

# STXM による隕石や微生物の観測：若手からの声を含めて

菅大暉<sup>1,2</sup>、武市泰男<sup>2</sup>、宮本千尋<sup>3</sup>、菊池早希子<sup>4</sup>、間瀬一彦<sup>2</sup>、  
小野寛太<sup>2</sup>、宮原正明<sup>1</sup>、高橋嘉夫<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>)広島大・院理、<sup>2</sup>) Photon Factory、<sup>3</sup>)東京大・院理、<sup>4</sup>)海洋研究開発機構

【はじめに】 著者は様々な地球化学試料観測のため、2012年度から Photon Factory BL-13A での compact STXM (cSTXM) 開発に携わってきた。開発は順調に進み、現在 PF で進行中の実験課題「2013S2-003: 走査型透過 X 線顕微鏡 (STXM) を用いたサステナブル科学の推進」において、様々な地球惑星科学的試料の観測を行っている。本発表では、著者がこれまでに行った cSTXM 観測の中から、隕石および微生物の結果について発表する。

【隕石の観測】 1969年にメキシコに落下したアエンデ隕石 (炭素質コンドライト: CV3) のマトリクス部分を対象として、有機物の分布とその構成分子の調査を行った。隕石中の有機物は隕石母天体の形成環境や経験した熱・水質変成の情報を保持していると考えられており、STXM 観測によりそれらを調査することで、起源や高分子化のタイミングなどを明らかにできる可能性を秘めている。これまでもアエンデ隕石の有機物は観測されているが、酸処理抽出法により試料を作成しているため (i) 酸によるダメージや (ii) その有機物が元々どの部分に存在していたかの情報を持たない、などの問題点があった。

そこで本観測では (i)、(ii) を解決すべく、試料の位置選択性が高く、酸処理に比べて試料へのダメージが少ない集束イオンビーム法 (FIB) を利用した。試料作成はすべて FIB によって行い、隕石の目的部分から試料を切り出し、その後 150 nm 程度の厚さに薄膜化するという手順で行った。そして、この薄膜試料を cSTXM で観測した。

この semi *in-situ* 測定によって、アエンデ隕石マトリクス中には粒子状と拡散状という 2 種類の有機物が存在しており、それらは約 1:1 の割合で存在していることが分かった。その他の詳細については発表の際に報告する。

【微生物の観測】 地球表層には水酸化鉄が幅広く存在しており、その高い元素吸着能から、吸着を通して表層環境の元素循環に大きな影響を与えていると考えられている。そして、その多くは微生物活動により生成された水酸化鉄 (BIOS) である。BIOS の形成には微細物活動を伴わない無機的水酸化作用と、微生物による鉄酸化作用の両者が寄与している。これまで天然水酸化鉄への元素吸着挙動は、無機的水酸化鉄についての室内実験結果から予測されるのみであり、実際の BIOS を用いた研究を促進する必要があると著者らは考えた。

実際に希土類元素 (REE) の吸着挙動が、無機的水酸化鉄と BIOS に対してでは異なることが報告されており、この違いは BIOS 内の微生物細胞壁のリン酸基に REE が吸着するために生じるとされている。この吸着現象は、安価で環境に優しい REE 回収技術の開発などに応用可能だが、実際に REE が吸着している様子は未だ可視化されていない。

そこで本観測では、微生物表面への REE 吸着を可視化することを最終目的として、現在までに、BIOS 中から微生物 1 個体を探し出すまでのプロセスの確立を試みた。試料として、広島大学東広島キャンパス内にある「ぶどう池」から BIOS を採取し、この BIOS を厚み 50 nm の Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 膜の上に散布・風乾させたものを cSTXM で観測した。

cSTXM 観測の結果、微生物とみられる個体の検出に成功し、炭素と酸素の K 端 XANES から微生物であると同定した。また本観測を通して、炭素の元素マップをうまく利用することで、微生物を比較的容易に検出できることがわかった (経験上 BIOS 中の微生物を電子顕微鏡などで見つけるのは非常に難しく、透過法だからこその強みであると感じる)。上記以外にも、鉄の観測を行ったがこの詳細は発表の際に述べる。

【若手からの声】 これまでの試料観測を通して、STXM によって良いデータを得るには、何よりも試料準備が大切であると感じた。測定以前にそれぞれの試料ごとに試行錯誤を繰り返して「適した試料準備方法」を確立しておく必要がある。そして、測定者 1 人ひとりが装置の特性 (何が出来て、何を得られ、どこまでできるのか) を理解する必要がある。発表では、上記に加えて、装置への要望 (検出法など) とビームラインへの要望 (マシンタイムや測定シフト) についての内容も混ぜて、若手からの声として述べる。