

次世代ナトリウム冷却高速炉の炉心設計

(1) 炉心設計に対する性能要求と設計条件

Core design for the next generation sodium-cooled fast reactor

(1) Core performance requirements and design conditions

*大木 繁夫¹, 近澤 佳隆¹, 久保 重信¹, 日比 宏基², 菅 太郎³

¹原子力機構, ²MFBR, ³三菱重工

次世代ナトリウム冷却高速炉の炉心設計の結果について実証段階の炉心を中心に3件のシリーズ発表で報告する。本報では炉心設計に対する性能要求と設計条件を述べる。

キーワード： ナトリウム冷却高速炉、炉心設計、次世代炉、性能要求、設計条件

1. はじめに

エネルギー政策の変遷や設計検討の進捗を考慮し、将来のベースロード電源として資源制約解放をもたらす次世代ナトリウム冷却高速炉の開発目標とともに、目指すべき実用段階の炉を実現するための実証段階の炉の役割を検討した。それら炉心設計に対する主な性能要求・設計条件を述べる。

2. 主な性能要求・設計条件

①燃焼度 他電源に匹敵する経済性を得るためブランケット燃料を含む全炉心取出平均燃焼度を以下のように設定。

(実用段階) 導入期：60 GWd/t 以上

平衡期：80 GWd/t 以上 (炉心部取出平均燃焼度：150 GWd/t 程度)

(実証段階) 60 GWd/t 以上 (実用段階のピーク燃焼度に相当する照射データを取得するとともに、燃焼特性評価を含む炉心設計技術を確立する。)

②増殖比

(実用段階) 低増殖炉心：1.1 程度 (径方向ブランケット燃料の削除等により平衡期の増殖比1.0程度を確保できること。)

高増殖炉心：1.2 程度 (将来の原子力発電規模の不確実性への対応として高い増殖比も可能としておく。低増殖炉心とほぼ同じ原子炉構造に適合可能な炉心とする。)

(実証段階) 増殖比 1.1 の炉心を対象として増殖性能を実証する。

③燃料組成 (実用段階、実証段階共通) 導入期から平衡期にかけての燃料組成変動に対応可能であること (高フィッサイル組成と低フィッサイル組成で燃料組成変動を包絡する条件を設定。ここで、異なる燃料組成が混在して炉心が構成される状態 (燃料組成の混載) を考慮。)。従来想定していた発電設備容量 58 GW_e だけでなく、新たな原子力の電源構成比率 20～22% (発電設備容量 27～30 GW_e) との整合性を確認。

④マイナーアクチニド (MA) 含有率 (炉心燃料重金属に対する質量割合として定義)

(実用段階) 炉心平均の上限を 3 wt%程度、局所的な最大値を 5 wt%程度とする。

(実証段階) 設計条件は実用段階と同様。MA 含有燃料の段階的な導入を可能とし、MA リサイクル技術を実証するとともに MA 含有燃料を装荷した炉心の設計技術を確立する。

⑤安全要求 (実用段階、実証段階共通)

・流量喪失型スクラム失敗事象 (ULOF) 起因過程における即発臨界回避のため、ナトリウムボイド反応度 6 \$程度以下、炉心高さ 100 cm 程度以下、炉心平均比出力 40 kW/kg-MOX 程度以上とする。

・再臨界回避方策として、全ての炉心燃料集合体に熔融燃料排出経路である内部ダクトを設置。

3. おわりに

次世代ナトリウム冷却高速炉が達成すべき炉心性能要求・設計条件を設定した。引き続き発表において実証段階の炉心設計結果を示し、性能要求に対する達成度や設計成立性を議論する。本報告は、経済産業省からの受託事業である「高速炉等技術開発」の一環として実施した成果を含む。

Shigeo Ohki¹, Yoshitaka Chikazawa¹, Shigenobu Kubo¹, Koki Hibi² and Taro Kan³

¹ Japan Atomic Energy Agency, ² Mitsubishi FBR Systems, ³ Mitsubishi Heavy Industries.