

日本原子力学会平成 21 年度(第3回)炉物理部会賞の紹介

平成 21 年度(第 3 回)炉物理部会賞が、炉物理部会の規程に基づく公募、選考を経て、以下の 2 件に決定された。

- 1) 研究題目：「低濃縮ウランを用いた原子炉励起レーザー発振実験用結合炉の核設計に関する研究」
受賞者：竹澤 宏樹 氏（東京工業大学）
- 2) 研究題目：「核特性予測精度向上に関する研究」
受賞者：佐野 忠史 氏（京都大学）

平成 21 年度炉物理部会賞の表彰が、炉物理部会第 31 回総会（平成 22 年 3 月 27 日(土)、茨城大学日本原子力学会 2010 年春の年会 G 会場）の中で実施された。肥田部会長から本年度炉物理部会賞の選考結果が報告された後、受賞者へ表彰状・副賞が肥田部会長から授与された。

平成 21 年度炉物理部会賞の概要

- 1) 研究題目：「低濃縮ウランを用いた原子炉励起レーザー発振実験用結合炉の核設計に関する研究」

受賞者：竹澤 宏樹 氏（東京工業大学）

受賞概要（受賞候補者推薦書より引用）：

原子炉励起レーザーは核分裂エネルギーをレーザー光へ直接変換する技術であり、慣性核融合爆縮レーザー等、核分裂エネルギーの新たな応用を開拓する可能性を有している。ロシア IPPE では、高速パルス炉心と未臨界熱中性子レーザーセル集合体からなる結合炉を用いて、シードレーザー光の増幅及びレーザー発振に成功している。原子炉励起レーザー発振実験用原子炉として本炉概念は優れているが、燃料に高濃縮ウランを使用しているため、本概念の原子炉を用いて広範に原子炉励起レーザー実験を行うためには核不拡散の観点から燃料の低濃縮度化がもっとも重要な課題の一つである。

本研究ではまず、IPPE 型原子炉励起レーザー発振実験用結合炉の低濃縮度化に伴う余剰反応度の減少を補う方法について検討を行い、出力上昇に伴う負の反応度フィードバック効果を確保する観点から、パルス炉心体積を増加させる炉概念を提案した。

原子炉励起レーザーの発振実験の際には即発超臨界によるパルス運転を行う必要があるが、本概念は高速炉心と未臨界熱中性子炉心が弱く結合した結合炉であるため、一点炉近似モデルでは動特性解析を行うことはできない。このため、本研究では時間依存積分型中性子輸送方程式理論を用いたモデルに基づく空間依存動特性解析コードをあらたに開発し、さ

らにその解析結果の検証を行った。本手法では、基底モード中性子束分布において領域 j で発生した中性子が領域 i で最初の核分裂を引き起こすまでの時間 τ の分布 $\alpha_{ij}(\tau)$ を利用し、領域 i の時刻 t における出力 $N_i(t)$ を過去に他の領域で発生した核分裂中性子からの寄与を全て積分することで計算する。本動特性解析コードの開発にあたり、連続エネルギー中性子輸送コード MVP2.0 を用いて動特性解析に必要な衝突評価法による関数 $\alpha_{ij}(\tau)$ を求める計算手法も同時に確立した。

さらに、開発した動特性解析コードを用いて本炉概念の空間依存動特性解析を行った結果、先に述べた低濃縮度化した炉心概念でも、パルス運転の際に高濃縮ウランを用いた炉心概念と同等なレーザーセル集合体出力密度を達成し得ることを明らかにした[2010 春の大会で発表予定]。

本研究により、低濃縮ウランを用いた高速パルス炉心と未臨界熱中性子レーザーセル集合体からなる原子炉励起レーザー発振実験用原子炉の概念が示された。また、時間依存積分型中性子輸送方程式を用いたモデルに基づく空間依存動特性解析コードを開発し、これまで困難であった弱結合体系での空間依存動特性解析を可能にし、原子炉励起レーザー発振実験用結合炉の動特性解析に適用してその有効性を示した。

2) 研究題目：「核特性予測精度向上に関する研究」

受賞者：佐野 忠史 氏（京都大学）

受賞概要（受賞候補者推薦書より引用）：

原子炉炉心の核設計を実施した場合、その核特性計算結果の不確かさ(予測精度)を評価することは、安全評価上重要な事柄である。本研究は、実機核特性の予測精度向上を目的として実施している。

核特性の不確かさを低減させる手法としてバイアス因子法と断面積調整法がある。本研究では、バイアス因子法に注目した。バイアス因子法は1個の実機核特性に対し1個の臨界実験データしか適用できない。しかし、臨界集合体と実機炉心の間には、例えば、装荷されている燃料中のプルトニウム同位体組成等の相違があり、従来のバイアス因子法では実機体系を完全に模擬することは困難である。この解決法として、本研究では複数の臨界実験結果から実機に対する実効的なバイアス因子、すなわち、一般化バイアス因子を決定する方法を新たに導出した。一般化バイアス因子法の特徴は、実施された全ての臨界実験に対して感度係数、実験誤差、計算手法誤差から自動的に重み係数が求まる点である。数値計算として、稠密格子をもつ低減速軽水炉の核特性不確かさ低減の評価に適用した。従来のバイアス因子法と比較したところ、臨界性の不確かさ減少については有意な差は見られなかったが、反応率比 (^{238}U 捕獲率/ ^{239}Pu 核分裂率)の不確かさは、従来法よりも減少することを示した。

更に、一般化バイアス因子法を改良しエルビア入り次世代高燃焼度燃料のような特殊な燃料が全炉心に装荷された炉心の臨界性予測精度の向上を目指し、一般化バイアス因子法と断面積調整法を結合させることで新しい不確かさ低減手法を導出した。本手法の特徴は、特殊燃料を全炉

心に装荷した臨界実験が困難な場合、そのサンプル反応度を用いて実機の臨界性が評価できる点である。数値計算として、KUCA で測定されたエルビアサンプル反応度を用いてエルビウムの断面積調整を行った後、全炉心にエルビア入り次世代高燃焼度燃料が装荷された PWR 炉心及びその燃料製造工程の臨界性評価に改良一般化バイアス因子法を適用した。その結果、従来のバイアス因子法と比較し予測精度が向上することを示した。

以上の様に対象炉心が革新炉だけではなく、運転再開が予定されている京大学研究用原子炉低濃縮ウラン燃料炉心の臨界性評価にも一般化バイアス因子法を適用した。その結果、全体の不確かさに対し ^{235}U 捕獲断面積の寄与が大きいことがわかり、 ^{235}U による不確かさを低減させることで予測精度の向上が可能であることを示した。