

# サステナブル科学のための コンパクト X 線顕微鏡の開発

SATテクノロジー・ショーケース2015

## ■ はじめに

放射光X線を使った走査型透過X線顕微鏡 (scanning transmission X-ray microscopy: STXM) は、物質中の元素、価数や官能基、構造といった多彩な情報が得られるX線吸収分光法の利点そのままに、最高十数nmの分解能で空間分布の情報が得られる、強力な手法である。STXMは世界の多くの放射光施設に導入され、物理・化学・生命・環境といった幅広い分野での応用研究が行われている。一方で日本では、ごく最近まで標準的なSTXMがなく、この分野では大きく立ち遅れていた。

我々は、高エネルギー加速器研究機構の放射光施設フotonファクトリー (KEK-PF) に新たにSTXMを導入した。既存のビームラインに設置・撤収が可能な汎用性とnmスケールの空間分解能を実現するため、独自設計により光学系や駆動機構を一から見直し、従来に比べ格段にコンパクトなSTXMの開発に成功した。

## ■ 活動内容

### 1. cSTXMの開発

我々は、高精度かつ小型なピエゾ駆動ステージを試料や光学素子の駆動に採用したコンパクトSTXM (cSTXM)を開発した [1]。これにより、熱や振動の特性が従来に比べ改善されただけでなく、すべての光学素子をひとつの光学定盤上に配置して高い汎用性を実現している。さらにFPGA (field-programmable gate array) 回路による制御系を独自開発し、PCとは独立した高速なスキャンを可能にしている。これまでの性能評価で、40 nmの空間分解能と、試料上で $10^7$  phts/sのX線強度が得られている。

### 2. cSTXMを用いたサステナブル科学

我々は、開発したcSTXMを使って「サステナブル科学」をキーワードにした幅広い応用研究を行っている。

#### ① 有機薄膜太陽電池

有機薄膜太陽電池を観察し、ドナー分子・アクセプター分子を区別した分子混合状態の観察に成功した。その結果、製膜時のアニール温度が高いと分子の相分離が進んでいることを明らかにした [2]。

#### ② 微生物による鉱物の分解

微生物が鉱物 (パイライト:  $\text{FeS}_2$ ) を分解 (バイオリーチング) するメカニズムをcSTXMで調べた。微生物と鉱物の境界に多糖類が濃集している様子を観察し、微生物が多糖類を生成して鉱物を分解していることを明らかにした [3]。

#### ③ 放射性セシウムを吸着する鉱物粒子

原発事故後の放射性セシウムの挙動を解明するため、セシウムを吸着する河川中の泥の粒子をcSTXMで観察した。その結果、腐食物質が鉱物粒子を覆うことで、鉱物によるセシウム吸着を阻害していることを明らかにした [4]。

#### ④ 土壌中の有機物と鉱物粒子との相互作用

地球温暖化の予測に不可欠な土壌中の炭素循環サイクルを解明するため、鉱物と有機物を含む土壌をcSTXMで観察した。その結果、炭素滞留時間の異なる土壌は、鉱物と有機物の分布が異なっていることを明らかにした。

## ■ 関連情報等

<参考文献>

- [1] Y. Takeichi *et al.*, Chem. Lett. **43** (2014) 373.
- [2] Y. Moritomo *et al.*, APEX **7** (2014) 052302.
- [3] S. Mitsunobu *et al.*, Chem. Lett. accepted.
- [4] H. Suga *et al.*, Chem. Lett. **43** (2014) 1128.

cSTXMの開発と応用は、KEK-PFの放射光利用実験課題 (2013S2-003) で行われた。cSTXMを使ったサステナブル科学研究は、それぞれ下記の方々との共同研究である (敬称略)。① 櫻井岳暁・守友浩 (筑波大)、安田剛 (NIMS) ② 光延聖 (静岡県立大) ③ 菅大暉 (広島大院生)・高橋嘉夫 (東京大) ④ 浅野真希・和穎朗太・山口紀子 (環境技研)。



図 1: cSTXM の外観。集光素子や試料ステージが光学定盤中央の真空槽に収められている。

代表発表者 **武市 泰男 (たけいち やすお)**  
 所属 **高エネルギー加速器研究機構  
 物質構造科学研究所**  
 問合せ先 〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1  
 TEL: 029-864-5200ex.4909 FAX: 029-864-2801  
 yasuo.takeichi@kek.jp

■キーワード: (1) X線吸収分光  
 (2) X線イメージング  
 (3) サステナブル科学