

第 48 次南極地域観測夏隊の S17 航空拠点における活動報告
— 日独共同航空機観測に関連して —平沢尚彦^{1*}・原 圭一郎²Report of the activity at the S17 base near Syowa Station, Antarctica,
related to the ANTSYO-II project in 2006–2007 summer seasonNaohiko Hirasawa^{1*} and Keiichiro Hara²

(2007 年 5 月 18 日受付; 2007 年 8 月 29 日受理)

Abstract: This report summarizes activity at the S17 base on the Antarctic ice sheet near Syowa Station in 2006–2007 summer. The description focuses on the period from the opening to closing of the S17 base. The appendix lists daily activity in detail.

The atmospheric aircraft observation (ANTSYO II: Antarctic Flight Mission at Syowa Region II) was carried out by using the S17 base runway in cooperation with AWI (Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Germany). From 7th to 24th of January 2007, 15 times observation flights totaling 42 hours were carried out successfully. The surface meteorological observation system (air temperature, humidity and so on), ceilometer, aerosol particle counter, snow particle counter, anemometer and radiometer were maintained for about a month. Additionally, small model airplanes were used to obtain meteorological data in the boundary layer.

The personnel who took the aircraft observations included Japanese, Germans and Swedes, all of whom came into/out of S17 *via* aircrafts. Others who maintained the S17 base and took ground based observations came into/out of Antarctica via the Japanese icebreaker *Shirase*.

要旨: 本稿は、第 48 次南極地域観測夏隊が昭和基地近くの大陸氷床上の S17 に滑走路を開設して行った航空機観測、及び地上での観測に関する活動報告である。S17 航空拠点（以下、S17 拠点）において実施したそれぞれの観測の規模や、基地運営の具体的な事柄を記載する。基地運営には拠点の開設・撤収・維持及び他の沿岸調査隊活動等の支援が含まれており、それらの情報は取りまとめて付録として添付した。

ドイツのアルフレッド・ウェゲナー極地海洋研究所（AWI）と共同で行った航空機 Polar2 を使った日独共同航空機観測（ANTSYO-II: Antarctic Flight Mission at

¹ 情報・システム研究機構国立極地研究所. National Institute of Polar Research, Research Organization of Information and Systems, Kaga 1-chome, Itabashi-ku, Tokyo 173-8515.

² 福岡大学理学部地球圏科学科. Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University, 8-19-1, Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180.

*Corresponding author. E-mail: hira.n@nipr.ac.jp

Syowa Region II) は、1月7日から24日にかけて飛行回数15回、総飛行時間約42時間を行った。地上観測として、気温、湿度、風向・風速、気圧などの一般的気象要素に加えて、雲底計、エアロゾル計数計、雪粒子計数計、超音波風速計、放射計による連続計測を行った。航空機観測の終了後に小型模型飛行機による大気境界層観測を試みた。

航空機に搭乗する研究者、技術者、パイロットは日本、ドイツ、スウェーデンからの9名で構成され、航空機によりケープタウン（南アフリカ共和国）からNovo基地（南極、ロシア）を経由しS17拠点に入りました。S17拠点を維持する研究者、技術者は日本からの4名で構成され、観測船「しらせ」により往復した。

1. はじめに

第48次南極地域観測夏隊では、昭和基地から約20 km離れた南極氷床上のS17航空拠点（以下、S17拠点）に滑走路を開設し、航空機を使った大気観測を実施した。夏季にS17拠点に滑走路を整備しドイツの観測用航空機Polar2（機種Dornier228）を持ち込むという日独共同の航空機観測は2カ年の計画で、第47次夏隊の地圏グループの観測が初年度、この大気観測はその2年目（ANTSYO-II: Antarctic Flight Mission at Syowa Region II）にあたる。大気観測については、2000年からドイツ、アルフレッド・ウェゲナー極地海洋研究所（以下、AWI）と共同で進めていた北極域におけるエアロゾルと放射に関する研究と観測（Yamanouchi *et al.*, 2005; Hara *et al.*, 2002, 2003）を発端とし、北極との対比という視点をも持った南極での観測が構想されていた（Herber *et al.*, 2006; Wada *et al.*, 2007）。南極での観測は、温室効果気体やエアロゾル等の大気中微量物質の現地測定と試料採取であり、S17拠点とNeumayer基地を航空拠点とした二つの領域で行う。これらの観測は第VII期南極観測計画の重点プロジェクト「極域における宙空—大気—海洋の相互作用からとらえる地球環境システムの研究」のサブテーマ(2)「極域大気圏—海洋圏結合の研究」として位置付けられた。

従来、昭和基地やドームふじ基地での地上観測やゾンデ観測により大気中エアロゾルの季節変化や経年変化が議論され、空間的には航空機観測により一部の季節変化を解明する努力が払われてきた（林, 2001a, b; 原, 2003; Hara *et al.*, 2004, 2005, 2006; Osada *et al.*, 2006; Yamanouchi *et al.*, 1999; 和田ら, 2001）。大陸氷床上から海洋域に及ぶ広域のエアロゾル分布の観測には航空機を使う以外にないが、真夏の時期には昭和基地前面の海水が融解し滑走路が作れないために実現不可能であったし、夏以外の期間には安全面から海洋上の飛行が制限され、結局、どの季節においても実現されてこなかった。

ANTSYO-IIでは、大陸氷床域、氷床末端部/昭和基地、定着水域、流水域、開水面海洋域と様々な地表面を含むことを目標とし、南北方向約500 km、最高高度約7500 mの緯度高度断面を対象とした。この航空機観測を実現するためには、総飛行時間40時間に及ぶ10から15回の観測飛行が必要であり、2週間程度の観測実施日数に予備日程を考慮し約3週間の活動が見込まれた。

S17拠点での地上観測は、昭和基地と対比した南極氷床上の気象を捉える目的であった。

小型模型飛行機では、氷床上の大気境界層の観測を試みた。このように昭和基地から離れた氷床上に夏期間全体に渡り拠点を維持するという比較的大規模の観測もこれまで実現され難かったものである。

日程的には、約 3 週間の航空機観測とその前後に拠点の開設や撤収、及び他の大気観測の日程を組み込む必要があり、S17 拠点での活動日数は約 50 日となった。

観測に関わる人員については、日本の南極観測隊員にドイツ及びスウェーデンからの観測者を加えた航空機観測を主とする 9 名の人員、及び S17 拠点維持と地上観測を主とする 4 名の隊員が中心となって活動した。航空機観測に携わる人員や物資を S17 拠点に輸送するためには、東南極において国際的に整備され始めた航空網である DROMLAN (Dronning Maud Land Air Network) の活用が不可欠であった。(DROMLAN は ALCI (Antarctic Logistics Center International: <http://www.alci.info/>) により運営されている。)

本稿は、S17 に航空拠点を構えた航空機観測や DROMLAN への対応に関する現地経験を残すこと、S17 の施設を利用した夏期間全体に及ぶ長期観測の経験を施設の起動・撤収・維持を含めて残すことを目的とする。この際、S17 で行った観測の規模を示すために、航空機観測の観測領域・測定項目、地上観測、小型模型飛行機観測の内容についても記載する。第 2 章には、DROMLAN に関する対応を含めて S17 拠点における活動概要をまとめた。そこで引用する付録には、日々の活動内容と参加者の人数を目的別に整理した。Polar2 による航空機観測とそれに関連する事柄を第 3 章に、地上観測・小型模型飛行機観測の概要を第 4 章にそれぞれ記載した。

2. S17 拠点での活動概要と気象の概要

今回の S17 拠点では日独共同航空機観測を主とし、それに関連した地上観測及び小型模型飛行機観測を実施した。これに関連して約 2 週間の拠点準備と約 1 週間の撤収に携わった。航空拠点運用としては、DROMLAN やオーストラリア隊の空港利用、及び昭和基地への来訪者への対応にあたった。S17 拠点の運営は、設営系 2 名、観測系 1 名の 3 隊員に同行者 1 名を加えた 4 名が拠点の起動から撤収まで携わり、航空機観測隊滞在中の 3 週間は観測系隊員 1 名がこれに加わった。

S17 拠点の生活環境の立ち上げ作業は、おおよそ時間順に雪中の雪上車・橇の引き出し、それらの S17 拠点への移動・配置、食堂棟・発電棟の床面レベル調整、発電機起動、造水槽設置と上下水道配管、居住用テント組上げとテント内装整備、通信・ネットワーク機器設置、食糧保管用雪洞掘りを行った。これらの作業には第 47 次隊及び第 48 次隊から支援隊員の協力を得て、12 月 20 日から約 1 週間をかけた。これに併行して、「しらせ」支援隊員 10 人の協力を得ながら物資のヘリ空輸を 2 日間行った。12 月終盤から 1 月初めにかけては、滑走路整備、航空機用発電機の準備、燃料ドラム缶の橇積み及び地上気象観測機器の設置など主に

航空機運航及び大気観測のための準備を行った。

1月5日にオーストラリア航空機(CASA-212)の飛来, 6日にドイツ観測機Polar2(Dornier228)の到着, 7日に南極観測50周年記念企画(オープンフォーラム南極中継)の一行(現地での呼称に従い本稿ではVIPと記述する)及びベルギー隊員3名を乗せたDROMLAN運用機Basler(BT67)の到着, 8日にPolar2関係者を乗せたBaslerの到着と連日の航空機発着となった。S17拠点を基点としたPolar2による観測は1月7日から24日まで行った。S17拠点滞在中の航空機オペレーションは, 1月28日にPolar2関係の物資約1t及びベルギー隊員3名のBaslerによるピックアップにより終了した。

2006-2007年夏期にS17拠点を利用した航空機運航状況について表1にまとめた。表にはPolar2及びBaslerによる人員輸送を合せて到着(入)と出発(出)を分けて集計した。Basler搭乗員(3名)については, S17拠点での滞在が伴う場合は到着/出発の集計人数に含めている。拠点運営中には, 31名の拠点到着と同数の拠点出発があった(航空機による来

表1 S17拠点に出入りした航空機による人員輸送量と燃料提供量
Table 1. Number of persons who arrived/left S17 by aircraft, and fuel amount (in unit of drums) which was supplied at S17.

日付	内 容	人員		燃料
		入	出	
1月5日	1300 オーストラリア CASA-212 到着 給油・昼食、1615に昭和基地へ移動	4		6
1月6日	0355 ドイツ Polar2 到着 日独共同航空機観測	5		
	1420 オーストラリア CASA-212 出発		4	
1月7日	1100 DROMLAN Basler 到着 VIP6名、ベルギー隊3名、1600に昭和基地へ	9		11
	1300 DROMLAN Basler 出発			
1月8日	1730 DROMLAN Basler 到着 日独共同航空機観測	4		12
	1830 DROMLAN Basler 出発			
1月12日	1630 DROMLAN Basler 到着 日独共同航空機観測(内陸スタンバイ)	3		14
1月14日	1300 DROMLAN待機 VIP6名			
1月15日	1300 DROMLAN待機 VIP6名			
1月16日	1400 DROMLAN Basler 出発 VIP6名		9	
1月17日	1820 DROMLAN Basler 到着 日独共同航空機観測(内陸スタンバイ)	3		15
1月21日	0045 DROMLAN Basler 出発		3	
1月26日	1215 ドイツ Polar2 出発 日独共同航空機観測		5	
	1223 DROMLAN Basler 到着	3		7
1月27日	0820 DROMLAN Basler 出発 日独共同航空機観測		7	
1月28日	1743 DROMLAN Basler 到着			10
	1940 DROMLAN Basler 出発 日独共同航空機観測、ベルギー隊3名		3	
		31	31	75

訪者はすべて航空機により発った)。

Basler への燃料提供は、拠点運営中に JET-A1 燃料ドラム缶を 75 本、拠点運営期間外（12 月と 2 月）に 19 本であった。加えて、Polar2 の S17 拠点到着時と出発時に合計 12 本程度提供しており、観測飛行以外の人及び物資の輸送分として合計で 100 本以上の燃料消費があったことになる。航空機への給油は各機ともに搭乗員が行い、我々拠点スタッフは航空機近くへ燃料桶を移動した。燃料桶の設置場所は各機の搭乗員の指示に従った。Polar2 は機体の横、Basler は機体の前方であった。また、オーストラリア機は給油用の電動ポンプを持っておらず、S17 拠点の発電機用の電動ポンプを急遽貸し出した。

地上観測は航空機観測に先立って始め、航空機観測が終了し基地撤収直前まで続した。小型模型飛行機の飛行実験は、Polar2 及び Basler が S17 拠点を出発した後の 1 月 27 日～2 月 2 日に同行者の実験と合わせて行った。

基地の撤収作業は 1 月 19 日から準備を始め、地上観測機器を含めた本格的な撤収作業は 2 月 3 日～5 日の撤収支援隊員、2 月 5 日～8 日の食堂棟・発電棟ジャッキアップ支援隊員の協力を得て行った。

S17 拠点運営期間中の延べ滞在者数は 546 人泊、これに日帰りを含む訪問者数を加えると 637 人日（うち航空機観測関係者以外 119 人日）であった。付録 1 に S17 拠点の立ち上げから撤収までの日々の主な作業項目と目的別に人数を整理した。

S17 拠点運営期間以外に DROMLAN に関連した Basler の飛来が 2 回あった。1 回目は 12 月中旬の燃料補給のための飛来（今シーズンの S17 拠点利用開始）で、2 回目は S17 拠点運営終了の翌日の 2 月 9 日にドームふじ氷床掘削隊のピックアップのための飛来（今シーズンの最後）であった。

図 1 に主な活動期間である 1 月中の地上気温と地上風速の変化を示す。地上気温は弱風速時の精度低下（1 月 22 日の高温など）の補正が今後の課題として残るが、明瞭な日変化が現れている。月平均を施すと 03 LT に最低気温（ -10°C 程度）、15 LT に最高気温（ -2°C 程度）が現れた。風速の日変化も顕著で、月平均値において極大（10 m/s 程度）は 05 LT、極小（2 m/s 程度）は 18 LT に現れた。S17 拠点ではカタバ風が卓越し、主風向の東風は斜面を下る方向にほぼ一致している。その一方で、風速が弱まる午後にはカタバ風が消滅し西風や南風も現れることがあった。

3. S17 拠点での Polar2 による航空機観測

3.1. 観測飛行時間の設定と現地スタッフの構成

一回の飛行時間はおよそ 3 時間である。一回の観測飛行で目的の全空域をカバーするのではなく、複数回の観測飛行により目的の空域を網羅する。このための飛行時間として 40 時間を計画した。また、悪天候等で期間の延長を検討する場合、研究目的達成のための最低限

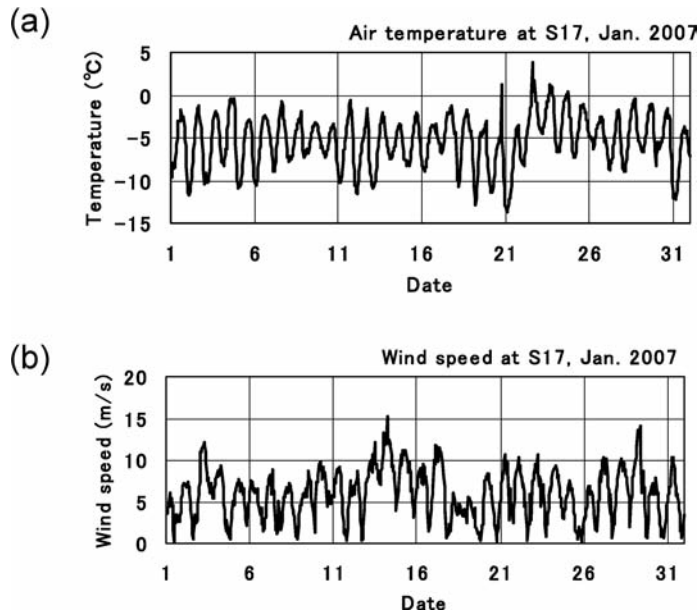


図 1 2007 年 1 月の S17 拠点における地上気温と風速.

Fig. 1. Surface air temperature and wind speed at S17 in January 2007.

表 2 Polar2 観測及び S17 拠点運営に関わった航空隊と第 48 次 S17 専任隊員・同行者
Table 2. List of participants in the Polar2 observation and S17 operation, and observers.

航空隊		
Renate Trefffeisen	AWI	ドイツ側リーダー
Radovan Krejci	MISU	
原 圭一郎	第48次夏隊員・気水圏	
Thomas Garbrecht	Optimare	観測エンジニア
Juergen Hoeltig	Optimare	観測エンジニア
Hans-Juergen Berns	DLR	パイロット
Stephan Grillenberck	DLR	パイロット
Regina Gebhardt	DLR	整備士
Roman Koch	DLR	整備士
第48次隊S17専任隊員・同行者		
平沢 尚彦	第48次夏隊員・気水圏	日本側リーダー
藤沢 正孝	第48次夏隊員・設営	調理
木塚 孝廣	第48次夏隊員・設営	機械
尾塚 馨一	第48次夏隊・同行者	(福岡大学大学院学生)

の飛行時間として 30 時間を見込んだ。この原則は S17 拠点と Neumayer 基地ともに共通する。それぞれの航空拠点を基点とした飛行観測に加えて、航空拠点間の移動中にも観測を計画した（往復で 10 時間）。

S17 拠点で活動した航空機観測隊及び S17 拠点専任スタッフのメンバーリストを表 2 に示す。航空機の運航を行うのはドイツのパイロット 2 名と整備士 2 名である。いずれもドイツ

航空宇宙センター（以下、DLR）に所属する。航空機に乗り込む観測者は、研究者が 3 名（ドイツ人 1 名、スウェーデン人 1 名、日本人 1 名）とドイツ人の観測エンジニアが 2 名である。観測の目的により 2 名から 4 名が入れ替わって搭乗した。

3.2. 観測項目と測定機材

航空機搭載の観測項目について、機器、担当者名を表 3 に整理した。日本隊の持ち込んだ機器は、エアロゾル散乱係数測定器 (IN)、エアロゾル光学式粒径別計数器 (OPC)、エアロゾルサンプリング、CO₂ 等温室効果気体分析用大気サンプリング、水蒸気センサー (CR-2) である。エアロゾル光学式粒径別計数器は、直径 0.08 μm 以上から 0.5 μm 以上の小粒径エアロゾルを粒径別に計数を行う KC22B (RION 製) と、直径 0.3 μm 以上から 5 μm 以上のエアロゾルを粒径別に計数する KC01D (RION 製) で構成された。エアロゾルの成分を知るためのサンプリングとして、インパクターを用いた電子顕微鏡分析用試料とフィルター上に採取した化学分析用試料を取得した。

昭和基地では定常気象部門により、直径 0.3 μm 以上から 7 μm 以上のエアロゾルを粒径別に計数するエアロゾルゾンデ (YGK 製) 観測が 1 回、オゾン濃度を測定するオゾンゾンデ (明星電気製) 観測が 3 回行われた。これらのゾンデ観測に同期して Polar2 の観測を昭和基地上空で行うことによりデータの相互検証や補間を目指した。

図 2 は Polar2 上部に設置された空気取り入れ口を示す。駐機中には、取り入れ口は黒色のキャップで閉じられている (図 2 の通り)。図 3 は航空機内の測器設置の様子を示す。機外から取り込んだサンプリング空気は、天井の部分ですぐに分配され、それぞれの配管を通して写真手前方向に並んでいるラックに設置された計測器に導かれる。

表 3 航空機搭載の観測項目、機器、担当者名一覧
Table 3. Instruments and the investigator(s).

観測の分類	観測項目 (観測機器)	観測担当者
エアロゾル	大気混濁度 (CNR photometer)	Herber / Vitale
	エイトケン粒子計数 (CPSA/CPC)	Minikin
	雲粒子・大粒子計数 (PCASP-100X FSSP-300)	Minikin
	光学式粒径別計数 (OPC by Grimm)	Krejci / Storm
	エイトケン粒子計数 (Tandem-DMA)	Krejci / Storm
	吸収係数測定 (PSAP)	Krejci / Storm
	散乱係数測定 (IN)	Wada
	光学式粒径別計数 (OPC by RION)	Wada
エアロゾルサンプリング	Wada / Hara	
温室効果気体	大気サンプリング	Morimoto
航空機 基本データ	機体位置データ	Garbrecht
	大気基本データ	Garbrecht
	水蒸気 (CR-2)	Wada
	ビデオカメラ	Herber / Garbrecht
	放射計	Garbrecht / Birnbaum



図 2 Polar2 上部の空気取り入れ口。駐機中は取り込み口にキャップをしている（写真中の黒色部品）。
Fig. 2. Air intake on top of the aircraft, Polar2.



図 3 機内の測器とサンプル大気用の配管。
Fig. 3. Instruments and tubing in the aircraft.

3.3. 観測飛行の決定までの流れと標準日課

表 4 に標準日課表を示す。観測空域は大陸氷床上、昭和基地・S17 拠点上空、海洋域海水氷上、海洋域開水域の 4 つの領域がある。午前及び午後のブリーフィングにおいて、天候や昭和基地でのゾンデ観測スケジュールを考慮してこれらの空域から一つを選択し、航路、鉛直方向の飛び方、搭乗者を決定した。飛行の履行や時刻等の最終決定はチーフパイロットが行った。飛行開始時刻の決定には、寒冷地に対応した測器の暖気運転（1-2 時間）を考慮する必要があった。

ブリーフィング後に、S17 拠点地上局から「しらせ」船橋及び昭和基地通信に当日の予定スケジュールを連絡し、各観測飛行に際しては離陸・着陸の 15 分前及び直後の連絡を行った。第 47 次、第 48 次隊長には、電子メールにより通報した。飛行中の Polar2 からは地上に待機する整備士へ 15 分ごとに現在地点の連絡を行った。

機器の故障対応に関連して航空機内の機器の置き換えを行った場合には、ドイツ航空局からの飛行承認を改めて得る必要がある。改修後の安全確認はチーフパイロットの責任において行われた。今回の観測期間中に再承認を得たものは、航空機から観測機器への電源供給装置の故障対応（修理復旧）とサンプリング用ポンプの故障対応（置き換え復旧）、及び測器電源部の故障対応（修理復旧）であった。

3.4. 観測飛行の結果

1月7日から24日まで15回、合計時間約42時間の観測飛行を行った。各飛行の時刻(LT)と目的地を表5に示す。図4には、2007年1月15日受信のNOAA衛星の可視画像上に、鉛直プロファイル観測地点、あるいは放射観測地点などの目標地点を丸印と飛行の通番で示す。図に見られる昭和基地沖の定着水域、流水域、及び開水面域の分布は観測期間を通して大きくは変わらなかった。

目的地別に、S17 拠点・昭和基地上空の鉛直プロファイル観測6回、氷床上の鉛直プロファイル観測4回、海洋上の鉛直プロファイル観測5回（海水域2回と開水面域3回）を行った。第1回目の飛行では氷床上の2地点で鉛直プロファイルを測定した。鉛直プロファイルは、ブリーフィングを通してあらかじめ決められたいくつかの高度で一定高度を保つ飛

表 4 Polar2 観測期間中の標準日課。
Table 4. Reference time table during ANTSYO-II.

全体・観測飛行関連		
時刻 (LT)	日課	備考
0800		
	朝食	
0900		
0930		
	ブリーフィング	
1000	観測飛行の通報 しらせ艦橋/昭和通信/J47・J48隊長	飛行の待機/解除はドイツ側の判断による
1030	ドルニエ (Polar2) S17 離陸の通報 しらせ艦橋/昭和通信	飛行中の通報はドイツ側が担当/ Polar2からS17にAirVで通報
1300		
	昼食	
1400		
1330	ドルニエ (Polar2) S17 着陸の通報 帰着10-20分前及び着陸後 しらせ艦橋/昭和通信	
1500		
	ブリーフィング	
1530	観測飛行の通報 しらせ艦橋/昭和通信/J47・J48隊長	飛行の待機/解除はドイツ側の判断による
1600	ドルニエ (Polar2) S17 離陸の通報 しらせ艦橋/昭和通信	飛行中の通報はドイツ側が担当/ Polar2からS17にAirVで通報
1900	ドルニエ (Polar2) S17 着陸の通報 帰着10-20分前及び着陸後 しらせ艦橋/昭和通信	
1930	本日の飛行作業完了の通報 しらせ艦橋/昭和通信	
2000		
	夕食	

表 5 観測飛行の日時（昭和基地 LT）と目的地等
Table 5. Observation flight list.

		飛行時間(分)
		総飛行時間
(1)	1月7日 15:20 - 18:40 氷床上：しらせ氷河及びS17南東方の鉛直プロファイル	2515
(2)	1月9日 11:20 - 14:40 海氷上：昭和西方の海洋上地点 39E50', 69S15' の鉛直プロファイル	200
(3)	1月10日 17:15 - 20:30 氷床上：内陸地点 39E30' and 71S50' の鉛直プロファイル	195
(4)	1月11日 10:40 - 13:45 氷床上：内陸地点 40E30', 71S40' の鉛直プロファイル	185
(5)	1月11日 16:15 - 19:45 開水面上：昭和基地北西方の海洋上地点 36E30', 67S50' の鉛直プロファイル	210
(6)	1月12日 16:10 - 19:00 海氷上：昭和基地北西方の海洋上地点 38E, 68S40' の鉛直プロファイル	170
(7)	1月15日 18:35 - 21:15 昭和基地・S17：昭和基地上空の鉛直プロファイル、オゾン+OPCゾンデ同期	160
(8)	1月17日 11:22 - 13:45 開水面上：昭和基地北方の海洋上地点 40E, 67S40' の鉛直プロファイル	140
(9)	1月17日 18:25 - 20:45 昭和基地・S17：S17 南東方の鉛直プロファイル	140
(10)	1月18日 15:15 - 16:42 昭和基地・S17：S17上空の放射計キャリブレーション	87
(11)	1月21日 16:00 - 18:30 昭和基地・S17：昭和基地上空の鉛直プロファイル	150
(12)	1月22日 17:02 - 19:48 昭和基地・S17：昭和基地上空の鉛直プロファイル、オゾンゾンデ同期	166
(13)	1月23日 11:47 - 15:05 開水面上：昭和基地北方の海洋上地点 40E, 67S10' の鉛直プロファイル	198
(14)	1月24日 10:44 - 13:36 氷床上：S17南方地点 40E, 70S55' の鉛直プロファイル	172
(15)	1月24日 17:03 - 19:25 昭和基地・S17：昭和基地上空の鉛直プロファイル、オゾンゾンデ同期	142

行（レベルフライト）中の測定により求められる。今回設定された最高高度は 24000 ft（約 7500 m）であった。対地高度 1000 m 以上では気圧高度で飛行高度し、1000 m 以下での飛行はレーダーと目視により飛行した。最低高度は 200 ft（約 60 m）を下限とし、大気惑星境界層内でも複数のレベルフライトを設定した。

3.5. 支援活動

3.5.1. 通信

S17 拠点における通信機器について表 6 にまとめた。VHF は「しらせ」船橋及び昭和基地通信との連絡に用いた。Polar2 及び Basler と S17 拠点地上局との間の通信は、離着陸の直前・直後には AirVHF を使用し、DROMLAN 運行中の Basler など遠方からの連絡には携帯型イリジウム衛星電話（以下、イリジウム）を使った。イリジウムは、Polar2 が Neumayer 基地で観測を行っている期間の S17 拠点—Neumayer 基地間の関係者同士の連絡や、ドームふじ基地航空オペレーションに関わる隊と S17 拠点との間での連絡にも利用された。昭和基地への混信が少ない UHF は S17 拠点内で離れて作業する場合の連絡用として便利で、基地局以外にハンディー送受信機も多用した。

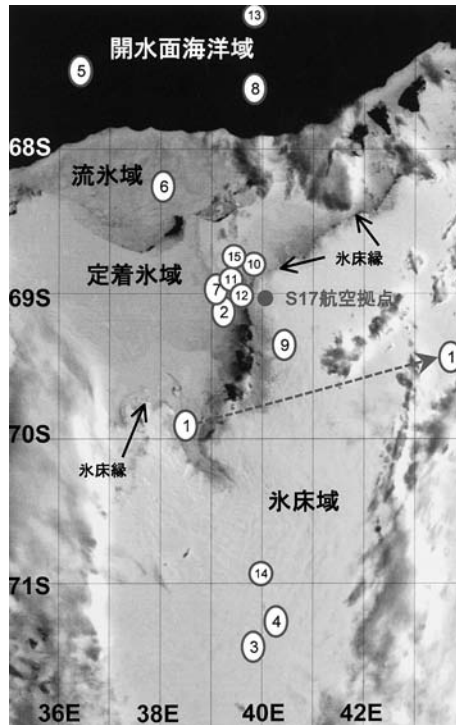


図 4 各飛行観測の目標地域 (丸印と表 3 に示す飛行通番). 目標地域は鉛直プロファイル観測地域, 放射観測地域などを意味する. NOAA 衛星画像は 2007 年 1 月 15 日受信の可視画像.
 Fig. 4. The target areas (blue circles) of flights, accompanied with the serial number of the flight as shown in Table 3, on the visible image of NOAA received on 15 January, 2007.

表 6 S17 拠点運営期間中の通信機器と用途

Table 6. Items of communication equipment, and their purposes.

機器	用途	状態	必要性等
<一般通信機器>			
VHF	対昭和基地定時交信、対雪上車交信	良好	必須
UHF	拠点内作業	良好	必須
HF	対Polar2交信	不良	
Air-VHF	対Polar2交信、対Basler交信	良好	必須
<衛星電話>			
イリジウム	対ドームふじ隊、対国内関係者	良好	必須
インマル	バックアップ回線 (今回使用なし)		不要
<無線LAN>			
電子メール	全般	良好	望ましい
http	気象情報等の取得	良好	望ましい
IPテレビ電話	対昭和基地、対極地研究所	良好	
Webカメラ	情報発信	良好	

今回の S17 拠点オペレーションで最も大きな改善点は、無線 LAN が昭和基地と結ばれたことである。これにより電子メールによる情報交換や、インターネット上のホームページの閲覧により世界中の気象データが入手できた (3.5.2 項に詳細を記載)。観測飛行の決定の際に利用した情報の多くは、昭和基地 LAN 及びインターネット経由で取得した。また、IP 接続テレビ電話の利用も可能となり、昭和基地や国内の関係者と個別に協議を行うことができた。

今回は無線 LAN を含めて豊富な種類の通信を使い分けることで利便性を得たが、様々な通信機器のスペース確保が問題となった。食堂棟にこれらの機器を据え付ける場合、棚などを使って機器を積み上げることも今後は必要だろう。

3.5.2. 観測飛行決定に関わる情報取得と提供

S17 拠点気象観測データ (第 4 章で記載) のうち航空機運航のために利用したデータは、地上気象観測装置から得られる気温、風向・風速、気圧データと、雲底計から得られる雲の高さ、厚さに関する情報であった。気温、風向・風速、気圧データは PC の画面に表示し 15 秒ごとに更新した。離着陸時に最も関心のある風向・風速については 10 分間の変動幅も表示した。S17 拠点以外の観測データとして、昭和基地高層気象観測や地上気象観測の結果を参照した。これらは、昭和基地内向けに定常気象部門が開設しているホームページから取得した。

気象概況や気象予報については、昭和基地周辺については昭和基地定常気象から、東南極全域の情報は DROMLAN 気象局を担当する Neumayer 基地から得た。また、UCAR (The University Corporation for Atmospheric Research: 米国) のホームページ (<http://www.mmm.ucar.edu/rt/mm5/amps/>) から最新の気象数値モデル予報結果を取得し、いくつかの高度における気流を分析し観測の目標地域決定に利用した。昭和基地受信の NOAA 画像からは雲域の広がりや低気圧システムなどが判断され、これは航空路決定の主な情報となった。

3.5.3 地上作業

(1) 滑走路雪面整備・駐機場雪面整備

拠点開設時期に雪上車 (SM100) でスノープレーンを引いて全長 1.2 km、幅 50 m の滑走路全面を整備した。スノープレーンは進行方向の凹凸はならずものの、両サイドに 30 cm 程度の畝を作ってしまうため、かえって雪面の凹凸を増す場合が多かった。そのため、スノープレーンは最初の滑走路整備に際して使用されただけであった。

好天が続くと滑走路雪面が硬くしまり一部氷化し、スキーを履いた航空機の着陸には硬すぎた。硬くなった滑走路の様子を図 5 に示す。雪面を柔らかくするために、約 1 週間ごとに雪上車 (SM100) で滑走路を走って表面層を掘り起こした。第 47 次隊 ANTSYO-I でも同様の頻度で雪上車の走行を行っており、夏季の S17 拠点の特徴と考えられる。

駐機場の雪面も同様に定期的に雪上車を走らせ雪面の軟度を保った。駐機場周辺には物資



図 5 滑走路の雪面の様子.

Fig. 5. Surface condition of the runway.



図 6 駐機場における航空機運航用物資配置の様子. 上図: 航空機用発電機 (GPU : Ground Power Unit) (左奥). 下左図: 酸素及び窒素ボンベ (手前), 観測機器用発電機 (奥の幌櫃), 航空機予備部品 (奥のジュラルミン箱). 下右図: 燃料櫃の配置 (右奥).

Fig. 6. The upper panel shows the GPU (Ground Power Unit) for aircraft on the left hand side of the aircraft. The left panel shows Oxygen and Nitrogen cylinders, a yellow sledge in which a generator for instruments was installed, and spare parts boxes on a sledge. The right panel shows fuel drums on a sledge.

が集積されドリフト（飛雪の吹きだまり）が形成されやすかった。このドリフトから避難するため、期間の半ばに駐機場を移動する必要があった。

(2) 電源供給, ガス充填, 及び給油

駐機場の様子を図6に示す。小型橇付き航空機用発電機（GPU: Ground Power Unit）は雪面に直置きで、計測器用発電機（幌橇内部）、酸素ボンベ・窒素ボンベ、航空機用予備部品、燃料（JET-A1）は2t橇上に搭載し配置した。電源の接続、ガス充填、給油等航空機に関する作業はDLRの航空機整備士が担当した。

Baslerの駐機場はPolar2に隣接して設定した。Baslerの予備品、緊急品は機内に搭載したままであり、S17拠点の屋外に保管するものはなかった。

(3) 物資の分担

国立極地研究所（以下、極地研究所）とドイツの主な物資（量）の分担を表7の通りとした。燃料など大量の消耗品は極地研究所で用意し、航空機専用機器に該当する物品はドイツ側（DLR）が用意した。航空機機体用発電機は約500kgの大重量であるため、第48次越冬中に陸路で昭和基地まで輸送し越冬終了時に「しらせ」に積み込むことにした。

3.6. 航空機観測の事前準備と訓練

S17拠点での航空機観測では、海洋上を飛行するためライフジャケットを装着することや低酸素環境での飛行が行われる。ドイツの航空法では、航空機への機器設置の設置方法に関する試験とともに、このような飛行への搭乗者に事前の訓練を義務付けている。これらはS17拠点での活動ではないが、現場での前提として、あるいは現場で実施した事柄であるので、付録2としてこの報告に含める。

表7 極地研究所とドイツの特殊物資の分担。

Table 7. Sharing of specialized items between NIPR and DLR.

物品名	分担者	数量	備考	
JET-A1 (航空燃料)	極地研	200本	J47残置: 97本 J47輸送: 53本 J48持込: 50本	
酸素ボンベ	極地研	16本	J47残置: 4本 J48持込: 12本	高高度観測時、搭乗員への酸素供給用。
窒素ボンベ	極地研	4本	J47残置: 2本 J48持込: 2本	航空機整備用。
ガス配管 コネクター	DLR	1個	J48持込	ガスボンベ用コネクターの日本式-ドイツ式間の継手。
ハーマーネルソ ンヒーター	極地研	1台	J47残置	航空機暖気用。
航空機機体用 発電機 (GPU)	DLR	1台	J47残置 J49持帰り	J48越冬隊帰国時に持ち帰り。

4. 地上及び小型模型飛行機による大気観測

4.1. 目的

Polar2 により得られるエアロゾルの広域空間分布は、地上及び大気惑星境界層と下部対流圏との間の大気・物質交換の影響を受けたものである。大気惑星境界層の変化やそれに強く影響する地上気象を把握するために、昭和基地の地上観測及びゾンデ観測に加え、S17 拠点における地上気象とエアロゾルに関する連続観測を実施した。また、大気惑星境界層の詳細な空間構造の時間分解能の高い変動を得るために、小型模型飛行機による実験的観測を計画した。

4.2. 地上観測

実施した地上観測項目を表 8 に、その配置を図 7 に示す。表 8 の上段の 3 種類の観測のうち、地上気象、雲底高度は Polar2 の運行判断に使用した。地上エアロゾル観測は航空機に搭載したエアロゾル光学式粒径別計数計と同タイプの機種 (KC01D) であり、Polar2 飛行中の地上エアロゾル数の時間変動等を得るものである。

一般にエアロゾルやそのもととなる気体成分は地表面から地上大気に供給され、大気境界層中を上空へと混合される。夏の日中の鉛直混合のスケールや速さは、日射で加熱された地表面から地上大気への顕熱輸送量に密接に関連する。これに関わる諸過程の観測、及び雪面と大気との間の水の輸送を担う水蒸気や降雪の観測を含めて、放射計、露点温度計、超音波風速計、雪粒子計数計による観測を行った。それぞれの観測項目は相互に関わりあっており、基地南側に集中観測地点を設けた (図 8)。

電源やデータ送信用のケーブルは、ドリフトによる埋設を避けるために竹竿等を利用して雪面上に吊下げた。

表 8 S17 拠点における地上観測項目と測器。
Table 8. Ground based observations at S17.

観測名	測器	要素	期間・ 記録インターバル
地上気象	MAWS、バイサラ	気温、湿度、風向・風速、気圧、日射、雪温 (35cm 深及び 70cm 深)	12月30日-2月5日 1分
雲底高度	Ceilometer、バイサラ	雲の鉛直プロファイル/雲底高度	12月29日-2月3日 15秒
エアロゾル 粒径別計数	KC01D、リオン	粒径半径 0.3, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 μ m	1月2日-2月3日 1分
放射	英弘精機、ブリード	長波放射・短波放射、上向き下向き	1月5日-2月3日 2分
露点温度	LI7500、メイワフォーシス	露点温度	1月3日-2月3日 1秒
超音波風速	USA1、英光精機	3成分風速	1月1日-2月3日 1秒
雪粒子計数	SPC、新潟電気	粒径半径 50 μ m ~ 500 μ m を 32 等分	1月1日-2月3日 1秒

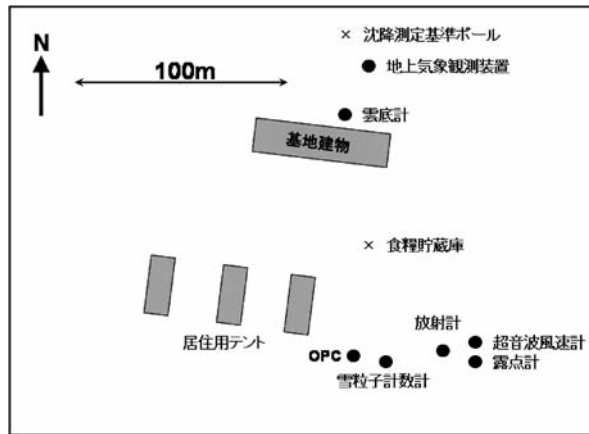


図 7 S17 拠点における各地上気象観測装置の配置.

Fig. 7. Location of the sensors for ground based observations.

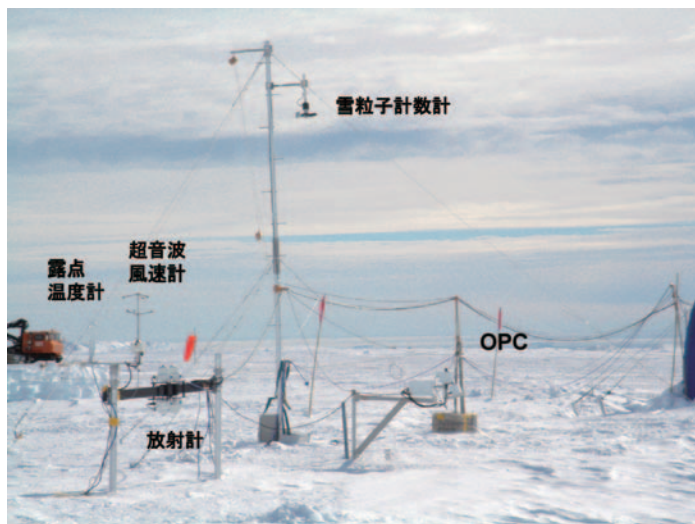


図 8 基地南側の集中観測地域の様子.

Fig. 8. Photo of the observation field to the south of the building.

4.3. 小型模型飛行機観測

今回準備した機体は3種類(表9)で、ともに離着陸を手動操作とした。カイトプレーンは国内では最も実用に供されている機体の一つである。気象観測にも利用され、いくつかの成果が報告されている(例えば, Yamashita *et al.*, 2005; Watai *et al.*, 2006)。この飛行速度は約10 m/sと比較的遅く風速に対する飛行の制約が強いが、操縦が比較的易しく安定した飛行性能を持つことから、今回の最優先機種とした。Ant-Plane 4号機は、極地研究所のプロジェクト

表 9 小型模型飛行機の諸元
Table 9. Specifications of the UAVs.

	カイトブレーン	Ant-Plane 4号機	Ant-Plane 3号機
種類	模型航空機 (単発カイト翼) 80cc 2サイクル ガソリンエンジン	模型航空機 (単発固定翼) 86cc 2気筒 2サイクル ガソリンエンジン	模型航空機 (単発固定翼) 15cc1気筒 4サイクル ガソリンエンジン (混合給油方式)
諸元	長2.305m、幅 2.780m、高1.195m 主輪直径 20cm 総重量 24 k g (燃料・機材含む)	長2.2m、幅 2.7m、高0.72m そり装備可能 総重量 12 k g	長1.38m、幅 2.7m、高0.45m 車輪直径 9cm 総重量 6.5 k g
性能	滞空時間 2時間 巡航速度 36-55km/時 (10-15m/s) 上昇速度最大 120m/分	滞空時間 4.5時間 巡航速度 130km/時 上昇速度最大 180m/分	滞空時間 1.5時間 巡航速度 100km/時 上昇速度最大 100m/分 必要滑走距離 100m
操作方法	無線による遠隔操作および 搭載コンピュータによる自動操縦	無線による遠隔操作および 搭載コンピュータによる自動操縦	無線による遠隔操作および搭載コ ンピュータによる自動操縦
搭載測器	気温・湿度 (明星電気制気象ゾンデ) OPC (リオン製KR12) CPC (TSI製CPC3007)	気温・湿度 (明星電気制気象ゾンデ) OPC (リオン製KR12)	ビデオカメラ

ト研究として南極での利用を目指している機体である (船木ら, 2006). これまでの国内実験で気象観測の成果が出ている (平沢ら, 2007a, b). 耐風性能 (約 30 m/s), 到達距離 (500 km), 到達高度 (5700 m) の国内実績は最も優れているが, 巡航速度が速く離着陸に比較的高度な熟練性を要するため第二優先の機体とした. Ant-Plane 3号機は予備機体とした.

Polar2の観測が終了し航空機観測隊がS17 拠点 を去った1月27日から準備を開始し, 1月29日から2月2日の5日間を小型模型飛行機観測にあてた. Basler や Polar2 が使った滑走路の上の比較的平らな部分を利用した. 人員の配置は, 操縦担当, 制御・通信用 PC の監視・操作担当, 機体周り補助及びアンテナ向き調整担当の3名で行った. 観測経路は鉛直プロフィール測定を中心とし, 大気境界層の日変化に関するデータの取得を目指した.

29日から実施したカイトブレーンの観測では, 夜間及び午前中は風速が大きかったため, 風速条件が整う 15 LT から 20 LT の時間帯に観測を実施した. 1月29日に高度 300 m と 500 m の2回の観測に成功し, 1月30日には高度 1000 m, 1200 m, 1000 m の3回の観測に成功した. 観測項目は温度, 湿度, エアロゾル粒径別計数 (OPC), 凝結粒子計数 (CPC) とした.

31日からは Ant-Plane 4号機の観測に切り替えた. しかし, 最初の飛行の際に自動航行ルートの入力を誤ったため, 離陸し自動航行に入った直後に墜落した.

31日夜から Ant-Plane 3号機の準備にかかったが, 2月1日から天候が悪化し最終的には昭和基地基準のC級ブリザードとなって, 時間切れ中止とした.

5. S17 の航空拠点, 観測拠点としての今後の利用に向けて

昭和基地から 20 km ほど離れた南極氷床上の標高 620 m の S17 拠点に滑走路, 高床式建物, 及び仮設テント等を整備し, 15回, 42時間に及ぶ航空機観測, 及び DROMLAN をはじめ 8回の航空機運航に対応した. 今回 DROMLAN 航空拠点として初めて本格的に利用され

た。また、1カ月にわたる地上大気の詳細観測を行うとともに、小型模型飛行機による大気境界層の観測を試み、南極氷床末端域の氷床上の大気境界層の興味深い結果を得た。大気観測の成果は、航空拠点としてのみならず観測拠点としての価値を示す。ここでは、今回の活動を通して得た今後の利用に向けた考えを述べる。

第48次隊におけるS17拠点は、10名以上の滞在を伴う観測プロジェクトの拠点、及び本格的な航空拠点として利用された。今回の拠点運営は日独航空機観測の遂行を中心に計画されており、DROMLAN空港としてのS17の利用者が増加する場合には、拠点運営が厳しくなった。そのようなことを避けるために、S17の宿泊スペース（ベッド数）、食事のスペース、拠点を運営するための隊員の人数などから余裕を持った収容人数をあらかじめ明示し、計画段階ではこれを越えないことを提案したい。

宿泊専用施設を持たないS17拠点にとって、滞在設備の構築は最も重要なものの一つである。15名程度の比較的大きな活動を行う場合、雪上車だけでは滞り場所が不足しがちである。今回のS17拠点では大型のテントを3張り使用した。3張り分のテントは、設営時の地ならし、撤収時の除雪（ほとんどは氷化している）にそれぞれ1日以上を要し、重労働といえる。風が強い場合には設営作業ができない。それに対して、ドームふじ基地などの内陸旅行で使われている居住カプス（1台に8名の滞在が可能）は、テントと比べて設置・撤収が容易であり、ブリザードに対する安全性も高い。これらのことから、今後、テントに替えて居住カプスの導入を検討する価値があると思われる。

南極域で同時に複数の地域で小さな隊が活動する場合、各隊の通信環境は必ずしも整っていない。外部アンテナを介したイリジウムの通信は安定しており、多数の隊が展開する時には相互通信に有効である。バックアップとしてイリジウムをもう1台持てば、大がかりなインマルサット衛星回線用地球局を使う必要はない。また、イリジウム回線でIP接続を行えば、基地設備を持たない地点での電子メール等の利用が可能となる。この活用も検討する価値がある。

S17拠点は小さいながら昭和基地に匹敵する多岐にわたる設営的要素を持っている上に、航空機対応という特殊事情が加わることから、隊次の交代時期での当事者隊員間の引き継ぎによる情報交換だけでは継続的活用はできないだろう。そこで、情報の管理・伝達、拠点運営・維持の責務を担うため、極地研究所の設営室あるいは南極観測推進センターなどにS17拠点对応の部署等が必要だろう。

高床式の発電棟と食堂棟を有するS17拠点は、DROMLANの受け入れや氷床上における観測・設営活動にとって利用価値が高い。筆者らはこの機能が今後も継続されることを希望し、S17拠点の運営体制について議論が進むことを期待する。

謝 辞

第 48 次観測隊の計画として S17 拠点における航空機観測を進めるに当り、極地研究所の白石和行教授には DROMLAN に関する情報を常に提供していただきました。極地研究所の石沢賢二設営室長には国内から S17 拠点の設営活動に心を配っていただきました。第 47 次隊で S17 拠点を建設した極地研究所の野木義史准教授には、その運営の様子を丁寧に説明していただきました。日本の南極観測の将来の有人航空機及び小型模型航空機の利用を視野に、AWI との共同航空機観測の大気計画を立ち上げたのは極地研究所の山内恭教授でした。極地研究所の和田誠教授にはこの観測計画に私を送り出していただき、また準備期間中に様々な協力をいただきました。航空機観測についてはドイツの AWI、オプティマーレ社、DLR、及びストックホルム大学の関係者から円滑な協力を得ることができました。極地研究所の船木實准教授、九州大学の東野信一郎講師、福岡大学の林政彦教授には小型模型航空機の準備をしていただきました。第 48 次隊員の藤沢正孝氏、木塚孝廣氏、同行者の尾塚馨一氏には、S17 拠点の運営を大変な苦勞の中で直接支えていただきました。更に、S17 拠点の立ち上げ、撤収の時期には第 47 次、第 48 次観測隊員、「しらせ」乗員の方々から様々な形で支援をいただきました。特に、第 47 次越冬中には拠点立ち上げ準備のために矢吹正教氏と渡井智則氏を中心に 10 回以上に及ぶ旅行を行っていただきました。皆様に深く感謝いたします。

本観測の一部は科学研究費補助金（課題番号 16253001）による。

なお、本観測は、極地研究所—AWI の協定「国立極地研究所とアルフレッド・ウェゲナー極地海洋研究所との間の研究および南極・北極における設営の協力に関する協定」(Statement of Commitment by the National Institute of Polar Research and the Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research on Cooperation in Research and Logistic Operation in the Arctic and Antarctic) (2001) に基づいている。

文 献

- 船木 實・Ant-Plane Group (2006): 南極観測用小型無人航空機 Ant-Plane の開発—その可能性と課題—。南極資料, **50**, 212-230.
- 原 圭一郎 (2003): 南極対流圏のエアロゾル: エアロゾル研究, **18**, 200-213.
- Hara, K., Osada, K., Nishita, C., Yamagata, S., Yamanocuchi, T., Herber, A., Matsunaga, K., Iwasaka, Y., Nagatani, M. and Nakada, H. (2002): Vertical variations of sea-salt modification in the boundary layer of spring Arctic during the ASTAR 2000 campaign. *Tellus*, **54B**, 361-376.
- Hara, K., Yamagata, S., Yamanocuchi, T., Sato, K., Herber, A., Iwasaka, Y., Nagatani, M. and Nakada, H. (2003): Mixing states of individual aerosol particles in spring Arctic troposphere during ASTAR 2000 campaign: *J. Geophys. Res.*, **108D**, 4209, doi: 10.1029/2002JD002513.
- Hara, K., Osada, K., Kido, M., Hayashi, M., Matsunaga, K., Iwasaka, Y., Yamanouchi, T., Hashida, G. and Fukatsu, T. (2004): Chemistry of sea-salt particles and inorganic halogen species in the Antarctic regions: Compositional differences between coastal and inland stations. *J. Geophys. Res.*, **109**, D20208, doi: 10.1029/2004JD004713.

- Hara, K., Osada, K., Kido, M., Matsunaga, K., Iwasaka, Y. and Hashida, G. (2005): Variations of constituents of individual sea-salt particles at Syowa station, Antarctica. *Tellus*, **57B**, 230–246.
- Hara, K., Iwasaka, Y., Wada, M., Ihara, T., Shiba, H., Osada, K. and Yamanouchi, T. (2006): Aerosol constituents and their spatial distribution in the free troposphere of coastal Antarctic regions. *J. Geophys. Res.*, **111**, D15216, doi: 10.1029/2005JD006591.
- 林 政彦 (2001a): Optical particle counter による対流圏・成層圏エアロゾルの観測. *エアロゾル研究*, **16**, 118–124.
- 林 政彦 (2001b): 対流圏・成層圏の環境. *空気清浄*, **39**, 147–159.
- Herber, A., Gernandt, H., Jokat, W., Nixdorf, U., Steinhage, D., Miller, H., Treffeisen, R., Yamanouchi, T., Shiraishi, K., Nogi, Y., Shibuya, K. and Wada, M. (2006): Joint AWI-NIPR airborne operations in the past and the future. *Polar Meteorol. Glaciol.*, **20**, 40–52.
- 平沢尚彦・尾塚馨一・林 政彦・田辺誠治・船木 實 (2007a): 梅雨期の北海道オホーツク海岸域における無人航空機による大気観測(1) —無人航空機, 気象センサー, 観測計画—. *天気*, (投稿中).
- 平沢尚彦・尾塚馨一・林 政彦 (2007b): 梅雨期の北海道オホーツク海岸域における無人航空機による大気観測(2). 一気温, 湿度, 粒子数の鉛直構造—. *天気*, (投稿中).
- Osada, K., Hara, K., Wada, M., Yamanouchi, T. and Matsunaga, K. (2006): Lower tropospheric vertical distribution of aerosol particles over Syowa Station, Antarctica from spring to summer 2004. *Polar Meteorol. Glaciol.*, **20**, 16–27.
- 和田 誠・猪原 哲・芝 治也 (2001): 第41次南極地域観測隊航空機大気観測報告 2000–2001. *南極資料*, **45**, 257–278.
- Wada, M., Yamanouchi, T. and Herber, A. (2007): Airborne atmospheric observations in the Antarctic under NIPR-AWI cooperation (ANTSYO-II/AGAMES). *Proceedings of the International Symposium, Asian Collaboration in IPY 2007–2008, 1st March 2007, Tokyo, Japan*, 218–221.
- Watai, T., Machida, T., Ishizaki, N. and Inoue, G. (2006): A lightweight observation system for atmospheric carbon dioxide concentration using a small unmanned aerial vehicle. *J. Atmos. Ocean. Tech.*, **23**, 700–710.
- Yamanouchi, T., Wada, M., Fukatsu, T., Hayashi, M., Osada, K., Nagatani, M., Nakada, A. and Iwasaka, Y. (1999): Airborne observation of water vapor and aerosols along Mizuho route, Antarctica. *Polar Meteorol. Glaciol.*, **13**, 22–37.
- Yamanouchi, T., Treffeisen, R., Herber, A., Shiobara, M., Yamagata, S., Hara, K., Sato, K., Yabuki, M., Tomikawa, Y., Rinke, A., Neuber, R., Schumacher, R., Kriews, M., Strom, J., Schrems, O. and Gernandt, H. (2005): Arctic study of tropospheric aerosol and radiation (ASTAR) 2000: Arctic haze case study. *Tellus*, **57B**, 141–152.
- Yamashita, K., Hayashi, M., Irie, M., Yamamoto, K., Saga, K., Ashida, M., Shiraishi, K. and Okabe, K. (2005): Amount and state of mineral particles in the upper mixed layer and the lower free troposphere over Mt. Raizan, southwestern Japan: unmanned airplane measurements in the spring of 2003. *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, **83A**, 121–136.

付録 1 S17 拠点の日々の活動と滞在人数 (各日にちの上段: 宿泊人数, 下段: 日帰り人数, 合計: 宿泊, 合計2: 日帰り含む)

Appendix 1. Daily activity at S17 and number of persons.

	S17	48支援	47支援	日独	Basler	VIP	野外	合計	合計2
12月20日	藤沢・木塚・石崎・高澤 (報道: 小林) S16への人員輸送 雪上車等車両の立ち上げ 櫓の引き出し 基地発電機立ち上げ	2	3					5	5
12月21日	藤沢・木塚・石崎・高澤 (報道: 小林) 当日 平沢・福田・橋本・大熊・室田(47次)・尾塚(同行者) (宮岡隊長、小達副隊長による視察) ヘリによる物資輸送(しらせ支援10名) 建物レベル調整 造水槽設置 テント一張り	4	6	1				11	11
12月22日	人員は前日と同じ (野元堀副隊長の視察) ヘリによる物資輸送(しらせ支援10名) 建物内配管、テント二張り	4	6	1				11	11
12月23日	人員は前日と同じ 屋外排水管不具合対応 テントへの電源供給・内部電気配線 物資整理	4	6	1				11	11
12月24日	平沢・藤沢・木塚・石崎・高澤・福田・橋本・大熊・尾塚(同行者) (小林、室田の2名が去る) 建物換気扇・食器洗い機 テント内ヒーター 排水管調整 物資整理 滑走路踏み 滑走路フラッグ設置	4	5					9	9
12月25日	人員は前日と同じ バトライト 排水管調整 食糧雪洞掘り 櫓上物資の積み替え整理 物資整理 滑走路踏み	4	5					9	9
12月26日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者) 当日: 前田・菅原・戸田・森(47次) 通信設備設置 無線LANアンテナ設置	4	1					5	8
12月27日	平沢・藤沢・木塚・前田・尾塚(同行者) 無線LAN疎通試験 TV電話試験	4	1					4	5
12月28日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者) 小川(ドクター) S17入り 「しらせ」の昭和離岸に対応した救急措置 食糧雪洞掘り 航空機用発電機準備開始 観測機材準備開始	4	1					5	5
12月29日	人員は前日と同じ 食糧雪洞掘り 航空機用発電機準備 観測機材準備	4	1					5	5
12月30日	人員は前日と同じ 食糧雪洞へ搬入 航空機用発電機準備 観測機材準備	4	1					5	5
12月31日	人員は前日と同じ 航空機用発電機準備終了 観測機材準備	4	1					5	5
1月1日	人員は前日と同じ 休日日課 滑走路フラッグ設置 エプロン整地 気象観測測器設置	4	1					5	5

1月2日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者) 滑走路フラッグ設置終了 テント内物資整理 気象観測測器設置 (MAWS、震底計、超音波風速計、放射計、OPC、露点計) 発電機整理 航空機用ヒーター (マーマーネルソン) 整備	4	1					4	5
1月3日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者) 食堂棟-発電機間排水管凍結の復旧対応 テント二張り内物資整理 気象観測設備のケーブル上げ	4						4	4
1月4日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者) 上水側の圧力調整 (ウォッシュレット使用可能とな 航空機用燃料機の準備のための機上物資整理 (建 築資材を金属機に移動)	4						4	4
1月5日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者) オーストラリア隊来訪 (4名) →昭和基地で宿泊 滑走路整備	4					4	4	8
1月6日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者) ドイツ観測機Polar2来訪 (5名)、オーストラリア 隊出発	4		5				9	13
1月7日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 Polar2観測開始 DROMLAN機BaslerによりVIP (6名) 及びベルギー隊 (3名) 来訪	4		5				9	9
1月8日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 DROMLAN機Baslerにより日独共同観測関係者来訪 (4名)	4		9				13	13
1月9日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 VIP活動 (+報道2名)	4	2	9		6		21	21
1月10日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 VIP活動 (+報道2名)	4		9				13	21
1月11日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 2人組の当直制開始	4	2	9		6		13	13
1月12日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 Basler内陸オペ待機開始	4		9	3			16	16
1月13日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 休日日課: 日独関係者昭和基地訪問 (S17スタッフ 4名残り)	4		9	3			16	16
1月14日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 VIP帰国待機 P50気象計メンテナンス受け入れ(SM1001台)	4		9	3	6		22	24
1月15日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 VIP帰国待機	4		9	3	6	2	22	22
1月16日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 Polar2搭載測器の不具合対応 (ドイツ国内の認定 待ち) VIP帰国待機	4		9		3	6	13	22
1月17日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 駐機場移動	4		9	3			16	16
1月18日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 撤収作業検討始め	4		9	3			16	16
1月19日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 食堂棟-発電機間排水管凍結の復旧対応 S16 機・車輛デポ地点の決定・マーキング S17 ブル・空ドラムデポ用マウンド作成始め	4		9	3			16	16
1月20日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 休日日課: 日独関係者昭和基地訪問 (S17スタッフ 3名とドイツ1名残り) Basler内陸オペ待機終了	4		9		3		13	16
1月21日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 S17 ブル・空ドラムデポ用マウンド作成継続 撤収日程の検討と日程変更の可能性の昭和基地へ の打診	4		9				13	13
1月22日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 S16デポ地の雪面整備のためブルをS16に移動 燃料ドラムの在庫確認	4		9				13	13
1月23日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 S16の雪面整備	4		9				13	13
1月24日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 持ち帰り物資整理	4		9				13	13
1月25日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 持ち帰り物資整理	4		9				13	13
1月26日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)・原 Polar2により日独関係者5名出発 Basler到着	4		4	3			11	16
				5					

1月27日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者) Baslerにより日独関係者4名出発(原隊員を含む) 酸素ボンベ等持ち帰り物資搬出(ヘリオベ帰り便) 無人航空機準備開始(47次渡井隊員支援としてS17入り) 地図調査隊活動開始(5名)	4		1	4	3		5	10	17
1月28日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者) 無人航空機調整 Basler機による日独関係物資及びベルギー隊3名のピックアップ 持ち帰り物資搬出(ヘリオベ帰り便) 空燃料ドラム缶整理 地図調査隊活動(2名加入)	4		1		3		7	12	18
1月29日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者) 無人航空機(カイトブレーン)観測2回 空燃料ドラム缶整理 地図調査隊活動(7名)	4		1				7	12	12
1月30日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者) 無人航空機(カイトブレーン)観測3回 撤収準備作業 地図(5名)・生物(5名)調査隊活動	4		1				10	15	17
1月31日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者) 無人航空機(AntPlane4)試験飛行(渡井隊員昭和に帰還) 撤収準備作業 地図(5名)・生物(5名)調査隊活動後昭和に帰還 ドームふじ帰還先発隊到着(4名)	4			1			4	8	19
2月1日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者) 無人航空機(AntPlane3)試験飛行に向け荒天待機 撤収準備作業	4						4	8	8
2月2日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者) 無人航空機(AntPlane3)試験飛行中止、無人航空機観測終了 ブリザードのため屋外作業中止	4							4	4
2月3日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者) 撤収支援(石崎、橋本、千葉、藤野、藤原、若生) S17入り 持ち帰り物資搬出(ヘリオベ帰り便) 地上気象観測機器撤収 国旗ポール撤収 テントへの電源ライン撤収 通信機器撤収 SM103ブレード設置	4	6						10	10
2月4日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)+撤収支援隊(6) テント二張撤収 機上物資の積み替え整理 S16機デポ修正	4	6						10	10
2月5日	平沢・藤沢・木塚・尾塚(同行者)+石崎 撤収支援隊4名昭和へ帰還(石崎残り、藤原地図に合流) ジャッキアップ隊(科部、寺田、笹倉、金子、岩坪) S17入り 支柱2本立て 撤収準備作業 地図調査活動	4	6					4	14	19
2月6日	平沢・藤沢・木塚+石崎 支柱4本立て(支柱立て終了) 污水タンク洗浄 下水・上水配管撤去 機デポ 尾塚・物資整理でしらせへ帰還 地図調査活動(後、撤収支援)	3	6					4	13	14
2月7日	平沢・藤沢・木塚+石崎 地図調査活動(後、撤収支援)、及び1名撤収支援として残り 2棟ジャッキアップ終了 テント一張撤収 造水槽撤収 撤収準備作業 ドームふじ帰還後発隊到着(8名)	3	7					11		21

2月8日	平沢・藤沢・木塚+石崎 機デポ ジャッキアップ最終作業 発電機停止 基地閉鎖 車輛デポ（ドームふじ帰還後発隊の支援受ける） S16においてヘリによるピックアップ	3	7					8	10	18
									546	637

付録 2 航空機観測の事前準備と訓練

Appendix 2. Preparatory work and training for aircraft observation.

1. 測器据え付け作業

航空機に搭載する観測測器について、(1) 測器の仕様・型番、(2) 使用電源内容（電源、電圧、消費電力、電流）、(3) 配線方法と配線の素材と太さ、(4) 測器のラックへの固定方法、(5) 測器据え付けラックの重心、(6) 測器固定の付加耐久試験結果を DLR に申し測器搭載証明を取得した。

測器固定の耐久負荷試験により据え付け方法を検討・検証した。この試験は測器を固定するためのラック内の棚板や、各棚板に固定した測器それぞれに対し、実際に飛行方向、側方、上方の各方向へ最大で 9 G の負荷（張力）をかけ、測器が動かないことを確認する試験である（図 A1）。これらの作業は請負業者（ドイツ、Optimare 社）が実施した。また、Neumayer 基地で測器搭載を行った後、整備士が測器搭載証明書通りに測器が搭載されているかの確認を行って DLR からの飛行許可が出された。3. 3 節後半の記載はこの規定に対応したものである。



図 A1 請負業者(ドイツ、Optimare 社)による測器固定試験の様子。

Fig. A1. The test of fixing of instruments on a rack.

2. 低圧室・低酸素訓練

今回使用した Polar2 は非与圧キャビンのため、海拔 3 km 以上の高度を飛行する際には酸素マスクを使用する。観測者は、この低酸素空域で酸素マスクやボンベの不具合が起こったときに、低酸素下で危険な状態になる前に第三者にその旨を伝える必要がある。そのため、低酸素の自覚症状を観測者自らがあらかじめ認識するための訓練を行ってきた。

ケルンにある DLR の施設で、身体検査（尿、採血、血圧、心電図、肺活量など）を受けた後に訓練が実施された。低圧状態の確認と、大気圧下でマスクをつけ高度 8000 m 相当の酸素濃度に調整した酸素-ヘリウムの混合ガスを吸引し簡単な計算を行うものである。

高高度飛行に搭乗するものはこの訓練への参加が必須で、日本からは原（筆者）が参加した。

3. 海難救助訓練

訓練はノードホルツにあるドイツ空軍の訓練施設で行われた。開水域へ不時着した場合に対応し、海難救助に使用する道具の使用法の講義と、救難道具の実習を行った。訓練の内容は、屋外での発煙筒の発射、訓練用屋内プールでのライフジャケットの使用 (図 A2)、水上での身の確保の仕方、実寸大の航空機モデルを使用した航空機からの脱出、非常用ボートの確保と乗り込み、ヘリコプターへのスリング救助の確保方法などである。ライフジャケットは 10 kg 程度の重量があり、機内での行動にむけて十分に慣れておく必要がある。

海水面海洋域飛行に搭乗するものはこの訓練への参加が必須で、日本からは原 (筆者) が参加した。



図 A2 S17 拠点で搭乗直前のライフジャケット着用時の様子。

Fig. A2. Wearing a life jacket

4. 雪上訓練

南極内陸部に不時着した場合の対応として、雪上訓練の受講が要求される。日本から参加した隊員は、既に国内の冬訓練・越冬経験があり、ドイツによる訓練はそれに代えられた。ドイツの訓練では、テント設営、幕営訓練、氷河上にあるクラックを利用したロープワーク・アイゼン訓練などが実施される。