富士山斜面で測定した雲中におけるエアロゾルの性状

土井瀬菜，鈴木裕輝，三木裕介，岩本洋子，三浦和彦　（東理大・理）

1. はじめに

本研究の研究対象としているエアロゾル粒子は、人為的、自然的要因によって発生する微粒子である。エアロゾル粒子による環境への影響としては、粒子自身による太陽光の散乱や吸収、そして粒子によって雲が発生しその雲による太陽光の散乱などがあり、その影響力というのは粒子の化学的、物理的性質に依存する。このような粒子の性質の変化の場として雲過程が挙げられる。粒子が雲粒となり雲を生じると、雲の内部で粒子へのSO_2ガスの溶け込みや粒子同士の衝突によって粒子の変質が起こる。粒子は雨粒となって湿性沈着するものもあれば、水蒸気の蒸発によって雲の外へ出ていく粒子もある。このような雲過程による粒子の変質を調べるために、雲が生じる場所での観測が可能で、ローカルな影響を受けにくい富士山斜面にて、雲内外で観測を行った。サンプリングによって得られた粒子の分析結果から、雲過程による変質を検討した。

2. 観測方法

2014 年 8 月 26 日に富士山の御殿場ルートにて徒歩観測を行った。雲内外で同じエアマスにおける雲過程による粒子の変質を調べるために、up group と down group の二組に分かれ、雲内外で同時に二回サンプリングを行った。観測時の気温、湿度、気圧といった気象状況は温度・湿度・大気圧データロガー（おんどとり TR-73U）によって測定した。サンプリングは低圧カスケードインパクターを用いて行った。先端に Fog-cut 用インパクターを接続し、拡散ドライヤーに通して電子顕微鏡用 Cu グリッド上に捕集した。

3. 分析方法

サンプリングによって得られた粒子を透過型電子顕微鏡によって観察し、写真を撮影した。この写真から得られるのは二次元画像なので、あらかじめ真空蒸着器によってシャドーイングを行い、粒子の影をつけ、そのシャドー長を測定することで粒子の体積を見積もった[1]。解析結果に示す粒径は球相当径である。また、電子顕微鏡に搭載されているエネルギー分散型 X 線分析器によって元素分析を行った。

後方流跡線(NOAA)を用いて、up group、down group の観測地点のエアマスの由来を調べた。

表 1　サンプリング状況

8/26	start time	stop time	流量 [L/min]	total 流量 [L]	温度 [℃]	湿度 [%]	気圧 [hPa]	標高 [m]
in①	9:16	9:31	1	15.4	11.2	99.0	734	2707.7
in②	10:15	10:30	1.4	20.7	13.3	99.0	772	2292.8
below②	10:15	10:26	1.4	14.9	15.9	98.8	805.6	1933.1
below①	9:15	9:30	1.5	22	18.6	87.6	818.1	1792.7

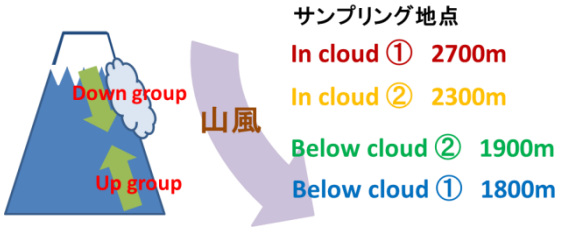

図 1　サンプリング地点模式図

4. 結果と考察

4.1　サンプリング状況

26 日のサンプリング状況を表 1 に示す。当日は山風となっていたので、雲過程は down group から up group へ進行したと考えられる。したがって、図 1 のように雲過程の進行した順に in cloud①、in cloud②、below cloud②、below cloud①と表記して結果を示していく。

後方流跡線解析結果より、雲中、雲下ともに同じ経路をたどってきていることから同じエアマスにおける雲過程であると言える。輸送経路によると、日本列島の影響を受けていると考えられる。富士山は比較的海に近い場所に位置しているため、海洋の影響も受けている可能性がある。

4.1　元素分析

図 2(a)(b)はそれぞれ in cloud①と below cloud①の元素分析結果である。雲中、雲下ともに硫黄を含む粒子が多いという結果が得られた。また、雲過程を経るにつれて粒径の大きい粒子でも硫黄を含むものが存在していることが分かる。したがって、硫黄を多く含む S-rich 粒子に着目して画像解析を行った。

4.2　画像解析

S-rich 粒子に図 3 のようなタイプの形状が見られた。(a)のように比較的円形度の高い粒子は固体状である。(b)のように輪郭のある浸食地形型の粒子は液滴状である[2]。 また、(c)はサテライト構造と呼ばれる粒子で、中心の結晶の周りに同心円状に微小粒子が存在する、中和が進んでいない硫酸塩である[3]。

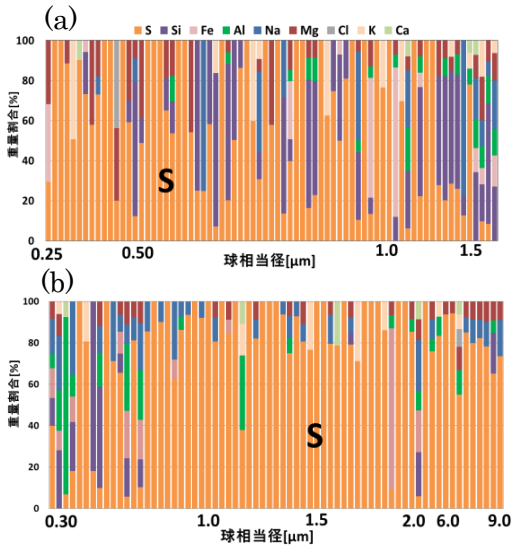

図 2 元素分析

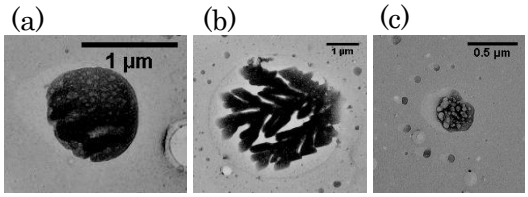

図 3 S-rich 粒子の形状

図 4 は各サンプル地点の S-rich 粒子の円形度ヒストグラムである。円形度が 0.5 以上のグラフに着目すると、雲過程を経るにつれて円形度の高い粒子の割合が比較的多くなっていることが見て取れる。観測時はどのサンプリング地点も高湿度であったが、雲下の湿度はわずかに低い。したがって、湿度の違いによって粒子の形状に変化が表れたと考えられる。

図 5 は各サンプル地点の球相当径のヒストグラムである。粒径の大きい 3 μm 以上のグラフに着目すると、雲過程を経るにつれ球相当径の大きい粒子の割合が増加していることが見て取れる。観測時は非常に高い湿度であったこともあり、雲中で粒子同士の衝突やガスの溶け込みが盛んに起こり、粒子の成長が進んだと考えられる。

4.3 サテライト構造

今回捕集した粒子にはサテライト構造を有するものが多く見られた。各サンプル地点のサテライト構造を有する粒子をカウントしたところ、表 2 に示すように雲過程を経るにつれ割合が減少した。このことから、雲内で硫酸とアンモニアとの中和反応が徐々に進み、サテライト構造の特徴である微小液滴が見られなくなったと推測される。

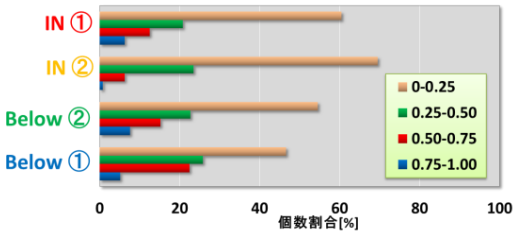

図 4 円形度ヒストグラム

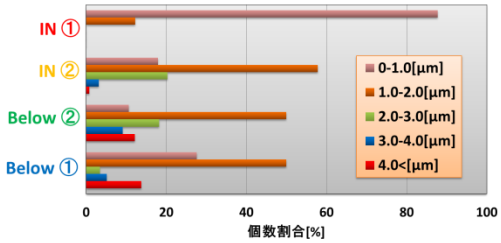

図 5 粒径(球相当径)ヒストグラム

表 2 サテライト構造有する粒子の割合

	total	satellite	rate[%]
IN ①	572	108	18.9
IN ②	879	73	8.30
Below ②	569	27	4.74
Below ①	300	2	0.67

5. まとめ

雲過程による粒子の変質を調べるために、富士山斜面にて徒歩観測を行った。雲内外で同じエアマスを捕えるために、up group と down group 同時に捕集した。サンプリング地点はいずれも高湿度で山風の状況下にあった。元素分析の結果、硫黄を含む粒子が多数見られたため、S-rich の粒子に対して画像解析を行った。雲中と比較して、雲下の湿度がわずかに低かったことから、円形度に差が生じた。雲過程を経るにつれ球相当径が大きい粒子の割合が徐々に増加したことから、雲中で粒子同士の衝突やガスの溶け込みなどによる成長が見られた。また、サテライト構造を有する粒子の割合が雲中から雲下にかけて減少したことから、硫酸とアンモニアとの中和反応が進んだことが分かった。

謝辞

本研究の一部は、科研費基盤研究 C (24340017) (代表三浦和彦、2014 年度) の助成により行われた。

References

(1) Okada, K. et al.: J. Meteor. Soc. of Japan, **61**, 727-736 (1983)

(2) Kojima, T. et al.: J. Geophys. Res., **109**, D12201 doi:10.1029/2003JD004504 (2004)

(3) Okada, K. et al.: Atmos. Environ., **19**, 743-757, (1984)