

O-15: 富士山頂, 韓国済州島および上海で採取した PM_{2.5} 中の化学組成と起源

米持真一¹, 堀井勇一¹, 大河内博², 廣川諒祐², Ki-Ho Lee³, Chul-Goo Hu³, Senlin Lu⁴

1.埼玉県環境科学国際センター, 2.早稲田大学, 3.韓国済州大学校, 4.中国上海大学

1. はじめに

日本国内, 特に関東地域の PM_{2.5} 濃度は緩やかな減少傾向が見られるが, 更なる濃度の低減が必要である. 一方で, 中国の急激な経済発展に伴う, 越境大気汚染への社会の関心は依然として高い. 離島を活用した長距離輸送の解明は有効であるが, 富士山頂を活用することで, 関東上空に輸送された PM_{2.5} を明らかにすることが可能である.

自由対流圏に位置する富士山頂 (標高 3,776m) は, 長距離輸送された PM_{2.5} を調べるには最適である. そこで 2015 年, 2016 年夏季に富士山頂および埼玉県加須市で 1 日単位の PM_{2.5} 採取を行った. また期間後半は, 韓国最高峰の済州島 Halla 山 (1,950m) 中腹および中国上海市において PM_{2.5} 採取を行った.

本発表では, 富士山頂のほか, 韓国済州島, 中国上海市および埼玉県加須の観測データも得られた 2015 年について考察する.

2. 観測方法

富士山測候所 1 号庁舎に PM_{2.5} シーケンシャルサンプラー (2025i) を設置し, 2015 年 7 月 21 日～8 月 20 日の 30 日間と 2016 年 7 月 24 日～8 月 19 日の 27 日間, 1 日単位の PM_{2.5} 採取を行った. また, 埼玉県環境科学国際センター (埼玉県加須市) では, 2009 年 4 月から 1 日単位の PM_{2.5} 採取を継続しており, 本観測と並行した試料採取を行った. フィルター交換はいずれも午前 0 時とした. また, 韓国済州島の Halla 山中腹 (標高 1,100m 地点), 中国上海市では, 8 月 7 日～21 日の 14 日間 PM_{2.5} 採取を行った. 同期した全ての観測地点を図 1 に示す. 採取は全て PTFE フィルター (Teflo, Pall) を用い, 水溶性イオン (IC 法) 及び金属元素成分 (マイクロウェーブ酸分解-ICP/MS 法) を分析した.

3. 結果

2016 年と 2015 年夏季¹⁾の富士山頂の PM_{2.5} 濃度を図 2 に示す. 2016 年は $2.0 \pm 1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり, $2.7 \pm 1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった 2015 年より濃度レベルは低く, 最高濃度も 8 月 5 日の $4.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ にとどまった. 地上の埼玉県加須でも, 期間中の最高濃度は $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と低く, 例年よりも大幅に光化学スモッグ注意報の発令が減った特異的な夏であった. 一方, 2015 年夏季は, 特に 8 月中旬では, 地上 (東京新宿, 埼玉県加須) の PM_{2.5} 濃度は高めで推移した. 図 3 に O₃ 濃度の変化を示す. 図示していないが, 地上の各地点の 1 時間値は, 日中に増加, 夜間に低下する明瞭な日内変動が見られた.



図 1 同時観測地点

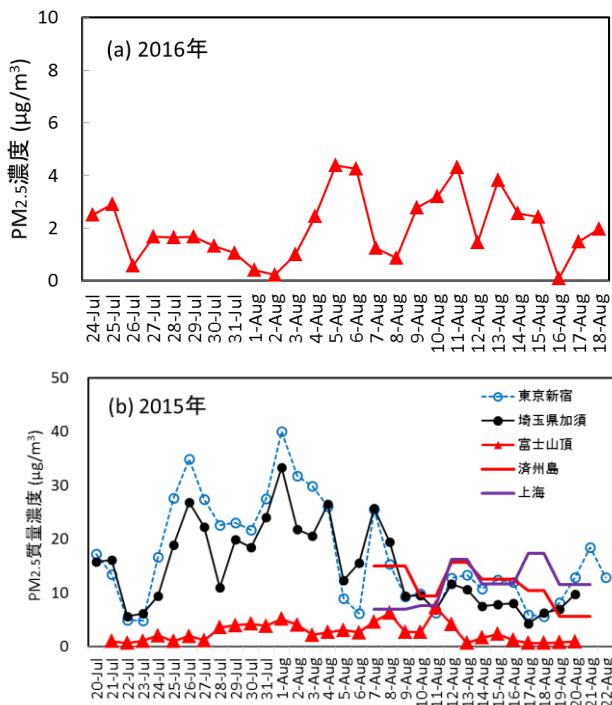


図 2 2016 年, 2015 年夏季の各地点の PM_{2.5} 濃度
東京新宿は大気汚染常時監視測定値²⁾

最高濃度は, 光化学スモッグ注意報発令レベル (120 ppb) に達する日が頻繁に現れたことから³⁾, 東京新宿や埼玉県加須の PM_{2.5} 濃度上昇は, 大気の光化学活性の増加に伴う二次生成によるものと推察される. 一方で, 富士山頂の O₃ 濃度には日内変動は見られず, 地上からの光化学大気汚染の影響は限定的であったと考えられる. なお, 図 2 (b) に済州島, 上海の PM_{2.5} 濃度も示したが, 新宿と同じレベルであった.

金属元素成分は, PM_{2.5} 中の濃度への寄与は低いもの

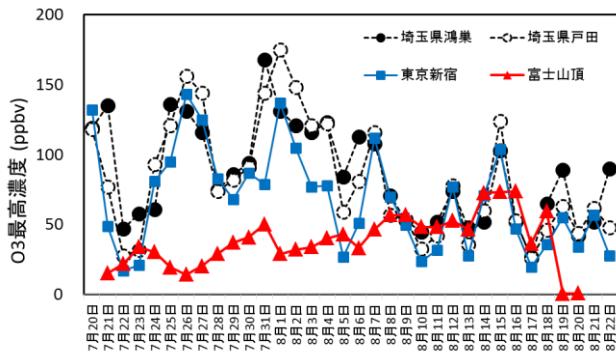


図3 各地点のO₃濃度(1時間値の最高値)
(O₃は首都大加藤准教授の測定データ)

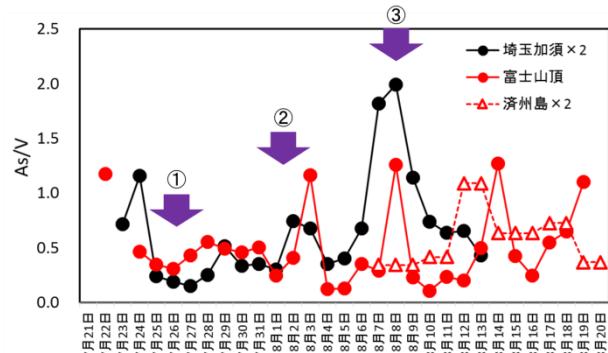


図4 As/V比の推移

の発生源に関する情報を含んでいる。

石炭燃焼の指標の一つとしてヒ素(As)がある。また、石油(重油)燃焼の指標の一つにバナジウム(V)があり、As/V比は燃料燃焼に占める石炭の相対的な割合を示す指標と考えられる⁴⁾。

期間中のAs/V比の推移を図4に示す。PM_{2.5}濃度の上昇した期間のうち、①7月26日、②8月1日、③8月8日を中心とする期間に着目すると、①では、富士山頂、埼玉加須とともに増加は見られないが、②、③では富士山頂とともに1.3となった。2013年夏季の北京、上海のPM_{2.5}中のAs/V比は、上海の0.20に対して北京は3.0と高い値であったが⁵⁾、これはOkuda(2008)の結果とも整合する。また、期間②、③の後方流跡線は、中国北京もしくは東北部方面からの気塊の飛来を示唆していた。

一方、埼玉加須では期間③に明瞭な比の上昇が見られ、0.99まで上昇した。Asは焼却炉などからも排出されるが、これ以外の期間は0.08~0.57と低いことから、期間③は他の期間とは異なる要因で上昇したと考えられ、上空に長距離

輸送された気塊が、地上へ下降したことにより、As/V比が上昇した可能性がある。

また、中国東北部からの気塊飛来のあった期間③では濟州島のAs/V比は低値であったが、その後の8月14日を中心とする期間の後方流跡線は、埼玉加須→富士山上空→濟州島→北京方面となっており、同時期の濟州島のAs/V比も相対的な上昇が見られた。

4. おわりに

2015年夏季に富士山頂で1日単位で採取したPM_{2.5}試料の分析結果をベースとして、地上(埼玉加須)との比較を行った。地上では、光化学大気汚染による影響を強く受けていたが、上空には長距離輸送された気塊が飛来する期間があった。中国等からの石炭燃焼の指標としてAs/V比に着目すると、8月中旬には、富士山頂と埼玉加須とともに顕著な比の上昇が見られた。また、後方流跡線とAs/V比の上昇はよく整合していた。これらにより、富士山頂測候所において大気観測を行うことの優位性が示された。

謝辞

O₃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。本研究資金は、埼玉県環境部大気環境課PM_{2.5}対策事業により実施されました。PM_{2.5}シーケンシャルサンプラーの設置に際しては、山頂班の皆様、早大大河内研、理科大三浦研、帝京科技大和田先生ほか、多くの関係者の方々の協力に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 米持ら(2016). 富士山頂で日単位採取したPM_{2.5}の化学組成と起源. 第9回成果報告会公演予稿集, 11-12.
- 2) 東京都環境局. 大気汚染測定結果ダウンロード. ([http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/air/air_pollution/result_measurement.html](https://www.kankyo.metro.tokyo.jp/air/air_pollution/result_measurement.html)).
- 3) 埼玉県環境部. 埼玉の大気状況(<http://www.taiki-kansi.pref.saitama.lg.jp>)
- 4) Okuda *et al.*(2008). Trends in hazardous trace metal concentrations in aerosols collected in Beijing, China from 2001 to 2006, *Chemosphere*, **72**, 917-924.
- 5) 米持ら(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_{2.5}の元素成分と発生源の特徴. 大気環境学会誌, **51(1)**, 33-43.