



**研究課題名** 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

北海道大学・低温科学研究所・助教

いづか よしのり  
飯塚 芳徳

研究課題番号：18H05292 研究者番号：40370043

キーワード：アイスコア、エアロゾル、グリーンランド、高涵養量

**【研究の背景・目的】**

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貢献は、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。これら人為的貢献要素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る。水溶性エアロゾルの雲アルベドに与える効果の信頼度向上は、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。

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 250m 長のアイスコアを掘削し、世界で最も確度の高い過去 200 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。

**【研究の方法】**

研究代表者・分担者らは研究背景をふまえて、平成 26-29 年に科研費（基盤 A）プロジェクト「グリーンランド氷床コアに含まれる水溶性エアロゾルを用いた人為的気温変動の解読」を推進してきた。グリーンランド氷床ドームのなかで最も涵養量が多い南東ドームで 90m のアイスコアを掘削し、過去 60 年間の水溶性エアロゾルの変遷とその機構を解明してきた（図 1）。このプロジェクトでの重要な成果の一つは、この南東ドーム地域がその涵養量の高さから揮発性の硝酸エアロゾルを良く保存している氷床ドームであることが判明したことである。申請者らは、この南東ドーム地域で少なくとも 1850 年から 2020 年まで(Anthropocene)のエアロゾルの変遷を追跡するための新たなアイスコアを取得する。具体的には

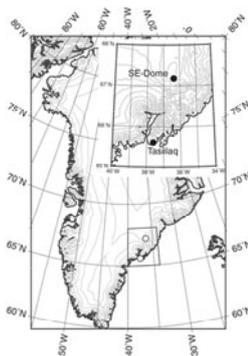


図1. グリーンランド南東ドーム（上）と前科研費プロジェクトで掘削されたアイスコア最深部（下。深さ約60m）

平成 32 年春にこの地域で過去 200 年間の古環境情報を有する 250m 長のアイスコアを掘削する。

250m 長のアイスコアからエアロゾル輸送モデルで良く用いられている硫酸塩、硝酸塩、アンモニウム塩、海塩、ダスト、ブラックカーボン、有機物を分析し、各エアロゾル濃度の沈着量のデータベースを構築する。また、研究代表者・分担者らがこれまで培ってきたアイスコアからエアロゾルを分析する手法を駆使し、エアロゾル粒子の混合状態の変遷を復元する。



図 2. グリーンランド南東ドームでの調査の様子

**【期待される成果と意義】**

世界で最も信頼できる Anthropocene の各種エアロゾルの沈着量のデータベースを公開する。これは、気候モデル分野への信頼できるデータベースの提供につながり、地球温暖化の将来予測の精度向上が期待される。また、エアロゾル粒子の混合状態の変遷を解読することで、エアロゾルの気温への貢献に関する理解の高度化につながることを期待される。

**【当該研究課題と関連の深い論文・著書】**

- Furukawa et al., Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 122, 10,873–10,887, 2017, <https://doi.org/10.1002/2017JD026716>
- Iizuka et al., Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 123, 1, 574–589, 2018, <https://doi.org/10.1002/2017JD026733>

**【研究期間と研究経費】**

平成 30 年度－34 年度  
147,000 千円

**【ホームページ等】**

<https://eprints.lib.hokudai.ac.jp/dspace/handle/2115/67127>

## 【基盤研究(S)】

### 大区分K



## 研究課題名 環境中親電子物質エクスポソームとそれを制御する活性イオウ分子

筑波大学・医学医療系・教授

くまがい よしと  
熊谷 嘉人

研究課題番号：18H05293 研究者番号：00250100

キーワード：親電子物質、エクスポソーム、レドックスシグナル、活性イオウ分子、イオウ付加体

### 【研究の背景・目的】

生活環境、ライフスタイル、食生活を通じて様々な環境中親電子物質が存在し、我々は日常的に親電子ストレスに晒されている。それぞれの当該物質に曝露されると、低用量ではレドックスシグナル伝達は活性化し、高用量では逆に破綻して細胞毒性が生じる。また、活性イオウ分子は環境中親電子物質を捕獲してイオウ付加体を生成し、レドックスシグナル変動および毒性を制御する。

ところで、ヒトの生涯における環境曝露の総体としてエクスポソームが注目されている一方で、その研究戦略が問われてきた。本研究では、①環境中親電子物質に特化したエクスポソーム研究を、当該物質の低用量・複合曝露実験により細胞および個体レベルで展開し、それらの影響が活性イオウ分子で制御できることを明らかにする。②メチル水銀を環境中親電子物質のモデルとして、活性イオウ分子による環境中親電子物質の捕獲で生じたイオウ付加体の生体内運命と環境中への排泄の実態を立証する。

### 【研究の方法】

ヒトの代替として培養細胞およびマウスを用いる。被ヒトの代替として培養細胞およびマウスを用いる。被検物質として、大気中に存在するナフトレンの光分解あるいは生体内での代謝活性化で生成されるナフトキノロン類、マグロ等の食用魚類および米にそれぞれ蓄積するメチル水銀およびカドミウム、タバコの煙に含まれるクロトンアルデヒドおよび1,4-ベン

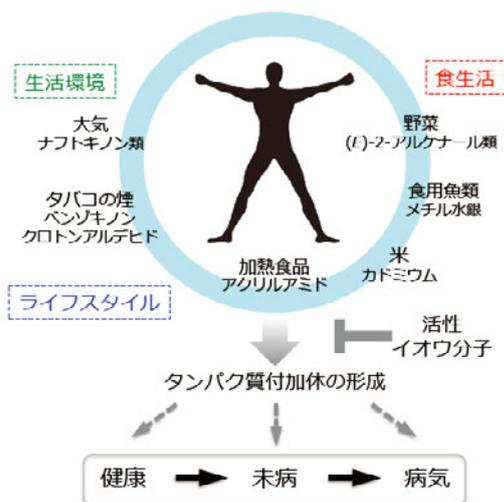


図1 日常生活での環境中親電子物質の複合曝露

ゾキノ、加熱食品に含有されるアクリルアミドおよび野菜中の(E)-2-アルケナール類を使用する。活性イオウ分子の(非)存在下での環境中親電子物質の複合曝露を行い、細胞内タンパク質の化学修飾量を査定し、4種類の細胞内シグナル伝達の変動を調べる。メチル水銀のイオウ付加体の生体内変換を化学系、細胞系および個体レベルで検討する。

### 【期待される成果と意義】

同じ化学的性質(親電子性)を有する環境中親電子物質の低用量・複合曝露により、相加的(あるいは相乗的)なタンパク質の化学修飾が予想される。その結果生じるレドックスシグナル変動および毒性発現を、活性イオウ分子が制御可能である事実を示し、エクスポソーム研究のモデル化を試みる。また、活性イオウ分子によるメチル水銀の捕獲で生じるイオウ付加体が如何なるプロセスを経て体外に排泄するかを明らかにする。本研究を実施することは、環境中親電子物質エクスポソーム研究の進展だけでなく、健康リスクの軽減に繋がる。

### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

1. Kumagai Y, Abiko Y. Environmental electrophiles: protein adducts, modulation of redox signaling and interaction with persulfides/polysulfides. *Chem Res Toxicol* **30**: 203-219, 2017.
2. Akaike T, Ida T, Fan-Yan Wei FY, Nishida M, Kumagai Y *et al.* Cysteinyl-tRNA synthetase governs cysteine polysulfidation and mitochondrial bioenergetics. *Nature Commun* **8**: 1177, 2017.

### 【研究期間と研究経費】

平成30年度-34年度  
150,200千円

### 【ホームページ等】

[http://www.md.tsukuba.ac.jp/environmental\\_medicine/index.html](http://www.md.tsukuba.ac.jp/environmental_medicine/index.html)  
yk-em-tu@md.tsukuba.ac.jp



**研究課題名** 過去72万年間の気候変動情報を含むアイスコアの物理と層位および「最古の氷」の研究

情報・システム研究機構・国立極地研究所・研究教育系・教授

ふじた しゅうじ  
藤田 秀二

研究課題番号：18H05294 研究者番号：30250476

キーワード：南極、氷床、アイスコア、気候変動、年代、古気候

**【研究の背景・目的】**

南極内陸のアイスコアは、約150万年規模の気候変動史の重要な情報源である。気候変動のシグナルを含有している氷は、深いほど年代が古くなり、氷床の流動によって鉛直に圧縮変形し、さらには、地熱の影響を受けてシグナルには種々の経時変質が起こる。気候変動の信号を非常に古い氷まで高時間分解能で解読できれば、急激な気候変動の歴史を読み解き、その知識は温暖化する地球上での人類の生存戦略につながる。しかし、現状のアイスコア解析は基本的に離散的な分析に基づき、連続高分解能解析技術は近年端緒についたばかりである。本研究では、結晶物理と連続融解を手法とする最先端の連続高分解能解析手法群を用い、約20万年前から72万年前に遡る非常に古いアイスコアの層位を高時間分解能で解読する。この長大なアイスコアの分析に基づき、①古気候シグナルとしての情報価値創出に加え、②経時変質の性質と素性を明らかにし、③複数のコア間の精緻な年代同期や比較解析を実現する。更には、④将来に掘削する150万年規模のアイスコアのもつ情報の質の予測を可能にする。

**【研究の方法】**

南極大陸の「ドームふじ」(図1参照)で国立極地研究所を中心とした日本のアイスコア研究コミュニティが採取をした、過去約72万年間の気候変動史の情報を含むアイスコアのうち、特に約20万年前から72万年前に遡る非常に古い部位の詳細解析を実施する。こうした年代部位は、約3000メートルの長さをもつアイスコアの、最も深い約1000メートル区間に、年層が縦に圧縮した状態で存在する。本研究は、南極各地で掘削される全深層アイスコア、特にドームふじとドームC(図1参照)に共通な年台軸を与えうるか、それに、急激な気候変動の動態を、古い時代に向かいどこまで解読可能かを問う。

問いに挑むアクションとして、層序を読み取る2つの手法を用いる。まず、最も深い約1000メートル



図1：南極氷床上の主要な深層アイスコア掘削点の空間分布および周辺の海洋セクター

区間深度帯の層毎の圧縮変形履歴や、分子拡散の物理履歴を読む。「ミリ波共振器」と呼ばれる手法を用い、結晶集合組織の層構造の連続解析を、約20mm分解能で実施する。さらに、氷のなかで拡散しにくい物質の層序を読み取る。ケイ素、ナトリウム、カルシウムの連続解析を、「連続融解解析システム」と呼ぶ手法を用いて実施する。測定分解能は約10mmとなる。

**【期待される成果と意義】**

上に述べた主に2つの高分解能連続解析から、相当する連続高分解能のアイスコアデータを生成する。これは、発展的な問いに対する検討材料となる。こうしたデータを用いて、ドームふじコアとドームCコアの年代同期を実施し、年代が精密に対応する深度を同定する。それをもとにして、ドームふじコアとドームCコア間のアイスコアシグナルの年代差を抽出する。これにより達成できることは、将来にわたる多くの深層コアに共通な精密年代軸を世界で初めて達成できることである。さらには、地球規模の熱循環モードの72万年の変化の有無を明らかにする。さらには、非常に古い氷の層構造の存在状態を予測する。アイスコアの、急激な気候変動に関する古気候アーカイブとしての情報価値と信頼性と限界を明らかにする。

**【当該研究課題と関連の深い論文・著書】**

- ・ Dome Fuji Ice Core Project members (計64著者、筆頭3以下はABC順) 2017. State dependence of climatic instability over the past 720,000 years from Antarctic ice cores and climate modeling. Sci. Adv. 3(e1600446)
- ・ Fujita S. 他、計5. Volcanic synchronization of Dome Fuji and Dome C Antarctic deep ice cores over the past 216 kyr. Clim. Past, 11, 1395-1416, 2015

**【研究期間と研究経費】**

平成30年度-34年度  
88,600千円

**【ホームページ等】**

[http://researchmap.jp/s\\_fujita/](http://researchmap.jp/s_fujita/)  
<http://polaris.nipr.ac.jp/~icc/NC/htdocs/>  
<http://polaris.nipr.ac.jp/~icrc/NC/htdocs/sfujita@nipr.ac.jp>



研究課題名 深部地下圏における根源有機物からの生物的メタン生成機構の解明

産業技術総合研究所・生物プロセス研究部門付研究員

かまがた よういち  
鎌形 洋一

研究課題番号： 18H05295 研究者番号： 70356814

キーワード： 深部地下圏、メタン生成菌、共生ネットワーク、高压培養、安定同位体比

【研究の背景・目的】

深部地下圏における生物的メタン生成は 1) 複雑な高分子堆積有機物が熱化学反応などによって溶解性有機物に変換される反応、2) 発酵性微生物群がこれらの有機物を分解し、メタン生成菌の主要基質である水素・酢酸・メチル化合物を生成する反応、3) メタン生成菌によるメタン産生、から成り立っていると考えられる。しかし生物反応と非生物反応の境界線は不明瞭で、介在する有機物ならびに微生物を含めプロセスの全容は明らかになっていない。本提案では深部陸域地下圏において (1) 高温高压下における熱化学反応等によって石炭やケロジェン等の根源有機物がどのような物質に変換され深部地下微生物圏に供給されるのか? (2) これらの物質がメタン生成菌を含むどのような微生物群によってメタンに転換されるのか? を提案者が長年培ってきた絶対嫌気高压培養法・安定同位体質量分析法・分子遺伝学的代謝予測法などを駆使して、深部陸域地下圏に広がる微生物生存圏とそれを支える有機物群を俯瞰的かつ精細に捉え、地下圏における生物起源メタンの成因解明を目指すものである。

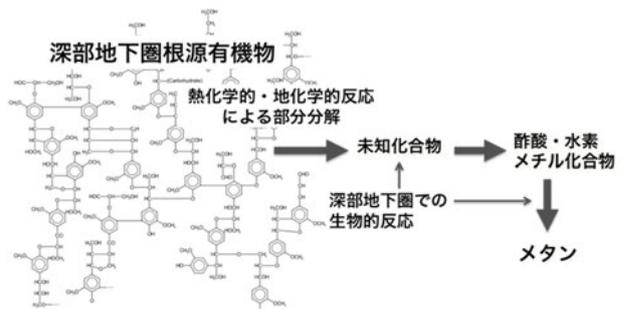
【研究の方法】

本研究では、地球化学、微生物生態学、環境ゲノム学を専門とする研究者でチームを構成し、以下の研究を遂行する。1) 石炭や泥質岩を高温高压条件下で処理し、GC-MS・LC-MS 等を駆使して、これまで未知だった生成物を同定する。2) 対象とする深部地下圏微生物群集を次世代シーケンシング技術によって網羅的に解析し、根源有機物質由来の物質の分解代謝に関わる微生物群のゲノムを高精度に再構築し、その代謝機能を推定する。次に 3) 根源有機物の熱分解生成物を用いて水溶性ガス田帯水層・炭層・油層中の微生物群を、現場環境を模擬する温度と圧力条件下で培養し、得られた主要微生物群の構成と代謝特性をメタオミックス解析技術を駆使して

明らかにする。究極的には未知微生物を含む主要微生物の純粋分離を目指す。

【期待される成果と意義】

本研究の根底となる考えは「根源有機物の非生物学的な熱化学反応の結果生成する有機物が深部地下の微生物生存圏を支え、メタンの生成につながって



る」というものである (上図)。この概念は決して新しいものではないものの、これを証明するために地球化学と微生物学を精緻につないで全体像を捉えようとした研究例は全くない。地下圏微生物群のメタン生成機構を地球化学的ならびに微生物学的視点でその描像を捉えることができれば、これまでに全く知られていなかった新たな地下資源の生成過程ならびにこれからの資源探査に大きく活用される成果になることが大いに期待できる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

・Mayumi, D. et al : Methane production from coal by a single methanogen. Science 354: 222-225 (2016).

【研究期間と研究経費】

平成 30 年度 - 34 年度  
148,800 千円

【ホームページ等】

<https://unit.aist.go.jp/georesenv/geomicrob/member.html>  
<https://unit.aist.go.jp/bpri/bpri-dir/>

