

ABC サテライト「太陽系の起源と進化の体系的理解をめざすマルチスケール小天体科学」2020 年度活動報告

藪田ひかる¹, 上出奏海¹, 天野翠¹, 重中美歩¹, 後藤優衣¹, 宮原正明¹, 杉田精司², 巽恵理², 和田浩二³, 中村智樹⁴, 藤谷渉⁵, Larry Nittler⁶, Eric Quirico⁷, Matthias Grott⁸, Stefan Schroder⁸, Katharina Otto⁸, 橋省吾^{2,14}, 荒井朋子³, 木村宏³, 小林正規³, 平井隆之³, Ralf Srama⁹, Harald Kruger¹⁰, Frank Postberg¹¹, Cecile Engrand¹², 金田英宏¹³, 藤本 正樹¹⁴, 渡邊誠一郎¹³

1: 広島大学, 2: 東京大学, 3: 千葉工業大学, 4: 東北大学, 5: 茨城大学, 6: Carnegie Institution of Science, 7: Université Grenoble Alpes, 8: German Aerospace Center (DLR), 9: University of Stuttgart, 10: Max Planck Institute, 11: Freie Universität Berlin, 12: Paris-Sud University, 13: 名古屋大学, 14: 宇宙航空研究開発機構

本サテライトでは、小惑星サンプルリターン「はやぶさ2」と、惑星間ダストその場分析および活動小惑星フライバイ観測「Destiny+」に関わる、観測と物質科学の国内外研究者からなるマルチスケール小天体科学ネットワークを構築し、太陽系における生命材料物質の形成機構および供給機構の総合的解明を目指す。2 年目は、COVID-19 感染症拡大のため、分担研究者との共同研究・研究集会が実施困難であった。そのため、審査所見に従い、代表者の所属機関で実施可能な研究を中心に行った。

①太陽系大規模物質移動を特徴づける、軽度な水質変成条件を制約するための模擬彗星有機物水質変成実験
太陽系の外側から内側への物質移動の際に起こりえた、鉱物が変化しないほどに軽度な、彗星物質の水質変成初期における有機物進化を明らかにするために、ホルムアミドを加熱して合成した彗星模擬有機物(HCN ポリマー)の水質変成実験を様々な温度、時間、pH 条件で行った。実験生成物を顕微赤外分光法で分析した結果、特に、60-70°C、48 時間~2週間、pH12-13 の条件で、HCN ポリマー中のアミン、ニトリル、アミド基に由来する吸収が著しく減少したことから、これらの官能基の加水分解が起こっていることが示された。実験生成物の赤外吸収スペクトルにおける C=O/C=C ピーク面積比と C-H/C=C ピーク面積比は超炭素質宇宙塵の値[1]に類似することが判明した。本結果から、彗星起源である超炭素質宇宙塵が弱い水質変成を経験した可能性が実験的に示された。具体的には、彗星あるいは彗星物質が太陽系外側から内側へ移動した際の太陽加熱や衝突熱により、彗星に豊富な NH₃ によるアルカリ性を呈した流体が生じたというシナリオを描くことができる。この条件は、無水惑星間塵(IDPs)から層状ケイ酸塩鉱物が生成する条件の閾値[2]とも調和的である。本実験から、彗星物質が太陽系外側

から内側へ移動したものが現在の炭素質小惑星であるという仮説[3]を裏づける結果を得ることができた。

②探査機搭載質量分析計によるその場ダスト分析に向けた地上実験

「Destiny+」では、探査機に搭載されるダスト質量分析計(DDA)による、宇宙塵中の固体有機物のその場分析を目指している。そのため DDA と原理が似たマトリクス支援レーザー脱離イオン化法飛行時間型質量分析(MALDI-ToFMS)を用いた地上実験を行っている。しかし、隕石中の固体有機物を既存の(MA)LDI-ToFMS で測定できた例はほとんどない。そこで本研究では新たに表面支援レーザー脱離イオン化法(SALDI)を適用することによって、天然の固体有機物の一部(天然アスファルト4種のアセトン抽出成分)の質量分析を試みた。

その結果、SALDI は、LDI で検出されるアスファルト抽出成分をより高い強度でイオン化できることが判明した。MALDI(マトリクス CHCA, DHB)と比較すると、アスファルトの成分組成によって SALDI によるイオン化の方が優れている試料とそうでないものがあったが、SALDI では m/z 200 から m/z 1200 近くまで幅広くスペクトルが得られ、MALDI で検出された主な化合物は SALDI でも検出された。本研究において、レーザーイオン化法の違いによって異なる質量スペクトルが得られたことから、今後 DDA の地上較正において複数のイオン化法を組み合わせる質量スペクトルを評価する必要性が示された。

参考文献:

- [1] Dartois, E. et al.: 2013, *Icarus* **224**, 243-252
- [2] Nakamura-messenger, K. et al.: 2011, *Meteoritics & Planetary Science* **46**, 843-856.
- [3] Walsh et al. : 2011, *Nature* **475**, 206-209 .