

窒化物燃料の乾式再処理技術の工学化に向けた試験装置の開発

(国) 日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究センター

分離変換技術開発ディビジョン MA燃料サイクル技術開発グループ

佐藤 匠、林 博和

研究の背景 ～ADSを用いたMAの核変換～

高レベル放射性廃棄物に含まれるマイナーアクチノイド(MA)を分離し、加速器駆動システム(ADS)を用いて核変換することで、地層処分負担を軽減

第1階層：商用発電サイクル（軽水炉・高速炉）

使用済燃料：HM* 800 t/年

(*HM=U, Pu, MA)

分離プロセス

MA 1.0 t/年

第2階層：核変換専用サイクル

核変換用燃料製造

窒化物燃料

ADSによる核変換

(MA核変換率：約20%/サイクル)

使用済み燃料

乾式処理

再処理で回収したMAを燃料として再利用し、核変換率を高める

ADSを用いた階層型概念の特徴

- ADSにMAを集中装荷して燃焼
- 核変換サイクルを発電サイクルから分離
- 核変換サイクルでのHM取引量が少ない

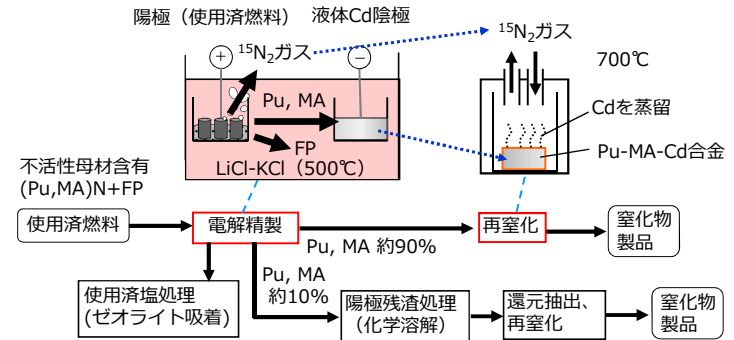
窒化物燃料の特徴

- 熱伝導度と融点が高い
⇒ 冷却しやすく安全裕度大きい
- アクチノイドが相互に固溶
⇒ 燃料組成の自由度大きい
- 空気中の酸素、水と反応
⇒ 不活性雰囲気での取扱いが必要
- ^{14}N から放射性の ^{14}C 生成を避けるため、 ^{15}N を高濃縮して使用

乾式再処理の特徴

- 溶融塩・液体金属を用いる
⇒ 耐放射線性、耐腐蝕性が高い
- ^{15}N の回収が可能
- 不活性雰囲気での取扱いが必要

窒化物燃料の乾式再処理の概要



本研究の目的

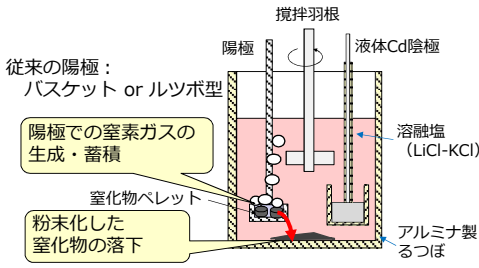
- 準工学規模まで開発が進んでいる高速炉用金属燃料(U-Pu-10%Zr)の乾式再処理技術を基盤に技術開発
- 窒化物燃料固有の技術(窒化物の陽極溶解、電解回収物の再窒化、等)について、10mg~10g 規模の基礎試験により反応原理を確認
- 工学機器の設計のためにはより大きな規模での試験データの取得が必要

窒化物燃料の乾式処理技術の工学化に適した試験装置の開発

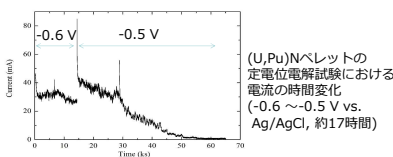
電解精製試験装置の開発

窒化物燃料の溶融塩電解における課題

- 窒化物燃料の電解の進行に伴う電流の低下
- 準工学規模での処理速度、回収率等の知見取得



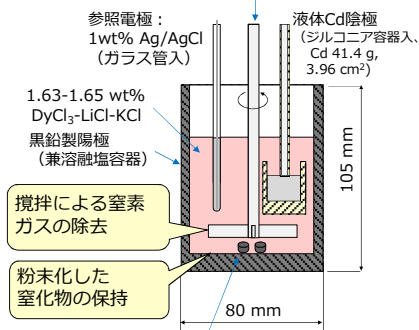
窒化物の溶融塩電解における電流低下の一例



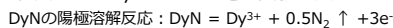
新たに製作した電解装置

溶融塩の容器と陽極容器を兼ねた構造

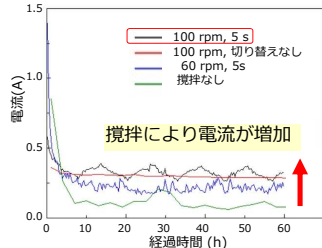
ステンレス製攪拌羽根



装置の有効性確認のため、Pu、MA窒化物の模擬物質としてDyNを用いた電解試験を実施



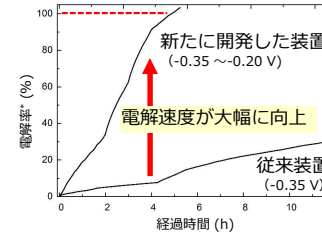
攪拌条件の検討



定電位電解時の電流を比較

- パラメータ
- 攪拌速度 (rpm)
 - 回転方向の切替え時間 (s)
- 電解条件 (固定)
- 陽極電位：-0.35 V vs Ag/AgCl
 - 時間：60 秒
 - 温度：500 °C

従来装置との電解速度の比較



- 電解条件
- 陽極電位：-0.35 ~ -0.20 V vs Ag/AgCl
 - 時間：約6時間
 - 温度：500 °C
 - 攪拌速度：100 rpm, 切替え時間：5 秒
- * (電解率) = (流れた電気量) / (全量電解の理論電気量)

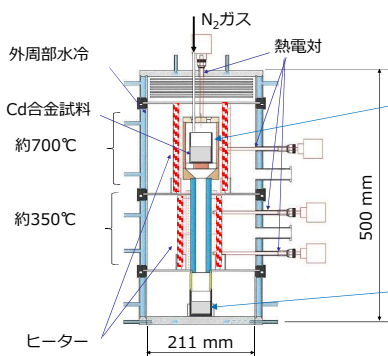
攪拌による電流の増加及び電解速度の向上を確認し、本装置の有効性を示した。

再窒化試験装置の開発

Pu-MA-Cd合金の再窒化工程における課題

- 準工学規模での処理速度、回収率等の知見取得
- Cd陰極に混入する可能性のあるZrの挙動解明
- Cd金属の回収・再利用

新たに製作した再窒化装置



試料加熱部

装置全体の外観

Cd回収部 (Cd蒸留後)

Cd回収部 (Cd蒸留後)

Cd回収部 (Cd蒸留後)

Cd回収部 (Cd蒸留後)

Cd回収部 (Cd蒸留後)

Cd回収部 (Cd蒸留後)

Cd回収部 (Cd蒸留後)

Cd回収部 (Cd蒸留後)

Cd回収部 (Cd蒸留後)

Cd回収部 (Cd蒸留後)

Cd回収部 (Cd蒸留後)

Cd回収部 (Cd蒸留後)

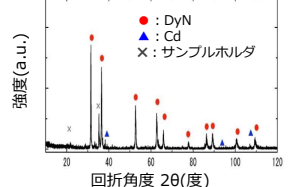
Dy-Cd合金の窒化挙動

- 試料：2 wt% Dy-Cd合金 約12 g
- 窒化条件：700℃-4時間 +800℃-4時間



窒化試験後の試料外観

窒化後試料のXRD測定結果



→DyNが生成したが、Cdが残留

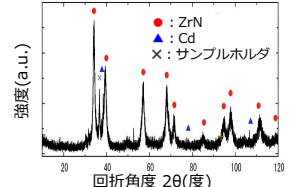
Zr-Cd合金の窒化挙動

- 試料：15 wt% Zr-Cd合金 約32 g
- 窒化条件：700℃-6+3時間



窒化試験後の試料外観

窒化後試料のXRD測定結果



→ZrNが生成したが、Cdが残留

Dy及びZrの窒化とCdの蒸留分離・回収を確認し、本装置の有効性を示した。

今後の予定

- 模擬物質を用いた準工学規模のコールド試験による工学機器設計のための知見取得
- 不活性母材、FP元素を含有したMA窒化物を用いた小規模実証試験

Email : sato.takumi@jaea.go.jp