

制御変量法と感度係数を利用した高効率ランダムサンプリング手法の改良 (2) BWR 燃料集合体の燃焼特性の不確かさ評価への適用

Improvement of high-efficiency random sampling method by using control variates method and sensitivity

(2) Application to burnup characteristics of BWR fuel assembly

*木田 拓実¹, 千葉 豪¹

¹ 北海道大学

制御変量法と感度係数を組み合わせた CV-S 法を用いて、BWR 燃料集合体の燃焼中の中性子無限増倍率と燃料棒の核種数密度の不確かさ評価を行った。通常の計算結果との比較から、CV-S 法において、対象を燃料集合体体系とし類似パラメータを燃料ピンセル体系のものとしても、少ないサンプル数で炉物理計算結果の統計量を精度良く求められることを明らかにした。

キーワード：不確かさ評価、炉心燃焼計算、制御変量法、感度係数法、CV-S 法

1. 背景 これまでに、少ないサンプル数で炉物理計算結果の統計量を精度良く求めることができる CV-S 法が考案された[1]。CV-S 法とは、統計量を求めたい対象パラメータに対してその 1 次近似を類似パラメータとし、その 2 つの差分に注目することで統計量を少ないサンプル数で高精度に推定する方法である。この汎用性を高めるために、CV-S 法において対象パラメータとは異なるより簡易なパラメータの 1 次近似を類似パラメータとして計算するという改良を図っている。これまでに対象パラメータと類似パラメータの燃焼度を異なる値として計算を行い、燃焼中の中性子無限増倍率の不確かさ評価に関して良好な結果を得た[2]。本検討では、異なる体系間でも計算が行えることを確認する為にこの CV-S 法を BWR 燃料集合体体系に適用し、対象パラメータを BWR 燃料集合体のパラメータ、類似パラメータを燃料ピンセル体系のパラメータとして計算を行いその効果を確認した。

2. 解析手法 本研究では OECD/NEA の燃焼度クレジットベンチマークのフェーズ III-C の BWR 燃料集合体体系を用いて計算を行った。対象パラメータは燃料集合体の中性子無限増倍率と集合体内の各燃料棒での核種数密度とし、類似パラメータはこの BWR 燃料集合体に装荷されている濃縮度の異なる 5 つの酸化ウラン燃料のピンセル体系のパラメータとした。類似パラメータの燃焼度は 40GWd/t に固定し、対象パラメータの燃焼度を 40GWd/t まで 5 GWd/t 刻みで変化させた。

3. 計算結果 中性子無限増倍率の標準偏差を通常の計算方法と CV-S 法との二通りで求め、また、その標準偏差の不確かさを bootstrap 法を用いて求めた。対象パラメータと類似パラメータの燃焼度を 40GWd/t とし、類似パラメータとしてウラン濃縮度 3.4% の燃料棒の情報をを用いて計算した結果を図 1 に示す。図の誤差棒は 1σ の不確かさに対応する。この結果より、通常の計算方法に比べ CV-S 法では、少ないサンプル数で不確かさの小さい結果が得られることが明らかになり、BWR 燃料集合体を対象として類似パラメータに燃料ピンセル体系を用いた場合でも CV-S 法が良好な性能を示すことが分かった。

参考文献 [1]S. Nihira, G. Chiba, J. Nucl. Sci. Technol., 56, p.971-980 (2019). [2]日本原子力学会「2020 年秋の大会」3H06

謝辞 本研究は原子力規制庁の委託事業の成果である。

* Takumi Kida¹, Go Chiba¹

¹ Hokkaido University

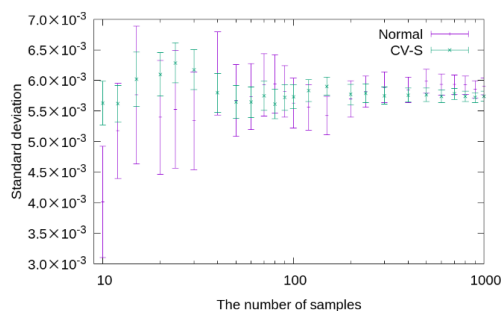


図 1 中性子無限増倍率の標準偏差