

## O-06: 富士山頂で日単位採取した PM<sub>2.5</sub> の化学組成と起源

米持真一<sup>1</sup>, 大河内博<sup>2</sup>, 廣川諒祐<sup>2</sup>, 大石沙紀<sup>2</sup>, 緒方裕子<sup>2</sup>, 名古屋俊士<sup>2</sup>, Ki-Ho Lee<sup>3</sup>, Chul Goo Hu<sup>3</sup>

1. 埼玉県環境科学国際センター、2. 早稲田大学、3. 韓国済州大

### 1. はじめに

近年、中国では急激な経済発展が見られる一方で、大気汚染も深刻化しており、特に 2013 年 1 月に広域で発生した PM<sub>2.5</sub> 高濃度汚染は記憶に新しい。現在、国内外における PM<sub>2.5</sub> 測定地点は非常に多く、また国内では広域的連携による大気汚染イベントの原因解明も行われている。東アジアにおける広域大気汚染は、これまでも酸性雨や黄砂などを対象としたものが多く行われてきたが、近年は、中国や韓国の複数地点と同期して大気観測を行う事例は多くない。本研究は、自由対流圏に位置する富士山頂で PM<sub>2.5</sub> を採取し、成分の分析を行うものであり、PM<sub>2.5</sub> の長距離輸送を把握する上で有意性が高い。

我々は、韓国済州大及び中国上海市等で PM<sub>2.5</sub> の同時採取を行った。本発表では、2015 年夏季に富士山頂で採取した PM<sub>2.5</sub> の化学組成とその起源について解析を行った結果を報告する。

### 2. 観測方法

富士山頂測候所 1 号庁舎二階に PM<sub>2.5</sub> シーケンシャルサンプラー 2025i (Thermo Scientific) を設置した。本サンプラーはプログラムにより自動的にフィルターを交換する機能を有している。試料採取は 0 時を基準とし、24 時間採取とした。採取は 2015 年 7 月 21 日～8 月 20 日の 30 日間行い、計 30 試料を得た。PM<sub>2.5</sub> 採取には PTFE フィルター (Teflo) を用いた。試料採取前後に 21.5°C、35%RH で 24 時間以上静置し、精度 1µg の精密電子天秤で秤量後に、イオンクロマトグラフ法で水溶性無機イオン (Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) を、マイクロウェーブ酸分解-ICP/MS 法で金属元素 63 成分の分析を行った。なお、本観測期間のうち 2 週間は、韓国済州島 Halla 山、中国上海、北京、埼玉県加須、東京都新宿でも同時に PM<sub>2.5</sub> 採取を行った (図 1 参照)。



図 1 同時採取地点

### 3. 結果

富士山頂の PM<sub>2.5</sub> 濃度と分析を行った成分濃度を図 2 に示す。なお、図中のその他 (others) も含めた合計濃度が PM<sub>2.5</sub> 質量濃度である。30 日間の平均濃度は 2.6 µg/m<sup>3</sup> (最低 0.7 ~ 最高 7.3 µg/m<sup>3</sup>) であった。他の地点は済州島 11.4 µg/m<sup>3</sup>、上海 11.9 µg/m<sup>3</sup>、加須 11.5 µg/m<sup>3</sup>、新宿 11.6 µg/m<sup>3</sup> と大きな差は見られなかった。富士山頂は地上に比べると低濃度であるが、8 月 8 日に 6.3

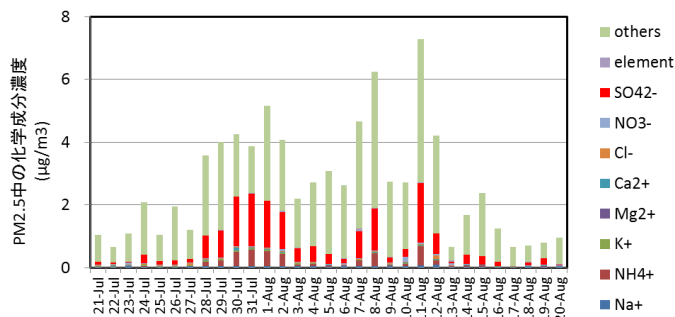


図 2 PM<sub>2.5</sub> 濃度と分析を行った成分濃度

µg/m<sup>3</sup>、8 月 11 日に 7.3 µg/m<sup>3</sup> と濃度上昇が見られた。また 7 月 28 日～8 月 2 日は連続的な濃度上昇が見られた。PM<sub>2.5</sub> の上昇した期間は、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> も上昇が見られた。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> は主として重油および石炭等の硫黄分を多く含む燃料の燃焼に由来すると考えられる成分である。

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/PM<sub>2.5</sub> は 7 月 30 日、31 日に特に高く、0.37、0.43 であった。なお、首都大学加藤准教授の観測データからは、7 月 31 日に SO<sub>2</sub> のスパイク状の濃度上昇が観測され、CO、O<sub>3</sub> にも濃度上昇が見られた。

本期間に着目し、富士山頂を起点とし72時間遡った後方流跡線(HYSPRITモデル/NOAA)を図3に示す。上海付近もしくは上海北方を起源とし、朝鮮半島を横断して日本海側からの気塊の流入を示していた。なお、PM<sub>2.5</sub>濃度が上昇した8月8日、8月11日の後方流跡線は日本海方面の気塊流入を示していた。

富士山頂で採取したPM<sub>2.5</sub>中に含まれる金属元素成分を濃度レベル順に並べ変えたものが図4である。都市部と比較して濃度レベルは1/10~1/100前後であるが、上位に位置する元素の多く(Na, Al, Fe, Mg, Ti, Caなど)は、土壌中に豊富に存在する成分であり、登山者もしくは風により巻き上げられた土壌粒子による影響を受けていた。そこで、登山道の砂塵を再飛散させて得た粒子中の金属元素を基準とし、7月30日に採取したPM<sub>2.5</sub>中金属元素の濃縮係数(EF)を求めたものが図5である。濃度が検出下限値を下回った元素は含まれないが、人為起源と考えられる元素の濃縮が確認された。このうち、As, Se, Pb (EF>300)は石炭燃焼の指標元素である。また、Cr, Ni (EF>30)、Cu, Zn (EF>300)など人為活動に由来する元素の濃縮が顕著であった。なお、図5は、特に低濃度の場合にEFが過大評価される場合があるため、1000を上限として表記した。

一方、日本海方面の気塊の流入した期間では、石炭燃焼系元素のEFは大幅に低下し、北京方面からの気塊の流入時には石炭燃焼系元素のEFは20~1000であるのに対し、Cr, NiのEFは10未満となっていた。またEF値は低いですが、上海方面の気塊が飛来していた期間ではVの値も高まる傾向が見られた。これらは、2013年8月に日中都市部のPM<sub>2.5</sub>の金属元素成分の報告<sup>1)</sup>とも整合していた。

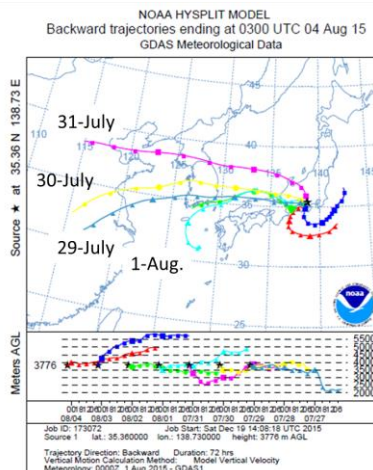


図3 後方流跡線(HYSPRIT)  
(3, 776m, 72時間)

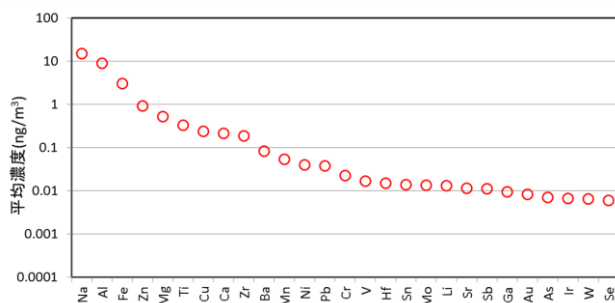


図4 富士山頂のPM<sub>2.5</sub>中の元素成分濃度

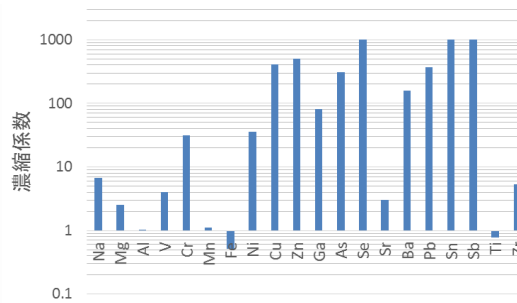


図5 7月30日のPM<sub>2.5</sub>中元素成分濃縮係数

#### 4. まとめ

富士山測候所で1日単位のPM<sub>2.5</sub>採取を30日間行った。濃度上昇が見られた期間に着目し、水溶性無機イオンおよび金属元素成分の分析を行った。後方流跡線による気塊の起源と、登山道の巻き上げ土壌を基準とした元素成分の濃縮係数を調べたところ、上海方面、北京方面、日本海方面の気塊とで濃縮元素に差が見られた。これらは、長距離輸送を評価する際の指標として活用できる可能性がある。

**謝辞** : SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO 測定データは首都大学東京加藤俊吾准教授から提供を受けました。本事業は埼玉県環境部PM<sub>2.5</sub>対策事業費により実施されました。大気環境課水井廣二氏、大島利明氏を初め、堀井勇一、金澤圭竹、相沢和哉、伊原洋輔、磯崎秀夫各氏に感謝致します。また、機器設置に多大なご協力を頂きました早大大河内研、理科大三浦研、帝京科技大和田先生、山頂班各氏に感謝致します。

#### 参考文献

1) 米持真一ほか(2016) 希土類元素(レアアース)に着目した中国大都市と首都圏のPM<sub>2.5</sub>の元素成分と発生源の特徴, 大気環境学会誌, 51(1), 33-43.

\*連絡先: 米持 真一(Shinichi YONEMOCHI), yonemochi.shinichi@pref.saitama.lg.jp