

水や油からも金属をキャッチ！ フルオラス構造による有用金属の 選択的・効率的回収技術

2026年6月11日(木)

 国立研究開発法人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
プロジェクト管理課 マネージャー 荒井 陽一

発明者紹介

ア ラ イ ヨ ウ イ チ

荒井 陽一



専門：化学工学

2005年 JAEA入社

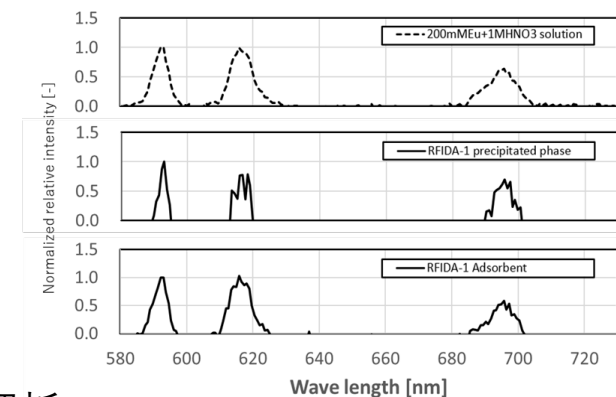
- ・使用済み燃料再処理技術：遠心抽出器開発
- ・有機溶媒、有機物、吸着材の放射線分解や再生技術
- ・放射性廃液の処理技術：吸着材デザイン、メカニズム解析

2020年 博士号取得（廃溶媒からの吸着技術）

廃液の中にまだ使える金属があるのにもったいない…

回収して社会に還元したい！

現在、どんな環境でも使える金属吸着材を開発中



Euとイミノ二酢酸基のIBIL分析



5分サマリー

従来困難だった有機溶媒中の金属回収を実現

分離が難しい

- ・ 水と有機溶媒が混在
- ・ 金属が複数種類
- ・ 強酸環境

フルオラス吸着材

- ✓ 欲しい金属だけ回収
- ✓ 水・油どちらでも
- ✓ 繰り返し使える

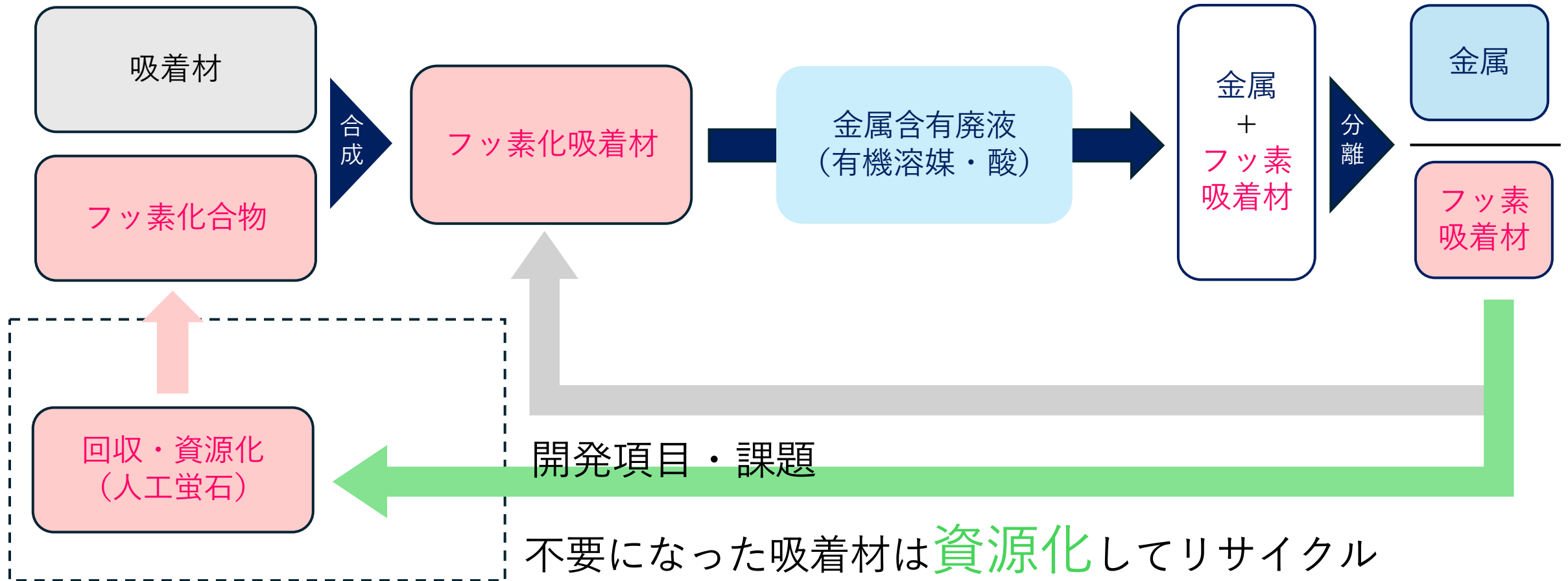
レアメタル回収

- ・ 有機溶媒中から回収○
- ・ 廃液・廃油から資源化

廃液・廃油からのレアメタル回収に貢献します！

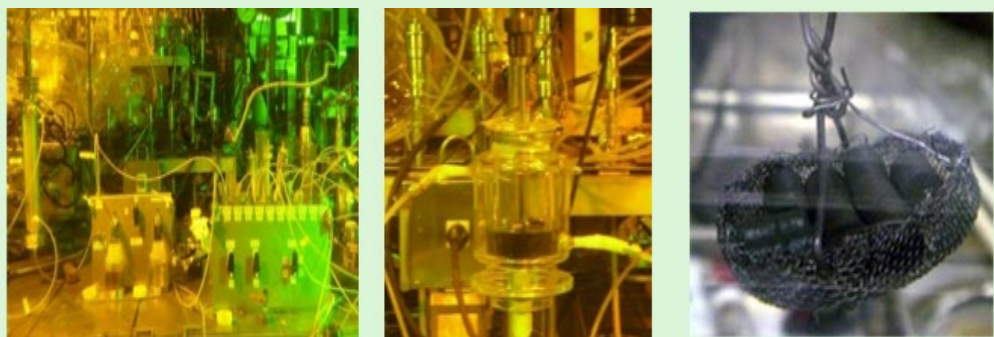
5分サマリー

開発の全体構想



開発背景

原子力施設の複雑な
廃液処理をラクにしたい



複数の化学種を含む放射性廃液

複雑な廃液（酸・有機溶媒・金属混在）

既存技術では対応困難

フッ素

高い耐久性
抽出性能向上

ADD ON!

＋ 従来の吸着材

フッ素化吸着材 完成！

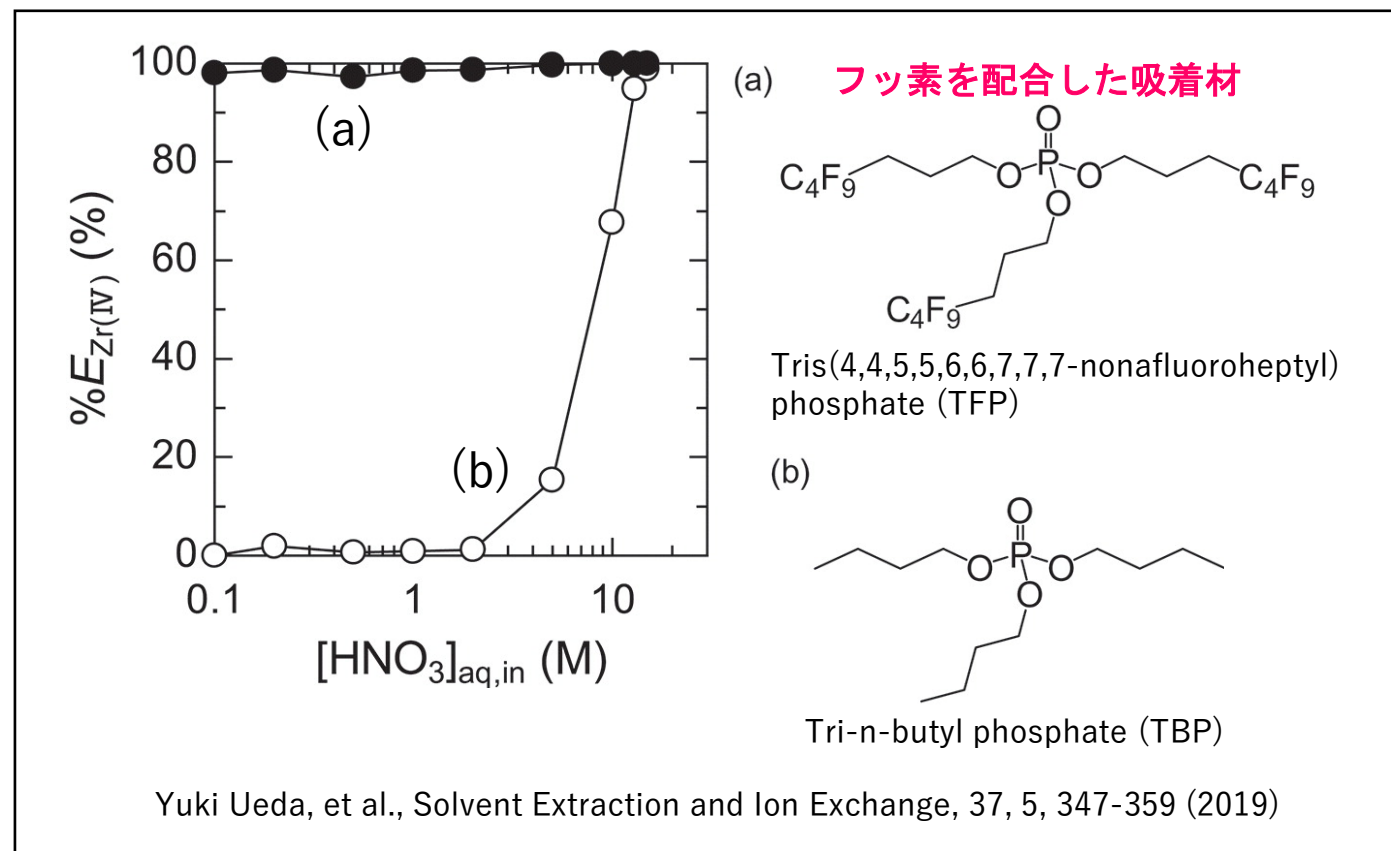
開発背景

フッ素化すると吸着性能が上がる

先行研究ではフッ素化すると吸着性能が大きく向上することが知られている

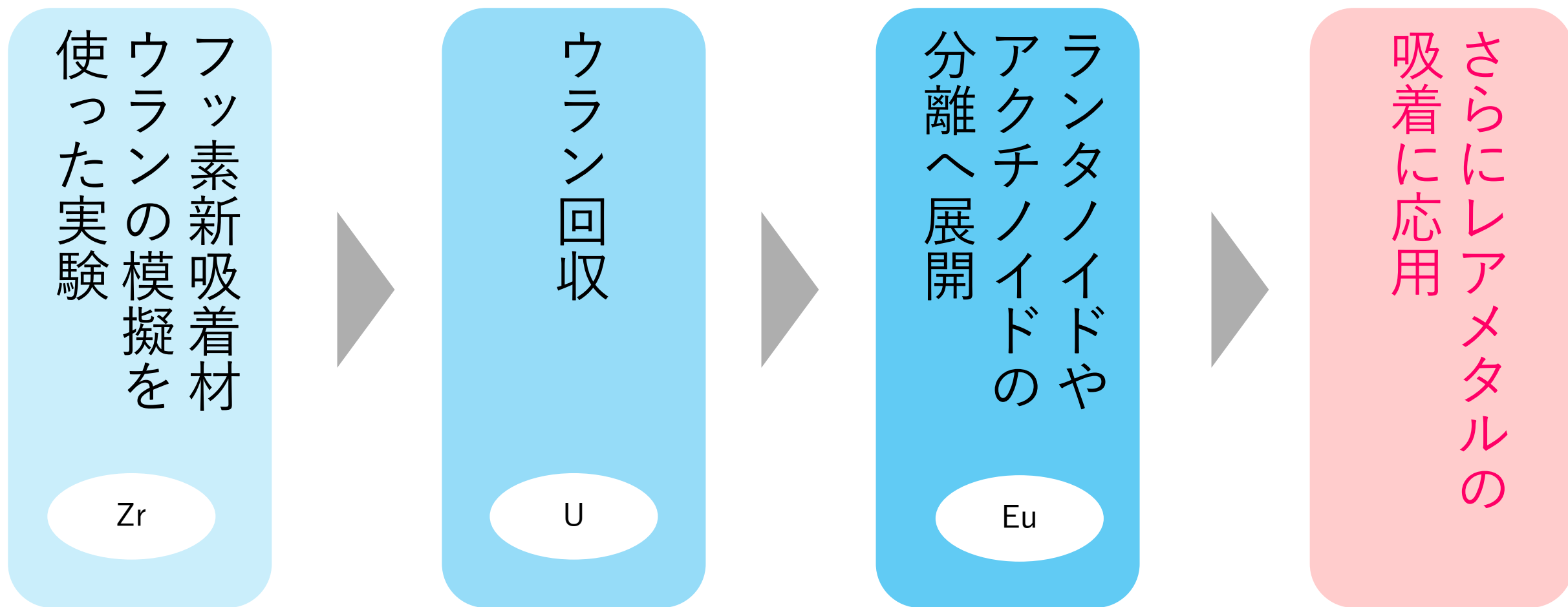
JAEAでも、

耐久性・有機溶媒対応
を両立する設計の吸着材開発へ



開発背景

ウラン回収からレアアースの回収に



既存技術との比較

従来技術

- × 作業中に揮発・減少
- × 放射線で劣化
→ 二次廃棄物に
- × リサイクルが複雑



新技術

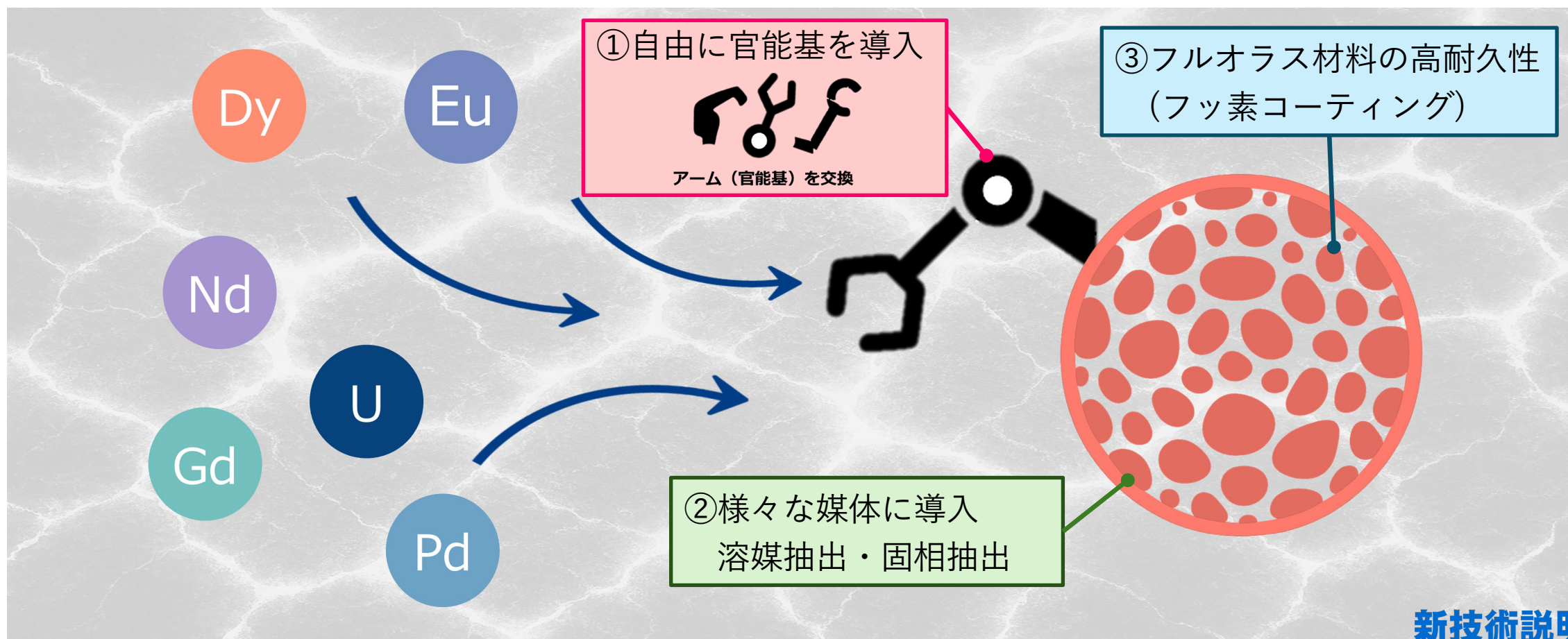
- 揮発しないので安定
- 放射線の影響を受けない→
二次廃棄物の抑制
- 簡単に再利用できる

新技術の3本柱

① 自由な吸着性能

② 柔軟性

③ 高耐久性



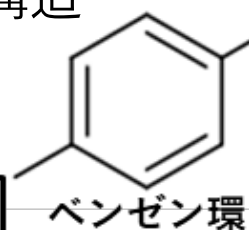
①自由な吸着性能：欲しい金属だけ獲得

新技術の吸着材構造

(高薬品耐性)

フルオラス構造

C_6F_{13} , etc.

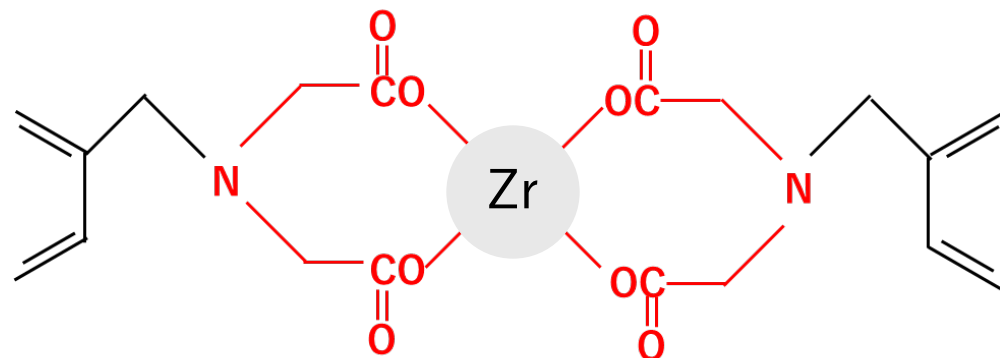


官能基

(金属の選択吸着性)

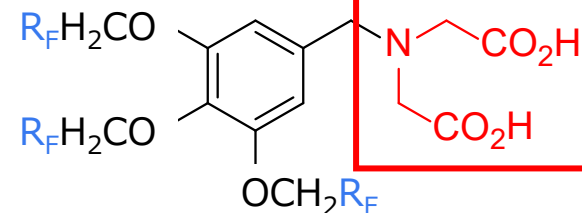
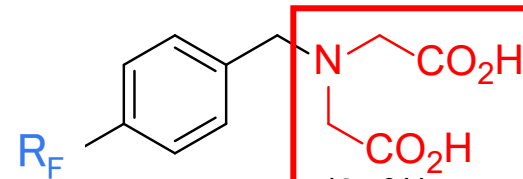
イミノ二酢酸基,
アミド基,
リン酸基, etc.

ハロゲンの置換反応で
容易に官能基を導入可能

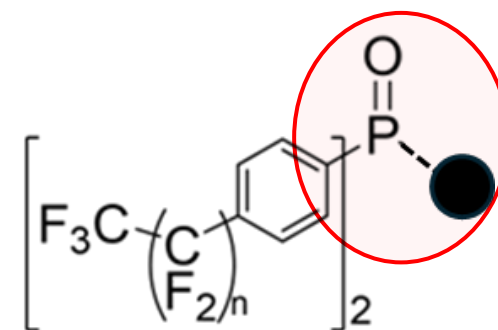


Zr(IV)のイミノ二酢酸基への配位状況

イミノ二酢酸型配位子（合成品）



$R_F = C_6F_{13}$

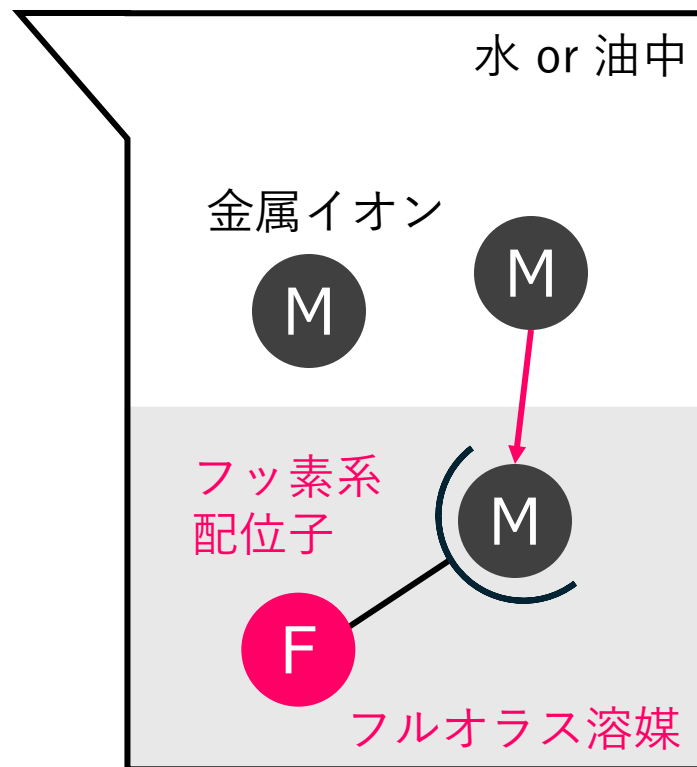


リン酸型配位子の例

②柔軟性：水でも有機溶媒でも対応可能

溶媒抽出

硝酸溶液中レアメタル (Eu) の例

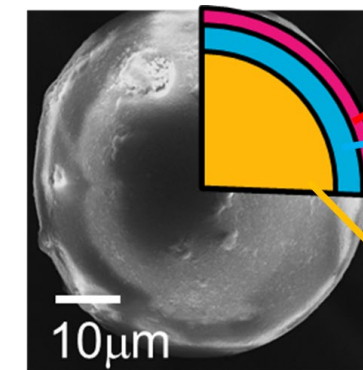


抽出して沈下したEu

固相抽出

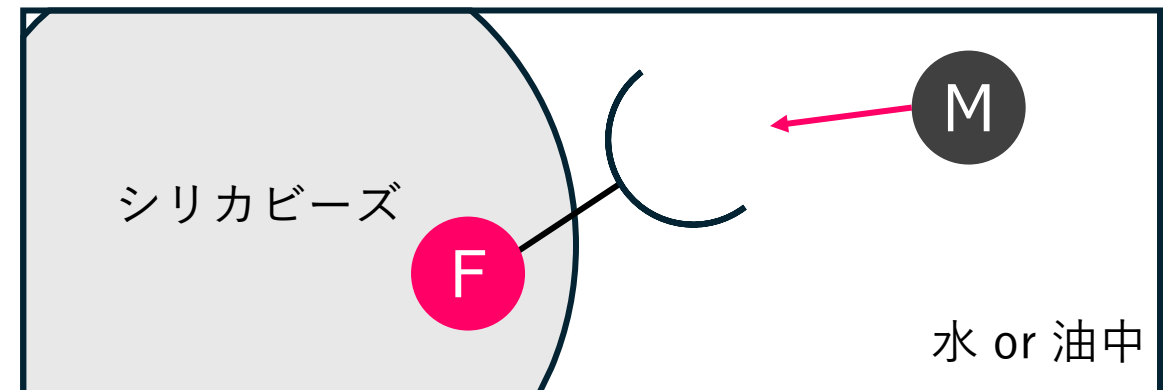


新技術の固体吸着材



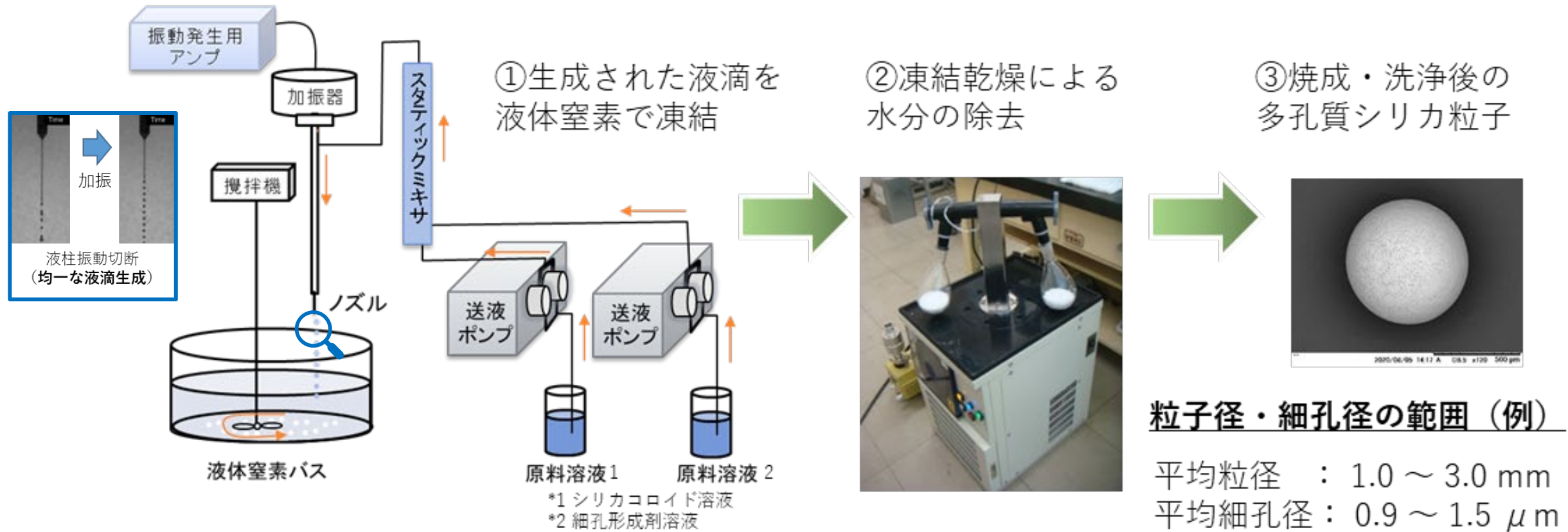
多孔質シリカ型吸着材

抽出材
ポリマー層
クロロメチルスチレン-ジビニルベンゼン共重合体
SiO₂層



②柔軟性：水でも有機溶媒でも対応可能

土台である多孔質シリカの研究について



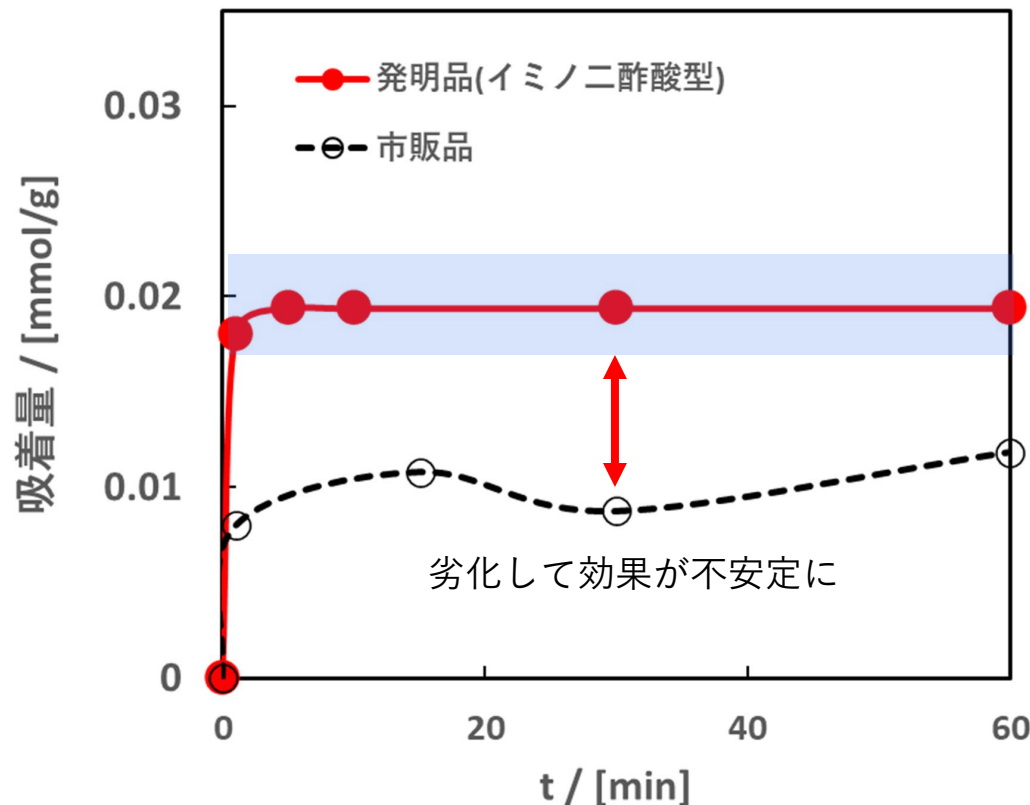
③高耐久性：過酷な環境にも耐えコストを削減

硝酸溶液中からのウラン回収・吸着材再利用



③高耐久性：過酷な環境にも耐えコストを削減

有機溶媒に錯形成したZrの回収



有機溶媒※¹中の Zr に対する吸着性能※²

※¹ n-ドデカンとリン酸トリブチル混合溶媒

※² 多孔質シリカに含浸処理した固体吸着材

課題

- 溶媒中で錯形成した金属の吸着
- 溶媒中で劣化、耐久性が低い



新技術

- 市販吸着材よりも2倍の性能
- 吸着後も化学的な安定を維持

まとめ

分離性 柔軟性 耐久性 を備えた材料開発に成功！

強酸溶液や有機溶媒から金属回収に成功、再利用も可能
吸着対象に合わせて、官能基を導入可能
処理方法に合わせて、溶媒抽出、固相抽出を選択可能

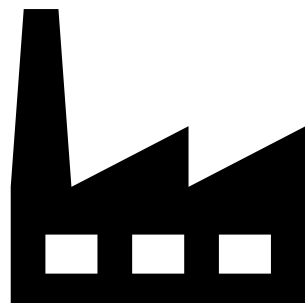


レアアース、廃液、廃油の回収
に貢献します！

今後の展望・想定する用途

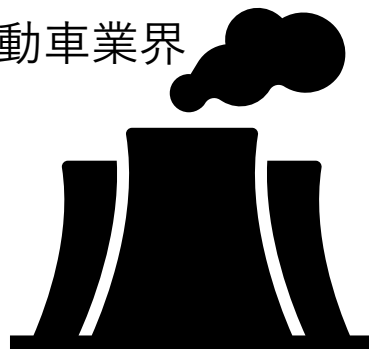
廃油からの 有価金属回収

- ・ 廃棄物処理産業
- ・ 化学工業



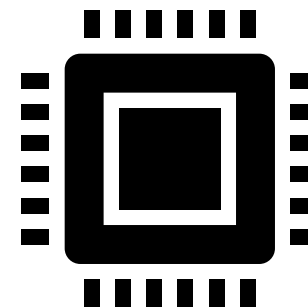
化学プラントの 廃溶媒再利用

- ・ 化学工業
- ・ 製造業
- ・ 自動車業界



半導体工場の廃液から レアメタル回収

- ・ エレクトロニクス業界
- ・ 半導体業界

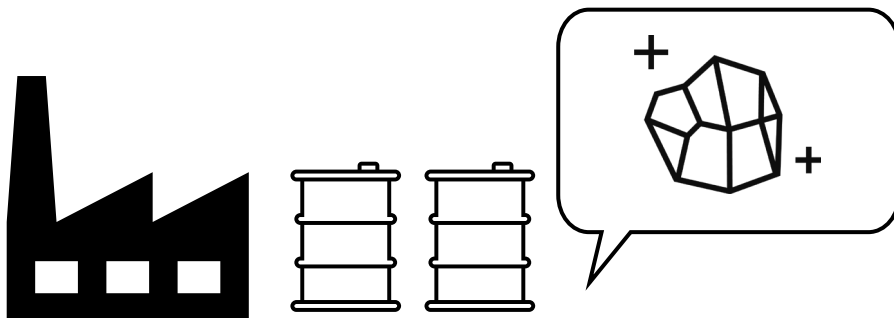


企業への期待

フルオラス化合物の材料開発を実装するために

目指すこと

- ・ 技術の社会実装
- ・ 廃油等からの資源回収の実現



企業への期待

- ・ 実証試験の実施
- ・ プラント導入の検討
- ・ 再資源、量産化パートナー

- 特許

特開2024-063607（共願：茨城大学）

含フッ素単環芳香族化合物及びその製造方法、金属イオン用吸着剤

<https://jopss.jaea.go.jp/search/servlet/search?P53660>

- 論文

Adsorption mechanism of Eu onto newly synthesized fluororous-compound-impregnating adsorbent(2024,NIMB,Vol.554,165448)

<https://doi.org/10.1016/j.nimb.2024.165448>

Development of Fluorinated Ligands for Uranium Recovery from Radioactive Liquid Waste(2025,PNST,Vol.8,329-332)

<https://doi.org/10.15669/pnst.8.329>

お問い合わせ

日本原子力研究開発機構 研究開発推進部



seika.riyou@jaea.go.jp



<https://forms.office.com/r/bzJtKYzcDk>