

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 (2) 炉心形状の自動探索

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

(2) Automated search of core geometry

*森下 裕貴¹, 大池 宏弥¹, 遠藤 知弘¹, 山本 章夫¹

¹名古屋大学

山登り法に基づく炉心寸法の自動探索を試みることで、高速炉の Na ボイド係数低減の検討を行った。炉心特性評価には核特性解析システム CBZ を用い、サイクル寿命末期における炉心実効増倍率を制約条件として、Na ボイド係数を低減できる炉心寸法を二次元円筒均質体系において探索した。

キーワード：高速炉、Na ボイド係数、山登り法、CBZ

1. 緒言 Na 冷却高速炉は冷却材である Na のボイド係数が正になりやすい課題を有している。Na ボイド係数の負の反応度の主要成分は炉心寸法に対する感度が高い中性子漏洩量であるため、本研究では、山登り法に基づく炉心寸法の最適化を試みることで、Na ボイド係数低減の検討を行った。

2. 計算条件 もんじゅ内側炉心を想定した二次元円筒均質体系を計算体系とした。燃料領域の周囲にナトリウム領域を設置し、ボイド係数計算時には、燃料領域及び燃料領域上部の Na がボイド化すると仮定した。燃料領域の軸方向長さ半径を設計変数として自動探索を行った。核データライブラリは JENDL-4.0 を使用し、エネルギー群数は 70 群とした。燃料組成は U-235 : 0.2, U-238 : 77.5, Pu-239 : 13.0, Pu-240 : 5.4, Pu-241 : 3.1, Pu-242 : 0.9 [wt %] とした。サイクル長は 148 [day/cycle]、Na ボイド係数計算点は燃焼末期とした。自動探索には、局所探索法である山登り法に基づいた最適化アルゴリズムを適用した。解の候補をランダムに 10 個生成し、その中で最も良い解を採用する手順を 1 世代とし、世代を重ねることで最適化する。制約条件 $k_{\text{eff}} \geq 1$ 、半径 150 [cm] 以下とし、Na ボイド係数をより負に出来る条件を探索した。

3. 炉心寸法の最適化結果 世代数に対する炉心寸法最適化結果を図 1、図 2 に示す。制約条件 $k_{\text{eff}} \geq 1$ 、半径 150 [cm] 以下を満たし、Na ボイド係数が最小となる最適化寸法は、軸方向長さ 61.1 [cm]、半径 150 [cm] となった。この結果は、扁平炉心において Na ボイド係数が最小となるという従来の工学的知見と一致した。その後、一次元無限平板体系の炉心寸法最適化を行ったところ、軸方向長さは 55.5 [cm] となった。図 1 は半径が増加する傾向があるため、燃料領域周囲にナトリウムを設置した体系の半径の制約条件を取り除いた場合には、本計算条件の下では炉心形状は一次元無限平板に近づくと考えられる。

謝辞 CBZ の利用にあたっては北海道大学の千葉豪氏にご助言を頂いた。

*Yuki Morishita¹, Hiroya Oike¹, Tomohiro Endo¹ and Akio Yamamoto¹

¹Nagoya Univ.

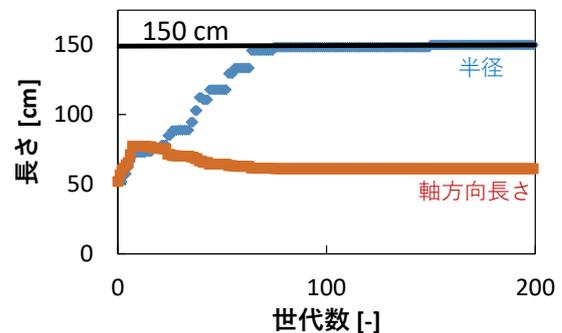


図 1：炉心寸法の最適化結果（幾何形状）

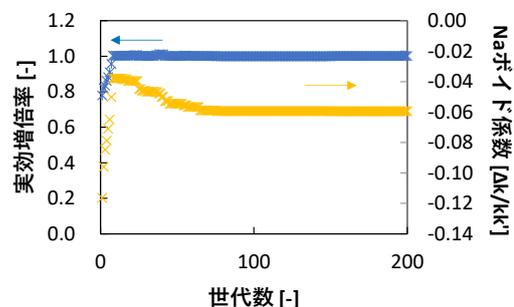


図 2：炉心寸法の最適化結果（核特性値）