

P-01: 富士山頂でのエアロゾル化学成分の粒径別測定

鈴木慶¹、畠山史郎¹、島田幸治郎²

1. 東京農工大学農学部、2. 東京農工大学工学部

1. はじめに

エアロゾルは一般に、燃焼などに伴う凝結過程を経て発生する人為起源のものは微小粒子で、土壌粒子や海塩粒子のように、主に機械的な力を受けて細かく発生した自然起源のものは粗大粒子である。いったんはガスとして大気中に放出されたものが、大気中で粒子に転換してできる「二次粒子」のエアロゾルの割合は、地球規模で見ると 40~50%に及ぶと推定されるが、それらがどのようにできるかというメカニズムは未だ分かっていないことが多い。(笠原ら, 2008)

自由対流圏のエアロゾル粒子の起源は、大気下層から輸送されたか、成層圏から輸送されたもの、あるいは自由対流圏内でガスから生成したものが考えられる。夏の時期は、日本列島は海洋性の太平洋高気圧に覆われるため、大陸からの日本への物質輸送が著しく不活発になると考えられている。しかし、それらの多くは地表面での物質の採取や数値モデルなどから考えられたもので、実証例は意外に少ない。ライダー観測では、ある地点上空のエアロゾルの時間的な濃度・形状の変化を教えてくれるが、この観測方法では広域拡散途中でエアロゾル粒子や周囲の気体成分にどのような物質的変化が生じるかを知ることができない。(土器屋ら, 2001)

本研究では自由対流圏に位置する富士山頂において、カスケードインパクタを用いて 5 段の粒径別にエアロゾルを捕集した。粒径別に測定を行うことで、粒子に関する詳細な情報を調べることができる。捕集したエアロゾル中の無機化学成分について解析をおこない、富士山頂における無機化学成分の粒径分布や粒径別の発生起源を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

富士山頂において、2013年7月29日18時から8月2日6時、8月19日18時から8月21日6時に、12時間サンプリングを行った。サンプリングにはカスケードインパクタ(ナノサンブラ KANOMAX MODEL3180)を用い、テフロンフィルター上に 10 μm 以上、2.5-10 μm、1-2.5 μm、0.5-1 μm、0.5 μm 以下の粒子径のエアロゾルを段階別に捕集した。粒子の重量濃度は、フィルターの前秤量と後秤量を行い、その重量の差を積算流量で割ることにより求めた。イオン成分は、イオンクロマトグラフを用いて、Na⁺、NH₄⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻の8種類を分析した。金属成分は、ICP-MSを用いて、Li、Na、Mg、Al、K、Ca、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Ga、As、Se、Rb、Sr、Mo、Ag、Cd、In、Sn、Sb、Cs、Ba、La、Tl、Pb、Biの31種類を分析した。

3. 結果と考察

後方流跡線解析によると、期間の前半である7月29日~8月2日は東アジア地域からの輸送、期間の後半である8月19日から8月21日は国内からの輸送が中心であった。イオン成分はどの粒径においても NH₄⁺と SO₄²⁻が支配的で、両イオンの相関は非常に高いことから、(NH₄)₂SO₄の存在が示唆された。また、期間の後半は、K⁺と SO₄²⁻においても高い相関がみられ、K₂SO₄の存在が示唆された。イオン成分の粒径分布は、前半期間

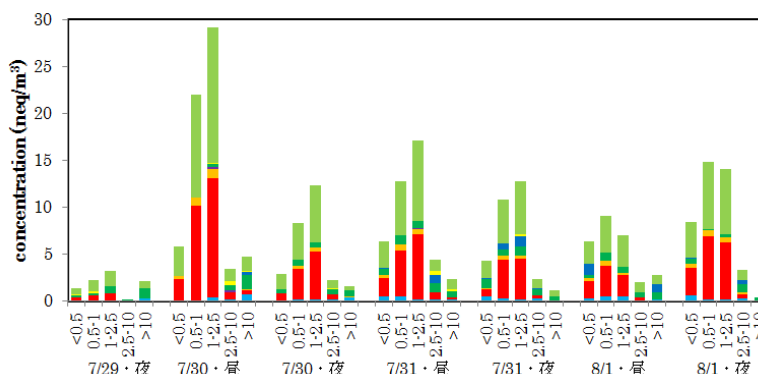


図1. 前半期間の粒径別イオン濃度

は 0.5-1 μm にピークが存在したのに対して、後半期間は 2.5-10 μm にピークが存在した。前半期間はカチオン濃度、アニオン濃度ともに近い値で、中和されていたのに対して、後半は特に 1-2.5 μm や 2.5-10 μm の粒径においてアニオン過剰となった。特に、激しく活動中の桜島による大規模噴火由来の気塊が輸送されてきたときには、アニオン過剰が大きくなっていた。アニオン過剰分を本研究で測定できなかった H^+ とすると、 H^+ と SO_4^{2-} の間に高い相関がみられた。このことから、後半期間は桜島由来の SO_2 が酸化され、 NH_4SO_4 、 K_2SO_4 、 H_2SO_4 の形態で存在していたと考えられる。また、後半期間においては SO_2 ガスから生成されるエアロゾルが微小域ではなく粗大域に存在していたことから、粗大域へのシフトが示唆された。観測期間において、霧が観測されていたことから、本来微小域に存在するエアロゾルが霧に取り込まれて、粗大域に存在していたと考えられる。

金属元素は、ある元素が代表的な地殻中の元素との比をとることによって土壌起源か人為起源かを判断する指標である EF 値を用いて考察を行った。(Stuart Ross Taylor et al. 1995) EF 値が 2 未満であればその元素は土壌起源、2 から 10 の間にあれば土壌起源と人為起源の両方、10 以上にあれば人為起源を指し示す指標となる。EF 値を各元素ごとに粒径別に見てみたところ、エアロゾルの粒径による違いはほとんど見られなかった。Pb や Cu は EF 値が 10 以上であるために人為起源であることが示唆されたが、後半期間において濃度のピークが 2.5-10 μm の粗大域にみられた。前述のイオン成分と同様に、これらの元素に置いても粗大域へのシフトが示唆された。

4. まとめ

前半期間(7/29~8/2)は東アジア由来、後半期間(8/19~8/21)は国内由来の気塊が輸送されており、フィルターの重量濃度は、前半期間よりも後半期間のほうが高くなっていた。イオン成分においてはどの粒径においても NH_4^+ 、 SO_4^{2-} の濃度が高く、前半期間では 0.5-1、1-2.5 μm の微小域において濃度が高かったのに対して、後半期間は 2.5-10 μm の粗大域において濃度が高かった。イオンバランスは、前半期間は中和されていたが、後半期間は特に粗大域で Anion 過剰となり、過剰な SO_4^{2-} が NH_4SO_4 や K_2SO_4 だけでなく、 H_2SO_4 としても存在していた。また、 SO_2 ガスによって生成された SO_4^{2-} が粗大域にて観測されたことから、 SO_4^{2-} の微小域から粗大域へのシフトが示唆された。金属元素においても、人為起源の物質が粗大域に見られ、 SO_4^{2-} と同様に粗大域へのシフトが示唆された。

参考文献

- 笠原三紀夫, 東野達監修. 京都大学学術出版会(2008). 大気と微粒子の話—エアロゾルと地球環境.
土器屋由紀子, 岩坂泰信, 長田和雄, 直江寛明編. 養賢堂(2001). 山の大气環境科学.
Stuart Ross Taylor, Scott M. Mclennan. (1995) The Geochemical Evolution of the Continental Crust. Reviews of Geophysics, 33(2), 241-265.

謝辞: 本研究は、公益財団法人日立環境財団の助成を受けて行った。感謝申し上げます。

*連絡先: 鈴木 慶 (Kei SUZUKI)、50010153032@st.tuat.ac.jp

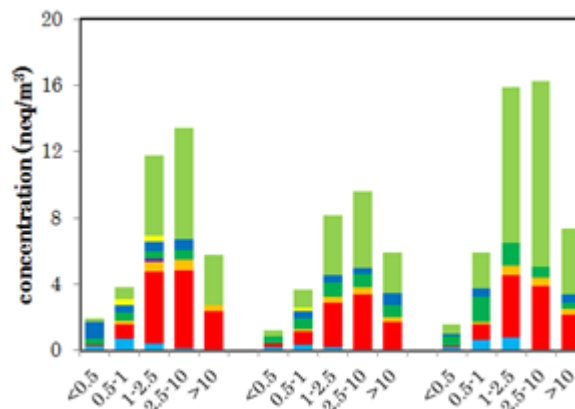


図 2. 期間の後半の粒径別イオン成分濃度