

2019 年富士山頂における大気中氷晶核および微生物組成の観測

村田浩太郎¹, 大河内博², 鴨川仁¹

1.静岡県立大学, 2.早稲田大学

1. はじめに

雲粒のように空中に浮かんでいる微水滴は-38℃程度になるまで氷の粒(氷晶)にならず過冷却状態で存在する。このような条件下で氷の核となり凍結を誘発する固体エアロゾル粒子を氷晶核という。大気中に存在する氷晶核の大部分は鉱物粒子であると言われており、最高-12℃付近で凍結を引き起こす。一方で、最も強力な氷晶核は細菌であり、最高-2℃で凍結を引き起こすことができる。強力な氷晶核であるほど過冷却雲の氷晶化や降水の形成に重要な役割を果たすため、上空に浮遊する細菌等の生物由来氷晶核について正しい理解と評価が求められている。

本研究では、富士山の自由対流圏高度・雲存在における生物由来氷晶核の存在を検証するため、氷晶核数濃度と浮遊微生物組成との関連性を調査した。

2. 方法

2019年7月14日から8月26日にかけて、3号庁舎外に滅菌済0.2 µm孔径ポリカーボネートフィルターを入れたフィルターホルダーを設置し、ポンプ吸引することで大気中浮遊粒子をろ過捕集した。採取流量は短期間採取(7-13時間)の場合は10 L min⁻¹、それ以上の長期間採取(10日以上)の場合は2 L min⁻¹に設定した。短期間採取の試料は11個、長期間捕集の試料は3個得られた。

フィルターは2分割し、半分は氷晶核数の計測、半分は細菌の遺伝子解析に使用した。氷晶核の計測はNOAAの液滴凍結法(Creamean et al. 2018)にわずかな改良を加えて行った。15 mL遠沈管に試料フィルターと超純水3 mLを加え、4℃環境下で3時間振とうして粒子を水中に懸濁させた。懸濁液から約2.5 µLの小水滴100個を冷却プレート上に作成し、-30℃付近まで冷却したときの水滴の凍結割合の変化から氷晶核数を算出した(Vali, 1971)。細菌の遺伝子解析は株式会社ファスマックに委託し、次世代シーケンス(Illumina Miseq)によって試料に含まれていた細菌16S rRNA遺伝子のv4領域の配列データを取得した。得られた配列は微生物解析ツールであるQIIME 2を用いて細菌組成を推定した。

3. 結果と考察

7月14日11時から8月12日13時までの中富士山頂における温度別の氷晶核数濃度と細菌組成とを右図に示す(残り期間は解析未完)。期間中は徐々に氷晶核数濃度が上昇し、最後には全ての測定温度範囲で急激に数濃度

が増加した。富士山頂測候所では1972年～1976年にかけて氷晶核(-20℃、水過飽和2%)の観測がなされており、7月と8月の平均氷晶核数は0.1 L⁻¹程度と報告されている(田中, 1987)。本研究における図の期間中の-20℃における平均氷晶核数濃度は0.23 L⁻¹であり、桁として同程度であることを考えると、70年代から平均値に大きな変化はないと考えられる。

細菌組成については、おもにプロテオバクテリア門が優占していた。この門は全てアルファプロテオバクテリア綱とガンマプロテオバクテリア綱で構成されていた(グラフには示していない)。これらのプロテオバクテリアと、それに次いで多いバクテロイデス門は海洋細菌群集で比較的高い割合で検出されるため、海洋気塊の影響を比較強く受けているのではないかと考えられる。一方で、期間後半からファーミキューテス門、放線菌門、アシドバクテリウム門の割合が増えていた。一般的に、これらの門、とくにアシドバクテリウム門は土壌で高い割合で検出されることが多いので、期間後半は土壌を含む気塊の影響を受けていたのではないかと考えられる。終盤にかけて氷晶核数濃度が急増したことは土壌(鉱物)粒子が多く存在していたからではないかと考えられる。

また、生物由来氷晶核は熱で失活することが多いといわれているため、95℃で加熱処理を加えて再度氷晶核を計測したところ-25℃～-7℃での氷晶核数が減少する現象が見られた。減少の温度や割合は試料により異なり、加熱処理でほとんど変化しない試料もあったが、富士山頂においても生物由来氷晶核が存在していることが示唆された。今後、さらに細菌組成との対応を解析する。

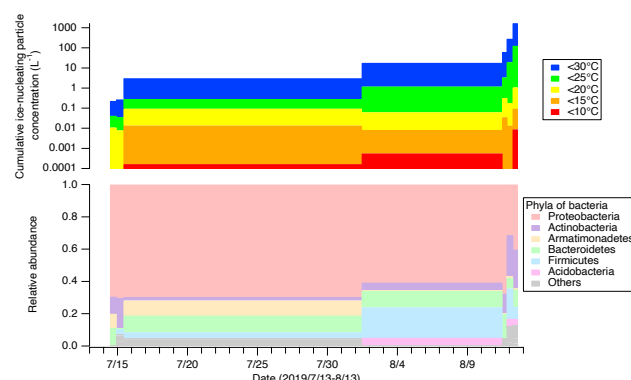


図:2019年7月14日から8月12日にかけての温度別の氷晶核数濃度(上段)と細菌門組成(下段)。バーの幅は採取期間と対応しており、序盤と終盤は7時間～12時間の短期間採取で、中盤は17日と10日の長期間採取を行った。