

径ブランケット削除型 Na 冷却高速増殖炉の炉心検討

Study on sodium-cooled FBR core without radial blankets

*川本 航大¹, 高木 直行¹

¹ 東京都市大学

高速増殖炉のブランケットで高純度の Pu が生成されることは核不拡散上の懸念となり得る。本研究では、径ブランケットを削除し、中性子束の高い炉心領域にブランケットを配置することにより、ブランケットで生成される Pu の燃焼/高次化を促進する炉心概念を検討した。

キーワード: Na 冷却高速増殖炉, ブランケット, 非均質炉心, 核拡散抵抗性, 金属燃料

1. 緒言

Na 冷却高速炉は一般的に、炉心上下部及び炉心外周部にブランケットを有する。これらのブランケット部で生成される Pu は Pu-239 の比率が高い。特に径方向ブランケットは、ブランケット燃料のみで集合体をなしており、単独で再処理が可能のため、核不拡散上の懸念となり得る。

本研究では、ブランケットを炉心外周部でなく中性子束の高い炉心領域内に配置し、ブランケット部で生成される Pu の燃焼/高次化の促進を目指した炉心概念を検討した。

2. 検討条件

対象とした3種類の燃料集合体仕様を表1に示す。燃料には内部転換性能が高く高燃焼度を達成しうる金属燃料を採用した。燃料と径ブランケットの体積比は2:1を想定した。

・基準ケース (図 1-a)

径方向ブランケットを持つ通常の高速炉の燃料集合体を基準ケースとした。

・径方向分散ケース (図 1-b)

ブランケットピンを集合体内で分散配置し、燃料再処理のせん断工程の際に燃料ペレットとブランケットペレットが必ず混合処理される仕様とした。原子炉運転初期に発熱しないブランケット燃料が集合体内に存在するため、熱設計上不利になる課題がある。

・軸方向分散ケース (図 1-c)

燃料とブランケットを同一ピン内の軸方向に2:1の体積比で分散配置した燃料仕様とした。転換比がほぼ最大となるブランケット厚さの決定にあたってサーベイを実施し、31cmと定めた。

解析には汎用中性子・光子輸送計算モンテカルロ

コード MVP2.0 及び MVP-BURN、核データライブラリーには JENDL-4.0 を用いた。

3. 結言

燃焼特性解析の結果を図2に整理した。基準ケースに比べ、径方向分散ケースでは、FIRは改善するが燃焼欠損反応度も大きくなった。一方、軸方向分散ケースではブランケットでの Pu 生成がより促進されるため、FIRは増大し燃焼反応度は小さく抑えられ、好ましい特性を示した。

径方向ブランケットを削除し、炉心高さ中心に約30cmの軸方向ブランケットを挟み込む形状の炉心(軸方向非均質炉心)は、通常炉心よりやや高い Pu 富化度を必要とするものの、やや優れた燃焼特性を示すとともに、ブランケットで生成される偶中性子 Pu 同位体比率を倍増できる可能性がある。

表1 燃料集合体仕様

	基準ケース	径方向分散ケース	軸方向分散ケース
熱出力[MWth/集合体]	1.94	1.30	1.29
燃料形態	三元合金燃料	←	←
炉心燃料化学形	U-Pu-10Zr	←	←
ブランケット燃料化学形	U-10Zr	←	←
Pu富化度[wt%]	18.3	27.5	29.7
スミア密度[%]	75	←	←
炉心高さ[cm]	93	←	上下部燃料31 内部ブランケット31
上部軸ブランケット高さ[cm]	35	←	←
下部軸ブランケット高さ[cm]	30	←	←
ガスプレナム高さ[cm]	116	←	←
集合体あたりの燃料要素数[本]	91	燃料61/ブランケット30	91
ラッパ管内対面間距離	7.7	←	←
燃料ピン外径[mm]	6.5	←	←
被覆管肉厚[mm]	0.47	←	←
燃料ピンピッチ[cm]	0.787	←	←
冷却材	液体金属ナトリウム	←	←

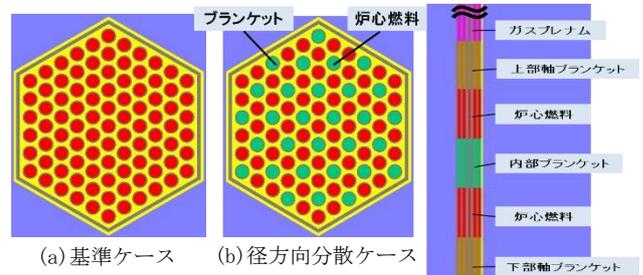


図1 各ケースでの集合体解析体系 (a) 基準ケース (b) 径方向分散ケース (c) 軸方向分散ケース

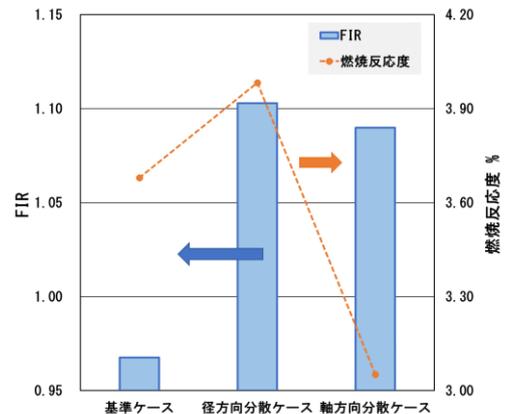


図2 FIRと燃焼反応度の関係

*Kota Kawamoto¹, Naoyuki Takaki¹

¹Tokyo City Univ.