

中性子インビームメスバウアー分光法のノイズ低減

Noise reduction for neutron in-beam Mossbauer spectroscopy

久保 謙哉¹⁾ 小林 義男²⁾ 渡辺 裕夫²⁾ 吉田 実生²⁾ 佐藤 渉³⁾ 三原 基嗣⁴⁾
宮崎 淳⁵⁾ 大澤 崇人⁶⁾

Kenya KUBO Yoshio KOBAYASHI Yasuo WATANABE Mio YOSHIDA Wataru SATO
Mototsugu MIHARA Jun MIYAZAKI Takahito OSAWA

¹⁾国際基督教大学 ²⁾電気通信大学 ³⁾金沢大学 ⁴⁾大阪大学
⁵⁾東京電気大学子 ⁶⁾原子力機構

(概要)

中性子インビームメスバウアー分光法は、核反応に伴う化学変化を非破壊的に検出できるため、核反応という大きなエネルギーから引き起こされる変化の研究に適用できる。2011年の3号炉停止までに、インビームメスバウアー分光法の基礎的な技術開発を進めて科学的成果を出しつつあった[1-3]。3号炉停止中に他の荷電粒子ビーム施設での実験で、検出技術に大きな進展がありノイズ低減法を確立したので[4]、中性子ビームへの適用しようとしている。2021年度は過去の実験の再現を図ったが、ビーム条件や照射ポート、種々遮蔽体の変更などでノイズレベルが高く、過去の実験を再現することができなかった。来年度以降はノイズ低減機器を導入して信号対ノイズ比を向上し、この手法のさらなる発展をはかる。

キーワード：

インビームメスバウアー分光法, 核反応の化学効果, 非破壊分析, ノイズ低減

1. 目的

インビーム分光法のうち、電荷をもたない中性子ビームを用いる方法は、通過経路に電磁氣的励起を起こさないという大きな特徴がある。そのため中性子捕獲反応という化学的エネルギーの世界からみると極端に高エネルギー励起された原子核をふくむ原子の化学変化とその緩和過程を研究できる。我々が開発していたインビームメスバウアー分光法では、試料を非破壊で測定するために新たな進歩をもたらしつつあった。特に $^{56}\text{Fe}(n, \gamma)^{57}\text{Fe}$ 反応によって生成する寿命140 nsの ^{57}Fe 励起核を用いるインビーム ^{57}Fe メスバウアー分光法は、原子が熱的に安定な状態をとったあとの状態を γ 線エネルギーの超精密測定によって解析するものである。

我々は量子医科学研究所重イオン加速器 HIMAC でインビームメスバウアー研究を継続しており、プラスチックシンチレータで β 線を検出して、メスバウアー γ 線と反同時計数することにより大幅なノイズ低減が可能であることを見いだしている。中性子ビーム実権ではまだ適用したことのないこのノイズ低減法を構築することにより、研究対象範囲を大きく広げることができる。2021年度は過去の実験セットアップを再現するとともに、ノイズ低減法の一部を組み込むことによるスペクトルの質的变化を確かめることを目的とした。

2. 方法

まず過去実験の再現性を確かめるために、ステンレスを試料とし、3号炉PGAポート内に ^{57}Fe メスバウアー γ 線検出器であるPPACを設置して中性子インビームメスバウアースペクトルの測定を行った。PGA測定装置のテフロン試料箱内にステンレス箔を設置し、メスバウアー測定用ドップラー速度付加装置に取り付けたPPACをテフロン箱の横穴に位置するようにセットした。測定は室温で行った。過去の状況をできるだけ再現するように鉛遮蔽やホウ素入りポリエチレンブロック等で中性子やその他の放射線遮蔽を行った。

3. 結果及び考察

停止以前と比較してPGAポートや周辺の状況が大きく異なっており、2011年までの測定状況を再現することはできなかった。一番大きな違いは、試料と検出器の距離が過去に比べて2倍以上離れて設置せざるを

得なかったことであり、信号強度は低かった。また遮へい材も十分に設置することができず、雑音レベルも高かったためにスペクトルに明瞭なピークを認めることはできなかった(図1)。再現のためにはPGAポート内の物品配置の変更が必要であり、十分な事前準備と撤収作業時間を考慮した実験計画とする必要がある。装置担当者との協議を重ねており、実行可能性が高いことから2022年度も研究を継続することとした。

4. 引用(参照)文献等

- [1] M. K. Kubo et al, *Hyperfine Interact.*, 166 (2005) 425
- [2] Y. Kobayashi et al, *J. Radioanal. Nucl. Chem.*, 272 (2007) 623.
- [3] Y. Kobayashi et al., *Hyperfine Interact.*, 187 (2008) 49.
- [4] N. Nagatomo et al., *Nucl. Instr. Meth. in Phys. Res. B269* (2011) 455

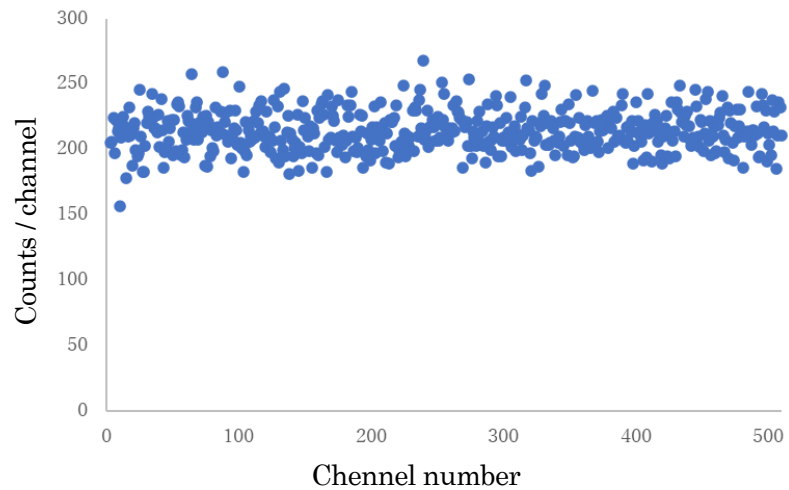


図1. ステンレス箱の中性インビームメスバウアー測定.