

昭和基地における地上エアロゾルモニタリング

林 政彦^{1*}・長田和雄²・原圭一郎^{3,7}・矢吹正教^{4,7}・小林 拓⁵・猪原 哲⁶・
和田 誠^{7,8}・山内 恭^{7,8}・橋田 元^{7,8}・塩原匡貴⁷

Monitoring of aerosol concentration at Syowa Station

Masahiko Hayashi^{1*}, Kazuo Osada², Keiichiro Hara^{3,7}, Masanori Yabuki^{4,7},
Hiroshi Kobayashi⁵, Satoshi Ihara⁶, Makoto Wada^{7,8}, Takashi Yamanouchi^{7,8},
Gen Hashida^{7,8} and Masataka Shiobara⁷

(2010年3月24日受付; 2010年4月16日受理)

Abstract: Concentrations of condensation nuclei ($>0.01 \mu\text{m}$ in diameter) and of aerosol particles larger than $0.3 \mu\text{m}$ in diameter were monitored at Syowa Station from February, 1996. Number concentrations of condensation nucleus were high in summer and low in winter. Concentrations increased at the rate of several particles/cm³ per year. On the other hand, the concentrations of fine particles ($>0.3 \mu\text{m}$) and coarse particles ($>1.0 \mu\text{m}$) were low in summer and high in winter. Concentrations of fine particles $0.3 \mu\text{m}$ and larger after July were double those before July.

要旨: 昭和基地において1996年2月から $0.3 \mu\text{m}$ 以上の大粒子の粒径分布, 1997年4月から $0.01 \mu\text{m}$ 以上の凝結核濃度の連続観測を開始した。2008

¹ 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.

² 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.

³ (現所属 present affiliation): 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.

⁴ (現所属 present affiliation): 京都大学生存圏研究所, Research Institute for Sustainable Humanosphere (RISH), Kyoto University, Gokasho, Uji, Kyoto 611-0011.

⁵ 山梨大学大学院医学工学総合研究部, Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi, 3-11, Takeda 4-chome, Kofu 400-8511.

⁶ 佐賀大学理工学部, Faculty of Science and Engineering, Saga University, Honjo-machi, Saga-city, Saga 840-8502.

⁷ 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, Midori-cho 10-3, Tachikawa, Tokyo 190-8518.

⁸ 総合研究大学院大学複合科学研究科極域科学専攻, Department of Polar Science, School of Multidisciplinary Sciences, The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI), Midori-cho 10-3, Tachikawa, Tokyo 190-8518.

* Corresponding author. E-mail: mhayashi@fukuoka-u.ac.jp

年12月までの観測結果より、凝結核濃度は夏に高濃度、大粒子は冬に高濃度となる1年周期の変動を繰り返し、経年的に濃度上昇をしている可能性が示唆された。微小粒子濃度、粗大粒子濃度は夏季に低濃度、冬季に高濃度となることに加え、冬期間中の $0.3\ \mu\text{m}$ 以上の粒子数濃度が7月の前後で約2倍に急上昇していることが示された。

1. はじめに

エアロゾルは物質循環、地球熱収支、雲活動などの大気システムにおいて重要な役割を果たしている。一方で、南極地域は人間活動地域から遠く離れているため、人為的な影響も含めた地球規模で起こる環境変動のバックグラウンドの状況の監視場所として適している。極域における熱収支、物質循環そのものを理解する上でもエアロゾルの変動とその機構を理解することは重要である。南極地域におけるエアロゾルの先駆的な研究は、Hogan and Barnard (1978) や Bigg *et al.* (1983) による南極点基地などでの観測のほか、昭和基地でも Iwai (1981)、伊藤 (1983) などによって行われていた。しかし、エアロゾルの継続的な観測は行われてこなかった。

近年、人間活動による地球環境変動が注目される中で、エアロゾルの変動機構とその環境影響、そして長期的なエアロゾルの動態に対する理解の進展が強く求められている。昭和基地においては、日本南極観測事業の一環として二酸化炭素等の温室効果ガスの継続的なモニタリングが長期に行われている(青木・中澤, 1997)。第V期南極観測事業より大気環境変動モニタリングを充実することが検討され、大気エアロゾルモニタリングとして凝結核数濃度とサブミクロンからマイクロメートルオーダーの大粒子濃度の継続的な観測を開始した(山内ほか, 1999)。ここでは、昭和基地において1996年に開始された地上エアロゾルモニタリングの現状と、2008年12月までの13年間の観測から見られた凝結核、エアロゾル数濃度(直径 $0.3\ \mu\text{m}$ 以上)の季節変化の特長について報告する。

2. 観測とデータスクリーニング

2.1. 観測

観測は日本南極地域観測隊の主要基地である昭和基地($69^{\circ}00'S$, $39^{\circ}35'E$)で行っている。昭和基地での観測は、2004年1月までは観測棟、2004年2月以降は清浄大気観測室で行った。清浄大気観測室は、エアロゾルや微量ガス等の観測のために、基地の汚染を受けにくい安定した長期的な観測を実施することを目的に設置されたものである(長田ほか, 2006)。(図1)

本研究では、超微小粒子濃度を計測するために凝結核計数装置を、 $0.3\ \mu\text{m}$ 以上の粒子の粒径分布を計測するために光散乱式粒子計数装置を用いた。凝結核計数装置は、n-ブタノールを凝縮媒質とする連続フロータイプのTSI製 model 3010を用いている。50%カットオフ

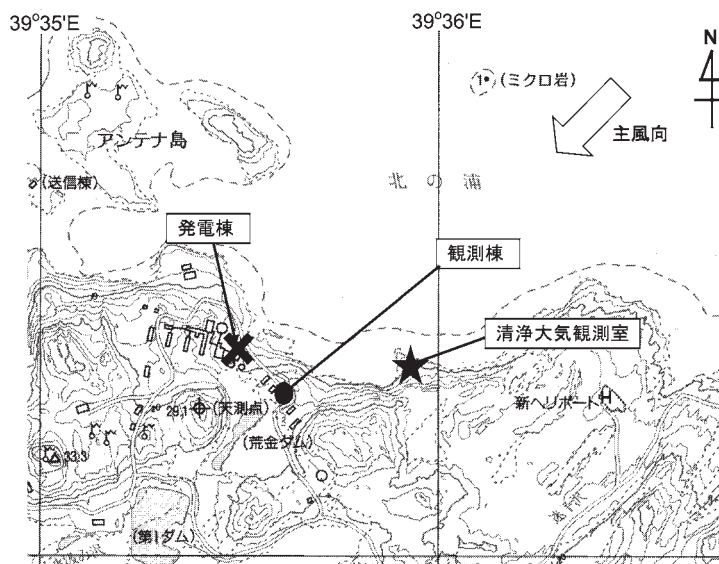


図1 昭和基地のエアロゾルモニタリング観測地点(●: 観測棟, ★: 清浄大気観測室)と主要汚染源(X: 発電棟)

Fig. 1. The huts for monitoring observation (●: Observation hut, ★: Clean air observatory and X: Power plant hut).

径は不溶親水性粒子の場合、直径 $0.01 \mu\text{m}$ に相当する。光散乱粒子計数装置は、TD 100(シグマテック社製)を基本としているが、初期にはKC03(RION社製)も用いた(表1)。各モデルの規格を表2に示す。一時的に代替機として用いたエアロゾルゾンデ(Hayashi *et al.*, 1998)以外は、光軸交角60度の側方散乱光学系である。検出閾粒径は屈折率 $1.59 + 0i$ の球形粒子に対する光学的等価粒径として校正されている。

観測棟においては、観測棟北西壁面の北寄りの壁面から50 cm離れた、地面からの高さ5 mの採取口から内径6 mm 外径12 mm、長さ3 mのユニチューブを用いて屋内に導入後、同径のユニチューブ(長さ1 m以下)で分岐し各装置に分配した。清浄大気観測室では、直径10 cmのステンレスタクトで室内に試料空気を導入後、各観測装置がそれぞれのポンプで吸引計測している(詳細は長田ほか, 2006を参照)。いずれの基地でも試料大気は、観測装置に達する頃にはおおむね室温($10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$)に近い温度に加熱されている。

計測されたデータは、RS 232C マルチプレクサを通して、パーソナルコンピュータに収録している。収録されたデータについては、第47次隊より観測棟内データサーバへのデータバックアップを自動で行い、国内からインテル通信でチェックできるようになっている(長田ほか, 2006)。メンテナンス等は、基本的には毎日のPC上でのデータチェックと月1回あるいは2回の定期点検による。定期点検は、2008年時点では流量計測と流量調整、レーザー出力低下の有無の確認、パージフィルターをかけたゼロチェックを行っている。TD

表1 光散乱粒子計数装置, その使用期間, 前使用機との計数比

Table 1. OPC, observation period, and inter-comparison of number concentration with previous OPC.

隊次	観測期間	model	S/N	前使用機との計数比				備考
				>0.3	>0.5	>1.0	>2.0	
第 37 次	1996.02-1997.01	KC03		—	—	—	—	
第 38 次	1997.02-1998.01	TD100A	ADS243			nd		
第 39 次	1998.02-1999.01	KC03				nd		
第 40 次	1999.02-2000.01	TD100A	ADS242	1.0	1.0	1.0	1.0	
第 41 次	2000.02-2001.01	TD100A	ADS243	1.0	1.0	1.0	1.0	
第 42 次	2001.02-06.29	TD100A	ADS242	0.6	0.7	1		機器異常により欠測
	2001.06.30-07.30	TD200B	LS305	nd (前使用機トラブル)				
	2001.8.23-2002.1.31	エアロゾルゾンデ	H9213	nd (前使用機トラブル)				
第 43 次	2002.02-07.06	TD100A	ADS243	0.5*	1.0	0.96	0.6	7/6 異常
	2002.07.06-2003.01	TD100B	LS304	nd (前使用機トラブル)				12 月末異常
第 44 次	2003.02-2004.01	TD100A	ADS242	nd (前使用機トラブル)				
第 45 次	2004.02-2005.01	TD100B	LS308	1.0	1.0	0.6	0.7	
第 46 次	2005.02-2006.01	TD100B	ADS242	1.2	1.1	1.0	1.0	
第 47 次	2006.02-2007.01	TD100B	ADS243	1	1	0.9	0.95	
第 48 次	2007.02-2008.01	TD100B	ADS242	0.7	1.2	1.4	1.3	
第 49 次	2008.02-2009.01	TD100B	LS304	0.7	0.8	1.1	1.1	

*第 42 次計測値にファクターをかけて補正

表2 光散乱粒子計数装置の諸元

Table 2. Specifications of optical particle counter.

モデル (メーカー)	光源 波長 (素子)	受光系 光軸交角, 集光半角	閾粒径 μm	サンプル流量 liter/min
TD100A (楢シグマテック)	810 nm (半導体レーザー)	60 度, 42 度	0.3, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0	1.0
TD100B (楢シグマテック)	780 nm (半導体レーザー)	60 度, 42 度	0.3, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0	1.0
TD200B (楢シグマテック)	780 nm (半導体レーザー)	60 度, 42 度	0.3, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0	2.5
KC03 (リオン)	白色光 (ハロゲンランプ)	60 度, 30 度	0.3, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0	3.0
エアロゾルゾンデ* (楢シグマテック)	810 nm (半導体レーザー)	0 度, 10-42 度	0.3, 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0	3.0

*エアロゾルゾンデ (気球観測用) の光学系を TD 100 の電気系に接続して使用した

100のレーザー出力を、フォトダイオードと12 bitのA/Dコンバータでモニタおよび記録をしている。

観測データの連続性を確認するために、第39次隊と第40次隊の引継ぎ以降は、観測隊の交代時期(12-1月)に前観測機と新観測機の比較観測を実施している。比較観測にあたっては、分岐後の配管の種類、長さが同一になるようにしている。凝結核計数装置については、5%以下の機差で運用がされている。OPCの比較結果を表1に示す。最大で30%程度の機差があり、データの継続性に課題が残されている。なお、Junge slopeが3の粒径分布を仮定すると、30%の機差は約9%の粒径誤差に相当する。

2.2. 基地活動に伴う汚染データのスクリーニング

本観測においては、観測点(観測棟、清浄大気観測室)の西北西から北西に主要汚染源である発電棟が位置する。昭和基地における主風向は北東であるが、風向の変化により固定排出源としての発電棟、あるいは、機器設置をしている観測棟自身により、また、雪上車等の移動汚染源が主に北西から東北東を通過することなどにより汚染の影響を受ける(林ほか、2010など)。データ解析にあたりこれらの汚染源からの混入を受けたデータを除外するために、以下の手順でデータスクリーニングを行った。まず、10個の1分値を基本データグループとし、それぞれのグループに対して、①風速が2 m/s以下、かつ、風向が汚染セクターのデータ、②1グループ中の10データの相対標準偏差が10%以上のグループは汚染データとして除去した。ただし、③風速が15 m/s以上、かつ、風向がクリーンセクターの場合は、②に該当するデータでも非汚染グループとして扱った。以上のスクリーニングによって、1日の144グループのデータのうち50%以上が非汚染グループと判定された日を有意な観測が得られた日とし、非汚染データの平均値および中央値を日代表データとした。日代表データを得た月ごとの平均日数、最大日数、最小日数を表3に示す。

表3 月あたりの有効観測日数(本文参照)
Table 3. The effective observation days per month.

年	月あたり有効日数		
	平均	最小	最大
1997	24	19	31
1998	26	17	31
1999	25	20	30
2000	26	13	31
2001	26	21	31
2002	25	21	29
2003	25	17	30
2004	27	16	31
2005	20	9	26
2006	20	13	28
2007	28	22	31
2008	23	12	29

3. 結果と考察

3.1. 凝結核数濃度の変動

図 2a に 1997 年 4 月～2008 年 12 月までの 12 年間の凝結核数濃度 (以降, CN 濃度) の日中央値の変化を示す. 明瞭な 1 年周期の変動を示している. 12 年間の日中央値から月ごとの中央値, 平均値などの統計値を得たのが図 2b である. 昭和基地では 12, 1, 2, 3 月の濃度が高く, 6, 7 月の濃度が低い. これは, Hogan and Barnard (1978), 伊藤 (1983), Bigg *et al.* (1983), Bodhaine *et al.* (1986), Samson *et al.* (1990), Jaenicke *et al.* (1992), Gras *et al.* (1993) などによる, 夏に高濃度, 冬に低濃度という季節変化のパターンと同一である. 内陸基地よりは CN 濃度が高く, 他の沿岸基地と同程度の濃度となっている. しかし, 冬季においても夏季と同程度の高濃度となる日が 10% 程度ある. このため, 冬季

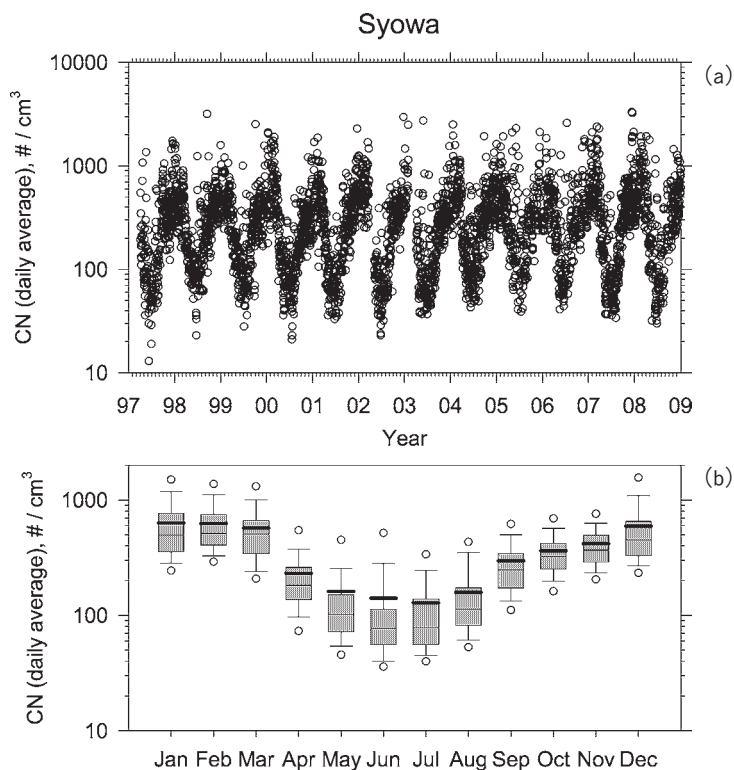


図 2 1997 年 4 月～2008 年 12 月の (a) 日平均凝結核数濃度変化と (b) その季節変化季節変化は, 太線: 平均値, ○: 最大値と最小値, ひげ: 10% 値と 90% 値, ボックス: 25% 値と 75% 値, 細線: 中央値で示している.

Fig. 2. (a) Daily average condensation nuclei concentration from April, 1997 to December, 2008 and (b) the seasonal variation.

Symbol of (b), Thick line: Mean value, ○: Maximum value and minimum value, palp: 10% value and 90% value, box: 25% value and 75% value, thin line: Median value.

の平均値は中央値に対する比が非常に大きくなっている。これらの高濃度事象の時間スケールは、図 2a によれば 1 日程度である。林ほか (2010) は、1997 年に観測された高濃度事象は伊藤 (1983) の報告と同様に、ブリザードと同期して濃度が急増する場合がほとんどであったと報告している。

日平均 CN 濃度の月ごとの中央値および平均値を図 3 に示す。また、データ欠損となっている月がない年について、月中央値および月平均値から年平均値を求めたのが表 4 である。表 4 の年平均値は経年的な増加傾向を示している。図 3 の 1998 年 1 月~2008 年 12 月のデータに対する回帰直線から経年変化率を求めると、月中央値 5.6 個/cm³/年、月平均値 9.2 個/cm³/年となった。図 3 は中央値、平均値ともに濃度振幅が年を追って大きくなっていることを示しており、夏の濃度増加が経年的な濃度増加をもたらしていることを示唆している。伊藤 (1983) は 1977 年 2 月~1978 年 12 月までの凝結核数濃度の、日中央値の年平均値が 230 個/cm³ であったと報告している。本研究における観測期間の日中央値の平均値は 324 個/cm³ である。計測粒径は本観測より小さいので定量的な比較には問題があるが、25 年前より 90 個/cm³ 以上高くなっている可能性がある。1 年あたりの増加率に換算すると、

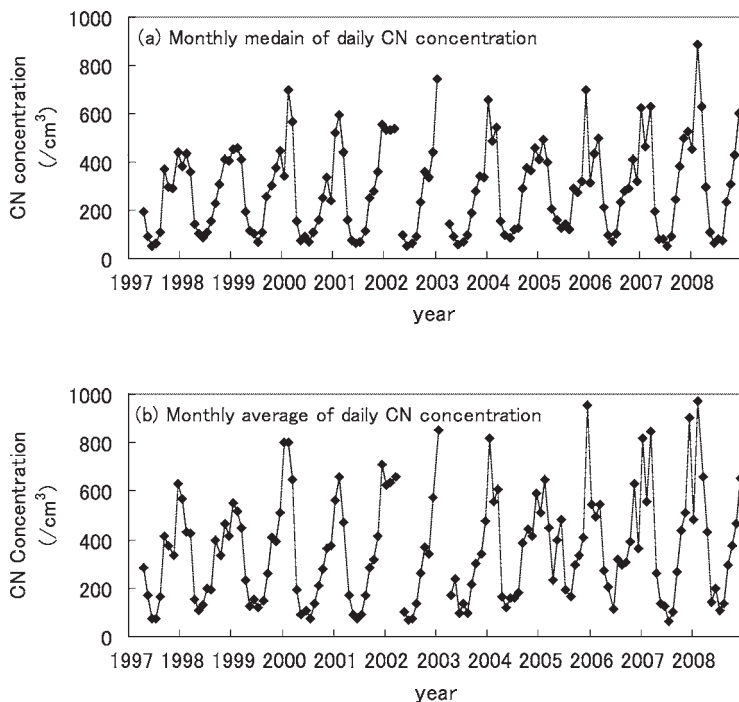


図 3 1997 年 4 月~2008 年 12 月の日平均凝結核数濃度の (a) 月中央値と (b) 月平均値
 Fig. 3. (a) Monthly median value and (b) monthly average value of daily condensation nuclei concentration from April, 1997 in December, 2008.

表 4 年平均凝結核数濃度 ($/\text{cm}^3$)Table 4. Annual average of condensation nucleus concentration ($/\text{cm}^3$).

年	年平均 (月平均値より)	年平均 (月中央値より)
1997	—	—
1998	319	261
1999	322	274
2000	340	258
2001	335	290
2002	—	—
2003	—	—
2004	382	313
2005	423	304
2006	374	272
2007	418	322
2008	409	348

約 4 個/ cm^3 である。以上の結果は、数個/ cm^3 /年の割合で経年的に年平均 CN 濃度が増加している可能性を示唆している。ただし、2004 年からは大気導入方法を改善した清浄大気観測室で観測を行っており、配管ロスの低減が見かけ上のトレンドをもたらしている可能性もある。なお、CN 濃度の 1997 年 4 月~2008 年 12 月の日平均値の平均値は 355 個/ cm^3 、日中央値の中央値は 257 個/ cm^3 であった。

今後、経年的な統計値解析と季節変動、長期変動機構の解析、急増現象のような短い時間スケールの事象の成因の更なる検討を、データの蓄積と共に進めることが必要である。

3.2. 微小粒子濃度、粗大粒子濃度の変動

直径 $0.3 \mu\text{m}$ より大きい粒子の数濃度の季節変化は CN 濃度のそれとは著しく異なり、夏季は低濃度で、冬季に高濃度となる傾向がある (図 4)。この事実は Iwai (1981)、伊藤 (1983)、長田ほか (2010)、林ほか (2010) などによって指摘されている。一般的には、 $0.3 \mu\text{m}$ 以上の粒径は蓄積モード、 $1.0 \mu\text{m}$ 以上の粒径は一次粒子モードとみなされることが多い。しかし、図 4 に見られる直径 $0.3 \mu\text{m}$ 以上と $1.0 \mu\text{m}$ 以上の数濃度の振る舞いは似ている。さらに、エアロゾル粒径分布は昭和基地の冬季においては、単一モード的な粒径分布をとることも示されている (林ほか, 2010)。一方で、 $1 \mu\text{m}$ 以上の粗大粒子の組成は海塩成分が主要な成分で、冬季に海塩粒子の輸送が活発化することが指摘されており (Iwai *et al.*, 1981; Osada *et al.*, 1998; Hara *et al.*, 2005; 長田ほか, 2010)、 $0.3 \mu\text{m}$ 以上の粒径の数濃度変加も、海塩粒子輸送を強く反映しているものと考えられる。

図 5 に、 $0.3 \mu\text{m}$ 以上および $1.0 \mu\text{m}$ 以上の粒子濃度の、月ごとの中央値、25% 値、75% 値および中央値の比を示す。夏は変動が小さく低濃度、冬は変動が大きく高濃度であるという特徴がある。さらに冬季の 6-7 月にかけて、 $0.3 \mu\text{m}$ 以上の粒子濃度が約 2 倍に急増して

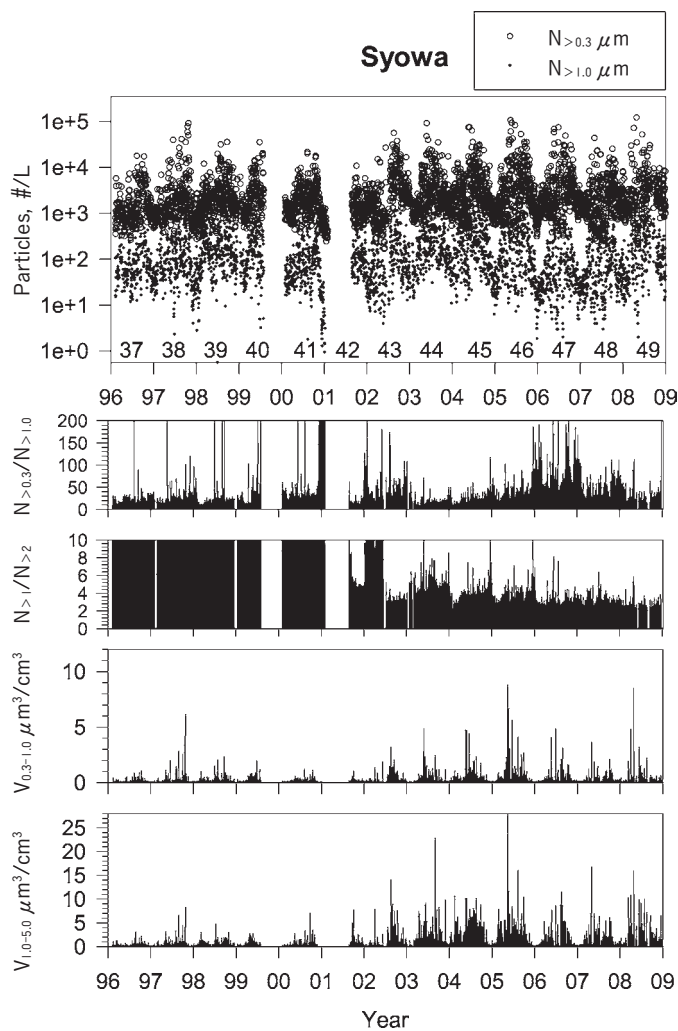


図4 1996年2月~2008年12月の日平均エアロゾル数濃度の変化
上から、直径 $0.3 \mu\text{m}$ 以上と直径 $1.0 \mu\text{m}$ 以上の数濃度 ($N_{>0.3}$ および $N_{>1.0}$)、および数濃度比 ($N_{>0.3}/N_{>1.0}$)、 $0.3\text{--}1.0 \mu\text{m}$ の体積濃度 ($V_{0.3-1.0}$) と $1.0\text{--}5.0 \mu\text{m}$ の体積濃度 ($V_{1.0-5.0}$)

Fig. 4. The change of daily average aerosol concentrations ($>0.3 \mu\text{m}$ in diameter) from February, 1996 to December, 2008.

From top to bottom

Number concentrations of aerosol larger than $0.3 \mu\text{m}$ and $1.0 \mu\text{m}$ in diameter

($N_{>0.3}$ and $N_{>1.0}$)

Number concentration ratio ($N_{>0.3}/N_{>1.0}$)

Volume concentration in diameter of $0.3\text{--}1.0 \mu\text{m}$ ($V_{0.3-1.0}$)

Volume concentration in diameter of $1.0\text{--}5.0 \mu\text{m}$ ($V_{1.0-5.0}$).

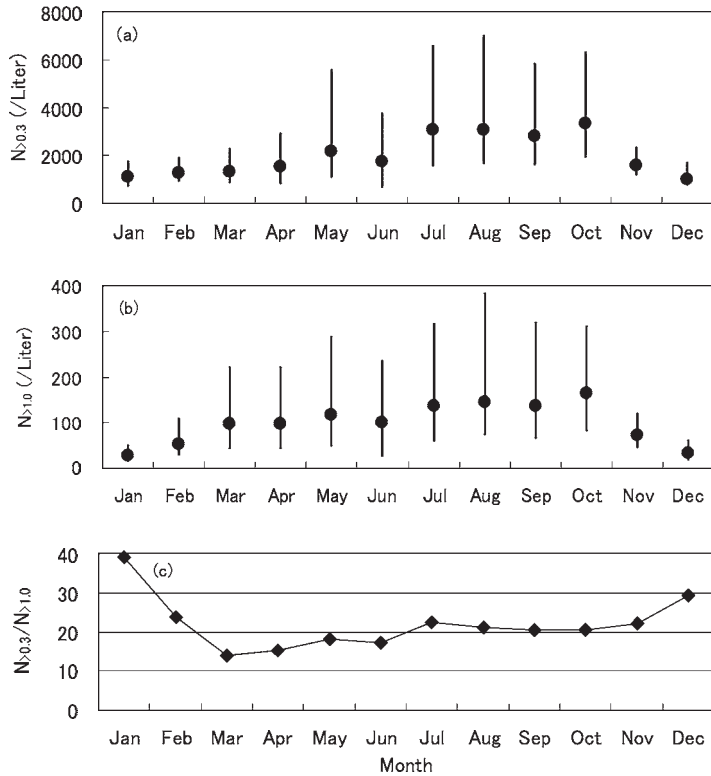


図5 (a) $N_{>0.3}$, (b) $N_{>1.0}$, and (c) $N_{>0.3}/N_{>1.0}$ の月中央値による季節変化
 (a), (b)の黒丸は中央値, バーは25%値および75%値の範囲を示す.

Fig. 5. Seasonal change of monthly medians of (a) $N_{>0.3}$, (b) $N_{>1.0}$ (solid circle: central value, bar: 25% and 75% values) and (c) their ratio ($N_{>0.3}/N_{>1.0}$).

いる。同様な6月と7月の濃度のギャップは、ドームふじ基地における観測(林ほか, 2010), 気球による上空のエアロゾル数濃度観測(木津ほか, 2010)でも見られる。また, 図5cによれば0.3 μm以上と1.0 μm以上の月中央値濃度の比にも, 6月と7月の間で若干の変化が見られ, 0.3-1.0 μmの粒子濃度が7月以降の方が高くなっていることによるものとわかる。図6は, 濃度比1.5倍区切りの月ごとの濃度ヒストグラムを示す。11-2月と7-10月のヒストグラムはそれぞれ異なった濃度モードを持つ頻度分布となっている。一方で, 3-6月のヒストグラムは夏のモードと7月以降のモードの重ね合わせとなっているように見える。ミッドウィンターまでは, 微小粒子領域で硫酸エアロゾルが卓越する夏タイプの空気と, 海塩粒子が卓越する冬タイプの空気が入れ替わりに昭和基地にながれてきている可能性がある。一方, Hara *et al.* (2010) は, 7月以降バイオマスバーニングの影響を受けた気塊が昭和基地付近に流入するケースが急増することを, Osada *et al.* (1998) は, 硝酸イオン濃度が7月以降高くなることを示している。冬季の対流圏硝酸イオンの起源としては,

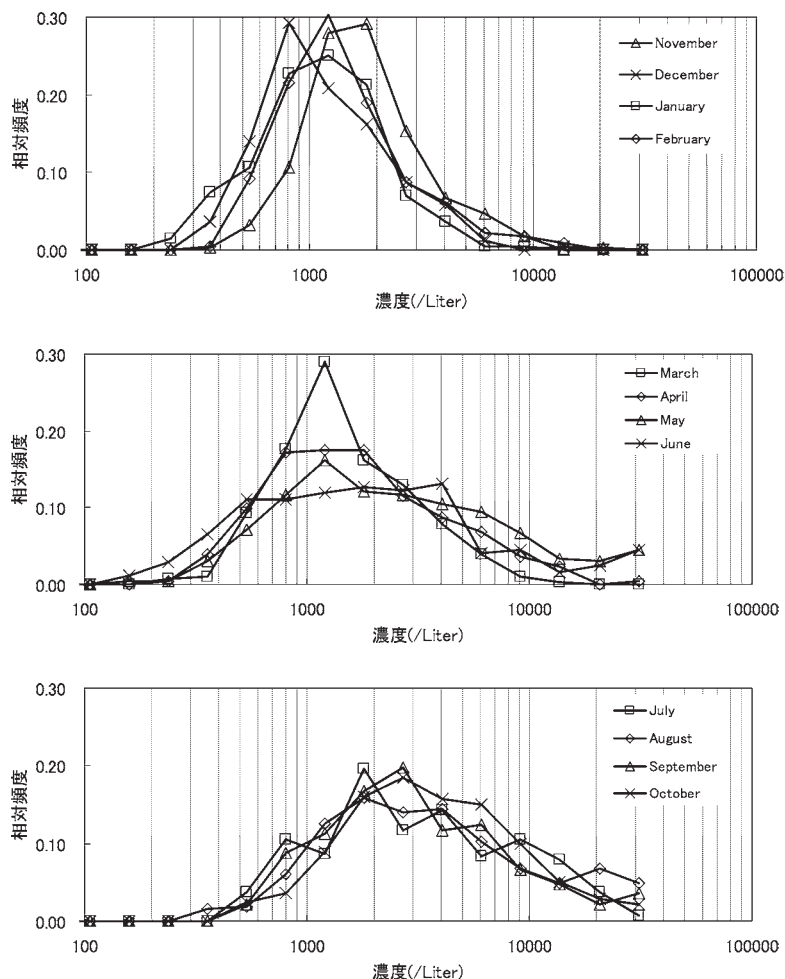


図6 微小粒子の日平均数濃度 ($N_{>0.3}$) の月別頻度分布
 Fig. 6. Monthly histogram of the daily mean number concentration of fine particle ($N_{>0.3}$).

バイオマスバーニング起源の気塊流入, 対流圏上層の雷放電による生成, PSCs 形成による成層圏の脱室による対流圏上層への輸送などの可能性が考えられる。平沢 (2010) は, 総観規模気象場解析により例年6月ごろに強いブロッキング高気圧が形成され, 中・低緯度からの大規模なエネルギー輸送が起きていることを指摘している。牧山(1999)は, ブロッキング高気圧形成が成層圏の PSCs 活動やブロッキング高気圧形成に伴う対流圏の擾乱が圏界面を越えて発達することを指摘している。南極大気のエアロゾルの状態あるいは南極への物質輸送の状態が, 6月の大規模なブロッキング高気圧の形成の前後で大きく変わり, 微小粒子濃度, 粒径分布の不連続的な状態の違いをもたらしている可能性がある。

4. ま と め

昭和基地において、凝結核数濃度（粒径 $0.01 \mu\text{m}$ 以上）および粒径 $0.3 \mu\text{m}$ 以上の大気エアロゾル粒子の数濃度と粒径分布の連続モニタリング観測を 1996 年 2 月に（凝結核数濃度は 1997 年 4 月に）開始し、継続してきた。2008 年 12 月までの 13 年間の観測結果の統計的なデータ処理により、季節変化について次の初期的な知見を得た。

1. 日平均凝結核数濃度は、観測全期間にわたって夏に高濃度、冬に低濃度となる季節変化をしている。その濃度は、夏季に $500 \text{個}/\text{cm}^3$ (2 月中央値)、冬季に $80 \text{個}/\text{cm}^3$ (6 月中央値) 程度である。
2. 凝結核数濃度が急に高くなる 1 日程度の時間スケールの高濃度事象が毎年起きており、高濃度事象は特に冬季の平均濃度を高くしている。
3. 凝結核数濃度の年平均値が数個/ cm^3 /年程度の割合で増加している可能性がある。
4. 微小粒子 ($0.3 \mu\text{m}$ 以上) の数濃度は、夏に低濃度 ($1.1 \text{個}/\text{cm}^3$) で変動が小さく、冬に高濃度 ($3.3 \text{個}/\text{cm}^3$) で変動が大きいという季節変化を示し、同様の季節変化は粗大粒子（直径 $1.0 \mu\text{m}$ 以上）にも見られた。
5. 冬季の 7 月以降、微小粒子（直径 $0.3 \mu\text{m}$ 以上）濃度の上昇と、それに伴う粒径分布の変化（微小粒子の寄与の相対的増大）が見られた。

今後は、より詳細な統計解析による季節変化、経年変化の抽出とそれらの変動機構の解明が求められる。その際に、光学式粒子計数装置 (OPC) による計測粒径領域の粒径分布、経年変化解析を行うために、測定データの隊次間データの連続性の再確認や補正が必要である。また、データの連続性を確保するためには、計測装置、校正手法の再検討も必要である。

謝 辞

13 年にわたる観測の維持と清浄大気観測室の建築など様々な面で協力、支援をいただいた第 37-49 次日本南極地域観測隊の皆様に深く感謝致します。

文 献

- 青木周司・中澤高清 (1997): 昭和基地における大気中の二酸化炭素濃度の連続観測。南極資料, **41**, 161-176.
- Bigg, E.K., Gras, J.L. and Evans, C. (1983): Origin of Aitken particles in remote regions of the southern hemisphere. *J. Atmos. Chem.*, **1**, 203-214.
- Bodhaine, B.A., Deluisi, J.J. and Harris, J.M. (1986): Aerosol measurements at the South Pole. *Tellus*, **38B**, 223-235.
- Gras, J.L. (1993): Condensation nucleus size distribution at Mawson, Antarctica: seasonal cycle. *Atmos. Environ. A-Gen.*, **27**, 1417-1425.
- Hara, K., Osada, K., Kido, M., Matsunaga, K., Iwasaka, Y., Hashida, G. and Yamanouchi, T. (2005): Variation of constituents of individual sea-salt particles at Syowa Station, Antarctica. *Tellus*, **57B**, 230-246.

- Hara, K., Osada, K., Yabuki, M., Hashida, G., Yamanouchi, T., Hayashi, M., Shiobara, M., Nishita, C. and Wada, M. (2010): Haze episodes at Syowa Station, coastal Antarctica: Where did they come from? *J. Geophys. Res.*, **115** (D14205), doi:10.1029/2009JD012582.
- Hayashi, M., Iwasaka, Y., Watanabe, M., Shibata, T., Fujiwara, M., Adachi, H., Sakai, T., Nagatani, M., Gernandt, H., Neuber, R. and Tsuchiya, M. (1998): Size and number concentration of liquid PSCs: balloon-borne measurements at Ny-Ålesund, Norway in winter of 1994/95. *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, **76**, 549–560.
- 林 政彦・松本易典・平沢尚彦・山内 恭・岩坂泰信 (2010): 昭和基地とドームふじ基地におけるエアロゾル粒径分布の通年観測. *南極資料*, **54**, 498–529.
- 平沢尚彦(2010): 南極内陸域の冬季の昇温現象と対流圏の総観規模循環. *南極資料*, **54**, 292–307.
- Hogan, A.W. and Barnard, S. (1978): Seasonal and frontal variation in Antarctic aerosol concentrations. *J. Appl. Meteorol.*, **17**, 1458–1465.
- 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. *気象研究所研究報告*, **34**, 151–219.
- Iwai, K., Ono, A. and Ito, T. (1981): On the composition and origin of large and giant particles observed at Syowa Station, Antarctica. *Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue*, **19**, 131–140.
- Jaenicke, R., Dreiling, V., Lehmann, E., Koutsenoguii, P.K. and Stingl, J. (1992): Condensation nuclei at the German Antarctic Station “Georg von Neumayer”. *Tellus*, **44B**, 311–317.
- 木津暢彦・林 政彦・山内 恭・岩坂泰信・渡辺征春 (2010): エアロゾルゾンデによる南極昭和基地上空の成層圏・対流圏エアロゾル濃度の季節・経年変化の観測. *南極資料*, **54**, 760–778.
- 牧山慎司(1999): 南極大陸上空における極成層圏雲の変動について. 福岡, 福岡大学, 修士論文.
- Osada, K., Hayashi, M., Ui, H. and Iwasaka, Y. (1998): Ionic constituents in aerosol particles at Syowa Station, east Antarctica, during 1996. *Polar Meteorol. Glaciol.*, **12**, 49–57.
- 長田和雄・林 政彦・塩原匡貴・原圭一郎・和田 誠・橋田 元・森本真司・矢吹正教・山内 恭 (2006): 南極・昭和基地における清浄大気観測室の設置について. *南極資料*, **50**, 86–102.
- 長田和雄・林 政彦・原圭一郎・矢吹正教・和田 誠・塩原匡貴・山内 恭・藤田耕史 (2010): 昭和基地における大気中粗大粒子濃度の季節変化. *南極資料*, **54**, 487–497.
- Samson, J.A., Barnard, S.C., Obremski, J.S., Riley, D.C., Black, J.J. and Hogan, A.W. (1990): On the systematic variation in surface aerosol concentration at the South Pole. *Atmos. Res.*, **25**, 385–396.
- 山内 恭・平沢尚彦・林 政彦 (1999): 「南極大気・物質循環観測」の開始. *天気*, **106**, 157–162.