

福島第一原子力発電所廃炉検討委員会 企画セッション
福島第一原子力発電所廃炉完了までを見据えたリスクへの対応
2024年3月26日（火）

放射性廃棄物の保管・処理・処分に係る課題

柳原敏
廃棄物検討分科会主査
福井大学

廃棄物検討分科会における活動の概要

目的

1F廃炉・環境修復における取り組みを俯瞰して、放射性廃棄物管理の観点から、エンドステートに向けた具体的な取り組みの可能性を幾つか示し、その特性を明らかにする。

これまでの活動概要

- 国際機関における廃炉・環境修復に係る検討、わが国の廃棄物管理に係る現状調査などを中心に活動を進め検討結果を中間報告「国際標準から見た廃棄物管理」にまとめ、公開（2020年）

提言

- ✓ 廃炉の定義
- ✓ エンドステートに係る議論の必要性
- ✓ ステークホルダーによる討議機会の整備
- ✓ 放射性廃棄物の低減に係る取り組みの早期実施
- ✓ 放射性廃棄物処分に係る制度の見直し

総合的廃棄物対策の実施

- ✓ 有害物質の分別と処分方策の検討
- ✓ クリアランス制度の適用
- ✓ サイト内での限定再利用の実施
- ✓ 処分体系の再検討
- ✓ スチュワードシップ等の検討

- 廃棄物の取り扱いに係るテーマを中心にシンポジウムを開催（例2023年8月）
浅沼他, 1F 廃炉で発生する放射性廃棄物の取り扱い パネルディスカッションー保管の在り方・必要なことは何か、日本原子力学会誌, p35-39, Vol.66, No.2, 2024

事故から廃炉エンドステートに至る工程と廃棄物管理に係る課題

- 事故対応
- 安定化
- 事故後除染
- (施設特性調査)

燃料デブリの取り出し

廃炉 (除染・解体撤去)

保守・管理

サイトの環境修復

エンドステート

事故発生

大量に発生する処理水の対策
海洋への放出・保管管理

→ 廃炉で発生する廃棄物管理に必要な
領域の確保

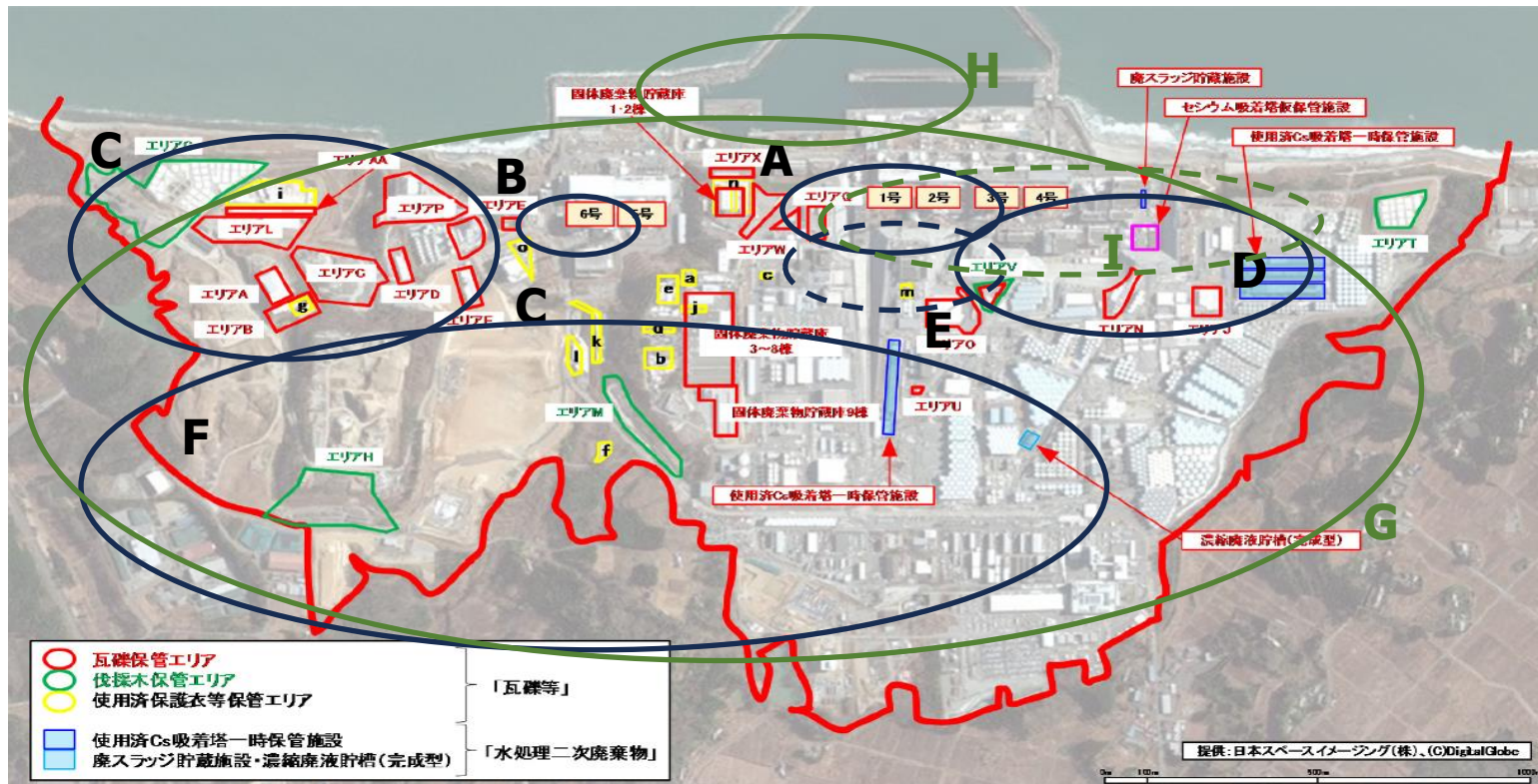
放射能レベルの高い廃棄物の管理に係る取り組み
減容化・保管・最終処分

→ 特性評価、減容処理、長期保管、廃棄体化
処分場の立地 / 長期保管

大量に発生する放射能レベルの低い廃
棄物に係る対策

エンドステートはどうあるべきか
→ サイト解放 (全領域、部分領域) /
スチュワードシップ

発生する放射性廃棄物の特性に基づく領域区分



廃炉対象領域

- A) 原子炉建屋・タービン建屋等 (1-4号機)
- B) 原子炉建屋・タービン建屋等 (5, 6号機)
- C) 放射性廃棄物の管理建屋
- D) 水処理二次廃棄物貯蔵領域
- E) 地下水抑制施設
- F) 事務建屋, 湾施設, 道路, フェーシング領域, 緑地帯, 他

環境修復対象領域

- G) 地表面の汚染領域
- H) 港湾底部の堆積物
- I) 冷却水浸透エリア (凍土壁の内側)

放射性廃棄物発生量予測の考え方：1-6号機の解体作業

通常炉における廃止措置の廃棄物量

トン

BWR			
区分	小規模	中規模	大規模
L1	50	70	80
L2	760	830	850
L3	5,530	6,750	11,810
CL	9,710	9,750	28,490
NR	130,620	220,430	495,420
合計	146,670	237,830	536,650

我が国の商用炉廃止措置で発生する廃棄物量

単位: ton

区分	商用原子力発電所 (57プラント)の合計	
L1	約8,000	LLW合計:
L2	約63,000	約450,000
L3	約380,000	⇒約2%
CL	約890,000	CL:約5%
NR	約18,500,000	NR:約93%
合計	約20,000,000	合計:100%

1F施設の廃炉で発生する廃棄物量の推定
(CL及びNRも放射性廃棄物になると想定)



出典：電気事業連合会, 原子力発電所等の廃止措置及び運転に伴い発生する放射性廃棄物の処分について, 平成27年2月12日

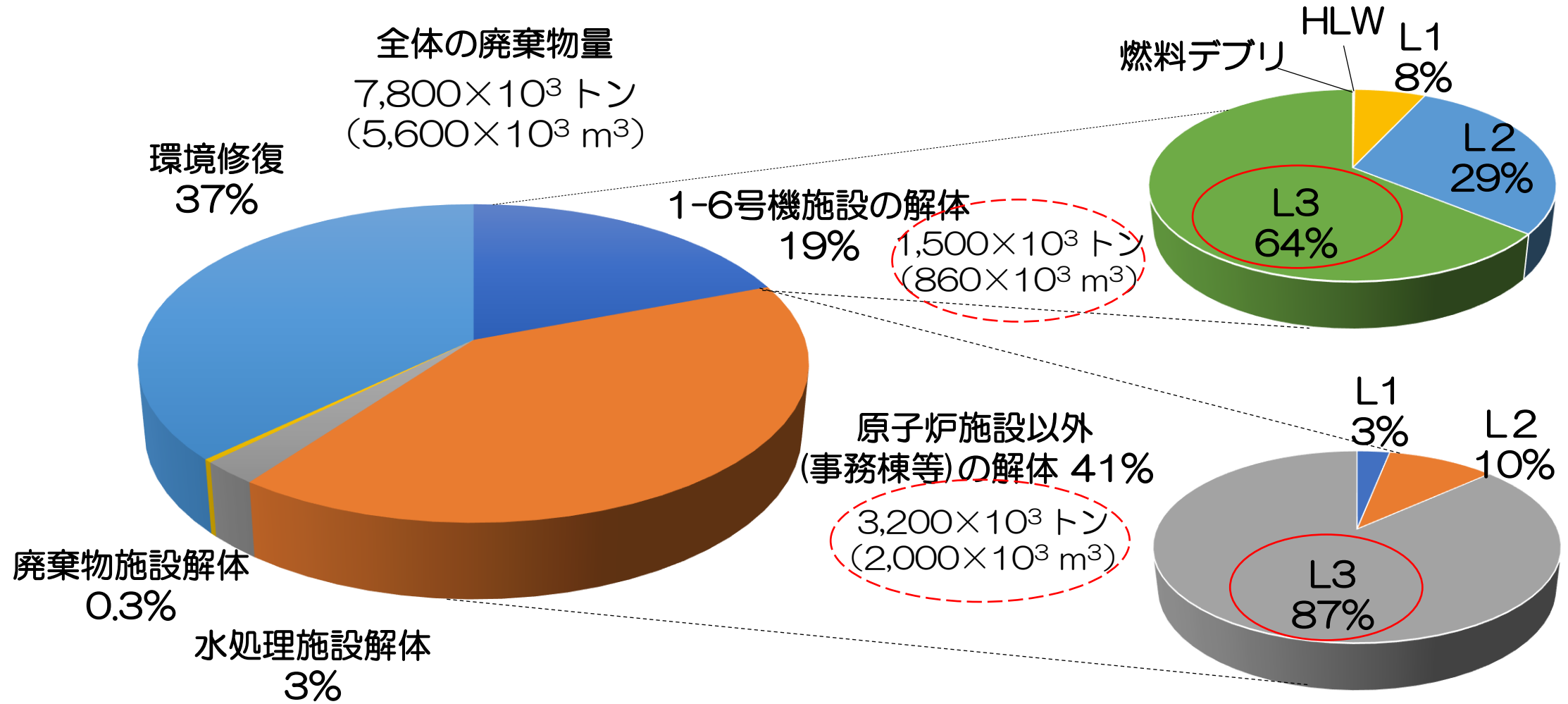
トン

区分	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	合計
L1	50	70	70	70	70	80	410
L2	760	830	830	830	830	850	4,930
L3	5,530	6,750	6,750	6,750	6,750	11,810	44,340
CL	9,710	9,750	9,750	9,750	9,750	28,490	77,200
NR	130,620	220,430	220,430	220,430	220,430	495,420	1,507,760
合計	146,670	237,830	237,830	237,830	237,830	536,650	1,634,640

施設全体が汚染し、放射性廃棄物になると想定すると廃棄物量は約163万トン

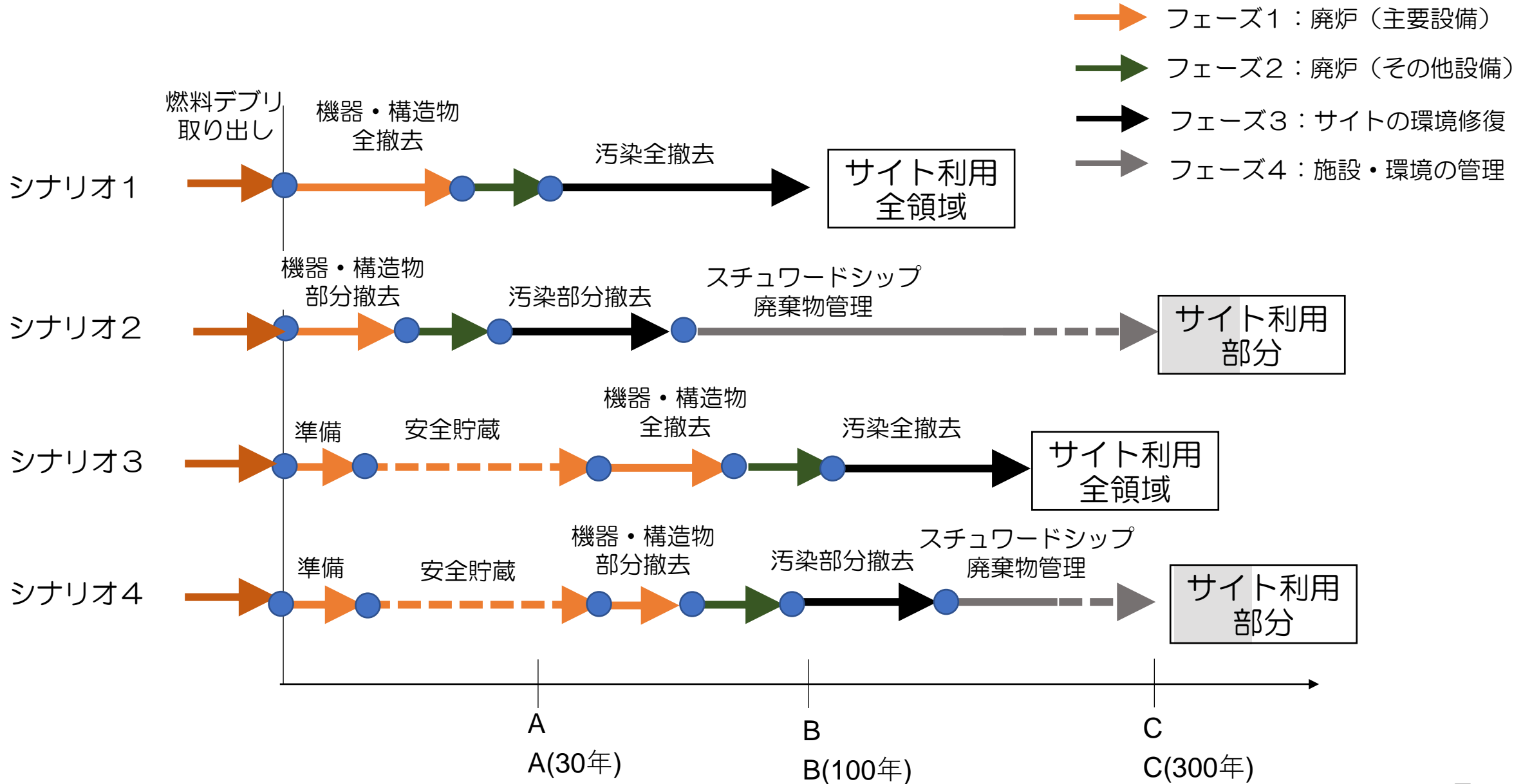
注：1号機出力：46.0万kWe, 2-5号機出力：78.4万kWe、6号機出力：110万kWe

領域毎に区分して予測した放射性廃棄物の発生量注

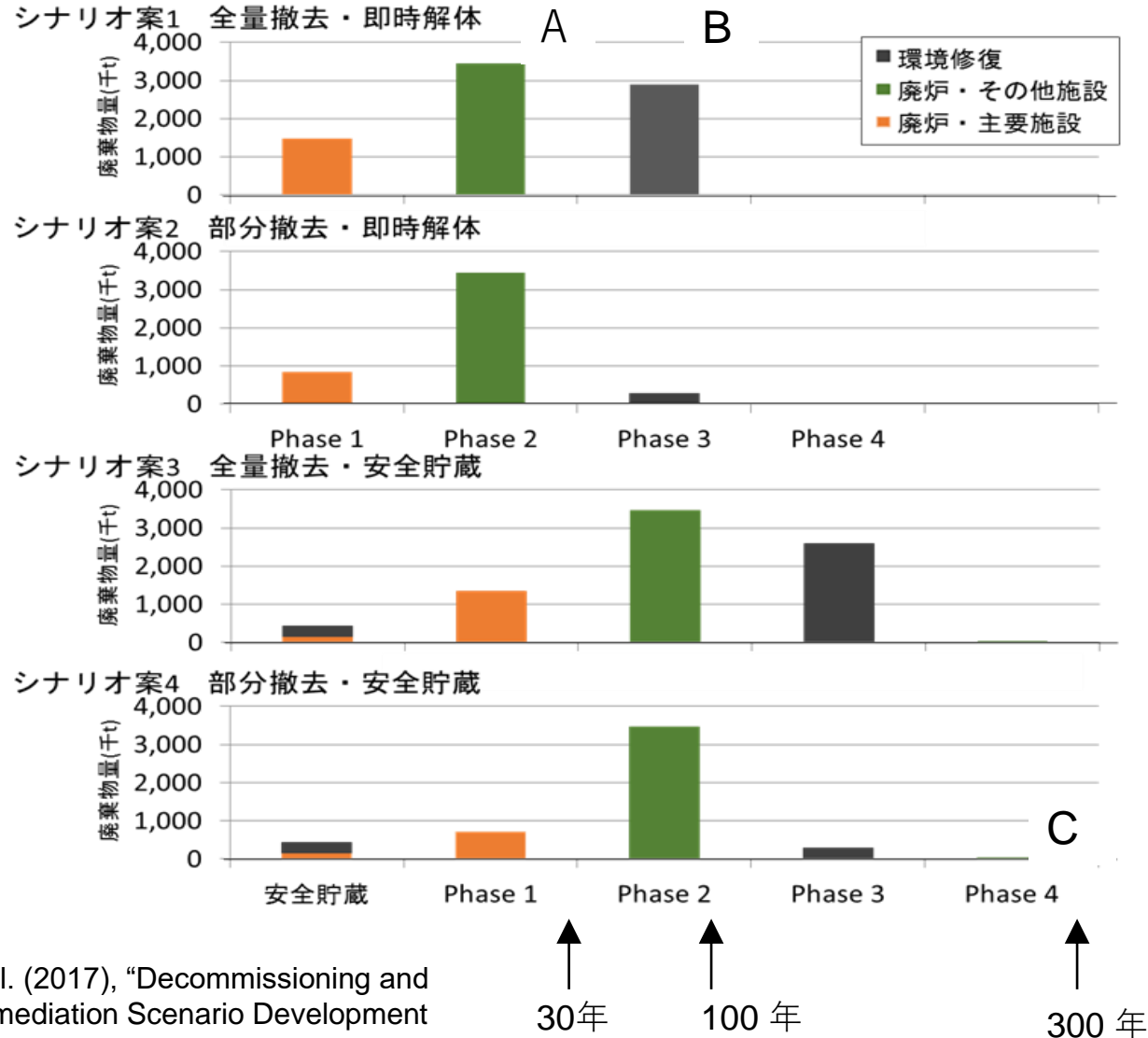


注 H. Kawamura, et al. (2017), "Decommissioning and Environmental Remediation Scenario Development for Fukushima Daiichi", International Journal for Nuclear Power (atw), 2017

時間軸を考慮した廃棄物管理シナリオ



廃棄物シナリオの比較例（廃棄物量）

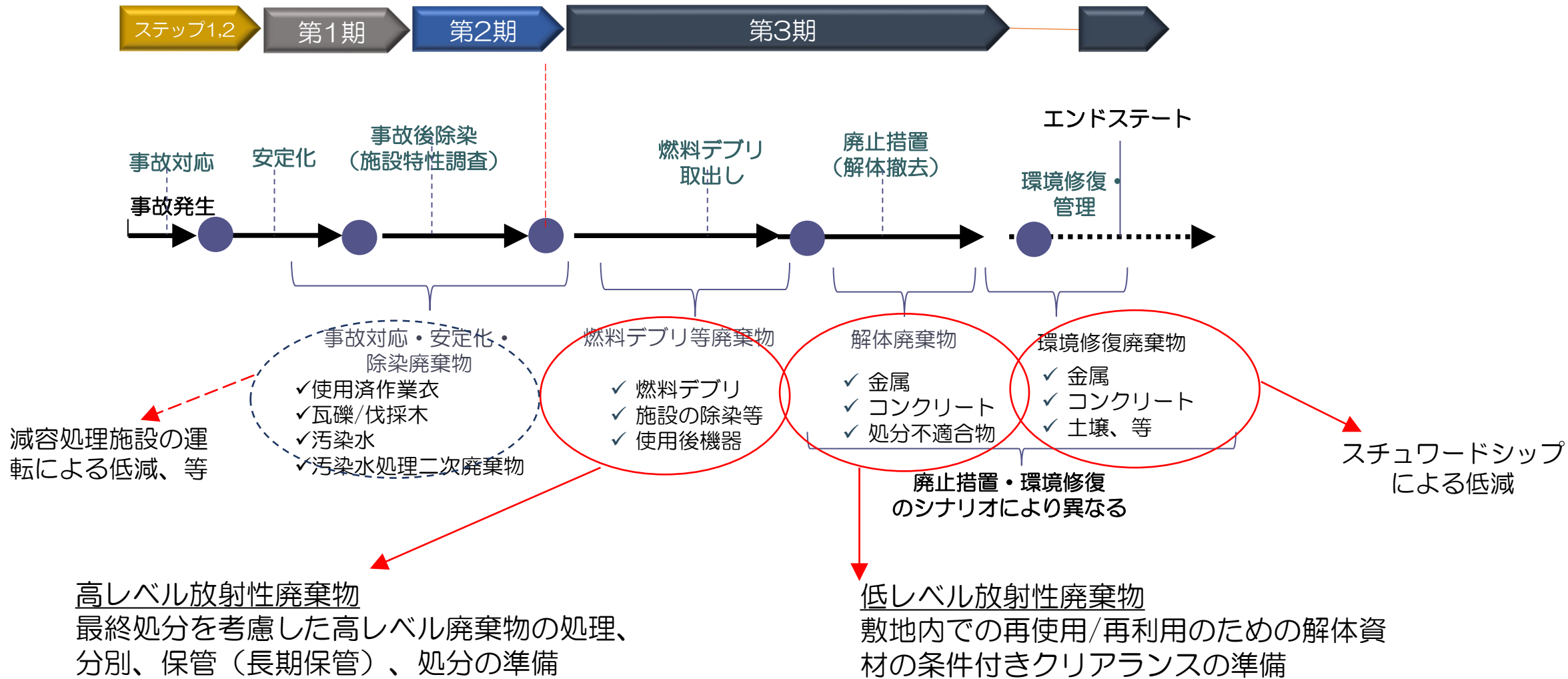


含まれる核種やその量、時間軸が明らかでないため核種の減衰は考えていない。

主要核種が ^{137}Cs であると想定すると、フェーズ1の開始時に比較して放射能濃度はAの段階で約2分の1、Bの段階で10分の1、Cの段階で1000分の1程度になることが予想される。

その他施設の廃炉・環境修復から発生する放射性廃棄物のレベル区分をL3（放射能レベルが極めて低い廃棄物）とし、その濃度に対する放射性廃棄物の重量分布が一様（ 100Bq/g から 0.1Bq/g まで一様に分布）であると仮定すると、シナリオ3, 4におけるフェーズ2, 3, 4の放射性廃棄物はゼロになる。

廃炉工程で分類した廃棄物管理の主要課題



燃料デブリ取り出しで発生する解体物の取り扱い（技術戦略プラン）

技術戦略プラン2021^{注1}

3.1.2.3.3.2 燃料デブリ取り出し作業時における仕分けの課題

燃料デブリ取り出しの作業においては、溶融した炉心燃料が金属類と混合・固化した燃料デブリや、溶融した炉心燃料がPCV 底面のコンクリートと混ざり合って生成された化合物（MCCI 生成物）の他に溶融燃料が部分的に付着した干渉物や構造物等もPCV 内から取り出される。これらのうち、微量な溶融燃料が付着しているものも全て燃料デブリとすると膨大な量となり、そのための燃料デブリ保管施設及び必要となる敷地規模も大型化する等の廃炉を進める上での阻害要因となる可能性がある。このためには、燃料デブリと放射性廃棄物の仕分けの技術、すなわち仕分けのシナリオ（取り出しから保管までのどのプロセスで仕分けを行うか等）、仕分け基準及び必要な計測技術の開発が必要である。

技術戦略プラン2023^{注2}

3.2 廃棄物対策

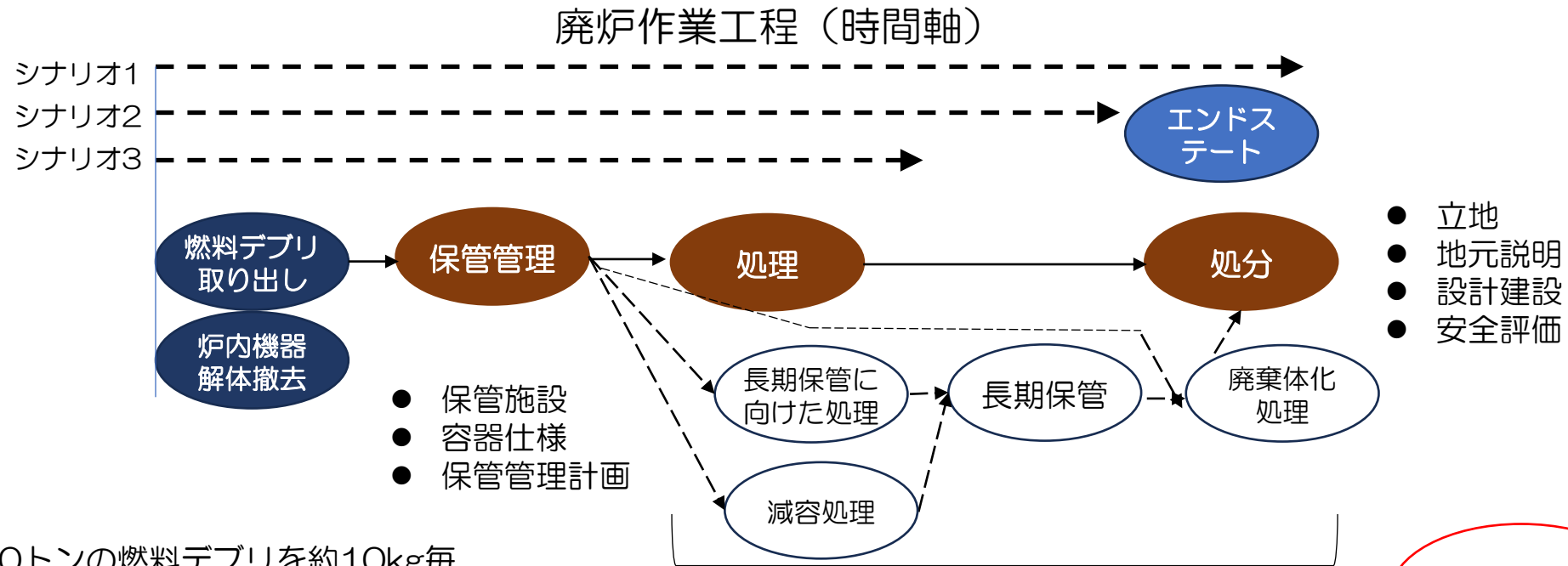
3.2.1 目標

(2) 2021 年度に示した処理・処分方策とその安全性に関する技術的見通し（以下「技術的見通し」という。）を踏まえ、固体廃棄物の特徴に応じた廃棄物ストリームの構築に向けて、性状把握を進めつつ、処理・処分方策の選択肢の創出とその比較・評価を行い、固体廃棄物の具体的管理について全体として適切な対処方策の提示に向けた検討を進める。

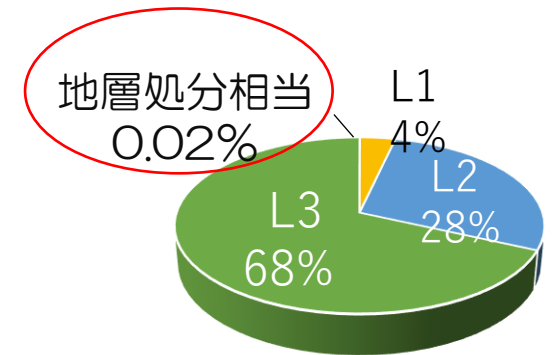
注1 東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン2021, 2021年10月29日原子力損害賠償・廃炉等支援機構

注2 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, 2023年10月18日原子力損害賠償・廃炉等支援機構

燃料デブリ取り出し・炉内構造物等の解体で発生する 廃棄物管理シナリオの考え方



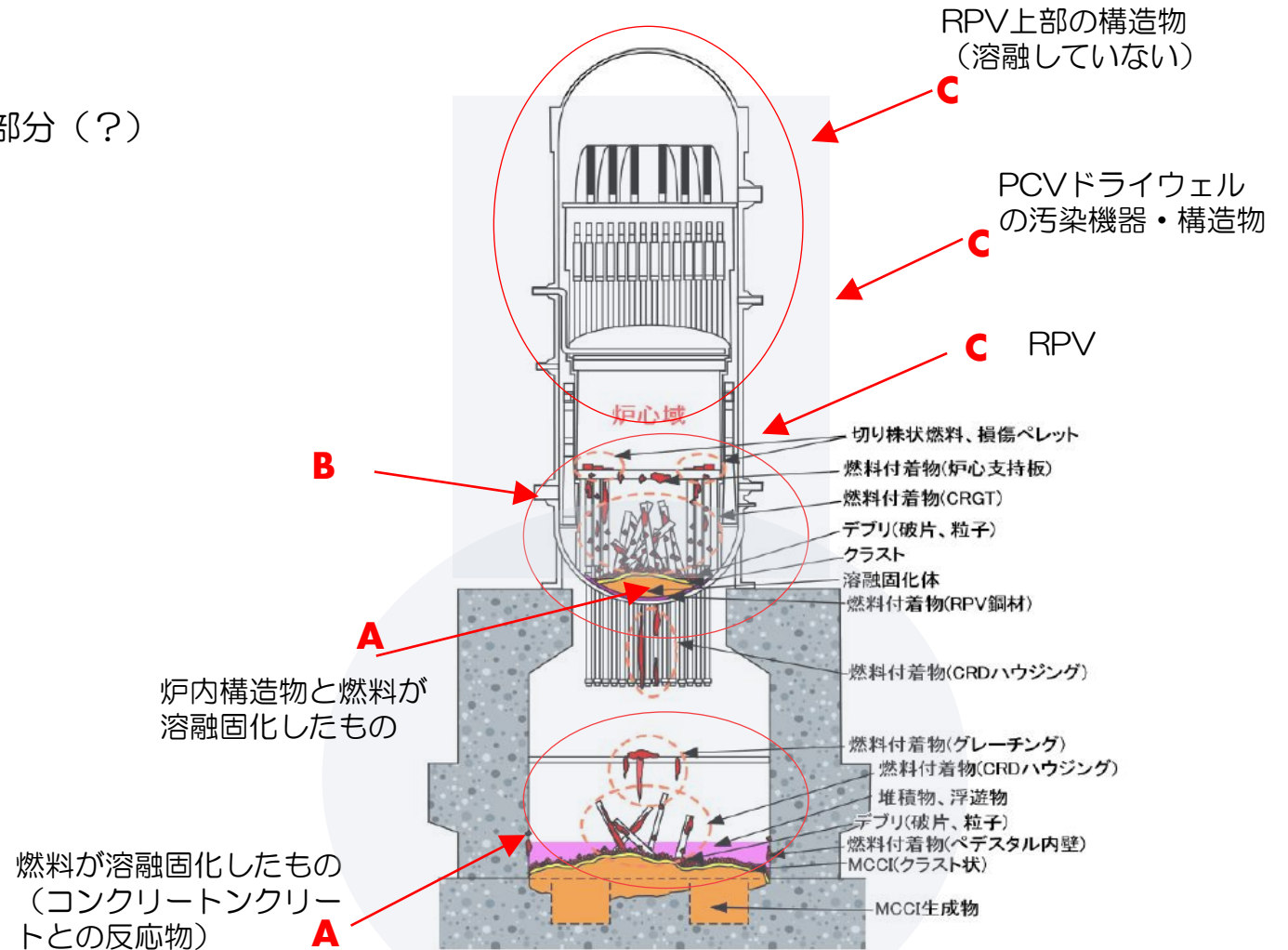
例：880トンの燃料デブリを約10kg毎にユニット管に収納する場合^注88,000個の容器の管理が必要になる。



燃料デブリ取り出しで発生する廃棄物の分類（例：2号炉）

- A. 燃料と構造物が溶融固化したもの（コリウム）
 - 燃料（約220トン）
 - 制御棒・計装機器（約16トン）
 - 炉内構造物及びコンクリートの溶融部分（？）
- B. 燃料デブリが付着した機器・構造物
 - ✓ RPV（約290トン）
 - ✓ 炉心シュラウド、等（約30トン）
- C. 核分裂生成物が付着した機器・構造物
 - ✓ RPV 上部機器（約30トン）
 - ✓ 熱遮蔽（約730トン）
 - ✓ ペDESTAL等のコンクリート構造物（？）

IRIDによる燃料デブリの量の評価 ^注 燃料+構造物+コンクリート
1号機：279 トン
2号機：237 トン
3号機：364 トン
合計：880 トン



注：技術研究組合 国際廃炉研究開発機構（IRID）ホームページ, 解析・評価等による燃料デブリ分布の推定について, 2016年10月4日

1 F廃炉の放射性廃棄物管理に係る主要な課題と 廃棄物検討分科会の今後の取り組み

高レベル放射性廃棄物：処分体系・管理方法の検討

- 燃料デブリ：放射性廃棄物の処分体系における位置づけの明確化と管理シナリオの構築
- 炉心部解体機器：燃料デブリ取り出しと同時に進められる機器解体の廃棄物の実行可能な管理シナリオの構築

低レベル放射性廃棄物：再資源化（クリアランス、限定再利用）の検討

- 原子炉施設及びその他施設のコンクリート解体物をクリアランスするための方策の構築
- 空になった水処理タンクなどの金属解体物のクリアランスによる限定再利用の実施

環境修復（1Fサイト）で発生する放射性廃棄物：低減化の検討

- エンドステートに向けた環境修復の在り方に係る討議
- エンドステートの設定（グリーンフィールドの達成は可能か）
- スチュワードシップ及びサイト利用に係るシナリオの構築



廃棄物管理シナリオの検討

- 幾つかの選択肢（シナリオ）を設定
- 評価に必要なシナリオ属性を明確化

まとめ

- 廃炉作業における放射性廃棄物発生量を予測するとともに、エンドステートに向けた廃棄物管理シナリオ（4ケース）を作成してその特徴を明らかにした（中間報告を公開）。
 - ✓ 低レベル放射性廃棄物の量が高レベル及び中レベル放射性廃棄物に比べて非常に多い。
 - ✓ 地下構造物の原位置管理や環境汚染領域のスチュワードシップは、廃棄物発生量を低減し、汚染を管理・監視できる利点がある。
- 廃炉作業が中長期ロードマップ第3期に入ることを背景に、廃棄物発生量の再評価、燃料デブリ等の取り扱いなどを中心にエンドステートを視野に入れた廃棄物管理シナリオの作成を進める。
- 原子炉建屋・タービン建屋以外の施設の解体で発生する解体物に関しては、限定クリアランスの可能性について検討（シナリオ作成）を進める。
- ステークホルダー（事業者、行政、廃棄物専門家、解体関連業者、研究者、近隣住民などを含む）によるエンドステートや中長期ロードマップの再構築などに係る議論に資するための基盤整備を進める。