

**世界一の確度をもつ過去200年間の沈着エアロゾルのデータベース創成と変遷解明**

Construction of world's most reliable deposited-aerosol database  
on the Anthropocene (from 1850 to 2020)

課題番号：18H05292

**飯塚 芳徳** (IIZUKA, YOSHINORI)

北海道大学・低温科学研究所・准教授



研究の概要（4行以内）

グリーンランド氷床でエアロゾルの保存状態が最良である南東ドーム地域で300m長のアイスコアを掘削し、世界で最も確度の高い過去250年間のエアロゾルのデータベースを構築する。構築したデータベースをエアロゾル輸送モデルで評価するとともに、新しいアイスコアの環境プロキシから大気化学プロセスの理解を高度化する。

研究分野：地球温暖化、環境変動、水・物質循環、極域

キーワード：グリーンランド、アイスコア、エアロゾル、地球温暖化

1. 研究開始当初の背景

平成25年のIPCCのレポートによれば、地球温暖化に対する人為的寄与は、地球を温暖化させる要因である温室効果ガスと、寒冷化させる要因である大気中のエアロゾルに大別される。これら人為的寄与のうち科学的理解度が最も低い要素は、水溶性（吸湿性）エアロゾルが雲核となり雲アルベドに与える効果であり、その効果の理解度向上は、地球温暖化に対する人為的寄与全体の評価の精度向上につながる。

水溶性エアロゾルが雲アルベドに与える効果を評価するには、過去から現在までのエアロゾルの質的量的な変遷を高精度で復元することが重要である。寒冷圏の雪氷は年々の堆積を通じて沈着したエアロゾルを保存している唯一の古環境媒体であり、なかでも北極グリーンランド氷床のアイスコアは人為起源エアロゾル排出地域に近く、エアロゾル変遷の評価に最適である。

2. 研究の目的

本研究は、グリーンランド氷床でエアロゾルの保存状態が最良である南東ドーム地域で300m長のアイスコアを掘削し、世界で最も確度の高い過去250年間のエアロゾルのデータベースを構築するとともに、エアロゾルと気温の関係解明を目的とする。

3. 研究の方法

H30-R1年度において、300mのアイスコアを掘削するために掘削機の手配をする。また、グリーンランド南東ドームで円滑な掘削が

できるように物資の準備や旅程の調整、輸出入手続きを行う。R2年度において、南東ドームで約2か月滞在し、300mのアイスコアを掘削する。掘削したアイスコアを北大まで輸入し、北大の低温室で保管する。

R2-R4年度において、保管されているアイスコアの年代を決め、不溶性ダスト・海塩・硫酸・硝酸・アンモニア・有機物の濃度を分析する。年代と各成分の濃度から各エアロゾルの沈着フラックスを計算して、過去250年間の沈着エアロゾルデータベースを構築する。構築されたデータベースをエアロゾル輸送モデルで評価し、エアロゾルの濃度・組成や同位体比などからエアロゾルの起源や大気化学反応についての解釈を進める。また、衛星や再解析気候データからエアロゾルがどのように雲量に影響を与えてきたのかを復元し、各エアロゾル組成の直接効果・間接効果の気候感度の復元などの多岐にわたる古環境の変遷要因を解析する。

4. これまでの成果

平成30年7月に本プロジェクトは開始され、令和1年度末までに大きく2つの取り組みをしてきた。一つは令和2年春にグリーンランド南東ドームで300mのアイスコアを掘削するために掘削機の手配や掘削隊の兵站の準備をした。もう一つは令和2年に取得するアイスコアから独創的な環境情報を抽出するために、既存アイスコアの分析方法や分析装置の改良に取り組んだ。

#### 4-1 グリーンランド南東ドームで300mのアイスコアを掘削するための準備

平成30年8月に宮崎県の掘削機製造会社で打ち合わせを行い、本プロジェクトで使用する掘削機の選定と改良の手配を開始した。後述するように当初の目的よりも深いアイスコアを掘削することとなり、ケーブルの長さなどを改良した。令和1年8月に掘削機の改修工事が終わり、9月に掘削講習を行った後、掘削機をグリーンランドに輸送した。掘削機の改良に関する成果を平成30年度9月の国際アイスコア掘削シンポジウムで発表した。

平成30年8月に神奈川県北極支援機構で掘削隊の兵站に関する打ち合わせをした。当初の目的よりも深いアイスコアを掘削することとなり、物資の輸出入量やヘリコプターチャーターの回数の変更を行い、予算との整合をした。令和1年5月に北極支援機構と最終の兵站計画案をまとめ、7月に船便をグリーンランドに向けて、10月にはデンマークまで空路で掘削機や食料などを輸出した。現在、掘削に必要な物資はすべてグリーンランド氷床への起点の街であるタシーラクで保管されており、令和2年4月からの掘削準備は整っている。

#### 4-2 アイスコアから独創的な環境情報を抽出するための既存アイスコアの分析方法や分析装置の改良

2015年にグリーンランド南東ドームで90mのアイスコアを掘削して過去60年間の環境変動を復元している。SEコア中に含まれる有機物（レボグルコ酸）を分析し、過去60年間の有機物のデータベースを構築するとともに、北大西洋周辺陸域の森林火災変遷を解読した(Pavin et al., 2018)。

IPCC -AR6に貢献する第6期結合モデル相互比較プロジェクト(CMIP6)に参画する気象研究所地球システムモデルの開発・検証を実施した(Yukimoto et al., 2019, JSMJ)。グリーンランド南東ドームアイスコアから復元された1960年から2014年における硫酸イオンの年々変動とこれらのモデルによる同地域の沈着エアロゾルの歴史実験結果を比較した。その結果、硫酸エアロゾルの沈着量はモデルと極めてよく整合した。

令和2年度に掘削する予定のアイスコアからより効率的にエアロゾルの情報を引き出すために、研究代表者・分担者がそれぞれの分野で分析技術やプロキシ解釈の高度化を続けている。成果の例としては、イオンクロマトグラフィーを改良して、有機物と関係の深いメタンホルン酸が融解再凍結のような変質を受けても古環境を復元できる手法を構築したこと(Iizuka et al., 2019)などが挙げられる。

2018年11月、2019年11月に共同研究者(分担者及び協力者)を集めて、北海道大学で研究集会を開催した。30名を超える研

究者が集い濃密な議論を行い、放射性同位体比分析やアイスコアの精密物理測定など、エアロゾルに限らずより包括的にアイスコアを分析できる体制を整えた。また、2018年5月、2019年5月に日本地球惑星科学連合大会で招待講演をするなどの多くの成果発信を行い、広く関連研究者にプロジェクトを周知した。

#### 5. 今後の計画

令和2年春にグリーンランド南東ドームに出張し、300mのアイスコアを取得する。アイスコアの輸入後ただちに、アイスコアを掘削して、年代・各種エアロゾル濃度を分析することで、各エアロゾルの季節スケールのフラックスを構築する。

沈着エアロゾルデータベースの構築にあわせて、エアロゾルの同位体比、エアロゾル粒子の粒径と組成、再解析データを利用したエアロゾルと雲の関係、各エアロゾルフラックスが気候感度に与える影響評価など研究代表者・分担者がもつスキルを活かして解析をはじめめる。また、開発済みの地球気候システムモデルなどを用いて、沈着エアロゾルデータベースを評価する。

#### 6. これまでの発表論文等(受賞等も含む)論文

・ Iizuka, Y., S. Matoba, H. Ohno et al., (2019): *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 515, 58-66. doi://10.1016/j.epsl.2019.03.013.

・ Oyabu, L., Y. Iizuka et al., (2020): *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, doi://10.1029/2019JD032208

・ Pavin, F., O. Seki, K. Fujita, Y. Iizuka, S. Matoba, T. Ando (2018): *Atmos. Environ.*, 196, 86-94. doi://10.1016/j.atmosenv.2018.10.012.

・ Ishino, S., \*S. Hattori, et al., (2019): *Scientific Reports*, 9, 12378.

・ Kawai, H.,..., N. Oshima et al., (2019): *Geosci. Model Dev.*, 12, 2875–2897. 12 July, 2019

・ \*Yukimoto, S.,..., N. Oshima et al., (2019): *J. Meteor. Soc. Japan*, 97(5), 931-965. 27 May, 2019

受賞

(公社)日本雪氷学会, 2019年度論文賞, 受賞論文 黒崎 豊, 的場 澄人, 飯塚 芳徳 他 (2018)

(公社)日本気象学会, 2019年気象集誌論文賞, Yukimoto, S.,..., N. Oshima et al., 2019年12月21日

#### 7. ホームページ等

【南東ドームアイスコア データベース】  
<https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/handle/2115/67127>