

( 続紙 1 )

京都大学	博士 (エネルギー科学)	氏名	Abdelsanand Mohamed Omer Nagy (アブデルサナド モハマド オマール ナギー)
論文題目	Studies of Nuclear Resonance Fluorescence Excitations Measured with LaBr <sub>3</sub> (Ce) detectors for Nuclear Security Applications (核セキュリティ応用のためのLaBr <sub>3</sub> (Ce)検出器による核共鳴散乱測定に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、核セキュリティ上重要な核物質の検知に関し、ガンマ線を用いた手法において必須のガンマ線検出器のうち、高エネルギー分解能のシンチレーション検出器であるLaBr<sub>3</sub>(Ce)検出器の使用の可能性を論じた結果をまとめたもので、7章からなっている。</p> <p>第1章は序論で、本論文で対象とする核共鳴散乱 (NRF) に関し、概略を述べるとともに、隠匿された核物質の非破壊検査への応用の可能性並びに克服すべき点等を論じている。</p> <p>第2章は核物質の非破壊検知法について、中性子を用いる方法や、X線、ガンマ線を用いる手法を述べ、実現可能な検知装置に関して、中性子とガンマ線の両方を用いるハイブリッド型検査装置の必要性について述べている。</p> <p>第3章では検出器のガンマ線に対する応答について、本論文で注目している NRF を含めて述べており、特に検出器スペクトルのバックグラウンド処理に重要な現象について言及している。</p> <p>第4章では研究対象である LaBr<sub>3</sub>(Ce)検出器の基本性能や、核物質の検知上重要な 2MeV領域に存在する、内部放射線について述べている。更に、NRF法において、これまで用いられてきている高純度Ge半導体検出器 (HP-Ge) に関して、LaBr<sub>3</sub>(Ce)検出器との比較を行っている。また、実験に用いたデータ収集システム及び、準単色のガンマ線源である、レーザー逆コンプトン散乱 (LCS) ガンマ線について述べている。</p> <p>第5章はLaBr<sub>3</sub>(Ce)検出器の性能試験として行った、RI線源を用いた実験とそのバックグラウンド処理法に関して述べている。更に、異なる大きさのLaBr<sub>3</sub>(Ce)結晶を用いて、検出器の性能の確認を行い、2MeV領域において、LaBr<sub>3</sub>(Ce)検出器が使用可能な事、LaBr<sub>3</sub>(Ce)結晶に含まれる内部放射能の影響は、結晶サイズの小さいものの方が少なく、ガンマ線の効率的な検出には、結晶サイズを大きくするより、検出器の数を増やす方が有利なことを示した。これらの結果は、米国Duke大学のLCSガンマ線施設において、準単色ガンマ線を用いたNRF実験を<sup>11</sup>Bに対して行い、実証するとともにNRFのような少ない事象の検出には、通常用いられるバックグラウンド評価法は有効では無く、フォアグラウンド測定のみからバックグラウンド除去が可能なSNIP法が有効である事を示した。また、検知可能な下限値について考察を行い、評価法の提案を行っている。</p> <p>第6章では第5章の結果を受けて行った、8台のLaBr<sub>3</sub>(Ce)検出器からなる検出器アレイ (LARBRA)の構築とその性能試験の結果について述べている。また、8台の検出器からの信号を、リアルタイムにゲイン調整するとともに、スペクトルの足し合わせが可能なデータ収集処理系の</p>			

開発について述べている。このシステムにより、実際の核物質検知装置に必要な、大量の検出器からの信号を劣化させずに、しかもリアルタイムでの処理が可能となっている。また、最終的に本論文が目標とする $^{235}\text{U}$ の1.733MeVのNRFレベルのLABRAによる検出に関し、米国Duke大学において行った実験の結果について述べている。ここで、得られた測定データから、 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ 検出器を、単色度の高いガンマ線源と組み合わせる事で、核物質の検出が可能なることを実験により示している。また、これまで異なる断面積が報告されていた $^{235}\text{U}$ の1.733MeVレベルに関して、明確な値づけを行っている。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

このように本論文では、高エネルギー分解能のシンチレーション検出器である $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ 検出器を、単色度の高いガンマ線源と組み合わせる事で、核物質の検出が可能なることを、実際に $^{235}\text{U}$ を用いた実験により示している。更に、核物質検知のガンマ線検知用検出器に関して、現実的な非破壊検査システムの提案を行うという、核セキュリティ技術上重要な貢献を行っている。更に本論文では、 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ 検出器を用いたNRFレベルの断面積の絶対値測定を可能にしており、基本的な原子核データの取得という理学的観点からも有用であると認められる。

よって、本論文は博士（エネルギー科学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成25年8月16日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、核セキュリティ上重要な核物質の検知に関し、ガンマ線を用いた手法において必須のガンマ線検出器について研究した結果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

本論文では、高エネルギー分解能のシンチレーション検出器である $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ 検出器を、単色度の高いガンマ線源と組み合わせる事で、核物質の検出が可能なことを、実際に $^{235}\text{U}$ を用いた実験により示している。

このためにまず、 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ 検出器の性能試験を、RI線源を用いた実験や米国Duke大学において、準単色ガンマ線を用いた核共鳴散乱 (NRF) 実験を $^{11}\text{B}$ に対して行っている。 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ 検出器には、核物質の検知上重要な 2MeV領域に、内部放射線の影響が有ることが知られており、異なる大きさの結晶を用いて、検出器の性能の確認を行っている。この結果、2MeV領域において、 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ 検出器が使用可能な事、 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ 結晶に含まれる内部放射能の影響は、結晶サイズの小さいものの方が少なく、ガンマ線の効率的な検出には、結晶サイズを大きくするより、検出器の数を増やす方が有利なことを示した。次に、NRFのような少ない事象の検出には、通常用いられるバックグラウンド評価法は有効では無く、フォアグラウンド測定のみからバックグラウンド除去が可能なSNIP法が有効である事を示した。

この結果を用いて、8台の $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ 検出器からなる検出器アレイを構築し、リアルタイムでのゲイン調整並びに多チャンネルデータ処理が可能なデータ収集処理系を開発し、検出器の台数にかかわらず、性能が劣化しないシステムの構築に成功している。

最終的に、開発したシステムを用いて $^{235}\text{U}$ の 1.733MeVのNRFレベルの検出を米国Duke大学において試み、その検出に成功している。更に、得られた測定データから、これまで異なる断面積が報告されていた $^{235}\text{U}$ の 1.733MeVレベルに関して、明確な値づけを行っている。

これらの研究成果は、核物質検知のガンマ線検出用検出器に関して、現実的なシステム提案を可能にしたという、工学的な意義とともに、基本的な原子核データの取得に関しても有用である。

以上の内容により、本論文は博士の学位審査の請求に値すると認める。

また、修了に必要な単位を修得済みであることを確認した

よって、本論文は博士 (エネルギー科学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 25 年 8 月 16 日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第 1 4 条第 2 項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

なお、本論文は、京都大学学位規程第 1 4 条第 2 項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文の全文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降