

氏 名	中 川 正 幸 なか がわ まさ ゆき
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1191 号
学位授与の日付	昭 和 54 年 5 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	Study of Analytical Method for Sodium Void Reactivity in Fast Critical Assemblies (高速臨界集合体におけるナトリウムボイド反応度の解析法 に関する研究)

(主 査)
論文調査委員 教 授 若 林 二 郎 教 授 岐 美 格 教 授 西 原 宏

論 文 内 容 の 要 旨

この論文では、ナトリウム冷却高速炉および、その炉心を模擬した高速臨界集合体におけるナトリウムボイドの反応度効果（以下ナトリウムボイド効果と呼ぶ）を、中性子の非等方拡散などの効果を取入れて精度よく計算する手法を導出している。この際セル計算に非等方衝突確率法を用いて超多群計算を行うことおよび、巨大共鳴近傍での軽・中重核の弾性除去断面積を正しく計算することなどの必要性に注目して、一般性のある計算コードを開発し、それを用いて内外の各種高速臨界集合体で行われたナトリウムボイド効果の実験を解析して、計算手法および計算コードの妥当性を明らかにしたもので、7章からなっている。

第1章は序論で、高速臨界集合体におけるナトリウムボイド効果には、炉心の非均質性による中性子の非等方拡散が大きな影響を与えることを述べて、本研究の必要性を明らかにしている。

第2章では、70群の組定数を用いて共鳴領域を精密に取扱うと同時に、炉心の非均質性による中性子の非等方拡散の効果を取入れた、高速炉用のセル計算コードを新しく開発し、これと従来の高速炉用の拡散コードを組合せて、高速炉や高速臨界集合体におけるナトリウムボイド効果の計算に一般的に用いる計算コード、「SLAROM」を完成している。

第3章では、「SLAROM」コードでは70群の組定数を用いてセル計算を行っているが、その計算精度をしらべるために、2,000群の組定数を用いて非均質系のセル計算を精密に行う計算コード、「ESELEM-5」を新たに開発している。この計算コードでは、中性子の非等方散乱の効果を P_1 近似を用いて取扱っており、また数値計算を可能にするため、空間的には「SLAROM」コードと同様に衝突確率法を用いて解き、エネルギー的には逐次計算式を導出して解いている。一方核定数から「ESELEM-5」に用いる2,000群の組定数を作る計算コード「PRESM」を新しく開発している。

第4章では、「SLAROM」コードを用いて、わが国の「FCA 5-1」、英国の「MZA」、「MZB」、米国の「ZPPR-2」、「ZPPR-3」などの高速臨界集合体で行われたナトリウムボイド効果の実験を解析し、「SLAROM」コードの有効性を検証している。すなわち「ZPPR-2」に対する解析では、ナトリウムボイ

ド効果が実験結果より20%程度大きくなっているが、それ以外の体系に対する解析では、すべて10~15%程度小さくなっており、これらはいずれもナトリウムボイド効果の計算精度に対する目標値(20%)以内の精度で、実験結果とよく一致していることを示している。また中性子の非等方拡散の影響を無視して計算した場合には、「FCA 5-1」、「MZA」および「MZB」などの非均質性の大きな体系で、30%以上の誤差を含むことを示して、非等方拡散の取扱の必要性を検証している。以上より「SLAROM」コードの精度を検証した後、これを用いてわが国で計画中の高速原型炉「もんじゅ」のナトリウムボイド効果を解析し、最大+1% $\Delta K/K$ 程度の反応度効果をもつことを示している。なおこの結果は「もんじゅ」の安全解析に利用されている。

第5章では、「MZA」および「ZPPR-2」の実験を「ESELEM-5」コードを用いて計算し、これより「ESELEM-5」コードによるナトリウムボイド効果の計算結果は、「SLAROM」コードによる計算より10~15%大きくなることを示している。この結果は「ZPPR-2」に対して誤差を大きくすることになり、このことは米国で行われた「MC²」による計算の結果ともよく一致しているが、外国で行われた実験であるため、その原因については明確な結論をえていない。しかし、「ZPPR-2」以外の体系に対してはすべて誤差を小さくすることになるため、「ESELEM-5」コードは「SLAROM」コードより高い精度をもつものであると結論している。

第6章では、「SLAROM」コードを用いる場合の組定数の補正方法について検討し、従来弾性散乱断面積の自己しやへい係数を、弾性除去断面積の自己しやへい係数にそのまま用いていたことが誤差の原因の一つであることを見出し、除去断面積に対する一般的な補正法を導出している。このような補正によって、中性子スペクトルの計算結果が実際とよく一致することおよび、ナトリウムボイド効果の計算結果が改善されることを示して、この補正法の妥当性を検証している。なおこの成果はわが国の炉定数セット JAERI-Fast の V-II に適用されている。

第7章は結論で、本論文で得られた成果を要約して述べるとともに、今後に残された問題点を指摘している。

論文審査の結果の要旨

ナトリウム冷却高速炉を設計し、その安全性を評価する際に、ナトリウムボイドの反応度効果(以下ナトリウムボイド効果と呼ぶ)を精度よく計算することは非常に重要な問題となっているが、従来これを計算するコードは、諸外国でいくつか開発されていたが公開されていなかったため、わが国では利用できず、また諸外国の計算コードの計算精度は必ずしも満足すべきものではなかった。

本論文は、従来諸外国で開発された計算コードにおける誤差の原因を究明し、より精度の高い計算コードを開発して、わが国で一般に利用できうるようにしたもので、その得られた成果を要約すると次の通りである。

(1) 従来ナトリウムボイド効果の計算において、中性子の非等方拡散の影響や巨大共鳴近傍でのスペクトルの干渉効果などを考慮していなかったが、炉心の非均質性の大きな原子炉においては、非等方拡散や軽・中重核による弾性散乱が、ナトリウムボイド効果に非常に大きな影響を与えることを明らかにした。

(2) 70群の組定数を用いて共鳴領域を取扱うと同時に、中性子の非等方拡散の効果を取入れた、高速炉用セル計算コードを開発し、これと従来の高速炉用拡散コードを組合せて、高速炉や高速臨界集合体の計算に広く利用できるような、一般性のある計算コード「SLAROM」を完成させ、わが国で初めて利用できるようにした。

(3) 「SLAROM」コードの計算精度をしらべるために、2,000群の組定数を用いて非均質体系のセル計算を行う計算コード「ESELEM-5」を開発した。また核定数からこの計算コードに用いる2,000群の組定数を作る計算コード「PRESM」を開発した。なおこのような超多群計算を妥当時間で行うため、空間的には衝突確率法を用い、エネルギー的には逐次計算式を導出してセル計算を行う手法を開発している。

(4) わが国の「FCA 5-1」、英国の「MZA」、「MZB」、米国の「ZPPR-2」、「ZPPR-3」などの高速臨界集合体で行われたナトリウムボイド効果の実験を、著者が開発した「SLAROM」コードを用いて解析し、いずれもナトリウムボイド効果の計算精度に対する目標値(20%)以内の精度で、実験結果とよく一致していることを示し、「SLAROM」コードの実用性を検証した。なおこれは、わが国で計画中の高速原型炉「もんじゅ」の炉心計算に利用されている。

(5) 「MZA」および「ZPPR-2」で行われたナトリウムボイド効果の実験を、「ESELEM-5」コードを用いて計算し、この結果ナトリウムボイド効果は「SLAROM」コードによる計算結果より10~15%大きくなることを示し、この傾向は「ZPPR-2」以外の体系に対して実験結果により一致する傾向であること、又「ZPPR-2」に対しては米国で行われた「MC²」コードによる計算結果とよく一致していることから、「ESELEM-5」コードの信頼性を検証している。

(6) 従来弾性散乱断面積の自己しやへい係数を、弾性除去断面積の自己しやへい係数にそのまま用いていたことが、計算誤差の原因の一つとなっていることを見出し、除去断面積に対する一般的な補正法を提案して、その妥当性を数値的に検証した。これは、実際にわが国の炉定数セット JAERI-Fast の V-II に適用されている。

以上要するに本論文は、高速炉および高速臨界集合体におけるナトリウムボイド効果の計算手法を改良し計算精度を高めることに成功し、わが国の高速炉の炉心計算に実用化したもので、学術上、実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。