

タンク型ナトリウム冷却高速炉における低ナトリウムボイド反応度炉心の設計

Design of a low sodium void reactivity core concept of tank-type sodium-cooled fast reactor

*長谷川 喬¹、菅 太郎²、森脇 裕之²、時崎 美奈子²、山野 秀将³、高野 和也³

¹MHI NS エンジ、²MFBR、³JAEA

次世代のナトリウム冷却高速炉の性能要求・設計条件を達成しつつ、低ナトリウムボイド反応度化を指向した炉心を構築し、代表的な設計基準事象を対象とした安全評価を実施した。

キーワード：次世代炉、ナトリウム冷却高速炉、炉心核設計、炉心熱設計、安全評価

1. 緒言 日仏協力を活用してナトリウム冷却高速炉（SFR）の技術基盤の確立を効率的に進める観点から、日仏技術仕様を共通化した 600 MW[e]級出力のタンク型 SFR 概念を検討している。同炉に搭載する低ナトリウムボイド反応度概念の炉心について設計検討を行った。

2. 検討条件 燃料として MOX、被覆管材に ODS 鋼、ラッパ管材に PNC-FMS を採用し、主要な設計条件として、①炉心熱出力 1500 MW[t]、②原子炉入口／出口温度 400／550℃、③運転サイクル長 13 か月以上、④高速中性子（中性子エネルギー 0.1 MeV 以上）照射量 $5.0 \times 10^{23} \text{ n/cm}^2$ 程度以下、等を満足する炉心を構築する。燃料となる TRU 組成については、軽水炉使用済燃料からの回収やそれらを高速炉で多重リサイクルした場合の変動を考慮して設定し、受入れ可能な範囲を確認する。

3. 検討内容 炉心安全性の向上のため、ナトリウムボイド反応度を抑制する概念である上部ナトリウムプレナム付き軸方向非均質炉心（内部ブランケットを設置した内側炉心とそれより炉心高さの高い外側炉心で構成）^[1]について、炉心核熱特性評価に基づく設計検討を行った。核特性評価は、JENDL-4.0 ベースの炉定数 JFS-3-J4.0 を用い、3 次元三角メッシュ 7 群拡散・燃焼計算を基準とし、輸送・メッシュ効果等の解析モデル近似の影響、種々の不確かさや設計余裕を考慮した。熱特性評価は、被覆管の最高温度及びクリープによる累積損傷和が制限値以下となる燃料集合体の必要最少流量に基づき流量配分を行い、制御棒等の炉心構成要素他に必要な流量と合わせ、1 次冷却材流量の充足性を確認した。また、設計炉心の安全性の見通しを得るため、反応度特性が過渡挙動に顕著に表れる TOP 型（Transient Over Power：過出力型）事象を対象とした安全評価を行った。

4. 検討結果 運転サイクル長 13.7 か月（燃料集合体の炉内滞在期間 7 サイクル）、増殖比約 1.1、全炉心取出平均燃焼度約 94 GWd/t（炉心部取出平均約 150 GWd/t）の炉心を構築した（図 1）。ナトリウムボイド反応度は約 2.5 \$（上部プレナム込み）で同出力規模の設計例（約 6 \$）^[2]と比べ有意に低く、他の炉心設計上の制限条件も満足した。また、本炉心を対象とした TOP 型事象の評価の結果、安全性に関する判断基準を満足する見通しであることを確認した。

5. 結言 600 MW[e]級の低ナトリウムボイド反応度概念の炉心について、炉心核熱特性及び安全評価の観点からその成立性を確認した。

本報告は、経済産業省からの受託事業である「令和 3 年度高速炉に係る共通基盤のための技術開発」の一環として実施した成果である。

参考文献[1] C. Venard et al., Proc. of FR17, IAEA-CN-245-288, (2017), [2] T. Kan et al., Proc. of ICAPP2017, 17221, (2017)

*Takashi Hasegawa¹, Taro Kan², Hiroyuki Moriwaki², Minako Tokizaki², Hidemasa Yamano³ and Kazuya Takano³

¹MHI NS Engineering Co., Ltd., ²MITSUBISHI FBR SYSTEMS, INC., ³Japan Atomic Energy Agency

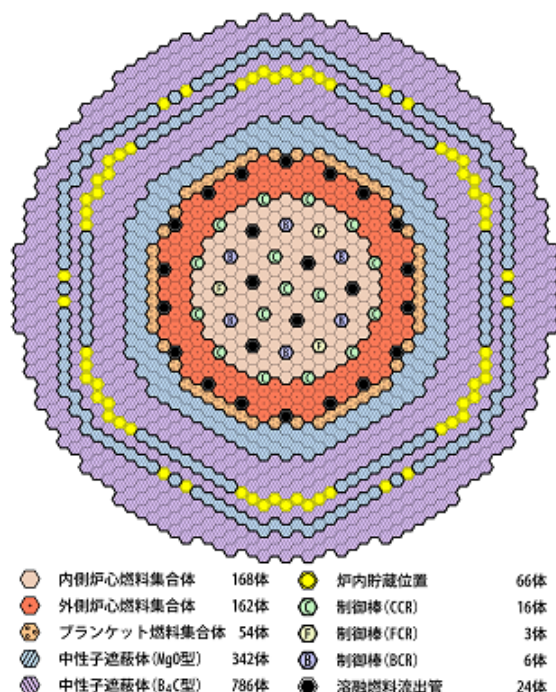


図 1 炉心構成