

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	軽水炉格子体系への最良代表性因子法の適用に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	馬野琢也
Author(English)	Takuya Umano
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9802号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小原 徹,井頭 政之,千葉 敏,赤塚 洋,筒井 広明
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9802号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

(2000字程度)

報告番号	乙 第	号	学位申請者	馬野琢也	
	氏	名	職	氏	名
論文審査員	主査	小原 徹	教授	筒井広明	准教授
		井頭政之	教授		
		千葉 敏	教授		
		赤塚 洋	准教授		

本論文は、「軽水炉格子体系への最良代表性因子法の適用に関する研究」と題し、5章より構成されている。

第1章「序論」では、まず現代の軽水炉の標準的計算手法であるノード法について概観したのち、格子計算コードと臨界実験装置で実施される臨界実験との関係を述べている。格子計算コードの解析精度の確認及びその向上は軽水炉の経済性と安全性を高めるために有用かつ重要であり、そのためには臨界実験が利用されてきたが、臨界実験では格子計算コードの解析で得られる最も重要な物理量である中性子無限増倍率を得ることができず、加えて臨界実験装置の制約上、燃料集合体を完全に模擬した実験の実施が難しいことを指摘している。さらに臨界実験装置は世界的に減少する傾向にあり、これまで取得できた臨界実験の測定データの有効活用が重要となりつつあると述べている。これまで臨界実験での測定データを理論的に取り扱う計算手法として断面積調整法及びバイアス因子法が知られているが、これらの計算手法は高速炉の分野で開発されたものであり、軽水炉分野での適用には限界があるとしている。これらを踏まえ、限られた軽水炉の臨界実験の測定データを用いて燃料集合体の中性子無限増倍率を効果的に補正する手法を開発するという本研究の目的を述べている。

第2章「最良代表性因子法の導出と検証」では、着目する物理量の計算入力パラメータに関する感度係数を用いて、線型代数の考え方に基いて臨界実験と燃料集合体の類似度を定義できる代表性因子を定義し、その代表性因子を用いて導出される最良代表性因子法の計算式を導出し、加えて最良代表性因子法の特徴とこれまでの断面積調整法及びバイアス因子法との相違点を明らかにしている。さらに、具体的な計算手順について述べた後、米国で開発された SCALE システムに組み込まれている多群モンテカルロコード KENO、44 群構造の ENDF/B-V 断面積ライブラリ、共分散行列、計算モジュール TSUNAMI システムを利用して検証解析を実施した結果について述べたうえで、東芝臨界実験装置 (NCA) で実施した加圧水型炉 (PWR) の模擬臨界実験 3 ケースを利用し、2 つのケースの中性子実効増倍率の計算値と測定値に本計算手法を適用し残りのケースの中性子実効増倍率の計算値の補正を実施した結果について述べている。補正の結果、残りのケースの中性子実効増倍率は 1 に極めて近い値になり、臨界状態では中性子実効増倍率は 1 であるという物理的要請を満たす方向に計算値が改善されたことを示している。さらに、拡張バイアス因子法による計算結果とも比較して計算値が一致することを明らかにしている。

第3章「現行の PWR 燃料集合体の中性子無限増倍率の補正への適用」では、格子計算コードの最も重要な計算値である中性子無限増倍率に本計算手法を適用してその妥当性について述べている。目的とする体系を現在、世界で標準的に利用されている PWR 17×17 型燃料集合体とし、²³⁵U 平均濃縮度 4.8wt% のこの燃料集合体の中性子無限増倍率の補正を実施した結果について述べている。補正は NCA PWR 模擬臨界実験の計算値と測定値の相対差を本計算手法で組み合わせて行い、計算は SCALE システムに組み込まれている多群モンテカルロコード KENO、44 群構造の ENDF/B-V 断面積ライブラリ、共分散行列、計算モジュール TSUNAMI システムを用いている。本手法を用いて 3 つの臨界実験を線型結合した結果、目的体系である PWR 17×17 型燃料集合体に対する模擬性が改善し、それは代表性因子が 1 に近づくことで定量的に示されたとしている。さらに補正した中性子実効増倍率の値を他の計算手法によって得られた値とも比較し、本計算手法の中性子無限増倍率への適用が妥当であることを明らかにしている。

第4章「²³⁵U 平均濃縮度 6wt% の PWR 17×17 型燃料集合体の中性子無限増倍率の補正への適用」では、将来の PWR 燃料集合体の候補として ²³⁵U 平均濃縮度 6wt% の PWR 17×17 型燃料集合体を取り上げ、この燃料集合体の中性子無限増倍率の補正計算を行った結果について述べている。補正計算に利用する臨界実験は、NCA で実施された PWR 模擬臨界実験を 2 ケース、ブラジルで実施された IPEN/MB-01 臨界実験 1 ケース、ロシアで実施された VVER 臨界実験 1 ケースの計 4 ケースを用い、新しい SCALE 6.1.2 システムの枠組みの中で 238 群構造の ENDF/B-VII ライブラリとモンテカルロコード KENO、共分散行列、TSUNAMI モジュールを利用して計算を実施している。モンテカルロコード計算の統計誤差を支配する中性子ヒストリー数は 3000 万ヒストリーとし、本研究の計算手法を適用して 4 つの臨界実験を組み合わせた結果、²³⁵U 平均濃縮度 6wt% の PWR 17×17 型燃料集合体に対する代表性因子は単独の臨界実験では 0.48 程度であったものが大きく改善して 0.82 となり、同時に中性子無限増倍率を補正することができることを示し、将来型 PWR 燃料集合体へ本計算手法が適用できることを明らかにしている。

第5章「結論」では、以上の各章で得られた成果を総括し、結論を述べている。

これを要するに、本論文は限られた軽水炉の臨界実験の測定データを用いて格子計算コード解析で得られる燃料集合体の無限増倍率を効果的に補正する計算手法を示しかつその有効性を明らかにしており、工学上および工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として十分価値あるものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。