

日本原子力研究開発機構における 分離技術に関する研究開発の現状について

平成20年11月13日

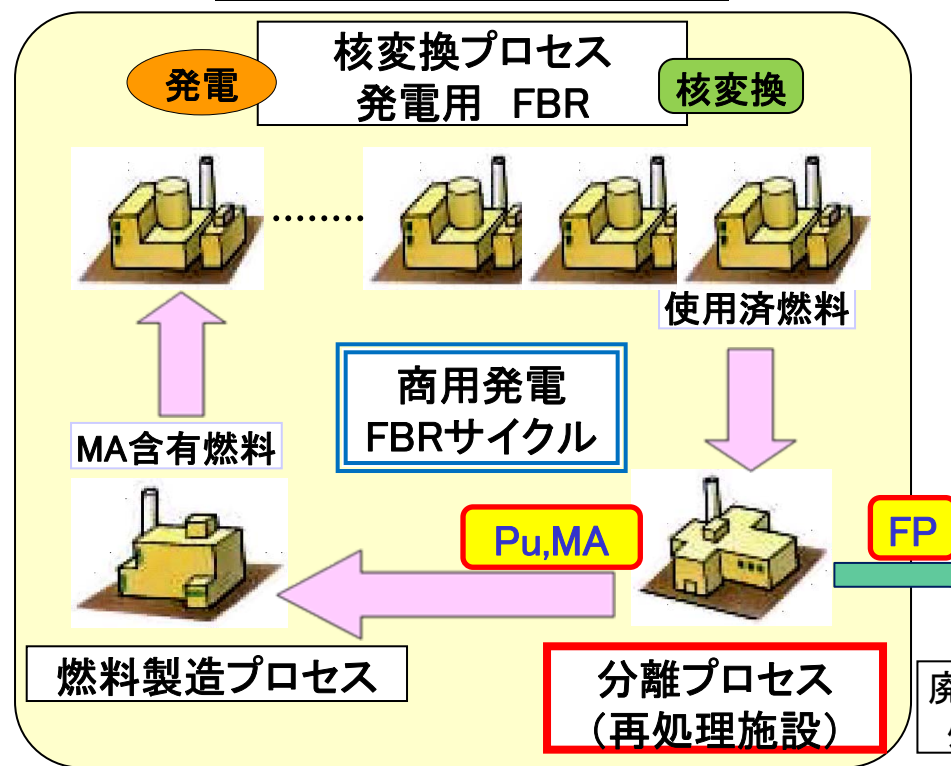
日本原子力研究開発機構

内 容

- (1) はじめに
- (2) 平成12年当時の研究開発状況
- (3) C&R後の取り組みと指摘事項への対応
- (4) 基礎基盤研究における新分離法開発
- (5) FaCTプロジェクトにおけるMA分離技術開発
- (6) まとめ

高速炉サイクル利用型と階層型

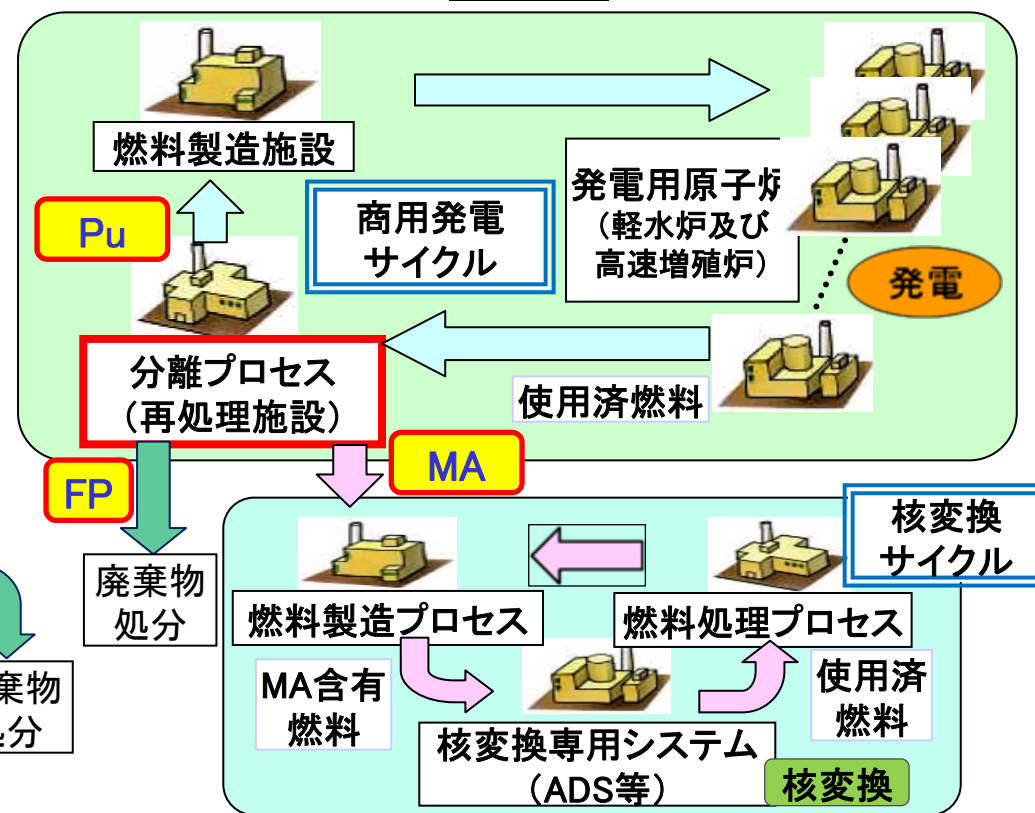
高速炉サイクル利用型



MA: マイナーアクチノイド

- ・発電炉を用いた分離変換技術。
- ・次世代再処理プラントでPuと共にMAもリサイクル。
- ・核変換には発電炉(高速炉)を用いる。

階層型



- ・発電用サイクルに核変換サイクルを付設。
- ・核変換には専用システム(加速器駆動システム: ADS、等)を用いる。
- ・コンパクトな核変換サイクルにMAを閉じ込める。

- ・旧原研、旧サイクル機構ともに、発電用原子炉の燃料処理・分離プロセスには湿式を採用
- ・二法人統合後は、一体的に分離プロセスの研究開発を推進

分離対象元素

マイナーアクチノイドMA=Am, Cm及びNp

→長寿命核種

Sr-Cs→発熱性元素 (Cs-135 →長寿命核種)

PGM: 白金族元素 (Ru,Rh,Pd)

→有用元素

Tc-99→長寿命核種(また、貴重元素)

※ヨウ素については燃料溶解時の分離回収が合理的
(I-129が長寿命核種)

※使用済燃料からの分離では、まず多量に存在するU, Puを分離することが基本。その際のNpの分離回収、挙動制御が重要(その後のAm,Cm分離における回収漏れのU,Pu,Npの挙動を把握することも必要)

※Am,Cmと希土類元素(RE)は挙動が類似。ほとんどの場合別途分離工程を設ける必要有り。

RE:Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd

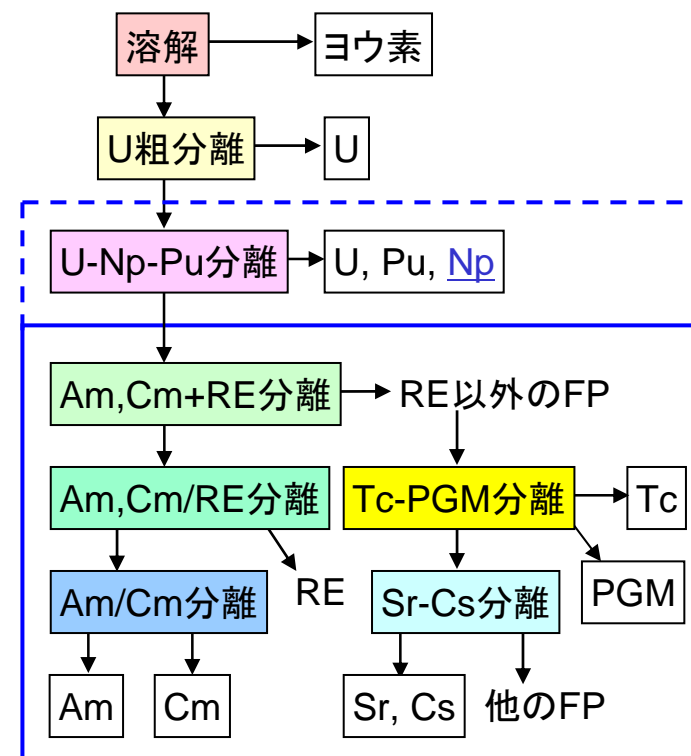


図 分離プロセスの一例

要素技術の組み合わせで様々な分離プロセスが構築される

旧JAERIにおける状況

-4群群分離プロセスの開発-

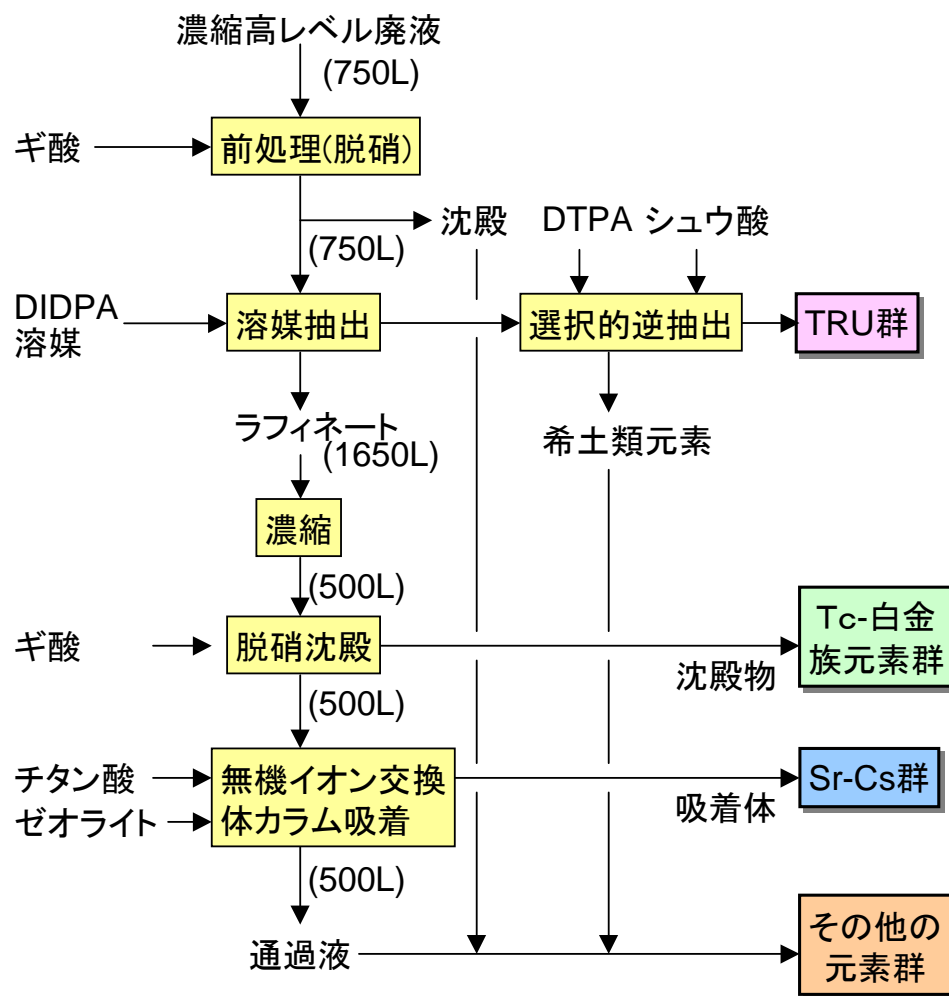


図 4群群分離プロセスのフローシート

カッコ内: 軽水炉使用済燃料(33,000MWd/t) 1tonより発生する高レベル廃液を処理する際の手扱い液量(リットル)

- 4群に分離

- ① 超ウラン元素(TRU)群 (Npも対象)→核変換
- ② Tc-白金族元素群→有効利用(備蓄)、Tcは核変換
- ③ Sr-Cs群: 発熱性元素→分離による廃棄物減容
- ④ その他の元素群→高密度固化

- 濃縮高レベル廃液を対象とする

- 再処理(Purex)に影響を与えない

- 前処理: 脱硝法 硝酸濃度を約0.5M、Zrの除去 但し、沈殿が生成

- NUCEF(燃料サイクル安全工学研究施設)のホットセルに、実プラントのおよそ1000分の1の規模の群分離試験装置を整備。これを用いて、模擬高レベル廃液によるコールド試験、少量の実高レベル廃液を用いたホット試験を実施。

- 想定どおりの分離性能が得られることを確認

- 各分離フラクションの組成、プロセス規模、二次廃棄物発生量等を評価

- プロセス規模はPUREX法再処理の30~35%と推定された。

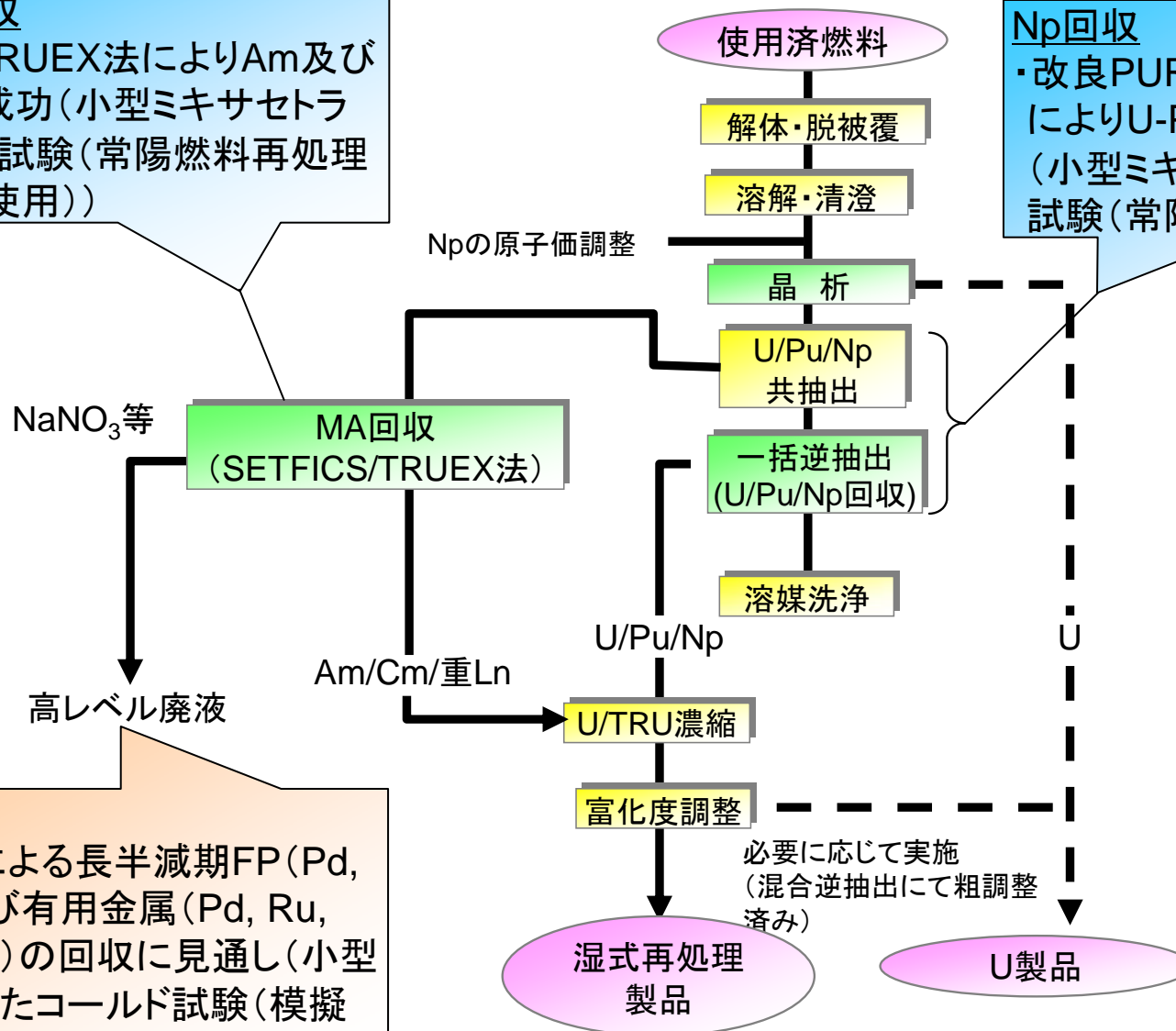
旧JNCにおける状況

Am及びCm回収

・SETFICS／TRUEX法によりAm及びCmの回収に成功（小型ミキサセトラを用いたホット試験（常陽燃料再処理ラフィネートを使用））

Np回収

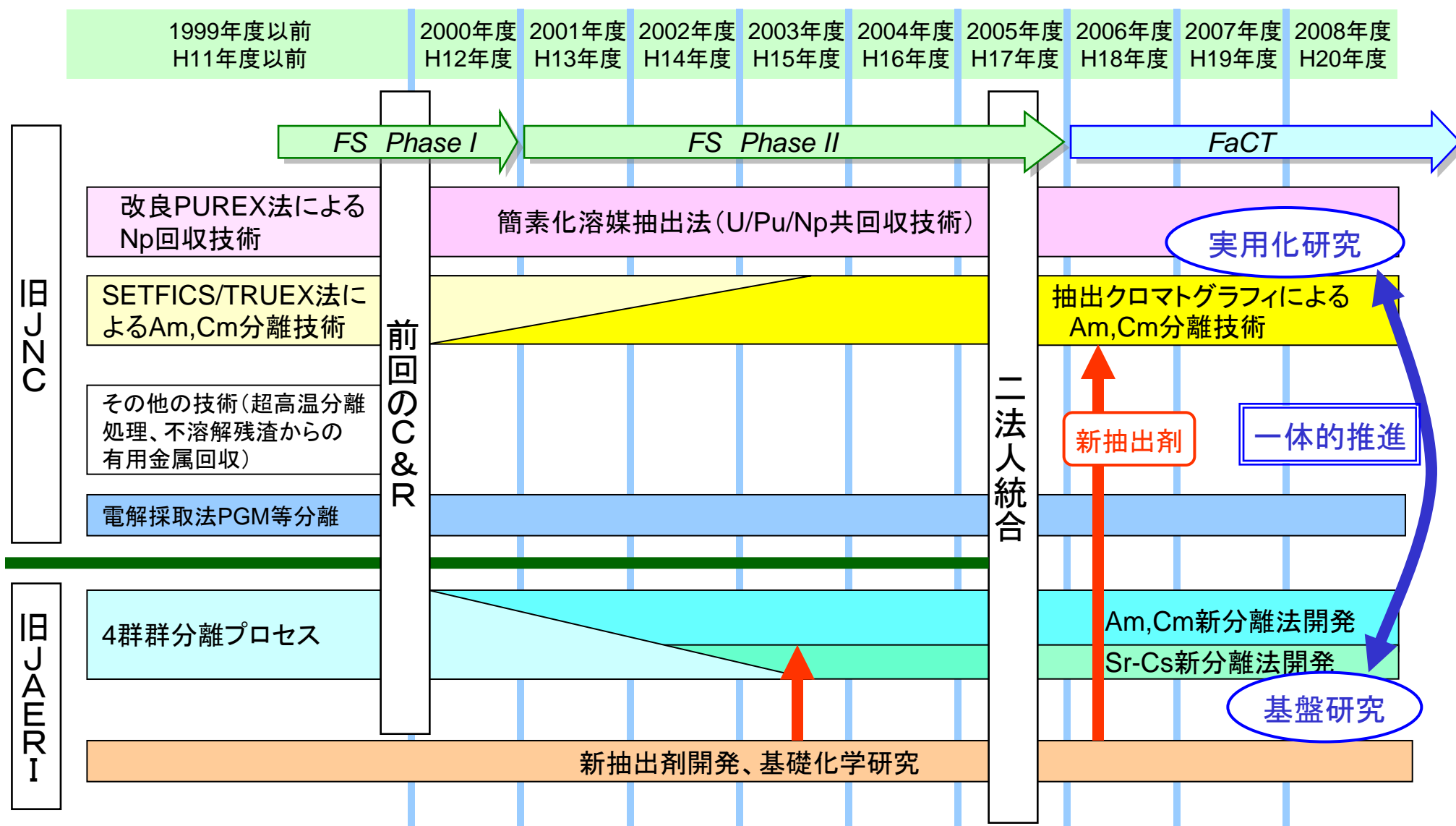
・改良PUREX法（Pu(VI)共存下）によりU-Pu-Npの共回収に成功（小型ミキサセトラを用いたホット試験（常陽燃料溶解液を使用））



FP回収

・電解採取法による長半減期FP (Pd, Tc, Se等) 及び有用金属 (Pd, Ru, Rh, Te, Se等) の回収に見通し（小型電解槽を用いたコールド試験（模擬高レベル廃液を使用））

研究開発の経緯



分離要素技術開発の取り組み

	平成12年頃までの取り組み		現在の取り組み	
	旧JNC	旧JEARI (4群群分離プロセス)	実用化研究 (NEXT法)	基礎基盤研究
U粗分離	改良PUREX法	(PUREX法を前提とする)	・晶析法	・沈殿法(ピロリドン誘導体) ・モノアミド抽出法
U-Np-Pu分離			・TBPによる共抽出法	・モノアミド抽出法
Am,Cm+RE分離	・TRUEX-SETFICS法 (CMPO抽出)	・DIDPA抽出法	・抽出クロマトグラフィ (抽出剤候補: CMPO, TODGA)	・溶媒抽出法(DGA系抽出剤) ・溶媒抽出法(高機能フッ素系希釈剤使用) ・イオン交換法(3級ピリジン樹脂)
AmCm/RE分離	・SETFICS法 (CMPO抽出)	・DIDPA抽出- DTPA逆抽出法	・抽出クロマトグラフィ (抽出剤候補: R-BTP, HDEHP, TRPEN, CMPO, TODGA)	・抽出クロマトグラフィ (PDA系抽出剤) ・溶媒抽出法(TRPEN, PDA, 等) ・イオン交換法(3級ピリジン樹脂-塩酸系)
Am/Cm分離	—	—	—	・イオン交換法(3級ピリジン樹脂-硝酸・エタノール系)
Sr-Cs分離	—	・無機イオン交換体吸着法(ゼオライト、チタン酸)	—	・新規吸着剤 ・抽出クロマトグラフィ ・ナノ分離剤担持複合吸着剤
PGM分離	・電解採取法	・脱硝沈殿法 ・活性炭吸着法	—	・電解採取法

旧JAERIにおける指摘事項への対応(4群群分離プロセス)

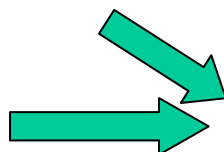
C&Rでの課題	課題への対応
実廃液を用いたプロセス 実証試験の実施	<p>濃縮実廃液を用いたプロセス実証試験を実施</p> <p>主工程一連の試験で元素分離性能の確認</p> <p>Am, Cm: 抽出率 >99.998%, 逆抽出率 99.98%</p> <p>Np: 抽出率 98.2%, 逆抽出率 >99.93%</p> <p>PGM沈殿率 >99%、Tc沈殿率 96.6%、Sr、Cs除染係数: 10^4, 10^6</p> <p>模擬廃液と実廃液とで元素挙動に違いなし。遠隔操作上の問題なし</p>
マイナーアクチノイド(MA) とREの分離法の開発	<p>DIDPA抽出-DTPA逆抽出法の再評価</p> <p>新抽出剤による分離法検討</p>
二次廃棄物発生量の低 減に向けた技術開発	<p>塩フリー試薬による溶媒洗浄法の検討</p> <p>リンを含まない抽出剤による分離法の検討</p>
分離後の各群の精製・処 理。試薬等の再利用技術	<p>未着手。新しい分離法の研究を優先実施。</p>

実験室規模では
高回収率を実証

プロセスの評価

- ・経済性向上には、DIDIPA抽出工程の前処理における沈殿生成の回避が有効と推定
- ・現状のDIDPA-DTPA法では、廃液処理の効率化等に限界

新抽出剤の開発に成功



新分離法の研究を実施

4群群分離プロセス
は比較対象とする

旧JNCにおける指摘事項への対応

C&Rでの課題	課題への対応
Np回収、Am及びCm回収(改良PUREX法及び改良TRUEX法)	
実廃液を用いたプロセス実証試験(遠心抽出器への適合性評価)	実液を用いた小型遠心抽出器による向流抽出試験を実施。基本性能を確認。
より効率のよいMA/Ln分離法の開発	より効率的な分離に向けて抽出クロマトグラフィの開発に着手
プロセス設計のためのシミュレーション技術開発	プロセス条件最適化に向けた計算コードの利用・改良
二次廃棄物の低減化技術開発	ソルトフリー試薬の導入による二次廃棄物低減
FP回収(電解採取法)	
実廃液を用いた試験実施	トレーサーレベルの実溶解液を用いた試験を計画(平成21年度)
メカニズム解明、電解採取条件最適化	模擬廃液を用いた試験によるメカニズム解明及びこれを踏まえた電解採取条件最適化
工学装置検討	—

Am,Cm+RE分離—ジグリコールアミド(DGA)抽出剤の開発—

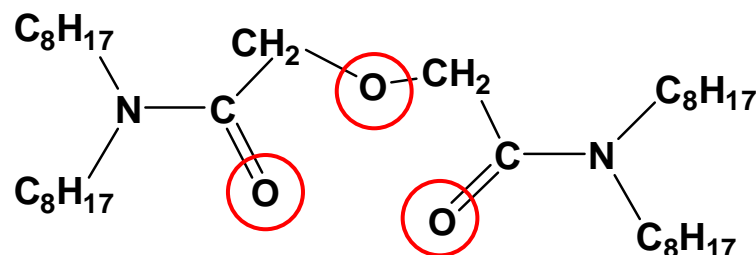
従来のAm,Cm+RE抽出剤の問題点

- ・ 有機リン化合物(DIDPA, CMPO等) : 二次廃棄物発生
- ・ 酸性抽出剤(DIDPA等) : 酸濃度低下が必要、沈殿生成
- ・ 2座配位抽出剤(CMPO, マロンアミドなど)
抽出能力の不足、逆抽出が非効率的



上記を解決する3座配位抽出剤TODGAを開発

- ・ 抽出、逆抽出が効率的、ドデカンに易溶
- ・ アミド系化合物(CHON原則) : 廃棄物低減



TODGA : テトラオクチルジグリコールアミド

→FaCT計画における抽出クロマトグラフィでの利用も検討中
→欧州でもTODGAの利用法を活発に研究開発

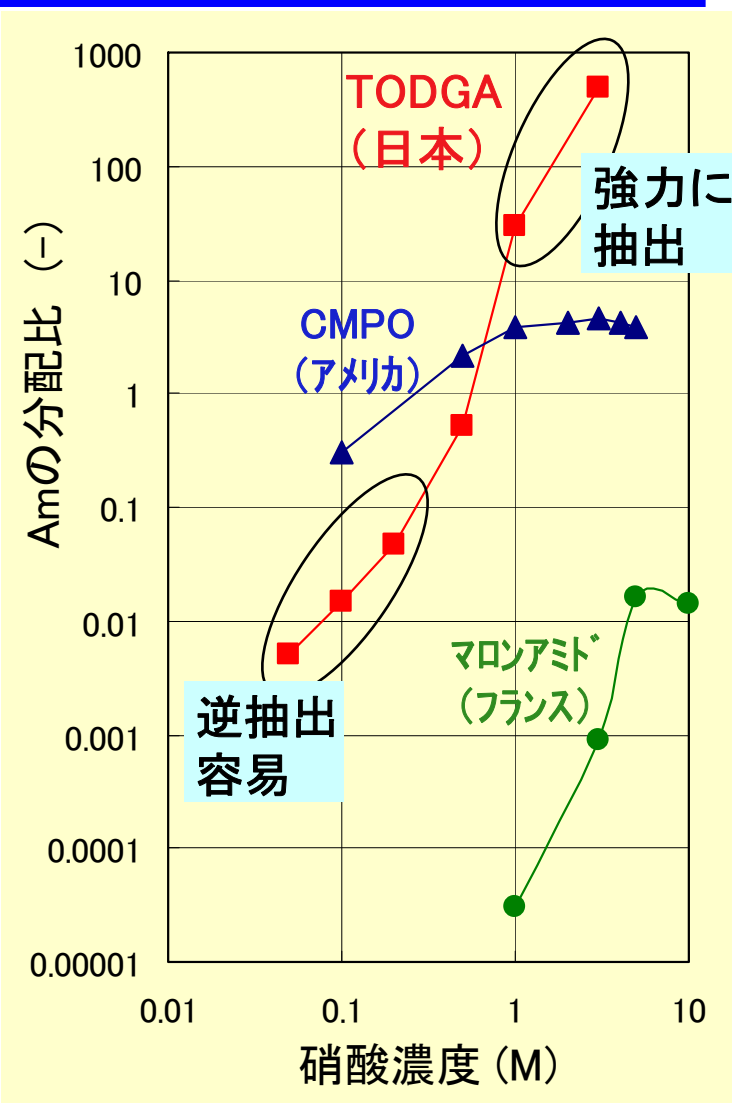
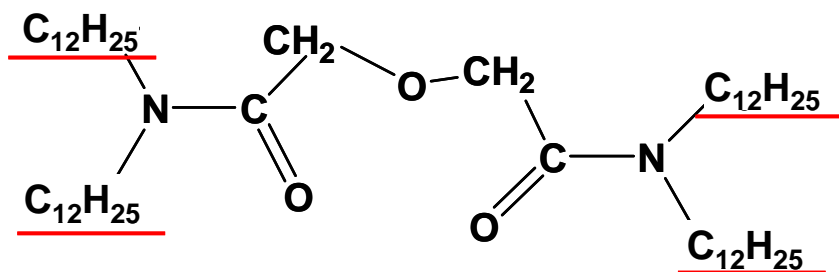


図 有力なAm,Cm+RE
分離用抽出剤の比較

Am, Cm+RE分離－DGAによる抽出分離プロセスの開発－

分離プロセス開発の要点のひとつ：
第三相生成を防止した上で、**抽出容量**の拡大

TODGAよりも抽出容量が約5倍の
TDdDGAを開発



TDdDGA：テトラドデシルジグリコールアミド
(ドデシルDGA)

- ・バッチ抽出試験で有効性を確認
- ・現在、模擬溶液による連続抽出試験を実施中
回収率、除染係数等を確認する

👉 今後、Am等を用いた試験を実施。プロセス最適化を図る。
さらには、実液による試験が必要

分離プロセスフロー(残留するU, Pu, Npも考慮)

高レベル廃液(硝酸1-2M)

An(III), An(IV)抽出 → FP, U(VI)

An(III)逆抽出 → Am, Cm, RE

An(IV)逆抽出 → Np, Pu

※An(III):Am, Cm An(IV):Np, Pu

本結果は、特別会計に関する法律(エネルギー対策特別会計)に基づく文部科学省からの受託事業として日本原子力研究開発機構が実施した平成19年度「新規抽出剤・吸着剤によるTRU・FP分離の要素技術開発」の成果です。

Am,Cm/RE分離技術開発

従来のAm,Cm/RE分離法：錯化剤を利用する抽出分離法

水溶液中での錯形成能の違いを利用してREからAm,Cmを分離

例： DIDPA／DTPA (ジエチレントリアミン五酢酸) 4群群分離法 (旧JAERI)
CMPO／DTPA (ジエチレントリアミン五酢酸) SETFICS (旧JNC)
マロンアミド＋HDEHP／HEDTA DIAMEX/SANEX (仏CEA)

問題点：・元素量の多いREが有機相に残るため、その後処理の負担が大。
・pH領域での錯形成を利用するため、酸溶液での分離は難しい。
・錯化剤、pHを維持するための緩衝液などが二次廃棄物となる。

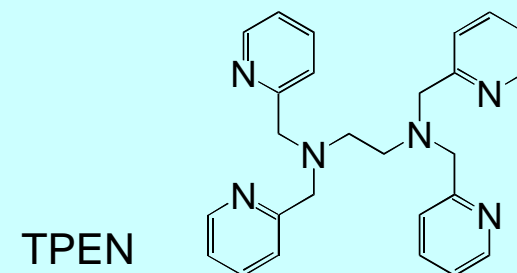


世界的傾向：ソフトドナー系抽出剤を利用する分離法の研究開発

※ソフトドナー：窒素(N)、イオウ(S)などの配位子 ↔ ハードドナー：酸素(O)

ソフトドナー抽出剤は REよりもAm,Cmと良く結合

- ・ Nドナー多座配位抽出剤TPENの研究
- ・ オリゴピリジン型配位子、キラリティー制御型配位子、大環状配位子の研究
- ・ ハイブリッド型抽出剤ピリジンアミド(PDA)の開発



TPEN

水溶性なので、アルキル基導入による疎水化配位子を開発中

TPEN: N,N,N',N'-tetra(2-methylpyridyl)ethylenediamine

Am,Cm/RE分離 —PDA抽出剤の開発—

これまでの窒素ドナー系抽出剤の問題点

- ・ 配位能力が小さく、Am,Cmの分配比が小さい。
- ・ pH領域でしか分離性能が発揮されない。
- ・ 化学的安定性が低い。



ハイブリッド型抽出剤ピリジンアミド(PDA)

高濃度硝酸でのAm,Cm/RE分離可能、
化学的に安定

5M硝酸での分配比

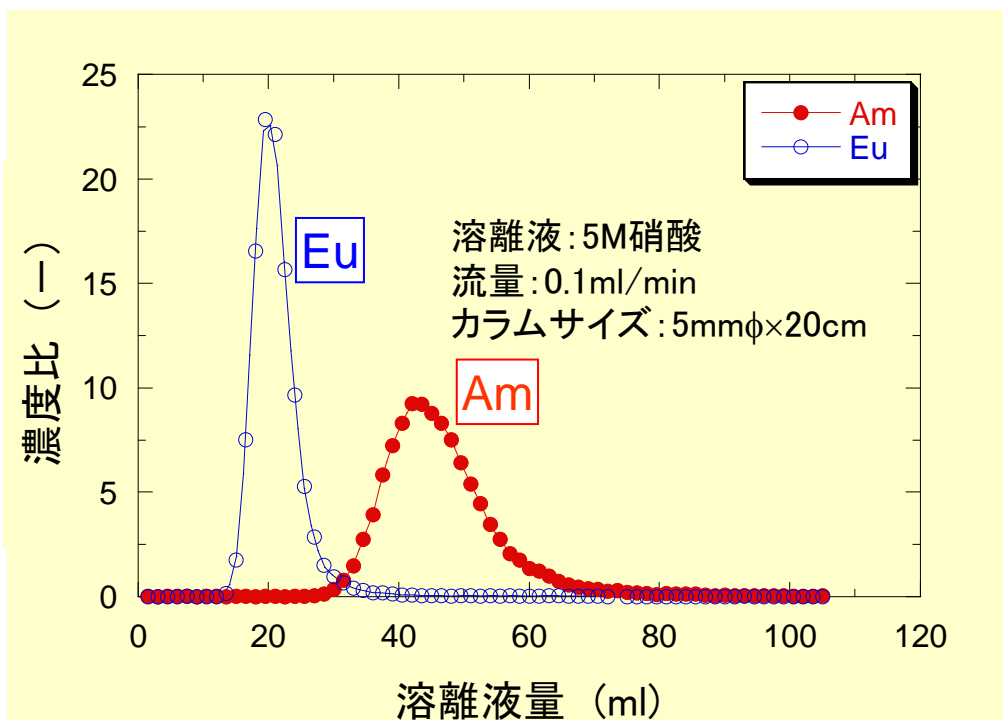
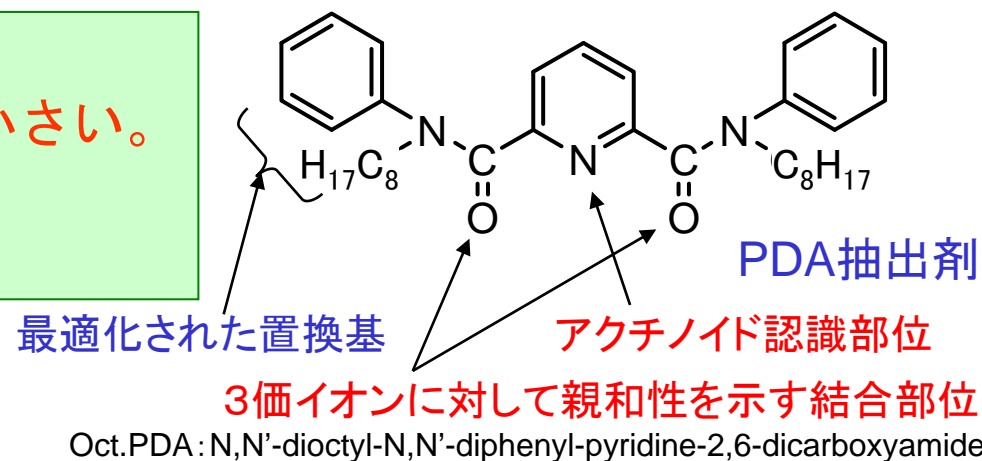
Am: 22.8, Nd: 4.8, Eu: 7.8, Gd: 8.4

分離係数 Am/Nd: 4.8, Am/Gd: 2.7

抽出クロマトグラフィ小規模カラム試験で
AmとEuとの相互分離を確認(5 M硝酸)



スケールアップ検討、実液試験が必要



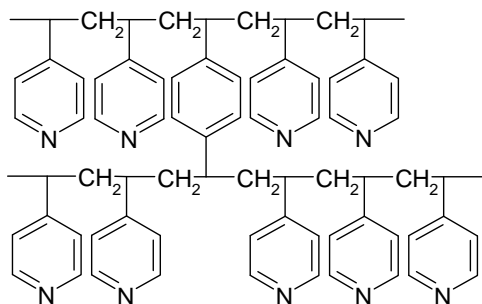
Am/Cm分離 —三級ピリジン樹脂吸着法—

Am/Cm分離の意義

- ・ Cmの発熱・中性子発生が大きく、Cmを分離すればAmの取扱い非常に楽になる。
- ・ Cmで最も存在比の多い同位体は、Cm-244であり、その半減期は18.1年である。
- ・ Cmを分離後、保管すれば、Cm-244はPu-240に崩壊し、このPu-240を核変換する方が格段に効率的である。

→ Cm分離、遅延リサイクル

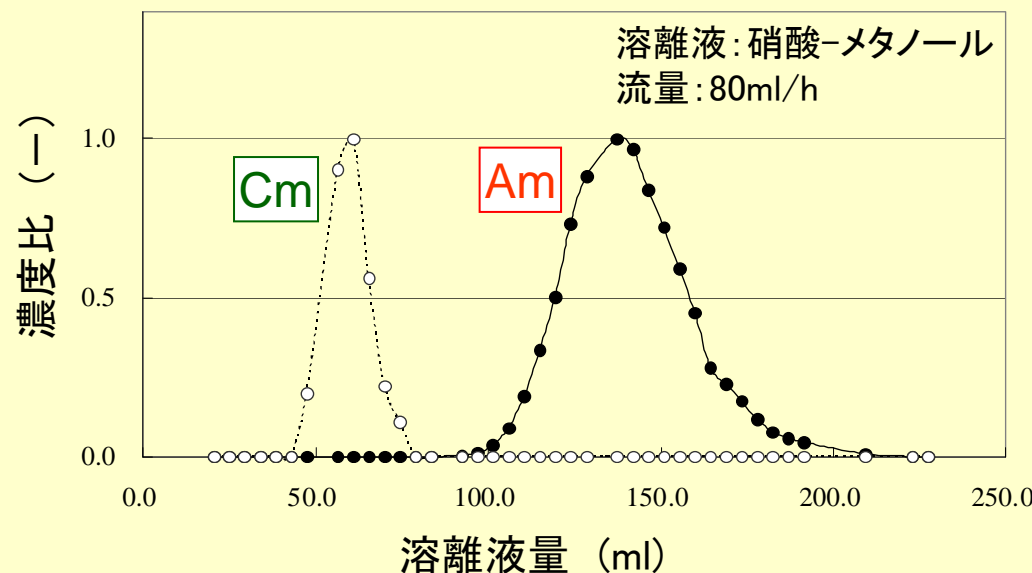
三級ピリジン樹脂吸着分離法



多孔性シリカ
ビーズ表面に
コーティング

- ・ 東工大で開発したソフトなイオン交換樹脂
- ・ 硝酸-アルコール溶液系でAm/Cm分離が可能
- ・ 高燃焼照射済燃料を使用した試験を実施

実液小規模試験で、Cm-Am間の
分離係数として $> 2.2 \times 10^3$ を達成



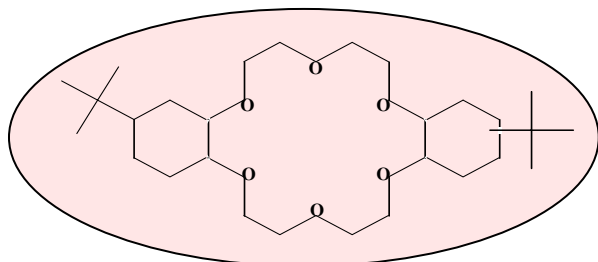
Sr-Cs分離技術開発

これまでのSr-Cs分離技術の問題点

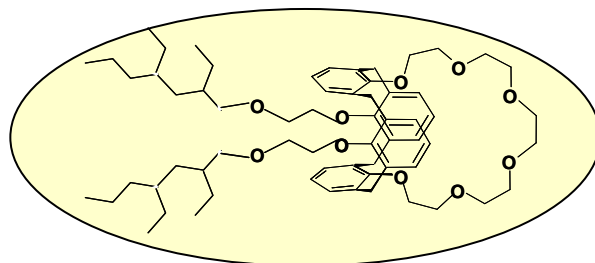
- ・ 無機イオン交換体吸着法：酸濃度低、pH高の溶液で吸着（特にSr）
- ・ 溶媒抽出法：特殊な希釈剤、廃液処理困難



- ・ 高濃度硝酸溶液で使用可能な無機吸着剤の研究
Cs吸着剤では水熱合成酸化物に可能性(左図)。
Sr吸着剤については「酸性」溶液で使用可能まで
- ・ 抽出クロマトグラフィの研究
※希釈剤不要、高純度分離の可能性大
Sr用：クラウンエーテル、Cs用：カリックスクラウン

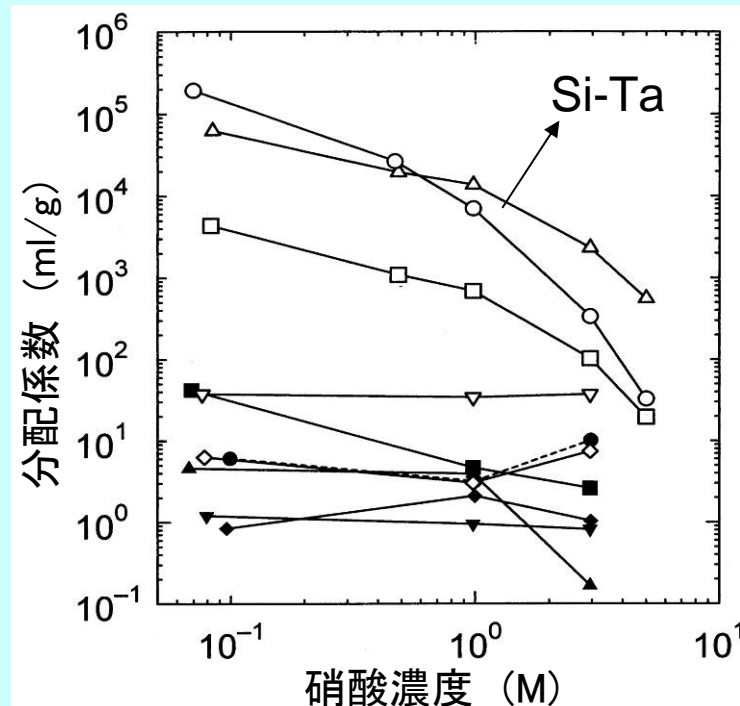


DtBuCH18C6 (Sr吸着剤用)



Calix-crown R14 (Cs吸着剤用)

Cs吸着分配比測定結果 Si-Ta混合酸化物



固化法の検討も必要

模擬FP+RI(Am, Np, Tc), Puの溶液を用いた
カラム試験を実施。

→プロセス構築の可能性を確認する。

Cs吸着カラム試験

抽出剤：Calix-crown R14

改質剤：1-ヘキサデカノール

Feed：4M硝酸溶液

Sr吸着カラム試験

抽出剤：DtHexCH18C6

改質剤：1-ドデカノール

Feed：2M硝酸溶液

分離プロセス構想

アクチノイド分離後液

Cs吸着分離

Cs

高除染分離

Srフラクション

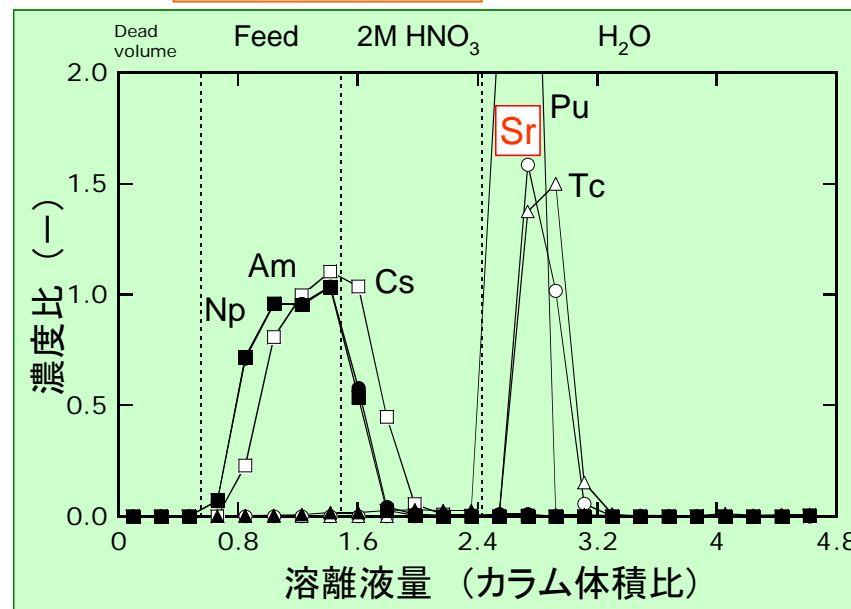
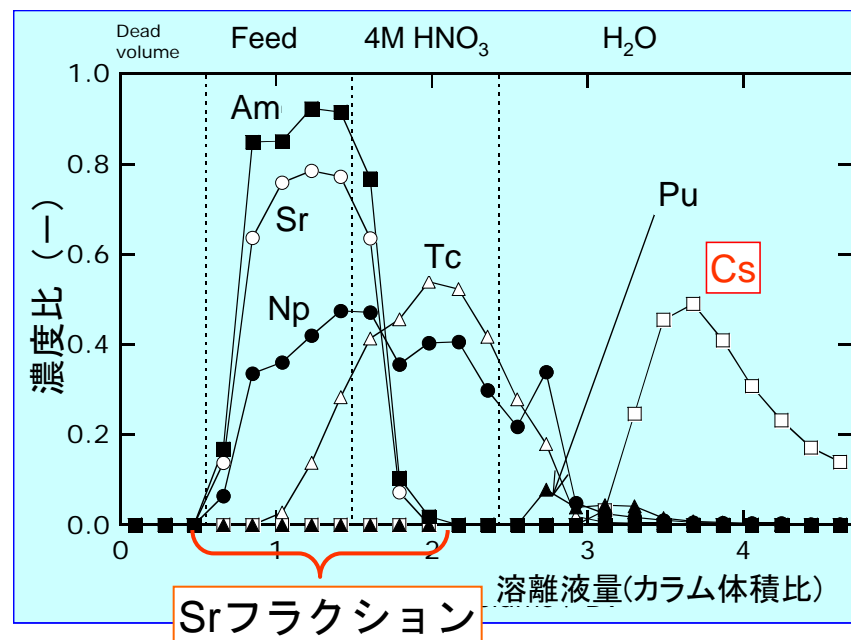
Pu

Sr吸着分離

Sr

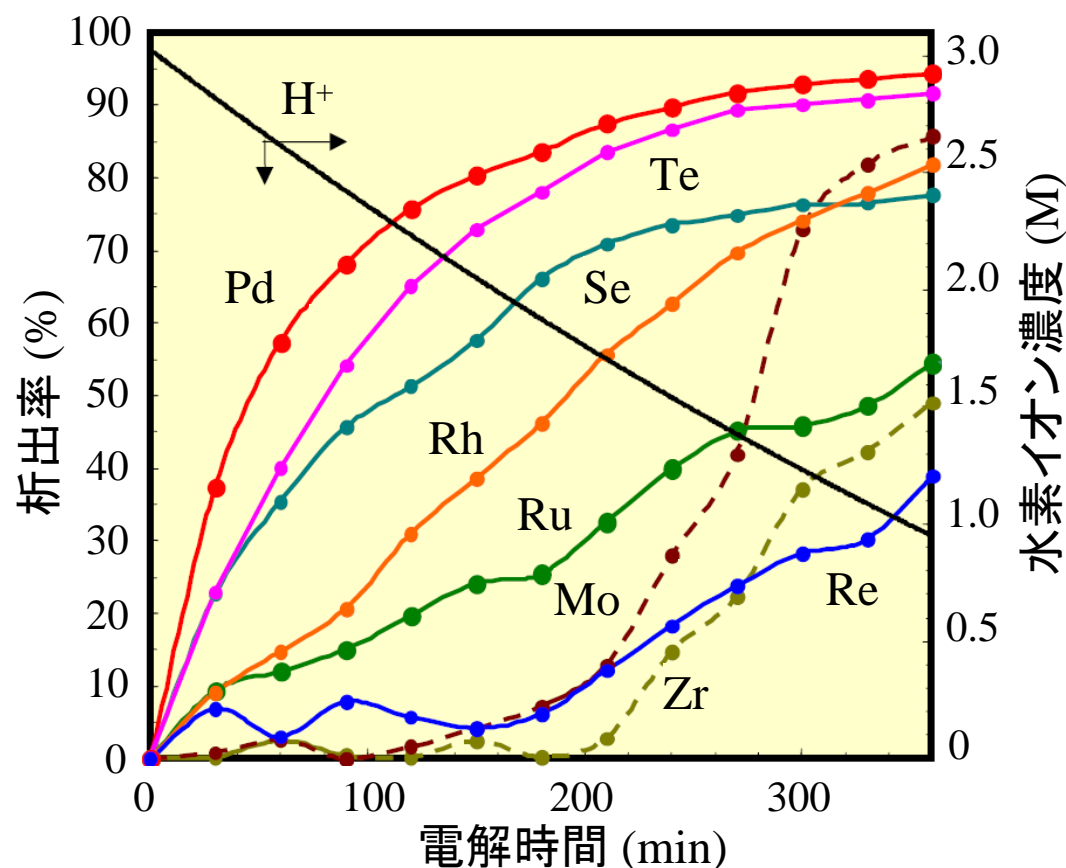
混入する可能性の
ある元素はTcのみ
(α 核種混入無し)

他のFP, Am

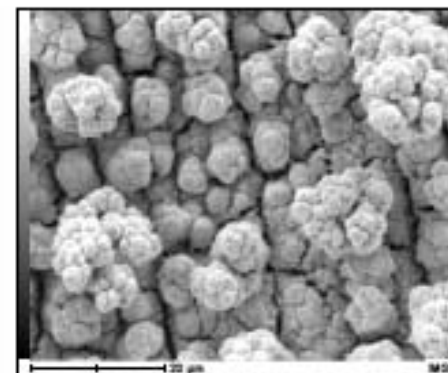


本結果は、特別会計に関する法律(エネルギー対策特別会計)に基づく文部科学省からの受託事業として日本原子力研究開発機構が実施した平成19年度「新規抽出剤・吸着剤によるTRU・FP分離の要素技術開発」の成果です。

PGM等の分離（電解採取法）と利用



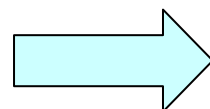
- ・模擬高レベル廃液(2.5M硝酸)からは REDOX 電位列に従って析出するが、 RuNO^+ 、 ReO_4^- 及び TcO_4^- の析出率は 30~50% と低い。
- ・しかし、Pd の添加で回収率向上が可能。
- ・ $\text{H}^+ < 2\text{M}$ で Mo 及び Zr が共沈。回収可能



4種混合析出マイクロ触媒

- ・共存イオン(Pd^{2+} , Rh^{3+})の触媒効果によって Ru, Re, Tc の析出率が飛躍的に向上 (Pd, Rh 添加による回収率向上が可能)
- ・非貴金属触媒の探索、実 HLLW への適用研究を行う(今後)

利用研究
への展開



- ・回収希少金属の電気化学利用
- ・混合析出希少金属の触媒利用(高水素製造触媒活性を確認)
- ・ CO_2 還元触媒としての利用検討(今後)

FaCTにおける燃料サイクルシステムの設計要求

- 高速増殖炉サイクル実用化研究開発(FaCT)における設計要求(考え方)

- 安全性(信頼性)、持続可能性、経済性、核不拡散性等を指標
- MA回収及びFP回収については以下を考慮

- MA回収

FBRサイクルからの廃棄物の潜在的有害度を国内外の次世代軽水炉サイクルシステムと比較して大きく低減する

← 回収率として、U: 99.9%以上、TRU: 99.9%以上

(TRUは、Pu、Np、Am、Cm の総和)

- FP回収

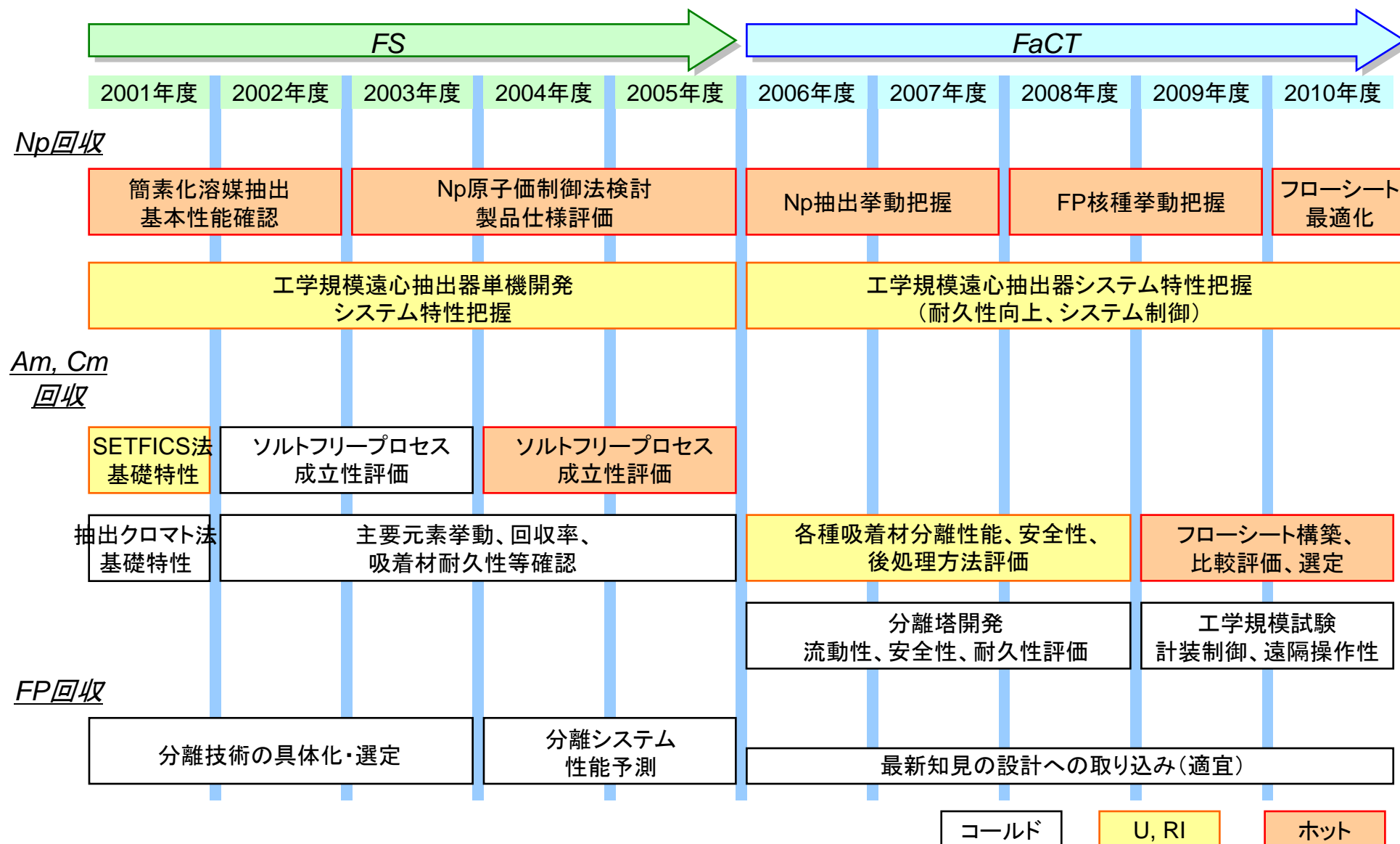
FP(Sr, Cs, Mo, 白金族類)の分離回収によるガラス固化の合理化を行い、高レベル廃棄物の発生量を六ヶ所再処理施設の発生量の1/5とする

← 目安としての目標値:

発熱FP(Sr, Cs)、Mo、白金族(Ruなど)の回収率: 各々90%以上

注: 上記の達成を目指した研究開発計画に基づく、要素技術開発の進捗及び設計検討内容の妥当性について、外部委員による評価を予定している

FS及びFaCTスケジュール(MA及びFP回収関連)

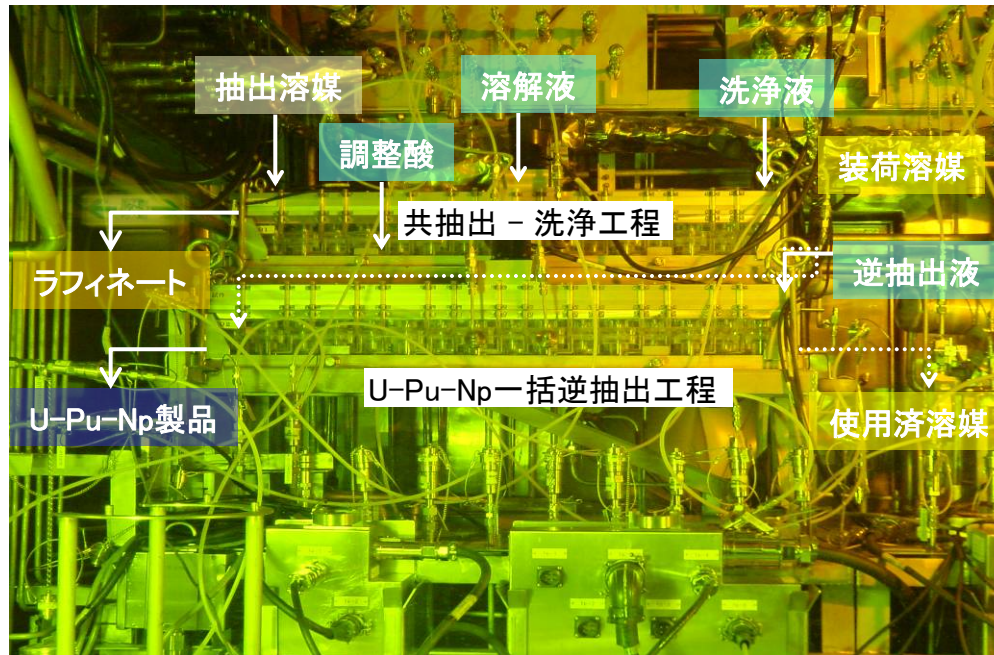


Np回収に関する開発状況

• U-Pu-Np共回収プロセス開発(簡素化溶媒抽出開発)

➤ U-Pu-Np 共回収条件の検討

- 抽出シミュレーションコードによるフローシート設計
- 小型遠心抽出器を用いたホット試験(常陽燃料溶解液を使用)
 - DF(全 γ): $\sim 10^4$
 - U及びPu回収率: $\sim 99.9\%$
 - Np回収率: $\sim 99\%$ (ラフィネートへの損失率として1%程度)



簡素化溶媒抽出ホット試験

◆抽出シミュレーションコード MIXSET-Xを用いたフローシート設計

- 抽出器内におけるNp原子価の変化(及びその反応速度)を考慮
- 段効率及び温度の影響を考慮

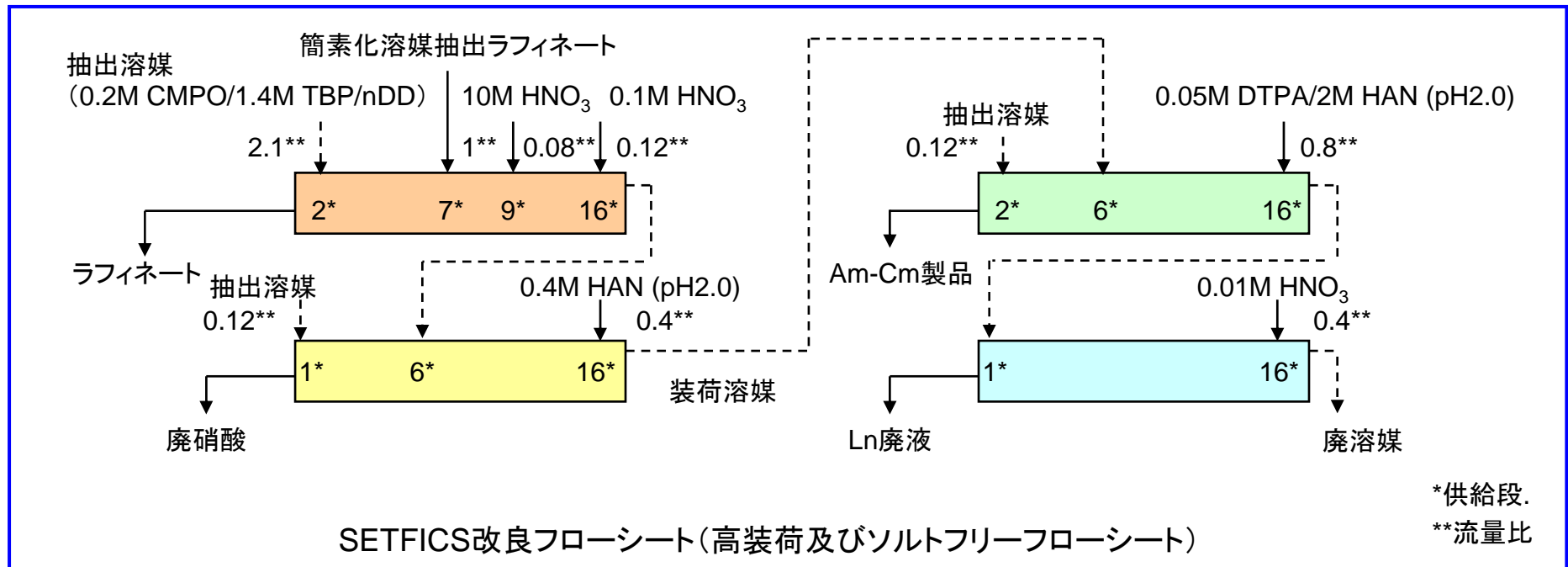
◆小型遠心抽出器を用いた向流抽出ホット試験

- ローター径: 30 mm(外径)
- ローター回転数: 2,500 – 3,500rpm
- 最大流量: 5.5 L/h
- ホールドアップ量: 25 ml/ステージ
- 16ステージ/バンク

Am及びCm回収に関する開発状況

溶媒抽出によるAm-Cm回収プロセス開発

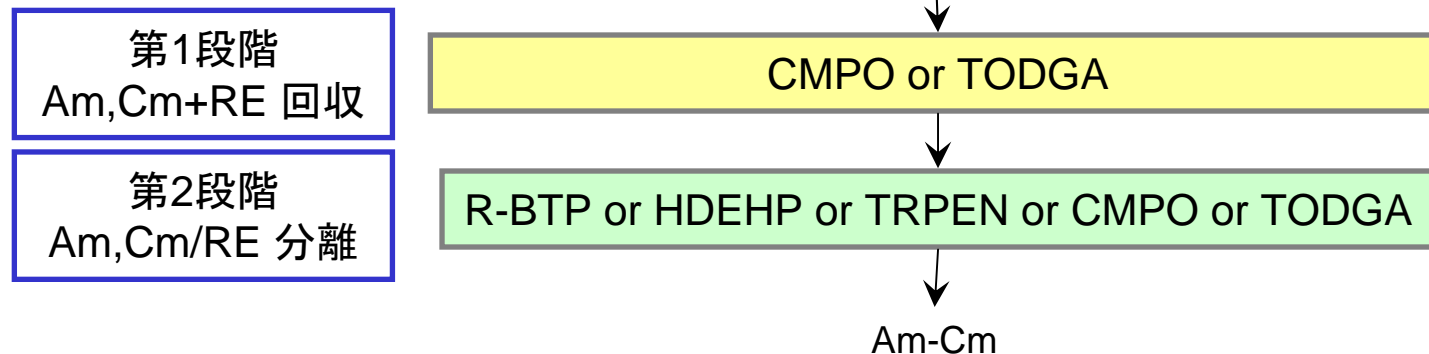
- SETFICS (Solvent Extraction for Trivalent f-elements Intra-group Separation in CMPO-complexant System) フローシート条件の改良
 - 高金属装荷条件 (溶媒組成の変更 (TBPの高濃度化))
 - ソルトフリー試薬の採用 (塩析剤としてHANを使用)
 - 小型遠心抽出器を用いたホット試験 (常陽燃料再処理ラフィネートを使用)
 - $DF_{Cs} > 3100$, $DF_{Pr} > 10$, $DF_{Nd} \sim 1.8$, $DF_{Sm} \sim 1.9$
 - Am及びCmの損失率 $< 1\%$



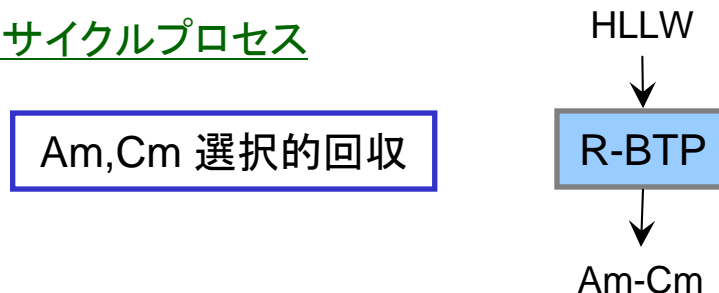
Am及びCm回収に関する開発状況

- 抽出クロマトグラフィによるAm-Cm回収プロセス開発
 - より高性能なAm-Cm回収プロセスの確立に向けた検討
 - より効率化(経済性向上)が期待できる抽出クロマトグラフィの適用を検討
 - 代表的な抽出剤(CMPO, TODGA, R-BTP, HDEHP, TRPEN)を担持した吸着材を対象とした比較評価
 - 分離性能、安全性及び吸着材後処理の観点から総合的に評価・選定

2サイクルプロセス



単サイクルプロセス



比較評価対象とするプロセス構成

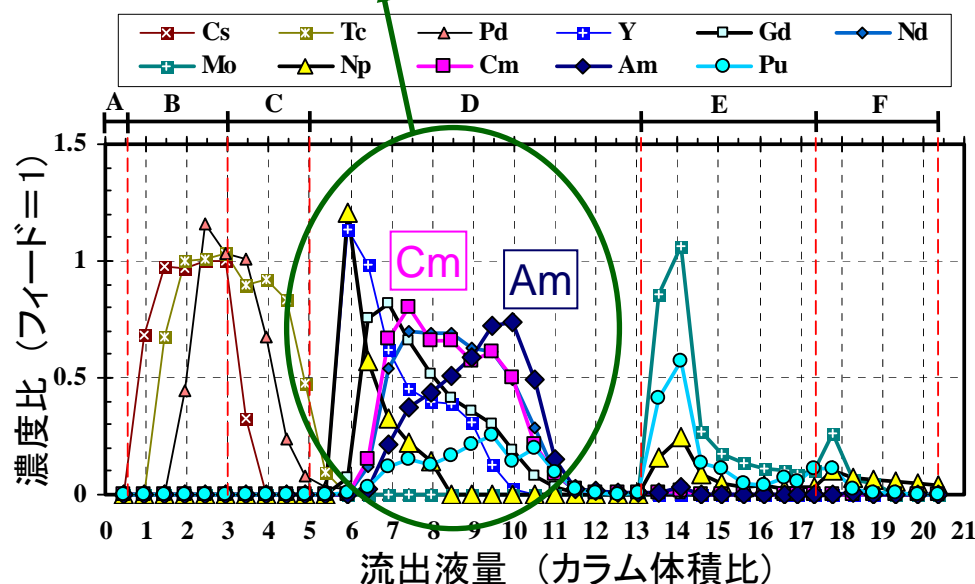
Am及びCm回収に関する開発状況

抽出クロマトグラフィによるAm-Cm回収プロセス開発

➤ 分離性能比較評価

- バッチ試験による基本データ取得
- カラム試験による吸着溶離挙動取得

Am, Cm+REとして回収が可能

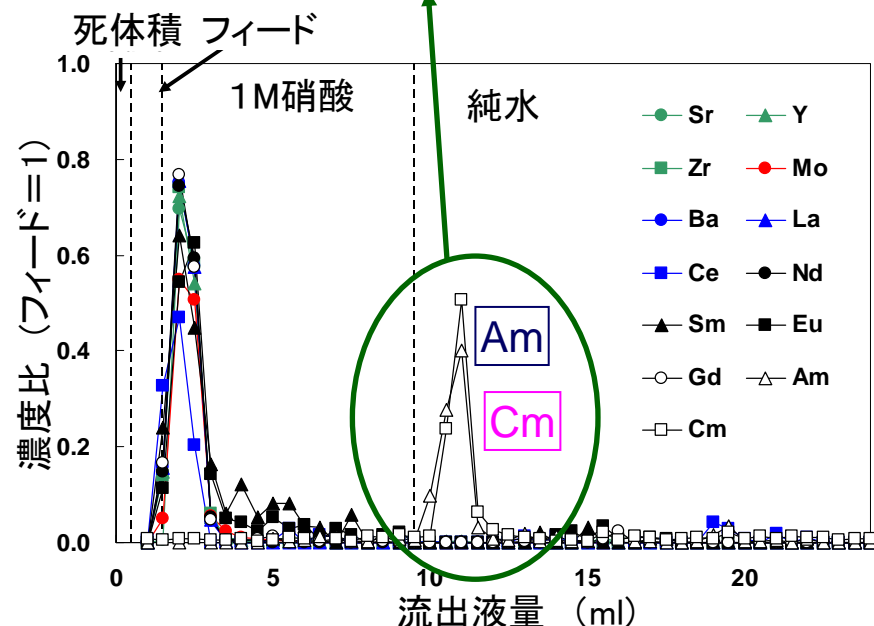


CMPO吸着材カラムによるカラム試験(RI試験)の結果

カラム: $\phi 10\text{mm} \times h150\text{mm}$ 、温度: 50°C 、流速: 1ml/min
 A: 死体積 B: フィード液(約25ml)、C: 4.76M硝酸、D: 純水、
 E: 0.5Mシュウ酸、F: 0.1M炭酸ナトリウム

本結果は、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、日本原子力研究開発機構が実施した平成19年度「抽出クロマトグラフィ法によるMA回収技術の開発」の成果です。

HLLWからAm, Cmのみを選択的に回収可能



R-BTP (iHex-BTP) 吸着材カラムによるカラム試験 (ホット試験) の結果

カラム: 分析用微小カラム($BV: 2\text{cm}^3$)、流量: 約 0.1ml/min
 供給液組成: ふげん UO_2 燃料再処理廃液(ラフィネート)の硝酸濃度を1Mに調製

Am及びCm回収に関する開発状況

- 抽出クロマトグラフィによるAm-Cm回収プロセス開発
 - MA回収フローシート構築
 - ←各吸着材を用いたMA回収用フローシートの構築・比較評価
 - ←取得・蓄積したデータを基に総合的に評価し、最適なMA回収フローシートを選定
- 抽出クロマトグラフィによるAm-Cm回収機器開発
 - 分離塔開発
 - 流動性(固体・液体・気体)、安全性(火爆・閉塞)、耐久性(分離性能等変化)評価
 - 工学規模試験
 - ←計装制御(火爆・閉塞対策等)、遠隔操作性(吸着材充てん・拔出等)評価

プロセス開発における総合評価の項目(案)

分類	評価項目	評価すべき量
分離性能I(吸着材)	吸着・溶離特性	分配係数
	飽和吸着容量	飽和吸着容量
	溶出特性	溶出液量
安全性	耐酸性	飽和吸着容量、分配係数等
	耐放射線性(γ線)	飽和吸着容量、分配係数等
	耐熱性	分解開始温度、反応熱等
使用済吸着材処理	回収特性	回収率
分離性能II(フローシート)	回収率	Am及びCm回収率
	除染係数	FP等の除染係数
	溶液種類・量	用いる化合物の種類、プロセス流体量等

* 評点は合計100点とする。分離性能I(吸着材)、安全性、使用済吸着材処理は、複数の抽出剤を用いる場合には、低い点数を持って合計を算出する。

FaCT計画におけるC&R

【2010年度末】

☆採用する各革新技术の決定

Np回収: 簡素化溶媒抽出法

Am及びCm回収: 抽出クロマトグラフィ

【2015年度末】

☆実証燃料サイクル施設(再処理+燃料製造)の概念設計

☆実用燃料サイクル施設(再処理+燃料製造)の概念設計

☆実用化までの研究開発計画の提示

さらにその先を想定すれば

【2030年度頃】

MA分離を含むパイロットプラント: 実証燃料サイクル施設

【2050年度頃】

MA分離を含む商用プラント: 実用燃料サイクル施設

MA分離プロセスの成立性検討
(処理能力、回収率、除染係数
工学的安定性、安全性、装置)

代替技術の検討
抽出剤等の基盤研究
FP分離の基礎的検討
周辺技術の開発

実証施設で採用するMA分離プ
ロセスの決定
(FP分離プロセス付加の検討)

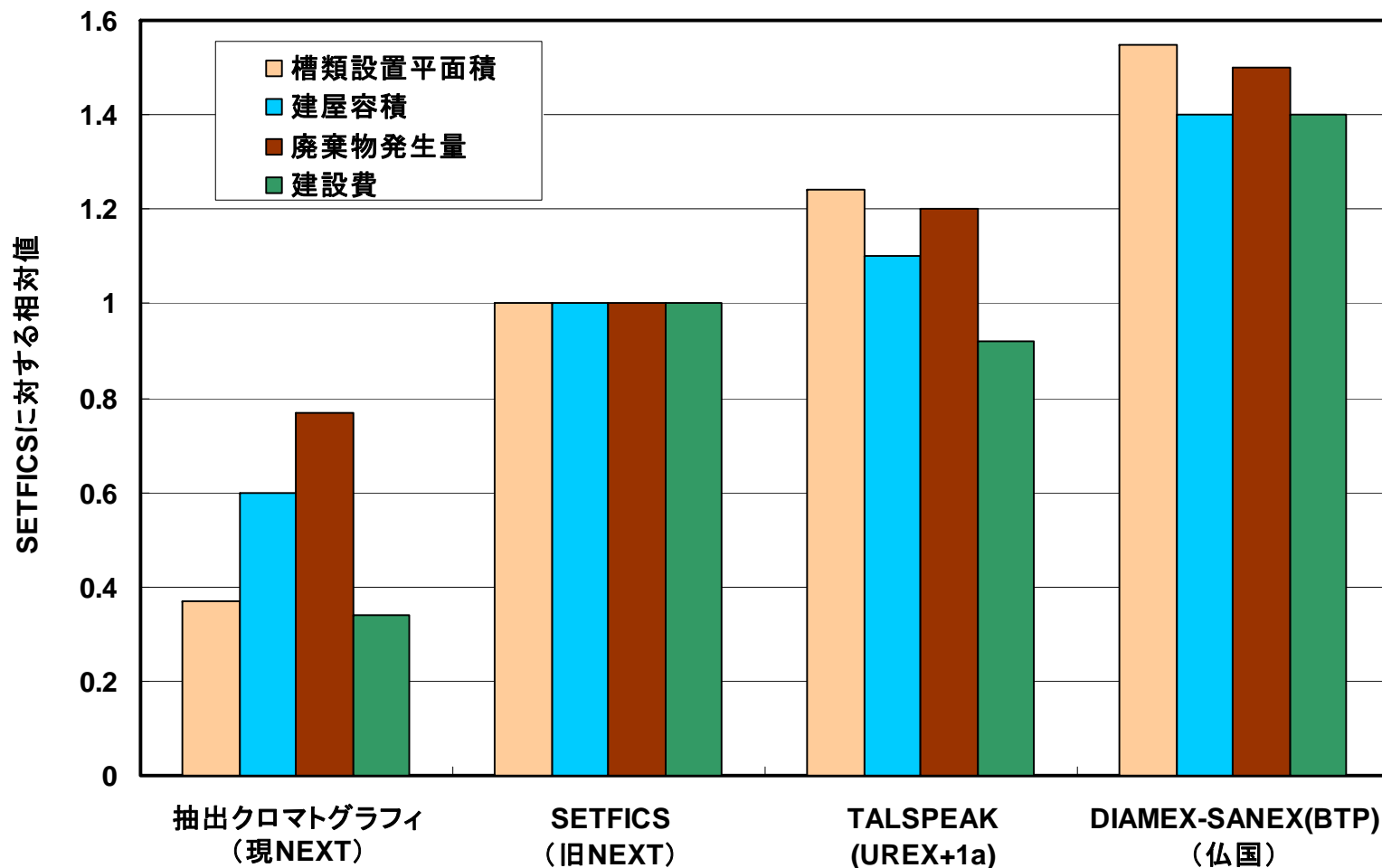
生ずる課題を解決するた
めの検討(工学的、基盤的)

実用施設的设计

補足資料、参考資料

- 溶媒抽出によるAm-Cm回収プロセス開発

➤ より効率化(経済性向上)が期待できる抽出クロマトグラフィの適用を検討



200tHM/y再処理プラントにおける高レベル廃液処理量での比較

FaCT(MA及びFP回収関連)の今後の計画

2006

2010

2015頃

H22

H27頃

高速増殖炉サイクル実用化研究開発(FaCTプロジェクト)

期待する成果

- 採用する各革新技术の決定
 - ✓ 簡素化溶媒抽出法(U-Pu-Np共回収)
 - ✓ 抽出クロマトグラフィ(Am及びCm回収)

期待する成果

- 実証燃料サイクル施設の概念設計
- 実用燃料サイクル施設の概念設計
- 実用化までの研究開発計画の提示

- 長期的課題(基礎的な研究開発)
 - ✓ FP回収

- 長期的課題(基礎的な研究開発)
 - ✓ FP回収

チェック&レビュー^{*1}

*1 クライテリア(成果目標)は以下のとおり

- U-Pu-Np共回収: 最適一括回収プロセス条件の確立
 ・ 所定の処理能力、安定運転、耐久性について遠心抽出器の成立性を提示
- Am及びCm回収: 所定の処理能力、回収率、除染係数が達成できるフローシートの提示
 ・ 装置安全性、所定の処理能力、安定運転成立性の提示

チェック&レビュー^{*2}

*2 クライテリア(成果目標)は以下のとおり

- U-Pu-Np共回収: ホット工学試験が開始できること
 Am及びCm回収: ホット工学試験が開始できること

溶媒抽出法と抽出クロマトグラフィ

溶媒抽出法: 抽出剤を含有する有機相と硝酸溶液等の水相との間の分配平衡が元素により異なることを利用する分離法。

利点: 連続多量処理が容易。高い回収率と高い分離度。工業的な経験が豊富。

課題: 取扱液量増大、装置規模拡大の可能性。希釈剤の選択。第三相生成防止。

抽出クロマトグラフィ: 抽出剤を適当な単体に保持し、固液間抽出で分離。

利点: 希釈剤不要。特に高い分離度。装置がコンパクト(抽出剤の高密度充填)

課題: 原子力界での工業的な経験が少ない。遠隔操作、保守性。溶離液量増大の可能性。

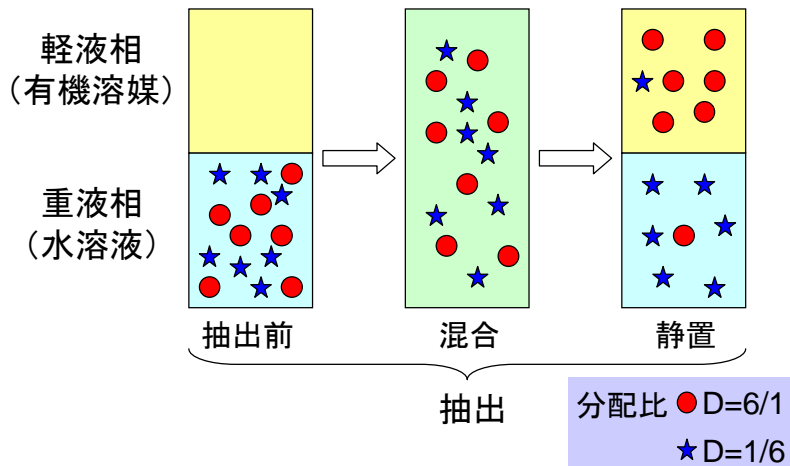


図 溶媒抽出法概念図

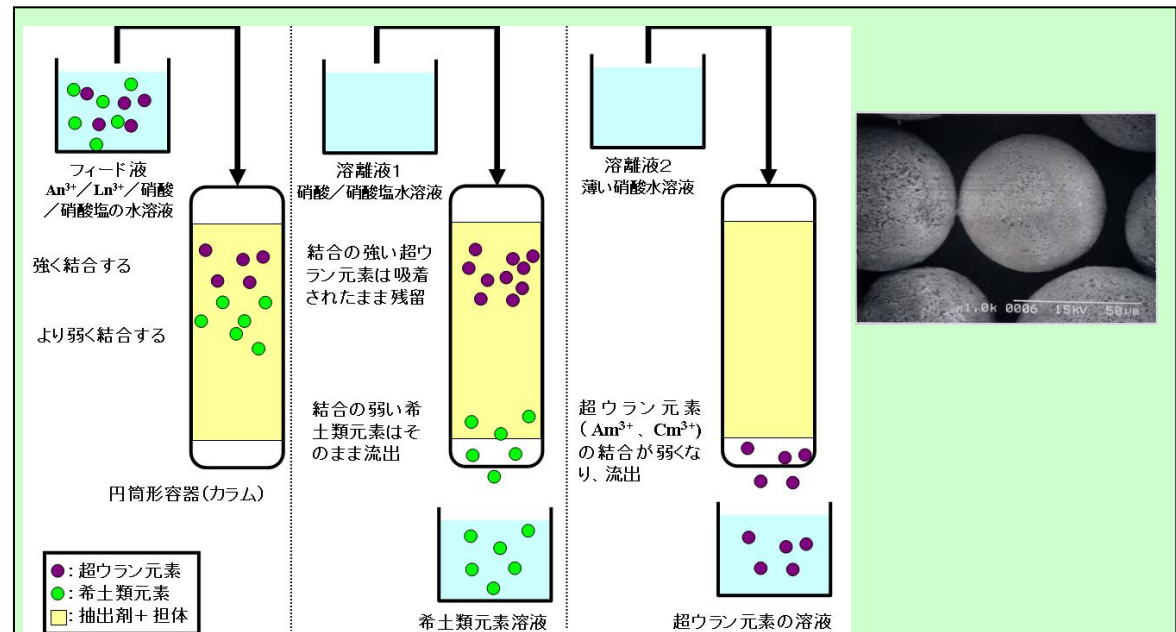


図 抽出クロマトグラフィ概念図