

日露共同研究による燃料デブリ臨界安全解析

Criticality safety analysis of fuel debris by Japan-Russia international joint study

*小原徹¹, 西山潤¹, 村本武司¹, 文元太郎¹, 竹澤宏樹², Anton D. Smirnov³, Ekaterina V. Bogdanova³, Pavel A. Pugachev³, Ivan S. Saldikov³, Mikhail Yu. Ternovykh³, Georgy V. Tikhomirov³

¹東工大, ²東京都市大, ³MEPhI

日露原子力共同研究「燃料デブリ取出し臨界安全技術の高度化」が東京工業大学、東京都市大学、ロシア国立原子力研究大学(MEPhI)の三者によって行われ水中落下中の燃料デブリ多粒子体系の臨界解析の精度についての知見が得られた。

キーワード：臨界安全、燃料デブリ、モンテカルロ解析、福島第一原子力発電所事故、日露国際共同研究

1. 緒言

本国際共同研究は、福島第一原子力発電所の燃料デブリ取り出し作業時の安全確保に資する燃料デブリ再臨界可能性の評価を高度化することを目的として実施された。実施内容は燃料デブリ水中落下臨界解析の高度化、燃料デブリ臨界解析ベンチマーク、燃料デブリの組成解析及び臨界解析等の高度化からなっている。本報告では、燃料デブリ臨界解析ベンチマークの結果について述べる。

2. 解析条件

解析は多数の燃料デブリ片が気中から水中へ落下した場合を想定した体系で行った。はじめに 1000 個のデブリ片が水中に落下した場合の挙動を MPS 法によるシミュレーションで解析し、水中落下前、水中へ入り始めた状態、水中での移動中の状態、水底に堆積した状態での各デブリ片の位置をもとめ、中性子輸送モンテカルロコード MVP、Serpent 及びロシアで独自に開発された MCU による解析を行った。核データライブラリーはコードによる計算精度を比較するためすべて ENDF/B-VII を用いた。燃料デブリ組成は、濃縮度 5.0w/o UO₂+構造材とコンクリートの混合物、燃料デブリ形状は 1cm 角の立方体とし、水深は 15cm として燃料デブリ片が水面上の気中からコンクリート製の底面に落下したとした。

3. 結果

MPS 法による燃料デブリ片の水中落下シミュレーションでは、落下開始から 0.8 秒ですべての燃料デブリ片が水底に堆積した。シミュレーションで得られた各燃料デブリ片の位置を用いて落下開始から堆積状態に至るまでの実効増倍率をそれぞれのコードで求めたところその差異は 0.6%以内であった。また各コードの核反応率分布（ソース分布）の差異は 0.8%以内であった。MCU コードはロシアで全く独立に開発されたものであり、これらの結果がよい一致をみたことから、多数の燃料デブリ片が水中に落下する条件下でのモンテカルロ臨界解析精度には問題がないことが明らかになった。さらに、水中に多数の燃料デブリ片が存在している状態でのモンテカルロ計算速度の向上について検討を行った結果、Serpent コードの ESG モデルを用いた場合、全デブリ片の位置を陽に定義して解析した場合と比べ、解析精度を悪化させることなく計算速度を大幅に向上できることが明らかになった。

謝辞

本研究は、廃炉国際共同研究センター／国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構の「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」による研究費支援の下で実施されました。

* Toru Obara¹, Jun Nishiyama¹, Takeshi Muramoto¹, Taro Fumimoto¹, Hiroki Takezawa², Anton D. Smirnov³, Ekaterina V. Bogdanova³, Pavel A. Pugachev³, Ivan S. Saldikov³, Mikhail Yu. Ternovykh³, Georgy V. Tikhomirov³

¹Tokyo Tech, ²TCU, ³MEPhI