

「少量核燃」を対象とした核燃料物質安定化処理技術の 体系化に向けた基礎基盤研究



令和8年7月10日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

原子力科学研究所

目次

1. 概要

2. 成果目標

3. 実施内容

本内容は、福井大学、長岡技術科学大学、九州大学、東京科学大学、京都大学、東京大学、大阪大学との連携のもと、原子力システム研究開発事業「核燃料物質安定化処理技術の体系化に向けた基礎基盤研究」(e-Rad課題ID:24020490)により得られた成果に基づくものである。

1. 概要： 背景・課題

- 大学・研究機関・企業には、これまでの研究活動等で生じた**多種多様・複雑な形態の核燃料物質**が多数保管されている。**化学的に不安定な性状のものや中身が不明なものも多く**、保管管理上のリスクも内在しているが、将来的な扱いも含め見通しが無い状態。
- リスクを抱えたまま長期間保管されてきたが、時代とともに管理者等の高齡化(退職)等により過去の経緯を知る者も減っており、国全体として、早急に、**廃棄体化等、安全に長期保管できる形態**にしていくことが求められる。
- **安定化処理技術は学術的に体系化**されておらず、専門家も少ないため、「知」の体系化と人材育成を進めることが必要。



フード内



フード前床

大学名	北海道大学	東北大学	東京大学	長岡技術科学大学	東京工業大学	福井大学	名古屋大学	京都大学	大阪大学	九州大学	近畿大学
施設数	J:1, K:11	J:6, K:7	J:2, K:16	K:1	J:2, K:4	K:1	J:1, K:7	J:4, K:12	J:3, K:13	J:3, K:8	J:2
施設申請年*	昭和42	昭和40	昭和46	昭和56	昭和36	平成21	昭和35	昭和37	昭和43	昭和42	昭和35
管理体制**	研究院専任無	全学専任無	研究科専任無	センター専任有	全学専任無	研究所専任無	全学専任有	全学専任有	全学専任有	全学専任有	全学専任有
施設老朽化			○		○		○	○	○		○
変更申請		○	○	○	○	○		○	○		
計量管理業務	○	○	○		○			○	○		
廃棄物管理	○	○	○		○		○	○	○	○	○
人材不足	○		○	○	○			○			○
その他	安全管理					要議会承認	廃止措置			廃止措置、集約化	セキュリティ対策

*施設が複数ある場合は最も古いものを記載

**管理体制が全学組織か研究科/専攻単位か、また専任教職員の有無について記載

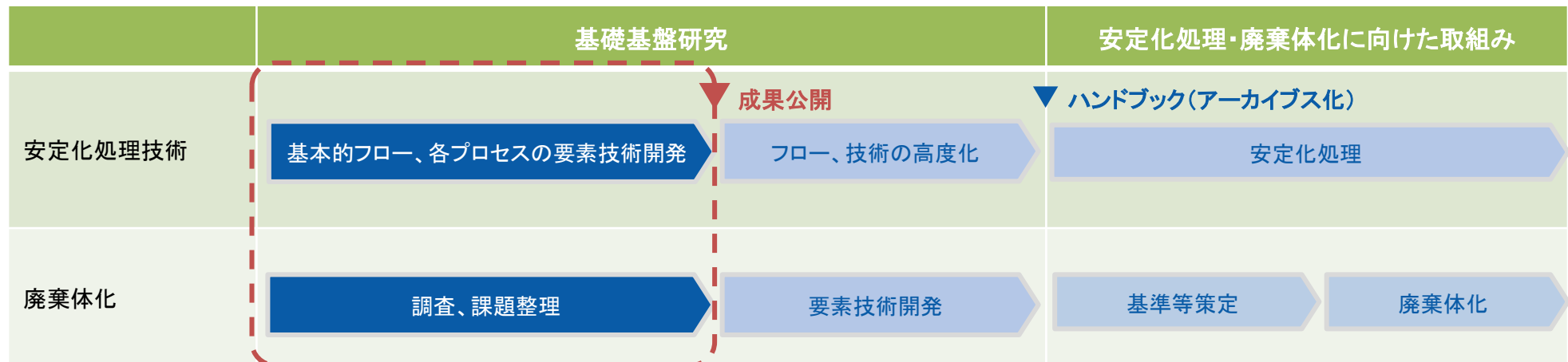
1. 概要： 目的

【課題解決に向けて】

- 多種多様・複雑な形態の核燃料物質等について、体系的な安定化処理技術を開発して公開するとともに、廃棄体化の基準及び手法の策定に必要な情報を提示し、安全な長期保管に繋げる。

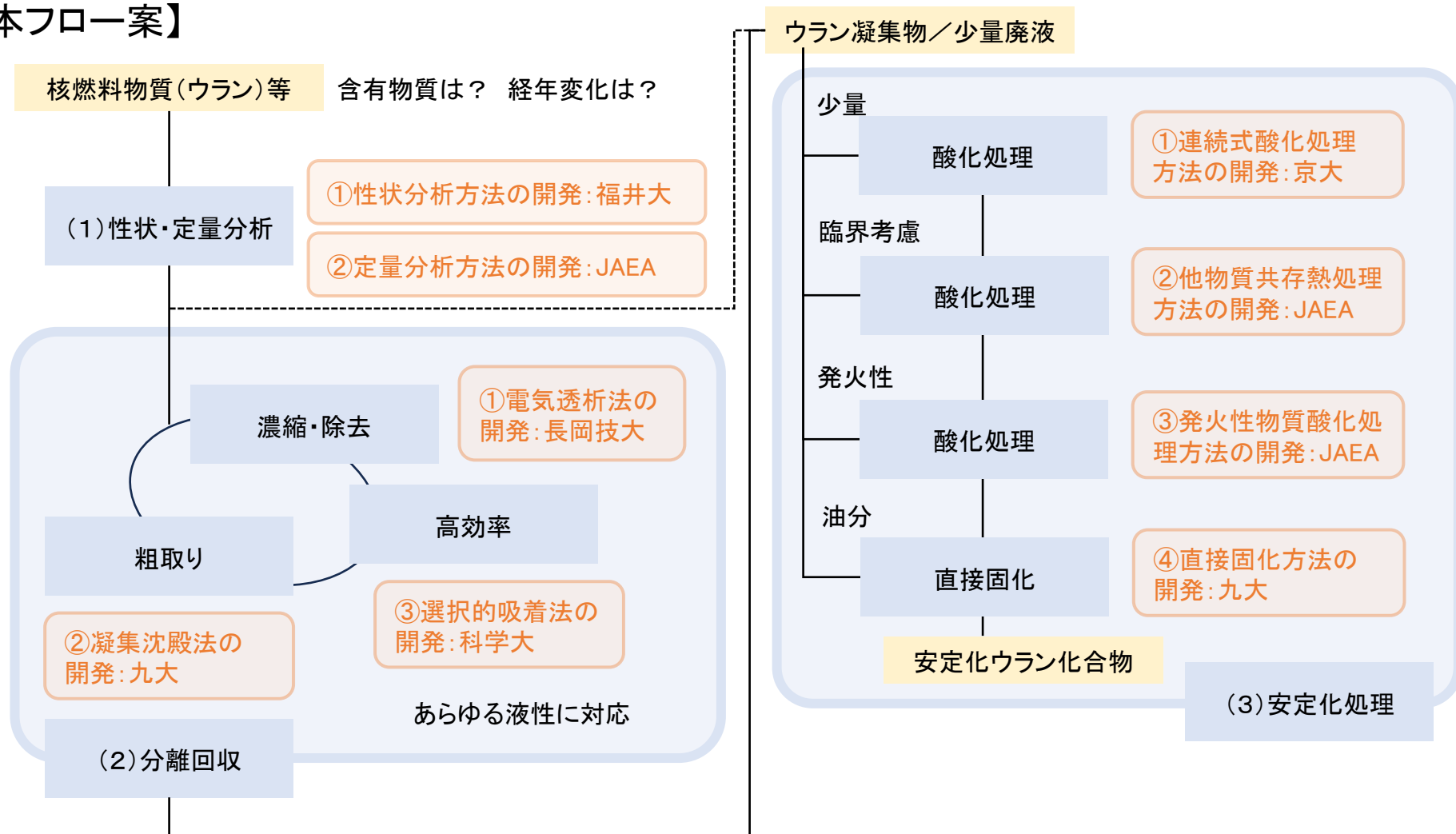
【本事業の目的】

- 本事業では、**長期保管可能な安定化処理技術開発のための基礎基盤研究**を実施し、得られた**知見・方法を体系化してアーカイブス化につなげる**とともに、**廃棄体化等の基準及び手法の調査**を進めて安定な長期保管までの道筋を立てることを目指す。
 - ▣ 多種多様・複雑な形態の核燃料物質を対象に、性状・定量分析方法、分離回収方法、安定化処理方法に係る要素技術を開発し、核燃料物質を用いた実証を踏まえて、性状に応じた技術、フロー、条件等を整備して安定化までの**基本的なフローを確立**
 - ▣ 廃棄体化等の基準や手法を調査し、安定な長期保管までの**課題やその解決策を整理**



2. 成果目標：実施項目、分担

【基本フロー案】



【廃棄体化の検討】

ウラン含有固化体

安定性は？

①バインダー材料調査: 東大

②固化体の物性評価: 阪大

③ハロゲン化物廃棄物の調査: 九大

2. 成果目標：進め方、成果目標

➤ 検討会による効果的な推進

□ 各機関・大学での進捗や課題の共有、議論等

□ **専門家の参加**による経験や技術・知見の参照

- ・ 廃液処理に係るSTRADプロジェクトの研究者
- ・ 廃棄体化等に取り組む埋設事業関連部署の技術者

□ **実地調査**を兼ねる

▶ 九大、京大、科学大、東大で実施

(今年度はJAEA人形峠センターを予定)



検討会(九大)の様子

➤ 本事業の成果目標

□ 成果を**技術報告書**(JAEA報告書等)**として公開**

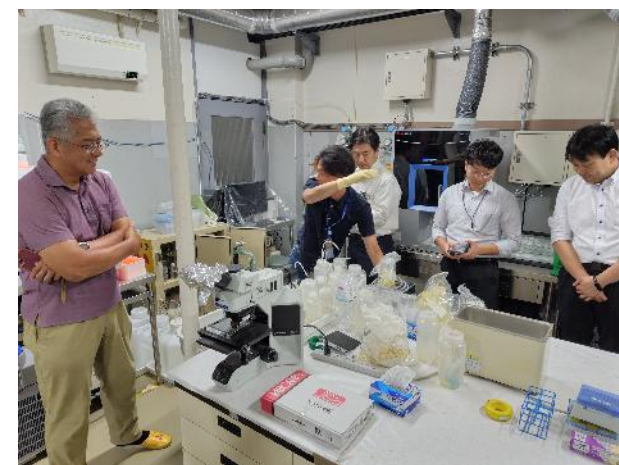
- ・ 形態・性状に応じた安定化処理のための基本的なフローを確立
- ・ 廃棄体化に向けた課題整理



本成果を発展させ、将来的に
ハンドブック化につなげる

□ 各機関・大学での**廃棄物処理・人材育成・確保**

□ 当該**研究分野の発展**



核燃管理状況等の実地調査の様子
(科学大)

参考：STRADプロジェクト

- 高レベル放射性物質研究施設(CPF)放射性廃液の安定化処理(2018-2021)
 - CPFの廃液・フィールドを活用して、新規処理技術を開発し、レガシー廃棄物処理に貢献
 - 多種多様な試薬が混在する廃液について処理技術の研究開発を実施

発生源	分類	含有される化学種の例
試験	水相	硝酸, 乳酸, ヒドラジン, 硝酸ヒドロキシルアミン, リン酸
	有機相	有機溶媒 (PUREX, TRUEX)
分析	水相	アンモニウム塩, ハロゲン化物塩, フェロシアン化物、強酸化還元剤
	有機相	ピリジン, TOPO, 酢酸エチル, キシレン, TTA, TBP, DBP, n-ドデカン

- 廃止措置施設における廃液処理技術開発(2022-2025)
 - 放射性廃溶媒の処理技術開発を中心に、水溶液や要素技術の開発を展開

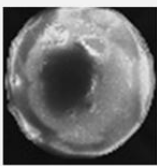
Overview of R&D during 2022-2025


 Plasma
Organic liquid waste decomposition


 Subcritical water
Organic liquid waste decomposition


 Electrolysis
Organic liquid waste decomposition


 Hg distillation
Aqueous liquid waste treatment


 Adsorbent for azide
Aqueous liquid waste treatment


 Freeze drying
General technologies


 Artificial mineral solidification
General technologies


 Radioactivity removal adsorbent
General technologies

- 廃止措置対象施設の廃液処理の方針が定まり、2025年度末に完遂

参考： 対象となる核燃料物質

- 本事業および原子力アゴラ・大学等核燃料およびRI研究施設検討・提言分科会の協力により、東京大学において各機関・大学を対象としたアンケート調査を実施：103件の回答

分類	性状	主な課題
窒化物・炭化物燃料	UN、UC、(U,Pu)N、(U,Pu)C、ZrN、TiN、希土類・白金族添加物	発火性・不安定、酸化安定化が必要
フッ化物・低酸化数塩	UF ₆ 系、フッ化物、低酸化数塩	大気開放時の激しい酸化、有害物質
塩化物・熔融塩系	LiCl-KCl共晶塩、LiCl、U/Pu塩化物、塩化物沈殿	潮解、容器腐食、高塩濃度
硝酸塩・高電解質固体/沈殿	硝酸塩、硝酸塩沈殿	高電解質、共存有機配位子
硝酸・酸性水溶液	硝酸ウラニル、硝酸トリウム、希硝酸、U/Pu含有酸廃液	酸性、高Cl共存、固化時の塩影響
水系・履歴不明廃液	U/Th水溶液、酢酸ウラニル、経緯不明水溶液	pH・組成不明、Os等有害物質含有可能
有機・溶媒抽出廃液	PUREX/TRUEX溶媒、有機溶媒、DMSO/DMF推定、抽出配位子	有機物の無機化、酸化分解、配位子妨害
強酸・特殊酸廃液	過塩素酸、硫酸メタノール、揮発性酸性廃液	突沸、過塩素酸塩疑い、反応性不明
イオン液体・高粘度/ポリマー液	イオン液体、チオシアン酸塩、ポリマー溶液、水/有機混合溶媒	高粘度、高電解質、有機配位子
炭酸塩・塩基性水系廃液	炭酸塩廃液、塩基性水溶液	高電解質、沈殿・固化条件検討
廃油・切削油・真空ポンプ油	パラフィン油、鉍物油、真空ポンプ油、U/Th/Pu粒子・切削屑	油分、有機物、金属粒子、反応性不明
スラッジ・沈殿・中和残渣	水酸化物、Fe(OH) ₃ 系、多種金属塩、排水スラッジ	組成不明、多元素、Cr等混在可能
吸着材・樹脂・ゲル回収物	抽出クロマト樹脂、イオン交換樹脂、ポリマーゲル、錯体	有機母材、配位子、燃焼/無機化課題
可燃・難燃・雑多実験廃棄物	紙、ろ紙、PP、プラ、ゴム手袋、ガラス、金属、実験用品	雑多、古いものは内容不明、分別困難
フィルタ・排気系	HEPAフィルタ、排気フィルタ	付着汚染、目詰まり品、保管量
装置・器具・付着系	切断装置、研磨装置、電気炉、燃料製作装置部品、金属・セラミック	除染困難、付着核燃料物質
樹脂埋込・接着剤固定試料	エポキシ樹脂、フェノール樹脂中のU/Pu炭化物・窒化物・金属・酸化物	放射線分解H ₂ ガス、有機物除去

3. 実施内容：（1）性状・定量分析方法の開発

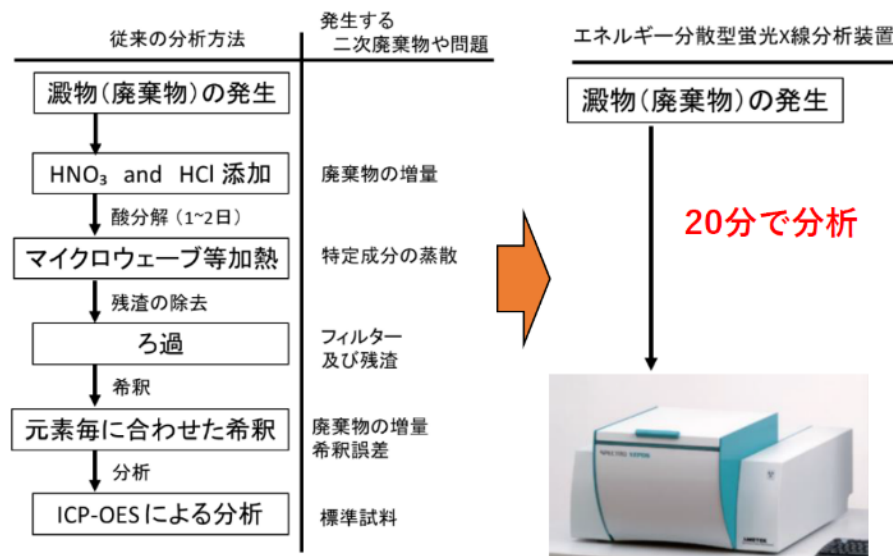
課題

既往技術は、形態・性状が既知のものが前提で、かつ手間と時間を要するものであるため、複雑な形態・性状が不明なものの**安全性評価**や**効率化**のための技術開発が必要

- ① 性状分析：分光分析のみでは、担体等も含む他の物質からの分離挙動や化合物の分解挙動、さらに処理時の発生ガスを把握することは困難
- ② 定量分析：従来使用されている質量分析では分析精度は高いものの、手間と時間（1週間程度）を要する上、二次廃棄物が発生

実施内容

- ① 性状分析：加熱処理時における分離・分解挙動や**発生ガスを熱分析により確認**
 - ・ 溶融塩燃料の開発で発生する水分や腐食物、核分裂生成物などを含有した廃棄物を対象
- ② 定量分析：非破壊の蛍光X線分析装置においてウランメソッド（ppmオーダー）を開発しており、**多種多様な性状・濃度の廃液等**に対して、含有物質の**定量に対する適用性を確認**



ウランメソッドの特徴
(Ref. JAEA-Review 2022-080)

3. 実施内容：（2）分離回収方法の開発

課題

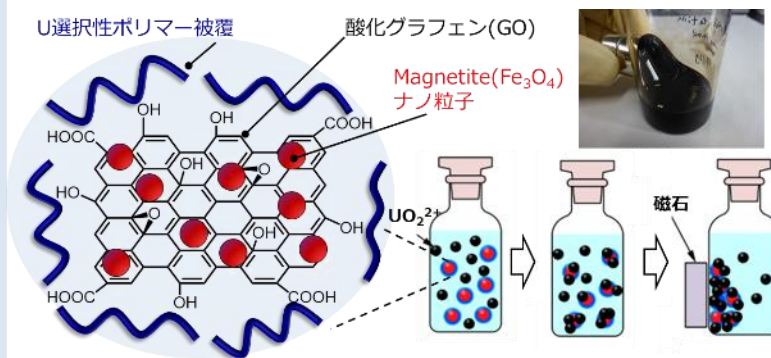
STRADプロジェクト等において試験で発生した様々な廃液の処理に関する知見が蓄積されているが、大学や他の研究機関では、より複雑な形態(中身不明)も対象に含まれる
また、処理に係る人的リソースが限られており、より効率的な処理方法を開発することが必要

実施内容

- ① 電気透析法の開発(濃縮・除去): 物質の種類への依存が小さい電気透析を利用して、処理の困難な水系廃液や有機廃液から、ウランの処理が容易となる水溶液系に回収するための方法を検討
 - ・ 配位子交換型電気透析装置を製作し、ウラン溶液で実証
- ② 凝集沈殿法の開発(粗取り): K施設で多く取り扱われている酢酸ウラニルの処理(数週間を要する)で実績のあるポリシリカ鉄等の凝集剤を用いて遠心機を利用した効率的に分離する方法を検討
 - ・ 遠心機を利用した効率化を確認
- ③ 選択的吸着法の開発(高効率): 不純物が混在する水系廃液や有機廃液から、ウランのみを高効率・高選択的に分離回収できる方法を検討
 - ・ GO-Mag複合ナノ材料を合成し、ウラン溶液で実証



ウラン含有廃棄物 例



GO-Mag複合ナノ材料による分離の概念図

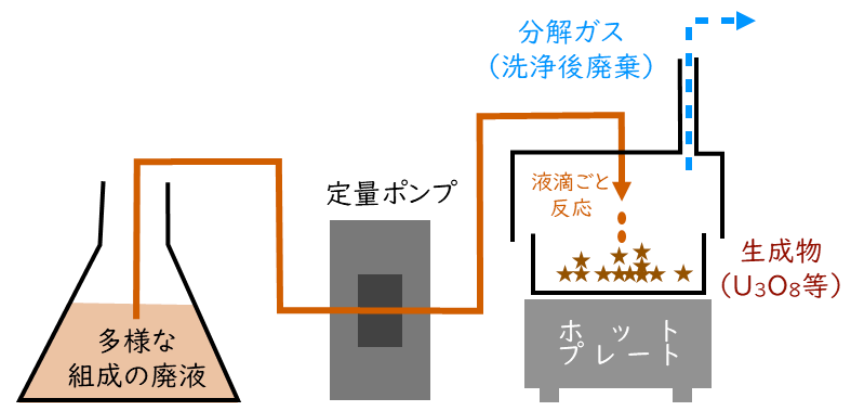
3. 実施内容：（3）安定化処理方法の開発

課題

多種多様・複雑な形態の核燃料物質等を対象とするため、その性状に応じて**安全かつ効率的に処理**を行うことが必要

実施内容

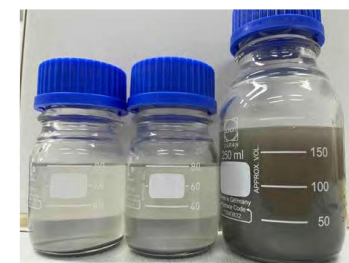
- ① 連続式酸化処理方法の開発：廃液等に対して効率的に**直接安定化**する手法を確立
- ② 多物質共存熱処理方法の開発：高濃縮ウランに対して**可燃性毒物を共存**させたまま安定化する手法を確立
 - ・ 脱硝装置を設計・整備、加熱脱硝の実施
- ③ 発火性物質酸化処理方法の開発：発火性物質に対して**発火させずに安定化**する手法を確立
 - ・ 炭化ウラン、金属ウランで緩慢な酸化条件
- ④ 直接固化方法の開発：**油分**を含む試料に対して**直接固化**して安定化する手法を確立
 - ・ 模擬油分含有廃液に対して遠心機により分離
 - ・ 高分子ポリマー材料を用いた直接固化



連続式酸化処理 装置模式図



酸化熱処理前後の炭化物及び窒化物試料



遠心機による分離

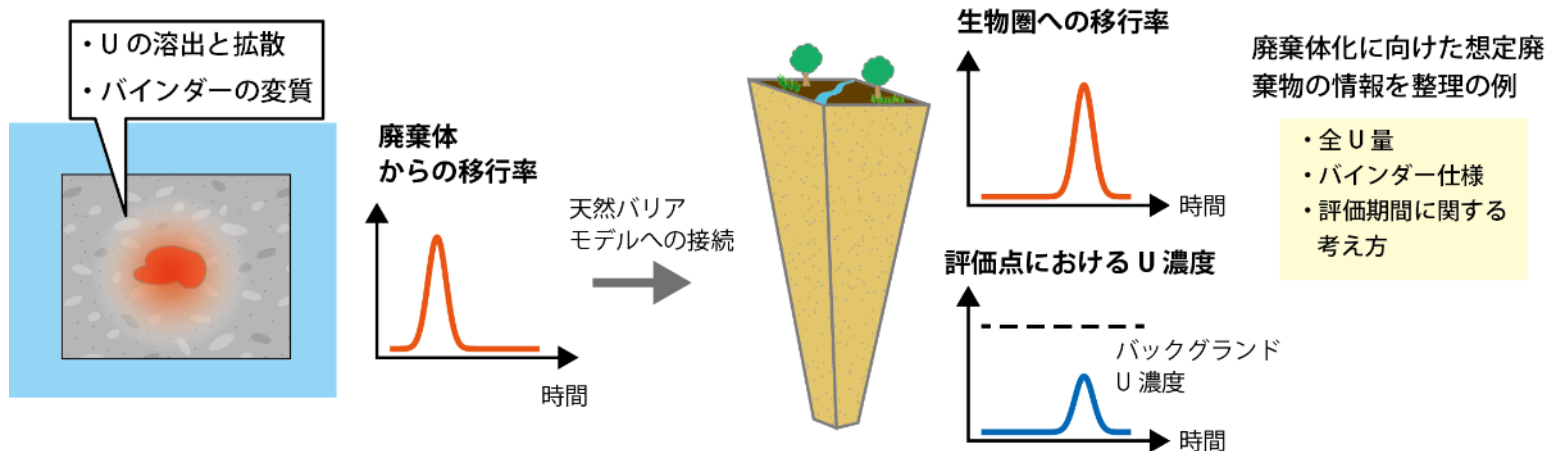
3. 実施内容：（4）廃棄体化等の調査

課題

- ① 核燃料物質の廃棄体化等を進める上で、多種多様な廃棄物に対する基準は無く、**性状に応じた固化体やその性能**に関する情報を整理することが必要
- ② フッ素含有廃棄物等の**処理が困難な廃棄物**の処理方法は国内で確立されていない

実施内容

- ① 廃棄体化に向けた想定廃棄物の調査：
想定される廃棄物を類型化した上で、**処分場の受け入れ基準を念頭に、廃棄体化に向けた想定廃棄物の情報を整理**
- ② バインダー材料調査・固化体の物性評価：
バインダー材料を検討し、固化体や上記の安定化したウラン含有物質の物理的安定性を評価
- ③ ハロゲン化物廃棄物の調査：大学等における**ハロゲン化物**の試験・研究で発生した保管廃棄物へ適用可能な**安定化処理方法**に関する情報を整理



廃棄体化に向けた想定廃棄物の情報整理の例

まとめ

- 多種多様な核燃料物質の安全な長期保管に向け、廃棄物の性状ごとに安定化の基本的なフローを確立することを目的に
 - 実際にこれらを保管する大学・研究機関における体制を構築
 - 効率的な安定化処理を可能とする要素技術を開発中
- また、廃棄体化に向けて
 - 長期管理・処理に向けた課題や解決方法を検討

核燃料物質安定化処理技術の
体系化に向けた基礎基盤研究
(本事業)

核燃料物質管理人材育成
プラットフォーム(国際原子力人
材育成イニシアティブ事業)

核燃料物質管理に関する人材育成において
本成果を活用していくことが効果的

