

南極・昭和基地における清浄大気観測室の設置について

長田和雄^{1*}・林 政彦²・塩原匡貴³・原 圭一郎³・和田 誠³・
橋田 元³・森本真司³・矢吹正教³・山内 恭³

Atmospheric observation room for clean air at Syowa Station, East Antarctica

Kazuo Osada^{1*}, Masahiko Hayashi², Masataka Shiobara³, Keiichiro Hara³, Makoto Wada³,
Gen Hashida³, Shinji Morimoto³, Masanori Yabuki³ and Takashi Yamanouchi³

(2005年12月28日受付; 2006年1月23日受理)

Abstract: An observatory (19 m² inside area) was built for monitoring clean air constituents, such as aerosol particles and ozone, near the core block of Syowa Station. The observatory is located about 300 m windward of the main buildings of Syowa Station to reduce atmospheric contamination from an electric power plant and other station activities. Continuous observations of aerosols and surface ozone started on February 10, 2004. The observatory uses electric heaters and outside cool air to control room temperature at about 20°C ± 3°C to avoid self contamination by heating fuel combustion. The observatory has a 6-m height tower for an air inlet system that connects to an aerosol sub-sampling line under constant laminar air flow condition. Comparison of aerosol data between the Kansokutou (Atmospheric Observatory in the main station area) and this new observatory from February 2004 to January 2005 suggests that the effectiveness for monitoring clean air was improved about 10%.

要旨: 南極大気モニタリング観測およびプロジェクト研究観測に資するため、南極・昭和基地に19 m²の清浄大気観測室(通称エアロゾル観測小屋)を設置した。第45次日本南極地域観測隊の夏季作業で、昭和基地の主要部から約300 m風上に建設し、2004年2月10日から大気エアロゾルとオゾンの連続観測を開始した。この観測室は電気暖房と外気の取り込みで室温を約20°Cに保つようになっている。6 m高の観測タワーとエアロゾル観測用の試料大気導入管も有している。この報告では、設置に至る背景から観測室の詳細と初年度から2年度の運用状況と問題点、導入管の特性などについて述べる。運用初年度は、基地主要部に位置する観測棟で従来から行っているエアロゾル濃度やオゾン濃度のモニタリングと並行して観測を行った。双方の観測値を比較したところ、観測棟における従来の状況に比べて、清浄大気を観測した有効率は最大で1割ほど向上したことがわかった。

¹ 名古屋大学大学院環境学研究科. Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8601.

² 福岡大学理学部. Faculty of Science, Fukuoka University, 8-19-1, Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180.

³ 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.

* Corresponding author. E-mail: kosada@nagoya-u.jp

1. はじめに

南極圏は、人為起源の大気エアロゾル粒子の影響が及びにくい清浄地域である。南極大気中のエアロゾル個数濃度は、名古屋などの都会にくらべて1000分の1程度であり、わずかな汚染物質の動態を鋭敏に捉えることができる反面、大気エアロゾルの観測には基地活動の影響をできる限り抑えることが必要不可欠である。南極・昭和基地では、大気エアロゾル粒子の先駆的な研究観測が行われてきた（伊藤，1983，1988；レビューは原，2003を参照）。近年では、第37次日本南極地域観測隊から観測棟においてエアロゾル観測が続けられているが、その当初から、基地活動によるエアロゾル観測への影響が指摘されていた（例えば、長田，2003）。主たる妨害要素としては、固定排出源として発電機や各観測棟の灯油暖房機からの排気、移動排出源として風上を走る雪上車や航空機などが挙げられる。これらのうち、エアロゾル観測にとって長時間に渡り大きな影響を及ぼすのは、発電機と暖房機からの排気である。従って、これらの定常的な固定排出源から、観測場所を主風向のできるだけ風上に設置することが望まれてきた。

この報告では、第45次日本南極地域観測隊（以下、第45次隊）で設置した清浄大気観測室（通称、エアロゾル観測小屋）について、設置に至る背景から観測室の詳細と運用状況・問題点、試料大気導入管の特性などについて述べる。最後に、従来の観測棟とエアロゾル観測小屋で得られた結果とを比較した結果について報告する。

2. 設置に至る経緯

2.1. エアロゾル観測小屋の設置目的

昭和基地の観測棟では大気微量成分のモニタリング観測として、温室効果ガスとエアロゾルの連続測定やサンプリングを行っている。基地の主要部に位置する観測棟での汚染状況としては、温室効果ガス（Nakazawa *et al.*, 1991）もエアロゾル（松本，2001）についても、風速の弱まる冬季と夏季に汚染率が高まることを示しており、気象条件によっては一日の大半が汚染データで占められてしまうことも指摘されている。そこで、現行のエアロゾルや地上オゾン（青木，1997）のモニタリング観測における清浄大気を観測できる有効率の向上とともに、第45次隊以降に計画されているエアロゾル強化観測などにも対応できるよう、基地活動の影響がより少ない場所にエアロゾル観測小屋の新設を計画した。計画にあたり、日本エアロゾル学会の分科会「南極エアロゾル研究会」（和田，1998）や国立極地研究所の気水圏・大気グループの関わる研究小集会で議論を重ね、エアロゾル観測小屋に求める諸仕様、立地条件などを検討した。

2.2. 設置場所

清浄大気観測のためには、基地主要部からある程度離れており、局所的な汚染が少ない場

所で、基地主要部からの風向頻度の低い場所が望ましい。観測機器の定期的なメンテナンスのためには（研究観測であれば1日1回程度、モニタリング項目なら1週間に1回程度など）、エアロゾル観測小屋へのアクセスも容易である必要があるため、基地主要部からの距離が数百メートルで東側のエリア内に候補地を検討した。その結果、

- ・第1案: 第2HFレーダーアンテナ小屋付近（観測棟の東南東600m）
- ・第2案: イメージングリオメータ北側（観測棟の東300m）

を候補地とした。機器のメンテナンス頻度と天候急変時の安全確保など種々検討の結果、第42次夏隊での現地確認を経て第2案の付近に絞り、第45次隊で建設予定のインテルサットアンテナ付近を最終的な候補地として、設置場所の細部については現地判断とした。設置場所の細部を決めるに当たり、基地内LANとの接続や電源供給が可能なことも重要な要素である。LAN環境の整備については、観測棟と無線LANでつなぐこととなり、観測棟の屋根から見通せることが設置条件の一つであった。また、近接するイメージングリオメータへのノイズ源（ポンプのモーターなど）となる可能性もあるので、アンテナからできるだけ離すように考慮した。このような諸条件と、あらかじめ準備した電源ケーブル類の長さなどから、インテルサットアンテナ施設から主風向の風上50mの範囲内で適地を検討することになった。

第45次隊が昭和基地に到着後、第44次隊気水圏・橋田隊員や宙空部門関係者、建築隊員を交えて検討の結果、上記の条件を満たす場所として現在の場所を選定した（図1）。選定時には予定地の一部に吹きだまりの雪が残っており、冬季に雪かきが必要になると予想されたが、リオメータからなるべく離れつつインテル施設から近いという条件などを考慮し

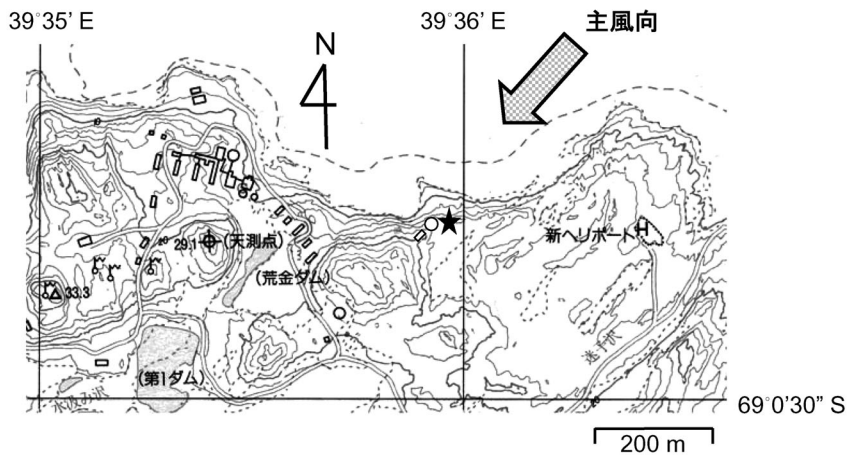


図1 昭和基地配置図 星印がエアロゾル観測小屋

Fig. 1. Map of Syowa Station, East Antarctica. Asterisk represents aerosol observation hut constructed in 2004.

て、現在の位置に建設することとなった。エアロゾル観測小屋の位置は、屋根の北東端中央部（屋根スノコのタワー近く）で南緯 $69^{\circ}00.305'$ 、東経 $39^{\circ}35.438'$ 、標高約 16 m、観測棟北東端から約 260 m の距離である。

2.3. エアロゾル観測小屋に必要な仕様

内燃機関からの汚染をできるだけ減らすために、施設自体の暖房に灯油燃焼を使用せず、電気暖房とした。エアロゾル観測小屋の電源容量は、第 44 次隊までのエアロゾルモニタリング項目だけならばおよそ 500 W 程度と少ないが、将来的には研究観測で大容量の大気サンプリングの可能性もあり、その際には 100 V で最大 100 A 程度の使用量が見込まれるため、将来的な電力需要にも見合う電源設備をあらかじめ用意しておく必要がある。これら設計段階で考慮した、エアロゾル観測小屋に必要な仕様について以下に列記する。

- ・大気汚染を避けるため、電気暖房を採用する。
- ・電気暖房と冷氣導入による自動空調により室温を $20^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ 程度に維持する。
- ・LAN 回線により機器の運転を基地主要部からモニターすると同時に遠隔操作できるようにする。
- ・将来の大型機材搬入用に大きめの扉（130~150 cm）を取り付ける。
- ・空気取り入れ口（メクラ栓付き）を大口径から小口径まで複数設置する。
- ・空気採取用のタワー（5 m 程度）を建物脇に併設し、室内へ配管を施す。
- ・屋根上に機器が設置できるような構造にし、屋根への階段を取り付ける。
- ・屋根や施設周辺での観測機器運転用に、外壁にねじ込み式電源ソケットを取り付ける。
- ・室内寸法: 4.5 m×6.3 m 程度（空調・前室も込み）で 4.5 m×4.5 m を観測空間とする。
- ・使用電力は 100 V の交流 50 Hz で、最小 10 A~最大 100 A 程度の範囲を想定する。ただし、測器のみの使用量でこれには空調、照明を含まない。

上記のような仕様を元に、国立極地研究所の観測協力室と相談の結果、図 2 のような概略図として建設の運びとなった。観測室内の内寸は、海峡側 441 cm×基地側 445 cm である。ドアの寸法は、幅 115 cm×高さ 180 cm（前室荷物搬入ドアも同じサイズ）で、前室通用ドアが幅 75 cm×高さ 180 cm である。

3. エアロゾル観測小屋の設備と電力等の観測基盤について

3.1. 建設経過

建設作業は 2003 年 12 月 21 日に基礎の位置だしから始まり、2004 年 1 月 6 日に棟上げ、1 月 25 日に通電と進み、空調機整備、タワー設置、導入管設置、室内整備の後、2 月 10 日の屋上スノコ設置と同時に連続観測を開始することができた。図 3 に、完成後の写真を示す。

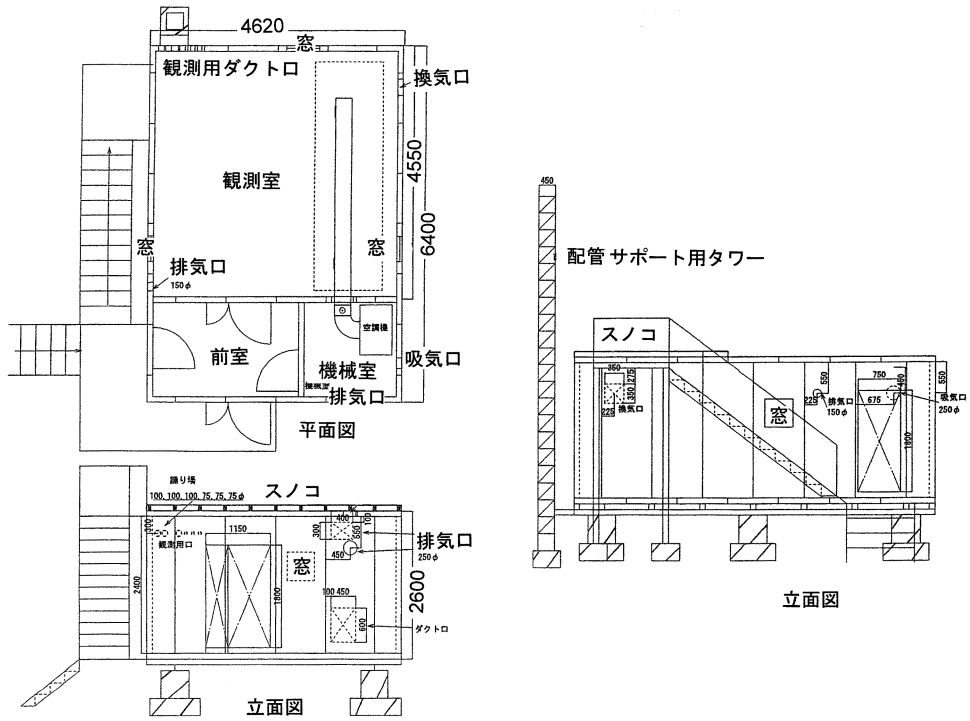


図 2 エアロゾル観測小屋 概略図
 Fig. 2. Sketch map of aerosol observation hut.



図 3 完成したエアロゾル小屋
 Fig. 3. Aerosol observation hut

3.2. 空調設備

エアロゾル観測小屋の空調は、常時 2kW の電気暖房と、外気の取り込みによる冷却とのバランスで室温を約 20°C に保つようになっている。外気の取り込みは、室内空気のパイプによって促進されるようになっており、排気の頻度をサーモスタットで制御して室温を一定に保つ。ただし室内空気のパイプがなくても、外気の吸気バルブの開閉に応じた割合で常に外気を取り込むようになっており、外気が寒冷な場合には室温が下がり易くなる。従って、寒冷な極夜期には排気ファンの頻度が低くなり、逆に夏季には頻度が高くなる。冬季に室温を 20°C 程度に保つためには、室内空気のパイプによる冷却コントロールの範囲内になるように、外気温に応じて吸気バルブを手動で調節する必要がある。すなわち、外気が -15°C 以上の場合（夏から 4 月前半くらい）には吸気バルブを全開に、-15~-25°C では 1/4 閉、-25°C 以下では 1/2 閉のように、気温に応じて調整した。気温が -30°C 以下でも、吸気バルブを適切に手動調節していれば、風速が強くない限り、20°C を大きく下回るようなことはなかった。図 4 に示したのは、2004 年 2 月 19 日から 2005 年 1 月 31 日までの観測小屋室内気温、気象棟で測定した風速、屋外気温である。室温が下がっている時は風速の強い時である。気温が高めでも風速が 20 m/s を超えるブリザード時に、室温が低下する傾向にあった。

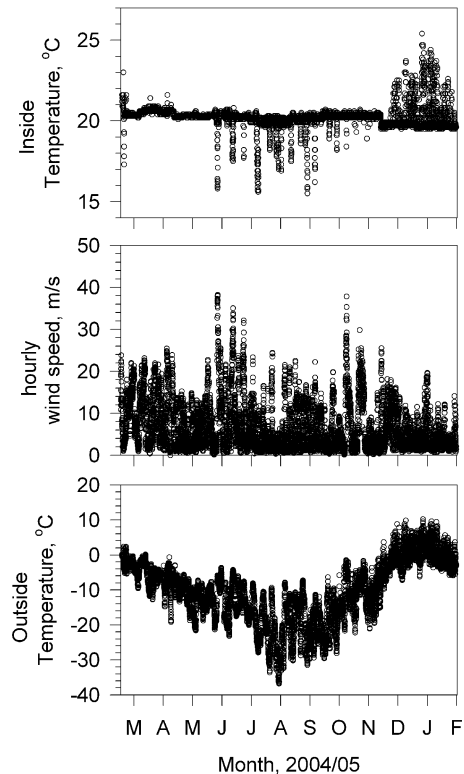


図 4 2004 年 2 月~2005 年 1 月にかけてのエアロゾル観測小屋の室内気温と、屋外風速（気象棟）、屋外気温

Fig. 4. Room air temperature in the hut, wind velocity by meteorological section, and outside air temperature at the hut for 2004.

一方、夏の快晴弱風時には、天井や壁面の日射加熱により室温が 20°C を超えてしまうが、かろうじて 30°C は超えていない。今後、エアロゾル凝縮核測定装置の上限温度を超えるようならば、空調機のプログラム制御の変更が必要かもしれない。また、空調システムは常時稼働しているので、空調ファンベルト（年に1回の交換）やモーターなどに定期的な点検・保守が必要である。

3.3. 観測室内の配電

ラックの配置などと一緒に、観測室内のコンセント配置図を図5に示す。コンセントはE2-Lを除いて天井に設置されており、壁を有効に利用できるような配慮した。E2は観測用の電源2口コンセントの位置を示し、a~cはブレーカーの系統（a: オングル海峡側, b: 迷子沢側, c: 基地主要部側）を示しており、それぞれ15Aの容量を持つ。E2-Lは照明や床掃除用コンセントの系統で前室と観測室に1つずつ配置し、これも15Aの容量になっている。このほか、配電盤には屋外コンセント用に未使用の20Aのブレーカーがある（2005年1月の時点では屋外へ未配線）。なお、配電盤の100V用の主ブレーカーの容量は75Aである。

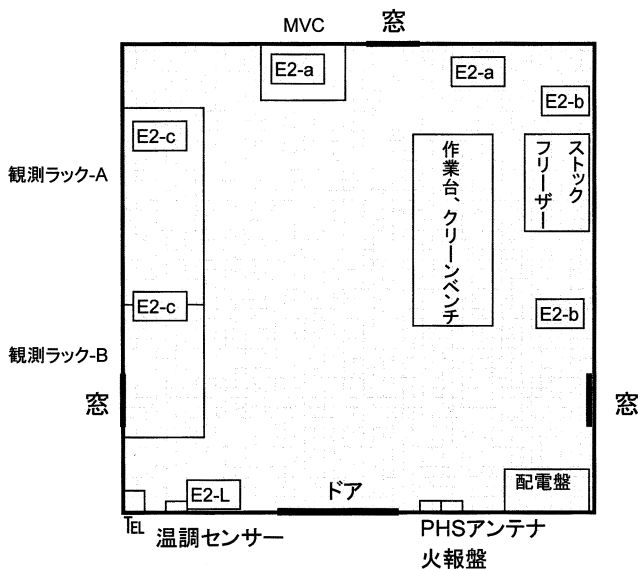


図5 観測室内コンセント配置

Fig. 5. Arrangement of electrical connection

3.4. 試料大気の導入管

図2に示すように、エアロゾル観測小屋の風上側に45°角で高さ6mの配管サポート用タワーを設置した。そのタワー上端に図6のインレット頭部を配置し、直径10cmのステン

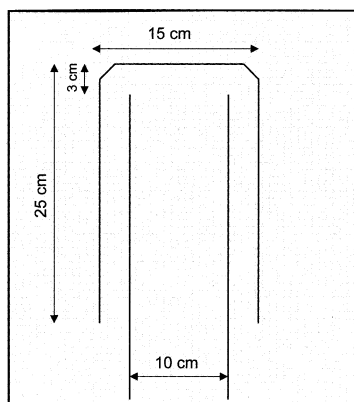


図 6 インレット頭部

Fig. 6. Head of aerosol inlet system

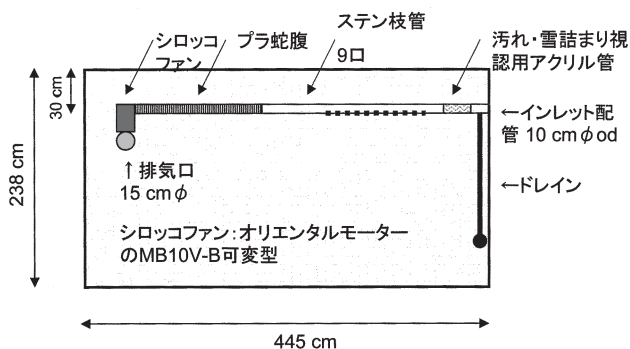


図 7 導入管の室内部分

Fig. 7. Inside part of inlet system

レス配管で室内に試料大気を導入した。インレット部分まで、タワー基部の地面からは 6.6 m になる。室内では図 7 のようなドレイン、雪詰まり監視用のアクリルパイプ、試料大気分取用のホースニップルを設け、試料大気は風量可変のシロッコファン（オリエンタルモーター、MB10V-B）で吸引・排気した。第 45 次隊（2004 年度）は一日 1 回の頻度でインレット配管内の風量と温度を記録した。小型の熱線式風速計を配管内に挿入していたが、7-9 月の寒冷期にはパイプ内の温度が -10°C を下回り、風速を測定できないことが多かったが、導入管内の風速がおおむね $2\sim 3\text{ m/s}$ を保つようにシロッコファンを調節していた。第 46 次隊（2005 年度）の観測では風量と温度をパーソナルコンピュータ（PC）に自動記録している。

ドレインへは、第 45 次隊・46 次隊共にそれぞれ一度ずつ、秋季の吹雪時に水が溜まった。一方、気温が低下してパイプ内の温度が氷点下になると、吹雪の際には雪のままアクリルパイプに付着することもあったが、この部分を取り外して屋外の L 字部分までを掃除することで対処した。

3.5. 無線 LAN

エアロゾル観測小屋と観測棟とは、無線 LAN（関西電気/ALJ-LNK300）で結んだ。エアロゾル観測小屋の設置にあたり、無線 LAN を設置できるように、観測棟の屋根とエアロゾル観測小屋のタワーもしくは階段手すりの部分とが見通せるような場所・配置となるように配慮した（図 3 と図 8）。この無線 LAN により、観測棟でエアロゾル観測小屋の各測器の様子（バーチャルネットワークコンピューティング: VNC による）や室内の様子（ネットワークカメラ）の遠隔モニターが可能となり、メンテナンスの手間を簡略化できた。さらに、自動バックアップソフト（GetNetDat）を用いて、各計測用 PC から観測棟に置いたエアロゾルデータサーバー（Shiro）へデータを定期的にバックアップした。2004 年 3 月からインテル通

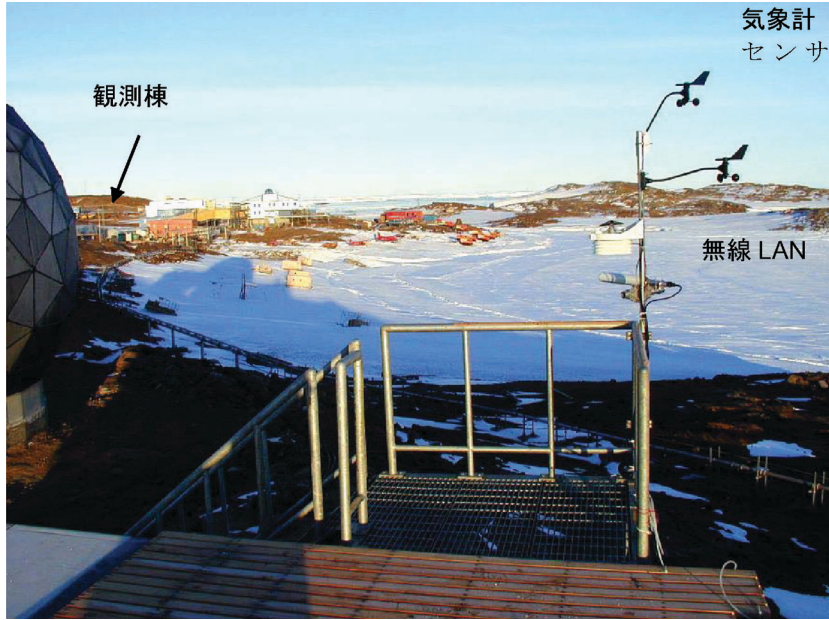


図 8 エアロゾル観測小屋の階段上部から基地主要部を望む

Fig. 8. View from aerosol observation hut to the central area of Syowa Station.

信による日本との常時接続環境が整ったため、Shiro に FTP サーバーを立て、データを日本からも読み取れるようにした。

4. 運用状況

4.1. 観測機器と消費電力

2004~2005 年度（第 45~46 次隊）にエアロゾル観測小屋へ設置した観測機器の名称や、およその個別消費電力量は表 1 の通りである。

ポンプで大気を吸引する必要があるサンプリング関係を除いて、基本的に連続観測である。上記の表以外には、気象計やデータ収録用のノート型 PC（第 45 次隊では 7 台、第 46 次隊では 9 台）があり、PC の消費電力だけでも 200~300 W におよぶ。大気のサンプリングは、固定汚染排出源のないクリーンセクターからの風向で、しかも適切な風速時のみ吸引ポンプがオンになるサンプリング装置（Multi-Valve Collector: MVC）を用いて連続・定期的に行うものと、週に一度程度の頻度で、ある特定の気象条件（降雪がなく、クリーンセクターから穏やかに風が吹く時）を満たした時に行う観測（電子顕微鏡や揮発性有機化合物用のサンプリング）とがある。観測項目の詳細については、それぞれ観測隊の越冬報告を参照して欲しい。

図 9 は、2004 年 7 月 13 日から 15 日にかけて記録した観測施設の 1 分間平均消費電力と

表 1 エアロゾル観測小屋に設置した主な観測機器一覧 (第 45・46 次隊分)

Table 1. Instruments in aerosol observation hut during 2004 and 2005.

機器名称	仕様	消費電力(W)	備考
光学式粒子数濃度計測装置(YGK・TD100)	d: 0.3-5.0 μm	50	モニタリング観測
凝結核カウンター(TSI・3010)	d:> 10 nm	150(含む外部ポンプ)	モニタリング観測
地上オゾン濃度測定装置(Dylec・I100)	ダシビ型	30	モニタリング観測 青木(1997)
走査型モビリティ粒径分析器(TSI・3936)	d:5-168 nm	380	プロジェクト研究観測 第 45-47 次隊
エアロゾルサンプリング装置(名古屋大学・MVC)	6ノズル 2 系統オート サンプラー	500(含む外部ポンプ 2 箇)	プロジェクト研究観測 第 45-47 次隊
光学式粒子数濃度計測装置(YGK・TD500)	d:70-300 nm	70	プロジェクト研究観測 第 45-46 次隊
積分型ネフェロメーター(Radianc Research・M903)	@ 530 nm	30(含む外部ポンプ)	プロジェクト研究観測 第 45 次隊のみ
吸収率計(Radianc Research・PSAP)	@ 565 nm	25(含む外部ポンプ)	プロジェクト研究観測 第 45 次隊のみ
二酸化硫黄測定装置(サーモエレクトロン・43CTL)		150	プロジェクト研究観測 第 45 次隊のみ
揮発性有機化合物サンプリングポンプ	加圧用	50(1 回/週)	プロジェクト研究観測 第 45 次隊のみ
電子顕微鏡用サンプリングポンプ	6 lpm	30(1 回/週)	プロジェクト研究観測 第 45-46 次隊
アセロメータ(Magee Science・AE31)	370, 470, 520, 590, 660, 880, 950 nm	120(含む外部ポンプ)	プロジェクト研究観測 第 46 次隊から
3 波長積分型ネフェロメーター(TSI・3563)	450, 550, 700 nm	100	プロジェクト研究観測 第 46 次隊から
昇温装置付き走査型モビリティ粒径分析器(TSI・3071 と 3022)	d:10-420 nm	380(含む外部ポンプ)	プロジェクト研究観測 第 46 次隊から
光散乱式粒子数濃度計測装置(Rion・KC22B)	d: 80-500 nm	30	プロジェクト研究観測 第 46 次隊から
有機エアロゾルサンプリング用ポンプ(DA30S)	17 lpm	60(1 回/週)	プロジェクト研究観測 第 46 次隊のみ

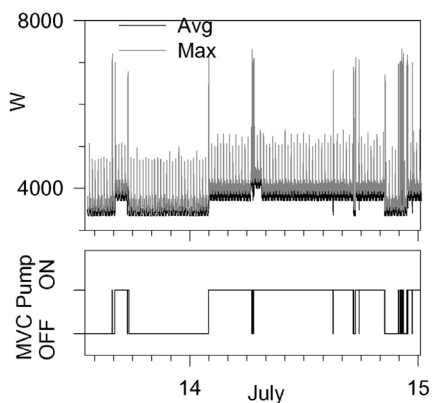


図 9 一分間平均消費電力とピーク電力

Fig. 9. 1 min average and peak usage of electricity.

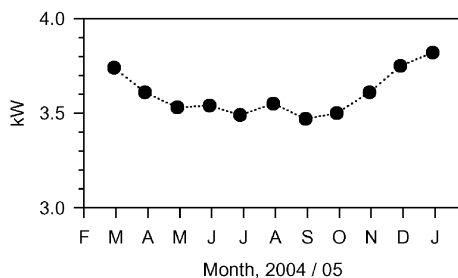


図 10 エアロゾル観測小屋の月平均消費電力

Fig. 10. Monthly mean usage of electricity at aerosol observation hut.

ピーク電力、風向・風速により大気サンプリングをコントロールする MVC サンプリング装置のポンプ電源のオン/オフの状況を示す。この期間中の施設使用電力はおおよそ 3.3~3.8 kW の消費電力であり、MVC のポンプがオフの時には 3.3kW，オンになると 3.8kW に平均消費電力が増えている。MVC はポンプ 2 台と電磁バルブ四つを同時に制御しており、サンプリングの開始瞬時には 7kW 程度のピーク消費電力の増加となっていた。7月 14日 7時 (UT) 頃に見られる平均電力の増加は、日常点検のために室内蛍光灯を点灯したためである。また、ピーク電力が細かく振動しているのは、主として室内空調機の排気ファンのオン/オフによるものと思われる。施設として電力を常時消費しているのは、暖房の加熱器 (200 V, 6 A)、室内循環用送風機 (200 V, 1.8 A) なので、これだけで 1.56kW になる。MVC のポンプがオフの場合には総消費電力が 3.3kW なので、1.74 kW が照明以外の観測機器とノート型 PC の消費電力ということになる。

図 10 には、2004 年 3 月から 2005 年 1 月までの月平均消費電力の推移を示した。2004 年 2 月は 10 日から連続観測に入ったが、すべての観測項目が立ち上がったのは 21 日の計画停電後だったので、この図からは除いてある。ここに示した月平均消費電力は、月ごとの積算電力計の差と経過時間から 1 時間あたりに換算した値である。これをみると、冬季に消費電力が少なく夏季に多いことがわかる。観測項目は通年で変わらない。空調設備 (3.2 節) で述べたように、冬季には排気ファンの稼働頻度が低く、夏季には高くなるので、冬と夏の 300 W 程度の差は排気ファンの稼働時間の差に応じていると考えられる。

4.2. 雪かきと雨漏り、排気ダクトの問題点

ブリザード時の風向にもよるが、2004 年 5 月下旬の A 級ブリザードでは一夜にして空調排気ダクト (南西側、図 11 左側) が埋まってしまった。建物の南東側は高床になっているので、建物の床下に風が通るようにダクト近辺の床下を除雪しておくこと、小さなブリザードでは埋まり難かった。空調ダクトが埋まって内部に雪が入り込むと、室内の空調機にも雪が



図 11 2004年5月30日のエアロゾル小屋における風下側ドリフト
Fig. 11. Snow drift at the hut on May 30, 2004.

入って故障の原因となりかねないので、吸気側のダクト（南東側）が埋まらないように注意が必要である。また、排気ダクトの上部が解放されていた時には、排気ダクトの内部に雪が堆積して室内空調機に雪が侵入していたので、それ以後は上部入り口を毛布でふさぎ、雪が入らないようにした。第46次隊では積雪量が多かったため、頻繁な除雪にも関わらずブリザードの度にダクトがドリフトに埋もれていた。エアロゾル観測小屋の立地条件が吹きだまりのできやすい地形にかかっているので、空調設備の吸・排気ダクトや大物ドア周辺にドリフトが付きやすい。ダクトの形状や取り付け位置などは今後の改善が必要と思われる。

2004年の3月に、天井パネルの継ぎ目から雪の融け水が室内に滴っていた。天井パネルの継ぎ目部分のコーキングを補強したところ、同箇所からの滴は観察されなかったが、2005年の3月には別の天井パネルから融け水が滴ってきた。前年と同様に天井パネルのコーキングを補強して経過を観察中である。

排気ダクトを2005年12月に点検したところ、排気ダクト最下部を固定する鉄板ビスがすべて緩んでいた。おそらく強風時の風の巻き込みによる振動のため、徐々に緩んだのだろうと推測されるが、今後は鉄板ビスによらないダクト固定方法も検討する必要がある。

4.3. 気象観測

エアロゾル観測小屋の気象要素概略を把握するために、屋上階段の手すりを利用して簡易気象計（風向・風速・気温・湿度・気圧、Davis製）を設置し（図8）、室内のPCにデータを収録した。2004年2月19日から5月22日までの3カ月間について、図12に気象部門の観

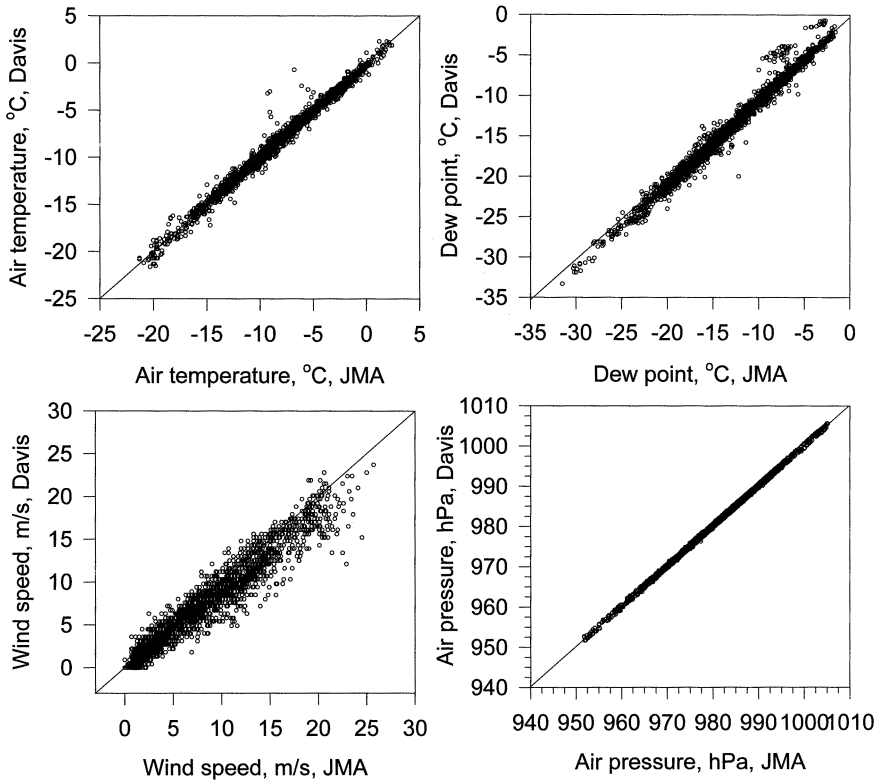


図 12 2004 年 2 月 19 日から 5 月 22 日の期間における，気象棟とエアロゾル観測小屋の気象データとの比較

Fig. 12. Comparison of meteorological data between Davis meteorological instrument at the hut and JMA instrumentation at the main atmospheric observatory in the main station area during February 19 to May 22, 2004. Air pressure is not corrected for sea-level.

測値との比較結果を示す。風速や風向でばらつきが大きめであるが，他の要素についてはほぼ一致した。気温がエアロゾル観測小屋で高めに出るのは，弱風時の日射の影響であると考えられる。

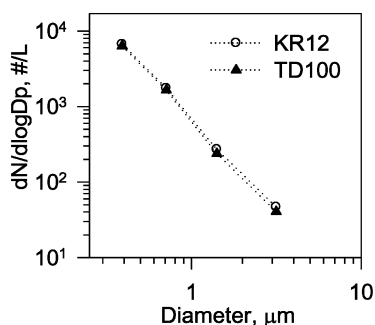
エアロゾル観測小屋でのサンプリング条件の切り分けには，この気象データが非常に有用であった。2004 年 2 月から 4 月にかけての塩混じりの砂嵐が屋外気象センサー内部に入り込み，その影響でセンサー基盤が腐食して 4 月に計測不能となり，センサー本体ごと交換した。これ以後，ウェザーシールドの上に白いタオルをまいて対応した。2004 年 5 月 28-29 日の A 級ブリザードで簡易気象計の風向風速計と MVC サンプラーの風向風速計が破損し，5 月 30 日に交換した。2004 年 6 月以後，静電気によると思われる風速異常（表示値が約 2 倍になる）が続いている。ノイズキャンセラーを使用しても状況は改善されておらず，対策については今後の課題である。

4.4. インレットの特性

大気の導入管（3.4節）での図7に示したように、エアロゾル観測用の外気は、インレットを通して鉛直部分が3.5m、L字を一つ挟んで水平部分が約3m室内に伸び、そこに各測器用の取り出し口を付けている。導入管内の風速は2ないし3m/sである。図13に示したのは、インレットから導入管を経て室内の観測機器（YGK・TD100）に至る間の粒子損失の測定結果である。測定には携帯型粒子計測装置（リオン・KR12）を用いた。まず、室内で導入管からの試料大気の同時測定で機差補正用のデータを得て、その後、室外でKR12による外気中の大気エアロゾル粒径分布を測定した。室外で測定したKR12の値を機差補正用のデータを元に換算し、同時刻に室内で得られたTD100の値と比較した。図13でKR12と表示されているデータは、室外で得られた値に機差補正を施した値である。図13の観測時は屋外の湿度が50%以下と低く、しかも1ミクロン以上の粒子数も100箇/l以上で、この比較に適していた。直径0.3と0.5、1.0、2.0 μm 以上の粒子数について検討したが、それぞれ6、7、12、13%の損失に留まっていた。1ミクロン以上の粒子ほど若干損失が増えるのは、インレットやL字の部分での慣性衝突や重力沈降などによるためと考えられるが、実測でこの程度の損失であれば、観測に支障はないと判断できる。

図13 エアロゾル観測小屋のインレットから導入管を経たエアロゾル粒径分布（室内のTD100で測定）と、屋外大気（KR-12で測定）との比較（2004年11月27日、0712~0740LT）

Fig. 13. Aerosol size distributions in the outside air (measured by using KR-12) and in the air (measured by TD100) through the inlet system at 0712~0740 LT on November 27, 2004.



4.5. 観測棟との比較

図14は、凝縮粒子カウンター（TSI・CPC3010）で測定した10nm以上の凝縮粒子（CN）数濃度について、エアロゾル観測小屋と観測棟における同時観測結果を示したものである。CN濃度に急激な増加が見られる場合、特に冬季には、内燃機関からの排気ガスの影響を受けていると考えられる。図14でスパイク状に濃度が急増している場合がその汚染にあたる。エアロゾル観測小屋と観測棟とで、同時に汚染を観測している場合もあれば、どちらか一方のみに汚染が見られる場合もある。同時に汚染を観測する時は、西風の場合が多かった。これは、基地主要部からの排ガスによると思われる。どちらか一方に汚染が顕著に現れる状態としては、風速がほぼ無風の場合や（発電棟など基地主要部から排ガスの影響が観測棟では

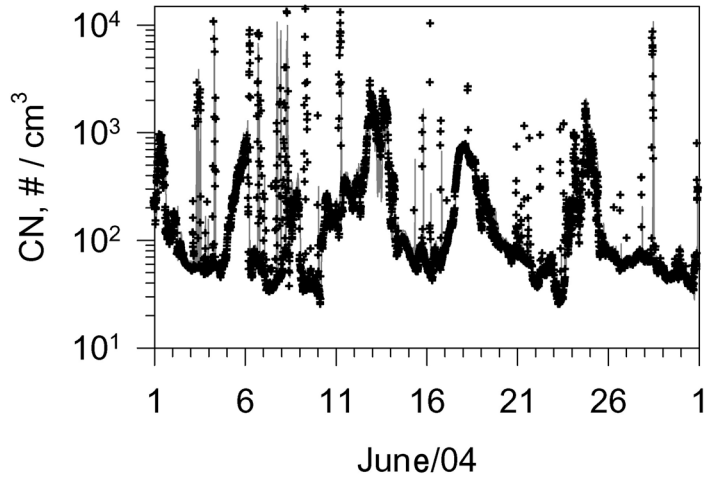


図 14 エアロゾル観測小屋（線グラフ、グレイ）と観測棟（黒十字）における 2004 年 6 月の CN 濃度の比較

Fig. 14. Example of time variation of condensation nuclei (CN) concentration in June 2004. Gray line: the hut, black cross: Atmospheric Observatory in the main station area.

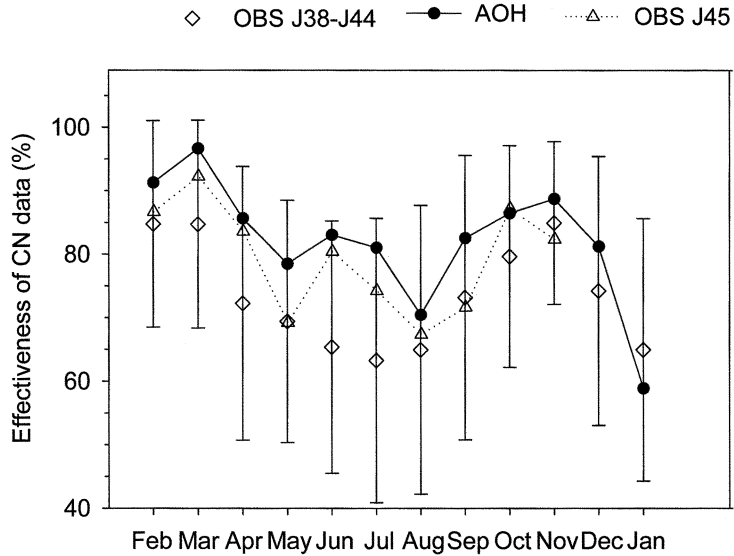


図 15 凝縮粒子数濃度データの月平均有効率

Fig. 15. Monthly average of data effective rate for condensation nuclei (CN). OBS and AOH represent data obtained at atmospheric observatory in the main station area and at the aerosol observation hut, respectively. Jxx denotes JARE expedition number.

より強い)、風上での車両排気ガスなどの影響が考えられる。昭和基地の主風向が北北東から北東方向であるため、観測棟の場合には、すぐ風上の道路や北の浦での車両の影響を受けやすい。

図 15 に CN 濃度の月平均有効率の季節変化を示した。これは、CN 濃度の 1 分値を元に、10 分間の相対標準偏差が 10% 以上なら汚染データとして棄却した場合の有効率である。ダイヤ印は第 38 次隊 (1997 年) から第 44 次隊 (2003 年) までの期間について観測棟で観測されたデータの月平均値と標準偏差を示し、三角印は第 45 次隊 (2004 年) の観測棟、黒塗り丸印が第 45 次隊のエアロゾル観測小屋での値である。第 45 次隊の観測棟での観測は 12 月 19 日までのため、12 月の値は含めていない。第 45 次隊のデータで、エアロゾル観測小屋の 1 月に有効率が著しく低いのは、物資輸送のため基地の風上に「しらせ」が滞在していたことによる。

月平均有効率は、三つのカテゴリー共に 5~8 月の冬季と、12~1 月の夏季に低下していた。これは CO₂ やエアロゾル観測について明らかにされているように (Nakazawa *et al.*, 1991; 松本, 2001), 風が弱い時期に基地活動の影響を受けやすくなるためと考えられる。

観測棟における結果について第 45 次隊 (△, 2004 年) とそれ以前 (◇, 1997~2003 年) とを比べると、3~4 月、6~7 月、10 月で平年より有効率が高めであった。これは、第 45 次隊の夏季から海氷状態が著しく悪く、北の浦での車両や航空機の活動頻度が少なかったためだろう。一方、第 45 次隊の観測棟とエアロゾル観測小屋とを比較すると、10 月は同程度の有効率であったが、その他の比較できた月についてはすべてエアロゾル観測小屋で有効率が高く、有効率の上昇は数%~11% (9 月) であった。このように、エアロゾルの観測としては、エアロゾル観測小屋を設置したことによって、基地活動による汚染の影響を大きく低減させることができた。

5. まとめと今後の課題

基地主要部に位置する観測棟に比べて、エアロゾル観測小屋における観測では、基地活動によるエアロゾル汚染の影響を大きく低減させることができた。従来の観測棟からは約 260 m しか離れていないにも関わらず、汚染された大気を観測する割合が 1 割近くも低減できたことは驚きである。

また、設置から 2 年が経ち、設営関係の問題点もまた明らかになった。例えば排気ダクトではダクトの形状や固定方法、ドリフトとの配置関係に改善が必要であるし、空調機器の定期点検と保守、雪かきについても設営部門を交えた引き継ぎが必要であろう。また、夏季の物資輸送時には、観測船「しらせ」が昭和基地の風上に停泊するため、エアロゾルのみならず、すべての大気観測に支障をきたす事態が続いている。氷上輸送などどうしても必要な場合を除き、なるべく基地の風下側に移動するなどして、夏季にも大気観測ができることを期

待したい。

謝 辞

国内での計画立案から建物完成後の運用に至るまで、多くの方々のご協力を頂いた。日本エアロゾル学会の「南極エアロゾル研究会」のメンバーには終始励ましとご指導を賜った。観測室の設計（図面作成）には、国立極地研究所観測協力室の協力を得た。実施段階では、第45次隊建築の本多隊員、関岡隊員始め、空調・電気設備の木内隊員、笹山隊員、井上隊員、他、清浄大気観測室の立ち上げにご支援いただいた皆様に深く感謝する。第45次隊気水圏の菅原隊員と石戸谷隊員には室内環境の整備を始め、インレット・導入管取り付け、無線LAN設置など、多岐に渡って多大なる協力を得た。記して深く感謝する。なお、本研究の一部には文部科学省の科学研究費（15310012）の助成を得た。

文 献

- 青木周司（1997）：昭和基地および「しらせ」船上における地上オゾン濃度の連続観測。南極資料，**41**，231-247。
- 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。
- 伊藤朋之（1983）：南極大気中のエアロゾルの性状と起源に関する研究。Pap. Meteorol. Geophys.（気象研究所研究報告），**34**，151-219。
- 伊藤朋之（1988）：対流圏エアロゾル。南極の科学3気象，初版。国立極地研究所編。東京，古今書院，221-255。
- 松本易典（2001）：東南極表層大気中のエアロゾルの変動過程。福岡大学大学院理学研究科地球圏科学専攻，平成12年度修士学位論文，76p。
- Nakazawa, T., Aoki, S., Murayama, S., Fukabori, M., Yamanouchi, Y., Murayama, H., Shiobara, M., Hashida, G., Kawaguchi, S. and Tanaka, M. (1991): The concentration of atmospheric carbon dioxide at the Japanese Antarctic Station, Syowa. Tellus, **43B**, 126-135.
- 長田和雄（2003）：「南極大気エアロゾルのグローバル物質循環への影響」研究会報告。エアロゾル研究，**18**，137-138。
- 和田 誠（1998）：研究会発足および会員募集のおしらせ。エアロゾル研究，**13**，384。