日本技術士会 原子力·放射線部会 例会講演会

福島第一原子力発電所 廃炉研究開発の現状 _{令和4年12月16日}

国際廃炉研究開発機構(IRID) 奥住直明

この成果は、経済産業省/廃炉汚染水対策事業費補助金の活用により得られたものです。 無断複製・転載禁止技術研究組合国際廃炉研究開発機構



©International Research Institute for Nuclear Decommissioning



1. はじめに

原子炉格納容器内部調査技術開発 (1)既に終了した調査 (2)今後計画している調査

3. 燃料デブリ取り出し技術開発



1. はじめに

2. 原子炉格納容器内部調査技術開発 (1)既に終了した調査 (2)今後計画している調査

3. 燃料デブリ取り出し技術開発





沸騰水型原子力発電所の構造



IRID

5

5







1. はじめに

原子炉格納容器内部調査技術開発 (1)既に終了した調査 (2)今後計画している調査

3. 燃料デブリ取り出し技術開発

ミュオン透過法による測定

- ミュオンは、宇宙から飛来する放射線が大気と衝突する過程で発生する二次的な宇宙線。 エネルギーが高く、物質を透過しやすい。
- 原子炉建屋を透過するミュオン数を測定し、その透過率から原子炉圧力容器内の燃料デブリ分布をレントゲン写真のように撮影。(高密度の物質ほど透過しにくく、暗い影になる)





原子炉建屋を透過するミュオンの測定イメージ (南北断面図)

<ミュオン透過法測定装置の計測原理(イメージ)>

上空から飛来するミュオンを装置内部に配置した2枚のパネル検出器(プラスチックシンチレータ)で検知し, 通過したパネルの座標からミュオンの軌跡を算出。



3号機ミュオン透過法測定結果



10

IRID東京電力HD公表資料から引用









2号機ペデスタル内上部調査(A2調査 2017.1~2)

ペデスタル内 上部 (画像処理後)



2号機ペデスタル内下部調査(A2'調査 2018.1)



2号機格納容器内底部 (鳥瞰イメージ) 画像:2号機格納容器内底部, ペデスタル内内壁付近



2号機ペデスタル内下部調査(A2"調査 2019.2)TEPCO





3号機 格納容器内調查結果



「3号機原子炉格納容器内部調査について(2017年11月30日 廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議(第48回)報告資料)」より抜粋



1. はじめに

原子炉格納容器内部調査技術開発 (1)既に終了した調査 (2)今後計画している調査

3. 燃料デブリ取り出し技術開発



■格納容器内の水の上を航行して、広範囲に移動可能な ボート型アクセス装置を製作中



ガイドリング取付用の例

- ・ 長さ:約1.1m
- 推力:25N以上











1号機:ボート型アクセス装置(X-2ペネからのPCV内部調査) 潜水機能付ボート型アクセス・調査装置については、機能毎に6種類準備する予定。





1号機:ボート型アクセス装置





1号機:ボート型アクセス装置(2022年2月調査)



ガイドリング設置状況

2022/02/09 14:23:00

PLR配管付近



ペデスタル開口部付近



ペデスタル開口部内部



アーム型アクセス装置

■制御棒駆動機構メンテナンス用の格納容器貫通部(X-6ペネ)を通じて広範囲にアクセス可能なアーム型アクセ ス装置を製作中

- アーム全長約22 m
- 10 kgまでの調査装置を搭載可能





アーム型アクセス装置(動画) Video; Arm access device





モックアップ設備の据付(JAEA楢葉遠隔技術開発センター)

CRD





ペデスタル内部の様子



X-6ペネ(接続構造+延長管接続後) の様子



1. はじめに

2. 原子炉格納容器内部調査技術開発 (1)既に終了した調査 (2)今後計画している調査

3. 燃料デブリ取り出し技術開発

何を取り出さなければならないのか

- 燃料デブリ, MCCI (Molten Core Concrete Interaction, 溶融炉心コンクリート相互作用)
- 炉心燃料域以下(上部格子板含む)の構造物
- ペデスタル内構造物
- アクセス・搬出経路の干渉物 等







3号機格納容器内 ペデスタル内



2号機格納容器内底部, ペデスタル内 内壁付近

IRID

©International Research Institute for Nuclear Decommissioning

燃料デブリ取出し作業の排出物想定

- 燃料デブリ(扱い)として取り出す量の想定:数百トン
- 構造材と溶融凝固した燃料の分離・分別は可能か(当座、燃料デブリ扱い)
- アクセス(搬出)経路に介在する構造物の解体撤去(廃棄物)



29

燃料デブリの段階的に規模を拡大した取り出し Increasing the scale of retrieval

Advanced arm system, heavier loads, various tools and sensors





30

大規模燃料デブリ取り出し技術の開発

取り出し規模の更なる拡大 大型設備を導入し本格的な作業を実施。

- ▶ 横取り出し3工法、上取り出し2工法を開発中
- ▶ デブリ取り扱い量は徐々に増加させ、 最大300kg/日を目指す
- ➢ NDFは3号機(横取り出し)を先行的検討 号機とすることが適切と評価
- 規模を拡大したデブリ取り出しまでに獲得した 技術・ノウハウ・組織体制、経験・教訓が設計、 調達、建設、運用に活用されることを期待。





デブリ取り出しに係る技術

■デブリ取り出しの工法を実現するための要素技術を開発中



横アクセス工法の一例 イメージ

穴開け〜シール設置 取り出し工法への適用イメージ Example of Horizontal Access Route / Debris Retrieval





アクセストンネル工法では、重量物のトンネル(約800トン)を原子炉建屋外から精密な位置制御で送り出し、格納容器へ接続させる必要有
橋梁等の工事で実績がある重量物送り出し工法を応用し、狭隘部に曲がった形状の重量物トンネルを送り出す技術を開発中



【上アクセス工法の例】:構造物一体撤去・搬出工法 Top Entry/access :large structure retrieval

原子炉建屋





燃料デブリの取り出し 安全要求

放射性物質の閉じ込め

- 気体中/液体中の放射性物質の安全基準で 許容される以上の漏えい防止
- ▶ 移送容器による放射性物質の漏洩防止 放射性物質の追加生成の防止
 - > 核反応による異常な放射性物質の生成防止
 - > 燃料デブリの異常な温度上昇による放出防止
 - > 燃料デブリ、構造物の切削による異常な拡散の防止

一般要求等

- 火災・爆発の防止
- ▶ 状態監視・モニタリング





臨界管理(デブリ取り出し作業時の未臨界維持)

段階的取り出し時の臨界管理方法

(参考)大規模取り出し時の臨界管理方法

青字は、大規模取り出し時 から追加されるもの



* 吸収材(溶解性/非溶解性)はオプション

臨界管理(デブリ取り出し作業時の未臨界維持)

デブリ取り出し作業時の未臨界度確認シナリオ例

- ✓ 円柱状燃料デブリなどの燃料デブリ切削時における臨界安全を確保するため、予測監視と常時監視の組合せによる中 性子監視の方法を検討。感度要求を予測監視3cps/nv,常時監視1cps/nvに設定した。
- ✓ 常時監視向けの小型SiC半導体型検出器による中性子モニタを検討した。直径30mm×長さ300mmで感度 1cps/nvを達成できる見通しを得た。



【今後の計画】

燃料デブリ切削中に中性子束の変化量を計測

✓ 次年度も引き続き、関連PJの進捗や現地の状況を反映しながらシナリオを更新する。



動的バウンダリによる 発生した放射性ダストの閉じ込め



負圧勾配システムの検討



気相バウンダリ再構築



デブリ取出し/機器搬入・デブリ搬出経路



収納·移送·保管技術

収納缶の設計 ⇒1F固有の課題に対処

- 燃焼度と濃縮度が高い→反応度高
- コンクリートとの溶融生成物→コンクリート中の水分の放射線分解による水素発生
- 海水注入、計装ケーブル他との溶融→塩分の影響、不純物の混入

移送方法(気中-横アクセス工法の場合:例)



41

End of presentation