

燃料デブリ取出しの代替工法に関する概念検討事業

<(公財)原子力バックエンド推進センター、(一財)日本クリーン環境推進機構、木村化工機(株)>

目的と目標

福島第一原子力発電所の原子炉容器内及び格納容器内(ペDESTAL床等)に滞留している燃料デブリを取り出す工法として、冠水工法が行えない場合の代替工法である真空中で燃料デブリを取り出す工法の検討が求められている。

本補助事業においては、「燃料デブリ取出し装置による遮へい材充填・真空中での燃料デブリ取出し工法」に関して概念検討を行い、取出しシナリオと手順(工法)及び取出し装置等の概念を構築することを目的として実施した。

事業の概要と特長

本事業での代替工法では、真空中にて原子炉上部からアクセスし、燃料デブリ等の放射線源の形状と線量に応じて柔軟に遮蔽できる遮蔽材(鋼球)を用いて放射線を遮蔽しつつ、原子炉圧力容器内及びペDESTAL部にある燃料デブリ及び炉内構造物を取り出す方法の特徴とする工法である。本概念検討事業では、以下の項目の検討を行った。

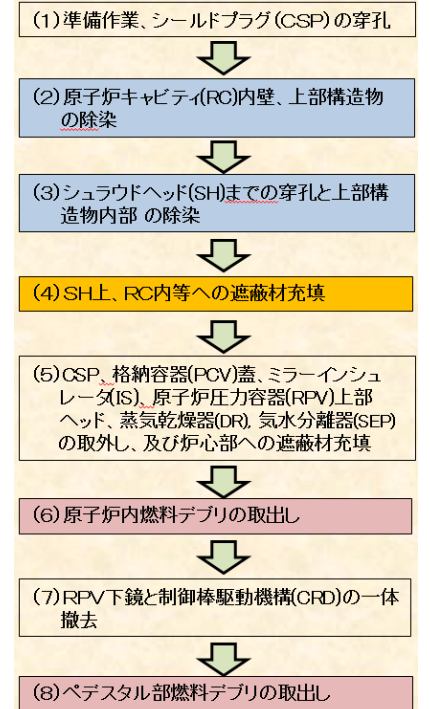
- 燃料デブリ取出しシナリオと手順
- 燃料デブリ取出し装置・設備の検討
- 安全上の考慮事項の検討(放射線遮蔽、臨界安全性、デブリ冷却性、耐震性等)
- 開発課題と開発計画の検討

得られた成果

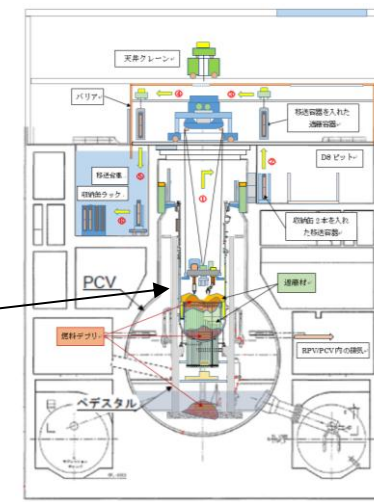
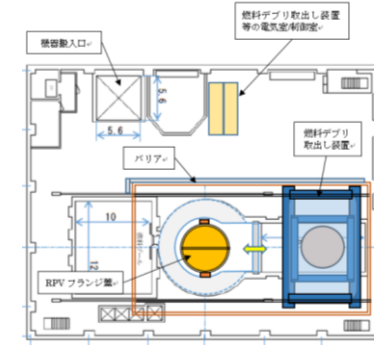
本事業を実施した結果を纏めると、以下の通りである。

- 真空中での燃料デブリ取出し代替工法として、炉上部オペフロからアクセスして燃料デブリを取り出すシナリオと手順を検討した。基本シナリオとその手順は、上部構造物の撤去⇒原子炉内燃料デブリ取出し⇒原子炉容器下鏡と制御棒駆動機構(CRD)の一体撤去⇒ペDESTAL部燃料デブリ取出しまでの一連の取出し作業を、鋼球遮蔽材により放射線を遮蔽しつつ、ステップ・バイ・ステップで行う方法とした。燃料デブリ取出しの基本シナリオを右図に示す。
- 検討したシナリオに対応した、遮蔽材充填装置、燃料デブリ取出し装置等の装置及びデブリ冷却浄化設備等の関連設備について検討し、概念構造、システム構成を纏めた。
- 燃料デブリ取出しに係る安全上の考慮事項の検討として、燃料デブリ取出し時のオペフロでの放射線量率の評価を行った結果、燃料デブリの放射線よりシールドプラグ、格納容器蓋、原子炉キャビティ等の上部構造物に付着したセシウム(Cs-137)からの放射線の寄与が大きいことから、オペフロでの放射線量率を低減するには、遮蔽材による遮蔽に加えて上部構造物のCs除染が必要である。
- 遮蔽材を使用する場合の臨界安全性、デブリ冷却性については、適切な未臨界監視、冷却水供給・浄化等を行うことで燃料デブリ取出しが可能である。
- 本代替工法に必要な装置、技術に関する開発課題を抽出し、実機適用のための開発計画と工程等を示した。

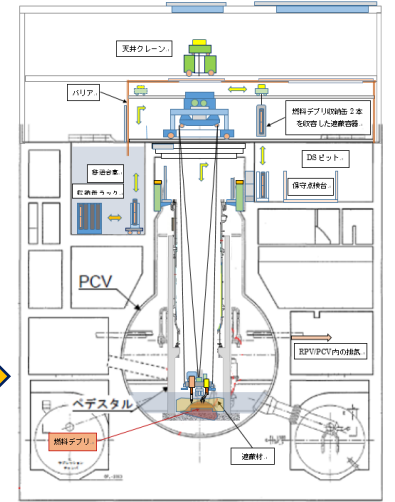
今後、本代替工法の実機適用のための詳細検討・成立性評価を進めるには、福島第一原子力発電所のより詳細なプラント情報(原子炉構造等の設計データ、各号機の実際の状態、燃料デブリの状況)に基づき、更なる検討を行う必要がある。



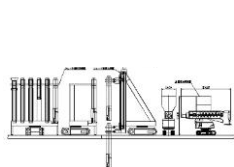
燃料デブリ取出しの基本シナリオ



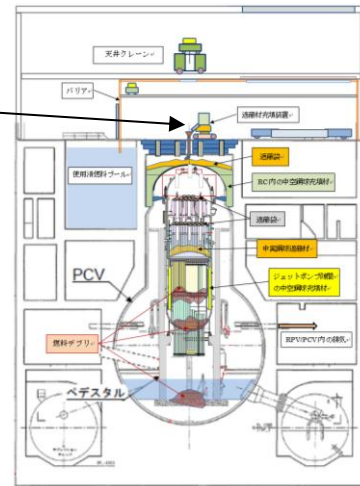
原子炉内部の燃料デブリ取出し



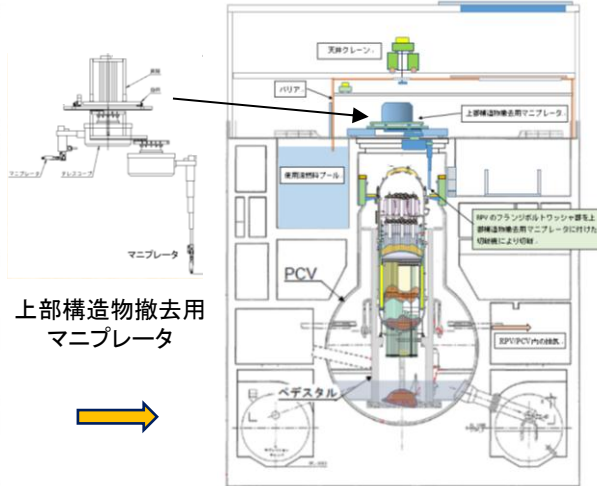
ペDESTAL部の燃料デブリ取出し



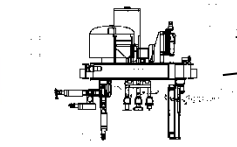
遮蔽材充填装置



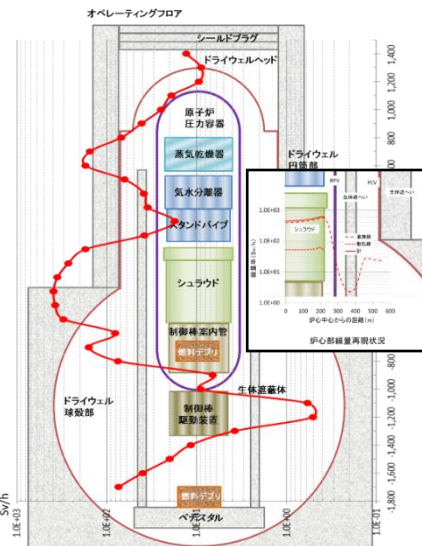
原子炉キャビティと原子炉内への遮蔽材の充填



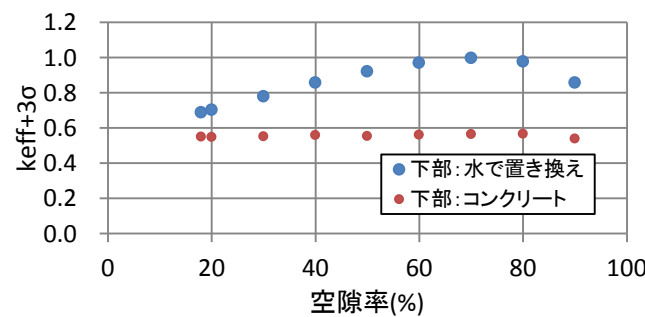
原子炉圧力容器上蓋の取外し



燃料デブリ取出し装置(マニプレータ装置)



原子炉内と周辺の放射線量率の評価



ペDESTAL部燃料デブリの未臨界度の評価

- CRD: 制御棒駆動機構
- CSP: コンクリートシールドプラグ
- DR: 蒸気乾燥器
- DSP: DSビット
- IS: ミラーインシュレータ
- PCV: 格納容器
- RC: 原子炉キャビティ
- RPV: 原子炉圧力容器
- SEP: 気水分離器
- SH: シュラウドヘッド
- SFP: 使用済燃料プール

今後に向けた課題

1. 主な技術課題
 - (1) 遮蔽材としての鋼球の性能評価: 遮蔽性、臨界性、冷却性、への影響、取扱方法(充填、回収、デブリ等の切削時の取扱)
 - (2) 燃料デブリ取出し装置の機構、機能、保守、デブリの切削方法
 - (3) 格納容器蓋、原子炉圧力容器上部ヘッド等の大型重量高汚染構造物の撤去(切断、運搬、除染、保管)
 - (4) 燃料デブリ取出し装置等の特有設備の開発、機能・耐久性・取扱性の実証
2. 開発の進め方

要素技術開発⇒試作・開発試験(機能、耐久性、取扱性)⇒総合的モックアップ試験(実環境に近い環境での機能、取扱性、耐久性等)