

## BL09XU 核共鳴散乱

### 1. はじめに

核共鳴散乱ビームラインは周期長 32 mm のアンジュレータを有する SPring-8 標準の X 線ビームラインである<sup>[1]</sup>。ビームラインモノクロメータには水冷シリコン結晶、水冷ダイヤモンド結晶を経て、2005 年度より現在にいたるまで液体窒素冷却シリコン結晶が利用されている。主な利用研究として、核共鳴非弾性散乱を利用しての物質のダイナミクスの研究や時間領域でのメスbauer分光があげられる。放射光でのメスbauer分光は特に極端条件下や回折条件下、メスbauer線源に適切な核種がない場合などに威力を発揮している。

BL09XU の長期利用ユーザである Cramer 教授の成果が *Angewandte Chemie*<sup>[2]</sup> の表紙を飾ったことからわかるように、核共鳴非弾性散乱を利用しての金属酵素活性中心の研究の有用性が、最近広く認識され始めている。またメスbauer分光においては高エネルギーの核種の中で通常の線源では実験が容易でない <sup>174</sup>Yb や <sup>61</sup>Ni を用いた研究に発展がみられている。以下では 2012 年度にこれらの実験の利便性を向上させるために整備した 2 つのモノクロメータについて報告する。

### 2. <sup>57</sup>Fe 核共鳴振動分光法用高分解能モノクロメータ

タンパク質の働きを原子レベルで解明するために X 線結晶解析、NMR、EPR、EXAFS、メスbauer分光など様々な分光法が利用されている。また振動状態を測定する手法として赤外分光、共鳴ラマン分光などが広く用いられている。

一方、核共鳴非弾性散乱はメスbauer核種のみ振動を抽出できるという大きな特徴を持ち、化学や生物の分野では近年核共鳴振動分光法と呼ばれ始めている。他の振動分光法と比較すると、異なる選択則、定量的な解析が可能、水の影響を受けない、どの酸化状態でも測定可能、などの利点がある。

この核共鳴振動分光法において重要な役割を果たす装置のひとつとして高分解能モノクロメータがある。高分解能モノクロメータはスペクトルの分解能を決めるとともにシグナル強度にも大きな影響を与える。BL09XU では 2009 年度の年報で報告した Ge (331), Si (975), Si (975) の (+++) 三結晶配置を用いた高分解能モノクロメータを利用している。その光学系が *Angewandte Chemie* の表紙にも紹介されたように、加速器の安定性と相まってそ

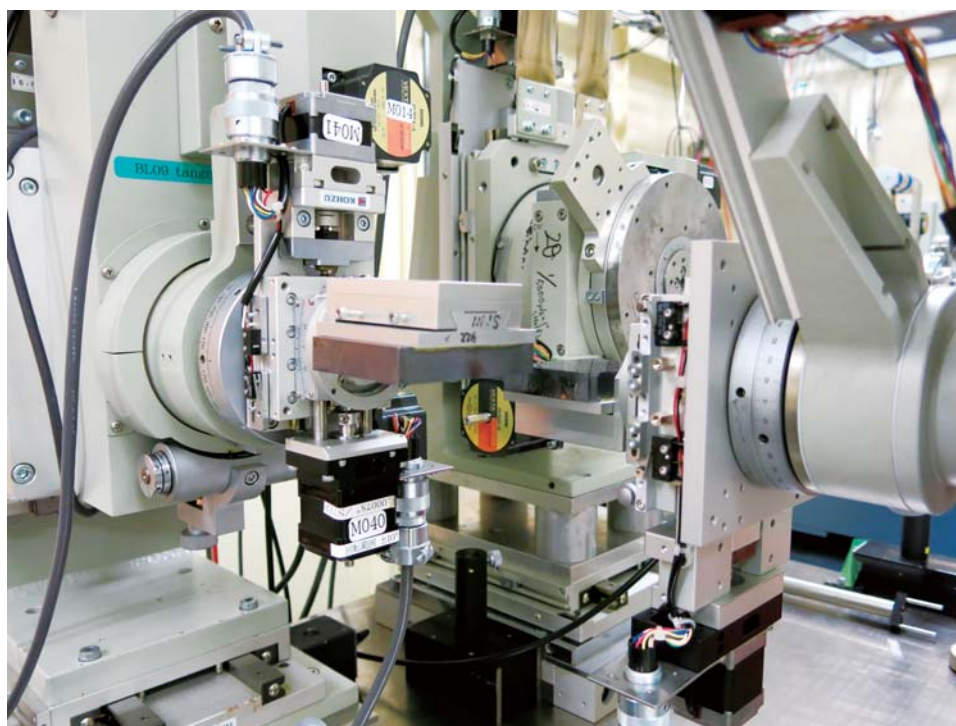


図1 高エネルギー核種用低次光カット二結晶モノクロメータ

の安定性は高くユーザに評価されている。核共鳴振動分光法の利用が増えるとともに、結晶の破損や制御機器トラブルなどに備えたバックアップの必要性が増してきたので、今回新たに同タイプの高分解能モノクロメータを整備し、評価を行った。測定された分解能は0.8 meV、フラックスは $1.7 \times 10^9$  cpsであり、目標の性能を達成することができた。

### 3. 高エネルギー核種用低次光カット二結晶モノクロメータ

高分解能モノクロメータの設計が困難なエネルギーの高い核種であっても放射光でのメスバウアー分光が可能であることが瀬戸らによって示されて以来<sup>[3]</sup>、<sup>73</sup>Ge、<sup>174</sup>Ybや<sup>61</sup>Niなど放射性線源を用意することが困難、もしくは寿命等の関係で利用が大きく制約される核種を用いた放射光メスバウアー分光がさかんに行われるようになっていく。BL09XUではビームラインモノクロメータ、二結晶Si(111)は37 keVまでのX線しか分光できず、それより高エネルギーのX線を利用する場合はSi(333)を利用している。その際問題になるのはSi(111)を通過してきた1/3のエネルギーを持つ低次光のX線であり、鉛による吸収の差を利用するか、Si(111)をビームラインモノクロメータの後方に配置してこれまで低次光をカットしていた。

しかしながら前者の場合は目的のエネルギーのX線も一部カットしてしまうこと、後者の場合は検出器とSi(111)が近くなりノイズ除去が困難になるなどの問題があった。そこで図1に示すように低次光をカットするSi(111)(+-)二結晶配置のモノクロメータを整備した。このモノクロメータを実験ハッチ1に、検出器を実験ハッチ2に配置することによりノイズの低減が容易になるとともに、鉛の吸収板を利用した場合に比べて強度や分解能をそれぞれ倍程度あげることができた。

#### 参考文献

- [1] Y. Yoda et al.: *Nucl. Instrum. Methods A*, **467-468** (2001) 715.
- [2] S. Kamali et al.: *Angew. Chem. Int. Ed.* **52** (2013) 724.
- [3] M. Seto et al.: *Phys. Rev. Lett.* **102** (2009) 217602.

利用研究促進部門  
構造物性IIグループ  
依田 芳卓