

HTC 臨界実験解析; (2) Phase 3, 4 工学的実験

Analysis of HTC critical experiments; (2) Phase 3, 4

*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

燃焼燃料を模擬した HTC 臨界実験 (Phase 3, 4) を用いた連続エネルギーモンテカルロコード MVP-2.0 及び JENDL-4.0 ライブラリの妥当性確認の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¹⁾ (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²⁾ (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 Phase 1, 2 (炉物理実験) 及び使用済燃料プールや使用済燃料輸送容器での燃料集合体配置を模擬した Phase 3, 4 (工学的実験) の 4 つから構成される。本稿では、前報³⁾ に引き続き、Phase 3, 4 データを用いた MVP-2.0 及び JENDL-4.0 の妥当性の確認結果を報告する。

2. HTC 臨界実験 Phase 3, 4 の解析

HTC 臨界実験 Phase 3 は、ほう素添加ステンレス、BORAL 又はカドミウム製の角管の側面板 (ラック材を模擬) で囲んだ燃料集合体を 2×2 配列で純水中に配置し使用済燃料プールを模擬した臨界実験である。また、比較のために側面板なしのケースも行われた。本実験では、側面板及び 4 つの燃料集合体で構成された体系の燃料集合体間水ギャップを 0.0cm~18.0cm まで変化させて、臨界水位を測定した実験となっている。

Phase 4 は Phase 3 にステンレス又は鉛製の遮蔽体を設置し、使用済燃料貯蔵キャスクを模擬した臨界実験である。本実験では、燃料格子間隔 1.6cm で、2×2 配列の燃料集合体間水ギャップ及び遮蔽体距離をパラメータとして臨界水位を測定した実験となっている。Phase 3, 4 のケース数は、それぞれ 26 ケース、71 ケースである。各ケースについて、図 1 に示すような体系で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。

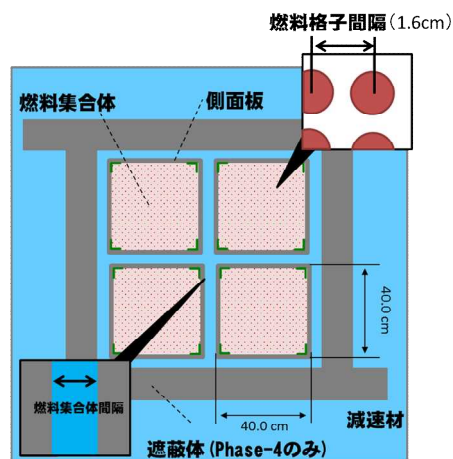


図 1 HTC 臨界実験 Phase 3,4 の解析体系

3. 解析結果

Phase 3 に対する MVP-2.0/JENDL-4.0 の平均臨界実効増倍率及びその標準偏差 (ただし、後述の特異的な臨界実効増倍率は除く。) は、 1.000 ± 0.001 であり Phase 1, 2 と同程度であった。各ケースの臨界実効増倍率を示した図 2 では、全体的に良好な結果であったが、カドミウム、ほう素添加ステンレス等の側面板ありのケースのうち、燃料集合体間水ギャップなしで、特異的に、臨界実効増倍率のばらつきが確認された (白抜き)。このため、実際の臨界実験で想定される側面板間の隙間へ純水が入り込むことを考慮して、再解析を実施したところ解析値は改善されることを確認した (図 2 参照)。

Phase 4 に対する MVP-2.0/JENDL-4.0 の平均臨界実効増倍率及びその標準偏差は、それぞれ 1.001 ± 0.002 (鉛遮蔽)、 0.999 ± 0.002 (ステンレス遮蔽) であり Phase 3 と比較して、若干ばらつきが大きくなった。これは、主に鉛、鉄等の核データの影響と推測される。

以上の Phase 3, 4 の臨界実効増倍率の解析結果より、MVP-2.0/JENDL-4.0 の妥当性を確認した。

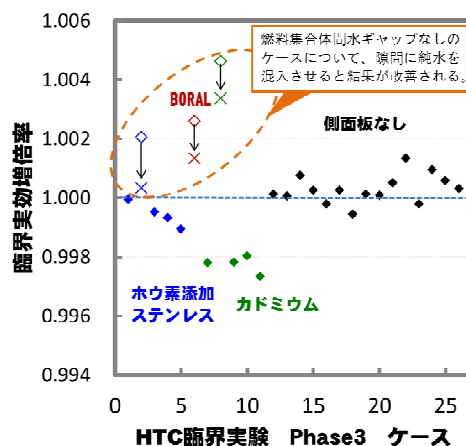


図 2 HTC 臨界実験 Phase 3 の解析結果

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).
- 3) 柴, 酒井, 日本原子力学会 2016 年秋の大会予稿集 1L20.

* Shigeki Shiba and Tomohiro Sakai

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