることがわかる. この違いが生じた原因としては, 後半に日射量が増えたことによって竹竿が沈み込むことや, 陸上の積雪がブリザードによって飛ばされた可能性などが考えられる.

極夜期からの積算全天日射量と海氷上・陸上における積雪量差の関係を図 5 に示す。積算全天日射量が  $200 \text{ MJ/m}^2$  未満では積雪量差は  $10 \text{ cm}$  未満で大きな変動は見られないが、 $200 - 500 \text{ MJ/m}^2$  では  $100 \text{ MJ/m}^2$  の増加に対しおよそ  $10 \text{ cm}$  の割合で差が急増している。  $500 \text{ MJ/m}^2$  以上では積雪量差は  $400 \text{ MJ/m}^2$  の増加に対しおよそ  $5 \text{ cm}$  の割合と、差の増加は  $200 - 500 \text{ MJ/m}^2$  に比べて緩やかになっている。日射量が増加することにより陸上と海氷上で積雪量差が生じたのは、日射エネルギーにより海氷上の竹竿が沈み込むことが原因の一つと考えられるが、積雪量差が急増したのは 10 月上中旬であり、この時期は 2.1.3 観測結果の項で示し

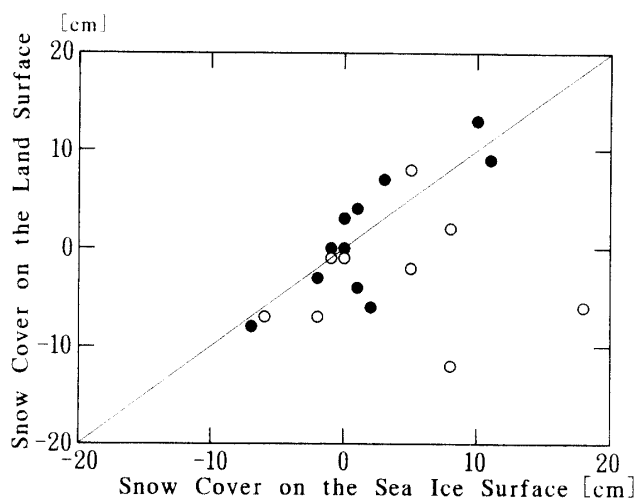


図 4 海氷上と陸上の積雪量の関係 (●: 9 月 25 日まで, ○: 9 月 25 日から)

Fig. 4. The relation between snow cover on the sea ice surface and on the land surface. "●" show the measurements from 12 July to 25 September, and "○" from 25 September to 11 December at Syowa Station.

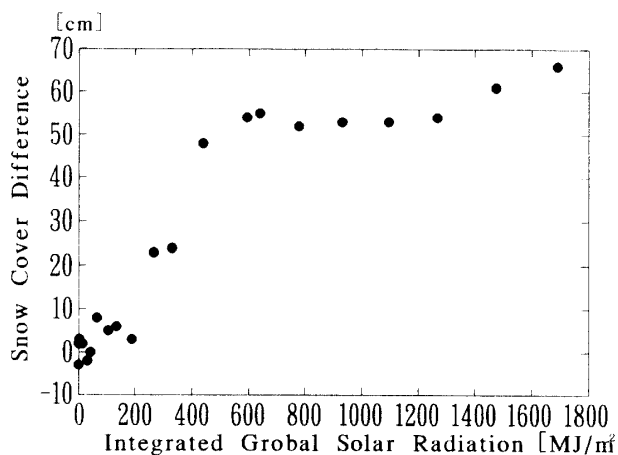


図 5 極夜期からの積算全天日射量と海氷上・陸上における積雪量差 (海氷上 - 陸上) の関係

Fig. 5. The relation between global solar radiation integrated since the start of the polar night season and snow cover difference between the sea ice and land surfaces at Syowa Station.

たようにブリザードの襲来が多く、強風により陸上の積雪が飛ばされたことも大きく影響しているものと推察される。

## 2.2. 高層気象観測

### 2.2.1. 観測方法と測器

高層気象観測指針(気象庁, 1973, 1995)に基づき, RS2-91型レーウィンゾンデ(明星電気製, 以下91型ゾンデと略記する)を用いた高層気象観測を行った。毎日00・12 UTCの2回, ヘリウムガスを充填したゴム気球に91型ゾンデ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・湿度が $-40^{\circ}\text{C}$ になる高度までの相対湿度・風向・風速の高度分布を観測した。91型ゾンデのセンサーの詳細及び飛揚器材を表6に示す。

飛揚前に室内の気圧・気温・湿度により91型ゾンデの点検を行い, 各要素の偏差が少ないもののみ飛揚した。飛揚後のゾンデ信号受信と測角にはモノパルス方式の自動追跡型方向探知機(明星電気製, MOR-22型)を用い, 受信したデータの計算処理・気象電報作成・保存・作表・統計には, 高層気象観測装置データ処理部(NEC製パーソナルコンピュータ, ただしソフトウェアは気象庁作成)を用いた。観測結果は国際気象通報式第8版(気象庁, 1990b)による形式(FM35, TEMP報)により, 地上気象観測と同様にDCPで無線送信した。DCPから発信した電報は静止気象衛星を経由しGTS回線に入力された。

### 2.2.2. 観測経過

観測状況として観測回数と到達高度を表7に示す。第36次観測隊として1995年2月1日00 UTCから1996年1月31日12 UTCまでの観測を行った。この期間中, A級ブリザードの強風により飛揚作業を取り止めたための「欠測」が1回あった。また, 飛揚したが上空の観測資料が得られなかった「資料欠如」が1回あったのは, 最初の飛揚直後にゾンデの異常によ

表6 昭和基地における高層気象観測器材(1995年2月-1996年1月)  
Table 6. Instruments used for upper-air observations at Syowa Station.

		RS2-91型レーウィンゾンデ
レー ウ ィ ン ゾ ン デ	セ	気 圧
	ン	気 温
	サ	湿 度
電 池		B91RS型注水電池
気 球		600g気球 標準浮力:1900g (浮力は強風・降雪等状況により増量した)
その他	強風時	気象観測用巻下器
	暗夜時	PA72型追跡補助電灯

表7 昭和基地における高層気象観測回数と到達高度

Table 7. Numbers of observations and attained heights of upper-air observations at Syowa Station.

年 月 項 目	1995												1996	合計 (平均)
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月		
飛揚回数	56	77	63	63	68	75	68	79	65	61	62	62	799	
定時観測回数	56	61	60	62	60	62	62	60	62	60	62	62	729	
特別観測回数	0	14	0	0	7	7	0	14	0	0	0	0	42	
再観測回数	0	2	3	1	1	6	6	5	2	1	0	0	27	
資料欠如回数	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
欠測回数	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
到達高度	平均 hPa	9.5	8.2	9.9	15.1	14.3	16.3	15.5	11.8	11.9	9.3	9.3	8.9	(11.6)
	平均 km	31.9	32.1	30.2	26.7	27.0	26.5	26.2	27.8	28.3	31.4	32.4	32.4	(29.5)
	最高 hPa	7.1	5.8	5.7	8.0	7.4	7.1	7.6	7.3	8.0	6.9	7.2	6.8	
	最高 km	33.7	34.7	33.6	29.9	29.6	29.5	29.5	30.5	31.3	33.6	33.8	34.6	

(注) ・3/9 00UTC 強風のため欠測。

- ・10月の平均到達高度は、地上値しか得られなかった資料欠如の観測 (10/13 00UTC) を除く。
- ・特別観測は全てRS2-91型レーウィンゾンデとRS2-80型レーウィンゾンデの連結比較観測実験。

り正常な観測データが得られず、その後の再観測を強風により飛揚困難と判断し飛揚作業を取り止めたものである。観測成立基準を満たさないため再度飛揚する「再観測」が27回あったが、原因は気球の低高度破裂等である。00・12 UTCの定時以外に行う「特別観測」は、91型ゾンデとRS2-80型レーウィンゾンデ (以下80型ゾンデと略記する) の連結比較試験のため42回行った。

この期間の観測到達高度は、平均で29.5 kmとほぼ目標通りだった。到達高度はゴム気球の性能に依存し、ゴムの特性は低温下ほど劣化するため、成層圏の気温が極度に低くなる冬の極夜期を中心として到達高度が低下する。5-10月の平均到達高度が26-28 kmと他の月に比べて低いのはこの影響である。到達高度低下を緩和するゴム気球表面の油処理手法が知られているが、第35次観測隊に引き続き、室内暖房用の灯油にゴム気球を事前に漬けた後保温して保管する方法を、5月14日00 UTCから11月3日12 UTCまで用いた。

観測用地上施設は、自動追跡型方向探知機・高層気象観測装置データ処理部とも正常に動作した。昭和基地では1995年1月1日から従来の80型ゾンデに替えて91型ゾンデを使用しており、一年間を通して91型ゾンデを使用する最初の年であったが大きな問題はなかった。91型ゾンデの不具合としては、飛揚前点検における気圧偏差大が43台、湿度偏差大が7台、気温偏差大が1台あったが、これらは観測には使用していない。

### 2.2.3. 観測結果

1995年2月1日から1996年1月31日までの00 UTCにおける高度・気温・風速の月平均



指定気圧面データを表8に示す。

1995年1月から1996年1月までの各指定気圧面の月平均気温の経過を図6に示す。図中には1968年から1995年までの累年平均気温を点線で示してある。

累年平均気温を見ると、地表から300 hPaの対流圏では200–30 hPaの成層圏に比べ、気温の年変化が小さい。成層圏の気温低下が顕著なのは、冬期の成層圏で日射による加熱がないことや、極夜渦により低緯度の暖かい空気との混合が制限されるためである。月平均気温と累年平均気温とを比較すると、地上気温の変動が大きかったこと、7月には対流圏で高く成層圏で低かったことがわかる。成層圏では8・9月に累年平均より高くなったほかは、1996年1月まで気温が低い状態が続いた。10月以降の低温は2.3.3 オゾン観測結果の項で述べるオゾンホールの影響と考えられる。

同期間の気温・高層風の東西成分・南北成分について、月平均値・累年平均値・両者の差の年変化を図7に示す。図中でハッチを付けてあるのは符号が逆の部分である。

1995年月平均気温の図では、10月に200 hPa以上の成層圏で $-75^{\circ}\text{C}$ 以下になり寒気の様子が通常の年と異なっていることがわかる。両者の差の図では、10月以降の低温状況が顕著で

表8 昭和基地における月別指定気圧面観測値(00 UTC)

Table 8. Monthly summaries of upper-air observations at standard pressure levels at Syowa Station.

年月 項目	指定面 (hPa)	1995												1996	平均
		2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月		
高度 (m)	850	1168	1143	1123	1092	1146	1189	1138	1008	1121	1162	1157	1204	1138	
	700	2645	2604	2582	2532	2570	2628	2558	2422	2562	2614	2632	2683	2586	
	500	5104	5037	4997	4915	4936	5011	4925	4771	4963	5018	5088	5127	4991	
	300	8556	8473	8372	8257	8257	8349	8238	8053	8312	8389	8532	8557	8362	
	200	11201	11102	10950	10780	10723	10786	10689	10492	10759	10868	11096	11190	10886	
	150	13111	12992	12803	12575	12451	12467	12387	12195	12448	12604	12913	13092	12670	
	100	15808	15648	15399	15072	14847	14797	14741	14567	14789	15039	15484	15795	15166	
	50	20439	20163	19768	19221	18815	18636	18675	18606	18771	19357	20014	20480	19412	
	30	23870	23472	22947	22208	21679	21429	21556	21637	21785	22805	23514	23985	22574	
気温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	850	-9.6	-13.3	-12.4	-16.6	-21.3	-16.4	-21.8	-22.3	-16.9	-13.4	-9.2	-8.5	-15.1	
	700	-17.4	-19.5	-20.4	-24.1	-25.5	-23.9	-25.6	-27.4	-22.5	-22.3	-17.5	-17.7	-22.0	
	500	-30.4	-32.9	-35.9	-38.5	-40.1	-38.1	-40.4	-42.3	-37.1	-36.0	-30.9	-32.3	-36.2	
	300	-53.1	-52.4	-57.4	-59.2	-61.4	-61.5	-61.7	-63.3	-60.7	-59.1	-54.0	-53.4	-58.1	
	200	-47.1	-49.1	-53.2	-59.6	-67.1	-72.3	-70.3	-70.1	-71.3	-66.8	-57.6	-48.4	-61.1	
	150	-46.0	-48.7	-53.4	-60.7	-68.7	-74.6	-72.9	-72.0	-74.0	-67.6	-57.4	-46.5	-61.9	
	100	-45.7	-49.8	-55.7	-64.9	-73.9	-79.3	-77.2	-74.4	-77.2	-67.1	-55.0	-44.1	-63.7	
	50	-44.4	-51.5	-59.7	-71.4	-80.7	-85.4	-80.2	-72.9	-75.1	-51.0	-43.5	-40.1	-63.0	
	30	-42.6	-52.0	-61.4	-73.9	-82.3	-86.6	-80.0	-66.8	-66.3	-35.7	-35.4	-37.3	-60.0	
風速 (m/s)	850	7.6	6.6	9.0	9.5	7.0	9.6	6.7	8.7	9.0	6.9	8.4	6.4	8.0	
	700	6.2	7.0	8.2	8.1	6.4	8.3	10.1	7.2	6.7	6.1	6.4	5.4	7.2	
	500	10.2	11.3	9.7	10.1	10.0	10.3	14.8	8.8	9.0	8.3	9.5	7.5	10.0	
	300	17.8	20.1	12.8	15.2	14.7	15.3	17.9	10.2	17.9	13.8	14.2	11.0	15.1	
	200	9.8	13.3	12.3	15.0	13.5	11.1	19.1	13.3	16.6	11.0	13.2	6.7	12.9	
	150	7.5	12.3	12.9	17.4	13.3	9.1	20.4	17.8	16.9	12.6	13.6	5.7	13.3	
	100	6.3	11.8	15.2	20.7	17.2	11.5	24.7	24.5	20.0	17.5	15.6	5.1	15.8	
	50	4.1	11.3	20.5	29.5	25.0	17.7	36.6	39.7	28.7	30.6	14.4	3.2	21.8	
	30	3.6	11.4	24.8	35.5	31.0	24.5	46.5	54.7	36.8	35.7	11.3	3.8	26.6	

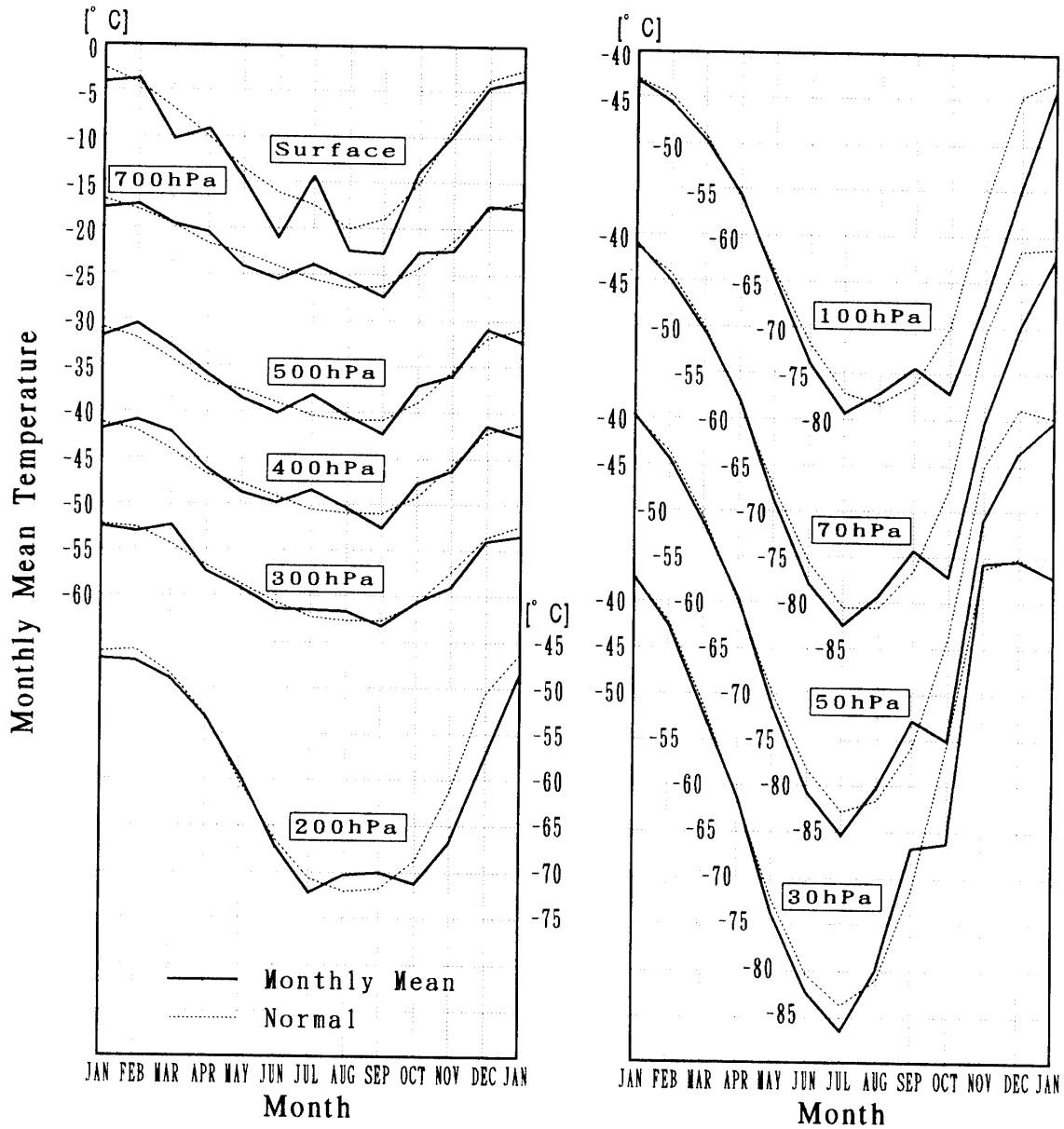


図6 昭和基地における高層指定気圧面の月平均気温，実線は月平均，点線は平年値を示す。  
 Fig. 6. Upper-air temperatures at standard pressure levels at Syowa Station. Solid lines show monthly means and dotted lines show normals.

ある。上層風の東西成分について見ると、7月に対流圏で東風に成層圏では西風成分が弱まっている状況が顕著であり、累年平均値との差では全層で負偏差が大きくなっている。成層圏極夜ジェット気流は9月に最も強まり、累年平均値より強かった。上層風の南北成分については、11月の成層圏で北風成分が強くなっている。

成層圏日別値の変化を見るため、1995年2月1日から1996年1月31日の00 UTCにおける30 hPaの気温と高層風の変化を図8に示す。成層圏突然昇温の同時現象として知られるオゾン全量増加を示すため、最上段に白丸でその日代表値を示した。オゾン観測の項で述べるよ

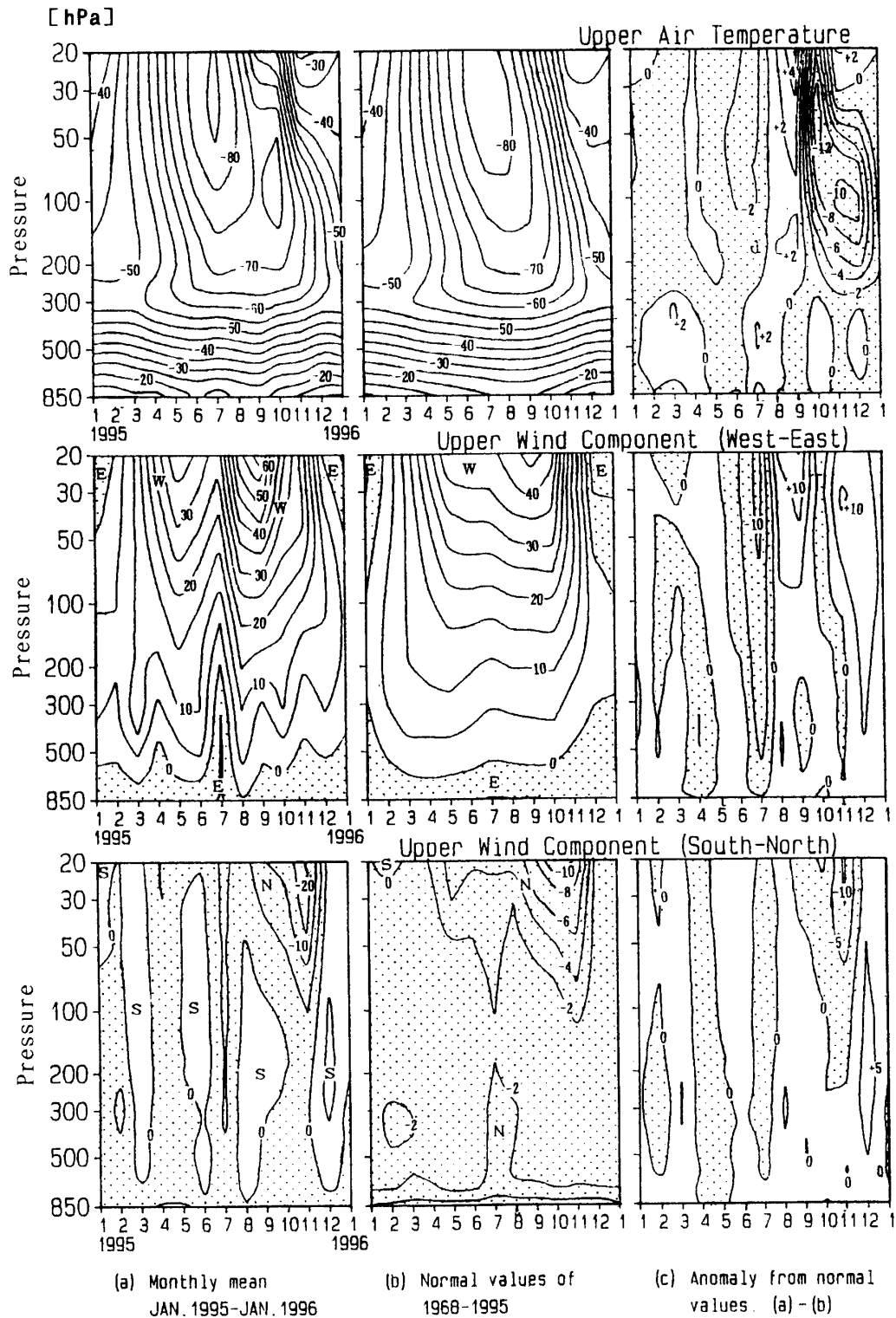


図7 昭和基地における月平均気温と高層風の東西成分・南北成分の年変化。(a) 1995年平均、(b) 1968-1995年の累年平均値、(c) 累年平均値からの偏差。

Fig. 7 Upper-air temperatures and wind components at Syowa Station. (a) Monthly mean from January 1995 to January 1996, (b) normal values in 1968 to 1995 and (c) anomalies from normal values.

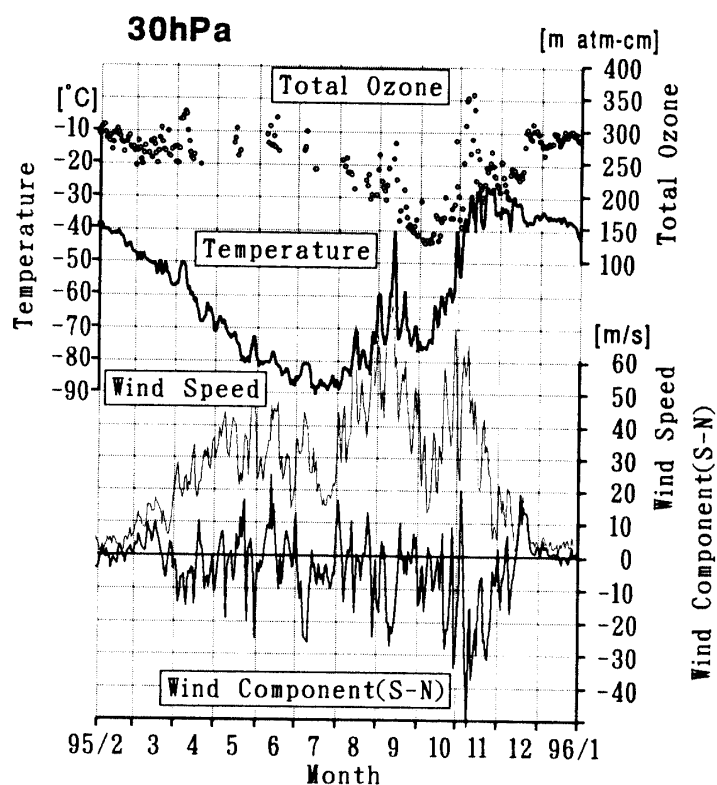


図8 昭和基地における30 hPaの気温・風速の変化とオゾン全量の日別値

Fig. 8. Air temperatures, wind speeds and wind components at 30 hPa, and daily values of total ozone amount from February 1995 to January 1996 at Syowa Station.

うに、極夜期を中心にオゾン観測条件が整わなくなるので観測数は4-8月に少なくなる。

気温の変化を見ると、成層圏突然昇温と呼ばれる顕著な昇温が9月1日・9月13日・11月8日に見られる。特に9月13日のものは7日間で大幅に昇温し、30 hPaで $-83.9^{\circ}\text{C}$ から $-40.8^{\circ}\text{C}$ と $35.0^{\circ}\text{C}$ の上昇、図には示していないが15 hPaで $-68.7^{\circ}\text{C}$ から $-14.3^{\circ}\text{C}$ と $54.4^{\circ}\text{C}$ も上昇した。風速も最大となりオゾン全量も増加したが、昇温期間は長続きせず成層圏は再び低温となり、その状況は11月初旬の突然昇温まで続いた。

30 hPa面月平均天気図を図9に示す。成層圏昇温期の30 hPa面月平均天気図を見ると、9月には極渦の中心がほぼ南極点上空にあり、前年の1994年より形が歪んでいない。10月もその状況は変わらず、11月には夏型天気パターンへの転換の様子がわかるが、前年と比較すると規模が小さく進行が遅いようである。

#### 2.2.4. 新旧レーウィンゾンデの比較(91型ゾンデと80型ゾンデ)

##### (1) 観測方法

高層気象観測に使用するレーウィンゾンデとして、従来の80型ゾンデに代えて、1995年1月1日00 UTCより91型ゾンデを現業で使用開始した。新旧レーウィンゾンデの観測値の特

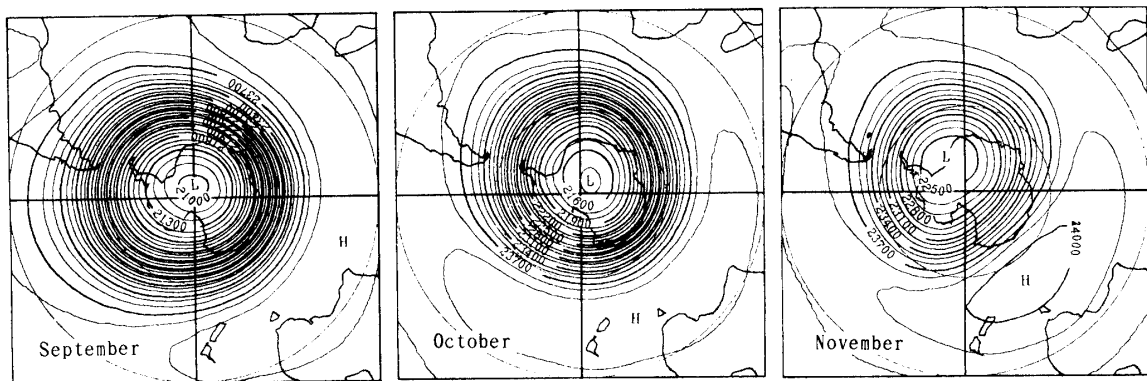


図9 南極上空の9-11月の30 hPa 面月平均天気図

Fig. 9. Monthly mean weather charts on 30 hPa from September to November in 1995.

性を把握するために、両型のゾンデを連結して同時に飛揚する比較試験を実施した。比較試験は各季節の正規観測時間外の好天時に行うこととし、第35次観測隊で実施された夏季(1994年12月)を除き、第36次観測隊では秋季(1995年3月)・冬季(同年6月-7月)・春季(同年9月)に計42回実施し、資料を取得した。

比較試験では、ヘリウムガスを充填した600 gゴム気球に通常観測どおりに91型ゾンデを吊り下げ、さらにその下約1 mのところには80型ゾンデを吊り下げて飛揚した。ゾンデ信号の受信方法とデータ処理方法は第35次隊の連結飛揚(稲川ら, 1997)と同様である。すなわち、91型ゾンデの信号を気象棟のアンテナで受信して通常の観測計算処理を行う一方、80型ゾンデの信号はレーダータレメーター棟(RT棟)のロケット受信装置を使って受信し、比較試験用にロケット受信装置に接続したゾンデ信号変換器(予備器)を経由してゾンデ信号データをパーソナルコンピュータに収録した。比較試験飛揚終了後、気象棟の高層気象観測装置データ処理部を用いて、80型ゾンデのデータの観測計算処理を行った。なお、80型ゾンデの気圧センサーはスミスパン製抵抗板式空ごう気圧計、気温センサーは小型ダイオードタイプガラスコートサーミスタ(白色塗装)、湿度センサーはカーボンタイプ湿度計である。

## (2) 観測結果

指定気圧面における両ゾンデの気温差比較を図10に示す。対流圏では気温差は小さく(約 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ )、成層圏では気温差が大きく(約 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ )なる傾向がある。これはWMOラジオゾンデ国際比較の解析結果(YAGI *et al.*, 1996)と同様である。成層圏での両ゾンデの気温差については、冬と他の季節とで符号が逆転することがわかった。気温が $-80^{\circ}\text{C}$ 以下の低温になる冬季には91型ゾンデが80型ゾンデより低い、気温が約 $-50^{\circ}\text{C}$ の秋季には91型ゾンデが80型ゾンデより高くなっている。この特性差は、例えば成層圏気温のトレンド解析などの場合には考慮するべきであろう。

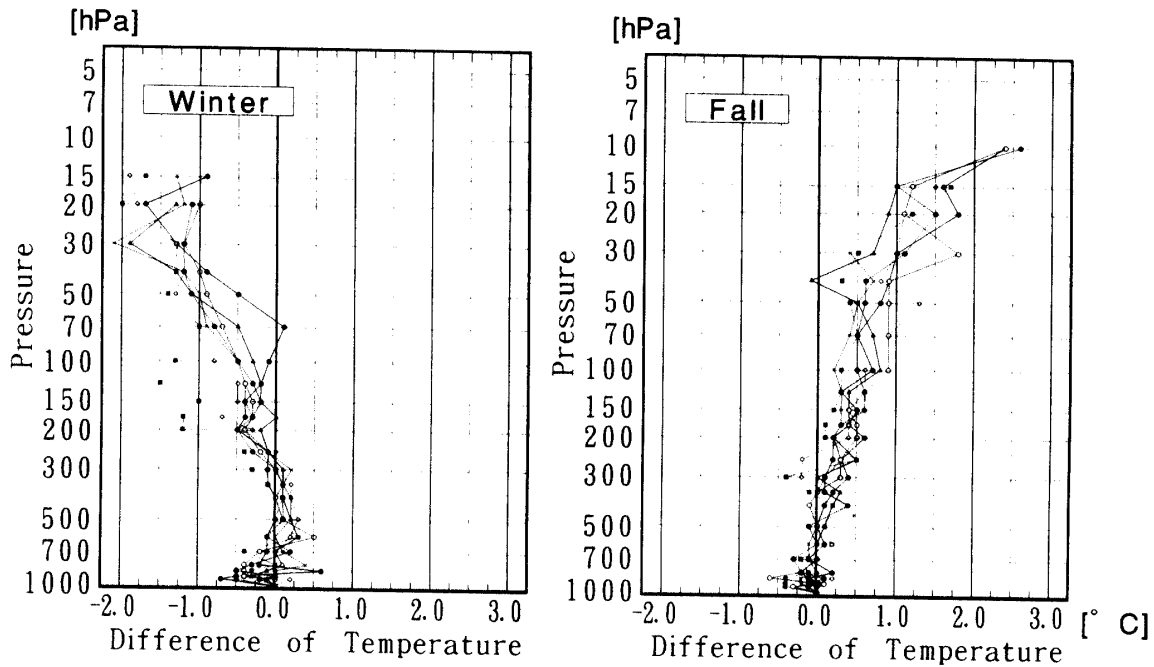


図10 冬と秋の試験時における新旧レーウィンゾンデ (RS2-91型とRS2-80型) の気温差  
 Fig. 10. Differences of temperature between the RS2-91 and the RS2-80 type rawinsondes, in the winter tests (left) and in the fall tests (right).

#### 2.2.5. 放球棟更新とカードル設置台座の新設

ゴム気球へのヘリウムガス充填作業及びレーウィンゾンデの放球作業は、放球棟で行った。

##### (1) 放球棟の更新

従来使用していた放球棟が老朽化したため、第36次観測隊の夏期オペレーションで放球棟を更新し、1995年1月18日から使用を開始した。更新により改善された点は、気球搬出口・天井の拡充によりオゾンゾンデ用大型気球の取り扱いが容易になったこと、気球搬出口の電動シャッター採用、風下側エプロンが広くなり強風時の放球が容易になったこと等である。電動シャッターについてはブリザード時の表面への着雪をこまめに除雪するようにし、冬期間でも支障なく作動した。

ヘリウムガスについては、ガスボンベ8本を一組にした「カードル」を2段積みにして野外2カ所に並べたものを主として使用し、カードルの切換え時等には放球棟内のボンベ単管を従として使用した。ガス配管系については、接続用ステンブレードホースを放球棟更新に合わせてすべて更新したが、カードル部に取り付ける集合管・減圧弁や放球棟内のガス流量制御バルブ等は従来使っていたものを継続使用した。気球の浮力を測定するための浮力錘は、91型ゾンデの使用開始に合わせて更新した。

##### (2) カードル設置台座の新設

放球棟の大型化に伴い、従来使用していたカードル置き場の一方が放球棟風下の吹きだま

りに埋没する懸念が生じたため、その影響が少なそうな場所にカードル設置台座を新設した。台座には、第36次観測隊の夏期オペレーションで持ち込んだ100 kl金属タンクの輸送用そりを流用し、2月下旬からカードル置き場として使い始めた。しかしその後数回のブリザードにより放球棟風下の吹きだまりに埋没し、その維持管理には労力が必要であった。

### 2.3. オゾン観測

#### 2.3.1. 観測方法と測器

オゾン観測指針(気象庁, 1991, 1992)に準じて、ドブソン分光光度計(英国Beck社製, 測器番号Beck-119, 以下ドブソン計と略記する)を用いたオゾン全量・反転(高度分布)観測と、RS II-KC79型オゾンゾンデ(明星電気製)を用いたオゾン高度分布観測を行った。

ドブソン計による観測では、スケジュール管理・ドブソン計の各操作部制御(測器全体の方向制御と直射光取り込み作業を除く)・データ処理・測器精度維持に必要な各種点検は、すべて専用の自動化システム(高層気象台観測第三課, 1996)を用いて行った。

観測結果の通報は、インマルサットFAX及び電子メールにより月ごとにまとめて(オゾンホール観測強化期間には毎週)気象庁宛てに行った。これらの観測データは、2カ月ごとに気象庁からカナダの世界オゾンデータセンターに送られるほか、オゾンホールの出現時期には毎週WMOに送付され、オゾンホール監視用にWMO Antarctic Ozone Bulletinとして各国の機関で利用された。なお反転観測データについては世界オゾンデータセンターで統一して処理を行う必要があり、ロング反転観測についての解析結果(気圧層別オゾン量)を後日世界オゾンデータセンターから受領した。

##### (1) オゾン全量観測

ドブソン計を用いて、太陽直射光・天頂散乱光・月光直射光の測定によりオゾン積分量を得るオゾン全量観測を行った。太陽光による観測は、AD波長組を用いた直射光および天頂光による観測を、太陽の北中時および午前・午後の $\mu = 1.5 \cdot 2.5 \cdot 3.5$  ( $\mu$ : オゾン層を通過する光線の垂直路程に対する相対的な路程)の時刻に行った。太陽北中高度が低くなる時期には、CD波長組を用いた太陽直射光および天頂光による観測を、北中時( $\mu > 3.5$ のとき)および午前、午後の $\mu = 4.5 \cdot 5.5$ の時刻に行った。また、太陽光による観測が出来ない冬の極夜期には、月光によるAD波長組観測(満月時: $\mu = 2.8$ まで)を行った。

##### (2) オゾン反転観測

ドブソン計により、日中の晴天天頂光を連続測定しオゾン高度分布を得るためのオゾン反転観測を行った。太陽高度角が0-10度の範囲のショート反転観測と、0-30度の範囲のロング反転観測を、天頂晴天時の午前または午後に1回、可能な限り行った。

##### (3) オゾンゾンデ観測

オゾンゾンデをゴム気球に吊り下げて上空約35 kmまで飛揚し、オゾン分圧・気圧・気

温・風向及び風速の高度分布を観測した。オゾンゾンデはポンプで空気を吸入しながら上昇し、反応管内の臭化カリウム溶液の電気化学反応によりオゾン分圧を測定する型である。気圧センサーはスミスパン製抵抗板式空ごう気圧計、気温センサーは小型ダイオードタイプガラスコートサーミスタ(白色塗装)である。ゴム気球は2000gのものを使用し、ヘリウムガスを充填して浮力を2900gとした。通常の高層気象観測を行っていない時間帯の弱風・晴天時に、原則として週一回飛揚したが、オゾンホール出現時期にはさらにデータを得るため5日に1回の頻度で観測を行った。ゾンデ信号受信・測角・データ処理用の地上施設は高層気象観測施設と同じものを使用した。また飛揚前のオゾン量校正には、オゾン発生器・オゾンゾンデ試験器を用いた。観測データ処理には第34次観測隊気象部門が開発したプログラムを用い、ドブソン計による同時刻のオゾン全量観測値による補正を実施した。

2.3.2. 観測経過

ドブソン計及びオゾンゾンデ観測用地上設備は順調に動作した。

(1) オゾン全量観測

表9に、月別のオゾン全量観測日数を示す。測定に使用した光源の内訳も示した。4月・8月は太陽北中高度が低いために、もともと観測可能な日が少ない。5-7月は極夜期のため月光による観測を行った。満月に近い月齢の時にしか測定に必要な光の強度が得られないので、観測可能な期間は毎月1週間程度である。

(2) オゾン反転観測

表9には月別のオゾン反転観測回数も合わせて示した。測器の自動化により効率的にデータを取得した昨年並みの観測データを得ることができた。北中太陽高度が低い、または太陽が昇らない4-8月及び太陽が沈まない12月は、データ処理に必要なデータセットが得られな

表9 昭和基地における月別オゾン全量およびオゾン反転観測回数(ドブソン計による)  
Table 9. Numbers of total ozone observations and ozone Umkehr observations with the Dobson spectrophotometer at Syowa Station.

項目	年月												合計
	1995	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
全量観測日数	27	27	15	5	9	5	15	23	24	29	30	31	240
内													
太陽直射光AD	15	18	4					11	18	24	26	28	144
"    CD		1	8				7	7					23
天頂散乱光AD	12	8	1					5	6	5	4	3	44
"    CD			2										2
訳													
月光直射光AD				5	9	5	8						27
反転観測日数	3	14	4				1	11	9	8	1	5	56
内													
ショートのみ		5	4				1	6	1	1			18
訳													
ロング	3	9						5	8	7	1	5	38



表10 昭和基地におけるオゾンゾンデ観測  
Table 10. Ozonesonde observations at Syowa Station.

年	1995年		3月		4月		5月			6月			7月		
月	2月														
日	7	7.2	1	4.9	6	5.0	1	4.7	*	9	38.7	**	8	360.2	**
到達気圧 (hPa)	16	72.1	**	6	6.3	10	4.1	15	9.2	17	3.7	14	反不		
	20	5.4		13	10.2			19	8.1	28	4.3	*	16	8.3	*
				21	26.0								24	8.0	*
				27	4.3										
年	1995年		9月		10月		11月			12月			1996年		
月	8月												1月		
日	4	7.0	1	9.2	4	12.9	4	101.6	**	5	5.9	7	4.2		
到達気圧 (hPa)	10	5.4	6	7.0	10	4.9	10	5.1	14	5.1	12	8.0			
	18	7.2	16	9.2	15	6.8	16	5.3	20	8.4	16	33.3	**		
	23	6.9	21	9.7	20	61.9	**	23	5.7	26	35.9	**	17	4.7	
	31	13.9	25	反不	21	160.9	**	28	6.2	29	5.4	24	5.4		
			29	7.5	26	46.1	**					31	4.4		
					27	7.1									

注：「\*」は極夜期で月光によるオゾン全量観測ができなかったため、「\*\*」は気球破裂・オゾン反応不良等により最終高度が30hPaに達しなかったため、補正係数（ドブソン比）がない。「反不」は飛揚直後よりオゾン反応不良となり、データが取得できなかった。

いため、観測が成立しにくい。

### (3) オゾンゾンデ観測

第36次隊で持ち込んだオゾンゾンデ54台を全て飛揚した。観測状況を表10に示すが、2回は飛揚後にオゾン反応管での反応不良のためデータ取得ができなかった。また、ドブソン分光光度計のオゾン全量観測値による補正係数（ドブソン比）が得られなかった観測が13回あったが、うち4回は極夜期で月光による全量観測ができなかったもの、残りは気球破裂・オゾン反応不良等により最終高度が30 hPaに到達しなかったものである。

### 2.3.3. 観測結果

#### (1) オゾン全量観測

図11に1995年2月-1996年1月のオゾン全量観測結果を示す。×印は毎日の値（日代表値：1日に複数回観測値があれば最も観測条件がよいものを選ぶ）、黒丸印は日代表値の月平均値、縦線は月別累年平均値（1961-1990年）とその標準偏差である。月平均値は4-6月に平年並みになったほかは平年より小さく経過し、12月はその月の観測開始以来の最小値を、3・7・8・10月・1996年1月は各月として観測開始以来2番目に小さな値を記録した。南極地域上空では1970年代末から毎年、春季に成層圏のオゾン量が著しく少なくなるオゾンホールと呼ばれる現象が現れているが、昭和基地上空のオゾン全量の少ない状況はオゾンホールの影響（3月までの状況は前年のものの影響）と考えられる（気象庁、1996）。

図12に、昭和基地においてこれまでに観測したオゾン全量の日別値（日代表値）の変化を

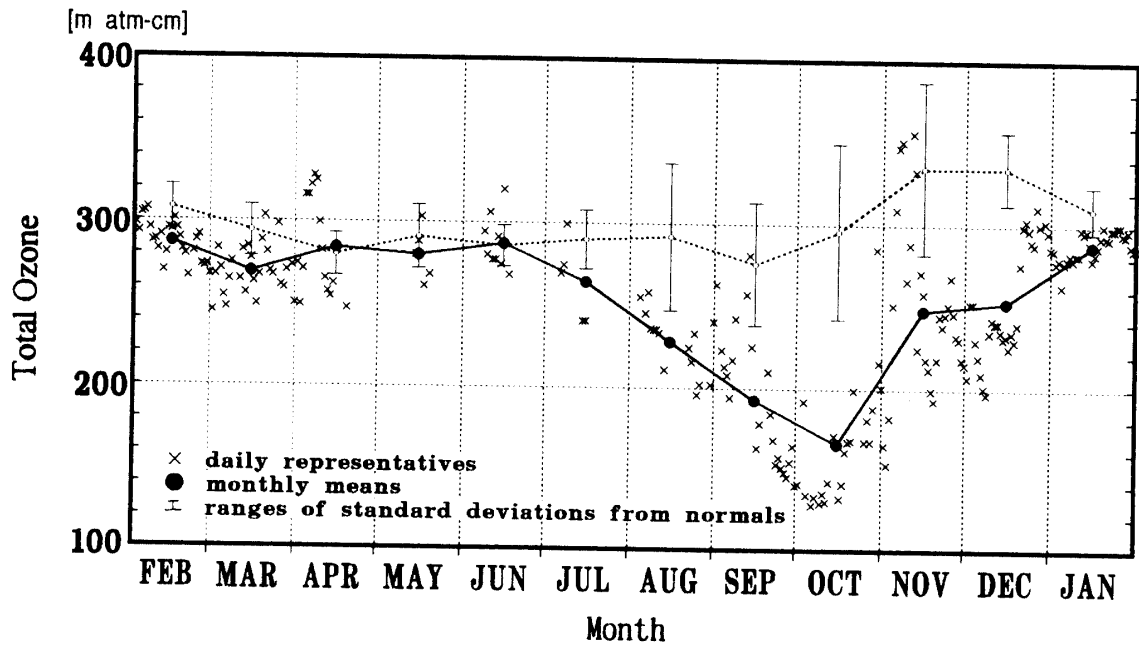


図 11 昭和基地におけるオゾン全量 (1995年2月-1996年1月)。**●**は月平均値、**×**は日代表値、縦の棒線は平年値と標準偏差の範囲を示す

Fig. 11. Total ozone amount at Syowa Station. "x" show daily representatives values, "●" show monthly means and vertical lines show ranges of standard deviations from normals.

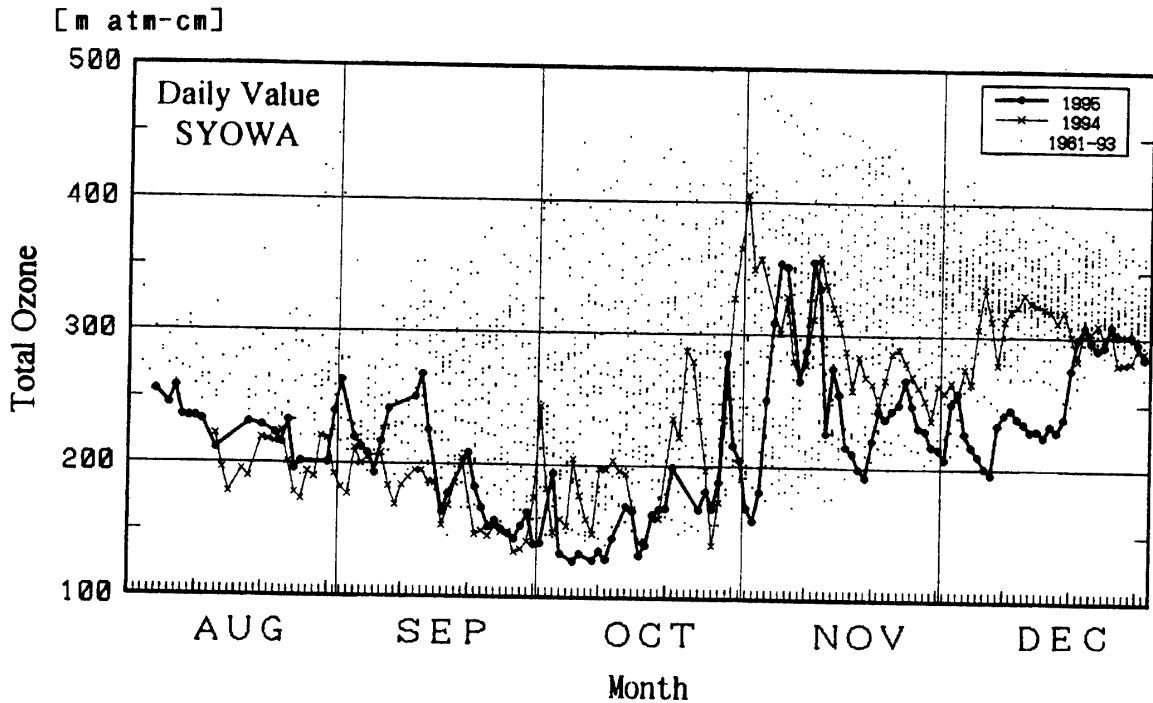


図 12 昭和基地におけるオゾン全量日別値の変化。**●**は1995年の日代表値、**×**は1994年の日代表値、**·**は以前のものを示す

Fig. 12. Total ozone amount at Syowa Station. "●" show daily representatives values in 1995, "x" in 1994 and "·" show former values.

示す。8-9月には観測開始以来最も低い水準であった前年と比較してやや多い状況で推移したが、10月前半と12月前半は過去最低の水準となり、10月6日には過去最小の128 m atm-cmを記録し1994年9月27日の134 m atm-cmを更新した。

#### (2) オゾン反転観測

図13にオゾン反転観測による気層別オゾン量の高度分布の変化を示す。1995年4-8月は観測データが得られなかったため表示していない。1995年2・3月及び1996年1月は通常のオゾン層の中心である第4層(62.5 hPa-31.2 hPa)にオゾン量のピークがあるが、9-12月はこの層のオゾンの減少が顕著であり、特に9・10月は極小層となっている。なお12月の層別オゾン量の高度分布は11月と類似しているが、オゾン全量が少ない状態が継続した12月初旬の反転観測データしか得られなかったためである。これらの観測結果は、次項のオゾンゾンデ観測結果とほぼ一致している。

#### (3) オゾンゾンデ観測

図14に1995年2月-1996年2月のオゾン分圧高度分布の変化を示す。網かけした領域は、オゾン分圧が25  $\mu$ mb以下を示している。1-7月には高度15-25 kmに、オゾン分圧100  $\mu$ mb以上のオゾンの多い層が存在している。10月はオゾンホールの影響を反映して、高度14-19 kmにオゾン分圧25  $\mu$ mb以下の極小域が見られる。

図15に示したオゾンゾンデ観測によるオゾン分圧の高度分布では、10月10日には14-18kmの高度でオゾン分圧が数 $\mu$ mb以下のほぼ完全にオゾンのない層が観測された。また12月5日には、通常はオゾン分圧の極大がある14-20 kmでオゾン量の少ない状況が見られた。

#### (4) 衛星からの観測による考察

昭和基地は通常オゾンホールの縁辺に位置し、オゾンホールの変形または移動に伴ってその内部に含まれたり外に出たりを繰り返すことが多い。したがって昭和基地で観測されるオゾン量は必ずしもオゾン減少の最も著しい部分をとらえている訳ではないことに留意する必要がある。衛星からの観測によれば、1995年の場合は昭和基地は10月中旬までオゾンホールの内部に位置していたが、10月中旬以降は頻繁にオゾンホールの内部に含まれたり外に出たりを繰り返したとみられる(気象庁, 1996)。

図16にSBUV/2(アメリカの極軌道衛星NOAA搭載のオゾン全量計)による月平均オゾン全量の南半球分布図を示すが、この図は気象庁オゾン層情報センターがSBUV/2のデータに第36次観測隊のドブソン計による観測値をもとに補正を加え作成したものである。1995年のオゾンホールは過去6年に引き続き最大規模となって、10月には150 m atm-cm以下のオゾン全量を持つ円形の領域が南極点の大西洋寄りに現れており、125 m atm-cmの領域もある。また1995年のオゾンホールの特徴の一つとして、オゾンホールが最も発達した後の解消速度が遅かったことがあげられる。オゾンホールの境界の目安である220 m atm-cmの領域は12月上旬に完全に消滅したが、これは今までの観測結果と比較して最も遅い消滅であった(気

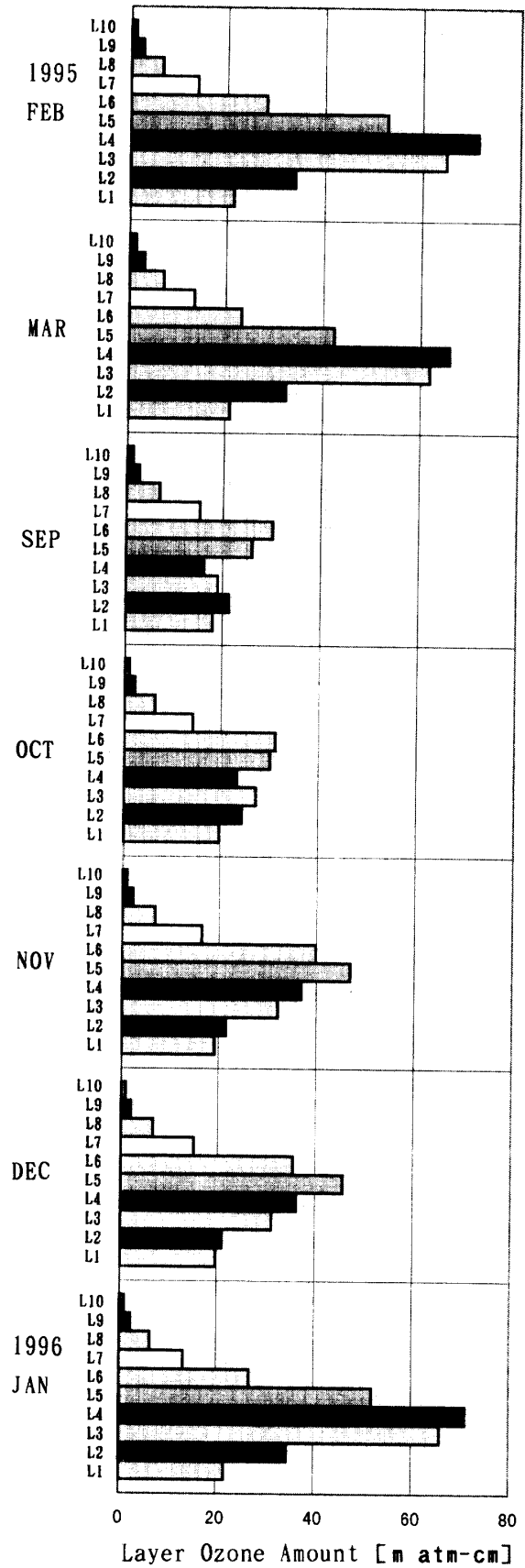


図13 昭和基地における反転観測による気層別オゾン量(1995年2月-1996年1月). 4-8月は観測資料がないため表示していない.  
 Fig. 13. Monthly mean layer ozone amounts obtained from ozone Umkehr observations at Syowa Station. Note that data are not available from April to August.

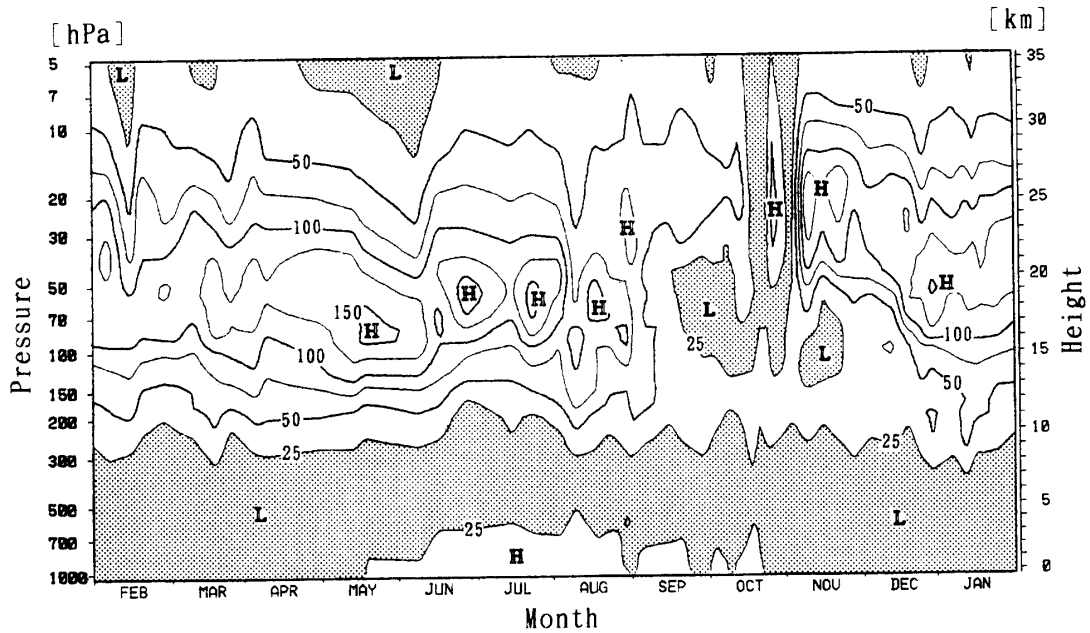


図 14 昭和基地におけるオゾンゾンデ観測によるオゾン分圧の時間高度断面図 (1995年2月-1996年1月)。オゾン分圧が  $25 \mu\text{mb}$  より低い部分には影を付けてある。

Fig. 14. Time-height cross section of ozone partial pressure ( $\mu\text{mb}$ ) obtained from ozonesonde observations at Syowa Station. Lower partial pressures below  $25 \mu\text{mb}$  are shaded.

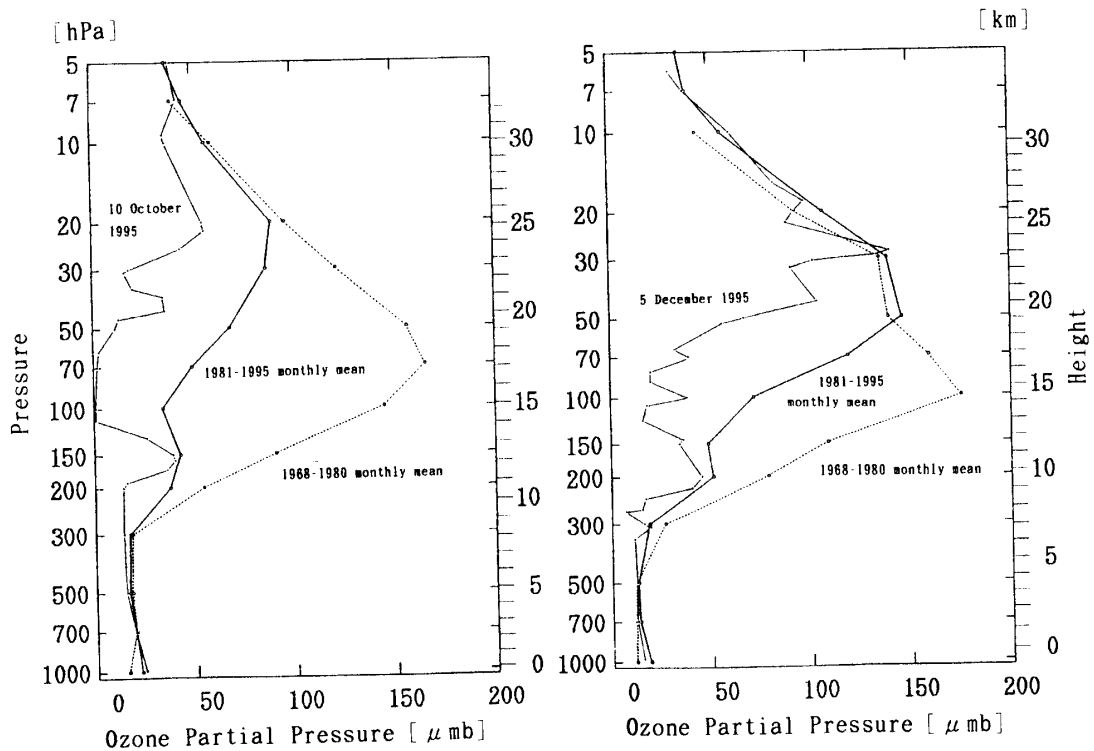


図 15 昭和基地におけるオゾンゾンデ観測によるオゾン分圧の高度分布 (1995年10月10日, 12月5日)。図中には、オゾンホールが顕著になった1981年以降の月平均値を太い実線で、1980年以前の月平均値を点線で示してある

Fig. 15. Vertical profiles of ozone partial pressure ( $\mu\text{mb}$ ) on 10 October (left) and 5 December (right) obtained from ozonesonde observations at Syowa Station. Thick lines show the monthly means of years since 1981 when the obvious ozone hole appeared, and dotted lines show the monthly means before 1981.

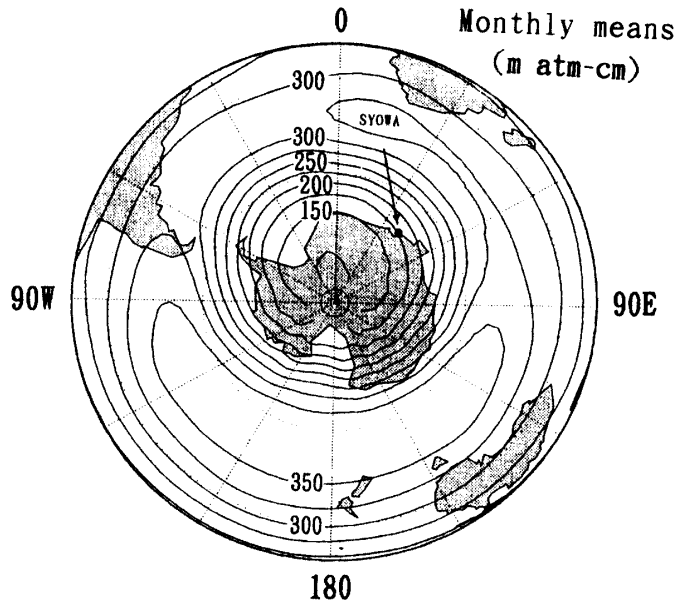


図16 月平均オゾン全量の南半球分布図 (1995年10月) (SBUV/2 データを使用, 気象庁オゾン層情報センター作成). 等値線間隔は 25 m atm-cm である.

Fig. 16. Distribution of monthly means of total ozone over the Southern Hemisphere from the SBUV/2 data. The contour interval is 25 m atm-cm.

象庁, 1996).

### 2.3.4. 極成層圏雲 (PSCs) の観測

#### (1) PSCs の成因と影響

冬季の南極成層圏では、極夜渦ができて周囲との空気の交換が制限され、周囲から孤立した状態となる。太陽光が当たらないため放射冷却により極夜渦の内部は著しく低温になるが、 $-78^{\circ}\text{C}$  以下まで低下すると極成層圏雲 (PSCs, Polar Stratospheric Clouds の略) とよばれる微細な氷粒子の雲が形成される。この氷粒子の表面では活発な化学反応が進行しやすく、オゾン破壊作用のない塩素化合物 (硝酸塩素や塩化水素など) が反応して塩素ガスが発生し、蓄積さ

表11 昭和基地における極成層圏雲 (PSCs) の目視観測 (1995年)  
Table 11. Visual observations of Polar Stratospheric Clouds at Syowa Station.

PSCsの観測日時	太陽高度角	雲の高度角	推定高度	付近の気温	備考
6月29日14時30分	$-5.0^{\circ}$	$13^{\circ}$	18km	$-86^{\circ}\text{C}$	薄い巻雲のような外観
7月25日09時20分	$-4.9^{\circ}$	$5^{\circ}$	13km	$-80^{\circ}\text{C}$	〃
8月3日16時00分	$-4.4^{\circ}$	$15^{\circ}$	15km	$-81^{\circ}\text{C}$	顕著な彩雲現象 (真珠母雲)

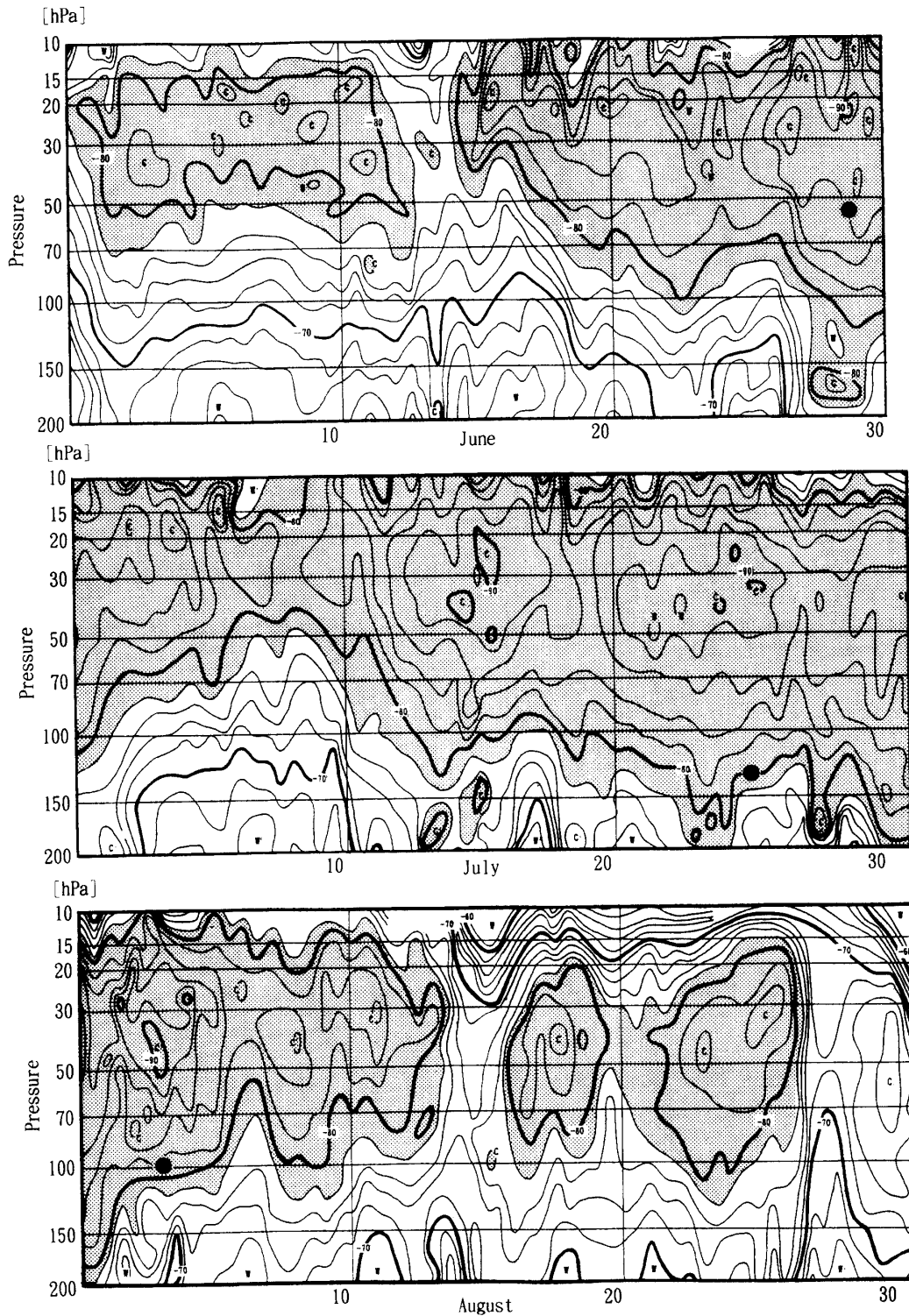


図 17 昭和基地における気温の時間高度断面図 (1995 年 6 月-8 月).  $-78^{\circ}\text{C}$  以下の部分には影を付けてある. ●は観測した PSCs の推定高度を示す.

Fig. 17. Time-height cross section of temperature obtained from upper-air observations at Syowa Station. Lower temperatures below  $-78^{\circ}\text{C}$  are shaded. "●" shows estimated heights of observed Polar Stratospheric Clouds.

れていくと考えられている。春になって南極成層圏に太陽光が戻ってくると、塩素ガスは容易に光解離してオゾン破壊作用のある塩素原子を放出し、オゾンが大規模に破壊されてオゾンホール出現となるのである(気象庁, 1996)。

## (2) PSCs の観測

オゾンホール形成の要因である PSCs を、目視により地上から3度観測することができた。判断条件は雲の推定高度が成層圏内であることと、出現前後の高層気象観測でその高度の気温が $-78^{\circ}\text{C}$ 以下になっていることである。表11にPSCsの観測状況を、図17に1995年6月-8月の気温高度分布の変化とPSCsの推定高度を示す。

1地点からの目視観測によりPSCsの高度を推定できるのは、対流圏の通常雲に太陽光が当たらない、太陽高度角が $-3 \sim -5$ 度(水平線下)の時間帯に限られる。この時に輝いている雲の高度角( $\phi$ )と太陽高度角( $\theta$ )を測定すれば、次式からその推定高度が得られる(SHIBATA and MORIMOTO, 1992)。この方法により第34次観測隊(高尾ら, 1996)は1993年に3度、PSCsと思われる雲を観測している。

$$H = \frac{\tan \phi}{\tan \theta + \tan \phi} \times \frac{1 - \cos \theta}{\cos \theta} \times R. \quad (R \text{ は地球半径})$$

## (3) PSCs の彩雲現象

1995年8月3日のPSCsには、太陽光の回折・干渉により雲にパステル調の色が現れる彩

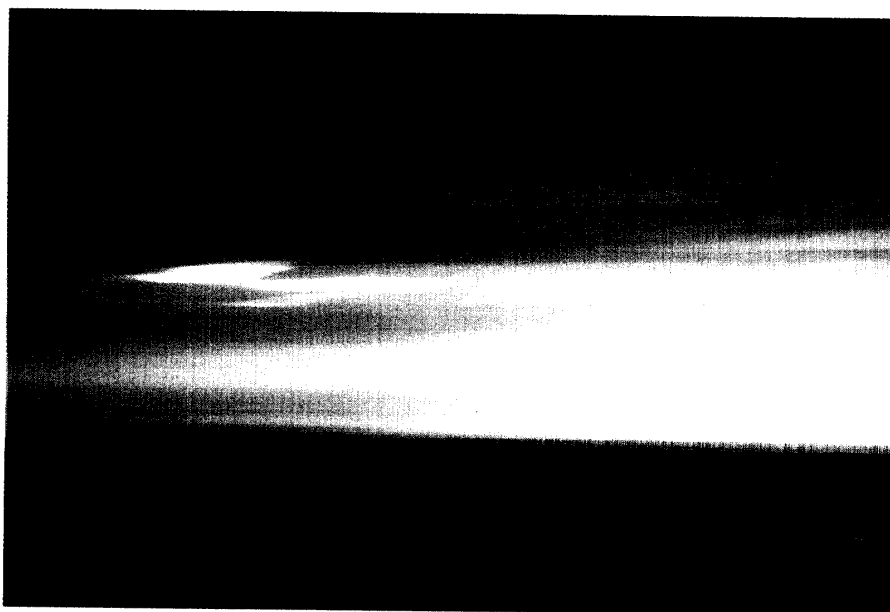


図18 彩雲現象が顕著に見られたPSCs。真珠母雲として知られているものである。1995年8月3日16時00分(現地時刻, 1300 UTC)に昭和基地で撮影  
 Fig. 18. Polar Stratospheric Clouds with conspicuous iridescence, known as Mother of Pearl Clouds. This photograph was taken at Syowa Station on 3 August 1995 at 1600 LT (1300 UTC).



雲現象が顕著に見られた(図18参照). 鮮やかな彩雲となって見えたことから, 雲の粒子は球形に近く粒径も比較的揃っていると考えられる. このような外観の雲は北半球高緯度地方で真珠母雲や真珠雲として知られており, 南極地域では米国のマクマード基地で観測された例(MURPHEY *et al.*, 1991)があるが, 昭和基地での観測例はこれまで報告されていない.

## 2.4. 地上日射・放射観測

### 2.4.1. 観測方法と測器

設置場所は, 全天日射計と遮蔽バンド付き精密全天日射計が気象棟の南西約200 m離れた高台(旗台地)で, 他の測器は気象棟前室の屋上である. 表12に使用測器を示す.

波長別紫外域日射観測を除く下記の観測項目について, データ収録装置(英弘精機製, SOLACIII)で5秒間隔の信号を取り込み, パーソナルコンピュータで1分ごとの平均値を記録した. 観測結果の通報は行っていない.

#### (1) 全天日射量観測

全天日射計(英弘精機製)を使用して全天日射量の連続観測を行った.

#### (2) 直達日射量観測

直達日射計(英弘精機製)を使用して直達日射量の連続観測を行った. 太陽の自動追尾には,

表12 昭和基地における地上放射観測の使用測器(1995年2月-1996年1月)

Table 12. Instruments used in surface radiation observations at Syowa Station.

観測項目	測器名	感部型式	番号	測定範囲	使用期間
全天日射量	全天日射計	EKO MS-43F	A8631	300-2800nm	95. 2. 1 - 96. 1. 31
直達日射量	直達日射計	EKO MS-52	P87001	300-2800nm	95. 2. 1 - 96. 1. 31
散乱日射量	精密全天日射計	EKO MS-801	F86023	300-2800nm	95. 2. 1 - 96. 1. 31
	遮蔽バンド	EKO MB-11S			95. 2. 1 - 95. 1. 31
下向き放射量	全波長放射計	EKO CN-11A	M92076	300-30000nm	95. 2. 1 - 96. 1. 31
下向き赤外放射量	精密赤外放射計	EPPLEY PIR	26403F3	4-50 $\mu$ m	95. 2. 1 - 96. 1. 31
波長別直達日射量	サンフォトメータ	EKO MS-120S	S91037.05	368nm, 500nm, 675nm, 778nm, 862nm	95. 2. 1 - 96. 1. 31
B領域紫外域日射量	紫外域日射計	EKO MS-210W	S90091.2	280-315nm	95. 2. 1 - 96. 1. 31
波長別紫外域日射量	ブリューワー分光光度計	SCI-TEC BREWER	#091	290-325nm	95. 2. 1 - 96. 1. 31

パーソナルコンピューター制御の赤道儀を用いた。太陽面に全く雲がかかっていない時のうち、主にオゾン全量観測の太陽直射光観測時刻の取得データから、ホイスナー・デュボアの混濁係数を求めた。

### (3) 散乱日射量観測

遮蔽バンド付き精密全天日射計(英弘精機製、極地研究所所有)を使用して、散乱日射量の連続観測を行った。散乱日射量と直達日射量を用いて合成全天日射量を算出した。

### (4) 下向き放射量観測

全波長放射計(英弘精機製)を使用して下向き放射量の連続観測を行った。

### (5) 下向き赤外放射量観測

精密赤外放射計(EPPLEY社製)を使用して下向き赤外放射量の連続観測を行った。これは極地研究所の依頼による観測である。

### (6) 波長別直達日射量観測

サンフォトメータ(英弘精機製)を使用して、波長別(368・500・675・778・862 nmの5波長)直達日射量の観測を行った。

### (7) B領域紫外域日射量観測

紫外域日射計(英弘精機製)を使用して全天光を測定することにより、B領域紫外線全量の連続観測を行った。ブリュワー分光光度計によるB領域紫外線量の波長積分値と比較して、測器定数を決定した。

### (8) 波長別紫外域日射量観測

紫外域日射観測指針(気象庁, 1993b)に基づき、ブリュワー分光光度計(カナダSCI-TEC社製、測器番号#091、以下ブリュワー計と略記する)を使用して290–325 nm間の0.5 nm刻みの波長別紫外線量を毎正時に観測した。ブリュワー計は、回折格子を含むエバート型分光器で入射光を分光し、光電子増倍部で光子数を計測するものである。290–315 nm間で測定した値を波長積分することにより、B領域紫外線量も算出した。測器は専用のパーソナルコンピュータを用いて制御し、観測結果をハードディスクに収録した。

## 2.4.2. 観測経過

### (1) 全天日射量観測

春季に気象棟屋上の高層気象観測用アンテナレドームの影によるものと思われるデータの不連続が生じたことがあった。前後のデータから修正できるものを修正し、修正できないものは欠測とした。

### (2) 直達日射量観測

冬季は凍結により赤道儀が停止することがあったが、早期に室内に持ち込んで解凍することにより復旧し、欠測時間を最小にようにした。

### (3) 散乱日射量観測

強風により測器の向きが変わり、元の向きに設置し直すまで、遮蔽バンドによる直達光の完全な遮蔽ができず欠測する期間があった。

#### (4) 下向き放射量観測

強風時には、ポリエチレンドームが潰れて受感面を擦ったり雪が吹き込むことがあるため、感部保護を最優先し保護具を取り付け、観測を中断した。

#### (5) 下向き赤外放射量観測

感部の結露防止とシリコンドームからの二次輻射軽減のため通風ファンを使用し、順調に観測できた。

#### (6) 波長別直達日射量観測

赤道儀に設置してあるサンフォトメータが出力異常のため欠測する期間があった。冬明け後からは携帯用サンフォトメータを使用して、条件のよい時に観測した。

#### (7) B 領域紫外域日射量観測

期間を通じて観測は順調に経過した。

#### (8) 波長別紫外域日射量観測

ブリュワー計の光学系全体の波長別感度を監視するために行う外部標準ランプ点検は、観測装置の運用期間中に原則として週に1回行った。波長別感度の変化は年間を通して安定していた。

秋季から春季にかけて全天光水晶ドーム及び水晶窓内部の一部に結露・結氷が生じたが、測器内部のシリカゲルを交換することにより結露等は生じなくなった。測器保護のため強風時には水晶ドームに保護具を取り付け、観測を中断した。また屋外の接続ケーブル断線と、回折格子制御用ステッピングモータ部のベアリング損傷による障害のため、欠測する期間があった。

### 2.4.3. 観測結果

#### (1) 全天・直達・散乱日射量・下向き放射量

図 19 に、全天日射量・直達日射量・散乱日射量・下向き放射量(全波長)・下向き赤外放射量の年変化を示す。

#### (2) 大気混濁度

図 20 に、直達日射計による大気混濁度(ホイスナー・デュボアの混濁係数)の年変化とサンフォトメータによる大気混濁度(エアロゾルの光学的厚さ)の年変化を示す。

1991 年のピナトゥボ山噴火およびハドソン山噴火から 4 年が経過しており、大気混濁度(ホイスナー・デュボアの混濁係数)は、噴火前の値にほぼ近い値(2.0-2.5)で経過している。

#### (3) 赤外放射量

赤外放射量の測定には、全波長放射量から全天日射量を減ずる方法と赤外放射計で直接測定する方法がある。前者の方法では、測器定数が波長により異なることがこれまで指摘されている。後者は、測器の受光ドームからの二次放射が存在することが知られており、いずれも

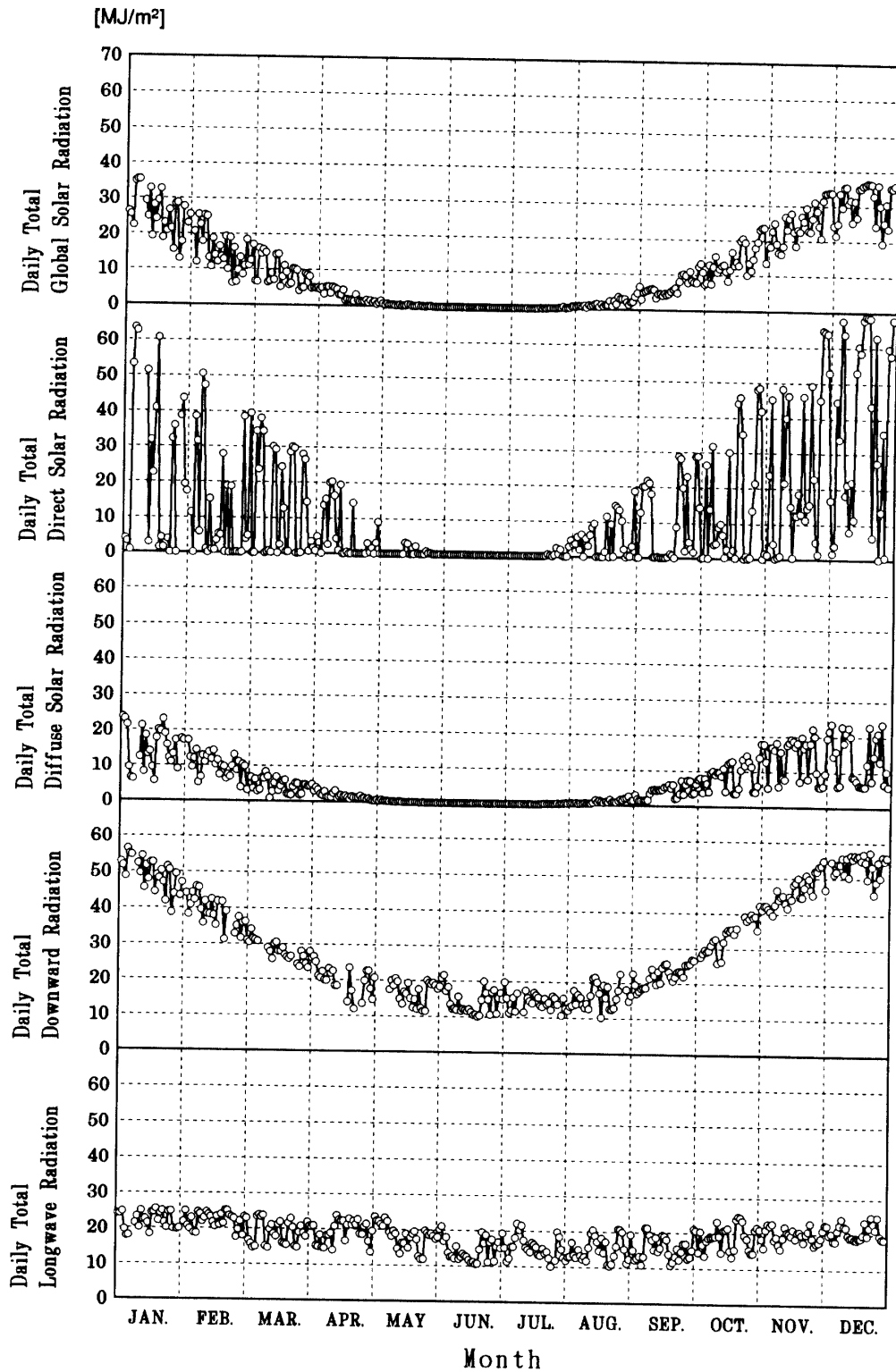


図19 昭和基地における1995年の地上日射・放射観測結果(全天日射量・直達日射量・散乱日射量・下向き放射量・赤外放射量の日合計値)

Fig. 19. Surface radiation data (daily total values of global solar radiation, direct solar radiation, diffuse solar radiation, downward radiation and longwave radiation) in 1995 at Syowa Station.

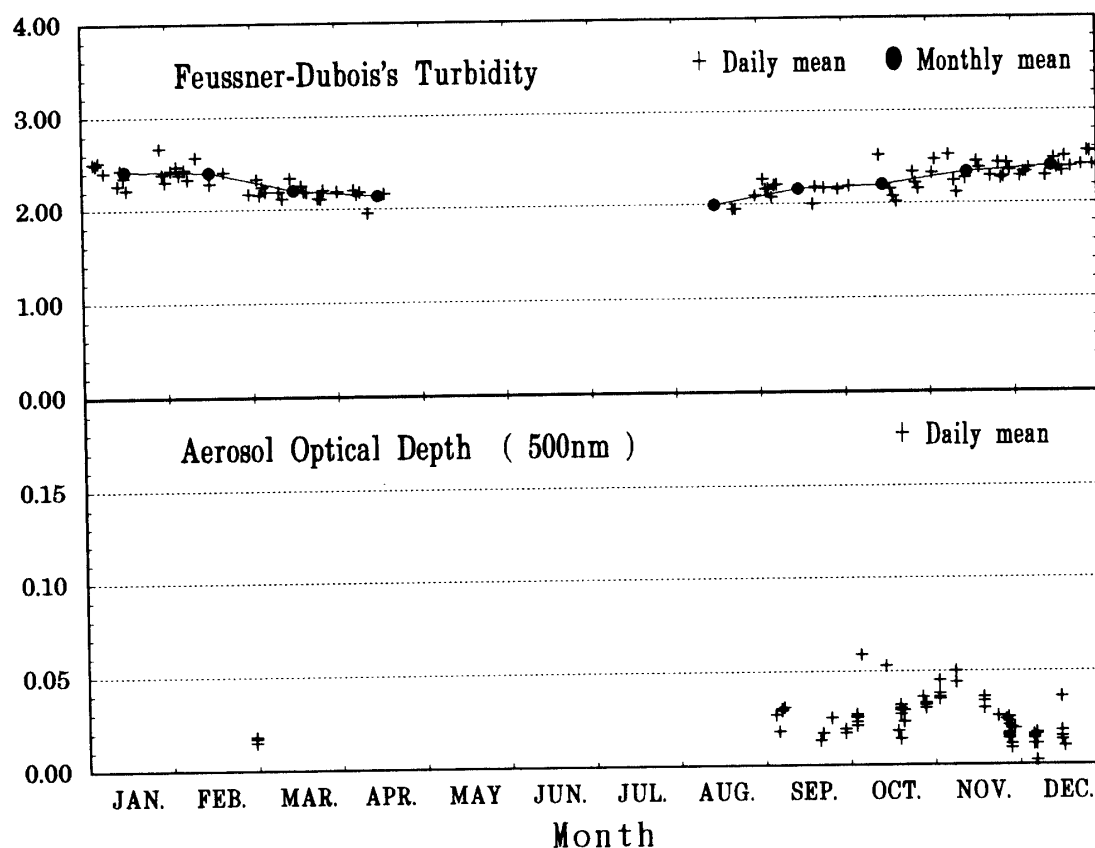


図20 昭和基地における1995年の大気混濁度。直達日射計によるホイスナー・デュボアの混濁係数を上段に、サンフォトメータによるエアロゾルの光学的厚さを下段に示す。

Fig. 20. Feussner-Dubois's turbidity factor by pyrhelimeter and aerosol optical depths by sunphotometer in 1995 at Syowa Station.

十分な精度をもっているとはいえない。今回第36次隊ではドーム温度を測定できる測器を持ち込み、それを予備器として1995年の冬明けから現用器と並行運用して比較観測を行った。

図21に夏の快晴日(1995年12月18日)における測定結果を示す。日中は現用器の方が放射量が大きく、偏差の最大は約20 Wあり比率で約10%に達する。これは短波放射を吸収した受光ドームから二次放射が起きるためで、実際ドームと感部の温度差は夏の晴天日で最大2.4℃に達する。これらの数値は国内での測定結果報告(塩原・浅野, 1992; 上野, 1993)とほぼ同じである。

ドームの加熱は太陽からの短波放射の影響である。ドーム温度と感部温度の差( $\Delta T$ )と全天日射量( $GL$ )の関係を図22に示す。両者の関係はほぼ直線的になるので、これらは次の一次式で表すことができる。

$$\Delta T = m \cdot GL + n. \quad (m, n \text{ は定数}) \quad (1)$$

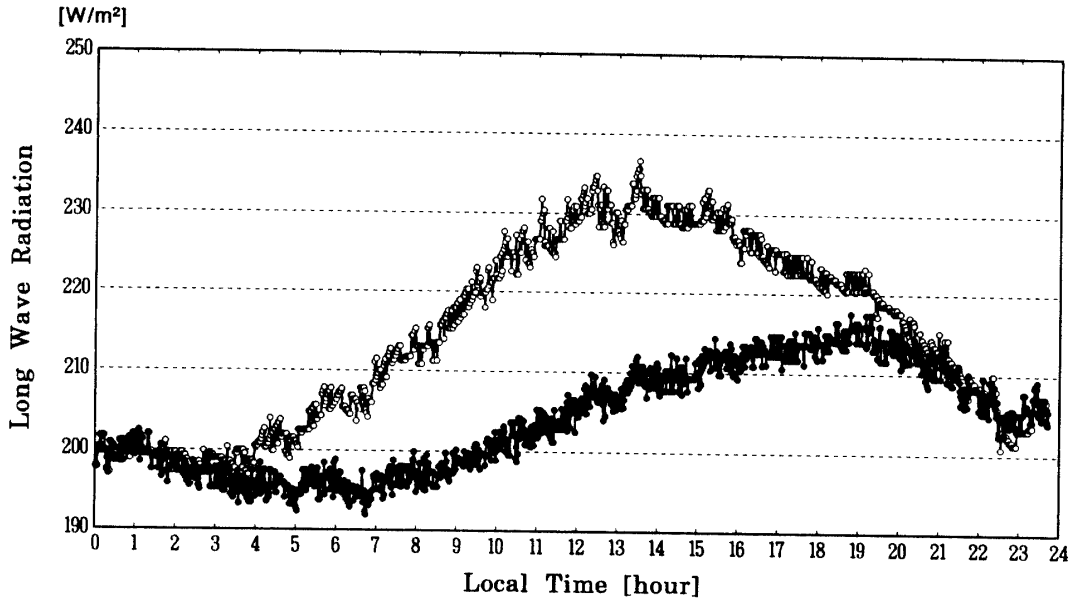


図 21 現用器による赤外放射量と予備器による赤外放射量の比較 (1995 年 12 月 18 日)  
 Fig. 21. Comparisons of the downward longwave radiation between the instrument now in use ("○") and the spare instrument ("●") (18 December 1995).

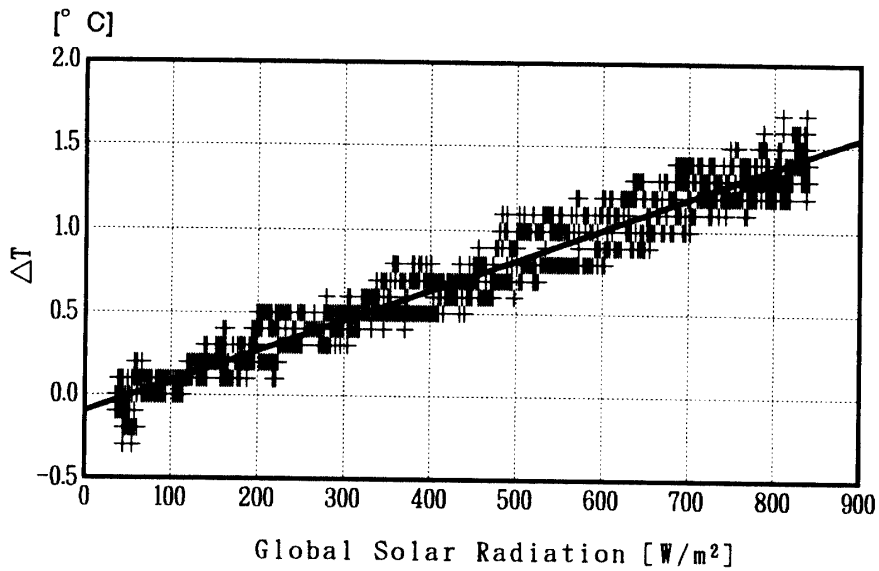


図 22 全天日射量と、ドーム温度・感部温度の差の関係。ドーム温度を見積もるための係数  $m \cdot n$  を最小二乗法で決定するため直線近似した。  
 Fig. 22. The relation between the downward global solar radiation and the difference of dome-temperature and sensor-temperature. Linear regression is applied in order to determine the coefficients (to estimate the dome-temperature)  $m$  and  $n$  by the method of least squares.

最小二乗法による一次近似から  $m = 0.0018$ ,  $n = -0.096$  が求まる.

一方, 赤外放射計の放射量は次の関係式により決定される ( $L$  は放射量,  $a \cdot \alpha \cdot \beta$  は定数,  $\sigma$  はステファンボルツマン定数,  $V$  は出力電圧,  $T_s$  は感部温度,  $T_d$  はドーム温度).

$$L = a \cdot V + \sigma \cdot T_s^4 + \alpha \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_d^4) + \beta. \quad (2)$$

ところが, 現用器はドーム測温機能がついておらず, 次の関係式により放射量 ( $L_1$ ) を算出している ( $a_1$  は定数,  $V_1$  は出力電圧,  $T_{s1}$  は感部温度)

$$L_1 = a_1 \cdot V_1 + \sigma \cdot T_{s1}^4.$$

予備器はドーム測温機能がついており, 予備器の放射量 ( $L_2$ ) を真の値とすると,  $L_2$  と  $L_1$  の差は, ドーム加熱分すなわち式 (2) の第 3 項・第 4 項に相当することから,

$$L_2 - L_1 = \alpha_1 \cdot \sigma \cdot (T_{s1}^4 - T_d^4) + \beta_1,$$

と表すことができる.

式 (1) の関係が現用器にもあてはまると仮定すると

$$T_{d1} = T_{s1} + \Delta T = T_{s1} + m \cdot GL + n.$$

なので,

$$L_2 - L_1 = \alpha_1 \cdot \sigma \cdot (T_{s1}^4 - (T_{s1} + m \cdot GL + n)^4) + \beta_1.$$

$L_2 - L_1$  と  $\sigma \cdot (T_{s1}^4 - (T_{s1} + m \cdot GL + n)^4)$  の関係は, 図 23 に示すように 1 次近似することができる. この近似式の係数から,  $\alpha_1$  と  $\beta_1$  が決まる (最小二乗法から  $\alpha_1 = 3.5$ ,  $\beta_1 = 0.5$ ).

1995 年 12 月 18 日の 1 分データから決定した  $m \cdot n \cdot \alpha_1 \cdot \beta_1$  を用いて, 現用器を補正して放射量を求め, 現用器放射量・予備器放射量と比較する.  $-20^\circ\text{C}$  以下の低温になった 9 月 26 日, 終日曇りであった 10 月 5 日, 快晴の 12 月 18 日, 積雲系の雲が発生した 12 月 6 日, と様々な気象状態で 3 者を比較する. 図 24 にそれぞれの 1 時間積算値の変化を示す. 予備器を真の値とすれば, この関係式による補正で誤差は  $\pm 1\%$  以内に収まる. なお第 37 次観測隊は遮蔽ディスク付き赤外放射計を持ち込んでおり, 日射の影響を除去したデータを取得している.

#### (4) B 領域紫外域日射

B 領域紫外域日射計については, 図 25 に示すように, 出力電圧に対してブリューワー計による紫外線強度をプロットした. 図中の線は近似曲線であり,

$$Y = AX^2 + BX,$$

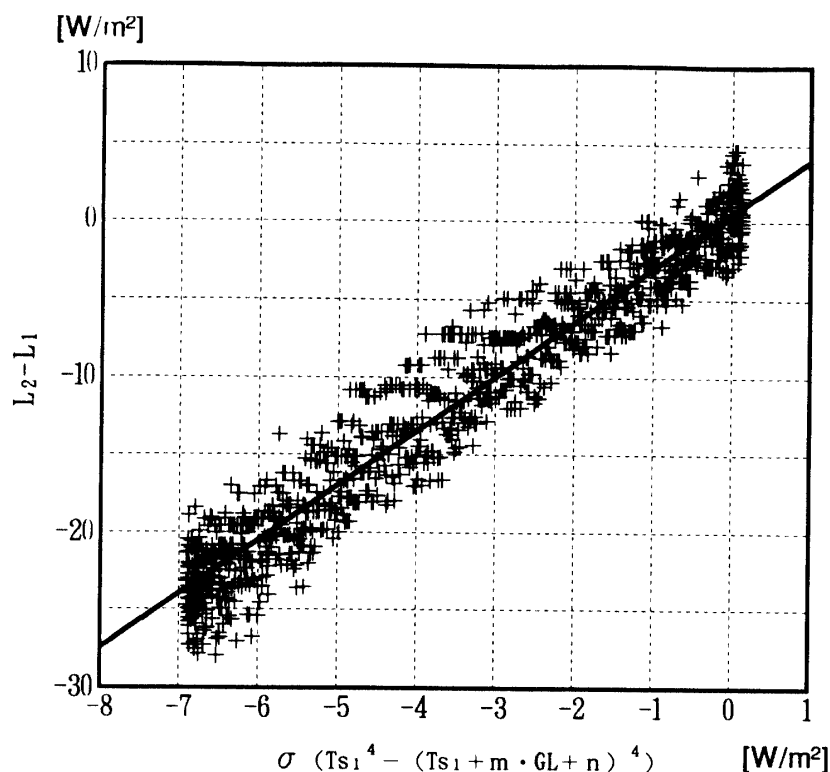


図23 “ $\sigma \cdot (Ts_1^4 - (Ts_1 + m \cdot GL + n)^4)$ ”と“ $L_2 - L_1$ ”の関係。ドーム補正係数 $\alpha_1 \cdot \beta_1$ を最小二乗法で決定するため直線近似した。

Fig. 23. The relation between “ $L_2 - L_1$ ” and “ $\sigma \cdot (Ts_1^4 - (Ts_1 + m \cdot GL + n)^4)$ ”. Linear regression is applied in order to determine the dome correct coefficients  $\alpha_1$  and  $\beta_1$  by the method of least squares.

で表される二次関数で最小二乗法によって近似したものである。用いたデータは太陽高度角が25度以上の全てのブリュワー計の観測時のものとした。ブリュワー計による波長別観測には通常約8分かかるため、B領域紫外域日射計のデータとしてブリュワー計の観測時刻 $\pm 4$ 分の計9分間のデータを平均して求めた。

図26に、1995年2月-1996年1月の紫外域日射計によるB領域紫外域日射の日積算値の時系列を示す。11月上旬のB領域紫外域日射量の大きな減少は、この時期のオゾン全量の一時的な急増(図12参照)とよく対応している。

図27に、 $\mu$ ごとのオゾン全量と紫外域日射計によるB領域紫外域日射強度の関係を示す。オゾン全量は $\mu$ が $1.5 \cdot 2.5 \cdot 3.5 \cdot 4.5 \pm 0.03$ の範囲にあり、全雲量が8分の4割以下の全データを用いた。B領域紫外域日射強度には、オゾン全量観測時刻のデータを用いた。いずれの $\mu$ についても、オゾン全量が減少するにつれB領域紫外域日射強度は指数関数的に増加している。オゾン全量を300から297 m atm-cmへ1%減少させた場合、 $\mu = 2.5$ と4.5におけるB領域紫外域日射強度はそれぞれ1.5と2.0%増加し、オゾン全量を300から150 m atm-cmへ半減させた場合には、 $\mu = 2.5$ と4.5におけるB領域紫外域日射強度はそれぞれ2.1と2.7倍に増加す



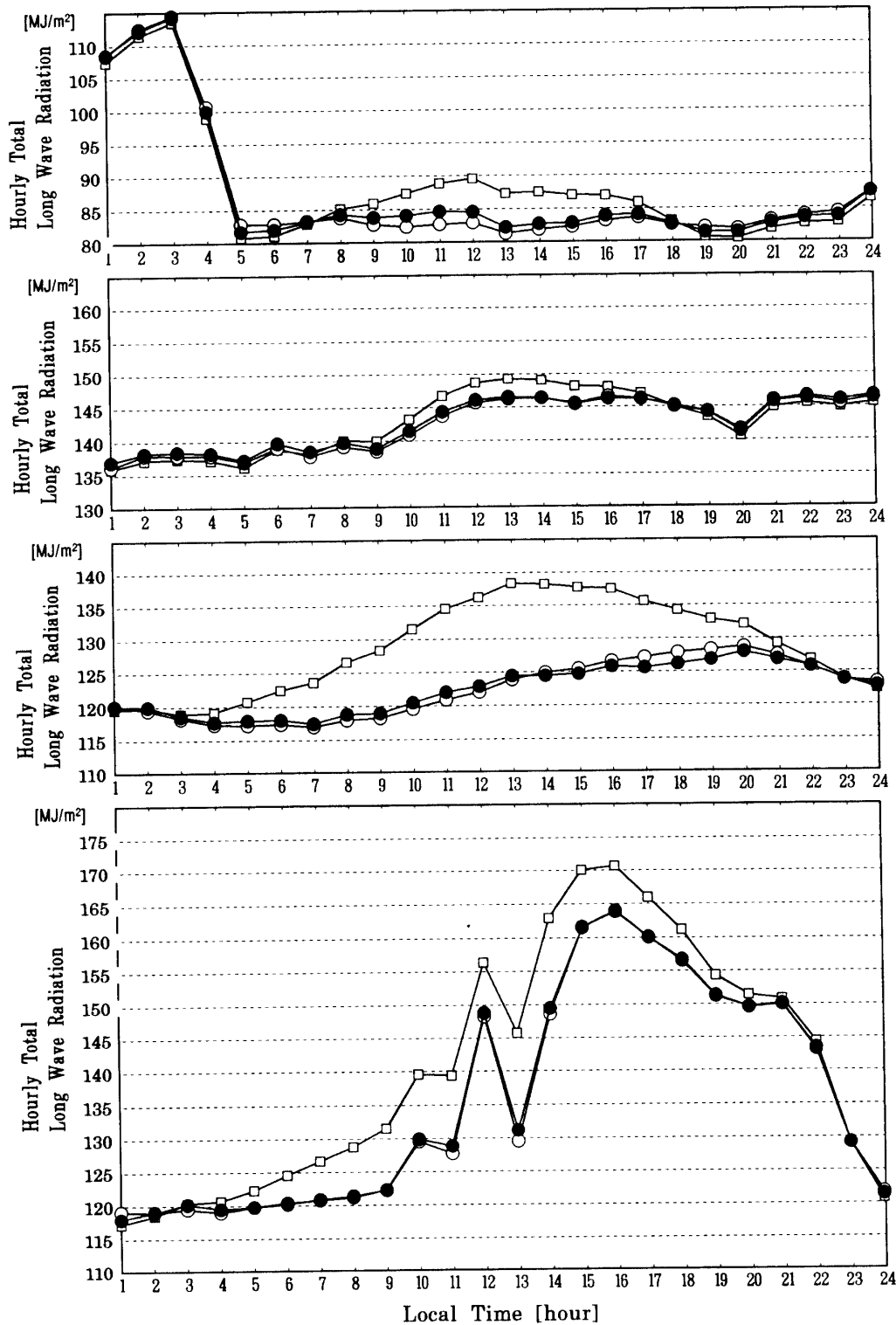


図 24 補正後の赤外放射量と現用器、予備器による赤外放射量の比較 (9月29日・10月5日・12月18日・12月6日)

Fig. 24. Comparisons of the downward long wave radiation between the radiation corrected for the dome effect ("●"); and instruments now in use ("□"), and the spare ("○"), on 29 September, 5 October, 18 December and 6 December.

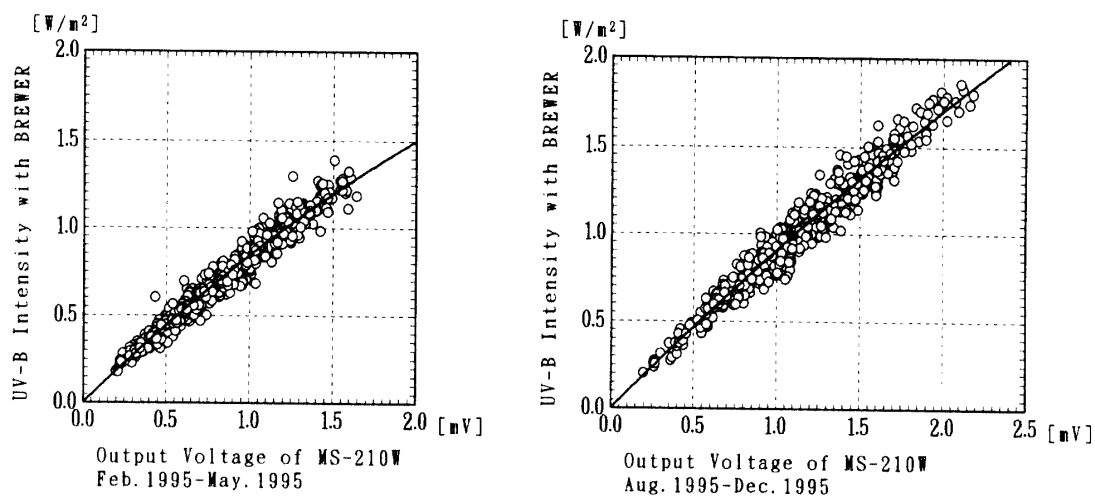


図 25 紫外域日射計の出力電圧とブリューワー分光光度計による B 領域紫外域日射強度との関係。図中の曲線は最小二乗法による二次近似である

Fig. 25. The relation between output voltage for the global UV-B radiometer and UV-B intensity with the Brewer spectrophotometer. The solid lines show quadratic approximations by the method of least squares.

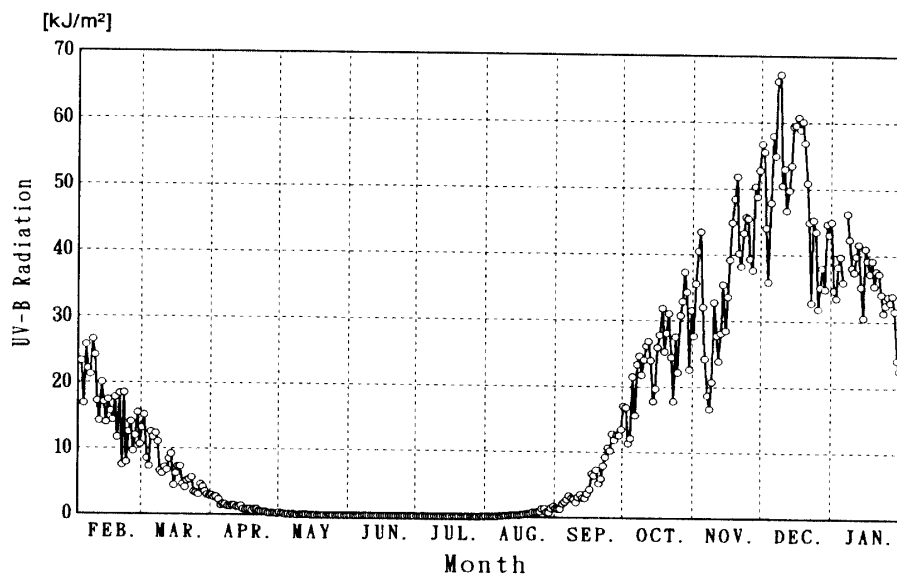


図 26 昭和基地における紫外域日射計による B 領域紫外域日射日積算値 (1995 年 2 月-1996 年 1 月)

Fig. 26. Daily totals of UV-B radiation with global UV-B radiometer from February 1995 to January 1996 at Syowa Station.

る結果となった。

図 28 に、昭和基地・札幌および那覇の B 領域紫外域日射の日積算値の月平均値 (1995 年) を示す。これまでは昭和基地の夏と那覇の夏が同程度であったが、年々オゾン量が減少する傾向にあり、昭和基地が那覇を大きく上回る値となった。

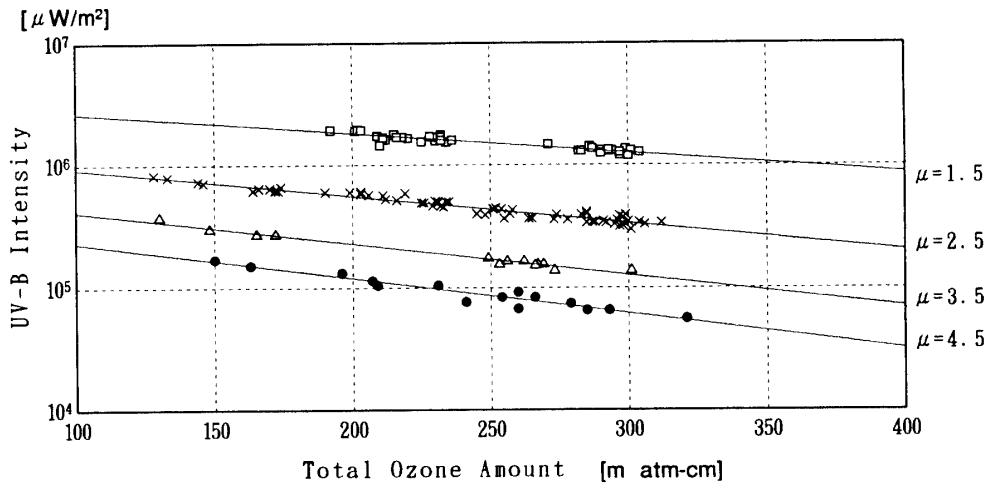


図 27 オゾン全量と B 領域紫外域日射強度の関係 (1995 年 2 月-1996 年 1 月).  $\mu$  が 1.5 (□)・2.5 (×)・3.5 (△)・4.5 (●) のそれぞれ  $\pm 0.03$  以内の時のすべてのデータを使った. 図中の直線は最小二乗法による近似である.

Fig. 27. The relation between total ozone amount and UV-B intensity from February 1995 to January 1996. All data when  $\mu$  is within 1.5 ("□"), 2.5 ("×"), 3.5 ("△"), 4.5 ("●")  $\pm 0.03$ , respectively, are used. The solid lines show the logarithmic approximation by the method of least squares.

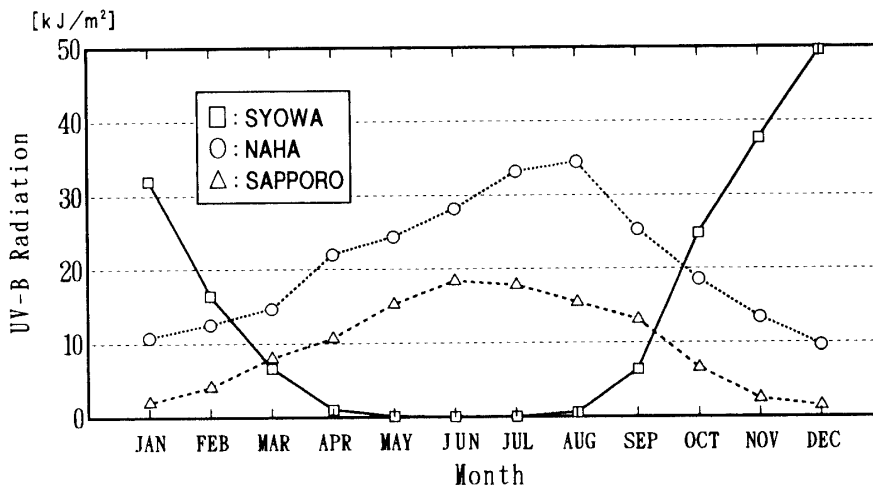


図 28 昭和基地・那覇・札幌における B 領域紫外域日射の日積算値の月平均値 (1995 年). 昭和基地は□, 那覇は○, 札幌は△で示す

Fig. 28. Monthly mean values (daily integrated) of UV-B radiation at Syowa Station ("□"), Naha ("○") and Sapporo ("△") in 1995.

## 2.5. 輻射ゾンデ観測

### 2.5.1. 観測方法と測器

RS II-R78D 型輻射ゾンデ (明星電気製) をゴム気球に吊り下げて上空約 35 km まで飛揚し, 上向き及び下向きの長波放射量 (波長域 3-40  $\mu\text{m}$ )・気圧・気温・風向・風速の高度分布を観

測した。輻射ゾンデは片面に黒色塗装、もう片面にアルミ塗装が施された2枚の円盤状の受感面をもち、黒色面が1枚は上向き、もう1枚は下向きになるように取り付けられている。各面の温度を裏面のサーミスタ温度計により測定することにより、正味の放射量を算出する方式をとっている。気圧センサーはスミ-span製抵抗板式空ごう気圧計、気温センサーは小型ダイオードタイプガラスコートサーミスタ(白色塗装)である。ゴム気球は1000gのものを使用し、ヘリウムガスを充填して浮力を2800gとした。月の出ていない晴天微風時の夜間、通常の高層気象観測を行っていない時間帯に原則として飛揚した。飛揚前の校正には輻射ゾンデ試験器を用いた。ゾンデ信号受信・測角・データ処理用の地上施設は高層観測施設と同じものを使用した。観測データ処理は第34次観測隊気象部門が開発したプログラムを用いて行ったが、結果の通報は行っていない。

2.5.2. 観測経過

第36次隊で持ち込んだ輻射ゾンデ15台のうち14台を飛揚した。飛揚状況を表13に示す。

表13 昭和基地における輻射ゾンデ観測  
Table 13. Radiometersonde observations at Syowa Station.

年 月	1995年		6月	7月	8月	9月				
	5月									
日	16	6.7	9	4.3	5	2.8	1	2.5	13	15.5
到達気圧 (hPa)	24	7.2	18	7.0	16	2.9	17	2.0	20	7.8
			26	19.1	21	4.2	22	10.1		
							31	6.4		

2.5.3. 観測結果

図29に、輻射ゾンデ観測による上向き長波放射量と下向き長波放射量の差から求めた正味放射量の高度分布の時間変化を示す。網掛けした領域は、正味放射量が140 W/m<sup>2</sup>以上を示している。この観測期間中で成層圏の正味放射量が多かったのは、5月下旬と6月中旬であった。

2.6. 天気解析

2.6.1. 利用した資料

昭和基地における地上および高層気象観測資料のほかに、次の資料を天気解析に利用した。

(1) 天気図

FAX放送により、オーストラリア(キャンベラ局)が放送する00・12 UTCの地上及び500 hPa面解析図と各48時間予想図と、南アフリカ(プレトリア局)が放送する06・12・18 UTCの地上実況図を可能な限り受信した。またインマルサットFAXにより、気象庁資料(南半球の地上・高層実況天気図および全球モデル予想天気図等)を気象庁南極観測事務室から入手した。

(2) 極軌道気象衛星による雲画像

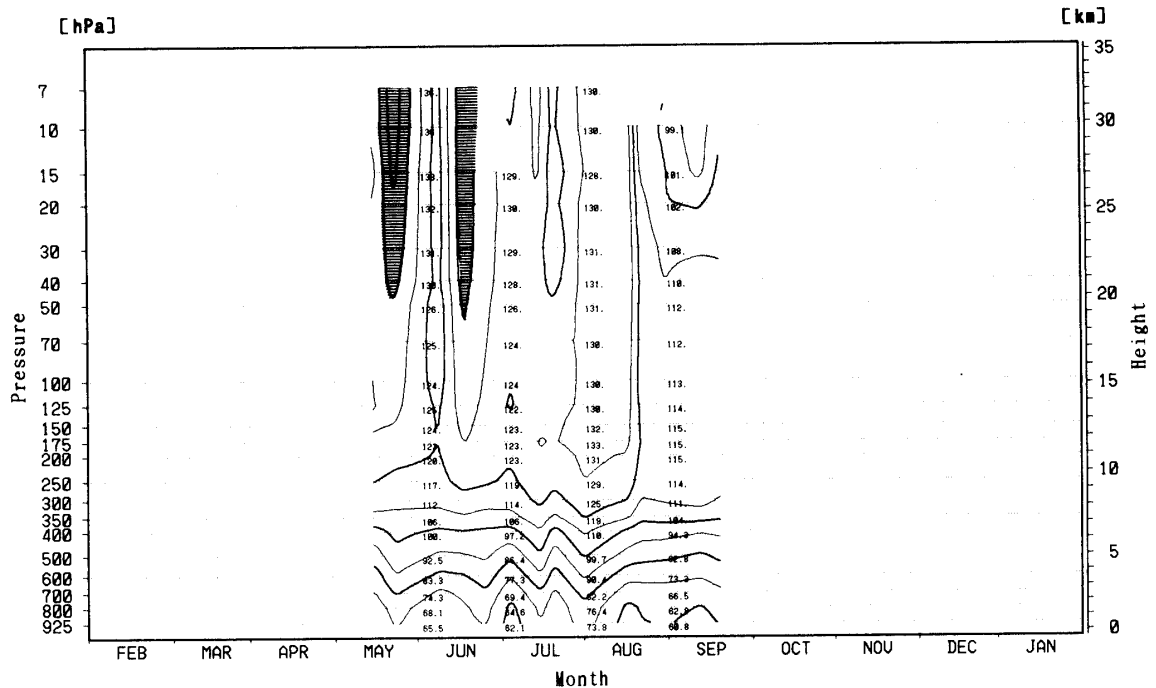


図 29 昭和基地における輻射ゾンデ観測による正味放射量。正味放射量が  $140 \text{ W/m}^2$  以上の部分には影を付けてある。

Fig. 29. Net flux of infrared radiation ( $\text{W/m}^2$ ) by radiometer observations in 1995 at Syowa Station. Net flux above  $140 \text{ W/m}^2$  is shaded.

昭和基地上空を通過する NOAA-12・14 号からの電波を、八木アンテナを複数組み合わせたアンテナシステムで受信した。衛星の軌道情報は第 36 次隊で持ち込んだ MDD システムにより入手し、受信スケジュールファイルを毎日更新した。受信プログラム (日本船用社製) により赤外および可視画像を 1 日 5-10 枚入手できた。

#### (3) 静止気象衛星 METEOSAT の気象資料放送

第 36 次隊で持ち込んだ MDD システムにより、ヨーロッパがインド洋上で運用する静止気象衛星受信 METEOSAT からの気象資料放送を受信した。多様な放送内容のうち、極軌道気象衛星 NOAA の軌道情報・静止気象衛星の雲画像・インド洋天気図等をスケジュール受信した。

#### (4) ロボット気象計

昭和基地の東方向の南極大陸上、S16 地点にポールが立てられており、その上部にロボット気象計が設置してある。これは高層気象観測用の 80 型ゾンデを改造した構造で、風向風速の簡易型センサーとも接続されている。バッテリーを電源として常に S16 地点の気温・風向・風速の情報を発信しており、昭和基地気象棟の高層気象観測用アンテナをこの方向に向けて信号を受信すれば S16 地点の気象状況を随時把握できる。

#### 2.6.2. 天気解析の活用

上記の資料を利用して低気圧や前線系の位置と移動の状況を把握し、野外行動や気水圏気球回収実験など天候に左右されやすいオペレーション時に、関係者へ気象情報を適宜提供した。オゾンホール時期には有害紫外線に対して隊員全員に注意を呼びかけた。夏季期間中は観測船「しらせ」にも随時情報提供した。

また、ブリザード時の外出注意令・禁止令の発令・解除の参考のための資料提供のほか、昭和基地周辺の翌日の天気予報を毎日のミーティング時に発表した。さらに、毎夜のドームふじ観測拠点との定時交信時にも気象情報を提供した。

### 2.6.3. MDD システム

#### (1) システムの概要

MDD (METEOSAT Data Distribution) システムは、東経0度のインド洋赤道上空にあるヨーロッパの静止気象衛星 METEOSAT から、様々な気象情報を受信するものである。放送内容には、METEOSAT の雲画像 (可視・赤外・水蒸気など) ・世界各地の地上気象観測報 (SYNOB 報) ・NOAA 衛星の軌道情報 (コード名 TBUS) ・各種天気図 (インド洋ほか) などである。第36次隊の夏期オペレーションで気象棟前室の北側に新設した観測架台の下に、直径約3mのパラボラアンテナを設置し、1995年2月から受信を開始した。設定スケジュールにより衛星から受信した信号は、専用のコンピューターシステム (ドイツ GmbH 社製) で処理され、ハードディスクに記録され画面上で見ることができる。システムの系統図を図30に示す。

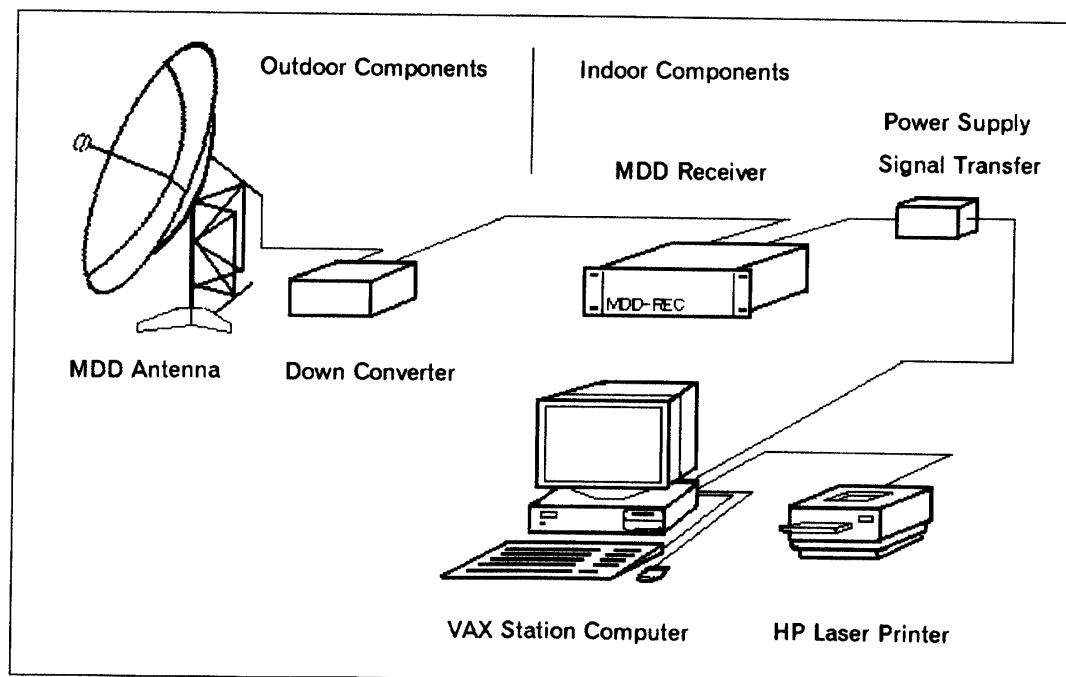


図30 MDD システム系統図

Fig. 30. Schematic diagram of the MDD system.

## (2) システムの利用

MDD システムにより入手したインド洋上空の雲画像では、昭和基地の位置はわずかにその範囲外ではあるが、3時間ごとの画像を動画として画面で見ることができる。昭和基地の北西方向にある低気圧や前線系の動き・変化を追うことができ、昭和基地周辺の天気予報に有効に利用できた。また、これまでインマルサット FAX で気象庁南極観測事務室から週1回入手していた NOAA-12・14 号衛星の軌道情報を、MDD システムにより毎日入手可能となったため、さらに正確な NOAA 衛星の受信ができるようになった。

## 3. ドームふじ観測拠点の観測

### 3.1. 地上気象観測

#### 3.1.1. 観測場所と測器の設置

##### (1) 観測場所

ドームふじ観測拠点は、クィーンモードランド地域の氷床頂上の南緯 77 度 19 分・東経 39 度 42 分・標高 3810 m に位置する。図 31 に示すように、基地周辺は起伏のない平らな雪原であり、風や日射に関して周辺の地物の影響をほとんど受けない環境にある。

##### (2) 測器の設置

気温計・風向風速計は、基地の影響を避けるため基地建物より北東 50 m 以遠にある観測エリアに設置した。配置図を図 32 に示す。

気温計は図 33 のように、観測エリアの雪面に立てた高さ 2 m のポールの、雪面上 1.5 m の

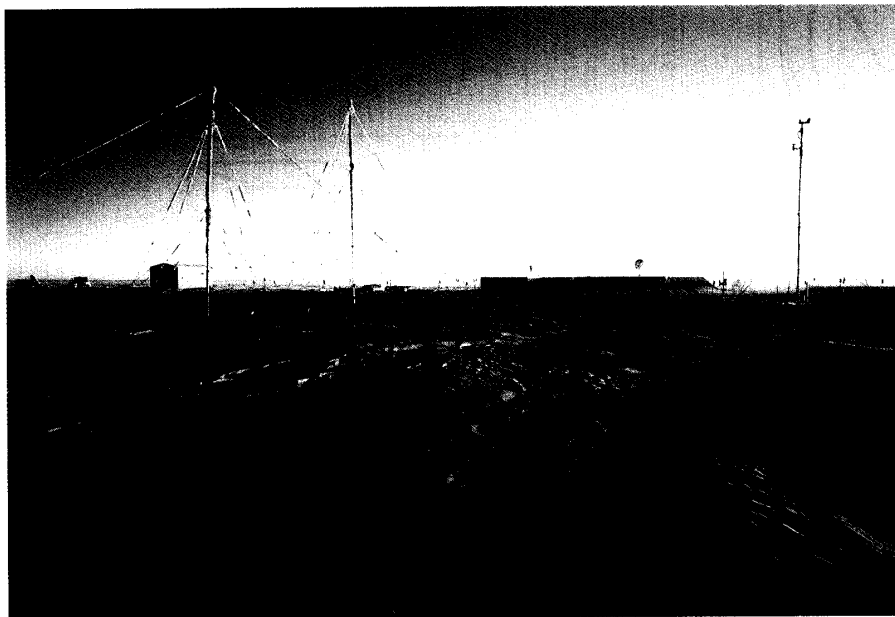


図 31 ドームふじ観測拠点の周辺。平らな雪原にあり、周辺の地物の影響をほとんど受けない。  
Fig. 31. Surroundings of Dome Fuji Station. It is on a flat snow field, little affected by the topography.

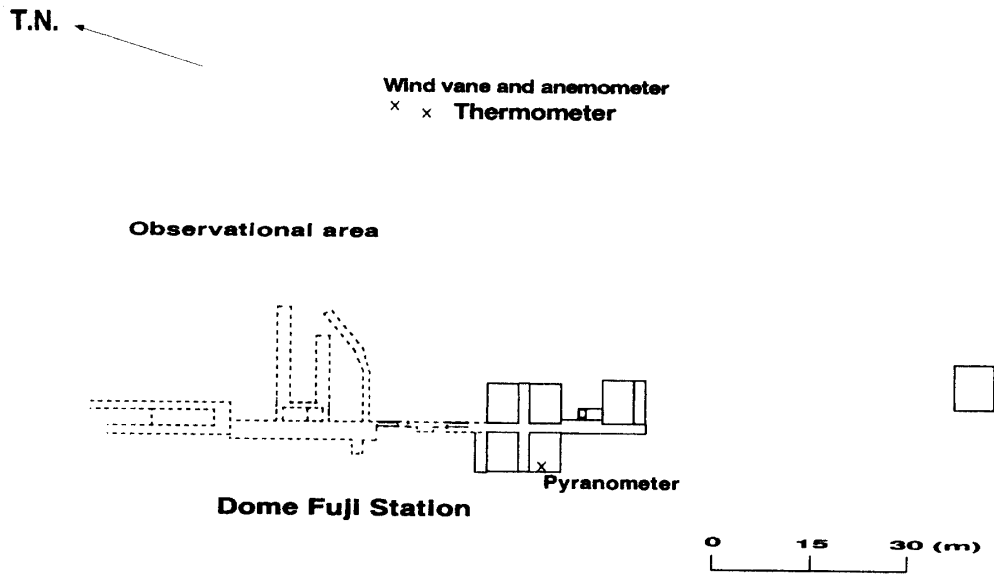


図 32 ドームふじ観測拠点の気象観測測器の配置。気温計・風向風速計は、基地より北東約 60 m、日射計は基地の屋根に設置した。実線は地上基地施設、点線は雪面下施設である。

Fig. 32. Arrangement of meteorological observation equipment at Dome Fuji Station. The thermometer, wind vane and anemometer are about 60 m northeast of the station, and the pyranometer is set on the roof of the station. Solid lines show station structures on the ground; dotted lines show structures buried under the snow.

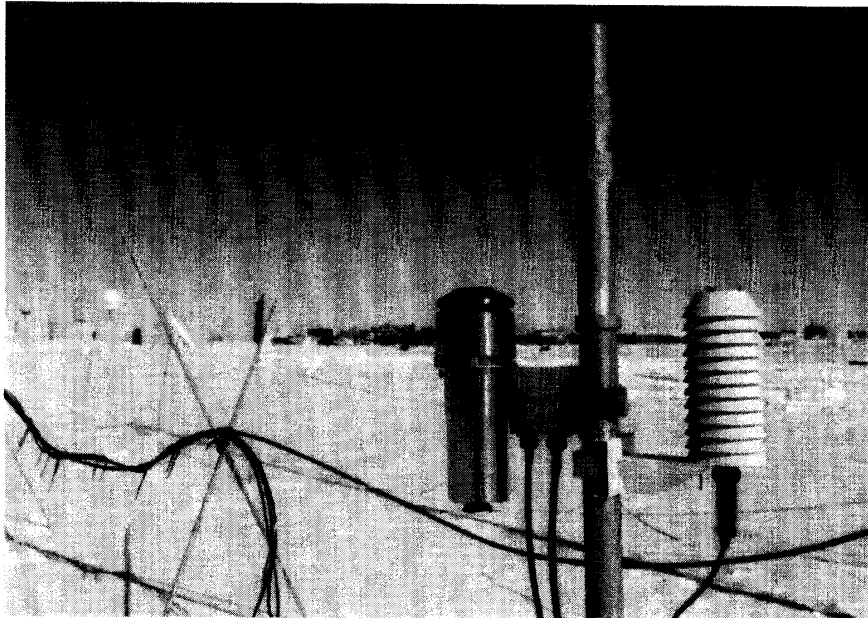


図 33 ドームふじ観測拠点の気温計 (左側より通風式、自然通風式)。雪面より 1.5 m の所に設置した。

Fig. 33. Thermometers at Dome Fuji Station, aspirated (left) and naturally ventilated (right). They are set at 1.5 m height above the snow surface.



所に通風式シェルターと自然対流式シェルターを並べて設置した。両シェルター内部にそれぞれ温度計を設置し、自然対流式の方は予備器とした。気温用とは別の高さ 10 m のポールを立て、風向・風速計をその先端に取り付けた。全天日射計は始め観測エリアに設置したが、風向風速計用ポール等の影に入ることが多いため、基地居住棟の屋上に高さ 2 m (雪面からは 4.8 m となる) の日射計台を作りその上に設置した。気圧計は基地観測棟内の気象観測装置のラック内に設置した。

屋外の各センサーと基地内の観測装置を結ぶ信号及び電源ケーブルは、強耐寒性のポリエチレン製被覆のケーブルを使用した。設置の経緯を以下に簡単に示す。

1995 年

- 2月4日 基地観測棟へ気象観測装置及び測器搬入
- 6-7日 気象観測装置組み立て及び観測装置・各測器の動作確認
- 8-9日 風向・風速計及び気温計のポール組み立て及び設置
- 10日 各測器の信号・電源ケーブルの敷設  
観測棟屋根の上にて全天日射計の動作試験
- 11日 気温・気圧・風向・風速を観測装置にて記録開始  
全天日射計ケーブルと測器側コネクタの断線のため補修し、観測エリア内に仮設置
- 26日 全天日射計が風向風速計のポール等の影に入るため、基地居住棟の屋上に日射計台を製作し移設
- 6月12日 データロガーと気温計用通風ファンを無停電電源からも供給できるよう電源回路変更

### 3.1.2. 観測方法と測器

地上気象観測指針(気象庁, 1993a)及び世界気象機関(WMO)の技術基準に基づいて観測を行い、結果の統計については地上気象観測統計指針(気象庁, 1990a)により行った。気圧・気温・風向・風速・全天日射量については、気象観測装置(横河ウェザック社製)により連続記録及び毎正分記録を行った。表 14 に使用測器を示すとおり、気圧・気温・風向風速については測定範囲や耐寒性を考慮した特別仕様のものとなっている。

気象観測装置の系統の概要を図 34 に示す。各測器の感部からの信号は、記録用直流電圧値に変換され、その出力を記録器(ペンレコーダー及びデータロガー・パーソナルコンピューター)に取り込む。電源装置は、蓄電池を浮動充電しながら記録器及びデータ変換器用電源変換器・感部に AC100V を供給すると共に、蓄電池から無停電 AC100V を作り感部・記録器等へ供給する。

目視観測は、雲・視程・天気について 1 日 3 回 (06・12・18 UTC) の観測を行い、大気現象については随時観測を行った。観測結果については、インマルサット FAX にて旬ごとに国立

表14 ドームふじ観測拠点における地上気象観測使用測器 (1995年2月-1996年1月)  
 Table 14. Instruments used for surface meteorological observations at Dome Fuji Station.

観測項目	測器名	感部型式	備考
気圧	円筒振動式気圧計	F-451-10-Z	測定範囲 (550~650hPa)
気温	白金抵抗温度計	E-734-10-Z	予備 (自然対流式 E-735-Z) 測定範囲 (0~-100℃)
風向風速	風車型風向風速計	GT-400 南極仕様	測風ポールの上に設置 (10.5m)
全天日射量	熱電堆式A型ネオ日射計	E-211-Z	基地屋上 (4.8m)

変換器名	変換器型式
風向風速変換器	M-821-Z48
温度湿度変換器	M-823-Z13
日射変換器	M-825

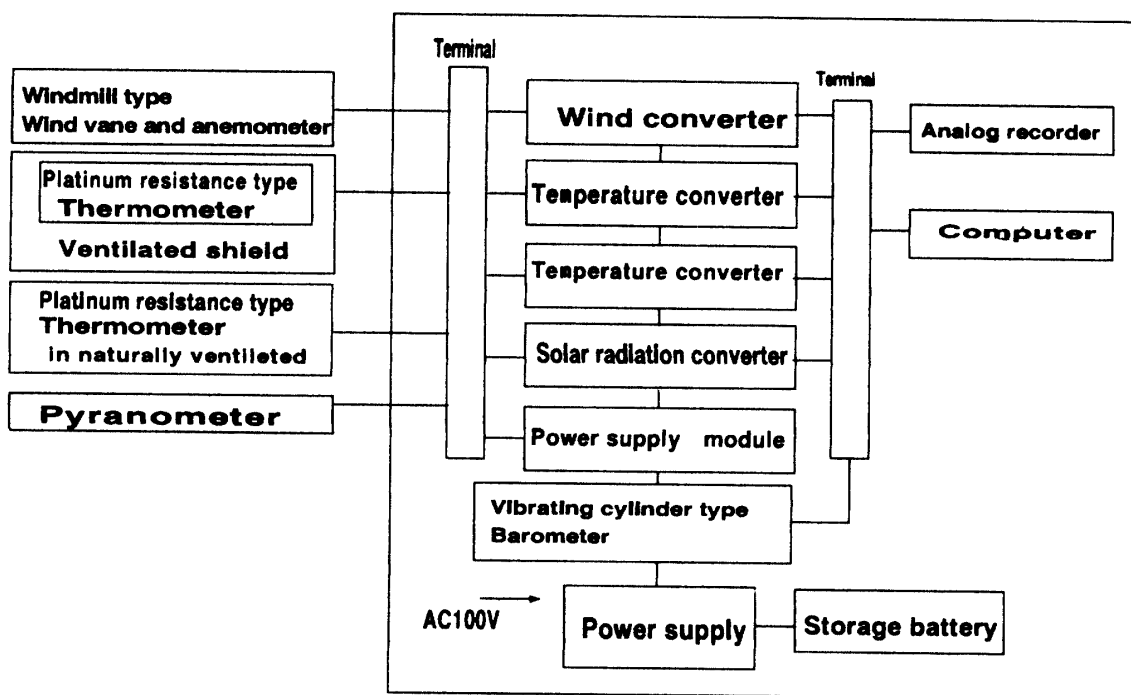


図34 ドームふじ観測拠点の気象観測装置の系統図  
 Fig. 34. Block diagram of meteorological observation instruments at Dome Fuji Station.

極地研究所に報告した。

### 3.1.3. 観測経過

1995年2月11日から気象観測装置で、ドームふじ観測拠点における地上気象観測を開始した。気象観測装置の各測器はおおむね順調に作動したが、気象条件などにより欠測があった。

### (1) 気圧

基地観測棟内の円筒振動式気圧計により通年観測を行った。同じ観測棟内にある短波通信機の影響を受け異常値を出力することがあったが、それ以外は順調であった。

### (2) 気温

通風式シェルターの通風ファンは通年順調に作動した。夏期を除き、通風シェルターに霜の付着が多く毎日取り除いた。またブリザード等の強風時には通風シェルター内部まで雪が入ったため、シェルターを外して雪を取り除いた。

予備器として持ち込んだ自然対流式シェルターを通風式と比較すると、極夜のため日射の影響がない6月の月平均気温では自然対流式が $+0.2^{\circ}\text{C}$ 、最も日射の影響を受ける12月では $+1.3^{\circ}\text{C}$ 高い値を示した。12月の毎分値の比較では、最も高い場合(7日18時頃) $+8.1^{\circ}\text{C}$ を示した。

### (3) 風向・風速

風車型風向風速計(南極仕様)を用い通年観測した。日射が少なくなる3月頃から風向風速計に頻繁に霜が付き、日射のない極夜になると1日2-3回霜取りが必要であった。3月-10月の期間に、着霜により数時間欠測する日が月に数日あった。他の期間については着霜等はほとんどなかった。

### (4) 全天日射量

熱電堆式A型ネオ日射計で通年観測した。夏期を除き、感部を覆うガラスドームに霜が付いたので頻繁に取り除いた。

### (5) 雲・視程・天気・大気現象

目視により通年観測した。下層雲を観測することはなかった。細氷・氷霧といった寒冷地特有の大気現象をかなりの頻度で観測した。

#### 3.1.4. 観測結果

表15に月別気象表を、表16にブリザード統計記録を、図35に年間の気圧・気温・風速・雲量・全天日射量の旬別経過を、図36に時別値による各月の風向経過を、図37に各月の風速・気温日変化図を示す。越冬期間中におけるドームふじ観測拠点の地上気象の主な特徴として、次のことが挙げられる。

#### (1) 風

風速は年平均風速が約 $6\text{ m/s}$ で、3月-11月は $5-7\text{ m/s}$ と強く、12月-2月は約 $4\text{ m/s}$ と弱い。また12月は $4\text{ m/s}$ 以下と最も風の弱い月となった。風速の日変化は1年のうち10月-2月にかけてのみ現れ、極夜を中心としたほかの時期には日変化は小さい。10月と2月は12-15時(LT)にかけ風が弱くなり、12月-1月は8時(LT)頃と20時(LT)頃の2回風が弱くなった。図36に示すように風向安定度が小さく、日々の変化は反時計回りである。

#### (2) 気温

気温は2月-4月にかけて急激に下降、5月-9月にかけて変化が少ないという「コアレスウイン

表15 ドームふじ観測拠点の月別地上気象表(1995年2月-1996年1月)  
Table 15. Monthly summaries of surface meteorological observations at Dome Fuji Station.

	1995年 2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1996年 1月
平均現地気圧	hPa	600.1	596.6	589.7	596.0	604.9	590.9	582.8	596.3	601.8	604.7	607.2
最高現地気圧	hPa	608.0	611.8	604.7	604.9	617.0	619.2	597.6	609.4	617.1	613.6	629.5
最低現地気圧	hPa	592.5	579.3	579.7	583.1	595.1	571.1	570.3	585.3	587.9	598.6	598.3
平均気温	℃	-55.4	-58.6	-64.4	-65.7	-56.5	-66.4	-66.4	-56.8	-45.1	-34.5	-34.8
最高気温	℃	-37.4	-36.9	-49.4	-51.5	-38.2	-47.2	-48.3	-38.4	-30.0	-23.5	-18.6
起日		9	20	17	18	28	4	25	24	27	21	31
最低気温	℃	-67.7	-71.6	-75.6	-75.3	-69.4	-79.6	-78.3	-70.3	-64.8	-47.2	-48.9
起日		24	29	15	11	25	18	1	8	4	2	24
最低気温-40℃未満の日数		31	30	31	30	31	31	30	31	30	19	21
最高気温-40℃未満の日数		30	28	31	30	30	31	30	30	13	0	0
最低気温-60℃未満の日数		17	24	30	29	19	29	30	25	5	0	0
最高気温-60℃未満の日数		0	2	16	14	5	19	19	1	0	0	0
平均全天日射量	MJ/㎡	10.4	1.3	0.0	0.0	0.0	0.3	5.1	17.1	32.1	39.5	35.2
平均風速		5.5	6.9	6.2	6.1	7.1	5.8	5.8	6.4	5.7	3.8	4.7
最大風速	m/s	9.1	12.0	10.0	13.1	18.4	10.2	10.0	13.1	10.6	9.0	11.1
同 風向、起日 16方位		WSW 21	WSW 19	WNW 17	SSE 6	NE 28	SSW 31	NE 22	ENE 13	NE 17	ENE 27	NE 29
最大瞬間風速	m/s	9.7	13.0	11.5	14.8	20.2	10.3	10.2	15.5	11.9	10.2	12.6
同 風向、起日 16方位		S 13	WSW 19	NW 17	SSE 6	NE 28	SSW 31	SSW 16	ENE 13	NE 17	ENE 27	N 29
最大風速 7m/s以上の日数		20	23	26	25	26	27	23	27	26	7	11
最大風速10m/s以上の日数		0	5	1	5	10	3	2	2	1	0	4
最大風速13m/s以上の日数		0	0	0	2	3	0	0	1	0	0	0
最多風向	16方位	NE	SE	NE	NE	SE	NE	SW	SE	SE	NE	NE
平均雲量	10分比	5.5	2.5	4.4	4.1	2.2	5.5	2.7	3.7	3.5	3.4	5.0
平均雲量1.5未満の日数		10	16	10	5	12	2	17	14	12	13	6
平均雲量8.5以上の日数		4	2	4	2	1	5	2	6	7	5	6
雪日数		22	27	30	31	30	31	31	30	29	25	24
ブリザード日数		2	2	2	1	1	8	0	0	2	1	2

ター」の特徴を示した。その後10月頃より急激に上昇し12月が最も高くなった。コアレスウインター中の月平均気温は、年平均気温より約10℃低い-65℃程度で推移した。今越冬の最低気温は8月18日に-79.6℃を記録した。気温の日変化については、9月-4月には変化が現れるが、極夜を中心とした5月-8月は変化がない。また、9月-4月の最高気温の出現時刻は16時(LT)前後が多い一方、最低気温は夜半から明け方と時刻は定まっていない。気温の日較差は11月が最も大きく、13.7℃であった。

### (3) ブリザード

ブリザードの階級の定義は表16中に示すとおりだが、これは昭和基地での定義を踏まえて、ドームふじ観測拠点用に決めたものである。各階級において視程の基準は同一だが、風速の基準を風の強い昭和基地より低く設定している。7月にはA級1回・B級2回・C級2回のブリザードがあり、月平均気温は6月より約9℃上昇した。最大瞬間風速としては20.2 m/s

表 16 ドームふじ観測拠点におけるブリザードの概要 (1995 年 2 月 - 1996 年 1 月)  
 Table 16. Summaries of blizzards from February 1995 to January 1996 at Dome Fuji Station.

通 番	開 始 時 刻 月 日 時 分	終 了 時 刻 月 日 時 分	継 続 時 間 時 間 分	階 級	最 大 風 速 m/s 風 向 起 日	最 大 瞬 間 風 速 m/s 風 向 起 日
1	2 22 07 00	2 23 13 30	30 30	C	11.3 NE 22	13.4 NE 22
2	3 13 14 15	3 14 00 30	10 15	C	9.0 SSE 13	9.7 S 13
3	4 9 12 00	4 10 00 10	12 10	C	9.9 E 9	11.8 E 9
4	5 17 11 50	5 17 18 00	6 10	C	10.0 NWN 17	11.5 NW 17
5	6 5 07 00	6 5 17 00	10 00	B	13.1 SSE 5	14.3 SSE 5
6	7 6 01 30	7 6 14 30	13 00	C	10.7 NE 6	12.3 NE 6
7	7 8 01 00	7 9 14 00	37 00	B	14.7 NE 9	16.4 NE 9
8	7 14 07 00	7 14 18 00	11 00	C	10.4 NE 14	11.6 NE 14
9	7 17 17 45	7 18 23 00	29 15	B	12.8 E 18	14.1 E 18
10	7 28 08 45	7 29 11 00	26 15	A	18.4 NE 28	20.2 NE 28
11	10 13 09 30	10 14 00 30	15 00	B	13.1 ENE 13	15.5 ENE 13
12	11 17 12 00	11 17 18 20	6 20	C	10.6 NE 17	11.9 NE 17
13	1 29 03 30	1 30 04 30	25 00	C	11.1 NE 29	12.6 N 29

\* 階級 A : 視程 100m未満, 平均風速13m/s以上, 継続時間6時間以上  
 B : 視程1000m未満, 平均風速10m/s以上, 継続時間6時間以上  
 C : 視程1000m未満, 平均風速 7m/s以上, 継続時間6時間以上

を記録した.

#### (4) 雲

雲は巻雲 (Ci) と巻層雲 (Cs) が多く, 夏期には希に巻積雲 (Cc) や高積雲 (Ac) を観測した. 悪天時には高層雲 (As) が出現した. 年間を通して下層雲は出現しなかった. 平均雲量については, 1.5 未満の日数が1年に100日以上あり, 平均雲量が8.5以上の日数は50日未満と雲量が少なかった.

#### (5) 視程

視程は年間を通して10 km以上が250日程度あり, 1 km未満になることは月に1日程度であった. 100 m以下となる日は今越冬中に1日あった. 視程が悪くなるのは, 降雪や地ふぶきによるものであった.

#### (6) 大気現象

細氷がほとんど毎日観測され, 雲のない空から降ることもあった. 0.5-2 mm程度の雪が降ることもあったが, その形からほとんどが単結晶のものと推定される. 降雪量については微量のため観測していないが, 夏期に1日2-3 mm程度積もることもあった. 細氷に太陽や月の

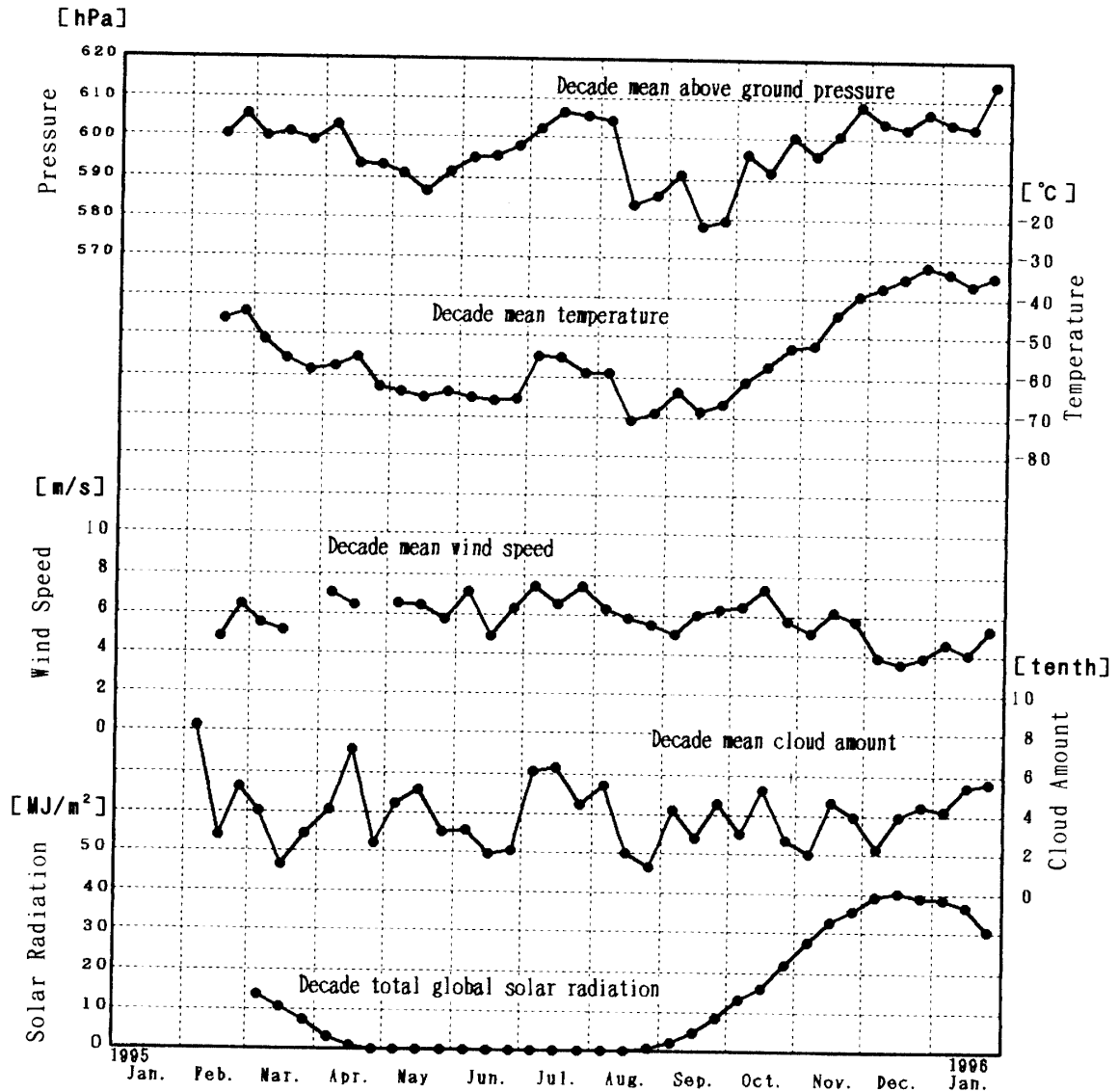


図 35 ドームふじ観測拠点における地上気象観測値 (地上気圧・気温・風速・雲量の旬平均値と全日射量の旬合計) (1995年2月-1996年1月)

Fig. 35. Surface meteorological data (decade means of ground pressure, temperature, wind speed and cloud amount, and decade total global solar radiation) from February 1995 to January 1996 at Dome Fuji Station.

光が当たって見える各種の暈現象など、大気光象も太陽の出る夏期には頻繁に見ることができた。また珍しい地面現象として、針状結晶でできた綿状の霜や、綿状の霜が強風により丸くなったボール状の霜(雪氷部門隊員により「雪まりも」と命名された)が観測された。

次に月ごとの概況を示す。

1995年

2月 月上旬は上層雲の多い日が続いたが、中旬以降は晴れの日が続いた。下旬にブリザー

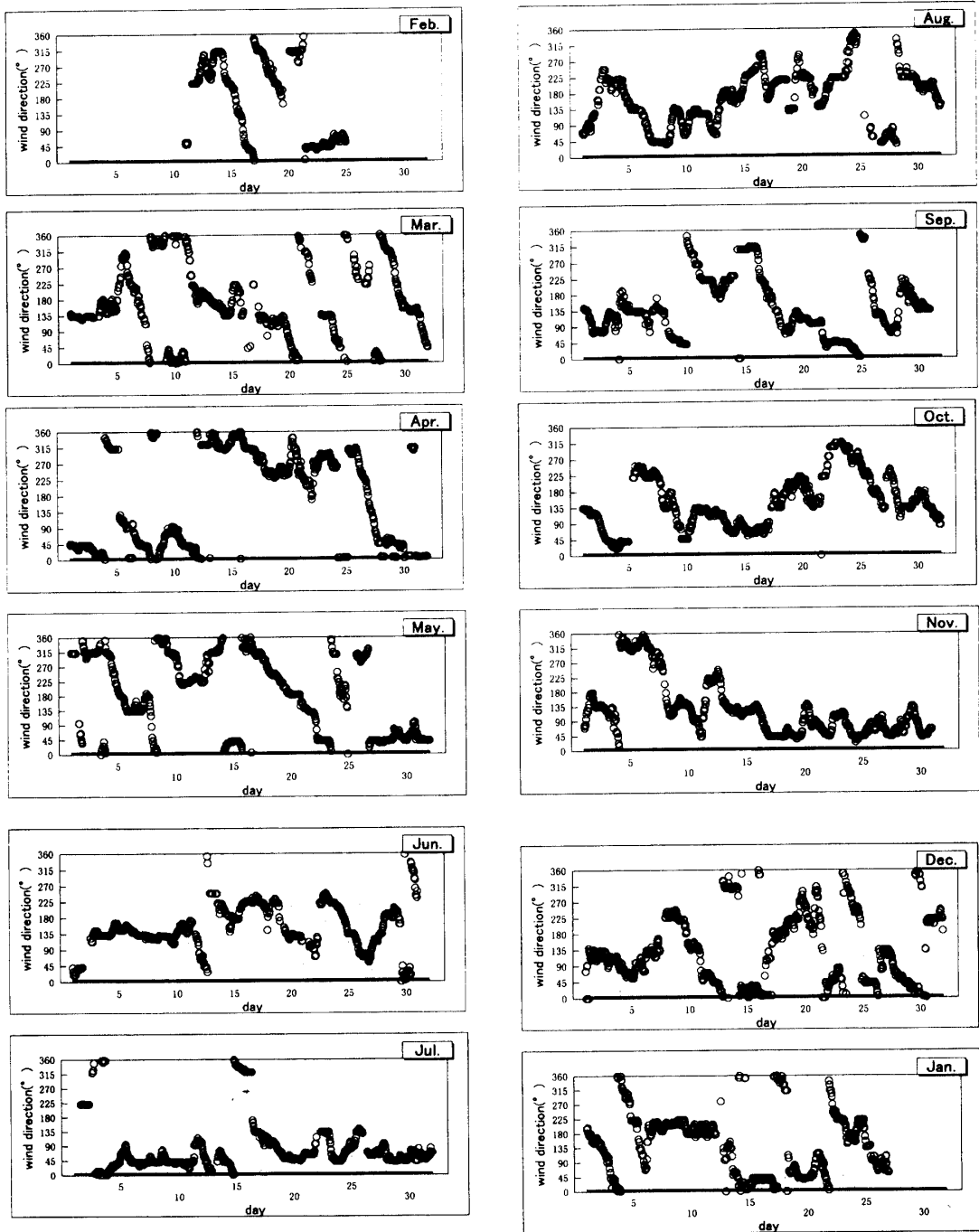


図 36 ドームふじ観測拠点における風向経過図 (1995 年 2 月 - 1996 年 1 月). ○は毎正時風向  
 Fig. 36. Wind direction from February 1995 to January 1996 at Dome Fuji Station. "○" show hourly wind directions.

ドが 1 回あった。

上旬 周期的に上層雲が広がり雪となった。気温は  $-30 \sim -40^{\circ}\text{C}$ 、風は  $5 \text{ m/s}$  以下の弱い日が続いた。

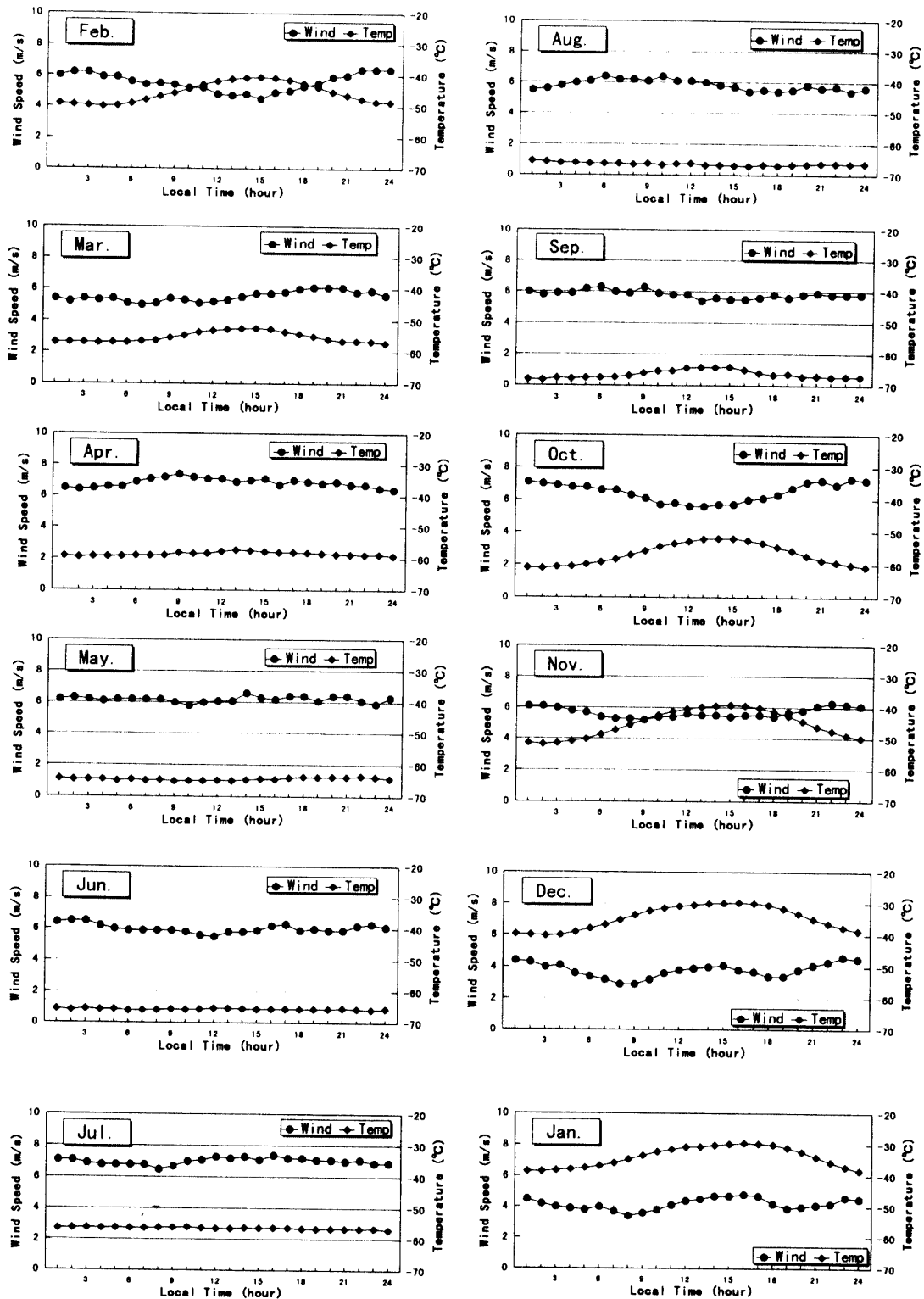


図 37 ドームふじ観測拠点における風速・気温日変化図 (1995年2月-1996年1月)。  
●は各毎正時の月平均気温、◆は各毎正時の月平均風速を示す

Fig. 37. Diurnal variation of temperature and wind speed from February 1995 to January 1996 at Dome Fuji Station for each month. "●" show monthly mean values of temperature at each hour on the hour and "◆" show monthly mean values of wind speed at each hour on the hour.



中旬 晴れの日が続いた。

下旬 21日には日最低気温 $-56.4^{\circ}\text{C}$ と冷え込んだが、その後22日から23日前半までC級ブリザードとなり、最大瞬間風速は $13.4\text{ m/s}$ を記録した。23日後半より回復し、28日まで晴れて $-50^{\circ}\text{C}$ 前後の気温の低い日が続いた。

**3月** 天気は期間を通して晴れの日が続いたが、上旬に上層雲の多くなる日があった。中旬にブリザードが1回あった。

上旬 晴れの日が続いたが、後半に上層雲が多く雪となった。

中旬 晴れの日が続いたが、13日頃C級ブリザードとなった。

下旬 晴れの日が続いた。

**4月** 天気は期間を通して晴れの日が続いたが、中旬にブリザードが1回あった。月平均気温は $-60^{\circ}\text{C}$ 近くになり、下旬には日最低気温が $-70^{\circ}\text{C}$ 台となった。風は4月に入ってから毎日 $7\text{ m/s}$ 前後となった。

上旬 晴れの日が続いた。

中旬 前半は晴れの天気が続いたが、18日から20日かけC級ブリザードとなった。

下旬 晴れの日が続いた。気温も徐々に下がり29日には日最低気温 $-71.6^{\circ}\text{C}$ を記録した。23日以降は極夜のため全天日射量が観測されなくなった。

**5月** 晴れの日が続いたが、中旬にブリザードが1回あった。月平均気温が $-65^{\circ}\text{C}$ 位となった。

上旬 晴れの日が続いたが、3日から4日にかけて上層雲が広がり雪となった。

中旬 晴れて気温の低い日が続いたが、17日から18日はC級ブリザードとなった。15日には日最低気温 $-75.6^{\circ}\text{C}$ を観測した。

下旬 晴れて気温の低い日が続き、日平均気温が $-70^{\circ}\text{C}$ 台となった。

**6月** 上旬にブリザードが1回あったが、中・下旬は晴れの日が続いた。気温は5月よりほとんど下がらなかった。

上旬 4日から6日にB級ブリザードとなり、最大瞬間風速 $14.8\text{ m/s}$ を記録した。

中旬 晴れの日が続いた。

下旬 晴れの日が続いた。

**7月** 7月は晴れの日が長続きせず、周期的に5回ブリザードがあった。月平均気温が6月より $9^{\circ}\text{C}$ 以上高くなった。気圧は2月の観測開始後より平均・極値ともに最も高い値を記録した。

上旬 前半晴れの日が続いたが、6日にC級・8日にB級ブリザードとなった。

中旬 天気は周期的に変化し、14日にC級・17日にB級ブリザードとなった。

下旬 晴れの日が続いていたが、28日に今越冬中最大のA級ブリザードとなり、気温が $-38.2^{\circ}\text{C}$ まで上昇し、最大瞬間風速 $20.2\text{ m/s}$ を記録した。

**8月** 上旬は雪の日が多く、中旬頃より晴れの日が続いた。中・下旬は旬平均気温が

-70°Cと気温の低い日が続いた。

上旬 雪の日が多く、旬平均気温-60°Cと気温の高い日が続いた。3日は最高気圧619.2 hPaを記録した。

中旬 晴れて気温も低い状態が続いた。18日には今越冬中の最低気温-79.6°Cを記録し、気圧もこれまでの最低571.1 hPaを記録した。

極夜の時期が終わり、19日より全日日射量が観測され始めた。

下旬 晴れて気温の低い日が続いた。

**9月** 上旬は周期的に上層雲が広がった。中旬以降は晴れて気圧・気温共に低い状態が続き、月平均気圧582.8 hPa、最低気圧570.3 hPaと共に今越冬最低気圧を記録した。気温の日変化が中旬頃より現れてきた。

上旬 天気は大きく崩れることもなく周期的に変化した。

中旬 晴れの日が続いた。

下旬 前半上層雲が多く風の強い日があったが、後半は晴れの日が続いた。

**10月** 中・下旬は上層雲が広がり雪となる日もあったが、晴れの日が続いた。ブリザードが1回あった。気温が急速に上昇し月平均気温が9月より10°C高くなった。

上旬 晴れの日が続いた。

中旬 13-14日にB級ブリザードとなった。

下旬 23・24日は上層雲が多くなったが、その後晴れの日が続いた。

**11月** 上・下旬は晴れの日が続いた。中旬にブリザードが1回あった。気温は日を追うごとに上昇した。

上旬 晴れの日が続いた。

中旬 上層雲が広がり雪の日が続いた。17日にC級ブリザードとなった。

下旬 22日まで上層雲が広がり雪となったが、その後晴れの日が続いた。

**12月** 期間を通して風の弱い晴れの日が続いた。月平均気温が-30°C台となった。

上旬 晴れの日が続いた。

中旬 晴れの日が続いたが、後半少し上層雲が広がった。

下旬 晴れの日が続いた。

1996年

**1月** 晴れの日が続いた。下旬は上層雲が多く、ブリザードが1回あった。

上旬 晴れの日が続いた。

中旬 晴れの日が続いた。

下旬 前半は晴れの日が続いたが、後半は雲が多くなり28・29日はC級ブリザードとなった。31日には-18.6°Cと1995年2月以来最も高い気温を記録した。

### 3.2. 高層気象観測

#### 3.2.1. 観測方法と測器

オメガゾンデ (Vaisala 社製 RS80-15N 型) をゴム気球に吊り下げて飛揚し、気圧・気温・相対湿度 (上空で気温が $-50^{\circ}\text{C}$ になるまで)・風向・風速の高度分布を観測した。オメガゾンデは、世界各地のオメガ地上局から発せられる無線航法電波を上昇しながら受信し、ゾンデの位置情報から差分により上層風を測定する型である。気圧センサーは静電容量式空ごう気圧計、気温センサーは容量式ビード型温度計 (アルミニウム蒸着)、湿度センサーは静電容量式高分子薄膜湿度計である。ゴム気球は 200g のものを使用して、ヘリウムガスを充填して浮力を 1300 g とした。飛揚日は上層大気の日変化を探るため 11 月と 12 月の隔週の 1 日について 6 時間ごとの連続観測を行った。ゾンデからの信号を受信解析装置 (Vaisala 社製 DIGICORA MW11) で処理したが、結果の通報は行っていない。なお、この受信解析装置は気水圏部門の計画で第 30 次-32 次隊があすか観測拠点で使用したものである。

#### 3.2.2. 観測経過

あすか観測拠点でのオメガゾンデ高層気象観測において、「ゾンデ信号の受信状態が悪い」という報告 (阿部ら, 1994) があったため、日本でオメガゾンデの飛揚試験を行い動作に問題ないことを確認してから南極に持ち込んだ。ドームふじ観測拠点での各オペレーションが軌道に乗った冬明け後に、オメガゾンデ高層気象観測装置を昭和基地から輸送した。1995 年 11 月 6 日に観測装置を設置し、11 月 7 日よりドームふじ観測拠点において高層気象観測を開始した。1995 年 11 月より翌年 1 月までの期間に全部で 22 回飛揚した。観測状況を表 17 に示す。す

表 17 ドームふじ観測拠点における高層気象観測状況  
Table 17. Upper-air observations at Dome Fuji Station.

飛揚 No.	年月日	観測時間 (LST)	到達高度		飛揚 No.	年月日	観測時間 (LST)	到達高度	
			km	hPa				km	hPa
1	11. 7	1507-1517	6.4	408.4	12	11. 25	2030-2030	////	////
2	11. 8	0831-0925	19.6	47.4	13	11. 25	2108-2132	11.2	191.9
3	11. 13	0828-0839	6.5	402.4	14	12. 9	0830-0832	4.4	554.9
4	11. 13	1439-1445	6.3	418.6	15	12. 9	1430-1440	7.4	359.4
5	11. 13	2031-2038	6.8	385.6	16	12. 9	2030-2049	11.3	194.2
6	11. 14	0230-0237	6.6	397.3	17	12. 10	0231-0241	7.7	346.8
7	11. 21	1431-1431	////	////	18	12. 23	0830-0901	13.7	135.3
8	11. 21	1530-1533	4.9	509.7	19	12. 23	1431-1449	10.8	212.7
9	11. 25	0830-0836	6.1	435.5	20	12. 23	2033-2102	14.4	122.8
10	11. 25	1434-1435	4.6	547.7	21	12. 24	0230-0255	12.4	165.8
11	11. 25	1521-1525	5.3	494.4	22	1. 3	0231-0239	7.2	366.7

再観測 : 飛揚No. 8, 11, 14

資料欠如 : 飛揚No. 7 (飛揚直後の発信器周波数飛び) No. 12 (飛揚直後の受信機動作不良)

すべての観測においてオメガ地上局を1局も受信することができず、風データを取得できなかったが、22回中20観測分(うち正規観測19回)の風を除く気圧・気温・湿度データを取得できた。データの取得ができなかった2回については、飛揚直後に受信解析装置の停止や発信器の周波数飛びが起こり、ゾンデ信号が受信できなかった。ほとんどの観測で飛揚後しばらく

表 18 ドームふじ観測拠点における指定気圧面の高層気象観測値  
Table 18. Upper-air observation data at standard pressure levels at Dome Fuji Station.

年 月 日 時間(UT)	指定面 (hPa)	1995年 11月														12月				1996年 1月
		7 12	8 06	13 06	13 12	13 18	14 00	21 12	25 06	25 12	25 18	25 06	9 12	9 18	10 00	23 06	23 12	23 18	24 00	3 00
高 度 (m)	500	5066	5076	5079	5088	5093	5096	////	5188	5190	5193	////	5181	5184	5174	5198	5213	5219	5220	5091
	400		6580	6589		6596					6716		6712	6721	6709	6725	6743	6757	6755	6610
	300		8443								8568			8599		8601	8622	8642	8634	
	250		9550								9682			9730		9755	9767	9784	9785	
	200		10870								11003			11087		11181		11207	11209	
	150		12579													13052		13075		
	100		14989																	
	70		17144																	
	50		19262																	
気 温 (℃)	500	-43.2	-39.4	-38.1	-38.4	-38.7	-37.8	////	-36.6	-35.8	-34.7	////	-35.6	-33.6	-34.1	-34.7	-34.7	-34.1	-34.3	-35.9
	400		-46.4	-46.3		-47.5					-45.4		-42.4	-42.9	-43.2	-44.0	-43.2	-41.6	-42.7	-45.6
	300		-60.0								-60.2			-57.2		-56.6	-57.1	-56.6	-56.9	
	250		-68.3								-68.5			-65.2		-56.2	-57.9	-57.8	-57.2	
	200		-69.5								-70.1			-65.1		-53.1		-53.7	-53.0	
	150		-69.6													-49.4		-49.4		
	100		-69.3																	
	70		-62.4																	
	50		-54.7																	

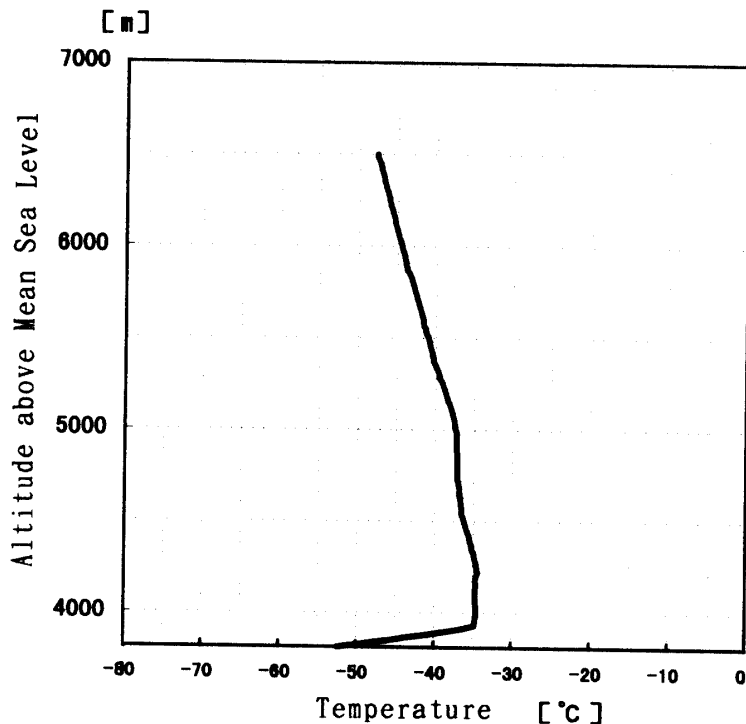


図 38 ドームふじ観測拠点において1995年11月14日(00 UTC)に観測した顕著な逆転層の例  
Fig. 38. An example of a strong inversion layer, observed at 00 UTC on 11 November 1995 at Dome Fuji Station.

くしてゾンデ信号の電波衰調により、受信解析装置での自動周波数追従ができなくなり、観測を打ち切らざるを得なかったため、観測高度は海面からの高さ 8 km 程度にとどまった。

### 3.2.3. 観測結果

表 18 に指定気圧面観測値を示す。風のデータはまったく取得できず、気温や湿度のデータも観測高度が低かったが、放射冷却による地表付近の逆転層の形成についてはある程度確認できた。20 回の観測中、1 例のみ逆転層がほぼ解消されていたが、接地逆転層を 14 例と地表付近からの逆転層を 5 例確認できた。ドームふじ観測拠点では、夏期においても下層に頻繁に逆転層が形成されているといえる。図 38 にその例を示す。逆転層は地上から高度 150–350 m 付近で温度差 8°C 程度が多かったが、最も顕著な例では地上から高度 166 m の間で温度差 17.8°C のものが形成されていた。

## 4. 移動中の観測

### 4.1. 内陸旅行中の気象観測

#### 4.1.1. 観測方法と測器

気圧・気温・風向・風速・視程・天気・雲の各項目について、内陸旅行中の気象観測を行った。携帯型の気象測器（携帯型アネロイド気圧計（高度計）・スリング式温度計・携帯型風速計・ベアリングコンパス（風向））により観測し、視程・天気・雲量・雲形は目視により観測した。観測時刻（LT）は、09・15・21 時を目安に行ったが、旅行隊の行動を優先して適宜実施した。

#### 4.1.2. 観測経過

##### (1) 夏期ドームふじ観測拠点旅行（1994 年 12 月–1995 年 2 月）

気圧計は測器のスケール外では使用せず、風速は 3 m/s 未満については 1 月 21 日までは静穏（calm）とし、以降は目視により求めた。

##### (2) みずほ基地旅行（1995 年 5 月）

風速は 3 m/s 未満については目視により求めた。

##### (3) 春期ドームふじ観測拠点旅行（1995 年 10 月–11 月）

測器のスケール外での気圧観測値については、昭和基地帰還後に行った気象棟の広域型振動式気圧計との比較観測により、補正して求めた。風速 3 m/s 未満については静穏（calm）とした。

##### (4) 夏期ドームふじ観測拠点旅行（1996 年 1 月）

気圧計は測器のスケール外では使用しなかった。

#### 4.1.3. 観測結果

それぞれの旅行中における 21 時の気象観測結果（気圧・気温・風速）を図 39–42 に示す。ただし、1996 年 1 月の夏期ドームふじ観測拠点旅行については、気圧を観測していない。

##### (1) 夏期ドームふじ観測拠点旅行（1994 年 12 月–1995 年 2 月）

10m/s を越す風速を往復それぞれ 2 日記録したほかは、おおむね穏やかな天候だった。

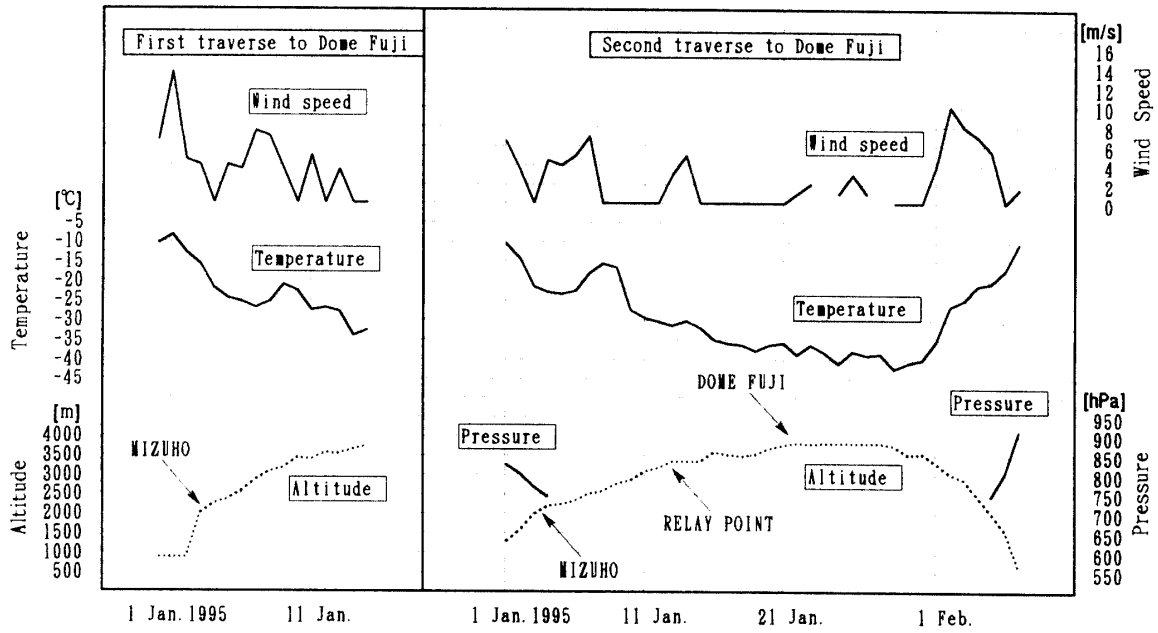


図 39 夏期のドームふじ観測拠点旅行 (1994 年 12 月-1995 年 2 月) 中の 21 時の気象観測データと標高。先発隊のデータを左側に、後発隊のデータを右側に示す。

Fig. 39. Surface meteorological data and altitude during the traverses to Dome Fuji Station from December 1994 to February 1995. Data of the first party are on the right and of the second party on the left.

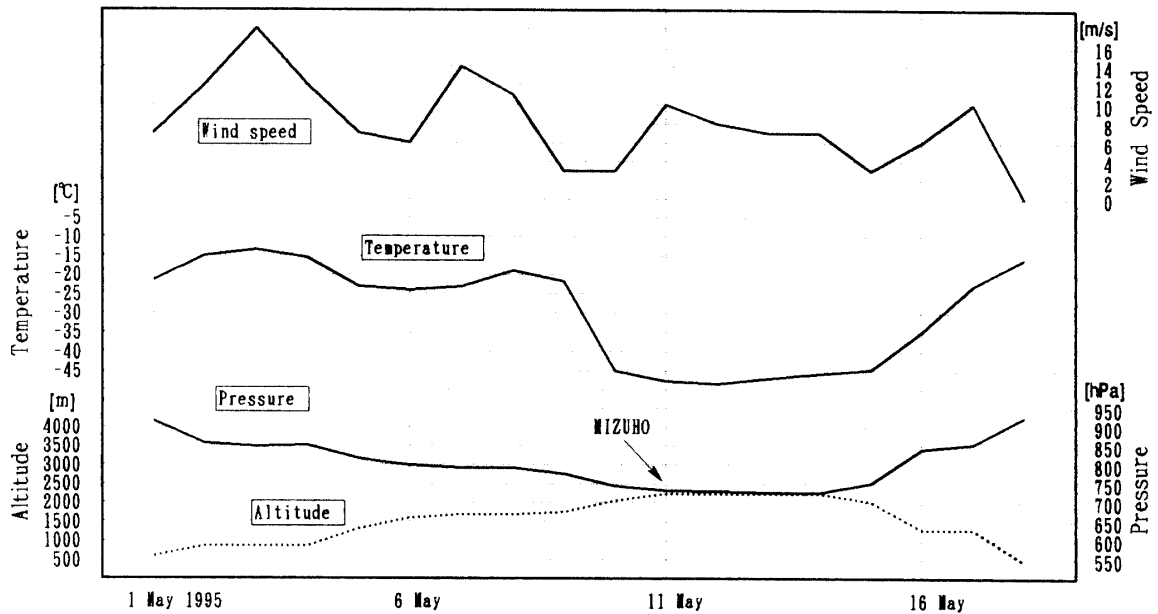


図 40 みずほ基地旅行 (1995 年 5 月) 中の 21 時の気象観測データと標高

Fig. 40. Surface meteorological data and altitude during the traverse to Mizuho Station in May 1995.

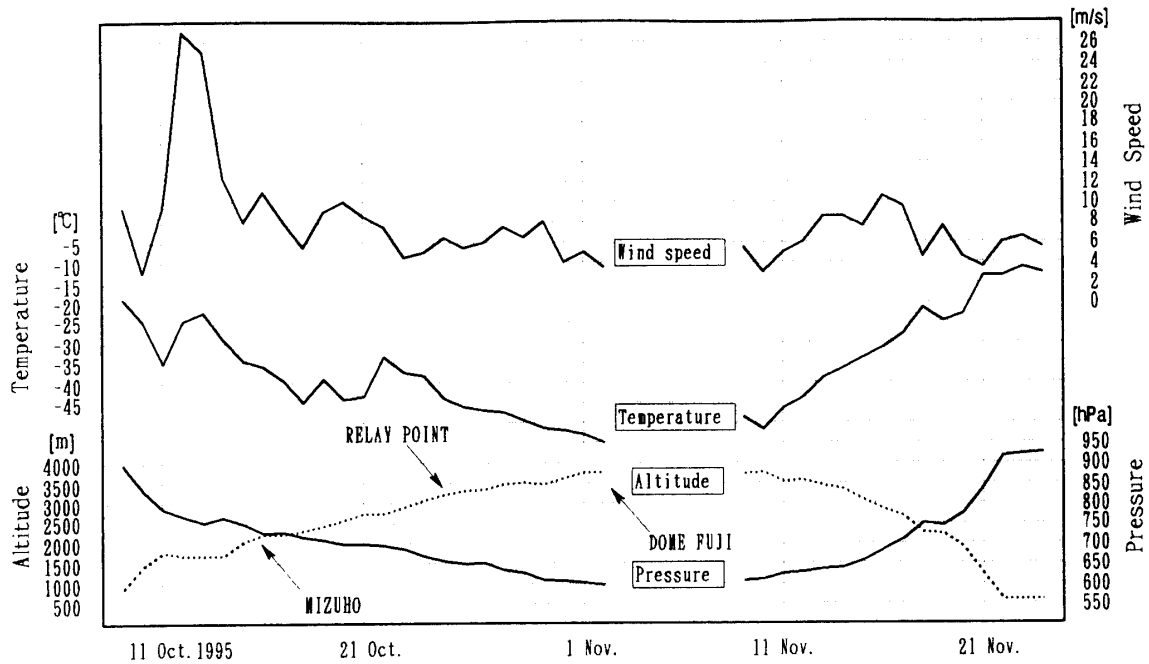


図 41 春期のドームふじ観測拠点旅行(1995年10月-11月)中の21時の気象観測データと標高  
 Fig. 41. Surface meteorological data and altitude during the traverse to Dome Fuji Station from October to November of 1995.

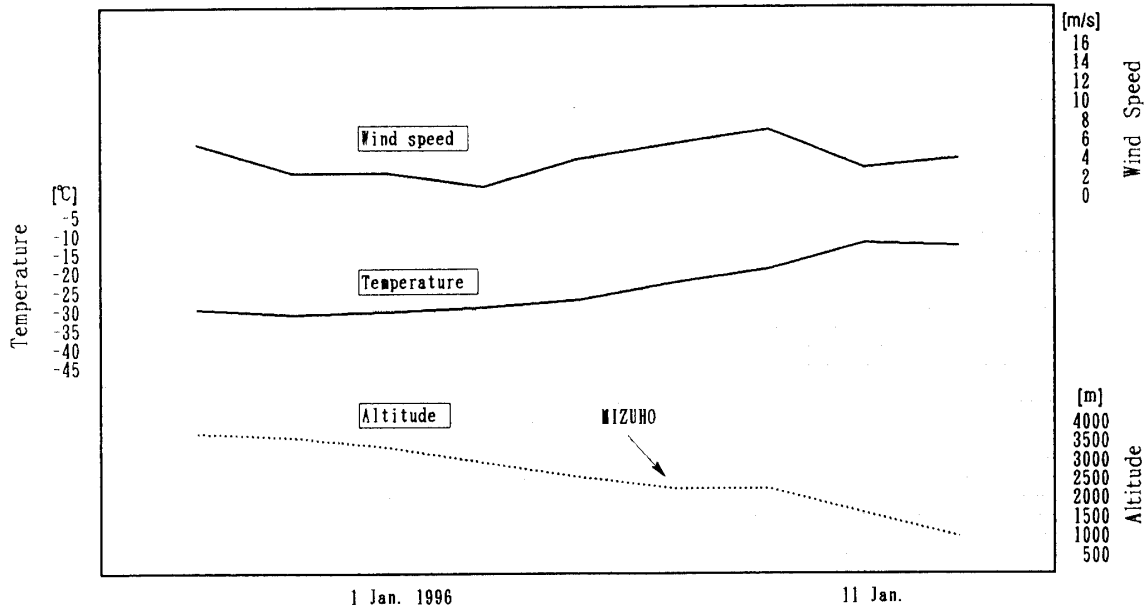


図 42 夏期のドームふじ観測拠点旅行(1996年1月)中の21時の気象観測データと標高  
 Fig. 42. Surface meteorological data and altitude during the traverse to Dome Fuji Station in January 1996.

(2) みずほ基地旅行(1995年5月)

前半は気温が高めで推移し、風は5月3日09時30分(H27地点)に風速21 m/sを記録するなど強い日が続いた。みずほ基地到達前の5月9日に風は収まり、気温が急激に低下した。

## (3) 春期ドームふじ観測拠点旅行 (1995年10月-11月)

昭和基地がA級ブリザードとなった頃、旅行隊もふぶきに見舞われ、10月13日09時(H280地点)に旅行中の最大風速28 m/sを記録した。

帰路の11月14日に中継拠点で、二重のかさ(日暈)を観測した。図43にその写真を示す。これは35 mm判カメラに焦点距離28 mmの広角レンズを付けて撮影したものである。地平線のすぐ上に見られる大きな輪は、通常よく見られる視半径22°のうちかさ(内暈)である。この輪の内側に視半径約9°の小さな輪が認められる。撮影時の気温は-35~-32°Cで、8-10 m/sの風が太陽のある方角へ吹き、高い地ふぶきとダイヤモンドダストが観測されていたが、この氷晶にピラミッド面を持つものが含まれていたと思われる。TAPE (1994)によれば、氷晶にはピラミッド面を持つものがあり頻度的には珍しくはないが、量的にはほとんどないものである。ピラミッド面氷晶により、珍しい視半径のかさやほかの珍しいアークが発現することがあるという。

## (4) 夏期ドームふじ観測拠点旅行 (1996年1月)

晴れの日が多く、風も数 m/s 程度と穏やかな天候だった。



図43 春期のドームふじ観測拠点旅行中に見られた二重のかさ(視半径は9°と22°)。1995年11月14日に28 mm広角レンズ(35 mm判一眼レフカメラ用)で撮影した。

Fig. 43. 9° and 22° halos seen on 14 November 1995 during the traverse from Dome Fuji Station to Syowa Station. Photographed on 14 November 1995 with a 28 mm wide angle lens on a 35 mm single-lens reflex camera.



## 4.2. 船上及び内陸の大気混濁度観測

### 4.2.1. 観測方法と測器・観測経過

携帯型サンフォトメータ (MS-120S) を使用し, 「しらせ」船上及び内陸において大気混濁度の観測を行った。また, 1994年11-12月の間に3回の連続観測を行い, 大気外定数を求めた。

### 4.2.2. 観測結果

図44に500 nmにおけるエアロゾルの光学的厚さの緯度分布を示す。1991年の観測ではピナトゥボ及びハドソン火山の噴火によると考えられるピークが北緯20度と南緯60度付近にある。1993年までは噴火前のレベルには至っていないものの, 光学的厚さは減少傾向を示していたが, 1994年の観測では, 赤道から南緯10度付近にかけてかなり高い値が観測された。この年はインドネシアで森林火災が報告されており, その影響が現れたものと思われる。南緯20度から南極大陸にかけては, 1994年の観測においても前年の値を下回っている。

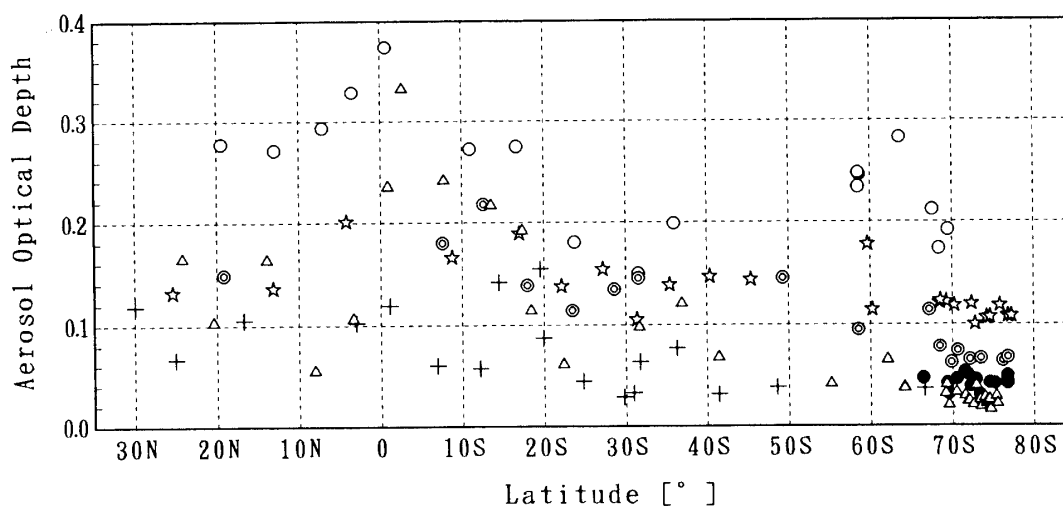


図44 500 nmにおけるエアロゾルの光学的厚さの緯度分布 (サンフォトメータによる)

Fig. 44. Latitude distribution of aerosol optical depth at 500 nm wavelength using a sunphotometer. “+”, “○”, “☆”, “◎” and “●” show data of 1979-1981, 1991, 1992, 1993 and 1994-1995 respectively.

## 謝 辞

第36次観測隊の気象定常観測を遂行するにあたり, 観測上の技術的援助・助言をいただいた召田成美観測隊長ほか第36次観測隊員の皆様, 南極観測事務室・オゾン層情報センター・高層気象台ほか気象庁の皆様, 並びに船上観測でご支援をいただいた「しらせ」乗員の方々に感謝します。

この報告をまとめるにあたり, 気象庁の高尾俊則南極観測事務室長, 第35次観測隊気象部門の方々にご指導をいただき, 厚くお礼申し上げます。

## 文 献

- 阿部豊雄・岩本美代喜・祐川淑孝・稲吉浩・青野正道 (1994): 第32次南極地域観測隊気象部門報告 1991. 南極資料, **38**, 268–321.
- 稲川謙・山本義勝・田口雄二・阿保敏広・居島修 (1997): 第35次南極地域観測隊気象部門報告 1994. 南極資料, **41**, 549–588.
- JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY (1996): Meteorological data at Syowa Station and Dome Fuji Station in 1995. *Antarct. Meteorol. Data*, **36**, 358 p.
- JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY (1997): Meteorological data at Syowa Station and Dome Fuji Station in 1996. *Antarct. Meteorol. Data*, **37**, 223 p.
- 気象庁 (1973): 高層気象観測指針. 270 p.
- 気象庁 (1990a): 地上気象観測統計指針. 124 p.
- 気象庁 (1990b): 国際気象通報式第8版. 497 p.
- 気象庁 (1991): オゾン観測指針オゾン全量反転観測編. 91 p.
- 気象庁 (1992): オゾン観測指針オゾンゾンデ観測編. 66 p.
- 気象庁 (1993a): 地上気象観測指針. 167 p.
- 気象庁 (1993b): 紫外域日射観測指針. 83 p.
- 気象庁 (1995): 高層気象観測指針. 128 p.
- 気象庁 (1996): オゾン層観測報告 1995. 45 p.
- 高層気象台観測第三課 (1996): ドブソンオゾン分光光度計の自動化システムの開発. 測候時報, **63**, 303–330.
- MURPHEY, B.B., HARE, T., HOGAN, A.W., LIESER, K., TOMAN, J. and WOODGATES, T. (1991): Vernal atmospheric mixing in the Antarctic. *J. Appl. Meteorol.*, **30**, 494–507.
- SHIBATA, S. and MORIMOTO, M. (1992): Results of ozonesonde observations at Syowa Station in 1990. *Proc. NIPR Symp. Polar Meteorol. Glaciol.*, **6**, 46–52.
- 塩原匡貴・浅野正二 (1992): シリコン製ドーム付赤外放射計のドーム効果の定量化と測定誤差について. 気象研究所研究報告, **43** (1), 17–31.
- 高尾俊則・小池仁治・鎌田吉博・杉田興正・櫻井敬三 (1996): 第34次南極地域観測隊気象部門報告 1993. 南極資料, **40**, 202–246.
- TAPE, W. (1994): Atmospheric Halos. *Antarct. Res. Ser.*, **64**, 143 p.
- 上野丈夫 (1993): 赤外放射計と全波長放射計の比較について. 高層気象台彙報, **53**, 47–53.
- YAGI, S., MITA, A. and INOUE, N. (1996): WMO international radiosonde comparison—phase IV—final report. *Instruments and Observing Methods Report*, No. 59, 130 p. (WMO/TD–No. 742).

(1998年12月28日受付; 1999年1月27日改訂稿受理)