

回転型燃料シャッフリングナトリウム冷却ブリードバーン型高速炉の概念設計

Conceptual design of rotational fuel shuffling sodium cooled Breed-and-Burn fast reactor

*小原 徹¹, Van Khanh Hoang², Odmaa Sambuu³, 西山 潤¹

¹東工大, ²ベトナム原子力研, ³モンゴル国大

回転型燃料シャッフリングを用いた金属燃料ナトリウム冷却ブリードバーン型高速炉概念の成立性について検討した。適切なタイミングでメルトリファイニングを行うことで燃料被覆管の dpa を 200 程度に抑えつつブリードバーン平衡燃焼状態を実現できることが明らかになった。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉、ブリードバーン型高速炉、回転型燃料シャッフリング、金属燃料、メルトリファイニング

1. 緒言

回転型燃料シャッフリングブリードバーン高速炉（RFBB）は、装荷燃料に天然ウランまたは劣化ウランを用い、新燃料の燃焼集合体を中性子インポートランスの低い外周部に装荷し、燃料シャッフリングごとに隣接する位置に移動させながら徐々に炉心中心方向へ移動させ、燃料集合体の無限増倍率が最大になるときに中性子インポートランスの大きい炉心中心部付近に来るようにして、その後燃焼による無限増倍率の減少とともに徐々に炉心外周部に移動させることで、原子炉の臨界と取出し燃料の高燃焼度を達成する概念である。その際燃料被覆管の照射損傷が課題になる。本研究は、金属燃料ナトリウム冷却 RFBB において、燃料被覆管の dpa がある一定の値となった際に EBR-II で開発されたメルトリファイニング(MR)を適用した場合の RFBB の成立性を明らかにすることを目的としている。

2. 解析

原子炉炉心デザインは S-PRISM をベースとした。解析条件を表 1 に示す。燃焼集合体は回転型シャッフリングにより移動させ dpa が 200 程度となった場合にメルトリファイニングを行うこととした。メルトリファイニングの効果としては、燃料要素の均質化、揮発性 FP の排出、工程での重金属(HM)の損失を考慮することとしそれぞれの効果を入れて RFBB の成立性の検討を行った。

表 1 解析条件	
熱出力	400 MW
燃料	U-2Zr
炉心高さ	200 cm
炉心等価直径	270 cm
燃焼シャッフリング間隔	1125 日
MR 前冷却期間	912.5 日
MR 後待機時間	212.5 日

3. 結果

表 1 に MR による効果をそれぞれ取り入れた場合の解析結果を示す。シャッフリング直後(BOEC)からシャッフリング直前(EOEC)の反応度変化は 1%程度であり、また dpa も 200 程度となっている。解析の結果から今回の炉心デザインでは重金属の損失が 1%程度であれば dpa を抑えつつ RFBB を成立させることが可能である

表 2 解析結果

MR の効果	燃料均質化のみ	燃料均質化+FP 除去	燃料均質化+FP 除去+HM1%損失
k _{eff} (BOEC)	1.0050	1.0326	1.0254
k _{eff} (EOEC)	1.0153	1.0451	1.0384
平均取出燃焼度(GWd/t-HM)	275	275	275
最大 dpa	201	216	208

ことが明らかになった。さらに最適化を進め今後より具体的な炉心デザインでの解析を進める予定である。

*Toru Obara¹, Van Khanh Hoang² Odmaa Sambuu³, Jun Nishiyama¹

¹Tokyo Tech, ²VinAtom, ³NUM