

## P-07: 富士山における大気中微小粒子および超微小粒子の観測

松永昂樹<sup>1)</sup>, 大河内博<sup>1)</sup> 緒方裕子<sup>1)</sup>, 大石沙紀<sup>1)</sup>, 米持真一<sup>2)</sup>, 皆巳幸也<sup>3)</sup>, 名古屋俊士<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 早稲田大学大学院創造理工学研究科, <sup>2)</sup> 埼玉県環境科学国際センター, <sup>3)</sup> 石川県立大学

### 1. はじめに

PM<sub>2.5</sub> による健康影響が指摘されているが、特に粒径 0.1 μm 以下の超微小粒子は肺胞への侵入率が高いことから注目されている。エアロゾル粒子の影響とメカニズムを解明するためには、化学組成と発生源の特定、大気動態、大気除去過程を知る必要がある。富士山は孤立峰であり、山頂は自由対流圏高度に位置するため、日本上空の大気中および雲水中の様々な大気汚染物質のバックグラウンド濃度、大陸からの長距離輸送によるバックグラウンド汚染の観測を行うことができる。ここでは、富士山頂における大気エアロゾル中微量元素の観測に後方流跡線解析を適用した結果を報告する。また、エアロゾルモニタを用いた PM<sub>2.5</sub> 濃度の鉛直分布についても報告する。

### 2. 実験方法

試料採取は自由対流圏高度である富士山頂 (3776 m) で行った。エアロゾルはナノサンプラー (KANOMAX, Model3180) を用いて >10 μm, 10-2.5 μm, 2.5-1.0 μm, 1.0-0.5 μm, 0.5-0.1 μm, <0.1 μm の6つの粒径区分で採取した。低濃度であることが予想されたため流速、測定時間はそれぞれ 40 L/min で3-7日間とした。0.5-0.1 μm のステージは専用のカートリッジを用いて SUS 繊維上に、その他のステージは石英繊維フィルター (PALL, 2500QAT-UP) 上に採取した。石英繊維フィルター上に捕集されたエアロゾルは硝酸と過酸化水素を用いてマイクロウェーブ法で酸分解した後に、ICP-MSを用いて微量元素 (Al, Fe, V, Cr, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, As) 濃度を測定した。SUS 繊維上のエアロゾルは振とう抽出し水溶性成分を測定した。また、エアロゾルモニタ (トランステック, DustTrack Model8532) を用いて PM<sub>2.5</sub> 質量濃度の鉛直分布を計測した。富士宮ルート 5 合目から富士山頂まで登山中、御殿場ルート 5 合目から富士山頂から五合目まで下山中にそれぞれ 1 秒ごとに連続観測を行った。測定中は GoPro により、周囲の状況を 1 分ごとに撮影した (図 1)。

### 3. 結果と考察

図 2 は、2014 年 7 月 15-22 日 (7 月中旬), 22-29 日 (7 月下旬), 8 月 22-24 日 (8 月下旬) に富士山頂で採取した超微小粒子中 (<0.1 μm) の微量元素濃度の割合を示している。上段には観測期間中 1 時間毎に取得した後方流跡線による空気塊由来別の割合を、中段には微量元素濃度の主成分 (Al, Fe, Zn), 下段には副成分 (その他) を示している。7 月中旬は 34% が大陸北部, 66% が大陸南部からの空気塊であった。7 月下旬は大陸北部 50%, 大陸南部 13%, 太平洋 16%, 分類不可 22% であり, 8 月下旬は大陸南部 39%, 太平洋 61% であった。超微小粒子の総濃度はそれぞれ 147 ng/m<sup>3</sup>, 393 ng/m<sup>3</sup>, 167 ng/m<sup>3</sup> であり, 大陸北部からの空気塊の割合が高い 7 月下旬に高濃度であり, 7 月中旬および 8 月下旬の 2 倍以上であった。どの期間も主成分は Al, Fe, Zn であり, 主成分が 90% 以上を占めた。7 月下旬および中旬は主成分組成に空気塊よる大きな違



Fig.1 Photo of the measurement of PM<sub>2.5</sub> on Mt. Fuji

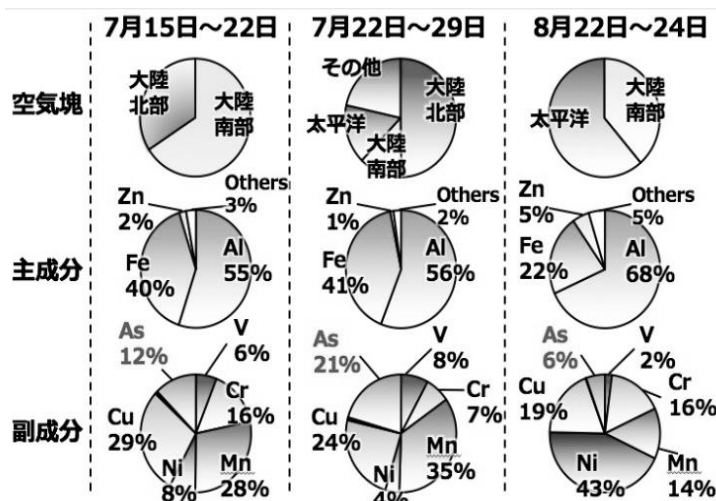


Fig.2 Composition of trace metal in ultrafine particles in the ambient air at the top of Mt. Fuji in 2014

いは見られなかったが、8月下旬には Al の割合が増加した。一方、副成分では大陸北部由来の空気塊の割合が最も高い7月下旬に As の割合が 21%、次に大陸北部の割合が高い7月中旬に 12%、大陸北部の影響を受けていない8月下旬に 6%であった。As と同様に、Mn も7月下旬に高い割合を占め (35%)、大陸北部からの空気塊の輸送がない8月下旬で最も低かった (14%)。As 濃度は7月中旬、7月下旬、8月下旬でそれぞれ  $0.520 \text{ ng/m}^3$ 、 $1.80 \text{ ng/m}^3$ 、 $0.437 \text{ ng/m}^3$  であり、大陸北部由来の空気塊の割合が高い7月下旬には As 濃度が他の期間の3倍以上であり、 $\text{PM}_{2.5}$  質量濃度以上に差がみられた。As は石炭燃焼の指標とされており、雲水化学観測でも同様の結果が得られていることから、As は超微小粒子として大陸北部から越境輸送されている可能性が示唆された。

図3には、エアゾルモニタで連続計測した  $\text{PM}_{2.5}$  質量濃度と富士山の高度との関係を示す。測定は2015年8月20日に行った。天候は小雨であった。5時30分に富士宮口5合目を出発し、8時30分に富士山頂に到着するまでの約3時間の経時変化を示している。登山を開始してから到着するまでの間、雨が降り続けていた影響によりほとんどが検出限界以下の濃度であった。図に見られる5つのピークはそれぞれ①6合目 (2503 m)、②新7合目 (2800 m)、③8合目 (3227 m)、④9合5勺 (3548 m)、⑤山頂 (3713 m) であるが、いずれも山小屋近傍であった。富士山頂は地上部からの汚染気塊の影響を受けにくく、バックグラウンド濃度の観測が可能と考えられているが、この結果は富士山体では山小屋がローカルな発生源となっており、風向によっては注意が必要であることを示している。

図4には2015年8月20日13時から15時までの約2時間の下山中 (御殿場ルート) に測定した  $\text{PM}_{2.5}$  質量濃度の連続計測結果を示す。天候は曇りであった。高度の低下に伴い、2500 m から質量濃度が増加する傾向が見られた。時折見られるシャープなピークは、図2と同様に山小屋によるローカルな影響である。また、大砂走りに入り、下り6合付近から濃度が上昇し始めることが確認された。ただし、GoPro の画像から他の登山者による砂塵の舞上がりの影響はみられなかった。

#### 4. 結論

(1) 石炭燃焼由来とされる As は、大陸からの空気塊により超微小粒子として富士山頂に越境輸送されていることが示唆された。(2) 富士山体における  $\text{PM}_{2.5}$  質量濃度の鉛直連続観測により、高度の低下による濃度の上昇が認められた。降雨時には  $\text{PM}_{2.5}$  は検出下限以下であったが、山小屋がローカルな発生源となっており、富士山における  $\text{PM}_{2.5}$  の観測には十分な注意が必要である。

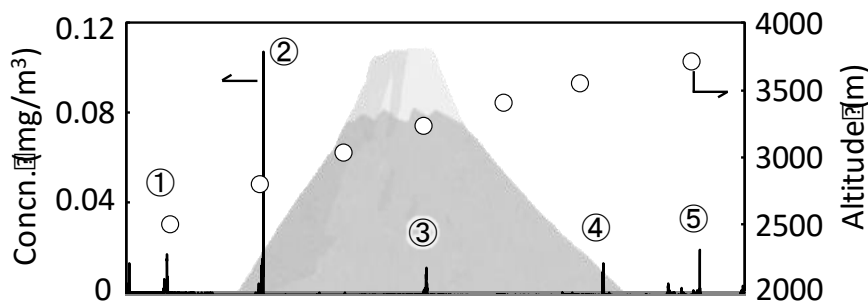


Fig.3 The relationship between concentration of  $\text{PM}_{2.5}$  and the altitude during climbing up from Fujinomiya trail 5th station to

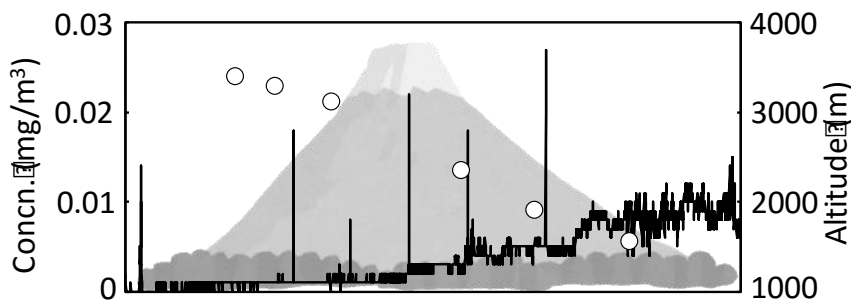


Fig.4 The relationship between concentration of  $\text{PM}_{2.5}$  and the altitude during climbing down from the top to Gotemba trail 5th