

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

(論文博士)

論 文 要 旨 (和文2000字程度)

報告番号	乙 第 号	氏 名	馬野 琢也
<p>(要 旨)</p> <p>現在、商業用発電炉として世界中で使用されている原子炉は軽水炉（沸騰水型原子炉 BWR、加圧水型原子炉 PWR）である。軽水炉の設計や運用は高度なコンピュータシミュレーションによって実施されている。軽水炉では核燃料は燃料集合体という単位で取り扱われており、軽水炉の燃料集合体の運用に関して現在最も広く行われている計算手法はノード法と呼ばれる計算手法である。ノード法では軽水炉の燃料集合体の核分裂反応に関する計算を扱う格子計算コードと、格子計算コードで計算した数値をもとに炉心全体の核分裂反応と熱収支と水の流れの計算を3次的に行う炉心シミュレータの2段階の構成で計算が実施される。</p> <p>従って格子計算コードの性能（計算コードが用いる計算手法の妥当性、中性子と物質の反応を表した物理データである核データライブラリの品質）の確認と改良は軽水炉の経済性と安全性を高めるために有用でかつ重要である。そして現在まで、格子計算コードの性能の確認と改良には臨界実験が利用されてきた。臨界実験とは臨界実験装置で実施される核分裂反応の定量的確認を目的とした実験であるが、これまでは格子計算コードの計算値と直接比較できる物理量（中性子無限増倍率 k-infinity）を提示することができず、加えて臨界実験装置の炉心全体にわたって完全に燃料集合体を模擬した実験を実施することはできなかった。他方、臨界実験を実施する臨界実験装置は世界的に減少する方向であり、これまで取得した臨界実験の測定データの有効活用が益々必要となりつつある。</p> <p>以上の課題を鑑み、本研究の目的は、数学的、物理学的に明確な考え方に基づいて、臨界実験の測定データを有効活用する計算手法を提示することである。これまで臨界実験の測定データを理論的に取り扱う計算手法としては『断面積調整法 (Cross-section adjustment)』、『バイアス因子法 (Bias factor method)』が知られているが、これらの計算手法は高速炉 (Fast Breeder Reactor) 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いくつかの技術的課題があった。加えて両手法とも、できる限り多くの臨界実験の測定データを利用すべきという考え方が根底にあり、軽水炉分野では臨界実験が特定の目的で実施され、それゆえ利用できる臨界実験が限られているという背景に対する解決策を示すものではなかった。</p> <p>本研究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（ベクトル）を用いて、線型代数の考え方に基づいて臨界実験と燃料集合体の類似度（模擬性）を定義できる代表性因子 (Representativity factor) を定義し、その代表性因子を用いて導出される計算式(最良代表性因子法 Best representativity method) から、(1) 複数の臨界実験を線型結合して目的とする体系（燃料集合体）に対する類似度を向上させ、(2) 臨界実験の計算値と測定値の相対差を用いて、燃料集合体の中性子無限増倍率を補正する手法を新たに開発した。本手法によって臨界実験の測定値を格子計算コードの計算値と直接比較できる形に翻訳することができ、臨界実験を軽水炉の経済性と安全性を高めるために利用する理論的な橋渡</p>			

しが可能となった。

同時に計算過程で得られる代表性因子の値から線型結合で組み合わせた臨界実験の目的とする体系や製品（燃料集合体）に対する模擬性の優劣が定量的に判断できるので、逆に組み合わせる臨界実験を取捨選択することも、臨界実験の計画立案に利用することも可能である。

本論文では第1章で従来技術の説明と技術的課題、それらを反映した研究の目的について述べている。第2章では最良代表性因子法を導出し、計算手順を説明している。また東芝臨界実験装置(NCA:Nuclear Critical Assembly)でのPWR模擬臨界実験の測定値を用いて計算手法を検証している。第3章では計算手法の妥当性を示している。上記NCA PWR模擬臨界実験を3つ組み合わせてPWR 17×17型燃料集合体の中性子無限増倍率を補正し、代表性因子と補正した中性子無限増倍率の値について物理的説明を行っている。第4章では産業分野への応用例として4つの臨界実験を組み合わせて将来のPWR 17×17型燃料集合体 (^{235}U 平均濃縮度 6wt%)の中性子無限増倍率の補正を実施している。利用した臨界実験はNCA PWR模擬臨界実験が2ケース、ブラジルとロシアで実施された臨界実験がそれぞれ1ケースであった。得られた計算結果については物理的な議論を行っている。第5章は本研究全体の結論を述べている。付録では、他の計算手法との比較を主に数学的側面から説明している。特に代表性因子の値に関して既に発表されている計算手法との一致点、本計算手法の特徴や他の計算手法との相違点について説明している。なお各章では引用した参考文献を提示している。

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(論文博士)

論 文 要 旨 (英 文)

(300語程度)

(Summary)

報告番号	乙 第	号	氏 名	Takuya UMANO (馬野 琢也)
<p>(要 旨)</p> <p>For the core management of Light Water Reactors (LWRs), the qualification and the validation of a lattice physics code are very important. Critical experiments have been being utilized for them. The purpose of this study is to solve the technical issues by proposing a new calculation method for making the most effective use of the results of critical experiments in the field of LWRs.</p> <p>To judge the applicability of a critical experiment, it is necessary to confirm the similarities of the experiment with actual reactor conditions or equipment. The concept of the “representativity factor” has recently been proposed, particularly for fast breeder reactors (FBRs) and future reactor studies. In this study, this concept was extended to the critical experiments of a LWR system, and derived mathematical formulas for a new numerical evaluation method. For the first qualification of the method, sample calculations were performed to correct the effective neutron multiplication factor through critical experiments at the Toshiba Nuclear Critical Assembly (NCA) facility. The result was also compared with that of the Product of Exponentiated experimental values method (PE method) of the extended bias factor methods. A good agreement was observed.</p> <p>The next objective of this study was to demonstrate the applicability of the method to the infinite neutron multiplication factor. Using the method and three kinds of critical experiments of NCA, calculations were performed to correct the infinite neutron multiplication factor of a pressurized water reactor (PWR) fuel assembly. Under combination of NCA critical experiments, the representativity factor became closer to unity. Simultaneously, a correction of the infinite neutron multiplication factor was realized. Results were firstly compared among different combinations of experiments. Comparisons with the results of other calculation methods were also conducted. Whole results were explained under physical considerations.</p> <p>With this new method, the infinite neutron multiplication factor can be corrected and provided by combining the information of more than one critical experiment. This feature enables us to make a direct comparison between the lattice physics code and the critical experiments. Moreover, the method provides useful information for selecting critical experiments.</p>				

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).