

STXMによる未分類炭素質コンドライトの分析：
太陽系有機物の多様性と普遍性を探る
STXM analysis of ungrouped carbonaceous chondrites:
Exploring the diversity and generality of organic matter in the solar system

癸生川陽子^{1,*}, 富永宇^{1,2}, 鈴木政紀^{1,2}

¹東京科学大学, 〒152-8551 東京都目黒区大岡山 2-12-1

²横浜国立大学, 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5

Yoko KEBUKAWA^{1,*}, Takashi TOMINAGA^{1,2}, and Masanori SUZUKI^{1,2}

¹Institute of Science Tokyo, 2-12-1 Ookayama, Meguro-ku, Tokyo 152-8551, Japan

²Yokohama National University, 79-5 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama 240-8501, Japan

1 はじめに

炭素質コンドライトは、CI, CM, CR などのサブグループに分類されるが、一部の炭素質コンドライトはこれらに分類されないものもある。Chwichiya 002 隕石は、2018 年に西サハラで発見された、未分類のタイプ 3.00 炭素質コンドライト(C3.00-ung)である。Chwichiya 002 は、熱変成や水質変成の影響をほとんど受けていない非常に始原的な炭素質コンドライトであると考えられている[1,2]。Tarda 隕石は、未分類のタイプ 2 炭素質コンドライト(C2-ung)であり、D 型小惑星由来の可能性が提唱されている[3]。本研究では、Chwichiya 002 および Tarda について、走査型透過 X 線顕微鏡(STXM)、顕微ラマン分光により有機物の分子構造の特徴と分布を調べ、変成過程の影響を明らかにするとともに、太陽系の有機物の多様性と普遍性の解明を目指す。

2 実験

STXM 分析用には、粒径数百 μm 程度の隕石粉末を金板に圧着し、集束イオンビーム(FIB)装置を用いて厚さ 100 nm の薄片を作成した。フォトンファクトリーBL-19A の STXM を用いてスタック画像を取得し、スタック画像から炭素が豊富な領域の炭素 K 端 X 線吸収端近傍構造(C-XANES)スペクトルを取得した。C-XANES スペクトルは、Le Guillou ら[4]の手法を用いてガウシアンフィッティングを行い、官能基の含有量を比較した。

顕微ラマン分析には、金板に圧着した隕石粉末を用いた。ラマンスペクトル中の D バンド($\sim 1350\text{ cm}^{-1}$)および G バンド($\sim 1600\text{ cm}^{-1}$)に対し、Lorentzian and Breit-Wigner-Fano (L-BWF)モデルを用いてフィッティングを行い、D, G バンドのピーク位置、半値幅、強度比を得た。顕微赤外分光には、KBr またはダイヤモンド板に圧着した隕石粉末を用い、赤外透過スペクトルを取得した。

3 結果および考察

C-XANES による官能基分析の結果、Tarda に含まれる酸素含有官能基($\text{C}=\text{O}/\text{COOR}$)の量は、Murchison 隕石(典型的なタイプ 2CM コンドライト)と同程度であったのに対し、Chwichiya 002 はこれらの隕石よりも低かった。このような酸素含有官能基の減少は、Chwichiya 002 の変成度が低いことに起因している可能性がある。また、Chwichiya 002 における芳香族炭素の含有量は、Tarda や Murchison よりも低く、これは Chwichiya 002 が Tarda や Murchison に比べて熱変成度が低いことを示唆している。

顕微ラマン分光による Chwichiya 002 の G バンド半値幅の値は Murchison のそれよりもやや高い傾向にあり、これは Murchison よりも熱変成度がわずかに低いことを示唆している。一方、Tarda の赤外スペクトルでは 2900 cm^{-1} 付近に明確な脂肪族 C-H のピークが認められたが、Chwichiya 002 ではこれらのピークが弱かった。これは、Tarda の有機物含有量が Chwichiya 002 よりも多いことを示しており、これまでの研究[2,5]とも一致している。通常、脂肪族 C-H バンドの欠如は有機物の熱変質の進行を示すが[6,7]、Chwichiya 002 の始原性を考慮すると、もともと有機物含有量が少なかった可能性がある。これは、Chwichiya 002 の母天体が有機物の少ないダストから形成されたか、あるいは水変質過程時の有機物形成の欠如が考えられる。

4 まとめ

本研究では、未分類の炭素質コンドライトである Chwichiya 002 隕石と Tarda 隕石を中心に有機物の分析を行った。本実験の成果とこれまでに得られている様々な地球外物質の分析結果と合わせ、これらの有機物の特徴や進化的な関係性を明らかにするとともに、多様な過程を経てきた太陽系の有機物を包括的に捉えることができると期待される。

謝辞

BL19A/B 担当の山下翔平博士のサポートに感謝します。隕石試料を提供いただいた Michael. E. Zolensky 博士に感謝します。

参考文献

- [1] J. Gattacceca *et al.* *Meteoritics & Planetary Science* **56**, 1626–1630 (2021).
- [2] L. Krämer Ruggiu *et al.* *Geochimica et Cosmochimica Acta* **336**, 308–331 (2022).
- [3] Y. Marrocchi *et al.* *The Astrophysical Journal Letters* **913**, L9 (2021).
- [4] C. Le Guillou *et al.* *Analytical Chemistry* **90**, 8379–8386 (2018).
- [5] M. Yesiltas *et al.* *Meteoritics & Planetary Science* **57**, 1665–1687 (2022).
- [6] E. Quirico *et al.* *Geochimica et Cosmochimica Acta* **241**, 17–37 (2018).
- [7] Y. Kebukawa *et al.* *Meteoritics & Planetary Science* **54**, 1632–1641 (2019).

* kebukawa.y.aa@m.titech.ac.jp