

氏名	中 村 邦 彦 なか むら くに ひこ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 422 号
学位授与の日付	昭 和 46 年 3 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	STUDIES ON THE EFFECTIVE CROSS SECTION AND THE DOPPLER EFFECT IN UNRESOLVED RESONANCE REGION (共鳴非分離領域における実効断面積とドップラー効果に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 若 林 二 郎 教 授 西 原 宏 教 授 向 坂 正 勝

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、高速増殖炉の核設計ならびに安全解析上重要な、実効断面積およびドップラー温度係数を研究したものである。すなわち、従来共鳴レベルが実験的に分離されていないため、その取扱いが極めて困難であった共鳴非分離領域での新しい算出方法を提案し、いくつかの重要な核燃料物質について試算を行なうとともに、その問題点を検討したもので、序論および4章からなっている。

序論では、高速炉体系において、ドップラー温度係数に対する共鳴非分離領域からの寄与が大きいことを説明している。さらに非分離領域における徹視的断面積の推定値を用いて実効断面積を算出する数種の手法について、その長短を論じ、以下の研究に用いる半解析的手法における必要な仮定と問題点を指摘している。

第1章では、 ^{235}U 、 ^{238}U 、 ^{239}Pu 等の核燃料物質について、角運動量保存則およびパリティ保存則より、各同位元素のオープン・チャンネルを、sおよびp波まで定めた。また各チャンネルごとに、非分離領域における平均レベル間隔および各反応の平均共鳴巾等のパラメータを、共鳴分離領域でのパラメータからの外捜および非分離領域における強度関数、核分裂断面積や吸収断面積等の積分データに基づいて、核分裂巾のスピンの依存性を無視するなどの仮定のもとに定めている。

第2章では、まず非分離領域の実効断面積の定式化について新しい提案を行っている。すなわち非分離領域では必然的に共鳴間の重なりの影響を考慮する必要があるため、従来重なり効果の強い高いエネルギー側と、重なり効果を無視する低いエネルギー側で別々に定式化されていた。しかしここでは同一系列に属する共鳴間の干渉効果を取入れて、種々の近似のもとに全エネルギー範囲にわたって統一的な定式化を行っている。これにより、大型高速炉のドップラー温度係数に重要な影響を与える中間エネルギー領域での取扱いが可能となり、かつその組成依存性をも正確に求めうることを示している。次にこの定式化に基づき、第1章で定めた平均共鳴パラメータを用いて、非分離領域におけるドップラー温度係数を、各チャンネルごとに摂動計算より求めている。これより、ドップラー温度係数は、燃料親物質では $^{240}\text{Pu} > ^{238}\text{U}$

$>^{232}\text{Th}$ となり核分裂性物質では $^{241}\text{Pu}>^{239}\text{Pu}>^{233}\text{U}>^{235}\text{U}$ となるという結果をえている。また非弾性散乱、干渉散乱の影響を検討し、ともに10KeV以上で急速に大きくなり、エネルギースペクトルの硬い小型高速炉で問題になることを示している。

第3章では、異なる系列に属する共鳴間の重なりが、実効断面積に及ぼす影響を、半解析的手法を用いて検討している。実効断面積の定義において、共鳴間の干渉によるスペクトル変化の影響と、微視的断面積の変化による影響を分離し、これらは互に相殺しあう結果、共鳴レベルが十分密に存在する領域で、異なる系列の共鳴がランダムに分布するとすれば、この影響はあまり重要でないことを明らかにしている。また数種の実効断面積の近似式について、典型的な高速炉の組成を用いて数値的に検討し、第2章でドプラー温度係数の計算に用いた、修正実効断面積による近似の妥当性を示し、異種間の干渉効果よりはむしろ同種間の干渉効果を、正確に取入れる必要があることを強調している。

第4章では、減速領域での衝突密度の変化を厳密に解くことにより、中速エネルギー領域における共鳴積分に対する共鳴の干渉効果を、数値的に示している。また半解析的手法において用いられる衝突密度一定の仮定を、厳密な数値計算により、エネルギーと組成比をパラメータとして検討し、大型高速炉でドプラー効果が重要な問題となる領域では、均質体系に対して十分妥当な仮定であるが、非均質体系に対しては必ずしも満足すべきものでないことを示している。

結論においては、以上の総括を行ない、本研究で用いた半解析的手法の有用性およびその適用限界について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、現在開発途上にある高速増殖炉に着目し、その核設計の基礎となる実効断面積、およびその安全性上重要なドプラー温度係数を研究したものである。すなわち、これまで問題点の多かった共鳴非分離領域の取り扱いに、新しい半解析的手法を提案して従来の定式化を改良するとともに、これを用いていくつかの重要な燃料物質のドプラー温度係数を試算している。また半解析的手法に用いられるいくつかの重要な仮定の、有効性および適用限界を明らかにしている。その主な成果は次のとおりである。

1) 共鳴非分離領域における高速炉のドプラー温度係数は、従来共鳴の重なりによる強い高いエネルギー領域と、共鳴の重なりが無視しうるような低いエネルギー領域に分けて計算されていたが、これを全エネルギー範囲にわたって統一的に取り扱い、かつ中間エネルギー領域での組成依存性を正確に求めうるような、新しい半解析的手法を提案した。

2) 各種核燃料物質について、非分離領域における平均レベルパラメータを作成し、これを用いてそれぞれのドプラー温度係数を、組成をパラメータとして表わしている。これによりドプラー温度係数は、核分裂性物質では $^{241}\text{Pu}>^{239}\text{Pu}>^{233}\text{U}>^{235}\text{U}$ となり、燃料親物質では $^{240}\text{Pu}>^{238}\text{U}>^{232}\text{Th}$ となることを示した。

3) 異なる系列に属する共鳴間の重なりが、実効断面積およびドプラー温度係数に及ぼす影響は、共鳴レベルが十分密に存在するエネルギー領域で、異なる系列の共鳴が互にランダムに分布している場合には、あまり重要でないことを数値的に明らかにした。

4) ドプラー温度係数の計算において広く用いられている修正実効断面積の近似を, 典型的な大型高速炉体系に用いることの妥当性と, その適用限界を数値的に明らかにした。

5) 半解析的手法において広く用いられる, 衝突密度一定の仮定を数値実験により検討し, この仮定は, 均質体系では十分妥当なものであるが, 非均質体系では必ずしも満足すべきものでないことを明らかにした。

以上要するに, 本論文は高速炉の共鳴非分離領域における実効断面積および, ドプラー温度係数を半解析的に算出する方法に改良を加え, その手法の妥当性および適用限界を明らかにすることによって, 高速炉の核設計および安全性の研究に新しい知見を与えたもので, 学術上および工業上貢献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。