富士山体を利用した自由対流圏および大気境界層における雲水化学特性（6）

○大力充雄[1]，大河内博[1]，中村恵[1]，勝見尚也[2]，皆巳幸也[2]，米持真一[3]，三浦和彦[4]，加藤俊吾[5]，和田龍一[6]，竹内政樹[7]，戸田敬[8]，土器屋由紀子[9]，畠山史郎[9]
1.早稲田大学，2.石川県立大学，3.埼玉県環境科学国際センター，4.東京理科大学， 5.首都大学東京，6.帝京科学大学，7.徳島大学，8.熊本大学，9.富士山環境研究センター

1. 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しているため，日本国内で排出された大気汚染物質の影響を受けにくい. そのため, 日本上空の雲水中化学物質のバックグラウンド濃度とアジア大陸からの長距離輸送による越境大気汚染の影響を評価するのに最適である．ここでは，2006 年から 2018 年まで富士山頂で採取した雲水中酸性物質と溶存態微量金属元素の長期トレンド，希土類元素を用いた越境大気汚染の影響について検討した結果を報告する.

2. 実験方法

富士山頂（3776 m）での雲水採取には細線式パッシブサンプラー（臼井工業，FWP-500）を用いた．雲水試料は回収後，主要イオン分析用はポリプロピレン溶液に入れ，微量金属元素分析用はテフロン容器に入れて有害重金属測定用硝酸で pH 3 として密栓・冷蔵保存して研究室に持ち帰った．その後，0.45 μm メンブレンフィルターで吸引ろ過し, 直ちに pH と導電率を測定した．主要無機イオン分析にはイオンクロマトグラフ（陽イオン: ICS-1000, 陰イオン: AQUION），微量金属元素（Al， V， Cr， Mn， Fe， Ni， Cu， Zn， As， Se， Cd， Pb， 希土類元素 14 元素）は ICP-MS（Agilent7700x），水銀の分析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.

3. 結果と考察

図 1 に 2006 年から 2018 年における雲水中主要無機イオン, 溶存態微量金属元素の経年変化を示す．1 段目のグラフは雲水体積加重平均 pH と平均 N/S 比（硝酸イオンの体積加重平均当量濃度／非海塩性硫酸イオン），2 段目に主要無機イオン総濃度と化学組成の割合を示す. 3 段目に溶存態微量金属元素の全成分総濃度とその組成割合, 4 段目に溶存態微量金属元素のうち，副成分（主成分以外の 10 元素）総濃度と組成割合を示す．雲水 pH と N/S 比はばらつきがあるものの, 経年的にともに上昇傾向にあるが, 主要無機イオン総濃度には経年的な増加および減少傾向は見られなかった．10 試料以上採取ができた年では，主要無機イオン総濃度は 0.0549～0.371 μeq/L であり，低濃度を推移していた. 後方流跡線解析によって, 大陸から輸送された空気を取り込んだ雲水は pH が低く，主要無機イオンの総濃度が高くなることが分かった. 微量金属元素の主成分は年によらず Al， Fe， Zn であり, 副成分では Mn， Cu， Pb の割合が高かった．全成分濃度および副成分濃度は 2015 年以降同様の変動を示した. また, 経年的な濃度の増加および減少傾向は見られなかった.

図 2 に 2018 年夏季の空気塊由来別の雲水中溶存態希土類 15 元素の総濃度と組成割合を示す．1 段目のグラフは希土類元素の全成分総濃度と組成割合, 2 段目は希土類元素のうち，中・重希土類（軽希土類 La，Ce，Pr，Nd 以外の 10 元素）総濃度と組成割合を示す．雲水中希土類元素の主成分は Ce，Y，Nd，La であり，大陸北部由来の雲水中希土類元素の総濃度（2.30 μg/L）は，海洋由来の総濃度（0.04 μg/L）の約 60 倍であった．希土類元素の生産量は中国が世界全体の約 80 %を占めている 1) ことから，希土類元素は中国からの越境輸送の指標物質として有効である可能性が示唆された.

4. おわりに

夏季富士山頂における雲水の長期観測により、越境大気汚染の影響は減少し、大気質が改善傾向にあることが示唆された。

5. 参考文献

1) United States Geological Survey (2018), Mineral Commodity Summaries, 132-133.

連絡先：大力充雄 (Mitsuo DAIRIKI)　mitsuo-dairiki@fuji.waseda.jp

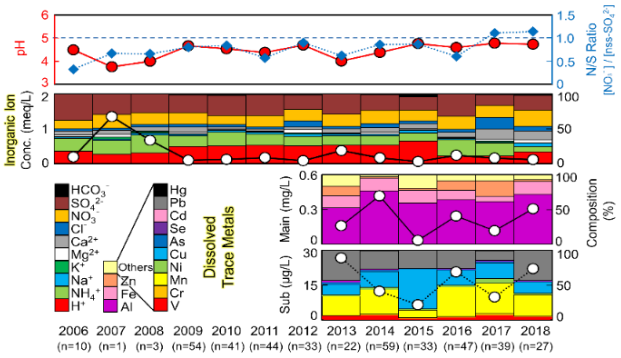

図 1. 夏季富士山頂における雲水 pH と N/S 比，総主要無機イオンと金属濃度の経年変化

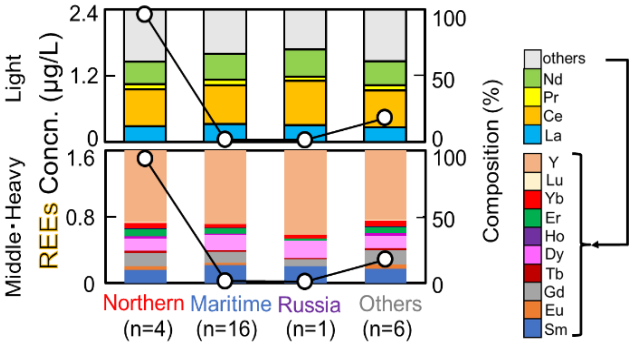

図 2. 2018 年夏季富士山頂における雲水中希土類 15 元素の総濃度と組成割合

連絡先：大力充雄 (Mitsuo DAIRIKI)　mitsuo-dairiki@fuji.waseda.jp