

STXM を用いた Aguas Zarcas 隕石の有機物分析 STXM analyses of organic matter in the Aguas Zarcas meteorite

癸生川陽子¹

¹横浜国立大学 大学院工学研究院
〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5
Yoko KEBUKAWA^{1,*}

¹Faculty of Engineering, Yokohama National University,
79-5 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama 240-8501, Japan

1 はじめに

CM2 炭素質コンドライトに分類される Aguas Zarcas 隕石は 2019 年 4 月 23 日、コスタリカに落下した。一部は落下後すぐに回収されたため、地球物質に汚染されていない貴重な試料となった。このような有機物を含む炭素質コンドライトは、原始地球に生命の原材料となる有機物を提供した可能性や初期太陽系における物質進化の理解において重要である。これまでの研究から、Aguas Zarcas 隕石には複数の異なる岩相(lithology)が含まれていることが知られている[1]。本研究では、STXM 分析によりこれらの岩相の有機物の特徴を明らかにした[2]。

2 実験

試料として、Aguas Zarcas 隕石の metal-rich lithology 及びマトリックスの典型的な領域(CM-lithology)から FIB を用いて作成した超薄切片(約 $10 \times 10 \times 0.1 \mu\text{m}$)を用いた。

走査透過 X 線顕微鏡(STXM)を用いて C-K 端 X 線吸収端近傍構造(C-XANES)分析を行った。数ミクロン角の領域で 0.1 eV~1 eV ごとにエネルギーを変化させた画像を取得することにより、C-XANES スペクトル情報を含む画像データ(Stack)を取得した。エネルギーの間隔は 283-295.5eV 領域で 0.1 eV, 280-283 eV 及び 295.5-301.0 eV 領域で 0.5 eV, 301-320 eV 領域で 1 eV, Dwell time は 3-7 ms, 解像度は 0.1-0.2 $\mu\text{m}/\text{pixel}$ とした。また、C-K 吸収端(292 eV)およびプレッジエッジ(280 eV)の画像を取得することにより、炭素マップを作製した。データ解析には主に aXis2000 (<http://unicorn.mcmaster.ca/aXis2000.html>)を用いた。

3 結果および考察 [2]

Aguas Zarcas 隕石の炭素マップには、1 μm 以下の有機物の濃集している部位が多数見られた。これらの有機物が濃集している部位の C-XANES スペクトルを取得した。ほとんどの有機物濃集部分には、285.0 eV (芳香族炭素), 286.5eV (C=O), 287.5 eV (脂肪族炭素), 288.7 eV (C(=O)O), 290.7 eV (有機または無機炭酸塩)のピークがみられた。これらのピーク

の強度比は場所ごとに異なり、一般に、小さく濃集した粒子ほど芳香族炭素に富み、やや広い領域に拡散している有機物は C(=O)O や脂肪族炭素がより多く見られた。このような特徴、加熱を受けていないの炭素質コンドライトでも普遍的に観察されるものである[3]。一方、熱変成を受けた炭素質コンドライトの多くは、グラフェン構造の発達に起因する 291.7 eV の鋭い 1s- σ^* 励起ピークと 292-293 eV のブロードなピークをもつことが知られている[4]。このような特徴は本試料でははっきりとは観測できなかった。以上の C-XANES の特徴から、Aguas Zarcas 隕石はほとんど加熱を受けていないと考えられる。CM-lithology の有機物粒子は、Metal-rich lithology よりも大きい傾向がみられたが、C-XANES の特徴はほぼ共通であった。

有機物の不均一な分布と粒子状の構造から、これらが母天体の集積前に形成された可能性が考えられる。その場合、有機物は原始惑星系円盤の時点で数百ナノメートルの固体に成長している必要がある。一方、粒子状の有機物は、隕石母天体の水質変質過程において、ホルムアルデヒドやアンモニアなどの単純な分子から作られた可能性も考えられる[5,6]。現時点では、これらの有機物の起源をはっきりと区別することはできていないが、ミクロスケールで分子構造に違いが見られることから、異なる起源をもつ有機微粒子が混ざっている可能性がある。

4 まとめ

STXM を用いて比較的新しく落下した炭素質コンドライトである Aguas Zarcas 隕石の有機物分析を行った。サブミクロンの空間分解能で有機物濃集部分の分子構造の情報を得ることができた。数ミクロンの範囲内に異なる分子構造を持つ有機微粒子が含まれていることから、これらの有機物が異なる起源をもつ可能性が考えられる。

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金(JP17H06458, JP19H05073)の支援を受けた。

参考文献

- [1] I. Kerraouch *et al.*, *Meteoritics & Planetary Science* **56**, 277 (2021).
- [2] I. Kerraouch, Y. Kebukawa *et al.*, *Geochim. Cosmochim. Acta*, in press.
- [3] C. Le Guillou *et al.*, *Geochim. Cosmochim. Acta* **131**, 368 (2014).
- [4] G. D. Cody *et al.*, *Earth. Planet. Sci. Lett.* **272**, 446 (2008).
- [5] G. D. Cody *et al.*, *PNAS* **108**, 19171 (2011).
- [6] Y. Kebukawa *et al.*, *Astrophys. J.* **771**, 19 (2013).

* kebukawa@ynu.ac.jp