

2018年7月25日 地盤工学研究発表会

特別セッション

「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」

廃炉地盤工学による技術の展開と スリーマイル島原発における デブリ取出し事例の施工学的解釈

廃炉地盤工学委員会 幹事長

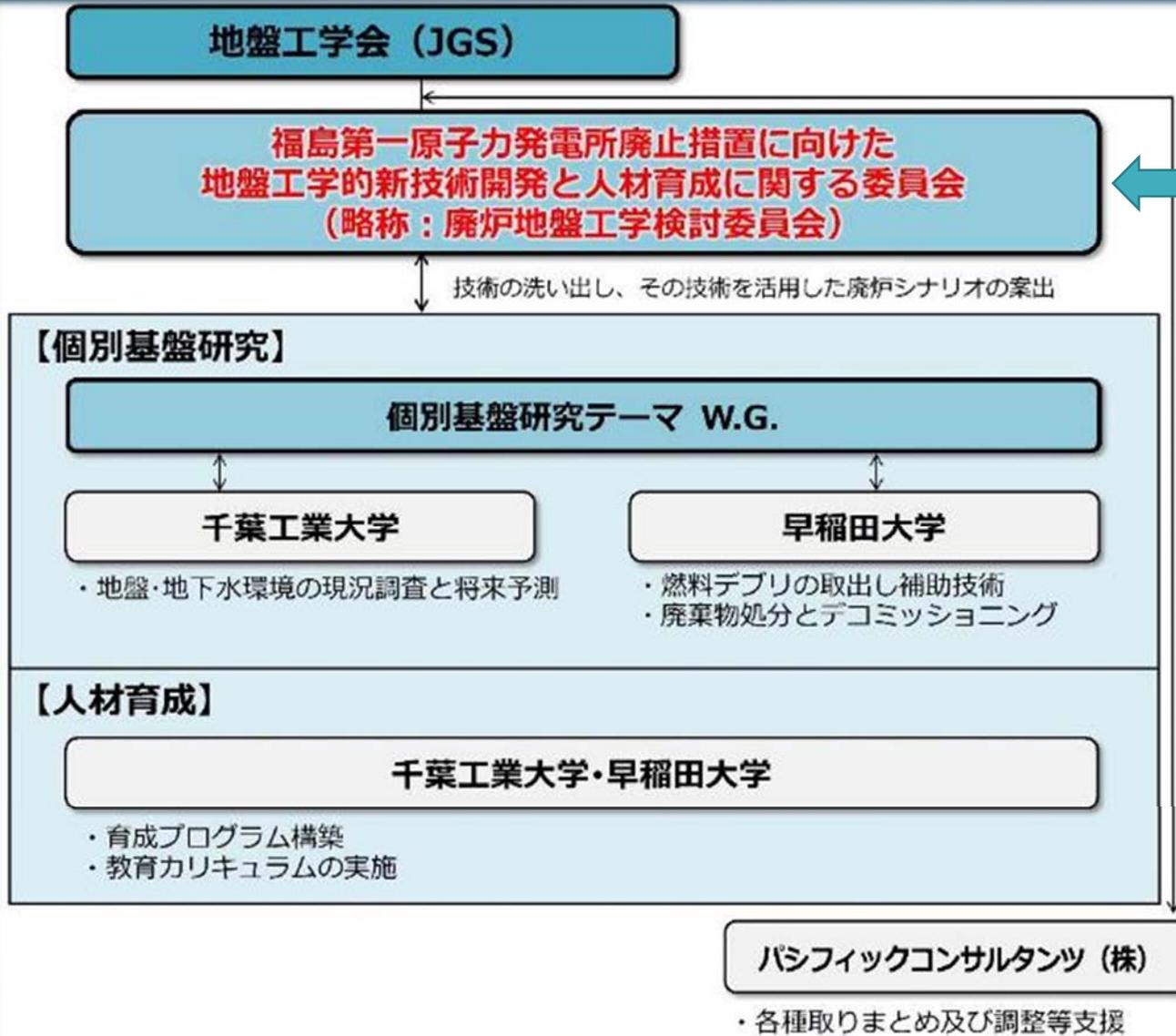
早稲田大学 後藤茂



本プログラムのコンセプト

- 原子力発電所における建設から最終処分まで、**地盤の工学に関わる課題は多く**、現状でも**地盤工学分野の技術**は、地下水流動、デブリ取出し～廃止措置のための**基本的な技術**である。
- 廃炉のための**ロードマップ**に即して**技術の具体化**をおこなう。
- デブリ取出し～廃止措置までの一連の**技術開発や実験に若者が参加することにより**「専門的な人材」が育成され、「**地盤**」も「**原子力**」も両方わかる人材が育つ。
- **公益社団法人**である地盤工学会は、特定の組織に偏ることなく、**オールジャパン**の観点から様々な技術の**融合**が確実に実施できる。

研究実施体制



委員会の構成

【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

【原子力関連機関】日本原子力研究開発機構(JAEA)、原子力損害賠償・廃炉等支援機構(NDF)、原子力発電環境整備機構(NUMO)、日本原燃(株)、技術研究組合(IRID)、科学技術振興機構(JST)、電力中央研究所、東京電力

【建設業】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、長大、不動テトラ、技研製作所

【メーカー・コンサル】ホージュン、テルナイト、ソイルアンドロックエンジニアリング、パシフィックコンサルタンツ(株)、応用地質、基礎地盤コンサルタンツ、アサノ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、日本物理探査
全委員・オブザーバー；75名

廃炉地盤工学創設の目的

- 廃炉に貢献する地盤工学的技術の立場をしっかりとしたものとする（**技術のアピール、技術の伝承、活用可能技術の拡大**）ために学問的な位置付けをする。
- 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とする（相互の見える化）**。

廃炉地盤工学創設の目的（2）

- 廃炉技術に関して原子力分野と地盤工学分野をつなぐ懸け橋とする。



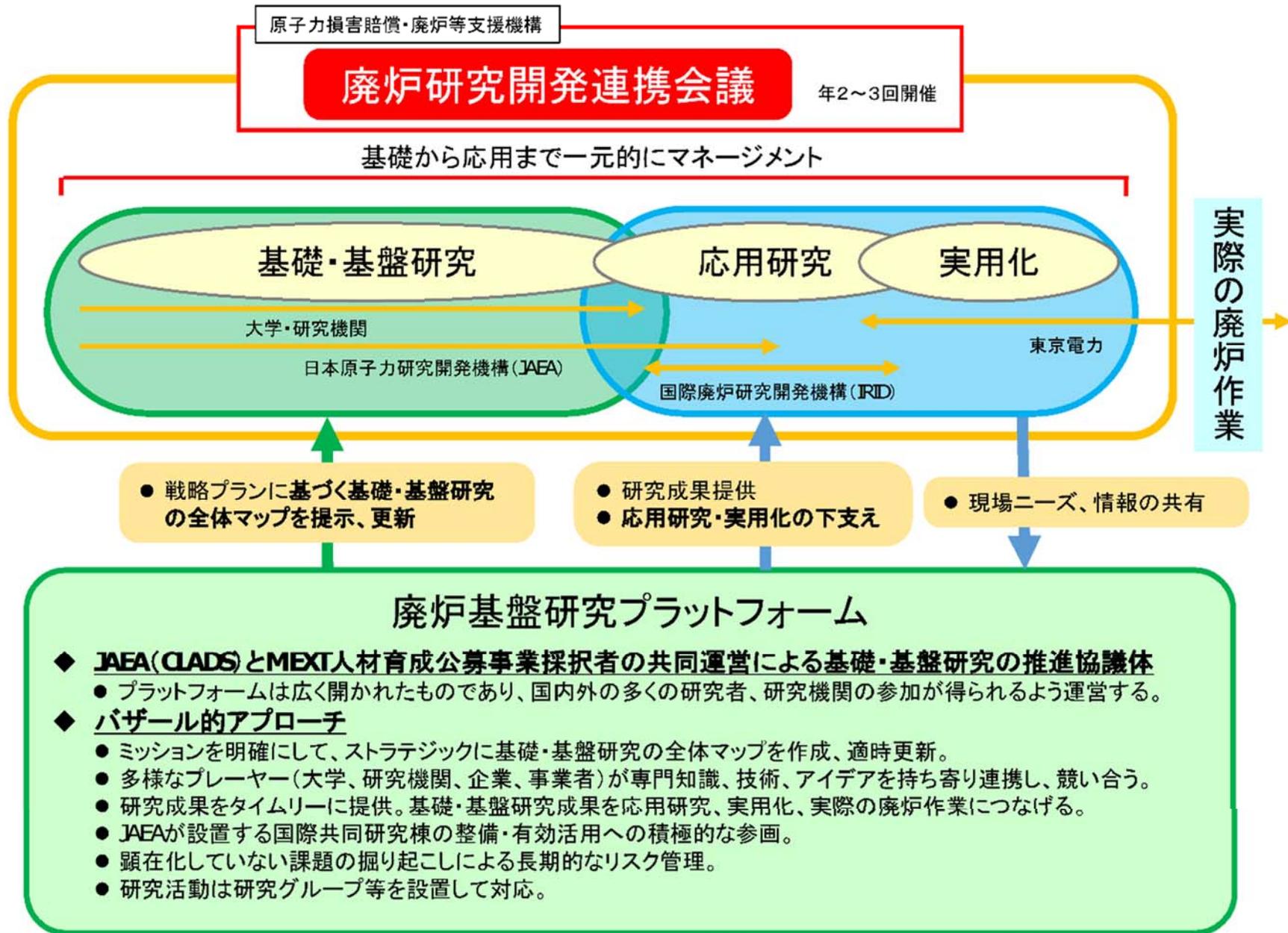
- 地盤工学的技術が**原子力（廃炉）**分野へ入っていく入り口。
- 原子力（廃炉）関係者が**地盤工学的技術**を知る窓口。
- 原子力（廃炉）と地盤工学相互の**見える化（何が必要か、何ができるか）**を促進。



- 地盤工学的技術の**対外的アピール**の手助けをする。



廃炉基盤研究プラットフォームの位置付け



廃炉地盤工学講演会の概要

- 廃炉地盤工学の概念を広めるために昨年度から実施。
- 今年度は2017年12月20日（水）13：30～17：30に地盤工学会大会議室で実施。
- 今回は「地盤施工学」に焦点をあてて実施。
- 参加者は約70名、**原子力規制庁等の地盤工学分野以外の人も参加。**

「福島第一原子力発電所の廃止措置への貢献を目指す『廃炉地盤工学』～地盤施工学の創設～」に関する講演会
2017年12月20日開催 参加者名簿

受付番号	参加	参加者	勤務先・所属先
3	✓	中房 悟	原子力規制庁 原子力規制部
4	✓	内田 勉	(公社)森林保全管理技術研究所
5		田川 明広	JAEA GLADS 研究推進室
6-a.	✓	鈴木俊一	東京大学
6-b.		酒井泰地	東京大学
7	✓	今津 雅紀	原子力損害賠償・廃炉等支援機構
8	✓	吉田秀典	香川大学・工学部
9	✓	井尻裕二	大成建設株式会社 原子力本部
10	✓	重富正幸	ソイルアンドロックエンジニアリング株式会社
11	✓	柳澤富彦	アイテックコンサルタント株式会社
12	✓	木村育正	鞠技研製作所
13	✓	大越 龍	フジミコンサルタント株式会社・設計部
14		長谷川達樹	大日本コンサルタント株式会社
15	✓	牛尾典明	花王株式会社
16		広瀬直人	株式会社日立製作所
17		つる山 馨	日本交通技術株式会社
18	✓	須田敦志	基礎地盤コンサルタンツ(株)



NDF（原子力損害賠償・廃炉等支援機構）で 技術プレゼン 2018/01/16

野村理事、福田執行役員、山本執行役員など
約20名の方の参加があった。



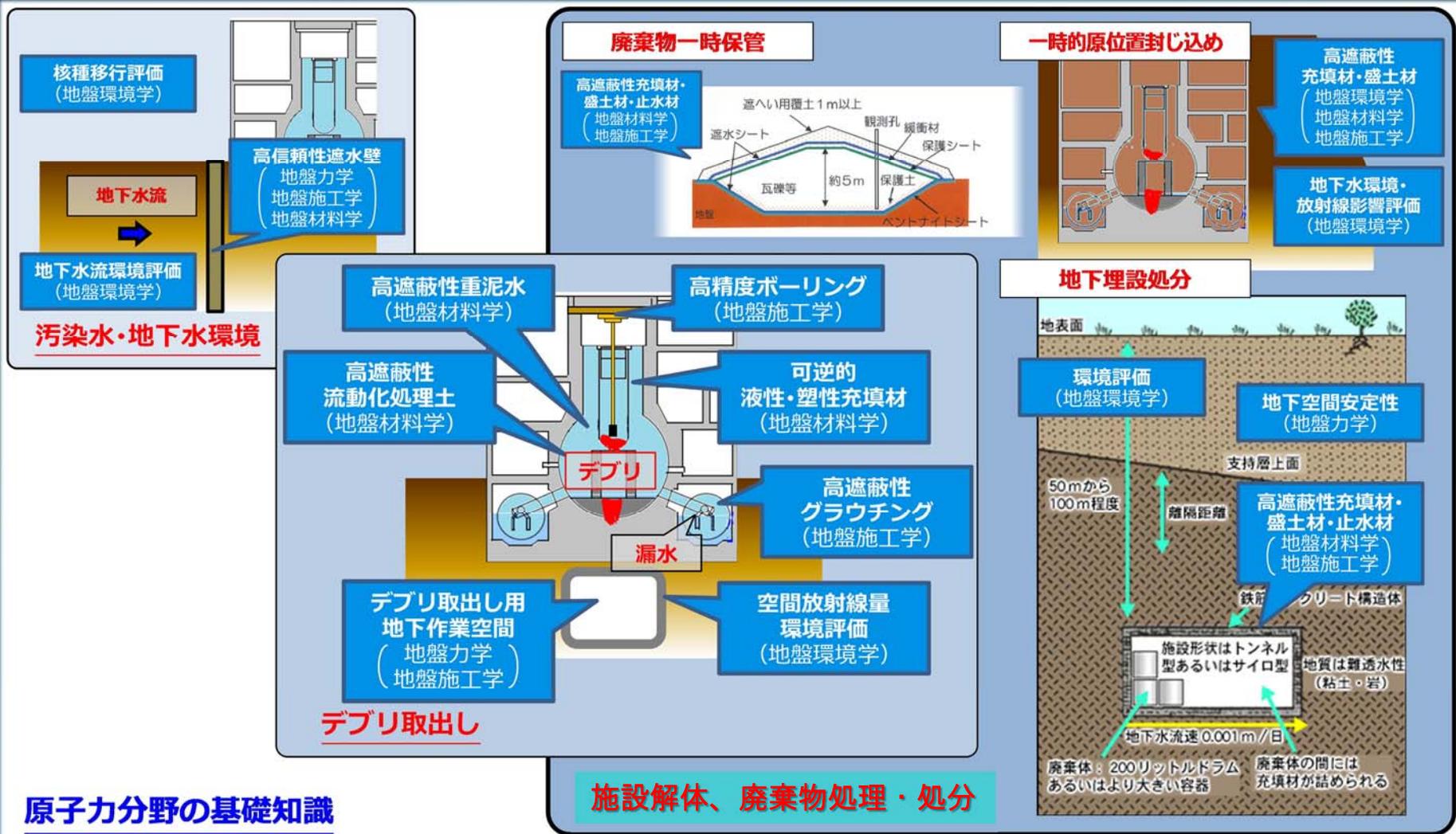
～廃炉地盤工学と超重泥水技術の適用例紹介～

【議事次第】

- 13:30～13:40 開会挨拶・廃炉地盤工学委員会の紹介
幹事長 後藤 茂(早稲田大学)
- 13:40～14:10 活動成果・廃炉までのシナリオと技術マップの活用
菱岡宗介(パシフィックコンサルタンツ)
- 14:10～14:40 技術開発・デブリ取出しにおける超重泥水の活用方法
成島誠一(西武建設・NB研)
- 14:40～15:00 人材育成・土質系材料の放射線遮蔽性能の定量評価
吉川絵麻(早稲田大学)
- 15:00～15:30 簡易実験・超重泥水止水・沈降型デブリ取出し
氏家伸介(ホーゲン・NB研)・長江泰史(テルナイト・NB研)
- 15:30～16:00 質疑応答・他

公益社団法人地盤工学会
廃炉地盤工学委員会

「廃止措置」において地盤工学技術の貢献が期待できる事象の例



技術マップ (rev.08)

廃炉地盤工学における技術マップ (rev.08) - 1/3

廃炉地盤工学における技術マップ (rev.08) - 2/3

廃炉地盤工学における技術マップ (rev.08) - 3/3

分類	廃炉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遮水壁の構築工法 複雑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
	必要と想定	<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』 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) 特殊リバー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 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) 若すりなど様々な地盤をオナーメイドで改良する大口径高圧噴射掘削工法 (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) シールド掘削機が1-2m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ソールウォール工法/鹿島建設㈱ ④A-08) 透水性浄化壁構築技術 (IPI) / 鹿島建設㈱ ④A-09) 自在ドリルを用いた地盤改良技術・ゲラントフレックス工法/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バント付系人工バリア構築工法 (Shotclay) / 鹿島建設㈱ ④B-02) シールド掘削機が1-2mの応急止水技術応急止水技術 (土凍君) / 鹿島建設㈱ ④B-03) 建設車機 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デブリの切削・集塵技術/大成建設㈱ 	<ul style="list-style-type: none"> ④C-01) 特殊リバー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 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バント付系人工バリア構築工法 (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 (EIEN) / 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の中子遮蔽性能の向上を図る耐熱コンクリート/大成建設㈱
	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ロボット/樹大林組 ④A-11) 道路を急速除染するバリア RD 工法 (RD II, RD III) / 樹大林組 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外周除染技術/樹大林組 ④A-13) 遮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/樹大林組 ④A-14) 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/樹大林組 ④A-15) 汚染された土壌をその場で除染するバリア SW 工法/樹大林組 ④A-16) 道路の線量を大幅に低減するイオンバリア工法/樹大林組 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埋設保管土取り回収システム/樹大林組 ④A-18) 漏れ液中の放射性物質・細菌を除去する高濃度浄化技術/樹大林組 ④A-19) 高濃度放射線汚染エリアでの作業効率が 20% 向上する次世代無人化施工技術/樹大林組 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/樹大林組 	<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/樹大林組 ④B-07) 危険箇所の情報を安全・迅速に収集する無人調査ロボット/樹大林組 ④B-08) 高濃度放射線汚染エリアでの作業効率が 20% 向上する次世代無人化施工技術/樹大林組 	<ul style="list-style-type: none"> ④C-07) 道路の線量を大幅に低減するイオンバリア工法/樹大林組 ④C-08) 運行状況の見える化輸送車両運行管理システム/樹大林組 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/樹大林組 ④C-10) 汚染された土壌をその場で除染するバリア SW 工法/樹大林組 ④C-11) 破袋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ロボット/樹大林組 ④C-12) ルンバ型から除染廃棄物を安全・迅速に取出す大型破袋機/樹大林組 ④C-13) 汚染土を即時に分別するバリアバリアシステム (バリア ステーション) / 樹大林組 ④C-14) 焼却飛灰を洗浄し、処分量を低減する飛灰造粒固液洗浄技術/樹大林組 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/樹大林組 ④C-16) 分級・洗浄により放射性汚染土を 90% 減容するアークヒート DC (Decontamination) / 樹大林組 ④C-17) 震災がれき残渣を活用した建設資材のリサイクル/樹大林組 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/樹大林組 ④C-19) 土壌汚染施設からの悪臭・汚水発生を防止する植物安定化処理技術/樹大林組 ④C-20) 遮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/樹大林組 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/樹大林組

※表内に整理された技術が真実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

廃炉地盤工学

- **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
- **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）
 - 原子力施設の解体・放射性廃棄物の処分

技術の体系化（学問単元への分類）

●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。

廃炉地盤工学の構成

	汚染水・地下水環境	デブリ取出し	原発施設解体・廃棄物処理処分
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"> 原発施設解体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"> 原発施設解体の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 地中埋設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 地中埋設処分に対応した廃棄物空間充填材料の開発 「安定的原位置封込め」に対応できる格納容器用高遮蔽性充填材料の開発 「安定的原位置封込め」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 地中埋設処分施設の構築工法 「安定的原位置封込め」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	原発施設解体・廃棄物処理処分
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"> 原発施設解体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汚染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"> 原発施設解体の段階に沿った建屋周囲の地下汚染環境・放射線環境予測と評価 地中埋設処分場の地下水環境評価
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 格納容器水漏れに対応可能な高遮蔽性固化泥水の開発 デブリ一時的封鎖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 地中埋設処分場に対応した廃棄物空間充填材料の開発 「安定的原位封込め」に対応できる格納容器用高遮蔽性充填材料の開発 「安定的原位封込め」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 地中埋設処分場の構築工法 「安定的原位封込め」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

施設解体・廃棄物処理処分

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	原発施設解体・廃棄物処理処分
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措置のための地下基地の安定 	<ul style="list-style-type: none"> 原発施設解体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実測と環境評価 	<ul style="list-style-type: none"> 原発施設解体の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
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"> 空間放射線量抑制のための高重量・高強度材料の開発 デブリ視認可能な可視性重泥水格納容器水漏れ箇所対応可能な「安定的原位置封込め」に対応可能な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充填材の開発 地中埋設処分に対応した廃棄物空間充填材料の開発 「安定的原位置封込め」に対応可能な格納容器用高遮蔽性充填材の開発 「安定的原位置封込め」で建屋の全周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構築工法 汚染水プールの掘削・構築工法 汚染水プール掘削時の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掘削工法 上記地下基地の構築工法 高遮蔽性クワッドラック工法 	<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 「安定的原位置封込め」での格納容器用高遮蔽性充填工法 向上での建屋全体の鋼製外殻による封込め工法

学問として長い伝統と豊富な実績を保有。

地盤環境学

地下水関連で実績。放射線環境では新しい？

地盤材料学

産業廃棄物等で研究成果が豊富。放射性廃棄物でも技術課題に取り組中。

地盤施工学

**通常工事で行われる思考過程、大学教育では？
廃炉過程は未経験な場面の連続！**

廃炉地盤工学における地盤施工学の概略構成

- ① 一般的な施工学としての内容
 - ② 地盤施工学とした場合の留意点
 - ③ 廃炉地盤工学としての特殊性
 - ④ 廃炉における事例検討（地下水制御、デブリ取出し、デコミッショニング、廃棄物処置）
- 地盤施工学
総論

廃炉地盤工学における地盤施工工学の概略構成

① 一般的な施工学としての内容

② 地盤施工学とした場合の留意点

地盤施工学
総論

③ 廃炉地盤工学としての特殊性

- 最適な材料・工法の選択および適正な実施と管理
- 本設を全うするための仮設計画
- 施工計画の作成と施工の実施
- 事前調査 ▶ 施工基本計画 ▶ 諸調達計画 ▶ 現場運営計画
- 施工の要素：4M（マン、マシン、メソッド、マテリアル）
- 評価の基準：QCDS（品質、コスト、工期、安全）
- 出来形管理図、原価管理帳票、PERT、4M・5E
- 要求機能・要求性能（真の特性）と代用特性

廃炉地盤工学における地盤施工学の概略構成

- ① 一般的な施工学としての内容
- ② 地盤施工学とした場合の留意点
- ③ 廃炉地盤工学としての特殊性

地盤施工学
総論

- ④ 廃炉における事例検討（地下水制御、デブリ取出し、デコミッショニング、廃棄物処置）

(事故) 原子力発電所の廃炉 措置技術の特殊性 その1

① 通常工事に追加される評価基準 (放射性物質の遮蔽・閉じ込め)

- 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

(事故) 原子力発電所の廃炉 措置技術の特殊性 その2

- ② 事象の**未経験**または**類似事象の乏しさ**（状況把握の困難さ、最適判断の基準の不明確）
 - 類似事象：TMI-2 → 構造等の相違の考慮
 - 類似事象：チェルノブイリ → 経験の活用の全否定

- ③ 各施工要素の**要求性能の把握（具体化）の困難さ**。
 - 最終形態の具体性欠如
 - 次工程の性能（制約条件に対する対応能力）の不明確さ

(事故) 原子力発電所の廃炉 措置技術の特殊性 その3

④ 制約条件把握の困難さ

- 原子炉施設に関する知識の欠如 (努力で解消可能)
- 事故後の原子炉内部の状況の不明確さ (時間とともに解明される見込み)
- 要求性能不明確に伴う建設要素の具体性の欠如

⑤ 建設要素相互の関連把握の困難さ。

⑤ 経験のない他分野要素 (技術) との協働。

地盤施工学の構築方針

1) 方針1 (基本的)

廃止措置の過程を考慮しつつ**一般的な地盤施工との類似性**を検討し、**廃炉地盤工学・地盤施工学**の主な流れを構築する。

(**廃止措置の特殊性**は制約条件、要求性能などから**品質管理項目、管理試験**などで組み込む。)

2) 方針2 (上級編)

廃炉プロセスの**上位の概念**から**参画**することにより、**制約条件や要求性能を緩和**し、**工法/材料の選択肢を拡大**する。

地盤施工学の構築方針

1) 方針1 (基本的)

目的 (要求機能) を単純化して、**類似性**
を¹⁾検討し、²⁾廃止措置の³⁾特殊性は⁴⁾制約条件、⁵⁾要求性能などから品質管理
類型工事から学ぶ!!
項目、管理試験などで組み込む。

2) 方針2 (上級編)

目的 (要求機能) を広く捕らえて**工法**
法・材料選択の柔軟性を高める!!
条件の要求を¹⁾検討し、²⁾廃止措置の³⁾特殊性は⁴⁾制約条件、⁵⁾要求性能などから品質管理

事故原発の廃止措置と一般工法・工事との類似

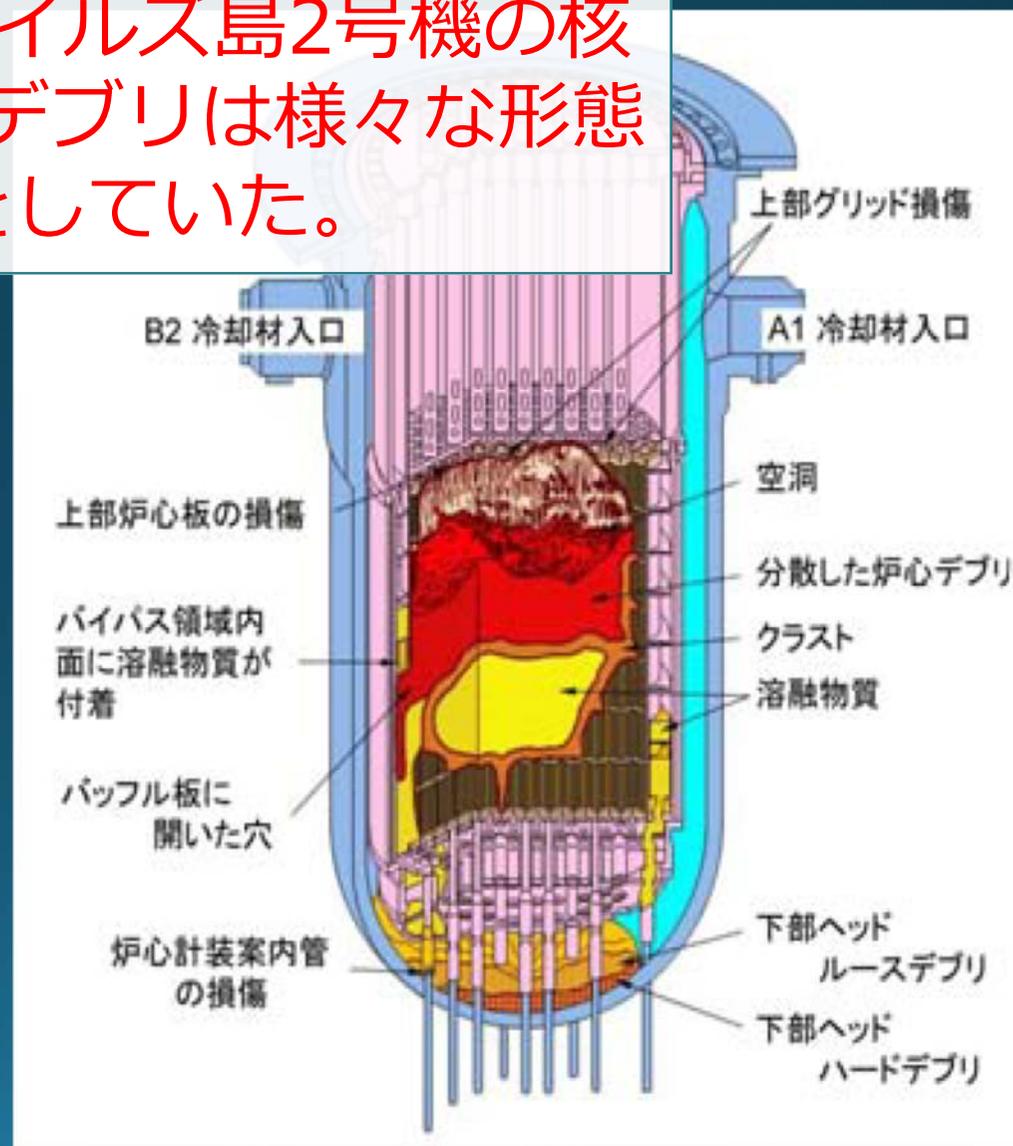
	作業項目	類似する一般工法
構造的及び環境 安定性（安全 性）の確保	地下水の流動制御	都市部山留め工事、 産業廃棄物処理場
	構造耐震性の確保	（歴史的建造物等の）耐震補強/ レトロフィット
	自然災害時の対応性向上	※一般的な仮設建造物でも考慮さ れるべきであるが実施事例なし。
燃料デブリの取 出し	格納容器底部の 燃料デブリ解体と取出し	—
	燃料デブリからの放射線遮 蔽	—
	放射性物質の閉じ込め	—
圧力容器・格納 容器の 解体	格納容器の解体撤去	サイロ等の解体工事、 ダイオキシン類に汚染された施設 の除染・解体工事
	圧力容器の解体撤去	同上
解体放射性廃棄 物の 処理・処分	一次仮置施設	産業廃棄物処理場、 一般的な覆土工事
	中間貯蔵施設	（一般的な）地下貯蔵施設
	地層処分施設	山岳トンネル工事、大深度立坑工 事

TMI-2でのデブリ取出し

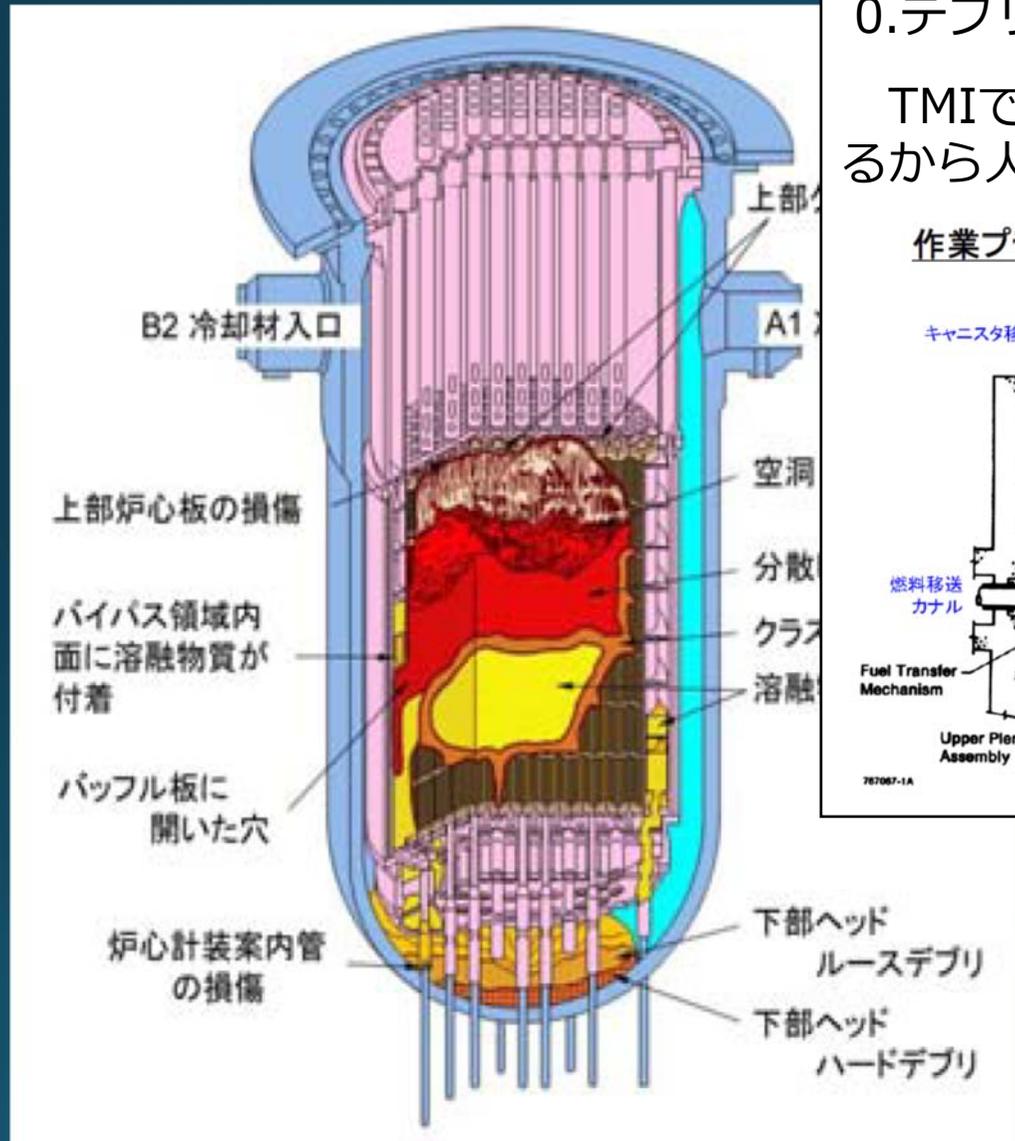
スリーマイルズ島2号機の核燃料溶融デブリは様々な形態をしていた。

- 1979年3月28日、米国スリーマイル島原子力発電所2号機で炉心が損傷事故発生。
- 機器故障と人為的ミスにより、圧力容器から冷却水が流出、約2/3の炉心が露出。
- 炉心中央上部で燃料集合体の溶融が始まり、炉心の約45%（62 t）が溶融。
- デブリは集合体下部で一旦固化、再び溶融し、約19 tのデブリが圧力容器の下部ヘッド上に流れ落ちた。

JAEAの鷲谷氏より情報やスライドを頂きました。



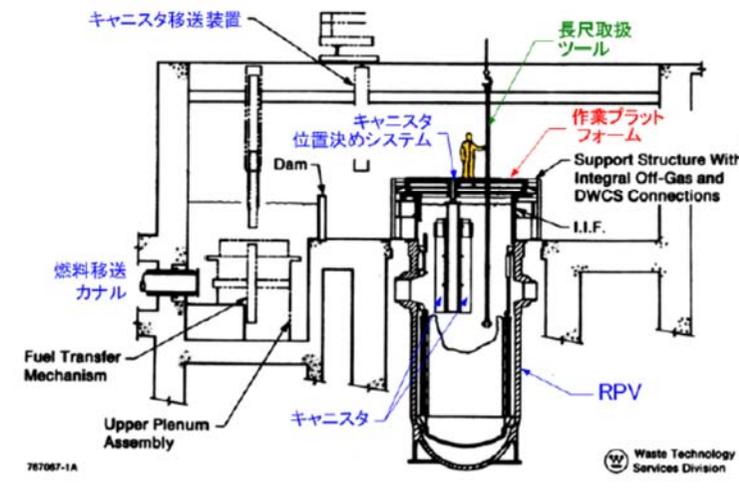
TMI-2でのデブリ取出し



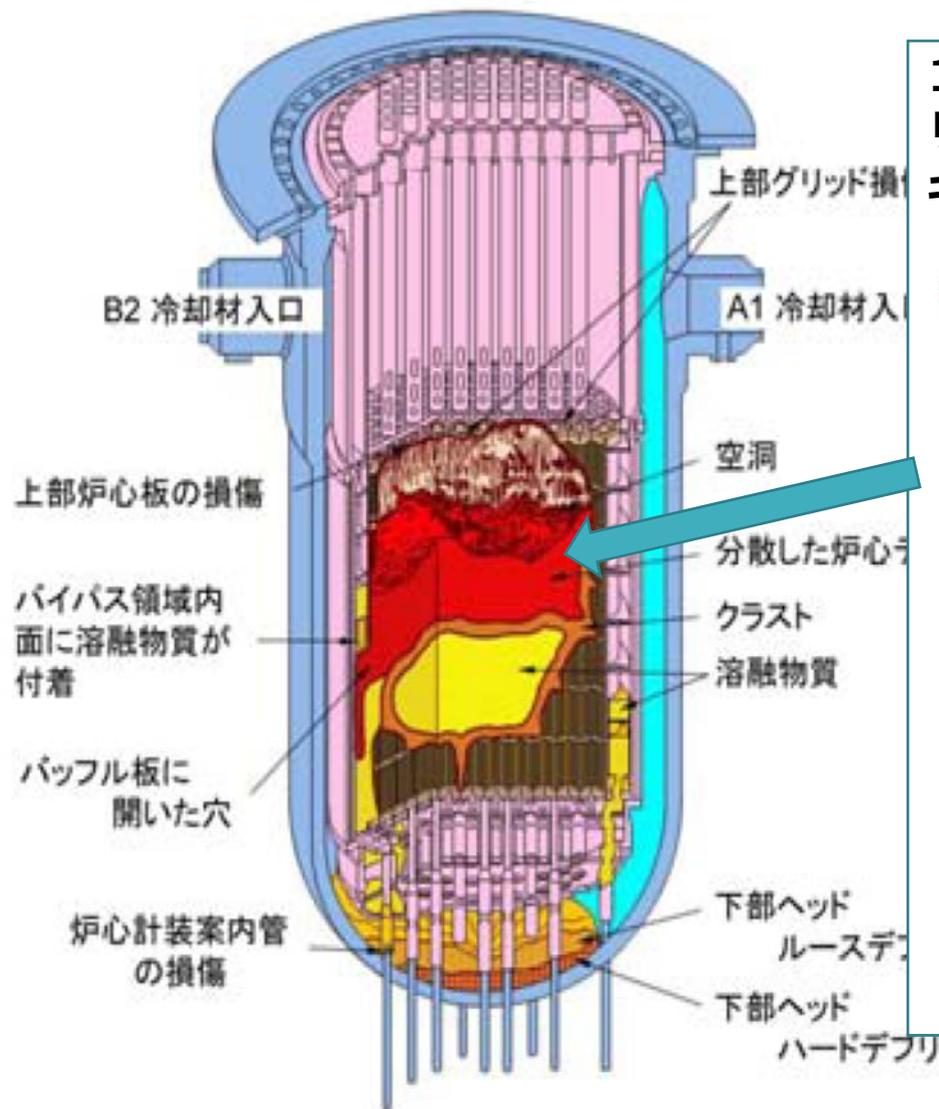
0. デブリ取出しのための仮設工事

TMIでは放射線遮蔽ができてい
るから人がそばに行けている。

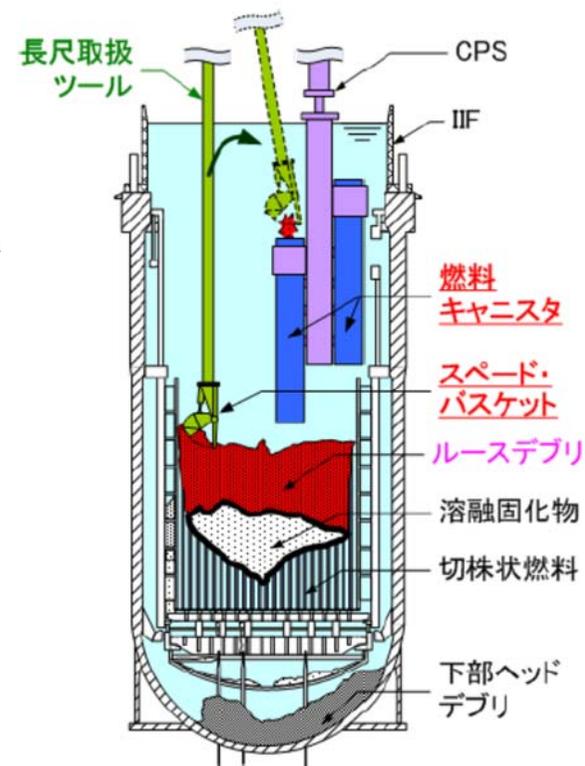
作業プラットフォームの設置状況※1



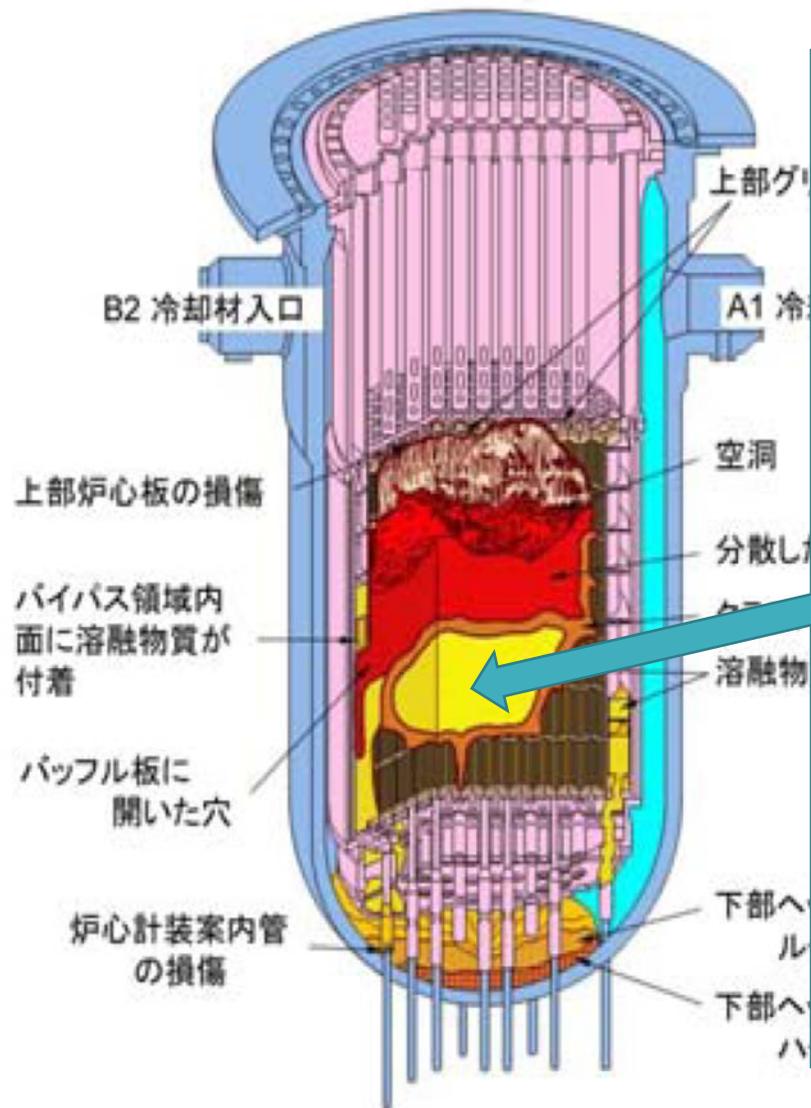
TMI-2でのデブリ取出し



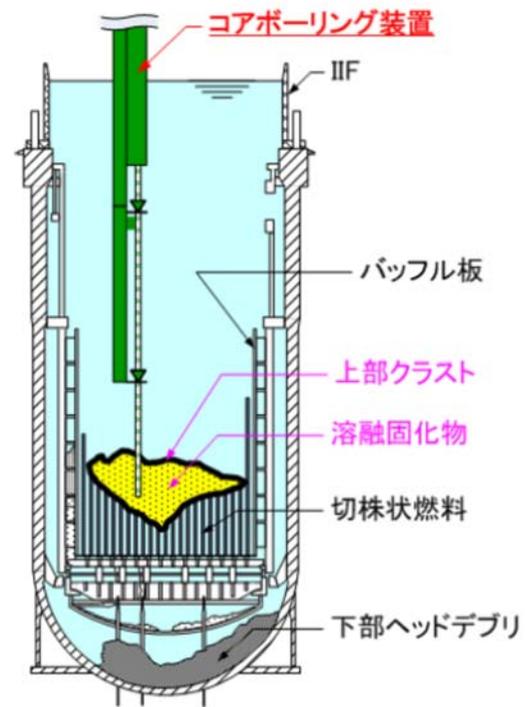
1.ガレキやガサガサのデブリはバケットですくって、キャニスタに入れた。



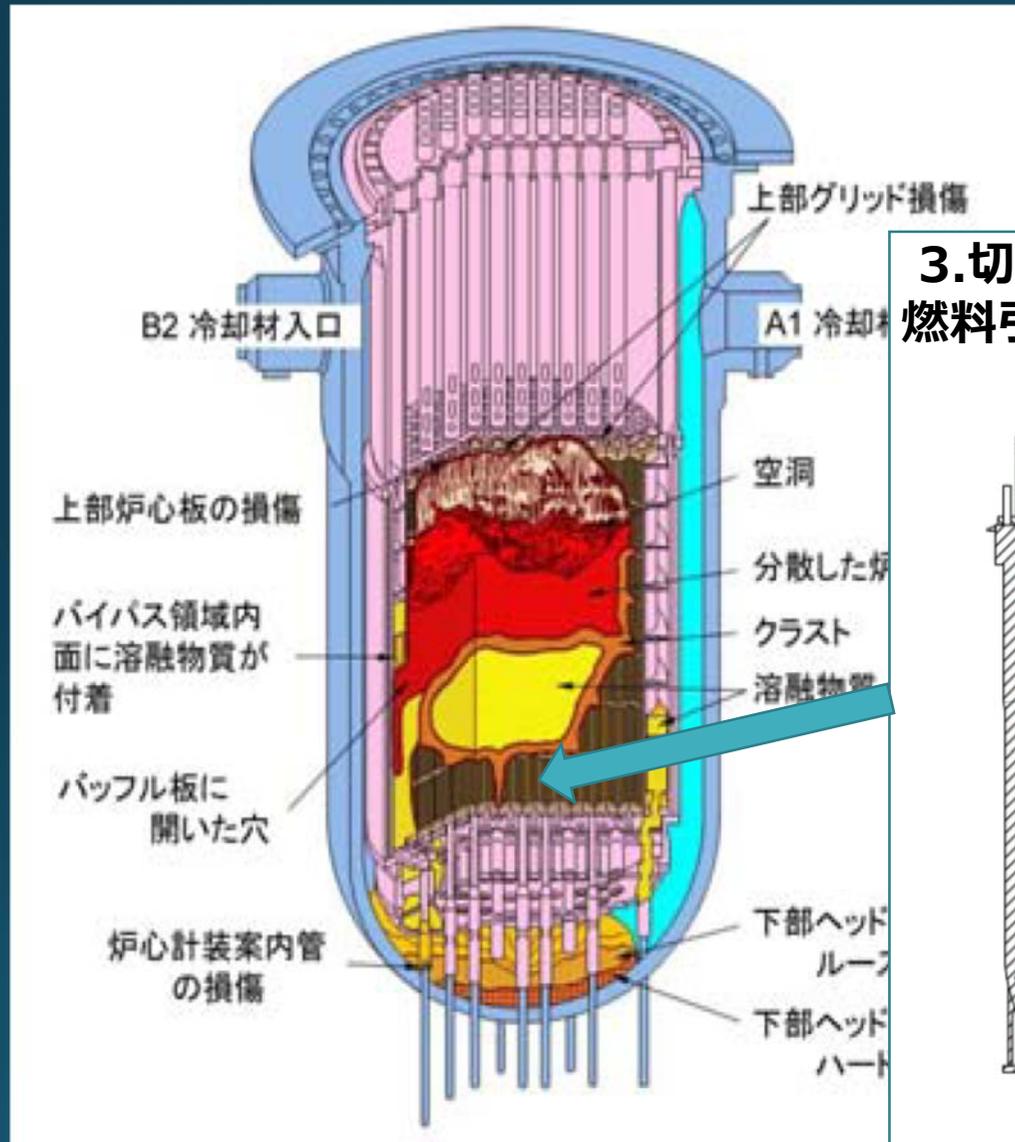
TMI-2でのデブリ取出し



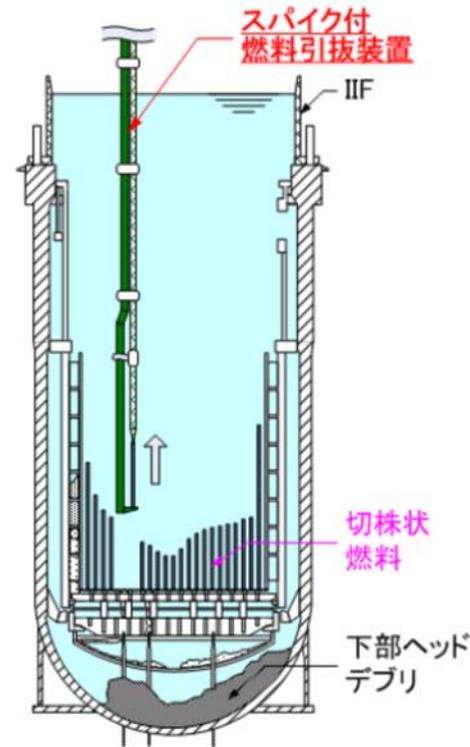
2.溶融固化した硬いデブリはボーリングで多数の穴を開けて砕いた（スイスチーズ工法）。



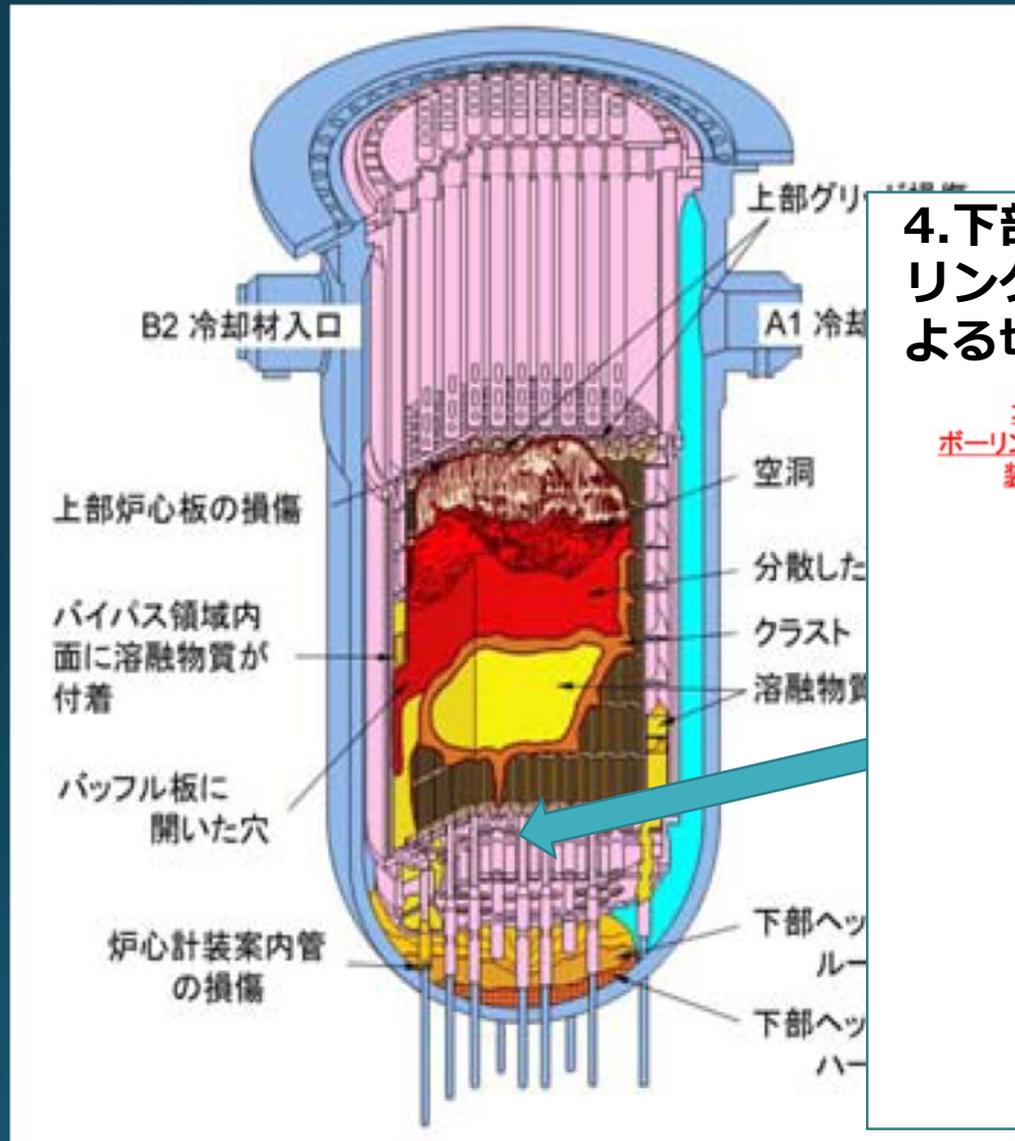
TMI-2でのデブリ取出し



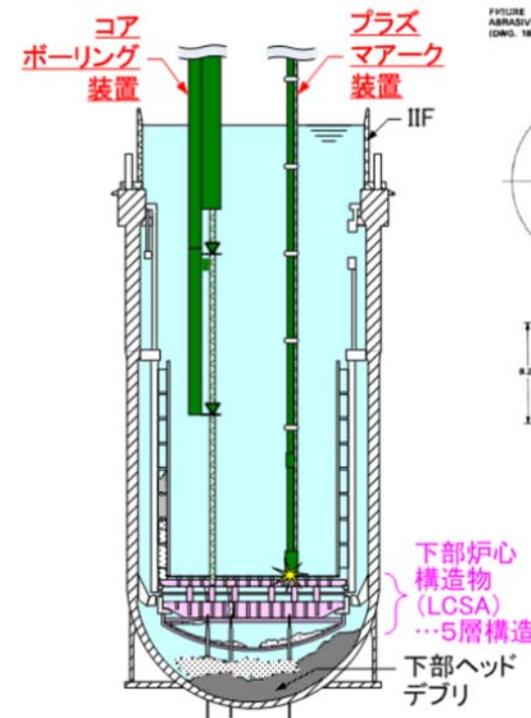
3. 切株状燃料はスパイク付燃料引抜装置で引き抜いた。



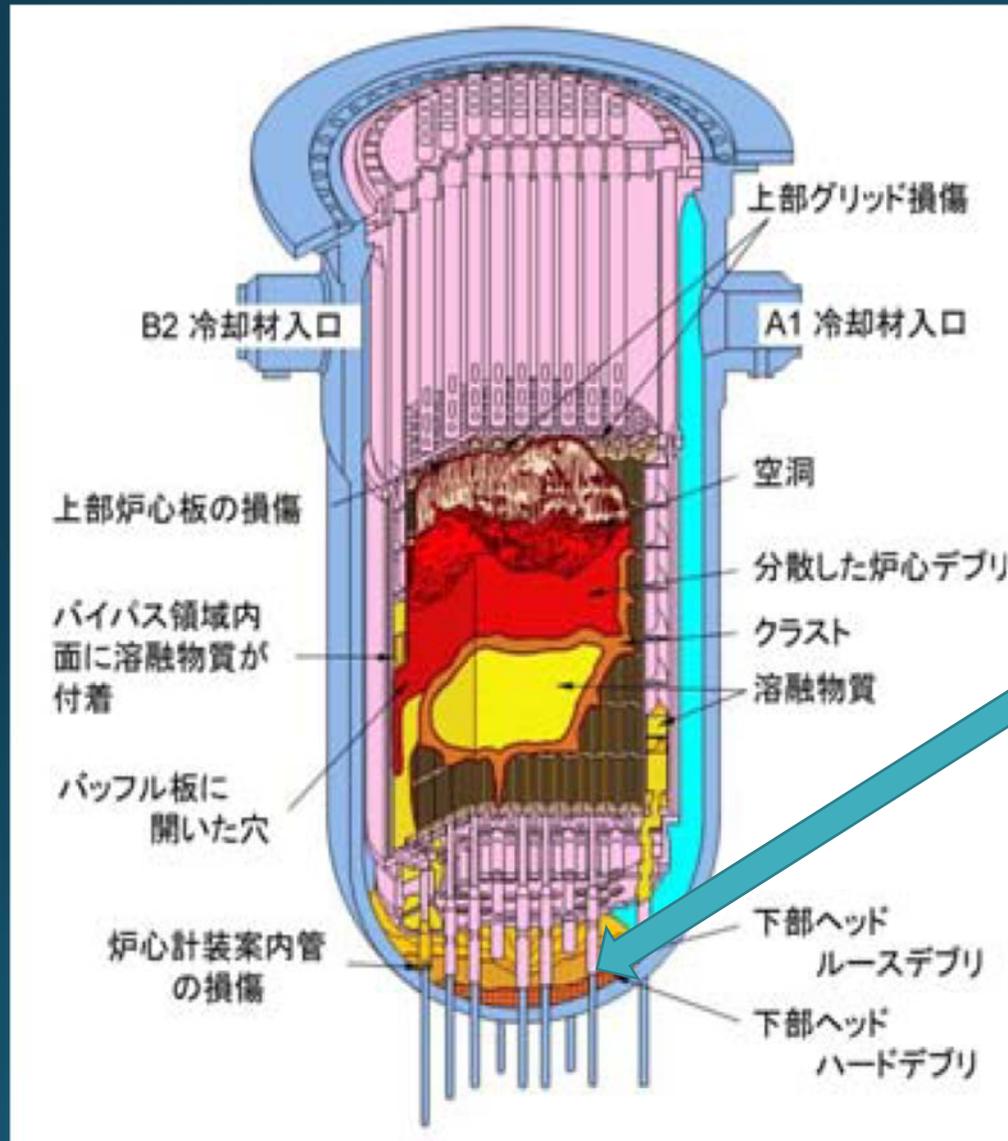
TMI-2でのデブリ取出し



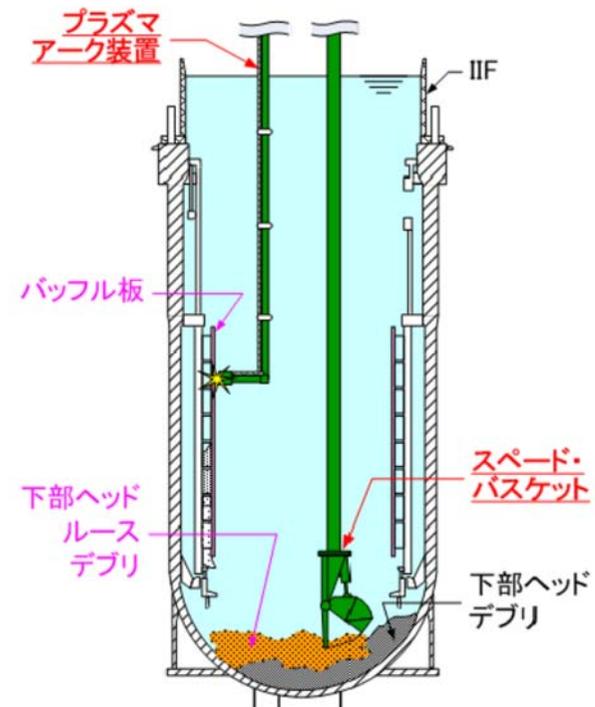
4. 下部炉心構造物コアボーリングとプラズマアークによる切断を組合せて除去。



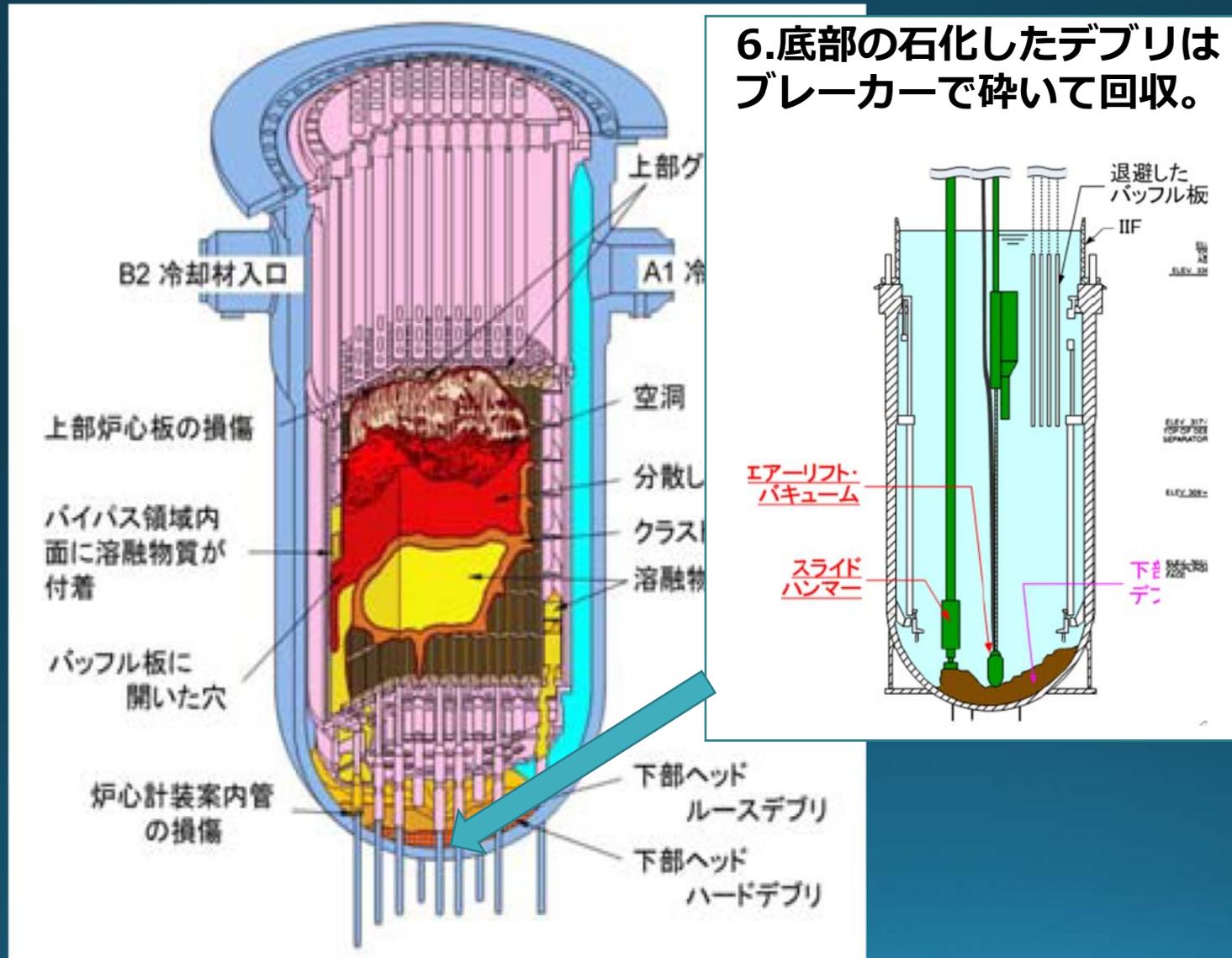
TMI-2でのデブリ取出し



5.コアフォーマ部バッフル板はプラズマアークで切断、下部のルースデブリはバケットで回収。



TMI-2でのデブリ取出し



実際のデブリ取出し (TMI-2)

TMI-2事故処理の詳細レポート
GPU NUCLEAR THREE MILE ISLAND T2
DEFUELING COMPLETION REPORT 1.

スリーマイル島原子力発電所を建設・運転したゼネラルパブリックユーティリティ社（後にGPUと改名）の事故処理レポート。デブリの状態や取出し方法の詳細が記述されている。WEBからダウンロード可能。英文282ページ。

gpu nuclear tmi-2

検索

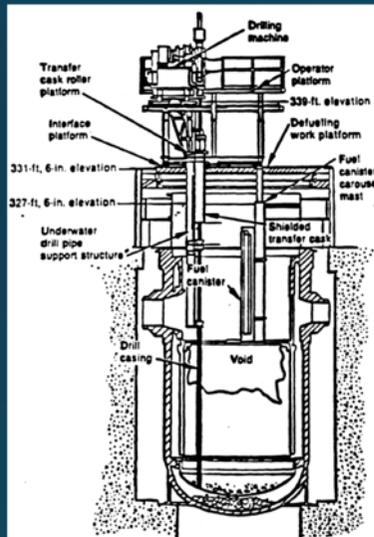


GPU NUCLEAR
THREE MILE ISLAND
NUCLEAR STATION
UNIT 2
DEFUELING COMPLETION REPORT

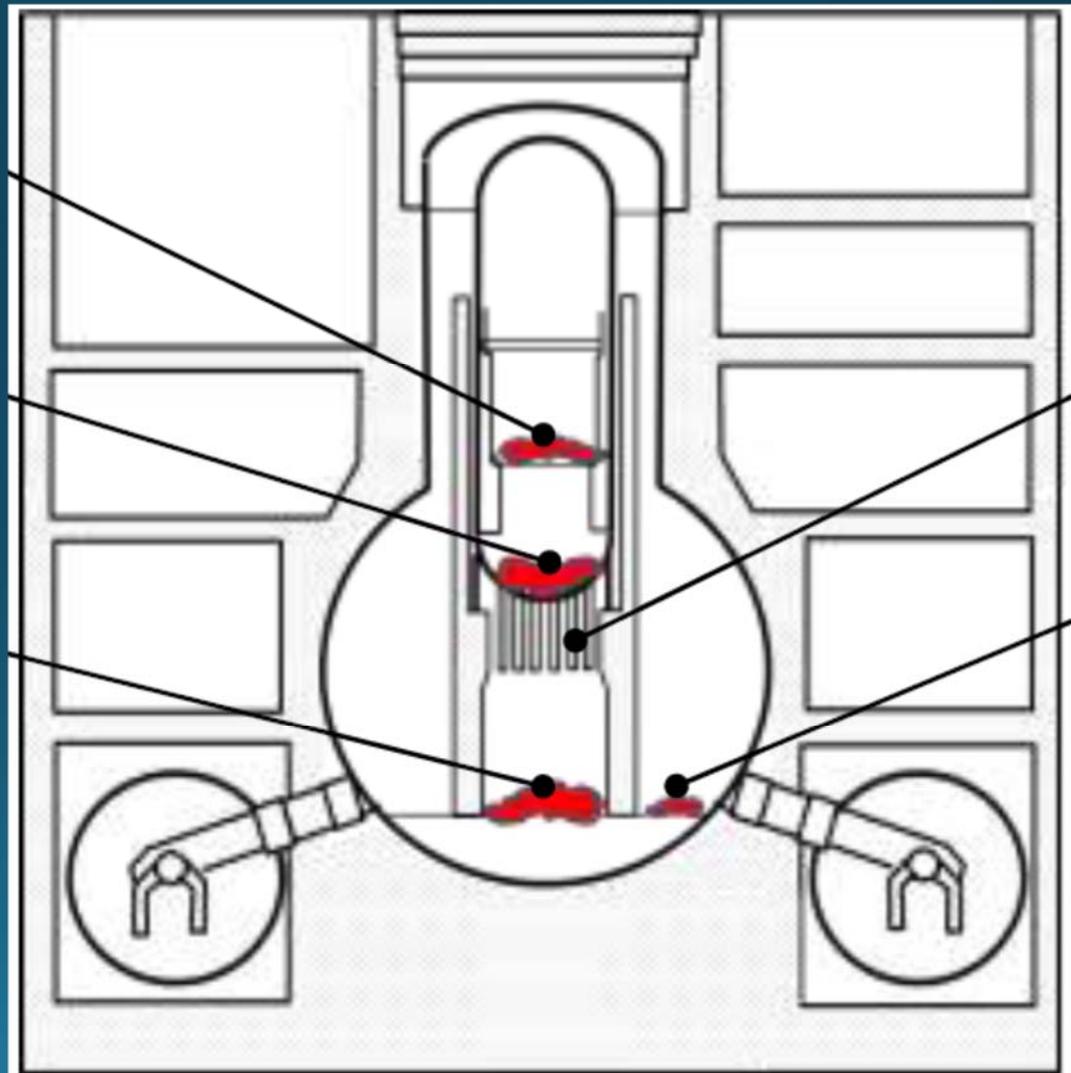


使っている道具や工法は一般的！ 放射線環境の緩和が重要！！

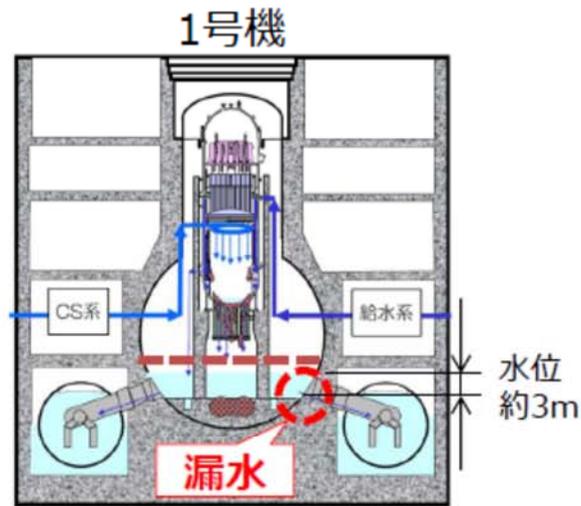
TMI-2



F1とTMI-2では
構造も寸法も違う
のでもっと複雑に
なる？



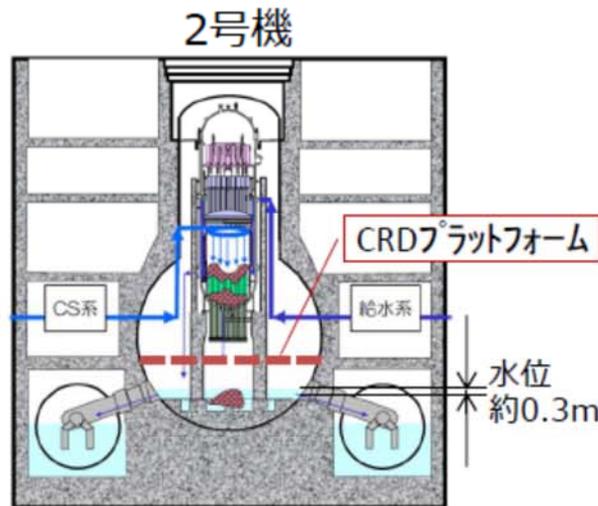
福島第一原発の核燃料とデブリの量



核燃料：約69トン

デブリ量(トン)

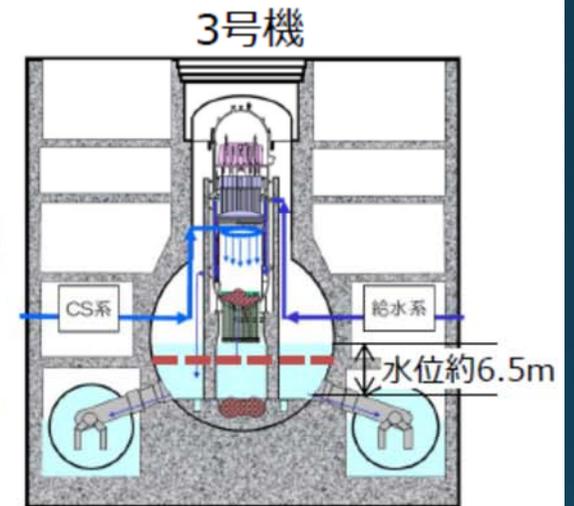
炉内	15トン
炉外	264トン



核燃料：約94トン

炉外のデブリ量(トン)

解析等	195トン
ミュオン調査	0~30トン



核燃料：約94トン

デブリ量(トン)

炉内	21トン
炉外	343トン

ご清聴ありがとうございました。