

富士山頂・太郎坊で捕集したエアロゾル粒子の個別分析

市毛友彬¹, 吉末百花¹, 足立光司², 五十嵐博己¹, 森樹大¹, 三浦和彦¹

1. 東京理科大学, 2. 気象研究所

1. はじめに

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して働き雲を形成する間接効果を通して気候に影響を及ぼす。しかしながら、エアロゾル粒子の気候影響は、化学組成や形状、混合状態によって変化するため、粒子個々の特性を明らかにすることが重要である。特に、ブラックカーボン粒子(BC)は化石燃料や植物由来燃料、バイオマスバーニングなどの不完全燃焼によって発生する炭素質のエアロゾルである。また、二酸化炭素、メタンに次ぐ正の放射強制力を持ち、光の吸収量が混合状態により変化することが知られている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 0.5 L/min に設定し、60 分間捕集した。また、太郎坊では流量を 0.85 L/min に設定し 10~15 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(2018/7/14 21:00, 22:00)と太郎坊において捕集された 3 サンプル(2018/7/20 16:00, 2018/7/21 12:00, 16:00)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+鋳物, 海塩, 海塩+鋳物, 変質海塩, 変質海塩+鋳物, カリウム塩, カリウム塩+鋳物, 鋳物, その他の 11 種類に分類した。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が約 40%以上を占めていた。また、太郎坊のサンプルと比較すると変質海塩の割合が高く、全体の約 20%を占めていた。後方流跡線解析より山頂の 2 サンプル共に東シナ海, 朝鮮半島を通過し, 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が多く、粒子全体の約 50%以上を占めていた。後方流跡線解析より太郎坊の 3 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。

山頂と太郎坊の両サンプルともに硫酸塩の割合が高かった。しかしながら、BC との混合状態が異なったため、セクション 3.2 にて考察する。

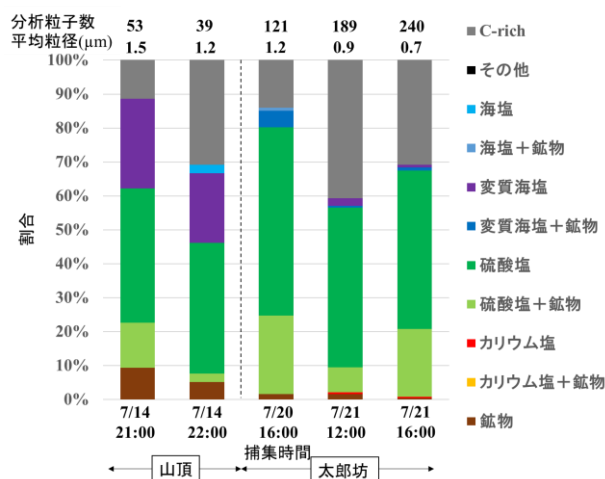


図 1 山頂・太郎坊の粒子分類結果

3. 2 BC の混合状態の比較

山頂(7/14 21:00)と太郎坊(7/21 12:00)で捕集した微小粒子の TEM 写真を図 2 に示す. 組成分析のために EDS を用いて粒子に電子線を照射すると揮発性粒子が揮発し, 粒子の内部混合について観察できる. 山頂において捕集された粒子のほとんどは BC との混合が確認されなかったのに対し, 太郎坊で捕集された粒子の多くは BC と混合していた.

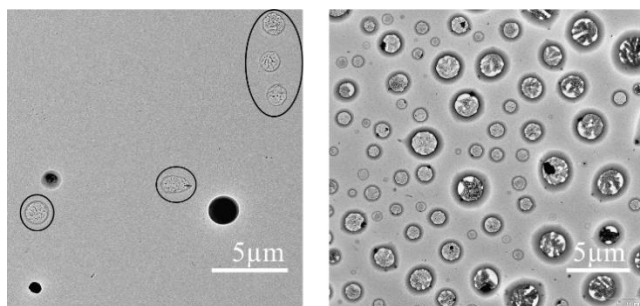


図 2 EDS 分析後の TEM 写真
左:山頂(○:揮発した粒子)右:太郎坊

本研究では, BC の光吸収量が粒子の混合状態によって変化することを踏まえ, BC の混合状態について分類を行った.

先行研究^{1,2)}によると BC が単体で存在する Bare の光吸収量を 1 とすると, BC が他の粒子の内部に存在している Coated type は最大約 2 倍, BC が他の粒子に付着している Attachment type は 1~1.1 倍光吸収量が増加すると言われている. 図 3 にそれぞれの混合状態の例を示す.

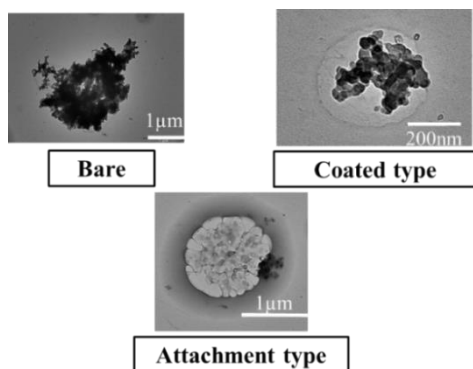


図 3 BC 混合粒子の例

太郎坊の 3 サンプルに対して BC の混合状態を上記の 3 タイプに分類した結果を図 4 に示す.

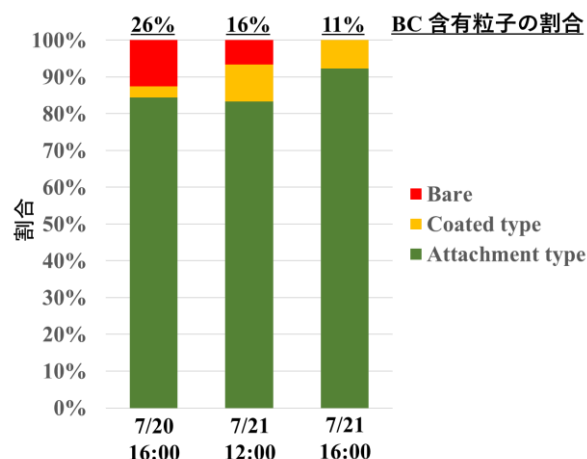


図 4 BC 混合状態の分類結果

太郎坊の 3 サンプル中に存在する BC の約 80%以上は Attachment type で混合していた. また, 後方流跡線解析の結果, 山頂で採取した気塊は日本上空の自由対流圏を通過後, 山頂に到達したのに対し, 太郎坊で採取した気塊は日本上空の大気境界層を通過後, 太郎坊に到達していた. したがって, 日本上空通過時の高度差によって BC との混合状態に大きな違いが生じた可能性が示唆された.

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. 特に太郎坊では山頂に比べて, BC と混合した粒子が多いことが分かった. また, 太郎坊における BC の混合状態は Attachment type が約 80%以上を占めていた. 後方流跡線解析によって, 日本上空通過時の高度によって BC との混合状態に違いがみられた可能性が示唆された.

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) Adachi, K., *et al.*, (2010). *J. Geophys. Res.*, 115.
- 2) Adachi, K., *et al.*, (2013). *J. Geophys. Res. Atmos.*, 118, 3723–3730.
- 3) <https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php>.