

令和3年度開始「廃炉・汚染水対策事業費補助金」  
「燃料デブリの取り出し工法の開発」

2021年度実施分成果

2022年9月

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構(IRID)

# 目次

1. 「燃料デブリの取り出し工法の開発」の目的と目標
2. 本事業に関わる2019～20年度実施事業の実績
3. 本事業の概要
4. 本事業の実施スケジュール
5. 本事業の実施体制
6. 本事業の実施内容
  - 1)横取り出し工法の開発
  - 2)上取り出し工法の開発
7. まとめ
8. 実施目的を達成するための具体的目標

## 【燃料デブリの取り出し工法の開発の目的】

東京電力ホールディングス(株)福島第一原子力発電所(1F)では、核燃料が炉内構造物とともに溶融し、燃料デブリとして原子炉圧力容器(RPV)内及び原子炉格納容器(PCV)内に存在していると考えられる。

RPV及びPCV内部の燃料デブリは、現在未臨界状態にあると考えられるが、事故によって原子炉建屋(R/B)、RPV、PCV等が損傷している等、プラント自体が当初設計とは異なる不安定な状態に置かれているため、燃料デブリを取り出して燃料デブリの未臨界状態を維持し、放射性物質の拡散を防止して安定な状態にする必要がある。

上記の背景のもと、本事業は、「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止措置等に向けた中長期ロードマップ」(以降、中長期ロードマップ)に基づき、東京電力ホールディングス(株)(東京電力)が実施するエンジニアリングやプロジェクト管理と連携しながら、更なる規模を拡大した燃料デブリ取り出し作業を実現することを目標に検討を実施する。本事業での開発成果は、東京電力が行うエンジニアリングに活用する。

本事業は、1Fの廃炉・汚染水対策に資する技術の開発を支援する事業を、中長期ロードマップ及び「2021年度廃炉研究開発計画」(廃炉・汚染水対策チーム会合/事務局会議(第86回))に基づき行うことで、1Fの廃炉・汚染水対策を円滑に進めるとともに、我が国の科学技術の水準の向上を図ることを目的とする。

「燃料デブリの取り出し工法の開発」においては、燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて必要な機器・装置及びシステムに関わる技術やスループット確保のための取り出し作業エリアの確保について、これまでに得られた研究開発成果に基づき、必要となる要素技術開発及び試験を実施する。

## 【開発全体の目標】

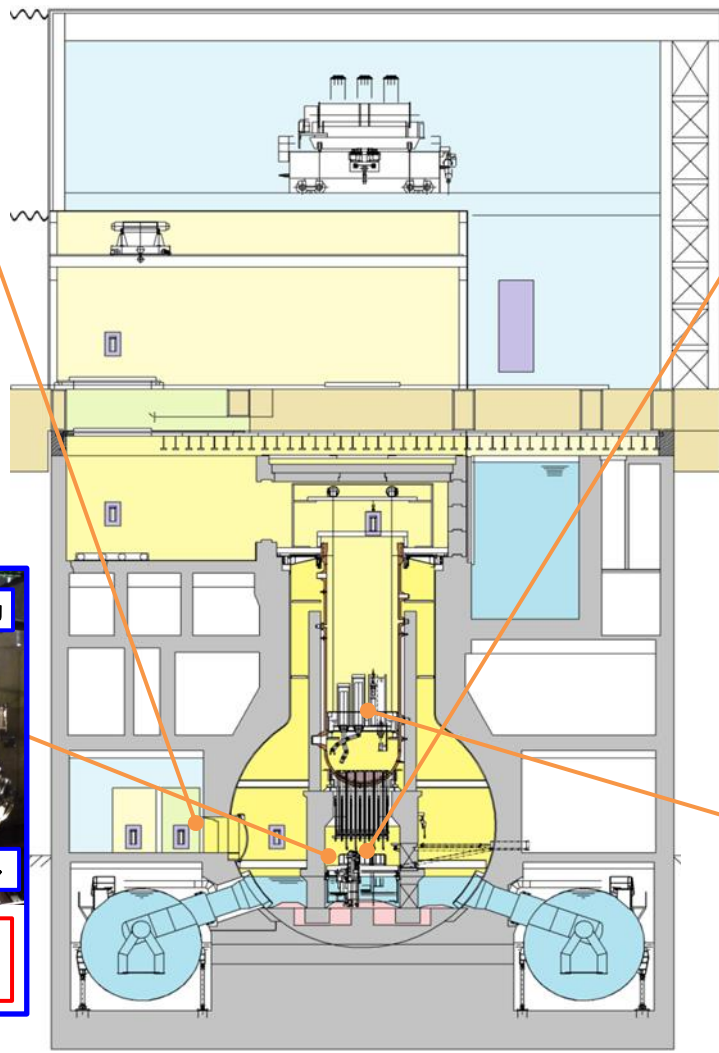
中長期ロードマップに基づき、更なる規模を拡大した燃料デブリ取り出し作業を実現することを目標に検討を実施する。

## 【実施期間】2021年4月～2023年3月(2ヶ年)

## 2. 本事業に関わる2019～20年度実施事業の実績

本事業に係る燃料デブリ取り出し工法の実績を以下に整理した。

(1)～(5)について、次ページ以降に詳細を示す。



**(2) アクセストンネル**

溶接口ポット  
溶接ヘッド  
溶接口ポット  
架台  
機器ハッチ部分機體  
架台

実績: アクセストンネル設置(溶接)技術の開発

**(1) セル設置に関わるアクセスルート構築**  
**(4) アクセス装置**

干渉物  
双腕マニピュレータ  
実績: 遠隔操作支援手法の開発

実績: セル設置に関わるアクセスルート構築技術の開発

**(3) アクセストンネルを用いる横アクセス工法**

CRD開口  
干渉物撤去装置  
干渉物  
加工ツール  
加工ツール

実績: 横アクセス工法の燃料デブリ取り出し装置による干渉物撤去方法

**(5) 上アクセス工法**

2次バウンダリ  
増設壁  
二重壁  
輸送専用容器  
取り出し装置  
増設壁  
輸送台車  
接続スリーブ  
輸送通路

実績: 干渉物および炉底部の撤去技術開発

## 2. 本事業に関わる2019～20年度実施事業の実績

No.4

### (1)セル設置に関わるアクセスルート構築

#### 【セル設置に関わるアクセスルート構築の概要】

- セルにてバウンダリを確保し、ロボットアームでPCV側面からアクセスすることにより、燃料デブリを回収する。
- ペDESTAL開口部へのアクセス性を考慮し、直線的な最短距離でのルートにてロボットアームを搬入して、燃料デブリにアクセスする。
- セルは重量物であり、R/B床面荷重の低減を図り設置する。

#### 【20年度までの実施内容】

##### ①アクセス装置

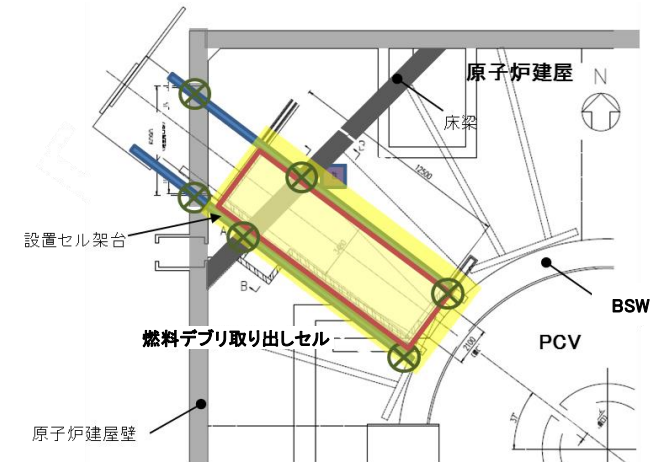
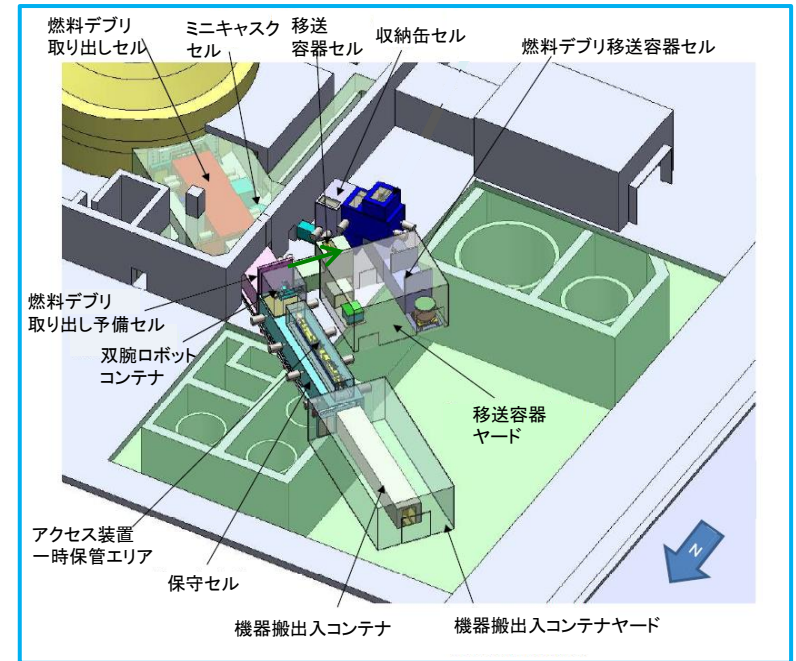
- アクセス装置は、アクセスレール方式から固定レール方式へ変更し、必要高さスペースの低減化等を図り、概念検討を完了した。

##### ②セル(R/B内設置の燃料デブリ取り出しセル)

- 燃料デブリ取り出しセルの機能を明確にして、セル内機器を検討し、セル構造の具体化・小型化を図った。
- 遮蔽厚の合理化を行い、燃料デブリ取り出しセルを軽量化した。
- R/B内セル設置方法について、建屋の強度部材である壁及び床梁にセル設置架台を取付けてセル重量を支える方法を検討し、R/B各所の許容荷重の観点から設置可能であることを確認した。

##### ③セル設置・据付方法の検討

- 準備工事からセル設置・据付までの成立性の見込みのあるステップ図を検討し、技術課題を抽出した。



## 2. 本事業に関わる2019～20年度実施事業の実績

### (1)セル設置に関わるアクセスルート構築

#### ■ セル設置の課題：燃料デブリ取り出し2020年度最終成果報告資料※1から本事業に関わるものを抜粋

No.	課題	概要	本事業
1	遮蔽扉及びセル間の構造 詳細化	作業員の被ばく低減のために効率的な据付方法の具体化のための遮蔽扉の分割構造及びセル間の接続部構造などを詳細化を進める。	6.1)(1)①参照
2	セルアダプタ構造の具体化	遠隔操作作業によるセルアダプタ設置工法のためのセルアダプタの構造を具体化を行う。	6.1)(1)①参照
3	遮蔽扉及びセルアダプタの搬入・据付・設置工法の具体化	遮蔽扉、セルアダプタ及びセルの詳細化された構造を基に、搬入・据付・設置ステップの詳細化を図り、遠隔設置方法の要素試験を計画・実施し、実現性を確認する。	6.1)(1)①参照
4	セル設置・据付基準のマーキング手法の確立	ペDESTAL開口部やX-6ペネ等からセル設置・据付に必要な基準線を設定するための事前計測およびマーキング手法を確立する。	6.1)(1)①参照

※1：「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けた技術開発」2020年度最終成果報告資料(2021年3月)

## 2. 本事業に関わる2019～20年度実施事業の実績

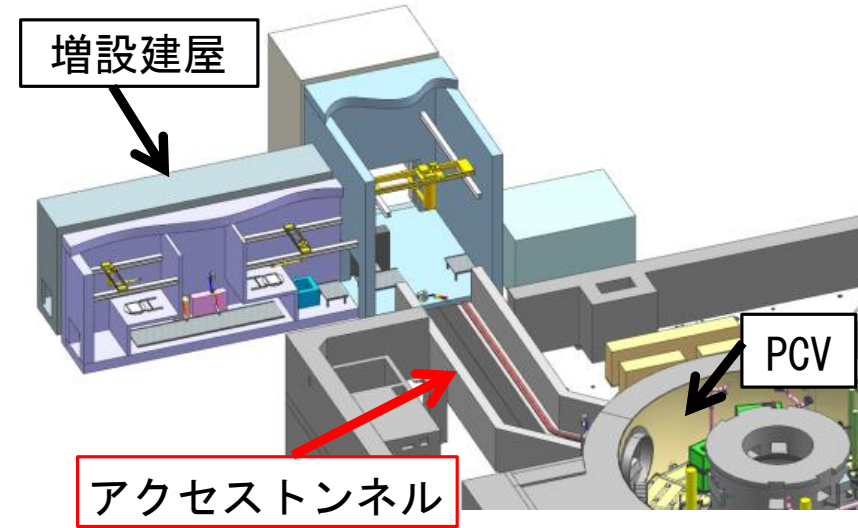
### (2) アクセストンネル

#### 【アクセストンネルの概要】

- R/B外の増設建屋とPCVを遮蔽機能を持ったアクセストンネルで接続し、搬出入ルートを構築する。
- 1階床荷重制限を守るため、アクセストンネルの荷重はR/B外壁と生体遮蔽壁(BSW、Biological Shield Wall)で受ける。
- 作業員の被ばく低減のため、R/B外で組立を行い、遠隔で挿入して設定する。

#### 【20年度までの実施内容】

- 遠隔作業を考慮した機器ハッチ前遮蔽体取り外しからアクセストンネルのPCV接続までの作業手順を立案し、非遠隔作業について被ばく線量の試算を実施した。
- PCVとスリーブ、スリーブとアクセストンネルの取り合い構造を検討し、PCV(機器ハッチ)とスリーブの溶接接続に関する要素試験を実施し、ギャップ20mmの溶接においても溶接可能なことを確認した。



アクセストンネルの概要

#### 条件出し試験

ギャップ

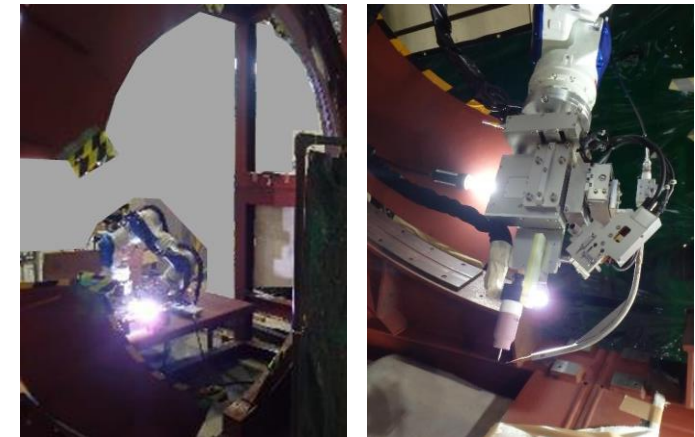
平板(t=12)      平板(t=90)

- ✓ 積層方法
- ✓ 溶接姿勢
- ✓ 溶接入熱
- ✓ 溶接ギャップ

#### 要素試験

- ✓ 溶接ギャップ (実機に近い設備)

実施済み



<アーク出し中>

<溶接機>

溶接試験の様子

## 2. 本事業に関わる2019～20年度実施事業の実績

No.7

### (2) アクセストンネル

#### ■ アクセストンネル全体の課題: 燃料デブリ取り出し2020年度最終成果報告資料※1から本事業に関わるものを抜粋

No.	課題	概要	本事業
1	アクセストンネルスリーブの設置精度	アクセストンネルスリーブはPCV機器ハッチシェルに溶接にて接続する。ギャップ20mmにおいても溶接が出来ることは確認できたが、現場施工性、溶接時の熱収縮の影響、品質を考慮するとギャップを可能な限り小さくすることが必要である。	6.1)(1)②参照
2	アクセストンネル本体送り出し重量の低減による送り出し設備の小規模化および設置工程の短縮	アクセストンネル本体の送り出し重量は約430ton、バランスウェイトを含めると1000tonを超える。そのため、送り出し設備およびR/B外の整備が大規模であり、増設建屋建設工事などR/B周辺整備を開始できないなど課題がある。	6.1)(1)③参照
3	シールドブロック(1号機)およびBSWのブロックアウト(2、3号機)	(1号機)既設シールドプラグを引き抜いた後、アクセストンネル本体と干渉するため撤去が必要。 (2、3号機)BSWをブロックアウト	6.1)(1)④参照

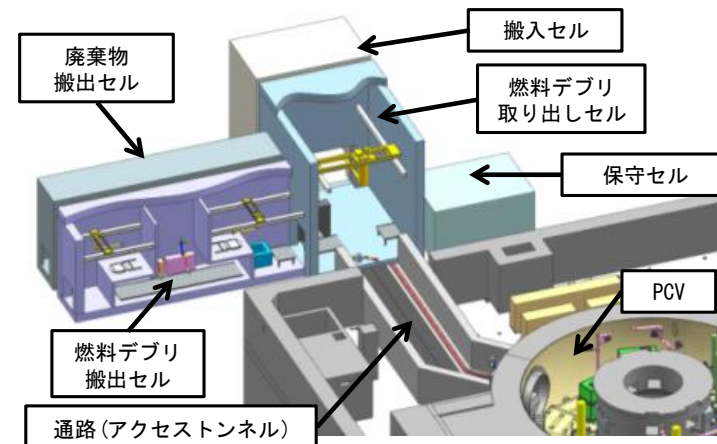
※1:「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けた技術開発」2020年度最終成果報告資料(2021年3月)

## 2. 本事業に関わる2019～20年度実施事業の実績

### (3) アクセストンネルを用いる横アクセス工法

#### 【アクセストンネルを用いる横アクセス工法の概要】

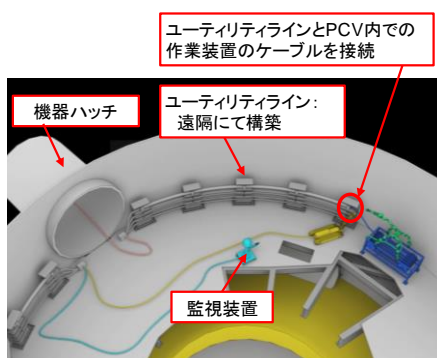
- ✓ PCVと増設建屋を通路(アクセストンネル)で接続。アクセストンネルは、R/B外から遠隔にて送り出すことで敷設する。
- ✓ 複数の遠隔作業装置を使用し、PCV内での干渉物撤去作業、燃料デブリ取り出し作業を実施。必要に応じ、PCV内で装置の組み立てを実施。
- ✓ 号機、ペDESTルの内外を問わない方法。



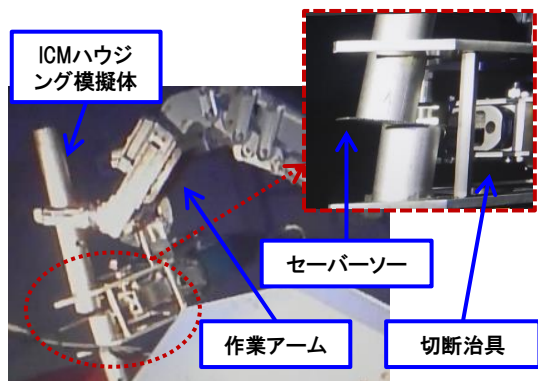
PCVと増設建屋の接続イメージ

#### 【20年度までの実施内容】

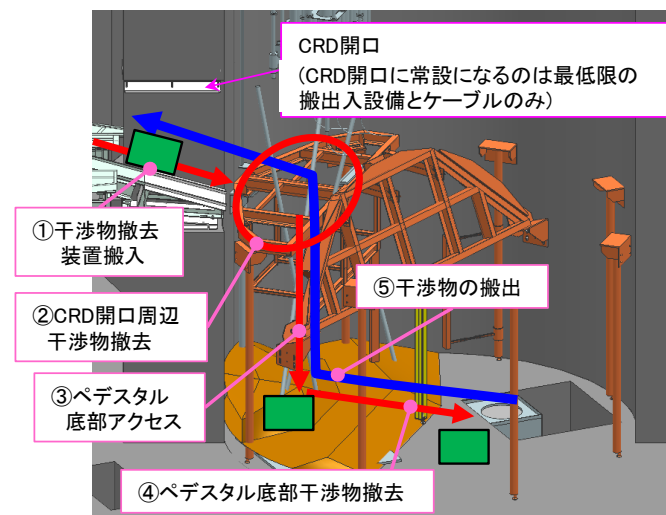
- ✓ 共用ユーティリティの構築作業(スタンドの組み立て、ユーティリティラインの接続)の実現性を確認。
- ✓ 遠隔操作により落下ICM(炉内核計装)ハウジングのような比較的小型の干渉物の撤去ができる見通しを得た。
- ✓ 複数台装置により、ケーブル処理作業や燃料デブリの加工作業を並行して行うことが可能な見通しを得た。



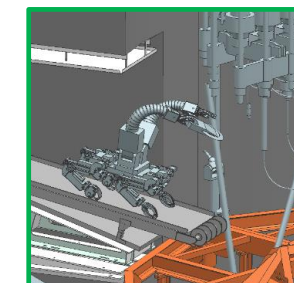
ユーティリティライン構築イメージ



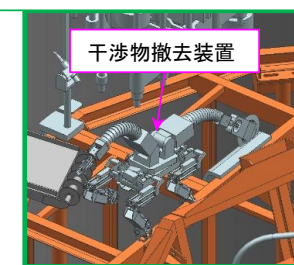
ICMハウジング模擬体の切断



ペDESTル内作業イメージ



CRD開口周辺干渉物撤去イメージ



干渉物撤去装置

## 2. 本事業に関わる2019～20年度実施事業の実績

No.9

### (3) アクセストンネルを用いる横アクセス工法

#### ■ 横アクセス工法の課題: 燃料デブリ取り出し2020年度最終成果報告資料※1から本事業に関わるものを抜粋

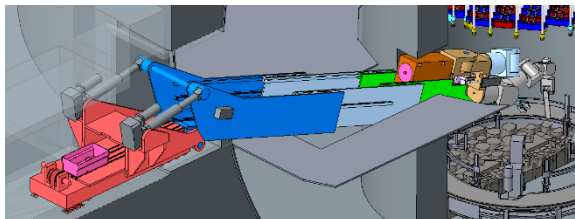
No.	課題	概要	本事業
1	大型干渉物の撤去方法	CRD交換装置のように大型で燃料デブリ取り出し作業に大きな障害となるような干渉物を遠隔で撤去する方法を検討する。	6.1(2)①～③参照

※1:「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けた技術開発」2020年度最終成果報告資料(2021年3月)

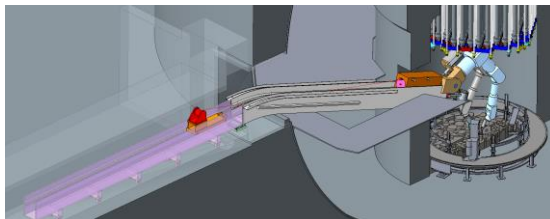
### (4) アクセス装置

#### 【アクセス装置の概要】

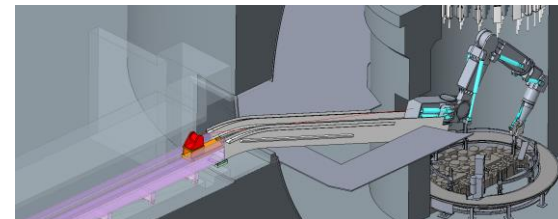
- PCV内のペDESTAL開口部に向けて直線的にアクセス装置を搬入して、アクセスルート上の干渉物及びペDESTAL内の燃料デブリを加工・回収する。



テレスコ式干渉物撤去装置  
(双腕電動アーム)



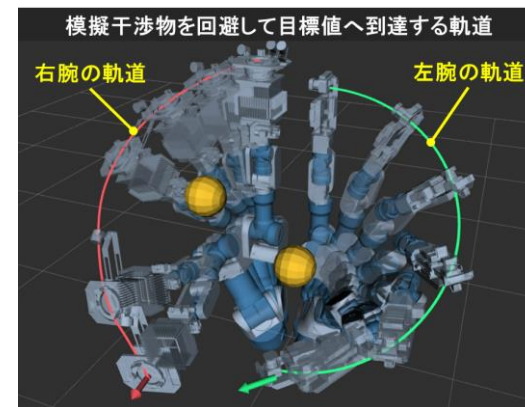
固定レール式双腕電動アーム



固定レール式液圧アーム

#### 【20年度までの実施内容】

- 干渉物、燃料デブリへのアクセス装置の以下概念検討が完了した。
  - 固定レール、テレスコ式案内装置の概念、構造、据付方法。
  - 双腕電動アームの概念、構造、搬入方法、非常脱出方法。
  - 液圧アームの固定レールへの適用方法。
- アクセス装置高さは、3mから2.2mに低減を図った。
- アクセス装置荷重によるペDESTALCRD開口の健全性に問題ないことを確認した。
- 干渉物、燃料デブリ取り出し手順をブラッシュアップして具体化を図り、技術課題抽出と対応方針検討を実施した。
- 作業効率化のための遠隔操作支援手法の検討を行った。



遠隔操作支援手法による軌道生成

## 2. 本事業に関わる2019～20年度実施事業の実績

### (4) アクセス装置

#### ■ アクセス装置の課題:燃料デブリ取り出し2020年度最終成果報告資料※1から本事業に関わるものを抜粋

No.	課題	概要	本事業
1	先端ツールの概念検討	想定される干渉物、燃料デブリに対し、ある前提条件のもととなるが、切断方法や先端ツール概念を検討し、スループットを含め、全体的な作業を見通すことが必要である。	6.1)(3)①参照
2	ズレへの対応	マニピュレータの遠隔操作支援において、3Dモデルと現場の実物との違いや、ロボットの設置誤差によるズレに対応することが必要である。	6.1)(3)①参照
3	施工動作における遠隔操作支援の確立	切断・把持・回収などの施工動作において、遠隔操作支援を確立することが必要である。	6.1)(3)①参照

※1:「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けた技術開発」2020年度最終成果報告資料(2021年3月)

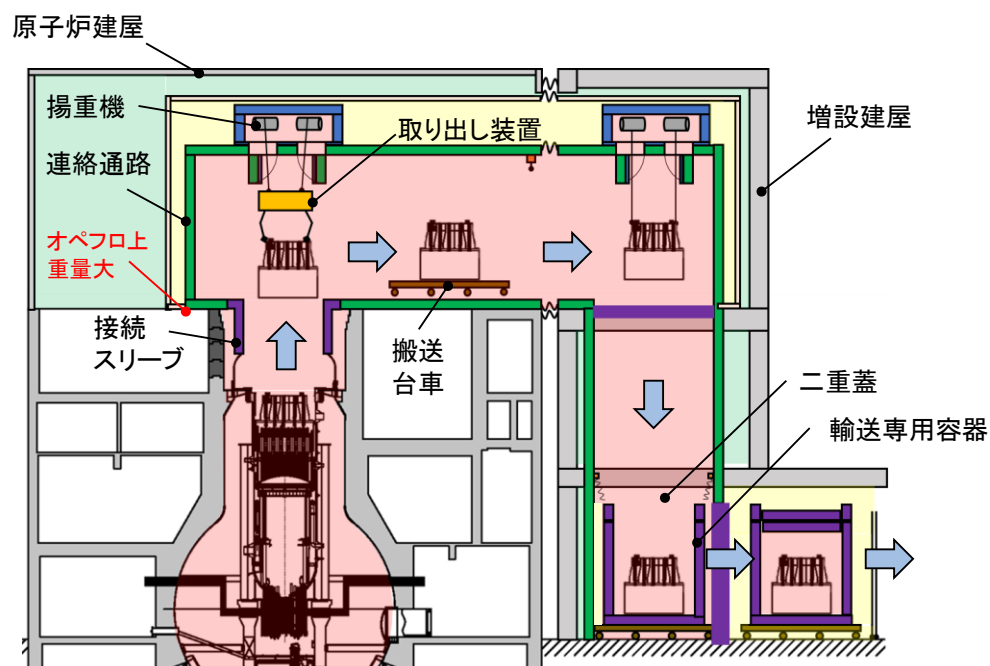
### (5) 上アクセス工法

#### 【新規上アクセス工法(構造物一体撤去・搬出)の概念】

- ✓ 構造物単位で一体で搬出。
- ✓ 炉心部は複数単位に分割、炉底部は下鏡を一体でRPVから切り離しを実施。
- ✓ 搬出対象物の遮蔽・気密は構造物輸送用の輸送専用容器、アクセスルートまたはそれらの組合せにて対応。
- ✓ 取り出した構造物の細断、保管用容器への収納はR/Bから離れた建屋にて実施。

#### 【20年度までの実施内容】

- ✓ シールドプラグ撤去から原子炉底部まで各干渉物の取り出し方針・撤去方法を整理し、工法ステップ案を作成。
- ✓ オペフロ上部遮蔽重量の軽減策、揚重機や運搬手段について実現可能性があることを示し、大型輸送用容器の寸法や遮蔽重量などの仕様を作成。
- ✓ 狭隘でアクセス性が悪く、落下防止対策など作業手順が複雑な原子炉底部を対象とした要素試験を実施し、試験結果から得られた所用時間をスループットの試算に反映。



一体搬出工法イメージ図

## 2. 本事業に関わる2019～20年度実施事業の実績

### (5) 上アクセス工法

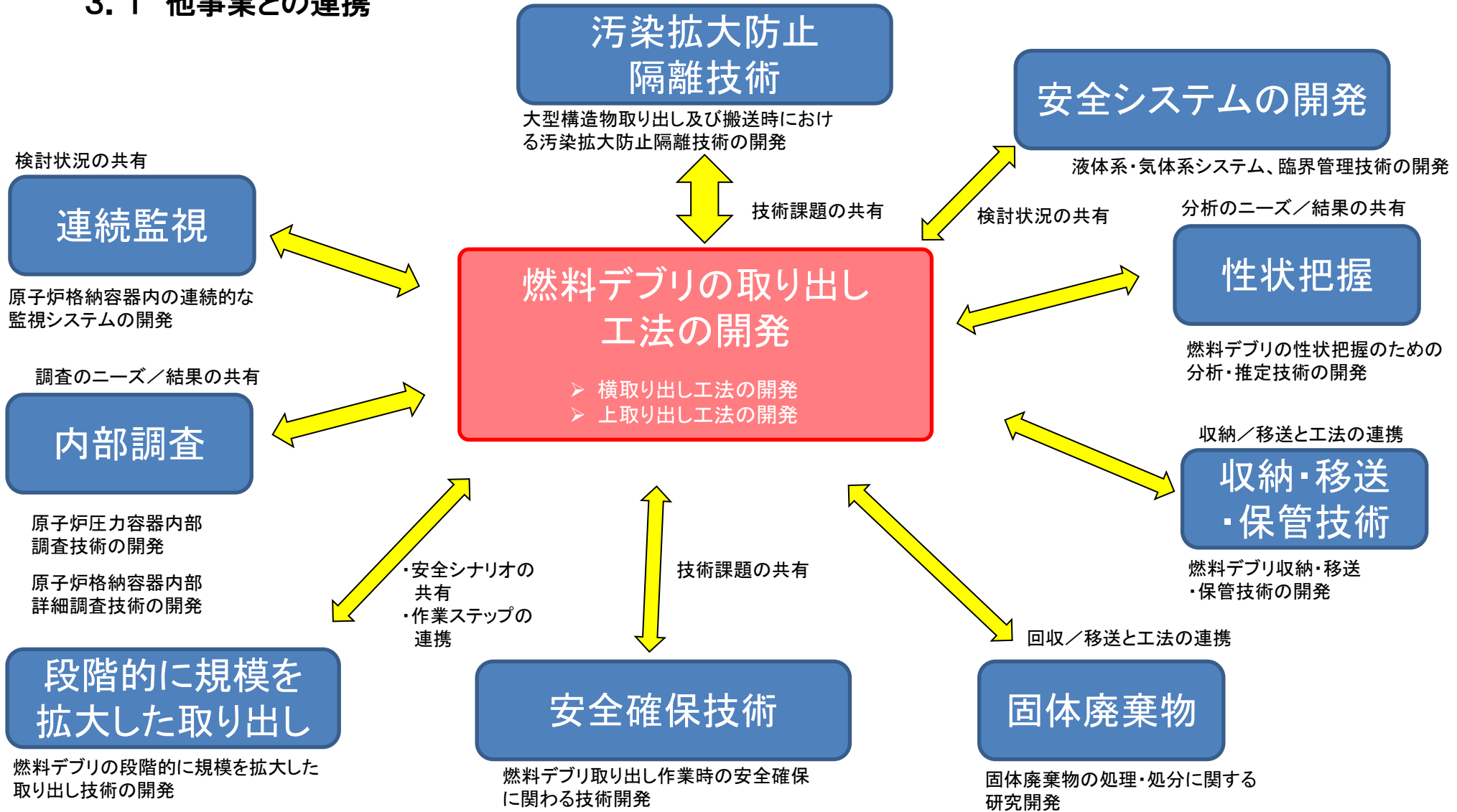
#### ■ 上アクセス工法の課題：燃料デブリ取り出し2020年度最終成果報告資料※1から本事業に関わるものを抜粋

No.	課題	概要	本事業
1	炉底部以外の切断方法	概念検討では、シュラウドを上下に分割して取り出す作業ステップとした。シュラウドを含め、炉内構造物を切断する方法について再度検討し、切断方法の具体化検討を進める。	6.2)(1)①参照
2	大型搬出容器の具体化	構造物を新設建屋まで搬出する際の大型搬出容器(輸送専用容器)について概念検討を実施した。今後、大型搬出容器の構造について具体化し、製作性等も含めた構造成立性の検討を進める。	6.2)(1)②参照
3	搬送装置の具体化	概念検討では、大型容器に直接収納できない構造物は増設建屋で切断する作業ステップとした。また、線量率の高い構造物には局所遮蔽を組み合わせる。そのため、取り出した構造物を搬送する手段の具体化検討と、増設建屋側での作業性に合わせた作業ステップの見直し検討を進める。	6.2)(1)③参照

※1:「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けた技術開発」2020年度最終成果報告資料(2021年3月)

### 3. 本事業の概要

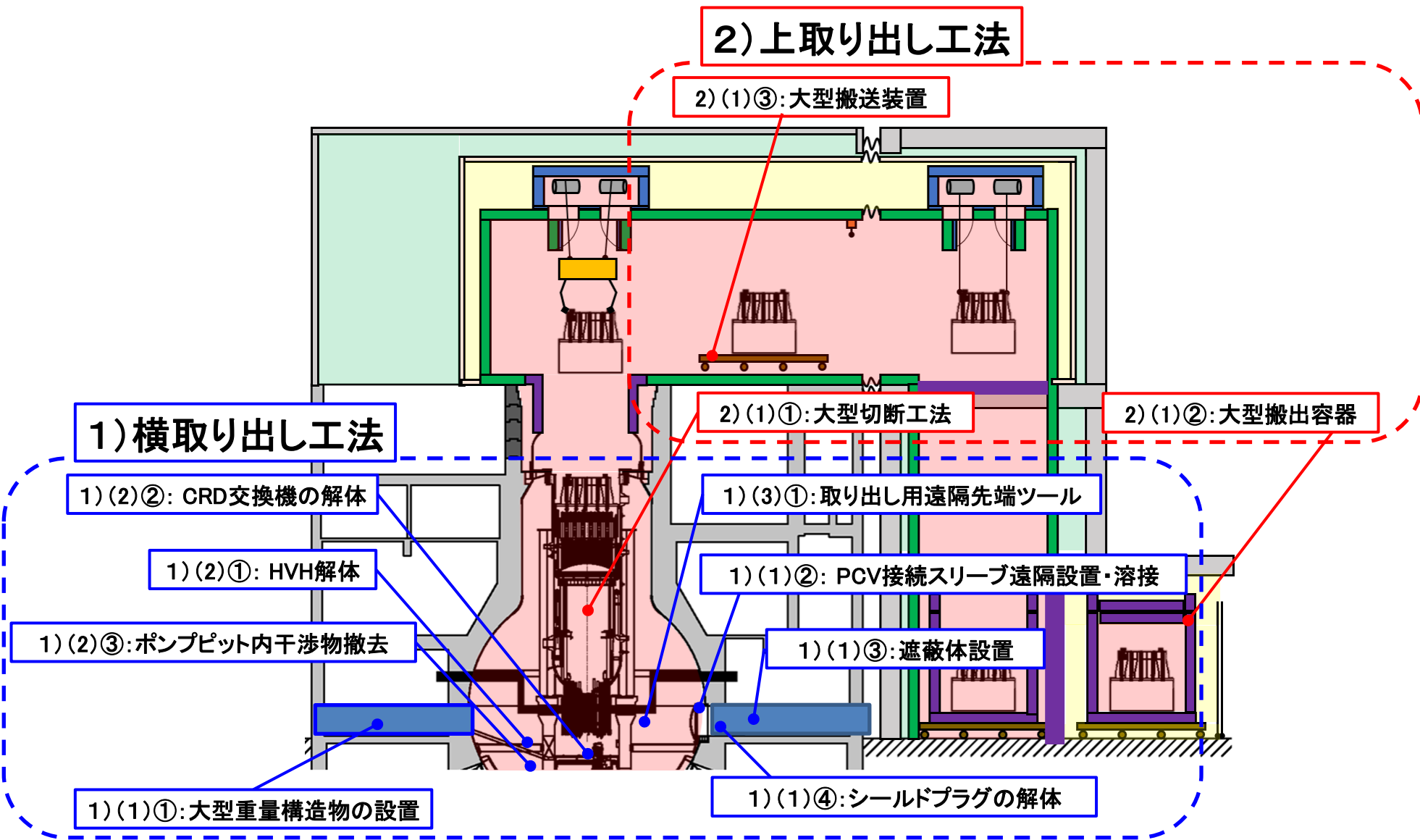
#### 3.1 他事業との連携



本事業では上記事業と連携し、必要に応じて合同会議を実施。

# 3. 本事業の概要

## 3.2 公募の開発項目と実施方針



## 3. 本事業の概要

### 3.2 公募の開発項目と実施方針

公募の開発項目	実施方針	参照
1) 横取り出し工法の開発 (1) アクセス用設備の設置工法の開発	<p>① 大型重量構造物の設置            前提条件、要求仕様を明確にし、R/B内に設置するセル構造やアクセス用設備の構造の詳細化及び設置する工法の検討を実施し、模擬試験体等による要素試験によって、手順、設置精度、工法全体の効率を含めた工法の現場適用を踏まえた実現性を確認する。</p> <p>② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接            PCVに接続するスリーブ等の遠隔設置における要求事項を整理し、遠隔設置方法、機器・装置、手順について検討を行い、模擬試験体による要素試験を実施して精度評価など要求事項の実現性の確認を行う。また、接続部の閉じ込め技術としてスリーブ等の溶接、検査、保守における要求事項を整理し、一連の溶接手順、検査、保守を遠隔で実施する方法の検討を行い、模擬試験体による検証試験を実施して、溶接施工性・実現性を確認する。</p> <p>③ 遮蔽体設置            R/B内への搬送に要する付帯設備、R/B等の床荷重負担軽減化として、アクセストンネル遮蔽体の構造、搬送・設置方法の合理化の検討、開発を行う。</p> <p>④ シールドプラグの解体            大型でコンクリート等の重量物である既設の機器ハッチ前のシールドプラグ等(シールドプラグ、ブロックアウト)の撤去を行う必要があるため、狭隘部における効率的で安全な解体に関する技術の検討、開発を行う。</p>	<p>No.25～86</p> <p>No.87～122</p> <p>No.123～140</p> <p>No.141～161</p>
(2) 解体・撤去技術の開発	<p>① HVH解体            HVHの解体、撤去の要求事項の検討、整理を行った上で、これまでに開発してきた遠隔解体機器、装置による解体・撤去について、限られたエリアでの遠隔作業を考慮した模擬試験体による要素試験を計画、実施し、具体的な切断/回収方法について実現性を確認する。</p> <p>② CRD交換機の解体            CRD交換機の解体、撤去について、要求事項を検討、整理した上で、限られたエリアでの遠隔作業を考慮した模擬試験体による要素試験を計画、実施し、具体的な切断/回収方法について実現性を確認する。</p>	<p>No.162～202</p> <p>No.203～253</p>

## 3. 本事業の概要

### 3.2 公募の開発項目と実施方針

公募の開発項目	実施方針	参照
1) 横取り出し工法の開発 (2) 解体・撤去技術の開発	③ ポンプピット内干渉物撤去 ピット内面とポンプの隙間は小さく、治具等のアクセスが難しいため、カメラ映像で対象物の状況を確認し切断等を行い搬出する方法の詳細検討および要素試験による実現性の確認を実施する。	<a href="#">No.254～276</a>
(3) 取り出し工法の高度化開発	① 取り出し用遠隔先端ツール 先端ツール・操作システムの検討及び要素試験等により、PCV内構造物の撤去や燃料デブリの加工及びユニット缶への回収手順、各先端ツールの操作性、効率等を検証し、一連の作業成立性の確認を行う。また、作業手順の実績データを取得、整理し、スループット評価用データを取得する。	<a href="#">No.277～331</a>
2) 上取り出し工法の開発 (1) 大型構造物の取り出しコンセプト 実現に向けた技術開発	① 大型切断工法 金属である炉内構造物とセラミック系の燃料デブリを考慮し、切断して切り離す方法の検討を行い、模擬試験体による要素試験を実施する。また、PCVヘッドなどを含む切断後の構造物を大型搬送装置に搭載するまでの搬出方法について検討し現場適用性を評価する。	<a href="#">No.334～379</a>
	② 大型搬出容器 大型搬出容器への構造物収納方法を含む搬出システムの概念構築、及び蓋部を含む大型搬出容器全体の気密・遮蔽構造、製作手順等に関する詳細検討を実施する。また、大型搬出容器は再使用可能とすることを前提とし内部は除染が容易な構造とする。その上で実規模の搬出容器を試作し、要素試験によって性能検証を行い、成立性の確認と現場適用の課題抽出を実施する。	<a href="#">No.380～404</a>
	③ 大型搬送装置 大型搬送装置の前提条件と必要開発項目について検討整理し、気密ゲートへの適応性など汚染した大型重量構造物を確実に搬送する方法について調査検討を実施し、駆動機構を含む搬送装置の構造検討及び要素試験によって、大型搬送装置の現場適用性に関する評価と課題整理を行う。	<a href="#">No.405～423</a>

## 3. 本事業の概要

### 3.3 本プロジェクトを進めるうえでの留意事項

本事業における計画を遂行するにあたり、留意事項について以下に記載する。

#### 【留意事項】

検討に際し、以下について遠隔で扱う装置の取り扱い性、保守方法を考慮した開発を行う。

- ・高線量エリアに設置することから、遠隔での保守が原則となる。
- ・装置の汚染と必要な除染に配慮する必要がある。
- ・保守を行うための作業エリアが限られる。
- ・保守作業によって発生する廃棄物を極力抑える必要がある。
- ・臨界監視装置の設置、取り扱いに配慮する必要がある。

# 4. 本事業の実施スケジュール

【凡例】  
— : 計画  
— : 見直し  
— : 実績

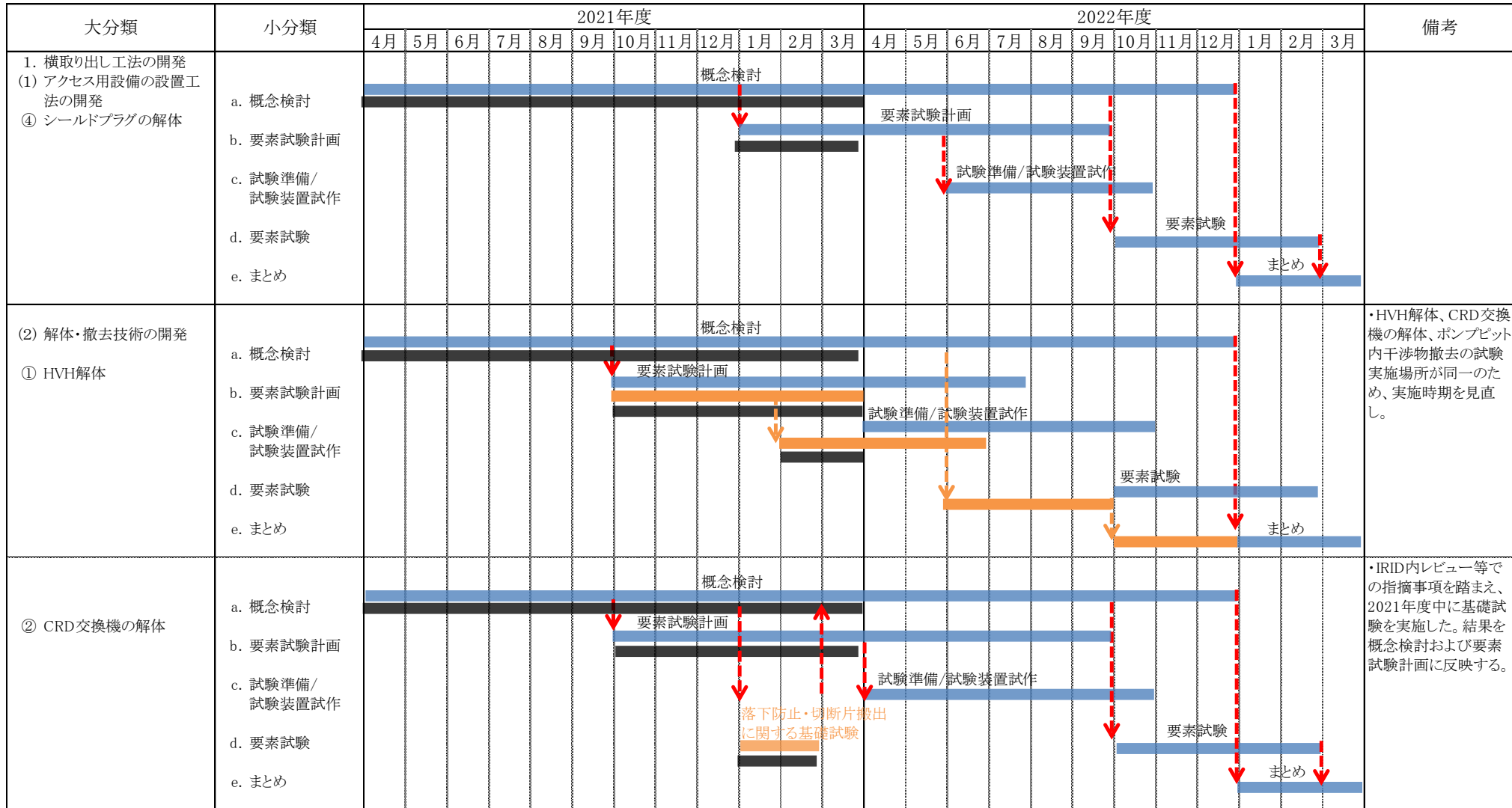
燃料デブリ取り出し工法の開発 実施スケジュール(1/4)

大分類	小分類	2021年度												2022年度												備考
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
1. 横取り出し工法の開発 (1) アクセス用設備の設置工法の開発 ① 大型重量構造物の設置	a. アクセス用設備の構造詳細検討	アクセス用設備の構造詳細検討																								
	b. アクセス用設備の据付ステップ詳細化検討	アクセス用設備の据付ステップ詳細化検討																								
	c. 据付手順の要素試験検証	据付手順の要素試験検証																								
	d. 燃料デブリ取り出し設備のセル内作業の詳細化	燃料デブリ取り出し設備のセル内作業の詳細化																								報告書作成
	e. 報告書作成																									報告書作成
② PCV 接続スリーブ遠隔設置・溶接	a. 概念検討	概念検討																								
	b. 要素試験計画	要素試験計画																								
	c. 試験準備/試験装置試作	試験準備/試験装置試作																								
	d. 要素試験	要素試験																								
	e. まとめ	まとめ																								
③ 遮蔽体設置	a. 概念検討	概念検討																								
	b. 要素試験計画	要素試験計画																								
	c. 試験準備/試験装置試作	試験準備/試験装置試作																								
	d. 要素試験	要素試験																								
	e. まとめ	まとめ																								

# 4. 本事業の実施スケジュール

【凡例】  
— : 計画  
— : 見直し  
— : 実績

燃料デブリ取り出し工法の開発 実施スケジュール(2/4)



# 4. 本事業の実施スケジュール

【凡例】  
— : 計画  
— : 見直し  
— : 実績

燃料デブリ取り出し工法の開発 実施スケジュール(3/4)

大分類	小分類	2021年度												2022年度												備考
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
1. 横取り出し工法の開発 (2) 解体・撤去技術の開発  ③ ポンプビット内干渉物撤去	a. 概念検討	概念検討																								・HVH解体、CRD交換機の解体、ポンプビット内干渉物撤去の試験実施場所が同一のため、実施時期を見直し。
	b. 要素試験計画	要素試験計画																								
	c. 試験準備/試験装置試作													試験準備/試験装置試作												
	d. 要素試験													要素試験												
	e. まとめ													まとめ												
(3) 取り出し工法の高度化開発 ① 取り出し用遠隔先端ツール	a. スループット改善策の検討	スループット改善策の検討																								
	b. 先端ツール要素試験計画・準備	先端ツール要素試験計画・準備																								
	c. 要素試験(スループット評価用加工試験)													要素試験(スループット評価用加工試験)												
	d. 操作システムの検討	操作システムの検討																								
	e. 操作システムの開発・シミュレーション検証	操作システムの開発・シミュレーション検証																								
	f. 要素試験(操作システムを使った一連作業)													要素試験(操作システムを使った一連作業)												
	g. 報告書作成													報告書作成												

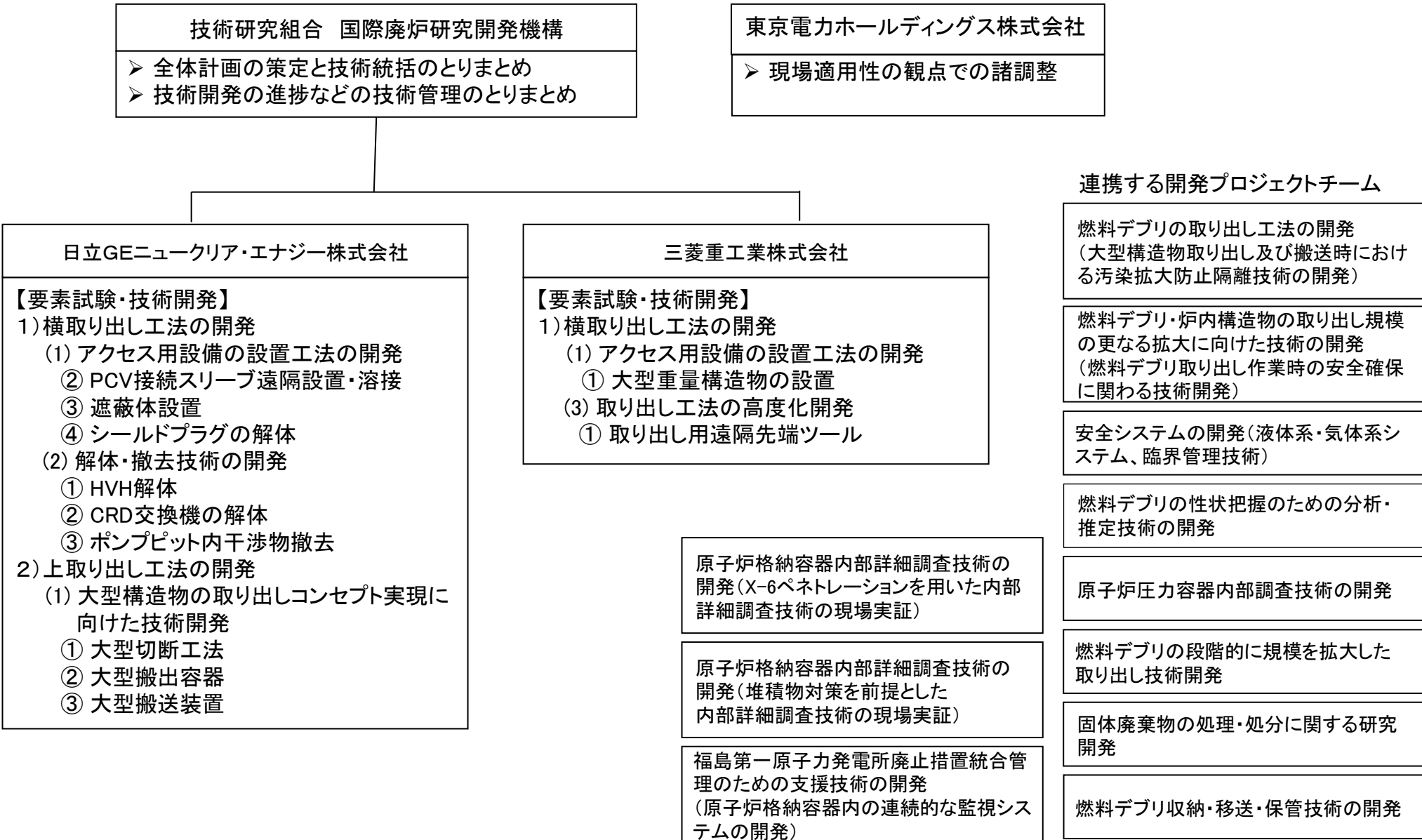
# 4. 本事業の実施スケジュール

【凡例】  
—: 計画  
—: 見直し  
—: 実績

燃料デブリ取り出し工法の開発 実施スケジュール(4/4)

大分類	小分類	2021年度												2022年度												備考																							
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月																								
2. 上取り出し工法の開発 (1) 大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発 ① 大型切断工法	a. 概念検討	概念検討												概念検討												<ul style="list-style-type: none"> <li>RPVヘッドスタッドボルト切断要素試験について、他試験と試験時期が重複するため、2021年度中に要素試験を実施することで試験準備を実施し、要素試験を実施。</li> </ul>																							
	b. 要素試験計画	要素試験計画												要素試験計画																																			
	c. 試験準備/試験装置試作	試験準備/試験装置試作												試験準備/試験装置試作																																			
	d. 要素試験	要素試験 (RPVヘッド解体)												要素試験 (炉内構造物切断)																																			
	e. まとめ	まとめ												まとめ																																			
② 大型搬出容器	a. 概念検討	概念検討												概念検討																																			
	b. 要素試験計画	要素試験計画												要素試験計画																																			
	c. 試験準備/試験装置試作	試験準備/試験装置試作												試験準備/試験装置試作																																			
	d. 要素試験	要素試験												要素試験																																			
	e. まとめ	まとめ												まとめ																																			
③ 大型搬送装置	a. 概念検討	概念検討												概念検討												<ul style="list-style-type: none"> <li>作業容器や隔離シートを含めた搬入ステップに基づく課題整理後に要素試験項目の抽出等を行い要素試験計画を立案予定。</li> <li>搬入ステップ検討および課題整理に時間を要していることから、試験計画の立案は2022年度から実施予定。</li> </ul>																							
	b. 要素試験計画	要素試験計画												要素試験計画																																			
	c. 試験準備/試験装置試作	試験準備/試験装置試作												試験準備/試験装置試作																																			
	d. 要素試験	要素試験												要素試験																																			
	e. まとめ	まとめ												まとめ																																			
主要なマイルストーン		▲ 中間報告												▲ 年度末報告												▲ 中間報告												▲ 実績報告書提出											

# 5. 本事業の実施体制



## 主な外注の内容

### 日立GEニュークリア・エナジー株式会社

#### 【外注の内容】

- ・PCV接続スリーブ遠隔設置試験、HVH解体要素試験、CRD交換機の解体要素試験、ポンプピット内干渉物撤去要素試験（東鉱商事株式会社）
- ・PCV接続スリーブ遠隔溶接試験RPVヘッド解体に関する要素試験、大型搬出容器の試作、気密性試験（三菱重工業株式会社(旧三菱パワー株式会社)）
- ・炉内構造物大型切断工法に関する要素試験（株式会社スギノマシン）
- ・上アクセス大型一体搬出工法での充填固化材に関する検討（国立大学法人東京大学）
- ・横アクセス工法の検討に関する設計補助（株式会社日立プラントコンストラクション）
- ・上アクセス工法の検討に関する設計補助（株式会社ジェイテック）

以下は外注先未定

- ・アクセストンネル遮蔽体追設試験(予定)
- ・シールドプラグの解体要素試験(予定)
- ・大型搬送装置要素試験(予定)

### 三菱重工業株式会社

#### 【外注の内容】

- ・セル構造詳細化に関する設計補助（MHI NSエンジニアリング株式会社）
- ・アクセス用設備据付方詳細化に関する設計補助（MHI NSエンジニアリング株式会社）
- ・セルアダプタ遠隔設置性確認試験（日本建設工業株式会社）
- ・遮蔽扉遠隔設置性確認試験（日本建設工業株式会社）
- ・設置位置設定技術確認試験（日本建設工業株式会社）
- ・構造物撤去手順詳細化に関する設計補助（MHI NSエンジニアリング株式会社）
- ・燃料デブリ回収手順詳細化に関する設計補助（MHI NSエンジニアリング株式会社）
- ・構造物遠隔撤去技術確認試験（国立大学法人 神戸大学）
- ・燃料デブリ回収手順確認試験（MHI NSエンジニアリング株式会社）

### 1) 横取り出し工法の開発

#### (1) アクセス用設備の設置工法の開発

公募実施内容を記載

##### ① 大型重量構造物の設置

燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、横取り出し工法のアクセス用設備として、大型重量構造物であるセル設置に係る検討を進めてきている。R/B内への的確なセル設置においては、セル構造とPCVとの接続に対し、設置精度確保と据付作業の効率化の検討、開発が必要となっている。

大型重量構造物であるセル構造をPCV接続部に取り付けるためには、R/B内の床荷重制限を満足しつつ、セル構造を精度よくPCVとの接続部に位置出しして、PCVの開口部に閉じ込め機能及び地震変位対処機能を備えた構造を介して遠隔接続する必要がある。R/B内にセル構造のアクセス用設備を設置する工法の検討、確認試験を行い、工法全体の効率化や手順の実現性を確認する。

セル構造の遠隔設置については、ペDESTAL開口部の改造、変更が困難であるため、アクセス設備の設置個所であるX-6ペネ等のPCV開口部への接続における、両開口位置の相対関係（開口を結ぶ軸線等）に十分配慮して、精度良く設置することが求められる。アクセス設備をX-6ペネからペDESTAL開口部へと至る軸線に沿って設置するため、先ず、この要件に適合するセル構造の搬入、据付及び接続構造を介した遠隔設置工法について地震への対応を考慮し検討を行う。次に、模擬試験体による要素試験によって、手順、設置精度、効率を含めた工法の現場適用を踏まえた成立性を確認する。

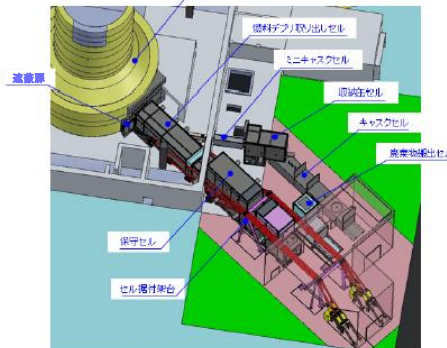
# 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

## ① 大型重量構造物の設置

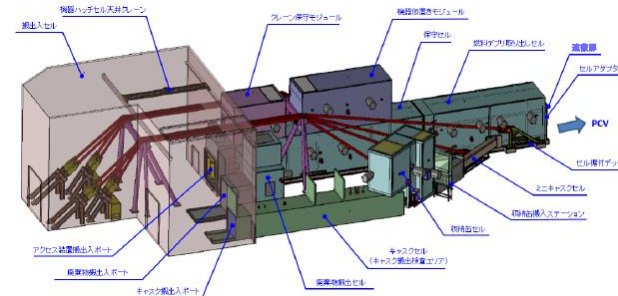
### (1)これまでの開発成果と本事業の関連

#### 【基盤技術の高度化(2017-18年度)】

- 燃料デブリ取り出し設備の構成及び配置案の検討
- 吊り橋状セルの据付工法の検討



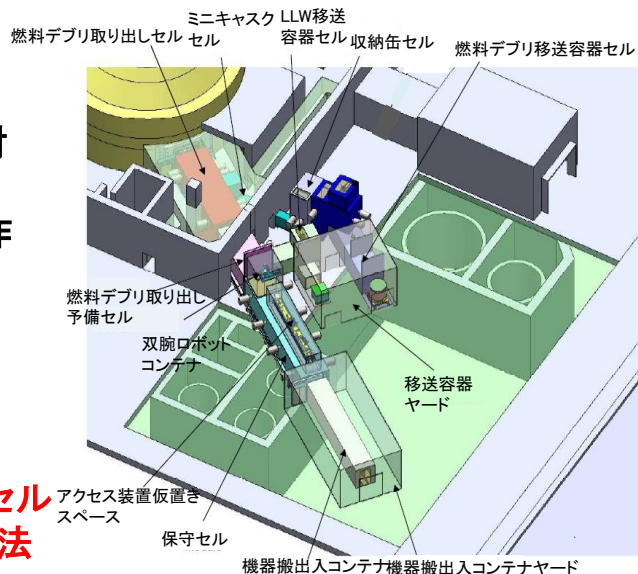
燃料デブリ取り出し設備配置



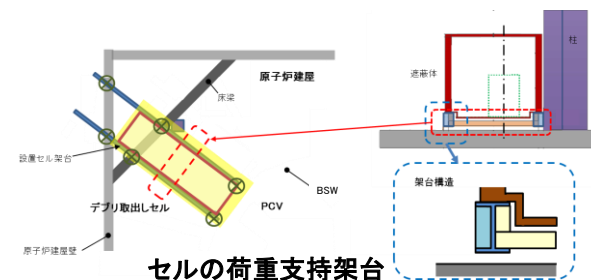
燃料デブリ取り出し設備の構成(吊り橋状セル)

#### 【取り出し規模の更なる拡大(2019-20年度)】

- R/B内に設置するセルの小型化の検討
- セルの荷重支持方法の検討
- 燃料デブリ取り出し設備の設置/据付作業のステップ検討



セル小型化



セルの荷重支持架台

#### 【取り出し工法の開発(2021-22年度)】

- R/B内のPCVと接続するアクセス用設備(セルアダプタ、遮蔽扉、セル)の具体化・据付工法の実現性検討・検証

	10 PCV 壁コンクリート開口作業	11 セルアダプタの搬入・設置作業	12 建屋内セル設置準備
イメージ			
手順	<ol style="list-style-type: none"> <li>開口作業セル設置</li> <li>開口作業 (引込等は搬入作業と逆手順で実施) ※開口作業の進捗に依り遮蔽扉を少しずつ閉じる</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>セルアダプタ搬入前準備 (PCV壁面清掃・3D形状計測/セルアダプタ前準備作業)</li> <li>ヤード設置クレーンで搬入台車を壁外レールに搭載</li> <li>機材搬入台車にセルアダプタを搭載</li> <li>遮蔽扉に位置合わせを行いながら設置</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>遮蔽扉を設置台車に搬入・設置する</li> <li>機材搬入台車にセル搬入用フックを搭載</li> <li>遮蔽扉に位置合わせを行いながら設置</li> <li>遮蔽扉に位置合わせを行いながら設置</li> </ol>
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>開口上法検討 ⇒ PCV鋼板を損傷させない施工方法</li> <li>開口部後面壁土圧対策</li> <li>開口作業用成セル仕様及び開口時のダスト対策</li> <li>X-6 へん搬入工法及び汚染管理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>セルアダプタ据付・設置 (開口部にビス及び搬入用ローの設置等)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>セル取の合い桁フック取付、遮蔽扉搬入・設置工法</li> <li>作業時の放射線管理方法</li> </ul>

燃料デブリ取り出し設備の設置/据付作業ステップ

### ① 大型重量構造物の設置

#### (2) 本研究の背景と目的

##### ✓ 本研究が必要な理由

- 燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、横取り出し工法に於いては、PCVのペDESTAL内へのアクセス装置、PCVとの接続及び閉じ込めのためのセルアダプタ、遮蔽扉及びセルより構成されるアクセス設備に対して検討を進めてきた。2020-2021年度では、アクセス用設備に関し、R/B内に設置するセルの小型化や重量物であるセルの荷重支持方法、更にこれら燃料デブリ取り出し設備の設置・据付の作業をステップを検討した。
- 本補助事業では、アクセス用設備に対して、以下の要求事項がある。
  - 大型重量構造物であるセル構造をPCV接続部に取り付けるためには、R/B内の床荷重制限を満足しつつ、セルを精度よくPCVとの接続部に位置出し、PCVの開口部に閉じ込め機能及び地震変位対処機能を備えた構造を介して遠隔接続するための構造及び要求事項の明確化。
  - セル構造の遠隔設置については、ペDESTAL開口部の改造、変更が困難であるため、アクセス設備の設置個所であるX-6ペネ等のPCV開口部への接続における、両開口位置の相対関係(開口を結ぶ軸線等)に十分配慮して、アクセス設備をX-6ペネからペDESTAL開口部へと至る軸線に沿って設置するため、先ず、この要件に適合するセル構造の搬入、精度良く設置する手順の確立が必要。
- 従って、R/B内へ的確にアクセス用設備を設置するために、セル構造とPCVとの接続に対し、設置精度確保と据付作業の効率化の検討、開発が必要である。

##### ✓ 本研究の期待される成果と反映先とその寄与

- 期待される成果: アクセス用設備の設置手順の構築及び遠隔装置の要求仕様の確定
- 反映先とその寄与: 横アクセス工法に於けるR/B内のアクセス用設備の設置工法の確立

### ① 大型重量構造物の設置

#### (3) 目標

##### ✓ 成果反映先からの要求

- PCVのペDESTAL開口よりアクセス装置を進入させて燃料デブリを取り出す計画である。
- 上記アクセス装置のためのアクセスルートがペDESTAL開口からX-6ペネの直線上に構築する必要がある。
- そのため、大型重量構造物である遮蔽扉やセルなどを精度良く、その直線上に設置する必要がある。
- また、R/Bの1階フロアに設置するセルとPCV間の接続部は、地震発生時の変位を吸収するため、ベローズ構造を有するセルアダプタを用いる。
- 更にセルアダプタ、遮蔽扉及びセルは、閉じ込め機能を確保する必要がある。
- また、セルアダプタは、BSWを開口後に設置するため、PCVからの高放射線環境下での据付作業となり、遠隔操作による据付が必要となる。

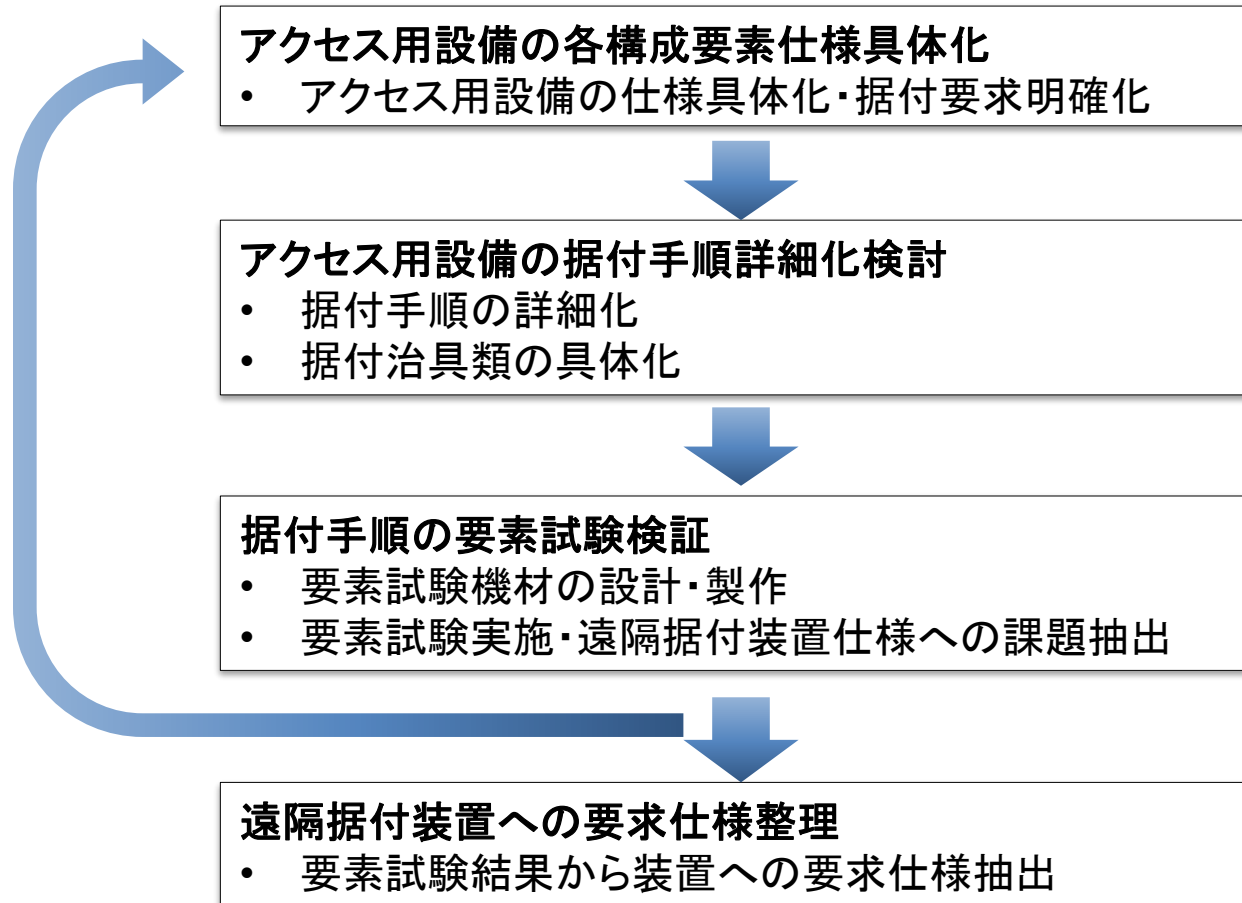
##### ✓ 上記要求に対する目標

- 大型重量構造物であるアクセス用設備について、地震変位吸収及び閉じ込めなどの要求機能に加えて、据付要求精度や調整方法など検討して構造の具体化を図る。
- アクセス用設備の据付手順を詳細化する。
- 据付手順において検証すべき事項を整理し、要素試験検証を実施する。
- 要素試験結果を踏まえて、遠隔据付装置の要求仕様を整理する。

### ① 大型重量構造物の設置

#### (4) 実施事項とその関係、他研究との関連

##### ✓ 本研究の実施項目及び実施項目間の関連性




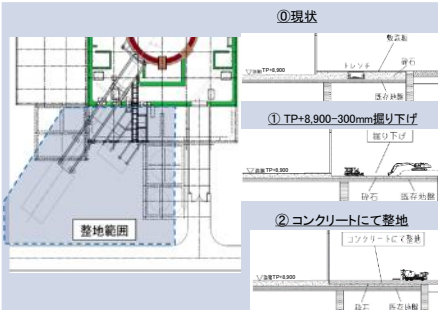
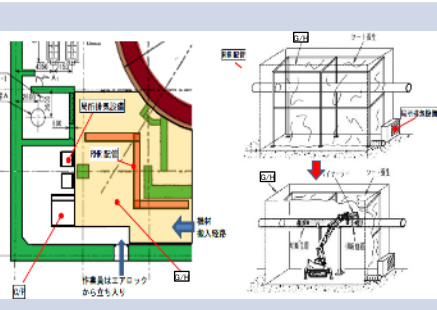
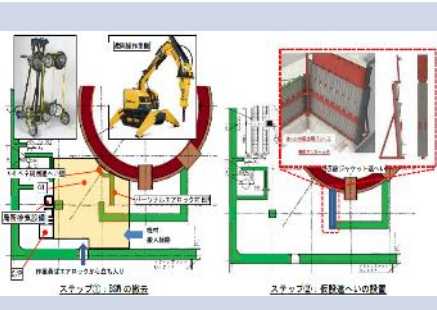
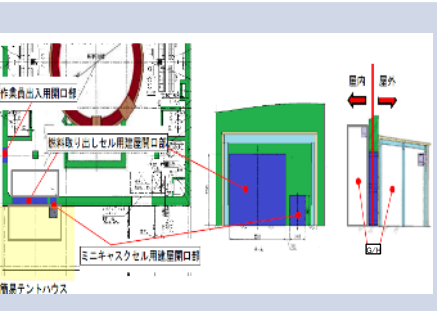
# 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

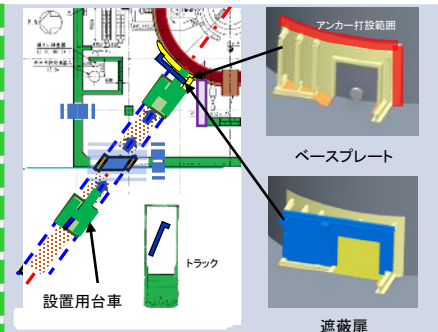

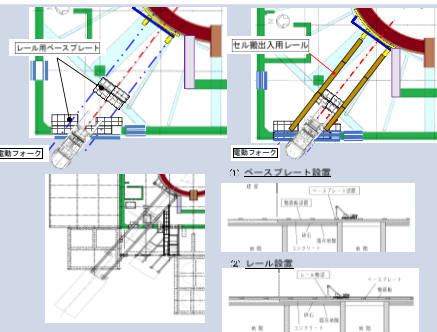
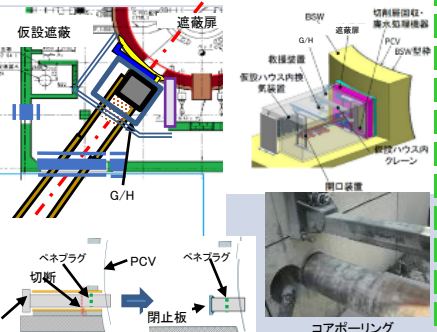
## ① 大型重量構造物の設置

### (4) 実施事項とその関係、他研究との関連

#### ✓ 他研究との関連性(インプット・アウトプット情報)

 : 2021-2022年度に特に検討対象としている項目

作業ステップ	R/B前整地	R/B内干渉物撤去 (RHR配管撤去等)	X-6ペネ周辺・エアロック前 BSW撤去	R/B外建屋壁開口
ステップ図				
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>2019-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>2019-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>


作業ステップ	遮蔽扉ベースプレート 遮蔽扉設置	屋外ヤード設営	屋内外セル搬出入用レール敷設	BSW開口
ステップ図				
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>2019-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017-2018年度に東芝殿にて開発した穴開け工法を転用予定</li> </ul>

# 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

## ① 大型重量構造物の設置

### (4) 実施事項とその関係、他研究との関連

#### ✓ 他研究との関連性(インプット・アウトプット情報)

 : 2021-2022年度に特に検討対象としている項目


作業ステップ	セルアダプタの搬入・設置	燃料デブリ取り出しセル他設置	総合試運転・検査	PCV壁開口
ステップ図				
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>2019-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2019-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>2017-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>
作業ステップ	ペDESTAL外干渉物撤去 (1) (テレスコ式双腕ロボット)	ペDESTAL外干渉物撤去 (2) (テレスコ式双腕ロボット)	ペDESTAL内干渉物撤去 (1) (テレスコ式双腕ロボット)	ペDESTAL内干渉物撤去 (2) (テレスコ式双腕ロボット)
ステップ図				
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>

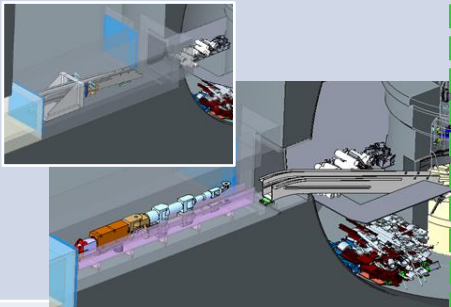
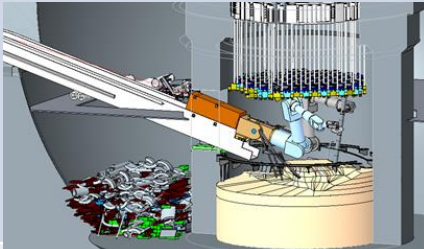
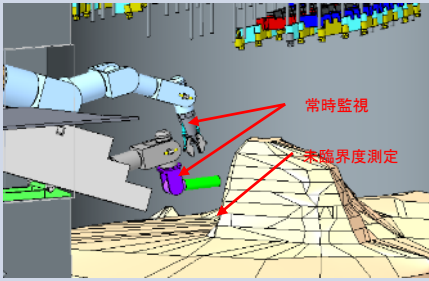
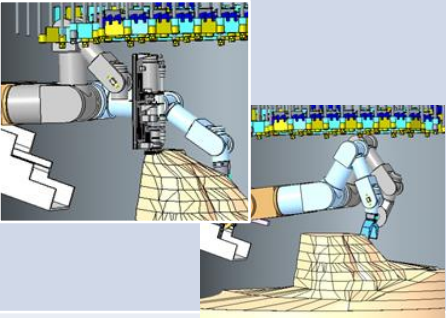
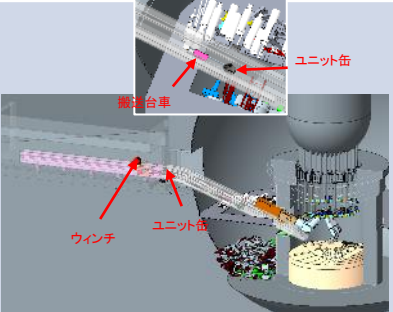
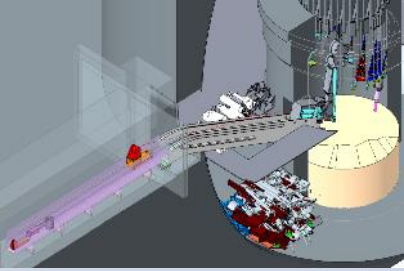
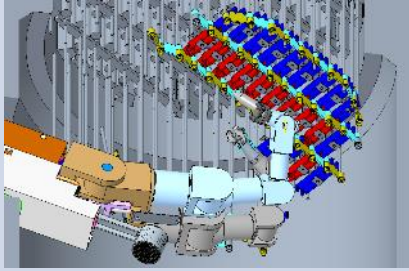
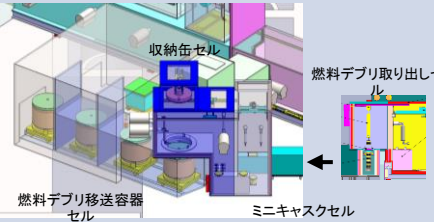
# 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

## ① 大型重量構造物の設置

### (4) 実施事項とその関係、他研究との関連

#### ✓ 他研究との関連性(インプット・アウトプット情報)

 : 2021-2022年度に特に検討対象としている項目

作業ステップ	固定式レール設置 (固定レール式双腕アーム)	ペDESTAL内干渉物撤去 (3) (固定レール式双腕アーム)	未臨界度測定	燃料デブリ取り出し (固定レール式双腕ロボット)
ステップ図				
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>
作業ステップ	燃料デブリの搬出	燃料デブリ取り出し (液圧式アーム)	CRD撤去	燃料デブリの払い出し
ステップ図				
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2019-2020年度に工法概念検討実施</li> </ul>

### ① 大型重量構造物の設置

#### (5)実施事項

##### (5)－1 :アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ 目的

- 大型重量構造物であるセル構造をPCV接続部に取り付けるためには、R/B内の床荷重制限を満足しつつ、セルを精度よくPCVとの接続部に位置出し、PCVの開口部に閉じ込め機能及び地震変位対処機能を備えた構造を介して遠隔接続するための構造及び要求事項の明確化。
- 横取り出し工法の燃料デブリ取り出し設備に適用できる床荷重の制約を守り、且つ閉じ込め機能等を有するアクセス用設備の具体化を図る。

#### ✓ 目標

- アクセス用設備を構成するセルアダプタ、遮蔽扉及びセルの構造を具体化する。
- 閉じ込め機能、地震変位吸収機能の仕様と構造を検討する。
- また、構造検討において、据付要求精度や据付時の位置調整方法を加味する。

#### ✓ 既存技術との比較

- アクセス用設備の構成機器であるセルアダプタ、遮蔽扉及びセルは、既存の原子力施設に存在する技術である。
- 既存技術に対して、福島第一原子力発電所の既設R/B内へ大型重量物構造物であるアクセス用設備を精度良く据付ること、また、セルアダプタに関しては遠隔操作による据付作業となるため、据付装置への要求事項を満足させる必要がある。

## ① 大型重量構造物の設置

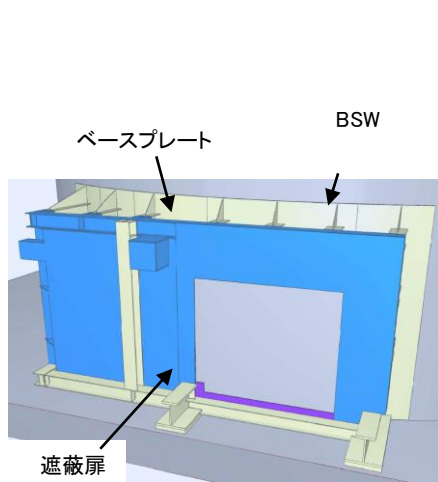
### (5) 実施事項

#### (5) - 1 : アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ 実施事項、成果

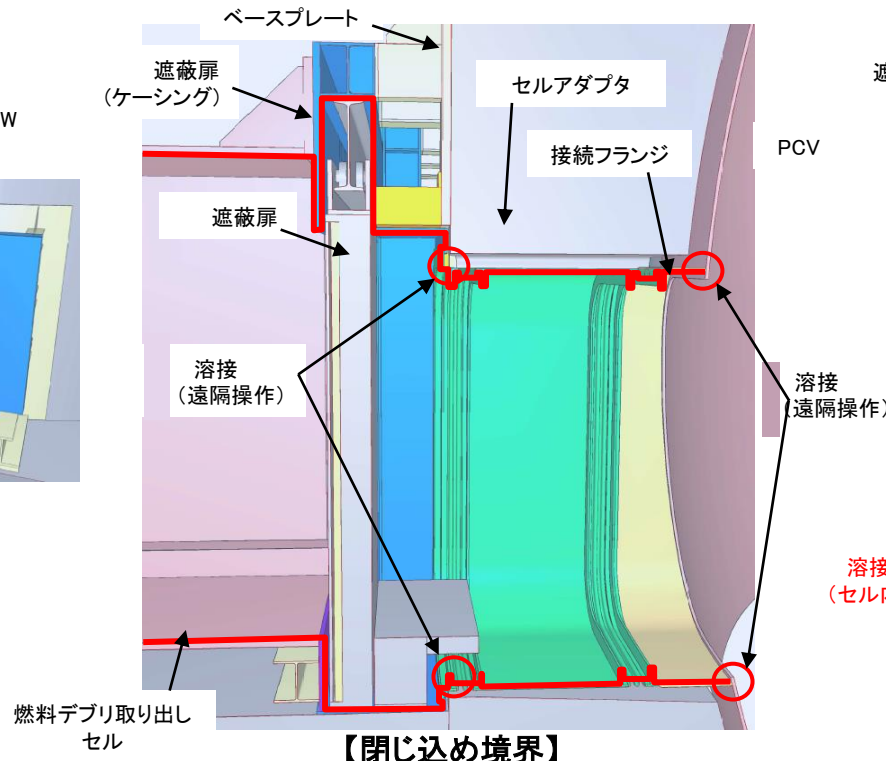
##### 1) PCVとのバウンダリ部の接続構造 (1/5)

- BSWに荷重を支えるベースプレート設けて遮蔽扉を設置
- PCVと遮蔽扉間はセルアダプタを溶接にて接続
- 遮蔽扉と燃料デブリ取り出しセルはボルト及びシール溶接で接続
- 燃料デブリ取り出しセル、遮蔽扉(ケーシング)及びセルアダプタにて閉じ込めバウンダリを構成

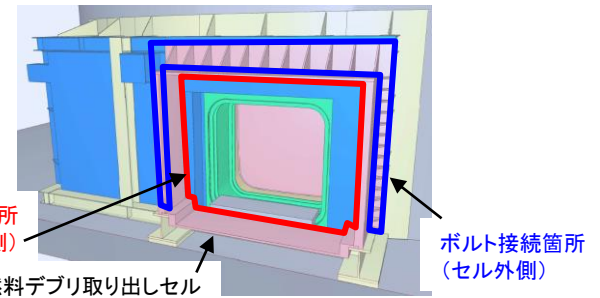
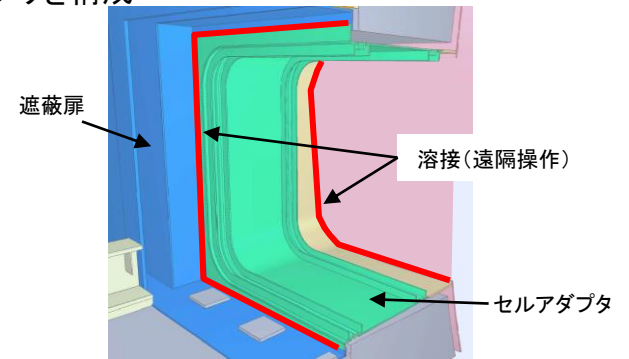


【遮蔽扉設置イメージ】

- 【各質量】
- ・セルアダプタ: 3 ton
  - ・ベースプレート: 70 ton
  - ・遮蔽扉: 25 ton
  - ・燃料デブリ取り出しセル: 180 ton



【閉じ込め境界】



【各接続方法】

# 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

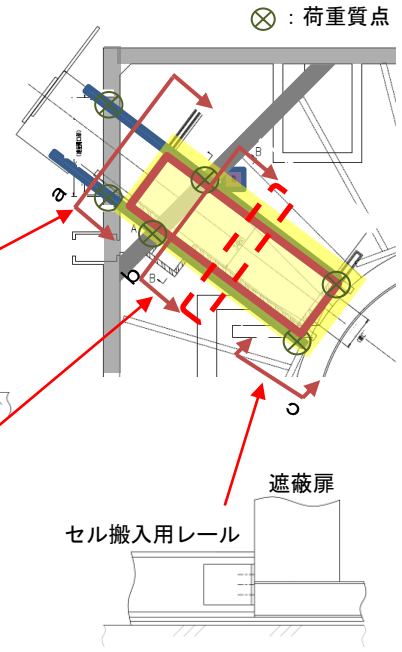
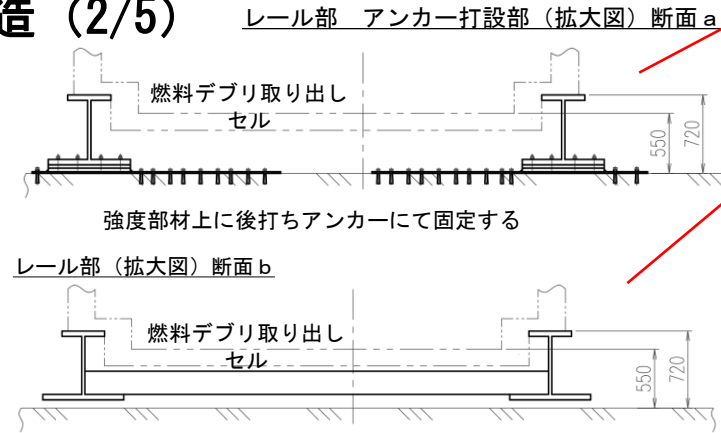
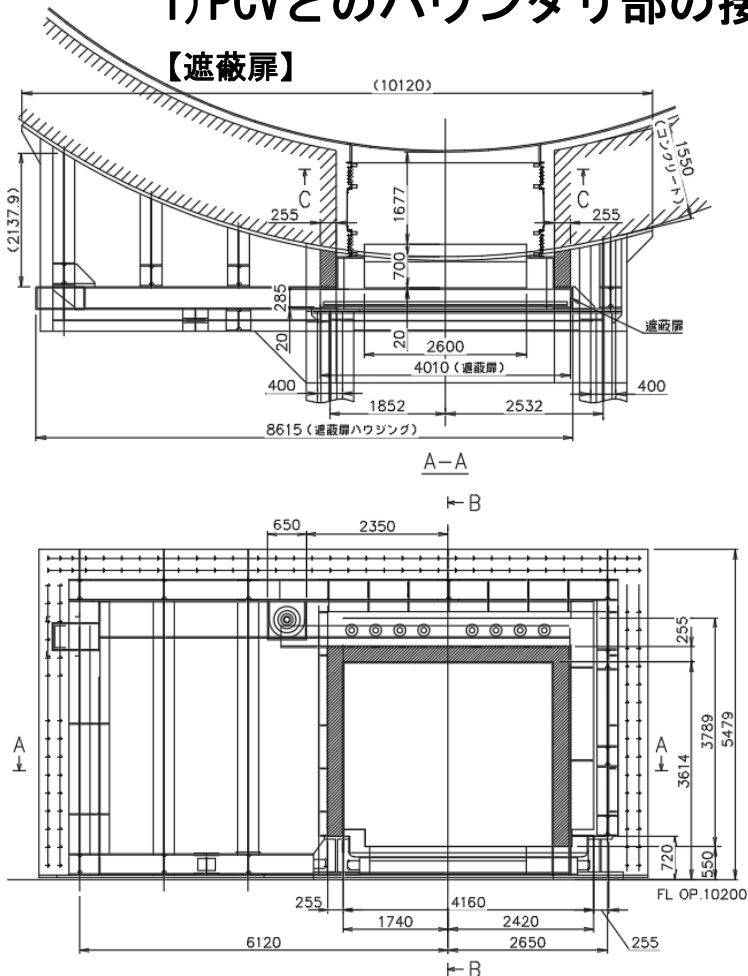
## ① 大型重量構造物の設置

### (5) 実施事項

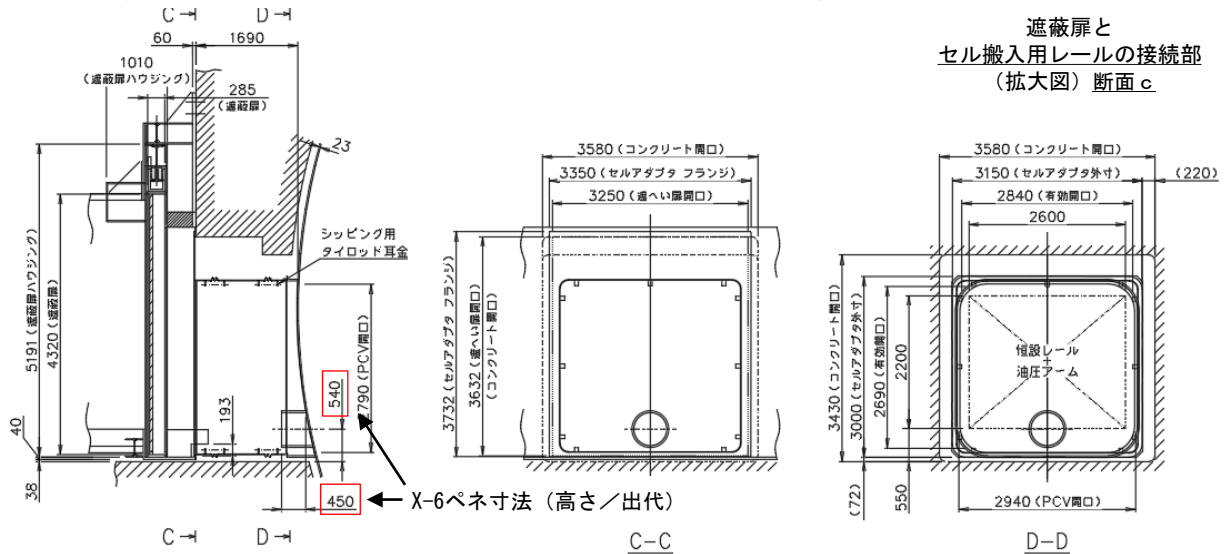
#### (5)-1 : アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ 実施事項、成果

#### 1) PCVとのバウンダリ部の接続構造 (2/5)



遮蔽扉とセル搬入用レールの接続部 (拡大図) 断面 c



## ① 大型重量構造物の設置

### (5) 実施事項

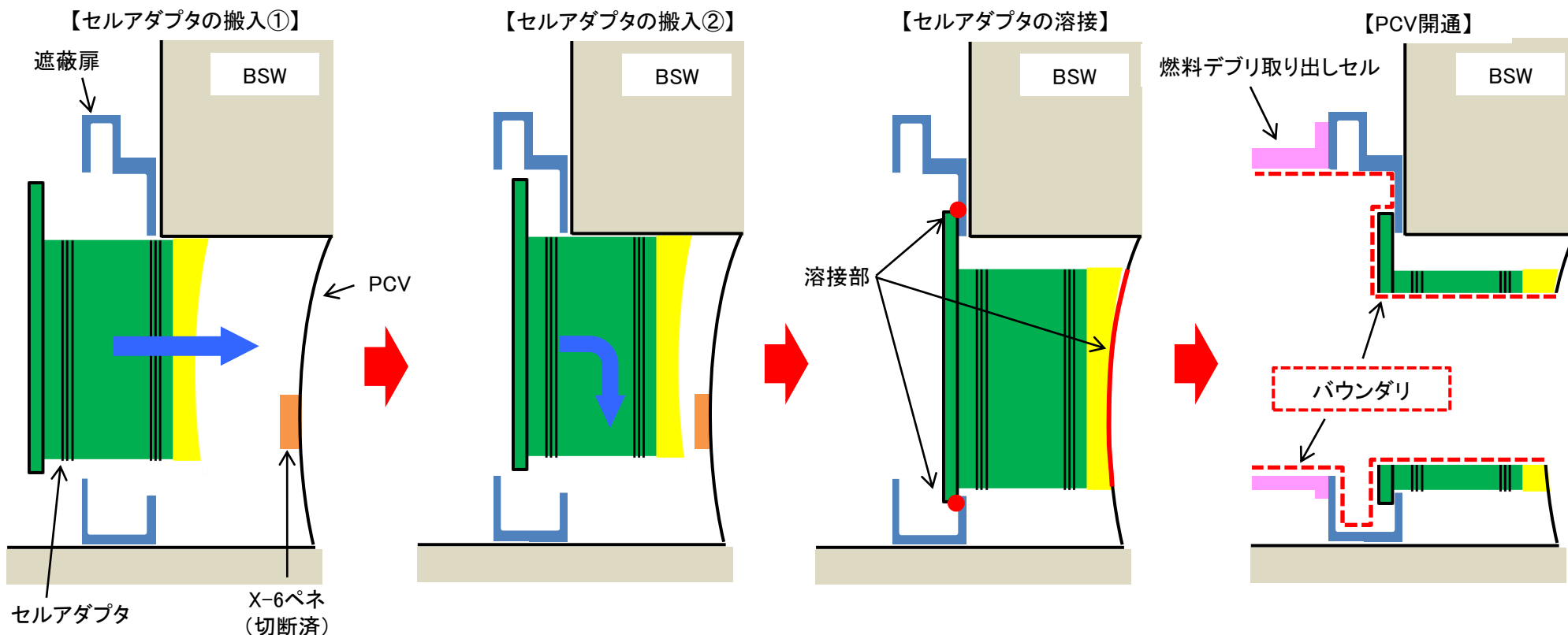
#### (5) - 1 : アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ 実施事項、成果

##### 1) PCVとのバウンダリ部の接続構造 (3/5)

### 【バウンダリ部】

セルアダプタのフランジ部に遮蔽扉(ケーシング)を接続することが出来る構造



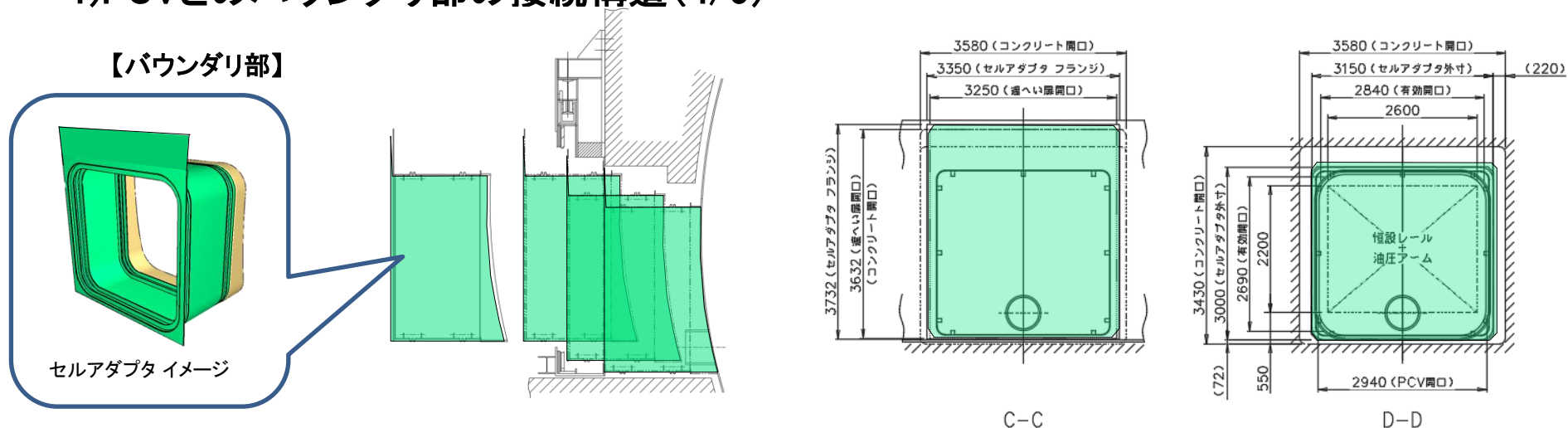
## ① 大型重量構造物の設置

### (5) 実施事項

#### (5) - 1 : アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ 実施事項、成果

#### 1) PCVとのバウンダリ部の接続構造(4/5)



項目	幅(mm)		高さ(mm)	
	寸法	クリアランス	寸法	クリアランス
有効開口	2,840	100	2,690	100
PCV開口	2,940	210	2,790	210
セルアダプタ外寸	3,150	430	3,000	430
コンクリート開口	3,580	—	3,430	—
遮蔽扉開口	3,250	100	3,632	100
セルアダプタフランジ	3,350	—	3,732	—

## ① 大型重量構造物の設置

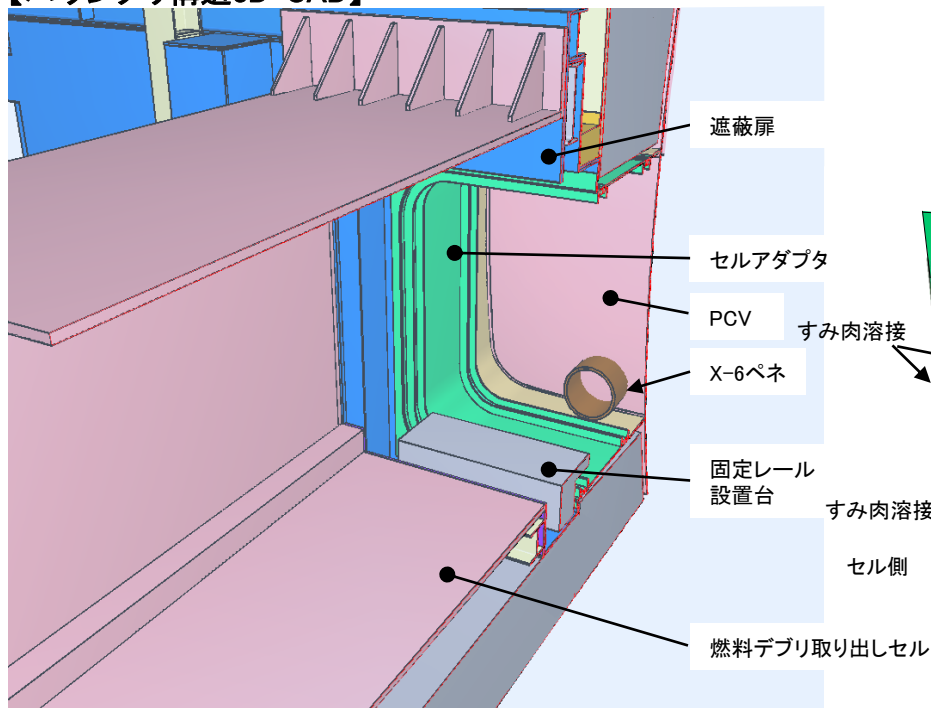
### (5) 実施事項

#### (5) - 1 : アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

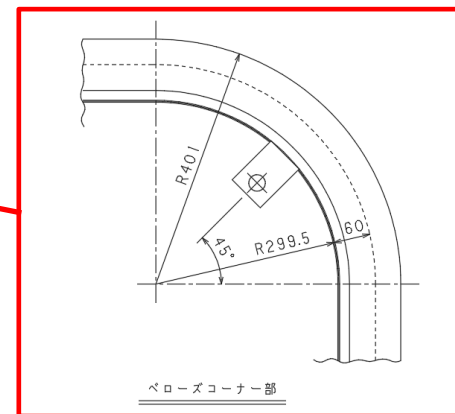
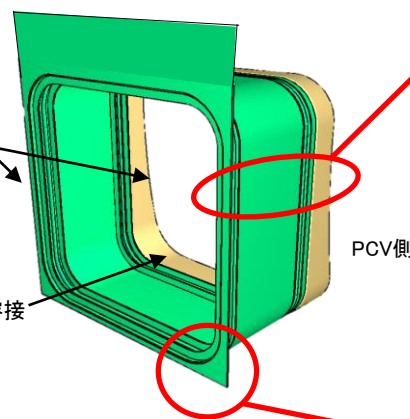
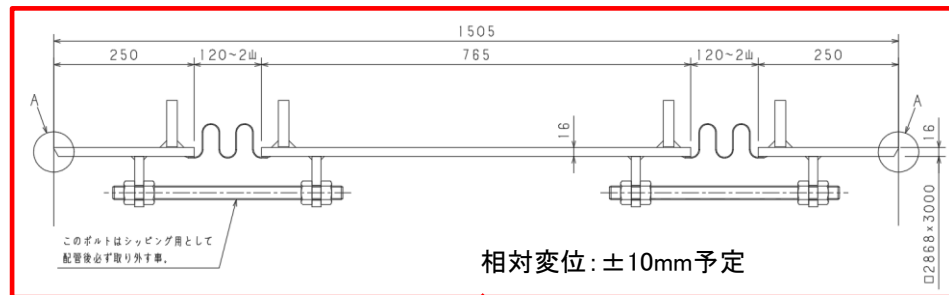
#### ✓ 実施事項、成果

### 1) PCVとのバウンダリ部の接続構造 (5/5)

【バウンダリ構造3D-CAD】



【セルアダプタ構造】



【セルアダプタ(角型ベローズ)の原子力施設の使用実績例】

- ・高速増殖実験炉主排気ダクト
- ・高温焼却炉排ガス処理設備
- ・グローブボックス間接続

# 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

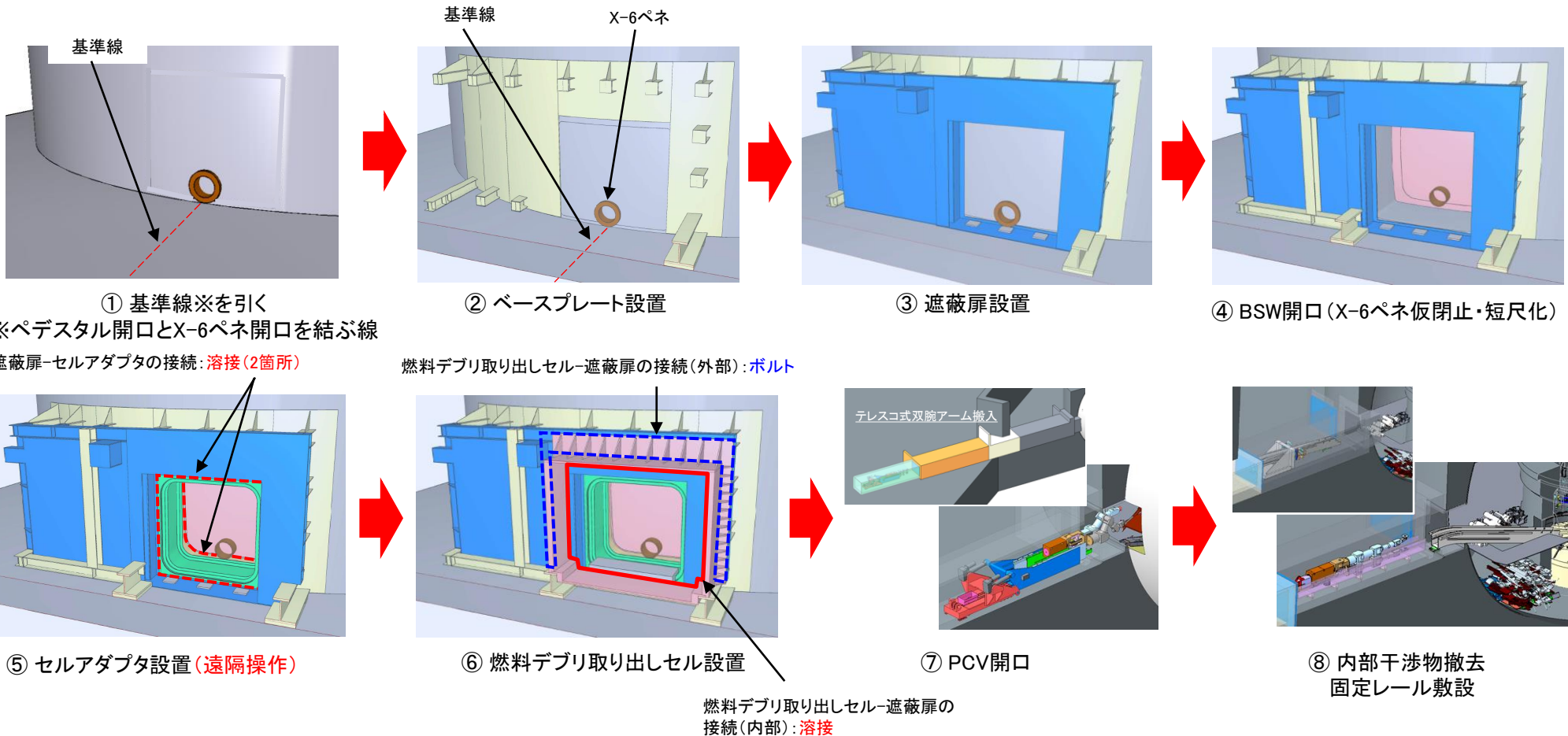
## ① 大型重量構造物の設置

### (5) 実施事項

#### (5) - 1 : アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ 実施事項、成果

### 2) PCVとのバウンダリ部の設置手順(案)



### ① 大型重量構造物の設置

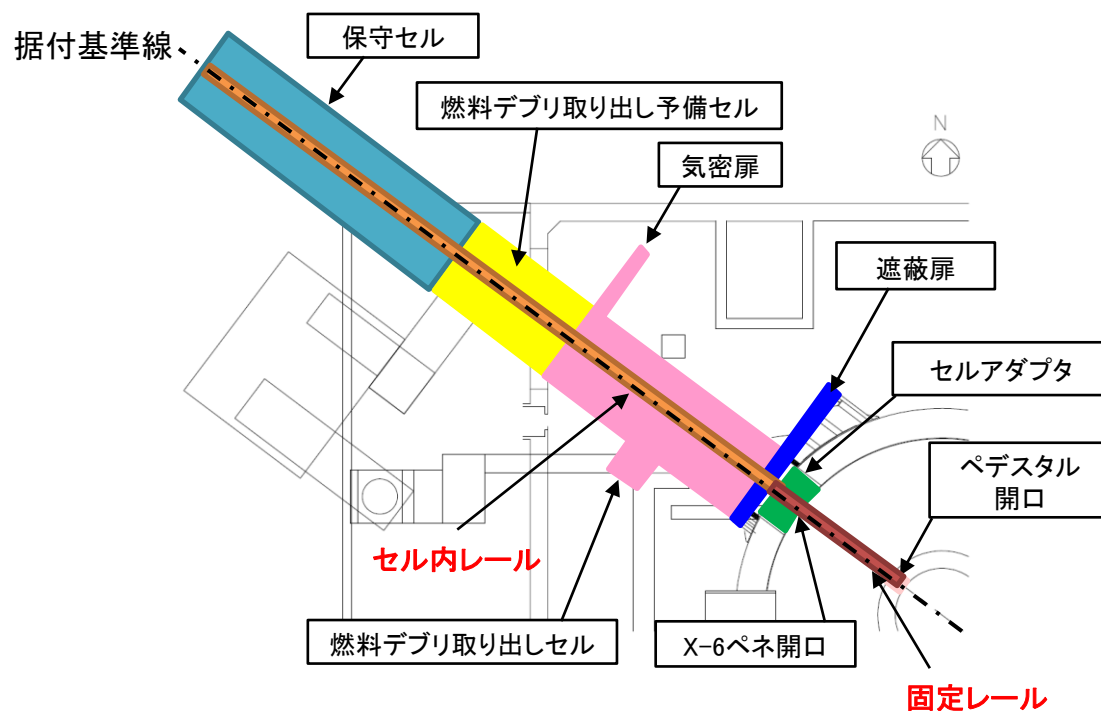
#### (5) 実施事項

#### (5) - 1 : アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ 実施事項、成果

##### a) 据付時の要求

- ペDESTAL開口に対してX-6ペネ開口部からロボットアームが直線的にアクセスできるルートを構築する。
- つまり、固定レール及びセル内レールをペDESTAL開口部とX-6ペネ開口部を結ぶ直線軸上に設置する必要がある。



## ① 大型重量構造物の設置

### (5) 実施事項

#### (5) - 1 : アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ 実施事項、成果

##### b) 据付時のズレの発生

##### [1] 回転方向 (ある中心に向かった線からの角度的なズレ方向) (基準線からのズレ角度)

角度に対しては、中心位置から距離が遠くなる程、ズレ量が大きくなる。

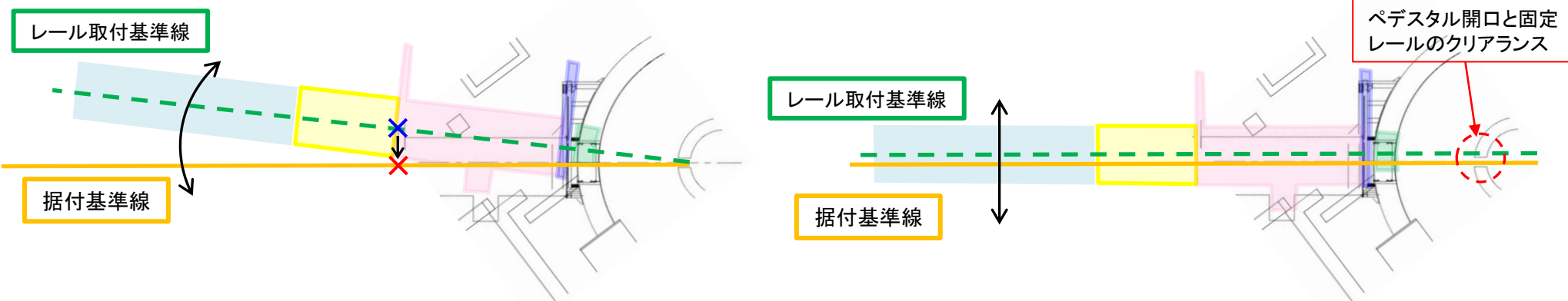
→ 中心位置から可能な限り距離を取った位置にて、据付基準線とレール取付基準線を合わせてることによりズレ量を抑えることが可能。

##### [2] 水平方向

ペDESTAL開口と固定レールのクリアランス内にて、据付時のズレ量を抑える。

→ 他の部位、例えばBSWとセルアダプタのクリアランスは、ズレ量を十分に確保することが可能であり、それにより対応可能。

なお、垂直(高さ)方向は、固定レールの据付時において調整する。



[1] 回転方向

[2] 水平方向

## ① 大型重量構造物の設置

### (5) 実施事項

#### (5) - 1 : アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ 実施事項、成果

##### c) 回転方向の据付精度の設定

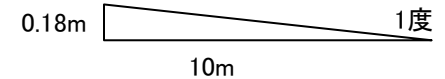
- 1度以内とする。(暫定:下記水平精度との分配を図る。)

##### d) 水平方向の据付精度の設定

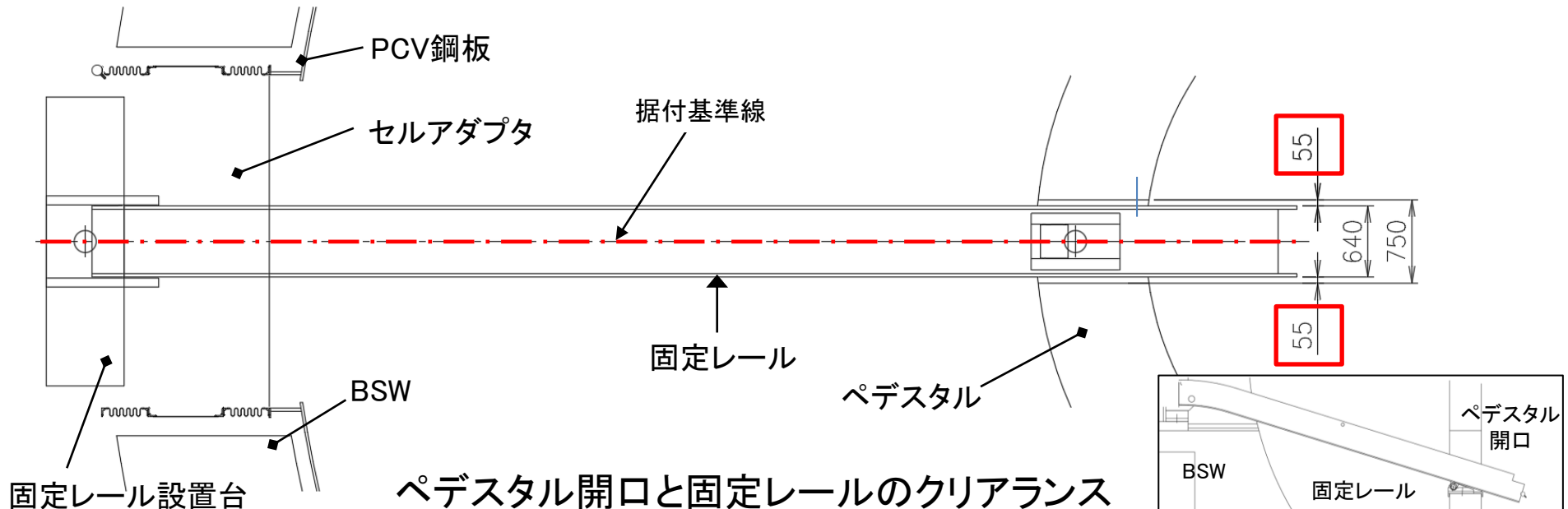
- ペDESTAL開口と固定レール幅のクリアランス内にて据付する必要がある。
- 以下の通り、据付精度を設定する。

ペDESTAL開口 : 750mm  
 固定レール幅 : 640mm

} クリアランス110mm  
 (片側: 55mm)



据付精度: ±50mm



ペDESTAL開口と固定レールのクリアランス

## ① 大型重量構造物の設置

### (5) 実施事項

#### (5) - 1 : アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ 実施事項、成果

#### e) その他: セルアダプタの据付精度

セルアダプタの据付時の中心軸が上下、水平方向にずれた場合に開先ギャップに関する影響度を評価。

【評価条件】

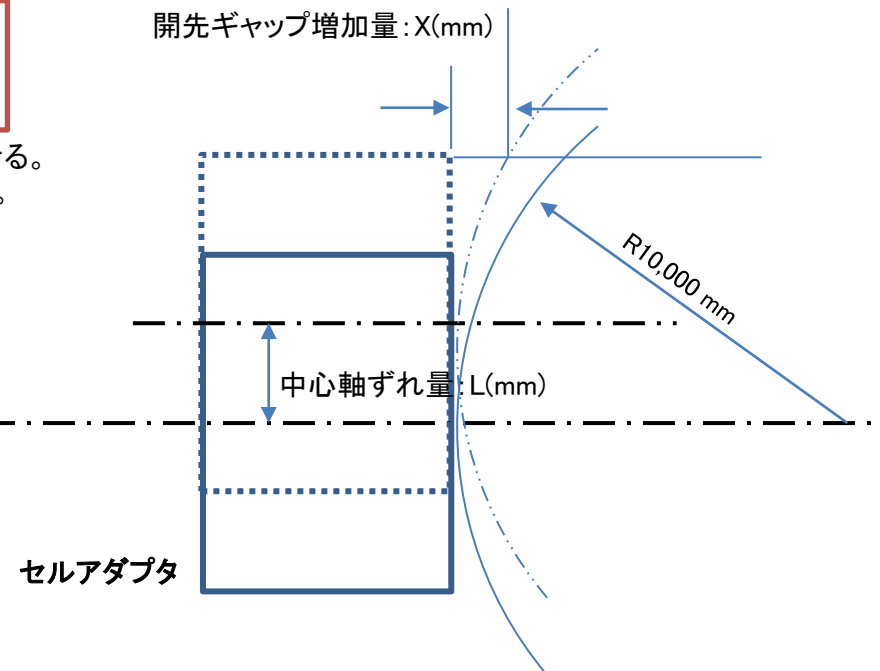
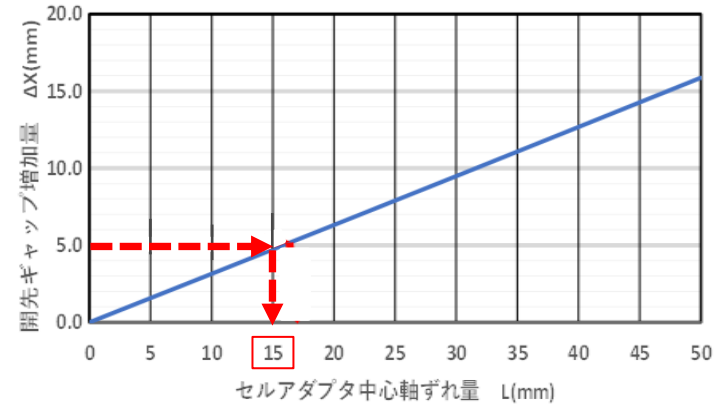
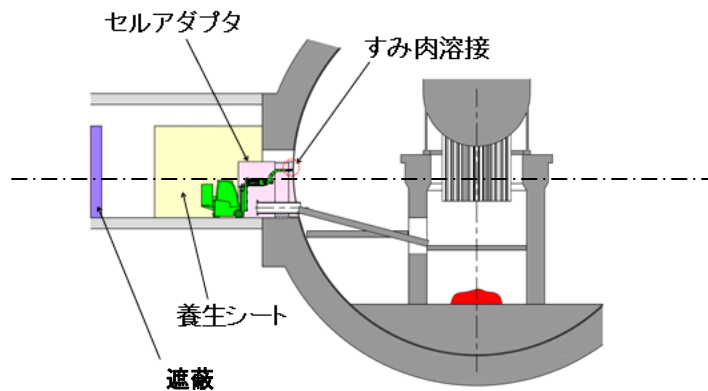
PCV外径 = 20,000mm

セルアダプタ寸法 = 3,000mm

・セルアダプタの中心はPCV球殻部中心と仮定

溶接部の隙間5mm以内に抑える必要があるため、  
**セルアダプタ据付精度: 15mm以内**

- ・セルアダプタは、据付位置を調整して溶接部の隙間が5mm以内となるように合わせる。
- ・なお、必要に応じて、セルアダプタを押し付けることにより隙間を無くすことも考える。



### ① 大型重量構造物の設置

#### (5)実施事項

#### (5)－1 : アクセス用設備の構成要素仕様具体化

#### ✓ 実施事項、成果

#### f) その他：据付作業中の地震発生時の対応

据付作業期間は、1年程度と短いものの、その作業中に地震が発生する可能性はある。ここでは、据付作業期間中に万が一地震が発生した場合の対応を整理する。

### [1] 閉じ込め機能の維持について

- PCV壁面の開口作業は、アクセス用設備(セル)の据付を完了し、耐圧試験を実施した後としており、また、内部を負圧維持した状態で、ロボットアームにより実施する。  
従って、開口作業時に地震が発生してもPCV～セルアダプタ～遮蔽扉～セルにてバウンダリは確保されている。以上より、据付作業中、PCVの閉じ込め機能は確保されている。
- R/Bの外壁やBSWの開口作業時は、G/Hを設けることにより作業時に発生するダストの周囲拡散を防止対策する。

### [2] 据付位置の地震によるズレの対応

- 大きな地震が発生した場合は、据付基準線を引くために設定した座標とR/BとPCVに設けておく基準点\*とズレがないか確認する。
  - \* : X-6ペネがある場合はX-6が基準点。  
X-6ペネ撤去時にはR/BとPCVに新たに基準点を設けておく。
- ズレが確認された場合は、据付基準線を再設定して据付位置を再調整する。

### ① 大型重量構造物の設置

#### (5)実施事項

##### (5)－1 :アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ 実施事項、成果

#### g)まとめ

### 1 据付要求精度

#### 1)セル据付精度

- ①基準線に対して回転方向1度以内、水平方向±50mm以内

#### 2)セルアダプタ

- ①据付線より±15mm以内

#### 3)施工時の地震発生時の対応

- ①据付基準線とR/BとPCVに設けておく基準点とズレの確認

### 2 構造の構築

#### 1)PCV～セルアダプタ～遮蔽扉ケーシング～セルまでのバウンダリ構築

- ①ケーシング据付け、狭隘部作業、溶接作業を含め成立性の確認
- ②遠隔装置への仕様の提示

### ① 大型重量構造物の設置

#### (5) 実施事項

##### (5)－1 : アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ 成果の反映先への寄与

- 横取り出し工法の燃料デブリ取り出し設備において、ペDESTAL開口部より内部の燃料デブリを取り出すアクセスルート構築のためのアクセス設備の具体化ができる。
- アクセス用設備は、閉じ込め機能、地震時の変位吸収機能を有することができる。
- セルアダプタに関しては、据付時の作業員の被ばく低減のため、遠隔据付作業工法を確立できる。

#### ✓ 現場への適用性の観点における分析

- セルアダプタは、BSW開口後、PCVからの高放射線環境下で設置するために遠隔装置による据付（寸法、要求精度）を考慮している。（ご参照：No.34、35、36、37、39、41、42、43、45）
- 現場での溶接作業などを極力低減した構造としている。（ご参照：No.34、35、36、38）
- BSW開口後、作業手順等にて、遮蔽扉を閉止し、作業被ばく低減を考慮している。更に、万が一の可逆性を考慮し、遮蔽扉に閉止板を設置して完全に密閉できる構造としている。

（ご参照：No.34、35）

#### ✓ 課題

- 遮蔽扉やセルは、BSWにベースプレートを後打ちアンカーにて取り付ける計画である。現場を調査して、壁内の配筋の状況を確認した上で打設位置を考慮しベースプレートの固定部構造を検討・決定する必要がある。

### ① 大型重量構造物の設置

#### (5)実施事項

#### (5)－1 :アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ 目標に照らした達成度

- 閉じ込め機能、地震発生時の変位吸収機能などを備えたアクセス用設備の仕様と構造の具体化が図れた。(ご参照:No.34、35、36、37、38、39)
- 上記具体化においては、据付精度や据付時の調整方法を検討し、その結果を構造へ反映した。

#### ✓ 今後の予定

- アクセス用設備の仕様及び構造に対して、更に実現可能な様に要素試験検証の結果をフィードバックして見直す。
- BSW開口時のダスト飛散影響を検討する。

### ① 大型重量構造物の設置

#### (5)実施事項

##### (5)－1 :アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ その他:セル内作業の詳細化

##### a) 検討の目的

- スループット算出においては、セル内でのユニット缶の取り扱いなどの作業時間が関係する。
- スループット向上のため、燃料デブリ取り出し作業時のセル内作業を詳細化し、スループット算出結果の精度向上を図る。

なお、安定的に連続して燃料デブリ取り出し作業を行うためには、燃料デブリ取り出し設備内の機器が故障した場合にも、早期に交換あるいは保守を行い取り出し作業を再開させる必要がある。そこで、以下の検討も合わせて実施し、燃料デブリ取り出し設備のリスクアセスメントを行う。

- セル内機器に対する故障モードを想定
- 取り出し作業への影響程度を評価
- 長期運転停止させないための対策検討

# 6. 本事業の実施内容 【 1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発 】

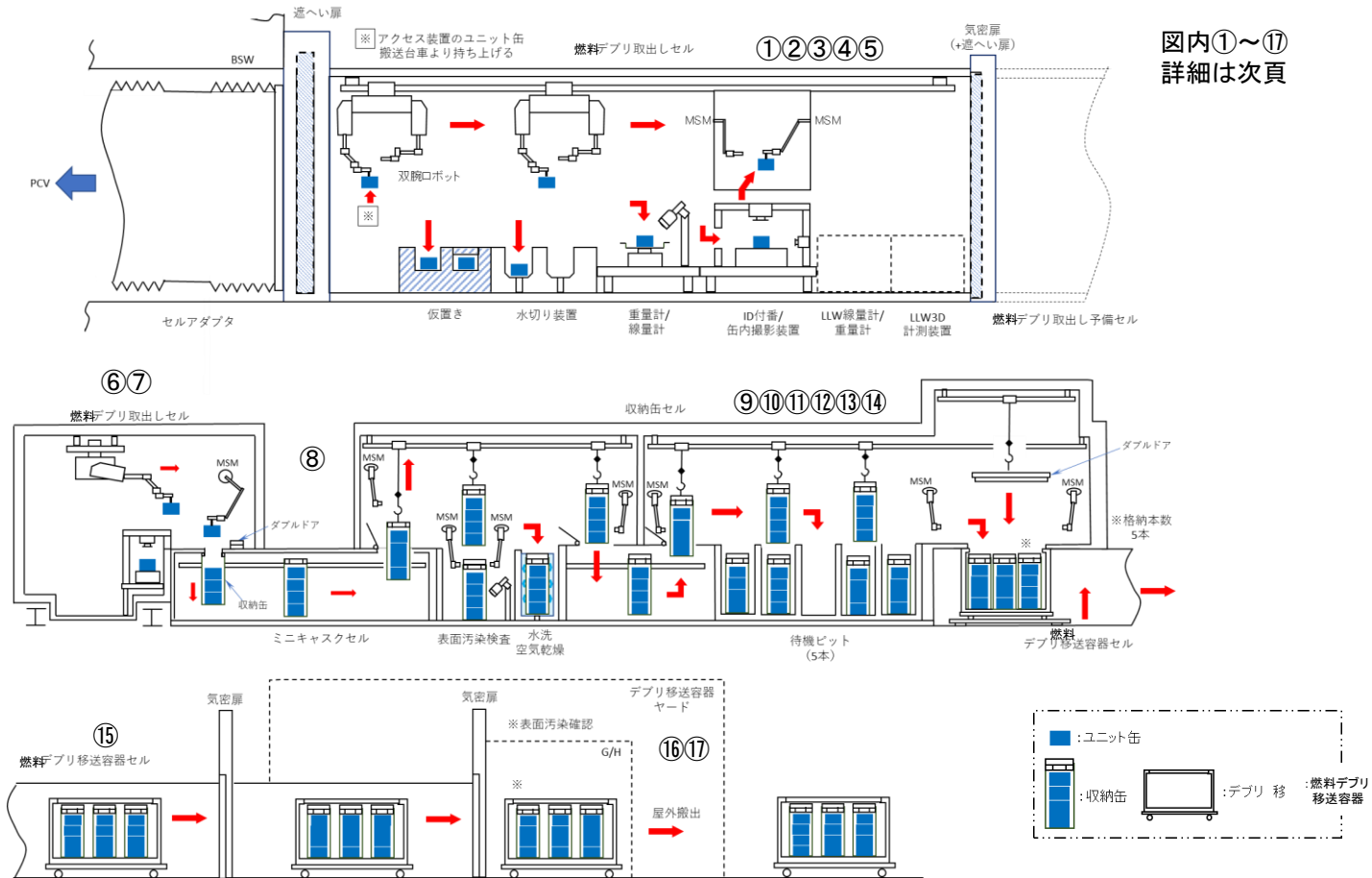
## ① 大型重量構造物の設置

### (5) 実施事項

#### (5) - 1 : アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ その他: セル内作業の詳細化

#### b)-1 マテリアルハンドリングフロー(燃料デブリ取り扱いライン)



## ① 大型重量構造物の設置

### (5)実施事項

#### (5)－1 :アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ その他:セル内作業の詳細化

#### b)-2 マテリアルハンドリングフロー(燃料デブリ取り扱いライン)

- ① PCV内から搬送台車にて燃料デブリの入ったユニット缶が運ばれる。
- ② 双腕ロボットにてユニット缶を把持し、遮蔽付きの仮置き容器に一時仮置きする。
- ③ 双腕ロボットにてユニット缶を仮置き容器から取り出し、水切り装置内に装着し、水切り処理をする。
- ④ 双腕ロボットにて水切処理装置内からユニット缶を取り出して、ユニット缶の重量及び線量を計測する。
- ⑤ 双腕ロボットにてユニット缶を持ち上げ、ユニット缶内を撮影しIDを付番する。
- ⑥ 天井走行式クレーンにてユニット缶を吊り上げて、ダブルドアを介して収納缶内に挿入する。
- ⑦ 収納缶のダブルドアを壁面のMSM(マスタースレーブマニピュレータ\*)にて閉じる。
- ⑧ 収納缶を搬送機構にて収納缶セルとの接続口まで移送する。
- ⑨ 天井クレーンにて収納缶をミニキャスクセルから吊り上げて受け入れる。
- ⑩ 収納缶を二重目の蓋の取り付けと表面汚染検査を行う。
- ⑪ 表面汚染検査結果より必要に応じて収納缶を水洗及び空気乾燥の処理を行う。
- ⑫ 天井クレーンにて収納缶を搬送通路より吊り上げて、待機ピット内へ収納する。
- ⑬ 燃料デブリ移送容器の蓋を天井クレーンで取り外した後に、収納缶を燃料デブリ移送容器内に入れる。
- ⑭ 専用クレーンとMSMにより、燃料デブリ移送容器の蓋を閉じる。
- ⑮ 燃料デブリ移送容器にて燃料デブリ移送容器ヤードまで移送する。
- ⑯ 燃料デブリ移送容器の外観検査、気密試験、表面汚染検査などの搬出前の検査を行う。
- ⑰ 燃料デブリ移送容器を輸送車両により燃料デブリ移送容器を保管準備前施設へ搬送する。

燃料デブリ取り出し  
セル

ミニキャスクセル

収納缶セル

燃料デブリ移送容器セル

燃料デブリ移送  
容器ヤード

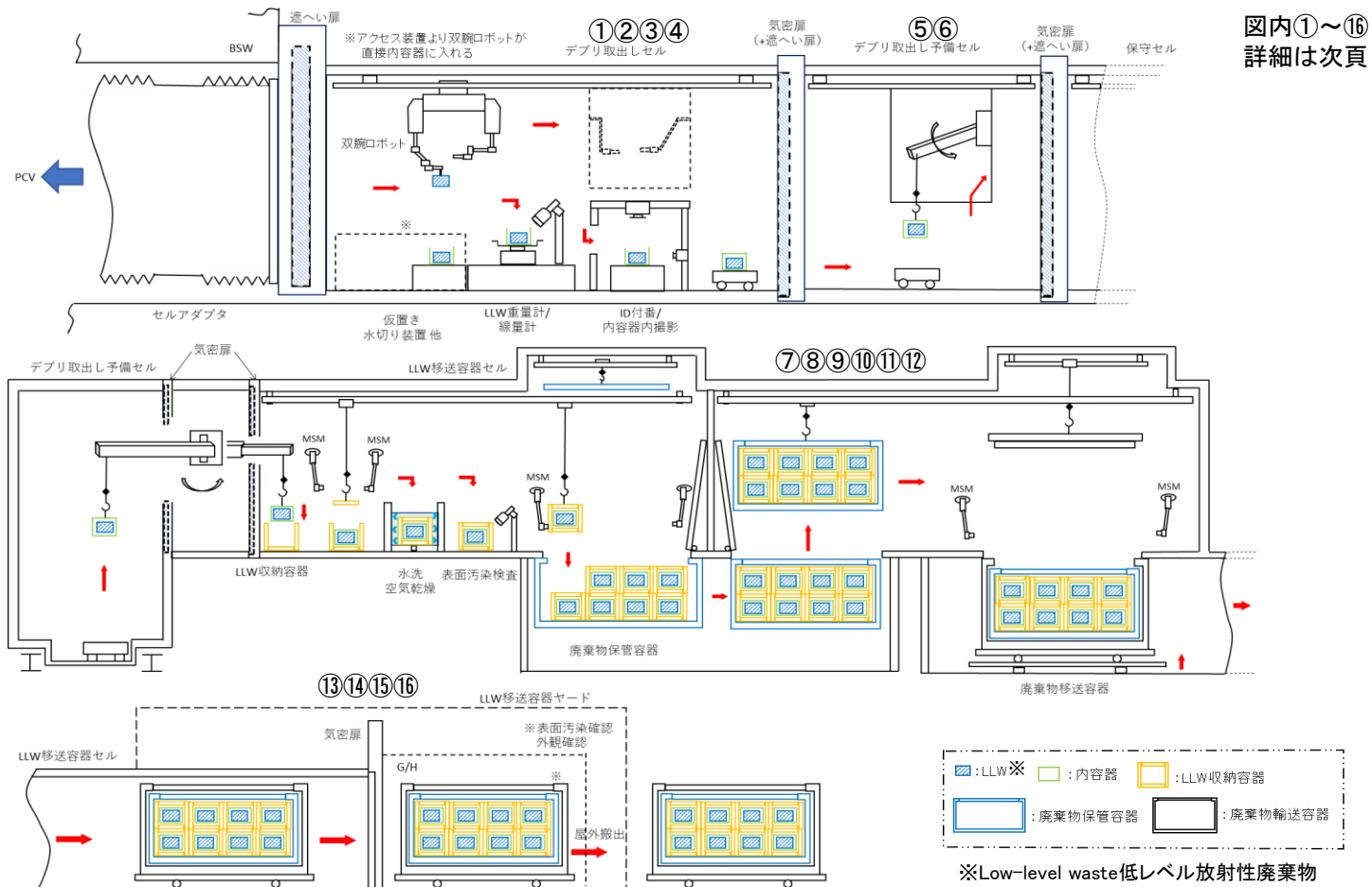
## ① 大型重量構造物の設置

### (5) 実施事項

#### (5) - 1 : アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ その他: セル内作業の詳細化

#### c)-1 マテリアルハンドリングフロー(LLW※取り扱いライン)



### ① 大型重量構造物の設置

#### (5)実施事項

##### (5)－1 :アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

##### ✓ その他:セル内作業の詳細化

##### c)-2 マテリアルハンドリングフロー(LLW取り扱いライン)

- ① PCVから搬送台車にてLLWの入った内容器が運ばれる。
- ② 双腕ロボットにて内容器を持ち上げて、重量及び線量を計測する。
- ③ 双腕ロボットにて内容器を持ち上げ、ユニット缶内を撮影しIDを付番する。
- ④ 双腕ロボットにて内容器を搬送台車に載せ、燃料デブリ取り出し予備セルへ搬送する。
- ⑤ ジブクレーンにて内容器を吊り上げて、LLW移送容器セルへ払い出す。
- ⑥ ジブクレーンにて吊り上げられたLLWを、LLW移送容器セル内に受け入れる。
- ⑦ ジブクレーンにてLLW収納容器内に内容器を入れる。
- ⑧ 天井クレーンとMSMによりLLW収納容器の蓋を閉止する。
- ⑨ 天井クレーンにてLLW収納容器を吊り上げて、容器表面の汚染検査を行う。
- ⑩ 表面汚染検査結果より必要に応じて天井クレーンにてLLW収納容器洗淨エリアにて水洗及び空気乾燥の処理を行う。
- ⑪ 専用の天井クレーンにて廃棄物保管容器の蓋を開けた後に、LLW収納容器を天井クレーンにて廃棄物保管容器内に収納する。
- ⑫ 専用の天井クレーンにて廃棄物保管容器の蓋を閉止する。
- ⑬ 廃棄物移送容器を搬送台車でLLW移送容器ヤードへまで移送する。
- ⑭ 廃棄物移送容器の外観検査、表面汚染検査などの搬出前の検査を行う。
- ⑮ 廃棄物移送容器を輸送車両へ積載する。
- ⑯ 輸送車両により廃棄物移送容器を固体廃棄物保管保管施設などへ搬送する。

燃料デブリ取り出しセル

燃料デブリ取り出し予備セル

LLW移送容器セル

LLW移送容器ヤード

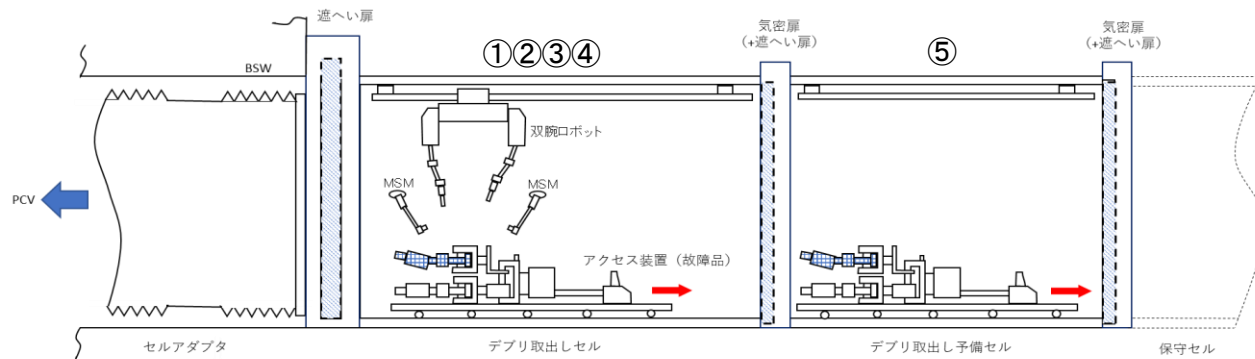
## ① 大型重量構造物の設置

### (5) 実施事項

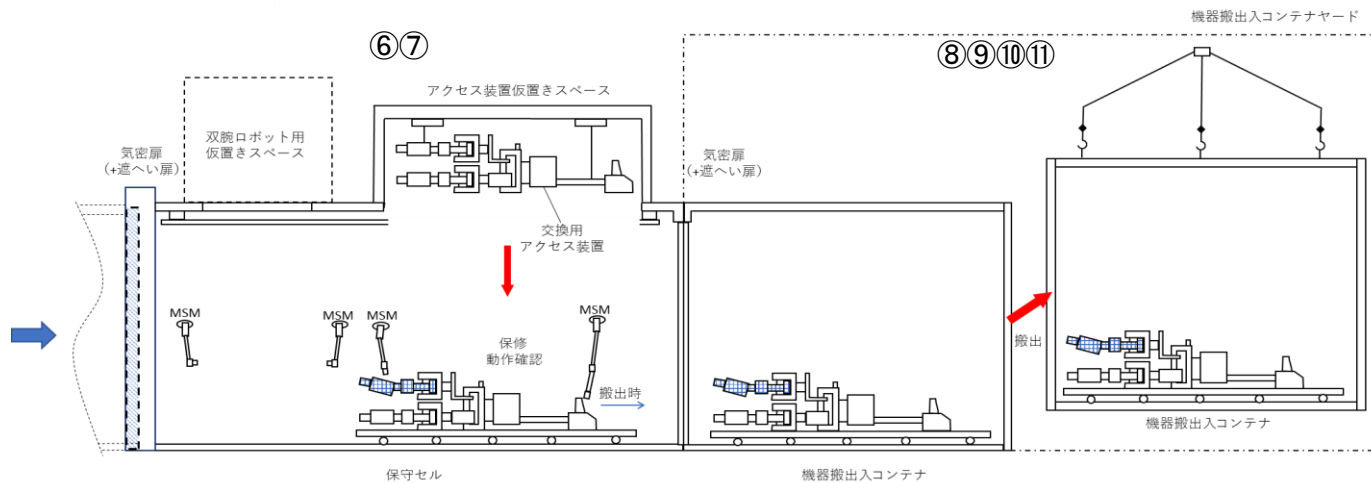
#### (5) - 1 : アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ その他: セル内作業の詳細化

#### d)-1 マテリアルハンドリングフロー(燃料デブリ取り出し用ロボットアーム取り扱いライン)



図内①～⑪  
詳細は次頁



### ① 大型重量構造物の設置

#### (5)実施事項

##### (5)－1 :アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

##### ✓ その他:セル内作業の詳細化

##### d)-2 マテリアルハンドリングフロー(燃料デブリ取り出し用ロボットアーム取り扱いライン) 搬出時

- |               |   |  |
|---------------|---|--|
| 燃料デブリ取り出しセル   | { | ① PCV内から引き揚げられたアクセス装置を受け入れる。           |
|               |   | ② アクセス装置を水洗除染する。                       |
|               |   | ③ アクセス装置から電源供給ケーブル等を切り離す。              |
|               |   | ④ 自走式の搬送装置にてアクセス装置を燃料デブリ取り出し予備セルへ移動する。 |
| 燃料デブリ取り出し予備セル | { | ⑤ 自走式の搬送装置にてアクセス装置を保守セルへ移動する。          |
| 保守セル          | { | ⑥ アクセス装置を再び水洗除染する。                     |
|               |   | ⑦ 保守セルに接続された機器搬出入コンテナへアクセス装置を収納する。     |
| 機器搬出入コンテナヤード  | { | ⑧ 機器搬出入コンテナを保守セルより切り離す。                |
|               |   | ⑨ 機器搬出入コンテナの外観検査、表面汚染検査などの搬出前の検査を行う。   |
|               |   | ⑩ 機器搬出入コンテナを輸送車両へ積載する。                 |
|               |   | ⑪ 輸送車両により機器搬出入コンテナをメンテナンス施設へ搬送する。      |

#### 搬入時

下記内容以外は、上記の逆転手順となる。

- ・必機器搬出入コンテナを積載した輸送車両を受け入れた後、必要に応じて保守セル内のアクセス装置仮置きスペースに一時仮置きする

## 6. 本事業の実施内容【 1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

No.55

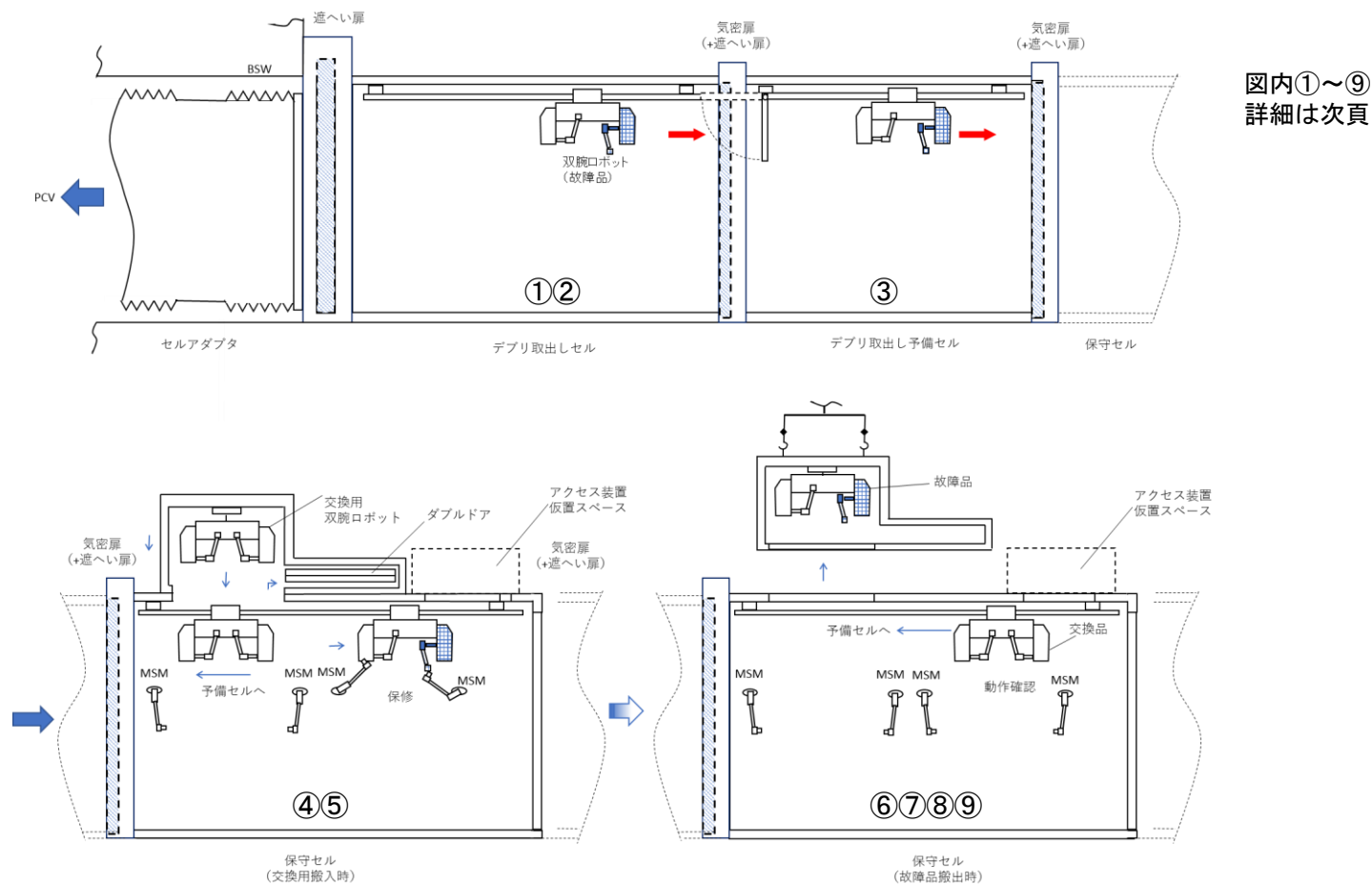
### ① 大型重量構造物の設置

#### (5) 実施事項

#### (5) - 1 : アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ その他: セル内作業の詳細化

#### e)-1 マテリアルハンドリングフロー(天井走行型双腕ロボット取り扱いライン)



### ① 大型重量構造物の設置

#### (5)実施事項

##### (5)－1 :アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

##### ✓ その他:セル内作業の詳細化

#### e)－2 マテリアルハンドリングフロー(天井走行型双腕ロボット取り扱いライン)

##### 搬出時

- |               |   |                                   |
|---------------|---|-----------------------------------|
| 燃料デブリ取り出しセル   | { | ① 故障した双腕ロボットを可能な範囲で除染する。          |
|               |   | ② 双腕ロボットを燃料デブリ取り出し予備セルへ移動する。      |
|               |   | ③ 双腕ロボットを保守セルへ移動する。               |
| 燃料デブリ取り出し予備セル | { | ④ 双腕ロボットを再び水洗除染する。                |
|               |   | ⑤ 保守セルに接続された専用コンテナへ双腕ロボットを収納する。   |
|               |   | ⑥ 保守セルから専用コンテナを切り離す。              |
|               |   | ⑦ 専用コンテナの外観検査、表面汚染検査などの搬出前の検査を行う。 |
|               |   | ⑧ 専用コンテナを輸送車両へ積載する。               |
|               |   | ⑨ 輸送車両により専用コンテナをメンテナンス施設へ搬送する。    |

##### 搬入時

上記の工程を反転し燃料デブリ取り出しセルへ搬入する。

# 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

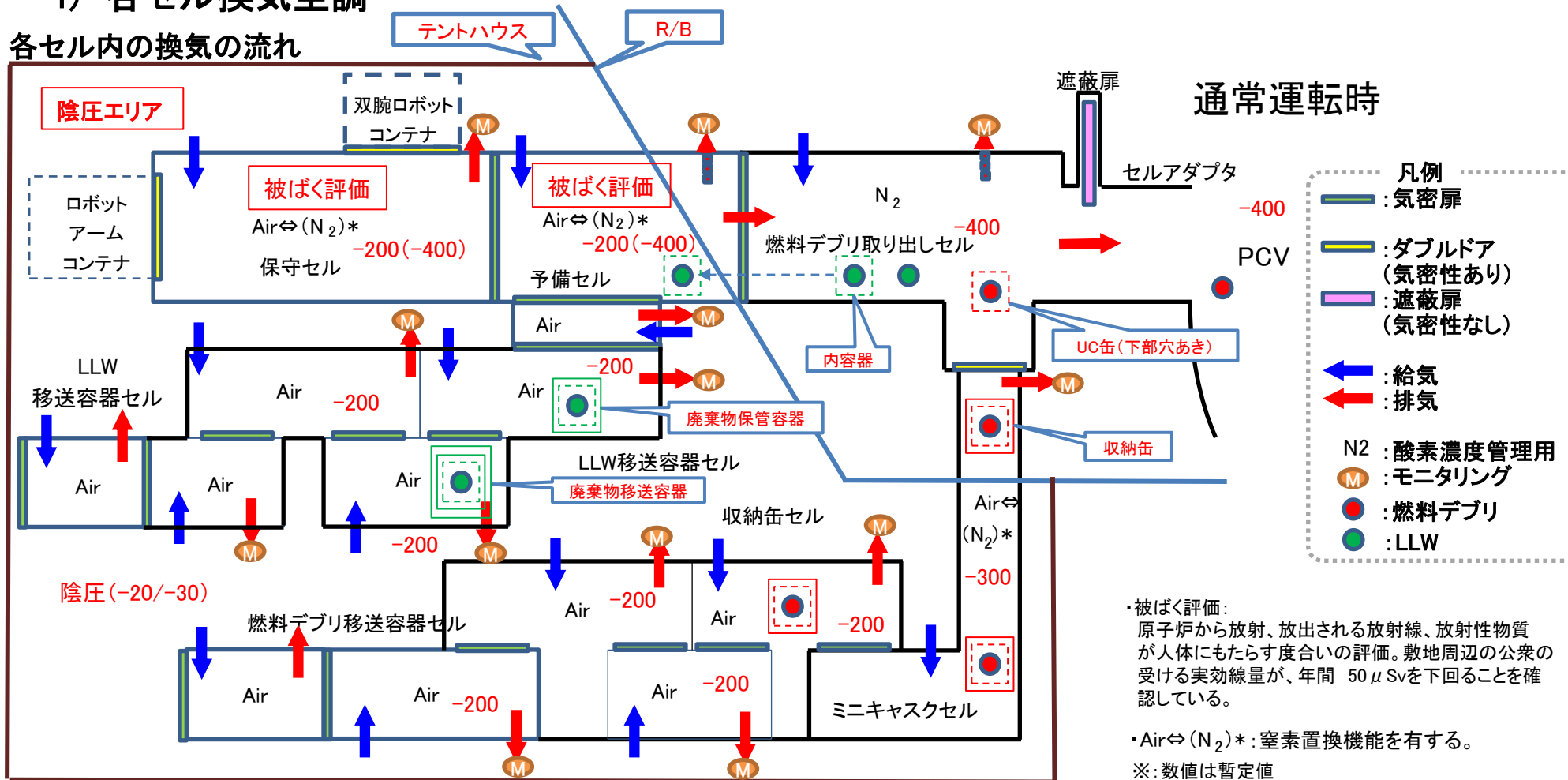
## ① 大型重量構造物の設置

### (5) 実施事項

#### (5)-1 : アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ その他: セル内作業の詳細化

#### f) 各セル換気空調



### ① 大型重量構造物の設置

#### (5)実施事項

#### (5)－1 :アクセス用設備の各構成要素仕様具体化

#### ✓ その他:セル内作業の詳細化

##### g)まとめ

- 燃料デブリ取り出し設備内のセル内作業について、以下の取り扱い物ごとに必要な作業、機器及び作業の流れをマテリアルハンドリングフロー図に整理した。
  - 燃料デブリ
  - LLW
  - 燃料デブリ取り出し用ロボットアーム
  - 天井走行型双腕ロボット
- セル内の取り扱い物とその形態を踏まえて、閉じ込めの観点よりセル内は負圧とすることを基本とし、汚染拡大防止、PCVと連通し同じ雰囲気環境となることなどを考慮し、セル内の換気空調システムを検討した。具体的には、給気/排気の流れ、セル内雰囲気ガスの種類及びモニタリング位置である。

##### h)今後の予定

- 燃料デブリを取り扱うセルラインに着目して、以下を検討する。
  - セル内機器に対する故障モードを想定
  - 取り出し作業への影響程度を評価
  - 長期運転停止させないための対策

### ① 大型重量構造物の設置

#### (5) 実施事項

#### (5)－2: アクセス用設備の据付手順詳細化検討

【目的】: 大規模燃料デブリ横取り出し工法の現場適用を踏まえた実現性確認

【目標】: 燃料デブリ取り出しに係るアクセス用設備据付の手順詳細化  
手順を成立させる上での課題抽出及び課題解決方法の検討

#### ✓ 既存技術との比較

- ・据付工法は『既存技術』を基に組み合わせや応用にて実施する。  
一般的な技術及び過去の研究成果を活用に合わせて、福島安定化特有の環境(従事者被ばく低減・汚染拡大防止・ダスト低減等)を照らし合わせることで現実的な検討を行う。

#### ✓ 実施事項、成果

- ・R/B内に設置するアクセス用設備(遮蔽扉、セルアダプタ、大型セル)の設置/据付に係る手順詳細化及び工法検討の検討。

【成果】: ① アクセス用設備に係る全体手順の詳細化(据付ステップ)

② 技術的難易度が高いと考えられるセルアダプタの据付手順の詳細化(据付ステップ)

③ 据付手順の課題抽出・課題解決方法の明確化

# 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

## ① 大型重量構造物の設置

### (5)実施事項 (5)-2: アクセス用設備の据付手順詳細化検討

#### 【成果】: 全体ステップ図

No.	1. R/B屋外整地作業	2. R/B内RHR配管撤去	3. X-6ペネ周辺・エアロック前BSW撤去
イメージ図	<p>整地範囲 西側道路</p> <p>現状の屋外 整地作業後</p>	<p>局所排気設備 RHR配管 機材搬入経路 作業員はエアロックから立ち入り G/H G/Hイメージ RHR配管切断イメージ</p>	<p>機材搬入経路 作業員はエアロックから立ち入り ステップ①: BSWの撤去 ステップ②: 仮設遮へいの設置</p>
手順	<p>R/B建屋外の西側エリアの盛土をR/B建屋床面と同じフロアレベルとなるよう平坦化処置する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ R/B内 : TP. 8. 9m</li> <li>・ R/B外 : TP. 9. 4m ⇒ TP. 8. 9m</li> </ul>	<p>RHR配管周辺線量および配管内残留物確認後、遮蔽材・サポートを撤去する。 配管切断用にG/Hを設置し、配管撤去範囲の両側内部にバルーン設置及び発泡材充填後、配管切断し開口部を閉止する。</p>	<p>X-6ペネ周辺遮蔽壁及びパーソナルエアロック前・西側通路BSWを電動重機により撤去、パーソナルエアロック前に仮設遮蔽設置する。その後PCVコンクリート壁表面形状の3D計測を行う。</p>
備考	<p>一般的な土工工事</p>	<p>局所排気設備等にてG/Hを負圧化し、ダストの抑制・建屋内の飛散防止を行う。</p>	<p>RHR配管切断時のG/Hを流用することで、新たに設置しない。 仮設遮蔽は三菱重工業（株）において実績のあるジャケット遮蔽を適用する。</p>

# 6. 本事業の実施内容 【 1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発 】

## ① 大型重量構造物の設置

### (5)実施事項 (5)–2:アクセス用設備の据付手順詳細化検討

#### 【成果】:全体ステップ図

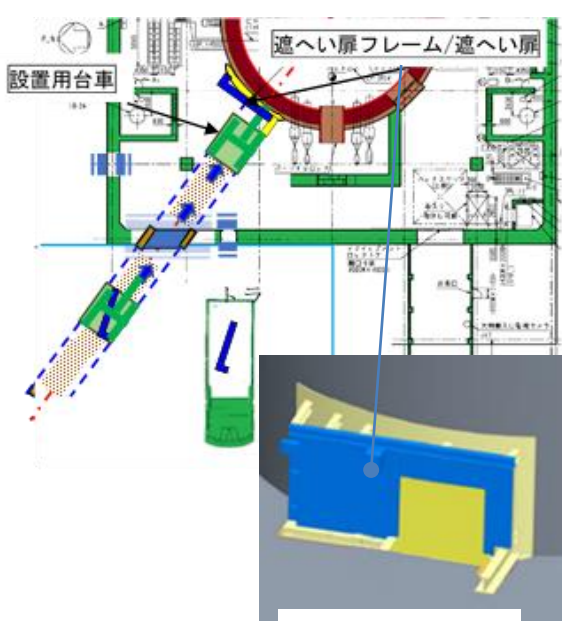
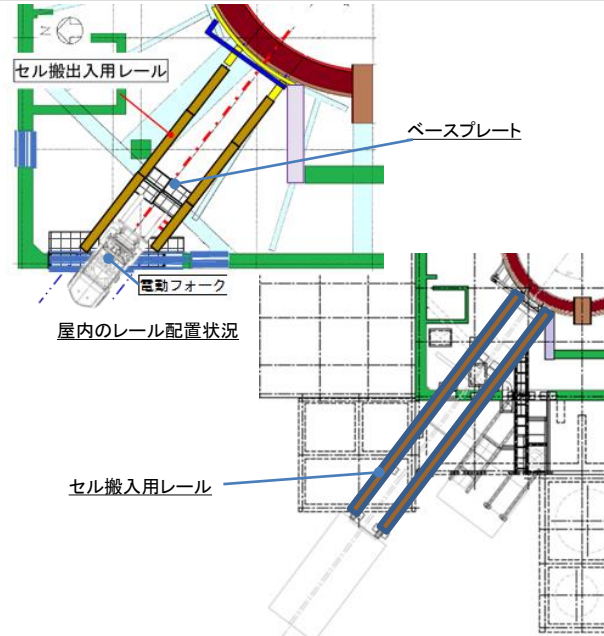
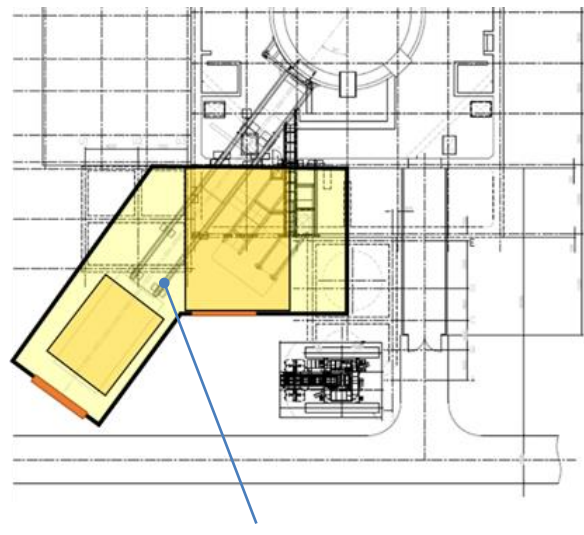
No.	4. R/B外建屋壁開口作業	5. 建屋内外芯出し(基準線)罫書き作業	6. 遮蔽扉ベースプレート設置
イメージ図			
手順	<p>飛散防止処置として屋内はG/H・ビニール養生、屋外は簡易テントハウスを設置し、被ばく防止処置(仮設遮蔽設置)の上、建屋壁をワイヤーソーで3箇所開口する。</p>	<p>R/B内のPCVコンクリート壁(開口部)、遮蔽扉ベースプレート設置位置及びレール敷設位置等の罫書きを行った後に、屋外ヤードに床面の罫書きを延長する。</p>	<p>鉄筋探査を行った後、遮蔽扉ベースプレートをアンカー打設により固定する。</p>
備考	<p>簡易テントハウスや建屋開口作業はPWRプラントでの工事にて同様の作業実績あり。(炉内構造物取替工事等)</p>	<p>一般的な土工建工事</p>	<p>PCVコンクリート表面の3D計測結果をベースプレートの形状に反映する。</p>

# 6. 本事業の実施内容 【 1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発 】

## ① 大型重量構造物の設置

### (5)実施事項 (5)-2:アクセス用設備の据付手順詳細化検討

#### 【成果】:全体ステップ図

No.	7. 遮蔽扉設置	8. 屋内外セル搬出入用レール敷設	9. 屋外テントハウス設置
イメージ図			
手順	<p>遮蔽扉フレーム/遮蔽扉を設置用台車等で搬入しボルト接合する。</p>	<p>電動フォーク等でR/B内にレールを設置し、R/B外はクレーン等でベースプレートおよびレールを設置する。 レール敷設後、建屋内外でレール芯出し及びレベル出しをする。</p>	<p>屋外の整地場所にテントハウスを設置する。 (セル設置部分を覆うように設置する。) 付帯設備・ユーティリティ設備を設営し設置する。</p>
備考	<p>—</p>	<p>ベースプレートの設置及びレール設置作業はPWRプラントでの工事にて同様の作業実績あり。 (炉内構造物取替工事等)</p>	<p>テントハウスについては、LLW及び燃料デブリ収納セルが搬出できるようクレーン等のアクセス部は屋根の開閉式を計画</p>

# 6. 本事業の実施内容 【 1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発 】

## ① 大型重量構造物の設置

### (5)実施事項 (5)-2:アクセス用設備の据付手順詳細化検討

#### 【成果】:全体ステップ図

課題：バウンダリ構築にかかわる工程

No.	10. PCVコンクリート壁開口・X-6ペネ切断	11. セルアダプタの搬入・設置	12. 装置/機器搬出入系統セル設置
イメージ図			
手順	<p>開口作業用セルを設置し、PCVコンクリート壁(BSW)を開口する。開口作業中にX-6ペネを切断し閉止板を設置する。</p>	<p>PCV壁面清掃・3D計測・セルアダプタ開先作業を実施後、セルアダプタをセルアダプタ搬送台車を使用して搬入、設置する。遮蔽扉とセルアダプタを溶接にて接合する。</p>	<p>遮蔽扉閉止後、クレーンでセルをレール上に仮置きし、搬入・結合(溶接)する。結合完了後はセル内の耐圧試験を実施する。各セルも同様に搬入・設置を行う。</p>
備考	<p>PCVコンクリート壁(BSW)開口方法は既補助事業の成果を最大限活用する。</p>		

## 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

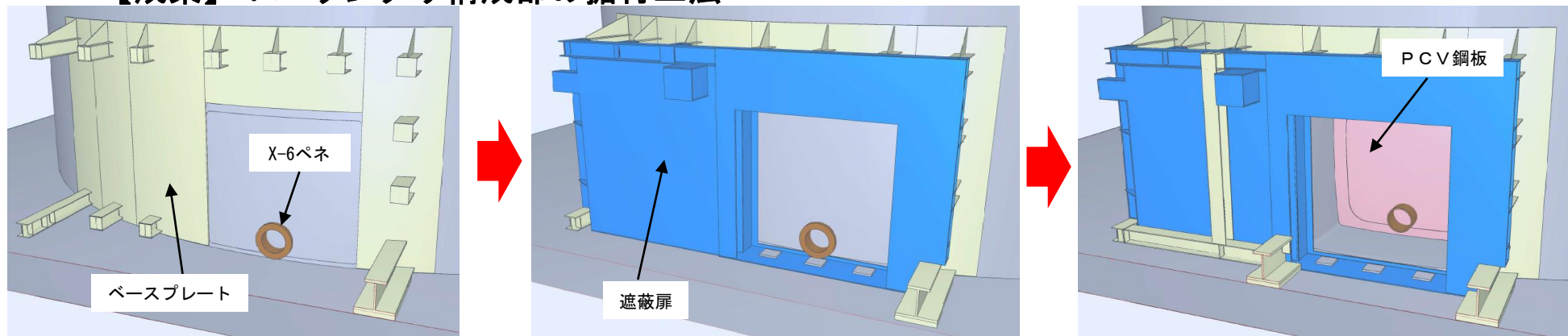
No.64

### ① 大型重量構造物の設置

#### (5)実施事項

#### (5)－2：アクセス用設備の据付手順詳細化検討

【成果】：バウンダリ構成部の据付工法



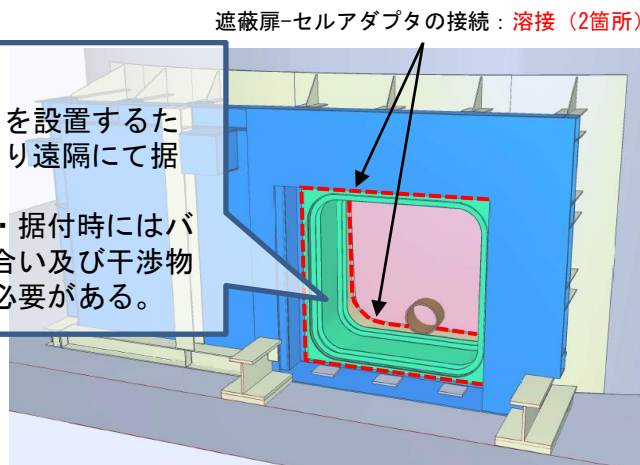
① ベースプレート設置

② 遮蔽扉設置

③ BSW掘削 (X-6ペネ仮閉止・短尺化)

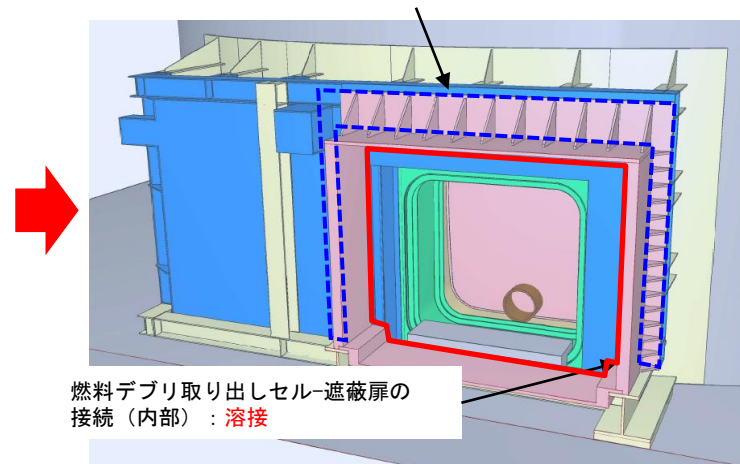
#### 【課題】

BSW開口後にセルアダプタを設置するため、PCVからの線量影響より遠隔にて据付する必要がある。  
また、セルアダプタ搬入・据付時にはバウンダリを構築する取り合い及び干渉物を回避しながら搬入する必要がある。



④ セルアダプタ設置 (遠隔操作)

燃料デブリ取り出しセル-遮蔽扉の接続 (外部)：ボルト



⑤ 燃料デブリ取り出しセル設置

# 6. 本事業の実施内容 【 1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発 】

## ① 大型重量構造物の設置

### (5)実施事項 (5)–2:アクセス用設備の据付手順詳細化検討

#### 【成果】:セルアダプタ据付手順

No.	1. セルアダプタ位置決め・直進	2. 遮蔽扉前干渉確認	3. セルアダプタ搬入 (下降・直進)	4. バウンダリ構成部確認
イメージ図				
手順	<p>遮蔽扉「開」状態とし、遮蔽扉フレームに干渉しないようセルアダプタの高さ調整及びセルアダプタの水平調整を行う。</p>	<p>セルアダプタを前進させ、セルアダプタが遮蔽扉フレーム通過後、搬送台車停止させ、干渉部の確認を行う。</p>	<p>セルアダプタを前進させ、BSW及びX-6ペネ部をモニター等にて干渉を確認しながら挿入させる。X-6付近になれば、セルアダプタを下降させ、X-6ペネとの干渉を回避させる。</p>	<p>セルアダプタ設置後、各バウンダリ構成部をモニター等にて確認を行う。</p>
課題		干渉確認方法	セルアダプタ先端とPCV鋼板との位置合わせ方法	各バウンダリの隙間確認方法

# 6. 本事業の実施内容 【 1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発 】

## ① 大型重量構造物の設置

### (5) 実施事項

#### (5)ー2: アクセス用設備の据付手順詳細化検討

#### 【成果】: セルアダプタ据付手順に関する課題及びその対応

【凡例】

要素試験① 全体構築確認試験

要素試験② 5号機現場調査

要素試験③

作業ステップ		課題	課題解決方法	試験計画	備考
1. 事前準備					
(1) セル設置位置の計測・マーキング		X-6ペネ位置からCRD開口部までのスキャン方法及びセルのマーキング手法の確立	・スキャン方法・マーキング手法を机上検討 ・検討手法について模擬体で成立性を確認	【要素試験①】 ・模擬体1/1スケール ・3Dスキャン計測で座標把握	・5号機状態確認 (2022年度)
2. 遮蔽扉の設置					
(1) 遮蔽扉ベースプレートの設置		後施工アンカーボルトを打設するためのBSW鉄筋状況の確認 BSWの強度が不明	・参考として5号機で確認	—	・5号機鉄筋探査 (2022年度)
(2) 遮蔽扉設置		遮蔽扉の搬入、運搬、設置方法	・机上検討	—	—
(3) PCVコンクリート壁開口・X-6ペネ切断		①コンクリート開口 ②X-6切断方法 ③コンクリート開口時のダスト挙動	①既実施補助事業を活用予定 ②机上検討 ③解析にて状況推定	—	③ダスト挙動の解析を 予定
3. セルアダプタの加工					
(1) PCV 壁面接合面の表面研磨		遠隔化での表面研磨方法の検討	・机上検討 (遠隔化に関する要求仕様の抽出)	—	—
(2) PCV 壁面接合面の 3D 計測		据付け基準線のマーキング位置を基準としたPCV鋼板の3Dスキャン方法の検討	・手法の机上検討 ・検討手法について模擬体で成立性を確認	【要素試験②】 ・模擬体1/2スケール ・3Dスキャン計測で形状把握 ・セルアダプタの模擬体製作 (嵌合確認)	—
(3)	工場 作業	セルアダプタの製作	・(2)の3D計測結果を用いて試験的にセルアダプタ製作し、PCV模擬体への嵌合確認を行い加工の成立性を確認		—
(4)		セルアダプタ接続フランジ加工			—
(5)		セルアダプタとフランジ接続			—

# 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

## ① 大型重量構造物の設置

### (5) 実施事項

#### (5)ー2: アクセス用設備の据付手順詳細化検討

#### 【成果】: セルアダプタ据付手順

【凡例】

要素試験① 全体構築確認試験

要素試験② 5号機 現場調査

要素試験③

作業ステップ	課題	課題解決方法	試験計画	備考
4.セルアダプタ接続作業				
(1) セルアダプタのBSW内へ挿入	遮蔽扉・BSWコンクリートの加工面との干渉	・模擬体を使用した挿入作業で干渉確認 ・遠隔化に関する要求仕様の抽出	【要素試験③】 ・模擬体1/2スケール (干渉確認部は1/1スケール) ・干渉の確認 ・位置出しの確認 (精度±7.5mm以下) ・隙間計測の確認	—
(2) セルアダプタの位置合わせ/溶接/検査				
① セルアダプタの PCV 側の位置合わせ	セルアダプタのPCV鋼板への位置出し方法の確立	・手法の机上検討 ・検討手法について模擬体で成立性を確認 ・遠隔化に関する要求仕様の抽出		—
② セルアダプタの遮蔽扉側の位置合わせ	セルアダプタの遮蔽扉側への位置出し方法の確立	・手法の机上検討 ・検討手法について模擬体で成立性を確認 ・遠隔化に関する要求仕様の抽出		—
③ セルアダプタとPCV表面の隙間計測	遠隔化での隙間計測方法の確立	・隙間計測方法の机上検討 ・検討手法について模擬体で成立性を確認 ・遠隔化に関する要求仕様の抽出		—
④ セルアダプタと遮蔽扉フレームの隙間計測	遠隔化での隙間計測方法の確立	・隙間計測方法の机上検討 ・検討手法について模擬体で成立性を確認 ・遠隔化に関する要求仕様の抽出		—
⑤ セルアダプタとPCV壁面を溶接	遠隔によるセルアダプタと PCV 鋼板の溶接方法の確立	・机上検討 ・遠隔化に関する要求仕様の抽出 (既補助事業の成果流用)	—	—
⑥ セルアダプタと遮蔽扉側を溶接	遠隔によるセルアダプタと遮蔽扉の溶接方法の確立	・机上検討 ・遠隔化に関する要求仕様の抽出	—	—
5.セル設置				
(1) 遮蔽扉閉止	—	—	—	—
(2) セル搬入	—	・模擬体(レール含む)を使用し、一般的な方法(チルローラ等)で搬入	【全体構築確認試験】 ・模擬体1/2スケール (セル長さは1m程度)	—
6.バウンダリ検査				
(1) 耐圧試験	—	—	—	—

### ① 大型重量構造物の設置

#### (5)実施事項

#### (5)－2:アクセス用設備の据付手順詳細化検討

#### ✓ 成果の反映先への寄与

- ・横取り出し工法におけるR/B内でのアクセス用設備据付手順の具体化に寄与

#### ✓ 現場への適用性の観点における分析

- ・3号機R/B内の構造を基に手順検討を実施しており、現場適用性を考慮した工法検討を行う。
- ・据付に必要な各々の工法はできる限り、一般的な技術を組み合わせることで、現場適用性を考慮。

#### ✓ 課題

X-6を介して行う作業及びBSW撤去後の作業は高線量環境下となる為、遠隔作業となる。(特に以下作業については遠隔化に課題がある。)

- ・アクセス用設備を据付けするために必要な基準位置把握及び罫書き方法
- ・セルアダプタとPCV鋼板の接続時の形状把握方法
- ・セルアダプタのBSWへの遠隔による位置決め方法

## 6. 本事業の実施内容 【 1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発 】

### ① 大型重量構造物の設置

#### (5)実施事項

#### (5)－2:アクセス用設備の据付手順詳細化検討

#### ✓ 目標に照らした達成度

【目標】: 燃料デブリ取り出しに係るアクセス用設備据付の手順詳細化  
手順を成立させる上での課題抽出及び課題解決方法の検討

#### 【達成状況】

##### ① アクセス用設備に係る全体手順の詳細化

: 全体のステップ検討は完了したが、基準線の設置工法については  
現在も引き続き検討中。

##### ② 技術的難易度が高いと考えられるセルアダプタの据付け手順の詳細化

: セルアダプタの搬入時に手順の検討は完了。据付時の手順を検討中。

##### ③ 据付手順の課題抽出・課題解決方法の明確化

据付手順にて以下の課題抽出を行い、その解決方法を検討中。

1) レーザスキャナを使用した基準位置把握及び罫書き工法

2) セルアダプタとPCV鋼板の位置合わせ方法

3) セルアダプタ搬入、据付け時の遠隔位置確認方法

#### ✓ 今後の予定

・検討中の手順の詳細化、課題解決方法の明確化を継続して実施。

(手順は要素試験をもって最終化を行う計画)

### ① 大型重量構造物の設置

#### (5)実施事項

#### (5)－3: 据付手順の要素試験検証

【目的】: 大規模燃料デブリ横取り出し工法の現場適用を踏まえた実現性確認

【目標】: (5)-2 にて抽出した以下課題について要素試験により成立性を確認  
また、遠隔操作となった場合の作業性について確認を行う。

- 1) レーザスキャナを使用した基準位置把握及び罫書き工法
- 2) セルアダプタとPCV鋼板の位置合わせ方法
- 3) セルアダプタ搬入、据付け時の遠隔位置確認方法

(試験は遠隔ではなく簡易的に搬入・据付を行い遠隔化装置への要求仕様の明確化までが対象。)

#### ✓ 既存技術との比較

- ・据付工法は『既存技術』を基に組み合わせや応用にて実施する。  
一般的な技術及び過去の研究成果を活用に合わせて、福島安定化特有の環境(従事者被ばく低減・汚染拡大防止・ダスト低減等)を照らし合わせることで現実的な検討を行う。

#### ✓ 実施事項、成果

- ・(5)-2 にて抽出した以下課題について供試体を用いた要素試験を行う。

【成果】: ① 要素試験計画

② 要素試験内容及び供試体の検討・手配

③ 要素試験の実施、結果を各工法の詳細化検討にフィードバック

## 6. 本事業の実施内容 【 1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発 】

No.71

### ① 大型重量構造物の設置

#### (5) 実施事項

#### (5) - 3: 据付手順の要素試験検証

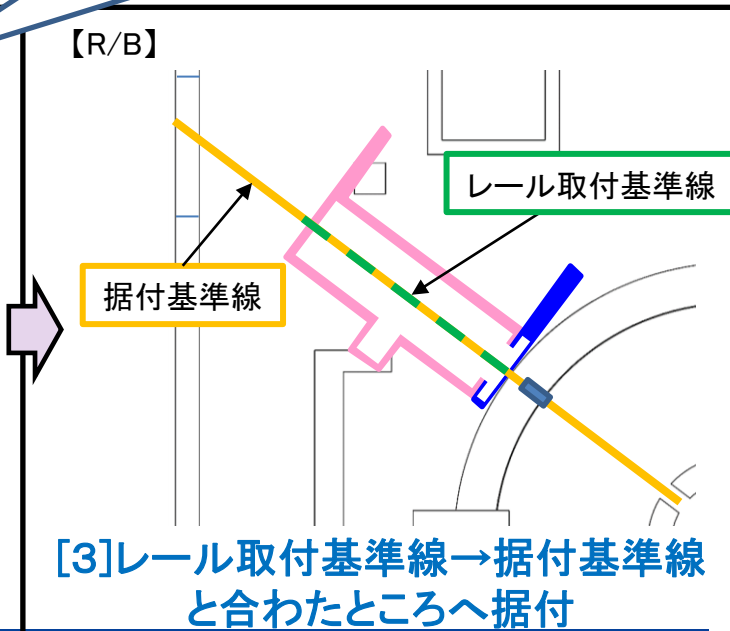
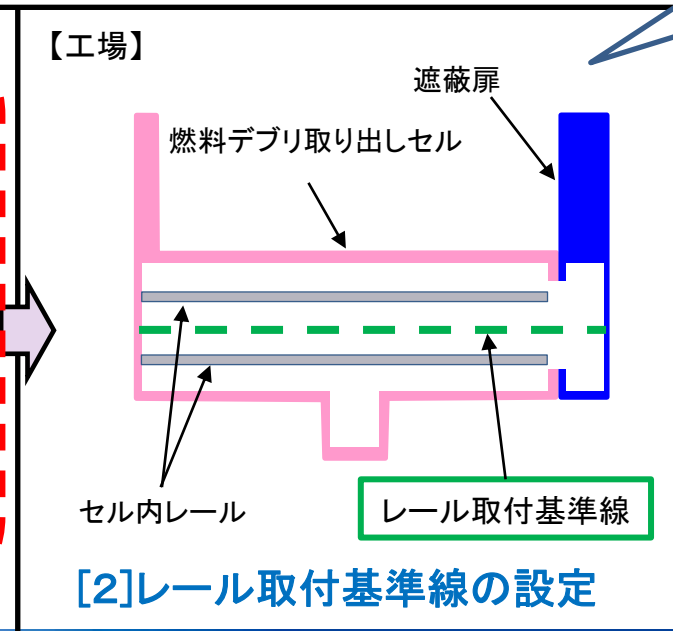
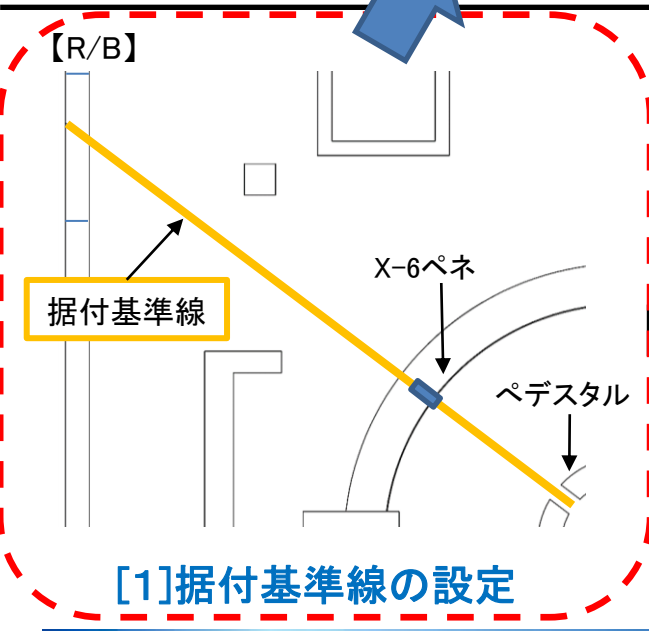
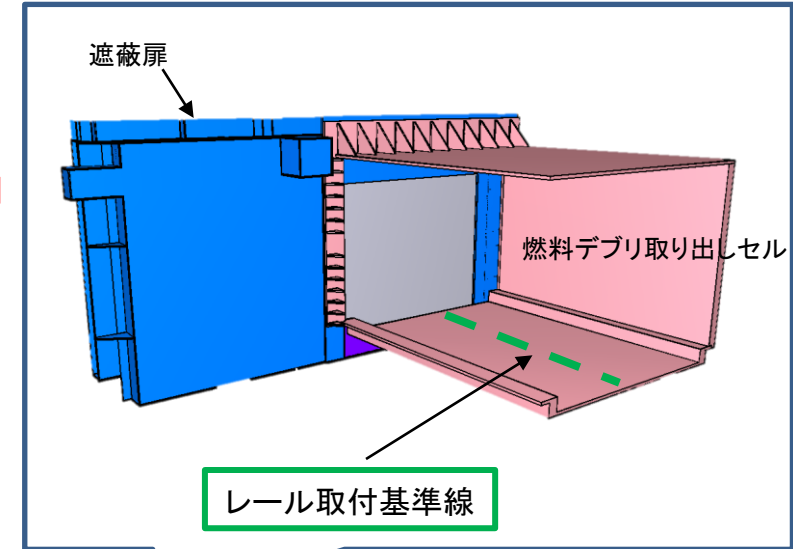
【成果】: 要素試験計画① レーザスキャナを使用した基準位置把握

[1] ペDESTAL開口とX-6ペネ開口を結ぶ据付基準線を設ける。

[2] セルは、レール取付位置の基準線を設定する。

[3] 据付時は、セルのレール取付位置基準線と据付基準線を合わせる。

ペDESTAL開口とX-6ペネ開口を結ぶ据付基準線は重要な作業であるため、位置把握方法の検討を行い、要素試験により成立性を確認



# 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

## ① 大型重量構造物の設置

### (5)実施事項 (5)－3:据付手順の要素試験検証

#### 【成果】:要素試験計画①レーザスキャナを使用した基準位置把握ステップ概要

作業ステップ	1. 隔離部屋状態確認	2. 計測ロボット搬入	3. R/B側の3Dスキャン	4. X-6ペネの3Dスキャン
ステップ図				
内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>ハッチ隔離部屋の気密扉「閉」確認</li> <li>ハッチ隔離部屋とロボット搬入部屋の気密性確認</li> <li>ロボット搬入部屋ダスト濃度確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボット搬入部屋のバックハッチ「開」</li> <li>計測ロボットをロボット搬入部屋搬入</li> <li>計測ロボットのケーブル敷設</li> <li>ロボット搬入部屋内にターゲット設置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>R/B壁面にターゲット設置</li> <li>3Dスキャン（全方位）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボット搬入部屋のバックハッチ「閉」</li> <li>ハッチ隔離部屋の気密扉「開」</li> <li>3DスキャナをX-6ペネセンターに配置</li> <li>3Dスキャン（全方位）</li> </ul>
作業ステップ	5. 3DスキャナをPCV内に設置	6. PCV内を3Dスキャン	7. 3DスキャナをR/B側に引き抜き	8. 片付け
ステップ図				
内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>計測ロボットのX-6ペネ前に走行</li> <li>3DスキャナをPCV内に挿入・位置決め</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3Dスキャン（全方位）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3DスキャナをPCVからR/B側に引抜き</li> <li>計測ロボットをロボット搬入部屋に後退</li> <li>ハッチ隔離部屋の気密扉「閉」</li> <li>ロボット搬入部屋N<sub>2</sub>置換</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボット搬入部屋のバックハッチ「開」</li> <li>ロボット搬入部屋から計測ロボット搬出</li> <li>ロボット搬入部屋のバックハッチ「閉」</li> </ul>

## 6. 本事業の実施内容 【 1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発 】

No.73

### ① 大型重量構造物の設置

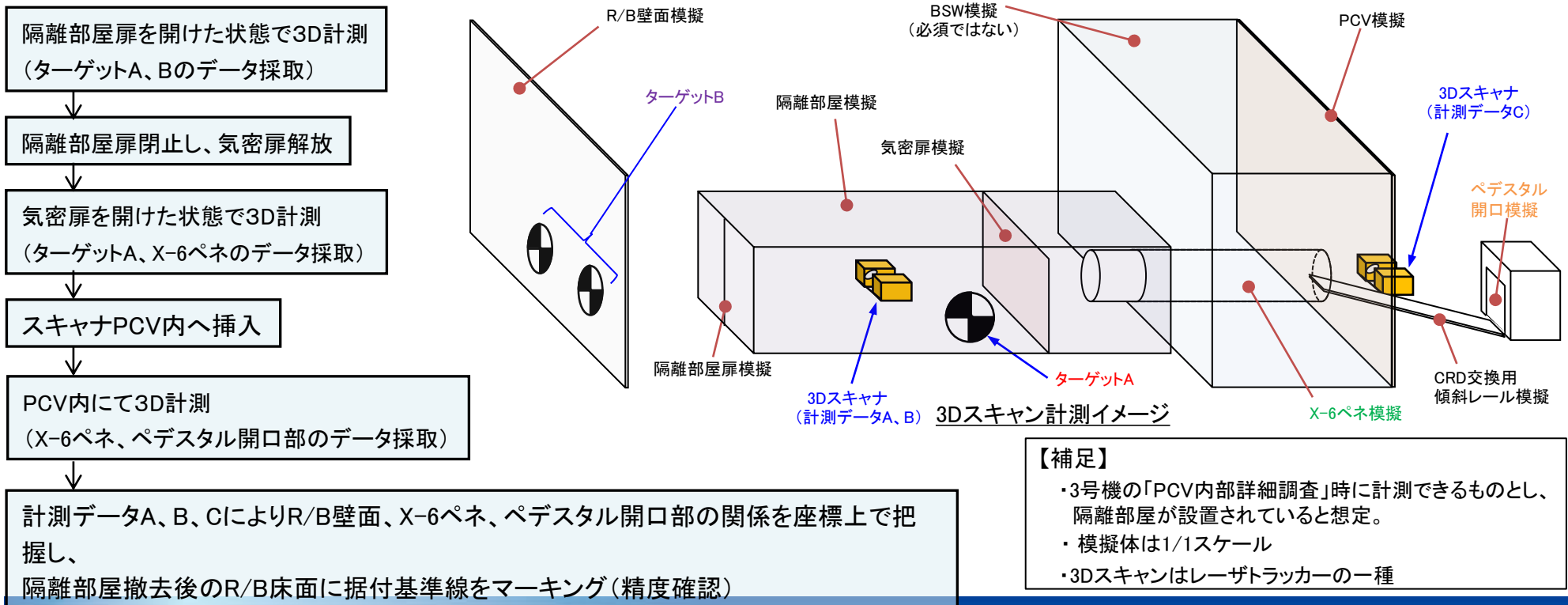
#### (5) 実施事項 (5) - 3: 据付手順の要素試験検証

【成果】: 要素試験計画① レーザスキャナを使用した基準位置把握及び野書き工法

#### 【要素試験 ① 据付基準線マーキング手法の確立】

➤ R/B壁面(必要範囲)、X-6ペネ、ペDESTAL開口を3Dスキャン計測して座標を求め、セルの据付基準線をマーキングする手法を確認する。

- ・ 検討した3Dスキャン方法で簡易計測し、計測結果の合成により座標位置を把握する。  
(計測イメージについては下図参照)
- ・ 座標データに基づき据付基準線を建屋床面にマーキングし、精度を確認する。



## 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

No.74

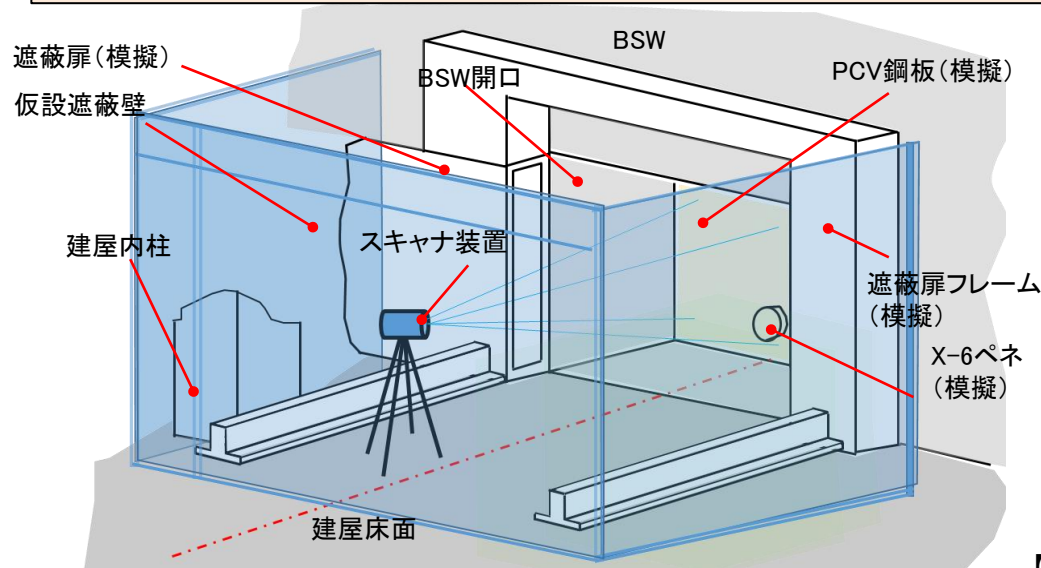
### ① 大型重量構造物の設置

#### (5)実施事項 (5)－3:据付手順の要素試験検証

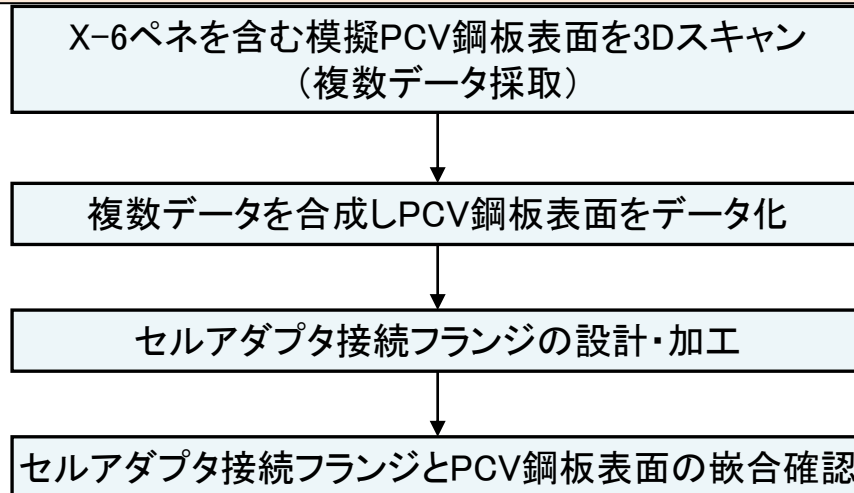
【成果】:要素試験計画② セルアダプタとPCV鋼板の位置合わせ

### 【要素試験② セルアダプタ接続フランジの加工可否確認】

- セルアダプタ接続フランジ加工の可否を検証するため、模擬体を3Dスキャンして得たデータに基づきフランジを製作し、模擬体への嵌合確認を行う。
  - ・ 模擬PCV鋼板表面を3Dスキャンし、フランジ形状の設計に必要なデータ採取を採取する。
  - ・ 計測データに基づきセルアダプタ接続フランジを製作し、嵌合確認によりフランジ加工の可否を検証する。



※ 所定の位置にて3Dスキャナを行いその結果にて製作  
PCV鋼板表面のスキャン試験イメージ



#### 【補足】

- ・ 模擬体は1/2スケール
- ・ 既補助事業にて検討しているが、X-6周辺及びびの下部等の狭隘部分のスキャン方法は未検討の為、本事業にて実施予定。

## 6. 本事業の実施内容 【 1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発 】

No.75

① 大型重量構造物の設置

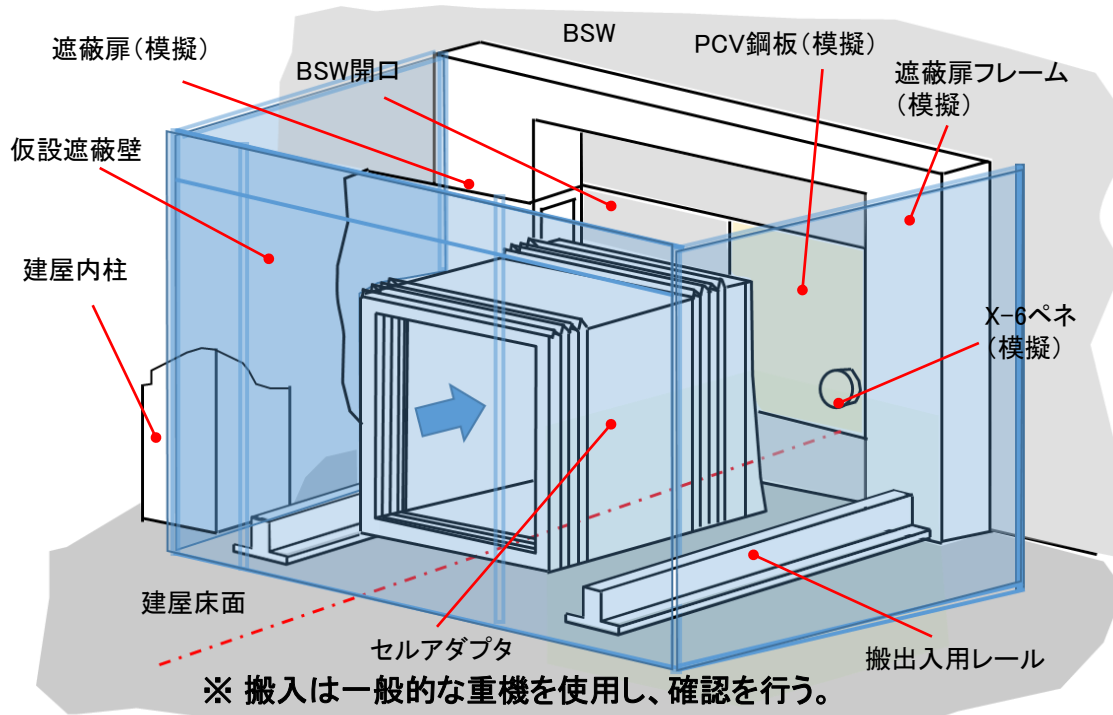
(5) 実施事項

(5) - 3: 据付手順の要素試験検証

【成果】: 要素試験計画③ セルアダプタ搬入、据付け時の遠隔位置確認方法

### 【要素試験 ③ セルアダプタの挿入性確認】

➤ 遠隔化に関する要求仕様を抽出するため、模擬体にセルアダプタを挿入し作業性を確認する。



- ・BSW/遮蔽扉フレームの開口に対するセルアダプタの搬入性を確認する。
  - ① 遮蔽扉フレーム、BSW開口との干渉確認
  - ② X-6ペネが残存した状態での搬入性確認
- ・セルアダプタのPCV鋼板と遮蔽扉に対する位置出し確認を行う。
- ・PCV鋼板/遮蔽扉フレームとセルアダプタの隙間確認

(注記) 模擬体は1/2スケール

セルアダプタ搬入作業イメージ (セルアダプタの搬入方法詳細は検討中)

## 6. 本事業の実施内容 【 1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発 】

No.76

### ① 大型重量構造物の設置

#### (5)実施事項 (5)－3:据付手順の要素試験検証

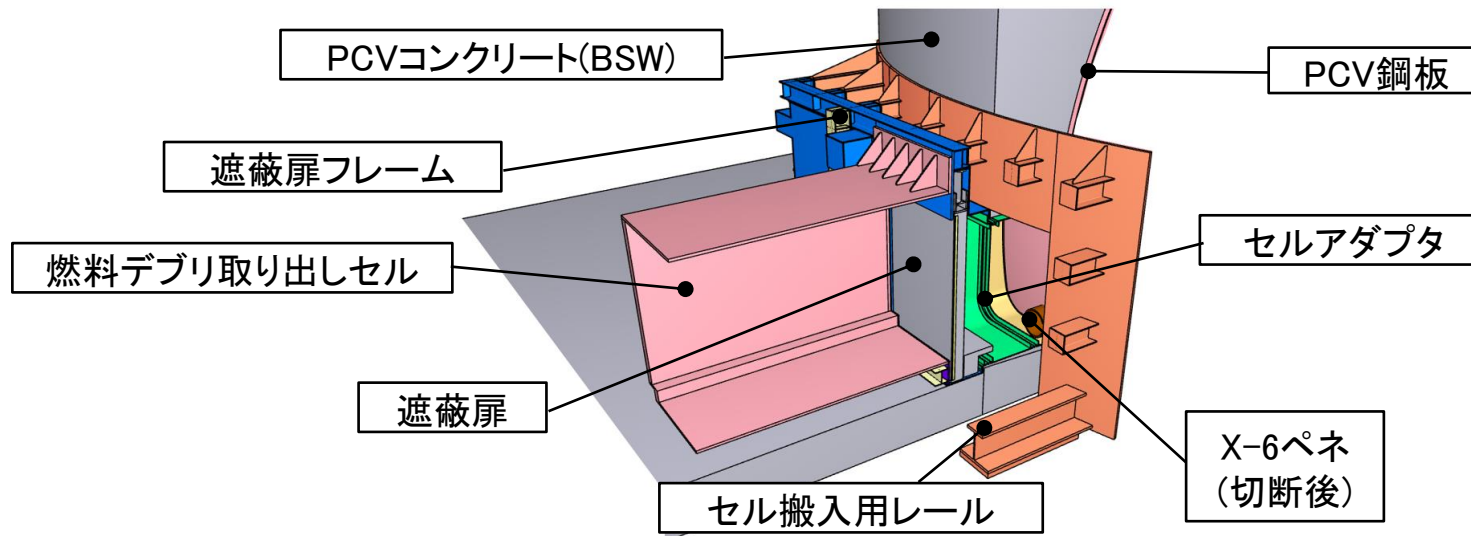
【成果】:要素試験計画④ セル等据付手順検証の確認試験

### 【全体構築確認試験】

- セルアダプタの接続作業の遠隔化に関する要求事項の抽出用に要素試験②、③で使用する以下の試験設備に燃料デブリ取り出しセル(部分模擬)を設置し、全体構築確認を行う。

### 【試験設備】

- R/B内のX-6ペネ周辺のPCVとBSWを部分的に模擬
- セルアダプタ、遮蔽扉及び燃料デブリ取り出しセルを模擬  
(燃料デブリ取り出しセルの長さはPCV接続側の1m程度を模擬)
- 基本的に1/2スケールにて模擬することで計画



### ① 大型重量構造物の設置

#### (5)実施事項

#### (5)－3:据付手順の要素試験検証

#### ✓ 成果の反映先への寄与

・横取り出し工法におけるR/B内でのアクセス用設備据付手順の具体化に寄与

#### ✓ 現場への適用性の観点における分析

・3号機R/B内の構造及び供試体についてはBSW開口/PCV鋼板の形状等、必要に応じ可能な限り模擬しており、現場適用性を考慮。

#### 1)レーザスキャナを使用した基準位置把握及び罫書き工法

ペDESTAL開口部及びX-6ペネ及び建屋間の距離を実機大で模擬する必要がある為、1/1にて模擬を行う。(ご参照:No.71、72、73)

#### 2)セルアダプタとPCV鋼板の位置合わせ、搬入・据付時の位置確認方法及びセル等据付手順検証の確認試験

R/B内のX-6ペネ周辺のPCVとBSWを部分模擬、セルアダプタ、遮蔽扉及びデブリ取り出しセルを模擬(燃料デブリ取り出しセル長さはPCV接続側の1m程度を模擬)供試体サイズは誤差の計測精度と作業性から1/2にて実施。(ご参照:No.74、75、76)

・据付に必要な各々の工法はできる限り、一般的な技術を組み合わせることで、現場適用性を考慮。

### ① 大型重量構造物の設置

#### (5)実施事項 (5)－3:据付手順の要素試験検証

##### ✓ 目標に照らした達成度

【目標】:(5)-2 にて抽出した以下課題について要素試験により成立性を確認

- 1)レーザスキャナを使用した基準位置把握及び罫書き工法
- 2)セルアダプタとPCV鋼板の位置合わせ方法
- 3)セルアダプタ搬入、据付け時の遠隔位置確認方法

(簡易的に搬入・据付を行い遠隔化装置への要求仕様の明確化まで。)

##### 【達成状況】

- 1)レーザスキャナを使用した基準位置把握及び罫書き工法
  - ・基準位置把握方法の検討完了(罫書きは一般的な墨出し)
  - ・要素試験内容及び設備検討中。
- 2)セルアダプタとPCV鋼板の位置合わせ方法
  - ・レーザスキャナによる形状把握方法を検討中。
  - ・スキャナ結果をセルアダプタ先端形状への反映方法を検討中
- 3)セルアダプタ搬入、据付け時の遠隔位置確認方法
  - ・セルアダプタ搬入時のPCV鋼板との位置把握方法を検討中。
  - ・供試体及び試験設備の設計を実施中。
- 4)セル等据付手順検証の確認試験
  - ・供試体及び試験設備の設計を実施中。

##### ✓ 今後の予定

- ・供試体の手配及び試験方法確定(～9月)

### ① 大型重量構造物の設置

#### (5) 実施事項

##### (5)－4 : 遠隔据付装置への要求仕様整理

【目的】: 大規模燃料デブリ横取り出し工法の現場適用を踏まえた実現性確認

【目標】: セルアダプタ搬入、据付け時の要素試験結果を踏まえ、遠隔化に必要な装置の要求仕様明確化

- 1) セルアダプタ搬入・据付手順の明確化
- 2) 搬入・据付作業手順に対する装置への要求事項整理
- 3) 要素試験結果を踏まえた装置の要求事項明確化

#### ✓ 既存技術との比較

・据付についてはできる限り既存技術の組み合わせにて実施する。

#### ✓ 実施事項、成果

セルアダプタ搬入、据付け時の要素試験結果を踏まえた装置の要求仕様明確化

- 1) セルアダプタ搬入・据付手順の明確化
- 2) 搬入・据付作業手順に対する装置への要求事項整理
- 3) 要素試験結果を踏まえた装置の要求事項明確化

# 6. 本事業の実施内容 【 1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発 】

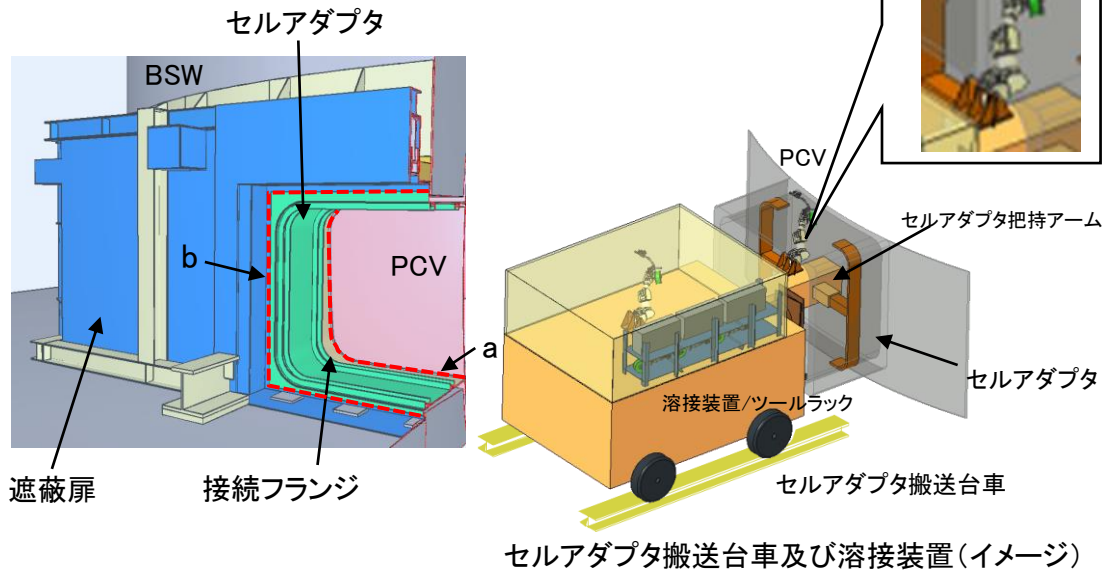
## ① 大型重量構造物の設置

### (5) 実施事項

#### (5) - 4 : 遠隔据付装置への要求仕様整理

#### 【成果】: セルアダプタの設置手順(案)

作業ステップ	
1. 事前準備	
(1)	PCV壁面 接合面の表面研磨
(2)	PCV壁面 接合面の3D計測
(3)	セルアダプタの製作
(4)	セルアダプタ接続フランジの加工
(5)	セルアダプタ接続フランジとセルアダプタを接続
2. セルアダプタ接続作業	
(1)	セルアダプタの挿入
(2)	セルアダプタの位置合わせ
(3)	セルアダプタの溶接/検査
①	PCV側の位置合わせ (図中 a)
②	PCV側とPCV壁面を溶接 (図中 a)
③	セル側の位置合わせ (図中 b)
④	セル側と遮蔽扉を本溶接 (図中 b)
⑤	燃料デブリ取り出しセルの搬入、位置合わせ
⑥	燃料デブリ取り出しセルと遮蔽扉を溶接
⑦	溶接部の検査



### 【課題】

**セルアダプタの挿入・設置の詳細手順構築**  
 ↓  
**遠隔据付性を考慮した据付調整方法の確立と調整代の設定**  
 ↓  
**遠隔据付装置の要求仕様の明確化**

検査方法案: 施工要領管理+外観検査+漏えい検査

## ① 大型重量構造物の設置

### (5) 実施事項

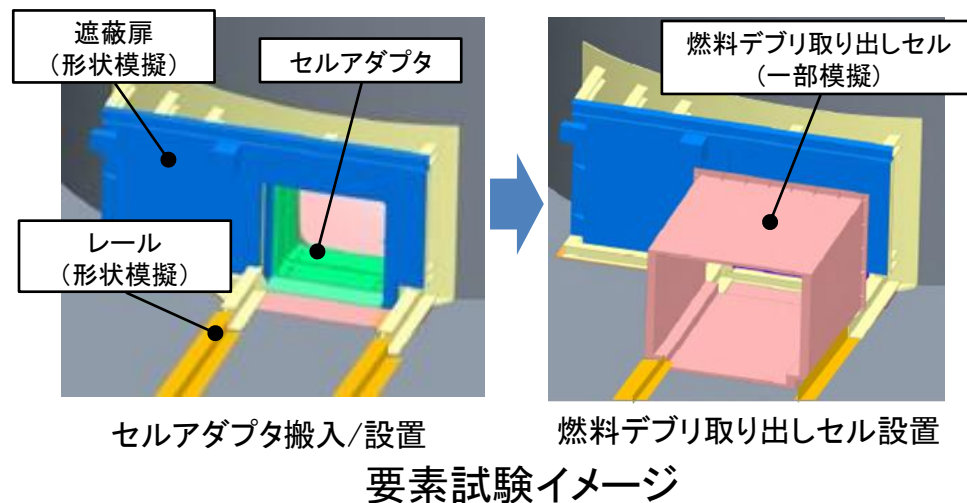
#### (5) - 4 : 遠隔据付装置への要求仕様整理

【成果】: セルアダプタの設置手順(案)

設置手順の要素試験検証

バウンダリを構成する部分※1の位置決め・据付要素試験を行い、遠隔化(装置化)に必要な要求仕様を抽出する。

※1: 遮蔽扉、セルアダプタ、大型セル



No.	課題	試験内容
1	セルアダプタの挿入・設置の詳細手順構築	1) セルアダプタと PCV 鋼板の 3D 計測および形状確認
2	遠隔据付性を考慮した据付調整方法の確立と調整代の設定	2) セルアダプタと BSW 開口部の挿入方法確認 3) セルアダプタと BSW・PCV との取り合いの確認
3	遠隔据付装置の要求仕様の明確化	4) セルアダプタと PCV 鋼板との溶接作業性確認 (手溶接) 5) 大型セル搬入後の遮蔽扉・セルアダプタとの芯だし・位置決め性確認 6) 大型セル・セルアダプタ・遮蔽扉の溶接作業性確認 (手溶接)



要素試験で検証を行い、遠隔据付装置の要求仕様を抽出する。

## 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

### ① 大型重量構造物の設置

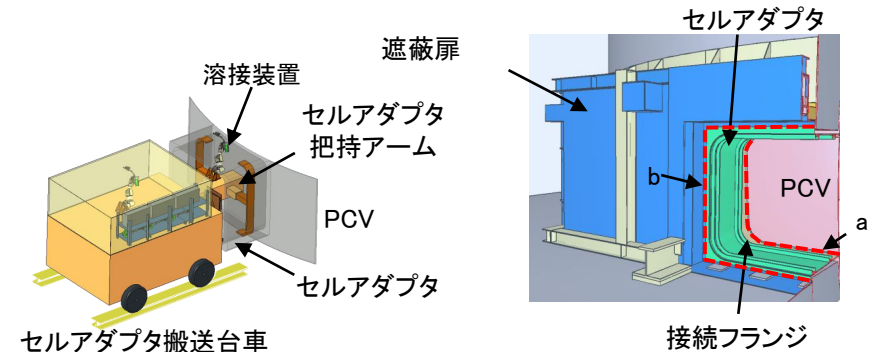
#### (5)実施事項 (5)－4 : 遠隔据付装置への要求仕様整理

#### 【成果】: 据付作業ステップに対するセルアダプタ据付台車への要求事項整理

作業ステップ		要求事項
1. 事前準備		
(1) PCV 壁面接合面の表面研磨		遠隔で PCV 鋼板を研磨できること
(2) PCV 壁面接合面の 3D 計測		遠隔で既設罫書き線に対する PCV 鋼板表面および BSW 開口部を計測できること
(3) セルアダプタの製作		
(4) 工場作業 セルアダプタ接続フランジの加工		(2) で計測した結果を基にフランジを加工
(5) セルアダプタ接続フランジとセルアダプタを接続		
2.セルアダプタ接続作業		
(1) セルアダプタの挿入		遠隔で基準位置まで干渉なくセルアダプタを搬入できること
(2) セルアダプタの位置合わせ/溶接/検査		
① セルアダプタの PCV 側の位置合わせ(図中 a)		遠隔で 3D 計測結果を基に所定の位置まで移動させられること
② 隙間計測		遠隔でセルアダプタを保持した状態で PCV 鋼板との隙間を全周計測できること
③ セルアダプタの PCV 側と PCV 壁面を溶接(図中 a)		遠隔でセルアダプタを保持した状態でセルアダプタと PCV 鋼板が溶接できること
④ セルアダプタの遮蔽扉側の位置合わせ(図中 b)		遠隔で 3D 計測結果を基に所定の位置まで移動させられること
⑤ 隙間計測		遠隔でセルアダプタを保持した状態で遮蔽扉との隙間を全周計測できること
⑥ セルアダプタの遮蔽扉側と遮蔽扉を溶接(図中 b)		遠隔でセルアダプタを保持した状態でセルアダプタと遮蔽扉が溶接できること
⑦ 溶接部の検査		遠隔で溶接部のVT検査ができること

### ② 整理した要求事項から必要な機能を分類、仕様を整理

機能	仕様	
① 走行性	走行速度	〇m/min 以上
	登坂能力	〇° の勾配が登坂可能なこと
② 操作性		
③ 位置決め性(精度)		
④ 安全性		検討中
⑤ 保守性		
⑥ 耐久性(耐放性・耐用年数)		



セルアダプタ据付台車イメージ

### ① 大型重量構造物の設置

#### (5) 実施事項

#### (5)－4: 遠隔据付装置への要求仕様整理

#### ✓ 成果の反映先への寄与

- ・横取り出し工法におけるR/B内でのアクセス用設備据付手順の具体化に寄与

#### ✓ 現場への適用性の観点における分析

- ・3号機R/B内の構造及び供試体について、縮尺は1/2として重量の模擬はしていないものの、小型で取り扱いを楽にして、据付に必要な環境条件(BSW開口/PCV鋼板の形状等)を模擬し、現場での作業性の確認をしやすくした。

(ご参照: No.76、80、81)

- ・現地での作業手順を検討し、その結果を反映することで現地工事を考慮。

## 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

### ① 大型重量構造物の設置

#### (5) 実施事項

#### (5)－4: 遠隔据付装置への要求仕様整理

#### ✓ 目標に照らした達成度

【目標】: セルアダプタ搬入、据付け時の要素試験結果を踏まえ、遠隔化に必要な装置の要求仕様明確化

- 1) セルアダプタ搬入・据付手順の明確化
- 2) 搬入・据付作業手順に対する装置への要求事項整理
- 3) 要素試験結果を踏まえた装置の要求事項明確化

#### 【達成状況】

- 1) セルアダプタ搬入・据付手順の明確化
  - ・全体手順の検討は終了し、据付手順の詳細中。
  - ・要素試験内容及び設備検討中。
- 2) 搬入・据付作業手順に対する装置への要求事項整理
  - ・全体的な手順から基礎的な要求仕様の明確化中。
- 3) 要素試験結果を踏まえた装置の要求事項明確化
  - ・要素試験実施後反映予定。

#### 今後の予定

- ・供試体の手配及び試験方法確定(～9月)

### ① 大型重量構造物の設置

#### (6)まとめ

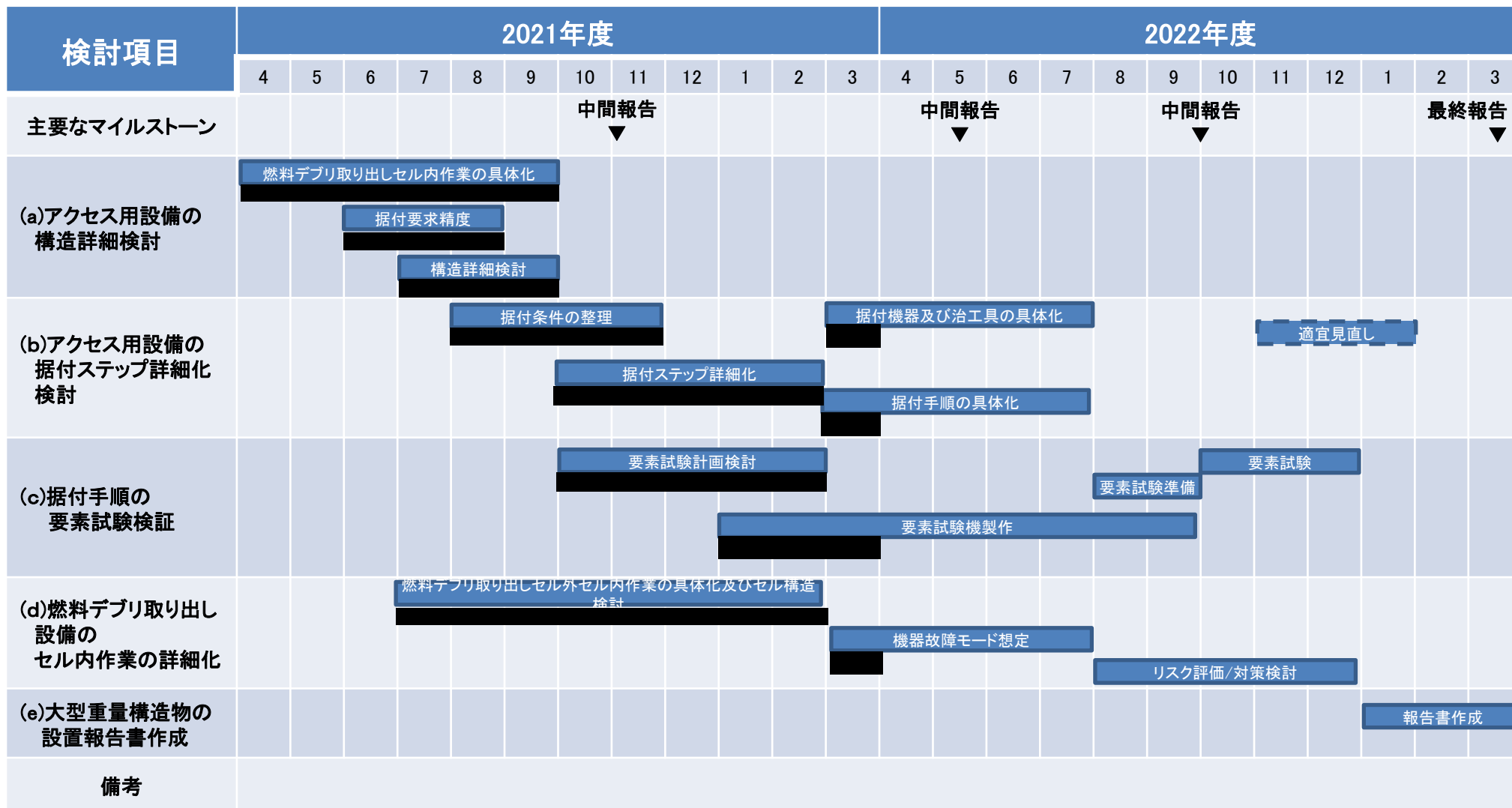
- アクセス用設備のセルアダプタ、遮蔽扉及び燃料デブリ取り出しセルに関するバウンダリ部（接続部、組合せ部及び設置部）に着目し構造の詳細化を行った。
- アクセス用設備及びその他の燃料デブリ取り出し設備のセルは、最短距離のアクセスルート構築のため、ペDESTAL開口部とX-6ペネ開口部の直線上に精度良く据付る必要がある。このため、据付手順、構造を検討し、据付精度を考慮し、全体として実現可能な構造・据付け案を構築した。
- スループットの向上を図るための検討の一環として、スループット算出結果の精度を上げるためにセル内の作業の詳細化を図った。
- 大型重量構造物の据付作業ステップの詳細化及び見直しを行い、各ステップにおける課題を抽出し、対処方針及びその確認のため必要な要素試験（据付け基準位置の設定、セルアダプタフランジ部の3D加工手法確認、挿入性の確認及び全体構築）を立案中。
- 高線量環境下の据付作業となるため、遠隔装置による据付を要求されるセルアダプタに対して、据付手順の詳細ステップの整理と課題を整理した。また、具体化した構造をもとに、遠隔装置への要求条件を明確にするための試験計画を立案中。

# 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

## ① 大型重量構造物の設置

### (7) 開発工程

【凡例】計画:  実績:



公募実施内容を記載

### ② P C V 接続スリーブ遠隔設置・溶接

燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、P C V内へのアクセスにあたり接続部の気密性を確保するための検討を進めてきている。P C Vに接続するスリーブ等設備のP C Vへの取り付けにおいては、高線量、狭隘なエリア等の作業環境・設置条件の下で、遠隔で精度よく設置し、接続部の閉じ込め機能を確保できる技術の開発が必要となる。

P C Vに接続するスリーブ等の遠隔設置における要求事項を整理し、遠隔設置方法、機器・装置、手順について検討を行い、模擬試験体による要素試験を計画、実施し、精度評価など要求事項の実現性の確認を行う。この検討においては、P C V側も変形している可能性を考慮した接続方法や、R/Bの床面耐荷重等を考慮した検討を行う。

接続部の閉じ込め技術としてスリーブ等の溶接、検査、保守における要求事項を整理し、遠隔による据付精度を考慮した方法、遠隔溶接装置及び必要な治具の開発、溶接前の磨きなどの前処理を含む一連の溶接手順、検査、保守を遠隔で実施する方法の検討を行う。その上で、模擬試験体による検証試験を計画、実施し、要求事項について溶接施工性、成立性を確認する。

### ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接

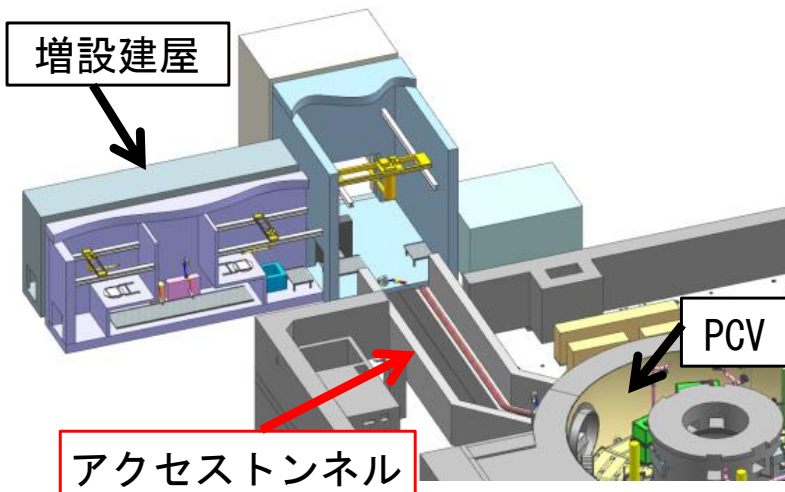
アクセストンネルの概要を以下に示す。

#### 【工法のコンセプト】

- ・ R/B床の耐荷重を考慮し、R/B床に荷重をかけない工法

#### 【工法概要】

- ① アクセストンネルはR/B外から送り出して設置する
  - ② 荷重はR/B壁とBSWで支持する
- (注記) アクセストンネルは機器ハッチに接続することを計画中 (1～3号機共通)



#### 【開発課題】

- ① 送り出し工法の実現性
  - 形状模擬による送り出し方法の実現性確認(18年度実施)
  - 質量模擬による旋回部実現性確認(20-21年度実施：安全確保PJ)
- ② BSWの厚さ1800mmで荷重支持と地震時の変位吸収が必要
  - 変位吸収機構の実現性確認(20-21年度実施：安全確保PJ)
  - スリーブ設置、溶接方法の検討(本事業)

# 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

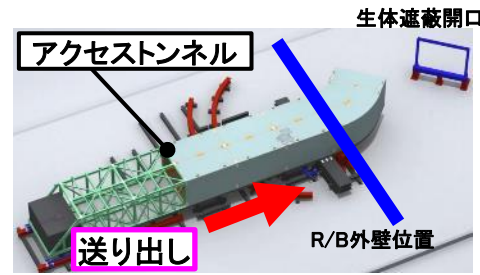
## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接

アクセストンネルに関し、これまでの開発成果と本事業との関連について以下に示す。

工法・システム高度化(2017-18年度実施)

【工法実現性の確認(形状寸法模擬要素試験実施)】

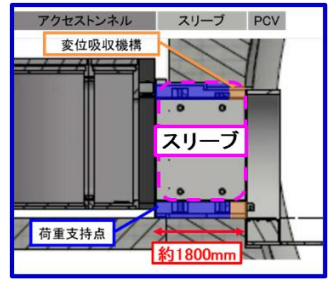
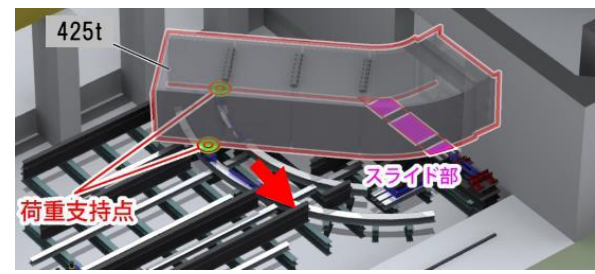
- トンネルパーツの送り出し
- 狹隘開口における曲面トンネルの送り出し
- 遠隔作業監視、位置決め精度



取り出し規模の更なる拡大(2019-20年度実施)

【接続方法の検証】

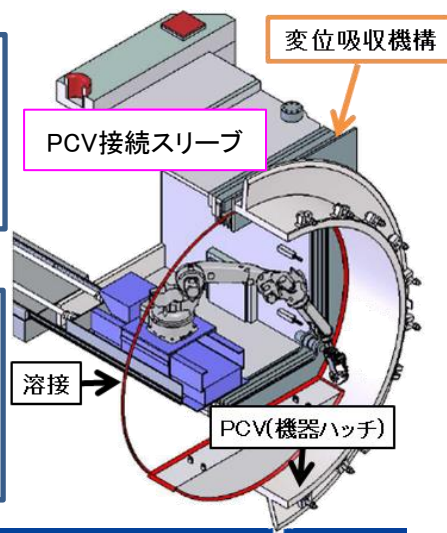
- 上記で抽出した課題の検討
- BSWとの接続方法(スリーブ溶接試験)
- スリーブ(変位吸収機構)構造検討



安全確保(2020-21年度実施)

【試験による実現性確認】

- 重量物送り出し(スライド部の確認)
- 変位吸収機構(漏洩量確認)



今回実施

【実機を見据えた実現性検証】

- スリーブ遠隔設置・溶接方法の検討(実規模での確認)
- 遮蔽体追設・シールドプラグ解体

東京電力HD委託(2020-21年度実施)

【PCV接続スリーブ遠隔設置装置概念検討】

- スリーブ遠隔設置案の選定
- 概念設計および課題の抽出

今後の検討項目

- エンジニアリングや技術開発で抽出された開発課題の検討等

## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接

【20年度までの検討状況】

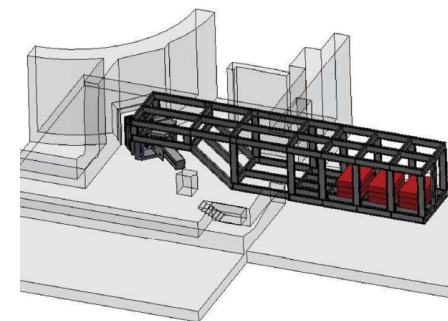
〈PCV接続スリーブ溶接〉

- 機器ハッチシェルとPCV接続スリーブの溶接条件の整理
- 溶接要素試験(溶接可能ギャップの確認)
- 研磨材の選定
- 研削装置の検討(味見試験実施)

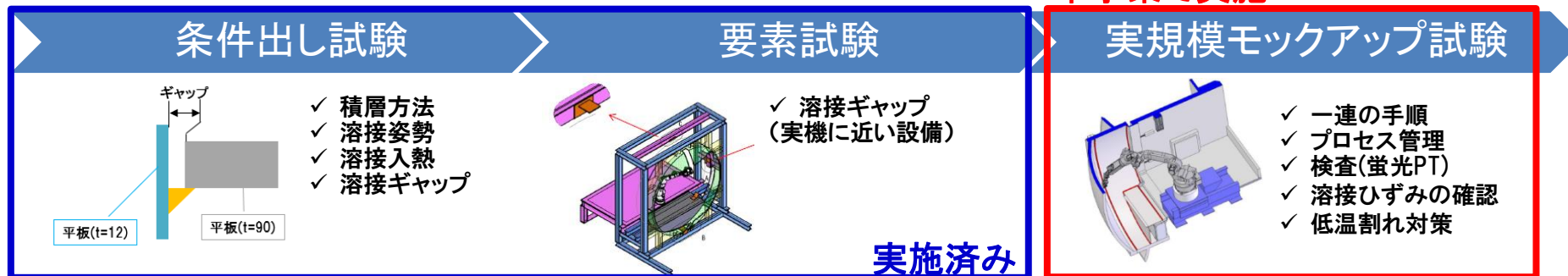
⇒溶接の要素試験により、ギャップ20mmにおいても溶接が出来ることを確認した。

20年度までの溶接要素試験結果を踏まえ、実規模での溶接試験(実規模モックアップ試験)を実施する。

更に、現場施工性、溶接時の熱収縮の影響、品質を考慮するとギャップを可能な限り小さくすることが必要。  
 実規模でのPCV接続スリーブ遠隔設置精度について、設置装置を試作し、検証する。



PCV接続スリーブ設置イメージ(3号機)



本事業で実施

### ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接

#### 【課題】

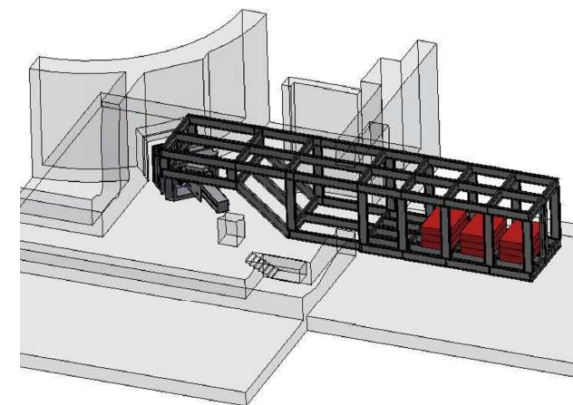
- 溶接の現場施工性や品質を考慮すると、PCVとスリーブ間のギャップを可能な限り小さくすることが求められる。作業環境(線量等)を踏まえ、PCV接続スリーブを遠隔で精度良く設置することが課題である。
- 遠隔で精度よくスリーブを設置する方法を検討し、遠隔設置精度(ギャップ)を考慮した遠隔溶接方法を確立する。

#### 【実施内容】

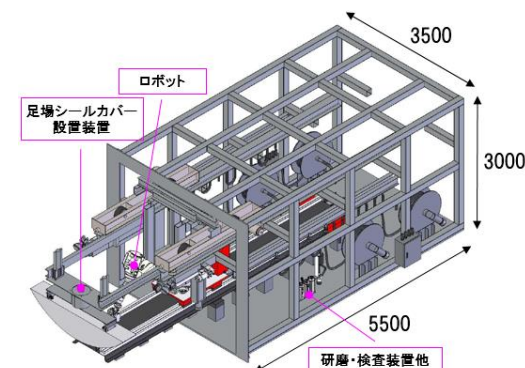
- 検討に関わる前提条件を整理する。
- PCVに接続するスリーブの遠隔設置における要求事項を整理し、遠隔設置方法、機器・装置、手順の検討を行う。  
(PCV側も変形している可能性を考慮した接続方法や、R/Bの床面耐荷重等を考慮する。)
- スリーブの溶接、補修、検査、保守における要求事項を整理し、遠隔による据付精度を考慮した方法、遠隔溶接装置及び必要な治具の開発、溶接前の磨きなどの前処理を含む一連の溶接手順、検査、保守を遠隔で実施する方法の検討を行う。
- スリーブ遠隔設置方法及び溶接手順について要素試験を計画、実施して実現性を確認する。

#### 【得られる成果】

- スリーブに関する遠隔設置方法の提示。
- スリーブに関する一連の溶接手順の提示。



PCV接続スリーブ遠隔設置イメージ(3号機)

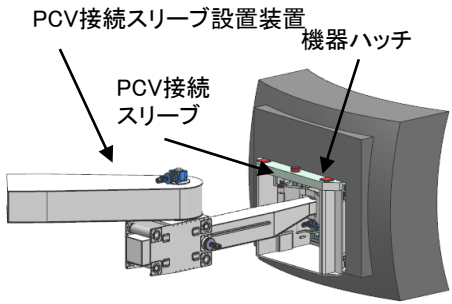
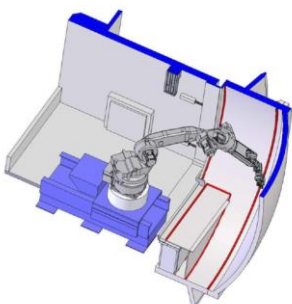
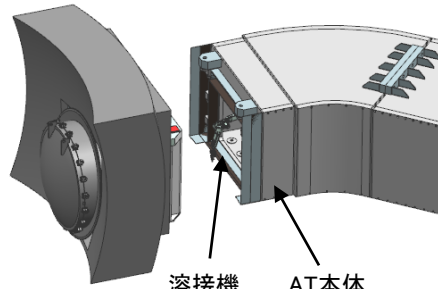
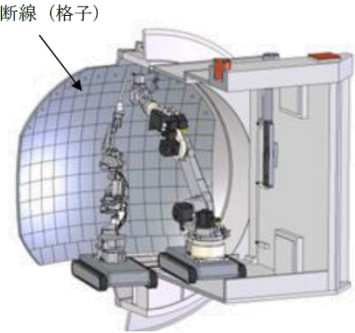


PCV接続スリーブ溶接装置イメージ

## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接

### 【実施内容】

PCV接続スリーブの設置～前処理～溶接～検査・補修までを遠隔(一部非遠隔)で行うことにより、実現性の確認を行う。

PCV接続スリーブの設置	PCV接続スリーブの溶接	AT <sup>※3</sup> 本体の設置/溶接	機器ハッチ扉切断・撤去
 <p>PCV接続スリーブ設置装置 機器ハッチ PCV接続スリーブ</p>		 <p>溶接機 AT本体</p>	 <p>切断線 (格子)</p>
作業STEP	作業STEP	作業STEP	作業STEP
<ol style="list-style-type: none"> <li>① スリーブの送り出し</li> <li>② スリーブを機器ハッチに設置<sup>※1</sup></li> <li>③ スリーブの設置状況確認<sup>※1</sup></li> <li>④ 機器ハッチ足場の一部撤去</li> <li>⑤ 溶接部のブラスト</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① スリーブと機器ハッチの溶接</li> <li>② 足場シールカバーの設置・溶接<sup>※2</sup></li> <li>③ 機器ハッチ扉部(既設シール)の溶接</li> <li>④ 溶接部の研磨</li> <li>⑤ 溶接部の検査(VT/蛍光PT)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① AT本体送り出し・スリーブとの結合</li> <li>② ATとスリーブの溶接</li> <li>③ 溶接部の研磨</li> <li>④ 溶接部の検査(VT/蛍光PT)</li> <li>⑤ 耐圧試験</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 増設建屋稼働</li> <li>② 機器ハッチ扉切断装置の設置</li> <li>③ 機器ハッチ扉の切断</li> <li>④ 機器ハッチ扉切断片回収・撤去</li> </ol>
<b>【課題】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● スリーブと機器ハッチの位置合わせ</li> </ul>	<b>【課題】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● スリーブと機器ハッチ遠隔溶接</li> <li>● 溶接部の研磨/検査方法</li> </ul>	<b>【課題】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● スリーブとAT本体の遠隔溶接</li> <li>● 溶接部研磨/検査方法</li> <li>● 耐圧試験方法 (実機エンジニアリングで実施)</li> </ul>	<b>【課題】</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 機器ハッチ切断方法 (実機エンジニアリングで実施)</li> </ul>

※1:②と③は連続実施ではない。スリーブ設置試験結果を溶接の試験へ反映する。

※2:設置は非遠隔にて実施。

※3:アクセストンネル

検討範囲

試験による確認範囲

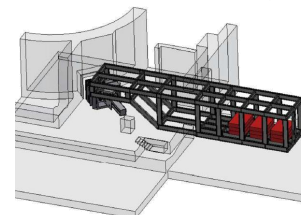
## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接

### 【実施内容】

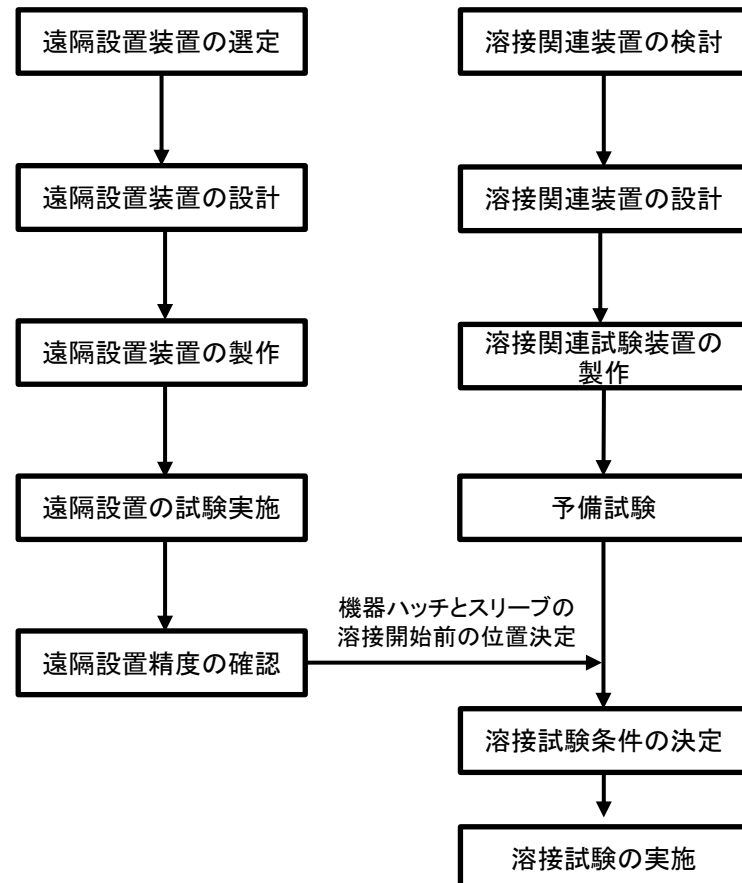
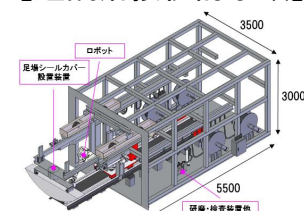
#### ＜PCV接続スリーブ遠隔設置＞

PCV接続スリーブ遠隔設置装置を製作し、実規模において設置精度の検証を実施する。

【遠隔設置検討手順】



【遠隔溶接検討手順】



精度要求

備考

PCV接続スリーブと機器ハッチシールドの隙間が20mm以下  
(目標値を7.5mm)

19-20年度補助事業において、20mm以下のギャップの溶接が出来ることを確認したため、スリーブ設置精度要求は20mm以下とする。但し、現地施工性を考慮すると、7.5mm以下のギャップであることが望ましいため、目標値として7.5mmと設定する。

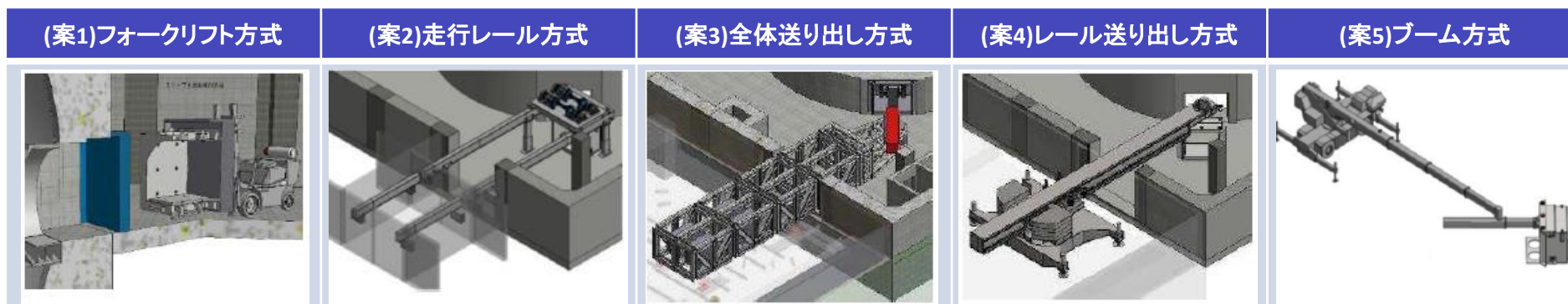
#### ＜PCV接続スリーブ溶接＞

PCV接続スリーブの遠隔設置試験結果を用いて、想定溶接ギャップを決定し、実規模において溶接試験を実施する。溶接後、非破壊検査を実施し、溶接部の健全性を確認する。

## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(a)遠隔設置

### 【実施内容】

実施項目	実施内容
遠隔設置装置案の選定 (事前検討の整理)	概念検討を実施して、複数案から選定し概念設計を実施。概念設計の結果を基に送り出し装置を選定する。
遠隔設置装置の設計	機器の基本設計を実施する。合わせてバックアップ案の検討も実施する。
遠隔設置装置の製作	模擬範囲(位置決め検証に必要な範囲)を設定し、先端装置周辺を製作する。
遠隔設置試験実施	模擬スリーブを用いた設置試験を実施し、設置手順や精度の確認を行う。
溶接要素試験結果との整合性の確認	20年度までに実施した溶接の要素試験結果溶接可能ギャップとの整合性を確認する。目標を達成できない場合は、バックアップ案の検討を深め、必要に応じて検証を行う。



(注記)図は1号機

模擬機器ハッチおよび模擬生体遮蔽体(模擬BSW)に対しての設置精度を確認する。

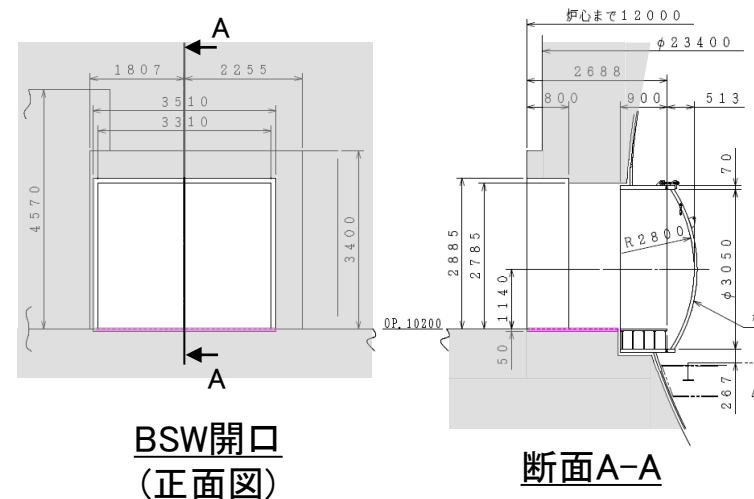
## 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

No.95

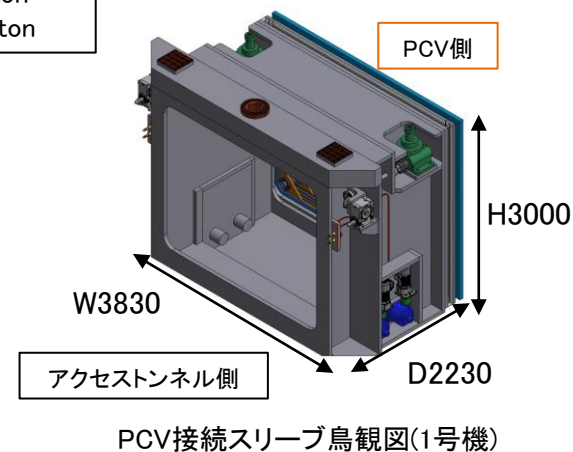
### ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(a)遠隔設置

【前提条件の整理】

No	項目	前提条件	備考
1	対象	1号機:北側から設置 2号機:南側から設置 3号機:南側から設置	全号機アクセストンネル 本体と同じ開口から設置
2	R/B床荷重	約4.9ton/m <sup>2</sup>	
3	R/B想定開口開口寸法	1号機:W5060×H6000mm 2号機:W6300×H6100mm 3号機:W6100×H6100mm	
4	R/B壁から機器ハッチ までの距離	1号機:約16m 2号機:約18m 3号機:約18m	
5	R/B内・外干渉物	全て撤去済みであること	
6	BSW開口(床面)	1階フロアと同じレベル 且つ平坦であること	
7	機器ハッチシェル	錆などが撤去されてること。	



PCV接続スリーブ重量  
1号機:約25ton  
2号機:約40ton  
3号機:約400ton

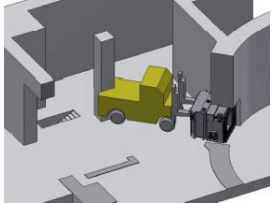
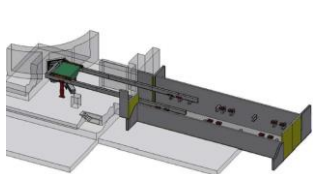
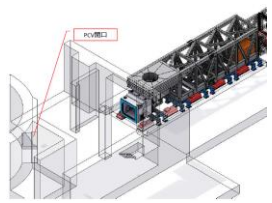
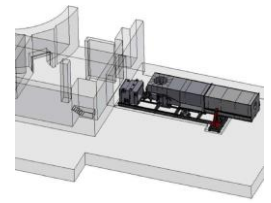
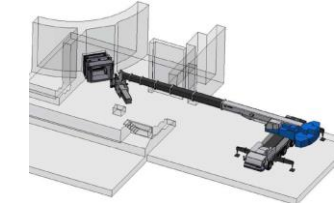


# 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(a)遠隔設置

### 【遠隔設置装置の選定】

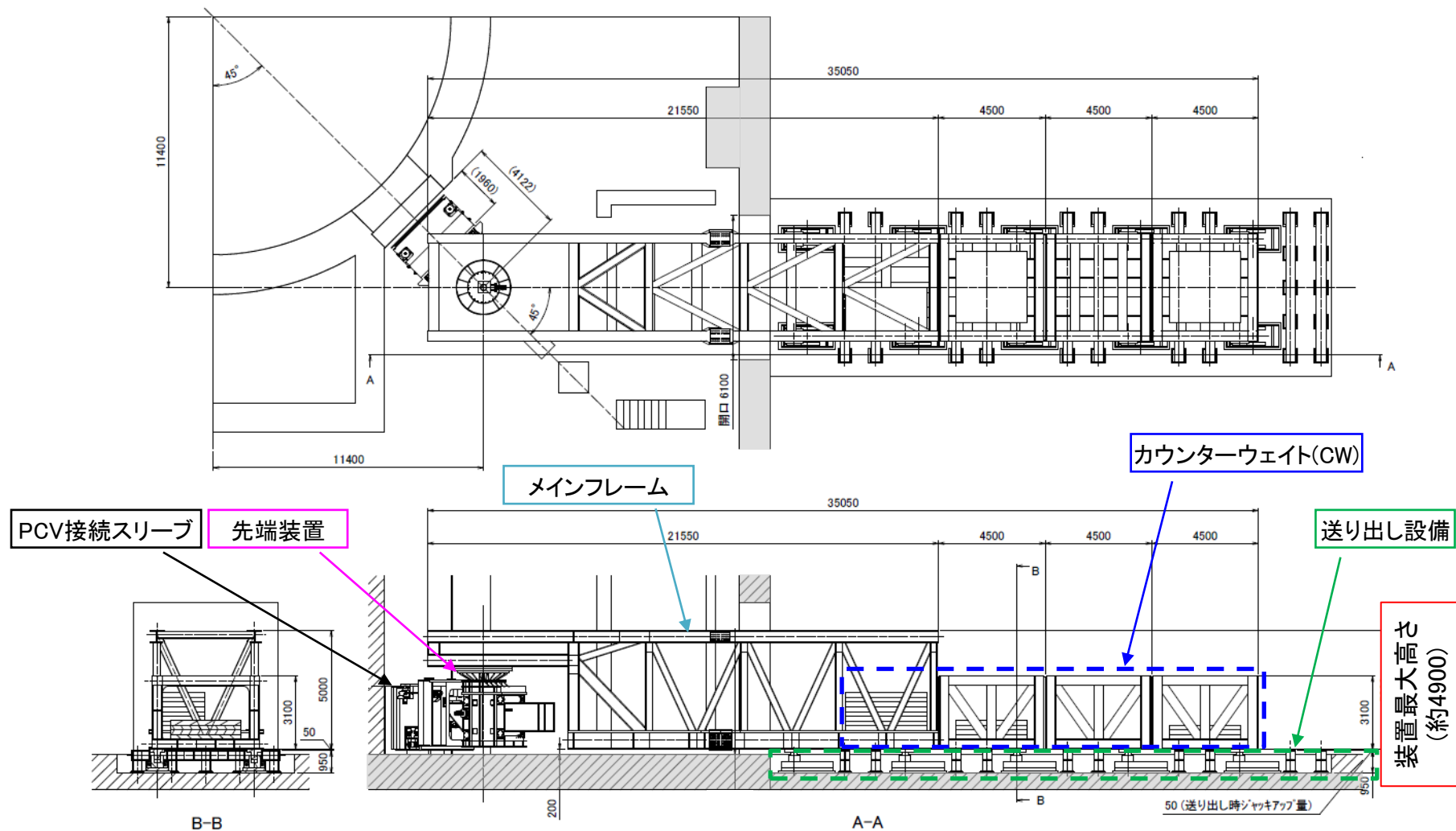
案3と案4の評価「○」。案3はアクセストンネル本体送り出しと同じ送り出し方法にて送り出すため、実績がある。また、同じ設備を使用することで工程的にも他案より優位。→案3を選定。

	(案1)フォークリフト方式	(案2)走行レール方式	(案3)全体送り出し方式	(案4)レール送り出し方式	(案5)ブーム方式
					
建屋床面耐荷重 (3号機:4.9tm <sup>2</sup> )	△ (解析が必要)	× (先端脚部耐荷重×)	○ (片持ちのため床面への接触無)		△ (エアキャストによる荷重)
設備規模	小	大	大	大	中
R/B外の掘り込み	無	規模小(または無し)	有	有	規模小(または無し)
実績	有	無	有 (アクセストンネル本体モックアップ)	無 (機械要素としては一般的)	無 (ブームの伸縮は実績有)
実現性	×	×	○	○	△
	(製作)可能。 (工法)先端でモーメントを受けるため、小型化が困難であり、干渉を回避できない。	(製作)複雑ではあるが可能。 (工法)開口挿入時の床面への荷重軽減が困難であり、床面耐荷重を満足できない。	(製作)可能。 (工法)可能。送り出しについてはモックアップ実施済み。前後の工程を考慮する必要あり。	(製作)可能。 (工法)可能。荷重支持点の検討が必要。	(製作)可能。 (工法)不明。エアキャストの成立性確認や風圧による汚染拡散の対策が必要。
致命的な課題	有(柱との干渉)	有(耐荷重)	無	無	有(非常時の連続的なエアの供給)
他号機への適用性	× (柱との干渉)	○ (床面耐荷重を除く)	○	○	○ (床面耐荷重を除く)
工程への影響	小	大	中	大	小
評価	×	×	○	○	×

# 6. 本事業の実施内容 【 1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発 】

## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(a)遠隔設置

【概念設計\_全体図(案3)】 (注記)図は3号機



## 6. 本事業の実施内容 【 1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発 】

### ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(a)遠隔設置

#### 【概念設計\_概略設置ステップ】

- 事前準備および装置設置は人為作業(非遠隔)。送り出しは遠隔作業。
- 罫書きやマーキングは送り出しの補助的な役割。最終の確認はカメラや計測機器を用いて行う。

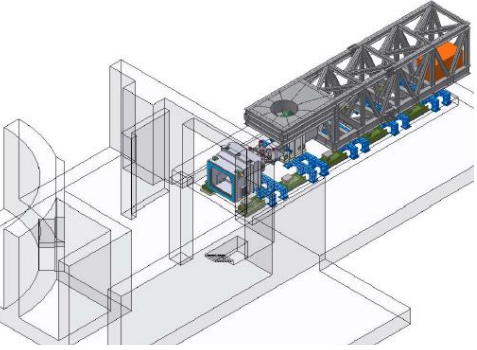
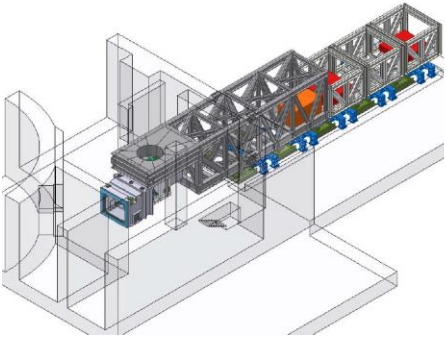
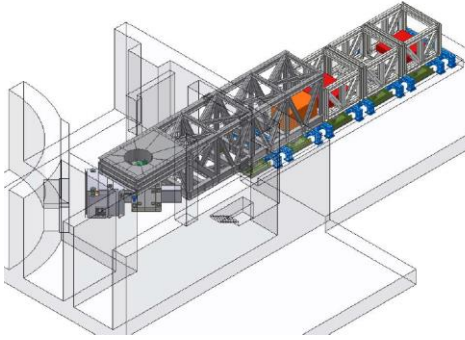
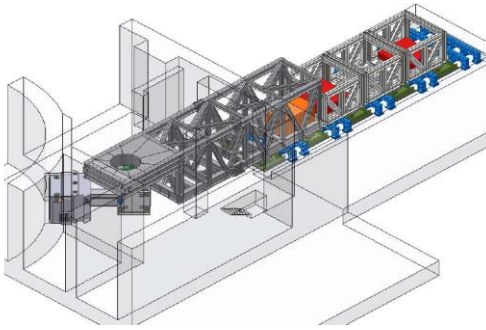
ステップ	項目	概要	作業
1	事前準備	送り出し装置設置前に必要な罫書き施工やマーキング等を実施する。	非遠隔
2	装置設置	地盤改良を含む送り出し装置の設置を行う。	非遠隔
3	送り出し(1)	BSW開口直前までの送り出しを行う。	遠隔
4	送り出し(2)	先端装置にて機器ハッチシェル直前まで送り出し、カメラ等で全周のギャップを確認しながら、微調整を行う。	遠隔
5	着座	昇降ユニットにて、BSW床面に着座させる。	遠隔
6	固定	反力ジャッキ(固定ジャッキ)を操作し、BSWに固定する。	遠隔
7	退避	送り出し装置を退避させる。	遠隔

## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(a)遠隔設置

【概念設計\_送り出しステップ概略】

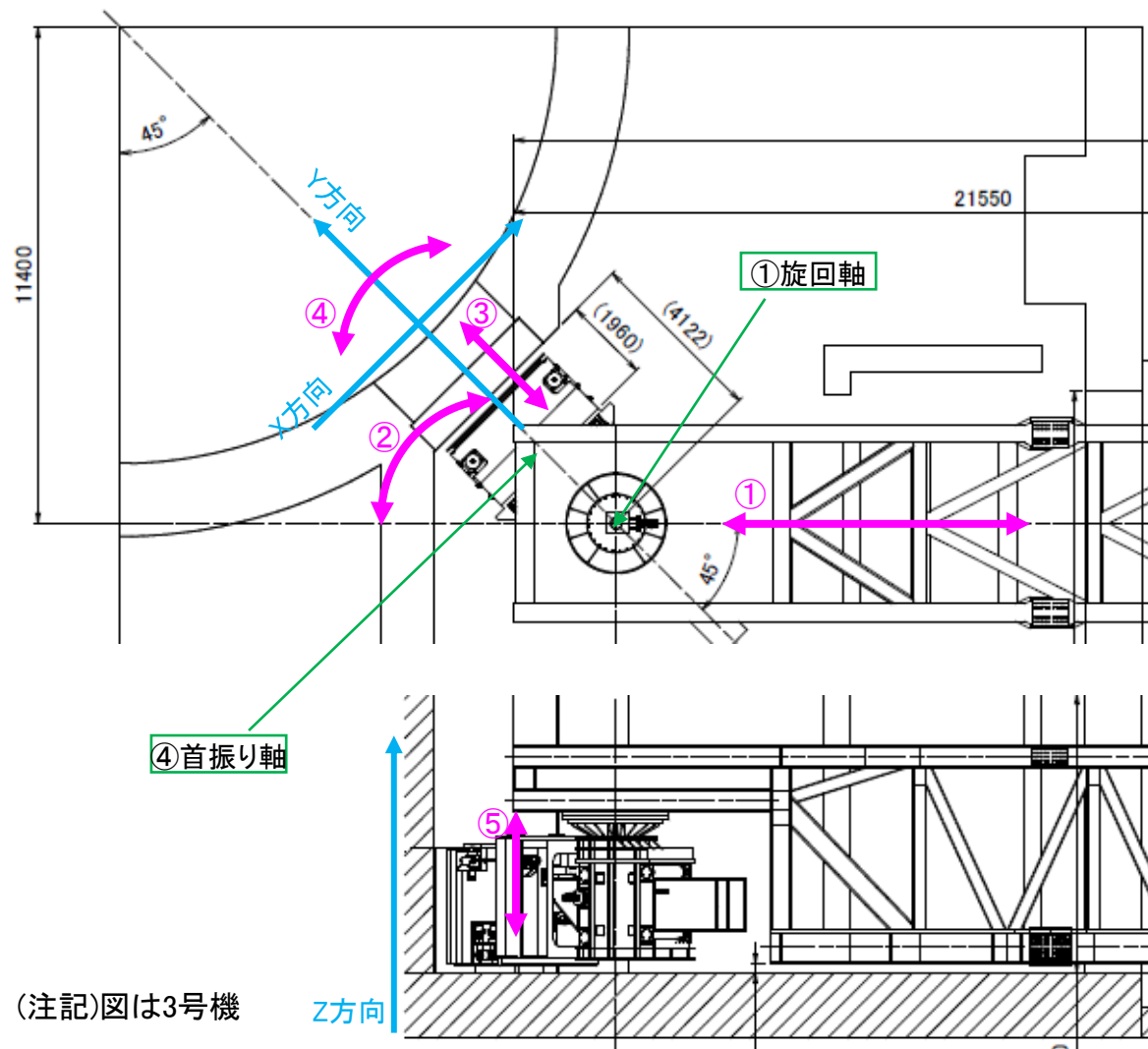
- ①: 事前準備
- ②: 送り出し設備(ジャッキ)を用いて送り出しを行う。
- ③: 送り出し設備および旋回ユニットを用いてBSW開口の直前まで搬送する。
- ④: 伸縮/首振りユニットを用いて最終位置まで搬送し、着座・固定を行う。

(注記)図は3号機

①送り出し前	②直線送り出し (送り出し(1))	③PCV接続スリーブ旋回 (送り出し(1))	④スリーブ挿入 (送り出し(2))
			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 地盤整備</li> <li>2. 送り出し設備の設置</li> <li>3. PCV接続スリーブの設置</li> <li>4. メインフレームおよびカウンターウェイトの設置</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. R/B内へ送り出し(送り出し設備)</li> <li>2. カウンターウェイトの設置(順次)</li> </ol> <p>(PCV接続スリーブを旋回できる位置まで送り出す)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. PCV接続スリーブの旋回(旋回ユニット)</li> <li>2. BSW開口近傍まで送り出し(送り出し設備)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. PCV接続スリーブの挿入(伸縮ユニット)</li> <li>2. 微調整(伸縮ユニット/首振りユニット)</li> <li>3. 着座(昇降ユニット)</li> <li>4. 固定(PCV接続スリーブジャッキ)</li> <li>5. 退避(送り出し装置/先端装置)</li> </ol>

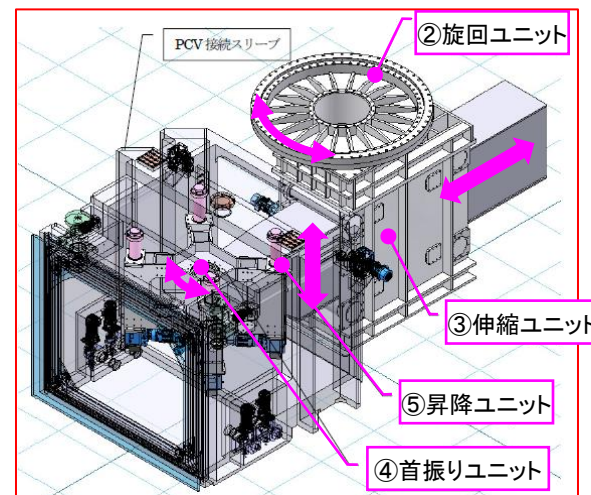
## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(a)遠隔設置

【概念設計\_位置調整方法/調整軸】



(注記)図は3号機

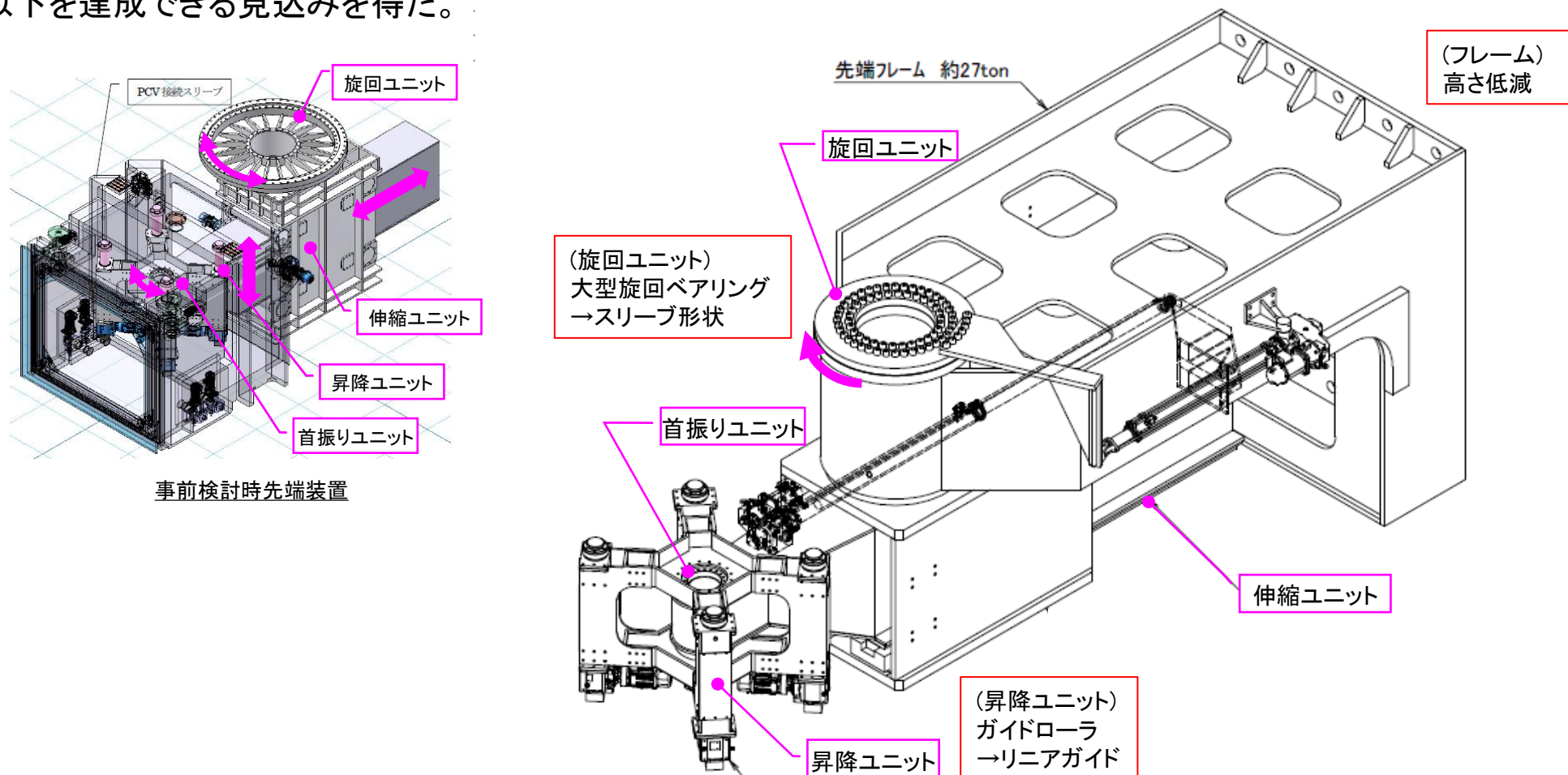
番号	方向	位置合せ機構
①	X	送り出し装置
②		旋回ユニット
③	Y	伸縮ユニット
④	Zθ	首振りユニット
⑤	Z	昇降ユニット



## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(a)遠隔設置

【遠隔設置装置の見直し】

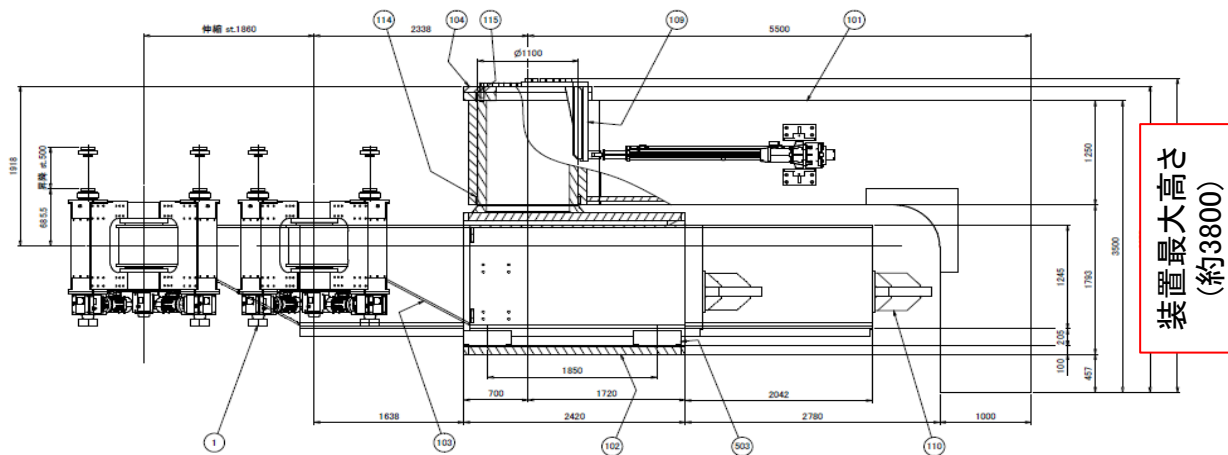
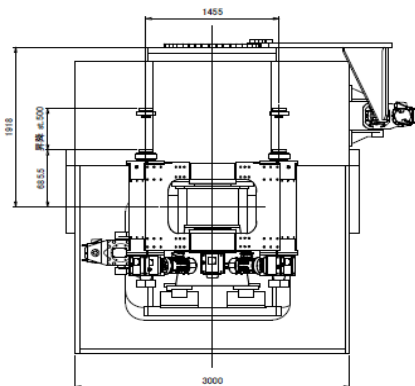
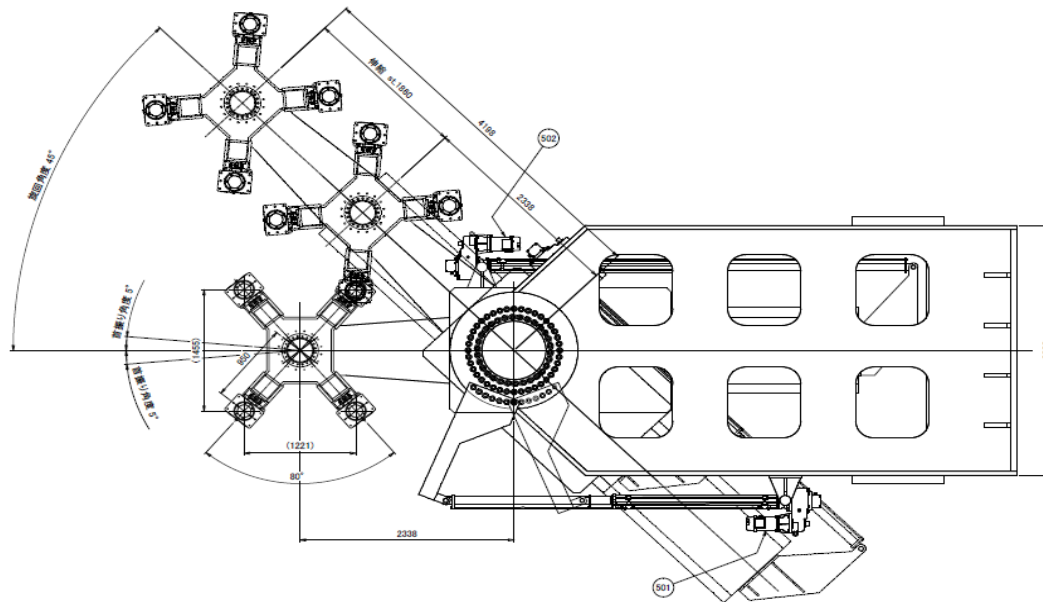
PCV接続スリーブの質量を算出。事前検討時よりも軽量となったため、送り出し高さの目標値(送り出し装置高さ+ジャッキアップ)をアクセストンネル送り出し時の4000mmと設定。遠隔設置装置の見直しを実施し、4000mm以下を達成できる見込みを得た。



## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(a)遠隔設置

【遠隔設置装置の概略図】

装置最大高さ  
改善前:約4900mm  
改善後:約3800mm

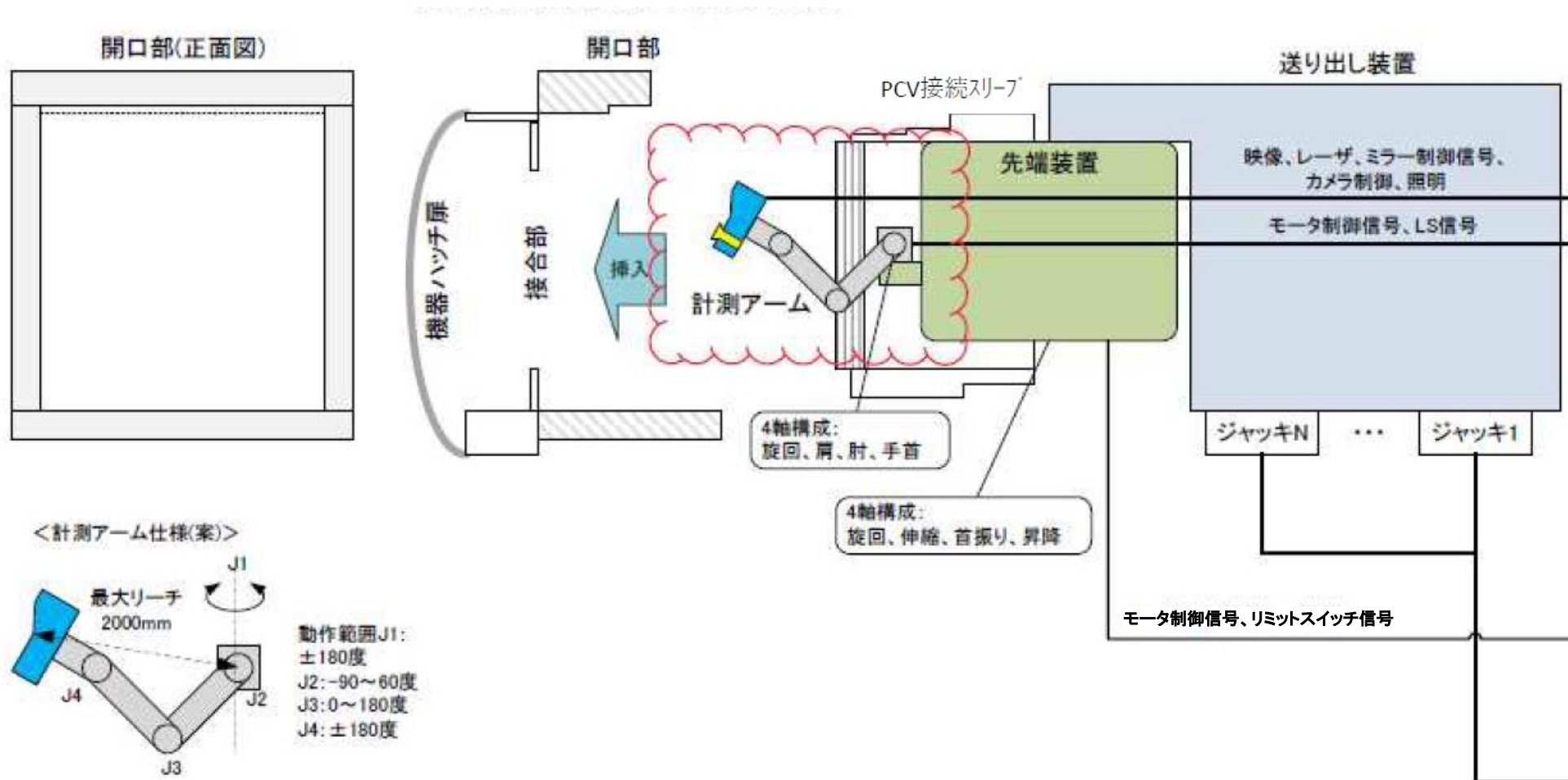


装置最大高さ  
(約3800)

## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(a)遠隔設置

【 3D計測概略イメージ】

遠隔設置装置先端に計測アームを設置し、3D計測を実施する。3D計測の結果を基に操作指令を出し、遠隔設置装置の操作を実施する。

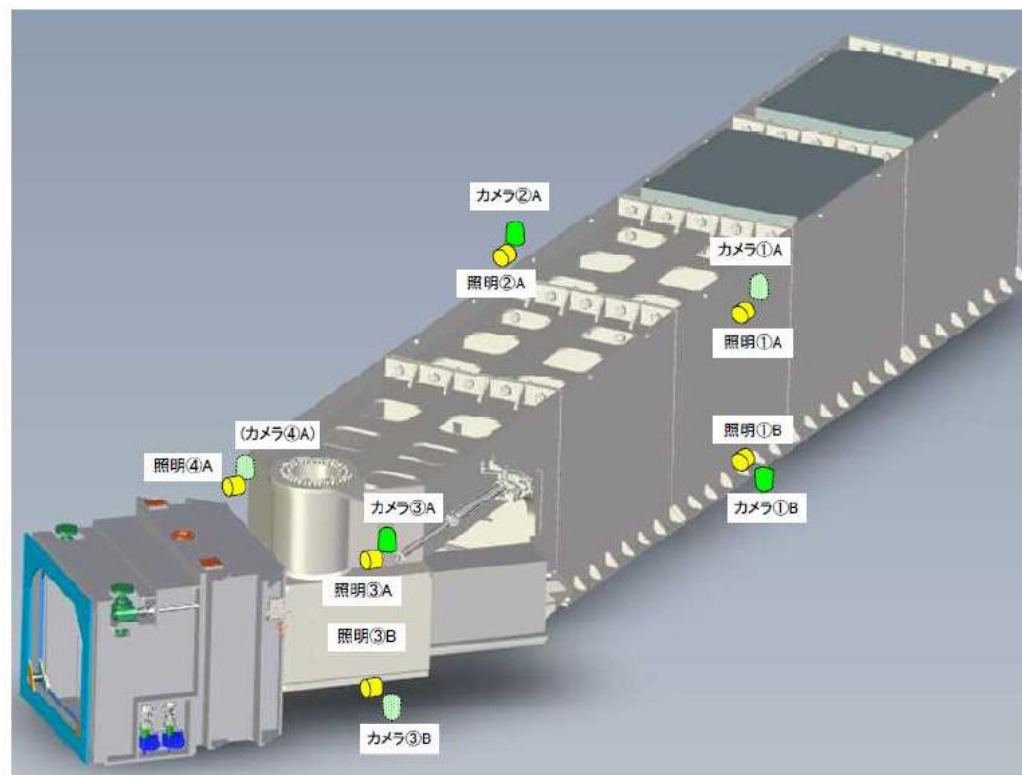
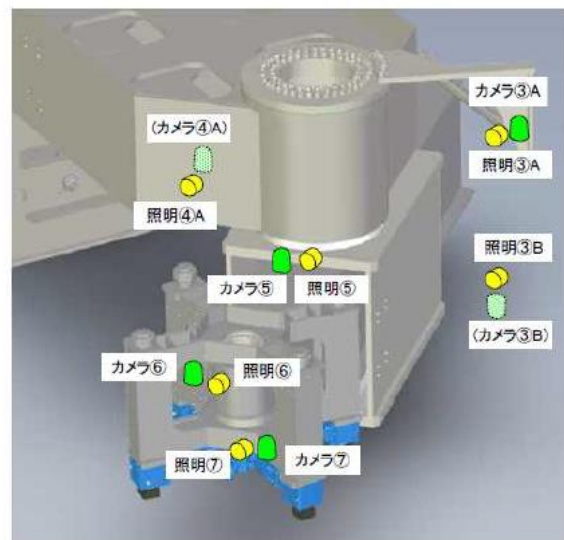
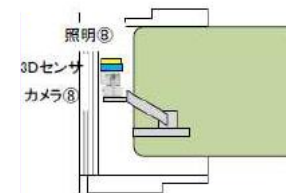


## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(a)遠隔設置

### 【カメラ配置計画】

■カメラ/照明用途

- ・カメラ/照明①② 全体俯瞰、建屋開口を通過時の確認(モックアップの場合、送り出しは無いため、設置無し)
- ・カメラ/照明③④ 機器ハッチ開口付近での開口部とATスリーブとの位置関係の確認  
挿入時の開口部とATスリーブのクリアランス確認
- ・カメラ/照明⑤ ATスリーブ据付時の昇降シリンダ動作を確認
- ・カメラ/照明⑥⑦ 開口部内部状態の確認、計測アームの状態確認
- ・カメラ/照明⑧ 3D計測、接合部確認



## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(a)遠隔設置

## 【カメラ配置】

3D計測により測定を実施する計画であるが、各ホールドポイントにおいて目視(カメラ)による確認も実施する計画である。

目的	概略仕様	備考
全体俯瞰・R/B開口通過時確認用	PTZ、カラー	2～4台
機器ハッチ開口・PCV接続スリーブ位置関係確認	PTZ、カラー	2～4台
昇降ユニット動作確認	PTZ、カラー	1台
BSW開口部内部・計測アーム状態確認	PTZ、カラー	2台
3D計測(補助)、目標位置クリアランス確認	PT、モノクロ	1台 (3次元センサー併設カメラ)

(注記)

- ・PTZ:パン・チルト・ズーム式、PT:パン・チルト式
- ・台数・仕様については設計進捗および試験結果にて変更の可能性有り。

## 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

No.106

### ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(a)遠隔設置

#### 【実施内容】

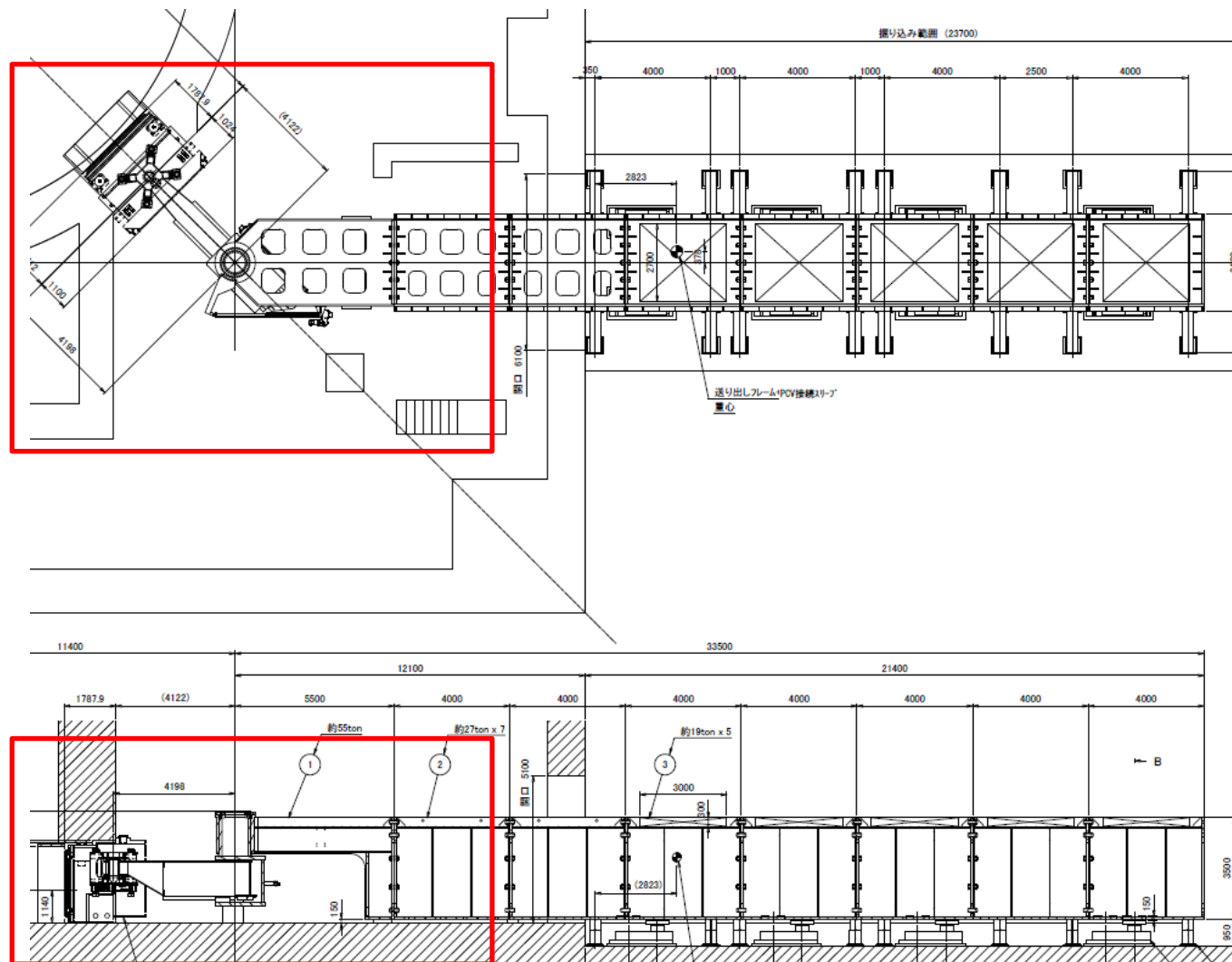
・本計画は設計進捗により変更となる可能性あり。

ステップ※	確認項目	実施内容	監視・測定 記録項目	判定基準
検討および試験による確認				
3 4	カメラ等の視認性の確認	各ステップにおけるカメラの設置位置および視認性を検討し、確認を行う。	➤ カメラ画像	➤ カメラ映像に基づき遠隔で作業が可能であること。
3 4	詳細手順の確認	設置手順の詳細検討を行い、次ステップに移行するための判断基準等をまとめ、試験にて確認を行う。	➤ ジャッキのストロークなど(詳細は今後検討)	➤ 検討した手順にて遠隔で作業が可能であること。
3 4	設置精度	模擬PCV接続スリーブを用いて設置精度の確認を行う。 (各ユニット単体性能の確認)	➤ 設置精度	➤ 20mm以下 (目標:7.5mm以下) 溶接試験のInputとする。
検討のみ実施				
1	設置対象の確認	機器ハッチシェルとBSWの現在の状態を確認する方法および確認後の形状反映方法の検討を行う。		
4	最終ギャップの確認	最終のギャップの確認方法の検討を行う。 ①20mm以下(目標:7.5mm以下)であることの確認。 ②ギャップの推定		
5	着座検知の方法	PCV接続スリーブをBSWに着座させた際の検知方法の検討を行い、確認を行う。		
6	固定方法の確認	PCV接続スリーブのBSW固定手順の詳細検討を実施する。		

※ステップはNo.98頁参照。

## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(a)遠隔設置

【モックアップ試験製作範囲(計画中)】

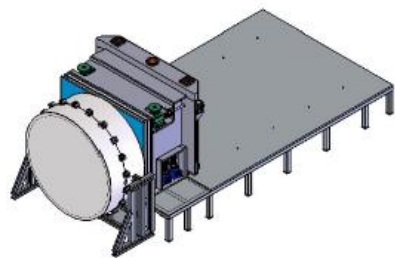


試験装置は赤枠の範囲内の機械装置、BSW開口および機器ハッチとする。

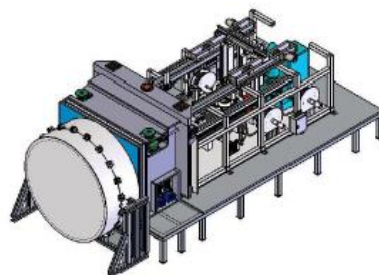
## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(b)溶接

### 【実施内容】

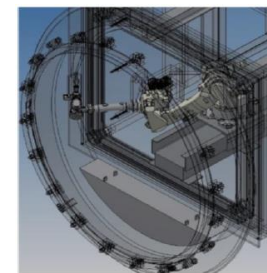
実施項目	実施内容
プロセス管理の具体化	溶接時のトーチの位置など管理項目および管理方法を具体化し、溶接試験時に確認を行う。
溶接関連装置の検討	溶接装置(シールド性の改善)、ツールボックス、補修装置(研磨)、検査装置(蛍光PT/寸法検査)の検討を実施する。
溶接関連装置の設計	上記で検討を実施した装置の詳細設計を実施。
溶接関連試験装置の製作	試験装置を製作する。
予備試験	単体試験や性能確認試験を実施する。
溶接試験条件の決定	PCV接続スリーブ設置試験より初期設定ギャップを決定する。
溶接試験の実施	以下の内容を確認する。 不連続形状への溶接(遠隔)、不均一ギャップへの溶接(遠隔)、溶接部の検査(VT/蛍光PT)(遠隔)、溶接部の研磨(遠隔)、現場施工性の確認(可能な範囲で実施) また、溶接時のプロセス管理を行い、実機施工時の確認項目を整理する。
(検討のみ)非破壊検査方法の検討	非破壊検査方法(特に体積検査)方法について調査・検討を実施する。



PCV接続スリーブ遠隔溶接試験イメージ  
(装置設置前)



PCV接続スリーブ遠隔溶接試験イメージ  
(装置設置後)



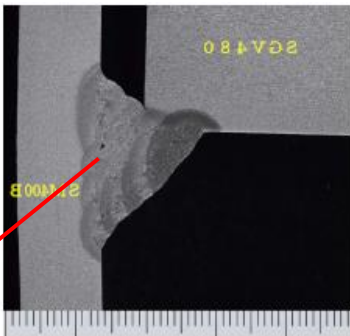
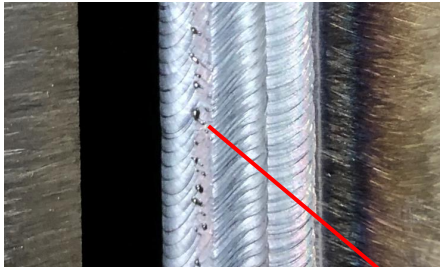
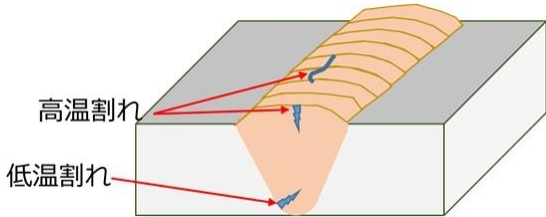
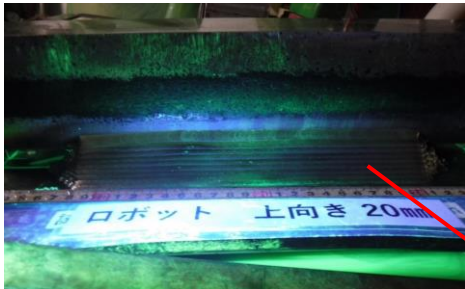
溶接イメージ

(注記)模擬範囲については今後具体化予定。

## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(b)溶接

【20年度までの成果】

19-20年に実施した要素試験においては、20mm以下のギャップ溶接が可能であることを確認した。合わせて遠隔施工を考慮した課題の抽出も行った。

課題①融合不良	課題②酸化物の発生
<p>2019-2020年度補助事業の試験結果より</p>  <p>融合不良の例</p>	 <p>2019-2020年度補助事業の試験結果より</p> <p>酸化物</p>
課題③低温割れの懸念	課題④検査の遠隔手法の必要性
 <p>高温割れ</p> <p>低温割れ</p> <p>厚板の溶接(低温割れの懸念)</p>	 <p>2019-2020年度補助事業の試験結果より</p> <p>蛍光PT</p>

本課題の検討および実規模試験を実施し、遠隔施工性の確認を行う。

## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(b)溶接

【21-22年度実施内容(20年度までに整理した課題)】

No.	検討確認する由来 (19-20年度補助事業で抽出された課題)	検討/確認項目	21-22年度検討概要
①	<b>融合不良</b>	プロセス管理の具体化	実機は遠隔施工であり、カメラ視野も限られる。そのため、トーチの狙い位置や角度等をモックアップにて確認しておく必要があり、何を確認するのか具体化を行う。
②	<b>酸化物の発生</b>	小型溶接ヘッドの検討 (シールド性の向上)	条件出し試験においては酸化物の発生は見られなかった。ガスノズルの最適化により、酸化物の発生を抑え研磨の回数を極力減らすことを検討する。
③-1	<b>低温割れの懸念</b>	低温割れ試験の検討	試験(T字継手など)の実施により予熱無しにおける低温割れ防止の検証方法や溶接方法の検討を実施する。
③-2	<b>低温割れの懸念</b>	予熱方法	機器ハッチの予熱方法(部分および全体)の検討を実施する。 (③-1で実施できる場合はこの限りではない)
④	<b>検査の遠隔手法の必要性</b>	蛍光PT以外の検査方法の検討	遠隔で実施可能な方検査法について引き続き検討を行う。
⑤	<b>立向下進溶接</b> (課題ではないが試験結果を受けて検討が必要な項目)	溶接の手順等の詳細 (仮止めや溶接の順番)	19-20年度補助事業において立向下進は立向上進で代替できるため、ギャップ7.5mmまでの溶接条件の確認とした。しかし、溶接の手順によっては立向下進で実施した方が作業性等が良い場合も考えられる。まずは、手順等を検討することにより、立向下進の必要性を明らかにする。
⑥	<b>疑似欠陥の発生</b> (課題ではないが試験結果を受けて検討が必要な項目)	選定した研磨材の実環境適用性	本補助事業において取得したデータを基に適用性の検討・評価を行う。

## 6. 本事業の実施内容【1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発】

### ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(b)溶接

【各ステップにおける課題等の整理】(20年度までに整理した課題を含む)

ステップ	項目	課題および検討が必要な項目	検討	試験/確認
1	事前準備	後工程(溶接)を考慮した足場の撤去方法	—	—
		錆取り(ブラスト)装置の検討	—※	—
		足場シールカバー設置装置の検討	—※	—
2	溶接	(1)プロセス管理の具体化	○	○
		(2)シールド性の向上および小型化	○	○
		(3)予熱方法および施工法の検討	○	○
		(4)溶接手順の検討(不均一ギャップの積層手順など)	○	○
3	研磨	研磨装置の検討および磨き要領の検討	○	○
4	検査	(1)蛍光PT装置の検討および検査条件の検討(蛍光液の噴射圧など)	○	○
		(2)蛍光PT以外の検査方法の検討(必要な検査の整理含む)	○	○
		(3)寸法測定の精度の確認(ロボットのタッチセンサーによる)	○	○
5	補修	補修装置および方法の検討	—※	—
6	耐圧試験	耐圧試験方法の検討(アクセストンネル本体接続後)	—	—

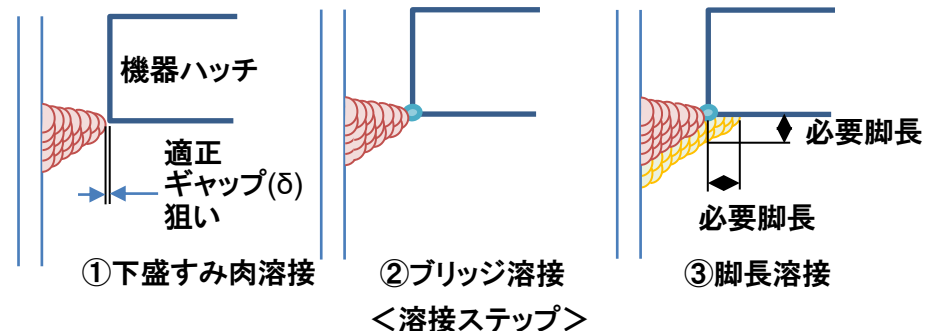
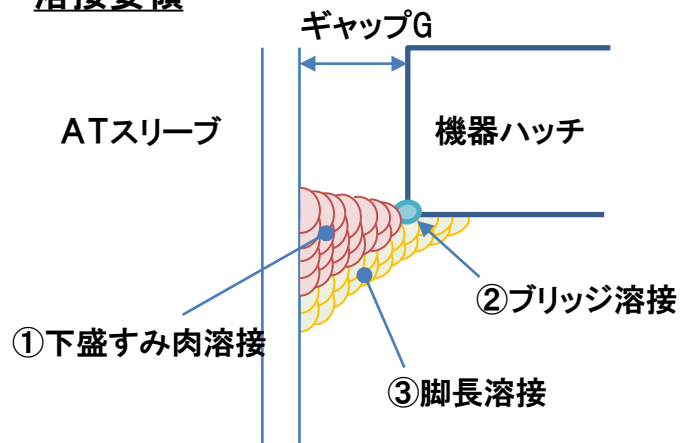
注)「—」については実機エンジニアリングにて実施  
※20年度までに検討を実施。

## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(b)溶接

【プロセス管理の具体化】

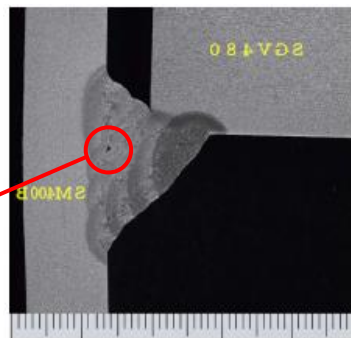
要素試験においては、融合不良が発生している条件があった。実機は遠隔施工であり、カメラ視野も限られるため、トーチの狙い位置や角度等を試験にて確認する。

### 溶接要領



- ① 下盛すみ肉溶接：ギャップGを埋めるためのすみ肉溶接
- ② ブリッジ溶接：下盛すみ肉溶接と機器ハッチを接続する溶接
- ③ 脚長溶接：脚長を満足させるためのすみ肉溶接

融合不良の例

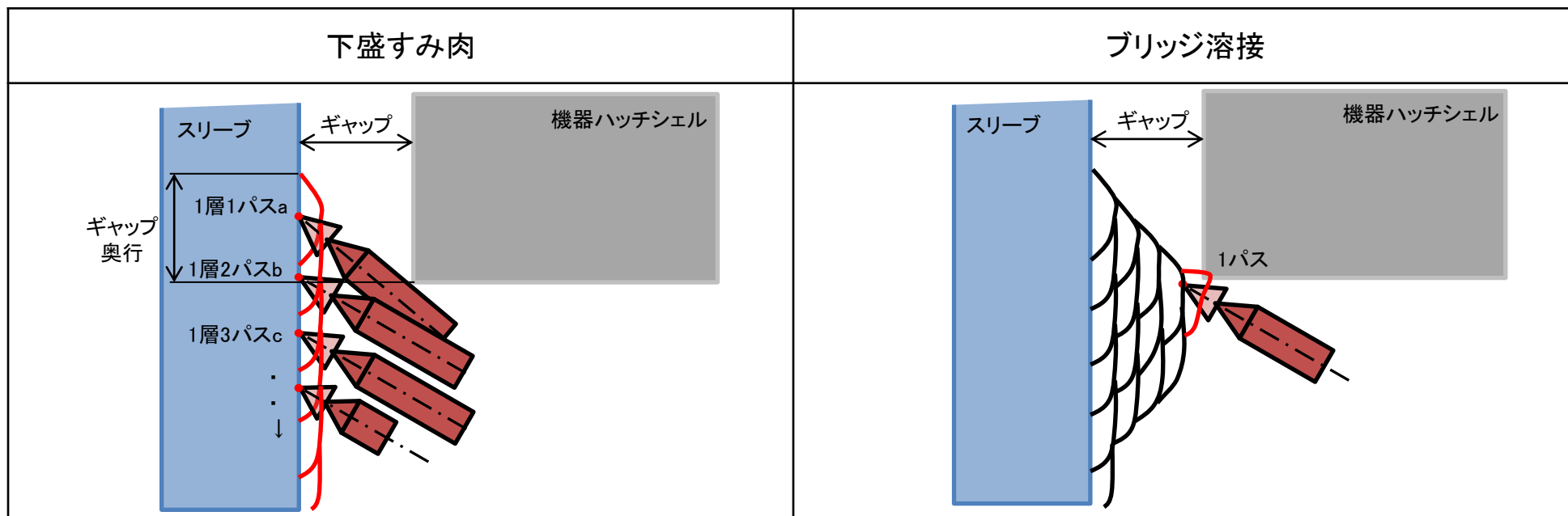


溶接姿勢：立ち向き上進  
ギャップ：7.5mm

## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(b)溶接

【プロセス管理の具体化】

各工程における管理項目を試験にて確認し、具体化する。



注:脚長溶接も同じ

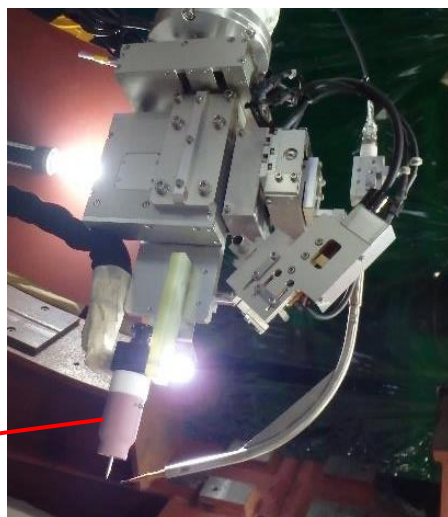
No.	管理項目(案)
1	電極の位置(タッチスタートの狙い位置)
2	電極の狙い角度
3	溶接軌跡
4	溶接条件(範囲)

各ステップにおける管理項目を試験にて確認し、具体化する。

### ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(b)溶接

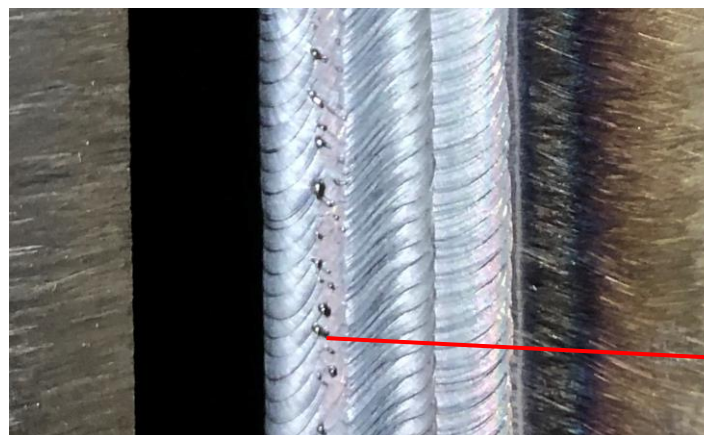
【小型溶接ヘッドの検討(シールド性の向上)】

小型溶接ヘッドを用いた一部の試験において、酸化物の発生が見られたため、ガスノズルおよび2次シールドの検討により、酸化物の発生を抑える。



ガスノズル

小型溶接ヘッド



酸化物

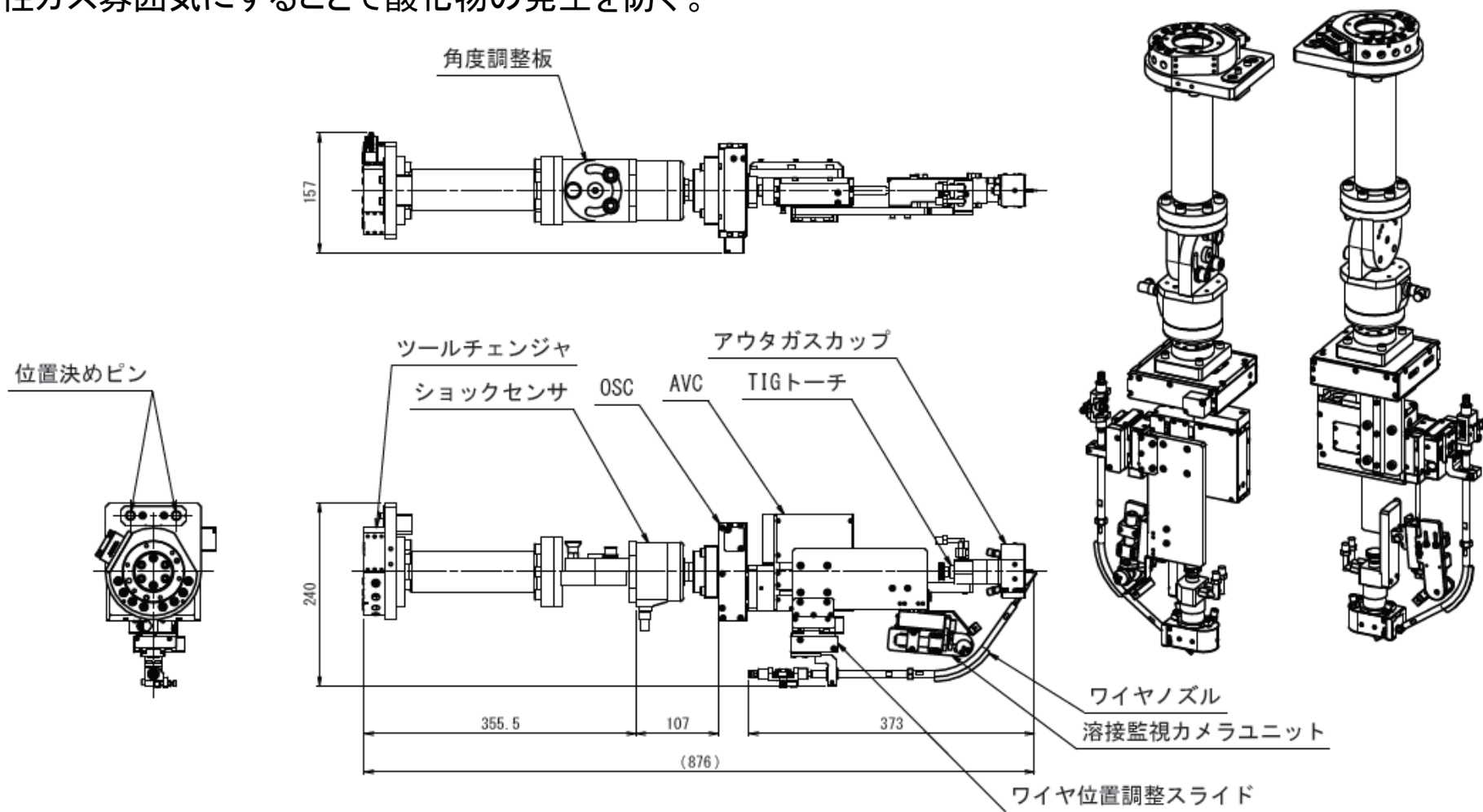
要素試験結果  
(立向上進ギャップG20mm)

ガスノズルおよび2次シールドの検討を行い、溶接試験にて確認する。

## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(b)溶接

### 【溶接トーチの検討】

先溶接トーチ端部にアウトガスカップ(2次シールド)を設置することで溶接部の溶融金属付近の雰囲気を不活性ガス雰囲気にすることで酸化物の発生を防ぐ。

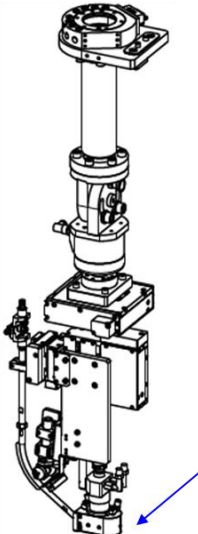
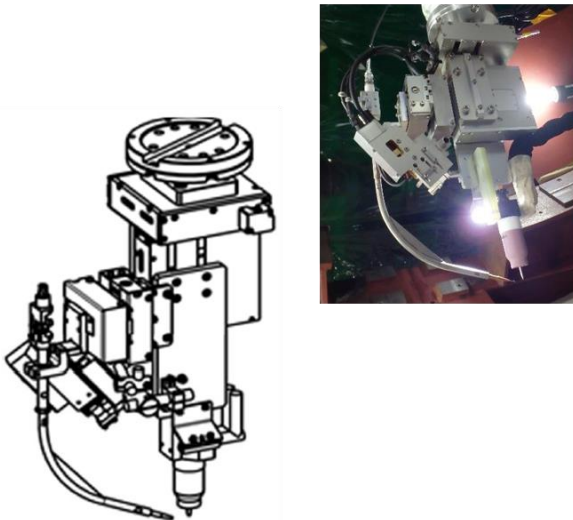


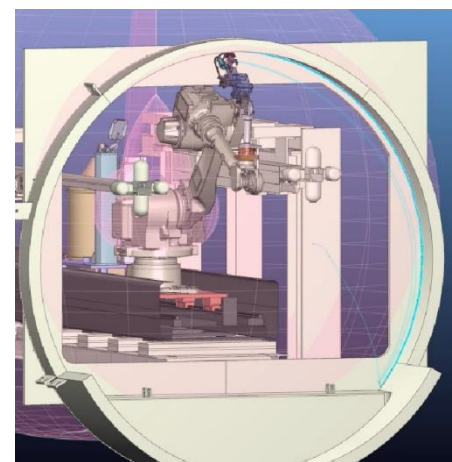
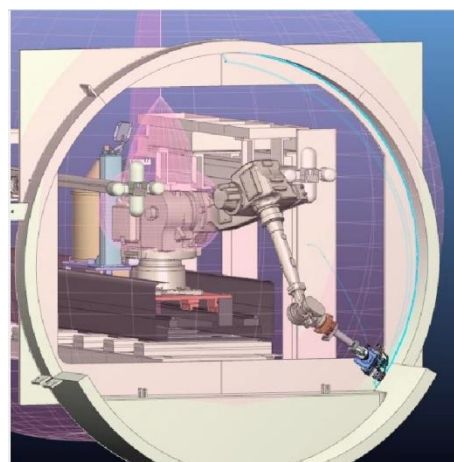
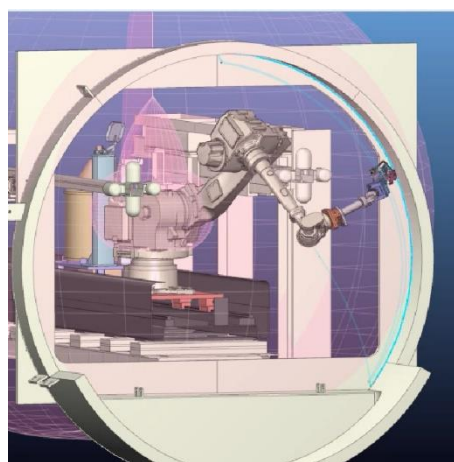
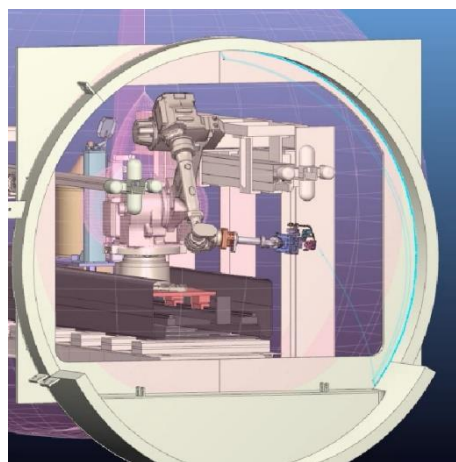
## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(b)溶接

### 【溶接トーチの検討】

2次シールドの他にアクセス性を考慮し、延長ブラケットを追加。3Dシミュレーションにより、干渉チェックを実施。

### 3Dシミュレーションによる干渉チェック

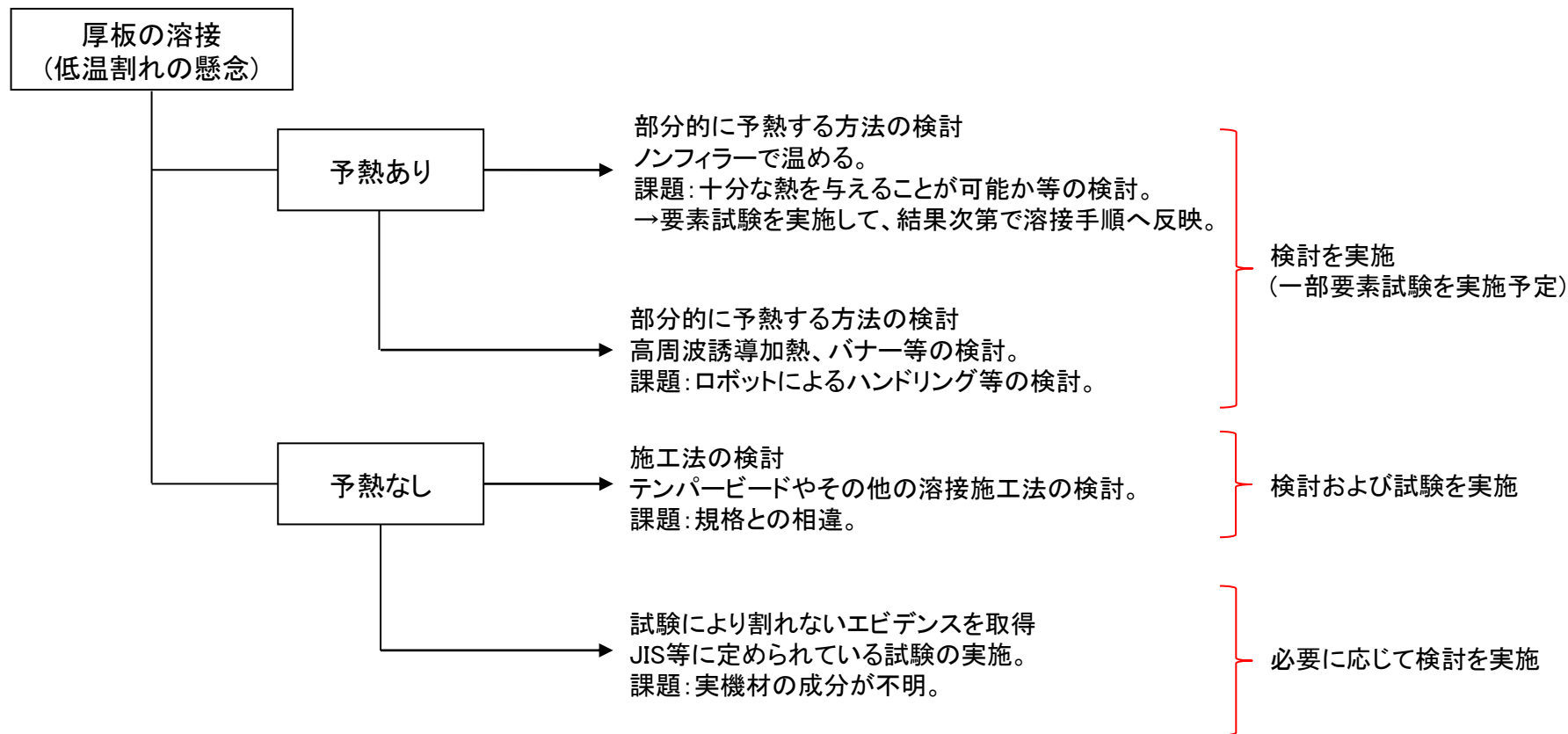
検討中の溶接ヘッド	20年度までの検討
 <p>検討中の溶接ヘッド</p> <p>〈追加分〉 延長ブラケット (角度調整機能付き) ※アクセス性を考慮し追加</p> <p>〈追加分〉 2次シールド形状</p>	 <p>20年度までの検討</p>



## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(b)溶接

【低温割れ試験の検討/予熱方法の検討】

厚板の溶接であり低温割れの懸念がある。予熱の方法や施工法の検討を行う。



現場施工性を考慮し、最適な対策を選定する。

## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(b)溶接

### 【予熱装置の検討】

予熱装置の案としてロボットにも搭載可能な小型高周波誘導加熱装置の適用を検討中である。高周波誘導加熱装置の適用性確認のため、デモを行い十分な昇温能力があることを確認した。



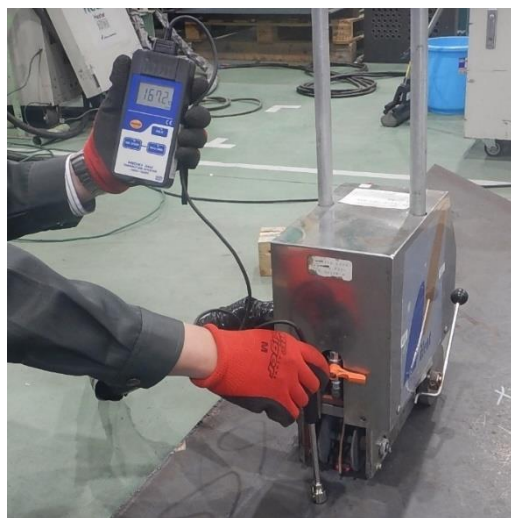
小型高周波誘導加熱装置

型式	ACT-3020W
出力容量	Max.30kW
定格入力電圧	3相 200/220V
定格周波数	50/60Hz
定格入力	約36kVA
定格電流	約100A
INV.出力電流	120A
発振周波数	11.0kHz~22.0kHz
INV.出力電圧	250A
制御方式	INV.PWM
定格使用率	100%
冷却方式	ラジエーター方式 強制水冷
冷却能力	3800kcal/h, 4kg/cm <sup>3</sup>
重量	約180kg
寸法	500mm W×700mm D×1060mm H (キャスター含む)



電源仕様

使用材:厚さ30[mm](炭素鋼)  
 自走速度:約750[mm/min]  
 (デモ機の仕様)  
 使用電源:30[kW]  
 (実際の溶接速度:60~100[mm/min])



デモの様子

### 課題

・加熱装置の重量は約7~10kgであり、溶接装置重量約25kgと合わせて約35kgとなる。ロボットの可搬重量は50kgであるが、モーメントがかかるため、軽量化が必要となる。

## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(b)溶接

### 【蛍光PT以外の検査方法の検討】

検査については、蛍光PTの実施を検討中である。まずは規格上必要な検査の整理を行い、必要な検査について遠隔化等の机上検討を実施する。

#### 一般的な溶接検査

一般的な溶接検査の種類		内容
浸透探傷検査 (PT)	表面検査	一般的に「カラーチェック」と呼ばれ、検査体の表面に開口している割れなどを検出するために広く適用される。目視検査では発見が困難な表面の微細な欠陥を可視化する方法。
磁粉探傷検査 (MT)		磁性体を磁化したとき、表面または近傍に欠陥があると磁束が漏洩する。漏洩した磁束を、磁粉(強磁性体の粉末)を用いて検出することで、欠陥の場所や形状を知る方法。
渦流探傷検査 (ET)		交流電流を通じたコイルにより時間変化する磁場を検体に加えたときに、導体に生じる渦電流の変化を利用して、欠陥の有無や、形状変化を検査する方法。
放射線透過検査 (RT)	体積検査	放射線の物質を透過する能力と写真フィルムを感光させる能力を利用して、検体に放射線を照射して透過後の放射線の強弱差をフィルム上に濃淡の像として現像することで、欠陥の有無や形状を検査する方法。
超音波探傷検査 (UT)		試験体に内部欠陥が存在するとき、検体に入射した超音波(人間の可聴周波数上限 20,000Hzより高い周波数)は、欠陥によって反射または散乱する。この現象を利用して、内部欠陥の有無や形状を検査する方法。

注:上記以外の試験方法(交流電位差法: alternating current potential dropなど)についても、必要に応じて検討を実施する。

## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:(b)溶接

【蛍光PT以外の検査方法の検討】

設計・建設規格※1/溶接規格※2	クラス3配管(概要)	
	規格番号	説明
溶接部の設計 (設計/建設規格:PPH-4000)	PPD-4010 (5)b.	漏れ止め溶接による継手の溶接部は連続すみ肉溶接によること。
開先面	N-7030	有害な異物除去
溶接部の強度等	N-7040	母材の強度と同等以上
溶接部の非破壊試験 及び機械試験	N-7050/7100 表N-X050-1	MT or PT
継手の仕上げ	N-7080	滑らかであること。
溶接後熱処理	N-7090 表N-X090-1,2	母材厚さ>38mmの場合、必要 (予熱に代替できる)
機械試験	N-7110 表N-X110-1	不要(継手区分による)
耐圧試験	N-7130 表N-X130-1	最高使用圧力×1.25

現状においては、PTのみで対応可能と考えている。

※1: JSME発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1-2012)

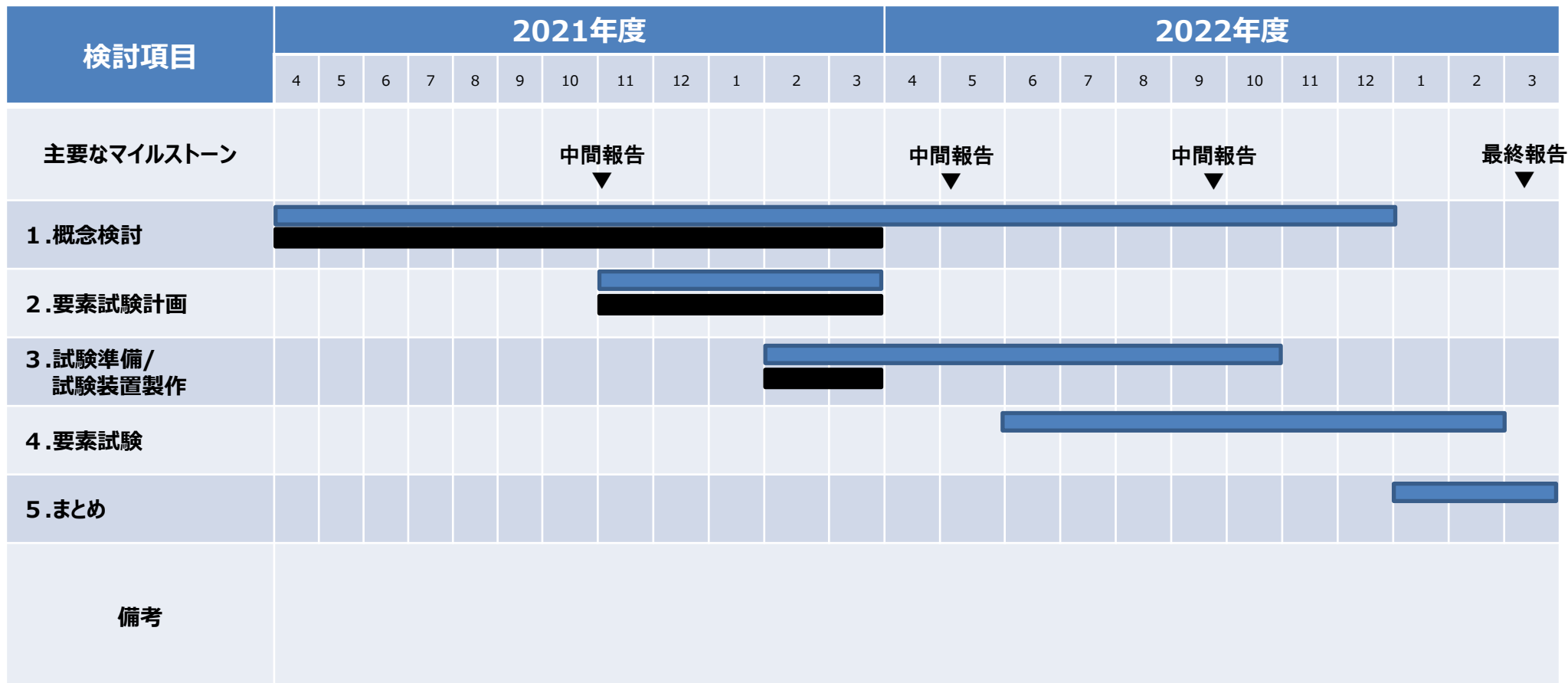
※2: JSME発電用原子力設備規格 溶接規格 (JSME S NB1-2012)

# 6. 本事業の実施内容 【 1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発 】

## ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接

【開発工程】

■ :計画  
■ :実績



### ② PCV接続スリーブ遠隔設置・溶接:まとめ

- スリーブ遠隔設置について、前提条件を整理し、送り出し工法および装置の検討結果を整理した。アクセストンネル本体の送り出しと同じ「全体送り出し方式」を選定し、課題および試験等で確認が必要な項目について整理した。3D計測やカメラ配置等の詳細を検討中。
- PCV接続スリーブ送り出し時の高さ目標値を、アクセストンネル送り出し時と同様に4000mmと設定した。遠隔設置装置の見直しを実施し、4000mm以下を達成できる見込みを得た。
- スリーブ遠隔溶接については、19-20年度補助事業で整理した課題に対する対応方法を検討し、課題および試験等で確認が必要な項目について整理した。溶接トーチを含めた試験装置や検査方法の検討等、詳細を検討中。
- スリーブ遠隔設置、遠隔溶接共に要素試験計画を検討し、試験装置や設備を準備中。今後、要素試験によりスリーブ遠隔設置・溶接手順および装置に関する実現性を確認する。

公募実施内容を記載

### ③ 遮蔽体設置

燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、横取り出し工法に係るアクセストンネル（PCV内部にアクセスするためのトンネル状の構造物）等のアクセス用設備の検討を進めてきている。取り出した燃料デブリ等を一時的に内部に収納するアクセス用設備は、設置される構造物の周囲を作業環境として使用することを考慮した線量低減が必要であり、遮蔽機能を有した大型の重量物となる。そのためR/B内への搬送に要する付帯設備、R/B 建屋等の床荷重負担軽減化として、アクセス用設備の遮蔽体の構造、搬送・設置方法の合理化の検討、開発が必要となっている。

高線量下での遮蔽体構築を遠隔作業によって安全、効率的に実施するため、まず、PCV内部や取り出した燃料デブリ等の線源の種類、存在状態等の遮蔽機能評価に必要な前提条件を検討・整理する。次に、R/B構造強度と現地施工性を踏まえた遮蔽構造、遮蔽体等の追設等を含めた搬送・設置の方法、手順について、被ばく線量評価を含めた検討を行う。その上で、遮蔽体を設置するアクセス用設備の模擬試験体を製作し、製作性等の実現性確認のための検証試験により、成立性を検証・評価することで、合理的なアクセス用設備の遮蔽体設置に必要な技術を開発する。

## ③ 遮蔽体設置

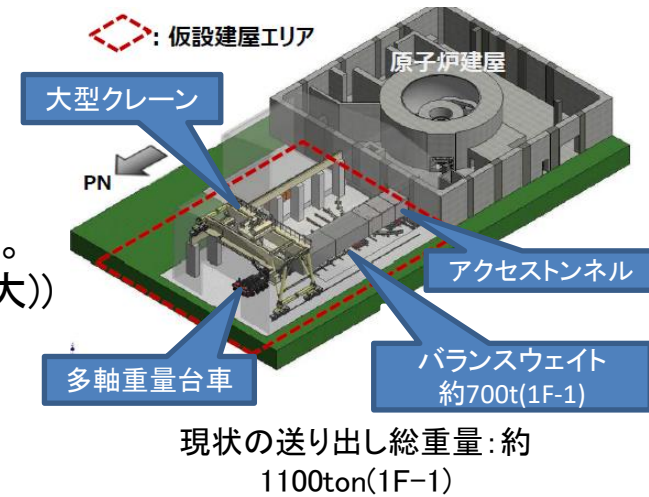
【20年度までの検討状況】

- 遮蔽厚さの検討条件を一部見直し、遮蔽厚さの簡易検討を実施。
- フレーム構造の概念検討を実施。

【課題】

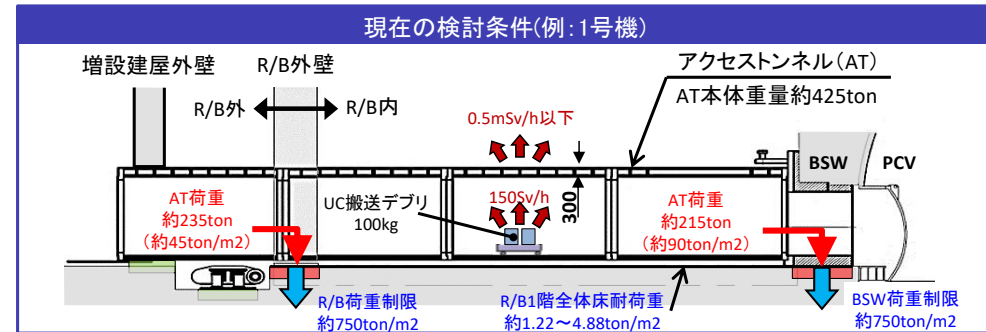
送り出し質量が大きいため、付帯設備が大型化。後工程との干渉が発生。  
 (アクセストンネル重量(大) → CW\*含む送り出し重量(大) → 付帯設備(大))

- 完全遠隔または一部遠隔による遮蔽体追設工法の実現性。
- 遮蔽欠損が少ない構造、遮蔽性能の担保(完成時の確認方法)。
- アクセストンネル遮蔽体構造、搬送・設置方法の合理化が必要である。
- 送り出しフレームの剛性を維持した軽量化。\*CW:カウンターウェイト



【実施内容】

- PCV内部や取り出した燃料デブリ等の線源の種類、存在状態等の遮蔽機能評価に必要な前提条件を検討し整理する。
- R/B構造強度と現地施工性を踏まえた遮蔽構造、遮蔽体等の追設等を含めた搬送・設置の方法および手順について、被ばく線量評価を含めて検討する。
- 遮蔽体を設置するアクセストンネルの模擬試験体を製作し、要素試験を計画を立案し、製作性等の実現性を評価する。

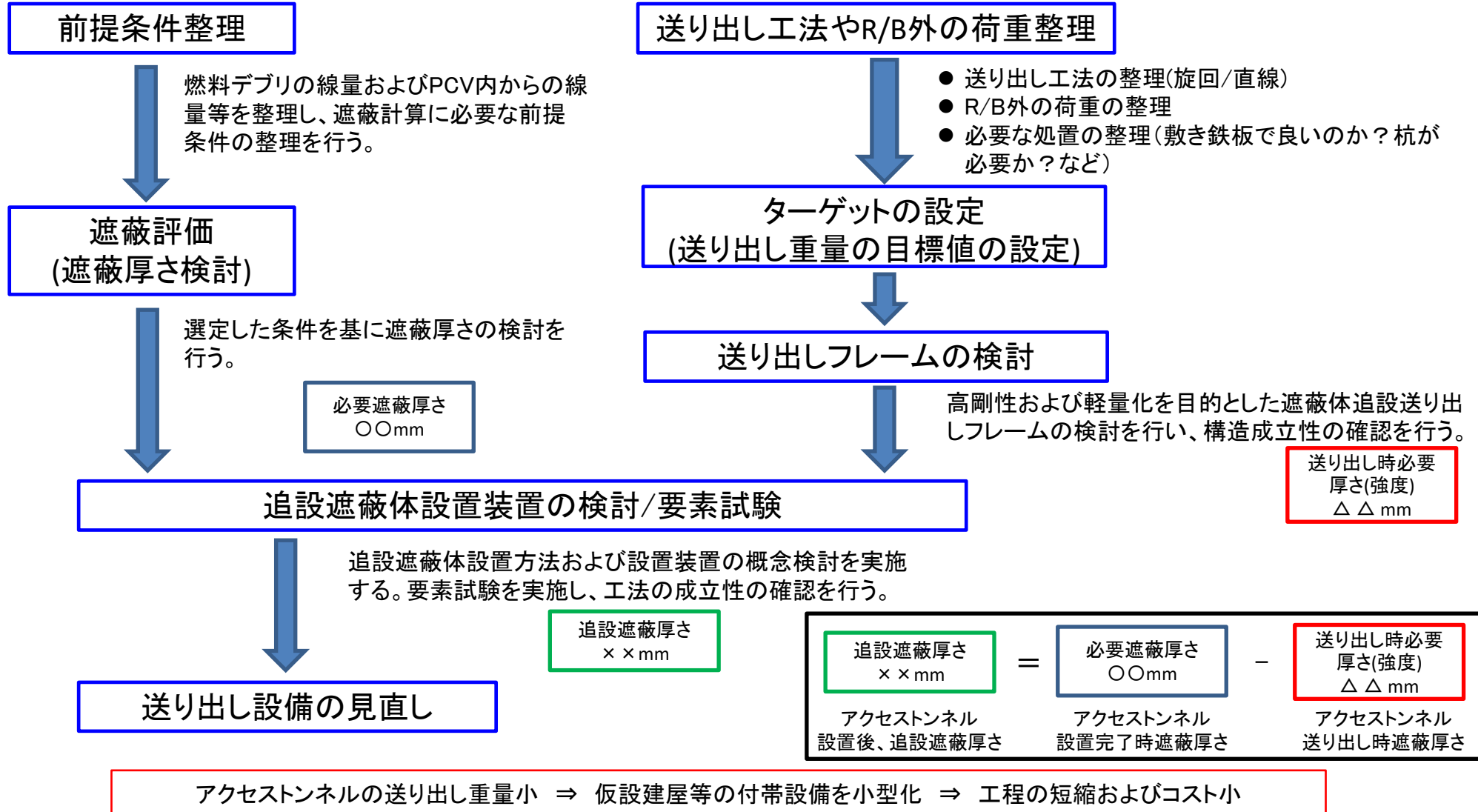


【得られる成果】

- 合理的なアクセストンネル遮蔽体設置方法の提示。

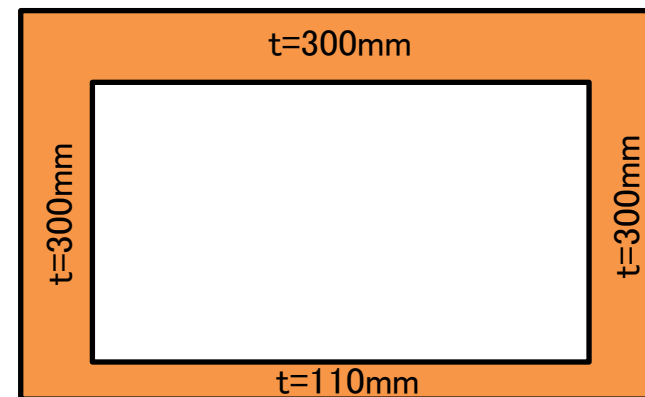
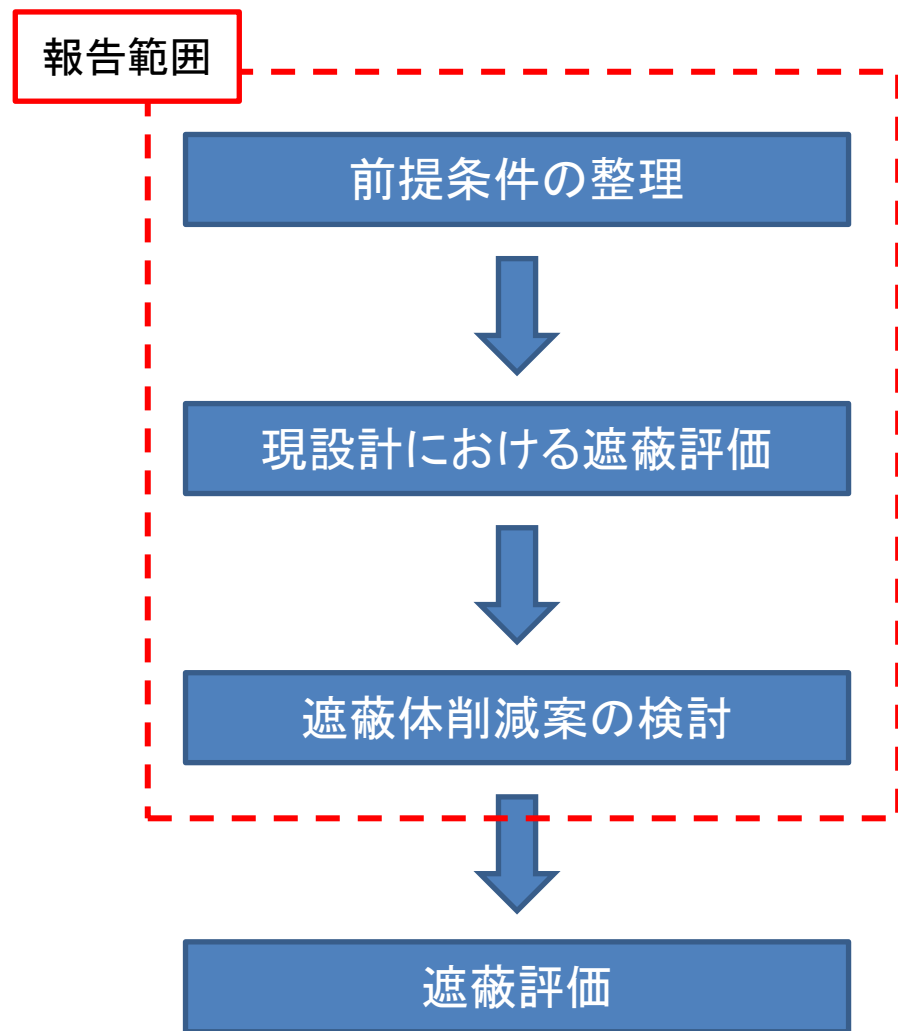
## ③ 遮蔽体設置

【検討手順(方針)】



### ③ 遮蔽体設置

【遮蔽評価手順】



(現状)アクセストンネル断面

壁/天井300mm、床110mmにおける遮蔽評価

壁/天井/床を一様に削減できるのか、中性子遮蔽が必要か？などの検討

削減案を考慮した遮蔽評価

## ③ 遮蔽体設置

## 【前提条件の整理】

遮蔽厚さを算出するための前提条件の整理を行う。PCV内の線源は存在状態(燃料デブリ、放射化、固体、液体等)を考慮し検討を実施する。評価用線源強度は、実測値※を基に逆算して算出した。

なお、R/B内の作業が不明確なため本検討においては、R/B内に作業員が立ち入りすることを考慮して検討する。

項目		条件	備考
対象プラント		1F-1、2、3	号機を限定する場合あり
R/B内立入り	アクセストンネル内 燃料デブリ搬送時	なし(人払いの実施)	ただし、遮蔽厚さの評価では「あり」についても評価を実施する。
	定常時(上記以外)	あり	
線源	PCV内	評価用線源強度を算出	実測値※を基に逆算(PCV内10Sv/h以下)
	AT内	φ200のユニット缶内燃料デブリ	・遮蔽は必要に応じて検討 ・燃料デブリ搬送量/線量についても評価を実施
物質密度	コンクリート	2.15 (g/cm <sup>3</sup> )	充填率等考慮する。
	鉄	7.8 (g/cm <sup>3</sup> )	充填率等考慮する。
アクセストンネル設置後の目標線量率(追加分)	R/B内	1 mSv/h(定常時)	
	R/B外	0.05 mSv/h	

(注記)

- ・目標線量率は1mSv/hと仮決めした。燃料デブリの搬送量(線量率)、遮蔽厚さおよびR/B内の空間線量率と比較しながら最終的に決定する予定である。
- ・PCV内からの中性子についてはガンマ線に比べて影響は小さく、実測値にて影響を確認する。アクセストンネル通過時の中性子については評価を実施する。

上記の条件より、アクセストンネルの遮蔽厚さおよび追加遮蔽厚さを決定し、追設工法および設置設備の検討を実施する。

※東京電力殿HP資料「原子炉格納容器内部調査技術の開発」ペダスタル外側\_1階グレーチング上調査(B1調査)の現地実証試験の結果について(2015/4/30):PCV内10Sv/h以下

## ③ 遮蔽体設置

## 【前提条件の整理】

以下の条件において遮蔽評価を実施した。

項目	単位	1F-1	1F-2	1F-3	遮蔽評価条件
初期濃縮度	wt%	3.7	同左	同左	3.7
燃焼度	GWd/tHM	40.172	40.557	40.499	41
比出力	MW/tHM	20.0	25.3	同左	20.0※
冷却期間	年	20	同左	同左	9
燃料デブリ組成(重量)	—	UO <sub>2</sub> (重量はUO <sub>2</sub> =1t で計算)	同左	同左	UO <sub>2</sub> (重量はUO <sub>2</sub> =1t で計算)

※ほとんど影響がないので、1号機ベースで検討。

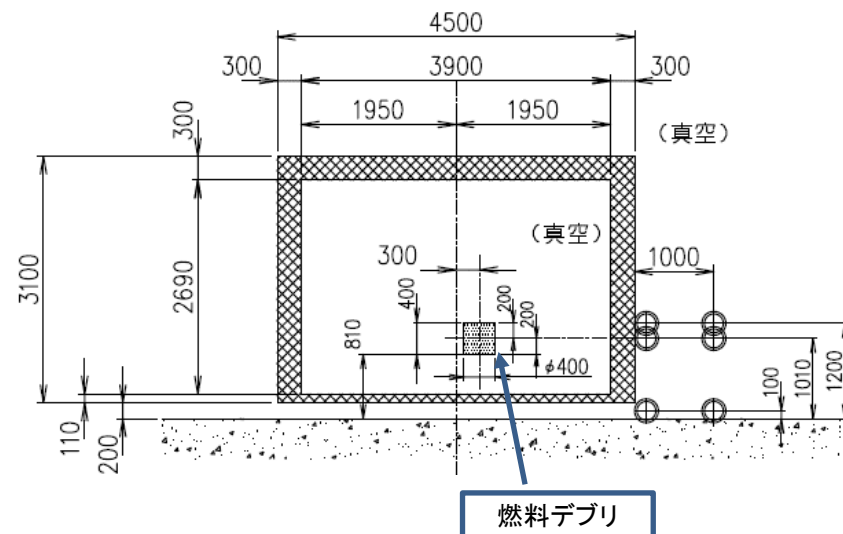
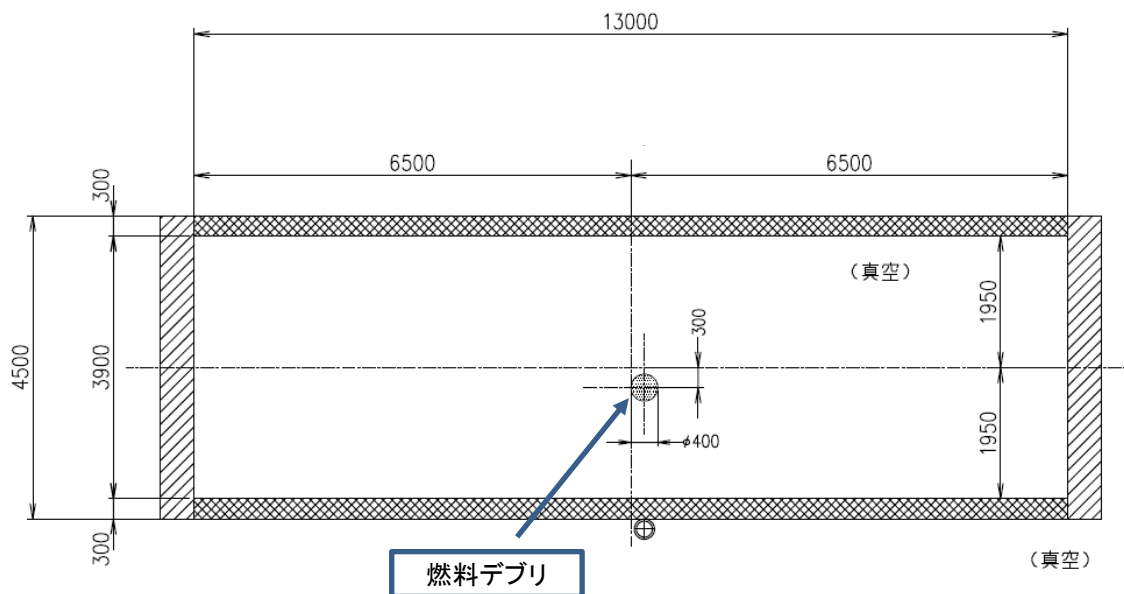
燃焼計算は以下を適用した。

- 計算コード : ORIGIN2.2 UPJ
- 断面積ライブラリ : BS340J33
- DECAYライブラリ : JNDECAY33.LIB
- 光子ライブラリ : gxuo2brm.lib






## ③ 遮蔽体設置

【前提条件の整理】

検討の条件および線量率の評価点を以下に示す。



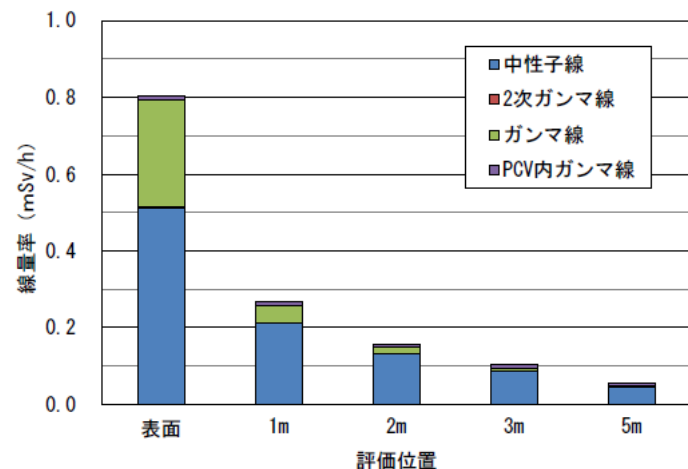
評価位置: アクセストンネル側面からの距離  
 評価高さ: R/B 1階床面からの高さ

-  : 燃料デブリ
-  : アクセストンネル (鉄、 $\rho 7.8\text{g/cm}^3$ )
-  : 仮想遮蔽板 (漏れ線量の防止)
-  : 床 (コンクリート、 $\rho 2.15\text{g/cm}^3$ )
-  : 評価点

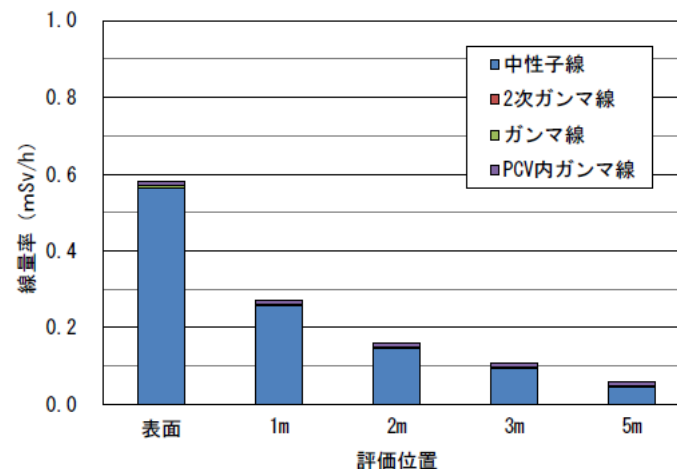
## ③ 遮蔽体設置

【評価結果】遮蔽厚さ: 壁/天井300mm、床110mm(燃料デブリ量30kg×2)

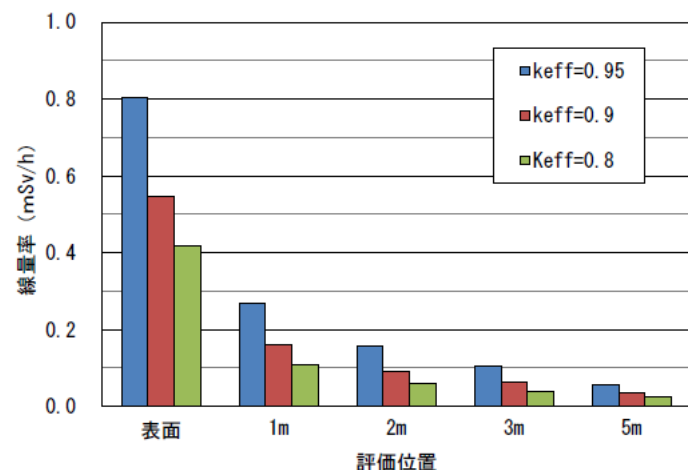
【30kg/缶×2缶、評価高さ10cm、keff=0.95】



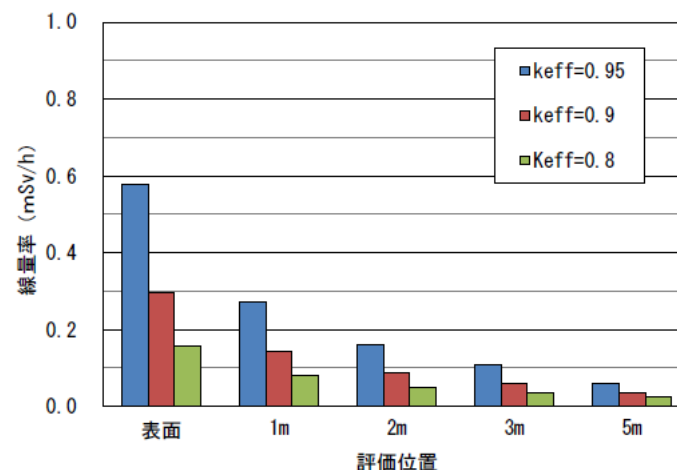
【30kg/缶×2缶、評価高さ120cm、keff=0.95】



【30kg/缶×2缶、評価高さ10cm】



【30kg/缶×2缶、評価高さ120cm】



・PCV内からの線源については評価用線源強度を算出。アクセストンネルの遮蔽厚さにより計算された線量率を追加。  
 ・本頁の評価では10μSv/h追加。

中性子線の線量が高いため、遮蔽厚さ削減のためには中性子遮蔽の設置が必要である。床面付近は反射の影響でガンマ線の線量率が高い。

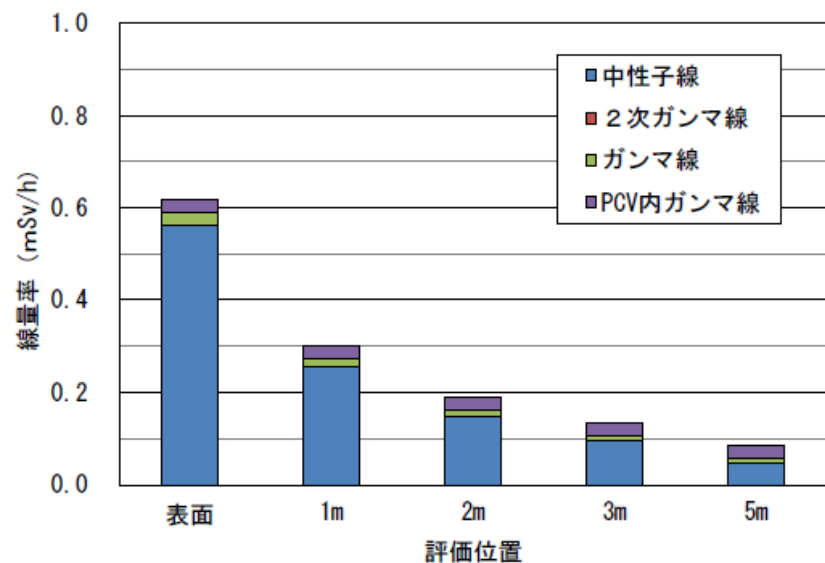
## ③ 遮蔽体設置

【評価結果】(参考評価)遮蔽厚さ: 壁/天井250mm、床110mm

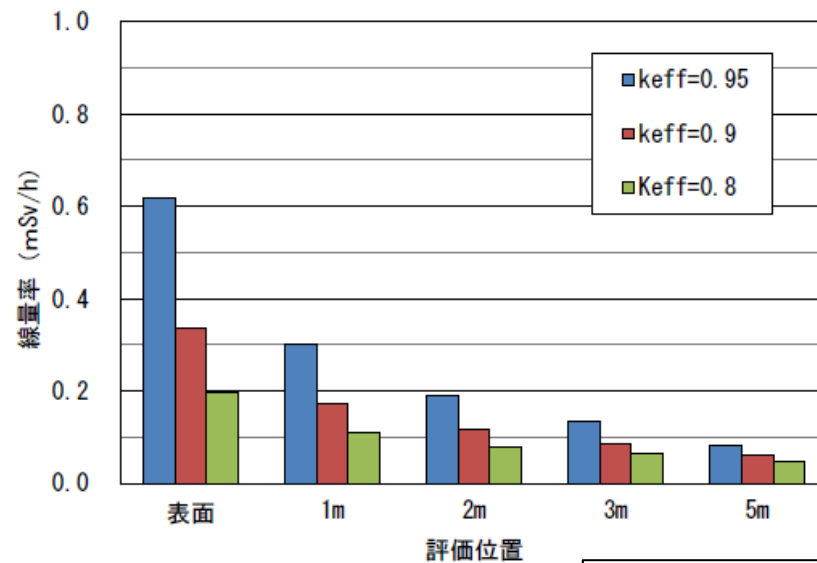
壁/天井300mm、床110mmの計算結果より、壁/天井250mm、床110mmを概算した。概算の結果、壁/天井の厚さが250mmにおいても十分に目標線量率を満足すると想定される。

(注記)評価高さ10cm(床面)の評価は反射の影響があるため概算は行っていない。

【30kg/缶×2缶、評価高さ120cm、keff=0.95】



【30kg/缶×2缶、評価高さ120cm】



250mmの遮蔽厚さにおいても1mSv/h以下を満足する。

・PCV内からの線源については評価用線源強度を算出。アクセストネルの遮蔽厚さにより計算された線量率を追加。  
 ・本頁の評価では28 μSv/h追加。

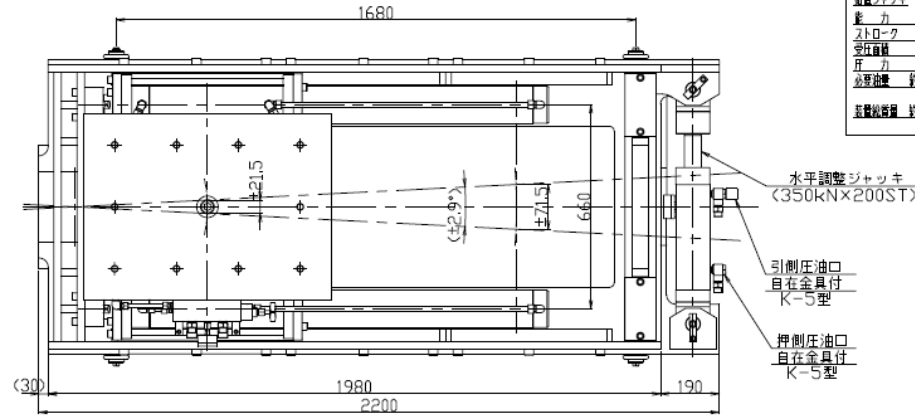
➡ 中性子遮蔽を実施することでアクセストネル壁、天井200mm、床110mmとしても1mSv/hを満足すると想定される。

## ③ 遮蔽体設置

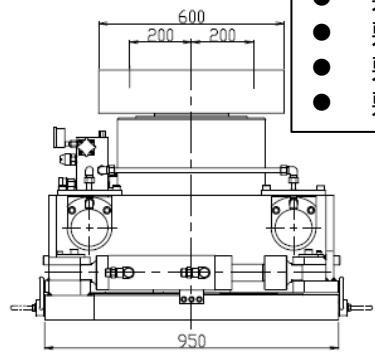
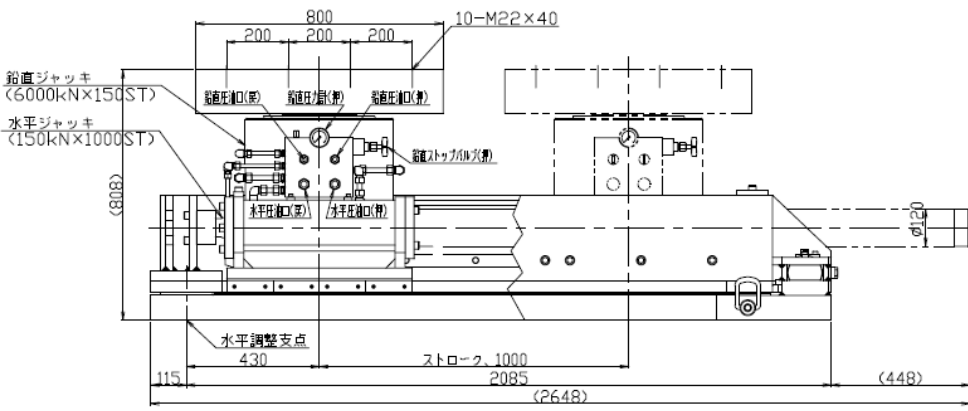
【送り出し設備の荷重条件】X-Yジャッキの構造

地盤改良の可否検討のため、アクセストンネル送り出し設備(送り出しジャッキ)の設置圧の検討を実施した。

仕様		
鉛直ジャッキ	送り出しジャッキ	水平調整ジャッキ
能力 6000 kN	能力 (概算) 2x150 kN	能力 (概) 350 kN
ストローク 150 mm	ストローク 1000 mm	(概) 185 kN
受圧面積 1256.6 cm <sup>2</sup>	受圧面積 (概) 70.88 cm <sup>2</sup>	ストローク ±100 mm
圧力 47.7 MPa	(概) 37.70 MPa	受圧面積 (概) 50.2 cm <sup>2</sup>
必要油量 約 18.9 L	圧力 (概) 21.2 MPa	(概) 26.5 MPa
	(概) 39.8 MPa	圧力 (概算) 70 MPa
設置質量 約 3425 kg	必要油量 約 2x7.1 L	必要油量 約 1 L



- ジャッキの条件**
- 最大接地圧 :  $P = 2,608.9 [kN/m^2]$
  - 衝撃係数 :  $i = 0.20$
  - ジャッキ短辺長 :  $B = 0.950 [m]$
  - ジャッキ長辺長 :  $L = 2.200 [m]$
- 敷き鉄板の条件**
- 敷き鉄板の厚さ :  $t = 0.030 [m]$
  - 敷鉄板の短辺長 :  $PB = 1.500 [m]$
  - 敷鉄板の長辺長 :  $PL = 6.000 [m]$
  - 敷鉄板の載荷有効幅 :  $B' = 1.500 [m]$
  - 敷鉄板の載荷有効長 :  $L' = 2.100 [m]$
  - 敷鉄板の変形係数 :  $E = 2.000E+08 [kN/m^2]$



敷き鉄板下面の設置圧  $P_{max}' = 2,077.2 [kN/m^2]$



## ③ 遮蔽体設置

## 【 追設構造の概念検討 】

後施工する遮蔽材は、アクセストンネルの遮蔽性能および施工性を考慮して選定する必要がある。遮蔽材の候補ならびに比較検討結果を示す。

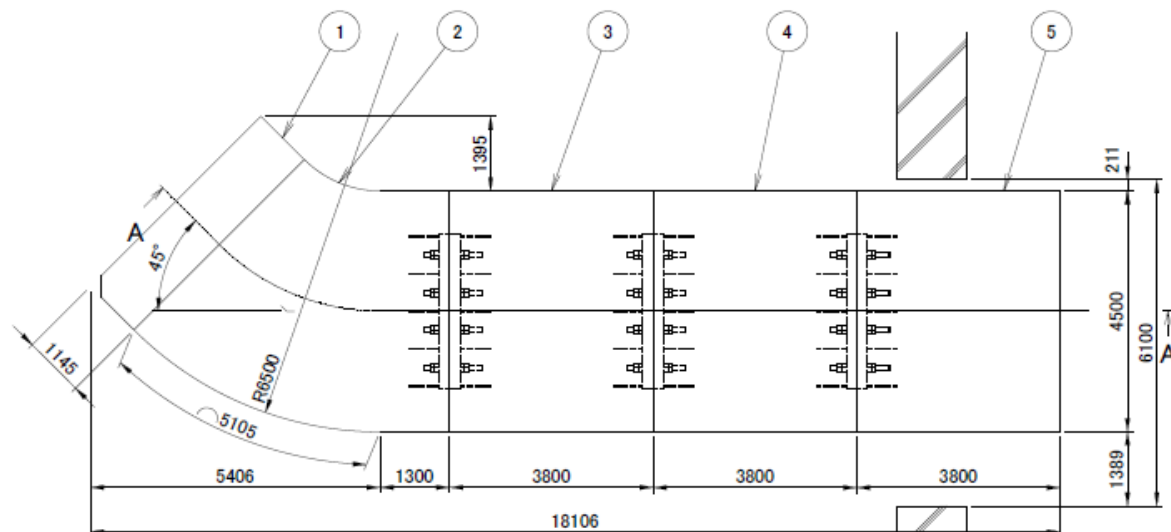
案	遮蔽材	遮蔽効果*	遮蔽材の遠隔施工性	設置後の遮蔽性能評価	課題
1	鉄(板材)	大	△	○	遠隔施工方法 (難易度高)
2	鉄(球)	中	○	△	遠隔施工方法、 充填率(遮蔽性能)
3	鉛(球)	大	○	△	遠隔施工方法、 充填率(遮蔽性能)
4	鉛(鑄込)	最大	× (高温、変形)	△	遠隔施工方法、 鑄込後変形、比重
5	モルタル	低	○	△	遠隔施工方法、 充填率(遮蔽性能)
備考: * 各材料間における相対評価					

充填率に応じて遮蔽能が不足するため、充填率にて評価する案2、3、4、5はアクセストンネル外形の大型化に繋がる可能性がある。

今後、概略図と合わせて比較評価を行い、追設構造案を選定する。

## ③ 遮蔽体設置

【追設構造の概念検討】板状遮蔽体押し出し方式概略図(他案との比較評価は今後実施予定)



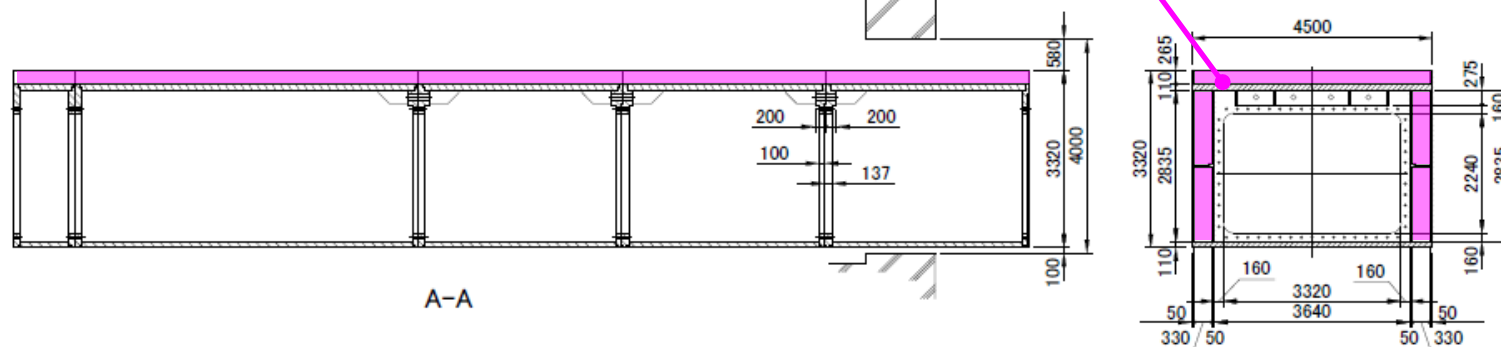
### 概略

- 板状の遮蔽体をR/Bの外から押し出す案。
- 送り出す遮蔽体にはガイドローラを設け、送り出しを行う。
- 曲線部の遮蔽体設置方法が課題。
- 現状において成立性は高いと評価。

### 遮蔽厚さ

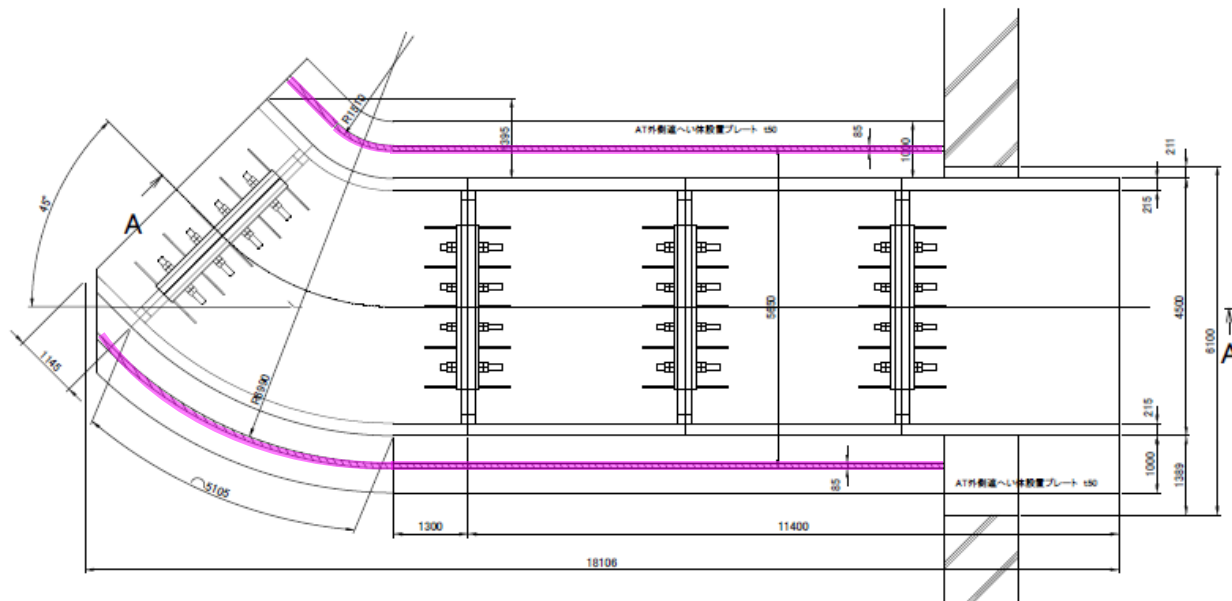
送り出し時：壁/天井100mm、床：110mm  
 追設遮蔽体：壁/天井200mm、床：0mm  
 完成時：壁/天井300mm、床：110mm

追設する遮蔽体



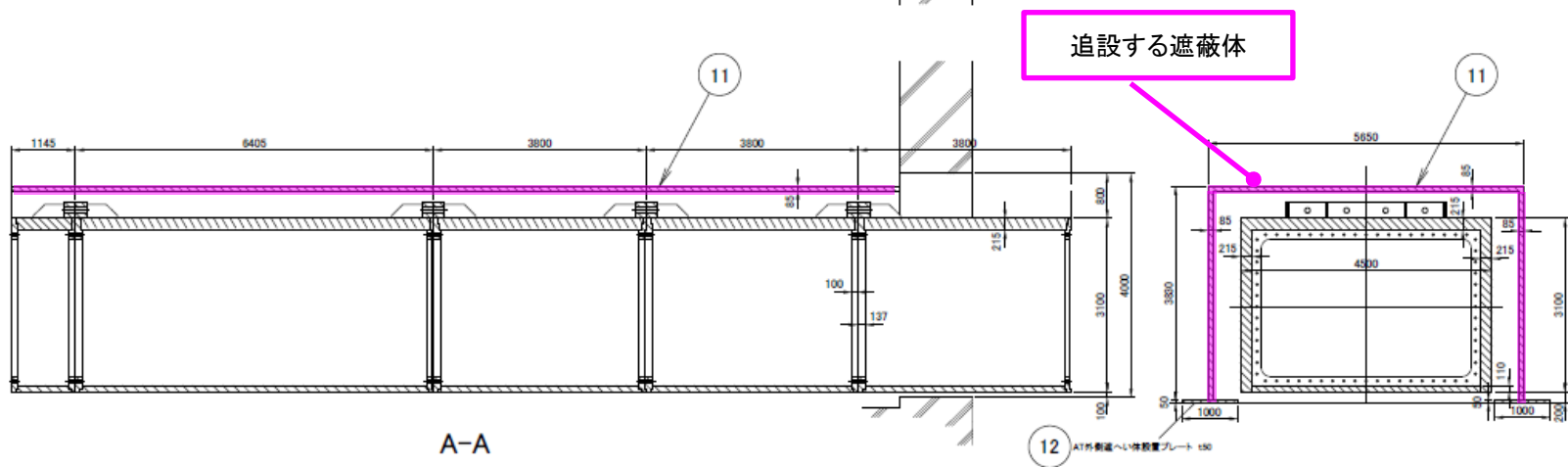
## ③ 遮蔽体設置

【追設構造の概念検討】板状遮蔽体衝立方式概略図(他案との比較評価は今後実施予定)



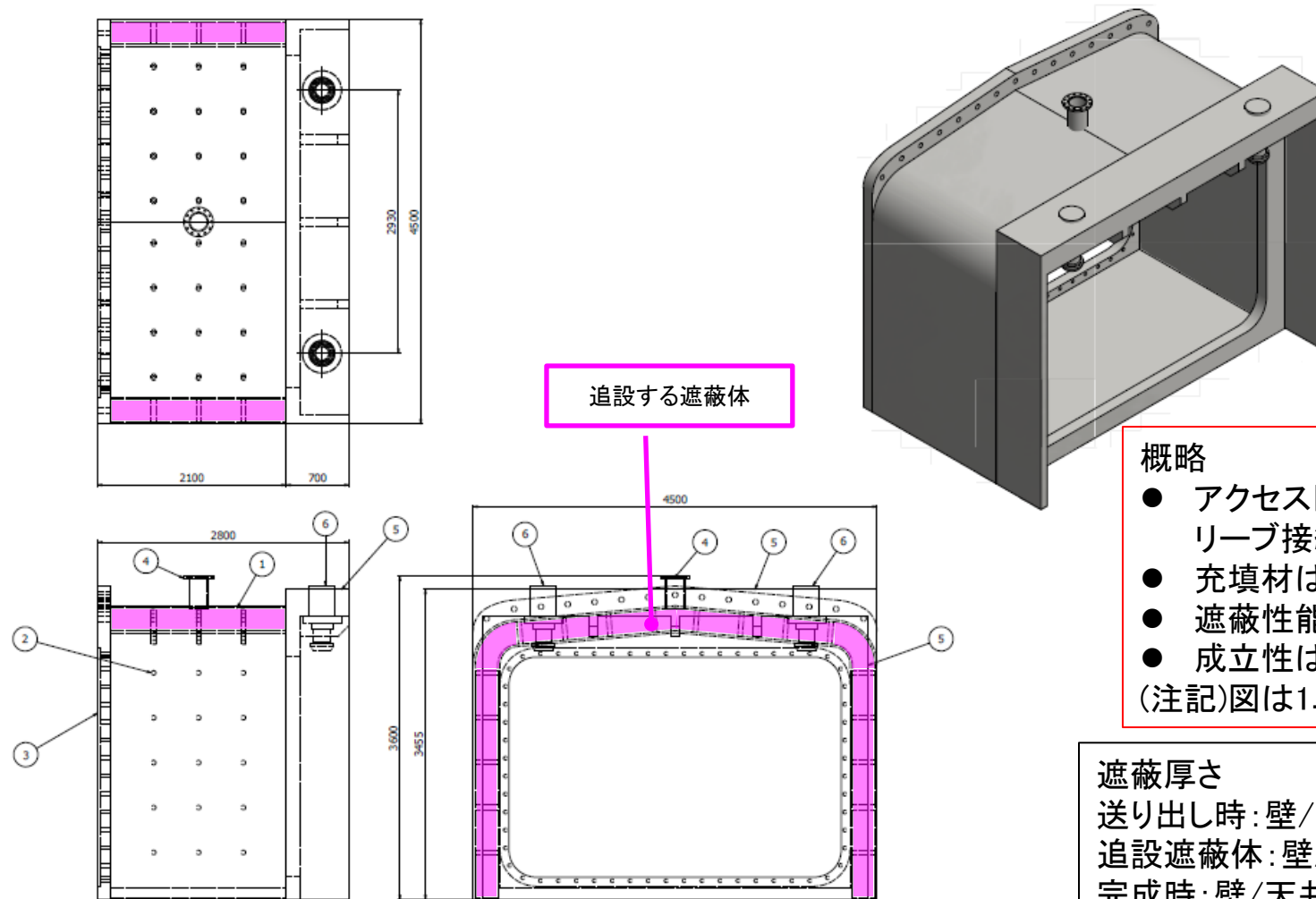
- 概略
- 追設する遮蔽体をR/B1階床面に設置する案。85mm程度であれば荷重分散を行うことでR/Bの床耐荷重4.9ton/m<sup>2</sup>を満足すると評価。
  - 追設遮蔽体の搬出入/設置方法が課題。
  - 成立性については評価が必要。

遮蔽厚さ  
 送り出し時：壁/天井215mm、床：110mm  
 追設遮蔽体：壁/天井85mm、床：0mm  
 完成時：壁/天井300mm、床：110mm



## ③ 遮蔽体設置

【追設構造の概念検討】遮蔽材充填方式概略図(鉄球/鑄込)



### 概略

- アクセストンネルフレームをPCV接続スリーブ接続後に遮蔽材を充填する案。
  - 充填材は鉄球や鑄込を検討。
  - 遮蔽性能の評価が課題
  - 成立性は低いと評価。
- (注記)図は1ユニット。

### 遮蔽厚さ

送り出し時: 壁/天井100mm(想定)、床:110mm  
 追設遮蔽体: 壁/天井200mm、床:0mm  
 完成時: 壁/天井300mm、床:110mm

### ③ 遮蔽体設置

#### 【今後の検討方針】

##### ＜線量評価＞

- 中性子線の寄与が大きいことから、中性子遮蔽を検討する。中性子遮蔽はアクセストンネル本体に設置するのは難しいため、ユニット缶をオーバーパックするイメージ。
- 遮蔽厚さは壁/天井約200mm、床110mmを目標とし、再度評価を行う。

##### ＜地盤整備＞

- 地盤整備の方法や工程を整理。
- 送り出しに必要な設備の整理。

##### ＜遮蔽体追設構造＞

- 各案の比較検討を実施し、選定する。
- 選定した案の構造検討を行い、要素試験計画を行う。

＜検討イメージ＞遮蔽評価により遮蔽厚さを削減、遮蔽体追設工法を用いてアクセストンネルを設置する。

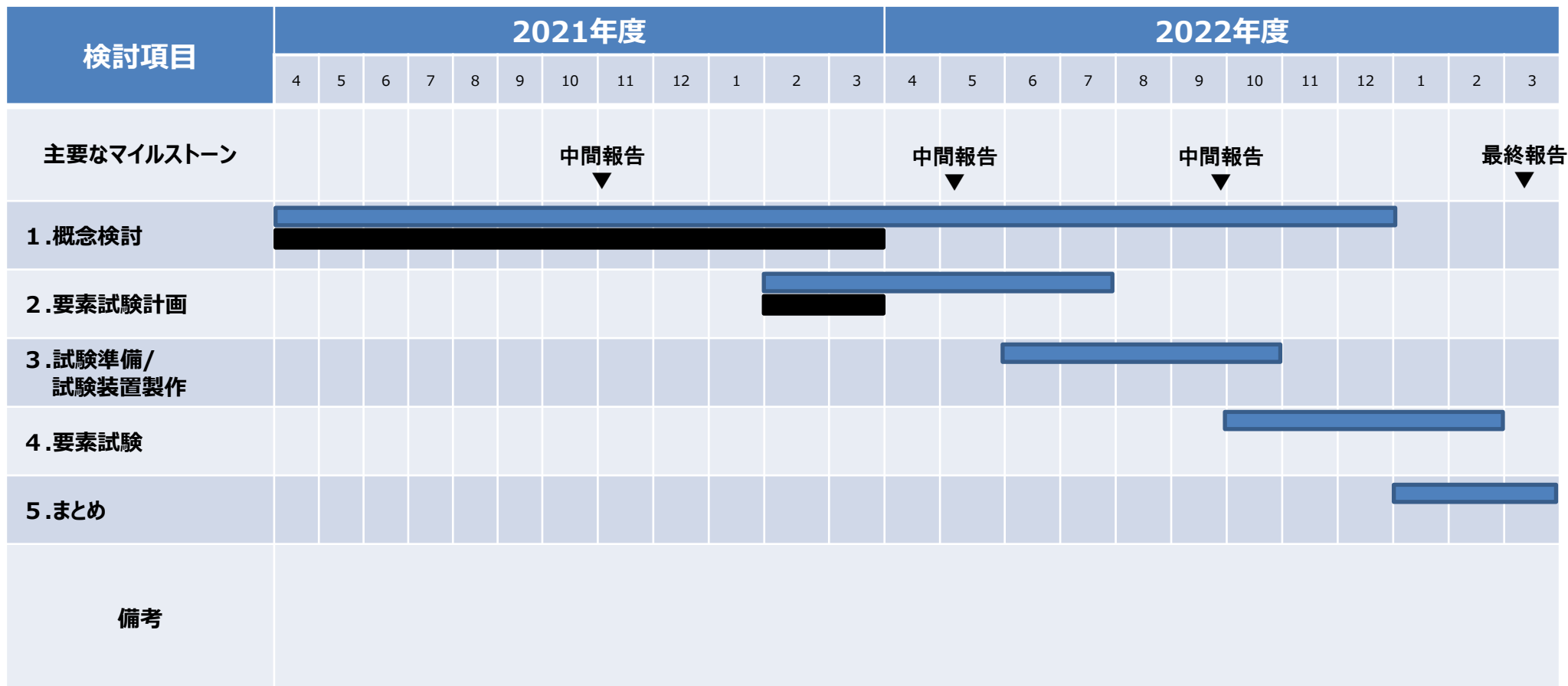
1号機	現状	案1(スライドNo.135)			案2(スライドNo.136)		
方式	一体送り出し	板状遮蔽体押し出し方式			板状遮蔽体衝立方式		
	設置完了時	設置完了時	送り出し時	追設	設置完了時	送り出し時	追設
壁/天井(遮蔽能力)	300mm	200mm	50mm	150mm	200mm	115mm	85mm
床(遮蔽能力)	110mm	110mm	110mm	0mm	110mm	110mm	0mm
重量	425ton	325ton	170ton	155ton	235ton	235ton	100ton

(注記)遮蔽材充填方式については成立性が低いいため記載していない。

## ③ 遮蔽体設置

【開発工程】

■ :計画  
■ :実績



### ③ 遮蔽体設置:まとめ

- 遮蔽体追設工法検討のため、検討方針および前提条件を整理した。遮蔽評価を実施し、中性子線の線量が高いため、遮蔽厚さ削減のためには中性子遮蔽の設置が必要であるという結果を得た。
- 後施工する遮蔽材について遮蔽性能および施工性を考慮し、鉄板送り出し、鉄球充填および鉛鑄込みやモルタル充填工法を検討して比較評価を実施中。今後、概略図と合わせて比較評価を行い、追設構造案を選定する。
- 今後、試験により遮蔽体追設工法に関する実現性を確認する。

公募実施内容を記載

### ④ シールドプラグの解体

燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、横取り出し工法に係るアクセス用設備として、アクセストンネル方式等のアクセス用設備の設置の検討を進めてきている。アクセス用設備をPCV接続部に取り付けるためには、先立って、大型でコンクリート等の重量物である既設の機器ハッチ前のシールドプラグ等（シールドプラグ、ブロックアウト）の撤去を行う必要があり、狭隘部における効率的で安全な解体に関する技術の検討、開発が必要となっている。

高線量下での作業を考慮し、遠隔作業によるR/B内の限られたスペースで安全確実に、シールドプラグ等を切断、解体・撤去し、解体物を搬出して廃棄物容器に収納する方法、手順について、ダスト飛散防止、間柱等の強度に必要な構造物の撤去、撤去後の切削部等の平滑化处理、R/B内の床荷重制限を考慮して検討を行う。

次に、切断、解体・撤去装置を試作し、実現性を確認するための模擬試験体を用いた要素試験により、成立性を確認する。

## ④ シールドプラグの解体

### 【20年度までの検討状況】

- 1号機シールドプラグ撤去方法の概略手順、概念検討および概算被ばく線量評価を実施。

### 【課題】

#### <1～3号機共通>

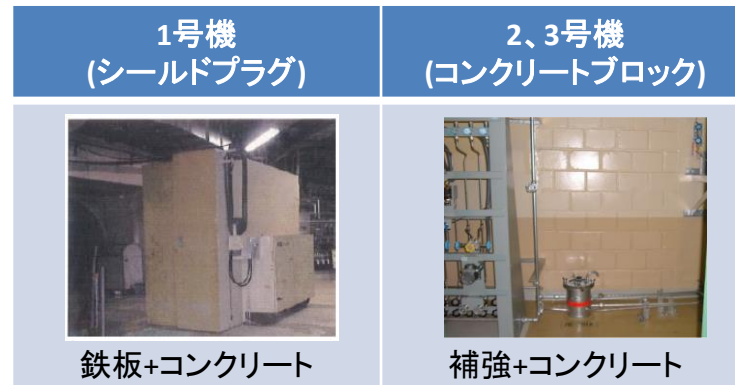
- シールドプラグは大型の重量物で撤去が困難なため、撤去技術について開発する必要がある。
- 建屋床面荷重を考慮した解体装置等の実現性。
- 高線量下におけるダスト飛散防止を考慮した解体方法。
- 大型重量物を細断するため、現場作業量増加による被ばく線量の増加。

#### <1号機>

- 駆動輪の固着等を考慮したシールドプラグ引き出し方法。
- ライニング材(16mm)を考慮した細断方法。

#### <2、3号機>

- コンクリートブロック(間柱等を含む)の撤去方法。
- 床面(PCV接続スリーブ設置面)の平坦化処理方法。



解体工法イメージ海外における類似例(WAK)



ブロック撤去後は凹凸がないように間柱の撤去やモルタルを研る必要がある。

2、3号機床面イメージ

## ④ シールドプラグの解体

### 【実施内容】

#### <1～3号機共通>

- 検討に関わる前提条件を整理する。
- 遠隔作業によるシールドプラグ等の切断、解体、撤去および解体物を搬出して廃棄物容器に収納する方法、手順の検討。ダスト飛散防止方法の検討床面耐荷重(約4.9ton/m<sup>2</sup>)を考慮した解体・搬出方法の検討など。
- 切断、解体・撤去装置など必要な装置を試作し、要素試験を計画、実施してシールドプラグ等の撤去方法の実現性を確認する。

#### <1号機>

- シールドプラグ引き出し方法の検討
- シールドプラグ遠隔切断装置の検討
- 一体搬出方法の検討(片持ち梁による撤去)

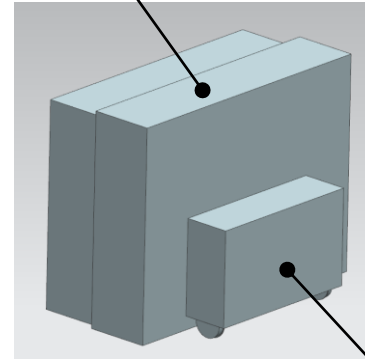
#### <2、3号機>

- 遠隔ブロックアウト装置の検討
- 床面の平坦化処理方法の検討

### 【得られる成果】

- シールドプラグ等の撤去方法の提示。

鉄筋コンクリート



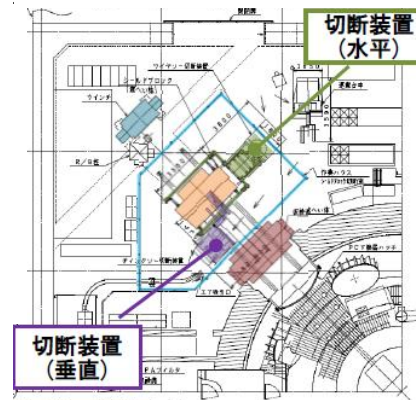
1号機シールドプラグ  
鳥観図

PCV接続スリーブと干渉するため、アングルの撤去が必要

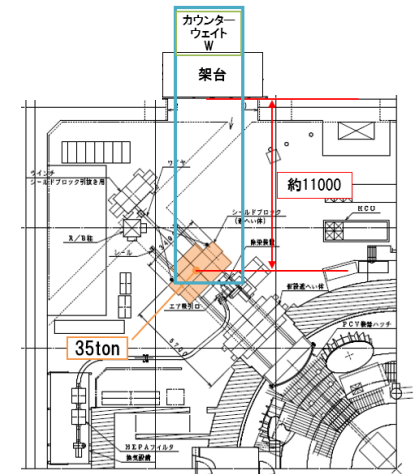


コンクリートブロック  
撤去後(1F-4 X-1B)

駆動部  
鋼製



細断工法

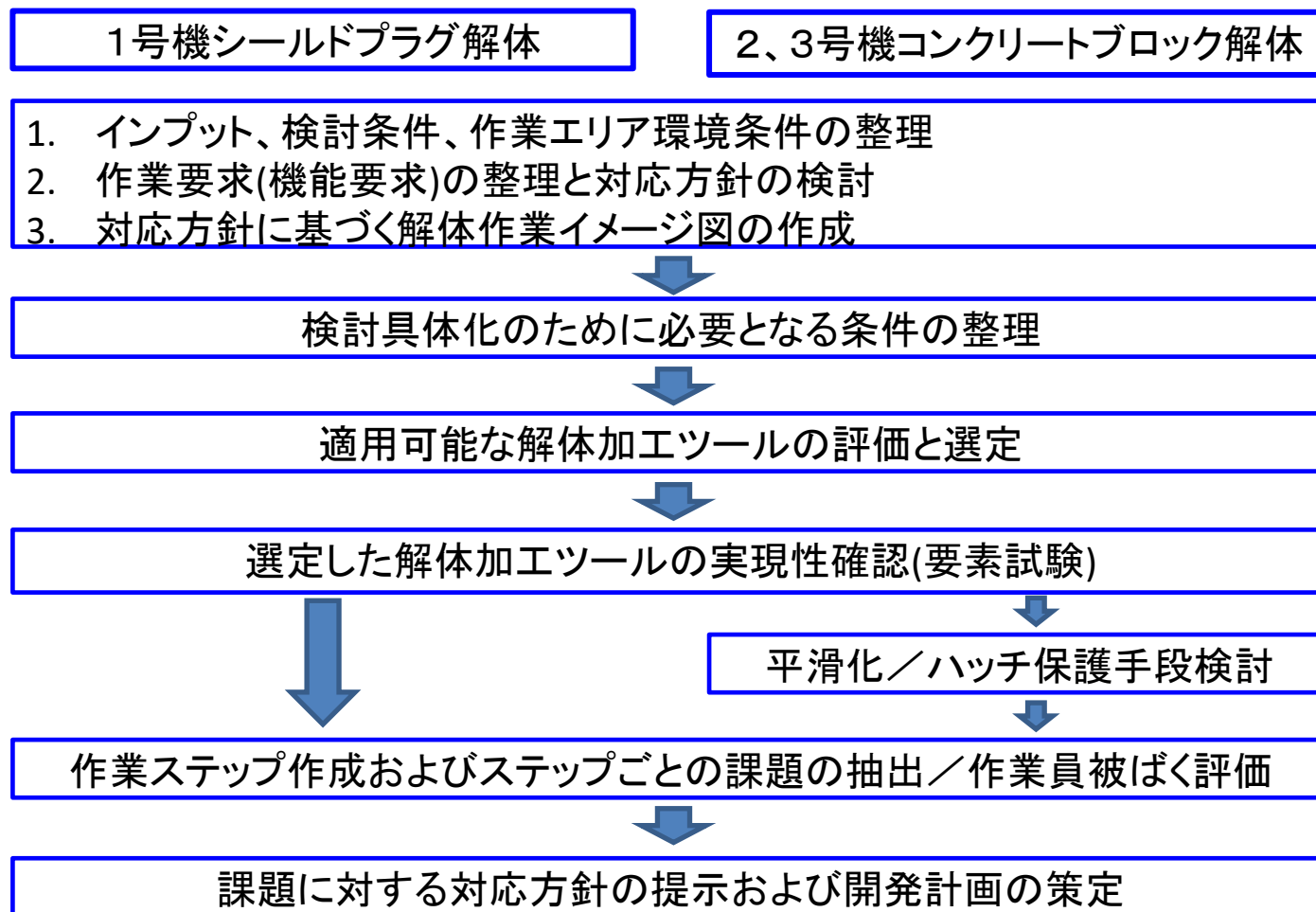


一体搬出工法

1号機シールドプラグ撤去イメージ

### ④ シールドプラグの解体

【検討手順(方針)】



## ④ シールドプラグの解体

【前提条件の整理】

1号機はR/Bの北側、2,3号機は南側に設置を計画している。設置対象は全て機器ハッチであるが、1号機はシールドプラグ、2,3号機はブロック壁となる。

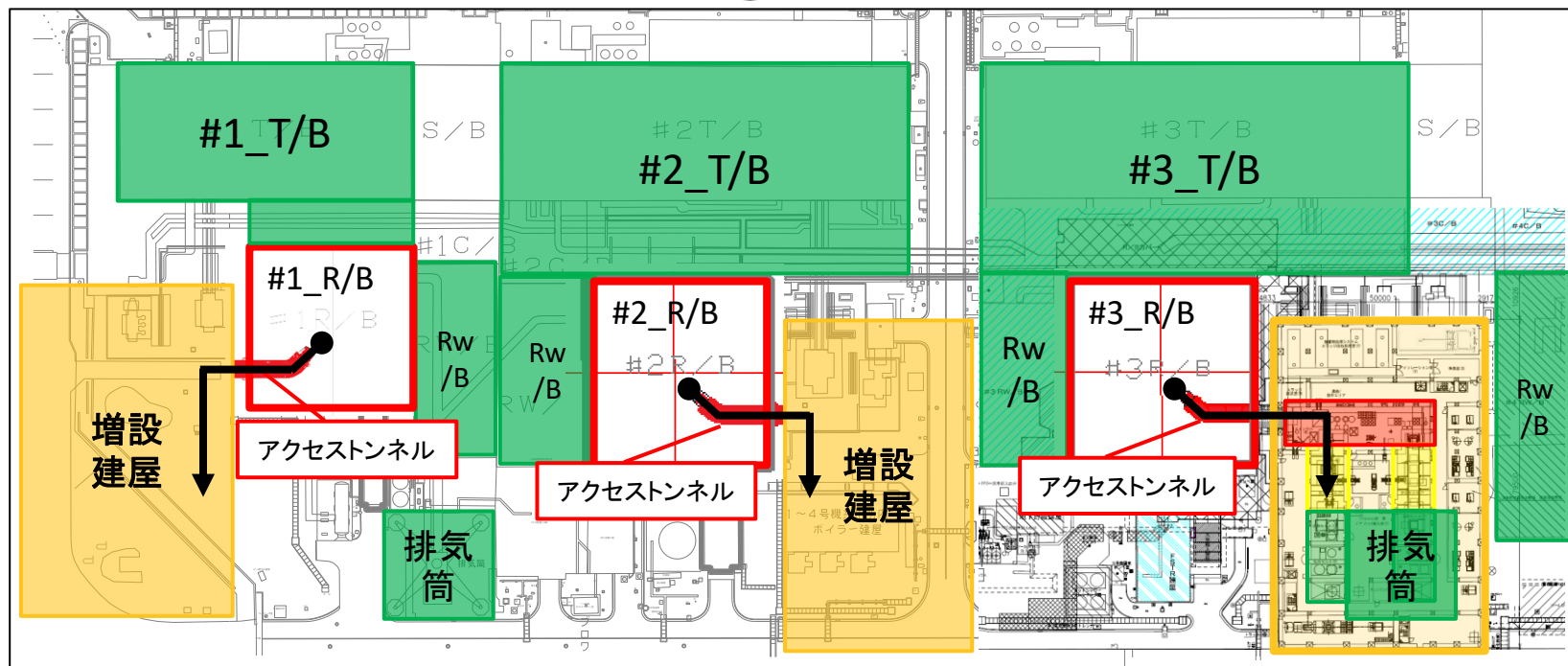
1～3号機アクセストンネル設置案



凡例:  R/B

既設構造物

新規構造物



1号機: シールドプラグ



2,3号機: コンクリートブロック (イメージ)



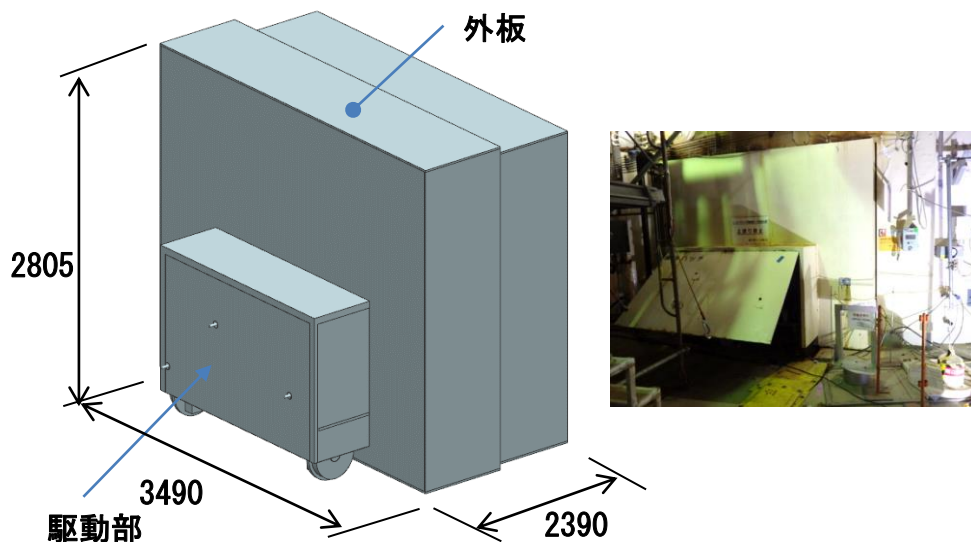
## ④ シールドプラグの解体

### 【実施内容(概要)】

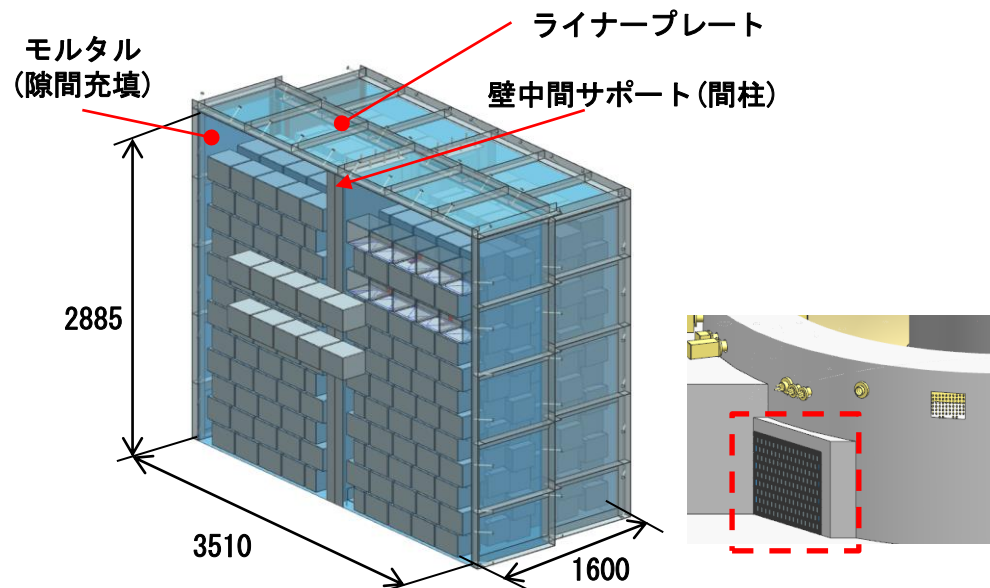
- 1～3号機の前提条件および解体工法の検討を実施。
- 1号機はシールドプラグ、2,3号機はコンクリートブロックの解体検討を実施。
- 1号機についてはR/B内シールドプラグ解体工法の他に、一体搬出工法についても概略検討を実施。
- 1号機と2,3号機はどちらの解体工法も一般的な解体工法であるが、コンクリートブロックについてはPCV接続スリーブの設置精度に影響を与える※ため、本事業ではコンクリートブロックの解体の要素試験を実施する。
- 本報告では3号機に絞って報告を行う。

※PCV接続スリーブはコンクリートブロック解体後の床面に設置するため、床面の凸凹の影響を受けやすい。シールドプラグについてはレールがあるものの、比較的滑らかな面であると想定。

1号機シールドプラグ



2, 3号機コンクリートブロック



## ④ シールドプラグの解体

【開口作業(事故前)および本事業の撤去方針】

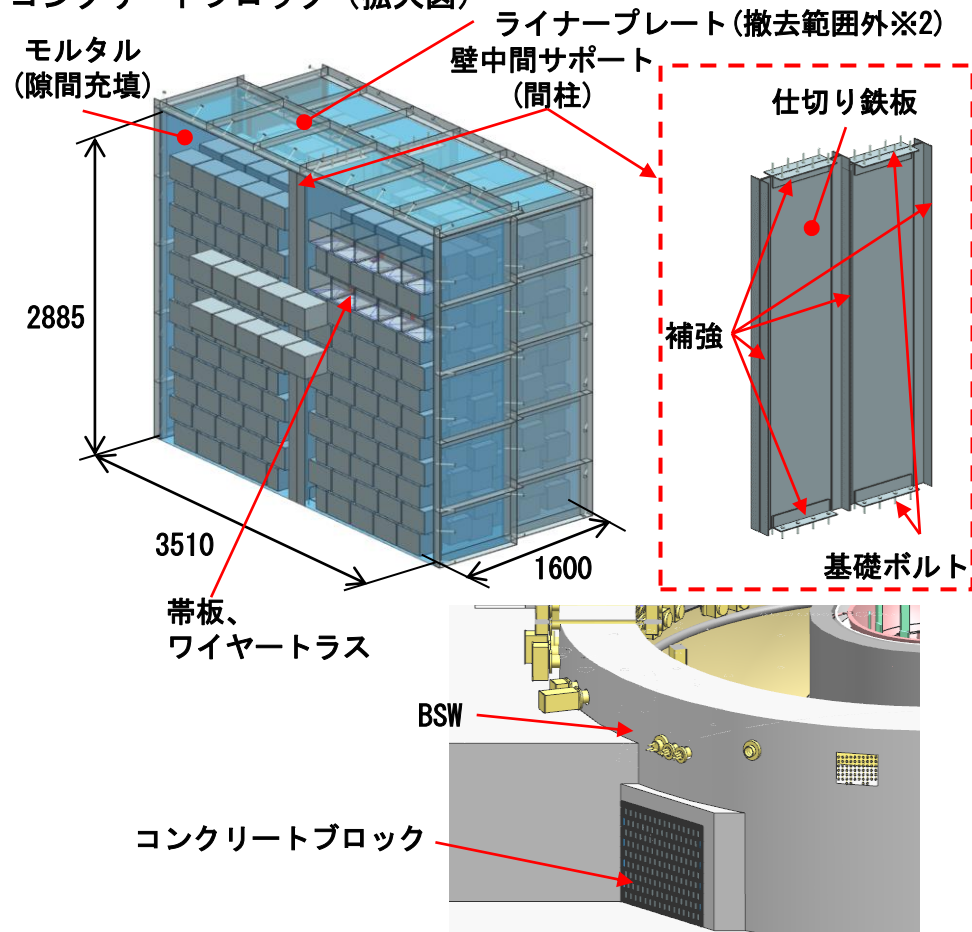
項目	1号機シールドプラグ	2, 3号機コンクリートブロック
対象の概要	主にコンクリートの一体ブロックであり、通常時は電動にてレール上を走行する。	レンガの様なブロックが積まれており、一部の隙間にモルタルが充填されている。
主な手順 (事故前)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● (手段1)電動にて走行させ引き出す。</li> <li>● (手段2)モータなどに接続された軸(外部駆動軸)を回転させて引き出す。外部駆動軸は、動力、ブレーキまたはクラッチ(確認中)、車輪止め(確認中)がある。</li> <li>● (手段3)ウィンチなどを用いて引っ張る。</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 上部のモルタル部をブレーカーで研る。(適宜BSWとブロックの間のモルタルも研る)</li> <li>② ブロックを破損しない様に取り除く。</li> <li>③ 中間サポートを撤去する。</li> <li>④ 上下のL型鋼を撤去する。</li> </ol>
本PJの 撤去方針	<p>外部駆動軸の使用可否を確認し、使用可能であれば外部駆動軸により引き出す。使用できない場合はウィンチにて引き出す。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・引き出し前にレール上に異物(レールカバー含む)がないことを確認する。</li> <li>・レール上の錆は極力除去する。</li> <li>・電動については、使用できないことを想定。</li> </ul>	<p>主はブレーカーを用いて解体する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事故前はブロック(約800個)を再利用するため、破損しない様に慎重に撤去しているが、今回は復旧の必要はない。</li> <li>・ワイヤーソーなどによる切断も検討したが、奥行があるため使用は困難と判断。</li> </ul>

## ④ シールドプラグの解体

【前提条件の整理(3号機)】

### ➤ 撤去対象(コンクリートブロック)※1

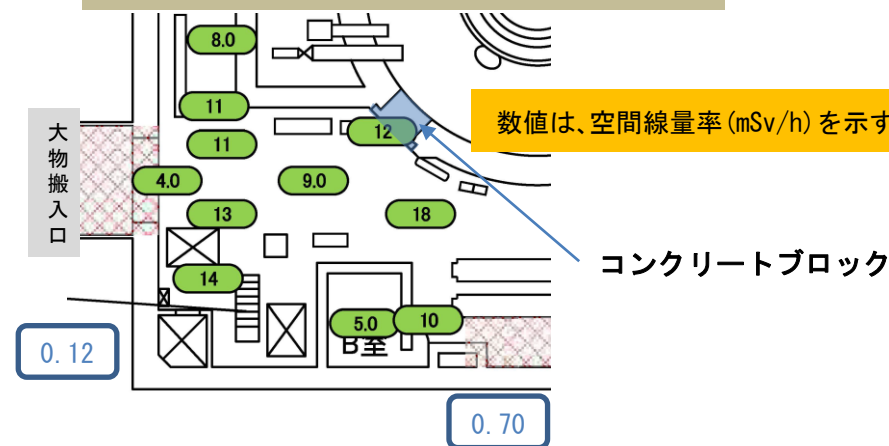
コンクリートブロック (拡大図)



### ➤ 環境条件※1

項目	仕様
対象	3号機 コンクリートブロック
外寸	W 3510×D 1600×H 2885(mm)
質量	約 36 ton
構成	コンクリートブロック+帯板+ワイヤートラス +壁中間サポート、隙間モルタル仕上
空間線量率	約 18 mSv/h
床耐荷重	約 4.9 ton/m <sup>2</sup>
搬出入	R/B 西側(大物搬入口(W4900×H4900mm))
作業高さ	約 4m以下

3号機 R/B1階南西部(作業エリア)空間線量率



※1: 構造や寸法は、他号機の図を参考にしているものもあるため推定も含まれる  
 ※2: BSW埋込のため

## ④ シールドプラグの解体

【要求事項(3号機)】

## ➤ 安全要求

安全要求	作業要求/機能要求	対応方針
作業員の過大な被ばくと内部被ばくの防止	作業員の被ばく低減	作業エリアの除染を可能な範囲で行い、空間線量率を低減
		コンクリートブロック解体を遠隔(重機)にて実施することで人為作業に伴う被ばくを低減
放射線による過大な被ばくの防止	コンクリートブロック解体作業時のダスト飛散防止	解体手順の検討により被ばく評価を行い、必要な作業員数を設定
		作業ハウスを設置し、ダスト飛散を抑制
		換気設備にて、ダストを吸引し飛散を抑制
	BSW 開口部からの放射線の遮蔽	解体後に自走式仮設遮蔽体を設置

## ④ シールドプラグの解体




【解体工法の検討(3号機)】重機の選定

	3～4トンクラスの例	6～8トンクラスの例
写真	 <p>日立建機(株) ZAXS35U-5B ショートルーチ仕様</p>	 <p>日立建機(株) ZAXS75US-5B ショートルーチ仕様 Kキャブ</p>
※ 寸法	W 1650×D 4050×H 2540 (mm)	W 2320×D 4820×H 2820 (mm)
仕様	機械質量：3840kg	機械質量：7430kg
	アタッチメント装着可能質量：450kg	アタッチメント装着可能質量：1430kg
	最大作業高さ：4240mm	最大作業高さ：5590mm
	平均接地重量：3.0ton/m <sup>2</sup>	平均接地重量：3.8ton/m <sup>2</sup>
加工対象	コンクリートブロック、帯板、ワイヤートラス、モルタル解体撤去	壁中間サポート解体撤去

※:重機のアームを寝かせた状態の外形寸法を想定

## ④ シールドプラグの解体




## 【解体工法の検討(3号機)】加工仕上げツールの選定

No.	ツール	イメージ図	一般的な用途	加工対象	概略仕様【使用重機】
1	ブレーカー (型番品)		コンクリート 破砕用	コンクリートブ ロック、BSW(床)	【3～4トンクラス】 加工対象：コンクリート、岩盤、 硬度床、道路工事
2	把持装置 (型番品)		コンクリート片等 の把持回収用	コンクリートブ ロック破片、帯板、 ワイヤートラス、 壁中間サポート	【3～4トンクラス】 把持重量(kg)※：280
3	バケット (型番品)		コンクリート片等 の回収用	コンクリートブ ロック破片	【3～4トンクラス】 容量(m <sup>3</sup> )：0.11

※：重機のアタッチメント装着可能質量-ツール質量より計算

## ④ シールドプラグの解体

【解体工法の検討(3号機)】 加工仕上げツールの選定

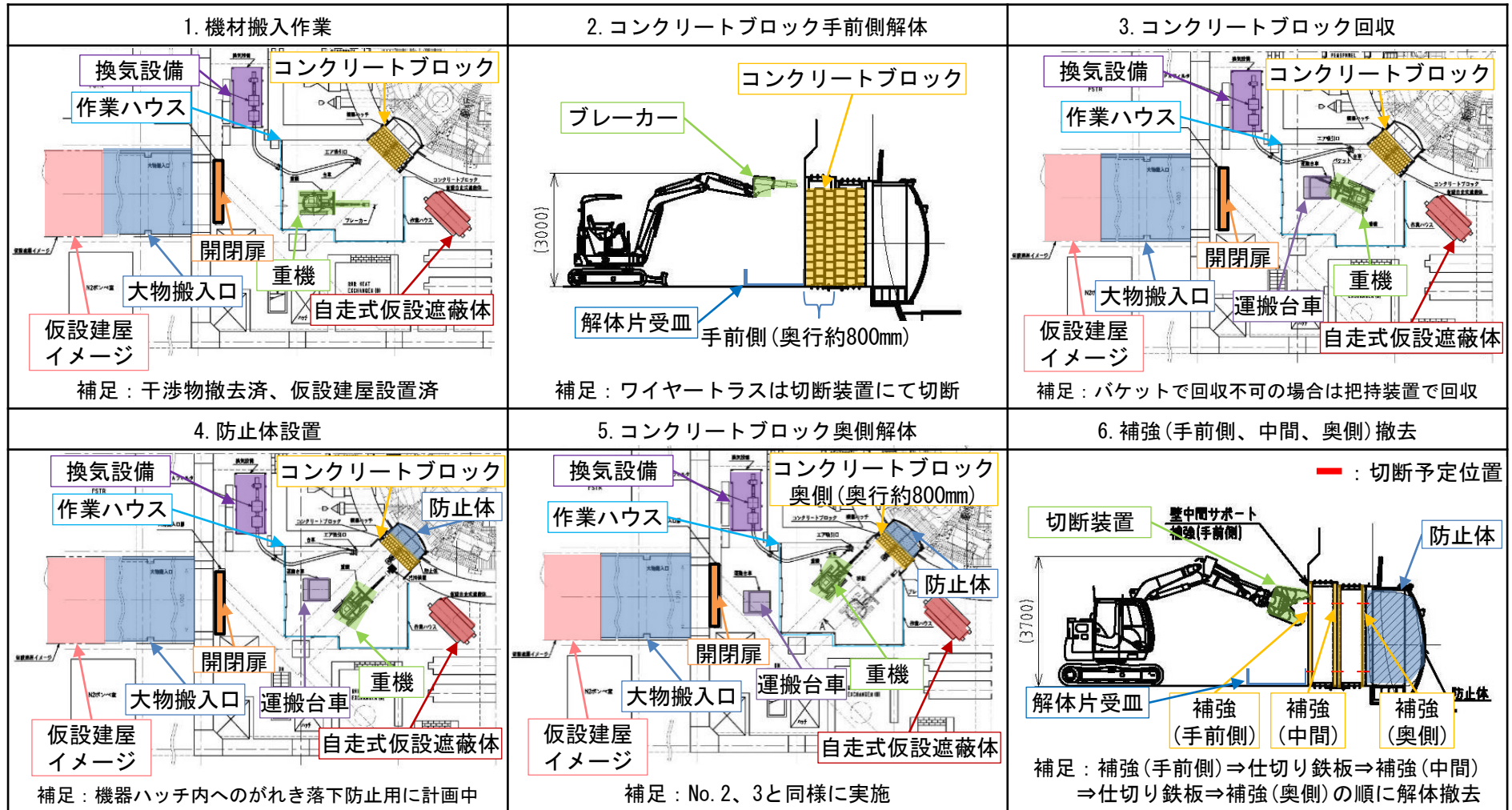
No.	ツール	イメージ図	用途	加工対象	概略仕様【使用重機】
4	切断装置 (ガジラカッタ) (型番品)		ワイヤートラス、 補強、仕切り鉄板 切断、把持回収用	ワイヤートラス、 補強 (L100×100×7)、 仕切り鉄板(PL6)	対象：鉄骨、鉄筋コンクリート 【3～4トンクラス※2】 H型鋼最大切断：下表A参照 【6～8トンクラス】 H型鋼最大切断：下表B参照
5	ディスクソー 切断装置		仕切り鉄板、基礎 ボルト(天井)切断 用	仕切り鉄板(PL6) 基礎ボルト(φ19)	【6～8トンクラス】 切断深さ(cm)：27 (鉄筋コンクリート)
6	平滑化ツール		BSW(床)平滑化用 (補強(床)、基礎 ボルト撤去後の平 滑化※1)	注入したモルタル	一般的な土間仕上げツールを重 機に持たせることを想定

※1：PCV接続スリーブ設置のための床面平滑化  
※2：ワイヤートラス(銅線4.5mm)切断を想定

	H型鋼(広幅)(mm)				H型鋼(細/中幅)(mm)				H型鋼寸法図
	H	B	t1	t2	H	B	t1	t2	
A	125	125	6.5	9	200	100	5.5	8	
B	200	200	8	12	350	175	7	11	

## ④ シールドプラグの解体

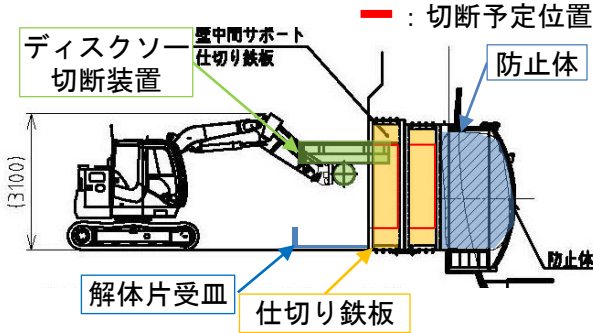
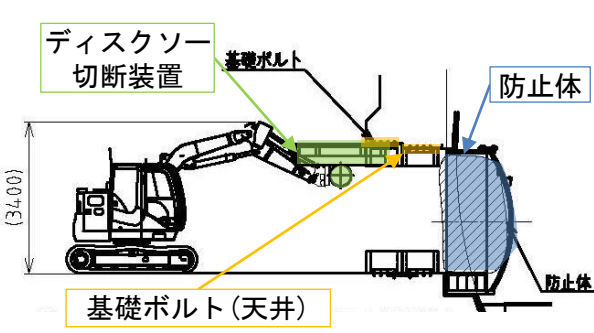
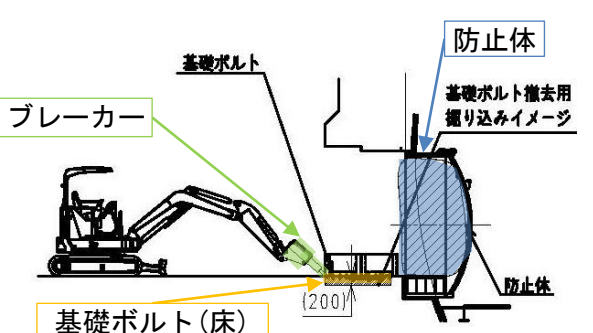
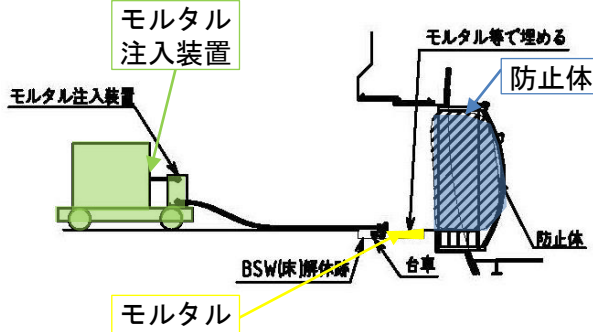
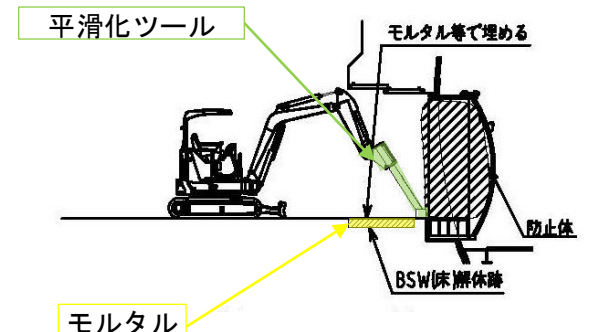
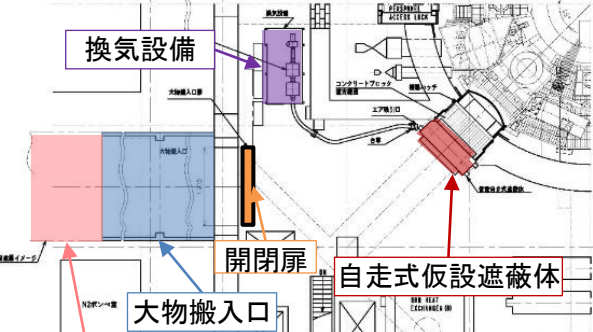
### 【解体工法の検討(3号機)】 解体手順の検討(1/2)



防止体:コアボーリング等を行いブロックに貫通孔を開けて設置する計画である。設置目的は機器ハッチ部の損傷およびPCVとBSWの間への解体片落下防止であるが必要性について議論が必要である。

## ④ シールドプラグの解体

### 【解体工法の検討(3号機)】 解体手順の検討(2/2)

<p>7. 仕切り鉄板撤去</p>  <p>補足：補強(手前側)⇒仕切り鉄板⇒補強(中間)⇒仕切り鉄板⇒補強(奥側)の順に解体撤去</p>	<p>8. 基礎ボルト(天井)撤去</p>  <p>補足：基礎ボルト(天井)撤去に伴い補強(天井)撤去可能</p>	<p>9. 基礎ボルト(床)撤去</p>  <p>補足：床面研り後、基礎ボルト(床)及び補強(床)撤去可能</p>
<p>10. モルタル注入</p>  <p>補足：No9と同等深さでBSW(床)を解体しモルタルを注入</p>	<p>11. 平滑化</p>  <p>補足：No10で注入したモルタルを均して平滑化する</p>	<p>12. 片付け</p>  <p>補足：機材撤去及び自走式仮設遮蔽体移動</p>

・各作業ステップ(1~12)において対象物の状況(線量/状態)を確認し、作業を進める。

## ④ シールドプラグの解体

【被ばく評価(3号機)】

解体手順No.	想定人為作業	作業場所	合計作業時間	環境線量	被ばく線量	人数	被ばく線量
			(hr)	(mSv/h)	(mSv/人)		(mSv)
1	換気設備及び作業ハウス搬入組立、自走式仮設遮蔽体搬入	R/B内	21	11~18	350	4~5	1462
2	加工仕上げツール換装(ブレーカー、切断装置)	仮設建屋	11	0.12	1.32	2	2.64
3	加工仕上げツール換装(バケット、把持装置)		12	0.12	1.44	2	2.88
4	加工仕上げツール換装(穴開け装置、把持装置)		2	0.12	0.24	2	0.48
5	加工仕上げツール換装(ブレーカー、切断装置、バケット、把持装置)		20	0.12	2.4	2	4.8
6	加工仕上げツール換装(切断装置)		3	0.12	0.36	2	0.72
7	加工仕上げツール換装(ディスクソー切断装置、把持装置)、切れ味が落ちたらディスク交換		7	0.12	0.84	2	1.68
8	加工仕上げツール換装(ディスクソー切断装置)		1	0.12	0.12	2	0.24
9	加工仕上げツール換装(ブレーカー、把持装置)		2	0.12	0.24	2	0.48
10	加工仕上げツール換装(ブレーカー、把持装置)		2	0.12	0.24	2	0.48
11	加工仕上げツール換装(平滑化ツール)		1	0.12	0.12	2	0.24
12	加工仕上げツール換装(把持装置、切断装置)		2	0.12	0.24	2	0.48
						合計	1477.12

R/B内の線量率が高いため、解体手順1での被ばく線量が高く、全体の被ばく線量が増加  
 → 除染をしても下がらない場合、撤去作業と干渉しない場所へ遮蔽体を設置する必要がある。

## ④ シールドプラグの解体

【課題の抽出(3号機)】

解体手順	課題/検討が必要な項目		
	項目	詳細	人為/遠隔
機材 搬入作業	作業環境	作業環境が高線量下にあるため、除染が必要	人為
	換気設備の吸引性能条件	コンクリートブロック解体に伴う粉塵を回収可能な換気設備が必要	-
		フィルター交換を遠隔にて実施可能な構造の検討が必要	遠隔
	エア吸引口移動用台車構造	遠隔移動(ホース取り回し含)構造の検討が必要	遠隔
	搬出条件	R/B内から搬出する条件を設定し、搬出基準に応じた作業が必要	遠隔
作業ハウス構造	作業ハウスの構造(気密、設置時間短縮)検討が必要	人為	
コンクリートブロック 解体撤去	作業環境	作業の進捗による環境(線量・ダスト等)監視方法の検討が必要	人為
	重機仕様	作業現場の空間線量率が約18mSv/hであるため遠隔で解体可能な重機仕様の検討が必要(有線・無線/ユーティリティの供給含む)	遠隔
		故障時の回収方法、重機が高線量となった場合の対策が必要(ダストカバーの設置)	遠隔
		作業環境から以下の条件を満たす装置での作業実現性 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 作業スペースに応じた重機の選定</li> <li>● 床耐荷重4.9ton/m<sup>2</sup></li> <li>● 搬出入は大物搬入口(W4900×H4900mm)</li> <li>● 作業高さ:約4m以下</li> </ul>	遠隔
運搬台車仕様	作業現場の空間線量率が約18mSv/hであるため遠隔で解体したコンクリートブロックを回収する運搬台車の検討が必要	遠隔	

## ④ シールドプラグの解体

【課題の抽出(3号機)】

解体手順	課題/検討が必要な項目		
	項目	詳細	人為/遠隔
コンクリートブロック 解体撤去	加工仕上げツール (加工作業)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 作業姿勢及び作業スペースを考慮した加工仕上げツール(加工)の検討が必要(基本的には型番品を採用)</li> <li>● 加工時の粉塵対策(重機・加工ツールへの付着防止/除染性など)</li> <li>● ツール交換時の被ばく低減</li> </ul>	遠隔
	加工仕上げツール (回収作業)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 作業姿勢及び作業スペースを考慮した加工仕上げツール(回収)の検討が必要(基本的には型番品を採用)</li> <li>● 飛び散った解体片の回収(特に小さい解体片/粉末状の物)</li> </ul>	遠隔
防止体設置	防止体仕様	機器ハッチ内へのがれき落下防止対策の必要性も含めて検討中	遠隔
平滑化	平滑化条件	PCV接続スリーブ設置のために必要となる平滑化条件の設定及び遠隔における平滑化作業の実現性の確認が必要	遠隔

## ④ シールドプラグの解体

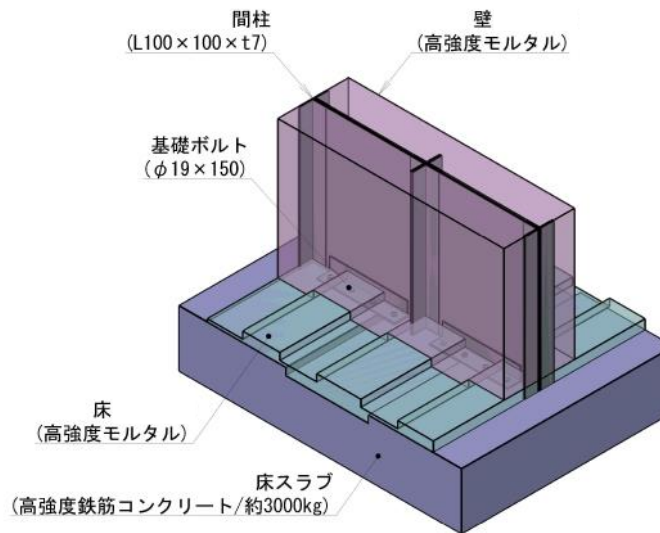
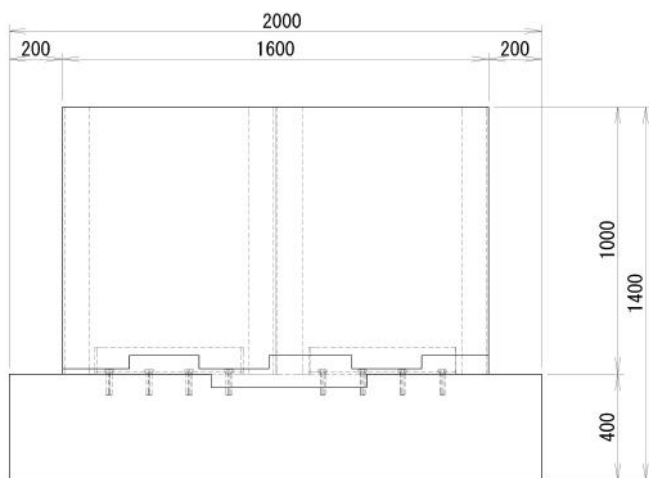
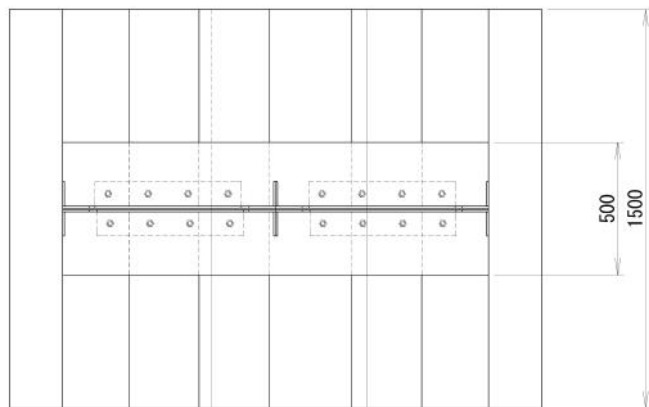
## 【要素試験計画】

No.	加工対象	加工向き	加工仕上げツール	試験対象	確認内容	判定基準(計測・確認項目)
1	コンクリートブロック	全方向	ブレーカー	○	①ライナープレートに張り付いたモルタルの平滑化可否を確認	モルタルが壁面に著しく付着していないこと。(付着高さ、付着面積)
				○	②ブレーカーが仕切り鉄板や補強に衝突した際の影響を確認	有意な変形がないこと。(傷、変形具合)
2	補強(手前, 中間, 奥) (L100×100×7)	水平	切断装置	-	切断可能と考えられる。	-
3	補強(天井) (L100×100×7)	水平	ディスクソー 切断装置	-	切断可能と考えられる。	-
4	補強(床) (L100×100×7)	下向き	ブレーカー	○	研り後の状況を確認。※研りは可能と考えるが、後工程を考慮し実施。	残存物(L型鋼)がなく、研りができること。(最大深さ、最大幅)
5	仕切り鉄板(PL6)	水平	切断装置	-	切断可能と考えられる。	-
		上向き 下向き	ディスクソー 切断装置	-	切断可能と考えられる。	-
6	基礎ボルト(Φ19)	上向き	ディスクソー 切断装置	-	切断可能と考えられる。	-
		下向き	ブレーカー	○	研り後の状況を確認。※研りは可能と考えるが、後工程を考慮し実施。	残存物(基礎ボルト)がなく、研りができること。(最大深さ、最大幅)
7	注入したモルタル	下向き	平滑化ツール	○	重機にて可能な平滑化を確認。	有意な凹凸および傾斜がないこと。(傾斜、高さ)

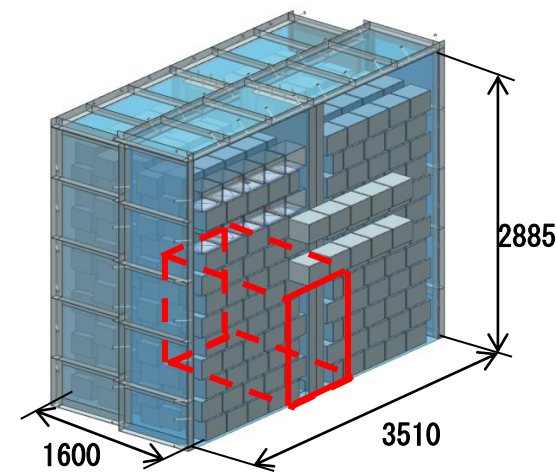
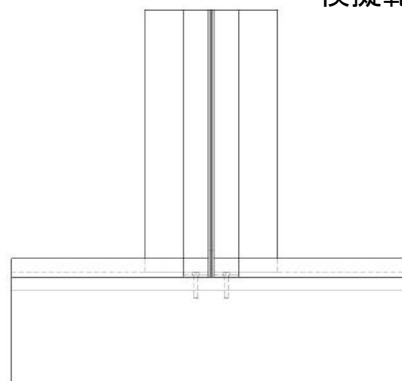
※後工程のPCV接続スリーブ設置を考慮し、下部(床面)を中心に試験を実施する計画である。

## ④ シールドプラグの解体

【模擬範囲】



模擬範囲 (赤線部)



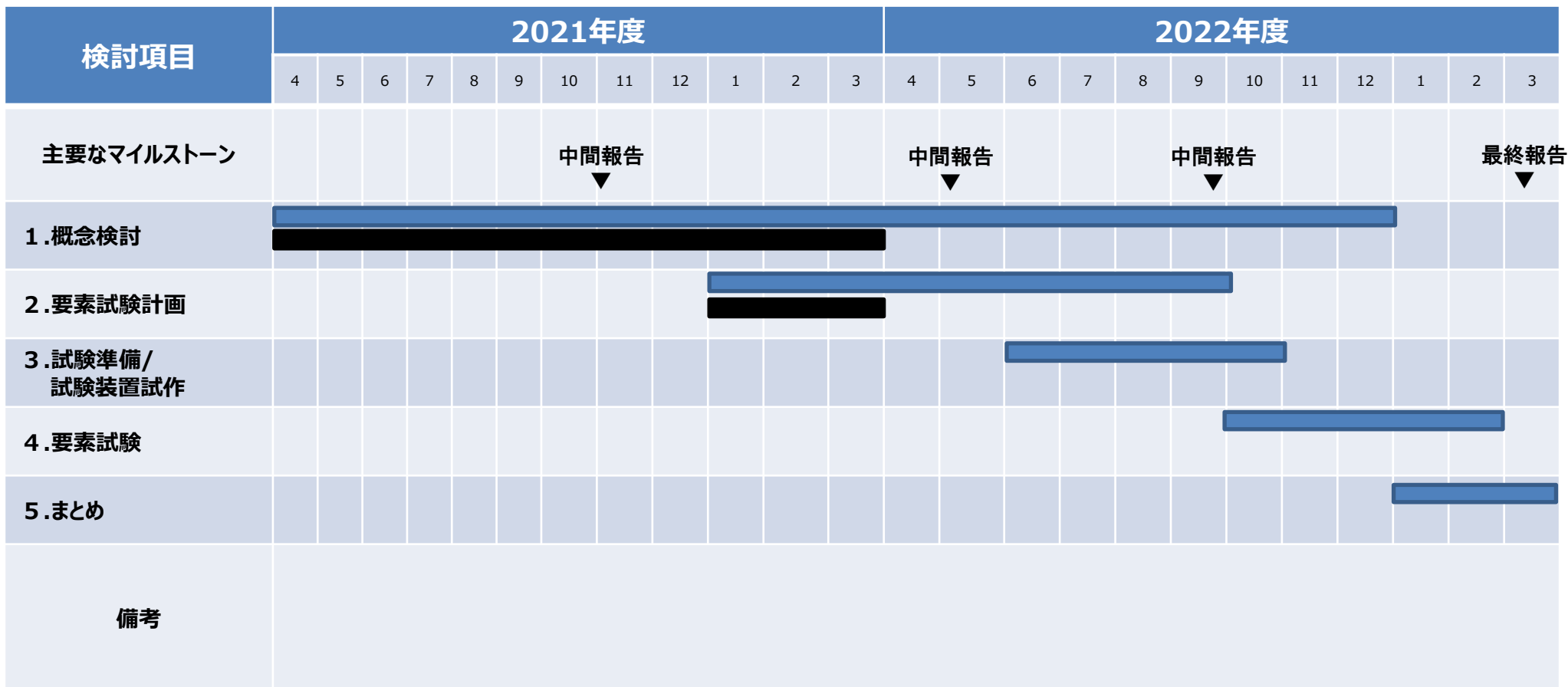
1F-3\_コンクリートブロック  
模擬範囲 (赤線部)

# 6. 本事業の実施内容 【 1)(1)アクセス用設備の設置工法の開発 】

## ④ シールドプラグの解体

【開発工程】

■ :計画  
■ :実績



### ④ シールドプラグの解体:まとめ

- 1号機シールドプラグの一体搬出方法について、検討方針および前提条件を整理し、撤去手順の概略検討を実施。解体手順を整理した。
- 2、3号機コンクリートブロック解体方法について、検討方針および前提条件を整理し、解体撤去手順の概略検討を実施。解体手順を整理した。
- 1号機シールドプラグ及び2、3号機コンクリートブロック解体撤去手順における課題抽出と概算被ばく線量評価を実施。どちらの解体工法も一般的な解体工法であるが、コンクリートブロックについてはPCV接続スリーブの設置精度に影響を与えるため、今後コンクリートブロックの解体の要素試験を実施する。
- 今後、要素試験により加工ツールの評価を行い、工法の実現性を確認する。

## 6. 本事業の実施内容

### 1) 横取り出し工法の開発

#### (2) 解体・撤去技術の開発

公募実施内容を記載

##### ① HVH解体

燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、干渉物の解体・撤去等の開発を進めている。これまでの開発において、PCV内のペDESTAL外部での遠隔装置を使用した配管の切断やユーティリティ（ホース類）の設置作業などの実現性を確認する技術開発を実施した。

この開発は、ペDESTAL外部に設置されている機器の中でも大型のHVHを撤去し作業エリアを確保することにより、燃料デブリ取り出しのスループット向上、ペDESTAL地下階の燃料デブリや堆積物撤去の作業性向上に繋げるものである。また、HVH上部には、重量物（数百キロ）のモータが設置されており落下防止を図った解体技術が必要である。HVHの解体、撤去の要求事項について、ペDESTAL外に存在するグレーチング、その他の機器等の障害物の影響も考慮した要求事項の検討、整理を行った上で、これまでに開発してきた遠隔解体機器、装置による解体・撤去について、限られたエリアでの遠隔作業を考慮した模擬試験体による要素試験を計画、実施し、具体的な切断／回収方法について実現性を確認する。

# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

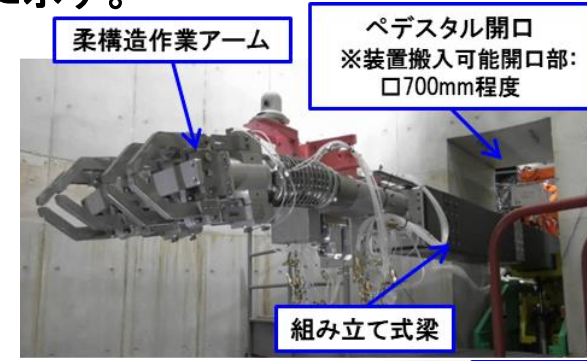
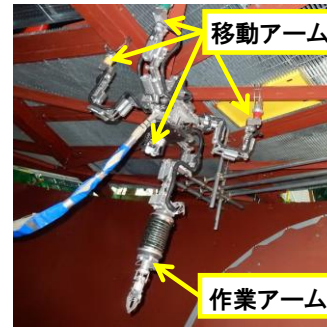
## ① HVH解体

横アクセス工法に関し、これまでの開発成果と本事業との関連について以下に示す。

### 基盤技術高度化(2017-18年度実施)

#### 【基本的な切断・回収等作業の実現性確認】

- PCV内(ペDESTAL外)地下階干渉物撤去方法
- ペDESTAL内干渉物撤去方法(組み立て式梁方式)
- S/Cへの汚染拡大防止方法(堰設置方式を選択)

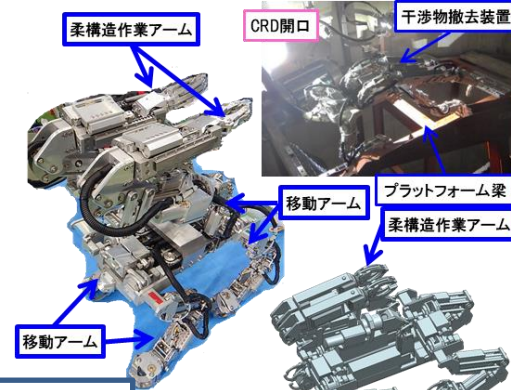
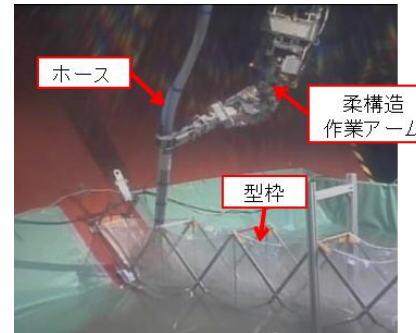


ペDESTAL開口  
※装置搬入可能開口部:  
□700mm程度

### 取り出し規模の更なる拡大(2019-20年度実施)

#### 【課題を踏まえた対応策の検討】

- PCV内ユーティリティライン構築方法
- ペDESTAL内干渉物撤去方法(小型装置方式)
- 汚染拡大防止堰の設置方法(型枠分割搬入方式)



### 今回実施

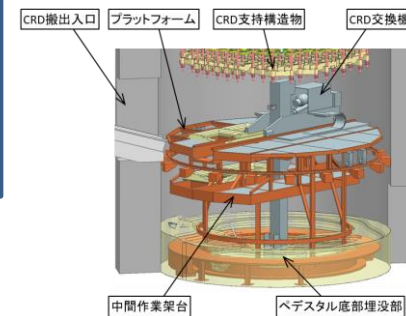
#### 【実機を見据えた実現性検証】

- ペDESTAL外大型干渉物(HVH)解体
- ペDESTAL内大型干渉物(CRD交換機)解体
- ポンプピット内干渉物撤去方法

### 東京電力HD委託(2020-21年度実施)

#### 【HVH解体の概念検討】

- 前提条件の整理
- HVH解体手法の概念検討
- 課題の抽出



### 今後の検討項目

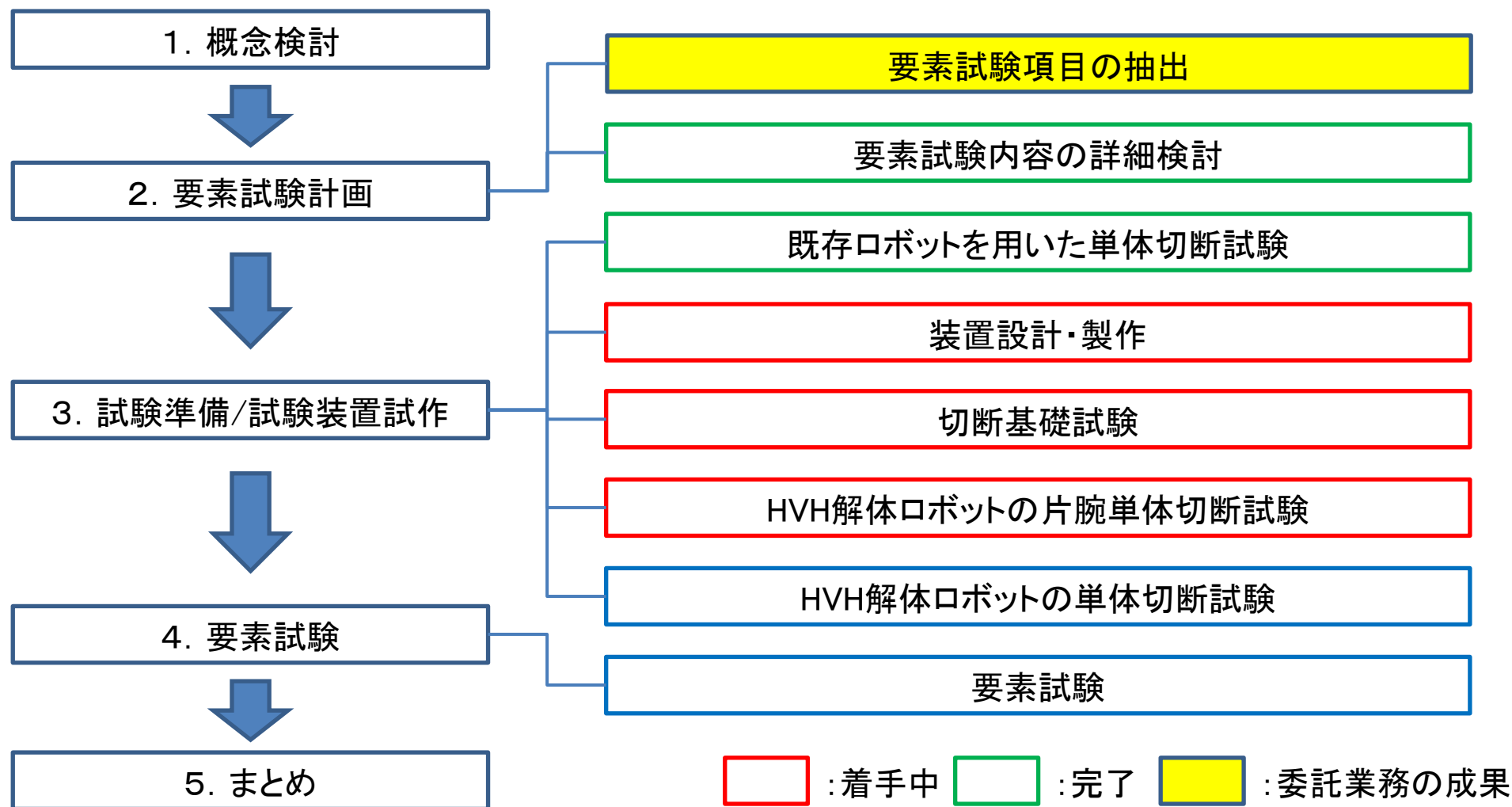
- エンジニアリングや技術開発で抽出された開発課題の検討等

## 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

No.164

### ① HVH解体

HVH解体撤去技術の開発に関し、東京電力HD委託業務の成果と、本事業との関連について以下に示す。

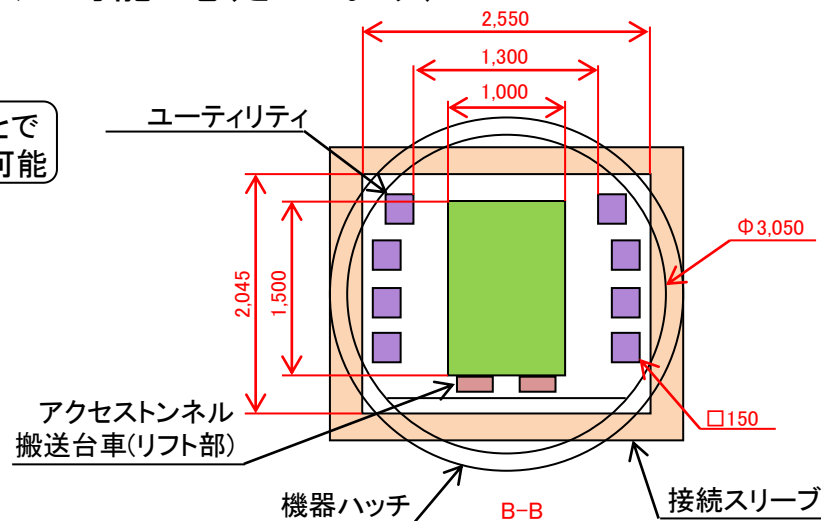
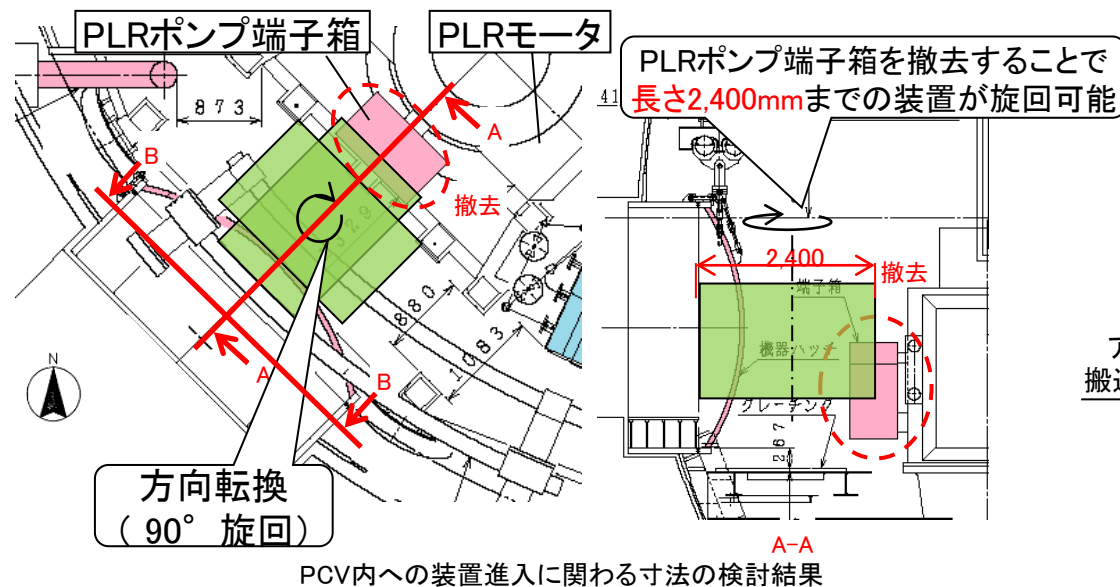


委託業務の成果をもとに、円滑に本事業を実施する。

## ① HVH解体

### ■ 装置の制約寸法(1/2)

- 装置等はアクセストンネル-接続スリーブ-機器ハッチを通過しPCV内に進入させる。  
上記、進入ルートを通り得る寸法条件を以下に示す。  
なお、2/3号機の機器ハッチ(315°)正面にはPLRポンプが設置されており、大型の装置を進入させるためPLRポンプ端子箱の撤去を行う。(PLRポンプ及びモータの撤去は行わない。)
- 通り得る最大寸法に収まるロボット及び装置でHVH解体撤去は可能と想定しており、  
**PLRポンプの撤去は不要と判断した。**



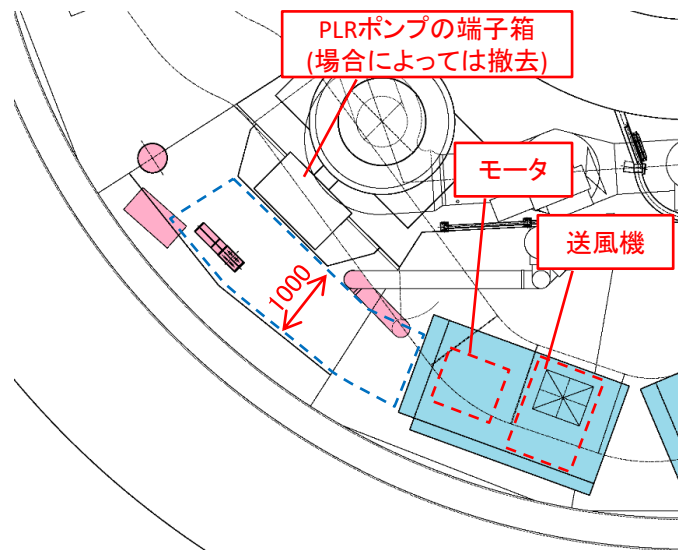
	通り得る最大寸法 (mm)
幅	1000
長さ	2400
高さ	1500

建屋外からPCV内に進入するルート(アクセストンネル-接続スリーブ-機器ハッチ)の装置の寸法制約は右表のとおりとした。

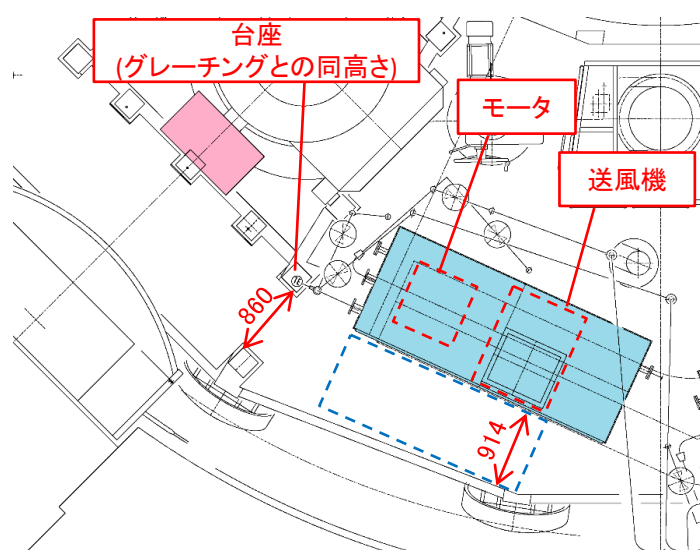
## ① HVH解体

### ■ 装置の制約寸法(2/2)

- 機器ハッチ前(PCV内)からHVHまでのアクセスルートと比較した結果、1,2/3号機ともHVH-Cが最も狭隘であった。HVH解体時の装置のアクセス位置を以下に示す。
- 1号機はPLRポンプ正面のグレーチング幅約1000mm、2/3号機はPLRポンプ正面の台座間のグレーチング幅約860mmが主な幅方向の寸法制約となる。
- 1号機のPLRポンプの端子箱は、HVH解体作業のスペースを検討し、必要に応じて撤去する。
- 2/3号機は、PLRポンプ正面のグレーチングの幅を制約としているが台座とグレーチングの高さはほぼ同じのため、クローラ走行の装置ならば乗り上げ可能と想定しており、幅約860mmは余裕のある制約寸法と考える。



1号機 HVH-C解体時の装置アクセス位置



3号機 HVH-C解体時の装置アクセス位置

装置のアクセス位置

幅寸法の制約を踏まえ、HVH解体装置の寸法制約は右表のとおりとした。

	装置最大寸法 (mm)
幅	800
長さ	2400
高さ	1500

## 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

No.167

### ① HVH解体

#### ■ 解体片および、解体片を搬送する容器の寸法

➤ HVHを解体した際に発生する解体片をPCV外に搬出する際の容器および装置を以下に示す。

	搬出入装置	廃棄物回収容器
外形寸法	幅 : 800mm 長さ: 1000mm 高さ: 1500mm(以下) 機器ハッチ前からHVHまでアクセス可能な幅、高さかつ廃棄物回収容器と同じ長さとした。	幅 : 800mm 長さ: 1000mm 高さ: 800mm 増設建屋の作業セルの仕様および廃棄物保管容器に格納可能な寸法とした。
内径寸法	幅 : 760mm 長さ: 960mm 高さ: 250mm(以上)	幅 : 760mm 長さ: 960mm 高さ: 780mm
詳細	解体作業スペースでHVHを切断した解体片を積載し、クローラ等で自走して機器ハッチ正面まで解体片を搬送する。	アクセストンネル内を走行するアクセストンネル搬送台車によって増設建屋から機器ハッチ間を搬送される。機器ハッチ正面で搬出装置から解体片を受け取り収納する。

これらを踏まえて、解体片は760×960×250(以上)mmの容器で搬送可能な寸法にすることとした。

# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

## ① HVH解体

### ■ 前提条件【対象HVHの選定】

➤1,2/3号機のHVH-A～Eまでの評価結果を以下に示す。

【凡例】難易度:難(×)、易(○)

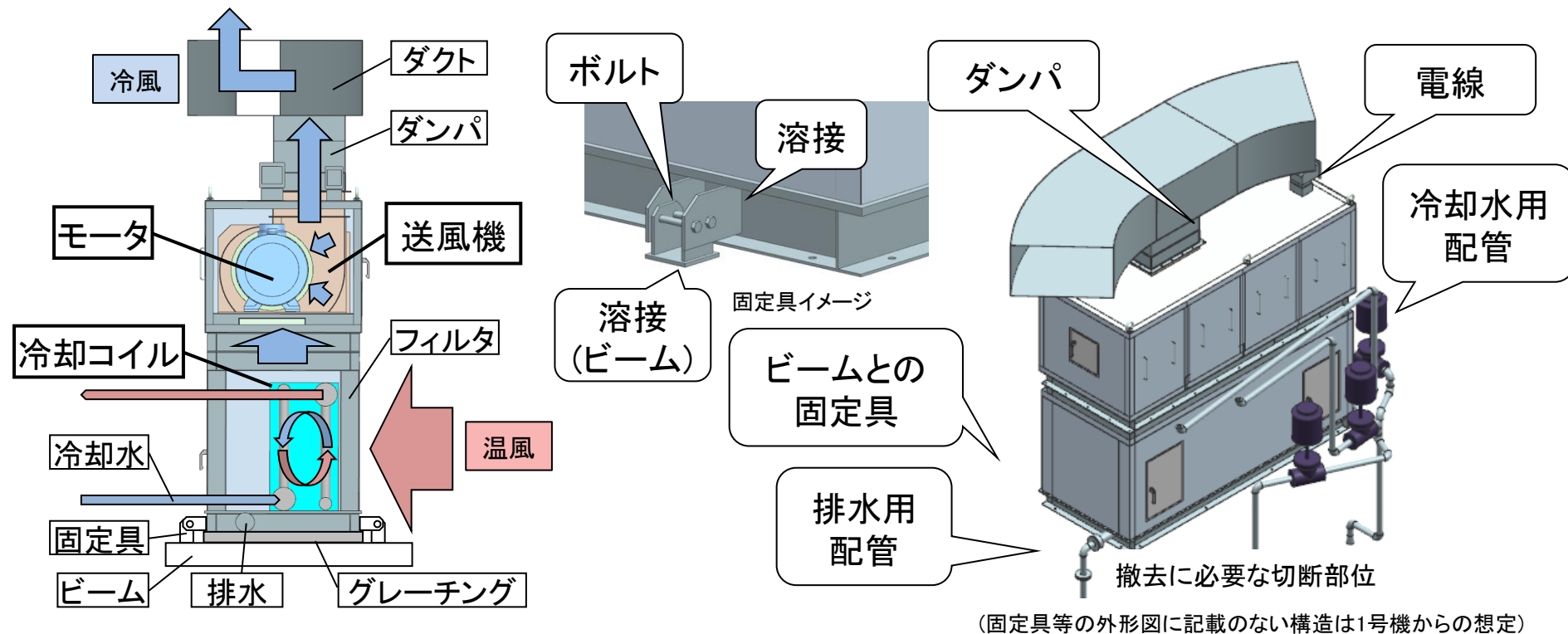
No.	号機	HVH 番号	HVHまでのアクセス性			作業スペース		搬出作業の成立性		総合評価 難易度:高・中・低 (評価結果×の数) (*)
			ルート長さ	曲道の数	撤去が困難な 干渉物の数	ロボットの 作業位置 (*)	HVH解体時の 作業スペースの φ800に対する比率	HVH撤去時の 作業スペースの φ800に対する比率	搬出に悪影響な 段差・坂の数	
1	1	HVH-A	約21 m【×】	3箇所【×】	0箇所【○】	長【○】	2.2【○】	2.2【○】	0箇所【○】	難易度:高(×:2)
2		HVH-B	約18 m【○】	2箇所【×】	0箇所【○】	長【○】	1.8【○】	1.8【○】	0箇所【○】	難易度:中(×:1)
3		HVH-C	約13 m【○】	1箇所【×】	0箇所【○】	短【×】	1.5【○】	1.5【○】	0箇所【○】	難易度:高(×:2)
4		HVH-D	約4 m【○】	0箇所【○】	0箇所【○】	長【○】	3.0【○】	3.0【○】	0箇所【○】	難易度:低(×:0)
5		HVH-E	約7 m【○】	0箇所【○】	0箇所【○】	長【○】	2.0【○】	2.0【○】	0箇所【○】	難易度:低(×:0)
6	2 / 3	HVH-A	約12 m【○】	0箇所【○】	0箇所【○】	長【○】	2.6【○】	2.6【○】	0箇所【○】	難易度:低(×:0)
7		HVH-B	約10 m【○】	0箇所【○】	0箇所【○】	長【○】	1.9【○】	1.9【○】	0箇所【○】	難易度:低(×:0)
8		HVH-C	約5 m【○】	0箇所【○】	0箇所【○】	長【○】	1.2【×】	1.2【×】	0箇所【○】	難易度:高(×:2)
9		HVH-D	約15 m【○】	1箇所【×】	0箇所【○】	長【○】	2.0【○】	2.0【○】	0箇所【○】	難易度:中(×:1)
10		HVH-E	約18 m【○】	2箇所【×】	0箇所【○】	長【○】	1.9【○】	1.9【○】	0箇所【○】	難易度:中(×:1)
基準値または 平均値			約20 m	0.9箇所	0箇所	—	1.5	1.5	0箇所	—

難易度:高のHVHのうち、作業スペースに関わる評価項目を優先し、表中に黄色で示した1,2/3号機HVH-Cの解体撤去作業の難易度が高いと評価したため、1,2/3号機HVH-Cを対象HVHと選定する。

## ① HVH解体

### ■ HVHの解体時の課題

➢ HVHの構成と撤去に必要な切断部位を以下に示す。



➢ HVHを解体撤去するには、ダンパ・接続配管・電線・固定具の切断に加え、高所に設置された高重量なモータ・送風機の撤去、高重量かつ構造が複雑な冷却コイルの撤去が必要になる。これらを踏まえHVH解体作業ステップを検討した。

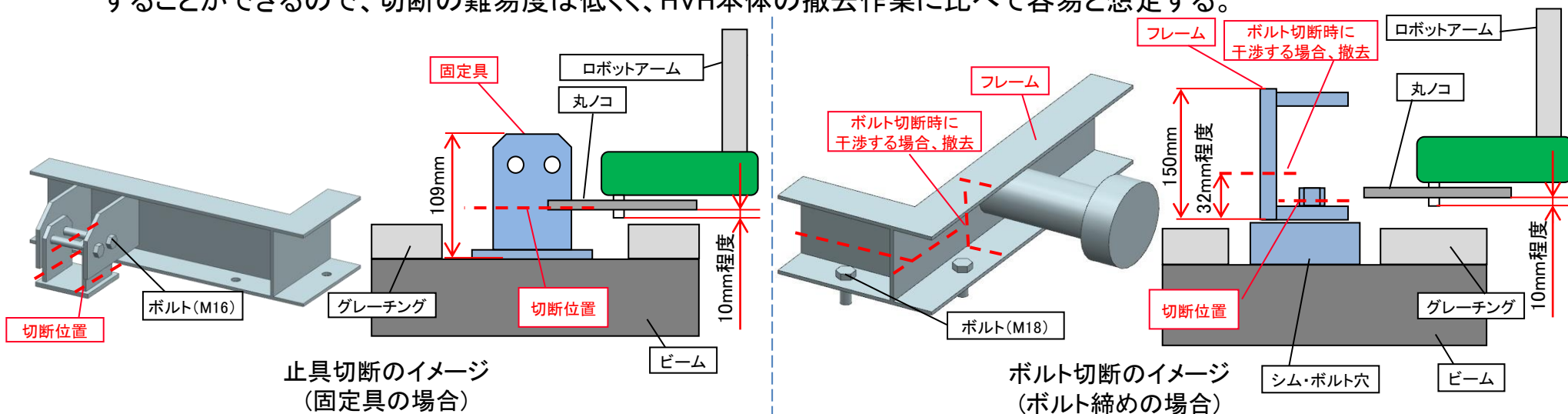
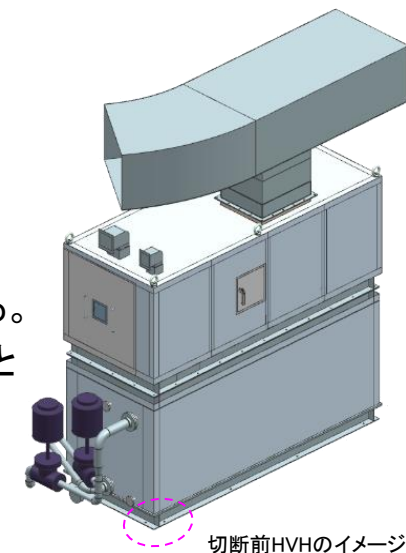
## 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

No.170

### ① HVH解体

#### ■ HVHの解体後の状態

- HVHはグレーチング上に設置され、ラジアルビームに固定具やボルト締めで固定されていると想定している。
- 固定具は、ビームと溶接固定されていると想定しており、固定具をグレーチングの上面で切断する。
- ボルト締めは、ビームに溶接されたシムに切られたボルト穴とフレームをボルトで固定されていると想定しており、ボルト頭部を切断する。また、必要に応じてフレームを切断し、ボルト切断作業スペースを確保する。
- 固定具またはボルト締めの撤去は、HVH本体を撤去した後の作業のため、作業スペースを確保することができるので、切断の難易度は低く、HVH本体の撤去作業に比べて容易と想定する。



HVH解体撤去後は、グレーチング上から10mm程度の残存物が発生する。  
ロボット及び装置類はクローラ走行を想定しており、走破可能と考える。

## ① HVH解体

### ■ 試験の定義

	単体試験	要素試験
試験イメージ		
周辺環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>PCV模擬体を使用せず、明るい環境で切断試験を行う。</li> <li>HVH解体ロボットのみを使用する。</li> <li>HVH解体ロボットのアームを伸ばした厳しい条件で切断する。</li> <li>ロボットは目視で操作を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現地廃炉環境を模擬したPCV模擬体内で、周辺干渉物や暗闇を模擬した環境で切断試験を行う。</li> <li>HVH解体ロボット、補助ロボット、搬出入装置及び揚重機を連携した作業を行う。</li> <li>カメラ及び照明を配置し、遠隔で操作を行う。</li> </ul>
切断対象	HVHを構成する部品と同等の部材を架台に固定して切断試験を行う。	主要部分の寸法と材質を模擬したHVH模擬体を用いて切断試験を行う。

## ① HVH解体

### ■ 要素試験項目(1/3)

- 検討を行ったHVHの解体作業ステップの内、単体試験及び要素試験の試験項目を選定した。選定した試験項目とその理由を以下に示す。

作業		単体試験		要素試験	
ステップ	内容	要否	理由	要否	理由
①切断装置のアクセス	ロボットの走行	否	クローラでの走行を想定しており、これまでのPCV内ペDESTAL外のロボット開発において、走行試験を実施しているため不要。	否	クローラでの走行を想定しており、これまでのPCV内ペDESTAL外のロボット開発において、走行試験を実施しているため不要。
②接続配管の切断	配管の切断	要	丸ノコ、レスプロソー等で切断可能な条件を確認するため。	否	⑥及び⑦の作業と類似し、⑥及び⑦で確認するため不要。
③ダンパの切断	ダンパの切断	要	丸ノコやワイヤーソー等の機械的切断方法で切断可能な条件を確認するため。	要	HVH解体ロボットによる高所での切断作業及び解体片回収作業、切断ツールのアクセスが成立するか確認するため。
④送風機ユニットの パネル切断	パネルの切断 フレーム([100)の切断	要	丸ノコ、レスプロソー等で切断可能な条件を確認するため。	要	HVH解体ロボットによる高所での切断作業及び解体片回収作業、切断ツールのアクセスが成立するか確認するため。
⑤天板の切断	パネルの切断 フレーム([100)の切断	否	④の作業と類似し、④で確認するため不要。	要 (追加)	HVH解体ロボットによる高所での切断作業及び解体片回収作業、切断ツールのアクセスが成立するか確認するため。
	アイボルトの切断 端子箱の切断	否	④の作業と類似し、④で確認するため不要。	否	④の作業と類似し、④で確認するため不要。
	電線の切断	否	過去の試験で切断の実績があるため不要。	否	過去の試験で切断の実績があるため不要。

## 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

No.173

### ① HVH解体

#### ■ 要素試験項目(2/3)

作業		単体試験		要素試験	
ステップ	内容	要否	理由	要否	理由
⑥重量物の玉掛	モータの玉掛	否	過去の試験で玉掛の実績があるため不要。	要	2/3号機HVH-Cにおいて、HVH解体ロボットと揚重装置の組み合わせで玉掛作業が成立するか確認するため。
					1号機HVH-Cにおいて、補助ロボットと揚重装置の組み合わせで玉掛作業が成立するか確認するため。
⑦重量物の台座切断	モータ台座([125])の切断 モータ軸の切断	要	丸ノコ、レスプロソー等で切断可能な条件を確認するため。切断する際に切断装置の刃が挟まらないか確認するため。	要	2/3号機HVH-Cにおいて、HVH解体ロボットと揚重装置の組み合わせで切断作業が成立するか確認するため。 切断ツールのアクセスが成立するか確認するため。
					1号機HVH-Cにおいて、補助ロボットと揚重装置の組み合わせで切断作業が成立するか確認するため。 切断ツールのアクセスが成立するか確認するため。 また、2/3号機HVH-Cとモータ台座の構造が異なるが、同様に切断装置がアクセス可能か確認するため。
⑧重量物の揚重・荷渡し	重量物の搬出装置への荷渡し	要	揚重装置による重量物の揚重ができるか確認するため。	要	狭隘環境において周辺の構造物と干渉せず、揚重装置による重量物の揚重ができるか確認するため。
⑨重量物(送風機)の切断	送風機ケースの切断 インペラ軸の切断 軸受けの切断	要	丸ノコ、レスプロソー等で切断可能な条件を確認するため。	要	HVH解体ロボットによる高所での切断作業及び解体片回収作業、切断ツールのアクセスが成立するか確認するため。

## 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

No.174

### ① HVH解体

#### ■ 要素試験項目(3/3)

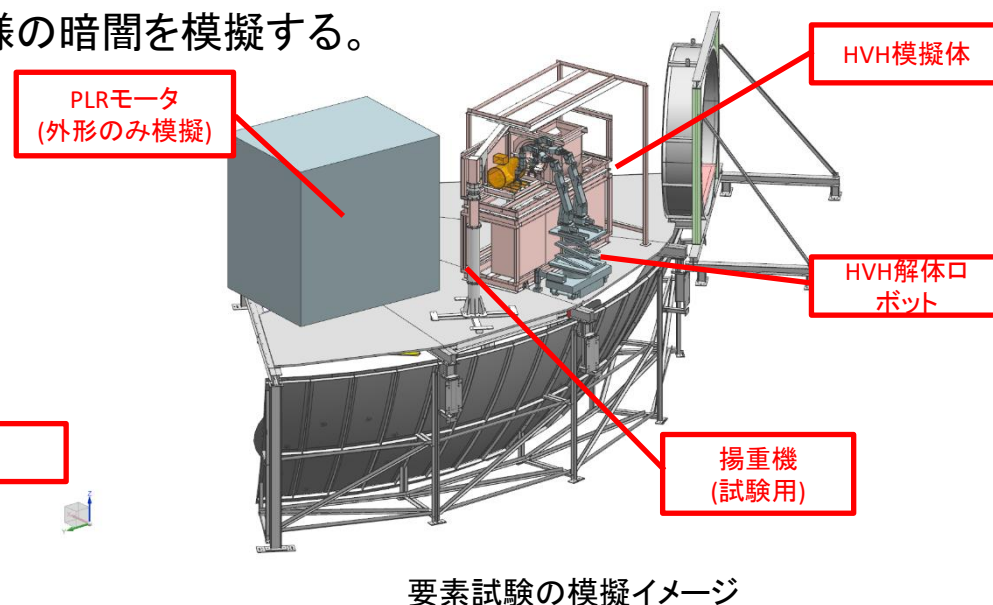
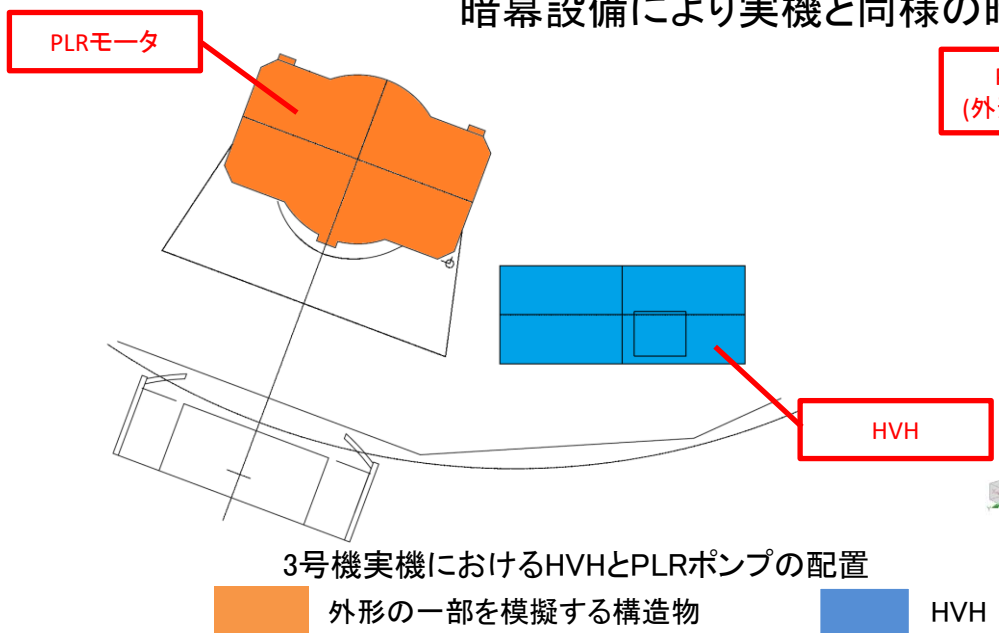
作業		単体試験		要素試験	
ステップ	内容	要否	理由	要否	理由
⑩送風機ユニットの 切断・撤去	フレーム([150)の切断 ボルト(M12)の切断	要	丸ノコ、レスプロソー等で切断可能な条件を確認するため。	否	④の作業と類似し、④で確認するため不要。
	パネルの切断 フレーム([125,100)の切断	否	④及び⑦の作業と類似し、④及び⑦で確認するため不要。	否	④及び⑦の作業と類似し、④及び⑦で確認するため不要。
⑪コイルユニットの 切断・撤去	冷却コイルの切断	要	丸ノコ、レスプロソー等で切断可能な条件を確認するため。	要	HVH解体ロボットによる狭所での切断作業及び解体片回収作業、切断ツールのアクセスが成立するか確認するため。
	フィルタ・金網の切断	要	丸ノコ、レスプロソー等で切断可能な条件を確認するため。	否	④の作業と類似し、④で確認するため不要。
	配管・フランジの切断	要	丸ノコ、レスプロソー等で切断可能な条件を確認するため。	否	⑦及び⑨の作業と類似し、⑦及び⑨で確認するため不要。
	パネルの切断 フレーム([150,[100)の切断	否	④及び⑩の作業と類似し、④及び⑩で確認するため不要。	否	④の作業と類似し、④で確認するため不要。
	ドレンパンの切断	要	丸ノコやレスプロソー等で切断可能な条件を確認するため。	否	④の作業と類似し、④で確認するため不要。
	止具の切断	要	丸ノコやレスプロソー等で切断可能な条件を確認するため。	否	④の作業と類似し、④で確認するため不要。

要と判断した単体試験及び要素試験について試験計画を実施する。

## ① HVH解体

### ■ 要素試験模擬範囲（試験設備）

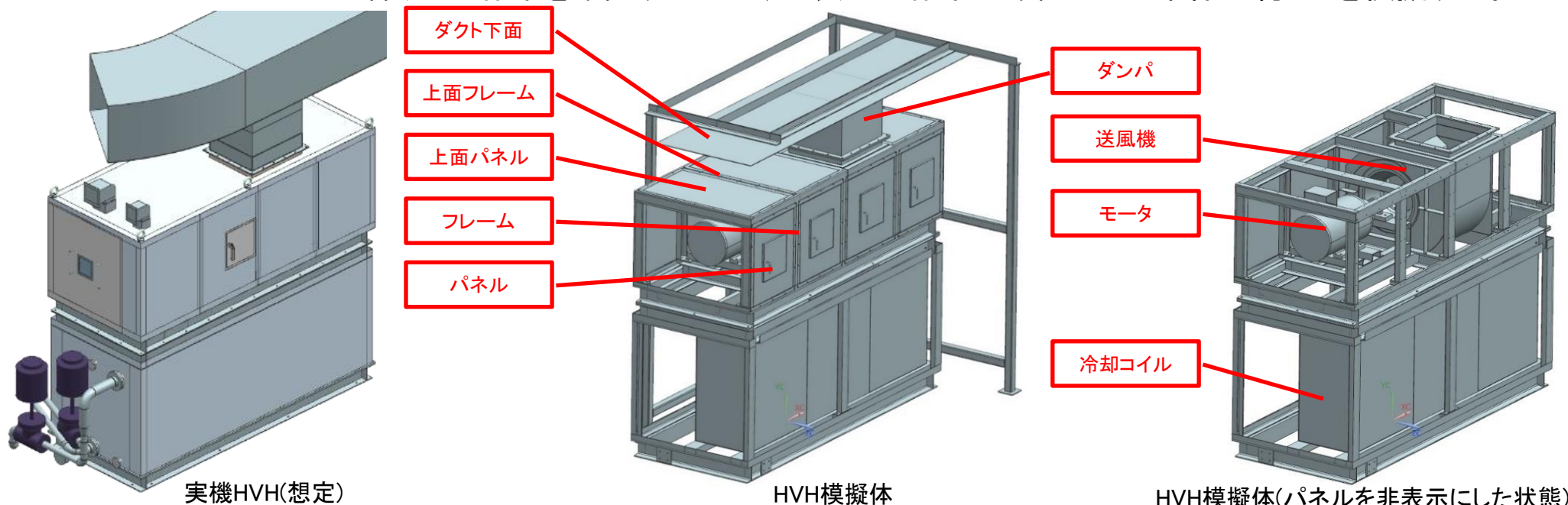
- 装置のアクセス : HVH解体ロボット、揚重機及び搬出入装置は、機器ハッチからHVHまでアクセス済みとする。
- 揚重機の構造 : 実機で採用を想定しているラフタークレーンの可動範囲を模擬可能なジブクレーンを用いる。
- PCV内の環境 : 作業エリアに敷設された構造物のうち、撤去不可のPLRモータは外形を模擬する。作業エリアに敷設された構造物のうち、MSドレン配管やサポート等は撤去済みとする。グレーチングの敷設範囲を模擬し、ロボット及び装置類の配置位置を模擬する。暗幕設備により実機と同様の暗闇を模擬する。



## ① HVH解体

### ■ 要素試験模擬範囲 (HVH模擬体)

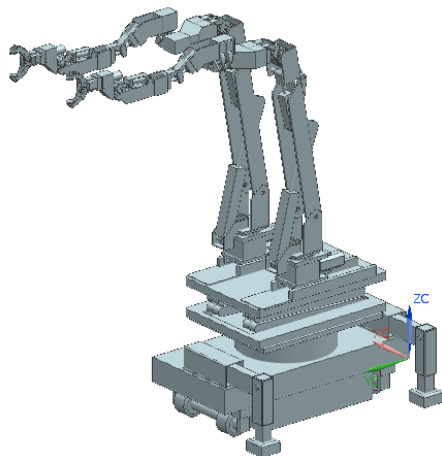
- ダクト下面 :ダンパ・上面パネル・上面フレーム等HVHの上面で作業する際にダクトの下面が作業干渉になるので、ダクト下面の外形を模擬する。なお、HVH上面とダクト下面の間の寸法は、より狭い1号機HVHの寸法を模擬する。
- 切断箇所 :実機と同じ寸法及び材質(相当材含む)を模擬する。
- モータ・インペラ :切断しないが、吊り上げを行うので、外形と質量を模擬する。
- 冷却コイル :フィン・チューブ・フレームを実機と同じ材質(相当材含む)で模擬する。  
繰り返し作業を確認するため、代表的な作業が確認できる本体の約1/6を模擬する。



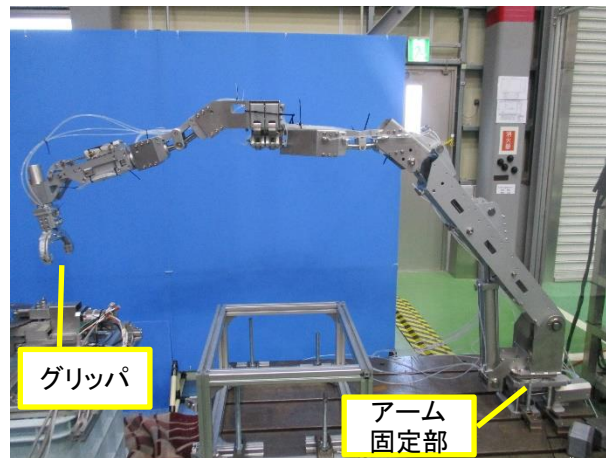
# 6. 本事業の実施内容 【 1)(2)解体・撤去技術の開発】

## ① HVH解体

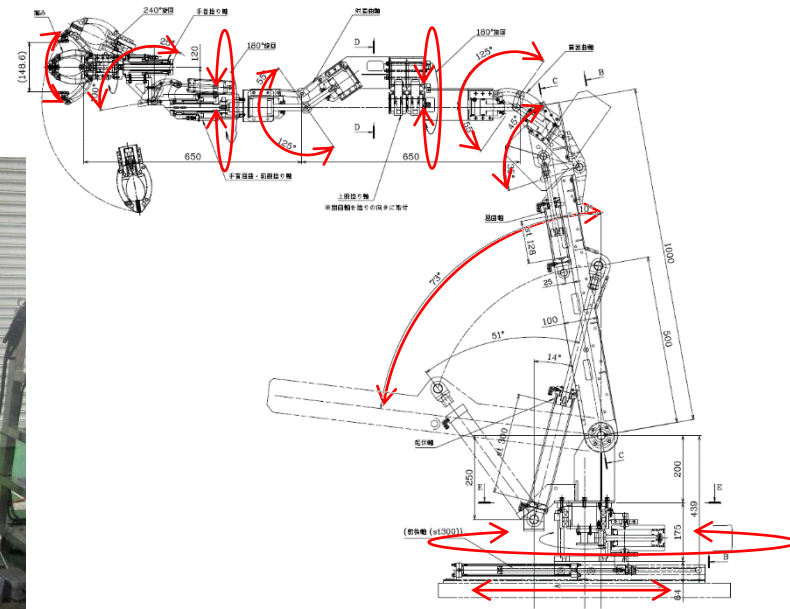
### ■ 主な仕様ロボット:HVH解体ロボット



HVH解体ロボットの概要



試作中のアーム(片腕)

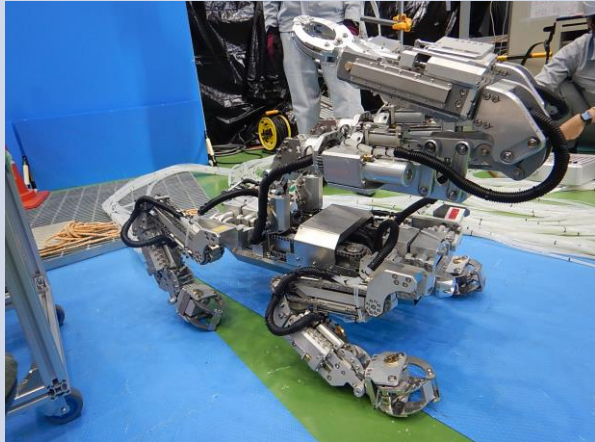

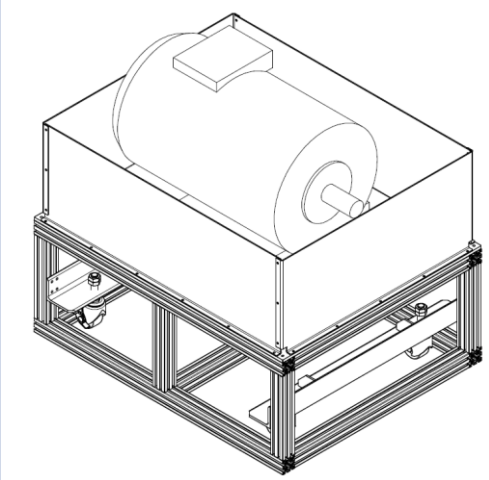


アームの可動箇所

	仕様	機能・備考
装置寸法	L1480 × W740 × H1350mm (移動時)	アクセストネルから機器ハッチの制約寸法: D1000 × H1500 × L2400mmを通過可能な寸法。 アームは、HVH上面(H2500mm)に設置された構造物を切断撤去可能な可動範囲を持つ。
構成	作業アーム10軸 × 2 走行機構: タイヤ	1本のアームで切断ツールを把持・操作。もう1本のアームで解体片を把持。 要素試験では簡易的にタイヤ駆動とするが、実機仕様ではクローラを想定。
用途	HVHの解体撤去作業 付帯作業	HVHの切断作業、解体片の把持及び受け渡しを行う。 吊り治具の玉掛や俯瞰カメラの設置等の付帯作業を行う。
作業アーム可搬重量	約20kg/腕	切断ツール及び解体片を把持・移動・操作が可能な可搬重量。
装置重量	約440kg	必要な機能を搭載し、可能な限り軽量化する。 作業中のモーメントを考慮し、転倒しない構成及び重量。
動力	水圧	耐放射線性を考慮し選定。

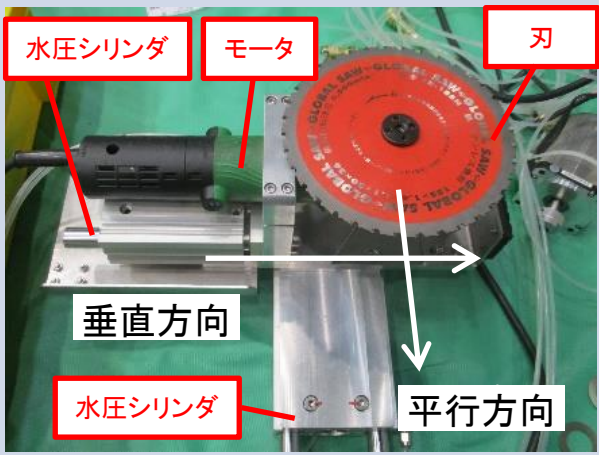
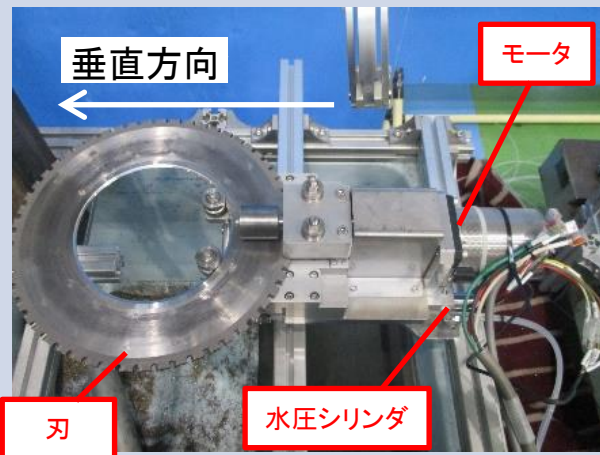
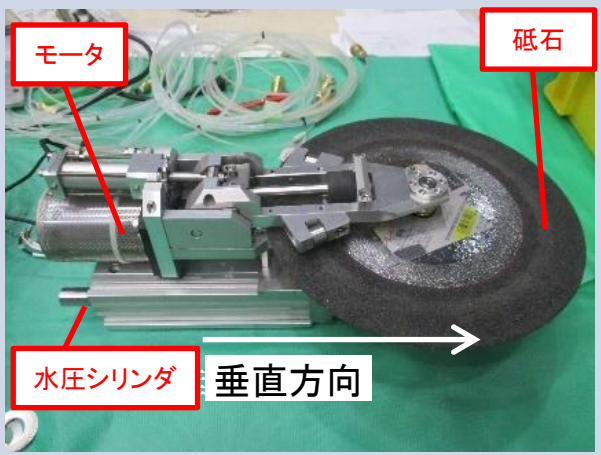
## ① HVH解体

### ■ HVH解体撤去作業に関わるロボット及び装置類

	補助ロボット	揚重機(要素試験用)	搬出入装置(要素試験用)
概要図			
仕様	<p>動力: 水圧                      外寸: L1503 × W463 × H575mm                      質量: 約100kg</p>	<p>動力: 電動                      外寸: L3750 × W920 × 3148mm                      質量: 490kg</p>	<p>動力: 無し                      内寸: L960 × W760 × H330mm                      外寸: L1000 × W800 × H732mm                      質量: 約90kg                      搭載: 400kg以上</p>
説明	<p>これまでに開発した多脚の補助ロボットを用いる。双腕の作業アームで吊り治具の取り外しやケーブルホースの介助を行う。</p>	<p>PCV模擬体のグレーチングまたは梁に設置する。要素試験においては、実機で採用予定であるラフタークレーンの可動範囲を模擬して揚重及び受け渡し作業を確認する。</p>	<p>HVHの解体片を受け取り機器ハッチまで搬送する。要素試験では、走行試験を行わないので、収納部分と走行部分の形状を模擬して収納作業までを確認する。</p>

## ① HVH解体

### ■ HVH解体撤去作業に関わる切断ツール

	チップソー	センタレスチップソー	切断砥石グラインダ
概要図			
仕様	動力: 電動/水圧(ストローク) 外寸: 323 × 214mm ストローク*1: 垂直75、平行200mm 質量: 12kg 可搬重量: 約20kg/腕	動力: 電動/水圧(ストローク) 外寸: 248 × 144 × 586.5mm ストローク*1: 垂直200mm 質量: 14kg	動力: 電動/水圧(ストローク) 外寸: 38.2 × 150 × 548mm ストローク*1: 垂直175mm 質量: 14kg
対象	ダンパ、パネル、ケーシング(送風機)	フレーム、冷却コイル	モータ軸、送風機軸、モータ台座
説明	チップソーを2軸のストロークで操作し、直線の切断を行う。	チップソーの刃を加工し、センター軸をなくすことで、切断対象に押し込むことのできる距離を長くした。ストローク距離の長さが必要な、[150チャンネルやブロック状の冷却コイルを切断する。	焼入れ炭素鋼を用いられている軸の切断を行う。また、揚重機で吊られた状態のモータの軸を切断に使用する。

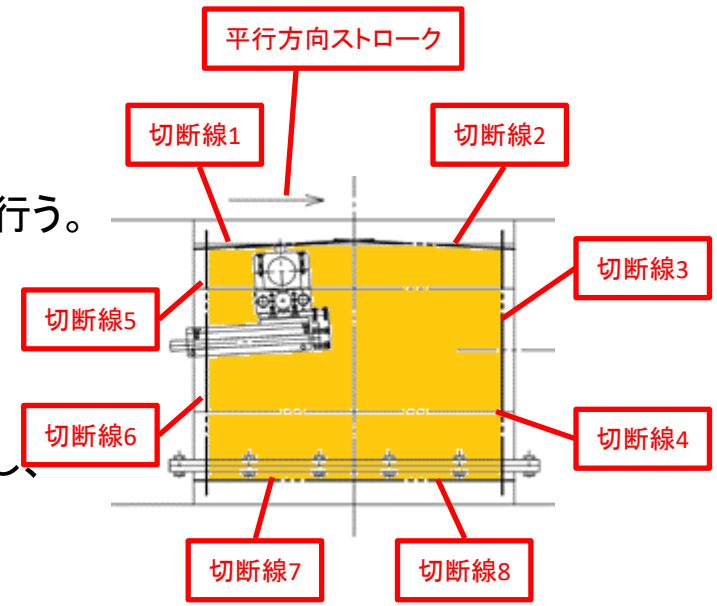
\*1: 切断対象に対するストローク方向。垂直方向は、切断対象に切込を入れる方向。平行方向は、切断対象に切込を入れた状態で切り進める方向。

# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

## ① HVH解体

### ■ 切断ツールの切断手順(チップソー)

- チップソーでの切断は、垂直・平行方向ストロークを用いて切断を行う。  
1回の作業でダクトやパネルの1辺を切断することができないので、  
2回の作業で1辺を切断する。
- また、これを各辺繰り返し、ダクトやパネルの1面を撤去する。
- HVH解体ロボットが切断ツールを切断対象に押し付けて位置決めし、  
切断ツールが動作(回転、ストローク)することで切断を行う。



	位置合わせ	垂直方向ストローク (切断)	平行方向ストローク (切断)	垂直方向ストローク (切断終了)
チップソー				

## 6. 本事業の実施内容 【 1)(2)解体・撤去技術の開発】

No.181

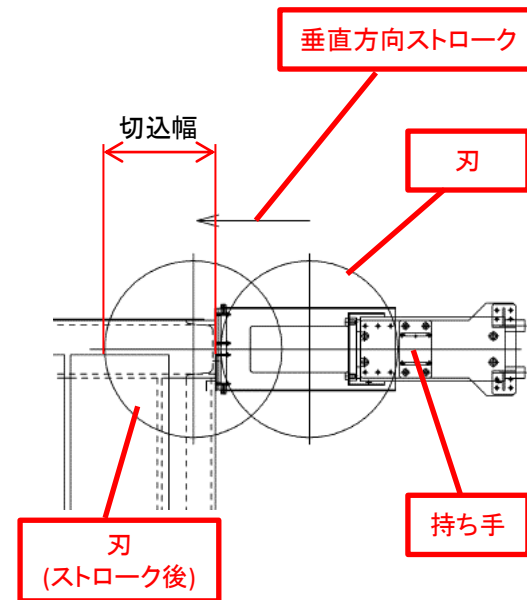
### ① HVH解体

#### ■ 切断ツールの切断手順(センタレスチップソー・砥石グラインダ)

➢ センタレスチップソー及び砥石グラインダでの切断は、垂直方向ストロークを用いて切断を行う。

平行方向のストロークは行わず、垂直方向のみで切断を行うため、フレームや軸のような厚みのある部材を対象とする。

➢ HVH解体ロボットが切断ツールを切断対象に押し付けて位置決めし、切断ツールが動作(回転、ストローク)することで切断を行う。



位置合わせ

垂直方向ストローク  
(切断)

平行方向ストローク  
(切断)

垂直方向ストローク  
(切断終了)

センタレスチップソー  
砥石グラインダ

切断対象

押しつけ部品

刃

## ① HVH解体

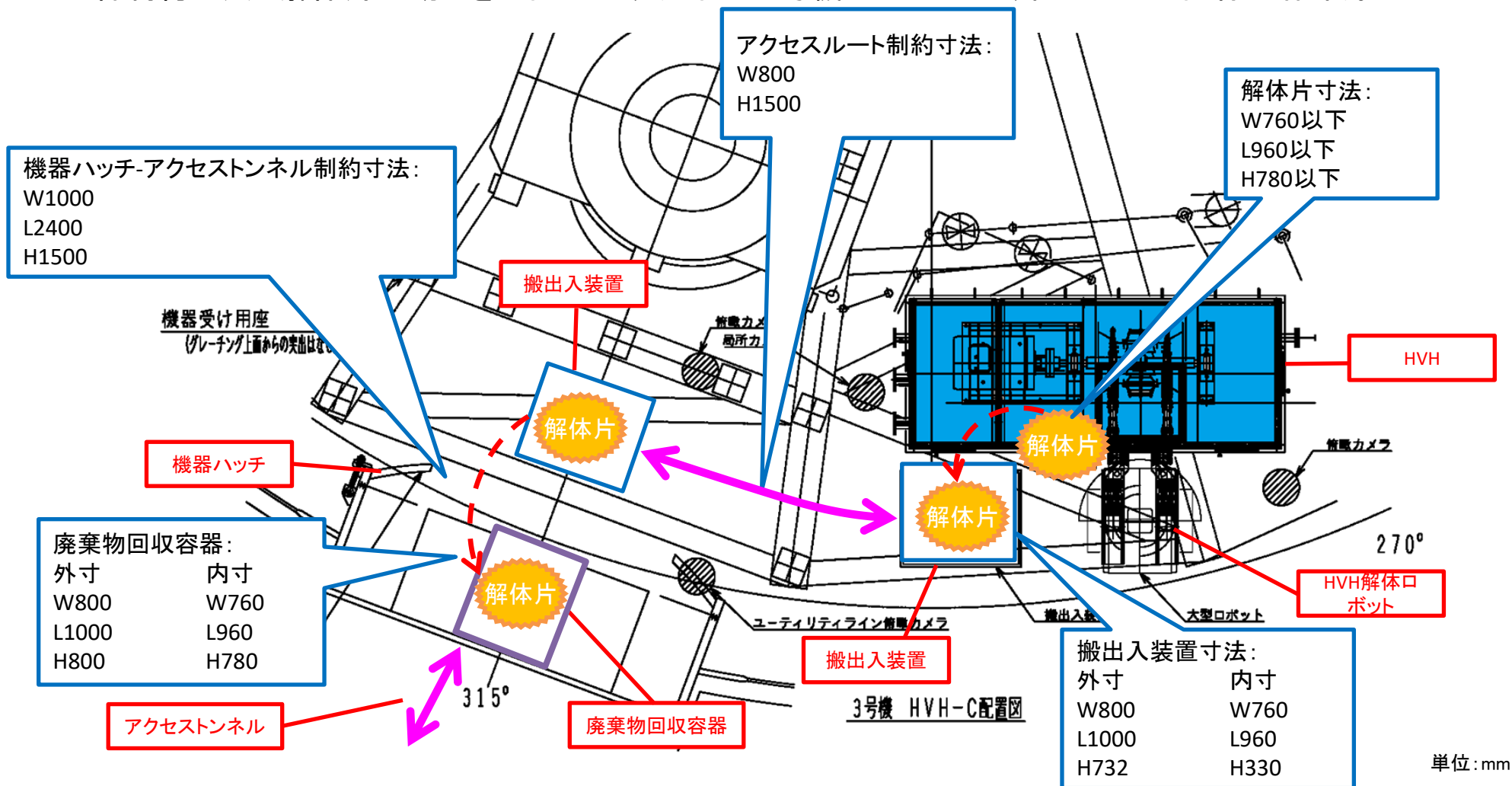
### ■ HVH解体撤去作業に関わる治具

	モータ吊り治具	インペラ吊り治具
概要図		
仕様	動力: 無し 外寸: (詳細検討中) 質量: (詳細検討中)	動力: 無し 外寸: (詳細検討中) 質量: (詳細検討中)
対象	モータ	インペラ
説明	モータにアイボルトが無いまたは揚重機のフックに取り付けられない際にモータを玉掛けするのに使用する。	インペラを玉掛するのに使用する。

## ① HVH解体

### ■ 解体撤去作業に係る制約寸法

➢ 各制約寸法と解体片の動きを下図に示す(下図は3号機HVH-Cだが、他のHVHも同様の作業)。



単位: mm

## ① HVH解体

### ■ 要素試験計画（試験項目）

作業 ステップ	ダンパ切断	
ステップ 図		
内容	<p>HVH解体ロボットを用いて、切断ツールのアクセス、ダンパの切断、解体片の把持、搬出入装置への受け渡しを行う。</p> <p>HVH解体ロボットの手前の面から順に切断撤去することで、ダンパの撤去を行う。</p> <p>チップソーのストロークでは、解体片の1辺の長さに足りないため、切断線を重ねるようにして切断する。</p>	
切断 ツール	チップソー	
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>高所での切断作業</li> <li>解体片の把持</li> <li>作業監視のカメラ及び照明の配置</li> </ul>	

## ① HVH解体

### ■ 要素試験計画（試験項目）

作業 ステップ	パネル切断	
ステップ 図		
内容	<p>HVH解体ロボットを用いて、切断ツールのアクセス、パネルの切断、解体片の把持、搬出入装置への受け渡しを行う。 チップソーのストロークでは、解体片の1辺の長さに足りないため、切断線を重ねるようにして切断する。</p>	
切断 ツール	チップソー	
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>高所での切断作業</li> <li>解体片の把持</li> <li>作業監視のカメラ及び照明の配置</li> </ul>	

## ① HVH解体

### ■ 要素試験計画（試験項目）

作業 ステップ	フレーム切断	
ステップ 図		
内容	<p>HVH解体ロボットを用いて、切断ツールのアクセス、フレームの切断、解体片の把持、搬出入装置への受け渡しを行う。 センタレスチップソーでフレームの両端を切断し解体する。</p>	
切断 ツール	センタレスチップソー	
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>高所での切断作業</li> <li>解体片の把持</li> <li>作業監視のカメラ及び照明の配置</li> </ul>	

## ① HVH解体

### ■ 要素試験計画（試験項目）

作業 ステップ	上面パネル切断	
ステップ 図		
内容	<p>HVH解体ロボットを用いて、切断ツールのアクセス、上面パネルの切断、解体片の把持、搬出入装置への受け渡しを行う。 チップソーのストロークでは、解体片の1辺の長さに足りないため、切断線を重ねるようにして切断する。</p>	
切断 ツール	チップソー	
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>高所での切断作業</li> <li>解体片の把持</li> <li>作業監視のカメラ及び照明の配置</li> </ul>	

## ① HVH解体

### ■ 要素試験計画（試験項目）

作業 ステップ	上面フレーム切断	
ステップ 図		
内容	<p>HVH解体ロボットを用いて、切断ツールのアクセス、フレームの切断、解体片の把持、搬出入装置への受け渡しを行う。 センタレスチップソーでフレームの両端を切断し解体する。</p>	
切断 ツール	センタレスチップソー	
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>高所での切断作業</li> <li>解体片の把持</li> <li>作業監視のカメラ及び照明の配置</li> </ul>	

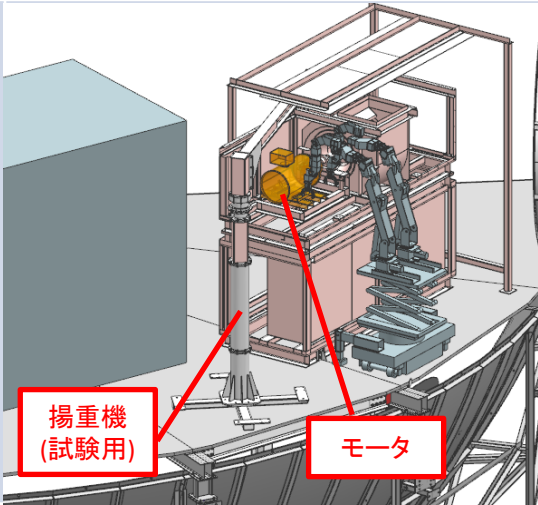
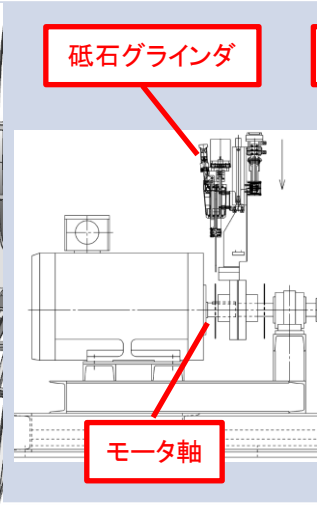
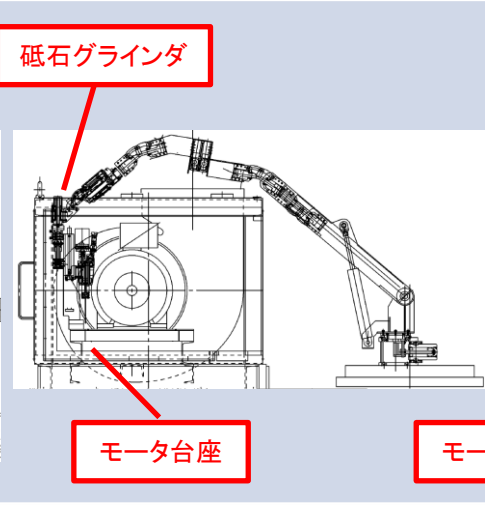
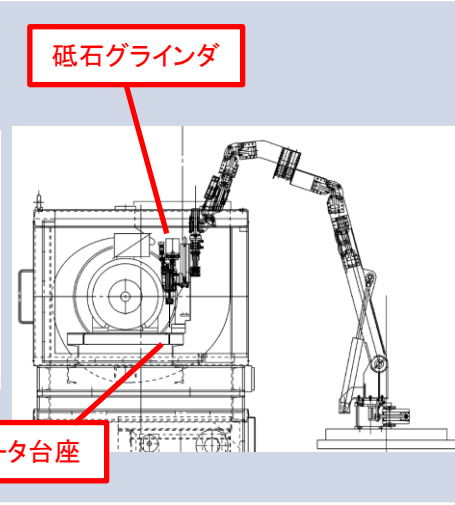
## ① HVH解体

### ■ 要素試験計画（試験項目）

作業 ステップ	モータ吊り治具取付け	
ステップ 図		
内容	<p>揚重機のフックで吊ったモータ吊り治具をHVH解体ロボットを用いて玉掛する。</p>	
切断 ツール	<p>—</p>	
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 狭隘部におけるHVH解体ロボットと揚重機の連携作業</li> <li>・ 作業監視のカメラ及び照明の配置</li> </ul>	

## ① HVH解体

### ■ 要素試験計画 (試験項目)

作業 ステップ	モータ軸/台座切断			
ステップ 図				
内容	HVH解体ロボットを用いて切断ツールのアクセス、モータ軸及び台座の切断を行う。 (モータ軸の切断は前ステップの「モータ吊り治具取付け」前に実施するが、説明のため本ステップでまとめる。)			
切断 ツール	砥石グラインダ			
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 狭隘部での切断作業</li> <li>・ 揚重機及び吊り治具との作業干渉</li> <li>・ 作業監視のカメラ及び照明の配置</li> </ul>			

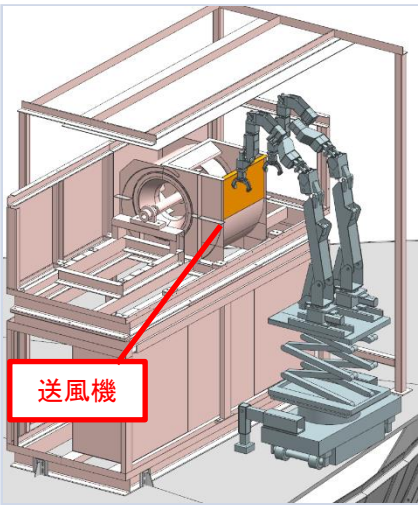
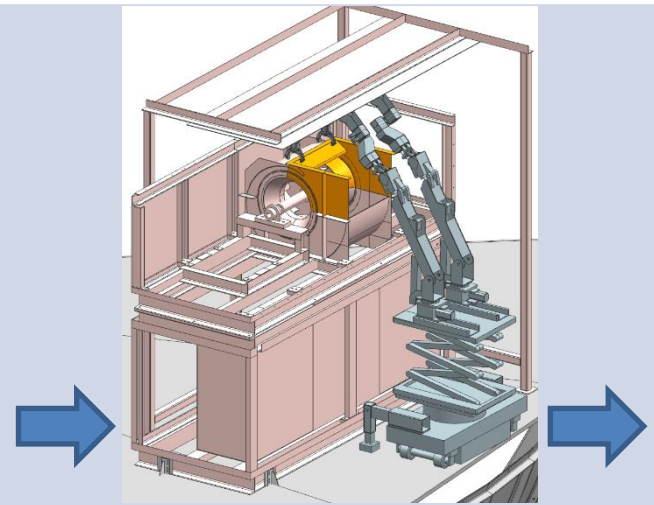
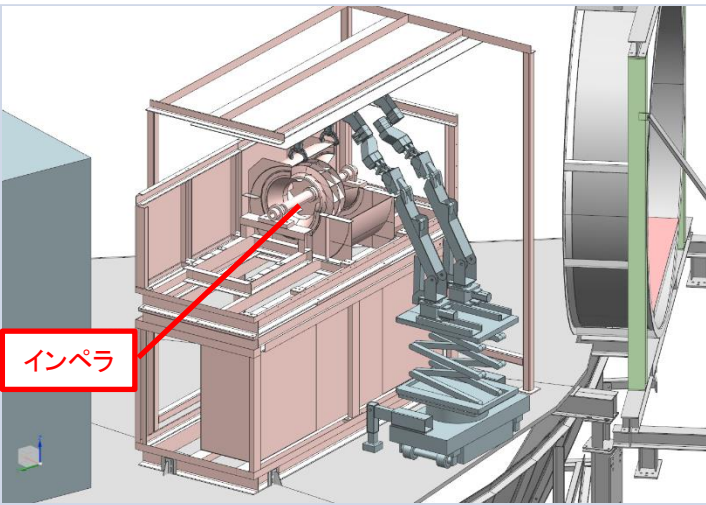
## ① HVH解体

### ■ 要素試験計画 (試験項目)

作業 ステップ	モータ吊上げ/荷渡し	
ステップ 図		
内容	<p>揚重機を用いてモータの吊上げ、搬出入装置への荷渡し、補助ロボットを用いた吊り治具のフック開放作業を行う。</p>	
切断 ツール	<p>—</p>	
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HVHの残存構造物との干渉</li> <li>• 周辺構造物(PLRモータ)との干渉</li> <li>• 補助ロボットの作業可否</li> <li>• 作業監視のカメラ及び照明の配置</li> </ul>	

## ① HVH解体

### ■ 要素試験計画 (試験項目)

作業 ステップ	ケーシング(送風機)切断		
ステップ 図			
内容	HVH解体ロボットを用いて、切断ツールのアクセス、ケーシングの切断、解体片の把持、搬出入装置への受け渡しを行う。		
切断 ツール	チップソー		
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>高所での切断作業</li> <li>解体片の把持</li> <li>作業監視のカメラ及び照明の配置</li> </ul>		

## ① HVH解体

### ■ 要素試験計画 (試験項目)

作業 ステップ	インペラ(送付機)切断	
ステップ 図		
内容	HVH解体ロボットを用いて切断ツールのアクセス、揚重機で吊ったインペラ吊り治具をHVH解体ロボットを用いて玉掛、インペラ軸の切断を行う。	
切断 ツール	砥石グラインダ	
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 狭隘部におけるHVH解体ロボットと揚重機の連携作業</li> <li>• 狭隘部での切断作業</li> <li>• 作業監視のカメラ及び照明の配置</li> </ul>	

## ① HVH解体

### ■ 要素試験計画 (試験項目)

作業 ステップ	インペラ(送風機)吊上げ/荷渡し	
ステップ 図		
内容	<p>揚重機を用いてインペラの吊上げ、搬出入装置への荷渡し、補助ロボットを用いた吊り治具のフック開放作業を行う。</p>	
切断 ツール	<p>—</p>	
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HVHの残存構造物との干渉</li> <li>• 周辺構造物(PLRモータ)との干渉</li> <li>• 補助ロボットの作業可否</li> <li>• 作業監視のカメラ及び照明の配置</li> </ul>	

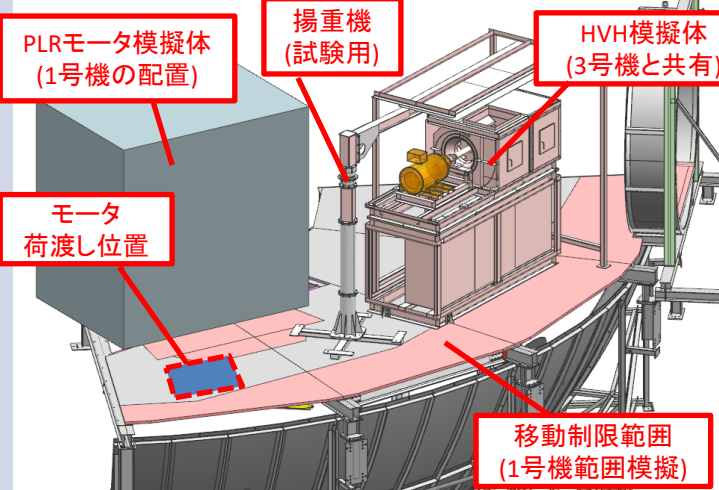
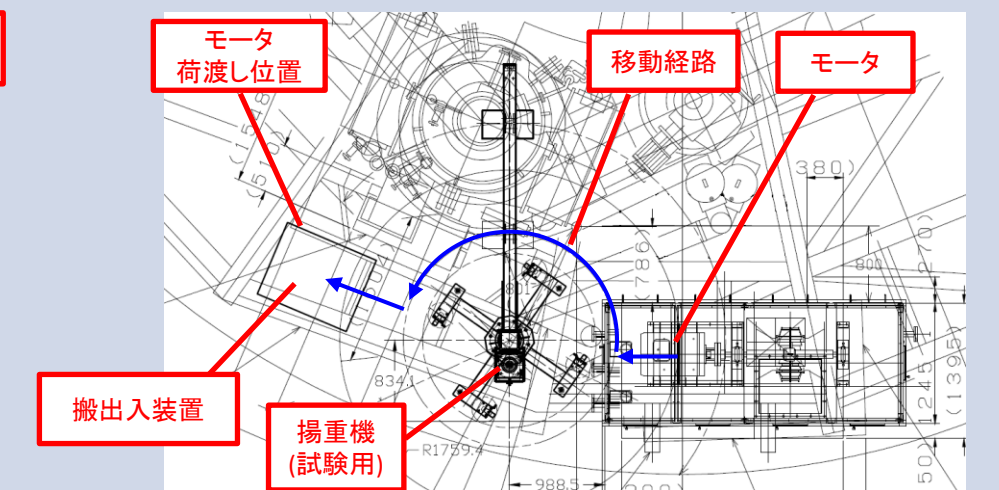
## ① HVH解体

### ■ 要素試験計画（試験項目）

作業 ステップ	冷却コイル切断	
ステップ 図		
内容	HVH解体ロボットを用いて切断ツールのアクセス、冷却コイルの切断、解体片の把持、搬出入装置への受け渡しを行う。	
切断 ツール	センタレスチップソー	
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 複雑構造の切断</li> <li>• 解体片の把持</li> <li>• 作業監視のカメラ及び照明の配置</li> </ul>	

## ① HVH解体

### ■ 要素試験計画 (試験項目)

作業 ステップ	モータ軸/台座切断 (1号機)	
ステップ 図		
内容	<p>揚重機を用いてモータの吊上げ、搬出入装置への荷渡し、補助ロボットを用いた吊り治具のフック開放作業を行う。</p>	
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HVHの残存構造物との干渉</li> <li>• 周辺構造物(PLRモータ)との干渉</li> <li>• 補助ロボットの作業可否</li> <li>• 作業監視のカメラ及び照明の配置</li> </ul>	

## ① HVH解体

### ■ 要素試験計画（試験項目）

作業 ステップ	カメラ照明の配置(ダンパ切断の例)	
ステップ 図		
内容	<p>各作業ステップにおいて、事前に検討したカメラ及び照明の配置で、作業に必要な視野の確保ができることを確認する。 作業オペレータと相談し、必要に応じてカメラの配置を移動、追加を行う。</p>	
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業が可能な映像取得</li> <li>俯瞰カメラは、HVH解体ロボット及び装置類が周辺構造物の干渉有無の確認</li> <li>HVH解体ロボット搭載カメラ及び局所カメラは、オペレータが作業に必要な視野の確保</li> </ul>	

## ① HVH解体

### ■ 要素試験計画(試験項目)

作業 ステップ	カメラ照明の配置(モータの吊上げ/荷渡しの例)	
ステップ 図		
内容	各作業ステップにおいて、事前に検討したカメラ及び照明の配置で、作業に必要な視野の確保ができることを確認する。 作業オペレータと相談し、必要に応じてカメラの配置を移動、追加を行う。	
課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業が可能な映像取得</li> <li>俯瞰カメラは、HVH解体ロボット及び装置類が周辺構造物の干渉有無の確認</li> <li>HVH解体ロボット搭載カメラ及び局所カメラは、オペレータが作業に必要な視野の確保</li> </ul>	

## ① HVH解体

### ■ 要素試験項目と判定基準

No.	試験項目	試験内容	判定基準/記録
1	ダンパの切断	HVH解体ロボットにより対象の切断作業を行い、遠隔で作業が行えることを確認する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 切断ツールが対象にアクセスし、切断できること。</li> <li>● 解体片を把持・搬出入装置に受け渡しできること。</li> <li>● HVH解体ロボットが転倒しないこと。</li> <li>● 作業時間を記録する。</li> </ul>
2	パネルの切断	HVH解体ロボットにより対象の切断作業を行い、遠隔で作業が行えることを確認する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 切断ツールが対象にアクセスし、切断できること。</li> <li>● 解体片を把持・搬出入装置に受け渡しできること。</li> <li>● HVH解体ロボットが転倒しないこと。</li> <li>● 作業時間を記録する。</li> </ul>
3	フレームの切断	HVH解体ロボットにより対象の切断作業を行い、遠隔で作業が行えることを確認する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 切断ツールが対象にアクセスし、切断できること。</li> <li>● 解体片を把持・搬出入装置に受け渡しできること。</li> <li>● HVH解体ロボットが転倒しないこと。</li> <li>● 作業時間を記録する。</li> </ul>
4	上面パネルの切断	HVH解体ロボットにより対象の切断作業を行い、遠隔で作業が行えることを確認する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 切断ツールが対象にアクセスし、切断できること。</li> <li>● 解体片を把持・搬出入装置に受け渡しできること。</li> <li>● HVH解体ロボットが転倒しないこと。</li> <li>● 作業時間を記録する。</li> </ul>
5	モータ撤去	HVH解体ロボットにより対象の切断作業を行い、遠隔で作業が行えることを確認する。 揚重機で吊り上げ・荷渡しを遠隔で作業が行えることを確認する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 切断ツールが対象にアクセスし、切断できること。</li> <li>● 解体片を把持・搬出入装置に受け渡しできること。</li> <li>● HVH解体ロボットで吊り治具をモータに玉掛できること。</li> <li>● モータ吊り上げ時に周辺構造物に接触しないこと。</li> <li>● 補助ロボットで吊り治具を揚重機のフックから外せること。</li> <li>● HVH解体ロボット及び補助ロボットが転倒しないこと。</li> <li>● 作業時間を記録する。</li> </ul>
6	ケーシング部分撤去	HVH解体ロボットにより対象の切断作業を行い、遠隔で作業が行えることを確認する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 切断ツールが対象にアクセスし、切断できること。</li> <li>● 解体片を把持・搬出入装置に受け渡しできること。</li> <li>● HVH解体ロボットが転倒しないこと。</li> <li>● 作業時間を記録する。</li> </ul>

## ① HVH解体

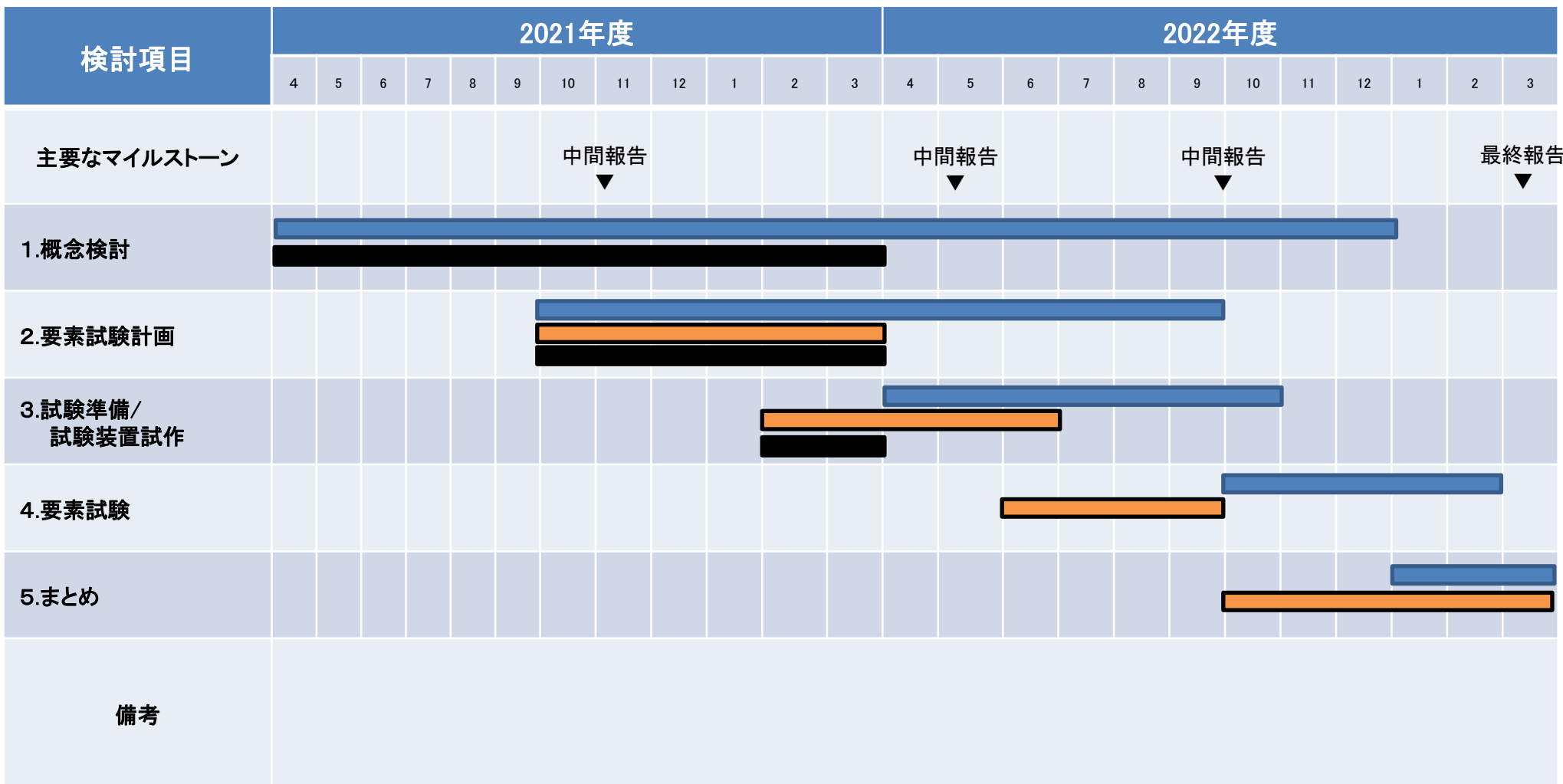
### ■ 要素試験項目と判定基準

No.	試験項目	試験内容	判定基準/記録
7	インペラ撤去	HVH解体ロボットにより対象の切断作業を行い、遠隔で作業が行えることを確認する。 揚重機で吊り上げ・荷渡しを遠隔で作業が行えることを角煮にする。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 切断ツールが対象にアクセスし、切断できること。</li> <li>● 解体片を把持・搬出入装置に受け渡しできること。</li> <li>● HVH解体ロボットで吊り治具をインペラに玉掛できること。</li> <li>● インペラ吊り上げ時に周辺構造物に接触しないこと。</li> <li>● 補助ロボットで吊り治具を揚重機のフックから外せること。</li> <li>● HVH解体ロボット及び補助ロボットが転倒しないこと。</li> <li>● 作業時間を記録する。</li> </ul>
8	冷却コイル撤去	HVH解体ロボットにより対象の切断作業を行い、遠隔で作業が行えることを確認する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 切断ツールが対象にアクセスし、切断できること。</li> <li>● 解体片を把持・搬出入装置に受け渡しできること。</li> <li>● HVH解体ロボットが転倒しないこと。</li> <li>● 作業時間を記録する。</li> </ul>
9	カメラ設置及び見え方確認	HVH解体ロボットによりカメラを設置し、得られる映像を確認する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 作業が可能な映像を取得できること。</li> <li>● 俯瞰カメラは、HVH解体ロボット及び装置類が周辺構造物の干渉有無が確認できること。</li> <li>● HVH解体ロボット搭載カメラ及び局所カメラは、オペレータが作業に必要な視野を確保できること。</li> <li>● 遠隔で設置できること。</li> <li>● 作業時間を記録する。</li> </ul>
10	照明設置及び見え方確認	HVH解体ロボットにより照明を設置し(カメラと一体になっているものを想定)、照明を点灯させた際のカメラ映像を確認する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 作業が可能な映像を取得できること。</li> <li>● 遠隔で設置できること。</li> <li>● 作業時間を記録する。</li> </ul>

## ① HVH解体

### ■ 開発工程

■ :計画  
■ :計画(見直し後)\*  
■ :実績



### ① HVH解体:まとめ

- HVH解体について、解体難易度からの試験対象の選定、切断技術として丸ノコ・レシプロソーの選定および解体作業ステップからの要素試験項目の抽出に関する検討結果について整理した。
- 作業ステップの詳細検討を行い、各ステップでの課題を抽出した。
- HVH解体ロボットや揚重機等の試験装置およびチップソー等の切断ツールについて検討し、仕様を整理した。
- 上記の検討結果を踏まえ、要素試験計画を立案し、試験項目や判定基準等を検討した。今後、要素試験によりHVH解体・撤去工法の実現性を確認する。

公募実施内容を記載

### ② CRD交換機の解体

燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けて、干渉物の解体・撤去等の開発を進めている。これまでの開発において、PCV内のペデスタル内部へ遠隔装置でアクセスし配管の切断や回収作業などの実現性を確認する技術開発を実施した。

ペデスタル内底部の燃料デブリ取り出し作業を実施する上で大型構造物であり中央に位置するCRD交換機の撤去はアクセス性を確保するために不可欠となる。また、ペデスタル内に導入する遠隔解体機器、装置はアクセス可能なペデスタル開口部が小さいため、小型かつ不確定な現場環境に適応するための操作性が求められる。また、PCV内部調査で損傷が確認されているCRDハウジング等への干渉回避、解体するCRD交換機の部材の落下防止が必要となる。この開発においては、CRD交換機の解体、撤去について、要求事項を検討、整理した上で、限られたエリアでの遠隔作業を考慮した模擬試験体による要素試験を計画、実施し、具体的な切断／回収方法について実現性を確認する。

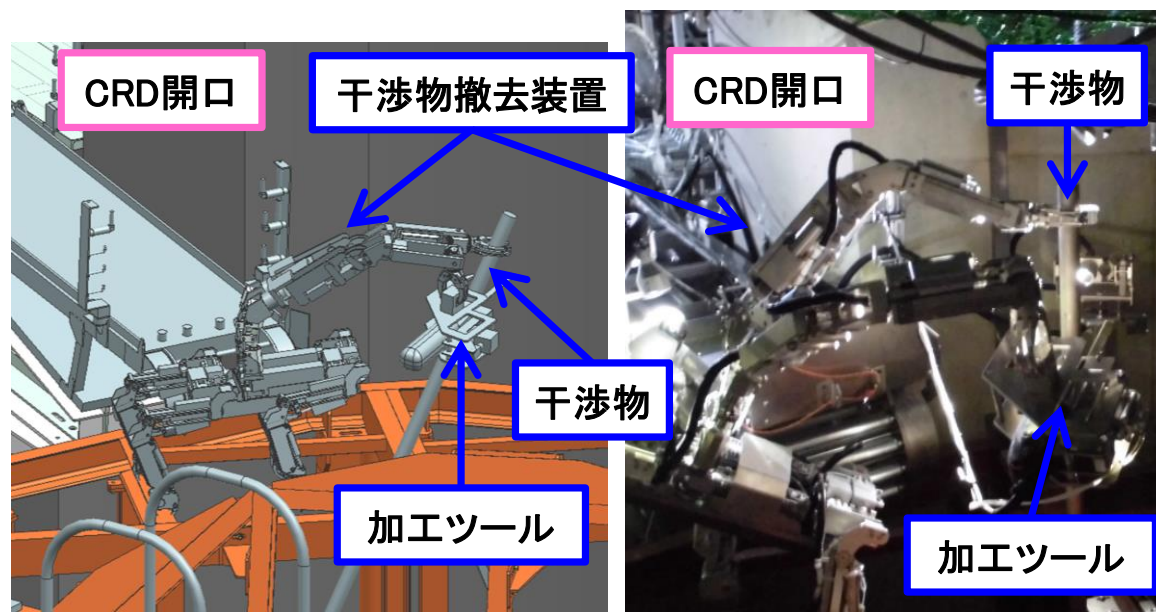
### ② CRD交換機の解体

#### ■20年度までの検討状況

ペDESTアル内へのアクセス方法およびICM(炉内核計装)ハウジング等小型の干渉物撤去方法を検討し、要素試験により実現可能な見通しを得た。

(「取り出し規模の更なる拡大(2019-20年度実施) :

ペDESTアル内干渉物撤去方法(小型装置方式)」にて実施)



- 燃料デブリ取り出し作業の障害となるCRD交換機(大型構造物)について、ペDESTアル内の限られたスペースでの解体方法を検討する。
- CRD交換機解体方法について、解体装置を試作し、検証する。

## ② CRD交換機の解体

### ■ 現地状況（ペDESTアル内状況の推定）

➤ 1～3号機のペDESTアル内部の推定状況について下表に示す。

	1号機	2号機	3号機
ペDESTアル内部状況イメージ			
推定結果	<p>ペDESTアル内調査未実施 (上記の図は健全状態)</p>	<p>調査結果より以下の通り推定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>プラットフォーム(P/F)が残存しており、グレーチングが一部脱落</li> <li>CRD交換機はP/F上に残存</li> <li>中間作業架台は残っている</li> <li>ペDESTアル底部には堆積物 (堆積物内の状況は不明)</li> </ul>	<p>調査結果より以下の通り推定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>プラットフォーム(P/F)、CRD交換機が脱落</li> <li>上部構造物(CR案内管など)が脱落</li> <li>ペDESTアル底部には堆積物 (堆積物内の状況は不明)</li> </ul>

- 2号機では、CRD交換機がP/F上に残存しており、位置や状態が判明している。また、P/Fおよび中間作業架台の状態(グレーチング脱落箇所等)も判明している。
- 3号機では、CRD交換機がP/F上から脱落し、堆積物に埋没しており、位置や状態が特定できていない。
- 1号機では、3号機以上の損傷と推定されているため、3号機と同様の状況であると推測される。

### ② CRD交換機の解体

#### ■課題

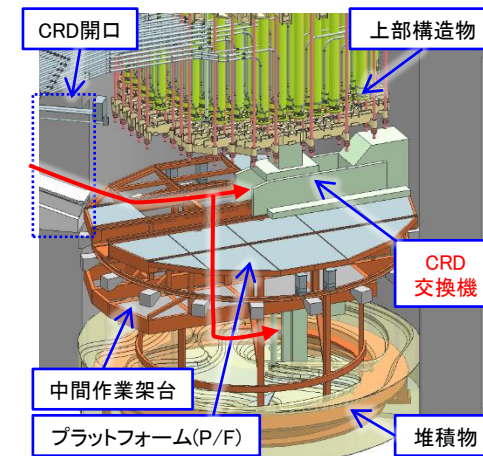
- CRD交換機周辺へ、解体・撤去装置をアクセスさせること。
- CRD開口から搬入可能な小型装置で、大型構造物であるCRD交換機を解体・撤去すること。
- スループット向上のため、大型構造物であるCRD交換機を極力大きなサイズで解体・撤去すること。
- [2号機特有]大型かつプラットフォーム(P/F)からの吊りさがり構造であるCRD交換機を、ペDESTAL底部に落下させずに解体・撤去すること。
- [1/3号機特有]脱落し、錯綜したCRD交換機(他構造物も含む)を、倒壊させずに解体・撤去すること。

#### ■実施内容

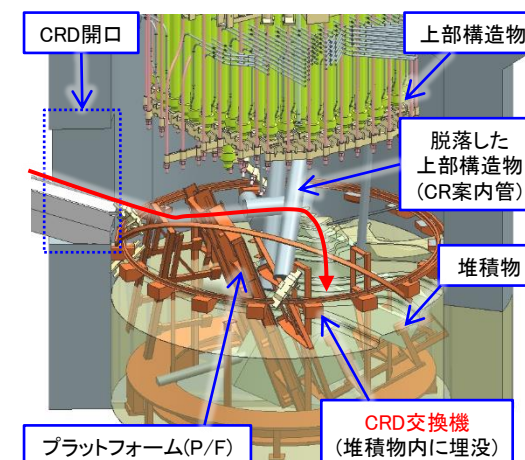
- 構造物の寸法等を含む、各種前提条件を整理する。
- CRD交換機の解体・撤去に関する要求事項を検討、整理する。
- CRD交換機の解体・撤去方法を検討する。
- 解体・撤去装置の設計・試作を実施する。
- 限られたエリアでの遠隔作業を考慮した要素試験を計画する。
- 試験を実施するための模擬試験体および実規模試験設備を設計・製作する。
- 要素試験を実施して、具体的な解体撤去の実現性を確認する。

#### ■得られる成果

- CRD交換機の解体・撤去方法の提示。



ペDESTAL内部推定図(2号機)



ペDESTAL内部推定図(1/3号機)

# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

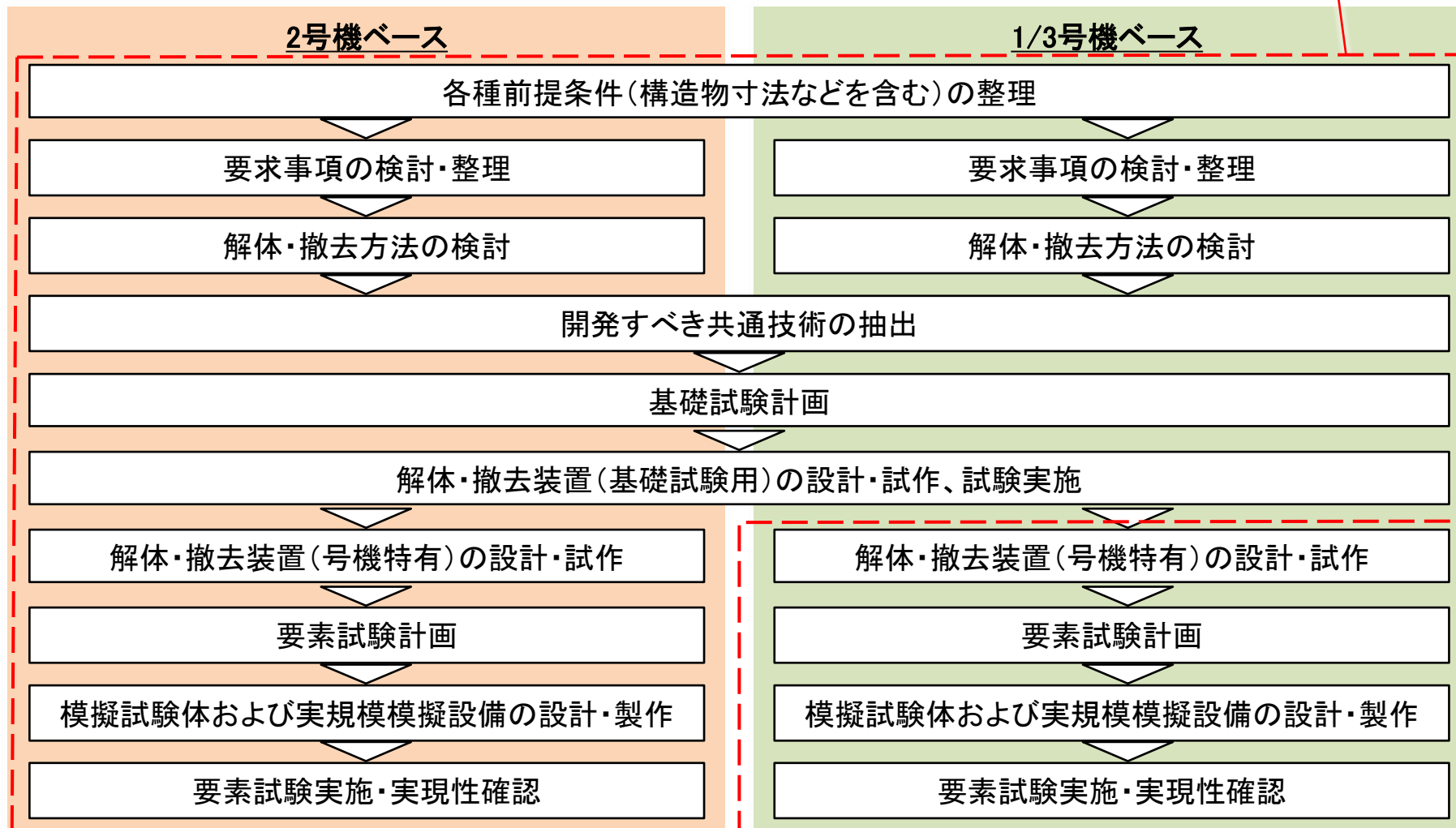
## ② CRD交換機の解体

### 今回の報告範囲

- 1～3号機に共通で必要となる、ジブを備えた搬送装置の試作
- 2号機模擬環境における装置搬入、解体片揚重・積載・搬出可否の確認結果(基礎試験)
- 2号機CRD交換機解体撤去に必要な「装置アクセス用レール」「上部CRD交換機と締結する落下防止」の成立性確認結果(要素試験)

### ■実施内容(フロー)

前頁に記載した実施内容について、フローを以下に示す。



### ② CRD交換機の解体

#### ■ 各種前提条件の整理(1/10)

- 現地状況、図面情報をもとに、解体方法を検討する際の前提条件について、以下6項目を整理する。

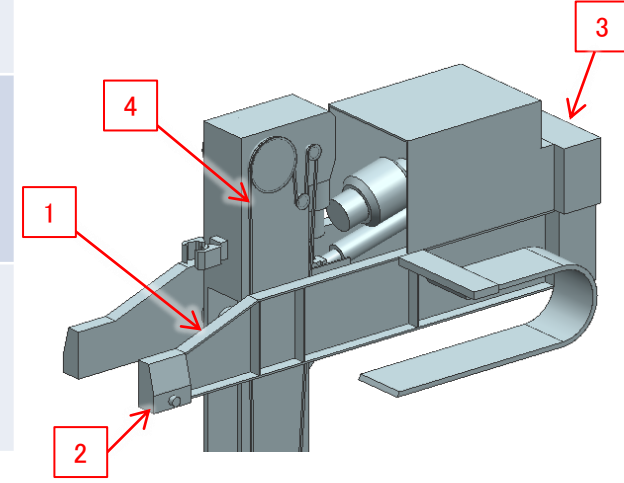
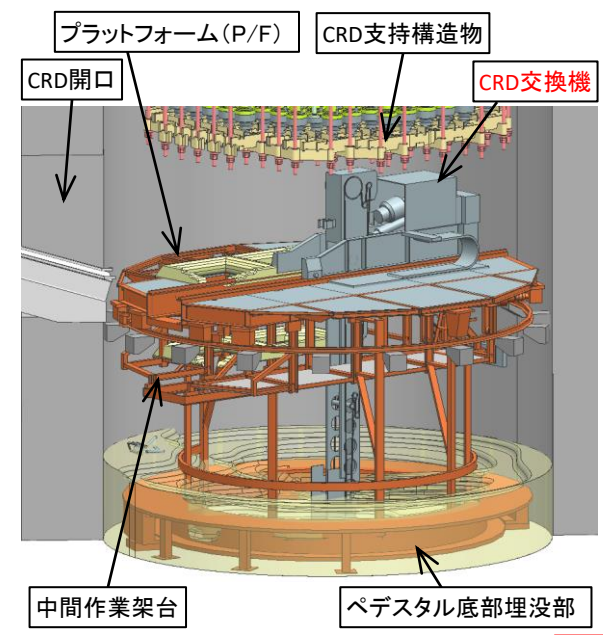
- ① CRD交換機の仕様
- ② P/Fの仕様
- ③ 中間作業架台の仕様
- ④ CRD交換機周辺の干渉物(ペDESTAL上部構造物)の仕様
- ⑤ ペDESTAL底部の堆積物の状況と、CRD交換機の撤去範囲
- ⑥ CRD開口までのアクセスルートおよび干渉物の仕様

# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

## ② CRD交換機の解体

### ■各種前提条件の整理(2/10)【CRD交換機の仕様[1/3]】

No.	項目	仕様	備考
1	台車フレーム	<b>【寸法】</b> 高さ: 400 [mm], 幅: 117 [mm], 長さ: 2,700 [mm] <b>【材質】:</b> SS400 <b>【板厚】:</b> 20 [mm] <b>【質量】:</b> 約100 [kg]程度	<ul style="list-style-type: none"> <li>•寸法および板厚は推定値</li> <li>•片側の質量</li> <li>•質量は概算値</li> </ul>
2	走行車輪	<b>【寸法】</b> 径 : φ 100 [mm], 厚さ: 143 [mm] <b>【材質】:</b> S45C <b>【質量】:</b> 約18 [kg]程度	<ul style="list-style-type: none"> <li>•寸法および板厚は推定値</li> <li>•質量は概算値</li> </ul>
3	台車駆動装置	<b>【寸法】、【材質】、 【板厚】、【質量】</b> :実機設計段階で取得	
4	昇降台車用 チェーン	<b>【寸法】、 【材質】、【質量】</b> :実機設計段階で取得	



## 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

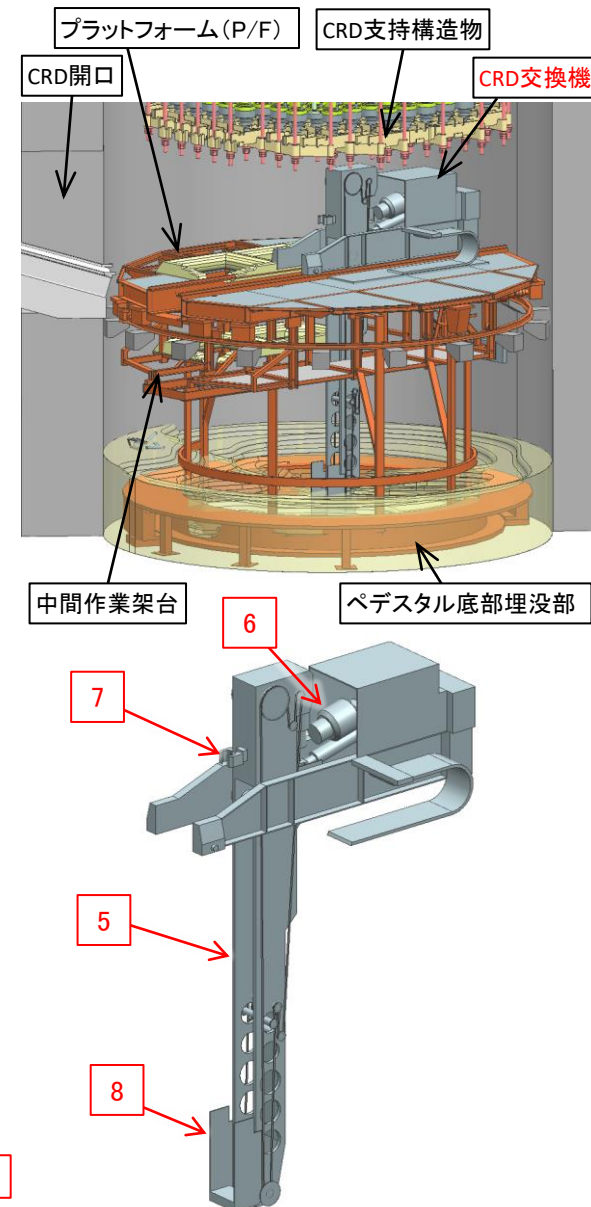
No.210

### ② CRD交換機の解体

#### ■各種前提条件の整理(3/10)【CRD交換機の仕様[2/3]】

No.	項目	仕様	備考
5	回転 フレーム	<b>【寸法】</b> 高さ: 4,351 [mm] 幅 : 370 [mm] (昇降軸回転用シャフト込み: 450 [mm]) 長さ: 600 [mm] (推定値) 昇降軸回転用シャフト径: $\phi$ 100 [mm] (推定値) フレーム回転装置シャフト: $\phi$ 75 [mm] (推定値) <b>【材質】:</b> フレーム: SS400 シャフト: S45C (推定) <b>【板厚】:</b> 30 [mm]※ <b>【質量】:</b> 約800 [kg]程度	・板厚は推定値 ・質量は概算値
6	フレーム 回転装置	<b>【寸法】、【材質】、 【板厚】、【質量】:</b> 実機設計段階で取得	
7	掴み腕	<b>【寸法】、【材質】、 【板厚】、【質量】:</b> 実機設計段階で取得	
8	昇降台車	<b>【寸法】(推定値)</b> 高さ: 775 [mm], 幅: 370 [mm], 長さ: 270 [mm] <b>【材質】</b> SUS304 <b>【板厚】:</b> 約5 [mm] <b>【質量】:</b> 約120 [kg]程度	・寸法,板厚は推定値 ・質量は概算値

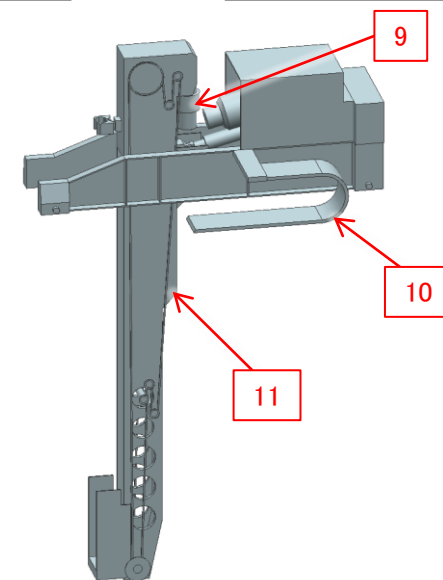
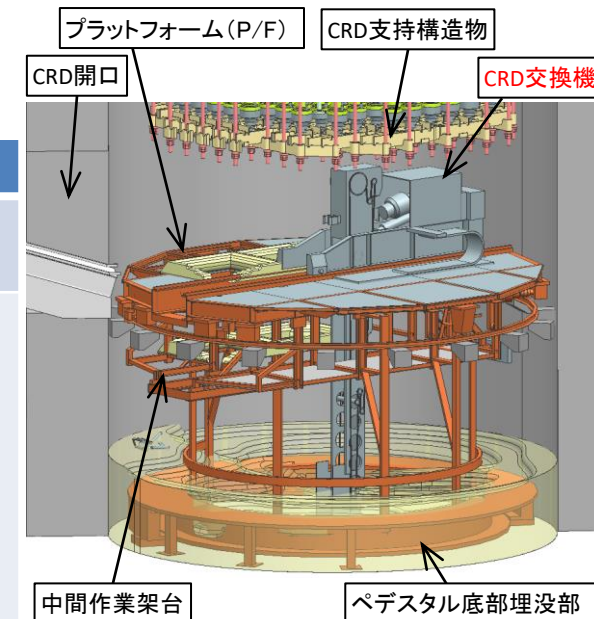
※1号機: 約10~20mm。



## ② CRD交換機の解体

### ■ 各種前提条件の整理(4/10)【CRD交換機の仕様[3/3]】

No.	項目	仕様	備考
9	昇降駆動装置	【寸法】、【材質】、 【板厚】、【質量】:実機設計段階で取得	
10	給電装置 (ケーブルベア)	【ケーブル径】: $\phi 25$ [mm] 【接続板寸法】 175×50×10t [mm](U字鋼), 長さ: 540 [mm] 【材質】: SUS304(接続板,ケーブルベア) アルミ合金(ケーブル) 【板厚】: 10 [mm](接続板の板厚) 【質量】: ケーブルベア(接続板込み): 約260 [kg]程度 ケーブル(P/F上): 1本あたり約20 [kg]程度	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 推定値</li> <li>• ケーブルは10本(推定)</li> </ul>
11	その他 駆動装置	【寸法】、【材質】、 【板厚】、【質量】:実機設計段階で取得	• 回転フレーム内に内蔵
12	全体	【寸法】 高さ: 4,351 [mm] 幅 : 736 [mm] 長さ: 2,700 [mm] 質量: 約2,000 [mm]	
13	配置	【中央開口からの高さ】 ～交換機上端: 1,170 [mm] (交換機上端～ハンガーロッド: 463.2 [mm]) ～駆動部上端: 979 [mm] (駆動部上端～ハンガーロッド: 654.2 [mm])	



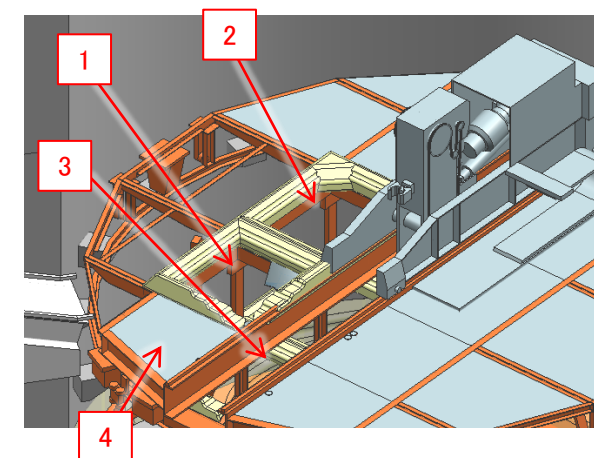
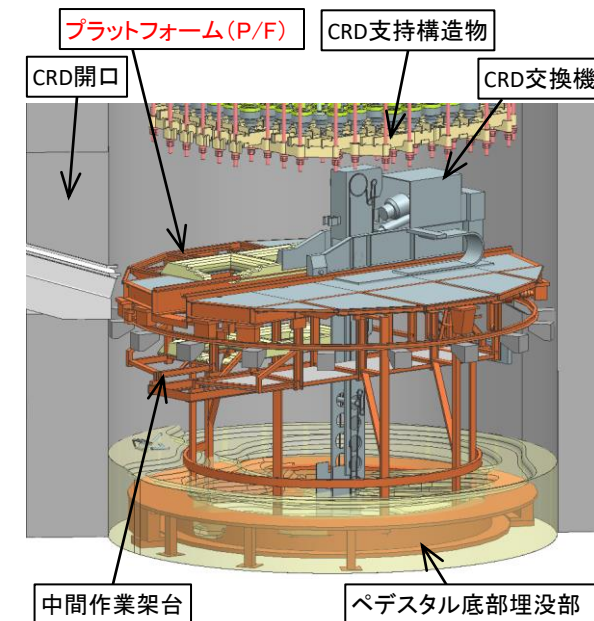
## 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

No.212

### ② CRD交換機の解体

#### ■ 各種前提条件の整理(5/10)【プラットフォーム(P/F)の仕様】

No.	項目	仕様	備考
1	開口G	【寸法(図面寸法)】 幅: 755 [mm], 奥行き: 915 [mm] 【寸法(堆積物残存時)】 幅: 682.25 [mm], 奥行き: 765 [mm]	・推定値
2	開口H	【寸法(図面寸法)】 幅: 598.1 [mm], 奥行き: 1,093 [mm] 【寸法(堆積物残存時)】 幅: 657.25 [mm], 奥行き: 893 [mm]	・推定値
3	中央開口	【寸法(図面寸法)】 幅: 596 [mm], 奥行き: 約2,500 [mm]	・推定値 ・堆積物による開口縮小は無しとする
4	グレーチング	【高さ】: 最大38 [mm]	・推定値 ・グレーチングの耐荷重は250 [kg/m <sup>2</sup> ]とする。 (グレーチングメーカーの一般的な強度指標の50 [%]※として設定。)
5	配置	【高さ】 ペDESTAL底部～中央レール上面: 3,281 [mm] ペDESTAL底部～P/Fグレーチング: 3,200.8 [mm] P/F上面～ハンガーロッド: 1,633.2 [mm]	・4号機からの推定値 ・P/Fは、損傷によって旋回不可とする。 ・P/Fの耐荷重は、グレーチングの耐荷重と同等とする。 ・P/FとCRD交換機は固着していると想定する。ただし、P/Fの固着は不安定(衝撃等で外れる可能性有)とする。

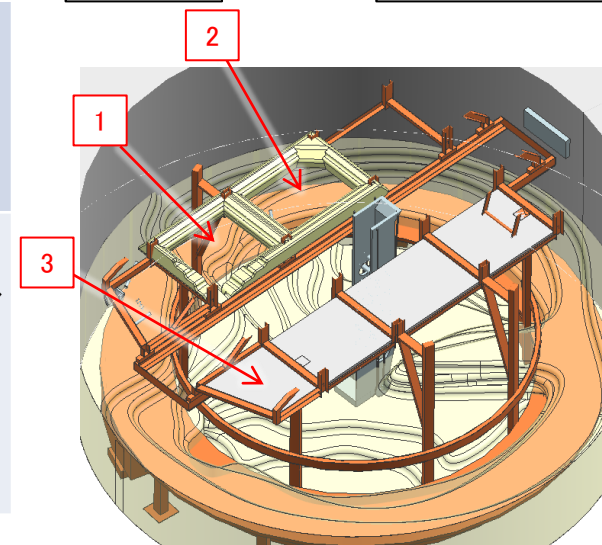
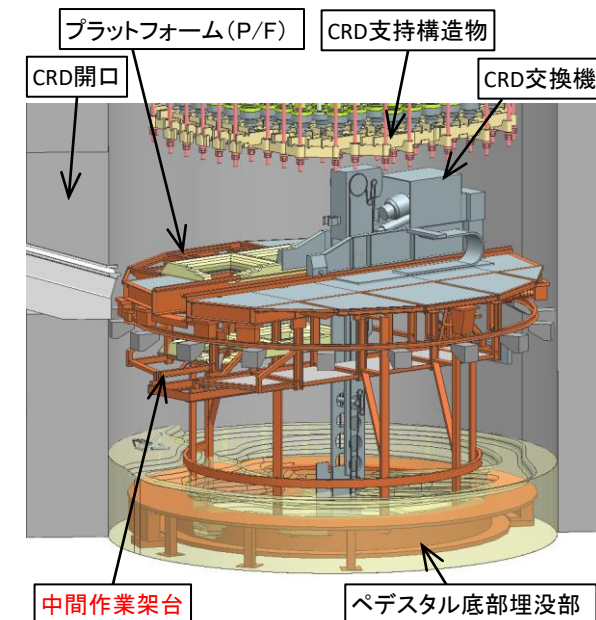


※50%に根拠無し。作業上困難であれば、別途見直し。

## ② CRD交換機の解体

### ■各種前提条件の整理(6/10)【中間作業架台の仕様】

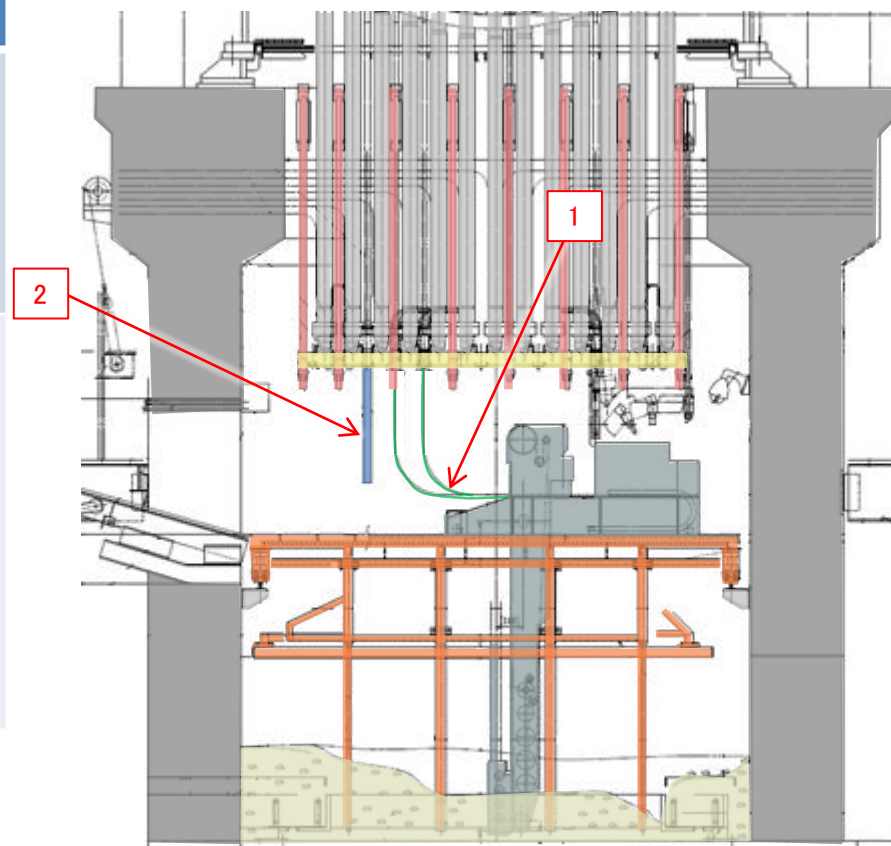
No.	項目	仕様	備考
1	開口G2	【寸法(図面寸法)】 幅:800 [mm], 奥行き:915 [mm]	•推定値
2	開口H2	【寸法(図面寸法)】 幅:800 [mm], 奥行き:1,090 [mm]	•推定値
3	グレーチング	【高さ】:実機設計段階で取得	
4	配置	【高さ】 ペDESTAL底部～中間作業架台 グレーチング:2,192 [mm]	•中間作業架台とCRD交換機は固着していると想定する。ただし、中間作業架台の固着は不安定(衝撃等で外れる可能性有)とする。



## ② CRD交換機の解体

- 各種前提条件の整理(7/10) 【CRD交換機周辺の干渉物(ペDESTアル上部構造物)の仕様】  
CRD交換機を撤去するために事前撤去が必要な干渉物を抽出した。抽出した結果を以下に示す。

No.	干渉物	仕様	備考
1	TIP案内管	【外径】: Φ9.525 [mm] 【員数】:31本 【材質】:SUS304-TP	•(4号機)
2	TIP案内管 サポート	【寸法】: 高さ:75×75×t9 [mm] (U字鋼) 長さ:約1,600 [mm] (P/F上～下端:633.2 [mm]) 【質量】:約25 [kg]程度 【員数】:10～20(想定) 【材質】:SUS304(推定)	•2号機でのみ 使用

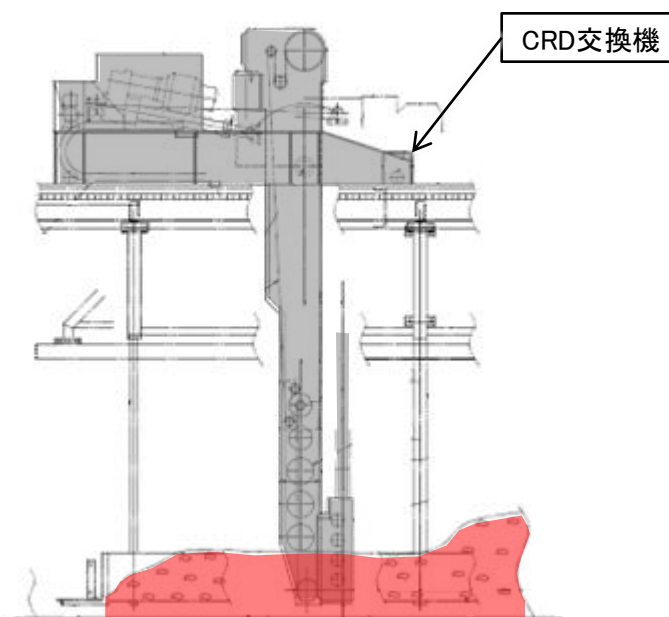


ペDESTアル内CRD交換機他縦断面図

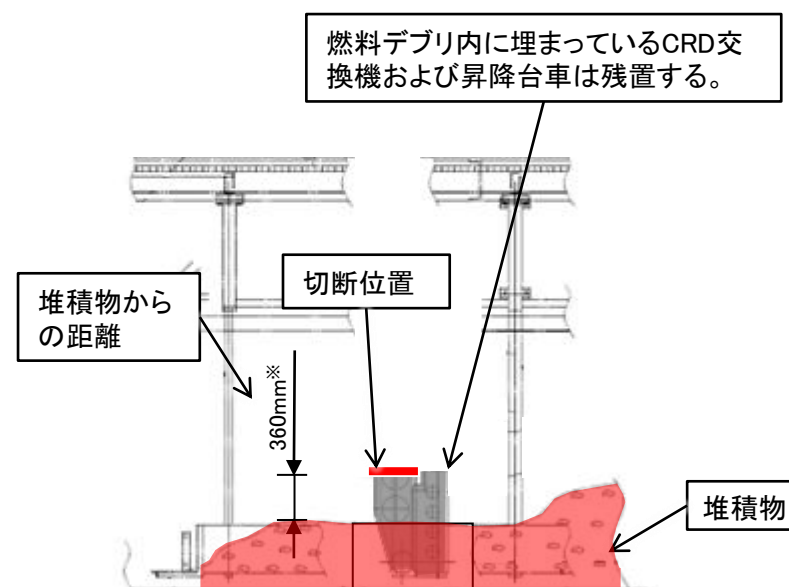
### ② CRD交換機の解体

#### ■各種前提条件の整理(8/10)【ペDESTAL底部の堆積物の状況と、CRD交換機の撤去範囲】

- 1～3号機共通で、CRD交換機の撤去範囲は、ペDESTAL底部の堆積物内に埋まっているCRD交換機および昇降台車以外とする。(CRD交換機および昇降台車は、堆積物に固着していることを想定)
- 2号機CRD交換機について、切断時の断面積が少なくなる穴部を切断する方針とする。また、切断ツールの設置性を考慮し、切断位置と堆積物との距離を確保するため、残置するCRD交換機は、堆積物表面から高さ360mm※とする。
- 当該箇所の切断が、切断ツールの仕様上困難であれば、別途切断位置を見直す。ただし、可能な限り堆積物からの高さは抑える。



CRD交換機撤去前(2号機の例)

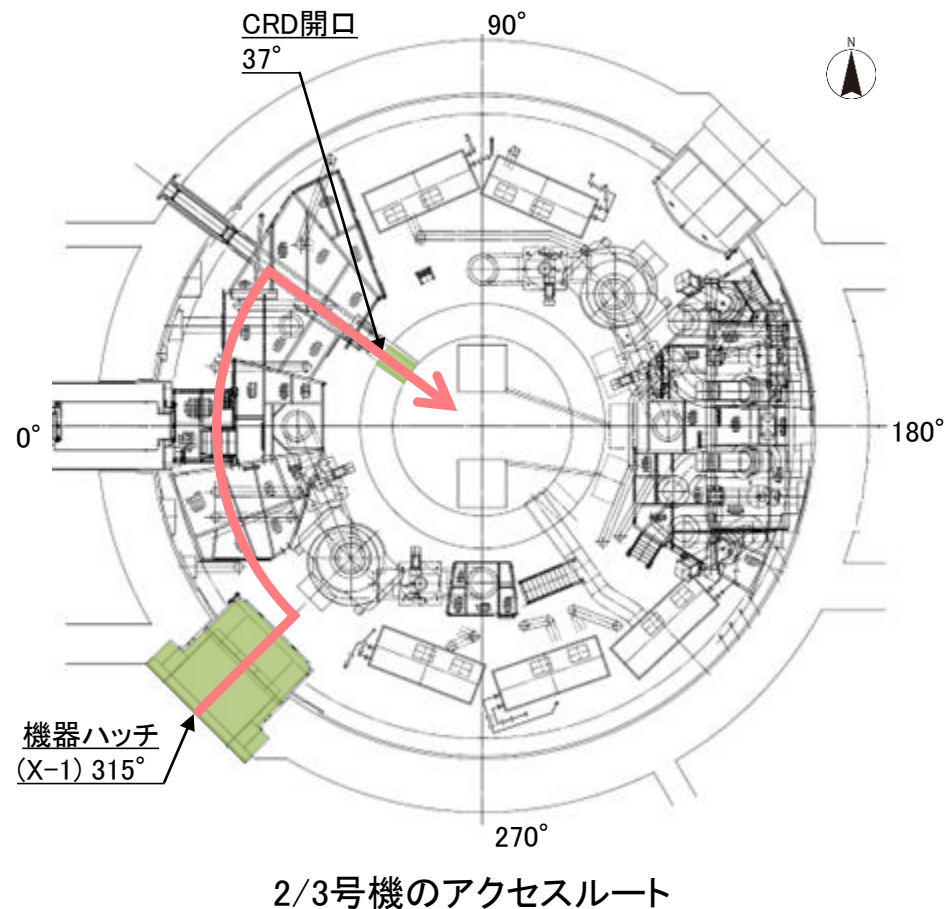
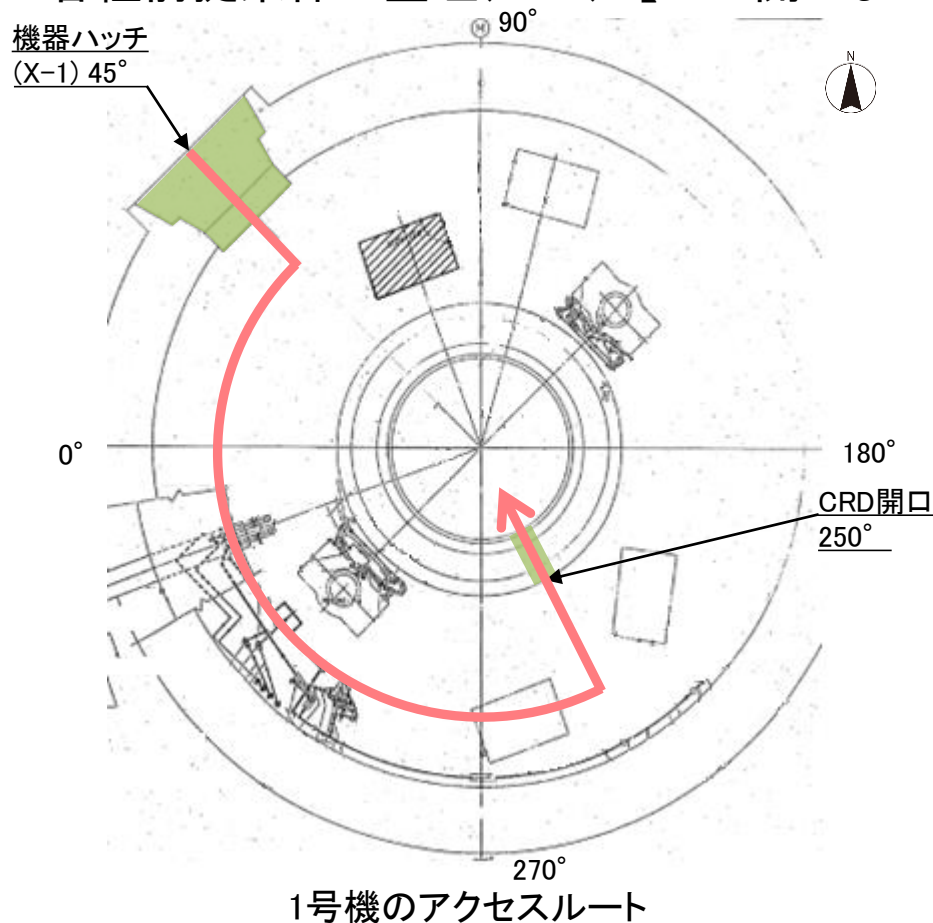


CRD交換機撤去後(2号機の例)

※推定値。

## ② CRD交換機の解体

### ■各種前提条件の整理(9/10)【CRD開口までのアクセスルートおよび干渉物の仕様[1/2]】



- 全号機共通で、機器ハッチからPCV内に各種装置をインストールし、ペDESTAL外周を最短経路（平面図で1号機：反時計周り、2/3号機：時計回り）で通過し、CRD開口までアクセスする。
- CRD交換機解体片の搬出は、逆手順により、CRD開口からペDESTAL外に、機器ハッチからPCV外に搬出する。

## ② CRD交換機の解体

## ■各種前提条件の整理(10/10)【CRD開口までのアクセスルートおよび干渉物の仕様[2/2]】

No.	干渉物分類	代表寸法 [mm]	撤去難易度評価	難易度の判定理由
1	はしご	75×75	易	使用計画は無いと想定。はしご上端の接続構造の詳細は不明のため、部分的に撤去することが可能か、はしご全体を撤去する必要があるか検討が必要。比較的寸法が小さいため、撤去容易と判断。
2	弁	Φ125.7	撤去不可	RCW系配管のため、今後の使用計画によっては撤去不可と判断。
3	サポート	150×150×t10 (H鋼)	難	操作床のサポート(脚部)のため、サポートのみを部分的に撤去することが可能か、操作床全体を撤去する必要があるか検討が必要。 操作床全体を撤去する必要がある場合、物量が多く、撤去難易度が高いと判断。
4	サポート	150×150×t10 (H鋼)	難	No.3と同様。
5	サポート	150×150×t10 (H鋼)	難	No.3と同様。
6	操作盤	H1,250×900×200	易	構成部材板厚や固定方法、全体重量等の詳細は不明だが、板厚は比較的薄いと想定。全体重量が400kg以下であれば、HVH解体・搬出用の装置適用可能性もあると想定。
7	配管サポート	200×200×t12 (H鋼)	難	HVH構成部材である[150チャンネル鋼(t6.5)よりも板厚が厚く、切断撤去可能か別途確認が必要。
8	配管サポート	□120	難	中実か中空か、板厚を含め詳細は不明。中実の場合、チップソー等での切断撤去は難しく、専用の切断撤去装置が必要と判断。
9	サポート	125×125×t9 (H鋼)	難	No.3と同様。
10	サポート	125×125×t9 (H鋼)	難	No.3と同様。
11	配管サポート	□75	難	No.8と同様。
12	サポート	200×200×t12 (H鋼)	難	No.7と同様。
13	サポート	150×150×t10 (H鋼)	難	No.3と同様。
14	柵、手摺	30×30	易	比較的寸法が小さいため、撤去容易と判断。

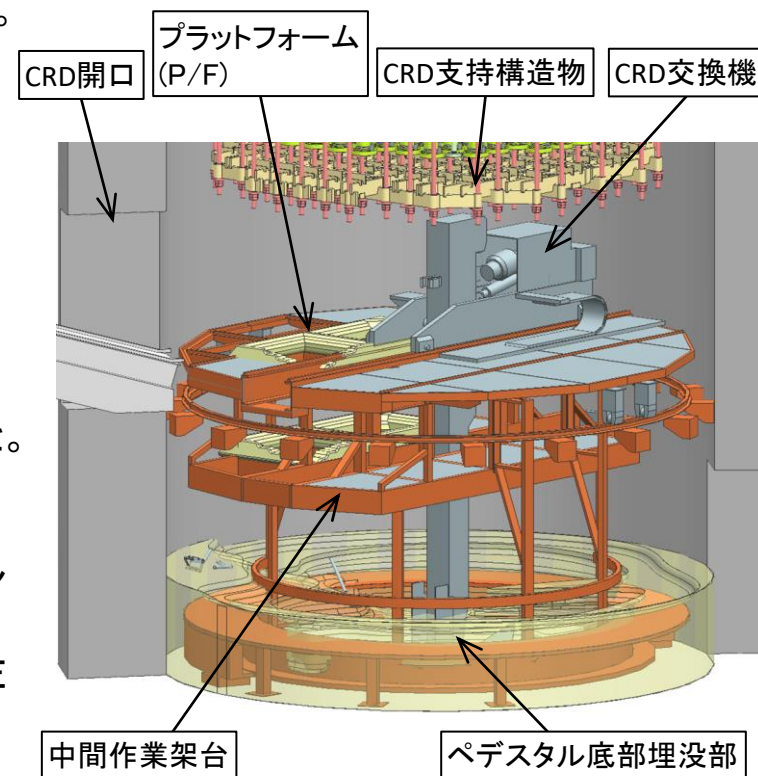
1/3号機についても同様に、CRD開口までの干渉物の仕様調査を実施中。

## ② CRD交換機の解体

### ■ 要求事項の検討・整理

#### (1) 工法に対する要求事項

- [2号機特有] P/Fが残存した状態で、CRD交換機を撤去すること。  
(P/F上にCRD交換機が残存しているため、P/Fおよび中間作業架台の事前撤去は困難であると判断)
- [1/3号機特有] CRD開口付近の構造物から順次撤去すること。
- 大型構造物を、CRD開口から搬出可能で、かつ極力大きなサイズに切り出し、搬出すること。  
(切断回数低減によるスループット向上が目的)
- 切断片を極力ペDESTAL底部へ落下させない対策をすること。
- 装置・治具をペDESTAL底部へ落下させない対策をすること。
- ペDESTAL底部へ切断片、装置および治具を仮置きしないこと。
- ペDESTAL内の上部構造物(CRD支持構造物)の健全性が不明であるため、上部構造物へ設備取付をしないこと。
- ペDESTAL内壁の健全性が不明であるため、内壁面に対し、アンカー等の加工を伴う作業はしないこと。  
(ペDESTAL外壁面へ荷重を掛けることおよびCRD搬出口内の左右上の壁面の突っ張り使用は可能とする)



ペDESTAL内概要イメージ図(2号機の例)

#### (2) 使用する装置・治具に対する要求事項

- ペDESTAL内の環境条件(ペDESTAL上部からの降雨、暗所、線量率:43Gy/h\*1 以上)で使用可能であること。
- ペDESTAL内での複雑な組立作業が不要であること。
- 作業時の視認性を上げるための、カメラと照明を搭載すること。

\*1) 2号機ペDESTAL外における線量率の最大値。  
(出典:東京電力ホームページ、2号機原子炉格納容器内部調査実施結果[2019/02/28])

## ② CRD交換機の解体

### ■ 解体・撤去方法の検討(1/6)

2号機と1/3号機のCRD交換機解体撤去方法、方針を以下に示す。

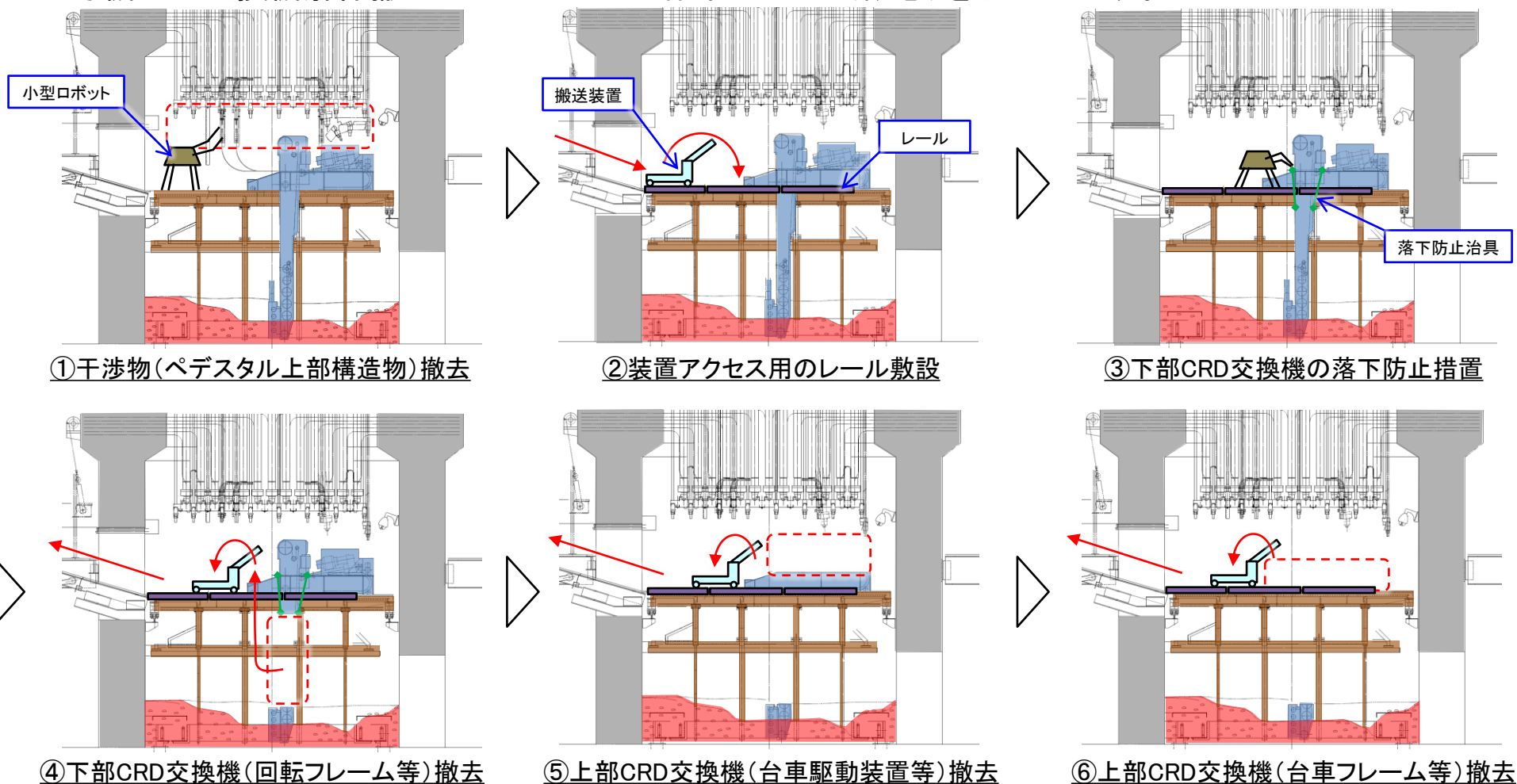
	2号機	1/3号機
ペDESTル内部状況イメージ	<p>上部機器 CRD交換機 中間作業架台 プラットフォーム(P/F) 堆積物</p>	<p>上部機器 CRガイドチューブ 中間作業架台 CRD交換機(堆積物内に埋没) 堆積物 プラットフォーム(P/F)</p>
解体方法	P/Fが残存した状態で、CRD交換機を撤去する。 (P/F上にCRD交換機が残存しているため、P/Fおよび中間作業架台の事前撤去は困難であると判断。)	CRD開口付近の構造物(P/Fや中間作業架台等)から順次撤去し、作業エリアを確保した状態でCRD交換機を撤去する。
解体方針	<b><u>大型構造物切断片を、CRD開口から搬出可能で、かつ極力大きなサイズとする。</u></b>	

- 2号機と1/3号機の解体方法は異なるが、解体方針は全号機共通で、切断回数低減によるスループット向上を目的として、**大型構造物切断片を、CRD開口から搬出可能で、かつ極力大きなサイズとする。**
- 2号機と1/3号機各々の解体方法について、作業ステップを次頁以降に示す。
- 1/3号機は不確定要因(CRD交換機の位置および状態、堆積物の状態等)が多い。今後、不確定要因が明確になった段階で、解体方法の見直しを実施する。

## ② CRD交換機の解体

### ■解体・撤去方法の検討(2/6)【2号機CRD交換機解体撤去方法[1/3]】

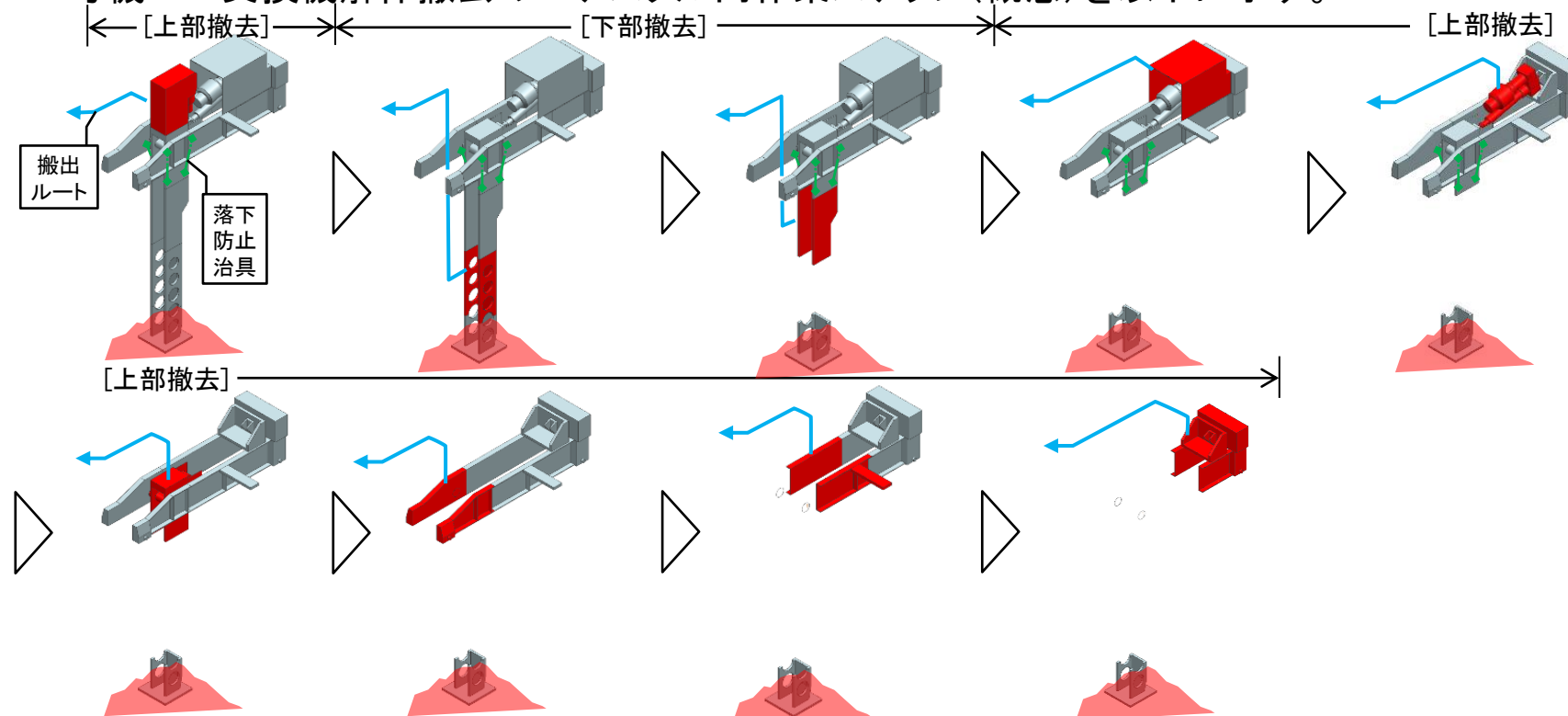
2号機CRD交換機解体撤去のペDESTAL内作業ステップ(概念)を以下に示す。



## ② CRD交換機の解体

## ■解体・撤去方法の検討(3/6)【2号機CRD交換機解体撤去方法[2/3]】

2号機CRD交換機解体撤去のペDESTAL内作業ステップ(概念)を以下に示す。

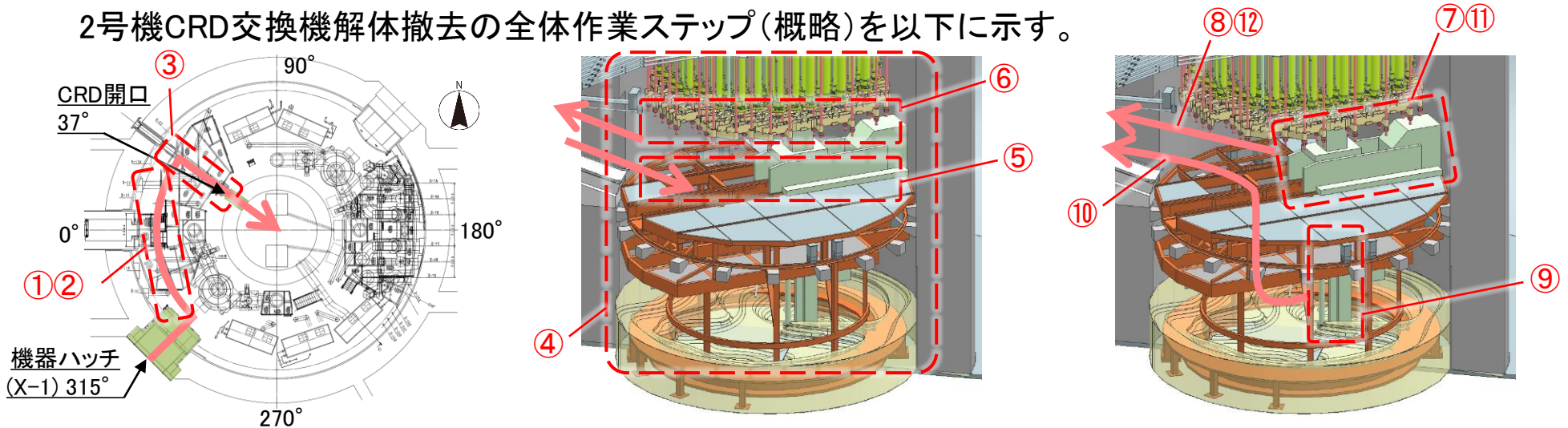


- 表面に露出している小型の部材(チェーン・昇降台車など)は事前にロボットで把持・切断・撤去をした後に、残りの部材をCRD開口から搬出可能なサイズで大切りし、撤去する。
- 上記模式図の手順は一例。切断片撤去や、落下防止治具取付の作業スペース確保、落下防止対象の重量低減を考慮すると、最初に上部CRD交換機を撤去する(上部→下部→上部の順とする)ことが望ましい。
- ただし、後述の基礎試験では狭隘な条件(下部→上部の順)で作業が成立するか確認した。
- CRD交換機内部構造の詳細(寸法、重量、切断時の小型部材落下有無)が判明次第、切断位置および撤去手順を見直す。

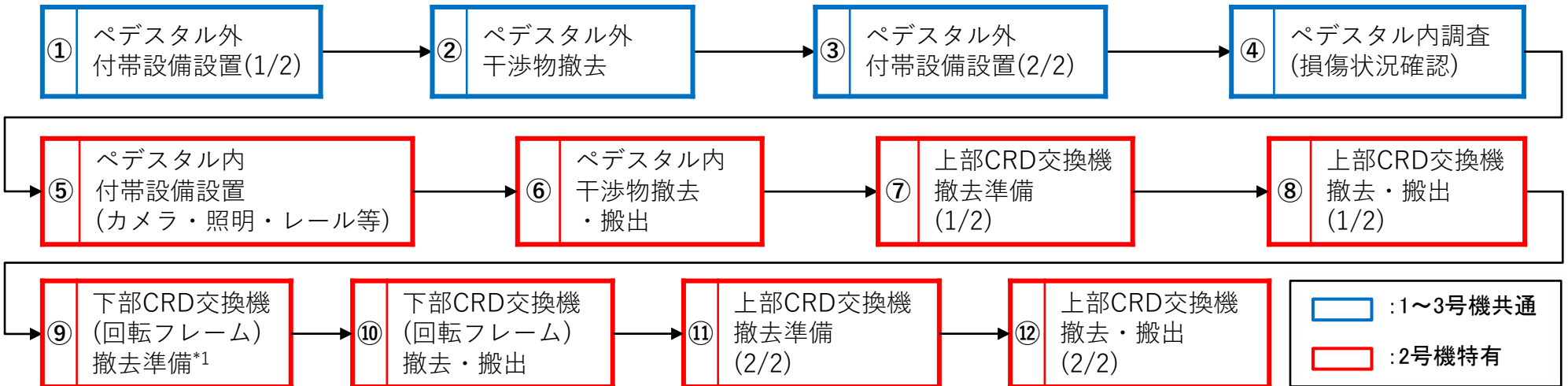
## ② CRD交換機の解体

### ■解体・撤去方法の検討(4/6)【2号機CRD交換機解体撤去方法[3/3]】

2号機CRD交換機解体撤去の全体作業ステップ(概略)を以下に示す。



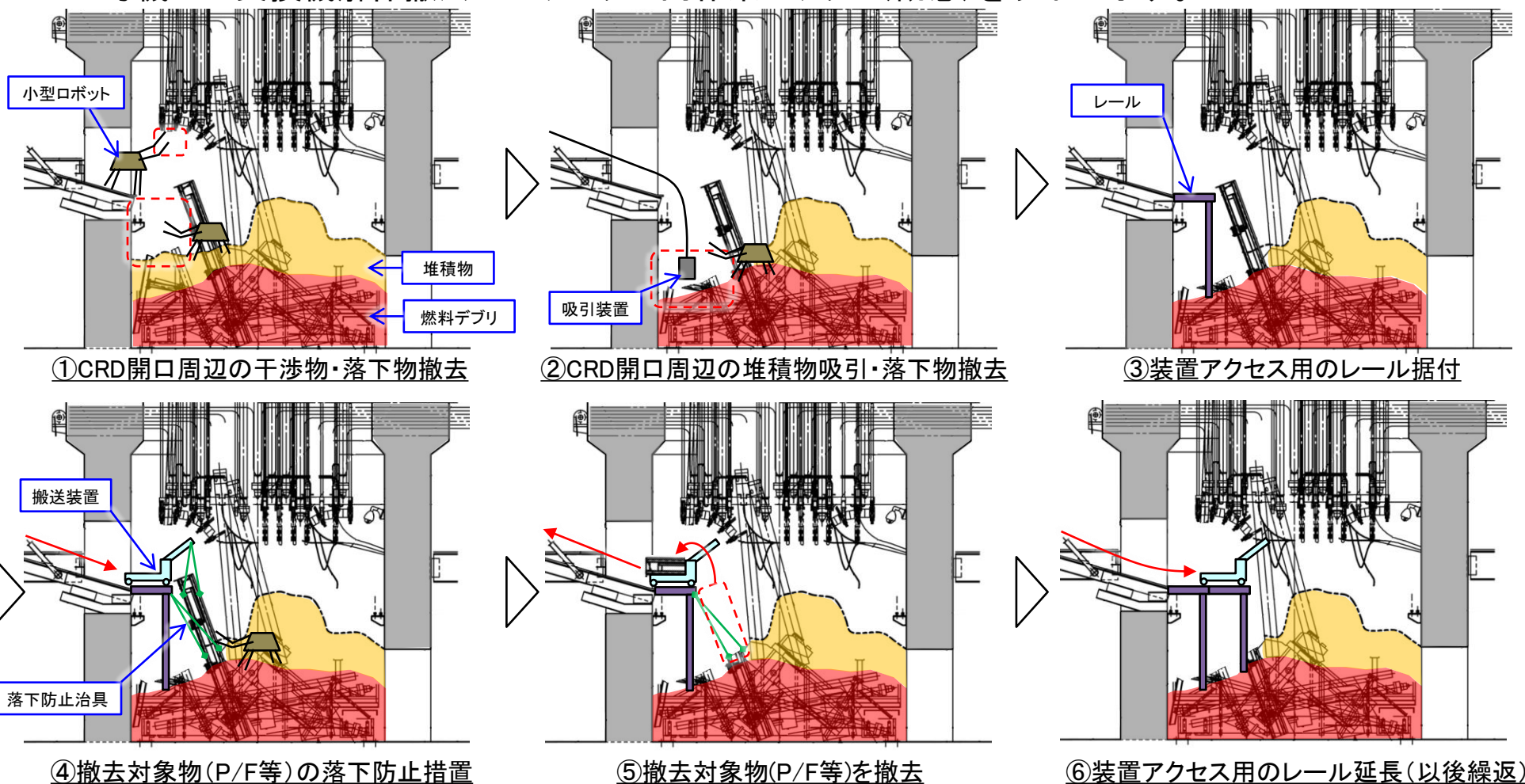
### 〈概略作業ステップ〉



## ② CRD交換機の解体

### ■解体・撤去方法の検討(5/6)【1/3号機CRD交換機解体撤去方法[1/2]】

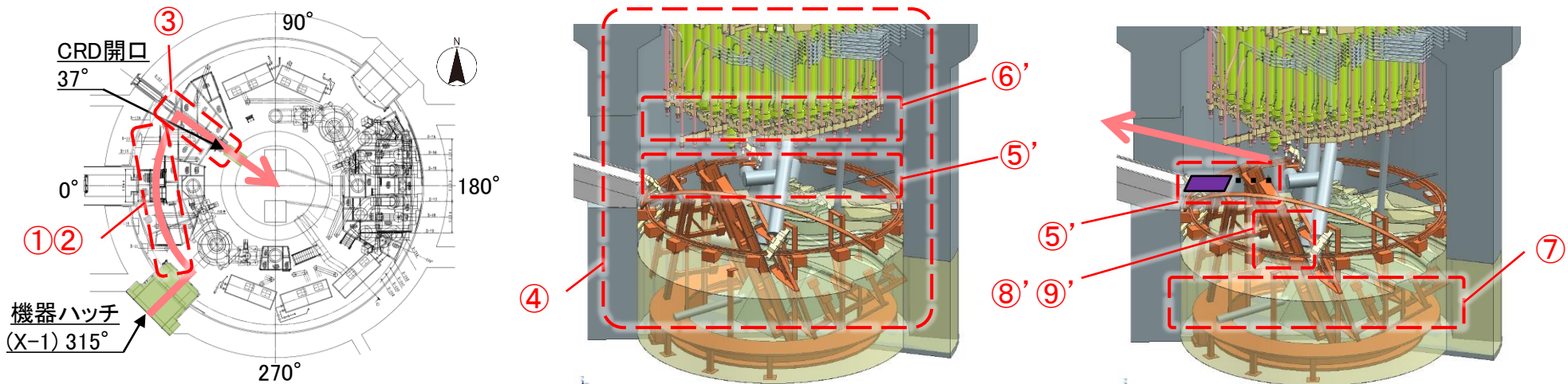
1/3号機CRD交換機解体撤去のペDESTAL内作業ステップ(概念)を以下に示す。



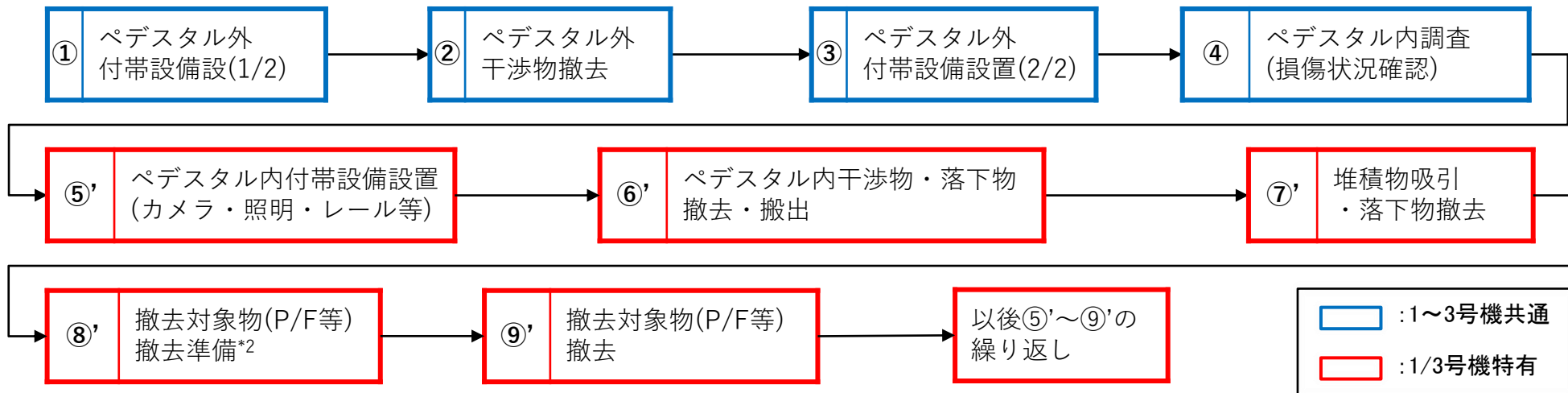
## ② CRD交換機の解体

### ■解体・撤去方法の検討(6/6)【1/3号機CRD交換機解体撤去方法[2/2]】

1/3号機CRD交換機解体撤去の全体作業ステップ\*1(概略)を以下に示す。



#### 〈概略作業ステップ〉



### ② CRD交換機の解体

#### ■ 開発すべき共通技術の抽出

##### 2号機CRD交換機解体撤去の概念

- 干渉物(ペDESTAL上部構造物)を、小型ロボットを用いて撤去。
- 装置アクセス用のレールをP/F上に敷設。
- ぶら下がり構造である下部CRD交換機(回転フレーム)を上部CRD交換機と締結して落下を防止する。
- ジブを備えた搬送装置をCRD開口から搬入し、CRD交換機を解体→揚重→積載→搬出する。

##### 1/3号機CRD交換機解体撤去の概念

- CRD開口周辺の干渉物(ペDESTAL上部構造物)や落下物を、小型ロボットを用いて撤去。
- CRD開口周辺の堆積物を吸引除去し、堆積物内の落下物を、小型ロボットを用いて撤去。
- 装置アクセス用のレールをペDESTAL内に据付\*1。
- 撤去対象物(P/F等)をレールと締結して撤去対象物の倒壊を防止する。
- ジブを備えた搬送装置をCRD開口から搬入し、撤去対象物を解体→揚重→積載→搬出する。
- 以後同様の手順を繰り返し、CRD開口周辺から順に撤去領域を拡大する。

- 1～3号機に共通で必要となる、ジブを備えた搬送装置について、先行して設計・製作を実施。
- まずは2号機を模擬した試験環境で、CRD開口からの装置搬入および解体片の揚重→積載→搬出が可能か、基礎試験を実施して確認することにした。
- なお、2号機CRD交換機解体撤去に必要な、「装置アクセス用のレール」「上部CRD交換機と締結する落下防止」についても、基礎試験にて成立性を確認することにした。

\*1) 1/3号機用レールを片持ち構造とするか、脚部をペDESTAL底部に設置させるかは、強度評価を含めて現在検討中。

# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

## ② CRD交換機の解体

### ■要素試験項目(1/3)

検討した作業ステップのうち、単体試験および要素試験の試験項目を選定した。

: 基礎試験による  
事前確認範囲

作業			単体試験*1		要素試験*2	
号機	ステップ	内容	要否	理由	要否	理由
1~3 共通	①ペDESTAL外 付帯設備設置(1/2)	俯瞰カメラ/照明設置 (ペDESTAL外)	否	2018年度補助事業(ペDESTAL外干渉物撤去)で 実施しているため不要。	否	2018年度補助事業(ペDESTAL外干渉物撤去)で 実施しているため不要。
		ユーティリティライン構築	否	2019年度補助事業(水循環システム構築)で 実施しているため不要。	否	2019年度補助事業(水循環システム構築)で 実施しているため不要。
	②ペDESTAL外 干渉物撤去	ペDESTAL外 干渉物の切断/把持/移動	否	2018年度補助事業(ペDESTAL外干渉物撤去)で 実施しているため不要。	否	2018年度補助事業(ペDESTAL外干渉物撤去)で 実施しているため不要。
	③ペDESTAL外 付帯設備設置(2/2)	ウインチユニットの設置	否	2020年度補助事業(ペDESTAL内干渉物撤去)で 実施しているため不要。	否	2020年度補助事業(ペDESTAL内干渉物撤去)で 実施しているため不要。
		ケーブルホース処理装置 の設置	否	2020年度補助事業(ペDESTAL内干渉物撤去)で 実施しているため不要。	否	2020年度補助事業(ペDESTAL内干渉物撤去)で 実施しているため不要。
		搬出入レールの設置	否	2020年度補助事業(ペDESTAL内干渉物撤去)で 実施しているため不要。	否	2020年度補助事業(ペDESTAL内干渉物撤去)で 実施しているため不要。
	④ペDESTAL内調査	損傷状況の確認	否	環境模擬体内で試験実施すべき内容のため。	要	俯瞰カメラや照明が十分設置されていない状態で、 損傷状況を判定可能か確認するため。
2	⑤ペDESTAL内 付帯設備設置	俯瞰カメラ/照明設置 (ペDESTAL内)	否	環境模擬体内で試験実施すべき内容のため。	要	ペDESTAL内の所定の箇所にカメラや照明を遠隔 設置可能か確認するため。
		搬出入レールの展開・延長	要	展開・延長可能な条件を確認するため。 (2号機特有のレール)	要	周辺の構造物と干渉せず、展開・延長可能か 確認するため。(2号機特有のレール)
	⑥ペDESTAL内 干渉物撤去・搬出	配管、サポートの 切断/把持/移動	否	2020年度補助事業(ペDESTAL内干渉物撤去)で 実施しているため不要。	否	2020年度補助事業(ペDESTAL内干渉物撤去)で 実施しているため不要。

# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

## ② CRD交換機の解体

### ■要素試験項目(2/3)

検討した作業ステップのうち、単体試験および要素試験の試験項目を選定した。

: 基礎試験による  
事前確認範囲


作業			単体試験*1		要素試験*2	
号機	ステップ	内容	要否	理由	要否	理由
2	⑨下部CRD交換機 (回転フレーム) 撤去準備	切断装置の搬入・設置	要	搬入・設置可能な条件を確認するため。	要	周辺の構造物と干渉せず、搬入・設置可能か確認するため。
		落下防止治具の搬入・設置	要		要	
	⑩下部CRD交換機 (回転フレーム) 撤去・搬出	回転フレームの切断	要	切断可能な条件を確認するため。	要	ロボットと切断ツールにより、切断可能か確認するため。
		CRD交換機下部切断片の 切断片搬出装置による揚重	要	ペDESTAL底部から、切断片を揚重可能な条件を確認するため。	要	周辺の構造物(主にP/F、中間作業架台)と干渉せず、揚重可能か確認するため。
		ペDESTAL外への切断片 搬出装置の移動	要	移動可能な条件を確認するため。	要	周辺の構造物と干渉せず、搬出可能か確認するため。
		ペDESTAL外(機器ハッチ前 まで)への切断片搬出	否	2018年度補助事業(ペDESTAL外干渉物撤去)で実施しているため不要。	否	2018年度補助事業(ペDESTAL外干渉物撤去)で実施しているため不要。
	⑦⑪上部CRD交換機 撤去準備	切断装置の搬入・設置	要	搬入・設置可能な条件を確認するため。	要	周辺の構造物と干渉せず、搬入・設置可能か確認するため。
		落下防止治具の搬入・設置	要		要	
		CRD交換機周辺への切断片 搬出装置の移動	要	移動可能な条件を確認するため。	要	周辺の構造物と干渉せず、移動可能か確認するため。
	⑧⑫上部CRD交換機 撤去・搬出	CRD交換機上部の切断	否	⑩で確認するため不要。(板厚の厚いCRD交換機下部(回転フレーム)で確認するため不要。)	否	⑩で確認するため不要。(板厚の厚いCRD交換機下部(回転フレーム)で確認するため不要。)
		CRD交換機上部切断片の 切断片搬出装置による揚重	要	揚重可能な条件を確認するため。	要	周囲(主に上部)の構造物と干渉せず、揚重可能か確認するため。
		ペDESTAL外への切断片 搬出装置の移動	否	⑩の作業と類似し、⑩で確認するため不要。	要	周辺の構造物と干渉せず、搬出可能か確認するため。
ペDESTAL外(機器ハッチ前 まで)への切断片搬出		否	2018年度補助事業(ペDESTAL外干渉物撤去)で実施しているため不要。	否	2018年度補助事業(ペDESTAL外干渉物撤去)で実施しているため不要。	

# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

## ② CRD交換機の解体

### ■要素試験項目(3/3)

検討した作業ステップのうち、単体試験および要素試験の試験項目を選定した。

 : 基礎試験による  
事前確認範囲

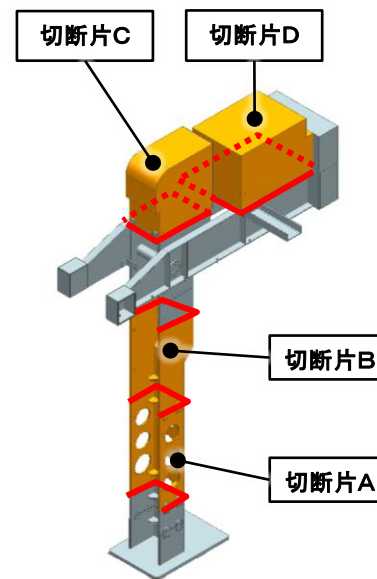
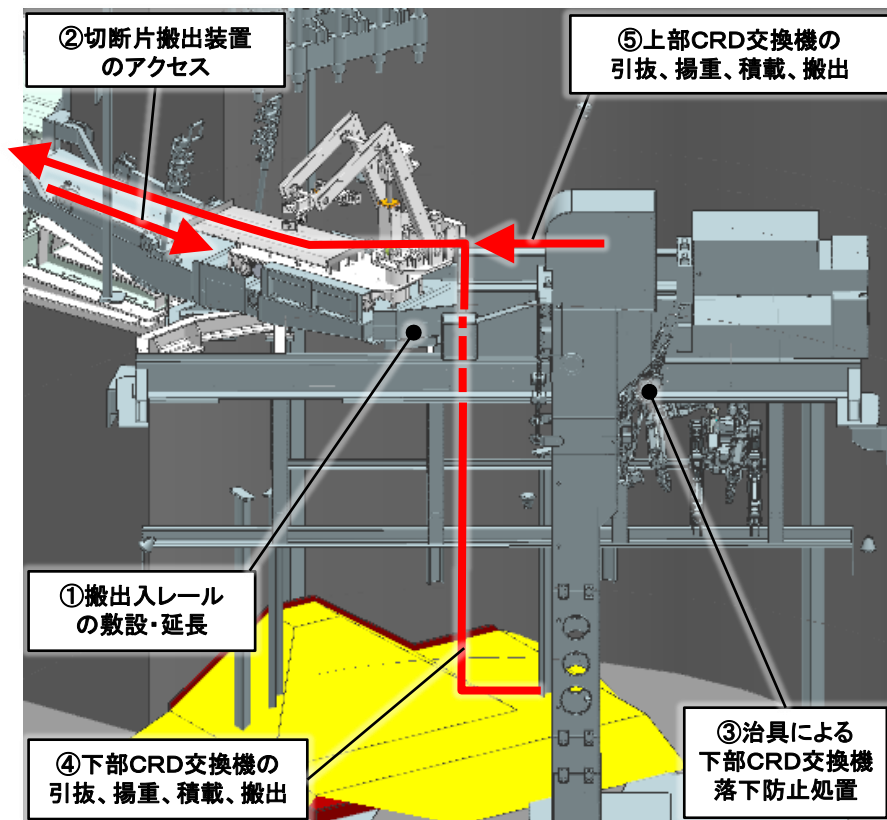
作業			単体試験*1		要素試験*2	
号機	ステップ	内容	要否	理由	要否	理由
1/3	⑤' ペDESTAL内 付帯設備設置	俯瞰カメラ/照明設置 (ペDESTAL内)	否	環境模擬体内で試験実施すべき内容のため。	要	ペDESTAL内の所定の箇所にカメラや照明を遠隔設置可能か確認するため。
		搬出入レールの展開・延長	要	展開・延長可能な条件を確認するため。 (1/3号機特有のレール)	要	周辺の構造物と干渉せず、展開・延長可能か確認するため。(1/3号機特有のレール)
	⑥' ペDESTAL内 干渉物撤去・搬出	配管、サポートの 切断/把持/移動	否	2020年度補助事業(ペDESTAL内干渉物撤去)で実施しているため不要。	否	2020年度補助事業(ペDESTAL内干渉物撤去)で実施しているため不要。
	⑦' ペDESTAL内 堆積物吸引・落下 物撤去	堆積物吸引装置の設定	否	堆積物性状・吸引回収可否が確定していないため。	否	堆積物性状・吸引回収可否が確定していないため。
		堆積物吸引	否	堆積物性状・吸引回収可否が確定していないため。	否	堆積物性状・吸引回収可否が確定していないため。
		落下物撤去準備・撤去	否	⑧' ⑨' の作業と類似し、⑧' ⑨' で確認するため不要。	否	⑧' ⑨' の作業と類似し、⑧' ⑨' で確認するため不要。
	⑧' ペDESTAL内 撤去対象物 (P/F等撤去準備)	切断装置の搬入・設置	要	搬入・設置可能な条件を確認するため。	要	搬入・設置可能な条件を確認するため。
		落下防止治具の搬入・設置	要		要	
		撤去対象物周辺への切断片 搬出装置の移動	要	移動可能な条件を確認するため。	要	周辺の構造物と干渉せず、移動可能か確認するため。
	⑨' ペDESTAL外 撤去対象物 (P/F等)撤去	撤去対象物の切断	否	2号機のステップ⑩と類似のため。	否	2号機のステップ⑩と類似のため。
		撤去対象物切断片の 切断片搬出装置による揚重	要	ペDESTAL底部から切断片を揚重可能な条件を確認するため。	要	周辺の構造物(錯綜した落下物)と干渉せず、揚重可能か確認するため。
		ペDESTAL外への切断片搬 出装置の移動	否	2号機のステップ⑩と類似のため。	否	2号機のステップ⑧⑩⑫と類似のため。
		ペDESTAL外(機器ハッチ前 まで)への切断片搬出	否	2018年度補助事業(ペDESTAL外干渉物撤去)で実施しているため不要。	否	2018年度補助事業(ペDESTAL外干渉物撤去)で実施しているため不要。

要と判断した単体試験および要素試験について試験を実施する。

## ② CRD交換機の解体

### ■基礎試験計画(1/3)

基礎試験の概要を以下に示す。



選定した4箇所の切断片

No.	切断片選定理由
A	切断片の上部と下部の干渉物により、引抜時にスタックするリスクが高いため。
B	狭隘部(中間作業架台)でロボによる切断片への治具取付作業が必要なため。
C	高さ寸法が最大で、引抜、揚重時の上部構造物とのクリアランスが最小なため。
D	荷台積載時の幅寸法が最大で、CRD開口とのクリアランスが最小なため。

- 撤去対象のCRD交換機のうち、4箇所の切断片(いずれも重量は約100 kg)に絞って、引抜、揚重、積載、搬出の一連の作業が成立するか確認する。
- 切断および吊具取付用の穴加工については、次年度の要素試験の中で確認する。

## ② CRD交換機の解体

## ■ 基礎試験計画(2/3)

基礎試験における確認項目を以下に示す。

No.	試験区分	試験概要	確認項目
1	内部調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>ペDESTAL内付帯設備(カメラ・照明)をCRD開口周辺のみに設置した状態で、ペDESTAL内にロボットを投入し、P/F上、中間作業架台、ペDESTAL底部の所定の位置にロボットを移動させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボット周囲の損傷状況をロボット手先のカメラ等で調査可能か確認する。</li> <li>CRD交換機や中間作業架台をロボットのハンドで把持し、前後に押す動作(固定状況)が可能か確認する。</li> </ul>
2	レールの敷設	<ul style="list-style-type: none"> <li>荷台にレールを積載した装置をペDESTAL内にインストールし、装置を使ってP/F上の所定の位置にレールを設置し、レールをCRD開口対面側付近まで延長する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ペDESTAL内構造物と干渉することなく、レールの搬入から設置までの作業が可能か確認する。</li> <li>延長したレール上を走行し、撤去対象であるCRD交換機周辺まで装置を移動可能か確認する。</li> </ul>
3	落下防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>荷台に落下防止治具を積載した装置をペDESTAL内にインストールし、装置を使って上部CRD交換機(台車フレーム)上に落下防止治具を設置する。</li> <li>落下防止治具に付いている落下防止用チェーンを、ロボットを使って下部CRD交換機に接続する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ペDESTAL内構造物と干渉することなく、落下防止治具の搬入から設置までの作業が可能か確認する。</li> <li>中間作業架台のような狭隘部において、落下防止用チェーンと下部CRD交換機を接続する動作をロボットが可能か確認する。</li> <li>落下防止治具や落下防止用チェーンが、以降のCRD交換機撤去作業を阻害しないか確認する。</li> </ul>
4	下部CRD交換機撤去	<ul style="list-style-type: none"> <li>落下防止治具に付いている振れ止め用チェーンを、ロボットを使って下部CRD交換機に接続する。</li> <li>振れ止め用のチェーン長をロボットを使って延長しながら、装置を使って切断片を引き抜き、揚重、積載し、ペDESTAL外に搬出する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中間作業架台のような狭隘部において、振れ止め用チェーンと下部CRD交換機を接続する動作をロボットが可能か確認する。</li> <li>ペDESTAL内構造物と干渉することなく、100 [kg]切断片の引き抜き、揚重、積載とペDESTAL外への搬出が可能か確認する。</li> </ul>

### ② CRD交換機の解体

#### ■ 基礎試験計画(3/3)

基礎試験における確認項目を以下に示す。

No.	試験区分	試験概要	確認項目
5	上部CRD 交換機 撤去	<ul style="list-style-type: none"> <li>装置を使って切断片を引き抜き、揚重、積載し、ペDESTAL外に搬出する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ペDESTAL内構造物と干渉することなく、100 [kg]切断片の引き抜き、揚重、積載とペDESTAL外への搬出が可能か確認する。</li> </ul>
6	レール ・治具類 の撤去	<ul style="list-style-type: none"> <li>CRD交換機解体撤去に使用したレール・治具類を、装置を使って撤去し、装置荷台に積載してペDESTAL外に搬出する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設置時の逆手順で、レール・治具類の撤去が可能か確認する。</li> </ul>

## ② CRD交換機の解体

### ■解体・撤去装置(基礎試験用)の設計・試作

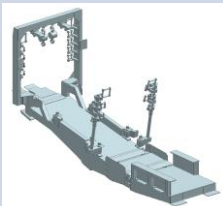

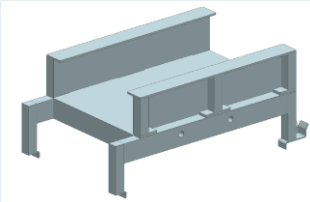
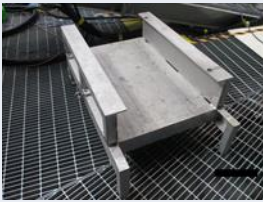
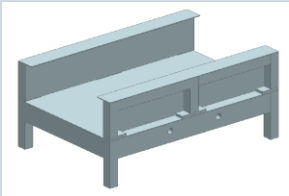

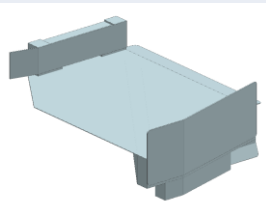

基礎試験に使用した装置および治具類について以下に示す。

No.	名称	概略寸法 [mm]	概略質量 [kg]	外観(計画図)	外観(写真)	概要
1	CRD交換機撤去ロボット	L1,503×W463 ×H575	約100			<ul style="list-style-type: none"> <li>アームに切断装置や治具等を持たせて運搬、設置の作業をする。</li> <li>装置の自走によりペDESTAL内を移動し、内蔵カメラにて状況を確認する。</li> <li>アームで吊り具の設定、解除をする。</li> </ul> <p>(注記)前年度国プロ開発品であり、今年度新規製作品ではない。</p>
2	切断片搬出装置	【起伏時寸法】 L2,137.2×W528.8 ×H1,448 【ジブ倒し時寸法】 L2,679.2×W528.8 ×H966.3	295			<ul style="list-style-type: none"> <li>CRDレール上に設置し、ペDESTAL内へ自走する。</li> <li>約100 [kg]の物を揚重する。</li> <li>旋回して荷台に積載する。</li> <li>ペDESTAL外へ自走する。</li> <li>荷台に治具を積載する。</li> <li>治具に吊り具設定後、設置箇所へ移動する。</li> </ul>

## ② CRD交換機の解体

### ■解体・撤去装置(基礎試験用)の設計・試作

基礎試験に使用した装置および治具類について以下に示す。

No.	名称	概略寸法 [mm]	概略質量 [kg]	外観(計画図)	外観(写真)	概要
3	搬出入レール	【収納時寸法】 W1,000×B2,000 ×H1,500 【展開時寸法】 W1,000×B3,574 ×H1,643	480			<ul style="list-style-type: none"> <li>耐荷重400 [kg]</li> <li>レール展開時重量軽減ばね機構</li> <li>ケーブル処理用ガイドローラ付き</li> <li>装置転倒防止ガイド付き</li> <li>本体/浮き上がり防止ストッパ付き</li> <li>搬出入レール折り畳み機構付き</li> </ul>
4	延長レールA	W700×B1,100 ×H492	100			<ul style="list-style-type: none"> <li>装置転倒防止ガイド付き</li> </ul>
5	延長レールB	W700×B1,050 ×H462	100			<ul style="list-style-type: none"> <li>装置転倒防止ガイド付き</li> </ul>
6	延長レールC	W605×B835 ×H285	35			<ul style="list-style-type: none"> <li>延長レールコーナー部</li> </ul>

## ② CRD交換機の解体

### ■解体・撤去装置(基礎試験用)の設計・試作

基礎試験に使用した装置および治具類について以下に示す。

No.	名称	概略寸法 [mm]	概略質量 [kg]	外観(計画図)	外観(写真)	概要
7	落下防止・ 回転防止治具	W807×B231 ×H522	11.3			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 回転フレーム回り止め、治具ズレ防止機構付き</li> <li>• 台車フレーム転倒防止</li> <li>• 回転フレーム落下防止用チェーン</li> </ul>
8	衝立落下防止 治具	W807×B181.7 ×H639	13.3			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 回転フレーム回り止め、治具ズレ防止機構付き</li> <li>• 台車フレーム転倒防止</li> <li>• 回転フレーム落下防止用チェーン、切断片振れ止め用チェーン</li> </ul>
9	吊り治具 (突起ロックタイ プA)	W135×B201 ×H217	3.3			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 別治具で加工したφ25穴への挿入、抜け止め</li> <li>• 吊り長調整治具、切断片搬出装置のフック取付</li> <li>• 対象板厚:最大40 [mm]</li> <li>• ロボによる遠隔取り外し</li> <li>• 切断線からのオフセット</li> </ul>

## ② CRD交換機の解体

### ■解体・撤去装置(基礎試験用)の設計・試作

基礎試験に使用した装置および治具類について以下に示す。

No.	名称	概略寸法 [mm]	概略質量 [kg]	外観(計画図)	外観(写真)	概要
10	吊り治具 (突起ロックタイプB)	W166×B100 ×H201	3.3			<ul style="list-style-type: none"> <li>別治具で加工したφ25穴への挿入、抜け止め</li> <li>吊り長調整治具、切断片搬出装置のフック取付</li> <li>対象板厚:最大40 [mm]</li> <li>ロボによる遠隔取り外し</li> </ul>
11	吊り治具 (使い捨てタイプ(板ばね))	W212×B108 ×H60	1.3			<ul style="list-style-type: none"> <li>別治具で加工したφ25穴への挿入、抜け止め</li> <li>落下防止用、切断片吊り上げ用</li> <li>対象板厚:最大40 [mm]</li> </ul>
12	吊り治具 (使い捨てタイプ(突起))	W212×B108 ×H60	1.3			<ul style="list-style-type: none"> <li>別治具で加工したφ25穴への挿入、抜け止め</li> <li>落下防止用、切断片吊り上げ用</li> <li>対象板厚:最大40 [mm]</li> </ul>

## ② CRD交換機の解体

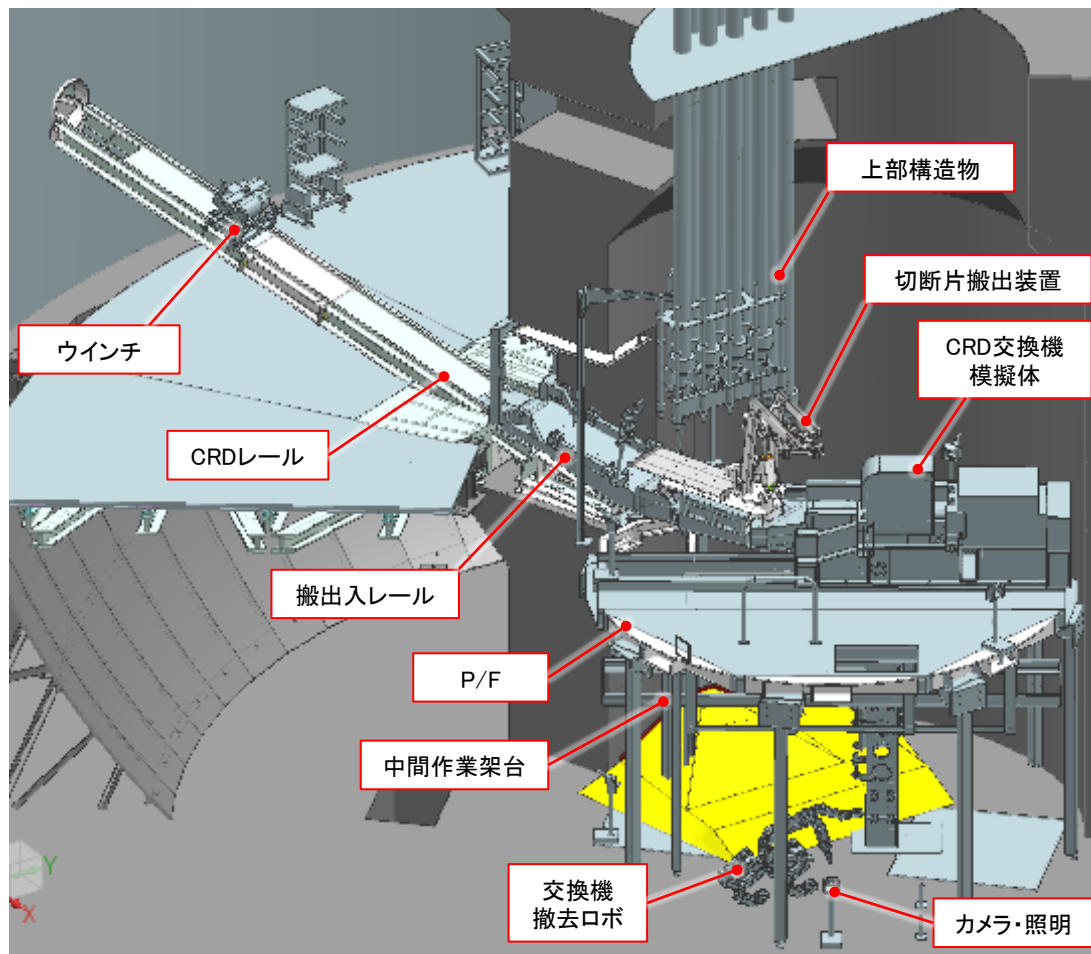
### ■解体・撤去装置(基礎試験用)の設計・試作

基礎試験に使用した装置および治具類について以下に示す。

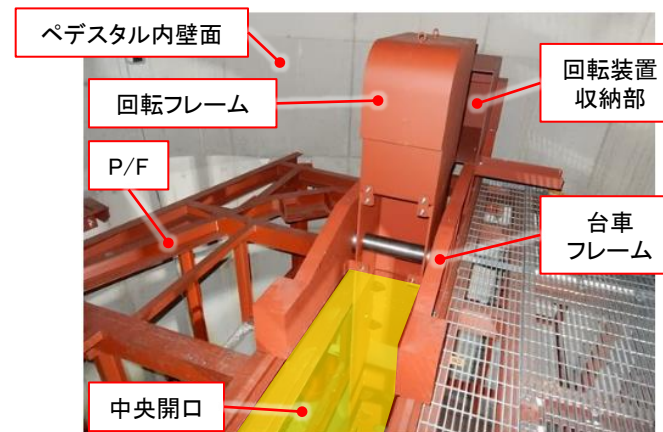
No.	名称	概略寸法 [mm]	概略質量 [kg]	外観(計画図)	外観(写真)	概要
13	吊り長調整治具	W87.2 × B88 × H558.5	3.4			<ul style="list-style-type: none"> <li>耐荷重: 150 [kg]</li> <li>揚程: 2,500 [mm]</li> <li>重量内訳:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) チェーンブロック2.4 [kg] × 1</li> <li>(2) ミニフック0.45 [kg] × 2</li> <li>(3) シャックル0.04 [kg] × 2</li> </ul> </li> <li>使用箇所:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 搬出入レール展開部</li> <li>(2) CRD交換機下部落下防止</li> <li>(3) 切断片振れ止め</li> </ul> </li> </ul>
14	2点吊り用治具	W377.5 × B51.4 × H251.5	1.5			<ul style="list-style-type: none"> <li>耐荷重: 150 [kg]</li> <li>重量内訳:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 丸カン0.32 [kg] × 1</li> <li>(2) ミニフック0.45 [kg] × 2</li> <li>(3) ダブルシャックル0.16 [kg] × 2</li> </ul> </li> <li>使用箇所:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 切断片吊り上げ</li> <li>(2) 切断片振れ止め</li> </ul> </li> </ul> (切断片搬出装置および吊り長調整治具に取付)
15	ミニフック	W50 × B15 × H150	0.45			<ul style="list-style-type: none"> <li>耐荷重: 150 [kg] (安全率4.6)</li> <li>使用箇所:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 搬出入レール展開部</li> <li>(2) CRD交換機下部落下防止</li> <li>(3) 切断片振れ止め</li> </ul> </li> </ul> (切断片搬出装置および吊り長調整治具に取付)

## ② CRD交換機の解体

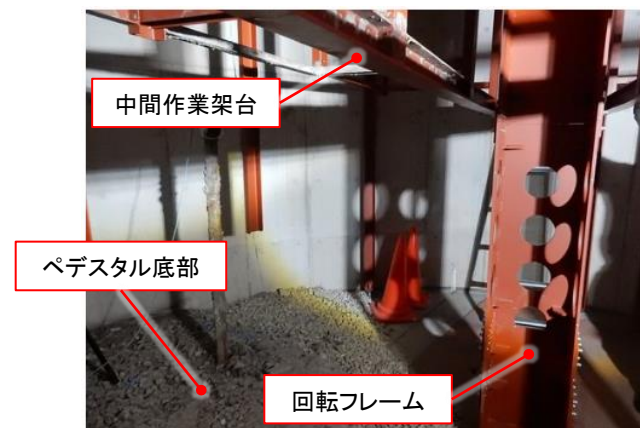
### ■ 模擬体の設計・試作



2号機ペDESTアル内模擬試験設備(全体イメージ図)



CRD交換機模擬体(上部)



CRD交換機模擬体(下部)

2号機ペDESTアル内模擬設備と、CRD交換機模擬体を用いて、基礎試験を実施した。

## ② CRD交換機の解体

### ■ 俯瞰カメラ・照明の設置位置(1/2)

カメラ①  
【設置高さ:P/F上～1000mm】

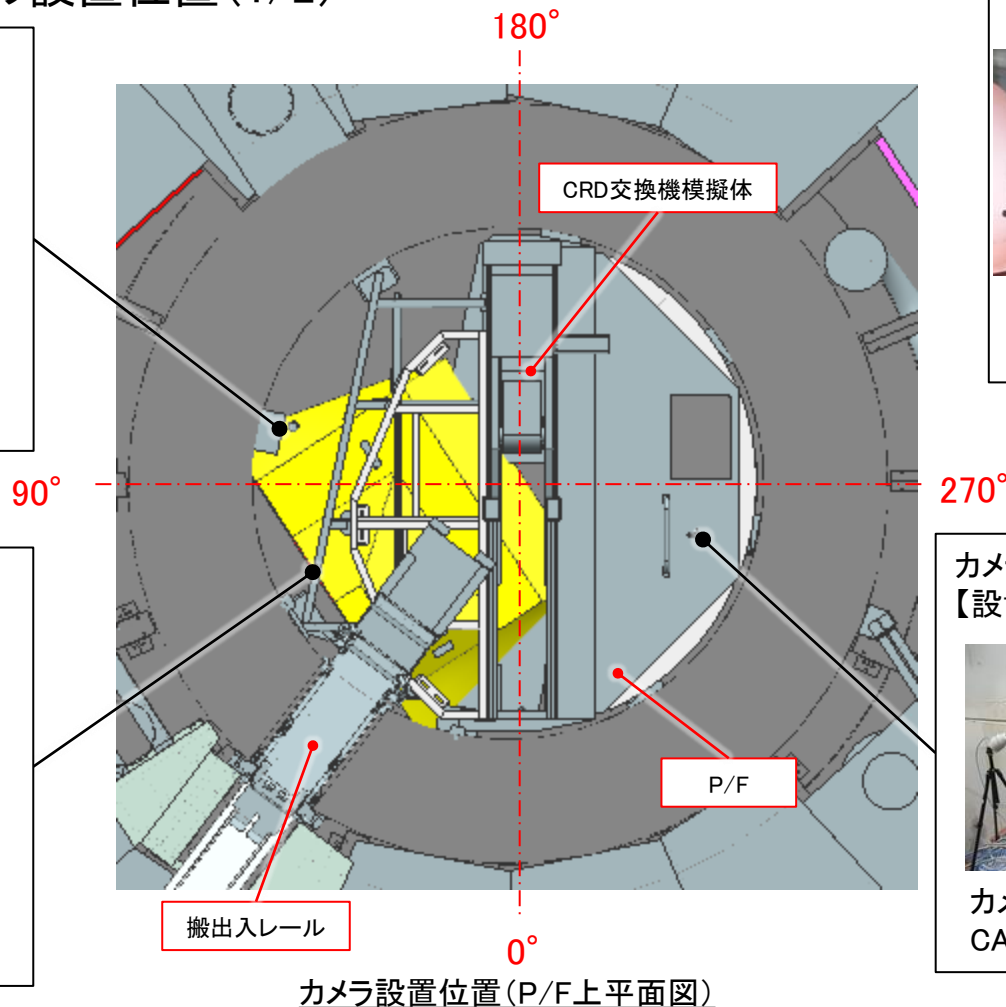


カメラ仕様  
CANON VB-M44

カメラ②  
【設置高さ:P/F上～600mm】



カメラ仕様  
Φ55 CMOS+40W LED照明




内部調査用カメラ



カメラ仕様  
Φ32 CMOS+LED照明

カメラ③  
【設置高さ:P/F上～1200mm】

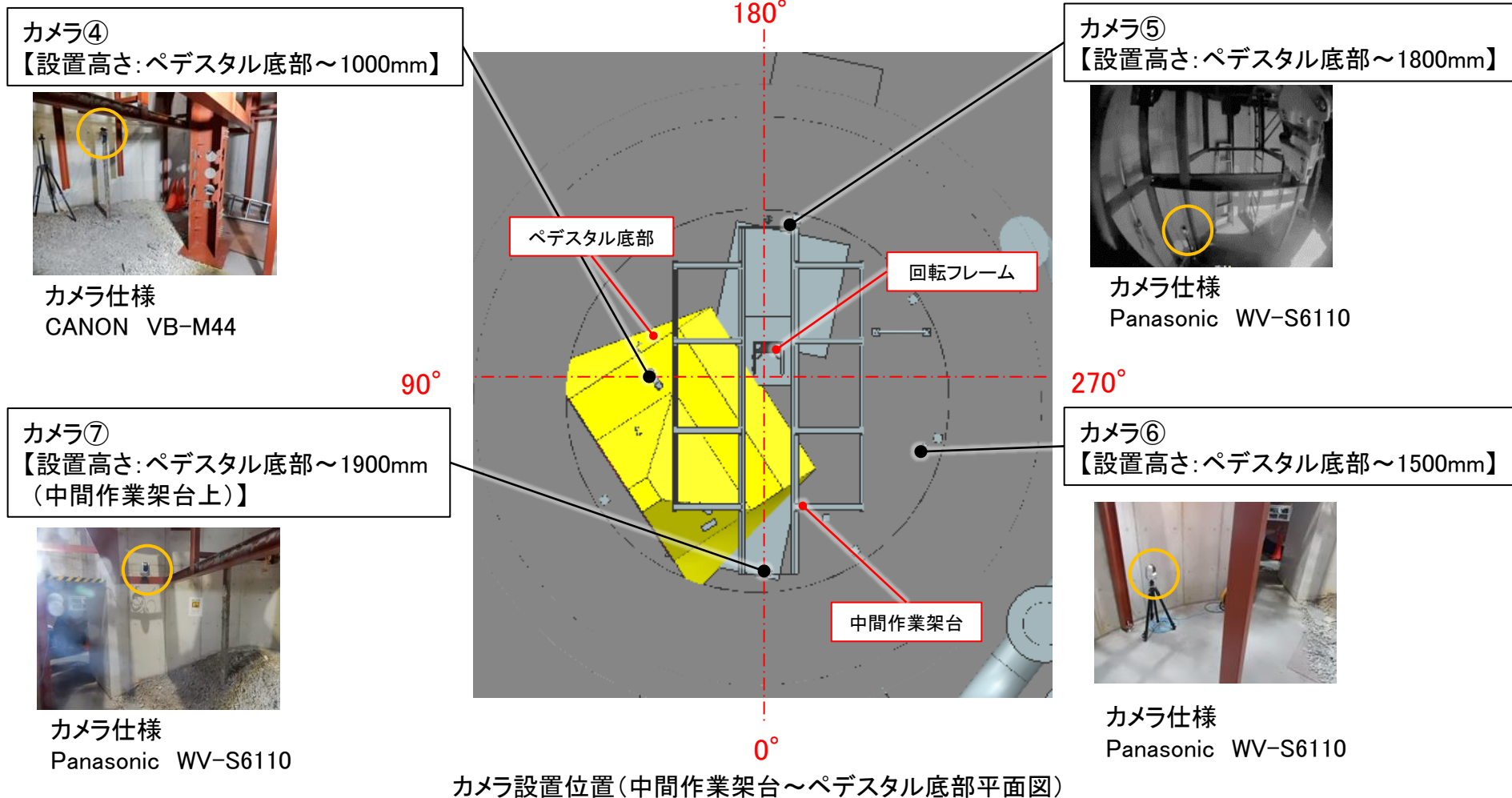


カメラ仕様  
CANON VB-M44

2号機ペデスタル内模擬設備のP/F上に各俯瞰カメラ・照明を設置して、基礎試験を実施した。

## ② CRD交換機の解体

### ■ 俯瞰カメラ・照明の設置位置(2/2)

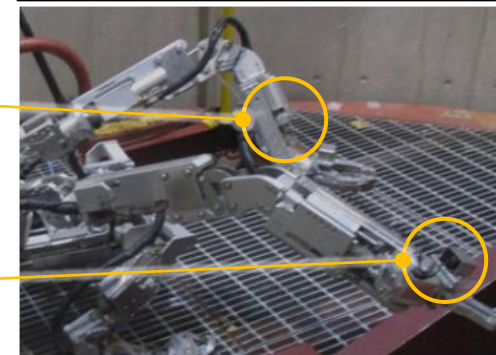
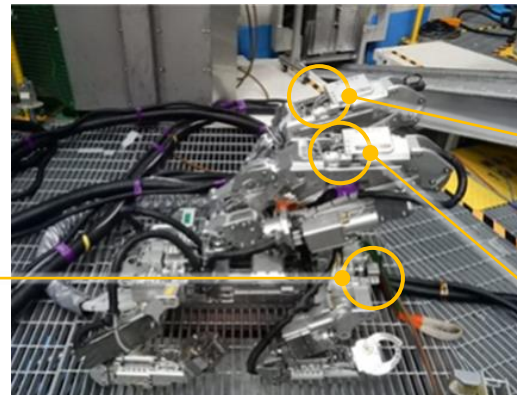
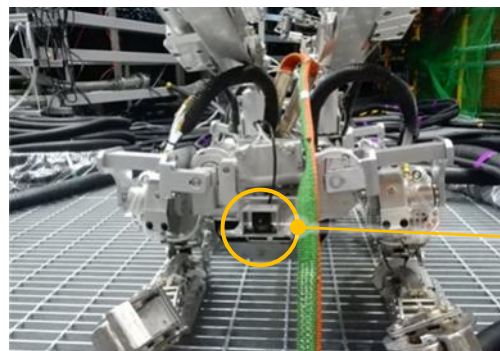


2号機ペDESTAL内模擬設備の中間作業架台とペDESTAL底部に俯瞰カメラ・照明を設置して、基礎試験を実施した。

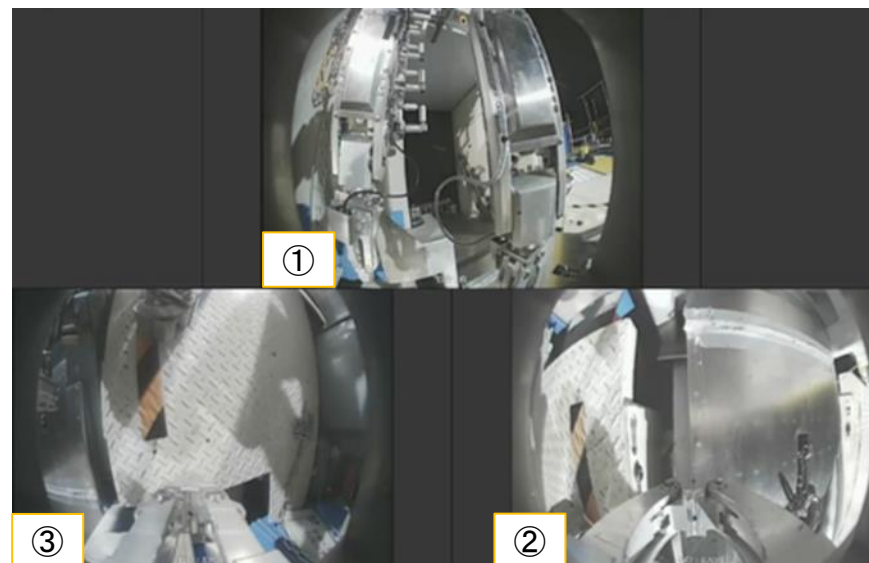
## ② CRD交換機の解体

### ■ 装置カメラの設置位置(1/2)

- ①: 前方カメラ
  - ②: 右ハンドカメラ
  - ③: 左ハンドカメラ
- 【カメラ仕様: 車載用カメラ】



CRD交換機撤去ロボ (CRDレール付近)



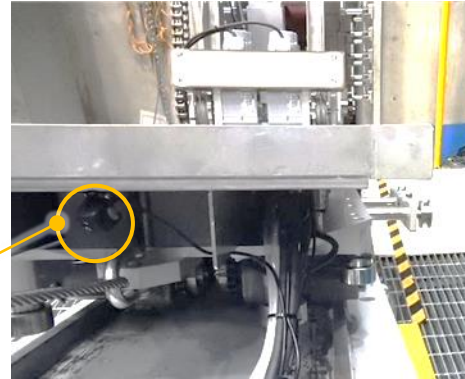
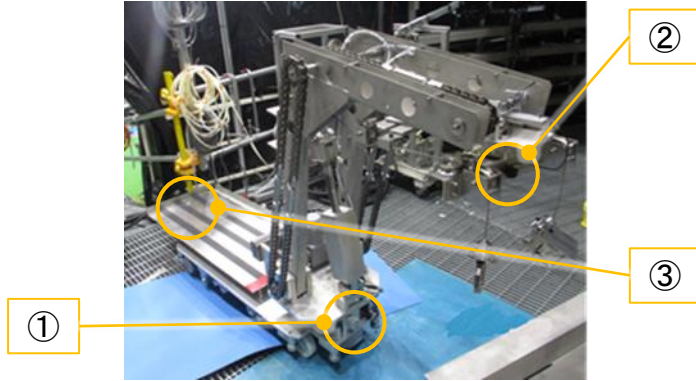
カメラ映像(試験時はモノクロ設定)

CRD交換機撤去ロボにカメラを設置して、基礎試験を実施した。

## 6. 本事業の実施内容 【1)(2)解体・撤去技術の開発】

### ② CRD交換機の解体

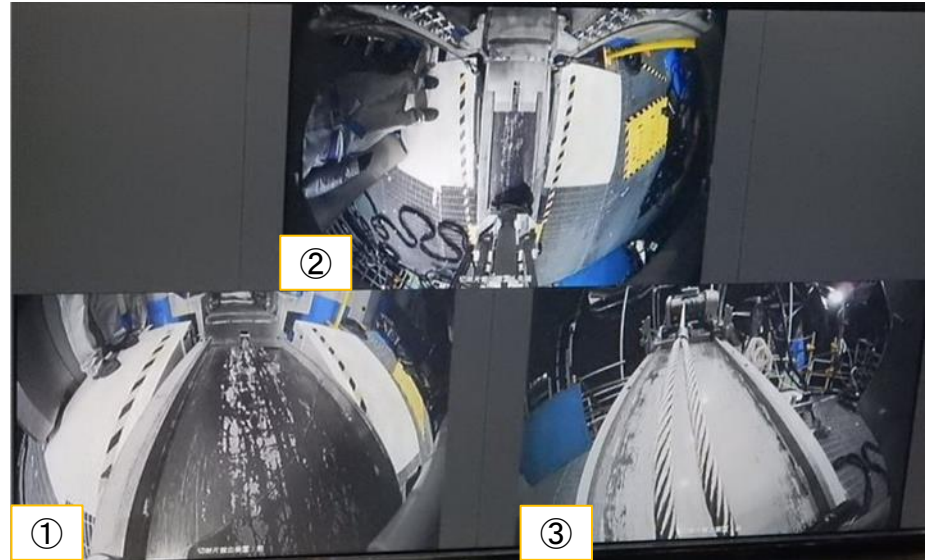
#### ■ 装置カメラの設置位置(2/2)



- ①: 前方カメラ
  - ②: ジブ先端カメラ
  - ③: 後方カメラ
- 【カメラ仕様: 車載用カメラ】



切断片搬出装置 (CRDレール上)

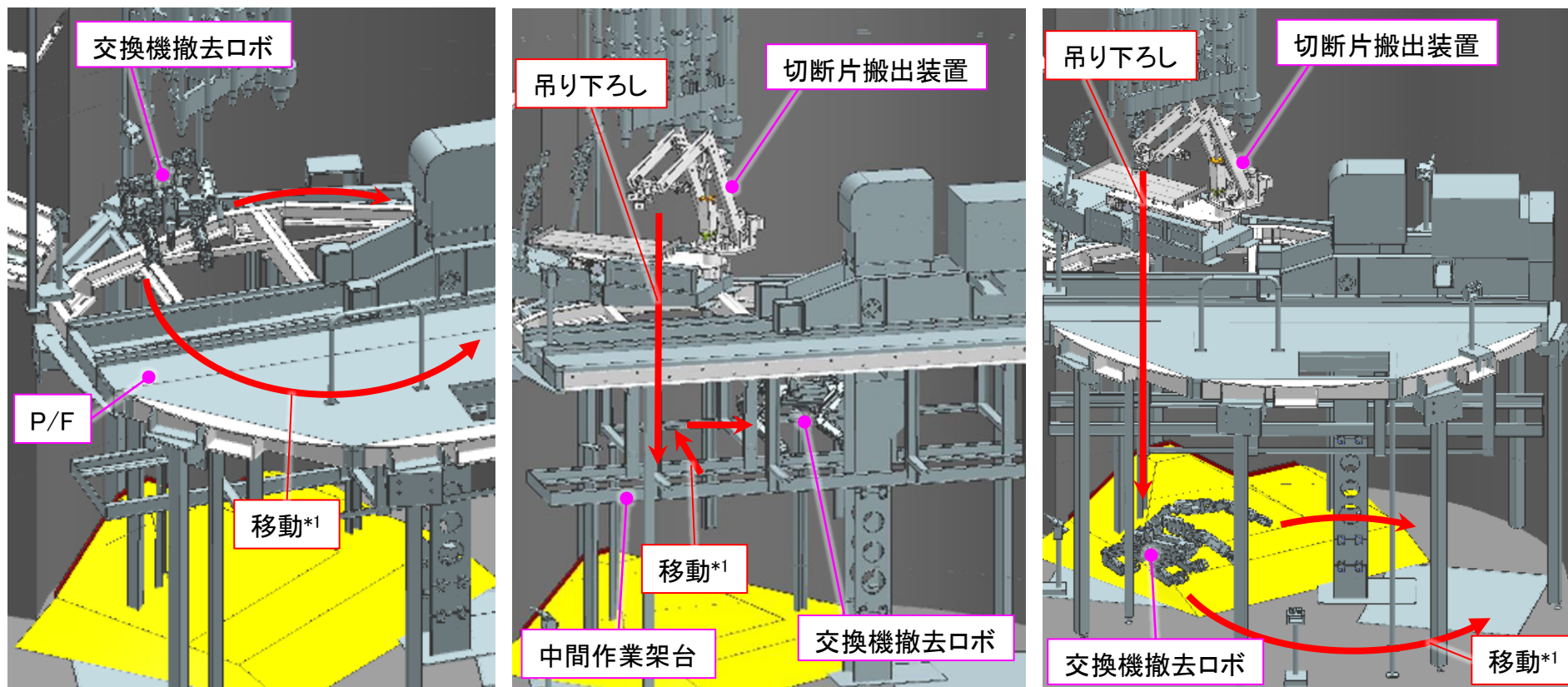


カメラ映像(試験時はモノクロ設定)

切断片搬出装置にカメラを設置して、基礎試験を実施した。

## ② CRD交換機の解体

### ■基礎試験結果(1/10)【内部調査[1/2]】



ペDESTル内付帯設備(俯瞰カメラ・照明)をCRD開口周辺のみに設置した状態で、ロボットを投入。

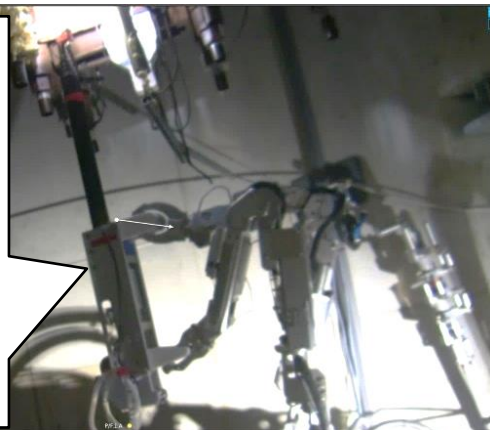
\*1) 基礎試験に使用したロボットは前年度国プロ開発品であり、梁等の掴み歩きは可能だが、平地移動に課題がある。基礎試験では人手でロボの移動を実施した。本国プロ内で、移動性能を向上させたロボットを開発予定。

## ② CRD交換機の解体

### ■基礎試験結果(2/10) 【内部調査[2/2]】



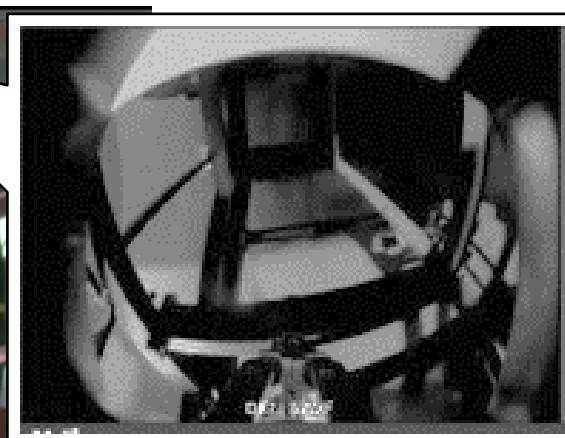
上部構造物の損傷状況確認



アーム押し付け力による損傷状況確認



中間作業架台の損傷状況確認

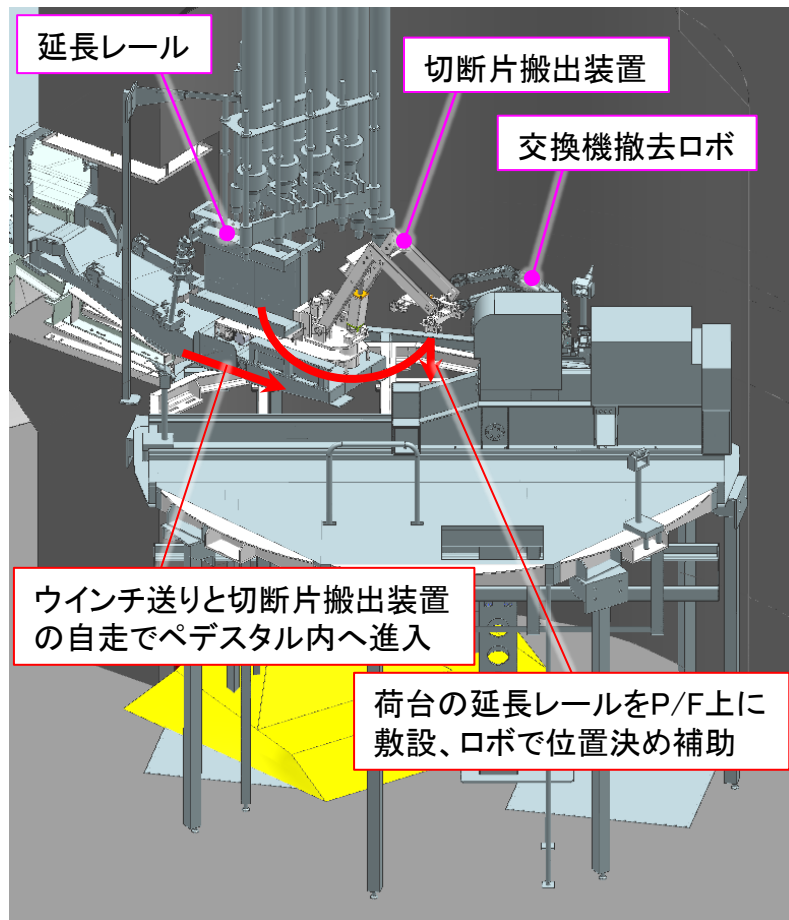


ペDESTル底部の損傷状況確認

P/F、中間作業架台の損傷状況、CRD交換機の損傷状況を確認可能な見通しを得た。

## ② CRD交換機の解体

### ■基礎試験結果(3/10)【レールの敷設】



搬入・揚重



旋回

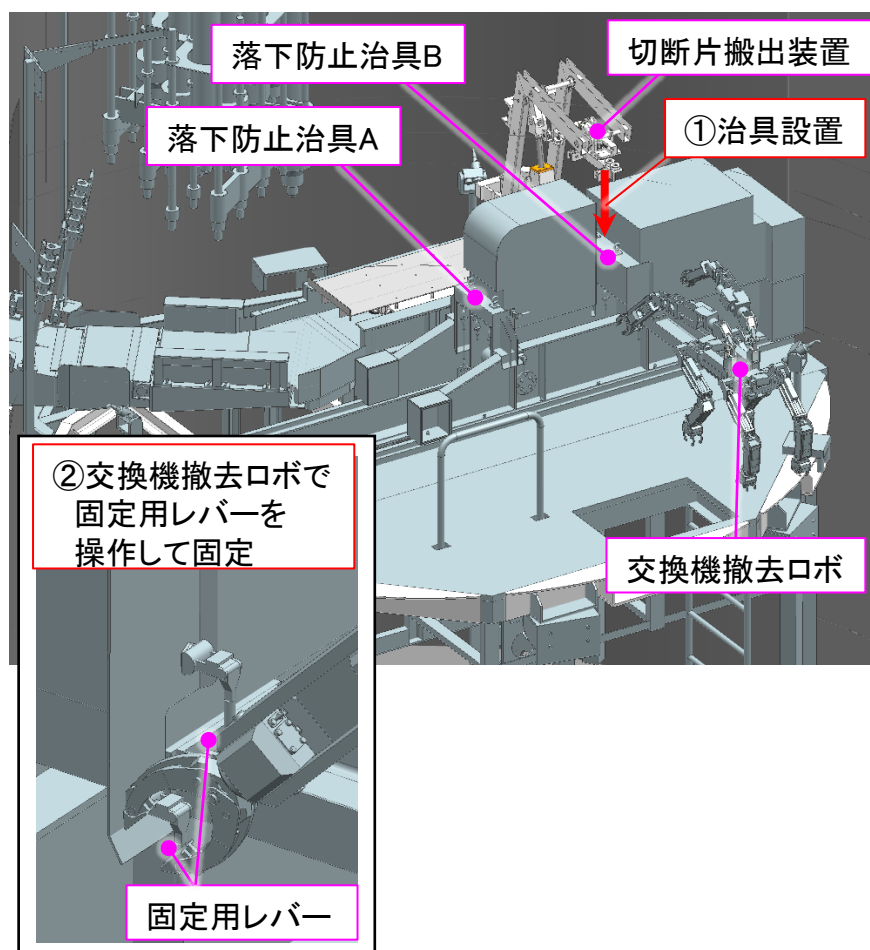


設置

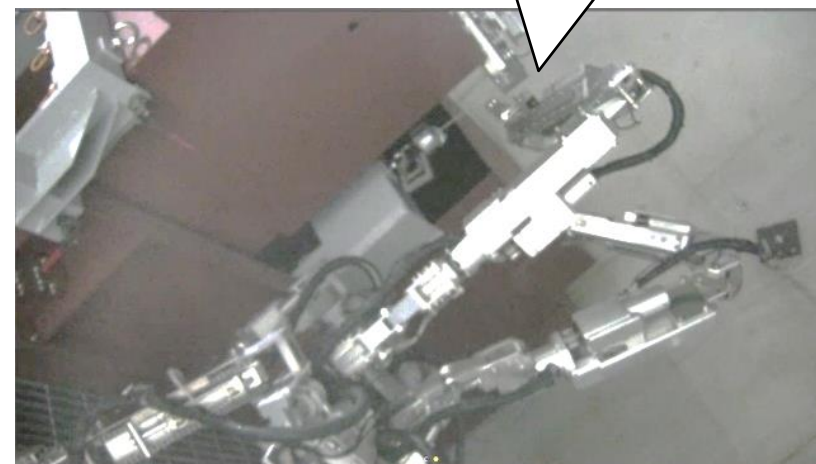
P/F上にレールを敷設し、レールを延長することで、CRD開口から最も遠い位置にある切断片まで装置をアクセスさせることが可能な見通しを得た。

## ② CRD交換機の解体

### ■基礎試験結果(4/10)【落下防止[1/2]】



落下防止治具A設置

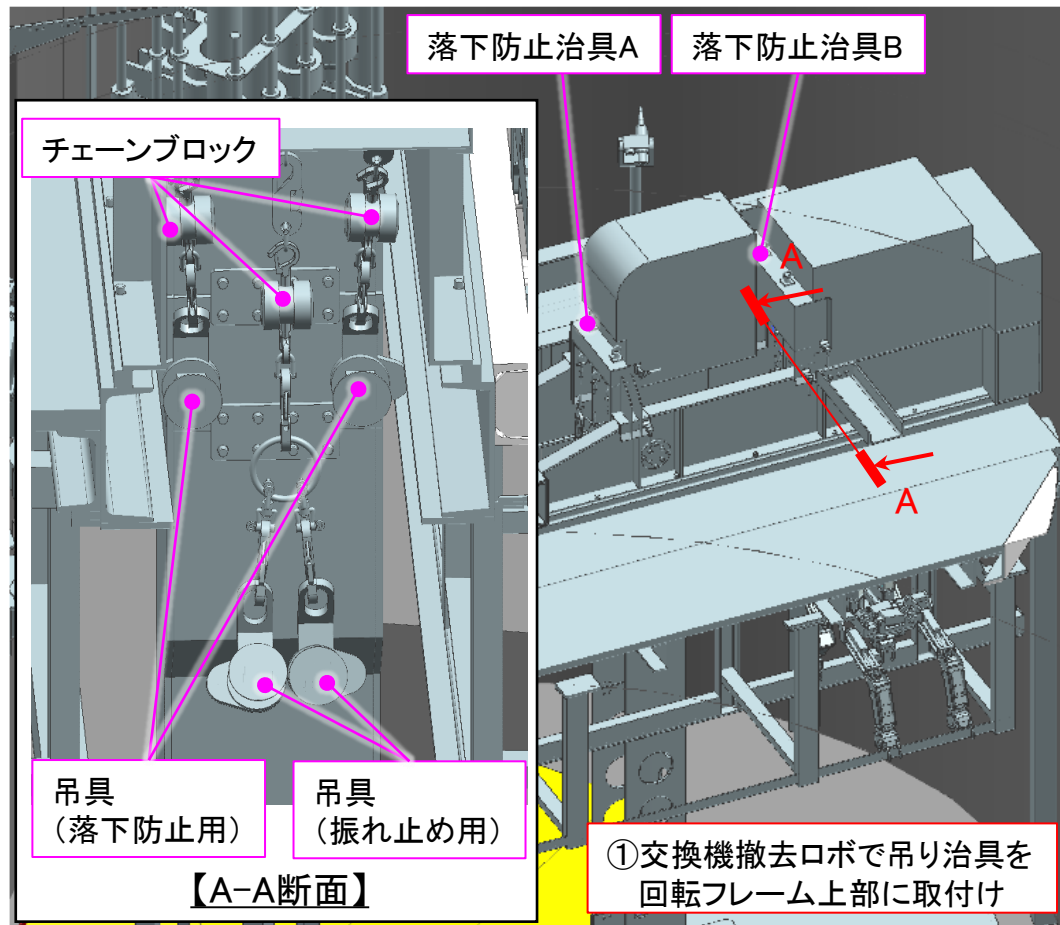


落下防止治具B設置

台車フレームに落下防止治具を取り付け、ロボットによる治具操作で固定可能なことを確認。

## ② CRD交換機の解体

### ■基礎試験結果(5/10)【落下防止[2/2]】



落下防止用の吊具取付

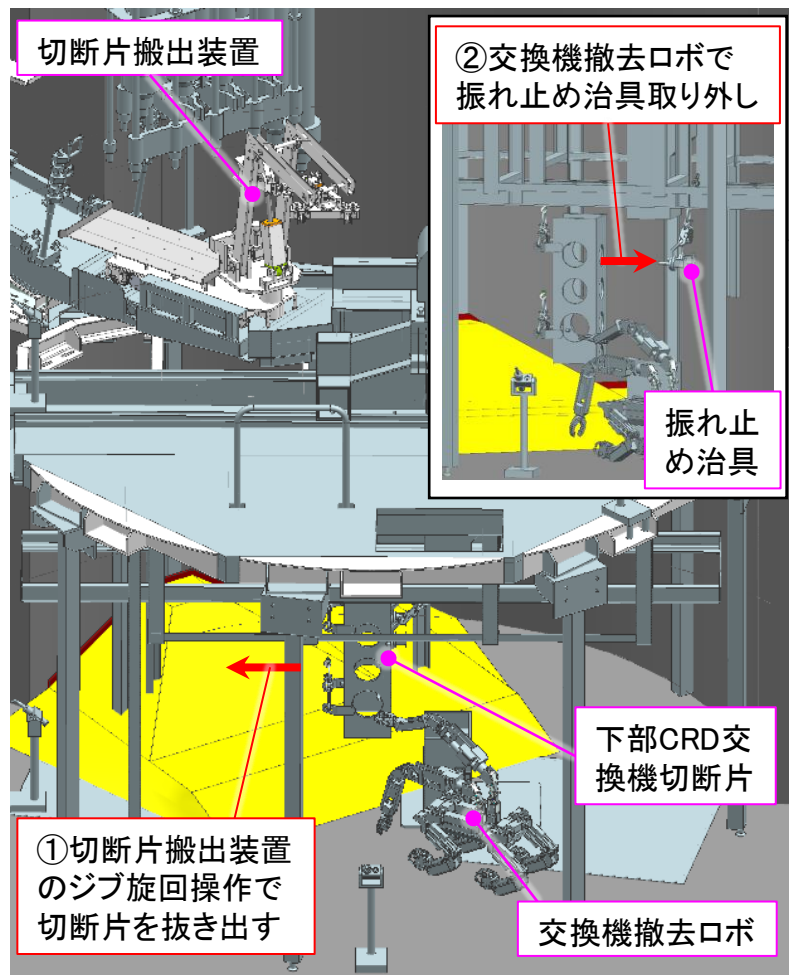


吊具取付時の手元映像

落下防止治具から垂れ下がるチェーンブロック付きの吊具を、ロボットにより回転フレームに接続し、上部CRD交換機(台車フレーム)と下部CRD交換機(回転フレーム)の締結が可能な見通しを得た。

## ② CRD交換機の解体

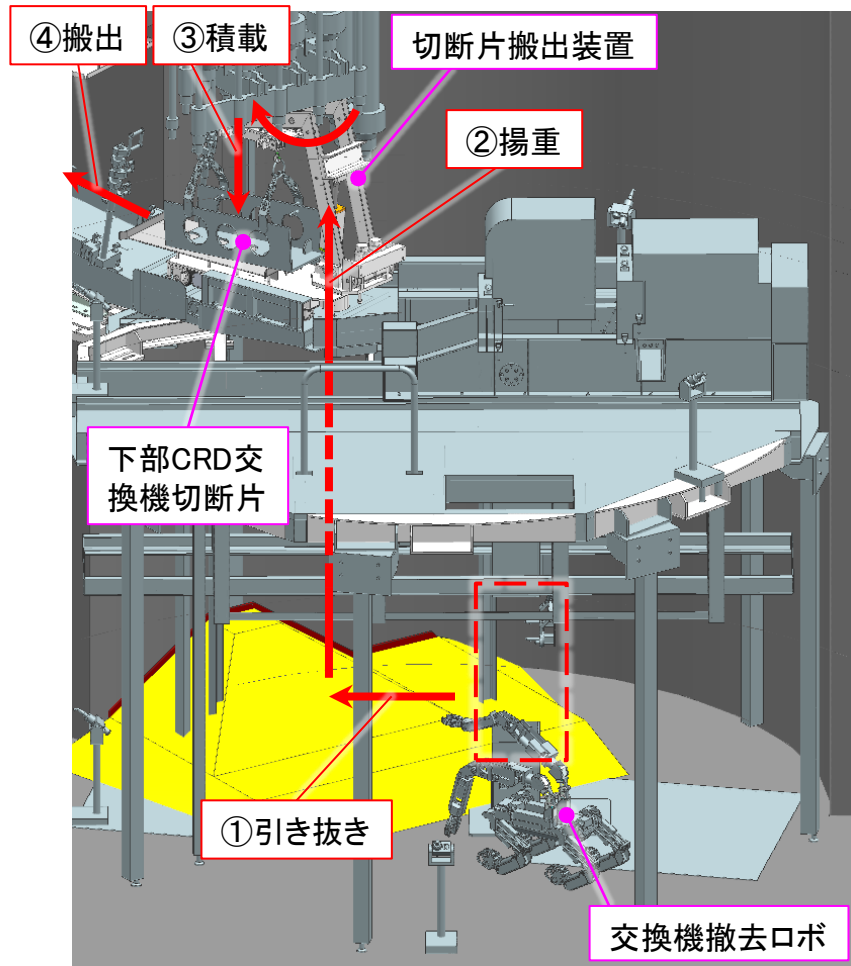
### ■基礎試験結果(6/10)【下部CRD交換機撤去[1/2]】



振れ止め防止治具により、引き抜き時に切断片が周囲の構造物に衝突することを防止可能。

## ② CRD交換機の解体

### ■基礎試験結果(7/10)【下部CRD交換機撤去[2/2]】



揚重



積載

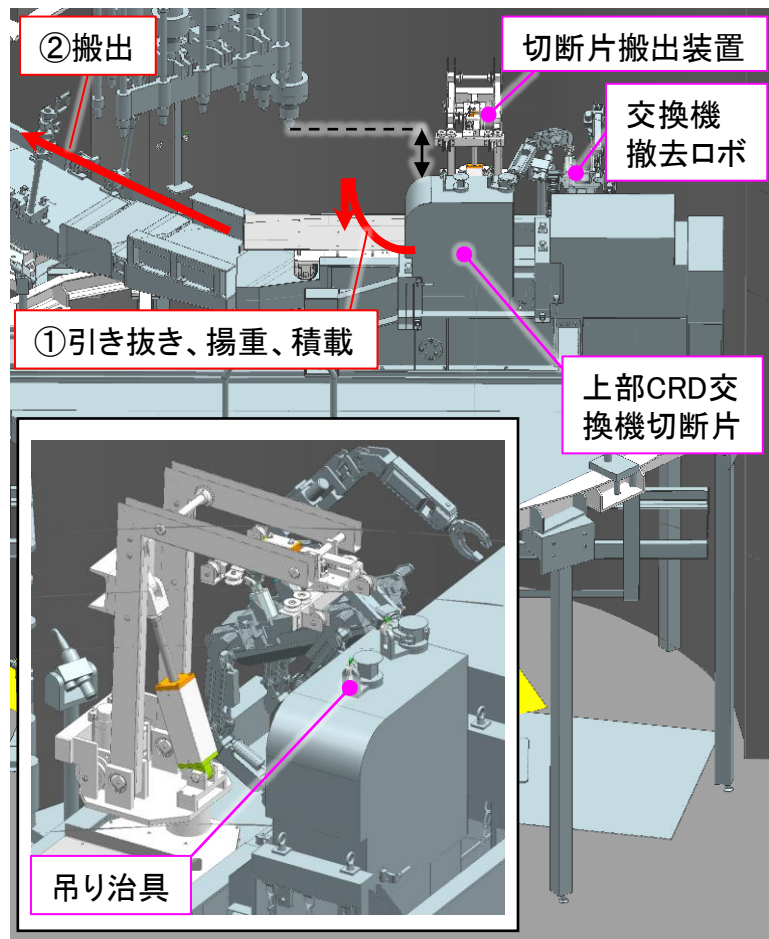


搬出

下部CRD交換機(回転フレーム)切断片の引き抜き、揚重、積載、搬出が可能な見通しを得た。

## ② CRD交換機の解体

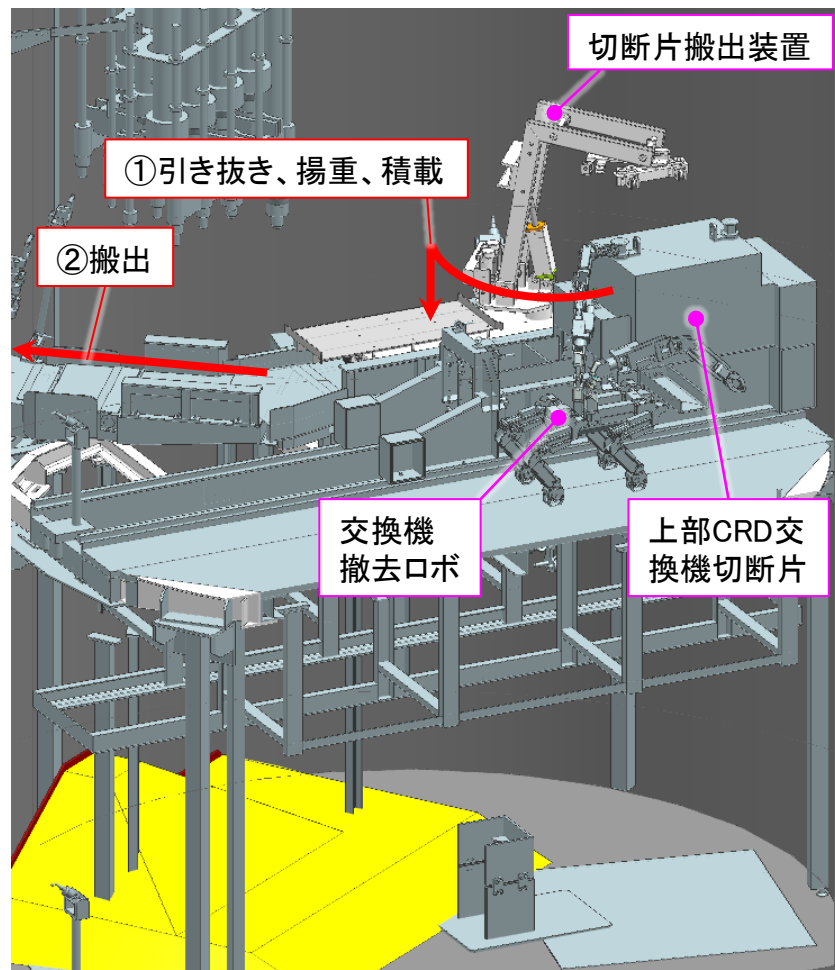
### ■基礎試験結果(8/10)【上部CRD交換機撤去[1/2]】



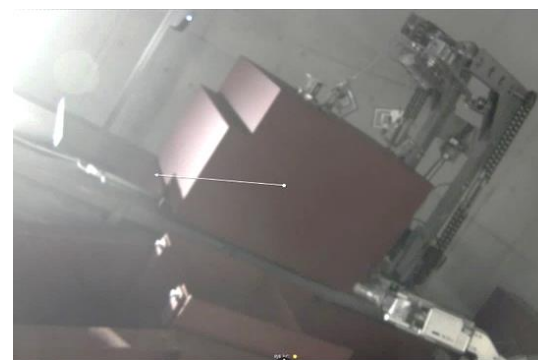
上部干渉物(CRD支持金具)とのクリアランスが最も厳しい位置にある切断片の引き抜き、揚重、積載、搬出が可能な見通しを得た。

## ② CRD交換機の解体

### ■基礎試験結果(9/10)【上部CRD交換機撤去[2/2]】



揚重



積載



搬出

CRD開口から最も遠い位置にある切断片の引き抜き、揚重、積載、搬出が可能な見通しを得た。

## ② CRD交換機の解体

## ■ 基礎試験結果(10/10)【基礎試験結果まとめ】

基礎試験結果のまとめを以下に示す。

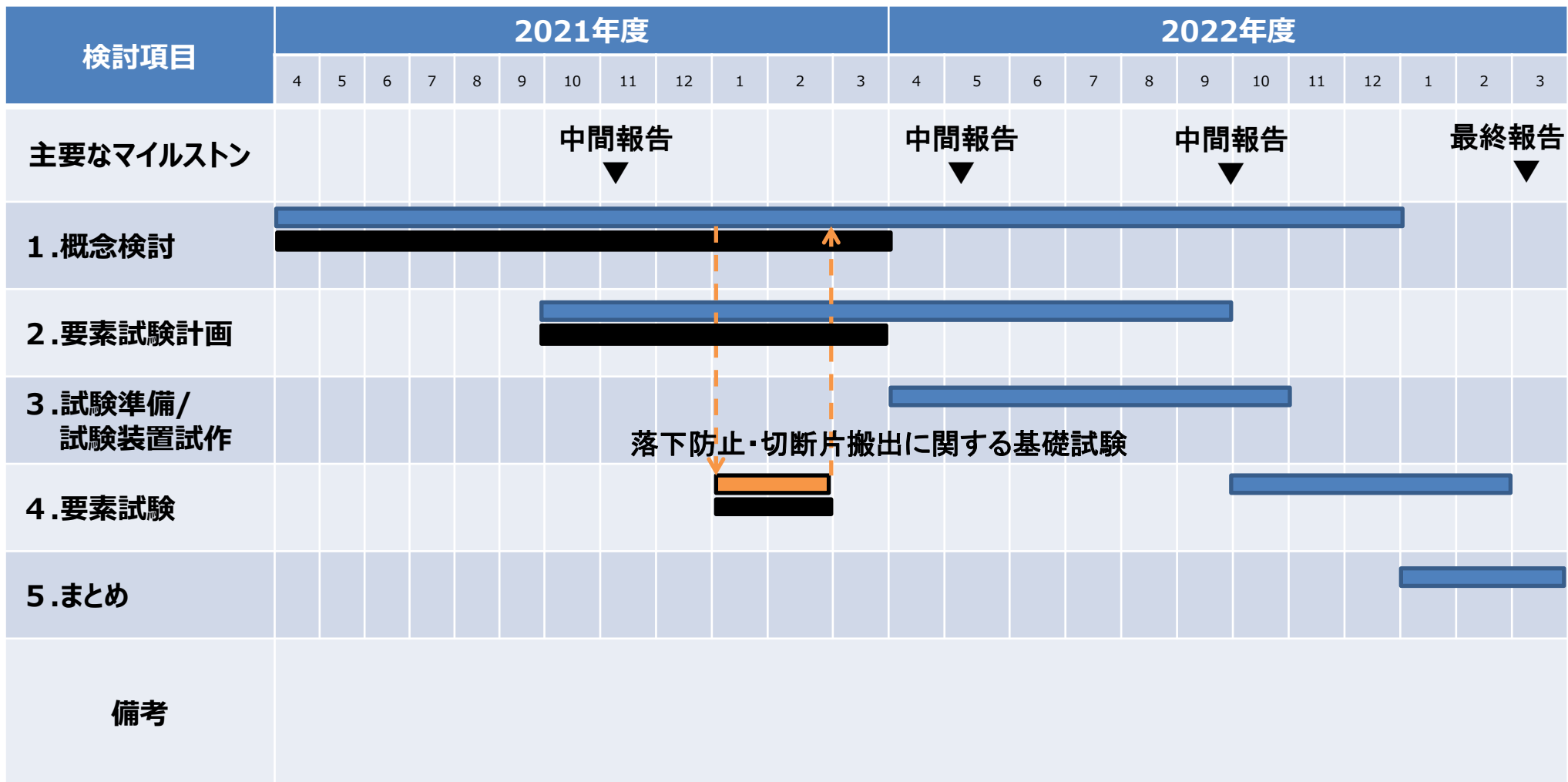
No.	試験区分	試験結果
1	内部調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>カメラ映像およびロボットによる押し付け動作により、P/F、中間作業架台の損傷状況、CRD交換機の損傷状況を確認可能な見通しを得た。</li> </ul>
2	レールの敷設	<ul style="list-style-type: none"> <li>ペDESTAL内構造物と干渉することなく、レールの搬入から設置までの作業が可能であることを確認した。</li> <li>延長したレール上を走行し、撤去対象であるCRD交換機周辺まで装置を移動可能であることを確認した。</li> </ul>
3	落下防止	<ul style="list-style-type: none"> <li>ペDESTAL内構造物と干渉することなく、落下防止治具の搬入から設置までの作業が可能であることを確認した。</li> <li>中間作業架台のような狭隘部において、ロボットにより、落下防止用チェーンと下部CRD交換機を接続可能であることを確認した。</li> </ul>
4	下部CRD交換機撤去	<ul style="list-style-type: none"> <li>中間作業架台のような狭隘部において、ロボットにより、振れ止め用チェーンと下部CRD交換機を接続可能であることを確認した。</li> <li>ペDESTAL内構造物と干渉することなく、切断ツールの位置決め動作が可能であることを確認した。</li> <li>ペDESTAL内構造物と干渉することなく、100 [kg]切断片の引き抜き、揚重、積載とペDESTAL外への搬出が可能であることを確認した。</li> </ul>
5	上部CRD交換機撤去	<ul style="list-style-type: none"> <li>ペDESTAL内構造物と干渉することなく、切断ツールの位置決め動作が可能であることを確認した。</li> <li>ペDESTAL内構造物と干渉することなく、100 [kg]切断片の引き抜き、揚重、積載とペDESTAL外への搬出が可能であることを確認した。</li> </ul>
6	レール・治具類の撤去	<ul style="list-style-type: none"> <li>設置時の逆手順で、レール・治具類の撤去が可能であることを確認した。</li> </ul>

2号機模擬環境での基礎試験により、CRD開口からの装置搬入、解体片揚重・積載・搬出が可能な見通しを得た。  
基礎試験で得られた結果を踏まえ、1/3号機向けの解体撤去工法検討を継続する。

## ② CRD交換機の解体

### ■ 開発工程

■ : 計画  
 ■ : 計画(見直し後)\*  
 ■ : 実績



### ② CRD交換機の解体：まとめ

- CRD交換機解体について、前提条件を整理した。
- 1～3号機のCRD交換機解体撤去方法、作業ステップを検討した上で、開発すべき共通技術を抽出した。
- 2号機を模擬した試験環境で、CRD開口からの装置搬入および解体片の揚重→積載→搬出が可能か成立性を確認するための基礎試験を実施し、実機適用可能な見込みを得た。
- 今後、号機特有の作業ステップの詳細検討や解体撤去装置の設計・試作、および要素試験計画を立案し、要素試験によりCRD交換機解体撤去工法の実現性を確認する。

公募実施内容を記載

### ③ ポンプピット内干渉物撤去

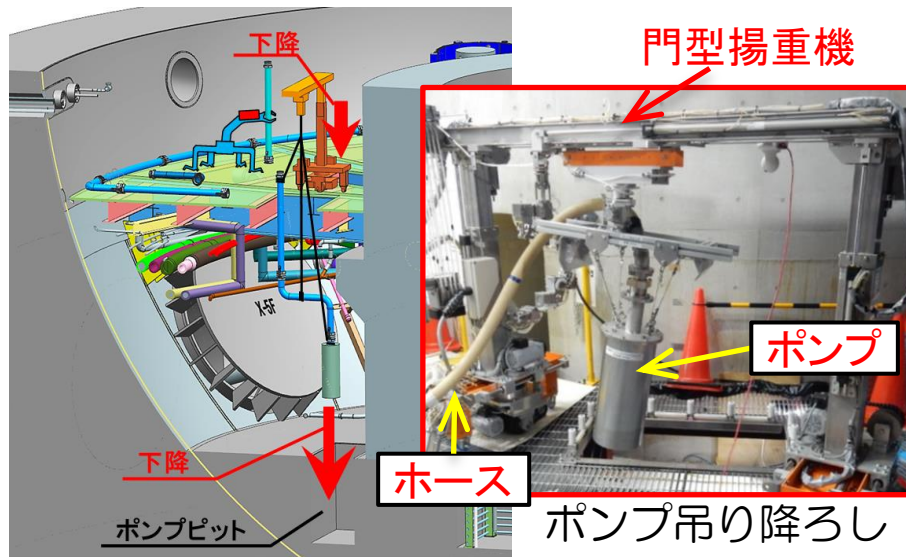
燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大時のPCV内の水循環を行うための工法の1つとして、PCV内のポンプピットに水中ポンプを設置する必要がある。既往の開発によって、要素試験を実施し、ピット内へのポンプの吊り降ろし・設置(固定)が可能であること等の見通しを得ているが、ピット内の既設ポンプ等の干渉物については撤去を行う必要がある。

ポンプピット内の干渉物撤去については、PCV内の限られたスペースに撤去装置等を設置し、ポンプピット内の既設ポンプ等の干渉物を地下階から遠隔で撤去する必要がある。ピット内面とポンプの隙間は小さく、治具等のアクセスが難しいため、カメラ映像で対象物の状況を確認し切断等を行い搬出する方法の詳細検討および要素試験による実現性の確認を実施する。

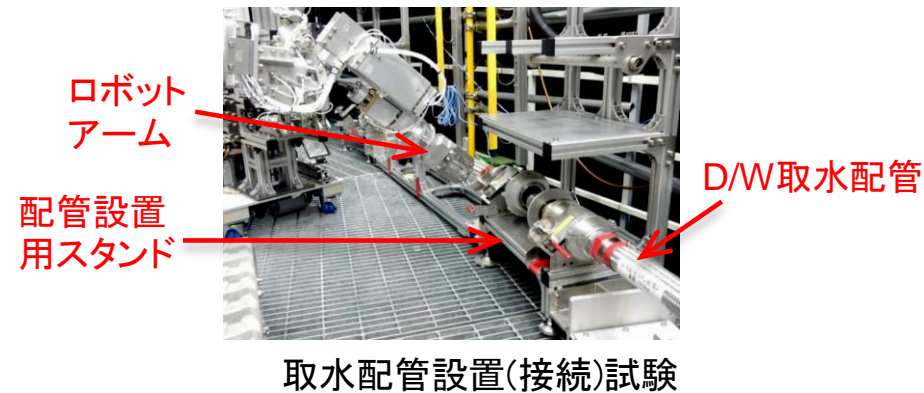
### ③ ポンプピット内干渉物撤去

【20年度までの検討状況】

- ポンプピットへのアクセスおよび水中ポンプ設置方法について、要素試験により実現可能な見通しを得た。  
(「原子炉格納容器内水循環システム構築技術の開発」にて実施)



水中ポンプ吊り降ろし試験



⇒上記検討は、ポンプピット内干渉物を撤去済みという前提で実施。前提となるポンプピット内干渉物撤去方法について具体化し、要素試験で実現性を確認する。

## 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

### ③ ポンプピット内干渉物撤去

#### 【課題】

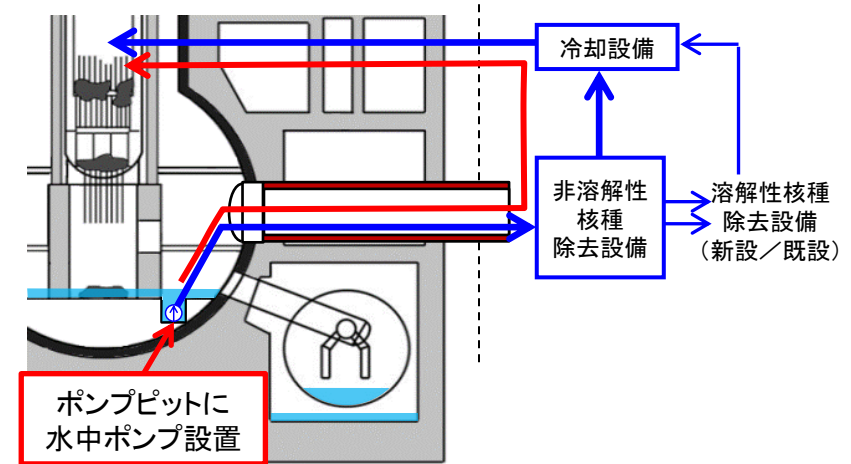
- PCV内で最も低い位置のポンプピット内に水中ポンプを設置し、より低い位置で汚染水を水循環システムにて管理することを計画しているが、ポンプピット内には既設ポンプ等の干渉物があり、水中ポンプの設置が困難であるため、ポンプピット内の干渉物撤去技術の開発が必要になる。

#### 【実施内容】

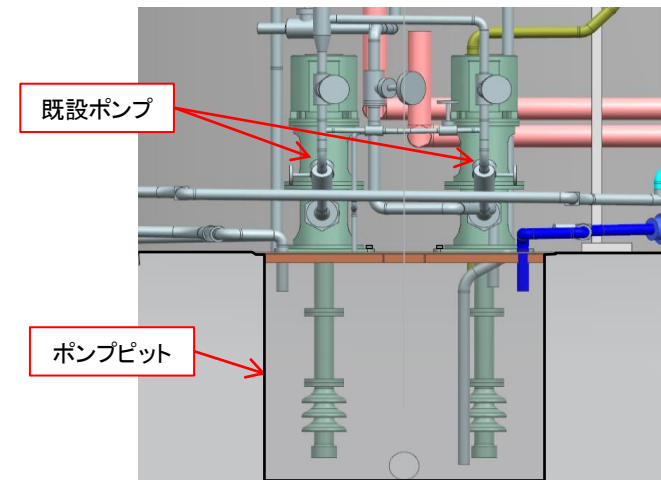
- 号機ごとのポンプピット周辺干渉物の状況について、実機情報、これまでの解析・調査結果を整理し、干渉物撤去時の前提条件を検討する。
- ポンプピット内の既設ポンプ等の干渉物を地下階から遠隔で撤去する方法を検討する。
- 検討した撤去方法を実施するための遠隔装置、切断装置について検討する。
- 要素試験を計画、実施して検討したポンプピット内干渉物撤去技術の実現性を確認する。

#### 【得られる成果】

- ポンプピット内既設ポンプ等干渉物の撤去方法の提示。



D/W取水ライン構築後のイメージ



ポンプピット断面図(1号機)

## 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

### ③ ポンプピット内干渉物撤去

#### 【2021年度実施した内容】

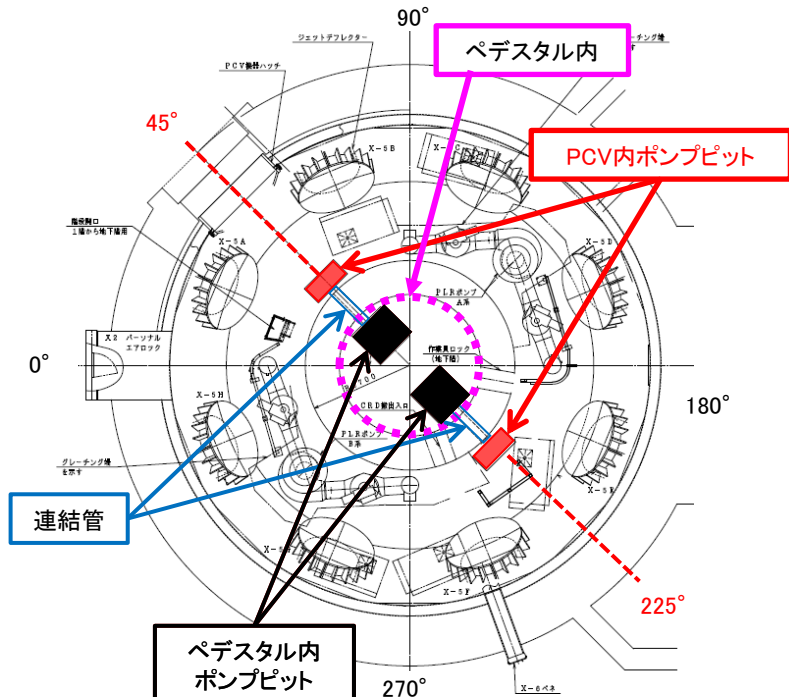
- 現地情報の整理
  - a. ポンプピット位置の整理
    - 1～3号機に設置してあるポンプピットの位置を整理した。
  - b. 燃料デブリの調査状況の整理
    - 1～3号機のPCV地下階の燃料デブリの状況を整理した。
- 前提条件の整理
  - a. ポンプピット内・上部の状況整理および、既設ポンプの撤去範囲
    - ポンプピット内・上部への燃料デブリの流入状況を整理し、状況に応じた既設ポンプの撤去範囲を検討した。
  - b. 機器・床サンプポンプおよび、ポンプピットの仕様整理
    - 既設の機器・床サンプポンプおよび、ポンプピットの仕様を整理した。
  - c. 対象ポンプピット位置の選定
    - 干渉物を撤去して、新しいポンプを設置するポンプピットを選定した。
  - d. 前提条件まとめ
    - 本補助事業を検討する際の前提条件を整理した。
- 作業ステップの検討
  - a. 概略作業ステップ
    - ポンプピット内干渉物撤去を行う際の概略作業ステップを検討した。
  - b. 作業イメージ
    - 上記 a. の作業イメージを検討した。
- 要素試験項目の選定
  - a. 単体試験および、要素試験項目の選定
    - 本補助事業で実施する単体試験および、要素試験の項目を選定した。
- 使用する装置の検討
  - a. 揚重装置の検討
    - 既設ポンプをポンプピット内から吊り上げる際に使用する揚重装置を検討した。

## ③ ポンプピット内干渉物撤去

### ■ 現地情報の整理 a. ポンプピット位置の整理

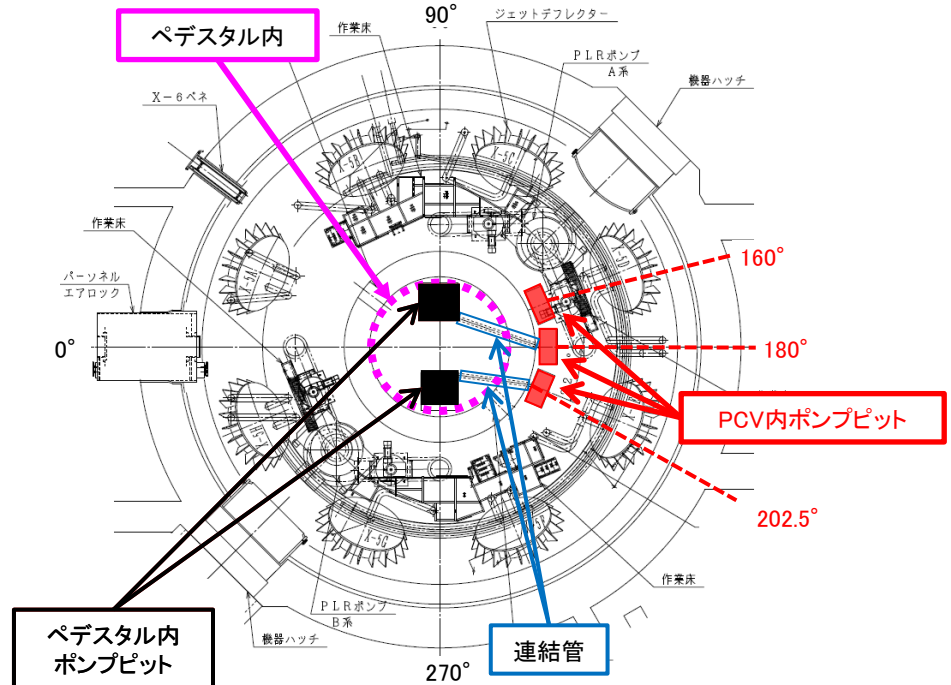
➢ 1号機および、2,3号機のPCV内ポンプピットの位置を下記に示す。

2,3号機の位置は同じため、まとめて記載する。(次項以降も同様とする。)



1号機PCV地下1階平面図

1号機PCV内ポンプピット位置  
 :PCV地下1階45° 付近ペDESTアル外壁面  
 :PCV地下1階225° 付近ペDESTアル外壁面



2,3号機PCV地下1階平面図\*

\* : 4号機の図面をもとに作図

2,3号機PCV内ポンプピット位置  
 :PCV地下1階160° 付近ペDESTアル外壁面  
 :PCV地下1階180° 付近ペDESTアル外壁面  
 :PCV地下1階202.5° 付近ペDESTアル外壁面

## ③ ポンプピット内干渉物撤去

### ■ 現地情報の整理 b. 燃料デブリの調査状況の整理

➢ 1～3号機のPCV地下階の燃料デブリの状況を下記に示す。

1～3号機共通で燃料デブリ上には堆積物があると推定される。ペDESTAL外への堆積物を燃料デブリ扱いとするかは決まっていないが、本補助事業ではペDESTAL内と同様に堆積物を燃料デブリ扱いとした。

	1号機	2号機	3号機
PCV地下階 燃料デブリの 広がり イメージ			
調査、推定 状況*1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ペDESTAL開口部を通じて、D/W床へ燃料デブリが拡がった可能性。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・不明。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ペDESTAL開口部を通じて、燃料デブリがペDESTAL外まで広がるが、シェルアタックには至っていない(格納容器までは到達していない)と推定。</li> </ul>

\*1:「平成29年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金」総合的な炉内状況把握の高度化より引用。

2,3号機PCV内ポンプピット(160°)以外の1～3号機PCV内ポンプピットについては、燃料デブリがペDESTAL内ポンプピットから連結管を通過し、PCV内ポンプピットへ流入している可能性がある。1号機PCV内ポンプピット(225°)の上部には燃料デブリが堆積している可能性がある。

## ③ ポンプピット内干渉物撤去

### ■前提条件の整理 a. ポンプピット内・上部の状況整理および、既設ポンプの撤去範囲

➢ポンプピット内および、上部に燃料デブリが流入した場合に想定できるポンプピットの状況と、それに伴う既設ポンプの撤去範囲を検討した。検討した結果を下記に示す。

ケースNo.	ケース1*	ケース2	ケース3*	ケース4
想定号機	1～3号機	1～3号機	2,3号機	2,3号機
イメージ図				
燃料デブリ状況	ポンプピット上部/ポンプピット内に燃料デブリあり	ポンプピット内の一部に燃料デブリあり	ポンプピット上部に燃料デブリあり	ポンプピット上部/ポンプピット内に燃料デブリなし
既設ポンプ撤去範囲	—	既設ポンプ分割撤去	—	既設ポンプ全撤去(一体撤去)

\*:ケース1/ケース3の場合【検討案】

- ①ポンプピット外(D/W底面)に取水ポンプを設置
- ↓
- ②水循環システム構築
- ↓
- ③燃料デブリ取り出し + 既設ポンプ撤去

現状検討している工法では、水循環システム構築後に燃料デブリの取り出し(加工)を行う想定である。そのため、燃料デブリの取り出しを行わずにポンプピット内に新しいポンプを設置するスペースを確保できそうなケース2および、ケース4について検討した。

## 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

### ③ ポンプピット内干渉物撤去

#### ■前提条件の整理 b. 機器・床サンプポンプおよび、ポンプピットの仕様整理

➢1～3号機の機器・床サンプポンプおよび、ポンプピットの仕様を整理した。  
整理した結果を下記に示す。

図	1号機	2号機	3号機
<p>ポンプ仕様 (製造:関水社)</p> 	<p>機器サンプポンプ/ 床サンプポンプ 同型</p> <p>H:2,112[mm] Φ:305[mm] 質量:293[kg] 数量: 機器サンプポンプ2台 床サンプポンプ2台 (1つのポンプピットに2台 設置)</p>	<p>機器サンプポンプ/ 床サンプポンプ 同型</p> <p>H:2,247[mm] Φ:305[mm] 質量:不明 数量: 機器サンプポンプ2台 床サンプポンプ2台 オイルサンプ2台 (1つのポンプピットに2台 設置)</p>	<p>機器サンプポンプ/ 床サンプポンプ 同型</p> <p>H:2,235[mm] Φ:305[mm] 質量:不明 数量: 機器サンプポンプ2台 床サンプポンプ2台 オイルサンプ2台 (1つのポンプピットに2台 設置)</p>
<p>ポンプピット仕様 (ペDESTAL外)</p> 	<p>W:1,400[mm] D:700[mm] H:1,230[mm]</p> <p>45° 床ポンプピット 225° 機器ポンプピット 同寸</p>	<p>W:1,250[mm] D:700[mm] H:1,230[mm]</p> <p>160° オイルピット 180° 床ポンプピット 202.5° 機器ポンプピット 同寸</p>	<p>W:1,250[mm] D:700[mm] H:1,230[mm]</p> <p>160° オイルピット 180° 床ポンプピット 202.5° 機器ポンプピット 同寸</p>

\* :2,3号機サンプポンプ質量が不明  
な為、1号機ポンプ仕様と最も  
Hがある2号機で比率計算をした。  
2,112:293=2,247:x  
x=312kg  
=320kg(端数切り上げ)  
と想定した。

機器・床サンプポンプの高さ・質量、ポンプピットの仕様について、本補助事業では以下の値で検討することとした。  
 機器・床サンプポンプの高さ:2,247[mm](2号機)⇒最も高いため。  
 質量:320[kg](2号機想定\*)⇒最も重いため。直径:Φ305[mm](全号機共通)。  
 ポンプピットの仕様:1,250(W)×700(D)×1,230(H)[mm](2,3号機)⇒最も狭いため。

【参考:4号機サンプポンプ仕様】  
H:2,187[mm]  
質量:3.05[kg]

# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

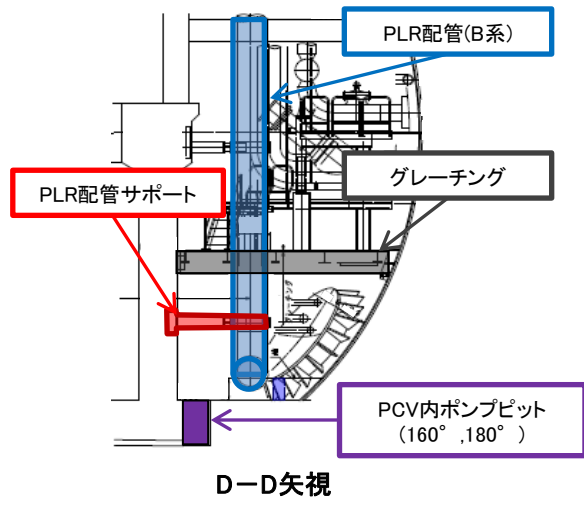
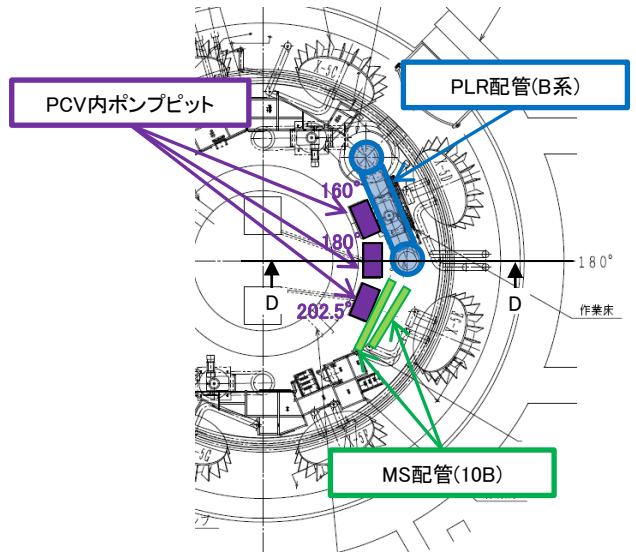
## ③ ポンプピット内干渉物撤去

### ■前提条件の整理 c. 対象ポンプピット位置の選定(1/5)

➢ 対象のポンプピットを選定するため、  
 1号機PCV内ポンプピット(45° ,225° )と2,3号機PCV内ポンプピット(202.5° )について、  
PCV1階PCV内ポンプピット上部付近のグレーチング上の干渉物と  
ポンプの吊り上げルート上の干渉物を整理し、作業の難易度を比較検討した。  
 なお、機器ハッチからPCV1階ポンプピット上部付近までのアクセスルート上の干渉物については、  
 撤去済みと想定した。

2,3号機PCV内ポンプピット(160° ,180° )は**作業エリアが狭隘で周辺のPLR配管を損傷させるリスクがある。**

下記に2,3号機PCV内ポンプピット(160° ,180° )の配置図を示す。  
 周辺のPLR配管を損傷させずに作業を行うことは困難であるため、  
 2,3号機についてはPCV内ポンプピット(202.5° )について検討することとした。



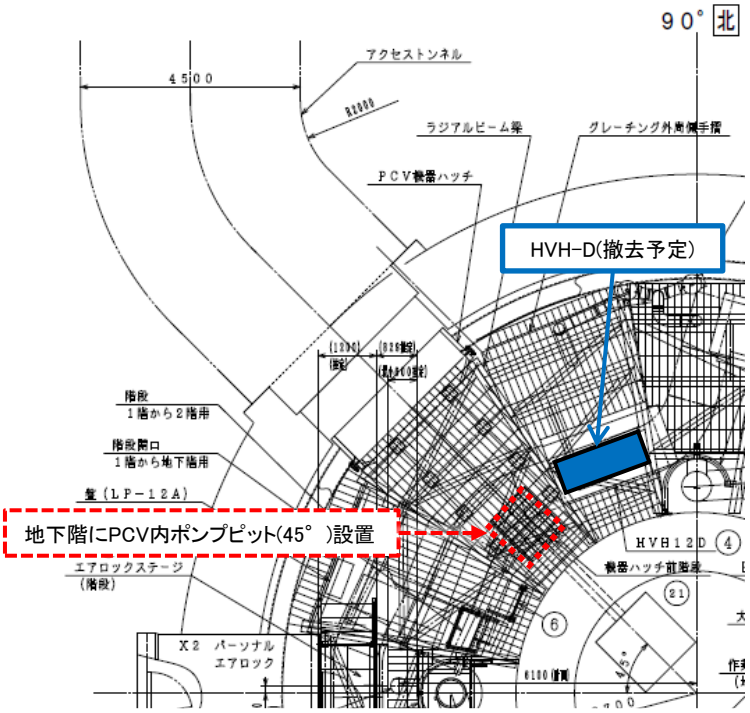
2号機1階平面図\*(180° :D-D)\* :4号機の図面をもとに作図。

# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

## ③ ポンプピット内干渉物撤去

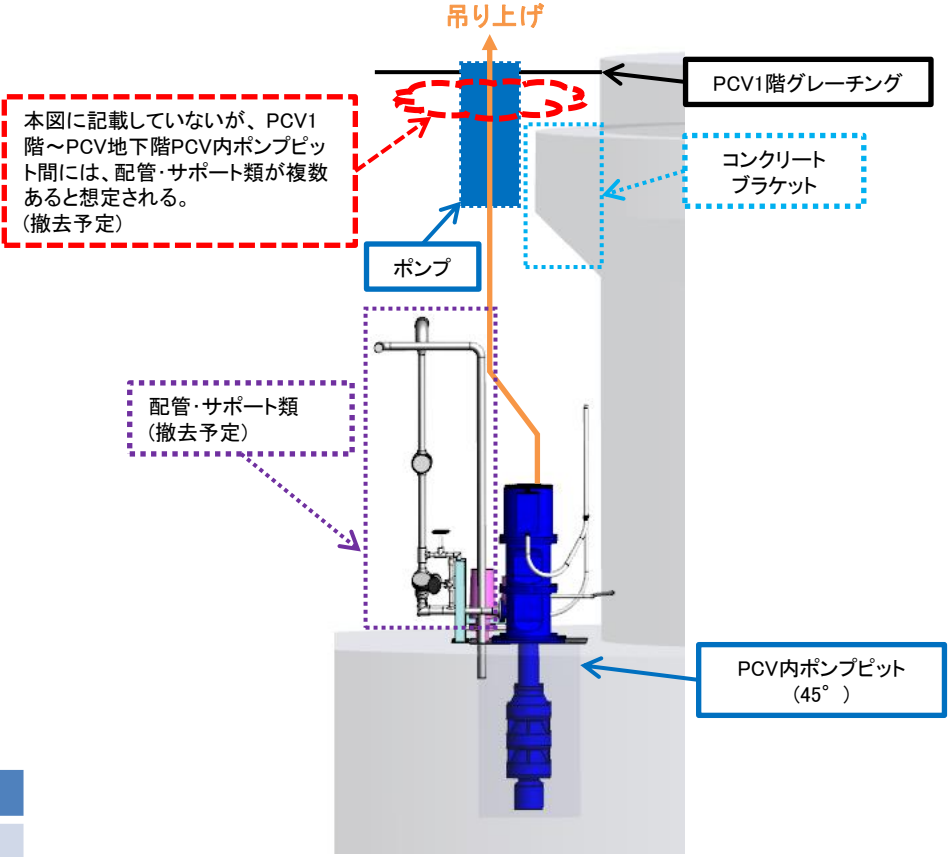
### ■前提条件の整理 c. 対象ポンプピット位置の選定(2/5)

➢1号機PCV内ポンプピット(45°)のPCV1階PCV内ポンプピット上部付近のグレーチング上の干渉物とポンプの吊り上げルート上の干渉物を下記に示す。



1号機PCV1階配置図

号機	1号機
設置位置	45°
PCV1階の干渉物	・HVH-D(撤去予定)
吊り上げルート上の干渉物	・コンクリートブラケット ・配管・サポート類(撤去予定)



1号機PCV地下階配置図

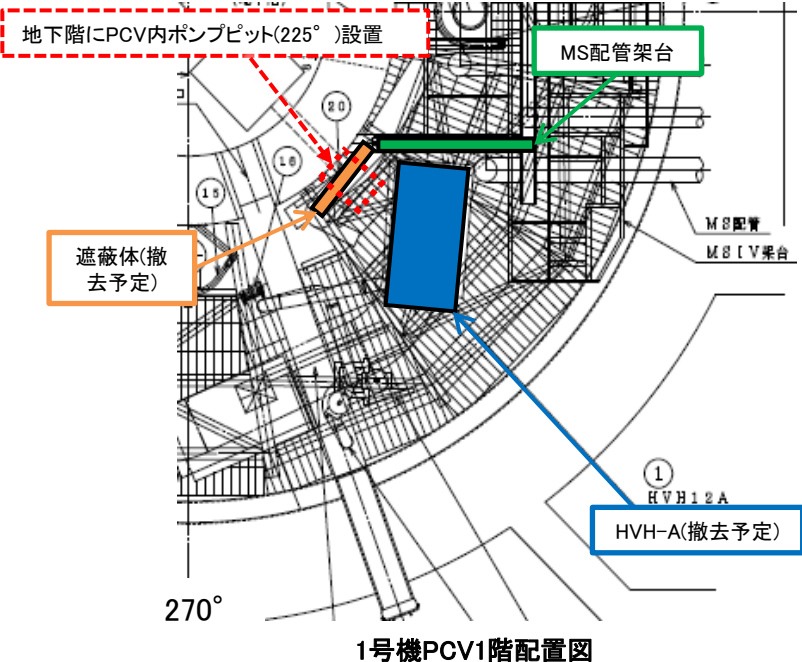
干渉物の直上にコンクリートブラケットが存在するため真上への吊り上げは困難である。

# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

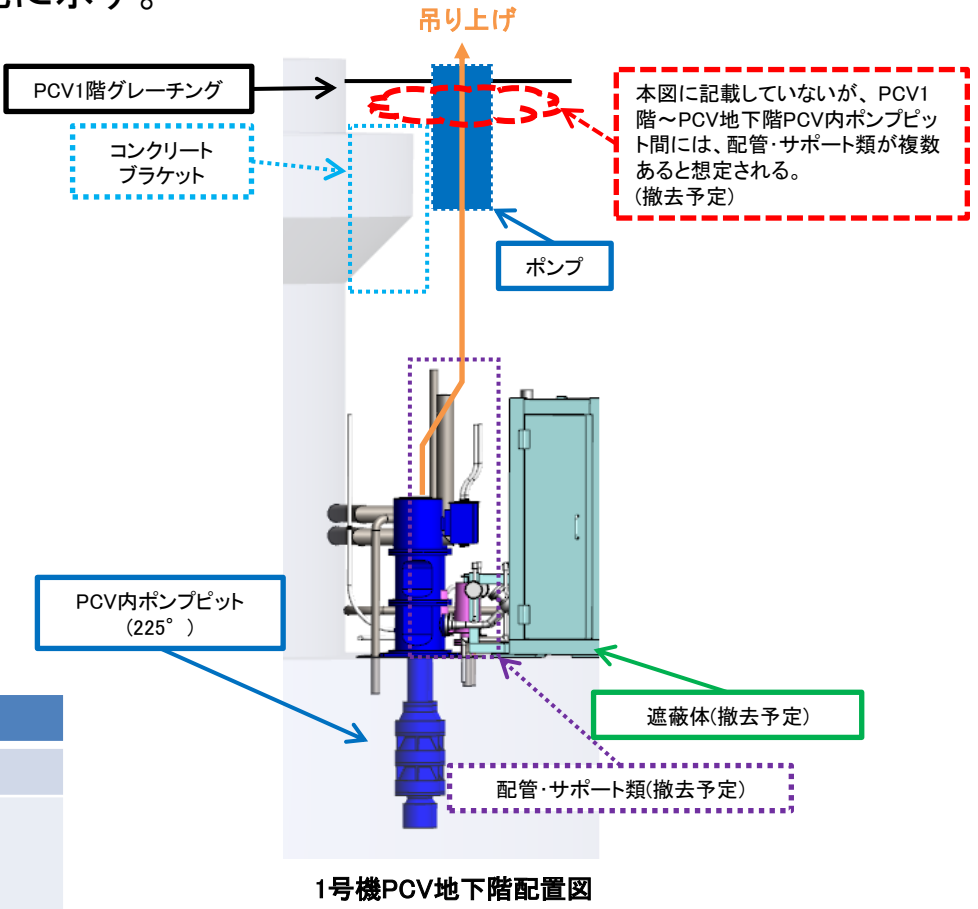
## ③ ポンプピット内干渉物撤去

### ■前提条件の整理 c. 対象ポンプピット位置の選定(3/5)

➢1号機PCV内ポンプピット(225°)のPCV1階PCV内ポンプピット上部付近のグレーチング上の干渉物とポンプの吊り上げルート上の干渉物を下記に示す。



1号機PCV1階配置図



1号機PCV地下階配置図

号機	1号機
設置位置	225°
PCV1階の干渉物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・MS配管架台</li> <li>・HVH-A(撤去予定)</li> <li>・遮蔽体(撤去予定)</li> </ul>
吊り上げルート上の干渉物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリートブラケット</li> <li>・配管・サポート類(撤去予定)</li> <li>・遮蔽体(撤去予定)</li> </ul>

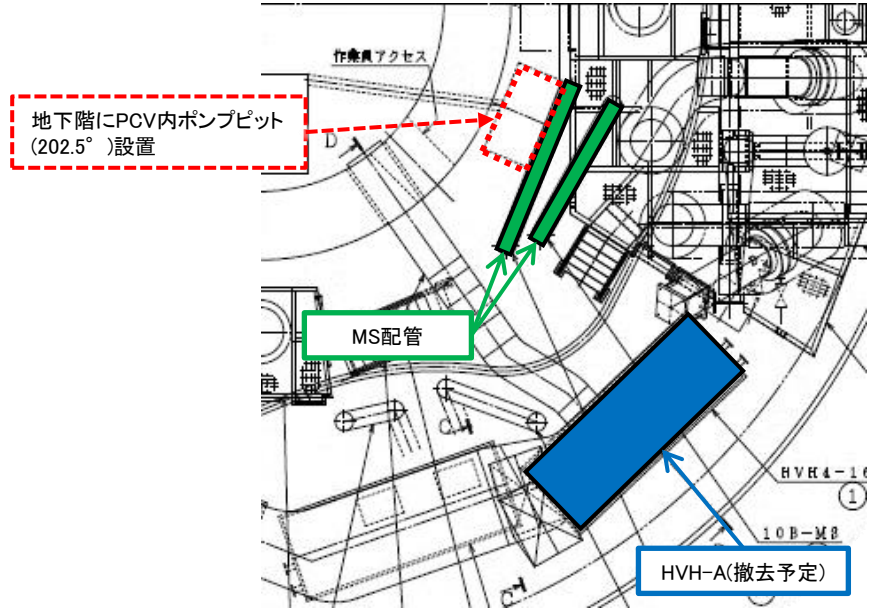
干渉物の直上にコンクリートブラケットが存在するため真上への吊り上げは困難である。

# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

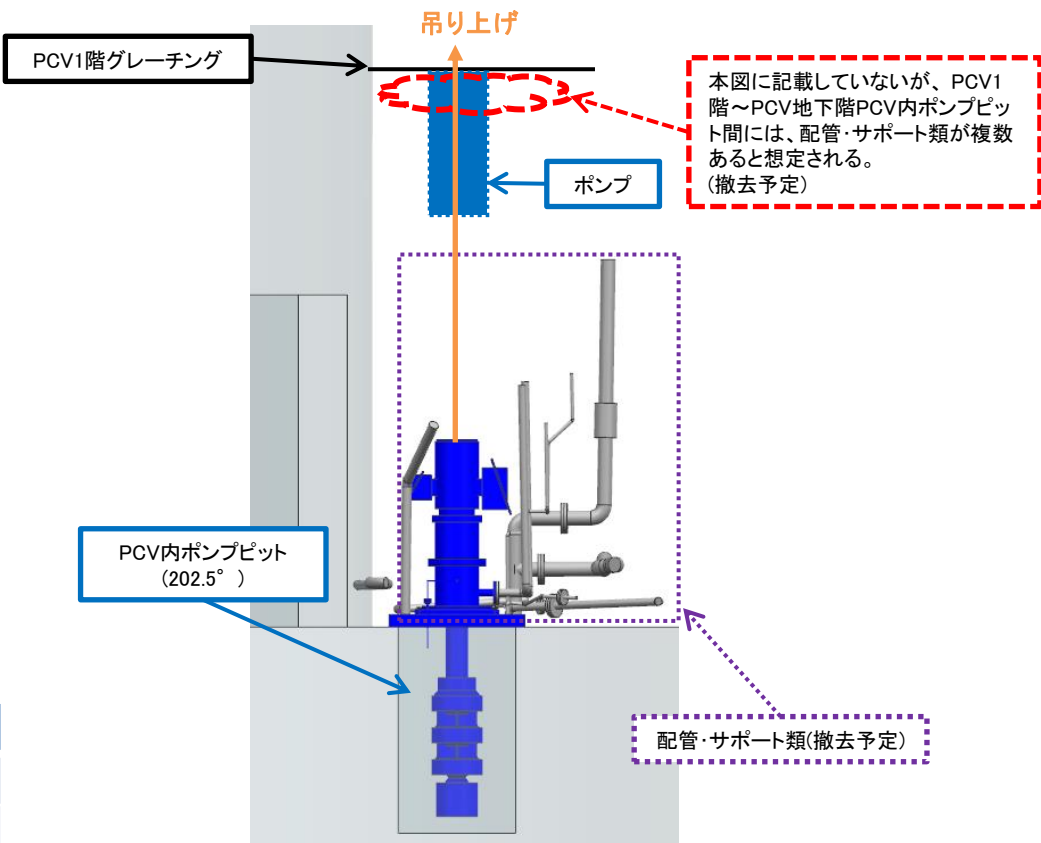
## ③ ポンプピット内干渉物撤去

### ■ 前提条件の整理 c. 対象ポンプピット位置の選定(4/5)

➢ 2,3号機PCV内ポンプピット(202.5°)のPCV1階PCV内ポンプピット上部付近のグレーチング上の干渉物とポンプの吊り上げルート上の干渉物を下記に示す。



2,3号機PCV1階配置図



2,3号機PCV地下階配置図

号機	2,3号機
設置位置	202.5°
PCV1階の干渉物	・MS配管 ・HVH-A(撤去予定)
吊り上げルート上の干渉物	・配管・サポート類(撤去予定)

## 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

### ③ ポンプピット内干渉物撤去

#### ■ 前提条件の整理 c. 対象ポンプピット位置の選定(5/5)

➢ 前項までに検討した1号機PCV内ポンプピット(45°、225°)および、2,3号機PCV内ポンプピット(202.5°)のPCV1階PCV内ポンプピット上部付近のグレーチング上の干渉物とポンプの吊り上げルート上の干渉物を整理し、作業の難易度を評価した。評価した結果を下記に示す。

号機		1号機		2,3号機	
設置位置		45°	225°	202.5°	
PCV1階	干渉物	・HVH-D(撤去予定)	・MS配管架台 ・HVH-A(撤去予定) ・遮蔽体(撤去予定)	・MS配管 ・HVH-A(撤去予定)	
	評価	・PCV1階に揚重装置を設置可能なスペースを確保できると判断。	・PCV1階にMS配管架台があり、揚重装置を設置可能なスペースを確保するのが困難なため、揚重装置の設置位置について検討が必要。	・PCV1階にMS配管があり、揚重装置を設置可能なスペースを確保するのが困難なため、揚重装置の設置位置について検討が必要。	
	難易度*	低	高	高	
吊り上げルート上	干渉物	・コンクリートブラケット ・配管・サポート類(撤去予定)	・コンクリートブラケット ・配管・サポート類(撤去予定) ・遮蔽体(撤去予定)	・配管・サポート類(撤去予定)	
	評価	・吊り上げルート上にコンクリートブラケットがあり、ポンプを真上に吊り上げて撤去することができないため、吊り上げ方法の検討が必要。	・吊り上げルート上にコンクリートブラケットがあり、ポンプを真上に吊り上げて撤去することができないため、吊り上げ方法の検討が必要。	・吊り上げルート上に干渉物はなく、ポンプを真上に吊り上げることができると判断。	
	難易度*	高	高	低	
総合評価	難易度*	中	高	中	

【凡例】 難 ➡ 易  
\* : 難易度(高→中→低)

対象のポンプピットは、総合評価の難易度が「高」の1号機PCV内ポンプピット(225°)と他号機への適用性を検討することを踏まえ、2,3号機PCV内ポンプピット(202.5°)について検討することとした。

## 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

### ③ ポンプピット内干渉物撤去

#### ■前提条件の整理 d. 前提条件まとめ

➤本補助事業を検討する際の前提条件を整理した。整理した結果を下記に示す。

No.	項目	対象号機,位置	理由	備考
1	ポンプピット内・上部の燃料デブリの状況 (既設ポンプの撤去範囲)	・1～3号機(ケース2:分割撤去) ・2,3号機(ケース4:全撤去[一体撤去])	燃料デブリの取り出し(加工)をしないもの を選定	2パターン検討
2	ポンプ仕様	高さ	2号機(2,247[mm])	最も高い(長い)ものの撤去が難しいと 判断したため
		質量	2号機想定(320[kg])	最も重いものの撤去が難しいと 判断したため
		直径	全号機(Φ305[mm])	全号機共通仕様のため
3	ポンプピット仕様	2,3号機 (1,250(W)×700(D)×1,230(H)[mm])	最も作業スペースが狭いものが難しいと 判断したため	
4	ポンプピット位置	・1号機PCV内ポンプピット(225° ) ・2,3号機PCV内ポンプピット(202.5° )	作業の難易度から難しいものを選定	2パターン検討

〈No.4\_ポンプピット位置の選定について〉

- ・1号機PCV内ポンプピット(225° )は燃料デブリに埋もれている可能性がある。しかし、燃料デブリの状況はあくまでも推定によるものである。そのため、今回試験対象を選定する理由としては難易度が高い作業の成立性を確認することで、それよりも難易度が低い作業も成立するとの考え方とした。
- ・対象ポンプピットの選定に際してはカーフ(段差)等も考慮すべき条件と考えているが、カーフ等の詳細な情報を入手出来ていないため、対象の選定については作業の難易度を基準とした。

# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

## ③ ポンプピット内干渉物撤去

### ■ 作業ステップの検討 a. 概略作業ステップ

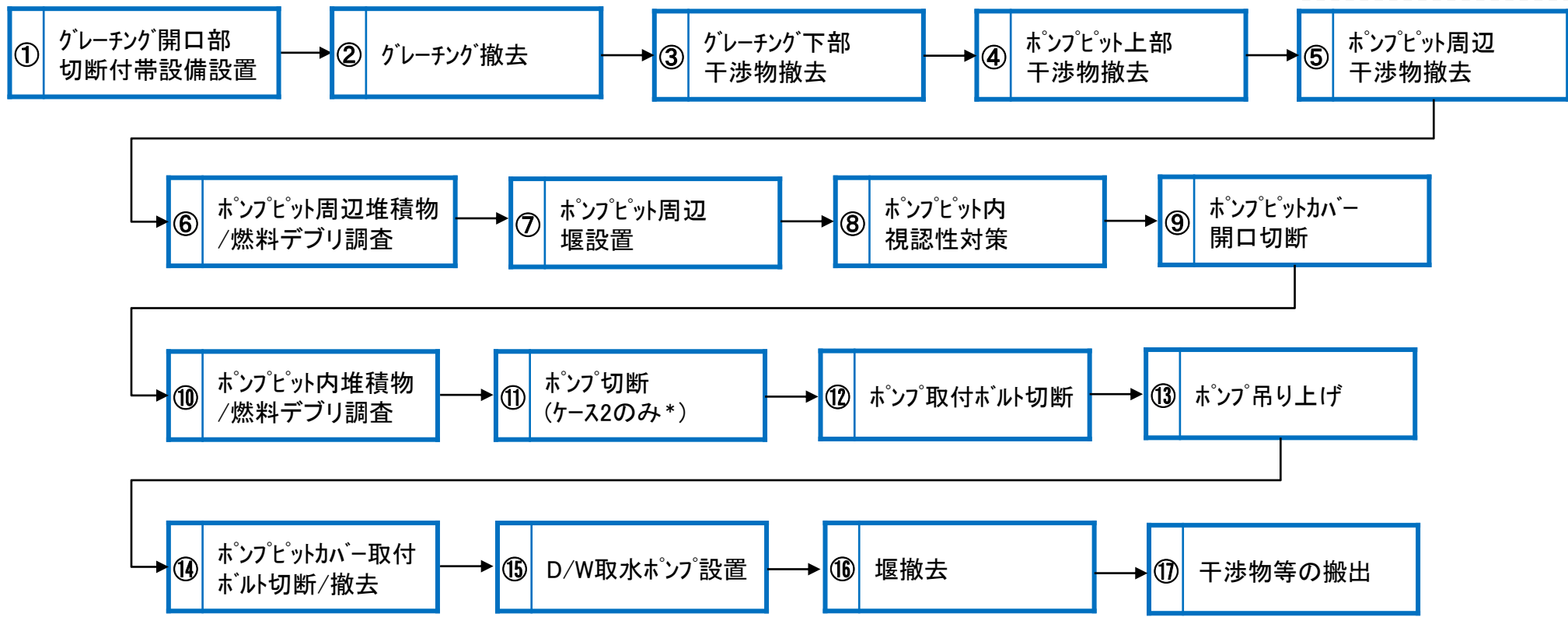
➤ポンプピット内干渉物撤去を行う際の概略作業ステップを検討した。検討した作業ステップを下記に示す。

#### 【前提条件】

- 機器ハッチからPCV1階ポンプピット上部付近までのアクセスルート上の干渉物については撤去済みとする。
- 作業に使用する装置はPCV1階ポンプピット上部付近まで移動した状態とする。

#### 〈概略作業ステップ〉 1号機/2号機/3号機共通

\* :ケース2  
ポンプピット内の一部に燃料デブリがある状態



# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

## ③ ポンプピット内干渉物撤去

### ■作業ステップの検討 b. 作業イメージ(1/3)

➢1号機PCV内ポンプピット(225°)の既設ポンプを撤去する際のイメージ図を下記に示す。

<p>① グレーチング開口部切断付帯設備設置</p> <p>PCV1階グレーチング上</p>	<p>② グレーチング撤去</p>	<p>③ グレーチング下部干渉物撤去</p>
<p>④ ポンプピット上部干渉物撤去</p>	<p>⑤ ポンプピット周辺干渉物撤去</p>	<p>⑥ ポンプピット周辺堆積物/燃料デブリ調査</p>

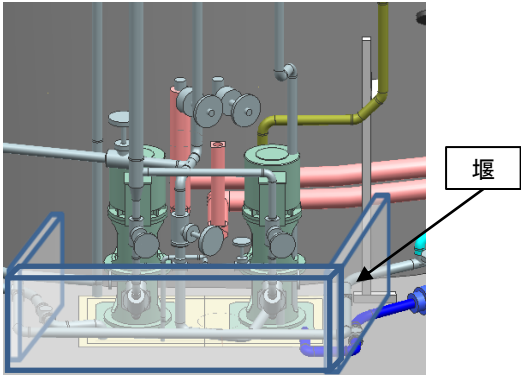
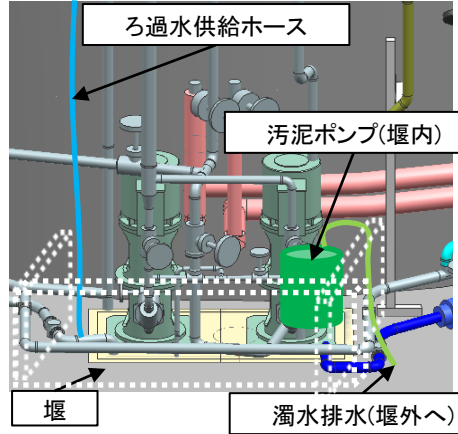
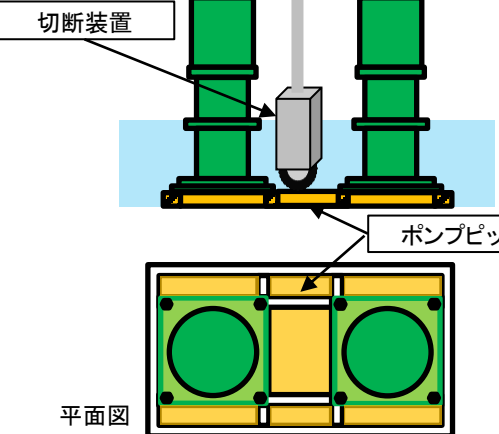
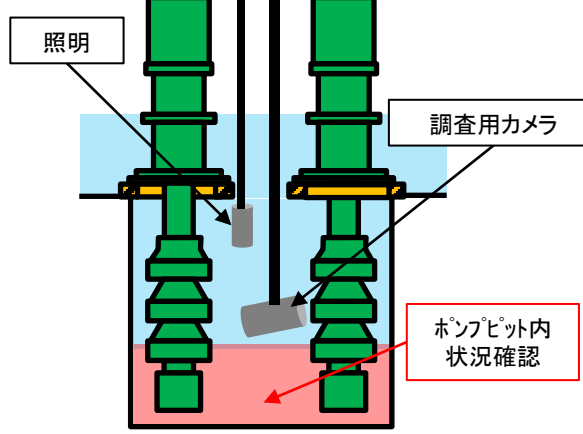
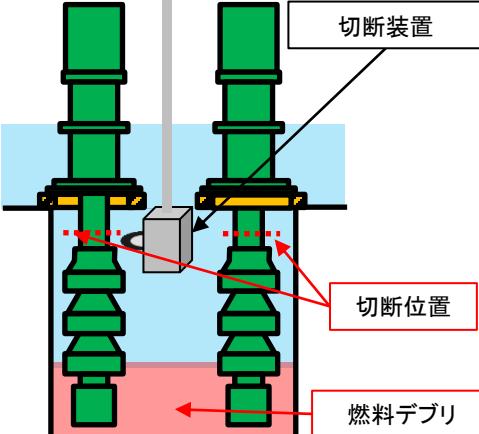
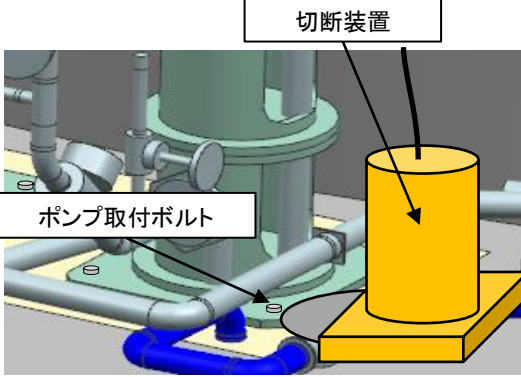
# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

## ③ ポンプピット内干渉物撤去

### ■作業ステップの検討 b. 作業イメージ(2/3)

➢1号機PCV内ポンプピット(225°)の既設ポンプを撤去する際のイメージ図を下記に示す。

\*ケース2  
ポンプピット内の一部に燃料デブリがある状態

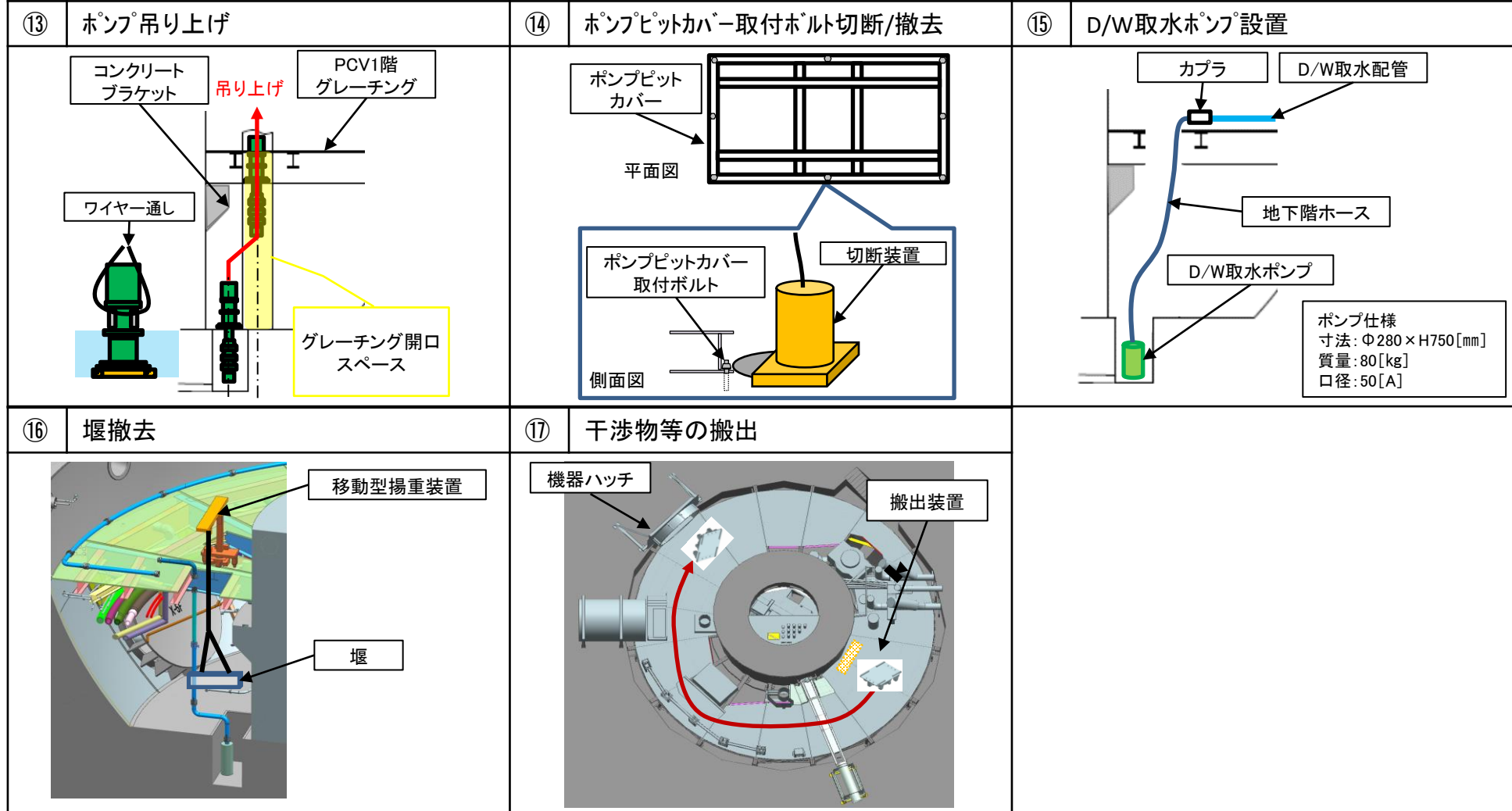
<p>⑦ ポンプピット周辺堰設置</p>  <p>堰</p> <p>(ポンプピット周辺配管は撤去済)</p>	<p>⑧ ポンプピット内視認性対策</p>  <p>ろ過水供給ホース</p> <p>汚泥ポンプ(堰内)</p> <p>堰</p> <p>濁水排水(堰外へ)</p>	<p>⑨ ポンプピットカバー開口切断</p>  <p>切断装置</p> <p>ポンプピットカバー</p> <p>平面図</p>
<p>⑩ ポンプピット内堆積物/燃料デブリ調査</p>  <p>照明</p> <p>調査用カメラ</p> <p>ポンプピット内状況確認</p>	<p>⑪ ポンプ切断(ケース2のみ*)</p>  <p>切断装置</p> <p>切断位置</p> <p>燃料デブリ</p>	<p>⑫ ポンプ取付ボルト切断</p>  <p>切断装置</p> <p>ポンプ取付ボルト</p> <p>(ポンプピット周辺配管は撤去済)</p>

# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

## ③ ポンプピット内干渉物撤去

### ■作業ステップの検討 b. 作業イメージ(3/3)

➢1号機PCV内ポンプピット(225°)の既設ポンプを撤去する際のイメージ図を下記に示す。



## 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

### ③ ポンプピット内干渉物撤去

#### ■要素試験項目の選定 a. 単体試験および、要素試験項目の選定(1/2)

➢検討した作業ステップの内、単体試験及び要素試験の試験項目を選定した。  
選定した試験項目とその理由を以下に示す。

単体試験：環境模擬体外で装置単体で実施する試験。  
要素試験：環境模擬体内で各装置を組み合わせて実施する試験。

作業		単体試験		要素試験	
ステップ	内容	要否	理由	要否	理由
①グレーチング開口部切断付帯設備設置	俯瞰カメラ/照明/装置設置(グレーチング上)	否	2018年度補助事業(ペDESTAL外干渉物撤去)で成立性を確認しているため不要。	否	2018年度補助事業(ペDESTAL外干渉物撤去)で成立性を確認しているため不要。
②グレーチング撤去	グレーチングの切断/把持/移動	否	2019年度補助事業(水循環システム構築)で成立性を確認しているため不要。	否	2019年度補助事業(水循環システム構築)で成立性を確認しているため不要。
③グレーチング下部干渉物撤去	梁、縦配管、横配管、サポート、電線管、ケーブルの切断/把持/移動	否	2019年度実機工事で作業の成立性を確認しているため不要。	否	2019年度実機工事で作業の成立性を確認しているため不要。
④ポンプピット上部干渉物撤去	縦配管、横配管、サポート、電線管、ケーブルの切断/把持/移動	否	2019年度実機工事で作業の成立性を確認しているため不要。	否	2019年度実機工事で作業の成立性を確認しているため不要。
⑤ポンプピット周辺干渉物撤去	縦配管、横配管、サポート、電線管、ケーブルの切断/把持/移動	否	2019年度実機工事で作業の成立性を確認しているため不要。	否	2019年度実機工事で作業の成立性を確認しているため不要。
⑥ポンプピット周辺堆積物/燃料デブリ調査	調査用カメラ投入	否	PCV内部調査等で作業の成立性を確認しているため不要。	否	PCV内部調査等で作業の成立性を確認しているため不要。
⑦ポンプピット周辺堰設置	堰設置(土嚢、水嚢)	否	2019年度実機工事で作業の成立性を確認しているため不要。	否	2019年度実機工事で作業の成立性を確認しているため不要。
⑧ポンプピット内視認性対策	遠隔高圧洗浄、汚泥ポンプ設置/撤去、ダイヤフラムポンプ設置/撤去、濁水排水、ろ過水供給/排水	否	2019年度実機工事で作業の成立性を確認しているため不要。	否	2019年度実機工事で作業の成立性を確認しているため不要。
⑨ポンプピットカバー開口切断	調査用カメラ、照明投入口切断/把持/移動	否	②や③と類似している作業で成立性が高いと判断したため不要。	否	②や③と類似している作業で成立性が高いと判断したため不要。

## 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

### ③ ポンプピット内干渉物撤去

#### ■ 要素試験項目の選定 a. 単体試験および、要素試験項目の選定(2/2)

\*:ケース2  
ポンプピット内の一部に燃料デブリがある状態

➢ 検討した作業ステップの内、単体試験及び要素試験の試験項目を選定した。

選定した試験項目とその理由を以下に示す。

単体試験:環境模擬体外で装置単体で実施する試験。  
要素試験:環境模擬体内で各装置を組み合わせる実施する試験。

作業		単体試験		要素試験	
ステップ	内容	要否	理由	要否	理由
⑩ポンプピット内 堆積物/燃料デブリ調査	ポンプピット内調査用 カメラ/照明取り扱い	要	濁水環境の視認性を確認し、作業を確認するために必要な条件を確認するため。	否	取り扱い性の確認は⑩の作業の方が難しいと判断し、⑩で取り扱い性について確認するため不要。
⑪ポンプ切断 (ケース2のみ)	ポンプピット内 ポンプ切断/把持(ケース2)	要	チップソーやレンプロソーによる水中環境の切断可能な条件を確認するため。	要	遠隔装置による狭所での切断作業、切断装置の取り扱いを成立させるための条件を確認するため。
⑫ポンプ取付ボルト切断	ポンプ取付ボルト切断、 ポンプ取付ボルト周辺ポンプ ピットカバー切断	否	2019年度実機工事で作業の成立性を確認しているため不要。	否	2019年度実機工事で作業の成立性を確認しているため不要。
⑬ポンプ吊り上げ	ポンプ玉掛け	否	2019年度実機工事で作業の成立性を確認しているため不要。	要	遠隔装置と揚重装置の組み合わせによる玉掛作業を成立させるための条件を確認するため。
	ポンプ吊り上げ(ケース4)	要	吊り上げ作業を成立させるための条件を確認するため。	要	周辺の構造物と干渉せず、吊り上げ作業を成立させるための条件を確認するため。
	ポンプ上部吊り上げ(ケース2*)	要		要	
	ポンプ移動(D/W1階)	要	長尺で高重量(320[kg])の物の搬出作業を成立させるための条件を確認するため。	要	周辺の構造物と干渉せず、移動作業を成立させるための条件を確認するため。
⑭ポンプピットカバー 取付ボルト切断/撤去	ポンプピットカバー取付ボルト切断、 ポンプピットカバー撤去	否	2019年度実機工事で作業の成立性を確認しているため不要。	否	2019年度実機工事で作業の成立性を確認しているため不要。
⑮D/W取水ポンプ設置	ポンプ設置	否	2019年度補助事業(水循環システム構築)で成立性を確認しているため不要。	否	2019年度補助事業(水循環システム構築)で成立性を確認しているため不要。
⑯堰撤去	堰撤去(土嚢、水嚢)	否	2019年度実機工事で作業の成立性を確認しているため不要。	否	2019年度実機工事で作業の成立性を確認しているため不要。
⑰干渉物の搬出	機器ハッチまで干渉物の搬出	否	2020年度補助事業(ペDESTAL内干渉物撤去)で成立性を確認しているため不要。	否	2020年度補助事業(ペDESTAL内干渉物撤去)で成立性を確認しているため不要。

「要」と判断した単体試験および、要素試験を実施し、作業の成立性を確認する。

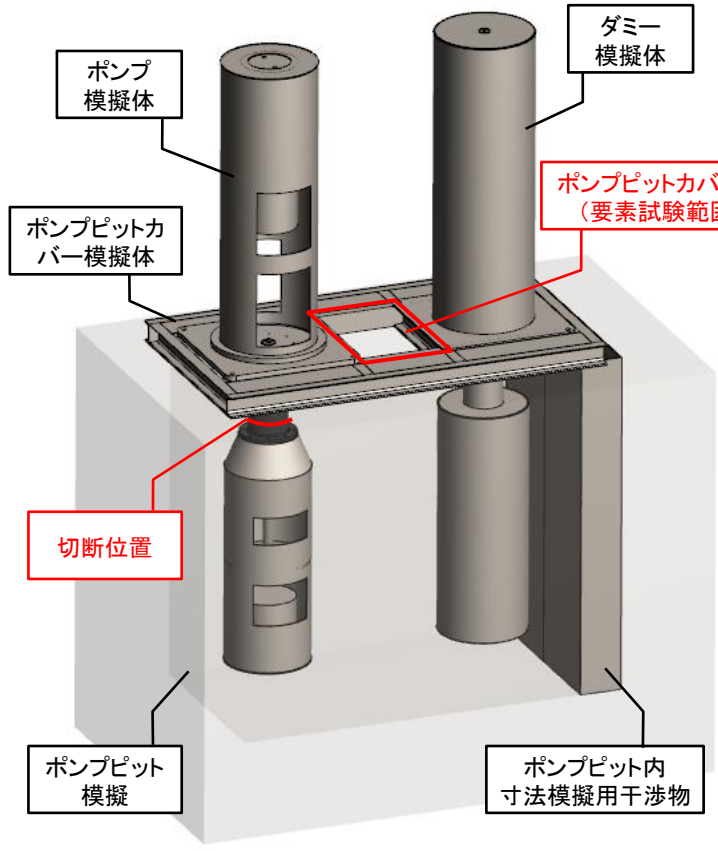
# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

## ③ ポンプピット内干渉物撤去

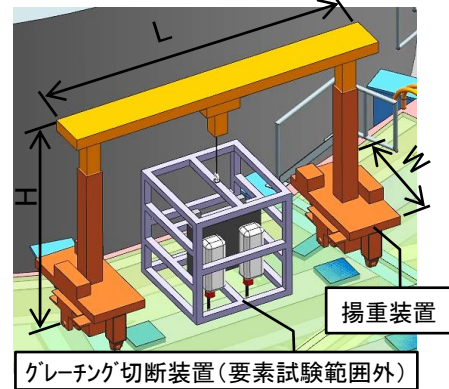
### ■使用する装置の検討 a. 揚重装置の検討

➤現地に使用する揚重装置および、要素試験に使用する揚重装置を検討した。

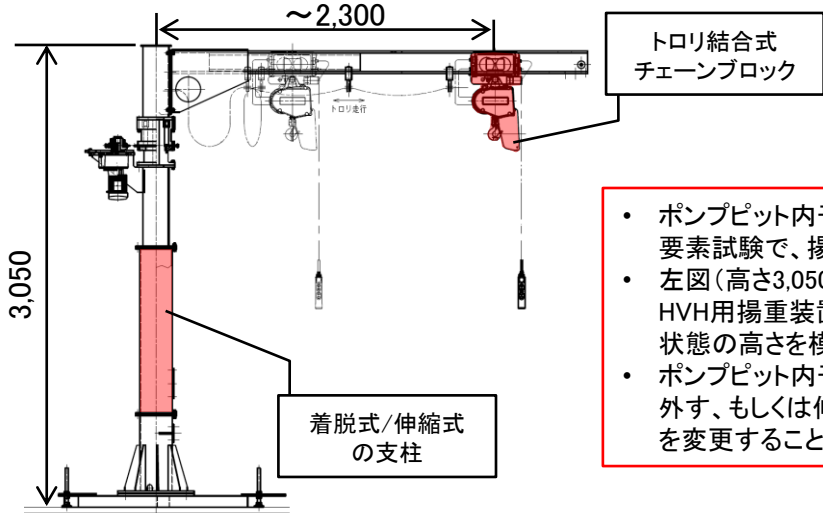
なお、要素試験に使用する揚重装置については、HVH解体要素試験との共有化を検討中である。



ポンプおよび、ポンプピット模擬体(イメージ図)



揚重装置の現地使用イメージ例



要素試験用の揚重装置(イメージ図)

揚重装置の概略仕様	
外形寸法	L2,400×W800×H1,500[mm]以下 (アクセスルート通過可能寸法)
揚程	約6.5[m]以上
可搬重量	340[kg]以上 (最も重い2号機ポンプ+吊具を想定)

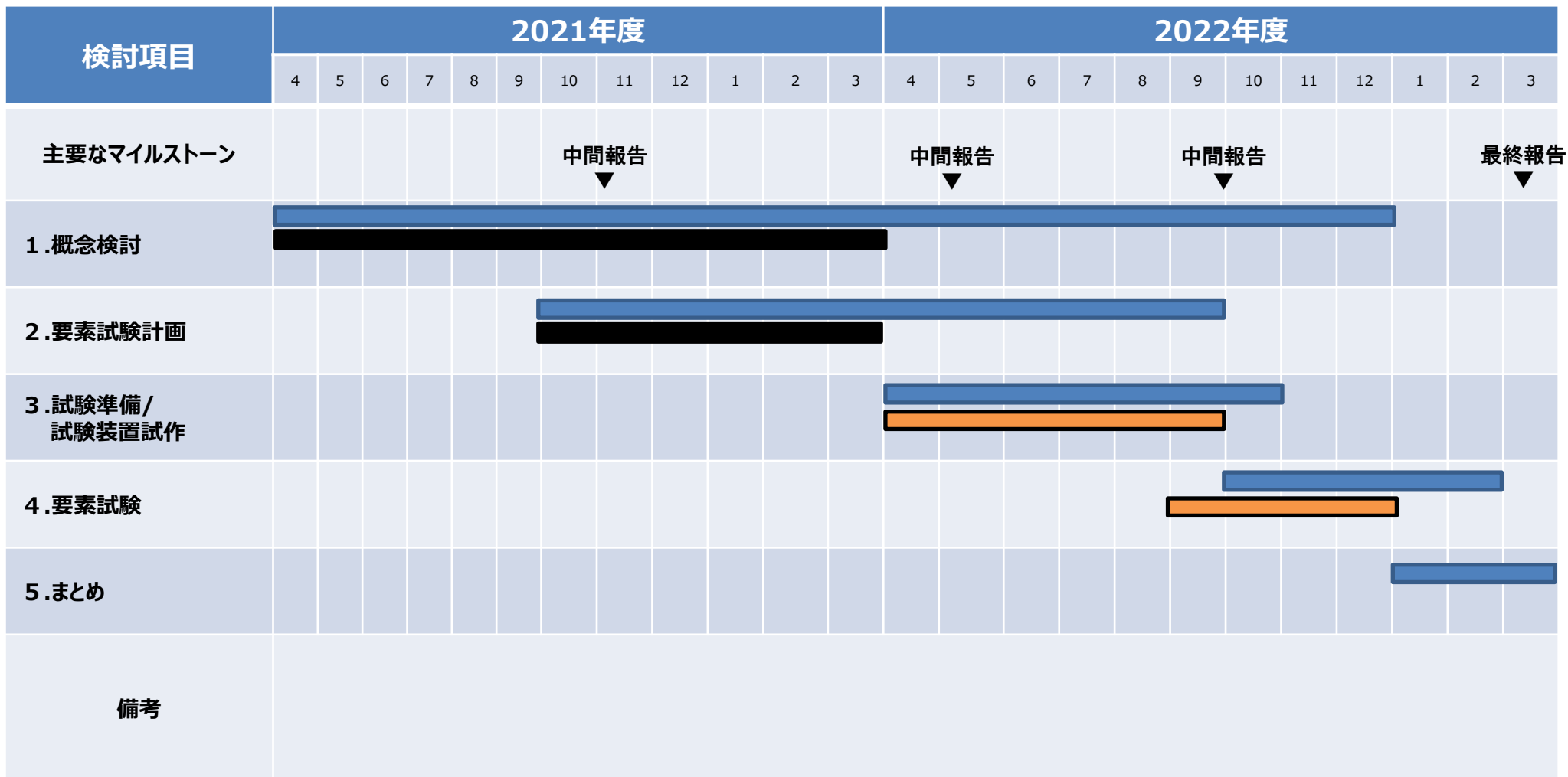
- ポンプピット内干渉物撤去の要素試験と、HVH解体要素試験で、揚重装置の共有化を検討中。
- 左図(高さ3,050[mm])はHVH解体要素試験時の状態。HVH用揚重装置(クレーン)のジブを伸長した状態の高さを模擬。
- ポンプピット内干渉物撤去の要素試験時は、支柱を外す、もしくは伸縮式とすることで、揚重装置の高さを変更することを計画中。

# 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

## ③ ポンプピット内干渉物撤去

### ■ 開発工程

■ : 計画  
■ : 計画(見直し後)\*  
■ : 実績



## 6. 本事業の実施内容【1)(2)解体・撤去技術の開発】

### ③ ポンプピット内干渉物撤去:まとめ

- ポンプピット内干渉物撤去について、前提条件としてポンプピット内燃料デブリの状況、撤去対象のポンプ仕様、ポンプピット仕様および位置について検討・整理した。
- ポンプピット内干渉物撤去に関する作業ステップを検討し、試験項目を選定した。
- 作業ステップの詳細検討を実施中。1号機PCV内ポンプピット(225°)の既設ポンプを撤去する際の作業イメージを整理した。
- 要素試験に使用するポンプ・ポンプピット模擬体および揚重装置について検討中。今後、解体装置等の検討も含めて要素試験計画を立案し、要素試験によりポンプピット内干渉物撤去工法の実現性を確認する。

### 1) 横取り出し工法の開発

#### (3) 取り出し工法の高度化開発

公募実施内容を記載

##### ① 取り出し用遠隔先端ツール

燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に対応するため、候補工法の検討と並行してスループット評価を進めてきている。横取り出し工法のスループットの改善に向けては、燃料デブリの加工、回収作業について、先端ツールの位置決めや対象物の把持、先端ツール交換等の効率化の検討、開発が必要となっている。

燃料デブリの取り出し及び炉内構造物の解体・撤去を行う遠隔装置の先端ツールに関しては既往の開発において各種手法が検討されているが、市場技術を含めて効率化に適する先端ツールの調査、整理を行う。

その上で現場に適用するための要求事項に基づいて、効率改善が必要な作業に適用可能な先端ツール・操作システム（干渉回避制御システムなど）の代表的手法を選定し、現場適用のための市場技術の改善または新規開発技術による先端ツール・操作システムの試作を行う。試作した先端ツール・操作システムによって、PCV内の構造物等の干渉物、燃料デブリ等の加工対象物の機械的性状等を考慮したモックアップ（妥当性のある部分モデルまたは縮小モデルとすることも許容する）を使った試験によって、燃料デブリの加工及びユニット缶への回収手順、各先端ツールの操作性、効率等を検証し、一連の作業成立性の確認を行う。また、作業手順の実績データを取得、整理し、スループット評価用データを作成する。

## 6. 本事業の実施内容 【 1 ) ( 3 ) 取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (1) これまでの開発成果と本事業の関連

##### 【基盤技術の高度化 (H29-30年度実施)】

- アクセス装置の開発
  - アクセスレール、ロボットアーム組合試験
    - ✓ アクセスレールの設置
    - ✓ ロボットアームのペデスタル内案内



レール・アーム組合試験

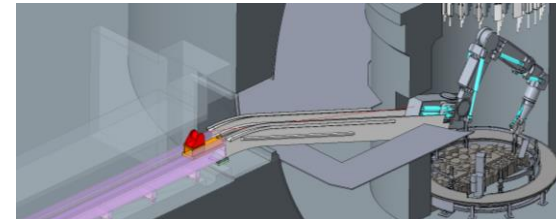


レール・アーム組合試験



##### 【取り出し規模の更なる拡大 (R1-2年度実施)】

- 横アクセス工法の現場適用のための工法見直し
  - 固定レール方式の検討  
(アクセス装置小型化 ⇒ セル高さ低減)
- 粒状燃料デブリ吸引回収システムの開発



固定レール方式の検討

粒状燃料デブリ  
吸引回収

##### 【今回実施】

- 先端ツール、操作システムの検討、要素試験
- スループット評価用データの取得

## 6. 本事業の実施内容【(1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (1)これまでの開発成果と本事業の関連

#### 【これまでの開発状況】

- PCV内の各回収対象に適した加工方法を調査。
- 調査した加工方法の中から有望と思われる加工技術について加工要素試験を実施。
- 構造物、燃料デブリの回収手順を検討。
- 加工要素試験結果、アクセス性試験結果、机上検討結果等から燃料デブリ取り出しのスループットを試算。

過去の加工方法調査例(R1-2年度報告書より抜粋)

	様々な燃料 デブリに対応	加工速度	アクセス性 (ヘッド小型)	入熱	ヒューム発生 (気中拡散)	切りくず発生量 (水中拡散)	ユーティリティ小 型化	供給可否
コアボーリング	○	△	○	○	○	△	○	○
ディスクソー	○	○	△	○	○	○	○	○
ワイヤーソー	△	△	×	○	○	○	○	○
バンドソー(レシプロソー)	△	△	×	○	○	○	○	○
超音波コアドリル	△	△	○	○	○	△	○	○
カッター(シャー)	△	○	○	○	○	△	○	○
チゼル	△	○	○	○	○	○	○	○
AWJ	△	△	○	○	○	×	×	○
レーザ	○	△	○	△	△*	△	×	○
プラズマアーク	×	×	○	△	×	△	×	○
プラズマジェット	○	△	○	△	×	△	×	×
ガス	×	△	○	△	×	△	△	○
フライス	×	○	×	○	○	○	×	○

#### 過去の加工要素試験

H26年度:	H29-30年度:
・コアボーリング	・チゼル
・レーザガウジング	・超音波コアボーリング
・プラズマ	・AWJ
・AWJ	・レーザ
・レーザ(研り)	・ディスクカッタ
H27-28年度:	・ワイヤーソー
・コアボーリング	R1-2年度:
・レーザガウジング	・油圧カッタ
	・切断砥石
	・チップソー
	・セリ矢
	・超音波コアボーリング

## 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (1) これまでの開発成果と本事業の関連

【これまでの開発状況】

#### 過去の加工要素試験(例)

年度	加工方法	模擬体	試験状況(工作機械等に設置)	加工速度
H27-28	コアボーリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SUS304</li> <li>・アルミナ</li> </ul>		2.86[mm/min] ・カッタ外径：Φ66mm ↓ 2.5[kg/h] ・H29-30試算結果
H29-30	チゼル	・MCCI模擬体		36.7[kg/h]
H29-30	ディスクカッタ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SUS304</li> <li>・ジルコニア</li> </ul>		750[mm <sup>2</sup> /min] ・深さ：1.5mm ・長さ：100mm ・時間：0.2min

## 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (1)これまでの開発成果と本事業の関連

##### 【課題】

- 現在の加工速度では、取り出し期間が目標の10年を超過。
- スループット算出に使用している加工時間は、主に工作機械による加工試験結果を使用しており、剛性の劣る遠隔装置に取り付けた先端ツールとしての加工作業では延びる可能性がある。
- 加工作業以外の作業の多く(先端ツールの位置決め等)は、作業時間を想定しスループット算出を行っており、精度向上を図る必要がある。

##### 【実施内容】

- スループット改善策の検討。
  - PCV内構造物、燃料デブリ回収手順の検討。
  - 加工方法の検討。
  - 装置の操作性向上。
- アクセス装置の仕様を考慮した加工時間の取得。
  - アクセス装置の仕様に合った先端ツールの製作、加工試験。
  - 加工時間、刃物寿命等のスループット評価用データの取得。
- マニピュレータ操作時のオペレータ負荷を低減する遠隔操作支援システムの開発による安全性、及び作業効率の向上
  - 干渉物を回避する軌道を生成する遠隔操作支援システムの開発
  - シミュレーション、スケールモデルモックアップによる作業実現性の確認。
  - スループット評価用データの取得(精度向上及び効率化による改善効果の取得)。

##### 【得られる成果】

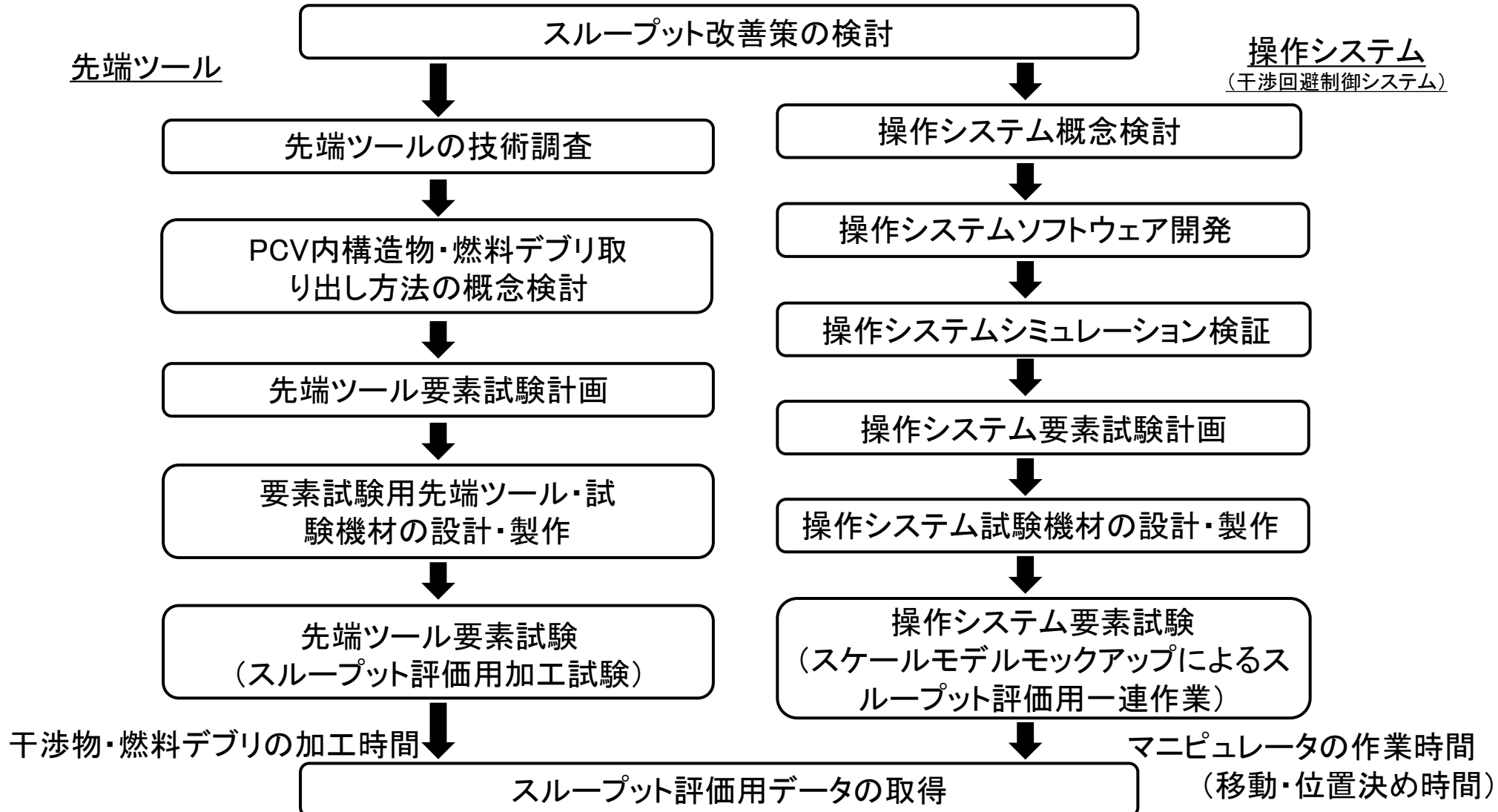
- PCV内構造物の解体・撤去方法及び燃料デブリ加工・回収手順の確認
- スループット評価用データの取得

## 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (1) これまでの開発成果と本事業の関連

【検討フロー】

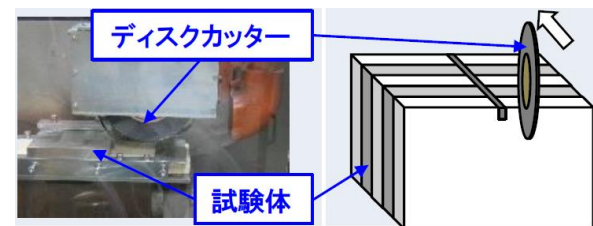
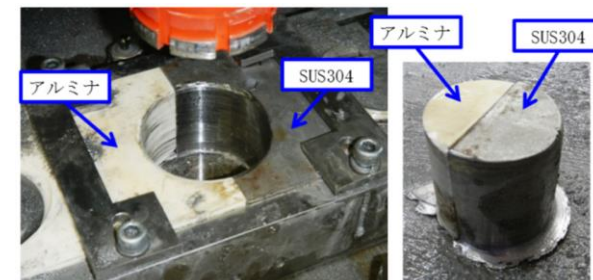


## 6. 本事業の実施内容 【 1)(3)取り出し工法の高度化開発】

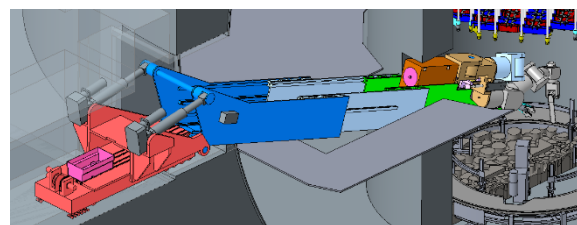
### ① 取り出し用遠隔先端ツール (2) 本研究の背景と目的(先端ツール)

#### ✓ 本研究が必要な理由

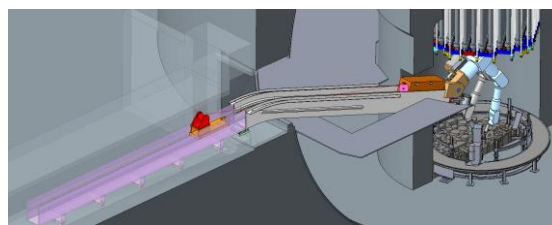
- これまでPCV内の各回収対象に適した加工方法の調査、加工試験を実施し、その結果からスループットを算出。
- スループット算出に使用している加工時間は、主に工作機械によるもので、剛性の劣る遠隔装置では加工時間が延びる可能性がある。
- そこで、現状の遠隔装置(アクセス装置)に適した仕様の先端ツールの製作、加工試験を実施し、加工時間の精緻化を図る。



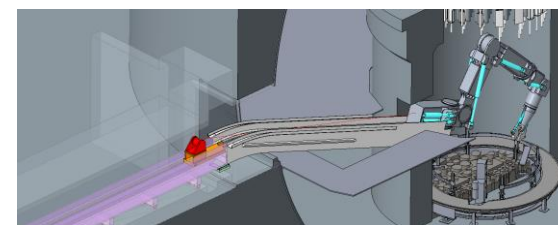
過去の加工試験状況



テレスコ式干渉物撤去装置  
(双腕電動アーム)



固定レール式双腕電動アーム



固定レール式液圧アーム

現状想定している遠隔装置(アクセス装置)

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (2)本研究の背景と目的(先端ツール)

#### ✓ 本研究の期待される成果と反映先とその寄与

##### 【期待される成果】

- 先端ツールの実機適用性、課題と対応策
- スループット評価用データ
  - 加工性
  - 加工時間
  - 刃物寿命
- 遠隔装置(アクセス装置)への要求仕様
  - 加工反力(必要先端ツール押付力)等

##### 【成果の反映先】

- 遠隔装置の設計
- スループットの評価

##### 【寄与】

- 燃料デブリ取り出し工法の具体性向上
- 燃料デブリ取り出し期間の評価

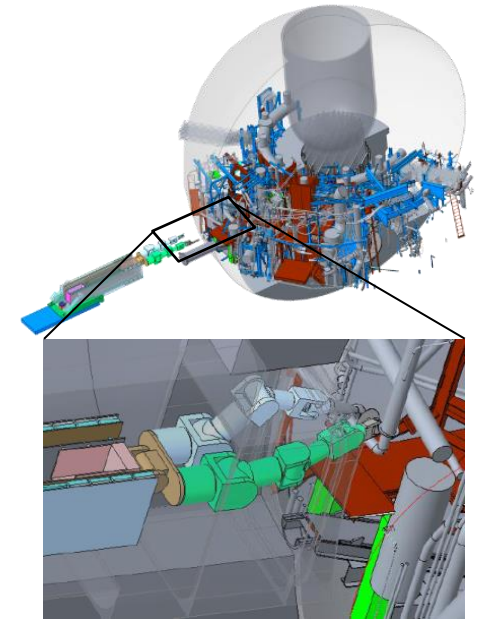
## 6. 本事業の実施内容 【 1) (3) 取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (2) 本研究の背景と目的(操作システム)

##### ✓ 本研究が必要な理由

- 燃料デブリ取り出しでは、PCVのような狭隘な環境において、障害物を避けながら干渉物撤去や燃料デブリ取り出し作業を行う。作業には冗長自由度(7軸以上の多関節を有する)マニピュレータが有効。
- しかし視野が制限される条件下で、障害物を回避しながら、冗長自由度マニピュレータを遠隔操作することはオペレータの負荷が非常に高く、マニピュレータを障害物に衝突させるリスクがある。
- そこで、「遠隔操作を支援する操作システム」によって、オペレータの負荷を軽減し作業の効率化を図る。



3号機における  
干渉物撤去作業イメージ

##### ✓ 本研究の期待される成果と反映先とその寄与

【期待される成果】: マニピュレータの障害物回避を自動化すること

【成果の反映先】: 燃料デブリ取り出しで使用される遠隔操作ロボットを適用対象として開発を行うが、将来的には様々な作業・ロボットへの適用を目指す。(環境モデルやロボットモデルを変更可能にする)

【寄与】: 作業の安全性・効率の向上が期待できる。※

※2019～2020年度に実施した先行研究「視界不良かつ狭隘環境での遠隔操作支援手法の開発」にて、操作支援を行うことによって、ベテランオペレータの手動操作から約90%の操作時間低減、およびティーチングデータ作成時間の約80%低減が実現されており、本開発では、それらをさらに実用化・高度化させる。

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (3) 目標(先端ツール)

##### ✓ 成果反映先からの要求

- 加工条件を幅広いパラメータとした加工試験  
特定のアクセス装置に限定せず、様々な装置に適用出来る様、押付力等の加工条件を幅広くパラメータとして加工試験を実施する。
- スループット改善  
加工試験においては、スループット改善を目的とした試験も実施する。

##### ✓ 上記要求に対する目標

- 現状想定しているアクセス装置の押付力(電動アーム150kg、液圧アーム2ton)だけではなく、小型のアクセス装置を想定した低い押付力の加工試験も実施し、加工性の確認、スループット評価用データを取得する。
- スループットで多くの時間を占める塊状燃料デブリ(ペDESTAL底に溜まった燃料デブリ)の加工時間短縮を目指し、現状のコアボーリング径 $\Phi 66\text{mm}$ の径をアップした試験も実施する。

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (3) 目標(操作システム)

##### ✓ 成果反映先からの要求

- オペレータの負荷を軽減する

状況判断や動作速度調整はオペレータが行う一方で、煩雑な選択・手順検討・広域監視はなるべくシステムに任せることによってオペレータ負荷を軽減する。

- 拡張性を有する

特定の装置に限定せず、将来的に様々な作業・装置への展開を目指す。また、廃炉における計画・管理・記録などを担う統合管理システムとの連携を行う。

##### ✓ 上記要求に対する目標

- 試作した操作システムによって、3号機ペDESTAL内を模擬したモックアップ試験を実施し、干渉物の把持・切断・搬出や、燃料デブリのユニット缶への回収手順等を検証し、一連の作業成立性の確認を行う。また、作業手順の実績データを取得、整理し、スループット評価用データを作成する。
- 解体撤去手順計画へのインプットの1つとして、操作システムの適用条件や、想定されるトラブルに対するケーススタディを整理する。

## 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (4)実施事項とその関係、他研究との関連(先端ツール)

##### ✓ 本研究の実施項目

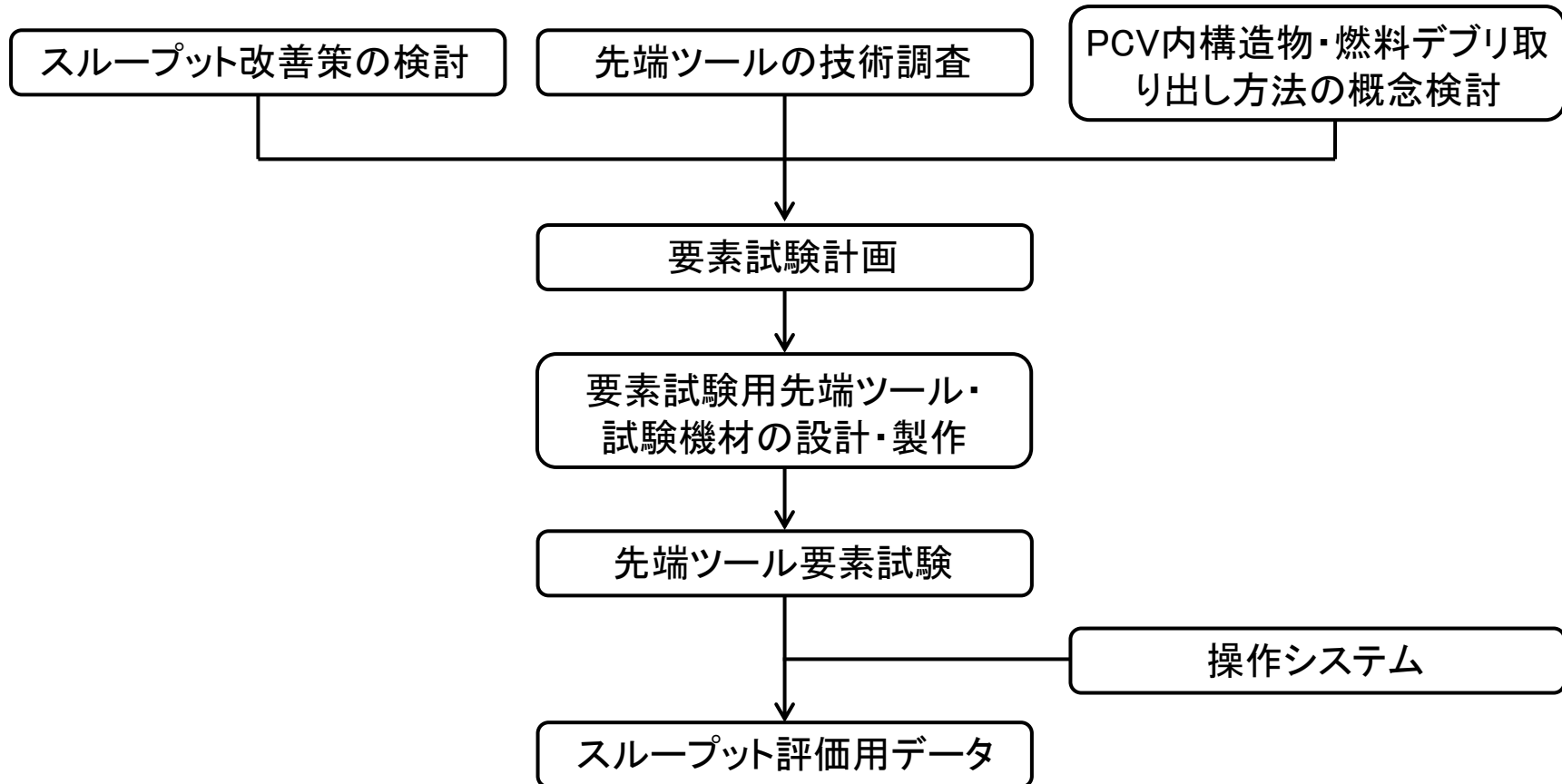
- スループット改善策の検討
  - 過去のスループット算出の分析
  - 要素試験実施内容検討
- 先端ツールの技術調査
  - 過去に実施した加工方法調査結果の整理
  - 新たな加工方法の調査
- PCV内構造物・燃料デブリ取り出し方法の概念検討
  - 構造物・燃料デブリの回収手順の検討
  - 構造物・燃料デブリの加工方法の検討
- 要素試験計画
  - 実機用先端ツールの概念設計
  - 試験項目・試験方法検討
- 要素試験用先端ツール・試験機材の設計・製作
  - 試験用先端ツール・試験機材の設計・製作
- 先端ツール要素試験
  - 先端ツールを用いた加工試験
  - 加工試験結果評価(スループット改善策の評価含む)

## 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (4) 実施事項とその関係、他研究との関連(先端ツール)

#### ✓ 実施項目間の関連性



#### ✓ 他研究との関連性(インプット・アウトプット情報)

- 加工制限値について、臨界管理と情報共有しながら検討を実施する。

# 6. 本事業の実施内容【(1)(3)取り出し工法の高度化開発】

## ① 取り出し用遠隔先端ツール

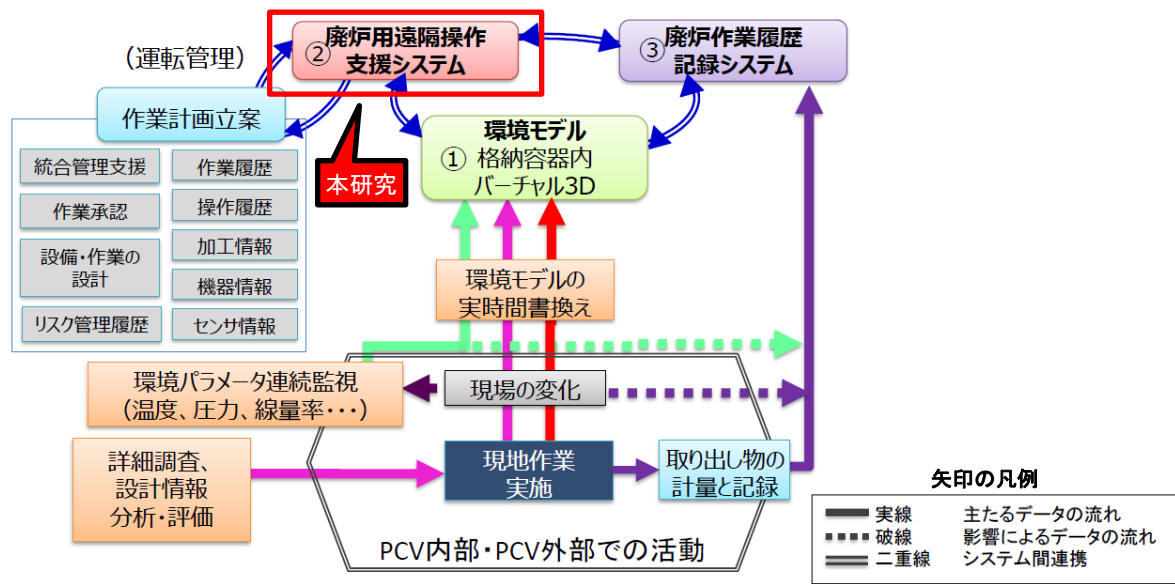
### (4)実施事項とその関係、他研究との関連(操作システム)

#### ✓ 本研究の実施項目

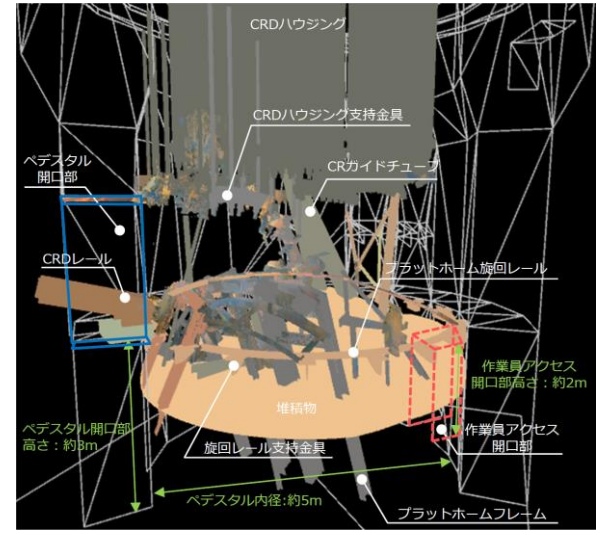
- 操作システムの試作、モックアップ試験による一連の作業成立性の確認
- 作業手順の実績データの取得、スループット評価用データの作成

#### ✓ 実施項目間の関連性、他研究との関連性(インプット・アウトプット情報)

- 燃料デブリ取り出し監視・支援・統合管理WGと連携し、データ活用の概念検討中
- モックアップは3号機ペDESTAL内部の3D損傷モデルを基に製作



燃料デブリ取り出し監視・支援・統合管理WGによるデータ活用案



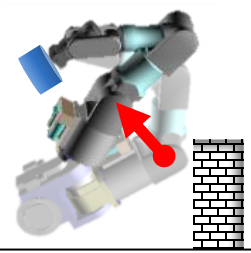
2017年7月の3号機PCV内部調査の映像から復元されたペDESTAL内部の3D損傷モデル

## 6. 本事業の実施内容 【 1）(3)取り出し工法の高度化開発】

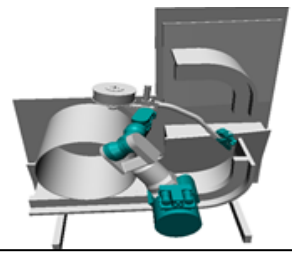
- ① 取り出し用遠隔先端ツール
- (4)実施事項とその関係、他研究との関連(操作システム)
- ✓ これまでの開発成果と本事業の関連

多関節マニピュレータの障害物回避に関して、研究を重ねる中で汎用性・実用性を高めている。

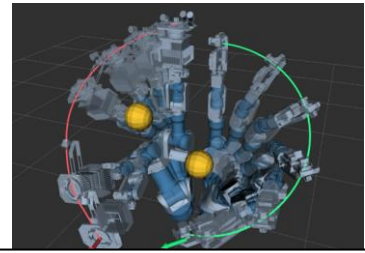
開発プロジェクト	内容
R/B内の遠隔除染技術の開発 (2013～2014年度)	冗長自由度マニピュレータの直感的な遠隔操縦手法として、セルフモーションの生成手法を開発し、効果を検証した。
燃料デブリ・炉内構造物の取り出し基盤技術の高度化(2017～2018年度) 「多自由度ロボットの環境との干渉回避を考慮した動作計画手法の開発」	PCV壁面へセルアダプタを“一筆書き”で溶接する作業において、干渉物を回避しながら溶接線に追従する軌道を生成し、モックアップ溶接試験で有効性を確認した。
燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けた技術の開発(2019～2020年度) 「視界不良かつ狭隘環境での遠隔操作支援手法の開発」	<p>双腕マニピュレータによる干渉物撤去作業を目的とし、障害物を回避しながらゴールへ到達する軌道を計算機で自動生成し、オペレータのジョイスティック操作で再生速度を設定する技術(軌道計画)を開発し、従来の操作手法(手動操作、ティーチング)と比較検証して有効性を確認した。</p> <p><b>(研究内容をロボット学会誌Advanced Roboticsに投稿し、現在査読中)</b></p>
<p>本事業(2021～2022年度)</p> <p>「取り出し用遠隔先端ツール」</p>	<p>双腕マニピュレータで「把持」、「切断」等の位置決めを行う場合や、3Dモデルと現物とのズレがある場合に、その場でズレを補正し、障害物を回避する軌道を再生成することによって、短時間で安全に燃料デブリ取り出し作業を実施できる技術を開発する。</p>



セルフモーション(2013～2014年度)



溶接軌道の動作計画(2017～2018年度)



双腕マニピュレータの軌道計画(2019～2020年度)

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5)実施事項(先端ツール)

##### ✓ 目的

- 現状の遠隔装置(アクセス装置)に適した仕様の先端ツールで加工試験を実施して加工時間等のスループット評価用データを取得し、スループット評価用データの精緻化を図る。

##### ✓ 目標

- 現状の遠隔装置(アクセス装置)に適した仕様の先端ツールで加工試験を実施し、加工可否の確認、加工時間の計測、課題抽出を実施する。
- 現状想定しているアクセス装置の押付力(電動アーム150kg、液圧アーム2ton)だけではなく、小型のアクセス装置を想定した低い押付力の加工試験も実施し、加工性の確認、スループット評価用データを取得する。
- スループットで多くの時間を占める塊状燃料デブリ(ペDESTAL底に溜まった燃料デブリ)の加工時間短縮を目指し、現状のコアボーリング径 $\Phi 66\text{mm}$ の径をアップした試験も実施する。

## 6. 本事業の実施内容【(1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール (5)実施事項(先端ツール)

#### ✓ 実施事項

#### (a)スループット改善策の検討

- H29-30年度補助事業で実施したスループット算出の分析を実施。
  - ペDESTAL外干渉物撤去 : 1,731Hr (73日)
  - CRD交換機撤去 : 5,543Hr (231日)
  - CRDハウジング撤去 : 11,970Hr (499日)
  - 粒状燃料デブリ回収 : 2,506Hr (105日)
  - 小石状燃料デブリ回収 : 3,560Hr (149日)
  - 塊状燃料デブリ回収 : 44,652Hr(1,861日)・・・この内、加工時間が31,764Hr(1,324日)
- 本開発では、上記スループットで多くの時間を占める塊状燃料デブリ(ペDESTAL底に溜まった燃料デブリ)の加工時間短縮を目指した検討、加工試験を実施する。
  - 加工速度向上を見込める新たな加工方法の技術調査。
  - 現状のコアボーリング径Φ66mmの径アップ。

(例)ペDESTAL外干渉物撤去のスループット

撤去期間						
装置搬入 出	ツール位 置決め	加工	切断片を LLW バス ケットに回収	セル内で刃 物交換	LLW バス ケット搬出	合計
1h×2	1h×切断プロ ック数:641	切断長さ: 260,750mm /切断速度: 86mm/min/ 60min/h	0.2h×切断プロ ック数:641	2ブロック切断 毎に交換 2.5h×641/2 (ロボットアーム 搬入出:2h) (ディスクカッタ 交換:0.5h)	加工側の LLW バスケット搬入 待時間	—
2h	641h	50.5h	128.2h	801.3h	107.8h	1,730.8h

## 6. 本事業の実施内容【1】(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5)実施事項(先端ツール)

##### ✓ 実施事項

#### (b)先端ツールの技術調査

- これまで、回収対象の材質・形状に適した多くの加工方法を調査、適用性を検討。
- 燃料デブリの性状として、SUSとセラミックが混ざったものを想定。
- 現状の燃料デブリ取り出し期間の中で多くの時間を占めるペDESTAL底に溜まった燃料デブリに対して、改めて加工方法を検討。適用性のある加工方法として、チゼル、コアボーリングを抽出。

#### ペDESTAL底に溜まった燃料デブリの加工方法

加工方法	適用性	評価
刃物による加工で全て切粉にする。	<ul style="list-style-type: none"> <li>加工は可能。</li> <li>時間がかかる。</li> </ul>	△
チゼルで全て小石状にする。	<ul style="list-style-type: none"> <li>加工可否は相手の性状に依存。</li> <li>条件が合えば加工速度は速い。</li> </ul>	○
コアボーリング	<ul style="list-style-type: none"> <li>加工は可能。</li> <li>コアを水平に切り取る方法が必要。</li> </ul>	○
ディスクカッタで交差するように切れ目を入れて切り取る。	<ul style="list-style-type: none"> <li>加工は可能。</li> <li>2段目、3段目と加工が進むと、表面形状が複雑になり、加工が困難となる。</li> </ul>	△
AWJ (アブレシブウォータージェット)	<ul style="list-style-type: none"> <li>材質的には加工は可能。</li> <li>貫通しない形状での加工性、大量の研磨材の処置が課題。</li> </ul>	△
レーザ	<ul style="list-style-type: none"> <li>材質的には加工は可能。</li> <li>貫通しない形状での加工性、ドロスの処置が課題。</li> </ul>	△
プラズマ	<ul style="list-style-type: none"> <li>導電性のないセラミックは加工不可。</li> </ul>	×
ガス	<ul style="list-style-type: none"> <li>酸化反応を利用するため、SUS、セラミックは加工不可。</li> </ul>	×

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5)実施事項(先端ツール)

##### ✓ 実施事項


#### (b)先端ツールの技術調査

- 現状の燃料デブリ取り出し期間の中で多くの時間を占めるペDESTAL底に溜まった燃料デブリに対し、加工速度向上を見込める新たな方法がないか調査を実施。
- 既に、機械加工、熱加工、AWJ等、幅広い分野で調査されている中で、未調査であった岩盤掘削工法に着目し、岩盤掘削メーカーより情報を収集。
  - 岩盤掘削はある程度脆い材料を対象にしており、燃料デブリ中の炉内構造物由来のSUS成分が元となっている金属性状に対しては有効な加工方法ではない。
  - 脆い材料で硬さに応じてツールを使い分けており、コンクリートと混在したMCCI(溶融炉心コンクリート相互作用)のように靱性が低下している状態であればチゼルを推奨。

軟らかい : 岩盤掘削ツール

硬い : ブレーカ(チゼル)

更に硬い : 発破

- 
- ・岩盤掘削ツールを適用するには、加工対象に「脆さ」が必要。
  - ・SUS等の金属性状には不適。
  - ・コンクリートと共に混ざって、「脆さ」があればチゼルを適用。

- 岩盤掘削ツールはSUSとセラミックが混ざった燃料デブリには不適。

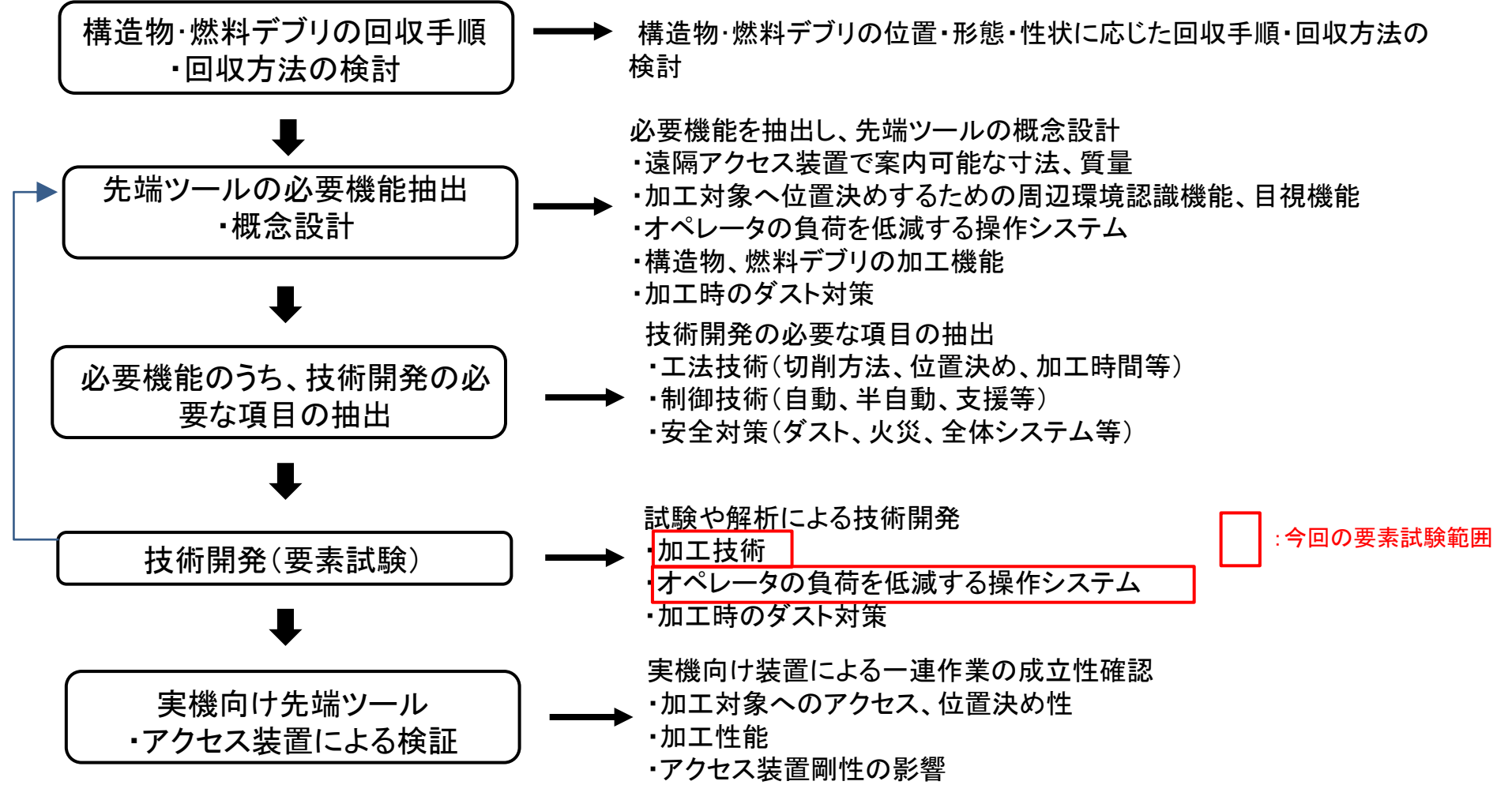
# 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

- ① 取り出し用遠隔先端ツール
- (5) 実施事項(先端ツール)

## ✓ 実施事項

### (c) PCV内構造物・燃料デブリ取り出し方法の概念検討

#### 【先端ツール開発手順】



# 6. 本事業の実施内容【(1)(3)取り出し工法の高度化開発】

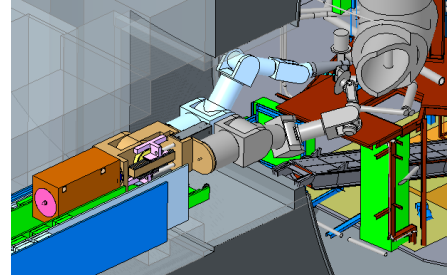
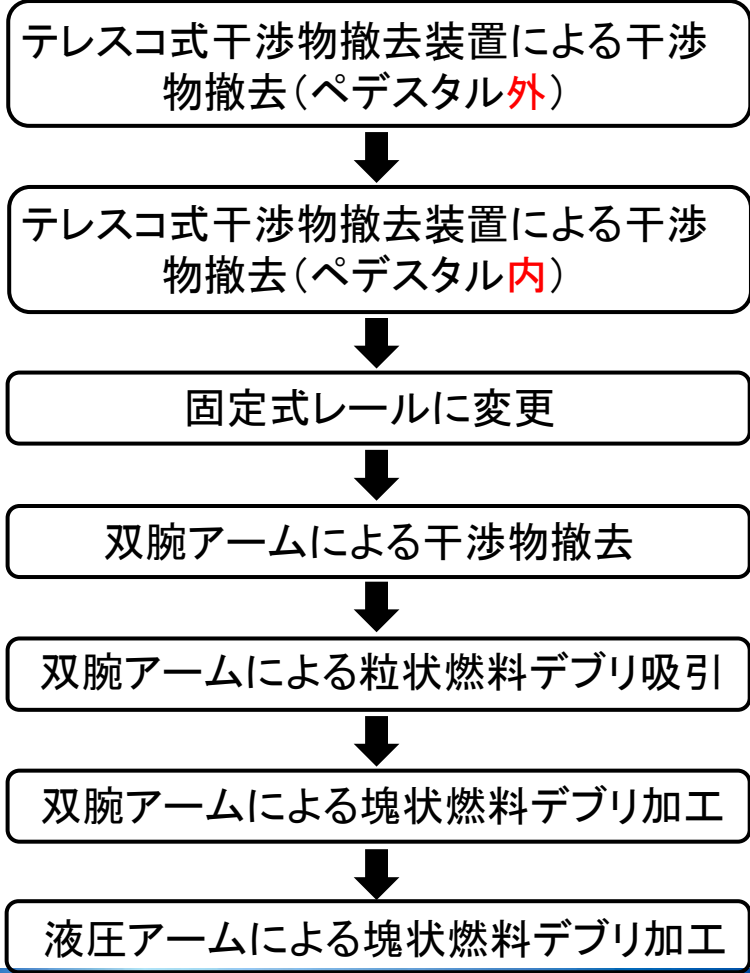
- ① 取り出し用遠隔先端ツール
- (5) 実施事項(先端ツール)

## ✓ 実施事項

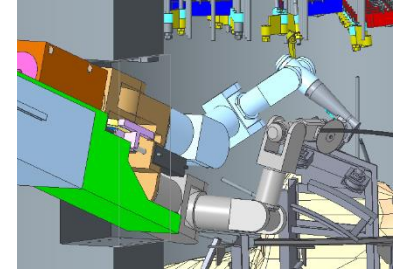
### (c) PCV内構造物・燃料デブリ取り出し方法の概念検討

#### 【構造物・燃料デブリの回収手順の検討】

- 現状案の概要

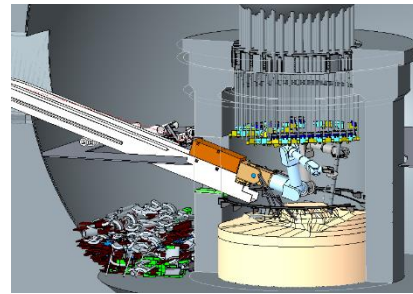


(ペDESTAL外)

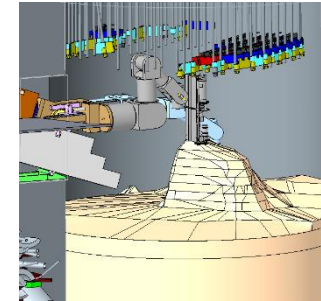


(ペDESTAL内)

テレスコ式干渉物撤去装置による干渉物撤去



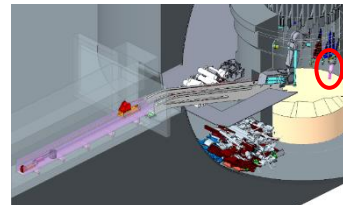
双腕アームによる干渉物撤去



双腕アームによる粒状燃料デブリ吸引

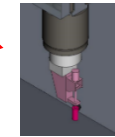


双腕アームによる塊状燃料デブリ加工

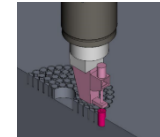


液圧アームによる塊状燃料デブリ加工

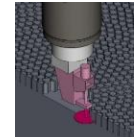
現状のコアボーリング寸法：Φ66mm×H100mm(342cm<sup>3</sup>)  
 1回の加工制限量：16cm立方(4096cm<sup>3</sup>)



中央部穴加工



コアボーリング



コア切断

## 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5)実施事項(先端ツール)

#### ✓ 実施事項

#### (c)PCV内構造物・燃料デブリ取り出し方法の概念検討

#### 【各回収対象に応じた加工方法】

- 各回収対象の場所、材質に応じた加工方法を検討し、以下の加工方法を選定。

#### 回収対象に応じた加工方法

回収対象	加工方法	選定理由
干渉物(構造物)	ディスクカッタ	<ul style="list-style-type: none"> <li>干渉物は落下させないように掴んで切断する必要があるため、双腕電動アームの片方で切断物を把持、もう片方で切断を想定。</li> <li>干渉物の切断方法は、加工要素試験を実施した中から、様々な形状に対応可能なディスクカッタを選定。</li> </ul>
粒状燃料デブリ	吸引	<ul style="list-style-type: none"> <li>粒状燃料デブリは加工は不要、小さいものは把持が困難であること、回収速度の観点から吸引を選定。</li> </ul>
塊状燃料デブリ (脆い部分)	チゼル	<ul style="list-style-type: none"> <li>ペDESTAL底に溜まった燃料デブリのうち、脆い部分については、加工要素試験を実施した中から、加工速度の早いチゼルを選定。双腕電動アームの片方でチゼルによる加工、もう片方で回収を想定。</li> </ul>
塊状燃料デブリ (固い部分)	コアボーリング (コア切断含む)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ペDESTAL底に溜まった燃料デブリのうち、チゼルで加工できない固い部分については、前述の加工方法検討の結果から、コアボーリングを選定。固く、大きな力が必要と思われることから、単腕の液圧アームによる加工を想定。</li> </ul>

# 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

- ① 取り出し用遠隔先端ツール
- (5) 実施事項(先端ツール)

## ✓ 実施事項

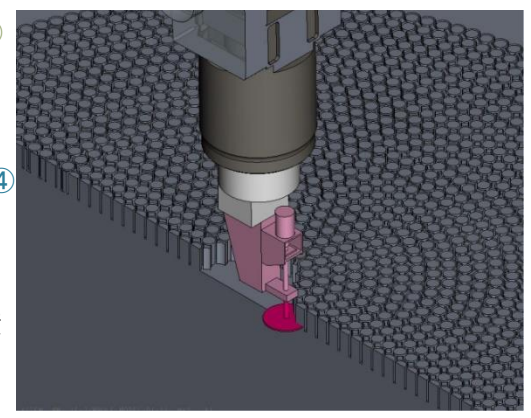
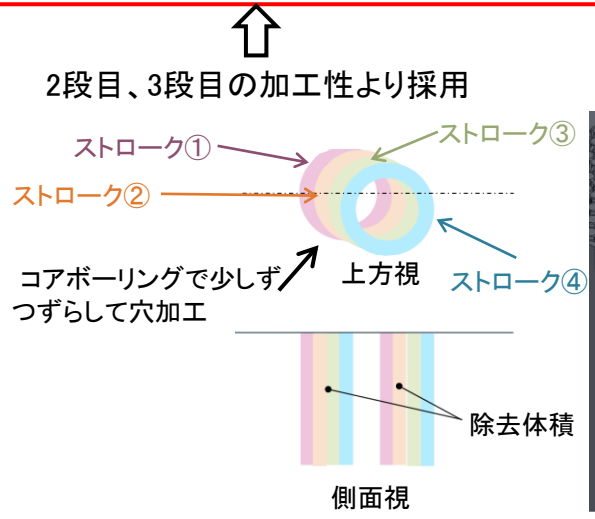
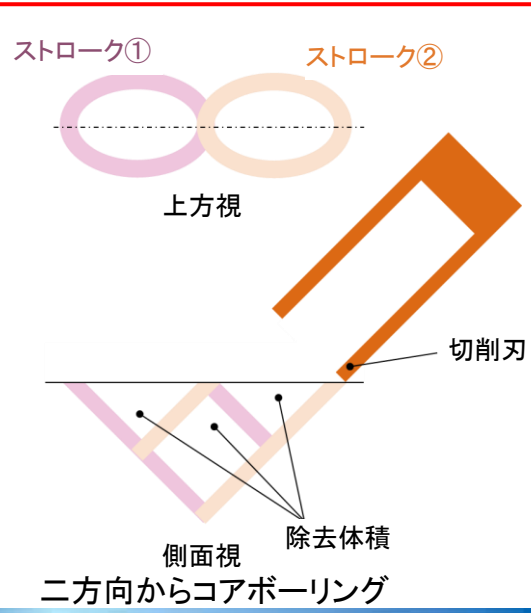
### (c) PCV内構造物・燃料デブリ取り出し方法の概念検討

#### 【構造物・燃料デブリの加工方法の検討】

- コアボーリング時のコア回収方法検討

○:メリット ×:デメリット

コア回収方法	特徴
二方向からコアボーリング	○:コアの切断が不要(ツールが1種類で済む)。 ×:コアがツール内に残り、回収が困難。 ×:2段目、3段目と加工が進むと、表面形状が複雑になり、加工が困難となる。
中央部にコアボーリングでディスクカッタ挿入穴を加工、その後、ディスクカッタでコアを切断	○:2段目、3段目の加工性が良い。 ○:コアの回収が容易。 ×:コアボーリング以外に、コア切断、コア回収のツールが必要。



中央部にディスクカッタ挿入穴加工 ⇒ コア切断

## 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

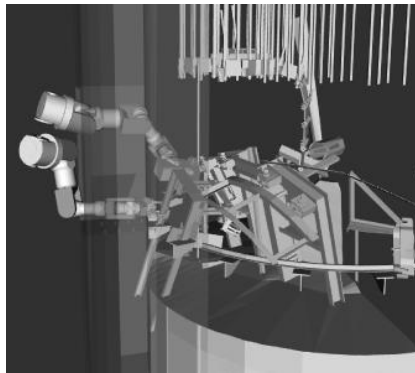
#### (5)実施事項(先端ツール)

##### ✓ 実施事項

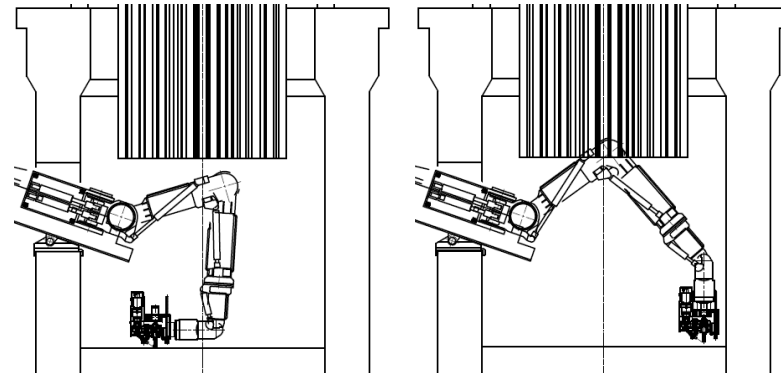
#### (d)要素試験計画

#### 【目的】

- 先端ツールとしての加工能力の確認。
- 現状の遠隔装置(アクセス装置)に適した仕様の先端ツールを準備して加工試験を行い、加工可否の確認、加工時間の計測、課題抽出を実施する。
  - 双腕アーム
    - ✓ ペイロード : 150[kg]
    - ✓ 先端ツール寸法 : W600×D500×H550[mm]
  - 液圧アーム
    - ✓ ペイロード : 2[ton]
    - ✓ 先端ツール寸法 : W650×D900×H750[mm]



双腕アーム



液圧アーム

先端ツールのアクセス性検討

## 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5) 実施事項(先端ツール)

#### ✓ 実施事項

#### (d) 要素試験計画

#### 【試験対象の選定】

- ・ 構造物・燃料デブリの加工方法の検討結果、これまでの要素試験の実施状況から、今回要素試験を実施する対象を選定。  
今回、要素試験を行う先端ツール

回収対象	加工方法	アーム	これまでの要素試験状況		今回の要素試験実施	
			工作機械*1	ツール*2	ツール*2	アーム組合*3
構造物 (干渉物)	ディスクカッタ	双腕アーム	○	-	○	- (アームでの実績有)
粒状燃料デブリ	吸引	双腕アーム	-	○	-	-
塊状燃料デブリ (脆い部分)	チゼル	双腕アーム	-	○	-	-
塊状燃料デブリ (固い部分)	コアボーリング (コア切断含む)	液圧アーム	○	-	○	○ (液圧アームとの組合)

\*1：検討中のアクセス装置のペイロード等の仕様を考慮しない工作機械による加工試験。

刃物回転トルクや剛性の劣る遠隔アクセス装置に取り付けた先端ツールでの加工作業では加工時間が延びる可能性がある。

\*2：検討中のアクセス装置の仕様を考慮した先端ツールによる加工試験。

\*3：検討中のアクセス装置の仕様を考慮した先端ツール、試作した液圧アームとの組合試験。  
アームの剛性、耐振動の影響を確認。

## 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5) 実施事項(先端ツール)

#### ✓ 実施事項

#### (d) 要素試験計画

#### 【実機用先端ツールの概念設計】

- 各作業ステップにおける要求事項から、先端ツールの必要機能を抽出し、概念設計を実施。
- 要素試験では、加工ツールへの要求機能のうち、加工性に関する項目を確認。

#### 先端ツールへの要求機能と確認項目(1/2)

赤字：加工ツールへの要求機能

No.	作業ステップ	要求事項	必要機能	要素試験における確認項目
1	事前準備			
1-1	シミュレータで作業性確認	現場での一連作業をシミュレータ上で確認できること	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業環境とロボットを3Dモデルとして表示</li> <li>ロボットの3Dモデルは、実機同様に操作可能</li> </ul>	—
2	現場作業			
2-1	セル→加工箇所へ移動	<ul style="list-style-type: none"> <li>遠隔操作で障害物を回避しながら所定の位置まで移動できること</li> <li>ロボットアームで案内できる寸法、質量であること</li> <li>ロボットアームでの案内時、周辺環境を目視確認、3Dスキャンできること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボットアームで案内できる寸法、質量以下</li> <li>目視機能</li> <li>3Dスキャン機能</li> <li>操作システム(オペレータのアシスト機能)</li> </ul>	— (先端ツールはロボットアームで案内可能な寸法、質量以下で設計)
2-2	環境確認	遠隔で作業環境の状況を確認できること	<ul style="list-style-type: none"> <li>目視機能</li> <li>3Dスキャン機能</li> </ul>	—
ディスクカッタ				
2-3	撤去対象の把持	遠隔操作で先端ツールを位置決めし、撤去対象を把持できること	<ul style="list-style-type: none"> <li>把持機能</li> <li>把持対象への食い機能</li> <li>目視機能</li> </ul>	—
2-4	撤去対象の加工	<ul style="list-style-type: none"> <li>遠隔操作で先端ツールを位置決めし、撤去対象を加工できること</li> <li>刃物を冷却できること</li> <li>切粉の飛散低減が可能なこと</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>加工機能</li> <li>加工状況確認機能(モータ回転数等)</li> <li>目視機能(周辺環境・加工状況の確認)</li> <li>刃物冷却機能</li> <li>ダスト低減機能</li> <li>カッタ噛み込み対策</li> <li>操作支援(オペレータのアシスト機能)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>加工可否(刃物冷却含む)</li> <li>加工条件(回転数、トルク、押付力)と加工時間</li> <li>刃物寿命</li> <li>加工反力(必要押付力)</li> </ul>

## 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5)実施事項(先端ツール)

#### ✓ 実施事項

#### (d)要素試験計画

#### 【実機用先端ツールの概念設計】

#### 先端ツールへの要求機能と確認項目(2/2)

赤字：加工ツールへの要求機能

No.	作業ステップ	要求事項	必要機能	要素試験における確認項目
<b>吸引</b>				
2-5	粒状燃料デブリの吸引	遠隔操作で先端ツールを位置決めし、 <b>粒状燃料デブリ</b> を吸引できること	<ul style="list-style-type: none"> <li>・吸引機能</li> <li>・吸引状況確認機能(ポンプ運転状況等)</li> <li>・目視機能(周辺環境・吸引状況の確認)</li> <li>・操作システム(オペレータのアシスト機能)</li> </ul>	—
<b>チゼル</b>				
2-6	撤去対象の加工	遠隔操作で先端ツールを位置決めし、 <b>撤去対象</b> を加工できること ・ダストの飛散低減が可能なこと	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加工機能</li> <li>・目視機能(周辺環境・加工状況の確認)</li> <li>・ダスト低減機能(水供給等)</li> <li>・操作システム(オペレータのアシスト機能)</li> </ul>	—
<b>コアボーリング(コア切断含む)</b>				
2-7	撤去対象の加工	遠隔操作で先端ツールを位置決めし、 <b>撤去対象</b> を加工できること ・刃物を冷却できること ・切粉の飛散低減が可能なこと	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加工機能</li> <li>・加工状況確認機能(モータ回転数等)</li> <li>・目視機能(周辺環境・加工状況の確認)</li> <li>・刃物冷却機能</li> <li>・ダスト低減機能</li> <li>・操作システム(オペレータのアシスト機能)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・加工可否(刃物冷却含む)</li> <li>・加工条件(回転数、トルク、押付力)と加工時間</li> <li>・刃物寿命</li> <li>・加工反力(必要押付力)</li> <li>・アームとの組合作業(コア切断はツール単体)</li> </ul>
2-8	撤去対象を残置 ／容器へ収納	遠隔操作で撤去対象を所定の位置まで移動できること ・2-1同様	・2-1同様	—

## 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5)実施事項(先端ツール)

#### ✓ 実施事項

#### (d)要素試験計画

#### 【要素試験の模擬体】

- これまでの要素試験で使用した模擬体から変更することなく、燃料デブリの由来となっている物質の性状、入手性から下記を選定。
    - 干渉物 : SUS、SUS+アルミナ
    - 燃料デブリ: SUS+アルミナ
      - ・SUSは、炉内構造物の材質を模擬。
      - ・アルミナは燃料成分に近いと考えられるセラミックの中で、入手性も良く、硬度の高い材質として選定。
      - ・SUS+アルミナは、各材料を同条件で加工するため、刃物が両方の材料に当たるよう形状を工夫。
- [参考] セラミックのビッカース硬さ アルミナ:15.2GPa、ジルコニア:12.3GPa

#### 【取得データ】

- 先端ツール(ディスクカッタ、コアボーリング)ごとに加工試験(次ページ以降参照)を行い、以下のデータを取得する。
  - 先端ツールの実機適用性、課題と対応策
  - 加工性
  - 加工時間
  - 刃物寿命
  - 遠隔装置(アクセス装置)への要求仕様
    - ✓ 加工反力(必要先端ツール押付力)
  - アームとの組合作業性(コアボーリング)

## 6. 本事業の実施内容 【 1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5)実施事項(先端ツール)

#### ✓ 実施事項

#### (d)要素試験計画

#### 【試験項目・試験方法の検討】

#### ディスクカッタ(ツール単体のみ)

要素試験装置設計のため、実機装置への要求仕様を抽出。

- 双腕電動アームのペイロードが150kgのため、ケーブル・ホース類の質量を考慮し、質量100kgと設定。
- 切断する構造物の寸法から、切断可能寸法を150mmと設定。

#### 双腕電動アーム用ディスクカッタへの要求仕様

切断対象としてグレーチング、梁、CRD交換機を想定

要求機能	仕様等
寸法	W600 × D500 × H550mm程度 : ツールのアクセス性より決定
質量	最大150kg(目標100kg) : アームのペイロードより決定
加工	ディスクカッタ : 切断可能寸法150mm(カッタ径Φ400~500mm程度)
	カッタ回転トルク: ツールに設置可能なモータを選定
	カッタ回転数 : ツールに設置可能なモータを選定
刃物冷却	カッタ冷却水供給
ダストの抑制	切粉飛散防止カバー設置
	切削部への加工水供給
加工部の目視	カメラ・照明設置

# 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

- ① 取り出し用遠隔先端ツール
- (5) 実施事項(先端ツール)

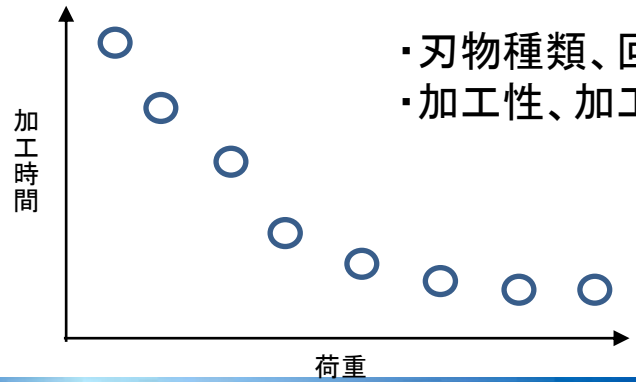
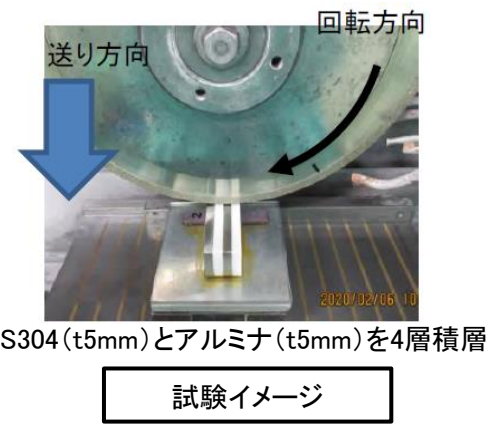
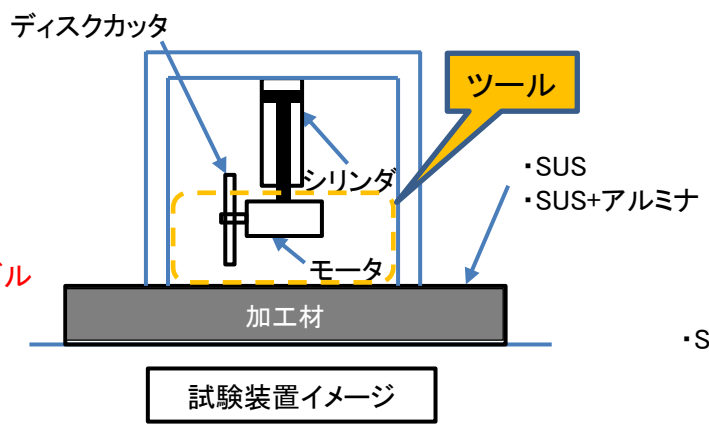
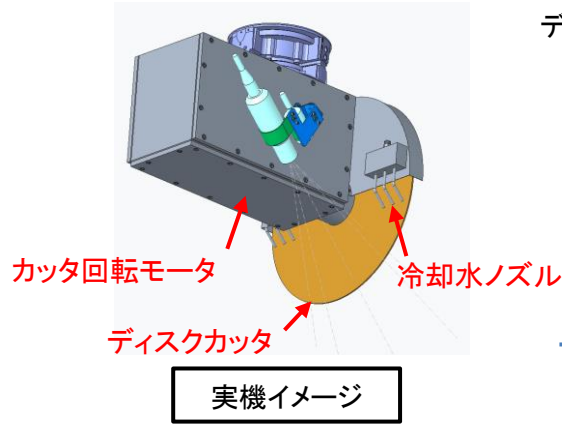
## ✓ 実施事項

### (d) 要素試験計画

#### 【試験項目・試験方法の検討】

#### ディスクカッタ(ツール単体のみ)

- ・ 実機装置への要求仕様から実機装置の概念計画。
- ・ 実機装置の機能の中から加工に関する機能を確認するための試験装置、試験項目を検討。



- ・ 刃物種類、回転数、トルク、押付力をパラメータに加工試験を実施。
- ・ 加工性、加工時間、刃物寿命を確認。

切断対象としてグレーチング、梁、CRD交換機を想定

## 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5) 実施事項(先端ツール)

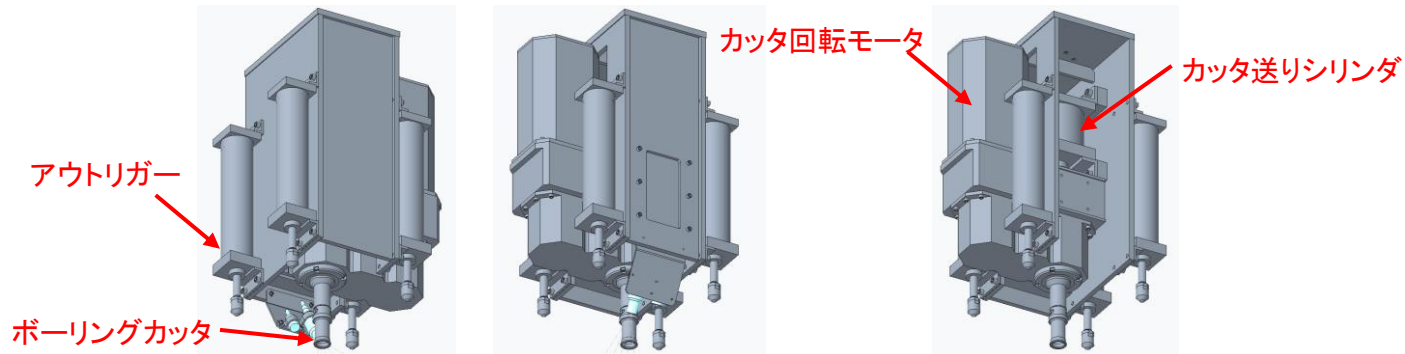
##### ✓ 実施事項

#### (d) 要素試験計画

#### 【試験項目・試験方法の検討】

#### コアボーリング(ツール単体+アーム組合)

- 要素試験装置設計のため、実機装置への要求仕様(次頁)を抽出。
  - 液圧アームの可搬質量は1tonであるが、目標質量を500kgと設定。
  - カッタをアームで押し付けるとアームが撓むが、加工対象の硬さに依存する加工反力によって撓みが変わる。アームの撓みが変わるとカッタを真っ直ぐ送れなくなるため、ツールをアームで押し付け、その反力は4ヵ所のアウトリガで受け、その状態でツール内のシリンダでカッタを送って加工(押付力:最大2ton)する。
  - 刃物内側に冷却水を供給し、刃物外側から切粉を押し上げる。
- 実機装置への要求仕様から実機装置の概念計画。



実機イメージ

## 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

① 取り出し用遠隔先端ツール

(5)実施事項(先端ツール)

✓ 実施事項

(d)要素試験計画

【試験項目・試験方法の検討】

コアボーリング(ツール単体+アーム組合)

切断対象として塊状燃料  
デブリの硬い層を想定

液圧アーム用コアボーリングへの要求仕様

要求機能	仕様等
寸法	W650×D900×H750mm程度 :ツールのアクセス性より決定
質量	最大1000kg(目標500kg) :アームの可搬質量より決定
加工	コアボーリングカッタ:過去の要素試験で使用したΦ66mmを基準に、工期短縮を目指した外径アップ(Φ100mm程度)も想定。
	カッタ回転トルク :ツールに設置可能なモータを選定
	カッタ回転数 :ツールに設置可能なモータを選定
	カッタ押付 :最大2ton(アームの押付力)
	カッタ押付反力受 :アウトリガー設置
	切削粉排出 :カッタ内面に水を供給
刃物冷却	カッタ冷却水供給
ダストの抑制	切削部への加工水供給
加工部の目視	カメラ・照明設置

# 6. 本事業の実施内容【1】(3)取り出し工法の高度化開発】

## ① 取り出し用遠隔先端ツール

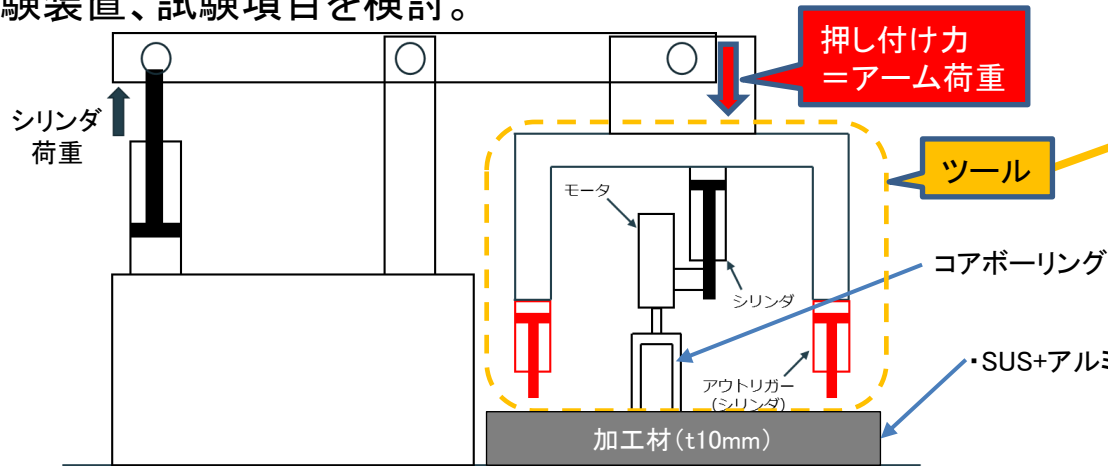
### (5)実施事項(先端ツール)

#### ✓ 実施事項

#### (d)要素試験計画 【試験項目・試験方法の検討】

### コアボーリング(ツール単体+アーム組合)

- 実機装置の機能の中から加工に関する機能を確認するための試験装置、試験項目を検討。

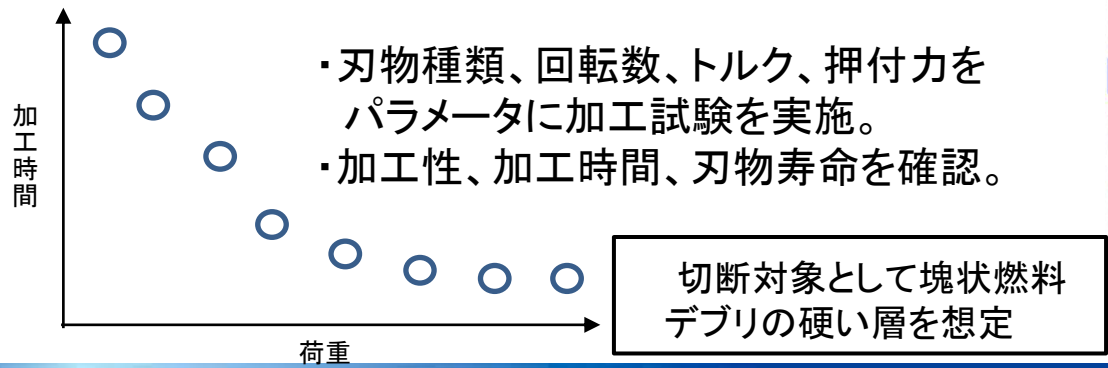


ツール単体試験装置イメージ

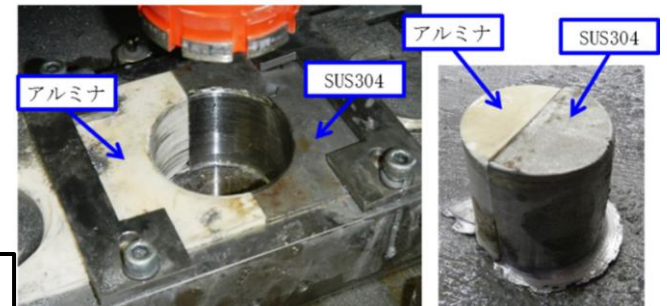


アーム組合試験イメージ

・SUS+アルミナ  
 ・単体試験で決定した条件で、アームによる加工性を確認。  
 (アームの剛性、耐振動の影響を確認)



- ・刃物種類、回転数、トルク、押付力をパラメータに加工試験を実施。
- ・加工性、加工時間、刃物寿命を確認。



試験イメージ

## 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5)実施事項(先端ツール)

#### ✓ 実施事項

#### (d)要素試験計画【試験項目・試験方法の検討】

#### コア切断(ツール単体のみ)

- 要素試験装置設計のため、実機装置への要求仕様を抽出。
  - 双腕電動アーム、液圧アームどちらでも取り扱えるよう、目標質量をディスクカッタ同様100kgと設定。
  - コア切断後の回収を容易とするため、コアを把持した状態で切断。  
コア切断ディスクカッタへの要求仕様

要求機能	仕様等
寸法	W650×D500×H750mm程度 :ツールのアクセス性より決定
質量	最大150kg(目標100kg) :アームの可搬質量より決定
加工	ディスクカッタ :コアボーリング径より決定
	カッタ回転トルク:ツールに設置可能なモータを選定
	カッタ回転数 :ツールに設置可能なモータを選定
	カッタ押付 :検討中
	カッタ押付反力受:コアクランプ設置
刃物冷却	カッタ冷却水供給
ダストの抑制	切削部への加工水供給
加工部の目視	カメラ・照明設置

# 6. 本事業の実施内容【(1)(3)取り出し工法の高度化開発】

## ① 取り出し用遠隔先端ツール

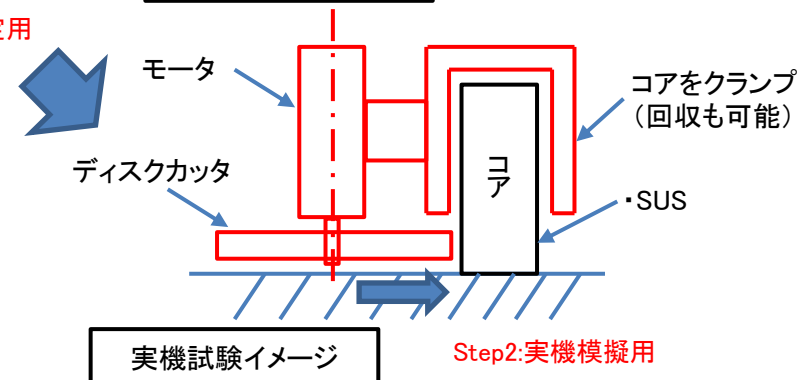
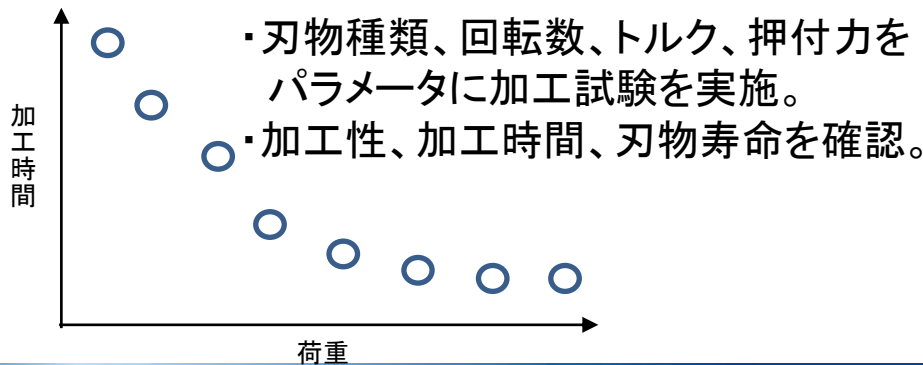
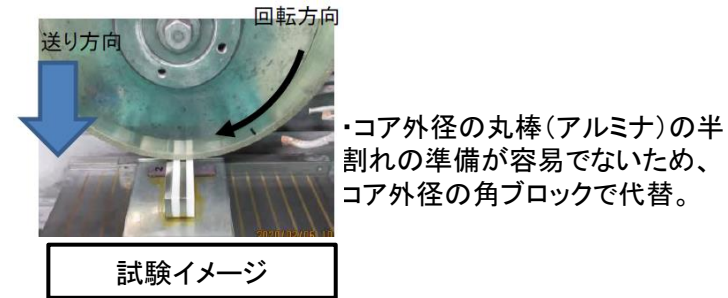
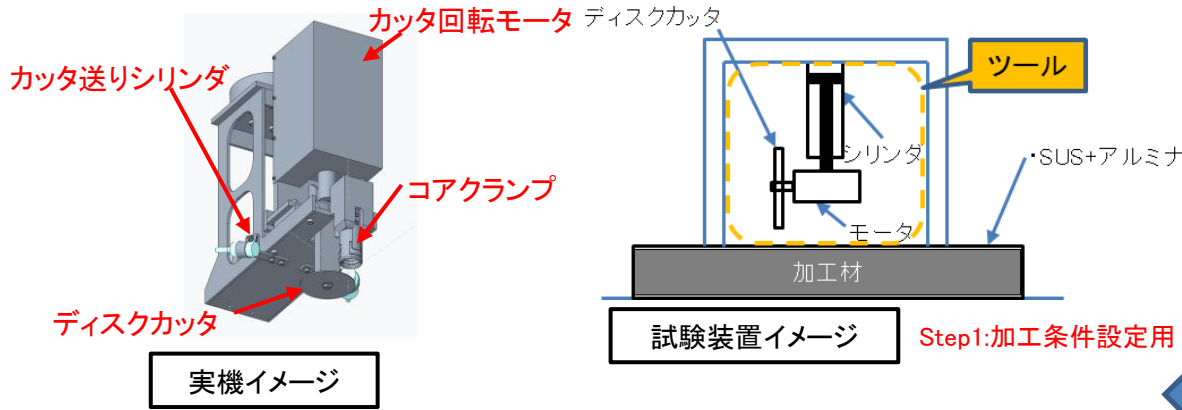
### (5) 実施事項(先端ツール)

#### ✓ 実施事項

#### (d) 要素試験計画【試験項目・試験方法の検討】

#### コア切断(ツール単体のみ)

- 実機装置への要求仕様から実機装置の概念計画。
  - クランプ機構でコアを把持し、ツール内のシリンダで刃物を送って加工。
- 実機装置の機能の中から加工に関する機能を確認するための試験装置、試験項目を検討。



- ・ツールとしての加工可否を確認。(コアをクランプして加工反力に耐え得るか。)
- ・コアクランプの性能確認。

## 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5)実施事項(先端ツール)

#### ✓ 成果(2021年度)

- PCV内構造物・燃料デブリの回収手順・加工方法。
- アクセス装置の仕様を考慮した実機用先端ツールの概念。
- 加工要素試験項目・試験方法。

#### ✓ 成果の反映先への寄与(2021年度)

- 実機用先端ツール概念検討により、燃料デブリ取り出し工法の実用性向上が図れた。

#### ✓ 現場への適用性の観点における分析

- ペDESTAL内における先端ツールのアクセス性検討を行い、先端ツール寸法を決定した。(ご参照:No.300)
- 燃料デブリの性状は不明であるが、炉内構造物の模擬としてSUS、燃料成分の模擬としてアルミナを選定し、現場ではこれらが混在していることを想定し、SUSとアルミナを同時に加工する試験を実施する。(ご参照:No.304)

## 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール (5)実施事項(先端ツール)

#### ✓ 目標に照らした達成度

- 現状想定している遠隔装置(アクセス装置)に適した仕様の先端ツール試作  
⇒ ・実機用先端ツールの概念検討はほぼ完了。  
・実機用先端ツール概念検討結果を受け、試験用装置の計画実施中。
- 加工条件を幅広いパラメータとした加工試験  
⇒ ・試験パラメータ、試験ケース検討中。

#### ✓ 今後の予定

- 要素試験装置の設計・製作(～2022年9月)
- 要素試験による加工可否の確認、加工時間の計測(～2022年12月)
- スループット評価用データの作成、課題抽出(～2023年2月)

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5)実施事項(操作システム)

##### ✓ 目的

遠隔操作を支援する操作システムによって、オペレータの負荷を軽減し作業の効率化を図る。

##### ✓ 目標

- 試作した操作システムによって、3号機ペDESTAL内を模擬したモックアップ試験を実施し、干渉物の把持・切断・搬出や、燃料デブリのユニット缶への回収手順等を検証し、一連の作業成立性の確認を行う。また、作業手順の実績データを取得、整理し、スループット評価用データを作成する。
- 解体撤去手順計画へのインプットの1つとして、操作システムの適用条件や、想定されるトラブルに対するケーススタディを整理する。

##### ✓ 実施事項

- 操作システムの試作、モックアップ試験による一連の作業成立性の確認
- 作業手順の実績データの取得、スループット評価用データの作成

##### ✓ 成果(2021年度)

- 干渉物撤去における作業手順の検討、操作システムの要件定義と試作

# 6. 本事業の実施内容 【 1）(3) 取り出し工法の高度化開発】

## ① 取り出し用遠隔先端ツール

### (5) 実施事項(操作システム)

#### ✓ 実施事項

##### ● 開発の背景

燃料デブリ取り出しでは、PCVのような狭隘な環境において、障害物を避けながら干渉物撤去や燃料デブリ取り出し作業を行う(図1)

⇒ 冗長自由度マニピュレータが有効: 7つ以上の関節を持ち、手先位置・姿勢を保持したまま肘の回避運動ができるため(図2)

##### ● 解決すべき課題

視野が制限される条件下で、障害物を回避しながら、冗長自由度マニピュレータを遠隔操作することはオペレータの負荷が非常に高く、マニピュレータの一部を障害物に衝突させるリスクがある。

##### ● 開発の目的

「遠隔操作を支援する操作システム」によって、オペレータの負荷を軽減し作業の効率化を図る。(マニピュレータの障害物回避を支援する)

##### ● 開発の進め方

- 操作システムの検討
  - 操作システムの開発
  - 要素試験による有効性の検証
- } 2021年度の実施内容
- ⇒ モックアップ試験でマニピュレータの操作時間を確認・スループットに反映

##### ● 得られる成果

マニピュレータの障害物回避を自動化し、作業の安全性・効率の向上(将来的には、様々な作業・ロボットへの適用を目指す)

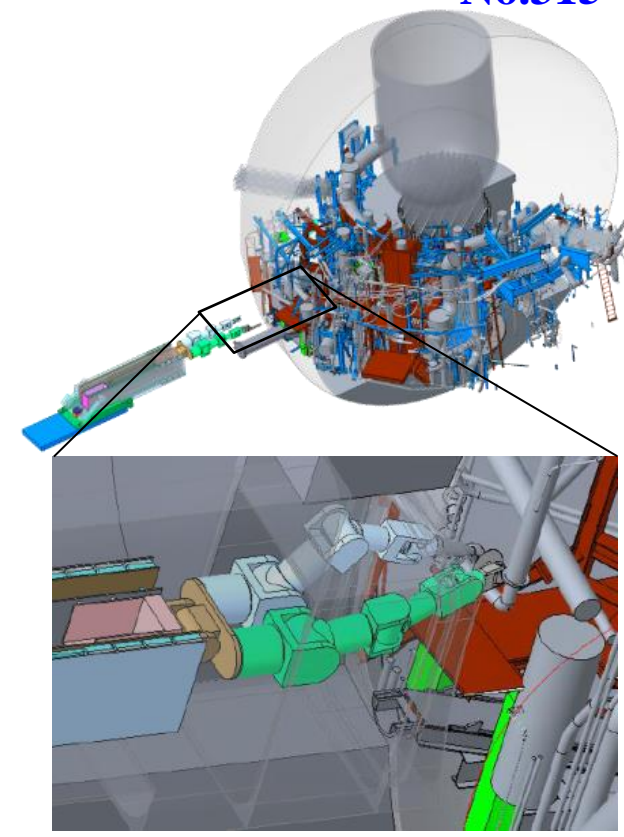


図1 3号機における干渉物撤去作業イメージ

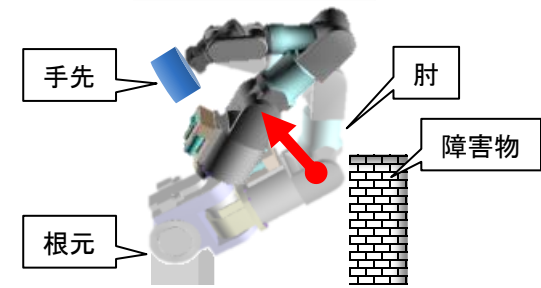


図2 冗長自由度マニピュレータの回避運動

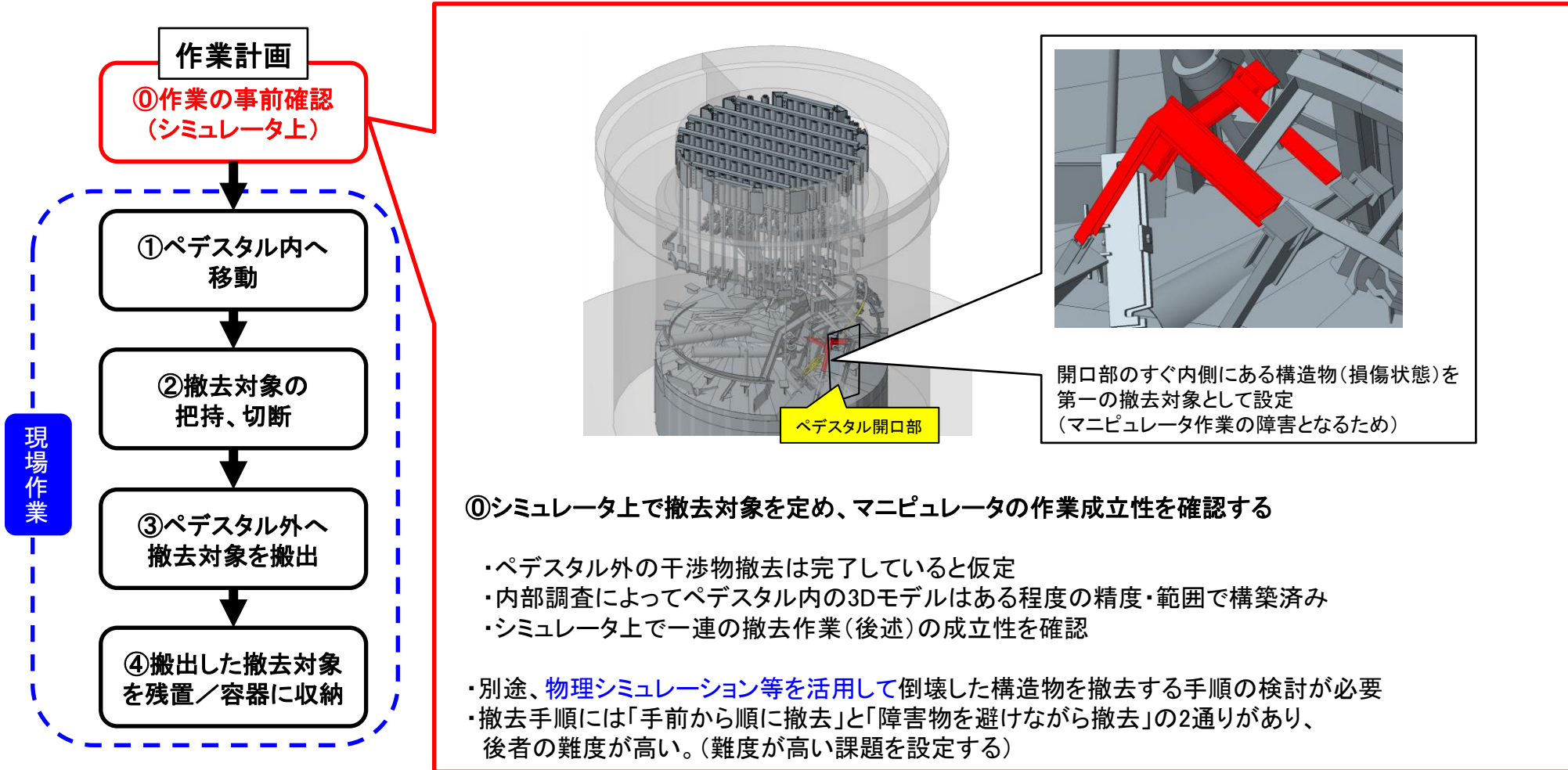
## 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5)実施事項(操作システム)

#### ✓ 実施事項

- 操作システムを用いた燃料デブリ取り出しの作業フロー(例)



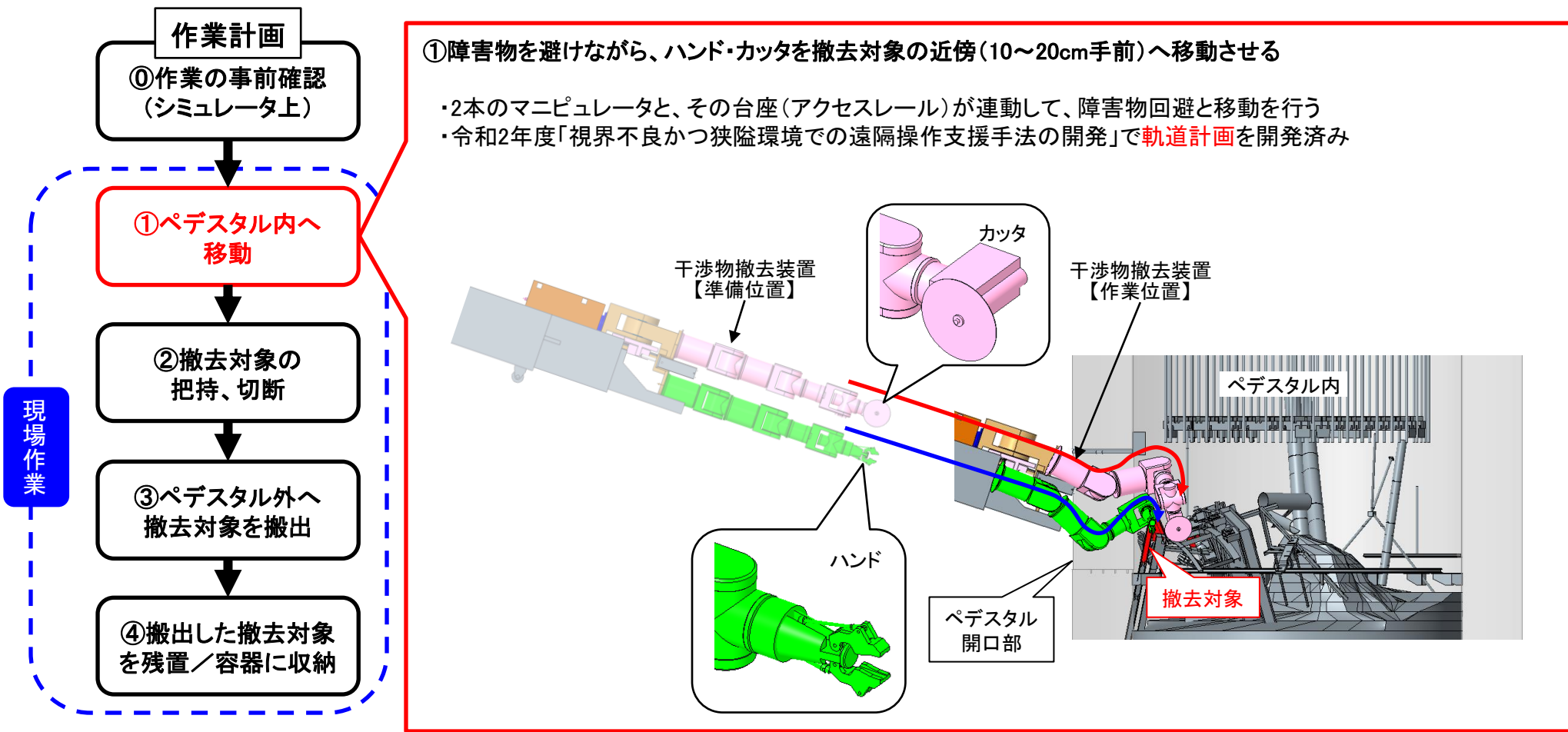
# 6. 本事業の実施内容 【 1）(3)取り出し工法の高度化開発】

## ① 取り出し用遠隔先端ツール

### (5)実施事項(操作システム)

#### ✓ 実施事項

- 操作システムを用いた燃料デブリ取り出しの作業フロー(例)



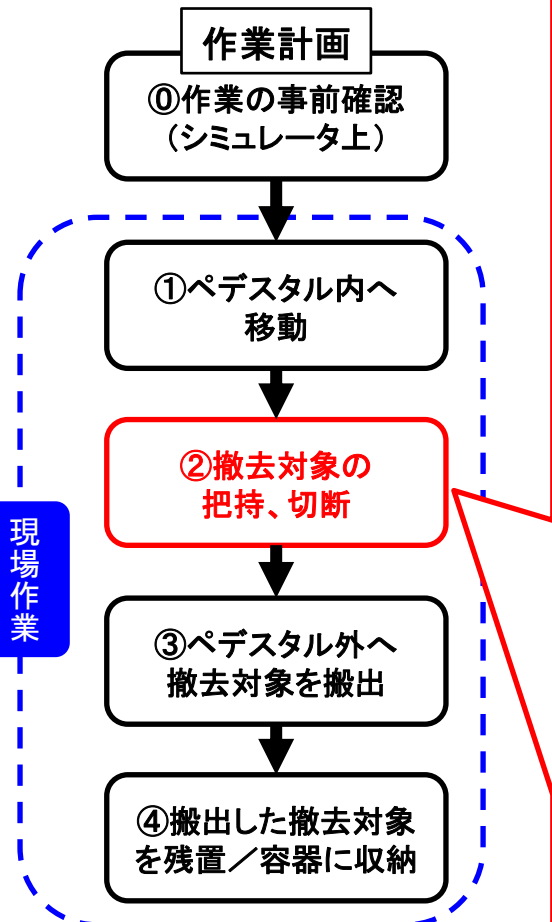
# 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

## ① 取り出し用遠隔先端ツール

### (5)実施事項(操作システム)

#### ✓ 実施事項

- 操作システムを用いた燃料デブリ取り出しの作業フロー



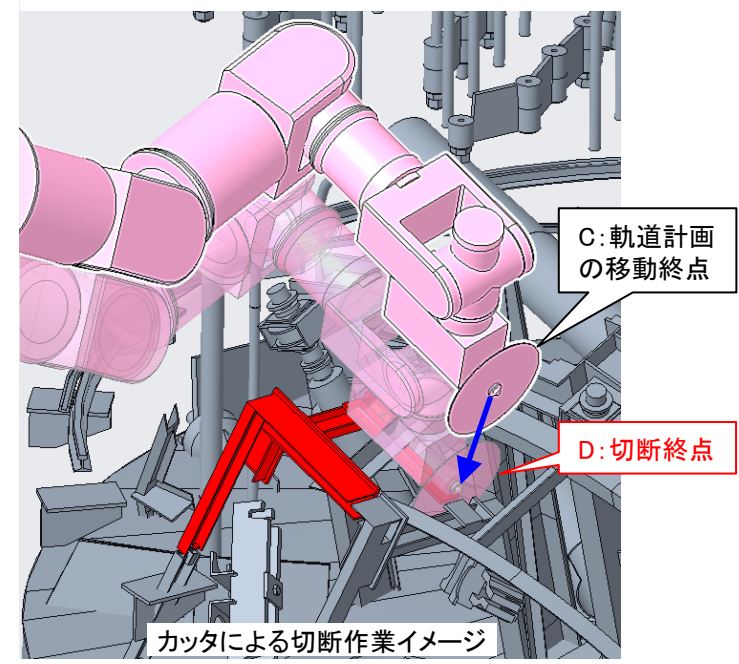
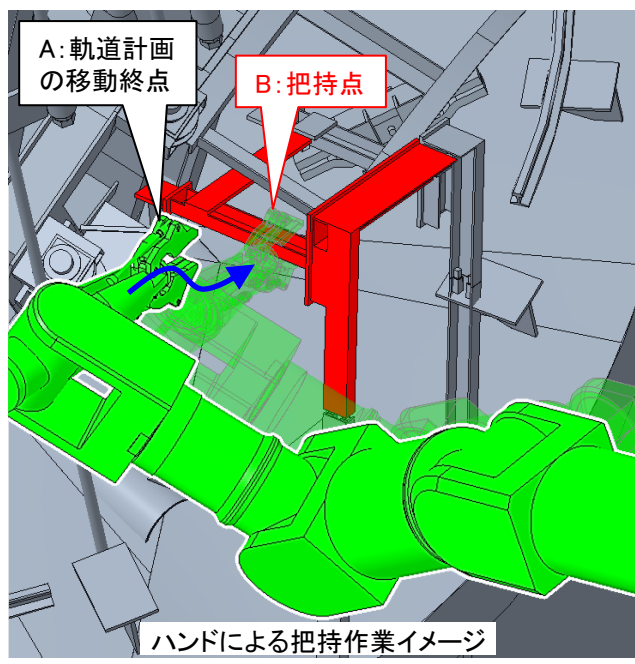
## ②ハンドで撤去対象を把持し、カッタで撤去対象を切断する

【把持】オペレータは、カメラ映像などを確認しながら、手動操作でハンドを微小移動させる  
(左下図: A → B の移動)

【切断】オペレータは、カメラ映像などを確認しながら、手動操作でカッタを微小移動させる  
(右下図: C → D の移動)

切断後は、手先(ハンド・カッタ)をそれぞれA、Cの地点まで戻す。

- ・マニピュレータが微小移動できる作業スペース(空間)があることを事前確認しておく(①)
- ・把持力の確認、切断位置の決定方法、切断速度の調整法などは別途検討する



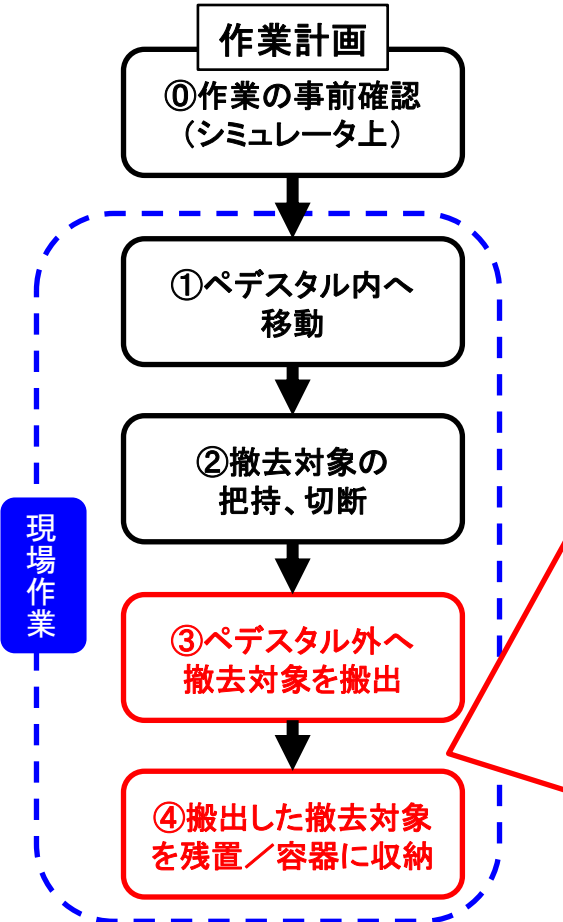
# 6. 本事業の実施内容【(1)(3)取り出し工法の高度化開発】

## ① 取り出し用遠隔先端ツール

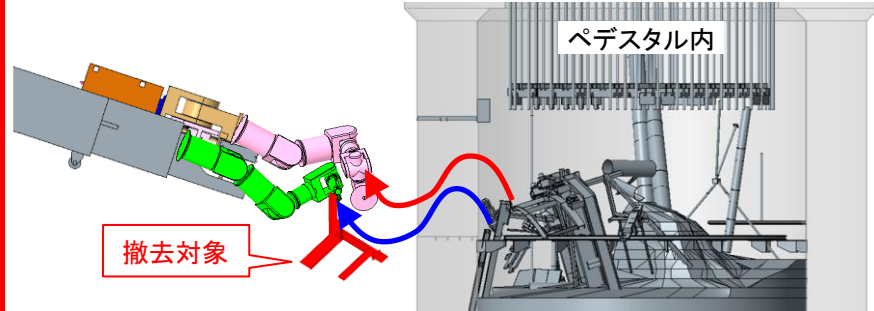
### (5)実施事項(操作システム)

#### ✓ 実施事項

● 操作システムを用いた燃料デブリ取り出しの作業フロー

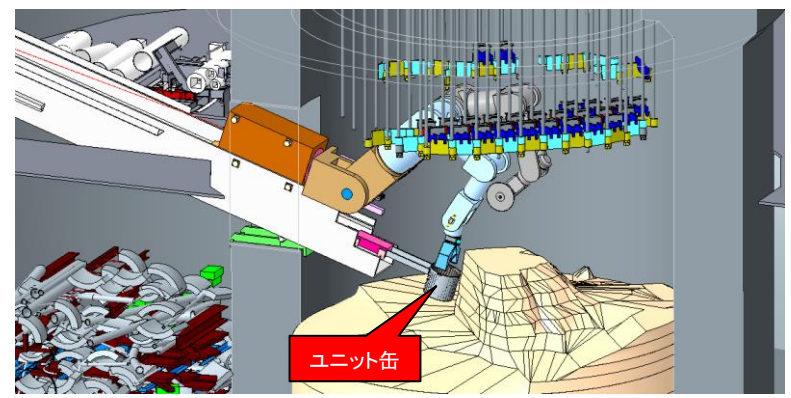
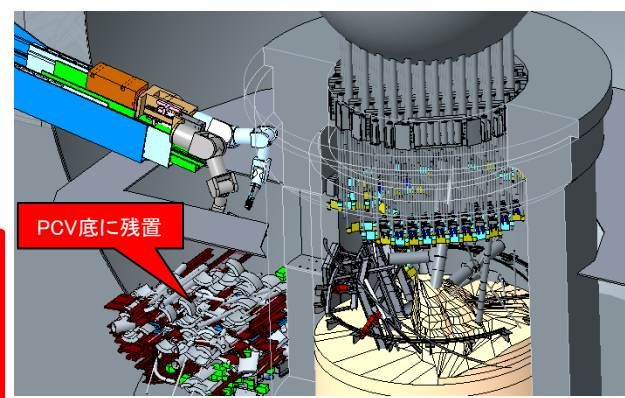


③ 撤去対象を把持した状態で、障害物を避けながらペDESTAL外へ移動する【前述①と同様の手順】  
 ・手で把持した撤去対象まで含めて、軌道計画を使って障害物回避軌道を自動生成する。  
 (把持の落下防止策などは別途検討する)



往路と復路で別々に軌道計画を行う。  
 ・環境の一部が変化するため  
 ・ロボットモデルが変化するため

④ 撤去対象(構造物/燃料デブリ)をPCV底へ残置/ユニット缶へ収納する  
 ・「燃料デブリが付着していない構造物」は、PCV内に残置する(左下図)  
 ・「燃料デブリ」はユニット缶に入れ、ユニット缶移動台車がレール内を走行してPCV外へ搬出する(右下図)  
 (別途、燃料デブリの付着有無を判定する方法の確立が必要)

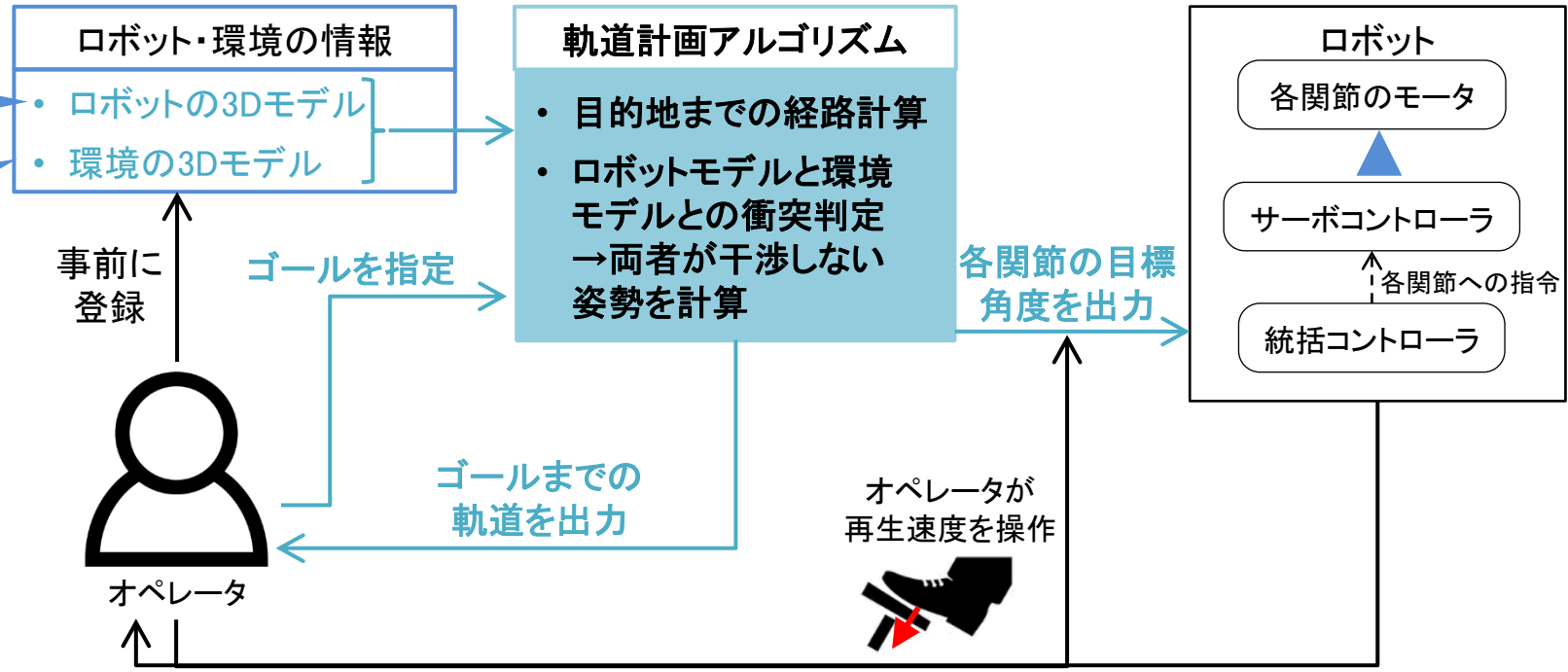
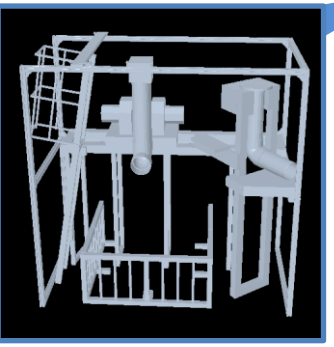
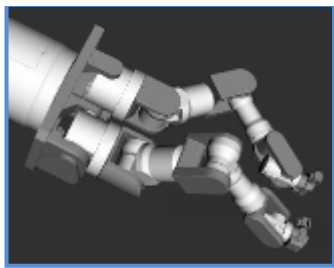
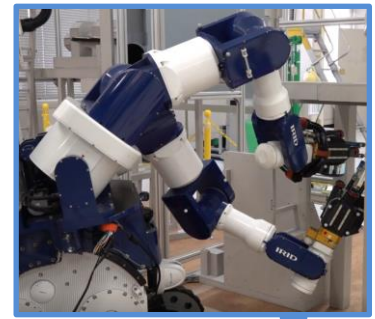
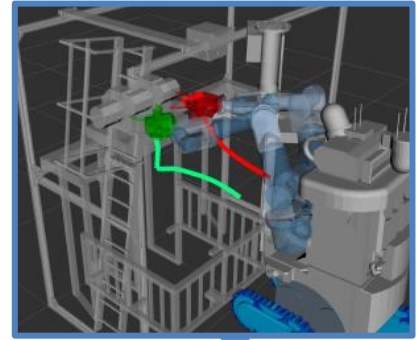


# 6. 本事業の実施内容【(1)(3)取り出し工法の高度化開発】

- ① 取り出し用遠隔先端ツール
- (5) 実施事項(操作システム)
- ✓ 実施事項

## 昨年までに開発した軌道計画の概要

軌道計画の処理の流れをブロック図で示す。  
この機能により、マニピュレータを障害物に衝突させることなく移動させることができた。



(注記)神戸大学との共同研究

## 6. 本事業の実施内容 【 1 )(3) 取り出し工法の高度化開発】

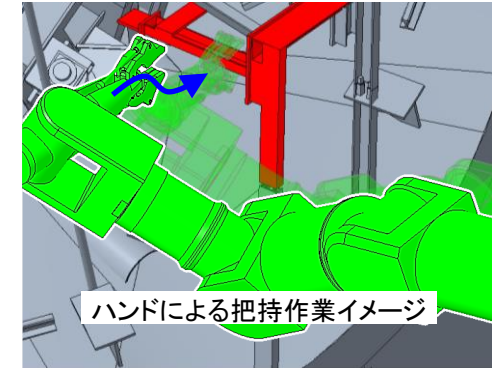
### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5) 実施事項(操作システム)

#### ✓ 実施事項

#### 軌道計画の課題

- 把持・切断等の高精度位置決め作業では、**手動操作に切り替えるため、衝突リスクが高まる**  
 ハンドやカッタを対象物に微小移動させる際は、カメラ映像を頼りにミリメートル単位の微調整を行うためこれまでの軌道計画では対応できず、手動操作に切り替える必要がある。  
 ⇒ 手動操作ではオペレータの技量に大きく依存するため、特に初心者では衝突リスクが高い。  
 手先に意識が集中するため、肘などの衝突リスクが高い。

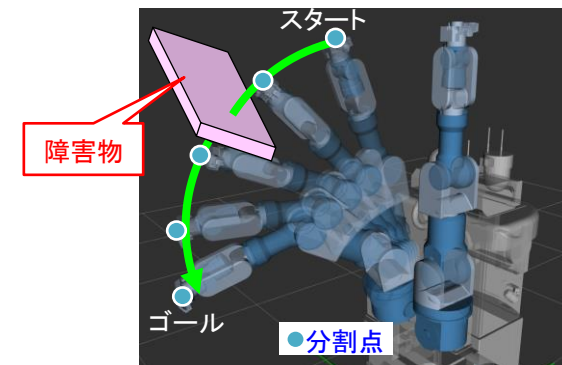


- **障害物を見落とすリスクがある**

スタートからゴールまでの経路を分割し、その分割した瞬間ごとに衝突判定を行っている。

⇒ 分割数が少ない(粗い)と、その中間の障害物を見落としてしまう。

分割数を増やすと、計算時間が長くなるトレードオフあり。



## 6. 本事業の実施内容 【 1 ) ( 3 ) 取り出し工法の高度化開発】

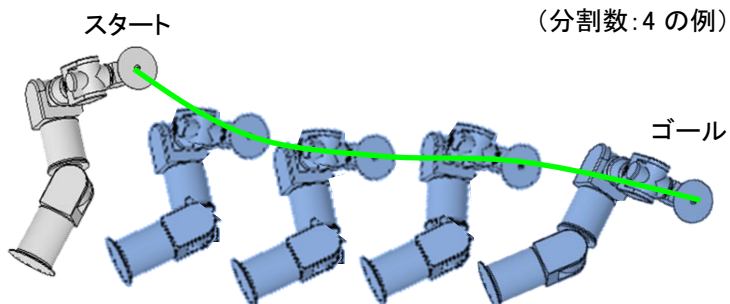
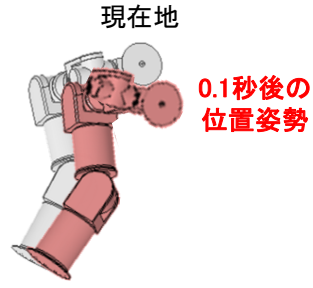
### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5) 実施事項(操作システム)

#### ✓ 実施事項

#### 軌道計画の課題解決策

課題を解決する方策として、「**局所軌道計画**」をシステムに追加する。  
 区別のため、これまでの軌道計画を「**大域軌道計画**」と呼ぶことにする。

	大域軌道計画 (これまでの軌道計画)	局所軌道計画
概念図		
経路計算	スタートからゴールまでの一連の流れ(粗い)	0.1秒後の位置姿勢のみ
衝突判定	ロボットモデルと環境モデルとの衝突判定により、両者が干渉しない姿勢を計算	
計算時間	長い(分割数: 20~30で1~2分)	短い(目標: 0.1秒以下)
計算するタイミング	事前に計算し、オペレータがシミュレータ上で確認	
	—(リアルタイムなし)	リアルタイム(ロボットが動きながら逐次計算)

「**局所軌道計画**」を繰り返すことによって  
 緻密な干渉回避が実現できる。

(注記)神戸大学との共同研究

# 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

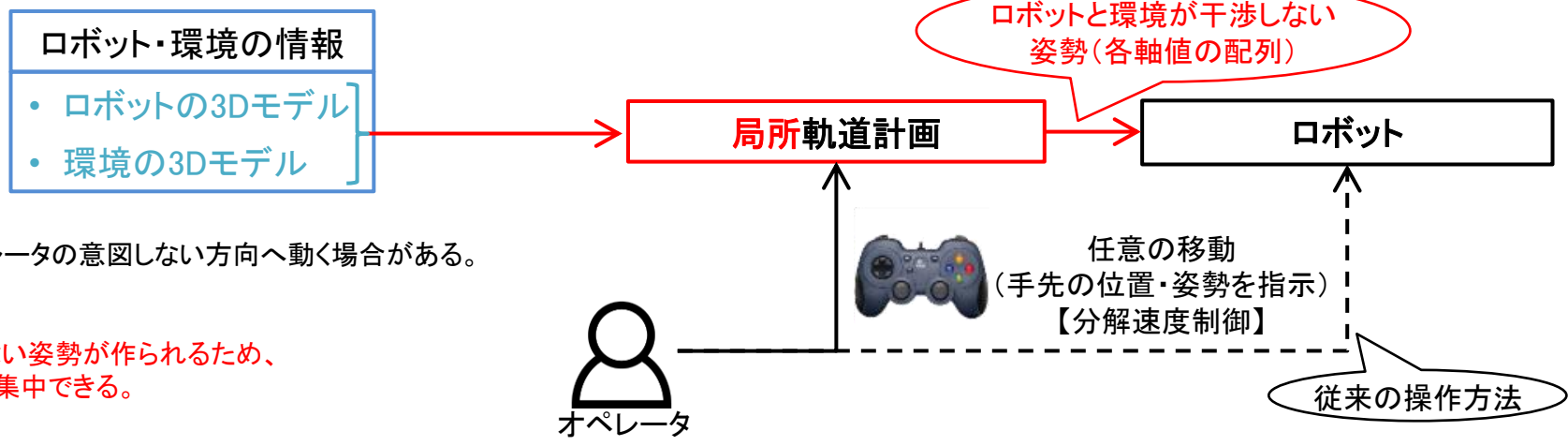
## ① 取り出し用遠隔先端ツール

### (5)実施事項(操作システム)

#### ✓ 実施事項

### 局所軌道計画の使用例①

手動操作では衝突リスクが高まる ⇒ 「局所軌道計画」で衝突を回避する。



【従来の操作方法】  
マニピュレータの肘がオペレータの意図しない方向へ動く場合がある。

【局所軌道計画】  
リアルタイムで常に干渉しない姿勢が作られるため、オペレータは手先の操作に集中できる。

	従来の操作方法	局所軌道計画
シミュレーション動作	<p>障害物</p> <p>肘が障害物に衝突する</p>	<p>肘の回避運動</p> <p>肘が障害物を自動的に回避する</p>

# 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

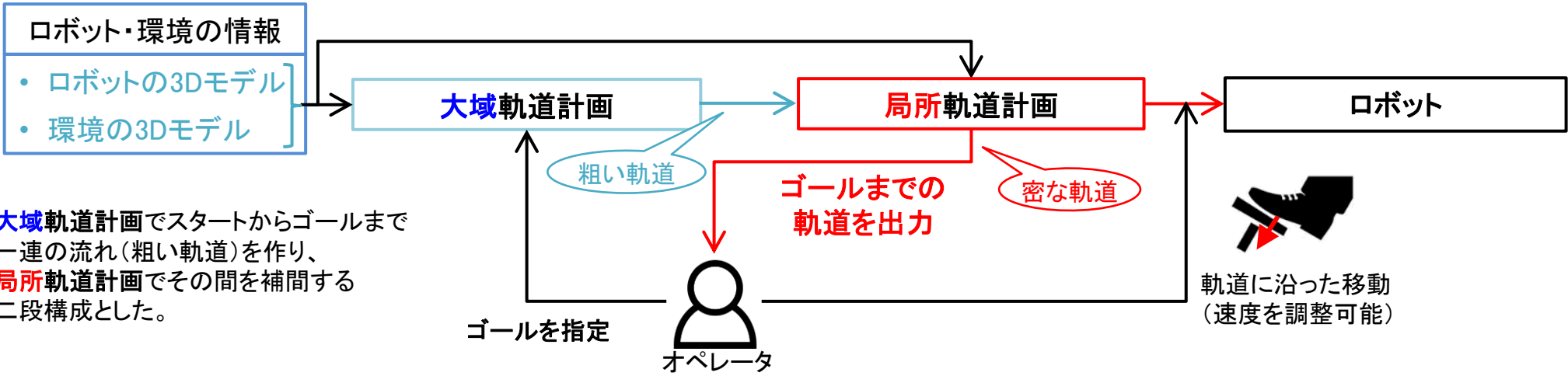
## ① 取り出し用遠隔先端ツール

### (5)実施事項(操作システム)

#### ✓ 実施事項

### 局所軌道計画の使用例②

障害物を見落とすリスクがある ⇒ 「局所軌道計画」によって障害物を見落とさない。



大域軌道計画でスタートからゴールまで一連の流れ(粗い軌道)を作り、局所軌道計画でその間を補間する二段構成とした。

	大域軌道計画のみ	大域+局所軌道計画
シミュレーション動作		

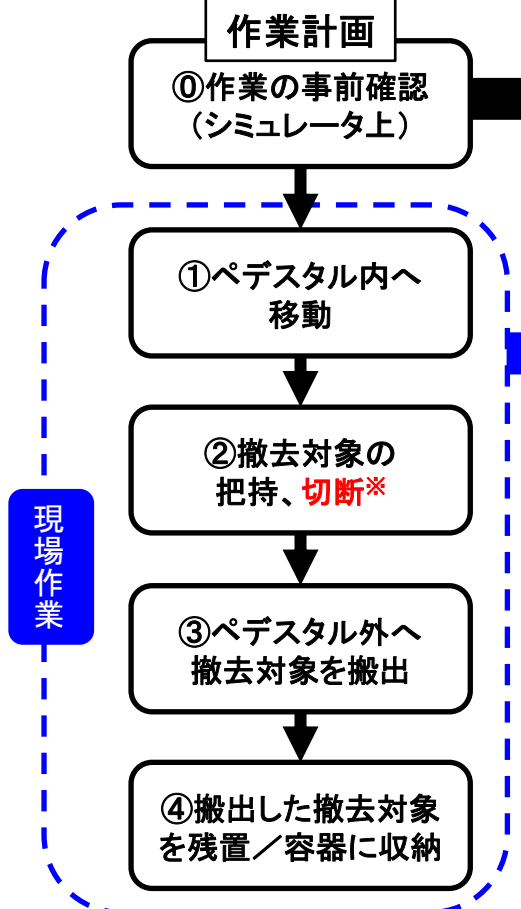
# 6. 本事業の実施内容【(1)(3)取り出し工法の高度化開発】

## ① 取り出し用遠隔先端ツール

### (5)実施事項(操作システム)

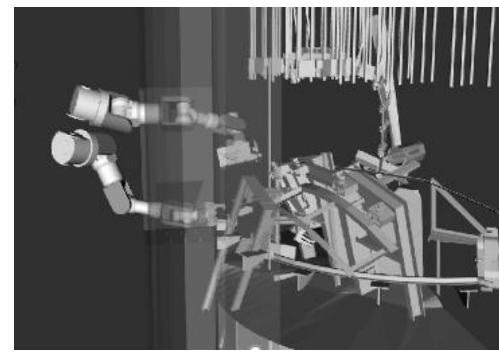
#### ✓ 実施事項

#### 要素試験計画(シミュレーション試験・モックアップ試験)



#### シミュレーション試験

- 局所軌道計画の効果をシミュレータ上で検証
- 「作業の事前確認」ができることを検証  
(誤差や時間遅れがない理想的な環境での検証)



#### モックアップ試験

(誤差や時間遅れがある現実での妥当性確認)

- 局所軌道計画のリアルタイム性、遠隔操作性を確認
- 環境モデルと現場(モックアップ)との誤差への対応を確認

現場作業

オペレータはモニタだけを見て  
ロボットを遠隔操作する



オペレータの操作卓(イメージ)

現場の様子  
(オペレータは見ない)



試験機(双腕ロボット)とモックアップ  
(イメージ)

燃料デブリ取り出し作業フロー

※「切断」は先端ツールの加工試験で実施するため、ここではマニピュレータによる微小移動を模擬する。

# 6. 本事業の実施内容【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

## ① 取り出し用遠隔先端ツール

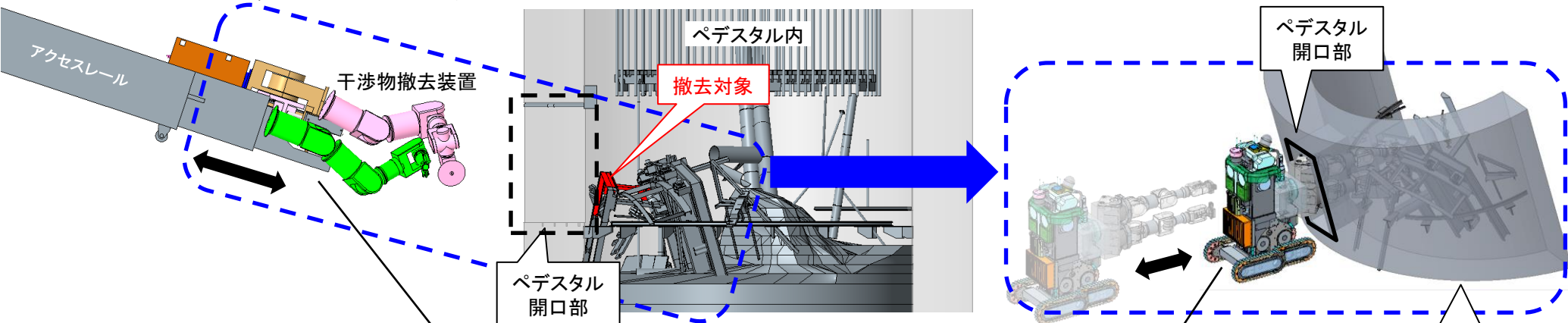
### (5) 実施事項(操作システム)

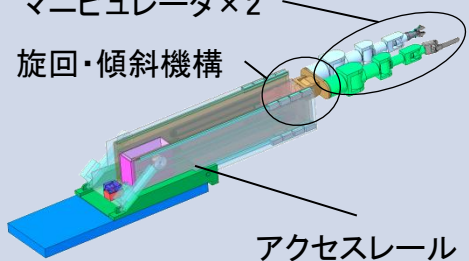

#### ✓ 実施事項

#### モックアップ試験計画

- ・ 干渉物撤去装置と軸構成が近い試験機を使用(アクセスレールの直動を移動台車の前進で代用)
- ・ 干渉物撤去装置の作業性を模擬するため、試験機の比率に合わせて縮小モックアップを準備

・「多関節マニピュレータで障害物を回避しながら作業」を検証するため、その一例として双腕ロボットによる干渉物撤去を模擬する。  
 ただし、開発する操作システムは様々なロボットへの適用を目指しており適用先が干渉物撤去に限定されるものではない。



装置外観	干渉物撤去装置【検討中】	モックアップ試験機(上部階除染装置)	斜め上方からアプローチするアクセスレールの動きを模擬するため、モックアップを15度傾けて設置(台車は地面を前進する)
	<p>マニピュレータ×2          旋回・傾斜機構          アクセスレール</p> 	<p>マニピュレータ×2          台車</p> 	
主な仕様	<p>マニピュレータ:8軸×2式          旋回・傾斜機構:2          アクセスレール:2(伸縮・傾斜)</p>	<p>マニピュレータ:8軸×2式          傾斜機構:1、旋回機構:1(追加設置)          移動台車:2(前進・旋回)</p>	

# 6. 本事業の実施内容 【 1）(3)取り出し工法の高度化開発】

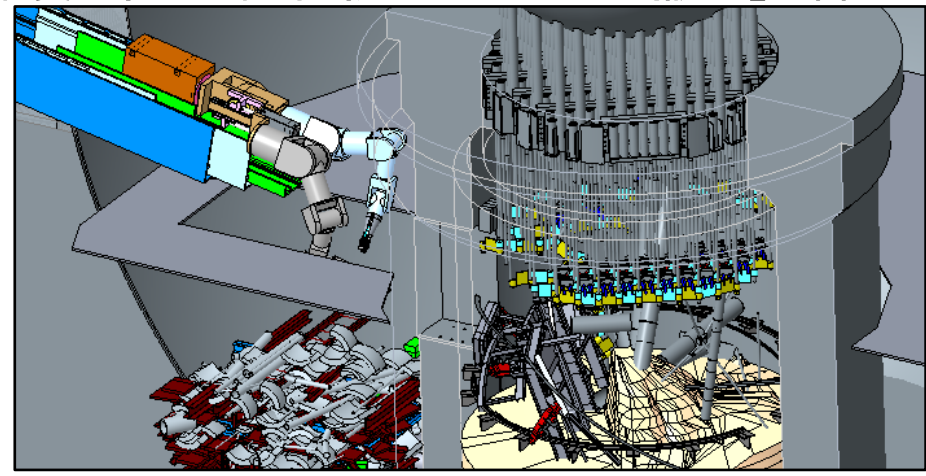
## ① 取り出し用遠隔先端ツール

### (5)実施事項(操作システム)

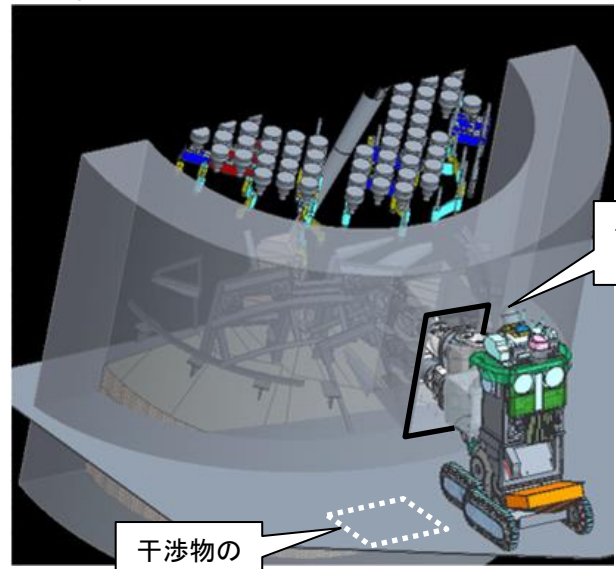
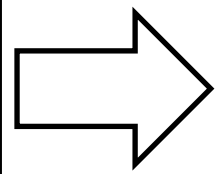
#### ✓ 実施事項

### モックアップ試験の検証内容

難度が高い「障害物を避けながら撤去」を課題として設定する。



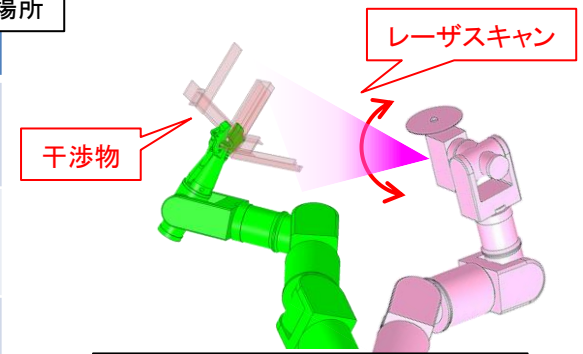
ペDESTアル開口部における干渉物撤去作業を模擬  
(干渉物はPCV底へ残置)



ペDESTアル開口部

干渉物の残置場所

項目	検証内容
ペDESTアル開口部の通過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・往路: 手先にツールだけが装着された状態</li> <li>・復路: ハンドツールに干渉物を把持した状態</li> </ul>
環境認識	<ul style="list-style-type: none"> <li>・手先に搭載したレーザセンサによる環境スキャン</li> <li>・点群データと3Dモデルとの比較による誤差への対応</li> </ul>
回収物の処置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モックアップ外の残置場所へ配置する(干渉物)</li> <li>・模擬ユニット缶へ収納する(小石状の模擬燃料デブリ)</li> </ul>



レーザスキャン

干渉物

干渉物の把持とスキャン(イメージ)

## 6. 本事業の実施内容 【1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5)実施事項(操作システム)

##### ✓ 成果の反映先への寄与

【成果】: マニピュレータの障害物回避を自動化すること

【反映先】: 燃料デブリ取り出しで使用される遠隔操作ロボットを適用対象として開発を行うが、将来的には様々な作業・ロボットへの適用を目指す。  
(環境モデルやロボットモデルを変更可能にする)

【寄与】: 作業の安全性・効率の向上が期待できる。※

※2019～2020年度に実施した先行研究「視界不良かつ狭隘環境での遠隔操作支援手法の開発」にて、操作支援を行うことによって、ベテランオペレータの手動操作から約90%の操作時間低減、およびティーチングデータ作成時間の約80%低減が実現されており、本開発では、それらをさらに実用化・高度化させる。

##### ✓ 現場への適用性の観点における分析

- 現場を模擬したモックアップおよび要素試験機を含む遠隔操作システムを用いて一連の作業成立性の確認を行うことによって、現場適用性の評価を行い、改善点を抽出する。(ご参照: No.325、326、327)
- モックアップ試験に参加する現場オペレータやマニピュレータ技術の有識者からのコメントを反映しつつ、燃料デブリ取り出し監視・支援・統合管理WGと連携することによって、現場適用性の高いシステムを構築する。(ご参照: No.290、325、326、327)

## 6. 本事業の実施内容 【 1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (5)実施事項(操作システム)

#### ✓ 目標に照らした達成度

- 操作システムの試作 → シミュレーション検証中
- 干渉物の把持・切断・搬出手順の検討 → 実施済み
- 一連の作業成立性の確認 → モックアップ試験にて実施
- 作業手順の実績データを取得、整理 → モックアップ試験にて実施
- スループット評価用データの作成 → モックアップ試験後に実施
- 操作システムの適用条件や、想定されるトラブルに対するケーススタディの整理 → 実施中

#### ✓ 今後の予定

- 要素試験機への操作システムの実装(～2022年9月)
- モックアップの製作(～2022年9月)
- モックアップ試験による一連の作業成立性の確認(～2022年12月)
- 作業手順の実績データの取得、スループット評価用データの作成(～2023年2月)

## 6. 本事業の実施内容 【 1)(3)取り出し工法の高度化開発】

### ① 取り出し用遠隔先端ツール

#### (6)まとめ

##### 先端ツール

- 過去のスループット算出の分析を実施し、要素試験として、ペDESTAL底に溜まった塊状燃料デブリの加工時間短縮を目指した加工試験を選定した。
- 過去の机上検討、加工試験実施状況から、ツールとしての加工試験未実施である、干渉物用ディスクカッタ、塊状燃料デブリ用コアボーリングを要素試験項目として抽出した。
- 上記ツールへの要求仕様を整理し、概念検討、要素試験計画を実施中。

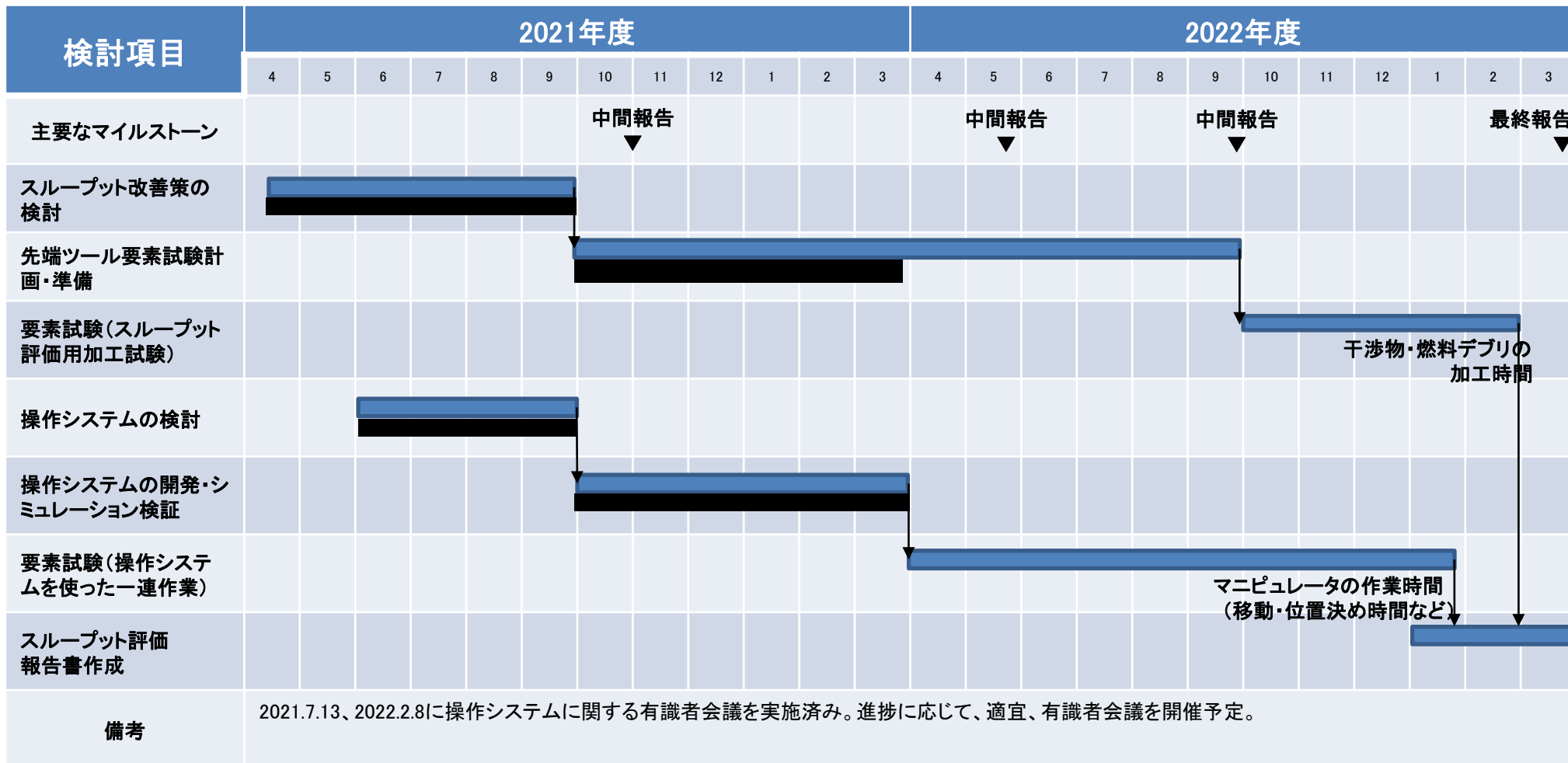
##### 操作システム

- 燃料デブリ取り出しにおける作業フローを検討し、操作システムに要求される機能を整理した。
- オペレータの遠隔操作を支援する操作システムを開発し、シミュレーション検証を行った。
- 今後は、モックアップ試験によって操作システムの効果を検証する予定。

# 6. 本事業の実施内容 【 1)(3)取り出し工法の高度化開発】

## ① 取り出し用遠隔先端ツール (7)開発工程

【凡例】 計画:  実績:



## 6. 本事業の実施内容

### 2) 上取り出し工法の開発

#### (1) 大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発

公募実施内容を記載

##### ① 大型切断工法

燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに関しては、上アクセス工法のスループット向上のため 大型一体搬出工法について2019年度からの開発で検討を進めている。その成立のためには、構造物の切り離しと搬出が必要になるが、前者においては、原子炉内においては蒸気乾燥器からスパージャ、シュラウド、ジェットポンプなど多種多様な機器で構成されている炉内構造物を高線量環境、狭隘エリアで切断し搬出する必要がある。また、原子炉内構造物以外のPCVヘッドやRPVヘッドなどの大型構造物も原子炉内へアクセスするために、高線量環境下で切断し、搬出する方法を検討する必要がある。

燃料は溶融しRPV内に存在していると推定されるため、金属である炉内構造物とセラミック系の燃料デブリを考慮し、切断して切り離す方法の検討を行い、模擬試験体による要素試験を実施する。また、PCVヘッドなどを含む切断後の構造物を大型搬送装置に搭載するまでの搬出方法について検討し現場適用性を評価する。

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.333

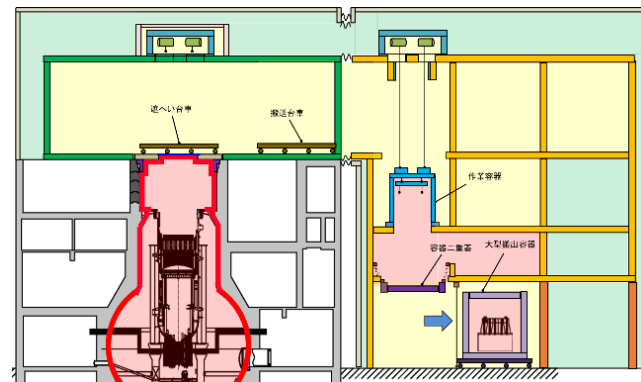
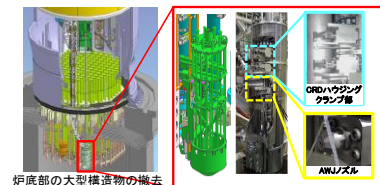
## ① 大型切断工法

上アクセス工法に関し、これまでの開発成果と本事業との関連について以下に示す。

### 基盤技術高度化(2017-18年度実施)

#### 【PCV内細断工法の検討】

- 炉底部構造物模擬体を用いた要素試験の実施
- スループット試算、課題の抽出



大型一体搬出工法

### 取り出し規模の更なる拡大(2019-20年度実施)

#### 【一体搬出工法の検討】

- 炉底部解体に関する要素試験の実施
- 大型搬出容器に関する概念検討
- 容器収納までの臨界管理方法の検討

### 安全確保(2020-21年度実施)

#### 【大型搬出容器蓋の実現性確認】

- 容器蓋の気密機構の開発・要素試験
- 容器収納後(移送中)の臨界管理方法の検討

### 本事業

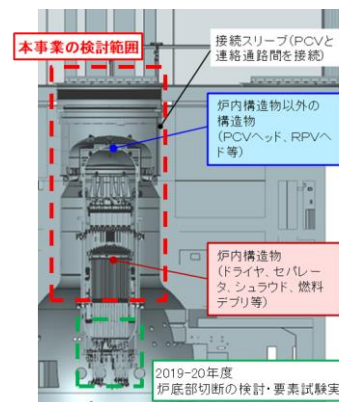
#### 【取り出しコンセプト実現のための技術開発】

- 大型切断工法の検討
- 大型搬出容器(本体)の検討
- 大型搬送装置の検討

### 隔離技術(2021-22年度実施)

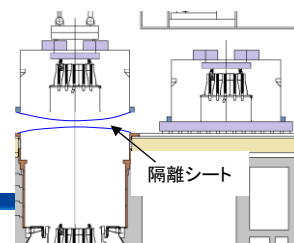
#### 【汚染拡大防止隔離技術の開発】

- 隔離技術の開発・要素試験



### 今後の検討項目

- エンジニアリングや技術開発で抽出された開発課題の検討 等



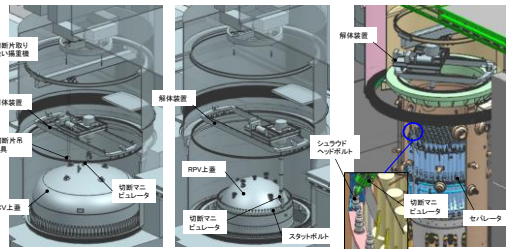
# 6. 本事業の実施内容【2】(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発

## ① 大型切断工法

上アクセス工法に関するこれまでの開発成果と本事業での開発項目について以下に示す。

赤字で記載した項目について、  
本事業で技術開発を実施

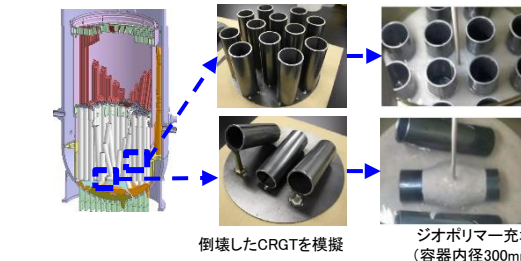
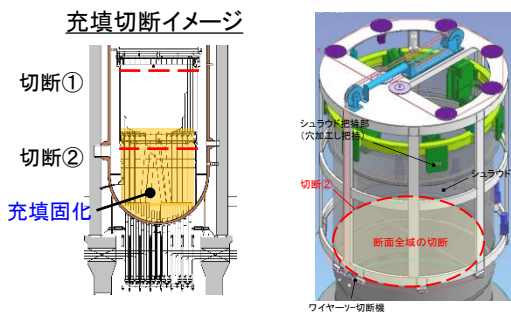
### 大型切断工法



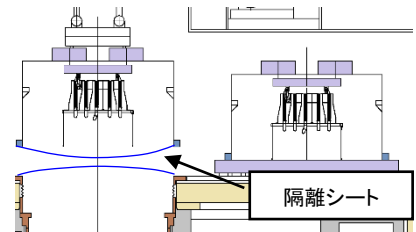
取り出し規模の更なる拡大PJ(19-20年度)概念検討実施

炉内構造物以外の構造物切断工法

### 炉内構造物切断工法

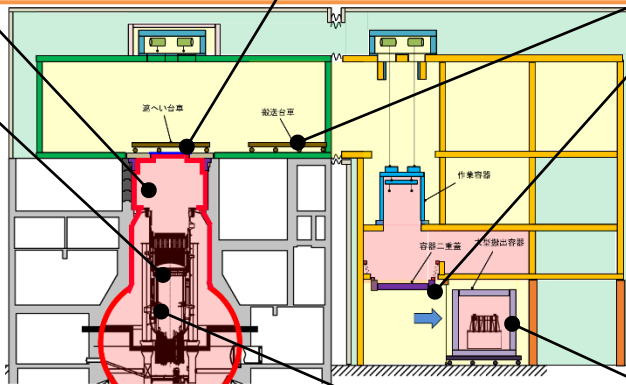


取り出し規模の更なる拡大PJ(19-20年度)要素試験実施

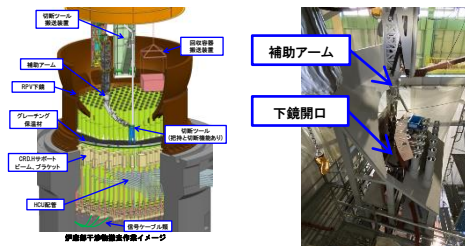


汚染拡大防止隔離技術の開発(21-22年度)実施

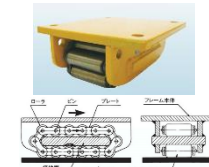
### 隔離シート



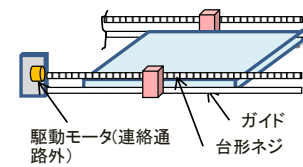
### 炉底部構造物切断



取り出し規模の更なる拡大PJ(19-20年度)要素試験実施



エンドレスコロ方式

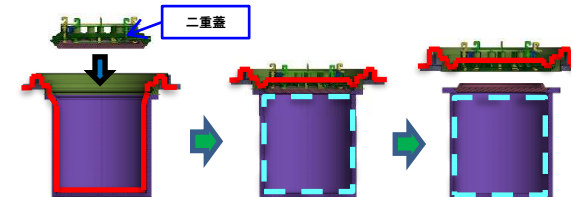


台形ネジ駆動方式

取り出し規模の更なる拡大PJ(19-20年度)概念検討実施

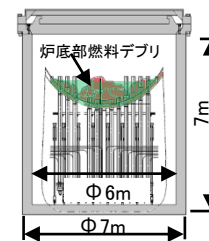
### 大型搬送装置

### 二重蓋の気密機構



安全確保PJ(20-21年度)要素試験計画中

### 大型搬出容器



取り出し規模の更なる拡大PJ(19-20年度)概念検討実施

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.335

### ① 大型切断工法

#### 【課題】

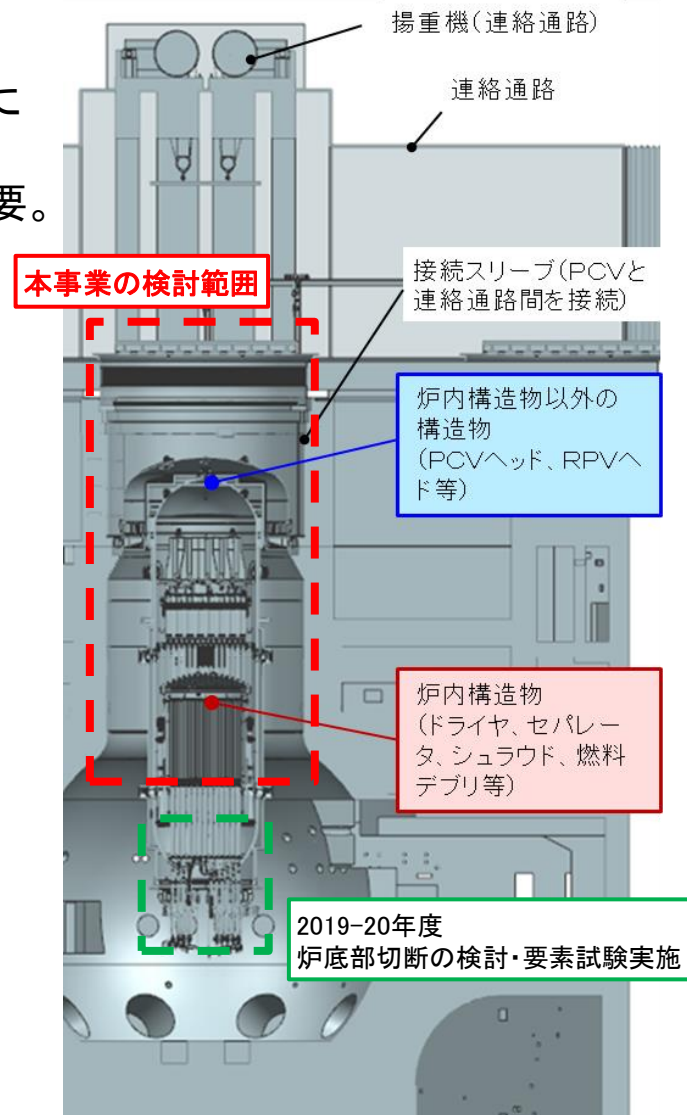
- ・ 高線量、狭隘環境で構造物を切断し搬出する必要がある。
- ・ 炉底部以外(炉心部の炉内構造物やPCV/RPVヘッド等)の構造物に関する、切断・撤去方法の検討および実現性の確認が必要。
- ・ 切断した構造物を連絡通路まで吊り上げる方法の実現性確認が必要。

#### 【実施内容】

- ・ 検討に関わる前提条件を整理する。
- ・ 炉内構造物、炉内構造物以外の構造物に関して切断し搬出する方法、手順の検討を行う。
- ・ 炉内構造物の取り出しは、燃料デブリを充填固化して搬出する方法を念頭に、充填材を含めた金属、セラミック系材料の混合体を切断して切り離す方法を検討し、要素試験を計画、実施して実現性を確認する。
- ・ 炉内構造物以外の構造物は、原子炉ウエル内に取り合い対象となる接続スリーブの検討を踏まえて、大型構造物であるPCVヘッドなどを切断する方法を検討し、要素試験を計画、実施して実現性を確認する。
- ・ PCVヘッドなどを含む切断後の構造物を大型搬送装置に搭載するまでの搬出方法を検討し、現場適用性を評価する。

#### 【得られる成果】

- ・ 炉内構造物切断方法の提示。
- ・ 切断後の構造物を大型搬送装置に搭載する方法の提示。



## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.336

### ① 大型切断工法

#### 【実施内容】

実施項目		実施内容
前提条件の整理		大型一体搬出工法を実施する際の前提条件について整理する。
大型一体搬出工法の検討		<ul style="list-style-type: none"> <li>・炉内構造物、炉内構造物以外の構造物に関して切断し搬出する方法、手順の検討を行う。</li> <li>・PCVヘッドなどを含む切断後の構造物を大型搬送装置に搭載するまでの搬出方法を検討し、現場適用性を評価する。</li> </ul>
大型切断工法の検討	炉内構造物以外	原子炉ウエル内のPCVヘッドやRPVヘッド等を大型一体搬出するための切断方法を検討し、装置の概念検討を実施する。
	炉内構造物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・炉内構造物落下防止のために燃料デブリを充填固化して搬出する工法について、実機状況を考慮した充填方法を検討する。</li> <li>・充填材の充填後のシュラウド構造物および充填材を含めた切断方法を検討する。</li> </ul>
要素試験計画、実施	炉内構造物以外	・炉内構造物以外の構造物の大型切断工法の内、技術的難易度が高いと想定されるRPVヘッドの切断方法について、要素試験を計画、実施して実現性を確認する。
	炉内構造物	<ul style="list-style-type: none"> <li>・前回の基礎試験より規模を拡大して、大規模注入試験による充填固化材の特性把握のための要素試験を計画、実施して実現性を確認する。</li> <li>・シュラウド構造物および充填材を含めた切断方法について、要素試験を計画、実施して実現性を確認する。</li> </ul>

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.337

### ① 大型切断工法

#### 【大型一体搬出工法的前提条件】

- 大型一体搬出工法的前提条件を以下に示す。

ID.	前提条件	根拠	備考
1	上アクセス用の増設建屋は横アクセス用の増設建屋とは別に設置する。	上アクセスによる燃料デブリ取り出し工法は構造物を一体で搬出することを検討しており、横アクセスによる燃料デブリ取り出し工法との払い出し設備の共用は難しい。	
2	取り出し設備等を設置する連絡通路の荷重は架構を設置して地表面で支持する。	オペフロの耐荷重を考慮すると連絡通路の荷重を支持することは困難と想定。	
3	RPVヘッドの一体搬出後、RPVヘッドのフランジ面に取り出し用機器の荷重を付与可能。	現段階でRPVヘッドを支持出来ているため、RPVヘッド取り出し後であれば荷重付与可能と想定。	
4	想定可能な最大形状で搬出する方法について検討を実施する。	損傷状態が未確認のため、取り扱い上最も難しい大型形状で検討。	炉内状況に応じて搬出寸法を見直す計画。
5	ボルト等の締結部は切断する方針で検討する。	ボルト等の締結部は変形、かじり等の影響によりボルトが回らない可能性等を考慮して検討する。	実機状況に応じて、ボルトを切断するか緩めるか等の評価が必要。
6	構造物の搬出には大型搬出容器を使用する。	大型搬出容器を使用して汚染拡大防止をする方針は維持する。	

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.338

### ① 大型切断工法

大型切断工法の開発については、以下の3項目に分割してそれぞれ開発を実施中。  
現在の検討状況と今回の報告内容を以下に示す。

	実施内容	検討状況	報告内容
(a)	大型一体搬出工法の検討	別補助事業(隔離技術PJ※)で実施中の隔離シートの適用方法を含めて、大型一体搬出工法の検討中。	全体ステップ検討中 詳細は今後報告する
(b)	炉内構造物以外の大型切断工法の検討・要素試験計画、実施	原子炉ウエル内の構造物の内、RPVヘッドのスタッドボルトを切断する工法について検討、要素試験を実施した。	試験結果
(c)	炉内構造物の大型切断工法の検討・要素試験計画、実施	炉内構造物の切断方法について概念検討を実施、今後要素試験の計画を進める。 充填固化材の材料特性把握試験を計画、試験実施中。	検討状況

※隔離技術PJ:「燃料デブリの取り出し工法の開発(大型構造物取り出し及び搬送時における汚染拡大防止隔離技術の開発)」PJ

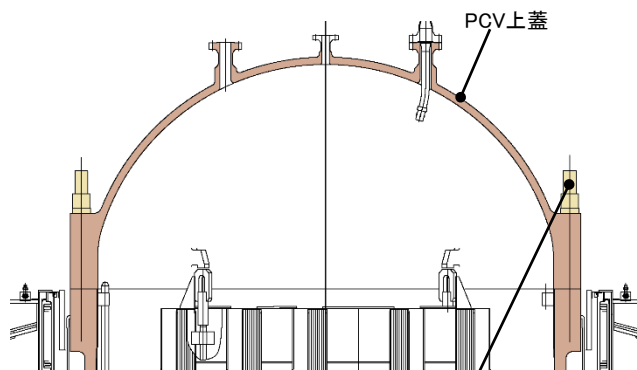
## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.339

### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

#### 【RPVヘッド大型切断工法の検討】

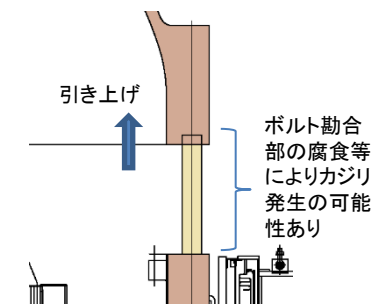
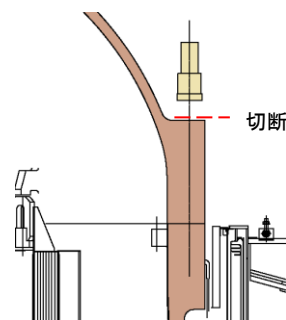
RPVヘッドボルトについて、ネジの腐食、変形等により緩めることは困難と想定し、ボルトを切断する方法について、ボルトの切断位置の検討を実施した。

#### <RPV上蓋>

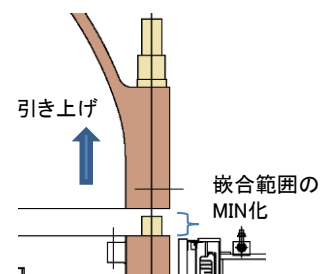
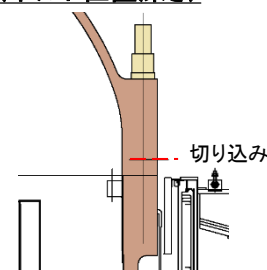


スタッドボルト  
\*ネジの腐食、変形等により  
緩めることは困難と予想

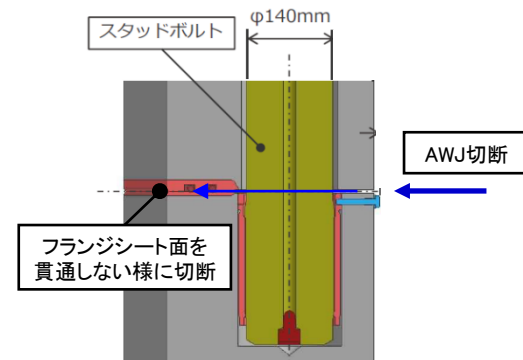
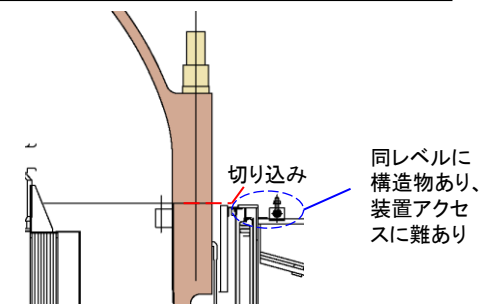
#### 案1 ボルト頭切断



#### 案2 フランジ切り込み (ボルト位置深さ)



#### 案3 上蓋フランジ隙間からボルト切断



- スタッドボルトのため、ナット位置で切断しても引き上げが困難になる可能性あり。  
RPV上蓋吊り上げ時にボルトかじりの影響が生じない案3を主案とし、AWJ切断の成立性を確認することとした。

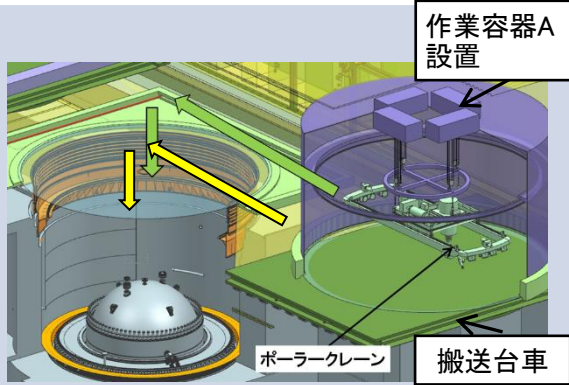
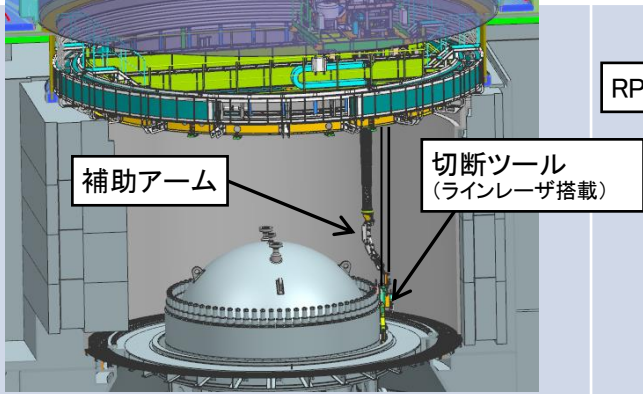
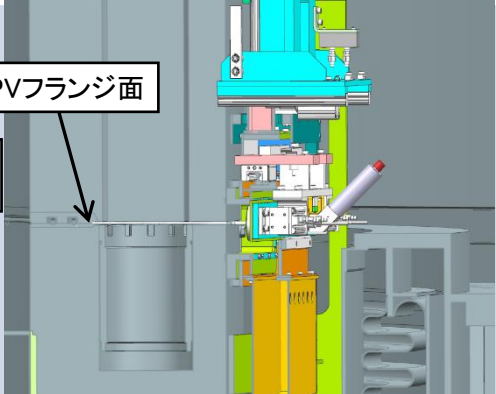
# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.340

## ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

### 【実機におけるRPVヘッドボルト切断ステップ】

実機におけるボルト切断の作業ステップと、対応する要素試験での確認事項を検討する。

   : 要素試験模擬範囲

	1. 作業容器搬入、ポークレーン設置	2. 切断ツール位置決め	3. ボルト切断
ステップ図			
必要な機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 作業容器Aを開口部まで安全に搬送できること</li> <li>➢ 炉内および作業容器内からセル内への放射性物質の流出を防止できること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 干渉物を避けつつ目標地点に切断ツールを投入できること</li> <li>➢ RPVフランジ面に切断ツールを位置決めできること</li> <li>➢ 上記作業を暗所・遠隔操作にて実施できること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ AWJノズルをRPVフランジの間に調整できること</li> <li>➢ AWJ切断中フランジ面に沿ってボルトを切断できること</li> <li>➢ 切断の完了を確認できること</li> <li>➢ 上記作業を暗所・遠隔操作にて実施できること</li> </ul>
主な課題	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 作業容器転倒の対策</li> <li>② セル間ゲートに干渉しない搬送技術の開発</li> <li>③ 炉内、作業容器内から作業容器外への気密確保</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 遠隔操作での干渉物回避</li> <li>② カメラ監視下における切断ツール位置決め</li> <li>③ 作業容器A内装置のケーブル処理</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① カメラ監視下におけるAWJノズルの位置調整</li> <li>② 切断対象物に即した走査ルートの設定</li> <li>③ カメラでの切断完了の確認</li> <li>④ ボルトを切断可能な加工条件の選定</li> </ol>
対応案	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 搬送方法は大型搬送装置にて検討中</li> <li>② 隔離シートによる気密確保を別補助事業で検討中</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 適切なカメラ配置を要素試験にて確認</li> <li>② ラインレーザによる位置確認が可能か要素試験にて確認</li> <li>③ 切断ツール/補助アームの降下に合わせ作業容器内でケーブルを適切に処理できる装置構成を検討</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① カメラ・ラインレーザを用いたAWJノズルの位置調整が可能か要素試験にて確認</li> <li>② 加工前にノズルの走査ルートの確認が可能か要素試験にて確認</li> <li>③ 切断完了の確認可否を要素試験にて確認</li> <li>④ ボルト切断の加工条件を予備試験にて確認</li> </ol>

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.341

## ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

### 【実機におけるRPVヘッドボルト切断ステップ】

実機におけるボルト切断の作業ステップと、対応する要素試験での確認事項を検討する。

: 要素試験模擬範囲

	4. 切断ツール回収	5. 作業容器入替え	6. RPVヘッド搬出
ステップ図			
必要な機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 干渉物を避け、切断ツールを回収できること</li> <li>➢ 切断ツールの上昇に合わせ、ケーブルの巻取りが可能であること</li> <li>➢ 上記作業を暗所・遠隔操作にて実施できること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 作業容器Aを一時退避させた後、作業容器Bを開口部まで安全に搬送できること</li> <li>➢ 炉内および作業容器A,B内からセル内への放射性物質の流出を防止できること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ RPVヘッドを一体で搬出できること</li> <li>➢ 作業容器Bを増設建屋まで安全に搬送できること</li> <li>➢ 炉内および作業容器B内から作業容器B外への放射性物質の流出を防止できること</li> </ul>
主な課題	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 遠隔操作での干渉物回避 (燃料交換ベローズカバー等周囲の干渉物と干渉せずに切断ツールを回収できるか)</li> <li>② 作業容器A内装置のケーブル処理</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 作業容器A,B転倒の対策</li> <li>② セル間ゲートに干渉しない搬送技術の開発</li> <li>③ 炉内、作業容器A,B内から作業容器A,B外への気密確保</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 作業容器B転倒の対策</li> <li>② セル間ゲートに干渉しない搬送技術の開発</li> <li>③ 炉内、作業容器B内から作業容器B外への気密確保</li> </ol>
対応案	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 適切なカメラ配置を要素試験にて確認する</li> <li>② 切断ツール/補助アームの上昇に合わせ作業容器A内でケーブルを適切に処理できる装置構成を検討</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 転倒対策は大型搬送装置にて検討中</li> <li>② 搬送技術は大型搬送装置にて検討中</li> <li>③ 隔離シートによる気密確保を別補助事業にて検討中</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>① 転倒対策は大型搬送装置にて検討中</li> <li>② 搬送技術は大型搬送装置にて検討中</li> <li>③ 隔離シートによる気密確保を別補助事業(隔離技術PJ)にて検討中</li> </ol>

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.342

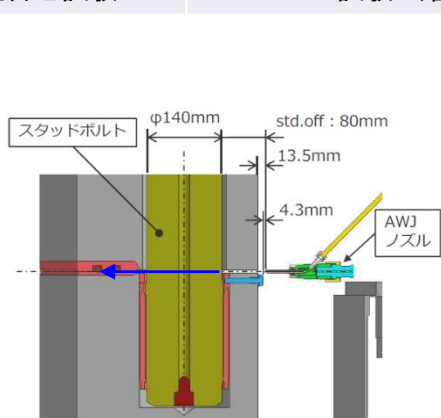
### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

#### 【RPVヘッドボルト切断試験:予備試験および要素試験の内容】

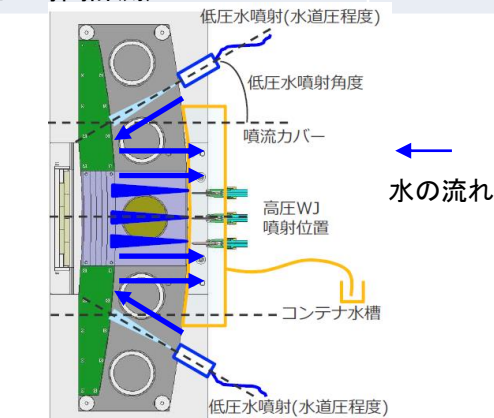
予備試験および要素試験にて確認が必要な項目と、各項目を確認する枠組みを下表に整理した。  
予備試験はAWJ/装置の基礎(単体)試験、要素試験は明所/暗所での実施に分類される。

  説明内容

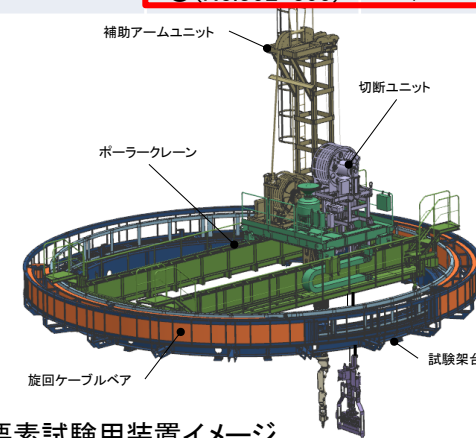
試験内容		予備試験		要素試験	
		AWJ基礎試験	装置基礎試験	明所	暗所
AWJ性能確認	AWJ加工条件選定	○			
	切断可否確認 (切断面確認、他構造物への影響確認)	○		○(No.354)	○(No.354)
	ボルト軸力による切断時の影響確認	○			
回収性能確認	アブレシブ回収可否確認	○			○(No.361)
装置性能確認	各装置基本動作確認		○	○(事前確認済)	○(事前確認済)
	各装置設置性、ケーブルホース処理性能確認		○	○(No.352-355)	○(No.352-355)
	非常回収性能確認		○		○(No.355)
遠隔設備確認	カメラ/照明配置確認および遠隔設置			○(No.358)	○(No.358)
組合せ試験	ワンスルー試験 (各作業ごとの時間計測)			○(No.352-355)	○(No.352-355)



AWJ切断イメージ



AWJ切断、アブレシブ回収イメージ

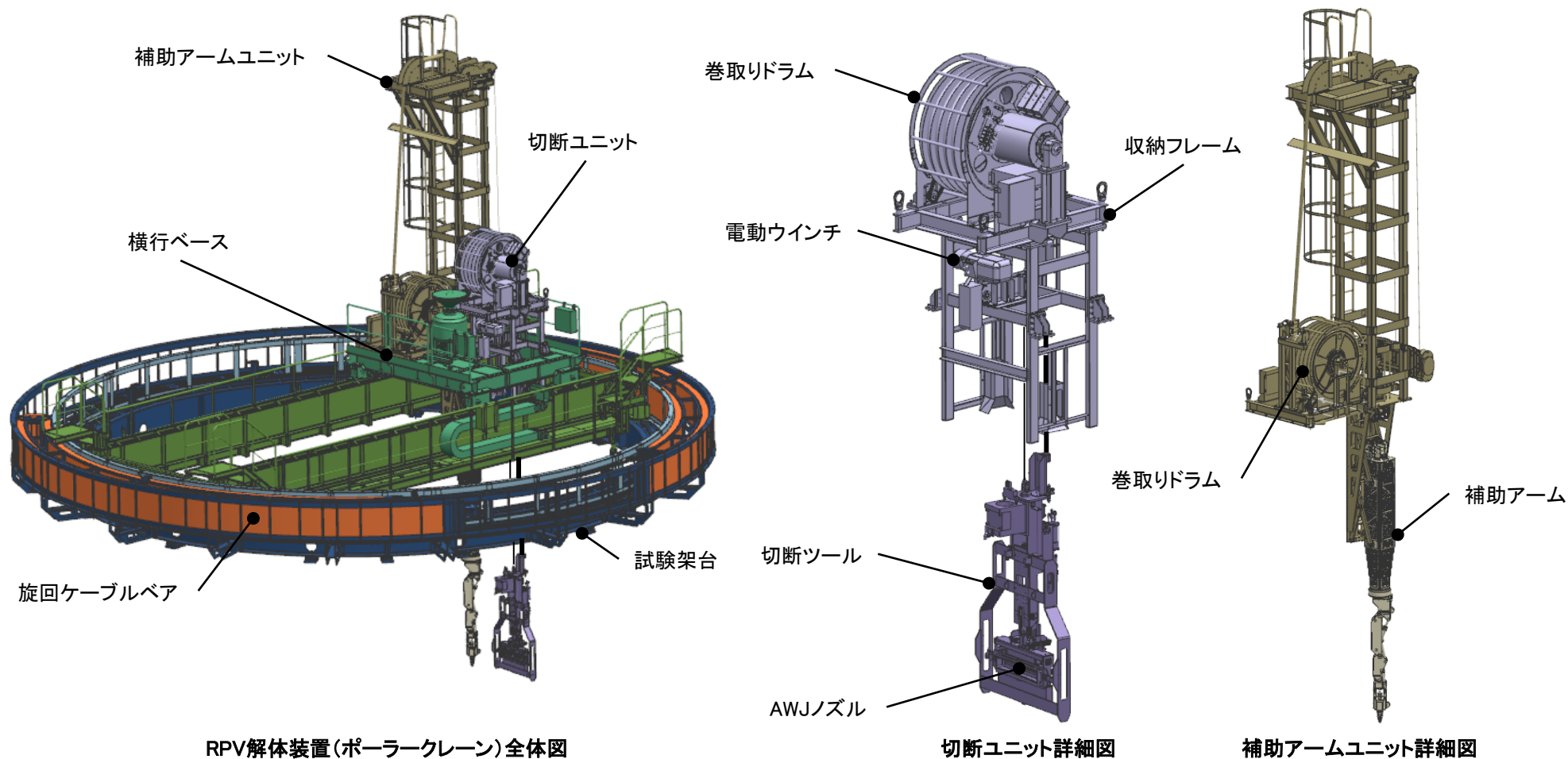


要素試験用装置イメージ

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.343

### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外 【RPVヘッドボルト切断試験:要素試験装置イメージ】

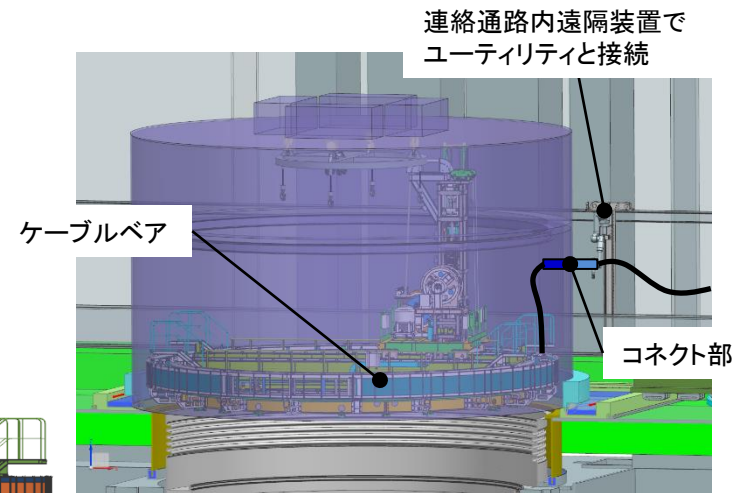
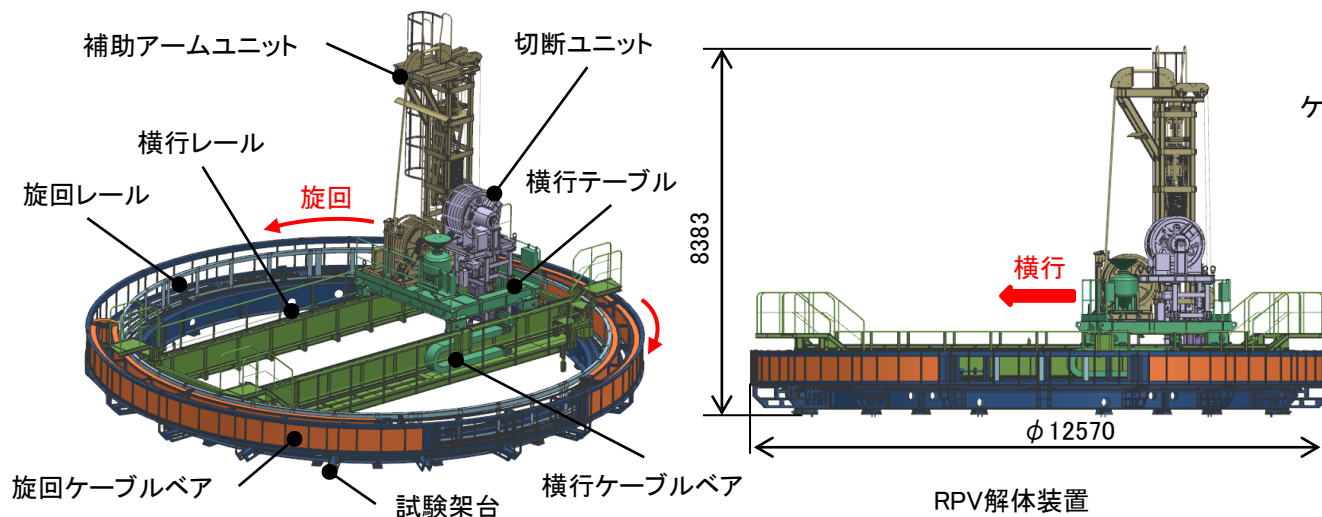
炉底部取り出しステップや要求機能と装置概要検討結果から、要素試験において使用する装置のイメージを以下に示す。



## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.344

### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

【要素試験:試験装置(RPV解体装置(ポーラークレーン))】



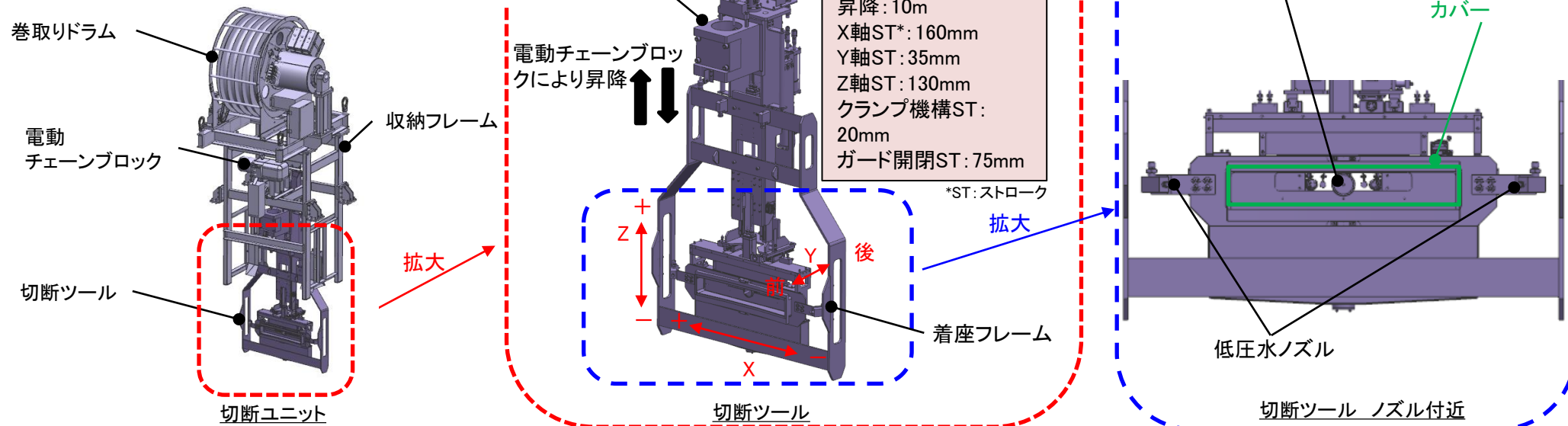
実機でのイメージ(容器内)  
(作業容器は模擬しないが、作業容器内でのケーブル処理を考慮した装置構成とする)

項目	仕様	要求事項・備考
装置寸法[mm]	Φ12570×H8383	-
構成	試験架台	旋回直径:Φ10300mm 動作範囲:±180°
	回転ケーブルベア	作業容器内でケーブル処理が可能
	ポーラークレーン	吊上げ荷重:2960kg ガーダ耐荷重:9000kg 横行範囲:±3500mm
	切断ユニット	No.345にて後述
	補助アームユニット	No.347にて後述
用途	ボルト切断	-
装置重量[kg]	25900	-
駆動源	電動	-

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.345

### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

#### 【要素試験:試験装置(切断ユニット)】



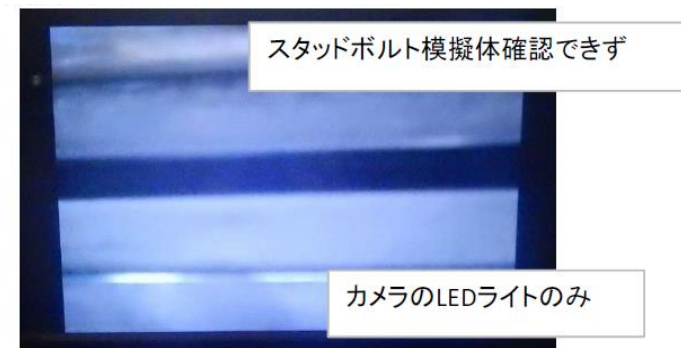
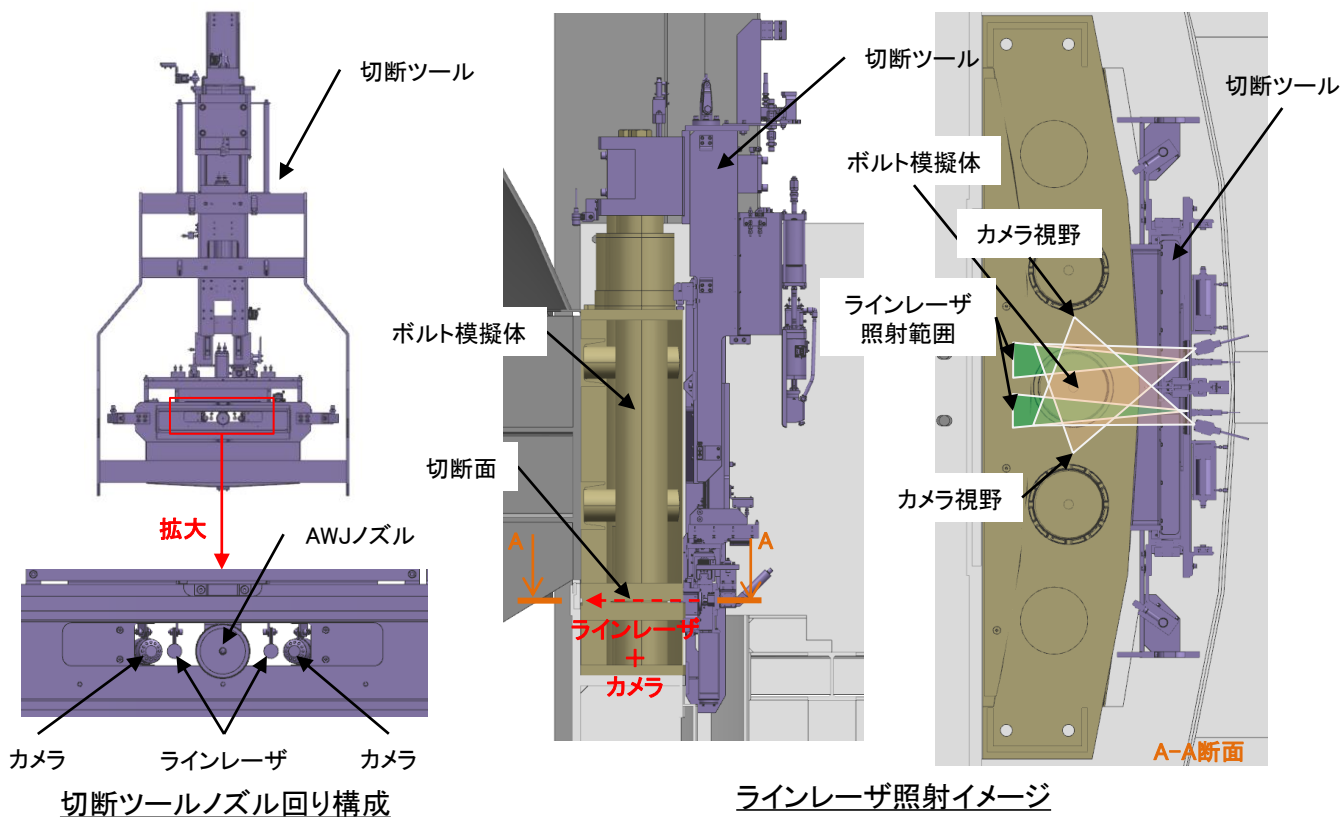
項目	仕様	要求事項・備考
装置寸法[mm]	L2608 × W1505 × H4133	切断ツール寸法: L125 × W1134 × H1900
構成	巻取りドラム	切断ツールのケーブル巻取り・送り出しが可能
	電動チェーンブロック	切断ツールの下降・上昇が可能
	収納フレーム	切断ツールを収納する
	切断ツール	高圧水・アブレシブの噴射によりボルトを切断可能
用途	ボルト切断	AWJノズルより高圧水およびアブレシブを噴射
装置重量[kg]	2350	切断ツール重量は350kg
駆動源	電動	-

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.346

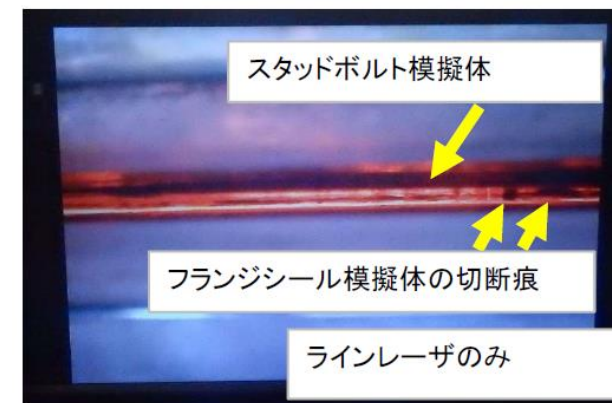
### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

#### 【要素試験:切断確認方法】

- ・実機を想定した場合、ボルトの切断確認は遠隔にて実施する必要がある。
- ・予備試験にて、カメラとLEDライトのみでボルト切断状況の確認を試みたところ、ボルト模擬体を視認できなかったが、ラインレーザを照射することでボルト模擬体の視認が可能となった。
- ・要素試験においても同様に、フランジシート隙間にラインレーザを照射し、切断ツールに付随するカメラにてボルトの切断状況を確認する。



予備試験におけるボルト模擬体(切断後)をカメラにて確認した様子

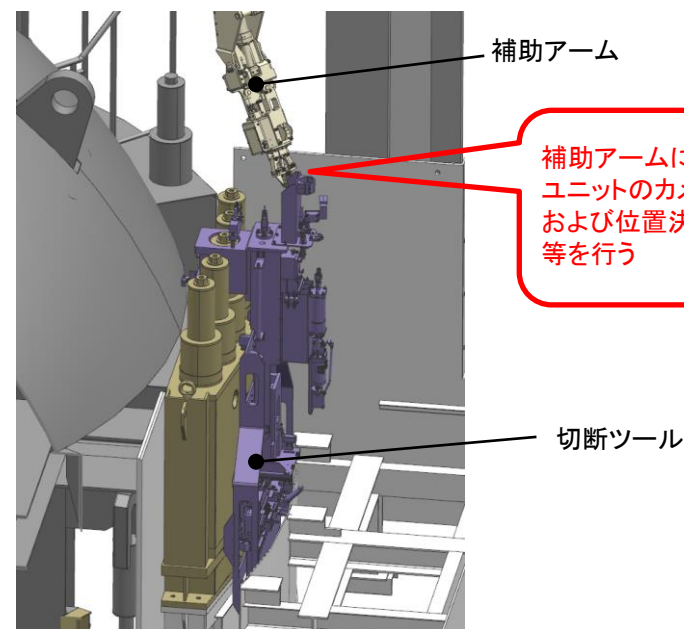
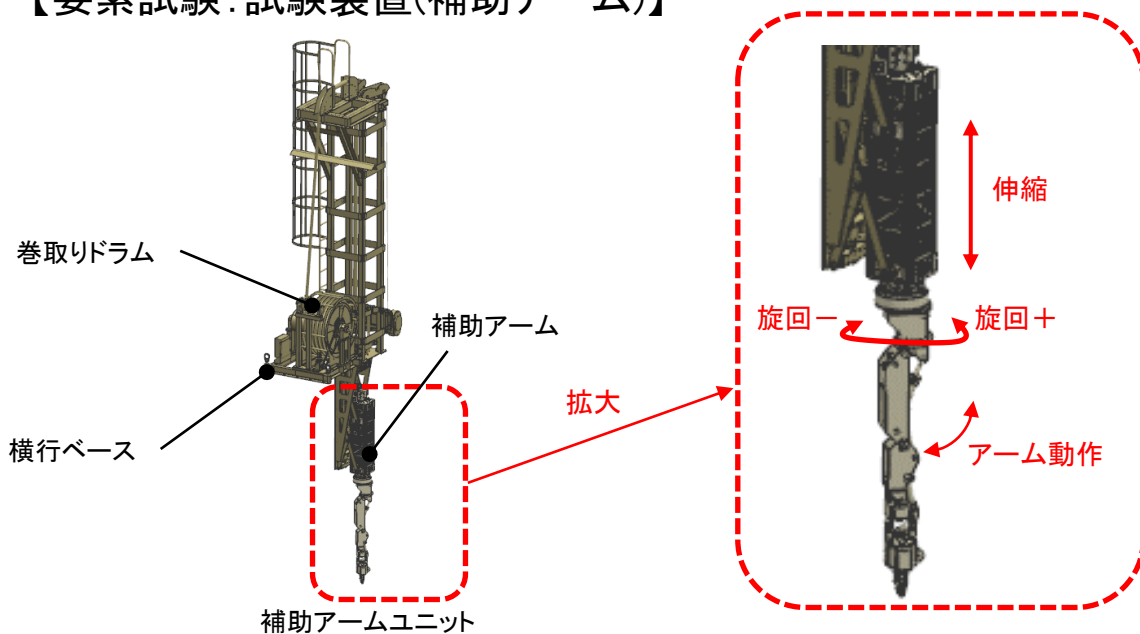


予備試験におけるボルト模擬体(切断後)へのラインレーザ照射の様子

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.347

### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

【要素試験:試験装置(補助アーム)】



切断装置の位置決め補助の様子

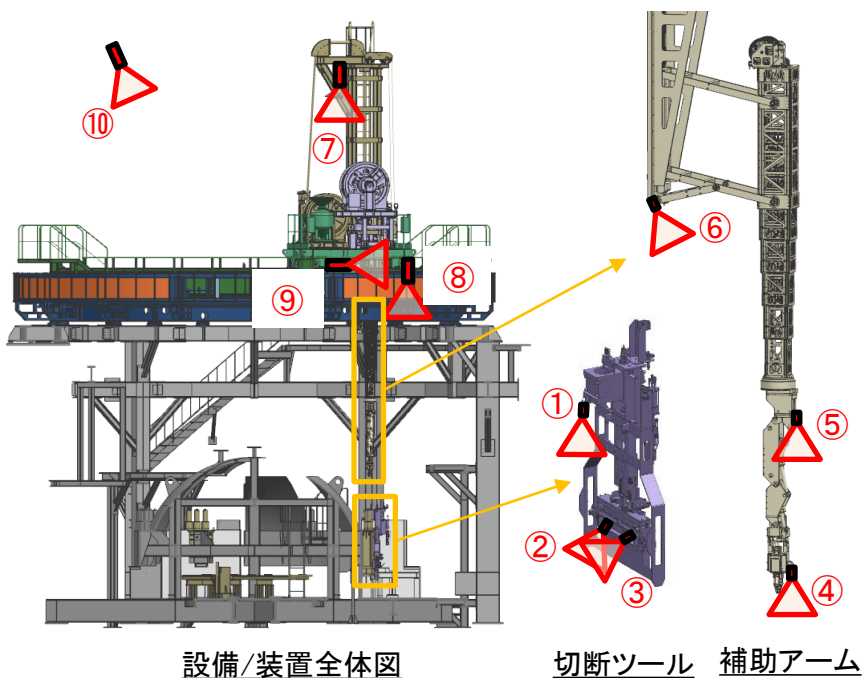
項目	仕様	要求事項・備考
装置寸法[mm]	L2700×W2600×H10235 (最大伸長時H14735)	補助アーム伸縮:0~4500mm
構成	補助アーム	可搬質量80kg(最大150kg)
	巻取りドラム	ドラム径:Φ350mm 巻数:約4.5 回転速度:最大3min <sup>-1</sup>
	横行ベース	-
用途	切断ツールの位置決め補助	切断ツールを把持し、RPVフランジ面への位置決めを補助する
装置重量[kg]	3950(横行ベース除く)	補助アーム:2500kg 巻取りドラム:1450kg
駆動源	電動・水圧	-

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.348

### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

【要素試験:カメラ配置】

要素試験にて遠隔監視を行うカメラの配置を以下に示す。



各カメラの監視対象

設置位置	カメラ	カメラ仕様	用途	監視対象
切断ツール	①	固定	実機想定	・クランプ部
	②	固定	実機想定	・ノズル位置 ・切断完了
	③	固定	実機想定	・ノズル位置 ・切断完了
補助アーム	④	固定	実機想定	・ハンド ・切断ツール
	⑤	固定	実機想定	・マニピュレータ
	⑥	固定	実機想定	・伸縮管
横行台車上	⑦	PTZ*	実機想定	・ケーブルホースドラム
	⑧	PTZ	実機想定	・切断ツール ・補助アーム
	⑨	PTZ	実機想定	・切断ツール収納 ・ケーブルホース
俯瞰 (作業容器内カメラ想定)	⑩	PTZ	実機想定	・全体 ・ポーラークレーン

\*PTZ:パン・チルト・ズーム

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.349

### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

#### 【要素試験:確認事項】

要素試験にて確認する事項と、その確認方法を下表に整理する。

作業ステップ		確認事項	確認方法
装置製作		① 装置製作時の課題	① 大型装置を製作する際の課題抽出
装置据付 (人手作業)		① 装置据付時の課題 ② ケーブル敷設時の課題 ③ 作業エリアイメージ	① 人手での据付作業確認 (現地を考慮した場合に遠隔で実施する際の課題抽出) ② 人手での据付作業確認(現地を考慮した場合の課題抽出) ③ 人手での据付作業確認(作業に使用したエリアの記録)
要素 試験	共通	① カメラ配置 ② ケーブル処理	① 実機を想定したカメラ配置で試験実施 ② カメラによるケーブル動作目視確認
	装置投入	① 切断ツールの位置合わせが可能なこと(平面) ② 干渉物を回避しながら切断ツール/補助アームの下降が可能なこと	① カメラによる目視確認 ② カメラでの干渉物視認、ポークレーン操作での回避
	切断ツール 位置決め	① 切断ツールの位置合わせが可能なこと(高さ) ② 遠隔で切断ツールのクランプが可能なこと ③ AWJノズルの切断位置への調整が可能なこと	① カメラによる目視確認 ② カメラにてクランプ状態を目視確認 ③ カメラによる目視確認
	AWJ切断	① ボルト切断が可能なこと ② ボルト切断中に切断ツールが移動しないこと ③ ケーブルホースが暴れないこと ④ アプレシブを回収可能なこと ⑤ 切断完了を遠隔で確認可能なこと	① 予備試験で確認した切断条件にてボルトの切断を実施 ② カメラ映像確認 ③ カメラによる目視確認 ④ 回収されたアプレシブ量を確認 ⑤ カメラによる目視確認もしくは吊り上げ
	装置回収	① 切断ツールのクランプ解除が可能なこと ② 切断ツール/補助アームを回収可能なこと	① カメラによる目視確認 ② カメラでの干渉物視認、ポークレーン操作での回避

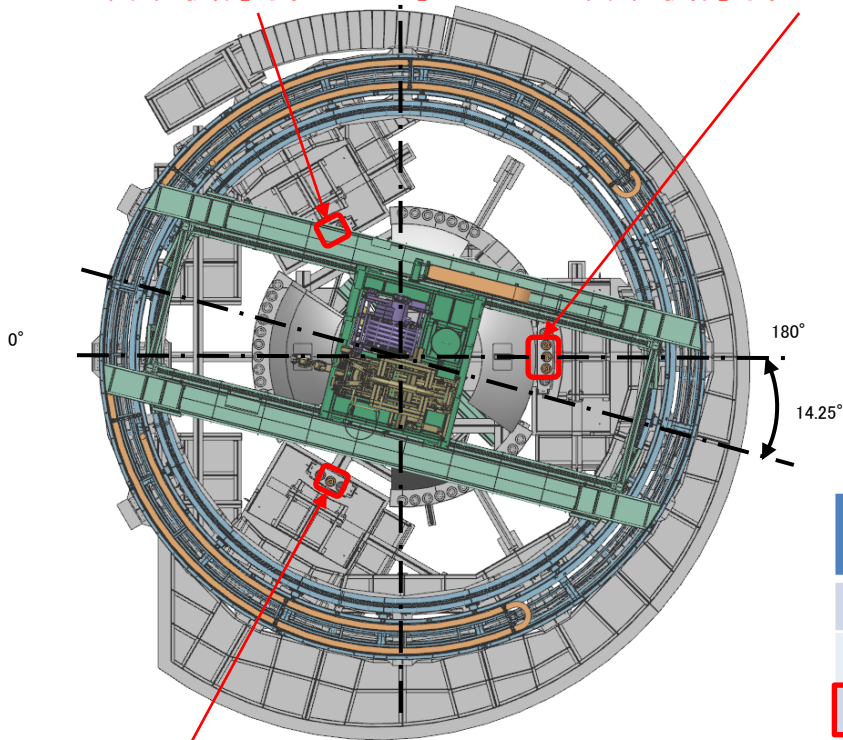
# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.350

## ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

【要素試験:試験結果】

要素試験における、試験設備と切断対象のスタッドボルトについて示す。

3本組試験体【対象ボルト(D)】      5本組試験体【対象ボルト(下からA,B,C)】



3本組試験体【対象ボルト(E)】

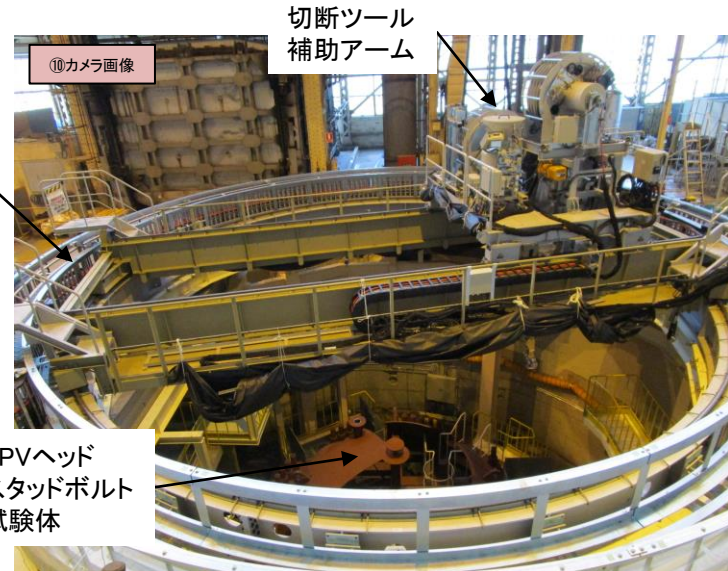
試験設備(原点位置)

スタッドボルト試験体

ボルト ID.	使用内容
A	味見試験
B	味見試験
C	要素試験(暗所)
D	味見試験
E	要素試験(明所)

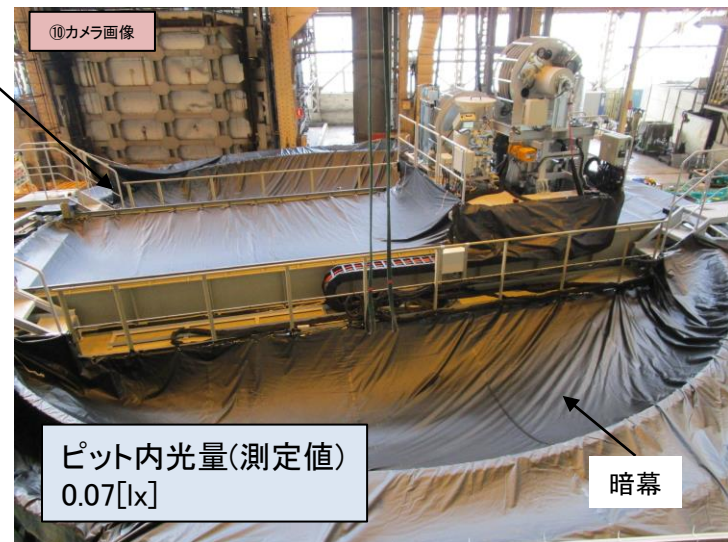
   : 報告範囲

ポラークレーン



試験設備(明所:設備照明で明るさを十分確保)

ポラークレーン



試験設備(暗所:装置照明のみ)

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.351

### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

#### 【要素試験:試験結果】

要素試験における、AWJの噴射条件と切断時AWJノズル操作範囲図を示す。

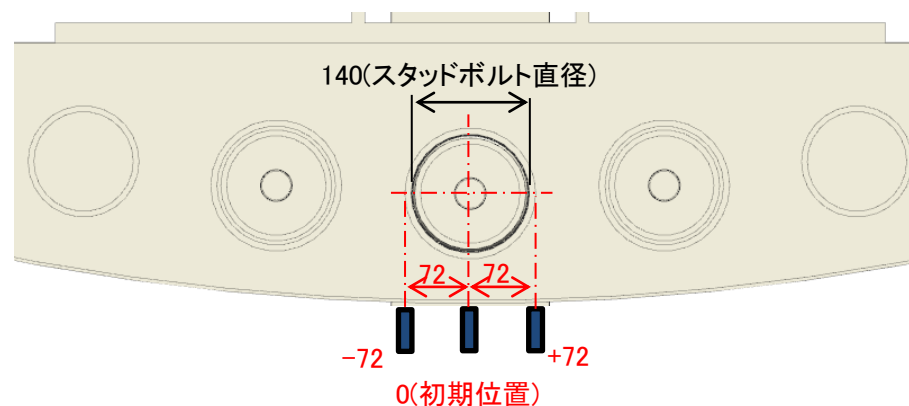
切断時のノズル送り等は予備試験の結果を基に設定した。

#### AWJ噴射条件

項目	条件
超高圧水ポンプ	AJP-35050G2(SUGINO)
ポンプ圧	350MPa
流量	4.8L/min
アブレシブ	ガーネット#80
アブレシブ供給量	600g/min
ノズル径	Φ1.2mm
スタンドオフ	80mm
ノズル移動速度 (基礎試験最適値)	行き: 12mm/min 帰り: 10mm/min

#### 自動運転パターン

教示No.	X軸目標[mm]	速度[mm/min]
1. 初期位置	-72	12
2. 切断「行き」目標値	+72	12
3. 切断「帰り」目標値	-72	10



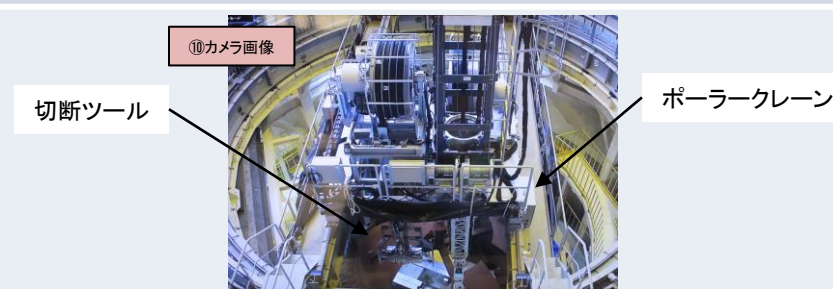

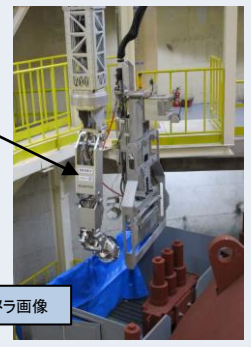
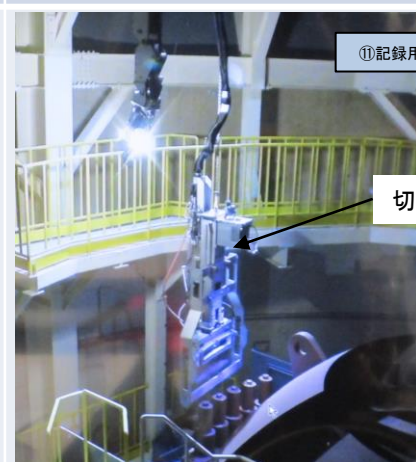
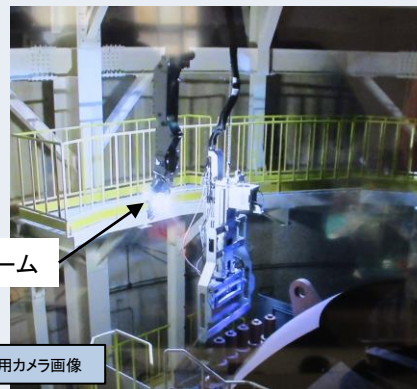
切断時AWJノズル操作範囲図

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.352

### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

#### 【要素試験:試験結果】

要素試験結果をステップ毎に示す。

項目	1. 装置投入	
	明所	暗所
試験状況	 <p>切断ツール</p> <p>ポーラークレーン</p> <p>⑩カメラ画像</p> <p>ポーラークレーン位置決め</p>  <p>切断ツール</p> <p>⑪記録用カメラ画像</p> <p>切断ツール降下</p>  <p>補助アーム</p> <p>⑪記録用カメラ画像</p> <p>補助アーム降下</p>	 <p>切断ツール</p> <p>⑪記録用カメラ画像</p> <p>切断ツール降下</p>  <p>補助アーム</p> <p>⑪記録用カメラ画像</p> <p>補助アーム降下</p>
時間	9[min]	8[min]
結果	遠隔操作により、図面上の設定値：旋回：-83.7[°]/横行：+2485[mm]でポーラークレーンを位置決めし、干渉なく対象のスタッドボルト上に切断ツール、補助アームを降下できることを確認した。ケーブルホースが降下に連動したドラム回転により送り出しできることを確認した。	遠隔操作により、図面上の設定値：旋回：+151.6[°]/横行：+2485[mm]でポーラークレーンを位置決めし、干渉なく対象のスタッドボルト上に切断ツール、補助アームを降下できることを確認した。ケーブルホースが降下に連動したドラム回転により送り出しできることを確認した。
備考		設備の都合上、ポーラークレーン位置決めは明所環境で実施。

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.353

## ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

### 【要素試験:試験結果】

要素試験結果をステップ毎に示す。

項目	2. 切断ツール位置決め	
	明所	暗所
試験状況	<p>切断ツール位置決め</p> <p>切断ツールクランプ</p>	<p>切断ツール位置決め</p> <p>切断ツールクランプ</p>
	<p>切断ツール着座</p>	<p>切断ツール着座</p>
	時間	8[min]
結果	遠隔操作により、補助アームのカメラ監視のもと、切断ツールをRPVフランジ面に当てながら降下させ、着座センサーおよびカメラ映像から着座の判定およびクランプができることを確認した。	遠隔操作により、補助アームのカメラ監視のもと、切断ツールをRPVフランジ面に当てながら降下させ、着座センサーおよびカメラ映像から着座の判定およびクランプができることを確認した。
備考		

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.354

## ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

### 【要素試験:試験結果】

要素試験結果をステップ毎に示す。

項目	3. AWJ切断			
	明所		暗所	
試験状況	 <p>切断ツール</p> <p>手持ちカメラ画像</p>	 <p>手持ちカメラ画像</p> <p>切断後ボルト</p>	 <p>①記録用カメラ画像</p> <p>切断ツール</p>	 <p>スタッドボルト</p> <p>AWJ切断</p> <p>③カメラ画像</p>
	 <p>スタッドボルト</p> <p>AWJ切断</p> <p>③カメラ画像</p>	 <p>③カメラ画像</p>	 <p>スタッドボルト</p> <p>AWJ切断</p> <p>③カメラ画像</p>	 <p>③カメラ画像</p>
	 <p>スタッドボルト</p> <p>②カメラ画像</p> <p>ノズル位置調整</p>	 <p>②カメラ画像</p> <p>切断後確認</p>	 <p>スタッドボルト</p> <p>②カメラ画像</p> <p>ノズル位置調整</p>	 <p>②カメラ画像</p> <p>切断後確認</p>
時間	49 [min]		38 [min]	
結果	<p>遠隔操作により、ノズル位置調整がカメラ映像からレーザの位置で6[mm]のフランジ隙間に入っていることを判断できることを確認した。切断完了をレーザおよび低圧水の噴射によりカメラ映像から判断できることを確認した。切断中の切断ツール状態を補助アームカメラで監視し、移動や振動などが無いことを確認した。</p>		<p>遠隔操作により、ノズル位置調整がカメラ映像からレーザの位置で6[mm]のフランジ隙間に入っていることを判断できることを確認した。切断完了をレーザおよび低圧水の噴射によりカメラ映像から判断できることを確認した。切断中の切断ツール状態を補助アームカメラで監視し、移動や振動などが無いことを確認した。</p>	
備考	AWJ切断のみの時間: 26 [min]		AWJ切断のみの時間: 26 [min]	

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.355

### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

#### 【要素試験:試験結果】

要素試験結果をステップ毎に示す。

項目	4. 装置回収	
	明所	暗所
試験状況	<p>切断ツール</p> <p>補助アーム</p> <p>①記録用カメラ画像</p> <p>切断ツール上昇</p> <p>補助アーム上昇</p>	<p>切断ツール</p> <p>切断ツール上昇</p> <p>補助アーム</p> <p>①記録用カメラ画像</p> <p>補助アーム上昇</p>
時間	16 [min]	13 [min]
結果	<p>遠隔操作により、切断ツールのクランプを解除し、干渉なく切断ツール、補助アームを上昇できることを確認した。</p> <p>切断ツールの収納部でケーブルホースの挟み込みが懸念されたが、カメラによる監視により遠隔操作で回避できることを確認した。</p> <p>ケーブルホースが上昇に連動したドラム回転により巻き取りできることを確認した。</p>	<p>遠隔操作により、切断ツールのクランプを解除し、干渉なく切断ツール、補助アームを上昇できることを確認した。</p> <p>切断ツールの収納部でケーブルホースの挟み込みが懸念されたが、カメラによる監視により遠隔操作で回避できることを確認した。</p> <p>ケーブルホースが上昇に連動したドラム回転により巻き取りできることを確認した。(設備の都合上、ポラークレーン原点復帰は明所の所要時間とする。)</p>
備考		<p>非常回収は装置が故障しない範囲で、①切断ツールのX軸、Z軸が切断姿勢のまま、②電動の機構が動かない状態、の2ケースで回収ができることを確認した。</p>

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.356

### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

【要素試験:試験結果】

明所における要素試験結果まとめを示す。

アプレシブ供給量:0.6kg/min

※:要素試験で一連の作業時間を基に算出したものであり、  
実機で必要なメンテナンス時間等は含まない

No.	試験項目	結果	所要時間 (要素試験:1本)	想定所要時間* (実機換算1F-4:76本)	想定廃棄物量 (実機換算1F-4:76本)
1	装置投入	良	合計作業時間:9min	合計作業時間:684min	合計廃棄物量:0kg
			①ホーラークレーン位置決め:3min	①ホーラークレーン位置決め:3min×76本=228min	廃棄物なし
			②切断ツール降下:2min	②切断ツール降下:2min×76本=152min	廃棄物なし
			③補助アーム降下:4min	③補助アーム降下:4min×76本=304min	廃棄物なし
2	切断ツール 位置決め	良	合計作業時間:8min	合計作業時間:608min	合計廃棄物量:0kg
			①切断ツール位置決め:3min	①切断ツール位置決め:3min×76本=228min	廃棄物なし
			②切断ツール着座:4min	②切断ツール着座:4min×76本=304min	廃棄物なし
			③切断ツールクランプ:1min	③切断ツールクランプ:1min×76本=76min	廃棄物なし
3	AWJ切断	良	合計作業時間:49min	合計作業時間:3,724min	合計廃棄物量:1,186kg
			①ノズル位置調整:13min	①ノズル位置調整:13min×76本=988min	廃棄物なし
			②AWJ切断準備:7min	②AWJ切断準備:7min×76本=532min	廃棄物なし
			③AWJ切断:26min	③AWJ切断:26min×76本=1,976min	1,976min×0.6kg=1,186kg
			④切断後確認:3min	④切断後確認:3min×76本=228min	廃棄物なし
4	装置回収	良	合計作業時間:16min	合計作業時間:991min	合計廃棄物量:0kg
			①切断ツール上昇:9min	①切断ツール上昇:9min×76本=684min	廃棄物なし
			②補助アーム上昇:4min	②補助アーム上昇:4min×76本=304min	廃棄物なし
			③ホーラークレーン原点復帰:3min	③ホーラークレーン原点復帰:3min×1本=3min	廃棄物なし

明所作業において、今回使用したカメラで一連の作業が遠隔でできることを確認した。

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.357

### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

#### 【要素試験:試験結果】

暗所における要素試験結果まとめを示す。

アプレシブ供給量:0.6kg/min

※:要素試験で一連の作業時間を基に算出したものであり、  
実機で必要なメンテナンス時間等は含まない

No.	試験項目	結果	所要時間 (要素試験:1本)	想定所要時間* (実機換算1F-4:76本)	想定廃棄物量 (実機換算1F-4:76本)
1	装置投入	良	合計作業時間:8min	合計作業時間:608min	合計廃棄物量:0kg
			①ホーラークレーン位置決め:4min	①ホーラークレーン位置決め:4min×76本=304min	廃棄物なし
			②切断ツール降下:1min	②切断ツール降下:1min×76本=76min	廃棄物なし
			③補助アーム降下:3min	③補助アーム降下:3min×76本=228min	廃棄物なし
2	切断ツール 位置決め	良	合計作業時間:14min	合計作業時間:1,064min	合計廃棄物量:0kg
			①切断ツール位置決め:6min	①切断ツール位置決め:6min×76本=456min	廃棄物なし
			②切断ツール着座:1min	②切断ツール着座:1min×76本=76min	廃棄物なし
			③切断ツールクランプ:7min	③切断ツールクランプ:7min×76本=532min	廃棄物なし
3	AWJ切断	良	合計作業時間:38min	合計作業時間:2,888min	合計廃棄物量:1,186kg
			①ノズル位置調整:4min	①ノズル位置調整:4min×76本=304min	廃棄物なし
			②AWJ切断準備:5min	②AWJ切断準備:5min×76本=380min	廃棄物なし
			③AWJ切断:26min	③AWJ切断:26min×76本=1,976min	1,976min×0.6kg=1,186kg
			④切断後確認:3min	④切断後確認:3min×76本=228min	廃棄物なし
4	装置回収	良	合計作業時間:13min	合計作業時間:763min	合計廃棄物量:0kg
			①切断ツール上昇:8min	①切断ツール上昇:8min×76本=608min	廃棄物なし
			②補助アーム上昇:2min	②補助アーム上昇:2min×76本=152min	廃棄物なし
			③ホーラークレーン原点復帰:3min	③ホーラークレーン原点復帰:3min×1本=3min	廃棄物なし

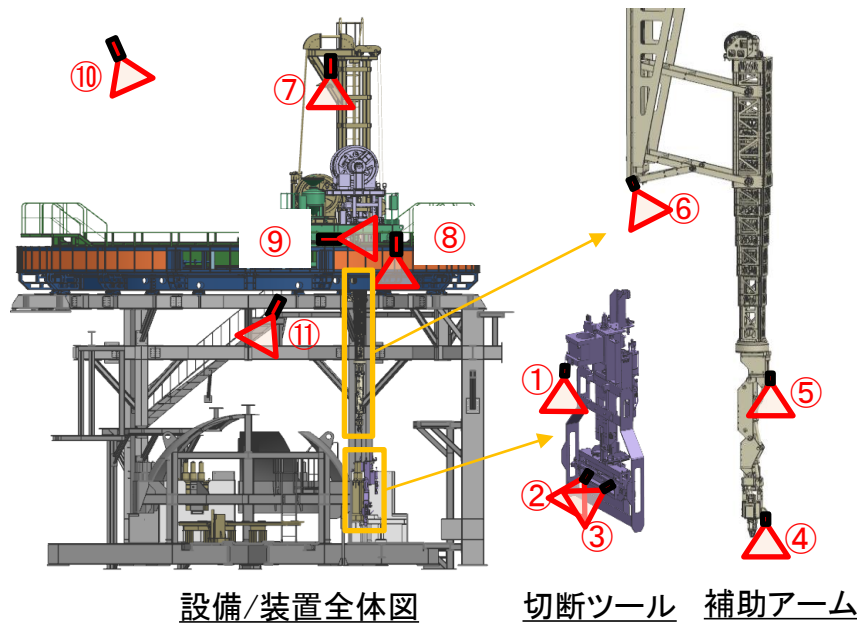
暗所作業において、今回使用したカメラおよび、装置に搭載した照明で一連の作業が遠隔でできることを確認した。

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.358

## ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

### 【要素試験:試験結果】

要素試験結果から、カメラの用途と監視対象を整理した。



要素試験 カメラ一覧

設置位置	ID	カメラ仕様	照明	用途	監視対象
切断ツール	①	耐放/防滴(固定)	LED	切断ツール搭載(実機想定)	・クランプ部
	②	耐放/防滴(固定)	LED	切断ツール搭載(実機想定) (切断中はカバーを取付けレンズ保護)	・ノズル位置 ・切断箇所
	③	耐放/防滴(固定)	LED	切断ツール搭載(実機想定) (切断中はカバーを取付けレンズ保護)	・ノズル位置 ・切断箇所
補助アーム	④	耐水(固定)	別付け	補助アーム搭載(実機想定)	・補助アームハンド ・切断ツール作業
	⑤	耐水(固定)	別付け	補助アーム搭載(実機想定)	・補助アーム
	⑥	耐水(固定)	別付け	補助アーム搭載(実機想定)	・俯瞰(上方から) ・伸縮管
横行台車上	⑦	防滴(PTZ)	LED	補助アームユニット搭載(実機想定)	・ケーブルホースドラム
	⑧	防滴(PTZ)	LED	横行台車搭載(実機想定)	・俯瞰(上方から) ・切断ツール ・補助アーム
	⑨	防滴(PTZ)	LED	切断ツールユニット搭載(実機想定)	・切断ツール収納部 ・ケーブルホース
俯瞰	⑩	PTZ(パンチルトズーム)	—	作業容器内搭載(実機想定)	・全体俯瞰 ・ポラークレーン
	⑪	PTZ	—	試験記録用	・全体俯瞰

明所作業、暗所作業どちらについても、遠隔作業のオペレータは実機想定カメラである、①～⑩のカメラのみ使用して、一連の作業が実施できることを確認した。

(暗所作業においては、カメラ⑧で切断ツール・補助アームを上部から照らすことが有効であり、各装置の動作が視認可能であった。

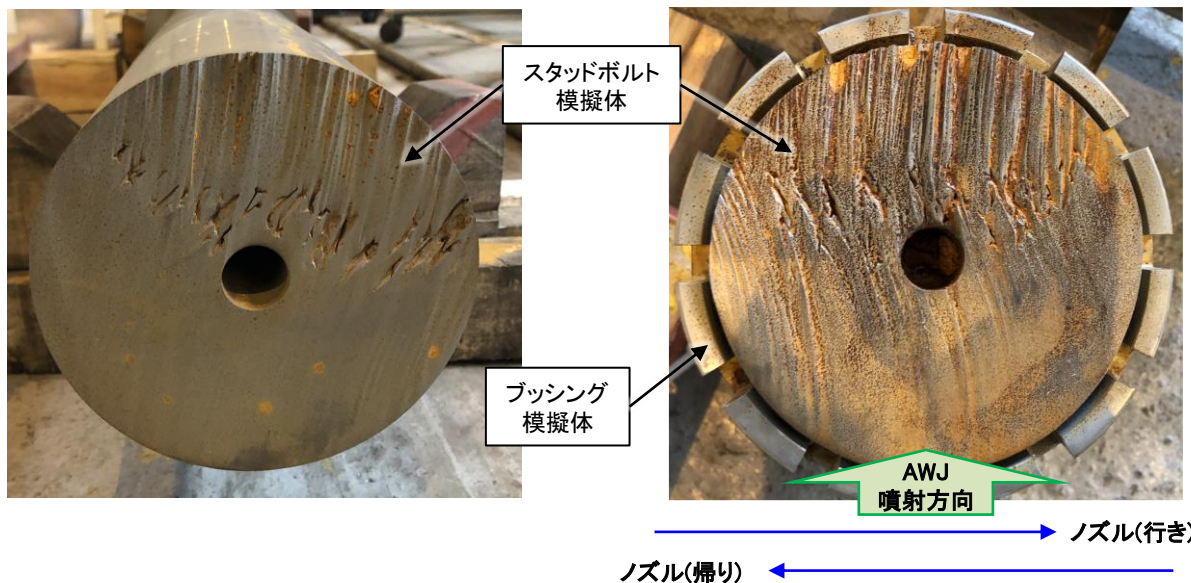
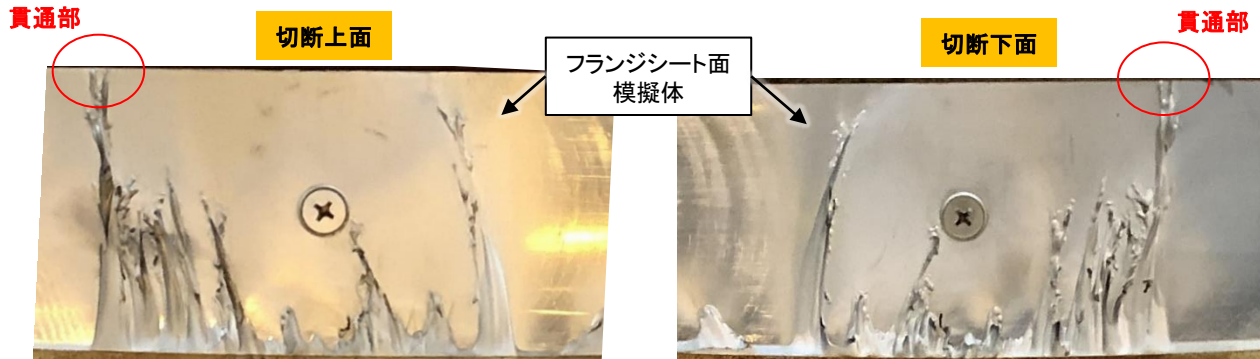
上記の照明に加え、局所的な部分は装置照明で照らすことで一連の作業について明所と大きく変わらず作業ができることを確認した。)

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.359

### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

#### 【要素試験:試験結果】

要素試験におけるボルト切断結果を以下に示す。



要素試験切断面状態(ボルトD)



#### 【切断結果】

AWJによるスタッドボルトの切断ができることを確認した。

要素試験の中で切断したボルトの総数は5本で、装置全体への不具合や性能劣化は確認されなかった。

#### 【課題】

左図(貫通部)で、フランジシート面を貫通していることが確認された。

予備試験において、フランジシート面を貫通しない条件を抽出し、同条件にて要素試験を実施したが、スタッドボルト端部でわずかに貫通したことを確認した。

今回はボルトの径方向にノズルを往復動作して切断したが、切断量が小さい端部を加工する時間を減らし、肉厚となるスタッドボルト中心部は往復切断する等の運用面の対策および、AWJの噴射条件の見直しを検討する。

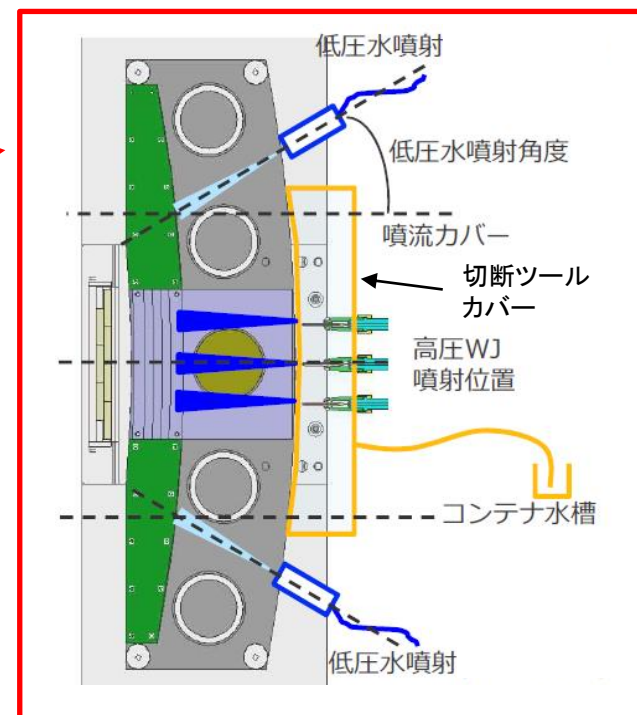
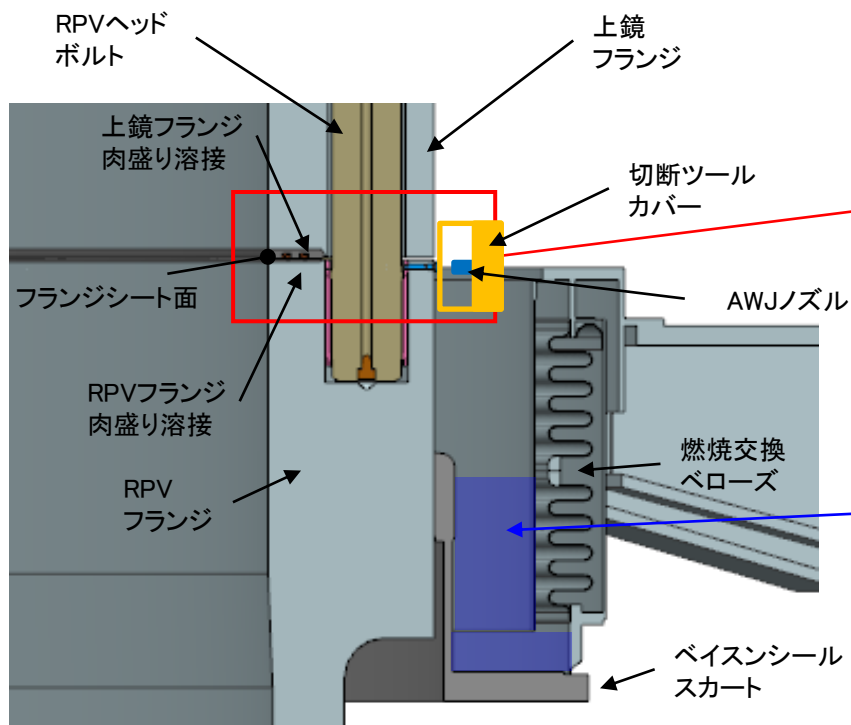
## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.360

### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

#### 【要素試験:試験結果】

以下の方針により、AWJ切断による二次廃棄物の発生を可能な限り抑制する。

- ・フランジシート面を貫通させないことでRPV内へのアブレシブ流入量を低減(二次廃棄物の燃料デブリ化防止)
- ・AWJノズル側に戻る水、アブレシブは低圧水噴射にて絡め取り、切断ツールカバーで可能な限り回収⇒次紙参照
- ・実機に向けては、切断ツールカバーにて回収されなかった水、アブレシブは燃料交換ベローズとベイスンシールスカート  
のシール部に溜まるため、切断後に回収する方法を検討する

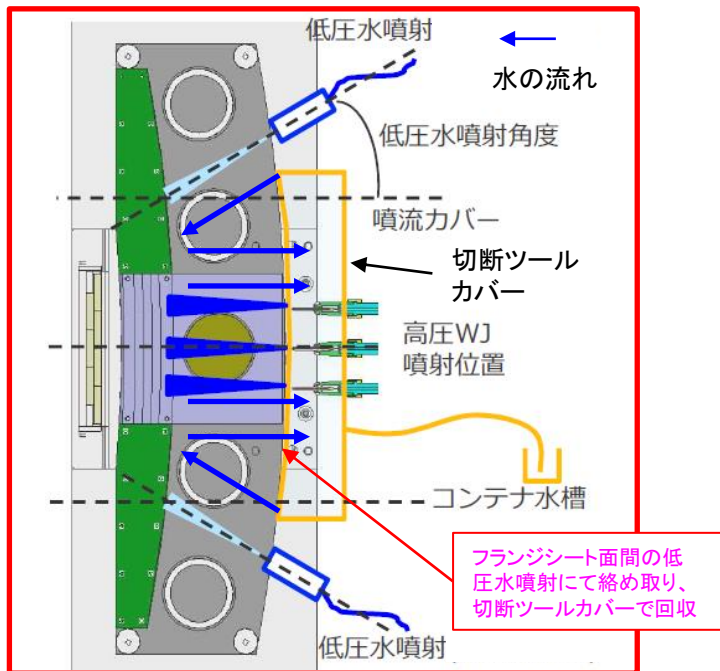


## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.361

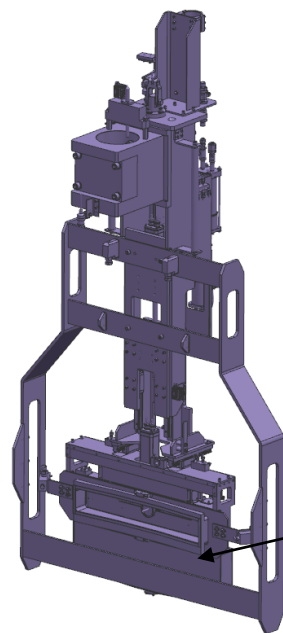
### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

【要素試験:試験結果】

要素試験において確認したアブレシブの回収率を以下に示す。



アブレシブ回収の概念



アブレシブ回収タンク



スタッドボルト1本切断後のアブレシブ回収

フィルタにて回収したアブレシブを乾燥させ、質量を測定する。



スタッドボルト1本当たりのアブレシブ回収量 **4.53kg**

要素試験におけるアブレシブ回収量

スタッドボルト1本当たりのアブレシブ回収率  $4.53/15.6 \times 100 = 29\%$

AWJの比重は4程度であり、通常はアブレシブ回収タンク底部にアブレシブを貯める計画だったが、ボルト切断後のアブレシブは粒径が小さくなり、水に浮遊するものが多くなるため、タンク底部に溜まらず溢れた量が多かったと想定される。

アブレシブ供給量  $0.6\text{kg}/\text{min}$  × スタッドボルト1本当たりのアブレシブ供給時間  $26\text{min}$



スタッドボルト1本当たりのアブレシブ供給量 **15.6kg**

設計値のアブレシブ供給量

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.362

### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

#### 【要素試験:試験結果】

要素試験の各試験項目に対する確認結果を示す。

作業ステップ		確認事項	確認結果
	装置製作	① 装置製作時の課題	① 取り合いに関する課題あり(次紙ID.1参照)
	装置据付 (人手作業)	① 装置据付時の課題 ② ケーブル敷設時の課題 ③ 作業エリアイメージ	① 接続部に関する課題あり(次紙ID.2参照) ② 特になし ③ 作業エリア約720m <sup>2</sup> : (約45×16m) (ウェル内模擬エリア:約φ133m <sup>2</sup> 、 付帯装置、オペエリア、トラックヤード等含む)
要素 試験	共通	① カメラ配置 ② ケーブル処理	① 実機を想定したカメラ配置で一連の作業可 ② ケーブル動作問題なし
	装置投入	① 切断ツールの位置合わせが可能なこと(平面) ② 干渉物を回避しながら切断ツール/補助アームの下降が可能なこと	① 切断ツールの位置合わせができた ② 干渉物を回避しながら切断ツール/補助アームの下降ができた
	切断ツール 位置決め	① 切断ツールの位置合わせが可能なこと(高さ) ② 遠隔で切断ツールのクランプが可能なこと ③ AWJノズルの切断位置への調整が可能なこと	① 切断ツールの位置合わせができた ② 遠隔で切断ツールのクランプができた ③ AWJノズルの切断位置への調整ができた (フランジ隙間6mm間にノズル中心をセットできた)
	AWJ切断	① ボルト切断が可能なこと ② ボルト切断中に切断ツールが移動しないこと ③ ケーブルホースが暴れないこと ④ アプレシブを回収可能なこと ⑤ 切断完了を遠隔で確認可能なこと	① ボルト切断ができた ② ボルト切断中に切断ツールが移動しないことを確認した ③ ケーブルホースの暴れがなかった ④ アプレシブの回収率が低く、課題が残った ⑤ 切断完了を遠隔で確認できた
	装置回収	① 切断ツールのクランプ解除が可能なこと ② 切断ツール/補助アームを回収可能なこと	① 切断ツールのクランプ解除ができた ② 切断ツール/補助アームを回収できた

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.363

### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

#### 【要素試験:試験結果】

要素試験において抽出した課題と、実機に向けた対応方針を示す。

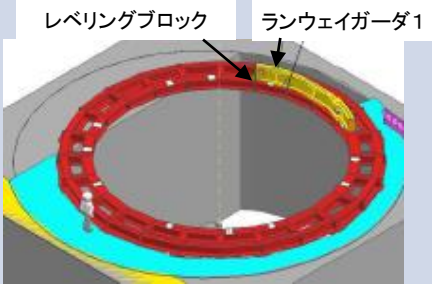
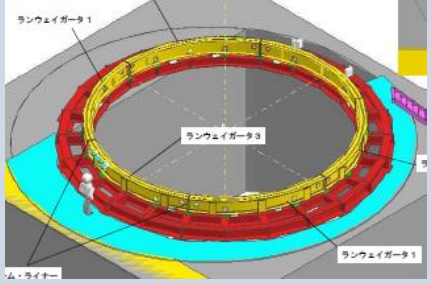
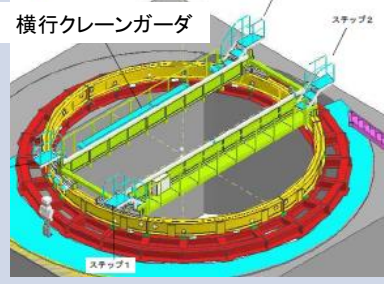



ID	事象	原因	試験中の対策	実機に向けた対応方針
1	装置据付時、ポーラークレーンを固定するレベリングブロック固定穴に数mm程度のずれが複数箇所あり、設備への据付けができなかった。(互いの図面上は問題なし。)	大型装置と設備の取り合いのため、製作誤差によるものと推定した。	応急対策として、装置側の固定穴に追加工を行い、据付た。	大型装置等の製作誤差を考慮した、裕度のあ る設計を行う。
2	動作確認時、ポーラークレーンを反時計回りに旋回動作をしたところ、金属が擦れる音を確認した。	ガイドフレーム接続部に少し段差があり、旋回時に旋回ケーブルペアとの接続部のずれが発生したため。	ガイドフレーム接続部をを補修し、擦れなく旋回することを確認した。	・搬入前に全ての接続部の点検を手順に盛り込む。 ・搬入前の動作確認の徹底。
3	味見試験時、切断ツールを上昇しようとしたところ、ブッシング回り止めボルトに切断ツールのフレームが引掛り上昇できない事象が発生した。	構造物に当たる部品は面取り加工を施しているが、面取りがあまく、逃げられなかった。	面取り加工を追加で実施し、以降引っ掛からないことを確認した。	設計時に構造物に当たる部品の面取り量に注意する。
4	味見試験時、切断ツールをRPVフランジに着座させたが、着座センサーが感知しなかった。	着座センサーの感度を高くしていたことにより、試験体の製作誤差1mm程度の影響で感知できなかった。	カメラによる着座確認で対応した。	・実機の損傷、公差を考慮した設計とする。 ・機械的な確認方法の検討を行う。
5	切断ツールにアブレシブ回収タンクを搭載し、噴流により堆積や外部への流出を防止しているが、回収率を実測したところ、29%程度であった。	噴流によるガードでは、外部への流出を防ぎきれないと推定する。	—	アブレシブの流出を防止しつつ、リアルタイムで回収する構成を検討する。 燃料交換ベローズとベイスンシールスカート のシール部に溜まった回収きれないアブレシブの回収方法を検討する。
6	予備試験においてフランジシート面を貫通しなかった条件で切断したが、切断後フランジシート面を貫通していることが確認された。	予備試験と同条件にて要素試験を実施したが、材料の硬度など、環境の違いによるものと推定。	—	今回はノズルの動きを往復動作としたが、肉厚となるスタッドボルト中心から切り始める等の運用面の対策および、AWJの噴射条件の見直しを検討する。

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.364

## ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

### 【装置据付け状況(人手作業)】

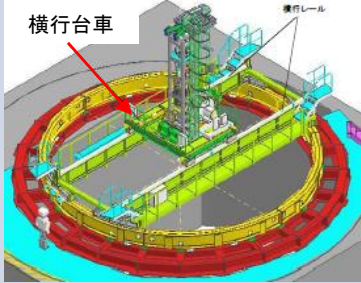
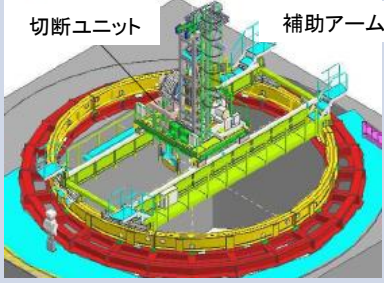
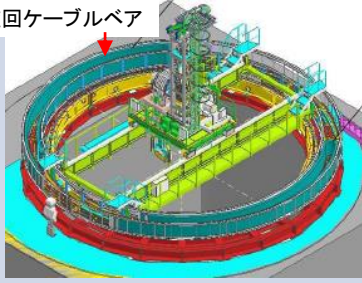
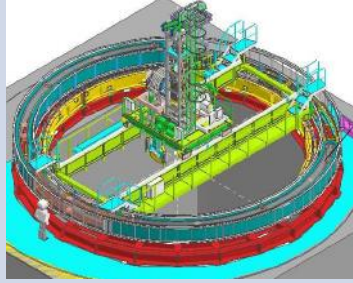



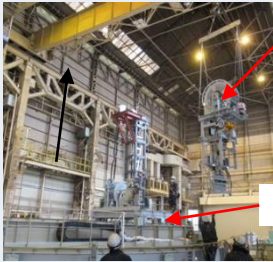
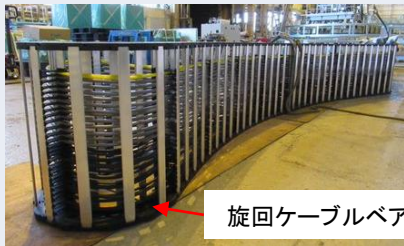


実機では装置を一体で据付ける想定であるが、今回は分割した装置を人手で組立て、据付けを実施した。

	1. ランウェイガーダ1設置	2. ランウェイガーダ2～6設置	3. 走行レール設置	4. 横行クレーンガーダ設置
イメージ				
据付け作業状況	 <p>ランウェイガーダ設置状況</p>	 <p>ランウェイガーダ設置後状況</p>	 <p>走行レール</p> <p>走行レール設置後状況</p>	 <p>横行クレーンガーダ</p> <p>横行クレーンガーダ設置</p>
	 <p>ランウェイガーダ</p> <p>レベリングブロック</p>	 <p>レベリングブロック側の穴位置</p> <p>ランウェイガーダの穴位置</p> <p>追加後ボルト固定</p>	<p>分割組立したレールに段差が無いことを確認</p> 	 <p>横行クレーンガーダ</p> <p>走行レール</p>
ステップ作業	ランウェイガーダは6分割して組立てレベリングブロックで高さ調整(目標:ガーダ間高低差2mm以下)	レベリングブロックと装置側の固定穴の位置ずれが確認されたため、工程穴に追加加工を行い据付け	走行レールは4分割して組立てレール取付位置は野書き線に合わせて調整、固定	走行レール上に横行クレーンガーダを設置

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.365

## ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

【装置据付け状況(人手作業)】

	5. 横行台車設置	6. 補助アーム、切断ユニット設置	7. 旋回ケーブルベア設置	8. 据付け完了
イメージ	 <p>横行台車</p> <p>横行レール</p>	 <p>切断ユニット</p> <p>補助アーム</p>	 <p>旋回ケーブルベア</p>	
据付け作業状況	 <p>横行台車</p> <p>横行台車設置状況</p>  <p>横行台車</p> <p>横行クレーンガーダ</p>	 <p>補助アーム</p> <p>横行台車</p> <p>切断ユニット</p>  <p>横行台車</p>	 <p>旋回ケーブルベア</p>  <p>旋回ケーブルベア設置状況</p>	 <p>ポラークレーン据付け完了後外観</p>
作業ステップ	横行クレーンガーダのレール上に横行台車を設置	横行台車上へ補助アーム、切断ユニットを設置	ランウェイガーダ周りに旋回ケーブルベアを設置	据付け完了

ベースとなるランウェイガーダの水平度設定が重要となるため、実機適用に向けては装置の据付け方法の検討が必要。



## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.367

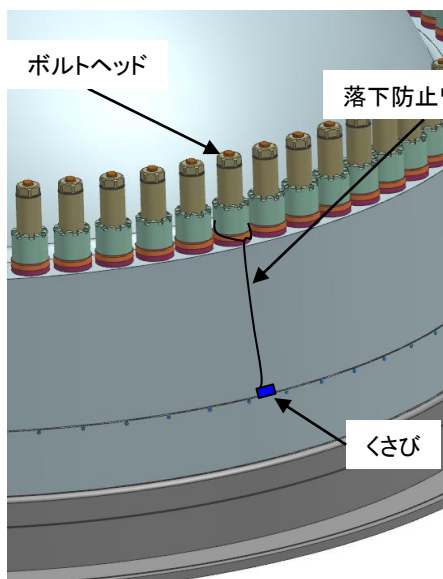
### ① 大型切断工法:(b)炉内構造物以外

#### 【実機におけるRPVヘッドボルト切断ステップ】

実機におけるRPVヘッドのたわみによる影響対策と今後の検討課題を以下に示す。

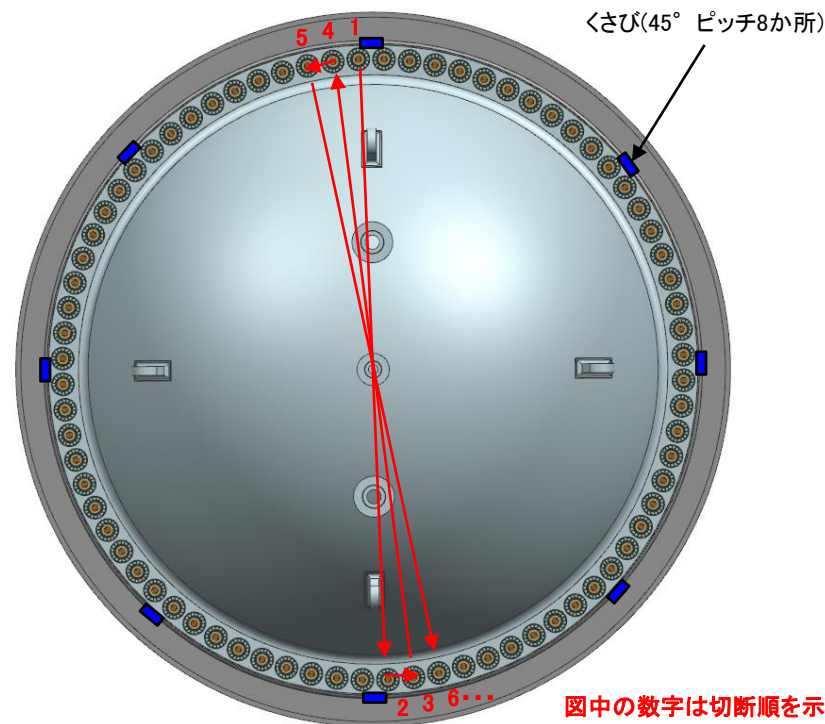
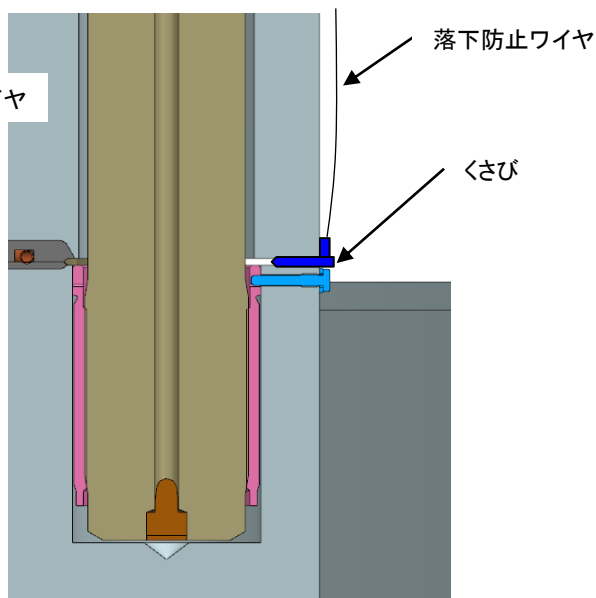
たわみによる影響で懸念されるのは、ボルト切断が進むにつれてRPVヘッドを固定するボルトの軸力が徐々に解放され、RPVヘッドが変形することにより、AWJ切断で使用する6mmのフランジ隙間が塞がることである。

よって、以下に物理面および運用面の対策案を示す。



物理面のたわみ対策案(イメージ)

RPVヘッドたわみによる、フランジ隙間の塞がり防止のため、落下防止ワイヤ付きのくさびを周方向等間隔に差し込む。  
補助アーム等の作業装置により、落下防止ワイヤをボルトヘッド部に掛け、くさびを差し込む。  
課題としては、ボルト切断時の切断ツールと干渉せず、くさび自体が切断されない位置とくさび構造の検討が必要。



運用面のたわみ対策案(イメージ)

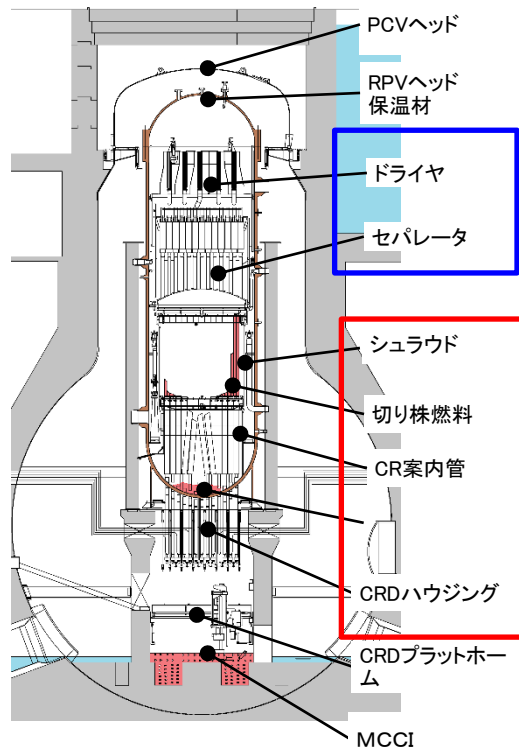
軸力を均等にするため、対角に切断していく手順とする。  
課題としては、施工時間が長くなる。  
対策として隣接する数本をブロックとして、ブロック毎に対角へ移動する等の検討が必要。

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.368

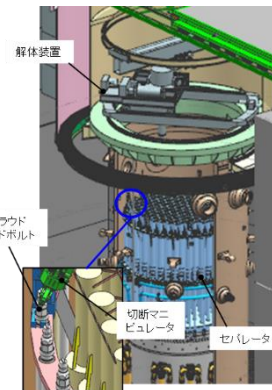
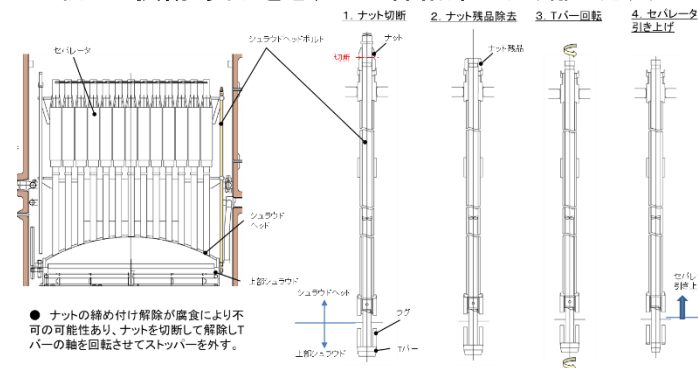
## ① 大型切断工法:(c)炉内構造物

### 【炉内構造物大型切断工法 開発方針】

シュラウド以下の炉内構造物は、構造物の大型切断方法、装置の概念検討を中心に、炉心部充填固化材の要素試験を実施する。

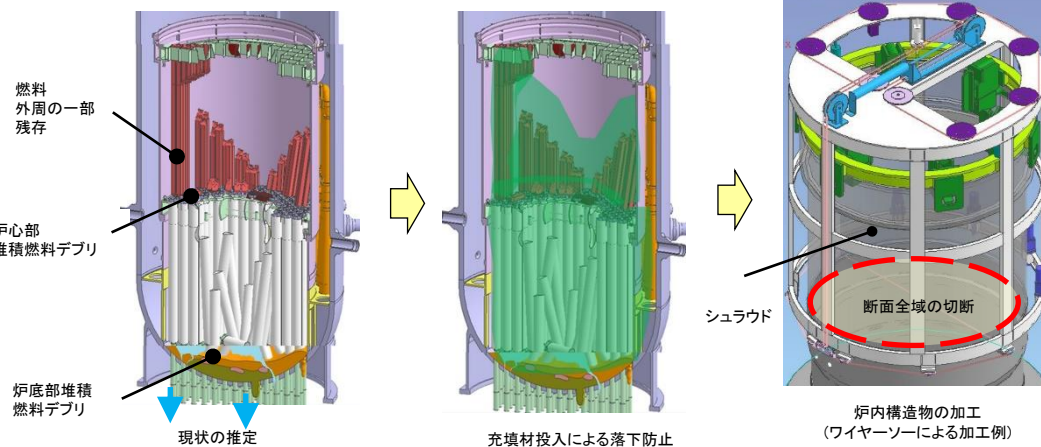


#### <セパレータ例> 損傷・変形を想定した締結部の切り離し方法



構造物の切断方法、装置概念検討を実施する。

#### <シュラウド例> 一体搬送時に燃料デブリの落下等を防止するため充填固化にて取り出しを検討



構造物の切断方法、装置概念検討、炉心部充填固化材に関する要素試験を実施する。

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.369

### ① 大型切断工法:(c)炉内構造物

#### 【充填固化の適用範囲】

- ・ 炉心部、炉底部の構造物の落下防止のため、シュラウド内の構造物を充填固化する。
- ・ 実機においては、炉内の状況を調査して充填の要否、充填範囲を選択する計画とする。
- ・ 本事業では、重量物を対象とした作業となるケースAを中心に工法ステップ、要素試験の検討を行う。

	A. 損傷進展 小規模	B. 損傷進展 中規模	C. 損傷進展 大規模
概念図	<p>炉心部に一部燃料が残存</p> <p>炉底部に燃料デブリ存在 ペDESTALへの流出小</p> <p>大部分の支持構造物は形状維持</p> <p>下鏡の開口は少数存在</p> <p>充填固化</p>	<p>大部分の燃料は下鏡に流出</p> <p>炉底部に燃料デブリ存在 ペDESTALへの流出大</p> <p>多くの支持構造物は溶融・損傷</p> <p>下鏡の開口は多数存在</p> <p>局所の充填固化</p>	<p>大部分の燃料はペDESTALに流出</p> <p>大部分の支持構造物は溶融し流出</p> <p>下鏡の構造物は溶融してペDESTALに落下</p>
対応	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 炉心部、炉底部の燃料デブリを充填固化</li> <li>・ 大型構造物として切断して搬出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 残存する燃料デブリに局所充填し固化</li> <li>・ 燃料デブリ残存部に範囲縮小して大切り搬出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 充填固化の適用は不要</li> <li>・ 搬出可能な大きさと分割切断</li> </ul>
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大きな分割片での搬出(分割数小)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 充填量小(二次廃棄物小)</li> <li>・ 搬出物の重量低減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料デブリ存在量の低減</li> <li>・ 搬出する構造物自体の物量低減</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 搬出物の重量大</li> <li>・ 充填量大(二次廃棄物大)</li> <li>・ 冷却性能が低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 分割数の増加(作業量も増加)</li> <li>・ 不定形状物の取り扱いが増加(作業の複雑化)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 不定形状物の取り扱いが増加(作業の複雑化)</li> </ul>

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型建造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.370

### ① 大型切断工法:(c)炉内建造物

#### 【炉内建造物大型切断工法 検討条件】

- 大型一体搬出工法の検討条件を以下に示す。

ID.	検討条件	根拠	備考
1	原子炉ウェルからセパレータまでの干渉物は撤去された状態での充填固化、切断方法を検討する。	ドライヤ、セパレータといった炉内建造物以外の建造物は撤去済みの状態で作業する。	
2	シュラウド内にジオポリマーを充填した際の流出が比較的少なく、ジオポリマーが積み上がっていく状態を想定する。	まずは大規模での充填の成立性等を確認するため、充填剤が充填可能な状態で検討する。 炉底部の損傷が大きく充填が困難な場合は燃料デブリ周辺を局所的に充填する方法を選択する。	
3	シュラウド内に充填材が隙間なく充填された状態で切断工法を検討する。	シュラウドおよび充填材を含めた切断が最も困難と想定されるため。	
4	シュラウド切断時は、ジェットポンプは撤去した状態とする。	シュラウド切断時、ジェットポンプは事前に撤去してシュラウドとRPV内面の隙間にツールを設定する想定のため。	ジェットポンプの取り出し作業は他建造物に比べて開発優先度は低いと評価した。
5	シュラウド等については大きな傾きは無いものとする。	シュラウドの状態は不明であるが、検討のため仮設定した。 実機状況に応じてツールの固定方法を見直すことで対応できる構成を検討する。	炉内状況把握PJのシュラウド状態推定結果 1号機: 破損の可能性 2号機: 大規模損傷はないと想定 3号機: 健全な可能性および損傷のある可能性、双方考えられる。

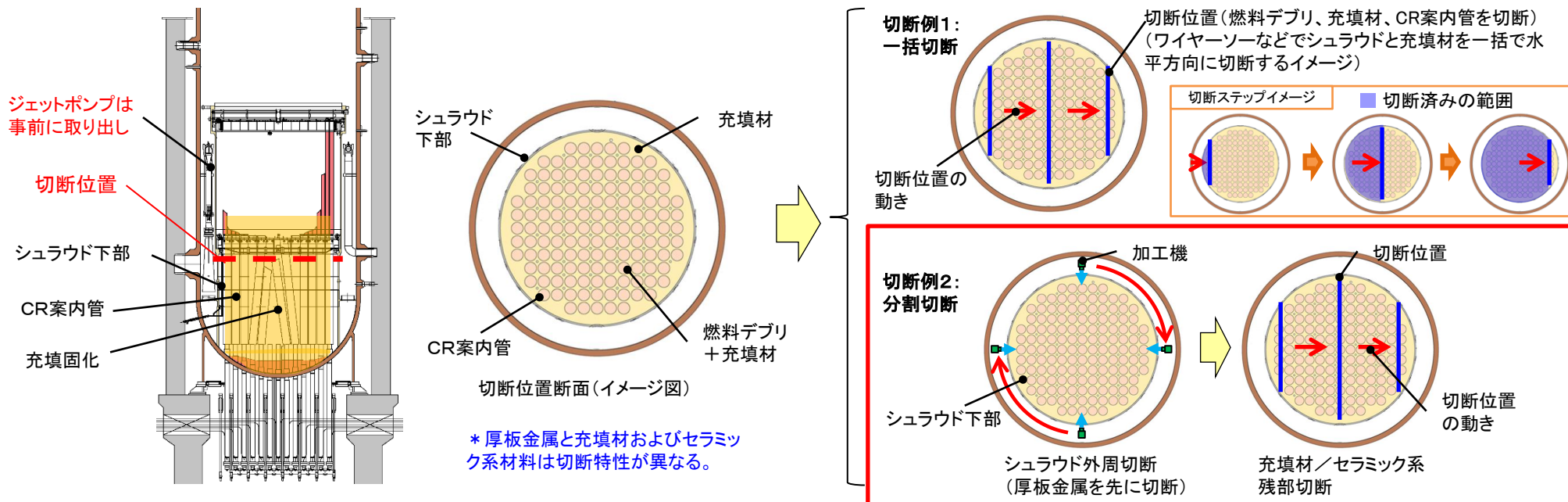
## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.371

### ① 大型切断工法:(c)炉内構造物

#### 【炉内構造物大型切断工法 切断方針検討】

- 充填固化後の炉心部を切断するため、シュラウド構造物および充填材を切断する方法を検討した。
- 複数の構造物(材質)を切断する必要があるため、切断例1に示す一括切断は技術的に難易度が高いと想定し、切断例2に示す分割切断を主案として切断ツールを選定することとした。

- ①構成: ・外周:板厚約38mm、材質 SUS  
・内側:内径約4.4m、材質 充填材+CR案内管(SUS)+燃料デブリ(セラミック系)
- ②充填材候補:ジオポリマー



## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.372

### ① 大型切断工法:(c)炉内構造物

#### 【炉内構造物大型切断工法 切断方針検討】

- 分割切断について、シュラウド外周切断方法を優先して開発することとした。

検討条件	シュラウド外周切断	充填材／セラミック系残部切断
切断イメージ		
切断ステップ	厚板金属を先に切断	充填材、燃料デブリを含む炉内構造物を切断
切断対象	外周部: 板厚約38mm、材質ステンレス鋼	内側: 内径約4.4m、材質充填材+CR案内管 (SUS)+燃料デブリ(セラミック系)
切断方法	AWJ、レーザなど	ワイヤーソーなど
開発方針	本補助事業で検討	本補助事業でシュラウド外周切断後の状況を確認した上で今後検討

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.373

### ① 大型切断工法:(c)炉内構造物

#### 【炉内構造物大型切断工法 切断方法の選定】

シュラウド外周切断に適用可能な加工ツールを評価し、最適な工法を選定する。

◎:適用性高  
○:適用見通しあり  
△:対策要

加工ツール	評価項目 火災防止	切断性能		アクセス性 (ヘッド小型)	二次廃棄物の 発生抑制	ユーティリティ 小型化	ダスト飛散 防止
		シュラウド	ドロス除去				
AWJ	○	◎	—	◎	△	△	△
レーザ切断	△	○	△	○	○	△	△
レーザ+WJ	○	○	○	○	○	△	△
ガス切断	△	×	—	○	○	△	△
プラズマアーク	△	○	△	○	○	△	△
機械加工(バンドソー、 ディスクソー等)	△	△	—	△	○	○	○
ワイヤーソー	△	△	—	△	○	△	○

- ・AWJ切断はアブレシブが炉内に入ってしまうため二次廃棄物が増加してしまう。
- ・ガス切断はシュラウド材質がステンレス鋼のため適用できない。
- ・レーザ切断、プラズマアーク切断はドロスの除去が課題になる。
- ・機械加工は切断性能に課題がある。

レーザ切断時の溶融金属のドロスを除去できるよう、  
レーザとWJと組み合わせた加工方法を最有力案とする。

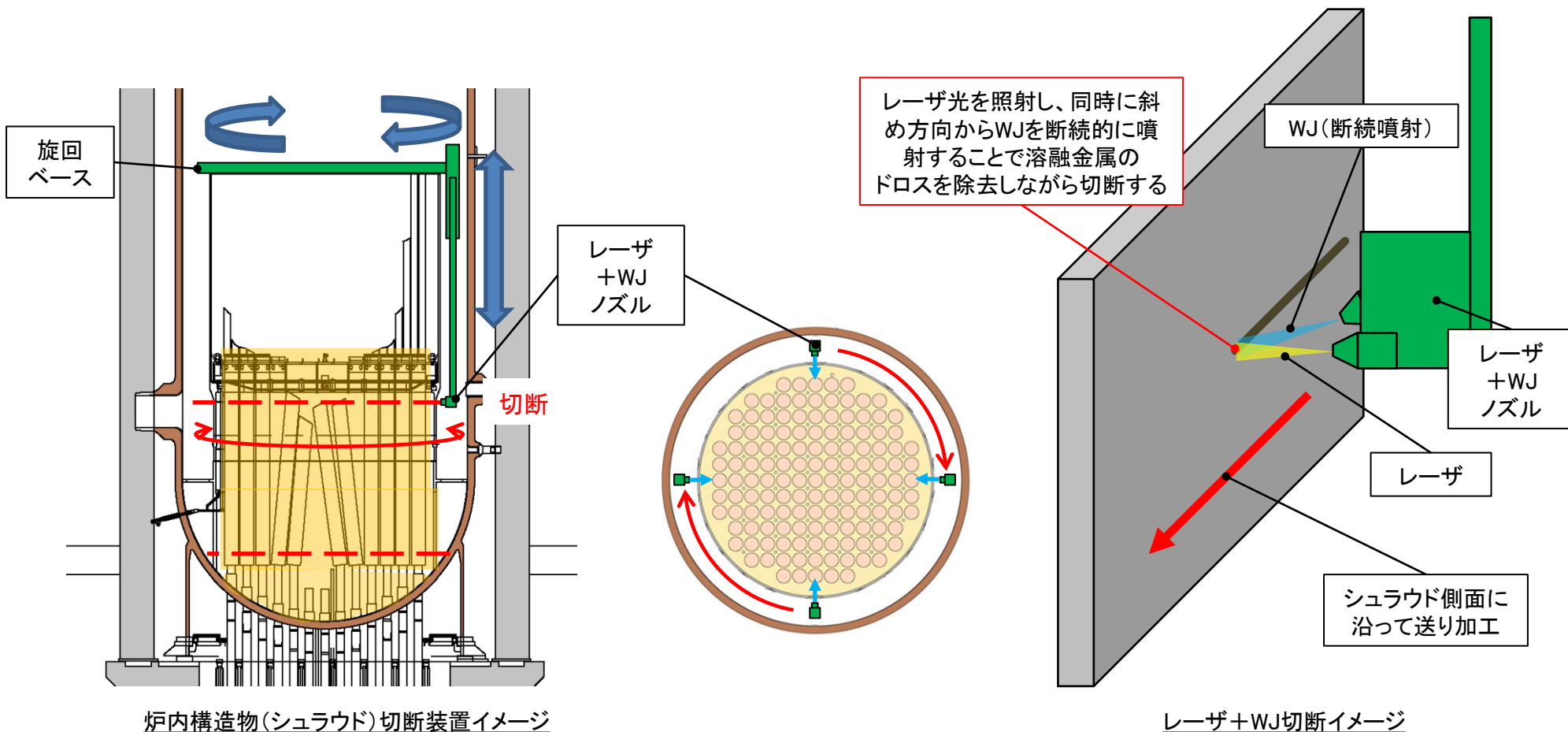
(レーザと同時に断続的なWJ噴射によりドロスを除去して加工するため、WJの冷却効果で切断対象部以外への入熱量が小さくなり、燃料デブリにレーザが当たって加工してしまった場合でも、臨界リスクは低いと想定される)

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.374

### ① 大型切断工法:(c)炉内構造物

#### 【炉内構造物大型切断工法 切断方法の検討】

- ・ レーザ+WJでシュラウドを切断する装置の概念検討結果を以下に示す。
- ・ シュラウド上部に旋回ベースを取り付け、RPVとシュラウドの隙間に切断ツールを投入して、レーザ+WJでシュラウドを外側から1周旋回して切断する方式を検討した。



炉内構造物(シュラウド)切断装置イメージ

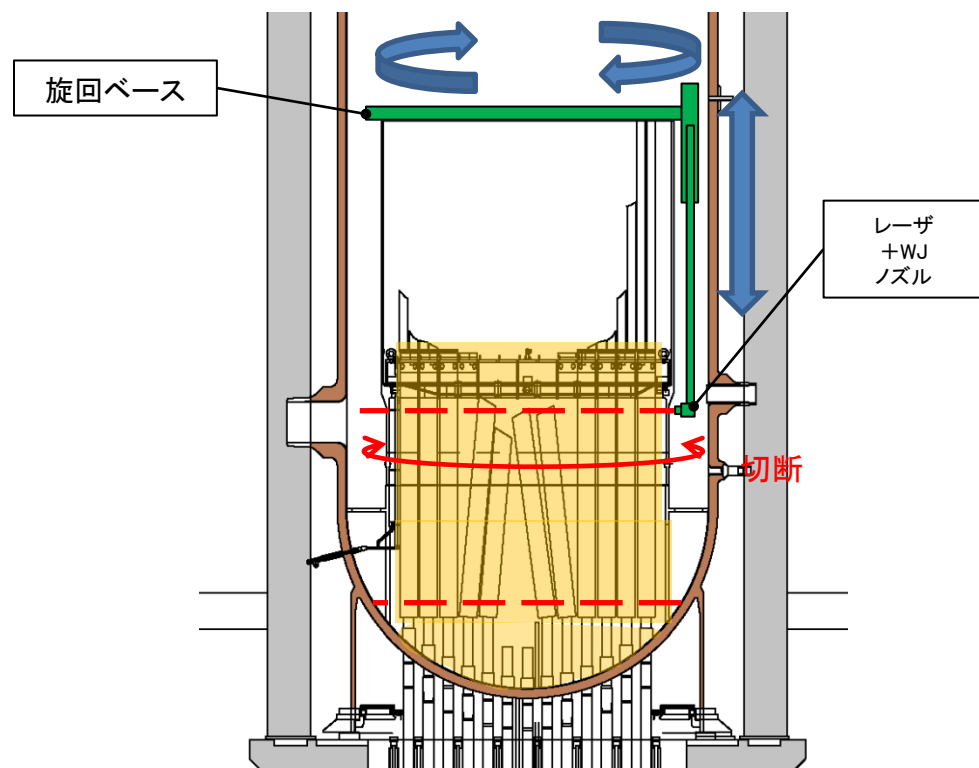
レーザ+WJ切断イメージ

## 6. 本事業の実施内容【2】(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.375

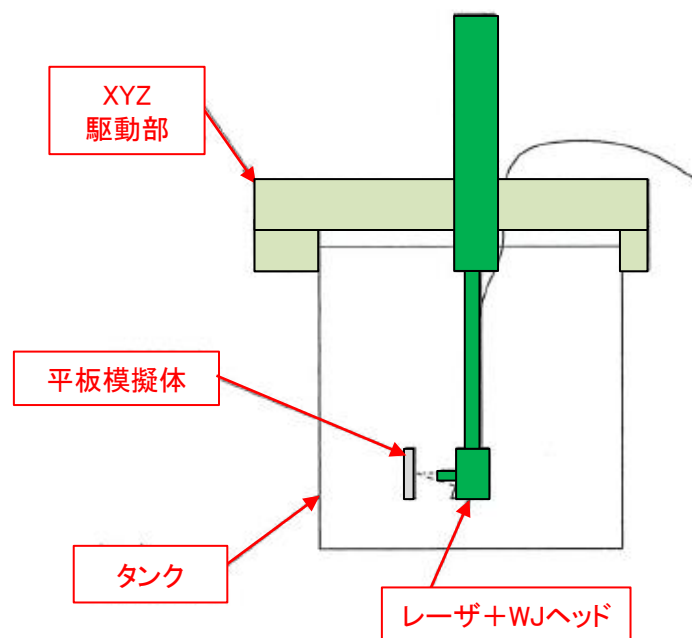
### ① 大型切断工法:(c)炉内構造物

【炉内構造物の切断方法 要素試験計画(進捗状況)】

- レーザ+WJでシュラウドを切断することができるか、レーザ+WJヘッドを中心に試作して要素試験で成立性を確認することを検討中。



実機イメージ



要素試験イメージ

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.376

### ① 大型切断工法:(c)炉内構造物

#### 【充填固化材開発方針】

- 過去の検討結果を踏まえ、下表に示すような過去の検討にて判明した課題・未検討事項について検討中。
- 充填材候補のジオポリマーに関し、貫通孔からの流出抑制方法検討や実機を考慮した施工方法の検討のためには特性を把握しておくことが必要であるため、ID.4の特性把握試験を実施中。

課題	ID.	検討項目	内容	実施年度
充填固化体の機能維持に関する検討	1	RPV内環境条件(温度)を想定した固化機能への影響評価	想定されるRPV内の温度を評価した上で、固化機能への影響を評価(高い温度での固化時間、強度変化等の影響を確認)する。	2021年度
	2	厳しい環境下での機能維持に関する検討	厳しい環境下で、必要な機能を付加したジオポリマーの機能維持状態( $\alpha$ 線照射時の強度変化等の影響)を確認する。	2021年度
実機を想定したRPV内への充填材施工の検討	3	炉内への充填施工方法の検討	RPV内を充填する際、どのように注入すべきか(注入点やその後の充填のされ方)を検討する。	2021年度
	4	ドラム缶スケールでの注入試験による特性把握	前回の基礎試験より規模を拡大して、ドラム缶スケールでの注入試験によりジオポリマーの特性把握(充填可能か、強度等確認)を実施する。	2021年度
	5	貫通孔からの流出抑制方法の検討	温度や添加物を適切に組み合わせて、どの程度の開口であれば、流出抑制が可能か検討する	2022年度
充填による影響評価	6	実機での施工に向けた施工手順・施工方法の検討	ID.3、ID.4の検討結果を受けて、どのような設備が必要かを検討する。	2022年度
	7	処理・処分への影響	充填固化体の処理・処分への影響を検討する。	—

固化体の断面観察等の評価を実施し、結果を整理中。

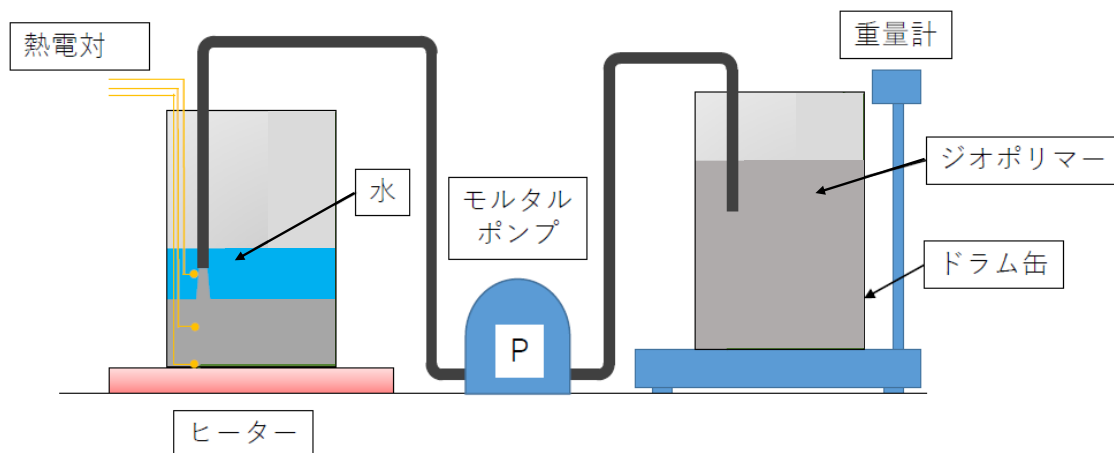
## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.377

### ① 大型切断工法:(c)炉内構造物

#### 【特性把握試験の概要】

- 特性把握のための確認試験(ドラム缶注入試験)の試験条件およびイメージを以下に示す。

ID.	項目	条件	備考
1	試験回数	常温、80℃加熱の2回	
2	ドラム缶加熱温度	80℃を想定	燃料デブリの発熱を想定し、底部を加熱。
3	水位	100mm	・詳細未確認であるが、RPV内の水位はそこまで高くないと想定。 ・現状未臨界であることを考慮。
4	温度計測位置	底部、175mm、350mm、525mmで測定+水面	・200Lドラム缶の高さ900mmに対し、8割(700mm)程度ジオポリマーを注入。 ・底部、高さ1/4、2/4、3/4の位置でジオポリマー固化時の内部温度をモニタリング。 ・水面にも浮き輪等で熱電対を浮かせ、水温を測定。
5	ジオポリマー原料温度	10℃以下に冷却	各原料は10℃以下に冷却し、常温で混練。
6	ジオポリマー注入速度	成行き(30分程度)	供給側ドラム缶の重量減少を重量計で測定し、時間と重量変化から注入速度を算出。



#### 【評価項目(予定)】

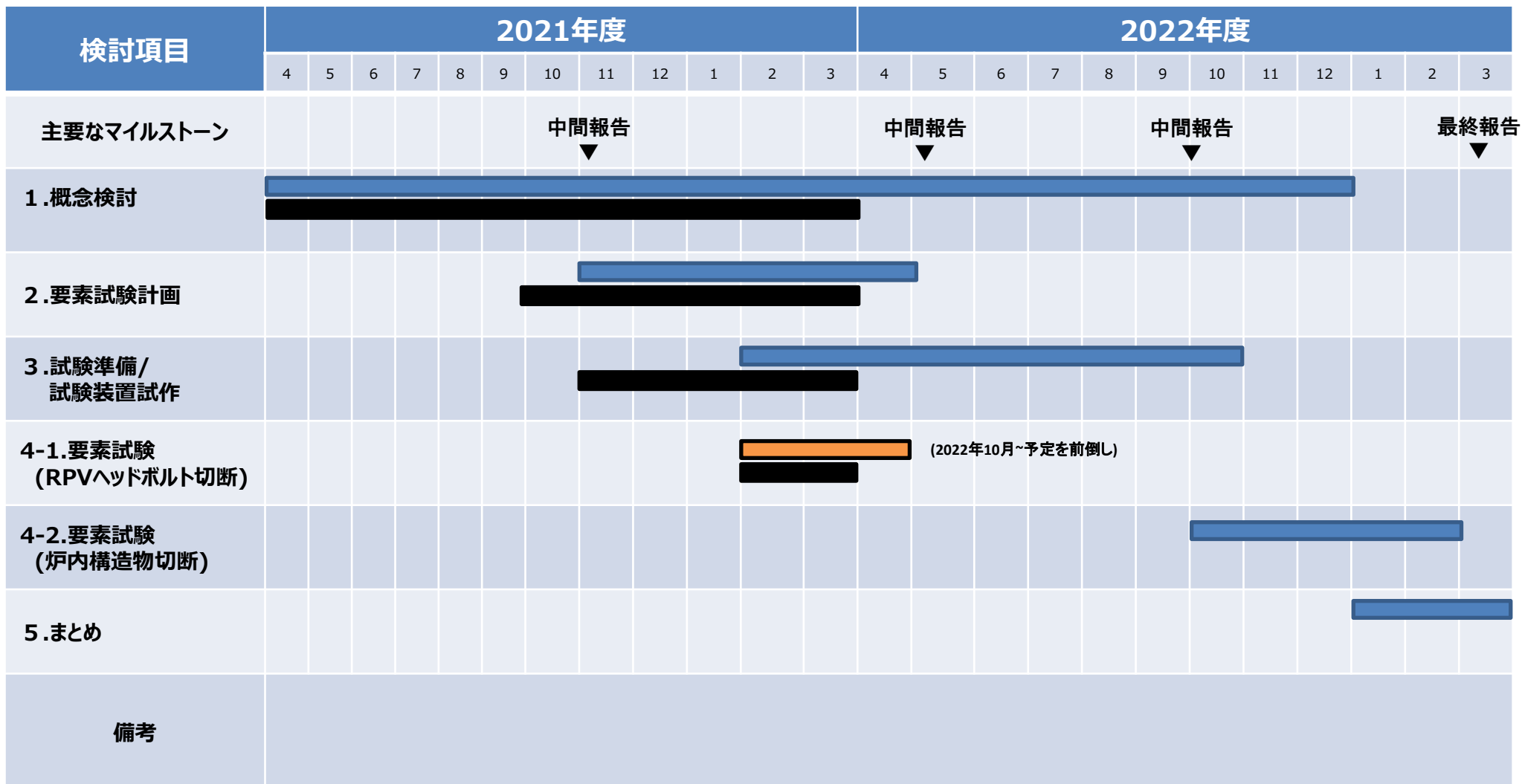
- ・充填固化後の状態確認  
(固化体を半分に切断し、断面観察)
- ・強度評価、成分分析  
(コアボーリングの実施可否を調整中)

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.378

## ① 大型切断工法

### ■ 開発工程

■ :計画  
 ■ :計画(見直し後)\*  
 ■ :実績



## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.379

### ① 大型切断工法：まとめ

- 大型一体搬出工法について前提条件を整理した。
- RPVヘッド解体方法、炉心部等の充填固化方法および炉内構造物切断方法について概念検討を実施した。
- RPVヘッドボルト切断に関する要素試験計画を立案した。実機と同規模の模擬試験体(RPVヘッド、ボルト)を製作し、ボルトをAWJで切断する要素試験を実施。RPVヘッドボルト切断工法の実現性を確認し、課題を整理中。
- 炉内構造物切断について、要素試験計画を立案中。今後、要素試験により炉内構造物切断工法の実現性を確認する。

### ② 大型搬出容器

燃料デブリ・炉内構造物の取り出しに関しては、上アクセス工法のスループット向上のため大型一体搬出工法について2019年度からの開発で検討を進めている。その成立のためには、構造物の原子炉からの切り離しと大型構造物の搬出が必要になりますが、後者に用いる大型搬出容器について、汚染拡大防止機能及び高線量の収納物に対する遮蔽機能を有するものとして開発する必要がある。

2020年度から、大型搬出容器の前提条件と必要開発項目について検討整理し、大型搬出容器蓋部の気密・遮蔽構造の開発、搬出システムの概念検討及び、蓋部気密構造の成立性に関する要素試験によって、大型搬出容器の現場適用性に関する評価と課題整理を進めている。

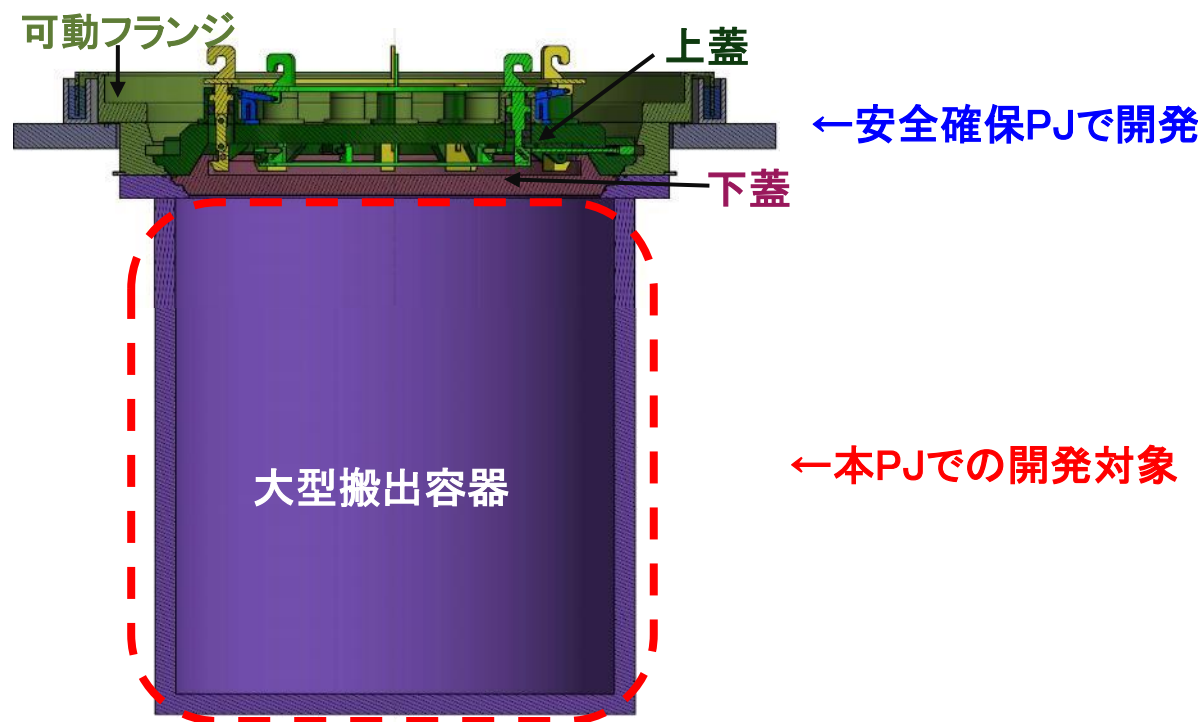
大型搬出容器は原子炉から切り離れた構造物を一体で収納するため、RPVと同程度以上の直径かつ10m近くの高さの規模となることから、整理した課題を踏まえてより具体化を進める必要があり、収納方法を含む搬出システムの概念構築、及び蓋部を含む大型搬出容器全体の気密・遮蔽構造、製作手順等に関する詳細検討を実施する。また、大型搬出容器は再使用可能とすることを前提とし内部は除染が容易な構造とする。その上で実規模の搬出容器を試作し、要素試験によって性能検証を行い、成立性の確認と現場適用の課題抽出を実施する。

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.381

### ② 大型搬出容器

【20年度までの検討状況】

- 大型搬出容器の概念検討を実施
- 大型搬出容器蓋部については、気密性に関する要素試験を安全確保PJ\*で実施



⇒大型搬出容器本体の構造を具体化し、製作性を含めた構造成立性の検討を進める。容器本体に関わる気密性について、容器を試作し、検証する。

\*安全確保PJ:「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けた技術開発  
(燃料デブリ取り出し作業時の安全確保に関わる技術開発)」

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.382

## ② 大型搬出容器

【注記】  
色で以下の汚染レベルを表記\*  
R(赤色):レッド(高汚染)区域  
Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
G(緑色):グリーン(低汚染)区域  
\*主要区域には色のほか、R・Y・Gと表記

### 【課題】

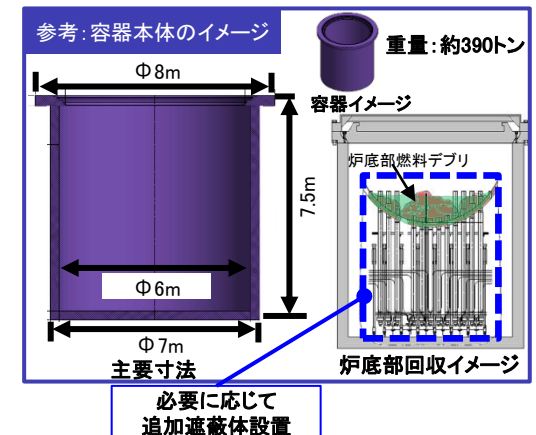
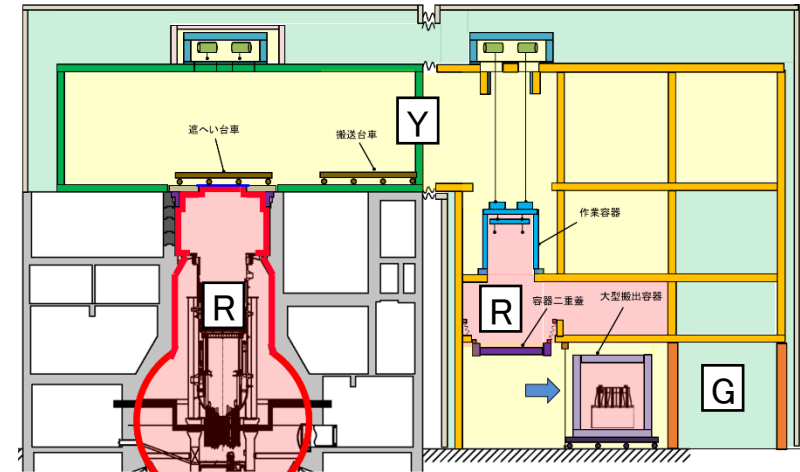
- ・ 構造物一体搬出のため、汚染拡大防止機能を有する大型搬出容器を開発する必要がある。
- ・ 大型搬出容器開閉時を含めた閉じ込め性の検討および実現性の確認。
- ・ 加工や組み立てを含めた製作性の検討および実現性の確認。
- ・ 遠隔での大型搬出容器と蓋の接続方法等、取り扱い性。

### 【実施内容】

- ・ 検討に関わる前提条件を整理する。
- ・ 大型搬出容器について、安全確保PJで検討した課題も踏まえ、収納方法を含む搬出システムの概念構築及び大型搬出容器全体の詳細な搬出手順の検討を実施する。
- ・ 大型搬出容器の構造設計を実施する。搬出容器は繰り返し使用を前提とし、内部の除染作業を考慮した検討を行う。
- ・ 大型搬出容器を試作し、要素試験を計画し、大型搬出容器の試作を実施し、実現性の確認と課題抽出を行う。

### 【得られる成果】

- ・ 大型搬出容器による搬出システムの詳細手順図の提示。
- ・ 製作性を考慮した構造設計図の提示。
- ・ 要素試験によるシール性確認結果、及び実現性評価と課題の提示。



## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.383

### ② 大型搬出容器

#### 【実施内容】

実施項目	実施内容
前提条件の整理	大型搬出容器を使用する際の前提条件について整理する。
大型搬出容器の検討	・別補助事業(安全確保PJ)で検討中の課題も踏まえ、収納方法を含む搬出システムの概念構築、及び大型搬出容器全体の詳細な搬出手順の検討を実施する。
大型搬出容器の構造設計	・大型搬出容器の構造設計を実施する。 ・大型搬出容器は繰り返し使用を前提とし、内部の除染作業を考慮した検討を行う。
要素試験計画、実施	・要素試験を計画し、大型搬出容器の試作を実施し、実現性の確認と課題抽出を行う。 ・二重蓋は安全確保PJで試作したものを使用して、本事業で試作する大型搬出容器と組み合わせて試験を実施する。

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型建造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.384

### ② 大型搬出容器

#### 【前提条件】

- 大型一体搬出工法的前提条件を以下に示す。

ID.	前提条件	根拠
1	大型切断した建造物を収納可能な構造とする。 (φ5.5m、H5.5m程度の建造物を収納可能な容器構造とする)	大型一体搬出工法で建造物毎に切断して搬出されたものを収納可能な構造とする。
2	大型搬出容器は増設建屋から保管建屋等の別建屋まで移動するための構内輸送容器とする。	まずは、構内輸送用容器として成立するかを確認し、今後の補助事業で保管への適用性を評価する。
3	大型搬出容器は構内輸送容器として繰り返し使用可能な構造とする。	大型搬出容器を繰り返し使用できた方が合理的なため。
4	その他大型搬出容器の基本的な仕様については、安全確保PJでの検討結果を適宜反映しながら進めるものとする。	安全確保PJと協調して進める。

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.385

## ② 大型搬出容器

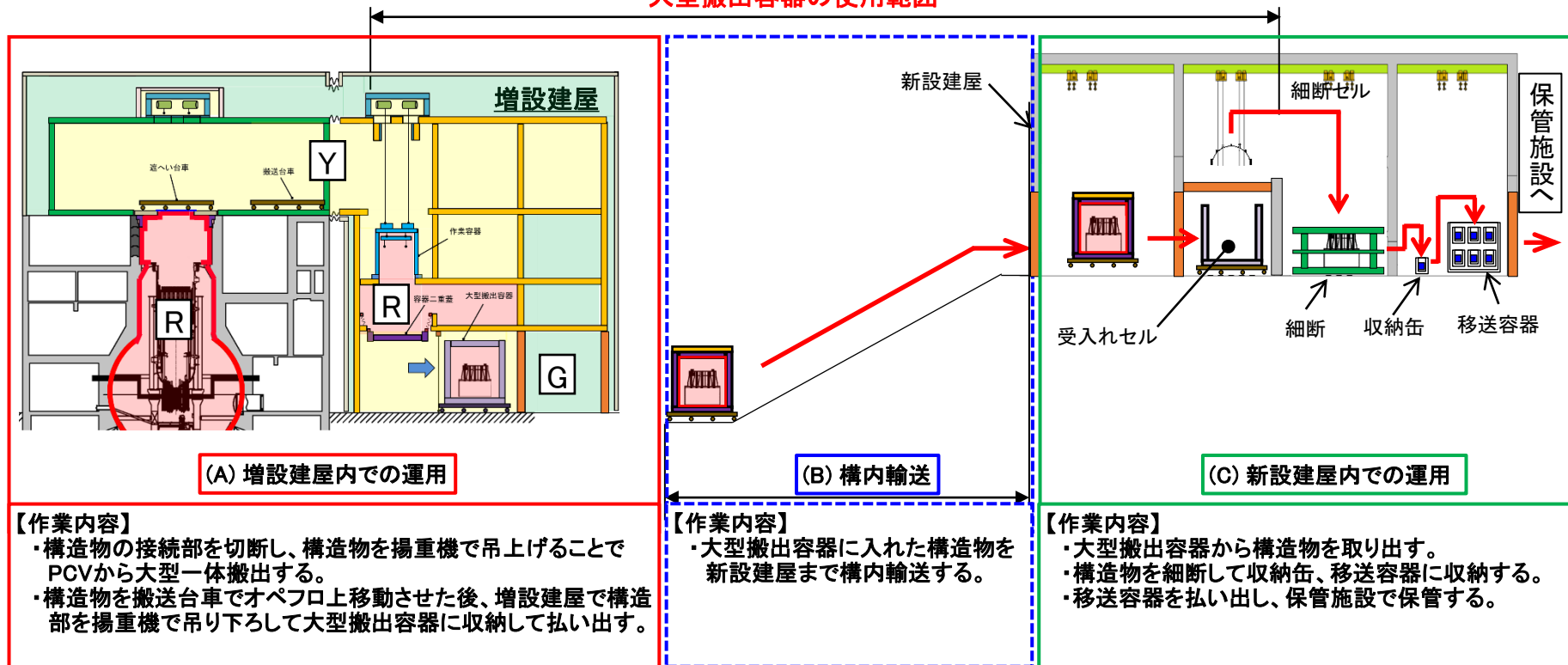
### 【前提条件】

大型搬出容器の概略運用ステップは以下の通り。

- (A) PCVから一体搬出した構造物を増設建屋まで搬送して大型搬出容器に収納する。
- (B) 大型搬出容器に入れた構造物を新設建屋まで構内輸送する。
- (C) 新設建屋内で大型搬出容器から構造物を取り出し、細断して収納缶、移送容器に収納する。

【注記】  
色で以下の汚染レベルを表記\*  
R(赤色):レッド(高汚染)区域  
Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
G(緑色):グリーン(低汚染)区域  
\*主要区域には色のほか、R・Y・Gと表記

大型搬出容器の使用範囲



## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型建造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.386

### ② 大型搬出容器

#### 【大型搬出容器の要求機能】

・大型搬出容器の要求機能と、現状の容器仕様について以下に示す。

ID	要求機能	項目	現状の容器仕様	備考
1	大型一体搬出で取り出した構造物を収納し、構内輸送ができること。	搬送対象物	ドライヤ、セパレータ、上部格子板、炉心部、炉底部 他	炉内構造物を一体で収納することを想定
2		共通仕様容器概算寸法	内径Φ6000×H7500[mm]	代表構造物を収納可能な容器形状
3	増設建屋のセル内で汚染拡大防止をしながら構造物の収納ができること。	バウンダリ維持機能	一連の手順でバウンダリ維持可能な二重蓋構造とする	ダブルドアを参考にシール部構成を検討
4		セル内圧力	-400 [PaG]	PCV内(レッド(高汚染)区域)-400Paと接続した状態で蓋閉め
5		目標漏洩率 (増設建屋セル内運用時)	0.1[vol%/h]	安全確保PJでセルの許容漏洩率を参考に設定
6	構造物の輸送時に遮蔽ができること。	内容物最大線量率	1000[Sv/h]	
7		遮蔽厚(γ線)	280[mm]	線量の高い構造物については別途追加遮蔽体130mmを事前に取り付ける
8		遮蔽厚(中性子線)	100[mm]	燃料デブリ線源で評価
9		共通仕様容器概算重量	520[ton]	容器本体、二重蓋のみ(構造物含まず)
10	繰り返し使用可能なこと。	使用回数	複数回使用することを検討中	安全確保PJでは複数回の使用を想定して容器主材質・シール部材質の検討まで実施した。具体的な使用回数は今後検討する。
11		容器主材質	低合金鋼	
12		シール部材質	ゴム系Oリング	二重蓋を複数回開閉すること、輸送時の振動を考慮
13	燃料デブリの発熱を考慮した設計とすること。	容器表面設計温度	130[°C]	燃料デブリの発熱をについて試算した結果を基に仮設定

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.387

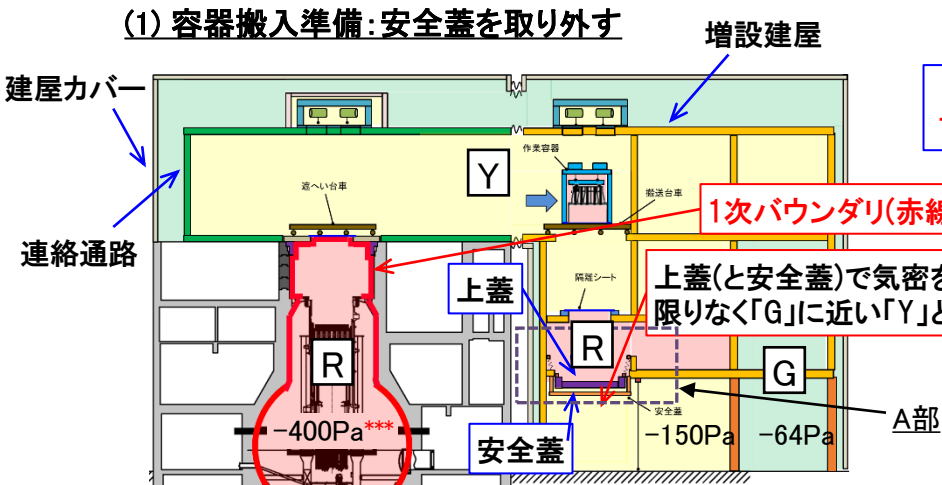
## ② 大型搬出容器

【注記】  
 色で以下の汚染レベルを表記\*  
 R(赤色):レッド(高汚染)区域  
 Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
 G(緑色):グリーン(低汚染)区域  
 \*主要区域には色のほか、R・Y・Gと表記

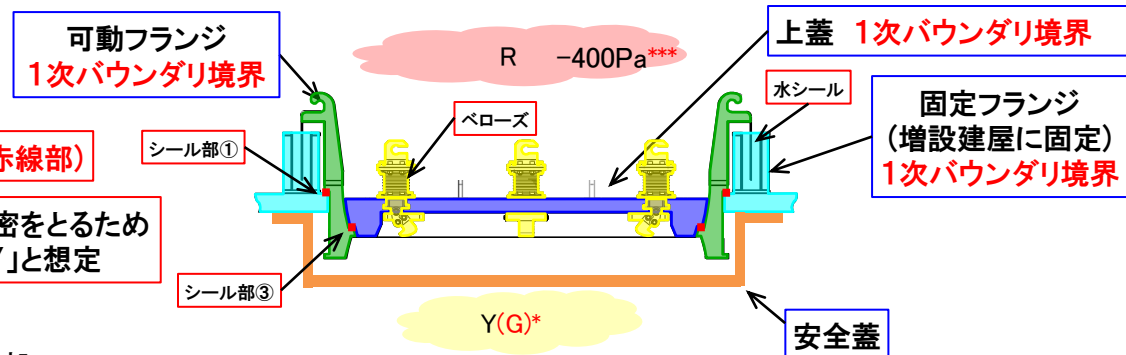
【大型一体搬出工法での構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップ(1/7)】

構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップおよび1次バウンダリを以下に示す。

(1) 容器搬入準備:安全蓋を取り外す

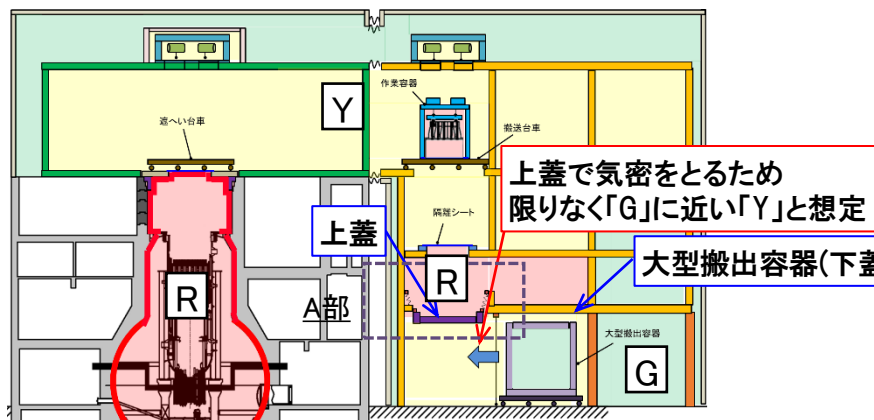


A部拡大

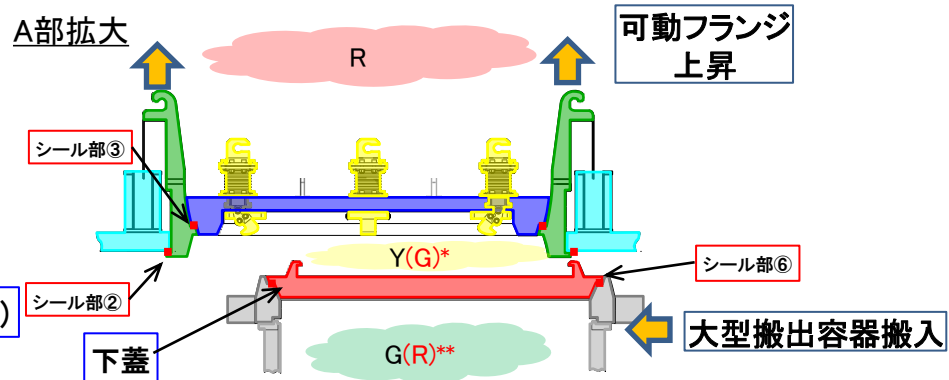


(1): 容器搬入準備:安全蓋を取り外す

(2) 容器搬入:大型搬出容器を搬入



A部拡大



(2)-1: 可動フランジを上昇  
 (2)-2: 大型搬出容器を搬入(大型搬出容器は水平方向の移動のみ)

\*限りなく「G」に近い「Y」と想定 \*\*大型搬出容器の再使用時は、容器内は「G」とはならない可能性がある \*\*\*圧力は想定値

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.388

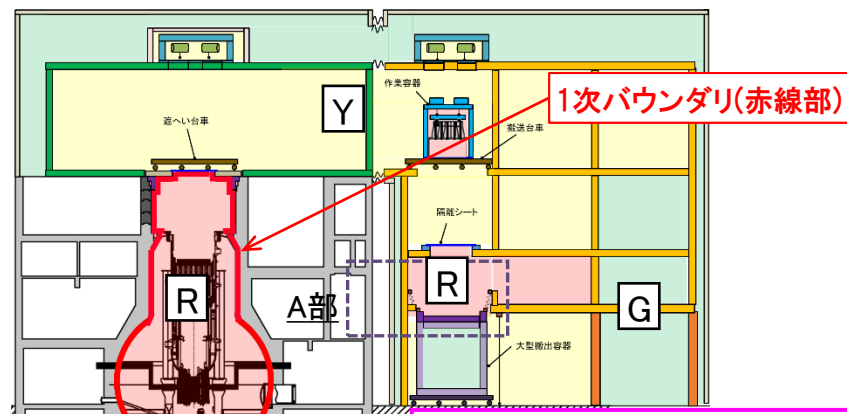
## ② 大型搬出容器

【注記】  
色で以下の汚染レベルを表記\*  
R(赤色):レッド(高汚染)区域  
Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
G(緑色):グリーン(低汚染)区域  
\*主要区域には色のほか、R・Y・Gと表記

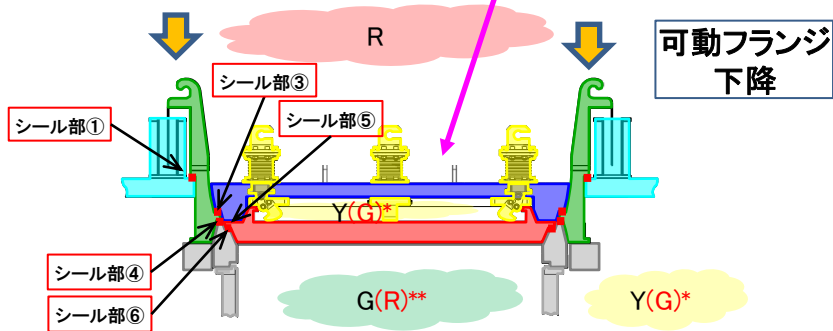
【大型一体搬出工法での構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップ(2/7)】

構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップおよび1次バウンダリを以下に示す。

(3) 容器接続: 上蓋と下蓋(大型搬出容器)を接続



A部拡大

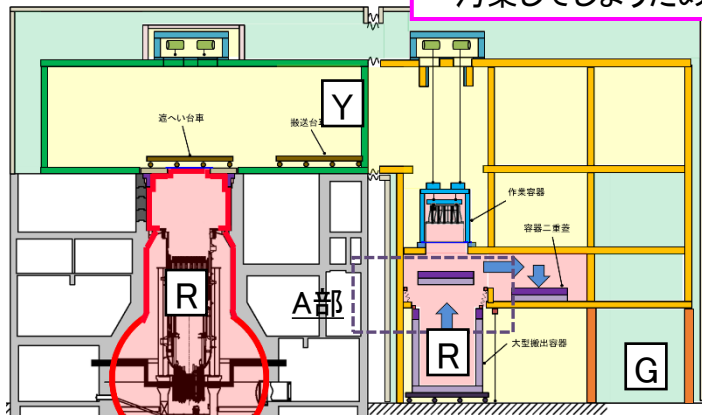


シール部③～⑥の4つのシール部でバウンダリを維持する必要がある

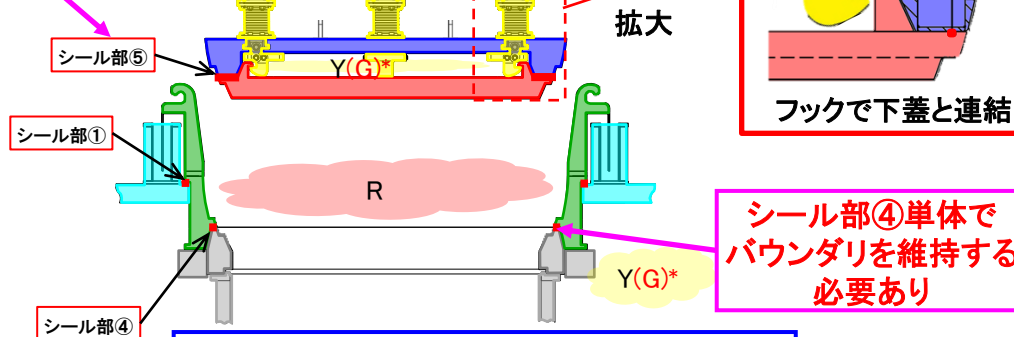
(3)-1: 可動フランジを下降  
(3)-2: 上蓋と下蓋(大型搬出容器)を接続

(4) 二重蓋吊り上げ、容器開放

上蓋・下蓋間の気密が不完全な場合、下蓋上面が汚染してしまうため、ある程度の気密性が必要



A部拡大



シール部④単体でバウンダリを維持する必要がある

(4): 二重蓋を吊り上げて大型搬出容器開放

\*限りなく「G」に近い「Y」と想定 \*\*大型搬出容器の再使用時は、容器内は「G」とはならない可能性がある

# 6. 本事業の実施内容【2】(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.389

## ② 大型搬出容器

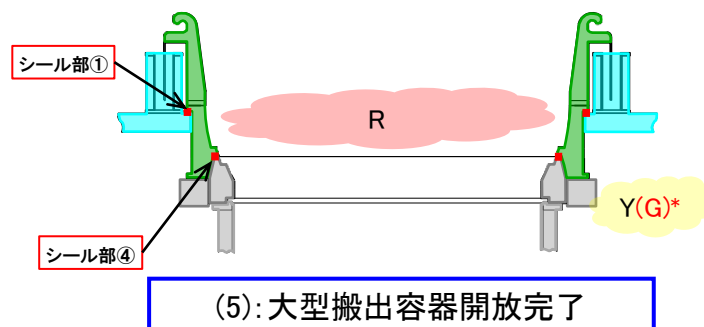
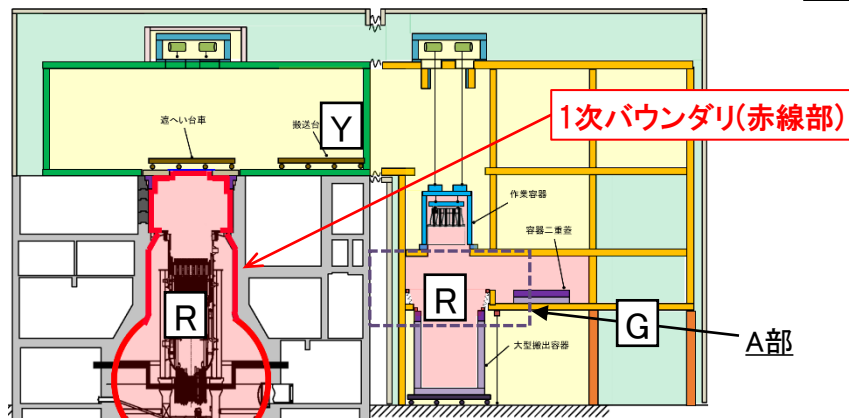
【注記】  
 色で以下の汚染レベルを表記\*  
 R(赤色):レッド(高汚染)区域  
 Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
 G(緑色):グリーン(低汚染)区域  
 \*主要区域には色のほか、R・Y・Gと表記

【大型一体搬出工法での構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップ(3/7)】

構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップおよび1次バウンダリを以下に示す。

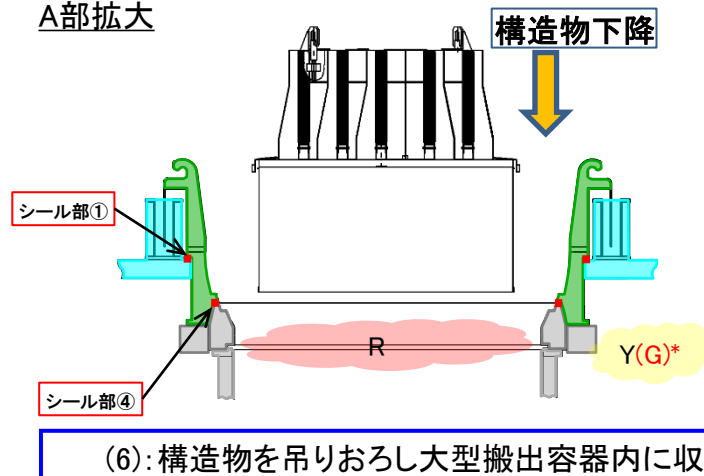
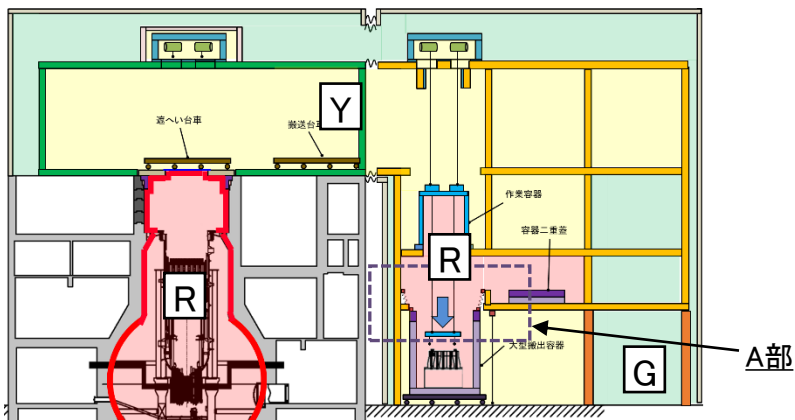
### (5) 容器開放完了

A部拡大



### (6) 構造物収納

A部拡大



\*限りなく「G」に近い「Y」と想定

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.390

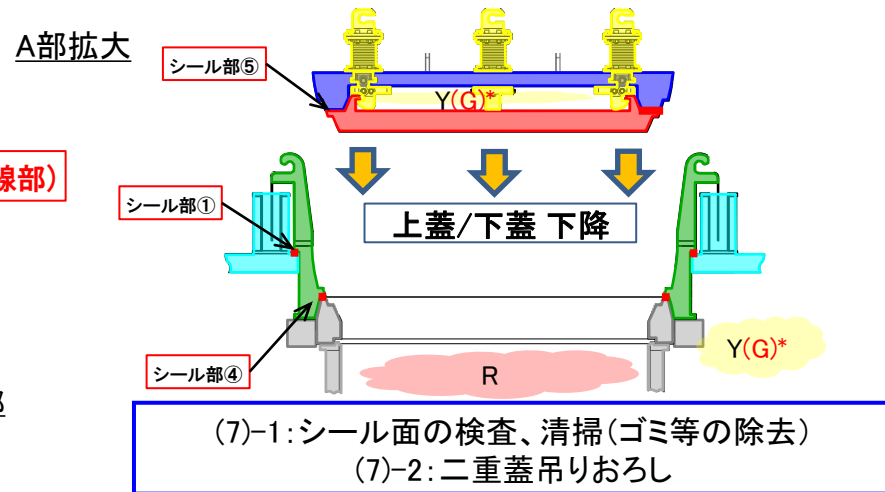
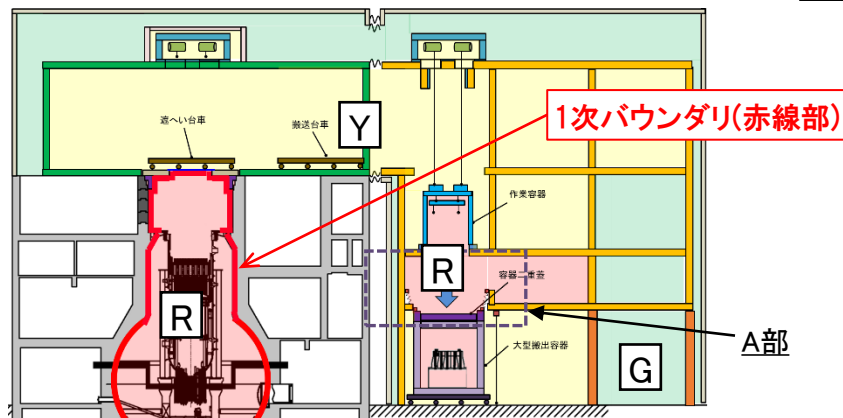
## ② 大型搬出容器

【注記】  
 色で以下の汚染レベルを表記\*  
 R(赤色):レッド(高汚染)区域  
 Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
 G(緑色):グリーン(低汚染)区域  
 \*主要区域には色のほか、R・Y・Gと表記

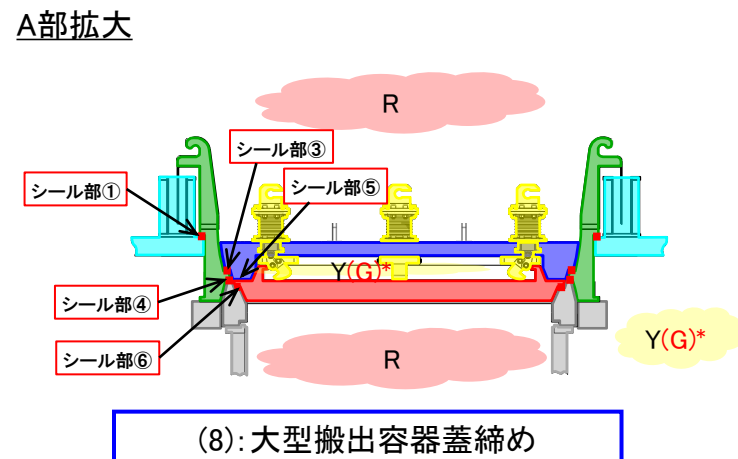
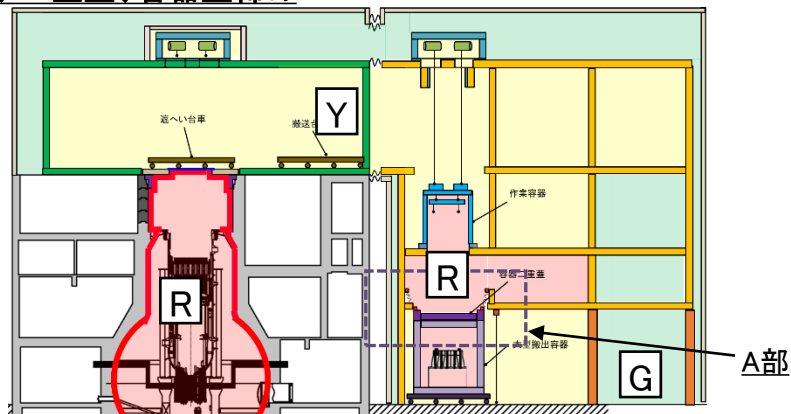
【大型一体搬出工法での構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップ(4/7)】

構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップおよび1次バウンダリを以下に示す。

### (7) 二重蓋吊り下ろし



### (8) 二重蓋、容器蓋締め



\*限りなく「G」に近い「Y」と想定

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.391

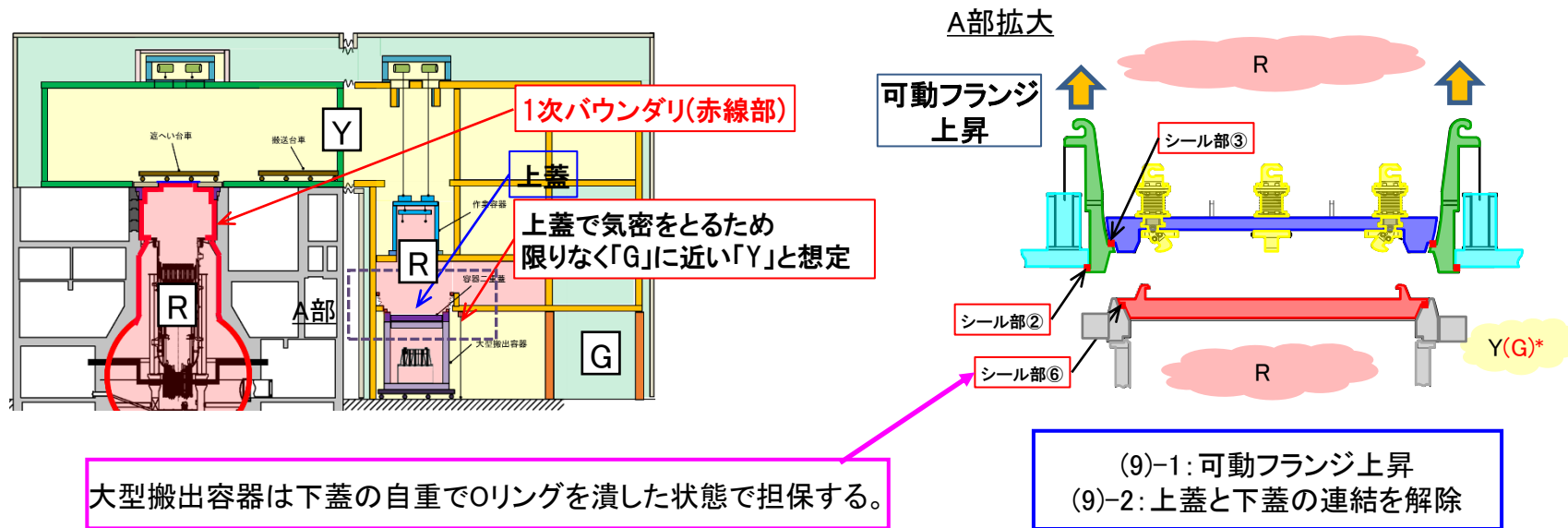
## ② 大型搬出容器

【大型一体搬出工法での構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップ(5/7)】

構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップおよび1次バウンダリを以下に示す。

### (9) 容器切り離し: 上蓋と下蓋の連結を解除

【注記】  
色で以下の汚染レベルを表記\*  
R(赤色): レッド(高汚染)区域  
Y(黄色): イエロー(中汚染)区域  
G(緑色): グリーン(低汚染)区域  
\*主要区域には色のほか、R・Y・Gと表記



\*限りなく「G」に近い「Y」と想定

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.392

## ② 大型搬出容器

【注記】  
 色で以下の汚染レベルを表記\*  
 R(赤色):レッド(高汚染)区域  
 Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
 G(緑色):グリーン(低汚染)区域  
 \*主要区域には色のほか、R・Y・Gと表記

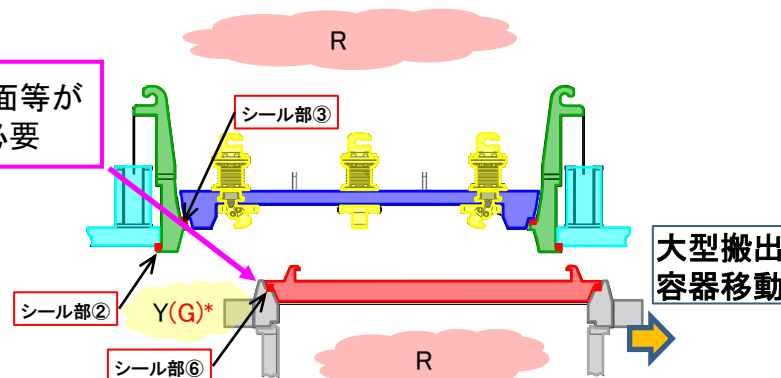
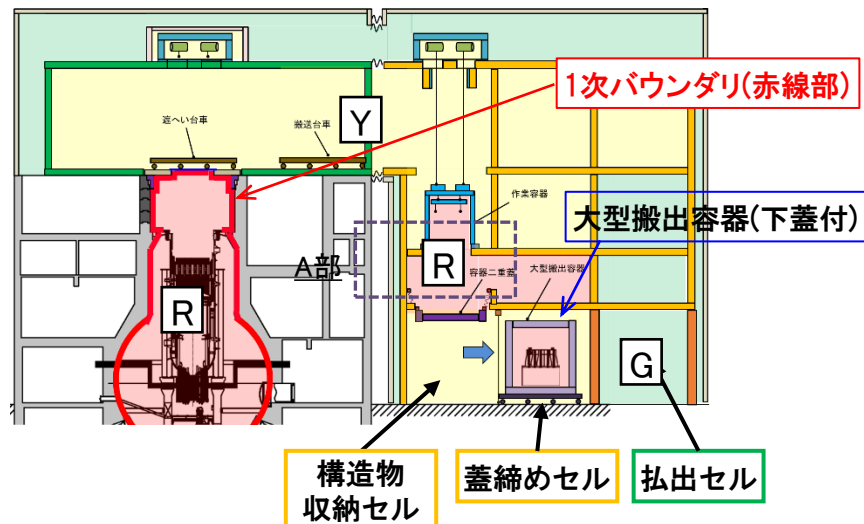
【大型一体搬出工法での構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップ(6/7)】

構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップおよび1次バウンダリを以下に示す。

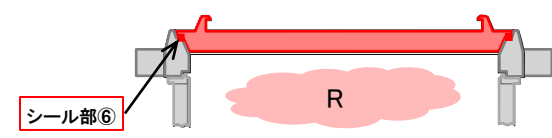
(10) 容器搬出: 大型搬出容器を搬出

A部拡大

下蓋・容器間の気密が不完全な場合、容器外面等が汚染してしまうため、ある程度の気密性が必要



(10)-1: 大型搬出容器を次の蓋締めセルに移動



(10)-2: 大型搬出容器を蓋締めセルに移動

\*限りなく「G」に近い「Y」と想定

# 6. 本事業の実施内容【2】(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.393

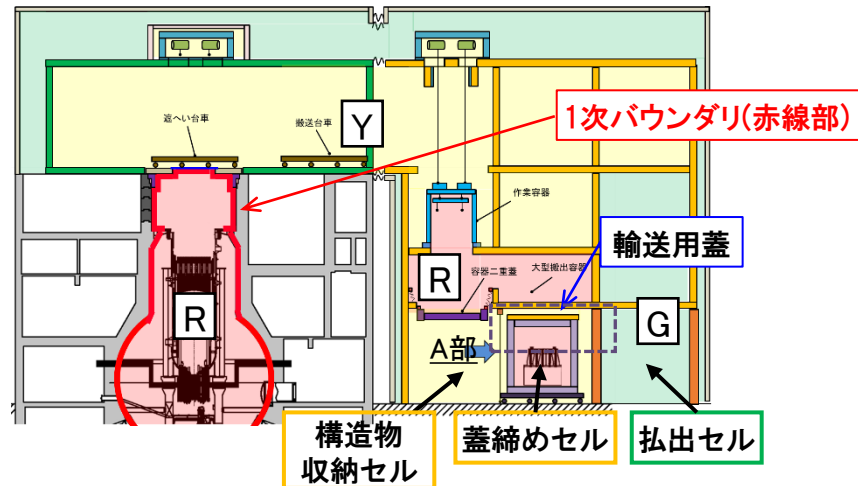
## ② 大型搬出容器

【注記】  
 色で以下の汚染レベルを表記\*  
 R(赤色):レッド(高汚染)区域  
 Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
 G(緑色):グリーン(低汚染)区域  
 \*主要区域には色のほか、R・Y・Gと表記

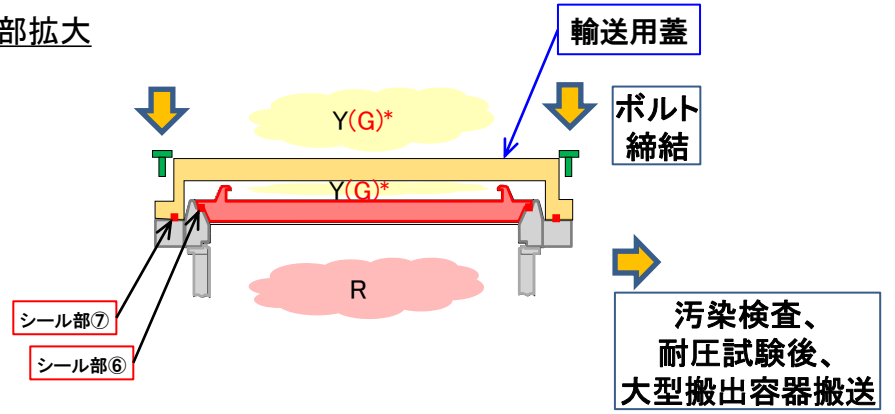
【大型一体搬出工法での構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップ(7/7)】

構造物搬出に関わる二重蓋運用ステップおよび1次バウンダリを以下に示す。

(11) 2次蓋取り付け: 構内輸送用に輸送用蓋を取り付け

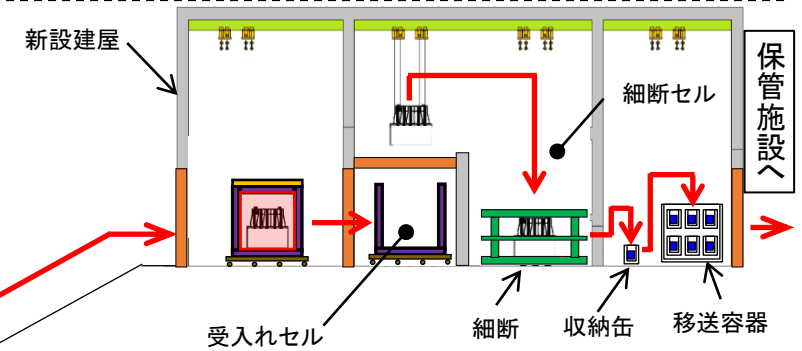
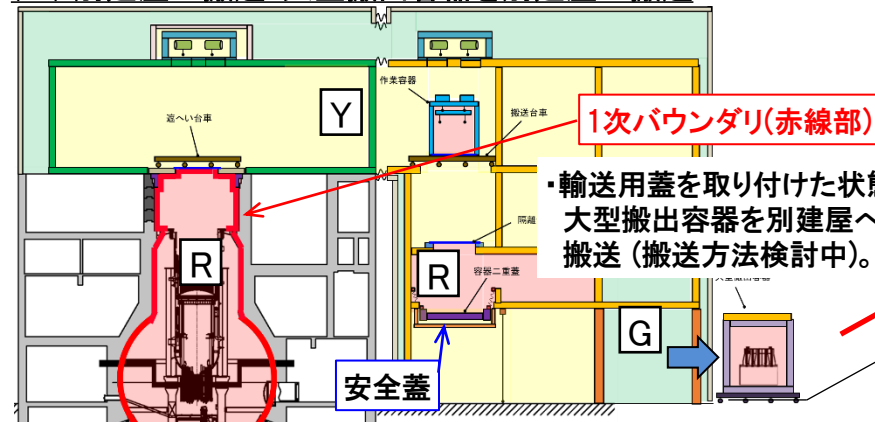


A部拡大



(11)-1: 大型搬出容器に構内輸送用蓋を取り付け  
 (11)-2: 汚染検査、耐圧試験後払出セルへ移動

(12) 別建屋へ搬送: 大型搬出容器を別建屋へ搬送



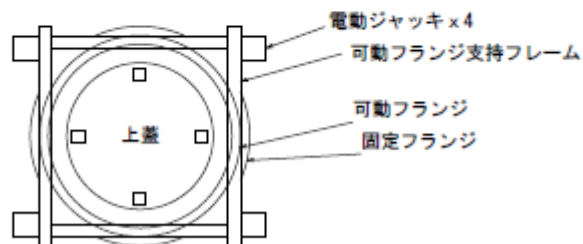
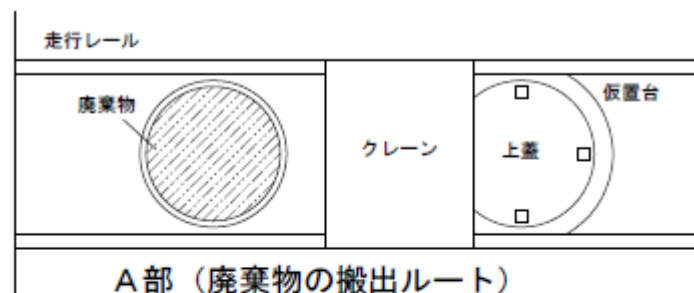
・輸送用蓋を取り付けた状態で  
 大型搬出容器を別建屋へ  
 搬送(搬送方法検討中)。

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.394

### ② 大型搬出容器

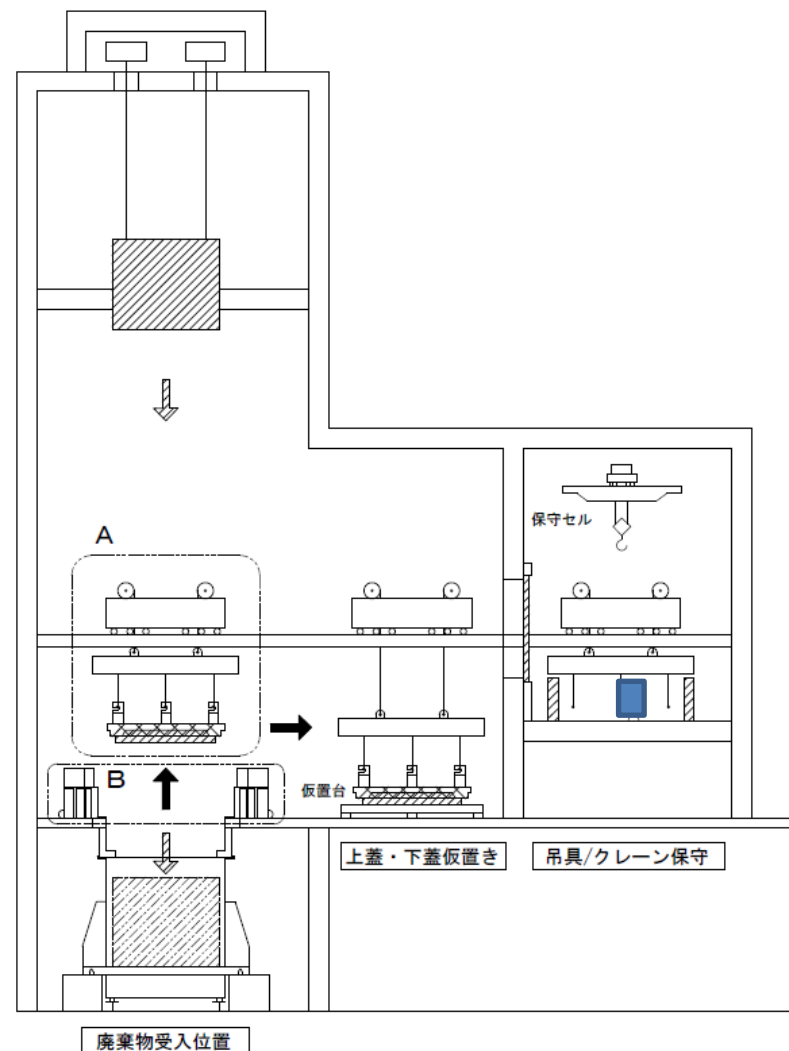
#### 【大型搬出容器の検討】

- 前述の概略ステップを基に、大型搬出容器の実機運用方法について概念検討を実施した。
- 大型搬出容器に構造物を収納する前に二重蓋を取り外す際は、天井クレーンで仮置きセルまで移動することを検討中。
- 可動フランジの昇降については、電動ジャッキで可動フランジ支持フレームを昇降することを検討中。



B部(可動フランジ昇降機構)

各部構造イメージ

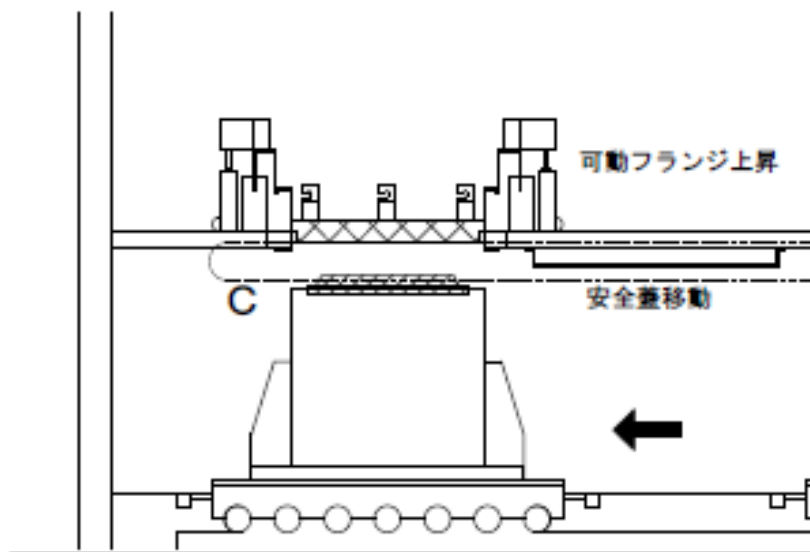


大型搬出容器運用イメージ

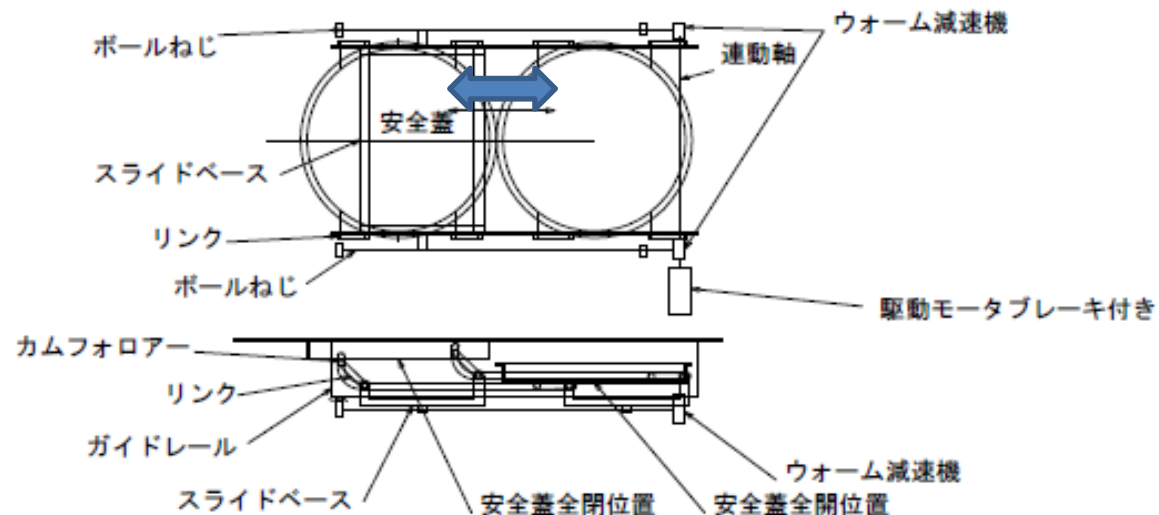
## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.395

### ② 大型搬出容器

- 安全蓋を取り外す際は、リンク機構で蓋を横方向に移動することを検討中。
- 大型搬出容器の実機運用方法について検討を継続する。



各部構造イメージ



C部(安全蓋開閉機構)

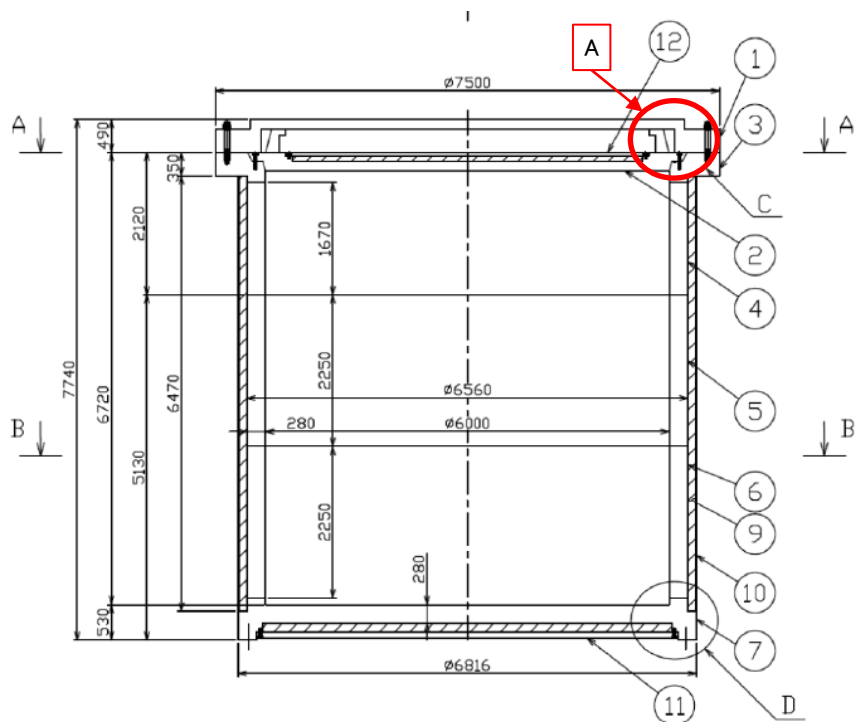
## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.396

### ② 大型搬出容器

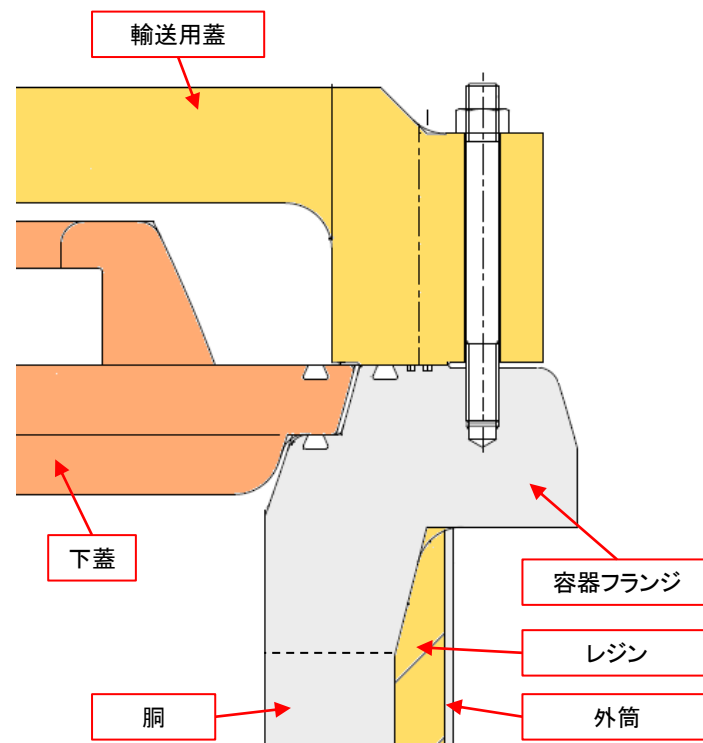
#### 【大型搬出容器の構造設計】

大型搬出容器の実機構造設計について検討を実施した。

本構造を基に製作手順を検討した上で、製作性を確認すべき箇所を抽出して、要素試験用の容器を製作することとした。



大型搬出容器実機構造案



A部詳細

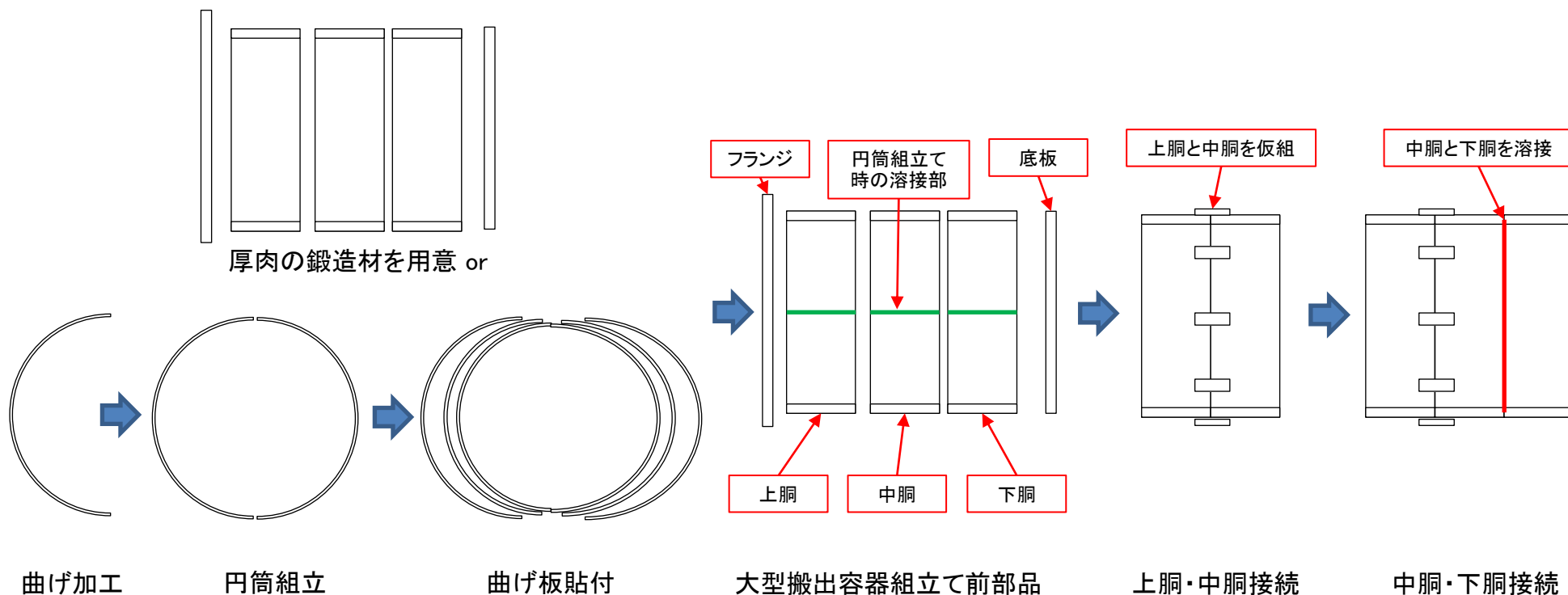
## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.397

### ② 大型搬出容器

#### 【大型搬出容器の構造設計】

大型搬出容器の実機構造設計の結果を基に、製作手順についても検討した。

- ・また、容器板厚については、冷間曲げ加工可能な板厚で板曲げ加工、円筒組立後に目標の板厚まで曲げ板を貼付ける、または目標板厚の厚肉鍛造材を製作することを検討している。
- ・容器胴部の製作においては、胴部を高さ方向に3分割に分割したものを溶接することを検討している。



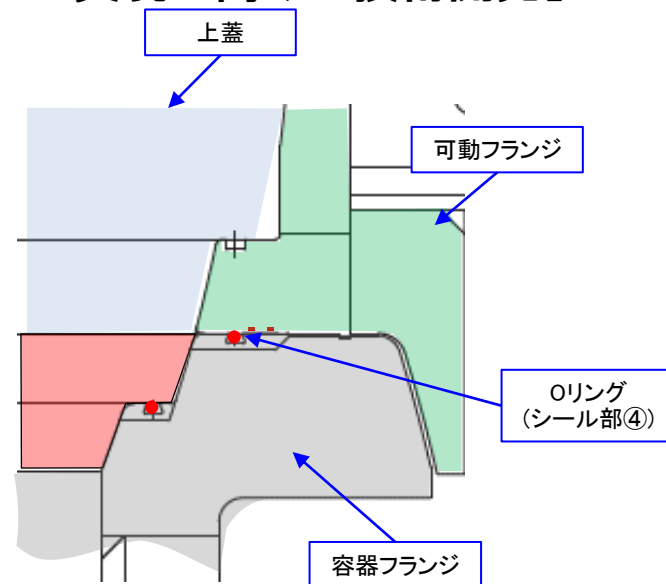
大型搬出容器製作手順検討状況

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.398

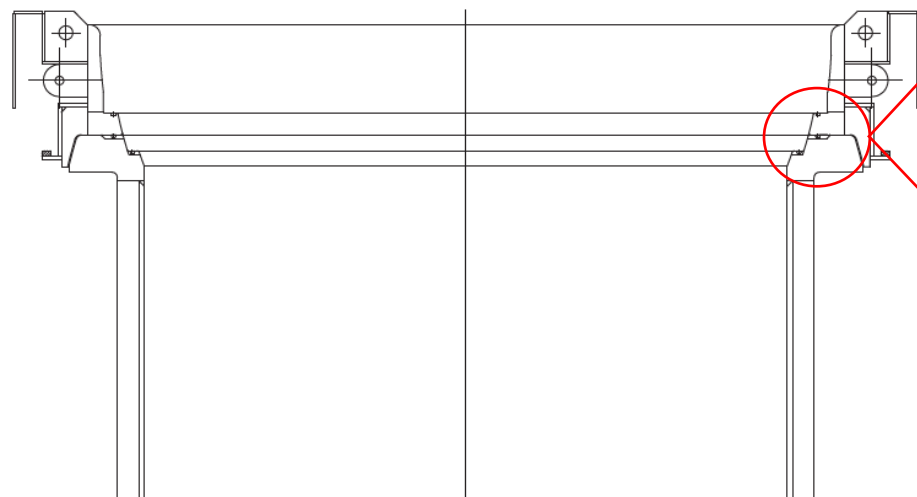
## ② 大型搬出容器

### 【大型搬出容器の構造設計】

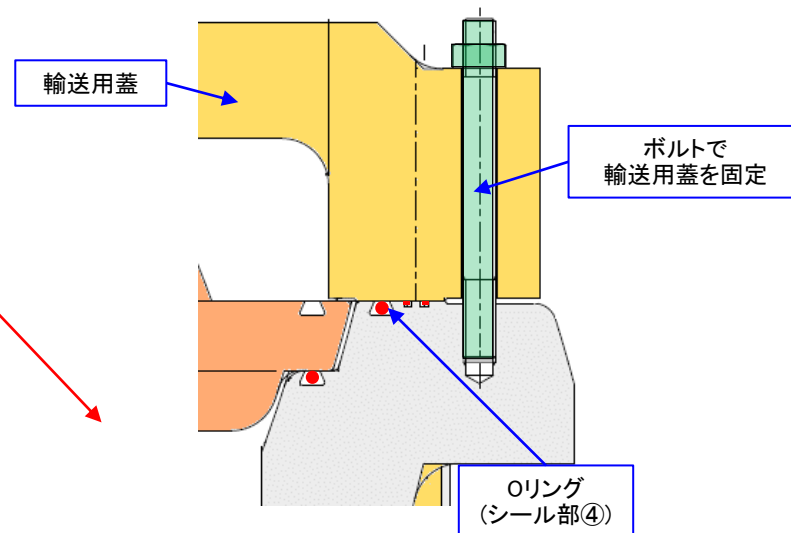
- 大型搬出容器の容器フランジについて、実機運用を考慮すると、可動フランジと輸送用蓋それぞれを同一のシール部で気密確保可能な構造とすると製作性が良い。  
→容器フランジ構造が気密性に重要な部分である。



容器フランジ詳細図(上蓋取付時)



大型搬出容器イメージ



容器フランジ詳細図(輸送用蓋取付時)

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型建造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.399

## ② 大型搬出容器

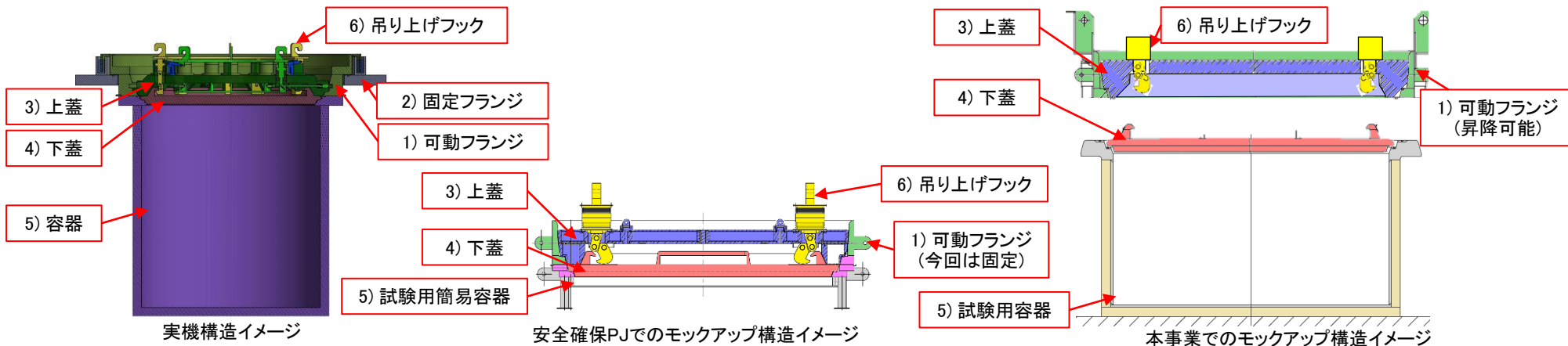
### 【要素試験での確認項目(実機模擬範囲)】

開発試作対象

ID.	機器	実機仕様(概略寸法)	モックアップ仕様(概略寸法)	試験での模擬方法
1)	可動フランジ	➢ 直径9300、高さ1600、重量150ton	➢ 直径8000、高さ1100、重量30ton	➢ 実機形状を模擬する。
2)	固定フランジ	➢ 直径11100、厚さ375、重量170ton	—	➢ 今回は模擬しない。
3)	上蓋	➢ 直径6800、高さ800、重量50ton	➢ 実機と同じ(安全確保PJ製作品を流用)	➢ 実機形状を模擬する。
4)	下蓋	➢ 直径6800、厚さ280、重量80ton	➢ 実機と同じ(安全確保PJ製作品を流用)	➢ 実機形状を模擬する。
5)	容器	➢ 内径6000、厚さ280、高さ7500、重量390ton	➢ 内径6000、厚さ50、高さ3635、重量85ton	—
6)	吊り上げフック	➢ 直径500、高さ1500	➢ 直径500、高さ1500	➢ フック形状を模擬する。

安全確保PJで検討、試験を実施中の二重蓋試験用モックアップ構造との相違点は以下の通り。

- ・**容器胴体の高さは実機製作手順を考慮して決定。**(容器の製作性等を確認可能な最低限の構造)
- ・**可動フランジのフランジ部は昇降可能**な構造。(より実機に近い形での位置合わせ確認可能)



# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.400

## ② 大型搬出容器

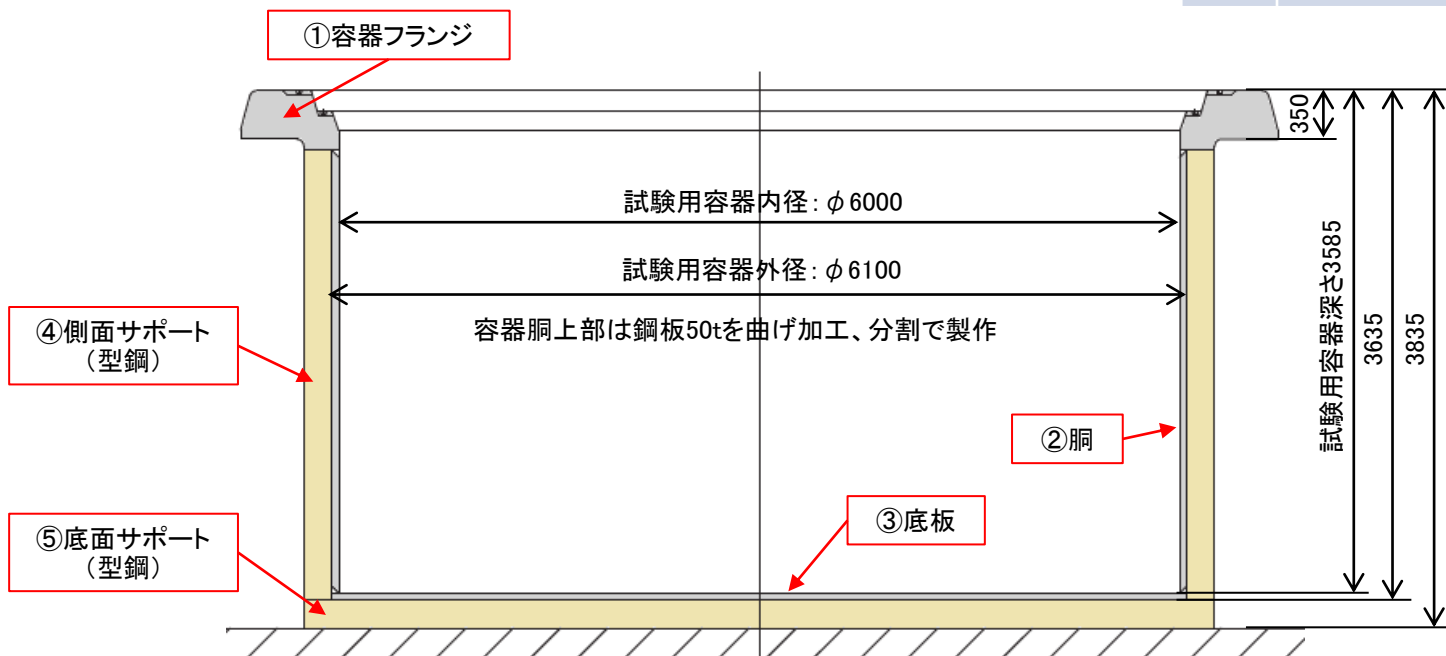
### 【要素試験の計画(要素試験用大型搬出容器 概略仕様)】

大型搬出容器の実機構造および製作手順の検討結果から、容器フランジについては、実機相当の構造で製作することとした。

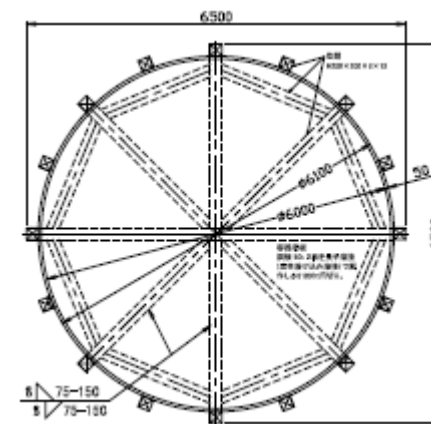
要素試験用容器胴体の高さは、板を曲げて溶接ができれば良いと考え、実機用容器高さ約7.5mに対して半分程度の約4mとした。

要素試験用大型搬出容器 部品表

品番	品名	員数	材質	備考
1	容器フランジ	1	SF440A	炭素鋼鍛鋼品
2	胴	1式	SS400	分割板曲げ
3	底板	1式	SS400	分割鋼板
4	側面サポート	1式	SS400	
5	底面サポート	1式	SS400	



要素試験用大型搬出容器 断面図



底面構造

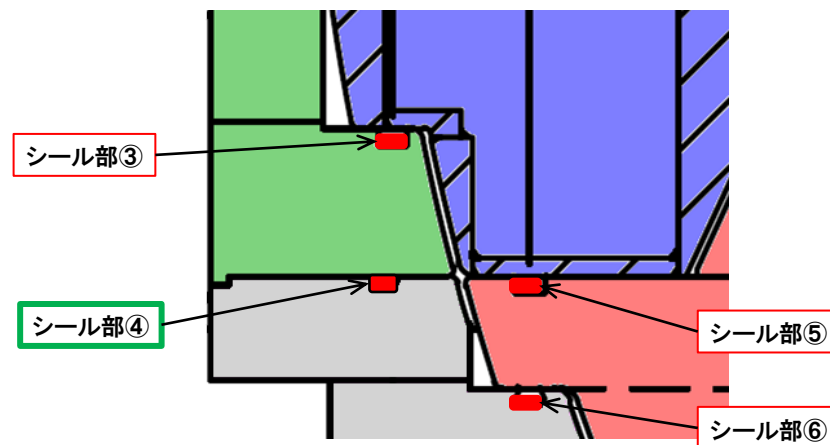
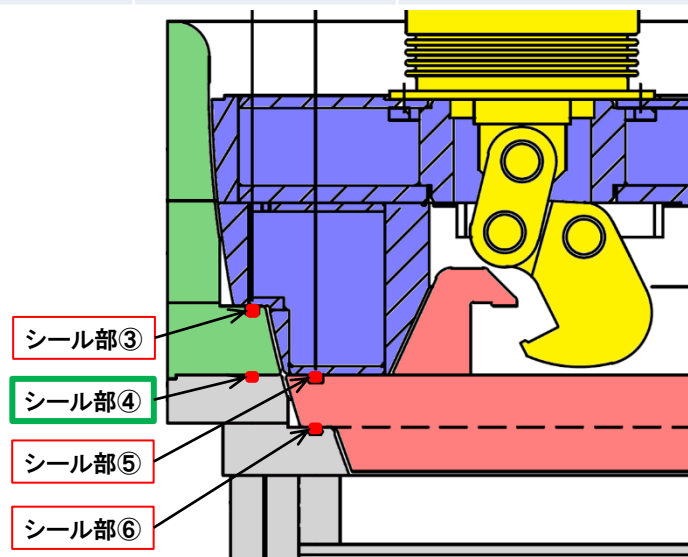
# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.401

## ② 大型搬出容器

### 【要素試験の計画(試験で確認するシール部)】

要素試験では、実機での運用ステップを考慮して、以下の4つのシール部の気密性を確認する。

ID.	シール部	気密取り合い	気密確保方法	気密確保必要運用ステップ	備考
1	シール部③	● 上蓋ー 可動フランジ間	➢ 上蓋の自重でOリングを潰して 所定のつぶし量を確認する。	➢ (3)容器接続以前 ➢ (9)容器切り離し以降	➢ 安全確保PJで検討、試験実施済み。 ➢ 本事業で可動フランジ昇降の影響確認
2	シール部④	● 可動フランジー 容器フランジ間	➢ 可動フランジの自重でOリング を潰して所定のつぶし量を確認 する。	➢ (3)-2上蓋と下蓋(容器)接続 ➢ (8)大型容器蓋締め	➢ 本事業で試験実施
3	シール部⑤	● 上蓋ー下蓋間	➢ 上蓋の自重でOリングを潰して 所定のつぶし量を確認する。	➢ (4)二重蓋吊上げ、容器開放 ➢ (7)二重蓋吊り下ろし	➢ 安全確保PJで検討、試験実施済み。 ➢ 本事業で可動フランジ昇降の影響確認
4	シール部⑥	● 下蓋ー容器間	➢ 下蓋の自重でOリングを潰して 所定のつぶし量を確認する。	➢ (2)容器搬入 ➢ (10)容器搬出	➢ 安全確保PJで検討、試験実施済み。 ➢ 本事業で製作する容器フランジで確認



## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.402

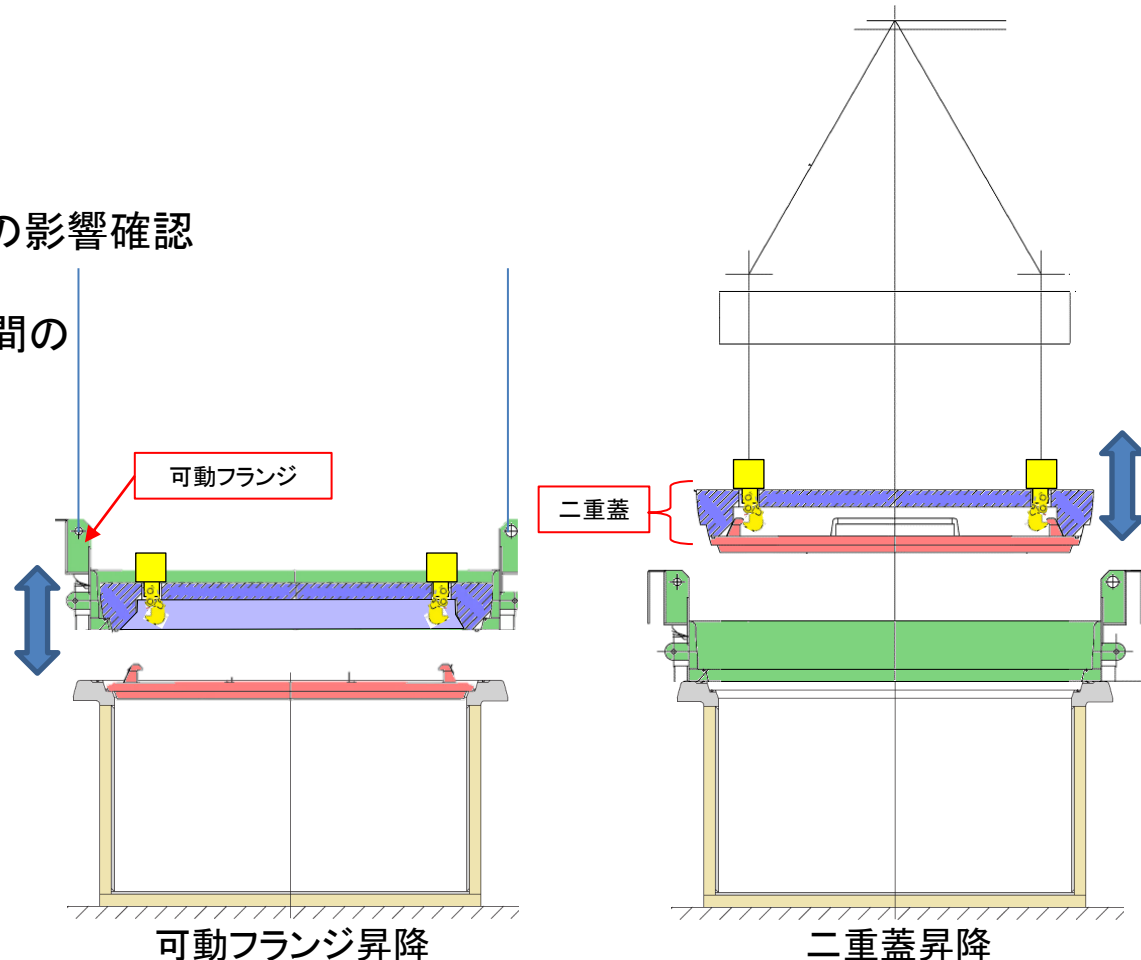
### ② 大型搬出容器

#### 【要素試験の計画(試験イメージ)】

安全確保PJで製作した二重蓋を活用した上で、大型搬出容器を試作し、要素試験を実施して実現性の確認と課題抽出を行う。

#### 【要素試験での確認事項(案)】

- ・可動フランジ昇降動作の遠隔監視方法
- ・可動フランジ、大型搬出容器芯ずれ時の影響確認  
→各シール部の気密性を確認する。  
(特に、容器フランジと可動フランジ間のシール性への影響を確認する。)



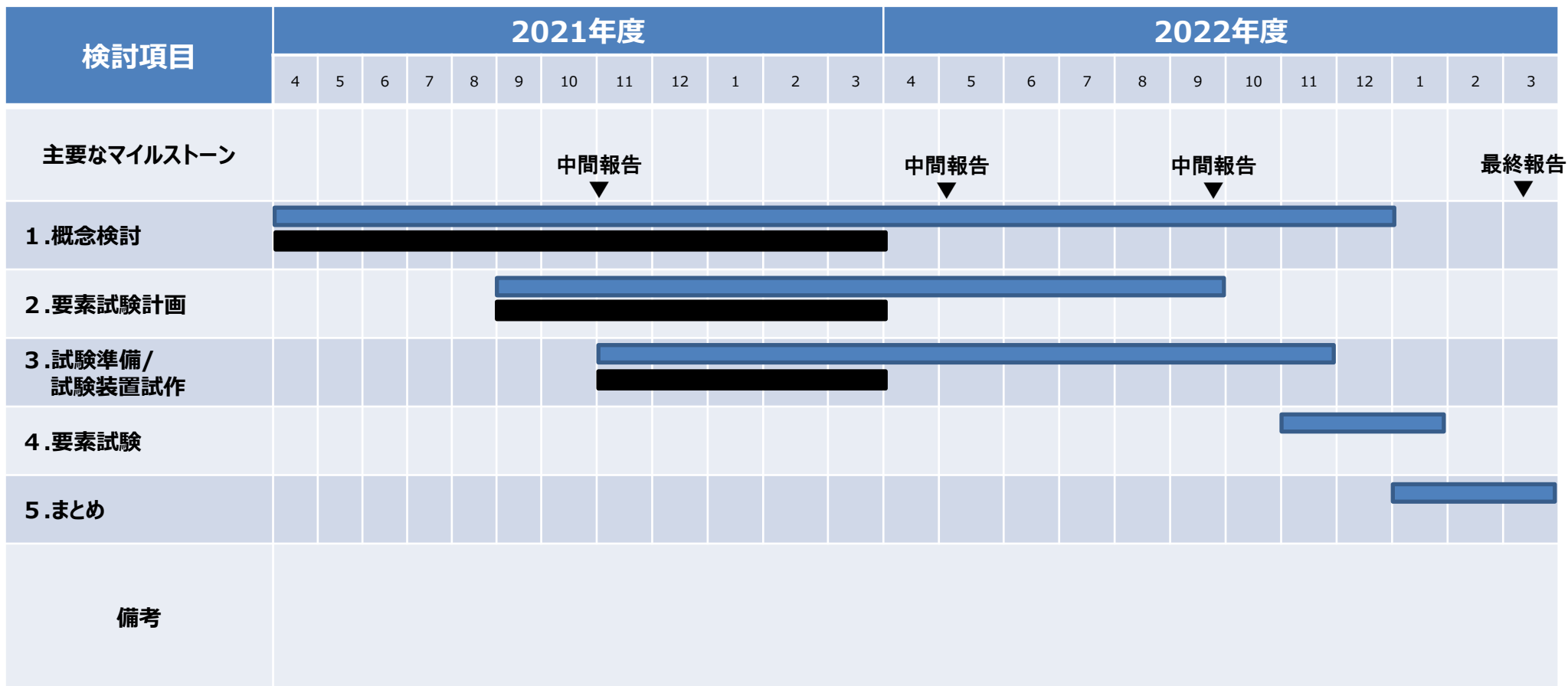
大型搬出容器要素試験イメージ

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.403

## ② 大型搬出容器

### ■ 開発工程

■ :計画  
■ :実績



## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.404

### ② 大型搬出容器:まとめ

- 大型搬出容器について前提条件を整理し、開発方針を検討した。
- 大型搬出容器の製作手順を考慮し、試験での模擬範囲について検討した。
- 大型搬出容器の構造設計を実施中。容器フランジ構造が気密性に重要な部分であるため、実機構造を考慮して要素試験用の容器を製作して要素試験で気密性を確認する計画とした。
- 上記に関して要素試験計画を立案中。今後、要素試験により大型搬出容器の実現性を確認する。

### ③ 大型搬送装置

燃料デブリ・炉内建造物の取り出しに関しては、上アクセス工法のスループット向上のため 大型一体搬出工法について2019年度からの開発で検討を進めている。その成立のためには、大型建造物の原子炉からの切り離しと搬出が必要になるが、搬出に用いるR/B内の大型搬送装置は、原子炉から切り離した建造物を一体で搭載し、閉じ込めと遮蔽を必要とする搬送用通路を気密ゲートで区分できるように開発する必要がある。

大型搬送装置は、R/Bのオペフロ荷重負荷低減のために小型軽量化すること、重量建造物の搭載による変形等による走行機能への影響がないこと等が必要になる。また、搬送装置を台車方式とする場合、一般的にはワイヤけん引方式は自走式に比べ低床化が可能で小型化に有利であるが、汚染エリア区分のために気密ゲートを設ける場合には適用が難しくなる。このような大型搬送装置の前提条件と必要開発項目について検討整理し、気密ゲートへの適応性など汚染した大型重量建造物を確実に搬送する方法について調査検討を実施し、駆動機構を含む搬送装置の構造検討及び要素試験によって、大型搬送装置の現場適用性に関する評価と課題整理を行う。

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.406

## ③ 大型搬送装置

【注記】  
 色で以下の汚染レベルを表記\*  
 R(赤色):レッド(高汚染)区域  
 Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
 G(緑色):グリーン(低汚染)区域  
 \*主要区域には色のほか、R・Y・Gと表記

### 【20年度までの検討状況】

- 連絡通路内の高汚染範囲を低減する方法の概念検討を実施
- 台車を用いて構造物を搬送する方法を検討

	(連絡通路方式)	(連絡通路方式)改1 ゲートで仕切り追加	(連絡通路方式)改2 作業容器で仕切り追加
概念図			
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 取り出し手順がシンプル</li> <li>・ 設備構成も少なく、廃棄物量小</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 切断中の放射性ダストはゲート閉にて連絡通路への拡散を低減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 切断中の放射性ダストは作業容器にて連絡通路への拡散を低減</li> <li>・ 構造物運搬時は、作業容器も使用して運搬することで放射性ダストが連絡通路に拡散することを低減</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 切断中の放射性ダストは直接連絡通路に拡散(放射性ダストの蓄積大)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 搬送台車のレール、走行駆動部がゲート閉時に干渉が生じる。</li> <li>・ 構造物運搬時は、付着した放射性ダストが連絡通路に拡散</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 作業容器追加により二次廃棄物量が増える。</li> </ul> <p>注記: 作業容器は下面の閉止はないため、搬送台車に移送時は一時的に開放される。</p>

⇒連絡通路内への放射性ダスト蓄積低減のため、(改2)の方法を主案として検討した。検討の具体化を進める。

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.407

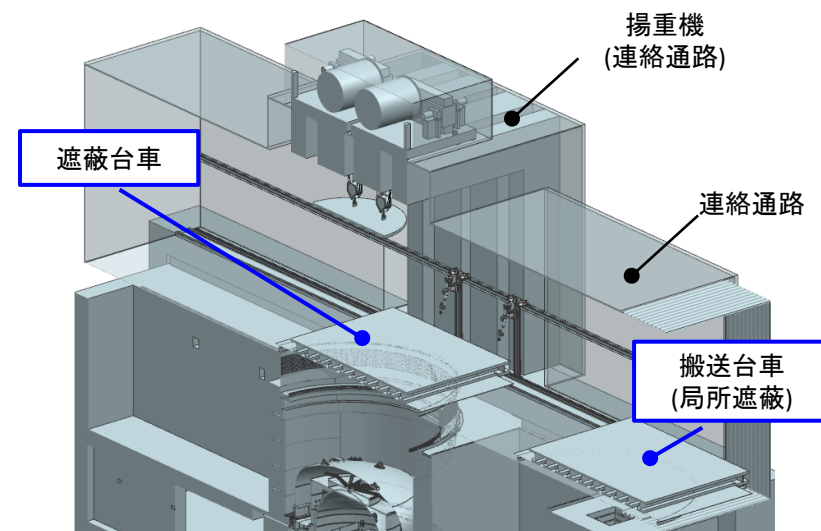
### ③ 大型搬送装置

#### 【課題】

- ・ 連絡通路で遮蔽をする場合、遮蔽方法によっては重量が増加し、設備規模も大きくなる。
- ・ 連絡通路で気密を確保をする場合、連絡通路内全体に汚染が拡散するリスクがある。
- ・ 搬送対象は重量物であるため、搬送装置は重量物搭載の影響を考慮する必要がある。

#### 【実施内容】

- ・ 大型構造物の搬送時における連絡通路内の汚染低減方法の検討およびその方法を考慮した大型搬送装置（遮蔽台車・搬送台車）の前提条件と必要開発項目の整理を行う。
- ・ 大型重量構造物を確実に搬送する方法について、従来技術・実績等の調査検討を行う。
- ・ 駆動機構を含む大型搬送装置の構造を検討する。また、重量物搭載による走行への影響を検討する。
- ・ 連絡通路内における大型搬送装置およびその駆動機構の配置の成立性を検討する。
- ・ 要素試験を計画、実施して大型搬送装置の現場適用性に関する評価と課題整理を行う。



(注記)「遮蔽台車」および「搬送台車」が「大型搬送装置」

#### 【得られる成果】

- ・ 汚染した大型重量構造物を確実に搬送する方法の提示。

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.408

### ③ 大型搬送装置

#### 【実施内容】

実施項目	実施内容
前提条件の整理	大型構造物の搬送時における連絡通路内の汚染低減方法の検討およびその方法を考慮した大型搬送装置運用時の前提条件について整理する。
従来技術・実績等の調査検討	大型重量構造物を確実に搬送する方法について、従来技術・実績等の調査検討を行う。
大型搬送装置の検討	<ul style="list-style-type: none"><li>・駆動機構を含む大型搬送装置の構造を検討する。</li><li>・重量物搭載による走行への影響を検討する。</li></ul>
大型搬送装置の配置性検討	<ul style="list-style-type: none"><li>・連絡通路内における大型搬送装置およびその駆動機構の配置の成立性を検討する。</li></ul>
要素試験計画、実施	<ul style="list-style-type: none"><li>・要素試験を計画、実施して大型搬送装置の現場適用性に関する評価と課題整理を行う。</li></ul>

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.409

### ③ 大型搬送装置

#### 【前提条件】

- 大型搬送装置の前提条件を以下に示す。

ID.	前提条件	根拠
1	上アクセス用の増設建屋は横アクセス用の増設建屋とは別に設置する。	上アクセスは構造物を一体で搬出することを検討しており、横アクセスとの払い出し設備の共用は難しい。
2	取り出し設備等を設置する連絡通路の荷重は架構を設置して地表面で支持し、搬送台車は架構上を走行する。	オペフロの耐荷重を考慮すると連絡通路の荷重を支持することは困難と想定。
3	搬送可能重量は構造物および作業容器が搬送できるように検討する。	構造物および作業容器が搬送できるよう、取り出し工法の検討状況を反映しながら検討する。

# 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.410

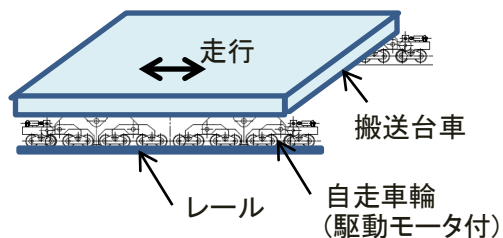
## ③ 大型搬送装置

### 【搬送方法、装置の検討】

搬送台車低床化に関する課題と検討概要を以下に示す。必要に応じ要素試験を行い実現性を確認する。

#### \* 一般的な台車方式(自走式搬送台車)

#### の課題とその対応案



自走式搬送台車

#### 自走式搬送台車の課題

自走式搬送台車の場合、自走式車輪&レールで高さ約2m以上必要となるため、連絡通路大型化(R/B負荷UP)につながる。

従来技術・実績の調査結果を反映

#### ◆ 走行方式調査例

	案1:車輪方式	案2:エンドレスコロ方式	案3:エアーキャスター方式
概念図			
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>駆動モータを車輪軸に接続が可能(自走機能の付加が可能)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>低床化が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>低床化が可能</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>自走式車輪とレールで床下の高さが必要(推定約2m以上)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自走機能はないため、外部にけん引もしくは駆動機構が必要</li> <li>荷重分散の検討が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自走機能はないため、外部にけん引もしくは駆動機構が必要</li> <li>常時エアーを床面に吹き付けるため、気体廃棄物の処理量が増加</li> </ul>

#### ◆ 駆動方式調査例

	案1:ワイヤーけん引方式	案2:ジャッキけん引方式	案3:駆動機構埋設方式	案4:台形ネジ駆動方式
概念図				
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>台車構造の簡素化が図れる。</li> <li>駆動部(ウインチ等)の配置位置の自由度が高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>台車構造の簡素化が図れる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>台車構造の簡素化が図れる。</li> <li>駆動モータおよびケーブルは連絡通路外側に配置が可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>台車構造の簡素化が図れる。</li> <li>駆動モータおよびケーブルは連絡通路外側に配置が可能。</li> <li>位置精度が高い</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>可動範囲内にゲートがある場合、干渉回避が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可動範囲内にゲートがある場合、干渉回避が必要</li> <li>台車移動に合わせてシリンダジャッキのホース処理を要する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>台車移動に合わせてラックとスプロケットの再かみ合わせ方法に課題あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>可動範囲内にゲートがある場合、干渉回避が必要</li> </ul>
保守	<ul style="list-style-type: none"> <li>駆動部(ウインチ等)はワイヤー巻取りによる汚染あり配慮が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>駆動部(シリンダジャッキ)は台車と一体のため汚染あり配慮が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>駆動部(モータ)は連絡通路外配置のため汚染の影響は少ない</li> <li>但しラック面のゴミかみ込み対策は課題として継続検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>駆動部(モータ)は連絡通路外配置のため汚染の影響は少ない</li> <li>但し台形ねじのゴミかみ込み対策は課題として継続検討</li> </ul>

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.411

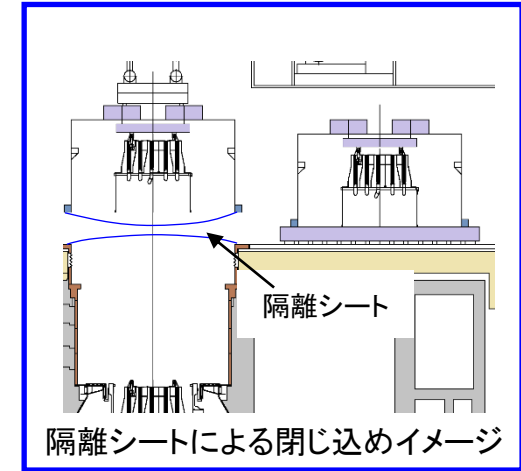
### ③ 大型搬送装置

【注記】  
色で以下の汚染レベルを表記\*  
R(赤色):レッド(高汚染)区域  
Y(黄色):イエロー(中汚染)区域  
G(緑色):グリーン(低汚染)区域  
\*主要区域には色のほか、R・Y・Gと表記

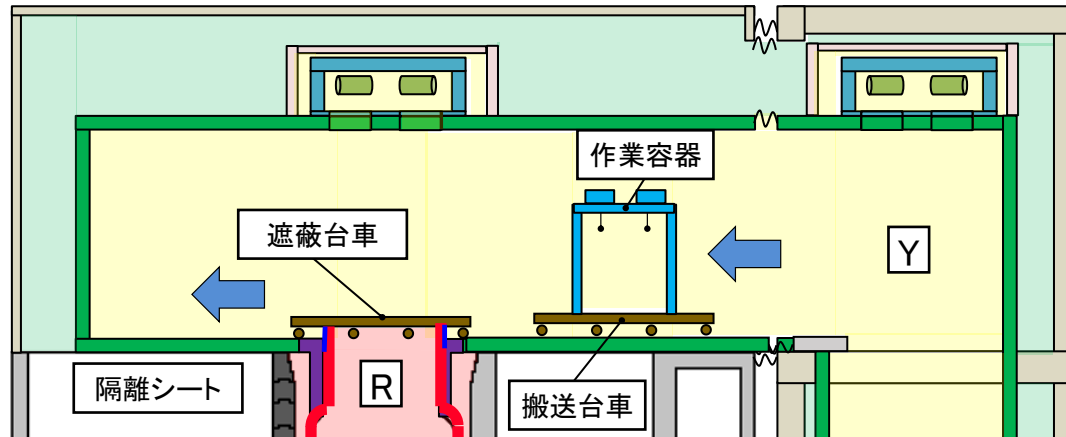
#### 【搬送方法、装置の検討】

大型搬送装置として、PCVからの線量を遮蔽する遮蔽台車と、作業容器を搬送する搬送台車の2台を使用し、連絡通路内の同一軌跡を走行する構成とする。

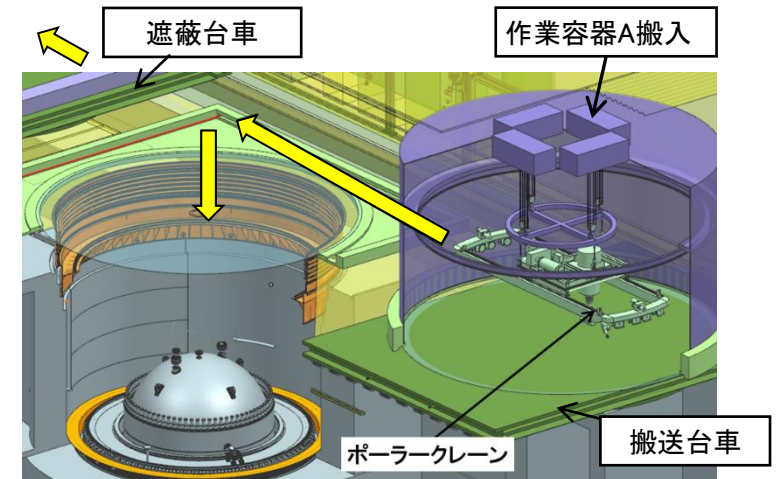
大型搬送装置の検討に当たっては、連絡通路内の汚染低減方法として検討中の作業容器と隔離シートとの取り合いを考慮して検討する。



項目	概要
遮蔽台車	PCVからの線量を遮蔽する台車。
搬送台車	ウェルと増設建屋間の台車。作業容器の搬送を行う。



作業容器搬入イメージ(遮蔽台車退避前)



作業容器搬入イメージ(遮蔽台車退避後)

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.412

### ③ 大型搬送装置

#### 【大型搬送装置の要求機能】

大型搬送装置の要求機能を以下に示す。

詳細は大型一体搬出工法の全体ステップと合わせて検討中であるが、現状の想定値で成立する大型搬送装置の構造を検討することとした。

ID	項目	要求機能	本事業での検討方針
1	遮蔽性能	原子炉ウエル上まで移動して炉内からの線量を遮蔽できること 2020年度概念検討結果：外形L14×W14×H0.18m	作業容器、隔離シートとの取り合いも考慮して構造検討を実施する
2	搬送重量	構造物を収納した作業容器が搬送できること(暫定値：約600ton) (作業容器遮蔽重量約330ton、構造物(炉底部)約250ton、+α)	作業容器構造検討結果を基に適宜見直し
3	セル間移送性	複数のセル間を移動できること	連絡通路および増設建屋内の配置検討を含めて概念検討を実施する
4	気密性	複数セル間の移動を考慮すると、レール等構造物が複数セル間に渡り敷設される可能性がある この場合においてもセル間の気密性を確保できること	〃
5	保守性	増設建屋または連絡通路内で遠隔メンテナンスができること	〃
6	位置決め性	上記の搬送重量を搭載した状態でも所定の位置決め性を有すること	大型一体搬出工法の手順を考慮した位置決め性を有する移動機構の概念検討を実施する
7	耐震性	構造物を収納した作業容器を載せた状態で、地震発生時に転倒しないこと	耐震性評価は実施しないが、耐震性は考慮して概念検討を実施する
8	耐衝撃性	作業容器が大型搬送装置上に落下した場合でも構造健全性が保証されること	耐衝撃性評価は実施しないが、耐衝撃性は考慮して概念検討を実施する
9	耐腐食性	腐食を防止、もしくは腐食に耐えうる構造であること	耐腐食性評価は実施しないが、耐腐食性は考慮して概念検討を実施する

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型建造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.413

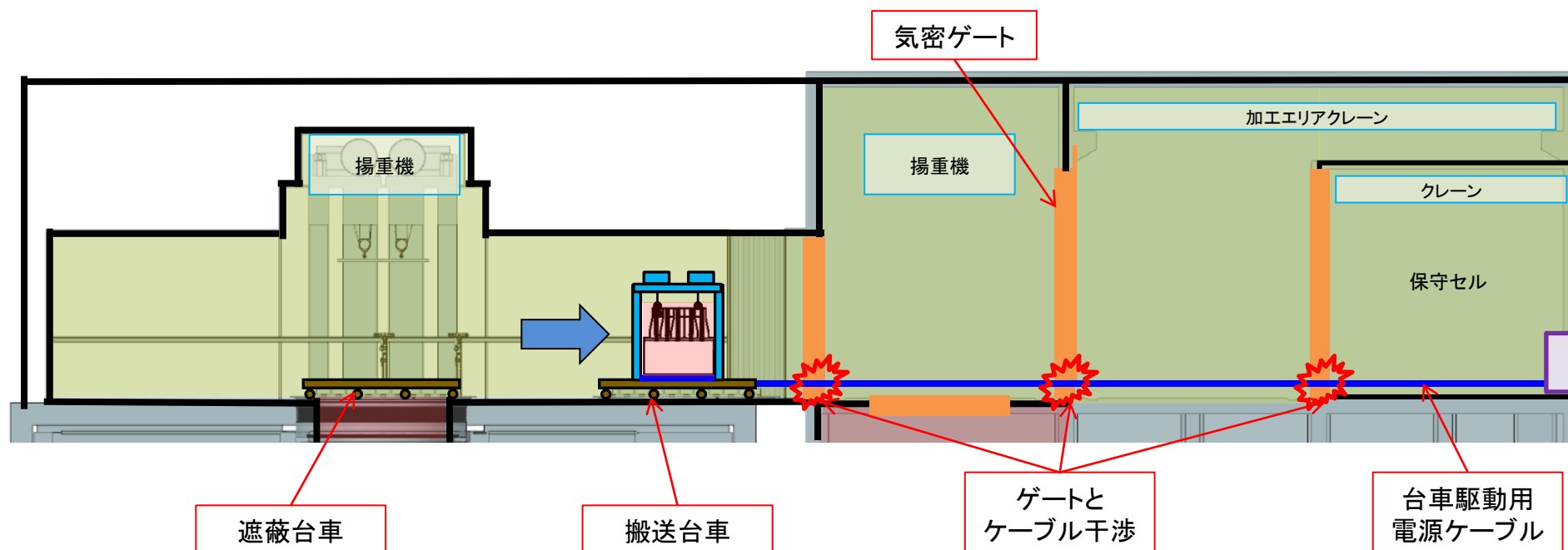
### ③ 大型搬送装置

#### 【大型搬送装置開発方針概要】

大型一体搬出工法においては作業容器を大型搬送装置(搬送台車)に乗せた状態で連絡通路から増設建屋まで輸送する。

連絡通路および増設建屋の汚染低減のためには、ゲートを設けていくつかのセルに分けて、放射性物質が広範囲に広がらない様にする事が考えられる。

その中で、いくつかのセル間で大型搬送装置を輸送する必要があり、前述のワイヤー牽引方式や台形ネジ駆動方式の場合や、装置を自走式にする場合は、ケーブル・ホースなどがゲートと干渉するため、バウンダリ確保に課題がある。これらを考慮した搬送方式について概略検討を実施する。



大型搬送装置イメージ(増設建屋のレイアウトは検討中であり、本図は20年度の成果を基に作成)

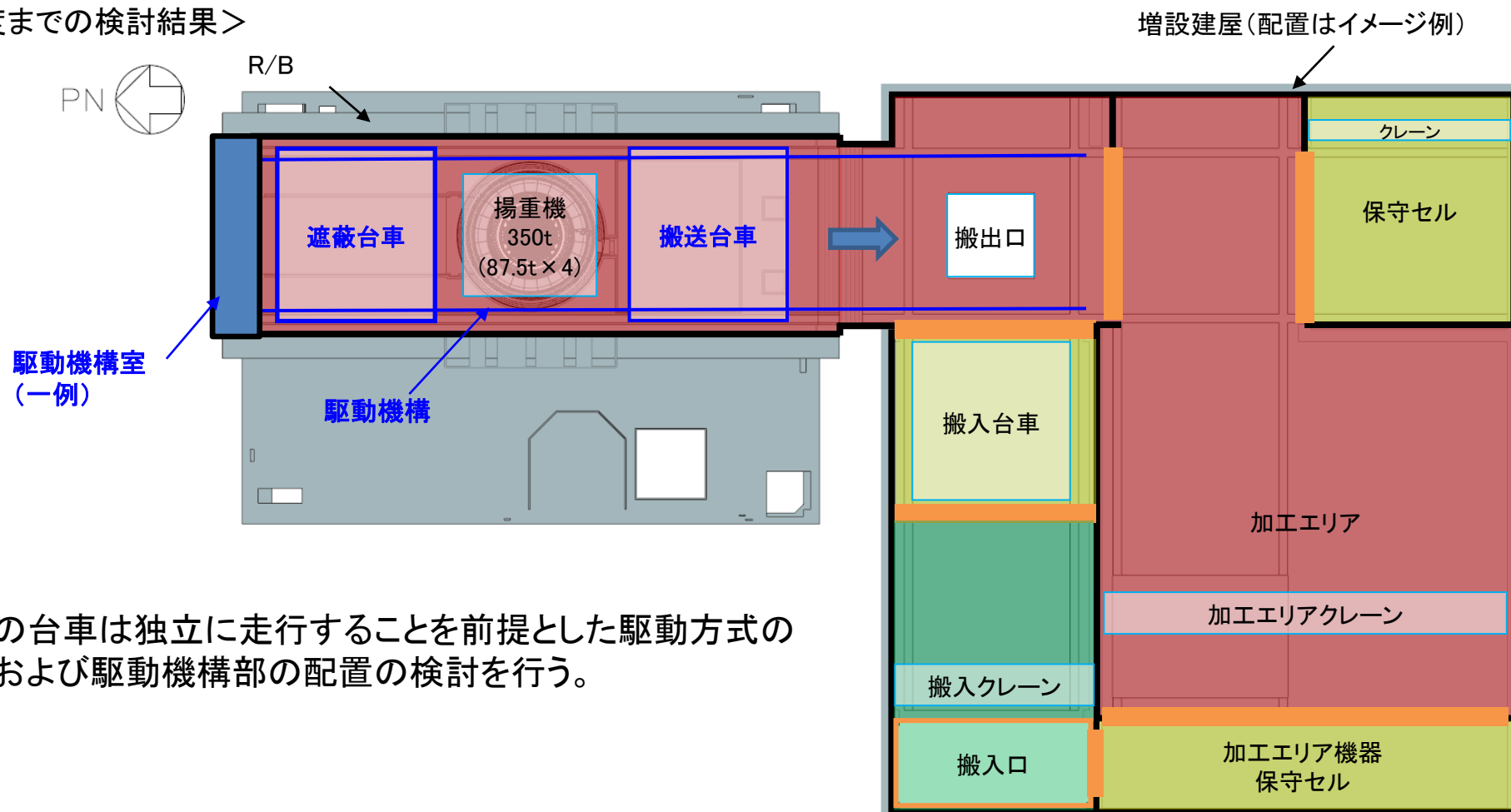
## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.414

### ③ 大型搬送装置

【実施内容(概要)：連絡通路内における大型搬送装置およびその駆動機構の配置検討】

20年度までの検討結果を基に、搬送装置・駆動機構の配置を検討する。

<20年度までの検討結果>



- 各々の台車は独立に走行することを前提とした駆動方式の検討および駆動機構部の配置の検討を行う。

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型建造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.415

### ③ 大型搬送装置

#### 【大型搬送装置検討結果概要】

複数のセル間移動を考慮した場合の概略検討結果を以下に示す。詳細は後述する。  
本事業では、課題となる要素を試作して大型搬送装置の成立性を確認する。

#### 【凡例】

- ：適用時の課題少ない
- △：適用時の課題あり
- ▲：適用時の課題が多い

	(1)電動機搬送方式	(2)ワイヤ搬送方式	(3)ネジ軸式搬送方式	(4)シャトル搬送方式	(5)ワイヤ牽引方式
イメージ 図					
セル間 移送性	○：ゲート部の干渉なし (セル毎にケーブルベア 設置)	○：ゲート部の干渉なし (セル毎に駆動機構設置)	○：ゲート部の干渉なし (セル毎に台形ネジ設置)	△：ゲート部の干渉なしだが、 機構上多セル間移動に不適	▲：ゲート部の干渉が生じる ため対策が必要
気密性	△：コネクタ部とケーブルの 保守	△：ワイヤがセル外に貫通 →2次的閉じ込めで改善	△：ネジ軸がゲートと干渉 →2次的閉じ込めで改善	△：電動シリンダセル外設置 →2次的閉じ込めで改善	▲：ワイヤとゲートの干渉
保守性	▲：セル内での補修が必要	△：ワイヤを介して汚染が 広がるリスク有	△：セル外保守可能 (ネジ事態に汚染が蓄積)	○：セル外保守可能	△：ワイヤを介して汚染が 広がるリスク有
位置 決め性	△：モータ性能による	△：フックを駆動させるワイ ヤ機構の性能による	○：ネジ軸の制御による高い 停止制度が期待できる	▲：機構の性質上位置決め 精度が低い	△：ワイヤを駆動させる機構 の性能による
耐震性	○：レールに沿って移送予定 であり転倒リスクは小さい	△：フックで固定されている	△：ネジ軸で固定されている	▲：台車の固定が不可	△：レールに沿って移送予定 であり転倒リスクは小さい
製作性	○：小型の気密遠隔コネク ティングの実績あり	○：小型の製作実績あり 重量物運搬尾成立性	▲：大型のネジ軸の製作性 に課題あり	○：比較的単純な構造のため	○：比較的単純な構造のため
評価	△	△	△	▲	▲

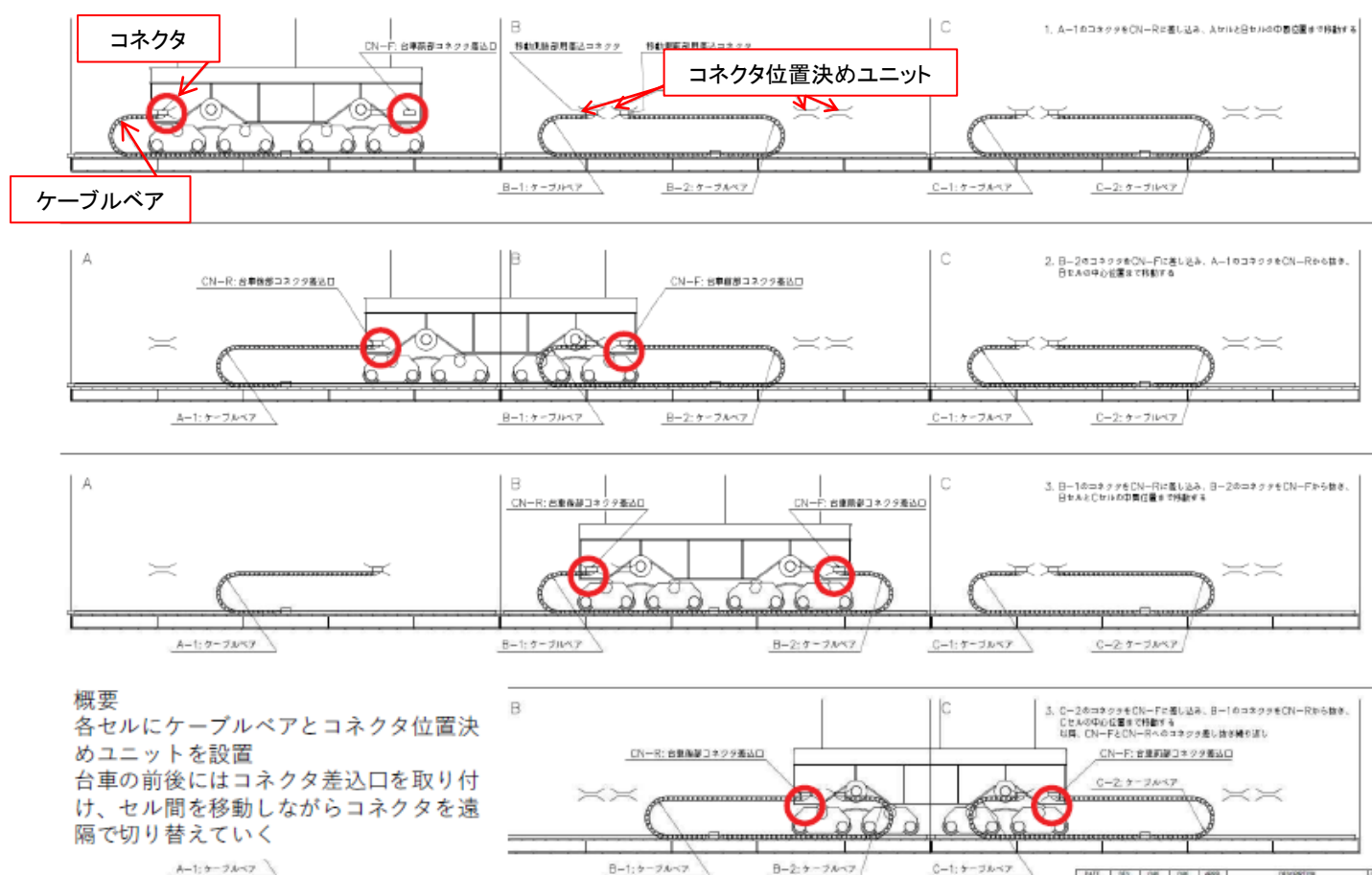
## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.416

### ③ 大型搬送装置

#### 【大型搬送装置構造概念検討】

##### (1)電動機搬送方式

- ・各セルにケーブルベアとコネクタ位置決めユニットを設置
- ・台車の前後にコネクタ差込口を取り付け、セル間を移動しながらコネクタを遠隔で切り替えていく。



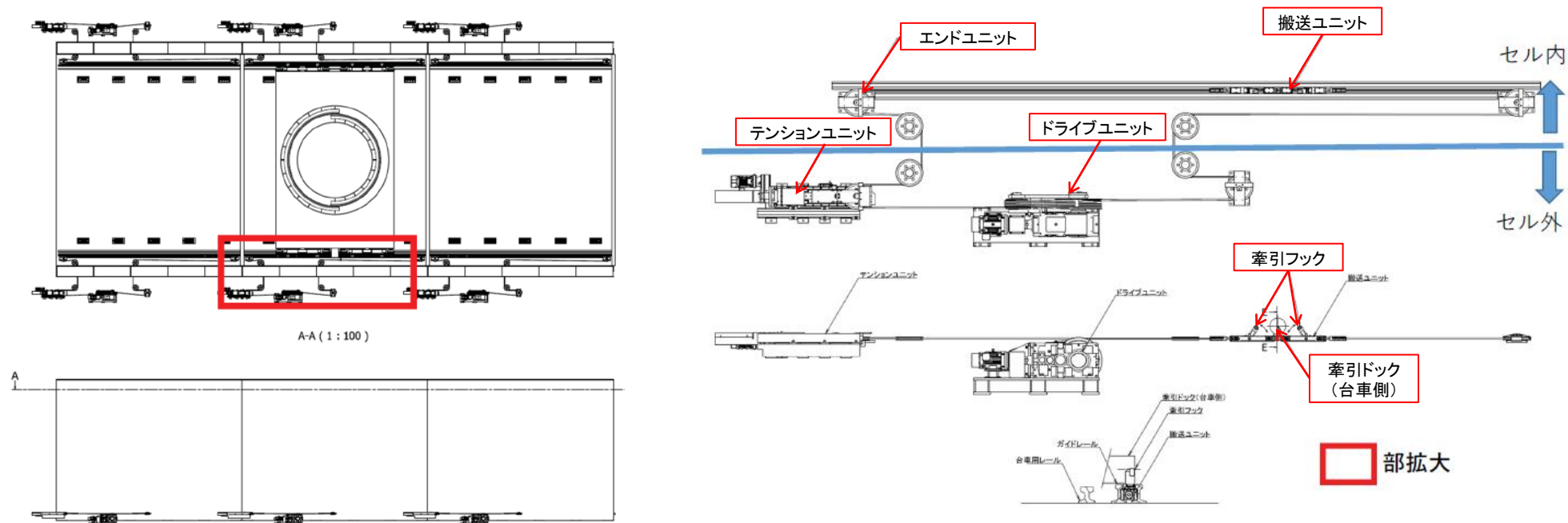
## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.417

### ③ 大型搬送装置

#### 【大型搬送装置構造概念検討】

##### (2)ワイヤ搬送方式

- ・セル壁から貫通させたワイヤを駆動して、台車を移動する。
- ・既定のテンションをかけると立ち上がる牽引フックで台車側に取り付けた牽引ドックを挟み込んでからワイヤを駆動することで台車を搬送する。



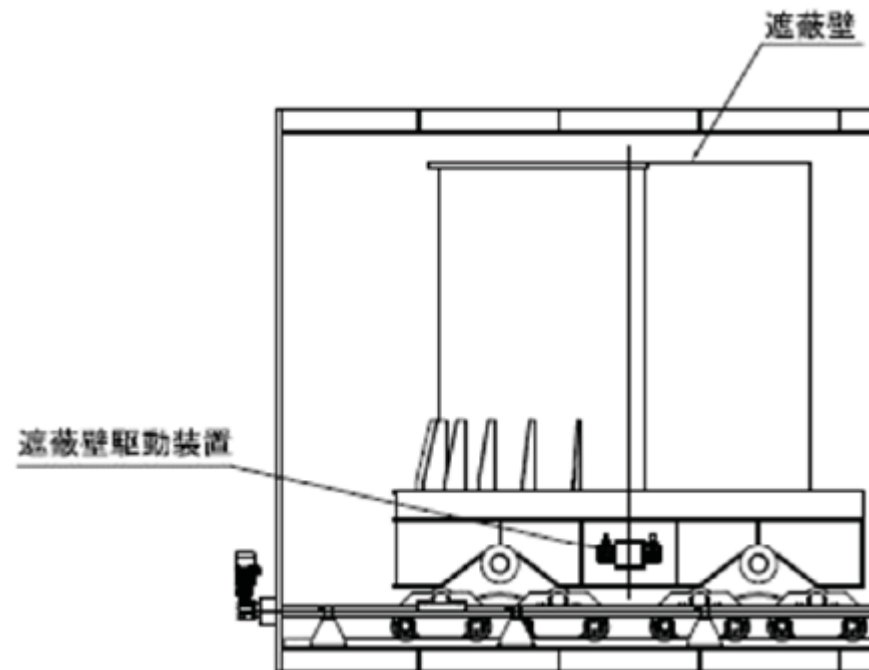
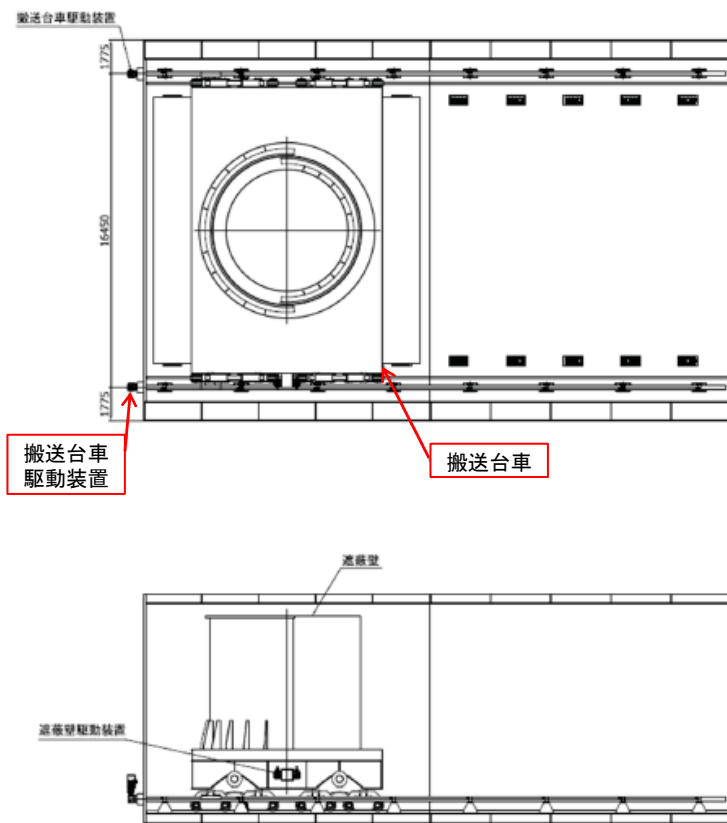
## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.418

### ③ 大型搬送装置

#### 【大型搬送装置構造概念検討】

##### (3)ネジ軸式搬送方式

- ・セル外部から台形ネジのネジ軸を回転させる。  
(下図では連絡通路端部からネジ軸を回転させているが、多セルの場合はセル壁側(側面)から駆動が必要)
- ・台車に取り付けた半割のナットが台形ネジと噛むことで駆動力を得て移動



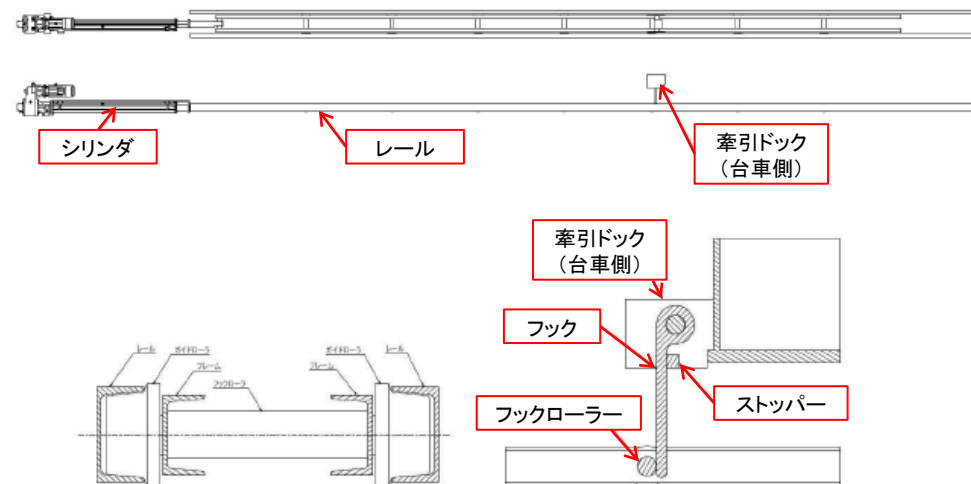
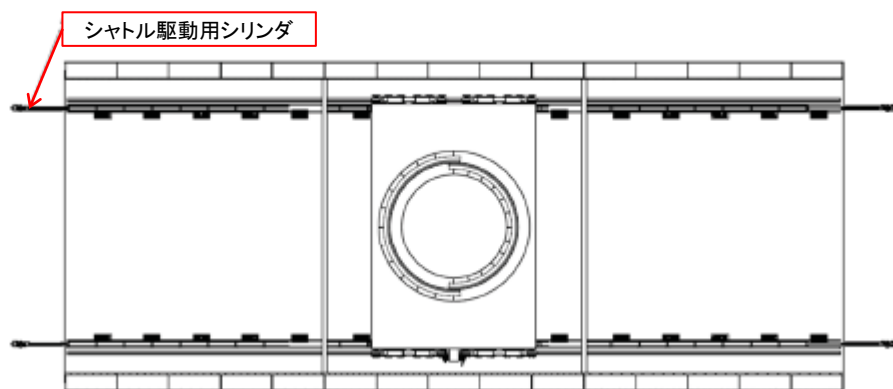
## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.419

### ③ 大型搬送装置

#### 【大型搬送装置構造概念検討】

##### (4)シャトル搬送方式

- トンネル端部に取り付けたシリンダーでラダー(フックローラが付いたフレーム)を往復動させて台車に取り付けたドックを押し出すことで台車に移動させる。
- シンプルな構造だが、正確な位置決めは困難であることなど課題が多い。



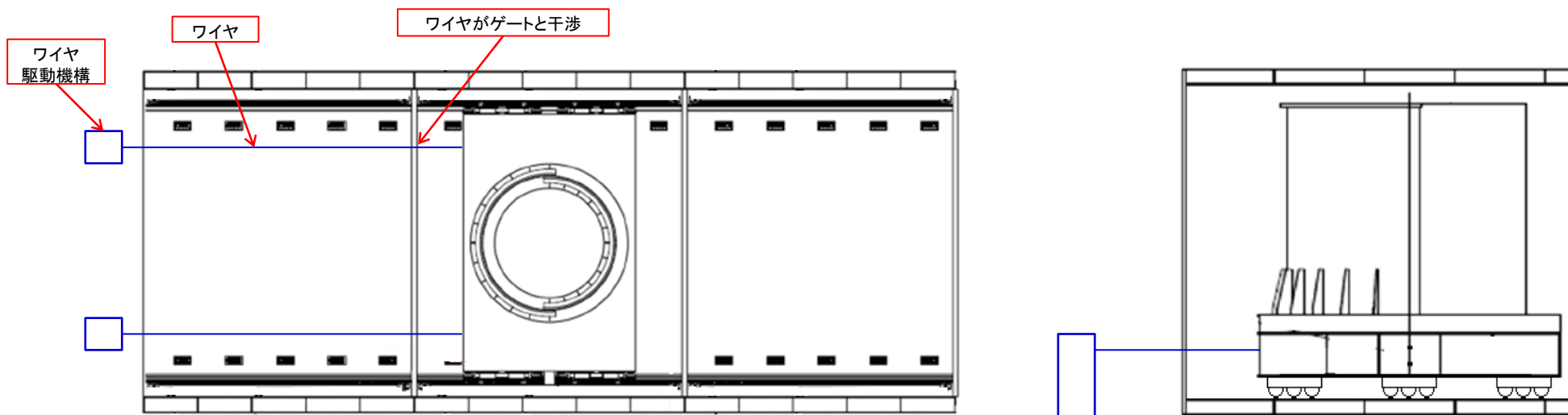
## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.420

### ③ 大型搬送装置

#### 【大型搬送装置構造概念検討】

##### (5)ワイヤ牽引方式

- ・大型搬送装置の台車はコロで動く構造として、セルの外部からワイヤ等の駆動機構で台車を牽引する方式。
- ・台車が別セルまで移動後にゲートを閉めようとするときワイヤとゲートが干渉するため、気密性に課題がある。



## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.421

### ③ 大型搬送装置

#### 【要素試験計画、実施】

前述の大型搬送装置の課題を基に、要素試験で試作して確認する項目を検討中。

その要素試験結果を基に、大型搬送装置の候補を選定する。

以下の項目等を候補として、引き続き検討を行い、要素試験計画を立案する。

(1)電動機搬送方式における、大型コネクタの遠隔接続可否

(2)ワイヤ搬送方式における、重量物運搬の成立性

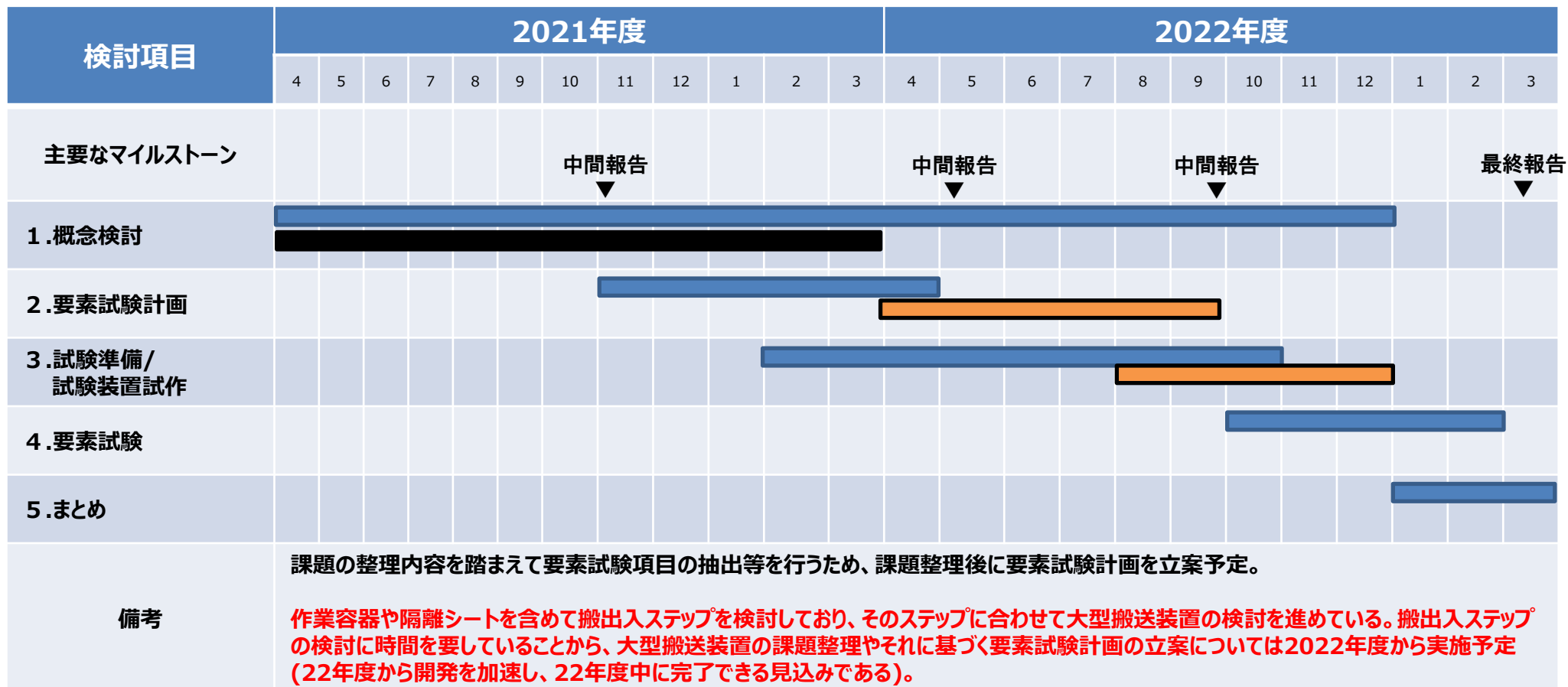
(3)ワイヤ等駆動部とゲート間の気密性

## 6. 本事業の実施内容【2)(1)大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発】No.422

### ③ 大型搬送装置

■ :計画  
 ■ :計画(見直し後)\*  
 ■ :実績

#### ■ 開発工程



③ 大型搬送装置：まとめ

- 大型搬送装置構造について前提条件を整理し、開発方針を検討した。
- 大型搬送装置構造について電動機搬送方式、ワイヤ搬送方式、ネジ軸式搬送方式およびシャトル搬送方式を検討し、課題を整理した。
- 大型搬送装置に関する要素試験の計画を立案し、試験により実現性を確認する。

## 7. まとめ

### 1) 横取り出し工法の開発

#### (1) アクセス用設備の設置工法の開発

##### ① 大型重量構造物の設置

- アクセス用設備のセルアダプタ、遮蔽扉及び燃料デブリ取り出しセルに関する接続部、組合せ部及び設置部に着目し構造の検討を行った。
  
- アクセス用設備及びその他の燃料デブリ取り出し設備のセルは、最短距離のアクセスルート構築のため、ペDESTAL開口部とX-6ペネ開口部の直線上に精度良く据付る必要がある。このため、据付手順、構造を検討し、更に据付精度を考慮した実現可能な案を構築した。
  
- 大型重量構造物の据付作業ステップの詳細化及び見直しを行い、各ステップにおける課題を抽出した。
  
- 据付作業ステップに於ける抽出課題に対して、その対処方針を明確にした。
  
- 高線量環境下の据付作業となるため、遠隔装置による据付を要求されるセルアダプタに対して、据付手順の詳細ステップの整理と課題を整理した。また、構造を具体化すると共に、遠隔装置への要求条件を明確にするための試験計画等を実施中。
  
- スループットの向上を図るための検討の一環として、スループット算出結果の精度を上げるためにセル内の作業の詳細化を図った。

## 1)横取り出し工法の開発

### (1) アクセス用設備の設置工法の開発(続き)

#### ② PCV 接続スリーブ遠隔設置・溶接

- スリーブ遠隔設置について、前提条件を整理し、送り出し工法および装置の検討結果を整理した。アクセストンネル本体の送り出しと同じ「全体送り出し方式」を選定し、課題および試験等で確認が必要な項目について整理した。3D計測やカメラ配置等の詳細を検討中。
- PCV接続スリーブ送り出し時の高さ目標値を、アクセストンネル送り出し時と同様に4000mmと設定した。遠隔設置装置の見直しを実施し、4000mm以下を達成できる見込みを得た。
- スリーブ遠隔溶接については、19-20年度補助事業で整理した課題に対する対応方法を検討し、課題および試験等で確認が必要な項目について整理した。溶接トーチを含めた試験装置や検査方法の検討等、詳細を検討中。
- スリーブ遠隔設置、遠隔溶接共に要素試験計画を検討し、試験装置や設備を準備中。今後、要素試験によりスリーブ遠隔設置・溶接手順および装置に関する実現性を確認する。

#### ③ 遮蔽体設置

- 遮蔽体追設工法検討のため、検討方針および前提条件を整理した。遮蔽評価を実施し、中性子線の線量が高いため、遮蔽厚さ削減のためには中性子遮蔽の設置が必要であるという結果を得た。
- 後施工する遮蔽材について遮蔽性能および施工性を考慮し、鉄板送り出し、鉄球充填および鉛鑄込みやモルタル充填工法を検討して比較評価を実施中。今後、概略図と合わせて比較評価を行い、追設構造案を選定する。
- 今後、試験により遮蔽体追設工法に関する実現性を確認する。

### 1)横取り出し工法の開発

#### (1) アクセス用設備の設置工法の開発(続き)

##### ④ シールドプラグの解体

- 1号機シールドプラグの一体搬出方法について、検討方針および前提条件を整理し、撤去手順の概略検討を実施。解体手順を整理した。
- 2、3号機コンクリートブロック解体方法について、検討方針および前提条件を整理し、解体撤去手順の概略検討を実施。解体手順を整理した。
- 1号機シールドプラグ及び2、3号機コンクリートブロック解体撤去手順における課題抽出と概算被ばく線量評価を実施。どちらの解体工法も一般的な解体工法であるが、コンクリートブロックについてはPCV接続スリーブの設置精度に影響を与えるため、今後コンクリートブロックの解体の要素試験を実施する。
- 今後、要素試験により加工ツールの評価を行い、工法の実現性を確認する。

### 1)横取り出し工法の開発(続き)

#### (2) 解体・撤去技術の開発

##### ① HVH解体

- HVH解体について、前提条件を整理した。解体難易度からの試験対象の選定、切断技術として丸ノコ・レシプロソーの選定および解体作業ステップからの要素試験項目の抽出に関する検討結果について整理した。
- 作業ステップの詳細検討を行い、各ステップでの課題を抽出した。
- HVH解体ロボットや揚重機等の試験装置およびチップソー等の切断ツールについて検討し、仕様を整理した。
- 上記の検討結果を踏まえ、要素試験計画を立案し、試験項目や判定基準等を検討した。今後、要素試験によりHVH解体・撤去工法の実現性を確認する。

##### ② CRD交換機の解体

- CRD交換機解体について、前提条件を整理した。
- 1～3号機のCRD交換機解体撤去方法、作業ステップを検討した上で、開発すべき共通技術を抽出した。
- 2号機を模擬した試験環境で、CRD開口からの装置搬入および解体片の揚重→積載→搬出が可能か成立性を確認するための基礎試験を実施し、実機適用可能な見込みを得た。
- 今後、号機特有の作業ステップの詳細検討や解体撤去装置の設計・試作、および要素試験計画を立案し、要素試験によりCRD交換機解体撤去工法の実現性を確認する。

## 7. まとめ

### 1)横取り出し工法の開発(続き)

#### (2) 解体・撤去技術の開発(続き)

##### ③ ポンプピット内干渉物撤去

- ポンプピット内干渉物撤去について、前提条件としてポンプピット内燃料デブリの状況、撤去対象のポンプ仕様、ポンプピット仕様および位置について検討・整理した。
- ポンプピット内干渉物撤去に関する作業ステップを検討し、試験項目を選定した。
- 作業ステップの詳細検討を実施中。1号機PCV内ポンプピット(225° )の既設ポンプを撤去する際の作業イメージを整理した。
- 要素試験に使用するポンプ・ポンプピット模擬体および揚重装置について検討中。今後、解体装置等の検討も含めて要素試験計画を立案し、要素試験によりポンプピット内干渉物撤去工法の実現性を確認する。

## 7. まとめ

### 1)横取り出し工法の開発(続き)

#### (3) 取り出し工法の高度化開発

##### ① 取り出し用遠隔先端ツール

##### 先端ツール

- 過去のスループット算出の分析を実施し、要素試験として、ペDESTAL底に溜まった塊状燃料デブリの加工時間短縮を目指した加工試験を選定した。
- 過去の机上検討、加工試験実施状況から、ツールとしての加工試験未実施である、干渉物用ディスクカッタ、塊状燃料デブリ用コアボーリングを要素試験項目として抽出した。
- 上記ツールへの要求仕様を整理し、概念検討、要素試験計画を実施中。

##### 操作システム

- 燃料デブリ取り出しにおける作業フローを検討した。
- 作業フローの各フェーズにおいて、マニピュレータの作業内容および遠隔操作方法を整理した。
- オペレータの意識が手先に集中しがちな「把持」「切断」等の作業において、マニピュレータの肘の障害物回避を自動化する方策を検討した。システム実装方法を検討中。
- 障害物とマニピュレータの距離が一定値以下になると、アラーム警告やインターロック停止する機能の検討。システム実装方法を検討中。
- 衝突判定には3Dモデルを使用しているため、現場にずれがあると干渉リスクがある問題に対し、レーザセンサ等で現場をスキャンし、点群データを使ってずれを補正する仕組みを検討した。

## 2) 上取り出し工法の開発

### (1) 大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発

#### ① 大型切断工法

- 大型一体搬出工法について前提条件を整理した。
- RPVヘッド解体方法、炉心部等の充填固化方法および炉内構造物切断方法について概念検討を実施した。
- RPVヘッドボルト切断に関する要素試験計画を立案した。実機と同規模の模擬試験体(RPVヘッド、ボルト)を製作し、ボルトをAWJで切断する要素試験を実施。RPVヘッドボルト切断工法の実現性を確認し、課題を整理中。
- 炉内構造物切断について、要素試験計画を立案中。今後、要素試験により炉内構造物切断工法の実現性を確認する。

#### ② 大型搬出容器

- 大型搬出容器について前提条件を整理し、開発方針を検討した。
- 大型搬出容器の製作手順を考慮し、試験での模擬範囲について検討した。
- 大型搬出容器の構造設計を実施中。容器フランジ構造が気密性に重要な部分であるため、実機構造を考慮して要素試験用の容器を製作して要素試験で気密性を確認する計画とした。
- 上記に関して要素試験計画を立案中。今後、要素試験により大型搬出容器の実現性を確認する。

### 2) 上取り出し工法の開発(続き)

#### (1) 大型構造物の取り出しコンセプト実現に向けた技術開発(続き)

##### ③ 大型搬送装置

- 大型搬送装置構造について前提条件を整理し、開発方針を検討した。
- 大型搬送装置構造について電動機搬送方式、ワイヤ搬送方式、ネジ軸式搬送方式およびシャトル搬送方式を検討し、課題を整理した。
- 大型搬送装置に関する要素試験の計画を立案し、試験により実現性を確認する。

## 8. 実施目的を達成するための具体的目標

1)横取り出し工法の開発 (1) アクセス用設備の設置工法の開発	① 大型重量構造物の設置 PCVに接続するアクセスルートを構築するセルアダプタ、遮蔽扉及びセルの設置方法について、構造や設置工法を詳細化し、要素試験により実現性が示されていること。 (終了時目標TRL:レベル4)
	② PCV 接続スリーブ遠隔設置・溶接 PCVに接続するアクセストンネルのスリーブについて、遠隔設置方法の検討を行い、要求事項を整理したうえで要素試験により実現性が示されていること。また、スリーブの遠隔溶接方法について、要素試験により実現性が示されていること。 (終了時目標TRL:レベル4)
	③ 遮蔽体設置 アクセストンネルの遮蔽体について、要素試験により製作性等の実現性が示されていること。 (終了時目標TRL:レベル3)
	④ シールドプラグの解体 横アクセス工法での機器ハッチ前のシールドプラグ等(シールドプラグ、ブロックアウト)の撤去方法について、要素試験により切断/解体方法の実現性が示されていること。 (終了時目標TRL:レベル3)
(2) 解体・撤去技術の開発	① HVH解体 ペDESTAL外部に設置されている機器の中でも大型であるHVHの撤去方法について、要素試験により具体的な切断/回収方法の実現性が示されていること。 (終了時目標TRL:レベル3)

## 8. 実施目的を達成するための具体的目標

1) 横取り出し工法の開発(続き) (2) 解体・撤去技術の開発(続き)	② CRD交換機の解体 大型構造物でありペDESTAL中央に位置するCRD交換機の撤去方法について、要素試験により具体的な切断/回収方法の実現性が示されていること。 (終了時目標TRL:レベル3)
	③ ポンプピット内干渉物撤去 PCV内のポンプピットに水中ポンプを設置するために必要であるポンプピット内干渉物の撤去方法について、要素試験により切断等を行って搬出する方法の実現性が示されていること。 (終了時目標TRL:レベル3)
(3) 取り出し工法の高度化開発	① 取り出し用遠隔先端ツール PCV内の干渉物、燃料デブリの加工からユニット缶による回収等の一連の作業について、要素試験等により、作業の成立性が示され、スルー putt 評価用データが取得できていること。 (終了時目標TRL:レベル3)
2) 上取り出し工法の開発 (1) 大型構造物の取り出しコンセプト 実現に向けた技術開発	① 大型切断工法 上アクセス工法での構造物切断方法について、要素試験により切断して切る離す方法の実現性が示されていること。また、切断後の構造物を大型搬送装置に搭載するまでの搬出方法について検討し、現場適用性が評価されていること。 (終了時目標TRL:レベル3)
	② 大型搬出容器 上アクセス工法で構造物を一体で収納し、搬出する容器について、要素試験により性能検証が行われ、現場適用の課題が示されていること。 (終了時目標TRL:レベル3)

## 8. 実施目的を達成するための具体的目標

<p>2) 上取り出し工法の開発(続き)          (1) 大型構造物の取り出しコンセプト          実現に向けた技術開発(続き)</p>	<p>③ 大型搬送装置          上アクセス工法で取り出した構造物をR/B内で搬出する搬送装置について、要素試験により駆動機構を含む大型搬出装置の現場適用性が評価され、課題が整理されていること。          (終了時目標TRL:レベル3)</p>
---	--

TRLレベル	説明	フェーズ
TRL7	実用化が完了している段階。	実運用
TRL6	現場での実証を行う段階。	フィールド実証
TRL5	実機ベースのプロト機を製作し、工場等で模擬環境下での実証を行う段階。	模擬実証
TRL4	開発、エンジニアリングのプロセスとして、試作レベルの機能試験を実施する段階。	実用化研究
TRL3	従来 of 経験を応用、組合せによる開発、エンジニアリングを進めている段階。または、従来経験のほとんど無い領域で基礎データに基づき開発、エンジニアリングを進めている段階。	応用研究
TRL2	従来経験として適用できるものがほとんど無い領域の開発、エンジニアリングを実施し、要求仕様を設定する作業をしている段階。	応用研究
TRL1	開発、エンジニアリングの対象について、基本的内容を明確化している段階。	基礎研究

## 用語説明

No.	用語	説明
1	1F	福島第一原子力発電所
2	R/B	原子炉建屋
3	Rw/B	廃棄物処理建屋
4	T/B	タービン建屋
5	PCV	原子炉格納容器
6	RPV	原子炉圧力容器
7	CRD	制御棒駆動機構
8	オペフロ	オペレーティングフロア
9	X-6ペネ	PCV配管貫通部の一つ
10	S/C	サブプレッションチェンバー
11	セルアダプタ	PCVとセルを繋ぐピースのこと
12	BSW	生体遮蔽壁
13	MCCI	溶融炉心-コンクリート相互作用
14	UC	ユニット缶(燃料デブリを入れる容器)
15	AWJ	アブレシブウォータージェット
16	HVH	空調ユニット
17	CRGT	制御棒案内管
18	MSM	マスタースレーブマニピュレータ 注記：マスタースレーブは差別用語が含まれるため使用を控える方向性にあるが、ロボット学では学術用語として長年定着していることから用語としてそのまま採用している。 今後の使用にあたっては、ロボット学会等の関連学会の動向を参考にしたい。