

第 34 次南極地域観測隊気象部門報告 1993

高尾俊則*・小池仁治*・鎌田吉博*・杉田興正*・櫻井敬三*

Meteorological Observations at Syowa Station in 1993
by the 34th Japanese Antarctic Research ExpeditionToshinori TAKAO*, Jinji KOIKE*, Yoshihiro KAMATA*,
Okimasa SUGITA* and Keizô SAKURAI*

Abstract: This paper describes the results of meteorological observations carried out by the Meteorological Observation Team of the 34th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-34) from 1 February 1993 to 31 January 1994 at Syowa Station.

The method of observations, instruments, and statistics at Syowa Station were the same as those of the JARE-33 team.

The principal characteristics in the period of JARE-34 are as follows:

- 1) Annual mean surface air pressure and temperature were somewhat lower than normal.
- 2) Blizzards were encountered 34 times. There was a record strong blizzard in December.
- 3) In the stratosphere, air temperature was very low in winter and spring.
- 4) The deepest ozone hole to date was observed. Total ozone recorded 140 m atm-cm on 11th October, the lowest ever at Syowa Station.
- 5) With the Brewer spectrophotometer, solar spectral UV irradiance was observed through the whole year.

要旨: この報告は第 34 次南極地域観測隊気象部門が、1993 年 2 月 1 日から 1994 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、結果の取り扱い等は、第 33 次観測隊とほぼ同じである。

越冬期間中特記される現象として、以下のものがあげられる。

- 1) 地上気象観測結果によると、平年に比べ気圧及び気温が著しく低い 1 年であった。
- 2) 合計 34 回のブリザードがあった。なかでも 12 月には記録的な強風の A 級ブリザードが来襲した。
- 3) 最近数年の傾向と同様に、春期成層圏の著しい低温現象がみられた。成層圏では冬期の低温も顕著であった。
- 4) オゾン全量観測の結果、過去最大規模のオゾンホールが観測された。全量値は 10 月 11 日には 140 m atm-cm と過去最低値を記録した。
- 5) ブリュウワ分光光度計によって、初めて 1 年を通じた波長別紫外域日射観測を行った。

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

1. はじめに

第 34 次南極地域観測越冬隊気象部門は、昭和基地で 1993 年 2 月 1 日に第 33 次観測隊より定常気象観測業務を引き継ぎ、1994 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・高層気象観測および特殊ゾンデ観測の観測項目、方法および観測結果の整理通報は、第 33 次観測隊とほぼ同じである（松原ら、1995）。地上放射観測のうちブリューワ分光光度計によって、初めて 1 年を通じた波長別紫外域日射観測を行った。施設面では気象衛星受画装置を更新し、可視画像と赤外画像の同時監視が可能となった。また、インマルサット FAX を利用した気象庁資料の送付が開始され、短波放送の受信状況が悪い場合でも、確実に天気図が入手できるようになった。

オゾンゾンデ観測においてノイマイヤ（ドイツ）、マイトリ（インド）との 3 基地合同観測（ROSA93）のほか、マラジョージナヤ基地との同時観測等の国際協力を行った。

得られたデータは Antarctic Meteorological Data, Vol. 34 (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指針（気象庁）および世界気象機関（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および毎正時の記録を行った。使用測器を表 1 に示す。

雲、視程、天気については、目視により 1 日 8 回（00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21UT）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 地上系系統の各測器は、おおむね順調に作動した。

観測結果は、国際気象通報式（SYNOP）により、気象衛星通報局装置（以下 DCP 装置という）でヨーロッパの静止気象衛星メテオサットを経由し、西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、比較観測はフォルタン型水銀気圧計で毎日 09 LT 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。比較観測はアスマン型通風

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	フォルトン型水銀気圧計により比較観測実施（毎日9時）
気温	白金抵抗温度計	E-732	アスマン通風乾湿計により比較観測を随時実施
露点温度	塩化リチウム露点計	E-771-21 6131-2200	アスマン通風乾湿計により比較観測を随時実施 感部2台をローテーション使用
風向風速	風車型風向風速計	南極仕様	測風塔（10.1m）上に2台設置（現用器・予備器）
全天日射量	熱電堆式A型ネオ日射計	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 03:00~21:00北側, 21:00~03:00南側を使用

変換器名	変換器型式
風向風速変換器	M 821-71
温度湿度変換器	M 822-72
日照日射変換器（日射）	M 825
日照日射変換器（日照）	M 825-73
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

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

日照時間は回転式日照計で通年観測した。全天日射量は熱電堆式A型ネオ日射計で、通年観測した。

(5) 海水上の積雪

第33次観測隊に引き続き、北の浦の海水（情報処理棟前）に1辺20m四方、10m間隔で9本の竹竿を立て、竹竿の雪面上の長さで積雪量を測った。観測は10日に1回の割合で行なった。

2.3. 観測結果

表 2 に月別気象表, 表 3 に各月の極値, 順位を更新した主な記録を, 表 4 にブリザード統計を, 図 1 に年間の気圧, 気温, 風速, 雲量, 日照時間の旬別経過を, 図 2 に海水上の積雪変化をブリザードと対応させて示す.

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.

平年に比べ気圧及び気温が著しく低い 1 年であった. 最近 2-4 年は, 雲量が多く, 相対湿度と蒸気圧の高い状態が継続していたが, 若干回復した. ブリザードは A 級 7 回, B 級 12 回, C 級 15 回の計 34 回があった. なかでも 12 月上旬にあった A 級ブリザードでは, 12 月の最大風速を更新した. 月ごとの特徴は次のとおり.

(1) 2 月の多雲量

月平均雲量は 8.4 で, 2 月としては過去最も雲量の多い月となった.

(2) 4-7 月と 11 月の低温

4 月の月平均気温は -12.7°C で, 4 月としては過去最低を記録した. 6 月の最低気温は 24 日の -38.3°C で過去の記録を更新した. 6 月下旬の旬平均気温は -24.4°C で過去の最低値を記録した. 7 月下旬の旬平均気温も -24.5°C で過去の最低値であった.

(3) 6 月の好天

C 級ブリザードが 2 回あったものの, 上旬と下旬は大陸高気圧に覆われ, 晴れの天気が続いた. 月平均湿度は 54% と非常に乾燥し, 月平均風速は弱く過去第 2 位であった.

(4) 3 月, 8 月, 12 月のブリザード

3 月は 5 回のブリザードのうち 3 回が A 級であり, 3 月の A 級としては過去最も多い回数を記録した. このため月平均風速は 10.3 m/s で, 過去最大となった. 8 月は大陸高気圧が弱く温帯低気圧が頻繁に接近し, 平均現地気圧は 8 月として過去最低の 975.3 hPa となった. ブリザードの合計は 6 回にのぼった. 12 月上旬には, 12 月としては 12 年ぶりの A 級ブリザードが 2 回あり, 月平均雲量も 12 月として過去最大となった. 月平均海面気圧も低く, 過去第 2 位であった.

以下に月ごとの概況を示す.

1993 年

2 月 月平均雲量は 8.4 で, 2 月としては過去最も雲量の多い月となった.

上旬 雲が多く, 気温の高い状態が継続した. 低気圧が周期的に基地の北方海上を南東進し, 3-4 日と 7-8 日にふぶきとなった.

中旬 11, 12 日晴ののち, ゆっくりと東進してきた低気圧が停滞し, 13-17 日まで悪天, 18 日以降は沿岸に張り付いた雲により, 曇または雪となった.

下旬 前半は閉塞低気圧の圏内で雪しぐれの天気であった. 25 日急速に南東進した低気圧が速度を落として東進, 26 日は閉塞前線が基地にかかり C 級ブリザードとなった.

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

	1993年												1994年	
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年	1月
平均海面気圧	995.2	985.5	983.6	986.4	984.1	987.1	981.2	978.1	981.8	981.4	984.5	983.3	984.4	988.2
平均気温	0.4	-3.7	-7.3	-12.7	-16.2	-19.4	-21.0	-20.5	-17.9	-13.8	-7.6	-1.6	-11.8	-0.8
最高気温	7.2	3.1	-0.9	-0.7	-4.1	-5.7	6.0	-3.1	-5.2	-3.0	2.2	5.1	7.2	6.3
最高気温 起日	17	5	1	1	28	13	1	4	28	25	24	22	1/17	4
最低気温	-6.6	-12.2	-24.5	-24.9	-29.0	-38.3	-39.9	-42.2	-42.1	-29.8	-17.3	-7.6	-42.2	-9.0
最低気温 起日	27	26	26	26	23	24	26	31	1	4	6	19	8/31	18
平均気温 0°C未満の日数	10	25	31	30	31	30	31	31	30	31	30	25	335	18
最高気温 0°C未満の日数	3	18	31	30	31	30	31	31	30	31	29	10	305	8
最低気温 0°C未満の日数	29	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	363	31
平均気温 -20°C未満の日数	0	0	1	5	11	14	15	15	11	5	0	0	77	0
最高気温 -20°C未満の日数	0	0	0	0	2	7	10	13	3	0	0	0	35	0
最低気温 -20°C未満の日数	0	0	2	8	18	21	21	21	15	13	0	0	119	0
最高気温 0°C以上の日数	28	10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	21	60	23
平均蒸気圧	4.2	3.5	3.0	1.9	1.2	0.9	1.0	1.2	1.1	1.8	2.4	3.9	2.2	3.7
平均相対湿度	67	73	79	71	59	54	66	64	63	73	67	72	67	65
平均風速 (10分間平均)	5.1	6.2	10.3	6.7	6.2	4.5	6.8	6.7	4.6	6.4	6.9	7.4	6.5	4.5
最大風速	20.8	20.5	36.3	29.0	32.4	25.3	28.6	41.7	20.3	31.8	27.6	38.9	41.7	20.5
風向 起日	NE 1	NE 26	ENE 10	ENE 13	ENE 8	NE 13	NE 22	ENE 3	NE 2	NE 13	NE 23	NE 8	ENE 8/3	ENE 19
最大瞬間風速	25.5	25.5	44.8	36.1	40.6	30.9	34.5	51.0	32.9	40.6	34.1	48.4	51.0	26.7
風向 起日	NE 1	NE 7	NE 10	ENE 13	ENE 8	NE 13	NE 22	ENE 3	NE 2	NE 13	NE 23	NE 8	ENE 8/3	ENE 19
最大風速 10.0m/s以上の日数	18	17	21	20	17	13	20	16	16	17	21	18	214	11
15.0m/s以上の日数	6	8	18	9	10	7	14	12	7	9	8	6	114	6
29.0m/s以上の日数	0	0	3	1	0	0	0	3	0	1	0	3	12	0
合計日照時間	408.7	135.8	99.7	72.1	28.6	11.1	0.0	64.8	96.7	166.2	326.6	330.9	1730.1	404.1
日照率	58	28	25	28	26	26	0	30	29	35	52	44	39	57
平均全天日射量	26.5	15.5	7.7	2.5	0.3	0.0	0.1	1.5	6.2	14.5	25.3	29.1	10.8	27.2
不照日数	2	5	8	16	23	30	31	15	12	7	3	4	156	0
平均雲量	5.7	8.4	8.5	7.0	6.7	4.5	6.3	6.7	7.4	7.3	7.4	7.7	7.0	6.1
平均雲量 1.5未満の日数	4	1	2	5	5	10	7	4	2	3	3	2	48	4
平均雲量 8.5以上の日数	11	18	20	16	16	8	15	16	14	17	18	16	185	10
雪日数	7	18	23	17	21	9	23	21	20	19	11	14	203	8
霧日数	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	2
フリザー ード日数	0	2	6	4	3	3	8	9	6	8	4	2	55	0

1) 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 順位を更新した主な極値 (1993 年 2 月-1994 年 1 月)
 Table 3. New extremes recorded from February 1993 to January 1994.

		月 別 値		旬 別 値		
1993年 2月	平均相対湿度	73 %	2位 高	平均気温 (上)	-0.7 °C	1位 高
	平均雲量	8.4	1位 多	平均気温 (下)	-6.2 °C	3位 低
	合計日照時間	135.8 hr	2位 少			
3月	最低気温	-24.5 °C	2位 低	平均海面気圧 (上)	977.5 hPa	3位 低
	平均相対湿度	79 %	3位 高	平均雲量 (上)	9.5	1位 多
	平均風速	10.3 m/s	1位 大	平均風速 (上)	12.4 m/s	1位 大
	最大風速	36.3 m/s NE	1位 大			
	最大瞬間風速	44.8 m/s NE	2位 大			
4月	平均気温	-12.7 °C	1位 低	平均気温 (下)	-17.6 °C	2位 低
	平均最高気温	-9.9 °C	1位 低	平均雲量 (中)	9.5	3位 多
	平均最低気温	-16.3 °C	1位 低	平均雲量 (下)	3.3	1位 少
	平均蒸気圧	1.9 hPa	3位 低	合計日照時間 (下)	41.2 hr	1位 多
5月	平均気温	-16.2 °C	3位 低	平均気温 (上)	-17.1 °C	3位 低
	平均最高気温	-13.2 °C	3位 低	平均雲量 (上)	4.9	3位 少
	平均最低気温	20.1 °C	3位 低	合計日照時間 (上)	25.0 hr	3位 多
	平均蒸気圧	1.2 hPa	3位 低			
6月	平均気温	-19.4 °C	3位 低	平均気温 (下)	-24.4 °C	1位 低
	平均最高気温	-15.9 °C	2位 低	平均雲量 (上)	3.1	2位 少
	平均最低気温	-23.4 °C	2位 低	平均雲量 (下)	3.1	1位 少
	最低気温	38.3 °C	1位 低	平均風速 (下)	3.5 m/s	3位 小
	平均蒸気圧	0.9 hPa	2位 低			
	平均相対湿度	54 %	2位 低			
	平均雲量	4.5	2位 少			
	平均風速	4.5 m/s	2位 小			
	最大瞬間風速	30.9 m/s NE	3位 小			
7月	最低海面気圧	943.6 hPa	3位 低	平均海面気圧 (中)	972.8 hPa	3位 低
	平均気温	21.0 °C	3位 低	平均気温 (下)	24.5 °C	1位 低
	平均最低気温	25.5 °C	2位 低			
	最低気温	-39.9 °C	3位 低			
	最大瞬間風速	34.5 m/s NE	3位 小			
8月	平均現地気圧	975.3 hPa	1位 低	平均海面気圧 (上)	975.6 hPa	2位 低
	最高気温	-3.1 °C	1位 高	平均気温 (下)	-29.4 °C	1位 低
	最低気温	-42.2 °C	1位 低			
	最大風速	41.7 m/s ENE	2位 大			
	最大瞬間風速	51.0 m/s ENE	3位 大			
9月	最低気温	42.1 °C	3位 低	合計日照時間 (上)	8.7 hr	1位 少
	最大風速	20.3 m/s NE	1位 小			
10月				平均海面気圧 (中)	974.6 hPa	1位 低
				平均気温 (中)	-11.7 °C	3位 高
				平均風速 (中)	8.5 m/s	2位 大
11月	平均気温	-7.6 °C	3位 低	平均気温 (中)	-9.5 °C	3位 低
				平均雲量 (下)	9.5	2位 多
				合計日照時間 (中)	141.8 hr	3位 多
12月	平均現地気圧	980.7 hPa	2位 低	平均海面気圧 (下)	981.9 hPa	3位 低
	平均海面気圧	983.3 hPa	2位 低	平均雲量 (上)	9.6	1位 多
	最低海面気圧	962.1 hPa	2位 低	平均雲量 (中)	8.4	3位 多
	平均雲量	7.7	1位 多			
	平均風速	7.4 m/s	2位 大	平均風速 (上)	11.8 m/s	1位 大
	最大風速	38.9 m/s NE	1位 大	合計日照時間 (上)	63.3 hr	1位 少
	最大瞬間風速	48.4 m/s NE	1位 大			
	合計日照時間	330.9 hr	2位 大			
1994年 1月				平均気温 (上)	0.6 °C	3位 高
				合計日照時間 (上)	178.8 hr	1位 多

表 4 ブリザード統計 (1993年2月1日-1994年1月31日)
 Table 4. Heavy snowstorms (blizzards) from February 1993 to January 1994.

通番	開始時刻		終了時刻		継続時間 時間 分	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			m/s	風向	起時	m/s	風向	起時	hPa	起時
01	2	26 14 45	2	27 02 20	11 35	C	20.5	NE	26日15:12	25.4	NE	26日19:31	-----	-----
02	3	1 04 00	3	2 04 00	24 00	B	26.3	NE	1日17:14	30.9	NE	1日17:33	963.2	1日17:32
03	3	3 00 10	3	3 13 30	13 20	B	23.8	ENE	3日08:14	26.9	ENE	3日08:20	969.4	3日05:34
04	3	10 05 30	3	10 17 10	11 40	A	36.3	NE	10日09:42	44.8	NE	10日09:34	959.1	10日08:04
05	3	27 11 10	3	27 21 00	9 50	A	31.7	ENE	27日13:50	42.3	ENE	27日17:13	-----	-----
06	3	31 07 45	3	31 14 40	6 55	A	32.1	NE	31日12:26	39.7	NE	31日12:56	-----	-----
07	4	13 13 15	4	14 05 20	16 05	B	29.0	ENE	13日20:16	36.1	ENE	13日20:09	-----	-----
08	4	23 13 05	4	24 08 40	19 35	B	28.0	ENE	23日21:24	35.6	ENE	23日22:14	-----	-----
09	5	7 15 10	5	8 04 50	13 40	A	32.4	ENE	8日02:40	40.6	ENE	8日02:02	-----	-----
10	5	15 09 45	5	15 23 00	13 15	B	23.0	NE	15日16:05	26.3	NE	15日17:26	-----	-----
11	6	12 17 20	6	13 04 20	11 00	C	25.3	NE	13日00:58	30.9	NE	13日01:04	969.8	13日01:04
12	6	30 12 50	6	30 19 40	6 50	C	21.2	ENE	30日16:58	25.5	ENE	30日17:47	956.2	30日17:47
13	7	5 23 00	7	6 11 00	12 00	C	18.5	NE	6日02:19	25.4	NE	6日02:18	-----	-----
14	7	13 05 20	7	14 05 30	24 10	C	22.9	NNE	13日23:44	27.2	NE	13日22:54	965.1	14日05:22
15	7	19 01 50	7	20 03 40	25 50	C	25.7	NE	19日22:32	29.1	NE	19日22:39	943.6	20日01:13
16	7	22 07 05	7	23 03 40	20 35	B	28.6	NE	22日14:15	34.5	NE	22日14:18	958.3	22日14:00
17	8	1 09 30	8	1 21 35	12 05	C	24.2	NE	1日15:22	28.9	NE	1日15:12	-----	-----
18	8	3 12 25	8	4 11 30	23 05	A	41.7	ENE	3日18:19	51.0	ENE	3日18:15	949.1	4日04:37
19	8	9 18 00	8	10 01 30	7 30	C	17.9	NE	9日18:36	21.5	NE	9日18:44	969.6	10日01:25
20	8	10 23 40	8	11 08 40	9 00	C	22.1	NE	11日02:43	25.4	NE	11日02:53	968.5	10日23:46
21	8	13 16 50	8	14 18 40	25 50	B	31.8	NE	14日14:03	38.8	NE	14日13:55	956.0	14日13:19
22	8	23 08 00	8	23 17 45	9 45	C	21.8	NNE	23日12:33	28.1	NE	23日12:27	(962.0	22日22:25)
23	9	2 01 10	9	2 15 05	13 55	B	20.3	NE	2日05:20	32.9	NE	2日02:18	-----	-----注1
24	9	3 19 00	9	4 13 10	17 10	C	19.6	NE	4日09:11	25.4	NE	4日09:05	966.6	4日04:56
25	9	11 10 20	9	11 16 20	6 00	C	19.2	NE	11日12:31	23.2	NE	11日12:46	-----	-----
26	9	27 22 40	9	28 05 40	7 00	C	17.0	NNE	28日01:29	22.4	NNE	28日01:51	-----	-----
27	10	5 10 10	10	6 03 30	17 20	C	22.9	NE	5日18:53	29.6	NE	5日18:03	-----	-----
28	10	13 00 05	10	14 02 45	26 40	B	31.8	NE	13日09:44	40.6	NE	13日09:35	961.3	13日01:29
29	10	16 14 10	10	17 07 55	17 45	B	25.9	NE	16日15:08	30.3	NE	16日16:55	964.3	16日17:22
30	10	24 20 30	10	25 03 20	6 50	C	27.0	ENE	25日00:09	33.7	ENE	25日00:01	961.8	25日01:09
31	11	18 09 30	11	19 03 00	17 30	B	26.5	NE	18日20:11	34.0	NE	18日20:08	-----	-----
32	11	22 10 50	11	23 10 50	24 00	B	27.6	NE	23日01:39	34.1	NE	23日01:09	-----	-----
33	12	6 05 05	12	6 13 05	8 00	A	30.5	ENE	6日08:32	37.1	ENE	6日08:48	-----	-----
34	12	8 00 50	12	8 08 00	7 10	A	38.9	NE	8日01:16	48.4	NE	8日01:07	962.4	8日01:12

*階級 A : 視程 1000m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

*最低海面気圧は970hPa以下となった場合のみ示す。括弧は開始前あるいは終了後を示す。

*注1 No.24 9月4日 01:00~02:00 風速10m/s未満

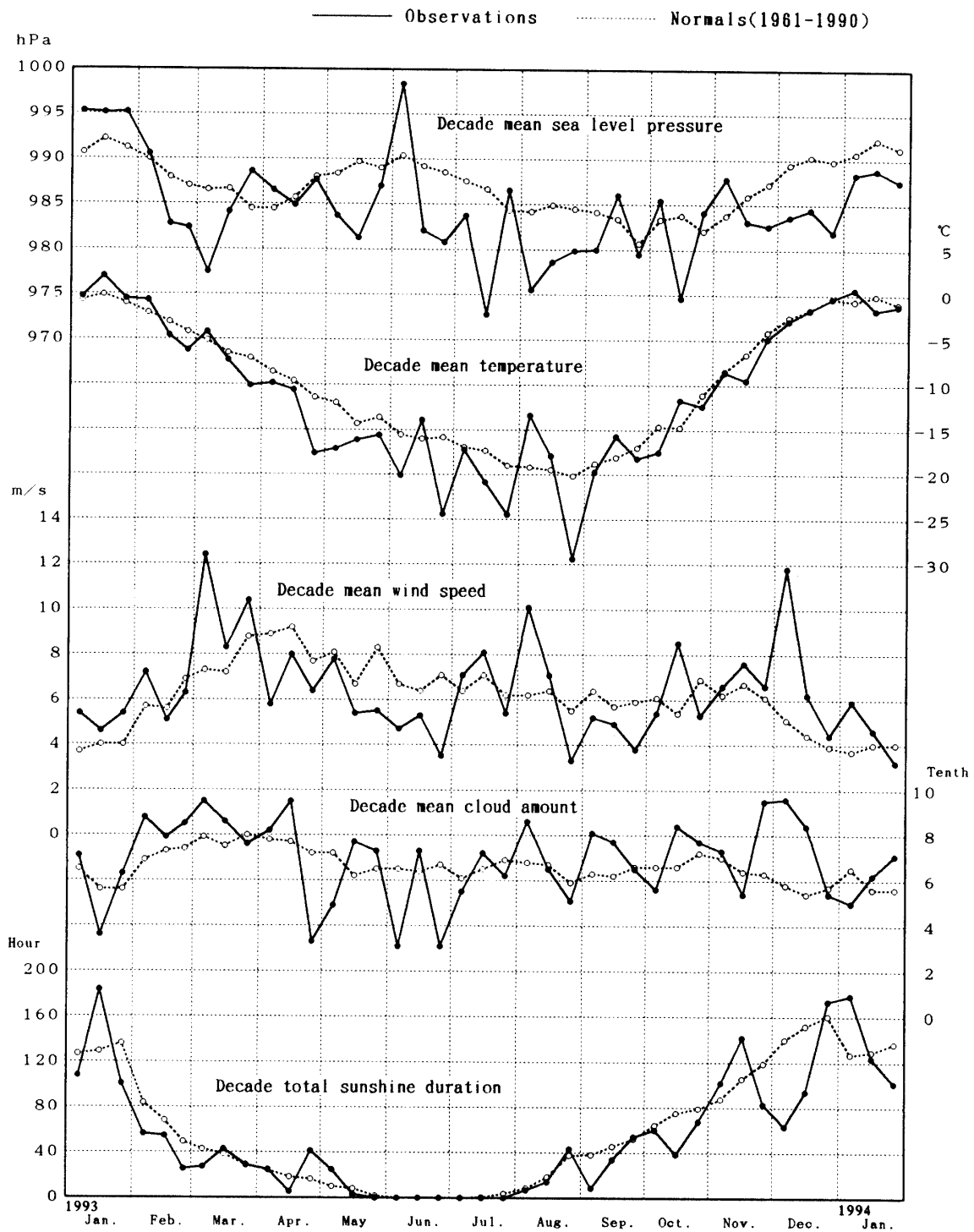


図 1 地上気象旬別値年変化 (1993 年 1 月-1994 年 1 月)

Fig. 1. Annual variation of surface synoptic data from January 1993 to January 1994.

3 月 天気は周期的に変化したが、曇または雪の日が多かった。5 回のブリザードのうち 3 回は A 級であり、3 月としては過去最も多い回数を記録した。このため月平均風速は 10.3 m/s で、過去最大となった。

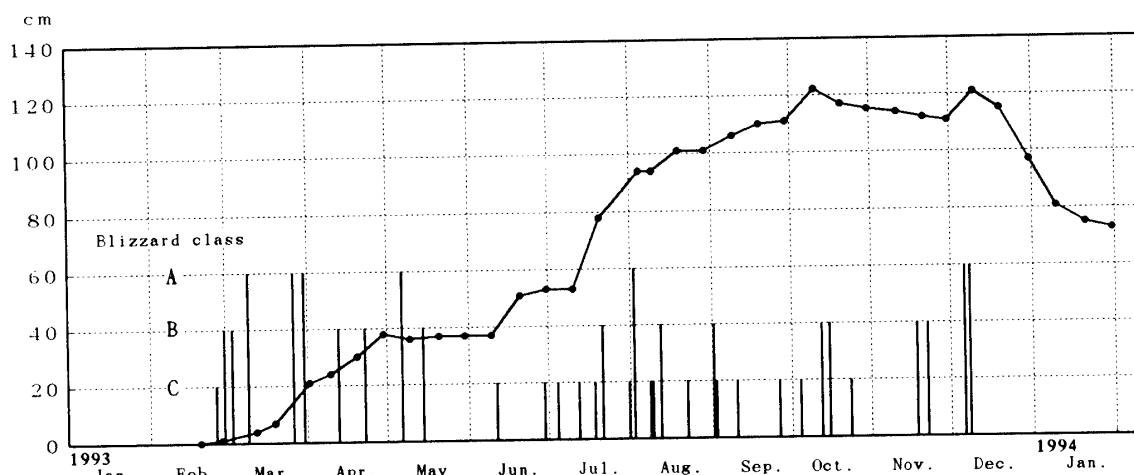


図 2 積雪量の年変化とブリザード (1993 年 2 月-1994 年 1 月)

Fig. 2. Variation of snow cover from February 1993 to January 1994. Vertical lines show blizzards and their classes.

- 上旬 1日と3日にB級ブリザード, 10日にはA級ブリザードとなった。このとき3月としては過去最も強い最大風速 36.3 m/s を記録した。その他の日も雪や曇が多く, 旬平均雲量は 9.5 であった。
- 中旬 13日に晴, その後は薄曇りであったが, 18-19日にはふぶきとなった。
- 下旬 25, 26日は約40日ぶりの快晴となり, 気温は最低 -24.5°C まで降下した。しかし翌27日には一転してA級ブリザードとなった。31日には3回目のA級ブリザードを記録した。
- 4月 3月に続き曇または雪の天気が多かったが, 下旬には快晴の日が続いた。月平均気温は -12.7°C で, 4月としては過去最低を記録した。
- 上旬 天気の悪い日が多かったが, 2, 3日に晴, 6日は薄曇りで日照があった。
- 中旬 前半は天気が悪く, 13日にB級ブリザードとなった。後半風が弱まったが曇または雪の天気で, 旬平均雲量は 9.5 であった。
- 下旬 23日から24日にかけてB級ブリザードであった。しかし25日以降, 大陸高気圧の張り出しが強く, 快晴で寒い日が続いた。旬別平均雲量は 3.3 であった。
- 5月 4月25日以来の快晴は3日まで9日間続いたが, その後天気は周期的変化となった。しかし引き続き気温は低く経過した。
- 上旬 3日までと10日に快晴。7日から8日にかけてA級ブリザードとなった。
- 中旬 13日に快晴。15日にB級ブリザードとなった。
- 下旬 23日は晴れて今月の最低気温を記録した。逆に27日から気温が上昇, ふぶきとなって28日に月の最高気温を記録した。
- 6月 C級ブリザードが2回あったものの, 上旬と下旬は大陸高気圧に覆われ, 晴の天気が

続いた。月平均湿度は 54% と非常に乾燥し、気温も低く、24 日には -38.3°C を記録した。月平均風速は弱く過去第 2 位であった。

上旬 強い大陸高気圧に覆われ、やや風があるが晴れた日が続いた。

中旬 ゆっくりと東進した低気圧によって 12 日から 13 日にかけて C 級ブリザードとなった。その後も低気圧の圏内にあり、17 日までぐずつき気味の天気となった。

下旬 晴の日が続き、旬平均雲量は 3.1 で過去最も少ない値となった。また旬平均気温も -24.4°C で過去の最低値を記録した。30 日は南南西進した低気圧により C 級ブリザードとなった。

7月 B 級ブリザードが 1 回、C 級が 3 回あったが、風が比較的弱く、気温の低い月であった。

上旬 5-6 日にかけて C 級ブリザードとなった。

中旬 13-14 日、及び、19-20 日にかけて C 級ブリザードとなった。どちらも 24 時間以上継続する長いブリザードで、大量の積雪があった。

下旬 旬平均気温は -24.5°C で過去の最低値を記録した。22-23 日にかけて B 級ブリザードとなった。

8月 大陸高気圧が弱く温帯低気圧が頻繁に接近し、平均現地気圧は 8 月として過去最低の 975.3 hPa となった。合計 6 回 (A 級 1 回、B 級 1 回、C 級 4 回) のブリザードがあった。

上旬 ブリザードが 4 回あった。3-4 日にかけての A 級ブリザード時に、8 月として過去 1 位の最高気温 -3.1°C 、2 位の最大風速 41.7 m/s を記録した。

中旬 上旬に引き続き気圧が低く、12-13 日には B 級ブリザードとなった。しかし後半は大陸高気圧と移動性高気圧の影響で、穏やかな晴の天気となった。

下旬 23 日に C 級ブリザードとなった以外は風も弱く、旬平均気温は -29.4°C と低かった。また 31 日には 8 月として過去最低の -42.2°C を記録した。

9月 ブリザードが 4 回 (B 級 1 回、C 級 3 回) あり曇りがちであったが、月最大風速は 20.3 m/s と 9 月としては過去最も弱く、比較的穏やかな天気でもあった。

上旬 2 日に B 級、3-4 日にかけて C 級ブリザードがあった。その後風は弱まったが、日照時間の旬合計は過去最低の 8.7 時間を記録した。

中旬 11 日に C 級ブリザードとなった以外ははっきりとしない天気であった。

下旬 引き続きはっきりとしない天気であったが、27-28 日にかけて C 級ブリザードとなった。

10月 天気は前半約 4 日、後半約 6 日の周期で変化し、ブリザードが 4 回 (B 級 2 回、C 級 2 回) あった。

上旬 5 日に C 級ブリザードがあった。2-3 日と 8 日は快晴であった。

- 中旬 13-14日と16-17日にB級ブリザードがあった。11日と15日に晴れたほかは低気圧が停滞し、ふぶきが継続した。
- 下旬 24-25日にC級ブリザードがあった。22日に、第34次観測隊としては初めて、霧を観測した。
- 11月 16日までは降雪が無く、カタバ風が顕著であった。後半にB級ブリザードが2回あった。
- 上旬 曇りがちであったが、降雪が無かった。10日間以上降雪がないのは1月中旬以来である。
- 中旬 前半は、よく晴れて夜間カタバ風が吹く天気が継続した。18-19日にはB級ブリザードがあった。
- 下旬 22-23日にB級ブリザードがあった。その後風は弱まったが、北海上に低気圧が停滞し、曇または雪の天気であった。
- 12月 天気は約8日の長い周期で変化した。しかし上旬に、12月としては12年ぶりのA級ブリザードが2回あり、月平均雲量も12月として過去最大となる等、中旬まで悪天ベースとなった。月平均海面気圧も低く、過去第2位であった。
- 上旬 5日早朝に地ふぶきが始まって、9日早朝に地ふぶきが止むまで、記録的な悪天となった。この間、6日と8日にはそれぞれA級ブリザードの基準に達した。7日と8日には、12月の月最大風速、月最大瞬間風速の記録を更新した。
- 中旬 移動の遅い低気圧が影響し、上旬に引き続き悪天ベースが継続した。
- 下旬 低気圧が約3日の周期で北海上を東進したため平均気圧が下がったが、基地の天気に大きな影響はなく、晴または曇の天気となった。

1994年

- 1月 例年に比べて気圧の低い状態が続いたが、ふぶきも無く、比較的穏やかな月であった。
- 上旬 晴れて暖かい日が継続したが、夜間はカタバ風が顕著であった。
- 中旬 良く晴れたが、南よりの風で気温が下がった。低気圧の接近により、19日には最大20.5 m/sの強い風が吹いた。
- 下旬 前半は好天、後半は大陸沿岸に雲が張り付き、曇または雪の天気となった。

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を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30 kmまでの気圧、気温、風向、風速及び気温が -40°C になる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(モノパルス方式MOR22型)を用い、

受信したデータの計算処理, 作表, 気象電報作成等は第 34 次観測隊で持ち込んだ高層気象観測装置により自動的に行った. 電報の通報は DCP 装置を用い, 気象報 (TEMP 報) の着信率を向上するため, 2 回繰り返し送信した.

使用した観測測器と地上施設の詳細を表 5 に示す.

表 5 観測器材と地上施設
Table 5. Sensors and instruments for aerological observations.

(a)高層気象観測器材			(b)地上施設	
レ ー ウ ィ ン ゾ ン デ	RS2-80型レーウィンゾンデ		角度信号変換器	
	ウ ィ ン ゾ ン デ	気圧	スミスパン製 60mmφ 抵抗板式空ごう気圧計	ゾンデ信号変換器
		気温	小型ダイオードタイプ ガラスコートサーミスタ (白色塗料)	データ処理部 I PC-9801DA (NEC) DD-101A (TEAC) PC-KD1521 (NEC)
	デ	湿度	カーボンタイプ湿度計	データ処理部 II PC-9801DA (NEC) DD-101A (TEAC) PC-KD882 (NEC)
電 池		B80RS型注水電池	プリンタ BJ-330J (CANON)	
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。	プリンタバッファ JXP (BUFFALO)	
その他		強風時 66型遅動式巻下器 気象観測用巻下器	光ディスク PC-OD301 (NEC)	
		暗夜時 PA72型追跡補助電灯	XYプロッタ DXY1300 (ROLAND)	
			(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	

3.2. 観測経過

観測状況を表 6 に示す. 第 34 次観測隊として 1993 年 2 月 1 日 00UT より 1994 年 1 月 31 日 12UT までの観測を行った. この間, 欠測及び資料欠如はなかったが, 強風により地物に衝突したり, 飛揚したが 100 hPa までの観測資料が得られず再観測した回数は 38 回であった.

地上施設は, 方向探知機の周波数変換器が故障し, 予備器と交換した. その他はおおむね順調に経過した.

観測器材は現地点検を行ったが, 不合格となる器材のほとんどが気圧計であり, 接点不良

表 6 高層気象観測状況

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

年 月	1993											1994	合計 (平均)	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1		
項目														
飛揚回数	60	70	64	66	62	63	67	60	65	63	66	62	768	
定時観測回数	56	62	60	62	60	62	62	60	62	60	62	62	730	
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	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
再観測回数	4	8	4	4	2	1	5	0	3	3	4	0	38	
到達高度	平均 hPa	14.1	13.4	11.7	22.2	19.6	13.9	19.1	13.8	19.3	12.8	14.0	12.0	(15.5)
	平均 km	29.5	29.7	29.3	24.8	25.0	26.2	25.2	26.5	25.8	29.2	29.6	30.5	(27.6)
	最高 hPa	8.4	7.1	6.6	9.6	8.3	8.0	8.5	9.5	11.0	10.1	10.1	9.1	
	最高 km	32.6	32.9	33.0	28.6	28.6	28.9	28.4	28.5	27.8	30.6	31.7	32.3	

や点検時の器差大が多かった。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を使用し、器差大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ため、気球表面の油処理（通称油漬け）は、00 UT の観測は5月4日-11月3日、12 UT の観測は5月18日-11月5日までの期間、室内の暖房用灯油を用いて実施し、気球破裂高度低下の防止に十分な効果が得られた。

3.3. 観測結果

1993年2月から1994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、南北成分を1993年1月から1994年1月までの月平均値による年変化と、平年値（1969年から1992年までの累年平均）による年変化、及びそれらの差を示す。

1993年1月から1994年1月までの上層気温の特徴を層別に見ると、300 hPa以下の対流圏で冬期に高めで、成層圏下部（300-30 hPa）では全体的に低めで、特に春期から夏期は11

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 (hPa)	1993											1994	平均
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	
高度 (m)	850	1158	1131	1132	1102	1122	1059	1043	1076	1089	1131	1142	1186	1114
	700	2634	2599	2582	2543	2557	2480	2468	2503	2532	2579	2615	2659	2563
	500	5069	5010	4983	4949	4946	4856	4842	4890	4931	4985	5057	5090	4967
	300	8491	8387	8349	8324	8276	8183	8162	8230	8284	8359	8475	8505	8335
	200	11148	11018	10930	10823	10734	10637	10587	10658	10736	10856	11034	11134	10858
	150	13061	12908	12777	12587	12446	12335	12255	12329	12432	12595	12867	13032	12635
	100	15765	15568	15362	15053	14828	14686	14573	14664	14796	15046	15478	15731	15129
	50	20411	20107	19721	19188	18783	18589	18464	18643	18872	19399	20095	20424	19391
	30	23861	23460	22895	22168	21624	21419	21307	21610	22013	22838	23645	23932	22564
気温 (°C)	850	-9.3	-10.9	-14.9	-17.1	-18.6	-21.0	-20.9	-20.1	-16.3	-14.1	-9.4	-8.8	-15.1
	700	-18.3	-20.0	-21.9	-22.6	-23.5	-25.7	-25.1	-24.1	-22.7	-22.5	-18.4	-19.0	-22.0
	500	-33.3	-36.5	-37.4	-35.9	-38.6	-39.3	-39.6	-38.2	-37.0	-36.1	-32.3	-33.3	-36.4
	300	-52.7	-55.4	-56.4	-58.4	-61.0	-61.2	-62.1	-61.2	-60.4	-58.0	-55.7	-54.1	-58.0
	200	-46.6	-49.1	-53.8	-63.7	-69.3	-70.0	-73.7	-73.9	-70.4	-65.7	-56.1	-48.6	-61.7
	150	-45.6	-48.9	-54.3	-64.0	-70.6	-73.0	-76.2	-75.5	-73.0	-67.0	-54.9	-47.0	-62.5
	100	-45.3	-49.4	-56.4	-67.1	-74.6	-77.3	-79.3	-77.0	-74.2	-65.1	-50.5	-44.1	-63.3
	50	-43.5	-49.1	-60.0	-72.0	-81.0	-82.9	-83.0	-76.5	-68.6	-50.4	-38.9	-40.0	-62.1
	30	-42.1	-48.8	-61.8	-74.7	-83.5	-84.7	-82.5	-72.1	-56.5	-36.0	-33.2	-37.4	-59.4
風速 (m/s)	850	7.3	11.0	7.4	11.4	6.4	12.2	10.9	8.4	9.8	8.7	10.9	7.2	9.3
	700	6.4	7.8	7.3	10.8	7.8	10.3	9.0	8.0	7.5	6.9	8.9	5.9	8.1
	500	8.9	9.0	10.2	15.7	11.7	16.4	14.2	11.1	12.9	8.1	9.5	7.8	11.3
	300	14.1	16.4	19.2	20.9	15.1	21.9	22.6	18.1	20.1	12.5	13.4	10.7	17.1
	200	11.9	12.8	16.6	19.5	16.6	20.8	22.0	17.1	19.6	10.7	7.6	7.3	15.2
	150	11.0	11.8	17.3	18.2	17.9	21.0	20.0	19.0	20.9	12.8	9.5	6.1	15.5
	100	10.0	10.3	18.8	20.9	22.2	25.9	21.6	24.3	26.7	18.5	8.8	4.7	17.7
	50	5.9	9.6	23.1	27.9	28.7	35.2	32.8	38.2	42.0	28.8	5.7	4.2	23.5
	30	3.6	8.9	26.6	33.3	34.6	40.1	39.3	49.5	52.6	32.3	8.1	6.1	27.9

月の 100hPa で 10.1°C も低いのが、成層圏上部では冬期以外は高めに経過した。

この間の上層気温を季節別に細かく見ると、夏(1月)は成層圏下部での低温、秋(2-4月)は対流圏の低温と成層圏中部での高温、冬(5-8月)は成層圏の低温、春(9-10月)は対流圏の高温と成層圏の低温、夏(11-1月)は成層圏下部の低温と成層圏上部の高温であった。

平年の上層風の東西成分は、夏期に東成分となる以外はほとんど西成分である。1993年は

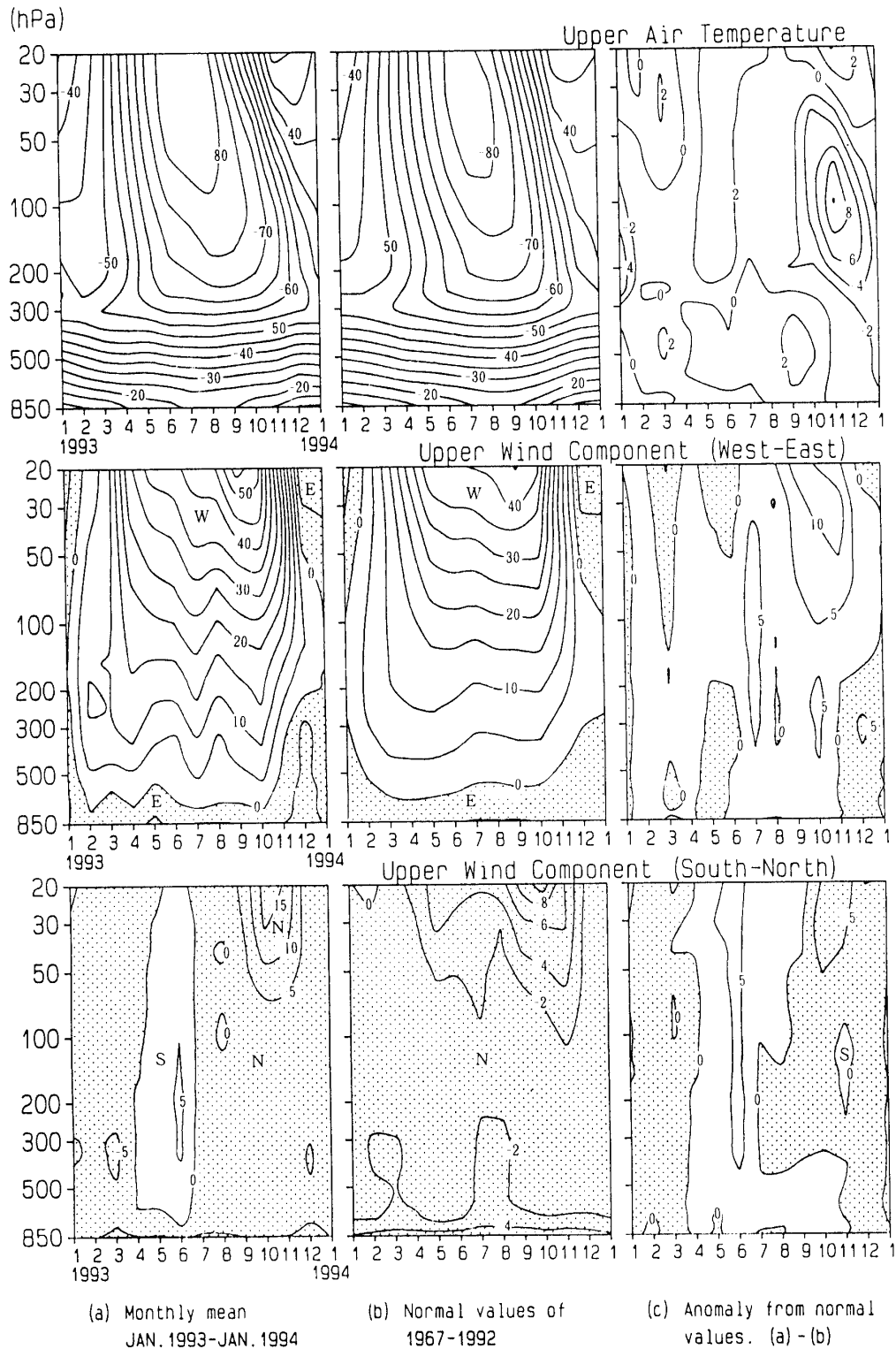


図3 月平均気温と高層風の東西成分・南北成分の年変化。(a) 1993年平均, (b) 累年平均および(c) 累年平均からの偏差

Fig. 3. Annual variations of upper air temperature ($^{\circ}\text{C}$) and upper wind components (m/s). (a) Monthly mean from January 1993 to January 1994, (b) normal values in 1967-1992 and (c) anomaly from normal values.

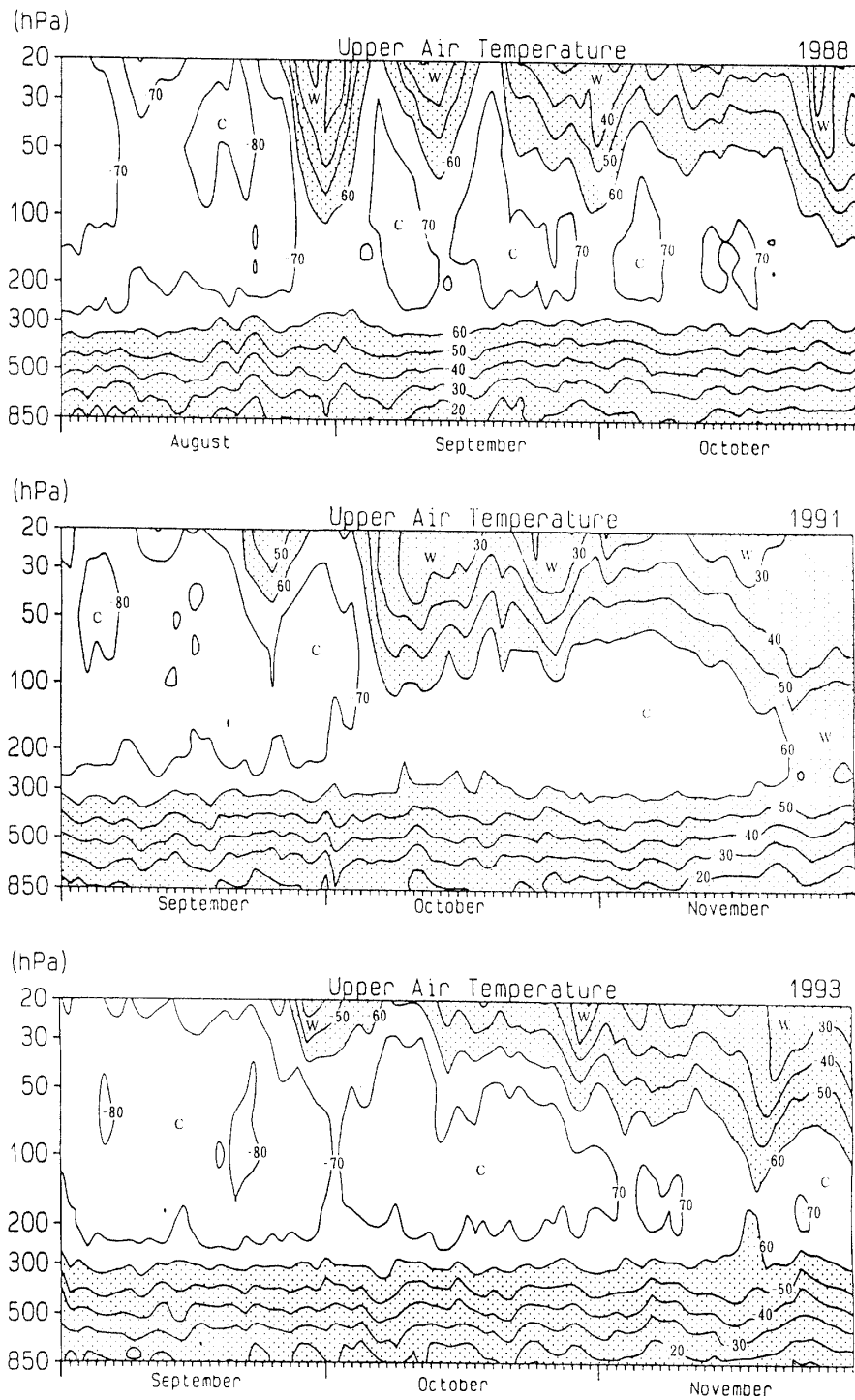


図 4 上層気温の変化 (1988 年 8 月-10 月, 1991 年 9 月-11 月, 1993 年 9 月-11 月)
 Fig. 4. Variation of upper air temperature in °C (August–October 1988, September–November 1991, September–November 1993).

西成分のピークが 7 月と 10 月に現れた。これに対して、平年値との差では 7 月と 9 月から 11 月にかけて西成分が強くなっている。成層圏極夜ジェットのパークは例年 10 月であるが、1993 年は遅くまで成層圏極夜ジェットが維持された。一方、南北成分では降温をもたらす南

成分が5, 6月と続いた。また, 昇温となる北成分は9月から11月までピークとなっている。平年値との差から5月の南成分は成層圏の低温と対応しており, 春期の成層圏中部の北成分は高温と対応している。しかし, 春期の成層圏下部の低温に対応した南北成分の平年偏差は見られない。

1993年の成層圏気温の突然昇温期の状態を突然昇温が顕著に現れた1988年, 1991年と比較して図4に示す。この図では, -60°C 以上を網掛けとした。1988年は8月下旬に突然昇温が現れ, その後波状的に出現している。1991年と1993年は9月下旬より突然昇温が現れている。ただ, 1991年に比べ1993年は, 成層圏下部に低温域がながく停滞しており, 特に11月中旬の突然昇温後は再び低温域が広がっている。

1988年は8月下旬に20hPaで $50.4^{\circ}\text{C}/\text{week}$, 1991年は10月上旬に40hPaで $44.5^{\circ}\text{C}/\text{week}$ の最大昇温を記録している。1993年は9月下旬に20hPaにて $41.9^{\circ}\text{C}/\text{week}$ が最大昇温であった。

図5に年平均指定気圧面気温の経年変化(1969–1993年)を示す。対流圏においては, 1970年代は安定期と変動期があり, 1980年代は比較的安定ではあるが1989年の低温を境に上昇傾向である。一方, 成層圏では1979年まで変動を繰り返し, その後低温傾向を示した。1985年からは急激な変動を繰り返し, 1991年からは気温の下降を示している。

成層圏(指定気圧面)気温が1週間以内に 25°C 以上の昇温を記録した統計(1966–1993年)を図6に示す。これによると, 図5で成層圏気温の高かった年に突然昇温が多く現れていることが判る。

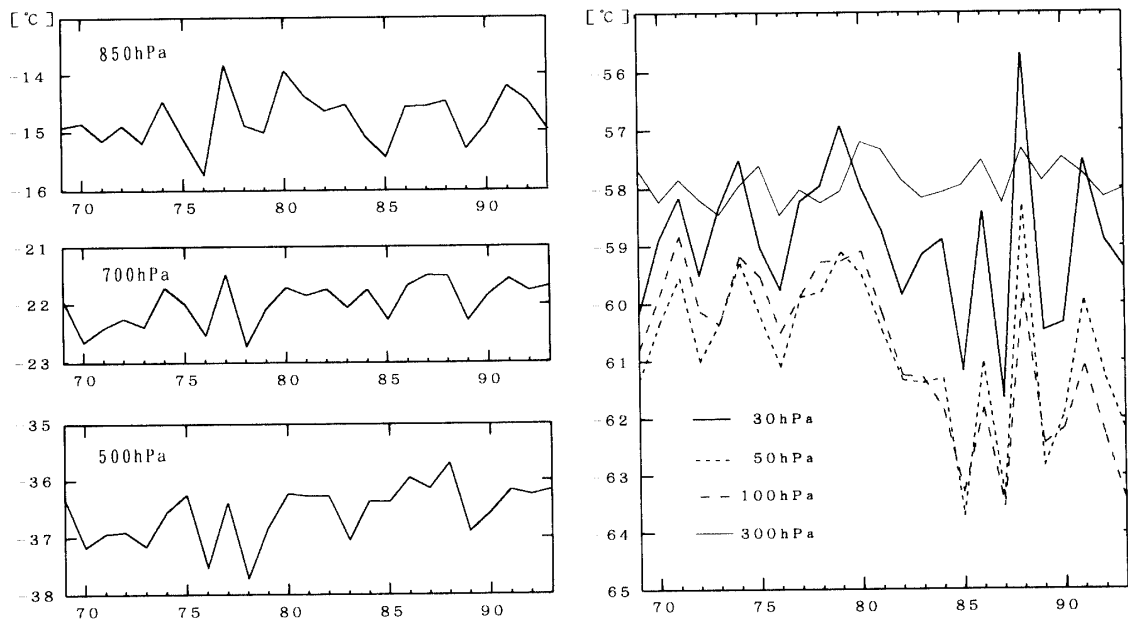


図5 年平均指定気圧面気温の経年変化(1969年–1993年)

Fig. 5. Year-to-year changes of upper air temperature at standard pressure levels.

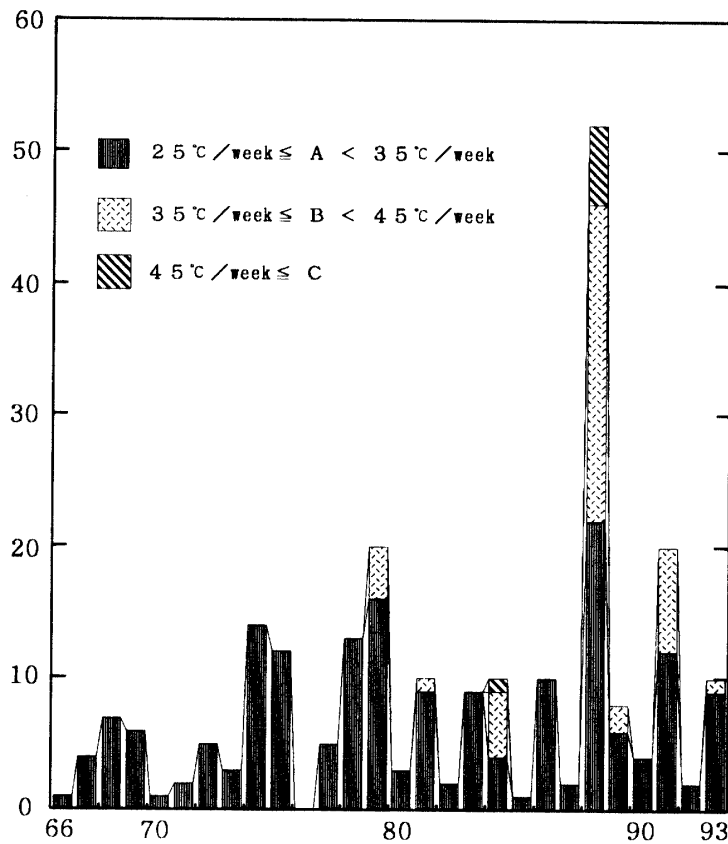


図 6 指定気圧面における成層圏突然昇温統計結果 (1966 年-1993 年)

Fig. 6. Number of stratospheric warmings in 1966-1993. (standard pressure levels ≤ 100 hPa).

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に基づいて行った。

観測結果の通報はインマルサット 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。

9 月にノイマイヤ基地 (ドイツ)、マイトリ基地 (インド) と共同でオゾンゾンデの連続観測を、11 月にはマラジョージナヤ基地 (ロシア) との共同観測を行った。また、上記 3 基地とのオゾンデータ交換を行った。通信手段はインマルサット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 ($\mu=4.0$ まで) と、午前及び午後の大気路程 $\mu=1.5, 2.5, 3.5$ の時刻に、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AD波長組観測($\mu=3.0$ まで)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1回、可能な限り行った。

(3) オゾンゾンデ観測

RSII-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。解析はプログラムを開発し、飛揚後直ちに処理を行った。

気球は2000gを使用し、ヘリウムガスを充填して浮力を3500g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も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54台を持ち込み、第33次観測隊の残置分も含め58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、1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 月別オゾン全量およびオゾン反転観測回数

Table 8. Number of ozone observations.

年月		1993											1994	合計
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	
項目		24	20	8	10	12	8	7	19	26	28	27	30	219
内訳	直射光AD	14	13	1					12	18	25	26	30	139
	〃 CD	1	1	6				5	3					16
	天頂光	9	6						3	8	3	1		30
	月光			1	10	12	8	2	1					34
反転観測	ショート	3	3	2				3	7	13	8		5	44
	ロング	2							3	10	7		2	24

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

年 月	1993年 2月		3月		4月		5月		6月		7月	
日 到達高度 (hPa)	3	13.9	4	6.5	2	8.4	5	55.0	2	11.4	4	8.2
	11	5.0	13	3.9	8	7.4	12	435.9	16	4.8	8	10.0
	18	4.4	23	5.3	14	反不	17	17.9			15	42.9
	25	86.0			16	8.4					21	6.9
					21	10.6					28	18.6
					28	21.3						

年 月	1993年 8月		9月		10月		11月		12月		1994年 1月	
日 到達高度 (hPa)	5	14.5	1	11.0	2	7.6	4	7.5	1	7.2	5	5.9
	12	19.9	3	9.9	7	8.1	10	6.1	9	11.7	12	4.6
	18	15.8	4	9.3	14	9.8	13	25.9	16	10.2	21	4.9
	26	15.1	5	11.6	20	292.5	19	4.5	22	7.0	26	3.9
			6	5.9	22	7.3	24	4.1	29	48.5		
			7	9.9	27	29.8						
			8	4.9								
			9	5.8								
			15	9.7								
			22	7.8								
			29	7.6								

注：「反不」はオゾン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、1993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1993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4月、6月にオゾン全量が多く、この月を除いた1-8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月と11月は標準偏差の2倍を超えて少なくなった。

図8に8-12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（1961年）以来の日別値、細い折れ線は1992年、太い折れ線が1993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11日には140 matm-cmを記録し、日別値として過去最低値を記録した1992年に並んだ。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。9月、10月の月平均値はともに過去2番目に低い値を記録した。

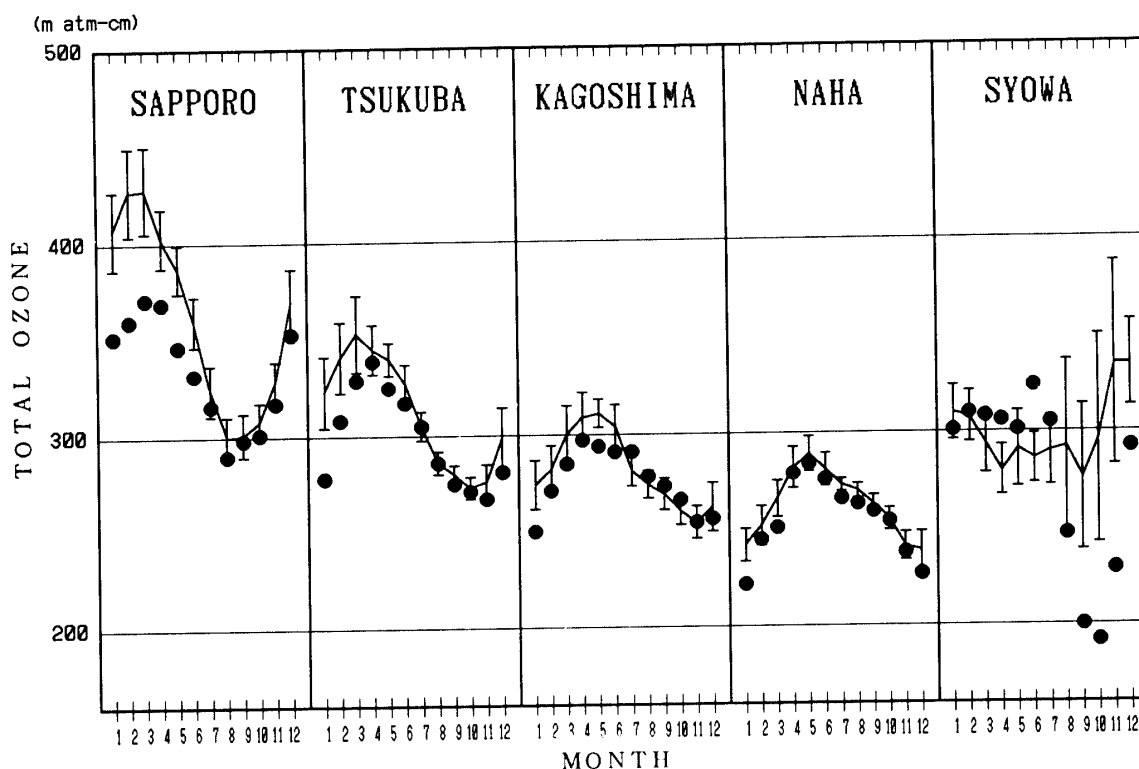


図7 オゾン全量月平均値（1993年）と月別累年平均値（1961-1990年）（気象庁オゾン層解析室作成）

Fig. 7. Monthly mean total ozone of 1993, and normal.

(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1993年の年変化を日別値で図9に示す。また、9-11月のオゾン分圧の個別プロファイルを図10に示す。9月から12月にかけて昭和基地は変動する極渦域に入ったり、出たりを繰り返した。特に50 hPaから30 hPaにかけてその影響が良く現れている。また、10月7日と14日には13-17 kmにかけて前年と同様にオゾンがほとんどない層が現れた。

(3) オゾンゾンデ特別観測

9月1日から9日までドイツ AWI (Alfred-Wegener-Institute for Polar and Marine Research) 提案の ROSA93 (Regional Ozone Soundings in Antarctica 1993) に対応してオゾンゾンデの連続観測を行った。(2日は天候不良のため欠測)

図11に90, 70, 50, 30 hPaの各指定面における Backward Trajectory を示す。これは上空の風速データを基にして9月3日12 UTに昭和基地上空に達した空気塊が以前どこにあったかを時間をさかのぼって計算したもので、12時間ごとの位置を示してある。これによるとこれら上空の空気塊は約24時間かかってノイマイヤ基地付近から昭和基地付近に到達したことがわかる。図12にはノイマイヤ基地と昭和基地におけるオゾン分圧の垂直分布を示す。ノ

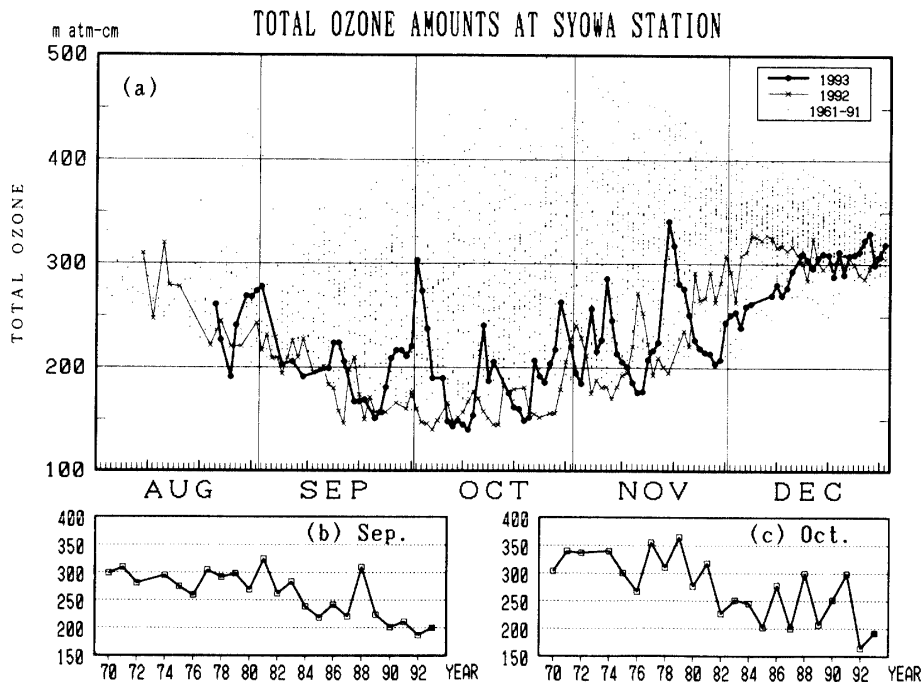


図 8 オゾン全量日別値 (a) および 9 月、10 月の月平均値の経年変化 (b, c) (気象庁オゾン層解析室作成)

Fig. 8. Variations of total ozone (a) Day-to-day changes from August to December, (b) Year-to-year changes of September monthly mean, (c) Same as (b) but for October.

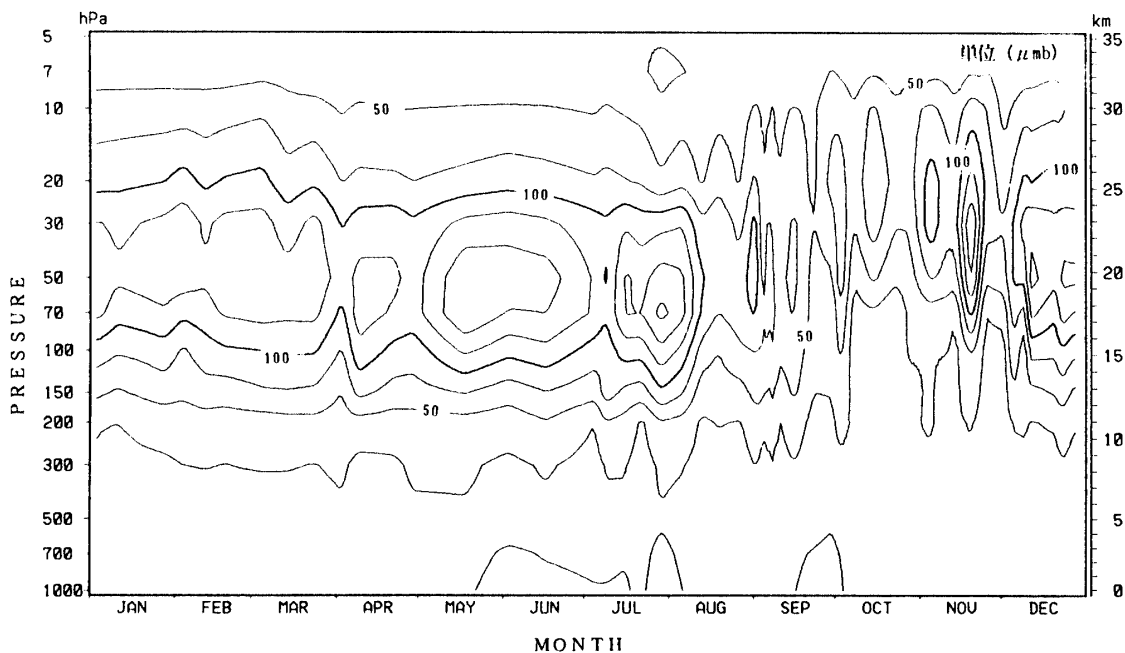


図 9 オゾン分圧の鉛直分布の年変化 (気象庁オゾン層解析室作成)

Fig. 9. Annual variation of ozone partial pressure (μmb) in 1993.

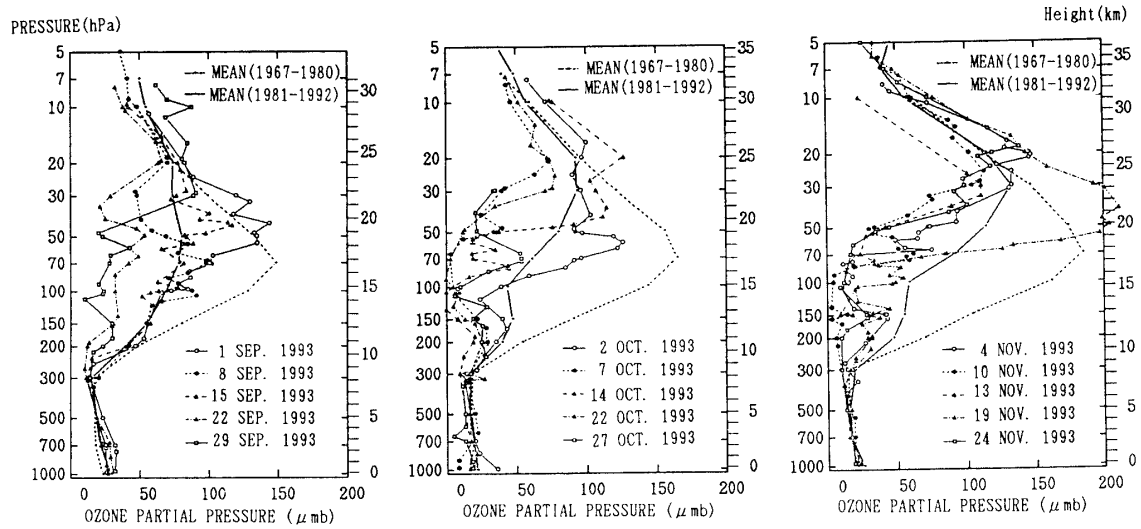


図 10 オゾン分圧の鉛直分布 (気象庁オゾン層解析室作成)

Fig. 10. Vertical profiles of ozone partial pressure (μmb) in September, October and November 1993.

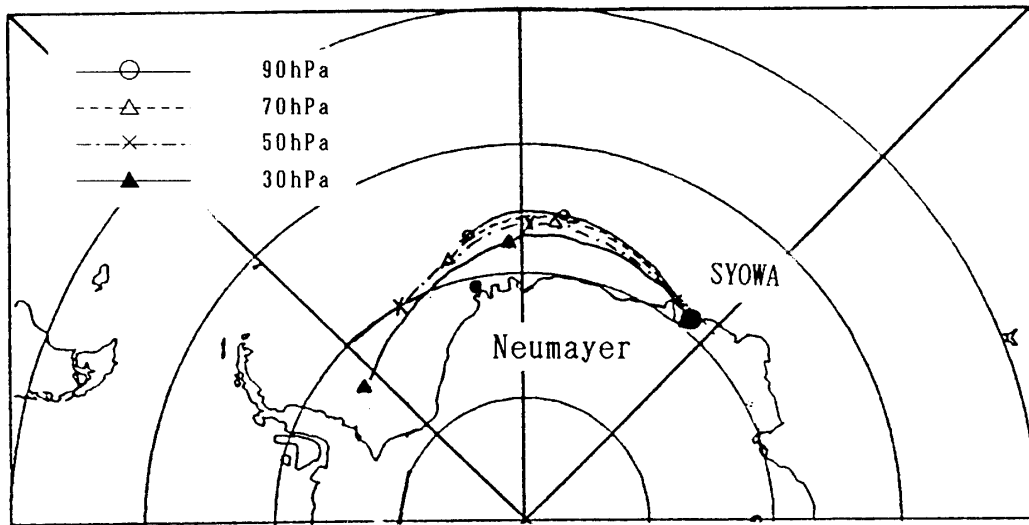


図 11 昭和基地上空に到達した気塊の流跡線 (1993年9月3日12 UT から12時間前および24時間前)

Fig. 11. Backward trajectory of air parcels arrived over Syowa Station. 12 UT 3 September 1993 back to 12 hours and 24 hours.

イマイヤ基地の垂直分布と1日後の昭和基地での垂直分布はオゾン分圧の高度分布など非常によく一致しており、大気の流れを裏付ける結果となっている。

(4) 衛星搭載の TOMS データによる考察

図 13 に TOMS (NIMBUS7 号搭載の Total Ozone Mapping Spectrometer) による 1993 年 9 月と 10 月の月平均及び日別のオゾン全量南半球分布を示す。なお、この図は気象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。月

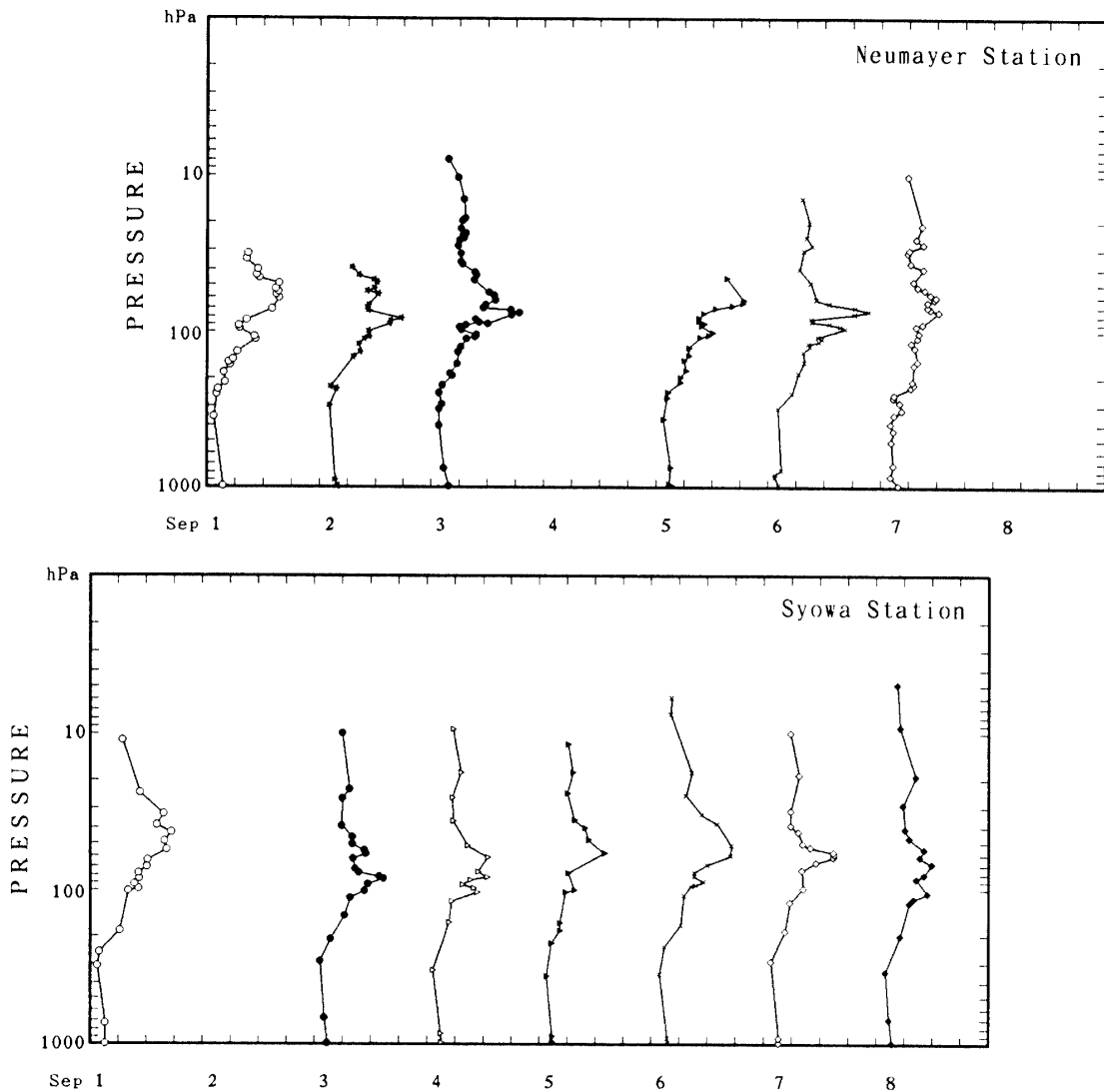


図 12 ROSA93 期間中のオゾン分圧の高度分布 (1993 年 9 月 1-8 日)

Fig. 12. Vertical profiles of ozone partial pressure (μmb) during the ROSA93 (1-8 September).

平均で見ると、9 月には極点上空に 130 m atm-cm 以下の最もオゾン全量の少ない領域があり、 220 m atm-cm 以下の領域は極点を中心に南極大陸のほぼ全域を広く覆っている。10 月には 130 m atm-cm 以下の領域が拡大し、 220 m atm-cm 以下の領域はすこし中心をずらしたものの、ほぼ円形の分布をしている。

しかし、日々のオゾン全量分布では、極渦の激しい変化に伴ってオゾンホールの形が変化した。9 月 23 日と 10 月 11 日の TOMS データでは、昭和基地は約 160 m atm-cm 前後であるのに対し、10 月 2 日には約 300 m atm-cm 、14 日でも約 250 m atm-cm となっている。このことは、ドブソンオゾン分光光度計による全量観測値の変化にも対応しており、1993 年のオゾンホールは平年に比べかなり激しく変動したと言える。

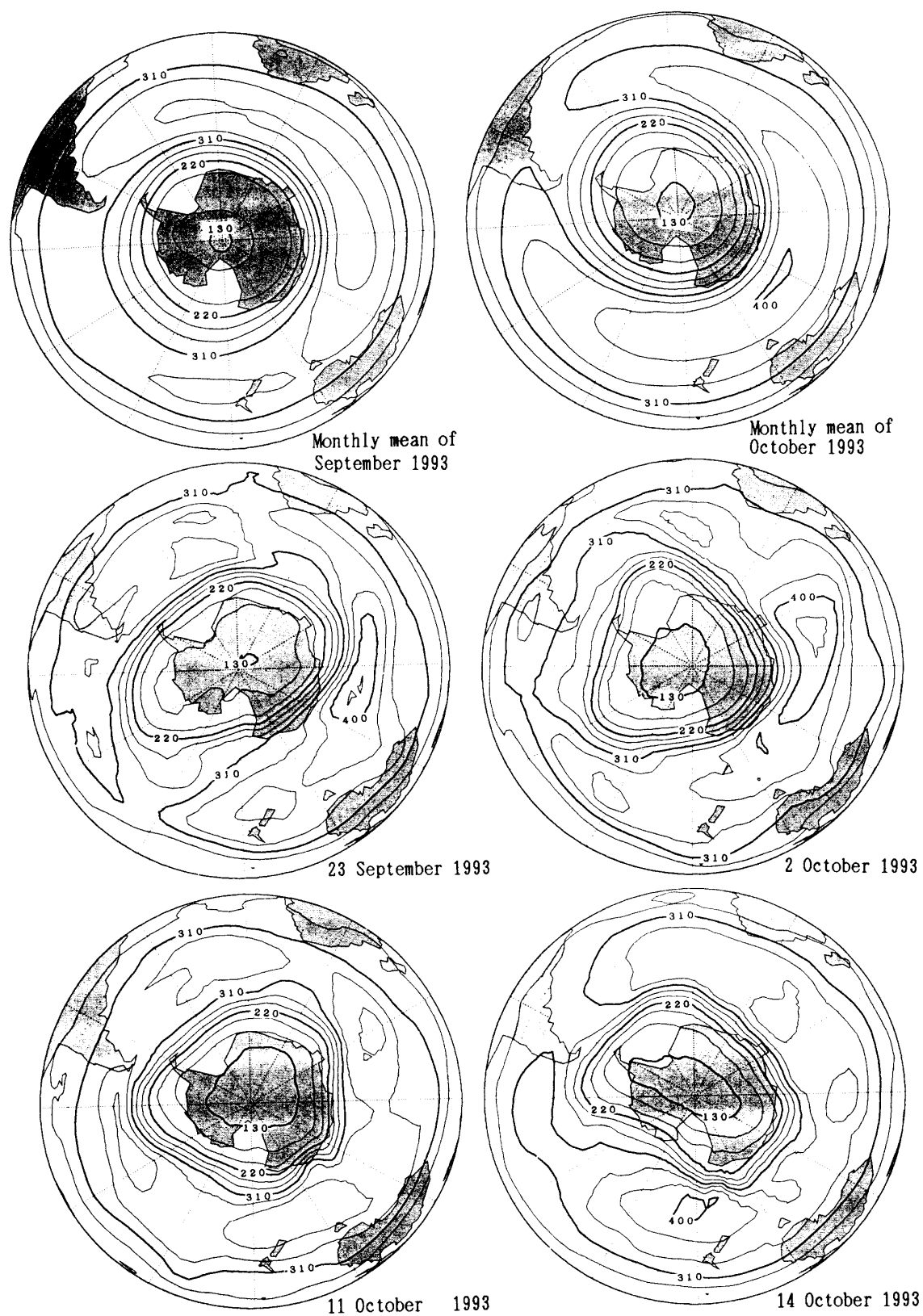


図 13 TOMS による 1993 年の南半球オゾン全量分布図 (気象庁オゾン層解析室作成)
 Fig. 13. Maps of total ozone in the Southern Hemisphere by TOMS.

(5) 極成層圏雲 (PSCs) の観測

オゾンホール形成の要因として注目されている PSCs (polar stratospheric clouds) を観測した。PSCs を目視により観測できるのは、太陽高度角の条件から、2-10 月の夜間である。1993 年は 3 度、PSCs とと思われる雲を観測している (表 10)。

この時期は極夜期であり、図 9 で見るようにオゾン分圧の変化は小さい。

表 10 1993 年に観測した極成層圏雲
Table 10. List of polar stratospheric clouds observed in 1993.

観測日時	太陽高度角	15 時における気温		
		70 hPa	50 hPa	30 hPa
6 月 18 日 10 時	-6.0°	-81.2°C	-82.8°C	-84.9°C
6 月 23 日 15 時	-6.7°	-81.1°C	-84.2°C	-85.7°C
6 月 28 日 11 時	-4.8°	-79.7°C	-82.6°C	-84.7°C

5. 地上日射・放射観測

5.1. 測器及び観測方法と経過

(1) 地上日射・放射観測

下記の各測器を専用のデータロガー (英弘精機社製 SOLACIII) 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。

ア) 全天日射計 (MS-43F No. A8631 設置場所: 旗台地) を使用して全天日射量の連続観測を行った。測器定数は遮蔽検定をもとに直達日射計の出力と比較して求めた。これとは別に全天日射計 (MS-43F No. A78511 設置場所: 気象棟前室屋上 (以下前室と略記)) を従来通り AMOS-2 地上系に接続してデータを収録し、後述の有効放射計のデータと併せて下向き長波長放射量を算出した。

イ) 直達日射計 (MS-52 No. P87001: 前室) を使用して直達日射量の連続観測を行った。また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大気混濁度 (ホイスナー・デュボアの混濁係数) を算出した。1993 年 9 月 30 日-12 月 23 日の間、赤道儀内部の凍結及びスリッピングの接触不良と思われる赤道儀の動作不良及び出力値の乱れが生じたため、この間は並列でデータロガーに接続していた予備機 (MS-52 No. P78006: 前室) のデータを用いた。また 1994 年 1 月 1 日に自記記録器をハイブリッドレコーダーに変更した。

ウ) 精密全天日射計 (MS-801 No. F86023 及び F86024 遮蔽バンド付き、国立極地研究所より借用: 旗台地) を使用して散乱日射量の連続観測を行った。1994 年 1 月 1 日に F86023 から F86024 に本体を交換した。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。

エ) 有効放射計 (CN-11A 本体 No. S90130.07, 感部 No. M90047 及び M92076: 前室) を使用して下向き放射量の連続観測を行った。強風時にはポリエチレンドームが潰れ感部が破損する恐れがあるため、保護具を取り付け観測を中断した。1994年1月16日に M90047 から M92076 に感部を交換した。

オ) 精密赤外放射計 (EPPLEY PIR No. F26403F3, 極地研究所より借用: 前室) を使用して下向き長波長放射量の連続観測を行った。期間中、定電流発生装置が規定電流を発生せず、器温が低く出力されていたため、出力電圧に対する器温の関数表を作成してデータを補正した。また、夏期のドーム加熱及び冬季のドーム結露を防止するため通風装置を自作し、本体下部に取り付けた。

カ) 紫外域日射計 (MS-210W No. S89123.5 及び S90091.2: 前室) を使用して B 領域紫外線全量 (UV-B) の連続観測を行った。1994年1月1日に S89123.5 から S90091.2 に本体を交換した。

(2) 波長別紫外域日射観測

Brewer 分光光度計 (SCI-TEC #034: 前室) を使用して 290–325 nm 間の 0.5 nm 刻みの波長別紫外線量を毎正時に観測した。このうち 290–315 nm 間で波長積分することにより UV-B も算出した。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、原則として週に 1 回行った。また冬開きの観測再開時に測器の感度が約 7% 低下する現象が発生し越冬終了まで継続した。このため感度の変動が大きかった観測再開直後の約半月間のデータは欠測とした。

(3) 特定波長日射量観測

サンフォトメーター (MS-110 No. ES87180: 前室) 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。また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エアロゾルによる大気的光学的厚さを算出した。なお、太陽追尾装置は前半は従来通りのドイツ型赤道儀を使用した。冬開け後からは第 34 次観測隊で持ち込んだパソコンで方位角と高度角を制御する新型赤道儀 (英弘精機社製 SD-01) を使用した。

5.2. 観測結果

(1) 地上日射・放射観測

図 14 に全天日射量・直達日射量・散乱日射量の日積算値の年変化を、図 15 に全天日射量と合成全天日射量の差と直達日射量の関係を示す。

全天日射量と合成全天日射量の関係は直達日射量の日積算値が 5 MJ/m^2 以上の日について

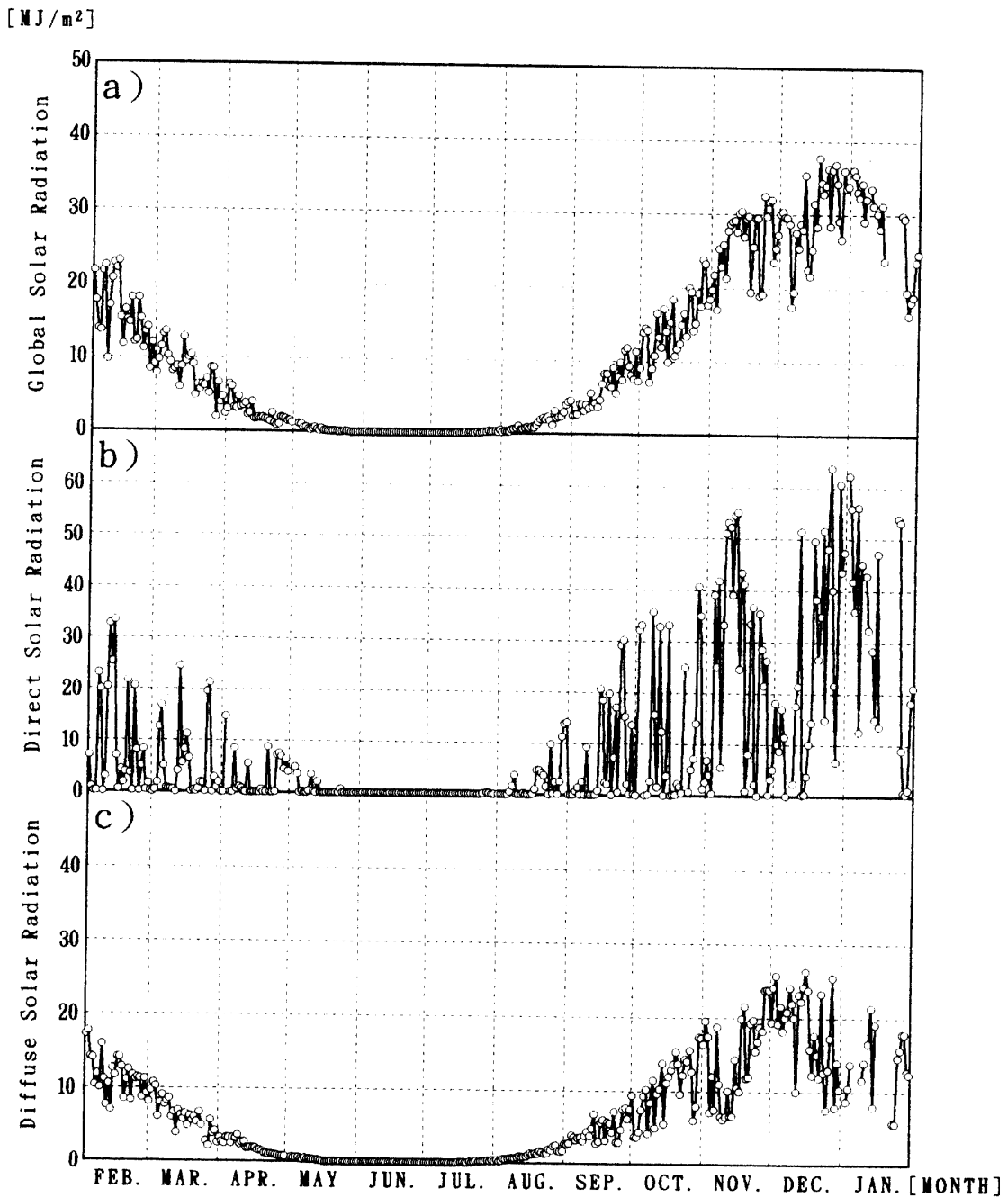


図 14 日射量日積算値の年変化 (1993 年 2 月-1994 年 1 月)

Fig. 14. Annual variation of daily total solar radiation components from February 1993 to January 1994.

は全天日射量日積算値の方が $0-1 \text{ MJ/m}^2$ 大きい (図 15)。これは主に全天日射計の高度角特性によるものと思われる。全天日射計の測器定数を国内の基準にあわせて太陽の高度角が 25 度以上の時のデータを用いて決定したため、直達日射が低高度から入射する場合に全天日射量が過大評価されたものと思われる。昭和基地は高緯度にあるため年間を通じて太陽の高度角は小さく、夏至の北中時でも 44.4 度しかないため、国内の基準よりも太陽高度角が小さい

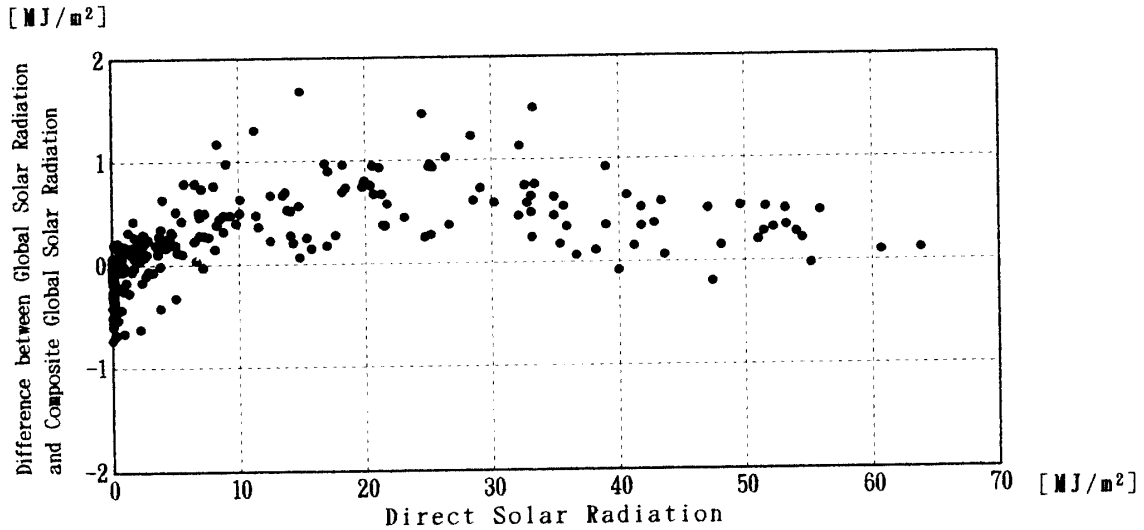


図 15 直達日射量と全天日射量観測精度（全天日射量-合成全天日射量）の関係（1993年2月-1994年1月）

Fig. 15. The relation between direct solar radiation and ΔG from February 1993 to January 1994. ΔG means the difference between global solar radiation and composite global solar radiation.

時のデータも用いて測器定数を決定すべきなのかも知れない。

一方、悪天で直達日射量の日積算値が 5 MJ/m^2 以下の時には逆に合成全天日射量日積算値の方が $0-1 \text{ MJ/m}^2$ 大きくなっている。これは主に遮蔽バンドによる立体角補正が過大になっているためと思われる。散乱日射量は天空の輝度が全方位同一との仮定から遮蔽バンドによる天空を遮蔽する立体角分を出力値に補正して求められる。しかし雪面や飛雪の反射によって光が回り込んで入射するため遮蔽バンドの立体角補正が過大となり、直達日射量がほとんどない場合、散乱日射量の方が全天日射量より大きくなる結果となった。この補正による誤差を小さくするために最も有効な手段は天空遮蔽角をできるだけ小さくすることである。遮蔽バンドの代わりに太陽面のみを遮蔽する遮蔽板を使用し、その遮蔽板が常に太陽を追尾する駆動装置に日射計を搭載することによって更に高精度の観測が期待できる。

図 16 に有効放射計による下向き放射量を、図 17 に精密赤外放射計による長波長放射量 (LG1) 及び LG1 と下向き放射量から全天日射量をひいた長波長放射量 (LG2) の差を示す。下向き放射量は夏期の 12 月で 55 MJ/m^2 、冬季の 6 月で 15 MJ/m^2 程度の値を観測した。また赤外放射量 (LG1) は夏期の 12 月で 25 MJ/m^2 、冬季の 6 月で 15 MJ/m^2 程度の値を観測した。

LG1 と LG2 の差については夏期に大きく $2-3 \text{ MJ/m}^2$ 、率にして約 10% LG2 の方が大きくなっている。これは主に全波長放射計の短波に対する測器定数と長波に対する測器定数が異なることに帰因すると思われる。長波長放射に対する測器定数は国内で黒体炉による検定や準器との比較観測によって求められるが、短波に対する測器定数は昭和基地で遮蔽検定を行うことによって求められる。第 34 次観測隊ではこの遮蔽検定を数回実施したが、サンプリン

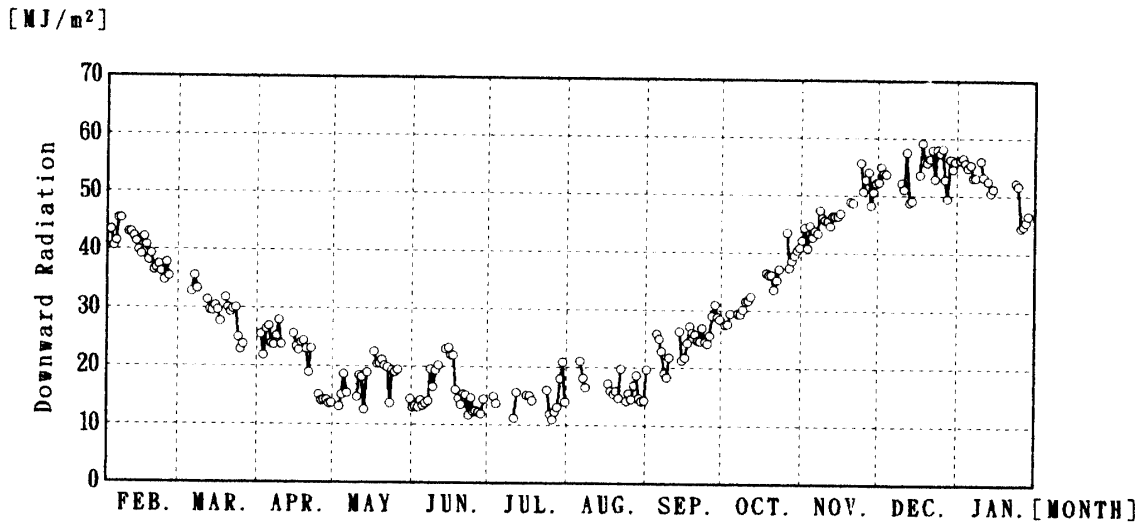


図 16 下向き放射量日積算値の年変化 (1993 年 2 月-1994 年 1 月)

Fig. 16. Annual variation of daily totals of downward radiation from February 1993 to January 1994.

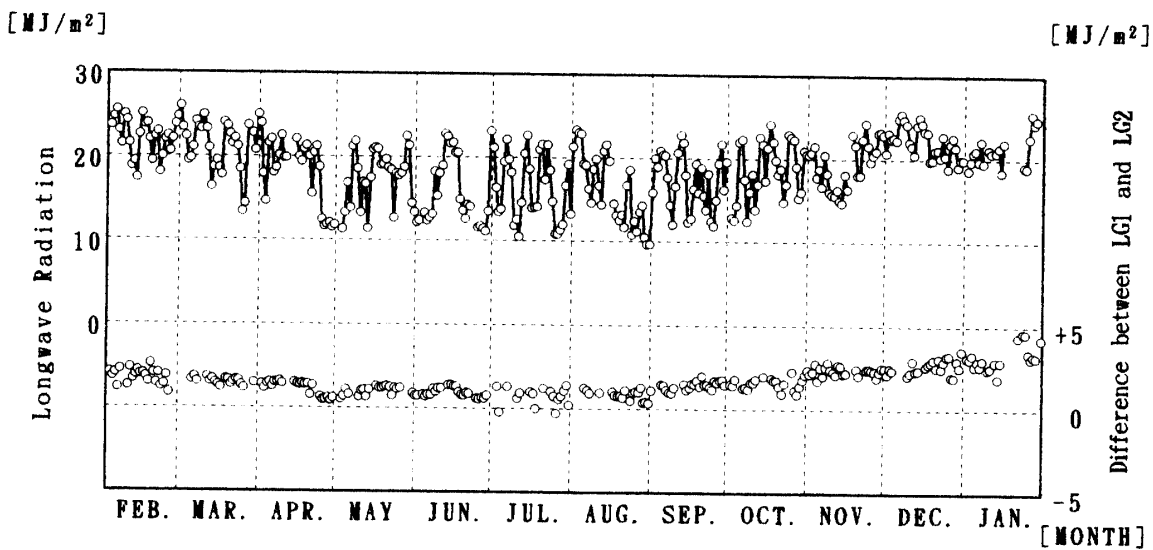


図 17 長波長放射量日積算値 (LG1) と長波長放射量精度 (LG1-LG2) の年変化 (1993 年 2 月-1994 年 1 月)

Fig. 17. Annual variation of daily totals of longwave radiation and difference between LG1 and LG2 from February 1993 to January 1994. LG1 means long wave radiation and LG2 means difference between downward radiation and global solar radiation.

グ数が少なく測器定数を決定するまでには至らずに両者を同一として計算したため上記の違いが現れたと思われる。また精密赤外放射計に関してはシリコンドームの日射による加熱に伴う二次輻射のため、晴天時に 20 W/m^2 以上の過大評価となる可能性が指摘されている (塩原・浅野, 1992)。今回この二次輻射の補正は行っていないが、37 次観測隊からはドーム測温センサーを備えた精密赤外放射計による観測が開始され二次輻射の補正が可能になる。併せて全波長放射計の遮蔽検定による短波に対する測器定数を決定することによって長波長放射

観測の精度向上が期待できる。

(2) 紫外域日射観測

図 18 に Brewer 分光光度計の外部標準ランプ点検結果と測器感度の年変化を示す。冬明けの 8 月から 9 月にかけて約 7% 感度が低下する現象がみられた。原因については特定できていないが、極夜期間中約 1 カ月にわたって観測を中断し、測器を屋内に持ち込んだことが一因となっているのかもしれない。再設置時に一時電源が入らないという現象が起こった。

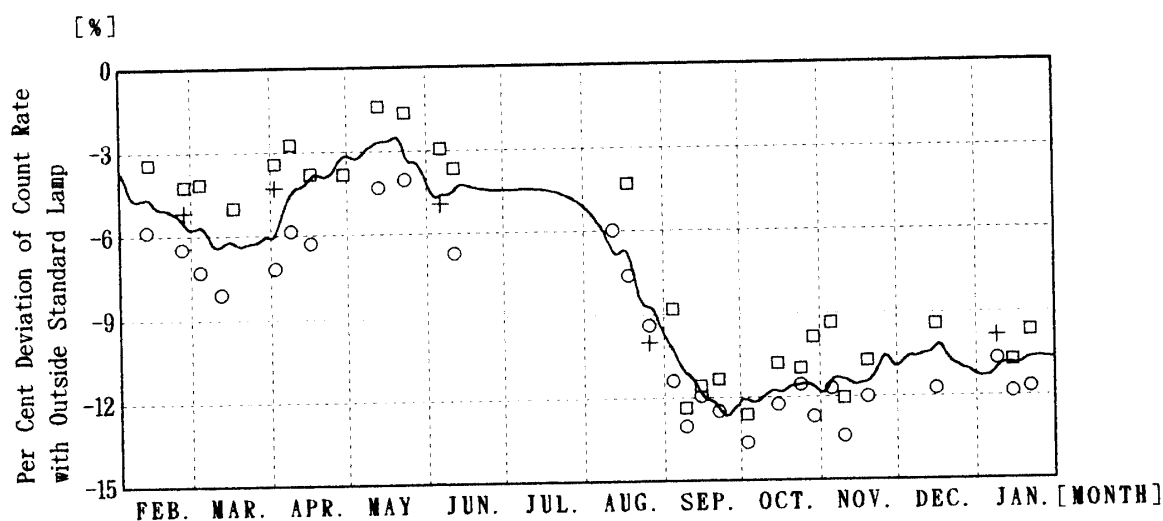


図 18 外部標準ランプ計数率偏差の年変化と感度トレンド (1993 年 2 月-1994 年 1 月)

Fig. 18. Annual variation of percent deviation of count rate with three outside standard lamps from February 1993 to January 1994. The solid line shows the trend curve of instrument sensitivity. ○, □, + show three lamps respectively.

測器感度の年変化を示す曲線は次の手順に従って作成した。

- ア) 1 日に 3 回行われる内部標準ランプ点検の計数値に対して欠測日の値を直線補間し、3 日間移動平均を 5 回繰り返して、内部標準ランプによるトレンド曲線を作成する。
 - イ) 内部標準ランプは外部標準ランプに比べて点灯時間が長いことため照度低下が予想される。この照度低下を補正するために外部標準ランプ点検値と内部標準ランプ点検値の差を求め、スプライン補間によって内部標準ランプの照度経時変化を示すトレンド曲線を作成する。
 - ウ) アの曲線からイの曲線を差し引いて測器感度のトレンド曲線を作成する。
- 以上の手法に従って測器感度のトレンドを決定した結果、越冬交替直前の 1993 年 1 月では 11-12% の感度低下となった。帰国後つくばで行われた比較観測では測器の感度低下は $-15 \pm 2\%$ と算出されており (高尾ら, 1995), 観測誤差は数 % に留まっていると考えられる。

一方、紫外域日射計については図 19 に示すように出力電圧に対して Brewer 分光光度計に

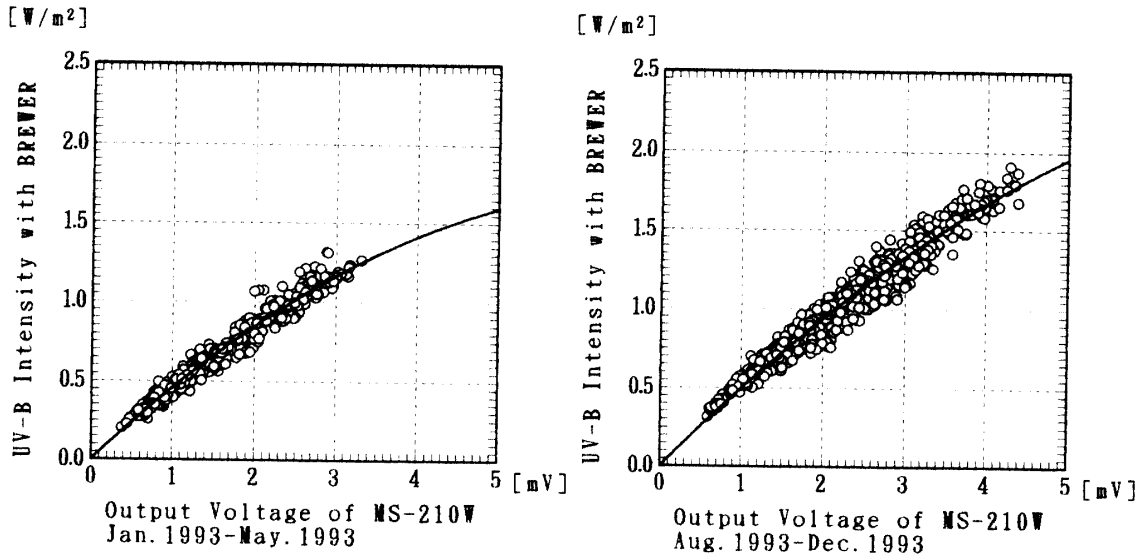


図 19 紫外域日射計の出力電圧と Brewer 分光光度計による UV-B 強度との関係
 Fig. 19. The relation between output voltage with global UV-B radiometer and UV-B intensity with Brewer spectrophotometer. The solid line shows a quadratic approximation by the method of least squares.

よる紫外線強度をプロットし、最小自乗法によって $Y=AX^2+BX$ で表される二次曲線によって近似した。用いたデータは太陽高度角が 25 度以上のすべての Brewer 観測時のものとした。Brewer 分光光度計による UV-B 観測には通常約 8 分かかるため紫外域日射計のデータは Brewer の観測時刻±4 分の計 9 分間のデータを平均して求めた。

図 20 に紫外域日射計と Brewer 分光光度計による UV-B 日積算値の時系列を示す。Brewer

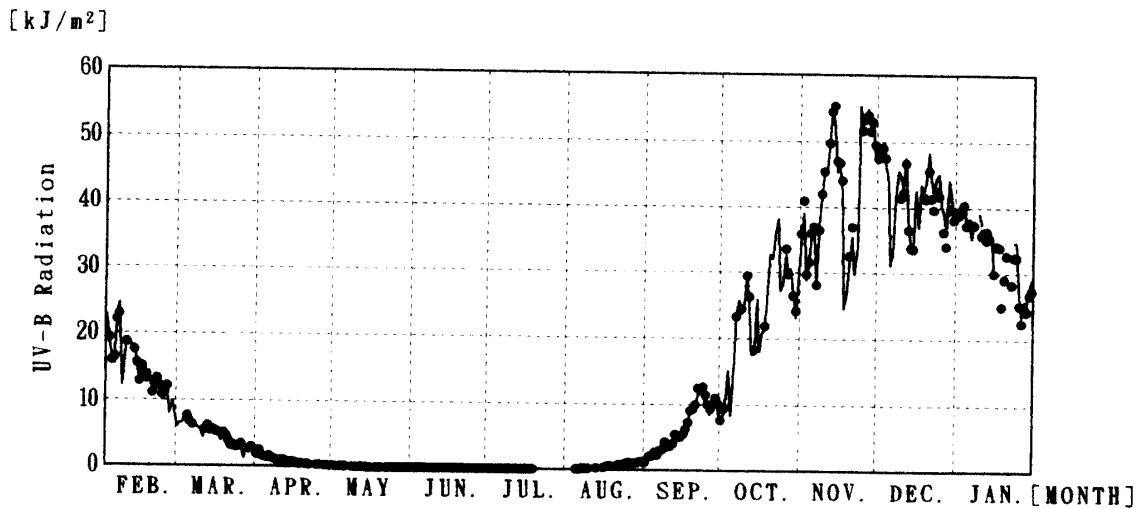


図 20 UV-B 日積算値の年変化 (1993 年 2 月-1994 年 1 月)
 Fig. 20. Annual variation of daily totals of UV-B radiation from February 1993 to January 1994. The solid line shows values with global UV-B radiometer and dots show values with Brewer spectrophotometer.

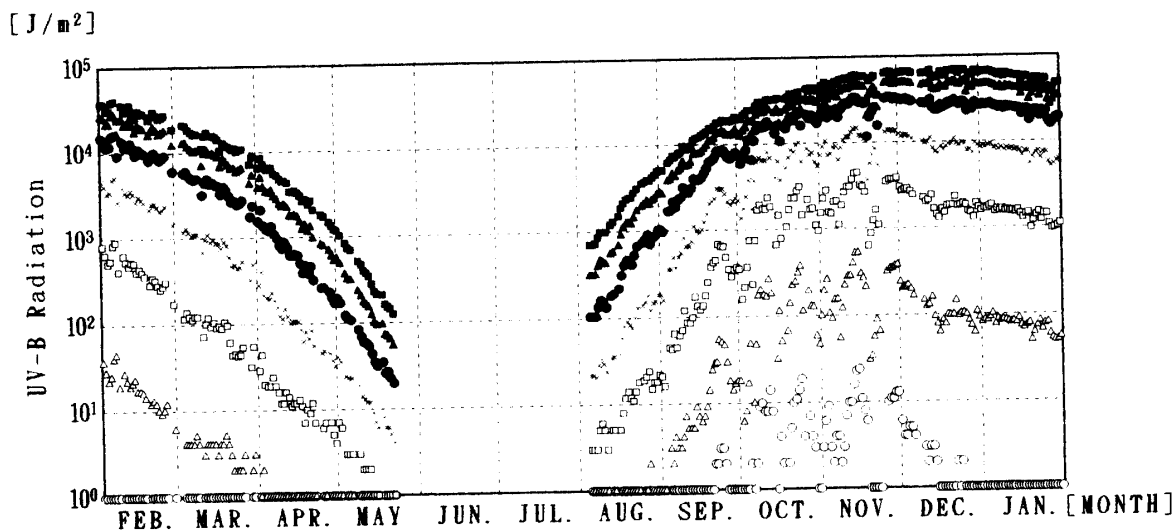


図 21 5 nm 帯別平均 UV-B 日積算値の年変化 (1993 年 2 月-1994 年 1 月)

Fig. 21. Annual variation of daily totals of UV-B radiation averaged over 5 nm bands from February 1993 to January 1994.

○: 290-295 nm, △: 295-300 nm, □: 300-305 nm, ×: 305-310 nm, ●: 310-315 nm, ▲: 315-320 nm, ■: 320-325 nm.

分光光度計による UV-B 量は毎正時の UV-B 強度に時間をかけて算出したが、連続観測を行っている紫外域日射計と日積算値で比較しても良く一致しており、Brewer 分光光度計による UV-B 日積算値を気候値として使用できる。紫外域日射計による UV-B 日積算値の最大値は 11 月 13 日に記録された 54.34 MJ/m^2 で 1991 年、1992 年の最大値 44.27 MJ/m^2 、 51.74 MJ/m^2 を上回り、観測開始以来 3 年間で最大となった。これは 1992 年、1993 年のオゾンホールが史上最大規模となり、オゾンホール収束後もしばしばオゾン全量の低下が起こったため、特に 1993 年 11 月 13 日はオゾン全量が日代表値で 176 m atm-cm と通常の約半分まで低下したためと思われる。

図 21 に波長 5 nm 刻みで平均した Brewer 分光光度計による紫外域日射量を示す。最も良くオゾンに吸収される 290-295 nm の波長帯ではオゾンホールが形成される時期とそれに続く 9-12 月の期間以外はほとんど観測されていない。ただしこの波長帯は Brewer 分光光度計で観測できる限界に近く、測器内部の光の乱反射を補正する迷光補正によって他の波長帯よりその値が大きく左右される。この迷光補正については国内でもまだ完全には手法が確立されておらず (伊藤ら, 1991)、補正の方法によっては 290-300 nm の波長帯では若干のかさ上げが行われる可能性がある。

オゾンによる吸収をほとんど受けない UV-C 領域に属する 310-325 nm の日積算値は太陽の高度角の増減に従いなだらかに推移し、夏至付近で最大値を観測しているが、波長が短くなるにつれ変動が大きくなる。

295-310 nm の波長帯では 9 月下旬、10 月上旬、10 月下旬、11 月中旬にそれぞれ明瞭な極

大値を持つ。9月23日、10月8日、10月23日、11月13日のオゾン全量日代表値はそれぞれ 151, 143 (1993年の最小値), 152, 176 (UV-B 日積算値が 1993年で最大) m atm-cm の極小値となっていて両者は逆相関で良く一致する。

図 22 にオゾン全量と紫外域日射計による UV-B 強度の関係を示す。オゾン全量は μ (オゾン層を通過する光線の垂直路程に対する相対的な路程) が 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 ± 0.01 の範囲にある全データを用いた。オゾン全量の観測には通常 3 分弱かかるため UV-B 強度にはオゾン全量観測時刻 ± 1 分の 3 分間のデータを平均して用いた。いずれの μ についてもオゾン全量が減少するにつれ UV-B 強度は指数関数的に増加している。データ数の最も多い $\mu=2.5$ に関してオゾン全量が 400 \rightarrow 200, 300 \rightarrow 150 m atm-cm に半減したとき UV-B 強度はそれぞれ 4.0, 2.3 倍に増加する結果となった。

紫外域日射観測については 1991 年に観測が開始されたばかりでデータの蓄積が十分でなくオゾンの減少によって UV-B がどの程度増加するかまだ十分に検証されていない。Brewer 分光光度計を用いた高精度の観測とその観測値を用いて測器定数を決定された紫外域日射計の連続観測を併用することによって質・量ともに充実したデータ蓄積が待たれる。

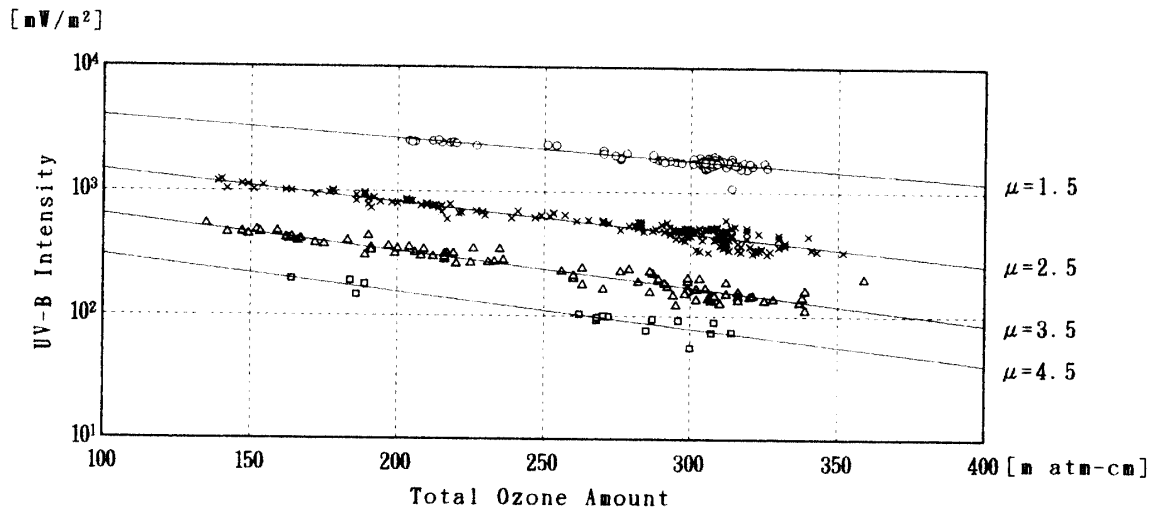


図 22 オゾン全量と UV-B 強度の関係 (1993 年 2 月-1994 年 1 月)

Fig. 22. The relation between total ozone amount and UV-B intensity from February 1993 to January 1994. All data when μ are equal to 1.5, 2.5, 3.5, 4.5 ± 0.01 are used. The solid lines show the logarithmic approximation by the method of least squares.

(3) 大気混濁度観測

図 23 に直達日射量から求めたホイスナー・デュボアの混濁係数とサンフォトメーターによるエアロゾルの光学的厚さ (500 nm) の経年変化を示す。フィリピンのピナトゥッボ火山噴火 (1991 年 6 月) 及びチリのハドソン火山噴火 (1991 年 8 月) 後の 10 月頃から混濁係数は急激に増加し、1992 年は平常時の約 1.5 倍で推移した。1993 年には次第に鎮静化したものの平常時の 1.3 倍程度の値を示した。エアロゾルの光学的厚さについても同様の傾向がみら

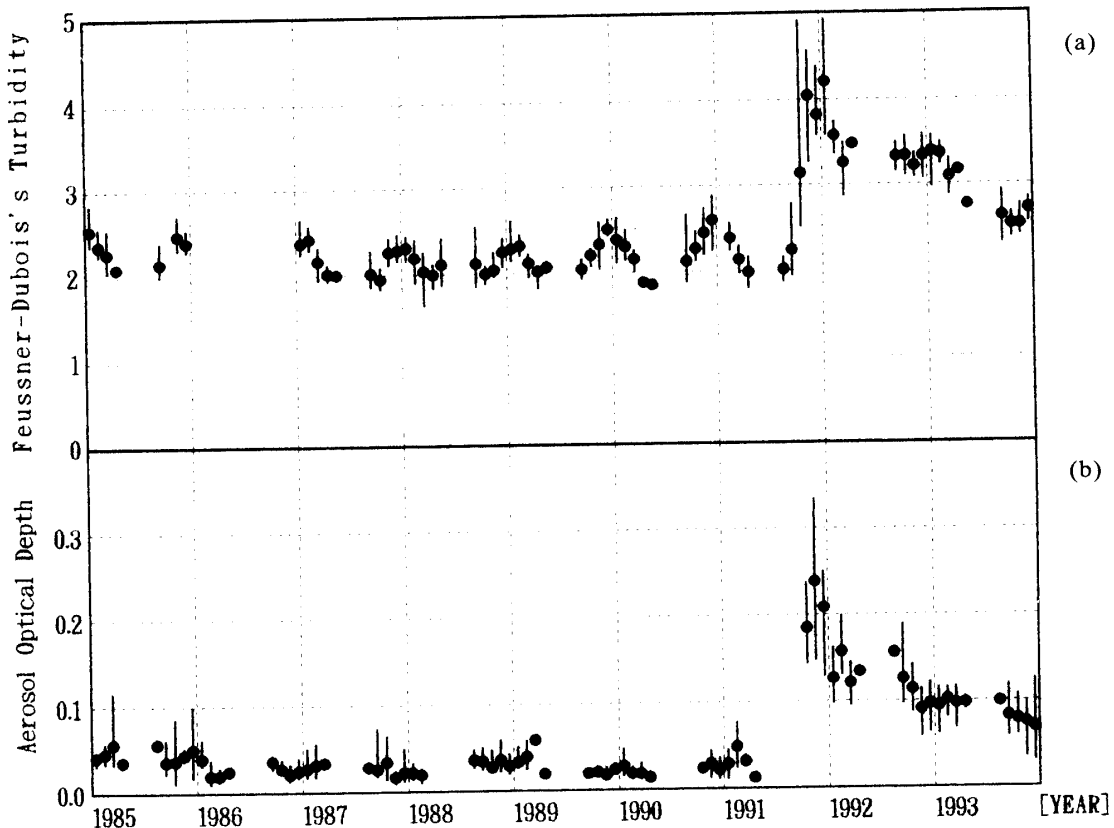


図 23 大気混濁度の経年変化 (1985-1993 年)

Fig. 23. Year-to-year changes of atmospheric turbidity from 1985 to 1993.

a) Feussner and Dubois's turbidity coefficient with pyrhelimeter.

b) Aerosol optical depth at 500 nm with sunphotometer.

Dots show monthly means and solid lines show monthly maxima and minima.

れ、平常時に比べ 1992 年で約 4.6 倍、1993 年で約 3.3 倍の値を示した。この結果から成層圏に大量に注入されたエアロゾルは噴火後 2 年以上経過してもまだ多数浮遊していることがわかる。

6. 輻射ゾンデ観測

6.1. 観測方法と測器

RSII-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長放射量 (波長域 3-40 μm) の鉛直分布を測定した。地上施設は、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。解析はプログラムを開発し、飛揚後直ちに処理を行った。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 台のうち 9 台を 4-9 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 11 に示す。

表 11 輻射ゾンデ観測状況
Table 11. Number of radiometersonde observations.

年 月	1993 年 4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
日 到達高度 (hPa)	26 5.7	28 7.6	18 9.6 23 7.2	10 13.3 26 4.6	8 7.0 18 23.8	9 11.5

6.3. 観測結果

図 24 に、輻射ゾンデ観測による上向き長波長放射量と下向き長波長放射量の差から求めた正味放射量の鉛直分布の時間変化を示す。

観測回数が少ないこともあって十分な観測結果とは言えないが、この観測期間中で成層圏の正味放射量が多かったのは、5月、7月前半、8月後半である。

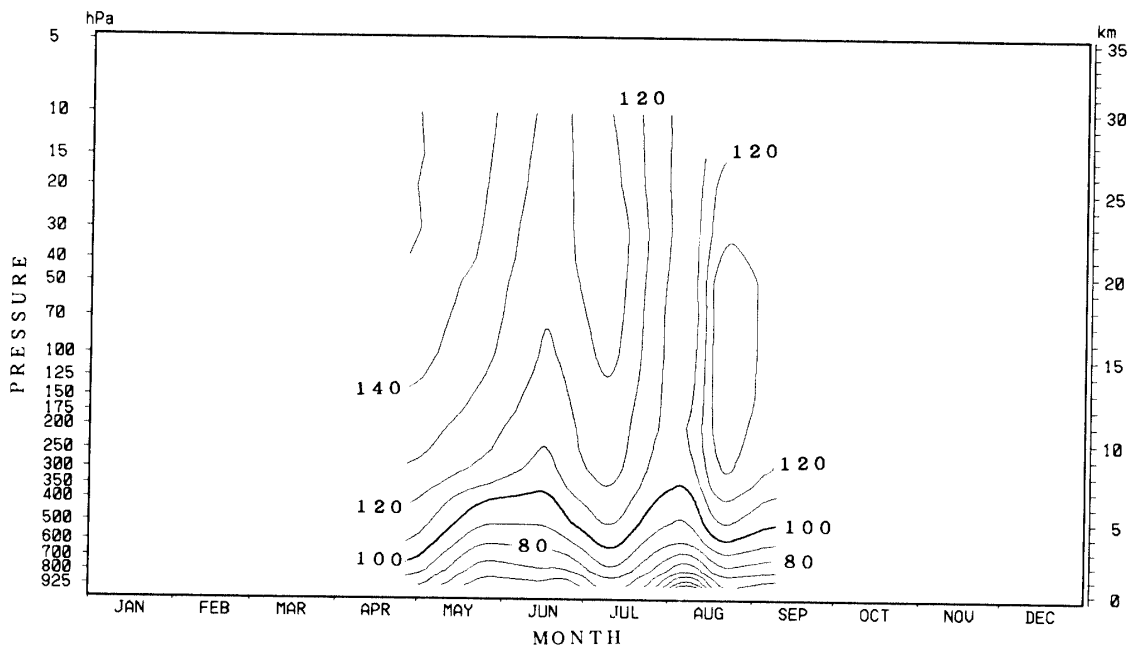


図 24 輻射ゾンデによる正味放射量の変化
Fig. 24. Variations of net flux of infrared radiation (W/m^2) by radiometersonde in 1993.

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および高層気象観測資料のほかに、次の資料を利用した。

(1) 天気図

キャンベラ放送の 00, 12 UT の地上および 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), 高層実況気象報 (TEMP) 等.

(3) 極軌道気象衛星雲写真

NOAA-11, 12 号の赤外および可視画像 1 日 2-4 枚. 気象衛星受画装置を更新した.

(4) ロボット気象計

S16 のロボット気象計による気温と風向, 風速.

(5) 気象庁資料

モーソン基地の業務縮小に伴って (2) の資料が入手できなくなったため, 12 月からインマルサット FAX を利用した気象庁資料の提供を受けた. 内容は (2) のほか, 南半球の地上予想天気図 (~96 時間予想) である.

7.2. 天気解析の活用

上記の資料を利活用して低気圧や前線の位置と移動の状況を把握し, 野外行動, 航空オペレーション, 南極周回気球実験や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・解除の参考のための資料提供のほか, 毎日, 明日の天気予報を発表した.

7.3. 調査

(1) 天候の平均的状态

1981-1990 の 10 年間について, 天気と雲の平均的状态の調査を行った. 1987 年 1 月までは 1 日 4 回観測, 以後は 1 日 8 回の観測を行っている. これらの結果を用いて昭和基地気象マニュアルの天気解析項目の改訂を行った.

(2) 天候の経年変化

月平均値を用いた, 二十数年間にわたる経年変化の調査を行った. 雲量の年々変化では, 春期と夏期に際だった特徴がある. 図 25 に 1 月の月平均雲量と他要素の年々変化を示す. 雲量と太陽黒点数とは相関係数 0.69 の正相関がある. また図 26 には, 10-12 月の雲量が, 1980 年代に入ってから多いことを示す.

同様の傾向は, 夏期間の強風速化 (地上~850 hPa) にも見ることができる. 昭和基地の強風速化は, インド洋海面水温の上昇が原因である可能性がある. 1970 年代初期から 1990 年代初期にかけて熱帯インド洋の海面水温は約 0.5°C 上昇した. この変化を与えた GCM によるシミュレーションでは, 南極沿岸で東風が強まると予測されており (鬼頭, 1994), 観測結果と矛盾しない. 今後外国基地のデータについても調査する必要がある.

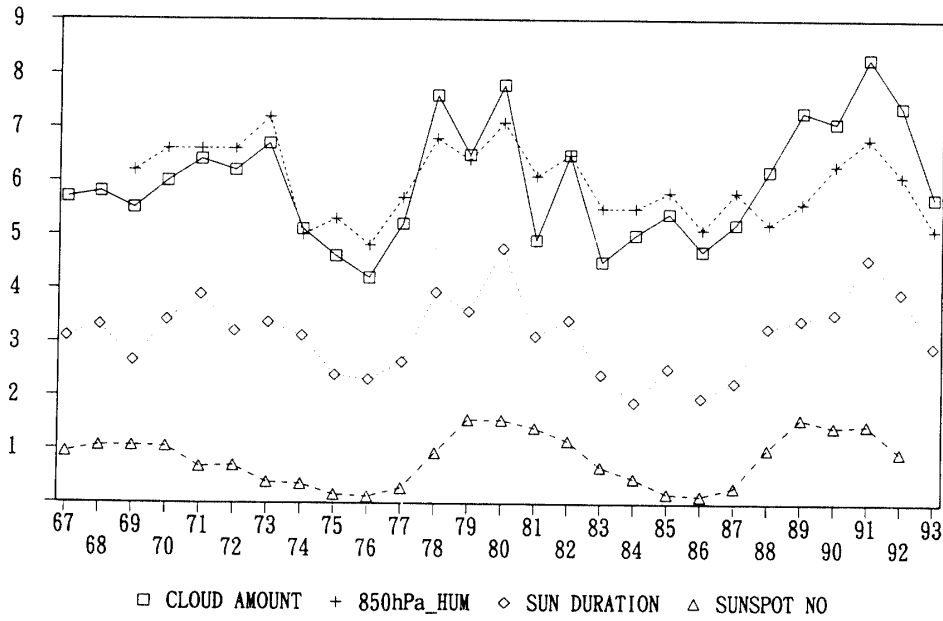


図 25 1月の月平均気象量と年平均黒点数の経年変化

単位は湿度：×10% 太陽黒点数：×100 日照時間：×(-100)+700時間

Fig. 25. Year-to-year changes of January mean cloud amount, 850hPa humidity (×10%), sunshine duration (×(-100)+700 hour), and yearly mean sunspot number (×100).

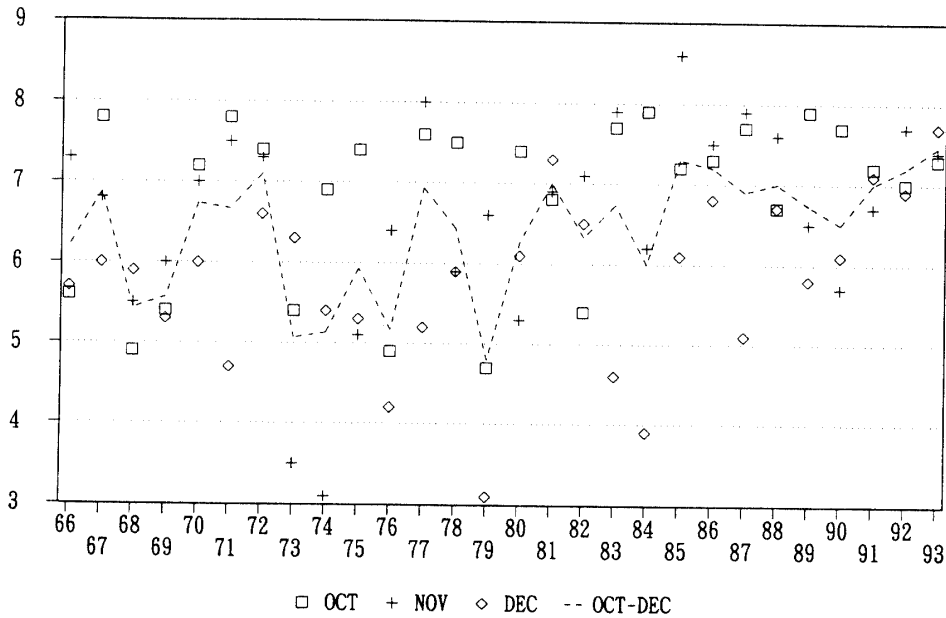


図 26 10-12月雲量の経年変化

Fig. 26. Year-to-year changes of monthly mean cloud amount in October, November, December and 3 monthly mean in October through December.

(3) 昭和基地上空の温度移流量の見積もり

風の鉛直シアは温度勾配に比例するので温度風と呼ばれる。温度風の左手側の暖気が平均風によって観測点上空に移流される場合をプラスとすると、1日あたりの温度移流量は昭和基地の緯度では、次式により計算される。

$$-0.041 \times \frac{V_1 \cdot V_2 \cdot \sin(D_2 - D_1)}{\ln P_1 - \ln P_2} \quad (^\circ\text{C}/\text{日}),$$

ここで、 P_1, V_1, D_1 ; それぞれ下層の気圧, 風速, 風向,

P_2, V_2, D_2 ; それぞれ上層の気圧, 風速, 風向.

700–30 hPa の間を 6 層に分割して解析した。1967–1990 年の平均値を図 27 に示す。対流圏 (700–200 hPa) においては温度移流量は、年平均値 $1.1^\circ\text{C}/\text{日}$ の昇温となり、輻射ゾンデで観測された長波放射による冷却量とオーダーとしてはほぼ釣り合う。月平均値の季節変化は 3 月に $1.7^\circ\text{C}/\text{日}$, 8 月に $1.6^\circ\text{C}/\text{日}$ の極大と、1 月に $0.4^\circ\text{C}/\text{日}$, 5 月に $0.8^\circ\text{C}/\text{日}$ の極小を持つ形で、ブリザードの頻度との関係を示唆している。

12 時間おきの観測によると、対流圏でブリザードになると、ややおくれて成層圏にも暖気移流がある。

成層圏 (100–30 hPa) では、温度移流の年平均値は $-0.7^\circ\text{C}/\text{日}$ とマイナスになる。特に春期においては強い寒気移流が計算され、月平均では 10 月の $-4.0^\circ\text{C}/\text{日}$ が最小である。長波放射と寒気移流による冷却に対応する加熱は日射があるが、日射の弱い期間は、強い下降流による断熱昇温によって補償される必要がある。

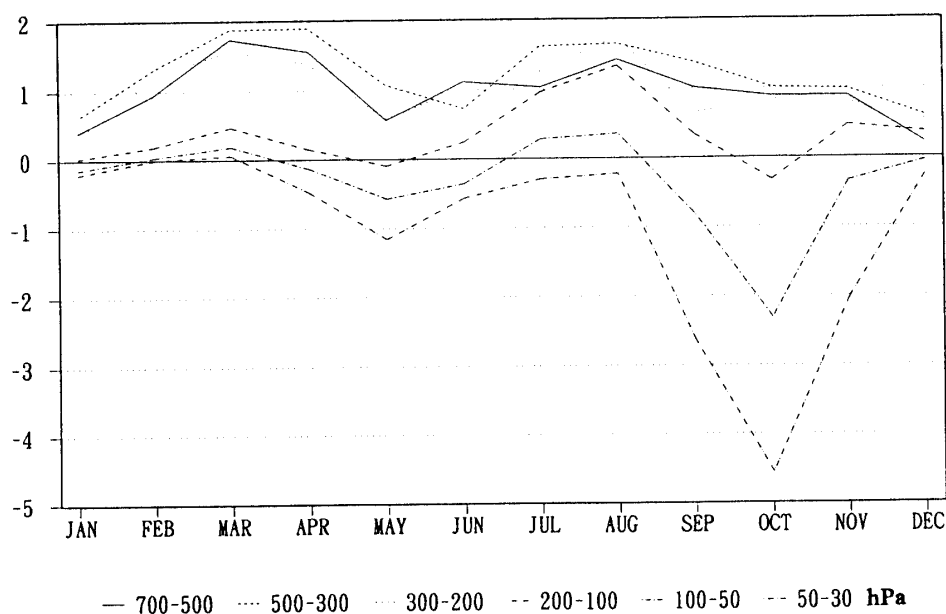


図 27 昭和基地上空への温度移流量年変化
月平均値の累年平均値 (1967 年–1993 年). 単位は $^\circ\text{C}/\text{日}$

Fig. 27. Average thermal advection ($^\circ\text{C}/\text{day}$) by month over Syowa Station, 1967–1993.

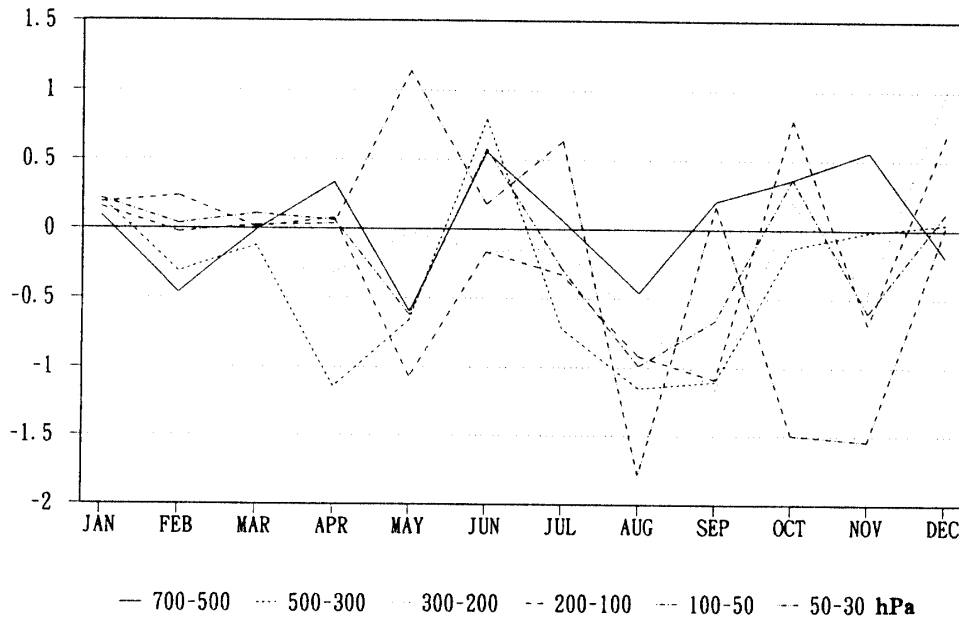


図 28 昭和基地上空への温度移流量年変化

1981-1993 年の平均と、1967-1980 年の平均との差. 単位は°C/日

Fig. 28. Same as in Fig. 27, except for 1981-1993 average minus 1967-1980 average.

図 28 に 1981 年以後と 1980 年以前との差を示す. 7-9 月にほとんどの層で寒気移流が強まっているようにも見えるが、ばらつきも大きく、有意な差は認められない。

8. その他の観測

8.1. 内陸旅行中の気象観測

(1) 観測方法

内陸旅行中の地上気象観測は、隊装備品の旅行用「気象観測野帳」の観測項目に基づいて行い、視程基準等もこれに従った。気圧、気温、風速の観測は第 33 次観測隊持ち込みの移動気象観測装置を使用し、風速は 10 分間平均値とした。また、風向はハンドベアリングコンパスで測定し、視程、天気、雲量・雲型は目視により観測した。移動気象観測装置に関する詳細は「第 33 次南極地域観測隊気象部門報告」(松原ら, 1995)を参照のこと。

観測時刻については特に定めなかった。第 1 回目の中継拠点デポ旅行では朝昼夜の 1 日 3 回行ったが、昼の観測では雪上車を 30 分以上停車させなければならず、旅行隊全体の行動を制約するので、2 回目と 3 回目の旅行では移動中の昼の観測は行わず、朝と夜の 1 日 2 回観測を原則とした。

(2) 観測経過

ア) 第 1 回中継拠点デポ旅行 (1993 年 1-2 月)

第 33 次観測隊のドーム選点旅行終了後、S16 にて観測を引き継いだ。移動気象観測装置の

温度計通風筒のファンモーターが低温のため故障していたので携帯型通風乾湿計でも気温の観測を行い、低い方の値を採用した。

イ) 第2回中継拠点デポ旅行(1993年8-9月)

出発前に移動気象観測装置をSM101雪上車からSM102雪上車に移設して観測した。温度計通風筒ファンモーターは旅行前に交換してあったが、やはり低温のため故障した。また、地ふぶきにより風速計の回転部分に雪がつまる障害が発生したので、ビニールテープを巻いてすき間をふさぎ雪が入り込まないように対処した。

ウ) ドーム本旅行(1993年10月-1994年1月)

旅行開始直後からデータロガーの動作不良があり、観測値が得られないことがあった。応急措置として、ロガー内部にはんだ付けしてあったバックアップ用電池を一旦はずして初期化した。温度計通風筒ファンモーターは低温による故障を避けるため、観測時刻前の数分間のみ動作させた。このため観測時刻以外は信頼できる気温データを得られなかった。

(3) 観測結果

ア) 中継拠点デポ旅行

第1回、第2回中継拠点デポ旅行中の毎日21時の気圧、気温、風速と宿泊地の標高を図29aに示す。中継拠点前までのMDルートは東ないし南東の風が強く、特に2回目の旅行時は連日の地ふぶきで視程も悪かった。旅行中に観測した気温の最低値は、第1回旅行では中継拠点で観測した -35.7°C (1月18日0340)、第2回旅行では往路MD216で観測した -62.9°C (8月29日0340)であった。

イ) ドーム本旅行

ドーム本旅行の往復路の毎日21時の気圧、気温、風速と宿泊地の標高を図29bに示す。また、図30にドームふじ観測拠点滞在中毎日15時の気温と風速を示す。ドームふじ観測拠点で観測された天気は「快晴」、「晴」、「薄曇」が大多数をしめ、滞在期間中天気は安定していた。天気が大きく崩れたのは吹雪になった12月8日の1日だけである。12月のドームふじ観測拠点は風が弱く卓越風向もはっきりしなかったが、1月に入ってから東よりの風が定常的に吹くようになった。観測された雲の種類はCiと薄いAcがほとんどであった。また、頻繁に細氷が見られた。滞在期間中に観測された気圧の最低値は 588.7hPa (11月29日1900)、気温の最低値は -51.0°C (12月4日0100)、風速の最大値は 11.0m/s (12月8日1550)であった。

8.2. 船上及び内陸の大気混濁度観測

第33次観測隊に引き続きピナトゥポ火山、ハドソン火山による大気中の浮遊微粒子の緯度方向への拡散と減衰の様子を調べるため、「しらせ」船上と内陸で大気混濁度観測を行った。

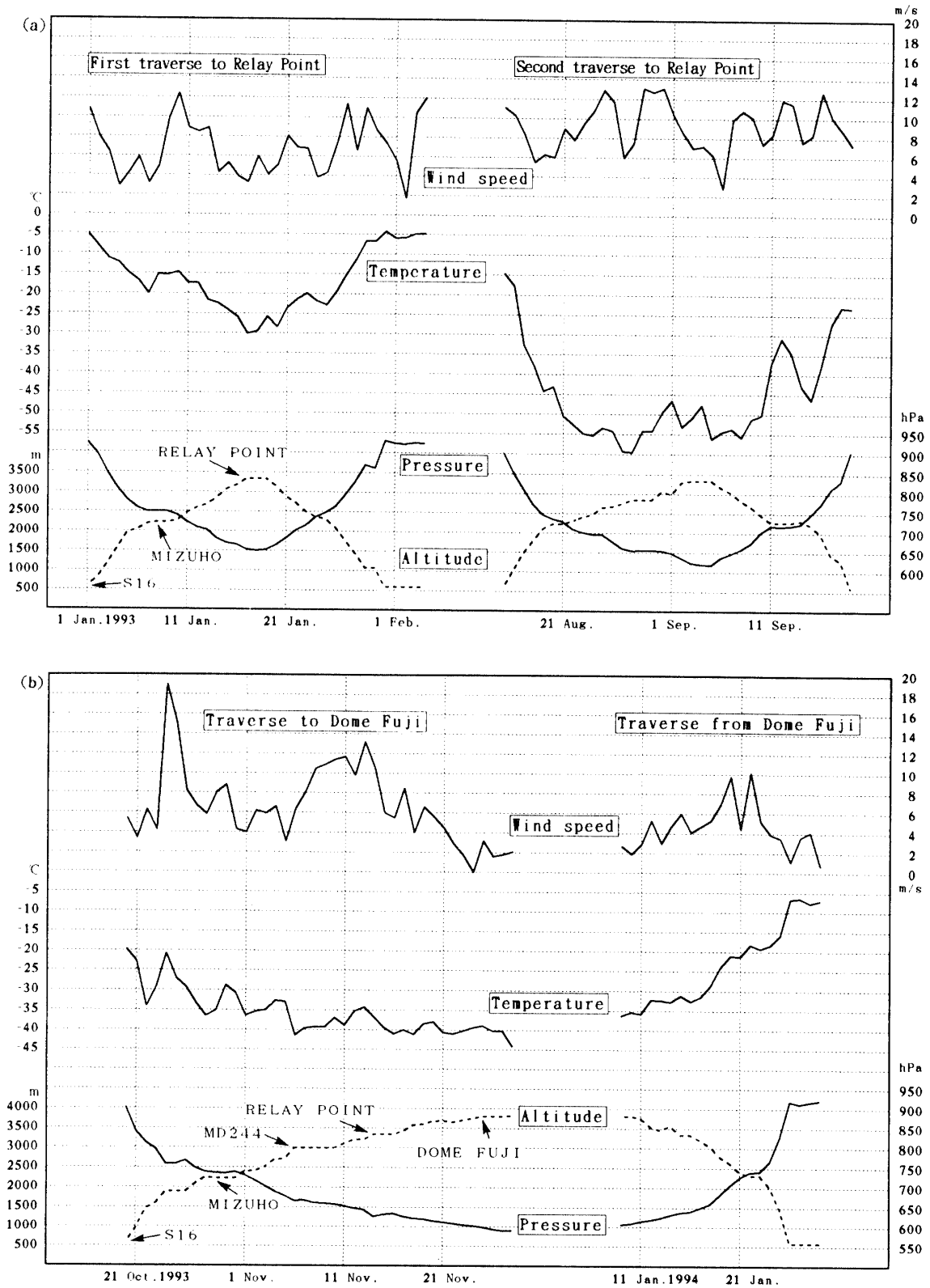


図 29a, b. 中継拠点旅行中 (a) とドームふじ観測拠点旅行往復路 (b) の標高と気象データの経過 (21 LT)
 Fig. 29a, b. Altitude and surface meteorological data during two traverses to Relay Point (a) and traverse to Dome Fuji Station (b).

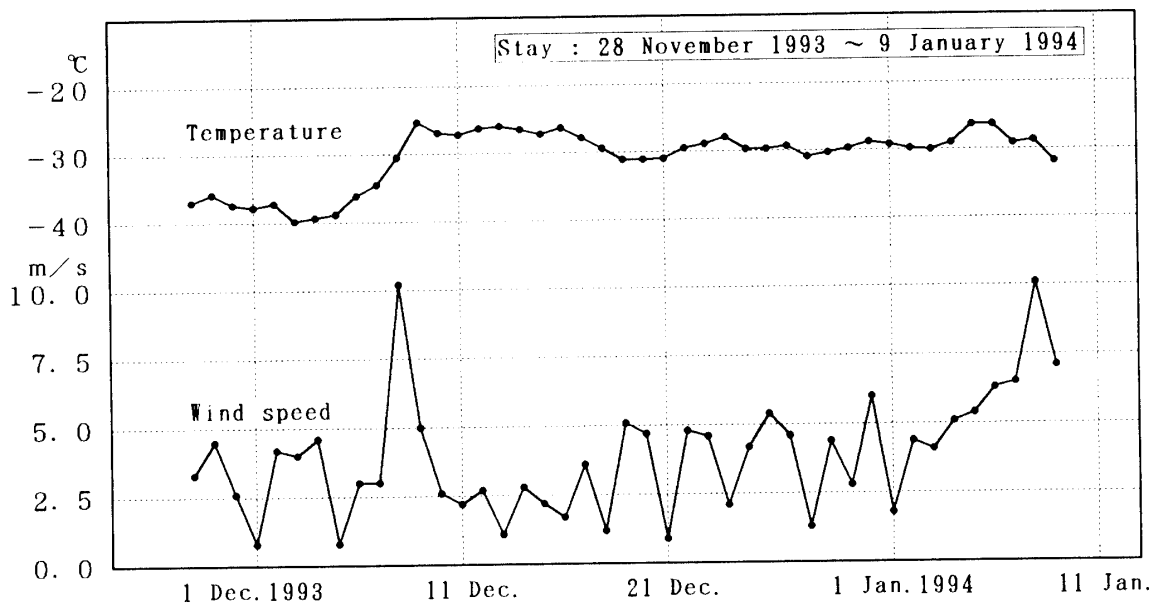


図 30 ドームふじ観測拠点滞在中の気温と風速 (15LT)
 Fig. 30. Temperature and wind speed during stay at Dome Fuji Station.

(1) 測器及び観測方法

携帯型サンフォトメーター (MS-120S) を使用し、北中時 (北半球では南中時) を中心に観測を行った。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 31 に船上におけるサンフォトメーターによるエアロゾルの光学的厚さ (500nm) の緯度分布を示す。大気路程 M が 2 以下 (1979-1981 年については 3 以下) で観測が行われた日の

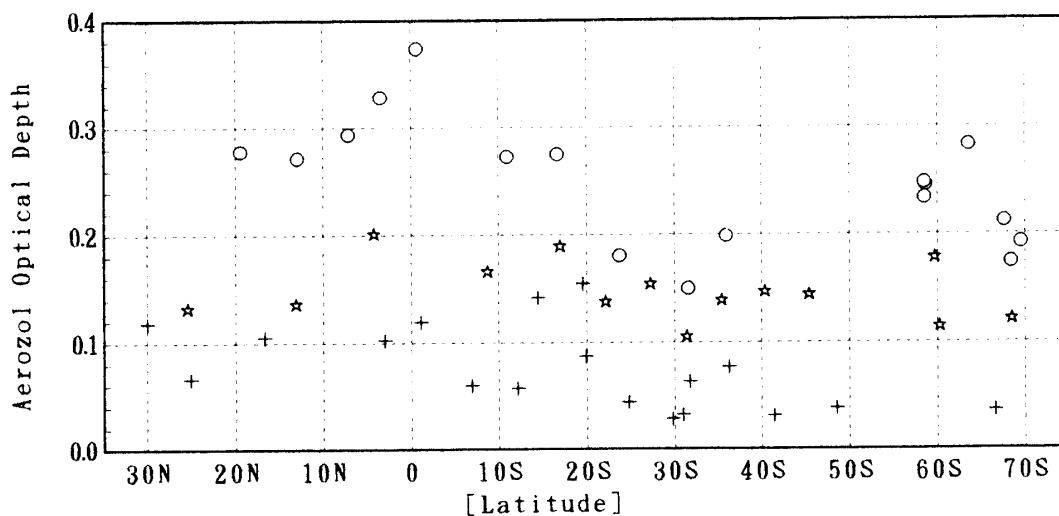


図 31 船上におけるサンフォトメーターによるエアロゾルの光学的厚さ (500nm) の緯度分布
 Fig. 31. Latitude distribution of aerosol optical depth at 500nm observed on board with sunphotometer. +, O, ☆ show the data of 1979-1981, 1991, 1992 respectively.

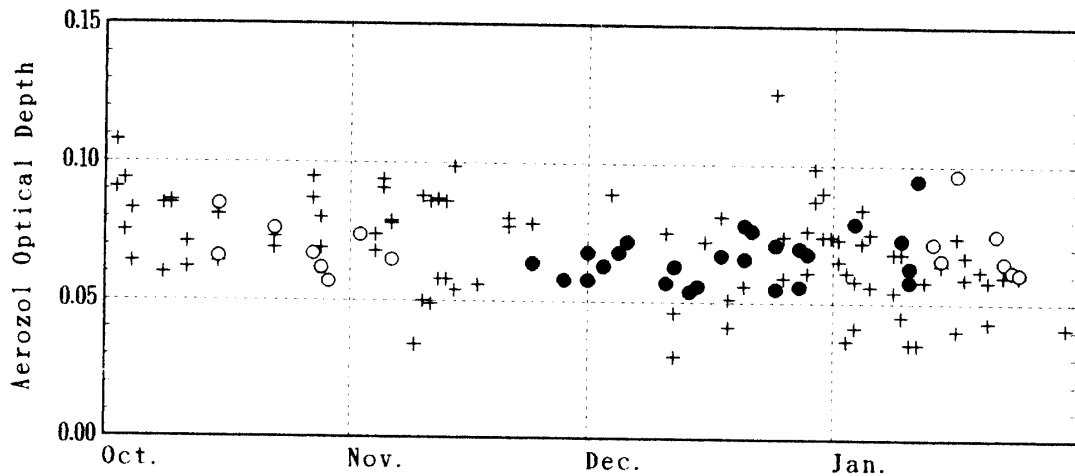


図 32 内陸と昭和基地におけるサンフォトメーターによるエアロゾルの光学的厚さ (500 nm) の時系列 (1993 年 10 月-1994 年 1 月)

Fig. 32. Time series of aerosol optical depth at 500 nm observed at Syowa (+) and inland (O: north of 75°S, ●: south of 75°S) with sunphotometer from October 1993 to January 1994.

日代表値 (M が最小時刻の観測値) を記してある。1991 年の観測では北緯 20 度付近と南緯 60 度付近に両火山に対応したものとされるピークがみられる。1992 年の観測では緯度方向の変化は小さく、エアロゾルが緯度方向に均一化された様子が伺える。すべての緯度に対して 1992 年の値は 1991 年の値より小さくなっているが、1979-1981 年のレベルには至っていない。また減衰の度合いは南半球より北半球の方が大きくなっている。

図 32 に内陸と昭和基地におけるサンフォトメーターによるエアロゾルの光学的厚さ (500 nm) の時系列を示す。それぞれ日最大値と日最小値を記してある。内陸と昭和基地を比較すると 11 月下旬から 12 月中旬にかけて内陸の方が 0.01-0.02 小さくなっているが、緯度方向の違いはあまり明瞭でなく、時間に対する変化傾向の類似が顕著である。

謝 辞

第 34 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佐藤夏雄観測隊長ほか第 34 次観測隊員の皆様、南極観測事務室、高層課、高層気象台ほか気象庁の皆様、並びに船上観測でご支援をいただいた「しらせ」の方々に感謝します。

この報告をまとめるにあたり、気象庁の金戸進南極観測事務室長、第 33 次観測隊気象部門の方にご指導をいただき、厚くお礼申し上げます。

文 献

伊藤明之・上野丈夫・梶原良一・下道正則・上窪哲朗・伊藤真人・小林正人 (1991): 地上到達紫外線量

の監視技術の開発—オゾン層変化に伴う地上到達紫外線量の変化のスペクトル観測による評価—, 研究時報, **43**, 213-273.

JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY (1995): Meteorological Data at Syowa Station in 1993. *Antarct. Meteorol. Data*, **34**, 324 p.

鬼頭昭雄 (1994): インド洋海面水温の最近の上昇—その大気への影響の数値実験. 1994 年春季大会講演予稿集. 日本気象学会, 88.

松原和正・小城良友・岸 隆幸・五十嵐寛・東島圭志郎 (1995): 第 33 次南極地域観測隊気象部門報告 1992. *南極資料*, **39**, 264-302.

塩原匡貴・浅野正二 (1992): シリコン製ドーム付赤外放射計のドーム効果の定量化と測定誤差について. 気象研究所研究報告, **43**, 17-31.

高尾俊則・下道正則・伊藤真人・宮川幸治 (1995): 昭和基地で観測された紫外域日射—雪面反射による増幅とオゾンホールの影響—. *高層気象台彙報*, **55**, 23-29.

(1996 年 5 月 7 日受付; 1996 年 6 月 3 日改訂稿受理)