

軽水減速臨界炉心を対象とする原子炉シミュレータ TURS の機能拡張と精度検証

Function extension and accuracy validation of nuclear reactor simulator
TURS for light-water moderated critical assemblies

東海大 *徳保 圭亮 亀山 高範

軽水減速臨界炉心を対象とする原子炉シミュレータ TURS の炉定数・動特性パラメータなど整備し、従来の UOX 炉心に加えて MOX 炉心も扱える機能を拡張した。TURS の計算結果と TCA の実験結果を比較することにより、原子炉物理実験が高い精度で実行できることを確認した。

キーワード： TURS 、 TCA 、 MOX 、 臨界

1. 緒言

本大学の原子炉シミュレータ TURS (Tokai University Reactor Simulator) では、軽水型原子炉動特性解析コード EUREKA-2 が一点炉動特性方程式による炉出力絶対値計算を行うことで、原子炉物理学・原子炉工学の基礎的な理論・技術の習得や臨界炉実験に近い体験を行うことができる。液体減速臨界実験装置 TCA (Tank-type Critical Assembly)¹⁾ を TURS はモデル体系の 1 つとしている。TCA では MOX 炉心の実験も行われているため、従来の UOX 炉心に加えて MOX 炉心も扱える機能の拡張も求められていた。本研究では、TURS で MOX 炉心を模擬できるように、動特性パラメータを TURS へ導入し、炉定数や幾何学的バックリングの整備も行う。また、UOX 炉心と MOX 炉心の臨界実験の結果から TURS による TCA の模擬精度を確認する。連続エネルギーモンテカルロ法コード MVP²⁾ を用いた検証も行い、TURS の精度を明らかにする。

2. 方法

機能拡張した項目と精度向上した項目を表 1 にまとめる。模擬する TCA 炉心の一例として 21×21 の体系を図 1 に示す。使用する燃料は UOX 燃料と MOX 燃料の 2 種類である。動特性パラメータは、TURS に導入するだけでなく、制御棒校正や水位反応度測定のためのデータ処理にも使用した。動特性パラメータの算出には原子個数密度計算プログラム AND³⁾ と総合核計算コードシステム SRAC2006⁴⁾ を用いた。炉定数を燃料組成・体系作成、幾何学的バックリングを見直し、それらを用いて臨界実験を行う。臨界実験の結果について連続エネルギーモンテカルロ法コード MVP も使用し、TCA 実験値・TURS 計算結果・MVP 参照結果の比較により精度を検証した。

3. 結果

TURS・TCA・MVP による臨界水位を比較した結果を図 2 に示す。UOX 燃料の濃縮度は 2.6%、MOX 燃料の Pu 富化度は 3.01% を使用した。UOX 炉心の TURS と TCA の差は 1%、TURS と MVP の差は 1.8% で一致した。MOX 炉心では TURS と TCA との差は -2.8%、TURS と MVP (241Am 無) の差は 6.5% で一致した。MOX 燃料は UOX 燃料に比べて熱中性子の吸収断面積が大きいいため、炉心の水位が上がる。TURS でも UOX 炉心より MOX 炉心の水位が上がっているため、MOX 燃料の効果が TURS で確認できた。MOX 炉心では、半減期 14 年の ²⁴¹Pu は経年とともに減少し、²⁴¹Am が増加する。TURS では、²⁴¹Am を入力できないため時間経過によって ²⁴¹Pu の量が減り、核分裂断面積が小さくなり水位が上昇した。捕獲断面積の大きい ²⁴¹Am を取り扱う機能も追加することで図 2 の TCA や MVP (Am 有) と同様に水位上昇が増加し、さらに精度向上が期待できる。図 3 に落下法による制御棒校正を示す。TCA には制御棒はないが、TURS には教育上の観点から設定されている。UOX 炉心で TURS の k_{eff} から求めた制御棒価値と落下法から求めた制御棒価値は 4% の差で一致し、MOX 炉心についても 0.2% の差で一致した。新規作成した動特性パラメータ機能により、大幅な精度向上が確認できた。制御棒校正についても、MOX 燃料では水位が UOX 燃料より上昇しているが制御棒価値が減少している。これは中性子スペクトル硬化による制御棒の吸収効果が相対的に低下するためであるが、TURS でもその効果を確認できた。これにより、TCA 炉心で行えない演習についても TURS では行えることを確認できた。

4. 結論

UOX 炉心及び MOX 炉心について、臨界実験により TURS の精度向上を確認した。TURS は研究炉と共に原子力人材育成に大いに役立つ。

表 1. 機能拡張と精度向上の項目

機能拡張項目	精度向上項目
MOX燃料炉心	臨界水位
動特性パラメータ入力	制御棒校正
中性子束分布測定	中性子束分布測定

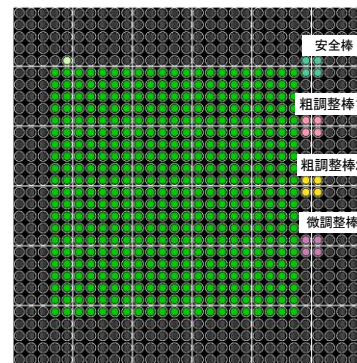


図 1. TURS 21×21 炉心図。

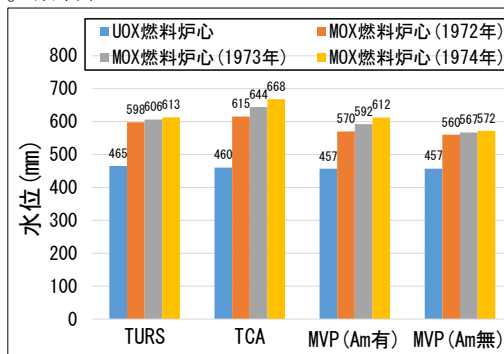


図 2. TURS・TCA・MVP の臨界水位比較。

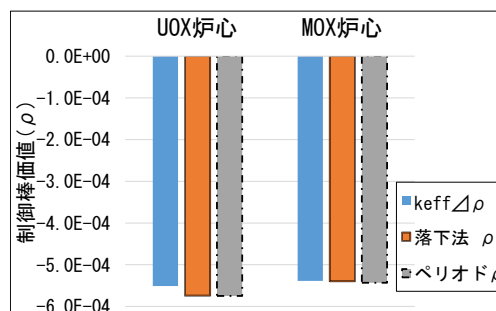


図 3. 制御棒校正。

参考文献：[1] Critical Sizes of Light-Water Moderated UO₂ and PuO₂-UO₂ Lattices JAERI 1254(1978)、[2]連続エネルギー法及び多群法に基づく汎用中性子・光子予想計算モンテカルロコード MVP/GMVP Version2(2006)、[3]各種核燃料物質の原子個数密度計算方法 JAERI-M 87-037(1987)、[4] SRAC2006;総合核計算コードシステム JAEA-Data/Code 2007-004(2007)

*TOKUBO keisuke, KAMEYAMA takanori Tokai Univ.