

氏 名 山 本 修 二
 学位(専攻分野) 博 士 (工 学)
 学位記番号 論 工 博 第 3432 号
 学位授与の日付 平 成 11 年 3 月 23 日
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
 学位論文題目 共鳴エネルギー中性子断面積の測定精度向上を目指した測定技術の
 開発とその応用

(主査)

論文調査委員 教授 藤田 薫 頭 教授 木村 逸郎 教授 今西 信嗣

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、共鳴中性子エネルギー領域における中性子捕獲断面積および核分裂断面積の測定精度向上を目的として取り組まれた2種類の測定技術開発上の試み、すなわち①中性子捕獲断面積の絶対測定に対するBGO ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$) ガンマ線シンチレータ検出器系の開発、②放射性試料での測定を可能とする電子線型加速器中性子源と鉛減速スペクトロメータを組み合わせた測定系の構築、およびこれらの技術を数種の中性子断面積測定に応用した一連の研究をまとめたものであって、第1～8章で構成され、それぞれの章の要旨は以下のとおりである。

第1章では、本研究の背景・目的として、原子炉の核的設計の基礎データである信頼度の高い中性子断面積を測定する必要性について、ならびに本研究において試みる上述の2種類の測定技術開発に関する着想およびそれらから期待される成果について述べている。

第2章では、BGO検出器系を設計し、構築したことの詳細およびその特性測定の結果について述べている。特性測定の主たるものは、中性子捕獲断面積の絶対測定において必要な、ガンマ線スペクトルの硬い場合および軟らかい場合の捕獲ガンマ線カスケードに対する応答、中性子束測定の精度、ならびに測定試料により散乱された妨害中性子の検出感度である。その結果、ガンマ線カスケードに対する全エネルギー吸収特性を有し、同時に $^{10}\text{B}(\text{n}, \alpha \gamma)^7\text{Li}$ 反応を利用して中性子束測定が可能となる中性子捕獲断面積検出系が構築されたこと、および比較的高エネルギー領域においては試料からの散乱中性子の影響に十分留意すべきことを述べている。

第3章では、ここに構築したBGO検出器系を、金およびアンチモンの中性子捕獲断面積の絶対測定へ応用した結果について述べている。金は、放射化法を併用した捕獲断面積の測定が可能で、既に相当信頼性の高い測定値を有する標準的試料として選んだもので、その結果により本手法の測定精度を確認することができるものである。また、アンチモンは光中性子源として用いられる元素で、散乱断面積に対して捕獲断面積が小さくて測定精度の向上が困難な試料として選んでいる。

測定結果に精度面の検討を行い、これまでの精度が一般に約5%であるのに対し、当該BGO検出器系の有する精度は2～3%であり、これにより中性子捕獲断面積絶対測定の精度向上に役立つことを結論している。

第4章では、構築したBGO検出器系を中性子全断面積の精密測定に用いる可能性を実験的に確かめた結果を述べている。BGO検出器系は、本来、試料における中性子捕獲に伴う即発ガンマ線を検出するものであるが、共鳴捕獲を示す試料を用いることにより、標準的な手法とは異なる中性子透過実験が可能となり、全断面積の測定精度を向上できることを示した。

第5章では、前章の手法をアンチモンと鉛の全断面積の測定に応用した結果について述べている。両試料共に、断面積データの整備という工学的観点から選ばれているが、そのうち鉛の全断面積は中性子の電気分極率の測定という物理学的観点からも興味を持たれているものである。測定結果を、従来の測定値、評価データおよび最近測定された他実験の結果と比較検討している。

第6章からは、前述の第2の試みに関する研究に移り、鉛減速中性子エネルギー spektrometers の構築とその特性測定

と解析の結果を述べている。測定の主たるものは、減速時間とエネルギーの関係およびエネルギー分解能である。解析については、高エネルギーガンマ線バックグラウンド低下のために鉛体系内に特に設けた一部のビスマス領域の複雑な構造をも考慮して、モンテカルロ計算を採り入れている。

第7章では、構築された鉛減速中性子エネルギー spektrometers を用い、強アルファ放射性試料であり、核燃料サイクルにおいて注目される²⁴¹Amの核分裂断面積を0.1eV-10keVにおいて測定した結果をまとめている。測定値の検討において、評価済み断面積ライブラリーJENDL-3.2にあつては、10~200eVのエネルギー範囲で修正すべきことを指摘している。

第8章は全体のまとめであり、この研究で試みた2種類の測定技術開発の結果をまとめ、それぞれの将来への可能性を検討している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、原子炉の核的設計に必要な信頼度の高い中性子断面積データを取得するために取り組んだ①捕獲断面積の絶対測定を主目的としたBGO (Bi₄Ge₃O₁₂) ガンマ線シンチレータの応用、および②電子線型加速器中性子源を利用した強力な鉛減速 spektrometers の構築とその特性測定、ならびにこれらの技術を数種の断面積測定に応用した結果を述べたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

- 1) BGOが大きな比重を有していることを生かして、中性子捕獲事象検出系を構築し、これがガンマ線の全エネルギー吸収型として、従来のものより優れた特性を有することを実証した。また、¹⁰B (n, α γ) ⁷Li反応を利用し、この検出器系のみを用いて捕獲断面積の絶対測定が可能となり、測定精度の向上に寄与することを示した。
- 2) この検出器系を用い、共鳴エネルギー領域において、標準試料としての金および光中性子源に用いるアンチモンの捕獲断面積を測定し、これまでの測定精度が約5%である現状に対し、この測定法自体に内在する誤差を所期の目標である2~3%に抑えられることを示し、測定精度の向上に寄与することを示した。
- 3) また、中性子の共鳴断面積を応用して、この検出器が全断面積の精密測定に利用できることを示し、工学的および物理的に興味のある鉛およびアンチモンに関して測定し、既存のデータと比較して十分精度の高いデータを提供した。
- 4) 放射性の試料、あるいは極く微量しか利用できない試料等に関して、核分裂断面積および捕獲断面積の測定精度向上を目指し、電子線型加速器を中性子源として、これに鉛パイルを併設した強力な鉛減速中性子 spektrometers を構築し、その減速時間とエネルギーの関数関係を決定し、またエネルギー分解能が約40%であることを確かめた。
- 5) この中性子 spektrometers を、核燃料サイクルのバックエンドにおいて注目されるマイナーアクチニド核種の一つである²⁴¹Amの核分裂断面積測定に応用し、その結果、我が国の評価済み断面積ライブラリーJENDL-3.2 (Japan Evaluated Nuclear Data Library)の一部を修正すべきことを指摘した。

以上要するに、本論文は共鳴エネルギー中性子断面積の測定精度向上を目的として、新しい技術を開発し、その有効性を示したものであつて、得られた成果は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よつて、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成11年2月2日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。