

P-08:富士山斜面の雲上下で採取した海塩粒子:雲過程による粒子組成への影響

上田紗也子、広瀬雄揮、三浦和彦
東京理科大学

1. はじめに

大気中には、人為的・自然的要因により発生する種々の微粒子（大気エアロゾル粒子）が存在する。個々のエアロゾル粒子の組成や大きさは、気体物質の凝縮や凝集、雲を介した過程（雲過程）などの変質過程により、大気中で変化する。このうち、雲過程とは、エアロゾル粒子が雲粒に成長し、雲粒同士の衝突や気体物質の取り込まれることで、水分が蒸発した際の粒子組成とサイズが変わる過程を指す。この過程は、凝縮や凝集による変質と比べ、数百 nm 程度の粒子のサイズ・質量を飛躍的に変え得る過程と言われているが、観測的に変質の程度を見積もった研究報告は少ない。本研究では、雲過程によるエアロゾル粒子の変化を見積もることを目的とし、富士山斜面を下りながらエアロゾル粒子に関する観測を行い、雲の上中下でのエアロゾル粒子の比較を行った。

2. 観測・測定方法

2011 年と 2012 年の 7-8 月に富士山頂から御殿場ルートでの徒歩観測を行った。雲上、雲中、雲下の高度に 20 分程度留まり、光散乱式粒子数濃度計数器（OPC）を用いた粒子数濃度の測定と透過型電子顕微鏡（TEM）用サンプルの採取を行った。OPC には拡散ドライヤーを配し、相対湿度 30% 以下でのサイズ別粒子数濃度を測定した。インレット部分に、2 分毎にインパクター（50%カットオフ径、5 μm ）を取り付けることで、霧粒を除いた粒子数濃度も得た。TEM 用サンプルは、拡散ドライヤー（RH<30%）を通し乾燥させた後、並列に組んだ 2 段のインパクター（50%カットオフ径、1 μm 、0.3 μm ）で採取した。TEM 試料は、白金パラジウムを斜めから蒸着した後に観察し、エネルギー分散型 X 線分析器による個別粒子の元素分析を行った。粒子サイズ（球相当径）は、TEM 画像での粒子面積と白金パラジウムによる影の長さから見積もった粒子体積より算出した。観測は、2011 年に 4 回、2012 年に 5 回行った。本研究では雲過程前後の気塊を比較するため、主風向が斜面下側からであり、かつ 3 日間の後方流跡線が、雲の上下でほぼ同一経路の 5 例（2011 年 7/15、8/11、2012 年 7/26、8/2、8/9）について解析を行った。7/15（2011）と 8/2（2012）は太平洋側から、8/11（2011）、7/26（2012）、8/9（2012）は日本海側からの気塊であった。

3. 結果

OPC で測定した粒径分布は、雲下から雲上で類似していた。雲内での測定によれば、 $>0.3 \mu\text{m}$ 粒子中の雲粒は、2011 年 7/15、8/11、2012 年 7/26、8/2、8/9 でそれぞれ 4、43、18、16、28%であった。図 1 に 7/15、8/11（2011）、7/26、8/2、8/9（2012）に採取したサンプルの粒径 0.5~2.0 μm の EDX 分析結果を示す。硫酸塩が多く見られた 7/26（2012）を除き、Na を主成分とする海塩粒子が半分以上を占めた。海塩粒子は海水から生成される NaCl を母体とした粒子であるが、亜硫酸ガスや硝酸ガスによる置換により Na_2SO_4 や NaNO_3 に変わり得る。海塩粒子の多い 7/15、8/11（2011）、8/2、8/9（2012）について、各試料中海塩粒子の Cl/Na と S/Na のモル比を高度別に示す（図 2）。7/15（2011）は、雲下における Cl/Na の中央値（0.20）は雲上では 0 と小さかった。雲下と雲上の S/Na は違いがわずかであったことから、海塩粒子中の Cl が硝酸などによって置換されたと考えられる。8/11（2011）と 8/2（2012）、8/9（2012）の Cl/Na 比は雲上下ともに 0 だった。しかし、8/11（2011）と 8/9（2012）の雲上における S/Na 比は雲下に比べて高い傾向を示した。8/2（2012）の雲上下での S/Na 比の差異は小さいが、高い高度でわずかに高かった。これら 3 例ではいずれの試料でも Cl/Na 比がほぼ 0 であったことから、既に置換された海塩粒子に、さらに硫酸が付加されたことを示唆している。8/2（2012）のケースでは、太平洋からの気塊で、かつ粒子数濃度が比較的少ない条件であった。

雲粒への溶け込みや衝突に必要な気体物質や粒子が低濃度の条件とすれば、雲の上下での違いが小さいことと整合的である。8/11 (2011)、8/2 (2012) および 8/9 (2012) について、置換後の海塩粒子に H_2SO_4 が付加したと仮定し、雲下の S/Na 比が雲上の S/Na 比になるのに必要な H_2SO_4 を見積もったところ、 $0.5\sim 1\ \mu\text{m}$ の粒子で単体粒子質量あたりそれぞれ、12、4、11%と見積もられた。

4. まとめ

2011 年と 2012 年の夏期に行った富士山下山道での徒歩観測では、雲上下の粒径分布には大きな違いが見られなかったものの、電子顕微鏡による解析から、雲過程による影響と思われる海塩粒子の組成変化を確認することができた。元素分析から見積もられた一度の雲過程による粒子一個の質量変化は $0.5\sim 1\ \mu\text{m}$ の粒子 1 割程度で、粒径にすればさらに 1/3 乗の小さな寄与ではあるが、鉛直観測と個別粒子組成分析とを組み合わせることで雲過程による変化を見積もることができた。

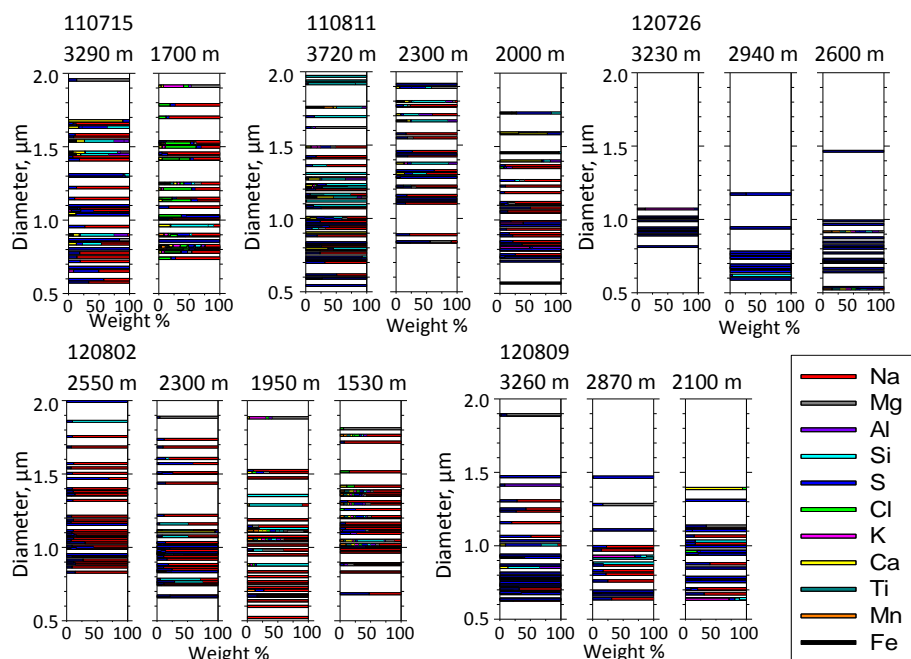


図 1. 雲内外試料中粒子の個別粒子組成

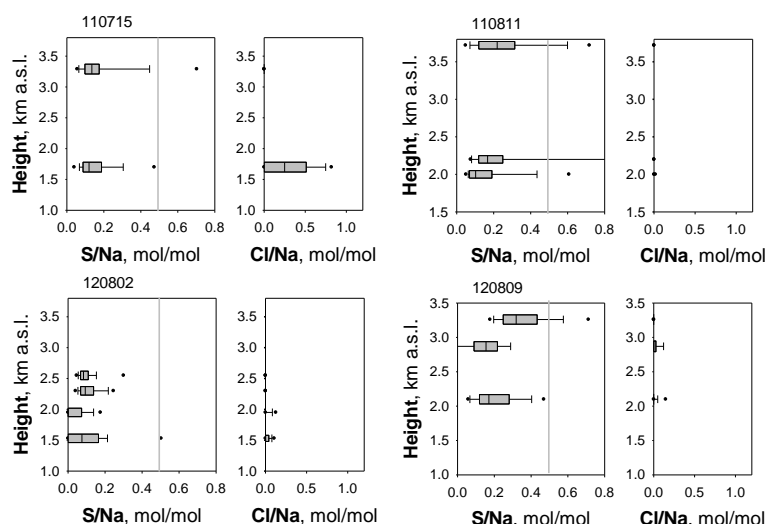


図 2. 高度別試料中の海塩粒子 Cl/Na、S/Na モル比の頻度分布

*連絡先：上田紗也子(Sayako UEDA)、ueda@rs.tus.ac.jp