

革新的小型ナトリウム冷却高速炉の開発

(7) 軽水炉から高速炉への移行期および高速炉平衡期における 高速炉金属燃料の乾式再処理およびリサイクル燃料製造の検討

Development of an innovative small sodium-cooled fast reactor

(7) Pyroprocessing and metal fuel fabrication during transitional and equilibrium period of fast reactor cycle

*飯塚 政利¹, 木下 賢介¹, 渡邊 大輔², 中原 宏尊²

¹電中研, ²日立 GE

軽水炉からナトリウム冷却金属燃料高速炉への移行期後期および高速炉サイクル平衡期における乾式再処理およびリサイクル燃料製造について、プロセスフローと物質収支、主要機器の基数などの検討を行った。その結果、従来の研究開発結果をベースに想定した各工程の性能の範囲内で、いずれの時期においても要求される物量・組成・Pu 富化度の新燃料を製造できることが確認された。一方で、国内導入シナリオの進展に伴う処理容量増大に対応するため、今後適切な機器設計と施設概念検討を進める必要がある。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉，金属燃料，乾式再処理，燃料製造，物質収支

1. 検討内容と検討条件

ナトリウム冷却金属燃料高速炉（以下、高速炉）の国内導入シナリオ[1]のフィージビリティスタディの一環として、軽水炉からの移行期後期（2090-2130年頃）および高速炉サイクル平衡期（2130年以降）における使用済燃料乾式再処理およびリサイクル燃料製造プロセスの検討を行った。導入進展に伴ってサイクル諸量は変化するが、ここで移行期後期について2115年、平衡期については2150年における物質収支を評価し、以降の主要機器基数などの検討のベースとした。

移行期後期については、①軽水炉U燃料再処理で回収されるPuを燃料とする高速炉炉心Aから発生する使用済燃料を再処理し、マルチリサイクルを想定した高速炉炉心C燃料を製造、②炉心A使用済燃料と、使用済プルサーマル燃料を金属転換・乾式再処理したものを燃料とする高速炉炉心Bから発生する使用済燃料とを混合して炉心A燃料を製造、という2つの共存する燃料サイクル構成を対象として検討を行った。

平衡期には、炉心Cでのマルチサイクルが想定されている（検討対象③）。ここでは平衡到達を模擬するために燃焼解析と再処理・燃料製造評価を10回程度繰り返して行った。この繰り返し計算では、作業量低減のため、再処理・燃料製造の物質収支を簡易に計算するシートを作成・利用した。

これらの検討対象において、処理すべき使用済燃料と製造すべき新燃料の量をまとめて下表中央に示す。なお、再処理・燃料製造の物質収支検討にあたっては、以前行った高速炉導入初期～移行期前期（2040～2090年）に関する検討[2]と同様に、燃料合金の均一性ならびに被覆管との間の液相形成防止の観点から金属燃料の組成（Pu 富化度、希土類FP含有率）に制限を設けた。

2. 検討結果

過去に国と電気事業者が実施した高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究（F/S）における金属燃料再処理プロセス検討[3]や、電中研で行った40t-HM/yの金属燃料リサイクル施設概念設計[4]をベースとして、上記の検討対象①～③に適用する使用済金属燃料再処理・リサイクル燃料製造プロセスのフローを設定し、物質収支を評価した。その結果、高速炉国内導入シナリオのいずれの時期においても、従来の研究開発結果をベースに想定した各工程の性能の範囲内で、要求される物量・組成・Pu 富化度の新燃料を製造できることが確認された。一方で、下表右側に示す通り、国内導入シナリオの進展に伴って再処理・燃料製造施設の処理量が過去の検討例[3][4]と比較して拡大することから、必要機器数の増加に対応するため、今後適切な機器設計と施設概念検討を進める必要がある。

表 再処理・燃料製造プロセス検討における燃料受入量/払出量および必要プロセス機器数評価結果

検討対象	導入シナリオ中の時期	受入量（単位：t-HM/y） （炉心燃料/ブランケット）		新燃料払出量（単位：t-HM/y） （炉心燃料/ブランケット）		必要機器数		
						電解精製	陰極処理	射出鋳造
①	移行期後期（2115年）	炉心Aから	30.3/25.0	炉心Cへ	31.9/26.3	3	18	12
②		炉心Aから	54.3/44.8	炉心Aへ	78.6/66.8	7	42	28
	炉心Bから	20.8/9.4						
③	平衡期（2150年）	炉心Cから	171.0/179.0	炉心Cへ	191.6/200.6	20	120	74
参考：40t-HM/y 金属燃料リサイクル施設（ブランケットなし）[4]						2	12	4

参考文献

- [1] 渡邊ら，原子力学会 2021年秋の大会，(2021)．[2] 木下ら，原子力学会 2020年秋の大会，2I10（2020）．
 [3] 高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究－フェーズ II 最終報告書－，JAEA Evaluation 2006-002（2006）．
 [4] 木下ら，「金属燃料乾式再処理プロセスのマスバランス評価とプラント概念設計」、電中研報告 L11009（2012）．

*Masatoshi Iizuka¹, Kensuke Kinoshita¹, Daisuke Watanabe² and Hiroataka Nakahara²

¹CRIEPI, ²Hitachi-GE