

高純度酸化ウランの乾式回収技術の開発

背景

六ヶ所再処理工場の運開が目前にせまっているが、今後は、軽水炉から高速炉への移行期における燃料サイクル技術の研究開発が本格化すると考えられる。当所では、軽水炉使用済み燃料を処理し、有力な高速炉サイクル技術である金属燃料-乾式サイクルに効率的に導入する技術の開発を重要な課題のひとつとしている。これまでの研究成果により、軽水炉使用済み燃料のおよそ 95%を占める酸化ウランを、高純度で効率的に回収する乾式法(熔融塩電解法)の原理を確認している(図 1)^{*1}。この方法が実用化できれば、再処理の負担を大幅に軽減できる。

目的

当所提案の高純度酸化ウランの乾式回収技術について、実験的研究により、電解の操業条件や貴金属核分裂生成物の除染性能を明らかにし、工学的な技術開発に展開できるポテンシャルを有していることを示す。

主な成果

1. 陽極溶解条件の解明

操業温度、ウラン濃度(塩組成)、電流密度、等のプロセス条件を変化させ、酸化ウランの陽極からの溶解試験を実施した。その結果、電流密度を制御することで、実際の使用済み燃料で想定される、粉末状や顆粒状の酸化ウランであっても、効率的(電流効率>80%)に溶解できることを明らかにした(図 2)。

2. 陰極析出条件の解明

上と同様にプロセス条件を変化させ、酸化ウランの陰極への析出試験を実施した。その結果、電流効率ほぼ 100%で酸化ウランを回収した。最も重要なパラメータはウラン濃度であることを明らかにし、約 8wt%以上で稠密顆粒状の良質な製品が回収できることを解明した(図 3)。本技術は陽極溶解と陰極析出のバランスを取ることでウラン濃度を維持できる特徴を有するため、プロセスを通じて均質な酸化ウラン製品を回収できることを示した。

3. 貴金属除染係数の評価

本技術では、使用済み燃料中の貴金属核分裂生成物が酸化ウラン製品に混入する可能性が高いと考えられる。貴金属の電解基礎データを取得し、貴金属の溶解と析出の条件を調べた。これに基づいて、酸化ウラン製品の仕様(製品純度、回収率)を達成するための回収速度を検討し、設計上の貴金属除染係数を満たす為には、操業処理速度を決める電流密度を抑制すればよいことがわかった。

以上により、本技術が工学的な技術開発に展開できるポテンシャルを持つことが示された。

なお、本研究は、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、電力中央研究所が実施した平成 16 年度「高純度酸化ウランの電気化学的な回収に関する予備的検討」の成果の一部である。

今後の展開

貴金属除染係数の評価に基づいて、模擬使用済み燃料試験を実施し、ウランと貴金属が共存する条件での製品純度と回収率の関係を確認する。工学試験により、電極形状や容器形状の開発を進める。これらに基づいて、本技術の導入で構築できる軽水炉から高速炉への移行期に適用できる簡便な乾式処理技術を確立する。

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 倉田 正輝

原子力技術研究所 次世代サイクル領域 主任研究員 大森 孝

関連報告書 「高純度酸化ウランの電気化学的な回収に関する予備的検討」 H16 年度文部科学省原子力システム技術開発公募事業成果報告書: (2005 年 3 月)

*1 坂村 義治、倉田 正輝、井上 正、特許(特願 2002-301588、平成 14 年 10 月 16 日出願)

2. 金属燃料・乾式リサイクル技術

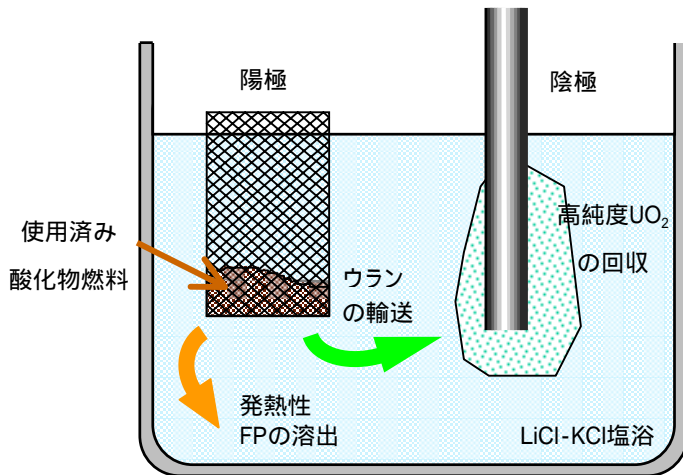
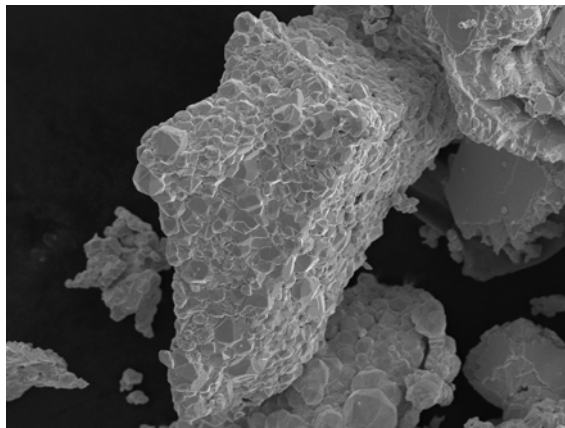


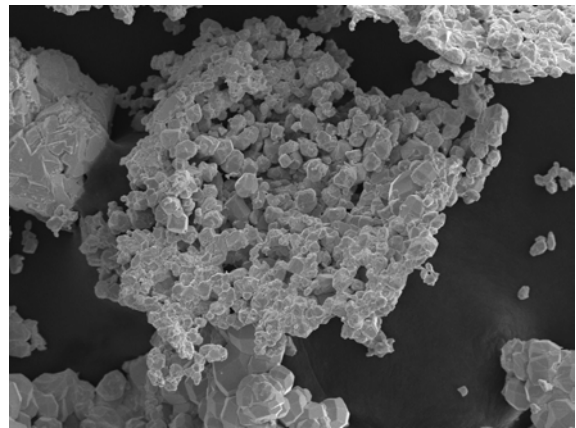
図1 高純度酸化ウランの回収技術の概念

(使用済み軽水炉燃料を脱被覆して陽極に装荷し、酸化ウランを選択的に電解で溶解する。同時に発熱性の核分裂生成物を塩中に除染する。陰極では、高純度の酸化ウランを回収する。)



50um

(a)結晶粒界が消失

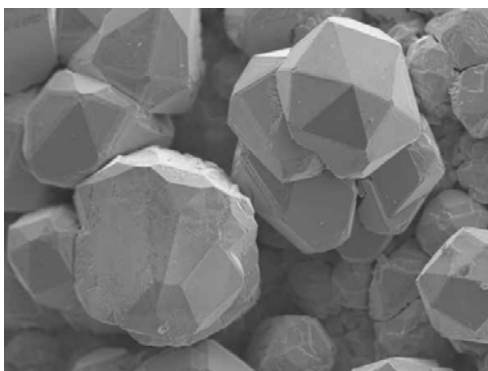


50um

(b)結晶の細粒化が進行

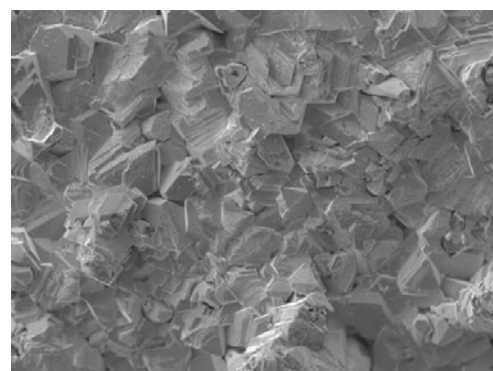
図2 酸化ウランの陽極での溶解の進行

(溶解は酸化ウランの粒界から始まり、顆粒を細粉化しながら進行する。)



200um

(a) U 濃度 8wt%以上(写真は 8.7wt%の回収物)



200um

(b) U 濃度 6wt%以下(写真は 6.1wt%の回収物)

図3 酸化ウランの陰極への析出形態とウラン濃度の関係

(塩中のウラン濃度を約 8wt%以上に維持することで、結晶性や稠密性に優れた製品を回収できる。稠密性が高いことで酸化ウラン製品と付着塩浴の分離等が容易となる。)