

BL37XU 分光分析

1. 概要

BL37XUでは2011年4月から5月中旬までは、2010年度に導入されたナノビームX線分光分析装置類の立ち上げ期間に設定され、液体窒素冷却2結晶分光器をはじめとするビームライン光学系機器及び新設された実験ハッチ3の立ち上げ調整を光源・光学系部門の尽力を得て行った。5月中旬以降は、共同利用に供され、ほぼ順調にユーザー実験を遂行することができた。

2. ビームライン光学系の概要とコミッショニング

図1に新規導入されたナノビームX線分光分析装置類のビームライン配置を示す。従来機との入れ替えで光学ハッチ内に液体窒素冷却2結晶分光器と高精度スリットが設置された。また、実験ハッチ3が光源から約80 m離れた位置に建設された。2結晶分光器は結晶の平行平板配置が可能となったため、第2結晶としてSi (111) とSi (511) の2つの結晶を並進ステージ上に並置することによる結晶切り替えを実現した。これにより、第1結晶：Si (333) (Si (111) の3次回折) と第2結晶：Si (511) を組み合わせた使用が可能となり、2結晶分光器の最大エネルギーが、従来の37.7 keVから113 keVへ大幅に拡張された。高精度スリットは集光ビーム形成の際に空間フィルター（仮想光源）として用いることを目的としており、実験ハッチ3の36 m上流に設置されている。高精度スリットは2結晶分光器の下流に設置されているので、空間フィルター（スリット開口）のサイズを変えても分光器にかかる熱負荷は変化しない。このため数百nmから数 μm の範囲で集光ビームサイズを安定にコントロールすることが可能となっている。

実験ハッチ3には、ナノビームの安定な提供を目的として全反射Kirkpatrick-Baez (KB) ミラーが新たに導入され

た。上流側の上下集光ミラーは、幅50 mm、長さは300 mm、焦点距離460 mmであり、水平集光ミラーは、幅50 mm、長さ200 mm、焦点距離200 mmである。両ミラーの反射面はRhコーティング、視斜角は3.6 mradである。各ミラーの入射光に対する開口は、それぞれ1080 μm 及び720 μm に設計されており、特に上下集光ミラーは入射光の全てを受光できるため、高いフラックスをもつ数百nmの集光ビームが形成される。図2に、15 keVにおけるナイフエッジスキャン法により得られた集光ビームプロファイルを示す。微分プロファイルの半値全幅から求めたビームサイズは320 nm (上下) $\times$ 480 nm (水平)、ビームフラックスは 6.7×10^{11} phs/sであった。一方、実験ハッチ1の集光ビームは800 nm (上下) $\times$ 1200 nm (水平)、ビームフラックス 1.3×10^{11} phs/sである^[1]。光学素子や種々の条件が異なるため直接的な比較は難しいが、光源から遠距離に第3ハッチを建設し、高縮小率の長尺KBミラーを導入することにより、結果として集光サイズが1/6以下かつフラックスが5倍以上高いナノビームが実現できたことになる。さらに、図2と同じ光学系で高精度スリット（空間フィルター）を開口幅：6 μm (上下) $\times$ 16 μm (水平) に狭めることにより、100 nm (上下) $\times$ 100 nm (水平) の集光を実現した^[2]。

3. 走査型X線顕微鏡を用いた白金ナゲット内の元素分布解析

第3実験ハッチ内に、前項で述べた100 nm²の集光ビームをプローブ光として用いる高空間分解能X線顕微鏡の構築を行った。ここでは、地球科学試料への適用例について述べる。かんらん岩などのマントルを起源とする物質はそこに含まれる元素の分配を調べることによってマントルの

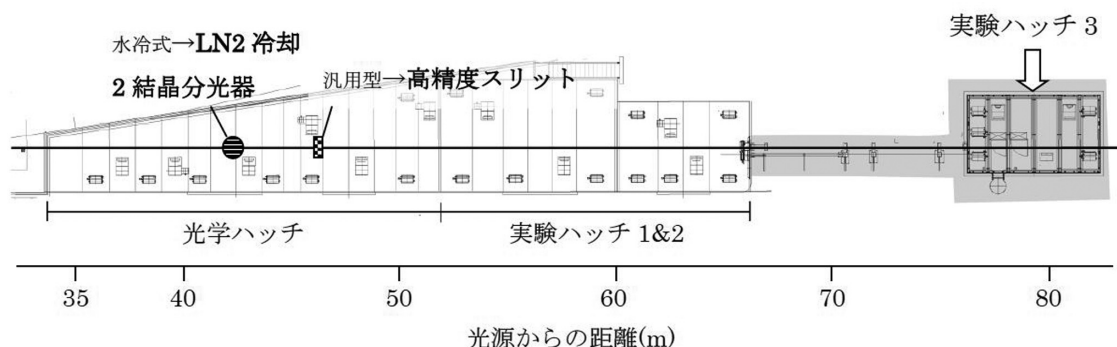


図1 BL37XUの全体俯瞰図。グレイのハッチングは新設部分を表す。

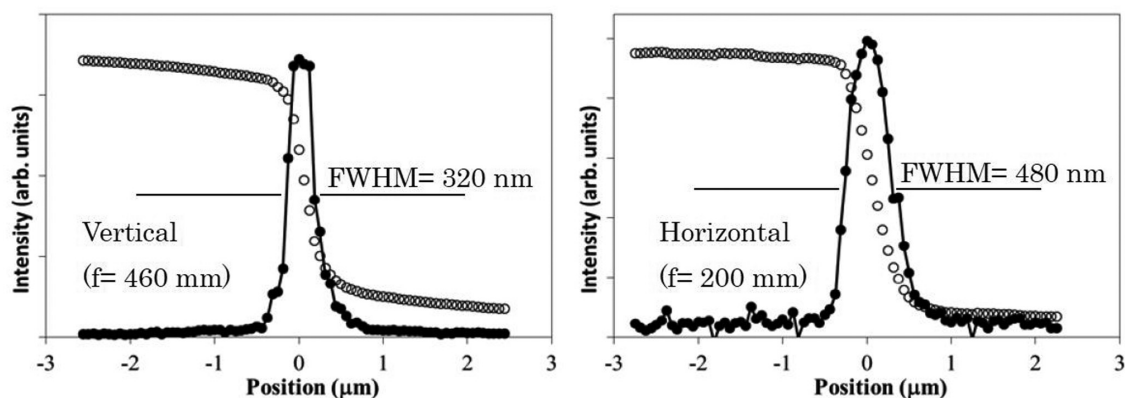


図2 実験ハッチ3に新設された集光光学系のビームプロファイル。
X線エネルギー 15 keV。○：透過光強度、●：微分プロファイル。

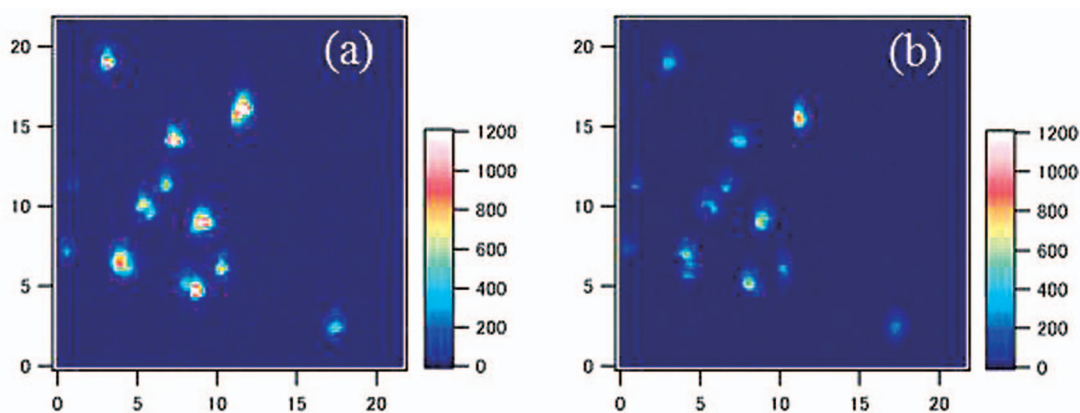


図3 かんらん岩中に含まれるインクルージョンの元素分布。(a) Cu、(b) 白金。200 nm ステップ、0.5 s/ステップ、視野 23 μm $\times$ 23 μm 。

活動や地球そのものの生き立ちを知ることができる。中でも白金属元素は希少元素であり、包有物（インクルージョン）として岩石中への取り込まれるため、その分布状況で固相－液相の分配に関する知見を得ることができ、岩石の過去の活動を解き明かせることが期待されている。そこで我々はナノビーム走査型X線顕微鏡を用い、かんらん岩中に含まれる白金属インクルージョンの探索とそこに含まれる元素の分布を調べた。図3に探索したインクルージョンの元素分布を示す。スキャン条件は200 nm ステップ、0.5 s/ステップである。図3の視野は23 μm $\times$ 23 μm である。大きいもので直径2 μm 程度のインクルージョンがナゲット状に点在しており（図3 (a)）、白金がナゲット中に局在していることがわかった（図3 (b)）。従来のプローブ径では点在するインクルージョンしか認識できなかったが、ナノビームプローブの利用により、数 μm のサイズの測定対象内の元素分布に関する知見を得ることができた。現在、他の元素の情報と合わせ解析を進めており、更にXAFSを用いた白金の化学形態の分布の解明についても検討を進めている。

参考文献

- [1] Y. Terada, H. Tanida and T. Uruga, et al.: AIP Conf. Proc., **1365** (2011)172.
- [2] 鈴木基寛, 寺田靖子, 大橋治彦他: SPring-8利用者情報, Vol.16 (2011) pp.201.

利用研究促進部門
分光物性Iグループ
寺田 靖子