

三菱 FBR 核設計コードシステム GALAXY-H/ENSEMBLE-TRIZ の開発
(12)軸方向反応率比保存による均質化誤差低減手法

Development of Mitsubishi FBR Nuclear Design Code System GALAXY-H/ENSEMBLE-TRIZ

(12) Reduction of Spatial Homogenization Error by Reaction-Rate-Ratio Preservation for Axial Direction

*小池 啓基¹, 山本 真人¹, 浅野 耕司¹

¹ MHI

三菱高速炉核設計コードシステム GALAXY-H/ENSEMBLE-TRIZ における実効増倍率、Na ボイド反応度及び軸方向出力分布の予測精度を向上させるため、非均質体系の軸方向反応率分布を均質輸送計算で再現する核定数補正手法を開発した。高速炉体系に本手法を適用し実効増倍率を評価した結果、連続エネルギーモンテカルロコードによる参照解との差異は±200pcm 以下となり、本手法の有効性を確認した。

キーワード:GALAXY-H/ENSEMBLE-TRIZ、高速炉、均質化誤差低減手法、軸方向、Simultaneous-SPH 法、反応率比保存法

1. 緒言

MHI では、高速炉用核設計コードシステム GALAXY-H/ENSEMBLE-TRIZ を開発中である。本システムでは、格子計算コード GALAXY-H によって燃料集合体等の均質核定数を作成し、この均質核定数を入力として炉心計算コード ENSEMBLE-TRIZ にて 3 次元 70 群輸送計算により炉心核特性を算出する。本システムによる実効増倍率、Na ボイド反応度及び軸方向出力分布等の予測精度を向上させるため、非均質体系の軸方向反応率分布を、軸方向の異種媒質ごとに集合体内を均質化した輸送計算で再現する核定数補正手法を開発した。

2. 手法

本手法では、反応率比保存法^[1]と Simultaneous-SPH 法^[2]を組合せ、代表的な 3 次元単一集合体体系で核定数補正因子 (Simultaneous-Reaction-Rate-Ratio Preservation factor : S-R3P 因子) f_i を式(1)に基づき作成する。あらかじめ連続エネルギーモンテカルロコード等により算出した f_i を用いて式(2)(3)の通り補正された核定数 $\tilde{\Sigma}$ を ENSEMBLE-TRIZ の 3 次元全炉心均質輸送計算に入力するため、3 次元全炉心計算の時間は f_i なしの場合と変わらない。

$$f_i = \frac{\int_i d\mathbf{r} \phi(\mathbf{r}) / \tilde{\phi}_i^{hom}}{\int_0 d\mathbf{r} \phi(\mathbf{r}) / \tilde{\phi}_0^{hom}} \cdots (1), \quad \tilde{\Sigma}_i = f_i \cdot \Sigma_i \text{ (輸送断面積以外)} \cdots (2), \quad \tilde{\Sigma}_{tr,i} = \frac{1}{f_i} \cdot \Sigma_{tr,i} \text{ (輸送断面積)} \cdots (3)$$

(i : 均質化領域, 0 : 基準均質化領域, $\phi(\mathbf{r})$: 位置 $\mathbf{r}$ の非均質中性子束, $\tilde{\phi}^{hom}$: 均質中性子束, Σ : 断面積)

3. 検証

MOX-3600 ベンチマーク体系^[3]に本手法を適用し実効増倍率を評価した結果、表に示す通り、連続エネルギーモンテカルロコード MVP3^[4]による参照解との差異は±200pcm 以下となり、Na ボイド反応度の差異も低減されることを確認した。

表 MVP3、ENSEMBLE-TRIZ 間の核特性差異

手法	実効増倍率の相対差異[pcm]		Naボイド反応度の相対差異[%]
	Naボイドなし	Naボイドあり	
S-R3P因子なし	339	437	4.4
S-R3P因子あり	175	117	-3.0

(*)実効増倍率の MVP3 統計誤差(1 σ) : 13pcm

4. 結言

高速炉を対象に軸方向反応率比保存による均質化誤差低減手法を開発し、MVP3 との比較により本手法の有効性を確認した。発表では、複数の高速炉炉型への適用性についても報告する。

参考文献

[1]T.Kitada, S.Kosaka, et al., New Control Rod Homogenization Method for Fast Reactors, J.Nucl.Sci.Technol., 31, 7, pp.647-653, 1994.
[2]G.Chiba, et al., A note on application of superhomogénéisation factors to integro-differential neutron transport equations, J.Nucl.Sci.Technol., 49, 2, pp.272-280, 2012. [3] NEA, Benchmark for Neutronic Analysis of Sodium-cooled Fast Reactor Cores with Various Fuel Types and Core Sizes, www.oecd-nea.org, 2016. [4]Y. Nagaya, et al., MVP/GMVP Version 3 : General Purpose Monte Carlo Codes for Neutron and Photon Transport Calculations Based on Continuous Energy and Multigroup Methods, JAEA-Data/Code 2016-018, 2017.

* Hiroki Koike¹, Masato Yamamoto¹, Koji Asano¹, ¹MHI