

第 15 次南極地域観測隊気象部門報告 1974

鈴木剛彦*・安富裕二*・林 則雄*・篠原健夫*

Meteorological Observations at Syowa in 1974 by the 15th
Japanese Antarctic Research Expedition

Takehiko SUZUKI*, Yuji YASUTOMI*, Norio HAYASHI* and Tateo SHINOHARA*

Abstract: This paper states the results of the meteorological observation carried out by the 15th JARE in 1974 at Syowa Station.

In accordance with the recommendation by WMO (World Meteorological Organization), surface observations were carried out every three hours from February 1 and aerological observations carried out twice a day from March 1 in 1974. The new type hydrogen generator, which resolves ammonium into hydrogen and nitrogen, was set up and the mixed gas was stored in the tank, from which balloons could be filled up anytime.

Meteorological characters of the year 1974 are as follows;

- 1) In May the Indian Ocean High had great influence over the Antarctic Ocean, and the barograph recorded 1025.0 mb on the 27th.
- 2) In June, November and December the fine weather lasted for a long time. In November the percentage of possible sunshine attained to 75% and the number of clear days was 16.

The results of ozone sonde (KC-68) observations showed that in the stratospheric sudden warming phenomena the temperature rise is closely related with the ozone-density increase.

Observations of the total amount of ozone were carried out with the ozone spectrophotometer.

The turbidity of the atmosphere was also calculated by means of the pyrhelimeter and filter technique.

要旨: この報告は第15次南極地域観測越冬隊気象部門が、力点をおいて行った業務とその主な成果を述べたものである。

気象観測については、世界気象機構(WMO)の勧告にしたがって、3時間毎の地上気象観測を1974年2月1日から、1日2回の高層気象観測を同年3月1日から、定常的に実施した。

今回導入された新しい施設は、アンモニア分解ガス発生装置と10立方メートルの水素ガスタンクとである。

第15次越冬観測期間中、特記される気象の概況は次の通りである。

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

1) 5月にインド洋高気圧が南極大陸付近にまで張り出してきたため、自記気圧計では27日に、1025.0 mb を記録した。

2) 6月、11月、12月は好天が続き、特に11月には、日照率75%にまで達し、晴天日数も16日を数えた。

気象観測に関連したものとして、

1) オゾンゾンデ観測の結果から、突然昇温が起こっている高さ、オゾン密度最大の高さとが一致していることが判明した。

2) 新たにオーバーホールしたオゾン分光光度計(島津 No. 5706)を搬入して、オゾン全量観測を行った。

3) 三種類のショットフィルターを備えた直達日射計を使って、大気混濁度の測定を行い、昭和基地を全球的なバックグラウンド汚染基準観測点として整備する場合の予備的調査を行った。

1. はじめに

第15次南極地域観測越冬隊気象部門は、1974年2月1日に第14次隊より業務を引き継ぎ、1975年1月31日までの一カ年間観測を行った。

かねてより、世界気象機構(WMO)から勧告されていた地上気象観測1日8回と、高層気象観測1日2回が第15次隊で実現し、地上気象観測は2月1日から、高層気象観測は3月1日から開始した。これによって、昭和基地における気象観測はオールワッチとなった。

1日2回の高層観測を実施することに伴い、水素ガスタンクの設置と新アンモニア分解ガス発生装置(以下新ガス発生機と称す)の設置を行い、2月末より運転を開始した。新ガス発生機は、初期故障が多く発生し、順調に運転できるようになるまでには、かなりの時間を要した。

オゾン全量観測は、測器のオーバーホールのため一年間休止していたが、新たに搬入したオゾン分光光度計(島津 No. 5706)を用いて観測を再開した。測器がオーバーホール後間もないため、新たな補正値を決定しなければならず、そのため出来るだけ多くの観測を行った。

特殊ゾンデ観測は、放射ゾンデ観測を4月から7月にかけて7回、オゾンゾンデ観測を9月から11月にかけての成層圏昇温期に10回それぞれ行った。

また、新しく3種類のショットフィルター(OG1, RG2, RG8)を装着した直達日射計を持ち込み、大気混濁度を調べるための基礎観測を行った。

2. 地上気象観測

2.1. 観測と経過

地上気象観測は、気象庁地上気象観測法に準じ、WMO観測ガイドに基づいて行った。気

圧，気温，湿度，露点温度，風向，風速および水平面日射量については，自動気象観測装置（MAMS）により全期間連続記録し，上記各要素と蒸気圧の毎正時の値は，自動気象印字装置（MAMP）によって出力した．各観測に用いた測器を表1に示す．

表1 地上観測の項目と測器
Table 1. Elements and instruments of surface observation.

観測項目	観測器
気圧	フォルトン型水銀気圧計*（電気抵抗変化を利用） アネロイド型気圧計**（ホール効果を利用） 船舶用アネロイド型気圧計**
気温	白金抵抗式温度計* アスマン型通風乾湿計
露点温度	デュセル型露点温度計* 鏡面式露点温度計**
湿度	気温と露点温度により計算*
風向・風速	風車型風向風速計*（平均値は MAMS 内で計算）
日射量	エプレイ型全天日射計* 直達日射計**
日照時間 視程・雲量・大気現象	カンベル型日照計** （日視観測）

*印は MAMS により記録され，MAMP により印字される．

**印は記録計により記録のみ．

1974年2月1日より，00，03，06，09，12，15，18，21 GMT の1日8回観測を開始した．MAMP で出力される要素に加えて，雲，視程，天気について観測し，00，06，12，18 GMT に3時間前の電報と共に，国際気象通報式によりモーション基地経由で解析センターへ通報した．その他の要素（大気光象など）は随時目視による観測を行った．

MAMS, MAMP については大きな故障はなく，軽微な故障は，そのつど調整と部品交換で修理でき，欠測はほとんどなかった．

12月25日，気温と露点温度の記録にノイズらしき記録乱れが現われた．この記録乱れは，風速が 10 m/s 以上になると顕著になったが連続せず時々現われた．発電機，送電線，信号ケーブル等を点検したが不良なところはなく，原因不明のまま正常にもどった．その後風速の記録にも現われたが，原因は不明である．

各測器や計器は設置後 10 年を経過しており老朽化が目立ったが，大きな故障もなく順調であったことは幸いであった．

2. 2. 観測結果

月別気象表を表2に，気圧，気温，風速，日照時間の旬別変化を図1に示す．

表2 月別気象表
Table 2. Monthly summaries of surface observation in 1974.

		1974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	1975年 1月
平均気圧 (海面) (mb)		991.3	983.6	984.2	987.7	989.9	990.0	986.7	996.3	980.0	983.1	991.3	994.5	992.9
平均気温 (°C)		-1.4	-3.1	-8.5	-11.0	-12.4	-16.7	-16.7	-17.7	-17.4	-14.0	-5.7	-0.8	-0.3
最高気温の極	(°C)	7.3	2.0	0.7	-3.4	-3.4	-5.8	-6.9	-4.6	-4.6	-3.4	3.7	7.0	7.6
同	起日	10	2	2	12	28	2	5	2, 6	6, 28, 31	13	7	20	
最低気温の極	(°C)	-7.8	-9.1	-22.0	-29.4	-30.3	-32.1	-37.2	-38.6	-34.4	-29.4	-14.6	-7.9	-6.9
同	起日	30	5	29	26	22	10	31	25	23	13	4	30	10
平均湿度 (%)		70	64	66	70	71	54	71	64	71	73	58	59	65
平均雲量		5.1	7.8	7.0	8.2	7.1	4.2	8.5	6.3	7.7	6.9	3.1	5.4	4.6
平均風速 (m/s)		2.1	6.3	6.1	9.2	10.7	5.4	6.5	5.3	5.9	5.7	5.0	4.4	3.3
最大風速	10分平均 (m/s)	10.9	26.8	25.2	35.1	31.1	26.5	32.3	26.3	31.2	28.9	30.2	17.9	16.1
	同風向	NNE	ENE	ENE	NE	ENE	E	NE	ENE	ENE	ENE	NE	E	E
	同起日	13	22	2	12	16	29	25	2	17	31	1	9	1, 2
	瞬間 (m/s)	14.0	33.8	31.9	42.9	39.4	33.2	40.2	34.3	38.5	35.3	34.9	22.1	21.0
	同風向	NNE	ENE	ENE	NE	E	E	NE	ESE	ENE	ENE	NE	E	E
同起日	13	22	2	12	28	29	25	4	17	31	1	9	2	
日照時間 (h)		388.0	171.1	147.9	44.9	15.2	—	(3.0)	84.0	78.9	220.0	469.7	477.2	461.7
日照率 (%)		55	35	37	17	13	—	(6)	39	23	46	75	64	65
水平面日射量 (cal/cm ²)		20068	10291	6596	1680	158	—	31	1251	4190	11299	19866	22986	20770
暴風日数	10 m/s~14.9m/s	2	13	9	11	3	8	7	9	7	2	15	13	9
	15 m/s~28.9m/s	0	7	11	11	19	10	4	9	7	10	3	5	2
	29 m/s ≧	0	0	0	4	4	0	5	0	2	0	1	0	0
	計	2	20	20	26	26	18	16	18	16	12	19	18	11
天気日数	快晴 (雲量<2.5)	6	2	3	1	3	13	0	6	2	5	16	6	11
	曇 (雲量≥7.5)	11	18	18	23	17	11	24	15	20	18	2	11	11
	雪	9	17	17	21	16	6	24	20	22	13	1	12	7
	霧	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	6

一年間の気象の概況は次の通りであった。

2月: 上旬は好天に恵まれ穏やかで、中旬、下旬はぐずついた天気が続き、雪の日が多かった。

3月: 約10日周期でザリザードがあったが比較的弱く、快晴の日は夜間の冷え込みが厳しかった。2日のザリザードは、最低気圧 962.8 mb を記録したが強くはなかった。

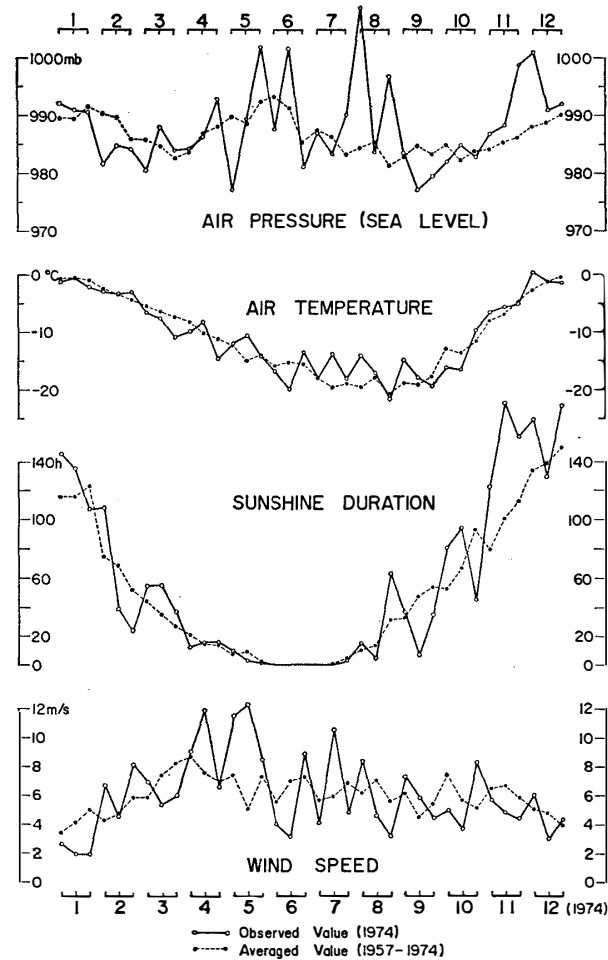


図 1 旬別気象変化図

Fig. 1. Annual variation of ten-day mean values in 1974.

4月: 2日と12日の2回強いブリザードに見舞われ, その他にも雪の日が多かった. 26日に日最低気温 -29.4°C を記録し, 4月としては基地開設以来の記録であった.

5月: 地ふぶきの日が多く, 上旬6~8日と中旬16~18日に強いブリザードに見舞われた. 下旬にはインド洋高気圧も南極海付近にまで張り出し, 27日にはMAMSの気圧記録がスケールアウトし(1,012 mb をこえたため), 自記気圧計では1,025.0 mb を記録した.

6月: 月初めと月末に弱いブリザードがあったが, 6~26日の間は天気がよく, 特に中旬の平均雲量1.9は記録的であった.

7月: ブリザードが4回あり, その他にも雪の日がほとんどで天候は悪かった. このため気温は高目に経過したが, 31日には晴れて冷え込み, 日最低気温 -37.2°C を記録した.

8月: 気圧は, 平年に比べて高目に経過し, 月初めのブリザードは1,000 mb 台で吹き荒

れた。中旬までは雪の日がほとんどであったが、月末はよい天候に恵まれた。

9月：月初めを除いては、短い間隔でブリザードが襲来し、悪天が続いた。

10月：月初めと月末にブリザードに見舞われたが、その他は好天が続いた。

11月：1日の強いブリザードで積雪が一段と増した。その後は晴天が続き、雪日数1、日照率75%、平均雲量3.1は記録的であった。

12月：雪日数は12日（平年は8日）であったが、日中は比較的天気よかった。気温は高目で上旬の平均気温 0.3°C は平年よりも 3.1°C 高かった。このため基地周辺の積雪は急速に解けた。

1月：好天に恵まれ穏やかな日が続いた。霧日数6は昨年同様多い方ではあったが、日照時間461.7は1月としては最高値であった。

観測結果からみたこの一年の特徴は次の通りであった。

1) インド洋高気圧が例年に比べて強く、しばしば南極海付近にまで張り出してきた。南極大陸の高気圧の消長とも相まって、昭和基地では5月下旬、6月中旬、8月上・下旬、11月下旬、12月上旬に気圧は平年よりかなり高目に経過した。

2) 真冬の6月の好天も大変珍しい。太陽のないどんよりした暗黒の日々を思えば、太陽こそないが、晴れ渡った明るい冬であった。

3) 真冬と同様、夏の11、12月の晴天続きも特異と思われる。11月の日照率75%、快晴日数16は記録的である。11月1日の強いブリザードで積雪は最高になったが、その後の晴天続きで、予想以上に雪解けが進んだ。

3. 高層気象観測

3.1. 観測と経過

高層気象観測は、気象庁高層気象観測指針に準じて行い、国際気象通報式によりモーンソン基地経由で解析センターへ通報した。3月1日から12GMTの観測を開始し、00GMTと併せて1日2回の観測が実現した。ゾンデの2回観測は、シノプティックスケールの現象解析にとって有効であり、今後も昭和基地は世界気象監視計画(WWW計画)のネットワークの重要な責任を果すこととなる。

観測項目および測器は表3のとおりである。1日2回の観測に伴い、ガスタンクと新ガス発生機を設置したが、トラブルが多かった。計画では、旧ガス発生機を取りはずし、新ガス発生機を設置することになっていたが、新ガス発生機にトラブルがある時のことを考え、狭い放

表 3 高層観測の項目とそのセンサー

Table 3. Elements and sensors of aerological observation.

観測項目	感 部	備 考
気 温	サーミスター 温 度 計	温度抵抗： 0°C で約 $45\text{ k}\Omega$ 遅れの係数：風速 4 m/s , 地上で 2 秒以下
気 圧	アネロイド型 気 圧 計	直径 60mm の空ごう, 材質はスミスパン, 150 接点を持つ摺動式 接点は観測要素の切り換えをかねる。
湿 度	カーボン抵抗型 湿 度 計	遅れの係数：風速 4 m/s , 気温 20°C で 15 秒以下
風向・風速	自動追跡装置 (D55B)	計算機 (WAC) で計算

搬送周波数：1680 MHz, 出力 0.5 W, パルス幅 $30\sim 50\ \mu$ 秒, 変調周波数範囲 $10\sim 200\text{ Hz}$

球棟内に二台の発生機を置いた。これが結果的には良策で、00 GMT 観測には旧ガス発生機を年間通じて使用した。

新ガス発生機のトラブルは、異常ガス圧警報装置のガスもれ、圧力スイッチの腐蝕、第一、第二減圧弁の腐蝕、フィルターの目詰まり、バルブの開閉不能、コンプレッサーのオイル流出による配管内でのオイル凍結などであった。これらの故障は、部品交換や不良部分の除去など、コンプレッサーのオイルについてはオイルトラップの新設などでどうにか解決がついた。

ゾンデのトラブルは、M型気圧計のレファレンス抜け、レファレンスとびが主で、これは空ごう気圧計の排気によるならしでほぼ解決した。

D55B 受信機は、AFC 回路、追跡制御系回路などの不調が目立ったが、そのための欠測はなかった。6月12日、アンテナ系の信号ケーブルが振動でコネクタ (J403) から脱落し、受信不能で欠測した。これは定期整備での見落としが原因であるが、思わぬ所に落とし穴があるものと痛感した。

D55B 受信機の追跡状況のチェックのため経緯儀による比較観測を 3 回行った。結果は表 4 のとおりである。パラボラアンテナは気象棟屋上に設置してあり、架台が不安定なので、追

表 4 経緯儀—D55B 比較観測

Table 4. Comparison of theodolite and D55B angle measurements.

		高度角 (度)		方位角 (度)	
月	日	差の平均	標準偏差	差の平均	標準偏差
10	16	0.02	0.26	0.12	0.25
11	7	0.07	0.40	0.38	0.52
11	23	-0.08	0.20	0.33	0.23

跡中振動が激しく、ハンチングも多いように思われた。

測風計算機 (WAC) は、製作後ほぼ10年を経過し、計算機構がトランジスタとダイオードを主とした構成のため、計算速度は遅く、時々誤計算をするようになり、更新が待たれているが、15次隊では暫定的にリコマック X822 を使用した。

冬期間のゾンデの到達高度を高めるため、従来から気球を軽油などに浸す、いわゆる油浸けが行われている。15次隊では、4月中に00GMT観測時に試験的に油浸けをし、5月から昼夜共油浸けをした。油浸けは、ゴムの劣化を早める作用があるといわれており、紫外線の影響も考慮して、昼(12GMT)飛揚の気球は9月末まで、夜(00GMT)は10月末まで行った。油浸けは、はじめ飛揚の12時間前に一回だけ行い、上層の気温が次第に下がってからは、一回目の油浸けの時間を早めて24時間前に行うと共に、回数を増して8月には合計3回の油浸けを行い、結果は良好であった。

3. 2. 観測結果

高層気象観測状況および月別指定気圧面観測値は表5と表6のとおりである。

ゾンデの1日2回の観測値をつかって、昭和基地における上高層大気の昼夜の変化について概観してみる。

夜間(00GMT)の観測値を基準として、昼間(12GMT)の観測値がどれほど違うかを月平

表5 高層気象観測状況一覧表

Table 5. Number of times and arrived heights of aerological observation.

年 月	観測回数	欠測回数	再観測	到 達 高 度			
				平均 km	平均 mb	最高 km	最高 mb
1974. 2	28	0	4	26.8	19.6	30.1	12
3	62	0	2	26.7	19.3	32.1	8
4	56	4	3	24.6	23.2	30.5	10
5	60	2	5	24.7	20.3	29.6	9
6	60	0	4	24.1	20.2	29.4	8
7	59	3	1	23.6	20.7	29.2	8
8	62	0	2	23.5	20.8	28.3	9
9	59	1	3	24.0	21.0	28.7	11
10	62	0	5	24.9	20.6	32.4	8
11	60	0	1	26.1	20.8	32.0	10
12	62	0	2	26.9	20.6	31.0	12
1975. 1	62	0	3	27.2	19.9	30.2	13
計	692	10	35				

表 6 月別指定気圧面観測値

Table 6. Monthly summaries of aerological observation in 1974.

00 GMT													
	(mb)	1974 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1975 1
高度 (gpm)	850	1140	1129	1149	1168	1149	1119	1189	1064	1107	1189	1239	1232
	500	5041	5016	4989	5010	4980	4908	4981	4859	4913	5072	5172	5186
	300	8449	8420	8356	8366	8338	8209	8298	8166	8213	8460	8616	8651
	100	15764	15593	15403	15200	14985	14731	14716	14667	14851	15417	15901	15992
	30	23885	23423	22953	22377	21916	21504	21409	21788	22427	23685	24220	24282
気温 (°C)	850	-10.0	-12.4	-15.2	-14.6	-18.0	-19.3	-19.6	-20.6	-16.4	-11.6	- 8.4	- 7.0
	500	-33.8	-34.3	-37.5	-38.1	-37.1	-41.2	-40.2	-39.9	-40.7	-34.6	-31.4	-29.5
	300	-53.5	-55.3	-55.6	-58.2	-59.5	-62.5	-62.1	-63.1	-62.4	-57.7	-52.9	-51.9
	100	-43.8	-49.4	-56.1	-63.7	-71.4	-76.0	-79.7	-73.6	-65.4	-47.7	-41.1	-40.4
	30	-41.3	-51.6	-62.2	-73.0	-80.4	-82.8	-83.8	-64.9	-49.2	-30.4	-33.6	-35.4
風速 (m/s)	850	7.5	7.8	10.1	13.1	10.0	10.2	8.9	7.8	8.5	6.3	8.2	5.6
	500	7.0	9.4	10.0	14.3	10.4	11.1	11.1	12.0	8.9	7.9	10.0	7.2
	300	12.0	16.4	17.0	20.6	13.0	15.4	15.2	17.2	12.6	12.1	11.9	10.7
	100	7.9	12.5	14.8	23.6	15.8	19.8	17.2	26.6	20.2	12.6	3.7	4.0
	30	4.6	12.1	24.2	37.8	34.2	39.4	33.8	58.0	44.5	22.7	10.9	7.3
12 GMT													
	(mb)	1974 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1975 1
高度 (gpm)	850		1130	1162	1160	1146	1122	1190	1066	1105	1199	1240	1232
	500		5028	5002	5005	4975	4919	4986	4873	4928	5094	5188	5204
	300		8453	8377	8359	8328	8229	8309	8203	8251	8497	8652	8687
	100		15671	15440	15215	14969	14752	14756	14754	14940	15496	15959	16066
	30		23569	23058	22432	21900	21527	21514	21972	22521	23795	24306	24394
気温 (°C)	850		-12.0	-15.9	-14.6	-18.2	-19.2	-19.7	-19.8	-15.5	-11.3	- 7.7	- 6.4
	500		-33.1	-37.2	-38.0	-36.7	-40.3	-39.4	-38.5	-39.4	-33.8	-30.1	-28.3
	300		-54.1	-54.8	-58.1	-60.1	-62.2	-61.4	-61.8	-61.0	-56.5	-51.8	-51.4
	100		-47.7	-55.0	-63.3	-71.5	-76.0	-78.7	-71.5	-63.6	-46.0	-40.3	-39.2
	30		-49.1	-59.3	-72.3	-80.5	-83.0	-81.6	-62.0	-48.8	-29.8	-32.7	-34.0
風速 (m/s)	850		8.4	7.2	16.2	9.2	10.4	10.2	9.8	9.5	6.8	8.0	5.8
	500		9.6	9.6	13.5	8.4	12.3	11.9	10.9	9.7	7.5	9.9	6.8
	300		17.0	14.5	18.4	11.0	17.3	14.8	17.1	13.3	11.6	12.3	10.9
	100		12.8	15.5	23.4	15.4	20.9	17.7	27.3	20.7	12.6	3.5	4.0
	30		13.0	23.6	37.1	33.4	38.5	37.0	61.6	47.0	24.1	10.2	6.6

均値で見ると、気温については図 2 となる。指定気圧面高度についてもこれと同様な変化がみられたが、それは気温変化が主要因であるということはいふまでもない。

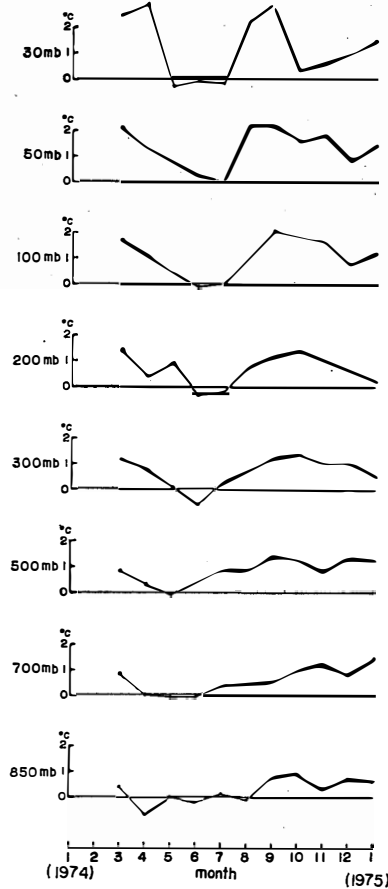


図 2 指定気圧面での昼夜の温度差

Fig. 2. Temperature differences between daytime and nighttime at the constant pressure levels at Syowa in 1974.

気温の昼夜の差についてまとめてみると、6月と12月に極小値、3月と9月に極大値がみられる。6月は各層とも差がないのに反し、12月は昼夜で 1°C 程度の差がみられる。また3月、9月には、100 mb 以上で 2°C かそれ以上の差がみられる。

このような昼夜の気温測定値の差は、特に成層圏については、日射の影響による測定誤差と実際の気温の日変化の2つが原因として考えられる。昭和基地(69°S)では、6月初めに太陽が地平線下に没し、7月上旬まで夜の期間が続く。また、12月初めに太陽が沈まなくなってから、1月上旬までは昼の期間が続く、この期間の太陽高度角には $0^{\circ}\sim 45^{\circ}$ の日変化がある。12,1月の極小期の温度差約 1°C は、00GMT (03 地方時)と12GMT (15 地方時)の太陽高度角の差約 30° が影響しているのではないと思われる。

また、3月、9月には昼夜の時間がほぼ等しくなり、成層圏大気の温度の日変化も顕著に現われるようになる。また、センサーも昼間には日射による昇温も加わって実際の気温より極

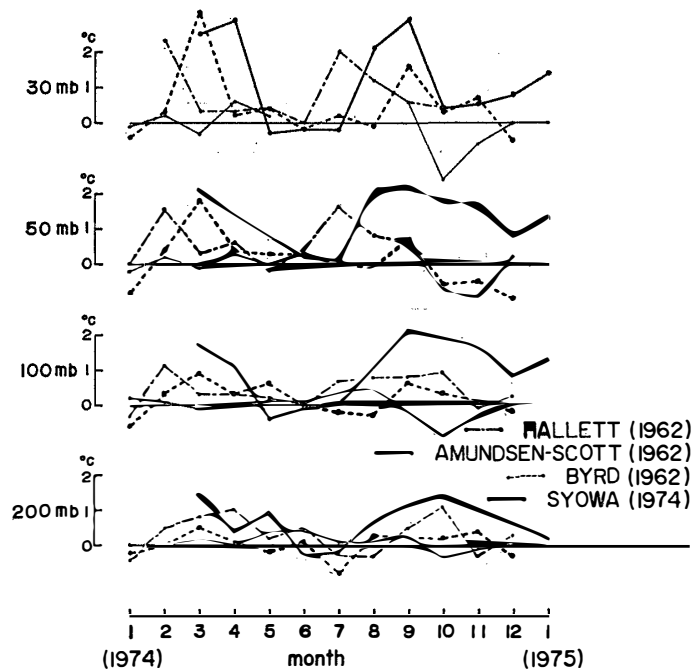


図3 昼夜の温度差 (アメリカ隊 1962年)

Fig. 3. Temperature differences at American bases in 1962.

い温度を示すであろう。これらの効果が加算されて昼夜の測定値に大きな差が生ずるのではないかと思われる。

気温測定は、ビード型サーミスタに白色の塗料（酸化アルミニウム）を塗布して、日射の影響を除いて行っているが、日射による測定誤差の見積もりは現在まで行われていない。

昼と夜の差の年間の変化を比較するために、1962年のアメリカ隊の各基地との比較を行った（図3）。アムンゼン・スコット基地（ 90.0°S ）、バード基地（ $80^{\circ}01'\text{S}$, $119^{\circ}31'\text{W}$ ）、ハレット基地（ $72^{\circ}18'\text{S}$, $170^{\circ}19'\text{E}$ ）がそれである。昭和基地の差に比べて、各基地とも差は小さい。バード基地で、3月と9月にわずかに極大がみられる程度で特徴的な変化はみられない。アムンゼン・スコット基地は、南極点にあり、一日の太陽高度角の変化はわずかであるので、差はほぼ0となる。昭和基地における昼夜の差が、日射による測定誤差で大部分占められるならば、他基地との比較が説明付けられる。しかし、一年間だけの昼夜の差から日射誤差と断定はしがたい。そのためにも、一日2回の観測が実現したことは、大変有意義なことであり、今後の資料蓄積と共に解析が待たれるところである。

4. 特殊ゾンデ観測

4.1. 観測と経過

放射ゾンデ観測は、4月から7月にかけて計7回、オゾンゾンデ観測は、9月から11月にかけて計10回行った。これらの観測のうち、6月4日飛揚の放射ゾンデのみが、高断気圧計の接点不良のため資料欠測となったほかはほぼ順調であった。

4.2. 観測結果

ここでは、オゾンゾンデの観測結果について、成層圏昇温の問題とあわせて述べる。

オゾンと成層圏昇温とのかかわりについて概観してみると、まずオゾンは高さ35 km以下では、分解の時定数が数カ月から1年であり、気塊のトレーサーとしての機能を有する(関口, 1969)。さらに、オゾン全量と成層圏昇温との相関はかなりよく対応する(SHIMIZU, 1970など)。一方、成層圏突然昇温の機構も次第に明らかにされつつあり、上方へ伝播する対流圏プラネタリー波が、重要な役割りを果していることが知られるようになってきた(MATSUNO, 1971など)。

南極昭和基地における、1974年9月23日から11月23日までの2カ月間のオゾンゾンデ、レーウィンゾンデおよびオゾン全量の観測の結果から、成層圏で昇温している高さどオゾン密度が増加している高さとの間に、密接な関係があることが示された。この期間のオゾン全量の変化を図4に示す。急激なオゾン全量の増加は、9月26日、10月7日、17日、23日、

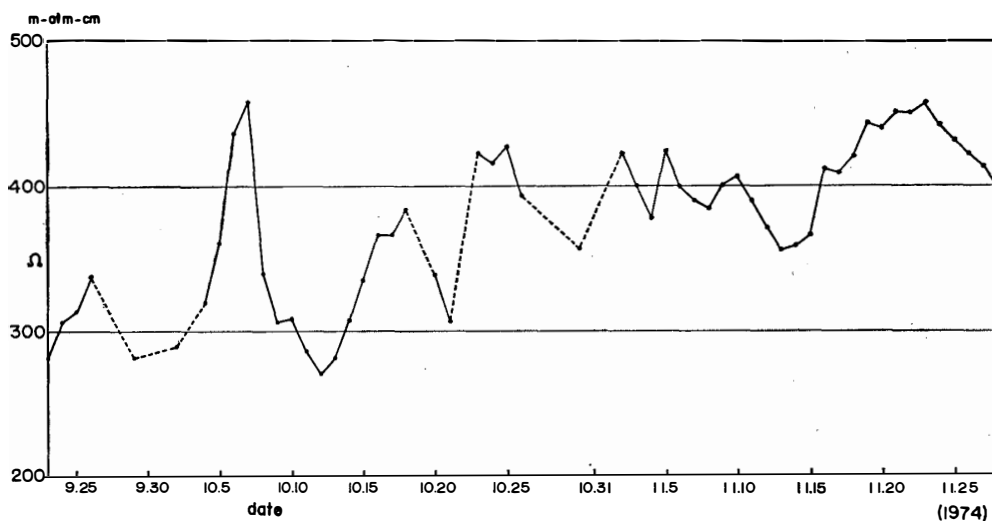


図4 オゾン全量変化図

Fig. 4. Variation of the total amount of ozone.

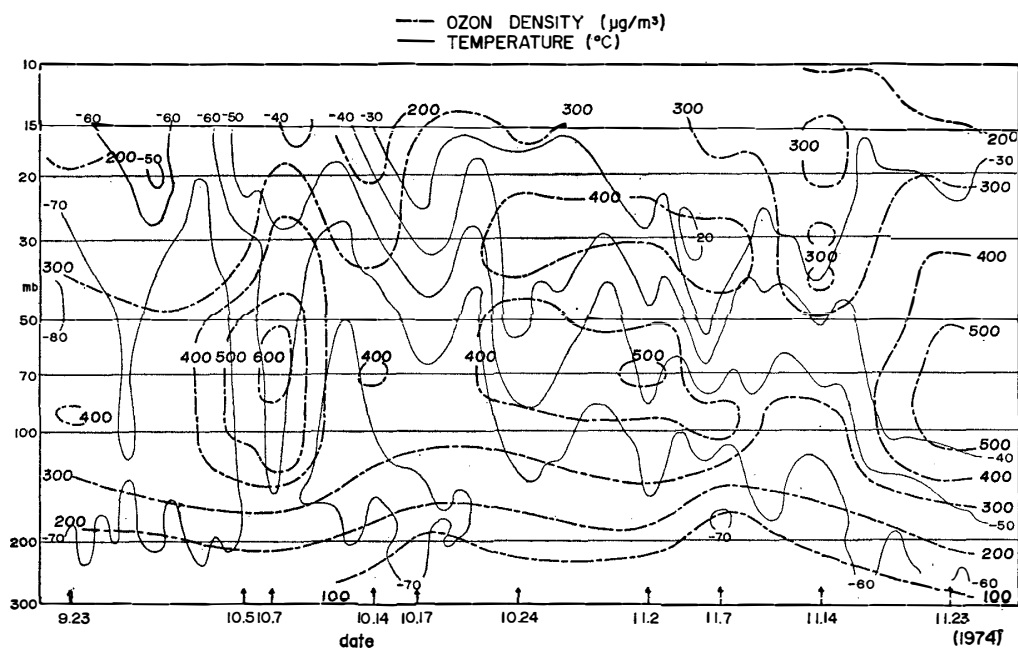


図 5 オゾン密度と気温

Fig. 5. Ozone density and temperature in the stratosphere.

11月2日、5日、16日、20日頃にみられ、それぞれに対応して成層圏で顕著な温度上昇がみられる。

オゾン密度と成層圏温度変化の合成図は図5である。図の横軸は日付で、オゾンゾンデは矢印で示した日に飛揚した。気温は細線で示し、これは毎日の03時のレーウィンゾンデの観測結果を使った。気温のデータに比べてオゾン密度のデータが少ないため、細かな変化は検出できなかったが、顕著な温度の上昇に対応してオゾン密度が増大している。たとえば、10月7日の70 mb付近、10月24日70~50 mb付近と30 mb付近、11月2日の70 mb付近と30 mb付近、11月14日40 mb、30 mb付近、および11月23日100~50 mb付近などである。成層圏は11月18日最終昇温の後、夏の状態となり、オゾン全量は大きな季節変化の波によって漸減している。オゾン全量とある高さの温度変化(たとえば50 mb、30 mbなど)との相関については、SHIMIZU (1970)の報告があるが、ある時期から急に相関が悪くなる。それは、昇温は成層圏上部から始まり、次第に下部へと波及してくるが、昇温が終了した高さでは、それ以後オゾン全量の変化に対応するような顕著な温度上昇がみられないことに由来する。たとえば20 mb面についてみると、10月24日以後にはもはや、11月2日、5日、16日、20日などのオゾン全量の増加に対応するような急激な温度の上昇はみられない。

オゾンが気塊のトレーサーであるという立場から、オゾン密度極大層における風向風速の

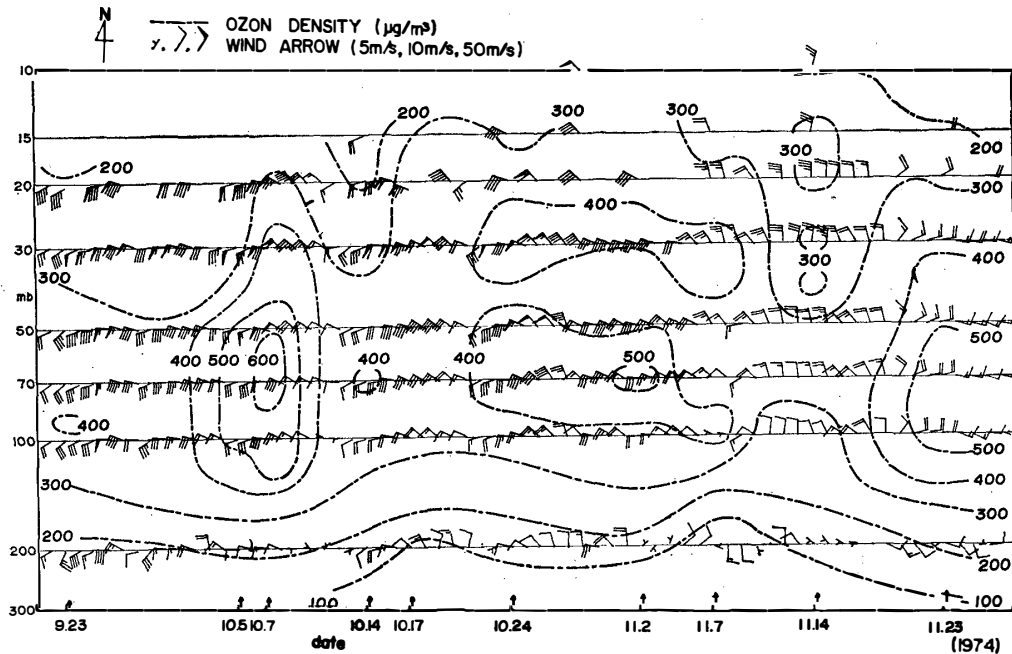


図 6 オゾン密度と風向風速

Fig. 6. Ozone density and wind in the stratosphere.

変化をみてみよう。風向風速の時系列分布を図6に示す。これによると、オゾン密度の増加に伴い、風向風速に顕著な変化がみられる。つまり、風向は WSW→WNW または NW、そして再び WSW と変化し、最終昇温期には、WSW→NW→N→NE→E と変化した。風速は、前者ではやや増加する傾向もあるが、後者ではむしろ減少する。これらは、極夜ジェットの南北方向の蛇行の強まりを示し、成層圏擾乱の通過、中緯度高圧部の張り出し、周極渦の崩壊、夏期成層圏高気圧の形成などを示している。すなわち、周極渦の弱まりに伴って北から南へのオゾンの輸送（低緯度から高緯度へ）が行われたことを示唆している。

以上、今回の観測結果についてまとめると次のようになる。

- 1) 成層圏昇温が起こっている高さ、オゾン密度が増加している高さとは一致している。
- 2) 風向風速の変化は、この時期に低緯度から高緯度へオゾンが輸送されたことを示している。
- 3) オゾン全量と成層圏昇温との相関はよいが、それは必ずしも同一の高さだけの温度変化と対応づけられるものではない。

5. 大気混濁度の測定

5.1. 観測と経過

今回、ショットフィルター (OG1, RG2, RG8) を装着した直達日射計を持ち込み、大気混濁度の測定を試みた。

観測は冬明けの10月から、太陽正中時付近の時刻に行った。また12月28日には、約2時間毎の日変化も測定した。しかしこの測器はフィルターの切り替え、太陽同期を手動で行う必要があるため、測定回数は限られたものとなった。

5.2. 測定結果

ある波長域における大気外日射量を $I_{0\Delta\lambda}$ 、レーリー散乱とオゾンによる消散係数の和を $(\bar{T}_{R\Delta\lambda} + \bar{T}_{z\Delta\lambda})$ 、太陽と地球の距離係数を S 、波長域 $\Delta\lambda$ における平均波長を λ_n 、現地気圧を b 、標準気圧を b_0 および太陽天頂角を z とする。これらの値のうち、大気外日射量、レーリー散乱とオゾンによる消散係数、距離係数は、WMO (1971) の値を引用した。また、フィルターのカットオフ波長はそれぞれ、530 nm (OG1), 630 nm (RG 2), 700 nm (RG 8) とした。

1) 絶対大気路程 M は

$$M = \frac{b}{b_0} \sec z$$

2) 全波長域における大気透過度を A とすると、入射量 I は

$$I = I_0 A^{\sec z}$$

3) エーロゾルの粒度分布に関する波長指数 α は、ある波長域における Schüepp の混濁係数を B_n として、

$$B_n = \frac{\ln \left(\frac{I_{0\Delta\lambda}}{I_{\Delta\lambda}} \cdot \frac{1}{S} \right)}{M \cdot \ln 10} - (\bar{T}_{R\Delta\lambda} + \bar{T}_{z\Delta\lambda})$$

$$\alpha = \frac{\ln \frac{B_2}{B_3}}{\ln \frac{\lambda_3}{\lambda_2}}$$

ここで、

$$B_2 \quad (630 < \lambda < 700 \text{ nm})$$

$$B_3 \quad (\lambda < 530 \text{ nm})$$

表 7 大気混濁係数の計算結果

Table 7. Calculation of the turbidity of the atmosphere.

日付 1974年	M	A	α	B_{500}	β	記事
月 日						
10 6	2.25	0.81	0.35	0.050	0.089	
7	2.19	0.81	0.24	0.044	0.086	
14	2.01	0.81	0.14	0.044	0.091	
15	2.00	0.81	0.65	0.046	0.068	
11 4	1.84	0.81	0.65	0.042	0.061	
6	1.70	0.80	1.02	0.042	0.048	
7	1.80	0.80	1.21	0.042	0.042	
9	1.61	0.79	0.83	0.048	0.062	
11	1.58	0.79	1.35	0.047	0.043	
22	1.50	0.79	0.79	0.064	0.085	
12 3	1.48	0.77	1.41	0.044	0.038	薄い Ci
4	1.46	0.78	1.00	0.053	0.061	
10	1.45	0.78	1.07	0.052	0.057	
1974年12月28日の日変化						
時刻	M	A	α	B_{500}	β	記事
時 分						
9 20	1.63	0.78	0.58	0.056	0.086	
11 30	1.43	0.78	1.47	0.046	0.038	
13 20	1.43	0.78	1.03	0.050	0.056	
16 30	1.87	0.80	0.03	0.042	0.094	薄い Ci
18 30	2.72	0.83	0.27	0.036	0.068	
20 30	4.91	0.87	-0.20	0.016	0.044	

4) 波長 500 nm における Schüepp の混濁係数 B_{500} は,

$$\ln B_{500} = \alpha \left\{ \ln \left(\frac{\lambda_2}{500} \right) \right\} + \ln B_2.$$

5) Ångström の混濁係数 β は $\beta = B_n \cdot \ln 10 \cdot \lambda_n^\alpha$.

計算結果の一覧表を表 7 に示す.

これらの値を岩手県綾里にある気象ロケット観測所における大気バックグラウンド汚染観測で試験的に求めた値 (一木, 1975) と比較すると, B_{500} では約 1/3, β については約 1/2 程度であった. (綾里における値は, 1975年8月1日から31日までの平均で, $B_{500}=0.147$, $\beta=0.125$ である.)

β の値は、0.1 以下ではかなり透明、0.2 以上でかなりかすんだ状態であることを示しており、昭和基地での値は、南極の空がかなり透明であることを示している。

大気中のエアロゾルの発生源は、自然活動によるものと、人間活動によるものとに分けられるが、後者のいわゆる人工的な大気汚染の度合の低い南極地域において現状を把握し、今後の汚染の進行状態をモニタリングする必要がある。

今回の測定は試験的なものであり、今後測器の自動化と共に、観測体制の確立が望まれる。

6. お わ り に

一年間の越冬期間を通じて昼も夜もワッチに追われ、つきあいの悪かった気象部門に対し、よき理解を示し、ご協力下さった村越望越冬隊長はじめ第15次越冬隊の隊員諸兄に心よりお礼申し上げます。

またこの報告をまとめるにあたり、ご校閲いただいた気象庁観測部長小林寿太郎氏、東京管区气象台技術課長清野善兵衛氏をはじめ種々ご助言を頂いた気象庁南極観測事務室井部良一氏、国立極地研究所川口貞男助教授の皆様方に感謝いたします。

文 献

- 一木明紀 (1975): 波長別直達日射計による大気の混濁係数の測定. 昭和 50 年度日本気象学会秋季大会予稿集, 95.
- MATSUNO, T. (1971): A dynamical model of the stratospheric sudden warming. *J. Atmos. Sci.*, **28**, 1479-1494.
- 関口理郎 (1969): オゾン層の光化学理論. 化学の領域, **23**(4), 359-366.
- SHIMIZU, M. (1970): Total ozone observations at Syowa in 1966. *Nankyoku Shiryo (Antarct. Rec.)*, **37**, 17-25.
- WMO (1971): WMO operation manual for sampling and analysis techniques for chemical constituents in air and precipitation. Geneva, WMO, 36 p (WMO No. 299).

(1977年2月28日受理)

付録 1. 昭和基地で使用したアンモニア分解ガス発生装置とタンク

従来、気球充填用の水素ガスを生成するために要した電力は、1回の充填当たり 10 kW/h × 4 時間であった。1日2回のゾンデ観測を実施するのに伴い、昼間にこれだけの電力を消費することは、他分野の活動にかなりの制約を加えることになり好ましくない。このため、主として夜間または週末に集中的に水素ガスを生成し、これをガスタンクに貯蔵することにした。以下これらの装置の概略をのべる。

1. 1. 水素ガスタンク

材質は SUS 27 で容積は約 10 m³, 置換用にヘリウムガスを 2 気圧充填しておき, 14 次隊で陸上げを試みたが果たせなかった. このため 15 次隊では, 出発準備期間中にヘリコプターによるスリング輸送の実験を, 風洞と実地で行い, 最悪の場合はスリング輸送できる目途をつけた. 結局氷上輸送によって, 昭和基地への陸上げに成功した. 製作後 1 年半経過していたが, ヘリウムガスの漏れはなかった. ガスタンクの耐圧は, 7 気圧であり, 常用圧力は 5 気圧である.

1. 2. アンモニア分解ガス発生装置

装置のフローシートを図 7 に示す.

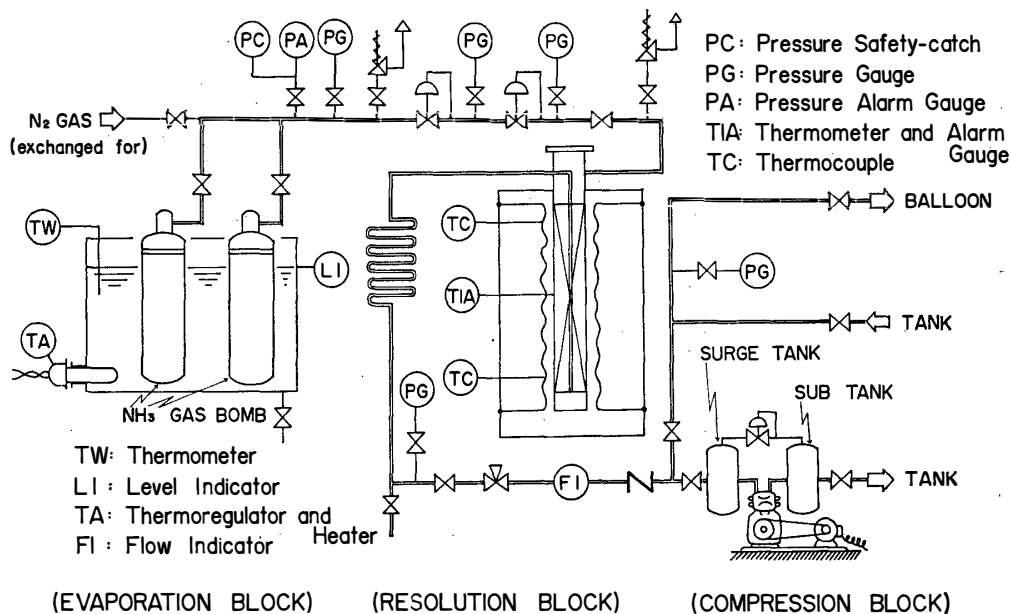


図 7 アンモニア分解ガス発生装置の系統図
 Fig. 7. Block diagram of the new type hydrogen generator.

1.2.1. アンモニア気化部

温水槽, 温水ヒータ, 架台からなり, 温水槽内に 2 本のアンモニアボンベを直立にセットして, 約 23°C 前後で温浴する. 槽内には, 凍結防止のため, 30~50% エチレングリコール水溶液を入れる.

1.2.2. アンモニア分解部

分解塔(インコロイ; 触媒も含む), 電気炉, 架台からなる. 第一減圧弁で 2 kg/cm², 第二

減圧弁で 0.5 kg/cm^2 に減圧されたアンモニアガスは、炉に導かれ、 $900\sim 1,000^\circ\text{C}$ で熱分解され、水素3,窒素1の分解ガスが生成される。ヒーターは、上・中・下の3本で各々 4 kW/h である。設計流量は $5\sim 7 \text{ m}^3/\text{h}$ であり、これを超えるとアンモニアの未分解が多くなる。

1.2.3. 昇圧部

分解ガスを最高 7 kg/cm^2 まで昇圧して、水素ガスタンクに充填する。分解塔からの未分解アンモニアガスを吸引しないように、高圧サブタンクからサージタンクへ一部帰還する回路を設け、分解塔の流量を調節するようになっている。

1.2.4. 制御部

分解部の主電源を開閉し、動作中の炉の温度を監視することが出来る。また設定温度以上に炉が異常昇温した場合には、警報表示する。制御部は、気象棟内におかれている。

消費電力は、最大時約 17 kW/h となり、順調に運転出来れば、余熱時間も含めて $12\sim 15$ 時間で、設定圧 5 kg/cm^2 の分解ガスがタンクに充填出来、これで週の約半分の放球分が確保出来る。ガスの生成を一度に行うため余熱分が不要となり、電力消費の上で有利である。またタンクから気球への充填は、発生ガスを直接充填するよりも短時間で済むため、能率的である。

この装置について問題点をあげると、第1は、気化部と分解部が離れすぎているため、一度気化したアンモニアが、特に冬期間は配管内で再液化し、流量を著しく低下させることである。これは液体アンモニアを炉のすぐ近くまで導き、蒸発槽で気化すれば解決出来ることである。

第2は、分解部付属のバルブ、メータ類を炉と一諸に保温しているため、温度変化が大きくなり、締め付け部のゆるみが生ずることと、メータの誤差を大きくすることになっている。これは、炉の断熱を十分に行うことと、分離出来る装置は、炉から離すことで解決出来ると考えられる。

付録 2. 昭和基地におけるオゾン全量観測の経過と補正手続

2.1. 観測と経過

気象庁オゾン観測指針に準拠し、オゾン分光光度計（島津製作所製 No. 5706）を用いて観測を行った。この測器は、15次隊で新たに搬入したもので、1974年1月下旬に、開梱、組立後、標準ランプ点検、水銀ランプ点検などを行い、輸送による特性変化のないことを確認し、

2月2日から観測を開始した。2,3月中には直射光観測を中心に行い、4~8月は $\mu > 3.5$ となるので観測を休止した(μ は大気路程を表わす)。9月から観測再開を予定したが、中旬までは連続した悪天候のため下旬に入ってようやく再開できた。10月から翌年1月までは天候に

表 8 オゾン全量観測回数

Table 8. Number of times of observation of the total amount of ozone.

年 月	観測日数	観測回数	比較観測回数	全観測回数
1974 年 2月	13	34	9	43
3	16	21	18	39
9	5	5	3	8
10	23	47	35	82
11	29	88	78	166
12	30	87	67	154
1975 1	31	90	70	160
計	147	372	280	652

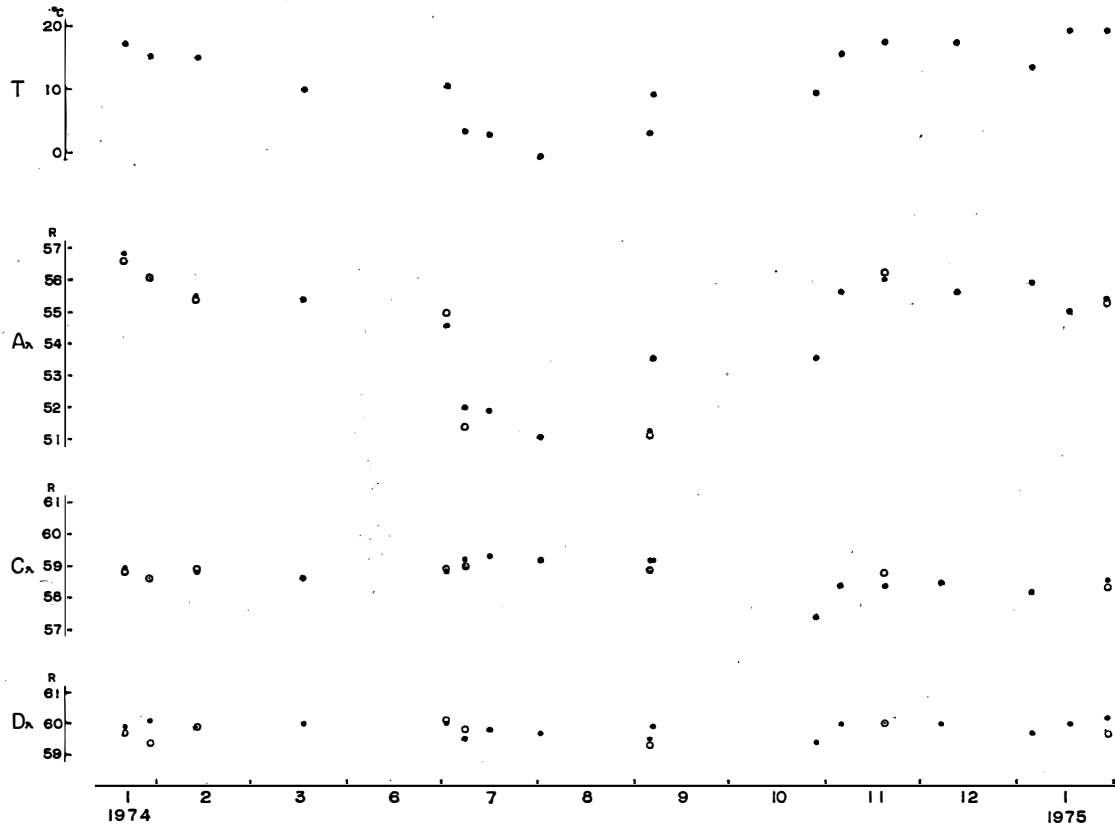


図 8 標準ランプ点検

Fig. 8. Results of the test with the standard lamp.

恵まれて、かなりの成果を上げることができた。観測回数は表8のとおりである。

10月中は、正中時および午前の $\mu=2.5$ 、11月から翌年1月までは、正中時および午前と午後の $\mu=2.5$ を観測時刻とした。

標準ランプ点検(図8)では、各波長組共ほぼ一定値を示した。しかし、観測休止の冬期間、器温が 5°C 以下の時、 R_{λ} 波長組のみが、かなり小さい値を示した。これは、観測再開時には問題なかったが、今後検討を要するところである。

水銀ランプ点検は、全期間を通じて ± 0.2 の範囲にあり、波長の基準点は正常に保たれていた。

天頂光による波長点検は、標準ランプ点検を補う意味で、1974年9月から11月にかけて数回行い、各波長組共基準値内であった。

2ランプ点検(図9)では、各波長組共、 $\Delta N=30.1$ に対する系統的な偏差はなく、 R 対 N 表の補正は行わなかった。

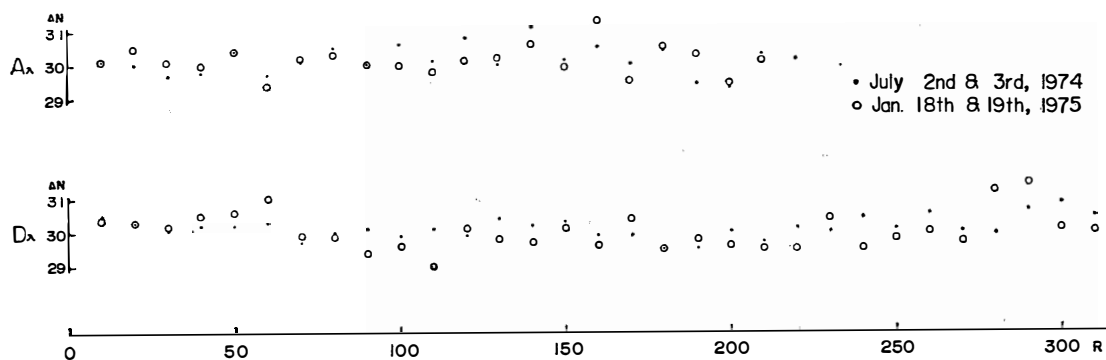


図9 2ランプ点検

Fig. 9. Results of the test with 2-lamps.

2.2. オゾン資料の補正

2.2.1. ΔN_0 の補正

ΔN_0 には ΔN_{01} (準器との比較観測を行って求めた補正值)と ΔN_{02} (大気外定数と器械定数の経年変化等によって変わりうる補正值)があり、 ΔN_{01} には -3.0 を用いた。また ΔN_{02} は各観測値を使って求められる。月別の ΔN_{02} の平均値は表9のとおりで、全期間の平均値は -1.8 であった。 ΔN_{02} を -1.8 として、 μ に対するオゾン全量の補正值 $\Delta \Omega$ (表10)を求めた。直射光観測(DS)値、天頂光観測(ZBとZC)値共に、表10によって補正した。

2.2.2. 天頂光図表の補正

天頂光図表は暫定的に決めた図表を使用したもので、これの補正のため DS-ZB, DS-ZC の

表 9 ΔN_{O_2} の月別の平均値
Table 9. Monthly mean values of ΔN_{O_2} .

	1974 2月	3月	10月	11月	12月	1975年 1月
ΔN_{O_2}	-2.6	-3.9	-2.8	-2.2	-0.8	-2.0
資料数	16	4	15	51	42	41

表 10 μ に対する $\Delta\Omega$ の値
Table 10. Values $\Delta\Omega$ dependence on μ .

μ	$\Delta\Omega$
1.49 以下	+9
1.50~1.69	+8
1.70~1.95	+7
1.96~2.30	+6
2.31~2.82	+5
2.83~3.63	+4

比較観測を約 280 回行った。結果は図 10 である。 $\mu=1.5$ 付近および $\mu=2.5$ 付近の Ω 対 $\Delta\Omega$ の図はそれぞれ図 11 と図 12 である。これらから、補正値を μ と Ω の関数として求め (図 13), 天頂光観測を補正した。その結果, DS-ZB の平均は -0.32 , DS-ZC は 0.41 となった。

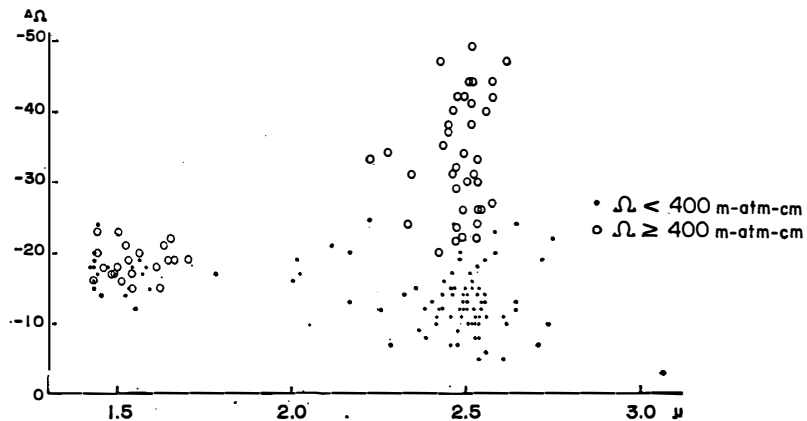


図 10 DS-ZB 観測の比較 (μ 対 $\Delta\Omega$)

Fig. 10. Comparison of DS and ZB observations (abscissa μ , ordinate $\Delta\Omega$).

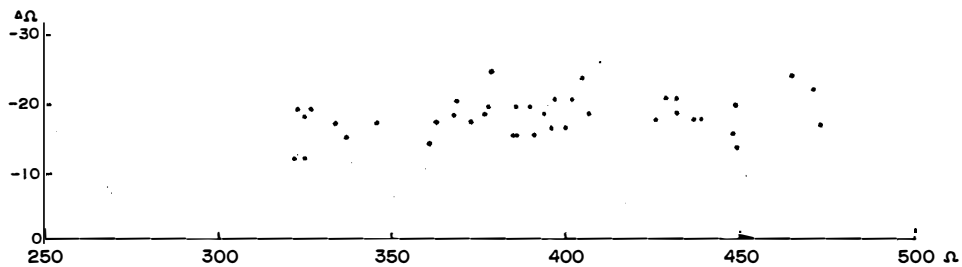


図 11 DS-ZB 観測の比較 ($\mu=1.5$ 付近)

Fig. 11. Comparison of DS and ZB observations near $\mu=1.5$ (abscissa Ω , ordinate $\Delta\Omega$).

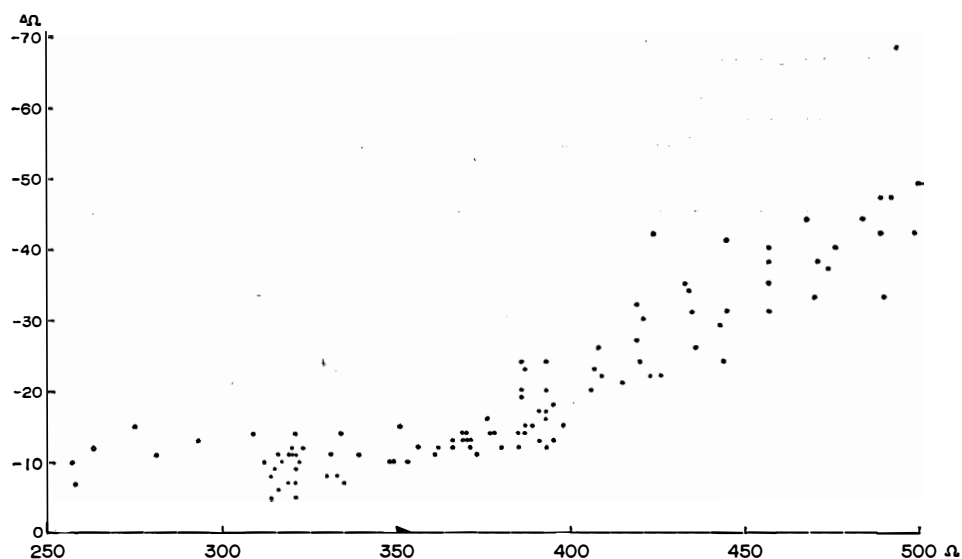


図 12 DS-ZB 観測の比較 ($\mu=2.5$ 付近)

Fig. 12. Comparison of DS and ZB observations near $\mu=2.5$ (abscissa Ω , ordinate $\Delta\Omega$).

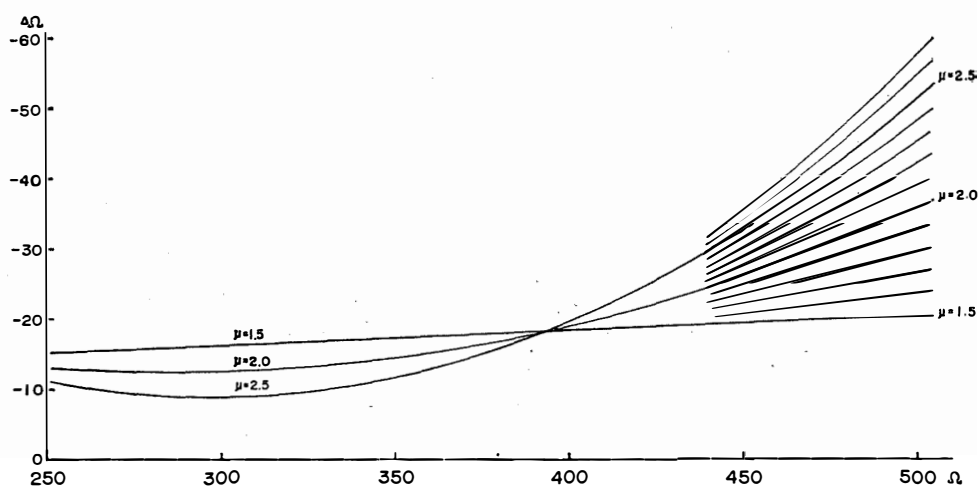


図 13 天頂光観測の補正図

Fig. 13. Correction chart of ZB observation.

2. 3. 報告について

1974年2月～3月、および1974年9月～1975年1月までのオゾン全量観測値は、上記の補正手続きを終え、高11、高11-2の様式で報告した。ただし、この報告には、下欄に、corrected in Apr. 1975 と注書きしてある。