

氏 名	中 村 省 一 郎 なか むら しょういち ろう
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 175 号
学位授与の日付	昭 和 42 年 11 月 24 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	Solution and Application of Few-Group Diffusion Equation (少数組拡散方程式の解法と応用)

論文調査委員 (主 査) 教授 西 原 宏 教授 岐 美 格 教授 向 坂 正 勝

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は原子炉における中性子拡散方程式の解法とその応用について述べたもので7章および付録から成っている。

第1章は著者の作成した平板および円柱座標用2次元拡散コード CERES を説明したものである。このコードはわが国で書かれた2次元コードとしては最初のものであるが、今日なお原子炉の解析と設計に使用されている。拡散方程式の固有値問題のほか、外部中性子源にもとづく中性子束分布を求め、あるいは変分法および摂動法による計算も可能である。また中性子束分布を等高線図の形に印刷するような工夫もなされている。集束を加速する方法としては、内部反復では ADI 法を用い、外部反復ではチェビシェフ多項式加速法を用いている。

第2章は3次元拡散方程式の近似解法として知られている中性子束合成法についての研究を述べたものである。変分法を中性子束合成に応用したのは S. Kaplan である。著者は体系を z 軸方向にこまかく分割し、 z 軸方向の中性子束分布を、相隣る三つの分割点にまたがるピラミッド状の関数の集まりで近似し、これを試みの関数として用いる方法を提案し、Kaplan の方法および Meyer の方法はともにこの方法の特別な場合として導かれると主張している。

第3章は原子炉 JRR-4 について、少数組拡散法で求めた反応度と実測値を比較検討したものである。著者は小型炉心原子炉の解析の過程に含まれる種々の近似のうち、反応度に誤差を生ずる主な原因として縦軸方向のもれ、速中性子の組定数などに問題があり、炉心構造の製作誤差も大きな影響があるとしている。

第4章は変分法を応用して制御棒の反応度を計算する方法を示したものである。制御棒のような強い吸収体が存在すると拡散理論は精度が著しく悪くなる。そこで従来から精度を高めるために種々の工夫が試みられている。しかしいずれも制御棒の数が少なくなく形状が簡単な場合でないといほとんど実用できない。著者は制御棒表面での一般的な境界条件を含む汎関数を用いれば、試みの関数はこの境界条件を満足

しなくてもよいことに着目し、制御棒の位置で連続で滑らかな試みの関数を採用した。この汎関数から導かれる拡散方程式は制御棒を、境界条件の形ではなく、デルタ関数状の吸収体として含む。このような吸収体は級数解においても、また階差式による解法においても取扱いが容易である。著者は上記の吸収体の反応度を摂動法によって計算する公式を導き、原子炉 HTR について制御棒効果の計算値と実測値とを比較して、満足すべき一致の得られることを示している。

第5章は炉心中に完全に挿入された多数の制御棒の反応度を計算する新しい近似的方法を記述したものである。動力用原子炉は一般に非常に多数の制御棒を装備しているが、それらの制御棒の間には強い相互作用があるため反応度の評価は容易でない。著者の提案する方法はつぎの通りである。炉心を多数の細胞に分割して、各細胞は制御棒を多くとも1本しか含まないようにする。原子炉方程式を2次元2組拡散方程式としこれを積分形に書く。制御棒断面の寸法が炉心における中性子拡散距離に比較して小さい場合には制御棒の表面を中性子吸込面とする吸込モデルを、また寸法が拡散距離に比べて大きい場合には制御棒の効果を井戸型の負の中性子源で近似する井戸型モデルを用いる。原子炉方程式は連立1次方程式の形に変換されこれを数値的に解く。著者はこの解法による計算コードを作成し、制御棒の数のすくない場合について Nordheim らの方法とよく一致する結果を得ている。

第6章は多領域原子炉における制御棒反応度を拡散コードによって求めるために、前章で得た井戸型モデルの方法を拡散コードに応用したものである。臨界集合体 OCF についての計算例では実験値とよく一致した結果が得られている。

第7章は定常状態における動力炉の燃焼解析の方法について論じたものである。運転期間中に中性子束分布が一定に保たれるとすれば燃焼解析は著しく容易になる。著者はこのような分布を実現する方法を研究し、それを与える燃焼方程式およびこの分布を維持するための制御棒分布を得ている。

付録には本文中で省略された式の誘導や計算コードの説明などが集録されている。

論文審査の結果の要旨

この論文は原子炉解析に用いられる2次元拡散コード、3次元中性子束合成法、制御棒反応度の計算法、動力炉の燃焼度解析などについて著者の行なった研究をまとめたもので、その主な寄与はつぎの通りであると考えられる。

- (1) 2次元拡散コード CERES を作成した。これはわが国で作られた2次元コードとして最初のもので、現在でもなお実用されている。
- (2) 3次元中性子束合成法として従来のものより一般的な方法を示した。
- (3) 制御棒反応度の解析に変分法を応用して実用的な計算法を開発し、原子炉 HTR について実測値と比較し、この方法の有用性を立証した。制御棒表面における境界条件が熱中性子束とその傾斜との混合形で与えられるため、従来の計算法は形状の簡単な場合にしか用いられなかった。
- (4) 多数本制御棒の反応度は従来適当な計算法が知られていなかった。著者は吸込モデルと井戸型モデルによる実用的な計算法を考案し、この方法による計算コード ELC を作成した。
- (5) 井戸型モデルを拡散コードに用いて多領域炉における制御棒反応度を求める方法を考案し、臨界集合

体 OCF の実測値と計算値とを比較し，この方法が満足すべき精度を与えることを立証した。

- (6) 動力炉の中性子束分布を運転期間中を通じて一定に保つのに必要な制御棒の分布と，このような中性子束分布を与える方程式を導いた。

以上述べたように，この論文は少数組拡散方程式の解法とその応用について著者の行なった多岐にわたる研究を記述したもので，その成果はそれぞれ計算コードとして実用化されており，学術上，實際上寄与するところがすくなくない。

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。