

SPring-8 における時間分解 XAFS の現状と今後

(財) 高輝度光科学研究センター

宇留賀朋哉

はじめに

SPring-8 では、ここ数年、種々の計測手法による時間分解 XAFS 法が急速に整備されてきている。各研究課題に対して、試料形状、測定条件、時間分解能などを鑑みて、最適な計測システムが選択され、利用に供されている。本発表では、各 BL で展開されている時間分解 XAFS 法の概要、代表的な応用研究例、現状の問題点、および今後の計画について報告を行う。

時間分解 XAFS 計測の現状

表 1 に、共用ビームラインで提供されている時間分解 XAFS 法の一覧を示す。この内、特に時間分解法の利用頻度が高いのは、XAFS 専用ビームラインである BL01B1 であり、全課題数の 30%程度を占めるに至っている。BL01B1 では、10 秒から分オーダーの Quick XAFS (QXAFS)が行われており、触媒や環境試料に対する昇温過程やガス雰囲気置換をパラメーターとした利用実験が数多く行われている。ただし、昇温実験の多くは、各条件下での状態を迅速に測定することを主としており、時間分解実験と呼ぶのは相応しくないかもしれない。一方、反応速度論に関する実験も着実に行われており、固液界面における酸化反応の速度定数などが研究されている。これらはダイレクトに化学状態を捉えられるという XAFS の強みを発揮した研究といえる。なお、産業利用 XAFS ビームライン BL14B2 においても同様の時間分解 QXAFS 測定が可能となっている。

BL40XU では、BL01B1 で困難な 1 秒以下の時間分解能をもつ QXAFS の整備を進めて

手法	BL	光源	エネルギー	時間分解能	蛍光法	一過性反応
			keV		希薄、薄膜	
QXAFS	BL01B1	BM	3.8 - 60	10 - 100 s	○	○
QXAFS	BL14B2	BM	3.8 - 60	10 - 100 s	○	○
DXAFS	BL28B2	BM	7 - 40	10 ms - 1 s	×	○
Pump-probe	BL39XU	Linear undulator	5 - 37	100 ps - 100 ns	○	×
QXAFS	BL40XU	Helical undulator	8 - 16.5	10 ms - 1 s	○	○

表 1 SPring-8 における時間分解 XAFS が可能な共用ビームライン

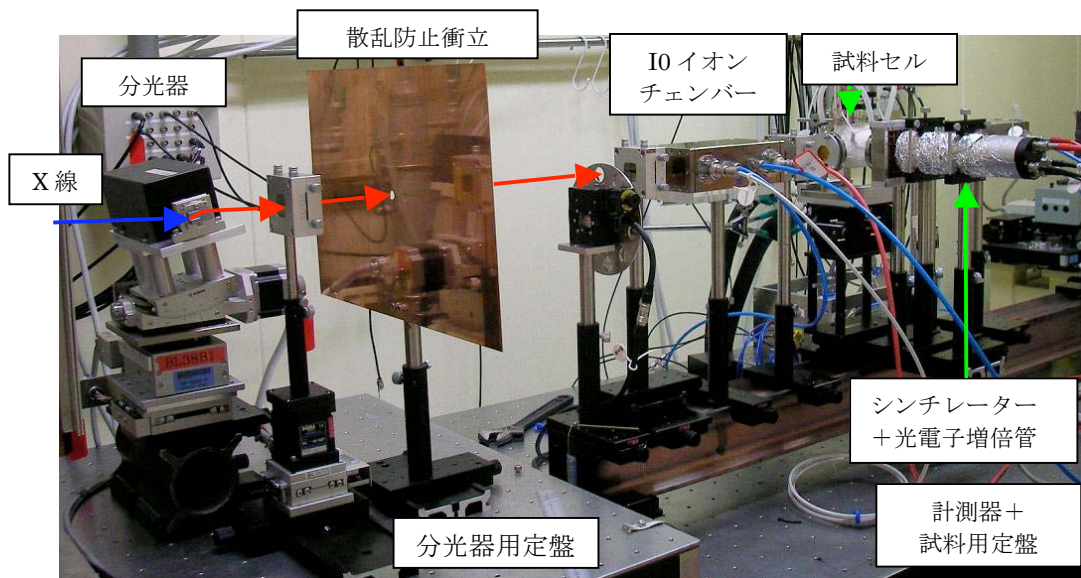


図1 BL40XU 実験ハッチ内に設置した Quick XAFS 計測システム

いる[1]。BL40XUでは、熱負荷の小さい高強度の準単色アンジュレーター光が得られる。そこで、冷却機構を排した小型・軽量の分光器を開発し、それを高速に角度走引することで最高10ミリ秒の時間分解能を実現している。図1に計測装置の全体像を示す。QXAFSは、エネルギー分散XAFS(DXAFS)と比べて、時間分解能の点では劣るが、蛍光法および電子収量法が利用できるため、希薄試料や薄膜試料などDXAFSでは扱えない試料の時間分解計測に適用できる点に大きな利点がある。現在開発されている先端材料・デバイスや環境試料は希薄・薄膜形状のものが多いので、今後多くの需要が生まれることが期待される。これまでに、燃料電池触媒、自動車排ガス触媒などに対して、50-100msの時間分解能で透過法および蛍光法のQXAFS測定がPt-L3端、W-L3端で実施されている。しかしながらBL40XUは、光源の特性により使用できるエネルギー範囲が約8.0-16.5keVに制限されていることや、多用途ビームラインであるため、定常的にQXAFS計測システムを設置できないなどの制約がある。

BL39XUでは、繰り返し測定が可能な試料系に対し、放射光のバンチと同期した100ピコ秒オーダーの時間分解XAFSおよびXMCD計測システムの整備を進めている。BL39XUではKBミラーにより形成したマイクロビームを用いて、空間分解能を併せ持った実験が可能となっている。これまでに、光相転移材(GeSbTe)の結晶からアモルファス状態への局所構造変化の追跡がサブナノ秒の時間分解能で実施されている。この実験では、2 μ m程度のX線ビームが用いられている。

今後の計画については、当日報告を行う予定である。

参考文献

- [1] T. Uruga, et al., *AIP Conf. Proc.*, **882** (2007) 914.