

MA 入り Pu 金属燃料高速炉サイクルによる革新的核廃棄物燃焼システムの開発 (21) Zr 高含有金属燃料の電解プロセス及びリサイクル施設検討

Development of Innovative Nuclear Waste Burning System by Fast Reactor Cycle Using Pu Metallic Fuel with MA

(21) Study on an electro-refining process of high-content-Zr TRU metal fuel and its recycling facility

*大森 孝¹, 中村 等¹, 坪井 靖¹, 有江 和夫¹

¹東芝エネルギーシステムズ

TRU 金属燃料高速炉で用いる Zr 高含有燃料(TRU-40wt%Zr)の再処理方法として、燃料を溶解した Cd 相を陽極、液体 Ga を陰極とする電解プロセスを選定した。本施設の経済性評価を主要機器の概略評価から行ったところ、TRU 燃焼量あたりのシステムコストは、従来の U も含むブランケット無し TRU 燃焼高速炉サイクル(転換比 0.75)の約 1/4 に削減できる見通しを得た。

キーワード：金属燃料高速炉サイクル，電解精製，U 無し TRU 金属燃料，Cd 陽極，リサイクル施設検討

1. 研究の背景と目的

これまでの本研究では、Zr 含有率が約 40w%と高くなる、U を含まない TRU 金属燃料を想定した種々の電解プロセスの試験を実施してきた[1]。それらに基づき電解プロセスを選定するとともに、対応するリサイクル施設を検討し、TRU 金属燃料高速炉サイクルの経済性を評価した結果を報告する。

2. 電解プロセスの選定

Zr 高含有金属燃料の電解試験に基づく主な電解プロセスの比較を表 1 に示す。Cd 陽極電解法は Zr が塩中にほとんど溶解しないため挙動がシンプルであり、これに FP の除染性能が向上できる Ga 陰極を組み合わせた電解法を代表プロセスとした。

3. リサイクル施設の検討

20GWe の軽水炉から毎年発生する 3.8t の TRU を継続的に燃焼処理できる、4.9GWe の TRU 金属高速炉のリサイクル施設(処理容量：18.8tTRU/年)のマスバランス、必要機器台数等を評価し、本システムの経済性を概略評価した。再処理・燃料製造プロセスの従来[2,4]からの変更点は、①Cd プールへの燃料溶解の追加、②U 回収工程の削除、③液体 Ga 陰極中の TRU 回収工程の追加である。また燃料の比崩壊熱の増加や臨界制限量の低下により一バッチ当たりの燃料取扱量が低下することなどから、電解や燃料製造関連等の装置台数が増加する。一方、U がいないため取扱う燃料量は従来システムよりも少なくなるため、サイクル施設のコストを炉の単位出力当たりで比較すると結果的に従来とほぼ同等になる。しかし、従来システムでは TRU 燃焼性能が低いため、TRU 燃焼量が同じ条件下で比較すると、本システムの発電コストは従来[3,4]の約 1/4 になる見通しを得た。尚、本研究は文部科学省原子力システム研究開発事業の一環として実施した。

[1]大森他、原子力学会(2016 秋の大会 J48, 2017 年秋の大会 2K04, 2018 年春の年会 3N04)、[2]実用化戦略調査研究 JAEA-Research2006-043、[3]FaCT フェーズ 1 JAEA-Evaluation 2011-003、[4]電力中央研究所報告 L11009 平成 24 年 7 月

*Takashi Omori¹, Hitoshi Nakamura¹, Yasushi Tsuboi¹ and Kazuo Arie¹, ¹Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation

表 1 主な電解プロセスの比較

項目	アクチニド選択的陽極溶解法(従来法)	アクチニド-Zr 全量溶解電解法	Cd 陽極電解法(選定プロセス)
長所	<ul style="list-style-type: none"> 高い電流効率 塩中への Zr 溶解が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> 高い電流密度 	<ul style="list-style-type: none"> 塩中への Zr 溶解はほとんどない
短所	<ul style="list-style-type: none"> 極度に低い電流密度 電解進展とともに陽極近傍燃料の Zr 含有率が上昇し、陽極溶解が困難になる可能性あり 	<ul style="list-style-type: none"> 低い電流効率 塩中に溶解した Zr オキシドと燃料の交換反応等により、電解挙動が複雑化 	<ul style="list-style-type: none"> 電解前に燃料を Cd プールに化学溶解させる必要あり
総合評価	U 試験データの範囲では実用性は見通せない(ただし、TRU 燃料では長時間電解の可能性は残る)	電解途中で塩中 Zr 除去など複雑な操作が必要	塩中に Zr が溶解しないため電解挙動がシンプルであることなどから、本研究の代表プロセスに選定

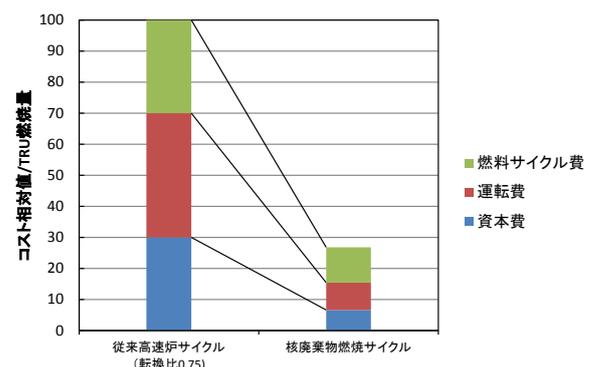


図 1 システムコストの比較