

## HTC 臨界実験解析; (1) Phase 1,2 炉物理実験

Analysis of HTC critical experiments ; (1) Phase 1,2

\*柴 茂樹、酒井 友宏

原子力規制庁長官官房技術基盤グループ

連続エネルギーモンテカルロコード MVP-2.0 及び JENDL-4.0 ライブラリを用いて燃焼燃料を模擬した HTC 臨界実験を解析した結果について報告する。

**キーワード** : MVP-2.0、JENDL-4.0、HTC 臨界実験、妥当性確認、臨界実効増倍率

### 1. 緒言

米国原子力規制委員会の暫定スタッフ指針<sup>1)</sup> (ISG-8 Rev.3) では、燃焼が進んだ燃料に対する臨界安全評価コードの妥当性の確認には French Haut Taux de Combustion 臨界実験データ<sup>2)</sup> (以下「HTC 臨界実験データ」という。)を用いて実施することを推奨している。HTC 臨界実験は、濃縮度 4.5wt% の典型的な PWR 燃焼燃料 (燃焼度 37.5GWd/t) の Pu 同位体組成を忠実に模擬した燃料棒を用いて実施された。同実験は、核データの検証に重点を置いた均一体系の炉物理実験 (Phase 1,2) 及び使用済燃料プールや使用済燃料輸送容器での集合体配置を模擬した工学的実験 (Phase 3,4) の 4 つから構成される。本稿では、これまで整備してきた JENDL-4.0 ライブラリを使用した MVP-2.0 を使用して、核データの検証に重点を置いた均一体系の炉物理実験 (Phase 1,2) データを用いた同コードの妥当性の確認結果を報告する。

### 2. HTC 臨界実験 Phase 1,2 (炉物理実験) の解析

HTC 臨界実験 Phase 1,2 は、図 1 に示すように純水中の燃料格子板に燃料棒を配列した均一格子の臨界実験 (Phase 1) 並びに減速材に中性子毒物であるほう素又はガドリニウムを添加した溶液中の均一格子の臨界実験 (Phase 2) で構成されている。これらの均一格子の臨界実験は、燃料棒間隔とその配列数の組合せで臨界水位を測定した実験となっており、Phase 1,2 でそれぞれ 18 ケース、41 ケースである。各ケースについて、臨界実効増倍率を解析し、MVP-2.0/JENDL-4.0 の妥当性の確認を行った。

### 3. 解析結果

(1)Phase 1 Phase 1 試験は燃料格子ピッチを 1.3cm (減速不足) ~ 2.3cm (減速過多) 状態まで変化させて、減速度に対する依存性を検討したものであるが、MVP-2.0/JENDL-4.0 の臨界計算結果は、図 2 に示すように減速度に対する臨界実効増倍率の依存性は見られず、臨界実効増倍率の平均は  $1.0003 \pm 0.0007$  となった。この結果から、臨界性は良好であり、結果のばらつきも小さい。

(2)Phase 2 (ガドリニウム溶液) Phase 2 (ガドリニウム溶液) 試験は、水中に中性子毒物の硝酸ガドリニウムを溶かしたものであり、格子ピッチとガドリニウム濃度がパラメータとなっている。MVP-2.0/JENDL-4.0 の臨界計算結果は、図 2 に示すよう格子間隔に対して臨界実効増倍率がわずかに上昇する傾向がみられた。臨界実効増倍率の平均は  $1.0014 \pm 0.0009$  となり、臨界性は良好であり、結果のばらつきも小さい。

(3)Phase 2 (ほう素溶液) Phase 2 (ほう素溶液) 試験は、水中に中性子毒物のほう素を溶かしたものであり、格子ピッチとほう素濃度がパラメータとなっている。MVP-2.0/JENDL-4.0 の臨界計算結果は、図 2 に示すように臨界実効増倍率のばらつきが大きいため、格子間隔に対する依存性は認められなかった。臨界実効増倍率の平均は  $1.0009 \pm 0.0026$  となり、臨界性は良好であるが、他の結果と比較してばらつきは大きくなった。これは、実験のほう素濃度調整誤差に起因する影響によるものと推定される。

今後、Phase 3,4 の結果についても報告を行う予定である。

### 参考文献

- [1] The Nuclear Regulatory Commission, Division of Spent Fuel Storage and Transportation Interim Staff Guidance – 8 Revision 3, “Burnup Credit in the Criticality Safety Analyses of PWR Spent Fuel in Transport and Storage Casks”, (2012)
- [2] F. Fernex, et al., “HTC Experimental Program: Validation and Calculational Analysis”, Nuclear Science and Engineering, vol.162, pp.1-24 (2009).

\* Shigeki Shiba and Tomohiro Sakai

Regulatory Standard and Research Department, Secretariat of Nuclear Regulation Authority (S/NRA/R)

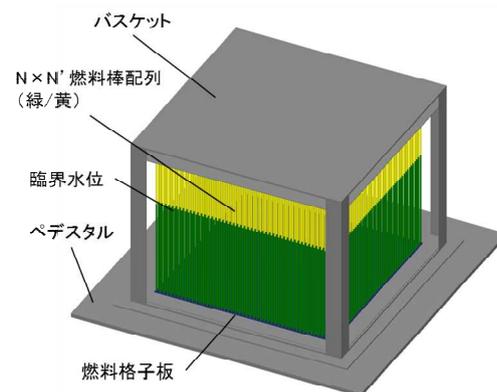


図 1 HTC 臨界実験 Phase 1,2 の解析体系

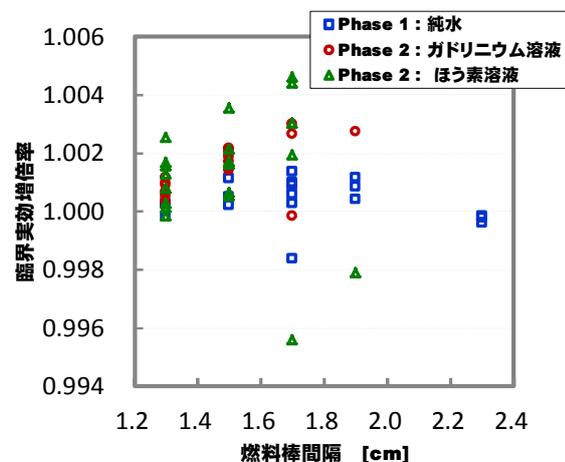


図 2 HTC 臨界実験 Phase 1,2 の解析結果