

第 29 次南極地域観測隊気水圏部門越冬報告 1988

和田 誠¹・青木周司¹・青木輝夫²・瀬古勝基³

Report on Meteorological Research Observations by the 29th Japanese Antarctic Research Expedition in 1988

Makoto WADA¹, Shuhji AOKI¹, Teruo AOKI² and Katsumoto SEKO³

Abstract: A 5-year project of "Antarctic Climate Research (ACR)" has been started from the 28th Japanese Antarctic Research Expedition (JARE-28) in 1987. In 1988 (JARE-29), 2 major items of observation were carried out under the subject of interannual variation of Antarctic atmosphere. 1) Observations of cloud and precipitation using vertical pointing meteorological radar, dual-wave microwave radiometer and NOAA satellite data. 2) Monitoring of atmospheric minor constituents. At Asuka Station surface synoptic observations and radiation measurements were made. Moreover, 2-unmanned stations were newly built and some other observations on the sea-ice and ice-sheet were carried out.

要旨: 南極域における気候変動に関する総合研究 (Antarctic Climate Research: ACR) が 1987 年 (第 28 次南極地域観測隊) より 5 カ年計画で開始された。第 29 次観測隊気水圏部門ではこの計画に沿って、大気状態の年々変動、特に

- 1) 雲と降水の変動の観測、
- 2) 大気微量成分のモニタリング、

を重点項目として観測を行った。また、あすか観測拠点では定常気象観測、大気放射等の観測を行った。このほか、無人気象観測点の新設、海氷、氷床上の観測を実施した。これらの観測の経過状況、観測結果の概要について報告する。

1. はじめに

南極域における気候変動に関する総合研究 (Antarctic Climate Research: ACR) 計画が第 28 次南極地域観測隊より 5 カ年計画で開始された (山内・高部, 1989)。第 29 次観測隊気水圏部門ではこの計画に沿って、大気状態の年々変動、特に

- 1) 雲と降水の変動の観測、
- 2) 大気微量成分のモニタリング、

を重点項目として観測を行った。さらに広域気象観測点として無人観測 2 点の新設をした。また、あすか観測拠点では定常気象観測のほかに放射等の観測を行った。このほか、海氷観測を沿岸旅行とあわせ適宜実施した。また、氷床の浅層掘削が内陸旅行中に数回行われた。

¹ 国立極地研究所。 National Institute of Polar Research, 9-10, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173.

² 気象研究所。 Meteorological Research Institute, 1, Nagamine 1-chome, Tsukuba 305.

³ 名古屋大学水圏科学研究所。 Water Research Institute, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku Nagoya 464-01.

雲と降水の変動の観測として、第 28 次観測隊では気象衛星の特に雲に注目し、また、地上からの放射観測を行い、雲の放射特性を研究することを目的としたが、これを引き継ぐとともに、第 29 次観測隊では気象レーダーにより雲と降水のさらに詳細な特性について研究することを目的とした。微量成分のモニタリングでは、大気の長期変動を知ることが大きな目的である。第 29 次観測隊から新たに、メタンの連続観測が始まった。二酸化炭素 (CO_2) の観測と共に汚染源から離れた場所での数少ない観測として大変重要で期待される。また、地上オゾン濃度の連続観測も開始した。

2. 気象衛星観測

2.1. 観測経過

気象衛星 NOAA の HRPT (High Resolution Picture Transmission) データの受信、収録、解析を通年行った。観測に使用したハードウェア、ルーチン処理に関しては第 28 次観測隊報告(高部・山内, 1989)を参照されたい。主に、NOAA 9 号の HRPT データの質が劣化し始めた時期に NOAA 11 号が打ち上げられ良好な信号を受信できるようになったため受信衛星を変更した。第 29 次観測隊では気象レーダー観測が行われたが、興味深い降雪現象の見られた日には、その観測に対応した時間分解能の良いデータを取得するため、ルーチンの 1 日 1 軌道の観測に加え、1 日数軌道を受信した。計 527 軌道を受信、384 軌道を現地で処理した。アンテナ系の安全を考慮して風速 30 m/s を超える日には観測を中止したが、例年になくブリザードの少ない年であったため、この原因による欠測は 1 日だけであった。

2.2. 観測結果

(1) じょう乱の発達、経路、内陸域への侵入形態

南極域の降雪量の変動に関して、低気圧じょう乱の発達、経路の変動は本質的な要素である。じょう乱に伴う顕著な雲の低温度領域が海洋上で発達し衰弱、あるいは大陸内陸部へ侵入する様子が衛星の AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer: 高分解能画像) CH. 4 ($10.3\text{--}11.3\ \mu\text{m}$) データの輝度温度 (Tbb) の時間変化として捕らえられた。図 1 に示すのは、東経 39° 線上、緯度 5° ごと、約 40 km 平方 (81 ピクセル) の領域の平均の Tbb の時系列である。大陸域と海洋域の境界にあたる南緯 70° 付近を境に変動傾向に顕著な差が見られる。大陸域における顕著な年周期に加え、冬季を中心に 1 カ月程度の周期を持つ変動の卓越がみられる。画像の詳細な追跡により冬季の変動は、大陸域への雲の侵入によっていることがわかった。この雲の変動は、極冠高気圧の変動と関係が深いと考えられ、気圧場の解析などから得られている長周期変動との関係の解明が必要であろう。また、1988 年の昭和基地付近の積雪量は例年に比べて非常に少なかったが、春季の小さな Tbb の変動は、じょう乱の侵入が非常に少なかったことを表している。今後、ほかの年とのじょう乱の経路、侵入

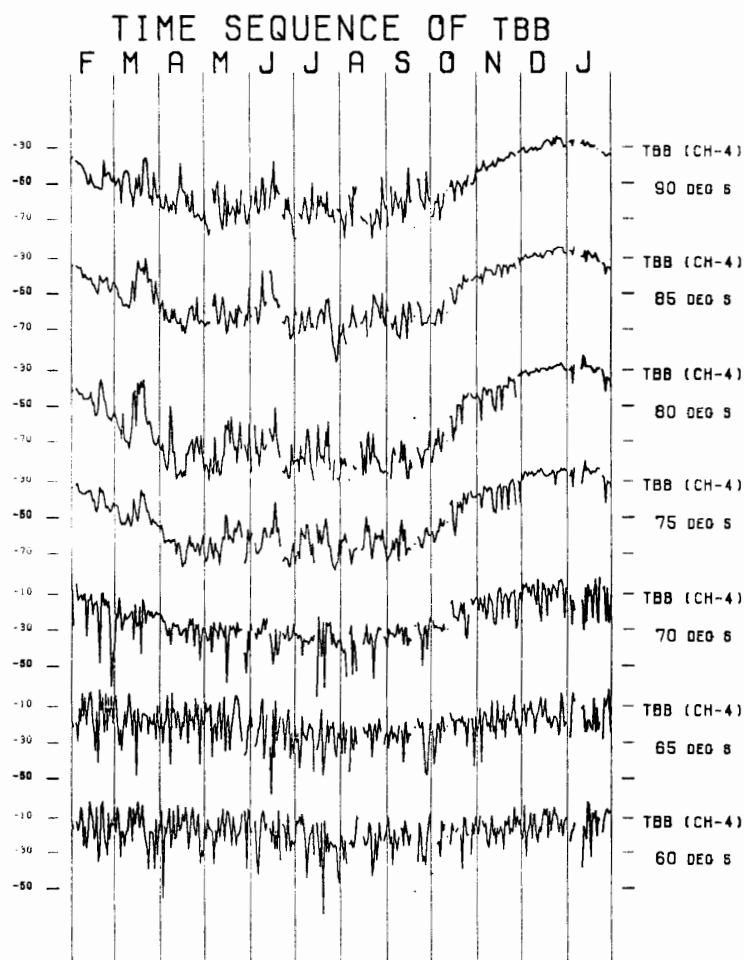


図 1 AVHRR データの CH. 4 から得られた、各緯度における Tbb の時系列
 Fig. 1. Time variation of Tbb at each latitude obtained by NOAA AVHRR CH. 4 data.

形態等の比較を行うことで年々変動についての知見も得られるだろう。

(2) 薄い雲の特徴

極域特有の現象として薄い雲からの降水があげられる。CH. 4 の Tbb の頻度分布から、海洋域では $-20 \sim -30^{\circ}\text{C}$ の雲が卓越していることがわかった。また、夏季には、内陸高原域を除く大陸氷床域にも薄い層状雲が頻繁に見られた。さらに、薄い雲は氷床縁辺部において、しばしば渦状の形態を示した。リュツォ・ホルム湾を中心にかなり頻繁に現れた、水平スケール 200 km の渦状雲は、降雪を伴うが風は概して弱く、雲頂高度は約 2000 m で内陸域には侵入せず、氷床縁辺部に限って降雪をもたらしっているようである。この雲は、3～5 月、9～11 月によく出現した。この種の雲の生成には下層に限られた水蒸気の侵入、湾状の地形が関係しているらしい。

(3) カタバ風のメソスケール構造の抽出

カタバ風の流線を CH. 4 の温度分布の不均一から追跡できることがわかった。カタバ風

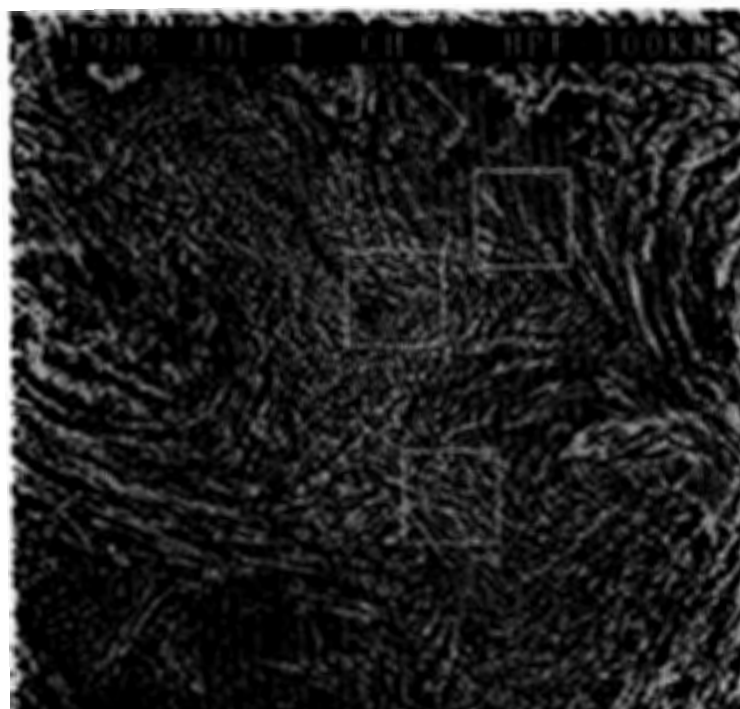


図 2 約 100 km 以下の空間構造を抽出した赤外画像。東南極氷床の半分以上が含まれる (2250 km×2250 km)。右上の白い四角の中の構造はカタバ風の風速の不均一によるもの、残り 2 つの中は雪形態によるものである。

Fig. 2. Mesoscale structures on ice sheet. High pass filter (cut off length=100 km) has been applied to NOAA AVHRR (CH. 4) data. The upper right box is the structure of katabatic wind, and others are topographic structures.

の風速に不均一があり、それに伴う顕熱輸送、地吹雪の増減によって Tbb に数 °C の違いが現われる。図 2 は、東南極氷床の 100 km 以下のスケールの構造を見た赤外画像である。カタバ風の流線が水平スケール約 40 km の間隔で見えている。この構造が形成される機構やその変動、風速と地吹雪量のリモートセンシングの可能性等は、興味深い研究対象となるだろうが、ほとんど観測地点のない氷床上で、カタバ風の風向変化が半連続的(晴天時)に捕らえられるメリットは大きい。今後、衛星を利用したカタバ風の気候学的研究も可能であろう。

(4) 氷床表面のメソスケール構造の抽出

図 2 において見られるこの構造の中で、日々の時間変動が見られないパターンがある。これらは、起伏、雪面形態によるものであるが、カタバ風域だけでなく内陸高原域でもこの構造が見られ注目される。雪面のこの構造はカタバ風の走行に直交しており、成因が大気と雪面の相互作用にある可能性を示唆している。今後、内陸トラバース時に得られた雪面形態、雪尺データとの対比など、より詳しい解析を進める。

(5) 海氷の季節変化

HRPT データの高分解能特性を利用して、晴天時のリュツォ・ホルム湾の定着氷のアルベド、Tbb の季節変化を調べた。気温の下降に伴い開水面が凍結していく時期(3 月から 6

月)に、湾中央部の定着氷に生じた亀裂が拡大して開氷面となった。この開氷面はオングル島の数 km 近くまで迫ったが、6 月以降は安定化し、凍結した。過去にもこのような現象は現れているようであるが、定着氷に生ずる大規模な亀裂は野外活動上も大きな障害となる。この種の亀裂の発見、追跡に衛星の HRPT データは有力な手段である。

3. 地上からの雲降水の観測

3.1. 目的

1) 昭和基地を南極沿岸域の一つの代表と考え、沿岸域の雲量、降水量の変動がどのようになっているか、また、これらが天気乱とどのように関係しているかについて、水蒸気量、液体凝結水量、固体凝結水量の変動と関連付けて調べる。2) 気象レーダー、放射計のデータその他の地上観測データと衛星の可視および赤外画像の比較から、衛星画像と雲の特性の関係を調べる。3) 雲の内部の降雪粒子の性質と気象レーダーデータの関係を調べ、雲の短時間変動を解析し、極域の降水機構を調べる。以上の 3 点を主目的として観測を行った。

昭和基地では、気象レーダー、放射計、露点湿度計、地上降水観測装置等によって観測を行った。また内陸では、レーウィンゾンデを用いた気球観測を行った。以下にそれぞれについて述べる。

3.2. 気象レーダー

3.2.1. システム概要

夏季建設期間中にシェルターの設置が終了し、2 月に入り地学棟内での機器設置、配線等が行われ、2 月 14 日に観測をスタートした。始めケーブルコネクター部にトラブルがあり、ディスクへの収録ができなかったが 2 月 23 日には正常となった。システム構成図を図 3 に示す。アンテナは鉛直上向きに固定されており、通常、垂直レーダーと呼ばれている。垂直レーダーの主要性能を表 1 に示した。データ収録関係の仕様は次のとおりである。1) サンプリング間隔: 10 秒, 2) 高度方向サンプリング間隔: 50 m (6.4 km まで収録可能), 100 m (12.8 km まで収録可能), 3) データ表示方法: 時間-高度断面図を表示、画面上に現在より前 2550 秒間のデータを表示できる, 4) データ収録: 8 インチフロッピーディスクに収録、1 枚のディスクでほぼ 1 日分のデータとなる。

3.2.2. データ処理

得られたデータは 10 秒ごとの 50 m 高度ごとの受信強度であるが、このデータから次の手順によって、各高度における 5 分ごとの平均降水強度、2 時間ごとの降水量、1 日ごとの降水量を求め、ディスクに出力し、解析のためのデータとした。まずレーダー反射強度 Z と降水強度 R (mm/h) の経験式 (ここでは $Z = 500 \times R^{2.0}$ を用いた) を用い 10 秒ごとのデータを降水強度に直した後、5 分平均値を求めた。この 5 分データを用いて 2 時間の降水量、1 日の降水量を求めた。データをサンプリングするソフトに問題があり、その時によって異な

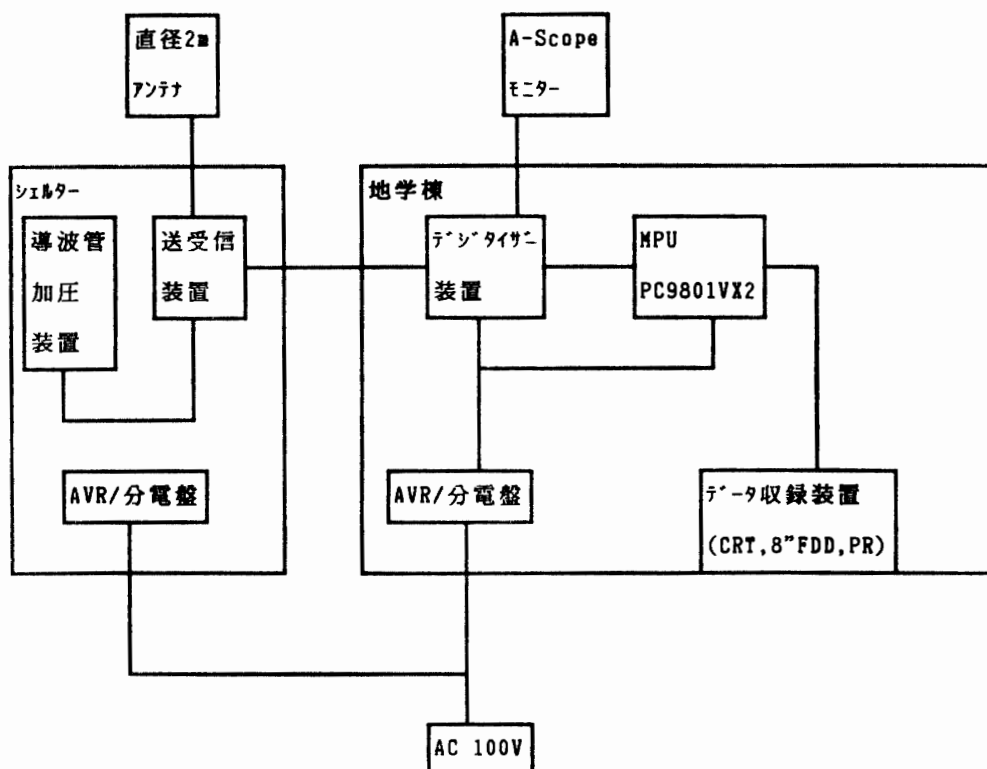


図 3 レーダーシステム構成図

Fig. 3. Block diagram of vertical pointing radar.

表 1 垂直レーダーの主要性能

Table 1. Specifications of vertical pointing radar.

送信周波数	9410 MHz
尖頭出力	40 kW
パルス幅	0.5 μ s
繰り返し周波数	750 pulse/s
中間周波数	30 MHz
最小受信感度	-103 dBm 以下

るが、ディスク書き込み時に 10 秒以上かかり、時々サンプリングを抜かすことがある。このため 1 枚のディスクに 1 日プラスほぼ 30 分のデータが書き込まれる。今回の処理では、この 1 日プラスほぼ 30 分のデータを 1 日のデータと見なした。データ収録開始日時は 1988 年 2 月 23 日である。

3.3. マイクロ波放射計, 露点湿度計, 日射計

3.3.1. システム概要

第 28 次観測隊の放射観測の一部を除きほとんどを引き継ぎ、さらに水蒸気量のデータを得るため露点湿度計をあらたに設置した。センサーは露点湿度計を除きすべて観測棟の屋上に設置し、これを継続使用した。また、露点湿度計のセンサー部は、建物の影響が少ない位置に設置した。観測は第 29 次観測隊として 1988 年 2 月 1 日から引き継いだ。第 30 次観測

隊に引き継ぐ 37 GHz マイクロ波放射計と露点湿度計以外の観測は、1989 年 1 月 9 日をもって終了した。37 GHz マイクロ波放射計と露点湿度計は地学棟に移し、1989 年 1 月 14 日から別システムにて観測を開始した。マイクロ波放射計のアンテナ部は地学棟の屋上に、露点湿度計のセンサーはレーダーシェルターの前室の外に取り付けた。

図 4 に観測棟における観測機器のシステム図を示した。マイクロ波放射計は 2 セットあり、一つは波長帯が 19.35 GHz, ほかは 37.0 GHz のディックタイプの放射計で、島田理化(株)製である。露点湿度計は EG & G 社の型名 Model 660 であり、昭和基地のような気象条件のところでは、多くの期間霜点を測っている。可視、赤外の日射計については山内・高部(1989)を参照されたい。液体空気を使ったマイクロ波放射計の校正は 3 月 13 日、12 月 19 日に行われた。

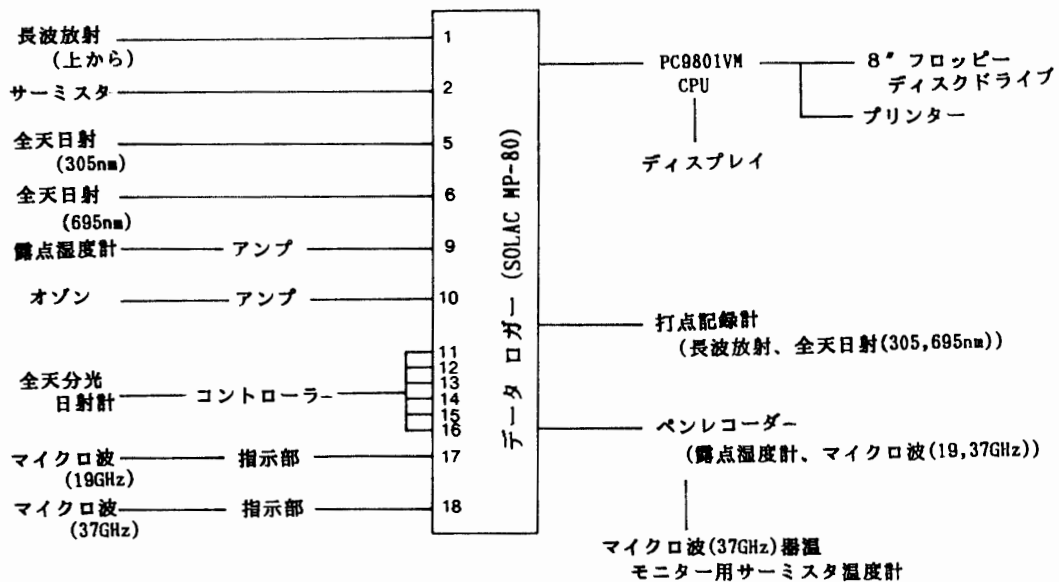


図 4 観測棟内放射関係観測システム図

Fig. 4. Measurement and recording system of radiation and water vapor.

3.3.2. データ処理

データは 10 秒ごとに SOLAC データロガーに取り込まれ、この 1 分平均値が 8 インチフロッピーディスクに収録される。また 30 分平均値、日平均、日最大、日最小値がプリンターに出力される。その他打点記録計、6 ペン連続記録計にもアナログデータが記録される。1 分平均値のデータを利用してあらたに 4 分平均値、2 時間平均値、日平均値のデータを作成しフロッピーディスクに出力した。地学棟に移した後のシステム図を図 5 に示す。 GPIB を使い 3.5 インチフロッピーディスクに 30 秒ごとのデータを収録した。

3.4. 降水粒子観測、雲粒子ゾンデ

3.4.1. 降水粒子観測

レーダー等のデータと降雪粒子とのつながりを見るために、地上で雪の観測を行った。こ

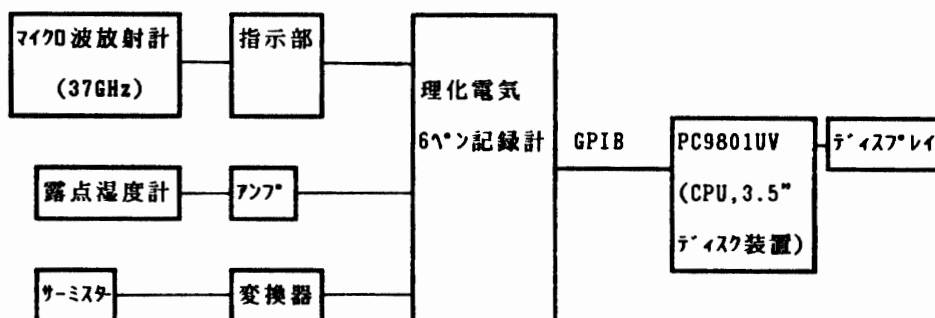


図 5 地学棟内マイクロ波観測システム図

Fig. 5. Measurement and recording system of microwave radiation and water vapor since January 1989.

れには、ビデオカメラを使った地上降水観測装置（通称 Snow Video Monitor (SVM)）と顕微鏡を用いた。また雲粒子ゾンデにより上空の粒子についての観測も行った。

SVM は透明なフィルム面に載った降雪粒子を白黒のビデオカメラにて記録する装置である。雪が積もりすぎるときは、フィルム面を移動させ常にきれいなフィルム面に粒子が載るようにする。ビデオカメラからの信号は、同軸ケーブルにより地学棟の中に設置したビデオ装置にて記録する。このとき時刻も同時に記録する。観測は 1988 年 3 月 7 日から開始した。ビデオテープへの記録はディスプレイ画面を見ながら適宜実施した。レーダーシェルターの前室に微分干渉顕微鏡をセットし、主に冬の期間に適宜雪結晶の観察を行った。

3.4.2. 雲粒子ゾンデ

上空の粒子（雪粒子や氷晶）がどのようなものであるかを調べる目的で雲粒子ゾンデを 6 回飛揚した。飛揚日は 5 月 25 日、28 日、8 月 4 日、5 日、20 日、9 月 2 日であり、そのうち 8 月 4 日はレーウィンゾンデと雲粒子ゾンデの周波数の分離ができず、画質が悪く失敗であった。それ以外の 5 回はほぼ成功し、3 回は 20 km 以上までデータがとれた（表 2）。

表 2 雲粒子ゾンデ飛揚日、観測到達高度
Table 2. Observations list of cloud particle video sonde.

月 日	5.25	5.28	8.4	8.5	8.20	9.2
観測高度 (km)	10	15	—	25	28	21

雲粒子ゾンデは気象研究所が新たに開発したゾンデ (MURAKAMI *et al.*, 1987) で、南極での使用は始めてである。ゾンデによって観測を行っている場の気象要素を得るために、レーウィンゾンデと雲粒子ゾンデを一体化して飛揚した。図 6 にゾンデの外観図を示す。雲粒子ゾンデは SVM と同様、フィルムに載る粒子をビデオカメラに撮る装置が主となっている。ビデオカメラは 2 台あり、1 台には約 10 倍のレンズがもう 1 台には約 266 倍の顕微鏡用レンズが付いている。それぞれのカメラでとった画像を交互に画像信号としてゾンデから地上に送り、その信号を地上で受信し復調して画像データとしてビデオテープに記録する。雲

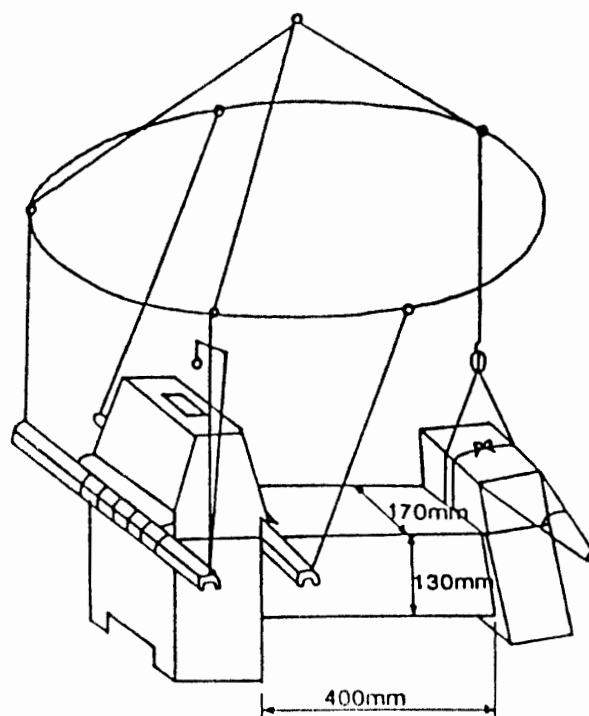


図 6 雲粒子ゾンデ，レーウィンゾンデー体化ゾンデ外観図

Fig. 6. View of cloud particle video sonde coupled with a rawin-sonde.

粒子ゾンデの信号は地学棟の RD65A 受信機で受信し，レーウィンゾンデは気象棟の受信機で受信した。

3.5. 露点ゾンデ

3.5.1. 経過

現在，高層観測に汎用されているカーボン湿度センサーは， -40°C 以下の低温領域では正しい値を示さないとされている。上部対流圏から成層圏にかけて，また，南極内陸部の冬季対流圏などは，この温度領域に相当する。今回，このような低温領域での温度測定用ゾンデの開発を目指した。使用したゾンデは三和科学電子製 RS II-DPS87 型である。露点式湿度センサーを利用した方式であるが，液体空気を冷媒に用いたため，冷却能力が強すぎて鏡面の冷え過ぎが起こり，露点信号は，カーボンセンサーの示す値よりも 10°C 以上低く出てしまう結果となった。その後，冷媒タンクと鏡面の間を適当な長さの導線で結び，熱的結合を疎らにするなどの改良により，地上検定でデュースル湿度計の露点温度との差を 2°C 程度に押さえることができた。

3.5.2. 観測

計 7 個の露点ゾンデの改良，飛揚を行った。7 個の中で，対流圏下部領域でのカーボンセンサーとの比較でもっともらしい値が得られたケースについて上層の湿度を比較した（図 7）。対流圏上層，気温 -50°C 台までは露点信号とカーボン湿度計の値との大きな差はない。さらに低温領域ではカーボンセンサーの示す相対湿度はほとんど一定であるのに対し，露点

センサーでは、湿度が急激に減少する様子が現れている。Lyman α /OH 湿度計による 1983 年のほぼ同時期のデータとの比較でも、対流圏界面から成層圏にかけての湿度はほぼ良い一致を見たが、100 mb 付近での水蒸気量の顕著な増加は今回観測されなかった。成層圏の -90°C 以下の露点温度の測定に関しては、鏡面の冷えすぎが起こっている可能性が強く、霜が鏡面についた時のみ送信するようにした今回の方式の限界であろう。現在、冷却方式の改良を重ね、低温での比較的廉価な湿度センサーとしての可能性を検討している。

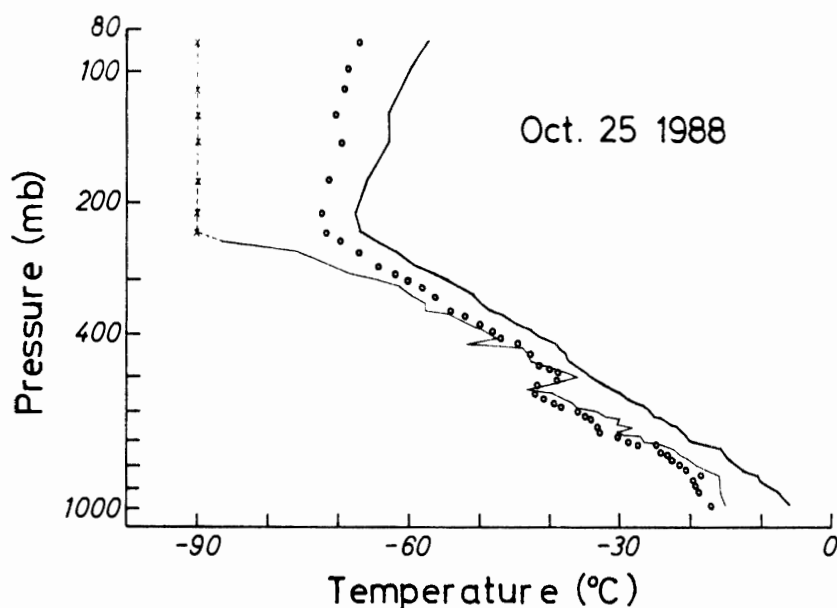


図 7 露点ゾンデ観測の結果。太線は温度、白丸はカーボンセンサーで得られた露点、細線は露点センサーで得られた露点。 -90°C 以下の露点センサー値は、 \times で示した。

Fig. 7. Temperature (thick line), dewpoint observed by carbon sensor (open circle) and dewpoint sensor (thin line). Cross denotes the value below -90°C .

3.6. 結果と考察

3.2 節から 3.5 節に昭和基地での衛星観測以外の雲降水の観測について述べた。これらのデータから得られた結果の概要について述べる。

図 8 に垂直レーダー観測から得られた降水量の変動を示した。旬降水量 (mm) は、10 秒ごとの 300 m 高度のレーダー反射強度 $Z \text{ mm}^6/\text{m}^3$ から経験式 (1) によって計算した 10 秒ごとの降水強度 $R \text{ mm/h}$ より求めた。

$$Z = 500 \times R^{2.0}. \quad (1)$$

1988 年は積雪量のデータからも降雪の量が少ないと推定されているが、式 (1) を用いて求めた値はかなり小さい。第 29 次観測隊では、地上降水量と 300 m 上空の反射強度の関係を求めるための観測を行っていないので、絶対値には不確定な要素はあるが、ほかの沿岸域の基地で得られた雨量計により求められた降水量の値に比べかなり小さい。昭和基地の 1988 年の降水量は図 8 から見て 3 月が最も多く、9 月が最も少ない。旬平均雲量は、3 月と同

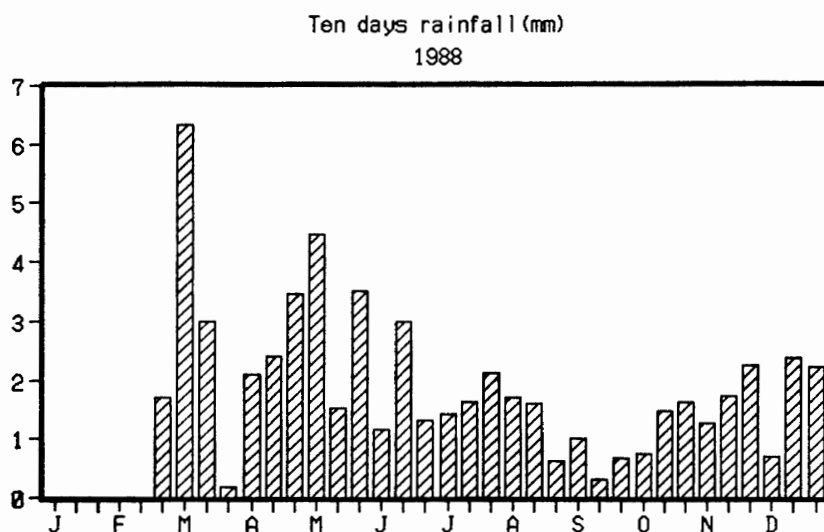


図 8 垂直レーダーの 300 m 高度反射強度から得られた降水量の変動
 Fig. 8. Ten days variation of precipitation obtained by vertical pointing radar.

様に 11 月にも大きくなっているが、旬降水量は 11 月はあまり大きくない。

図 9 に高層観測データ、マイクロ波放射計のデータ、垂直レーダーのデータから求めた単位面積当たりの気柱内の可降水量、液体、固体の雲水量の 1988 年 7 月の変化を示した。データは高層観測に合わせ 03 LT (00 UT), 15 LT (12 UT) の時刻の 1 時間平均値を示した。マイクロ波放射計のデータを雲水量に直すために、雲粒の存在する高さをすべてのケースで 800 mb から 900 mb と仮定した。またレーダー反射強度 $Z \text{ mm}^6/\text{m}^3$ から単位体積当たりの雲水量 $M \text{ mg}/\text{m}^3$ を求めるために式 (2) (SATO *et al.*, 1981) を用いた。

$$M = 49 \times Z^{0.90} \quad (2)$$

高層観測データからは水蒸気量が求められ、マイクロ波放射計の値からは主に水粒子の量が、レーダーの値からは氷粒子の量が推定される。

全般的に見ると、それぞれのピークはかなり良く一致している。すなわち、水蒸気量が多いときは、水粒子も氷粒子も多いことを示している。2 台のマイクロ波放射計によって観測をしているが、必ずしも値が一致しない。19 GHz の放射計がかなり不安定であることに大きな原因があると思われる。大きいあられが降るような時には、37 GHz の放射計の値には粒子による吸収だけでなく散乱も考慮しなければならないが、ここでは考慮していない。今後検討して行く予定である。

図 10 にマイクロ波放射計、レーダーから求めた 5 分平均の液体、固体の雲水量の 1988 年 7 月 24 日から 25 日の変化を示した。24 日の 23 時頃、19 GHz, 37 GHz 放射計、レーダーのすべての値にピークが見られる。しかし 25 日 13 時頃にはレーダーの値以外は際立ったピークが見られない。この違いは水粒子と氷粒子の量の違いに関係しているのではないかと考えられる。これらのデータのさらに詳しい解析から雲の性質、降水機構を考えて行く

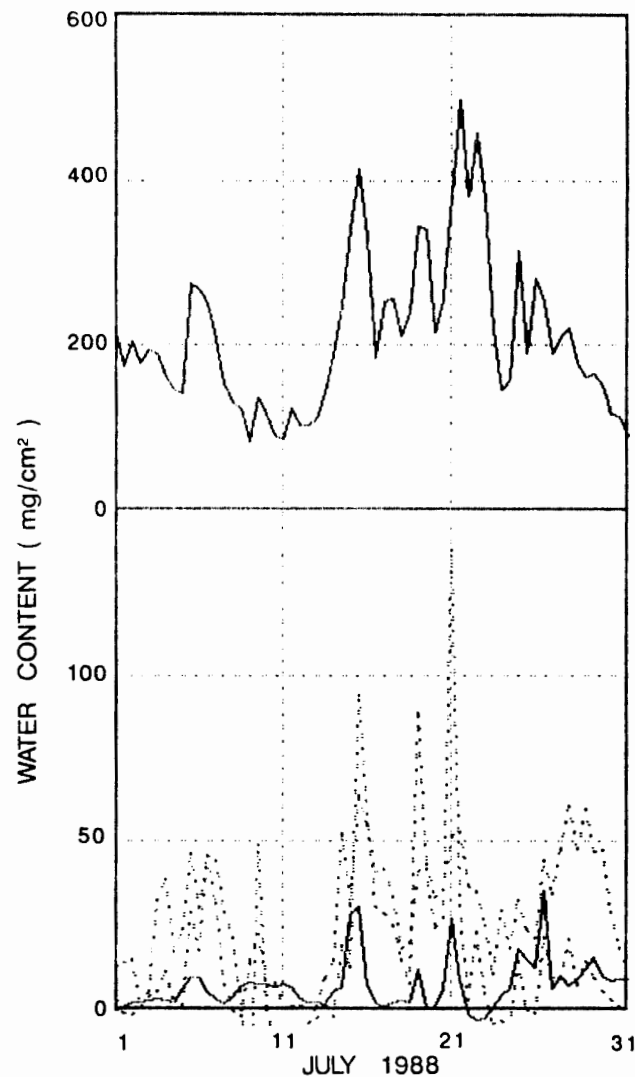


図 9 マイクロ波放射計 (19, 37 GHz), 垂直レーダー, レーウィソンド観測から得られた水の諸量. ソンデの値は水蒸気量を, マイクロ波放射計の値は液体の水の量を, レーダーの値は氷の量を示していると考えられる. 上の実線はソンデ, 下の実線はレーダー, 破線はマイクロ波放射計 (19, 37 GHz) のデータを示す.

Fig. 9. Integrated water vapor, liquid water and ice calculated by the data of rawinsonde, microwave radiometers and vertical pointing radar, respectively in July 1988. Upper solid line shows the data of rawinsonde, lower solid and dotted lines show the data of radar and microwave radiometers (19, 37 GHz), respectively.

予定である.

雲粒子ゾンデの観測, 降水粒子の観測データ等は今後詳しく解析するが, 上記の放射計, レーダーの結果を含め議論する予定である.

3.7. 内陸高層ゾンデ観測

3.7.1. 経過

極冠高気圧の支配下にある内陸域に侵入するじょう乱に伴う水蒸気流束の変化を調べるため, 昭和基地の真南, 約 400 km の G 6 地点 (73°S, 39°E) において, 10 月 21 日から 11 月

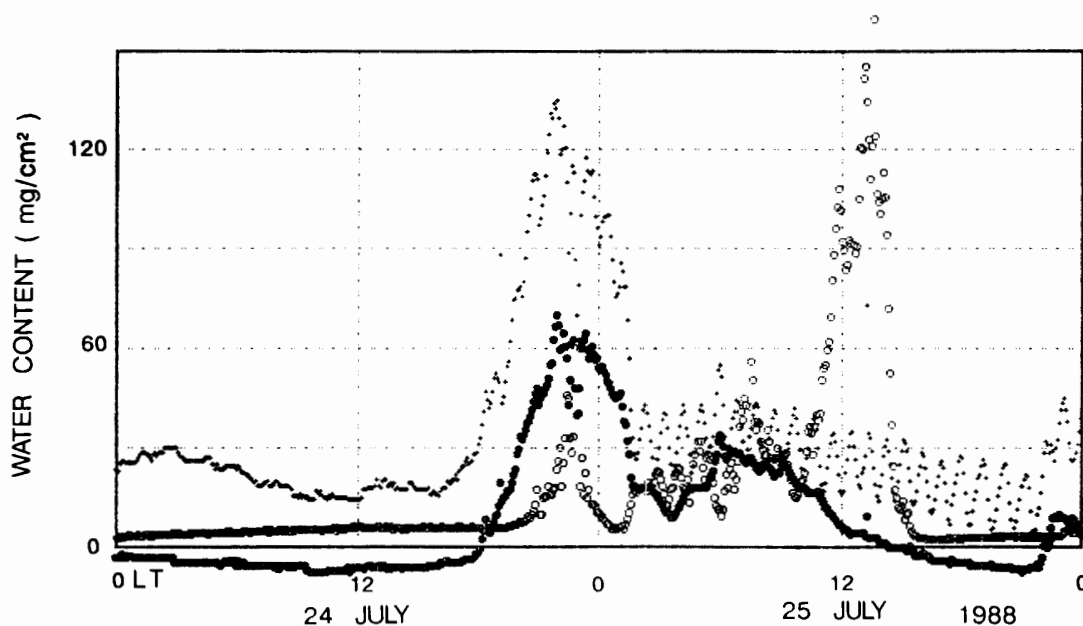


図 10 5 分平均値で見た液体の水、氷の量。点は 19 GHz 放射計、黒丸は 37 GHz 放射計、白丸はレーダーのデータを示す。

Fig. 10. Five-min mean value of integrated liquid water and ice. Dots, solid and open circles show the data of 19 GHz-radiometer, 37 GHz-radiometer and radar, respectively.

4 日の 15 日間高層ゾンデの観測を実施した。

観測には RS II-80 型レーウィンゾンデを利用し、明星電気製 RD65A 受信機によってゾンデからの信号を受信した。電源はヤンマー YDG-3000 発電機を使用した。G 6 地点での発電機の立ち上げ、気球充てん用シュルター作り、アンテナの設置に 6 人で約 1 日を要した。

1 日 1 回、12 UT の観測を行った。外気温は -35°C 程度であり、観測開始 4 時間前から発電機のあるそり内を暖め、 -10°C 程度にしてから発電機の始動を行った。観測用雪上車内も受信機等の環境温度を室温まで上げるため数時間前から暖める必要があった。湿度センサーのベースラインチェックには、飽和した塩化マグネシウム水溶液による検定を行い誤差許容範囲にある物のみ使用した。

3.7.2. 結果

飛揚した 16 個の中で、13 個は 20 mb 付近までの温湿度、風向、風速のデータを得ることができた。図 11 に風の変化を示す。観測前半から後半にかけて、沿岸部をじょう乱が通過しその影響が内陸部に及ぶ様子が捕らえられた。下層の風向変化は小さくカタバ風の影響下にあり、さらに内陸部へ向かう最も大きい南向き水蒸気流束は、このカタバ風領域の上部に存在している。また、地吹雪の発達時に顕著な高湿度層が地表付近に現れた。

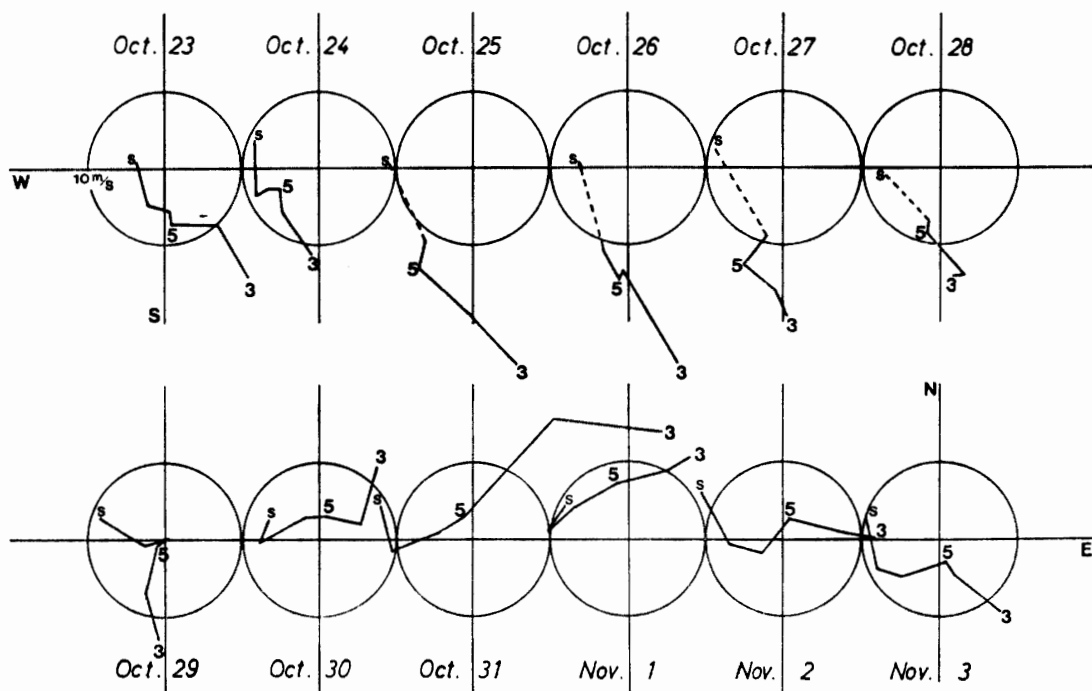


図 11 内陸域 G6 地点でのレーウィンゾンデ観測によって得られた風の変化
図中の S, 5, 3 はそれぞれ地表, 500 mb 高度, 300 mb 高度における
風向, 風速を表す。

Fig. 11. Variation of winds at G6 (73°S, 39°E), observed by temporal rawin-sonde soundings. S, 5, 3 in the figure denote surface, 500-mb, and 300-mb height, respectively.

4. 大気微量成分モニタリング

第 29 次観測隊では大気微量成分のうち, 1) 気候変動の要因として重要な物質, 2) オゾンホール消長に関連があると推定される物質, 3) 大規模な大気循環のトレーサーとなる物質の 3 点に焦点を合わせ, 「しらせ」船上および昭和基地で観測を実施した。大気微量成分モニタリングに関しては, 気水圏で実施した観測のほか, 定常気象部門でオゾンや大気混濁度の観測を行っている。

4.1. 「しらせ」船上観測

大気微量成分のグローバルな分布を知るために船上観測を実施した。

観測に先立ち, 「しらせ」船体および第 1 観測室に次のような 2 点の改造を行った。1) CO₂ 観測用空気取り込み口をブリッジの両舷側に取り付け, そこから 1/2 インチステンレスチューブを 1 本ずつ第 1 観測室に引き込んだ。2) オゾンやエアロゾル等の観測用空気取り込み口を取り付けるため, 直径 80 mm の穴を第 1 観測室の壁面にあけた。この穴にはフランジが取り付けられており, 観測を行わない時にはめかくしができるようになっている。また, 各種観測装置設置用ラックを第 1 観測室内に据え付けた。

4.1.1. 大気中および海水中の CO_2 濃度観測

大気中の CO_2 濃度観測装置は第 1 観測室に設置され，大気は上述の配管により装置に供給された．海水中の CO_2 濃度観測装置は第 5 観測室に設置され，海水は生物部門が海洋観測用にくみ上げているものの一部 (10 l/min) を利用させてもらった．観測は「しらせ」の往路，復路で実施された．その結果の一部を図 12 に示す．図は「しらせ」の往路に沿った (海水中の CO_2 分圧) - (大気中の CO_2 分圧) を表している．これによれば，南北両半球の中緯度では大気に比べ海水中の CO_2 分圧が低く，赤道をはさんだ低緯度域 (特に 10°S 付近) および南極域では逆に海水中の CO_2 分圧が高くなっていることがわかる．つまり自然界の CO_2 フラックスは赤道域および南極域で海から大気に向かい，逆に南北両半球の中緯度で大気から海に向かっている．そのフラックスの大きさは CO_2 の分圧差と海上風速によってほぼ決まっている．現在，グローバルな CO_2 循環で大きな謎となっている海と大気間の CO_2 交換量評価に関して貴重な資料となるため，今後もこの観測を継続することが望まれる．

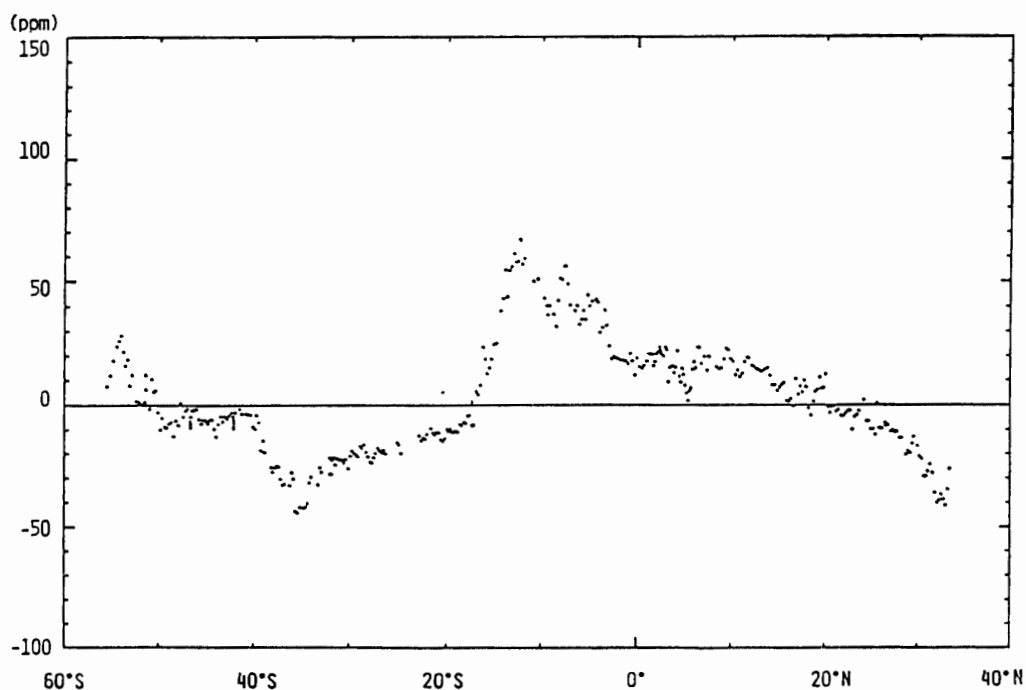


図 12 「しらせ」の航路にそった 1987 年 11 月から 12 月にかけての $\Delta p\text{CO}_2$ の緯度分布

Fig. 12. Latitudinal distribution of $\Delta p\text{CO}_2$ in November and December 1987 along cruise track of SHIRASE.

4.1.2. オゾン総合観測

オゾンの緯度分布を総合的に観測する目的で，1) Brewer オゾン分光光度計による全オゾン量の観測，2) オゾンゾンデによるオゾンの鉛直分布の観測，3) Dasibi オゾンモニターによる地表オゾンの観測が実施された．1) は定常気象隊員により，2) は定常気象と気水圏の隊員の協力で，3) は気水圏隊員により観測が行われ，南半球のオゾンの緯度－高度分布につ

いて貴重なデータが得られた。さらに、大気大循環に伴う物質輸送について興味深い結果も得られた。図 13 にオゾンゾンデによって得られたオゾン分圧の緯度-高度 2 次元断面図を示す。これによると 11 月から 12 月にかけてオゾンは 10°N 30 mb 付近と、 40°S 以南 40~30 mb に濃度の極大があること、 60°S の 150~50 mb 付近のオゾン分圧の南北傾度が非常に大きくなっていることが明らかになった。また、地上オゾン濃度が 20°S 付近で極大となっているが、これは成層圏から対流圏へのオゾンの流入によっていることが明らかになった。

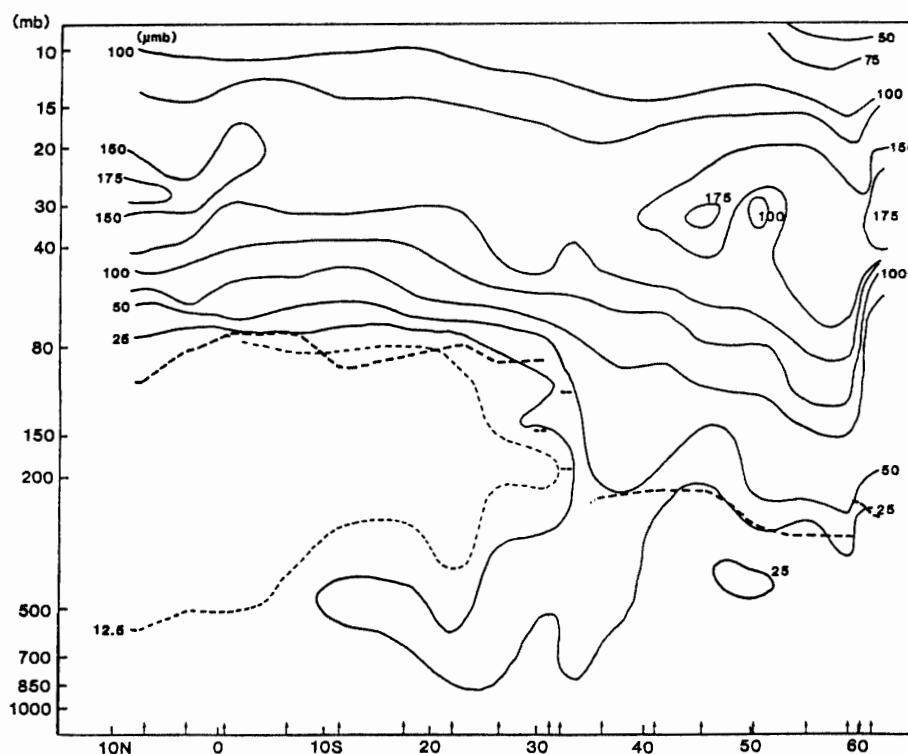


図 13 「しらせ」の航路にそった 1987 年 11 月から 12 月にかけてのオゾン分布の緯度-高度分布

Fig. 13. Meridional and vertical distributions of partial pressure of ozone in November and December 1987 along cruise track of SHIRASE.

4.1.3. エアロゾルサンプリング

日本からリュツォ・ホルム湾までの航海中、第 1 観測室に設置された β 線エアロゾル測定装置、ミドルボリュームエアーサンプラー、ローボリュームエアーサンプラーおよびインパクターによりエアロゾルサンプリングが実施された。試料はすべて日本の担当機関である国立公害研究所、名古屋大学水圏科学研究所に送り返され、分析された。

4.2. 昭和基地における観測

南極域は大気の汚染源から遠く離れているため、地球のバックグラウンドのモニタリングには最適な場所である。これまでの昭和基地における大気微量成分の観測結果をみても、大

変質の高いデータが得られていることから、大気環境変化に関して重要と考えられる観測項目を厳選し、今後も長期的な観測を維持していくことが望まれる。

4.2.1. CO₂ 濃度連続観測

CO₂ は今後予測される気候温暖化の原因として最も重要な気体であり、また大気中では安定なためトレーサーとしても有用である。

昭和基地では第 25 次観測隊以来、環境科学棟に測定システムを設置し連続観測が行われてきた (TANAKA *et al.*, 1987). 第 29 次観測隊では観測棟に空気取り込みパイプライン用ラックが新設されたこと (図 14 参照), および保守点検の都合上すべての大気微量成分観測装置を一箇所にまとめる必要があったことにより, CO₂ 測定システムを環境科学棟から観測棟に移設した. 観測棟内の装置配置を図 15 に示す. 測定システム移設に伴いエアースAMPLING系の配管のうち, ジャンクションボックスを改良型に取り換えた. また, 電磁弁をすべて新しいものに交換し, さらに配管の一部も新品と交換した. 交換後, 配管系のリークチェックを実施し問題ないことを確認した. 分析計をはじめ主な機器は 3 セット用意されており, 修理点検を行うため 1 セットを国内に持ち帰り, 2 セットを半年交替で運転するローテーションを組んでいる. 8 月上旬に実施した機器交換の際, 分析計 VIA-500R No. 3 の感度が低下していたため, ディテクターおよび光源を新品に換えた. 温度変化による微少な濃度ドリフトを避けるため, 20 本の標準ガスは環境科学棟内と観測棟内に分けて室温で保管した.

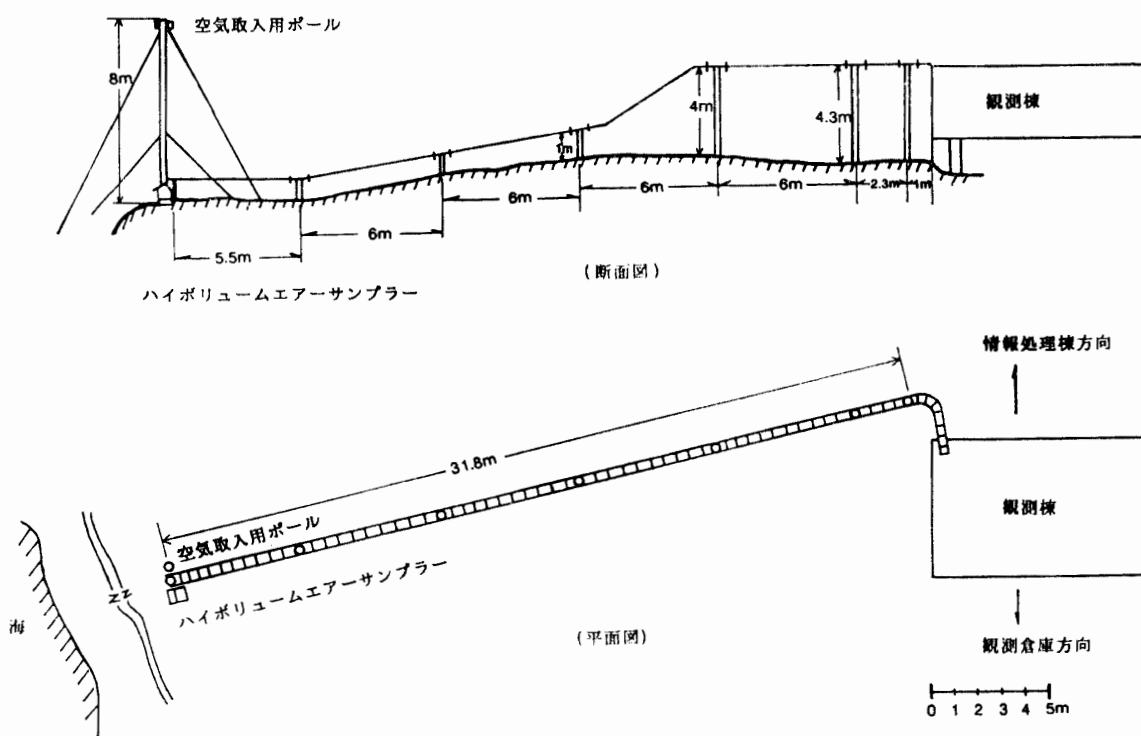


図 14 空気取り込みロタワーと配管ラックの設置

Fig. 14. An arrangement diagram of air intake tower and pipeline rack.

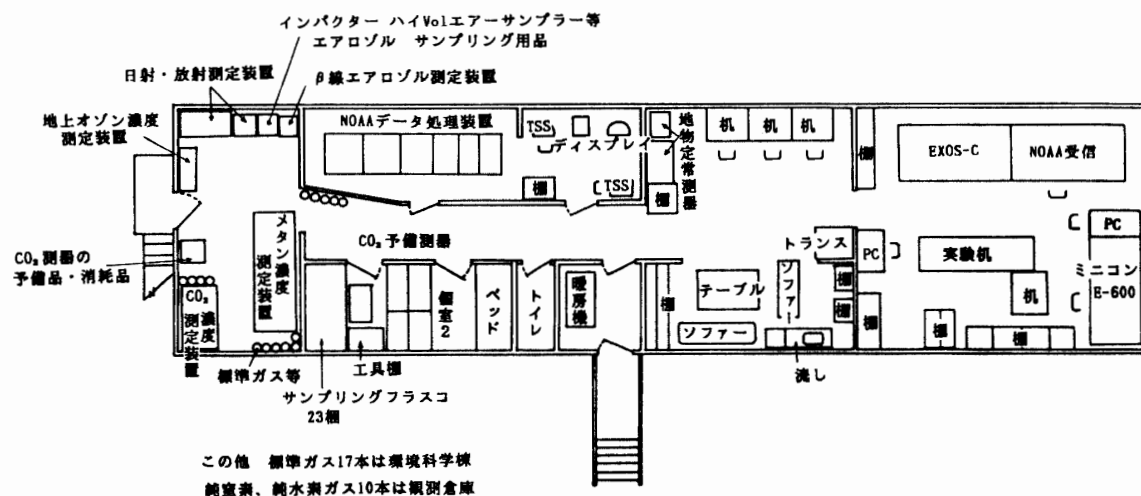


図 15 昭和基地観測棟の測器配置

Fig. 15. Plane figure of arrangement of instruments in the Upper Atmosphere Laboratory, Syowa Station.

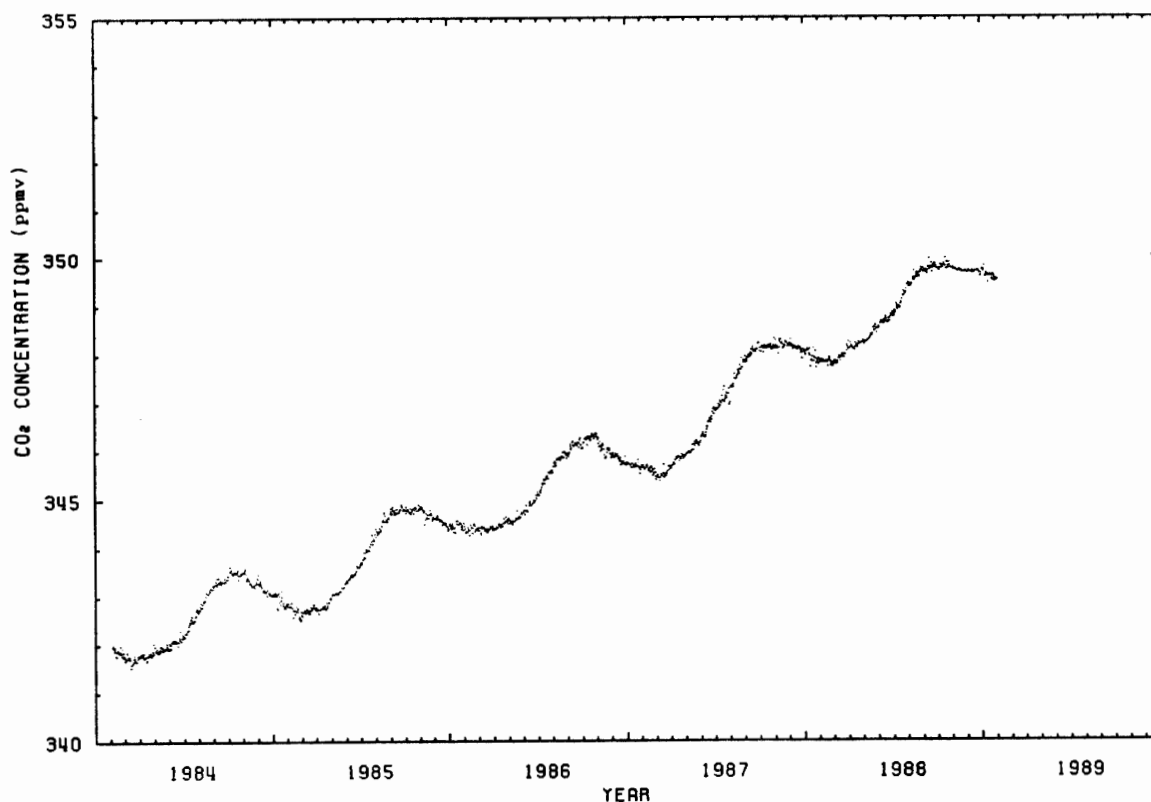


図 16 昭和基地における日平均 CO_2 濃度

Fig. 16. Daily mean CO_2 concentration at Syowa Station.

観測の経過は 1 年を通してきわめて順調であった。図 16 に 1984 年以来の日平均濃度の変化を示す。大気中の CO_2 濃度は季節変化を伴いながら年々一方的に上昇し続けている。データを詳細にみればこの上昇率は一定ではなく、特に 1987 年後半から 1988 年前半にかけての値がそれ以前の値に比べて約 1.5 倍にも達していることが判明した。この現象はエル

ニ－ニヨによって CO_2 循環バランスが地球規模で変化したことを示している。また、 CO_2 濃度には十数日周期の不規則変化もみられるが、これは昭和基地に到達する空気塊のオリジンの違いを反映している。

4.2.2. メタン濃度連続観測

メタンは二酸化炭素と同様に温室効果をもち、その濃度上昇率が大きいので、今後起こりうる気候温暖化に対して二酸化炭素に次ぐ関与を持つ可能性が高い。また、メタンは成層圏でオゾンホール生成の役割を演じている可能性の高い Cl 原子を除去したり、対流圏で OH ラジカルと結びついて CO を生成したりするため、その濃度上昇は大気化学的にも重要な意味を持つ。ところが、メタン濃度上昇の原因は今のところ解明されていない。その原因追求の第一段階として、南半球における大気中のメタンのバックグラウンド濃度が、どのように変化しているのかを正確に知るために、第 29 次観測隊で連続観測が開始された。

長期間にわたり連続した高精度のデータを取得するために、ガスクロマトグラフを用いた自動測定システムを新たに開発した。ガスクロマトグラフを含む主要な機器は 2 台ずつ用意されている。標準ガスは高低濃度ガスを 3 組持ち込み、半年ごとに交換した。また、測定システムのリニアリティーおよび再現性をチェックするためのチェックガスも 2 本持ち込んだ。これらのガスはすべて 47 l のアルミシリンダーに充てんされており、濃度変動を避けるために、環境科学棟内と観測棟内に分けて常温で保管された。純水素は 6 本持ち込み 4 カ月ごとに、キャリアーガスは 8 本持ち込み 2 カ月ごとに交換した。これらのガスは 47 l のスチールシリンダーに充てんされており、観測倉庫内に保管された。

観測の経過はきわめて順調であった。機器類には全くトラブルがなかったため、第 29 次観測隊では 2 台ずつ用意した主要機器のうち、No. 1 のみを使用した。半月ごとにシステムのリニアリティーおよび再現性のチェックを行ったが、年間を通して特性に変化はみられなかった。連続観測によって得られた昭和基地における日平均メタン濃度の変化を図 17 に示す。図によれば、南極域ではメタン濃度がきれいな季節変化をすることが明らかとなった。すなわち、最高濃度が 9 月、最低濃度が 2 月末から 3 月にかけてみられ、その振幅は 20 ppbv である。1988 年 2 月から 1989 年 1 月までの年平均濃度は 1641 ppbv であり、この間に 9 ppbv の濃度増加があった。また、総観規模の大気循環変化を反映したと思われる小さな濃度のふらつきも見られた。

4.2.3. 地上オゾン濃度連続観測

対流圏のオゾンは、成層圏からの空気の流入を示す最も有効なトレーサーである。昭和基地における二酸化炭素など、大気微量成分濃度の短周期変動の原因をさぐるため、第 29 次観測隊で地上オゾン濃度の連続観測を開始した。

測定システムはオゾン濃度計、プリンター、打点レコーダーおよびインレット配管から構成されている。オゾン濃度計の絶対検定はあらかじめ国立公害研究所で実施されており、帰

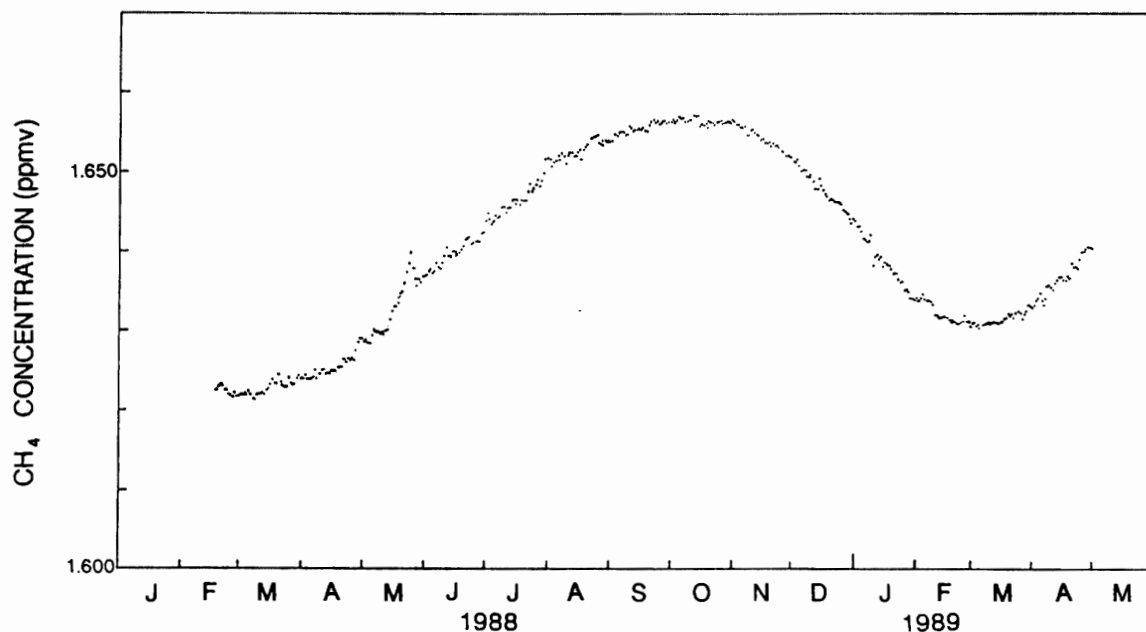


図 17 昭和基地における日平均メタン濃度

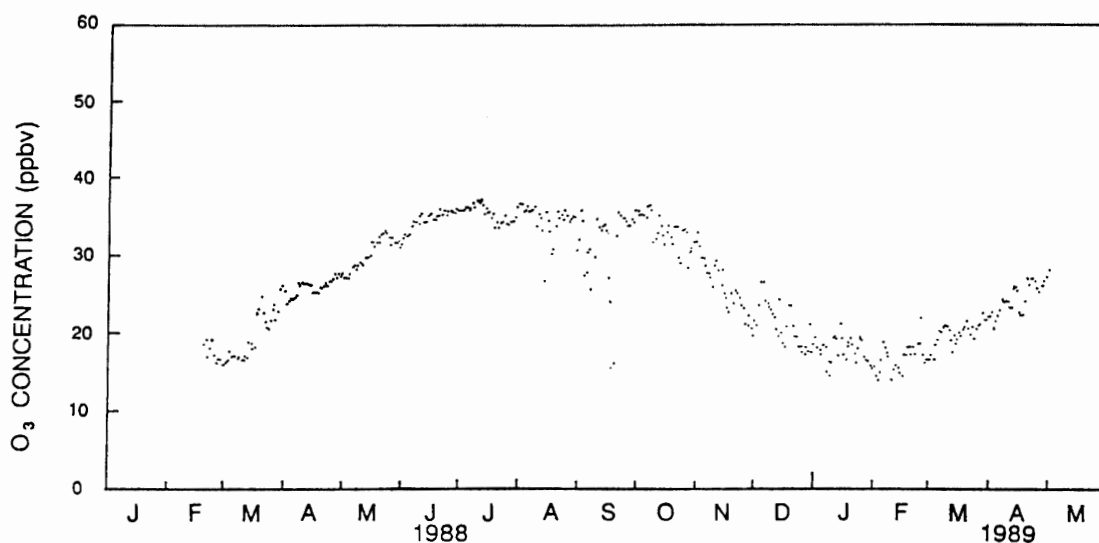
Fig. 17. Daily mean CH_4 concentration at Syowa Station.

図 18 昭和基地における日平均地上オゾン濃度

Fig. 18. Daily mean surface O_3 concentrations at Syowa Station.

国後、同研究所にて再検定が行われる。また、測器のゼロ点の変動を補正するために、10 日ごとに活性炭を通したゼロガスを流し、ゼロチェックを行った。

観測は 1 年を通じてほぼ順調であった。濃度計のオゾン分解器の寿命が約 6 カ月なので、7 月 10 日に交換を行った。10 月に入り濃度計の光源強度が低下したため光学調整を実施した。図 18 に日平均地上オゾン濃度の変化を示す。昭和基地で観測された地上オゾンは、7 月から 8 月にかけて最高濃度が、また、1 月末から 2 月にかけて最低濃度が出現するような季節変化を示し、その振幅は約 20 ppbv である。この季節変化に乗った不規則変化も明瞭に見

られる。この不規則変化の振幅は 3 月から 7 月にかけては比較的小さいが、8 月から 1 月にかけて大きくなり、特に 8 月と 9 月に濃度が数日間続けて異常に低下する現象が見られた。この濃度の異常低下は、同時期の成層圏のオゾン濃度変動ときわめてよい対応関係にあるという興味深い現象も見い出された。

4.2.4. 大気採集

次にあげる種々の目的をもった空気試料の採集を実施した。採集にあたっては、基地活動による汚染を受けないように十分配慮した。試料は帰国後各担当機関に送られ分析された。

(1) CO_2 濃度およびその炭素の安定同位体比 $\delta^{13}\text{C}$ を測定するため、ほぼ 5 日ごとに計 68 本の空気試料を採集した。空気は 550 ml パイレックス製フラスコに 3 気圧に加圧充てんされた。空気試料の精製・分析は東北大学理学部が担当した。

(2) 連続測定のパックアップとしてのメタンおよび二酸化炭素濃度測定のため、月に 2 回ずつ計 24 本の空気試料を採集した。空気は 300 ml ステンレス製容器に約 4 気圧に加圧充てんされた。空気試料の分析は東北大学理学部が担当した。

(3) 昭和基地とアムンゼン・スコット基地での CO_2 およびメタン濃度観測値の相互比較のため、1 回に 2 本ずつ半月ごとに計 48 本の空気試料を採集した。空気は 500 ml パイレックス製フラスコに加圧充てんされた。試料は帰国後依頼元である米国海洋大気庁 (NOAA) に送られ分析された。

(4) ハロカーボン類やメタン濃度の測定のため、月に 1 回ずつ計 12 本の空気試料を採集した。空気は 2 l または 4 l のステンレス容器に大気圧で採集された。空気試料の分析は東大理学部が担当した (MAKIDE *et al.*, 1986)。

4.2.5. エアロゾル測定

エアロゾルは太陽光を散乱させることにより大気の熱収支に関与しているため、その量の増減が気候変動要因の 1 つとなっている。また、成層圏エアロゾルがオゾンホール生成に関連している可能性も指摘されている。第 29 次観測隊では地上観測のほか、気球観測も実施した。

(1) インパクターを用いて、大気中のエアロゾル粒子を炭素被膜、カルシウム被膜およびニトロン被膜の電顕メッシュ上に採集した。採集は観測棟の北東約 30 m の空気取り込み用ポール下で行われ、ポンプの吸引時間はそれぞれ 15 分間であった。サンプル数は、炭素被膜とカルシウム被膜が 21 個、ニトロン被膜が 17 個である。試料の分析は名古屋大学水圏科学研究所が担当した。

(2) β 線エアロゾル測定装置によりエアロゾル濃度の通年連続測定を実施した。観測棟内から屋上東端へチューブを出し、試料空気をポンプで連続吸引した。フィルター上にサンプリングされたエアロゾルの分析は国立公害研究所が担当した。

(3) 観測棟の北東約 30 m の空気取り込み口下にハイボリュームエアーサンプラーを設

置し、ほぼ月 2 回の割合でエアロゾルのサンプリングを実施した。フィルター上にサンプリングされたエアロゾルの分析は国立公害研究所が担当した。

(4) 内陸旅行隊(渡辺興亜隊長)によりみずほ基地以南の内陸で、ローボリュウムエアーサンプラーを用いたエアロゾルサンプリングが 5 回実施された。フィルター上にサンプリングされたエアロゾルの分析は名古屋大学水圏科学研究所が担当した。

(5) 対流圏から成層圏にかけての大粒子エアロゾル(ミー粒子)濃度の鉛直分布を測定するため、8 月 18, 19 日および 9 月 14 日に光散乱式エアロゾルゾンデを飛揚した。第 1 回目はゾンデが地面に衝突し、ゾンデ信号の送信が停止したため、データが得られなかった。第 2 回目と第 3 回目のゾンデ飛揚は無事成功し、それぞれ 21 km および 26 km までのデータが取得できた。データはカセットテープとチャートに記録され、帰国後詳細な解析が名古屋大学空電研究所で行われた。

5. 広域気象観測

5.1. あすか観測拠点における観測

5.1.1. 地上気象観測

(1) 概要

あすか観測拠点での地上気象観測は、第 28 次観測隊より開始され、第 29 次観測隊でもこれを引き継いだ。装置および観測の概要(山内・高部, 1989)は、第 28 次観測隊と同様である。ただし、目視観測は 1-2 月が 1 日 2 回(06, 12 UT)、3-12 月が 1 日 3 回(06, 12, 18 UT)の観測を行った。観測データは従来のプリンター出力の日原簿のほかに、日別データをパソコンで処理して月集計、年集計データベースを作成した。

(2) 観測経過

第 28 次観測隊でも指摘されていたように、ブリザード時の百葉箱の雪詰まりによる気温、露点温度の欠測や静電ノイズによる日射計の異常出力などが発生した。百葉箱は雪面上昇のため、約 30 cm かさ上げた。一方、測風塔周辺は 1 年間で約 1 m の雪面上昇があったが、観測に支障はなかった。

(3) 観測結果

1988 年の結果は、AOKI (1990) にまとめられている。図 19, 20 に月別の気温および風速のデータを示す。

5.1.2. 放射収支観測

(1) 目的

あすか観測拠点における放射収支の基本的なデータの取得と、雲が放射収支に与える影響を知る目的で、可視、近赤外、赤外の各放射計による観測を行った。

(2) 観測システム

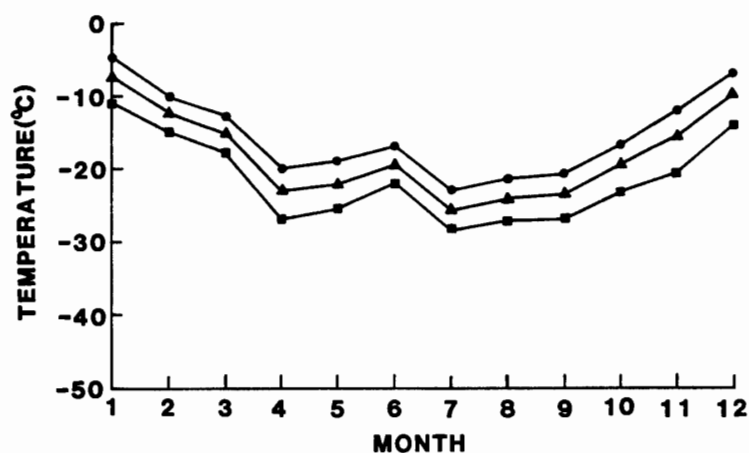


図 19 日最高気温，日平均気温，日最低気温の月平均値

Fig. 19. Monthly means of daily maximum (●), mean (▲) and minimum (■) temperature at Asuka Station in 1988.

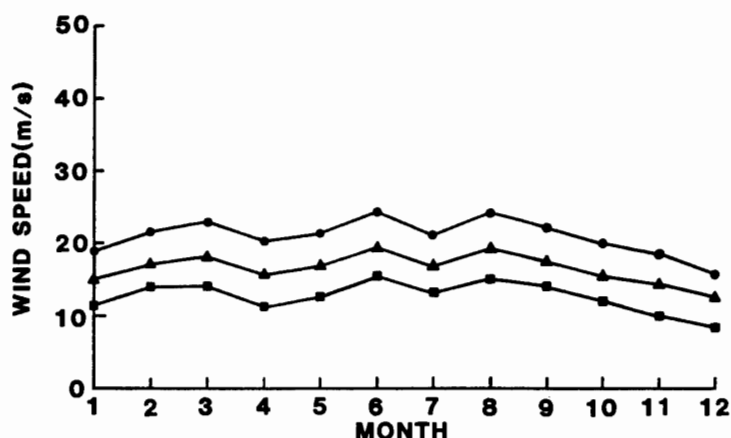


図 20 日最大瞬間風速，日最大風速，日平均風速の月平均値

Fig. 20. Monthly means of daily maximum instantaneous (●), maximum (▲) and mean (■) wind speed at Asuka Station in 1988.

輸送の関係で，1月中旬から2月上旬までは予備観測を行い，2月中旬から12月上旬まで本観測を行った．表3および図21に示すように本観測のシステムは，全天日射計4台と赤外放射計2台による上向きおよび下向きの放射フラックスと直達日射計による直達日射量の観測を行った．また，好天時にはサンフォトメータによる8つの波長域における太陽直達光強度を測定した．主に放射フラックス用の放射計は，観測棟から約80m東側の雪面上の架台に設置し，その他の放射計は観測棟屋上に設置した．各放射計からの出力は観測棟内のデータロガーで10秒ごとにサンプリングし，パソコンで1分平均して内蔵のフロッピーディスクに収録，30分平均値をプリンター出力した．また，主な放射計の出力は打点式レコーダーでモニターした．

(3) 観測経過および結果の概要

予備観測では，全天日射計（英弘精機/NEO型）2台による上向きおよび下向き放射フラッ

表 3 放射収支観測使用測器

Table 3. Instruments of radiation budget observation at Asuka Station.

測 器 名	台数	観測対象	波 長
全天日射計 (英弘精機/MS-801)	2	上向きおよび下向き放射 フラックス	305-2800 nm (VIS+NIR)
"	2	"	695-2800 nm (NIR)
赤外放射計 (エプリー/PIR)	2	"	約 4 μm <
直達日射計 (英弘精機/MS-52)	2	直達日射量	305-2800 nm, 695-2800 nm
サンフォトメーター (英弘精機/MS-111)	1	波長別太陽直達光強度	330, 369, 500, 675, 776, 862, 938, 1048 nm
データロガー (英弘精機/SOLAC)	1	—	—
パソコン (NEC/PC-9801VM21)	1	—	—

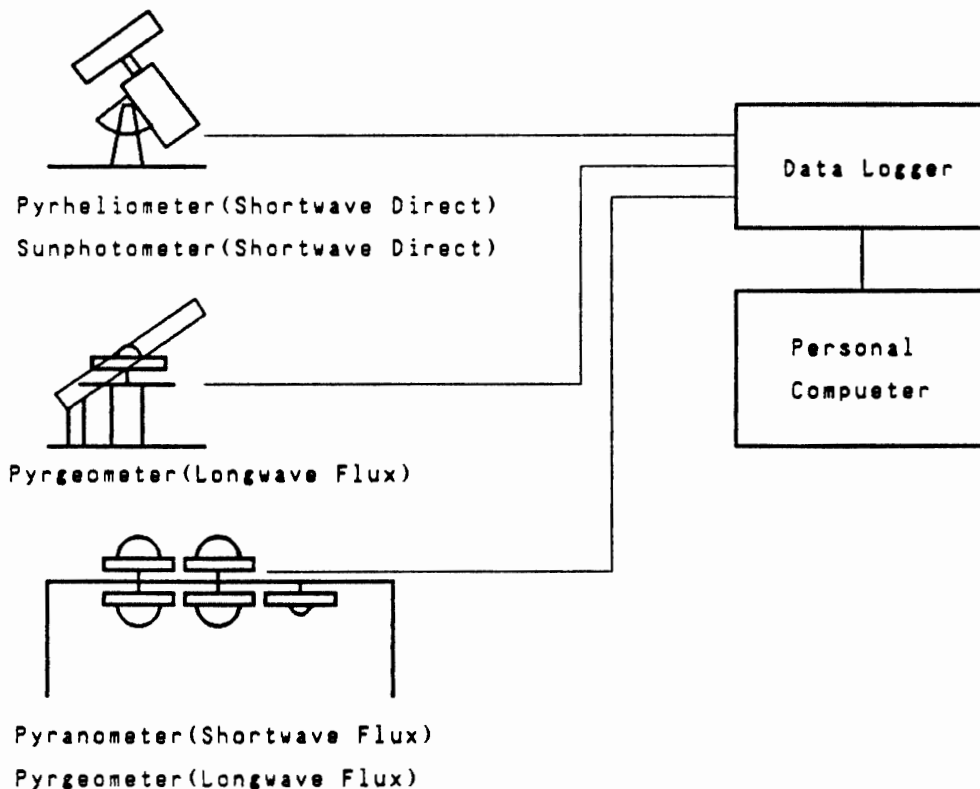


図 21 放射収支観測システム

Fig. 21. Measurement and recording system of radiation budget.

クスと赤外放射計 (エプリー/PIR) による下向き放射フラックスを観測し、放射計～データロガー～パソコンによるデータ取得システムの立ち上げテストを行った。この結果、ブリザード時に大きな静電ノイズが入り、ひどいときにはシステムがダウンすることが分かった。

これに対しハード、ソフト両面からの手直しを行った結果、風速 20 m/s 程度までのブリザ

ードに耐えられるようになった。しかし、さらに風の強いときはデータロガーの初期設定値が破壊されるなどの症状に見舞われたため、電源を落として天候の回復を待つしかなかった。本観測を開始した後も 6 月頃までこの状態が続き、欠測の日もあった。また、3 月には大量の降雪があり、約 1.2 m の観測用架台がほとんど雪に埋まった。7 月以降は雪面が硬化し、降雪も少なくなったため、ブリザードも減って良いデータが取れるようになった。白夜の始まる 11 月からはサンフォトメータの連続観測を開始した。測器のトラブルでは直達日射計を載せている赤道儀のスリップリングの不調やサンフォトメータの接触不良などがあったが、修理して回復した。全天日射計の現場での検定は春と秋にそれぞれ実施した。

観測結果は 1 分平均値をフロッピーディスク、30 分平均値をプリンター出力、アナログデータを打点式レコーダに記録した。結果の一部を図 22 に示す。

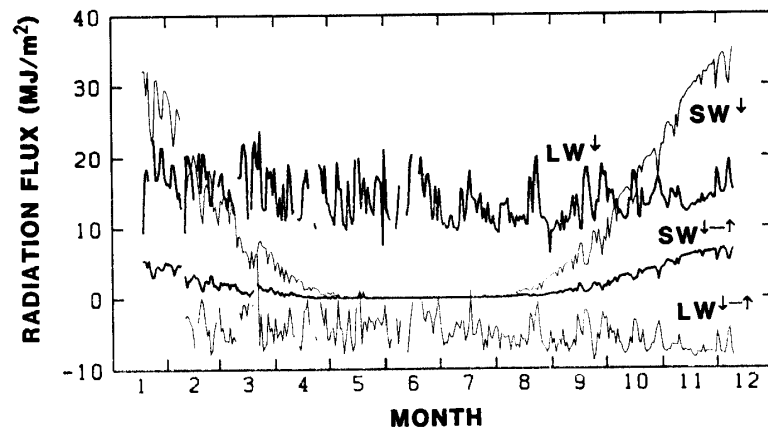


図 22 日積算放射量の年変化

Fig. 22. Annual variation of daily totals of some radiation fluxes at Asuka Station in 1988. SW and LW show shortwave and longwave radiation fluxes, respectively. ↓ and ↑ show downward and upward fluxes, respectively.

5.1.3. 天空光・地表反射光観測

(1) 目的

天空光や地表面反射光の放射輝度を測定することにより、大気中のエアロゾルの情報抽出や、人工衛星のグランドツールズを行うことができる。この天空光や地表反射光は方向や波長によって変化するため、従来の測器では測定に時間や手間がかかった。この方向別、波長別の可視領域における放射輝度を測定するためにビデオ放射計(神和光器)を開発し、太陽高度や季節による変化を観測した。

(2) 観測システム

ビデオ放射計は観測棟から約 30 m の雪面上に設置した約 4 m の架台に各観測日ごとにセットし、上向きに取り付ければ天空光、下向きに取り付ければ地表反射光を観測することができる。図 23 で示すように各方向からきた光は魚眼レンズから取り込まれ、干渉フィルターで波長選択された後、ビデオカメラで電気信号に変換される。この信号は観測棟内のイメ

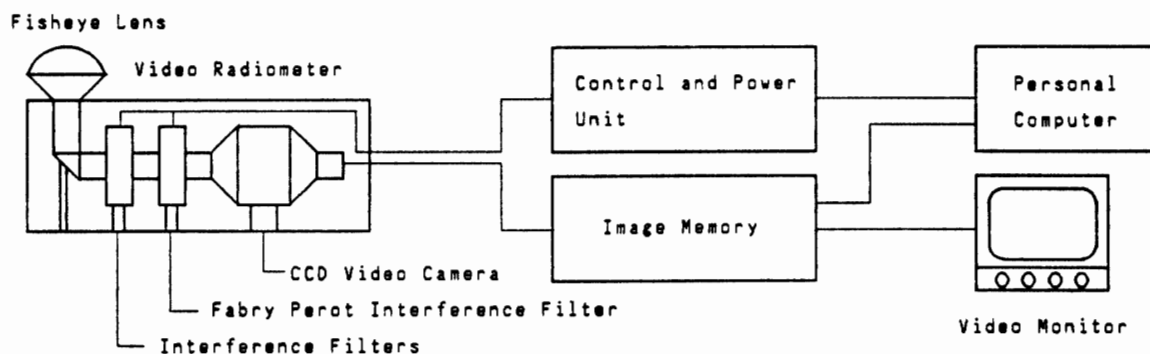


図 23 天空光・地表反射光観測システム

Fig. 23. Measurement and recording system of skylight and reflected light by surface.

ージメモリーユニットでデジタル化され、パソコンで処理し、フロッピーディスクに収録される。一方、ビデオ放射計内各部の制御は、パソコンから「制御・電源ユニット」を介して行う。また、波長選択は $0.44, 0.50, 0.67, 0.75, 0.85 \mu\text{m}$ の 5 枚の干渉フィルターが回転するターレット、または電氣的に $0.40\text{--}1.0 \mu\text{m}$ の波長を選択できるファブリーペロー干渉フィルターによって行った。

(3) 観測経過および結果の概要

1 月中に室内テストを済ませ、2 月上旬から観測を開始したがトラブルなどがあり、3 月以降からよいデータが取れるようになった。11 月まで極夜前後を除いて月に 1 回程度の観測を行った。しかし、ファブリーペロー干渉フィルターは調子が悪く、ほとんどのデータはターレット上の干渉フィルターによるものとなった。

観測結果は魚眼レンズイメージのデータをフロッピーディスクに記録したもので、約 600

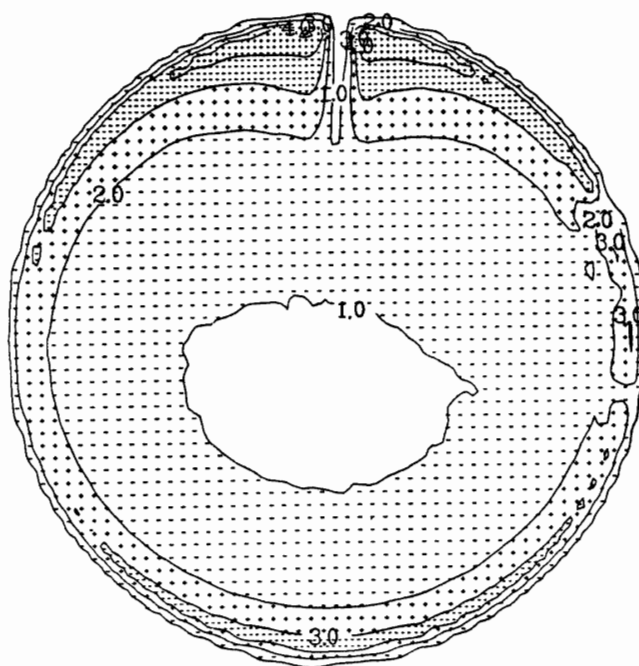


図 24 天空光観測例 (天頂=1 で規格化, 1988 年 11 月 25 日 1750 LT, 太陽高度=25.0°, 波長=0.5 μm)

Fig. 24. A sample of skylight measured at Asuka Station. Intensity is normalized by zenith=1. Observation was carried out at 1750 LT on 25 November 1988 (solar height=25.0°) with the wavelength of 0.5 μm .

フレームの画像データを取得した。図 24 に天空光の観測例を示す。

5.1.4. エアロゾルサンプリング

(1) 目的

1 年間を通して内陸からの安定した風の吹くあすか観測拠点の特徴を生かして、バックグラウンドなエアロゾルの年変化を知る目的でサンプリングを行った。

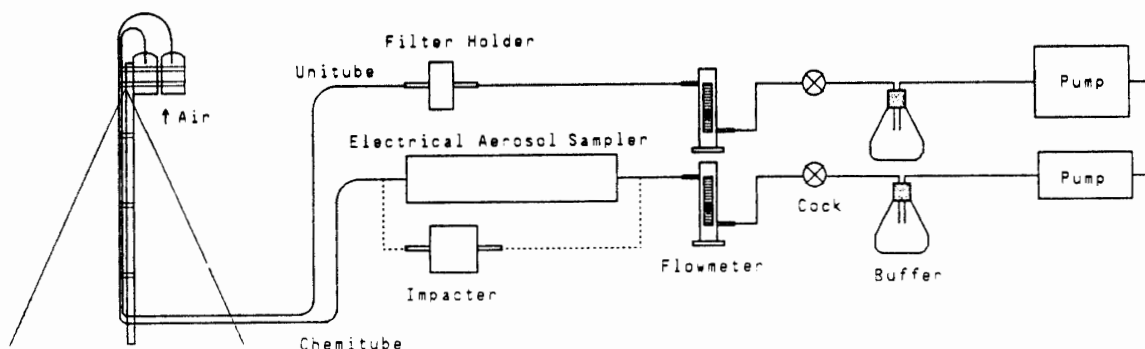


図 25 エアロゾルサンプリングシステム

Fig. 25. Aerosol sampling system.

表 4 エアロゾルサンプリング使用測器

Table 4. Instruments of aerosol sampling at Asuka Station.

サンプラー名	メッシュ/フィルター	流量×時間	頻度	チューブ
静電サンプラー	電顕メッシュ×10枚	5 l/分×1 週間	1 回/週	ユニチューブ
インパクター	" × 1 枚	5 l/分×40分	1 回/週	"
フィルターサンプラー	グラスファイバー フィルター	25 l/分×1 カ月	1 回/月	ケミチューブ

(2) 観測システム

大気中のエアロゾル粒子は静電サンプラー、インパクター、フィルターサンプラーの 3 種類のサンプラーにより採集した。静電サンプラーは 10 枚の電顕メッシュ、インパクターは 1 枚のメッシュ、フィルターサンプラーはグラスファイバーフィルター上にそれぞれサンプリングした。空気の吸引は図 25 のように観測棟風上（東）側に設置した約 4 m のポール上の 2 つの吸引口から行い、20 m のケミチューブおよびユニチューブをとおして、室内のサンプラーへ吸引した。各サンプラーに関する値は表 4 のとおりである。

(3) 観測経過および結果の概要

1 月中旬、観測棟の屋上に約 2 m の高さの吸引口を設置しサンプリングを開始したが、風上側に雪上車の通り道があるため、汚染された空気が混入してきた。このためチューブを延長して、吸引口を風上側の雪面上に移動した。2-3 月と 6-7 月のブリザード時にチューブ内に雪が詰まり、流量が低下するというトラブルが発生した。また、静電サンプラーでは電源電圧の不足や内部の高圧電源のリークなどのトラブルが発生したが、致命的なものでは

表 5 月別サンプリング資料数

Table 5. The monthly number of samples obtained at Asuka Station in 1988.

サンプラー名\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
静電サンプラー	2	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	1	45
インパクター	2	4	4	4	5	4	5	5	3	3	4	0	43
フィルターサンプラー	1	1	0	1	1	1	—1—	—1—	—1—	—1—	1	0	8

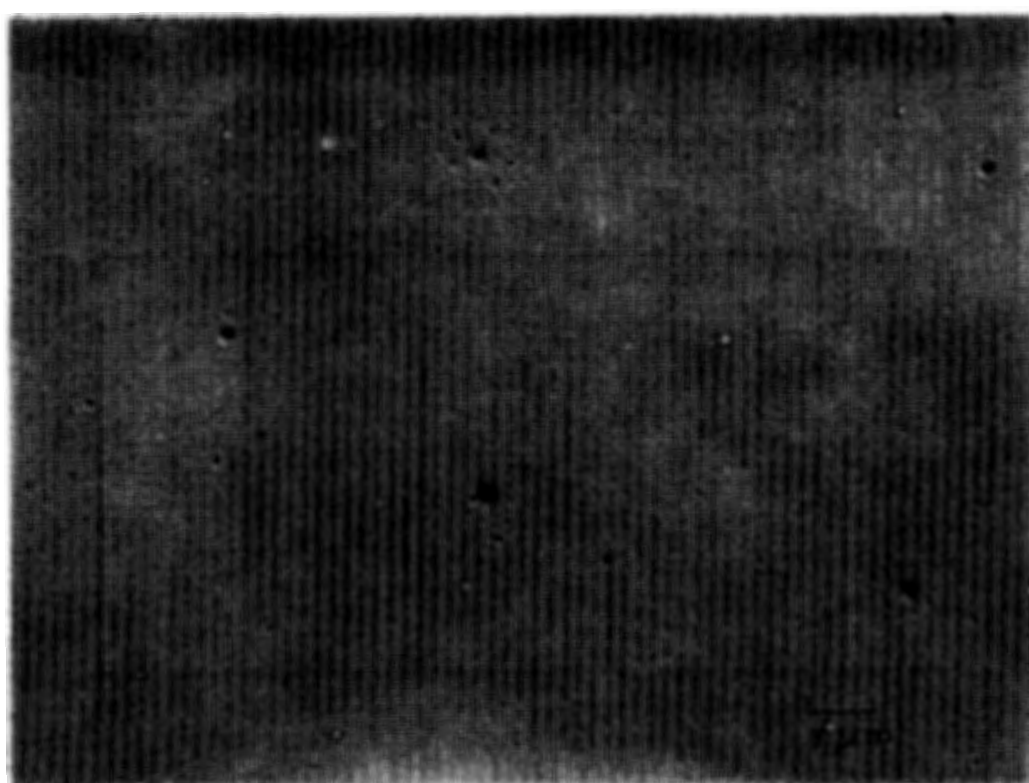


図 26 静電サンプラーで採集された硫酸粒子の形態写真 (1988 年 2 月 1 日 1605 LT~2 月 8 日 1432 LT)

Fig. 26. Electron micrograph of sulfuric acid particles collected at Asuka Station. The collection was carried out with an electrical aerosol sampler during the period from 1605 LT on 1 February to 1432 LT on 8 February 1988.

なかった。各月のサンプリング回数は表 5 のとおりである。図 26 に静電サンプラーで捕そくされたエアロゾル粒子の電子顕微鏡写真を示す。

5.2. 無人気象観測

第 29 次観測隊では新たに 2 地点の無人気象観測点の設置を行った。夏季オペレーション時にはブライド湾 30 マイル地点に、さらに 10 月には前進拠点に、アルゴシステム、CMOS 利用のシステムを新設した (30 マイル地点はアルゴシステムのみである)。また、みずほ観測拠点の装置は変更、点検、保守を夏季オペレーション時に行った。3 地点の測定項目を表 6 に示した。アルゴシステムのデータはフランス経由で日本に送られる。データから見ると前進拠点のデータが 11 月後半から収録されていない。みずほ基地の CMOS システ

表 6 無人気象観測項目

Table 6. Items of meteorological observation at three unmanned stations.

	開 始	システム	観 測 項 目
30マイル地点 みずほ基地	1987. 12. 28	ARGOS	風速, 気温, 室温, 日射, バッテリー電圧
	1988. 1. 15	ARGOS CMOS	風速, 気温, 室温, 日射, バッテリー電圧 1時間ごとの収録
前進拠点	1988. 10. 30	ARGOS CMOS	風向, 風速, 気温, 室温, 日射
			風速, 気温, 室温, 日射, バッテリー電圧 3時間ごとの収録
			風向, 風速, 気温, 室温, 日射

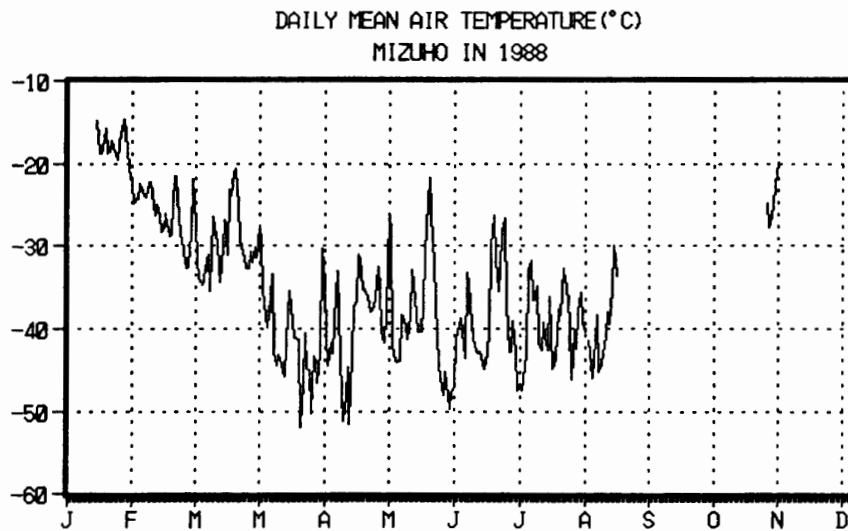


図 27 みずほ基地の CMOS システムによって得られた気温変化

Fig. 27. Temperature variation at Mizuho Station obtained by automatic meteorological instrument with CMOS memory.

ムのデータは同基地に隊員が立ち寄った時に回収した。12月までに得られたデータ(気温)を図27に示す。このデータは1次データでありその精度等は今後アルゴスシステムデータと比較しながら検討していく予定である。10, 11月は原因不明であるがシステムが止まりデータが収録できなかった。第30次観測隊夏旅行時に再びデータを回収したが、12月の収録以後2, 3日で止まっていたことが判明した。原因は電源にあると思われる。

6. おわりに

以上が第29次観測隊気水圏観測の主に気象関係の観測概要とこれまでに解析された結果の一部である。ACRは第29次観測隊が2年目であり、今後第30次から第32次観測隊まで続けられることになっている。今後は第29次観測隊で得られたデータのみならず、ほかの年次のデータも参照しながら解析を進めて行く予定である。また、今回の研究観測の基礎となる気象データは、定常気象部門で観測されており、これらのデータも合わせて解析し

ていく予定である。

謝 辞

ACR 計画の研究代表者国立極地研究所川口貞男教授をはじめ ACR 作業委員会の方々には、研究計画の立案をはじめ種々のご尽力をいただいた。第 29 次観測隊の渡辺興亜隊長をはじめ観測隊員の皆様には、観測方法のアドバイス、観測用建造物の設置、観測への直接のご支援等多くのご協力をいただいた。また、気象定常部門の松原廣司隊員をはじめ土井元久、上窪哲郎、岡田憲治の各隊員には、種々の観測を共同で担当していただいた。今回の観測がほぼ順調に実施できたのも皆様のご支援のおかげであり、ここに厚くお礼申し上げる。

文 献

- AOKI, T. (1990): Meteorological data at Asuka Station, Antarctica in 1988. JARE Data Rep., 150 (Meteorology 23), 110 p.
- MAKIDE, Y., KUBO, Y., YOKOHATA, A. and TOMINAGA, T. (1986): Increasing atmospheric concentration of halocarbons and methane in Antarctica (abstract). Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue, 45, 94-95.
- MURAKAMI, M., MATSUO, T., NAKAYAMA, T. and TANAKA, T. (1987): Development of cloud particle video sonde. J. Meteorol. Soc. Jpn., 65, 803-809.
- SATO, N., KIKUCHI, K., BARNARD, S. C. and HOGAN, A. W. (1981): Some characteristic properties of ice crystal precipitation in the summer season at South Pole Station. J. Meteorol. Soc. Jpn., 59, 772-780.
- 高部広昭・山内 恭 (1989): 気象衛星 NOAA データ処理装置. 南極資料, 33, 73-87.
- TANAKA, M., NAKAZAWA, T., SHIOBARA, M., OSHIMA, H., AOKI, S., KAWAGUCHI, S., YAMANOUCHI, T., MAKINO, Y. and MURAYAMA, H. (1987): Variation of atmospheric carbon dioxide concentration at Syowa Station (60°00'S, 39°35'), Antarctica. Tellus, 37B, 72-79.
- 山内 恭・高部広昭 (1989): 第 28 次南極地域観測隊による南極気候変動研究 (ACR) 観測報告. 南極資料, 33, 53-87.

(1989 年 12 月 8 日受付; 1990 年 1 月 24 日改訂稿受理)