

富士山斜面の雲の上・下で捕集したエアロゾル粒子

Atmospheric aerosol particles collected above and below clouds along the pass of Mt. Fuji

上田 紗也子^{1*}, 三浦 和彦¹UEDA, Sayako^{1*}, MIURA, Kazuhiko¹¹ 東京理科大学¹Tokyo University of Science

大気エアロゾル粒子のサイズと組成は、大気エアロゾル粒子による気候影響や物質輸送を評価する上での基礎的パラメータである。大気エアロゾル粒子の光学的特性や物理化学的特性は、粒子サイズと組成の変化に伴い大気中で変化する。粒子サイズや組成を変える主な過程として、低揮発性気体物質の凝縮・吸着や置換反応、粒子同士の衝突(凝集)、雲を介した過程(雲過程)が挙げられる。雲過程とは、エアロゾル粒子が雲凝結核として働いて雲粒(液滴)となった際に、気体物質の溶けこみや雲粒同士の衝突した後、再び水分が蒸発して雲粒からエアロゾル粒子に戻る過程である。雲過程は、サブミクロンからミクロンサイズの粒子で、粒子サイズを飛躍的に変える過程と言われている。しかし、雲過程に関する観測的報告は少なく、粒子サイズと組成がどの程度変わるのかは不明である。

本研究では、雲過程によるエアロゾル粒子の組成とサイズの変化を見積もることを目的とし、2011年夏期に富士山で4回(7/15、7/28、8/3、8/15)の徒歩観測を行った。富士山頂(標高3776m)から御殿場ルートを通り、御殿場新五合目(標高1440m)または麓の太郎坊(標高1300m)まで3~5時間かけて下った。雲の上・中・下として、霧が発生し始める高度と、霧の中、霧から抜けた高度で20分程度留まり、粒子数濃度測定と電子顕微鏡観察用の試料採取を行った。粒径別の粒子数濃度は、KR-12(OPC、リオン社製)に拡散ドライヤーを配し、30%RH以下の状態で測定した。霧粒を除く粒子数濃度も測定するため、インレットに50%カットオフ径5 μ mのインパクターを2分毎に付けはずして測定した。電子顕微鏡観察用のエアロゾル試料は、拡散ドライヤーを通した後、2段インパクター(50%カットオフ径1、0.3 μ m)でカーボン補強したコロジオン膜上に採取した。採取した試料は、Pt/Pd蒸着を斜め($\arctan(0.5)$)から蒸着を施した後、透過型電子顕微鏡で観察し、個別粒子についてエネルギー分散型X線(EDS)による元素分析を行った。

7/15、8/3、8/11の観測では、山道で風は主に斜面下から上に吹き、途中で降水を伴わない薄い霧が、それぞれ標高1700~3300m、1300~3300m、2000~2400mで見られた。7/28は、標高3720m以上は降水を伴う濃い霧に覆われており、山頂も霧の中であった。0.3 μ m以上の粒子数濃度は、7/15、8/11は雲の上から下でそれぞれ71~79 cm^{-3} 、104~136 cm^{-3} と雲の上下で同程度であったが、8/3は雲の上で21 cm^{-3} 、下で120 cm^{-3} と雲下で一桁近く低かった。各観測時刻・高度別の後方流跡線解析によれば、7/15と8/11は雲上と雲下で気塊の輸送経路が殆ど同じであったが、8/3は雲上と雲下で異なった。

本研究では雲過程の前後の気塊を比較するため、谷風影響下で、かつ気塊の輸送経路も同じ雲上と雲下で採取した、7/15と8/11の試料中の粒子(0.5~2 μ m)について、EDS分析による個別粒子の組成を比較した。これらの試料では、雲の上下とも海塩粒子の成分であるNaを含む粒子が半分以上を占めた。7/15のNa含有粒子では、雲下ではClおよびSが含まれる粒子、雲の上ではClを含まない粒子が多く、ClとNaの原子数比の平均値(Cl/Na)は、雲下で0.30、雲上で0.00であった。NaCl粒子の主な変質過程として、Clの置換によるNa₂SO₄やNaNO₃の生成があげられる。雲上でのS/Na比(0.20)は、Na₂SO₄の比(0.5)より低いが、雲下(0.16)より高かった。これらの結果は、雲過程の際に、海塩粒子中のClがSO₄とその他物質に置換されたことを示唆した。一方、8/11は、雲の上も下でも、Clを含まないNa含有粒子が多く、0.5~2 μ mでの原子量比Cl/Naの平均値は、雲の下上とも0.00であったが、雲上のS/Na比(0.31)は雲下(0.17)より高かった。このことから、雲下で十分変質していた海塩粒子に、雲過程の際に硫酸塩が付加されたと考えられる。変質した海塩粒子にH₂SO₄が付加したと仮定すると、8/11の雲上下のS/Na比の差から見積もられる粒子ひとつあたりに雲過程で付加されたH₂SO₄は、粒子質量の1割であった。

【謝辞】 観測にご協力下さった皆様に深く感謝いたします。本観測は、NPO法人「富士山測候所を活用する会」が富士山頂の測候所施設の一部を気象庁から借用管理運営している期間に行われた。本研究の一部は東京理科大学特定研究助成金共同研究、科研費基盤研究C(22510019)、東京理科大学総合研究機構山岳大気研究部門2011年度活動経費・活動補助費の助成により行われた。

キーワード: 大気エアロゾル, 海塩粒子, 雲過程

Keywords: atmospheric aerosol particle, sea salt aerosol, in cloud process