

東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた 固体廃棄物の分析計画

2023年3月30日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

- 1F廃炉に向けた分析は、1F構内の分析施設と茨城地区の分析施設を活用しながら国の補助事業と分担して実施しており、JAEA放射性物質分析・研究施設第1棟や第2棟(2026年度竣工予定)、東京電力総合分析施設(計画検討中)など分析能力の強化を着実に進めている。
- 廃棄物分析に関しては、当初より放射能濃度や物性などの性状把握を指向していたものの、廃棄物の保管管理を遂行するにあたり、大量に発生する瓦礫類がフォールアウト汚染起因であったために表面線量率測定による区分に注力してきた。このため、性状把握を目的とした分析が計画的に行われてこなかったことから、今後の廃炉作業の進捗に合わせて廃棄物の管理区分を見直すためにも、下段の内容を網羅した**戦略的な分析を実現するための計画を策定する**。

廃炉進捗に伴う対応	内容
放射能濃度による 廃棄物管理への移行	- 全ての廃棄物について下記を踏まえた放射能濃度管理へ移行 ✓ 廃棄物毎の特性に応じた合理的な安全対策等の検討に資するデータ取得 ✓ 処分・再利用に向けたデータ蓄積・管理（より幅広い放射性核種に対する放射能濃度の管理）
安全で安定的な 保管管理の実施	保管時の廃棄物の挙動評価及び適切な安全対策を検討し、長期にわたり閉じ込めを維持できる保管方法の検討のための廃棄物の物理的・化学的特性の把握
試料採取・分析の 高難度化対応	デブリ取り出しに伴う試料採取、分析難易度の高い試料等に対応できる技術、人材の整備
体系的な 試料採取・分析の実施	- 代表性に配慮した体系的な試料採取・分析の実施。 - 廃棄物毎の特性を踏まえた合理的な性状把握の実施

- 策定した分析計画に基づき上表に対する対応を着実に進めるとともに、分析の遅滞が廃炉作業のボトルネックとならないよう関係機関と連携して、**必要な分析を確実に実施するための分析施設、分析体制の構築を進めていく**。

■ 検討対象とする範囲

- 今回の計画策定では、**固体廃棄物の処理・処分方法の検討に向けた性状把握及び保管管理の適正化**を目的とした分析を対象とした。
- 燃料デブリ、ALPS処理水、事故調査等に関する分析計画は対象外とした。これらについては、別途検討を実施し、分析能力の配分等について調整を行う。

■ 検討手順

- 分析計画検討のフローを右図に示す。
- 分析計画の検討にあたっては、下記を考慮した。
 - ✓ 分析の**目的・目標**の明確化
 - ✓ 廃棄物毎に個々の特徴を踏まえた合理的な性状把握方針及び分析計画の策定
 - ✓ 分析の進捗状況や保管管理上のリスク等を踏まえた**分析優先度の高い廃棄物の抽出**

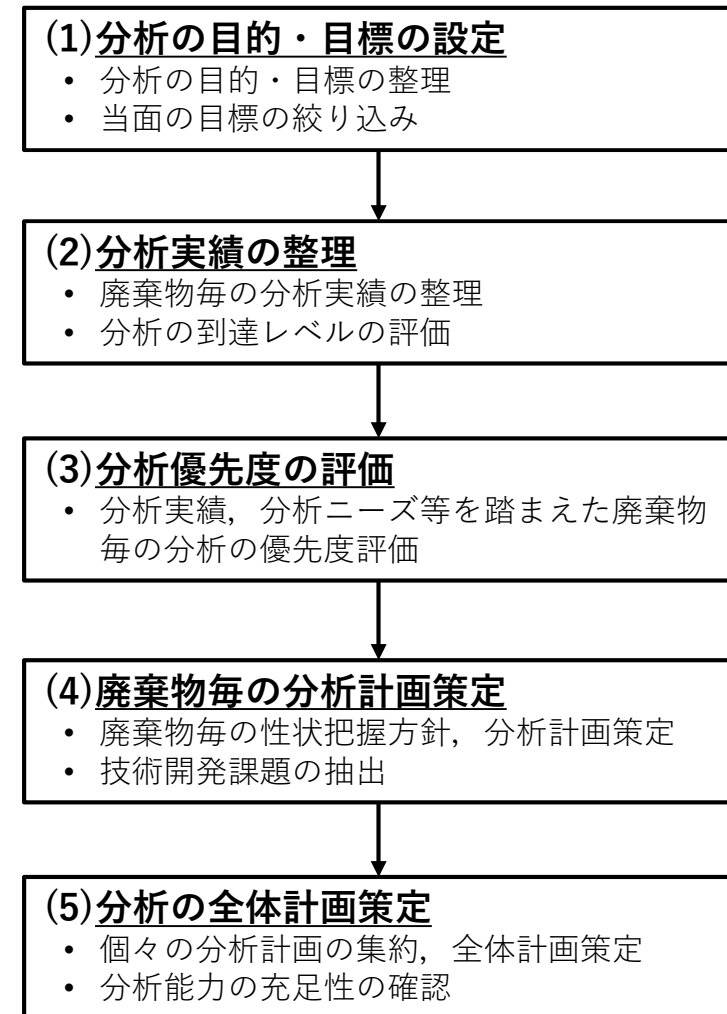


図 分析計画検討フロー

■ 分析優先度の評価の考え方

- 1Fにおいて発生する固体廃棄物は種類が多いため、廃棄物の特性、既往の分析実績等を踏まえて分析優先度の高い廃棄物を抽出した。
- 抽出した廃棄物を対象に、廃棄物毎にそれぞれの特性を踏まえた性状把握方針・分析計画の検討を行った。
- 分析優先度は、下記の指標により評価を行った。

表 分析優先度の評価指標

評価項目	優先度設定の考え方	対象
分析進捗状況	• 廃棄物の発生管理状況と既往の分析実施状況を踏まえ、早期の分析データ取得が望ましい廃棄物	• 廃棄物の実際の発生・管理状況に対して、分析が進んでいない廃棄物
保管における負荷 (リスク・物量)	• 保管時の負荷が高い廃棄物を抽出 • 安定化処理、減容処理、保管時の安全対策などの具体化に資する	• リスク高（高線量、高濃度、高流動性、飛散性、化学的不安定さ等） • 保管時の負担大（物量が膨大な廃棄物）
既存廃棄物との類似性	• 既存の廃棄物と類似性が低いものを抽出 • 制度整備、技術開発が必要になる可能性のある廃棄物 • 課題抽出、対策検討が必要であり、廃棄物性状に関する情報が必要	• 既存の発電所廃棄物等と類似性が低い廃棄物

※その他、当面（ここでは2032年度まで）発生する見込みのない廃棄物については優先度を下げる

■ 分析優先度の評価結果（概要）

- 分析優先度（高）として抽出した廃棄物は下記のとおり。

表 分析優先度（高）として抽出した廃棄物

抽出した廃棄物（優先度高）	分析ニーズ
● デブリ取り出し廃棄物※¹（汚染状況調査※²） ✓ 1-4号機R/B, T/B 金属 ✓ 1-4号機R/B, T/Bコンクリート ✓ 二次廃棄物（機材, フィルタ等） ● 1-4号機周辺施設（汚染状況調査※²） ✓ デブリ取り出し準備工事等発生廃棄物	デブリ取り出し準備への対応 - 発生廃棄物の性状予測等を目的とした汚染状況の調査 - デブリ取り出し作業及び準備工事で発生する廃棄物の管理 ※¹ デブリ取り出しに付随して発生する廃棄物。準備工事に伴い発生する廃棄物、フィルタ等の二次廃棄物を含む。デブリは含まない。 ※² 現時点で具体の発生廃棄物の推定は困難であることから、発生廃棄物の性状を推定するための事前の汚染状況調査として実施する。
● 瓦礫金属（BG相当未満） ● 瓦礫コンクリート（BG相当未満） ● 土壌等（BG相当未満） ● 建屋コンクリート（1-4号機以外）	再利用等への対応 - 再利用基準等に係る技術的エビデンスの整備・強化 - 従来クリアランス・NR代替スキーム検討に係る基礎情報の収集
● 瓦礫金属（BG相当以上） ● 瓦礫コンクリート（BG相当以上） ● 土壌（高線量） ● KURION/SARRY/SARRY II（吸着材） ● ALPS（スラリー／吸着材／処理カラム） ● 除染装置スラッジ ● 蒸発濃縮装置廃スラリー ● ゼオライト土嚢（ゼオライト・活性炭混合） ● 震災前廃棄物（事故影響を受けたもの）	保管管理の適正化 - 放射能濃度管理への移行：記録（部位情報等）or 表面線量と放射能濃度の紐づけ - 保管時の安全性向上：廃棄物の物理的・化学的性状の把握 - 処理方法の検討：処理の適用性・必要性判断に資する放射能濃度，化学的性状の把握

廃棄物毎の分析計画策定(一件一葉)

■ 廃棄物毎の分析計画策定

- 抽出した廃棄物について、**個別の分析計画を一件一葉形式で整理を行った。**
- 各廃棄物の特徴を踏まえた性状把握方針及び分析計画を検討した。

表 廃棄物毎の性状把握方針及び分析計画の検討（一件一葉記載内容）

項目	小項目	内容・検討方法
1.対象範囲・基礎情報	—	- 対象廃棄物の定義 - 対象廃棄物に係る基本情報の整理
2.今後の計画	—	保管管理，処理・処分・再利用，分析等に関する今後の計画の整理
3.廃棄物性状に係る情報	(1)物理的・化学的特性 (2)放射線学的特性	既存の分析データ，数値解析等による検討例の整理
4.性状把握方針	(1)検討の前提条件 (2)目標・基本方針 (3)性状把握方針 1)廃棄物性状把握 2)廃棄物管理	- 概算の分析数を推定するための条件として，必要に応じて廃棄物特性，廃棄物対策，廃炉工程等に関する仮定を設定 - 分析の目的を「性状把握」「廃棄物管理」に大別し，それぞれに対して合理的と考えられるイベントリ等推定方法及び分析方針を設定
5.分析計画	(1)実施内容 (2)年度展開	- 分析内容及び分析実施時期を設定 - 詳細分析，簡易分析を組み合わせた計画を策定 - 分析数の年度展開を作成
6.技術課題	—	試料採取，分析技術，解析的評価手法等に係る技術課題を抽出

廃棄物性状・分析計画 〇 廃棄物性状・分析計画 (表) 廃棄物性状 0.005-1.0mSv/h

年度	性状把握方針	分析計画	内容
2023	〇	〇	〇
2024	〇	〇	〇
2025	〇	〇	〇
2026	〇	〇	〇
2027	〇	〇	〇
2028	〇	〇	〇
2029	〇	〇	〇
2030	〇	〇	〇
2031	〇	〇	〇
2032	〇	〇	〇
2033	〇	〇	〇
2034	〇	〇	〇
2035	〇	〇	〇
2036	〇	〇	〇
2037	〇	〇	〇
2038	〇	〇	〇
2039	〇	〇	〇
2040	〇	〇	〇
2041	〇	〇	〇
2042	〇	〇	〇
2043	〇	〇	〇
2044	〇	〇	〇
2045	〇	〇	〇
2046	〇	〇	〇
2047	〇	〇	〇
2048	〇	〇	〇
2049	〇	〇	〇
2050	〇	〇	〇
2051	〇	〇	〇
2052	〇	〇	〇
2053	〇	〇	〇
2054	〇	〇	〇
2055	〇	〇	〇
2056	〇	〇	〇
2057	〇	〇	〇
2058	〇	〇	〇
2059	〇	〇	〇
2060	〇	〇	〇
2061	〇	〇	〇
2062	〇	〇	〇
2063	〇	〇	〇
2064	〇	〇	〇
2065	〇	〇	〇
2066	〇	〇	〇
2067	〇	〇	〇
2068	〇	〇	〇
2069	〇	〇	〇
2070	〇	〇	〇
2071	〇	〇	〇
2072	〇	〇	〇
2073	〇	〇	〇
2074	〇	〇	〇
2075	〇	〇	〇
2076	〇	〇	〇
2077	〇	〇	〇
2078	〇	〇	〇
2079	〇	〇	〇
2080	〇	〇	〇
2081	〇	〇	〇
2082	〇	〇	〇
2083	〇	〇	〇
2084	〇	〇	〇
2085	〇	〇	〇
2086	〇	〇	〇
2087	〇	〇	〇
2088	〇	〇	〇
2089	〇	〇	〇
2090	〇	〇	〇
2091	〇	〇	〇
2092	〇	〇	〇
2093	〇	〇	〇
2094	〇	〇	〇
2095	〇	〇	〇
2096	〇	〇	〇
2097	〇	〇	〇
2098	〇	〇	〇
2099	〇	〇	〇
2100	〇	〇	〇

1. 対象範囲・基礎情報
 〇 廃棄物性状・分析計画 (表) 廃棄物性状 0.005-1.0mSv/h

2. 今後の計画
 〇 廃棄物性状・分析計画 (表) 廃棄物性状 0.005-1.0mSv/h

3. 廃棄物性状に係る情報
 〇 廃棄物性状・分析計画 (表) 廃棄物性状 0.005-1.0mSv/h

4. 性状把握方針
 〇 廃棄物性状・分析計画 (表) 廃棄物性状 0.005-1.0mSv/h

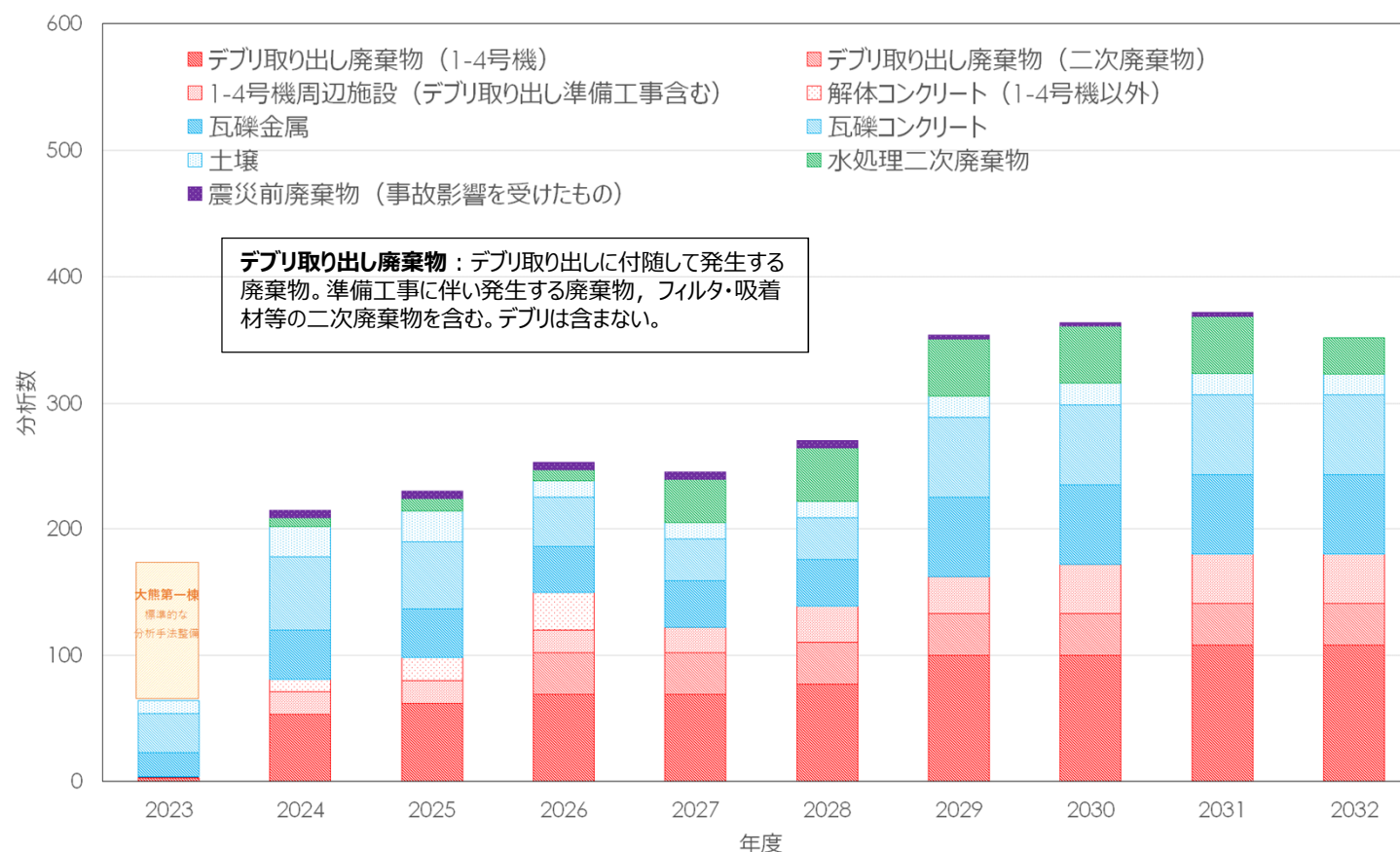
5. 分析計画
 〇 廃棄物性状・分析計画 (表) 廃棄物性状 0.005-1.0mSv/h

6. 技術課題
 〇 廃棄物性状・分析計画 (表) 廃棄物性状 0.005-1.0mSv/h

個別の方針・計画の妥当性は、今後、廃棄物毎の具体的な対策と併せて議論

■ 全体計画（年度毎の分析数）

- ・ 廃棄物毎の分析計画を統合した**全体分析計画（年度毎の分析数の推移）**を下記に示す。
- ・ 2020年代中盤までJAEA諸施設を中心に分析を実施。2020年代後半より、東京電力総合分析施設を運用開始。
- ・ 2023年度は、大熊第1棟では標準的な分析手法の整備を進める計画であり、検証用データ取得を目的とした分析に能力を割り振っている。



・ 分析対象物及び分析内容等により分析作業の負荷が変わることから、**分析数は目安として提示**するものである。

・ 必要な分析数・分析内容は、廃炉作業進捗等により変化するもの。**分析ニーズの変化を注視し、分析計画の更新を継続的に実施**する。

・ 分析能力に余力が無いと判断される場合には、例えば下記の対策を講じる。

- ① **既存分析能力の強化**（分析能力（設備・人員）の拡張、分析手法の合理化等）
- ② 緊急性に応じた分析実施時期の見直し（積極的な総合分析施設の活用）

図 全体分析計画（年度毎の分析数の推移）

■ 今後の検討方針

- 今回策定した分析計画は、分析施設整備、分析体制構築にあたり、必要な分析能力、人的リソースの推定等において参照する。関係機関間の協力体制構築、役割分担の明確化を図りながら、東京電力として分析施設の整備、分析体制の構築を進めていく（p.9-10参照）。
- 廃炉作業の進捗に伴う分析ニーズの変化に対し、分析計画は継続的に更新を行う必要がある。今回策定した計画は、分析計画策定・更新のサイクルの起点となるものであり、今後、最新の廃炉作業進捗、計画等の反映、中長期的な廃棄物対策の検討と併せて、廃棄物毎の分析計画の詳細化・見直しを行うとともに、そこから抽出される技術課題に対応した研究開発を進めていく（p.8参照）。
- 廃棄物毎の分析計画の設定根拠等については、今後、廃棄物毎の具体の対策と併せて説明をしていくものとする。特定原子力施設監視・評価検討会において示された2023年度リスクマップを踏まえ、下記の廃棄物について優先して対応を図る。

- | | |
|-----------|--|
| ①水処理二次廃棄物 | : セシウム吸着装置（KURION,SARRY,SARRY II）, 多核種除去設備（ALPS） |
| ②瓦礫類等 | : バックグラウンド相当未満の瓦礫類等 |
| ③建屋解体物等 | : モデルケース（Rw/B等） |

分析計画に関する今後の検討方針

■ 分析計画の更新

- 1F固体廃棄物の分析実施フローのイメージを下図に示す。
- 分析計画は、1F廃炉進捗に伴うニーズ変化等を反映し、継続的に更新を行う。
- 今回策定した計画は、今後、分析実施フローを回していく起点となるものである。

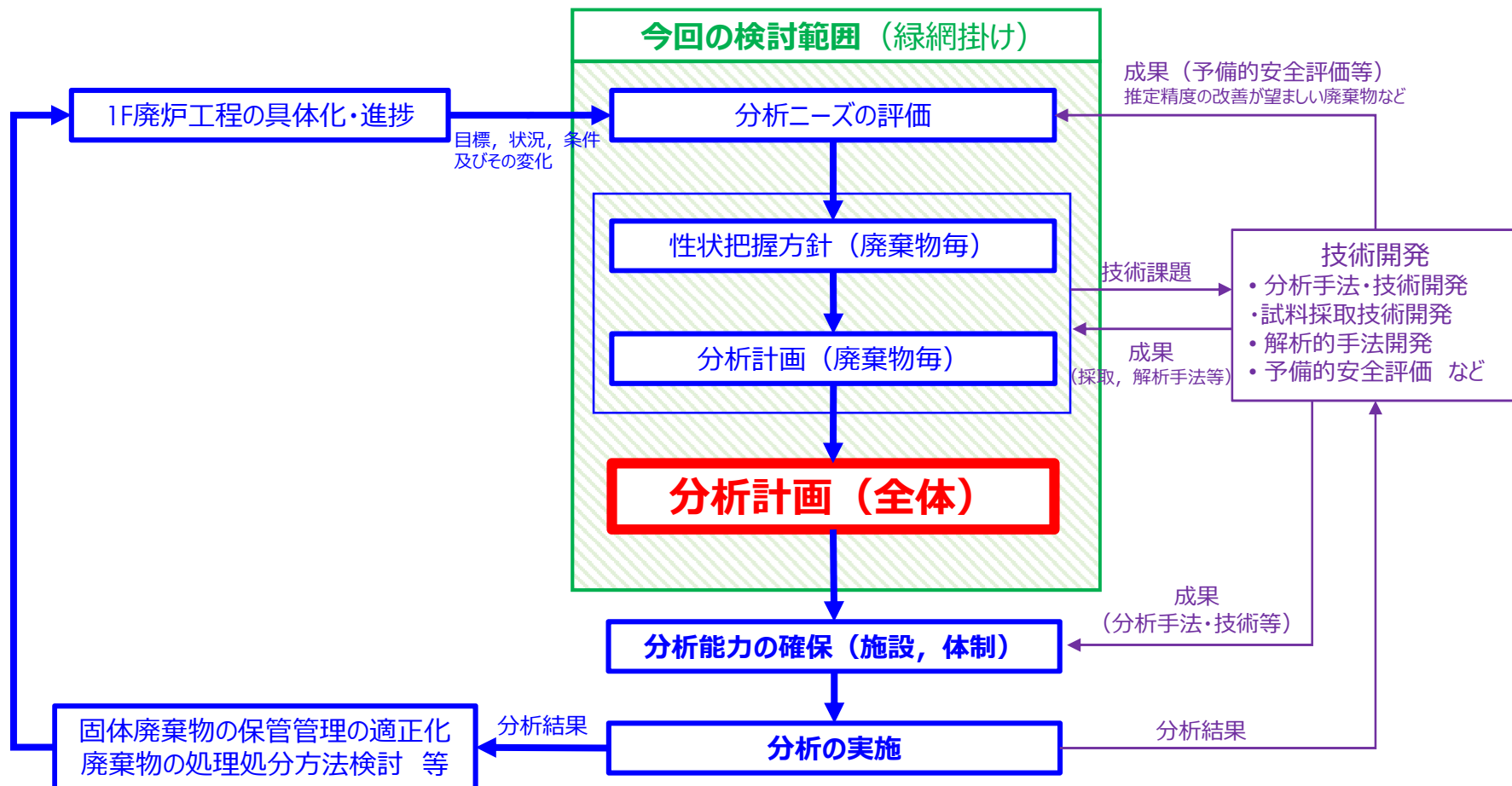
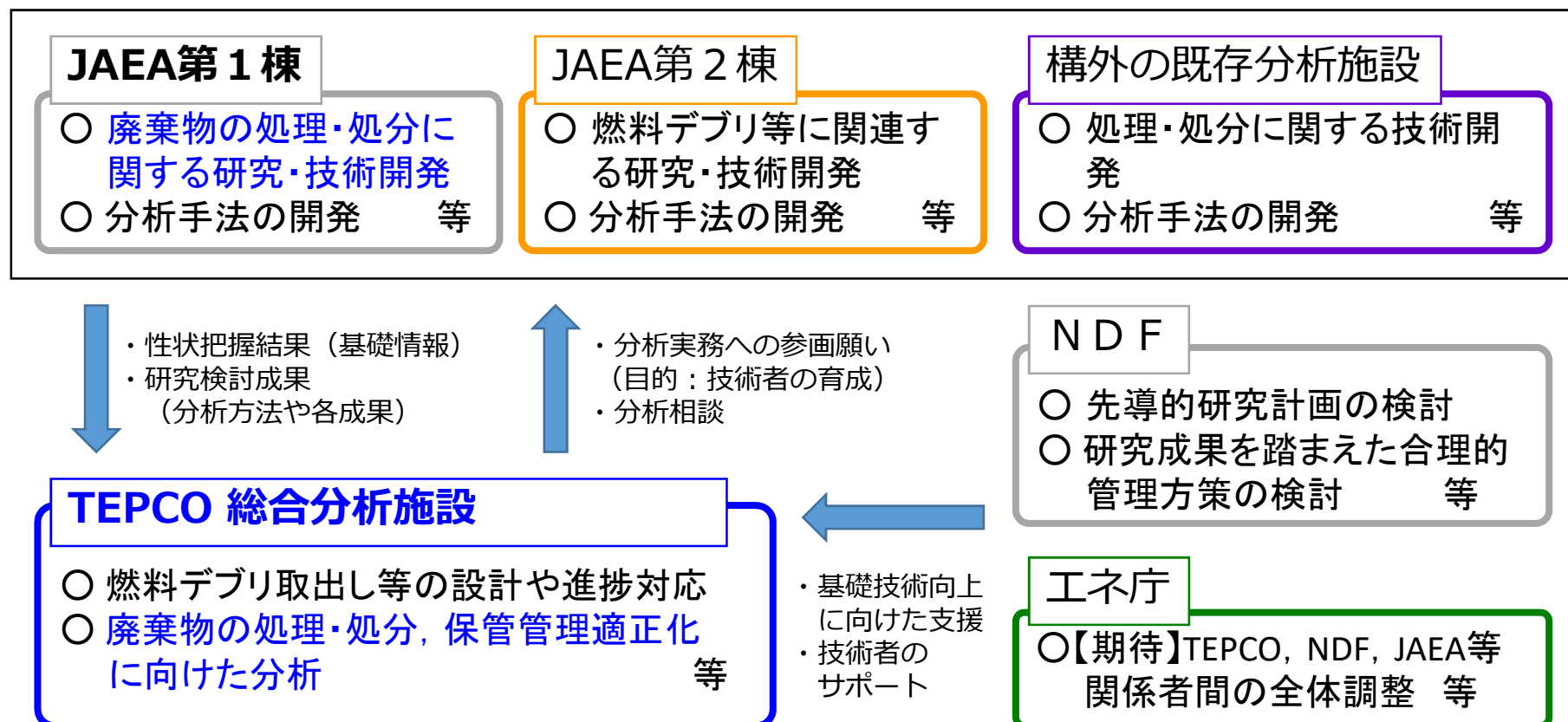


図 1F固体廃棄物を対象とした分析実施フロー（サイクル）

廃棄物分析における各機関・分析施設の役割

- 多種多様で且つ多量な廃棄物を安全に取扱うため、性状把握等の基礎情報の取得や処理処分に向けた研究開発、その他分析技術の開発・検証を国プロとして進めている
- 東京電力は、先行する国プロで開発した分析技術を活用し、廃棄物管理の適正化や処理処分に向けて策定した分析計画を達成するよう計画的に分析を進める

(社外分析機関)



廃棄物分析の体制について

- **分析組織**：分析統括者が方針・計画を定め、分析技術者が必要な方法・手順を準備。分析作業者が分析を実行し、分析管理者が分析のワークマネジメントを行う。なお、必要人数（表中、追加分）については、分析計画の見直しに応じて適宜見直ししながら、分析体制を構築・維持していく。

- **人財確保の課題**：高度な分析技術を要し、育成に時間を要する分析技術者の確保が重要課題。

⇒2023年度より育成開始（国プロに参画して実践経験を積みながら育成）

組織イメージ	役割・機能要素	現体制 ▲	追加分 ▲
 分析統括者	方針・計画策定 ・廃炉作業の理解 ・安全や工法等の情報の理解	1名	1名
 分析技術者	分析手順の策定 ・放射化学／計測原理の知識 ・物性・観察、保障措置の知識 ・線量評価の知識	4名 (ルーチン3名, バイオアッセイ1名)	重要課題 廃棄物 2名 (その他3名程度※)
 分析管理者	作業監理と分析データ管理 ・調達管理／作業監理 ・データ管理／品質管理	16名	廃棄物 3～4名程度 (その他3～5名程度※)
 分析作業者	分析作業 ・分析手順の理解 ・設備／装置の操作スキル ・放射線防護の知識	96名 (概ねルーチン分析。一部、 震災以前からの難測定分 析の経験者を含む)	廃棄物 20～25名程度 (200～300試料相当) (その他5～10名程度※)

※その他：燃料デブリ分析やバイオアッセイ分析

参考：廃棄物毎の分析計画策定（分析計画概要）（1/3）

表 分析計画概要（解体廃棄物系）

廃棄物種類				管理上の分類	インベントリの評価方法	管理方法	試料採取 ※1	分析数 ※2
1-4号機	デブリ取り出し 廃棄物	原子炉領域	金属(機器・ 設備等)	・ 部位別	・ 統計学的手法（最大）	汚染調査として実施 (管理は記録：部位)	・ 原位置（解体前）	30
			コンクリート等	・ 部位別	・ 統計学的手法（最大）	汚染調査として実施 (管理は記録：部位)	・ 原位置（解体前）	21
		原子炉領域以外	金属(機器・ 設備等)	・ エリア別	・ 統計学的手法（最大） ・ スケーリングファクタ，解析 適用性確認（オプション）	汚染調査として実施 (管理は記録：エリア)	・ 原位置（解体前）	224
			コンクリート等	・ エリア別（建屋，階 層 +外壁）	・ 統計学的手法（最大） ・ 浸透深さ評価 ・ スケーリングファクタ，解析 適用性確認（オプション）	汚染調査として実施 (管理は記録：エリア)	・ 原位置（解体前）	354
			その他	・ エリア別	・ 統計学的手法（最大）	汚染調査として実施 (管理は記録：エリア)	・ 原位置（解体前）	120
		二次廃棄物	空調系・水処 理系等	・ 交換設備，フィル タ・吸着材の品目別	・ 統計学的手法（最大）	汚染調査として実施 (管理は記録：品目)	・ 実廃棄物	231
1-4号機 周辺施設	金属(機器・設備等)			・ 部位別	・ 統計学的手法（最大）	汚染調査として実施 (管理は記録：部位)	・ 原位置（解体前） ・ 実廃棄物	69
	コンクリート等			・ 部位別	・ 統計学的手法（最大） ・ 浸透深さ評価	汚染調査として実施 (管理は記録：部位)	・ 原位置（解体前） ・ 実廃棄物	136
	その他			・ 部位別	・ 統計学的手法（最大）	汚染調査として実施 (管理は記録：部位)	・ 原位置（解体前） ・ 実廃棄物	44
1-4号機 以外	解体廃棄物 (5・6号)	建屋 (R/B, T/B)	コンクリート等	・ エリア別（グリッド設 定）	・ 統計学的手法（最大） ・ 浸透深さ評価	汚染調査として実施 (管理は記録：エリア)	・ 原位置（解体前）	58

※1 想定した分析用試料採取の場所／対象／時期を記載。

※2 2023～2032年度の想定分析数（目安）。簡易分析は含まない。

参考：廃棄物毎の分析計画策定（分析計画概要）（2/3）

表 分析計画概要（瓦礫类等）

廃棄物種類		管理上の分類	インベントリの評価方法	管理方法	試料採取 ※1	分析数 ※2
瓦礫金属	金属瓦礫(BG相当未満) <0.005mSv/h	・無し	・スケーリングファクタ	・表面線量	・屋外一時保管エリア	146
	金属瓦礫(低) 0.005~1.0mSv/h	・無し	・スケーリングファクタ	・表面線量	・減容処理時（切断後） ・屋外一時保管エリア	56
	金属瓦礫(中) 1.0~30mSv/h	・無し	・スケーリングファクタ	・表面線量	・(既発生)固体庫搬入時 ・(将来発生)保管容器収納前	56
	金属瓦礫(高) > 30mSv/h	・発生時期・場所	・統計学的手法（最大）	・記録による確認（当該分類であること）	・(既発生)詰め替え／処理時 ・(将来発生)保管容器収納前	201
瓦礫 コンクリート	コンクリート瓦礫(BG相当未満) <0.005mSv/h	・無し	・スケーリングファクタ	・表面線量	・屋外一時保管エリア	68
	コンクリート瓦礫(低) 0.005~1.0mSv/h	・無し	・スケーリングファクタ	・表面線量	・減容処理時（破碎後） ・屋外一時保管エリア	56
	コンクリート瓦礫(中) 1.0~30mSv/h	・無し	・スケーリングファクタ ・浸透深さ評価	・表面線量	・(既発生) 固体庫搬入時 ・(将来発生)保管容器収納前	81
	コンクリート瓦礫(高) > 30mSv/h	・発生時期・場所	・統計学的手法（最大）	・記録による確認（当該分類であること）	・(既発生)詰め替え／処理時 ・(将来発生)保管容器収納前	201
	アスファルト	・無し	・スケーリングファクタ等	・表面線量	・コンクリートと同様	97
土壌等	土壌(BG相当未満) <0.01mSv/h	・無し	・スケーリングファクタ	・表面線量	・屋外一時保管エリア	68
	土壌(高) > 30mSv/h	・発生時期・場所	・統計学的手法（最大）	・記録による確認（当該分類であること）	・(既発生)詰め替え／処理時 ・(将来発生)保管容器収納前	96

※1 想定した分析用試料採取の場所／対象／時期を記載。

※2 2023～2032年度の想定分析数（目安）。簡易分析は含まない。

参考：廃棄物毎の分析計画策定（分析計画概要）（3/3）

表 分析計画概要（水処理二次廃棄物／震災前廃棄物等）

廃棄物種類		管理上の分類	インベントリの評価方法	管理方法	試料採取 ※1	分析数 ※2
KURION/SARRY (セシウム吸着塔)	KURION	・ 吸着材別	・ 統計学的手法（最大）	・ 記録による確認（当該分類であること）	・ 吸着塔（最上部採取）	8
	SARRY/SARRY II	・ 吸着材別	・ 統計学的手法（最大）	・ 記録による確認（当該分類であること）	・ 吸着塔（最上部採取）	8
ALPS① (スラリー)	既設ALPS 炭酸塩スラリー	・ 無し	・ 統計学的手法（最大or分布）	・ 記録による確認（当該廃棄物であること）	・ 脱水時（フィルタプレス）	60
	既設ALPS 鉄共沈スラリー	・ 無し	・ 統計学的手法（最大or分布）	・ 記録による確認（当該廃棄物であること）	・ 脱水時（フィルタプレス）	20
	増設ALPS 炭酸塩スラリー	・ 無し	・ 統計学的手法（最大or分布）	・ 記録による確認（当該廃棄物であること）	・ 脱水時（フィルタプレス）	60
ALPS② (吸着材)	既設／増設ALPS(吸着材)	・ 吸着材別	・ 統計学的手法（最大）	・ 記録による確認（当該分類であること）	・ HIC	66
	高性能ALPS(吸着材)	・ 吸着材別	・ 統計学的手法（最大）	・ 記録による確認（当該分類であること）	・ 吸着塔	20
ALPS③ (処理カラム)	処理カラム	・ 吸着材別	・ 統計学的手法（最大）	・ 記録による確認（当該分類であること）	・ 処理カラム	2
除染装置スラッジ (AREVA)	除染装置スラッジ	・ 無し	・ 統計学的手法（最大）	・ 記録による確認（当該廃棄物であること）	・ 脱水時	6
蒸発濃縮装置廃スラリー	蒸発濃縮装置廃スラリー	・ 無し	・ 統計学的手法（最大）	・ 記録による確認（当該廃棄物であること）	・ 脱水時	6
ゼオライト土嚢	ゼオライト／活性炭混合	・ 無し	・ 統計学的手法（最大）	・ 記録による確認（当該廃棄物であること）	・ 回収時／容器	10
L2廃棄物 (事故前)	造粒固化体（事故影響有）	・ 保管場所	・ 統計学的手法（最大）	・ 記録による確認（当該分類であること）	・ 貯槽	9
	廃樹脂，廃スラッジ（事故影響有）	・ 保管場所	・ 統計学的手法（最大）	・ 記録による確認（当該分類であること）	・ 原位置／廃棄物回収時	30

※1 想定した分析用試料採取の場所／対象／時期を記載。

※2 2023～2032年度の想定分析数（目安）。簡易分析は含まない。

表 分析計画概要の表横軸の説明

項目（前項横軸）	説明
(1)管理上の分類	- 当該廃棄物のインベントリ，物理的・化学的特性等の管理の単位として想定した分類 - 記録等に基づく細分化の可否（トレーサビリティの信頼性等），細分化の有効性等を踏まえて設定
(2)インベントリの評価方法	- 統計学的手法・・・実測データに基づき，管理単位とするグループのインベントリを設定する。総放射エネルギーの推定方法について，下記の2パターンを想定。 （最大）総放射エネルギーを最大放射能濃度×物量で推定（最大放射能濃度のみを評価する） （分布）総放射エネルギーを平均放射能濃度×物量で推定（最大放射能濃度，平均放射能濃度を評価する） - スケーリングファクタ法・・・キー核種の放射能濃度との相関により，核種毎の放射能濃度を推定する。 表面線量－キー核種の放射能濃度に関するデータを取得する キー核種－他核種の放射能濃度比に関するデータを取得する - 解析・・・理論計算法など解析による推定
(3)管理方法	実廃棄物に対する管理方法 記録による管理・・・記録により当該廃棄物又は設定した分類であることをもって性状を管理 表面線量による管理・・・表面線量から放射能濃度を推定
(4)試料採取	試料採取を行う対象・場所（主な試料採取場所）
(5)分析数	- 当該廃棄物に関する分析数（処理処分，再利用も念頭に置いた詳細分析の試料数） - 簡易分析，物理的・化学的性状に関する分析は別途積み上げ

以上

東京電力福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた
固体廃棄物の分析計画

1. はじめに

福島第一原子力発電所（以下、「1F」という）の廃炉等に向けた分析は、これまで、1F 構内の分析施設と、JAEA 等の茨城地区の分析施設を活用しながら、国の補助事業と分担して実施してきており、JAEA 放射性物質分析・研究施設第 1 棟（以下、「大熊第 1 棟」という）及び第 2 棟（2026 年度竣工予定）、東京電力総合分析施設（計画検討中）（以下、「総合分析施設」という）など分析能力の強化を着実に進めている。

固体廃棄物の分析に関しては、当初より放射能濃度や物性などの性状把握を指向していたものの、廃棄物の保管管理を遂行するにあたり、大量に発生する瓦礫類がフォールアウト汚染起因であったために表面線量率測定による区分に注力してきた。このため、性状把握を目的とした分析が計画的に行われてこなかったことから、今後の廃炉作業の進捗に合わせて廃棄物の管理区分を見直すためにも、下表の内容を網羅した戦略的な分析を実現するための計画を策定する。

表 分析計画策定のねらい

廃炉進捗に伴う対応	内容
放射能濃度による 廃棄物管理への移行	・ 全ての廃棄物について下記を踏まえた放射能濃度管理へ移行 ✓ 廃棄物毎の特性に応じた合理的な安全対策等の検討に資するデータ取得 ✓ 処分・再利用に向けたデータ蓄積・管理（より幅広い放射性核種に対する放射能濃度の管理）
安全で安定的な 保管管理の実施	・ 保管時の廃棄物の挙動評価及び適切な安全対策を検討し、長期にわたり閉じ込めを維持できる保管方法の検討のための廃棄物の物理的・化学的特性の把握
試料採取・分析の 高難度化対応	・ デブリ取り出しに伴う試料採取、分析難易度の高い試料等に対応できる技術、人材の整備
体系的な 試料採取・分析の実施	・ 代表性に配慮した体系的な試料採取・分析の実施 ・ 廃棄物毎の特性を踏まえた合理的な性状把握の実施

策定した分析計画に基づき上表に対する対応を着実に進めるとともに、分析の遅滞が廃炉作業のボトルネックとならないよう関係機関と連携して、必要な分析を確実に実施するための分析施設、分析体制の構築を進めていく。

2. 検討方針・手順

(1) 検討範囲

今回の計画策定では、下記の特徴により分析の難易度・分析数ともに高い水準が要求され、分析施設に対する負荷が高いと考えられる固体廃棄物の処理・処分方法の検討に向けた性状把握及び保管管理の適正化を目的とした分析を対象とした。

- ・ 廃棄物の種類が多く、性状が多様であること
- ・ 発生量が膨大であること
- ・ 評価対象とする核種・性状の幅が広いこと（保管管理、処理処分、再利用等への対応）
- ・ 前処理等に係る作業量が多いこと

燃料デブリ、ALPS 処理水、事故調査等に関する分析計画は対象外とした。これらについては、別途検討を実施し、分析能力の配分等について調整を行う。

(2) 検討手順

分析計画を策定するにあたり、目的に対して必要な分析データの取得・蓄積を合理的に進めるため、下記を考慮した検討を実施した。

- ・ 分析の目的・目標の明確化
- ・ 廃棄物毎の特徴を踏まえた合理的な性状把握方針及び分析計画の策定
- ・ 分析の進捗状況や保管管理上のリスク等を踏まえた分析優先度の高い廃棄物の抽出

分析計画の検討は、下記の手順で実施した。

- [STEP. 1] 分析優先度の高い廃棄物の抽出
- [STEP. 2] 廃棄物毎の性状把握方針及び分析計画の策定
- [STEP. 3] 全体分析計画の策定

3. 分析計画の検討

(1) 分析優先度の高い廃棄物の抽出

1F において発生する固体廃棄物は種類が多いため、廃棄物の特性、既往の分析実績等を踏まえて分析優先度の高い廃棄物を抽出した。下記に分析優先度の評価における評価指標及び優先度評価の結果（抽出した廃棄物）を整理した。

抽出した廃棄物を対象に、廃棄物毎にそれぞれの特性を踏まえた性状把握方針・分析計画の検討を行った。

表 優先度評価における評価指標

評価項目	優先度設定の考え方	対象
分析進捗状況	廃棄物の発生管理状況と既往の分析実施状況を踏まえ、早期の分析データ取得が望ましい廃棄物	廃棄物の実際の発生・管理状況に対して、分析が進んでいない廃棄物
保管における負荷 (リスク・物量)	- 保管時の負荷が高い廃棄物を抽出 - 安定化処理、減容処理、保管時の安全対策などの具体化に資する	- リスク高（高線量、高濃度、高流動性、飛散性、化学的不安定さ等） - 保管時の負担大（物量が膨大な廃棄物）
既存廃棄物との類似性	- 既存の廃棄物と類似性が低いものを抽出。 - 制度整備、技術開発が必要になる可能性がある廃棄物 - 課題抽出、対策検討が必要であり、廃棄物性状に関する情報が必要	既存の発電所廃棄物等と類似性が低い廃棄物

※その他、当面（ここでは 2032 年度まで）発生する見込みのない廃棄物については優先度を下げる。

表 優先度評価の結果（抽出した廃棄物）

抽出した廃棄物（優先度高）	分析ニーズ
● デブリ取り出し廃棄物※1（汚染状況調査※2） ✓ 1-4 号機 R/B、T/B 金属 ✓ 1-4 号機 R/B、T/B コンクリート ✓ 二次廃棄物（機材、フィルタ等） ● 1-4 号機周辺施設（汚染状況調査※2） ✓ デブリ取り出し準備工事等発生廃棄物	デブリ取り出し準備への対応 - 発生廃棄物の性状予測等を目的とした汚染状況の調査 - デブリ取り出し作業及び準備工事で発生する廃棄物の管理 ※1 デブリ取り出しに付随して発生する廃棄物。準備工事に伴い発生する廃棄物、フィルタ・吸着材等の二次廃棄物を含む。デブリは含まない。 ※2 現時点で具体の発生廃棄物の推定は困難であることから、発生廃棄物の性状を推定するための事前の汚染状況調査として実施する。
● 瓦礫金属（バックグラウンド相当未満） ● 瓦礫コンクリート（バックグラウンド相当未満） ● 土壌等（バックグラウンド相当未満） ● 建屋コンクリート（1-4 号機以外）	再利用等への対応 - 設定されている再利用基準等（表面線量）に係る技術的エビデンスの整備・補強 - 従来クリアランス・NR 代替スキーム検討に係る基礎情報の収集
● 瓦礫金属（バックグラウンド相当以上） ● 瓦礫コンクリート（バックグラウンド相当以上） ● 土壌（高線量） ● KURION/SARRY/SARRY II（吸着材） ● ALPS（スラリー／吸着材／処理カラム） ● 除染装置スラッジ ● 蒸発濃縮装置廃スラリー ● ゼオライト土嚢（ゼオライト・活性炭混合） ● 震災前廃棄物（事故影響を受けたもの）	保管管理の適正化 - 放射能濃度管理への移行：記録（部位情報等）or 表面線量と放射能濃度の紐づけ - 保管時の安全性向上：廃棄物の物理的・化学的性状の把握 - 処理方法の検討：処理の適用性・必要性の判断に資する放射能濃度、化学的性状等の把握

(2) 廃棄物毎の性状把握方針及び分析計画の策定

抽出した廃棄物について、廃棄物毎の分析計画を一件一葉形式で整理した。下表に、整理内容（項目構成）を示す。

分析計画の策定にあたっては、性状把握方針として廃棄物毎の特徴を踏まえたインベントリ等の管理単位・管理方法を仮定し、方針に沿った分析計画を検討した。分析計画は向こう10年間を対象に、廃炉工程及び廃棄物毎の合理的な試料採取のタイミング等を勘案し、年度毎の分析数を設定した。

表 廃棄物毎の性状把握方針及び分析計画の検討（一件一葉記載内容）

項目	小項目	内容・検討方法
1. 対象範囲・基礎情報	—	- 対象廃棄物の定義 - 対象廃棄物に係る基本情報の整理
2. 今後の計画	—	保管管理、処理・処分・再利用、分析等に関する今後の計画の整理
3. 廃棄物性状に係る情報	(1)物理的・化学的特性 (2)放射線学的特性	分析データ、解析的手法によるインベントリ推算結果等の廃棄物性状に係る既往の知見の整理
4. 性状把握方針	(1)検討の前提条件 (2)目標・基本方針 (3)性状把握方針 1)廃棄物性状把握 2)廃棄物管理	- 概算の分析数を推定するための前提条件を、必要に応じて仮定（将来的な対策、工程等） - 分析の目的を「性状把握」「廃棄物管理」に大別し、それぞれに対して合理的と考えられるインベントリ等推定方法及び分析方針を設定
5. 分析計画	(1)実施内容 (2)年度展開	- 分析内容及び分析実施時期を設定 - 詳細分析、簡易分析を組み合わせた計画を策定 - 分析数の年度展開を作成
6. 技術課題	—	試料採取、分析技術、解析的評価手法等に係る技術課題を抽出

廃棄物毎の性状把握方針及び分析計画の検討結果の概要一覧を別添2に整理した。

(3) 全体分析計画の策定

廃棄物毎の分析計画を統合した全体分析計画（年度毎の分析数の推移）を下記に示す。なお、分析対象物及び分析内容等により分析作業の負荷が変わることから、分析数は目安として提示するものである。

2020年代中盤までは、JAEA 諸施設を中心に分析を実施する。2020年代後半より総合分析施設が運用開始となる予定である。

2023年度は、大熊第1棟では標準的な分析手法の整備を進める計画であり、検証用データ取得を目的とした分析に能力を割り振っている。

また、必要な分析数・分析内容は、廃炉作業の進捗等に伴い変化する。分析ニーズの変化を注視し、分析計画の更新を継続的に実施する。分析能力に余力が無いと判断される場合には、例えば下記の対策を講じる。

- ① 既存分析能力の強化（分析能力（設備・人員）の拡張、分析手法の合理化等）
- ② 緊急性に応じた分析実施時期の見直し（積極的な総合分析施設の活用）

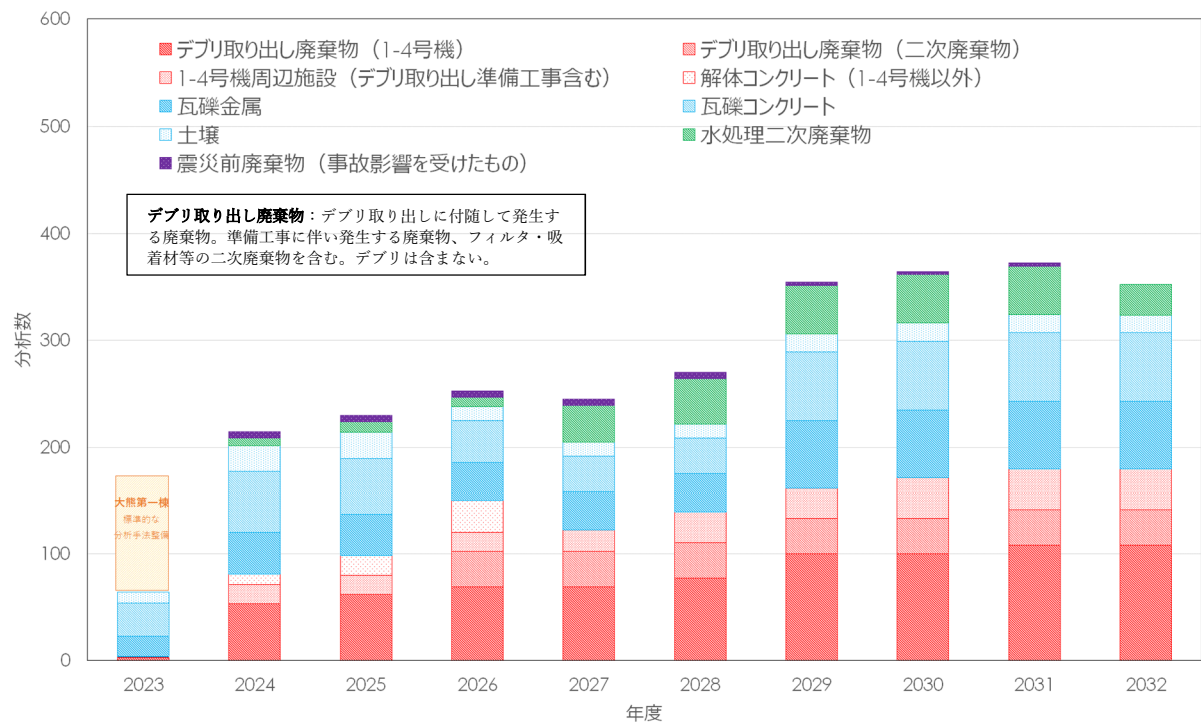


図 全体分析計画（年度毎の分析数の推移）

4. 今後の対応

今回策定した分析計画は、分析施設の整備、分析体制の構築における必要な分析能力、人的リソースの推定等において参照する。関係機関間の協力体制構築、役割分担の明確化を図りながら、東京電力として分析施設の整備、分析体制の構築を進めていく。分析体制構築に向けた対応について別添1に示した。

前項に示したとおり、廃炉作業の進捗に伴う分析ニーズの変化に対し、分析計画の継続的な更新が必要となる。分析計画の更新を含む分析実施フロー（サイクル）のイメージを下図に示した。今回策定した計画は、分析計画の策定・更新のサイクルの起点となるものであり、今後、廃炉作業の進捗、具体化された計画等を反映し、中長期的な廃棄物対策の検討と併せて廃棄物毎の分析計画の詳細化・見直しを行うとともに、そこから抽出される技術課題に対応した研究開発を進めていく。

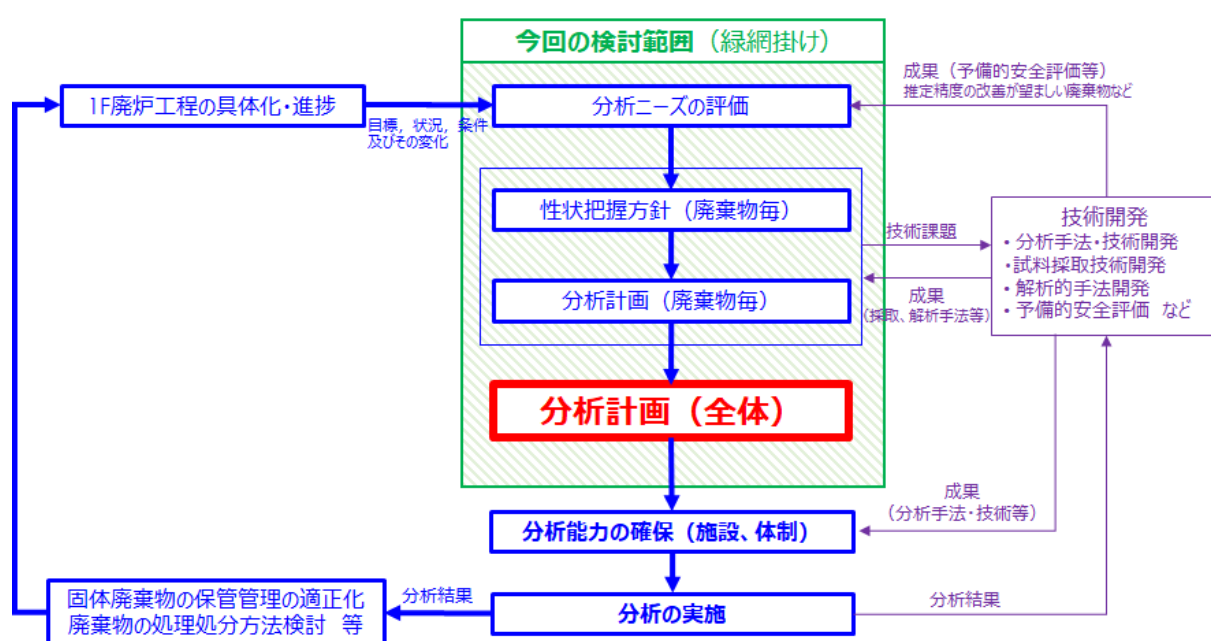


図 1F 固体廃棄物を対象とした分析実施フロー（サイクル）

廃棄物毎の分析計画の設定根拠等については、今後、廃棄物毎の具体の対策と併せて説明をしていくものとする。特定原子力施設監視・評価検討会において示された2023年度リスクマップを踏まえ、下記の廃棄物について優先して対応を図る。

水処理二次廃棄物	：セシウム吸着装置(KURION, SARRY, SARRY II)、多核種除去設備(ALPS)
瓦礫類等	：バックグラウンド相当未満の瓦礫類等
建屋解体物等	：モデルケース（Rw/B 等）

以上

1. 廃棄物分析における分析体制：全体像

多種多様で且つ多量の廃棄物を安全に取扱うため、性状把握等の基礎情報の取得や処理処分に向けた研究開発、その他分析技術の開発・検証を日本原子力研究開発機構（JAEA）等が中心となって進めている。

東京電力は、先行する JAEA 等が開発した分析技術を導入し、廃棄物管理の適正化や処理処分に向けて策定した分析計画を達成するよう、総合分析施設の整備の他、分析技術者の育成をはじめとする分析要員の確保についても計画的に準備を進めていく。

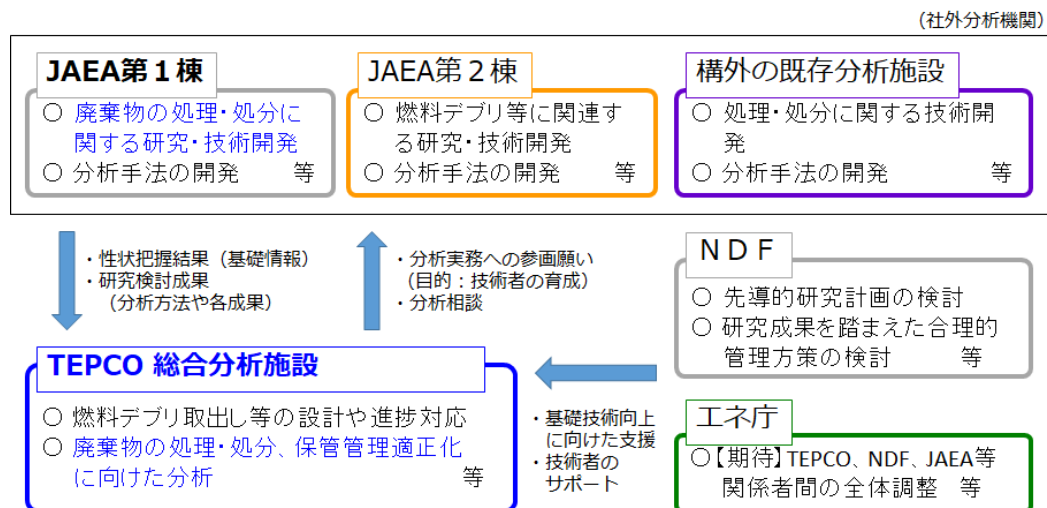


図1 分析体制の全体像と各機関の役割

2. 東電社内の体制について

廃棄物の長期保管や再使用／再利用等の管理の適正化検討や処理処分の検討を進めるにあたり、核種組成や核種毎の放射能濃度等を分析するなど分析の高度化が必要となるため、現行組織の拡張が必要となる。

廃棄物分析、燃料デブリ分析を行うべく設置を進めている総合分析施設の運用開始に合わせて、必要な分析人財を確保する。現時点の分析計画に応じて検討した体制は図2の通り。分析統括者が廃炉作業の全体計画に合わせて分析計画を策定し、分析技術者が必要な方法や手順を整備、分析作業者がその手順に従い実務を担い、分析管理者が計画の履行とデータ／品質の管理といった業務管理を行う体制を目指す。

組織イメージ	役割・機能要素	現体制▲	追加分▲
● 分析統括者	方針・計画策定 ・廃炉作業の理解 ・安全や工法等の情報の理解	1名	1名
▲ 分析技術者	分析手順の策定 ・放射化学／計測原理の知識 ・物性・観察、保障措置の知識 ・線量評価の知識	4名 (ルーチン3名、 バイオアッセイ1名)	重要課題 廃棄物 2名 (その他3名程度※)
▲ 分析管理者	作業監理と分析データ管理 ・調達管理／作業監理 ・データ管理／品質管理	16名	廃棄物 3～4名程度 (その他3～5名程度※)
▲ 分析作業者	分析作業 ・分析手順の理解 ・設備／装置の操作スキル ・放射線防護の知識	96名 (概ねルーチン分析。一部、 震災以前からの難測定分 析の経験者を含む)	廃棄物 20～25名程度 (200～300試料相当) (その他5～10名程度※)

図2 東電内の分析体制

3. 人財確保の主要課題と解決に向けた取り組みについて

図2で示した体制のうち、分析技術者の確保が急務と考えている。分析技術者は、主に放射化学や各種計測の原理等の基礎知識を必要とし、分析方法や手順といった分析技術を支える中核であり、育成に時間を要することから早急に取り組むべき課題としている。

分析人財の育成については、机上における基礎知識の習得も大事であるが、実践のなかで経験を積むことが効率的と考えており、2023年度より大熊第1棟における廃棄物分析の実務に参画させていただき、分析の手順の理解に加え、前処理プロセスの原理や計測原理のほかノウハウを含めて学び、東電においても自前で手順を制定し実践できる状態を目指して取り組んでいく。

なお、分析体制については、分析計画に応じて適宜見直し、廃炉作業を分析が原因となって停滞させないよう準備を計画的に進めていく。

表 廃棄物毎の性状把握方針及び分析計画の概要

廃棄物種類				管理上の分類	インベントリの評価方法	廃棄物の管理方法	試料採取 ※1	分析数 ※2
1-4号機 R/B、T/B	デブリ 取り出し 廃棄物	原子炉領域	金属 (機器・設備等)	・部位別	・統計学的手法 (最大)	・汚染調査として実施 (管理は記録：部位)	・原位置 (解体前)	30
			コンクリート等	・部位別	・統計学的手法 (最大)	・汚染調査として実施 (管理は記録：部位)	・原位置 (解体前)	21
		原子炉領域 以外	金属 (機器・設備等)	・エリア別 (建屋、階層)	・統計学的手法 (最大) ・スケーリングファクタ、解 析適用性確認(オプション)	・汚染調査として実施 (管理は記録：エリア)	・原位置 (解体前)	224
			コンクリート等	・エリア別 (建屋、階層 +外壁)	・統計学的手法 (最大) ・浸透深さ評価 ・スケーリングファクタ、解 析適用性確認(オプション)	・汚染調査として実施 (管理は記録：エリア)	・原位置 (解体前)	354
			その他	・エリア別	・統計学的手法 (最大)	・汚染調査として実施 (管理は記録：エリア)	・原位置 (解体前)	120
		二次廃棄物	空調系・ 水処理系等	・交換設備、フィルタ・ 吸着材の品目別	・統計学的手法 (最大)	・汚染調査として実施 (管理は記録：品目)	・実廃棄物	231
1-4号機 周辺施設	金属(機器・設備等)			・部位別	・統計学的手法 (最大)	・汚染調査として実施 (管理は記録：部位)	・原位置 (解体前) ・実廃棄物	69
	コンクリート等			・部位別	・統計学的手法 (最大) ・浸透深さ評価	・汚染調査として実施 (管理は記録：部位)	・原位置 (解体前) ・実廃棄物	136
	その他			・部位別	・統計学的手法 (最大)	・汚染調査として実施 (管理は記録：部位)	・原位置 (解体前) ・実廃棄物	44
1-4号機 以外	解体廃棄物(5・6号)		コンクリート等	・エリア別 (グリッド設 定)	・統計学的手法 (最大) ・浸透深さ評価	・汚染調査として実施 (管理は記録：エリア)	・原位置 (解体前)	58
瓦礫金属	金属瓦礫(BG 相当未満) <0.005mSv/h			・無し	・スケーリングファクタ	・表面線量	・屋外一時保管エリア	146
	金属瓦礫(低) 0.005~1.0mSv/h			・無し	・スケーリングファクタ	・表面線量	・減容処理時 (切断後) ・屋外一時保管エリア	56
	金属瓦礫(中) 1.0~30mSv/h			・無し	・スケーリングファクタ	・表面線量	・(既発生)固体庫搬入時 ・(将来発生)保管容器収納前	56
	金属瓦礫(高) >30mSv/h			・発生時期・場所	・統計学的手法 (最大)	・記録による確認 (当該分類であること)	・(既発生)詰め替え/処理時 ・(将来発生)保管容器収納前	201
瓦礫 コンクリート	コンクリート瓦礫(BG 相当未満) <0.005mSv/h			・無し	・スケーリングファクタ	・表面線量	・屋外一時保管エリア	68
	コンクリート瓦礫(低) 0.005~1.0mSv/h			・無し	・スケーリングファクタ	・表面線量	・減容処理時 (破碎後) ・屋外一時保管エリア	56
	コンクリート瓦礫(中) 1.0~30mSv/h			・無し	・スケーリングファクタ ・浸透深さ評価	・表面線量	・(既発生)固体庫搬入時 ・(将来発生)保管容器収納前	81
	コンクリート瓦礫(高) >30mSv/h			・発生時期・場所	・統計学的手法 (最大)	・記録による確認 (当該分類であること)	・(既発生)詰め替え/処理時 ・(将来発生)保管容器収納前	201
	アスファルト			・無し	・スケーリングファクタ等	・表面線量	・コンクリートと同様	97
土壌	土壌(BG 相当未満) <0.01mSv/h			・無し	・スケーリングファクタ	・表面線量	・屋外一時保管エリア	68
	土壌(高) >30mSv/h			・発生時期・場所	・統計学的手法 (最大)	・記録による確認 (当該分類であること)	・(既発生)詰め替え/処理時 ・(将来発生)保管容器収納前	96
セシウム 吸着塔	KURION			・吸着材別	・統計学的手法 (最大)	・記録による確認 (当該分類であること)	・吸着塔 (最上部採取)	8
	SARRY/SARRY II			・吸着材別	・統計学的手法 (最大)	・記録による確認 (当該分類であること)	・吸着塔 (最上部採取)	8
ALPS	既設 ALPS 炭酸塩スラリー			・無し	・統計学的手法(最大 or 分布)	・記録による確認 (当該廃棄物であること)	・脱水時 (フィルタプレス)	60
	既設 ALPS 鉄共沈スラリー			・無し	・統計学的手法(最大 or 分布)	・記録による確認 (当該廃棄物であること)	・脱水時 (フィルタプレス)	20
	増設 ALPS 炭酸塩スラリー			・無し	・統計学的手法(最大 or 分布)	・記録による確認 (当該廃棄物であること)	・脱水時 (フィルタプレス)	60
	既設/増設 ALPS(吸着材)			・吸着材別	・統計学的手法 (最大)	・記録による確認 (当該分類であること)	・HIC	66
	高性能 ALPS(吸着材)			・吸着材別	・統計学的手法 (最大)	・記録による確認 (当該分類であること)	・吸着塔	20
	処理カラム			・吸着材別	・統計学的手法 (最大)	・記録による確認 (当該分類であること)	・処理カラム	2
除染装置 スラッジ	除染装置スラッジ			・無し	・統計学的手法 (最大)	・記録による確認 (当該廃棄物であること)	・脱水時	6
蒸発濃縮装置 廃スラリー	蒸発濃縮装置廃スラリー			・無し	・統計学的手法 (最大)	・記録による確認 (当該廃棄物であること)	・脱水時	6
ゼオライト 土壌	ゼオライト/活性炭混合			・無し	・統計学的手法 (最大)	・記録による確認 (当該廃棄物であること)	・回収時/容器	10
震災前廃棄物	造粒固化体(事故影響有)			・保管場所	・統計学的手法 (最大)	・記録による確認 (当該分類であること)	・貯槽	9
	廃樹脂、廃スラッジ(事故影響有)			・保管場所	・統計学的手法 (最大)	・記録による確認 (当該分類であること)	・原位置/廃棄物回収時	30

※1 想定した分析用試料採取の場所/対象/時期を記載。

※2 2023~2032 年度の想定分析数 (目安)。簡易分析は含まない。