

富士山頂および山麓における雲水化学特性とその濃度支配要因

○小川新¹⁾, 大河内博¹⁾, 緒方裕子¹⁾, 皆巳幸也²⁾, 松尾亜弓³⁾

¹⁾早大創造理工, ²⁾石川県大生物資源環境, ³⁾早大環境保全

【はじめに】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物質のバックグラウンド濃度、大陸からの越境汚染、ガス-エアロゾル-雲相互作用の観測を行うことができる。我々は2006年から富士山頂で夏季集中観測、南東麓で通年観測を行ってきた。ここでは雲水中の主要無機イオンと微量金属元素に焦点を当て、富士山南東麓と山頂における雲水化学特性とその濃度支配要因について検討した結果を報告する。

【実験方法】富士山頂での雲水採取には細線式パッシブサンプラー(白井工業, FWP-500)、南東麓での雲水採取には自動雲水採取機(北都電気, DFC-2200)を用いた。試料は回収後に密栓して冷蔵保存し、研究室に持ち帰り、0.45 μm メンブレンフィルターで吸引ろ過を行ってpHと導電率を測定した。主要無機イオンの分析はイオンクロマトグラフ、微量金属元素はICP-MS(Agilent 7700x)、水銀は還元気化水銀測定装置(日本インスツルメンツ, マーキュリー/RA-3)で行った。ここで、総水銀(Hg-T)はろ過前の分析値、溶存態水銀(Hg-D)はろ過後の分析値、懸濁態水銀(Hg-P)は総水銀から溶存態水銀の分析値を引いた値と定義した。

【結果と考察】南東麓における2011年~2013年の雲水の体積加重平均pHはそれぞれ4.23(n=127), 3.95(n=206), 4.14(n=58)であった。雲水のNO₃⁻/nss SO₄²⁻当量比の平均値はそれぞれ2.29(2011年), 2.18(2012年), 2.58(2013年)であり、南東麓では硝酸により酸性化していた。一方、山頂における2011年~2013年の雲水の体積加重平均pHはそれぞれ4.49(n=44), 4.79(n=33), 4.10(n=22)、平均総イオン濃度はそれぞれ164(μeq/L), 73.9(μeq/L), 371(μeq/L)であった。2011~2013年の雲発生時の空気塊はそれぞれ64%, 25%, 82%が大陸由来であったことから、2013年は雲水pHが低く、総イオン濃度が高くなったと考えられる。NO₃⁻/nss SO₄²⁻当量比の平均値はそれぞれ0.571(2011年), 0.966(2012年), 0.924(2013年)であった。富士山頂では硫酸の寄与が大きいが、過去2年間は当量比が1に近く、硝酸の寄与が増加していた。Fig.1には南東麓における雲水中水銀の大気負荷量を示す。水銀は石炭燃焼由来として知られ、越境汚染を評価する上でトレーサーとして利用できる可能性がある。総水銀(Hg-T)の大気負荷量は12~3月に高く、この時期には北西季節風の影響を強く受けることから、大陸から長距離輸送された可能性がある。溶存態(Hg-D)と懸濁態(Hg-P)の割合に明瞭な季節変化はみられず、平均すると同程度であった。Fig.2には2013年の南東麓における雲水中微量金属元素の組成を示す。雲水中微量金属元素の平均大気負荷量は49.5(ng m⁻³)、主成分はAl, Fe, Znであった。その他の成分としてV, Cr, Ni, As, Se, Cd, Hg, Pbが検出された。

Fig.3には2013年夏季における富士山頂の雲水中As, Se, nss SO₄²⁻濃度の相関を示す。AsとSeは石炭燃焼のトレーサーであり、両者には正の高い相関があった。また、nss SO₄²⁻とも高い相関(As:r=0.916, Se:r=0.969)を示した。AsとSeはフライアッシュに多く含まれるZn, Cd, Pbとの相関性も高く、石炭燃焼由来の汚染空気が輸送され、雲粒に取り込まれたことを示唆している。なお、南東麓の雲水でもAs, Se, nss SO₄²⁻には比較的高い相関(r=0.60以上)がみられた。

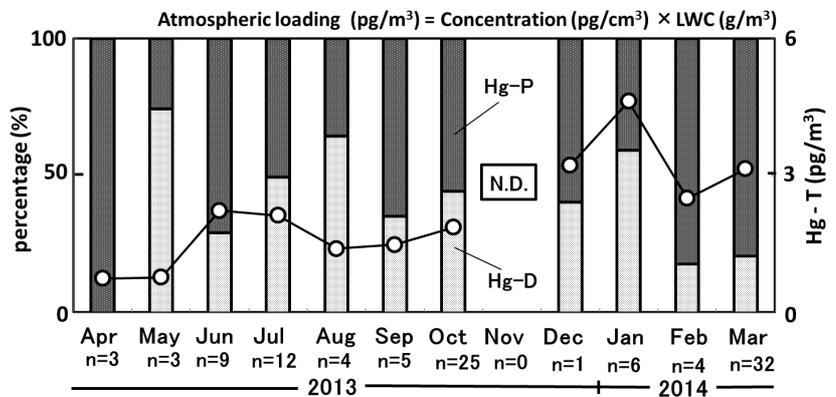


Fig.1 Monthly variation of atmospheric loading of dissolved (Hg-D) and particulate mercury (Hg-P) in cloud at the foot of Mt. Fuji.

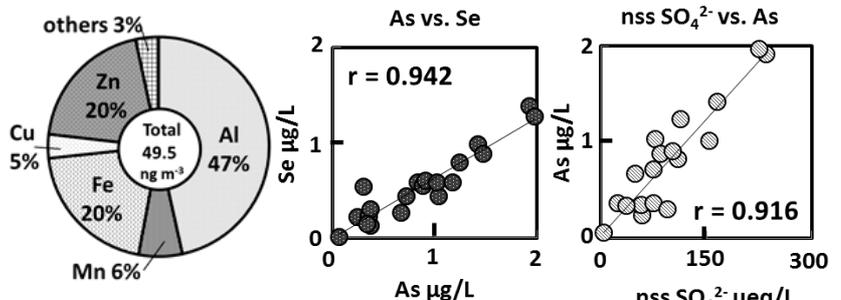


Fig.2 Composition of trace metals in cloud at the foot of Mt. Fuji. (2013/7~2014/3)

Fig.3 Correlations among As, Se, and nss SO₄²⁻ in cloud at the top of Mt. Fuji. (2013/7~8)