

資料 02

廃炉地盤工学のカリキュラム構成と 技術マップ^o整理状況について

平成28年9月14日
地盤工学会
廃炉地盤工学委員会

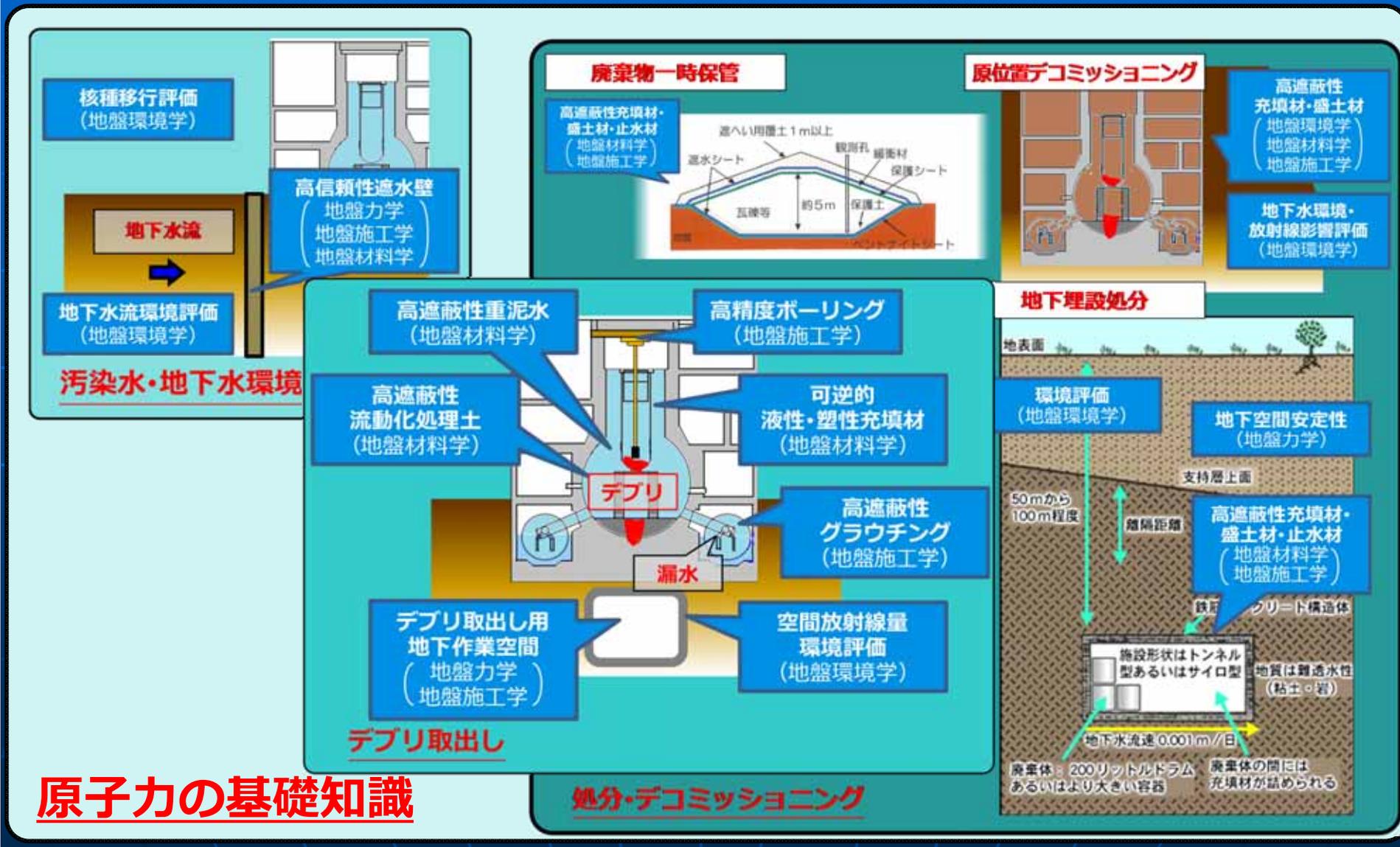
1. 廃炉地盤工学創設の目的（1）

- （事故）原子力発電所の廃止過程において活用可能な地盤工学的技術を明確にする。
- **地盤工学的技術を廃炉技術の観点から再評価。**
 - 作業空間改善のための**空間放射線量の低減**
 - 周辺環境の防護のための**放射能汚染物質の拡散防止**
 - 廃止処置に関連する**他分野技術の活用容易化**のための補助
- 地盤工学的技術の対応可能範囲を明確にし、**廃止措置実施者の地盤工学的技術の活用を促進**する。
- **廃止過程を時間軸で区分し、地盤工学的技術を位置付ける。**
 - ① 原子力発電所建屋周辺の地盤・地下水環境の制御
 - ② デブリ取出し
 - ③ 処理・処分・デコミッションング
- 地盤工学的技術を活かした廃炉シナリオの創設につなげる。

1. 廃炉地盤工学創設の目的（2）

- 「地盤」も「原子力」もわかる人材を育成するための教育のよりどころとする。
- 技術の属する学問単元を明確にし、技術教育を円滑化する。
- **廃炉地盤工学を構成する学問単元**
 - **原子力関連知識** 放射線遮蔽技術の基礎知識
 - **地盤力学** 廃炉過程での構造物・地盤の安定性評価
 - **地盤環境学** 地下水・地下構造物の環境としての評価
 - **地盤材料学** 泥水・固化充填材料・止水材料・覆土材料等、地盤系材料の評価、開発
 - **地盤施工学** 掘削・埋立て・固化物の充填・地下壁や地下空間の構築等、地盤系施工技術のマネジメントと評価・改良

2. 廃炉地盤工学の貢献できる「廃止処置」の事象



廃炉地盤工学の構成

	汚染水・地下水環境	デブリ取出し	デコミッショニング
地盤力学	<ul style="list-style-type: none"> 汚染水貯留施設の安定性評価 遮水壁設置地盤の地震時安定性評価 	<ul style="list-style-type: none"> 原子力建屋下部の放射線漏洩防止処置のための地下基地の安定性評価 	<ul style="list-style-type: none"> デコミッショニングの段階に沿った地盤・建屋系の地震時安定性評価
地盤環境学	<ul style="list-style-type: none"> 原子力建屋周囲の時間的変化に対応した地下水・核種拡散シミュレーション 	<ul style="list-style-type: none"> 上記地下基地の空間放射線量の環境評価 	<ul style="list-style-type: none"> デコミッショニング段階に沿った建屋周囲の地下水環境・放射線環境予測と評価 余裕深度処分対応の地下水環境評価
地盤材料学	<ul style="list-style-type: none"> 汚染水貯留プールに適用可能な高性能止水材料の開発 遮水壁の信頼性を高める高性能遮水壁材料の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 空間放射線量を低減する高遮蔽性重泥水の開発 デブリ視認可能な可視性重泥水の開発 格納容器水漏れ箇所対応可能な高遮蔽性固化泥水の開発 デブリー時的封込め対応可能な可逆的液性・塑性（高遮蔽性）充填材の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 瓦礫・伐採材保管に適した高遮蔽性覆土材料と止水材料の開発 余裕深度処分に対応した廃棄物空間充填材料の開発 原位置デコミッショニングに対応できる格納容器用高遮蔽性充填材料の開発 原位置デコミッショニングで建屋全体を覆う高遮蔽性盛土材料の開発
地盤施工学	<ul style="list-style-type: none"> 地下水の流入を止める信頼性の高い遮水壁の構築工法 輻輳する地下構造物に対応できる遮水壁構築工法 汚染水プールに敷設する自己診断機能付き遮水幕工法 	<ul style="list-style-type: none"> デブリ取出しのための高精度ボーリング工法 上記地下基地の構築工法 格納容器水漏れ箇所封鎖のための高遮蔽性グラウチング工法 	<ul style="list-style-type: none"> 信頼性の高い瓦礫・伐採材の保管施設構築工法 余裕深度施設の構築工法 原位置デコミッショニングでの格納容器用高遮蔽性充填工法 同上での建屋全体の鋼製外殻による封込め工法

廃炉地盤工学の構成（廃炉ステップ）

	汚染水・地下水環境	デブリ取出し	デコミッショニング
地盤力学	<ul style="list-style-type: none"> 汚染水貯留施設の安定性評価 遮水壁設置地盤の地震時安定性評価 	<ul style="list-style-type: none"> 原子力建屋下部の放射線漏洩防止処置のための地下基地の安定性評価 	<ul style="list-style-type: none"> デコミッショニングの段階に沿った地盤・建屋系の地震時安定性評価
地盤環境学	<ul style="list-style-type: none"> 原子力建屋周囲の時間的変化に対応した地下水核種拡散シミュレーション 	<ul style="list-style-type: none"> 上記地下基地の放射線量の環境評価 	<ul style="list-style-type: none"> デコミッショニング段階に沿った建屋周囲の地下水環境・放射線環境予測と評価 余裕深度処分対応の地下水環境評価
地盤材料学	<ul style="list-style-type: none"> 汚染水貯留プールに適用可能な高性能止水材料の開発 遮水壁の信頼性を高める高性能遮水壁材料の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 空間放射線量を低減する高遮蔽性重泥水の開発 デブリ視認可能な可視性重泥水の開発 格納容器水漏れ箇所対応可能な高遮蔽性固化泥水の開発 デブリ一時的封込め対応可能な可逆的液性・塑性（高遮蔽性）充填材の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 瓦礫・伐採材保管に適した高遮蔽性覆土材料と止水材料の開発 余裕深度処分対応した廃棄物空間充填材料の開発 原位置デコミッショニングに対応できる格納容器用高遮蔽性充填材料の開発 原位置デコミッショニングで建屋全体を覆う高遮蔽性盛土材料の開発
地盤施工学	<ul style="list-style-type: none"> 地下水の流入を抑える信頼性の高い遮水壁の構築工法 輻輳する地下構造物に対応できる遮水壁構築工法 汚染水プールに敷設する自己診断機能付き遮水幕工法 	<ul style="list-style-type: none"> デブリ取出しのための高精度ボーリング工法 上記地下基地の構築工法 格納容器水漏れ箇所封鎖のための高遮蔽性グラウチング工法 	<ul style="list-style-type: none"> 信頼性の高い瓦礫・伐採材の保管施設構築工法 余裕深度施設の構築工法 原位置デコミッショニングでの格納容器用高遮蔽性充填工法 同上での建屋全体の鋼製外殻による封込め工法

汚染水地下水環境制御

デブリ取出し（補助）

処置・処分・デコミッショニング

廃炉地盤工学の構成（学問単元）

	汚染水・地下水環境	デブリ取出し	デコミッショニング
地盤力学	<ul style="list-style-type: none"> 汚染水貯留施設の安定性評価 遮水壁設置地盤の地震時安定性評価 	<ul style="list-style-type: none"> 原子力建屋下部の放射線漏洩防止のための地盤の安定性評価 	<ul style="list-style-type: none"> デコミッショニングの段階に沿った地盤・建屋系の地震時安定性評価
地盤環境学	<ul style="list-style-type: none"> 原子力建屋周囲の時間的变化に対応した地下水・核種拡散シミュレーション 	<ul style="list-style-type: none"> 原子力建屋周囲の放射線量の環境評価 	<ul style="list-style-type: none"> デコミッショニング段階に沿った建屋周囲の地下水環境・放射線環境予測と評価 余裕深度処分対応の地下水環境評価
地盤材料学	<ul style="list-style-type: none"> 汚染水貯留プールに適用可能な高性能止水材料の開発 遮水壁の信頼性を高める高性能遮水壁材料の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 空間放射線量を低減する高遮蔽性重泥水の開発 デブリ視認可能な可視性重泥水の開発 格納容器の封込に対応可能な高遮蔽性固化泥水の開発 デブリ一時的封込め対応可能な可逆的液性・塑性（高遮蔽性）充填材の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 瓦礫・伐採材保管に適した高遮蔽性覆土材料と止水材料の開発 余裕深度処分に対応した廃棄物空間充填材料の開発 原位置デコミッショニングに対応できる格納容器用高遮蔽性充填材料の開発 原位置デコミッショニングで建屋全体を覆う高遮蔽性盛土材料の開発
地盤施工学	<ul style="list-style-type: none"> 地下水の流入を止める信頼性の高い遮水壁の構築工法 輻輳する地下構造物に対応できる遮水壁構築工法 汚染水プールに敷設する自己診断機能付き遮水幕工法 	<ul style="list-style-type: none"> デブリ取出しのための高精度ボーリング工法 格納容器の構築工法 格納容器水漏れ箇所封鎖のための高遮蔽性グラウチング工法 	<ul style="list-style-type: none"> 信頼性の高い瓦礫・伐採材の保管施設構築工法 余裕深度施設の構築工法 原位置デコミッショニングでの格納容器用高遮蔽性充填工法 同上での建屋全体の鋼製外殻による封込め工法

各学問単元の内容

■ 地盤力学

原子炉廃止措置での各段階で生じる構造物および地盤の形態変化について、地震等に対する安定性を検討するための技術群。

■ 地盤環境学

廃止措置過程において必要な地盤内(地下水、地下空洞等)の放射線環境を予測・評価・改善するための技術群。

■ 地盤材料学

廃止措置に有効な地盤系材料(ボーリング補助液, 止水材, グラウト材, 覆土材料等)を開発・改良する技術群。

■ 地盤施工学

廃止措置における環境的・構造的条件を考慮して、最適な工法・材料を選択し、廃止措置過程を実体化させるための技術群。

各学問単元の状況

■ 地盤力学

地盤力学

原子炉廃止措置での各段階で生じる構造物および地盤の形態変化について、地震等に対する安定性を検討するための技術群。
学問として長い伝統と豊富な実績を保有。

■ 地盤環境学

地盤環境学

廃止措置過程において必要な地盤内(地下水、地下空洞等)の放射線環境を予測・評価・改善するための技術群。
地下水関連で実績。放射線環境では新しい？

■ 地盤材料学

地盤材料学

廃止措置に産業廃棄物等で研究成果が豊富。止水材、グラウト材、覆土材料等、在来でも技術課題に取り組中。
放射性廃棄物でも技術課題に取り組中。

■ 地盤施工学

地盤施工学

廃止措置に通常工事で行われる思考過程、大学教育では? 工法・材料を選択。
廃炉過程は未経験な場面の連続! の技術群。

4. 技術マップの作成過程と展開先

- 平成27年第1回廃炉地盤工学委員会で概念を報告、及び技術情報の提供を呼びかけ。
- 新規参加企業にも技術情報の提供をお願いしたい。
- 提供された技術情報を元にマップを整備中。
(詳細は後述)
- 廃炉基盤研究プラットフォーム等を通じて廃止処置実施者へ情報提供の予定。
- 廃炉地盤工学のカリキュラムの作成へ。

5. 技術マップの構築にあたって

- 技術の収集と並行し、廃炉に関連した既往ロードマップや技術プランなどを時系列に従って、包括的に整理。

平成 23(2011)年 4 月 17 日	福島第一原子力発電所・事故の収束に向けた道筋, 東京電力 (株)
平成 23(2011)年 5 月 17 日	東京電力福島第一原子力発電所事故の収束・検証に関する当面の取組のロードマップ, 東京電力 (株)
平成 23(2011)年 7 月	東京電力福島第一原子力発電所事故の収束・検証に関する当面の取組のロードマップにおけるステップ 1 完了
平成 23(2011)年 7 月 21 日	原子力委員会: 東京電力(株)福島第一原子力発電所における中長期措置検討専門部会の設置 (中長期の取組の在り方・取組に効果的な技術開発課題・取組における国際協力の在り方)
平成 23(2011)年 12 月 13 日	原子力委員会決定: 東京電力(株)福島第一原子力発電所における中長期措置に関する検討結果について ⇒ スリーマイルアイランド原子力発電所 2 号機 (TMI-2) における事故後の対応例を参考に、中長期措置技術ロードマップを策定。

<事故概略> 一次冷却水の喪失に伴う炉心燃料の溶融、及び炉心全体にわたる燃料溶融・損傷が発生。

(但し、RPV: 圧力容器・PCV: 格納容器や施設設備に重大な損傷はなく、建屋外への放射性物質による汚染は発生せず)

※赤字は福島第一原子力発電所事故との相違点

<事故対応> 対応 (Clean-up Program) は、次の 3 つのフェーズからなる。

- ・安定化 (Stabilization) : 炉心のコントロール、格納容器へのアクセス、水処理など
- ・燃料取出し (Fuel Removal) : 従事者の被ばく線量低減、炉心解体、廃棄物管理など
- ・除染 (Decontamination) : 除染、廃棄物処理

<作業経過>

- ・事故発生 (同年作業開始) : 1979 年 3 月
- ・RPV 上蓋開放 : 事故から約 5.5 年後
- ・燃料デブリ取出し開始 : 事故から約 6.5 年後
- ・燃料デブリ取出し終了 : 1990 年 (事故から約 11 年後)

平成 23(2011)年 12 月	東京電力福島第一原子力発電所事故の収束・検証に関する当面の取組のロードマップにおけるステップ 2 完了
平成 23(2011)年 12 月 21 日	東京電力(株)福島第一原子力発電所 1~4 号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ, 原子力災害対策本部 政府・東京電力中長期対策会議
平成 24(2012)年 7 月 30 日	東京電力(株)福島第一原子力発電所 1~4 号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ (改訂第 1 版)
平成 24(2012)年 12 月	福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画, 東京電力株式会社

平成 25(2013)年 6 月 27 日 東京電力(株)福島第一原子力発電所 1~4 号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ (改訂第 2 版)
 平成 25(2013)年 11 月 4 号機使用済み燃料の取出し開始に伴い、中長期ロードマップ第 2 期へ。
 平成 27(2015)年 2 月 18 日 中長期リスクの低減目標マップ (平成 27 年 2 月版), 原子力規制庁 原子力規制委員会

福島第一原子力発電所の措置に関する目標を示すため、次の 8 つの分野毎にリスク低減のための主な目標を記載。

<分野>	<目的>
・液体放射性廃棄物	: 液体放射性廃棄物が溜まっていることにより生ずる漏洩リスクの低減
・固体放射性廃棄物	: 廃炉作業の進捗に伴い発生する固体放射性廃棄物の飛散・漏洩リスクの低減
・使用済燃料プール	: 使用済燃料プールにおいて顕在化するリスクの除去
・地震・津波	: 汚染水や使用済燃料を内在する建屋等において顕在化するリスクの除去
・敷地境界実効線量 (評価値)	: 廃炉作業に伴う敷地外の被ばく被曝リスクの制限
・ダスト飛散防止・抑制	: 廃炉作業に伴い発生する放射性ダストの飛散リスクの抑制
・労働環境改善	: 持続的廃炉作業を可能とする環境の実現
・施設内調査	: 被災した施設内の状況把握

平成 27(2015)年 4 月 30 日 東京電力(株)福島第一原子力発電所廃炉のための技術戦略プラン 2015 ~2015 年中長期ロードマップの改訂に向けて~, 原子力損害賠償・廃炉等支援機構

位置づけ

"燃料デブリ取出し"、"廃棄物対策"について、研究開発を含む取組計画を取りまとめ。

リスク低減に向けた<基本的考え方>

- ①安全 放射性物質によるリスクの低減及び労働安全の確保
- ②確実 信頼性が高く、柔軟性のある技術
- ③合理的 リソース (ヒト、モノ、カネ、スペース等) の有効活用
- ④迅速 時間軸の意識
- ⑤現場志向 徹底した三現 (現場、現物、現実) 主義

平成 27(2015)年 6 月 12 日 東京電力(株)福島第一原子力発電所 1~4 号機の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ (改訂案), 第 2 回廃炉汚染水対策関係関係会議
 平成 27(2015)年 8 月 5 日 中長期リスクの低減目標マップ (平成 27 年 8 月版), 原子力規制庁 原子力規制委員会
 平成 28(2015)年 3 月 2 日 中長期リスクの低減目標マップ (平成 28 年 3 月版), 原子力規制庁 原子力規制委員会

■ロードマップの整理結果の一例

中長期ロードマップにおける工程と主要なマイルストーン



整理・集約

分野	項目	第1期 ～ 2013年11月	第2期 初号機のデブリ取り出し開始まで ～ 2021年12月	第3期 廃止措置終了まで ～ 2041年…2051年
1. 汚染水対策	取り除く	汚染水浄化	<ul style="list-style-type: none"> ▽ 汚染水再処理（実効線量 1mSv/年迄低減）（2015） ▽ 処理水の長期的取扱決定に向けた準備（2016） 	
	近づけない	地下水汲上げ	<ul style="list-style-type: none"> ▽ 陸側海水壁凍結閉合・ポンプ9 新完了（2015） ▽ 建屋流入量抑制（100m³/日未満）（2016） 	
	漏らさない	タンク増設 等	<ul style="list-style-type: none"> ▽ 処理水を溶接型タンクで貯水（2016） 	
	滞留水処理	滞留水調査 等（2015）	<ul style="list-style-type: none"> ▽ 建屋水位低下・チビ建屋循環注水停止切離し（2015） ▽ 滞留水浄化（放射性物質質量半減）（2018） 	<ul style="list-style-type: none"> ▽ 滞留水処理完了（2020）
2. 使用済燃料プールからの燃料取り出し	1号機	建屋カバー解体 等	<ul style="list-style-type: none"> ガレキ撤去 等 カバー設置 等 	<ul style="list-style-type: none"> ▽ 燃料取り出し 開始（2020）
	2号機	準備工事	<ul style="list-style-type: none"> ▽ 解体改造範囲決定・実施（2015～） プラン選択（2017） 	<ul style="list-style-type: none"> ▽ 燃料取り出し 開始（2020） ▽ Jiri/BAI-設置 等（2019～）
	3号機	ガレキ撤去 等	<ul style="list-style-type: none"> カバー設置 等 	<ul style="list-style-type: none"> ▽ 燃料取り出し 開始（2017）
3. 燃料デブリ取り出し		<ul style="list-style-type: none"> 原子炉格納容器内の状況把握/工法検討 	<ul style="list-style-type: none"> ▽ 可機毎の方針決定（2017） ▽ 初号機の方法確定（2018） 	<ul style="list-style-type: none"> ▽ 初号機の燃料デブリ取り出し開始（2021） 燃料デブリ取り出し/処理・処分方法検討 等
4. 廃棄物対策	保管管理	<ul style="list-style-type: none"> 減容処理焼却炉の設置（2015） 線量率に応じた分類保管/保管管理計画の策定 等 	<ul style="list-style-type: none"> ▽ 固体廃棄物貯蔵庫の設置（2017） 	<ul style="list-style-type: none"> 策定した計画に基づく保管管理
	処理・処分	<ul style="list-style-type: none"> 処理・処分に関する基本的な考え方取りまとめ（2017） 性状把握・既存技術調査/固体廃棄物の性状把握等を通じた研究開発 等 		<ul style="list-style-type: none"> ▽ 処理・処分の技術的見通し（2022）

※出典 『東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃止措置等に向けた中長期ロードマップ』
平成27年6月12日，廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議 p8～9・29より

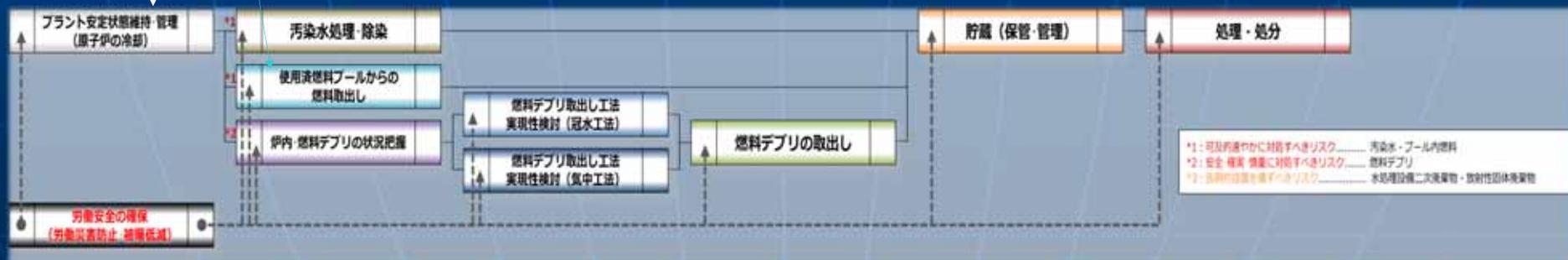
■ 中長期ロードマップ及び技術プランに基づく基本的なシナリオ構成

中長期ロードマップや技術プランに示された各作業工程を統一的な時間枠で整理した結果から、基本的なシナリオ素案として廃炉に至るフローを整理。

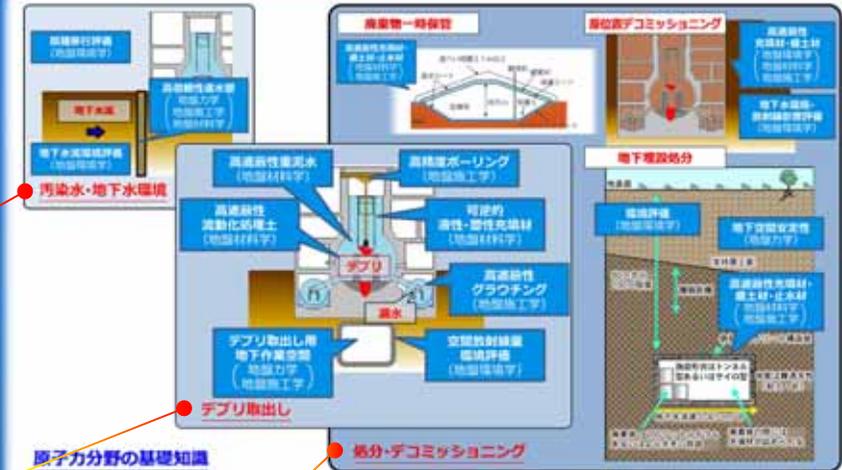
ロードマップ・技術プラン等の整理結果（抜粋）



廃炉に至るまでの基本的なシナリオ素案



6. 技術マップ (当初)



本事業における研究開発項目

	汚染水・地下水環境	デブリ取出し	処分・デコミッショニング
地盤力学	<ul style="list-style-type: none"> 汚染水貯留施設の安定性評価 遮水壁設置地盤の地震時安定性評価 	<ul style="list-style-type: none"> 原子力建屋下部の放射線漏洩防止処置のための地下基地の安定性評価 	<ul style="list-style-type: none"> デコミッショニングの段階に沿った地盤・建屋系の地震時安定性評価
地盤環境学	<ul style="list-style-type: none"> 原子力建屋周囲の時間的変化に対応した地下水・核種拡散シミュレーション 	<ul style="list-style-type: none"> 上記地下基地の空間放射線量の環境評価 	<ul style="list-style-type: none"> デコミッショニング段階に沿った建屋周囲の地下水環境・放射線環境予測と評価 余裕深度処分対応の地下水環境評価
地盤材料学	<ul style="list-style-type: none"> 汚染水貯留プールに適用可能な高性能止水材料の開発 遮水壁の信頼性を高める高性能遮水壁材料の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 空間放射線量を低減する高遮蔽性超重泥水の開発 デブリを視認可能とする可視性超重泥水の開発 格納容器水漏れ箇所への対応可能な高遮蔽性固化泥水の開発 デブリの一時的封込めに対応可能な可逆的液性・塑性（高遮蔽性）充填材の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 瓦礫・伐採材保管に適した高遮蔽性覆土材料と止水材料の開発 余裕深度処分に対応した廃棄物空間充填材料の開発 原位置デコミッショニングに対応できる格納容器用高遮蔽性充填材料の開発 原位置デコミッショニングにおける建屋全体を覆う高遮蔽性盛土材料の開発
地盤施工学	<ul style="list-style-type: none"> 地下水流入を止める信頼性の高い遮水壁構築工法 輻輳する地下構造物に対応可能な遮水壁構築工法 汚染水プールに敷設する自己診断機能付き遮水幕工法 	<ul style="list-style-type: none"> デブリ取出しのための高精度ボーリング工法 上記地下基地の構築工法 格納容器水漏れ箇所封鎖のための高遮蔽性グラウチング工法 	<ul style="list-style-type: none"> 信頼性の高い瓦礫・伐採材の保管施設構築工法 余裕深度処分施設の構築工法 原位置デコミッショニングにおける格納容器用高遮蔽性充填工法 同上での建屋全体の鋼製外殻による封込め工法

7. 技術情報の整理

- H27委員会（1/7開催）において、委員の方々に技術マップに位置づけられ拡充できる技術情報の提供を依頼。



87件の技術情報を受領

- 提供頂いた技術情報は、技術マップにおける区分、1Fでの実績、技術の適用性などの観点を加え、以下の形式で整理。

技術情報の整理結果（抜粋版－rev.06.15）

技術名称	社名	No.	評価分類			概要	適用性1)					適用性2)		出典	備考
			(A)	(B)	(C)		理論	室内試験	実規模試験	実用	特許	on site	off site		
コンクリートの耐久性評価技術 (JFE D.N.A.)	高尾建設(株)	QA-01 QC-01		①	①	コンクリートの耐久性を評価するために重要となる劣化因子（イオン、水分など）のコンクリート内での移動を把握することで、コンクリートの耐久性を高い精度で評価するシステム。また、劣化因子の浸透・移動といった基本的な物理移動のみでなく、劣化因子の移動速度に関連するコ	○	○	○	○	○			高尾建設HP http://www.kasuga.co.jp/tech/c_cement/01/01_01_01.html	-
漏水の検知と安定した地下水位管理を行なうためのディープウェル工法自動制御システム (WIX)	高尾建設(株)	QA-03 QC-03	①		②	漏水計と監視計の水位データをもとに漏水計の稼働状態を自動運転管理するとともに、漏水ポンプをインバータ制御することにより効率的な排水を実現する。	○	○	○	○	○			高尾建設HP http://www.kasuga.co.jp/tech/c_water/03/03_01.html	-
放射線量を遠くから測定するオリオン・スキャンロボット	(株)大林組	QA-09 QB-03 QC-08	①	②	③	GPS（全地球測位システム）を搭載した計測システムで放射線を測定し、汚染状況をマップ表示する。放射線物質の種類や値、広がり状況などが一目で把握できる。	○	○	○	○	○			大林組HP http://www.obayashi.co.jp/news/news_201109/21_2	※日本国内で適用するGL-01C30440C181社と共同開発の放射線計測システム
汚染水の挙動を予測する物理移行解析技術	清水建設(株)	QA-12 QC-01	①		②	汚染水の浸透、漏出箇所を入力データとした非定常の物理移行解析を実施することにより、今後の汚染水の挙動を予測するとともに、対策検討に対する時間的、空間的データを提供することが可能。	○							清水建設HP http://mf.or.jp/tech/05/05_01.html	-
広域水漏れを評価できる解析プログラム群 (GET FLOWS)	(株)地研環境テクノロジー	QA-02 QC-02	②		②	地域で生じる様々な水漏れ（水漏れ、水害等）において適用される実用的かつ客観的な水文・水理モデリングに供する事を目的として開発されたもの。地域における水漏れシステムを多相多成分流体系として定式化し、従来困難であった地上および地下の水の流れを完全に一体化	○		○					地研環境テクノロジーHP http://www.getc.co.jp/software/aboutget/	-
岩盤の割れ目を自動的にモデル化し岩盤内の地下水の流れを評価する割れ目ネットワークモデル物理移行解析手法	高尾建設(株)	QA-04 QC-04	②		②	岩石の地質力学特性調査によって得られた情報に基づき、割れ目の不連続性を考慮した物理移動特性の評価が実施される。地質・地質構造と岩石の水理特性が、物理移動現象に与える要因を検討するために、既存の調査結果の整理及び地下水流動解析が実施されている。具体的には、原	○							高尾建設HP http://www.kasuga.co.jp/tech/technew/04/04_01.html	-
非孔式物理移行試験	高尾建設(株)	QA-05	②			物理移行解析技術。地下水中に漏出した汚染物質の移動をシミュレーションによって予測する。これにより、汚染物質の移動や浸透を評価することが出来る。	○							高尾建設HP http://www.kasuga.co.jp/tech/technew/05/05_01.html	-

8-1. 技術マップ (rev.08)

廣伊地盤工学における技術マップ (rev.08) -1/3

廣伊地盤工学における技術マップ (rev.08) -2/3

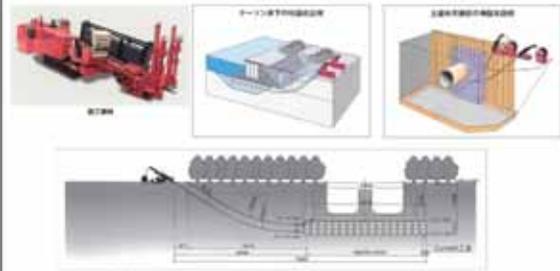
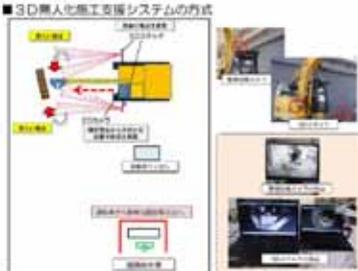
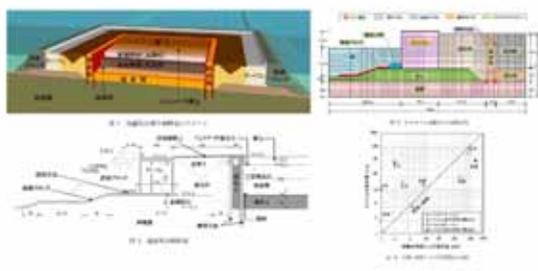
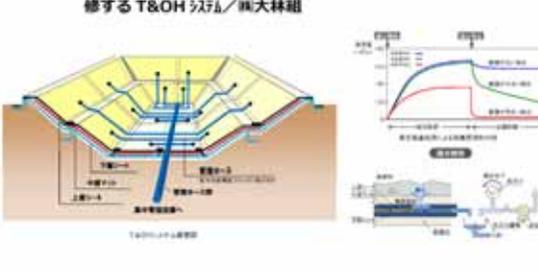
廣伊地盤工学における技術マップ (rev.08) -3/3

分類		(A) 汚染水・地下水環境・除染技術	(B) 燃料デブリ取出し技術	(C) 処置・処分・デコミッションング
①地盤力学	必要と想定	<ul style="list-style-type: none"> 地下水の流入を止める信頼性の高い止水壁の構築工法 複雑する地下埋設物に対応できる止水壁構築工法 汚染水プールに設置する自己診断機能付き止水壁工法 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料デブリ取出しのための高精度ボーリング工法 燃料デブリ取出し時における地下基地の構築工法 格納容器水漏れ箇所封鎖のための高遮断性グラウチング工法 使用済燃料及び燃料デブリ取出し時における燃料建屋内の除染技術 	<ul style="list-style-type: none"> 地下埋設処分施設の構築工法 高い放射能レベルの固形廃棄物・使用済み燃料等の処分技術 安定的な閉じ込め・遮断に対応できる格納容器用高遮断性充填工法 建屋全体の中詰めメントナイトを併用した鋼製外殻による封じ込め工法 瓦礫・伐採材の保管施設構築技術 汚染土壌の最小化のための減容技術 港湾底質の浄化/回収技術 将来利用の想定に応じた地盤改良・増立て技術
	必要と想定される技術	<ul style="list-style-type: none"> 『プラント安定状態の維持・管理 (原子炉の冷却)』 冷却、閉じ込め、安全設備の維持・信頼性向上など 『汚染水処理』 汚染水浄化・地下水汲み上げ など 	<ul style="list-style-type: none"> 『伊内・燃料デブリの状況把握』 実機調査による推定 (RPV-PCV) 『燃料デブリ取出し工法実現性検討』 燃料デブリ取出し機器・装置の開発、燃料デブリへのアクセスルート構築、労働安全の確保 『燃料デブリの取出し (プラント安定状態の維持・管理)』 安全設備の維持・信頼性向上 など 	<ul style="list-style-type: none"> 『貯蔵 (保管・管理)』 固形廃棄物の保管管理 (保管管理計画) 『処理・処分』 固形廃棄物の処理・処分 (処理及び処分方針に関する検討) など
②地盤環境学	必要と想定	<ul style="list-style-type: none"> ④A-01 ねじり力を利用した信頼性の高い瓦礫・伐採材の保管施設構築工法/早稲田大 ④A-02 電気比抵抗計測を活用した凍土遮水壁の構築技術/千葉工大 ④A-03 岩すりなど様々な地盤をオーダーメイドで改良する大口径高圧噴射攪拌工法 (JETCRETE) / 鹿島建設 ④A-04 急速地盤凍結工法~凍結・凍上解析システム/鹿島建設 ④A-05 射撃型凍結機システムへの応急止水技術(土凍君) / 鹿島建設 ④A-06 自在ドリルを用いた地盤改良工法 (CURVEX) / 鹿島建設 ④A-07 埋設物による土留め壁欠損部に対応するパイルウォール工法/鹿島建設 ④A-08 透水性浄化壁構築技術 (DPA-10)工法/鹿島建設 ④A-09 自在ドリルを用いた地盤改良技術「ゲラ」システム工法/大成建設 	<ul style="list-style-type: none"> ④B-01 狭隙部に高密度締固め土を構築する湿式高密度パッド付系人工工法構築工法 (Shotclay) / 鹿島建設 ④B-02 射撃型凍結機システムへの応急止水技術(土凍君) / 鹿島建設 ④B-03 建設重機 10 台を遠隔操作できる無人化施工技術/鹿島建設 ④B-04 建設機械の自動化による次世代建設生産システム/鹿島建設 ④B-05 代替工法のための燃料プールの切削・集塵技術/大成建設 	<ul style="list-style-type: none"> ④C-01 ねじり力を利用した信頼性の高い瓦礫・伐採材の保管施設構築工法/早稲田大 ④C-02 広域な海面を利用できる海面処分場の建設工法/広島大 ④C-03 狭隙部に高密度締固め土を構築する湿式高密度パッド付系人工工法構築工法 (Shotclay) / 鹿島建設 ④C-04 放射性廃棄物の長期貯蔵や最終処分に対応した長寿命化コンクリート (ELEN) / 鹿島建設 ④C-05 火や火薬を用いない放電衝撃による RC 構造物破砕工法/大成建設 ④C-06 高温環境でのコンクリート中性子遮蔽性能の向上を図る耐熱コンクリート/大成建設 ④C-07 道路の線量を大幅に低減するイオンビーム照射工法/廣大林組 ④C-08 運行状況の見える化輸送車再運行管理システム/廣大林組 ④C-09 除去土壌等の全数管理中間貯蔵施設輸送管理システム/廣大林組 ④C-10 汚染された土壌をその場で除染するバリエーション SW 工法/廣大林組 ④C-11 破砕後の大型土のう袋や有機物を確実に分別・除去する高精度分別システム/廣大林組 ④C-12 700kg から除染廃棄物を安全・迅速に取出す大型破砕機/廣大林組 ④C-13 汚染土を瞬時に分別するバリエーション処理システム/廣大林組 ④C-14 焼却灰を洗浄し、処分量を低減する飛灰造粒固化洗浄技術/廣大林組 ④C-15 可燃性廃棄物の焼却量・残渣を低減する植物土砂混合物乾燥分級技術/廣大林組 ④C-16 分級・洗浄により放射性汚染土を 90%減容する7-射撃型 DC (Decontamination) / 廣大林組 ④C-17 震災がれき残渣を活用した建設資材リサイクル/廣大林組 ④C-18 震災コンクリートから海水を活用した海水練りコンクリート技術/廣大林組 ④C-19 土壌貯蔵施設からの悪臭・汚水発生を防止する植物安定化処理技術/廣大林組 ④C-20 透水シートに設置した電極からの電流により漏水箇所を特定し、急速補修する電流式漏水検知補修システム/廣大林組 ④C-21 袋状にした二重透水シート内の真空圧より漏水箇所を特定し、急速補修する T&OH システム/廣大林組
	必要と想定	<ul style="list-style-type: none"> ④A-10 高線量下での安全・迅速な地質調査をおこなう無人調査システム/廣大林組 ④A-11 道路を急速除染するバリエーション RD 工法 (RDⅡ, RDⅢ) / 廣大林組 ④A-12 高線量の貯蔵タンク内側を遠隔で除染する汚染水貯蔵処分場除染技術/廣大林組 ④A-13 透水シートに設置した電極からの電流により漏水箇所を特定し、急速補修する電流式漏水検知補修システム/廣大林組 ④A-14 袋状にした二重透水シート内の真空圧より漏水箇所を特定し、急速補修する T&OH システム/廣大林組 ④A-15 汚染された土壌をその場で除染するバリエーション SW 工法/廣大林組 ④A-16 道路の線量を大幅に低減するイオンビーム照射工法/廣大林組 ④A-17 住宅地内に仮保管されている除去土壌等を急速回収する仮理設保管土吸引回収システム/廣大林組 ④A-18 高濃度放射線汚染土壌を除去する高効率浄化技術/廣大林組 ④A-19 高濃度放射線汚染土壌での作業効率が 20%向上する次世代無人化施工技術/廣大林組 ④A-20 高線量地域の表土剥ぎ取りの高精度・急速施工を可能とする ICT 施工システム/廣大林組 	<ul style="list-style-type: none"> ④B-06 高線量下での安全・迅速な地質調査をおこなう無人ドリル技術/廣大林組 ④B-07 危険箇所の情報を安全・迅速に収集する無人調査システム/廣大林組 ④B-08 高濃度放射線汚染土壌での作業効率が 20%向上する次世代無人化施工技術/廣大林組 	

※表内に整理された技術が貢献可能と予想される中長期ロードマップや技術マップ等に示された作業工程・内容

8-2. 技術マップ (抜粋版 rev.08.1)

廃炉地盤工学における技術マップ (rev.08.1) -4/4

		(A) 汚染水・地下水環境・除染技術	(B) 燃料デブリ取出し技術	(C) 処置・処分・デコミッションング
① 地盤力学	分類	<ul style="list-style-type: none"> 地下水の流入を止める信頼性の高い遮水壁の構築工法 輻射する地下埋設物に対応できる遮水壁構築工法 汚染水プールに敷設する自己診断機能付き遮水幕工法 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料デブリ取出しのための高精度ボーリング工法 燃料デブリ取出し時における地下基地の構築工法 格納容器水漏れ箇所封鎖のための高遮断性グラウチング工法 使用済燃料及び燃料デブリ取出し時における燃料建屋内の除染技術 	<ul style="list-style-type: none"> 地下埋設処分施設の構築工法 高い放射能レベルの固形廃棄物・使用済み燃料等の処分技術 安定的な閉じ込め・遮断に対応できる格納容器用高遮断性充填工法 建屋全体の中詰めベントナイトを併用した鋼製外殻による封じ込め工法 互障・浅探材の保管施設構築技術 汚染土壌の最小化のための減容技術 港湾底質の浄化/回収技術 将来利用の想定に応じた地盤改良・埋立て技術
	② 地盤環境学	<ul style="list-style-type: none"> 『プラント安定状態の維持・管理 (原子炉の冷却)』 冷却、閉じ込め、安全設備の維持・信頼性向上など 『汚染水処理』 汚染水浄化・地下水汲み上げ など 	<ul style="list-style-type: none"> 『炉内・燃料デブリの状況把握』 実機調査による推定 (RPV-PCV) 『燃料デブリ取出し工法実用性検討』 燃料デブリ取出し機器・装置の開発、燃料デブリへのアクセスルート構築、労働安全の確保 『燃料デブリの取出し (プラント安定状態の維持・管理)』 安全設備の維持・信頼性向上 など 	<ul style="list-style-type: none"> 『貯蔵 (保管・管理)』 固形廃棄物の保管管理 (保管管理計画) 『処理・処分』 固形廃棄物の処理・処分 (処理及び処分方針に関する検討) など
	③ 地盤材料学	<p>④ 地盤施工学</p> <p>『4-A-01』 ねじラバー利用した信頼性の高い互障・浅探材の保管施設構築工法/早稲田大</p>  <p>『4-A-06』 自在ロータリクを用いた地盤改良工法 (CURVEX) / 鹿島建設</p> 	<p>『4-B-05』 代替工法のための燃料デブリの切削・集塵技術/大成建設</p>  <p>『4-B-09』 3Dスキャを用いた除染重機の遠隔作業の効率化/清水建設</p> 	<p>『4-C-02』 広域な海面を利用できる海面処分場の建設工法/広島大</p>  <p>『4-C-21』 袋状にした二重遮水シート内の真空圧より漏水箇所を特定し、急速補修する T&OH システム/大林組</p> 

※表内に整理された技術が貢献可能と予想される中長期ロードマップや技術マップ等に表示された作業工程・内容

■ 廃炉基盤研究プラットフォーム第2回運営会議 (3/28@東北大学) における紹介用として作成。