

臨界実験データを活用した使用済燃料ピットにおける 核的不確かさ低減手法の開発 (1) 本研究の目的と手法概要

Development of Nuclear Uncertainty Reduction Methodology
for Spent Fuel Pit using Critical Experimental Data

(1) Objective and Outline of Methodology

*小池 啓基¹, 左藤 大介¹, 竹田 敏一², 竹田 敏³, 北田 孝典³

¹MHI, ²福井大, ³阪大

使用済燃料ピット(SFP)の未臨界性評価において考慮すべき不確かさを定量化し、低減する手法を開発した。多数の臨界実験解析により得られるバイアス因子を用いて設計体系のバイアス因子を推定する新たなバイアス因子法(回帰バイアス因子法)を考案し、不確かさ低減への活用方法を示した。

キーワード: 使用済燃料ピット, 未臨界性評価, 核的不確かさ, 臨界実験, 感度係数, 共分散, データ同化法, 断面積調整法, バイアス因子法

1. はじめに

現行の SFP 未臨界性評価においては、臨界実験解析結果に基づいて設計コードの不確かさを評価している。本研究では、コードの不確かさのうち、主に核データ誤差に起因する不確かさをバイアス因子法に基づいて低減する手法を開発した。設計体系(本研究では SFP)の核特性(本研究では実効増倍率)に対するバイアス因子と分散は式(1)(2)で表される。

$$f_{design} = \sum_i c_i f_i \quad (1)$$

$$\tilde{V}_{design} = (\mathbf{S}_{design} - \sum_i c_i \mathbf{S}_i) \mathbf{W} (\mathbf{S}_{design} - \sum_i c_i \mathbf{S}_i)^T + \tilde{V}_{m+e} \quad (2)$$

(f_i : 臨界実験 i のバイアス因子(核特性の測定値と計算値の比)、 c_i : 臨界実験 i の重み係数、

$\mathbf{S}$: 感度係数、 $\mathbf{W}$: 断面積共分散データ、 $\tilde{V}_{m+e}$: 手法+測定の不確かさ)

本シリーズ発表では、発表(1)で重み係数 c_i の作成手法を、発表(2)で共分散 $\mathbf{W}$ の低減量の推定手法を、発表(3)で SFP 体系の実効増倍率を対象としたバイアス因子 f_{design} 及び分散 $\tilde{V}_{design}$ の評価結果を示す。

2. 重み係数作成手法

本研究では、従来から断面積調整法とともに核特性不確かさ低減への適用が検討されているバイアス因子法[1]をベースに、各実験に対するバイアス因子の重み係数を、バイアス因子と代表性因子を用いて算出する「回帰バイアス因子法」を考案した。本手法では、複数の臨界実験体系の1つ(実験体系 i)を仮想設計体系とみなし、この体系以外の複数の実験体系 j に対するバイアス因子の合成値が、体系 i のバイアス因子を再現しており、各体系 i に対する式(3)を連立させることで重み係数を算出することができる。なお、式(1)(2)の重み係数は $c_i \rightarrow r_{design,i} c_i$ に置き換えられる。

$$\sum_{j \neq i} r_{j,i} c_j f_j = f_i \quad (r_{j,i}: \text{体系 } j, i \text{ 間の代表性因子}) \quad (3)$$

従来は $\tilde{V}_{design}$ に着目し、これを最小化するように重み係数を算出する一方、本手法は f_{design} に着目して重み係数を算出し、手法の不確かさ V_m 、測定の不確かさ V_e が大きい場合も影響を受けにくい利点がある。

3. 結言

SFP 未臨界性評価において考慮すべき不確かさを低減する「回帰バイアス因子法」を考案した。

参考文献 [1] T. KUGO et al., J. Nucl. Sci. Technol., 44, 12, pp.1509-1517 (2007).

*Hiroki Koike¹, Daisuke Sato¹, Toshikazu Takeda², Satoshi Takeda³ and Takanori Kitada³

¹MHI, ²Univ. of Fukui, ³Osaka Univ.