

## 第 28 次南極地域観測隊気象部門報告 1987

金戸 進\*・菅原英敏\*・荻原裕之\*・山本 哲\*

Meteorological Observations at Syowa Station in 1987  
by the 28th Japanese Antarctic Research ExpeditionSusumu KANETO\*, Hidetoshi SUGAWARA\*, Hiroyuki OGIHARA\*  
and Akira YAMAMOTO\*

**Abstract:** This paper describes the results of meteorological observations (mainly surface, upper air and ozone) from 1 February 1987 to 31 January 1988 at Syowa Station, carried out by Meteorological Observation Team of the 28th Japanese Antarctic Research Expedition. Observations and statistics of the surface and aerological data were automatically processed with the AMOS (Automated Meteorological Observation System), same as by the 27th Observation Team. Special observations of ozone were done for the ozone-hole phenomenon, using Dobson spectrophotometer and ozonesondes. Remarkable characteristics are as follows:

1) The monthly mean temperatures of all seasons except winter are higher than the normal temperature. The monthly mean wind speeds of all seasons except winter were high, especially in November 1987 when the strongest wind was recorded.

2) Fourteen blizzards were encountered, but no blizzards from mid-June to mid-September 1987. The number and the days of blizzard in 1987 were the least record.

3) At troposphere, temperature was almost over the normal. At stratosphere, temperature was almost lower than normal and especially from October to November the difference reached 10°C. Polar night jet stream ended in December, while normally changing in November.

4) Total ozone was depressed extraordinarily and reached 153 m atm-cm on 8 October 1987. The ozone layer was separated into two peaks and between them the ozone-poor layer appeared.

**要旨:** この報告は、第 28 次南極地域観測隊越冬隊気象部門が、1987 年 2 月 1 日から 1988 年 1 月 31 日までの期間、昭和基地において行った気象観測（主として地上、高層およびオゾン観測）の結果をまとめたものである。観測方法、設備などは第 27 次観測隊とはほぼ同じである。

総合自動気象観測装置 (AMOS) による地上および高層気象観測、統計は順調に行われた。オゾンホール現象解明のため、ドブソン分光光度計およびオゾンゾンデによるオゾン観測を強化した。

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。

1) 冬期間を除いて月平均気温は平年より高かった。また、風は冬期間を除いて強く、11 月の平均風速はこれまでで最大となった。

2) ブリザードは 14 回襲来したが、6 月中旬から 9 月中旬にかけてはブリザードがなかった。年間ブリザード回数および日数はこれまでの最少となった。

3) 対流圏の気温はほぼ平年より高く経過した。成層圏の気温は全般に平年より

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

低く、特に 10 月から 11 月にかけては平年を  $10^{\circ}\text{C}$  も下回る層があった。極夜ジェットが弱まるのは通常は 11 月であるのに、1 カ月おくれて 12 月となった。

4) オゾン全量は異常に減少し、10 月 8 日には  $153\text{ m atm-cm}$  とこれまでの最少値を記録した。このとき成層圏下部のオゾン層の中間部分にオゾンがほとんどない層が出現した。

## 1. はじめに

第 28 次南極地域観測隊越冬隊気象部門は、1987 年 2 月 1 日に第 27 次越冬隊より定常気象観測業務を引き継ぎ、1988 年 1 月 31 日までの 1 年間、昭和基地（南緯  $69^{\circ}00'$ 、東経  $39^{\circ}35'$ 、標高 18 m）およびその周辺で観測を行った。地上および高層気象観測に使用した総合自動気象観測装置 (AMOS) のほか、各種機器とも大きな故障はなく、1 年間順調に作動した。なお、気水圏系研究観測部門の「南極域における気候変動に関する総合研究 (ACR)」に関連してオゾンゾンデおよびふく射ゾンデの共同観測を行った。

地上および高層気象観測結果は、モーンソン基地（オーストラリア）経由でメルボルンの世界気象センター (WMC) に通報した。また、近年注目されているオゾン観測結果は、毎月気象庁に報告し、さらにカナダの世界オゾンデータセンター (WODC) に報告された。

得られたデータは、Antarctic Meteorological Data, Vol. 28 (JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY, 1989) として印刷発表したが、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. 観測項目と経過

地上気象観測は、地上気象観測法（気象庁）および世界気象機関 (WMO) の技術基準類に基づいて行い、統計業務については地上気象観測統計指針（気象庁）に従って行った。

気圧、気温、露点温度、風向、風速、全天日射、日照時間の連続記録および毎正時値の記録は AMOS 地上系により観測した。表 1 に使用測器を示す。

目視観測のうち、雲と天気については 1 日 8 回 (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 GMT)、視程と大気現象は随時観測した。海氷上の積雪は、3 月 12 日に、北の浦の海岸から約 100 m

表 1 地上気象観測測器  
Table 1. Instruments of surface observation.

項目	測定器名	型式名	備考
気圧	抵抗変化式ステーション型気圧計	S-172	
気温	白金抵抗温度計	TE-3R	$100\ \Omega$ at $0^{\circ}\text{C}$
露点温度	塩化リチウム露点計	DW-2	$235.116\ \Omega$ at $0^{\circ}\text{C}$
風向、風速	風車型風向風速計	KE-500	発電式
全天日射量	熱電堆式ネオ日射計	MS-43F	$5\text{ mV/cal cm}^{-2}\text{ min}^{-1}$
日照時間	スリット回転式日照計	SSR-360	しきい値 $0.12\text{ kW/m}^2$
AMOS 地上系	中央処理装置: HP 2113E 16 ビット, メインメモリー キャラクタデータターミナル: HP 2645A プリンター: HP 2635A		128 K ワード

の地点に設置した 10 本の竹ざおにより、月数回観測した。

AMOS 地上系の各機器はおおむね順調に作動した。収集データは AMOS 高層系にオンラインで伝送し、ディスクカートリッジに保存すると共に各種統計業務を行った。気圧、気温、露点温度については、月数回、フォルタン型水銀気圧計およびアスマン通風乾湿計により比較観測を行ったが、結果は良好であった。なお、露点計の異常記録現象（塩化リチウムの相変化点における誤動作）がたびたび起こり、記録の修正を行った。

## 2.2. 観測結果

図 1 と表 2 に 1 年間の観測結果を、表 3 にブリザード統計結果（昭和基地独自の基準による）を示す。

越冬期間の天候の特徴は、気温は 8 月から 10 月を除き平年より高目で、風は冬期間を除き強かった。年間のブリザードは 14 回、22 日と著しく少なかった（現在の基準による平年値（1957-1980）は 27 回、55 日）。なお、積雪は、雪尺設置点が冰山によるドリフトにはいり観測値の量的な代表性はあまり良くない。基地付近での積雪からみて多めになっていると

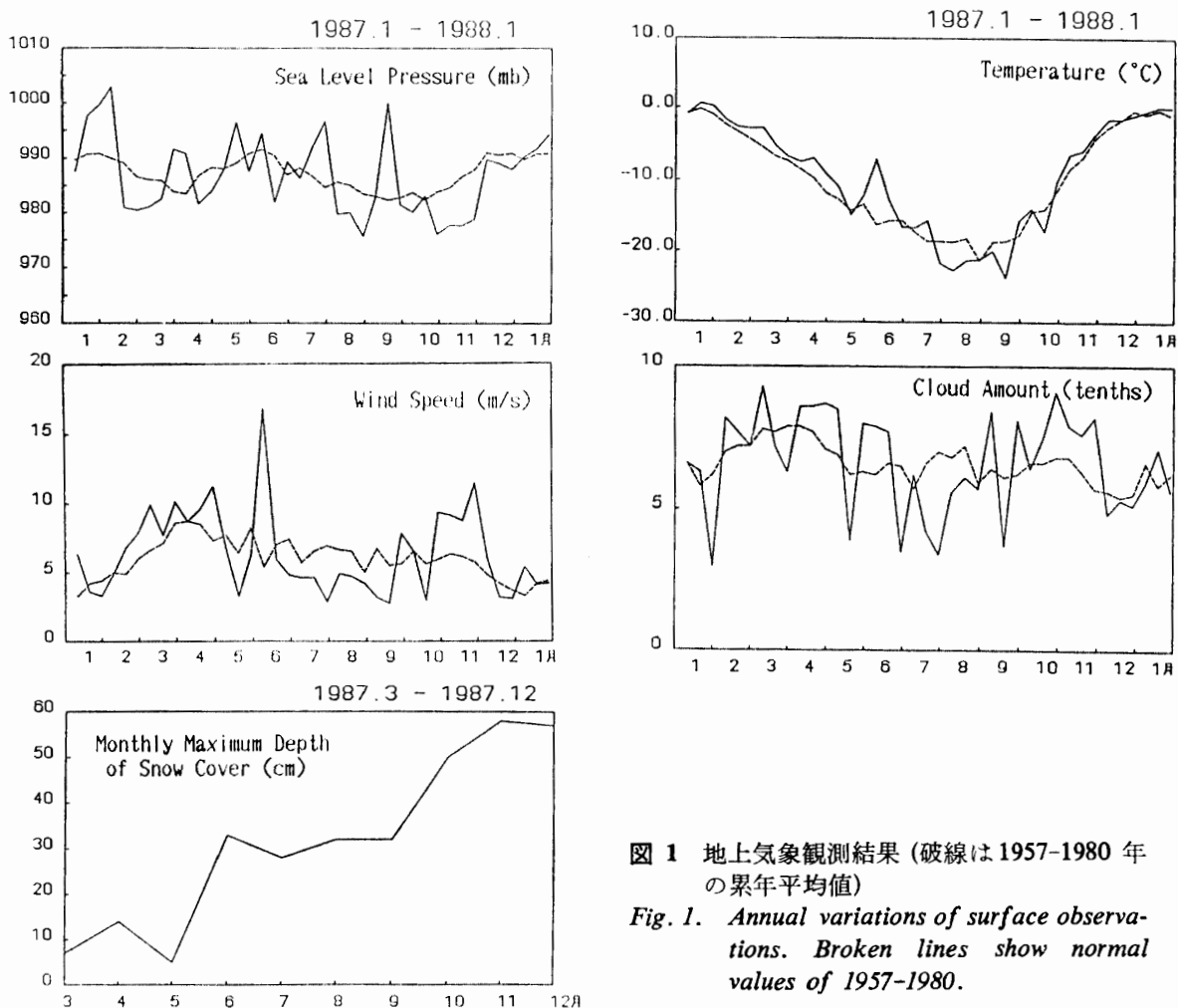


図 1 地上気象観測結果（破線は 1957-1980 年の累年平均値）

Fig. 1. Annual variations of surface observations. Broken lines show normal values of 1957-1980.

表 2 地上気象観測結果

Table 2. Monthly summaries of surface observation in 1987.

		1987 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	1988 1月
平均海面気圧	mb	995.1	988.6	985.3	985.4	990.5	988.5	991.7	978.4	988.1	979.6	978.0	988.8	986.5	992.1
平均気温	°C	0.0	-2.4	-5.0	-7.8	-12.6	-12.2	-18.1	-21.7	-19.8	-13.7	-5.3	-1.3	-10.0	-0.1
最高気温	°C	6.3	3.2	1.5	-2.9	-5.9	-3.0	-9.5	-11.3	-9.3	-4.2	0.1	3.8	6.3	5.5
起日		16	5	14	11	31	9	16	17	24	27	21	22	14	1.16
最低気温	°C	-6.4	-8.6	-13.7	-21.4	-23.3	-26.5	-26.6	-35.4	-30.7	-27.1	-17.8	-7.4	-35.4	-7.7
起日		29	15	25	24	22	24	26	14	1	2	1	31	8.14	22
最低気温 0°C 未満の日数		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	28
平均気温 0°C 未満の日数		13	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	28	344	18
最高気温 0°C 未満の日数		1	16	28	30	31	30	31	31	30	31	28	5	292	1
最低気温 -20°C 未満の日数		0	0	0	2	3	8	17	23	23	11	0	0	87	0
最高気温 -20°C 未満の日数		0	0	0	0	0	1	6	13	10	0	0	0	30	0
平均蒸気圧	mb	4.0	3.3	3.0	2.5	1.5	1.8	0.8	0.6	0.8	1.7	3.0	3.7	2.2	4.2
平均相対湿度	%	66	65	68	72	58	66	49	51	57	68	71	67	63	69
平均風速	m/s	4.4	6.5	9.2	9.8	5.5	9.2	4.0	4.6	4.6	6.3	9.8	4.1	6.5	4.6
最大風速 (10分間平均)	m/s	28.8	26.0	25.4	31.0	24.1	40.5	19.1	22.8	26.0	32.0	30.4	21.1	40.5	26.3
風向 起日		NE 6	ENE 23	NE 21	ENE 28	ENE 31	NE 2	NE 8	NE 5	NE 22	ENE 5	ENE 27	E 5	NE 6.2	NE 3
最大瞬間風速	m/s	36.9	32.5	32.3	39.7	30.0	49.4	24.1	27.6	31.4	39.7	37.9	26.3	49.4	33.2
風向 起日		NE 6	ENE 23	NE 21	ENE 28	E 31	NE 2	NE 8	NE 5	NE 22	ENE 5	NE 27	E 5	NE 6.2	NE 3
最大風速 10.0 m/s 以上の日数		11	18	26	23	16	19	14	19	16	17	28	11	218	13
15.0 m/s 以上の日数		3	9	18	17	6	16	6	5	5	12	20	3	120	5
29.0 m/s 以上の日数		0	0	0	2	0	2	0	0	0	3	2	0	9	0
日照時間	h	475.0	253.6	160.2	38.4	29.3	*	16.9	87.1	153.7	186.3	253.2	466.3	2120.0	371.8
日照率	%	67	52	40	15	25		35	40	46	39	40	63	48	52
平均全日射量	MJ/m <sup>2</sup>	27.3	16.1	7.3	2.0	0.2	0.0	0.1	1.4	6.3	13.8	23.3	29.5	10.6	24.0
不照日数		1	3	4	16	20	30	21	14	11	6	4	2	132	2
平均雲量	10分量	5.2	7.7	7.5	8.6	6.8	6.3	4.6	5.8	6.7	7.7	7.9	5.1	6.7	6.2
平均雲量 1.5 未満の日数		6	2	2	0	3	5	11	6	4	3	1	6	49	4
8.5 以上の日数		9	17	14	20	14	12	6	9	12	17	18	6	154	11
雪日数		11	11	15	26	15	21	11	18	20	24	17	8	197	11
霧日数		1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	4	4
ブリドーザ日数**		0	2	0	2	1	4	0	0	4	7	2	0	22	0

統計方法は「気象庁地上気象観測統計指針」による。\* 6月1日~7月12日は計算上太陽は地平線上に現われない。\*\* 基準は表3の脚注を参照。

思われる。以下に 1987 年 2 月から 1988 年 1 月の天気概況を示す。

2 月から 3 月前半までは全般に曇りの日が多かった。2 月 20 日から 21 日にかけて越冬初のブリザードとなり、オングル海峡は開水面となって第 25 次観測隊以来昭和基地北方にあった煙突型の氷山がオングル海峡を南下して、3 月はじめには視界内から去った。

3 月後半は晴れの日が多かったが、4 月から 5 月上旬にかけては曇りの日が多かった。4 月 4 日のブリザードにより約 15 cm の積雪増が観測されたが 4 月末には設置時の深さに戻った。5 月中旬は晴天が続いたが、下旬から天気の崩れることが多くなり 5 月 31 日、6 月 2 日、7 日と繰り返しブリザードとなった。6 月 2 日のブリザードでは、日最大風速 40.5 m/s を観測し、観測開始以来第 9 位の記録となった。積雪深はこの間に約 30 cm 増加した。

6 月中旬から 9 月中旬まで天気は大きく崩れることがほとんどなく、ブリザードはなかった。気温は平年並みないし低めで、積雪深はほとんど変化がみられなかった。

9 月下旬になると天気は短い周期で変化するようになり、ブリザードは 9 月下旬に 3 回、10 月上旬に 1 回、下旬に 3 回、11 月中旬に 2 回記録された。特に、11 月は月平均風速が開設以来最大の記録となった。積雪深は 11 月末に最大となった。

12 月にはいると晴れの日が増え、おだやかな天気となり、積雪深は急激に減少した。12

表 3 ブリザード統計結果  
Table 3. The date of heavy snow storms (blizzard) in 1987.

	開始時刻				終了時刻				継続時間 時間 分	階 <sup>1)</sup> 級	最大風速			最大瞬間風速			最低海面気圧 <sup>2)</sup>	
	月	日	時	分	月	日	時	分			m/s	風向	起日	m/s	風向	起日	mb	起日
1	2	20	15	10	2	21	03	40	12 30	C	22.4	NE	20	30.4	NE	20		
2	4	4	15	30	4	5	02	30	11 00	C	23.4	NE	4	28.0	NE	4		
3	5	31	22	30	6	1	05	20	6 50	C	27.8	ENE	1	36.8	ENE	1		
4	6	2	02	20	6	2	22	40	20 20	A	40.5	NE	2	49.4	NE	2		
5		7	12	30	8	06	05	50	18 20	B	27.4	NE	8	34.6	NE	8		
6	9	22	16	45	9	23	17	50	25 05	C	26.0	NE	22	31.4	NE	22	(963.9	20)
7		25	08	35	25	14	14	40	6 05	C	20.0	NE	25	24.2	NE	25	(960.1	24)
8		28	05	30	28	13	13	35	8 05	C	19.1	NE	28	23.0	NE	28		
9	10	5	04	50	10	6	11	55	28 35 <sup>3)</sup>	C	32.0	ENE	5	39.7	ENE	5	(963.6	5)
10		23	21	55	24	07	07	40	9 45	C	25.5	ENE	24	34.0	ENE	24	958.9	24
11		27	00	40	27	11	11	00	10 20	C	24.5	NE	27	30.4	NE	27		
12		27	21	50	29	04	04	15	22 15 <sup>4)</sup>	B	29.4	NE	28	35.8	NE	28		
13	11	14	00	25	11	14	08	45	8 20	C	24.4	NE	14	30.0	NE	14	962.1	14
14		15	01	30	15	07	07	30	6 00	C	19.1	NE	15	23.4	NE	15		

1) A: 視程 100 m 未満, 風速 25 m/s 以上, 継続時間 6 時間以上

B: " 1000 m 未満, " 15 m/s 以上, " 12 時間以上

C: " 1000 m 未満, " 10 m/s 以上, " 6 時間以上

2) 970 mb 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。

3) 5 日 14 時 40 分-17 時 10 分中断。4) 28 日 12 時 30 分-20 時 40 分中断。

月 7 日に 1981 年 1 月以来の霧雨を観測し、23 日には霧虹を観測した。

1 月は曇りの日が多く、霧の発生日も多かった。24 日に霧雨が再び観測され、25 日には 1984 年 5 月以来の雨が観測された。

### 3. 高層気象観測

#### 3.1. 観測方法および機器

高層気象観測は、高層気象観測指針（気象庁）に準じて 1 日 2 回（00, 12 GMT）行った。表 4 に観測器材を示す。このうち、レーウィンゾンデは、今回より、日本国内で使われているものと同じものを使った。これまでの南極 78 型とはパルス幅等の仕様に若干違いがあるものの、基本的には同じで、観測には特に支障はなかった。

気球充てん用のヘリウムガスは、カードル 46 基（7 m<sup>3</sup> ボンベ 8 本組）、6 m<sup>3</sup> ボンベ 45 本を使用した（特殊ゾンデ 52 回分を含む）。カードル設置場所は第 27 次観測隊と同じで、2 カ所に分けて 2 段に積んだ。ドリフトは 6 月中旬から徐々に成長して、9 月には下段全部と上段の一部が雪に埋まったが、下段から計画的に使用していたため取り扱いにはまったく支障はなかった。

#### 3.2. 経過

各観測機器ともおおむね順調に作動した。D55B-2 のアジマスコントロールのバランスが

表 4 高層気象観測器材  
Table 4. Instruments and sensors of aerological observations.

RS2-80 型レーウィンゾンデ	
搬送波周波数	1680 MHz
出力	0.6 W
測定要素切り替え順序	R-P-T-P-U-P-T-P (R: レファレンス, P: 気圧, T: 気温, U: 湿度)
測定要素切り替え周期	1 秒
センサー	気圧 恒弾性材料製 60 mm $\phi$ 空盒, 抵抗接点板 気温 ダイオードタイプサーミスター (白色塗装), 日射補正あり 湿度 カーボンタイプ湿度計, -40°C まで測定
電池	B80RS 型注水電池 DC 20V
気球	天然ゴム 600 g 気球, 浮力 2200 g (強風時 2300-2500 g), 上昇速度 6 m/s
その他	66型遅動式巻下器 (強風時使用) PA72 型追跡補助灯 (夜間使用)
ゾンデ追跡装置	JMA-D55B-2 自動追跡記録型方向探知機
AMOS 高層系	信号変換装置: P10 中央処理装置: HP2113E 16ビット, メインメモリー 64K ワード 磁気ディスクドライブ: HP7906 20Mバイト (FIX: 10M, REM: 10M) $\times$ 2 ディスクコントローラー: HP13037B グラフィックデータターミナル: HP2648A プリンター: HP2635A 紙テープコード変換器: 3524S 紙テープさん孔装置: TP30 (通信棟)

表 5 高層気象観測状況

Table 5. Number of observations and attained heights of aerological observations.

項目	年月	1987											1988	合計 (平均)
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	
飛揚回数		56	63	64	65	64	64	63	64	67	62	62	64	758
定時観測回数		54	60	60	62	58	62	62	60	62	60	62	62	724
臨時観測回数		0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	1	6
欠測回数		2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	5
資料欠除回数		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
再観測回数		2	3	4	3	5	2	1	0	5	1	0	1	27
到達高度	平均 mb	17.7	18.7	18.9	17.6	21.1	18.6	15.6	14.1	16.0	16.1	17.3	18.3	(17.5) (26.5)
	平均 km	27.6	27.1	26.1	25.6	24.4	24.6	25.0	26.1	26.3	28.2	28.3	28.2	
	最高 mb	11.4	11.5	13.2	10.1	11.4	8.9	10.6	7.4	5.9	7.8	11.4	11.3	
	最高 km	30.4	30.0	28.5	28.2	27.1	28.1	27.2	30.5	32.6	32.1	30.7	30.9	

表 6 ゾンデ用気圧計点検結果

Table 6. Check results of radiosonde pressure gauge.

使用期間	点検値 (開管気圧計値-検定値)				個数
	地上	500 mb	200 mb	50 mb	
61型 8月10日まで	+0.1	-1.5	-1.9	-2.1	35
63型 8月11日から	+1.5	+1.1	-0.9	+0.8	21

若干不安定であったが観測には支障がなく、測角精度点検のための経緯儀との3回の比較観測(2月24日, 4月24日, 1月30日)の結果は良好であった。気象棟暖房機の煙突が高くD55B-2での追跡に影響があるため、煙突を約70cm低くした。

冬期間の気球破裂高度低下を防ぐための気球の油漬けは、5月2日から10月20日(00Zは27日)まで、室内暖房用の灯油を用いて行い、十分な効果が得られた。

1年間の観測状況を表5に示す。欠測5回のうち4回はダクシンガンゴトリ基地(インド)と協同してオゾンゾンデ同時観測を行ったため、1回はブリザードによる強風のため、ほかに資料欠除がブリザードによるゾンデ破損のため1回あった。また、臨時観測は機器調査のため4回、航空機運行支援のため1回、第29次観測隊の飛揚器材試験のため1回行った。

今回は、WMOのゾンデ到達高度上昇の要請にこたえるため、2000g気球8個、1000g気球24個使用し、最高到達高度5.9mb, 32.6kmを記録した。

なお、WMOの通報式の改定(南極地域のみ)に伴い、925mb気圧面の資料通報を11月1日より行った。

WMOの高層観測ベースライン網評価計画を1988年1月15日より実施することとなり、観測時刻を極軌道気象衛星の通過時刻の2時間以内に合わせることとなったが、実際に観測時刻を変更した例はなかった。

表 7 高層気象観測結果

Table 7. Monthly summaries of aerological observation in February 1987-January 1988.

指定面 mb	1987 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1988 1	平均	
高度 (gpm)	850	1186	1149	1141	1165	1149	1151	1035	1109	1070	1087	1184	1220	1137
	700	2664	2621	2601	2614	2595	2579	2450	2521	2506	2553	2657	2709	2589
	500	5113	5052	5010	5016	4978	4958	4822	4873	4892	4983	5101	5185	4999
	300	8553	8461	8385	8373	8298	8282	8133	8160	8234	8391	8533	8662	8372
	200	11177	11074	10959	10876	10754	10733	10540	10580	10699	10895	11095	11314	10891
	150	13079	12961	12811	12651	12483	12437	12194	12252	12400	12630	12927	13229	12671
	100	15770	15623	15409	15127	14884	14798	14491	14575	14764	15068	15550	15935	15166
	50	20403	20164	19789	19253	18872	18719	18342	18509	18792	19335	20216	20606	19417
	30	23856	23501	22989	22203	21757	21549	21151	21416	21842	22677	23748	24107	22566
気温 (°C)	850	-9.2	-10.2	-12.4	-15.2	-15.5	-20.0	-23.0	-23.1	-17.8	-11.6	-9.0	-7.2	-14.5
	700	-17.2	-18.9	-21.0	-21.7	-22.8	-24.7	-26.0	-27.4	-24.0	-19.3	-18.4	-15.5	-21.4
	500	-31.8	-33.9	-36.2	-36.9	-39.3	-39.2	-39.6	-42.0	-38.5	-33.8	-31.8	-28.6	-35.9
	300	-54.1	-55.2	-57.2	-59.3	-61.7	-61.5	-63.4	-63.8	-59.8	-56.5	-54.8	-51.6	-58.2
	200	-48.3	-49.4	-53.6	-62.5	-68.0	-69.8	-75.3	-73.3	-69.6	-66.0	-57.3	-46.3	-61.6
	150	-46.7	-48.9	-53.4	-62.9	-68.7	-72.0	-78.0	-75.8	-72.3	-67.2	-54.5	-45.5	-62.1
	100	-46.0	-49.0	-55.4	-66.5	-73.1	-76.5	-81.2	-78.4	-75.5	-67.7	-49.4	-44.4	-63.6
	50	-43.8	-49.9	-58.7	-73.0	-79.5	-82.5	-85.0	-79.5	-72.7	-57.0	-38.4	-40.9	-63.4
	30	-42.3	-49.7	-60.4	-75.8	-81.4	-84.3	-85.3	-77.3	-64.5	-45.6	-34.5	-37.5	-61.5
風速 (m/s)	850	7.8	10.3	11.9	6.3	12.3	7.5	8.4	9.9	11.7	14.6	6.6	7.8	9.6
	700	6.6	7.2	9.6	7.2	8.2	5.2	6.8	6.1	9.8	9.9	6.1	6.7	7.5
	500	9.0	8.3	12.1	10.8	9.5	8.2	9.8	8.8	14.4	12.4	7.2	8.6	9.9
	300	13.7	13.7	19.1	17.5	12.3	11.0	13.7	12.9	17.9	18.8	9.7	14.1	14.5
	200	8.9	10.5	14.2	18.4	11.3	13.4	14.3	13.3	16.4	17.5	7.1	6.6	12.7
	150	7.3	9.9	14.4	18.0	11.3	16.5	15.6	15.2	17.3	16.5	6.7	4.7	12.8
	100	6.5	10.4	16.0	20.0	16.0	21.5	19.0	19.5	20.3	19.9	8.6	3.2	15.1
	50	3.8	10.5	20.8	26.5	26.3	31.7	27.0	29.2	32.5	34.8	13.9	3.3	21.7
	30	3.1	11.9	23.5	31.2	33.6	39.1	31.7	38.1	41.0	41.9	14.2	7.0	26.4



また、低い雲の通過時などに、露出している温度センサーへ雨滴、雲粒等が付着し気温の高度変化率が大気の乾燥断熱減率を超える超断現象が夏期間にみられ、修正を行った（日本国内でも行っている）。

ゾンデに使用した空盒気圧計は現地点検として開管水銀気圧計との比較を行ったが、その結果に基づいた補正は行っていない（日本国内では行っている）。空盒気圧計の製造会社は 2 社あり越冬期間中のほぼ中間で使用気圧計の製造会社が変わった。それぞれの気圧計の現地点検結果を表 6 に示す。最終高度付近では、越冬期間前半は気圧をやや高く、後半は気圧をやや低く観測していると思われる。

### 3.3. 観測結果

1987 年 2 月から 1988 年 1 月までの各指定気圧面の高度、気温、風速の月平均値を表 7 に示す。また、図 2, 3 に月平均気温、東西、南北風成分の年変化を示す。

図 2 の気温の累年平均値 (1968-1988 年) からの差を見ると、対流圏の気温は、9 月と 12 月に累年平均値を下回ったほかは全般的には高温だが、2 月から 6 月は、下部で高温、上部で低温傾向がみられる。一方、成層圏の気温は、3, 4, 7 月のほぼ全層と 12 月の一部で高温のほかは低温で、特に 10, 11 月は  $10^{\circ}$  以上も低くなった。  $5^{\circ}$  以上低い層が 8 月の 20 mb 付近から 12 月の 200 mb 付近にかけて進行している点は興味深い。

図 3 の風の東西成分について見ると、成層圏極夜ジェットは例年 11 月には弱まり 12 月には東風となるのが、1987 年は 1 カ月も遅れたのが目立っている。ただし、その強さを 30 mb で見ると、累年平均では 8, 9 月に 40 m/s を超えているのが、1987 年は 40 m/s に達していない。一方、南北成分は一般に小さいが、累年平均にみられる 11 月の 30 mb 付近での北成分は 1987 年も一致している。

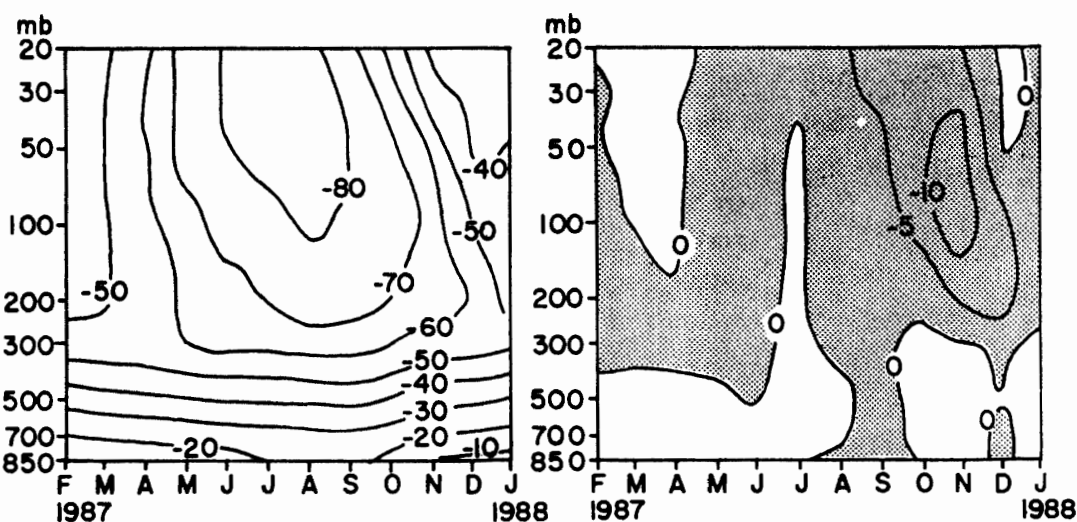


図 2 上層気温観測結果と平年 (1968-1988 年累年平均) からの偏差

Fig. 2. Annual variation of upper air temperature and anomaly from normal values of 1968-1988.

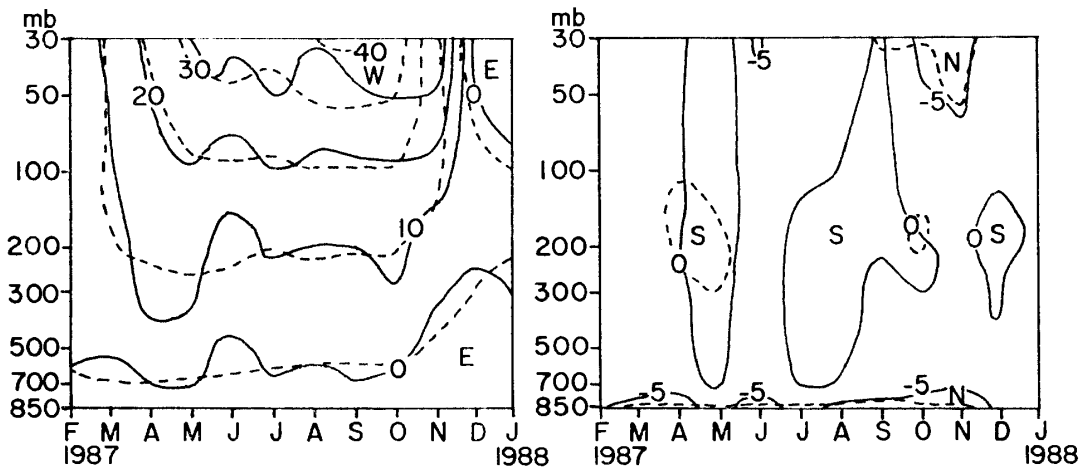


図 3 上層風成分観測結果，(左) 東西成分 (右) 南北成分 (破線は 1968-1988 年累年平均値)  
 Fig. 3. Annual variations of upper wind components; (left) W-E; (right) S-N. Broken lines show normal values of 1968-1988.

Month Year	8	9	10	11	Month Year	8	9	10	11	Month Year	8	9	10	11	
					1971	B	Lb			1981	A			Lb	
					1972		B	ALb		1982		B		Lb	
					1973	B	B		La	1983				BLb	
					1974	A		BBBLb		1984	B	B		La	
					1975	B		A	B L	1985				Lb	
1966				B Lb	1976				Lb	1986		B	B	Lb	
1967			B A L		1977				B Lb	1987				Lb	
1968				BLa	1978	B		A	Lb						
1969	B	B		La	1979			ALa							
1970				B BL	1980				B Lb						
Yearly Mean Number		1966-1980				2.5				1981-1987				2.0	

- A : Warming exceeds 30 °C within 10 days.
- B : Warming exceeds 20 °C within 10 days.
- L : Last warming not including A or B class warming.
- La: Last warming including A class warming.
- Lb: Last warming including B class warming.

図 4 成層圏突然昇温統計結果  
 Fig. 4. Stratospheric sudden warming in 1966-1987 at Syowa Station.

極域成層圏大気の振る舞いはオゾンホール現象にも関連しますますます重要になっている。ここでは、突然昇温の統計結果をこれまでのもの (第 19 次観測隊気象部門報告) に加えて図 4 に示す。1980 年代には発生回数が少なくなっているほか、最終昇温が遅れる傾向がみられる。

高層気象観測では対流圏界面高度を WMO 基準により判定し通報している。図 5 は越冬期間中の圏界面高度の経過を示す。季節変化としては冬に高く夏に低い傾向が、日々の変動では 5 月や 8 月の不連続、11 月の前線の発達による偽圏界面などが見られる。中緯度では極圏界面と熱帯圏界面が冬と夏で交代するのが一般的だが、極域では極圏界面が 1 年間続くと考えられる。極域での圏界面高度が冬に高くなるのは極夜期間中の成層圏大気の放射冷却によるものと考えられるが、このような原因で高くなった冬の圏界面高度が対流の上限を示すものかどうかははっきりしない。

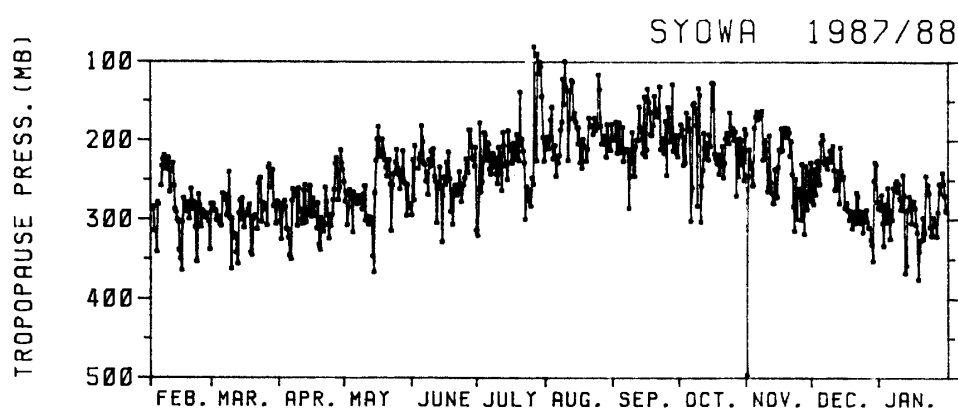


図 5 圏界面高度 (気圧) 観測結果  
Fig. 5. Annual variation of tropopause pressure.

#### 4. オゾン観測

##### 4.1. 方法と経過

オゾン観測は、オゾン観測指針 (気象庁) および特殊ゾンデ観測実施要領 (気象庁) に準じて、ドブソン二重分光光度計 (Beck 119) を用いた全量観測、反転 (鉛直分布) 観測と、オゾンゾンデを用いたゾンデ (鉛直分布) 観測を行った。それぞれの観測状況を表 8, 9 に示す。なお、大気路程 ( $\mu$ ) の計算に使用したオゾン層の重心高度は、Operations Handbook-

表 8 オゾン全量観測状況  
Table 8. Total ozone observations.

年/月	1987/2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1988/1
観測日数 (太陽光) または夜数 (月光)												
太陽光 AD	27	28	15	—	—	—	3	27	30	30	31	31
太陽光 CD	—	—	6	—	—	—	11	22	20	19	1	—
月光 AD	—	5	4	14	12	12	13	10	6	2	—	—
オゾン全量データ (m atm-cm)												
月平均	311	302	312	262	285	284	266	224	204	255	320	306
月最大	349	333	342	297	318	301	292	277	305	403	368	327
月最小	281	267	279	226	240	267	237	174	153	195	220	276

表 9 オゾン鉛直分布観測状況  
Table 9. Ozone vertical distribution observations.

年月	日付	オゾンゾンデ観測			ショート反転観測		
		オゾン全量	ドブソン比	観測高度	日付	オゾン全量	
1987 2	04 PM	303	1.14	8.3			
	26 PM	313	1.30	38.6			
3	05 PM	264	0.92	8.2			
	20 PM	311	0.90	6.6			
4	15 AM	301	0.88	5.8			
5	13 AM	286	0.94	7.8			
	15 PM	233	0.94	7.5			
6	12 AM	294	*	6.9			
	17 AM	275	0.89	6.5			
7	09 PM	286	0.87	12.1			
8	08 PM	277	0.97	16.4			
	20 PM	259	1.16	11.5			
	28 PM	237	0.82	9.1			
9	02 PM	233	0.97	8.3	18 PM	204	
	10 AM	237	0.92	8.4	19 AM	190	
	16 AM	225	0.95	5.9	20 PM	177	
	27 AM	199	1.01	7.3	30 AM	193	
	30 AM	196	0.97	5.6			
10	07 AM	167	1.02	8.0	01 AM	189	15 PM 180
	10 AM	189	0.96	7.6	07 PM	167	31 PM 195
	15 AM	182	1.17	28.0	08 AM	160	
	22 PM	211	0.91	5.5	08 PM	158	
	28 PM	226	1.23	4.9	12 PM	184	
11	02 PM	243	0.84	4.3	02 PM	243	19 AM 238
	06 AM	212	**	5.4	03 AM	235	19 PM 224
	11 PM	337	0.92	4.4	06 PM	213	29 AM 250
	16 PM	222	0.93	5.2	12 PM	313	29 PM 228
	25 PM	362	1.07	11.4	13 AM	256	
12	02 PM	239	1.05	6.2	01 PM	221	02 PM 253
	16 AM	313	1.17	10.3	02 AM	229	
1988 1	20 PM	312	1.09	5.6	11 AM	310	20 PM 311
					12 PM	324	21 AM 307
					19 PM	320	29 PM 288
					20 AM	307	30 PM 295

オゾン全量はドブソン分光光度計による (単位:  $\text{m atm-cm}$ ).

ドブソン比 = (ドブソン分光光度計によるオゾン全量) / (オゾンゾンデによるオゾン全量).

観測高度は mb.

\* 反応電流が小さいためデータとせず.

\*\* 反応電流がほとんどないためデータとせず.

Ozone Observations (KOMHYR, 1980, 以下 WMO ハンドブック) により 19 km とした.

(1) 全量観測

太陽光による観測は, AD 波長組を用いた直射光および天頂光による観測を, 太陽北中時

および午前、午後の  $\mu=1.5, 2.5, 3.5$  の時刻に行った。さらに、太陽光での観測期間を延ばすため、CD 波長組を用いて太陽北中時 ( $\mu>3.5$  のとき) および午前、午後の  $\mu=3.5, 5.5$  の時刻に直射光で行った。極夜時期は、月光による焦点像観測を AD 波長組により、半月～満月～半月の期間に、月の北中時および  $\mu=1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5$  の時刻に行った。これらの観測では、 $\mu$  が大きくなると内部散乱光などの影響でオゾン全量値が急激に減少するため、 $\mu$  の上限値が設定されており、WMO ハンドブックによれば、AD 波長組で 3.0、CD 波長組で 3.5 となっている。しかし、この上限値はそれぞれの機器で多少の違いがあるので、この上限を超える時刻までの連続観測結果 (図 6) により、太陽光では AD 波長組で 4.0、CD 波長組で 6.0、月光では月齢に応じて 4.0-3.0 を上限値とした。

データ整理はパソコンで行い、特に月光観測についてはプログラムの整備を行った。ドブソン二重分光光度計は所定の各種点検を行ったが特に異常はみられなかった。AD 波長組の観測値は、1 年間の観測結果から  $\Delta N_{O_2}$  補正 ( $\mu=1.5$  と  $2.5$  のそれぞれの平均オゾン全量が同じになるように補正值を決める) は必要がなかった。一方、CD 波長組の観測値は、 $\mu=3.5$  での AD 波長組との比較および CD 波長組での  $\mu=3.5$  と  $5.5$  での  $\Delta N_{O_2}$  補正の、2 つの全く別の方法による補正值がほぼ同じ値となったので、AD 波長組との比較に基づいて補正を行った。このような値をもとに、図 7 に太陽光による AD 波長組と CD 波長組との同時観測結果の比較を、図 8 と図 9 には太陽光と月光との連続観測の結果とこれによる比較結

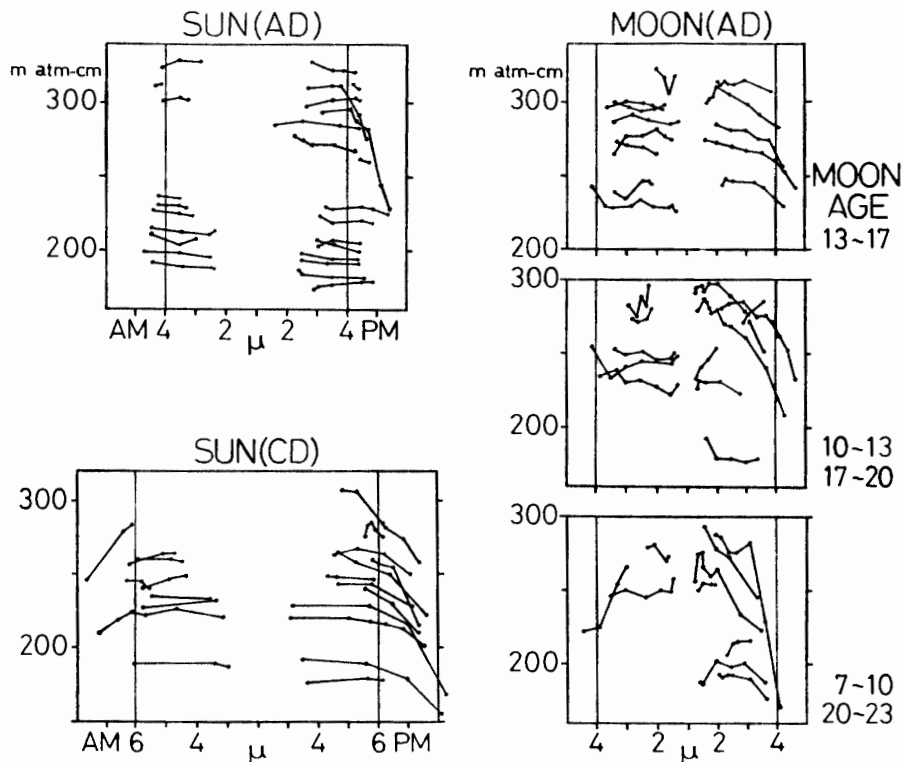


図 6  $\mu$  の上限を決めるためのオゾン全量連続観測結果  
Fig. 6. Continuous ozone observations for deciding upper limits of  $\mu$ .

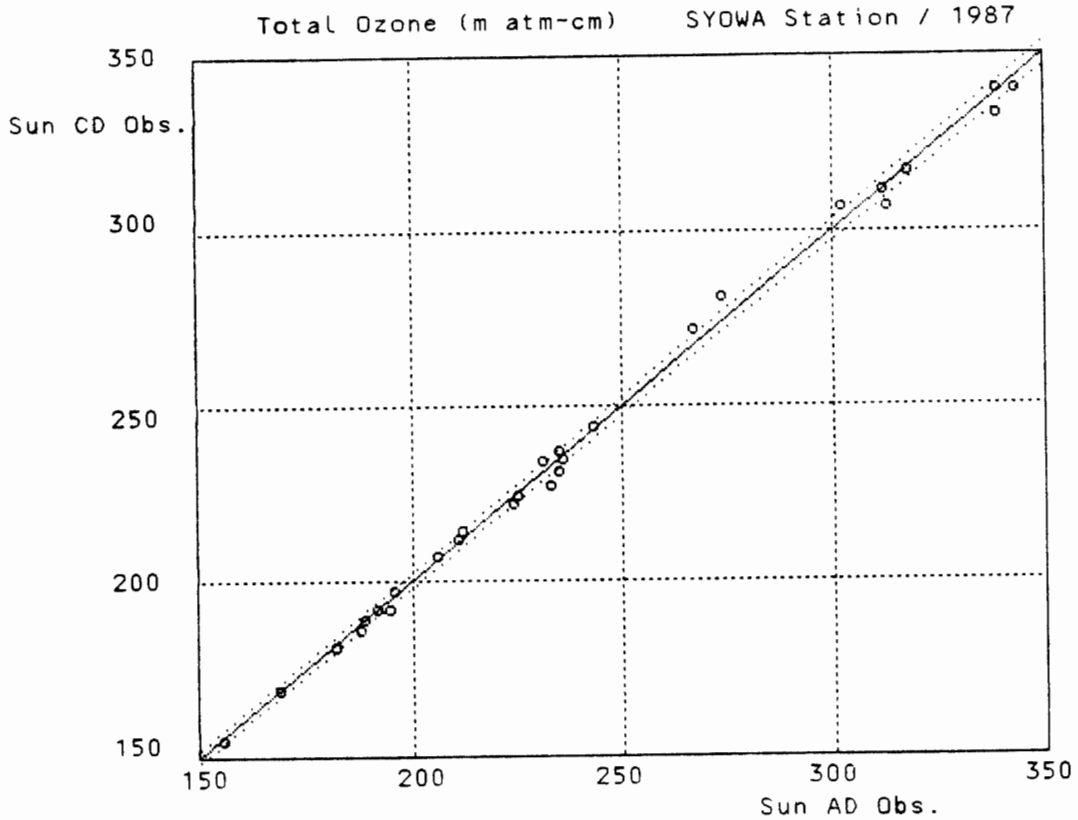


図7 オゾン全量観測比較結果 (AD 波長組と CD 波長組)  
 破線は AD 波長組による全量に対する差が 1% を示す。  
 Fig. 7. Comparisons of total ozone observations between direct sun AD wavelengths pair and CD wavelengths pair. Broken lines show 1% deviation from AD wavelengths data.

Two Days Total Ozone Sequence by Direct Sun and Focused Moon (m atm-cm)  
 SYOWA Station / 1987

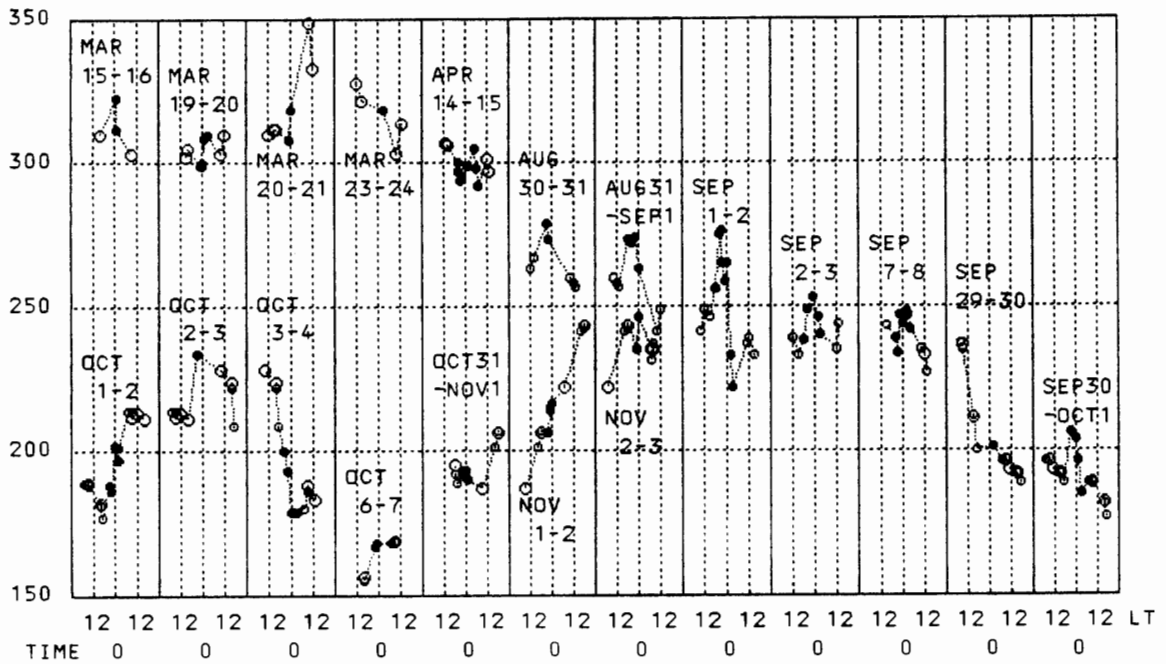


図8 オゾン全量連続観測結果 (白丸は太陽光, 黒丸は月光)  
 Fig. 8. Continuous ozone observations with direct sun (open circle) and focused moon (close circle).

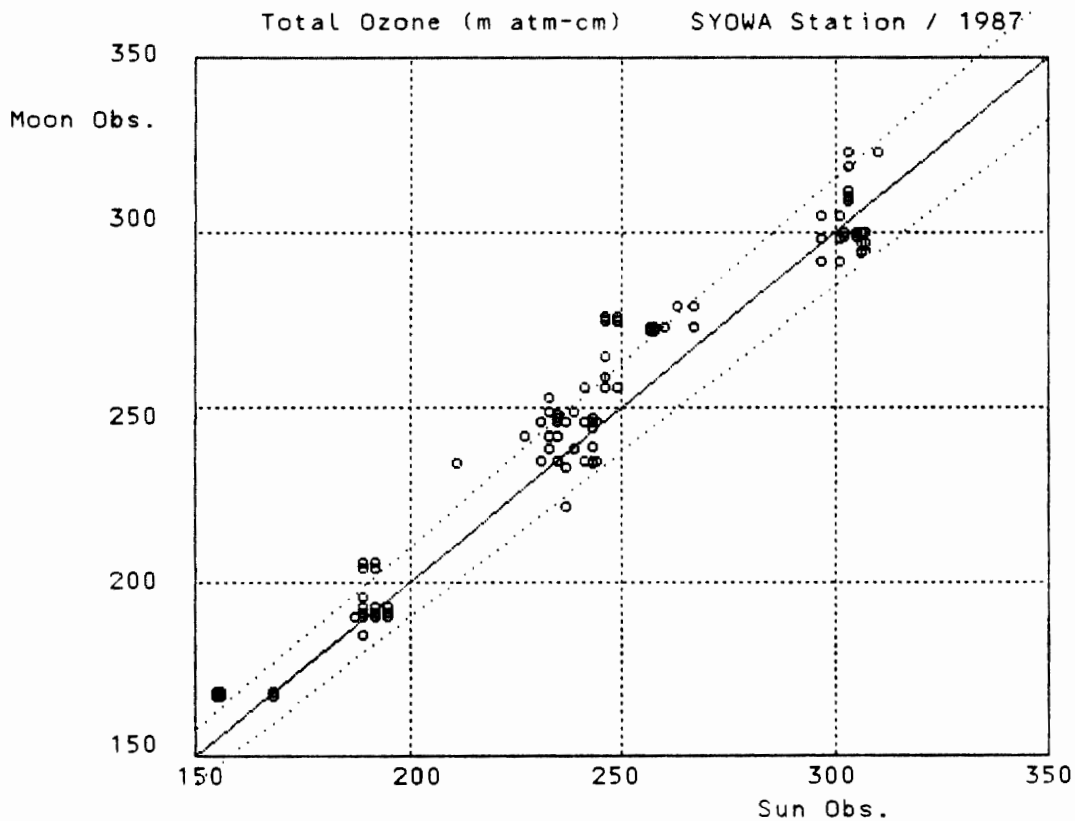


図 9 オゾン全量観測比較結果 (太陽光と月光, 図 8 のうち観測時刻差が 9 時間以内). 破線は太陽光による全量に対する差が 5% を示す.

Fig. 9. Comparisons of total ozone observations between direct sun and focused moon. Time lapse of two observations is less than 9 hours. Broken lines show 5% deviation from direct sun data.

果を示す. これらの比較では, CD 波長組および月光による全量観測値の AD 波長組による観測値との差は, それぞれ 1% と 5% 程度と見積られる. なお, 太陽光と月光の差が大きい 8 月から 9 月にかけては, 図 8 に見られるようにオゾン全量は夜間に大きく, 日変化があることも考えられる.

## (2) 反転観測

極域では太陽高度角の時間変化率が小さいので, 通常行われる反転観測に替えて, ショート反転観測を行った. これは, 太陽高度角が  $1^{\circ}$  から  $10^{\circ}$  の時間帯に, A, C, D 各波長組による晴天天頂光観測を行い, オゾンの鉛直分布を地上より約 65 km までの間を 13 層に分けて推算するもので, 観測時間は日の出後約 2 時間および日の入り前約 2 時間にわたる. 太陽高度角が  $10^{\circ}$  に達しない 4 月下旬から 8 月中旬と, 太陽が沈まない 12 月中旬から 1 月上旬は観測できない.

観測結果は, 生データを世界オゾンデータセンターに送り, 全量値が 200 m atm-cm 以上のデータについて解析結果が得られている.

## (3) ゾンデ観測

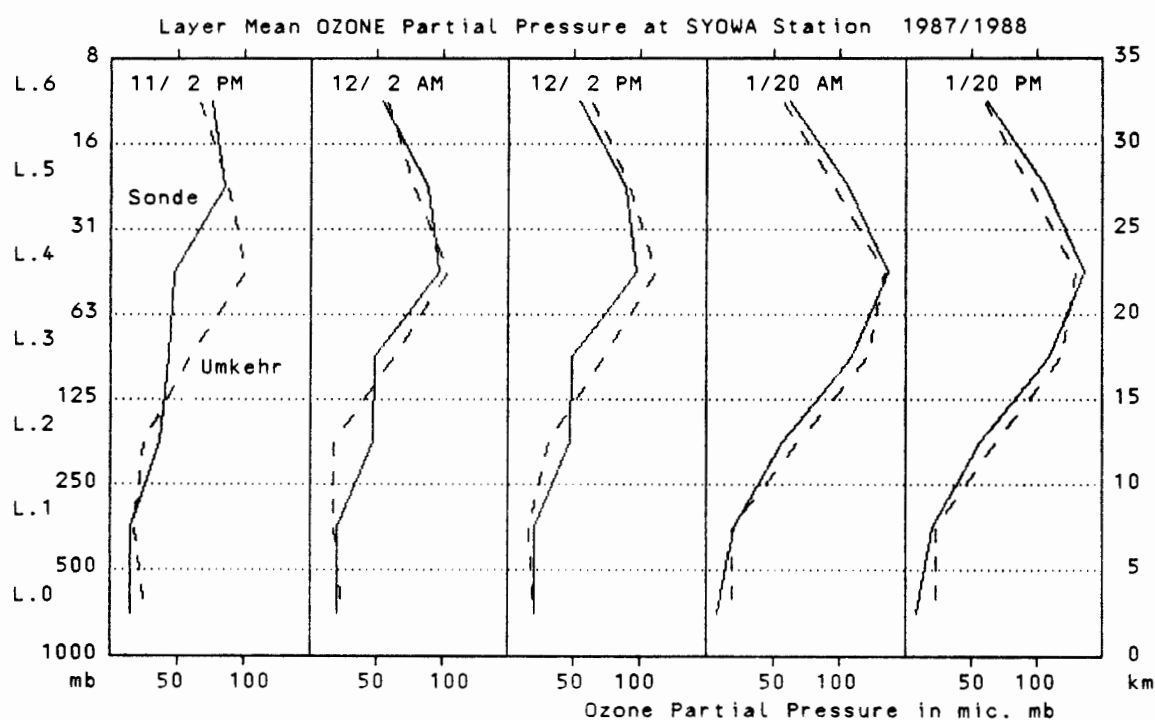


図 10 オゾン鉛直分布観測比較結果 (実線: オゾンゾンデ, 破線: 反転観測法)  
 Fig. 10. Comparisons of vertical ozone observations between chemical sonde (solid line) and short Umkehr (broken line) methods.

ヨウ化カリウム溶液によるオゾン反応電流を測定するオゾンゾンデ (RSII-KC79D 型) を用い、気圧、オゾン分圧、気温および風向、風速の鉛直分布を観測し、整理は AMOS 高層系で行った。今回は定常部門で 16 台、研究部門で 15 台の飛揚器材を持ち込み、基本観測として月 1 回、特別観測としてオゾン全量の増減に応じて追加飛揚を行った。特に、成層圏の突然昇温期である 8 月から 11 月にかけて集中的に飛揚した。

なお、2 月と 3 月にはダクシンガンゴトリ基地 (インド) との同時観測を行い、データを交換した。また、ゲオルク・フォスター基地 (東ドイツ) ともデータを交換した。

ゾンデ観測結果はドブソン全量値により校正するが、ゾンデによる鉛直分布を積算した全量値とドブソン全量値の比 (ドブソン比) はゾンデ観測の精度を示す。表 9 に示すように、反応電流異常のためデータが利用できない 2 観測を除いて、29 観測の約 2/3 は、このドブソン比が 0.9 から 1.1 に入っている。

ゾンデ観測と反転観測の同時観測例を図 10 に示す。反転観測の解析は、平均的鉛直分布をもとに推算するため、鉛直分布が通常と異なる期間は反転観測の誤差が大きいことがわかれる。

#### 4.2. 結果

図 11 に 1 年間のオゾン全量の推移を示す。2 月から 4 月にかけて約 300 m atm-cm だったオゾン全量は 5 月から 8 月にかけてやや減少し、さらに 9 月からは急激に減少して 10 月



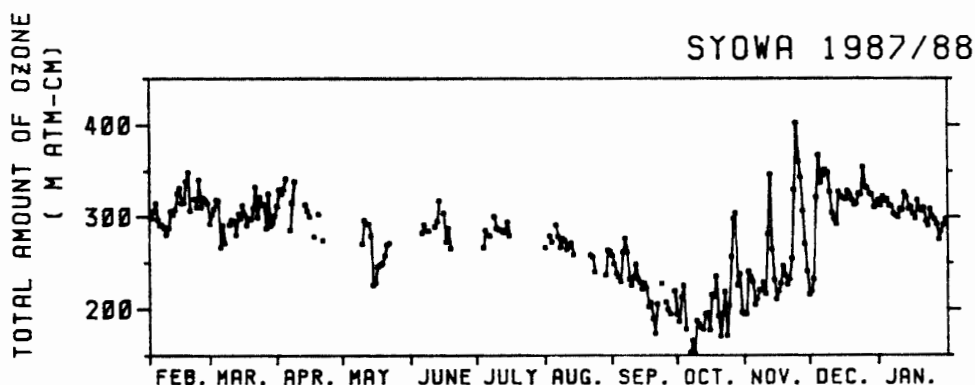


図 11 オゾン全量観測結果  
Fig. 11. Variation of total ozone.

上旬には 153 m atm-cm と昭和基地でのこれまでの最低値を記録した。10 月後半からは急増減現象がみられるようになり、12 月中旬に再び 300 m atm-cm で安定するようになった。

図 12 に 1 年間のオゾンゾンデによるオゾン分圧の鉛直分布を示す。2 月から 9 月中旬にかけて単純な 1 ピーク型の鉛直分布が、9 月下旬以降 2 ピーク型となり、この状態は 10 月末まで続いた。この 2 つのピークの間は特にオゾン分圧が減少し通常とは異なる鉛直分布となっている。11 月にはいり 2 ピーク型はくずれはじめ、全量の急増時には 1 ピーク型が見られるようになり、12 月中旬には 1 ピーク型で安定するようになった。

オゾン全量の変化を説明する要素の一つとして圏界面高度があげられる。成層圏で太陽紫外線により生成されるオゾンは緯度的には赤道付近でもっとも多い。このオゾンは成層圏循環により極地方に輸送されて緯度的にはオゾン濃度の差は小さくなるが、赤道に比べ極地方では成層圏の厚さが厚いため、オゾン全量は極地方で多くなる。このようなオゾン全量と成層圏の厚さとの関係は、緯度についてばかりでなく季節的にも見られる。図 13 は、レーウィンゾンデによる圏界面気圧（成層圏の厚さ）とオゾン全量の関係を示す。期間中の関係は正相関で、圏界面気圧が小さいほどオゾン全量が少ないという関係になっている。ただし 8 月から 10 月にかけてはその関係がはっきりしていない。さらに、日々のオゾン全量の変動もこの圏界面気圧との関係で説明できる。5 月 13 日から 15 日にかけて圏界面気圧は 350 mb から 180 mb と大きく変化し、成層圏の厚さは約半分となった。このときの気温とオゾンの鉛直分布（図 12）を見ると、圏界面の変化は対流圏の気温の変動に対応しており 13 日には成層圏下部であった 350-180 mb 層は 15 日にはオゾン分圧の小さい対流圏大気に入れ替わりオゾン全量も大きく減少している。

また、成層圏の突然昇温とオゾン全量の関係が古くから言われている。図 14 は、日々のレーウィンゾンデによる 30 mb 気温とオゾン全量の関係を示す。1 年のうち 8 月から 10 月にかけては負相関となっているが、その前後では正相関となっているのは興味深い。特に、11 月の急増減時に 30 mb 気温の変化があまり大きくなかったことは、これまでの例と異なっている (KANETO *et al.*, 1990)。

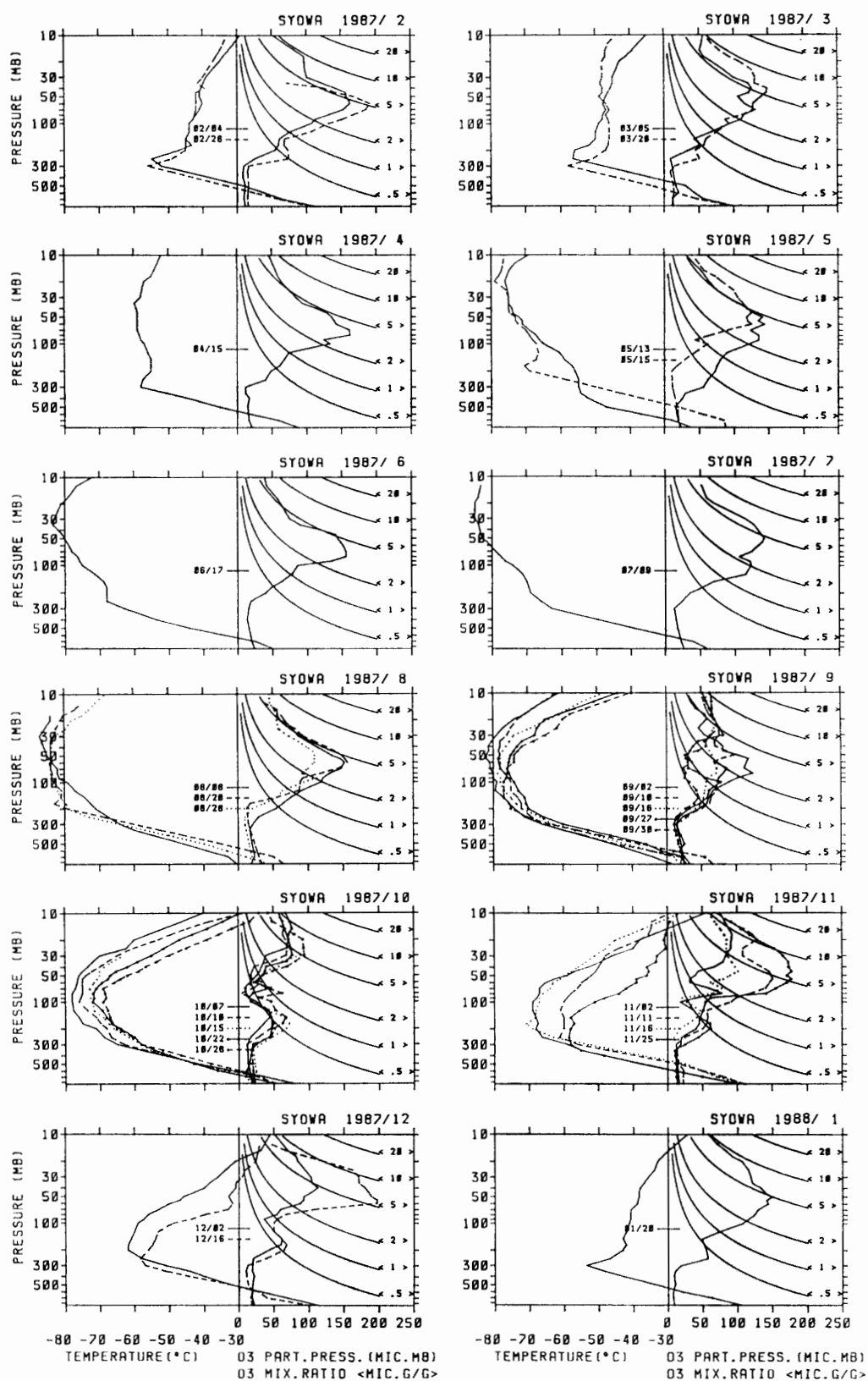


図 12 オゾン鉛直分布観測結果 (オゾンゾンデによる)  
 Fig. 12. Vertical distribution of ozone and temperature by ozone sonde.

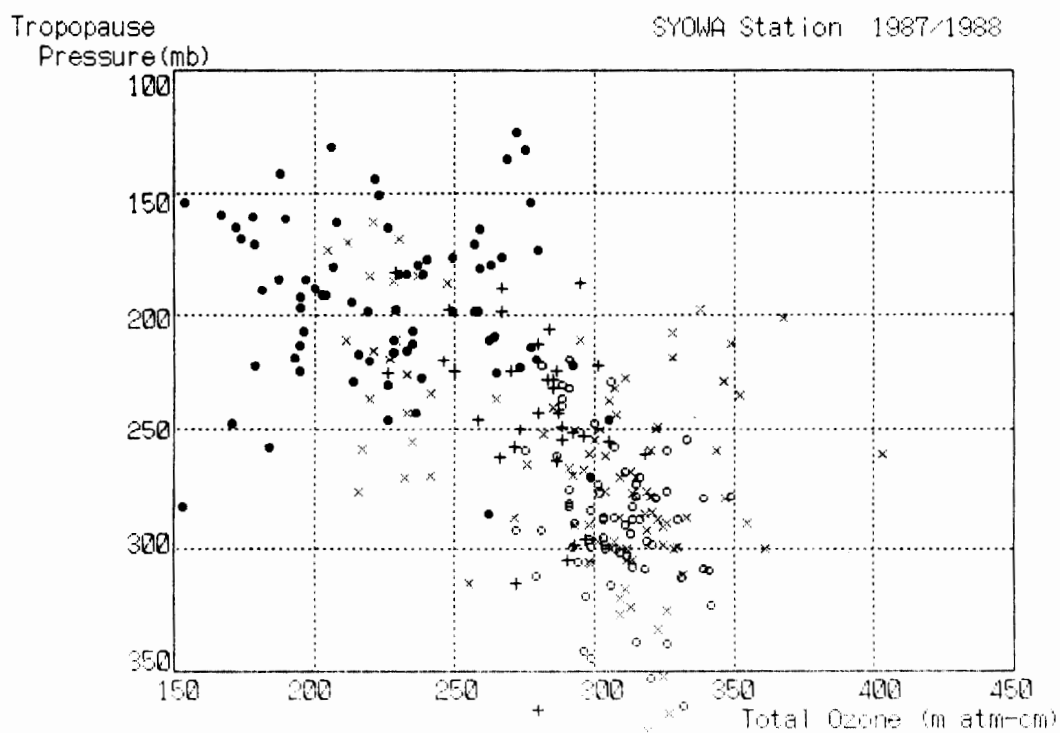


図 13 圏界面気圧とオゾン全量の関係 (○: 2-4 月, +: 5-7 月, ●: 8-10 月, ×: 11-1 月)

Fig. 13. Tropopause pressure and total ozone (○: February to April, +: May to July, ●: August to October, ×: November to January).

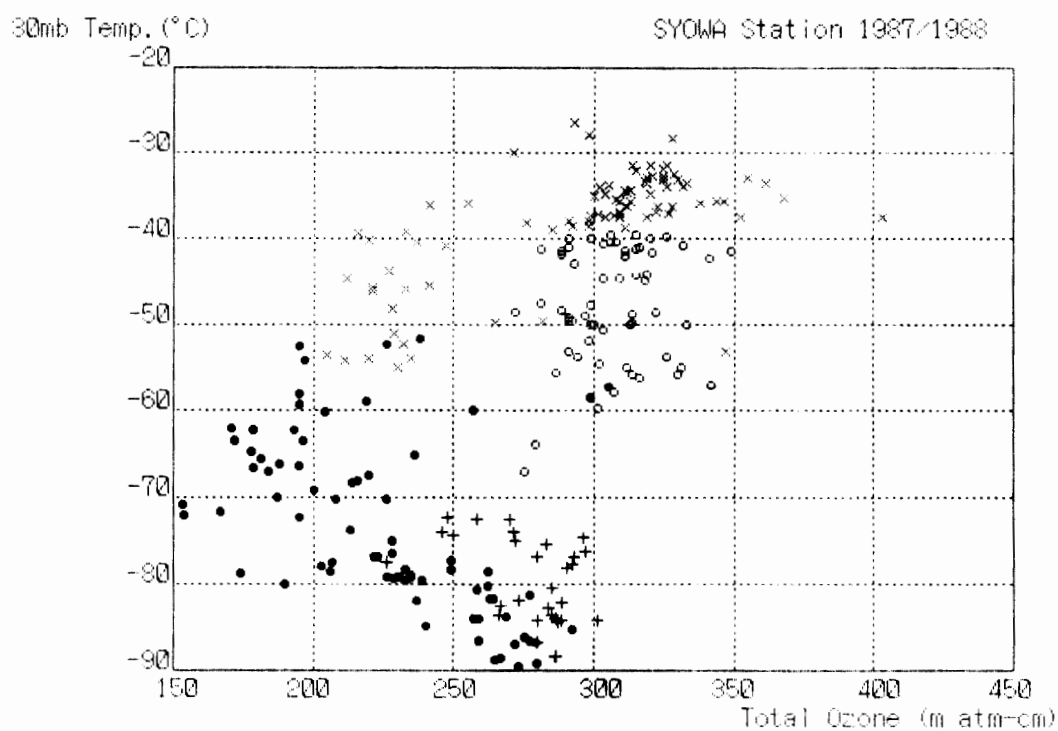


図 14 30 mb 気温とオゾン全量の関係 (マークは図 13 に同じ)

Fig. 14. 30 mb temperature and total ozone (Mark is same as Fig. 13).

1987 NOV

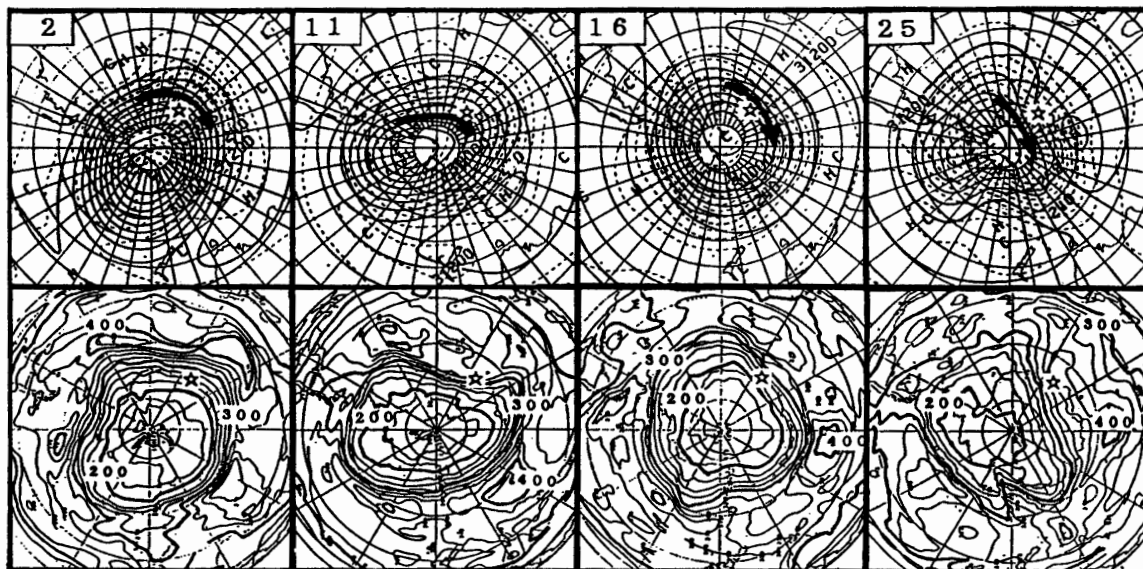


図 15 11 月の成層圏天気図 (10 mb) とオゾン全量分布図  
 Fig. 15. South hemispheric stratospheric analysis (10 mb) and total ozone by satellite in November 1987.

図 15 は、オゾン全量の変動の大きかった 11 月の南半球の成層圏天気図 (気象庁) と衛星観測によるオゾン全量分布 (KRUEGER, 1988) を示す。この期間の成層圏循環に大きな変動はなく、南緯 70° 付近はちょうど強風帯の真下であり強風軸は昭和基地の上を南北に移動していた。一方、南極大陸はオゾン全量が極端に少ないオゾンホールにより覆われているが、成層圏天気図に見られる強風軸がほぼオゾンホールの境界にあたると考えられる。この強風軸の移動に対応して、強風軸が北上し昭和基地がオゾンホールに入ったときにオゾン全量は極小値、強風軸が南下しオゾンホールの外側に出たときには極大値を観測した。

## 5. ふく射ゾンデ

### 5.1. 方法と経過

RSII-R78D 型ふく射ゾンデを用いて、気圧、上向き、下向き長波放射量 (波長域 3-40  $\mu\text{m}$ )、気温および風向、風速の鉛直分布を観測し、整理は AMOS 高層系で行った。今回は定常部門で 11 台、研究部門で 10 台の器材を持ち込み、3 月から 10 月の夜間に、基本観測として晴天時に月 1 回、特別観測として曇天時に月 2-3 回飛揚した。観測状況を表 10 に示す。

今回は、研究部門が海氷積雪面上で放射収支の連続観測を行っていたので (YAMANOUCHI, 1989)、ゾンデでも飛揚前、数分間積雪面上で観測し比較を行った。本来、ゾンデによる観測は上昇中の風の影響を計算定数に含んでいるので地上での静止状態での観測は問題があるとも思われるが、図 16 の結果ではよく一致しており、両者の差は 5% 程度と見積もられる。

表 10 ふく射ゾンデ観測状況  
Table 10. Radiation sonde observations.

月	日	最終観測点 気圧 (mb)	全層	雲量 (8分量)			地上気温 (°C)
				下層	中層	上層	
3	23	15.6	2	1	2	1	-5.5
4	9	16.8	8	1	7	X	-5.4
4	24	18.5	1	1	1	1	-20.2
5	7	21.6	6	1	2	5	-11.0
5	14	13.8	2	0	0	2	-18.4
5	20	14.1	8	0	8	X	-16.5
5	22	409.0	7	0	7	X	-18.4
6	10	36.1	8	0	8	X	-5.7
6	17	13.0	1	0	0	1	-16.6
6	25	15.3	7	0	7	X	-12.9
7	5	14.5	8	0	8	X	-12.7
7	14	15.6	7	0	7	X	-13.9
7	20	17.1	1	0	0	1	-14.7
7	30	15.8	5	0	2	5	-24.3
8	6	15.9	8	0	8	X	-20.3
8	16	12.8	7	0	5	X	-16.9
8	30	16.3	0	0	0	0	-25.6
9	11	17.0	7	1	7	X	-21.3
9	19	23.5	8	8	X	X	-18.4
9	30	15.3	1	0	0	1	-15.1
10	7	14.8	1	0	1	1	-12.5

(注) 5月22日の観測は計算機操作ミスのため 409 mb 以上データなし。

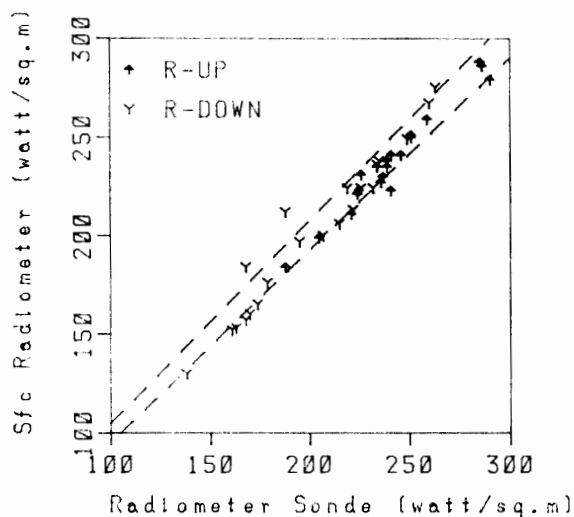


図 16 地面付近でのふく射ゾンデと放射収支計による長波放射量の観測結果。破線は放射収支計による放射量に対する差が5%を示す。

Fig. 16. Long-wave radiation near surface by radiation sonde and surface radiometer. Broken lines show 5% deviation from surface radiometer data.

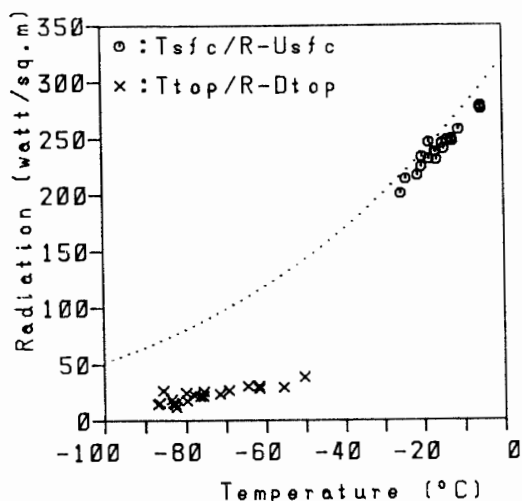


図 17 ふく射ゾンデによる長波放射量と気温の関係 (点線は黒体放射の式)

Fig. 17. Long-wave radiation and atmospheric temperature observed by the radiation sonde. Dot line shows black-body radiation equation.

## 5.2. 結果

温度と放射量の対応は、物質が黒体の場合黒体放射の式 ( $R = \sigma T^4$ ) で表される。図 17 の地上気温と地上での上向き放射（ここでいう地上は実際には地上約 2 m）の関係は、放射観測値が理論値にくらべやや少ないが、ここでの放射に対応する温度は雪面の温度で接地逆転により地上 2 m の気温より低いことが多いと考えられる。さらに、雪面の射出率は 1 よりわずかだが小さいと言われているので、妥当な傾向である。一方、図 17 では、最終観測点（約 20 mb）での気温と下向き放射量の対応も示した。上層の大気は黒体とはほど遠いので、こ

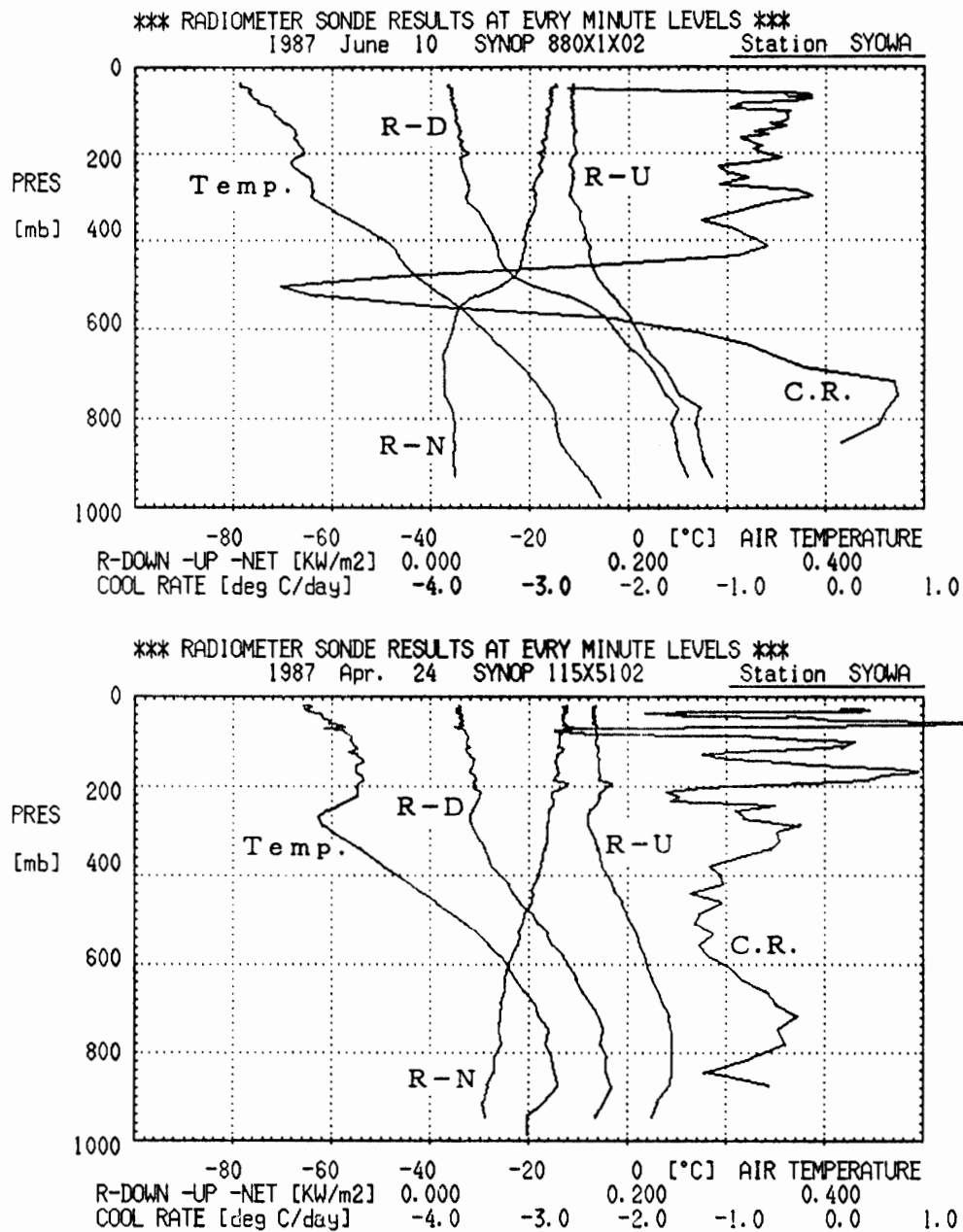


図 18 ふく射ゾンデ観測結果（上：曇天時，下：晴天時）

Fig. 18. Long-wave radiation sonde results on cloudy condition (upper) and clear condition (lower).

れは黒体放射の式とはかなり異なっているが、一定の関係はあるように見える。

晴天時と曇天時のそれぞれの観測結果の 1 例を図 18 に示す。曇天時は雲層の上下で放射量が大きく変化しており、雲より上の層では下向き放射量は晴天時と同じ程度だが上向き放射量は晴天時より少なくなっている。図 18 にはこの観測結果を基に算出した長波放射による冷却率も示してある。冷却率は正味の放射量の鉛直傾度から計算しており、正味放射量は上向きと下向きの差から求めているので誤差が大きくなりがちである。図 18 では、特に成層圏でのばらつきが大きくなっており冷却率の評価はむずかしい。一方、対流圏では、ほぼ十分な精度が得られており、晴天時には 1 K/day 程度の冷却率が、曇天時には雲頂では 2 K/day をこえる冷却、雲底下では弱い加熱を示すことが多い。

## 6. 日射観測

### 6.1. 直達日射量

直達日射量の観測は、地上気象観測法（気象庁）に準じて、波長別直達日射計（MS-52F）の素通しチャンネルにより連続観測を行った。なお、太陽高度角が小さい 5 月から 7 月は観測休止とし、測器は室内に保管し整備した。データ収録はアナログ記録器とデジタルプリンターで行い、整理は AMOS 高層系で行った。本器は 1979 年に持ち込まれて以来 8 年間にわたって使用されている。今回は、研究観測で行ったオングストローム直達日射計観測結果との比較（2 月と 12 月）にもとづいて補正を行った。また、1988 年 1 月には、第 29 次観測隊が持ち込んだ直達日射計との比較も行った。

図 19 に、1979 年以降の 12 月の晴天日の 12 時の直達日射量の経年変化を、日本国内（岩手県三陸町綾里）で行っているものと比べて示す。この間の大きな火山噴火としては、1982 年のエル・チチョンがあり、綾里ではこれに対応した変動がはっきりしている。昭和基地で

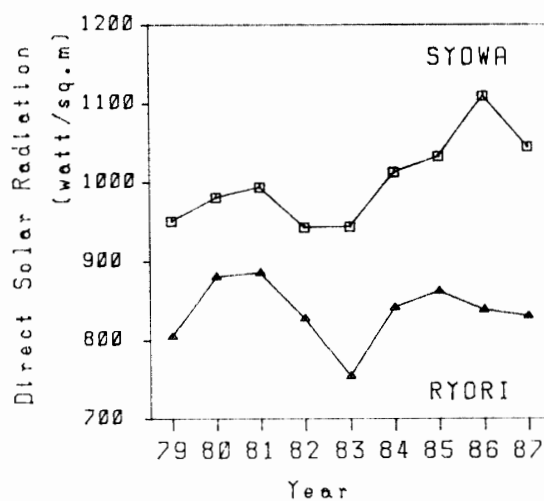


図 19 直達日射量の観測結果（昭和基地：12 月，綾里：3 月）

Fig. 19. Direct solar radiation at Syowa Station (December) and Ryori (Japan, March) from 1979 to 1987.

は、1982年から1983年にかけて減少しているものの綾里ほどではない。

## 6.2. 大気混濁度

大気混濁度の観測は、6.1節の波長別直達日射計による観測とサンフォトメータによる観測を行った。5-7月の観測休止は直達日射と同様である。

### (1) 波長別直達日射計

6.1節の素通しチャンネルに加え、広帯域フィルター (OG530, RG630, RG695) による波長別直達日射量を用いて AMOS 高層系により大気混濁度を求めた。6.1節で述べたように補正した直達日射量により求めた  $B_{0.5}$  (波長  $0.5 \mu\text{m}$  でのエアロゾルによる大気混濁度) を表 11 に示す。12月および1月は大気混濁度を求めていないが、これは観測値の不整合によるもので、原因としてはフィルターの劣化が考えられる。

### (2) サンフォトメータ

6波長の干渉フィルターを用いたサンフォトメータ (MS-110) により、各波長での大気混濁度を求めた。データ収録はアナログ記録器とパソコンで行い、整理もパソコンで行えるようプログラムの整備を行った。表 12 に、本測器の  $J_0$  定数 (大気外での機器の総合感度) を使用開始からのものを含めて示す。今期間中の変動は特に大きなものではなかった。なお、本測器は第 26 次観測隊より使用されており、 $J_0$  定数は徐々に減少している。3月初めにフィルター回転用モータが止まるようになり、点検した結果軸受けの焼き付けがあり、修理後は順調に経過した。

図 20 に 1980 年からの観測結果を示す (1980, 1984 年は研究部門による。1981-83 年は観測が行われていない)。1984 年の高い混濁度はエルチチョンの影響といわれている。なお

表 11 直達日射, 大気混濁度観測結果 (晴天日の 12 LAT)  
Table 11. Direct solar radiation and Schuepp turbidity coefficient ( $B_{0.5}$ ) on clear day at 12 LAT.

年/月	1987/2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1988/1
直達日射量 ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	910	855					742	833	962	1031	1042	1035
sec Z	2.00	2.78					4.80	3.20	2.11	1.56	1.44	1.49
大気混濁度 ( $B_{0.5}$ )	.010	.009					.021	.032	.016	.020	—	—
観測日数 (day)	2	3					2	5	2	3	15	11

sec Z: 太陽天頂角の正割, 大気路程に相当する。

表 12 サンフォトメータ  $J_0$  定数  
Table 12.  $J_0$  constant for sunphotometer.

期 間	データ数	波 長 (nm)					
		938	862	778	675	500	368
1985. 2. 3- 3.19	7	6.07	3.81	2.58	2.63	4.79	5.57
1986. 1. 1- 1.31	16	4.90	3.26	2.26	2.07	4.43	5.68
1987. 1. 1- 3.10	29	4.62	3.15	2.15	2.01	4.39	6.05
1987. 8. 30-10.31	11	5.21	3.05	1.97	2.19	4.24	5.55
1987. 11. 1-11.22	6	4.55	2.84	1.86	2.05	3.92	5.10
1987. 11. 28-12.31	29	4.38	2.96	1.93	2.14	4.10	5.33



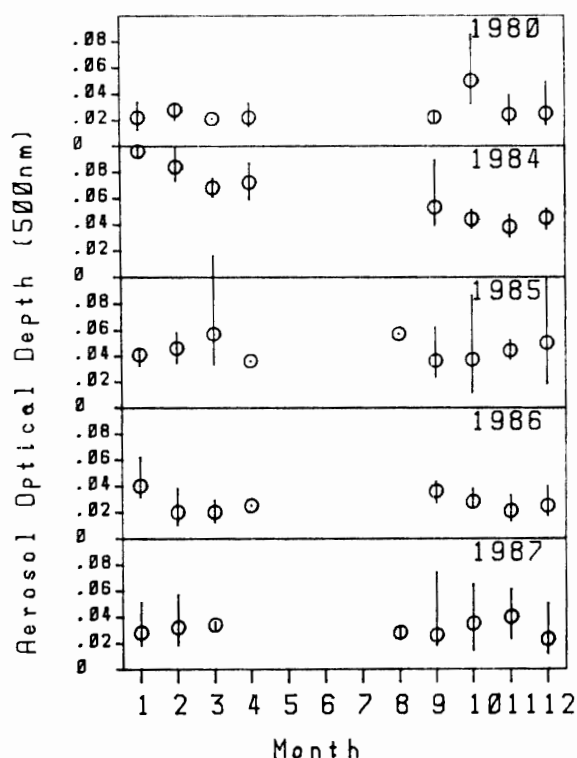


図 20 サンフォトメータ観測結果 (丸は月平均, 棒は月最大および最小. 1981-1983 年は観測なし)

Fig. 20. Sunphotometer observation from 1980 to 1987 (circle: monthly mean, solid line: monthly maximum and minimum; no observations from 1981 to 1983).

例年, 9 月から 10 月にかけて月内の変動が大きい傾向が見られる。

### 7. ロボット気象計観測

大陸沿岸のとつぎ岬 (標高 15 m) と大陸上の S16 (標高 500 m, 海岸から 10 km) に, 高層気象観測で使用するレーウィンゾンデを改造したロボット気象計を設置して, 気温と風速を 1 日 2 回 (11, 23 GMT) 定時観測したほか, 旅行隊などの必要に応じ随時観測した. S16 気象計は電池の交換を 6 月 21 日, 8 月 21 日, 11 月 11 日, 1 月 19 日に行い, 気温センサーの故障を除きほぼ連続的に観測できた. とつぎ岬気象計は 7 月 3 日に開設し, 11 月 11 日に閉鎖した.

気温と風速の定時観測結果を, 今回越冬観測を開始したあすか観測拠点 (南緯  $71^{\circ}32'$ , 東経  $24^{\circ}08'$ , 標高 931 m) での結果 (YAMANOUCHI, 1988) を含めて, 図 21 に示す. 各地点とも変動の様子はよく似ている. とつぎ岬は大陸岸であり気温は昭和基地とほぼ等しいが, 風速はカタバ風の影響により昭和基地よりはるかに強い. S16 は, その高度が昭和基地とあすか観測拠点のほぼ中間で, 気温はこの高度にほぼ対応しており, 風速はカタバ風によりあすか観測拠点に近い. 各地点間の気温差は, 昭和基地ととつぎ岬はほぼ同じ, 昭和基地と S16 では 4 月から 5 月にかけて温度差が大きくなっているのが目立つ. また, S16 と

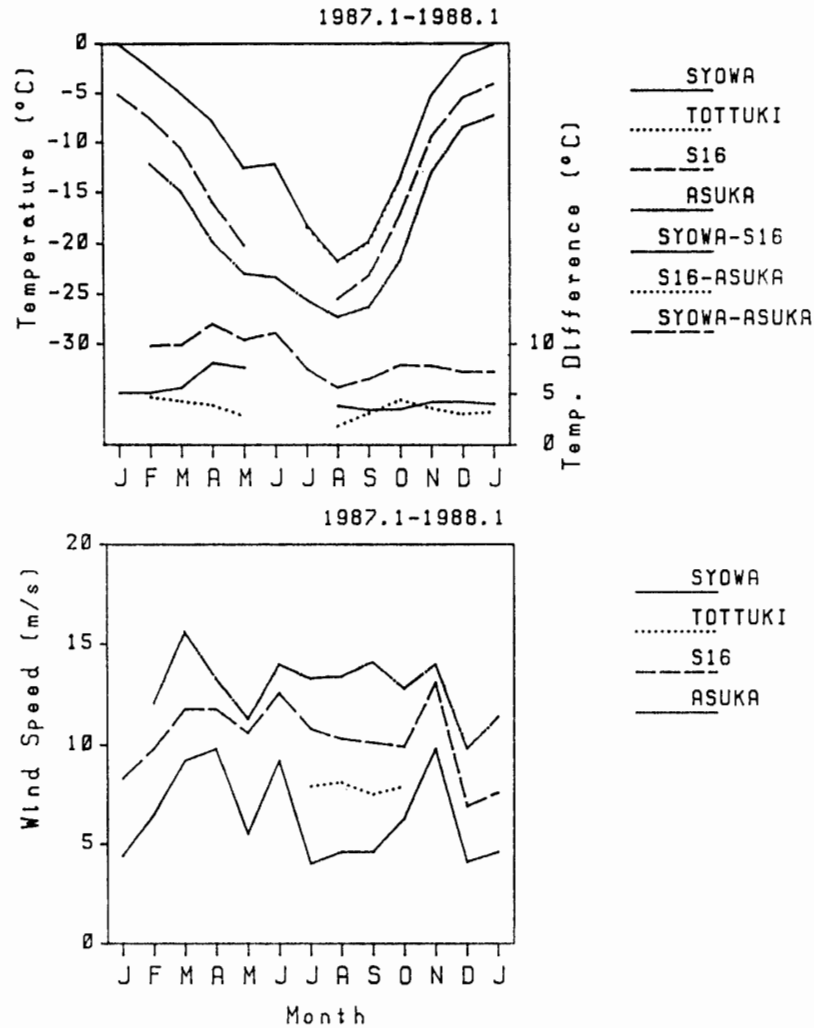


図 21 ロボット気象計観測結果と昭和基地およびあすか観測拠点観測結果の比較  
 Fig. 21. Annual variation of synoptic data received from unmanned stations compared with that at Syowa and Asuka Stations.

あすか観測拠点では気温差はほぼ一定，昭和基地とあすか観測拠点では 2 月から 6 月まで気温差が大きく 8 月から 1 月までは小さい。

## 8. 天気解析

### 8.1. 利用した資料

#### (1) 気象衛星写真

極軌道気象衛星 NOAA-9, 10 号の可視および赤外画像，1 日 3-4 枚。

#### (2) FAX 天気図

キャンペラ放送の 00, 12 GMT の地上，500 mb 実況図および 48 時間，72 時間予想図（メルボルン予想図とヨーロッパ中期予報センター (ECMWF) の予想図）。マラジョージナヤ基地（ソ連）放送の 00, 06, 12 GMT の地上実況図，00 GMT の 500 mb 実況図，1 日 1 回の気象衛星雲解析図。

表 13 気象報受信地点  
Table 13. Weather report receiving point.

89001 ST	サナエ	(南アフリカ)	89606 ST	ポストーク	(ソ 連)
89512 ST	ノボラザレフスカヤ	(ソ 連)	89611 S	ケイシー	(オーストラリア)
89524 S	あすか	(日 本)	89642 S	デュモン・デュルビル	(フランス)
89532 ST	昭和	(日 本)	89657 S	レニングラートスカヤ	(ソ 連)
89542 ST	マラジョージナヤ	(ソ 連)	89050 S	ベリングスハウゼン	(ソ 連)
89564 ST	モーソン	(オーストラリア)	89052 S	アルツォフスキイ	(ポーランド)
89571 S	デイビス	(オーストラリア)	89132 S	ルースカヤ	(ソ 連)
89592 S	ミールヌイ	(ソ 連)	89002 S	ゲオルク・フォーン・ノイマイヤー	(西 独)

S: SYNOP (地上気象報), T: TEMP (高層気象報)

### (3) モーソン基地からの無線通信情報

地上気象報 16 地点, 高層気象報 6 地点 (表 13), 南半球地上解析報 1 日 2 回 (メルボルン解析), 気象衛星雲解析報 1 日 1 回 (マラジョージナヤ基地解析).

### (4) ロボット気象計

S16 およびとつつき岬のロボット気象計による風速と気温の定時および随時観測結果.

## 8.2. 経過

地上気象報のうち, サナエ, ノボラザレフスカヤ, あすか観測拠点, 昭和基地, マラジョージナヤ, モーソンについて時系列図を作成した. 高層気象報は昭和基地について時系列断面図を作成した. 南半球地上解析報は, 西経 90° から東まわりに東経 90° までの範囲で解析された高低気圧について時系列表を作成した. 気象衛星雲解析報も同様の範囲で解析されたり中心について時系列表を作成した.

以上のほか, 衛星写真などにより大きなじょう乱の追跡は可能であったが, 高緯度であるため日本付近の温帯低気圧とは異なる天気変化となることもあり, 航空オペレーションや大陸旅行時の予報が十分に行えると言わねには行かなかった. なお, 11 月から 12 月にかけて宇宙系研究観測部門が行った極域気球周回実験 (PPB) 時には, 成層圏 (10-30 mb) の気象情報を提供した.

無線通信情報は, これまで通信棟の ARQ 受信機によるプリント出力を使用していたが, 今回, ARQ 信号をオンラインでパソコンに伝送するシステム (信号変換部に TOHNO, 0-777 を使用) を導入し, データの処理, 蓄積が容易となった. このシステムにより取得したデータは, 地上気象報 16 地点 3 時間ごと, 高層気象報 6 地点 12 時間ごと, 南半球地上解析報 12 時間ごと, 気象衛星雲解析報 1 日 1 回である.

1987/1988

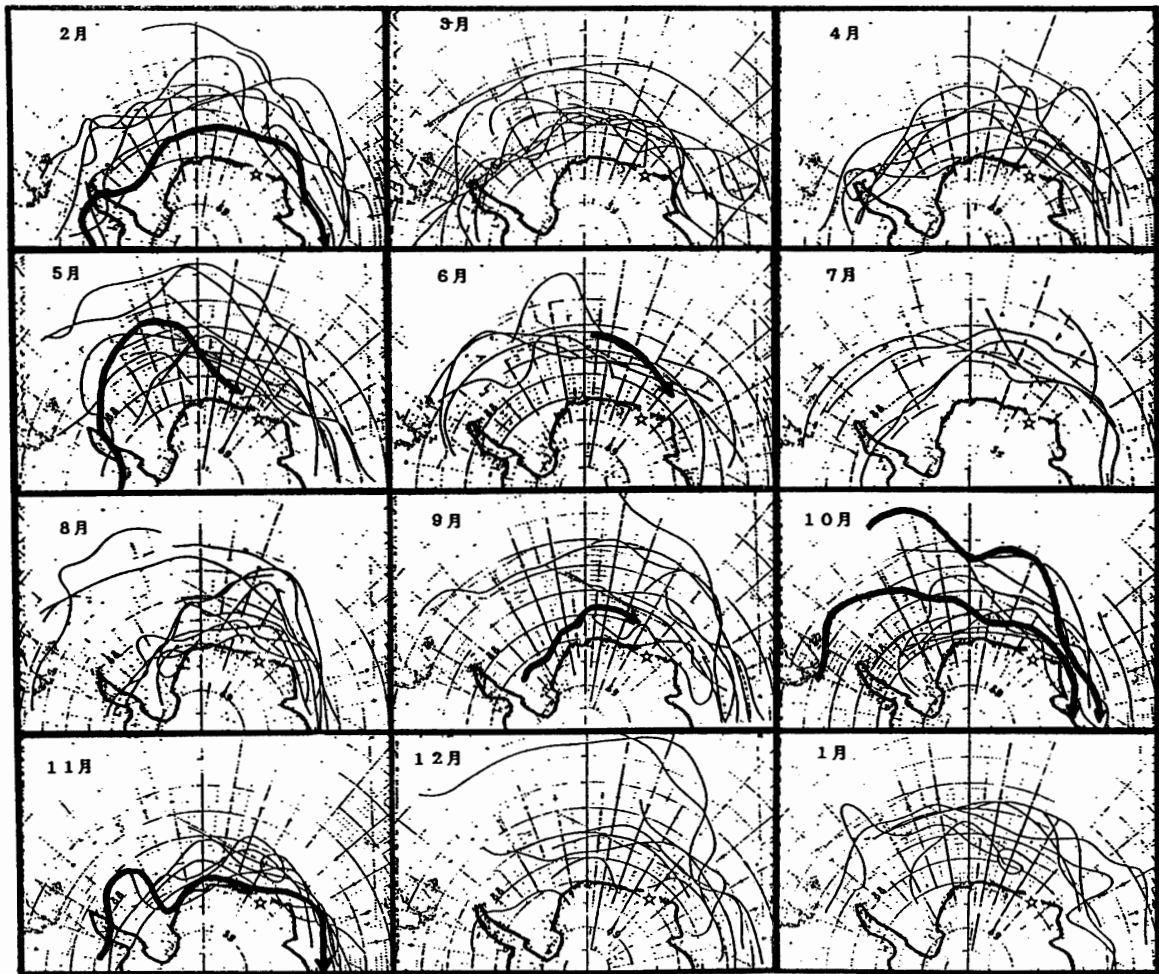


図 22 低気圧経路 (太線は昭和基地にブリザードをもたらしたもの)

Fig. 22. Routes of depressions passing over the northern area of Syowa Station.  
Thick lines show the cyclone that brought blizzard to Syowa Station.

### 8.3. 低気圧経路

図 22 に、昭和基地沖合を通過した低気圧の経路を、南半球地上解析報 (メルボルン解析) により示す。

昭和基地にブリザードをもたらした低気圧の経路は、10月の低緯度からのほかはいずれも南極半島付近からとなっている。中でも5月末から6月初めにかけての低気圧は、南極半島付近からいったん南緯 50° 付近まで北上して発達した後、昭和基地に接近し A 級のブリザードをもたらした。

### 8.4. 極高気圧の推移

図 23 に南半球地上解析報 (メルボルン解析) による極高気圧の位置と中心気圧の 1 年間の推移を示す。1983 年の ECMWF の客観解析結果 (KAKEGAWA *et al.*, 1986) と比べると中心気圧が小さい場合が多いほか、位置について偏りがみられる (メルボルン解析では東経

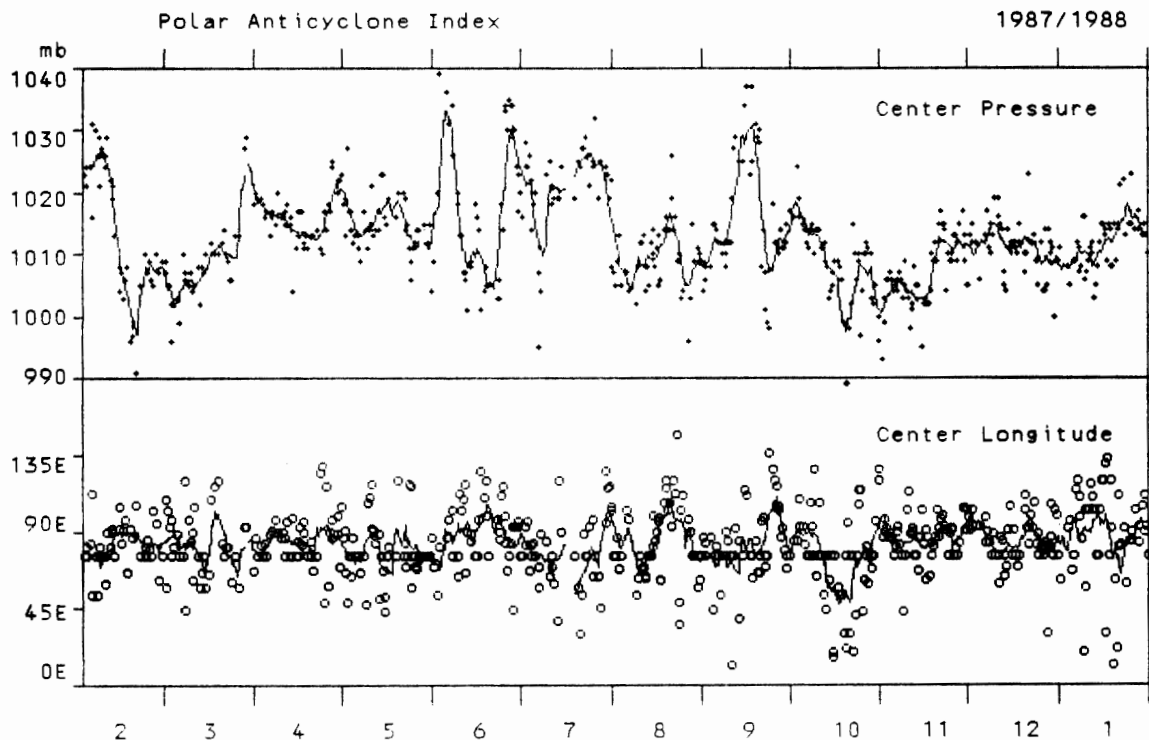


図 23 極高気圧中心気圧と位置の経過

Fig. 23. Annual change of polar anticyclone center pressure and position.

75° に集中しており、主観解析によると思われる)。もともとデータの少ない地域であり解析の精度はいずれにしてもよくはないものと思われるが、極高気圧の勢力の変動に 1-2 カ月の周期が見られるのは 1983 年と同様である。

### 8.5. 500 mb 高度場波数解析と東西指数

キャンベラ放送の南半球 500 mb 実況図により高度場の波数解析を行った。これは、南緯 50, 60, 70° における経度 15° ごとの高度値を読み取り波数解析したもので、波数 1-6 程度の波の移動、消長を推測するために行った。また、西経 30° から東経 90° についての東西指数（緯度別平均高度差）の算出も行った。

図 24 に波数 1-2 の波の 1 年間の振幅と位相を示す。アメリカ気象局 (NMC) 解析データによれば (YODEN *et al.*, 1987), 南半球の冬の水平循環には、1-2 カ月周期の季節内変動がある。1987 年の 500 mb 面での波数 1-2 の波の振幅の変動は、1983 年の ECMWF データ (KAKEGAWA *et al.*, 1986) とほぼ同じ程度で、波数 1 では 1-2 カ月周期の季節内変動が見られる。また、位相は、波数 1 では 2 月から 6 月中旬にかけてゆっくり西進していたのが、6 月中旬、7 月中旬、9 月上旬にそれぞれ位相が反転し、9 月中旬以降はほぼ東半球に谷が停滞した。波数 2 では 2 月から 6 月中旬までは東進から停滞、6 月中旬から 8 月中旬までは西進、8 月中旬から 10 月中旬までは東進、その後はほぼ停滞している。なお、波数 1 の位相の反転時にはその振幅が小さくなっているが、このとき波数 2 の振幅や位相に大きな

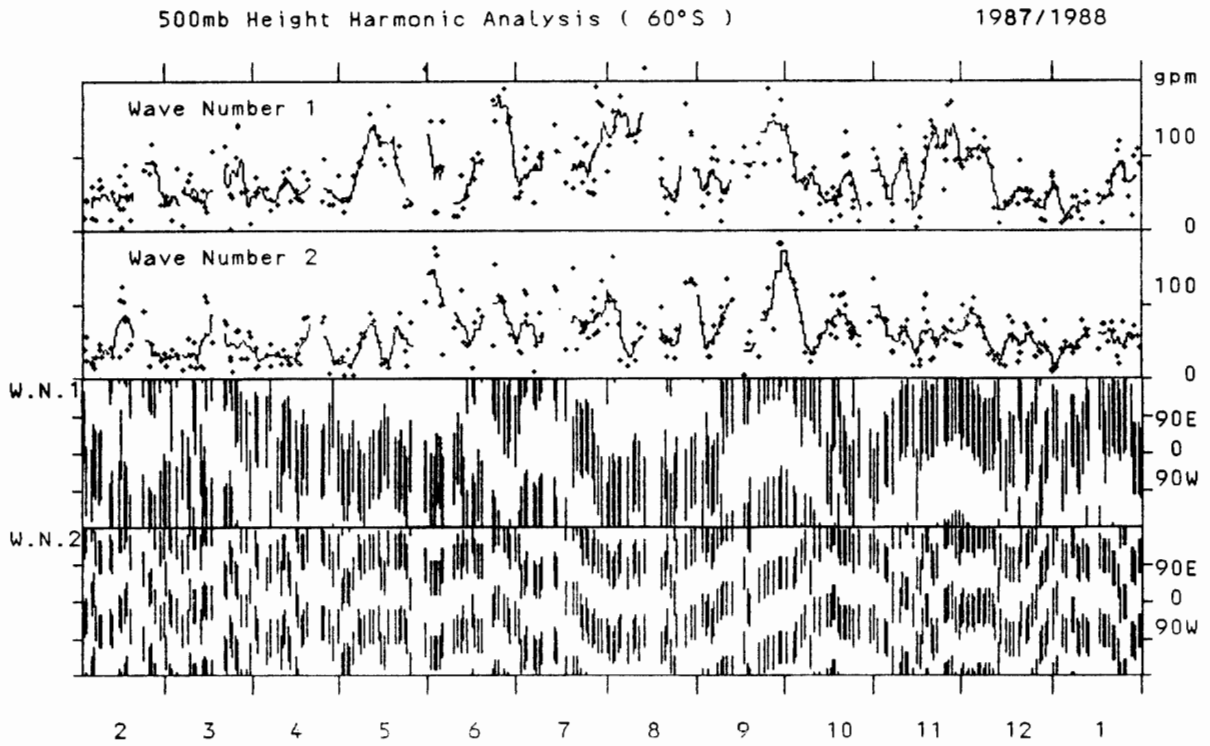


図 24 500 mb 高度場波数解析結果. (1) 振幅, (2) 位相 (負位相を線で示す).  
 Fig. 24. Wave analysis of 500 mb height. (1) Amplitude. (2) Position (line shows negative phase).

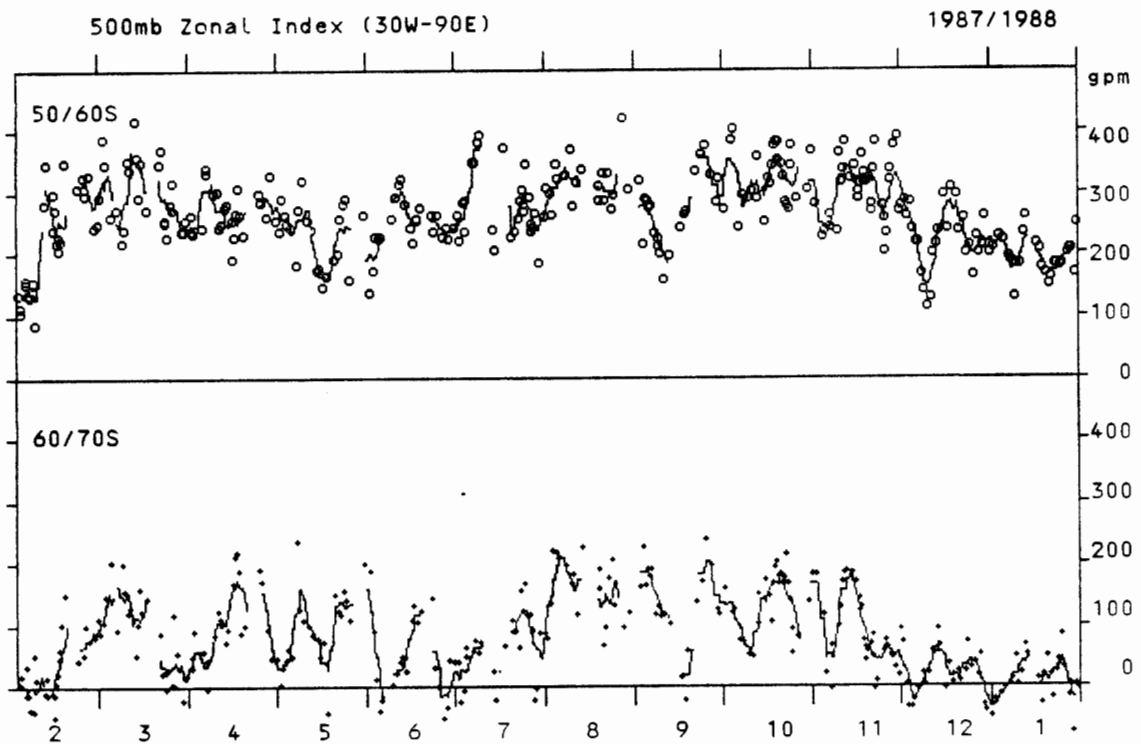


図 25 500 mb 東西指数の経過  
 Fig. 25. Annual change of 500 mb zonal index (0°-90°E).

変化は見られない。

図 25 には昭和基地沖での東西指数の推移を示す。年間を通して南緯 50/60° が 60/70° より大きく強風帯となっている。南緯 50/60° および 60/70° とも、中緯度帯で見られる大きな季節変化はなく、12 月から 1 月にかけて低指数が続く程度で、変動の大部分は冬の季節内変動である。YODEN *et al.* (1987) によれば、昭和基地沖（インド洋）での水平循環の季節内変動は太平洋に比べ大きくないが、図 25 では 50/60° では 1-2 カ月の、60/70° では 20 日程度の周期が見られそうである。

昭和基地では、6 月中旬から 9 月中旬にかけてブリザードがなかったが、この期間の 500 mb 高度場の特徴は、波数 1 ではこの期間の始めと終わりに加え 7 月中旬に位相の反転が見られ、東西指数では、60/70° で 6-7 月の低指数が目立っている。

### 謝 辞

昭和基地での気象定常観測を行うにあたり、昼夜業務に対する配慮および種々のご協力をいただいた大山佳邦越冬隊長（国立極地研究所）はじめ第 28 次越冬隊員各位にあらためてお礼を申し上げます。

なお、気象庁予報部加藤芳夫氏には気象データ伝送システムの作成に協力いただき、同じく岩崎俊樹氏には成層圏天気図を提供していただいた。国立極地研究所山内恭氏には放射収支のデータを提供していただいた。また、この報告をまとめるにあたり気象庁観測部林則雄氏と塚村浩二氏にご指導いただいた。ここに厚く感謝の意を表します。

### 文 献

- JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY (1989): Meteorological data at Syowa Station in 1987. *Antarct. Meteorol. Data*, **28**, 290 p.
- KAKEGAWA, H., YASUNARI, T. and KAWAMURA, T. (1986): Seasonal and intra-seasonal fluctuations of polar anticyclone and circumpolar vortex over Antarctica. *Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue*, **45**, 19-29.
- KANETO, S., YAMAMOTO, A., OGIHARA, H., SUGAWARA, H. and YAMANOUCI, T. (1990): Ozone observations at Syowa Station from February 1987 to January 1988. *Proc. NIPR Symp. Polar Meteorol. Glaciol.*, **3**, 1-14.
- KOMHYR, W. D. (1980): Operations Handbook—Ozone Observations with a Dobson Spectrophotometer. Geneva, WMO, 125 p. (WMO Ozone Proj. Rep. 6).
- KRUEGER, A., ARDANUY, P. E., SECHRIST, F. S., PENN, L. M., LARKO, D. E., DOIRON, S. D. and GALIMORE, R. N. (1988): The 1987 airborne Antarctic ozone experiment: The Nimbus-7 TOMS data atlas. *NASA Ref. Publ.*, **1201**.
- 安田昌弘・佐藤竜二・松本崇司・金戸 進 (1980): 第 19 次南極地域観測隊気象部門報告 1978. 南極資料, **70**, 110-136.
- YAMANOUCI, T., SHIBUYA, K. and SAKAI, R. (1988): Meteorological data at Asuka Camp, Antarctica in 1987. *JARE Data Rep.*, **140** (Meteorology 21), 104 p.
- YAMANOUCI, T. (1989): Antarctic climate research data, Part 1. Radiation data at Syowa Station, Antarctica from February 1987 to January 1988. *JARE Data Rep.*, **144** (Meteorology 22), 193 p.
- YODEN, M., SHIOTANI, M. and HIROTA, I. (1987): Multiple planetary flow regimes in the Southern Hemisphere. *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, **65**, 571-586.

(1989 年 10 月 6 日受付; 1990 年 1 月 16 日改訂稿受理)