

金属燃料乾式再処理プロセスにおける工学規模技術開発

背景

金属燃料の乾式再処理技術開発においては、実験室規模の原理実証試験結果を基に、主要な工程に関する基本的なプロセスが提案されている。本プロセスの実用性を確認するためには、実規模装置の開発を行い処理速度や物質収支等を評価し、提案されたプロセスに対する工学的成立性を示す必要がある。

目的

プロセス全体の処理速度や核燃料物質の回収率に影響する工程を工学規模で実証するために、①溶融塩電解精製工程の処理速度向上、②核燃料物質を含むアクチニド元素の高効率回収、および溶融塩電解精製工程から排出される③塩廃棄物の合理的処理に関する技術開発を行う。これらに対し、表1に示す具体的な開発目標を設定し、同表および図1に示す5つの項目を実施する。

主な成果

(1) 電解精製工程のU回収速度向上技術の開発

陰極析出物（回収U）の切削機構および燃料を装荷する陽極バスケットを改良することにより、約30cm径の電極アセンブリ1組で、789 g-U/hのU回収速度が得られ、目標値の約93%に達した（図2）。同規模の電極1組を用い、年間（20時間/日、200日/年運転）で、3.16tのUを回収でき、実用装置として十分な速度が得られることを確認した。

(2) 電解精製試験用模擬燃料製造

(1)の電解精製試験で用いる模擬燃料を製造するために、工学規模射出鑄造試験をU-10wt%Zr合金を用いて10回実施し、約500本のU-Zr合金スラグを製造した結果、実用的な燃料スラグ品質と高い歩留まりを達成し、射出鑄造技術の可能性を明らかにした（2006年度年報参照）。

(3) 使用済塩からのアクチニド回収技術の開発

比較的緩やかな攪拌を伴う単純な抽出器を用いた向流単段抽出試験を行い、試験結果（図3）とモデル計算から、抽出器6段で目標の回収率が得られることを示した。さらに、多段装置を用いた向流抽出試験から、単純な構造で運転制御が容易な抽出器においても、向流多段還元抽出技術が十分に工学規模で成立することを確認した。

(4) 電解精製槽におけるアクチニドとFPの性状分析

米国アイダホ国立研究所（INL）で操業中の電解槽から、塩とCdのろ過、塩/Cd界面サンプル採取、および浸漬試験片付着物の採取を行い、酸化物等のロスとなる固形物がほとんど発生しないことを確認した。また、照射済燃料に生成する被覆管内面反応層（Pu等が取込まれる）が、電解精製により除去できることも確認した。表2に示す主な結果から、実燃料を処理している実規模電解槽において、燃料物質等のロスが目標値以下であることを確認した。

(5) 塩廃棄物固化体製造技術の開発

(2)の燃料製造工程から発生する廃モールド（石英ガラス）や燃料中ボンドナトリウム、および塩吸蔵ゼオライトを原料としたガラス結合ソーダライト固化体を製造し、廃棄物固化体として十分な性能を有することを確認した（図4）。

以上より、工学規模装置や実操業中電解精製槽の処理速度や物質収支等を評価し、主要工程における基本プロセスが工学的に成立することを確認した。

本研究は、旧電源開発促進対策特別会計法に基づく文部科学省からの受託事業として、（財）電力中央研究所が実施した平成14年度～平成18年度「金属燃料の乾式再処理プロセスの合理化に関する技術開発」の成果である。

今後の展開

各工程をつなげた再処理システムとしての工学的成立性の確認や、照射済燃料を用いたホット試験を行う。

主担当者 原子力技術研究所 次世代サイクル領域 上席研究員 塚田 毅志

関連報告書 平成14年度～平成18年度「金属燃料の乾式再処理プロセスの合理化に関する技術開発」成果報告書、電力中央研究所（2003年3月、2004年3月、2005年3月、2006年3月、2007年3月）

表1 目的を達成するための開発目標と事業項目

目的	開発目標	実施項目(図1)
①電解精製工程の処理速度向上技術の工学的成立性の確認	①Uの電解回収速度を従来型(棒状)に対し4倍相当以上に上げ、工学規模で実証	(1) (2)
	②核燃料物質およびMAの高効率回収技術の工学的成立性の確認	②-2工学規模装置において、MAの回収率99.5%以上の達成の確認 ②-2電解精製工程からの核燃料物質およびMAのロスが全処理量の0.5%以下に抑えられることの確認
③塩廃棄物の合理的な処理方法	③電解精製工程の使用済塩、射出成型時の廃モールド、およびボンドNaを原料とした安定な廃棄物固化体製造方法の確立	(5)

表2 電解精製槽からの核燃料物質およびMAのロス率の評価

発生場所	発生状況および主な成分	発生量	ロス率
浴塩中固形物	主にU、Cd、Al、Siも検出	0.007~0.03wt% (対溶融塩)	0.005~0.02wt% (塩全量に対する累積U処理量より評価)
電解槽壁面固着物	UとCdの化合物	0.34~0.36g/cm ² (表面積当)	通常運転中のロスとならない
ハル(相互反応層)	反応層中のPu等は電解により除去される。付着塩中にPu、U等が存在。	0.002~0.004g/cm (U+Pu/被覆管1cm当り)	0.04~0.1wt% (燃料重量当りのロス率。付着塩込み)

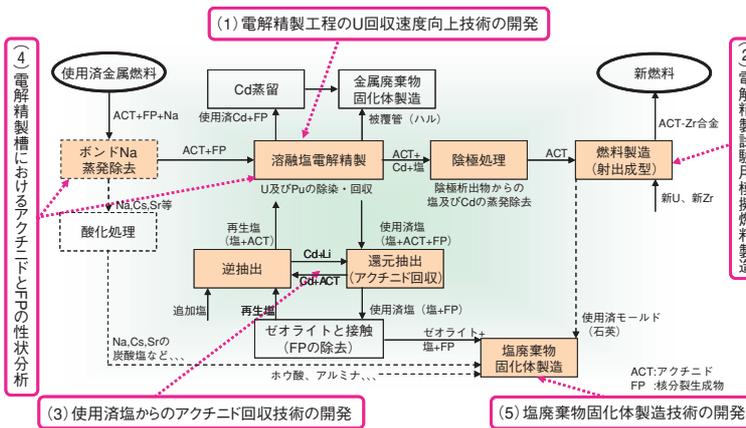


図1 金属燃料の乾式再処理プロセスと実施項目

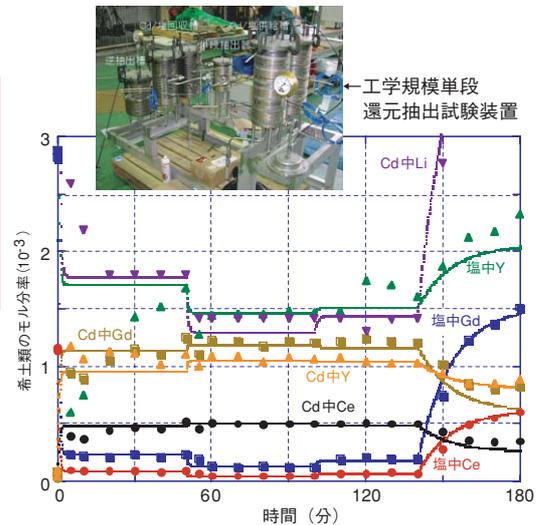


図3 工学規模単段還元抽出試験での希土類とLiの濃度変化の実験値(点)と計算値(線)[単純な構造を持つ抽出器により十分な物質移動が起きることを確認]

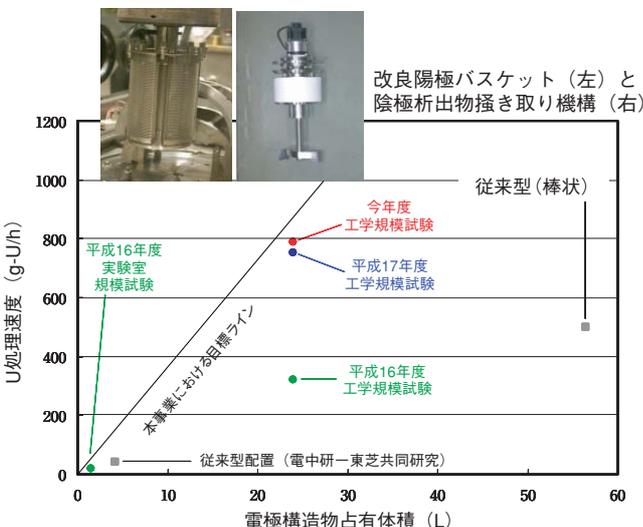


図2 工学規模電解試験におけるU回収速度評価 [従来型に対し約4倍の性能を持つ電極を開発]

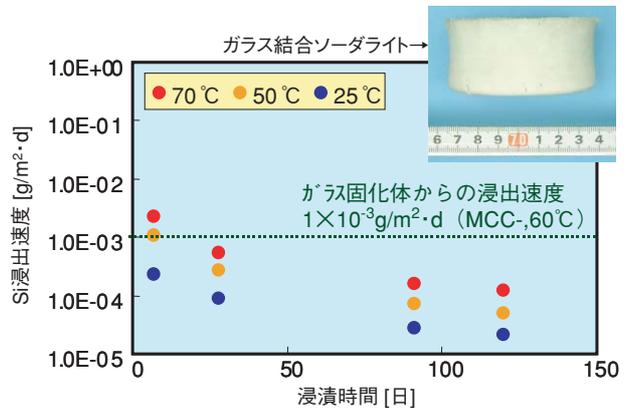


図4 ガラス結合ソーダライト固化体の性能評価結果 [ガラス固化体と同等の性能を持つ固化体を開発]