

# 夏季南極昭和基地上空の対流圏、成層圏下部のエアロゾル濃度鉛直分布

林政彦<sup>1</sup>、梅本紫衣奈<sup>1</sup>、原圭一郎<sup>1</sup>、東野伸一郎<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 福岡大学

<sup>2</sup> 九州大学

## Vertical distributions of aerosol concentrations in the troposphere and the lower stratosphere over Syowa Station, Antarctica during the summer

Masahiko Hayashi<sup>1</sup>, Shiina Umemoto<sup>1</sup>, Keiichiro Hara<sup>1</sup>, Shinichiro Higashino<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fukuoka University

<sup>2</sup>Kyushu University

Twelve profiles of aerosol size distributions over Syowa station were observed by balloon-borne optical particle counters in summer of 1997-2008 to understand vertical variations of aerosols in coastal Antarctic region. Aerosol number mixing ratio of radii  $r > 0.25 \mu\text{m}$  was about 900 particles/g in stratosphere, 80 particles/g in free troposphere, and 300-400 particles/g in boundary layer. Large variability of the mixing ratio was observed in 7-10 km and 2 km. Vertical features of aerosol mixing ratio were associated with height of tropopause and boundary layer. Junge slope was 3.2 in boundary layer, 3.5 in free troposphere, and 5.2 in lower stratosphere.

### 1. はじめに

南極地域は、人間活動から最も離れた地域であり、地球環境要素のバックグラウンド状態とその変動を把握するために適している。南極対流圏から成層圏にかけてのエアロゾルの鉛直分布は他の地域同様に、境界層と成層圏で濃度が高く、自由対流圏で低くなっている。

極域成層圏のエアロゾルは、全球的に分布する成層圏エアロゾル層 (Junge 層) の一部であり、主に対流圏起源の COS や火山起源の SO<sub>2</sub> 等の酸化生成物である硫酸液滴で構成されている。成層圏エアロゾルは極域の沈降流や中高緯度の圏界面ギャップから対流圏に流入すると考えられている。南極境界層には、海塩粒子など多様な粒子が存在するが、夏季には硫酸粒子が卓越する。この硫酸粒子は夏季に活発になる海洋生物活動起源の DMS 等の酸化生成物であり、副生成物であるメタンスルホン酸も含んでいる。これらのエアロゾルに加え、中緯度領域からエアロゾル濃度の低い南極自由対流圏へ、エアロゾルが輸送されることもある。最終的には、エアロゾルは降水過程などにより大気から除去される。また、自由対流圏では既存粒子数濃度が低く、新粒子生成が起きている可能性が指摘されている。これらのエアロゾルの輸送、粒子生成、沈着過程は、地球大気物質循環システムにおいて重要な役割を担っている。

本研究では、日本南極地域観測隊が南極昭和基地で 1997 年から実施してきた気球搭載エアロゾルゾンデの粒径分布データに基づき、夏季の南極対流圏、成層圏下部のエアロゾル濃度の鉛直分布、粒径分布の特徴と変動とその原因を理解することを試みた。

### 2. 観測・解析

南極昭和基地(69°00'S, 39°35'E)における気球によるエアロゾルの粒径分布観測には、光散乱式計数装置 (Optical Particle Counter: OPC) を用いた。しきい粒径 ( $m=1.4\text{-}0i$  球形粒子相当) は、1999-2004 年では 5 チャンネル (半径  $r > 0.15 \mu\text{m}$ ,  $r > 0.20 \mu\text{m}$ ,  $r > 0.40 \mu\text{m}$ ,  $r > 0.60 \mu\text{m}$ ,  $r > 1.80 \mu\text{m}$ )、2005 年以降は 8 チャンネル (半径  $r > 0.15 \mu\text{m}$ ,  $r > 0.25 \mu\text{m}$ ,  $r > 0.42 \mu\text{m}$ ,  $r > 0.66 \mu\text{m}$ ,  $r > 0.97 \mu\text{m}$ ,  $r > 1.74 \mu\text{m}$ ,  $r > 2.53 \mu\text{m}$ ,  $r > 3.53 \mu\text{m}$ ) である。一次処理データ (気象庁, 2011) の粒子積算時間は 20 秒 (高度分解能約 80m に相当) で、この場合の検出限界は約 1 個/L である。

本研究では、夏季のエアロゾルの鉛直分布の特徴を得ることを目的とし、1999-2008 年の 12-2 月に観測された 12 プロファイルを解析対象とした。空気塊の起源、輸送経路を検討するために、後方流跡線解析を行った。解析には、国立極地研究所粒跡線モデルで NCEP/DOE Reanalysis (Reanalysis-2) を用いて Kinematic モードにより 5 日間遡った。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 夏季のエアロゾル鉛直分布

Fig.1 に、1km ごとの積算エアロゾル数混合比の鉛直分布を示す。自由対流圏中層 (4-6km) で濃度が低く、10km 以上と 2km 以下で高濃度となっていた。また、高度 7-10km、2km 付近では濃度のばらつきが大きかった。濃度のばらつきが大きい領域は、それぞれ対流圏界面高度 (7-9.5km、平均 8.6km) と境界層上端の高度 (0.4-2km、平均 1.2km) に対応していた。対流圏界面高度、境界層上端高度は、それぞれ、世界気象機関の定義、気温逆転が確認された高度もしくは気温減率が特に下がっていた高度としている。

Fig.2 に、対流圏界面、境界層上端を基準とした相対高度に対するエアロゾル数混合比を示す。ジオポテンシャル高度に対してプロットした時と比べ、各高度でのエアロゾル数混合比のばらつきは小さかった。この違いは、Fig.1 におけるエアロゾル数混合比のばらつきは、対流圏界面、境界層高度の変化と対応していることを示唆している。他の粒径分布と比べ、ばらつきが小さい粒子半径  $r > 0.25 \mu\text{m}$  のエアロゾル数混合比は、成層圏（対流圏界面から 1-2km 上層）では約 900 個/g (Fig.2(a))、自由対流圏（対流圏界面から 4-5km 下層、境界層上端から 1.8km 上層）では約 80 個/g、境界層内では 300-400 個/g (Fig.2(b)) だった。

Fig.3 に 1km ごとの粒径分布を示す。粒径分布に対して直線近似して得られた Junge スロープ ( $\beta$ ) は、境界層では約 3.2、自由対流圏では約 3.5、成層圏で約 5.2 だった。自由対流圏に対して、境界層では粗大粒子、成層圏では微小粒子がそれぞれ高濃度であることが、 $\beta$  の違いに反映していた。

### 3.2 後方粒跡線解析

今回の解析結果からは、成層圏、対流圏に輸送される空気塊は、南大洋や南極大陸沿岸など南極大陸周辺を通過していた。

## 4. 無人航空機による直接観測計画—2013 年 1 月—

これまで、毎年 1 回程度の頻度で実施されてきた観測は、気球を使用した使い捨て型の観測であった。それを代替する、エアロゾルの直接観測およびサンプル回収を行うための、小型無人航空機を用いた観測システムを開発している。小型無人航空機（総重量 9.4kg）を成層圏まで自走させることは困難であるため、気球（1.5kg）に吊り下げ、成層圏で切り離す。その後グライダー飛行により帰還、回収する。このシステムによる高度 10km までの観測を、第 54 次南極地域観測隊により実施することを計画している。小型無人航空機には OPC と 2 段式インパクター（カットオフ径は 1 段目  $1.40 \mu\text{m}$ 、2 段目  $0.25 \mu\text{m}$ ）を搭載し、高度 10km までのエアロゾル粒径分布観測とエアロゾル直接採集（高度分解能約 1000m）を行う。採集したサンプルは走査型電子顕微鏡 (SEM)、エネルギー分散型 X 線 (EDX) 分析装置により表面形状観察、成分分析を行う。OPC のしきい粒径 ( $m=1.40$  球形粒子相当) は 10 チャンネル (半径  $r > 0.15\text{-}5.5 \mu\text{m}$ ) である。

### Reference:

気象庁, 南極気象資料, 2011 (CD-ROM)

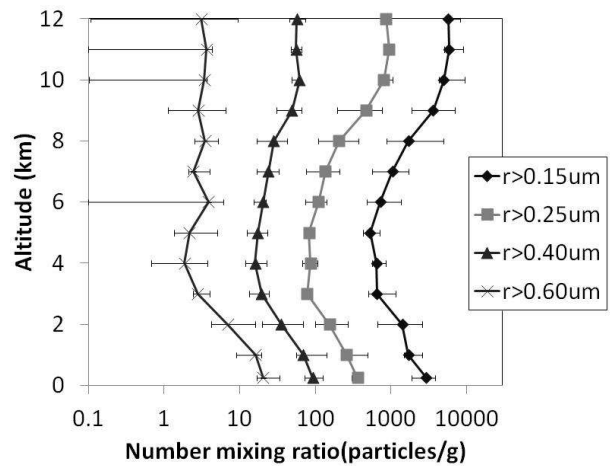


Figure 1. Vertical distributions of aerosol number mixing ratio over Syowa station. Symbols and error bars indicate median and 25 to 75 percentile for 12 observations, respectively.

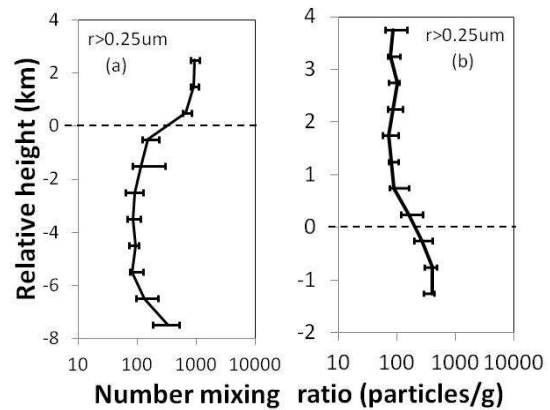


Figure 2. Vertical distributions of aerosol number mixing ratio of  $r > 0.25 \mu\text{m}$  for the relative height (a) to tropopause, and (b) to boundary layer top. Error bars indicate 25 to 75 percentile for 12 observations.

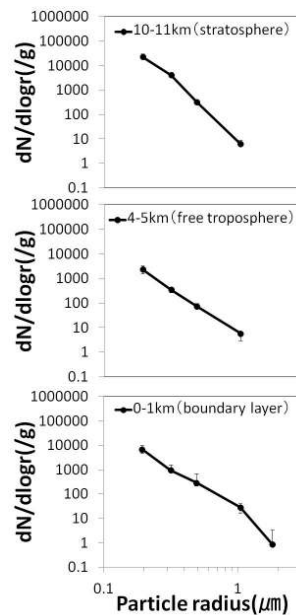


Figure 3. Aerosol size distributions over Syowa station. Symbols and error bars indicate median and 25 to 75 percentile for 12 observations, respectively.