

氏 名	ビョン 卜	チョ 哲	ルホ 浩
学位(専攻分野)	博 士 (エネルギー科学)		
学位記番号	エネ博第22号		
学位授与の日付	平成12年9月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
研究科・専攻	エネルギー科学研究科エネルギー基礎科学専攻		
学位論文題目	Study on Nuclear Reactor Core Analysis Using Modified Explicit Higher Order Perturbation Method (高次摂動理論を用いた原子炉炉心解析に関する研究)		
論文調査委員	(主査) 教授 代谷 誠 治	教授 三島嘉一郎	教授 若谷 誠 宏

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、摂動前の状態に関する情報から摂動後の状態を推定することができる高次摂動理論を発展させて応用することにより、摂動後の炉心に関する煩雑な炉心計算の簡略化を目指した研究の結果をまとめたもので、6章からなっている。

第1章の序論では、現行の拡散計算法に基づく煩雑な炉心解析法の簡略化に関する要請等、研究の背景を記述するとともに、摂動理論の発展の歴史的経緯を概観して高次摂動理論の応用に関する現状をまとめ、同法の多群化に伴う問題点を明確にして本研究の意義を述べ、本論文の構成を概括している。

第2章では、中性子束を高次モードの固有値と固有関数を用いて展開することを基本とした高次摂動法の多群化に際して、独自の直交性等を導入することにより、既存で同種の FRENCH 法と比べて仮定が少なく、より厳密な修正高次摂動法 (MHP 法) の基礎式を導出することに成功し、裸の2次元均質炉心について2群の MHP 法による解析を行って、その妥当性を検証し、実機炉心解析に対する応用の可能性を示している。また、この基礎式の導出過程を通じて MHP 法と FRENCH 法との差異を明確に示し、実機炉心解析で FRENCH 法が直面した諸問題を解決すべく、多群化に際しての仮定を減らした効果について論じている。

第3章では、上記2群 MHP 法の実機 PWR 炉心解析及び京都大学臨界集合体実験装置 (KUCA) における実験解析への適用性について、従来の拡散計算法あるいは実験値との相互比較を行って検討した結果について述べている。この結果、実機 PWR 炉心解析については、1) 単一制御棒の価値に関しては、高次モード等の展開次数を多くすれば、大きな摂動や局所的な摂動についても設計計算で要求される精度を満足すること、2) 燃焼計算等の炉心全体に亘る小さな摂動については、展開次数が少なくても精度良く計算できること、3) 大きな局所的摂動が同時に炉心の異なる場所に加わる燃料シャッフルや複数の制御棒反応度等に関しては適用が困難なこと、4) 展開次数を多くすれば、従来の拡散計算による方法と同等若しくはそれ以上の計算時間がかかることなど、貴重な知見を得ている。KUCA 実験解析については、従来の拡散計算法と遜色のない結果が得られ、KUCA のような小さな炉心では中性子の輸送効果が大きくなるために拡散計算の精度は悪化するものの、ほぼ実験値と一致する結果を得ている。これにより、計算時間の短縮に関する課題は積み残されたが、高次モードの固有関数や固有値を正確に求めることさえできれば、MHP 法を実機炉心解析に利用できることが明らかとなった。

第4章では、MHP 法を用いた実機炉心解析を念頭に、その計算時間短縮を目指して、裸の1領域均質炉心では固有値と固有関数が解析的に求まることを利用した独自のアイデアに基づく方法が提案され、その適用性について検討がしている。この結果、裸の炉心に対しては非均質な多領域炉心であっても計算時間を短縮して精度の良い結果が求まることが示されたが、反射体付炉心への適用については問題点が残されており、反射体付炉心の固有関数を用いるなど、さらに工夫を重ねることが必要であると指摘している。

第5章では、本研究で導出した2群の MHP 法を用いて、原子炉の安定性評価において重要な指標となっている1次固有

値間隔のエネルギー依存性について、KUCA 実験のシミュレーションを通じて検討を加えている。この固有値間隔については、元来がエネルギー 1 群理論に基づいて導出されたものであるため、エネルギー依存性を議論できなかったが、多群の MHP 法を用いることにより、初めて検討が可能となったものである。この結果、2 群の MHP 法を用いても従来と同様な固有値間隔の式を導くことができ、固有値間隔にはエネルギー依存性がなく、中性子束歪み法を用いて実験的に求めた固有値間隔は、たとえ如何なる反応率分布から求めようとも同一の値となることが示され、従来から行われていた固有値間隔測定の手法が妥当であるとの理論的裏付けを与えている。

第 6 章の結論では、本論文で得られた成果を要約し、今後の課題についてまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、煩雑な炉心計算の簡略化を目指して、多群の修正高次摂動法を開発し、その適用性等について研究した成果をまとめたもので、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 高次摂動法に独自の直交性を導入することにより、従来手法よりも厳密な多群の修正高次摂動法 (MHP 法) に関する基礎式を導くことに成功し、裸の 2 次元 1 領域均質炉心を用いて、2 群 MHP 法の妥当性を検証した。

2. 2 群 MHP 法の実機炉心解析への適用性について、従来の拡散計算法による結果との比較・検討を通じ、1) 大きなあるいは局所的な摂動を与える単一制御棒の価値については、展開次数を上げることにより精度の良い結果が得られること、2) 燃焼計算等の炉心全体に亘る小さな摂動については、展開次数が低くても精度の良い結果が得られることを示した。また、燃料シャッフリングや複数制御棒の同時挿入等、炉心の異なる位置に同時に摂動が加わるような場合は、展開次数を上げても良い結果を得ることが難しいことを明らかにし、MHP 法の適用限界を示した。

3. 2 群 MHP 法の KUCA 実験解析への適用性について、従来の拡散計算法による結果と同等程度の精度で解析できることを示し、KUCA のような小型炉心では中性子の輸送効果が大きいので拡散計算の精度が低下するものの、実験値ともおおよそ一致する結果が得られることを示した。

4. 実機炉心への適用性に関して、高次モード固有関数及び固有値を数値計算で求める際に生じる誤差を回避し、計算時間を短縮するために、裸の 1 領域均質炉心の固有関数等を用いる新たな手法を考案し、反射体付炉心については適用することができなかったが、裸の多領域非均質炉心の解析には適用可能であることを示した。

5. 本研究で開発した 2 群 MHP 法を用いて、原子炉の安定性の指標である 1 次固有値間隔にエネルギー依存性がないことを確認し、中性子束歪み法による固有値間隔の測定においては、如何なる反応率分布を用いても結果が変わらないことを明らかにした。これは、固有値間隔の測定に有用な理論的裏付けを与えるものである。

以上、本論文は、新たに修正高次摂動法 (MHP 法) を開発し、炉心解析法の簡略化等に関して貴重な知見を得るとともに、実験手法に理論的裏付けを与えるなど、炉心特性の解明に貢献したものであり、学術上、實際上寄与することが少なくない。

よって、本論文は博士 (エネルギー科学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 12 年 8 月 29 日実施した論文内容とそれに関連した諮問の結果、合格と認めた。