

## 第 32 次南極地域観測隊気象部門報告 1991

阿部豊雄\*・岩本美代喜\*・祐川淑孝\*・稲吉 浩\*・青野正道\*

Meteorological Observations at Syowa Station and Asuka Station  
in 1991 by the 32nd Japanese Antarctic Research ExpeditionToyoo ABE\*, Miyoki IWAMOTO\*, Yoshitaka SUKEGAWA\*,  
Hiroshi INAYOSHI\* and Masamichi AONO\*

**Abstract:** This paper describes the results of meteorological observations carried out by the Meteorological Observation Team of the 32nd Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-32) from 1 February 1991 to 31 January 1992 at Syowa Station, from 26 December 1990 to 1 December 1991 at Asuka Station and ozone observations from November to December 1990 on board the icebreaker SHIRASE.

The observations, instruments and statistics at Syowa and Asuka Stations were the same as those of the JARE-31 observation team. In addition, at Syowa Station, ultraviolet-B radiation and other radiation observations were added for the Baseline Surface Radiation Network. At Asuka Station, aerological observations with 16 Omegasonde flights were carried out for the Antarctic Climate Research Program of the Meteorology and Glaciology group.

The principal characteristics in the period of JARE-32 are as follows:

- 1) Blizzards at Syowa Station were encountered thirty-four times; the number of days of blizzards at Asuka Station was eighty-two.
- 2) At Syowa Station, the annual total sunshine duration was 1684.9 hours, which was the minimum record for the total period of observations.
- 3) The Antarctic ozone hole was observed for three successive years; the lowest value of daily total ozone amount was 159 m atm-cm on 30 September, which was the second lowest value in the historical record.
- 4) On 23 May, a tower of snow smoke caused by hydraulic jump of katabatic wind was observed near Syowa Station.

**要旨:** この報告は第 32 次南極地域観測隊気象部門が、1991 年 2 月 1 日から 1992 年 1 月 31 日まで昭和基地において行った気象観測の結果、1990 年 12 月 26 日から 1991 年 12 月 1 日までのあすか観測拠点における気象観測の結果ならびに、1990 年 11 月から 12 月に行った「しらせ」船上でのオゾン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、昭和基地及びあすか観測拠点とも第 31 次観測隊とはほぼ同じである。なお、昭和基地では、紫外線 B 領域の観測を始めるなど地上放射観測の充実を図った。あすか観測拠点では、南極気候変動研究計画の一環として気水圏研究部門が計画した、オメガゾンデによる高層気象観測を 16 回実施した。

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。

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

- 1) 昭和基地ではブリザードの襲来が 34 回あり、あすか観測拠点におけるブリザード日数は 82 日間あった。
- 2) 昭和基地における年間の日照時間の合計値は観測開始以来最も少ない 1684.9 時間であった。
- 3) 3 年連続でオゾンホールを観測し、日別値では 9 月 30 日のオゾン全量が 159 m atm-cm と観測開始以来 2 番目に低い値を記録した。
- 4) 5 月 23 日、昭和基地付近でハイドロリックジャンプによる雪煙の渦塔が観測された。

## 1. はじめに

第 32 次南極地域観測越冬隊気象部門は、昭和基地では 1991 年 2 月 1 日に第 31 次観測隊より定常観測業務を引き継ぎ、1992 年 1 月 31 日までの 1 年間観測を行った。基地における地上・高層気象観測及び特殊ゾンデ観測の観測項目、方法、施設及び観測結果の整理通報は、第 31 次観測隊とほぼ同じである（塚村ら、1993）。気象衛星通報局装置（DCP 装置）による気象報（SYNOP、TEMP 報）の着信率を向上するため、ROM の交換を行い越冬途中から 2 回繰り返し送信に変更した。放射観測では世界気候計画（WCRP）ベースライン地上放射観測網の計画に基づき、国立極地研究所と協力して、新たに B 領域紫外線の観測を加えるなど地上放射観測の充実を図った。施設面では老朽化した測風鉄塔と百葉箱を更新した。

あすか観測拠点では、1990 年 12 月 26 日に第 31 次観測隊より定常観測業務を引き継ぎ、基地閉鎖直前の 1991 年 12 月 1 日 06UT まで地上気象観測を行った。観測の項目、方法、施設、通報は、第 31 次観測隊とほぼ同様である。1991 年 12 月 16 日のあすか観測拠点閉鎖に伴い観測装置を撤収した。気水圏部門の計画では、オメガゾンデによる高層気象観測を成層圏突然昇温期に 16 回行い、また、3 カ年無人気象観測装置の設置と比較観測を実施した。

昭和基地への往路における「しらせ」船上で、気水圏部門と「しらせ」の協力を得て、北緯約 15 度から南極域までオゾン全量観測とオゾンゾンデ観測を実施した。

得られたデータは Antarctic Meteorological Data, Vol. 32 (JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY, 1993) として印刷発表し、あすか観測拠点のデータについては JARE Data Report No.190 (Sukegawa and Yamanouchi, 1993) にも印刷発表した。ここでは観測の経過と結果の概要を述べる。

## 2. 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

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、

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実施（毎日 06 UT）
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	携帯用通風乾湿計により比較観測を随時実施
風向風速	風車型風向風速計	南極仕様	測風塔上（10 m）に現用器と予備器の2台設置
全天日射量	熱電堆式A型ネオ日射計	H-211	極夜時期には日照計とともに撤去
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

	変 換 器 名	変換器型式
変換処理部	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

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（宮本，1990）地上系（以下 AMOS-2 地上系という）により連続記録及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。

#### 2.1.2. 観測経過

AMOS-2 地上系の各測器は、概ね順調に作動した。

観測結果は国際気象通報式（FM12 SYNOP）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經由し、西ドイツのグルムシュタット地上局に通報した。SYNOP 報の着信率を向上するため、あすか観測拠点閉鎖後の1992年1月25日00 UTから2回繰り返し送信に変更した。国際気象通報式の改正（現地気圧値（3時間毎）と前日の全天日射量値（06 UT時）の通報を付加）があり、プログラムの改修を行い、11月1日00 UTから新通報式で送信した。

##### (1) 気 圧

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

##### (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。比較観測は携帯用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

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

	1991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	年平均 ☆年極値 ◇年合計	1992年 1 月
平均気圧 (海面) hPa	982.5	991.4	982.1	985.6	984.4	992.4	988.8	982.3	986.9	980.8	987.6	997.2	986.8	991.5
平均気温 ℃	-0.9	-1.7	-6.5	-11.1	-11.2	-14.9	-15.2	-17.5	-16.9	-16.1	-7.0	0.0	-9.9	0.0
最高気温の極値 ℃	5.5	4.2	0.1	-4.0	-3.1	-4.0	-4.5	-3.9	-7.7	-5.0	1.2	6.3	☆ 6.3	8.2
同 起日	3	20	1	19	23	25	8	6	24	27	15	31	12/31	22
最低気温の極値 ℃	-11.7	-8.4	-24.7	-28.5	-29.7	-31.8	-28.5	-38.1	-29.8	-30.3	-14.9	-7.1	☆ -38.1	-6.2
同 起日	15	26	24	27	20	17	31	29	13,14	3.9	8	17	8/29	26
平均蒸気圧 hPa	4.2	3.5	3.1	1.9	2.1	1.6	1.4	1.3	1.2	1.3	2.5	4.4	2.4	4.1
平均湿度 %	74	63	76	65	72	72	62	64	65	67	67	73	68	68
平均雲量 1/10	8.3	6.8	7.8	5.7	7.4	6.4	6.7	7.6	8.1	7.2	6.7	7.1	7.2	7.5
平均風速 m/s	7.5	6.9	6.4	5.7	10.5	7.1	8.9	6.1	6.6	5.0	6.1	5.5	6.9	4.1
最大 10分間平均 m/s	38.3	27.9	27.8	24.1	31.2	36.9	40.0	28.5	27.8	26.4	21.9	26.6	☆ 40.0	20.5
同 風向 起日	NE 18	NE 5	NE 13	ENE 19	ENE 26	NE 24	NE 7	ENE 16	NE 19	NE 12	ENE 10	NE 26	NE 7/7	ENE 15
風 瞬間 m/s	50.2	34.8	34.9	31.1	43.9	46.5	51.0	35.2	34.6	31.8	25.5	34.4	☆ 51.0	25.5
速 同 風向 起日	NE 18	NE 5	NE 13	ENE 19	E 23	NE 24	NE 7	NE 23	NE 19	NE 1	ENE 10	NE 26	NE 7/7	ENE 15
日照時間 h	244.5	237.0	83.8	108.1	16.5	-	14.0	47.1	129.8	147.6	327.9	328.6	◇1684.9	306.5
日照率 %	34	49	21	41	14	-	28	22	38	31	52	44	38	43
平均全天日射量 MJ/m <sup>2</sup>	24.6	17.6	7.9	3.0	0.3	0.0	0.1	1.5	6.6	14.0	25.8	28.5	10.8	26.2
暴風 10.0m/s~14.9m/s	4	13	9	6	7	3	7	8	4	4	11	10	◇ 86	10
15.0m/s~28.9m/s	8	9	7	7	16	13	10	8	13	7	8	6	◇ 112	3
29.0m/s以上	3	0	0	0	2	1	4	0	0	0	0	0	◇ 10	0
数 計	15	22	16	13	25	17	21	16	17	11	19	16	◇ 208	
天気 快晴 (雲量<1.5)	1	2	2	7	4	7	3	1	0	4	5	2	◇ 38	1
曇り (雲量≥8.5)	20	12	16	14	19	15	12	14	19	18	14	14	◇ 187	16
日 雪	24	11	22	11	20	20	11	25	17	20	13	17	◇ 211	14
数 霧	3	0	0	0	0	2	0	0	1	3	0	4	◇ 13	2

表3 天気概況と主な記録 (1991年2月-1992年1月)

Table 3. Weather summary and principal records in February 1991-January 1992.

年・月	天 気 概 況	極値・順位を更新した主な記録
1991年 2 月	5日から6日にかけて越冬開始初めてのブリザード(C級)に見舞われたが、上・中旬は比較的穏やかで晴天の日が多かった。下旬は前線の停滞と低気圧の通過で悪天の日が多く日照時間は旬の最少記録を更新した。気温は全般に平年より高めに経過した。	平均気温(月) -1.7℃ 3位(高) 平均気温(中旬) -0.9℃ 2位(高) 日照時間(中旬) 104.8時間 3位(多) 平均雲量(下旬) 9.1 1位(多) 日照時間(下旬) 20.6時間 1位(少)
3 月	全般に曇り又は雪の天気、特に低気圧の接近した13日~15日と25日~27日にはB級ブリザードとなった。発散場に入り快晴となった24日は放射冷却で気温が下がり、3月の歴代第1位の最低気温を記録した。	最低気温 -24.7℃ 1位(低) 平均風速(上旬) 3.4m/s 1位(弱) 平均気温(下旬) -8.3℃ 5位(低)
4 月	好天・悪天が数日周期で繰り返した。4月としては平年より晴天の日が多く、平均雲量は少ない方の記録を更新し日照時間も歴代第1位(多)となった。上・下旬の平均気温は平年を下回ったが、中旬は平年並であった。	平均雲量(月) 5.7 1位(少) 日照時間(月) 108.1時間 1位(多) 平均気温(上旬) -10.8℃ 2位(低) 日照時間(中旬) 36.5時間 1位(多)
5 月	低気圧が頻繁に通過しブリザードの襲来は7回あった。19日と20日に細氷現象を観測した。22日と23日にはハイドロリックジャンプに伴う雪煙が大陸上で見られ、23日午後この雪煙が基地を襲来し最大瞬間風速43.9m/sの突風を記録した。このとき岩島付近で旋風による雪煙の渦塔を観測した。	平均気温(月) -11.2℃ 3位(高) 平均風速(月) 10.5m/s 2位(強) 平均雲量(上旬) 9.1 3位(多) 平均気温(下旬) -9.3℃ 2位(高) 平均風速(下旬) 13.7m/s 2位(強)
6 月	上旬にはB級ブリザードに2回見舞われたが、中旬は快晴で穏やかな好天が続いた。下旬は悪天の日が多く、24日~25日のA級ブリザード時に瞬間最大風速46.5m/s(歴代第5位)を記録した。26日から27日にかけて氷霧と霧雪を観測した。	最大風速 36.9m/s 5位(強) 最大瞬間風速 46.5m/s 5位(強) 平均雲量(中旬) 3.6 4位(少) 平均雲量(下旬) 9.8 1位(多)
7 月	低気圧の通過に伴い、上・中旬にそれぞれ1回ずつA級ブリザードの襲来があった。特に上旬のA級ブリザードは強く、最大風速、最大瞬間風速とも7月の第1位を記録した。下旬は比較的穏やかな好天であった。上旬の平均気温は歴代第2位の高温で、中・下旬はほぼ平年並であった。	最大風速 40.0m/s 1位(強) 最大瞬間風速 51.0m/s 1位(強) 平均気温(上旬) -10.7℃ 2位(高) 日照時間(下旬) 14.0時間 2位(多)
8 月	5日から6日にかけてのB級ブリザード時に歴代第1位の最高気温を記録した。中・下旬は雪や曇りの日が多かったが月末になって天気は回復した。28日以降は大陸から寒気の流出する気圧配置となり気温が低下し、28日と29日には越冬開始以来初めて日平均気温が-30℃を下回った。	最高気温 -3.9℃ 1位(高) 平均雲量(月) 7.6 5位(多) 平均気温(上旬) -12.6℃ 3位(高)
9 月	基地北方を低気圧がつつぎつつぎに通過した。このため、中旬に一時天気は回復したものの、雪や曇天の日が多くブリザードの襲来も4回あり、月平均雲量は歴代第2位(多)を記録した。上旬の平均気温は高め(歴代第5位)であったが中・下旬は平年並であった。	平均雲量(月) 8.1 2位(多) 平均気温(上旬) -15.0℃ 5位(高) 平均雲量(上旬) 9.2 1位(多) 日照時間(上旬) 12.5時間 2位(少)
10 月	月始めにC級ブリザードの襲来があったがその後天気は回復し、気温は低めに推移し上旬の平均気温は歴代の最低記録を更新した。中・下旬は低気圧の通過や前線・収束帯の停滞のため雪や曇りの悪天が続く、下旬の日照時間は最少記録であった。	平均気温(月) -16.1℃ 1位(低) 日照時間(月) 147.6時間 2位(少) 平均気温(上旬) -21.5℃ 1位(低) 平均雲量(下旬) 9.8 1位(多) 日照時間(下旬) 10.4時間 1位(少)

表 3 つづき  
Table 3. (Continued).

年・月	天 気 概 況	極 値・順 位 を 更 新 し た 主 な 記 録
1991年 11 月	上旬は、10月に引続き、低気圧の接近や通過で曇りと雪の日が多く旬の平均雲量は最多記録を更新した。中旬に入って天気は回復し下旬まで好天が続いた。15日には冬明け後初めてプラスの気温(1.2℃)を観測した。気温は各旬とも平年並であった。	最低気温 -14.9℃ 4位(高) 平均雲量(上旬) 9.9 1位(多) 平均雲量(下旬) 3.6 4位(少)
12 月	上旬は晴れ又は曇りの比較的穏やかな好天が多く、気温は平年より高めに経過した。中旬は大陸高気圧の縁辺部に位置し全般に風が弱かったものの曇天続きであった。下旬も天気が悪く日照時間は最少記録を更新した。低気圧の通過した26日はB級ブリザードとなった。	平均気温(月) 0.0℃ 1位(高) 平均雲量(月) 7.1 2位(多) 日照時間(月) 328.6時間 1位(少) 平均風速(下旬) 7.4m/s 1位(強) 日照時間(下旬) 76.1時間 1位(少)
1992年 1 月	4日と5日に霧雪を観測した。8日から16日は連日降雪を記録する悪天で、特に14日と15日は低気圧の通過で風が強く、15日の日平均風速は16.4m/sを記録した。その後天気は回復し比較的穏やかな天気が多かったものの各旬とも日照時間は平年を下回った。気温は平年並であった。	平均雲量(月) 7.5 5位(多) 日照時間(月) 306.5時間 4位(少) 平均風速(中旬) 6.1m/s 5位(強) 日照時間(中旬) 75.0時間 3位(少)

求めた。12月20日に、新百葉箱の設置が終了し、12月22日にセンサーの移設を行った。

### (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。2月8日に新測風塔の設置を行い、11月27日にセンサーを移設した。

### (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。

### 2.1.3. 観測結果

月別地上気象表を表2に、各月の天気概況と極値・順位を更新した主な記録を表3に、ブリザード統計(昭和基地独自の基準による)を表4に示す。気圧、気温、風速、雲量、日照時間の旬別変化図を図1に示す。

越冬期間中における気象の主な特徴及び現象としてはつぎのことがあげられる。

- (1) 気温は平年より高めの月が多く、平年を下回った月は、3月、4月、10月、11月の4ヶ月であった。10月の月平均気温は最低記録を更新し第1位となった。
- (2) 平均雲量8.5以上の日数が187日と曇天の日が多く、年平均雲量は1972年について多い方の第2位であった。このことにともない、年間の日照時間の合計値は観測開始以来最も少ない1684.9時間であった。
- (3) ブリザードの来襲は34回あり(多い方の3番目)、7月のA級ブリザード時には最

表4 ブリザード統計表 (1991年2月-1992年1月)  
Table 4. Blizzard data in February 1991-January 1992.

No.	開始時刻			終了時刻			継続時間	階級	最大風速			最大瞬間風速			最低海面気圧	
	月	日	時 分	月	日	時 分	時間 分		m/s	風向	起日	m/s	風向	起日	hPa	起日
1	2	5	20 20	2	6	05 40	9 20	C	27.9	NE	5	34.8	NE	5	-	-
2	2	21	21 40	2	22	05 10	7 30	C	17.1	NE	21	22.0	NE	22	-	-
3	3	13	17 40	3	15	10 20	* 35 05	B	27.8	NE	13	34.9	NE	13	963.1	14
4	3	25	07 05	3	27	08 10	49 05	B	25.6	NE	26	30.4	ENE	25	-	-
5	4	19	01 30	4	19	10 20	08 50	C	24.1	ENE	19	31.1	ENE	19	-	-
6	4	29	12 10	4	30	07 10	* 16 15	C	20.9	NE	29	25.1	NE	29	-	-
7	5	5	03 05	5	5	12 40	09 35	C	26.2	ENE	5	31.7	ENE	5	962.5	5
8	5	9	13 30	5	9	23 10	09 40	C	19.5	ENE	9	23.4	ENE	9	-	-
9	5	11	12 05	5	12	02 00	13 55	C	24.4	NE	11	28.7	NE	11	-	-
10	5	16	20 50	5	17	22 30	* 18 05	C	23.1	E	17	28.7	E	17	965.6	17
11	5	25	22 40	5	26	10 25	11 45	C	31.2	ENE	26	37.1	ENE	26	-	-
12	5	28	13 05	5	30	00 30	35 25	B	26.0	ENE	28	30.2	NE	28	-	-
13	5	31	08 25	5	31	20 30	12 05	C	27.3	NE	31	33.5	NE	31	968.7	31
14	6	1	16 40	6	2	15 15	22 35	B	27.9	ENE	1	35.2	NE	2	-	-
15	6	5	15 20	6	6	11 40	20 20	B	27.8	ENE	5	35.8	ENE	5	-	-
16	6	21	07 50	6	21	15 25	07 35	C	19.4	NE	21	22.7	NE	21	-	-
17	6	24	07 10	6	25	20 12	* 35 56	A	36.9	NE	24	46.5	NE	24	-	-
18	6	28	19 10	6	29	02 00	06 50	C	18.1	NE	28	24.4	NE	28	-	-
19	7	1	04 00	7	2	06 10	* 21 40	B	26.4	NE	1	33.5	ENE	1	961.4	1
20	7	6	10 10	7	8	21 10	59 00	A	40.0	NE	7	51.0	NE	7	968.9	7
21	7	12	18 55	7	14	11 45	40 50	A	30.3	NE	13	39.8	NE	13	956.4	13
22	8	5	03 20	8	6	08 50	* 26 30	B	23.7	NE	5	28.1	ENE	5	967.6	5
23	8	16	01 10	8	16	13 55	12 45	B	28.5	ENE	16	35.0	NNE	16	948.3	16
24	8	22	22 40	8	23	23 44	25 04	B	26.5	NE	23	35.2	NE	23	-	-
25	9	5	10 55	9	5	19 32	08 37	C	16.2	NNE	05	20.3	NNE	5	-	-
26	9	7	15 30	9	9	13 55	* 34 01	B	26.0	NE	8	30.2	NE	9	960.3	8
27	9	16	19 38	9	17	01 45	6 07	C	20.6	E	16	25.5	E	16	-	-
28	9	18	18 10	9	19	22 40	28 30	B	27.8	NE	19	34.6	NE	19	-	-
29	10	1	07 20	10	1	17 40	10 20	C	25.4	NE	1	31.8	NE	1	964.4	1
30	10	12	07 43	10	12	17 40	9 57	C	26.4	NE	12	30.5	NE	12	967.2	12
31	10	22	22 50	10	23	07 20	8 30	C	15.7	NNE	23	20.0	NNE	23	965.4	22
32	10	26	12 40	10	27	02 10	13 30	B	24.1	ENE	26	28.7	ENE	26	957.3	26
33	10	30	03 50	10	30	12 25	08 35	C	21.6	NE	30	25.5	NE	30	956.0	30
34	12	26	03 50	12	27	00 50	21 00	B	26.6	NE	26	34.4	NE	26	-	-

\*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 : 1000 " 15 " 12 "

C : 1000 " 10 " 6 "

\*最低海面気圧 970hPa以下となった場合のみ示す.

\*継続時間は下記の中断時間を除く.

No. 3 中断 14日11時30分 ~ 17時05分

No. 6 中断 29日19時55分 ~ 22時40分

No. 10 中断 17日04時40分 ~ 12時15分

No. 17 中断 25日08時16分 ~ 09時22分

No. 19 中断 1日11時50分 ~ 16時20分

No. 22 中断 5日10時10分 ~ 13時10分

No. 26 中断 8日03時10分 ~ 15時34分

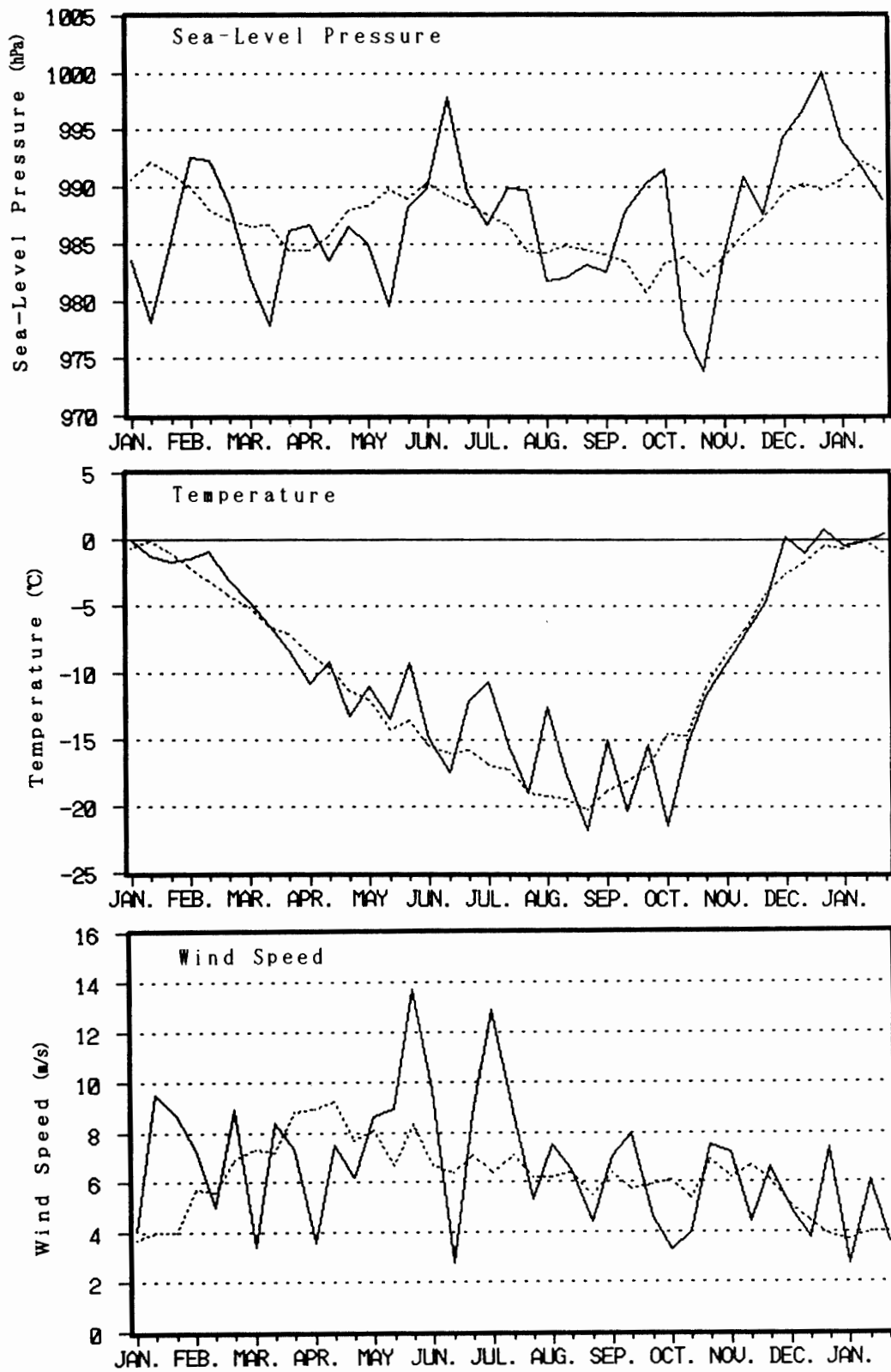


図1 旬別変化図 (1991 年 1 月-1992 年 1 月, 破線は 1961-1990 年の累年平均値を示す)  
 Fig. 1. Annual variation of ten-day mean values in January 1991-January 1992.  
 Broken lines show normal values of 1961-1990.

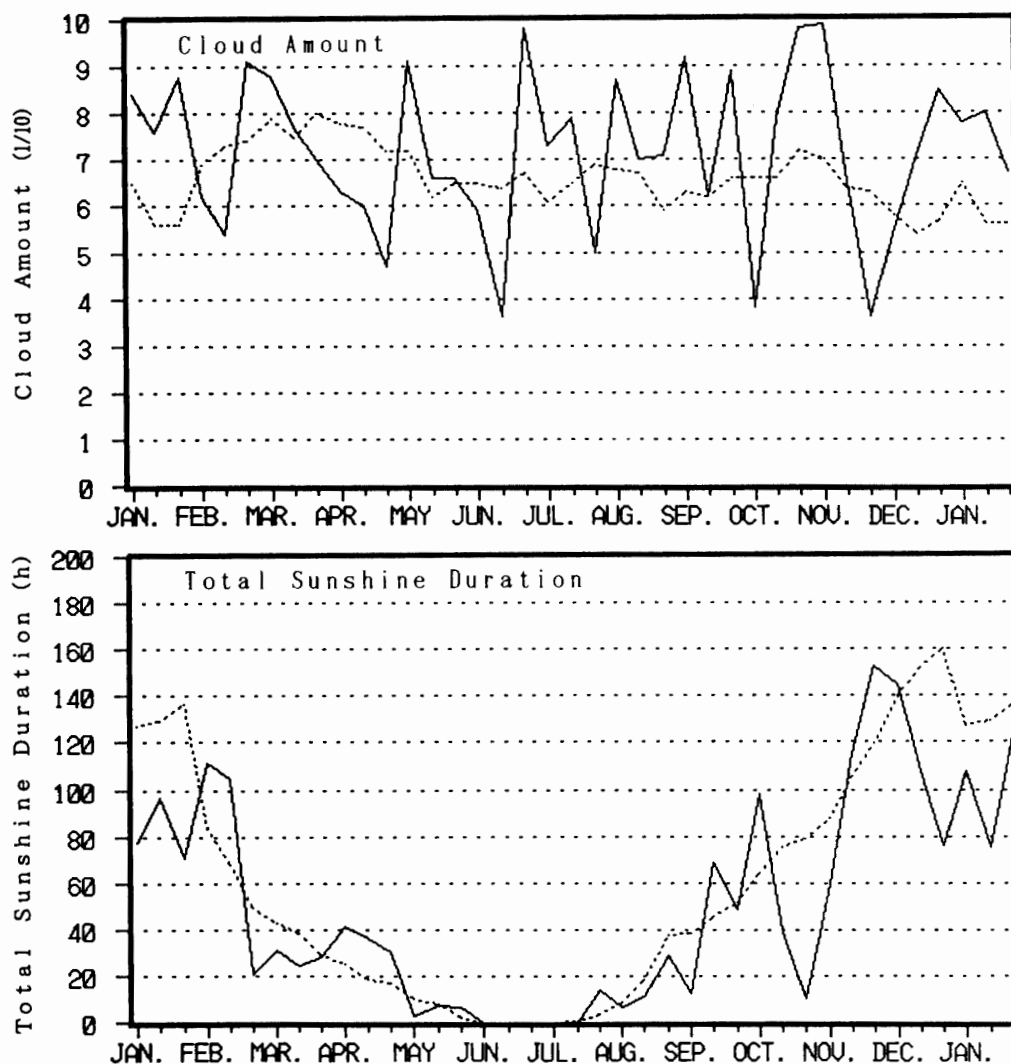


図1 つづき

Fig. 1. (Continued).

大風速 40.0 m/s, 最大瞬間風速 51.0 m/s を記録し, 月の第1位の記録を更新した.

(4) 5月23日, 昭和基地の北北東約2 kmにある岩島付近で旋風による雪煙の渦塔現象を観測した. このとき上空は高積雲で覆われていて母雲となる漏斗雲の垂れ下がりが確認できなかったことから竜巻とは異なる現象で発生したものと考えられる. 気水圏研究部門の林隊員がビデオカメラで撮影したものを国立極地研究所オーロラデータセンターのARSADで画像処理し複製した写真を図2に示す. この現象に先立ち前日の22日から23日にかけて大陸斜面で視認されたハイドロリックジャンプ (hydraulic jump) に伴う雪煙の写真を図3に, 昭和基地における地上風の観測記録を図4に示す. 雪煙の渦塔現象は昭和基地において風の強くなる直前の1440 LT頃に観測された. 南極における竜巻については, デニソン岬で観測された例のスケッチを紹介したものがあ (守田, 1973) が,

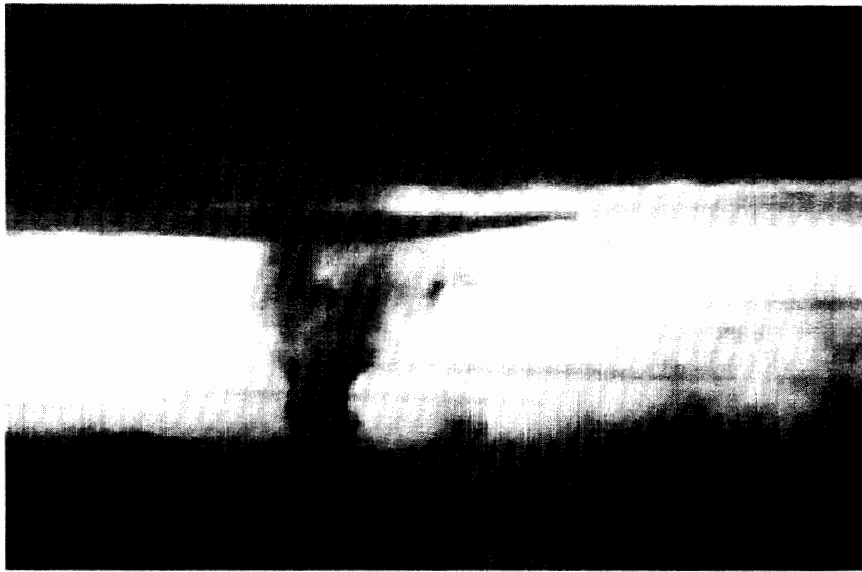


図 2 1991 年 5 月 23 日のハイドロリックジャンプによる雪煙の渦塔（林政彦氏がビデオ撮影したもので画像処理は港屋浩一氏による）

*Fig. 2. A tower of snow smoke by hydraulic jump on 23 May 1991. Video movie was taken by Mr. M. HAYASHI and image processing by courtesy of Mr. H. MINATOYA.*

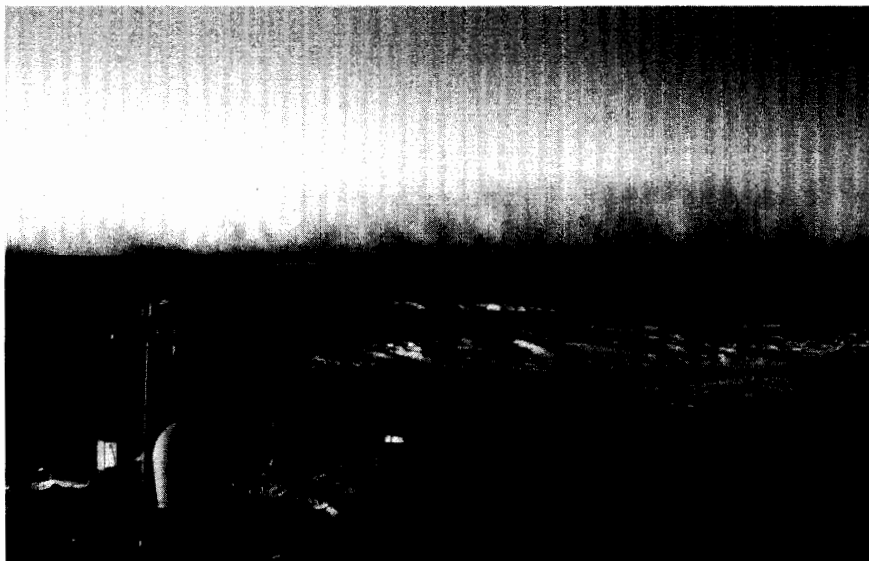


図3 1991 年 5 月 22 日，大陸斜面で観測されたハイドロリックジャンプによる雪煙

*Fig. 3. Snow smoke by hydraulic jump at the slope of Antarctica near Syowa Station on 22 May 1991.*

この掲載図には漏斗雲は描写されていない。極域では積乱雲に伴う竜巻の可能性は小さく、今回の渦塔雪煙も漏斗雲を伴っていないことから岩島に発生するカルマン渦（阿部，1979）に伴った現象の可能性が大きい。

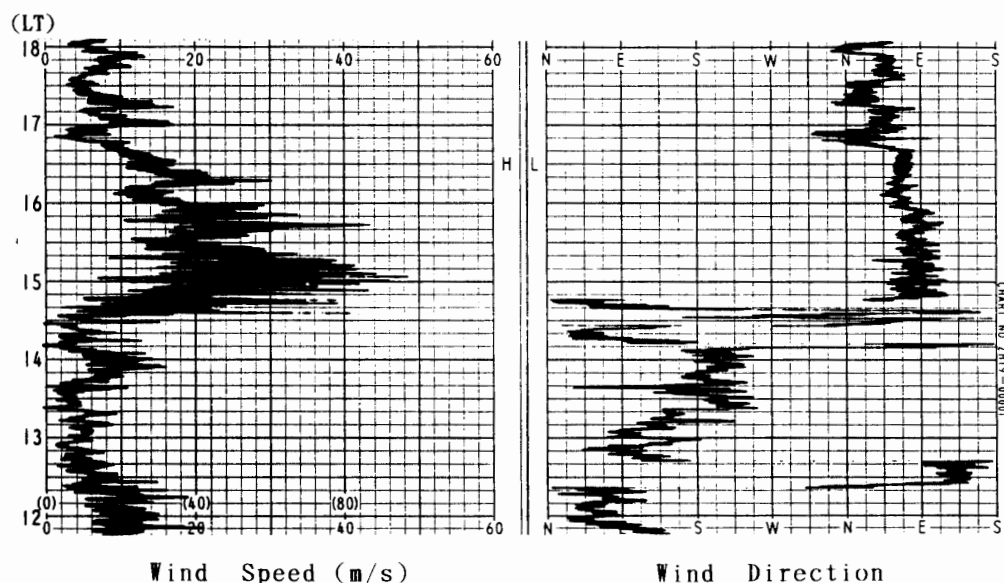


図4 1991年5月23日の地上風記録

Fig. 4. Wind chart at Syowa Station on 23 May 1991.

## 2.2. 高層気象観測

### 2.2.1. 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

表5 高層気象観測器材及び地上施設

Table 5. Sensors and instruments for aerological observations.

(1)高層気象観測器材				(2)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			中央処理装置	MELCOM70 30C II
	セ ン サ	気圧	スミスパン製 60mmφ 抵抗板式空こう気圧計	固定ディスク装置	M 6890
		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)	フレキシブルディスク装置	M 2896
		湿度	カーボンタイプ湿度計	シリアル入出力機構	B 6404
電 池		B 80RS型注水電池		ディスプレイ	M 4381-1 N
気 球		600 g 標準浮力 2200 g 強風・降雪等状況により増量		プリンター	M 4607-1 B
				標準時刻・信号変換装置	
				(3)地上施設 (ゾンデ追跡装置)	
気 球		600 g 標準浮力 2200 g 強風・降雪等状況により増量		JMA-D55B-2型 自動追跡型方向探知機	
				MOR22型 モノパルス方式自動追跡型方向探知機	
				1992.1.22 00UTより使用	
その他	強風時	66型遅動式巻下器 気象観測用巻下器			
	暗夜時	PA72型追跡補助電灯			

ヘリウムガスの充填した自由気球に吊り下げて飛揚し、気球が破裂する上空約 30 km までの気圧、気温、風向、風速、及び気温が $-40^{\circ}\text{C}$ 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自動追跡型方向探知機 (JMA-D55B-2 型, 1992 年 1 月 22 日に第 33 次隊の手によりモノパルス方式 MOR22 型へ更新) 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 高層系により自動的にを行い、電報の通報には DCP 装置を用いた。気象報 (TEMP 報) の着信率を向上するため、5 月 10 日 12UT から 2 回繰り返し送信に変更した。

使用した観測測器と地上施設の詳細を表 5 に示す。

### 2.2.2. 観測経過

観測状況を表 6 に示す。ブリザードによる強風で飛揚が困難なためと、ゾンデ追跡装置の故障により期間中 2 回の欠測があった。また、ゾンデを飛揚したもののデータが得られなかった資料欠如の理由は、強風による地物衝突が 3 回で、信号変換装置の故障と観測者の誤操作が各々 1 回あった。気球の地物衝突や低高度破裂、気圧計の接点不良等による再観測の回数は 28 回であった。

地上施設の故障状況としては、第 32 次隊が新たに持ち込んだ信号変換装置の FDD が使用開始後 1 カ月も経過しないうちに書き込み動作に不具合が発生したため予備器と交換した。また、D55B-2 自動追跡型方向探知機の空中線部で機器の老朽化と低温のためリード線の断線が 2 回発生しうち 1 回は欠測となったが、その他は大きな故障もなくほぼ順調に経過した。MOR22 型は、設置直後の観測時に放球スイッチの電源断線のため資料処理に手間取った以外、正常に作動した。

表 6 高層気象観測状況

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

項 目	年 月	1991												合 計 (平均)
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1992 1	
飛 揚 回 数		59	64	61	65	62	67	63	61	63	61	67	63	756
定 時 観 測 回 数		56	61	60	62	60	61	62	60	62	60	62	62	728
欠 測 回 数		0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
資 料 欠 如 回 数		2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	5
再 観 測 回 数		3	3	1	3	2	6	1	1	1	1	5	1	28
到 達	平均 hPa	13.7	14.2	15.1	16.1	13.4	14.9	14.7	17.5	16.6	14.6	16.4	16.0	(15.2)
	平均 km	29.2	28.4	27.2	25.9	26.6	25.5	25.6	24.9	26.9	28.3	28.4	28.5	(27.1)
高 度	最高 hPa	10.2	9.7	9.7	11.3	10.1	10.1	8.6	11.7	10.5	10.5	12.4	12.4	
	最高 km	31.1	31.0	30.1	28.0	28.1	27.8	28.8	26.9	29.7	30.9	30.2	30.3	

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.

項 目	指定面 (hPa)	1991 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1992 1	平 均
高 度 (m)	850	1208	1122	1134	1126	1175	1151	1085	1114	1073	1154	1258	1215	1151
	700	2691	2588	2585	2572	2620	2586	2516	2534	2502	2605	2747	2702	2604
	500	5155	5015	4974	4965	5014	4958	4891	4901	4885	5008	5226	5175	5014
	300	8622	8423	8317	8308	8378	8268	8210	8204	8227	8362	8710	8648	8390
	200	11247	11053	10899	10818	10873	10714	10643	10632	10720	10859	11349	11293	10925
	150	13143	12945	12755	12608	12621	12415	12325	12313	12471	12624	13242	13199	12722
	100	15823	15606	15352	15103	15053	14766	14658	14656	14933	15128	15924	15901	15242
	50	20435	20136	19723	19275	19101	18700	18574	18634	19276	19594	20603	20582	19553
	30	23865	23462	22907	22275	22021	21558	21449	21616	22688	23050	24107	24071	22756
気 温 (℃)	850	- 8.5	-10.8	-13.7	-14.9	-16.1	-18.0	-18.9	-20.4	-19.6	-13.5	- 7.7	- 7.4	-14.1
	700	-16.5	-19.9	-22.5	-22.9	-22.7	-24.4	-24.7	-26.1	-24.3	-22.0	-15.0	-15.8	-21.4
	500	-29.9	-33.7	-38.7	-37.9	-37.4	-40.6	-39.4	-40.5	-38.7	-36.8	-28.3	-28.8	-35.9
	300	-52.0	-54.6	-58.1	-60.2	-58.4	-62.0	-62.5	-63.1	-59.6	-59.4	-51.2	-51.8	-57.7
	200	-49.1	-48.8	-52.5	-60.7	-65.3	-70.3	-72.3	-72.2	-64.6	-63.3	-48.7	-48.1	-59.7
	150	-47.3	-48.4	-53.2	-61.1	-66.2	-72.2	-74.7	-74.6	-65.8	-63.8	-47.9	-46.1	-60.1
	100	-46.9	-49.3	-55.6	-65.0	-70.3	-76.6	-78.1	-76.6	-64.8	-59.9	-45.4	-44.7	-61.1
	50	-44.6	-50.5	-59.6	-70.7	-76.7	-81.5	-81.5	-76.3	-51.6	-45.9	-40.2	-41.1	-60.0
	30	-43.0	-51.2	-60.5	-73.4	-78.9	-82.3	-80.3	-70.5	-39.1	-35.7	-37.7	-38.3	-57.6
風 速 (m/s)	850	10.5	7.3	6.8	12.2	7.0	10.6	8.6	10.1	8.9	8.0	9.6	5.5	8.8
	700	8.0	6.8	6.6	9.4	6.7	8.3	8.1	8.5	6.5	7.3	8.4	6.0	7.6
	500	10.6	8.8	7.3	12.2	11.7	10.4	10.4	10.8	9.5	9.3	10.2	6.2	9.8
	300	16.1	13.7	9.1	17.8	16.7	14.6	15.0	13.8	13.5	12.5	14.8	10.1	14.0
	200	9.4	11.1	6.6	15.9	16.0	12.3	13.7	13.4	15.0	9.1	9.5	6.3	11.5
	150	6.7	11.6	8.2	15.9	17.9	11.8	13.5	13.6	18.6	9.8	8.0	4.4	11.7
	100	4.8	12.9	10.2	19.5	21.5	15.1	16.7	17.4	27.6	11.8	6.4	3.0	13.9
	50	3.2	13.1	15.5	26.8	31.8	25.0	26.2	27.5	52.1	14.4	5.9	3.1	20.4
	30	3.5	13.1	20.9	33.5	39.1	31.5	35.8	36.3	63.6	14.8	8.1	5.2	25.5

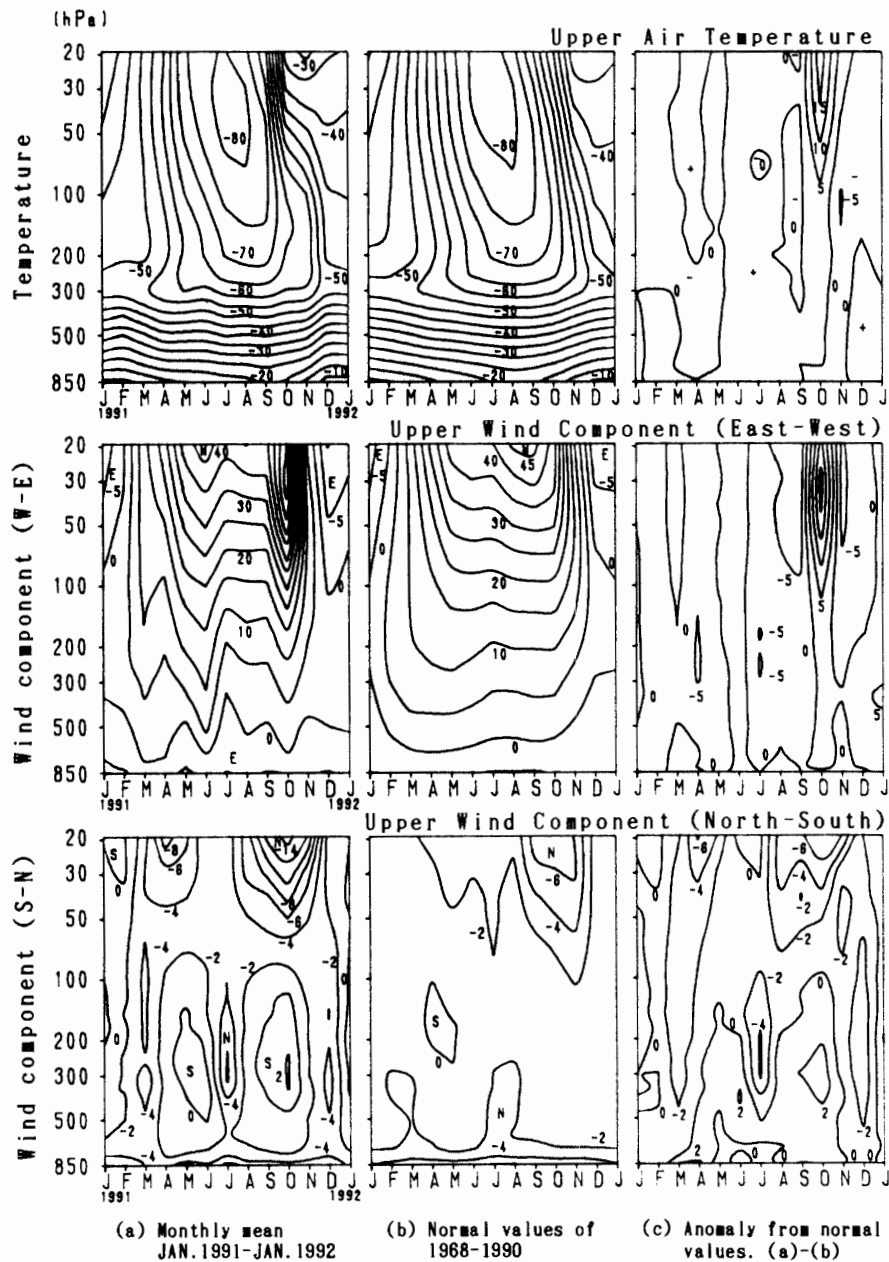


図 5 月平均気温と高層風の東西成分・南北成分の年変化, (a) 1991 年平均, (b) 累年平均及び (c) 累年平均値からの偏差

Fig. 5. Annual variations of upper air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and upper wind components (m/s). (a) Monthly mean from January 1991 to January 1992, (b) normal values in 1968-1990 and (c) anomaly from normal values.

観測器材の不具合は、ほとんどが気圧計に関係したもので、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。接点不良の気圧計については、接点の清掃により機能回復したもののみ使用した。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2日12 UT～10月5日00 UTの期間実施した。

国際気象通報式の改正（925hPa面資料の通報をB部からA部に変更，特異点選択基準の変更）があり，一部処理プログラムの改修を行い11月1日00 UTから新通報式で通報を行った。

### 2.2.3. 観測結果

1991年2月から1992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5に月平均気温と高層風の東西成分・南北成分の年変化を示す。

累年平均による気温の年変化は，対流圏において目立った特徴は見られないが，成層圏において，秋から冬にかけて（2月～6月）の降温と春季（8月～10月）の昇温が明瞭に現れ特徴的な変化をする。特に春季の昇温は短期間に進行する。1991年春の昇温は例年（累年平均）より早くしかも顕著で，30 hPa面における10月の月平均気温は前月よりも31.4℃昇温している。このことは累年平均値からの偏差図にも現れている。

上層風の東西成分について見ると，累年平均では，対流圏下部は通年にわたって東風が卓越し，成層圏で東風となるのは夏季の僅かな期間である。成層圏極夜ジェットは例年9月頃最大となり，上層気温の上昇とともに弱まるが，1991年は10月の30 hPa付近で最大（東西風の月平均値60.6 m/s）を示した。偏差図からも1991年10月における極夜ジェットの強さが読み取れる。30 hPa面の月平均スカラー風速は63.6 m/sであった。

南北成分風の年変化図によると，累年平均では，その風速は東西成分に比べて全層にわたって弱く，4月の対流圏界面付近でわずかに南風域が見られる他は北成分風となっている。1991年は春の9月から10月にかけても対流圏で南成分風が出現し，また4月，5月の圏界面付近の南成分風は例年よりも下層に位置した。50 hPa～20 hPa付近の北成分風は秋と春において例年より強く，これと対称に300 hPa付近に南風が出現している。

成層圏気温の急激な昇温と強風を記録した8月から11月にかけての日別値による気温と高層風の変化を示したのが図6である。成層圏の昇温は9月中旬から始まり11月にかけて波状的に出現している。特に，10月上旬の昇温は顕著であった。30 hPa面の気温は10月5日～10日の5日間に36℃もの突然昇温を観測した。上層風は8月から10月にかけて周期的に強弱を繰り返し，10月上旬から中旬の30 hPa面付近では80 m/sを越える強風を記録した。

図7に30 hPa面月平均天気図を示す。9月の月平均天気図によると極うずの中心がほぼ南極点上空にあって，昭和基地は比較的風の弱いところに位置していたが，10月には極うずの中心がウェッデル海側に偏移し，昭和基地上空の等高度線がほぼ東西に走り等値線が混んでいて強風帯に位置していたことを示す。10月の強風はこのことに起因したものであることがわかる。11月には極うずが弱まるとともにその中心が基地近くまで東進

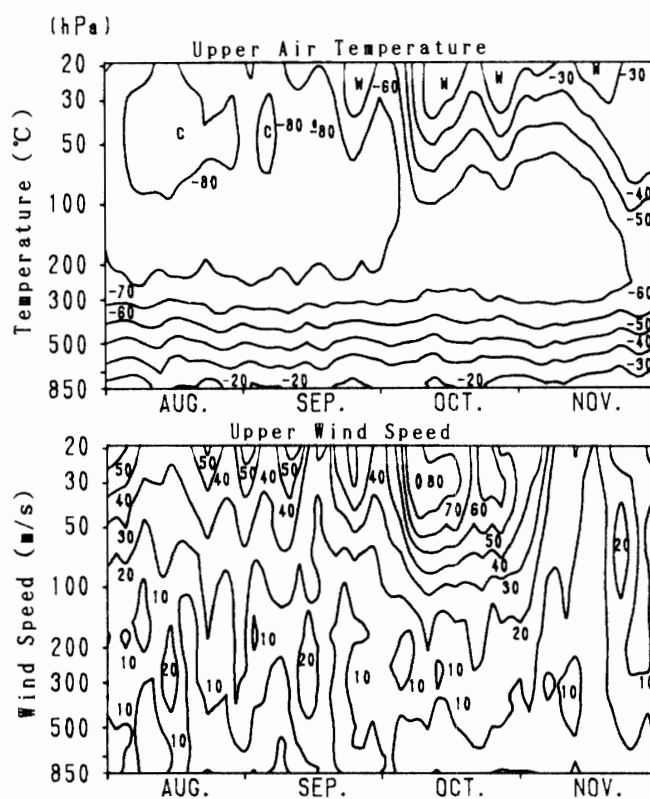


図 6 上層気温と風速の変化 (1991 年 8 月-11 月)

Fig. 6. Variations of upper air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and upper wind speed (m/s) in August–November 1991.

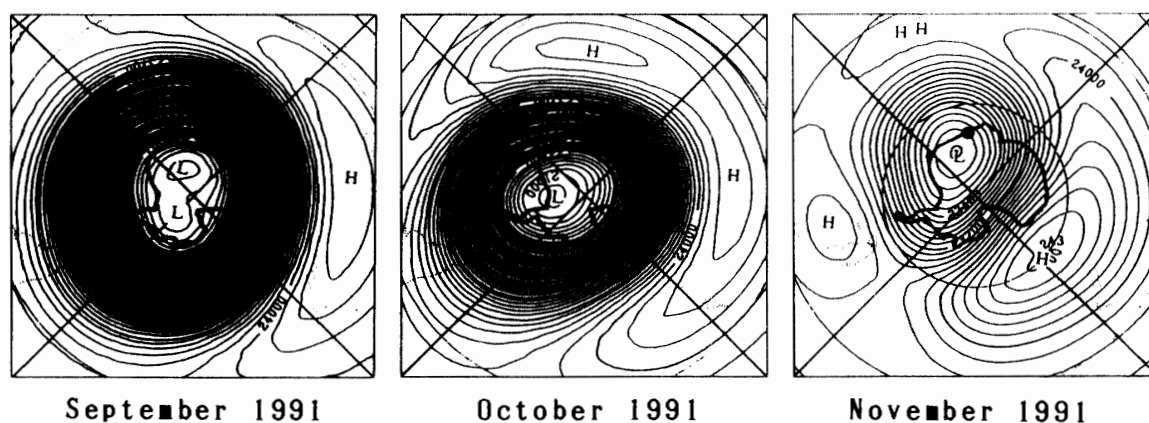


図 7 30 hPa 面月平均天気図 (気象庁作成, 等高度線は 50m ごと, 黒丸は昭和基地)

Fig. 7. Monthly mean weather charts on 30 hPa, made by JMA. Contours are at 50 m intervals; black circle shows Syowa Station.

したことから風速も急速に弱まったと考えられる。

主な指定気圧面における年平均気温の経年変化 (1969～1991 年) を示したのが図 8 である。850～500 hPa 面と 100～30 hPa 面では異なった変化を示している。対流圏の気温はわずかながら上昇傾向にあることが読み取れる。成層圏気温は 1980 年代に入って低温

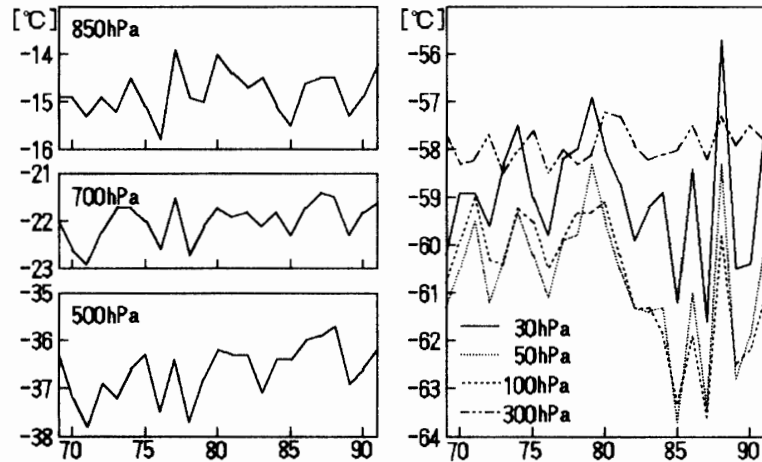


図8 年平均指定気圧面の経年変化 (1969-1991 年)

Fig. 8. Year-to-year changes of air temperature at standard pressure levels in 1969-1991.

傾向を示し、1985 年以降年々変動が増大している。特に 1985 年から 1989 年は隔年毎に低温を観測した。1990 年以降このような周期変化は見られず、1991 年は 1990 年に引続き上昇した。

## 2.3. オゾン観測

### 2.3.1. 観測方法と測器

観測は気象庁オゾン観測指針及び気象庁特殊ゾンデ観測実施要領に基づいて行った。

#### (1) 全量観測

ドブソン分光光度計 (Beck-122) を用いて、A-D 波長組により太陽北中時、午前と午後の  $\mu = 1.5$  及び 2.5 を目標に行った。  $\mu = 1.5$  及び  $\mu = 2.5$  が無い時期は  $\mu = 3.5$  を観測し、さらに太陽高度が低い 4 月及び 8~9 月は C-D 波長組により  $\mu = 3.5 \sim 5.5$  までの観測を行った。太陽光による観測ができない冬期は月光により観測を行った。

直射光と天頂光との比較観測は曇天の場合も可能な限り実施した。データ処理や観測スケジュールの作成にはパソコンを使用した。

#### (2) 反転観測

全量観測と同様にドブソン分光光度計を用いて、太陽天頂角が  $80^\circ \sim 89^\circ$  のショート反転観測と  $60^\circ \sim 90^\circ$  のロング反転観測を実施した。

#### (3) オゾンゾンデ観測

RS II-KC 79 型オゾンゾンデを用い、気圧、気温、オゾン分圧及び風向・風速の鉛直分布を測定した。地上設備は高層気象観測装置の他、オゾン発生器、オゾンゾンデ試験器である。データ処理も同様に AMOS-2 高層系により行った。

表 8 オゾン観測状況  
Table 8. Number of ozone observations.

年 月		1991												1992				合 計
項 目		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1					
観 測 日 数		25	23	20	1	3	10	9	17	24	29	30	30		221			
観 測 内 訳	直射光観測	20	13	16	0	0	0	6	16	15	25	23	26		160			
	天頂光観測	5	10	1	0	0	0	0	1	9	4	7	4		41			
	月光観測	0	0	3	1	3	10	3	0	0	0	0	0		20			
反 転 観 測	シ ョ ー ト	4	5	6	0	0	0	0	0	5	1	0	2		23			
	ロ ン グ	4	4	0	0	0	0	0	0	4	1	0	2		15			

気球は 2000 g を用い、ヘリウムガス（標準浮力 3500 g）を充填し飛揚した。

### 2.3.2. 観測経過

#### (1) 全量観測

冬期の月光観測は、天候不良のため、5月 は 1 日、6 月には 3 日の観測しかできなかったが、7 月 は 10 日の観測ができた。表 8 に月別のオゾン全量観測の日数と代表値を得るのに用いた観測方法の内訳を示す。

標準ランプ点検の結果から、A-D 波長については  $\Delta N_0$  補正値を 8 月と 12 月に変更した。また 1992 年 1 月 1 日より、国際オゾン委員会の勧告に基づき、オゾン吸収係数が変更となった。

オゾンホール時期の 8 月から 11 月までのオゾン全量データについて、マラジョージナヤ基地とインマルテレックスにより交換を行った。

#### (2) 反転観測

反転観測は 2~4 月、10 月、11 月及び 1 月に行った。観測回数の合計はショート反転 23 回、ロング反転 15 回である。反転観測の状況は表 8 のとおりである。観測結果（指定

表 9 オゾンゾンデ観測状況  
Table 9. Number of ozonesonde observations.

年 月	1991年 2月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月
日, 到達気圧 (hPa)	12 6.4	19 9.1	9 7.0		1 61.0	20 27.1
	26 6.0	28 40.1	24 24.1		27 60.4	26 8.0
年 月	1991年 8月	9 月	10 月	11 月	12 月	1992年 1月
日, 到達気圧 (hPa)	21 17.4	3 12.1	6 9.1	7 25.0	3 14.0	1 27.2
	25 15.1	10 10.0	15 15.1	12 9.0	10 25.2	9 15.1
		15 *1	28 *2	19 10.0	18 8.3	17 7.0
		20 13.0		25 *3		22 7.0
		23 24.1		27 14.0		
		30 13.0				

\*1: 気圧接点不良のためデータ取得できず。

\*2: 低高度で発振停止のためデータ取得できず。

\*3: 低高度で発振器周波数飛びのためデータ取得できず。

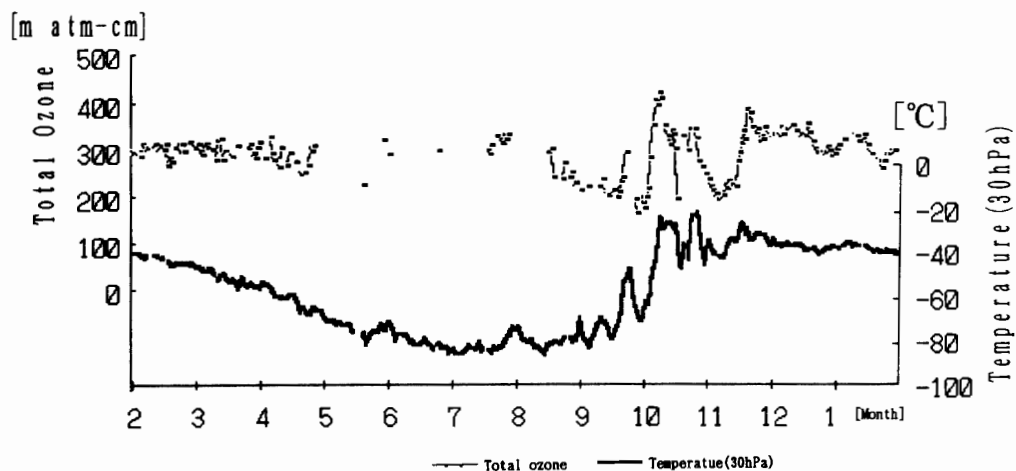


図9 オゾン全量と 30 hPa 面気温の年変化 (1991 年 2 月–1992 年 1 月)

Fig. 9. Annual variations of total ozone amount and air temperature at 30 hPa in February 1991–January 1992.

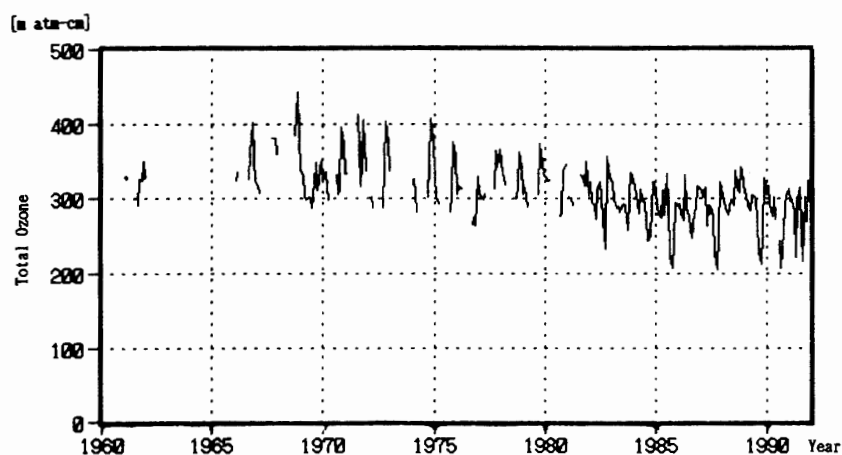


図10 オゾン全量月平均値の経年変化

Fig. 10. Year-to-year changes of monthly mean total ozone amount.

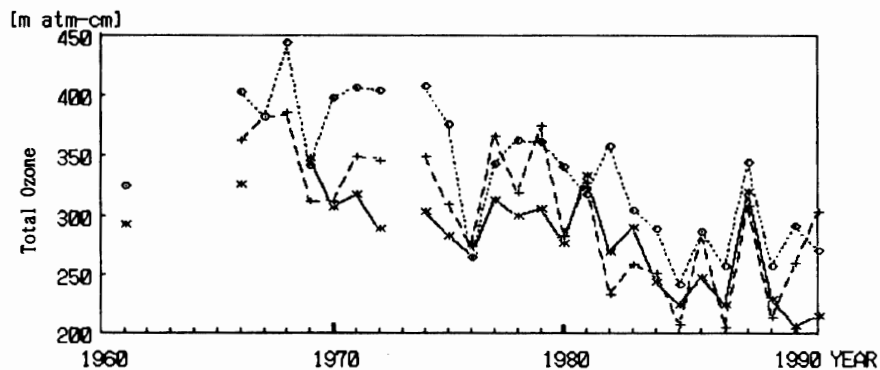


図11 オゾン全量月平均値の月別の経年変化 (実線は9月, 破線は10月, 点線は11月)

Fig. 11. Year-to-year changes of monthly mean total ozone amount. Solid line shows September, dashed line shows October and dotted line shows November.

天頂角における波長強度比) はカナダフォーマット (FORM 0-2B 形式) で 2 カ月毎世界オゾンデータセンター (WODC, カナダ) に送り解析結果 (気圧層別オゾン量) を受け取った。

### (3) オゾンゾンデ観測

38 台のオゾンゾンデを持込み、飛揚は原則として月 2 回、オゾンホール期を含む 8 月下旬以降は週 1 回と観測を強化し計 33 回飛揚した。このうち 3 回は気圧計の異常と発信器に不具合が発生したためデータを取得できなかった。観測状況を表 9 に示す。

マイトリ基地からオゾンゾンデデータの交換依頼があり、1991 年 1 月から 9 月までのデータについてインマルテレックスを利用してデータ交換を行った。

### 2.3.3. 観測結果

#### (1) 全量観測

1991 年 2 月から 1992 年 1 月までのオゾン全量と 30 hPa 面の気温の年変化を図 9 に示す。図中のオゾン全量は日代表値で、30 hPa 面の気温はレーウィンゾンデ観測による 12 UT の値である。この図によると 8 月後半からオゾン全量の減少が始まり、9 月 30 日にはオゾン全量が過去の最低値 (150 m atm-cm, 1987 年 10 月 8 日) を更新するに到らなかったものの 159 m atm-cm を記録した。その後、10 月初～中旬に一旦増加が見られ、それ以

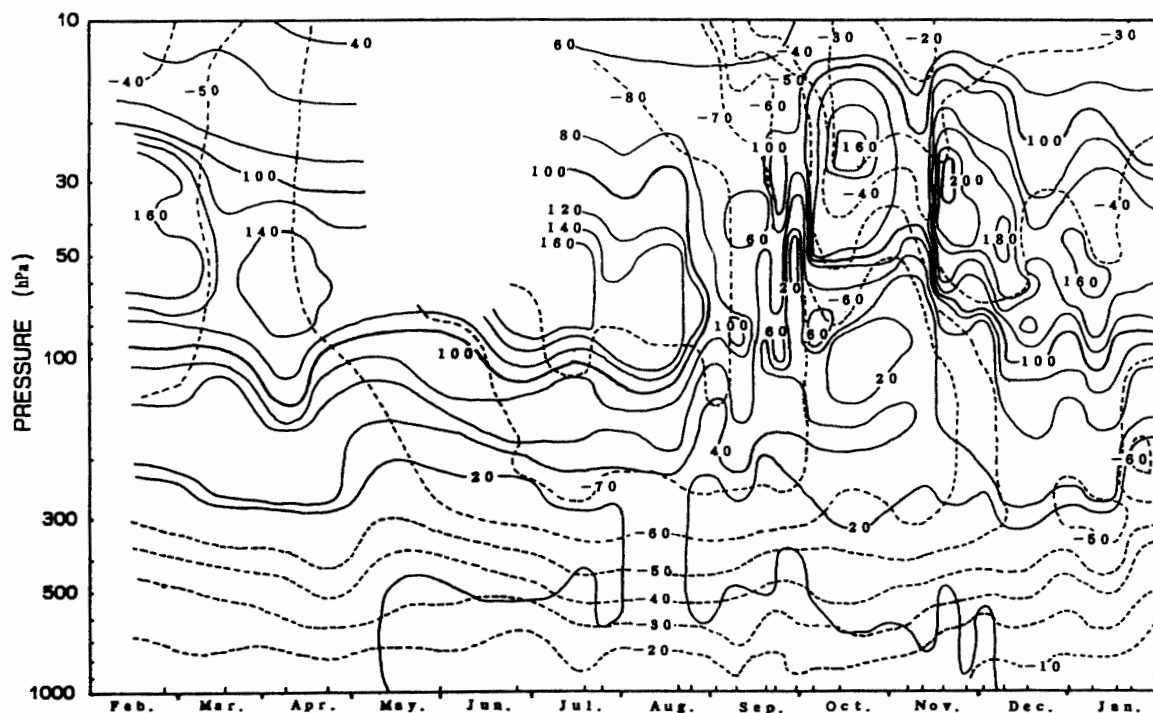
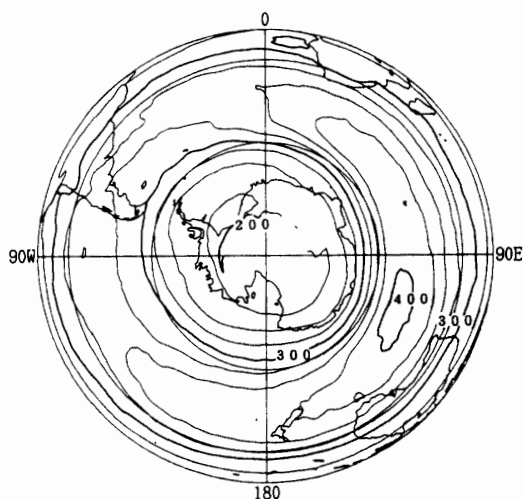
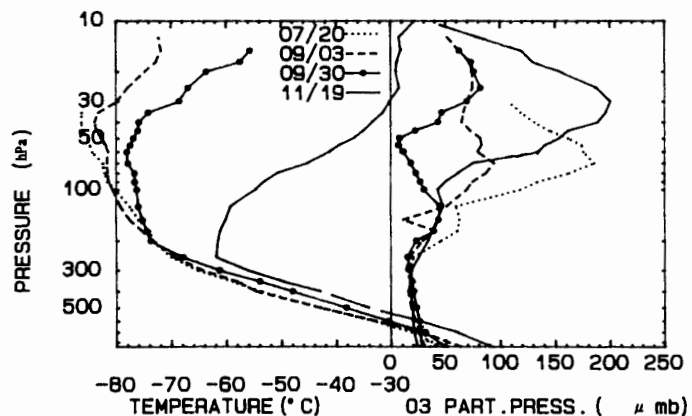


図 12 オゾン分圧と気温の鉛直分布の年変化 (1991 年 2 月-1992 年 1 月)

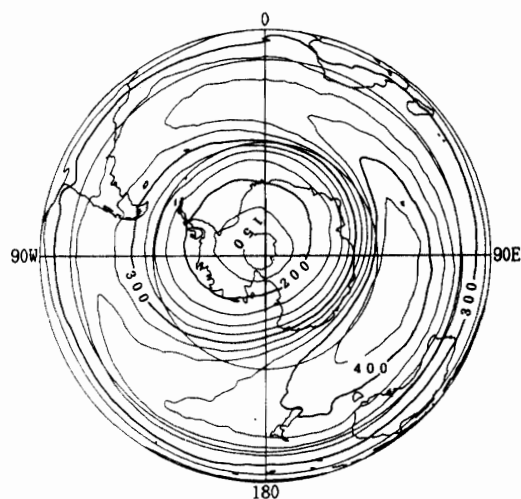
Fig. 12. Annual variation of ozone partial pressure (solid lines:  $\mu\text{mb}$ ) and upper air temperature (dashed lines:  $^{\circ}\text{C}$ ) in February 1991-January 1992.

図 13 オゾン分圧と気温の鉛直分布  
(1991 年 7 月 20 日, 9 月 3 日, 9  
月 30 日, 11 月 19 日)

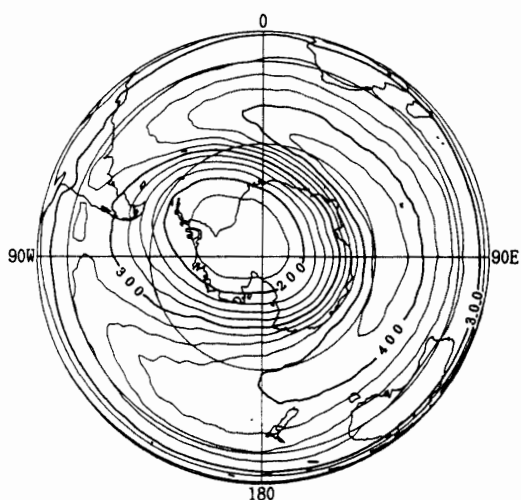
Fig. 13. Vertical profiles of ozone partial pressure ( $\mu\text{mb}$ ) and upper air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) on 20 July, 3 September, 30 September and 19 November 1991.



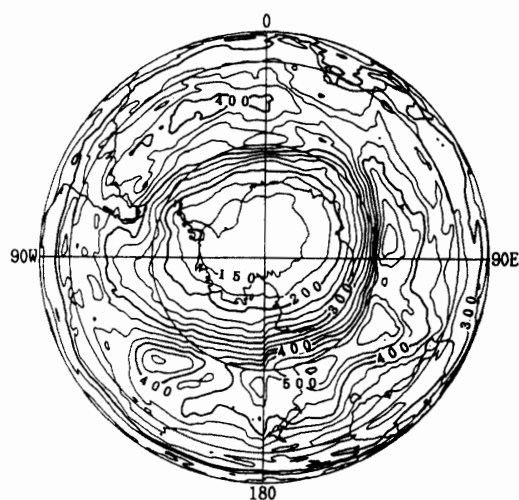
Monthly mean of August 1991



Monthly mean of September 1991



Monthly mean of October 1991



30 September 1991

図 14 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. 14. Maps of total ozone amount in the Southern Hemisphere by TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer, Nimbus 7), Made by JMA.

降は大きな変動を繰り返し、11月中旬には平年並の 300 m atm-cm に落ちついた。

図 10 にオゾン全量の月平均値の経年変化を、また図 11 には 9 月、10 月、11 月の各月平均オゾン全量の経年変化を示す。月平均値の経年変化によると、春期にオゾン全量の少なくなる現象は 1982 年からはっきりと現れるようになった。その後 1985 年、1987 年、1989 年と隔年に特に著しく低いオゾン量が見られたが、1990 年は 2 年連続でオゾンの減少が出現した。そして 1991 年もオゾン全量の急激な減少が現れたことにより 3 年連続の著しいオゾン減少となった。図 11 によると 1985 年、1987 年及び 1989 年は 9 月～11 月の期間にオゾン全量が少ないのに対し、1990 年と 1991 年は 9 月のオゾン全量の低下が他の月と比較して顕著である。これは 1990 年以降、春期のオゾン全量減少の開始時期が早まる傾向にあることを示唆している。

## (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年変化を図 12 に示す。これによると、オゾン分圧の極大層は成層圏の気温の低下と共に高度を下げていき、9 月に入ると成層圏下部におけるオゾン分圧の極大層がなくなり始め、9 月 30 日の時点ではオゾン分圧が 20  $\mu$ mb 以下の層が出現している。10 月に入って、20～30 hPa という比較的高い高度において成層圏の昇温と同時に、一時的なオゾン分圧の極大層の回復が見られる。その後また一時減少するが最終的には 11 月中旬にオゾン分圧の極大層は回復した。

オゾン全量が最小値を記録した 9 月 30 日を含む前後の期間 (7/20, 9/03, 9/30, 11/19) に観測したオゾン分圧の鉛直分布を図 13 に示す。この図によると 9 月 30 日には 70～100hPa のオゾンの極大層はなくなり、オゾン層の消失している様子が良くわかる。

## (3) 衛星搭載の TOMS データによる考察

図 14 に TOMS (NIMBUS 7 号搭載の Total Ozone Mapping Spectrometer) による南半球のオゾン全量分布図を示す。この図は気象庁オゾン層解析室がアメリカ航空宇宙局 (NASA) 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。

南半球の月平均値オゾン全量分布図における 8 月の等値線は南極を中心に同心円状に描かれオゾンホールが形成されつつあることを示し、9 月はこのオゾンホールがさらに深まりエンダービーランド側の中高緯度付近で傾斜の強くなっているのがわかる。10 月にはオゾンホールの中心がウェッデル海側に偏移し、昭和基地付近の等値線が混んでいることから、オゾンホールの盛衰や中心位置の移動によってオゾン全量値が急変することをうかがわせる。事実、10 月の昭和基地におけるオゾン全量の日代表値は最小 169 m atm-cm から最大 408 m atm-cm の間で急激な変化が観測された (図 9 参照)。また、同図にはオゾン全量値が 159 m atm-cm を記録した 9 月 30 日の分布図も示してある。

表 10 地上放射観測の観測項目と使用測器  
 Table 10. Items and instruments used in surface radiation observations.

観 測 項 目	使 用 測 器	測 器 形 式
全 天 日 射 量*	全天日射計	EKO MS-43F
合成全天日射量	直達日射計及び 精密全天日射計（遮蔽バンド付き）	
直 達 日 射 量*	直達日射計	EKO MS-52F
散 乱 日 射 量	精密全天日射計（遮蔽バンド付き）	EKO MS-801
下 向 き 放 射 量	全波長放射計	EKO CN-11
特定波長日射量*	サンフォトメーター	EKO MS-110
紫 外 域 日 射 量	1)紫外域全天日射計 2)波長別紫外域日射計 （ブリューワー分光光度計）	EKO MS-210W SCI-TEC #034
長 波 長 放 射 量	1)精密赤外放射計 2)全波長放射計及び全天日射計	EPPLEY PIR

\*印は継続項目を示す

## 2.4. 地上放射観測

### 2.4.1. 概要

第 31 次隊までは、地上気象観測の一要素として全天日射量を、また、日射観測として直達日射量、特定波長日射量及び大気混濁度の観測を実施していたが、世界気候研究計画（WCRP）ベースライン地上放射観測網（BSRN：Baseline Surface Radiation Network）の計画に基づき、国立極地研究所と協力して、昭和基地における地上放射観測の充実を図った。

### 2.4.2. 観測方法と測器

第 32 次隊が拡充整備した観測項目と使用測器を表 10 に、また今回構築した地上放射観測システムの概要を図 15 に示す。各センサーの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 離れた旗台地（日照計設置場所）で、他の放射計は気象棟前室の屋上である。

観測はデータロガーとパソコンを接続して自動的にデータの収集を行うようにした。データの収集はデータロガーにより 5 秒毎にサンプリングし、オンライン接続したパソコンで 1 分平均値（電圧値の算術平均）を算出し FD に収録した。各種放射量の算出及び作表印字等はこのデータ FD を用いてオフラインで処理した（図 15 参照）。

各観測項目毎における観測方法の概要はつぎのとおりである。

#### (1) 全天日射量観測

##### (ア) 全天日射計による観測（継続観測）

従来から実施していたのと同様に、全天日射計を利用して全天日射量を求める。ただ

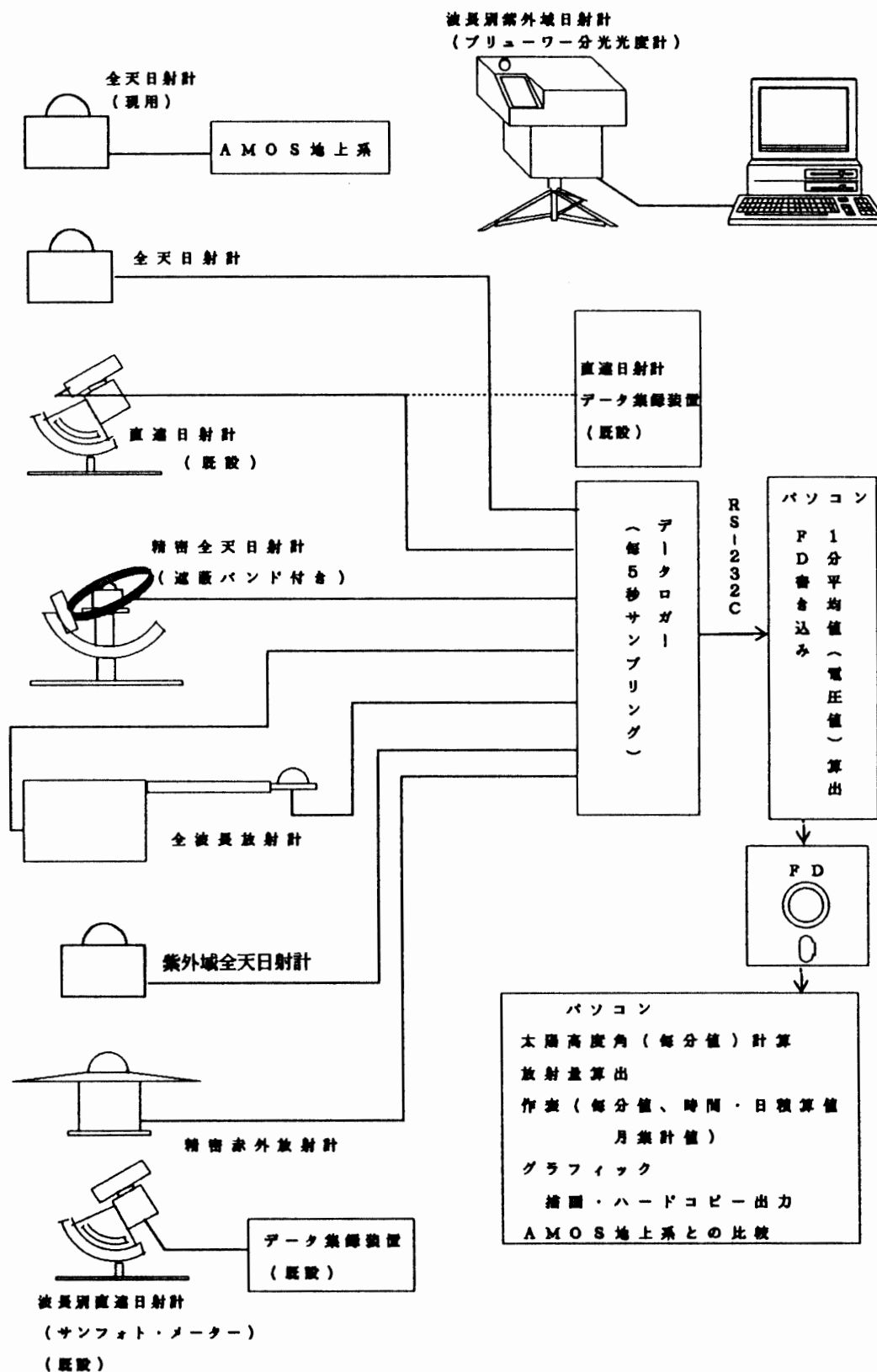


図 15 地上放射観測システムの概要

Fig. 15. System for measurement of surface radiation observations.

し、合成全天日射量と比較するため地上気象観測システム（AMOS-2）の全天日射計とは別に新たに旗台地に設置した。

（イ）合成全天日射量の観測（新規観測）

全天日射量は、直達日射量の水平成分と散乱日射量の和であることから、直達日射計と精密全天日射計（遮蔽バンド付き）を利用して直達・散乱合成法により求める。

（2）直達日射量観測（継続観測）

波長別自記直達日射計の素通しチャンネルを利用して直達日射量を連続観測すると共に、大気混濁度（ホイスナー・デュボアの混濁係数）を求める。

既設の直達日射計からの信号は従来どおり直達日射計データ収録装置で観測するとともに、信号を分岐し、今回構築した地上放射観測システムにも収録した。

（3）散乱日射量観測（新規観測）

直達日射をさえぎる遮蔽バンド付きの精密全天日射計を利用して散乱日射量を連続観測する。

（4）下向き放射量観測（新規観測）

全波長放射計を利用して下向き放射量を連続観測する。

（5）特定波長日射量観測（継続観測）

サンフォトメーターを利用して直達日射量を波長別（6波長：368 nm, 500 nm, 675 nm, 778 nm, 862 nm, 938 nm）に連続観測し、大気混濁度を求める。

（6）紫外域日射量観測（新規観測）

（ア）紫外域全天日射計による観測

紫外域全天日射計を利用して全天光を測定することにより、B領域紫外線を連続観測する。

（イ）波長別紫外域日射計（ブリューワー分光光度計）による観測

第29次隊から船上でのオゾン観測に使用していたブリューワー分光光度計（#034）を波長別紫外線観測用に改造して、波長別強度を測定し積分することによりB領域紫外線を連続観測する。観測は1時間に1回、正時から8分間、280～315 nmの波長をマイクロメータモーターの駆動により、0.5 nm 間隔でスキャンし各波長毎に日射強度を測定する。

（7）下向き長波長放射量観測（新規観測）

（ア）精密赤外放射計による観測

長波のみを透過するシリコン製のフィルター・ドームを付けた精密赤外放射計を利用して、下向き長波長放射量を連続観測する。

（イ）全波長放射計と全天日射計による観測

全波長放射量と短波長成分（全天日射量）の差を求めることにより下向き長波長放射量を求める。

### 2.4.3. 観測経過

#### (1) 観測開始に至るまでの経過（日付はいずれも 1991 年）

##### （ア）設置作業経過

- 1 月 24 日 波長別紫外域日射計を気象棟前室の屋上に設置し調整
- 1 月 30 日 波長別紫外域日射計による観測を開始
- 3 月 8 日 旗台地への電源・信号ケーブル敷設
- 3 月 23 日 旗台地に全天日射計・精密全天日射計設置台（日射計設置台と略す）を設置
- 3 月 31 日 日射計設置台の真北取りを実施
- 4 月 3 日 日射計設置台に全天日射計，精密全天日射計を取り付け結線
- 4 月 6 日 気象棟前室屋上に設置する各日射計のケーブルを敷設
- 4 月 7 日 データロガーとパソコンを設置
- 4 月 7 日～8 日 紫外域日射計，精密赤外放射計，全波長放射計を設置し結線
- 4 月 12 日 観測開始

##### （イ）設置前に実施した比較観測

- 3 月 20 日 精密全天日射計 2 台の比較観測，結果は良好
- 3 月 23 日 全天日射計の現用器と日射計設置台に設置するものとの比較観測。（29 日，31 日，4 月 2 日，4 日にも実施）

#### (2) 観測状況

##### （ア）波長別紫外域日射計

低温による動作不良，パソコンのハードディスク故障，UVB ドーム内側の結露のため，実際にデータを取得できたのは合わせて約 3 カ月であった。特にマイクロメータモーターの動作不良とドーム内側の結露による欠測が多発した。

##### （イ）全波長放射計

強風時にポリエチレン・ドームが潰れたり，吹雪の際に内部に雪の吹き込むことが多かった。雪の吹き込みに対しては吸気口部を改造して軽減させた。

##### （ウ）紫外域全天日射計

感部の経時変化を確認するため，1 年間使用した後予備器と交換して持ち帰った。

##### （エ）直達日射計

極夜期は赤道儀及び受感部を共に取り外し，整備を行った。

##### （オ）サンフォトメータ

3 月 20 日に赤道儀が動作不良（内部のギヤの摩耗による噛み合わせ不良）を起こしたため予備器と交換した。極夜期は赤道儀及び受感部を共に取り外し，整備を行った。

##### （カ）データロガー

越冬中にハングアップ状態となった後出力が低下したため、第33次隊に依頼して第1便でデータロガーを輸送してもらい交換した。不具合の発生したデータロガーは修理のため持ち帰った。出力が低下した以降の取得データについては、入力電圧に対する出力比を求めて補正した。

(キ) その他

その他の測器については、良好に観測を行うことが出来た。

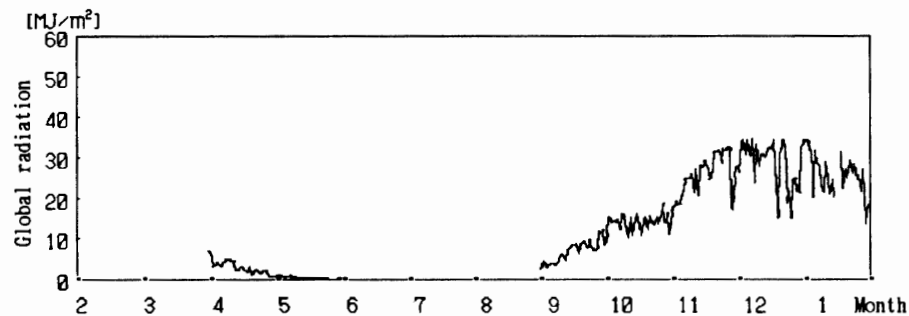


図 16 全天日射量の日積算値の年変化 (1991 年 3 月-1992 年 1 月)

Fig. 16. Annual variation of daily total of global solar radiation in March 1991-January 1992.

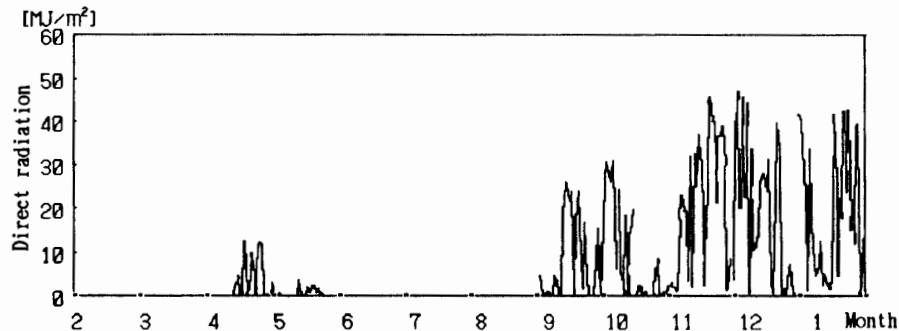


図 17 直達日射量の日積算値の年変化 (1991 年 4 月-1992 年 1 月)

Fig. 17. Annual variation of daily total of direct solar radiation in April 1991-January 1992.

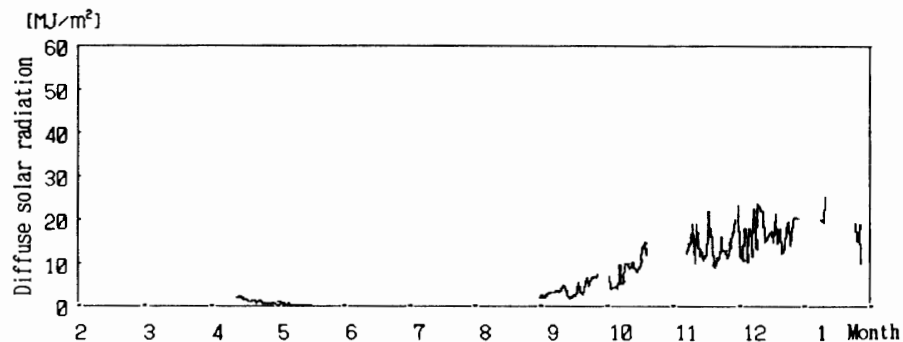


図 18 散乱日射量の日積算値 (暫定値) の年変化 (1991 年 4 月-1992 年 1 月)

Fig. 18. Annual variation of daily total (tentative value) of diffuse solar radiation in April 1991-January 1992.

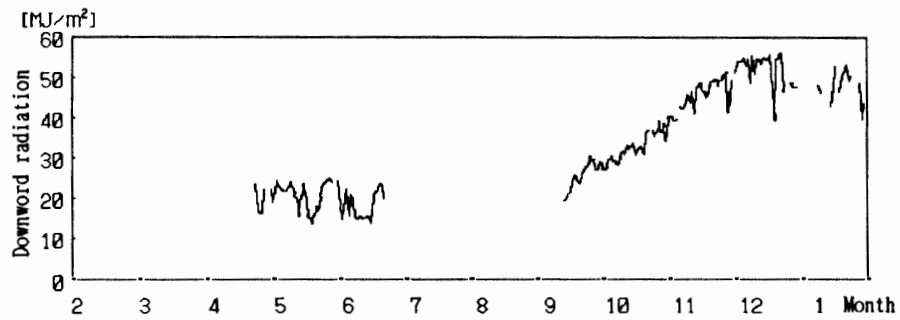


図 19 下向き全波長放射量の日積算値の年変化 (1991 年 4 月-1992 年 1 月)

Fig. 19. Annual variation of daily total of downward total radiation in April 1991 - January 1992.

#### 2.4.4. 観測結果

(1) 全天日射量, 直達日射量, 散乱日射量及び下向き放射量の日積算値の年変化を図 16, 図 17, 図 18, 図 19 に示す。

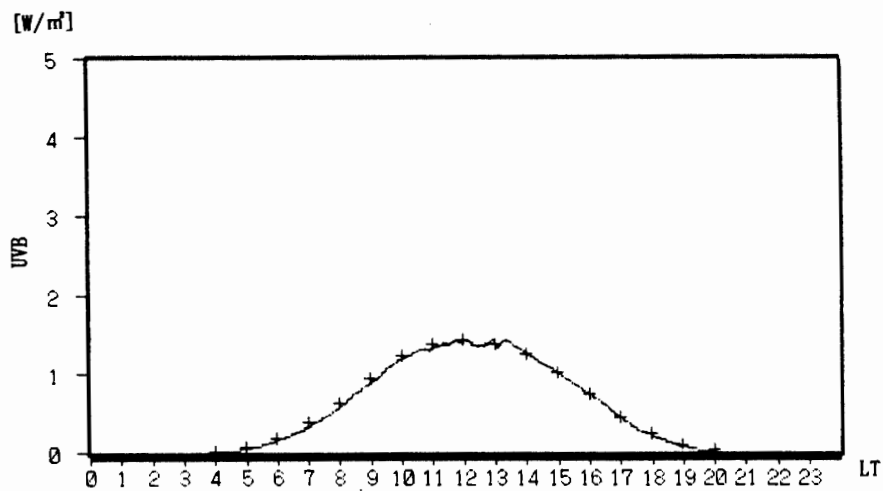


図 20 紫外域全天日射計と波長別紫外域日射計の値の比較 (1991 年 11 月 10 日)

Fig. 20. Comparison of global UVB radiometer (solid line) and Brewer spectrophotometer (crosses) on 10 November 1991.

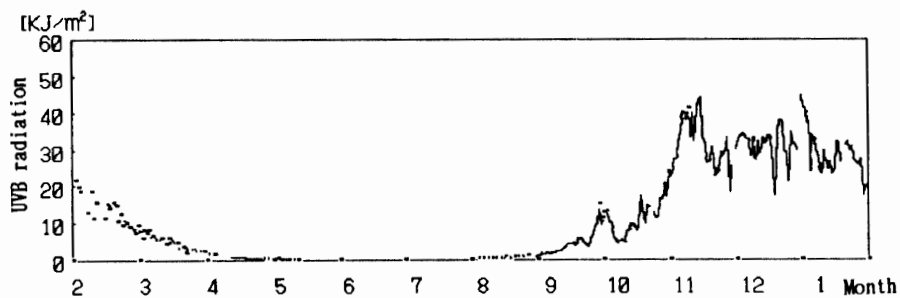


図 21 B 領域紫外域日射量の日積算値の年変化 (1991 年 2 月-1992 年 1 月, 実線は紫外域全天日射計, 点は波長別紫外域日射計)

Fig. 21. Annual variation of daily total of UVB radiation in February 1991-January 1992 (solid line: global UVB radiometer, dots: Brewer spectrophotometer).

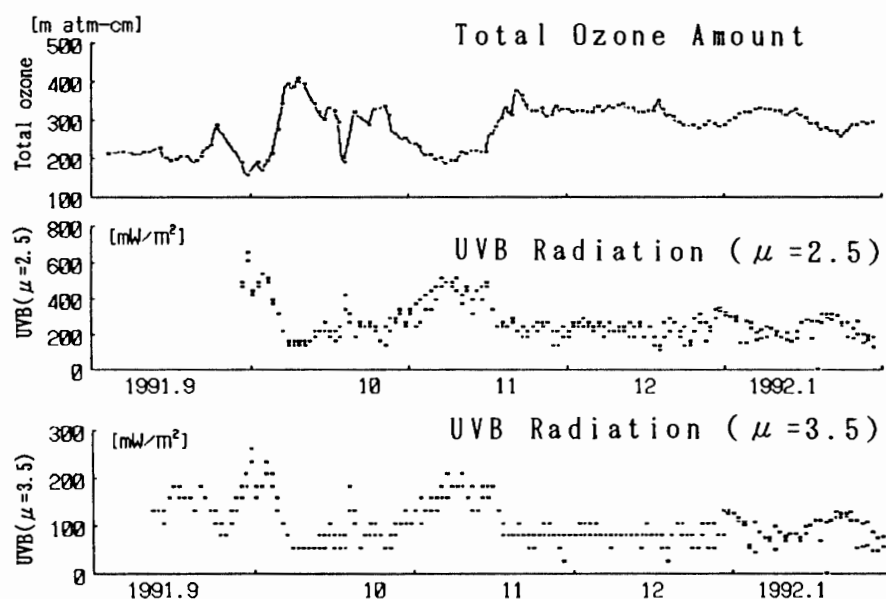


図 22 B 領域紫外域日射量（瞬間値）とオゾン全量の時系列変化（1991 年 9 月-1992 年 1 月）

Fig. 22. Annual variation of UVB radiation (instantaneous value) and total ozone amount in September 1991-January 1992.

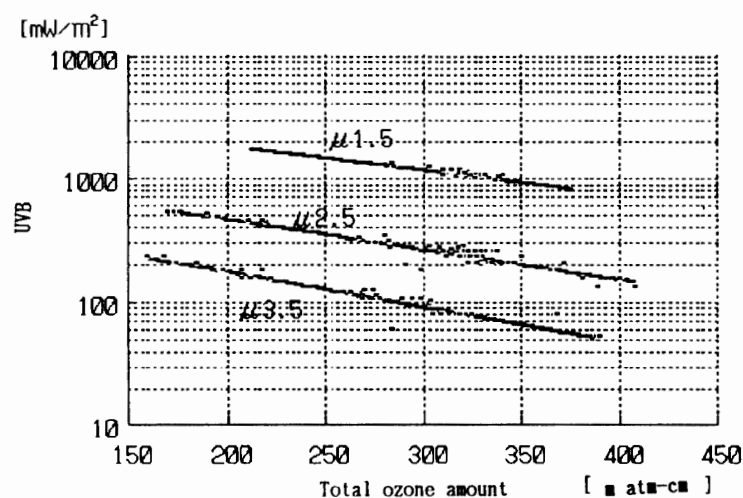


図 23 B 領域紫外域日射量（瞬間値）とオゾン全量の関係

Fig. 23. The relationship between UVB radiation (instantaneous value) and total ozone amount.

散乱日射量は、遮蔽バンドに対する補正のみを行い、暫定的に算出した。より詳細にはこの補正した値に対して、さらに晴天・曇天等の天候状態による補正を必要とするがこの補正は施していない。

## (2) 紫外域日射量

波長別紫外域日射計による観測値と紫外域全天日射計による値があるが、波長別紫外域

日射計による観測値を基本とし、紫外域全天日射計による値は補助的に用いた。波長別紫外域日射計による観測値を基本とした理由は、NBS ランプによって昭和基地持ち込み前に検定を行い、持ち込み後は外部標準ランプ（ハロゲンランプ）及び内部標準ランプによって測器の感度変化等を監視していること、波長別による観測のためフィルターの特性に依存するという欠点が無いことである。

紫外域全天日射計の観測値は、波長別紫外域日射計と UVB 値が合致するように出力電圧—UVB 量の測器定数を求めて紫外線量を計算した。このようにして求めた紫外域全天日射計と波長別紫外域日射計による値の比較例（1991 年 11 月 10 日）を図 20 に、また B 領域紫外域日射量の日積算値の年変化を図 21 に示す。瞬間値及び日積算値とも波長別紫外域日射計値と良く一致しており、昭和基地における UVB 量の変化については紫外域全天日射計の測定結果を用いても差し支えないと言える。昭和基地における UVB 量は 11 月に最大となり、11 月と 12 月の月平均値は共に  $30 \text{ kJ/m}^2$  を越えることがわかった。

紫外域全天日射計による紫外線量とオゾン量との関係を時系列に示したのが図 22 である。雲の影響を取り除くため太陽面に雲が無いときの観測値を選び、ドブソン分光光度計によるオゾン全量観測時刻の UVB 量の瞬間値とオゾン全量との関係を調べた。オゾン全量観測時刻にした理由は、太陽高度（正確にはオゾン層内の光路長  $= \mu$ ）の値がほぼ一定であり同じオゾン量であれば UVB の減衰量も一定となることからオゾン全量と UVB 量の関係がはっきりすること、及びオゾン観測時刻には雲量の観測を行っており天候状態が正確に記録されていることのためである。図 23 には UVB 量とオゾン全量との関係を示した。オゾン全量と UVB 量は負の相関関係にあり、 $\mu = 2.5$  の場合、オゾン全量が 50 % 減少（ $400 \rightarrow 200 \text{ m atm-cm}$ ）すると UVB 量は 3.1 倍（ $154 \rightarrow 473 \text{ mW/m}^2$ ）となっている。また、同じオゾン量における紫外線量は光路長  $\mu$  に対して指数関数的に減少する様子が良くわかる。これらについての詳細は別稿で報告する。

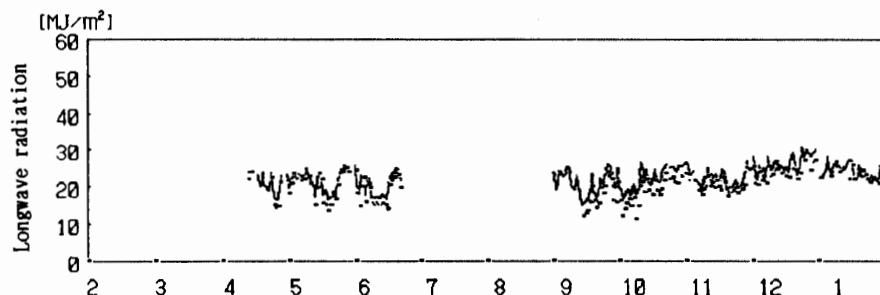


図 24 長波長放射の日積算値（暫定値）の年変化（1991 年 4 月—1992 年 1 月、実線は PIR、点は下向き全波長放射量と全天日射量の差）

Fig. 24. Annual variation of daily total (tentative value) of longwave radiation in April 1991–January 1992 (solid line: PIR, dots: Downward total radiation–Global solar radiation).

## (3) 長波長放射量

長波長放射量の測定・算出の方法については未解決の問題があり、ここで算出した値は

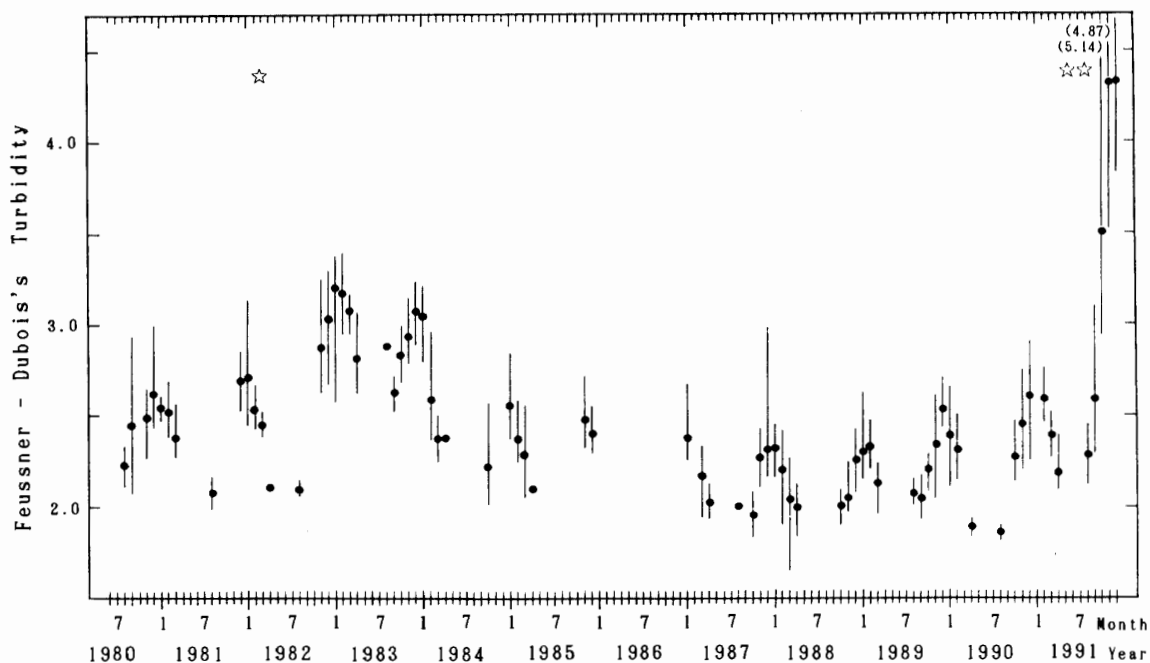


図 25 直達日射量から求めた大気混濁度の経年変化 (1980-1991 年)

Fig. 25. Year-to-year changes of Feussner and Dubois's turbidity by pyrliometer from 1980 to 1991. Dots show monthly mean, solid lines show monthly maximum and minimum, stars show the volcanic eruptions of Mt. El Chichon in March 1982, Mt. Pinatubo in June 1991 and Mt. Hudson in August 1991.

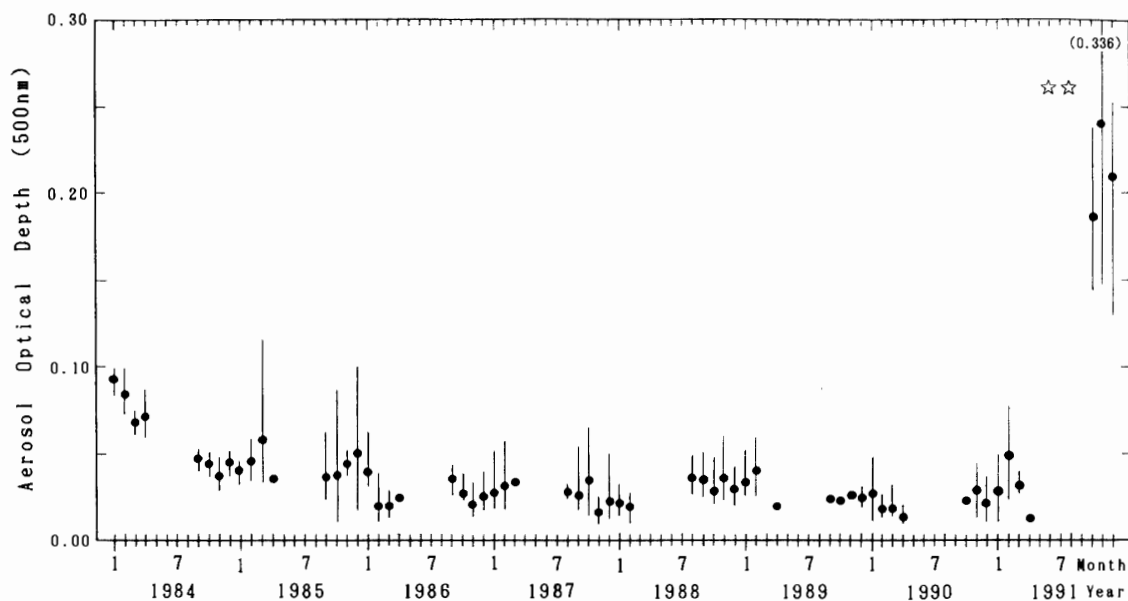


図 26 サンフォトメータによる大気混濁度 (500 nm) の経年変化 (1984-1991 年)

Fig. 26. Year-to-year changes of aerosol optical depth (500 nm) by sunphotometer from 1984 to 1991. Symbols are the same as Fig. 25.

暫定値である。特に精密赤外放射計は、日射がある場合、ドームからの輻射の影響について指摘されているがこの補正は行っていない。また、全波長放射計についても日射による感度低下に対して補正を必要とするが行っていない。これらの補正方法については今後検討する必要があるがとりあえずこの暫定値による結果は以下のとおり。

精密赤外放射計による日積算値及び全波長放射計と全天日射計から求めた長波長放射量の日積算値の年変化を図 24 に示す。長波長放射量の日積算値は、年を通して約  $20\text{MJ/m}^2$  を中心にした値で特徴的な季節変化は認められないが、11 月～1 月の夏期にやや多くなる傾向が見られる。日々の変動の特徴として、雲量の多い日は長波長放射量が多くなることわかる。これは、雲からの放射量の有無が影響しているためである（山内・高部，1989）。精密赤外放射計と全波長放射計による測定値の違いが晴天時に大きくなる問題があった。

#### (4) 大気混濁度

直達日射量から求めた 1980～1991 年における大気混濁度（ホイスナー・デュボアの混濁係数）の経年変化を図 25 に、またサンフォトメータによる 1984～1991 年における大気混濁度（500 nm 波長でのエアロゾルの光学的厚さ、1984 年は研究部門（SHIOBARA *et al.*，1987）による観測値）の経年変化を図 26 に示す。

1982 年のエルチチョン噴火による影響が 1983 年から 1984 年にかけて認められる。その後大気混濁度は減少し 1986 年から定常状態に戻った。1991 年 6 月、フィリピンのピナトゥボ火山がエルチチョンを凌ぐ大規模噴火を起こし、その 2 カ月後にはチリのハドソン火山で大噴火があった。火山の地理的位置や噴火規模の大きさのため、エルチチョン噴火のときよりも早く影響が現れ、1991 年 10 月以降の大気混濁度はかつてない大きな観測値を示した。

## 2.5. 輻射ゾンデ観測

### 2.5.1. 観測方法と測器

RS II-R78D 型輻射ゾンデを用い、気圧、気温、風向、風速、上向き及び下向きの長波放射量（波長域  $3\sim 40\ \mu\text{m}$ ）の鉛直分布を測定した。地上設備及びデータ処理は高層気象観測と同様である。

表 11 輻射ゾンデ観測状況

Table 11. Number of radiation sonde observations.

年 月	1991年 4月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
日, 到達気圧 (hPa)	24 8.0	15 5.2	3 6.7 11 8.3 16 7.3	9 30.8 16 10.0	10 9.3		3 13.4 9 8.2

気球は 1000 g を用い、ヘリウムガス（標準浮力 2800 g）を充填し飛揚した。

### 2.5.2. 観測経過

10 台を持ち込み、4 月から 10 月の夜間の晴天時に飛揚した。9 月は飛揚条件を満たす日がなく観測できなかった。観測状況を表 11 に示す。

### 2.5.3. 観測結果

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と気温の鉛直分布を図 27 に示す。輻射ゾンデ観測のできなかった8月中旬から9月は破線で結んである。また、気温（点線）については、この期間を含め、輻射ゾンデ観測データのないところをレーウィンゾンデ観測値で補ってある。

成層圏における観測精度は必ずしも十分でないところはあるが、正味放射量の鉛直分布季節変化は気温のその変化と良く対応し、放射量と気温は逆相関の関係にある。極夜期の6~7月の成層圏における正味放射量は増加し、成層圏が昇温を始める10月に減少している。成層圏突然昇温期の変化が興味深いところであるが、天候不良のため資料空白となったのは残念である。

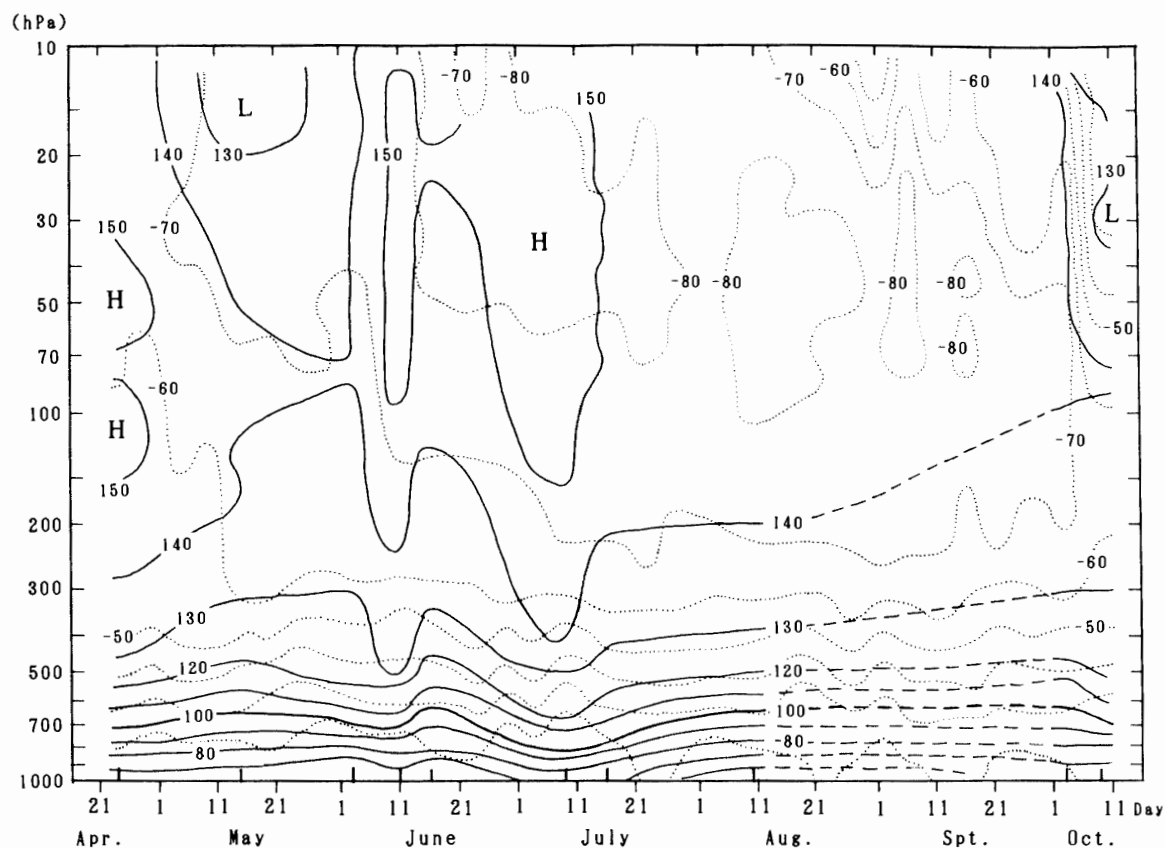


図 27 輻射ゾンデによる正味長波放射量と気温の変化 (1991 年)

Fig. 27. Variations of net flux of infrared radiation (solid lines:  $W/m^2$ ) and upper air temperature (dotted lines:  $^{\circ}C$ ) by radiation sonde in 1991.

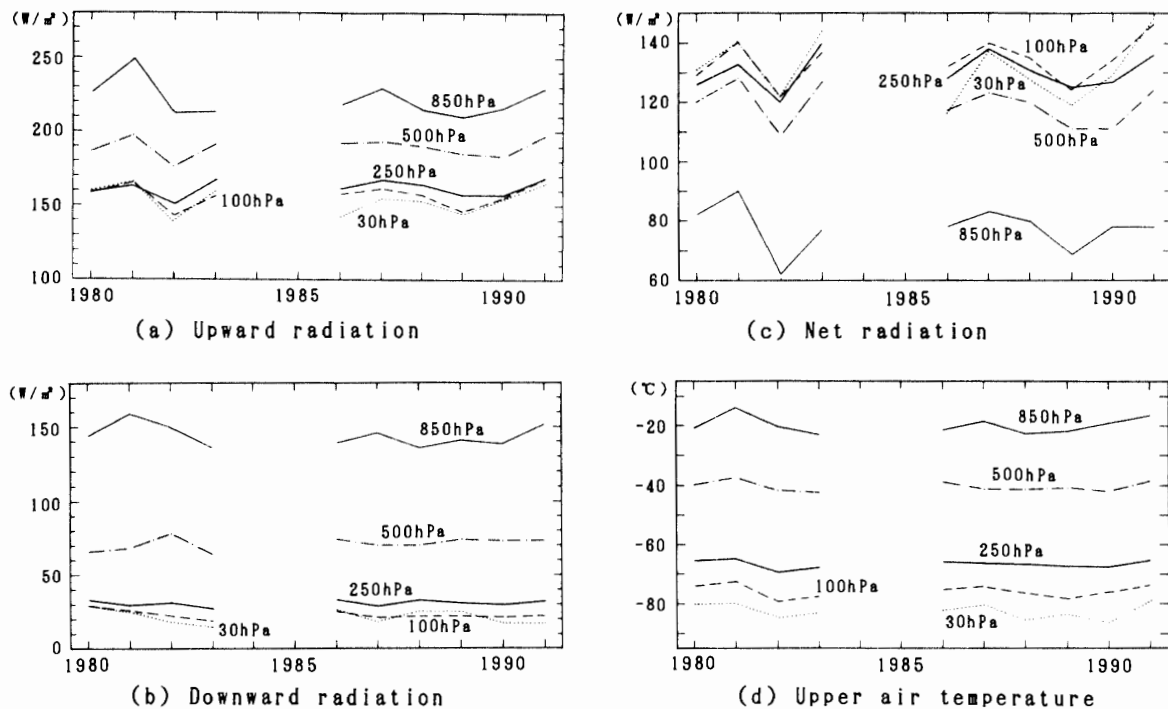


図 28 輻射ゾンデによる長波放射量と気温の経年変化 (1980-1991 年)

Fig. 28. Year-to-year changes of infrared radiation for (a) upward flux, (b) downward flux, (c) net flux and (d) upper air temperature by radiation sonde from 1980 to 1991. No observation in 1984 or 1985. Values are three month means during June-August respectively.

同一タイプの輻射ゾンデ (RS II-R78 型) で観測を行った 1980 年から 1991 年の各気圧面における平均放射量 (晴天時のみ) の経年変化を図 28 に示す (大河原 (1990) は 7 月～9 月の資料について調査解析し報告している)。(a)は上向き長波放射量, (b)は下向き長波放射量, (c)は正味長波放射量の経年変化である。また, (d)は同時に観測した気温 (平均値, 平均放射量に同じ) の経年変化である。下向き長波放射量は 850 hPa 面を除き, ほぼ一様な値を示している。上向き長波放射量と気温は呼応した経年変化をし, この上向き長波放射量の変化が正味長波放射量の経年変化に寄与して現れている。最近の 3 年間は気温・上向き長波放射量とも上昇傾向にあり正味長波放射量が増加している。

## 2.6. 天気解析

### 2.6.1. 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ほかに, 次の資料を利用した。

#### (1) FAX 天気図

マラジョージナヤ基地放送の地上及び 500 hPa の解析図, キャンペラ放送の 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

あすか観測拠点の地上気象観測資料及びモーショ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) .

## (3) 気象衛星雲写真

NOAA-10, 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 のロボット気象計による気温, 風向風速.

### 2.6.2. 経過

野外行動, 航空機観測及び 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, 毎日, 翌日の天気予想を行いミーティング時に発表し効率的な作業計画作成のための一助に努めた.

## 2.7. その他の観測

### 2.7.1. 「しらせ」船上観測

往路の「しらせ」船上において, 北緯 15 度から南緯 60 度まで, 約 5 度間隔でオゾンゾンデを 15 台飛揚し, 緯度ごとのオゾン鉛直分布の観測を実施した. また, ブリュウワー分光光度計を用いて, 大気中のオゾン全量観測を行った.

#### (1) 観測方法と測器

##### (ア) オゾン全量観測

ブリュウワー分光光度計 (#034) を第 1 観測室上の 04 甲板に設置し, データ処理用パソコンは第 1 観測室に設置した. 観測時刻は, 南 (北) 中時とオゾンゾンデ飛揚時, 及び午前と午後に 1~2 回 (特に  $\mu$  の値は指定せずできるだけ晴天時を選び) 実施した.

観測方法は, 手動追尾による直射光観測と天頂光観測である. 天頂光観測はオゾン吸収帯の波長の強度比からオゾン全量を算出する方法と, オゾン吸収帯の波長の強度から直接オゾン全量を算出する方法の 2 種類を用いた.

##### (イ) オゾンゾンデ観測

RS II-KC79 型オゾンゾンデをヘリウムガスの充填した 2000 g 気球に取り付けて飛揚し観測した. 観測設備は「しらせ」の高層気象観測装置にオゾンゾンデ用校正装置を付加して使用した. アナログ記録器によりデータを取得し, パソコンで計算処理を行った.

#### (2) 観測経過

##### (ア) オゾン全量観測

観測期間は, 1990 年 11 月 17 日から 12 月 17 日までで, フリーマントル入港中の 11 月 28 日~12 月 4 日の間は欠測した.

表 12 「しらせ」船上オゾンゾンデ観測状況

Table 12. Number of ozonesonde observations on SHIRASE.

NO.	実施日時 (UT)	緯度	経度	観測最終点	中止理由	天気
1	1990.11.17 2347	13° 50' N	130° 32' E	4.9hPa 36.1km	気球破裂	曇り
2	1990.11.19 2334	3° 51' N	123° 41' E	11.2hPa 30.3km	気球破裂	快晴
3	1990.11.20 2303	0° 02' S	119° 25' E	4.9hPa 36.0km	気球破裂	晴
4	1990.11.21 2329	5° 36' S	117° 03' E	8.3hPa 32.4km	気球破裂	晴
5	1990.11.23 0331	11° 44' S	115° 01' E	14.1hPa 28.8km	電波衰弱	晴
6	1990.11.23 2333	16° 22' S	114° 04' E	7.9hPa 32.8km	気球破裂	晴
7	1990.11.24 2325	21° 46' S	112° 52' E	6.7hPa 34.0km	気球破裂	晴
8	1990.11.25 2332	27° 01' S	112° 38' E	7.0hPa 33.7km	気球破裂	曇り
9	1990.11.26 2306	31° 51' S	119° 19' E	5.6hPa 35.3km	気球破裂	曇り
フリーマントル入港						
10	1990.12. 4 0036	34° 21' S	111° 12' E	10.7hPa 30.7km	気球破裂	曇り
11	1990.12. 5 0143	39° 02' S	109° 59' E	5.0hPa 36.2km	気球破裂	曇り
12	1990.12. 6 0129	43° 46' S	109° 58' E	10.9hPa 30.8km	気球破裂	曇り
13	1990.12. 7 0130	48° 46' S	109° 59' E	7.8hPa 33.2km	気球破裂	曇り
14	1990.12. 8 0144	53° 37' S	110° 01' E	8.9hPa 32.4km	気球破裂	快晴
15	1990.12.10 0734	59° 20' S	92° 50' E	8.9hPa 32.5km	気球破裂	曇り

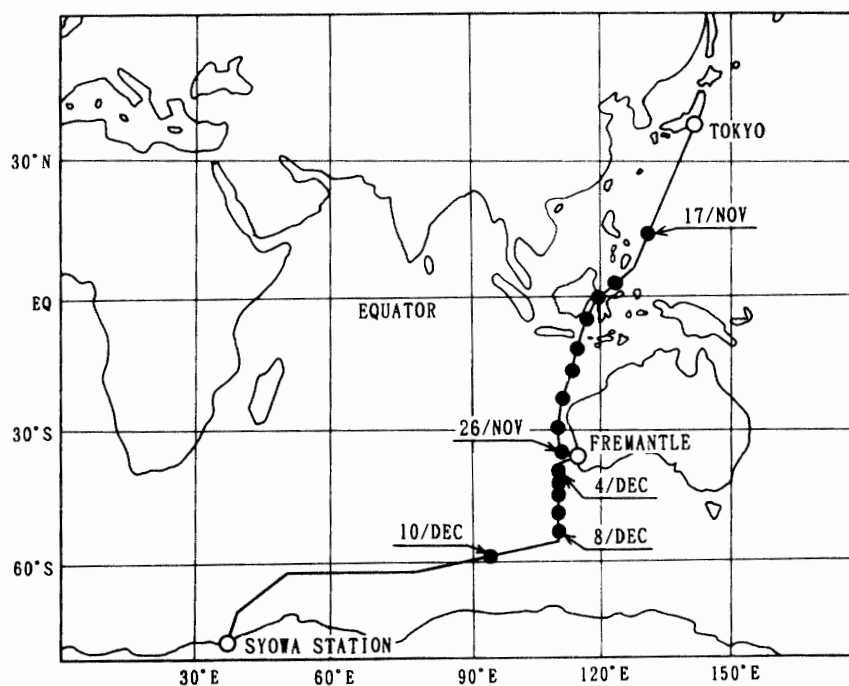


図 29 「しらせ」往路とオゾンゾンデ観測地点 (1990 年)

Fig. 29. Route map from Tokyo to Syowa Station in 1990. Dots show ozonesonde observation points.

ブリューワー分光光度計は、始め観測の都度第1観測室から04甲板に運び上げて行っていたが、その後「しらせ」の配慮で艦橋に置くことができ観測作業が容易になった。船の動揺が大きいときは方位角ユニットの使用をやめ、厚手のスポンジマットの上に置いて太陽直射光を取り込んだり水平を保つようにして観測を実施した。この方法は、太陽追尾

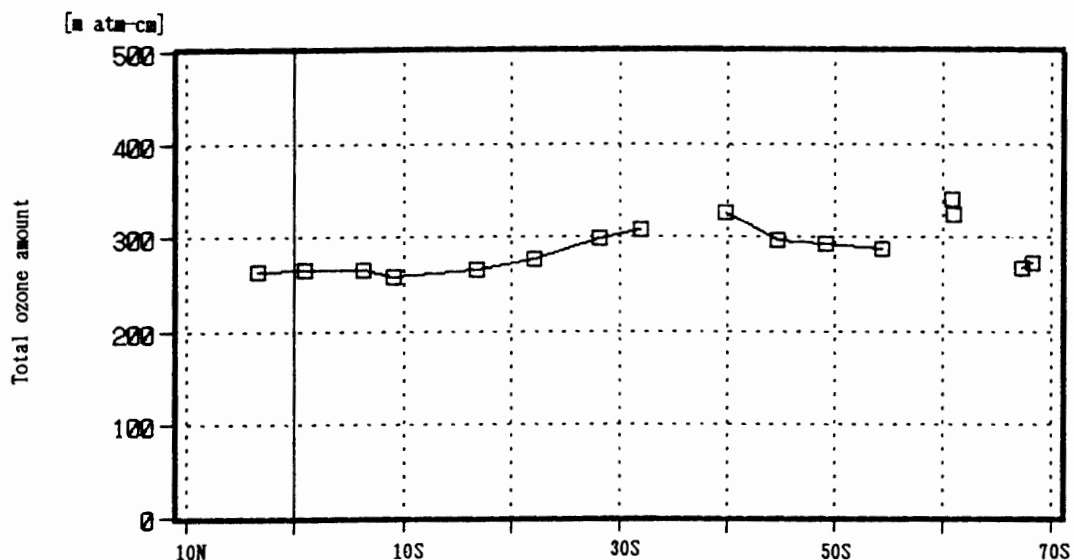


図30 オゾン全量の緯度分布 (1990年11月20日-12月17日)

Fig. 30. The latitudinal variation of total ozone amount from the equatorial region to the Antarctic region. Observed from on 20 November to 17 December 1990.

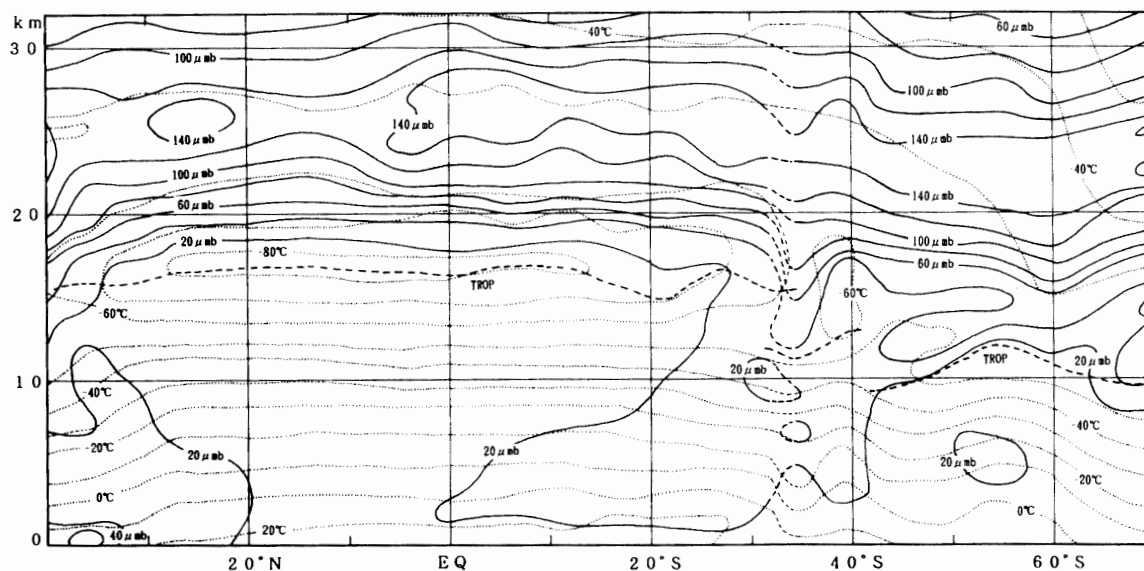


図31 オゾンゾンデ観測によるオゾン分圧と気温の鉛直分布の緯度変化 (実線はオゾン分圧, 点線は気温)

Fig. 31. Latitude-height cross section of ozone partial pressure (solid lines:  $\mu\text{mb}$ ) and upper air temperature (dotted lines:  $^{\circ}\text{C}$ ). Bold dashed lines show the tropopause.

において、光軸を手動により合わせる方法は器械に悪影響を与えることから、水平を保つための窮乏の策であった。

#### (イ) オゾンゾンデ観測

フリーマントルまでは天気恵まれたが、後半の暴風圏では雲が厚くオゾンゾンデの飛揚には好ましい気象状況でなかった。観測状況を表 12 に示す。また「しらせ」の航跡と観測地点を図 29 に示す。

#### (3) 観測結果

##### (ア) オゾン全量観測

図 30 にオゾン全量の緯度分布を示す。これによるとオゾン全量は赤道付近から南緯 15 度まではほぼ一定で 270 m atm-cm 程度でそこから南下するにしたがい徐々に増えて、南緯 40 度付近で最大値 (326 m atm-cm) を示し、また南緯 60 度付近でも同程度のオゾン全量が観測された。

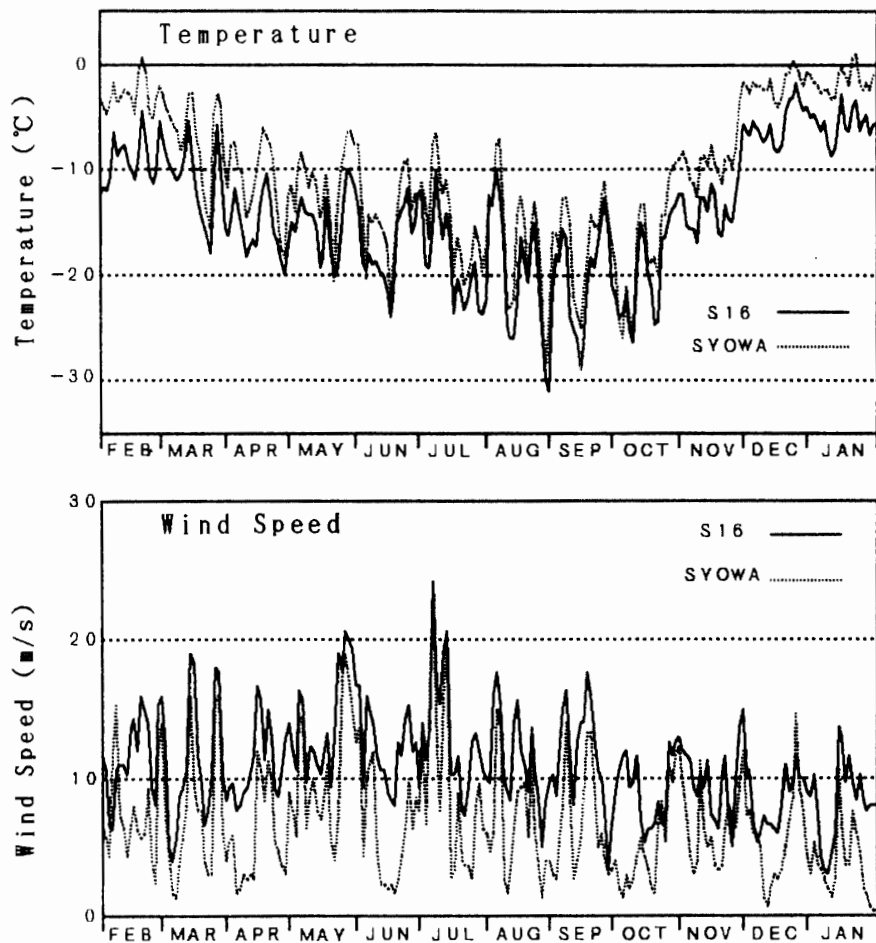


図 32 S16 と昭和基地の気温及び風速の変化 (1991 年 2 月-1992 年 1 月)

Fig. 32. Annual variations of temperature and wind speed at S-16 and Syowa Station in February 1991-January 1992.

## (イ) オゾンゾンデ観測

図 31 にオゾンゾンデ観測によるオゾン分圧鉛直分布の緯度変化を示す。オゾン分圧の等値線は実線で、気温の等値線は点線でまた圏界面は太い破線で示してある。オゾン分圧の極大層は圏界面より少し高いところにあるので、圏界面が赤道から高緯度に向かって低くなるのに従ってオゾン分圧の極大層も高緯度に向かって低くなっている。さらに南緯

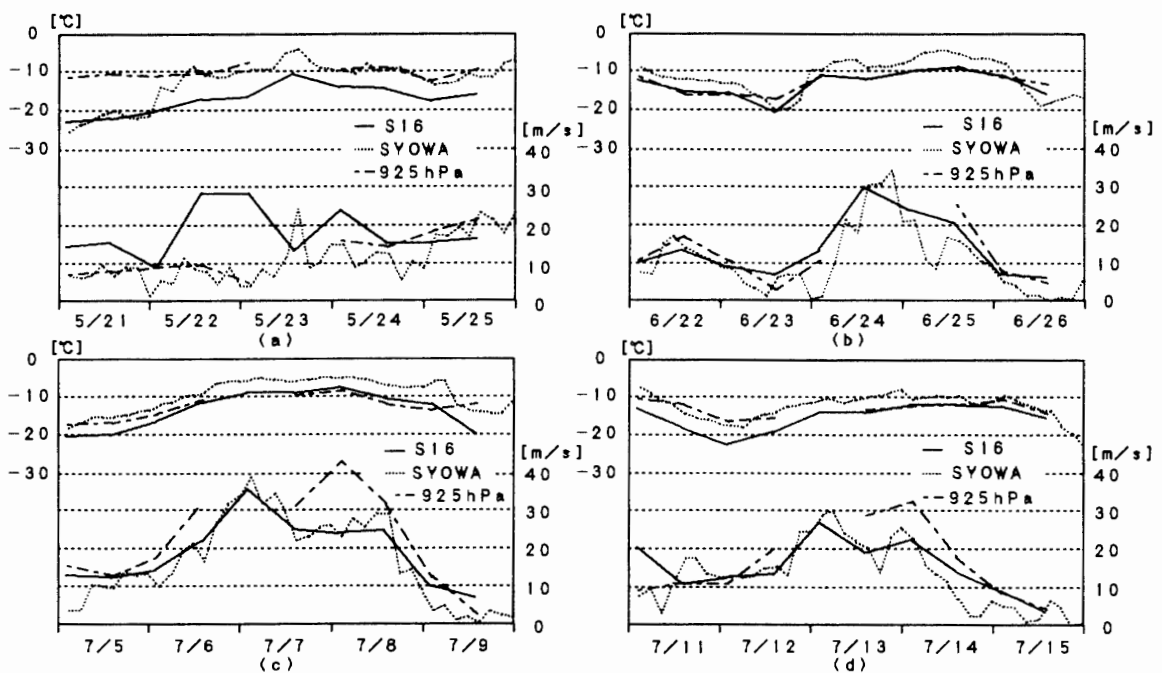


図 33 ハイドロリックジャンプと A 級ブリザード発生時の S-16 と昭和基地の気温及び風速の変化

Fig. 33. Variations of temperature and wind speed at S-16 and Syowa Station for hydraulic jump (a) and A-class blizzard (b, c, d).

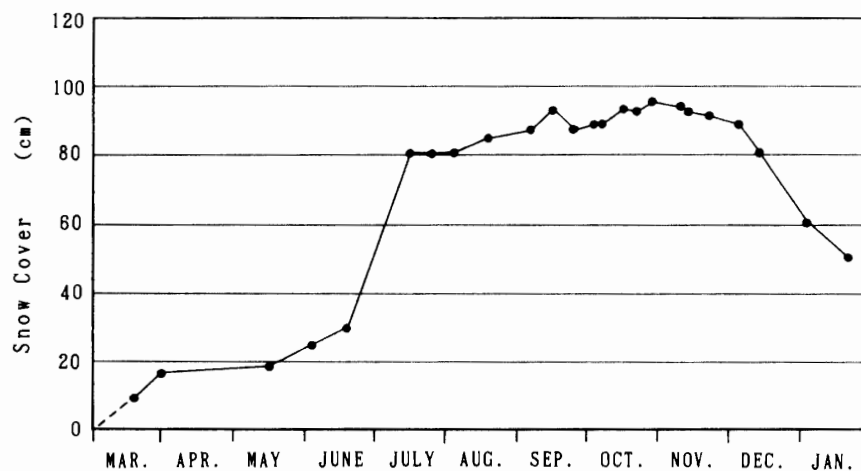


図 34 積雪量の変化 (1991 年 3 月-1992 年 1 月)

Fig. 34. Variation of snow cover in March 1991-January 1992.

30 度及び 40 度付近の圏界面の切れ間から対流圏にオゾンの輸送されている様子が明瞭に現れている。

#### 2.7.2. ロボット気象計観測

第 31 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。観測項目は気温及び風向・風速で、00UT と 12UT の高層気象観測の直前に定期的に観測した。また、PPB の打ち上げや航空機オペレーション等の野外行動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。

観測結果を図 32 に示す。用いた値は 5 日移動平均した結果である。S-16 と昭和基地では約 480 m の高度差があり、このため年平均で  $3.3^{\circ}\text{C}$  の気温差がある。季節別に見ると 5 月から 10 月の冬期間中は  $2.5^{\circ}\text{C}$ 、他の期間では  $4.1^{\circ}\text{C}$  の気温差となっており、高度差に加えて日射も影響していると考えられる。風速差の平均は  $4.1\text{ m/s}$  であったが、大陸斜面の縁辺部に位置する S-16 ではカタバ風のため平均的に風が強く、昭和基地で弱風の時でもほとんど  $6\text{ m/s}$  以上の風が吹いている。

5 月 22 日～23 日に観測したハイドローリックジャンプ (2.1.3.(4)参照) 時と 6 月～7 月にかけて襲来した 3 回の A 級ブリザード時の S-16 と昭和基地の比較を図 33 に示す。この図には S-16 の高度に近い 925 hPa 面のレーウィンゾンデ観測によるデータも加えてある。ハイドローリックジャンプ時の (a) には、A 級ブリザード時の他の 3 例と異なり S-16 と昭和基地との状況の違いが明瞭に表れている。すなわち、(b) ～ (d) における昭和基地と S-16 の風速変化は類似しているが、(a) のハイドローリックジャンプが発生した 22 日には昭和基地と S-16 の風速差が約  $20\text{ m/s}$  に達し、昭和基地で突風の吹いた 23 日午後には S-16 の風速が弱まっている。気温変化においてもブリザードによる強風の後には S-16 と昭和基地の 925 hPa での値はほぼ同じとなっているが、(a) では S-16 の気温は 925 hPa より  $5^{\circ}\text{C}$  ほど低くなっている。このことから、S-16 と昭和基地は直線距離で約十数キロしか離れていないものの、カタバ風とシノプティックじょう乱ではその影響の異なることがわかる。

#### 2.7.3. 海水上の積雪観測

第 31 次隊と同様に、北の浦の海水上 (情報処理棟前、駐機場と滑走路の間) に一辺 20 m 四方、10 m 間隔に設置した 9 本の竹ざおを測定する方法で観測した。観測は 3 月から開始し翌年 1 月まで実施した。観測結果を図 34 に示す。6 月中旬から 7 月中旬にかけて積雪量が急増し、その後ほぼ同じ積雪量で推移して 12 月に入って急激な減少が見られた。

### 3. あすか観測拠点の観測

#### 3.1. 地上気象観測

##### 3.1.1. 観測方法と測器

観測は第 31 次隊から始まった定常気象観測を継続し、昭和基地と同様に地上気象観測法（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、全天日射量、日照時間の測定は、昭和基地の AMOS-2 地上系と同等の観測、処理システムに変更された自動気象観測装置により、連続記録及び毎正時の記録を行った。使用機器は表 1 と同じである。

目視観測のうち、雲、視程、天気については 1 日 3 回（06, 12, 18 UT）の観測を行い、大気現象は随時観測を行った。ブリザードについては、1 名観測体制で 24 時間の視程監視ができないことからブリザードの終始時刻が不明なため、ブリザード回数による統計を行わずに、ブリザード日数の統計のみとした。

##### 3.1.2. 観測経過

自動気象観測装置の各機器はおおむね順調に作動した。1991 年 1 月 1 日から、気圧、気温、蒸気圧、相対湿度の日平均値が、それまでの 8 回平均から 24 回平均に変更されたため処理装置のプログラム変更を行った。また、昭和基地が DCP 装置による気象報（SYNOP、TEMP 報）の 2 回繰り返し送信を行うため、1991 年 2 月 13 日、DCP 装置の ROM 交換を行った。

観測結果は DCP 装置にて昭和基地と同様な経由で通報した他、06, 12, 18 UT の SYNOP 報は無線通信で昭和基地へも通報した。

1991 年 12 月にあすか観測拠点が閉鎖となったため、12 月 1 日 06 UT の地上気象観測データの取得を最後に、定常気象観測を終了した。

使用していた自動気象観測装置と感部等は 12 月 1 日 06 UT の SYNOP 報送信後に、DCP 装置は 12 月 3 日 07 UT の CLIMAT 報送信後取り外し、他の機器と共に昭和基地に移送した。

##### (1) 気圧

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

##### (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。比較観測は携帯用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、自動気象観測装置による計算処理で求めた。



表 14 天気概況 (あすか観測拠点, 1991 年 1 月-11 月)  
Table 14. Weather summary in January-November 1991.

年・月	天 気 概 況
1991年 1 月	1日はB級ブリザードに見舞われたが、上旬の後半から中旬の前半にかけては穏やかな晴天の日が続いた。16日～18日にかけ低気圧の通過で3日間A級ブリザードとなった。下旬にも低気圧の接近があり29日はB級、30・31日はA級ブリザードであった。
2 月	上・中旬は晴天の日が多かったが、前線の通過した6日と18日はA級で、19日はC級ブリザードとなった。下旬は低気圧が次々と接近したため、3日間のA級と2日間のC級ブリザードがあり、27・28日には日平均風速が22m/sを超えた。
3 月	1日のB級ブリザードを除き、上旬は晴天の日が続いた。中旬は低気圧の通過で15日A級、16日C級ブリザードとなったが、その後風も弱く晴天となり、下旬の前半には放射冷却により最低気温が-30℃以下となった。後半は低気圧の接近で気温が上昇し、27日の最高気温は-5.8℃を観測した。また、25日～27日はA級ブリザードが続いた。
4 月	上旬は7日に前線の通過によりふぶきとなった他は、晴天で風の弱い日が続いた。中旬も晴天が続いたが、風が強くなり毎日地ふぶき模様であった。下旬はA級ブリザードの25日と30日及びB級ブリザードの29日を除き晴天が多かった。
5 月	上旬は晴天の日が多かったが、低気圧の接近した6日はA級ブリザードであった。中旬の後半は風も弱く晴天が続く放射冷却が強まり、20日の最低気温は-37.2℃まで下がった。下旬は一転して気温が上昇し、24日には最高気温-7.0℃を記録した。また、低気圧の接近で25日～29日は5日間連続のA級、30日はB級ブリザードとなった。
6 月	上旬はA級が7日間、C級1日のブリザードに見舞われ、5日は最大瞬間風速34.1m/sを記録した。中・下旬にもA級が4日間、B級ブリザードが3日間あった。月中に地ふぶきの無かったのは3日間のみで、日最大風速が15m/sを超えた日は27日間もあった。
7 月	上旬は低気圧が頻繁に通過しA級ブリザードに5日間見舞われた。中旬は北の海上に低気圧が停滞し荒天が続く、A級ブリザードが7日間あった。下旬はB級ブリザードが1日だけで穏やかな晴天が続く、22日の最低気温は放射冷却のため-35.8℃を観測した。
8 月	低気圧の接近に伴い、5日から4日間連続A級、9日にもB級ブリザードとなった。中旬も低気圧が停滞しA級4日間、B級とC級ブリザードがそれぞれ1日あった。下旬は22～24日のA級と31日のC級ブリザードを除き、晴天で風も弱く放射冷却が進んだため、30日には-43.2℃と今越冬中の最低気温を記録した。
9 月	上旬にB級C級それぞれ1日のブリザードがあったが、中旬の前半までは晴天の日が続いた。中旬の後半からは強風の日は続き、月末までにA級ブリザードが4日間、B級とC級はそれぞれ2日間づつあった。
10 月	上旬後半から中旬前半にかけては風が強かったものの、地ふぶきにはならず晴天が続いた。中旬後半は弱い南東または南西の風となって、20日には-35.5℃まで気温が下がった。下旬も引き続き風が弱く、10月は一度もブリザードの来襲しない月となった。
11 月	連日晴天が続く、風は午前中強く午後から夕方にかけて弱まるパターンとなる。気温も上昇を始め、15日からは最高気温が-10℃以上になった。下旬は風がやや強かったものの晴天が続いた。30日はふぶきとなったがブリザード基準に到らず、2ヶ月続けてブリザード日数は0日であった。気温もさらに上昇し日平均気温が-10℃を上まわった。

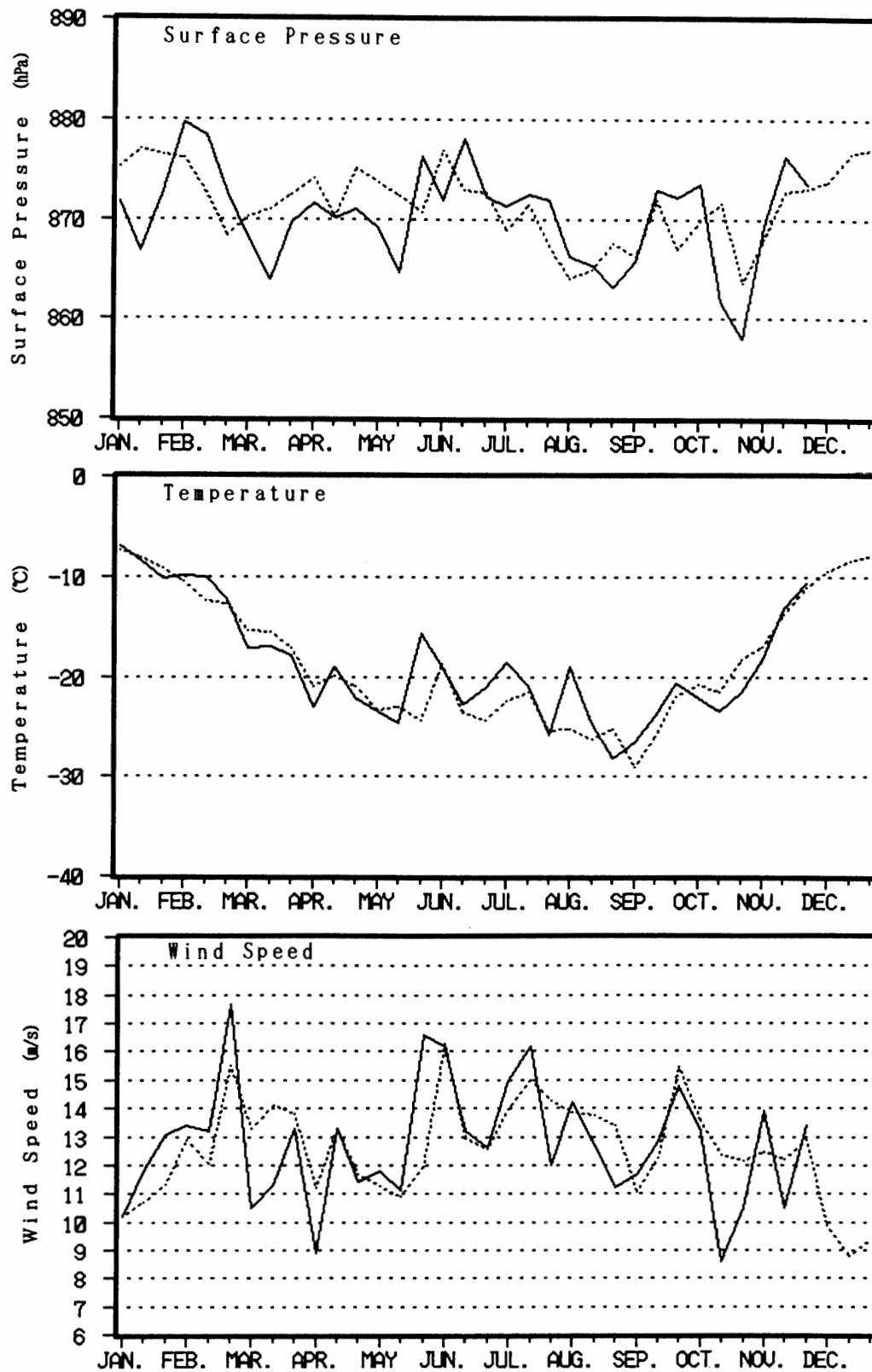


図 35 旬別変化図 (あすか観測拠点, 1991 年 1 月-11 月, 破線は 1987 年 2 月-1991 年 11 月の平均値, ただし日照時間については 1990 年の値を示す)

Fig. 35. Annual variation of ten-day mean values in January - November 1991. Broken lines show normal values in February 1987-November 1991.

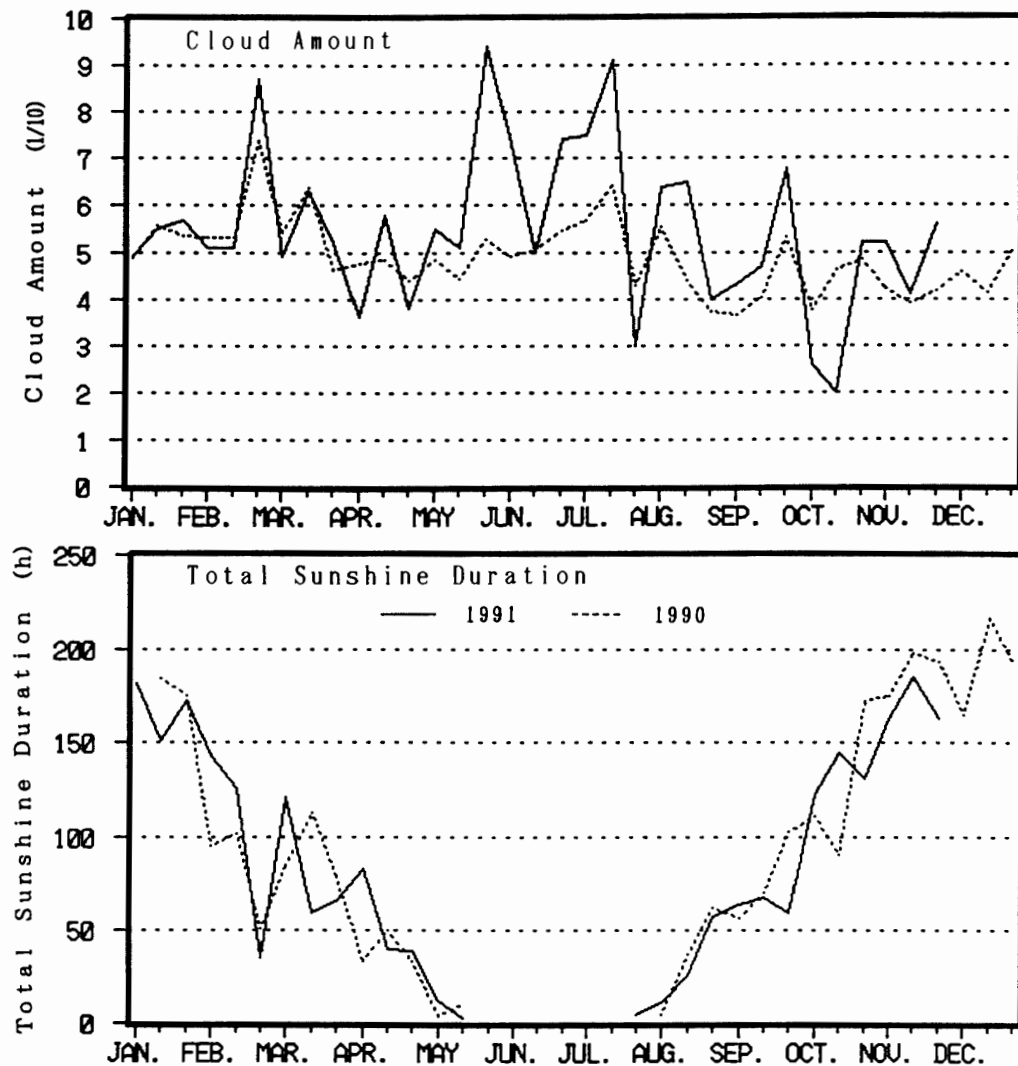


図 35 つづき  
Fig. 35. (Continued).

### (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（鉄塔も予備を含め 2 本設置）上で通年観測した。8 月 23 日風向風速自記記録器の風向記録部が不良となり、予備器と交換した。

### (4) 日照時間, 全天日射量

日照時間は回転式日照計で通年観測した。なお、06～18 時（LT）は北側用を、18～06 時（LT）は南側用を使用した。10 月に日照計切替器が故障したが、切替器内部の AC アダプター（12 V 出力）の不良と判り、汎用品と交換後復旧した。

全天日射量は熱電堆式 A 型ネオ日射計で、通年観測した。

#### 3.1.3. 観測結果

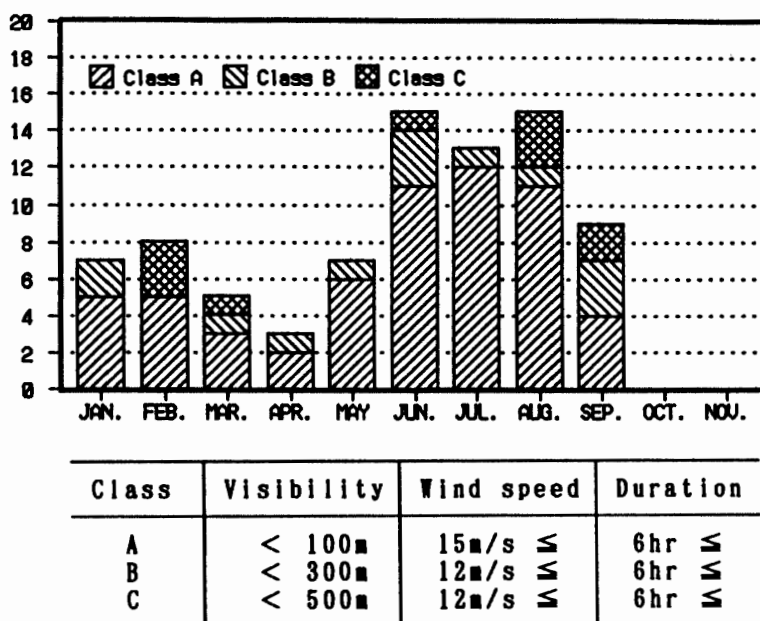


図 36 プリザード階級別日数 (あすか観測拠点, 1991 年 1 月-11 月)

Fig. 36. Number of days of blizzard in January-November 1991.

月別地上気象表を表 13 に, 各月の天気概況を表 14 に示す. 気圧, 気温, 風速, 雲量, 日照時間の旬別変化図を図 35 に, プリザード階級別日数を図 36 に示す.

越冬期間中における主な特徴としてはつぎのことがあげられる.

- (1) 気温は, 5 月下旬から 9 月にかけて高めに推移し, 3 月と 10 月が低かった.
- (2) プリザード日数は 11 カ月間で 82 日間あり, そのうち半数近い 43 日間が 6 月~8 月の 3 カ月間に集中した.
- (3) 日最大風速が 10.0 m/s 以上の暴風日数は 334 日中に 302 日間あり, 6 月には日最大風速 15 m/s を超えた日が 27 日間あった.

### 3.2. 天気解析

#### 3.2.1. 解析に用いた資料

あすか観測拠点における地上気象観測資料の他に, 次の資料を利用した.

##### (1) FAX 天気図

マラジョージナや基地放送の地上及び 500 hPa の解析図, キャンベラ放送の 00 UT, 12 UT の地上及び 500 hPa 解析図.

##### (2) 気象衛星雲写真

NOAA-10, 11, 12 号の赤外及び可視画像, 1 日 2~3 枚.

##### (3) 高層観測資料

あすか観測拠点で飛揚したオメガゾンデ観測資料 (ただし, 観測を実施した 10 月の

み)。

### 3.2.2. 経過

上記の資料を利用して低気圧や前線の位置と移動の状況把握を試み、野外行動、基地作業等のために気象情報を提供した。

あすか観測拠点では1年を通じて風が強く、地ふぶきによる視程障害が多いため、特に風の予想が重要であった。オメガゾンデによる上空の風データは貴重な資料となり、十分な数のゾンデを持込み、年間を通して観測を行えば有効な資料になったと思われる。

FAX 天気図は電波状況により受信できない日が多く、気象衛星雲写真が主に天気予測の判断材料となった。

## 3.3. その他の観測

### 3.3.1. 積雪観測

第31次隊が観測を行った同じ場所の、あすか観測拠点東方1kmの雪面上に、一辺100m四方、20m間隔に設置した36本の竹ざおを1週間ごとに測定した。観測結果を図37に示す。

1990年の観測結果では7月に積雪量の増大期があり、ブリザード日数の年変化と良い一致が見られたが、1991年は積雪量が2月から3月に急増しており、ブリザード日数の年変化との同時性は認められなかった。

### 3.3.2. 高層気象観測

自由気球につり下げたオメガゾンデ(バイサラ社製RS80-15N型)を、成層圏突然昇温

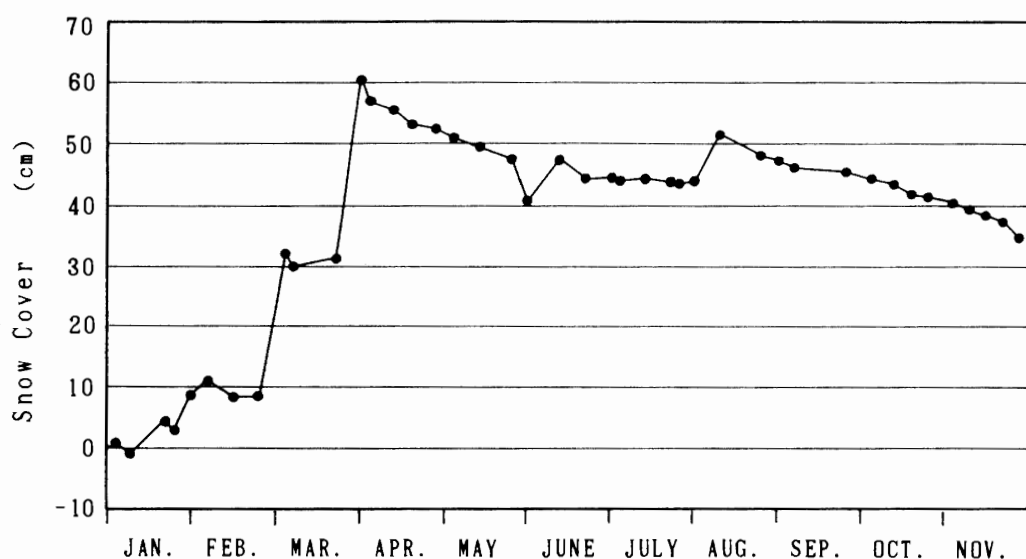


図 37 積雪量の変化 (あすか観測拠点, 1991 年 1 月–11 月)  
Fig. 37. Variation of snow cover in January–November 1991.

表 15 指定気圧面観測資料 (あすか観測拠点, 1991 年 10 月)

Table 15. Aerological data at standard pressure levels in October 1991, by Omegasonde at Asuka Station.

1991年 10月 項目	指定面 (hPa)	9 日	10 日	16 日	17 日	18 日	19 日	20 日	21 日	22 日	23 日
高 度 (m)	SFC	875.1	873.5	860.9	862.2	858.0	862.2	862.6	854.2	850.3	857.8
	850	1147	1129	1025	1035	999	1035	1039	967	933	998
	700	2570	2555	2447	2443	2401	2455	2468	2388	2334	2405
	500	4947	4965	4827	4794	4746	4834	4872	4785	4698	4769
	300	8279		8169	8118	8077			8150	8048	8089
	200	10799		10649	10611	10588			10634	10563	10579
	100			14803	14769						
	70			16944	16903						
	50										
	50										
気 温 (℃)	SFC	-19.6	-24.9	-20.5	-22.0	-22.9	-22.4	-21.6	-21.7	-22.1	-19.7
	850	-19.8	-22.3	-20.7	-20.9	-23.7	-23.0	-22.0	-22.7	-22.2	-20.0
	700	-25.3	-21.9	-25.2	-29.8	-28.9	-26.3	-21.6	-24.9	-29.3	-29.1
	500	-39.7	-36.4	-38.9	-40.0	-41.9	-37.0	-37.7	-35.5	-40.1	-39.6
	300	-58.4		-60.1	-59.1	-58.7			-60.2	-58.3	-62.4
	200	-63.3		-66.6	-65.9	-64.4			-64.9	-63.9	-62.2
	100			-69.0	-69.9						
	70			-65.9	-67.8						
	50										
	50										
風 速 (m/s)	SFC	2.6	6.0	3.1	6.9	4.8	3.8	2.9	8.0	2.1	3.2
	850	5.1	—	3.7	8.9	7.0	5.7	5.1	10.9	2.1	5.3
	700	4.2	—	6.2	—	7.7	7.5	3.8	8.2	6.4	5.8
	500	—	—	10.0	—	15.7	16.9	15.1	20.0	8.4	15.7
	300	—	—	13.9	—	—	—	—	—	16.8	13.0
	200	—	—	—	—	—	—	—	—	14.2	—
	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

1991年 10月 項目	指定面 (hPa)	24 日	25 日	26 日	27 日	28 日	29 日	平均
高 度 (m)	SFC	865.2	864.5	853.9	859.1	864.6	854.1	861.1
	850	1061	1055	964	1010	1057	966	1026
	700	2461	2470	2408	2449	2486	2408	2447
	500	4824	4850	4814	4835	4864	4793	4826
	300	8165	8184	8183	8158	8195	8095	8168
	200	10637	10658	10658	10619	10640	10557	10630
	100		14824	14807	14781	14784		14806
	70			16969		16918		16934
	50			19088				19020
	50							
気 温 (℃)	SFC	-20.7	-19.5	-17.1	-16.0	-16.8	-14.7	-20.1
	850	-23.8	-20.7	-17.1	-16.9	-17.8	-15.1	-20.5
	700	-29.4	-26.2	-20.9	-23.5	-26.8	-23.7	-25.8
	500	-38.7	-38.5	-37.8	-39.0	-37.7	-37.9	-38.5
	300	-60.4	-61.8	-58.8	-61.8	-61.8	-64.4	-60.5
	200	-66.4	-66.1	-69.2	-66.6	-68.6	-67.4	-65.8
	100		-67.2	-67.2	-67.1	-69.4		-68.3
	70			-63.0		-67.0		-65.9
	50			-52.7				-52.7
	50							
風 速 (m/s)	SFC	3.3	14.5	16.1	14.6	14.2	14.8	7.6
	850	5.6	19.7	22.7	15.7	15.8	15.4	9.9
	700	5.3	10.1	4.4	4.7	20.5	14.1	7.8
	500	9.7	9.0	2.1	7.3	—	—	11.8
	300	14.0	—	15.0	—	—	1.9	12.4
	200	—	—	—	—	—	—	14.2
	100	—	—	—	—	—	—	—
	70	—	—	—	—	—	—	—
	50	—	—	—	—	—	—	—
	50	—	—	—	—	—	—	—

期の10月に集中して16個飛揚した。ゾンデ信号を受信解析装置（デジコーラ MW11）で処理し、上空の気圧、気温、風向、風速及び気温が $-40^{\circ}\text{C}$ になるまでの相対湿度を観測した。

気球（200 g）へのヘリウムガス充填は今回新たに拡張した出入口の中で行った。気球の充填には十分な広さがあり、ガスボンベも設置しておけるため準備作業の大幅な時間短縮ができた。また、風の吹き込みがほとんど無く、風速 15 m/s 以上の強風時でも充填・放球作業を容易に行うことができた。

前次隊までの観測結果から、風データの取得率が非常に悪いことが指摘されていたため、今回新たにオプションのプログラムを持ち込み、受信解析装置の ROM 交換を行った。このことにより、風データが異常値を示すと自動的に風計算を打ち切るようになっていたプログラムを改修した。今回持ち込んだプログラムによって風データの取得率向上を計ったが、特に磁場の荒れ模様の時には受信レベルが非常に低くなるため、強制的に風計算を行っても頻繁に異常値が出力され信頼性に乏しく、目だったデータ取得率の改善はできなかった。ゾンデ観測の中止理由はすべて電波衰調であり、16回飛揚したオメガゾンデで 50 hPa 面のゾンデ資料を得られたのは1回のみで、100 hPa 面に達したのも6回にすぎなかった。高層風資料の取得率はさらに悪く、200 hPa 面の風資料を観測できたのが1回、300 hPa 面でも半数以下の6回しかデータが得られなかった。このため、成層圏突然昇温に関して昭和基地との同時観測を試みたものの、データ取得高度が低く初期の目的を達し得なかった。しかし、地ふぶきに関する風予想等基地活動のための気象解析には有効かつ貴重な資料であったことから、少人数の基地でも年間を通して連続観測することも可能であり、カタバ風の観測や下層大気における気象現象の観測には役立つものと考えられる。

表 15 に指定気圧面観測値を示す。

### 3.3.3. 3 カ年無人気象観測装置の設置

あすか観測拠点閉鎖後も引き続き同地の気象データを取得するため、無人気象観測装置の設置を行い、動作確認と定常気象観測資料との比較をかねて約1年間試験運用を行った。

観測タワーは基地センサーエリア内に設置し、データを取得・収録するデータロガーは保温箱に入れ観測タワーの近くに掘った深さ 250 cm、広さ 80 cm × 150 cm の雪洞内に置いた。データロガーは KADEC 社製で1時間ごとにデータを取り込むように設定しており、電源にはリチウム電池を使用している。計測期間は動作・メモリー用リチウム電池の容量的制約から3年間を目標とした。

観測項目は、気温、相対湿度、風向、風速及び瞬間最大風速である。当初これらの気象要素の他に日射量の観測も行う予定であったが、試験観測期間中に風速用データロガーの

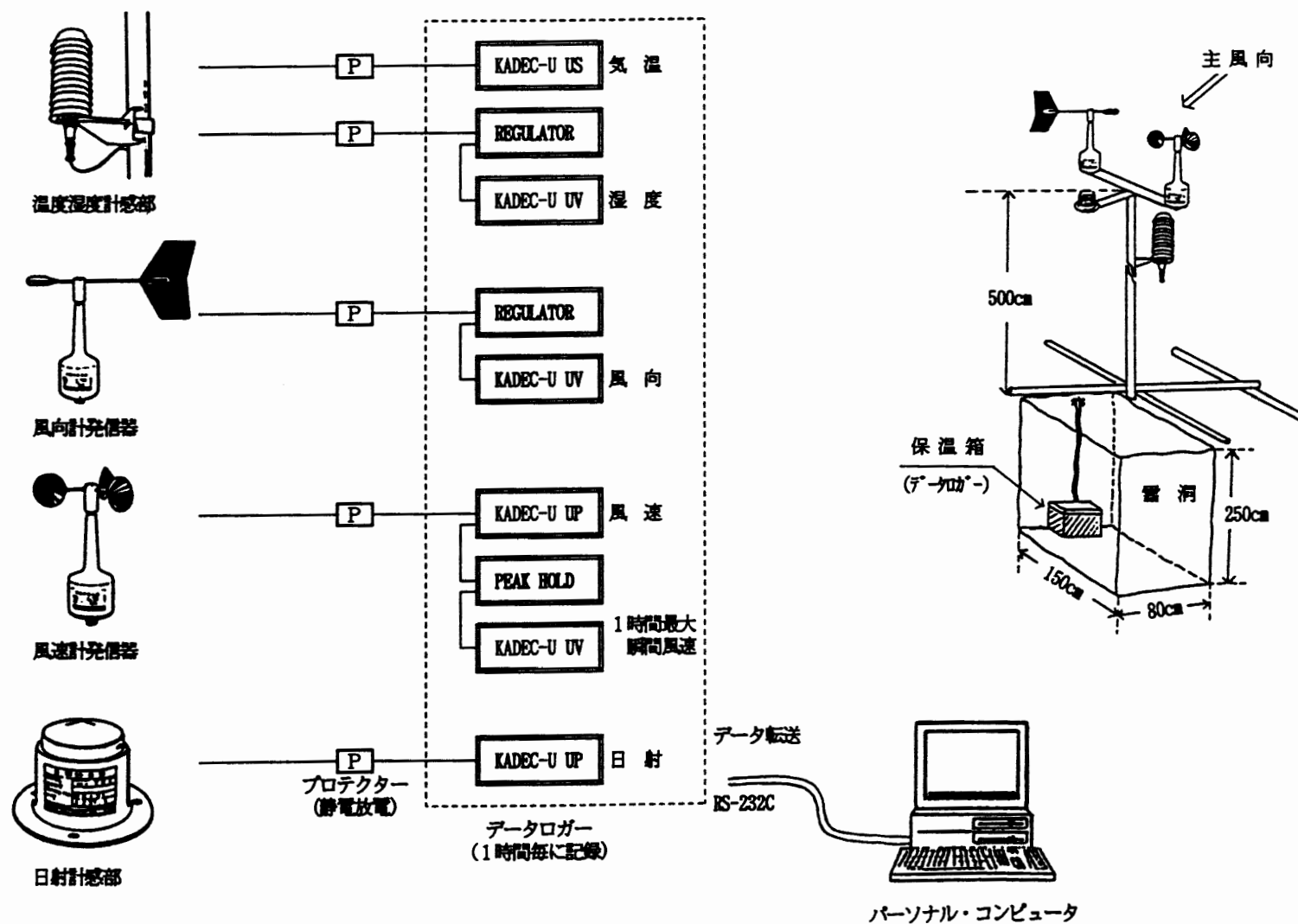


図 38 3 年無人気象観測装置系統図 (あすか観測拠点)

Fig. 38. Block diagram of unattended meteorological observation system which worked for 3 years (at Asuka Station).

リチウム電池が破裂し基板を損傷したため、観測優先順位の低い日射計用データロガーを風速用に転用して日射の観測は中止した。

試験観測中のデータを比較しようとしたところ、各データロガーの時計の遅れがひどく、なかには1カ月間で数時間の遅れを生じているものもあったため、定常気象観測資料との十分な比較検討はできなかった。時計遅れの原因としては、試験観測期間中データロガーの回収を容易にするために雪洞を埋め戻す事はしなかったことから、リチウム電池が冬期間の低温の影響を直接受け性能低下を来したものと考えられる。動作確認終了の後、基地閉鎖直前に、低温によるリチウム電池の性能劣化を少しでも防止するため雪洞を雪で埋め戻した。

観測装置の構成と設置状況を図 38 に示す。また、各観測項目毎における観測方法の概要はつぎのとおりである。

(1) 気温

白金測温抵抗値を記録。

(2) 相対湿度

相対湿度 0~100 %は0~1Vの電圧に変換して出力され、レギュレーター内で1/10に分圧後0~100.0 mvで記録。

(3) 風向

0~360°(北→東→南→西→北)は0~1Vの電圧に変換して出力され、レギュレーター内で1/10に分圧後0~100.0 mvで記録。

(4) 風速

0~10 mvの信号を積算平均し、0~50 m/sの風速に対し0~10.00 mvで記録。また、1時間最大瞬間風速をピークホールドからデータロガーに記録。

### 3.4. 気象の5年統計値

あすか観測拠点での気象観測は「南極域における気候変動に関する総合研究(ACR)」のため第28次隊より開始され、第31次隊ではそれまでの研究観測から定常観測に移行した。第32次隊越冬後の1991年12月に基地が一時閉鎖され、5年間続いた通年観測は幕を閉じた。1987年2月の観測開始以来5年間の主な気象要素の月別平均値(YAMANOUCHI *et al.*, 1988; AOKI, 1989; MESHIDA *et al.*, 1991; IWASAKI and YAMANOUCHI, 1992; SUKEGAWA and YAMANOUCHI, 1993)と月別5年平均値を表16に示す。また、図39には、昭和基地における同期間の旬別平均値、みずほ基地の月平均値(1977年-1984年)と比較した気温、風速、及び昭和基地との雲量の旬別値の年変化を示す。

5年統計値の主な特徴としてはつぎのことがあげられる。

(1) あすか観測拠点5年間(1987年2月-1991年11月)の平均気温は-18.3℃で、同

表 16 あすか観測拠点における地上気象統計値 (1987年2月-1991年11月)

Table 16. Result of meteorological surface observations at Asuka Station in February 1987-November 1991.

	年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均 ☆ 極 値 (起日)
月平均気圧 (現地) hPa	1987	-	874.8	871.0	870.4	874.0	872.3	874.0	859.9	868.5	863.3	865.8	876.6	(870.6)
	1988	879.3	871.1	875.1	871.3	874.3	883.4	863.2	868.2	871.9	877.8	870.2	874.4	873.4
	1989	878.1	869.9	871.9	874.0	863.0	866.1	862.7	869.4	870.4	865.1	872.8	876.8	870.0
	1990	876.9	870.0	871.0	879.0	879.2	874.9	873.9	865.1	860.6	870.2	874.2	875.3	872.5
	1991	870.5	877.2	867.3	870.9	870.2	874.0	871.8	864.8	870.3	864.2	873.0	-	(870.8)
	累年	876.2	872.6	871.3	873.1	872.1	874.1	869.1	865.5	868.3	868.1	871.2	875.8	871.5
月平均気温 ℃	1987	-	-12.1	-14.9	-19.8	-23.0	-23.3	-25.6	-27.3	-26.3	-21.6	-13.1	-8.5	(-18.6)
	1988	-7.4	-12.4	-15.2	-22.9	-22.0	-19.3	-25.6	-24.0	-23.4	-19.3	-15.4	-9.6	-18.0
	1989	-9.2	-11.5	-17.2	-19.6	-29.2	-24.3	-23.5	-24.9	-27.3	-19.0	-13.7	-7.7	-18.9
	1990	-8.1	-12.5	-16.0	-19.4	-23.0	-23.4	-19.5	-27.6	-27.7	-18.7	-13.5	-8.1	-18.1
	1991	-8.6	-10.7	-17.4	-21.5	-21.1	-21.0	-22.1	-24.2	-23.8	-22.4	-14.2	-	(-17.9)
	累年	-8.3	-11.8	-16.1	-20.6	-23.7	-22.3	-23.3	-25.6	-25.7	-20.2	-14.0	-8.2	-18.3
最高気温の極値 ℃	累年	0.5	0.0	-1.7	-8.8	-7.0	-7.8	-9.2	-12.9	-12.3	-6.6	-2.8	0.3	☆ 0.5('90/1/5)
最低気温の極値 ℃	累年	-18.8	-24.4	-33.8	-38.1	-42.9	-44.6	-42.0	-48.7	-45.7	-37.0	-32.9	-19.0	☆ -48.7('87/8/9)
月平均風速 m/s	1987	-	11.9	15.6	13.3	11.3	14.0	13.3	13.4	14.1	12.8	14.0	9.8	(12.9)
	1988	11.4	13.9	14.0	11.3	12.7	15.5	13.2	15.0	14.1	12.0	9.9	8.5	12.6
	1989	9.9	13.7	13.7	12.4	8.1	11.8	15.6	15.4	10.7	13.4	14.4	9.6	12.4
	1990	10.0	12.6	13.6	12.1	11.5	14.2	15.7	12.0	12.6	14.3	11.6	9.5	12.5
	1991	11.8	14.6	11.7	11.2	13.3	14.0	14.3	12.5	13.1	10.8	12.6	-	(12.5)
	累年	10.8	13.3	13.7	12.1	11.4	13.9	14.4	13.7	12.9	12.7	12.5	9.4	12.6
最大瞬間風速 同 風向	累年	36.1 E	40.4 ESE	38.5 ESE	32.7 ESE	39.1 SE	45.2 ESE	37.1 E	39.5 ESE	38.1 SE	42.8 ESE	32.1 ESE	27.8 ESE	☆ 45.2('87/6/2) ESE
月平均雲量 1/10	1987	-	(5.1)	(5.9)	(5.8)	(6.0)	(5.2)	(3.8)	(7.0)	(5.0)	(5.3)	(6.4)	(3.7)	(5.4)
	1988	(6.5)	(6.8)	5.6	4.8	4.2	6.9	4.4	4.7	5.2	5.6	2.5	5.1	5.2
	1989	5.7	6.6	5.6	4.8	3.0	4.0	3.9	3.6	2.6	5.1	5.8	4.9	4.6
	1990	4.6	7.0	5.4	4.9	5.5	3.9	7.0	4.3	4.2	4.5	3.1	3.6	4.8
	1991	5.4	6.2	5.4	4.4	6.8	6.6	6.4	5.6	5.3	3.3	5.0	-	(5.4)
	累年	5.6	6.3	5.6	4.9	5.1	5.3	5.1	5.0	4.5	4.8	4.6	4.3	5.1

\* 月平均雲量の括弧は、1日2回の目視観測による。

\* 平均の欄の括弧は、1987年1月と1991年12月のデータがないため、4年間の累年平均値を代入して求めた値である。

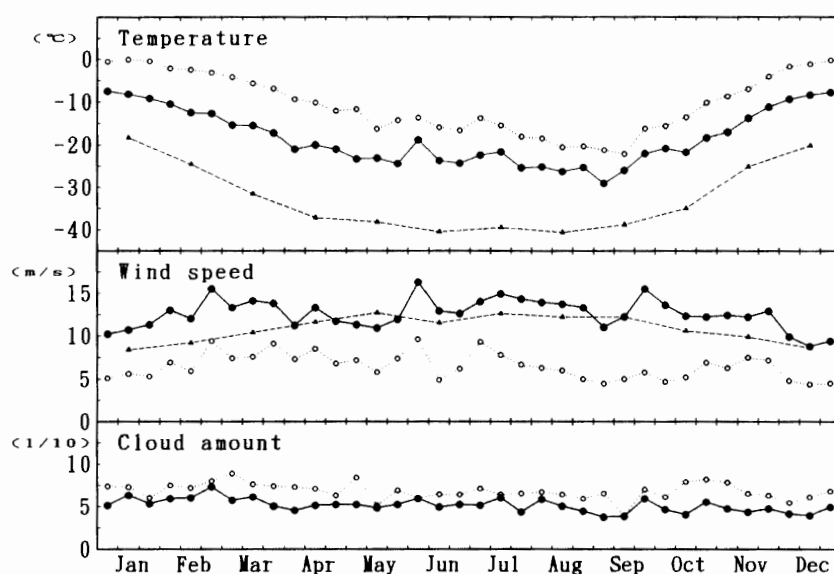


図 39 5 年平均旬別変化図（実線は 1987 年 2 月–1991 年 11 月のあすか観測拠点，点線は 1987 年–1991 年の昭和基地，破線は 1977 年–1984 年のみずほ基地（月平均値）の値を示す）

Fig. 39. Annual variations of 5 years average of ten-day mean values, Solid lines show values at Asuka Station in February 1987–November 1991, dotted lines at Syowa Station in 1987–1991 and broken lines show monthly mean values at Mizuho Station in 1977–1984.

期間の昭和基地（1987 年 1 月–1991 年 12 月）の平均気温  $-10.8^{\circ}\text{C}$  との差は  $7.5^{\circ}\text{C}$  であった。2 地点の高度差による気温減率は  $0.82^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  で、この値は昭和基地とみずほ基地（1977 年–1984 年の平均気温  $-32.5^{\circ}\text{C}$ ）間の気温減率  $0.98^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$  より小さい。気温の年変化は昭和基地と相似しているが、最高気温と最低気温の出現期はあすか観測拠点の方が昭和基地より 1 旬先行している。

(2) 期間中の平均風速はあすか観測拠点が  $12.6\text{ m/s}$  で、昭和基地のそれは  $6.5\text{ m/s}$  であった。風速は各旬ともあすか観測拠点の方が昭和基地よりも強く約 2 倍近い値となっている。風速の年変化は昭和基地と良く似ている。昭和基地は沿岸弱風帯に位置しているのに対し、あすか観測拠点はカタバ風帯に位置していることを示唆する。

(3) あすか観測拠点は風が強く地ふぶきの日が多いが、年間を通じて昭和基地よりも雲量が少なく、平均雲量が 5 を超えたのは 1 月～3 月と 5 月～7 月の期間であった。

## 謝 辞

第 32 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・助言をいただいた國分征第 32 次観測隊長、国立極地研究所山内恭助教授、高層気象台観測第三課長伊

藤朋之氏（現気象庁オゾン層解析室長）、梶原良一氏（現オゾン層解析室）、下道正則氏、上野丈夫氏、気象庁元南極観測事務室長林則雄氏（現気象庁統計室補佐官）、前南極観測事務室長松原廣司氏（現高層気象台観測第二課長）及び船上観測で絶大なご支援をいただいた斉藤艦長以下「しらせ」乗組員の方々に感謝します。さらに、昼夜業務に対する配慮及び技術的な助言などをいただいた藤井理行越冬隊長、巻田和男越冬副隊長はじめ隊員諸氏にあらためてお礼申し上げます。

この報告をまとめるにあたり、1984 年のサンフォトメータによる大気混濁度のデータは気象研究所塩原匡貴氏に提供していただいた。旋風による雪煙の渦塔を撮影したビデオテープを名古屋大学林政彦氏に提供いただき、画像処理については電気通信大学港屋浩一氏と通信総合研究所高橋晃氏に援助していただいた。また、気象庁南極観測事務室長金戸進氏、東京管区気象台業務課塚村浩二氏にご指導をいただいた。ここに厚く感謝の意を表します。

## 文 献

- 阿部豊雄 (1979): 南極昭和基地で観測された風の周期的急変動. 天気, **26**, 688-692.
- AOKI, T. (1989): Meteorological data at Asuka Station, Antarctica in 1988. JARE Data Rep., **150** (Meteorology 23), 110p.
- IWASAKI, A. and YAMANOUCHI, T. (1992): Meteorological data at Asuka Station, Antarctica in 1990. JARE Data Rep., **179** (Meteorology 29), 110p.
- JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY (1993): Meteorological data at Syowa Station and Asuka Camp in 1991. Antarct. Meteorol. Data, **32**, 376p
- MESHIDA, S., AZUMA, N., YUKIMATSU, A. and YAMANOUCHI, T. (1991): Meteorological data at Asuka Station, Antarctica in 1989. JARE Data Rep., **164** (Meteorology 25), 110p.
- 宮本仁美 (1990): 昭和基地での総合自動気象観測装置の更新. 測候時報, **57**, 253-269.
- 守田康太郎 (1973): 2. 気象. 南極, 鳥居鉄也編. 東京, 共立出版, 48p.
- 大河原 望 (1990): 南極における長波長放射量の垂直分布について. 気象大学卒業研究報告, 1990.
- SHIOBARA, M., TANAKA, M., NAKAJIMA, T. and OGAWA, H. (1987): Spectral measurements of direct solar radiation and the sky brightness distribution at Syowa Station, Antarctica. Atmospheric Radiation Progress and Prospects, Proc. of the Beijing, China, August 26-30, 1986, Science Press, Beijing, China, 1987, 629-637
- SUKEGAWA, Y. and YAMANOUCHI, T. (1993): Meteorological data at Asuka Station, Antarctica in 1991. JARE Data Rep., **190** (Meteorology 30), 101p.
- 塚村浩二・岩崎 明・上林正幸・森本正夫・柴田誠司 (1993): 第 31 次南極地域観測隊気象部門報告 1990. 南極資料, **37**, 128-168.
- YAMANOUCHI, T., SHIBUYA, K. and SAKAI, R. (1988): Meteorological data at Asuka Camp, Antarctica in 1987. JARE Data Rep., **140** (Meteorology 21), 104p.
- 山内 恭・高部広明 (1989): 第 28 次南極地域観測隊による南極気候変動研究 (ACR) 観測報告. 南極資料, **33**, 53-72.

(1994 年 9 月 4 日受付; 1994 年 9 月 19 日改訂稿受理)