

P-05: 富士山体を利用した自由対流圏大気中酸性ガス,ガス状水銀 および水溶性エアロゾルの観測

小川智司¹⁾, 大河内博¹⁾, 緒方裕子¹⁾, 名古屋俊士¹⁾, 皆巳幸也²⁾, 小林拓³⁾, 三浦和彦⁴⁾
加藤俊吾⁵⁾, 米持真一⁶⁾, 梅沢夏実⁶⁾

1) 早大創造理工, 2) 石川県大生物資源環境, 3) 山梨大生命環境, 4) 理科大理,
5) 首都大東京都市環境, 6) 埼玉県環境科学国際センター

1. はじめに

我が国最高峰の富士山は孤立峰であり, その山頂は自由対流圏高度に位置する. そのため, 国内汚染の影響を受けにくく, 様々な物質のバックグラウンド大気濃度の解明に適した環境である. また, 富士山はアジア大陸の東端に位置し, 偏西風の風下にあたることから, アジア大陸からの越境大気汚染の影響をいち早く捉えることが可能である. ここでは, 夏季集中観測結果を中心に, 富士山頂における酸性物質およびガス状水銀のバックグラウンド大気濃度, それらの濃度に及ぼす越境大気汚染の影響について解析した結果を報告する.

【実験方法】 酸性ガス, ガス状元素態水銀(GEM), 水溶性エアロゾルは, 夏季に富士山頂(標高 3776 m)と富士山南東麓(標高 1284 m)で同時採取を行った. 酸性ガス, 水溶性エアロゾルの採取にはフィルターパック法(1 段目:PTFE フィルター, 2 段目:ナイロンフィルター, 3 段目:6% K₂CO₃ + 2% グリセリン含浸フィルター, 4 段目:5% H₃PO₄ + 2% グリセリン含浸フィルター)を用いた. 採取したフィルターはポリプロピレン製遠沈管で振とう抽出し, 孔径 0.45 μm MF で吸引ろ過した後, ろ液をイオンクロマトグラフで分析した. 大気中 GEM は, 水銀捕集管(日本インスツルメンツ製)をポンプ(ガステック製:GSP-400FT, 流量 500 mL/min)に接続して大気を吸引することで金アマルガムとして捕集し, 加熱気化冷原子吸光法(日本インスツルメンツ, WA-5A)で定量した.

2. 結果と考察

2009 年から 2014 年まで富士山頂で観測された酸性ガスおよび水溶性エアロゾル濃度について, 後方流跡線により空気塊を流入方向別に分類し, 関係性を調べた(大陸:26 試料, 海洋:39 試料). その結果, 大陸由来の空気塊の濃度は, SO₂ では海洋由来に比べて 2.4 倍以上(大陸:7.97 nmol/m³, 海洋:3.24 nmol/m³), nss SO₄²⁻では 4.8 倍以上(大陸:6.80 nmol/m³, 海洋:1.41 nmol/m³)であった. 一方, HNO₃ は大陸由来の方が低濃度であり(大陸:0.93 nmol/m³, 海洋:1.77 nmol/m³), NO₃⁻では 2.1 倍以上(大陸:3.74 nmol/m³, 海洋:1.77 nmol/m³)であった. なお, 2013 年 8 月 18 日に桜島の大規模噴火があり, その空気塊の影響が富士山頂でも観測されたが(SO₂:5.1 nmol/m³, HCl:17.8 nmol/m³, nss SO₄²⁻:3.1 nmol/m³, nss Cl⁻:0.52 nmol/m³), 上記の平均値から除外した.

図 1 には, 2014 年夏季に富士山南東麓で観測された大気中 GEM 濃度と気温の相関を示す. 7 月, 8 月ともに気温依存性が示された. 7 月には日本の大気中 GEM の指針値(40 ng/m³)を越える濃度が観測されるなど, 8 月に比べて全体に高濃度であったが, 観測期間中の気象条件などの影響によるものと考えられる. Daniel et al. (2014) は, 土壌空气中 GEM 濃度は

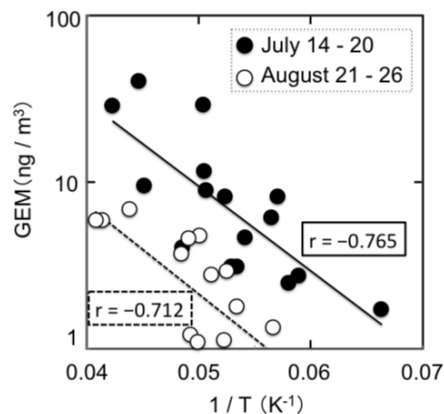


Fig.1 Correlation between GEM concentration in the ambient air and air temperature at the foot of Mt. Fuji on July 14-20 and August 21-26

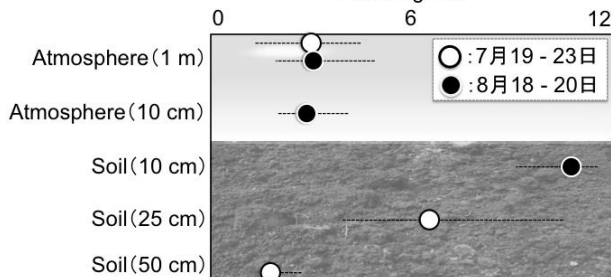


Fig.2 Vertical distribution of GEM at the foot of Mt. Fuji on July 19-23 and August 18-20, 2015.

水分量の増大とその後の太陽光照射により濃度が高くなることを報告しており、水相を介した土壤中水銀の光化学還元の可能性を指摘している。7月の観測前に降雨がありその後は晴れていたこと、また風も弱かったことから、表層土壌から揮散したGEMが拡散されずに南東麓で高濃度になった可能性がある。そこで、2015年夏季集中観測では、土壌空気および大気中GEM濃度の鉛直分布を調べ、大気中GEM濃度の発生源を検討した。表層土壌空気中GEMは大気中に比べて3倍以上の高濃度で観測されたことから、大気中GEMの主要な発生源として表層土壌からの揮散が示唆された(図2)。大気中GEM濃度は表層10cmと1mでほぼ同程度であったことから、表層土壌からの揮散後直ちに拡散されたと考えられる。以上のことから、富士山体から火山性水銀の揮散の可能性があり、富士山体を用いて大気中GEMの観測を行うには注意を要することが分かった。

図3には、2014年7月14-20日、8月22-26日に富士山頂で観測された夜間大気中GEM濃度を、世界各地の遠隔バックグラウンド地点で観測されたGEM濃度と比較した結果を示す。8月夜間に富士山頂で観測されたGEM濃度(1.75 ng/m³)は、遠隔バックグラウンド地点(Mt. Bachelor: 1.54 ng/m³, Storm peak Lab.: 1.60 ng/m³, Lulin Atmospheric Background Station: 1.73 ng/m³)と同程度であった。一方、7月夜間に富士山頂で観測されたGEM濃度(2.99 ng/m³)は8月夜間に比べて高濃度を示した。7月夜間は8月夜間に比べて大陸由来の空気塊の割合が高いことから(7月:100%, 8月:36%),越境大気汚染の影響が示唆された。また、7月夜間は自由対流圏高度に位置するMt. Leigong(標高2178m)で観測された値(2.80 ng/m³)と同程度であったことから、大陸由来の空気塊の影響を反映している可能性が高い。図4には、2015年7月19-24日に富士山頂で観測された大気中GEM濃度の経時変化を示す。日中に濃度が増加、夜間に減少する昼夜変動が見られた。特に20日の日中には高濃度のGEMが観測された。これは富士山頂においても土壌から揮散した水銀の影響を受けていると推察される。なお、土壌からの揮散の影響を受けない夜間においても、バックグラウンド濃度(1.75 ng/m³)を超える高濃度のGEMが見られた。22日夜間に大気中GEM濃度が上昇し、空気塊は台湾上空を低高度で輸送されていた。また23日夜間には、空気塊は大陸から輸送されており、大気中GEM濃度、CO濃度ならびに雲水中水銀濃度が増加した。さらに、SO₂濃度も増加していることから、越境大気汚染の影響が考えられる。最後に2014-2015年の夜間に観測された海洋起源の試料を用いてバックグラウンド濃度を評価した。得られた値(1.88 ng/m³)は、遠隔バックグラウンド地点と同程度であることから、富士山頂の夜間に観測される大気中GEMはバックグラウンド濃度であるといえる。

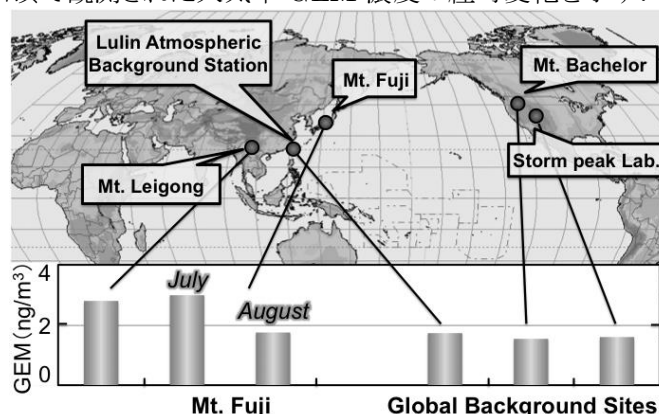


Fig.3 Comparison of GEM concentration in the ambient air in the nighttime at the top of Mt. Fuji and at global background sites.

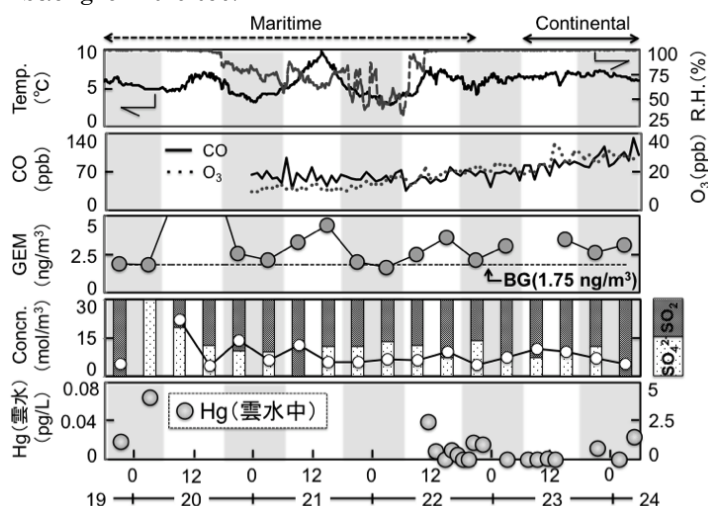


Fig.4 Temporal variation of GEM concentration in the ambient air at the top of Mt. Fuji on July 19-24, 2015