

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 新技術開発と人材育成プログラム

2021年03月10日

地盤工学会

早稲田大学，千葉工業大学

研究目標・全体計画

- 廃炉技術に関して原子力分野と地盤工学分野をつなぐ橋渡しを行う。



- 地盤工学的技術が原子力(廃炉)分野へ入っていく入り口。
- 原子力(廃炉)関係者が地盤工学的技術を知る窓口。
- 原子力(廃炉)と地盤工学相互の見える化(何が必要か, 何ができるか)を促進。

廃炉地盤工学の創設目的(抜粋)

- **何ができるか：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性汚染物質の拡散防止
 - 廃止措置に関連する他分野技術の活用容易化のための補助
- **何が必要か：廃止過程を時間軸で区分し、地盤工学的技術を位置付け.**
 - 原子力発電所建屋周辺の汚染水・地下水環境の制御
 - デブリの取出し（補助）
 - 処理・処分・デコミッショニング

研究体制の構築

地盤工学会 (JGS)

■ 廃炉地盤工学委員会

- 2015年度：2016年1月7日
- 2016年度：2016年6月23日，9月20日，2017年3月3日
- 2017年度：2017年6月26日，10月16日，2018年3月5日
- 2018年度：2018年6月21日，10月22日，2019年3月12日
- 2019年度：2019年7月9日，10月28日，2020年3月10日(コロナ禍で中止)

2019年はプログラム推進方向等の議論，およびオフサイトの除去土壌・廃棄物の再生利用・最終処分，IRIDにおける1F廃炉技術開発状況等の情報共有を実施

■ 廃炉地盤工学会のコアメンバーの打合せを随時開催

- 地盤施工学WG（地盤工学会），地盤材料学WG（早大），地盤環境学WG（千葉工大）を約1.5ヶ月毎に実施

委員会の構成（順不同）

【大学】

関東学院大学、早稲田大学、千葉工業大学、京都大学、日本大学、東北大学、広島大学、名城大学、名古屋工業大学、関西大学、八戸工業大学、香川大学

【研究機関】

JAEA（日本原子力研究開発機構）、国際原子力環境安全研究協会（IAEA）、国際廃炉研究開発機構（IRID）、NDA（原子力損害賠償・廃炉等支援機構）、NUMO（原子力発電環境整備機構）、電力中央研究所（CRIEPI）、日本原子力発電中央研究所（JAERI）

【建設】

鹿島建設、大成建設、大林組、清水建設、竹中工務店、安藤・間、西武建設、日揮、佐藤工業、不動テトラ、技研製作所

【メカ・エンジニアリング】

オーガニクス・システム・アンド・テクノロジー（O&S）、地質・基礎地盤コンサルタンツ、アサヒ大成基礎エンジニアリング、ダイヤコンサルタント、JIPテクノサイエンス、国際航業、日本物理探検、キタック、長大、オリエンタル白石

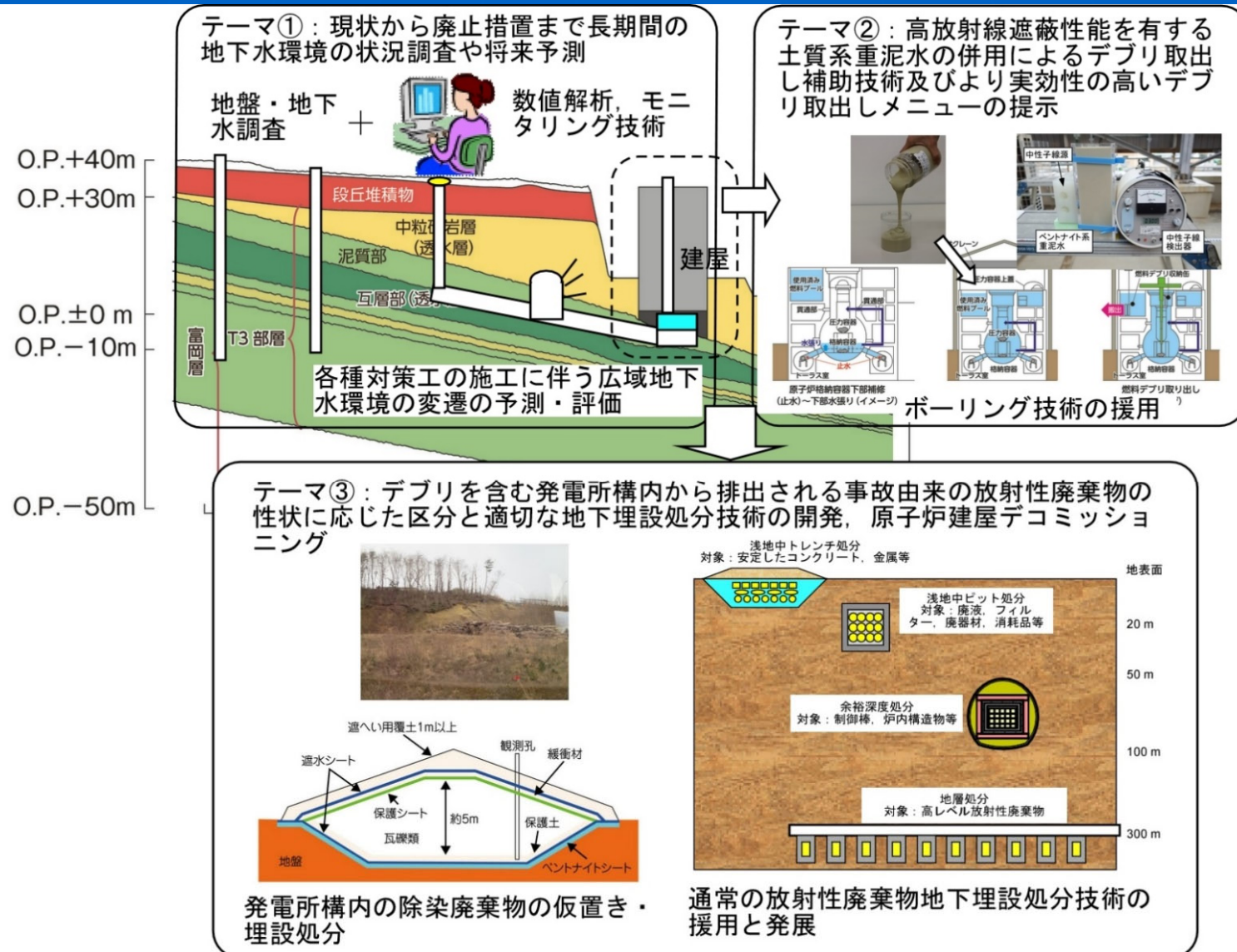
参画機関

：45機関

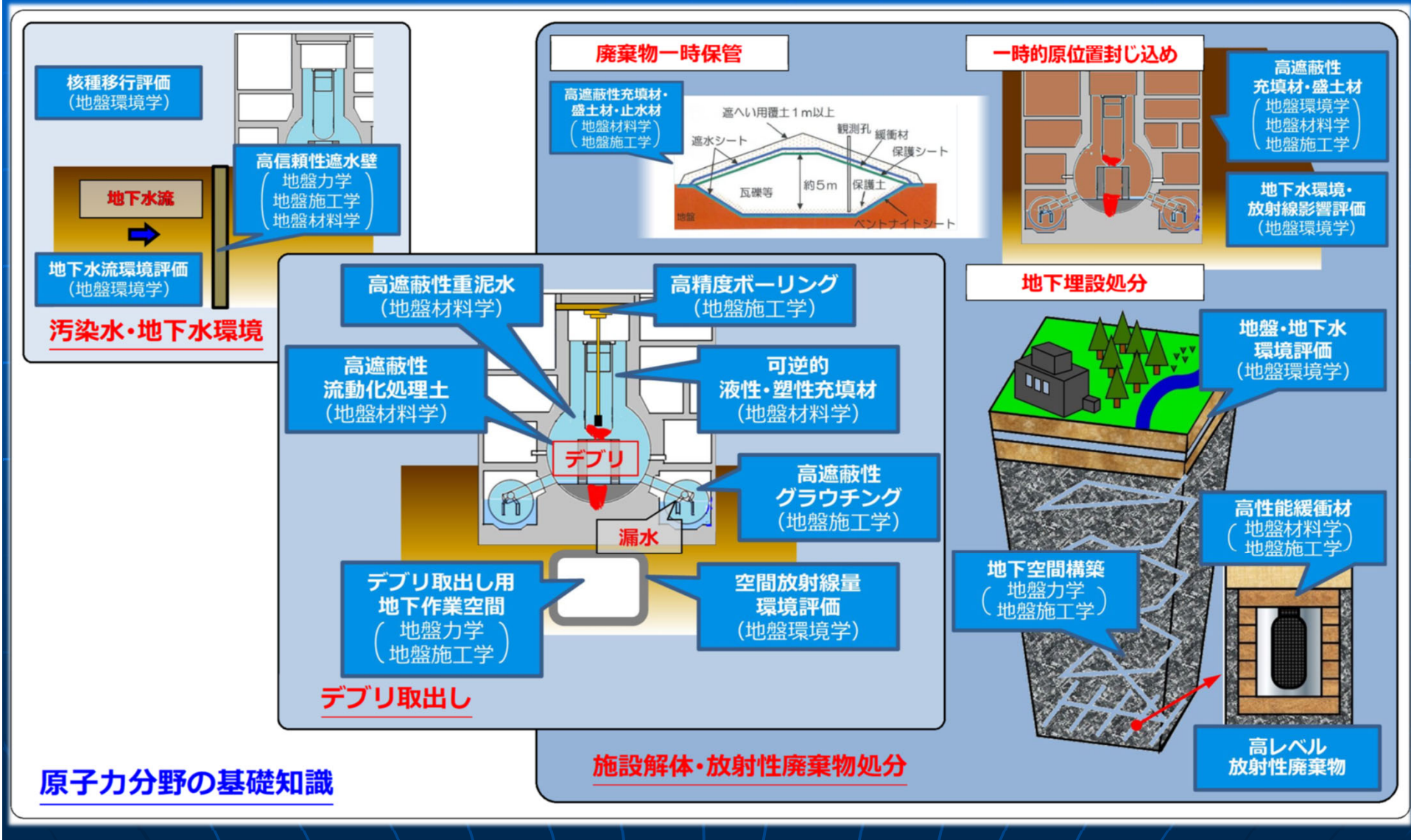
参画オブザーバ

：76名

抽出した3つの研究テーマ

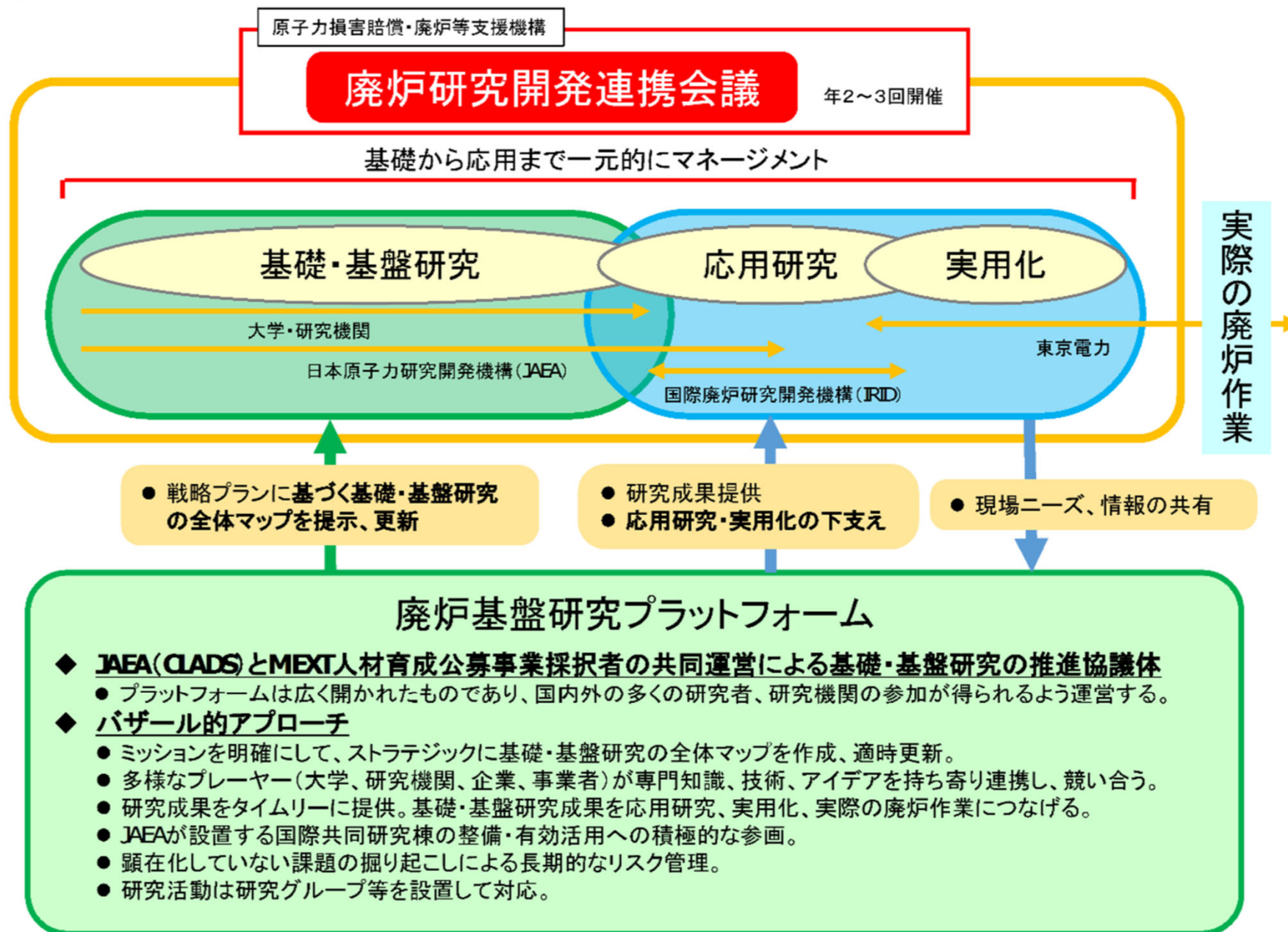


廃炉地盤工学の貢献できる 「廃止措置」の事象の例





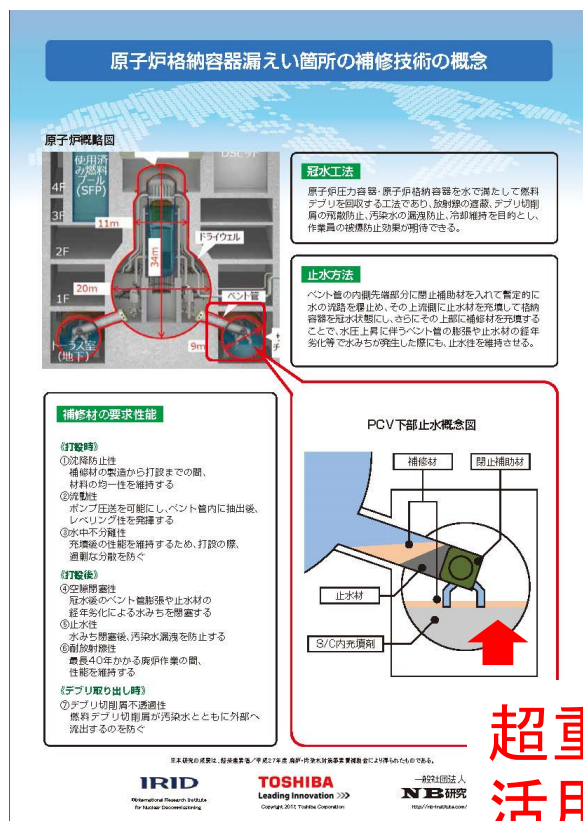
廃炉基盤研究プラットフォームの位置付け



廃炉地盤工学のアピールポイント

廃炉地盤工学人材育成プログラム実践

<http://www.f.waseda.jp/hkomine/Decommissioning.html>



超重泥水の
活用箇所

超重泥水の実現場への適用
(IRIDパンフレットより)

地盤工学会誌
2019年10月号
(廃炉地盤工学特集号)

廃炉地盤工学委員会

<https://www.jiban.or.jp/hairo/>

日本原子力学会誌にも寄稿



得られた成果と目標の関係性

- 廃炉地盤工学を通じた人材育成プログラム（地盤工学会）
 - 廃炉地盤工学の構築と廃炉プロセス技術シナリオの評価
 - 廃炉地盤工学教育システムの構築
 - 廃炉地盤工学に関する認知度の向上と技術の集約体制の構築

廃炉地盤工学の構築と廃炉プロセス 技術シナリオの評価

技術マップ（技術の顕在化）

	汚染水・地下水環境	デブリ取出し	デコミッシング
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

技術マップ（技術の顕在化）

	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 デブリ一時的封入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

施設解体・放射性廃棄物処分

技術マップ（技術の顕在化）

	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 遮水壁設計のための地盤の安定性評価 	<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建屋系・地盤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遮水性遮水壁材料の開発 	<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水性重泥水の開発 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の構築工法 汚染水シールド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ット構築工法 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クラウチング工法 	<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

地盤力学（構造物・地盤の安定性評価）

地盤環境学（地下水・地下空間の環境評価）

地盤材料学（地盤系材料の評価、開発）

地盤施工学（地盤系施工技術のマネジメントと評価・改良）

技術マップ° (rev.10.01公開用)

[illegible]

技術マップのデータベース化について

- 廃炉地盤工学委員会を構成するメンバーより提供頂いた技術情報について、技術マップでの位置付け（廃炉地盤工学における学問単位と時系列区分）を明らかにし、以下の項目に基づき整理・集約。

【技術情報の項目】

- ・ 技術の名称
- ・ 保有者（社名）
- ・ 技術分類
- ・ 概要
- ・ 適用性
- ・ 出典
- ・ 備考

適用性①：
技術段階（開発レベル）

- ・ 理論
- ・ 室内実験
- ・ 実規模試験
- ・ 実用

適用性②：
1Fでの実績

- ・ on site
- ・ off site

提供頂いた技術情報

HPにおける公開資料

リーフレット・
パンフレット

論文・
技報

...
e.t.c.

情報項目に基づき
整理・集約

(3) 構築した技術マップ^o (技術メニューDB rev.H30～抜粋)

										技術分類				[A] 汚染水・地下水環境 [無差別型]		[B] 汚染土・汚染 土壌		[C] 汚染土・汚染 土壌	
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										① 汚染土・汚染 土壌		② 汚染土・汚染 土壌		③ 汚染土・汚染 土壌		④ 汚染土・汚染 土壌			
										①									

■中長期ロードマップ及び戦略プランに基づく基本的なシナリオ構成

ロードマップ・戦略プラン等の整理結果抜粋（2019年度情報に基づく）

	期間区分【第1期】	【第2期】		【第3期】					
	初号機の使用済燃料プール内の燃料取出し開始まで 4号機使用済燃料プールからの燃料取出し開始 (2019年12月～2021年12月)	初号機の燃料デブリ取出し開始まで (2021年内)		廃止措置終了まで (ステップ2完了「放射性物質の放出が管理され、放射線量が大幅に抑えられている」から30～40年後)					
使用済燃料	期間区分【第2期】								
1号機		初号機の燃料デブリ取出し開始まで (2021年内)							
2号機									
3号機	年度	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
4号機	使用済燃料プールからの燃料取出し								
5号機・6号機	1号機	建屋カバー解体等			ガレキ撤去等			カバー	
周辺環境	2号機	準備工事			オペレーティングフロア内調査等			建屋上部解体等	
取出した燃料						プラン選定検討	設計・実施計画認可申請・工事準備		
将来の管理・	3号機				取出し装置（カバー等）設置			燃料取出し	
	4号機	使用済燃料取出し完了（2014年12月）							
	5号機・6号機								
	周辺環境				準備工事			1・2号機排気塔上部解体	
					準備工事			海洋汚染防止対策等	
	取出した燃料の適切な保管	共用プールでの燃料保管							
							乾式キャスク調達、共用プールから乾式キャスク仮保管設備への移行		
	将来の管理・保管方法の検討					取出した使用済燃料の将来の処理・保管方法の決定			
						3号機燃料を踏まえた長期健全性等に関する検討			
						処理・保管方法の検討			

上出対

上
出
対

※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（案）』平成29年9月，廃炉・汚染水対策関係閣僚等会議
『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2017』2017年8月，原子力損害賠償・廃炉等支援機構

廃炉地盤工学教育システムの構築

廃炉地盤工学・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 遮水壁設計のための地盤の安定性評価 	<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建屋系・地盤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遮水性遮水壁材料の開発 	<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水性重泥水の開発 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の構築工法 汚染水シールド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アホール掘削工法 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クラウチング工法 	<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の高遮蔽性充填工法 同上での建屋全体の鋼製外殻による封込め工法

地盤力学（構造物・地盤の安定性評価）

地盤環境学（地下水・地下空間の環境評価）

地盤材料学（地盤系材料の評価、開発）

地盤施工学（地盤系施工技術のマネジメントと評価・改良）

早大大学院・地盤工学特論B

	開催日	内 容	担当
第1回	2019/9/27	講義概要説明・課題設定とブレインストーミング演習	小峯秀雄
第2回	2019/10/4	廃炉のための地盤工学(廃炉地盤工学)	後藤茂
第3回	2019/10/11	放射線に関する基礎知識1	吉村貢
第4回	2019/10/18	放射線に関する基礎知識2	吉村先生
第5回	2019/10/25	廃炉のための地盤材料学	成島誠一
第6回	2019/11/8	廃炉のための地盤環境学	鈴木誠
第7回	2019/11/15	廃炉のための廃棄物処分学	渡邊保貴
第8回	2019/11/22	廃炉のための地盤施工学	後藤茂
第9回	2019/11/29	中長期ロードマップ・戦略プランと技術マップ	菱岡宗介
第10回	2019/12/6	地盤材料学の観点からの「超重泥水」技術開発	成島誠一
第11回	2019/12/13	地盤環境学の観点からの地下水制御対策の評価	片山啓
第12回	2020/1/10	廃炉廃棄物処分工学1	山田淳夫
第13回	2020/1/17	廃炉廃棄物処分工学2	渡邊保貴
第14回	2020/1/24	学生発表・ブレインストーミング演習	小峯秀雄, 後藤茂, IRIDの皆さま
第15回	2020/1/31	原発事故と健康影響	山下俊一

土木学会論文集(教育)に掲載

- 小峯秀雄・後藤茂・鈴木誠・菱岡宗介・渡邊保貴・東畑郁生
- 「廃炉地盤工学の提唱とカリキュラムの試作」
- 土木学会論文集H(教育), Vol. 75, No. 1, 10-19, 2019.

土木学会から、公益社団法人 日本工学教育協会の第24回
(2019年度)工学教育賞への応募に推薦していただきました。

廃炉地盤工学・人材育成プログラムのWeb実践

「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」

廃炉のための地盤環境学

<http://www.f.waseda.jp/hkominer/Decommissioning.html>

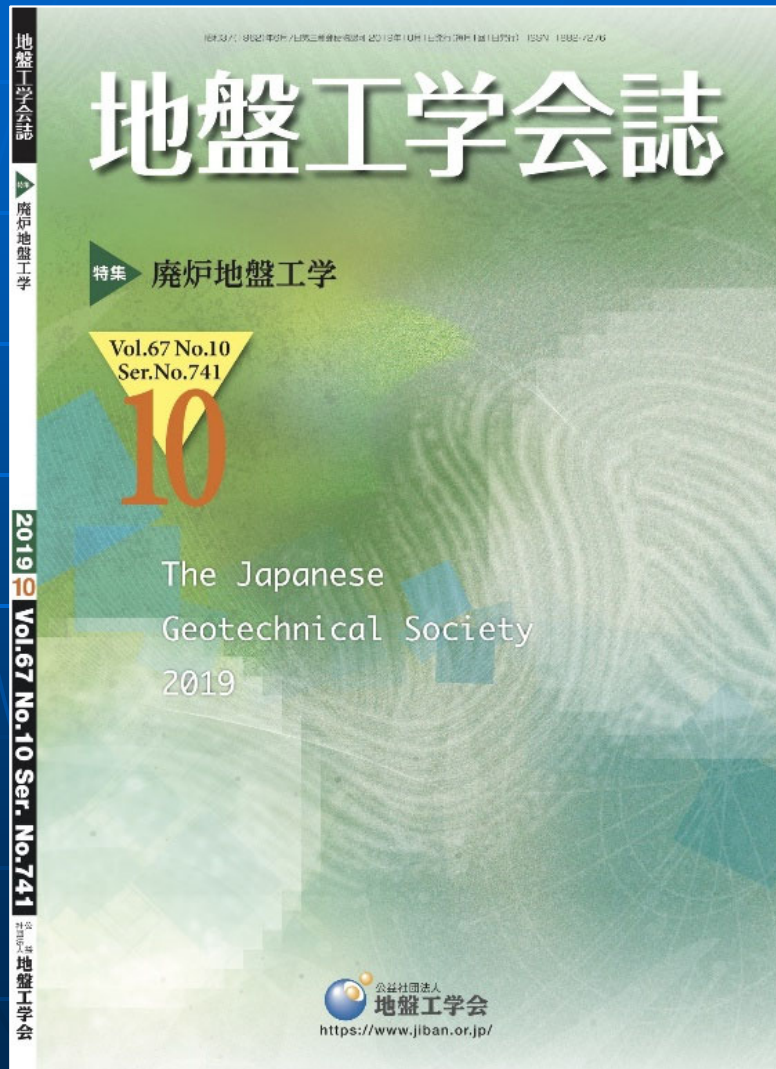
地盤工学特論B
～廃炉地盤工学の創出～

早稲田大学 理工学術院
創造理工学部 社会環境工学科
小峯秀雄



廃炉地盤工学に関する認知度の向上と技術の集約体制の構築

地盤工学会誌2019年10月号 (廃炉地盤工学特集号)



総説

福島第一原子力発電所の廃止措置に貢献する地盤工学

Geotechnical Engineering to Contribute the Decommissioning Fukushima Daiichi NPS

小 峯 秀 雄 (こみね ひでお)

早稲田大学理工学術院 教授

1. はじめに

2011年3月11日に発生した平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震は、日本のすべての土木技術者に対し、永遠に忘れることのない大きな衝撃を与えた。著者もその一人である。当時、著者は茨城大学に勤務しており、「あの衝撃」を受けた。8年経った今も、あのときのことは決して忘れることはできない。あの地震を受けた後、研究室のある建物の中に入ることは禁じられ、学内にいる者は呆然としながら、校庭に集まり学部長の話を聞いた。話を聞いたことは覚えているが、内容は全く記憶にない。著者の記憶にあるのは、当時学部3年生で、後に私の研究室に進んだ学生さんの一言である。「先生、原子力発電所は大丈夫ですか?」著者は、元々、電力関係の研究者出身で、講義などを通じて、エネルギー施設関連の話題も出していたので、土木工学を学習している学生も、自分のこととしてエネルギー施設の状況を懸念したものと思う。なお、この学生は現在、電力エネルギー関連の企業で技術者として活躍している。

当時夜の問いに対して、情報がない中、無責任な回答をしてしまった。「周辺の建物よりも、原子力発電所は高い耐震性能を有しているから、大丈夫と思う。」というような主旨の回答をしたように記憶している。当時はまさか、大津波が来るなどとは思ってもなかった。それ以来、土木技術者として贖罪の気持ちを持ち続けている。また、30年以上も、研究者として放射性廃棄物処分プロジェクトに係わっていることも、事故を起こした原子力発電所のことを放っておくことができないという気持ちをずっと持ち続ける動機になっている。

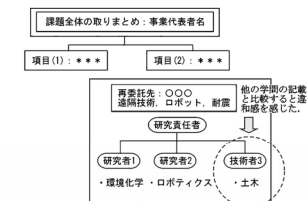
あの震災の後、母校の早稲田大学に戻るようになるわけだが、それも何かに導かれて、この原子力発電所のことを日本の中心・東京で、やるよう啓示を受けたような気がする。実際、母校に戻った2014年の初夏、文部科学省「国家課題対応型研究開発推進事業」『廃止措置等基盤研究・人材育成プログラム委託費』の案内が届き、直ちに、当時の地盤工学会会長の東郷都生先生をはじめとする方々に相談させていただいた。当時は、東京電力の汚染水対策としての凍土壁のことが、何かと取り上げられていた時期であり、地盤工学会として当該事業に関する見解をまとめる必要があるという要請に応じているところでもあった¹⁾²⁾。

このような背景の下、開始した廃炉地盤工学プロジェクトであったが、先の文部科学省の大型研究として2014年度にフィージビリティ研究として、2015年度に正式に採択され進めてきて、2019年度で5年目を迎える。本特集号は、地盤工学会の会員諸氏に、当該プロジェクトの内容を周知することはもちろんのこと、「福島第一原子力発電所の廃止措置」に「地盤工学」の幅広い活用の可能性を考えていただくことを目的に企画されたものである。

2. 地盤工学の認知の向上を目指して!

当該プロジェクトを進めていくうちに、私たちの「地盤工学」が、如何に社会から認知されていないかを実感させられた。文部科学省の面接のときでも、「皆さんは、土木ではないのですか?」という質問を受けたことを、今も鮮明に覚えている。

本プロジェクトの申請に際し、文部科学省が主催した説明会に出席した時に手渡された募集要項³⁾には、応募対象機関として、「複数機関の連携又は他分野との連携による応募を原則とする」旨の記載があり、研究体制として例示された図があった。その記載及び図の主旨は、原子力工学分野だけではなく、他の分野も取り入れた研究チームの提案を求めたものであった。例として、「環境化学」「材料」「ロボティクス」等と並列で「土木」と記されていた。図一に、参考文献3)に例として記載された研究体制図のイメージを示す。「環境化学」「材料」「ロボティクス」の例示学問分野は、おそらく、環境学、化学や機械工学の一分野として記されたものと思われる。そして、それらと並列で「土木」と記されていたことに、著者は違和感を持った。土木は「構造



図一 参考文献3)に例示された研究体制のイメージ



賞 状

「福島第一原子力発電所の廃止措置に貢献する地盤工学」

令和元年10月号掲載(総説)

小峯 秀雄 殿

貴殿は地盤工学に関する学術の進展
に顕著な貢献をしたと認められます
ので令和元年度「地盤工学会誌」
年間最優秀賞を贈呈いたします

令和2年6月5日

公益社団法人 地盤工学会

会 長 大 谷 順



廃炉地盤工学website



<https://www.jiban.or.jp/hairo/>

- 地盤工学会誌2019年10月号「廃炉地盤工学」特集号
- 地盤工学会全国大会(2015年9月, 2016年9月, 2017年7月, 2018年7月, **2019年7月**)において廃炉地盤工学委員会の特別セッションを開催.
- 廃炉地盤工学に関する講習会(2016年12月22日, 2017年12月20日, 2018年12月18日, **2019年12月10日**)を開催.
- 国際地盤工学会議(19thICSMGE、2017年9月、ソウル)、**国際地盤工学会議アジア地域会議(16thARC、2019年10月、台北)**にて研究発表と情報収集を実施。
- GER2016(2016年11月, 韓国ソウル大学), GER2017(2017年11月早稲田大学), GER2018(2018年 9月, 中国Taiyen大学), **GER2019(2019年 11月, タイ:チュラロンコン大学)**にて廃炉研究成果を発表.
- IAEA会議(2016年5月マドリッド)にて研究発表
- NDF(原子力損害賠償・廃炉等支援機構)にて「廃炉地盤工学と超重泥水技術の適用例紹介」と題した超重泥水の実演を交えた技術プレゼンを実施(2018年01月16日)
- 第8回ICEG(2018年 10月中国Hangzhou)にて研究発表
- スイスNagraとの技術・人材育成交流(2016年11月)
- **英国Wood社との技術・人材育成交流(2019年11月)**
- JAEA CLADSのRCWM2017(2017年6月20日, 福島県富岡)にて, 招待講演, 研究発表
- 土木学会全国大会(2016年9月, 2017年9月, 2018年9月, **2019年9月**)にて廃炉研究成果を発表
- **NDEC-1, 2, 3, 4, 5**(2016年～2020年3月)にて研究発表
- 福島復興・廃炉推進に貢献する学協会連絡会の立上げに協力.
- 毎年, 福島第一原子力発電所の視察を実施.
- 廃炉基盤研究プラットフォームに参画.
- 早稲田大学内での福島ワークショップ(**2019年6月4日**), WOI(**2020年3月10日**)等で招待講演

第54地盤工学研究発表会@さいたま市 2019/7/17特別セッション開催



廃炉地盤工学の活用と原子力発電所廃止措置への地盤工学的技術の

貢献方法の検討

Practical use of geotechnical engineering for decommissioning nuclear power station

小 峯 秀 雄（こみね ひでお）

早稲田大学理工学術院教授／廃炉地盤工学委員会委員長

1. はじめに

2019年7月17日（水）午前11時、10:50～12:20に、最も広い第1会場（ソニックスティール小ホール）において、表題の特別セッションを開催した。この特別セッションは、福島第一原子力発電所廃止措置に向けた地盤工学的新技術と人材育成に関する検討委員会（略称：廃炉地盤工学委員会）¹⁾が主催するものであり、一般開放セッションとして、およそ100名を超える聴講者の出席の下、表-1に示すプログラムで進められた。

開会の挨拶では、東証副委員長から、当該委員会の活動経緯とともに、会員、特にシニアの会員にも考えてほしい旨の投げかけから始まった。

次に、後藤茂幹理事長から、昨年度の特別セッションで焦点を当てた「地盤工学」を踏まえ、今回の特別セッションで着目する「地盤材料学」と「地盤環境学」との関係が論じられた。その一例として、福島第一原子力発電所における工事作業における緊急避難の一つである空間放射線防護のための地盤材料学の展開や、放射性物質拡散防止のための地盤環境学・地盤材料学の適用事例が紹介された。

続いて、長江泰史委員から地盤材料学の最先端の研究事例である「超重量水」について、竹内真司幹事から地



写真-1 当日の会場の様子

盤環境学の観点から「地下水環境」に関して、それぞれ研究成果が紹介された。いずれも、現場で活用できる技術を提供する地盤工学を支える基礎学問という位置づけで、それぞれの研究内容と次の展開などが論じられた。

これらを踏まえて引き続き、会場参加者を交えたフロアーディスカッションを行った。ディスカッションのキーワード・キーセンテンスとしては、

- ・新燃料提供内容についての質疑応答
- ・廃炉地盤工学の次の展開、可能性に関する議論
- ・参加者それぞれが「我が事」とする思考の醸成
- ・今後の人材育成方針

を挙げて、議論を行った。

会場から、福島第一原子力発電所の実際の現場と当該研究チームのコミュニケーションについての質問があった。当研究チームの活動を起点として、汚染水対策の技術推進が行われていることや、原子力分野の現場の技術者に、廃炉地盤研究プラットフォームを通じて、地盤工学技術を提示するとともに具体的な技術供与の機会も出てきているとの回答があった。

最後に、鈴木誠副委員長より、次の展開も考えて、引き続き進める旨の表明とともに閉会した。

参 考 文 献

- 1) 廃炉地盤工学、地盤工学会、入手先<<https://www.jibon.or.jp/phairo/>>（参照2019.8.7）

（原稿受理 2019.8.9）

表-1 プログラム

挨拶	東証 郁生 関東学院大学
地盤工学・地盤材料学・地盤環境学における空間放射線防護と放射性物質拡散防止技術の検討	後藤 茂 早稲田大学
地盤材料学・超重量水の材料科学的検討と廃炉技術としての活用	長江 泰史 アルサイト
地盤環境学：地下水環境に関する調査・解析の成果と展開	竹内 真司 日本大学
地盤工学技術の原子力分野への展開に関するフロアーディスカッション	小 峯 秀 雄 早稲田大学
開会の挨拶	鈴木 誠 千葉工業大学

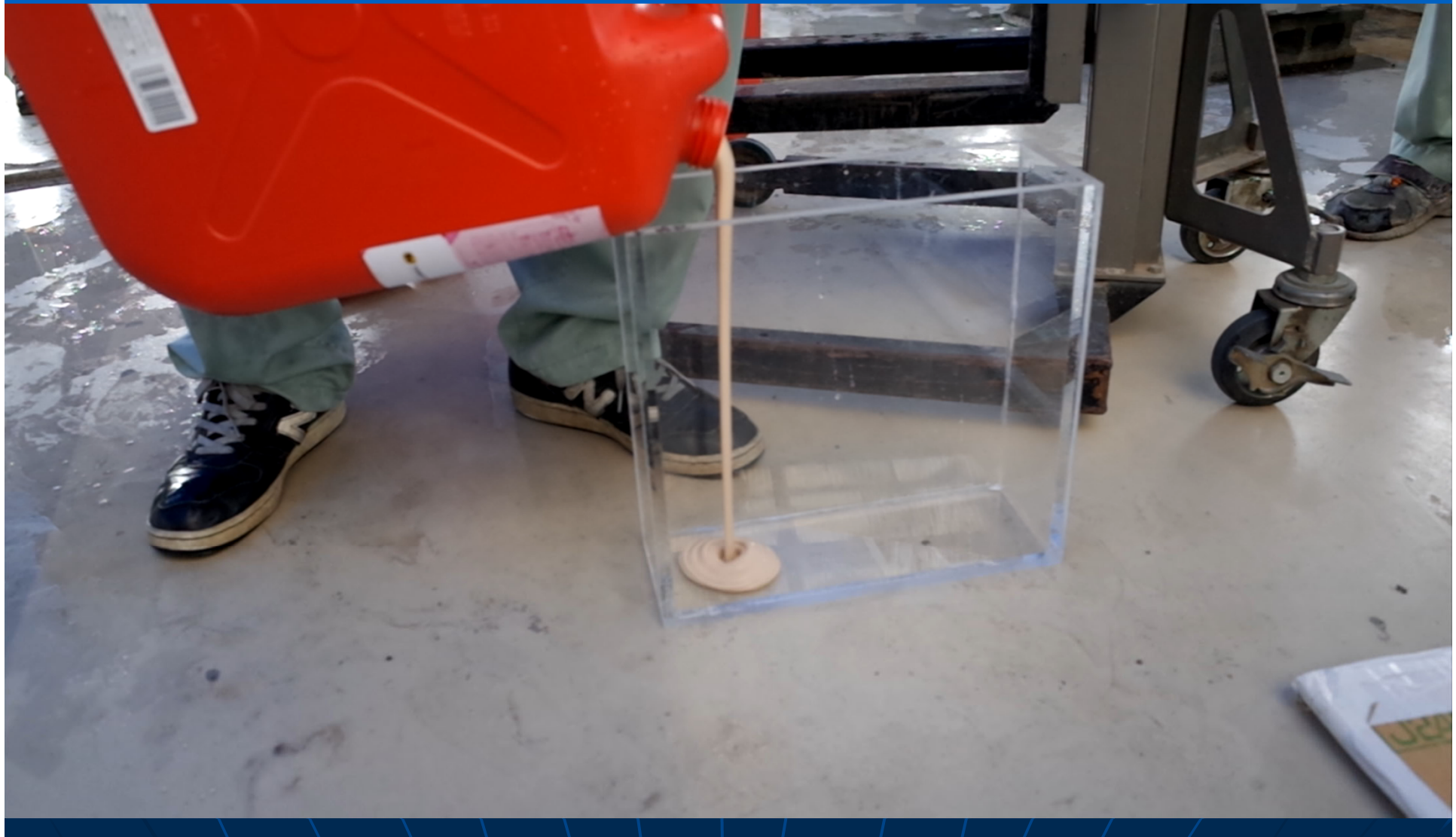
November/December, 2019

HP16

得られた成果と目標の関係性

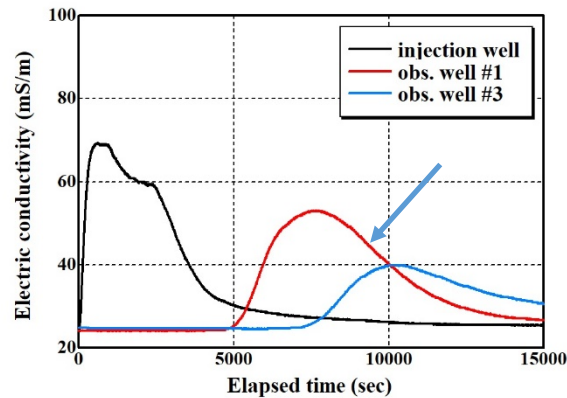
- 超重泥水・各種覆土の放射線遮蔽性能評価（早稲田大学）
- 地下水環境等の解析・調査技術と予測技術の高度化（千葉工業大学）

放射線遮蔽と遮水の両方の性能 を保有する超重泥水

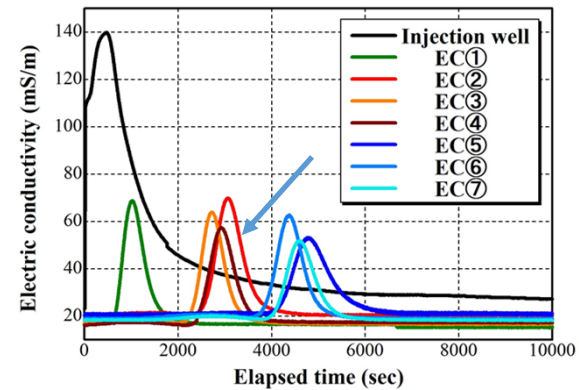
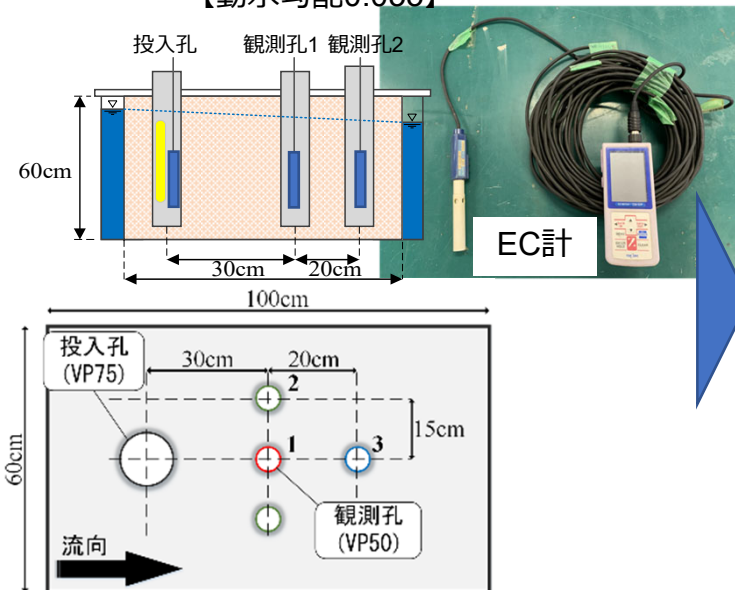


室内トレーサー試験

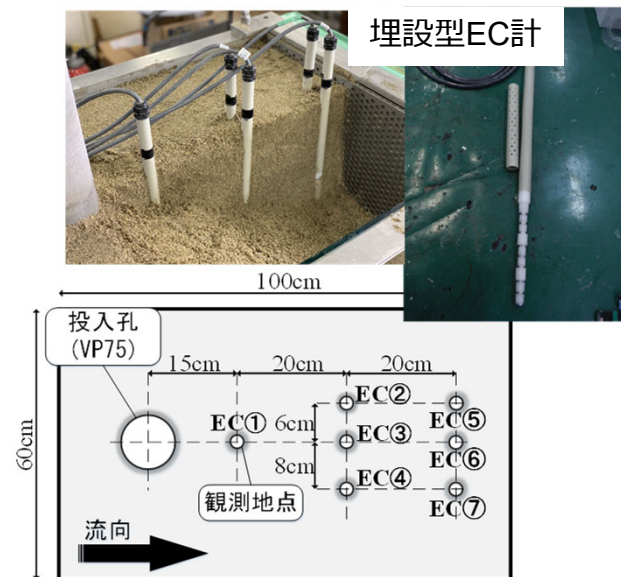
①孔の仕様(孔径)や孔内の滞留が大きく影響



【動水勾配0.055】



【動水勾配0.026】



トレーサー概要

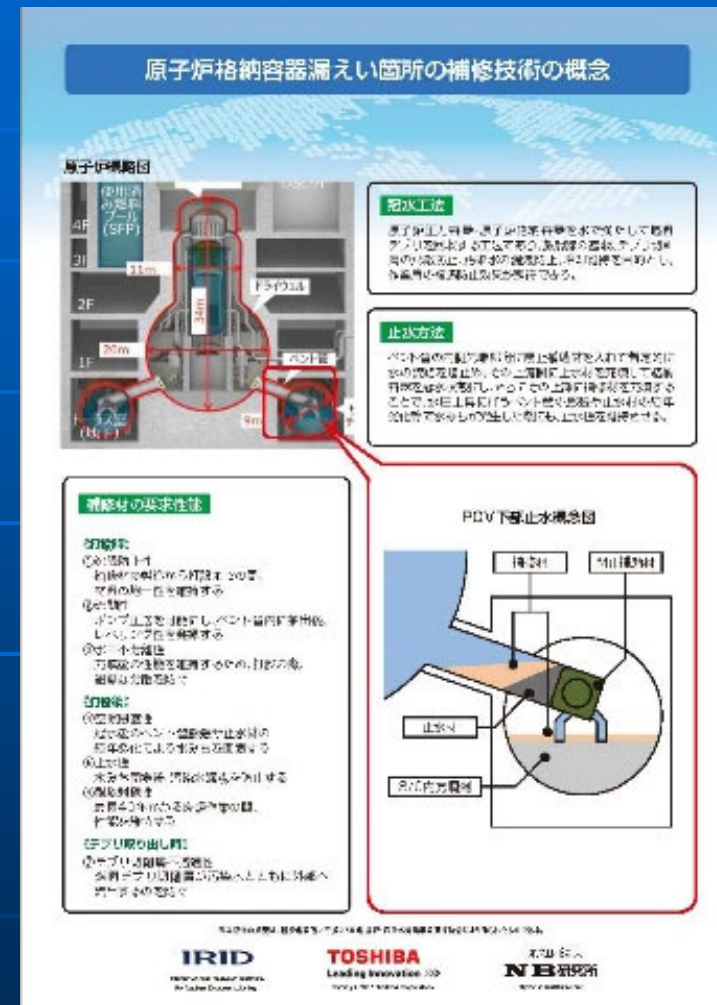
NaCl+無水エタノール
⇒収着現象がない
⇒比重の調整

投入孔に設置したあと、
鋭利な刃物で瞬間的に置換



トレーサーを水風船に注入

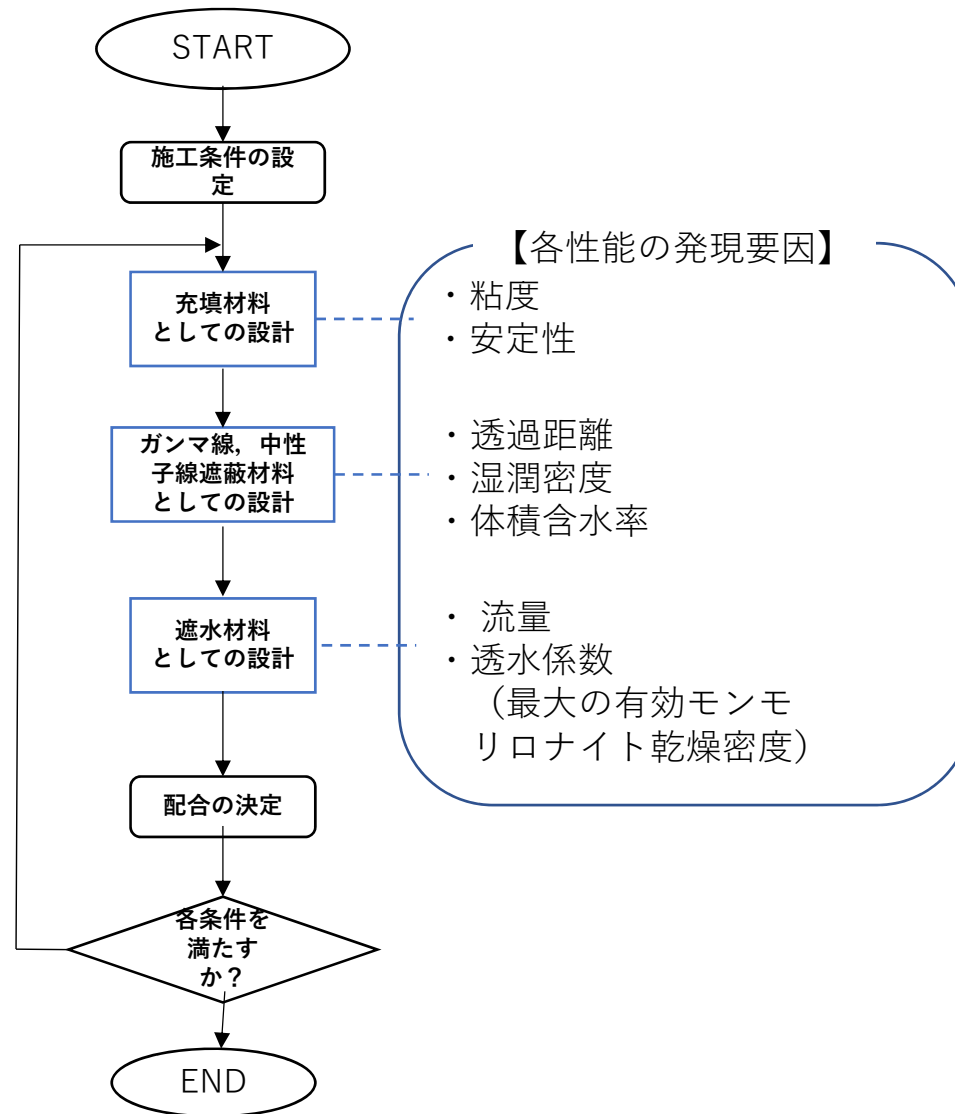
成果の新規性・革新性



<https://www.nb-institute.com/nb%E6%8A%80%E8%A1%93%E7%B4%B9%E4%BB%8B/nbc/>

超重泥水 設計フローの例

相互に影響する複数の特性
↓ ↓ ↓
合理的な配合の決定



三成分図を用いた超重泥水の配合例

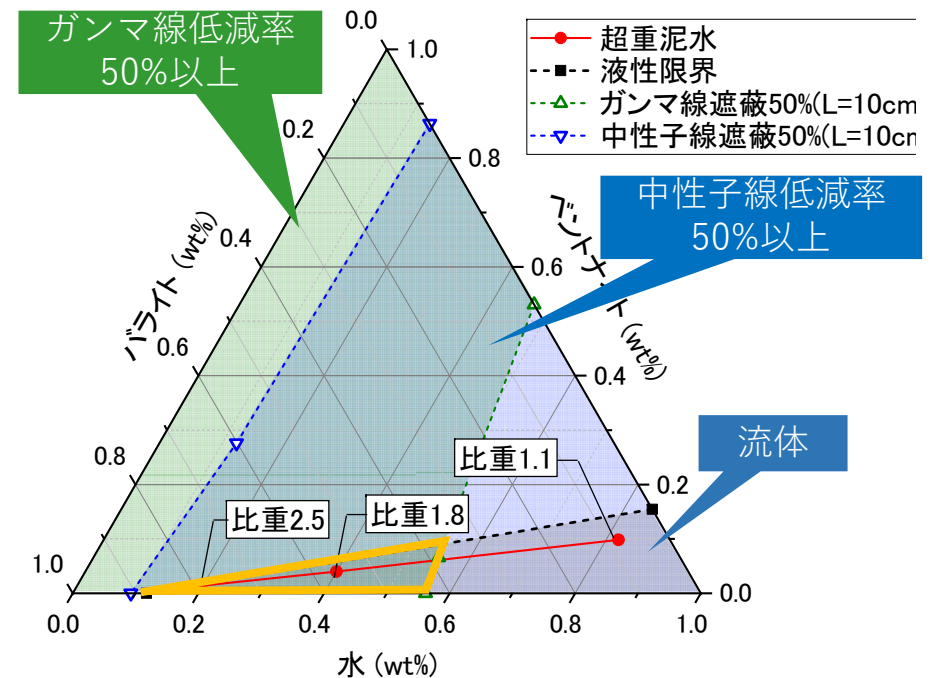
【要求される条件】

1. 充填可能な流体
2. 厚さ10cmの充填でガンマ線量が50%以下
3. 厚さ10cmの充填で全中性子線量が50%以下
4. 透水係数 1.0×10^{-9} m/sec以下



【置き換えられる材料指標】

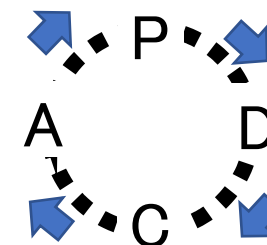
1. 液性限界以上の含水比
2. 比重1.5以上
3. 体積含水率30%以上
4. 有効モンモリロナイト乾燥密度 0.1 Mg/m^3 以上



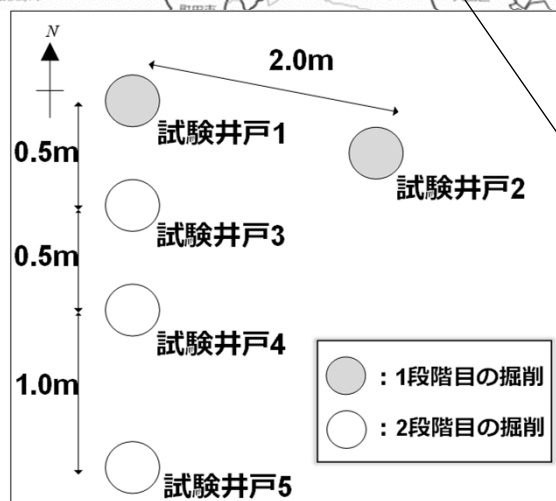
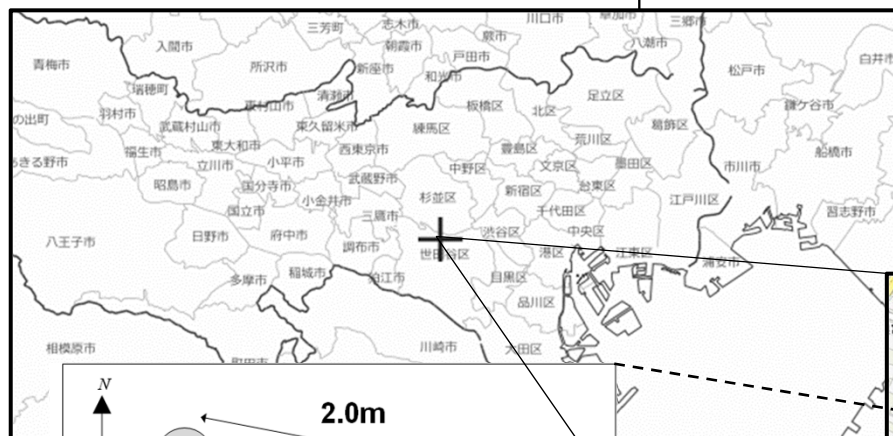
現場試験

①段階的アプローチを用いた水理試験

1. 既存資料調査，場の予測，評価，課題の抽出
2. 第1段階目の現地調査，予測，評価，課題の抽出
3. 第2段階目の現地調査，予測，評価，課題の抽出
4. 第3段階目・・・



【調査地点】



既存資料調査、予測、課題？



第1段階の調査、予測、評価、課題？

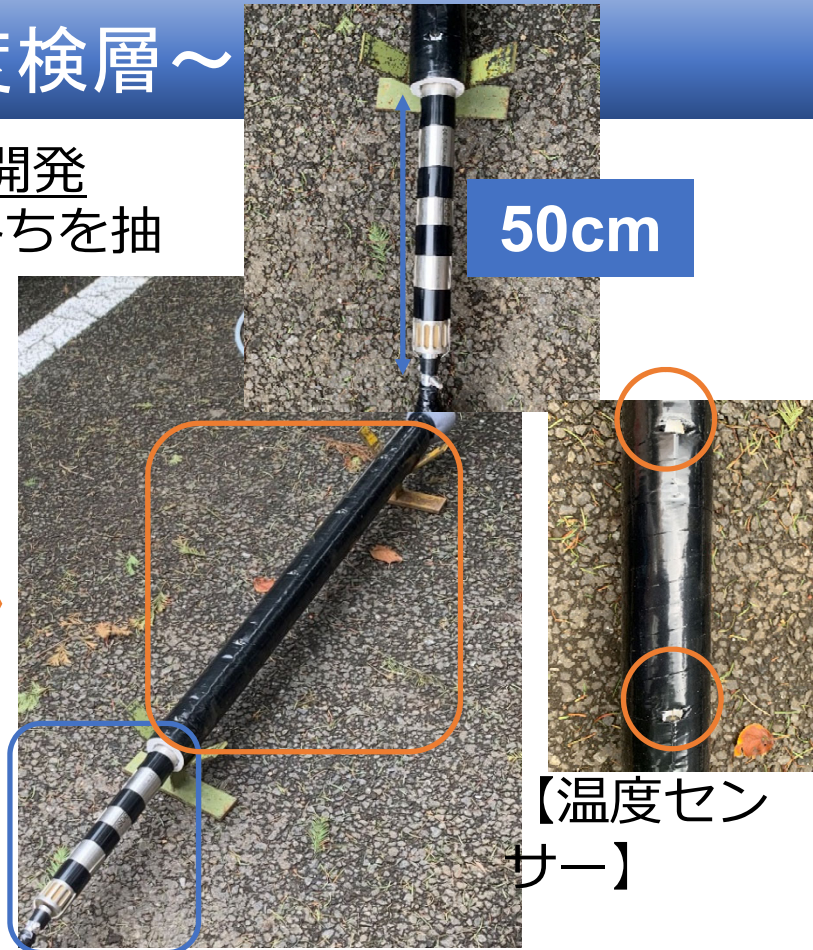
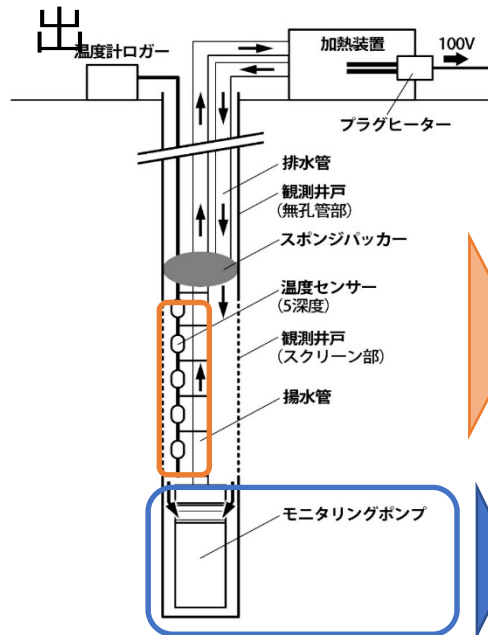


第2段階の調査、予測、評価、課題？

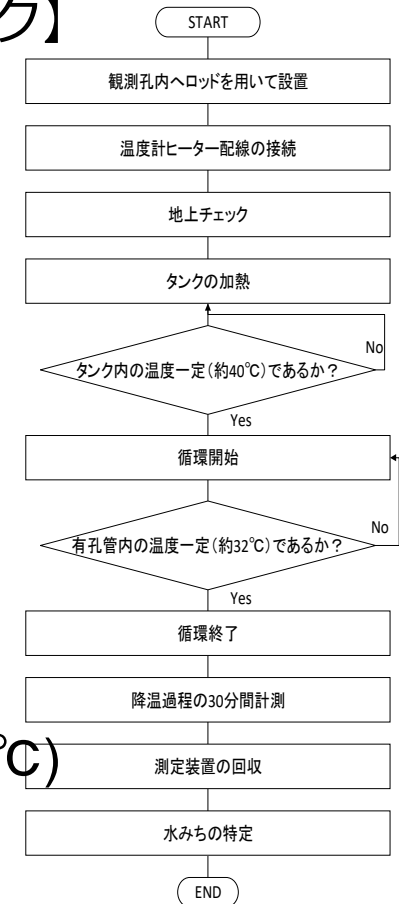


現場試験～温度検層～

②循環型温度検層の開発 ⇒井戸近傍の水みちを抽



【加熱タンク】



温度復元率*

$$T_r = \frac{\theta_d - \theta_t}{\theta_d - \theta_n} \times 100$$

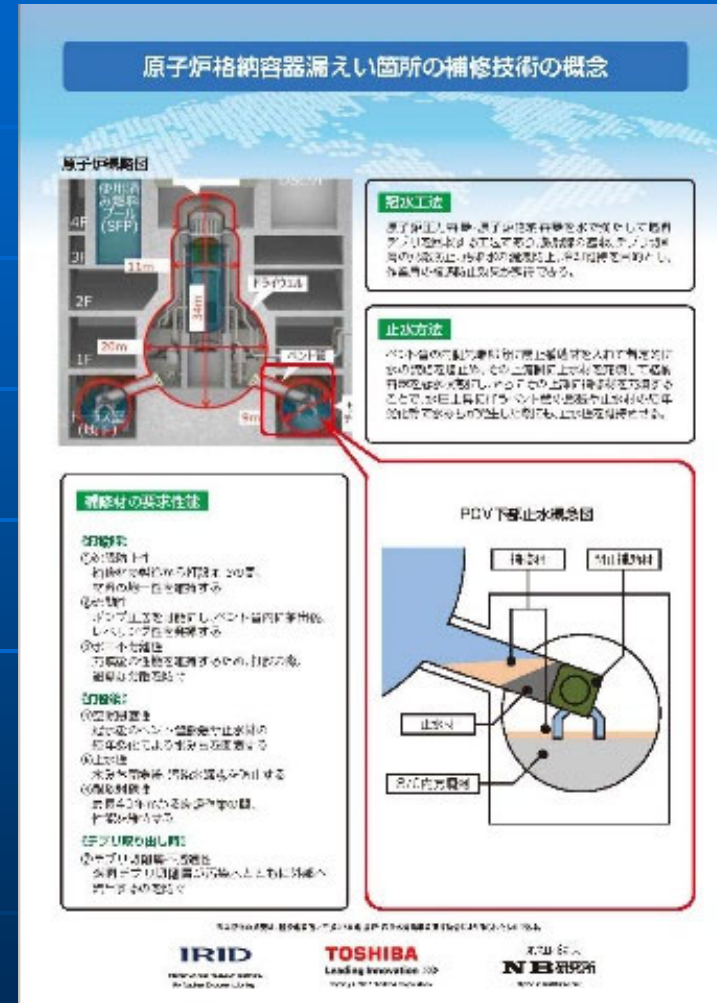
T_r : 温度復元率(%)
 θ_d : 降温開始直前の温度(°C)
 θ_t : 任意の経過時間tにおける温度(°C)
 θ_n : 自然状態の温度(°C)

*竹内篤雄：温度測定による流動地下水調査法, 古今書院, pp.278-316, 1996.

現場見学状況



(東電1F廃炉への効果)



<https://www.nb-institute.com/nb%E6%8A%80%E8%A1%93%E7%B4%B9%E4%BB%8B/nbc/>

原子力の基礎基盤の強化への効果，人材育成

- 地盤工学会・廃炉地盤工学講習会（次スライド）
- 早稲田大学大学院・地盤工学特論B～廃炉地盤工学の創生（前述の通り）
- 千葉工業大学・地下水講習会（次々スライド）

廃炉地盤工学講習会の概要

- 事故原子力発電所の廃止措置への地盤工学的技術の活用を促進するため「廃炉地盤工学」を創設。
- 「廃炉地盤工学」の存在意義を高めるためには原子力関係者と地盤工学関係者の双方に「廃炉地盤工学」を理解してもらうことが必要。
- 原子力関係者と地盤工学関係者の双方を対象に「講習会（講演会）」を2016年度から毎年実施中。
- 実施の案内等は地盤工学会のルートのみでなく、文科省からの委託事業関連で得たルートも活用して広報。

地下水講習会状況



本プロジェクトに従事した学生の 進路(2019年度累積)

大学	修士課程	博士課程進	経済産業省・	建設会社	コンサルタント
----	------	-------	--------	------	---------

早稲田					0+1
千葉工業					0

本プロジェクトで博士学位を取得して、
電力中央研究所でHLW事業に従事。
経済産業省に勤務。

東京電力・東電設計に勤務。

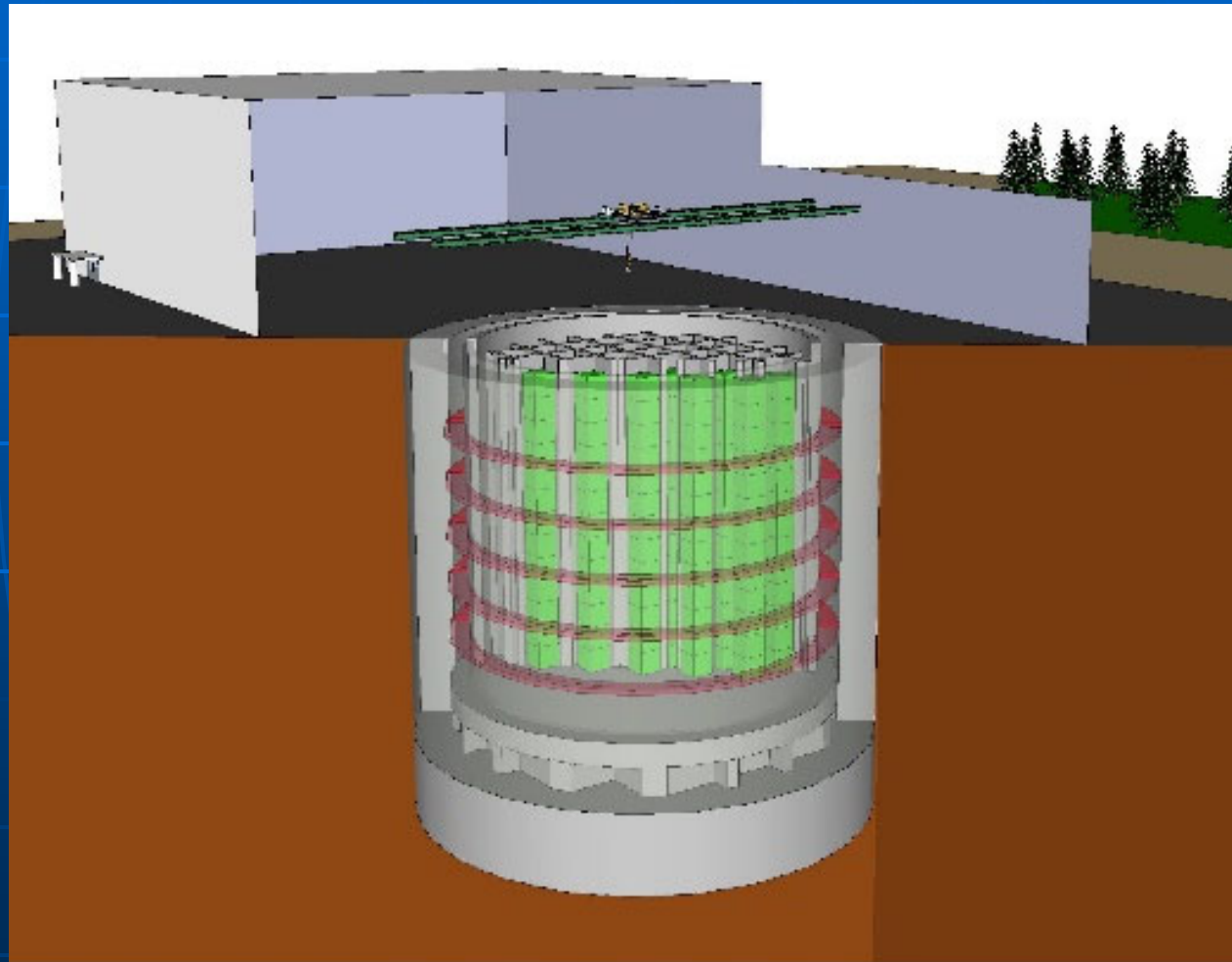
大手ゼネコンの原子力部に勤務する者
多数輩出

調査先	口頭発表	合計	文庫
17+5(W)	42+12(W)+8(C)	2	6+3(W)+1(C)

毎年, NDEC, IRIDシンポジウムにて, 複数件発表
JAEAのRCWM2017にて発表

今後の発展の方向性

耐自然災害・サイトフリー型の燃料デブリ地下式中間保管施設

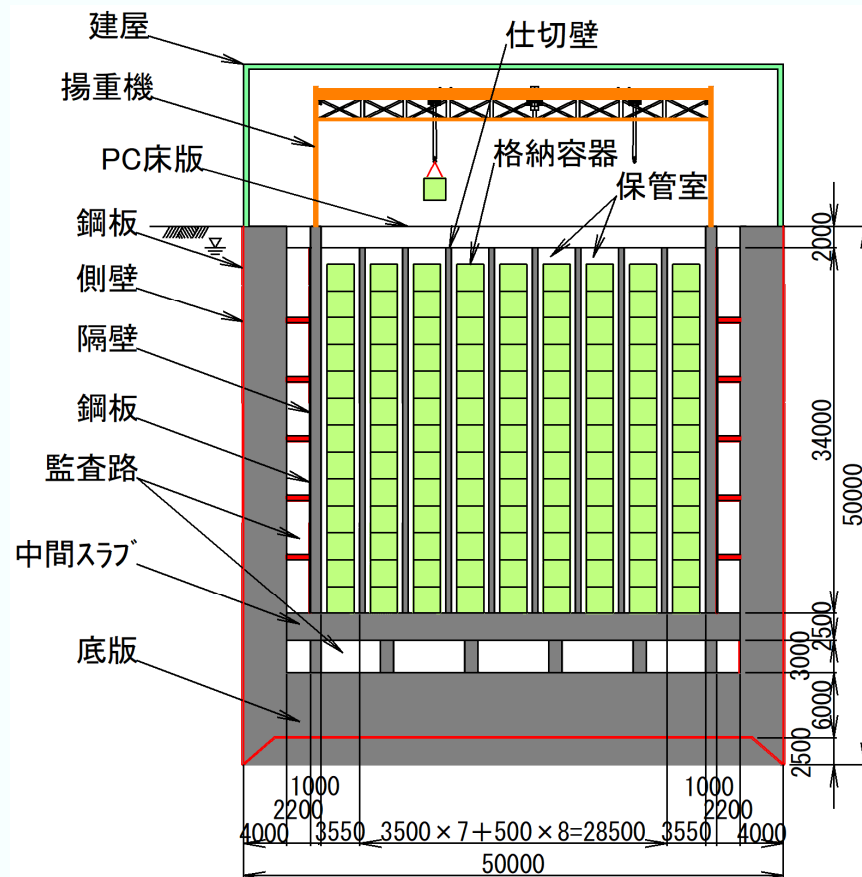


燃料デブリ地下式中間保管施設

ニューマチックケーソン工法を活用した 中間保管施設の仕様

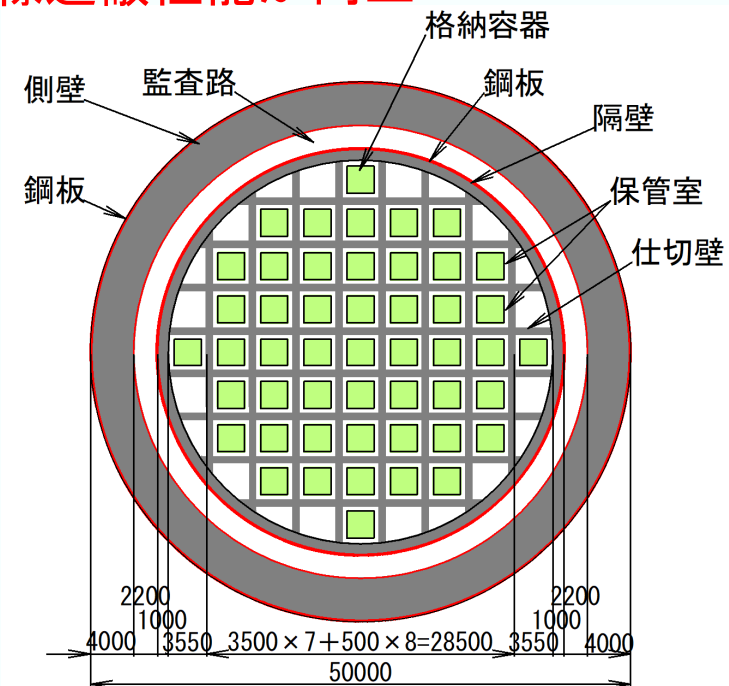


中間保管施設の概要



断面図

遮へい材部分、監査路や保管室内、仕切壁間等の隙間部に「超重泥水」を充填することにより、放射線遮蔽性能が向上

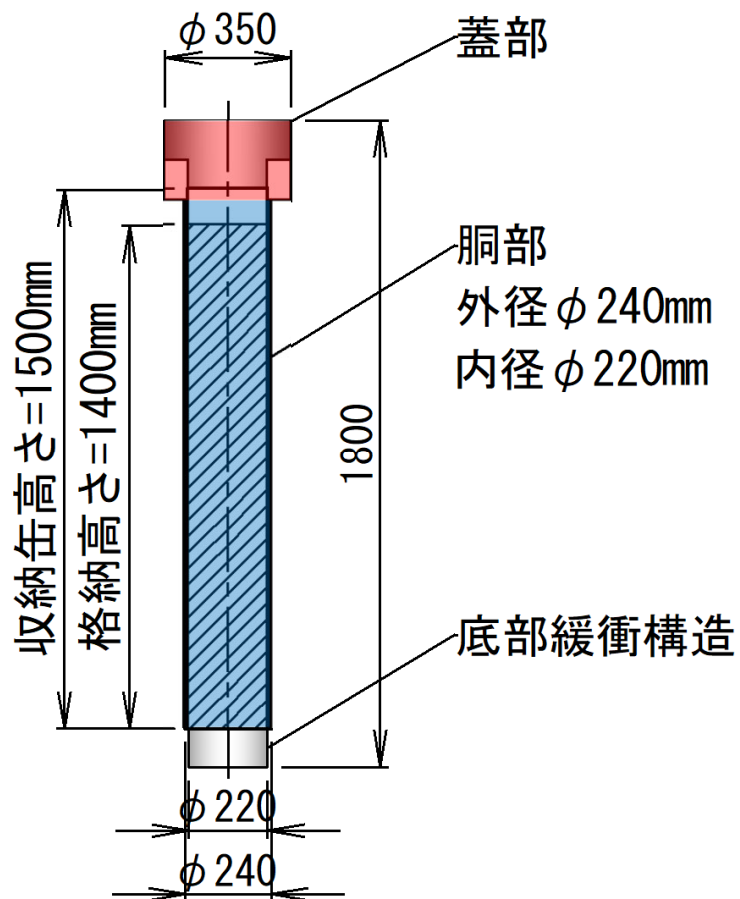


平面図

ニューマチックケーソン工法を活用した 中間保管施設 1 基当たりの燃料デブリ収納性能の試算



収納缶の寸法

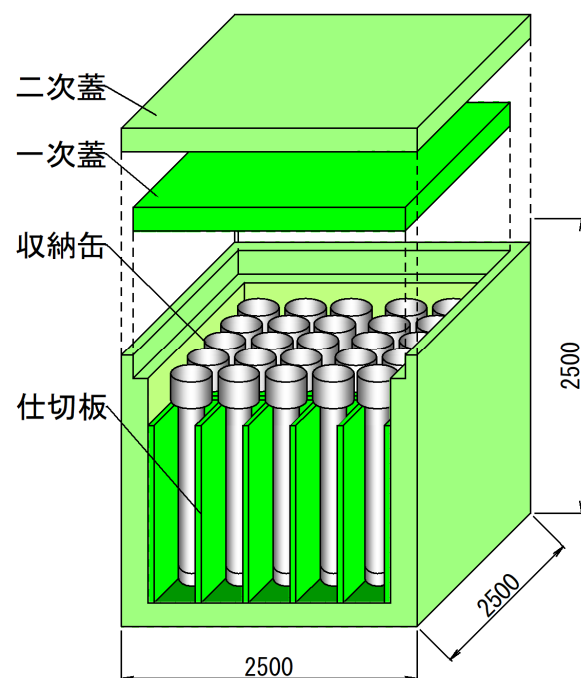


断面図

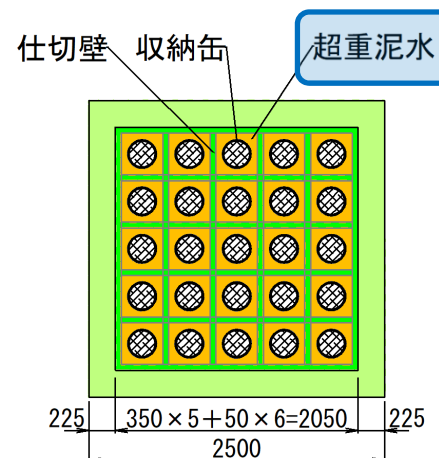
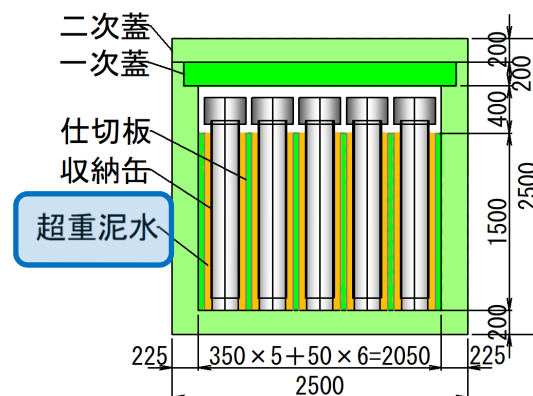
ニューマチックケーソン工法を活用した 中間保管施設 1 基当たりの燃料デブリ収納性能の試算



収納缶格納容器の寸法



概要図



断面図

ニューマチックケーソン工法を活用した 中間保管施設 1 基当たりの燃料デブリ収納性能の試算



中間保管施設1 基当たりの燃料デブリ保管可能容量

$$V_{storage} = V_{can} \times n_{can} \times n_{room} \times s \quad (1)$$

記号	内容	単位	数量
V_{can}	収納缶1本当たりの収納容量	m ³ /本	0.053
n_{can}	収納缶格納容器1体に格納する収納缶数	本	25
n_{room}	保管室の数	室	49
s	収納缶格納容器設置段数	段	13
$V_{storage}$	中間保管施設1基当たりの燃料デブリ 保管可能容量	m ³	844

まとめ

■ 地盤工学会・廃炉地盤工学委員会の活動内容

- 廃炉地盤工学の深化
- 技術マップの高度化
- 廃炉地盤工学・カリキュラムを早稲田大学大学院「地盤工学特論B」にて実施
- 廃炉地盤工学講習会の実施状況

■ 早稲田大学の活動内容

- 地盤材料学として、超重泥水・各種土質材料に関する多様な実験・研究の状況を紹介

■ 千葉工業大学の活動内容

- 地盤環境学として、地下水環境評価のための室内実験，現場試験，数値解析法の研究状況を紹介

いただいた質問・ご意見への回答

問1

- 廃炉地盤工学という学問分野の構築に尽力されました。事業スタートに際し困難さを含む事業遂行イメージを持っていたと思いますが、5年を振り返り一番難しかったことはこういったことか、教えてください。また、事業遂行に際し、イメージの異なったことがありましたら、教えてください。

回答1

- 原子力工学の“文化”と土木工学・地盤工学の“文化”の違いを痛感しました。これをつなぐのが大変でしたし、今もそう思うことがあります。
- 土木工学・地盤工学では、プロジェクトのEnd Stateから考えるのは当然でした。なぜなら、工事現場は必ず工期までに完了しなければならないからです。しかし、原子力工学の皆さんが当初、「End Stateから考えなければ」と言っていたのには、驚きました。

回答1つづき

- 最終的な事業の責任者が，未だ，よく分からないという印象です．
- 現地に，監督官庁の事務所ができないのはなぜなのでしょう？
- 国土交通省プロジェクトでは，官庁事務所と工事実施企業の事務所も，現地にあり，毎日，工事の進捗を確認していますが・・・

問2

- 結言の第2段落:「その結果、福島第一原子力発電所の廃止措置において実効性が高く実践的な具体的な新しい地盤工学技術の発展を行うことに成功した。」と記載されていますが、分かりにくいいため、説明をお願いします。

回答2

たとえば(東電1F廃炉への効果)



原子炉格納容器漏えい箇所の補修技術の概念

原子炉構造図

冠水工法

止み方法

補修材の要求性能

PCV下停止水漏急図

IRID
Institute for Radiation and Nuclear Safety
2010-2011

TOSHIBA
Leading Innovation 100
2010-2011

東電 総合研究所
NB 研究所
2010-2011

<https://www.nb-institute.com/nb%E6%8A%80%E8%A1%93%E7%B4%B9%E4%BB%8B/nbc/>

問3

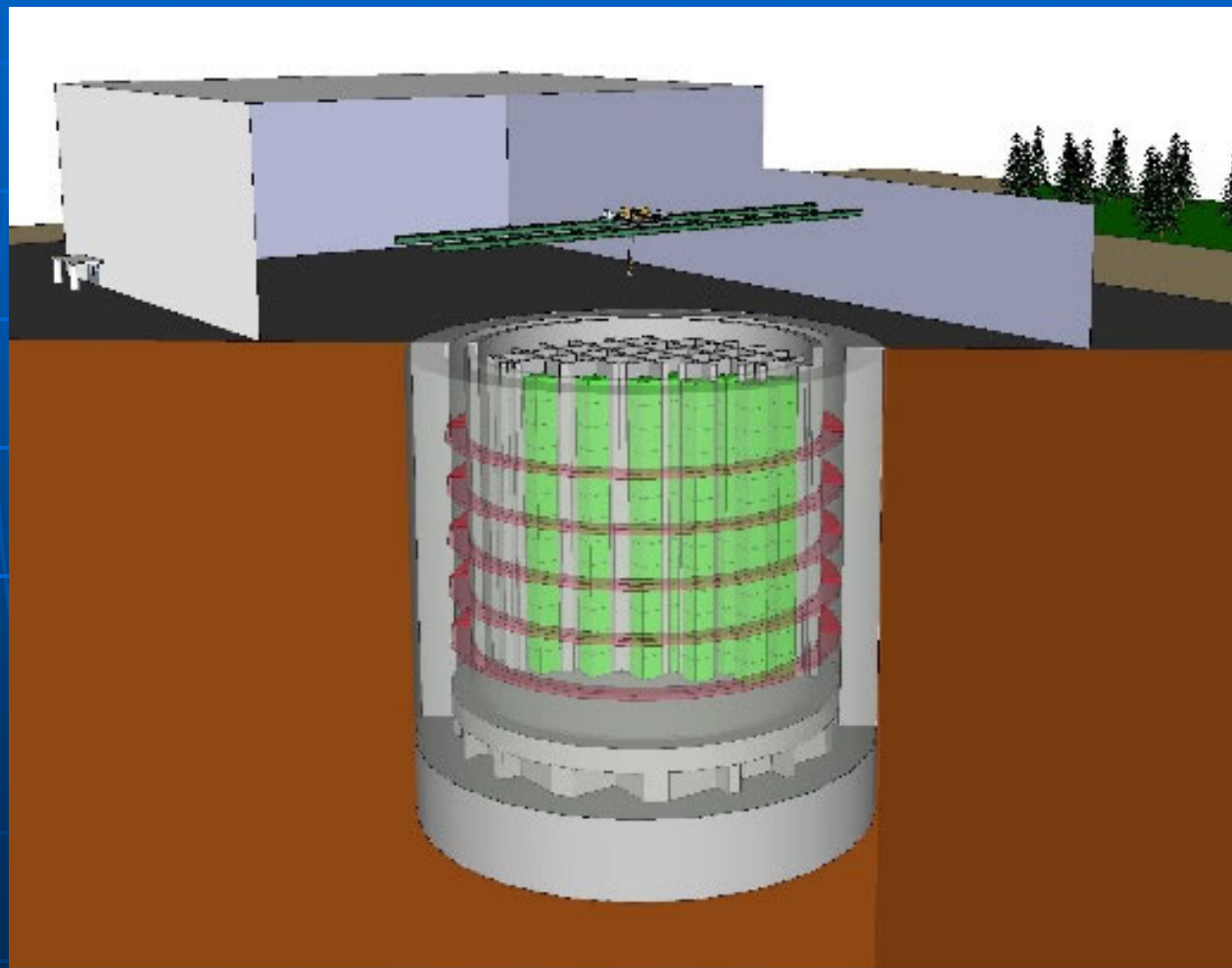
- 同段落:「地盤工学技術について「技術マップ」という形で整理し、「廃炉地盤工学ホームページ」

(<https://www.jiban.or.jp/hairo/>)で一般公開した」と記載されています。「技術マップ」は、誰が、何のために利用することを想定したものか教えてください。また、実際の利用状況を教えてください。

回答3

- 当初は、原子力工学の技術者の方々に、廃止措置事業で活用可能な地盤工学技術のメニューを提供するという意味で整理しました。（技術の見える化）
- しかし、やはり専門性が高いものなので、我々、土木工学・地盤工学の技術者が活用しなければならないと考え直しました。
- 例えば、原子力工学の皆さんが「遮水をしたい」と要望があれば、「薬液注入」や「流動化処理土」などの技術提案ができます。
- 実際、東大のブレストで、デブリ切削時の粉塵の飛散を防止できるような技術はないかという問いには「気泡工法」を提示しました。

回答3(つづき):耐自然災害・サイトフリー型の燃料デブリ地下式中間保管施設



燃料デブリ地下式中間保管施設

問4

- 同段落:「この「技術マップ」に基づく、数多くの廃止措置に向けた原子炉建屋への施策を提案し、NDF 等にプレゼンテーションを行うことを実践したことである。」と記載されています。NDF等でのプレゼンテーションについて、分野の異なる専門家からどのような反応があったか、教えてください。

回答4

- NDF(原子力損害賠償・廃炉等支援機構)において、「廃炉地盤工学と超重泥水技術の適用例紹介」と題した超重泥水の実演を交えた技術プレゼンを実施しました。
(2018/01/16開催. 理事, 執行役員など約20名の方が参加)
- プレゼン終了後, 通常の講演では参加者はすぐに解散するところ, 超重泥水の実験が好評で, 超重泥水の成分等に関する議論が交わされたほか, 技術マップについては, 耐震健全化への展開といった面から資料の提供依頼があり, 対応するなどしています。
(H30第3回廃炉地盤工学委員会でのNDF職員からの報告より.)
- 技術情報の交換といった面からは, 当方も格納容器周りの放射線状況の現状など, 最新の知見を得ています。

問5

- 最後の段落:「以上の技術開発・研究・人材育成は、引き続き、地盤工学・土木工学分野において継続していく必要がある。」と記載されています。どのようにして継続していこうと考えているのか、教えてください。また、継続に際して課題があると感じる点があれば、あわせて教えてください。

回答5: 廃炉地盤工学・人材育成 プログラムのWeb実践

「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」

廃炉のための地盤環境学

<http://www.f.waseda.jp/hkominer/Decommissioning.html>

地盤工学特論B
～廃炉地盤工学の創出～

早稲田大学 理工学術院
創造理工学部 社会環境工学科
小峯秀雄



問6

- 技術マップは非常に多数の課題から整備されており印象深い。それぞれの企業の本事業への関わりはどのようなものであったのか教えてください。

回答6

- 地盤工学会の廃炉地盤工学委員会に参画した企業から、可能性のある技術パンフレットをいただき、技術内容を精査して、幹事団の方で、具体的な活用を想定して整理しました。
- こちらの考えた使用法を、情報提供者にフィードバックもしております。

問7

- ・研究成果について、学会・論文発表、ホームページによる公開等、トレース・アクセスが可能なリスト等を示してください。

廃炉地盤工学website



<https://www.jiban.or.jp/hairo/>

問8

- 各種プログラム・イベントの開催については理解できるが、公開された技術マップ・技術メニュー及び廃炉地盤工学講義の実践結果、廃炉地盤工学ホームページのコンテンツ、教材のオンデマンド化等による人材育成効果および検証結果について教えてください。

本プロジェクトに従事した学生の 進路(2019年度累積)

大学

修士課程

博士課程進

経済産業省・

建設会社

コンサルタ
ント

早稲田

千葉工業

本プロジェクトで博士学位を取得して、
電力中央研究所でHLW事業に従事。
経済産業省に勤務。

東京電力・東電設計に勤務。

大手ゼネコンの原子力部に勤務する者
多数輩出

0+1

0

調査対象

口頭発表

合計

文具

17+5(W)

42+12(W)+8(C)

2

6+3(W)+1(C)

毎年, NDEC, IRIDシンポジウムにて, 複数件発表
JAEAのRCWM2017にて発表

問9

- 活動がやや学会内にこもりがちで、もっと広く活動ができたのではないかとと思われるがいかがでしょうか。また、構築した「廃炉地盤工学」を他の人材育成プログラムの活動に反映させることを試みても良かったのではないかとと思われるがいかがでしょうか。

回答9

- 日本原子力学会にも、複数の寄稿
- NDF殿向けの、特別説明会
- 東大(鈴木俊一先生主催)ブレストへの技術情報提供

問10

- 事業終了後も継続して人材育成を行う等の記載に対し、新型コロナウイルス感染状況下での、令和2年度の活動について補足してください。

回答10

- 早稲田大学大学院にて，地盤工学特論B～
廃炉地盤工学の創生～にて，講義を継続中
- 早大地盤研にて，超重泥水関連研究を継続
中

問11

- 研究開発目標は①地下水環境・作業環境の調査と将来予測、②土・地盤のデブリ取り出し補助技術評価とデブリ取り出し処理メニューの提示、③除染廃棄物処分とデコミッショニングに関する技術開発であるがそれぞれの達成度をどう総括しているか教えてください。（①、②は一定の研究開発成果は見えるが③をどう評価しているか）

(つ) 技術

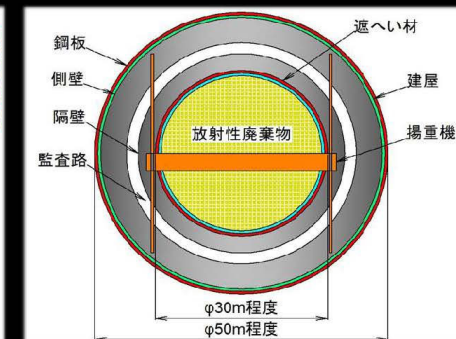
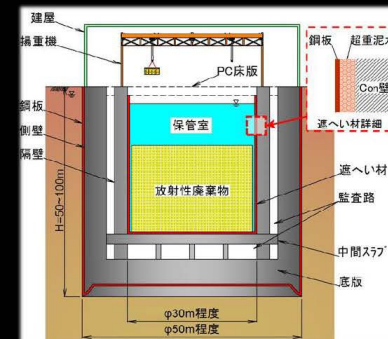
その5【廃棄物対策（固体廃棄物保管・管理）】

その5【廃棄物対策（固体廃棄物保管・管理）】



保管・管理～処理・処分

- ・ニューマチックケーソン工法《④C-22～24》と超重泥水を活用した保管施設や低レベル放射性廃棄物の処分施設（L1～L3）の構築。
- ☞ 施工性を期待（耐震性、周辺環境への影響面、工程面など）すると共に、長重泥水が有する遮蔽性も期待。また、港内での水上施工などにも対応可能。



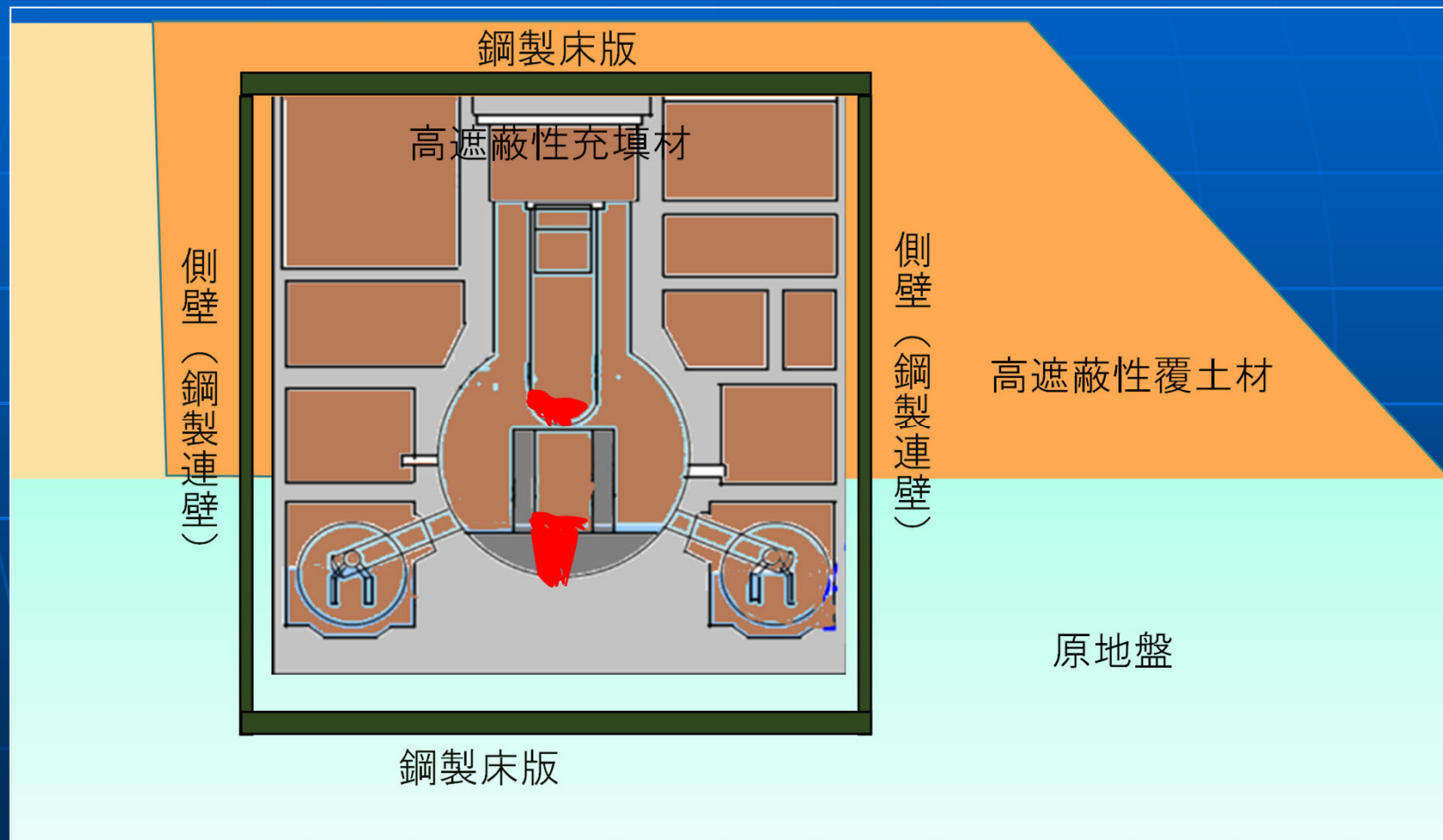
政把る

※出

※

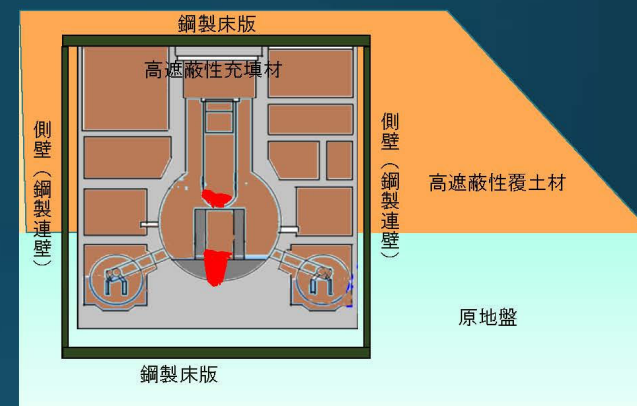
戦略プラ
「気中-横」
主軸に...

回答11のつづき



一時的原位置安定保管の可能性

- デブリの物理的安定
固体系充填材でデブリを固定できる。
- デブリの原子力的安定
中性子線吸収能力でデブリを安定させる。
- デブリの周辺環境的防護
ガンマ線遮蔽機能で周辺環境を守る。
- デブリを取り出すこともできる
再掘削可能性能によりデブリ取出しの再開が可能



施設建設と廃棄体の処分

適地確保の困難さ

福島原発でも同様なものが存在：
パーカッションで反力が大丈夫？

問12

- 本事業における取組は、人材育成の側面より研究の側面が特に強いと判断される。人材育成の取組について特筆事項をスライドに加筆又は当日回答をお願いしたい。

回答12(回答9, 10の繰り返しになります)

- 早稲田大学大学院にて, 地盤工学特論B～
廃炉地盤工学の創生～にて, 講義を継続中
- 早大地盤研にて, 超重泥水関連研究を継続
中

シラバス情報	
副題	廃炉地盤工学の創出
授業概要	<p>【2020年秋学期: 教学支援課記載】本科目は秋ウォーター期間中において教室での対面実施（一部含む）が予定されています。対面で実施する際の実施場所は53号館301教室です。別途、担当教員から指示がある場合はその指示に従ってください。</p> <p>本講義では、文部科学省の研究プロジェクト「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術開発と人材育成プログラム」の支援により、地盤工学会・廃炉地盤工学委員会からの講師により、オムニバス的に実施する。地盤工学は、エネルギー土木や環境分野へ大きく寄与している。そこで本特論では、福島第一原子力発電所の廃止措置をメインのトピックに取り上げ、当該分野の最前線のドリームチームともいへき講師陣により、廃炉地盤工学を教授する。また、講義を通して育成される学生各自の社会および原子力発電所の廃止措置に対する問題意識と具体的な解決案の構築を、さらに高度化するための相互議論と、それらを総括したレポート・論文の作成を行う。レポート課題については、具体的に、福島第一原子力発電所の廃止措置をテーマとし、全講義内容を起点に、技術的観点から論述してもらう。これにより「自然や社会の環境変化に自立的に対応する能力と想像力」と「論理的な記述、討議、発表のための日本語および英語によるコミュニケーション能力」を育成する。</p>
授業の到達目標	基礎学問である土質力学・地盤工学に基づき、エネルギー土木や環境分野への寄与、大規模社会基盤施設建設の維持管理、さらには防災や作業環境改善への貢献をするための具体的な技術提案、政策提案ができ、他者に納得させることのできる論理構築を執筆し、自立して他者に発表・議論できるようになることが到達目標である。具体的に福島第一原子力発電所の廃止措置をテーマに掲げ、廃炉地盤工学を目指すことができるようになる。
事前・事後学習の内容	NDF、IRID、東京電力のインターネット情報から、福島第一原子力発電所の現状を把握し理解すること。 また、各講師陣から提供される学術基礎情報を、しっかりと予習すること。
授業計画	<p>Zoomオンラインと対面講義の両方で行います(秋ウォーターのみ)。冬ウォーターはZoomオンラインのみです。受講生は希望する方を受講してください。なお、対面の様子はオンライン配信をしたいと思います。</p> <p>対面講義は、53-301教室で行います！</p> <p>第1回(9/29): 講義概要説明、課題設定とブレインストーミング演習(小峯秀雄)(Zoomオンライン)</p> <p>第2回(10/02): 放射線に関する基礎知識1(吉村貢, 小峯秀雄)</p> <p>第3回(10/09 予備日): 放射線に関する基礎知識2(吉村先生, 小峯秀雄)</p> <p>第4回(10/16): 廃炉のための地盤工学(廃炉地盤工学)(後藤茂, 小峯秀雄)</p> <p>第5回(10/23): 廃炉のための地盤材料学(成島誠一, 小峯秀雄)</p> <p>第6回(10/30): 廃炉のための地盤環境学(鈴木誠, 小峯秀雄)</p> <p>第7回(11/13): 廃炉のための廃棄物処分学(渡邊保貴, 小峯秀雄)</p> <p>第8回(11/20): 廃炉のための地盤施工学(後藤茂, 小峯秀雄)</p> <p>第9回(11/27): 中長期ロードマップ・戦略プランと技術マップ(菱岡宗介, 小峯秀雄) Zoomオンラインのみ</p> <p>第10回(12/04): 地盤材料学の観点からの「超重泥水」技術開発(成島誠一, 小峯秀雄) Zoomオンラインのみ</p> <p>第11回(12/11): 地盤環境学の観点からの地下水制御対策の評価(片山啓, 小峯秀雄) Zoomオンラインのみ</p> <p>第12回(01/08): 廃炉廃棄物処分工学1(山田淳夫, 小峯秀雄) Zoomオンラインのみ</p> <p>第13回(01/15): 廃炉廃棄物処分工学2(渡邊保貴, 小峯秀雄) Zoomオンラインのみ</p> <p>第14回(01/22): 学生発表・ブレインストーミング演習(小峯秀雄, 後藤茂, IRIDの皆さま) Zoomオンラインのみ</p> <p>第15回(01/29): 原発事故と健康影響(山下俊一, 小峯秀雄) Zoomオンラインのみ</p>
教科書	各非常勤講師作成の「地盤工学特論B講義資料」により講義を行う。 講義資料は、CourseN@viにより受講生に配信する。
参考文献	<p>Mitchell, J.K. and Soga, K.: Fundamentals of soil behavior (3rd Edition), John Wiley & Sons, Inc, 2005. 価格17,868円</p> <p>その他、各非常勤講師から、講義中に紹介していただく。</p> <p>【2018年度実施分オンデマンド講義】</p> <p>◆第10回 地盤材料学の観点からの「超重泥水」技術開発(成島先生, 小峯秀雄) https://wcms.waseda.jp/em/5c590477566a0 ※超重泥水のサンプル品、一部講義のみ撮影したもの(全12分程度)</p> <p>◆第14回 学生発表・ブレインストーミング演習(後藤先生, 山田先生, 小峯秀雄) https://wcms.waseda.jp/em/5c6c16feb17c ※2台のカメラを用いた撮影を編集したもの(全1時間10分程度) 機材の関係で前半部分は画質が粗くなっています。ご了承ください。</p> <p>◆第15回 原発事故と健康影響(山下先生, 小峯秀雄) https://wcms.waseda.jp/em/5c58f13599554 ※講義を一部編集したもの(全1時間40分程度)</p>
成績評価方法	成績の評価は最終レポート・論文のみで行う。評価のポイントは、①レポート・論文の論理性の程度、②具体的な政策の提案の程度、③具体的な技術による課題の解決方針の程度、④レポート・論文の完成度を点数化し、教員の設定した評価式により計算する。
備考・関連URL	<p>担当教員: 小峯秀雄への連絡はe-mail hkomine@waseda.jpにより、アポイントを取ること。</p> <p>講師陣メーリングリストは以下の通りで、全講師にメールを送ることができる。</p> <p>1Fhairteacher@list.waseda.jp</p>

本プロジェクトに従事した学生の 進路(2019年度累積)

大学

修士課程

博士課程進

経済産業省・

建設会社

コンサルタ
ント

早稲田

千葉工業

本プロジェクトで博士学位を取得して、
電力中央研究所でHLW事業に従事。
経済産業省に勤務。

東京電力・東電設計に勤務。

大手ゼネコンの原子力部に勤務する者
多数輩出

0+1

0

調査対象

口頭発表

合計

文庫

17+5(W)

42+12(W)+8(C)

2

6+3(W)+1(C)

毎年, NDEC, IRIDシンポジウムにて, 複数件発表
JAEAのRCWM2017にて発表