

Title	軽水炉核設計計算手法の改良と高燃焼度及びMOX燃料炉心への適用
Author(s)	佐治, 悦郎
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/41021">https://hdl.handle.net/11094/41021</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	佐 治 悦 郎
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 1 3 3 5 9 号
学位授与年月日	平成 9 年 7 月 7 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文名	軽水炉核設計計算手法の改良と高燃焼度及び MOX 燃料炉心への適用
論文審査委員	(主査) 教授 竹田 敏一 (副査) 教授 高橋 亮人 教授 宮崎 慶次

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、軽水炉核設計精度の向上を狙った計算手法の改良、および近年の軽水炉燃料・炉心高度化の一環として特に重要なテーマである高燃焼度及び MOX 燃料炉心への適用性評価に関する研究をまとめたものであり、以下の 6 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、現行の軽水炉核設計計算手法の概要について示すと同時に、近年の軽水炉の動向について概説し、それに伴って発生する核設計計算手法の改良の必要性および本研究の位置づけについて述べている。

第 2 章では、燃料集合体計算手法の改良として、その主要部分である共鳴計算法及び 2 次元輸送計算法の改良について述べている。前者では、マルチバンド法を応用することにより、従来取り入れられることのなかった燃料ペレット内温度分布を共鳴計算に取り入れ、その結果、計算精度の向上に成功している。また後者では、従来応答行列法におけるノード境界中性子流の一樣・等方近似という弱点を改良する手法を導入することにより、非均質性の高い BWR 燃料集合体内の中性子束分布を短時間で精度良く求められる効率的な 2 次元中性子輸送計算法の確立に成功している。

第 3 章では、炉心計算手法の改良について述べている。PWR 炉心核設計計算法に近代ノード法を導入する手法を確立するとともに、近代ノード法に基づく設計システムを実現する方法を明確にし、数値計算によりその有効性を検証している。本成果を応用することにより、我が国で初めての発電用実機炉心設計への近代ノード法の適用に成功している。

第 4 章、第 5 章では、それぞれ高燃焼及び MOX 燃料の核特性評価における改良計算手法の適用性研究について述べている。いずれも当該燃料を模擬した臨界試験において測定された各種核特性を 2 次元輸送計算法や近代ノード法を用いて解析することにより、当該燃料核特性評価における各種改良手法の有効性が示された。

第 6 章では、前章までに得られた研究成果を要約して述べ、本研究の総括としている。

## 論文審査の結果の要旨

近年、軽水炉燃料および炉心は、経済性や資源有効利用の要請から年々その複雑さを増しており、計算手法もそれらに応じた改良を行うことが急務となっている。高燃焼及び MOX 燃料の導入は、このような軽水炉燃料・炉心高度化の中でも重要な位置づけを占めており、それらを装荷した炉心の核特性評価を精度良く行う手法の開発が強く望まれている。本研究は、軽水炉の核設計計算手法を対象として、そうした命題を満たす手法の改良の実現と、高燃焼及び MOX 燃料炉心への適用性評価を行うことを目的としている。主な成果は以下の通りである。

- (1) 燃料集合体核計算手法の改良として、その主要部分である共鳴計算法及び 2 次元輸送計算法につき、以下の改良手法の開発に成功している。
  - a) 燃料ペレット内温度分布がドップラー効果を介してペレット内共鳴吸収の径方向分布に影響を及ぼすことに着目し、マルチバンド法を応用して、ペレット内温度分布を取り入れた共鳴計算を行う燃料棒セル計算手法を開発している。また、同手法を  $\text{UO}_2$ 、MOX 燃料棒核特性評価に応用し、従来取り入れられていなかった温度分布の考慮がドップラー反応度評価に有意な影響を及ぼすことを指摘している。
  - b) 輸送ノード法の一種である応答行列法において一般的に用いられる、ノード境界中性子流の一樣近似や等方近似を同時に低減する改良手法を導入して、燃料集合体内の 2 次元中性子束分布を高精度で効率良く計算する手法を開発することに成功している。また、BWR 燃料集合体を模擬した数値計算によりその有効性を明確に示している。
- (2) 炉心核計算手法の改良として、近代ノード法を PWR 炉心核設計に応用するための計算コードシステムの開発に成功している。同システムを用いて、我が国で初めて近代ノード法を発電用実機炉心設計に応用する実績を挙げ、また、同手法が炉心核特性予測精度向上に寄与することを明確に示している。
- (3) BWR 高燃焼度燃料や BWR MOX 燃料を模擬した臨界試験の解析を改良計算手法を用いて行うことにより、これら燃料の核特性評価において考慮すべき計算手法上の問題点について検討し、以下の点を明らかにしている。
  - a) 高燃焼度燃料や MOX 燃料がもたらす水平方向の非均質性の増大が 2 次元中性子束輸送計算精度に及ぼす影響について検討し、積分型輸送ノード法の一種である透過確率法ではその精度は現行  $\text{UO}_2$  燃料に比若若干低下するが、実用上は許容範囲であること、また厳密解法である Characteristics 法によりその低下が改善されることを示している。
  - b) 一部の高燃焼度燃料設計において採用される部分長燃料が局所軸方向出力分布に与える影響について検討し、2 次元輸送計算で得られる水平方向燃料棒出力分布と近代ノード法による均質ノード軸方向出力分布の合成により評価可能であることを示している。
  - c) MOX/ $\text{UO}_2$  燃料集合体の混在によるスペクトル干渉効果が集合体内局所出力分布に及ぼす影響について検討し、その影響が重大である事が示されたが、近代ノード法の適用によりその効果の大部分が考慮され、実用上問題のない精度を確保し得ることを明らかにしている。

以上のように、本論文は軽水炉の核設計計算手法の改良、および高燃焼及び MOX 燃料炉心への適用性評価に関して工学的に有用な知見を多数得ると共に、将来の軽水炉燃料・炉心設計手法の改良に対する先導的な役割を果たしている。これらの成果は原子炉物理学、原子炉工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。