

南極東クィーンモードランド前進拠点に おける無人気象観測*

菊地時夫** 牧野章汎***

要旨

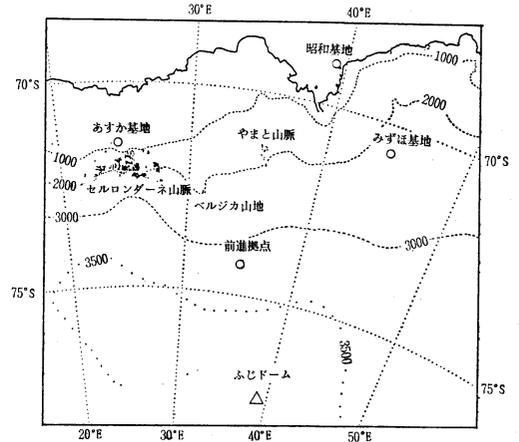
南極東クィーンモードランドに建設した前進拠点において、約8か月間の無人気象観測を行うため、半導体メモリー (CMOS RAM) 方式による長期気象記録計を製作した。記録計は風向、風速、気温、雪温を時間毎に測定し、CMOS RAM (16 kB) に記録する。電源にはリチウム電池を使用し、保温用に風力発電機を用いた。約7か月後にデータを回収して調べたところ、全期間にわたって記録が行われていたが、正常なデータは気温、風向が9割、風速が5割程度であった。CMOS RAM は -60°C 以下の極寒の条件でも、一度書き込まれたデータを保持しており、極地におけるこの方式の記録計の有効性を確認した。

1. はじめに

第26次南極地域観測隊は1985年2月、東クィーンモードランド雪氷観測計画 (東, 1981) の一環として $74^{\circ}12' \text{S}$, $34^{\circ}59' \text{E}$ 、海拔 3200 m の高原上に前進拠点を建設した (上田, 1986; Kikuchi and Ageta, 1987)。第1図にその位置を示す。前進拠点は第25次隊によってその位置を定められたが (Fuji et al., 1986)、長期観測のための居住兼観測棟の建設は第26次隊に委ねられていた。拠点建設のための内陸旅行隊は3月1日にみずほ基地への帰途につき、10月の本旅行まで前進拠点は無人となった。この無人期間の気象データを取るために長期気象記録計を製作し、現地に設置した。

2. 長期気象記録計の製作

南極の厳しい条件下で使用できるデータロガーとしては、デジタルカセットに記録する方式のもの (勝田・寺井, 1986) や、低消費電力の相補型酸化金属半導体 (CMOS) 集積回路 (IC) メモリーを使うもの (Endo et al., 1987) などが考えられる。前者は -20°C 程度までしか動作が保証されず、最低気温が -60°C 以下にま



第1図 南極、東クィーンモードランドの地図。前進拠点と日本の観測基地。

で下がると考えられる内陸高原では保温が不可欠となる。一方、CMOS IC の多くは -55°C まで動作が保証されており、部品を注意深く選ぶことにより、わずかの保温で十分使用に耐えるデータロガーを構成することができる。この考えに添っていくつかのデータロガーが商品化されているが、特に風速測定のみで気象観測に適した形の見当たらなかった。

そこで、新たに低温下で使える長期気象記録計を製作することにした。記録計の主な仕様と要求される性能を第1表に示す。特に、風向風速の測定については、世界

* Unmanned weather observations at the Advance Camp in East Queen Maud Land, Antarctica.

** Tokio Kikuchi, 高知大学理学部。

*** Akihiro Makino, (株)牧野応用測器研究所。

——1987年7月23日受領——

——1987年9月28日受理——

第1表 長期気象記録計の仕様

データ収録項目およびセンサーの規格				
	項目	内容	センサー	規格
1.	風向	10分間の最頻値	抵抗式矢羽根風向計 (n/300を2で割る)	16方位 (牧野, VR 236) 0~150
2.	風向頻度	1. の頻度		
3.	風速	10分間平均値	電接式三杯風速計	分解能0.1 m/s (牧野, AC 860)
4.	最大風速	10分間の最大値		
5.	気温		白金抵抗温度計	-60~40°C, 分解能 0.1°C
6.	雪温		白金抵抗温度計	-60~40°C, 分解能 0.1°C
7.	通し番号		RAM の0番号に記録された番号をデータ取得のたびに増加する	
測定周期		3時間		
収録期間		約8か月		
動作温度 (下限)		約-50°C		
記録媒体		半導体メモリー (CMOS-RAM)		
補助機能		RAM のチェックと初期化 データ転送 (RS-232-C による)		

気象機関 (WMO) に定められた10分間平均をとることによりデータの代表性が確保されるようにした。記録方式については前述の CMOS-RAM を使用するが、紙テープに針でパンチすることによりバックアップすることを考えた (実際には電源部の事故によりこの部分は使われず、有効性は確かめられなかった)。

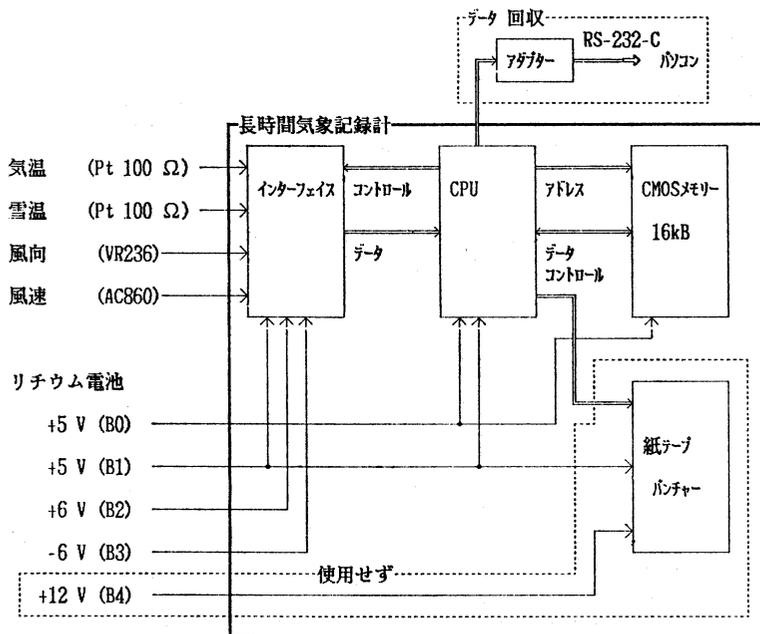
第2図に記録計の構成図を示す。CMOS 型の中央処理装置 (CPU) である IC, 80 C 85 は、32.768 kHz の水晶発振器で動くタイマーにより3時間毎に電源が入られる。CPU は読み出し専用メモリー (ROM) に書き込まれているプログラムに従って計測を行い、必要な演算を行い、得られたデータを CMOS-RAM に書き込む。続いてデータをパンチしたあと、電源を切る。タイマーの動作と CMOS-RAM のデータ維持に必要な電流は非常に少なく済む。電源には低温での特性の良いリチウム電池 (松下電池) を使用した。

計測のプログラムは以下のようにになっている。

- (1) 風速風向測定開始…10分間の計測中も2秒毎のデータ取り込み時以外は CPU の動作を停止して電力消費を軽減する。
- (2) 平均風速、最多風向の計算…10分間の計測の後300個のデータから平均風速、最大風速、最多風向、同風向の発生頻度を計算する。風速の分解能は

0.1 m/s で10ビットで表す。風向は16方位で計測する。

- (3) 気温、雪温の測定…白金抵抗温度計 (0°C で 100 Ω) を使っているが、測定時のみ回路に通電するようにして、電力を節約する。A/D コンバータには10ビットの物を使用しており、分解能は約0.1°Cである。
- (4) CMOS-RAM へのデータ書込…RAM 内に記録されている番地情報をもとにデータを記録すべき番地を計算してその番地のメモリーにデータを書き込む。1データは8バイト (1バイトは8ビット) で構成されるが、計測データは10ビットで表されるため、1バイトに各データの上位2ビットをまとめて入れるなどの工夫をしてメモリーの節約を図っている。RAM は 16 kB が用意されており、ほぼ 255 日分に相当する。
- (5) テープパンチの駆動…CMOS-RAM のバックアップ用として準備した。CMOS-RAM に比べてデータの保存性に優れているが、読み取りには困難が予想される。
- (6) CPU の停止…3時間後にタイマーによって電源が入られるまで動作を停止するため、自分自身の電源を切る。



第2図 長期気象記録計の構成。

この他、記録計には (a) RAM のチェックと初期化、(b) 計測データの転送を行う機能が備わっており、CPU 電源を手動で入れる際スイッチ操作でそれぞれの機能プログラムを実行する。データの転送には RS-232-C によるシリアル方式を用いてパーソナルコンピュータに収録できるようにした。但し、記録計からの出力は使用する電源の関係で +5V と 0V なので、パソコン (EPSON, HC-40) の規格に合う様に ±9V に変換するアダプターを用意した。

記録計の電源は5組のリチウム電池からなっている。デジタル用2系統 (5V/22AH, 5V/1.5AH) とアナログ用2系統 (6V/1.5AH, -6V/1.5AH)、及びパンチ用 (12V21AH) の計5系統に分かれているが、低温での電圧降下を予想してほぼ2倍の起電力の電池を用意した。

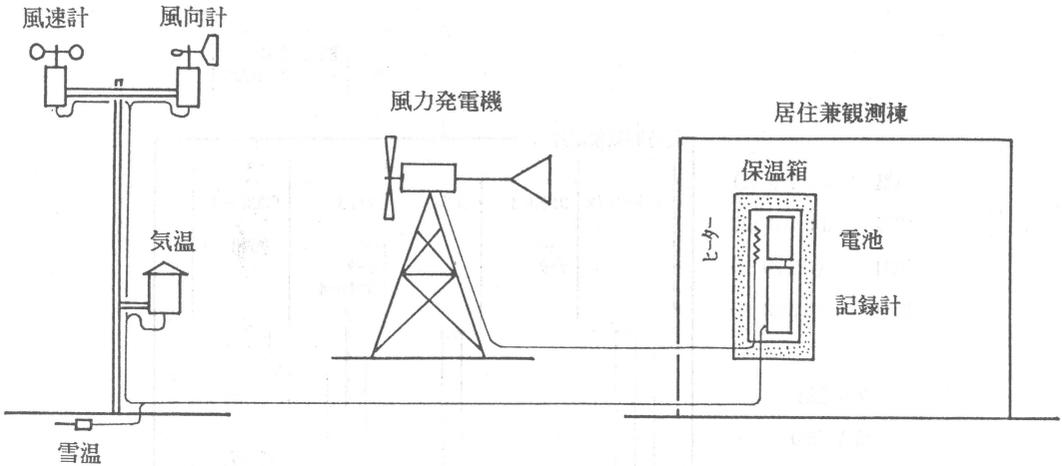
記録計と電池は10cm厚さの発泡スチロールで断熱した木製の箱に入れた。また、風力発電機 (0-200-TM 1-24V, 大島製作所) を電気ヒーターにつなぎ、保温のための熱源とした。但し、過大電流による温めすぎを防ぐため、記録計に付けたサーモスタットにより -5°C 以上で断熱箱の外側につけたヒーターに切り換えるようにした。

3. 現地での設置状況

前進拠点建設のための内陸旅行隊 (5名、リーダー：上田豊) は1985年1月26日にみずほ基地 (70° 42' S, 44° 20' E, 高度 2230m) を出発して、2月7日に目的の前進拠点建設地に着いた。翌8日から9日にかけて、断熱パネルを組み合わせた幅 3.6m、奥行き 7.2m、高さ 2.7m の居住兼観測棟を建設した。内装などの作業終了後、2月14日より記録計の設置に取り掛かった。前進拠点における気象記録計の設置状況を第2図及び写真1, 2に示す。風向計と風速計は高さ 5m のポールの上部に取り付け、温度計のひとつはステンレスの日除けの中に入れて高さ 1.5m に取り付けた。また、もうひとつの温度計は深さ 2cm の雪中に埋めた。風力発電機はポールの風下約 10m のところに設置した。居住棟内に記録計本体と電池をセットして計測テストを開始したのは2月16日である。

テスト中にいくつかの不具合が生じた。

- (1) 風力発電機の故障…(a) 回転が遅かった。これは発電機内の軸受けのグリースの低温による固化で、軸受けを灯油で洗浄することにより解決した。
- (b) 回転部のスリッピングでの断線により電流が流れなかったが、発電機より直接配線することに



第3図

第3図 記録計の設置状況の概略図。

写真1 風上から見た観測用ポールと風力発電機，前進拠点建物，後方は幌そりとデポ。

写真2 室内に置かれた記録計，保温箱ははずして横に置いてある。手前下はハンドヘルド・コンピュータ。

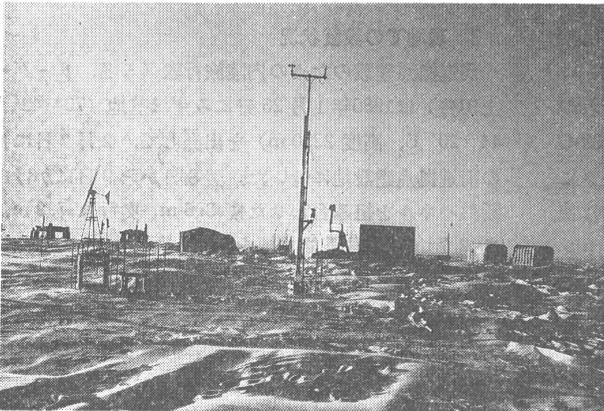


写真1

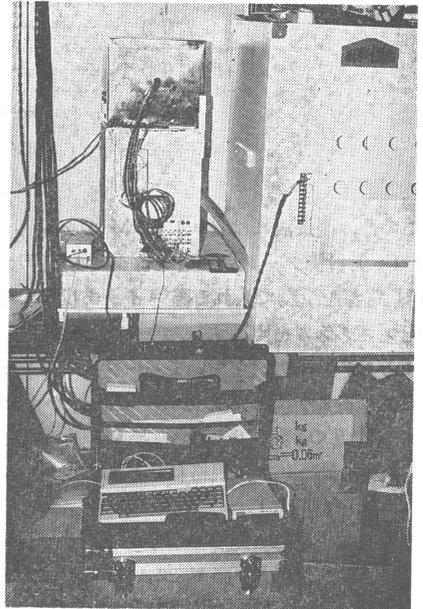


写真2

より解決した。(c) 矢羽根が強風で共振することがあった。これは設置時点までの間に事故により矢羽根が曲がっていたことによるものかも知れないが、特に対策はとれなかった。

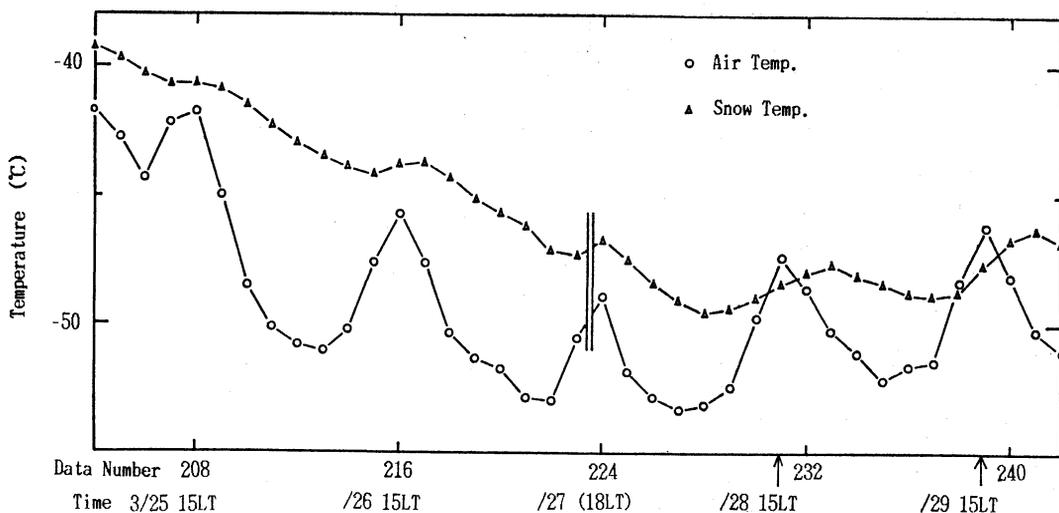
(2) 電池のショートとパンチ部の故障…点検のため電池をはずす際に誤ってショートさせ、その影響でパンチ部が動かなくなった。復旧を試みたが部品もなく諦めた。

(3) データの欠落…パンチ部の動作している間にデータがパンチされているのにメモリーに書き込まれていないことがあった。プログラムかハードウェアのミスと思われるが再現性が乏しいため対策できなかった。

以上のように不完全な形ではあるが、滞在期限も迫ってきたので2月27日15時(昭和基地標準時間, UT+3h)から計測を開始した。前進拠点を出発する3月1日には

第2表 電池電圧の変化

名称	規格値	電圧 (1985年2月)	電圧 (10月)
B 0	5 (V) 22 (AH)	7 (V)	3 (V)
B 1	5 1.5	10	9
B 2	6 1.5	10	9
B 3	-6 1.5	-10	-9
B 4	12 21	(使用せず)	



第4図 データ欠落前後の気温と雪温の記録。

記録されたデータを読み出してデータ回収の際に比較できるようにした。

4. データの回収

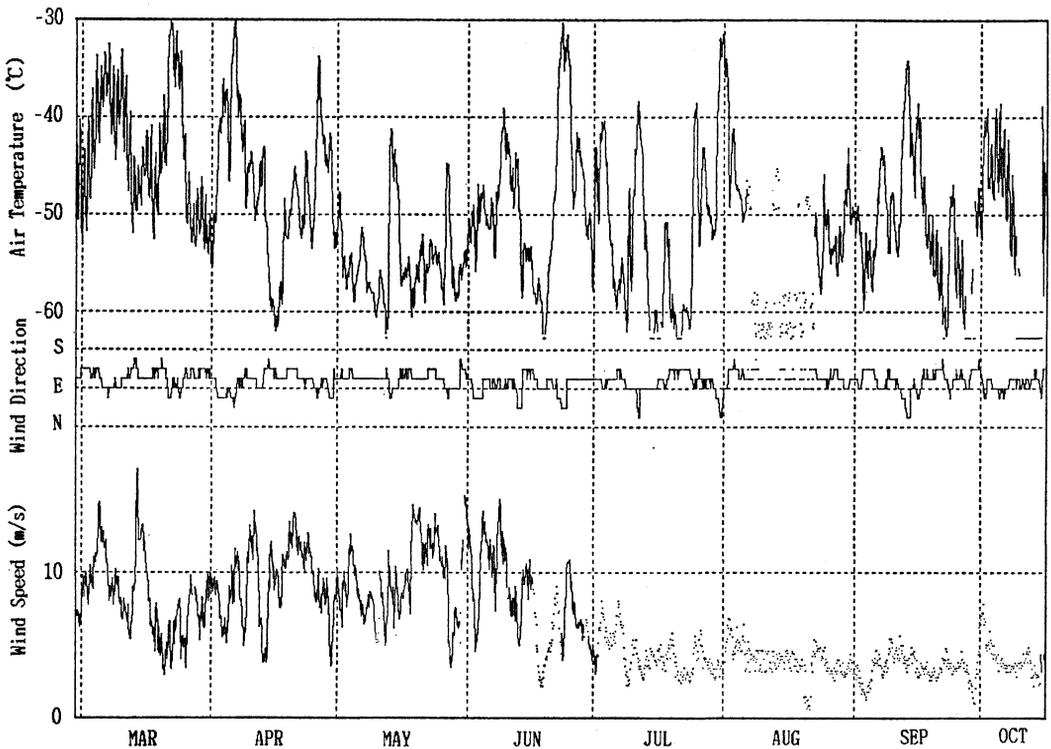
昭和基地とみずほ基地で越冬したのち、内陸旅行隊(8名、リーダー:上田)は10月14日に前進拠点を再訪した。まず、風力発電機が壊れていることを発見した。発電機は尾翼の付け根が破断してプロペラが脱落しており、設置時にみられた共振現象によるものと推察された。壊れた時期は特定できないが、壊れた部品の雪に埋まった状況から数か月は経過していると思われ、保温の電源を失った記録計は -60°C 程度まで温度が下がっていた可能性がある。

次に、居住棟を暖房して記録計を温めたあと、電池の電圧を測定したところ第2表に示すように電圧の降下が見られた。続いてコンピュータを接続してデータの回収を試みたが、CPUとシリアル出力の電源電圧が3Vに

まで落ちていたため、予備の電源装置で5Vを供給することにより、かろうじて回収することができた。記録の最初に入っているデータは拠点を離れる前に読み出したものと一致しており、温度低下や電圧降下によっても一度記録されたデータに変化はなかった。一旦コンピュータに入ったデータはデジタルカセット端末(TAFCO, TFC-153)を介してカセットテープに移して持ち帰った。

5. データの検討

データの検討の際にまず注意したのは3節の(3)に書いたようなデータの欠落がないかという点である。2月と3月のデータは気温に日周変化が見られるため、これを追うことによりある程度欠落をチェックできる。第4図に3月25日03時(データ番号204)から5日分の気温と雪温をプロットした。3月27日までは15時に日最高気温が現われているのに対して、28日からは12時に現わ



第5図 無人記録計による全期間の気温、風向、風速の記録。データの点を線で結んでいない部分は記録に問題があったことを示す。

れている。これ以降の日周変化も同様であり、27日から28日にかけてデータの欠落が生じたことがわかる。これ以上のことはデータのプロットからはわからないが、2月のテスト中にはデータ番号が32番、48番などの2進数で切れのよい番号のところで欠落が生じていた。そこでこの付近で一番切れのよい224番(16進数でE0)のところで欠落が生じたものと推定した。その後の部分では日周変化がなくなるため、この方法でのチェックはできないが、最後の部分のデータを再訪時の手動気象観測と比較することによりデータの欠落は前にあげた1箇所だけであることが確認された。

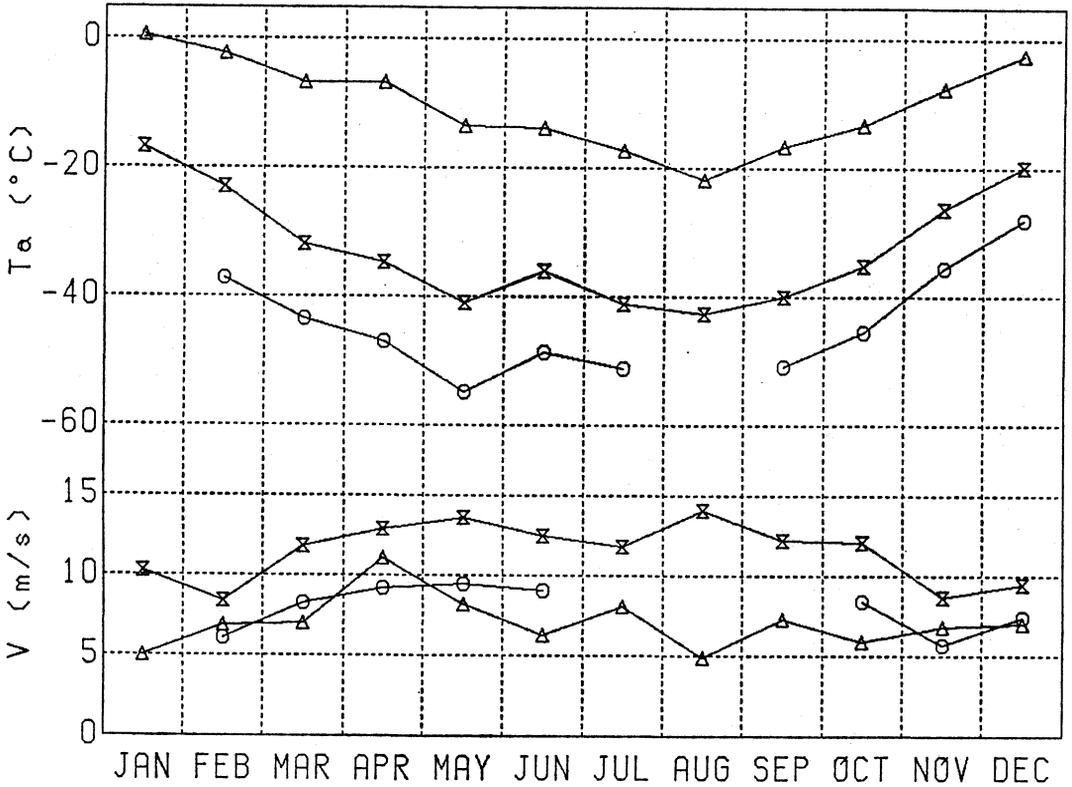
以上の他に、低温と電圧低下が原因と見られるデータの明らかな誤りが見つかった(データの詳細についてはKikuchi and Ageta, 1987を参照)。

- (1) データ番号1278から1405の範囲では番号が250, 250, 0, 0, …のように誤って記録されていた。この期間(8月6日～22日)の風速や気温もランダムに変化しており、記録に異常があったことを示してい

る。この128個のデータは、ちょうど1組のRAM IC(4 bit×1024のIC 2個で1kBを構成する)に相当する。常温ではRAMチェックプログラムによっても異常は発見されなかったが、低温のために異常が生じたものと思われる。

- (2) 6月の後半より後の風速データでは、平均風速が最大風速に比べて極端に小さくなっている場合が多い。みずほ基地のデータ(Kikuchi *et al.*, 1986)と比べても平均風速は小さくなっており、風速測定に問題が生じたことがわかる。風速計が電気接点方式をとっていることから、間欠的な接触の検知ミスがあったものと思われる。10月15日に居住棟を暖房してからは正常な値に戻っていたことから考えると、風速計の発信部に原因があるのではなく、低温による入力部トランジスタの作動不良など、電子回路に原因があったのであろう。

- (3) 温度の最低値を -60°C (実際には現地較正の外挿によると -62.6°C)に設定していたため、それ



第6図 有人期間の観測をあわせた月平均の気温，風速の記録，(O…前進拠点，X…みずほ基地，Δ…昭和基地，いずれも1985年)

以下に下がったときの気温，雪温の測定はできなかつた。

6. 結 語

第5図に長期気象記録計のとった気温，風速の全データを示す。但し，データにミスのある部分は線でつながらずに点のままにしてある。以上のように一部にデータのミスがあったものの，全体としては気温と風向で9割，風速で5割程度の正常な記録を取得することに成功した。

第6図に有人観測期間を含めた気温と風速の月平均値をみずほ基地，昭和基地での値と比較して示した。図からわかるように，みずほ基地と前進拠点の相関はかなりよい。みずほ基地は昭和基地から約250 km，みずほと前進拠点の間は約500 kmで後者のほうが遠いのに相関がよい。これは南極の気候区分が主に海拔高度で決まっている(Dalrymple, 1967)ことに関連している。また，Endoh *et al.*, (1987) はあすか観測拠点(71° 32' S,

24° 08' E, 海拔930 m)に設置した同様の方式による記録計のデータとの比較より，低気圧性擾乱の進入について明らかにした。東グリーンモードランド高原域における気象，気候区分の問題については別に論ずる予定である。

世界気候研究計画(WCRP)の副計画である南極気候研究(ACR)に関連して各国で無人氣象観測の計画が実行されている。その主流は衛星によるデータ収集であるが(例:Stearns and Weidner, 1986) 経常経費がかなりかかることが欠点である。1年に一度程度訪れることができて行動計画上は余り重要性がないようなところ(従って実時間でのデータを必要としないところ)では，ここで扱っているような記録方式にも利用価値がある。

第28次隊ではこの長期気象記録計を改良して無人となったみずほ基地に持ち込み，他の方式の記録計(勝田・寺井, 1986他)と共に1年間のデータ収集試験を行っている。主な改良点は次の通りである。

- (1) 風速計を発電方式のものに代えて電接方式にみら

れた低温での障害を避ける。

- (2) データの圧縮性を高め 16kB のままで 1 年分のデータが取れるようにする。
- (3) 電池の接続にコネクタを使用して、短絡などの事故を防ぐ。

また、みずほ基地は前進拠点よりも 10°C ほど気温が高いので、風力発電機での保温をやめて、雪中に埋まった基地建物の保温性にまかせている。第 29 次隊との交代のとき (1988 年 1 月) にデータは回収される予定である。

謝 辞

風力発電機に関しては、湯浅電池 (株) の松本完氏に御世話になった。現地での設置にあたっては国立極地研の吉田治郎隊員を始め、内陸旅行隊全員の協力を得た。ここに記して、謝意を表します。

文 献

- 上田 豊 1986: 内陸ドームから、あすか拠点へ。極地, 43, 28-33.
- Dalrymple, P.C. 1966: A physical climatology of the Antarctic Plateau. Studies in Antarctic Meteorology, Antarct. Res. Ser., 9, ed by Rubin,

- M.J., Am. Geophys. Union, 195-231.
- Endoh, T., G. Wakahama, S. Kawaguchi, M. Sano and T. Kikuchi, 1987: Trial operation of a simple automatic weather station at Asuka Camp., Antarctica. Proc. NIPR Symp. Polar Meteorol. Glaciol., 1, 103-112.
- Fujii, Y., K. Kawada, M. Yoshida and S. Matsumoto, 1986: Glaciological research program in East Queen Maud Land, East Antarctica, Part 4, 1984. JARE Data Rep., 116, (Glaciol. 13), 71 p.
- 東 晃 1981: 南極東クィーンモードランド雪氷研究計画について。雪氷, 43, 129-130.
- 勝田 豊・寺井 啓 1986: 南極用低消費電力データ収録器の開発。南極資料, 30, 175-188.
- Kikuchi, T. and Y. Ageta 1987: Glaciological research program in East Queen Maud Land, East Antarctica, Part 6, Advance Camp, 1985. JARE Data Rep., 129, (Glaciol. 15), 104 p.
- Kikuchi, T., T. Shimamoto, F. Okuhira and Y. Ageta 1986: Meteorological Data at Mizuho Station, Antarctica in 1985. JARE Data Rep., 120, (Meteorol. 19) 78 p.
- Stearns, C.R. and G.A. Weidner 1985: Antarctic automatic weather stations, austral summer 1984-1985. Antarc. J.U.S., 20, 189-191.

Polar Ozone Workshop のお知らせ

極域オゾンの変動に対する観測及び理論の最近の知見をまとめるため、右記によって国際研究集会在が計画されております。興味のある方は連絡次第英文案内書をお送りします。

記

- 日時: 1988年5月9~13日
- 場所: 米国コロラド州アスペン
- アブストラクト切: 1988年2月28日
- 紹介先: 気象研究所 忠鉢 繁 0298-51-7111
(内線 348)

科学技術総合シンポジウム開催のお知らせ

日 時: 昭和63年3月16日 (水)~18日 (金)

ところ: 日経ホール

(千代田区大手町 1-9-5, TEL. 03-270-0251)

主 催: 科学技術庁