

P-13: 2015 年夏季の富士山頂における雲凝結核の測定

佐藤光之介¹、監物友幸¹、片岡良太¹、岩本洋子¹、三浦和彦¹

1. 東京理科大学

1. はじめに

大気エアロゾルは、それ自身が太陽光を直接吸収・散乱する直接効果と、雲形成時に雲凝結核 (CCN) として働き、雲の光学特性や寿命を変化させる間接効果 (雲調整効果) を持つ。エアロゾル粒子が CCN になり得るかどうかは、周囲の水蒸気過飽和度と、粒子の乾燥粒径、化学組成 (吸湿性) により決定される。一般には、周囲の過飽和度、粒子の乾燥粒径、吸湿性が大きいほど、粒子は CCN になりやすい。

本研究では、夏季に富士山頂 (富士山特別地域気象観測所、35.365° N、138.727° E、3775m) で CCN 観測を行った。富士山は日本一標高の高い独立峰であり、その山頂は自由対流圏内に位置することが多いため、ローカルな汚染の影響を受けていないエアロゾルの観測が期待できる。本研究ではエアロゾルの長距離輸送に着目し、後方流跡線と併せて山岳大気の CCN 活性を解析した。そして、エアマスの輸送経路による CCN 活性比の違いについて考察した。

2. 方法

2015 年 7 月 20 日から 8 月 20 日まで、富士山頂にある富士山特別地域気象観測所 1 号庁舎 2 階で観測を行った。拡散ドライヤー (Diffusion Dryer) を通して相対湿度 30% 以下に乾燥させた外気を、走査型移動度粒径測定器 (SMPS) 及び光学式粒子計数器 (OPC) に導入して凝結核 (CN) 数を、雲凝結核計数器 (CCNC) に導入して CCN 数を、それぞれ測定した。測定システムを図 1 に示す。

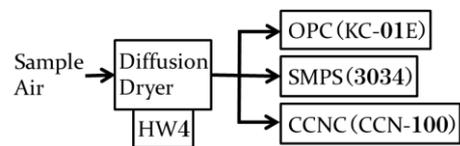


図 1 測定システム

3. 結果と考察

図 2 に観測期間全体の CN 数濃度、CCN 数濃度、及び CCN/CN 比 (CCN 活性比) の時系列変化のグラフを示す。CCNC は過飽和度を 4 段階 (0.1%、0.2%、0.3%、0.4%) 設定して測定を行ったが、ここでは 0.2% の時の結果のみ議論することにする。

また、観測期間中の後方流跡線を 3 時間毎に取得し、由来別・高度別に分類したグラフを図 3 に示す。図中の Continent、Marine、Land and Sea、Japan はそれぞれエアマスがアジア大陸由来、海洋由来、朝鮮半島や日本海付近を經由した海陸由来、日本とその周辺からの日本由来であることを表している。また、NFT、FT1、FT2 はそれぞれ大気境界層 (海拔 2000m 以下) 由来、自由対流圏下部 (海拔 2000m ~ 4000m) 由来、自由対流圏上部 (海拔 4000m 以上) 由来であることを表す。後方流跡線は、NOAA ARL が提供している HYSPLIT モデルで計算された過去 72 時間分のデータを用いて解析を行った。

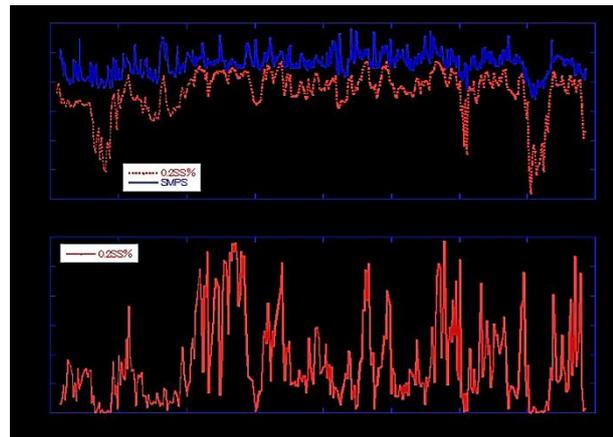


図 2 富士山頂で測定した CN 数濃度、CCN 数濃度 (上)、CCN 活性比 (下) の時間変化

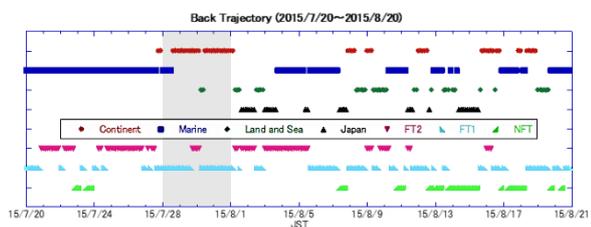


図 3 後方流跡線分類

図 2 より、CN 数濃度、CCN 数濃度、CCN 活性比のいずれについても日変動に明確な周期性は見られなかったが、CN 数濃度は深夜に増加しやすい傾向があることが分かった。観測期間全体の CCN 数濃度及び CCN 活性比の平均値と標準偏差はそれぞれ $95.4 \pm 101.1 \text{ cm}^{-3}$ 、 $17.1 \pm 14.3\%$ であった。2011 年夏季に測定した CCN 数濃度及び CCN 活性比の平均値と標準偏差⁽¹⁾ はそれぞれ $144 \pm 116 \text{ cm}^{-3}$ 、 $29 \pm 19\%$ であり、数濃度、活性比ともに今回の測定結果の方が低かった。

また、図 3 より、観測期間全体を通して海洋性エアマスが支配的であり、特に期間前半のほとんどは海洋性エアマスの影響を受けていたことが分かった。活性比が比較的高い期間(7 月 28 日～31 日)には主に大陸や海陸由来のエアマスの影響を受けていたと考えられる。

活性比は全過飽和度(0.1～0.4%)においてエアマスが大陸由来の時に最も高く、海洋由来の時に最も低くなり、先行研究で報告された傾向と一致した^{(1)、(2)}。大陸性エアマスで活性比が高くなった要因としては、長距離輸送によるエイジングで粒子のモード径が大きいほうへシフトし、CCN として活性化する粒子の数が増加したことが考えられる^{(1)、(2)}。

さらに由来・高度別の傾向を把握するため、各流跡線の出現回数をまとめたグラフを図 4 に示す。図の上部は大陸、海洋、海陸、日本の各由来別に、そのエアマスが NFT、FT1、FT2 のどの高度から流入したかを表したものであり、図の下部は NFT、FT1、FT2、FT (FT1 と FT2 を合わせたもの) の各高度別に、エアマスの由来をまとめたものである。

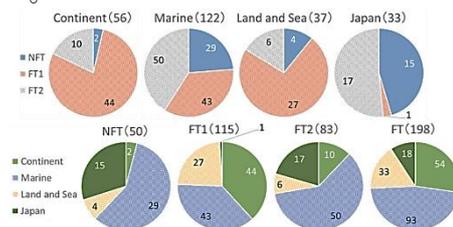


図 4 後方流跡線由来・高度別分析

活性比が高くなった期間は、FT1 からの大陸性エアマスの流入が支配的であった。大陸性エアマスと同じく、主に偏西風によって輸送されると考えられる海陸性エアマスも、大陸性エアマスと同様に FT1 からの流入が卓越する傾向があった。一方、海洋性エアマスには、高度依存性はあまり見られなかった。また、日本由来のエアマスは FT1 からの流入がほとんどなかった。

高度別では、同じ FT 由来のエアマスでも、海拔 4000m を境にその上部と下部ではエアマスの由来の比率が大きく異なっていた。FT1、FT2 由来のエアマスが到達した期間の活性比の平均値と標準偏差はそれぞれ $21.1 \pm 15.8\%$ 、 $12.6 \pm 9.5\%$ であった。FT1 由来のエアマスで FT2 由来のエアマスに比べて活性比が高くなった要因としては、FT1 では流跡線の約 6 割を活性比が高くなりやすい大陸性や海陸性のエアマスが占めていたのに対し、FT2 では 6 割が海洋性エアマスだったことが考えられる。FT1 と FT2 ではエアマスの由来が大きく異なるため、粒子組成の違いによって活性比に有意な差が見られた可能性がある。

4. 結論

夏季に富士山頂において CCN 数濃度の測定を行い、後方流跡線解析をもとにエアマスの輸送経路ごとの CCN 活性比を算出することで、活性比が高かった大陸や海陸由来のエアマスは、ほとんどが自由対流圏下部から流入していたことが分かった。また、同じ自由対流圏内でも、上部由来のエアマスと下部由来のエアマスでは活性比が大きく異なり、それらの粒子組成の違いがある可能性が示唆された。

謝辞

本研究は、NPO 法人富士山測候所を活用する会が気象庁より富士山特別地域気象観測所の施設の一部を借用している期間に行われました。

参考文献

- (1) 長谷川朋子: 東京都心部の生成されたばかりの粒子と富士山山頂のエイジングを受けた粒子の雲凝結核特性, p.19, 東京理科大学 2012 年度修士論文
- (2) 渡辺彩水: 富士山頂で測定したエアロゾル雲凝結核特性と霧粒特性, p.18, 東京理科大学 2014 年度修士論文

*連絡先: 佐藤 光之介 (Konosuke SATO)、1212050@ed.tus.ac.jp