

BL08W 高エネルギー非弾性散乱

1. はじめに

高エネルギー非弾性散乱ビームライン (BL08W) は、SPring-8唯一のウイグラーを光源としてもつビームラインである。コンプトン散乱と磁気コンプトン散乱による基礎物性研究を主目的としており、実験ステーションAには楢円偏光175keVの入射X線を使用する10素子Ge半導体磁気コンプトン散乱スペクトロメーターが、実験ステーションBには直線偏光115keVの入射X線を使用するCauchois型高分解能コンプトン散乱スペクトロメーターが設置されている。コンプトン散乱と磁気コンプトン散乱のほか、同ビームラインは液体・非晶質物質の構造解析を目的としたX線回折実験にも利用されている。2007年度の一般供用課題は20件実施され、そのうち8件が海外ユーザーによるものである。

2007年の高度化は「応用研究と新手法開発の両立を目指した実験ステーション構築」を目的とし、新規モノクロメーター、汎用実験ステージの購入をし、また、屈折レンズやコンプトンプロファイル計算プログラムの開発を前年度に継続して行った。

2. 高度化

BL08Wは、100keV以上の放射光を常時使用できる世界的にも稀なビームラインである。現在、主としてコンプトン散乱実験に供用されているが、100keV以上の高エネルギーX線を利用できる実験ステーションとして新規提案を積極的に受け入れることも必要と考えている。今年度の高度化の目的は、現在の主たるアクティビティーであるスピン・運動量密度を通じた構造物性研究を継続発展させ、かつ、新規提案を積極的に受け入れることとした。実験ステーションBにて行われている各実験を、実験ステーションAに集約させることにより、実験ステーションBを高エネルギーX線の特徴を利用した新手法開発・新分野開拓に使用する。これを実現するために、新規モノクロメーター結晶及び実験架台を購入した。

2-1 モノクロメーター

新たに購入したモノクロメーターは、実験ステーションAに光を導くために使用される。現在、使用している回折面Si (620)に加え、Si (400)を並列に設置してあり、110~250keVの分光エネルギーをカバーする設計となっており従来実験ステーションBで行われた実験をステーションAで実行することを可能とする (写真1)。

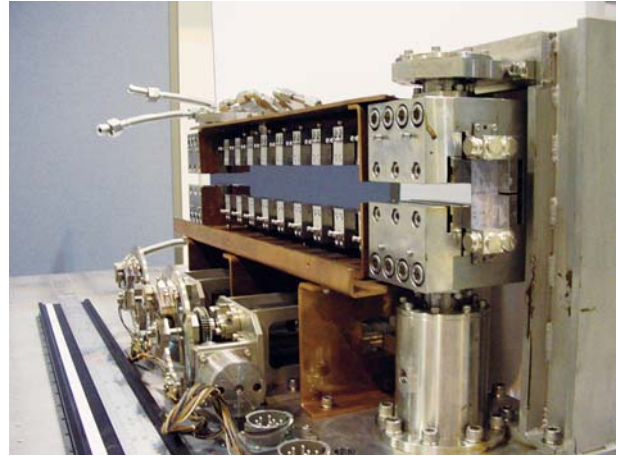


写真1 湾曲モノクロメーター

2-2 共通実験ステージ

実験架台は、共通試料ステージ用架台であり、既存の超伝導マグネット、試料冷凍機や、ユーザー持ち込み試料容器等を設置できる構造となっている。実験内容に応じて容易に装置を切り替えることが可能な機構をもつのである。

これらは、いずれも2007年度に設計・製造され、2008年夏期長期停止期間においてビームラインに導入される予定である。



写真2 共通実験ステージ

2-3 コンプトン散乱における汎用解析手法の確立と極端条件下の測定技術の開発

重点パワーユーザー課題「(磁気) コンプトン散乱における汎用解析手法の確立と極端条件下の測定技術の開発」(実験責任者：櫻井浩 (群馬大学)) が進行中であり、175keV用X線屈折レンズの開発と、高圧力下での磁気コ

ンプトンプロファイル測定手法の開発が行われた。屈折レンズは長峰製作所（香川県）と共同で開発を行っており、パラボラ面をもつNi板500枚で構成されている。現在のところ、集光サイズ5ミクロン、焦点距離3.1メートル、フラックスゲイン5倍のレンズの作成に成功した。高圧力下での磁気コンプトンプロファイル測定では、ダイヤモンドアンビルセル（DAC）を用いた圧力下（2.3GPa）室温での単結晶マグネタイトの磁気コンプトンプロファイル（MCP）の測定に成功した。ダイヤモンドからの散乱によるS/N比の低下を緩和するため、特殊な形状のDACを用いた測定を試みる予定である。また、コンプトン実験手法の新物質への適用としてキラル磁性体、磁性薄膜の測定も試みられた。

2-4 分子のコンプトンプロファイル計算プログラムの導入
コンプトン散乱のデータ解析や解釈において、実験データへのフィッティングに用いる軌道状態別コンプトンプロファイルは重要であり、一般ユーザーによる同実験手法の利用を促進するうえで必要不可欠である。2007年度は、分子のコンプトンプロファイルを、原子軌道の線形結合によって電子の波動関数を記述しその電子状態を求める計算手法であるLCAO法（Linear combination of atomic orbital method）を用いて計算するプログラムをみずほ情報総研株式会社の小玉祥生博士及びパワーユーザーメンバーとの協力により導入した。このプログラムは、2006年度に導入した磁気量子数別軌道の原子コンプトンプロファイルを計算するプログラムの拡張である。

3. 利用実験

2007年度において実施された一般利用研究課題数は、コンプトン散乱実験6件、磁気コンプトン散乱実験11件、X線回折実験3件である。このうち国外ユーザーによる課題は8件（いずれも（磁気）コンプトン散乱実験）であり、BL08Wがコンプトン散乱による物性・材料研究において世界最高の装置性能と最も整備された実験研究環境を有していることを示している。また、利用者指定型重点研究課題制度のもと「（磁気）コンプトン散乱における汎用解析手法の確立と極端条件下の測定技術の開発」（実験責任者：櫻井浩（群馬大学））が実施されている。

コンプトン散乱（磁気コンプトン散乱）を用いた利用実験では、2次元あるいは3次元電子運動量密度（スピン分極電子運動量密度）をコンプトンプロファイル（磁気コンプトンプロファイル）から再構成し、フェルミ面や軌道状態をより詳細かつ精密に議論するための研究課題が主として行われた。2006年に始められた10素子Ge半導体検出器に測定した高い統計精度のコンプトン散乱プロファイルと分子動力学シミュレーションを組み合わせた研究では、氷の配置エンタルピーを実験的に決定するなどの成果が得ら

れている¹⁾。また、ユーザーにより高温高圧装置や、静電浮遊炉が導入され、流体金属のコンプトンプロファイル測定が実施され始めている。試料環境の影響を受けないというコンプトン散乱実験の特徴を生かしたものである。磁気コンプトン散乱測定では、その散乱断面積の変化のみに着目したスピンモーメントのみのヒステリシス測定手法が新たに確立され、徐々にユーザー実験にも広がりを見せてきている。

参考文献

- [1] " Configurational Energetics in Ice Ih Probed by Compton Scattering " K. Nygård : Physical Review Letters **99** (2007) 197401.

利用研究促進部門 構造物性Ⅱグループ
伊藤 真義、櫻井 吉晴