

電解精製で用いた LiCl-KCl 熔融塩からの FP 除去プロセスに関する検討 - 液体 Cd へのバッチ式向流抽出法によるアクチニド／希土類の分離 -

A study on the removal of fission products from LiCl-KCl molten salt used in electrolytic refining

- Actinide/lanthanide separation by batch-type countercurrent extraction using liquid Cd -

*坂村 義治

電力中央研究所

乾式再処理において、熔融塩中からのアクチニド回収技術として、操作が容易な液体 Cd へのバッチ式向流抽出法を検討し、アクチニドの回収率と化学的性質が似ている希土類からの分離比を計算・評価した。

キーワード：乾式再処理、LiCl-KCl、液体カドミウム、アクチニド、希土類、向流抽出

1. 緒言

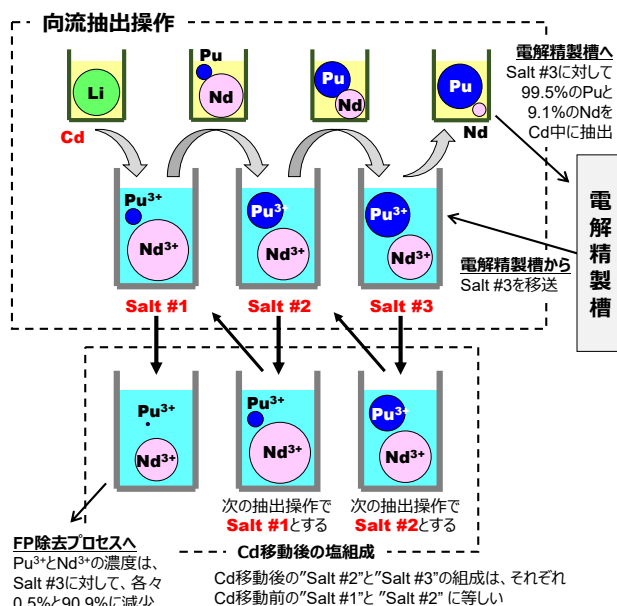
高速炉金属燃料の乾式再処理において、電解精製で用いた LiCl-KCl 塩中に蓄積した FP (アルカリ、アルカリ土類、希土類) を除去するためには、まずアクチニドを塩中から回収しなければならない。そのとき、アクチニドの高い回収率と化学的性質が似ている希土類 FP の分離を両立させることが重要であり、液体 Cd への向流抽出が有望なアクチニド回収法とされている。ところが、これまでに基礎的な試験研究は行われてきたものの、向流抽出装置を用いた分離・回収の実証には未だ至っていない。そこで本研究では、操作が容易なバッチ式の向流抽出方法を検討し、アクチニド／希土類の分離比と回収率を計算・評価した。

2. バッチ式向流抽出法の概要とアクチニド／希土類の分離比評価

向流抽出法として、任意の段数の塩浴に対して、容器に入れた Cd-Li 合金を順々に移動させてアクチニドを抽出する方法を考えた。図 1 は、Pu と Nd (分離において最重要な希土類 FP) を含む塩中から Pu を Cd 中に 3 段で抽出する場合の計算例で、図中で Pu や Nd と記した円の面積は相対的な溶解量を表す。Salt #3 は電解精製槽から送られてくる処理塩で、含まれる Pu と Nd のモル量は等しいと仮定した。そして、#1～#3 の各ステップで分離係数 $SF_{Pu/Nd} = 22.5$ (複数の文献値から推定) と物質収支式 ($3 \text{ Li} + \text{Nd}^{3+} = 3 \text{ Li}^+ + \text{Nd}$, $\text{Nd} + \text{Pu}^{3+} = \text{Nd}^{3+} + \text{Pu}$ など) が成立するとして計算を行った。Pu の回収率は、Salt #1 での抽出に用いる Cd 中の Li 量で調節され、ここでは 99.5% となるように設定した。

まず Cd-Li を Salt #1 に入れると、 Pu^{3+} と Nd^{3+} が Li により還元されて Cd 中に抽出される。この時点の抽出量は $\text{Pu} < \text{Nd}$ であるが、Cd が Salt #3 まで移動すれば $\text{Pu} \gg \text{Nd}$ となる。Salt #3 で抽出後の Cd は、電解精製槽にリサイクルされる。平衡状態では、抽出後の Salt #2 と #3 の組成は、それぞれ抽出前の Salt #1 と #2 の組成と一致する。抽出後の Salt #1 は、処理塩の Salt #3 に対して Pu の 0.5% (設定値) と Nd の 90.9% を含んでおり、FP 除去プロセスに移送される。

この抽出法では、Cd 移送時に塩浴の一部が随伴することが避けられない。そこで現実的な条件として、塩浴の 5% が Cd に付着して次ステップの塩浴に混入、さらに Salt #3 の Pu:Nd 比がより小さい場合を想定して再計算を行った。その結果、FP 除去プロセスに移送される Nd 量は、まず Pu:Nd モル比を 1:1 → 1:5 とすると 90.9% → 83.6%、さらに塩浴の 5% が Cd に付着すれば 78.3% に低下した。ここで段数を 5 段に増やすと、89.2% に増加した。このように、容易な向流抽出操作で、希土類の大部分を塩中に残したまま Pu の 99.5% を回収できることが本計算で示された。



*Yoshiharu Sakamura, Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI)