

実際の高レベル放射性廃液を用いた 超ウラン元素の乾式分離プロセスの実証

背景

軽水炉燃料のピューレックス法再処理では、核分裂生成物(FP)の他に極めて長い半減期と発熱性を有するマイナーアクチノイド(MA)^{*1}を含む高レベル放射性廃液(以下、高レベル廃液)が発生し、ガラス固化体として地層処分される。この高レベル廃液から MA を分離・回収し、高速炉で燃焼させて短い半減期の核種に変換することにより、ガラス固化体中の長期にわたる放射能毒性を低減すると共に、長期間の発熱量も減少させることで地層処分場を有効利用できると期待されている。当所では金属燃料高速炉・乾式リサイクル技術開発の一環として、高レベル廃液に残留する MA をウラン(U)、プルトニウム(Pu)と共に分離・回収する乾式分離プロセス(図 1)の開発を進めており、これまでに模擬廃液を用いたコールド試験等により本プロセスの成立性を確認してきた。しかし、新しい分離技術の開発には実廃液によるプロセス実証が不可欠である。

目的

PWR で利用された MOX 燃料の処理で得られた約 500g の高レベル廃液を出発物質として、脱硝、塩素化、還元抽出からなる乾式分離試験を実施し、高レベル廃液中の MA を液体カドミウム(Cd)中に回収する。これにより、当所の提案する乾式分離プロセスを実証する。

主な成果

1. 実高レベル廃液中の MA の全量を回収

高レベル廃液(図 2)を酸化物に転換する脱硝工程では、脱硝物はステンレス製のつぼと反応せず、全量を回収することができた(図 3)。また本脱硝物を塩素ガスにより塩化物に転換する塩素化により、高レベル廃液中の各元素を熔融塩中の塩化物に転換した。次にこの塩化物中の MA 等を液体 Cd 中に抽出する還元抽出工程では、Pu、MA の全量を Cd 相に回収し(図 4)、乾式分離の各工程(脱硝、塩素化、還元抽出)でこれらの元素の有意な物質損失がないことを確認した。

2. MA 元素と FP 元素の分離挙動を実高レベル廃液により検証

脱硝、塩素化での各 FP 元素の挙動はこれまでの模擬物質を用いた試験とおおむね一致し、還元抽出における希土類、アルカリ土類、アルカリ金属の各 FP のマスバランスもほぼ 100%であった。また、還元抽出での U、Pu、MA と希土類 FP の分離係数も、実施例の僅かなキュリウムを含めてこれまでの非照射物質による試験とほぼ一致し(図 5)、従来の知見に基づく分離ができることが検証された。

以上により、実際の高レベル廃液中の MA を乾式法で回収することに成功し、当所の提案する乾式分離プロセスの成立性を実証した。

なお、本研究は欧州連合 超ウラン元素研究所との共同研究により、超ウラン元素研究所にて実施した。

今後の展開

実測データに基づくプロセスフローシートの最適化と工学技術課題の抽出を行い、金属燃料・乾式リサイクル技術と一体として開発を進める。

主 担 当 者 原子力技術研究所 次世代サイクル領域 主任研究員 魚住 浩一、飯塚 政利

関連報告書 「実高レベル廃液による乾式分離プロセスの実証 - 塩素化生成物からのアクチノイド元素の還元抽出試験 -」 電力中央研究所報告:L08011 (2009年7月)

^{*1}: 原子炉で核燃料中に生成する超ウラン元素のうち、プルトニウム以外の総称。具体的には、ネプツニウム、アメリシウム、キュリウム。

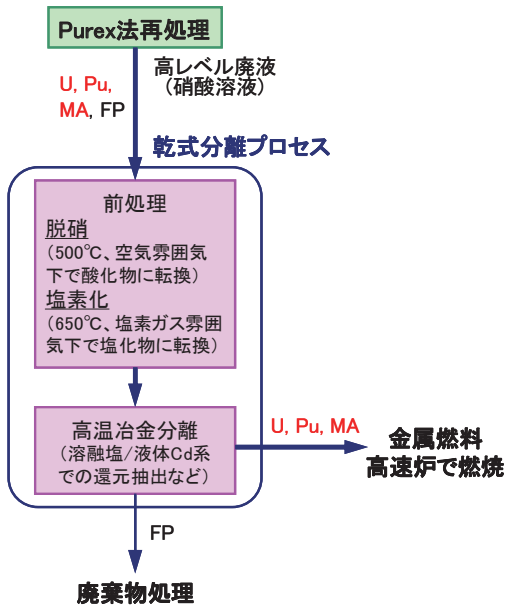


図1 乾式分離プロセス



図2 PWR-MOXの再処理で発生した実高レベル廃液 (加熱濃縮後)

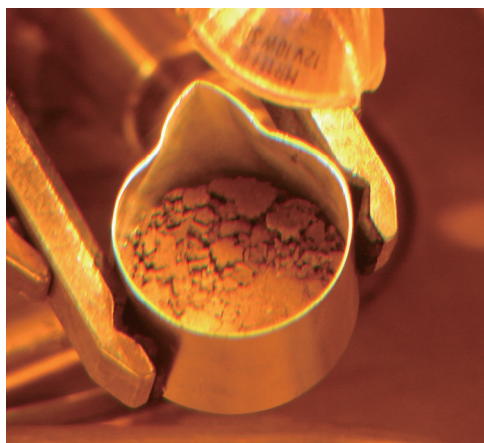


図3 回収した高レベル廃液脱硝物 (酸化物、約 7.3g)

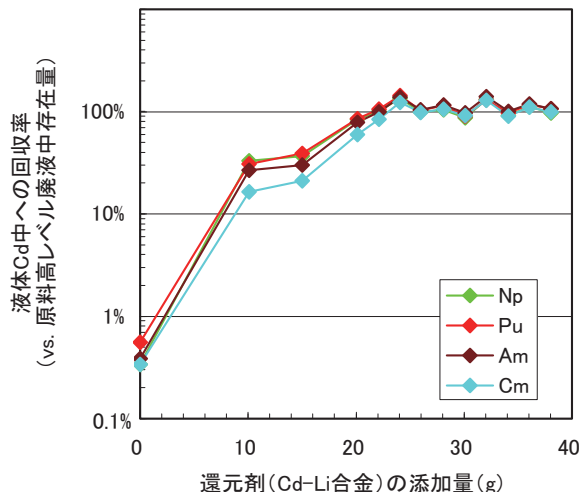


図4 還元抽出でのPu、MAの回収率

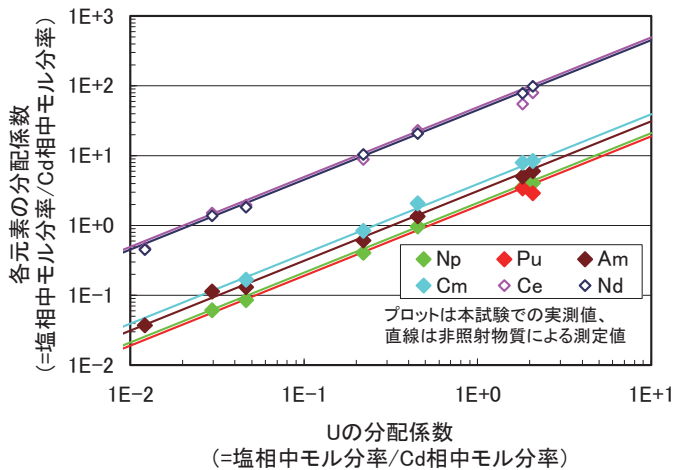


図5 Pu、MA、希土類元素の分配挙動

(元素:MのUに対する分離係数=[Mの分配係数/Uの分配係数]であり、濃度によらず一定の値となる)

1. 軽水炉発電

2. バックエンド

3. 放射線安全・
低線量放射線影響

4. 金属燃料・乾式
リサイクル技術

5. 新型炉

6. 施設保全(耐震)
立地