第１回安全研究・人材育成シンポジウム
2026/11/13

核燃料廃棄物
安全基盤研究拠点の創成

塚原 剛彦[1,2]

[1]東京科学大学 総合研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所
（副所長・教授）

[2]東京科学大学 放射線安全管理センター
核燃料管理施設（施設長）

Institute of SCIENCE TOKYO

本研究は、原子力規制庁の令和6~8年度原子力規制研究技術基盤構築事業費補助金
（原子力規制研究の強化に向けた技術基盤構築事業）の補助を受けたものである。

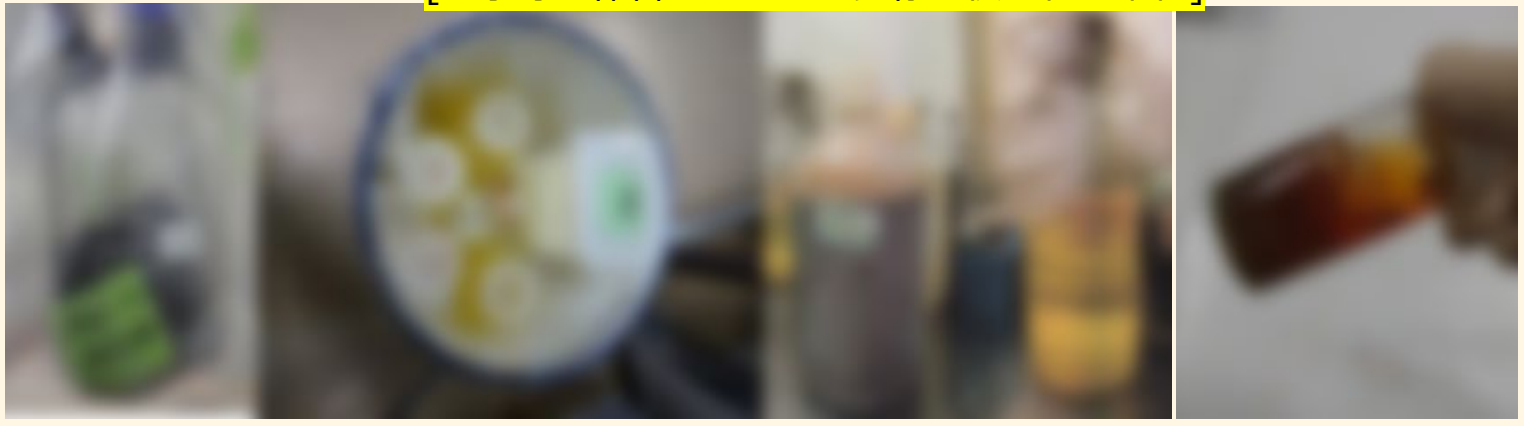
大学等核燃料取扱施設の現状と課題

Institute of SCIENCE TOKYO

- 核燃料施設を有する大学の殆どで、施設・設備の老朽化と退職等による人材不足が顕在化し、**安全管理・研究教育体制が急速に脆弱化**

  - ✓ **負の遺産(いわゆるレガシー廃棄物)は大量かつ多種多様で性状不明**
  - ✓ **廃棄体化方法も属人化により多様**
  - ✓ **管理業務は研究開発に比して評価が低く、教員のユーザー化が進行**

[大学等に保管されている多様な核燃料廃棄物]



- 利用実態のない核燃料物質及び国際規制物資が**全国1,800事業者(大学関係は約500)に存在**し、安全上・核防護上のリスクが顕在化 → 事業を容易に廃止(核譲渡・廃棄)もできない

- 日本原子力学会 原子力アゴラ「大学等核燃およびRI研究施設検討・提言分科会」にて、**核燃管理に係る課題抽出や施設の在り方等に関する提言**

  - ✓ 参画機関（東北大、東大、科学大、長岡技大、名大、福井大、京大、阪大、九大、JAEA）により2016年から開始
  - ✓ 学会誌掲載や企画セッションの開催

[原子力学会誌、61, 793 (2019), 63, 353 (2021), 64, 110 (2022), 65, 568 (2023).]



報告

国内大学における核燃およびRI研究施設の動向

原子力学会「原子力アゴラ」調査専門委員会
大学等核燃およびRI研究施設検討・提言分科会

本分科会ではわが国の大学等における核燃およびRI研究施設の状況やあり方について検討し，5年が経過した。この間，統廃合や新規制などへの対応を行ってきている。本稿では，その後の各大学における施設の動向を紹介し，今後の在り方，展望を検討する。

KEYWORDS: NUCLEAR FUEL, RADIOISOTOPE, UNIVERSITY FACILITY

核燃料廃棄物に対する大学等のこれまでの取り組み

Institute of SCIENCE TOKYO

文部科学省国家課題対応型研究開発推進事業 原子力システム研究開発事業（R6-8年度）

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

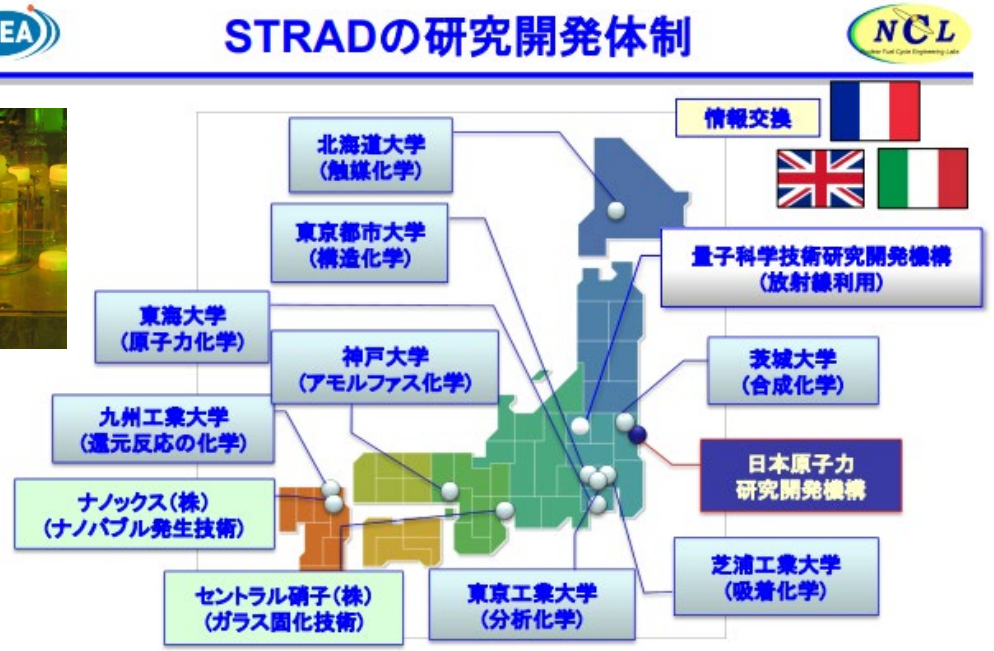
研究代表者　三輪　周平（JAEA）

研究分担者（順不同）
斉藤　拓巳（東大）　塚原　剛彦（東工大）
鈴木　達也（長技大）　有田　裕二（福井大）
牟田　浩明（阪大）　山村　朝雄（京大）
本多　史憲（九大）

- 複数大学で連携
- 廃棄物の調査及び**核燃料廃液を安定化**する技術開発

JAEAレガシー廃液処理プロジェクト（STRAD: Systematic Treatment of RAdioactive liquid waste for Decommissioning）





- 一部大学が連携・協力、情報共有
- **レガシー廃液処理**の技術開発

- 廃棄体の作製手法や品質管理基準・指標が未整備のため、大学等は安易に廃棄体化できない
- 廃棄体化したとしても、その安定性や挙動が不確かで、従来の技術基準では想定できない事象が発生する可能性

核燃料管理人材育成拠点構想

【Point1】
核燃料マネジメントに耐え得る中核機関を設定

【Point2】
中核機関が相互に連携し、高度な核燃管理及び人材育成の枠組みを構築して、社会還元



関東以北エリア(例)

Z大学

関西以西エリア(例)

X大学

関東エリア

自治体企業

相談

対応

相談

中核機関
東京科学大

相談

対応

相談

A大学

C機関

B大学

中核機関
相互連携

中核機関相互連携

他事業者
(K施設)

受入
協力

委託
依頼

引き取り依頼

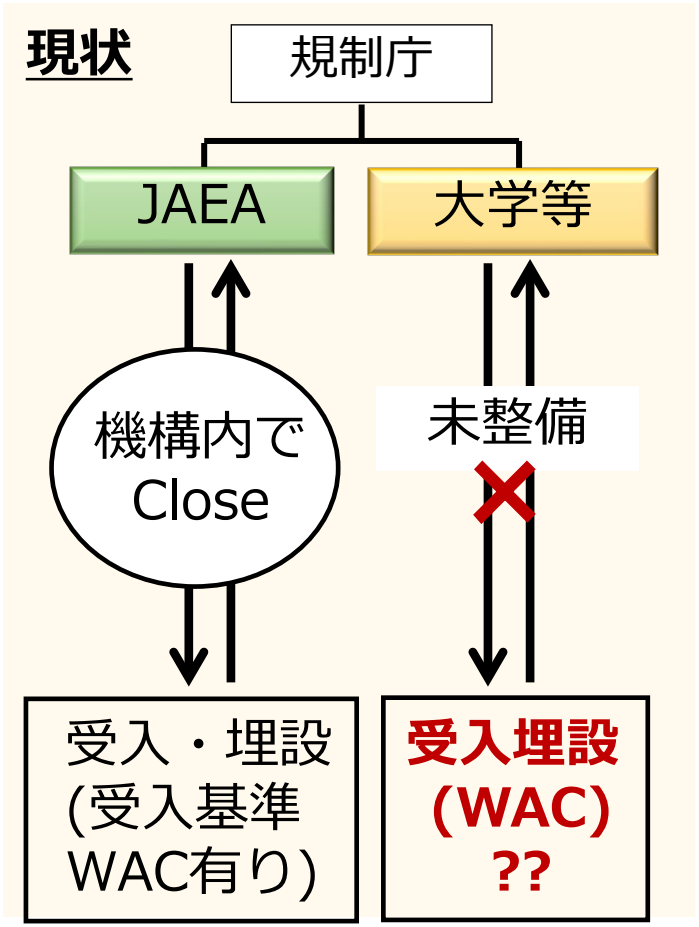
関係省庁

連携

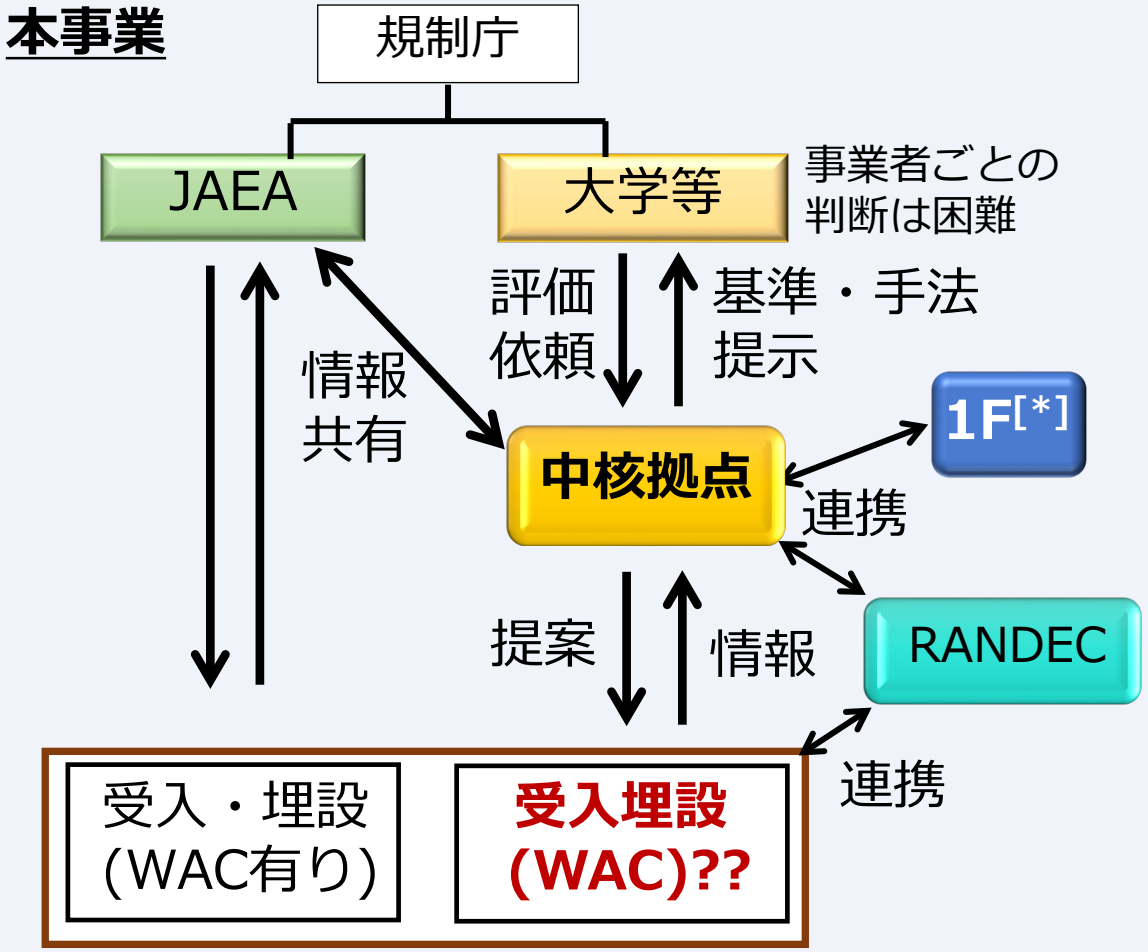
RANDEC

[RANDEC: 公益財団法人 原子力バックエンド推進センター]

本事業構想：核燃安全管理研究拠点化及び体系化



[WAC: Waste Acceptance Criteria]



廃棄体の作製手法及び廃棄体の品質・性能・妥当性の評価解析手法を学術的・技術的に体系化する

[1F: Fukushima Daiichi Nuclear Power Station]

本事業の目的

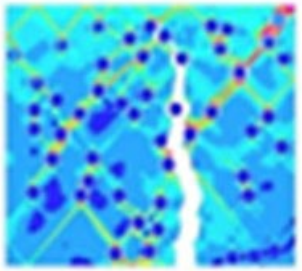
核燃料物質・廃棄物の研究拠点「核燃料廃棄物安全基盤研究拠点」を創出する

- ✓ 廃棄体の作製方法及び廃棄体の品質・性能・妥当性を合理的に評価するための基準・指標・手法に関する基盤技術の確立
- ✓ 核燃料廃棄物マネジメント体制の整備と継続的な人材育成システムの確立



ミクロな事象がマクロにどう反映？

- **廃棄体のマクロ物性**
  - ・力学的特性（強度，破断）
  - ・化学的特性（変質，耐性）
  - ・核種の溶出・拡散

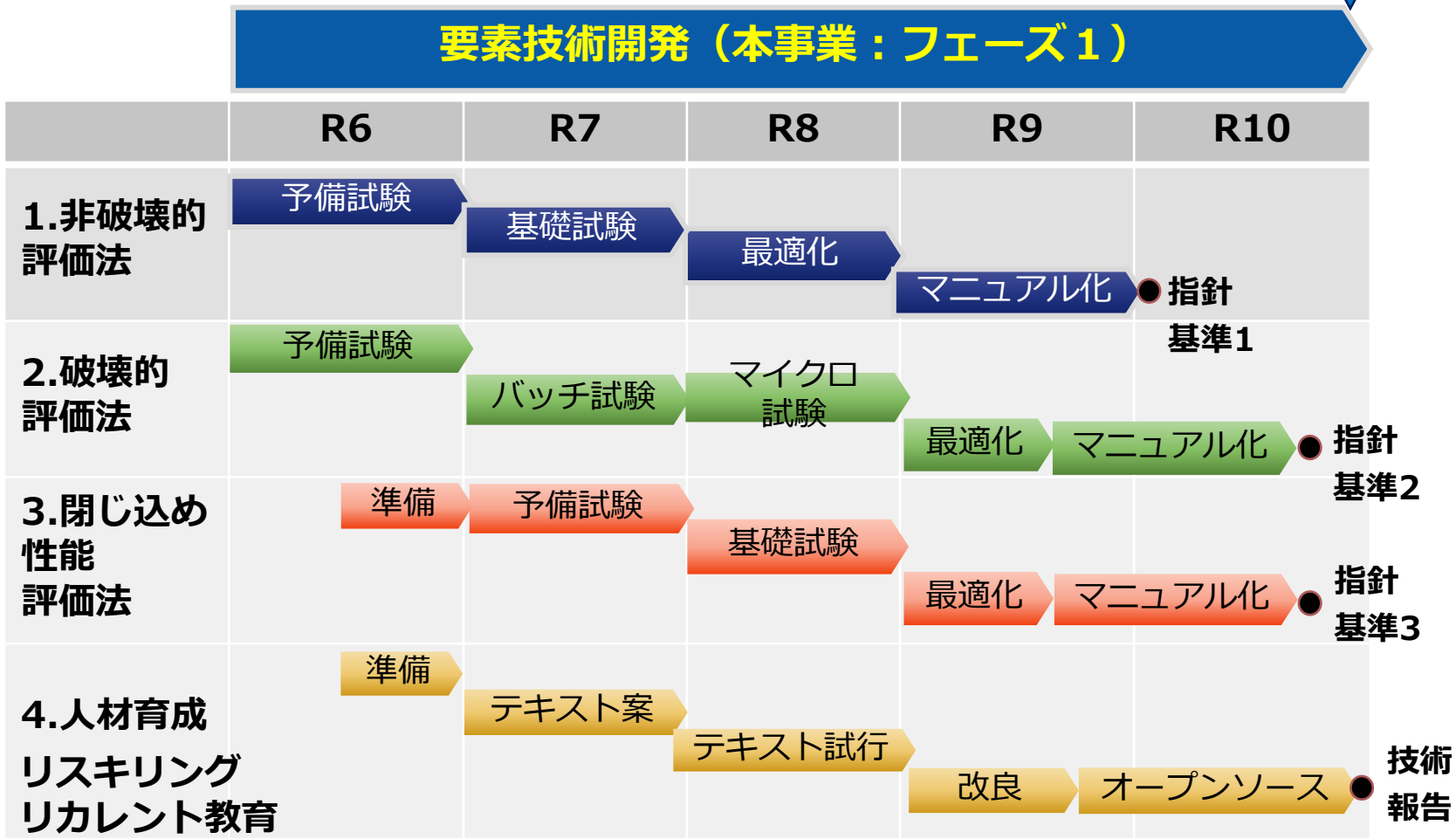


- **廃棄体のミクロ物性**
  - ・分子構造，骨格，相互作用
  - ・材質，内容物，バインダーの種類・濃度や混錬配合率
  - ・核種の濃度や分布 (均質・局在)



本事業の目的

技術マニュアル公開



事業期間に構築される「将来の規制上の研究課題に対処する技術基盤」

1. これまで例の無かった、不確実性の高い複雑な核燃廃棄体に対し、将来の安全基準や審査ガイドラインの科学的拠り所となる **『標準的な廃棄体作製及び評価解析プロセスの技術的プロトタイプ（技術基盤）』**

2. 要素技術の体系化（属人性の排除）を通じて、核燃廃棄物の安全・品質管理を担う次世代の専門人材を安定的・継続的に輩出する **『持続可能な核燃料人材育成スキーム（教育基盤）』**

R11以降

プラットフォーム化（フェーズ２）

- ✓ **廃棄体化及び評価解析法の体系化（標準化）**
- ✓ **要素技術・テキスト等のアーカイブス化（ハンドブック化）**
- ✓ **技術基準・ガイドラインの策定**

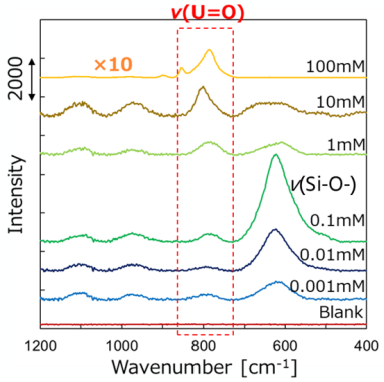
体系的な取り組みと進捗状況

Institute of SCIENCE TOKYO

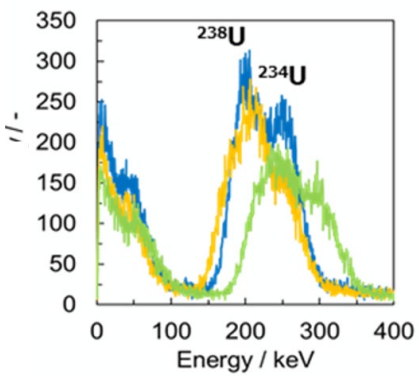
●：手法確立　/　▲：実施中　/　□：課題あり・再検討　/　○：未実施

廃棄物の性状	固形化	1.非破壊的評価法	2.破壊的評価法	3.閉じ込め性能評価	4.人材育成
固体	● ポリマー固化 ● ジオポリマー固化	● 一軸圧縮 ● 表面分析 ● 構造解析	● 溶解 ● 分離 ● 分析	▲ 溶出挙動 ▲ 表面解析	▲ 教育テキスト ▲ 実践実習 □ 評価
液体	● ポリマー固化 ● ジオポリマー固化	● 一軸圧縮 ● 表面分析 ● 構造解析	□ 溶解 (前処理) ● 分離 ● 分析	▲ 溶出挙動 ▲ 表面解析	▲ 教育テキスト ▲ 実践実習 □ 評価
不明	▲ ポリマー固化 ▲ ジオポリマー固化	▲ 一軸圧縮 ▲ 表面分析 ▲ 構造解析 □ 熱分析	□ 溶解 □ 分離 □ 分析	○ 溶出挙動 ○ 表面解析	○ 教育テキスト ○ 実践実習 ○ 評価

顕微レーザーラマン分光



液体シンチレーション計測





U含有固化体



成果例1: ウラン含有固化体の特性評価 (SEM観察)

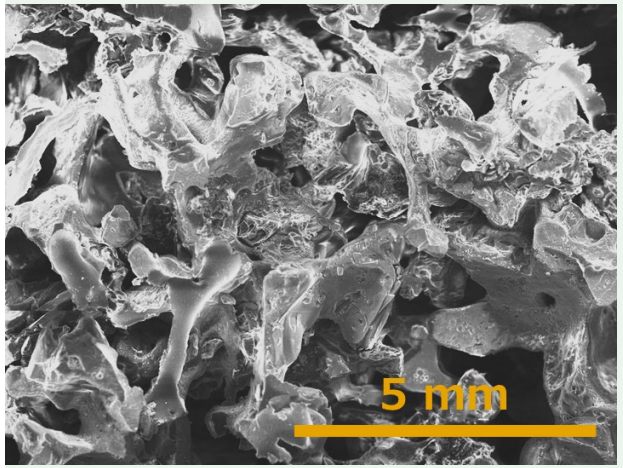
Institute of SCIENCE TOKYO

ポリマー固化体

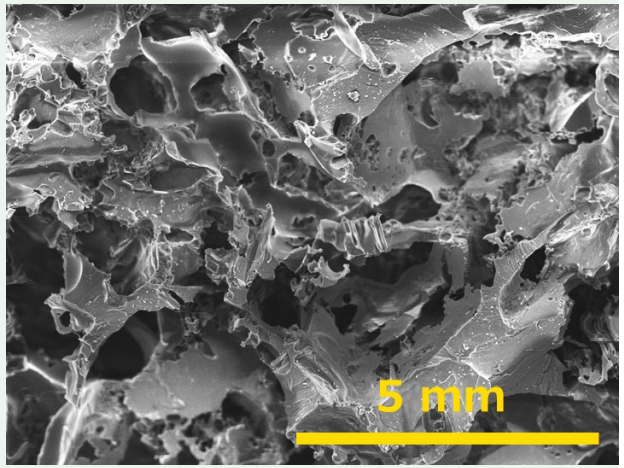
- PDMS(polydimethylsiloxane)
- モノマーと架橋剤を混錬し、80℃,4時間で熱硬化



U無し



U含有

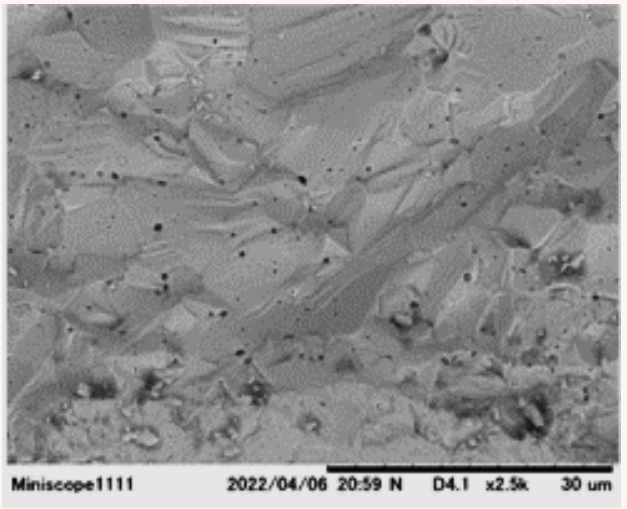


ジオポリマー

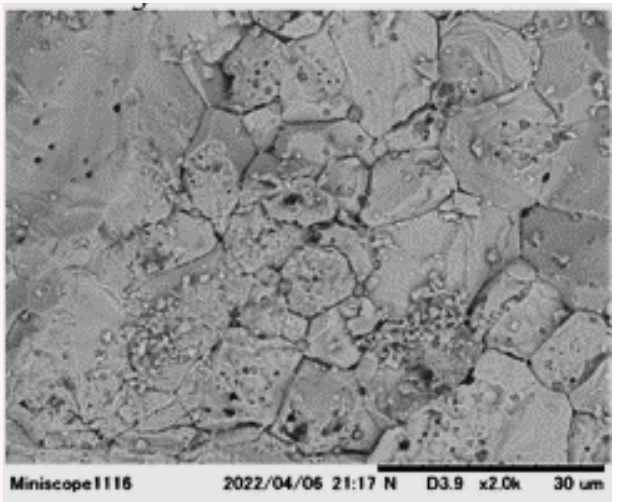
- NaOH, けい酸ナトリウム, メタカオリン, $UO_2(NO_3)_2$ 水溶液と混錬
- メタカオリン (Polestar450) $SiO_2/Al_2O_3/TiO_2/Fe_2O_3$ (51/42/1.3/0.3 %)



U無し



U含有



■ ウラン含有でも固化体作製可能であるが、ひび割れ等の領域が多く存在する

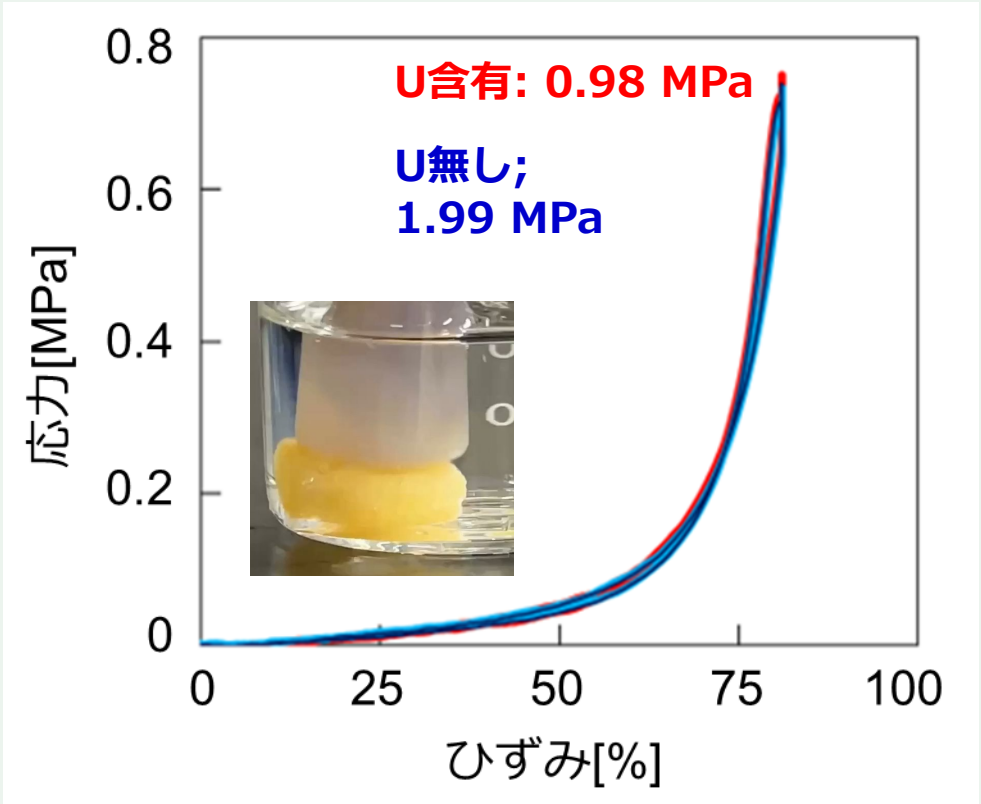
成果例1: ウラン含有固化体の特性評価 (一軸圧縮試験)

Institute of SCIENCE TOKYO

- 圧縮応力 = F / S
- 圧縮ひずみ = ΔL / L

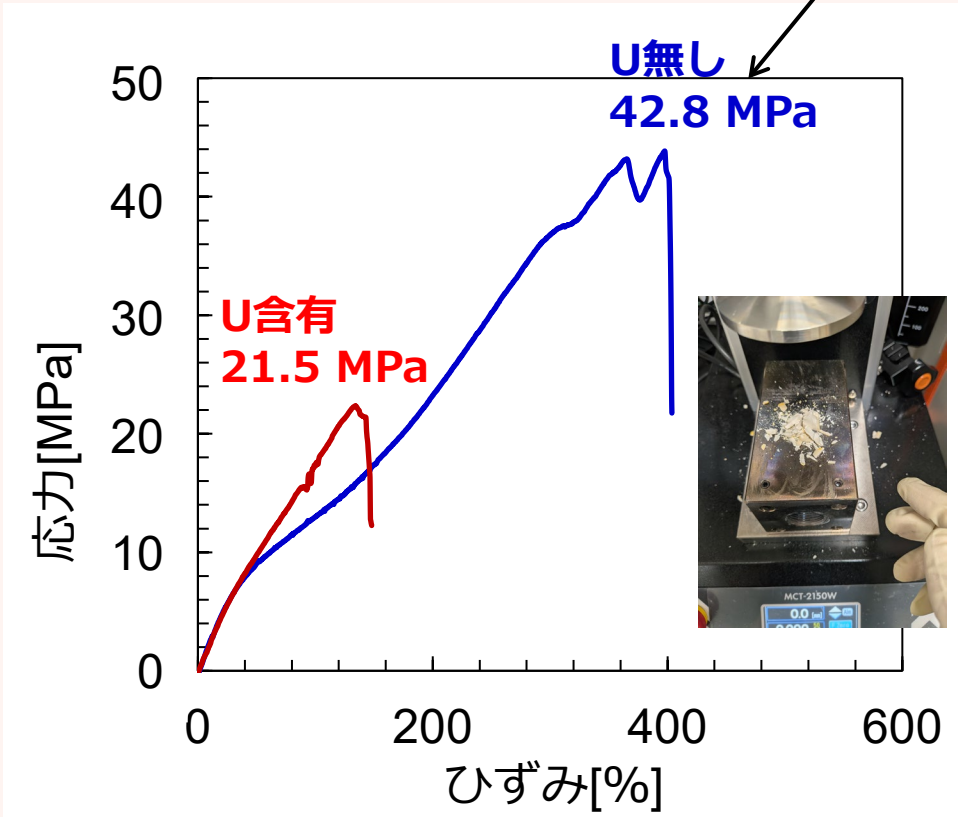
F:圧縮力 (N), S:断面積 (mm^2),
L:元の長さ, ΔL: 圧縮された長さ

ポリマー固化体



ジオポリマー

既報[1]に類似



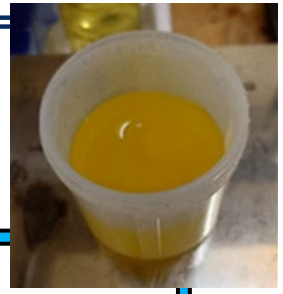
■ U含有によりジオポリマーの圧縮強度は減少するが、廃棄物保管基準強度1.47 MPa[2]より十分高い
■ ポリマー固化体の圧縮強度は小さいが高い弾力性・繰り返し耐久性を維持

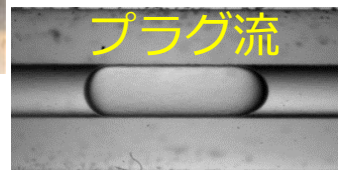
[1] JAEA-Review 2022-062, [2] 原子力規制庁, 廃棄物確認に関する運用 (2014).

成果例2: 核燃廃液からのウラン選択的分離回収

Institute of SCIENCE TOKYO

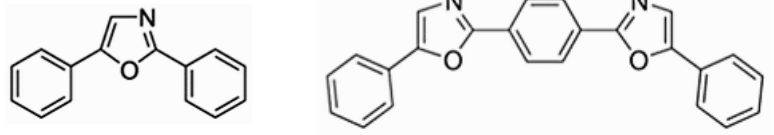
マイクロ分離操作



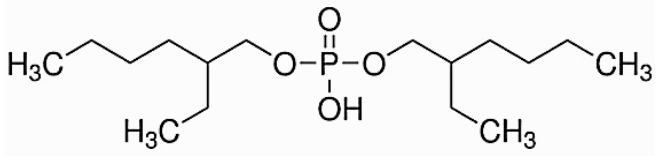


トルエン相（抽出剤含有シンチレータ）

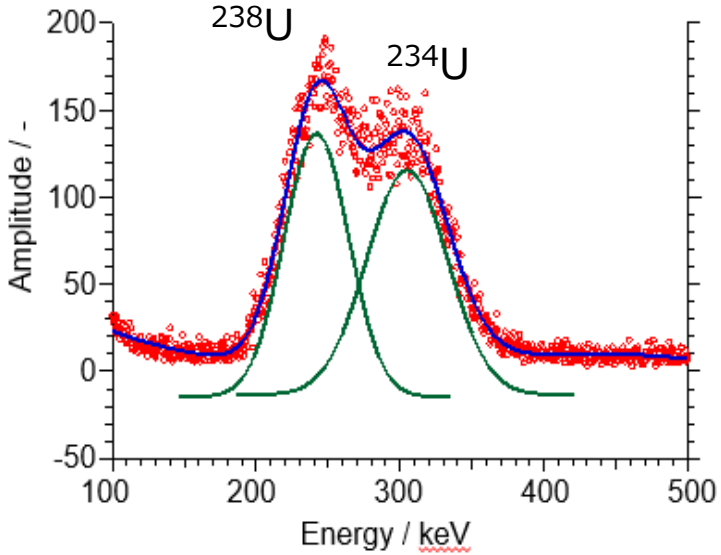
・蛍光体



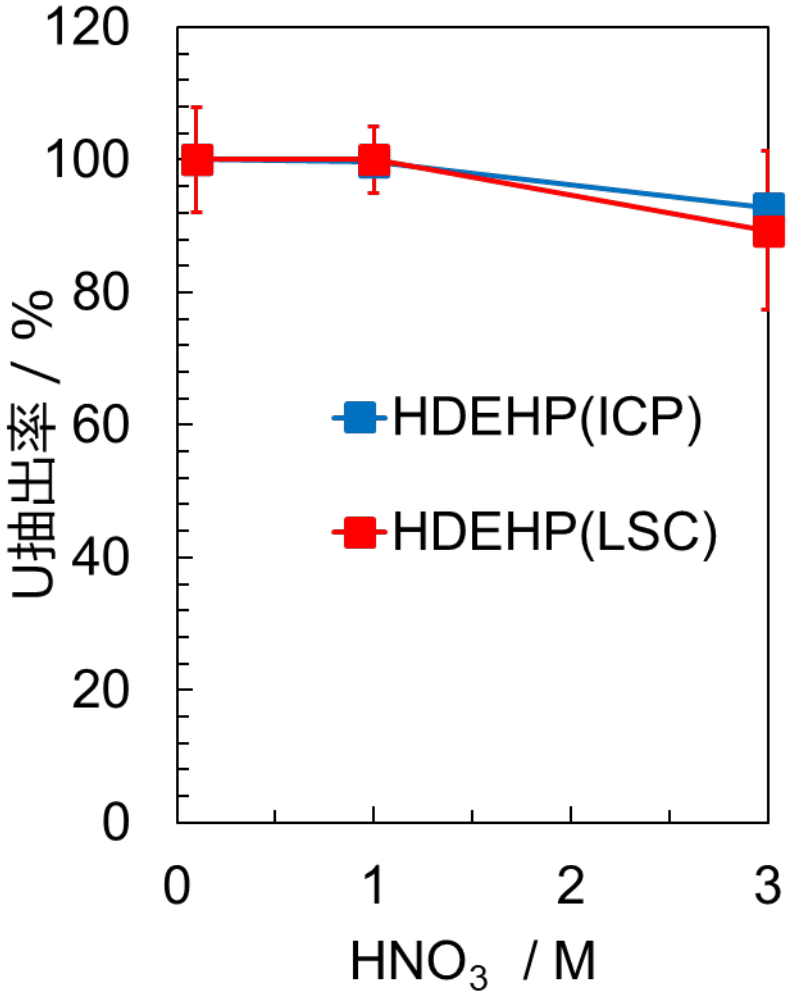
・抽出剤HDEHP



(Di(2-ethylhexyl)phosphoric acid)



U抽出率の硝酸濃度依存性



■ 廃液からのウラン選択的回収を15秒で完了。水相-油相の同時測定も可能

成果例3: 安全評価人材育成

自身の専門分野の垣根を越えて、業務を複数遂行できる核燃廃棄物安全管理人材を育成



カテゴリー1：液体核物質の分離分析

カテゴリー2：固体核物質の計測評価

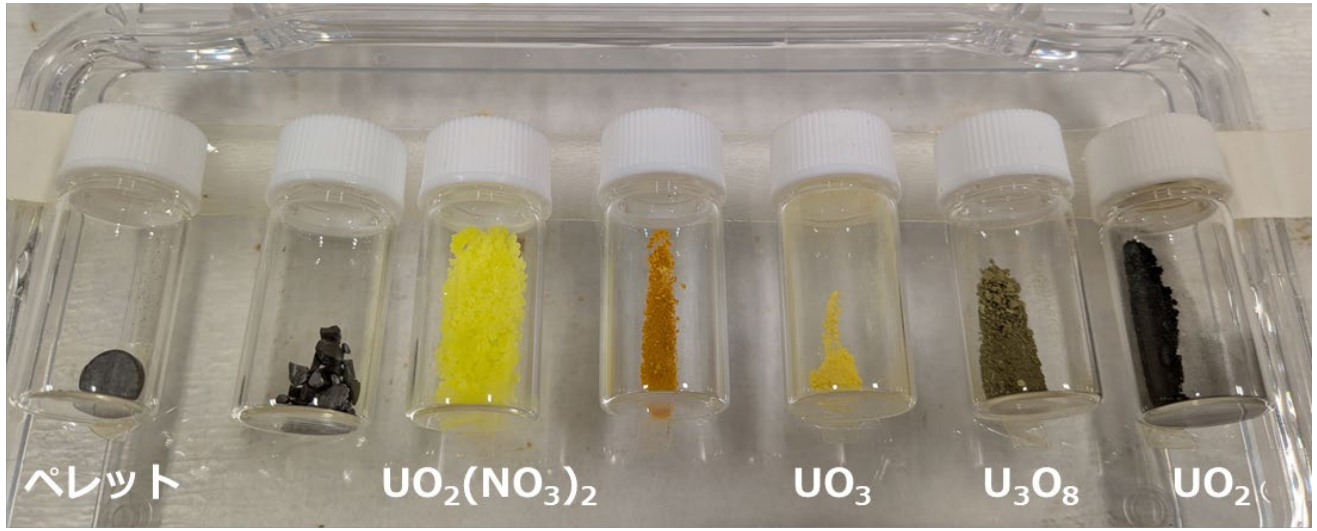
カテゴリー3：核物質の固化・廃棄体化

カテゴリー4：核物質の保管管理・品質管理

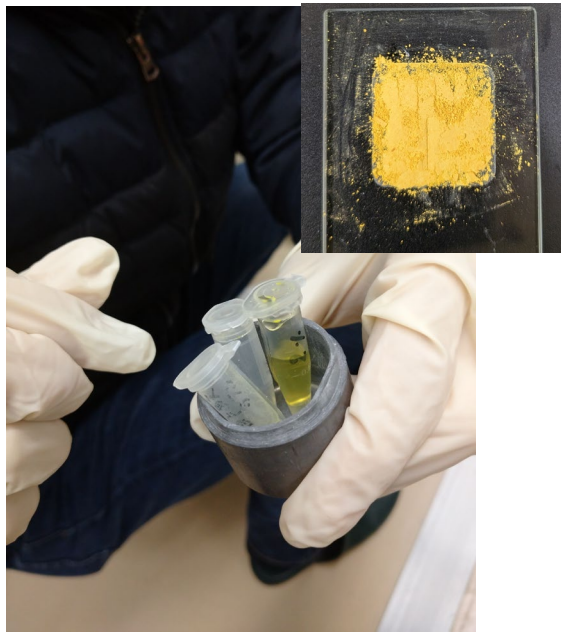
カテゴリー5：放射線管理・施設管理

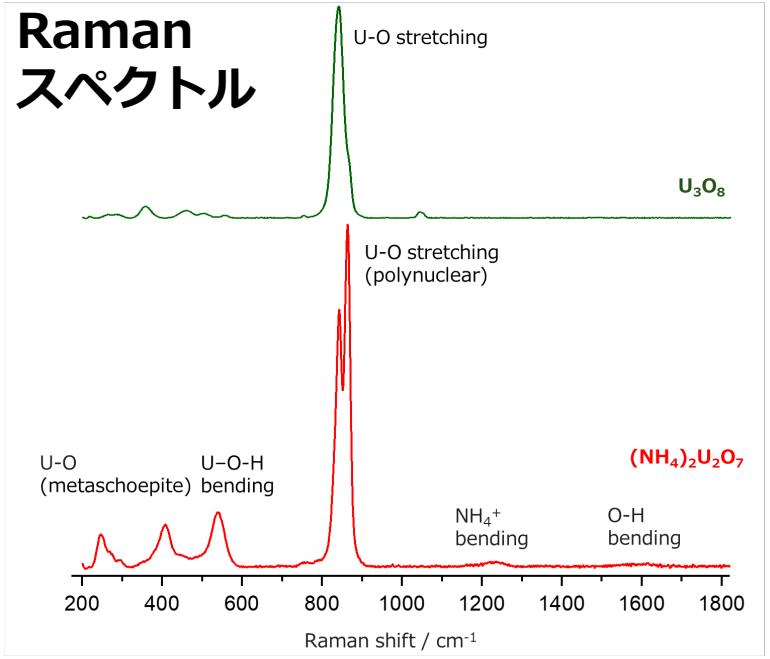


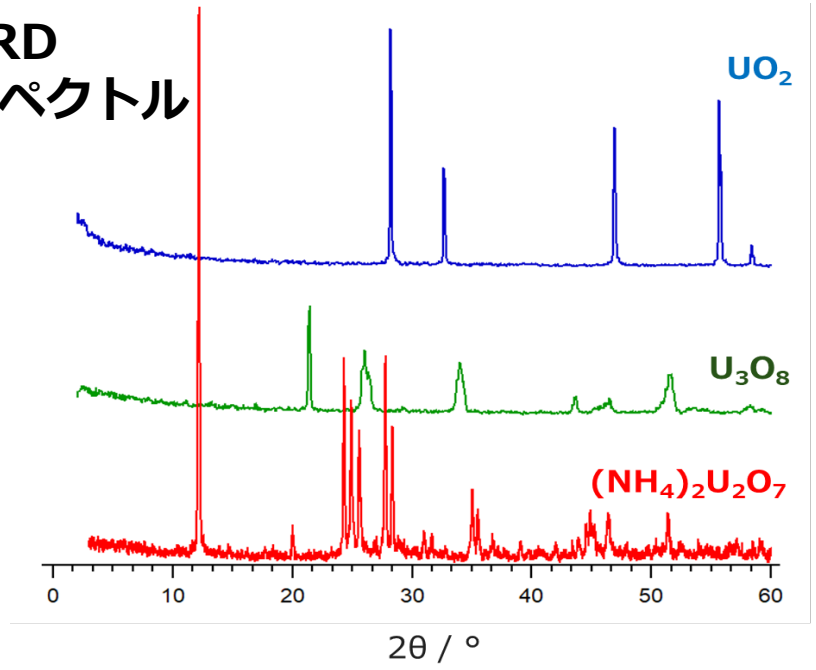
成果例3:安全評価人材育成事例 (ウラン廃棄物同定)











まとめと今後の展開

成果の達成状況 と 反映される「将来の規制上の研究課題に対処する技術基盤」



【達成状況】		【反映される技術基盤】
1.非破壊的評価法 2.破壊的評価法 3.閉じ込め性能評価法	55 % 70 % 40 %	『標準的な廃棄体作製及び評価解析プロセスの技術的プロトタイプ（技術基盤）』
4.安全評価人材育成	40 %	『持続可能な核燃人材育成スキーム（教育基盤）』

今後の展開（事業終了後の活用方法, 規制上の課題及び議論を期待する事項）

- 本事業で確立した知見やノウハウを順次アーカイブス化し、これを用いて**他事業者の計画立案から実務までのトータルサポートを実証**する。将来的な**核燃マネジメントのプラットフォーム化**を目指す。標準化できる体制を構築する。
- 大学等における核燃管理の限界は、原子力推進の機運下における研究開発・人材育成を阻害する要因となっている。**「核燃プラットフォーム」の構築は既存課題を一気に打破できる**極めて有効なアプローチと言えるが、そのためには、**規制上の制度面・運用面での検討が不可欠**である。
- 本学では、米国・MITの留学生が単位互換として核燃実習を受講している。MITには核燃実習を実施できる環境が無いためであり、本学（我が国）への期待は非常に大きい。