



BL-12 軟X線顕微鏡ビームライン

概要

軟X線顕微鏡とは、可視光や電子の代わりに軟X線を光源として用いた顕微鏡である。可視光より波長が3桁程度短い軟X線を利用することにより、少ない試料処理で高分解能の観察情報を得る事が可能である。軟X線は透過率が高い為、数 μm 程度の厚さであれば試料を薄片化処理する必要がなく、大気中や水中での *in-situ* 観察を行なう事ができるという特徴がある。特に水の窓領域 (2.3~4.4 nm) と呼ばれる酸素と炭素のK吸収端の間の波長域を観察に用いる事で、水中の細胞(タンパク質)の様な試料を高いコントラストで観察する事が可能である。また元素に固有な吸収端を用いることで、元素識別されたコントラストを得る事ができる。これにより、試料に対して染色等の処理が不要である場合が多い。さらに、Computer Tomography (CT)の手法を応用する事で、 $\sim 10 \mu\text{m}$ 程度の大きさの試料の3次元内部構造を、非破壊観察する事も可能である。このように BL-12 に設置されている軟X線顕微鏡は試料の自由度が非常に高い顕微鏡であり、放射光施設に常設のX線顕微鏡としては国内唯一の装置である。

X線領域では屈折率が1より僅かに小さい程度なので、通常の屈折レンズを用いる事は出来ない。そのため軟X線顕微鏡の光学系では、X線用レンズとして Fresnel Zone Plate (FZP) という回折を利用した光学素子を用いている。放射光光源からの白色X線を SiC ミラー (斜入射角 40 mrad) を用いて $> 1 \text{ nm}$ の波長をカットし、これを集光用 FZP とピンホールを用いて分光と同時に試料への照明を行ない、試料を透過したX線を結像用 FZP によって、検出器である背面照射型 CCD カメラに結像を行なう。軟X線を利用するため光学系は基本的に真空排気されているが、試料位置前後には 100 nm 厚の SiN 窓が設けられており、これにより試料を大気中に設置する事が可能となっている。

ビームラインの構成



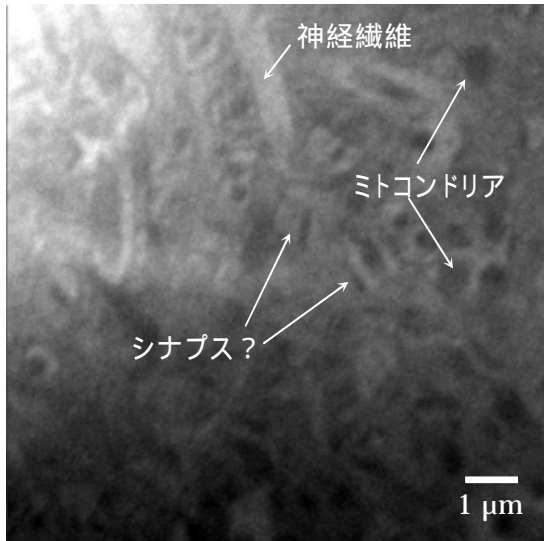
- フロントエンド
SiC ミラー 斜入射角 40 mrad
- 集光・分光光学系
フレネルゾーンプレート、ピンホール
- 試料
大気中(真空系とは SiN 窓で分断)
XYZ θ 4軸ステージ
- 結像光学系
フレネルゾーンプレート
- 検出器
Peltier 素子冷却背面照射型 CCD カメラ

ビームラインの仕様

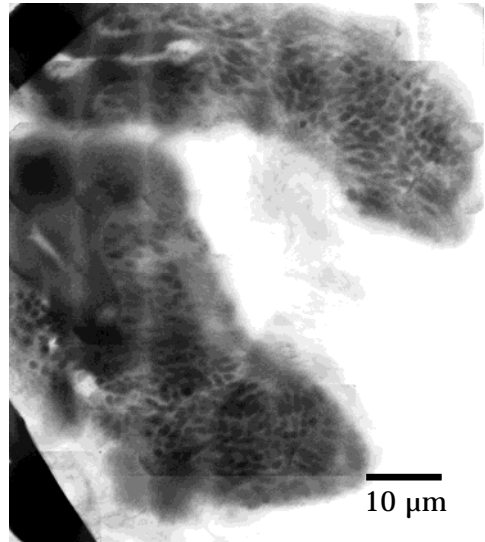
構成	SiC ミラー、フレネルゾーンプレート、CCD カメラ
エネルギー範囲	約 280 ~ 730 eV 程度
空間分解能	$\sim 55 \text{ nm}$ (20~80%)
エネルギー分解能	$E/\Delta E \sim 225$
視野	約 $12 \mu\text{m}$ ϕ (540 eV)
倍率	約 1200 倍 (540 eV)

測定雰囲気	大気中、水中など
その他	3次元観察(Computer Tomography)が可能 吸収端を利用した元素マッピングが可能

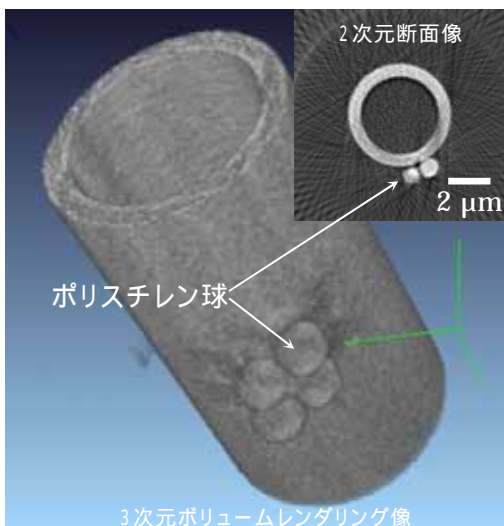
測定例



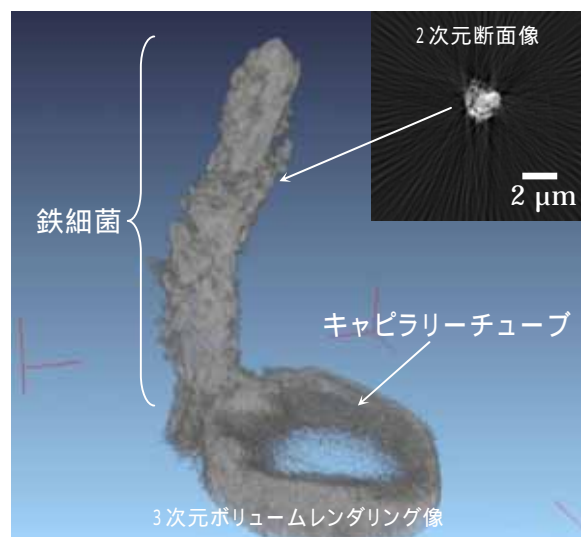
マウス大脳皮質切片
Os 染色, 厚さ: 200 nm
: 2.3 nm, Exp.: 5 min
(提供: 東京大学 水谷 治央 先生)



ナメクジウオ 臍部切片
無染色, 厚さ: 2 μm
: 1.9 nm, Exp.: 3 min \times 56
(提供: 東京大学 窪川 かおる 先生)



ガラスキャピラリーチューブとポリスチレン球
: 2.3 nm, Exp.: 2 min
50 projections/180 $^\circ$



鉄細菌
: 1.9 nm, Exp.: 2 min
50 projections/180 $^\circ$

近年の成果

- [1] A. Hirai, K. Takemoto, K. Nishino, N. Watanabe, E. Anderson, D. Attwood, D. Kern, M. Hettwer, D. Rudolph, S. Aoki, Y. Nakayama and H. Kihara, *J. Synchrotron Rad.*, **5**, (1998), 1102-1104.
- [2] A. Hirai, K. Takemoto, K. Nishino, B. Niemann, M. Hettwer, D. Rudolph, E. Anderson, D. Attwood, D. P.

Kern, Y. Nakayama and H. Kihara, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **38**, (1999), 274-278.