

雲や雨の種になる粒子を調べるー富士山頂での氷晶核およびバイオエアロゾル観測2023 (SR03)

村田浩太郎¹, 鴨川仁², 大河内博³, 米持真一¹

1.埼玉環境科学国際センター, 2.静岡県立大学, 3.早稲田大学

1. はじめに

水分が雲の水滴や氷粒を作るためには、足場(核)となる微粒子が必要不可欠である。水滴の核になる微粒子は雲凝結核、氷の核になる微粒子は氷晶核と呼ばれる。雲凝結核については、水分を吸収しやすい、吸湿性の粒子であることが分かっており、硫酸塩や硝酸塩、海塩の粒子などが代表的なものである。氷晶核については、一部の鉱物粒子や生物起源粒子(細菌のような微生物)が代表的なものであると言われる。雲凝結核の観測は、自動で計測できる装置もあり広く行われている。氷晶核についてはそのような装置がほとんどなく、手動計測が多いため、観測事例が限られている。とくに、上空での観測事例は非常に少なく、航空機や山岳など高い場所での観測結果が求められている。

今年度の研究では、これまでの富士山頂大気中の氷晶核の計測を継続しつつ、新しい取り組みとしてバイオエアロゾル観測を行った。バイオエアロゾルとは大気中の生物起源の浮遊粒子(エアロゾル)である。氷晶核として最も効率的にはたらく微粒子は細菌のような微生物であると言われている。微生物はDNAの配列を調べることで大まかな種類を推定することができる。今年度は氷晶核の計測と同時に、同じ試料の中にも含まれる細菌(バクテリア)のDNA配列も解析することで、効率的にはたらく氷晶核が見られるときに同時に存在する細菌群の特徴を明らかにするための観測を試みた。

2. 方法

2023年7月20日から8月3日の期間に、富士山測候所の2号庁舎外の西側にて、NPO山頂班の協力により毎日10:30~14:30の試料採取を実施した。ただし、7月24日は悪天候のため試料採取ができなかった。試料採取にはドライサイクロンエアサンプラー(Coriolis Compact, Bertin Technologies)を用いた。これはサイクロン式の掃除機のようなものであり、毎分50 Lで空気を吸引することで、0.5~10 μmの大気中微粒子をチリやホコリのようにカップの中に捕集できるように設計されている。採取した大気中微粒子試料は超純水に懸濁させ、半分は氷晶核の計測、残りは細菌のDNA配列の解析を行った。氷晶核の計測は、液滴凍結法(Drop Freezing Assay)と呼ばれる方法で実施した。DNA抽出及び次世代シーケンサーによる細菌16S rRNA遺伝子の配列決定は、株式会社ファスマックに委託した。得られた配列は細菌群集組成の解析パイプラインであるQIIME 2で処理し、統計解析にはRのveganパッケージを用いた。

3. 結果と考察

氷晶核は活性化温度が高いほど効率的に氷形成に寄与するが、一般的に大気中に極めて少数である。活性化温度の高い-10°Cではたらく氷晶核が観測されたのは7月27日、28日、30日のみであった(図1)。また、ほとんどすべての活性化温度において最も高い氷晶核数濃度が観測されたのは7月30日であった。7月26日から7月28日までは気温と相対湿度が昼夜で互い違いに変動しており、雲がありつつも典型的な晴天であったと考えられる。一方で7月29日から7月31日までは相対湿度が夜間も上昇せず、雲の少ない比較的乾燥した晴天であったと考えられる。すなわち、活性化温度の高い氷晶核数濃度が観測された7月27日、28日と、30日とは異なる性質の気塊の影響を受けていたと考えられ、効率的にはたらく氷晶核の出現要因は共通とは限らない可能性が見出された。

細菌については、観測期間全体で500種類以上の属(genus)が見出された。ほぼ全ての試料から検出されたのは*Pseudomonas*属と*Kocuria*属のみであり、これらが山頂大気中に普遍的に存在する細菌であると考えられる。その他、細菌ではないがミトコンドリアの配列も試料中から多く見つかかり、真核生物由来の細胞も多量に存在していることが推察された。群集組成に対してクラスター分析を行なったところ、効率的にはたらく氷晶核数が見られた7月27日と28日は同一グループに分類された一方で、7月30日は別グループに分類され、前に述べた異なる気塊の影響を受けていたという考察と整合していた。発表では氷晶核数の計測結果と併せた詳細な解析結果を紹介する予定である。

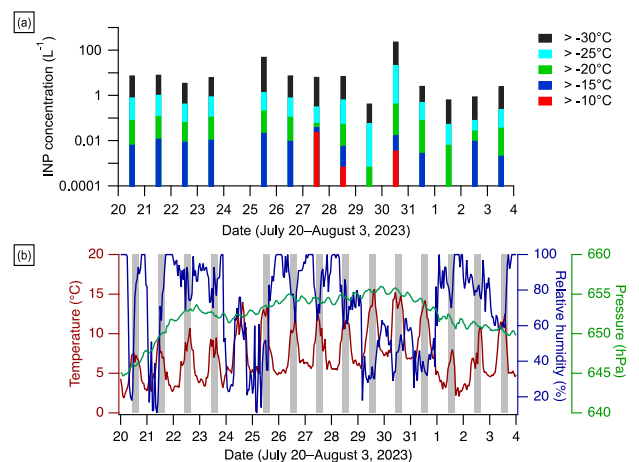


図1 (a) 活性化温度別の氷晶核数濃度の日変化と(b) 気象変動(灰色の影は上と対応した試料採取期間を示している)