

軽水炉との共存シナリオを想定した MA 燃焼金属燃料炉心概念

MA transmutation metal-fueled core concept assuming coexistence scenario with light water reactors

*藤村 幸治¹, 三輪 順一¹, 光安 岳¹, 湊田 翔², 渡邊 大輔², 中原 宏尊²

¹日立, ²日立 GE

プルサーマル軽水炉の使用済燃料を再処理して金属燃料高速炉に供給しつつ軽水炉と高速炉が持続的に共存できるシナリオを検討している。このシナリオにおいて、軽水炉起源の全てのマイナーアクチニド(MA)を燃焼し、高レベル廃棄物(HLW)の有害度低減を実現するための、MA 燃焼金属燃料高速炉の炉心概念を開発した。MA を炉心の反応度係数への影響が小さな軸方向ブランケットに装荷することで目標値を上回る MA 燃焼量を達成でき、共存シナリオが成立する見通しが得られた。

キーワード: ナトリウム冷却高速炉, 金属燃料, マイナーアクチニド(MA), ボイド反応度, ドブラー係数

1. 緒言

天然 U の供給が当面続いた場合に、軽水炉の運転を継続するには、U 燃料軽水炉に加え、プルサーマル軽水炉の使用済燃料を再処理して回収した Pu をリサイクルする必要がある。プルサーマル軽水炉では核分裂性 Pu (以下 Pu_f) の燃焼が進み同位体組成が劣化するため、リサイクルには限界がある。そこで、プルサーマル軽水炉の使用済燃料(SF)から回収した Pu を高速炉に供給し、高速炉の増殖機能を活用して、Pu 同位体組成の回復をはかり、プルサーマル軽水炉でのマルチリサイクルを実現する軽水炉と高速炉の共存シナリオを検討する。高速炉としては、増殖性能に優れる金属燃料高速炉を想定し、併せて軽水炉で生成される全ての MA を消費して HLW の有害度低減を実現するための MA 燃焼金属燃料炉心概念を開発する。

2. 検討条件・方法

本検討の高速炉炉心は米国で検討された小型金属燃料高速炉の仕様^{[1][2]}に基づき熱出力 840MW の径方向非均質炉心とした。Pu 富化度の上限は 25wt%^[3]、最大線出力の上限は 500W/cm とした。シナリオの検討に用いる軽水炉は文献^[4]に基づき、U 燃料軽水炉は BWR ステップⅢ燃料装荷炉心とし、プルサーマル軽水炉はステップⅡ燃料ベースの 8×8 燃料を装荷するフル MOX ABWR とした。高速炉の炉心燃料の SF の一部とプルサーマル軽水炉の SF 中の Pu を次サイクルの金属燃料高速炉の炉心燃料にリサイクルし、残りの炉心燃料の SF とブランケットの SF から回収される Pu と U 燃料軽水炉の SF の Pu を次サイクルのプルサーマル軽水炉にリサイクルする。各炉型の設備容量を図 1 の値(合計は 35GWe)とすれば、炉型間でやり取りする Pu (Pu_f、偶数核 Pu とも)がバランスし、炉外で蓄積する Pu の増加を回避できる。軽水炉で生成される全ての MA を高速炉で燃焼するための燃焼量の目標値は 100kg/GWe/年となった。

3. 検討結果

MA 燃焼金属燃料炉心の軸方向ブランケット(AB)には MA と同じ富化度の Pu も添加した。図 2 に燃料配置を、表 1 に主要な仕様と炉心特性の評価結果を示す。ボイド反応度の制限(≦8\$)から AB の富化度は 20wt%である。MA 燃焼量は目標値を上回る。基準炉心と同等のドブラー係数が維持できており、過渡解析によって、制御棒誤引抜型の ATWS である UTOP 時の燃料健全性が確保できることも確認した。

参考文献

[1] B. Triplett, et al., Nucl. Technol., 175, 5, (2012).[2] A. Dubberley, et al., Proceedings of ICONE 8, 8002(2000/4). [3] K. Nakamura et al., JNST Vol. 38 No. 2, p.112-119. [4] T. Ihara, et al., Proceedings. of GENES4/ANP2003, 2003(Paper No. 1018).

*Koji Fujimura¹, Junichi Miwa¹, Takeshi Mitsuyasu¹, Sho Fuchita², Daisuke Watanabe² and Hirotaka Nakahara²/

¹Hitachi, Ltd., ²Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.

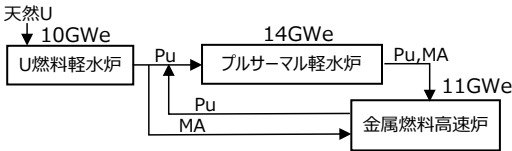


図1 軽水炉/高速炉の共存シナリオ

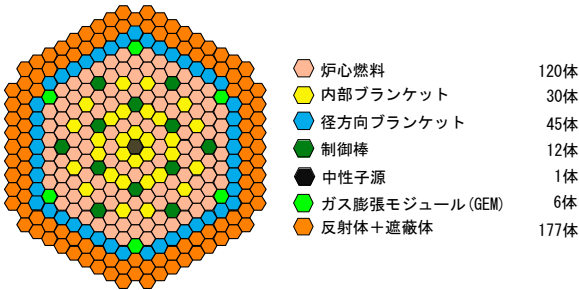


図2 炉心燃料配置

表1 主要な仕様と炉心特性の比較

項目	単位	基準炉心 [炉心燃料に製造・ 照射実績の範囲の 富化度のMAを装荷]	MA燃焼炉心 [ボイド反応度の制限 内で軸方向ブラン ケットにMAを装荷]
		311/840	
出力(電気/熱)	MW	580	722
連続運転期間	日	161.4	
燃料集合体ピッチ	mm	7.44/12.01/12.01	
燃料棒外径(炉心燃料/IB/RB)	mm	4.2	4.2
炉心燃料MA富化度	wt%	0/0	20/20
軸方向ブランケット(MA/Pu)富化度	wt%	22.3	19.8
炉心燃料Pu富化度	wt%	76	185
MA燃焼量	kg/GWe/年	6.0	7.6
ボイド反応度	\$	-1.76×10 ⁻³	-1.63×10 ⁻³
ドブラー係数(炉心燃料)	TdK/dT	1.22	1.14
増殖比	—		

*IB: 内部ブランケット, RB: 径方向ブランケット