

**1. 緒言** 原子炉の核特性を評価するための炉心解析では、核反応断面積等の入力データの不確かさが核特性へ伝播することにより、炉心特性予測値には入力パラメータ起因の不確かさが存在する。また、計算手法のモデル化による不確かさも存在する。これらの不確かさの評価および低減が、安全性・信頼性・経済性など、さまざまな観点から重要となる。不確かさの評価および低減手法の1つにランダムサンプリング(RS)法に基づくバイアス因子法(式1、式2)が挙げられる。ランダムサンプリング法によって、得られる統計量( $\rho$ ,  $\sigma_{C_R}$ ,  $\sigma_{C_M}$ )から、設計体系の予測値の補正值 $\hat{E}_R$ およびその不確かさ $\sigma_{\hat{E}_R}$ を求める。先行研究により核データの中でも重核種のみ起因する炉心特性予測値の不確かさが評価され、その低減が試みられた。しかし、重核種に起因する不確かさだけでは、炉心特性値の不確かさを十分説明しきれず、妥当な低減結果が得られなかった。そのため、不確かさ要因の拡張が課題として挙げられた。本研究では、その課題に取り組み、新しい不確かさ要因を考慮した上で不確かさ低減手法を適用し、妥当な結果が得られるのかを確認した。

**2. 不確かさ評価** 本研究では、BWR 炉心である Peach Bottom 2 号機ベンチマーク問題(第1 サイクル~第3 サイクル)について、不確かさ評価および低減を実施した。新しい不確かさ要因として、(1)重核種以外の核データ、(2)ボイド率、(3)炉心流量および(4)定格熱出力を考慮し、RS 法を適用した。1)については、核種のグループごとにも不確かさ評価を行った。炉心解析で入力データとして与えられるこれらの値を、それぞれの不確かさに従ってサンプリングし、値を摂動させた入力データを 300 サンプル作成する。そして、それぞれについて炉心解析を行い、得られた炉心特性値(実効増倍率に着目)を統計処理をすることで、不確かさ評価を行った。各サイクルの各燃焼度点で得られた臨界固有値の不確かさ(標準偏差  $1\sigma$ )の値を平均した結果を図1に示す。(2)~(4)の要因に起因する炉心特性予測値の不確かさ評価結果は、新しい知見である。

**3. 不確かさ低減** 第1 サイクルおよび第2 サイクルを実験値が得られている実験体系、第3 サイクルを本来は実験値が存在しない設計体系と設定した。前の2 サイクルの臨界固有値(41 パラメータ)とRS 法で得られた各種統計量( $\rho$ ,  $\sigma_{C_R}$ ,  $\sigma_{C_M}$ )をもとに、第3 サイクルの臨界固有値(14 パラメータ)の補正および不確かさ低減を行った。考慮する不確かさを、i )(1)と(2)の不確かさ、ii )(1)~(4)の不確かさの2 ケースに分けた。また、実効増倍率=1 を実験値とした( $E_M=E_R=1, E_R$ : 設計体系の実験値)。実験体系の、補正前と補正後それぞれのバイアス( $C_R - E_R$ ,  $\hat{E}_R - E_R$ )および不確かさ( $\sigma_{C_R}$ ,  $\sigma_{\hat{E}_R}$ )を図2に示す。見易さのため、予測した14 パラメータのうち半分を除いている。また、補正後の不確かさは小さいが存在する。不確かさは大きく低減されているが、補正後のバイアスの値と合わせて考えると、不確かさを過少に評価している。先行研究の課題を受けて、今回新しく(1)~(4)の不確かさ要因を考慮に入れたが、まだ炉心特性値の不確かさを十分説明できなかったと考えられる。計算手法起因の不確かさ、実効増倍率の測定誤差、燃料の組成や幾何形状の製造公差など、更なる不確かさ要因の拡張が必要となる。

**口頭発表**

- 1) M. Ito, T. Endo, A. Yamamoto, et al., Proc. ICAPP 2017, Fukui and Kyoto, April 24-28, (2017).
- 2) M. Ito, T. Endo, A. Yamamoto, et al., Trans. Am. Nucl. Soc., 117, 804 (2017).
- 3) 伊藤基尋, 山本章夫, 遠藤知弘, 他, 日本原子力学会 2018 年春の年会, 大阪大学, 3 月 26-28 日, 2018, 2F01 (2018).

$$\frac{C_R - \hat{E}_R}{\sigma_{C_R}} = \rho \frac{(C_M - E_M)}{\sigma_{C_M}} \dots\dots \text{式 1}$$

$$\sigma_{\hat{E}_R}^2 = (1 - \rho^2) \sigma_{C_R}^2 \dots\dots \text{式 2}$$

$\hat{E}_R$ : 設計体系予測値の補正值  
 $C_R$ : 設計体系の予測値  
 $E_M$ : 実験体系の実験値  
 $C_M$ : 実験体系の予測値  
 $\rho$ :  $C_R$  および  $C_M$  の相関係数  
 $\sigma_{\hat{E}_R}, \sigma_{C_R}, \sigma_{C_M}$ :  $\hat{E}_R, C_R, C_M$  の標準偏差

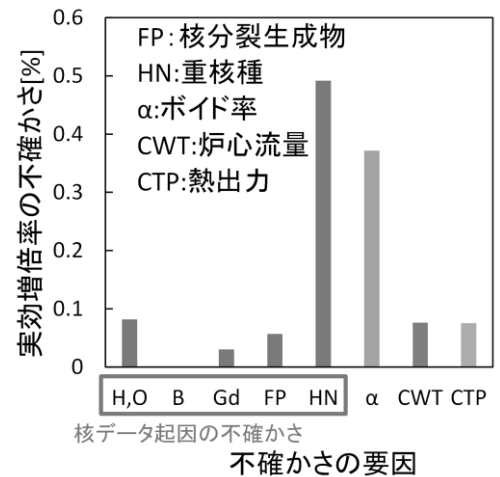


図1 不確かさ評価結果

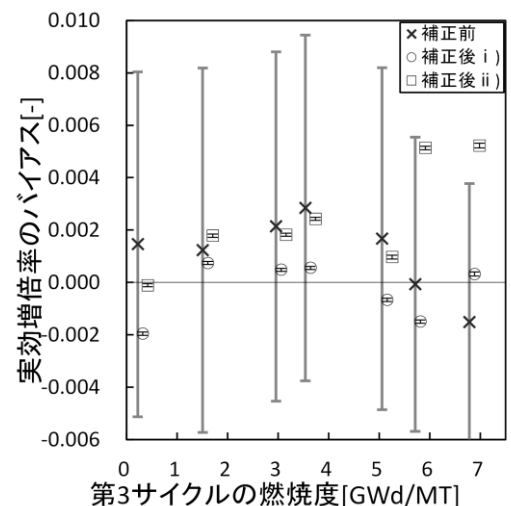


図2 不確かさ低減結果