

【 261 】

氏名	楠 城 力 なん じょう つとむ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 546 号
学位授与の日付	昭 和 47 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	中速領域における中性子スペクトルの研究

(主 査)  
論文調査委員 教授 柴田俊一 教授 西原 宏 教授 岡本 朴

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は中速エネルギー領域の中性子スペクトルに関する基礎的研究をまとめたものである。理論的内容としては、スペクトルの概括的な表現の方法と、その理論的根拠について検討しており、実験的には、中性子飛行時間分析法および積分的な方法によりスペクトルの形成と、その性状について基礎的に研究している。

第1章は序論であって、本研究の意義、目的および概要を述べている。なかんづく、主要な目的を次の諸点においたことを述べている。中速炉の中性子スペクトルを簡単に把握する方法を求めること。中速領域のスペクトルの基準中性子スペクトル場を作製し、そのスペクトルを実験により明らかにすること。中速領域のスペクトルの新しい、簡便な測定法を考案し、実際に検証すること。

第2章では、中速中性子スペクトルを概括的に、かつ簡潔に表現するためのインデックスについて述べている。まず中速中性子スペクトルの形成と、その特徴を説明した後、スペクトルインデックスとして、最大吸収レサジー、吸収中央レサジーおよび吸収のレサジー標準偏差の3つを採用することを提案している。例として、媒質の中性子吸収断面積が  $\alpha E^{-1/n}$  という形で表わされる単純な場合について、中性子吸収分布が2重指数分布で近似されることを示し、中性子吸収分布と、中性子束の関係をを用いて3つのインデックスを表わす簡単な式を求めている。また、中性子吸収原子核として、 $^{233}\text{U}$ 、 $^{235}\text{U}$  および  $^{239}\text{Pu}$  を考えた場合について、減速に対する吸収の強さの比をパラメータとして、これらのインデックスの値がどのように変化するかを調べた結果、いずれの原子核についても全体的に見た吸収断面積は、 $E^{-1/2.5}$  ないし  $E^{-1/3}$  に比例することを見出している。

第3章では、一つの基準中速中性子スペクトルを確立することを目的として、炭素、硼素およびアルミニウムを組み合わせて体系を作り、電子ライナックを用いた中性子飛行時間法により、1eV から 100keV の範囲の中性子スペクトルを測定している。本章の研究において、中性子検出器として重要な  $^6\text{Li}$  ガラスシンチレーターの中性子検出効率を中性子の多重散乱をも考慮して計算する簡単な方法を考案し、用いて

いる。また中性子エネルギーの決定に際し必要な飛行時間を正確に求めるため、体系内に吸収があり、また体系からの漏れもある場合について減速時間を求め、これを用いている。実験により求められた中性子スペクトルを、5種類の理論計算の結果と比較している。5種の計算の中では、Sn法による結果が最も実験に近いが、いずれの計算結果も、実験よりやや硬いスペクトルとなることを述べている。このくい違いの理由は完全には明らかにされていないが、飛行時間法は最も信頼し得る中性子スペクトルの測定法であると考え、この体系を中速中性子スペクトルの基準体系の一つと見なし得ると結論している。

第4章では、高速炉の冷却材に用いられるナトリウムの大きな共鳴散乱により、中性子スペクトルがどのように変わるかを飛行時間法実験により研究している。測定する対象としての体系は無水炭酸ソーダを構成材料とし、形状も球に近い14面体としている。得られた実験結果と、Sn法による輸送理論計算および単一バックリング近似をとり入れた中性子衝突密度方程式による計算の結果とを比較し、両者が統計誤差の範囲内で一致することを明らかにしている。

第5章では、 $^{55}\text{Mn}$ の放射化共鳴積分についての実験的研究である。まず中速領域の中性子スペクトルの測定における $^{55}\text{Mn}$ の重要性を論じた後、従来の測定値に大きな不一致があることを指摘している。著者は従来と異なり、Cd被覆をして中性子照射したMnおよびAuの箔について絶対測定をする独自の方法により測定を行ない、全共鳴積分について比較的誤差の小さな測定結果を得ている。この場合の照射中性子場のスペクトルは飛行時間法によって測定し、確認している。つぎに全共鳴積分を $1/v$ 断面積による成分と、共鳴断面積による成分とに分離する実験について述べている。すなわちMnの箔を3種類の異なる厚さのほう素フィルターで包んで中性子照射し、その放射化量の相対差から、上記の2成分の比率を求めている。

第6章では、著者が開発した $1/v$ フィルター差法による中速中性子スペクトル測定に関する研究について述べている。 $1/v$ フィルター差法とは、吸収の強さの異なる数種類の $1/v$ 吸収フィルターをBF<sub>3</sub>カウンターなどの中性子検出器にかぶせて計数し、得られた計数率の差から中性子スペクトルを求める方法である。適当な注意を払うことにより、この方法で、約1keV以下の中性子スペクトルの概略の形状が得られることを明らかにしている。注意すべき要点としては、フィルターをかぶせた場合の各計数率間の独立性が乏しいこと、従って計数率比の取扱いか方に依存する度合いが強いこと、実験誤差が、結果にどのように伝播するかなどを挙げ考察を加えている。

第7章では以上の研究を総括的に論じ、結論としている。

## 論文審査の結果の要旨

高速増殖炉は核分裂を利用した原子炉としては、最終的な目標として盛に研究開発が行なわれている。しかし、実際の設計・製作の段階では出力密度の制限や、構造材、冷却材による希釈により、炉心が大型化され、同時に中性子に対しても減速の要因が多くなり、スペクトルは軟かい方に移りつつある。また、将来トリウムが増殖用核燃料として用いられる場合には、積極的に熱外エネルギーの中性子成分を増すことを考えねばならないであろう。このような意味で中速中性子についての研究は重要である。しかしながら現在まで、測定の困難さ等の理由から、この分野の研究は比較的乏しい。本論文は現在解明すべき多く

の問題のうち、とくに欠けている中性子スペクトルに関する分野において、いくつかの点を理論的、実験的に解明したものである。

以下、得られた成果の主なものを列挙する。

(1) 中速中性子スペクトルを最大吸収レサジー、吸収中央レサジーおよび吸収のレサジー標準偏差の3つのインデックスで表現することを提案し、代表的な場合についてこれらを計算した。その結果は非常に簡潔な表式で近似され、炉心の組成が変わった場合のスペクトルの性質の変化を簡単に見通せるようにした。

(2) 中速中性子スペクトルの基準体系として、炭素、ほう素およびアルミからなる体系を提案し、これについて中性子飛行時間法により  $1\text{eV}$  ないし  $100\text{keV}$  の中性子スペクトルを明らかにした。同時に、現在の代表的な5種の計算法はいずれも実験値より硬いスペクトルを与えることを示した。

(3) 中性子飛行時間法実験において重要な、2, 3の点を独自の考案により改良した。すなわち、まず、中性子検出器として用いた  ${}^6\text{Li}$  ガラスシンチレーターの中性子検出効率を中性子の多重散乱をも考慮に入れて簡単に計算する方法を考案した。また、中性子減速時間等の算出にあたり、吸収と漏れをも考慮に入れた。

(4) 体系中にナトリウムなど散乱共鳴をもつ原子核のある場合のスペクトルについて、無水炭酸ソーダの体系を用いて実験的に研究した。飛行時間法によって求めた中性子スペクトルは、Sn法による組分け輸送方程式の解とよく一致し、単一バックリング近似をとり入れた衝突密度方程式の解も共鳴近傍でよく合うことを見出した。

(5) このエネルギー領域で重要な中性子検出用の  ${}^{55}\text{Mn}$  の放射化共鳴積分を独自に測定し、従来の値より一層信頼できる値を得た。

(6) 中速領域の中性子スペクトルの新しい測定法として、 $1/v$  フィルター差法を考案し、実験的にもこの方法の有効さを検証した。すなわち、この方法はどのような場所でも使うことができ、約  $1\text{keV}$  以下の中性子スペクトルの概形の得られる簡便な方法であることを明らかにしている。

以上要するに、この論文は中速領域の中性子スペクトルに関し基礎的な研究を行ない、実験的研究の乏しいこの分野に多くの新しい知見を加えたものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。