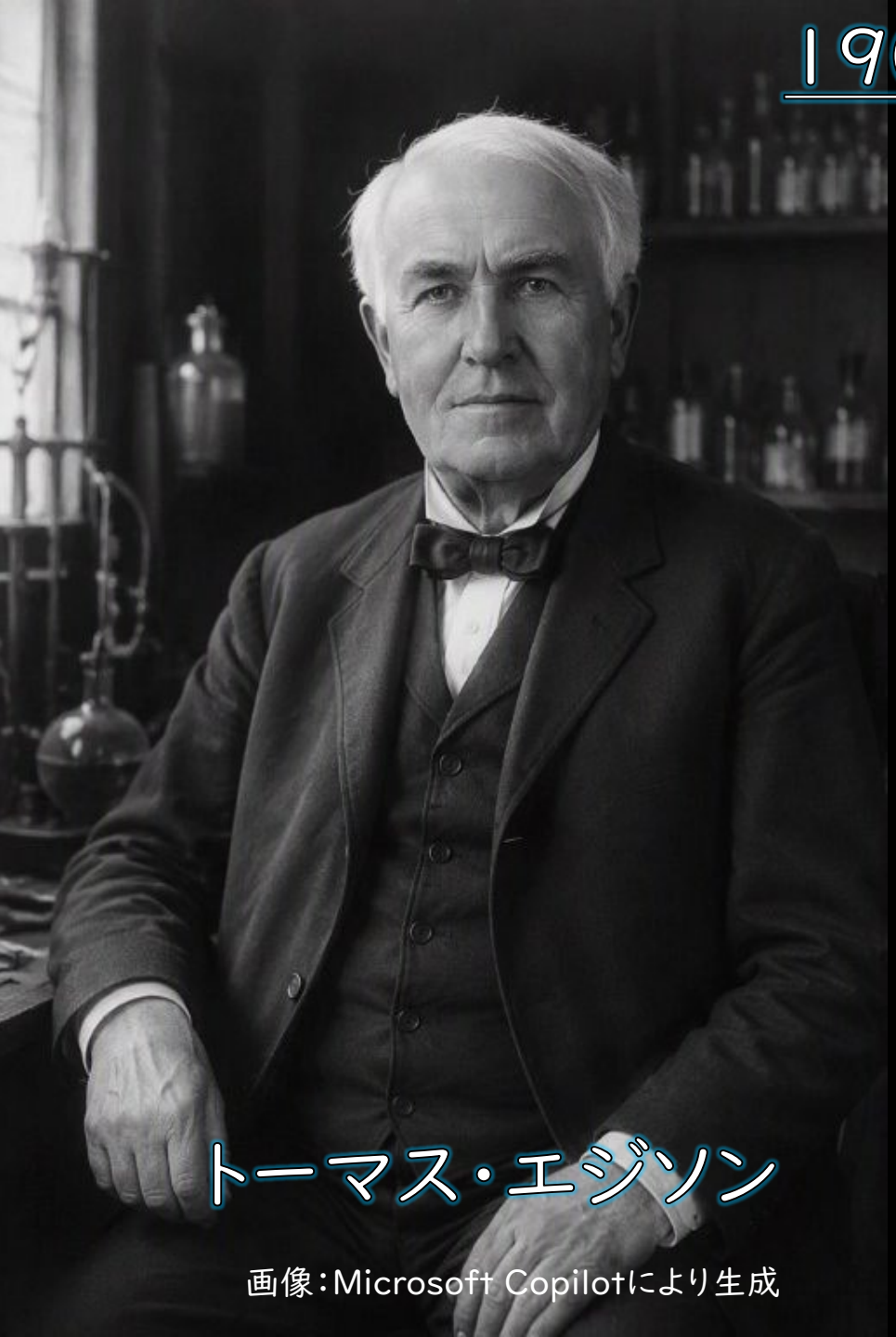
核燃料サイクル高度化のための分離回収技術の開発

日本原子力研究開発機構
核燃料サイクル工学研究所
BE資源・処分システム開発部
ホットラボ研究開発課
坂本　淳志

1900年前後（電化の始まり）



トーマス・エジソン

画像：Microsoft Copilotにより生成

1世帯当たりの年間電力消費量
～100kWh（想定）



画像：Microsoft Copilotにより生成

1950～1970年ごろ（三種の神器が普及）

1世帯当たりの年間電力消費量

約1400kWh（1970年）※



画像：Microsoft Copilotにより生成

※日本原子力文化財団HP：http://www.ene100.jp/www/wp-content/uploads/zumen/1-2-13.pdf

2000年ごろ（デジタル三種の神器）

1世帯当たりの年間電力消費量

約3600kWh（2000年）※



画像：Microsoft Copilotにより生成

※日本原子力文化財団HP：http://www.ene100.jp/www/wp-content/uploads/zumen/1-2-13.pdf



人類社会の発展
とともに
電気は欠かせない
存在となってきた

今後もさらなる
・経済発展
・技術の進歩

→**電気需要の増加**が想定

産業と暮らしを支える原子力発電

電気の安定供給 ＋ 脱炭素社会の実現

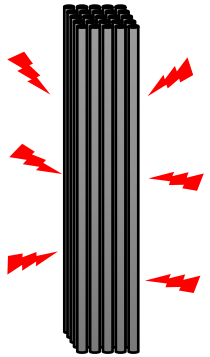
燃料＝ウラン



100%輸入



使用済燃料



・強い放射線
・長期間
（約10万年）

・輸入停止への備え
・資源争奪の激化（原発立地国の増加）

・管理期間、環境への負荷

リサイクルで変える日本の資源戦略

・核燃料はリサイクル可能な資源

使用済燃料の95%はリサイクル
（ウラン・プルトニウム）

⇔

残りの5%は廃棄（現状）

他にも役に立つ元素が多く含まれる

JNFL

日本原燃株式会社
六ヶ所再処理工場



JAEA

日本原子力研究開発機構



➡分離回収技術の開発中

エネルギー安全保障の強化 ＋ 資源活用の最大化

核燃料（ウラン燃料、使用済燃料）に関わる様々な有用元素

使用済燃料中の元素の例



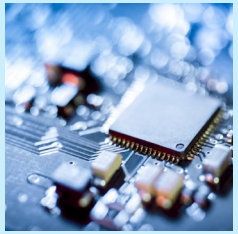
マイナーアクチノイド（アメリシウム、ネプツニウム）

①崩壊熱を利用した**半永久電源**、②原子炉内での**エネルギー源**



モリブデン、テクネチウム

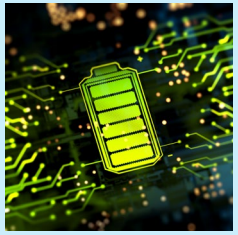
放射線による医療診断



ネオジム、パラジウム

強力磁石、半導体、排気ガス用触媒

その他ウラン燃料に関わる元素の例



劣化ウラン（核分裂しにくい＝エネルギー利用しにくいウラン）

酸化還元作用を利用したバッテリー源



ラジウム、アクチニウム

放射線を利用したがん治療

JAEA

NXR uclear enewable

✓ 分離回収技術開発
✓ 実用化に向けた研究

核燃料（ウラン燃料、使用済燃料）に関わる様々な有用元素

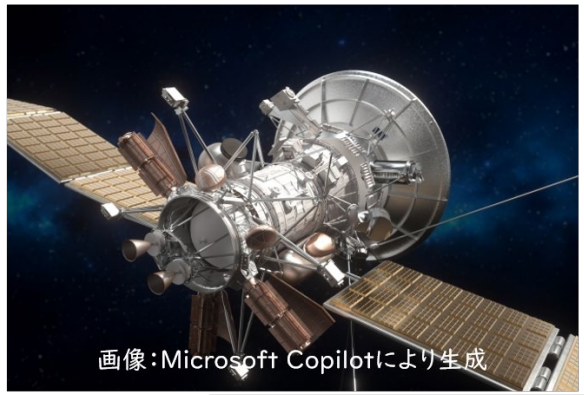


マイナーアクチノイド（アメリシウム、ネプツニウム）

①崩壊熱を利用した**半永久電源**、②原子炉内での**エネルギー源**

廃棄物とした場合に長期管理が必要となる主な要因

①惑星間探査機等



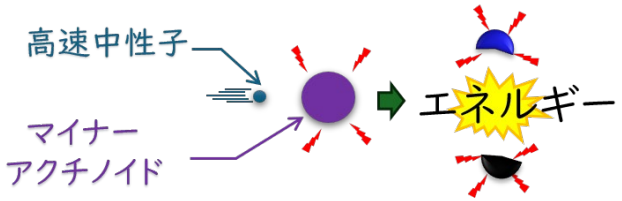


マイナーアクチノイド

画像：Microsoft Copilotにより生成

②新しいタイプの原子炉（高速炉）

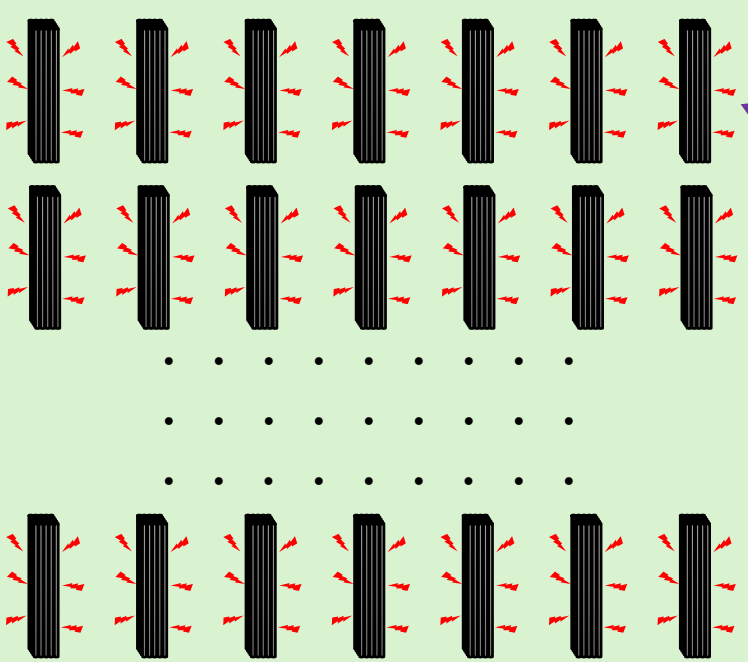




- ✓ 分離回収技術開発
- ✓ 実用化に向けた研究

マイナーアクチノイドの分離回収による効果

使用済核燃料を直接処分した場合

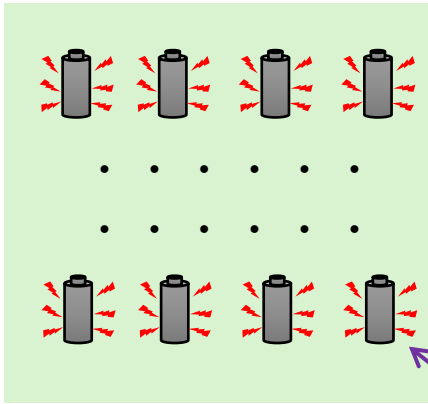


約100,000年※

ウラン・プルトニウムを分離回収して再利用

・エネルギー源（現在推進中）

体積 1/4※

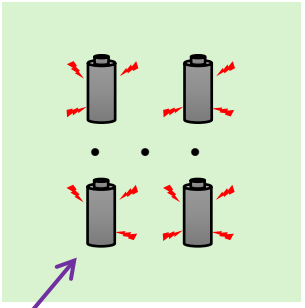


約8,000年※

マイナーアクチノイドも分離回収して利用

・半永久電源（宇宙開発等）
：2030年代以降段階的に
・エネルギー源（高速炉実証炉等）
：2040年代以降段階的に

体積 1/7※



将来にわたる廃棄物負荷の低減へ

約300年※

（天然ウランの放射能レベルになるまでの期間）

※ 資源エネルギー庁HP：https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/shiyozuminenryo.html



マイナーアクチノイドの分離回収技術開発の紹介

溶媒抽出法（現在：ウラン・プルトニウムの回収でも利用）

オイルドレッシング
（油と水）



振ると

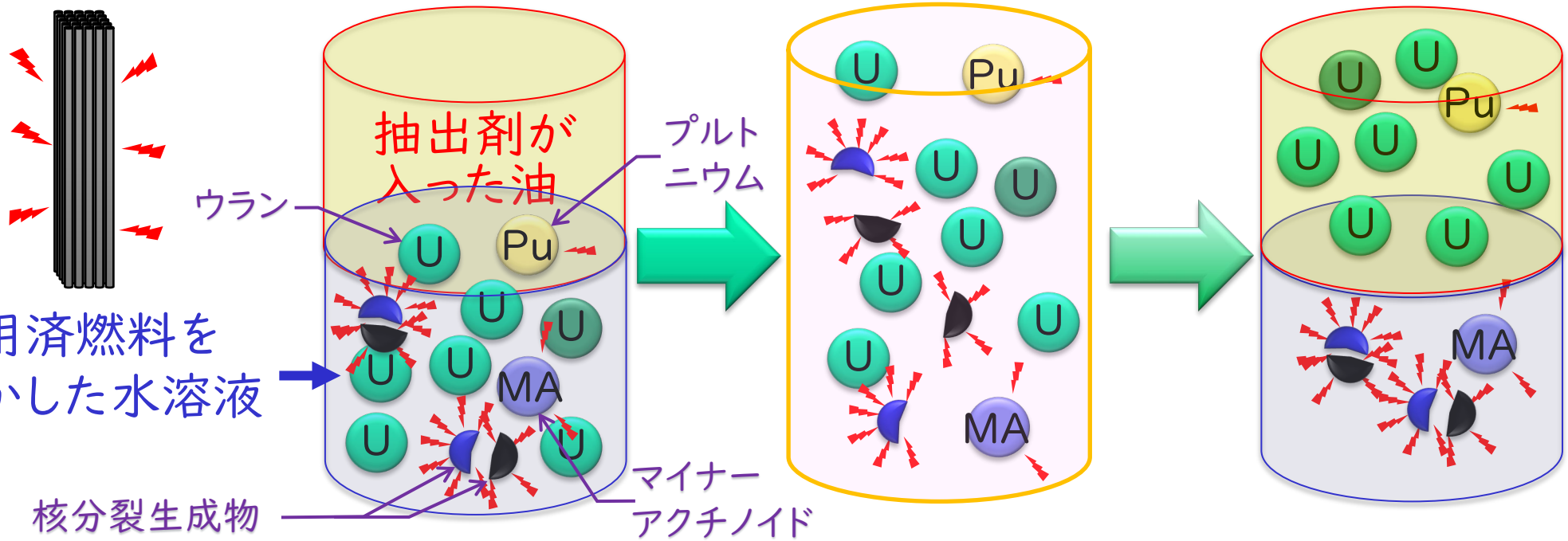


少し
待つと



画像：Microsoft Copilotにより生成

分離した状態　　混合した状態　　分離した状態



溶媒抽出法（現在：ウラン・プルトニウムの回収でも利用）

オイルドレッシング
（油と水）



振ると

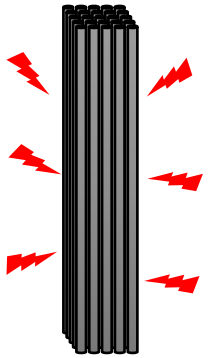


少し
待つと

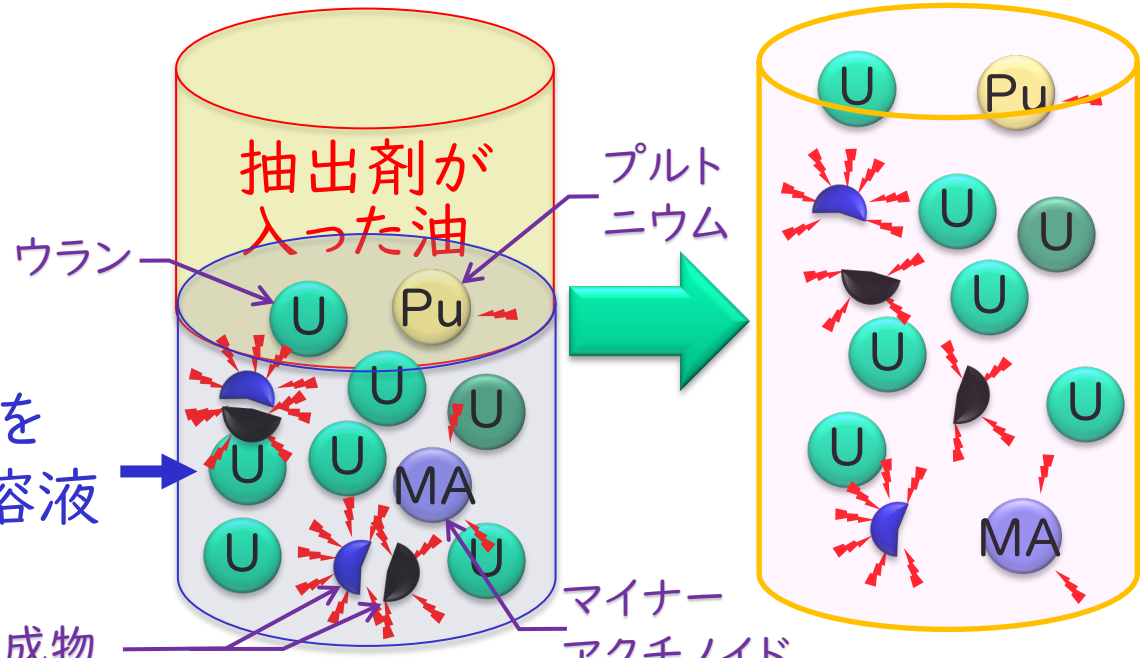


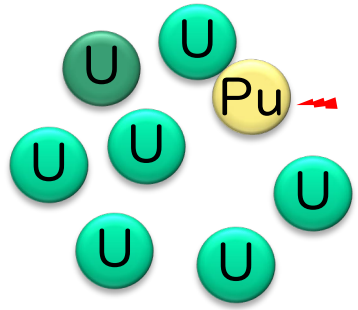
画像：Microsoft
Copilotにより生成

分離した状態　　混合した状態　　分離した状態

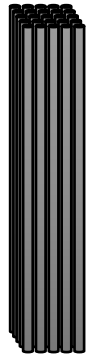


使用済燃料を
溶かした水溶液





回収完了！→新たな燃料へ

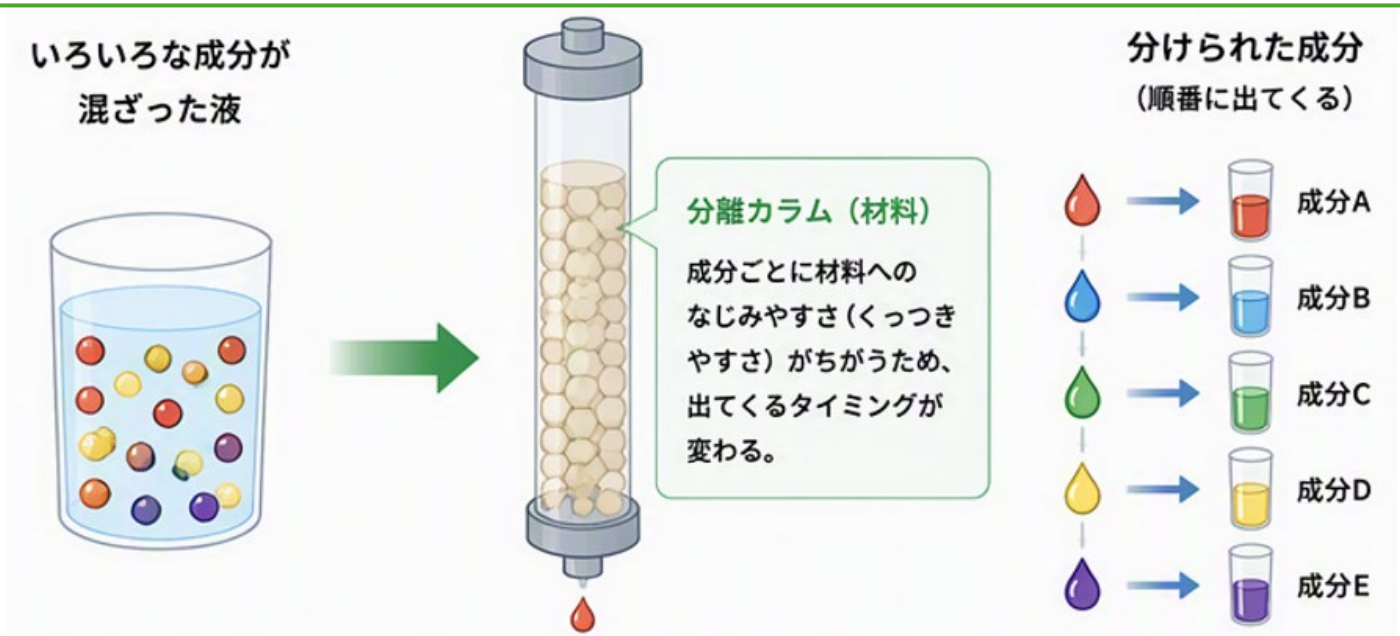


抽出クロマトグラフィ法

浄水器のイメージ



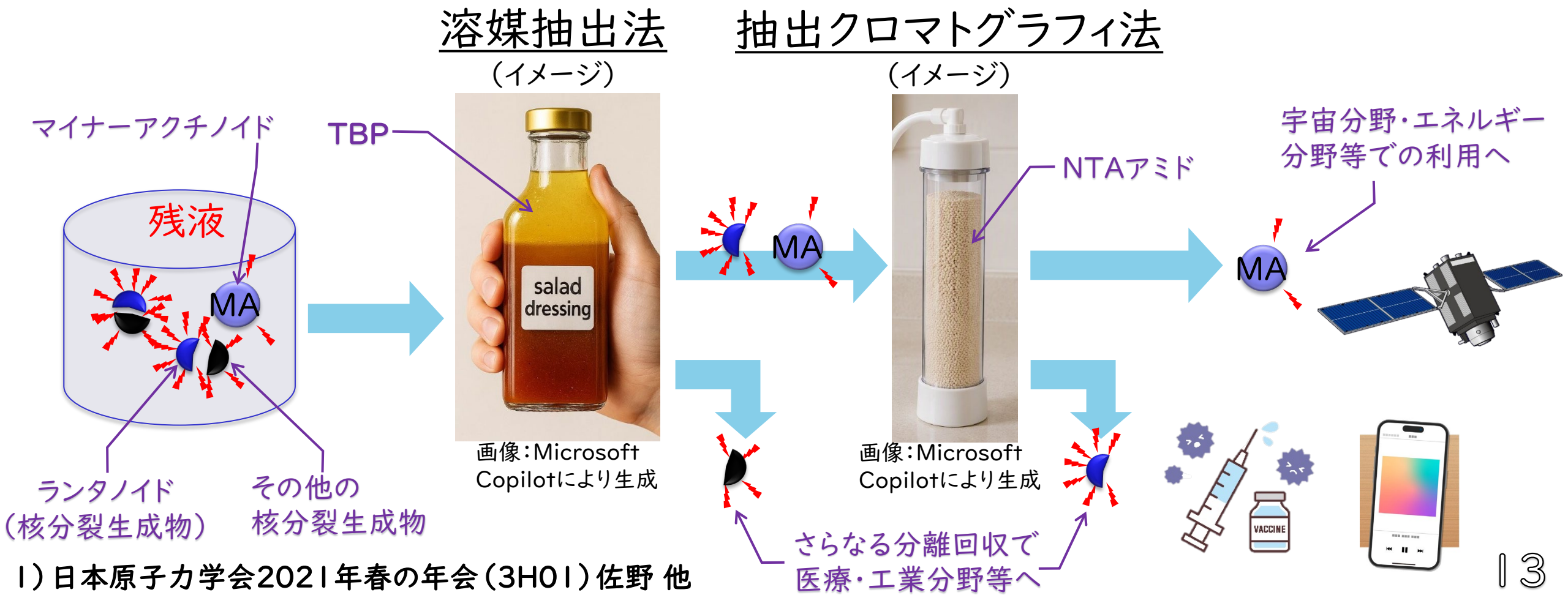
抽出クロマトグラフィ法のイメージ



画像：Microsoft Copilotにより生成

マイナーアクチノイド回収プロセスの例：ハイブリッド型プロセス[1)]

- ウランとプルトニウムを回収した後の残液を対象
- 溶媒抽出法で現在の再処理工場と同じ抽出剤：TBP（リン酸トリブチル）を使用してマイナーアクチノイドとランタノイドを一緒に回収
- 抽出クロマトグラフィ法（吸着剤：NTAアミド）でマイナーアクチノイドとランタノイドを分離

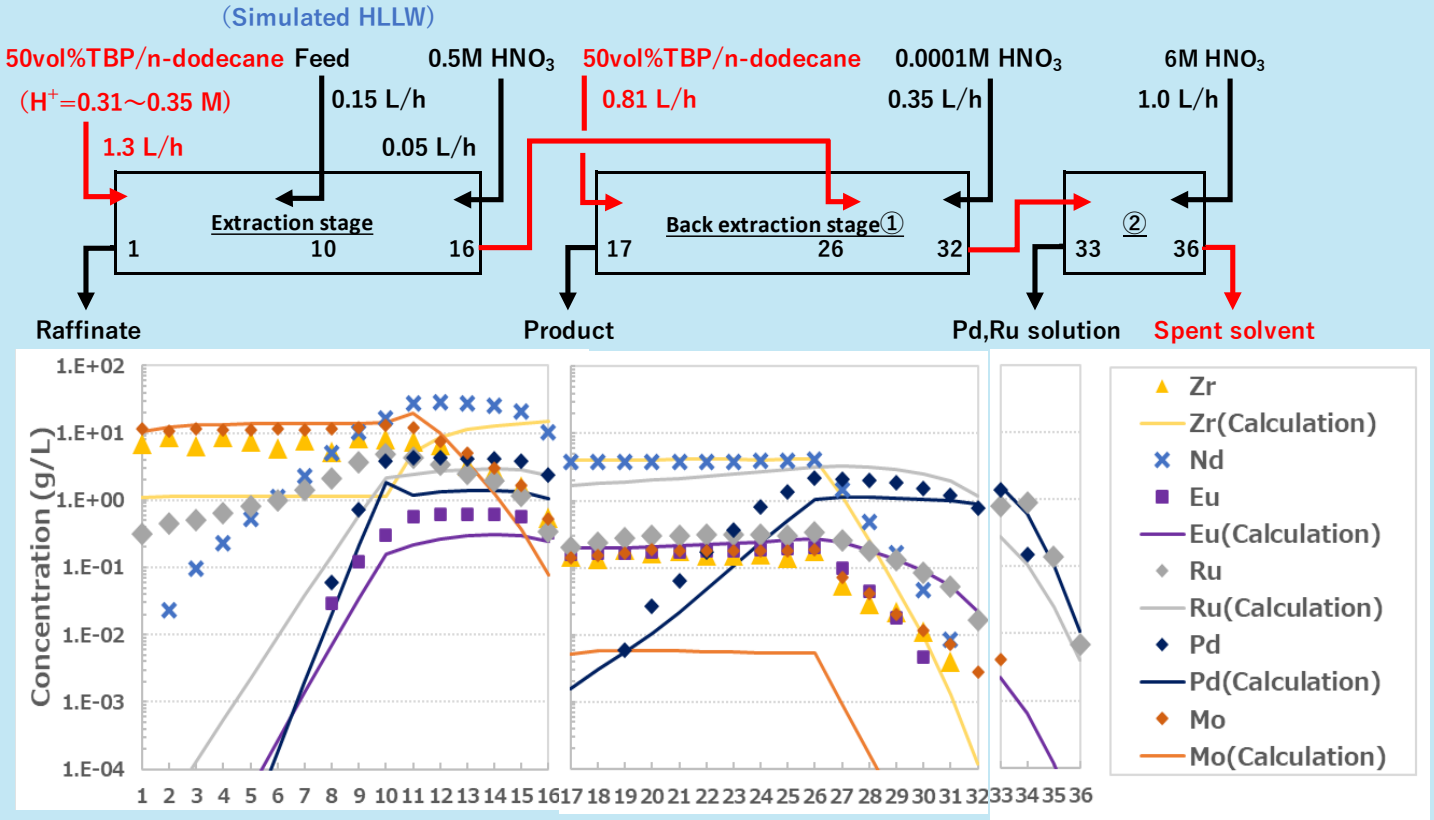


1）日本原子力学会2021年春の年会（3H01）佐野 他

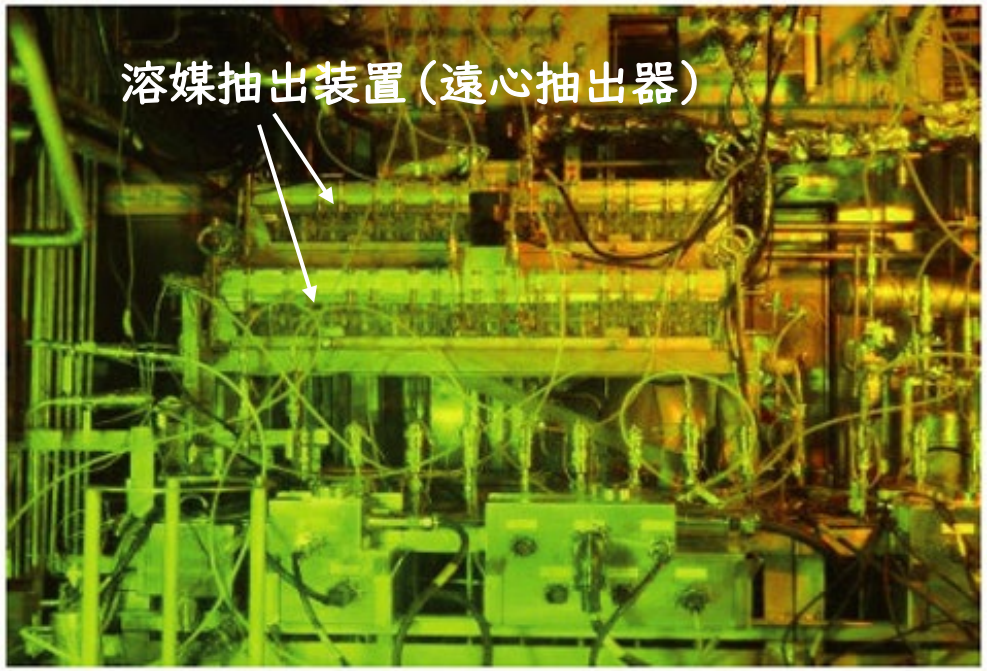
ハイブリッド型プロセス（溶媒抽出法）結果の例

- 放射性物質を用いない試験：ランタノイド回収率＝約100% ＋ 白金族元素（ルテニウム、パラジウム）も分離可能な見込み[3)]
- 実際の溶液を用いた試験：MA+Ln製品※中へのアメリシウム回収率＝約96%[4)]

※マイナーアクチノイド及びランタノイド製品



コールド試験での水相中の元素濃度のプロファイル[3)]



ホット試験[4)]の様子の例

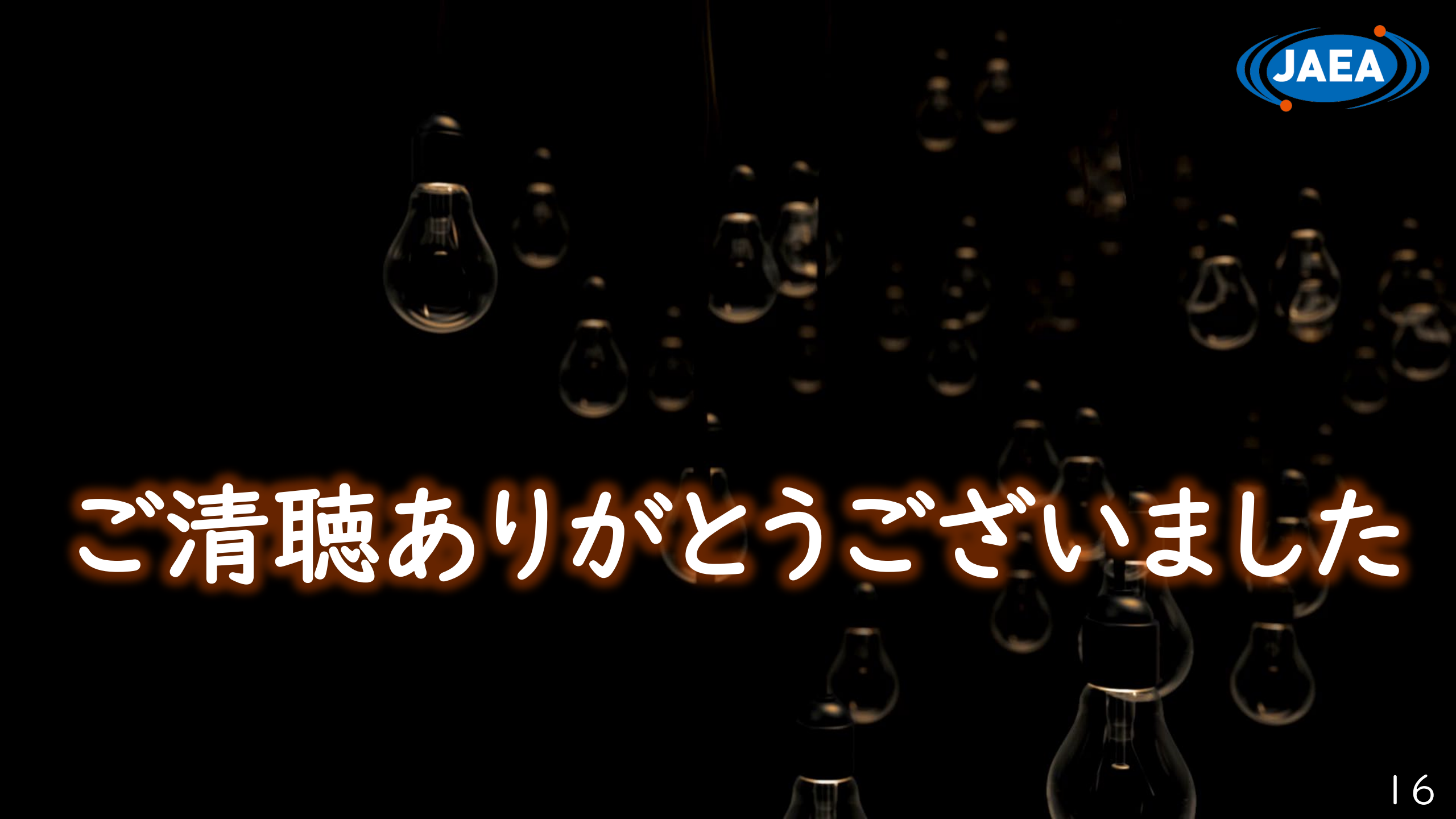
➡ 今後：回収率・除染性能の向上、抽出クロマトグラフィ法試験を計画中

3) ISEC2025 坂本 他 ， 4) 日本原子力学会2022年秋の大会（1D08）中原 他

核燃料サイクルの高度化

- 核燃料サイクルの推進によりエネルギー安全保障の強化へ
- 使用済燃料等に含まれる様々な有用元素を対象として、分離回収技術の開発、実用化研究を推進中
- マイナーアクチノイドの分離回収により、宇宙開発やエネルギー利用の促進、将来にわたる廃棄物負荷の低減へ

分離回収技術の開発で資源を最大限活用へ


ご清聴ありがとうございました