

Na ボイド係数の低減に向けた高速炉の最適化に関する検討

(1)大域的最適化手法による燃料組成の探索

Study on Optimization for reducing Sodium Void Reactivity in Sodium-cooled Fast Reactor

(1) Design of Fuel Composition using a Global Optimization Method

*大池 宏弥¹, 森下 祐貴¹, 遠藤 知弘¹, 山本 章夫¹, 千葉 豪²

¹名古屋大学, ²北海道大学

Na 冷却型高速炉は Na ボイド係数が正になりやすい設計課題を有する。本発表では工学的知見に基づかずに Na ボイド係数を従来よりも低減させる設計の探索を目的として、商用軽水炉の取出燃料組成等の線形結合割合を燃料組成の設計変数とした最適化結果について報告する。

キーワード：高速炉, Na ボイド係数, 燃料設計, 燃焼計算

1. 緒言：Na 冷却型高速炉は、冷却材である Na のボイド係数 $\Delta\rho_{\text{void}}$ の抑制が安全上重要な設計課題の一つである。この課題に対し、従来は Na ボイド化時の中性子漏洩量増加による $\Delta\rho_{\text{void}}$ 抑制を狙った扁平炉心等が工学的知見に基づき設計されてきた。本研究では更なる $\Delta\rho_{\text{void}}$ 抑制を可能とする設計の探索に向け、従来の工学的知見に基づかず、かつより現実的な最適燃料組成の探索を行っている。本発表では様々な原子炉で使用が想定されている燃料組成の線形結合で燃料組成を設定し、最適化を行った結果について報告する。

2. 最適化・計算条件：線形結合する燃料組成は、商用軽水炉の取出燃料組成や天然ウラン組成等である。この割合を設計変数として山登り法に基づく最適化アルゴリズムを適用し、 $\Delta\rho_{\text{void}}$ が減少する方向に最適化した。その際、無限増倍率は $1.2 \leq k_{\infty} \leq 1.5$ の制約条件を、転換比 $C.R.$ は目標値 1.0 付近となるよう条件設定した。最適化条件は、世代数 $g = 500$ [世代]、各世代の燃料組成数 $n = 20$ [個/世代]、一様乱数による燃料組成の線形結合割合の最大摂動量=10[%]とした。計算体系は高速炉もんじゅ内側炉心を想定した無限均質体系とし、核データとして JENDL-4.0 に基づく 70 群定数、汎用炉物理解析コードシステム CBZ を用いて 1 サイクルに相当する 148 日間の燃焼計算を行った燃焼末期を $\Delta\rho_{\text{void}}$ 計算点とした。

3. 結果・考察：今回想定した燃料組成の等分値を初期値とした最適化結果、トリウム炉で想定される $^{232}\text{ThO}_2$ が 83.6[%]、軽水炉 MOX 燃料 100 年冷却時の使用済み燃料に含まれる CmO_2 (^{244}Cm : $^{245}\text{Cm} = 25:75$ [wt.%]) が 15.6[%]の燃料が作成された。残り 0.8[%]は他の燃料組成である。また、図 1 に世代数に対する目的変数(k_{∞} , $C.R.$, $\Delta\rho_{\text{void}}$)の推移を示す。図 1 から、① k_{∞} が制約条件範囲内かつ $C.R. > 1.0$ だったため、 $\Delta\rho_{\text{void}}$ が急激に減少していった。② $\Delta\rho_{\text{void}}$ と負の相関を持つ k_{∞} が制約値 1.5 に達した後、未だ $C.R. > 1.0$ だったため、 $k_{\infty} \approx$

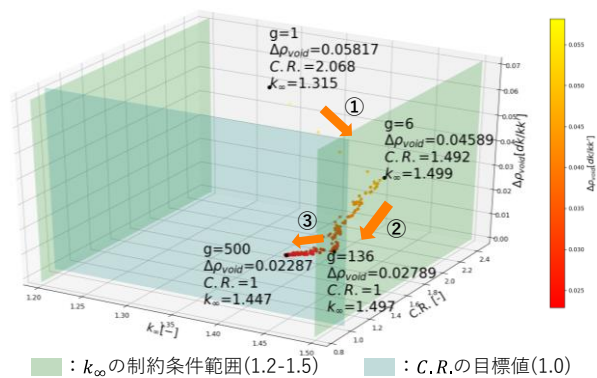


図 1 世代数に対する目的変数の推移

1.5 を保ちつつ $\Delta\rho_{\text{void}}$ が減少していった。③ $\Delta\rho_{\text{void}}$ と正の相関を持つ $C.R.$ が目標値 1.0 に達した後、 k_{∞} の制約条件範囲の下 $C.R. \approx 1.0$ を保ちつつ $\Delta\rho_{\text{void}}$ が減少していった。結果として、 k_{∞} は制約条件範囲内に、 $C.R.$ は目標値付近となり、 $\Delta\rho_{\text{void}}$ は初期世代から約 60[%]減少した。今後の課題として、燃料組成線形結合割合のより現実的な範囲設定、目的変数へのドップラー係数の追加を挙げる。

参考文献

[1] H. Takashita et al., “Report on neutronic design calculational methods,” JNC-TN8410 2000-011 (2000), [in Japanese].

*Hiroya OIKE¹, Masaki MORISHITA¹, Tomohiro ENDO¹, Akio YAMAMOTO¹, Go CHIBA²

¹Nagoya Univ., ²Hokkaido Univ.