

富士山頂・太郎坊で捕集したエアロゾル粒子の個別分析

牧野脩哉¹, 市毛友彬¹, 森樹大¹, 三浦和彦¹, 足立光司²

1. 東京理科大学, 2. 気象研究所

1. はじめに

大気中のエアロゾル粒子は、太陽光を散乱・吸収する直接効果と、雲凝結核となって雲の放射特性や寿命を変化させる間接効果を持ち、地球の放射収支に影響を及ぼす。しかしながら、粒子個々の化学組成や形状、混合状態を調べることは、地球規模でのエアロゾル粒子の気候影響を理解する上で重要である。特に、粒子の形状は気象条件や組成により変化し、それに伴い粒子の特性が変化することが報告されている¹⁾。

本研究では、夏季富士山頂(海拔 3776 m)と富士山麓の太郎坊(海拔 1290 m)で捕集したエアロゾル粒子に対し、透過型電子顕微鏡を用いて粒子個々の組成や形態を調べた。

2. 手法

エアロゾル粒子は炭素補強されたコロジオン膜上に捕集した。粒子の捕集には、山頂では 2 段式インパクター(50%カットオフ径:粗大ステージ;1.0 μm , 微小ステージ;0.25 μm)を、太郎坊では 3 段式インパクター(50%カットオフ径:粗大粒子除去用;4.0 μm , 粗大ステージ;1.0 μm , 微小ステージ;0.25 μm)を使用した。気圧と粒子数濃度を考慮し、富士山頂では流量を 1.0 L/min に設定し、30 分間捕集した。また、太郎坊では流量を 0.85 L/min に設定し 15~30 分間捕集した。本研究では、富士山頂において捕集された 2 サンプル(2019/7/24 15:00, 7/25 15:00)と太郎坊において捕集された 4 サンプル(2018/7/20 16:00, 7/21 12:00, 16:00, 2019/7/25 15:00)との合計 5 サンプルの微小ステージを対象に個別分析を行った。

透過型電子顕微鏡(TEM; JEM-1400, JEOL)を用いて粒子の形態を観察し、エネルギー分散型 X 線分析器(EDS; X-MAX80, Oxford Instruments)を用いて粒子に含まれる元素を特定した。定量した元素は C, N, O, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Zn の 16 元素で、得られた質量濃度割合を基にエアロゾル粒子を Carbon-rich(C-rich), 硫酸塩, 硫酸塩+鉱物, 海塩, 海塩+鉱物, 変質海塩, 変質海塩+鉱物, カリウム塩, カリウム塩+鉱物, 鉱物, その他の 11 種類に分類した²⁾。また, NOAA Hysplit Model³⁾を用いて後方流跡線を計算し、気塊の由来を調べた。

3. 結果と考察

3.1 エアロゾル粒子の分類結果

分析した微小粒子の分類結果を図 1 に示す。山頂で捕集した 2 サンプルとも硫酸塩類が約 40%以上を占めていた。また、鉱物粒子は山頂のサンプルにのみ見られた。後方流跡線解析³⁾より山頂の 2 サンプル共にユーラシア大陸を通過

し、山頂へ到達した気塊を採取したことが示された。

太郎坊で捕集した微小粒子は、山頂と同様に硫酸塩類が多く、いずれも粒子全体の約 60%以上を占めていた。また、前年と比べ硫酸塩に鉱物が含まれている割合が多かった。後方流跡線解析³⁾より太郎坊の 4 サンプルいずれも、太平洋由来の気塊を採取したことが示唆された。

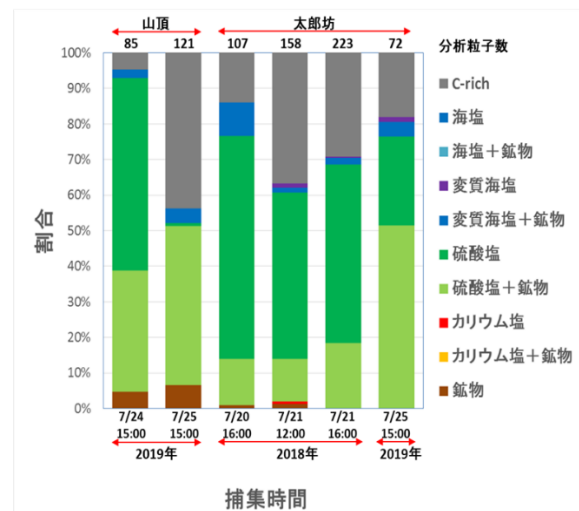


図 1 山頂・太郎坊の組成分類結果

3.2 形状分類

粒子に決まった形はなく様々な形状で存在する。そこで Soot aggregation(50 nm 以下の粒子が凝集したような形状), Single circular or coccoid(球状, もしくは繭状の粒子であり, コントラストがはっきりしている形状), Eroded particle(浸食地形型で, コントラストがはっきりしている形状), Cluster(球状・繭状の粒子が凝集したような形状)と大きく 4 つに分類した⁴⁾。

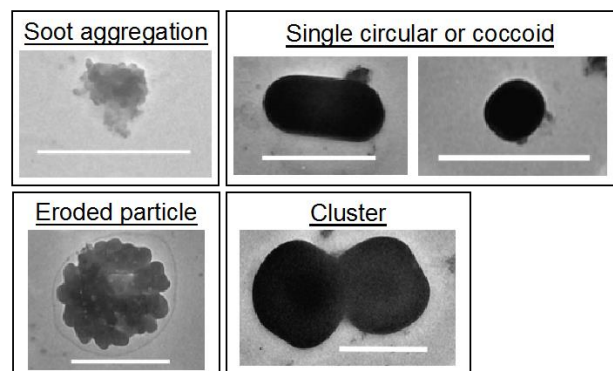


図 2 形状分類

その結果、どのサンプルも Eroded particle が大多数を占めており、次点で Single circular or coccoid が多いという結果となった。それを踏まえて Single circular or coccoid と Eroded particle と分類されたものの組成分類を調べた。

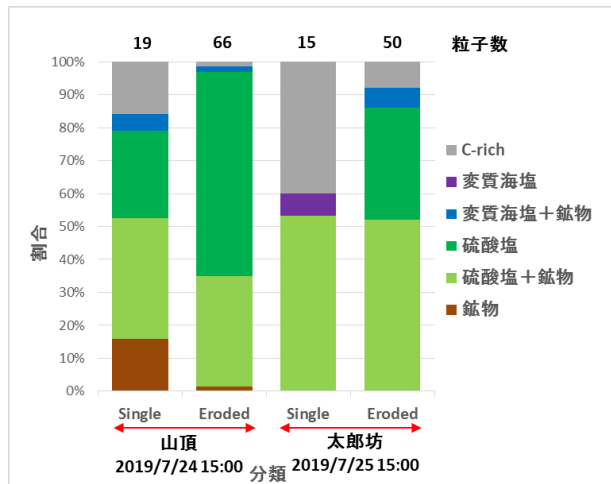


図3 組成と形状分類結果

太郎坊における Single circular or coccoid は殆ど硫酸塩に鉱物が含まれていた。また、山頂・太郎坊共に Eroded particle の方が硫酸塩類が多く、ほとんどが硫酸塩・硫酸塩+鉱物と分類された。これは硫酸塩によって浸食されていることを示唆している。

さらに Single circular or coccoid の粒子は電子回折法から明らかな硫酸アンモニウム ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) の結晶構造が観察されていることから、2種類の粒子に含まれる窒素と硫黄の質量濃度を比較した結果を図に示す。

① 山頂 2019/7/24 15:00 Single の質量濃度分布

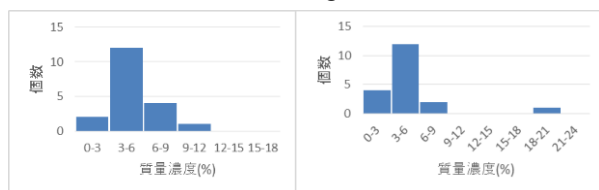


図4-a 窒素

図4-b 硫黄

② 山頂 2019/7/24 15:00 Eroded の質量濃度分布

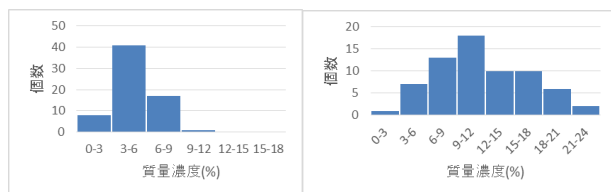


図5-a 窒素

図5-b 硫黄

硫黄は Eroded の方が多く含む粒子が多く、濃度の差も大きかった。窒素も Eroded の方が多く含む粒子が多かったがその傾向は顕著であり、かつ濃度の差は少なかった。

4. まとめ

富士山頂・太郎坊において微小粒子を捕集し、TEM-EDS を用いて分析を行った。両地点ともに硫酸塩の割合が高かった。鉱物は山頂に多く見られた。

更に形状で分類して窒素と硫黄の質量濃度分布を出した。窒素も硫黄も Eroded particle に多く見られたが、窒素は濃度の差が小さく、硫黄は差が大きかった。

謝辞

本観測は認定 NPO 法人「富士山測候所を活用する会」が富士山頂の測候所施設の一部を気象庁から借用管理運営している期間に行われました。

参考文献

- 1) 土井瀬菜(2017):富士山頂で捕集した大気エアロゾルのバルク/個別粒子分析, 東京理科大学修士論文.
- 2) 吉末百花(2016):西経 170 度線南北縦断航海で得られた海洋性エアロゾルの個別粒子分布,東京理科大学卒業論文.
- 3) <https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php>
- 4) 児玉真一(2018):富士山頂・太郎坊で捕集したエアロゾル粒子の個別分析, 東京理科大学卒業論文
- 5) Ueda et al. (2011) Morphological features of soot-containing particles internally mixed with water-soluble materials in continental outflow observed at Cape Hedo, Okinawa, Japan, J. Geophys. Res., 116, D17207, doi:10.1029/2010JD015565