富士山頂における雲凝結核の測定

長谷川朋子、三浦和彦
東京理科大学

1. はじめに

IPCC(2007)の放射強制力に関する報告書によれば、エアロゾルは負の放射強制力を持つことが分かっているが、エアロゾル効果の内の雲アルベド効果に関してはエラーバーが大きく、理解度が低い。そのため、多くの地域で、雲粒になり得る粒子である雲凝結核(CCN)を測定することが必要となっている。近年では全球気候モデル等に組み込むために、エアロゾルの粒径や化学組成など CCN 活性に寄与するもののパラメータ化がよく行われている。それらのパラメータから計算(予測)する CCN 濃度(Nccn_cal)と実測値(Nccn)を比較することをCCN closure study という。本研究では、富士山頂でCCN濃度を測定し、κ-ケーラー理論(Petters and Kreidenweis, 2007)を用いて CCN closure study を行うことで、CCN 活性に最も寄与するものを調べた。最終的には、以下に簡単に、かつ最適に、実際に CCN を測定することなくCCN 濃度を予測できるようなパラメータの値、もしくはモデルを見つけることを目的としている。

夏季の富士山頂(標高 3776m)は自由対流圏に位置していることが多く、ローカルな汚染が少ない。そのため、汚染質の長距離輸送やバックグラウンド大気が測定できることが期待されている。自由対流圏中における CCN 観測は航空機観測が多く、定点観測は標高 3580mのユングフラウヨッホ(Jurányi et al., 2010)等しかなく数少ない。そのため、富士山頂での CCN の測定は大変貴重であると位置づけている。

2. 測定方法

2011 年 7 月 14 日～8 月 25 日に富士山特別地域気象観測所で測定を行った。測定には SMPS(Model 3936N75, TSI)、OPC(KR12A, RION)、CCNC(CCN-100, DMT)を用いた。SMPS と OPC でディフュージョンドライヤーを通して乾燥させた凝結核(CN)濃度とその粒径分布を、CCNC で 0.1、0.19、0.27、0.36、0.44、0.52%の 6 つの過飽和度(SS)における CCN 濃度を測定した。

3. 結果・考察

NOAA の HYSPLIT の後方流跡線を用いて、山頂が自由対流圏に位置していたと考えられる日時を見積もった。その結果、自由対流圏中では粒径分布の幾何平均径が大きい方(~100nm)へシフトしていることが分かった(図 1)。これはユングフラウヨッホ(Jurányi et al., 2010)での粒径分布と逆の傾向である。自由対流圏中に位置している時の多くが中国大陸から輸送されたエアマスであったことから、粒径分布が変化した原因は大陸で発生した大量の粒子がエイジングされて山頂に輸送されてきたためと考えられる。また、CCN 濃度は自由対流圏中のほうがそれ以外の時より約 2 倍大きい値になった。

κ-ケーラー理論を用いて粒子の吸湿性を示す κ を求めたところ、測定期間の平均で 0.27 となった。

観測データを用いて 2 通りの方法で CCN 濃度(Nccn_cal)を算出し、実際に測定した CCN 濃度(Nccn)と比較を行った。1 つは粒径分布を測定期間の平均のもので固定して(方法 1)、もう 1 つは κ (臨界乾燥粒径 Dm)の値を測定期間の平均値(0.27)で固定して(方法 2)、以下の積分を行うことで Nccn_cal を算出した。

$$\int_{D_0}^{Dm} n(\log D_P)\, d\log D_P = N_{CN} - N_{CCN}$$

その結果、方法 1 の方がばらつきが大きくなり、方法 2 ではほとんどばらつきが生じなかった(図 2)。したがって、富士山頂では粒子の吸湿性(成分)は CCN 活性にあまり影響がなく、粒径分布が大きく CCN 活性に寄与することが分かった。よって、CCN 濃度が自由対流圏中の方が大きくなった主な原因は、大陸からの長距離輸送により粒径分布が幾何平均径の大きい方へ変化したためだと考えられる。

4. おわりに

富士山頂で CCN 濃度の測定を行ったところ以下のことが分かった。

・山頂が自由対流圏中に位置している時の方が粒径分布の幾何平均径が大きくなり、CCN 濃度も増加した。これは大陸からの長距離輸送によるものだと考えられる。

・山頂の κ は約 0.27 となった。

・CCN closure study から山頂での CCN 活性は粒径分布に大きく依存することが分かった。

今後、より Nccn_cal が Nccn に近づく条件や Nccn_cal にバラツキを与えている原因を探っていく予定である。

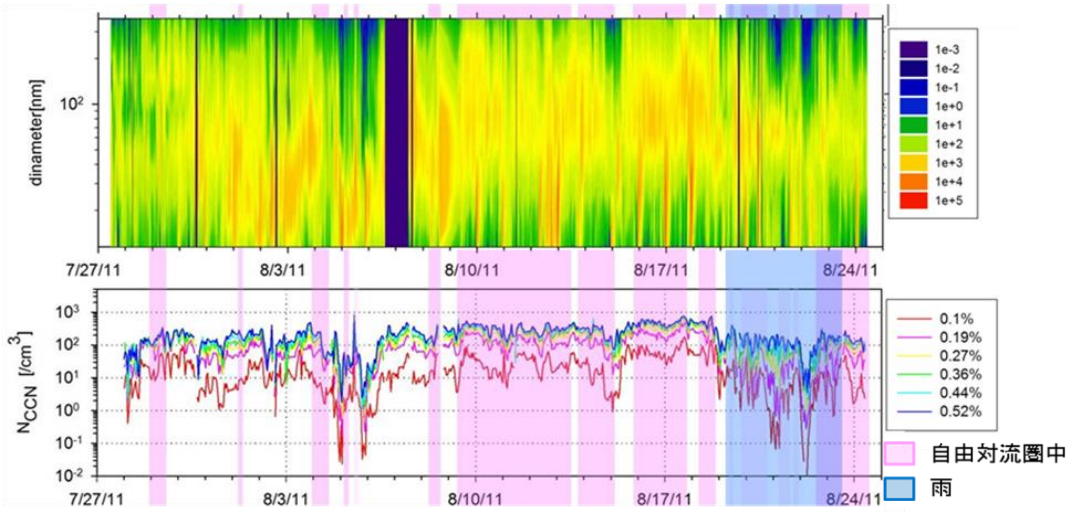

図 1　測定期間の粒径分布（上）と CCN 濃度（下）

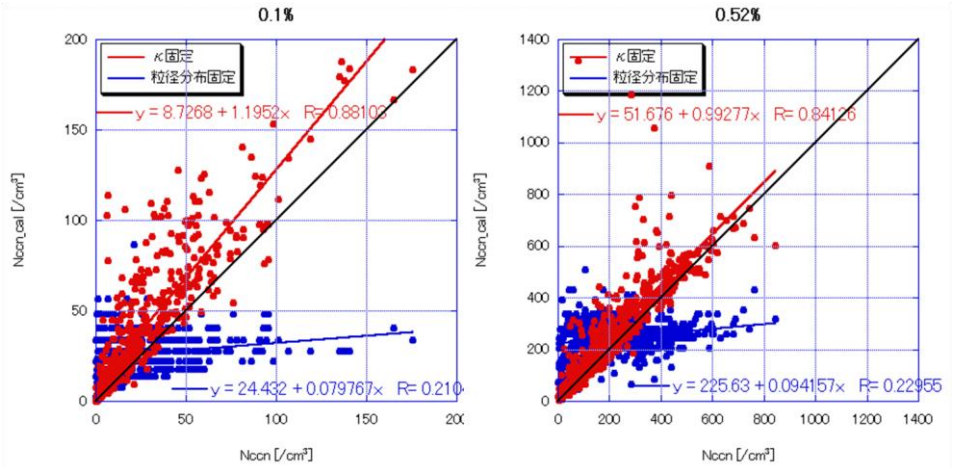

図 2　過飽和度 0.1%（左）と 0.52%（右）における Nccn と Nccn_cal の比較　（青：方法 1、赤：方法 2）

参考文献

Jurányi, Z., Gysel. M., Weingarner, E., DeCarlo, P. F., Kammermann, L. and Baltensperger, U. (2010) Measured and modelled cloud condensation nuclei number concentration at the high alpine site Jungfraujoch, Atmos. Chem. Phys., **10**, 7891-7906

Petters, M. D. and Kreidenweis, S. M. (2007) A single parameter representation of hygroscopic growth and cloud condensation nucleus activity, Atmos. Chem. Phys., **7**, 1961-1971

*連絡先：長谷川朋子(Tomoko HASEGAWA)、t.hasegawa54@gmail.com