

2007年春季極域・寒冷域研究連絡会の報告

日本気象学会2007年度春季大会(東京)1日目(5月13日)のセッション終了後に、極域・寒冷域研究連絡会が大会B会場(国立オリンピック記念青少年総合センター会議室309)にて行われた。出席者は約60名であった。

今回の極域・寒冷域研究連絡会では、極域観測について特集した。まず、IPY(国際極年)2007-2008の話題を提供して頂いた。IPYは、極域での様々な過程や、それらの地球全体への影響についての最先端の科学を追及するなどの目的を持った国際的な極域の科学計画である。2007年3月1日から2009年3月1日までの間、南北緯度60度から90度の範囲で計画されている。このIPYについて、その歴史、今回のIPYの特色、日本の貢献について等の話題を提供して頂いた。後半では、第48次南極地域観測隊の夏隊で行われた観測について、実際に南極観測に携わった方々から、最新の成果を紹介して頂いた。以下に、各講演者より寄せられた講演要旨を紹介する。

代表:

山崎孝治(北海道大学地球環境科学研究所)

世話人:

平沢尚彦(国立極地研究所)

中村 尚(東京大学大学院理学系研究科)

浮田甚郎(新潟大学自然科学系理学部)

高田久美子(地球環境フロンティア研究センター)

阿部彩子(東京大学気候システム研究センター)

佐藤 薫(東京大学大学院理学系研究科)

本田明治(地球環境フロンティア研究センター)

齋藤冬樹(地球環境フロンティア研究センター)

猪上 淳(地球環境観測研究センター)

高谷康太郎(地球環境フロンティア研究センター)

http://polaris.nipr.ac.jp/~pras/coolnet/cl_index

話題:

1. IPY(国際極年)2007-2008について

「IPY2007-2008 大気科学プロジェクト—日本の貢献」

山内 恭(国立極地研究所)

いまやまさに第4回の国際極年(International Polar Year: IPY)たけなわの時である。その割に我々は、今何が行われているか知らないし、日本気象学会でも特別な動きはみえない。どういふことなのだろうか?これまでの経緯と現状、そして大気科学プロジェクトにおける我が国の関わりを報告した。

IPYの経緯と2007-2008の特徴

1882-83年に行われたIPYから125年、第4回目となる今回のIPY 2007-2008への経緯を垣間見てみよう。1882年、オーストリア人K. Weyprecht提案により北極域では12カ国が参加して、北極海をめぐる13地点に観測所を設けて気象や地磁気などの観測が行われた。実はそのデータが最近になって初めて統合解析されたという記事がアメリカ気象学会誌(BAMS)をにぎわし、今回のIPYはそうならないようにとの警鐘となった。我が国からの極域観測参加はならなかったが、天気図の作成開始や我が日本気象学会の創立など、記念すべき年となっている。50年後の1932-33年のIPY-2では、ソ連が海水漂流基地North Pole-1を開設した他(実際は1937年となった;以後NP-31まで継続、一旦中断後、2003年より再開、現在も継続中)、我が国では当時の樺太への観測所の設置や富士山頂測候所の設立など関連事業が行われた。さらに25年後は国際地球観測年(IGY)として実施され、南極観測が開始された他、多岐にわたり多彩な観測が南極、北極を含みグローバルに展開されたことはご存知の通りである。それからさらに50年が経ってしまった。我々の思いの中からは忘れ去られていたというのが本当のところ、いまさらという思いがしないでもない。そのためか、今回のIPYは、議論の積み重ね

がなされてこなかった中で急に立ち上げられ、にわか仕立てでスタートした印象がいなめない。

IPY 2007-2008は国際科学会議 (ICSU) が立ち上げ、その後世界気象機関 (WMO) が加わり共同実行委員会 JC を構成している。我が国からも、藤井理行国立極地研究所長が委員をつとめている。2003年、観測計画が公募され、1000件以上が集まり、その後、整理した Expression of Intent (EoI) の公募がさらに行われ、900件となった。これを元に整理統合した本計画申し込みが2006年集められ、IPY-JCとして承認する228の計画にまとめられた(傘になるEoIの下にいくつかのEoIを集め)。研究分野では、地球内部から陸域環境、人間、海洋、雪氷、大気、宙空、そして教育とアウトリーチ(正課外教育?、今はやりの言葉)である。我が国が主導する計画はMERGE (Microbiological and Ecological Responses to Global Environmental Changes in Polar Regions) 1件のみとなったが、我が国の提案が元になった計画はいくつもあり、我が国の研究者は84件に関与しているとのこと。またアジアからは他に中国からのPANDA (The Prydz Bay, Amery Ice Shelf and Dome A Observatories) 計画が認められ、中国は意気を高めている。丸2年間の観測ができるよう、2007年3月から2009年3月までを期間として定められた。

今回のIPYは、IGYと違い、極域科学の中での生物科学の占める重要性を無視するわけにいかずGではなくPを選んだ。地球環境の問題、気候変動の関連で生物の課題、役割の認識は50年前にはなかったもので、これは極域科学の大きな進歩である。逆に、IGYの時に一緒だった極域以外のいくつかの分野は分かれ、国際惑星地球年(IYPE)、国際太陽系観測年(IHY)、国際デジタル地球年(eGY)と、IPYを含め4分割することになってしまった。このことも、今回IPYの力をそぐ要因の1つになっている。そして、もう一つ、今回のIPYが盛り上がらないのは、我が国をはじめ多くの国ではそのための専用の予算がおりていないということが上げられよう。ロシア、中国(、アメリカ)などではIPYとしての予算が相当手当てされたと聞かすが、それ以外(日本、ドイツ、ノルウェーなど)では少ない。これは、既にかんりの観測が充実しているなかで、なにをいまさらIPYとしてやる必要があるかという予算当局の共通した観点である。その意味で極域観測は既に成熟しているのかもしれない。IGYとは違う。研究者側にも内心少な

らずその思いがあることが、要求の力が強まらない真の原因かもしれない。十分忙しいのである。

IPY 2007-2008への我が国大気科学の貢献

日本主導計画は陸上生態系の1件のみとなってしまうが、我が国の大気科学研究者からの計画提案は多くなされており、いくつかの承認計画の中に組み入れられ活動することとなったので、その例をご紹介します。

成層圏オゾン、オゾンホールの研究をするのがORACLE-O3 (Ozone layer and UV radiation in a changing climate evaluated during IPY) である。元々両極の課題であるが、我が国では南極に重点がある。南極の9基地が参加して、大気の流れに沿って同じ空気塊をねらってその気塊の時間変化を追うべくオゾンゾンデによる観測をしようというもので(Match計画という)、既に44次隊で実績をもつが、今度48次越冬隊でも実現しようというものである。毎週1回のオゾンゾンデ観測は定常気象の中で実施されているが、さらに補強して行うもので、48次から始まった重点プロジェクト観測の一環として行われる。オゾンホールの発達期を中心とするが、この他オゾンホールの解消期も未解明の課題が多いので、その時期をねらったオゾンゾンデ観測も行う。さらに、オゾンホールの鍵となっている極成層圏雲やオゾン破壊関連微量気体を測定する赤外分光計 (FTIR) による観測も、25年ぶりに波長分解能の一桁高い強力な分光計の登場で再度実現する。

POLARCAT (Polar study using Aircraft, Remote sensing, surface measurements and models, of Climate, chemistry, Aerosols and Transport) は航空機や船舶など様々なプラットフォームから北極大気成分を観測しようという計画で、2007年3月から4月にスバルで行われたASTAR (Arctic Study of Tropospheric Aerosol, Cloud and Radiation) 2007もその一環である。既に日本-ドイツ共同で行ってきたASTAR 2000、2004のPolar 4 (破損) の代わりにDLRのFalcon機を使用したもので、我が国からも参加予定であったが、北極、南極計画がメジロ押しで、マンパワー不足から航空機観測には参加していない。再び北極ヘイズの影響のある季節をねらった計画であったが、今年(2007年)の北極大気循環が例年とは異なっていたためか、汚染空気との遭遇のない、全く清浄な大気の観測にとどまった。衛星からライ

ダーによりエアロゾルや雲を測っている CALIPSO の地上（航空）検証の役割は果たした。その他、炭素質エアロゾルの計測器などを搭載して航空機観測する計画（東大先端研）もあがっている。遡って2006年、IPY の前哨観測として南極での観測、「日本ドイツ共同航空機観測（ANTSYO-II）」が行われた。北極で積み重ねたエアロゾルの観測を南極での観測と対比して、より清浄な南極エアロゾルの特性を抽出しようというものである。南極大陸上 S17 観測拠点を中心とした観測で、Polar 2 に先の ASTAR 2004 での Polar 4 同様の機器を搭載し、さらにこれまでピラタス機により昭和基地で継続してきた温室効果気体サンプリングを加えた。2006年12月から2007年1月にわたって、延べ100時間、37フライトを数える飛行観測が実現した。これまで日本隊の小型機では規制されていた海洋・海水上の観測も広域に行われ、海洋生物起源新粒子生成の証拠をつかむような観測結果もあると期待されている（平沢，原による別稿参照）。

POLAR-AOD (the Polar Aerosol Optical Depth measurement network project) はエアロゾル光学的厚さの観測網を確立する計画で、SCAR の中でも、大気物理化学作業委員会の後をうけて、“Action Group”として（山内まとめ）、南極エアロゾル観測網構築の必要性を唱えていたものの一端が実現したものとと言える。イタリアが主導し、アメリカ、ドイツ、日本などが関与しているもので、22カ国、40機関から、北極10基地、南極16基地の参加が見込まれている。前哨戦として、2006年3～4月、ニーオルスンにてサンフォトメータ等放射計の相互比較観測が行われている。

IASOA (International Arctic Systems for Observing the Atmosphere) は多くの提案を結集した基礎的な計画である。アメリカ NOAA が代表を務めているが、各国共同で北極海をめぐる観測網を構築することが主眼で、上に述べた125年前のIPYの時の計画と瓜二つである。既存のアラスカ・パロー、カナダ・アラート、ユーレカ、グリーンランド・サミット、スバルバル・ニーオルスン、フィンランド・パラスの観測を充実するとともに、空白のシベリアの中で、ティクシに観測所を新設する計画である。ティクシでは、既に建物が完成され、NOAA は雲レーダや光学特性観測機器を、またフィンランドの気象研究所 (FMI) はエアロゾルや温室効果気体フラックスの観測機器を持ち込むことにしている。実際の観測はロシ

ア北極南極研究所 (AARI) が担当予定とのこと。我が国も当該観測所を利用すれば困難なシベリア観測に比較的容易に参加することが可能と思われ、研究提案を期待したい。

HIAA (Hydrological Impact of Arctic Aerosols) もアメリカ主導の計画である。この中で、我が国からは、海洋研究開発機構の猪上 淳博士が、スバルバル・ニーオルスンから無人航空機を飛ばし、北極海の海水状態や海水上大気の観測を行う意欲的な企画を進めている。同博士はオーストラリアで開発されたエアロゾンデという無人機を使ってアラスカで観測を行った実績を有するが、今回はノルウェー製の無人機を試用することになっている。将来の可能性が多いに期待される研究である。

以上、我が国独自の大きい計画は上がっていないが、国際的協調を主体とする数々の計画があり、地道な研究が進むことが期待でき、成熟した研究段階にあると評価できる。

2. 南極観測報告

2.1 「2007年夏、昭和基地は国際空港だった」

平沢尚彦（国立極地研究所）

2006年12月に日本を出発した第48次南極観測隊夏隊計画として、日本とドイツが協力したエアロゾル広域分布の航空機観測 (ANTSYO-II: Antarctic Flight Mission at Syowa Region II) を実施した。ANTSYO-I は地学分野の共同観測として、前年の第47次観測隊の夏期に行われている。

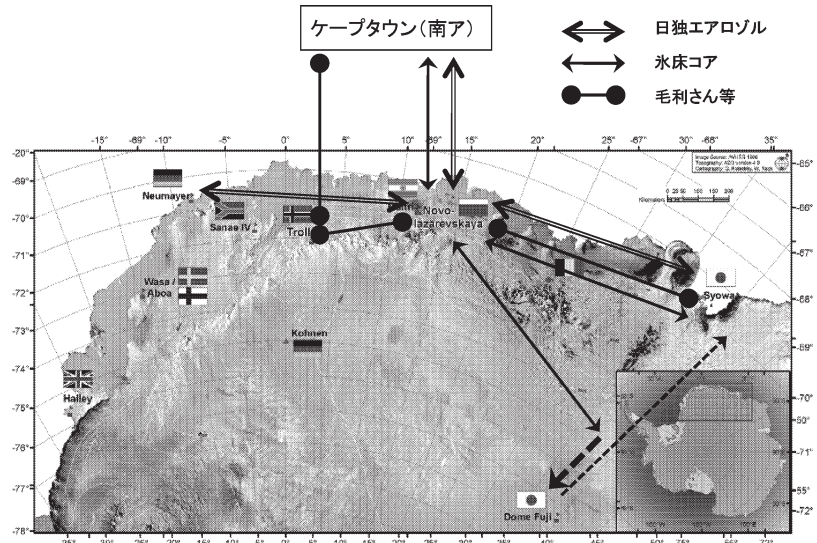
この航空機観測を実施するにあたり、日本も参加している東南極域の国際的な航空網の利用が必須であった。この航空網は、Dronning Maud Land と呼ばれる地域を中心にカバーしていることから、DROMLAN (Dronning Maud Land Air Network) と略称されている。DROMLAN を運営するために ALCI (Antarctic Logistics Center International: <http://www.alci.info/>) という会社が設立され、事務局がケープタウンに設置されている。今回、我々の計画以外にもいくつかのグループが DROMLAN を利用して昭和基地に出入りしたことで、航空機による昭和基地へのアクセスが可能になったと実感している。しかし、この航空機利用を今後も利用していくためにいくつかの課題があることも感じた。ここでは DROMLAN の概要と、航空拠点として今シーズンに実施したことを紹介する。

第1図にDROMLANに参加している各国の基地の分布と、今シーズンの日本のいくつかのグループの飛行経路の概要を示す。昭和基地は、Syowaと表記された文字aの付近にある。南極大陸に渡る経路は2つある。1つはIlusinという大型機でケープタウンからロシアのNovolazarevskaya（以後、Novo）基地に向かうもので、ANTSYO-II関係者やドームふじにおける氷床掘削のグループはこれを使った。もう1つはケープタウンからノルウェーのTroll基地に向かうP3N-Orionで、南極観測50周年

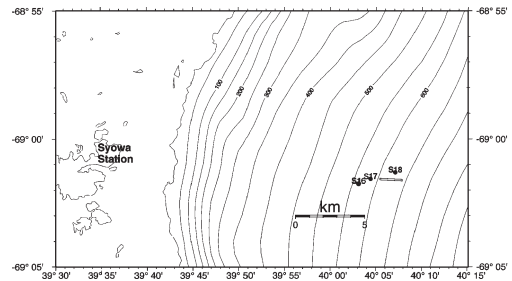
記念事業として行われた毛利 衛氏、今井通子氏、立松和平氏の昭和基地訪問がこれを使った。今シーズン的大陸間の飛行は10回であった。一方、南極上空を飛ぶ機体はカナダの会社が運行するBaslerで、ドイツが観測用に持ち込んだDornierやイギリスがHalley基地周辺で運行しているTwin Otterが緊急時対応機/予備機として位置づけられている。また、南極で航空情報を集配しているのはNovo基地で、Novo runway team 発の電子メールにより各基地での航空機の離着陸等のアナウンスが絶えず伝えられた。

第2図には昭和基地周辺の拡大図を示す。滑走路は昭和基地の対岸の大陸氷床上、みずほ基地、ドームふじ観測拠点へと続く内陸ルート沿いに作られている。滑走路へのルートがS17と呼ばれる地点から分岐していることから、S17航空拠点と呼ばれている。図には内陸ルートに沿って海側の地点のS16及び内陸側の地点S18を示した。滑走路は主風向（カタバ風）とほぼ平行に東西に敷かれており、航空機はほとんどの場合海側から着陸し、内陸方面に離陸する。S17航空拠点と昭和基地間の移動には、観測船しらせに搭載されているヘリコプターを使うため、ヘリコプターの運航スケジュールの調整も行った。

S17航空拠点には、上記の他に、生物グループと共に昭和基地周辺の露岩地帯を調査したベルギーとイギ



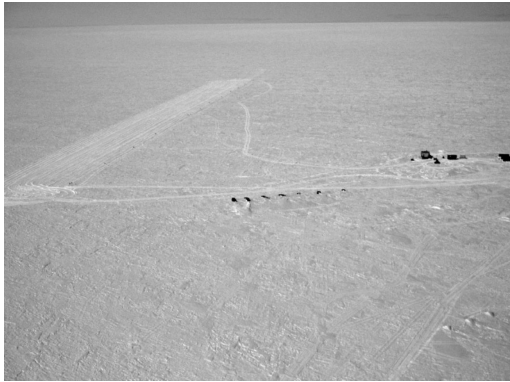
第1図 DROMLAN (Dronning Maud Land Air Network) に参加している各国の基地の分布と、2006/2007シーズンの日本のいくつかのグループの飛行経路の概要。



第2図 昭和基地とS17航空拠点の位置と滑走路。

リスの合同隊がDROMRANで出入りしたし、DROMRANとは独立に単独で航空機を運行しているオーストラリアの飛行機（CASA）も飛来した。今シーズンS17航空拠点を航空機で出入りした人数は累計67名（うち日本人17名）に上った。人や物資輸送のための離着陸はそれぞれ10回、航空機への給油量はドラム缶約100本であった。なお、観測では15回の飛行、給油量は約80本であった。

航空機による南極の出入りには、S17航空拠点など地上施設の整備・維持が不可欠であり、それは南極観測隊の構成や活動内容に直結した事柄となる。たとえば、今回の活動では、拠点立ち上げと撤収で約130人



第3図 上空からのS17航空拠点の様子。写真の左上が滑走路。

日の労力を費やした。作業は、建物整備や発電機、トイレの稼働に加え、雪上車による全長1.2 kmの滑走路（第3図）の踏み固め、燃料配置等を含む。昭和基地の夏作業の上限が約2000人日とされていることを考えると簡単な数字ではない。しかし、施設使用をせずに雪上車利用と滑走路の整備だけを行うことで、労力は5分の1から10分の1程度にも軽減できるだろう。航空機等との通信確保などいくつかの課題が残るが、現場での工夫によって少しずつでも継続的に運用されることを期待する。

最後に、南極氷床縁辺部・末端部のS17という場所は、海洋域と大陸氷床上の境目の空間的変化の大きな領域であることから、昭和基地と合わせて観測することで大気の研究にとって興味深い地域であることを付け加えたい。

2.2 「南極の空を飛び回ったのだ」

原 圭一郎（福岡大学）

第48次南極地域観測隊（JARE48）夏隊行動の一部として、「日独共同航空機大気観測」を2006年12月から1月末に南極で実施した。今回の観測には極地研（日本）、福岡大学（日本）、アルフレッドウェゲナー研究所（ドイツ）、DLR（ドイツ）、ストックホルム大（スウェーデン）などの機関から研究者が参加し、関係者の国籍は日本、ドイツ、チェコ、イギリス、イタリアと多彩だった。日本の観測隊は今でもしらせによる移動が中心となっているが、今回の観測では、観測参加者（日本からは原）はケープタウン経由で空路により南極 Novo 基地（ロシア）に入り、キャン

ペーン前半の観測地である Neumayer 基地（ドイツ）と後半の観測地である S17（昭和基地近く・日本）へ航空機で移動し、再びケープタウン経由の空路で日本へ戻るといったこれまでの JARE にはなかった観測計画となった。これまでに JARE の観測活動にも空路で南極に入る例は、ドーム F 基地での深層掘削計画などでもあったが、今回の様に、複数の観測基地を航空機で飛びまわり、そして、各地で観測する例は JARE だけではなく南極観測としても例はなかった。また、南極域でこのような広域での大気観測を集中して行うのは、今回が初めての観測である。

JARE48本隊が日本を出発して5日後の12月3日に一人で成田空港を発ち、ケープタウンへ飛んだ。ケープタウンでは共に南極へ空路で入る今回の共同観測者やドイツ観測隊他と合流し、12月10日に Neumayer 基地へ移動した。Polarstern（ドイツ砕氷船）から Neumayer 基地へのドイツ隊の食糧や観測機材の氷上輸送後に、測器の搭載作業を開始した。各観測測器を機体（Polar-2：ドルニエ機）に取り付けた後に、最終的な測器搭載証明を DLR へ申請して飛行許可を取得して、12月20日に初フライトとなった。12月20～21日のフライトは、観測フライトと言うよりは、測器搭載後の測器動作確認のためのテストフライトである。寒冷地で非与圧キャビンの期待を使用しての観測であるため、テストフライトは欠かせない。動作確認は低圧下での測器動作不良（時には故障）の可能性もあるため、下層（酸素マスク不要の高度：およそ3000 m 以下）と上空（到達最高高度：およそ7500 m まで）の複数回（日）に分けて実施することが重要となる。テストフライト時には若干の問題も確認されたが、大きな支障もなく、12月23日から本格的な観測飛行が始まった。その頃、しらせで移動していた S17 常駐の隊員はしらせから S17 へ移動し、観測拠点立ち上げ作業を始めていた。

観測期間に突入すると、荒天やパイロットとの休養日などで翌日の観測がないことがはっきりしていない限りは、観測の可否か飛行空域を決めるためにブリーフィングが持たれた。今回の観測では鉛直方向の空間分布と水平方向の分布（特に開水域上空と海水上空の大気組成やエアロゾル分布の違い）を捉えることを目的としているため、天気図、予報、衛星画像などを参考に今日はどこに飛ぶのか、誰が搭乗するのか、どういう飛行計画なのかを研究者、パイロット、整備士、（Neumayer では）気象隊員がブリーフィングで顔を

突き合わせて協議していた。これは内陸フライトと開水域フライトではサバイバルキットを変更しなければならず、有酸素マスク飛行では酸素ポンベの準備（酸素の充填やポンベの搭載）が必要であり、さらには搭乗人数・ポンベ・サバイバルキットの組み合わせで重量が大きく変更するため、観測可能な飛行時間が大きく変化するためだ。日課のように、朝食前に測器の暖気（プリーフィング前に始めないと間に合わない）、朝食、プリーフィング、サンプラー設置、観測、サンプル回収と交換を繰り返していた。その結果、12月23日から31日までの間に Neumayer 基地を中心として14回のフライトを実施することができた。Neumayer 基地を拠点とした前半の観測では、昨シーズンまでアイスコア深層掘削を行っていた内陸の Kohnen 基地（ドイツ）上空での鉛直観測フライト（2回）も含まれている。Kohnen 基地では航空燃料（JET-A1）のデポがあるのみで、無人の拠点に着陸・給油をし、観測フライトを実施した。内陸部での航空機による大気観測はこれまでに例がなく、わずか2回のフライトとはいえ、貴重な観測結果となるに違いない。

2006年1月5日に、Neumayer 基地から S17 への第一便（Polar-2）が飛び立った。Polar-2には Neumayer 基地から S17へは直行できる航続距離はないので、Novo 基地と Belaren（セルロンダーネ山脈近傍・無人）で着陸・給油しなければならなかった。また、人員・物資輸送のために手配したバセラー機でも、Novo 基地での給油が必要となった。Polar-2の S17へのフェリーフライトでは、無人の Belaren への着陸が必須となるため、周辺の天候が最優先であった。そのため、5日の朝の段階では「5日のフライトはない（難しい）」と判断されていたが、「午後にはフライトする」と急遽変更となり、慌ただしく Neumayer 基地を後にすることとなった。Polar-2で移動すること約9時間半後（現地時間で早朝4時頃）ようやく S17に到着した。無事に S17に辿り着いたこと、S17に一足先に入っていた面々と久しぶりに再会したこと、1年前にみた S17の光景が再び目に入ったこともあり、疲労感もあったが感慨はひとしおだった。

S17での航空機観測は1月7日から本格的に開始した。S17周辺のフライトも Neumayer 基地での飛行観測と同様に、毎朝のプリーフィングを持ち、鉛直方向・水平方向の空間分布に焦点を合わせたフライトとなった。S17では、大気エアロゾルの観測に加え、温室効果気体のサンプリングも合わせて実施した。

JARE45までには、昭和基地周辺の航空機観測も行われていたが、滑走路設営上の問題から1月の観測例は極めて少なく、また、安全上の問題から開水域上空の飛行は制限されていた。今回は、低圧室訓練に加えて、Sea-survival 訓練も事前に受けており、サバイバルキットも機内に搭載している。また、開水域上空を飛行する際には、搭乗者全員がサバイバルスーツ・ライフジャケット着用をして観測に臨んでいた（第4図）。S17での観測フライトは1月24日の最終フライトまで15回続けられた。航空機関係者は、物資整理と天候待ちの後、1月26日に Polar-2で先発隊が、27日にバセラー機で後発隊が Neumayer 基地へ移動した。当初の予定では、Neumayer 基地についた後に、Wasa/Aboa 基地（スウェーデン/ノルウェー）に移



第4図 サバイバルスーツとライフジャケットを着用しての観測作業。何事も無ければ、スーツの中は汗だくのサウナ状態になる。



第5図 S17での日独共同航空機観測関係者の集合写真。

動して観測フライトを行う予定だったが、離陸直後の機体トラブルによりキャンセルとなった。安全が最優先のため、天候により移動日待ちなどがあったが、最終的には、大体の行動予定を見込んだ日付とほとんど変わりなく観測・移動ができたこと、過酷な条件で運用していた測器の何箇所かでトラブルが発生したものの修理や部品変更ができ、予定観測時間を消化できたことは奇跡的だった。荒天はあったが、全体を見れば、天候や運に恵まれていたのだろう。

今回の観測では、Neumayer 基地、S17観測拠点を中心に行った。いずれの拠点でも、航空機観測を維持するための多大な設営作業（航空燃料準備、滑走路整備など）と様々な協力があったうえで成り立っていたのは言うまでもない。特に S17観測拠点では、48次隊

の協力のみならず、46次隊による物資輸送、47次隊による食堂・発電小屋の建設と越冬中の物資輸送、しらせによる物資輸送などの多大の協力があって、初めて成り立つ観測活動だった。この場を借りて、協力して頂いた方々に感謝する。

本観測キャンペーンの詳細は、下記の URL で閲覧可能である。

<http://www.pa.op.dlr.de/aerosol/agames/>

お詫びおよび謝辞

編集作業の遅延により研究会報告が大幅に遅れ、講演者の方々始め各方面にご迷惑をお掛けしたことを、ここに心からお詫びいたします。また、講演を快く引き受けてくださった諸氏に深く感謝申し上げます。