

4. 金属燃料・乾式リサイクル技術

高温融体輸送技術を適用した実用的な 乾式再処理プロセス機器の開発

背景

乾式再処理は、核拡散抵抗性と廃棄物量の低減、経済性の向上の期待から、当所や米国、あるいはインド、韓国等において精力的に研究開発が進められている有望な先進燃料サイクル技術である。高温で反応させては冷却・凝固して取り出すバッチ処理による乾式再処理は、回収物などのハンドリングに時間がかかるため、商用レベルの処理速度を有するプロセス機器の開発が課題であった。そこで、当所では核燃料を含有する熔融塩や熔融カドミウムを高温の融体のままで次工程に輸送することで、バッチ処理でも実用的な処理速度を有する乾式再処理プロセス機器を考案した(図1)。この機器が成立するためには、これらの高温融体を輸送する技術の確立と、工学規模での機器実証が不可欠である。

目的

高温の LiCl-KCl 熔融塩と熔融カドミウムを輸送する技術を確立し、それらを適用した乾式再処理プロセス機器を工学規模で開発し、模擬物質を用いた試験によりその成立性を実証する。

主な成果

1. 高温融体(熔融塩と熔融カドミウム)輸送技術の開発

乾式再処理の溶媒である LiCl-KCl 熔融塩(融点352℃、密度1.7g/cm³)と液体カドミウム(融点348℃、密度7.8g/cm³)の輸送技術の研究例はこれまで殆ど報告されていない。そこで、図2の大型グローブボックスを製作し、Ar 雰囲気下で図3のような基本的な流動測定により経験を積み、熔融塩と熔融カドミウムについて遠心ポンプや吸引ポンプ、重力などを駆動力とするループをそれぞれ製作して試験し、技術の確立を図った。

- (1) 熔融塩輸送: 重力による輸送と遠心ポンプによる輸送につき 475~540℃の範囲で繰り返し輸送試験を行い、実用的な流量制御データを蓄積した。さらに、燃料溶解時に不溶性 FP が熔融塩に分散した場合を想定し、ステンレス粉末の混在する熔融塩で試験を行い、粉末の輸送に必要な流速の評価式を導出した。
- (2) 液体カドミウム輸送: 重力による輸送と遠心ポンプによる輸送、さらに真空吸引による輸送について約 500℃で繰り返し輸送試験を行い、実用的な流量制御データを蓄積した。

2. 工学規模乾式再処理プロセス機器の実証

工学規模の電解精製試験装置(内径78cm 深さ80cm)を設計・製作し、熔融カドミウム輸送ループと組み合わせることにより、図1に示した乾式再処理プロセス機器の右半分システムを図5のように構築した。次に、プルトニウム模擬物質(ガドリニウム)を用いて電解~輸送~カドミウム蒸留からなるプロセス総合試験を実施し、高いマスバランス(99%)で、ガドリニウム金属の回収とカドミウムのリサイクルが所期の処理速度で実施できることを示した。

なお、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、当所が実施した平成16年度~平成19年度「金属電解法再処理プロセス機器の実用化要素技術の開発」の成果である。

今後の展開

今回開発した液体カドミウム陰極構造と輸送システムの最適化と、より長期の運転データの取得。

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 小山 正史
原子力技術研究所 次世代サイクル領域 上席研究員 土方 孝敏

関連報告書 平成16年度~平成19年度文部科学省受託研究成果報告書「金属電解法乾式再処理プロセス機器の実用化要素技術の開発」、電力中央研究所(2005年3月、2006年3月、2007年3月、2008年3月)

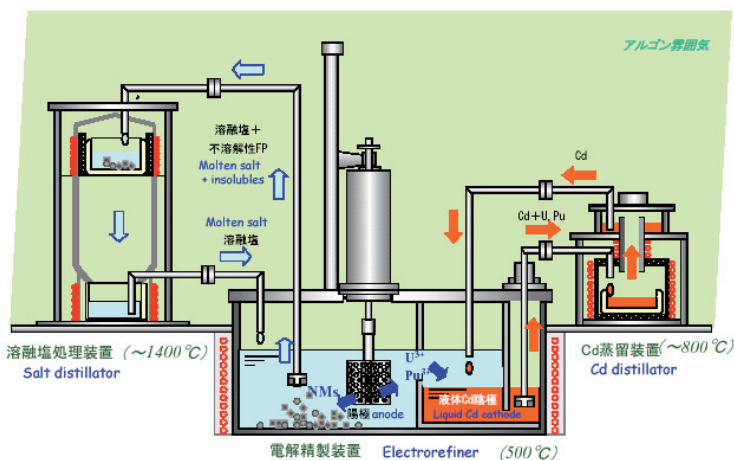


図1 融体輸送技術を適用した実用的な乾式再処理プロセス機器

図2 大型Ar雰囲気グローブボックス



図3 重力での溶融塩の流出挙動

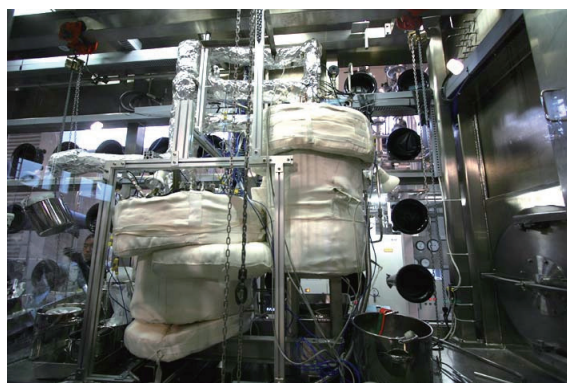
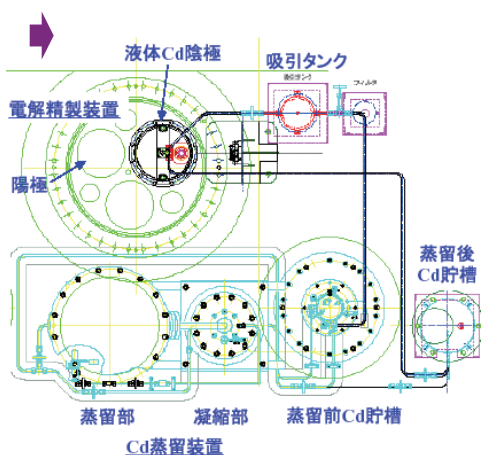


図4 溶融塩輸送ループ



(電解精製装置)



(試験装置系統図)



(試験装置のシステム全体)

図5 大型 Ar 雰囲気グローブボックス内に構築した乾式再処理のプロセス機器試験設備