

廃炉プロセス 「輸送・保管・貯蔵（燃料に由来する $\alpha$ 核種が含まれる廃棄物含む）」  
検討対象 「キャラクターゼーション①」  
課題 「性状把握」

## ニーズ

### 1. 水処理二次廃棄物の性状を把握したい。

廃棄物合理化のための性状把握：【短期】

#### 望ましい状態とその理由

- 汚染水の水処理二次廃棄物は、これまでに処理実績の少ないものであり、輸送・保管・貯蔵を見据えて、その性状や発生量、線量や線質が把握されることが望ましい。
- この際、湿分を含み屋外に通気状態で保管されている水処理二次廃棄物は、微生物等が繁殖し、分析や以降の固化処理が困難となる可能性にも留意が必要である。そのため、高線量下での微生物等による影響評価と必要に応じて対策技術も望まれる。
- 水分が多く含まれるスラリーは脱水安定化が実施されることが考えられる。保管・管理や処理・処分まで見据え、脱水前後での性状や量の変化を詳細に把握されることが望ましい。
- 対象とする廃棄物や優先度、分析の定量目標等を定める中長期的な分析戦略を策定し、戦略に基づいて分析・評価を進めることが望まれる。

#### 理想に対する現状

- 試料採取が容易なものを分析する段階から、廃棄物対策において重要な試料を採取・分析する段階となっている。
- JAEA 茨城地区の分析施設等の既存の分析施設の他、放射性物質分析・研究施設第1棟（大熊分析・研究センター）が2022年6月に竣工し、同年10月より放射性物質を用いた分析作業が開始した。これまで進められてきた簡易・迅速化された分析技術の標準的な分析法としての実証が2023年度に完了し、2024年度から本格的な運用が行われている。また、東京電力による新たな分析施設は2020年代後半の運用開始が予定されている。
- 高線量廃棄物の分析データの取得に向け、福島第一原子力発電所構内において採取されたセシウム吸着塔（KURION 及び SARRY）の吸着材が JAEA 茨城地区の分析施設に輸送され、分析法の検討が進められている。

#### 解決すべき課題

- 水処理二次廃棄物は吸着塔等に収納されており、かつ高線量であるため内容物のサンプリングが容易でない中、性状を把握・評価する必要がある。

- 処理・処分までの間、一定期間保管を継続させる可能性があるため、特に、微量であっても長期健全性に影響を与えうる成分の影響も踏まえた保管容器の長期健全性を評価する必要がある。また、放射線による劣化だけでなく廃棄物の材料自体の経時的変化による性状を評価する必要がある。その上で、発生する可能性のある課題を整理し、必要に応じて対応策を検討することが重要である。
- 水処理二次廃棄物は多少の水分が含まれた状態で吸着塔等に収納されている可能性があり、水分が含まれていることによる化学的作用を把握する必要がある。
- 対象とする廃棄物とその優先度、分析の目的と定量目標等を定める中長期的な分析戦略を策定し、それに基づいた分析・評価が重要となる。
- 対象とする廃棄物によって求められる分析の対象核種や分析項目、精度、分析試料数等が異なるため、施設の特徴や分析の目的に応じた適切な役割分担に基づく体制の構築が必要である。

## 参考文献

- 東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2023、原子力損害賠償・廃炉等支援機構、2023年10月18日
  - [https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20231018\\_SP2023FT.pdf](https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20231018_SP2023FT.pdf)
- 東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2024、原子力損害賠償・廃炉等支援機構、2024年9月27日
  - [https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20240927\\_SP2024FT.pdf](https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20240927_SP2024FT.pdf)

## (参考) 関連する研究課題

### 実施されている研究課題

- 廃炉・汚染水対策事業「固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発（保管管理、処理・処分概念の構築と安全評価手法の開発、性状把握の効率化、研究開発成果の統合）」
  - [http://irid.or.jp/\\_pdf/20180000\\_15.pdf?v=2](http://irid.or.jp/_pdf/20180000_15.pdf?v=2)
  - [http://irid.or.jp/\\_pdf/20180000\\_16.pdf?v=2](http://irid.or.jp/_pdf/20180000_16.pdf?v=2)
- 廃炉・汚染水対策事業「固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発（先行的処理手法及び分析手法に関する研究開発）（実績のある処理技術の固体廃棄物処理への適用性に係る見通しの評価、固体廃棄物の保管・管理関連技術の開発）」
  - [https://dccc-program.jp/files/20191114\\_ANADEC.pdf](https://dccc-program.jp/files/20191114_ANADEC.pdf)
  - [http://irid.or.jp/\\_pdf/20180000\\_16.pdf?v=2](http://irid.or.jp/_pdf/20180000_16.pdf?v=2)
  - [https://dccc-program.jp/files/20191114\\_IHI.pdf](https://dccc-program.jp/files/20191114_IHI.pdf)
- 廃炉・汚染水対策事業「固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発」
  - [https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2022/08/2022015\\_kotaihaikibutsu.pdf](https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2022/08/2022015_kotaihaikibutsu.pdf)
  - [https://dccc-program.jp/files/20221011ANADEC\\_j.pdf](https://dccc-program.jp/files/20221011ANADEC_j.pdf)
  - [https://dccc-program.jp/files/20221214KurionJapan\\_j.pdf](https://dccc-program.jp/files/20221214KurionJapan_j.pdf)
  - [https://dccc-program.jp/wp-content/uploads/20240214\\_IHI.pdf](https://dccc-program.jp/wp-content/uploads/20240214_IHI.pdf)
- 廃炉・汚染水・処理水対策事業「固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発（セシウム吸着塔からの吸着材採取技術および固体廃棄物の分別に係る汚染評価技術の開発）」
  - <https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2023/06/2022015kotaihaikibutsu202306F.pdf>

- <https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2023/10/2023004kotaihaikibutu202402F.pdf>
- R1 年度英知「化学計測技術とインフォマティクスを融合したデブリ性状把握手法の開発とタ  
イアップ型人材育成」
  - <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Review-2020-065.pdf>

#### 検討されている研究課題

- 特になし

## 2. 使用済燃料を分析したい。

廃棄物合理化のための性状把握：【短期】

### 望ましい状態とその理由

- 輸送・保管・貯蔵を見据えて、使用済燃料プールの燃料（健全燃料、破損燃料）の分析がなされることを望まれる。
- プール内燃料の将来の処理・保管方法を見据えて、事故時に受けた海水やガレキの影響を把握することが望まれる。
- 長期的な健全性の評価及び処理に向けた検討を進め、将来の処理・保管方法を決定するにあたって必要な情報が得られるよう、取り出した燃料の状況を把握することが望まれる。

### 理想に対する現状

- 4号機から取り出した燃料について海水やガレキの影響評価が行われ、これらの影響は少ないと見通されている。

### 解決すべき課題

- 使用済燃料プールから取り出された燃料について、効率的かつ信頼性高く、破損の有無・程度を確認する必要がある。

### 参考文献

- 東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2023、原子力損害賠償・廃炉等支援機構、2023年10月18日
  - [https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20231018\\_SP2023FT.pdf](https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20231018_SP2023FT.pdf)
- 東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2024、原子力損害賠償・廃炉等支援機構、2024年9月27日
  - [https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20240927\\_SP2024FT.pdf](https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20240927_SP2024FT.pdf)

## (参考) 関連する研究課題

### 実施されている研究課題

- 廃炉・汚染水対策事業「使用済燃料プールから取り出した損傷燃料等の処理方法の検討（不純物による再処理機器への腐食影響評価等、不純物の工程内挙動評価、不純物の廃棄体への影響評価、その他の影響の抽出及び整理）」
  - [https://dccc-program.jp/files/150226\\_01\\_4\\_1\\_03.pdf](https://dccc-program.jp/files/150226_01_4_1_03.pdf)

### 検討されている研究課題

- 特になし

## 3. 使用済燃料の長期健全性を評価したい。

廃棄物合理化のための性状把握：【中期】

### 望ましい状態とその理由

- 使用済燃料プールの燃料は、事故当初海水と接しており、また、一部の燃料は爆発や落下したガレキ等によって破損していると考えられる。これらの使用済燃料が長期的に健全か否かを評価することが望まれる。
- 将来の処理・保管方法を見据え、取り出した燃料の長期的な健全性の評価及び処理に向けた検討が求められる。

### 理想に対する現状

- 4号機から取り出した燃料について海水やガレキの影響評価が行われ、これらの影響は少ないと見通されている。

### 解決すべき課題

- 長期的な保管に影響を及ぼす因子を明確にし、使用済燃料プールから取り出された燃料の性状を把握し、長期的な健全性が担保されるか否かの評価を行う必要がある。
- 2031年内までに全ての号機のプール内燃料を共用プールへ移送する計画であるが、その後は、津波リスクも考慮し、共用プール内の既存燃料を含め、高台での乾式保管に向けた検討が進められている。東京電力は乾式保管設備として既存の金属キャスクに加えて、海外で実績のあるキャニスタを用いたコンクリートキャスクの導入も視野に入れた準備が進められている。いずれの乾式保管設備が選択された場合においても、破損燃料等の健全性も考慮した上での合理的な保管対策を検討する必要がある。

### 参考文献

- 東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2023、原子力損害賠償・廃炉等支援機構、2023年10月18日
  - [https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20231018\\_SP2023FT.pdf](https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20231018_SP2023FT.pdf)

- 東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2024、原子力損害賠償・廃炉等支援機構、2024年9月27日
  - [https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20240927\\_SP2024FT.pdf](https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20240927_SP2024FT.pdf)

## (参考) 関連する研究課題

### 実施されている研究課題

- 廃炉・汚染水対策事業「使用済燃料プールから取出した燃料集合体の長期健全性評価（燃料集合体の長期健全性評価のための技術開発、長期健全性に係る基礎試験）」
  - [http://irid.or.jp/wp-content/uploads/2017/06/20160000\\_08.pdf](http://irid.or.jp/wp-content/uploads/2017/06/20160000_08.pdf)
- R1 年度英知「ウラニル錯体化学に基づくテーラーメイド型新規海水ウラン吸着材開発」
  - <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Review-2020-026.pdf>
- R1 年度英知「微生物生態系による原子炉内物体の腐食・変質に関する評価研究」
  - <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Review-2020-047.pdf>
- H30 年度英知「合金相を含む燃料デブリの安定性評価のための基盤研究（模擬燃料デブリの化学状態分析と酸化劣化に対する安定性評価）」
  - <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Review-2019-035.pdf>
- R1 年度英知「合金相を含む燃料デブリの安定性評価のための基盤研究（模擬燃料デブリの化学状態分析と酸化劣化に対する安定性評価）」
  - <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Review-2020-032.pdf>
- R1 年度英知「ウラニル錯体化学に基づくテーラーメイド型新規海水ウラン吸着材開発」

### 検討されている研究課題

- 特になし

## 4. PCV/RPV/建屋の解体に伴う発生廃棄物の廃棄物管理を容易にしたい。

廃棄物合理化のための性状把握：【長期 1】

### 望ましい状態とその理由

- 廃棄物の輸送・保管・貯蔵を念頭に置き、PCV/RPV/建屋内の機器等の性状が把握されるとともに、解体作業の実施方法が検討されることが望まれる。
- このためには、輸送・保管・貯蔵側から、PCV/RPV/建屋の解体側に要件や要求事項、留意事項が示されることが望まれる。

### 理想に対する現状

- 原子炉建屋のトラス室底部には、燃料デブリ由来の $\alpha$ 核種が微粒子状（ $\alpha$ スラッジ）とイオン状で存在する滞留水が存在しており、比較的高い全 $\alpha$ 濃度が検出されている。
- 3号機原子炉建屋内での $\alpha$ 汚染の状況やタンク底部の残水処理に伴う $\alpha$ スラッジの存在が明らかになりつつある。

## 解決すべき課題

- PCV/RPV/建屋の解体に伴って発生する廃棄物の特徴は、非常に物量が多いこと、高汚染～低汚染まで幅が広いこと、 $\alpha$ 核種が含まれている可能性があること、等である。それらを勘案した上で、より迅速に、容易に、確実に、低コストで性状を把握できる技術が必要である。
- 上記の技術の中には、解体前に現場で性状把握が可能な技術も含まれる。現場での性状把握が可能となれば、解体工法や廃棄物の分類にフィードバックすることが可能となる。
- また、解体前にあらかじめ発生が見込まれる廃棄物の物量や性状を想定しておく必要がある。

## 参考文献

- 東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2023、原子力損害賠償・廃炉等支援機構、2023年10月18日
  - [https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20231018\\_SP2023FT.pdf](https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20231018_SP2023FT.pdf)
- 東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2024、原子力損害賠償・廃炉等支援機構、2024年9月27日
  - [https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20240927\\_SP2024FT.pdf](https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20240927_SP2024FT.pdf)

## (参考) 関連する研究課題

### 実施されている研究課題

- 廃炉・汚染水対策事業「固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発」
  - [https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2022/08/2022015\\_kotaihaikibutsu.pdf](https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2022/08/2022015_kotaihaikibutsu.pdf)
  - [https://dccc-program.jp/files/20221011ANADEC\\_j.pdf](https://dccc-program.jp/files/20221011ANADEC_j.pdf)
  - [https://dccc-program.jp/files/20221214KurionJapan\\_j.pdf](https://dccc-program.jp/files/20221214KurionJapan_j.pdf)
  - [https://dccc-program.jp/wp-content/uploads/20240214\\_IHI.pdf](https://dccc-program.jp/wp-content/uploads/20240214_IHI.pdf)
- 廃炉・汚染水・処理水対策事業「固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発（柔軟で合理的な廃棄物対策実現のための技術オプションの予備的検討）」
  - [https://dccc-program.jp/wp-content/uploads/20240919\\_r05-result-1st\\_VNSJ\\_JP.pdf](https://dccc-program.jp/wp-content/uploads/20240919_r05-result-1st_VNSJ_JP.pdf)
- R1 年度英知「ウラニル錯体化学に基づくテーラーメイド型新規海水ウラン吸着材開発」
  - <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Review-2020-026.pdf>

### 検討されている研究課題

- 特になし

## 5. 固体廃棄物のインベントリ評価を行いたい。

廃棄物合理化のための性状把握：【長期1】

### 望ましい状態とその理由

- 廃棄物の輸送・保管・貯蔵の検討に資するため、廃棄物が含有する放射エネルギー（インベントリ）の評価が必要である。

- 廃棄物のサンプルの採取が限定されているため、解析的手法等を用いて、インベントリの推定・評価が必要である。
- インベントリの推定に当たっては、放射性元素の移行や挙動の全体像を踏まえることが望まれる。
- インベントリの推定に当たっては、主要核種だけでなく、低濃度の核種も含めて整理することが望まれる。
- インベントリの推定・評価のための解析モデルについて、より詳細に、あるいは迅速に結果を得るための開発・高度化が望まれる。
- 低線量廃棄物について、分析作業自体の困難性は高くないものの、物量が膨大であるため、全数測定の実施には膨大な時間を要する。物量低減とともに効率的な分析・分析計画法が必要である。
- 高線量廃棄物について、試料採取や分析自体が困難であり、取得される分析データの数が限定されるため、移行モデルに基づく統計論的インベントリ推定が重要である。
- 構内での再利用を進めることを念頭に、廃棄物ごとの分析による放射能濃度の把握を行っていくことが望まれる。

## 理想に対する現状

- 対象とする固体廃棄物とその優先度、分析の定量目標等を定める中長期的な分析戦略を策定するための方法論確立に向けた検討が行われている。
- これまでに確立したデータを簡易・迅速に取得するための分析手法の成果を放射性物質分析・研究施設第1棟（2022年6月竣工）にて、標準的な分析法として利用するための実証が着手され、2024年度から本格的な運用が行われている。
- 低線量廃棄物、高線量廃棄物、それぞれの特徴を踏まえ、DQOプロセス（米国環境保護庁により開発された、意思決定のために分析試料のサンプリングを計画する方法）と統計論的方法を組み合わせた効率的な分析計画法の確立に向けた取り組みが行われている。
- これまでの廃棄物の保管・管理では、大量に発生するガレキ等がフォールアウト起因汚染であったため、表面線量率を指標とした区分による管理がなされてきた。今後は、より適切な保管・管理を行っていく上で、構内での再利用を進めることを念頭に、廃棄物ごとの分析による放射能濃度の把握を行っていくこととされている。

## 解決すべき課題

- 対象となる廃棄物は多種多様であり、同種の廃棄物であったとしても（例えば一口に「瓦礫」と言ったとしても）、個々のインベントリは異なる。また、一つの廃棄物においても、場所（表面⇔内部）や形状（細孔部⇔平滑部）によって、インベントリにばらつきがある。その様な中、全ての廃棄物に対してインベントリの測定を行うことは現実的ではなく、サンプリング測定を行い、そこから全体のインベントリ評価を行う必要がある。ここでは、より迅速に、容易に、確実に、低コストで、精度高く評価が可能な技術が求められる。

## 参考文献

- 東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2023、原子力損害賠償・廃炉等支援機構、2023年10月18日
  - [https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20231018\\_SP2023FT.pdf](https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20231018_SP2023FT.pdf)
- 東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2024、原子力損害賠償・廃炉等支援機構、2024年9月27日
  - [https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20240927\\_SP2024FT.pdf](https://dd-ndf.s2.kuroco-edge.jp/files/user/pdf/strategic-plan/book/20240927_SP2024FT.pdf)

## (参考) 関連する研究課題

### 実施されている研究課題

- 廃炉・汚染水対策事業「固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発」
  - [https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2022/08/2022015\\_kotaihaikibutsu.pdf](https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2022/08/2022015_kotaihaikibutsu.pdf)
- 廃炉・汚染水対策事業「固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発（先行的処理手法及び分析手法に関する研究開発）（固体廃棄物の保管・管理関連技術の開発）」
  - [https://dccc-program.jp/files/20191114\\_ANADEC.pdf](https://dccc-program.jp/files/20191114_ANADEC.pdf)
  - [http://irid.or.jp/\\_pdf/20180000\\_16.pdf?v=2](http://irid.or.jp/_pdf/20180000_16.pdf?v=2)
  - [https://dccc-program.jp/files/20191114\\_IHI.pdf](https://dccc-program.jp/files/20191114_IHI.pdf)
- 廃炉・汚染水対策事業「固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発（性状把握の効率化）」
  - [http://irid.or.jp/\\_pdf/20180000\\_15.pdf?v=2](http://irid.or.jp/_pdf/20180000_15.pdf?v=2)
  - [http://irid.or.jp/\\_pdf/20180000\\_16.pdf?v=2](http://irid.or.jp/_pdf/20180000_16.pdf?v=2)
- 廃炉・汚染水対策事業「固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発（処理・処分概念の構築と安全評価手法の開発）」
  - [http://irid.or.jp/\\_pdf/20180000\\_15.pdf?v=2](http://irid.or.jp/_pdf/20180000_15.pdf?v=2)
  - [http://irid.or.jp/\\_pdf/20180000\\_16.pdf?v=2](http://irid.or.jp/_pdf/20180000_16.pdf?v=2)
- 廃炉・汚染水対策事業「固体廃棄物の処理・処分に関する研究開発」
  - [https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2022/08/2022015\\_kotaihaikibutsu.pdf](https://irid.or.jp/wp-content/uploads/2022/08/2022015_kotaihaikibutsu.pdf)
  - [https://dccc-program.jp/files/20221011ANADEC\\_j.pdf](https://dccc-program.jp/files/20221011ANADEC_j.pdf)
  - [https://dccc-program.jp/files/20221214KurionJapan\\_j.pdf](https://dccc-program.jp/files/20221214KurionJapan_j.pdf)
  - [https://dccc-program.jp/wp-content/uploads/20240214\\_IHI.pdf](https://dccc-program.jp/wp-content/uploads/20240214_IHI.pdf)
- R2年度英知「溶脱による変質を考慮した汚染コンクリート廃棄物の合理的処理・処分の検討」

### 検討されている研究課題

- 特になし

## 関連する課題

- SFP-301「SF取り出し」
- デブリ-301「PCV内燃料デブリ取り出し」
- デブリ-302「RPV内燃料デブリ取り出し」
- 解体-301「炉内建造物の撤去、建屋の解体」



- 輸保貯-201「保管容器健全性評価・管理技術の開発」
- 輸保貯-202「水素発生挙動の把握」
- 輸保貯-204「収納缶仕様の設計」
- 輸保貯-205「臨界管理」
- 共-3「測定・分析技術」