

BL16B2 (サンビームBM) 産業用専用ビームライン建設利用共同体

1. はじめに

BL16B2 (サンビームBM) もBL16XU (サンビームID) と同様、産業用専用ビームライン建設利用共同体 (略称: サンビーム共同体) が建設し、管理・運営を行っているビームラインである^[1]。BL16XUの報告の中でも述べたように、同共同体は12社と1グループの13団体^[脚注]で構成する任意団体で、競争相手も共存する中で権利・義務すべて平等を原則とする、世界でもあまり例を見ない企業ユーザーグループであると言える。発足等の経緯はBL16XUの報告を参照されたい。ビームラインのメンテナンス、調整作業などの共同作業についても平等の原則のもとに各社で担当を持回りながら行っているが、実験手法の高度化のような非常に専門的な作業に関しては社によって得手不得手があり、すべての担当をすべての社で持回することはできない。しかしながら、自身で興味のある技術については自身の手で開発したいとの各社の思いなどもあり、発足後20年もの間、設備更新などによる実験手法の高度化を少しずつ図りながら運営を続けることができています。2018年には現契約の満了を迎えるため、現在、次の契約に向かって準備を進めている。

2. ビームライン・実験装置の概要

BL16B2の基本仕様を表1に示す。実験装置などの機器配置は、BL16XUの報告の図1に示したとおりであり、そちらを参照されたい。光源は偏向電磁石であり、光学ハッチに設置された可変傾斜型Si二結晶単色器により、広いエネルギー範囲で単色X線を利用できる。その下流

表1 BL16B2の基本仕様

光源	偏向電磁石
光子エネルギー	4.5~113 keV
単色器	可変傾斜型二結晶 (Si (111), Si (311), Si (511))
光子数	~10 ¹⁰ photons/s
ビームサイズ	0.1 mm (H) × 0.1 mm (V) (ミラー使用) 60 mm (H) × 5 mm (V) (Si (311)、ミラー不使用)
実験装置・手法	大型実験架台 (XAFS、X線トポグラフィー、X線イメージング) 6軸X線回折装置 その場計測用ガス設備

には集光及び高次光除去用のベントシリンドリカルミラーが設置されている。実験ハッチには2台の機器が設置されている。上流側は大型実験架台で、表面を平滑仕上げとし、エアパッド浮上式のステージを採用して測定装置類の配置を比較的容易に変えられる仕様となっている。下流側は6軸X線回折装置で高エネルギーX線回折が行えるほか、BL16XUでの回折実験ビームタイムの補完の役目も担っている。

大型実験架台での実験は、主にXAFS測定とイメージングである。XAFS用の検出器としては、イオンチャンバー、ライトル検出器、転換電子収量検出器のほか、液体窒素の自動供給装置を備えた19素子Ge半導体検出器があり、用途に応じたXAFS測定が可能となっている。イメージング用の2次元検出器としては、PILATUS検出器、フラットパネル検出器、X線イメージインテンシファイア (12インチ径) および高感度/高ダイナミックレンジのCMOSカメラがある。試料台とCMOSカメラを組み合わせることで、観察部位を特定したmmオーダーの領域における2次元XAFS測定を行うことができる。また、BL16XUと同様に、COやNOなどの毒性ガスや、H₂やCH₄などの可燃性ガスを実験ハッチに安全に供給し排気するその場計測用ガス設備を使用でき、クイックスキャンXAFS計測系と組み合わせ、材料の反応過程のその場XAFS測定を行えることも大きな特徴である。

3. 利用状況

BL16B2における利用ビームタイムの内訳を図1に示す。左図は適用分野別の内訳、右図は手法別の内訳で、相対的な利用割合を明確にするために百分率での表示としてある。左図には測定手法高度化のための検討やビームラインの保守・調整作業などの共同作業のための時間、約450時間 (2015年度時) が計上されていないが、右図にはそれが含まれている。BL16B2で用いられている測定手法は圧倒的にXAFS法が多い。適用分野では触媒・燃料電池と電池が常に一定の割合を占めており、触媒・電池分野にはXAFS法が多く使用されていることが伺える。サンビーム共同体が運営するもう一つのビームライ

[注] 川崎重工業 (株)、(株) 神戸製鋼所、住友電気工業 (株)、ソニー (株)、電力グループ {関西電力 (株)、(一財) 電力中央研究所}、(株) 東芝、(株) 豊田中央研究所、日亜化学工業 (株)、日産自動車 (株)、パナソニック (株)、(株) 日立製作所、(株) 富士通研究所、三菱電機 (株) (2016年3月現在、50音順)

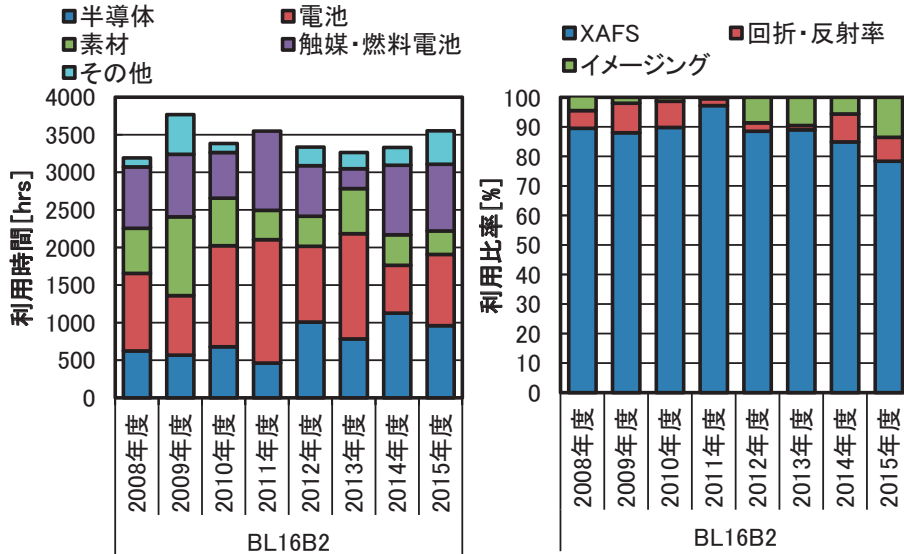


図1 BL16B2における利用ビームタイムの内訳の推移。適用分野別（左）と手法別（右）。

ン、BL16XUには2013年度にHAXPES装置が導入されており、そこと比較すると測定の様多性の点でやや不足する問題が最近顕在化してきている。両ビームラインの均等利用の観点から、BL16B2の測定手法の多様化はサンビーム共同体の一つの課題である。

4. 研究・技術検討事例

BL16B2の偏向電磁石ビームラインとしての特性を活かす測定手法の一つとしてイメージング技術がある。イメージング技術にとって、入射ビームの像がきれいな均一像であることは非常に重要な要因であるが、同ビームラインには最近数年の努力にもかかわらず消すことができない汚染像（顕著な陰影）が存在していた。2015年度に、JASRI光源・光学系部門のご協力のもとにビームライン創設以来初めて最上流のグラファイトフィルターの除去を試み、その結果やっとその汚染像の消去にたどり着いた。図2にその状況を示す。問題の汚染像（図2に示すSiCトポグラフィー像参照）は、いわゆる「汚染」像ではなく、グラファイトフィルターそのものの陰影であると推定された。グラファイトフィルターは上流のBe窓の熱負荷低減のために設置されていたものであるが、多くのビームラインですでに除去されている現状の情報や、Be窓に対する熱負荷シミュレーション

の結果等をJASRIよりいただき、今後、除去の状態で運用することに決定した。なお、図2でも明らかのように、グラファイトフィルターの陰影像が消えた結果として、分光結晶におけるカーボン汚染像が非常に鮮明に観測できるようになり、次の課題が明確になった。サンビーム共同体では、この点についての対策として、分光結晶のローテーション、およびその定期的なクリーニング等の計画を立案し、2016年度より実行に移す予定を立ててい

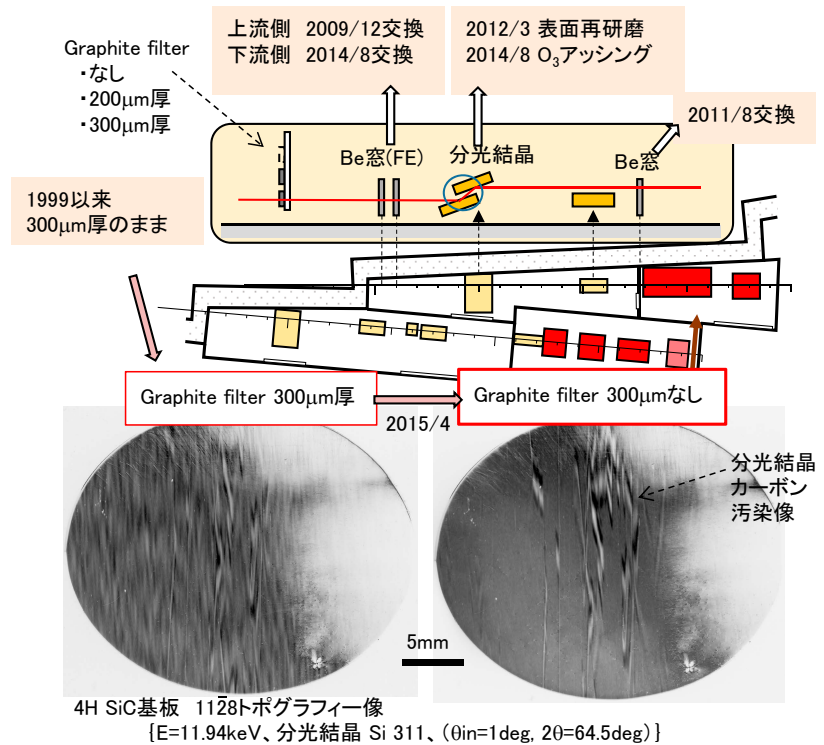


図2 イメージングの像における汚染像対策の変遷と、最後の2015年度のグラファイトフィルター除去対策の前後におけるSiCトポグラフィー像の変化。

る。また、同一試料、同一条件のもとでのトポグラフィ
ー像取得を半年に一度の頻度で行い、ビームラインの状
況を判断する材料とすることも決定した。

図1に示されるように、BL16B2におけるイメージ
ング手法の利用はまだ多いとは言い難いが、先に述べたよ
うにXAFS法以外の柱となる計測手法を構築していくこ
とは大きな課題であり、イメージング手法もその候補手
法の一つと考えている。今後上記のような活動を通じて
同ビームラインでのイメージング像の質を向上させてい
く努力を継続していく予定である。

参考文献

- [1] 平井康晴：SPring-8利用者情報Vol.4, No.4 (1999)
p.16-19；久保佳実：ibid. Vol.6, No.2 (2001)
p.103-107.

株式会社豊田中央研究所 分析部
妹尾 与志木