

通信、環境保全など基地生活基盤の維持が保たれて初めて成り立つ。また、基地を離れた野外行動においても、やはり、車両、医療、調理、通信、装備などの支援は必須であり、これらのいずれに支障が生じた場合でも、SAR (Search and Rescue) を要する事態に陥る。

6. おわりに

国際南極ツアーオペレーター協会 (IAATO: International Association of Antarctica Tour Operators) の統計によると、2000/2001年南極夏期シーズンに、南極大陸に上陸した観光客は12,109人である。統計を始めた1992/93年シーズンでは6,704人であり、同協会の予想では、今後も年々増加を続け、2005/2006年南極夏期シーズンには22,000人を超える見込みである (IAATO Tourism Statistics 2002, IAATO)。決して

安価ではないツアーにこれだけ大勢が参加するのは、極寒の地、南極大陸の自然への興味に他ならず、それは研究者をして南極に赴かしめる揺籃と同根であろう。40有余年の日本の南極観測において、隊員として南極に赴いた員数はのべ1,952人である。現在、第43次南極地域観測隊の40名を含め、全南極大陸で約500名が、一切のアクセスを受け付けない冬期に観測や基盤設備の維持にあたっている。

参 考 文 献

International Association of Antarctica Tour Operators, 2002: Tourism Statistics 2002.
(<http://iaato.org/tourismstatistics/>).

小達恒夫, 福地光男, 2002: 第43次南極地域観測における研究観測に関する観測研究小集会—「専用観測船による南極海洋観測」報告, 南極資料, 46, No. 1, 67-78.

106:601 (南極; 気象庁)

3. 南極昭和基地における定常気象観測の歩みと現状

松 原 廣 司*

1. はじめに

南極で最初に国際的な共同観測が行われたのは1958年7月から1958年12月までの国際地球観測年 (IGY) であった。わが国はこの国際的な学術調査に参加すべく、1956年11月8日に観測船「宗谷」で出発した予備観測隊 (後に第1次南極観測隊と呼称変更) から現在まで43次にわたる観測隊を派遣してきた。

気象庁派遣隊員は、第1次～第6次隊の宗谷時代には宗谷船上での気象観測・通報や天気解析を行う船上・夏隊員と昭和基地で気象観測を行う越冬隊員およ

び気象研究隊員 (第2次以降) 等で構成された。

第7次隊の「ふじ」就航以降は、船上での気象観測・通報等の作業は自衛隊が行うこととなり、観測隊員は昭和基地等で観測を行う隊員を主に構成され、加えて、南極観測隊の観測・研究計画に応じ気象研究 (後に気水圏) や地球物理定常部門の観測の隊員として派遣するようになった。気象庁派遣で定常観測として越冬した隊員の数は現在越冬している第43次隊でちょうど160人になる、また気象研究 (気水圏部門)、宙空系などの部門の隊員や隊の運営の重責を担った隊員の数も40名を超える。

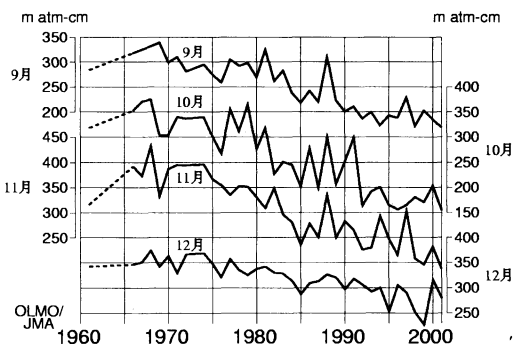
* 気象庁気象測器検定試験センター (現 稚内地方気象台)。

© 2003 日本気象学会

(具体的に引用箇所を示さなかったが、南極観測二十五周年史 (文部省, 1982, 532pp.) を参照した。)

第1表 定常気象観測の変遷.

隊次(年)	開始業務・機器の更新	定常気象隊員数	研究気象等の計画の変遷			
(1952)			国際学術連合(ICSU):地球観測年特別委員会設置			
(1953)			日本学術会議:IGYの実施について勧告			
(1954)			南極地域観測への参加閣議決定(11月4日)			
1次(1957)	地上気象観測、天気解析を実施	●				
3次(1959)	高層気象観測を開始	●●				
5次(1961)	高層気象観測を強化、オゾン観測等を実施	●●●●				
7次(1966)	地上、高層の定常観測、オゾン全量、特殊ゾンデの研究観測を開始	●●●	南極高層大気の熱的構造(7, 8次)			
9次(1968)	オゾン全量観測、特殊ゾンデ、日射の定常観測を開始	●●●●	研究担当隊員専任枠の確保(9次より)			
12次(1971)	衛星雲画像の受信を開始	↓	南極高気圧の生成と構造(11次~14次)			
15次(1974)	高層気象観測を強化(1日2回)、波長別直達日射観測を開始	●●●●				
○第Ⅰ期5か年計画(1977~1981)			南極におけるエーロゾル及び微量気体成分 (17次から19次)			
みずほ基地へ定常気象隊員派遣(19次から)			南極気水圏観測計画(POLEX-South) (20次~22次)			
21次(1980)	総合自動気象観測装置(AMOS)導入					
○第Ⅱ期5か年計画(1982~1986)			中層大気国際共同観測計画(MAP) (23次~26次)			
みずほ基地へ定常気象隊員派遣(26次まで)						
26次(1985)	サンフォトメータ観測開始、高層気象観測にヘリウムガスを導入					
○第Ⅲ期5か年計画(1987~1991)			南極域における気候変動に関する総合研究計画(ACR) (28次~32次)			
あすか観測拠点へ定常気象隊員派遣(31次から32次まで)						
30次(1989)	気象資料通報装置(DCP)設置を導入し衛星経由で気象データ通報	●●●●●				
31次(1990)	オゾンゾンデ観測を強化					
32次(1991)	日射・放射観測を強化					
○第Ⅳ期5か年計画(1992~1996)			南極大気化学 (33次~37次)		ドーム計画 (33次~37次)	
ドームふじ観測拠点へ定常気象隊員派遣(36次から37次まで)						
34次(1993)	気象庁作成天気図の利用開始					
35次(1994)	波長別紫外線日射(UV-B)観測を開始					
36次(1995)	METEOSAT MDD受信を開始					
○第Ⅴ期5か年計画(1997~2001)			大気微量成分 モニタ リング	大気・物質循環 (38次~42 次)	氷床氷縁 監視と表 面質量収 支のモニ タリング	氷床変動システム (38次~42次)
38次(1997)	地上オゾン濃度の定常観測を開始					
39次(1998)	日射・放射観測を強化					
40次(1999)	エアロゾルゾンデの定常観測を開始、輻射ゾンデ観測を中止					
41次(2000)	波長別紫外線日射観測装置の更新					
42次(2001)	気象資料通報装置(DCP)の更新					
○第Ⅵ期5か年計画(2002~2006)			南極域における地球規模大気変化観測	氷床-気候系の変動機構の研究観測		
43次(2002)	高高度レーウィンゾンデ観測の開始					



第1図 昭和基地における月平均オゾン全量(9月から12月)の年々変化.

この報告では、派遣隊員の作業内容とその成果を織り込みながら定常気象観測として行っている気象の越冬観測の歴史、観測の現状・成果などについて昭和基地での観測を中心に紹介する。

2. 定常気象観測の歴史

2.1 第1次~第5次隊

1957年2月15日11名の越冬隊員を残して宗谷がオングル島を離岸し、気象隊員1名で3月1日より1958年2月9日までの1年間、1日4回の地上気象観測を休む間もなく実施したとある。このときの観測要素は、気温、湿度、風、天気、雲、大気現象、積雪などであり、1日4回6時間おきに電報が作成された。電報は、オーストラリアのモーション基地経由でメルボルンの世界気象中枢へ通報された。この間に他基地の電報を受信し、また天気図が作成された。なお、第1次隊では、越冬する場合と越冬しない場合の2つの選択肢を考慮していたことから、観測者が目盛を読んでデータを取得するいわゆる conventional な測器と400日間のデータ取得を目指した自動気象計(南極用長期自記気象計)が持ち込まれ設置された。第1次の越冬が成立したことから自動気象計による観測は、参考値として扱わ

れたと記録にある。

この後、第2次隊の越冬不成立の後を受け、第3次隊からは国内で行っている気象観測に準じて行うこととし地面温度、地中温度、日射(全天日射量)、日照が加わるとともに、時期によって若干異なるものの1日8回観測を行い4回通報している。昭和基地における地上気象観測の基本的な実施形態はその後余り変わっていない。第3次隊での特筆すべき事項は、高層気象観測をスタートさせたことである。その他、①雪の結晶・凝結核の観測、②長期自記気象計による大陸上の観測、③雪面より高さ7mまでの気温垂直分布観測などを行っている。その後、4次隊では夜間輻射観測を、第5次からはドブソンオゾン分光光度計によるオゾン全量観測、地上オゾン観測等が新たに加わった。

第1図に観測開始以来のオゾン全量観測結果を示す。日本の南極観測は、第5次は越冬したが第6次をもって打ち切りになった。第5次で行ったオゾン観測は、再開後の第7次から本格的に開始されるオゾン観測の基礎をなしている。これ以降現在も続けられている昭和基地でのオゾン観測は、南極オゾンホール発見につながり、国際的な観測・監視網の一翼を担っている。

2.2 第7次(再開後)から現在まで

日本学術会議南極特別委員会は、観測再開が決定したことに伴い、再開後の観測計画・方針を検討し、1964年南極地域観測統合推進本部に提出した。この中で実施体制については以下の通りである。(研究観測の内容は省略)

- ・観測は定常観測と研究観測に大別する。
- ・定常観測については恒久的に継続実施し得る業務体制を確立する。

また、定常観測を次の通り定義した。

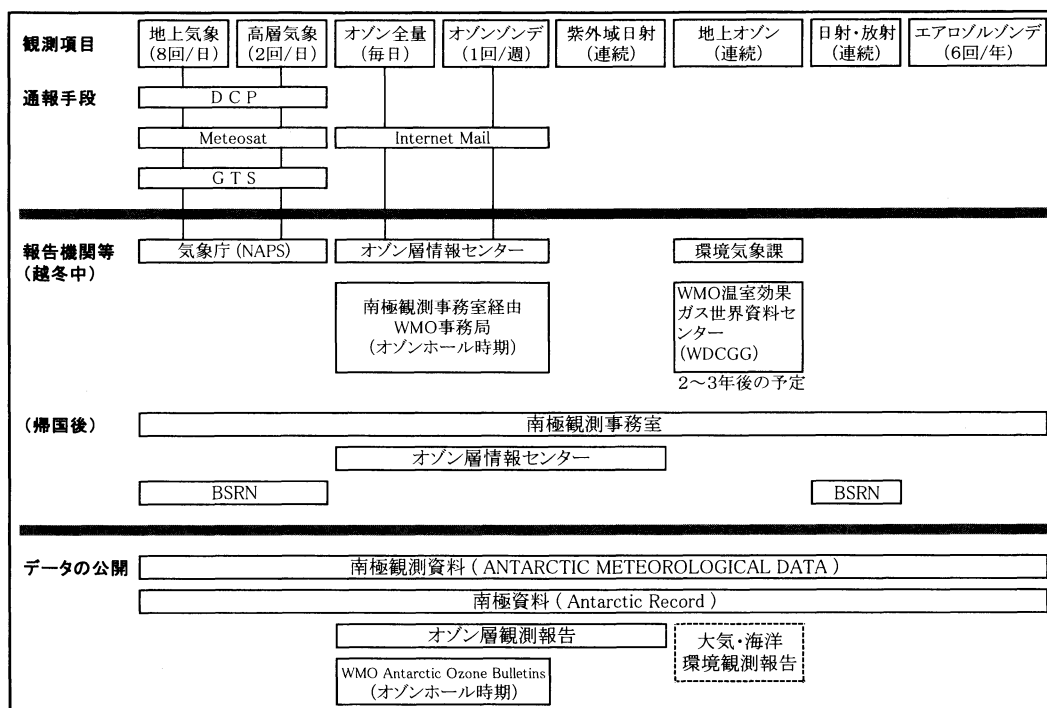
- ・学術研究上あるいは実用上不可欠の基礎的資料を取得するための観測。
- ・恒常的あるいは業務的に実施する必要がある観測。
- ・国際的観測網の一翼を担い、その作業基準が国際協定等で定めている観測。

これらの定常観測の実施はその業務を主管する機関が担当することとし、気象についての主務機関は気象庁とされ、気象庁には定常気象観測担当を要請された。

これに対し、気象庁は1964年10月30日の庁議で、昭和基地における定常気象観測を気象庁が担当する方針で推進することとし、再開第1年次の越冬観測要員を選考することになった。また、観測隊員の行う観測は、①地上気象観測は1日4回の通報観測および気圧、気温、露点、風向、風速、日射の自記観測を行う、将来基地拡充後は1日8回とする、②高層気象観測は1日1回(00Z)の観測(レーウィンゾンデ)を行う、将来は12Zの観測を追加する、③2人の人員で観測を行うため、可能な限り測器の自動化を行う、④現地での作業は通報に必要な最小限の処理にとどめ、その他はすべて帰国後処理する、等も同じ庁議で決まった。さらに、以上の計画を実施する上で、観測を可能な限り室内で行えるようにすること(隔測化)、観測データの自動処理、測器感部の低温・強風・着雪対策、部品の共通化と保守の容易性の確保、省電力、ノイズ対策等を

第2表 定常気象観測の観測内容(第43次の例)。

(昭和基地における定常気象観測)		
観測項目	観測内容	観測回数、通報、その他
地上気象観測	気圧、気温、露点温度、風向・風速、全天日射量、日照時間、雲、大気現象、視程、積雪	1日8回(00,03,06,09,12,15,18,21 UT) 観測・通報
高層気象観測	気圧、高度、気温、湿度、風向・風速	1日2回(00,12 UT) 観測・通報 00UTは高高度
オゾン観測	分光観測(全量、垂直分布) オゾン量の垂直分布 地上オゾン濃度	1日3～5回、冬季適宜 オゾンゾンデ年間52回 オゾン濃度計による連続観測
日射・放射観測	直達・散乱日射量、長波放射量、大気混濁度、紫外域日射量、上向き放射量	連続観測
特殊ゾンデ観測	エーロソルの垂直分布	エーロソルゾンデ年間6回
天気解析	各国基地の気象データ取得 極軌道衛星NOAAの雲写真受画 FAX天気図の受画	1日4～6回 1日4～8回
その他の観測	昭和基地周辺のロボット気象観測 調査旅行中の気象観測	随時 随時
(昭和基地における共同研究観測)		
観測項目	観測内容	観測回数、通報、その他
モニタリング研究観測	大気微量成分(二酸化炭素、メタン)	連続観測、国立極地研究所と共同
ILAS検証オゾンゾンデ観測	オゾンゾンデ観測	連続観測、国立極地研究所、国立環境研究所と共同



第2図 定常気象観測データの流れと報告物。

観測施設に施すこととした。

また、定常観測の将来計画については世界気象機関 (WMO) および南極研究科学委員会 (SCAR) の勧告を勘案して、

- ・地上および高層観測の観測機器自動化、機械化して少人数でも能率的に充実した定常観測を行う。また放射ゾンデを強化して、国際的な要請にこたえる。
- ・ロボット気象計を展開し、「点」から「域」の観測を行う。
- ・地上から成層圏に至る放射平衡観測を行い熱収支に関する基礎的資料を集める。
- ・オゾン観測を強化し、またロケットにより成層圏および中間圏の現象究明を行う。
- ・斜面下降風の特別観測をしてメソスケール気象現象を研究する。
- ・雲物理、大気電気、気圧振動等の研究を行う。
- ・他の研究部門、雪氷、超高層物理、生物、医学、地球化学、海洋など各部門と関係する気象現象について共同研究を行う。

の7項目である。このうち、放射ゾンデや気象ロケット観測については所定の成果を得てすでに終了し、あ

るいは他部門の研究計画の支援という形で実施されていた。

第1表は、南極観測開始後の観測項目等の主な変遷を気象研究部門と併せ示したものである。コンピュータや通信手段の高度化に伴うデータ通報の迅速化が図られ、オゾン層保護等の地球環境問題等への対応のための観測要素が年々充実されているが、変遷をみると第一次隊から再開後を含め、極地での厳しい条件での観測を確保し少ない要員で効率的な観測を実施するという考え方は一貫して変わっていない。

3. 現在の気象観測内容と観測の成果の流通

3.1 現在の気象観測の内容

第2表は、現在 (2002年) 越冬している43次隊の観測計画内容の抜粋である。地上気象観測、高層気象観測の2つの基本的な観測および観測隊の行動の基礎となる天気解析を除くと、そのほとんどが日射・放射およびオゾン観測等の地球環境関連の観測である。

3.2 観測データの報告の現状

第2図は、昭和基地および帰国後の観測データの報告の現状を示したものである。このうち、地上気象観

測および高層気象観測のデータは、DCP 装置を用いて、欧州気象衛星機構 (Eumetsat) が運営している静止気象衛星 (METEOSAT) 経由で、全球通信システム (GTS) を通じて世界に配信される。また、オゾン観測結果についてはメールで毎月 (オゾンホール期間は準即時的に) 気象庁本庁に報告され、オゾンホールの動向把握や世界のオゾン把握の基礎資料となるほか WMO 事務局 (オゾンホールの時期) やカナダ気象局の世界オゾン・紫外線データセンター (<http://www.msc-smc.ec.gc.ca/woudc/>) に送付されている。また、日射・放射、地上気象および高層気象データは、衛星による地球監視や気候変動研究などに供するため、WMO の基準地上放射観測網 (BSRN) の観測点として帰国後データ精査されたのちに報告されている。その他のデータも含め観測されたデータは、電子媒体化され保存されるとともに、気象庁が発行している「南極気象資料 (Antarctic Meteorological Data)」により関係機関・大学等に配布されている。南極資料は従来、印刷物によっていたが、1996年の観測データから CD-ROM 化された。なお、定常気象観測隊員が取得したデータは、隊員の手により解析され、その年の気象の特徴や特異現象の報告が国立極地研究所発行の「南極資料 (Antarctic Record)」に掲載されているのでデータの利用に当たって参照願いたい。

3.3 確定値と暫定値

昭和基地で定常気象隊員によって得られるデータの内、地上気象観測データと高層気象観測データについては国際的に観測手法や気象測器のトレーサビリティが確立されており得られたデータは確定値として世界的に利用される。

この2つのデータ以外のデータについては、WMO 等を中心に国際比較観測等を通じて国際的に観測手法やトレーサビリティが確保されている。オゾンや二酸化炭素観測等の地球環境に係る観測についてはトレーサビリティの確保がなされているものの基本的には暫定値 (provisional value) であることから、国際的な検討結果等が反映され適宜見直しをされる場合がある。気象庁では見直しをする毎にデータレポート等にその旨明記している。トレンド解析など長期的な変化を見る場合には、最新のデータを利用して解析するようにお願いしたい。

4. 今後の計画

私案であるが、今後の昭和基地での気象観測に関連

して以下の3点が想定される。

- ・わが国の南極観測は航空機の積極的な活用も含め、ますます高度化することから行動の基礎となる気象情報に関する要請がさらに高まることが想定される。
- ・ロシアのマラジョージナヤ基地の活動が停止されるなど、最も近い基地が1,000 km 離れたモーソン基地 (豪) となり、昭和基地の気象データの重要性が増す。
- ・地球温暖化やオゾン層破壊など気候変動や地球環境の監視の要請が国際的に高まっている。

このような背景から、今後の展開として、各項目に的確に対応するためには①日々国際交換している地上気象観測や高層気象観測の着実な実施と効率的な運用、②観測の点から域への展開、③地球環境関連の研究観測の充実、が考えられる。

南極での観測を推進するためには、観測手法、観測技術、測器の校正、データの電送、天気解析技術の習得、解析データの南極への還元など、気象庁の担当部署の支援が不可欠であり、このような支援が可能であるかの検討、基地での電力事情、マンパワーの問題の検討が必要である。特に、①と②の事項については、気水圏部門等、研究部門との役割分担を調整しながら実施する必要がある。

なお、シンポジウムの席上で南極の高層の観測点のほとんどが沿岸部分にあり、内陸の高層観測点を設置することが可能かどうかの質問があった。今まで紹介した計画等をみると内陸で定常観測として高層気象観測を行うということは入っていない。現状についてみると、米国の維持する極点のアムンゼン・スコット基地を除いて全ての高層観測点が沿岸部に設置されている。極域での大気の振る舞いを理解するためには内陸部に高層観測点を設置することが重要な意味を持つ。しかし、観測の必要性の理解を得ること、内陸の基地の維持・管理や隊員の生活の確保、あるいは観測自体の困難さ等から各国とも設置していないと考える。

5. おわりに

現在の勤務先である気象測器検定試験センターは、「南極気象観測三十年史」(気象庁、1989)に「第1次観測で不可欠な長期自記気象計については、気象測器製作所の献身的努力によるところが大きく」と記されている気象測器製作所を前身とする職場である。所内に保存された自記気象計を見るにつけ、気象観測測器の製作技術の発展に感慨深い。

この話題をまとめるに当たって多くの資料を頂いた
気象庁の野村保夫南極観測事務室長他関係者の皆様に
心より感謝します。

参 考 文 献

気象庁, 1989: 南極気象観測三十年史, 384pp.

106:601:03 (南極; 海水)

4. 南大洋域の観測の重要性

大 島 慶 一 郎*

1. はじめに

全球的に見たとき, 南大洋は大気においても海洋(海水)においても最も大きなデータ稀薄域である。これは, 南大洋域は文明圏から遠くアクセスしにくいこと, 海況が厳しいこと, 海水が存在することなどにより, 現場データの取得が圧倒的に少ないことによる。衛星観測によって全域的な観測が可能になってきたとはいえ, 海水が存在すると, 高度計で適正に海面高度(海面の凹凸がわかると地衡流の関係から表層流がわかる)が計れない, 風波特性から海上風を計る散乱計も使えない, など海水域では大きな問題が残る。このため, 南大洋域特に南極海域は大気海洋データのグローバルマッピングにおいてしばしばシェード領域となっている。しかし以下に述べるように, 南大洋は海洋大循環さらにはグローバルな気候システムにおいて非常に重要な海域であると考えられる。南大洋域をデータ稀薄域のままにしておいてはグローバルな理解も進まないであろう。

南大洋は以下にあげる3つのユニークな特徴があるためにグローバルにもリージョナルにも気候システムに重要な影響を持つ。1つめは, 唯一周極的な構造を持つ大洋で, 太平洋・大西洋・インド洋をつなぐ海であること。2つめは, 全大洋の中層も深層も南大洋域

で大気と通気(ventilate)していること。そして3つめは, 最も大きな, 季節海水域(冬期のみ海水域となる海域)を持っていること。このうちの2つめと3つめに関してはそれぞれ2章と3章で詳しく述べる。国際的にもグローバルな気候変動における南大洋の重要性が認識されつつあり, CLIVAR (CLimate VARiability and Predictability) のパネルの1つとしても「Southern Ocean Region」が立ち上がっている(<http://www.clivar.org/organization/southern/>)。ここでは, 南極海を含む南大洋域の重要性とその研究の現状を概観したうえで, 今後日本の南極観測では何に貢献しうるのか, あるいはすべきなのかを考えたい。

2. 大循環における南大洋とその変動

先にあげた南大洋の2つめの特徴, 「全大洋の中層も深層も南大洋で通気している(大気と接している)」点をもう少し詳しく説明する。第1図は昭和基地が存在する東経40度における(a)ポテンシャル密度と(b)溶存酸素の子午面断面である(Olbers *et al.*, 1992より)。南大洋は周極的なものでどの経度でもほとんど同様な分布になっている。等密度面を見ると南大洋域では大きく表層へ向って傾いていることがわかる。海洋ではポテンシャル密度が保存するというのが大きなconstraint(力学的制約)になっているので, 海洋内部ではほぼ等密度面に沿って水が流動する。従って第1図aより, 各大洋からの中層や深層の水は南大洋で表層(大気)とつながっていることになる。溶存酸素は

* 北海道大学低温科学研究所,

ohshima@lowtem.hokudai.ac.jp

© 2003 日本気象学会