

氏 名	東 稔 達 三 と ね たつ ぞう
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 574 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 48 年 1 月 23 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	A Study of Group Constants for Design Calculations of Fast Reactors (高速炉の核設計用群定数の研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 西 原 宏 教 授 岐 美 格 教 授 柴 田 俊 一

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、大型高速炉の核設計に用いる群定数を中性子反応断面積などの核データから作成する過程に含まれる種々の問題に関する基礎的研究をまとめたもので、7章と付録から成る。

第1章は緒論である。大型高速炉の核設計は、中性子エネルギー域を多数の群に分ける多群拡散法によって行なわれる。この方法では、中性子スペクトルを重みとして中性子反応断面積を各群ごとに平均した実効断面積を群定数として用いる。重みに用いるスペクトルは原子炉の組成と温度に依存する。現在実用されている群定数は、重みに核分裂スペクトルや $1/E$ スペクトルなどの標準スペクトルを用い、衝突密度を一定とする仮定によって実効断面積の組成と温度依存性を考慮する方法で作成されている。この章では YOM, HR および ABBN の3種の群定数セットについて、実効断面積の定義すなわち作成法が示されている。

第2章は群定数セット YOM, HR および ABBN を用いて、ナトリウム冷却大型高速炉の種々の核特性値を求め、その結果を比較し、群定数作成法の問題点を検討したものである。Pu 炉心ではセットによって臨界体積と Na 反応度の値が非常に違うこと、後者の差異は Na 損失による減速断面積の変化の寄与の違いによることなどが明らかにされ、弾性および非弾性散乱による減速断面積の重要性が指摘されている。

第3章では、大型高速炉に含まれる O, Na, Fe などの軽中重核の群定数の組成依存性、特に 3 keV 付近にある Na の大きな共鳴散乱の影響についての考察がなされている。比較の基準として、通常のエネルギー群よりずっと群数の多い (レサジ巾=0.01) 微細群計算を行ない、空間については基本モードスペクトルを仮定して得られた微細群基本モードスペクトルを重みとする実効断面積を求めている。その結果、上記の共鳴付近では、弾性散乱実効断面積と減速断面積が非常に異なる組成依存性を示すこと、Na 損失反応度はそれによって強く影響されることなどが明らかにされた。また、JAERI-FAST の70群構造は ABBN の25群構造より遙かにすぐれていることが判明した。著者はさらに、ピン状燃料と Na 冷却材か

ら成る2領域セルについて、衝突確率法でスペクトルを求め、均質化法の近似度が十分であることを確かめ、また Na 共鳴および 28.3 keV の Fe の共鳴による中性子の減速について IR 近似と NR 近似の適用性を検討している。

第4章では、上述の 2.98 keV Na 共鳴付近のエネルギー領域で、Na と共存する ^{238}U の共鳴捕獲実効断面積とその Doppler 係数（温度係数）および減速断面積が取り扱われている。検討の基準は、超微細群基本モードスペクトル（レサジ巾 $=10^{-4}$ ）によって求めた実効断面積であって、微細群スペクトルおよび $1/E$ スペクトルを重みとする実効断面積の組成および温度依存性が、均質系および非均質系について詳しく検討されている。また、 ^{238}U の弾性散乱断面積と減速断面積は非常に違った組成および温度依存性を示すので、JAERI-FAST では、両者に対する遮へい係数を別々に与えることにしたと述べられている。

第5章は非弾性散乱の実効断面積の組成依存性の検討に充てられている。非弾性散乱の起るエネルギー域には、軽中重核による大きな共鳴散乱が含まれているため、スペクトルは激しく変化する。そこで著者は、微細群基本モードスペクトルによる実効断面積と $1/E$ スペクトルによる実効断面積を比較している。非弾性散乱断面積の組成依存性は、しきいエネルギーを含む群以外では小さいこと、非弾性散乱による減速断面積についても同様であることなどが明らかにされた。

第6章では、燃料の燃焼に伴って炉内に蓄積される FP（核分裂生成物）の核特性におよぼす影響と断面積について述べられている。核特性については、FP の主要な効果が中性子増倍係数を低下させることであることを明らかにしている。また個々の核種の中性子捕獲断面積には約50%の不確かさがあるにも拘らず全ての FP についての平均断面積は、異なるデータ源の間で、 ^{238}U と ^{239}Pu では約4%、 ^{235}U では約10%の差に留まり、実効増倍係数に0.2%、Na 損失反応度で0.1%程度の差を生ずるにすぎないとしている。 $\text{Pu}-^{238}\text{U}$ 燃料高速炉の燃焼特性に対する ^{239}Np の影響についても論じている。

第7章は全体の要約と結論である。

付録には、研究に用いたスペクトル計算コードの説明と、核分裂生成物の実効捕獲断面積が示されている。

論文審査の結果の要旨

高速炉は核燃料を増殖することができるため、核分裂を利用する原子炉としては最終的な目標として研究が行なわれている。実用炉は電気出力百万キロワット以上の大型になると予想される。大型高速炉の中性子エネルギーは 10 MeV から 1 eV まで拡がり、そのスペクトルと空間分布が高速炉の核特性（核分裂や増殖などの核反応が直接的に関係する特性）をきめる。そこで核設計（核特性の設計）は、このエネルギー域を16ないし100群に分ける多群拡散法によって行なわれる。そのためには、中性子反応断面積などの核データから群定数を作成しなければならないが、群定数の作成法は現在まだ確立されておらず、核データの不確かさもあって、大型高速炉の核設計の精度はなお十分でない。現在まで高速炉用に広く用いられて来た群定数セットとしては YOM, HR および ABBN が挙げられるが、この論文に述べられている研究は、それらより更に進んだ群定数としてわが国で作成された JAERI-FAST の基礎をなしている。

群定数は、中性子エネルギーの関数である断面積を原子炉内のスペクトルを重みとして各エネルギー群ごとに平均して得られる実効断面積から成るが、炉内スペクトルは物質組成や温度によって影響を受ける。汎用の群定数を作成するには平均を作る際に用いる標準スペクトルと群構造の選定が重要な問題となる。得られた群定数の評価は、一方では臨界量測定のような積分実験によるべきであるが、群定数作成の方法あるいは過程について検討する目的のために、本論文では、微細群計算あるいは超微細群計算の結果との比較を系統的かつ網羅的に行なうという手法がとられている。このような手法で群定数セットの評価を試みたのは著者が最初である。

得られた成果の主なものをつぎに列挙する。

(1) 大型高速炉は O, Na, Fe などの軽中重核と U, Pu などの重い核から成っており、それぞれの実効断面積はそれらの混合比（組成）と温度に依存する。著者は軽中重核の示す大きな共鳴散乱と ^{238}U の共鳴吸収とが中性子スペクトルに同時に影響するため、実効断面積の組成・温度依存性は従来の群定数セットによっては正しく表現できないことを指摘した。

(2) 一般に弾性散乱実効断面積と弾性散乱による減速断面積とは、軽中重核の大きな共鳴散乱を含む群において、非常に違った組成依存性を示し、それが高速炉の安全性にとって重要な Na 損失反応度に強く影響することを明らかにした。JAERI-FAST では、70群構造をとり、また重い核については、従来の群定数セットと異なり、これらの組成依存性を別々の遮へい係数で表現することにより著しく改善されている。

(3) ピン状燃料と Na 冷却材から成る非均質セルにおいて、Na の共鳴付近では燃料中と Na 中ではスペクトルに差を生じ、 ^{238}U の捕獲断面積に 5 ないし 6% の非均質効果が現われるが、その他の群では均質化が十分よい結果を与えることを明らかにした。

(4) ABBN セットで用いられている $1/E$ スペクトルを重みとし衝突密度一定という仮定で組成依存性を求める方法で非弾性散乱による減速断面積を求めると、微細群スペクトルから求めた正しい値から 30% 程度も違った結果がえられることがあり、これも軽中重核の大きな共鳴の影響であることが示された。

(5) 燃料の燃焼が進むにつれて炉内に蓄積される核分裂生成物の核特性におよぼす主要な効果は中性子増倍係数を低下させることであって、その他の効果はすべて 2 次的であることを示した。

以上要するに、この論文は、高速炉の核設計に用いる群定数について基礎的な研究を行ない、多くの成果を挙げ、70群定数 JAERI-FAST の作成に貢献したばかりでなく、なお今後の改善に対する多くの示唆を含んでおり、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。