

## BL20XU 医学・イメージング II

### XRD-CT装置の開発・高度化

XRD-CTは、X線計算機トモグラフィ(Computed Tomography, CT)にマイクロビームX線回折(X-Ray Diffraction, XRD)的手法を組み合わせることで、試料内の各結晶粒の方位と3次元分布を非破壊で観察することを目的とした手法である。これに、通常の吸収コントラストのX線CTの観察で得られる線吸収係数の3次元分布を組み合わせることにより、組織を構成する鉱物、あるいは化学組成の同定を目的とする。近年、材料、金属、鉱物、宇宙科学の分野で多くの試みがなされている。

BL20XUで継続的に利用されている吸収コントラストX線マイクロCTでは線吸収係数の定量的取り扱いにより物質の形状や分布を1  $\mu\text{m}$ の空間分解能で計測することが可能である。しかし、材料科学あるいは地球科学的な試料の場合、線吸収係数では区別(鉱物相の同定)がきわめて難しい物質があるのも事実である。一つの解決法として、位相コントラストイメージング法が挙げられるが、鉱物相を同定するための手法としては、線吸収係数と同様、測定精度が足りず決め手に欠ける。これを克服し鉱物相の分布を非破壊で決定しうる方法として、CTとXRDを組み合わせたXRD-CT法が提案されている<sup>[1]</sup>。BL20XUでは、吸収コントラストCT法によるデータを補完し鉱物相を同定する手法としてこのXRD-CT法を採用した。このために、同一の試料に対してマイクロビームを利用したXRDと通常のマイクロCTを連続して行うた

めのシステムの開発を行っている(図1)。XRDとマイクロCTともに1  $\mu\text{m}$ 程度の空間分解能を達成させるために、両者の計測システムの切り替えには、1  $\mu\text{m}$ オーダーの精度・再現性が求められる。また、数百 $\mu\text{m}$ ~1 mmサイズの試料をXRD-CTで測定するには、数十万~数百万枚のXRDパターンを記録していく必要があり、これを現実的なビームタイムの中で実施するにはマイクロビームXRDにおいて最低でも一秒あたり数十測定点と非常に高速な測定が求められる。試料には $\mu\text{m}$ オーダーの領域に可能な限り大強度のX線を照射するため、フレネルゾーンプレート(Fresnel Zone Plate, FZP)をX線光学素子として用いた集光ビームを利用している。用いているFZPはNTT-AT社製で、典型的なパラメータは以下のとおりである。FZP材質タンタル厚さ2  $\mu\text{m}$ 、最外線幅200 nm、直径299  $\mu\text{m}$ 、焦点距離と角度発散はそれぞれ、20 keVにおいて960 mmと156  $\mu\text{rad}$ である。測定する試料にもよるが、一秒あたり約50測定点での測定で十分な強度の回折像が得られている。図2にXRD-CTにて測定した結果例を示す。試料はMurchisonと呼ばれる、炭素質コンドライト隕石の300  $\mu\text{m}$ の薄片である。主要構成鉱物である蛇紋石と呼ばれる粘土鉱物と、その他、輝石、かんらん石がXRD-CTを用いてはつきりと区別できている。この測定では1秒あたりの測定点は20、1スライスの測定時間は2時間であった。

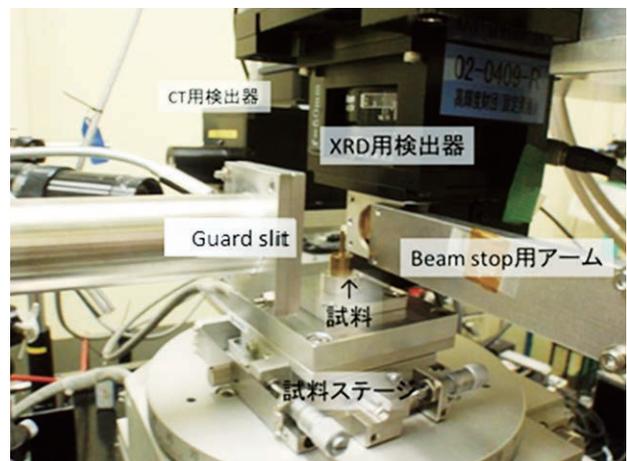
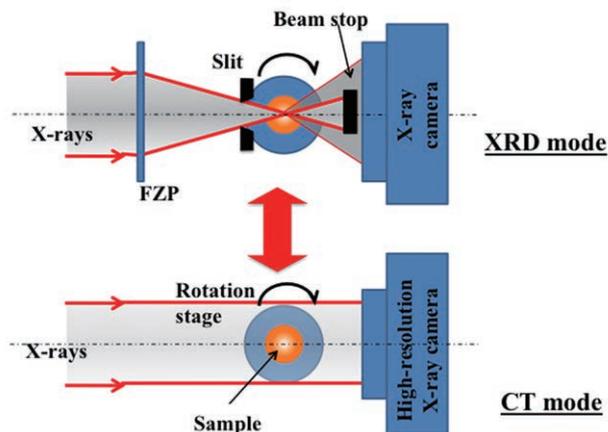


図1 XRD-CTセットアップの概略図(左)と試料周りの写真(右)。FZP、スリット、ビームストップ、カメラをステージで移動させてXRDとCTの測定モードチェンジを行う。

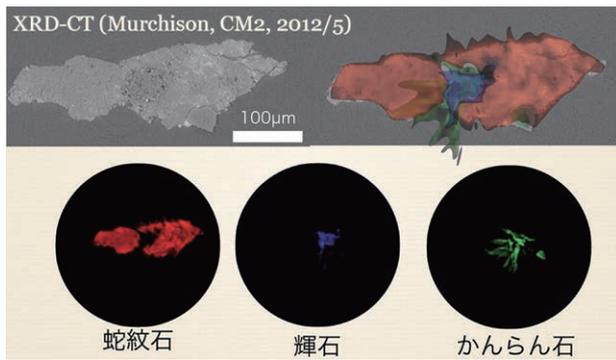


図2 Murchison隕石の吸収X線CT（左上）と、蛇紋石、輝石、かんらん石の分布。X線エネルギー 20 keV

参考文献

- [1] J. A. Grant et al.: *Optical Engineering* **33** (8), (1994) 2803.

利用研究促進部門  
バイオ・ソフトマテリアルグループ  
竹内 晃久