

SPring-8 における新しい顕微 XAFS

新田清文¹, 宇留賀朋哉^{1,2}, 関澤央輝², 鈴木基寛¹, 河村直己¹, 水牧仁一朗¹
石黒志³, 唯美津木⁴

¹JASRI/SPring-8, ²電通大, ³理研, ⁴名古屋大

第3世代放射光施設である SPring-8 ではその光源特性を生かしてアンジュレーター光源の共用硬 X 線 XAFS ビームラインである BL37XU と BL39XU において μm オーダーの顕微 XRF/XAFS 分析が行われてきた。さらには 2011A 期より、文部科学省の平成 21 年度第 2 次補正予算において、「成長戦略への布石」である「環境・エネルギー技術への挑戦」の一環として、設立された「低炭素社会構築に向けた研究基盤ネットワークの整備」事業のサテライト拠点「グリーン・ナノ放射光分析評価拠点（参画機関：理化学研究所）」により整備された新しい実験ハッチ及び集光光学系を用いて $1\mu\text{m}$ を切る空間分解 XAFS 装置が開発され、共用に提供されている。現在、SPring-8 で行われている高空間分解顕微イメージング XAFS 法は、試料の色々な位置に集光 X 線を照射しマッピング計測を行う走査型顕微 XAFS 法[1]と、X 線結像光学素子を用いたフルフィールド結像型 CT-XAFS 法[2]である。しかしながら、光学素子の単一の集光光学素子を用いた集光サイズは光源性能と光学素子の製作精度が律速となり 10nm 程度が限界である[3]。

一方 SPring-8 のアンジュレーター光源及び X 線自由電子レーザー施設 SACLA から発生する X 線は干渉性を持ち、その特性を生かしたコヒーレント回折イメージング(CDI)法が近年さかんに研究されており、10nm を切る空間分解能でのイメージングが達成されている[4]。CDI 法ではレンズの役割をする X 線光学素子を必要とせず、開口数の大きなレンズの製作が困難な X 線領域の光には特に有効である。X 線の波長はオングストローム程度であり、CDI 法は原理的には X 線の波長程度の空間分解能を有するイメージングも可能な手法である。

我々は現在、CDI 法の持つ空間分解能と XAFS 法の持つ局所構造情報を組み合わせた新たな手法として期待される CD-XAFS 法の開発を行っている。実験はイメージングのための高空間コヒーレンスとエネルギー掃引に対しての X 線の位置安定性が必要であるので、アンジュレーター光源の XAFS ビームラインである BL39XU において行った。アンジュレーター光は Si(111) 二結晶モノクロメータにより単色化され、コヒーレントフラックスを増大させるために KB ミラー集光光学系により $3\mu\text{m}^2$ 程度に集光して用いた。試料は、SiN メンブレン上に担持した触媒単粒子 Pt/Ce₂Zr₂O_y ($7 \leq y \leq 8$) (Pt 1 wt%)を用いた。予め測定対象とする触媒粒子の SEM 像を撮影し、メンブレン上の試料位置座標を決定した。計測は Ce L_{III}-edge(5.7keV)で行った。

コヒーレント回折像を実空間の像へと戻すためには実験データに対して位相情報を回復する必要がある。本手法でも CDI 法において行われている位相回復法を用いた実像の回復を行っている。一方で CD-XAFS 法は散乱因子の実部 $f'(E)$ のエネルギー、空間分布を計測していることになるので、各散乱角において $f'(E)$ を求めていることになる。よって Kramers-Kronig の関係式を用いると $f'(E)$ から直接散乱因子の虚部 $f''(E)$ を求めることが可能である。我々はこれを利用して位相の実験データからの直接的な回復も試みている。

本発表では CD-XAFS 法の測定法・解析法、現在の開発状況及び得られたデータ等について紹介する。

5. 参考文献

- [1] T. Tsuji *et al.*, *J. Phys: Conf. Ser.* **430** (2013) 012019.
- [2] F. Meirer *et al.*, *J. Sync. Rad.*, **18**, 773 (2011).
- [3] Y. Suzuki., *Jpn. J. Appl. Phys.*, Vol. 43, No. 10 (2004)7311.
- [4] Y. Takahashi *et al.*, *Physical Review B* **82** (2010) 214102.