P−13: 富士山体を利用した自由対流圏の雲水化学特性の解明

中村恵[1], 大河内博[1], 小川新[1], 緒方裕子[1], 名古屋俊士[1], 勝見尚也[1], 皆巳幸也[2], 小林拓[3],
三浦和彦[4], 岩本洋子[4], 加藤俊吾[5], 植松光夫[6]
1. 早稲田大学大学院創造理工学研究科, 2. 石川県立大学生物資源環境学部, 3. 山梨大学生命環境学部,
4. 東京理科大学理学部第一部, 5. 首都大学東京都市環境学部, 6. 東京大学大気海洋研究所

1. はじめに

世界的にも 3000 m 以上の高所で大気化学観測を行える場所は限られているが, 富士山は標高が 3776 m でスマートな山体の孤立峰であり, 山頂は自由対流圏高度に位置する. そのため, 国内の大気汚染の影響を受けにくく, 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, アジア大陸からの長距離輸送による越境汚染の状況, ガスーエアロゾルー雲相互作用の観測を行うことができる. また, 山頂は森林限界以上にあることから, 樹木に妨げられることなく雲水の採取ができる. 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, 自由対流圏高度における雲水化学特性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. 試料は回収後に密栓して冷蔵保存して研究室に持ち帰り, 0.45 µm メンブランフィルターで吸引ろ過後に, 直ちに 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 (陽イオン: DX-1000, 陰イオン: DX-320), 微量金属元素 (Al, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Se, Cd, Pb) は ICP-MS (Agilent 7700x), 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. 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. 雲発生時間中の空気塊については, 後方流跡線解析 (HYSPLIT : http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php) を行った.

3. 結果と考察

Fig. 1 に 2014 年における溶存態微量金属元素の空気塊毎の濃度を示す. 棒グラフで大陸北部, 大陸南部, 海洋由来の空気塊が輸送された場合の雲水中の各元素の濃度を示した. また, 折れ線グラフで大陸由来と海洋由来の雲水の濃度比を示す. ほぼすべての元素において大陸北部で最も濃度が高く, 海洋由来の雲水で最も濃度が低くなる傾向が見られた. 特に, As, Se, Cd ではその濃度差が大きく, 大陸と海洋の濃度比が他元素に比べて非常に高くなった. また, As に対する Se, Cd, nss-SO_4^{2-}の相関分析を行った. その結果, 非常に高い相関が見られた. As, Se, Cd, nss-SO_4^{2-}は石炭燃焼に由来すると考えられることから大陸からの越境汚染が考えられる.

Fig. 2 に 2014 年における各イオン, 溶存態微量金属元素の雲水中高度別空気塊毎の濃度比を示す. ここで, 2000 m 以上は, 空気塊が後方流跡線の解析時間 (72 時間) 中に 2000 m 以上のみを通過した雲とした. 2000 m 以下は, 後方流跡線の出発点のうち, 半分以上が 2000 m 以下を通過している場合とした. これを踏まえて, 2000 m 以下を通過した雲の濃度を分子, 2000 m 以上を通過した雲の濃度を分母とした. 大陸北部では Hg 以外のイオン, 微量金属元素で比が 1

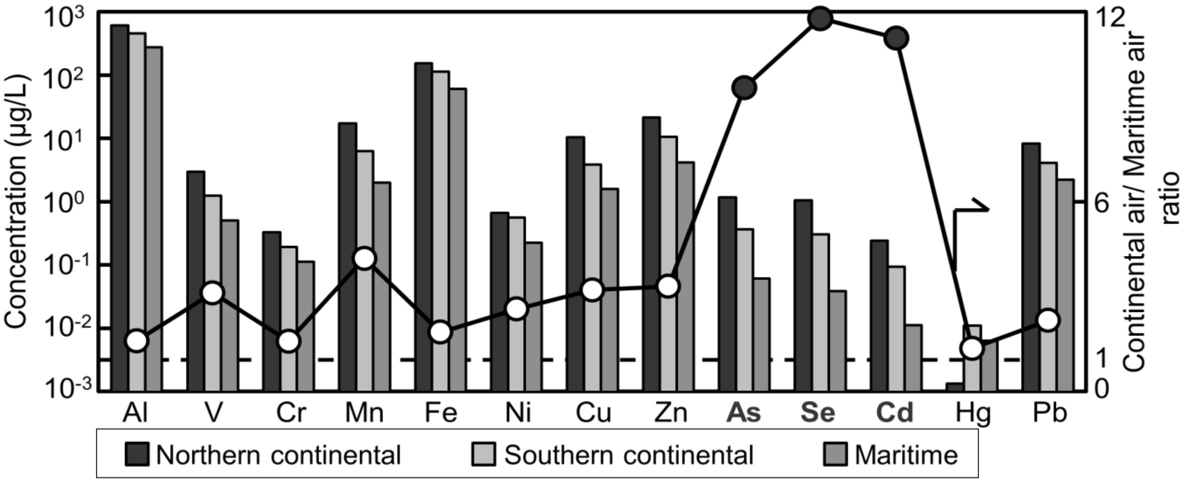

Fig. 1 Comparison of trace metals according to the origin of air mass in 2014

連絡先：中村恵（Megumi NAKAMURA） marymount.0330@asagi.waseda.jp

以上となり、2000 m 以下の雲水で濃度が非常に大きくなる傾向が見られた. 後方流跡線の解析時間を 2 週間としてみると, 2000 m 以上の雲水のうち高度 10 km から下降している雲水で最も溶存態 Hg 濃度が高くなった. このことから, 上空において元素状 Hg が酸化されることで雲水中に含まれると考えられる. 具体的にはオゾンの存在がある. オゾンは高度が 10 km を超えるとその濃度が上昇する[1]. オゾン濃度が上昇することで大気中の元素状 Hg がオゾンにより酸化される速度が上昇し, 粒子状 Hg である HgO になり[2], 雲水に含まれることとなったと考えられる.

海洋由来の雲ではすべてのイオンと微量金属元素で比が 1 付近を示し, 雲水中濃度は輸送高度に依存していないことが分かった. 一方, 大陸南部由来の雲水では比が 1 を下回るイオン, 微量金属元素が多く, 特に SO_4^{2-}, Cr, Zn, Cd で顕著であった.

4. 結論

自由対流圏の雲水では空気塊別に分類して濃度を比較することで, 輸送経路により濃度に大きな差が見られ, 特に As, Se, Cd でその濃度差が顕著であることが示唆された. また, これらの元素には高い相関関係が見られたことと, 石炭燃焼由来の元素であることから, 大陸からの越境汚染の影響があることが示唆された. さらに, 高度別に分類して濃度を比較することで, 輸送高度により濃度に大きな差が見られ, 特に大陸北部でその高度別の濃度差が顕著であることが示唆された.

参考文献

1) United Nations Environment Programme, World Meteorological Organization, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Aeronautics and Space Administration (1994). Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1994 Executive Summary. World Meteorological Organization Global Ozone Research and Monitoring Project – Report No. 37, xxv.
2) 津崎昌東, 速水洋, 朝倉一雄 (2006). 東アジアを対象とした水銀の輸送モデルの開発. 電力中央研究所報告 研究報告: V05014, 3-4.

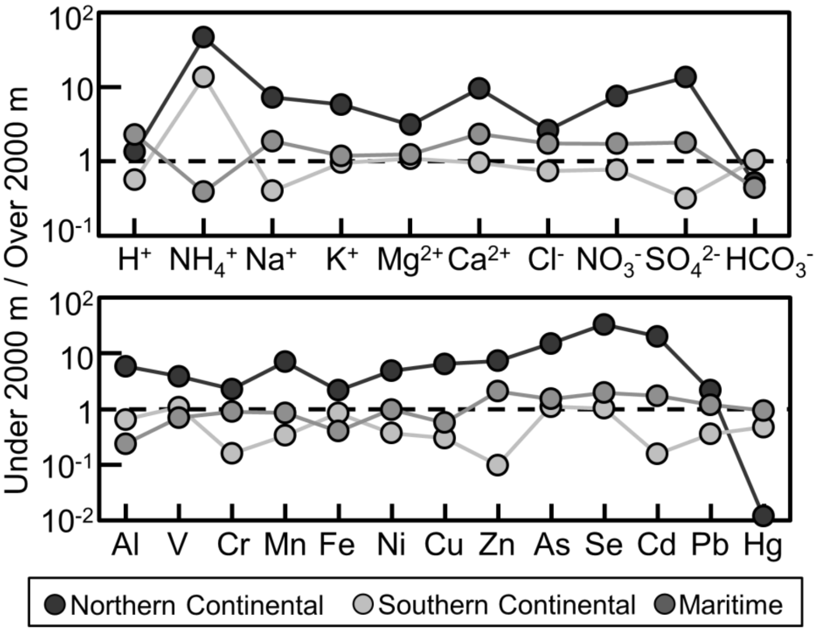

Fig. 2 Concentration ratio of major ions and dissolved trace metals in cloud water with respect to altitude