

# 燃料デブリ模擬体系に対するブートストラップ法を用いた推定臨界下限増倍率 評価法の適用

Application of Calculation Method of Estimated Criticality Lower-Limit Multiplication Factor  
using the Bootstrap Method to Fuel-Debris-Simulated Systems

\*林卓人, 遠藤知弘, 山本章夫  
名古屋大学

燃料デブリ模擬体系に対してブートストラップ法を用いた推定臨界下限増倍率 (ECLLMF) 評価法を適用した結果、ECLLMF は約 0.988 から 0.992 の範囲であり、 $V_m/V_f$  比が大きくなるにつれて小さくなる傾向を確認した。また、最適減速条件では、ECLLMF はコンクリート体系の方が水体系より約0.08%dk/k小さかった。

**キーワード：** 推定臨界下限増倍率, ブートストラップ法, 燃料デブリ, 実効増倍率

**1. 緒言：** 燃料デブリを評価対象として、デブリ収納缶などの臨界安全設計をするためには、使用する臨界計算コードと核データライブラリによる解析結果の信頼性を明らかにする必要がある。具体的には、国際臨界安全ベンチマーク評価プロジェクト (ICSBEP) ハンドブックに収録された臨界実験データに基づいて、未臨界判断基準となる推定臨界下限増倍率 (ECLLMF) を評価する必要がある。これまでの研究において提案したブートストラップ法を用いた ECLLMF 評価法<sup>[1]</sup>では、評価に用いる臨界実験に対する実効増倍率の不確かさと対象体系との核データ起因の相関を考慮することができる。本発表では、燃料デブリ模擬体系の燃料対減速材体積比 ( $V_m/V_f$  比) の変化が ECLLMF 推定結果に与える影響について調べることを目的とする。

**2. 計算条件：** 計算モデルは、非均質な燃料デブリ模擬体系として、<sup>235</sup>U が 5 wt% の  $UO_2$  燃料と減速材から成る二領域非均質球体系 (白色境界条件) を用いることとした。減速材には水とコンクリートを用いた。燃料の半径は 1 cm とし、減速材の半径を変えることで  $V_m/V_f$  比を変化させた。解析には、MCNP6.2 と ENDF/B-VII.1 を用い、Whisper コード<sup>[2]</sup>により対象体系と類似する ICSBEP の臨界実験を選出した。選出した各臨界実験に対して、①MCNP6.2 の統計誤差、②臨界実験の実験誤差、③核データ起因誤差を合成することで、実効増倍率の不確かさを推定した。また、各臨界実験と対象体系間の核データ起因の相関係数 (代表性因子) を評価した。こうして推定された実効増倍率不確かさ並びに代表性因子から計算される重みに基づくことで、臨界体系に対する実効増倍率予測結果の頻度分布を混合正規分布でモデル化した。混合正規分布から実効増倍率をリサンプリングすることで ECLLMF の不確かさ分布を得ることができ、臨界超過確率 2.5%、信頼度 97.5%となるように安全裕度を決定し ECLLMF を推定した。

**3. 結果・考察：**  $V_m/V_f$  比に対する ECLLMF の変化を図 1 に示す。ECLLMF は約 0.988 から 0.992 の範囲であり、 $V_m/V_f$  比が大きいかほど ECLLMF が小さくなる傾向を確認した。最適減速となる  $V_m/V_f$  比と比較すると、ECLLMF は  $UO_2$ -コンクリート体系の方が  $UO_2$ -水体系より約0.08%dk/k小さかった。これは、軽水減速の臨界体系が ICSBEP に多く収録されているため、コンクリート体系と類似する臨界実験の代表性が低く、実効増倍率の標準偏差と安全裕度が大きくなったためであると考えられる。

## 参考文献

- [1] Hayashi T, et al. *Trans. Am. Nucl. Soc.* 2020; **122**:458–461.  
[2] Kiedrowski BC, et al. *Nucl. Sci. Eng.* 2015; **181**(1):17–47.

\*Takuto HAYASHI, Tomohiro ENDO, and Akio YAMAMOTO  
Nagoya Univ.

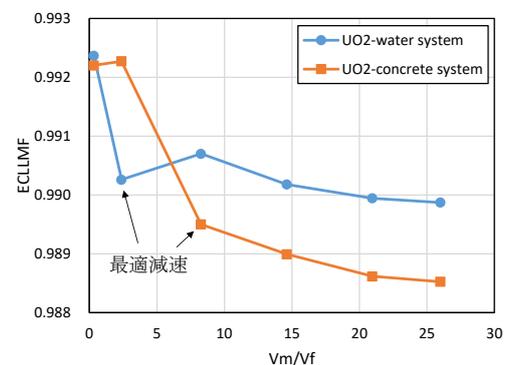


図 1  $V_m/V_f$  比に対する ECLLMF の変化