

廃炉地盤工学における 技術マップについて

平成28年3月28日
地盤工学会

1. はじめに

本案件である「平成27年度文部科学省 国家課題対応型研究開発推進事業英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業 福島第一原子力発電所構内環境評価・デブリ取出しから廃炉までを想定した地盤工学的新技术開発と人材育成プログラム」では、以下のような課題目標を設定し、研究を進めてきた。

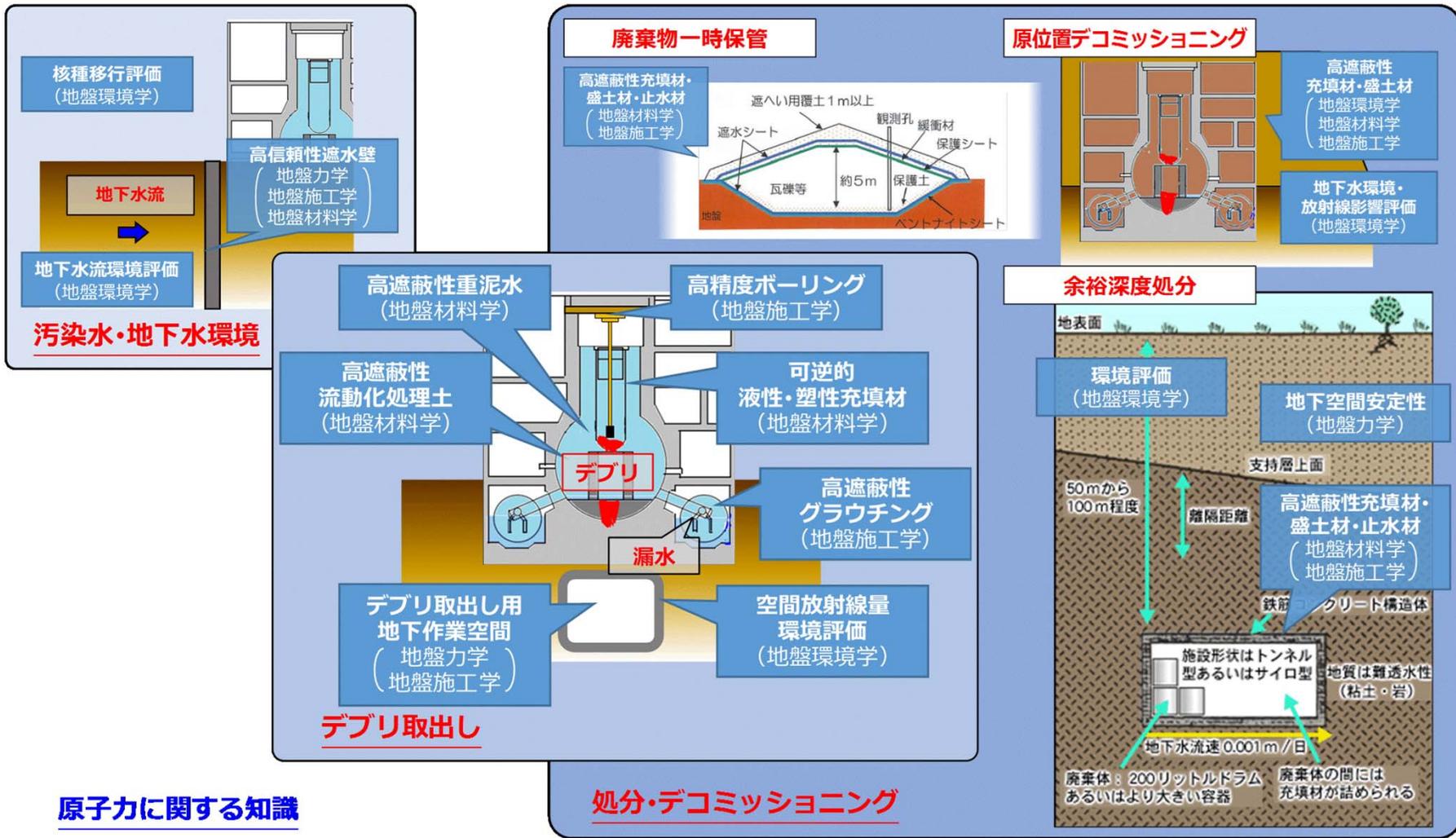
■ 課題目標

今後40年にわたる福島第一原子力発電所の廃炉事業において、廃止措置に向け必要不可欠な技術事項である地盤工学分野の個別基盤研究を推進するとともに、この研究活動を通じて、同事業に貢献可能な実践力と横断的基礎知識を有した本格的技術者の育成を目的とした教育プログラムを構築し、志の高い学生を育成する。さらに、世界的に需要の増加が見込める廃炉産業＝廃炉地盤工学を創出し、廃炉事業を推進する企業等への人材輩出及び実効的な技術支援を行う。

2. 廃炉地盤工学とは

- 「**地盤**」「**原子力**」**双方**に精通した人材育成のための学問を体系化する。
- 地盤工学的技術を**廃炉技術の観点から再評価**し、**既存技術の性能向上**や**新技術の創出**、**再体系化**を図る。
例えば...
 - 空間放射線量の低減
 - 放射能汚染物質の拡散防止
 - 廃止処置の他分野技術の活用の容易化 など
- 各廃炉段階と学問単位とで技術を位置付けた**技術マップ**を構築する。
 - ① **地盤力学**.....地盤および支持構造物の安定性評価
 - ② **地盤環境学**....放射線に関する地下水・地下空間の環境評価
 - ③ **地盤材料学**....地盤系材料を用いた放射線遮蔽材・止水材の性能評価と新たな材料開発
 - ④ **地盤施工学**....地盤系施工技術の評価、改良とマネジメント

廃炉地盤工学として、地盤工学技術が貢献できると考える廃止措置までの事象



3. 廃炉地盤工学創出の目的

- 廃炉技術の明日を担う地盤関連技術者の教育内容を整備する。



- 廃炉に関連するプロセスや技術の要求性能（使われ方）を明確にすることにより、新技術を提案しやすくする。
- 廃炉に貢献する（既に貢献中の）地盤関連技術の位置付けを明確にすることにより、技術のアピールや相互関連をしやすくする。

4. 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。

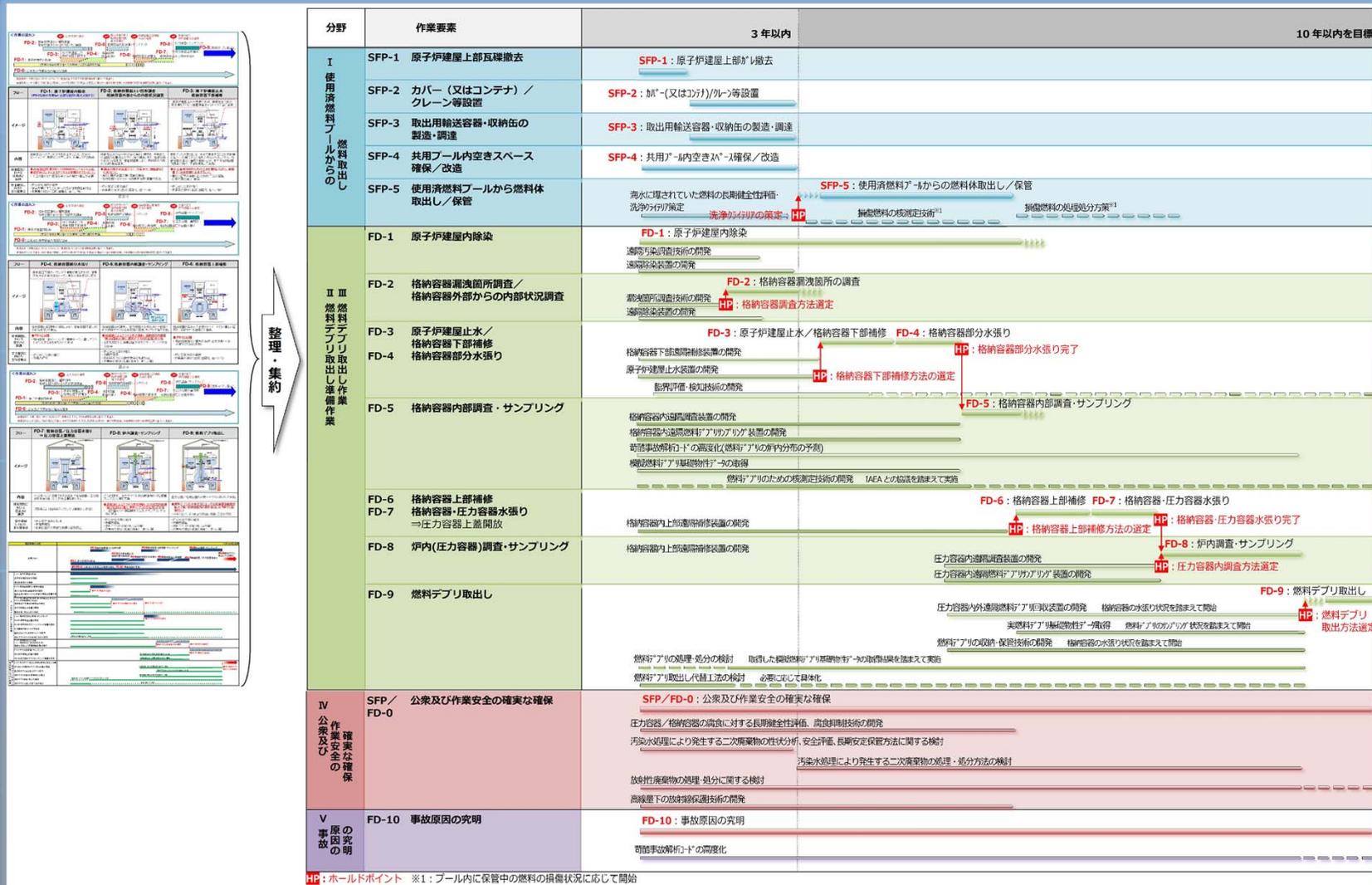
リスク低減に向けた<基本的考え方>

- 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一例①

中長期措置技術ロードマップ



※出典 『東京電力(株)福島第一発電所における中長期措置に関する検討結果』平成23年12月, 原子力委員会 東京電力(株)福島第一原子力発電所中長期措置検討専門部会 p8~18及び図表1~13を整理

■ロードマップの整理結果一例②

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	細目	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	▽ 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	▽ 陸側遮水壁凍結閉合・フィリング 9 割完了（2015） ▽ 建屋流入量抑制（100m ³ /日未満）（2016）	
	漏らさない	タンク増設 等	▽ 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）	▽ 建屋水位低下・タービン建屋循環注水ライン切離し（2015） 滞留水浄化（放射性物質半減）（2018）	▽ 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	ガレキ撤去 等 カバー設置 等	▽ 燃料取り出し 開始（2020）
	2号機	準備工事	▽ 解体改造範囲決定・実施（2015～） プラン選択（2017）	▽ 燃料取り出し 開始（2020） ▽ コナ/カバー設置 等（2019～）
	3号機	ガレキ撤去 等	カバー設置 等	▽ 燃料取り出し 開始（2017）
3. 燃料デブリ取り出し		号機毎の方針決定（2017） 原子炉格納容器内の状況把握/工法検討	▽ 初号機の方法確定（2018）	▽ 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	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	▽ 固体廃棄物貯蔵庫の設置（2017） 策定した計画に基づく保管管理	
	処理・処分	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		▽ 処理・処分の技術的見通し（2022）

5. 技術マップ（当初）

	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

- 第1回 廃炉地盤工学委員会（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。

6. 技術マップ^o (抜粋) その1

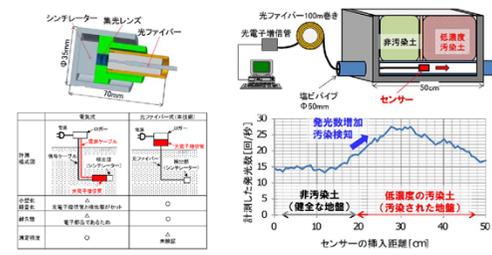
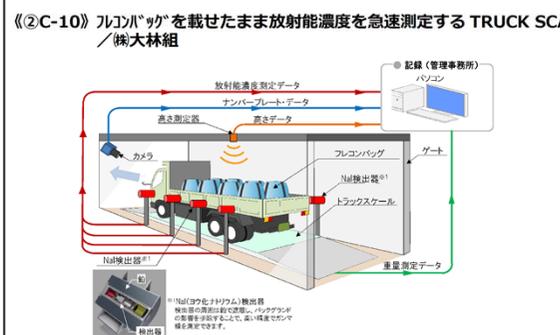
廃炉地盤工学における技術マップ (rev.08.1) - 1/4

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
必要と想定される技術	・遮水壁設置地盤の地震時震動特性評価技術	・汚染水貯留施設の安定性評価技術 ・原子炉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技術	・デコミッションングの段階に沿った地盤・建屋系の安定性評価技術
※工程・内容	・『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	・『燃料デブリ取出し工法実現性検討』 PCV・建屋の構造健全性の確保	・『貯蔵 (保管・管理)』 固体廃棄物の保管管理 (保管管理計画) など
①地盤力学		<p>《①B-02》樹脂ライカ^oによるコンクリート構造物形状保持技術 (タネコート) / 清水建設様</p> <p>■ 載荷実験による効果確認 ■ 供試体の寸法</p> <p>最大変位(μm) vs. 時間 (sec) graph showing P-1 (樹脂ライカ) and P-2 (樹脂ライカ無し) comparison.</p> <p>ほか1件</p>	<p>《①C-01》コンクリートの耐久性評価技術 (LIFE D.N.A.) / 鹿島建設様</p> <p>物資移動評価結果 (マシナリシワによる塩分浸透抑制) Results of Estimations</p> <p>Example of Estimations for the Cracks for Permeation</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示された作業工程・内容

6. 技術マップ (抜粋) その2

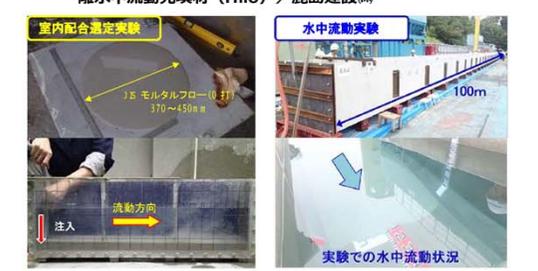
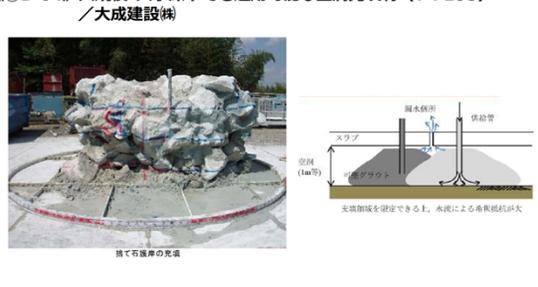
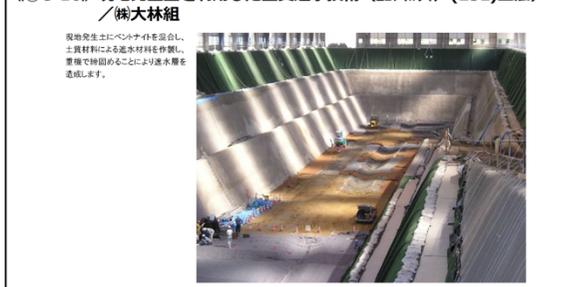
廃炉地盤工学における技術マップ (rev.08.1) - 2/4

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																																																																						
必要と想定される技術	<ul style="list-style-type: none"> 地下水流の変動と放射性汚染物質の移動を予測・計測する技術 放射性物質で汚染された原発の周辺環境を回復させるための技術 	<ul style="list-style-type: none"> 地下基地（原子炉建屋下部）の空間放射線量の環境評価技術 燃料デブリ取出し作業環境の放射線レベル評価技術 	<ul style="list-style-type: none"> デコミッション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技術 余裕深度処分対応の地下水環境評価技術 将来利用やサイト解放を見据えた浄化技術/無害化技術 																																																																						
工程・内容	<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"> 『使用済み燃料プールからの燃料取出し』 がけ撤去・除染・遮蔽等 『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）』 固体廃棄物の保管管理（保管管理計画） 『処理・処分』 個体廃棄物の処理・処分（処理及び処分方針に関する検討） など 																																																																						
② 地盤環境学	<p>②A-01 地下水・核種拡散シミュレーションを活用した原子炉建屋周囲の時間的変化に対応した評価技術/千葉工大</p>  <p>②A-02 広域水循環を評価できる解析ソフト「ラム群 (GETFLOWS) / 株式会社環境テクノロジー</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>水・空気の循環解析</th> <th>放射性核種解析</th> <th>放射性核種解析</th> <th>放射性核種解析</th> <th>放射性核種解析</th> <th>放射性核種解析</th> <th>放射性核種解析</th> <th>放射性核種解析</th> <th>放射性核種解析</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>GETFLOWS-Standard</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>GETFLOWS-HT (Heat Transport)</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>GETFLOWS-RT (Reactive solute Transport)</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>GETFLOWS-ST (Sediment Transport)</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>GETFLOWS-HPC</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> </tr> <tr> <td>GETFLOWS-Professional</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> <td>✓</td> </tr> </tbody> </table>		水・空気の循環解析	放射性核種解析	GETFLOWS-Standard	✓	✓	✓							GETFLOWS-HT (Heat Transport)	✓	✓	✓	✓						GETFLOWS-RT (Reactive solute Transport)	✓	✓	✓							GETFLOWS-ST (Sediment Transport)	✓	✓	✓							GETFLOWS-HPC	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	GETFLOWS-Professional	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	<p>②B-01 地盤系材料の放射線遮蔽性能の評価技術 / 早稲田大・西武建設・ホーجون・SRE</p>  <p>②B-02 光ファイバを使った放射線検知装置の小型化技術 / 鹿島建設株</p> 	<p>②C-07 地層処分場の安全性を評価する放射性廃棄物地層処分安全評価技術 / 大成建設株</p>  <p>②C-10 フロッパックを載せたまま放射能濃度を急速測定する TRUCK SCAN / 株式会社大林組</p> 							
	水・空気の循環解析	放射性核種解析	放射性核種解析	放射性核種解析	放射性核種解析	放射性核種解析	放射性核種解析	放射性核種解析	放射性核種解析																																																																
GETFLOWS-Standard	✓	✓	✓																																																																						
GETFLOWS-HT (Heat Transport)	✓	✓	✓	✓																																																																					
GETFLOWS-RT (Reactive solute Transport)	✓	✓	✓																																																																						
GETFLOWS-ST (Sediment Transport)	✓	✓	✓																																																																						
GETFLOWS-HPC	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																																																																
GETFLOWS-Professional	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓																																																																
	ほか 12 件	ほか 1 件	ほか 10 件																																																																						

※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

6. 技術マップ^o (抜粋) その3

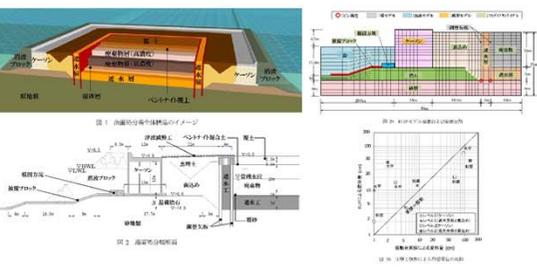
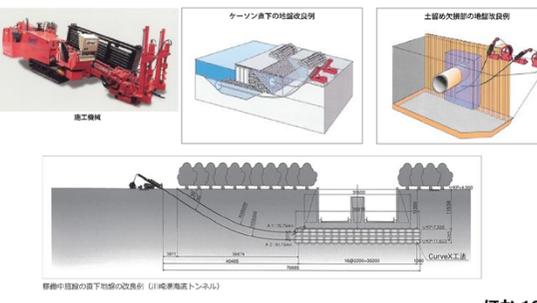
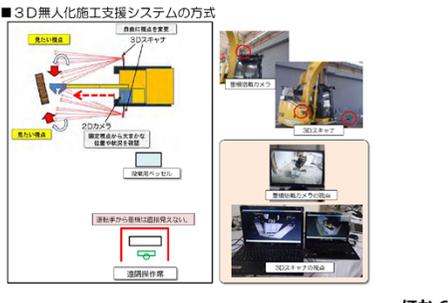
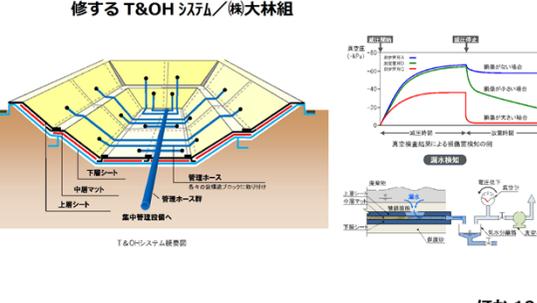
廃炉地盤工学における技術マップ (rev.08.1) - 3/4

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
必要と想定される技術	<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 瓦礫・伐採材保管に適した高遮断性覆土材料と止水材料の開発 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料デブリからの放射線遮蔽能力の高くボーリング等を容易にする格納容器充填材料 (液体) 格納容器水漏れ箇所に対応可能な高遮断性固化泥水の開発 燃料デブリの一時的な封じ込めに対応可能な可逆的液性・塑性 (高遮断性) 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断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 安定的な閉じ込め・遮蔽に対応できる格納容器用高遮断性充填材料の開発 デコミッションングにおける建屋全体を覆う高遮断性盛土材料の開発
※ 工程・内容	<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)』 固体廃棄物の保管管理 (発生量低減・保管管理計画) 『処理・処分』 固体廃棄物の処理・処分 (処理及び処分方針に関する検討)
③ 地盤材料学	<p>③A-03 地盤中の空隙、間隙を効率的に充填注入する可塑性グラウト / 鹿島建設㈱</p>  <p>③A-16 Iノール・ハントナイト材料の遮水壁、グラウト適用 / 清水建設㈱</p>  <p>ほか 18 件</p>	<p>③B-03 福島第一原子力発電所海水配管トレンチの置換えに使用した長距離水中流動充填材 (Hilo) / 鹿島建設㈱</p>  <p>③B-04 大規模・大水深下でも適用可能な空洞充填材 (T-PLUS) / 大成建設㈱</p>  <p>ほか 3 件</p>	<p>③C-06 粘性土壌を素早くさらさらにするがれきと土の選別補助材料 (泥 DRY) / 鹿島建設㈱</p>  <p>③C-10 現地発生土を利用した土質遮水技術 (Iソイルライク-(ESL)工法) / 大林組</p>  <p>ほか 8 件</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示された作業工程・内容

6. 技術マップ (抜粋) その4

廃炉地盤工学における技術マップ (rev.08.1) - 4/4

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
必要と想定される技術	<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・遮蔽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 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・埋立て技術
※ 工程・内容	<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』 個体廃棄物の処理・処分 (処理及び処分策に関する検討) など
④ 地盤施工学	<p>④A-01) ｷｰﾄﾞﾗｰ-ﾊﾞﾘｱ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</p>  <p>処分・デコミッションング ■ 保管施設の設計に資する実験的検討</p> <p>■ 現地利用や有事のデコミッションングに関する検討</p> <p>■ 放射性廃棄物の処分・デコミッションングにおける地盤工学技術</p>	<p>④B-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>事業の概要と特長</p> <p>■ 3D無人化施工支援システム</p>	<p>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</p>  <p>図1 海面処分場建設のイメージ</p> <p>図2 海面処分場の断面図</p>
	<p>④A-06) 自在"リガ"を用いた地盤改良工法 (CURVEX) / 鹿島建設</p>  <p>施工機</p> <p>ケーソン下の地盤改良</p> <p>土留め穴掘削の地盤改良</p> <p>ほか 18 件</p>	<p>④B-09) 3Dｽﾀｯﾌﾟを用いた除染重機の遠隔作業の効率化 / 清水建設</p>  <p>■ 3D無人化施工支援システム</p> <p>ほか 6 件</p>	<p>④C-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 / 株式会社大林組</p>  <p>図1 T&OHシステム概要図</p> <p>図2 真空圧による漏水箇所の特定</p> <p>ほか 19 件</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示された作業工程・内容