

溶媒抽出法を用いた高レベル放射性廃液からのマイナーアクチノイドの分離

伴 康俊
Ban Yasutoshi

1. はじめに

原子力を持続的に利用する1つの手段として使用済燃料の再処理があり、これに伴って高レベル放射性廃液が発生する。高レベル放射性廃液には様々な核種が含まれており、その中でもマイナーアクチノイド(MA)であるアメリシウム(Am)とキュリウム(Cm)は、数百年レベルの長い半減期や高い発熱性を持つことから、その処分方法が課題となっている。日本原子力研究開発機構(以下「原子力機構」)ではMAを分離し、放射能を持たない核種や半減期の短い核種に変換することで、高レベル放射性廃棄物の減容・有害度低減を達成する技術開発に取り組んでいる。MAの分離と核変換を適切に行うことで、放射性廃棄物の処分に必要な面積や放射性毒性の大幅な低減が期待されている¹⁾。

2. SELECT プロセス

使用済燃料溶解液や高レベル放射性廃液にはAmとCm以外にもウラン(U)、プルトニウム(Pu)、ネプツニウム(Np)、希土類等、様々な元素が存在しており、1つのステップでMAを選択的に分離するのは困難である。そこで筆者らは溶媒抽出法を活用した複数のステップから構成されるSELECTプロセス(Solvent Extraction from Liquid waste using Extractants of CHON-type for Transmutation)²⁾の開発に取り組んでいる。

図1に現行のSELECTプロセスの構成と候補抽出剤を示す。このプロセスは、①U、Pu及びNpの分離、②MAと希土類の一括回収、③MAと希土類の相互分離、④AmとCmの分離の4ステップから構成されている。候補抽出剤は炭素、水素、酸素、窒素のみで構成されており、商用再処理工場で使用さ

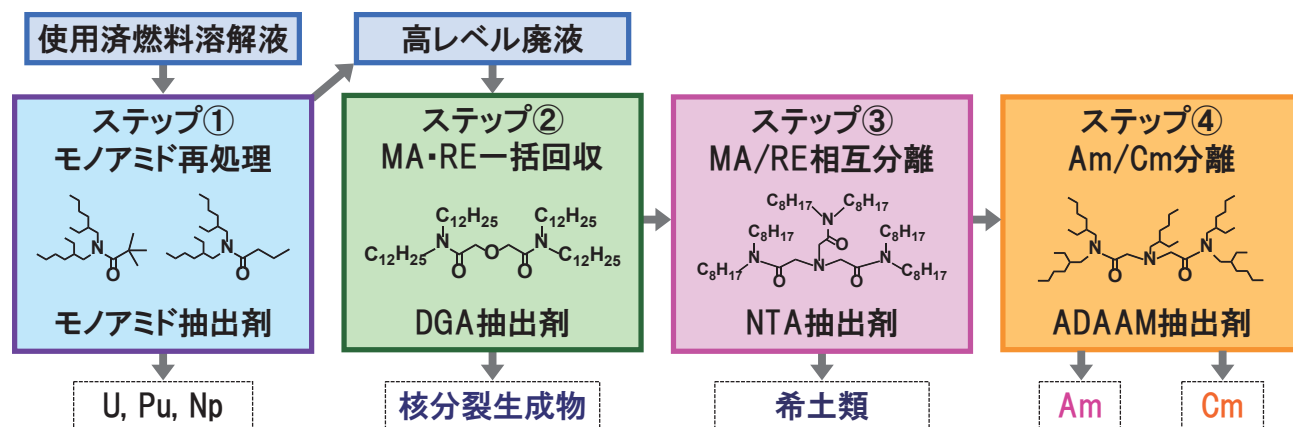


図1 現行のSELECTプロセスの構成及び候補抽出剤

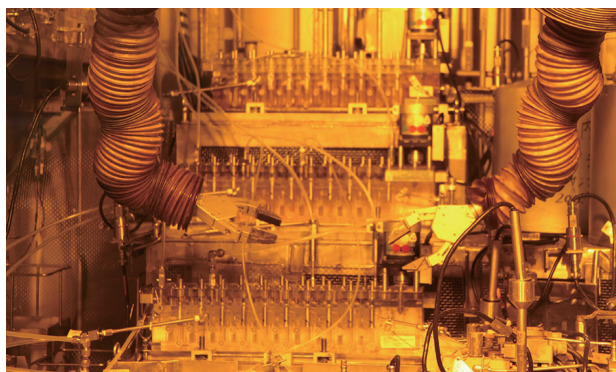


図2 コンクリートセル内に設置したミキサセトラ型抽出器⁶⁾

れているドデカン又はそれに類似した炭化水素に可溶である。このような特徴から、廃溶媒の焼却処分による二次廃棄物の発生量低減及び既存の分離装置の活用による新たな機器開発の回避が期待できる。

3. MAの抽出分離

図1に示したステップのうち、①、②及び③については、既に原子力機構原子力科学研究所のバックエンド研究施設で技術的成立性を示す実験結果を得ている²⁻⁵⁾。本稿ではステップ③について紹介する⁵⁾。単段の抽出分離操作ではMAと希土類を十分に分離できないため、1器当たり20段のミキサセトラ型抽出器を2器使用して多段の抽出分離操作を連続的に実施した。試験装置を図2に示す⁶⁾。コンクリートで遮蔽されたホットセル内の抽出器に、高レベル放射性廃液やヘキサオクチルニトリロトリアセトアミド (HONTA) 抽出剤を供給し、合計43.5時間の抽出分離試験を実施した。抽出器からの排出液等に含まれる元素の定量分析を行い、プロセスの分離能力を評価した。

図3にMA回収液へのAm、Cm、希土類の移行率を示す⁶⁾。AmとCmはMA回収液に高い割合で移行した。一方、希土類元素の移行率は低く、MAと希土類元素が分離できたことを示している。より高度な分離を達成するための条件最適化の余地はあるが、おおむね想定どおりの結果が得られた。高レベル放射性廃液を用いたステップ③の試験はこれまでに2回実施しており、合計0.3gのMAを回収した。なお、MA回収液中のMAの濃度の実験値と計算値は互いに近い値を示し、シミュレーション計算の妥当性も確認できたことから、この計算手法を活用し

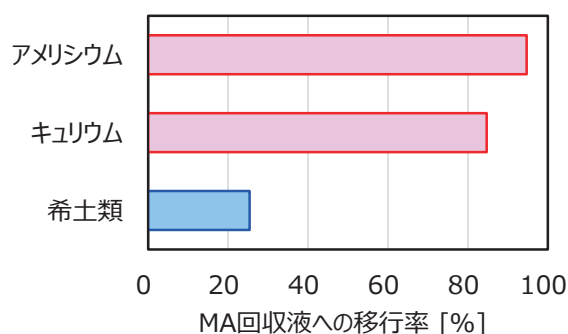


図3 MA回収液へのAm、Cm及び希土類の移行率⁶⁾

て分離条件の最適化を図る。

MA分離のプロセス開発は海外でも進められているが、焼却処分可能な抽出剤を用いて、高レベル放射性廃液からグラムスケールのMAを分離した例は極めて少ない。本成果により、HONTAを抽出剤に用いたステップ③の実用性を実証した。

4. 今後の展開

高レベル放射性廃液の中には、ガラス固化体の製造を妨げる元素の他、医療用RI及びその原料として利用可能な元素、白金族元素、発熱性元素等が含まれている。これらを適切に分離できれば、放射性廃棄物の処理処分の負荷低減だけでなく、資源として活用できる可能性がある。本研究は、原子力機構のビジョンである「[ニュークリア×リニューアブル]で拓く新しい未来」の一部として進めており、放射性廃棄物の減容、無害化、再資源化を目標としている。今後、新しい抽出剤の開発やより効果的な分離条件の検討を進め、SELECTプロセスの改良及び機能強化に取り組む。

参考文献

- 1) 西原健司, エネルギーレビュー, **9**, 7-10 (2017)
- 2) Ban, *et al.*, *Solv. Extra. Ion Exch.*, **1**, 27-37 (2019)
- 3) Ban, *et al.*, *Solv. Extra. Ion Exch.*, **1**, 37-47 (2016)
- 4) Ban, *et al.*, *Solv. Extra. Res. Dev., Jpn.*, **1**, 1-11 (2024)
- 5) Ban, *et al.*, *Prog. in Nucl. Sci. Technol.*, **8**, 243-247 (2025)
- 6) 「高レベル放射性廃液からグラムスケールのマイナーアクチノイドを分離」(2025.10.17) 日本原子力研究開発機構
www.jaea.go.jp/02/press2025/p25101702/

(日本原子力研究開発機構)