

回転型燃料シャッフリング鉛冷却ブリードバーン型高速炉の成立性

Feasibility of rotational fuel shuffling lead 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窒化物燃料鉛冷却ブリードバーン型高速炉(RFBB-NL)の成立性について検討した。原子炉熱出力を 750MW に設定し、燃料集合体を炉心平面に対し渦巻状に移動させ中心付近で取り出すシャッフリング方法を採用した場合、平衡状態で原子炉が臨界となることが明らかになった。

キーワード：鉛冷却高速炉、ブリードバーン型高速炉、回転型燃料シャッフリング、RFBB

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と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、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。一方鉛を高速炉の冷却材に使用すると冷却材が水や空気と反応しないためシステム全体が簡素化できると期待され、ロシアでは鉛冷却窒化物燃料高速炉 BREST-OD-300 の建設が開始されている。本研究の目的は窒化物燃料鉛冷却 RFBB (RFBB-NL)の成立性を明らかにすることである。

2. 解析

炉心デザインと解析条件を表 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ることとし、dpa を 650 程度に抑えるため、スパイラル状に燃焼集合体を移動させ炉心中心付近で取り出すシャッフリングを採用した。解析はモンテカルロコード Serpent 2.0 及び ENDF/B-VII を用い、シャッフリングをシミュレートするプログラムを開発し、平衡状態に達するまで燃焼とシャッフリングによる燃料集合体の移動を繰り返した。さらに平衡状態での炉心中央の燃焼集合体の定常熱流動解析を COMSOL Multiphysics で行った。

表 1 炉心デザイン及び解析条件

熱出力	750 MW
燃料	UN (天然ウラン, 99% N-15)
炉心高さ	140 cm
炉心等価半径	133 cm
燃焼シャッフリング間隔	605 日
冷却材入口温度	400°C
冷却材速度	2m/s

3. 結果

解析の件、本デザインの炉心は平衡状態での実効増倍率が約 1.1 となり平衡状態において原子炉が臨界となることが明らかになった。この場合の取出し燃料の平均燃焼度は 0.32FIMA, 296MWd/kg-HM で高い燃焼度が達成できることが明らかになった。また取出燃料の被覆管の最大 dpa は約 620 であり、TerraPower 社が開発している高速炉用被覆管の最大 dpa の 650 を下回ることが明らかになった。また取出燃料中に残る核分裂性プルトニウム (Pu-239+Pu-241) の全プルトニウムに対する割合が 72%~78%となっていることが明らかになった。さらに定常熱流動解析の結果、燃料の最大温度 700°C、冷却材出口温度 612°Cであり定常状態での徐熱が可能であることが明らかになった。今回の解析の炉心モデルには、ダクト、制御棒等を含んでいないため、今後より現実的な炉心モデルを用いて成立性の検討を行う予定である。

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

¹Tokyo Tech, ²VinAtom, ³NUM