

軽水炉ウラン及び MOX 臨界試験炉心の動特性パラメータ解析への連続エネルギーモンテカルロコード MVP3 の適用

Application of the continuous energy Monte Carlo calculation code MVP3 to analysis of kinetic parameters of LWR UO₂ and MOX critical test cores

*山本 徹、岩橋 大希、酒井友宏
原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

軽水減速臨界試験装置の TCA (JAEA) 及び EOLE (カダラッシュ研究所) において測定されたウラン及び MOX 炉心の実効遅発中性子割合 (β_{eff}) と即発中性子寿命 (ℓ) の比及び β_{eff} の解析を MVP3 を用いて実施したので報告する。

キーワード：軽水減速臨界試験装置、TCA、EOLE、ウラン炉心、MOX 炉心、 β_{eff}/ℓ 、 β_{eff} 、MVP3、JENDL-4.0

1. 緒言

原子炉の炉心の動特性を決めるパラメータとして、 β_{eff} 及び ℓ は重要である。これらのパラメータの解析には、炉心や燃料集合体を対象とする決定論的手法が用いられている。JAEA において開発・公開されているモンテカルロコード MVP は決定論的解析コードの検証のための参照解を与えるために使用されているが、最新版の MVP3 において、これらの動特性パラメータを計算する機能が追加された。その機能の妥当性評価は、開発者により広範な範囲の原子炉体系について実施されている。¹⁾ 本研究では、軽水炉体系についての MVP3 の解析精度に関する知見を得るために、TCA 及び EOLE において測定されたデータ^{2,3)}の解析を行った。

2. 動特性パラメータ測定試験の概要

解析対象は、 β_{eff}/ℓ 測定炉心【TCA の 17 炉心（内訳、ウラン炉心：11 及び部分 MOX 炉心：6）、その他の特徴を図 1 中に示す。測定法：パルス中性子源法、測定誤差：0.2～2.6%】及び β_{eff} 測定炉心【TCA のウラン炉心（1 炉心）、測定法：燃料置換法、測定誤差：2.2%及び EOLE のウラン炉心（1 炉心）並びに全 MOX 炉心（1 炉心）、測定法：炉雑音法、測定誤差：1.5～1.6%】である。TCA の試験に使用されたウラン燃料の濃縮度は 2.6wt%、MOX 燃料の Pu 濃度は 3.4 及び 4.9wt%、また EOLE の試験に使用されたウラン燃料は 3.7wt%、MOX 燃料の Pu 濃度は 7.0 及び 8.7wt%である。

3. 解析条件

TCA 及び EOLE の対象炉心を 3 次元幾何形状によりモデル化し、中性子ヒストリ 2 億により計算を行った。断面積ライブラリは評価済み核データライブラリ JENDL-4.0 に基づくものを主に使用した。 β_{eff} 及び ℓ は、摂動計算手法の微分演算子サンプリング法（核分裂源摂動の効果を考慮）による計算値を整理した。これらの計算値の統計誤差は 0.3～0.4%である。

4. 解析結果

TCA の β_{eff}/ℓ の解析では、ほとんどの炉心の計算結果 (C) と測定値 (E) の差は 2%以内であり、C/E の平均値は 1.01 であった。図 1 に C/E の結果を不確かさ（測定誤差及び計算の統計誤差を考慮）とともに示す。TCA の β_{eff} の解析では、C/E が、1.01 であり長家ら¹⁾より既に報告されている結果と同じである。EOLE の β_{eff} の解析では、ウラン炉心について C/E が 0.99 であり、全 MOX 炉心では 0.95 となった。同 MOX 炉心について、感度解析として断面積ライブラリを JEFF-3.2 とする計算を実施したところ、C/E が 1.00 となり再現性が改善した。以上、軽水炉体系について、MVP3 の β_{eff} 及び ℓ の解析精度に関する知見を得た。なお、臨界炉心の実効増倍率については、JENDL-4.0 についての従来の結果と整合性のある結果となった。

参考文献

1) Y. Nagaya, "Calculation of reactor kinetics parameters with Monte Carlo differential operator sampling," Annals of Nuclear Energy, 82(2015) 222-229. 2) 鶴田、北本「軽水減速 UO₂ および PuO₂-UO₂ 格子の 2 領域炉心における β_{eff}/ℓ の測定と計算」JAERI-M 4696 (1972). 3) K. Hibi et al. "Analyses of MISTRAL and EPICURE experiments with SRAC and MVP codes systems," PHYSOR 2000, Pittsburgh, PA. May 7-11, 2000.

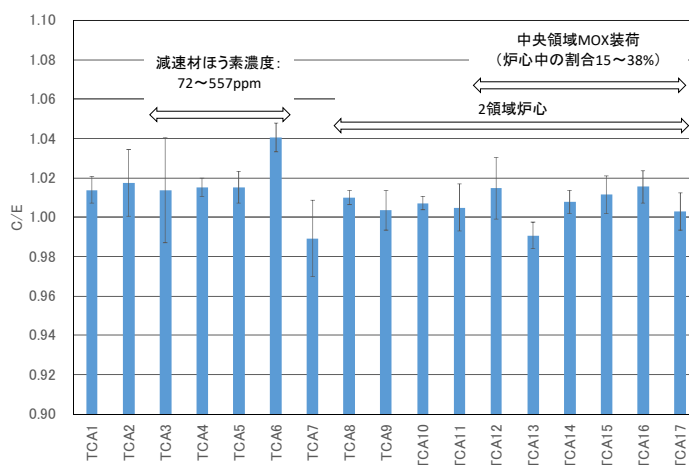


図 1 TCA の β_{eff}/ℓ 測定炉心の計算値 (C) と測定値 (E) の比較

* Toru Yamamoto, Daiki Iwahashi and Tomohiro Sakai
Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R)