

第 33 次南極地域観測隊気象部門報告 1992

松原和正*・小城良友*・岸 隆幸*・五十嵐寛*・東島圭志郎*

Meteorological Observations at Syowa Station in 1992
by the 33rd Japanese Antarctic Research ExpeditionKazumasa MATSUHARA*, Yoshitomo KOJO*, Takayuki KISHI*,
Hiroshi IGARASHI* and Keishiro HIGASHIJIMA*

Abstract: This paper describes the results of meteorological observations carried out by the Meteorological Observation Team of the 33rd Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-33) from 1 February 1992 to 31 January 1993 at Syowa Station.

The observations, instruments and statistics at Syowa Station were the same as those of the JARE-32 observation team.

The principal characteristics in the period of JARE-33 are as follows:

- 1) Blizzards were encountered twenty-eight times spanning sixty days, both of which are normal. However, two blizzards continued over one hundred hours.
- 2) In most of the period of the expedition, it was cloudy and windy. Annual mean wind speed was 7.1 m/s, mean vapor pressure was 2.4 hPa, and mean cloud amount was 7.5. All of these values were maximum records.
- 3) The Antarctic ozone hole was observed for four successive years. The lowest value of daily total ozone amount was 140 m atm-cm on 4 October and the lowest of monthly mean of that was 164 m atm-cm in October. Both were the lowest values in the historical record.

要旨: この報告は第 33 次南極地域観測隊気象部門が、1992 年 2 月 1 日から 1993 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、設備、結果の取扱い等は、第 32 次観測隊とほぼ同じである。

越冬期間中特記される気象現象としては、次のものがあげられる。

- 1) ブリザードの襲来は 28 回、日数では 60 日ではほぼ平年並みであったが、継続時間が 100 時間を越えるブリザードが 2 回あった。
- 2) 期間中、強風や曇天の日が多く、年平均の風速 (7.1 m/s)、蒸気圧 (2.4 hPa)、雲量 (7.5) は、それぞれ強い値、高い値、多い値で過去の記録値を更新した。
- 3) 4 年連続でオゾンホールを観測し、オゾン全量値の日別値では 10 月 4 日の 140 m atm-cm、月平均値では 10 月の 164 m atm-cm が共に過去最低を記録した。

1. はじめに

第 33 次南極地域観測越冬隊気象部門は、昭和基地では 1992 年 2 月 1 日に第 32 次観測隊より定常観測業務を引き継ぎ、1993 年 1 月 31 日までの 1 年間観測を行った。基地にお

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

ける地上・高層気象観測及び特殊ゾンデ観測の観測項目、方法及び観測結果の整理通報は、第 32 次観測隊とほぼ同じである（阿部ら，1994）。施設面では老朽化した高層観測用の自動追跡型方向探知機を JMA-D55B2 型からモノパルス方式の MOR22 型へ更新したほかは、変更はない。

昭和基地との往復路における「しらせ」船上と内陸旅行時に大気混濁度観測を行った。

得られたデータは Antarctic Meteorological Data, Vol. 33 (JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY, 1994) として印刷発表した。ここでは観測の経過と結果の概要を述べる。

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法（気象庁）及び世界気象機関（WMO）の技術基準に基づいて行

表 1 地上気象観測使用測器

Table 1. Instruments used in surface meteorological observations.

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	フォルタン型水銀指示気圧計により比較観測を毎日実施
気温	白金抵抗温度計	E-732	携帯用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	E-771-21 6131-2200	携帯用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	南極仕様	測風塔（10.1 m）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	A78511	極夜時期は撤去
日照時間	回転式日照計	回転式	測器構造上北側用・南側用の 2 台設置 03:00～21:00 は北側用，21:00～03:00 は南側用を使用

変換処理部

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

い、統計業務については、地上気象観測統計指針（気象庁）により行った。気圧、気温、露点温度、風向、風速、日照時間、全天日射量については総合自動気象観測装置（以下 AMOS-2 という）地上系により連続記録及び毎正時の記録を行った。表 1 に使用測器を示す。

目視観測のうち、雲、視程、天気については 1 日 8 回（00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UT）の観測を行った。また大気現象については随時観測を行った。

2.2. 観測経過

AMOS-2 地上系の各測器は、おおむね順調に作動した。

観測結果は国際気象通報式（FM12 SYNOP 地上実況気象通報式）により、気象衛星通報局装置（以下 DCP 装置という）にてヨーロッパの静止気象衛星メテオサットを経由し、ドイツのダルムシュタット地上局に通報した。

(1) 気圧

円筒振動式気圧計により観測し、フォルタン型水銀指示気圧計で毎日 06 UT に比較観測を行った。

(2) 気温、露点温度（湿度）

両測器とも百葉箱（強制通風式）内において通年観測した。比較観測はアスマン通風乾湿計により随時行った。湿度は気温と露点温度から AMOS-2 地上系による計算処理で求めた。

(3) 風向、風速

南極用風車型風向風速計（予備器を含め 2 台設置）を用い測風塔上で通年観測した。

(4) 日照時間、全天日射量

日照時間は旗台地に設置した回転式日照計で通年観測した。なお、03-21 時（LT）は北側用を、21-03 時（LT）は南側用を使用した。

全天日射量は前室屋上に設置した熱電堆式 A 型ネオ日射計で通年観測した。

2.3. 観測結果

表 2 に月別地上気象観測値を、表 3 に各月の極値、順位を更新した主な記録を、表 4 にブリザード統計（昭和基地独自の基準による）を、図 1 に気圧、気温、風速、雲量、日照時間の旬別経過を、図 2 に月間ブリザード日数を示す。

越冬期間中における気象の主な特徴として次のことがあげられる。

(1) 気温は 8 月まで高めに経過し、特に 5 月下旬～8 月上旬が高い値となった。5 月下旬、6 月中旬の平均気温は高い値の累年 1 位、7 月上旬、8 月上旬の平均気温は高い値の累年 3 位となった。9 月以降は平年並みか低く経過した。

表2 月別地上気象表
Table 2. Monthly summaries of surface observations.

		1992年												年平均 ☆年極値 ◇年合計	1993年 1月	
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月			
平均海面気圧	hPa	991.5	991.2	987.4	985.2	993.0	995.4	983.8	979.0	982.4	985.3	979.4	987.3	986.7	995.5	
平均気温	℃	0.0	-2.7	-5.5	-8.8	-12.2	-12.6	-16.1	-17.8	-20.9	-14.1	-6.4	-2.2	-9.9	0.4	
最高气温の極値	℃	8.2	3.3	0.6	-0.2	-0.3	-3.9	-4.9	-5.2	-7.7	-1.2	2.2	4.4	☆ 8.2	7.2	
同 起日		22	17	1	16	24	19	3	6	26	31	29	22	1/22	17	
最低气温の極値	℃	-6.2	-11.2	-18.0	-27.1	-25.7	-27.3	-26.8	-30.8	-33.1	-28.0	-16.5	-10.1	☆ -33.1	-6.6	
同 起日		26	7	15	20	8	4	31	22	15	4	13	1,13	9/15	27	
平均蒸気圧	hPa	4.1	3.5	3.0	2.8	2.1	1.7	1.4	1.3	0.9	1.5	2.9	3.6	2.4	4.2	
平均相対湿度	%	68	68	70	80	72	67	72	71	67	62	73	69	70	67	
平均雲量	1/10	7.5	7.0	7.5	8.4	7.5	6.9	8.3	8.0	6.8	7.0	7.7	6.9	7.5	5.7	
平均風速	m/s	4.1	8.3	8.9	9.9	9.7	7.3	6.6	8.0	5.3	5.1	7.0	5.0	7.1	5.1	
最大風速	10分間平均	m/s	20.5	30.5	25.8	35.7	36.8	25.1	29.7	36.4	25.8	20.4	34.5	20.1	☆ 36.8	20.8
	同 風向 起日		ENE 15	ENE 12	ENE 21	NE 16	ENE 23	NE 10	NE 24	NE 29	ENE 26	NE 6	ENE 20	NE 17	ENE 5/23	NE 1
	瞬間	m/s	25.5	40.3	32.9	42.6	47.4	32.0	36.0	47.0	30.8	25.4	43.6	25.3	☆ 47.4	25.5
	同 風向 起日		ENE 15	ENE 12	NE 21	NE 16	ENE 23	NE 11	NE 24	ENE 29	ENE 26	E 31	NE 20	NE 17	ENE 5/23	NE 1
合計日照時間	h	306.5	233.2	134.8	28.7	23.9	*)	-	22.3	118.2	244.5	281.3	334.4	◇1727.8	409.0	
日照率	%	43	47	34	11	21		-	10	35	51	44	45	39	59	
平均全天日射量	MJ/m ²	26.2	17.1	7.6	2.1	0.3	0.0	0.1	1.4	6.4	15.5	24.1	28.8	10.8	26.5	
暴風日数	10.0m/s～14.9m/s	7	5	11	6	3	12	9	9	5	12	10	9	◇ 98	12	
	15.0m/s～28.9m/s	3	12	14	13	13	11	9	8	10	5	8	5	◇ 111	6	
	29.0m/s以上	0	1	0	3	3	0	1	3	0	0	2	0	◇ 13	0	
	計	10	18	25	22	19	23	19	20	15	17	20	14	◇ 222	18	
天気日数	快晴(雲量<1.5)	1	2	2	1	2	4	0	0	4	1	2	4	◇ 23	4	
	曇り(雲量≥8.5)	16	14	18	18	18	14	18	19	12	11	19	16	◇ 193	11	
	雪	14	10	14	17	21	17	25	23	22	14	18	13	◇ 208	7	
	霧	2	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	◇ 6	1	
	ブリザード	0	4	4	7	8	7	6	11	6	3	4	0	◇ 60	0	

*) 5月30日から7月12日までは、計算上太陽は地平線上に現われない。

表3 主な記録 (1992年2月-1993年1月)

Table 3. Principal records in February 1992-January 1993.

	月別値		順位		月別値		順位
1992年 2月	平均現地気圧	988.6 hPa	3位 (高)	8月	平均現地気圧	976.3 hPa	3位 (低)
	平均蒸気圧	3.5 hPa	5位 (高)		最低海面気圧	941.2 hPa	2位 (低)
	平均風速	8.3 m/s	2位 (大)		最低気温	-30.8 °C	2位 (高)
	最大風速	30.5 m/s ENE	5位 (大)		平均蒸気圧	1.3 hPa	4位 (高)
	最大瞬間風速	40.3 m/s ENE	5位 (大)		平均雲量	8.0	4位 (多)
3月	平均風速	8.9 m/s	8位 (大)	9月	平均風速	8.0 m/s	3位 (大)
					最大風速	36.4 m/s NE	7位 (大)
4月					最大瞬間風速	47.0 m/s ENE	6位 (大)
					合計日照時間	22.3 h	1位 (少)
	平均気温	-8.8 °C	5位 (高)		最高気温平均	-17.4 °C	5位 (低)
	最高気温	-0.2 °C	3位 (高)		最大風速	25.8 m/s ENE	5位 (小)
	平均蒸気圧	2.8 hPa	1位 (高)		最大瞬間風速	30.8 m/s ENE	3位 (小)
	平均相対湿度	80 %	1位 (高)	10月	最高気温	-1.2 °C	2位 (高)
	平均雲量	8.4	4位 (多)		平均風速	5.1 m/s	9位 (小)
	平均風速	9.9 m/s	7位 (大)		最大風速	20.4 m/s NE	1位 (小)
	最大風速	35.7 m/s NE	2位 (大)		最大瞬間風速	25.4 m/s E	1位 (小)
5月	最大瞬間風速	42.6 m/s NE	5位 (大)	11月	平均現地気圧	976.8 hPa	3位 (低)
	合計日照時間	28.7 h	2位 (少)		平均海面気圧	979.4 hPa	4位 (低)
					平均蒸気圧	2.9 hPa	5位 (高)
					平均風速	7.0 m/s	8位 (大)
					最大風速	34.5 m/s ENE	4位 (大)
					最大瞬間風速	43.6 m/s NE	2位 (大)
				12月	最高気温平均	0.1 °C	3位 (低)
					平均雲量	6.9	3位 (多)
6月				1993年 1月	合計日照時間	334.4 h	2位 (少)
	平均現地気圧	990.3 hPa	4位 (高)		平均現地気圧	992.9 hPa	1位 (高)
	平均海面気圧	993.0 hPa	5位 (高)		平均海面気圧	995.5 hPa	2位 (高)
	最高気温	-0.3 °C	3位 (高)		平均気温	0.4 °C	4位 (高)
	平均蒸気圧	2.1 hPa	1位 (高)		最低気温平均	-2.4 °C	2位 (高)
	平均相対湿度	72 %	4位 (高)		平均風速	5.1 m/s	6位 (大)
	平均雲量	7.5	5位 (多)				
	平均風速	9.7 m/s	5位 (大)				
7月	最大風速	36.8 m/s ENE	4位 (大)				
	最大瞬間風速	47.4 m/s ENE	3位 (大)				
	平均現地気圧	992.7 hPa	2位 (高)				
	平均海面気圧	995.4 hPa	4位 (高)				
	平均気温	-12.6 °C	4位 (高)				
	最高気温平均	-9.6 °C	2位 (高)				
	平均蒸気圧	1.7 hPa	5位 (高)				
	最大風速	25.1 m/s NE	6位 (小)				
	最大瞬間風速	32.0 m/s NE	6位 (小)				
	最低気温	-26.8 °C	5位 (高)				
	平均相対湿度	72 %	5位 (高)				
	平均雲量	8.3	4位 (多)				
	最大風速	29.7 m/s NE	8位 (小)				
	最大瞬間風速	36.0 m/s NE	6位 (小)				

表4 ブリザード統計表 (1992年2月-1993年1月)
Table 4. Blizzard data in February 1992-January 1993.

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 起時	最大瞬間風速 m/s 風向 起時	最低海面気圧 hPa 起時
01	2 12 23 40	2 13 11 55	12 15	B	26.5 ENE 13日00:59	33.9 ENE 13日00:59	(964.4 12日05:30)
02	2 26 23 30	2 27 07 30	8 00	C	20.2 ENE 27日04:53	24.4 ENE 27日04:46	— —
03	3 21 06 20	3 23 06 30	43 42	B	25.8 ENE 21日18:14	32.9 NE 21日10:14	965.1 22日08:21 ^{*1}
04	3 31 05 10	3 31 23 40	18 30	B	21.7 NE 31日11:04	25.5 NE 31日11:03	— —
05	4 7 06 10	4 8 12 30	30 20	A	31.1 NE 7日18:23	36.9 NE 7日18:14	— — ^{*2}
06	4 8 21 30	4 10 15 40	36 50	A	31.3 E 9日17:50	40.1 ENE 9日20:44	(962.7 11日00:51)
07	4 15 12 20	4 17 03 30	39 10	A	35.7 NE 16日14:10	42.6 NE 16日14:10	— —
08	5 16 09 40	5 16 23 20	13 40	B	24.2 ENE 16日13:15	28.4 ENE 16日13:03	— —
09	5 22 08 00	5 27 03 30	115 30	A	36.8 ENE 23日15:27	47.4 ENE 23日17:43	— —
10	5 28 12 05	5 28 21 50	9 45	C	25.0 NE 28日17:52	31.1 NE 28日16:40	— —
11	6 5 11 40	6 6 11 40	24 00	B	23.0 NE 5日20:24	25.6 NE 5日22:23	— —
12	6 7 04 40	6 7 13 10	8 30	C	19.7 NE 7日07:32	(24.8 NE 7日22:26)	— —
13	6 10 17 20	6 12 02 20	33 00	B	25.1 NE 10日21:42	32.0 NE 11日12:58	— —
14	7 9 11 45	7 9 18 30	6 45	C	(19.9 ENE 9日09:14)	(24.1 ENE 9日09:12)	— —
15	7 15 10 20	7 16 22 40	36 20	B	23.4 E 16日14:34	26.2 E 16日14:28	960.3 16日19:07
16	7 23 03 20	7 23 16 55	13 35	C	24.2 NE 23日10:01	28.6 NE 23日09:56	— —
17	7 24 06 20	7 25 08 10	25 50	A	29.7 NE 24日17:06	36.0 NE 24日16:57	952.9 24日20:16
18	8 2 17 50	8 8 08 00	132 00	B	33.6 ENE 7日07:43	42.4 ENE 7日10:20	964.7 7日11:09 ^{*3}
19	8 10 15 10	8 11 00 30	9 20	C	(17.6 NE 10日12:23)	21.0 NNE 10日20:56	— —
20	8 28 23 05	8 29 21 30	22 25	A	36.4 NE 29日06:36	47.0 ENE 29日03:02	941.2 29日04:18
21	9 10 16 20	9 11 07 15	14 55	C	23.1 NE 10日22:18	28.0 NE 10日20:43	— —
22	9 18 19 20	9 19 08 40	13 20	C	22.9 NE 19日03:27	25.5 NE 19日05:00	— —
23	9 25 19 10	9 26 06 10	11 00	C	25.8 ENE 26日05:28	30.8 ENE 26日05:19	957.8 26日05:19
24	10 6 08 05	10 6 17 55	9 50	C	20.4 NE 6日13:13	25.3 NE 6日13:09	— —
25	10 21 14 20	10 22 03 20	13 00	C	17.8 NE 21日17:48	22.4 NE 21日17:39	— —
26	11 9 17 30	11 10 01 10	7 40	C	15.6 NE 9日20:05	20.8 NE 9日21:17	968.3 9日17:43
27	11 19 20 10	11 20 18 30	22 20	A	34.5 ENE 20日01:22	43.6 NE 20日01:49	961.5 20日04:34
28	11 21 16 00	11 22 03 30	11 30	C	19.2 NE 21日19:14	23.6 NE 21日19:13	— —

* 階級 A : 視程 100m未満、平均風速25m/s以上、継続時間 6時間以上
 B : 視程1000m未満、平均風速15m/s以上、継続時間12時間以上
 C : 視程1000m未満、平均風速10m/s以上、継続時間 6時間以上

* 括弧は開始前あるいは終了後を示す。

* 最低海面気圧は970hPa以下となった場合のみ示す。

*¹ No. 03 中断 3月22日 07:20~10:48, 17:20~18:20

*² No. 06 中断 4月 9日 09:30~14:50

*³ No. 18 中断 8月 7日 02:20~04:30

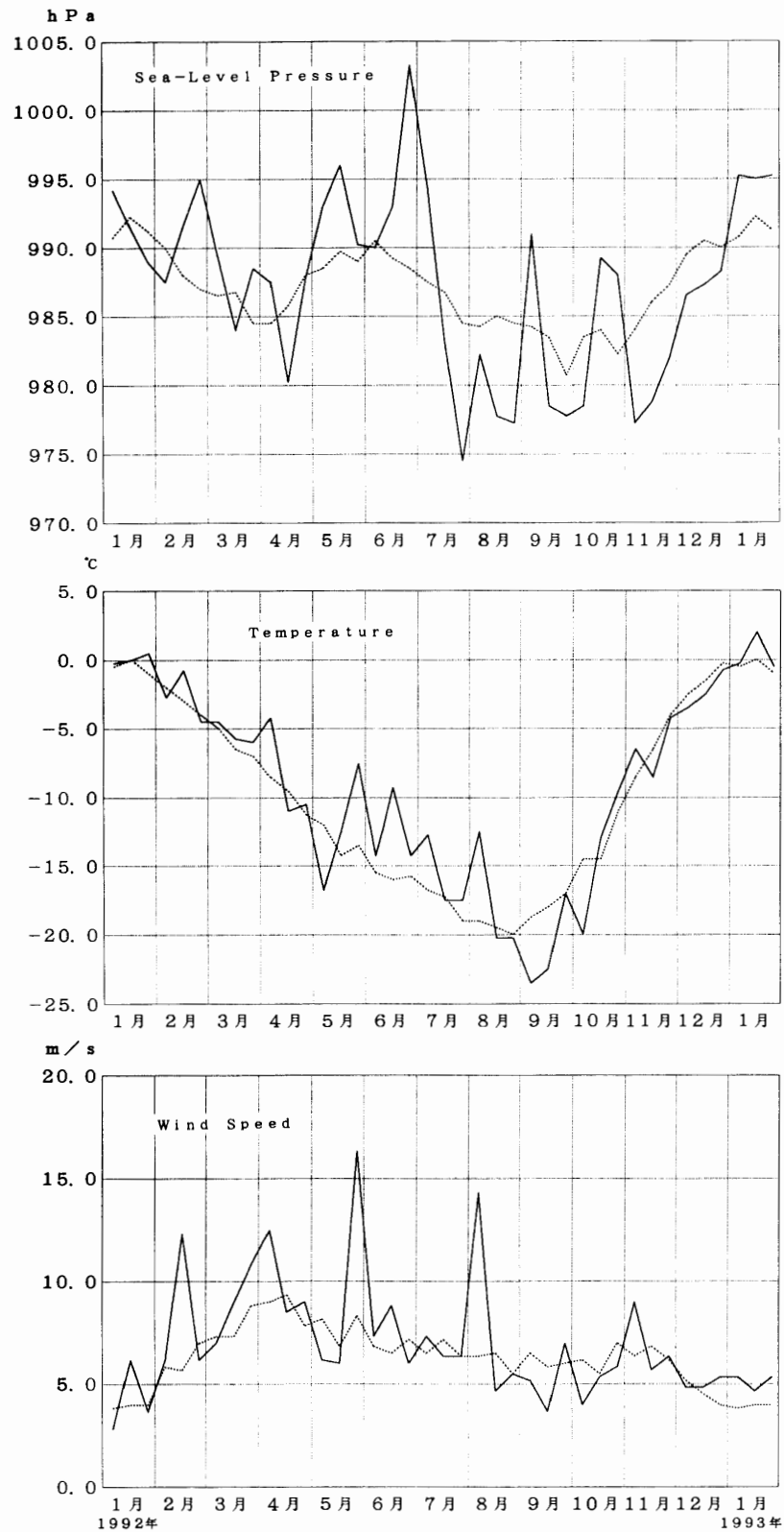


図1 旬別変化図 (1992年1月-1993年1月, 破線は1961-1990年の累年平均値を示す)
 Fig. 1. Annual variation of ten-day mean values in January 1992-January 1993.
 Broken lines show normal values in 1961-1990.

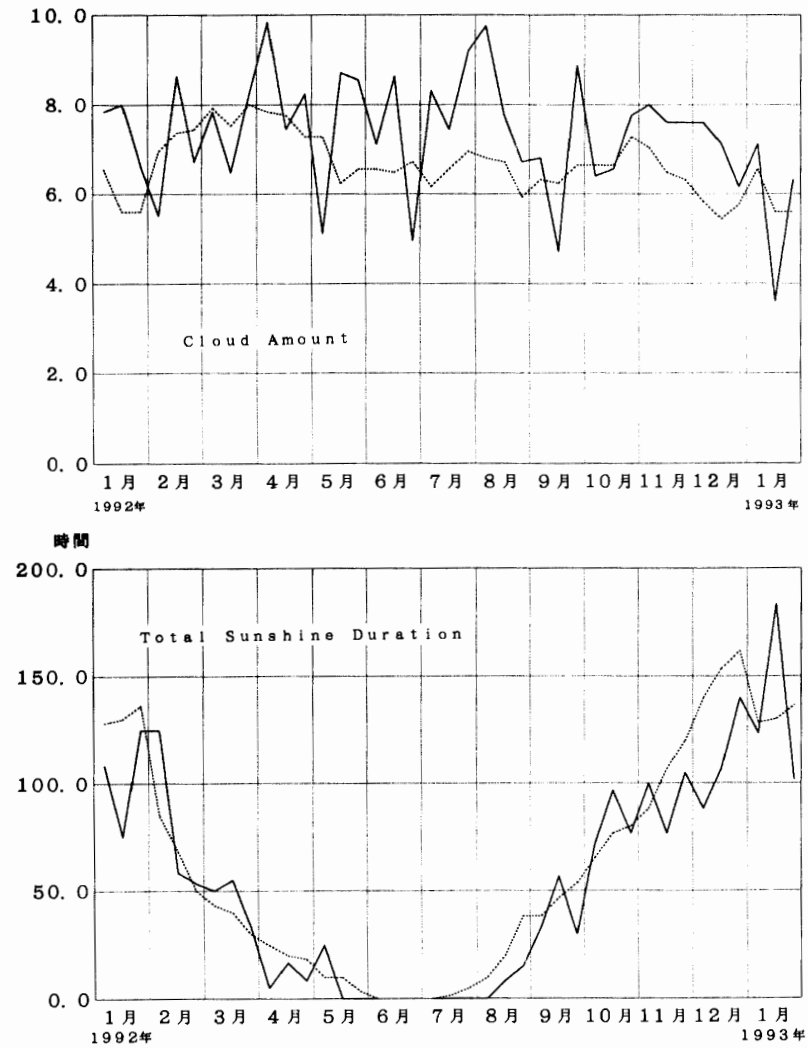


図 1 つづき
Fig. 1. (Continued)

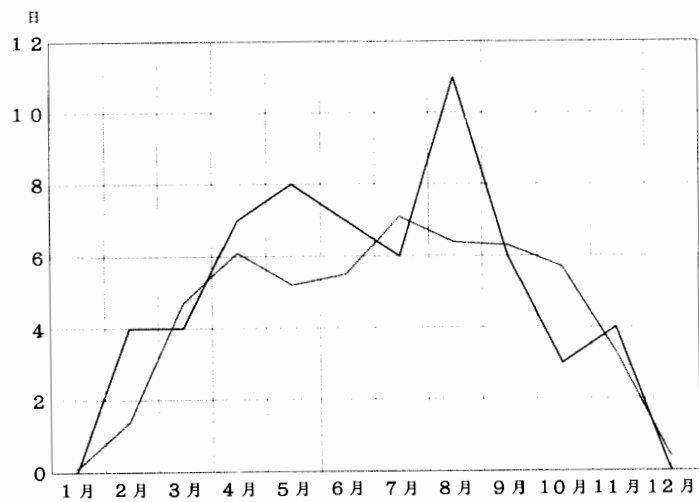


図 2 ブリザード日数 (1992 年 1 月-1992 年 12 月, 破線は 1957-1991 年の平均値を示す)
Fig. 2. Number of days of heavy snowstorms (blizzards) in January-December 1992
(broken lines show normal values in 1957-1991).

(2) 9月, 10月を除き, 風速は強めに経過した。2月中旬, 5月下旬, 8月上旬の平均風速は大きい値の累年1位, 年平均風速は7.1 m/sで大きい値の1位となった。10月の最大風速, 最大瞬間風速は小さい値の1位となった。

(3) 期間中, 曇りや雪の日が多かった。4, 5月の平均蒸気圧は高い値の1位, 年平均値でも, 蒸気圧と雲量がそれぞれ高い値, 多い値の累年1位となった。雲量8.5以上の年間日数は平年値を大きく上回る値となった。年間雪日数も平年より多く, 月別では12, 1月の夏の期間に平年を上回った。年間日照率は39%と低く, 月間日照率は2, 3, 5, 10月を除いて低めに経過した。特に5月8日~8月10日の長期間にわたり日照が無かった(5月30日~7月12日までは計算上太陽は地平線上に現れない)。

(4) ブリザードはA級7回, B級8回, C級13回の計28回, ブリザード日数は60日で, 回数, 日数とも平年並みであった。なお, 5月22日から27日にかけての115時間30分(A級), 8月2日から8日にかけての132時間(B級)と, その継続時間が100時間を超えるブリザードを2回記録した。月別では2, 5, 8月が多く, 10月は少な目に経過した。

以下に月ごとの概況を示す。

2月

上旬: 大陸から張り出した高気圧に覆われ, 8日前半まで晴天となったが, 後半には低気圧が昭和基地に接近し風が強くなり, 10日後半から吹雪となった。中旬: 低気圧が昭和基地付近に停滞し13日まで風が強く, 12日後半から13日前半にかけては, B級ブリザードとなった(12日, 日平均風速24.0 m/sを記録)。その後も, 昭和基地の北を小低気圧が次々と通過し, 雲の多い天気となった。下旬: 21日後半から23日までは, 大陸から張り出した高気圧に覆われ, 晴天となった。24日は小低気圧の通過で一時雪となった。26日から27日にかけては, 前線の通過でC級ブリザードとなった。通過後は, 高気圧の縁辺でやや雲が多く風の強い天気となった。

3月

上旬: 低気圧が通過した4日後半から5日にかけて雪となった。10日は低気圧の接近で吹雪となったが, その他の日は, 晴れまたは曇りの天気で経過した。中旬: 11日から12日は低気圧の通過で吹雪となった。通過後は, 大陸から張り出した高気圧に覆われ16日前半までは晴天となった。16日後半から17日は弱い気圧の谷が通過し一時雪が降った。その後は, 高気圧の縁辺で雲の多い天気となった。下旬: 旬前半と後半に低気圧が通過し, 21日から23日にかけてと, 30日から31日にかけてはB級ブリザードとなった。旬半ばは, 弱い気圧の峰に入り晴れまたは曇りの天気となった。

4月

上旬: 前半は, 低気圧が次々と昭和基地の北を通過し, 前線の一部が掛かり雲が多く一

時雪も降った。後半は、発達した低気圧が連続して通過し、7日から8日前半にかけてと8日後半から10日にかけては、共にA級ブリザードとなった。中旬：前半は、弱い気圧の谷の中に入り雲の多い天気で経過した。15日後半から17日前半にかけては、発達した低気圧の接近と高気圧の張り出しにより、気圧傾度が大きくなり、最大風速35.7 m/sを記録するA級ブリザードとなった。低気圧通過後は、高気圧に覆われ晴天となった。下旬：21日から23日にかけては、低気圧の接近で吹雪となった。低気圧通過後は、高気圧の縁辺で、やや雲が多くなったが晴れの天気となった。

5月

上旬：4日後半から5日にかけてと、9日は低気圧の接近で吹雪となった。その他の日は、大陸から張り出した高気圧に覆われ、晴天となった。このため、旬平均気温は -16.8°C まで下がった。中旬：天気は、降雪を伴った曇天と晴天が2、3日周期で訪れた。16日には、発達した低気圧の通過でB級ブリザードとなった。下旬：発達した低気圧が接近し、22日からブリザードとなった。この低気圧は、東経60度付近にある高压帯にブロックされ、昭和基地付近に停滞した。このため、高压帯が弱まった27日までA級ブリザードが続き、23日から25日までの3日間は日平均風速が25 m/s以上となった。また、気温も高く24日と25日の平均気温は -2°C 以上になった。27日以降も、気圧の傾きが大きいので風が強く、28日には再びC級ブリザードとなり、旬平均風速は16.3 m/sとなった。

6月

上旬：1日は前線が掛かり雪が降った。5日から6日にかけてと7日には、低気圧が昭和基地に接近し、5日から6日はB級ブリザード、7日はC級ブリザードとなった。その他の日は、大陸から張り出した高気圧に覆われ晴天となった。中旬：10日後半から11日にかけて、低気圧が通過しB級ブリザードとなった。低気圧通過後は、17日前半まで高気圧の縁辺で雲が多く一時雪も降った。17日後半から19日前半にかけては、大陸から張り出した高気圧に覆われ晴天となった。20日は低気圧の接近で一時吹雪となった。下旬：25日後半は前線の影響で雪が降った。その他の日は、大陸から張り出した高気圧に覆われ晴天となった。しかし、28日以降は張り出しも弱まり、やや雲の多い天気となった。

7月

上旬：2日までは大陸から張り出した高気圧に覆われ晴れの良い天気となった。その後7日までは高気圧の勢力も弱まり、雲が多くなり一時雪が降った。8日からは低気圧の接近で雪が降り、9日はC級ブリザードとなった。中旬：11日と19日から20日にかけては、大陸から張り出した高気圧に覆われ晴天となった。その他の日は、低压帯に入り雪や曇りの日が多く、低気圧が通過した15日から16日にかけてはB級ブリザードになった。下旬：低気圧や前線の影響で雪の日が多く、低気圧が通過した23日はC級ブリザード、

24日から25日にかけてはA級ブリザードとなった。

8月

上旬：2日から7日にかけて低気圧がゆっくり通過し、2日から8日までB級ブリザードとなった。通過後は、一時天気は回復したが、10日には再び低気圧が通過し11日初めまでC級ブリザードとなった。このため、風が期間中強く旬の強風記録を更新した。中旬：低圧帯に入り（旬平均海面気圧が低い記録の3位となった）、その中を2、3日周期で低気圧が通過した。しかし、天気の崩れは一時的で、おおむね晴れまたは曇りの日が多かった。下旬：24日までは大陸から張り出した高気圧に覆われ、晴れの穏やかな天気となり、22日には越冬開始以来初めて -30°C 以下（ -30.8°C ）を記録した。25日からは低気圧の接近により、曇りや吹雪となった。特に、発達した低気圧が通過した28日夜から29日にかけてはA級ブリザードとなった。

9月

上旬：4日後半から5日にかけてと、10日後半から11日にかけて低気圧が接近したため、吹雪となった。10日後半から11日にかけてはC級ブリザードとなった。その他の日は、高気圧の縁辺で雲が多く一時雪も降ったが、高気圧の張り出しが強まった3日と9日は晴天となった。中旬：14日前半までは、昭和基地の北海上を低気圧が次々と通過し、曇りや雪となった。その後、15日から18日前半にかけては、大陸の高気圧の張り出しが強まり、晴天となった。18日後半から19日にかけては、低気圧の接近でC級ブリザードとなった。20日には、再び高気圧の張り出しが強まり天気が回復した。下旬：23日前半まで、高気圧に覆われ晴天となった。しかし、24日からは低圧部に入り、曇りや雪の日が多く、低気圧が通過した25日から26日にかけては、C級ブリザードとなった。

10月

上旬：低気圧が、1日から2日にかけてと5日から7日前半にかけ接近し、雪や吹雪となり、6日はC級ブリザードとなった。その他の日は、高気圧に覆われ晴天となった。中旬：弱い気圧の谷が通過した18日から19日にかけて一時雪が降ったが、その他の日は、高圧帯に覆われ、おおむね晴れの良い天気となった。下旬：低気圧が接近した21日から22日にかけては、C級ブリザードとなり、26日は低気圧の接近で一時雪が降った。低気圧が抜けた後は、高気圧の縁辺で雲が多いものの、おおむね晴れの良い天気となった。

11月

上旬：旬後半に低気圧が接近し、9日から10日にかけてC級ブリザードとなった。その他の日は、高気圧の縁辺で上層雲が広がったが、晴れの良い天気であった。ただし、全般に風がやや強かった。中旬：旬後半に発達した低気圧がゆっくり通過し、19日から20日にかけてA級ブリザードとなった。また、低気圧が接近した13日と15日から16日にかけては一時雪となった。その他の日は、高気圧に覆われ、風も弱く晴天となった。下旬：

中旬に引き続き、低気圧の通過により 21 日後半から 22 日にかけて C 級ブリザードとなった。24 日と 27 日は、低気圧が接近し一時雪となった。その他の日は、高気圧に覆われ晴天となった。特に、28 日から 30 日は、日最高気温もプラスとなり穏やかな天気であった。

12 月

上旬：1 日から 2 日前半までは高気圧に覆われ晴れの良い天気であったが、2 日後半から 7 日にかけて、低気圧が南緯 60 度に沿ってゆっくり東進したため、雲が多く時々雪が降った。低気圧が通過した後も、大陸からの高気圧の張り出しが弱く、曇りや雪の日が多かった。中旬：14 日から 18 日にかけて低気圧が接近し、雲が多く一時吹雪となった。しかし、その他の日は、高気圧に覆われ晴天となった。下旬：前半は、引き続き高気圧に覆われ晴天となった。後半は、低気圧がゆっくり東進し雲が多い天気となった。

1 月

上旬：1 日から 3 日までは、低気圧の接近で吹雪や曇りとなった。その後は、高気圧に覆われ晴天になったが、7 日から 8 日は、高気圧の張り出しが弱まり一時雪が降った。中旬：引き続き高気圧に覆われ晴天となった。下旬：23 日までは、引き続き高気圧に覆われ晴天となった。24 日と 26 日は、低気圧が足早に通過し雪となったが、通過後は、再び高気圧に覆われ晴天となった。28 日からは、低気圧が次々と通過し雪や曇りの日が続いた。

3. 高層気象観測

3.1. 観測方法と測器

気象庁高層気象観測指針に基づき、毎日 00 UT と 12 UT の 2 回、レーウィンゾンデをヘリウムガスの充填した自由気球につり下げて飛揚し、気球が破裂する上空約 30 km までの気圧、気温、風向、風速、及び気温が -40°C になる高度までの相対湿度の観測を行った。

ゾンデ信号の受信と測角には、第 33 次隊で新たに持ち込んだ自動追跡型方向探知機（モノパルス方式の MOR22 型）を用い、受信したデータの計算処理・作表及び気象電報の作成等は、AMOS-2 高層系により行なった。電報の通報には DCP 装置を用い、気象報（TEMP 報）の着信率を向上するため、2 回繰り返し送信とした。

使用した観測測器と地上施設の詳細を表 5 に示す。今次隊より使用した方向探知機（MOR22）の従来型（D55B2）との違いは、主にその追跡方法で、従来は、空中線部がモーターによるコニカルスキャン方式で受信電力の交流成分をゼロにするように追跡していたものが、マルチアンテナにより左右方向と上下方向の位相差をゼロにするように追跡する方式となり、上層風を算出するための測角精度の向上が図られている。さらに、回転軸

表5 高層気象観測器及び地上施設

Table 5. Sensors and instruments for aerological observations.

(a)高層気象観測器材

(b)地上施設 (AMOS-2高層系)

レー ウ ィ ン ゾ ン デ	RS2-80型レーウィンゾンデ		
	セ	気圧	スミスパン製 60mmφ 抵抗板式空こう気圧計
		気温	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)
	サ	湿度	カーボンタイプ湿度計

中央処理装置	MELCOM70 30C II
固定ディスク装置	M6890
フレキシブル・ディスク装置	M2896
シリアル入出力機構	B6404
ディスプレイ	M4381-1N
プリンター	M4607-1B
標準時刻・信号変換装置	

電池

B80RS型注水電池

気球

600g気球
※浮力は2200gを標準
とし、強風・降雪等状況に
より増量した。

その他

強風時

66型運動式巻下器
気象観測用巻下器

暗夜時

PA72型追跡補助電灯

(c)地上施設 (ゾンデ追跡装置)

MOR22型 モノパルス方式自動追跡型方向探知機

表6 高層気象観測状況

Table 6. Number of observations and attained height of aerological observation.

年 月		1992											1993	合計
項 目		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	(平均)
飛 揚 回 数		65	65	65	67	62	65	67	64	62	61	62	65	770
定時観測回数		58	62	60	62	60	62	62	60	62	60	62	62	732
欠 測 回 数		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
資料欠如回数		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
再観測回数		7	3	5	4	2	3	5	4	0	1	0	3	37
到達 高 度	平均 hPa	16.8	13.8	14.6	16.1	14.2	12.2	13.7	14.0	14.3	12.8	14.1	14.1	(27.4)
	平均 km	27.9	28.5	27.3	26.1	26.4	26.7	25.7	26.0	26.9	28.9	29.1	29.3	
	最高 hPa	12.1	8.2	7.1	7.9	7.3	9.0	6.6	10.1	8.2	9.8	10.3	9.4	
	最高 km	30.3	31.8	32.7	29.6	30.2	29.4	30.0	28.3	30.9	30.8	31.4	32.2	

<資料欠如理由> 5/23 12 UT 強風のため

の回線接続のためのスリップリングが密閉型となるなど、装置の機能維持のための保守作業が軽減された。

3.2. 観測経過

観測状況を表 6 に示す。第 33 次隊として 1992 年 2 月 1 日 00 UT より 1993 年 1 月 31

表 7 月別指定気圧面観測表 (00 UT)

Table 7. Monthly summaries of aerological data at standard pressure levels.

年月	指定面	1992											1993	平均
項目	(hPa)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1'	
高度 (m)	850	1200	1164	1142	1192	1200	1103	1052	1067	1117	1091	1171	1246	1145
	700	2675	2635	2601	2645	2646	2536	2471	2476	2548	2543	2642	2734	2596
	500	5116	5074	5013	5062	5044	4917	4825	4824	4926	4934	5088	5203	5002
	300	8544	8489	8389	8454	8404	8234	8097	8109	8255	8290	8511	8657	8369
	200	11210	11105	10959	10974	10878	10681	10518	10533	10704	10808	11068	11253	10891
	150	13132	12988	12795	12764	12619	12393	12197	12210	12400	12573	12912	13132	12676
	100	15839	15634	15361	15267	15051	14769	14528	14542	14757	15058	15559	15814	15182
	50	20482	20137	19679	19464	19129	18747	18438	18497	18819	19471	20242	20484	19466
	30	23927	23456	22859	22504	22091	21650	21289	21445	21942	22899	23773	23990	22652
気温 (°C)	850	-9.6	-10.5	-12.6	-14.5	-15.8	-18.7	-20.4	-23.0	-18.2	-12.9	-10.1	-7.2	-14.5
	700	-18.0	-18.6	-20.7	-20.7	-22.2	-24.5	-27.0	-28.2	-24.8	-22.5	-18.3	-15.6	-21.8
	500	-32.4	-33.0	-36.0	-34.9	-37.2	-39.2	-42.5	-42.1	-39.0	-37.9	-32.0	-29.8	-36.3
	300	-52.5	-55.1	-56.5	-57.3	-59.1	-62.3	-64.4	-63.8	-61.2	-58.4	-55.6	-53.8	-58.3
	200	-45.1	-49.9	-55.0	-61.1	-66.7	-69.3	-72.1	-72.6	-70.4	-62.9	-55.6	-51.3	-61.0
	150	-44.8	-49.6	-55.5	-60.8	-66.7	-70.8	-75.0	-75.1	-73.3	-64.2	-52.7	-49.0	-61.5
	100	-44.9	-50.5	-58.3	-64.1	-69.9	-74.7	-78.4	-77.8	-75.5	-62.4	-46.7	-45.4	-62.4
	50	-43.7	-51.4	-61.5	-68.7	-74.3	-79.0	-81.9	-77.5	-69.3	-48.5	-38.8	-40.8	-61.3
	30	-41.9	-50.6	-61.9	-70.7	-75.6	-79.0	-82.2	-73.8	-58.2	-39.4	-35.2	-37.0	-58.8
風速 (m/s)	850	9.8	8.9	10.8	10.7	10.1	11.4	12.6	9.9	7.1	9.1	7.8	7.9	9.7
	700	7.1	8.2	9.3	10.1	9.1	7.7	10.2	8.1	8.4	7.5	6.4	7.1	8.3
	500	7.6	9.6	14.2	13.7	13.7	9.1	10.3	10.8	11.7	8.9	8.2	8.3	10.5
	300	12.7	16.7	21.7	20.0	20.4	13.7	14.2	14.7	16.6	10.4	13.5	11.9	15.5
	200	7.4	15.0	18.1	16.1	14.7	12.0	12.8	14.9	14.2	10.9	7.7	6.4	12.5
	150	6.5	14.3	17.4	16.2	12.9	13.7	14.7	16.1	14.1	11.8	7.2	5.2	12.5
	100	5.7	14.7	18.6	18.8	18.7	18.8	18.8	19.2	16.1	17.0	7.7	4.8	14.9
	50	5.0	14.4	22.1	25.9	32.8	31.6	28.6	28.4	20.5	25.3	7.5	5.1	20.6
	30	3.5	14.4	26.1	32.7	43.8	43.4	36.7	34.6	23.5	26.9	7.3	6.5	25.0

日 12 UT までの観測を行った。この間、ブリザードによる強風で飛揚が困難なため資料欠如が1回、強風により地物に衝突したり、飛揚はしたが資料が得られず再観測した回数は37回であった。

地上施設は、方向探知機、AMOS-2 高層系とも、1年を通じて大きな故障もなく良好に作動した。

観測器材は放球前に現地点検を行うが、空ごう気圧計を除いてほとんど不良はなかった。空ごう気圧計の不良は、接点不良や気圧計の現地点検時における器差大が多かった。接点不良については、接点の清掃により機能回復したもののみ使用し、器差大のものについては、再点検を繰り返し、指示値が安定して再現性のあるものを使用した。上空の気温が低くなる冬期の、気球破裂高度低下を防止する気球表面の油処理（通称油漬け）は、5月13日00 UT から10月15日00 UT まで、室内暖房用の灯油、または Jet-A1（航空燃料）を用いて行い、十分な効果が得られた。

3.3. 観測結果

1992年2月から1993年1月までの高度、気温、風速の月平均指定気圧面データを表7に示す。また、図3に気温と高層風の東西成分、南北成分について、1992年2月から1993年1月までの月平均値による年変化と、平年値（1968年から1991年までの累年平均）による年変化、およびそれらの差を示す。

気温の平年値をみると、300 hPa より下層の対流圏では年間を通して余り変化がなく、それより上層の成層圏では2月から6月にかけて気温が下降し7月で最低、その後、8月から10月にかけて気温が上昇する特徴的な変化をする。今越冬期間の平年値からの差を見ると、対流圏では2月から6月までは、下部で平年値を上回り、上部では低温傾向、7、8月は全般的に高温傾向、9月以降は全般的に低温傾向がみられる。一方、成層圏の気温は2月から4月までの上層と、5月から8月までの全層が高温となっている以外では、全般的に低温になっている。特に、6、7月の成層圏での気温が3°C 以上高くなっていることと、成層圏で気温が上昇する時期の10月から11月にかけて、平年値より6°C 以上も低くなっていることが1992年の上層気温の特徴といえる。

風の東西成分の平年値をみると、12、1月の対流圏の下層と成層圏で東風の他は、ほとんど西風となっている。平年値からの差をみると、対流圏では6月と11月で平年値より西風成分が弱く、成層圏ではほぼ全域にわたり、平年値より西風成分が強い傾向にあるが、8月から10月にかけては西風成分が弱くなっている。成層圏極夜ジェットは、例年では9月頃最大となるが、1992年では7月の成層圏上部で最大となっている。

風の南北成分の平年値は、ほぼ全域で北風となっている。今越冬期間と平年値との差をみると、6月に平年値より北風成分が強くなっている。6、7月は成層圏の気温が平年値よ

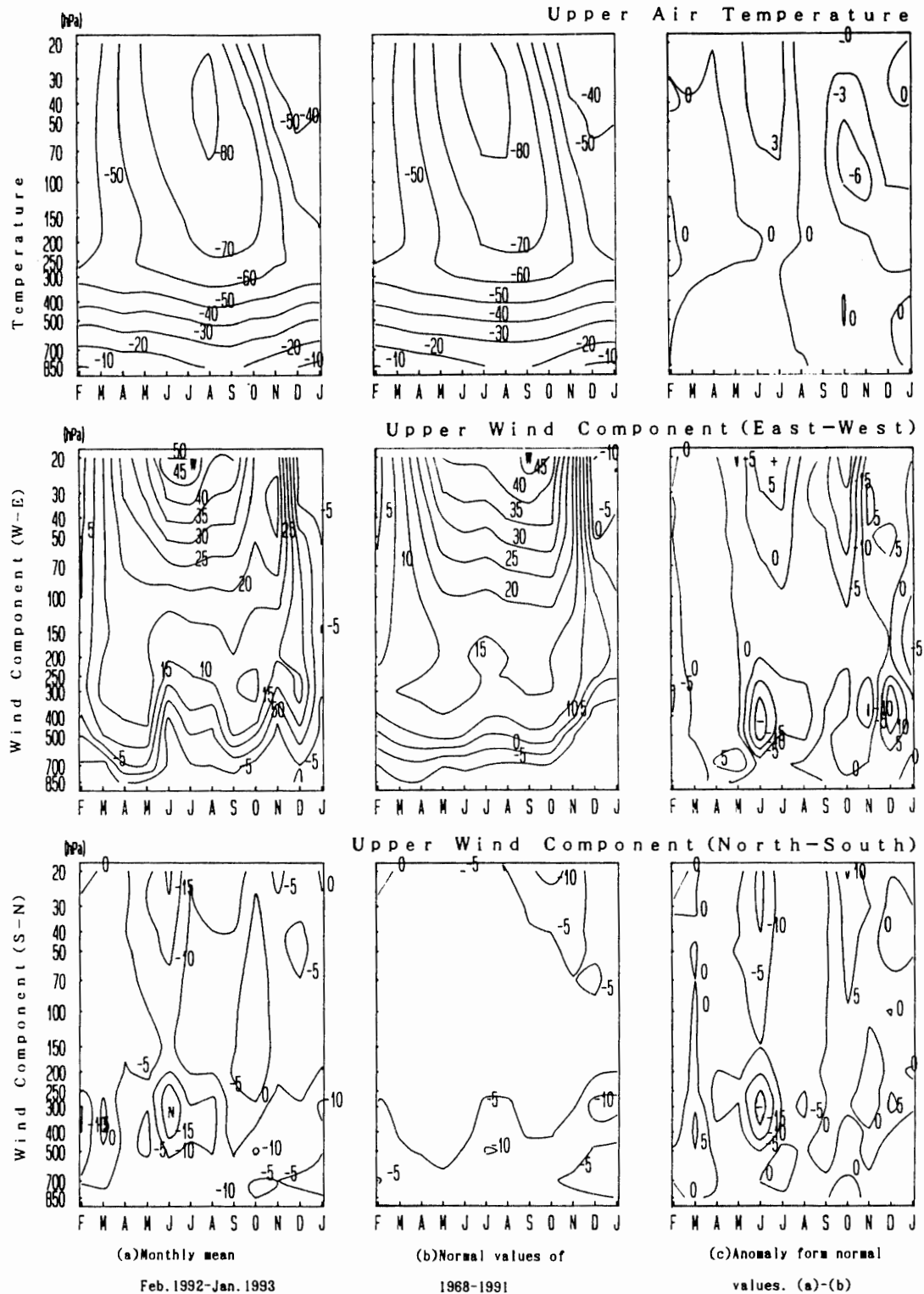


図 3 月平均気温と高層風の東西成分・南北成分の年変化, (a) 1992 年平均, (b) 累年平均及び (c) 累年平均値からの偏差

Fig.3. Annual variations of upper air temperature ($^{\circ}\text{C}$) and upper wind components (m/s). (a) Monthly mean from February 1992 to January 1993, (b) normal values in 1968-1991 and (c) anomaly from normal values.

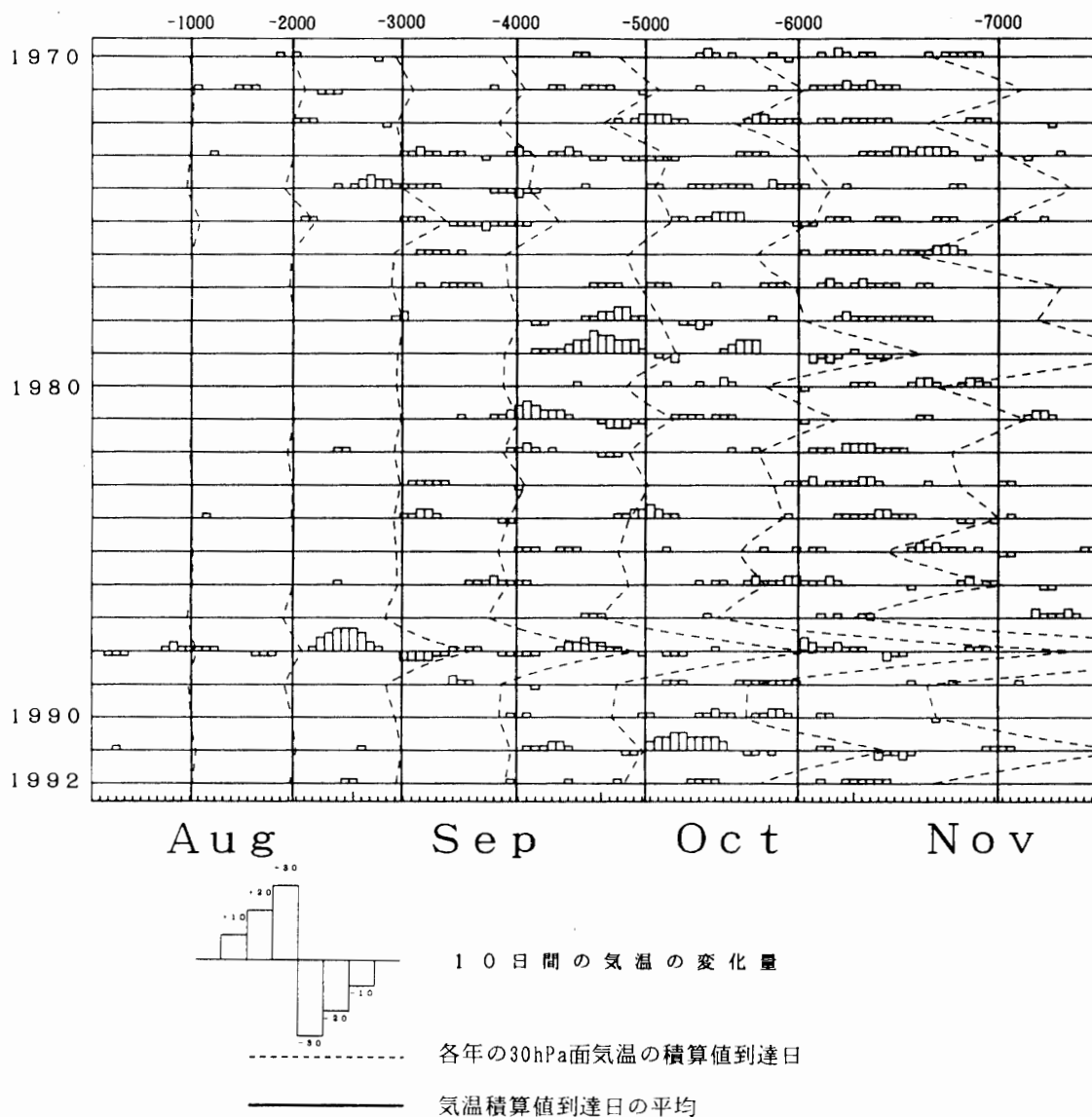


図4 30 hPa 面の気温の積算値到達日と10日間の気温変化量

Fig. 4. Days of reaching each accumulated temperature at 30 hPa level (thick lines: normal in 1970-1992, broken lines: each year) and trend of temperature deviation during 10 days (open columns).

り上回っており、6月については対応しているが、7月については必ずしも対応していない。また、成層圏気温が上昇する10月には、北風成分が平年値より弱くなっており、気温が平年より低かったことに対応している。

成層圏気温の突然昇温の状態をみるために、1970年から1992年について8月から11月の30 hPaにおける気温変化を示したのが図4である。毎日の10日前との気温差を 10°C 単位の棒グラフで表し、各年の8月1日からの30 hPa面の気温の積算値が -1000°C 、 -2000°C 、…… -7000°C に達した日を点線で結んである。また、各積算値の平均到達日

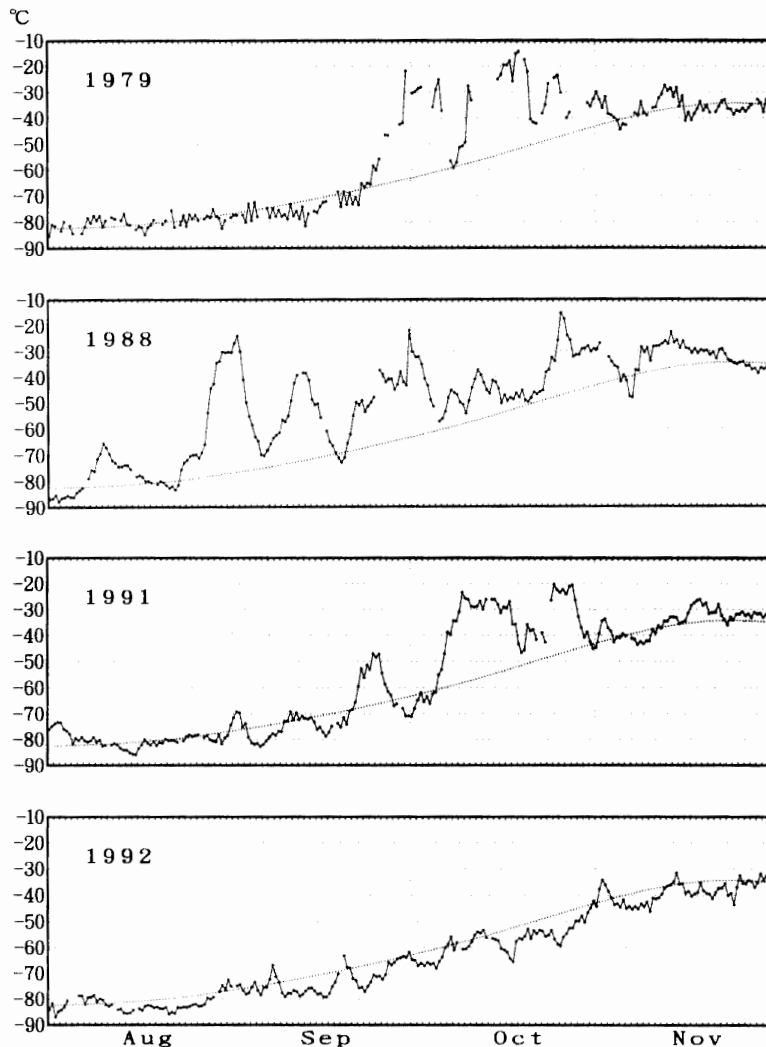


図 5 30 hPa 面の気温変化 (点線は 1968-1991 年の累年平均)

Fig. 5. Variation of air temperature at 30 hPa level from August to November (dotted lines: normal in 1968-1991).

(1970 年から 1992 年) を太い線で示した。10 日間で 30°C 以上の昇温を観測した年は、1974, 1978, 1979, 1981, 1984, 1988, 1991 年であった。1974 年と 1988 年の突然昇温の出現は早く 8 月末から 9 月初めに記録したが、昭和基地上空の顕著な成層圏突然昇温は 9 月から 10 月に出現する年が多い。1992 年は 20°C 以上の昇温が観測されなかった。1979, 1988, 1991 年は、積算値到達日が遅くなり、突然昇温の規模が大きかったばかりでなく、昇温後も全般的に気温の高かったことが分かる。これらの年に比べ 1992 年は、8 月までは平年並みに推移しているが、それ以降は積算値到達日が平年より早くなっており、春から夏にかけての成層圏気温は平年に比べ低めであった。

図 5 は顕著な突然昇温を観測した 1979, 1988, 1991 年と 1992 年の 30 hPa 面における気温変化を示したものである。1988 年は昇温の始まりが早かったばかりでなく、その変

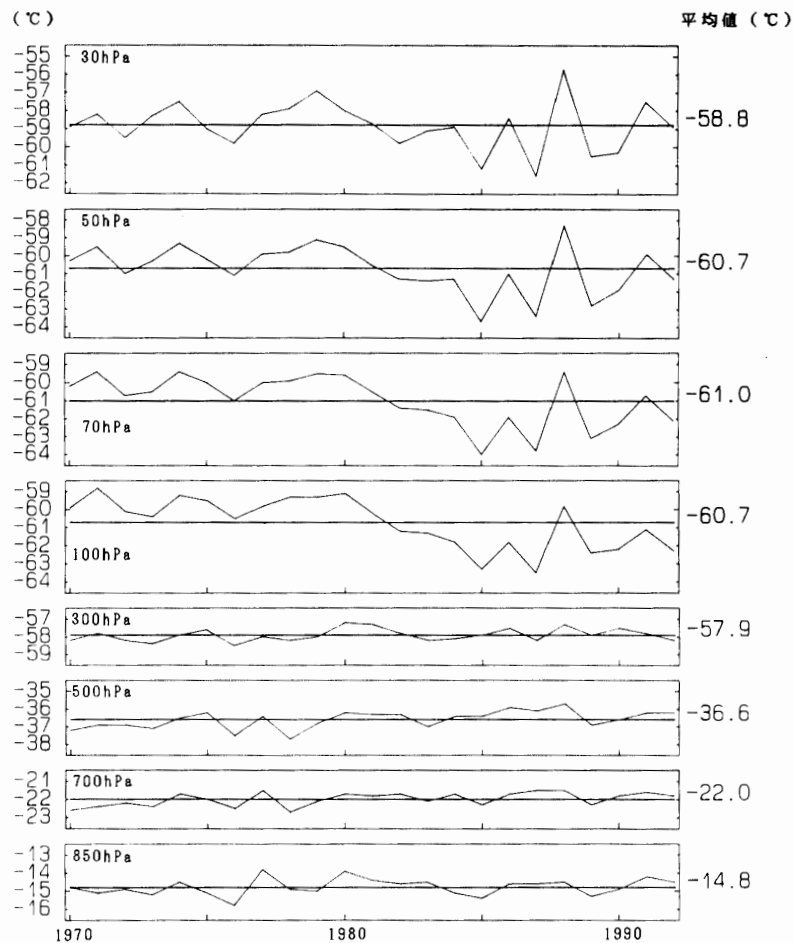


図6 年平均指定気圧面気温の経年変化 (1970-1992)

Fig. 6. Year-to-year changes of air temperature at standard pressure levels in 1970-1992.

動も大きかったことが分かる。1992年は、大きな昇温がなく、ゆるやかに気温が昇温して夏の成層圏に移行した年であった。

図6に年平均指定面気温の経年変化(1970-1992年)を示す。1992年の気温は、対流圏下層では平均を上回っているが、成層圏では1990年から続いた上昇傾向から一転して下降している。これは、対流圏では1992年の気温が7月まで平年値を上回っていたことと、成層圏では5月から7月までの3カ月を除いて低温だったことが関係していると思われる。

4. オゾン観測

4.1. 観測方法と測器

観測は、気象庁オゾン観測指針及び特殊ゾンデ観測実施要領に基づいて行った。

観測結果の通報はインマルFAXにより気象庁へ、通常は月ごとにまとめて、またオゾ

ンホール観測強化期間には毎週報告した。これらの観測データは、2 カ月ごとに気象庁から世界オゾンデータセンター（カナダ）に送られた。なお、反転観測データ（指定天頂角の波長強度比）に基づいた解析結果（気圧層別オゾン量）は、ロング反転観測について世界オゾンデータセンターから受け取った。

また、マイトリ基地（インド）からオゾン全量とオゾンゾンデデータ交換の依頼があり、11 月と 1 月の 2 回データの交換を行った。通信手段はインマルテレックスを使用した。

(1) 全量観測

ドブソン分光光度計（Beck-122）を用いて、太陽の北中時、午前及び午後の大気路程 $\mu=1.5-3.5$ の範囲で、AD 波長組の太陽直射光及び天頂光観測を行った。太陽高度が低くなる時期では $\mu=3.5-5.5$ の範囲で、CD 波長組による太陽直射光観測を行った。また、太陽光による観測が出来ない冬期には、月光による観測を行った。

データ処理及び観測スケジュール作成には、パソコンを用いた。

(2) 反転観測

太陽天頂角が 80-89 度の範囲のショート反転観測と、60-90 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

RS II-KC79 型オゾンゾンデを用い、気圧、気温、オゾン分圧、風向及び風速の鉛直分布を測定した。地上施設及びデータ処理は、高層気象観測施設と同じもののほか、オゾン発生器及びオゾンゾンデ試験器を用いた。

気球は 2000 g を使用し、ヘリウムガスを充填して浮力を 3500 g とした。

4.2. 観測経過

(1) 全量観測

表 8 に月別のオゾン全量観測日数を示す。観測に使用した光源の内訳も示した。冬期の月光観測期間中で、天候の悪かった 5 月の 5 日、7 月の 4 日を除き十分な観測日数を得られた。

(2) 反転観測

表 8 には月別のオゾン反転観測回数をあわせて示した。おおむね十分な回数の観測を実施することができた。

(3) オゾンゾンデ観測

ゾンデ 55 台を持ち込み、第 32 次隊の残置分も含め 57 台を飛揚した。飛揚は原則として週 1 回とし、オゾンホール発生時には臨時飛揚した。飛揚状況を表 9 に示すが、5 回は反応管の反応不良のためデータの取得ができなかった。

表8 オゾン観測状況

Table 8. Number of ozone observations.

年 月	1992											1993	
項 目	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	26	23	11	5	9	4	10	26	28	28	31	31	232
内 直射光AD	22	19						13	23	22	28	28	155
" CD			6				5	9					20
天頂光	4	4	4					4	5	6	3	3	33
月光			1	5	9	4	5						24
反転	3	9						1	8	4	2	10	37
観測	3	4						1	6	2		4	20

表9 オゾンゾンデ観測状況

Table 9. Number of ozonesonde observations.

年 月	1992年						
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	
日 到達気圧	2 7.0	6 9.8	12 7.7	2 148.9	3 6.2	1 反不	
(mb)	6 6.9	13 4.4	17 6.8	6 12.3	9 反不	2 16.7	
	14 5.6	18 3.7	20 4.8	12 46.0	14 11.0	10 反不	
	22 18.3	25 6.2	29 128.0	21 90.5	24 4.9	11 8.8	
	29 6.5					17 7.2	
						21 34.2	
						28 22.4	
年 月	1992年						1993年
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	
日 到達気圧	8 82.0	2 13.4	2 11.8	6 19.2	4 34.1	3 13.8	
(mb)	11 22.7	9 28.3	3 9.9	17 8.8	10 11.5	10 37.0	
	19 9.6	16 8.8	8 229.9	25 236.7	20 7.5	18 61.8	
	28 10.7	21 15.1	9 9.0	28 反不	27 9.3	27 7.1	
			14 58.0				
			15 7.6				
			23 反不				
			24 13.6				
			30 6.1				

注：「反不」はゾンデの反応不良のためデータ取得出来ず。

4.3. 観測結果

(1) 全量観測

図7に1992年のオゾン全量月平均値を国内4地点の値を含めて示す。黒丸印は1992年の月平均値、実線は月別累年平均値(1961-1990年、ただし那覇は1974-1990年)、縦線はその標準偏差である。昭和基地では6月にオゾン全量が多く、その前後の1月～8月は平年並みであったが、9月以降は平年より少なく、特に9月～11月の3カ月間は標準偏差の2倍を超えて少なくなった。

図8に8月～12月のオゾン全量日別値の推移を示す。図中の細かい点は観測開始

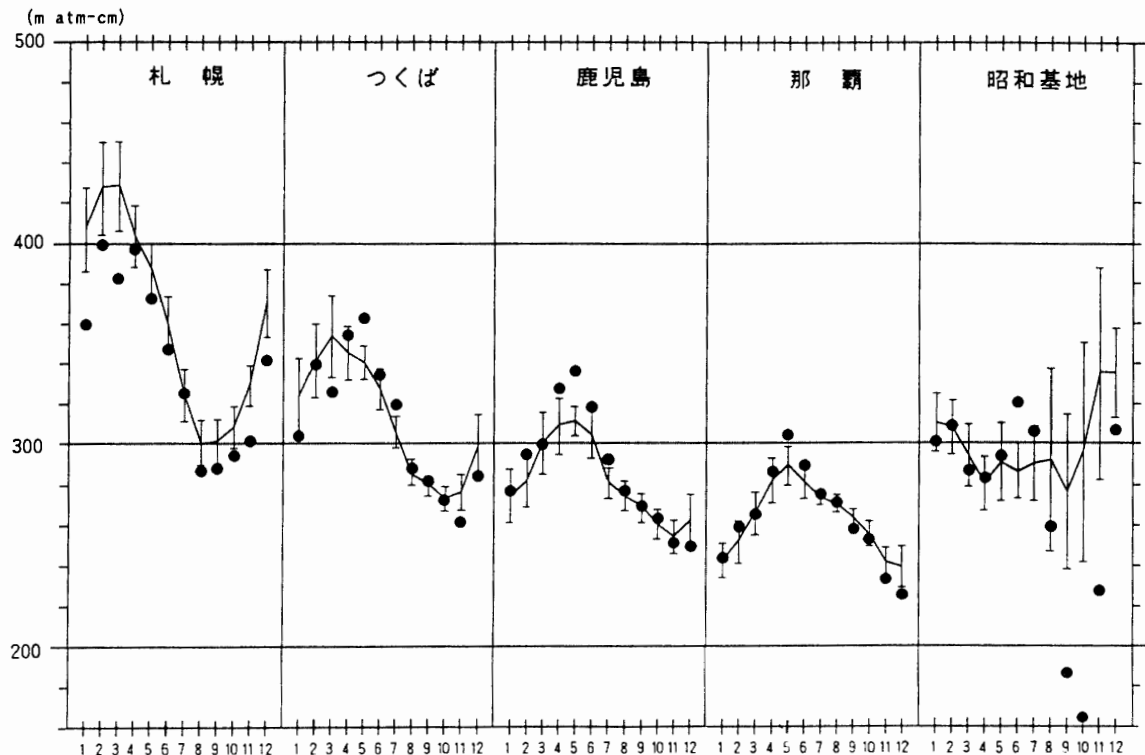


図 7 オゾン全量月平均値 (1992 年) と月別累年平均値 (1961-1990 年) (気象庁オゾン層解析室作成)

Fig. 7. Monthly mean total ozone amount of 1992, and normal values in 1961-1990.

(1961 年) 以来の日別値, 細い折れ線は 1991 年, 太い折れ線が 1992 年の日別値である。この期間, 過去最低の値で推移しており, 10 月 4 日には 140 m atm-cm を記録し, 日別値として過去最低値を更新した。また, 左下は 9 月の, 右下は 10 月のオゾン全量月平均値の経年変化である。10 月の月平均値は 164 m atm-cm を記録し, これも過去最低記録を更新した。

(2) オゾンゾンデ観測

オゾンゾンデ観測による, オゾン分圧の鉛直分布の 1992 年の年変化を月平均値で図 9 に示す。また, 9 月~11 月のオゾン分圧の個別プロファイルを図 10 に示す。10 月 2 日には, 上空 13-18 km でオゾンがほとんど無い層が現れた。この様な現象は過去に例がなかったので, 確認のため翌 10 月 3 日にもオゾンゾンデ観測を行ったところ同様の結果となり, オゾン層の消滅が再確認された。このオゾンの無い層は 11 月 6 日までほぼ観測された。

(3) 衛星搭載の TOMS データによる考察

図 11 に TOMS (NIMBUS7 号搭載の Total Ozone Mapping Spectrometer) による 1992 年 9 月と 10 月の月平均オゾン全量及び平年比の南半球分布を示す。なお, この図は気象

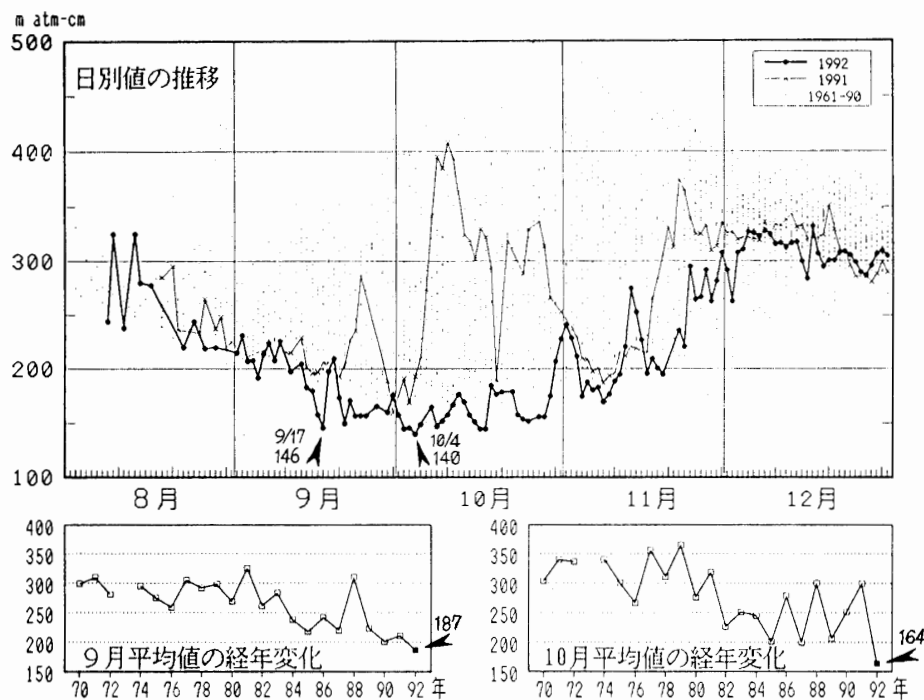


図8 オゾン全量日別値および9月、10月の月平均値の経年変化（気象庁オゾン層解析室作成）

Fig. 8. Variations of total ozone amount in August-December 1992, and year-to-year changes of monthly mean total ozone amount of September and October in 1970-1991.

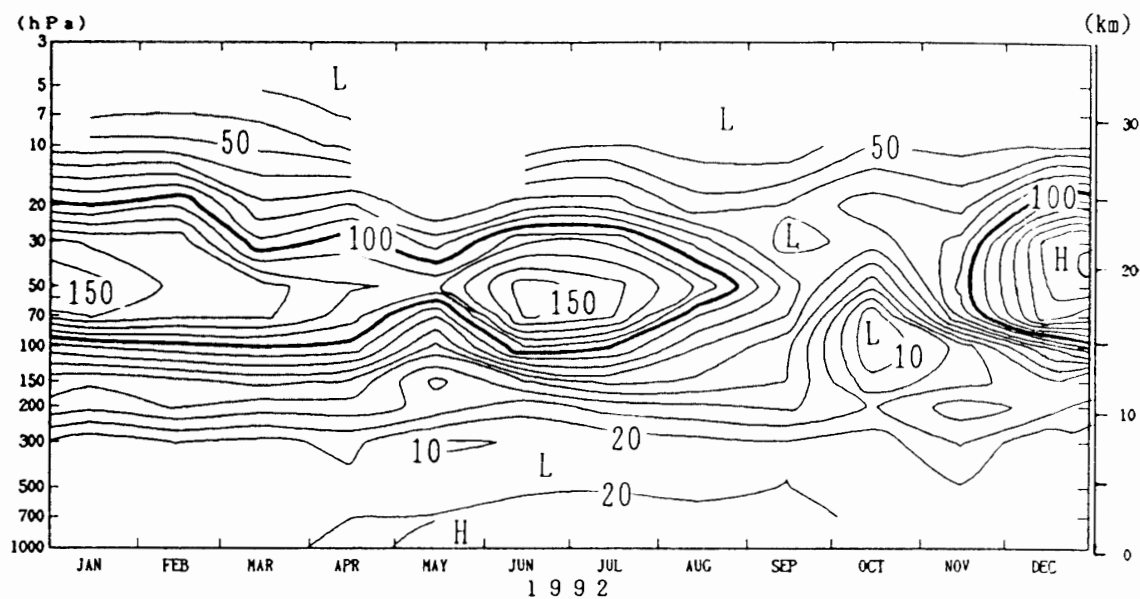


図9 オゾン分圧の鉛直分布の年変化（気象庁オゾン層解析室作成）

Fig. 9. Annual variation of ozone partial pressure (μmb) in 1992.

庁オゾン層解析室が、TOMS のデータにドブソン分光光度計による補正を加え作成したものである。9月のオゾン全量の分布図では、極点上空に 150 m atm-cm 以下の最もオゾ

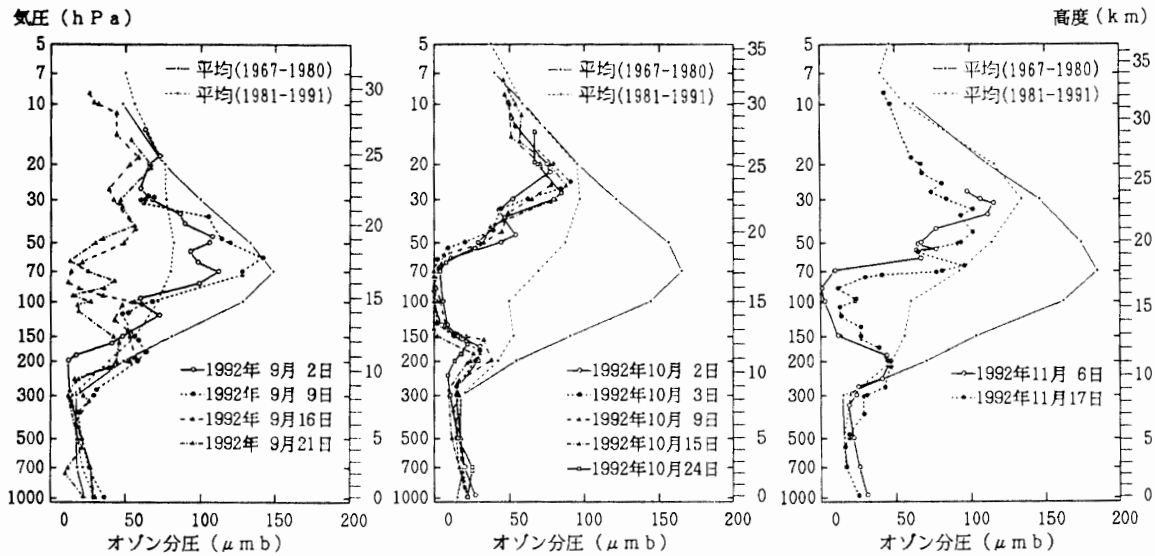


図 10 オゾン分圧の鉛直分布 (気象庁オゾン層解析室作成)

Fig. 10 Vertical profiles of ozone partial pressure (μmb) on September, October and November 1992.

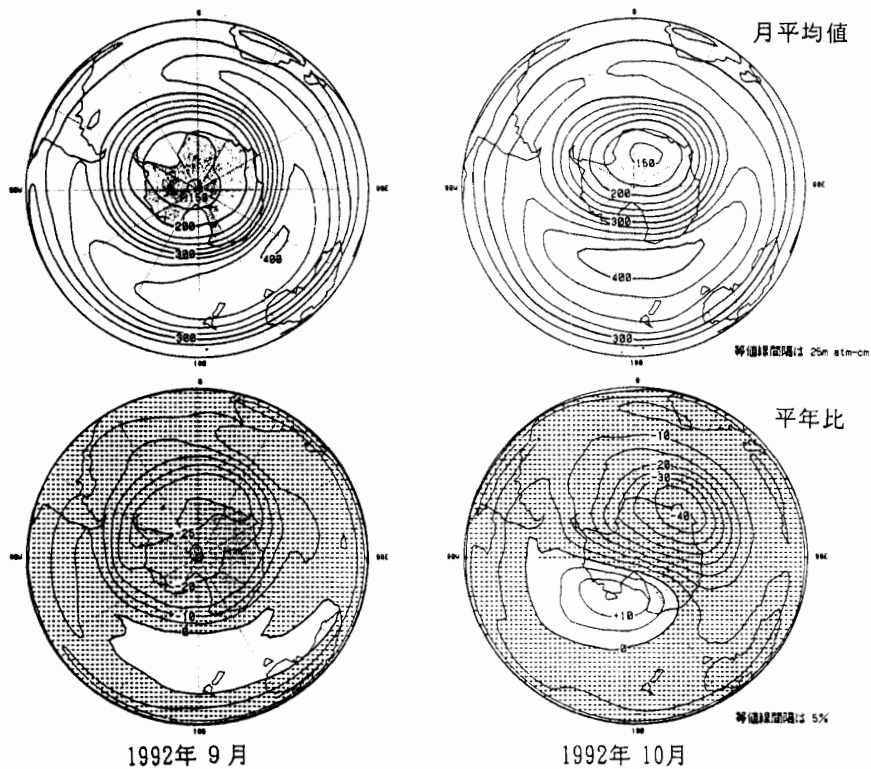


図 11 TOMS による南半球のオゾン全量分布図 (気象庁オゾン層解析室作成)

Fig. 11. Maps of total ozone amount in the Southern Hemisphere by TOMS.

ン全量の少ない領域があり、200 m atm-cm 以下の領域は中心が極点から西経 30 度の方向に若干偏った形で南極大陸を広く覆っている。10 月には 150 m atm-cm 以下の領域が拡大し、位置は東経 30 度の方向（昭和基地の方向）にかなり偏ってきており、昭和基地で観測したデータと整合している。

月平均オゾン全量の平年比の分布では、9 月は南極大陸沿岸部の大西洋・インド洋側を中心に平年比で -25% を超える負偏差域があるが、10 月には負偏差域は昭和基地付近に移動しており、値も平年比で -40% を超えているが、一方反対側には正偏差域があってオゾンホールの変り方を示している。昭和基地が平年比 -35% を超える負偏差域に覆われたのは初めてのことであり、1992 年のオゾンホールは位置及び分布が平年に比べかなり特殊であったと言える。

5. 地上日射・放射観測

5.1. 測器及び観測方法と経過

(1) 直達日射観測

直達日射計 (MS-52 No. P87001) によりデータロガーを介して、直達日射量の連続観測を行った。極夜期は感部及び赤道儀を撤去し、赤道儀駆動ギア等の整備を行った。これまで使用していたデータ集録装置とシャント抵抗は 1992 年 1 月 30 日以降取り外したが、自記記録のみ継続した。

(2) 大気混濁度観測

サンフォトメーター (MS-110 No. ES87180) によりデータ集録装置を介して、波長別 (368 nm, 500 nm, 675 nm, 778 nm, 862 nm, 938 nm の 6 波長) 直達日射量の連続観測を行った。極夜期は感部及び赤道儀を撤去し、赤道儀駆動ギア等の整備を行った。

1992 年末より測器温度にふらつきが確認されたので、1993 年 1 月 4 日赤道儀スリッパリングの清掃を実施した。また、感部 (No. ES82-486) IC の故障により見合わせていた感部交換を 1993 年 1 月 12 日に実施したが、感度の低下、測器温度不安定につき、再度現用感部 (No. ES87180) に交換した。

(3) 地上日射・放射観測

(1) の直達日射計及び下記の各測器を専用のデータロガーに接続、各種出力を 5 秒ごとにサンプリングしパソコンにより 1 分平均したデータを収録した。

・全天日射計 (MS-43F No. A78513 及び No. A8631) を使用して全天日射量の連続観測を行った。感部交換 (No. A78513 を No. A8631 に交換) を 1993 年 1 月 13 日に実施した。これとは別に全天日射計 (MS-43F No. A78511) を従来通り AMOS-2 地上系に接続し観測を行った。

・精密全天日射計 (MS-801 No. F86023 遮へいバンド付き, 国立極地研究所より借用) を使用して散乱日射量の連続観測を行った。なお, 散乱日射量, 直達日射量を用いて合成全天日射量を算出した。

・有効放射計 (CN-11A 本体 No. M90047 及び No. S90130.07, 感部 No. M90048 及び M90047) を使用して下向き全波長放射量の連続観測を行った。強風時にポリエチレンドームが潰れて受感面を擦ることや雪が吹き込むことがあったため, 1992 年 6 月 1 日感部交換 (No. M90048 を No. M90047 に交換) を行い, 以後強風時には感部保護を最優先し保護具を取り付けることとした。また, 本体内部に雪が詰まり送風量が低下したため, 1992 年 8 月 11 日本体のみ交換 (No. M90047 を No. S90130.07 に交換) した。

・紫外域日射計 (MS-210W No. S89123.5) 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。

・精密赤外放射計 (EPPLEY PIR No. F26402F3, 国立極地研究所より借用) を使用して下向き長波長放射量の連続観測を行った。

(4) 波長別紫外域日射観測

ブリューワー分光光度計 (#034) 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から 8 分間データを取得して観測した。このうち 290-315 nm 間で波長積分することにより B 領域紫外線全量も算出した。低温によるマイクロメーターの不調, UV-B ガラスドーム及び水晶窓内部の結露, 結氷が年間を通じて発生したためその都度調整, 整備を行った。外部標準ランプ点検は観測装置運用中, 定期的に行った。また, 天頂プリズム位置確認のための TU 点検をあわせて実施するうち, 天頂プリズム位置のステップずれが拡大していることが確認され, 原因と見られる前置光学系及び分光器の歪を補正した。

5.2. 観測結果

(1) 直達日射観測

データロガーで収集した 1 分平均値から直達日射強度及び大気混濁度を求めた。観測時刻は, 太陽面に全く雲がかかっていない時 (主にオゾン全量観測の太陽直射光観測時刻) のサンプリングデータから算出した。

ホイスナー・デュボアの混濁係数の経年変化は図 12 (上) のとおりで, フィリピンのピナトゥボ火山噴火 (1991 年 6 月) 及びチリのハドソン火山噴火 (1991 年 8 月) 後の 10 月頃から混濁度が急激に増加し, 1992 年は平常時の約 1.5 倍で推移した。

12 月の晴天日における 12 時の直達日射強度の経年変化を示した図 13 を見てみると, ピナトゥボ, ハドソン両火山噴火後の 1991 年の値は, 1990 年に対して 20%程減少している。これは, 1982 年のエルチチョン火山噴火後の経過に比べて減少が著しい。エルチチ

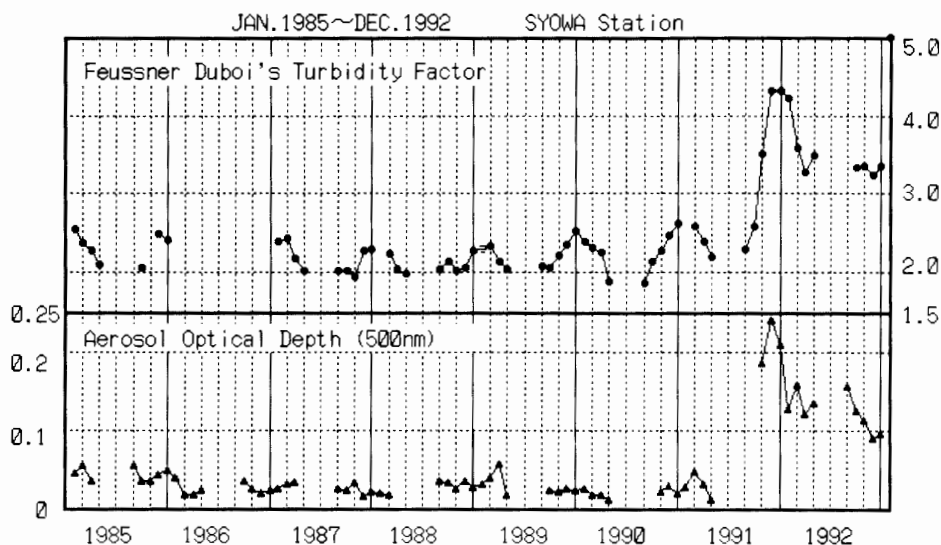


図 12 大気混濁度 (上) と波長 500 nm におけるエアロゾルの光学的厚さ (下) の経年変化

Fig. 12. Annual variation of atmospheric turbidity (upper) and aerosol optical depth at 500 nm (lower).

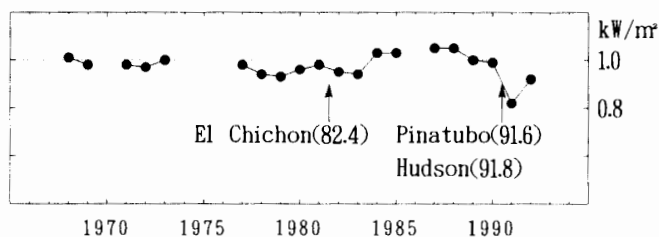


図 13 12 月の晴天日における 12 時の直達日射量

Fig. 13. Direct solar radiation in December at Syowa.

ョン火山の噴出物量に対して、ピナトゥボ火山のそれは 7-11 倍、ハドソン火山のそれは 5 倍程度にあたるとされており (山内ら (1984) 及び気象年鑑 1983 年版, 1992 年版), ピナトゥボ, ハドソン火山の噴火により成層圏に大量のエアロゾルが注入されたことを裏付ける結果といえる。

(2) 大気混濁度観測

サンフォトメーターによる収集データに 3 時間に約 5 回の周期変動が認められたため, データ整理においてはピーク値のみを採用した。波長 500 nm におけるエアロゾルの光学的厚さの経年変化は図 12 (下) のとおりで, (1) 同様 1991 年末から急激に増加し, 1992 年は平常時の約 3-4 倍で推移した。

(3) 地上日射・放射観測

直達日射量と散乱日射量から求めた合成全天日射量は図 14 のとおりで, 全天日射計による全天日射量と比較すると, 日射の強い夏期に差が大きい (1992 年 2 月は負, 1993 年

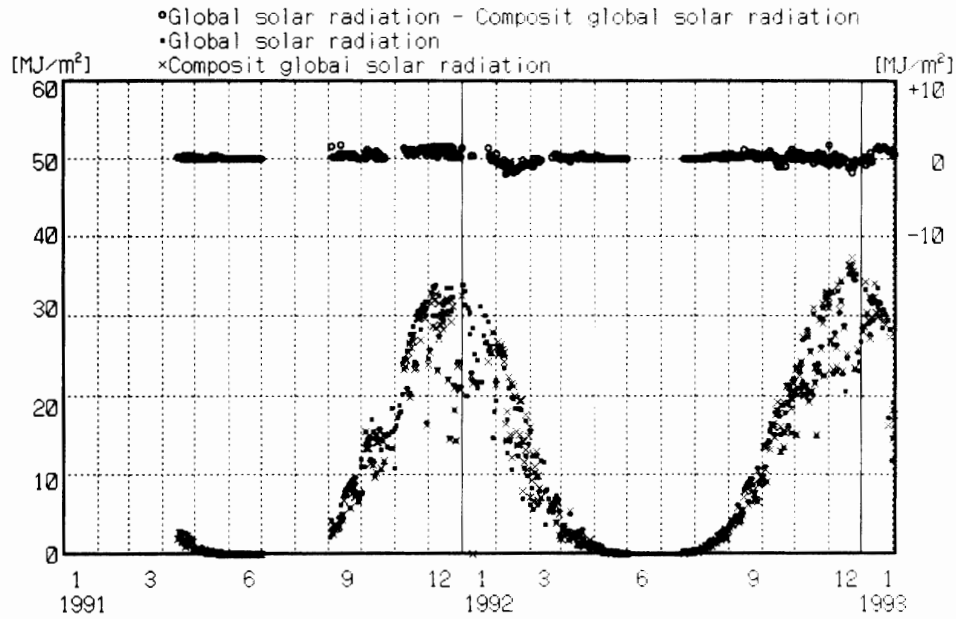


図 14 全天日射量と合成全天日射量の日集計値

Fig. 14. Daily summaries of global solar radiation and composite global solar radiation.

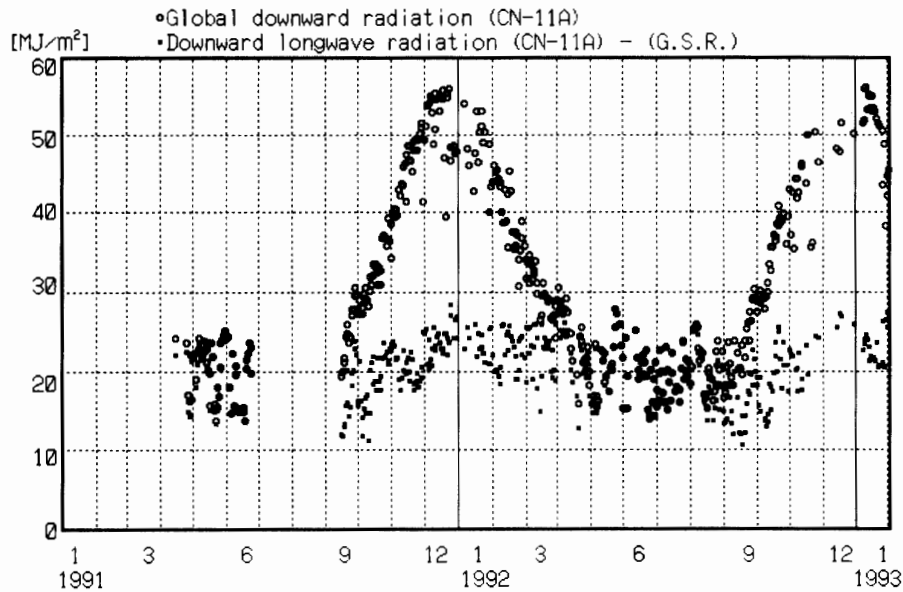


図 15 下向き放射量と下向き赤外放射量の日集計量

Fig. 15. Daily summaries of global downward radiation and downward longwave radiation by CN-11A.

1 月は正) が, その他は良い一致を示した。

有効放射計による下向き放射量 (全波長) 及び下向き長波長放射量 (全波長-全天日射量) の結果は図 15 のとおりで, 下向き長波長放射の日積算量は, 夏期間は 25 MJ/m^2 程

度、冬期間は 15 MJ/m^2 程度である。

(4) 波長別紫外域日射観測

ブリューワ分光光度計 (#034) は設置後 2 年目にあたっていたが、設置当初年から動作不良等の不具合が発生していたため、感度トレンドを決定するのに必要な点検値が不十分で、各年ごとに感度トレンドを決定することは困難であった。そのため 2 年間の内部標準ランプ点検及び外部標準ランプ点検の結果を考慮して仮の感度トレンドを求めて UV-B 量の整理を行い、得られた UV-B 量と紫外域日射計 (MS-210W) から求められた UV-B 量等を比較検討し、感度トレンドの妥当性を評価した。

その結果、不自然な偏りは見られなかったことからこの感度トレンドは一応妥当であると評価できた。図 16 は紫外域日射計から得られた UV-B 量とブリューワ分光光度計から得られた UV-B 量及びその差の経時変化を示したものである。

UV-B の日積算量の最大は 11-12 月で、約 45 kJ/m^2 に達する。これは、国内でも UV-B 量が多い沖縄での最大値とほぼ同程度である。しかし、この時期、昭和基地では 1 日の可照時間は 20 時間以上あり、時間積算量で比較すると、沖縄より少ない値となっている。

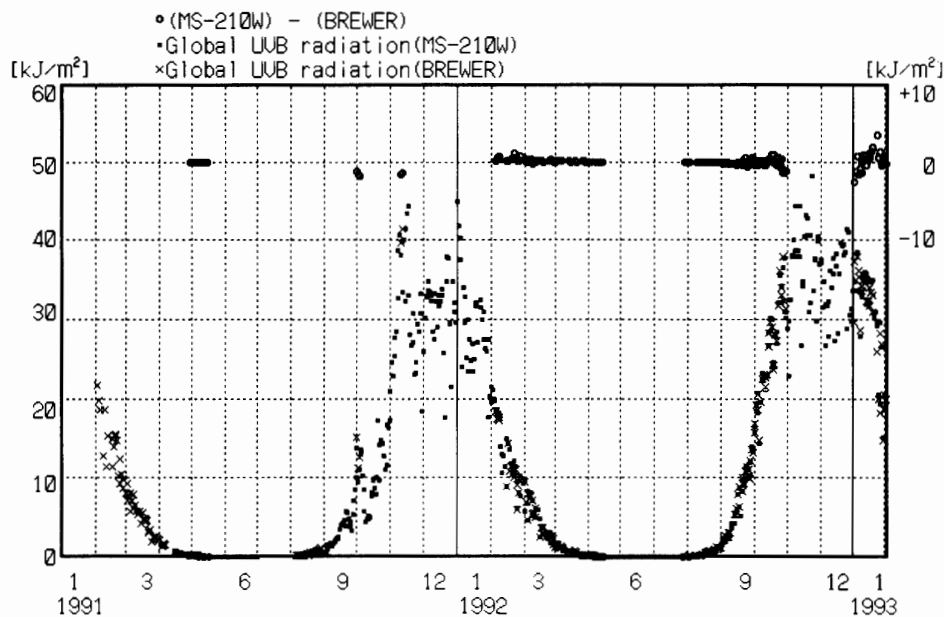


図 16 波長別紫外域日射計と紫外域日射計による B 領域紫外域日射量の日集計値
Fig. 16. Daily summaries of global UV-B radiation by BREWER and MS-210W.

6. 輻射ゾンデ観測

6.1. 観測方法と測器

RS II-M78D 型輻射ゾンデを用い、気圧、気温、風向、風速、上向き及び下向きの長波長放射量 (波長域 $3-40 \mu\text{m}$) の鉛直分布を測定した。地上施設及びデータ処理は、高層

気象観測施設と同じもののほか、輻射ゾンデ試験器を用いた。

気球は 1000 g を使用し、ヘリウムガスを充填して浮力を 2800 g とした。

6.2. 観測経過

持ち込んだ 10 台を 7 月-10 月の月の出ていない夜間の晴天微風時に飛揚した。飛揚状況を表 10 に示す。

表 10 輻射ゾンデ観測状況

Table 10. Number of radiometersonde observations.

年 月	1992年 7月	8月	9月	10月
日	1	22	16	14
到達気圧 (mb)	19.9	10.6	解不	14.8
	7	24	19	
	8.9	91.9	4.0	
	31	12.7	23	
		解不	4.2	

注：「解不」は解析処理不可能なためデータ取得出来ず。

6.3. 観測結果

図 17 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（実線）と気温（点線）の鉛直分布の時間変化を示す。なお、気温はレーウ

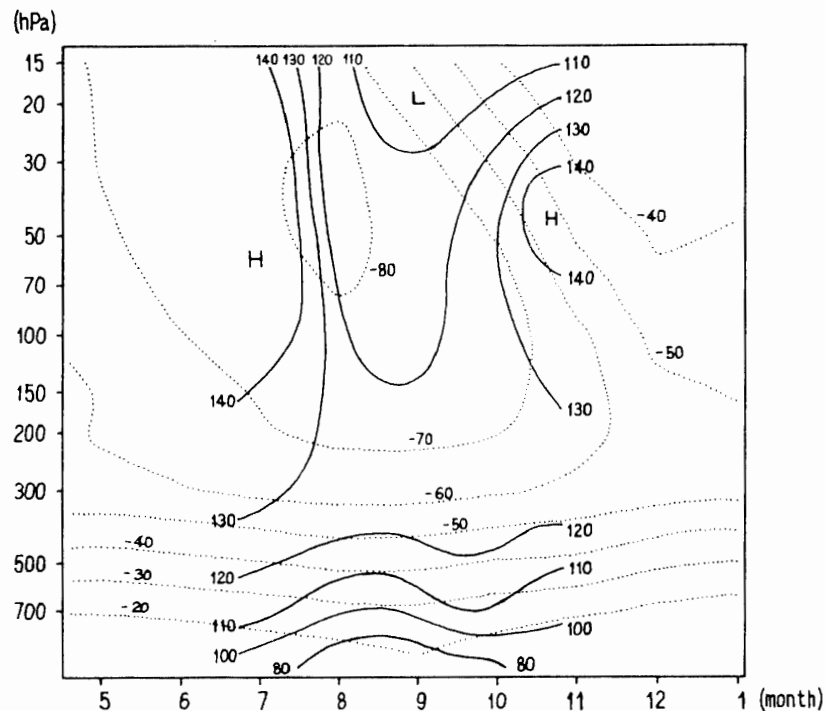


図 17 輻射ゾンデによる正味放射量と気温の変化 (1992 年)

Fig. 17. Variations of net flux of infrared radiation (solid lines: W/m^2) and upper air temperature (dotted lines: $^{\circ}C$) by radiometersonde in 1992.

インゾンデ観測によるものである。

天候不良等により観測期間が短かったこともあって十分な観測結果とは言えないが、極夜期に成層圏において多かった正味放射量が、8月に入ると急激に減少し、10月頃には再び増加していることが分かる。この変化は、4.3章で述べたオゾンの鉛直分布の変化(図9)と同様な傾向を示しており興味深い。

7. 天気解析

7.1. 解析に用いた資料

昭和基地における地上及び高層気象観測資料の他に、次の資料を利用した。

(1) FAX 天気図

キャンベラ放送の00 UT, 12 UTの地上及び500 hPa解析図と各48時間予想図。

(2) 南極大陸各基地の観測資料

モーソン基地経由のテレタイプで入電する地上実況気象報(SYNOP)、高層気象実況気象報(TEMP)等。

(3) 気象衛星雲写真

NOAA-11, 12号の赤外及び可視画像, 1日2-4枚。

(4) ロボット気象計

S16(1991年7月25日にTS42からTS50へ移設)のロボット気象計による気温, 風向, 風速。

7.2. 経過

野外行動, PPB(極域周回気球)・エアロゾルゾンデの飛揚など, 天候に左右されやすいオペレーション時に, 上記の資料を利活用して関係者に気象情報を提供した。

また, 外出注意令・禁止令の発令・解除の参考資料や日々の天気予想を行い, 効率的な作業計画作成のための一助に努めた。

8. その他の観測

8.1. 氷床ドーム深層掘削観測計画に伴う内陸気象観測

氷床ドーム深層掘削観測計画を期に, これまで内陸で使用していた携帯型気象測器に代わり, データロガーを介し連続して気温, 気圧, 風速データが収集でき, 可搬型で容易に設置のできる移動気象観測装置を整備した。

(1) 装置の構成

観測装置は記録部, センサー部及びケーブル, 取付用三脚で構成されている。記録部は, 電源回路(電源含む), データロガー, 気圧計で構成され, アルミ製の取り付けフレ

ームに収納されており、センサー部は、白金抵抗温度計と風速計で木製格納箱に収納されている。なお、みずほ基地テスト旅行及びドーム選点旅行においては、予備の白金抵抗温度計素子を車内温度モニターとして使用した。装置構成は、図 18 のとおり。

(2) 運用

・夏期中継拠点ドラムデポ旅行 (1992 年 1 月)

観測装置はすべて雪上車内に積載し、観測時刻前にセンサー部を取り出し設置、データロガーと接続した。このため温度計が外気温に馴染むまでの時間を要した。データは、データロガーの液晶ディスプレイにより読み取り、気圧、風速は換算表により求めた。

・みずほ基地テスト旅行 (1992 年 8 月)

上記旅行の経験をもとに、記録部アルミケースは、緩衝台を作製し取り付け、雪上車内のラックに設置した。また、格納箱 (センサー部) は雪上車外側面に L 字アングルで作った取り付け架に設置し、ケーブルを格納箱上部に巻き付けた。

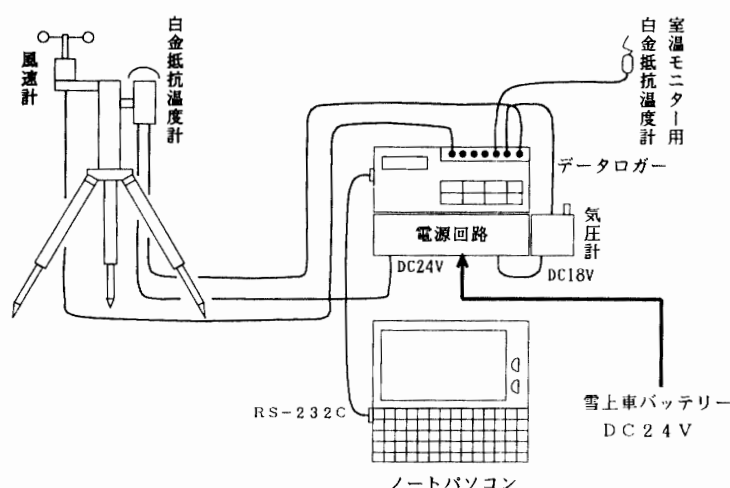


図 18 移動気象観測装置構成図

Fig. 18. Mobile synoptic observation system.

データは、付属のコントロールソフトを用いてノートパソコンで収集し、処理プログラムを開発して気圧、風速値への換算を行った。旅行中における行動時間の制約から 10 分間平均風速の算出に必要なデータの積算ができないこともあるため、サンプリングは移動中の 15 時の観測は 1 分とし、その他の時間帯は 10 分とした。

・ドーム選点旅行 (1992 年 9 月-12 月)

上記同様ノートパソコンを使用して処理を行った。サンプリングは 10 分に統一し、車両運行中は気圧並びに車内温度のみのサンプリングとした。データロガーからのデータ回収は 22 時頃 (雪上車のエンジン停止直前) 行い、回収後データロガーのメモリをリセットし、新たにサンプリングを開始した。このため、行動の合間に同日付のデータは同一ファイルに収録するように編集しなおした。

(3) 障害対策

みずほ基地テスト旅行において、データロガー、ケーブルなどに低温による障害が発生したので、ドーム選点旅行前に対策を施した。ただし、温度計通風モーター動作不良については未修理のまま旅行に持ち込んだ。旅行中、モーターに保温対策を施したり、回転軸部の修理等を行ったが、低温下での動作不良は改善されなかったもので、弱風時はモーターを取り外し通風効果を高め、温度計を日陰に設置するなどして運用した。

このほか、バッテリー電圧低下によるものと思われるデータロガーへの異常値の記録、データロガーの停止に対しては、アルミケース内に厚さ 30 mm の断熱材で保温箱を作り収納。保温箱底部に蓄熱保温器を置きデータロガーを保温袋で包み収納した。また、低温によるケーブルの硬化、被覆破断に対しては、被覆を全て取り除き内部のビニールケーブル 3 芯を融着テープで固定した。

(4) 観測結果

おおむね良好なデータが得られた。ドーム選点旅行における気温等の経過（地方時 03 時、09 時、15 時、21 時）は、図 19 のとおりである。なお、この期間中 10 月 26 日 02 時 00 分（地点 MD664、南緯 76°42′、東経 40°24′、標高約 3800 m）に最低気温 -64.5°C を記録した。

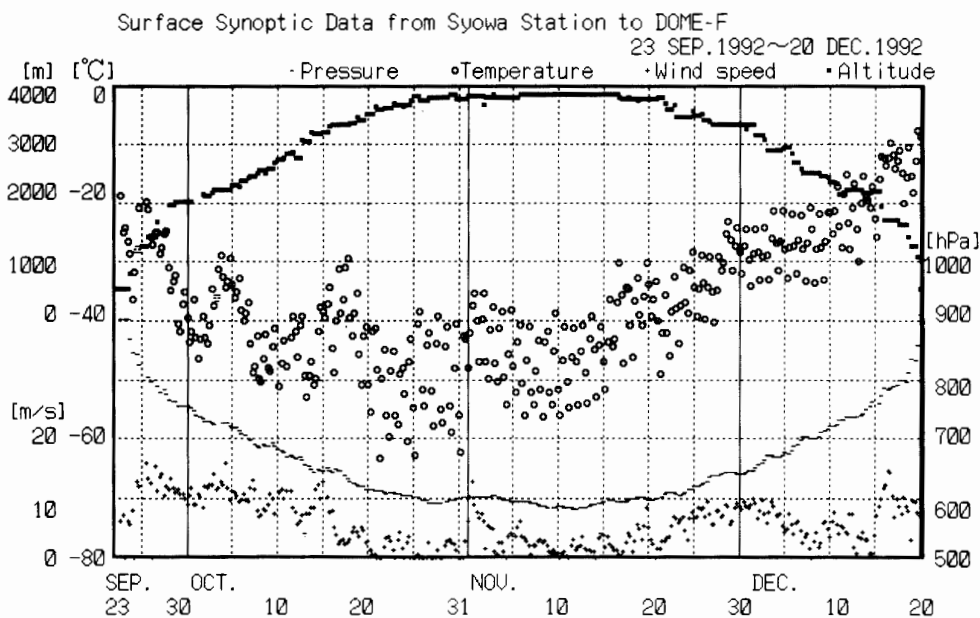


図 19 氷床ドーム選点旅行における地上気象観測データ
Fig. 19. Surface synoptic data from Syowa Station to Dome Fuji.

ドームふじ周辺に滞在した期間（1992 年 10 月 28 日～11 月 26 日）の 10 分ごとの気温、風速とそれぞれの時刻別平均を示したものが図 20 である。時刻別平均は全体の 70%以上のデータがある時刻のみ示した。気温の日変化は、平均して 15°C 程度あり、最低気温は

2-3 時頃、最高気温は 14-15 時頃に見られる。風速は、1 日を通して 2 m/s 程度であり変化がないが、10-15 時頃に多少増大している。また、6-9 時頃にかけ他の時間帯に比べて静穏の割合が大きいように見える。

8.2. 船上及び内陸の大気混濁度観測

1991 年 6 月 15 日に大噴火を起こしたフィリピン、ピナトゥボ火山等による大気中の浮遊微粒子の緯度方向への拡散の様子を調べるため、「しらせ」船上（東京～昭和基地：1991 年 11-12 月，昭和基地～シドニー：1993 年 2-3 月）と大陸氷床上（昭和基地～ドームふじ：1992 年 9-12 月）の大気混濁度観測を行った。「しらせ」船上での観測点を図 21 に、大陸氷床上での観測点を図 22 に示す。

これまでのこの種の観測は 1979 年の「ふじ」、1987 年の「しらせ」によるものがあり、内陸では初めてである。

(1) 測器及び観測方法

携帯型サンフォトメータ（MS-120）を使用してなるべく一定の大気路程になるようオ

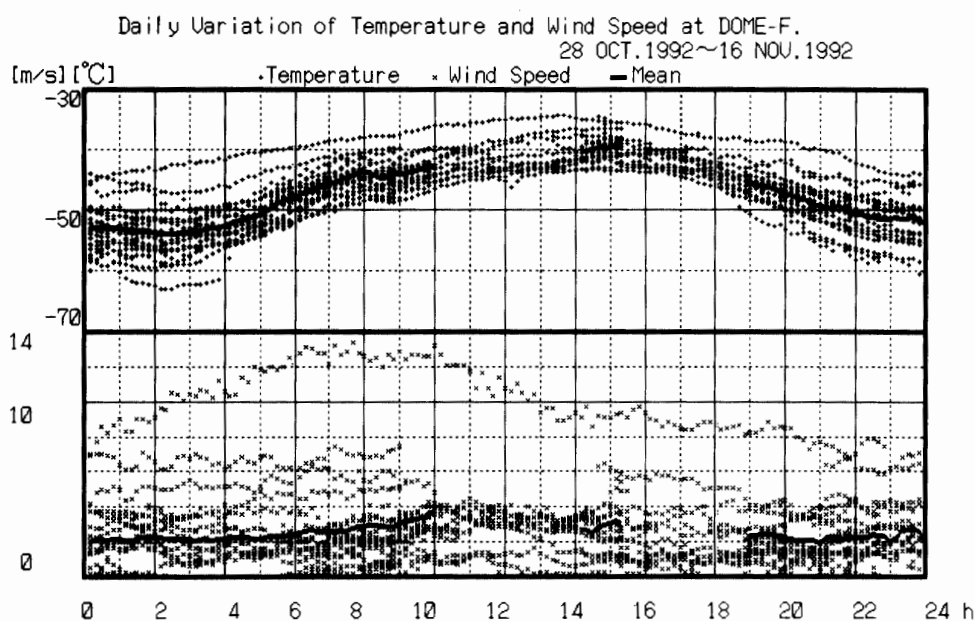


図 20 ドームふじ周辺における気温と風速の日変化
Fig. 20. Daily variation of temperature and wind speed at Dome Fuji.

ゾン全量の観測時刻に合わせて観測を行った。また、各波長における大気外定数 (J_0) 算出のため、期間中の快晴時には日出から日没までの連続観測を数回実施した。

(2) 観測結果

図 23 からわかるように 1991 年の波長 500 nm におけるエアロゾルの光学的厚さは、赤道付近においては 1987 年、同地域で観測された値 (JMA, 1990) の 3-4 倍に当たる顕著

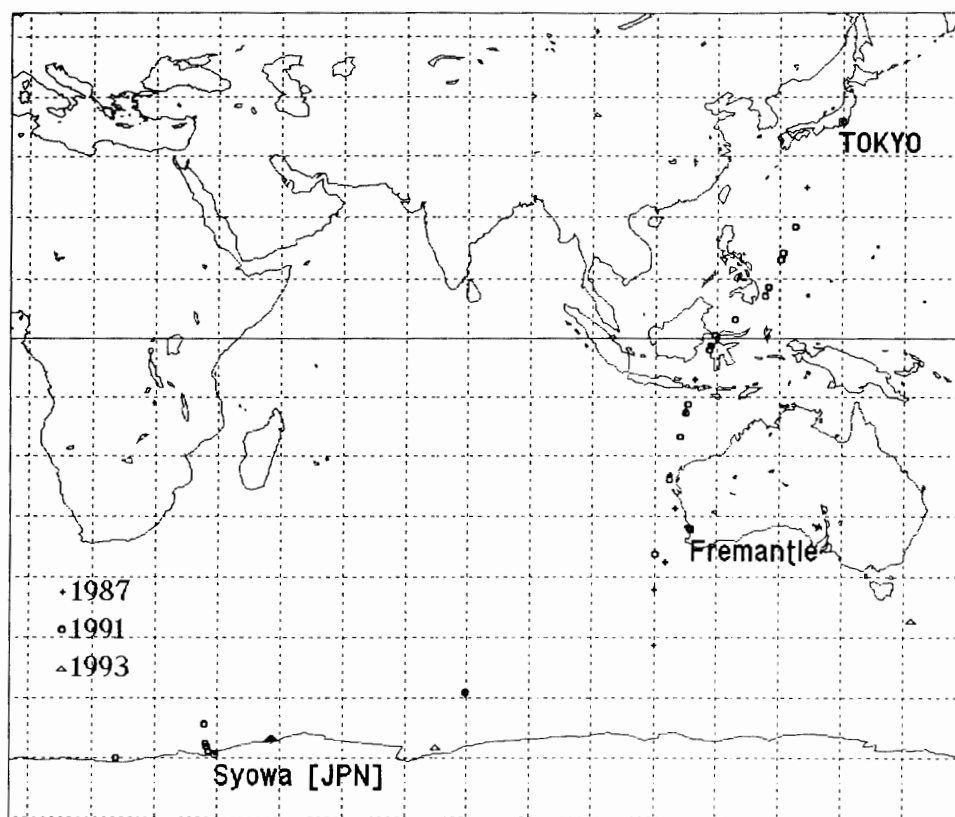


図 21 サンフォトメータによる観測点 (船上)

Fig. 21. Sunphotometer observation points on board the icebreaker SHIRASE.

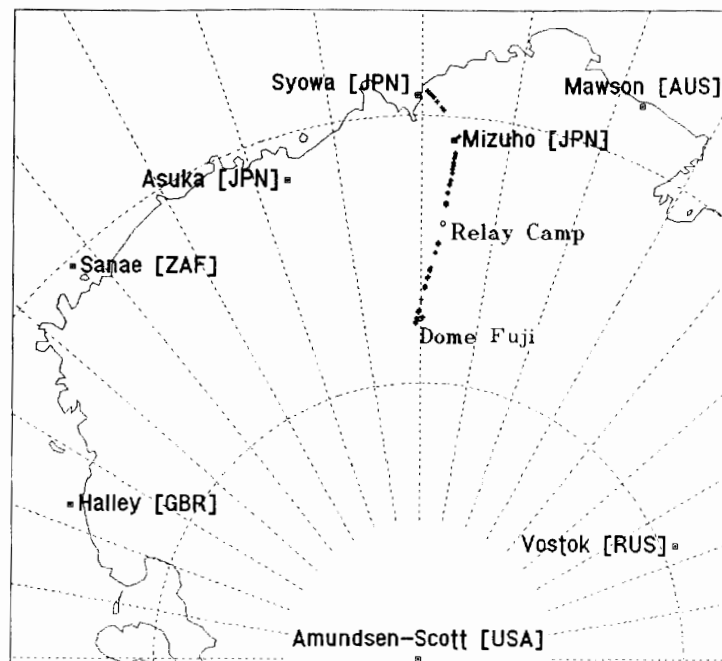


図 22 サンフォトメータによる観測点 (氷床ドーム選点旅行)

Fig. 22. Sunphotometer observation points from Syowa Station to Dome Fuji.

なピークがみられた。地上のエーロゾルの光学的厚さ (t) による大気外日射強度 (I_0) の減衰は、地上での日射強度を I とすると $I = I_0 \cdot e^{-t}$ で表されることから、波長 500 nm における今回の観測値は、エーロゾルにより約 30% の減衰を受けていたことを示す。

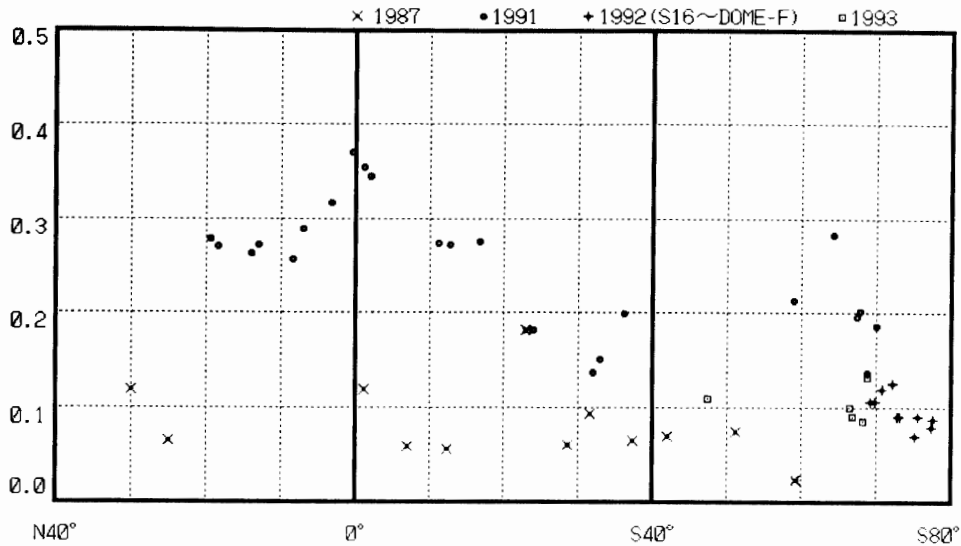


図 23 エーロゾルの光学的厚さの緯度分布 (波長 500 nm: 緯度ごとに最小値を抽出: 船上及び氷床ドーム選点旅行)

Fig. 23. Latitudinal distribution of aerosol optical depth at 500 nm (Minimum of each latitude: On board the icebreaker SHIRASE and from Syowa Station to Dome Fuji).

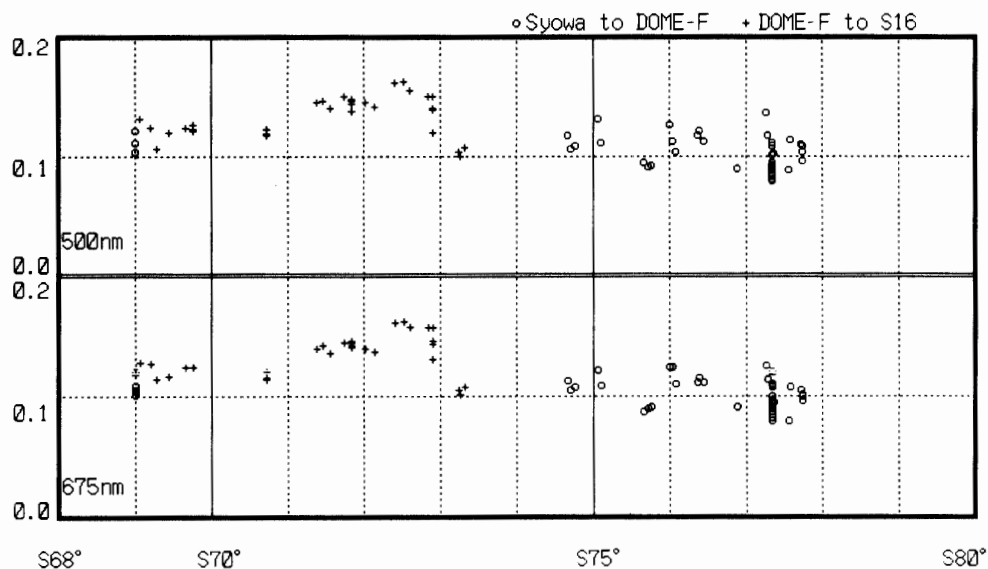


図 24 エーロゾルの光学的厚さの緯度分布 (波長 500 nm 及び 675 nm: 氷床ドーム選点旅行)

Fig. 24. Latitudinal distribution of aerosol optical depth at 500 nm and 675 nm (From Syowa Station to Dome Fuji).

1992 年の大陸氷床上及び 1993 年の「しらせ」船上での値は 0.1-0.2 まで減少しているものの 1987 年の値に比べて依然として大きな値を示していた。

図 24 は大陸氷床上における波長別 (500 nm, 675 nm) の光学的厚さを往路、復路で分けて示したもので、南緯 73 度付近に鮮明な段差が確認される。

これに昭和基地の観測値を加えて時系列のグラフで表したものが図 25 であり、9 月から 12 月初めにかけて徐々に減少していた値が 12 月 4 日頃上述の段差が生じていたことがわかる。

8.3. 海水上の積雪観測

第 32 次観測隊から引き続き、北の浦の海水上 (情報処理棟前) で 1 辺 20 m 四方、10 m 間隔で 9 本の竹竿を立て、約 10 日ごと (月 3 回) に測定した。図 26 に観測結果を示す。

7 月にあった 4 回のブリザードの影響で 8 月の上旬には前年、前々年の積雪を上回る 100 cm に達した。最深積雪は 11 月下旬の 119 cm で、昨年と同じ時期に比べ約 30 cm 多い積雪となった。

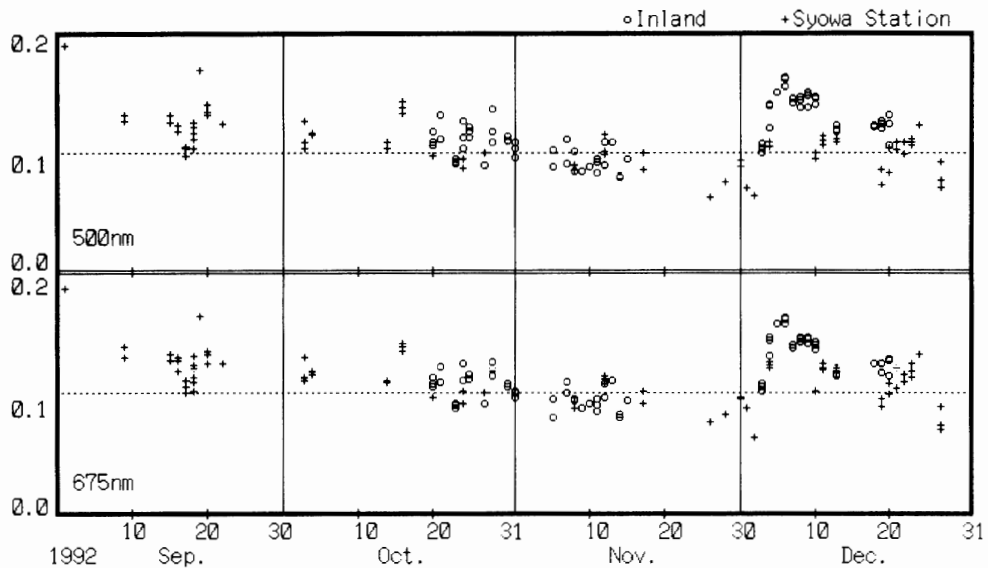


図 25 エーロゾルの光学的厚さの時間変化 (波長 500 nm 及び 675 nm : 氷床ドーム選点旅行及び昭和基地)

Fig. 25 Variations of aerosol optical depth at 500 nm and 675 nm (Syowa Station and from Syowa Station to Dome Fuji).

8.4. ロボット気象観測計

第 32 次観測隊に引き続いて大陸上の S 16 (標高 500 m, 海岸から 10 km) に設置したレーウィンゾンデを改造したロボット気象計を使用して通年にわたり観測した。観測項目

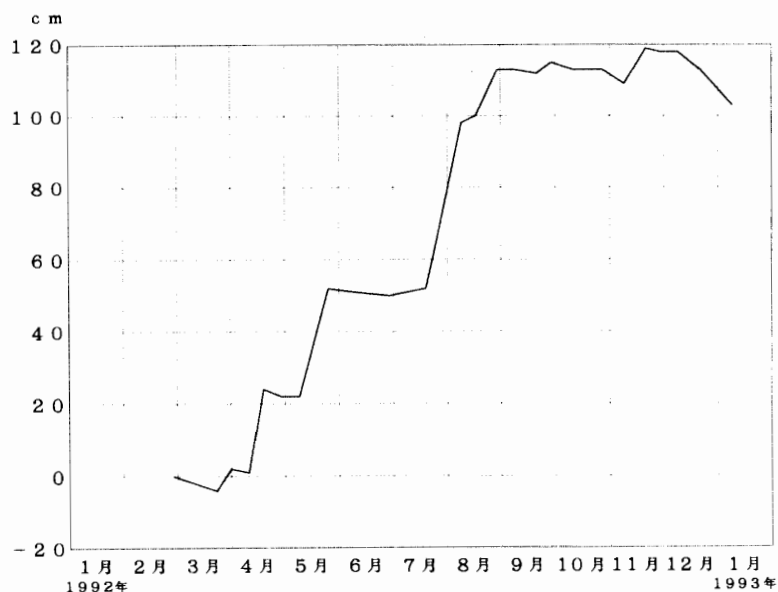


図 26 積雪量の変化 (1992 年 2 月-1993 年 1 月)

Fig.26. Variation of snow cover in February 1992-January 1993.

は気温及び風向・風速で、毎日 2 回 (00 UT と 12 UT の高層気象観測の直前) 定期的に観測した。また、野外行動時や空輸実施時及びブリザード襲来時等に随時観測を行い、基地活動への気象情報の提供に利活用した。

なお、これまでの設置場所 (TS 42) がドリフトで埋まったのと S 16 から離れており、実際の S 16 の気象にそぐわず、空輸等に支障を来すことがあり、1992 年 7 月 25 日に TS 50 に移設した。

謝 辞

第 33 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・助言をいただいた国立極地研究所の福地光男第 33 次観測隊長および山内恭教授、気象庁の高層気象台、オゾン層解析室および南極観測事務室、並びに船上観測で絶大なご支援をいただいた齊藤艦長以下「しらせ」乗組員の方々に感謝します。

この報告をまとめるにあたり、気象庁南極観測事務室長金戸進氏、第 32 次観測隊気象部門の方にご指導をいただき、ここに厚く感謝の意を表します。

文 献

- JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY (1990): Meteorological Data at Syowa Station in 1988. Antarct. Meteorol. Data, **29**, 326p.
 JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY (1994): Meteorological Data at Syowa Station in 1992. Antarct. Meteorol. Data, **33**, 328p.
 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.

気象庁オゾン層解析室 (1993): オゾン層観測報告 1992. 地球温暖化監視レポート 1992, 97-137.

日本気象協会編 (1983): 気象年鑑 1983 年版. 大蔵省印刷局, 113-114.

日本気象協会編 (1992): 気象年鑑 1992 年版. 大蔵省印刷局, 160-165.

山内豊太郎・志村英洋 (1984): エルチヨン噴火と大気混濁度の変動. 天気, 533-544.

(1995 年 9 月 11 日受付; 1995 年 10 月 2 日改訂稿受理)