

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：82645

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K03830

研究課題名(和文)南極微隕石の有機物分析による原始地球の生命材料物質の解明

研究課題名(英文)Unveiling life-building materials on the early-Earth by analyzing organic materials in Antarctic micrometeorites

研究代表者

矢田 達(Yada, Toru)

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所・主任研究開発員

研究者番号：00294877

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：原始地球における生命材料物質の供給源と目される微隕石を水を介さずに分離し、その可溶性有機物を同定する手法を確立した。この手法を用いて計3kgの南極雪氷中から4個の候補粒子を発見し、その難溶性有機物及び可溶性有機物の分析を行った結果、比較的熱的影響の低い炭素質コンドライト隕石(マーチソン隕石)中の有機物と比較して高い熱的影響を経ており、これは大気圏突入時の加熱の影響を受けているものと推定される。ただし、粒子起源の可溶性有機物種は同定できなかった。この要因については、大気降下後の雪氷滞在中や昇華後の環境におけるエアロゾルの潮解による可溶性有機物の候補粒子からの溶脱が考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、原始地球の生命材料物質の供給源と目される微隕石から可溶性有機物を損なわずに分離し、その分析を行う事で、原始地球の前駆生命環境を明らかにする為の研究手法を確立した。残念ながら、今回の研究ではその解明までは到らなかったが、今回確立した手法を用い、更に問題となったエアロゾルの潮解による可溶性有機物の溶脱への対処手法を開発し、更に多くの南極雪氷からの微粒子の分離・微隕石候補粒子の分析を継続する事により、今後、原始地球の前駆生命環境を明らかにされる事が期待される。

研究成果の概要(英文)：We established a new method to extract micrometeorites (MMs), which are estimated to be possible sources of life-building materials in the ancient Earth, without exposing to liquid water and analyze their soluble organic matters. Using this method, we found four MMs candidates from 3kg of Antarctic ice and snow and analyze their soluble and insoluble organic matters. As a result, they should have experienced relatively high temperature compared to carbonaceous chondrites like Murchison, indicating heating during their atmospheric entry. However, we could not identify any indigenous soluble organic matter from them, probably due to eluviation of soluble organic matters caused by deliquescence of attached aerosols during residence in snow and/or ice, or laboratory environment.

研究分野：惑星物質科学

キーワード：生命材料物質 原始地球 微隕石 氷昇華システム DESI-Orbitrap MS 顕微FT-IR レーザーラマン分光

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

原始地球への主要な有機炭素供給源と目される、微隕石の有機物分析において、難溶性有機物の研究は進んでいるものの、従来の微隕石の回収方法では南極雪氷からの分離の際に液体の水を経る為に、可溶性有機物は溶脱により失われる為、その研究はほとんど進んでいなかった。しかも研究が進んでいる難溶性有機物は複雑で非常に大きな分子となり、化学種・構造同定が難しい為、生命の原材料物質となるアミノ酸、核酸塩基などの可溶性有機物の研究が進まないと原始地球の前駆生命環境の再現は難しい状況だった。一方で近年、炭素質コンドライト隕石と比較して数倍以上含有有機物量の多い南極微隕石の存在が報告されており、南極微隕石についての可溶性有機物の研究が待たれる現状だった。

2. 研究の目的

原始地球への主要な有機炭素供給源と目される、南極雪氷中に含まれる微隕石について、可溶性有機物を損なわないように、液体の水を媒介しない昇華による分離手法を確立し、分離された微粒子試料の DESI-Orbitrap 質量分析計による可溶性有機物分析を行い、顕微 FT-IR 分析及びレーザーラマン分光分析による難溶性有機物の測定結果と合わせて、南極微隕石に含まれる有機物の性質・特徴を解明する。これにより原始地球に惑星間空間より供給された生命材料物質の特徴を明らかにし、原始地球表層の前駆生命環境の再現を目指し、ひいては地球生命の誕生過程の一端を明らかにする。

3. 研究の方法

南極雪氷中から昇華により含有される微粒子を分離する為に、清浄なクリーンブース環境に設置した温度制御装置の内部に真空チャンバーを設置し、そのチャンバー内に雪氷を導入して、温度制御しながら真空環境で昇華させるシステムを確立した。この手法により分離された微粒子について、実体顕微鏡(本科研費にて購入)に因る観察で微隕石の可能性のある粒子を選定し、未処理・未蒸着の状態、電子顕微鏡を用いた定性元素分析を実施し、それらの結果を踏まえて微隕石候補粒子を選定した。この候補粒子について、清浄化処理を施した金プレート上に圧着し、有機物について総合的な分析データ取得を行う為に、まず、顕微 FT-IR に因る可溶性・難溶性有機化合物の結合の検出を行ってから、次に DESI-Orbitrap 質量分析計による可溶性有機物の高精度質量分析による分子同定を行い、引き続きレーザーラマン分光分析による難溶性有機炭素化合物の結合状態の比率の解析を行ってから、最後に電子顕微鏡による鉱物相同定を行う、という一連の可溶性・難溶性有機物分析フローを確立した。

4. 研究成果

本研究において新たに温度調節可能な真空チャンバーをクリーンブース内に準備して、雪氷から水を介さずに昇華により含有される微粒子を清浄環境で回収するシステムを構築した。このシステムを活用し、2kg の南極氷山水・1kg のドームふじ基地雪からの昇華による回収された微粒子について、実体顕微鏡及び電子顕微鏡観察を行った結果、4 個の南極微隕石候補粒子を発見した。それらの粒子について金圧着を施した上で顕微 FT-IR 分析・レーザーラマン分光分析による有機化合物の熱変成の推定、DESI-Orbitrap 質量分析による可溶性有機物種の同定を行った。

FT-IR 分析・レーザーラマン分光分析の結果、それらの粒子に含まれる難溶性有機物は、比較的熱的影響の低い炭素質コンドライト隕石(マーチソン隕石)中の有機物と比較して高い熱的影響を履歴していることが推定された。この難溶性有機物が経験した熱的影響については、微隕石が大気圏突入の際、経験した空力加熱が原因であると推定される。また、4 個の候補粒子について、DESI-Orbitrap 質量分析を実施した結果、数種の可溶性有機物は検出されたものの、粒子起源と考えられる可溶性有機物種は同定できなかった。粒子起源の可溶性有機物が検出できなかった要因については、大気降下後の雪氷滞在中や昇華後の研究室環境におけるエアロゾルの潮解による可溶性有機物の候補粒子からの溶脱が考えられる。今後の研究課題としては、より多くの南極雪氷から微粒子を回収し、より多くの候補粒子を発見して分析を進めると共に、昇華後の微粒子に含まれるエアロゾルの潮解を回避しつつ候補粒子を選別し、候補粒子からエアロゾルを干渉しないように分離する為の手法を確立する必要があると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 石川裕偉、山本康太、橋口美奈子、奈良岡浩、矢田達、岡田達明
2. 発表標題 南極氷中に含まれる可溶性有機物の検出のための氷昇華手法の確立
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yui Ishikawa, Kota Yamamoto, Minako Hashiguchi, Hiroshi Naraoka, Toru Yada and Tatsuaki Okada
2. 発表標題 Detection of Soluble Organic Matter in Antarctic Micrometeorites
3. 学会等名 The Tenth Symposium on Polar Science（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川裕偉、山本康太、奈良岡浩、矢田達、岡田達明
2. 発表標題 南極氷中に含まれる可溶性有機物の検出のための氷昇華手法の確立
3. 学会等名 2019年地球惑星科学連合大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京大学大学院理学系研究科化学専攻 石川裕偉 修士論文
「南極の水や雪中の南極微隕石の新しい回収方法」
2020年3月提出・受理

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	奈良岡 浩 (Naraoka Hiroshi) (20198386)	九州大学・理学研究院・教授 (17102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------