

(続紙 1)

京都大学	博士 (エネルギー科学)	氏名	八木 貴宏
論文題目	Development and Application of Small Neutron Detector with Optical Fiber (光ファイバーを用いた小型中性子検出器の開発と応用)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、原子炉や加速器での中性子束測定に用いる光ファイバーを用いた小型の新しい高速中性子測定用検出器、及び検出効率を向上させた検出器の開発、さらにこれらの検出器を新たに核融合炉実験施設での実験に応用することを目的とし、そのために行った研究の成果について論じた内容をまとめたもので、5章からなっている。</p> <p>第1章は序論として、様々な中性子検出器の原理と特徴、及び現在利用されている中性子コンバータとシンチレータを組み合わせた光ファイバー検出器の特徴と問題点についてまとめ、それに基づき本論文の目的と概要について述べている。</p> <p>第2章では高速中性子測定用に開発した新しい光ファイバー検出器について述べている。これまで用いられていた酸化トリウムを用いた検出器に加え、中性子コンバータとシンチレータの様々な組み合わせを検討した結果に基づき、${}^6\text{LiF}+\text{ZnS}(\text{Ag})$、$\text{Al}+\text{ZnS}(\text{Ag})$、$\text{ZnS}(\text{Ag})$の3種類の高速中性子の閾値反応による核反応を用いた検出器を開発した。これらの検出器の特性を調べるために原子炉やD-T加速器での実験を行い、併せて重荷電粒子輸送計算コード等を用いてこれらの検出器のシンチレーション発光と中性子検出メカニズムを調べた。その結果、γ線と外部ノイズによる波高を弁別することで中性子だけの信号を得ることが可能であること、検出器内で発生する陽子やα線などの荷電粒子によりシンチレータに対してD-T加速器を用いた場合は最大10MeV程度の連続的なエネルギー付与があること等のこれらの検出器の特性を明らかにした。さらに上記の3種類の検出器が熱中性子と分離して高速中性子が測定可能であることを明らかにし、また相対検出効率の比較からシンチレータ$\text{ZnS}(\text{Ag})$のみを用いた検出器が最も検出効率が高く高速中性子の測定用検出器として実用的であることを示し、この検出器の14MeV中性子に対する絶対検出効率を求めている。</p> <p>第3章では、検出効率が低いというこれまでの光ファイバー検出器の問題点を解決するため開発した新しい光ファイバー検出器について述べている。検出効率の向上のため、ファイバー先端のみならずファイバー側面を有感領域として使用でき検出効率の向上が期待できる波長変換ファイバー(WSF)およびシンチレーションファイバーの使用を検討した。実験の結果、これらのファイバーを使用した場合、従来の検出器と比較して検出効率が向上するが、WSFを使用したほうが中性子とγ線との弁別性能が良好であることを明らかにした。この知見を元に、長さ1cmのWSFを使用した検出器を用いて原子炉で反応率分布を測定した結果、計算値とよく一致することが判った。また、20cmのWSFを用いた検出器の絶対検出効率を実験的に求めたところ、従来の小型B</p>			

F_3 比例計数管と同程度の検出効率を有することが示され、十分に実用的な中性子検出器として利用できることを明らかにした。

第4章では、今回開発を行った光ファイバー検出器を核融合炉実験施設におけるトリチウム生成率 (TPR) 分布測定に応用した結果について述べている。実験は核融合炉ブランケットで適用を検討されている酸化リチウムおよびベリリウム体系において行い、体系内に光ファイバー検出器を挿入し主として ${}^6\text{Li}$ の反応率分測定を行った。その結果、ベリリウムのような中性子スペクトルの柔らかい体系内においては ${}^6\text{LiF}+\text{ZnS}(\text{Ag})$ 検出器を使用することでTPR測定が容易に可能であるが、中性子スペクトルの硬い酸化リチウム体系内においては、コンバータとシンチレータに使用している物質が様々な荷電粒子反応を起こすため、目的とする ${}^6\text{Li}$ の反応のみを抽出することが難しいことが判った。そこで、ナノ秒程度のパルス中性子源を用い ${}^6\text{LiF}+\text{ZnS}(\text{Ag})$ と $\text{ZnS}(\text{Ag})$ 検出器を併用して両者の時間依存反応率を測定する新しい手法を開発し、その結果、酸化リチウム体系においてもTPR分布を精度良く測定できることを明らかにした。

第5章は結論として、本研究を通じて開発した新しい小型光ファイバー検出器とその応用実験により得られた結論についてまとめ、より高性能な中性子検出器の開発向けの課題について述べている。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、原子炉や加速器での中性子束測定に用いる光ファイバーを用いた小型の新しい高速中性子用検出器及び検出効率が高い検出器の開発と、これらの検出器を核融合炉実験施設での測定に応用するために行った研究について論じた内容をまとめたもので、得られた主な成果は次の通りである。

1. 高速中性子測定用に ${}^6\text{LiF}+\text{ZnS}(\text{Ag})$, $\text{Al}+\text{ZnS}(\text{Ag})$, $\text{ZnS}(\text{Ag})$ の3種類の閾値反応による核反応を用いた光ファイバー検出器を開発し、これらの検出器の特性を調べるために原子炉やD-T加速器での実験を行い、併せて重荷電粒子輸送計算コード等を用いてこれらの検出器のシンチレーション発光と中性子検出メカニズムを調べた。その結果、これらの検出器が γ 線等のノイズを弁別して高速中性子のみが測定可能であること、 $\text{ZnS}(\text{Ag})$ のみを用いた検出器が最も検出効率が高く実用的であることを明らかにした。

2. 検出効率が低いという光ファイバー検出器の問題点を解決するため波長変換ファイバーを組み合わせた新しい検出器を開発した。その結果、従来の小型 BF_3 比例計数管と同程度の検出効率を有する実用的な中性子検出器として利用できることを明らかにした。

3. 今回開発を行った光ファイバー検出器を核融合炉におけるトリチウム生成率分布測定に応用し、測定が難しい酸化リチウムにおいても2種類の検出器と時間依存の新しい測定手法を組み合わせることによりトリチウム生成率を精度良く測定できることを明らかにした。

以上、本論文は、光ファイバーを用いた新しい小型中性子検出器の開発と応用に関する貴重な知見を提供しており、得られた成果は、学術上、また實際上寄与するところが大きい。

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23年2月25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。

論文内容の要旨及び審査の結果の要旨は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。特許申請、雑誌掲載等の関係により、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