

南極対流圏下層部のエアロゾル粒子組成の鉛直分布と季節変化

原圭一郎^{1 now at 2}、長田和雄³、山内 恭¹

1: 極地研、2: 福岡大・理、3: 名大院・環境学

Vertical and seasonal features of aerosol constituents in lower troposphere of Antarctica

K. Hara^{1 now at 2}, K. Osada³, T. Yamanouchi¹

1: NIPR, 2: Fukuoka Univ, 3 Nagoya Univ.

Direct aerosol sampling in lower troposphere was carried out at Syowa station, Antarctica using tethered-balloon system. Each aerosol sample was analyzed by means of SEM-EDX. During the summer, major aerosol particles were sulfate particles (probably high acidic states) in fine mode and sea-salt particles in coarse mode, whereas sea-salt particles are dominated in both coarse and fine modes during the winter-spring. The following minor constituents were identified in the present study; (1) sulfates containing Mg, (2) sulfates containing Ca, (3) sulfates containing K, (4) minerals, (5) particles containing Mg and Cl, and KCl-rich particles.

【はじめに】 南極域のエアロゾル観測は、ほとんどが地上での観測が中心となっている。しかしながら、南極域の物質循環過程を明らかにするためには、上空（特に自由対流圏）のエアロゾルの性状や分布を理解することも重要である。南極沿岸域の物質循環過程を明らかにするために、係留気球を用いた対流圏下部のエアロゾル通年観測を実施した。ここでは、エアロゾル通年観測から得られた対流圏下部のエアロゾル組成の鉛直分布と季節変化について報告する。

【観測と分析】 係留気球によるエアロゾル観測は JARE46 期間中に南極昭和基地で実施し、2005 年 1 月 6 日～12 月 11 日の間に 27 回の観測を行った。観測には Vaisala 社製の係留気球システムを使用した [Hara et al., 2007]。気圧、気温、相対湿度、風向、風速の計測には、Vaisala 社製の Tether-sonde を使用し、上空のエアロゾル粒子の直接採集には、気球観測用に設計した 2 段式インパクター(カットオフ径: 0.2, 2.0 μm)を使用した。インパクターは、地上から無線通信で制御し、任意の高度でエアロゾルの直接採集を行った。捕集時間は、1 試料あたり 10-15 分で、1 回の観測で、3-5 組の試料を採取した(捕集個数は観測最高高度による)。得られた試料は走査型電子顕微鏡 - エネルギー分散型 X 線分析装置(SEM-EDX)で個々の粒子を分析した。分析数は、微小粒子域(D_p : 0.2 - 2 μm)で合計 37533 個(平均約 350 個/試料)、粗大粒子域(D_p : >2.0 μm)で合計 2095 個(平均約 23 個/試料)である。粗大粒子については数濃度が低いため、捕集された粒子数が少なかった。そのため、可能な限り分析するように努めたが、1 試料あたり 10 個未満となる試料もあった。

【結果と考察】 Fig.1 に EDX 分析により得られた個々の粒子組成の一例を示す。本研究では、主に (1) 海塩粒子(Na, Cl, Mg, S 他: Fig.1a)、(2) 海氷上で進行する組成分別過程に関する Mg が濃縮した海塩粒子 (Fig.1b)、(3) 不均一反応により Cl が完全に損失した変質海塩粒子 (Na, Mg, S 他: Fig.1c)、(4) 硫酸粒子 (S: Fig.1d)、(5) 土壌粒子 (Si, Al, Fe 他: Fig.1e) が確認された。図示はしていないが、微量なエアロゾル粒子としては、Mg を含む硫酸塩粒子、K を含む硫酸塩粒子、Ca を含む硫酸塩粒子、Mg と Cl を含む粒子、K と Cl を含む粒子などが確認された。各エアロゾル成分の空間分布・季節変化を定量的に比較するため、各試料で存在割合(Relative abundance)を求めた。

Fig.2 に各エアロゾル組成の鉛直分布の例を示す。夏季の粗大粒子は、主に海塩粒子、変質海塩粒子、硫酸粒子で構成されていた。特に自由対流圏では、硫酸粒子が卓越する傾向があった。3 月下旬頃から 11 月頃までは、境界層内だけではなく自由対流圏内でも粗大粒子のほとんどは海塩粒子だった。一方、夏季の微小粒子では、硫酸粒子が 90%以

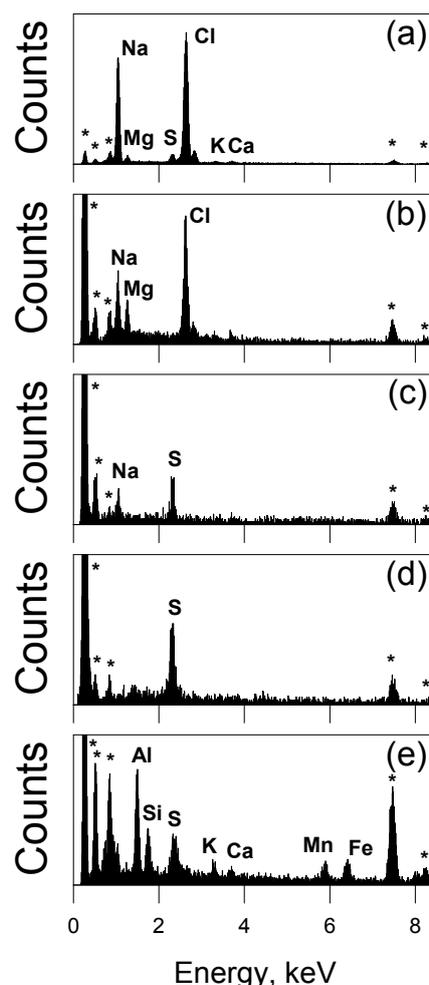


Fig.1 Typical examples of EDX spectra of aerosol particles over Syowa station. Asterisks indicate background peaks from sample substrate.

上を占めていた。海塩粒子も存在していたが、多くは変質が進行している（Cl ロスが進行した）海塩粒子や、完全に Cl が損失した変質海塩粒子だった。今回得られた結果では、微小粒子に硫酸粒子が卓越する季節は 1～3 月末頃、9 月下旬以降だった。冬～春季には、Fig.2 に示したように粗大粒子と同様に海塩粒子が微小粒子域で卓越することが多かったが、6 月 16 日の様に冬季にも境界層内で硫酸粒子が卓越する例も確認されていた。また、存在割合が <1% 程度であったが、K を含有する硫酸塩粒子は、主に微小粒子域に確認され、冬～春～初夏にかけて検出されることが多かった。K 含有硫酸塩粒子の起源はバイオマス燃焼などの燃焼過程であるため[Okada et al., 2008]、バイオマス燃焼由来のエアロゾル粒子が低中緯度域から南極域へ輸送されていることが示唆される。同様に燃焼過程から放出される BC (Black carbon) の季節変化は Syowa 基地では冬～春に濃度が高くなっており、K 含有硫酸塩の存在割合の季節変化と良く対応していた[Hara et al., 2010a]。また、Hara et al., [2010b]により冬～春に南米やアフリカ大陸上のバイオマス燃焼の影響を受けた空気塊が Syowa 基地へ流入されていたことも確認されていた。

6 月 16 日の事例のように、境界層内で硫酸粒子の割合が高く、境界層上部～自由対流圏下部で海塩粒子が高くなる例は 4 月 23 日、5 月 19 日、6 月 28 日にも確認された。6 月 16 日の例では、温位・相対湿度の鉛直分布から、500m 以上の高度領域では温暖・湿潤な空気塊が流入していたと考えられる。後方流跡線解析を用いて空気塊の履歴と比較すると、硫酸粒子が卓越した下層では大陸上の自由対流圏 (>3000m) の空気塊下降してきていた。以上から、自由対流圏では冬季でも硫酸粒子の割合が高いことが示唆される。一方、海塩粒子の割合が増加していた上空では、海洋域から空気塊が流入していた。他の日の例（上記）でも同様な輸送経路だった。一方、7 月 22 日の様に海塩粒子が卓越するような例では、対流圏下層 (<2000m) 経由で海氷域～中緯度域から昭和基地へ空気塊が流入していた。頻りに昭和基地周辺に低気圧が接近する冬～春季では、6 月 16 日のような事例は発生頻度としては多くなく、7 月 22 日の様に沿岸～開水域（中緯度域）から流入することが多かった。

References

- Hara et al., 南極資料, in press (2010a).
 Hara et al., JGR, 115, D14205, doi:10.1029/2009JD012582, 2010b.
 Okada et al., Atmos. Res., **88**, 185-198, 2008.

謝辞: 事前の国内訓練のための協力・貴重な助言をいただいた南極観測事務室室長の首藤氏、つくば高層気象台観測第一課木村氏に感謝する。また、係留気球観測を行うに当たり、多くの観測隊員の支援を受けて 1 年間の観測を成し遂げることができた。係留気球観測に関し、平沢氏(極地研)からも貴重な助言をいただいた。この場を借りて深謝する。

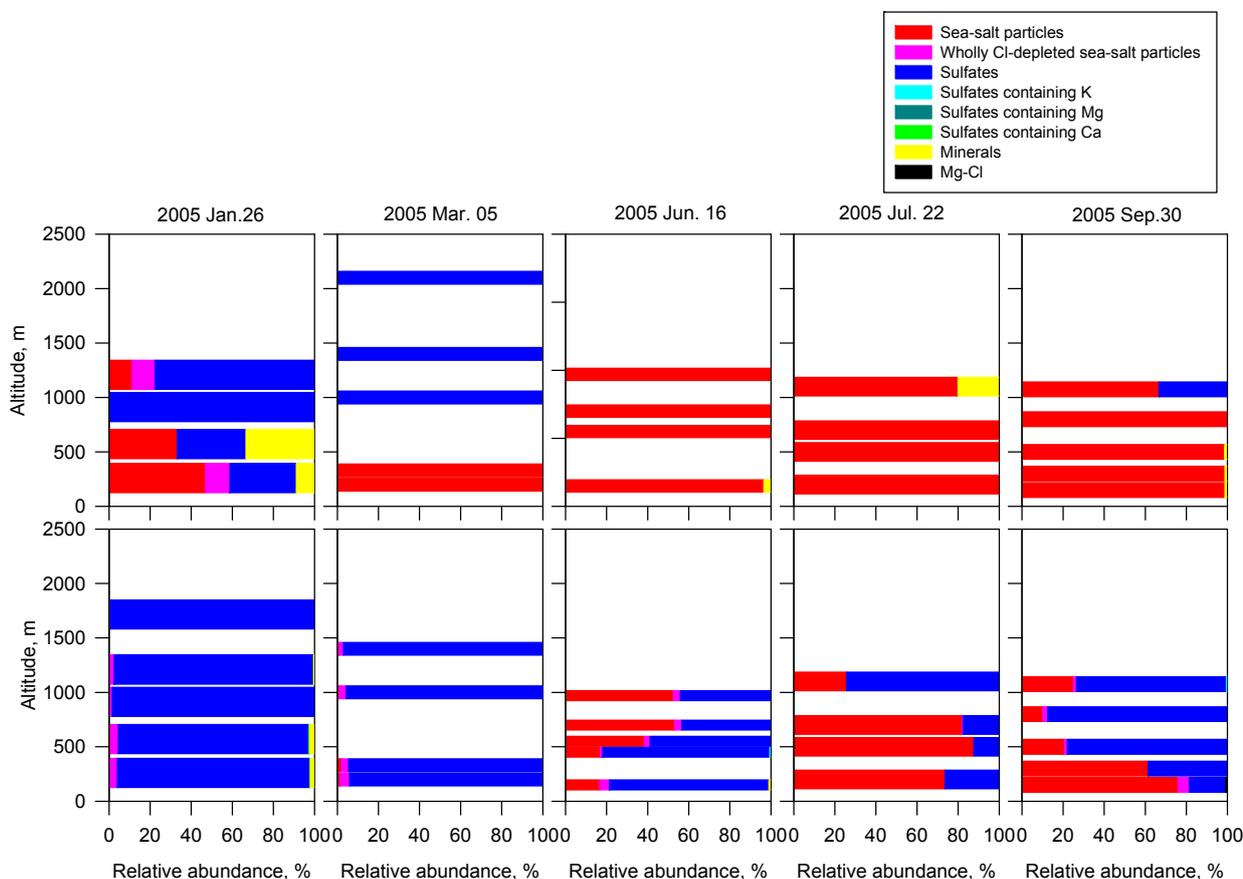


Fig.2 Typical examples of vertical distributions of each aerosol constituent over Syowa station. Upper and bottom figures indicate vertical distributions in coarse and fine modes, respectively.