

平成26/27年度補正予算 廃炉・汚染水対策事業費補助金

原子炉格納容器漏えい箇所の補修技術の  
実規模試験

平成28年度 研究経過及び成果  
(進捗状況)

平成29年5月

技術研究組合 国際廃炉研究開発機構

# 目次

1. 研究の背景・目的
2. 事業項目
3. 実施体制
4. 事業の全体方針
5. PCV補修技術の実規模試験
6. 個別実規模試験
  - ① S / C脚部補強
  - ② ベント管止水
  - ③ 試験準備等
7. 予備シミュレーション試験用のV Rデータの整備
8. 進捗トピックス

# 1. 研究の背景・目的

## (1) 本研究が必要な理由

福島第一原子力発電所（以下「1Fサイト」という）は、高線量、狭隘等の過酷な環境を有しており、人が近づいて廃炉作業を行うことが極めて難しい部分が多く存在している。このため、除染や各部位の調査又は補修等を行う遠隔操作機器・装置を開発し、福島第一原発の廃炉を着実に進める必要がある。

本研究において、「原子炉格納容器漏えい箇所の補修技術の開発」の研究開発で開発される技術の実規模試験を実施し、遠隔操作による施工性の確認も含め、その成立性を確認する必要がある。また、実施工を念頭とした手順書を作成し、その手順の妥当性と補修・止水性能の確認を行う。

## (2) 本研究の成果の反映先

福島第一原子力発電所の廃炉・汚染水対策事業

## (3) 成果の反映先への寄与

「東京電力HD（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」に基づく、号機ごとの燃料デブリ取出し方針の決定ならびに初号機の燃料デブリ取出し方法の確定に寄与する。

また、実工事計画実施時の有効な検討情報となる。

## 2. 事業項目

### (1) PCV (原子炉格納容器) 下部補修技術の実規模試験

- ① サプレッションチェンバ (以下「S/C」という) 脚部補強
  - 施工性確認試験、打設試験
- ② ベント管止水
  - 施工性確認試験、打設試験
- ③ S/C内充填止水 (ダウンカマ止水)
  - 施工性確認試験、打設試験
- ④ 試験準備等
  - 給排水設備等の維持管理及び運転訓練、濁水処理設備等の適合性検討及び改善
  - 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 (以下「JAEA」という) 梶葉遠隔技術開発センターの利用

## 2. 事業項目

### (2) 試験後の補強材・止水材の健全性確認

#### ① S / C脚部補強材の健全性確認

- ・材料性能等の分析評価、充填状況の評価

#### ② ベント管止水材の健全性確認

- ・材料性能等の分析評価、充填状況の評価

#### ③ S / C内充填止水（ダウンカマ止水）材の健全性確認

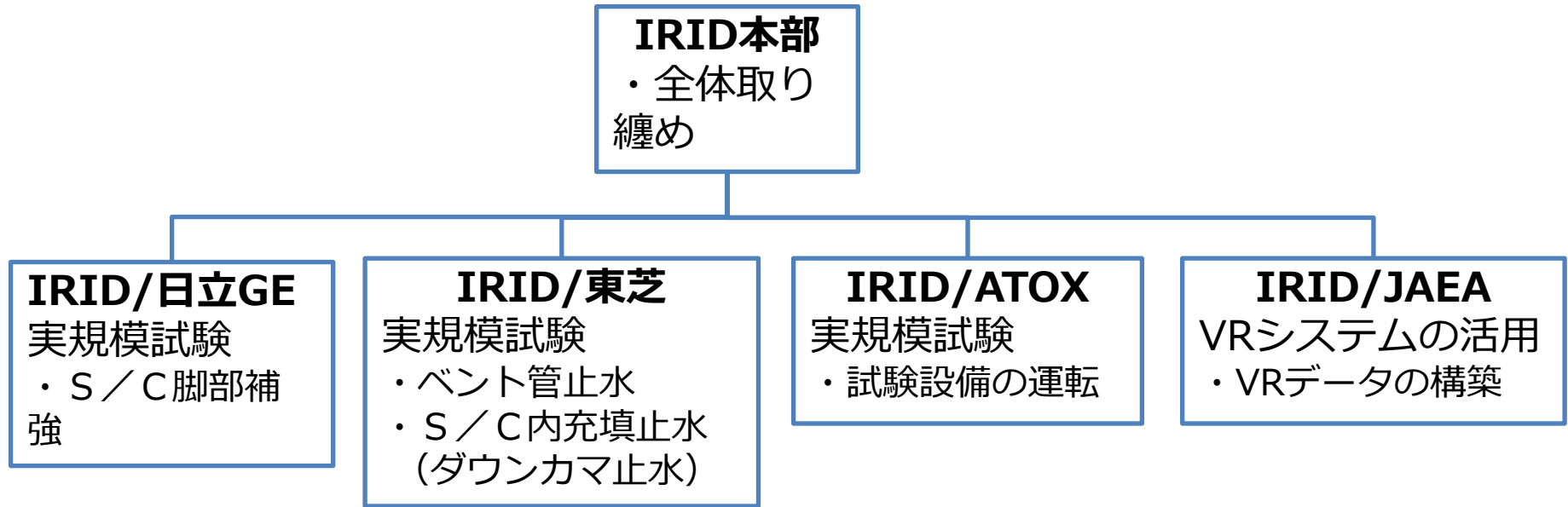
- ・材料性能等の分析評価、充填状況の評価

#### ④ 試験体の整備

### (3) 予備シミュレーション試験用のVRデータの整備

#### ① 遠隔操作機器等のデータ精度アップ

#### ② バーチャルリアリティ（以下「VR」という）データの効果的・効率的な使用方法の確立



IRIDによる全体計画の策定と技術統括、技術開発の進捗などの技術管理のもと、IRIDの一員として、主要な研究開発は株式会社東芝、日立GEニュークリア・エナジー株式会社、国立研究開発法人日本原子力研究 開発機構が担当し、試験設備（温水供給、排水処理）の運転を株式会社アトックスが担当する。

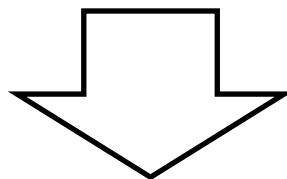
## 4. 事業の全体方針

### 【目的】

補修・止水技術開発事業では要素試験により止水工法の個別性能確認を実施してきた。本事業では実規模サイズでの組合せ試験を行い、要素試験と同等の止水性能が確保できることの確認、及び実工事手順の策定・検証を行い、実工事適用前の改善点を抽出することを目的とする。

### 【実施内容】

- ① 実工事を踏まえた作業手順（案）を作成し、実規模試験体を使用して手順の確認を行い、その手順の成立性を検証した結果を報告する。
- ② 複数の補強・止水試験を組合せた状態での補強・止水性能ならびに施工状態の確認を行う。



**ゴール**

試験結果から**現場適用性を判断**すること。

# 4. 事業の全体方針

## ■ 工程表 (1/2)

凡例

- █ 進捗実績
- █ 再工程見直し
- █ 工程見直し
- - - 他事業実施
- ⋯⋯⋯ 工程見直し前工程

大分類	小分類	平成28年度												平成29年度											
		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) P C V 下 部 補 修 技 術 の 実 規 模 試 験	①S/C脚部補強				試験計画完了▽																				試験成果報告▽
	1) 施工性確認試験				施工監視検討完了▽						試験														
	2) 打設試験				中継ポンプ等機材手配完了																				
	②ベント管止水																								
	1) 施工性確認試験																								
	2) 打設試験																								
	③S/C内充填止水 (ダウンカム止水)																								
	1) 施工性確認試験																								
	2) 打設試験																								
	④試験準備等																								
	1) 試験体の準備																								
	2) 給排水設備等の維持 管理及び運転訓練																								
3) 濁水処理設備等の 適合性検討及び改善																									
4) JAEA楢葉遠隔技術開発 センターの利用																									

▽HP1: S/C脚部補強打設試験実施可否判断(耐震評価結果)  
▽HP2: ベント管止水打設試験実施可否判断  
▽HP3: S/C充填止水打設試験実施可否判断



# 4. 事業の全体方針

## ■ 工程表 (2/2)

凡例

- 進捗実績
- 工程見直し
- 工程見直し前工程
- 再工程見直し
- 他事業実施

大分類	小分類	平成28年度												平成29年度												
		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) 試験後の補強材・止水材の健全性確認	①S/C脚部補強			試験計画完了▽												試験成果報告▽										
	1)材料性能等の分析評価																	サンプリング・分析			評価▽					
	2)充填状況の評価																								評価	
	②ベント管止水																									
	1)材料性能等の分析評価																	サンプリング・分析			評価▽					
	2)充填状況の評価																								評価▽	
	③S/C内充填止水 (ダウンカマ止水)																									
	1)材料性能等の分析評価																				サンプリング・分析					評価
	2)充填状況の評価																									評価▽
	④試験体の整備																									補修材の産廃処理、再利用計画
(3) 子のVRデータの整備 シミュレーション試験用	①遠隔操作機器等のデータ精度アップ			※6/23 本年度実施内容調整																						
	②VRデータの効果的・効率的な使用方法の確立																								データ収集	
																									実機検証	
																									VRシステムを使った検証	
																									報告▽	

## 4. 事業の全体方針

### <H28年度の活動方針>

- 実規模試験においては、「補修・止水技術開発」で実施した工場試験の再現が目的ではなく、作業準備段階から終了までの一連の手順の中に存在するリスクの明確化や、実作業環境条件による作業時間の制約などの困難さを考慮した試験を実施する。
- 東京電力HD（株）の現地知見を取り入れ、評価方法や確認項目をブラッシュアップしながら実規模試験を実施し、今後の実工事計画時の課題を明確にする。
- 現場での施工を想定した手順（案）を作成し、実規模試験体を使用して手順の確認を行い、その手順の妥当性を検証する。
- 遠隔装置（以下「FRM」という）の操作訓練が出来る環境構築のため、実規模試験で使用するFRMと比較しながら、昨年度JAEAにて作成したVRデータの精度を向上させる。

## 5. PCV下部補修技術の実規模試験

### (1) 実規模試験の事業概要 (1/8)

#### <PCV下部補修の実規模試験 (共通) >

今後の燃料デブリ取り出し方針決定のため、本事業の実規模試験において試験結果から現場適用性を最終判断することとなる。

そのため出来る限り評価内容を明確にし、また実工事計画に必要な情報を集めるため、試験計画を策定するファーストステップとして、以下を実施する。

- ① 実工事適用でのリスクを明確化するための施工の成立性にする  
評価方法の検討
- ② 実工事計画に必要な情報収集のための実規模試験での確認項目の  
整理

## 5. PCV下部補修技術の実規模試験

### (1) 実規模試験の事業概要 (2/8)

#### <実規模試験の実施項目>

- ① ベント管止水技術
- ② S / C内充填止水 (ダウンカマ止水) 技術
- ③ S / C脚部補強技術

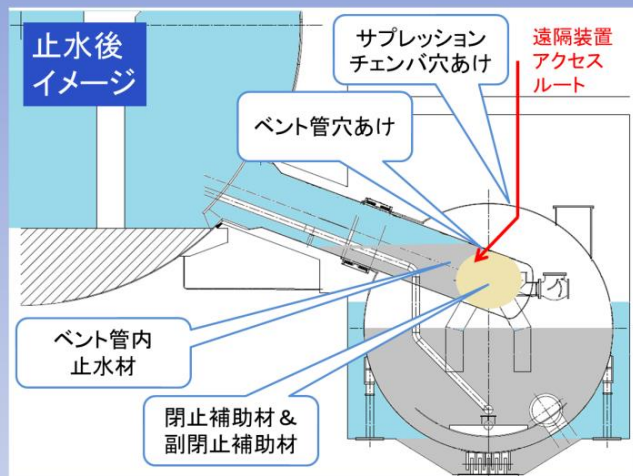
それぞれについて【施工性確認試験】及び【打設試験】を行う。

## 5. PCV下部補修技術の実規模試験

### (1) 実規模試験の事業概要 (3/8)

#### ① ベント管止水技術の概要

原子炉格納容器（PCV）からの漏えいの主経路となるベント管を止水し、水張りが出来る状態にする技術開発。



#### 【候補材】

閉止補助材: アラミド系繊維

副閉止補助材: 高耐放射性ゴム等

ベント管内止水材: セメント系材料等

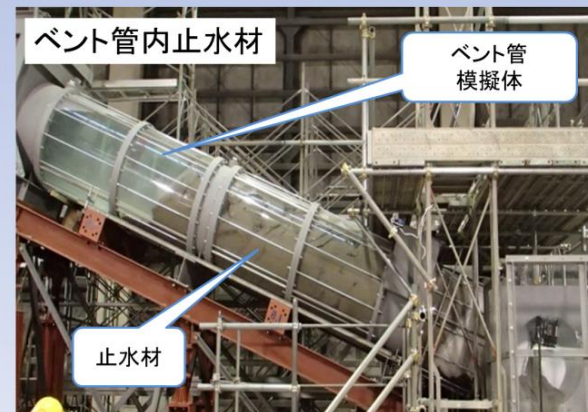


#### 【実施手順】

① サプレッションチェンバ及びベント管へ穴あけ

② ベント管内へ閉止補助材展開及び副閉止補助材による隙間充填

③ ベント管内に止水材を打設



## 5. PCV下部補修技術の実規模試験

### (1) 実規模試験の事業概要 (4/8)

#### ② S/C内充填止水 (ダウンカマ止水) 技術の概要

S/C内外の流路となる配管端部 (クエンチャ、ストレーナ) 及び S/Cの損傷部 ( $\phi 50\text{mm}$ 以下を想定) を止水する技術開発。

また、ダウンカマ、真空破壊弁まで埋設することにより、ベント管止水のバックアップになる。

**【実施手順】**

- ① サプレッションチェンバへ穴あけ
- ② サプレッションチェンバ内へ止水材打設
- ③ ストレーナ、クエンチャを埋設止水

※ダウンカマ、真空破壊弁を埋設止水(オプション)

**【候補材】**  
サブプレッションチェンバ内止水材：  
水中不分離性コンクリート

工場試験 (コンクリート打設中)

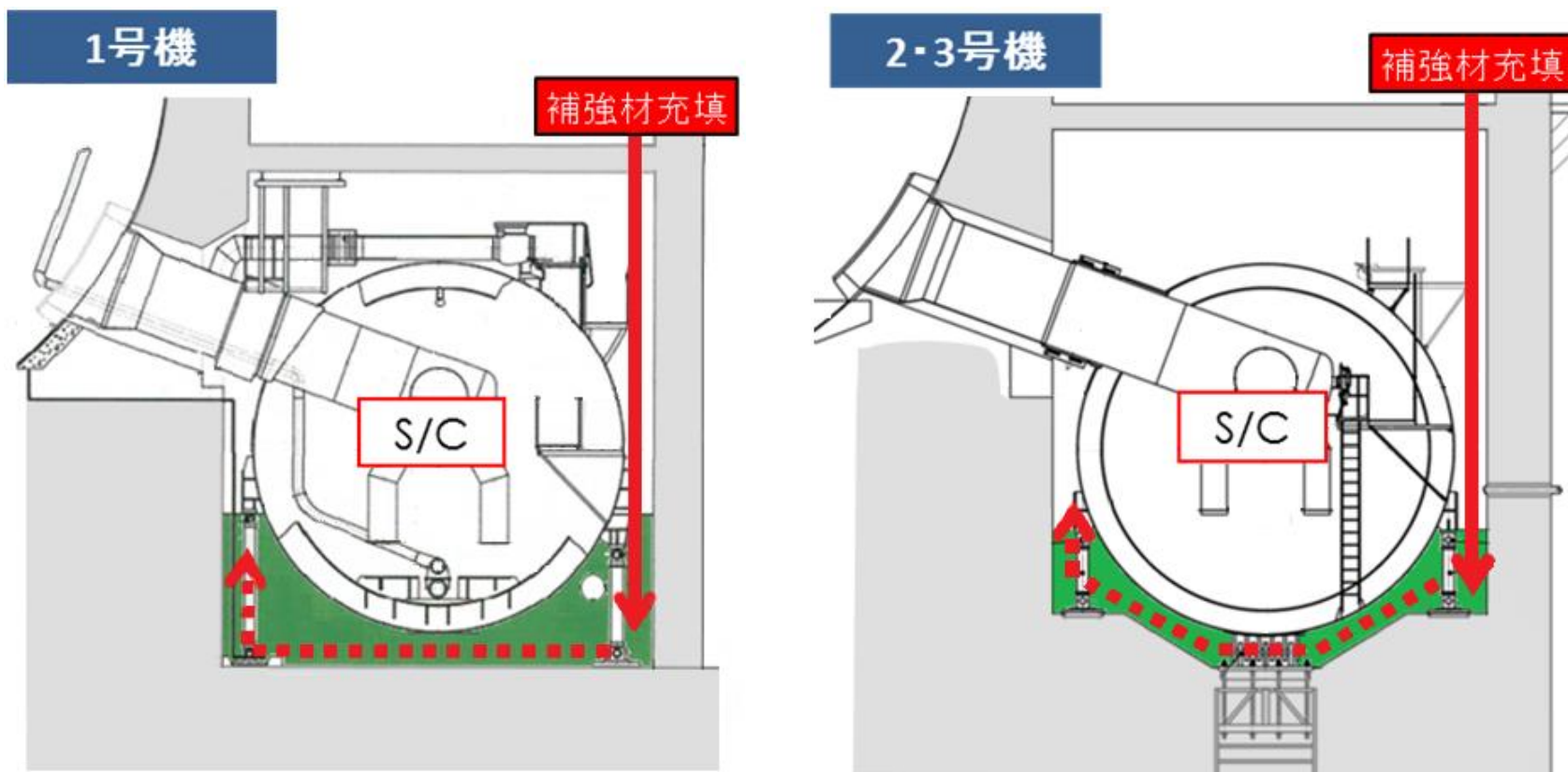
工場試験 (ストレーナ埋設前)

## 5. PCV下部補修技術の実規模試験

### (1) 実規模試験の事業概要 (5/8)

#### ③ S/C脚部補強技術の概要

S/C内充填止水により止水材の充填による重量増加が見込まれるため、S/Cを支える脚部の耐震補強をする技術開発。



【候補材】 水中不分離性モルタル

## 5. PCV下部補修技術の実規模試験

### (1) 実規模試験の事業概要 (6/8)

#### <施工性確認試験の位置づけ>

開発した施工技術について、以下の確認を実施する。

#### ① 高線量下作業の成立性の確認

1 Fサイトの現場環境を想定し、高線量下での機器準備を含む作業が問題なく実施できること。また、実工事計画のための基礎データ（作業時間、配員等）を取得する。

#### ② 遠隔操作作業などの成立性の確認

1 Fサイトの現場環境を想定し、遠隔操作作業や施工状況の遠隔監視が問題なく実施できること。



## 5. PCV下部補修技術の実規模試験

### (1) 実規模試験の事業概要 (7/8)

#### <打設試験の位置づけ>

開発した施工技術について、以下の確認を実施する。

#### ① 施工システムの成立性の確認

材料供給から打設までの一連作業を再現し、遠隔監視を含む施工システムとして機能し、問題なく打設が実施できること。また、施工管理に係る各種データの取得を行う。

#### ② 補強・止水性能の確認

打設実施後に止水性能、材料強度や充填状況などを確認し、工場試験と同等の性能が確保されていること。

## 5. PCV下部補修技術の実規模試験

### (1) 実規模試験の事業概要 (8/8)

#### <実規模試験の実施場所>

JAEA楢葉遠隔技術開発センター

#### <試験設備 (IRID所有物) >

試験体 (試験体移動レール含む)

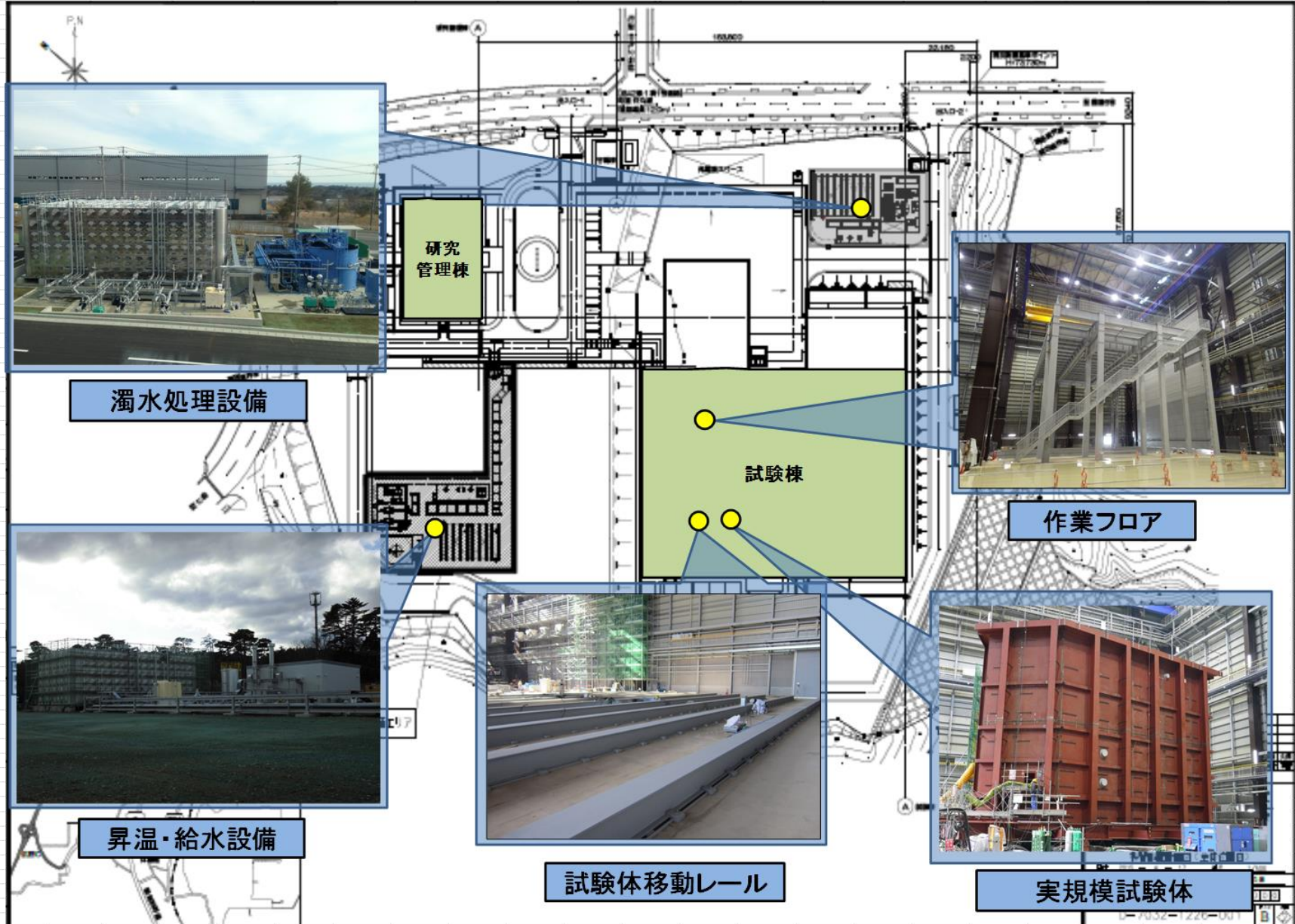
昇温・給水設備

濁水処理設備

作業フロア

#### <装置類 (IRID所有物) >

打設装置、遠隔装置、材料供給設備等



## 5. PCV下部補修技術の実規模試験

### (2) 実規模試験の共通方針 (1/7)

#### ① 施工の成立性に関する評価方法 (1/4)

現場での施工の成功確率を上げるためには、現在策定している作業手順に含まれるリスクを分析し、評価出来る仕組みが必要と考える。



現場作業で実施されているリスクアセスメントをベースに、評価方法の検討を開始した。

#### <作業におけるリスク管理項目の設定>

初めに、現場施工におけるリスク管理すべき項目を抽出した。

- 人的損害 (安全)
- 品質・性能
- 周囲環境 (臨界・汚染漏出)
- 工程
- コスト

## 5. PCV下部補修技術の実規模試験

### (2) 実規模試験の共通方針 (1/7)

#### ① 施工の成立性に関する評価方法 (2/4)

〈作業におけるリスク重篤度の設定 (案)〉

続いて、リスク管理すべき項目毎の重篤度を設定。

リスク管理すべき項目	致命的	重大	中程度	軽度
① 人的損害 (安全)	死亡	重傷 過剰被ばく	負傷 被ばく	けが
② 品質・性能	硬化不良	強度不足 止水性能不足	ひび割れ 打設不足 過剰打設	材料漏出
③ 周囲完了	臨界 (線量上昇) 汚染漏出 (継続)	汚染漏出 (一時的) 冷却機能喪失 地下水位逆転	エリア汚染拡大	局部臨界 他機器破損
④ 工程	中止	中断 作業量過大增	作業遅延	休止 作業増加
	時間をかけてもリカバーが不可		時間をかけリカバー可	
⑤ コスト	-	高線量環境下作業 による作業人員増加	作業量増加 材料増加 廃棄物増加	-
	排除すべきリスク			実工事計画・管理にて検討すべきリスク



実規模試験では、①と②についてリスクの評価を実施するとともに、その他についてもリスクシナリオの検討を行う。

## 5. PCV下部補修技術の実規模試験

### (2) 実規模試験の共通方針 (1/7)

#### ① 施工の成立性に関する評価方法 (3/4)

##### <施工上のリスク要因 (案) >

施工上のリスク要因を抽出し、評価方針を構築する。

1.人的要因	吊荷落下、墜落・転落、転倒・つまずき、衝突・激突、切れ・こすれ ◆ 管理等により除外すべき項目：体調不良、疲労、緊張、持病
2.機器的要因	機器故障・停止、機器破損、制御不能、漏電・感電、放射線劣化、閉塞、監視不良、脱落、燃料・電池切れ、挟まれ・巻き込まれ、スタック
3.作業要因	誤接続・誤切断、誤操作、誤配置、手順ミス、配員ミス、作業指示ミス、技量不足、締結不良、手順変更、配員変更、作業時間不足、監視不足、確認不足・確認ミス ◆ 管理等により除外すべき項目：出来心、故意・悪意、うっかり、不慣れ、準備不足、計画不足、判断基準不足、要領不足
4.品管的要因	練り混ぜ不足、配合不良、給水不良、材料供給不良、不良品、損耗、再現不良、材料劣化
5.外的要因	線量上昇、換気不良、天候不良、輸送遅延、上下作業に伴う飛来・落下、酸欠、爆発、温度変化、液位変化、通信不良、障害物、ホットスポット、停電、照度不足
6.その他	狭隘、精密作業、重装備、類似品、騒音、化学薬品、危険物・毒物、爆発物・発火物、可燃物、重量物、水質・堆積物、表面状態・発錆、変形・破損・劣化状態 ◆ 緊急対応とするべき項目：地震、津波、建物倒壊



現場知見などにより、リスク要因を出来る限り抽出し、工事計画にフィードバックできるようにする。

## 5. PCV下部補修技術の実規模試験

### (2) 実規模試験の共通方針 (1/7)

#### ① 施工の成立性に関する評価方法 (4/4)

##### <リスク低減措置の検討及び実施>

リスクがある項目に対して、発生頻度と、どの様なリスク低減措置をしているか評価を明確にし、実工事計画に反映できるようにする。

発生頻度※	措置	備考
極めて高い	0.該当なし	リスク要因とはならない
比較的高い	1.設計や計画の段階における措置	危険な作業の廃止・変更、遠隔施工による代替、線量低減、実地検証等
可能性あり	2.工学的対策	ガード、インターロック、安全装置、設計配慮、現場調査等
ほとんどない	3.管理的対策	マニュアル整備、立ち入り禁止措置、時間管理、環境監視
可能性は無い	4.個人保護具、教育、訓練	1～3の措置を講じた場合でも低減しきれないリスクに対して
	5.措置なし	未確認項目を含む

※今回の評価では、排除すべきリスクを定めているため、発生頻度は、評価項目に含めないため、実工事計画時の評価用に設定。



これらを用いて、作業項目ごとの定量評価を実施する。  
また、この評価結果は、実工事の計画時にも反映できると考える。

## 5. PCV下部補修技術の実規模試験

### (2) 実規模試験の共通方針 (1/7)

#### ② 実規模試験での確認項目の整理 (1/3)

実規模試験の役割として、実工事計画に必要な情報収集がある。



実工事の計画時・遂行時の情報源となるため、現場知見を反映することが重要。

#### <実規模試験における確認項目の抽出例 (1/2) >

実工事計画	分類	内容	主な確認項目
準備	準備作業段階	施工前の準備作業での確認項目を抽出し、確認・記録を行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・機材の型式</li> <li>・機材配置</li> <li>・配員等</li> </ul>
施工	施工段階 (施工成立性・ 施工環境)	施工時の確認項目を抽出し、 確認・記録を行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・照明環境</li> <li>・操作手順・時間・範囲</li> <li>・配員等</li> </ul>
施工終了	中断・終了段階	実際に作業中断・終了を判断した 理由を記録する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業中断・終了判断の確認</li> </ul>
現場環境	試験環境	模擬する試験環境を確認・記録する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外気温</li> <li>・水位</li> <li>・水温等</li> </ul>



## 5. PCV下部補修技術の実規模試験

### (2) 実規模試験の共通方針 (1/7)

#### ② 実規模試験での確認項目の整理 (2/3)

##### <実規模試験における確認項目の抽出例 (2/2) >

実工事計画	分類	内容	主な確認項目
使用装置	遠隔操作装置性能	実工事前の装置に関する確認項目を抽出し確認・記録する。また、実際の操作性についても確認・記録する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・操作機能</li> <li>・基本性能</li> <li>・干渉物の回避性</li> </ul>
	充填装置性能	実工事前の装置に関する確認項目を抽出し確認・記録する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・操作機能</li> <li>・基本性能</li> </ul>
	監視装置性能	実工事前の装置に関する確認項目を抽出し確認・記録する。また、実際の操作性についても確認・記録する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・操作機能</li> <li>・基本性能</li> <li>・監視視野</li> <li>・干渉物の確認状況等</li> </ul>
性能確認	補修・止水材料性能	施工時の補修・止水材料の性能確認項目を抽出し、確認・記録を行う。	H27年度及びH28年度の補修・止水技術開発事業の成果を反映予定
	補修・止水性能	施工後の補修・止水材料の性能確認項目を抽出し、確認・記録を行う。	H27年度及びH28年度の補修・止水技術開発事業の成果を反映予定
他系統への影響評価	排水性状	施工による滞留水質の変化に伴う他系統への影響評価として、排水性状の確認・記録を行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・排水性状の分析</li> </ul>
号機	号機毎の適用性	号機毎の相違点を明確にするため、試験体、作業エリア、打設予定箇所等の整理を行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・実機と試験体との相違点の確認</li> <li>・作業エリア毎の現場環境の確認</li> <li>・打設予定箇所の環境の確認</li> </ul>

## 5. PCV下部補修技術の実規模試験

### (2) 実規模試験の共通方針 (1/7)

#### ② 実規模試験での確認項目の整理 (3/3)

実規模試験にて模擬できない項目の例。

分類	確認項目	理由	対応方針
準備作業段階	運搬経路	作業フロア等は仮設のため 実工事環境とは異なるため。	実工事計画にて検討する必要あり。 VRデータを整備し活用する。 (補助事業対象外)
試験環境	放射線・放射能	実工事環境の模擬が困難 なため。	実工事計画にて検討する必要あり。
	滞留水の水質	実工事環境の模擬が困難 なため。	実液サンプリング等により確認試験を別途検 討する必要あり。 検討可能な範囲においては、要素試験等 にて確認する。
	施工部位状況	実工事環境の模擬が困難 なため。	実際の施工部位状況の想定は、現場調査 結果から施工阻害要因の検討を行い、必要 に応じ要素試験等にて確認する。
装置性能	耐放射線性の確認	機器開発時の検討項目とし ている。	—
補修・止水性能	長期健全性	確認方法等が未確定である。	補修・止水技術開発事業において、モニタリ ング方法等を検討する方針。



これらの項目についても、リスクシナリオとして評価を実施する。

## 5. PCV下部補修技術の実規模試験

### (3) 実規模試験のリスク評価結果 (1/2)

#### 【目的】

本リスク評価は、S / C脚部補強の施工性確認試験にて実施したリスク検討結果などを反映し、現時点での補修・止水技術の施工に関するリスクをIRID本部にて設定した評価指針に基づき評価したものである。

(今後も各種試験などにて抽出されたリスクについては反映する予定)

本結果については、燃料デブリの取出し方針の決定及び今後の研究開発や実工事計画においての参考として頂きたい。

## 5. PCV下部補修技術の実規模試験

### (3) 実規模試験のリスク評価結果 (2/2)

#### 【施工の成立性に関する評価 (成果)】

リスクシナリオの検討、S/C脚部補強のリスク抽出及びS/C脚部補強工法のFTA施工性確認試験の結果などより、リスク抽出し評価した結果、**S/C脚部補強の施工性における致命的で、かつ解決が見通せないリスクは抽出されなかった。**これにより、**S/C脚部補強の施工性の評価結果は、工法開発段階を完了し、工事計画を実施するに値する工法と判断する。**

※ただし、補強性能及び施工監視については、別途、打設試験の結果をもって評価する。

なお、S/C脚部補強の施工に関してのリスクの傾向としては、トラス室内の環境（滞留水・堆積物等）に関するものと、打設時に装置トラブルなどにより中断を余儀なくされる項目が多いことが分かる。引き続き、これらリスクについては、工事計画の進捗と共に今後もリスク管理していくことを提案する。

## 6. 個別実規模試験

### ① S / C 脚部補強

# ①S/C脚部補強 (1)実規模試験計画

## 1)施工性確認試験の進捗状況

「補修技術開発PJ」の施工手順書に基づき、作業手順や施工監視の妥当性、有効性について確認した。

(1) 2号機トラス室内の干渉物を模擬した干渉回避試験を行い、実機施工手順で適用可能な見通しを得た。

- ・3mSv/hを想定した環境で、1作業15分以内とするために作業員を訓練し習熟させることで時間短縮が可能であること。
- ・作業員の被ばく低減につながる課題が得られ、改善を行うことで作業の確実性を高めること、および時間短縮が可能であること。

(2) 施工性確認試験(通水)で施工監視(水位上昇)手順を確認し、滞留水の排出手順について適用可能な見通しを得た。

S/C脚部補強の施工性確認試験で得られた知見などを反映し、打設試験に向けて準備を進める。

## <S/C脚部補強実規模試験の計画(概要)>

### (1)施工性確認試験(複数回の試験を実施)

- ①高線量環境下における打設装置等セッティングの作業手順確認
- ②打設装置の遠隔操作による干渉物の回避

### (2)打設試験

- ①打設高さの設定
  - A. 耐震上要求される想定最大高さ  
(コラムサポート上部ピン:FL+1776(OP.-284))
- ②充填レベル監視
- ③打設後の充填状況確認  
補強・止水性能(健全性)評価を含む。

補修・止水  
技術開発  
事業にて  
検討中

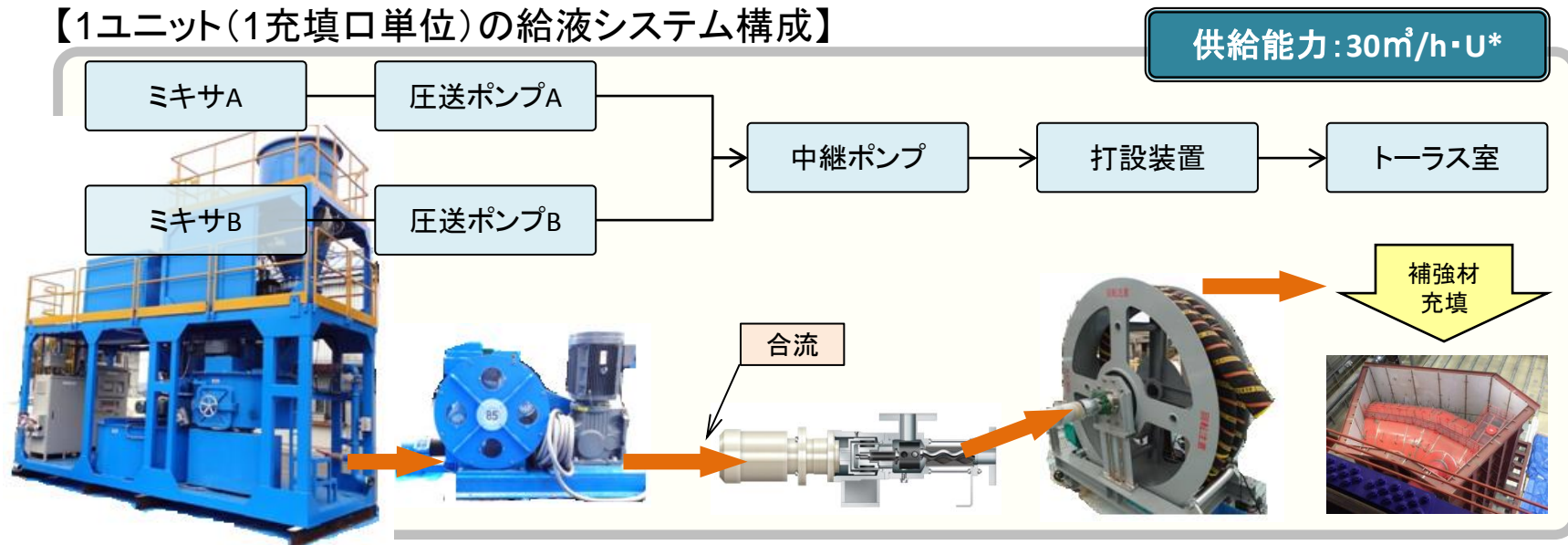


**試験条件の詳細は、次頁以降を参照**

# ①S/C脚部補強 (1)実規模試験計画

## ■給液システムの概要

【1ユニット(1充填口単位)の給液システム構成】



ミキサ+アジテータ(2式)	圧送ポンプ(2基)	中継ポンプ(1基)	打設装置(1基)	(打設ホース)
30 $\text{m}^3/\text{h}$ (15 $\text{m}^3/\text{h}\times 2$ 式)	30 $\text{m}^3/\text{h}$ (15 $\text{m}^3/\text{h}\times 2$ 基)	30 $\text{m}^3/\text{h}$	—	—
D2.4m × W5.3m × H5.2m	L2.0m × W0.7m × H1.2m	(Later)	L2.4m × W0.8m × H2.0m	—
4.0ton	1.3ton	(Later)	1.0ton	—
4Bホース		6Bホース	4Bホース	
サイロ付	スクイーズ式 (チューブ絞り出し式)	モノ式 (回転容積式一軸偏心ねじポンプ)	ホース送り約12m	先端カメラ付

\* :  $1800\text{m}^3/12\text{h}/6\text{U}=25\text{m}^3/\text{h}\rightarrow 30\text{m}^3/\text{h}$



# ①S/C脚部補強 (1)実規模試験計画

## <S/C脚部補強実規模試験の計画(詳細)>

### (1)施工性確認試験(複数回の試験を実施)

以下の項目を念頭に試験計画を行う

#### ①高線量環境下を想定した打設装置セッティングの準備作業

- ・防護装備での作業性の確認
- ・作業時間などを確認し、高線量環境下においても必要な作業が出来ることの確認

#### ②打設装置の遠隔操作による干渉物の回避

干渉物は、打設可能位置を検討し、その中から想定される厳しい条件にて、S/C外周側(配管模擬)とS/C内周側(キャットウォークなどを模擬)を実施し、以下を確認

- ・打設管(トレミー管)が施工可能な位置にセット出来ること
- ・遠隔トレミー操作で、干渉無く操作が可能なこと



**実工事計画のための情報収集。  
各作業における課題の抽出。**

# ①S/C脚部補強 (1)実規模試験計画

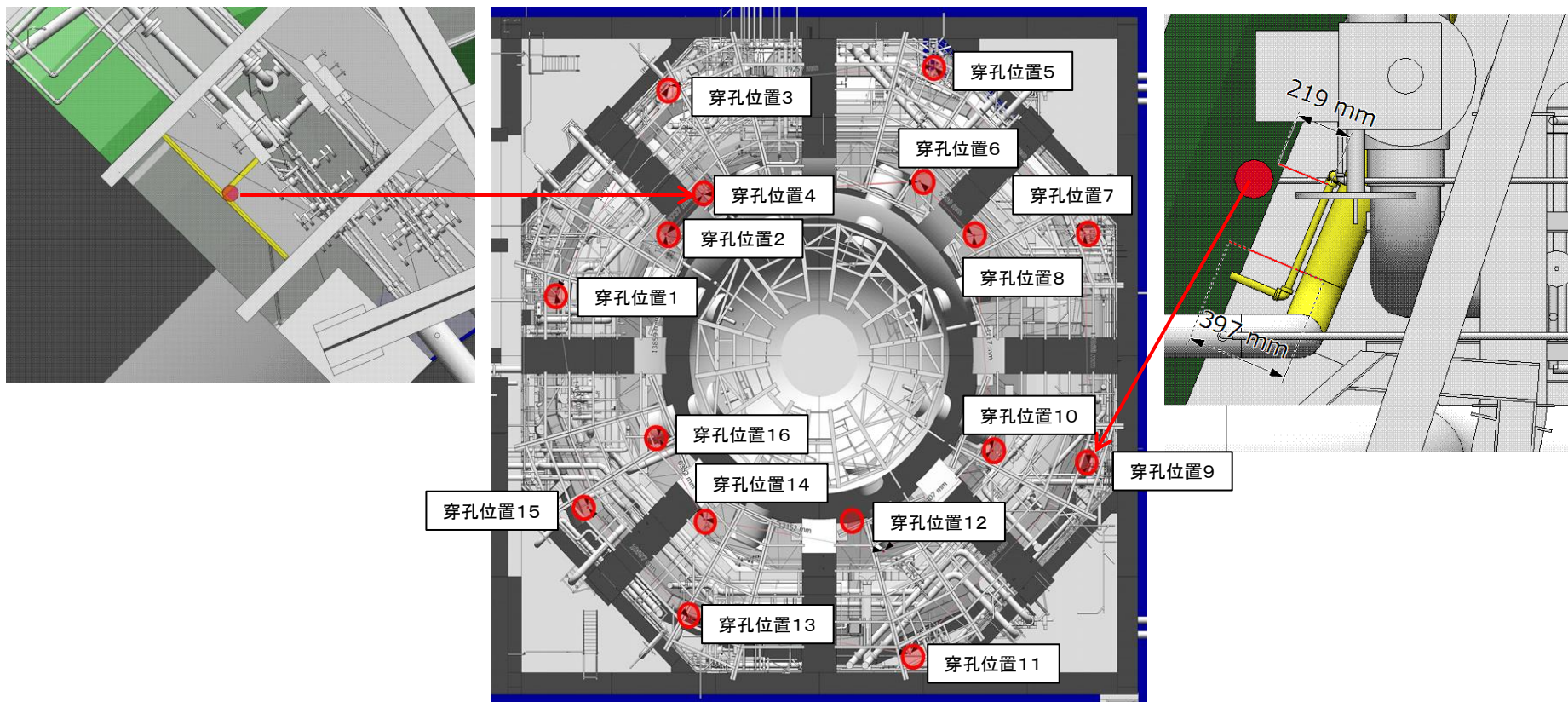
## ■確認項目一覧

<試験区分の凡例> ○:施工性確認試験、●:打設試験、—:試験対象外

項 目		内 容	試験区分	NOTES
1 補 強 材	-1 流動性	平面トラス室内各部への流動状態を確認する	●	水平約11m流動
	-2 打上り性	内外周側の打上がり偏差を確認する	●	打上目標約2.5m
	-3 充填性	有意な空隙が生じないことを確認する	●	健全性確認の項目にて継続確認を行う
	-4 圧縮強度	流動に伴う強度低下傾向を確認する	●	8.4N/mm <sup>2</sup> 以上(打設高さにより見直し中)
2 供 給 系	-1 練り混ぜ～合流圧送	2基のミキサで練り混ぜた補強材を合流圧送できること	●	
	-2 中継圧送	中継ポンプでロス無く中継圧送できること	●	供給能力30m <sup>3</sup> /h・U
	-3 定量供給	閉塞・停止せずに安定した供給が出来ること	●	
	-4 サイトレイアウト	補強材の保管・取扱いスペースが十分にあること	—	別途検討実施
3 作 業	-1 下拵え	R/B 1階床に充填口を穿孔する	—	作業実績あり
	-2 セッティング	打設装置・ホース・電源他を設定する	○	高線量環境下作業で模擬可能な範囲を施工性確認試験として実施
	-3 遠隔(ホース)操作	トラス室床にホースを送る(障害物あり*)	○*/●	*架台・配管
	-4 充填レベル監視	充填中の打上りレベルを把握する	●	
	-5 余剰水排水	補強材充填に伴う滞留水の上昇分を排水する	●	
	-6 片付け	打設完了後の速やかな洗浄・撤収	—	作業時の課題については抽出する

# ①S/C脚部補強 (2)試験体の準備

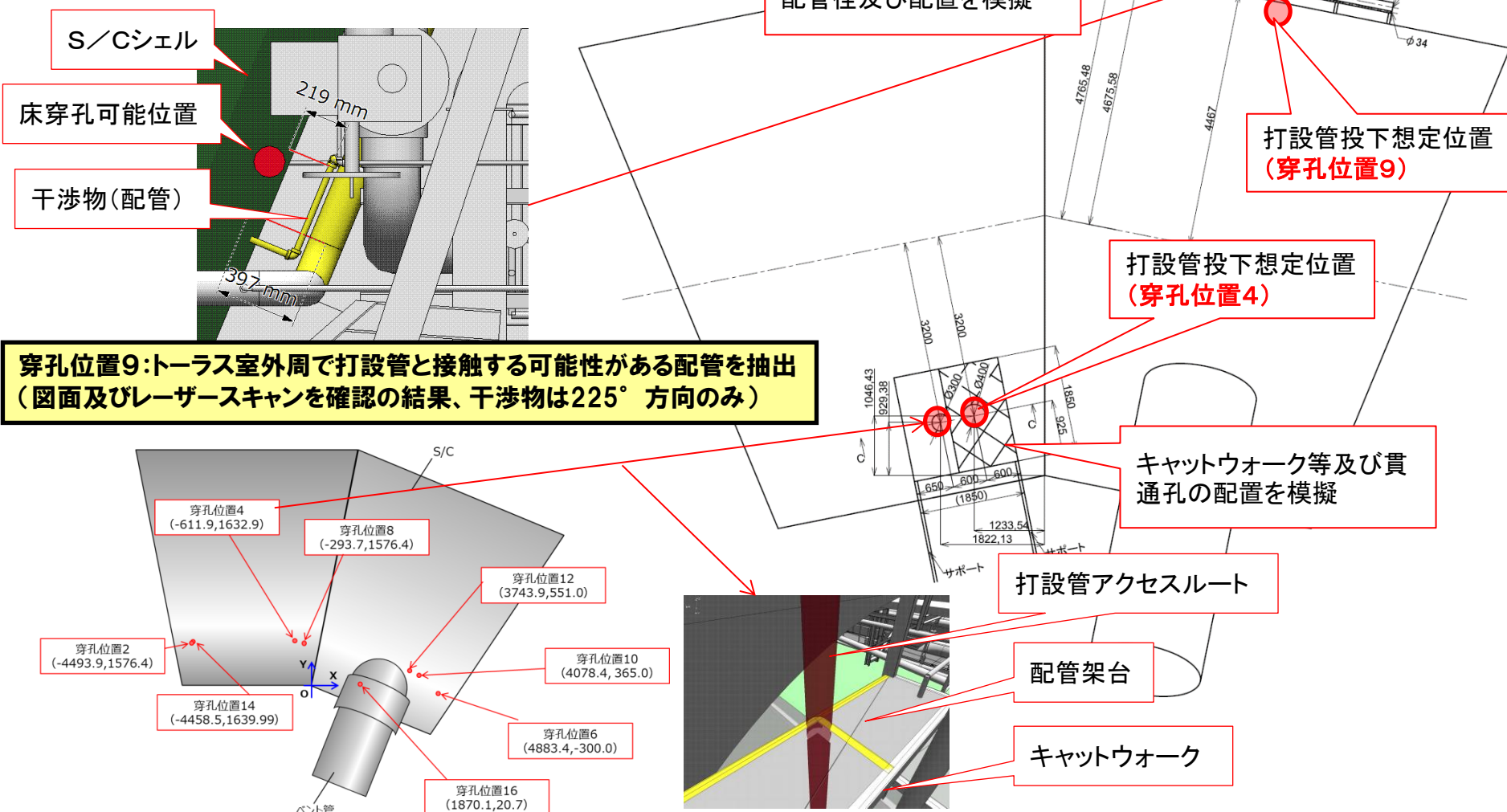
## ■干渉物の抽出と試験体への配置(代表号機:2号機)



図面情報及びレーザースキャン結果を用いてR/B1階床穿孔箇所を16パターン抽出した。このうち干渉物により打設ホースやモニタリング装置のアクセス性に影響があると考えられる、穿孔位置4及び9を代表箇所として抽出し、試験体に干渉物を模擬した。

# ①S/C脚部補強 (2)試験体の準備

## ■干渉物の抽出と試験体への配置(代表足機・2足機)



# ①S/C脚部補強 (3)施工性確認試験の試験要領

## 1) S/C脚部補強施工手順と実規模試験項目(施工性確認試験結果)

主な施工手順と実規模試験項目を示す

No.	実機施工手順	施工性 確認試験	打設試験	高線量下 作業に該当	備考
0 事前工事	ヤード設置設備のための整地	—	—	—	—
	R/B内の環境整備(除染、干渉物撤去)	—	—	—	—
1 ヤード準備作業	バッチャープラント設置	○	○	○	—
	補強材中継ステーション設置	—	—	—	—
2 R/B内準備作業	トラス室内滞留水排出	—	—	○	—
	1階床穿孔作業及びS/C下部確認	○(床穿孔済)	○*	○	—
	トラス室内干渉物撤去作業	—	—	○	—
	モニタリングシステム設置、既設水位計取外し	○	○	○	—
3 打設準備作業	打設装置、圧送ホース設置・接続	○	○	○	—
	補強材搬入、保管	—	○	—	—
	系統通水漏えい確認	○	○	○	—
	打設装置ホース投入、着座確認	○	○	○	—
	補強材練混ぜ(材料投入、練混ぜ水注入)	○(通水)	○	—	—
	品質確認(フロー試験等)	—	○	—	—
4 補強材打設	補強材圧送、打設開始	○(通水)	○	—	—
	打設状況モニタリング、トレミー操作(遠隔)	○	○	—	—
	補強材補給(サイロへの充填)	—	○	—	—
5 打設完了	規定高さ到達を確認(24時間モニタリング継続)	○(通水)	○	—	—
	ホース内補強材排出、ホース内洗浄	—	○	—	—
	ホース引抜き、散水除染	○	○	○	—
6 片付け	ホース解体、打設装置搬出(R/B内)	○	○	○	—
	バッチャープラント解体・保管(ヤード)	○	○	○	—

注: 対象作業は、試験時に時間管理を実施する。

○: 対象 —: 対象外

# ① S/C脚部補強 (3) 施工性確認試験の試験要領

## 2) S/C脚部補強 施工性確認試験実施内容

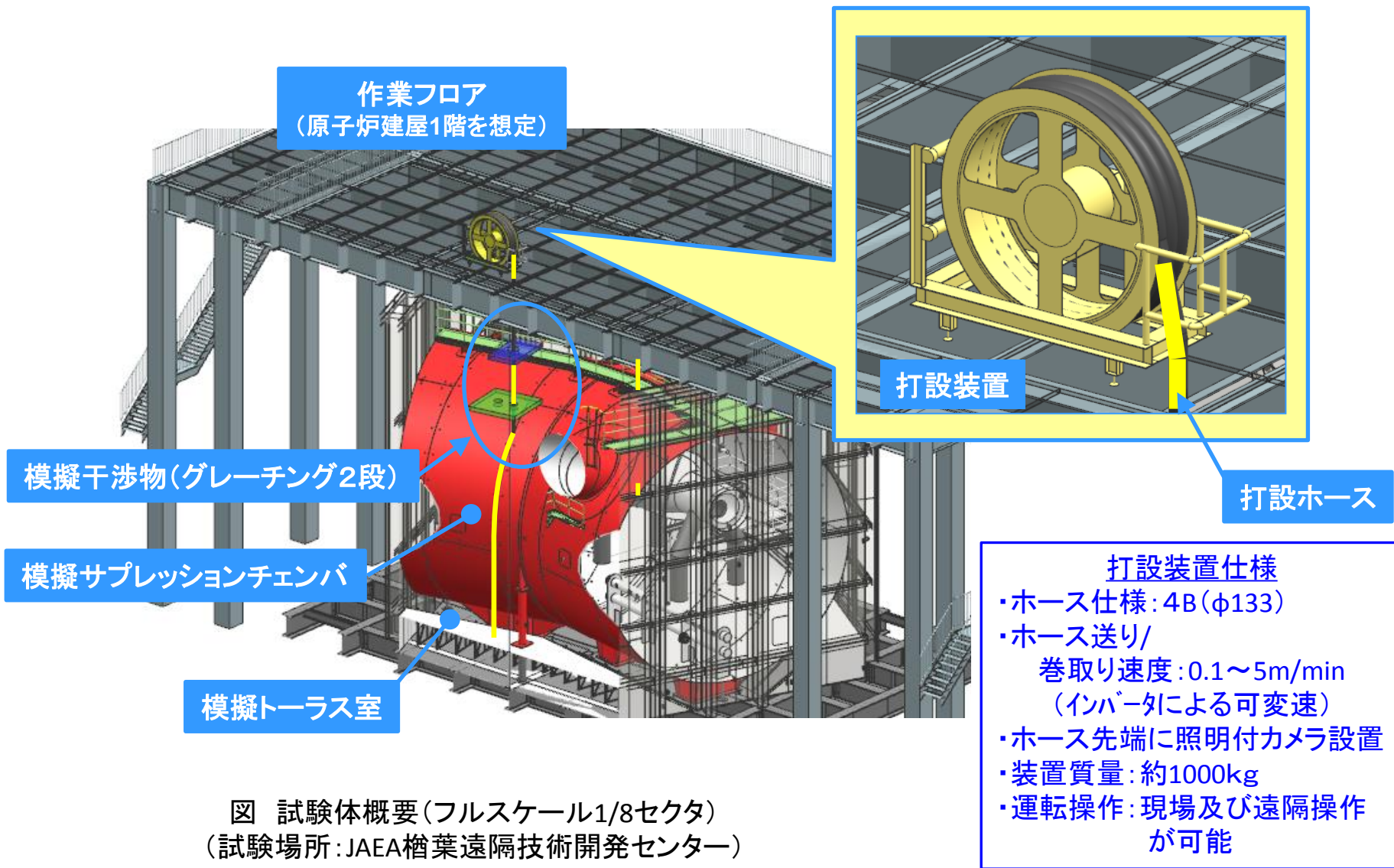
- ・高線量下作業となるR/B1階を想定した模擬トラス室内の干渉物回避操作については、予備試験を行い作業性および手順を確認する。また、想定線量3mSv/hでの目標時間15分に対する作業時間を計測する。
- ・施工性確認試験は、補強材供給設備から補強材代替の水を通水し、実機施工手順に基づく試験手順、作業時間などを確認する。

表 試験実施項目一覧表

試験実施項目	高線量下作業項目	模擬干渉物	試験条件	確認項目	備考
干渉物回避試験 (予備試験)	1.打設ホース設定・回収作業	1-1.S/C外側配管	トラス室:水無し	・手順・作業性 ・作業時間	各ケース 3回実施
		1-2.S/C内側グレーチング1段			
		1-3.S/C内側グレーチング2段			
	2.モニタリング センサ設定作業	2-1.S/C外側配管	トラス室:水有り	・手順・作業性 ・作業時間 ・水位測定	各ケース 3回実施
		2-2.S/C内側グレーチング1段			
		2-3.S/C内側グレーチング2段			
施工性確認試験 (通水試験)	実規模試験 項目(P50)参照	S/C内側グレーチング2段 (予備試験結果から最も厳しい干渉回避条件を選定)	・トラス室:水有り ・通水流量30m <sup>3</sup> /h ・高線量下作業は、 実機防護装備着用	・手順・作業性 ・作業時間 ・通水流量及び 水位測定	4回実施

# ①S/C脚部補強 (3)施工性確認試験の試験要領

## 3) S/C脚部補強 施工性確認試験実施内容(設備概要)1/2



## 3) S/C脚部補強

### 施工性確認試験実施内容 (設備概要) 2/2

- モニタリングセンサ仕様**
- ・検出方式: 磁歪式
  - ・水用フロート、補強材用フロートは、比重調整を行う。
  - ・着座検知: 錘に超音波ソナーを設置  
(錘底面から35mmの位置に設置)
  - ・温度計: 錘に熱電対を設置
  - ・センサ質量: 約7kg (+錘5kg)
  - ・実規模試験はS/C内外に各1セットを設置
  - ・測定精度: ±30mm
- \* 施工性確認試験は通水のための、補強材高さは測定しない。**

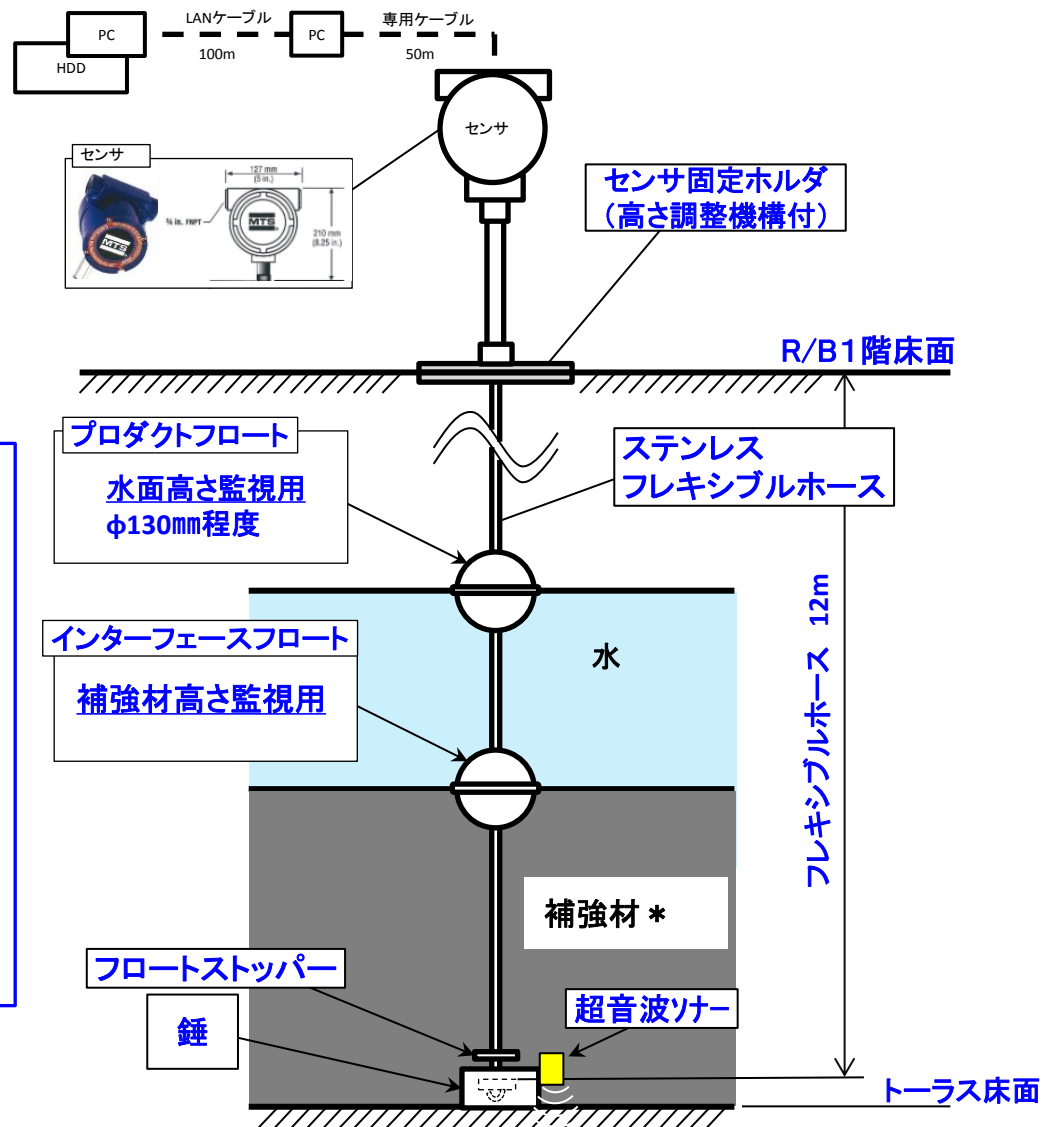


図 モニタリングセンサ概要

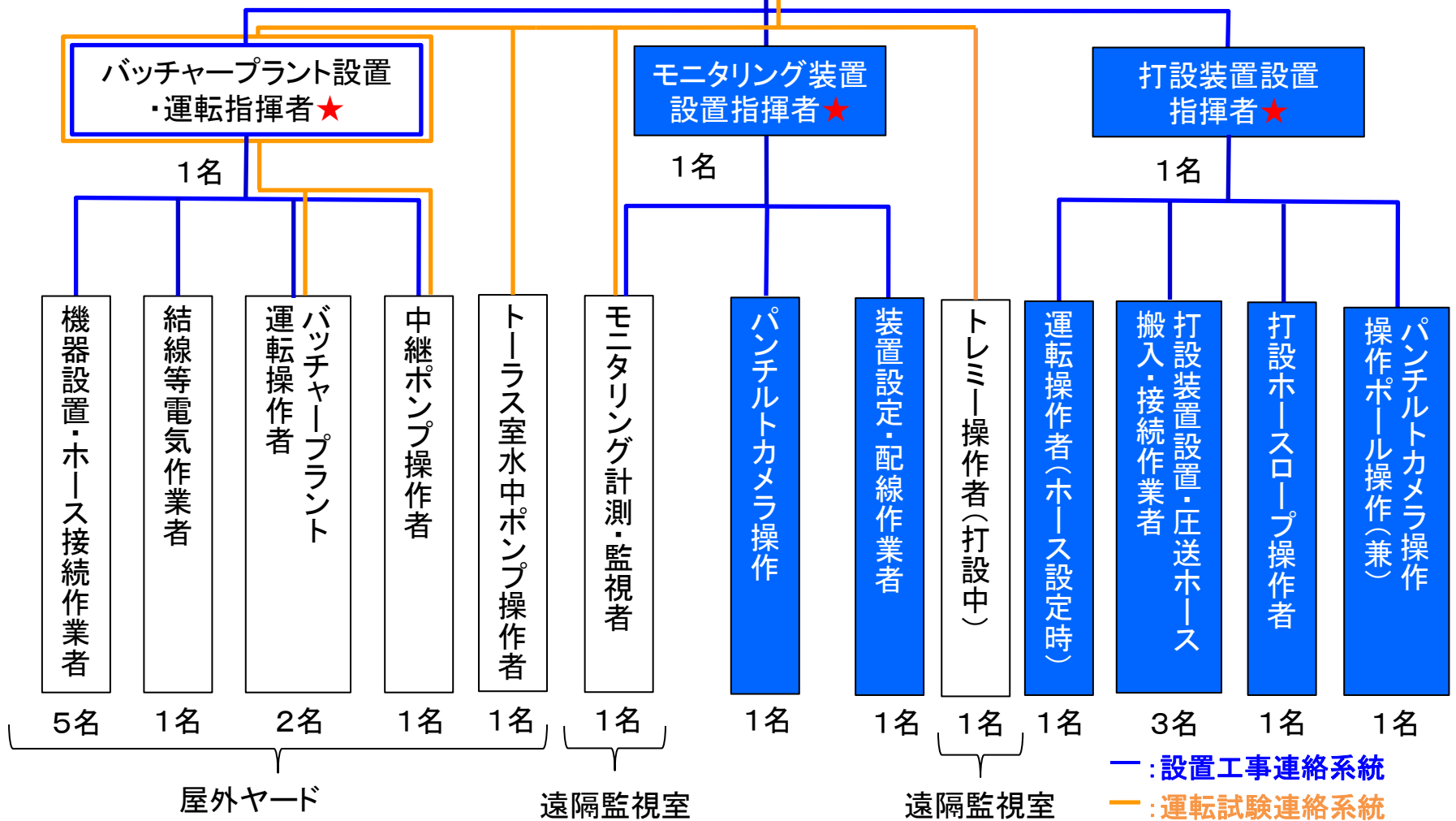


# ①S/C脚部補強 (3)施工性確認試験の試験要領

## 4) 作業及び 試験実施体制

遠隔監視室 1名  
工事及び試験  
取り纏め責任者★

★取り纏め責任者と各作業指揮者の  
連絡通信手段:携帯電話



— : 設置工事連絡系統

— : 運転試験連絡系統

■ : R/B内高線量下作業

# ①S/C脚部補強 (4)施工性確認試験の試験結果

## 1)(1-1)S/C外側配管干渉回避試験結果

表 打設ホース設定／回収作業時間測定結果

作業内容	作業時間(min)		
	1回目	2回目	3回目
①床穴蓋開放、ホース挿入	6	7	7
②配管回避(ロープ操作)	4	1	2
③ホース位置設定完了	5	1	1
<b>ホース設定時間①～③計</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>ホース巻取り・床穴蓋取付</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>5</b>
ホース送り距離	12.2m	12.2m	12.2m

### <試験条件>

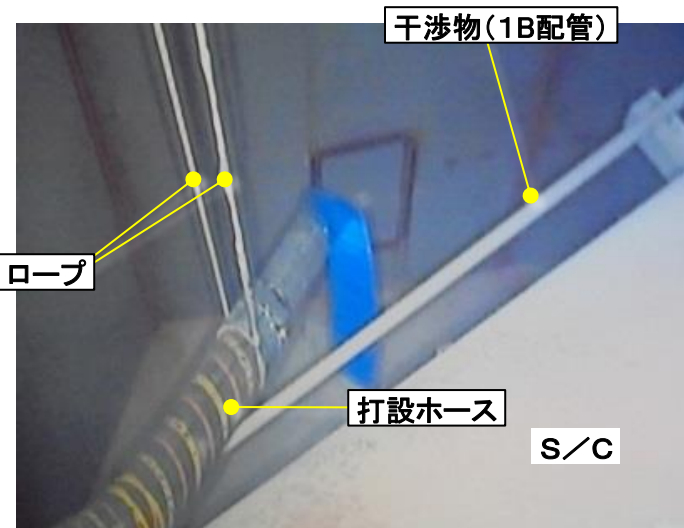
- ・ホース送り速度: 0.1～5m/min
- ・トラス室: 水無し

### 【試験結果まとめ】

- ・干渉回避は、手順通りホース設置のロープ操作で可能。
- ・繰り返し行うことで、習熟効果により15分以内での作業が可能。
- ・ホース巻取りは、干渉物による支障はなかった。



作業フロア作業状況



干渉回避状況

# ① S/C脚部補強 (4) 施工性確認試験の試験結果

## 2)(1-2) S/C内側グレーチング(1段)干渉回避試験結果

表 打設ホース設定/回収作業時間測定結果

作業内容	作業時間 (min)		
	1回目	2回目	3回目
ホース挿入ガイド設定	3	—	—
①床穴蓋開放、ホース挿入	6	4	2
②グレーチング回避(操作ポール)	5	4	4
③ホース位置設定完了	5	4	1
ホース設定時間①~③計	16	12	7
ホース巻取り・床穴蓋取付	14*	8	5
ホース送り距離	12.4m	12.4m	12.4m

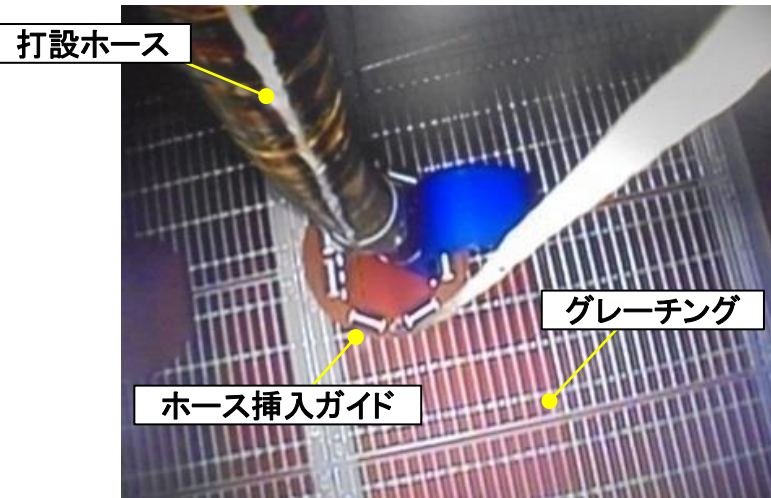
<試験条件>

- ・ホース送り速度: 0.1~5m/min
- ・トラス室: 水無し

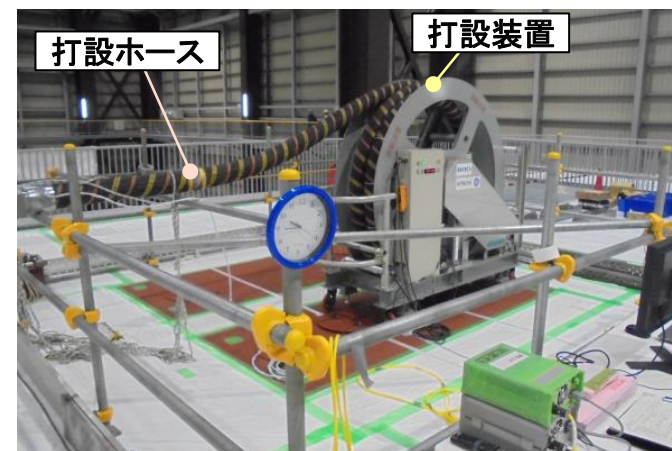
\* 通信エラーによるリセット操作実施

### 【試験結果まとめ】

- ・ホースの巻き癖により、グレーチング穴とのズレが生じたが、操作ポールで先端位置をガイドすることで干渉回避可能なことを確認。
- ・グレーチング穴との位置ズレを緩和するため、作業開始前に癖取りする手順を追加した。(癖取り中は作業者は一時退避)
- ・繰り返し行うことで、習熟効果により15分以内で作業が可能。
- ・ホース巻取りは、干渉物による支障はなかった。



作業フロア作業状況



ホース癖取り状況

# ① S/C脚部補強 (4) 施工性確認試験の試験結果

## 3)(1-3) S/C内側グレーチング(2段)干渉回避試験結果

表 打設ホース設定／回収作業時間測定結果

作業内容	作業時間 (min)		
	1回目	2回目	3回目
ホース挿入ガイド設定	8	—	—
①床穴蓋開放、ホース挿入	3	3	3
②グレーチング回避(操作ポール)	8	10	14*
③ホース位置設定完了	4	3	2
ホース設定時間①～③計	15	16	19
ホース巻取り・床穴蓋取付	6	6	5
ホース送り距離	12.3m	12.4m	12.4m

打設ホース 操作ポール先端



ホースガイド

グレーチング  
回避状況

全面マスク タイベック+アノラック



綿手袋+ゴム手袋2重

防護装備着用状況

### <試験条件>

- ・ホース送り速度: 0.1～5m/min
- ・トラス室: 水無し
- ・3回目の試験は、防護装備着用のうえ、手元照明のみで作業実施

\*パンチルトカメラケーブルがホース挿入ガイドに引掛り、解除操作を実施

### 【試験結果まとめ】

- ・ホースの巻き癖により、グレーチング穴とのズレが生じたが、操作ポールで先端位置をガイドすることで干渉回避可能なことを確認。
- ・繰り返し行うことで、習熟効果により作業時間の短縮が可能。  
(但し、カメラケーブル引掛りの改善が必要)
- ・ホース巻取りは、干渉物による支障はなかった。
- ・防護装備着用、手元照明のみの条件でも作業性に影響はなかった。



暗闇での作業状況

# ①S/C脚部補強 (4)施工性確認試験の試験結果

## 4)(2-1)S/C外側配管干渉回避試験結果

表 モニタリングセンサ設定作業時間測定結果

作業内容	作業時間 (min)		
	1回目	2回目	3回目
センサホルダ設置	5	—	—
①床穴蓋開放、センサ投入	4	3	2
②配管回避	1	1	1
③着座確認、設定完了	3	2	2
センサ設定時間①～③計	8	6	5
着座確認結果	37mm	36mm	36mm
水面測定結果	299.6mm	300.7mm	300.7mm
センサ回収・床穴蓋取付	3	3	4

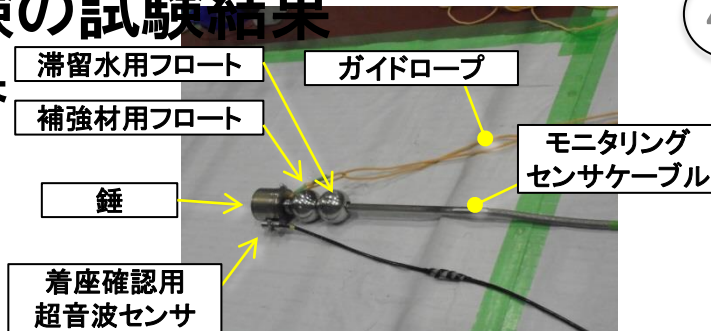
<試験条件>

・トーラス室：水有り(床面+300mm(OP.-1760相当))

【スケール読取り値：303mm】

【試験結果まとめ】

- ・作業手順通り干渉回避可能なことを確認。
- ・15分以内で作業が可能なることを確認。
- ・着座確認用超音波センサで、トーラス室床面への着座を確認した。(着座確認判断は、センサ指示値35～40mmの範囲で行った)
- ・モニタリングセンサ水面指示値は、スケール読み値と同等であった。

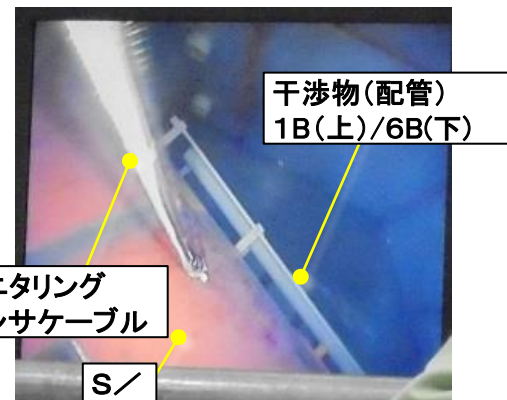


モニタリングセンサ外観



モニタリングセンサホルダ

センサ投入作業



S/C 干渉回避状況

# ①S/C脚部補強 (4)施工性確認試験の試験結果

## 5)(2-3)S/C内側グレーチング(2段)干渉回避試験結果

表 モニタリングセンサ設定作業時間測定結果

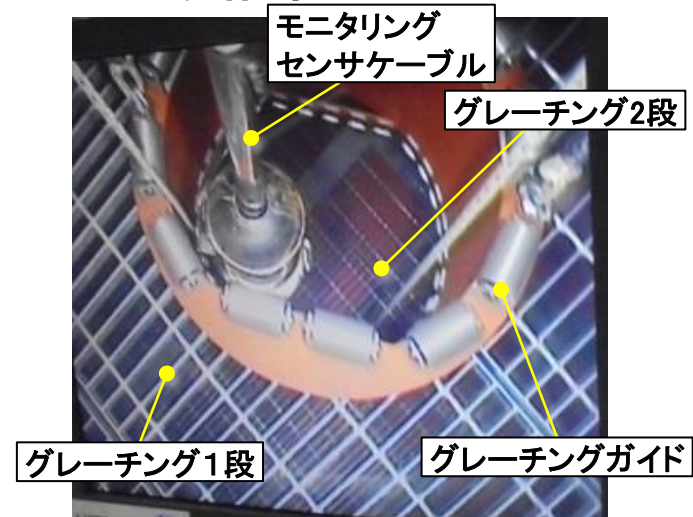
作業内容	作業時間 (min)		
	1回目	2回目	3回目
センサホルダ設置	5	—	—
①床穴蓋開放、センサ投入	1	1	1
②グレーチング回避	3	3	2
③着座確認、設定完了	7	5	6
センサ設定時間①～③計	11	9	9
着座確認結果	36mm	36mm	36mm
水面測定結果	—	—	—
センサ回収・床穴蓋取付	6	5	5

<試験条件>

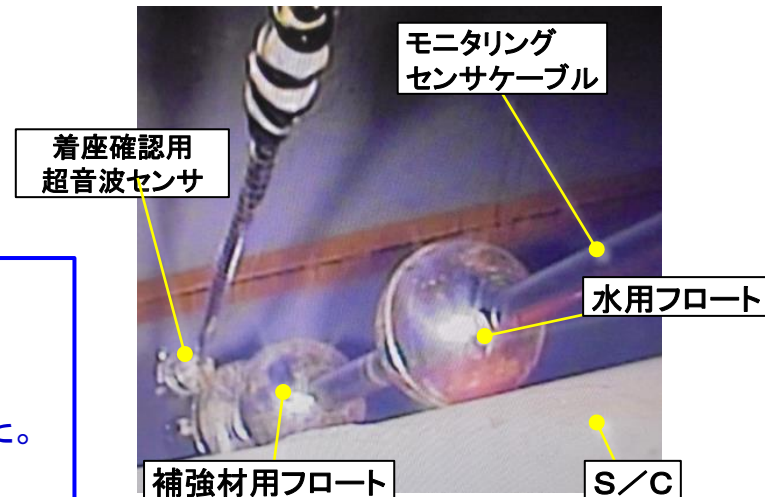
・トラス室: 水有り(床面+300mm(OP.-1760相当))

### 【試験結果まとめ】

- ・作業手順通り干渉回避可能なことを確認。
- ・15分以内で作業が可能なることを確認。
- ・着座確認用超音波センサで、トラス室床面への着座を確認した。(着座確認判断は、センサ指示値35～40mmの範囲で行った)



グレーチング2段回避状況



センサ投入状況

# ①S/C脚部補強 (4)施工性確認試験の試験結果

## 6)ヤード準備作業/バッチャープラント設置(片付け)作業

### 【目的】

R/B近傍のヤードに補強材練混ぜのバッチャープラントと補強材を圧送するポンプを設置/試験後の片付けの作業性や所要時間等を確認する。

表 ヤード設置対象機器および設置/片付け作業時間

機器名	構成ユニット	員数	質量 (ton)	寸法 (mm)	設置/片付け時間
バッチャープラント	ミキサユニット	2セット	9.5	L5,300 × W2,300 × H2,500	6h/6h (組立/分解作業含む)
	粉体ホッパユニット	2セット	2.0	L2,500 × W2,300 × H2,700	
	コンプレッサユニット	2セット	0.25	—	
	集塵機ユニット	2セット	0.25	—	
圧送ポンプ(スクイズ式ポンプ)		2台	1.5	L1,940 × W706 × 1,165	
中継ポンプ(モノ式ポンプ)		1台	11.0	L8,000 × W2,300 × H2,650	2h/2h
圧送ホース(6B)		6本	0.18	Φ191 × 10,000	8h/8h (ホース接続/解体作業含む)
圧送ホース(4B)		2本	0.08	Φ133 × 10,000	
ディーゼル発電機		2台	6.2	L4,500 × W1,400 × H2,100	1h/1h
水槽(約20m <sup>3</sup> )		2基	4.0	L6,000 × W2,000 × H2,000	1h/1h
ヤード作業(打設孔1箇所あたり)時間合計					18h/18h

ヤード作業は、ラフタークレーン(25ton)を使用

### 【作業性確認結果】

R/B近傍のヤードは、打設孔1箇所あたり設置に18h、片付けに18h要した。中でも圧送ホース設置・接続作業に最も時間を費やしていることが確認できた。

(6Bホースは剛性が高く、引き回しやジョイント部の合わせ作業に時間を要した)

# ①S/C脚部補強 (4)施工性確認試験の試験結果

## 7)R/B内準備作業／1階床穿孔後のS/C下部確認

### 【目的】

R/B1階床面穿孔後、打設ホースやモニタリング装置の設定ルート上に支障となる干渉物の有無を確認する。

### 【確認方法】

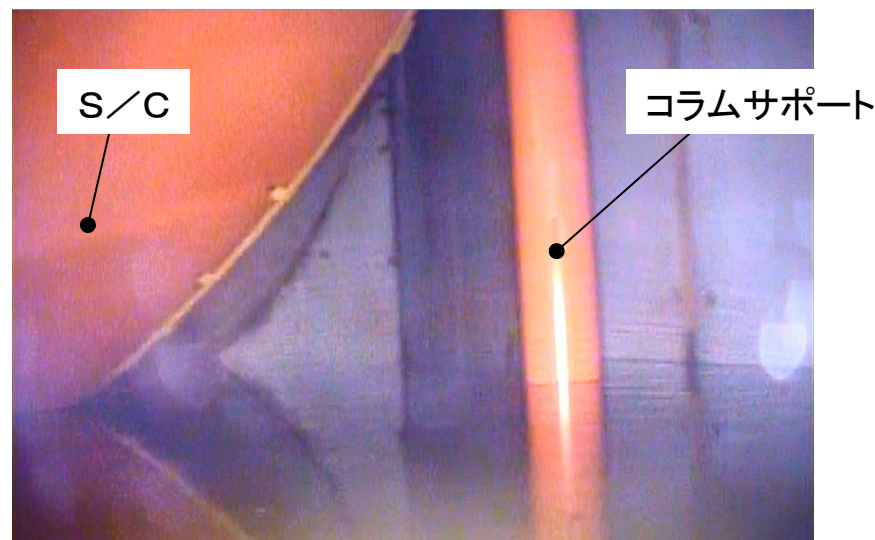
パンチルトカメラをR/B1階穿孔穴から投入し、アクセスルート上の干渉物を確認する。

### 【確認結果】

干渉物確認で用いたパンチルトカメラ投入及び回収に要した時間は、

- (1)配管干渉物設置部:5分
- (2)内側グレーチング1段設置部:7分
- (3)内側グレーチング2段設置部:7分

(1)～(3)の確認では、何れも15分以内で作業可能であることを確認した。



S/C下部確認状況



# ①S/C脚部補強 (4)施工性確認試験の試験結果

## 8)打設準備作業／打設装置、圧送ホース設置・接続(片付け含む)

打設装置および圧送ホースの設置・接続作業(片付け含む)の手順と作業性を確認し、作業時間を計測する。  
また、万一の場合のホース交換作業性についても確認する。

なお、打設装置の設置/片付けは作業フロアのグレーチング上では安全上困難なため、片付け作業時に1階床において手押しによる運搬性を確認する。

表 設置対象機器および設置/片付け作業時間

作業機器	員数	質量 (ton)	寸法 (mm)	作業時間
圧送ホース(6B)	5本	0.14	Φ191×10,000	10h/10h (ホース設置接続/解体・片付け)
圧送ホース(4B)	6本	0.07	Φ133×10,000	
圧送ホース交換作業(6B)	1本	—	—	10min(両端のジョイント接続作業)
打設装置(運搬性)	1台	1.0	L2,500×W800×H2,000	30sec(20m人力移動)

### 【作業性確認結果】

(1)圧送ホースの設置・接続/解体片付け作業は、11本で約10h掛かることを確認した。(実機では運搬方法含め検討要)  
(但し、ホースの建屋内設置/片付けは、作業フロア上となるため、天井クレーンを使用した。)

また、万一のホース交換作業では、15min/本以内で可能なことを確認した。

(2)打設装置は、作業員2名、監視員1名で20mを手押しで移動し、現行のキャスタ構造でも作業可能なことを確認した。



防護装備着用でのホース交換作業



打設装置(梱包状態で移動)

# ① S/C脚部補強 (4)施工性確認試験の試験結果

## 9)施工性確認試験結果(1/4)

実機施工手順にしたがって、材料供給設備を用いた通水試験により、作業性確認と施工監視の妥当性を確認する。

表 施工性確認試験手順に基づく作業時間測定結果

作業内容	作業時間(min)				備考
	1回目	2回目	3回目	4回目	
モニタリングセンサ設置 (S/C内側1箇所,S/C外側1箇所)	20	—	—	—	初期水位 S/C内側:296.3mm S/C外側:300.9mm
水中ポンプ設置	5	—	—	—	
①ホース内水湿らし	3	1	1	1	
②打設ホース設定(干渉回避含む)注	21*	12	11	15	*パンチルトカメラがホースガイドの ロープに絡まり解除作業発生
通水	(30)	(60)	(30)	(30)	通水中は作業員退避のため、 作業時間に含めない。
③漏えい確認	1	1	1	1	
①～③作業時間計	25	14	13	17	
打設ホース回収・蓋取り付け	5	3	5	4	

注:干渉物は、S/C内側グレーチング2段を使用

### 【作業性確認結果】

1. 打設ホース・モニタリングセンサは、干渉物回避操作により設置可能であることが確認できた。
2. 高線量下作業(3mSv/h想定)の作業時間は、習熟効果も考慮すると目標時間(約15分)で実施できる見通しを得た。(但し、パンチルトカメラのロープ絡まりのリスクがあるため、更なる改善が必要)
3. 施工性確認試験の手順で支障なく実施可能であった。

## ①S/C脚部補強 (4)施工性確認試験の試験結果

## 10)施工性確認試験結果(2/4)

表 通水試験時の施工監視データ

測定項目・操作項目		管理値	1回目	2回目	3回目	4回目	備考
通水流量[流量計](m <sup>3</sup> /h)		30<	30.6	30.6	30.6	30.6	
通水前水位(mm)	S/C内側	—	306	487	499	1751*1	*1モニタリングセンサ水位計測確認のため、給水設備による補給を実施
	S/C外側	—	309	492	504	1751*1	
通水後水位(mm)	S/C内側	—	538	810*2	735	2178	*2 2回目は通水中に排水ポンプ操作を実施。
	S/C外側	—	543	815*2	739	2179	
模擬トラス室水温(°C)		—	11	11	12	13	モニタリングセンサ温度計
打設装置トレミー操作(巻上げ量)		—	100mm	500mm	300mm	1000mm	
排水ポンプ運転(参考試験)注			有	有	無	無	

注:施工性確認は通水のためのため、模擬トラス床面にポンプ設置し現場盤の操作で水位制御を実施。

・1回目手順は、水位550mmでポンプ起動、水位500mmで停止操作実施。

・2回目手順は、水位800mmでポンプ起動、水位500mmで停止操作実施。

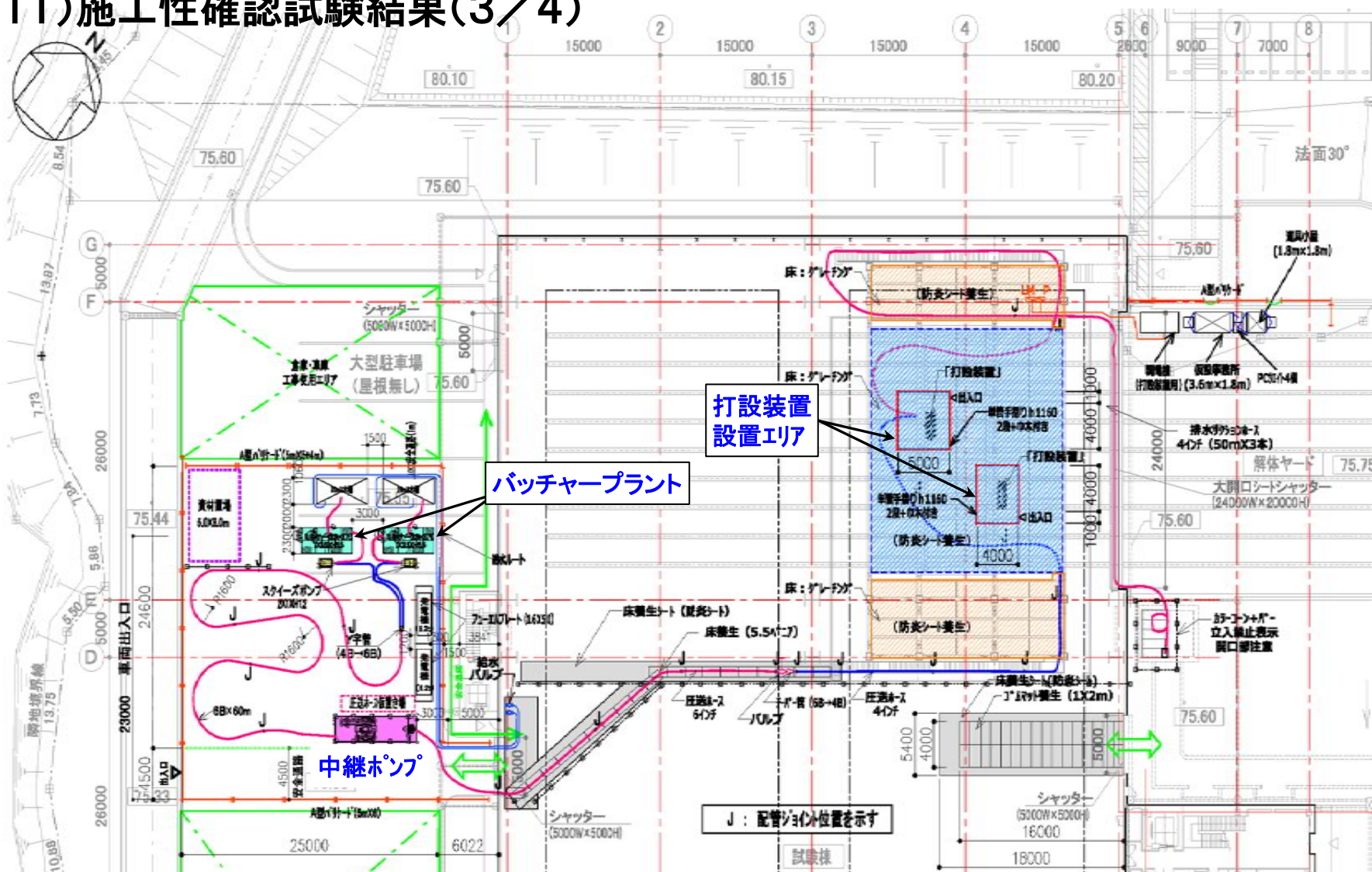
(3回目以降は、排水ホースのつぶれ発生により排水操作は実施せず。)

## 【施工監視確認結果】

1. モニタリングセンサは、水面用フロートについて監視に適用可能であることが確認できた。
2. 通水試験中に打設装置でホースのトレミー操作を実施し、打設量(今回は水位のみ)に応じ100~1000mmの範囲において支障なく実施できることを確認した。
3. 排水ポンプは水位監視しながら、排水操作手順にしたがい実施可能なことを確認した。  
(実機施工では、排水ポンプ設置箇所、台数、排水能力などの検討が必要)

# ①S/C脚部補強 (4)施工性確認試験の試験結果

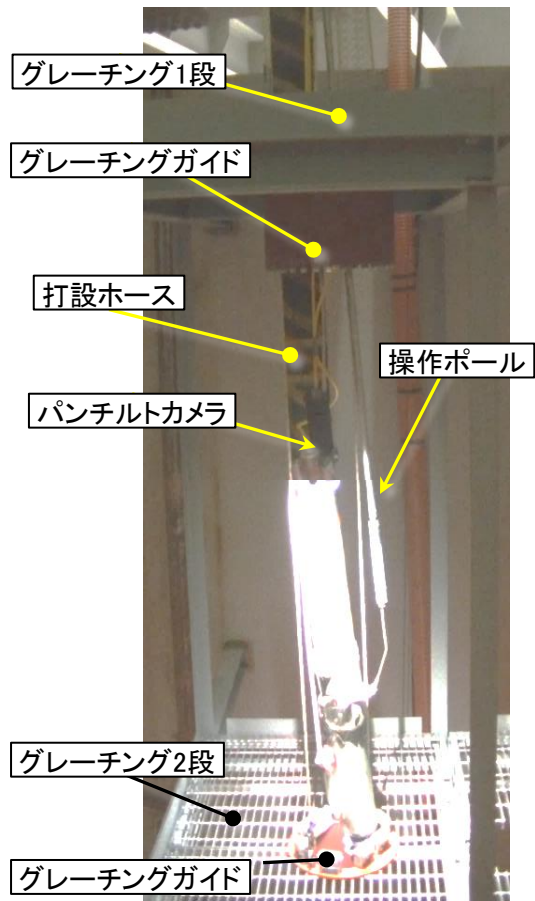
## 11)施工性確認試験結果(3/4)



試験設備全体配置図 (JAEA 櫛葉遠隔技術開発センター)

# ①S/C脚部補強 (4)施工性確認試験の試験結果

## 12)施工性確認試験結果(4/4)



グレーチング2段回避状況



作業フロア



遠隔監視室



補強材供給設備設置状況

# ①S/C脚部補強 (4)施工性確認試験の試験結果

## 13)【参考】排水ポンプによるトラス室滞留水排水手順確認

### 【目的】

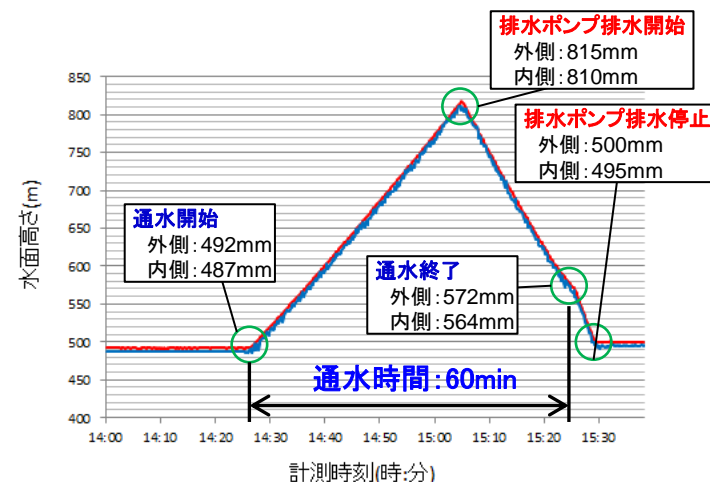
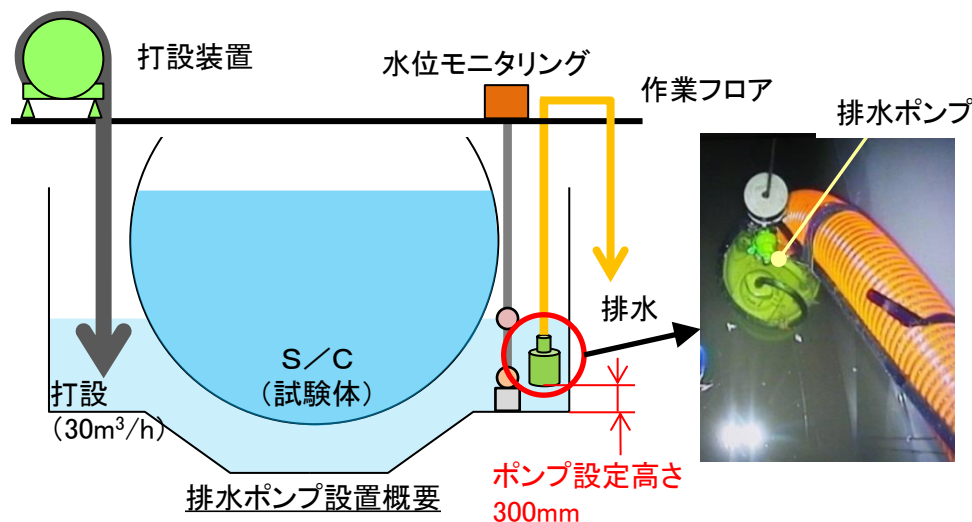
地下水位との逆転を避ける方法として、打設時のトラス室水位上昇分を排水ポンプで排出する手順を確認する。

### 【排水要領】(施工性試験2回目の例)

- ・ 水中ポンプの設置は、作業フロアからチェンブロックで行う。
- ・ 施工性試験では、打設流量(30m<sup>3</sup>/h)に余裕を取り60m<sup>3</sup>/hの水中ポンプを使用した。
- ・ 作業員の被ばくを考慮し、ポンプ吸込み高さを固定して行う。(トラス床から300mmに設定)
- ・ 水位監視は遠隔操作室で行い、水中ポンプの起動/停止は現場盤で行う。

### 【確認結果】

通水開始後、810mmで排水操作を実施、通水開始時の水位まで排水を行い、手順通り実施可能なことを確認した。



施工性試験2回目水位監視の例

# ①S/C脚部補強 (4)施工性確認試験の試験結果

## 14)打設試験に向けての改善検討

試験で得られたコメント数46件(装置:24件, 作業:22件)について主な改善事項を下表に示す。改善項目の検討を行い、打設試験に向けた準備を進める。

機器名	コメント、改善項目	対応方針
打設装置	打設装置の転倒防止対策を検討すること。	装置ベースに転倒防止を設置することを検討する。 (検討結果を打設試験計画にフィードバック)
	打設装置の設定位置調整機構を検討のこと。	転倒防止機構に含め検討する。計画 (検討結果を打設試験計画にフィードバック)
	ホースの巻き癖でグレーチング穴挿入に手間取る場合がある。	巻き癖改善方法について検討する。 (検討結果を打設試験計画にフィードバック)
	R/B内の取扱性改善のため、コンパクト化を検討のこと。	打設量に応じた装置サイジングを検討する。 (検討結果を実機工事計画にフィードバック)
	ホース先端カメラケーブルの干渉物との接触による損傷防止やホース送りや回収時のケーブル処理改善が必要。	カメラの無線化を検討する。 (検討結果を打設試験計画にフィードバック)
	通信エラーが生じた場合のインターロック解除方法が周知されていない。	解除方法を周知し、要領書等へ明記する。 (検討結果を打設試験計画にフィードバック)
	ホース巻取り時に重なる場合があるので、挟まれ防止や重なり防止の対策要。	ドラム2巻き目で生じる場合があるので、注意喚起表示と作業要領に反映予定。 (検討結果を打設試験計画にフィードバック)
	ホースの汚染により巻取り時の被ばく低減を検討のこと。	装置への遮蔽体設置を検討する。 (検討結果を実機工事計画にフィードバック)
グレーチング用ホースガイド	ホースガイドにパンチルトカメラのケーブルが引掛る場合があるので、ガイド形状の改善が必要。	ホースガイド形状見直しを検討する。 (検討結果を打設試験計画にフィードバック)
打設ホース挿入用操作ポール	グレーチング2段目のように距離が長い(約4m)とポールがホースの重みに負けている。	アルミ製に加えステンレス製ポールを準備する。 (検討結果を打設試験計画にフィードバック)
モニタリングセンサホルダ	ホルダの固定方法、軽量化を検討すること。	固定方法改善、軽量化を検討する。 (検討結果を打設試験計画にフィードバック)
圧送ホース	4B/6Bホース敷設時の運搬方法を検討すること。	専用の運搬台車を検討する。 (検討結果を実機工事計画にフィードバック)
	ホース接続部のパッキンは使用後損傷したものが多。	パッキンは、新品に交換することを要領書に明記する。 (検討結果を打設試験計画にフィードバック)
作業判断	打設ホース先端の着座について、カメラでの判断ポイントを記録すること。	トラス床面到達から100mm戻す手順であったが、水面レベルを基準に送り量を規定する手順に見直した。(済) (対応済)

## 6. 個別実規模試験

### ②ベント管止水



## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### ■ベント管止水施工性確認試験の進捗状況

#### (1) 実規模試験の試験計画

実機施工手順書を作成し、施工性確認にて模擬する範囲を検討した。

#### (2) 実機施工条件及び機器の紹介

実機施工時の環境条件、および技術開発PJにて検討している機器仕様を整理した。

#### (3) 施工性確認試験の試験条件

手順及び環境条件の模擬範囲を詳細に検討した。

#### (4) 施工性確認試験の試験要領

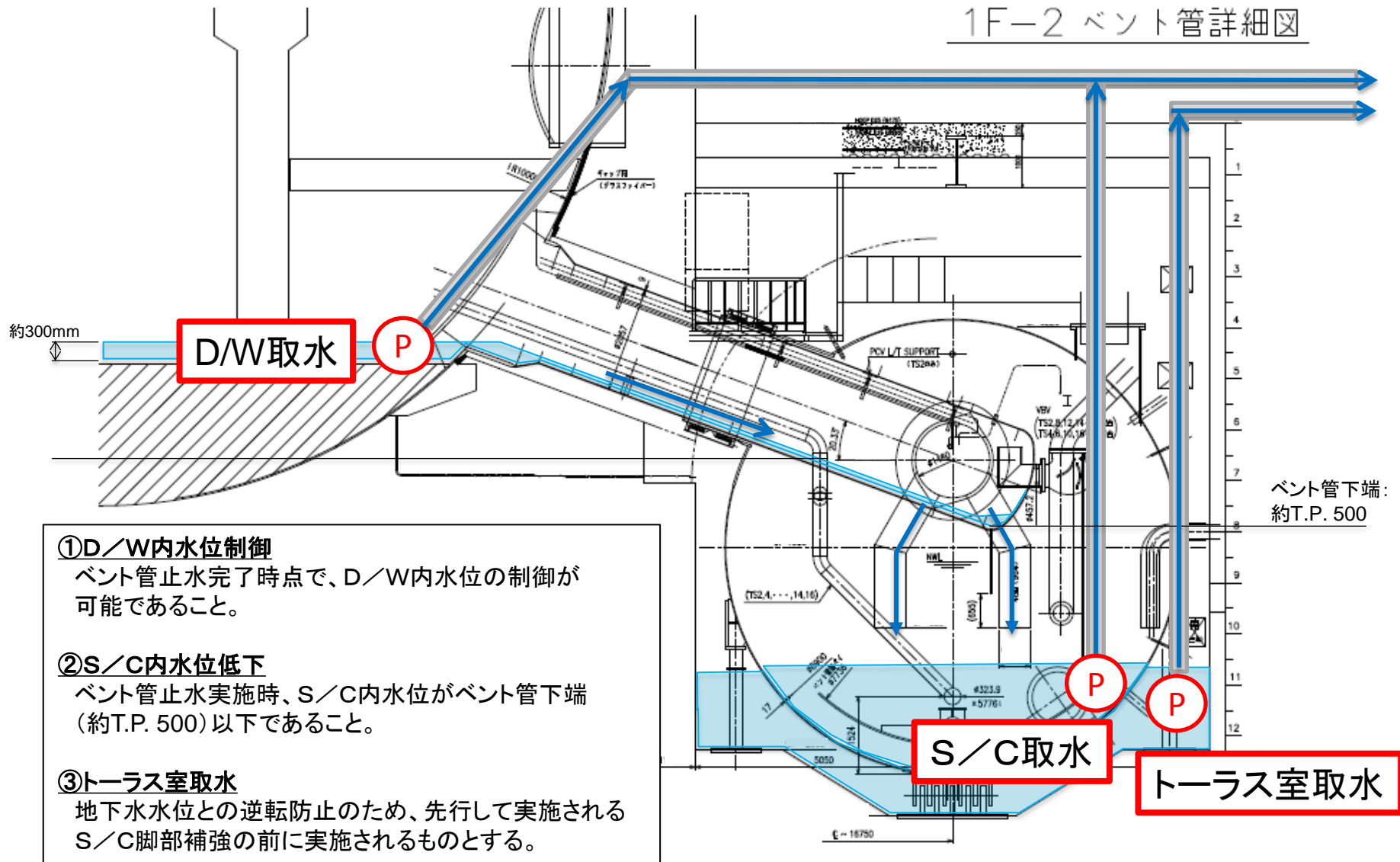
試験手順及び確認項目を検討した。

#### (5) その他

試験に必要なとなる付帯設備(ユーティリティー、床養生鉄板等)を試験体に設置した。2017年2月～5月にかけて施工性確認を実施中。

## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### <ベント管止水の前提条件(水位)>



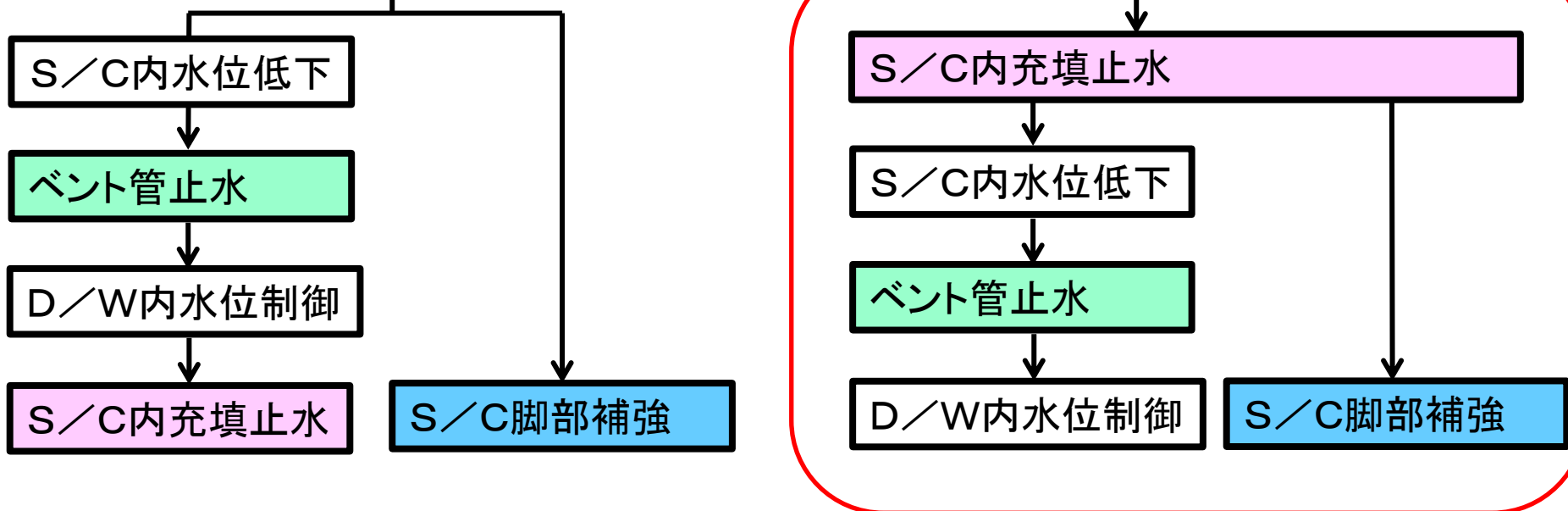
## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### <水位制御の必要時期>

トーラス室水位低下

①S/Cに損傷なし

②S/Cに損傷あり(又は不明)



#### 検討条件

- ・S/C脚部補強時、S/Cの漏えいがない状態とする必要がある。
- ・ベント管止水時、S/C内水位を約T.P.500以下とする必要がある。
- ・S/C内充填止水時、D/W内水位を約T.P.5500以下とする必要がある。

本資料は、S/Cの損傷が不明のままであると仮定し、  
②についてまとめる。

## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### <ベント管止水の前提条件(バウンダリ)>

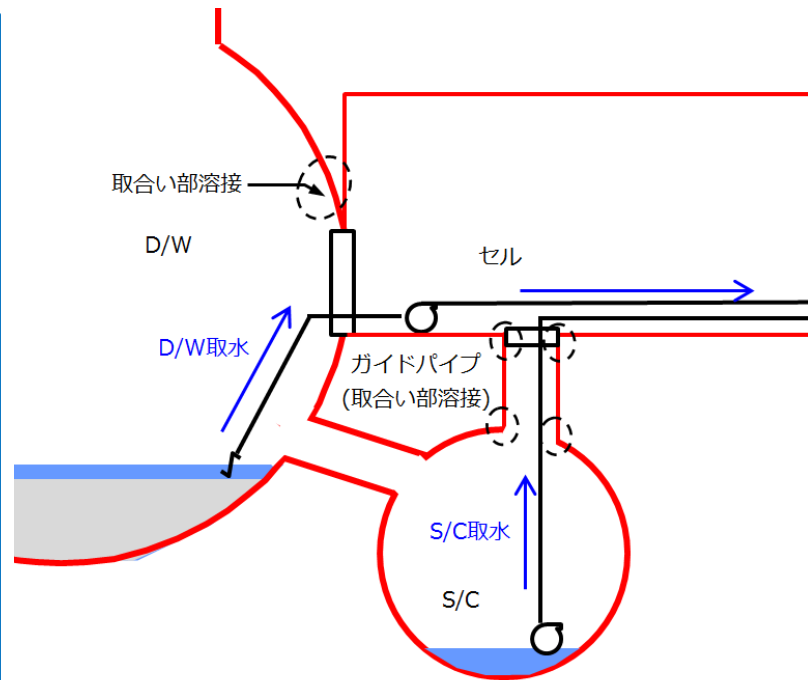
ベント管止水前、D/W及びS/C取水時のバウンダリ案を示す。  
本バウンダリはデブリ取り出し中も継続して運用することを想定し、既設構造物(D/W、S/C)と新規設備(セル)の取り合いを溶接としている。

ここで、下部補修では合計24箇所のS/C開口を設ける計画であり、異常時にはバウンダリの再構築が要求される。  
ベント管止水時の運用方針案を下記に示す。

- ①S/C取水時の開口を利用し、S/C内ダスト濃度測定を行う。
- ②トラス室内/R/B1階ダスト濃度測定を行う。
- ③ダスト濃度測定の結果から、作業員被ばく・敷地境界影響の観点でS/Cへの穿孔可否を判定
- ④ベント管止水中、S/C内ダスト濃度を継続監視
- ⑤作業完了または異常時にS/C開口閉止  
(全開口にガイドパイプを取り付ける場合、ガイドパイプ先端を閉止)

#### 【技術開発PJへのフォロー事項】

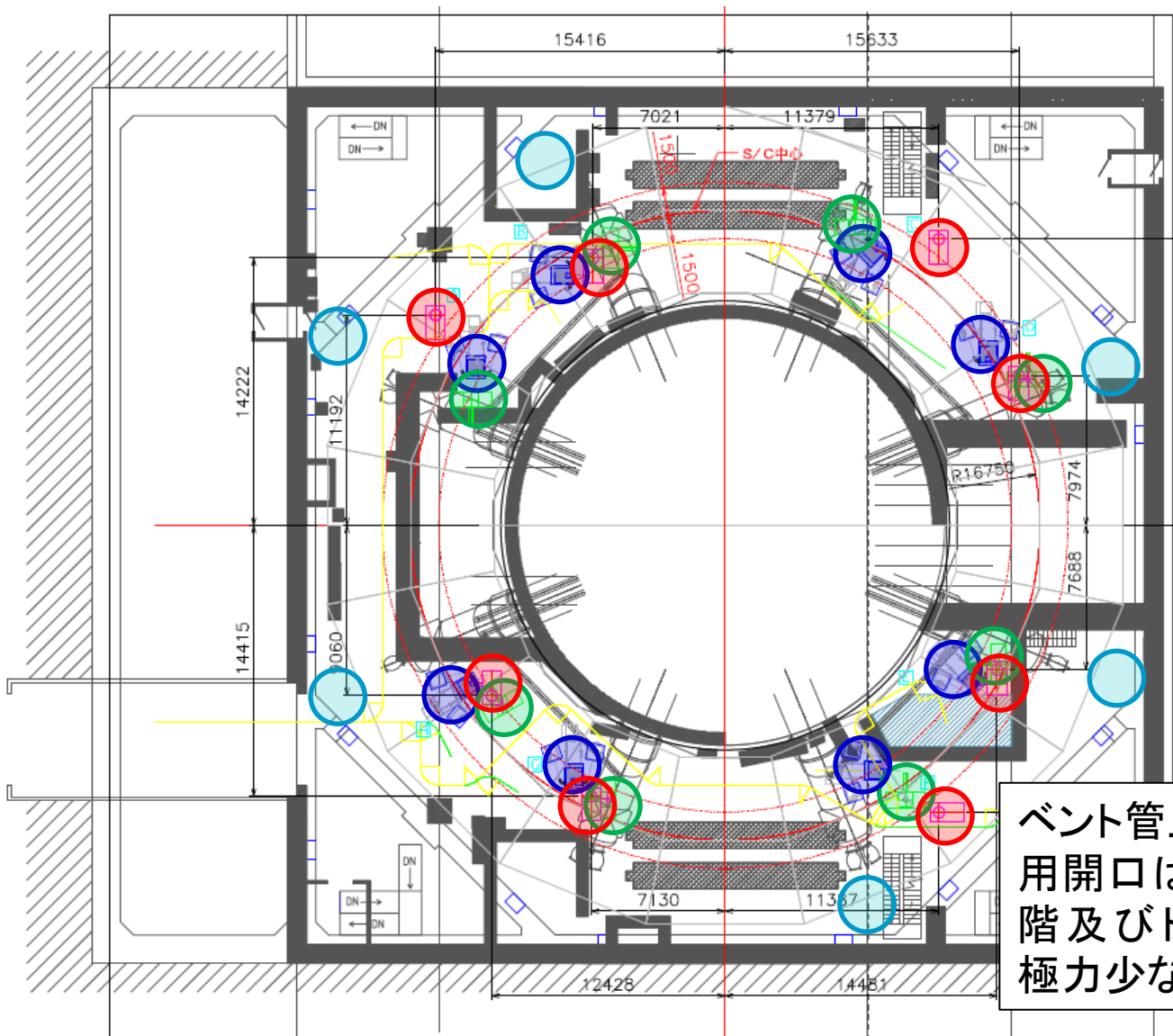
- ・S/C開口閉止技術の開発(ガイドパイプ有/無)
- ・ベント管止水技術におけるガイドパイプの適用検討



D/W取水・S/C取水時のバウンダリ構成案  
(赤線部がバウンダリ)

## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### ■ベント管止水時のR/B1階開口概略配置



#### 【凡例】

FRM用床穴: ●  
(Φ450mm)

俯瞰カメラ用床穴: ●  
(Φ350mm)

脚部補強用床穴: ●  
(Φ400mm)

S/C内充填止水用: ●  
(Φ500mm)

#### 穿孔箇所 合計30箇所

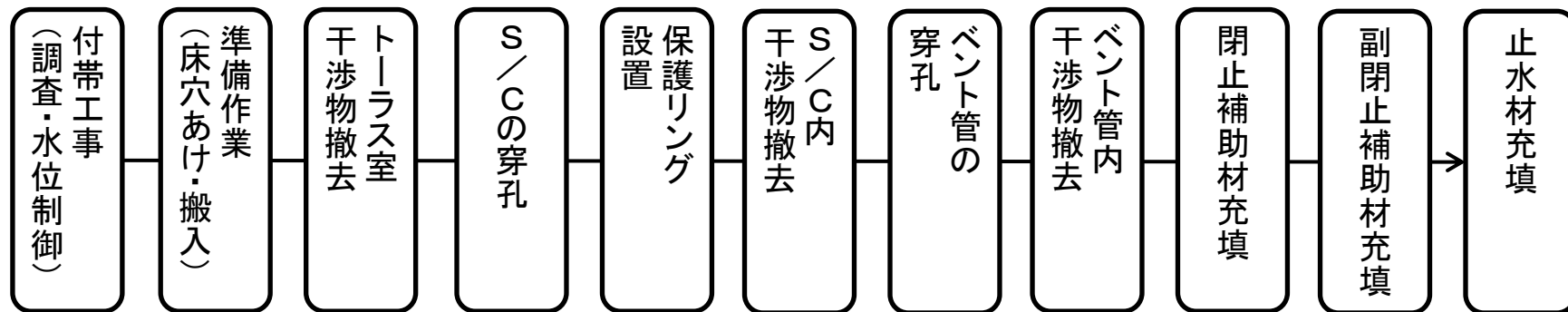
うち脚部補強用床穴を除く24箇所は  
S/Cにも同位置に開口を設ける。  
また、本開口の他に、S/C取水用開  
口(1箇所以上)が設けられる。

ベント管止水用開口及び俯瞰カメラ  
用開口は、ベント管近傍でR/B1  
階及びトラス室内の干渉物が  
極力少ない配置としている。

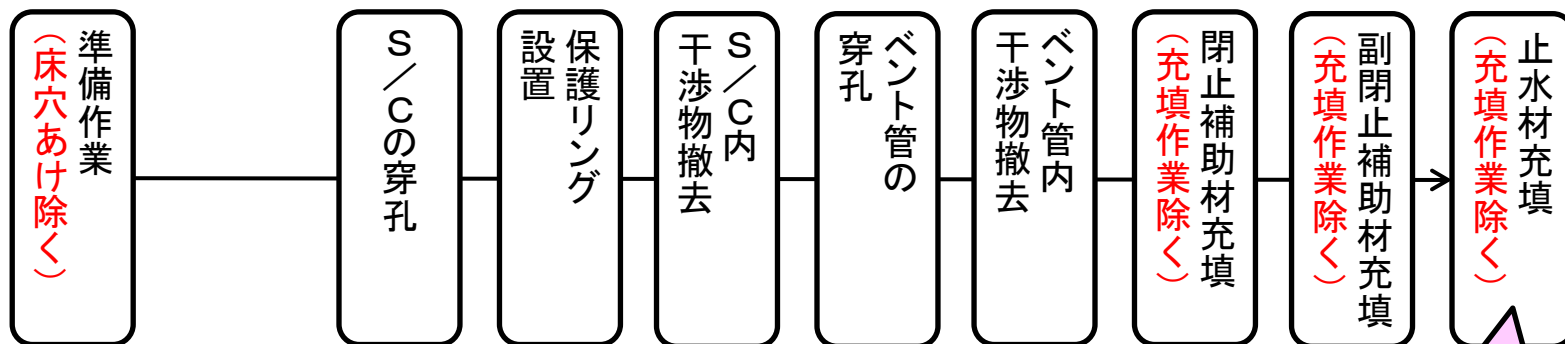
## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### <ベント管止水実規模試験の計画(概要)>

#### 実機作業フロー



#### 遠隔施工性確認試験(ワンスルー試験)フロー



#### 遠隔施工性確認試験(ワンスルー試験)

ベント管止水の施工対象8方位のうち、代表性の高い1方位を選定し、作業環境及び手順を再現、打設作業を除く遠隔作業の成立性を検証する。方位の違いによる視野の違い等のバリエーションは、VR等を活用し作業が成立することを確認する。

止水材充填は材料(グラウト/ゴム)により、FRM先端ツール及び材料供給設備が異なる。ただしFRM単体としての操作手順は同等となる見込み。

## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### ■試験計画① 確認項目概要

#### ①有人作業性の確認項目

##### ・高線量作業性

搬入、ツール取替え等の各種有人作業の手順確認・作業時間計測を行う。

#### 【試験条件】

- ・作業対象箇所のうち、最も狭隘であるTIP室内での作業を模擬する。
- ・使用する工具、装備は実工事を想定した模擬を行う。
- ・照明環境は可能な限り実機環境を模擬する。
- ・R/B1階床穿孔、線量サーベイは既に作業実績があるため、模擬をしない。
- ・その他一連作業を模擬する。
- ・1作業単位が20分以内となるよう作業を分割し、作業完了までにかかった時間を計測する。(3mSv/h環境下で作業員被ばくの上限1mSv/人日とすることを想定し、連続作業時間20分は上限とする)

## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### ■試験計画① 確認項目概要

#### ②遠隔施工性の確認項目

##### ・運搬性

FRMによるツール先端を目標まで到達させる運搬機能・手順の確認

##### ・視認性

各種カメラによる位置決めや干渉物回避に必要な視認機能・手順の確認

##### ・材料供給性

打設以外の施工に用いる切削水等の供給機能・手順の確認

##### ・施工性

S/C・ベント管への穿孔やツール遠隔分離等の施工機能・手順の確認

##### ・作業完了確認性

各種作業完了の確認機能・手順の確認

#### 【試験条件】

- ・FRM及び俯瞰カメラ装置による一連作業のうち、代表1方位を模擬する。
- ・使用する機材(ユーティリティ、制御系、監視系、FRM)は実機同等品を用いる。
- ・干渉物は、施工性の点で代表性の高いS/Cスプレイ管・ベント管内配管を模擬する。
- ・室内照明は可能な限り消灯し、実機環境を模擬する。
- ・流水環境はベント管内作業時のみ模擬する。
- ・止水材の充填作業は行わない。



# ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

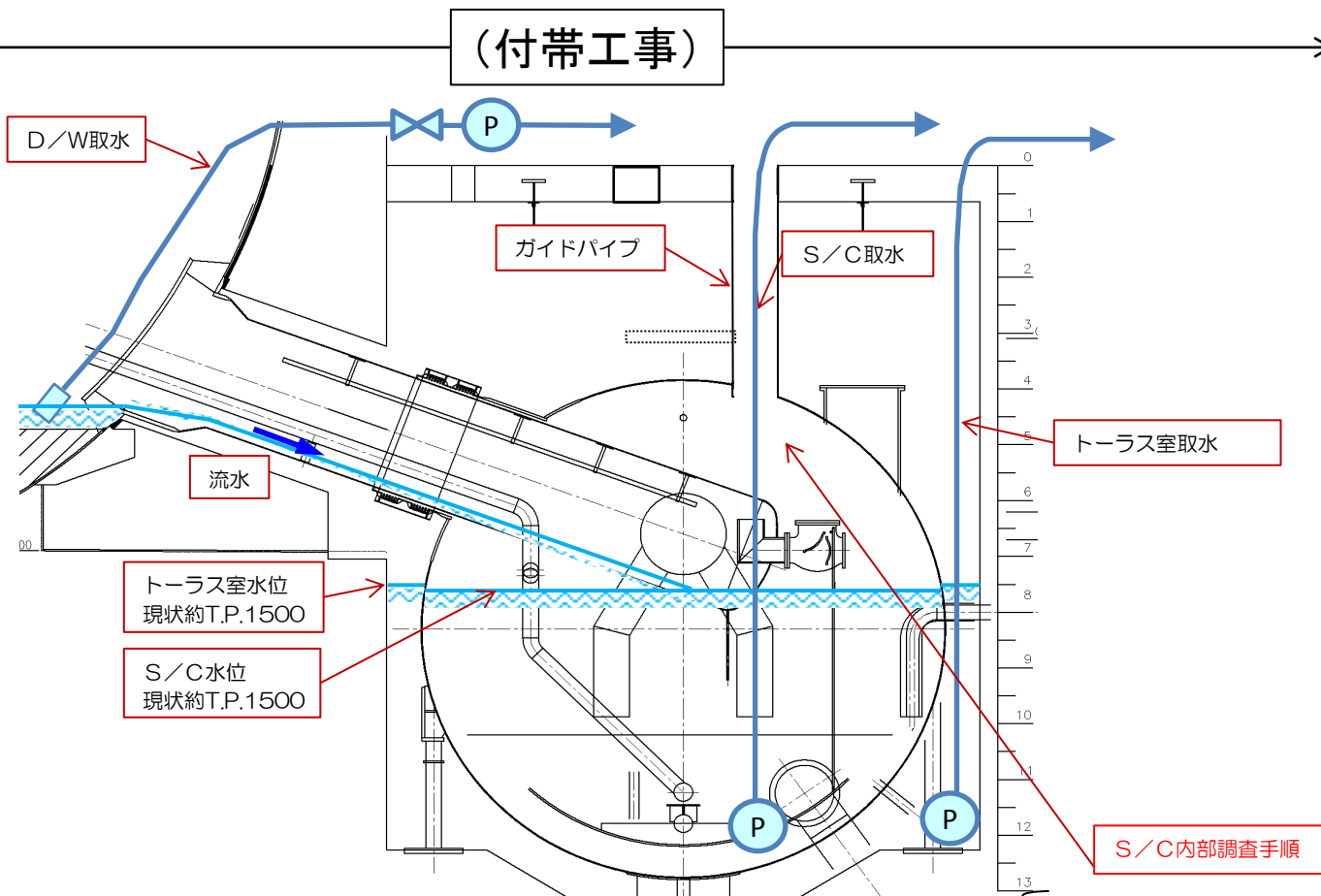
## ■試験計画② 確認項目マトリクス

**赤枠内:遠隔施工性確認試験 確認範囲 (取消線部は打設試験にて確認)**

確認項目	有人作業	遠隔系作業				
	高線量作業性	運搬性	視認性	材料供給性	施工性	作業完了確認性
①準備作業	・短時間での作業完了	—	—	—	—	・想定外干渉物有無確認(目視) ・取付確認(目視+触診)
共通作業	・短時間での作業完了	・ツール先端を目標まで到達	・FRM先端と目標の立体位置関係把握	・洗浄水供給	・FRMアームの移動 ・FRMの遠隔除染	・ツールの取付確認(目視+触診) ・FRM先端が目標に到着したことの把握 (目視+座標計算+荷重+角度計)
②トラス室干渉物撤去	—	・WJ反力の支持 ・切断片の運搬	・FRM先端と目標の立体位置関係把握	・切削水及びガーネット供給	・干渉物の把持 ・干渉物の切断	・干渉物切断完了の把握 (目視+荷重+角度計)
③S/Cへの穿孔	—	・WJ反力の支持 ・切断片の運搬	・FRM先端と目標の立体位置関係把握	・切削水及びガーネット供給	・S/Cへの穿孔	・S/C穿孔完了の把握 (目視+荷重+角度計)
④保護リング設置	・短時間での作業完了	・保護リングの運搬	・FRM先端と目標の立体位置関係把握	—	・保護リングレバーの操作	・保護リング設置完了の把握(目視)
⑤S/C内干渉物撤去	—	・WJ反力の支持	・FRM先端と目標の立体位置関係把握	・切削水及びガーネット供給	・干渉物の把持 ・干渉物の切断	・干渉物切断完了の把握 (目視+荷重+角度計)
⑥ベント管内への穿孔	—	・WJ反力の支持 ・切断片の運搬	・FRM先端と目標の立体位置関係把握	・切削水及びガーネット供給	・ベント管への穿孔(半径方向±10mm)	・ベント管穿孔完了の把握 (目視+荷重+角度計)
⑦ベント管内干渉物撤去	・短時間での作業完了	・WJ反力の支持	・FRM先端と目標の立体位置関係把握	・切削水及びガーネット供給	・干渉物の把持 ・干渉物の切断	・干渉物切断完了の把握 (目視+荷重+角度計)
⑧閉止補助材展開	—	・閉止補助材ツール+ホースの運搬	・閉止補助材の展開状況把握	・エア及びグラウト供給	・先端ツールの設置 ・閉止補助材の固縛解除 ・閉止補助材の展開 ・先端ツールの遠隔分離	・エア展開完了の把握(目視) ・打設完了の把握 (目視+積算充填量) ・ツール分離完了の把握 (目視+荷重センサ)
⑨副閉止補助材充填	—	・副閉止補助材ツール+ホースの運搬	・副閉止補助材の打設状況把握	・副閉止補助材供給	・先端ツールの設置 ・先端ツールの遠隔分離	・打設完了の把握(目視) ・ツール分離完了の把握 (目視+荷重センサ)
⑩止水材充填	—	止水材ツール+ホースの運搬	—	・止水材供給	・先端ツールの設置 ・ホース送り回収 ・先端ツールの遠隔分離	・打設完了の把握(積算充填量) ・ツール分離完了の把握 (目視+荷重センサ)

## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### ■実機作業手順と模擬範囲(赤字部を模擬する)



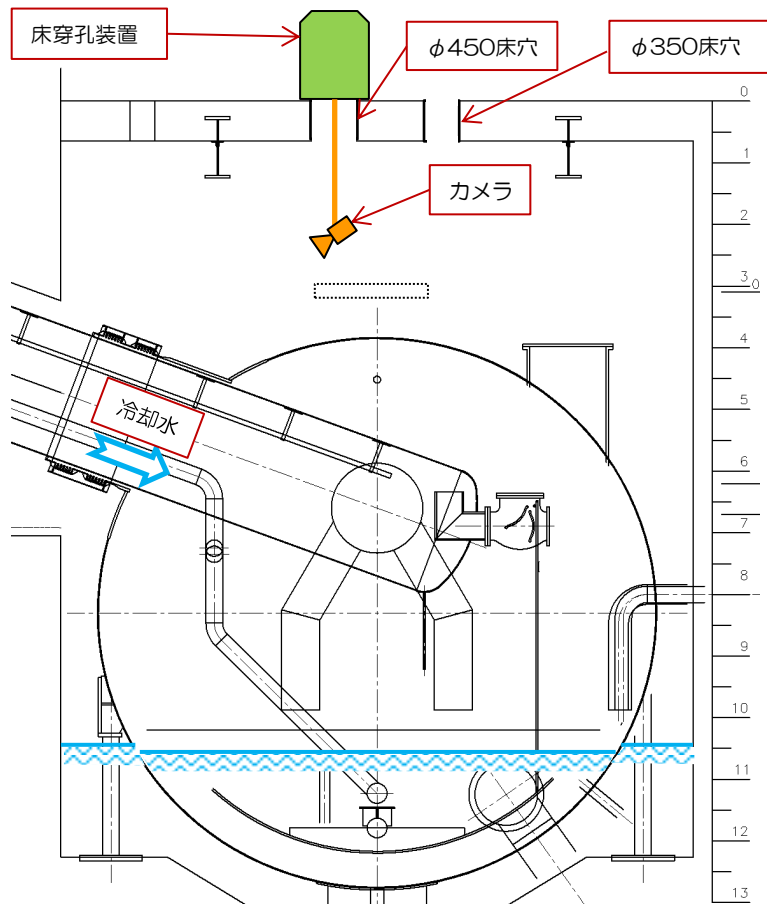
- R/B1階干渉物撤去(ガス管理配管、計装ラック、TIP案内管等)
- トラス室取水(S/C脚部補強時、地下水水位逆転対策のためT.P.-1736以下に制御要)
- D/W取水(ベント管止水完了後、D/W内水位上昇対策のためD/W取水要)
- S/C内部調査
- S/C取水(ベント管止水時、ベント管下端の水没を避けるためT.P.500程度まで低下要)

- S/C表面にて線量調査
- ガイドパイプ設置(1箇所)
- S/C表面に水素パーシド用下穴穿孔
- S/C内水素濃度測定
- S/C内ダスト濃度測定
- ガイドパイプによるS/C穿孔
- S/C内部調査(構造物変形有無の調査)
- S/C取水開始

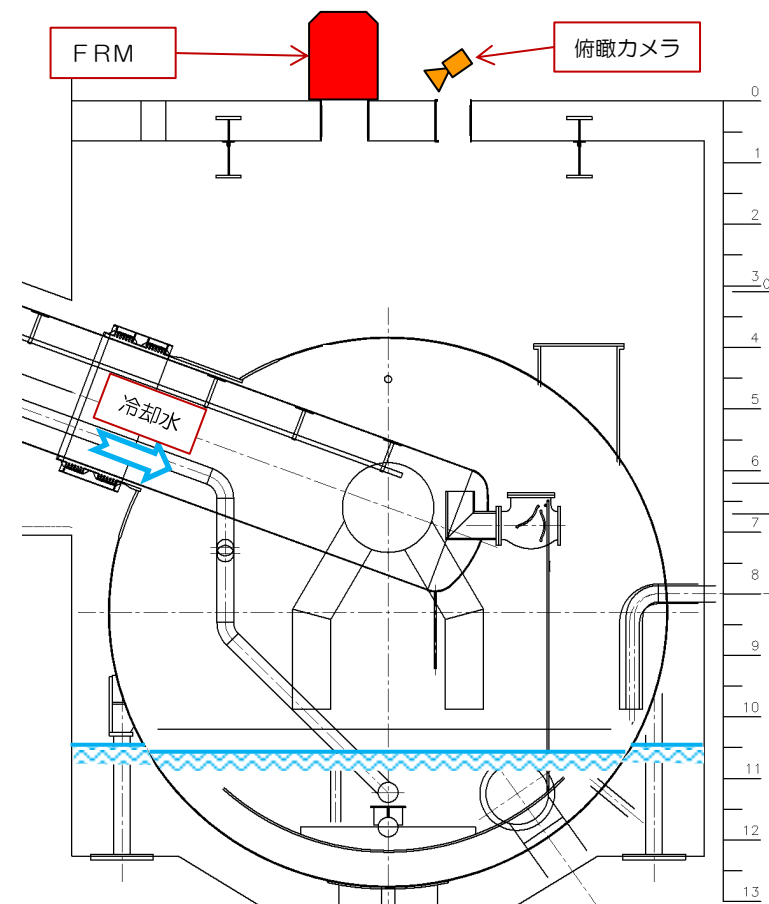
## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### ■実機作業手順と模擬範囲(赤字部を模擬する)

#### ①準備作業



- R/B 1 階小口径床穴穿孔 (高線量有人作業)
- トーラス室内干渉物調査
- R/B 1 階床穿孔 (高線量有人作業)

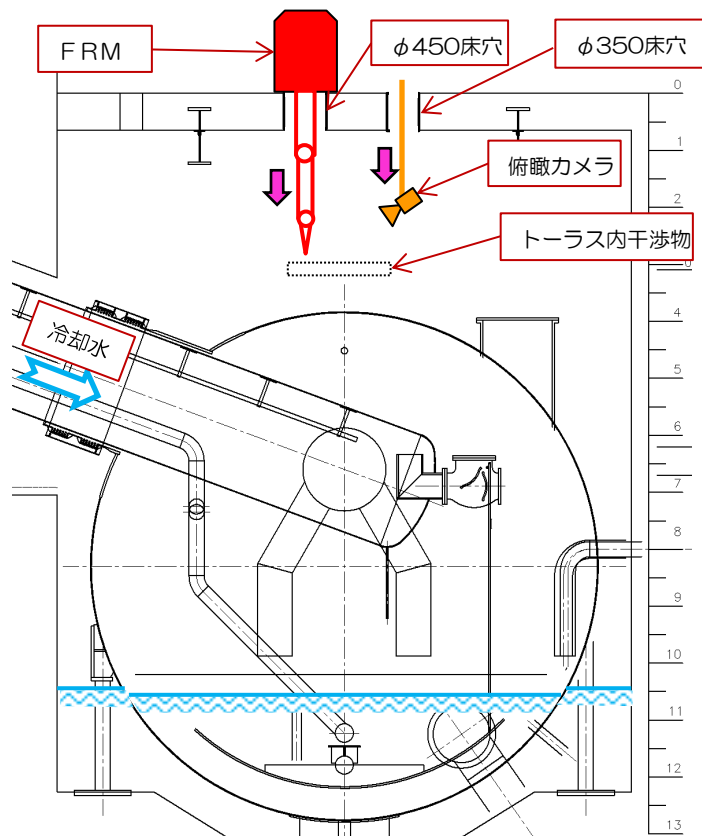


- 操作エリア設置
- ユーティリティ設備設置
- 止水材プラント設備の設置
- FRM、俯瞰カメラ搬入設置 (高線量有人作業)
- 各ユニット間の電源、制御、油圧ライン敷設 (高線量有人作業)

## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

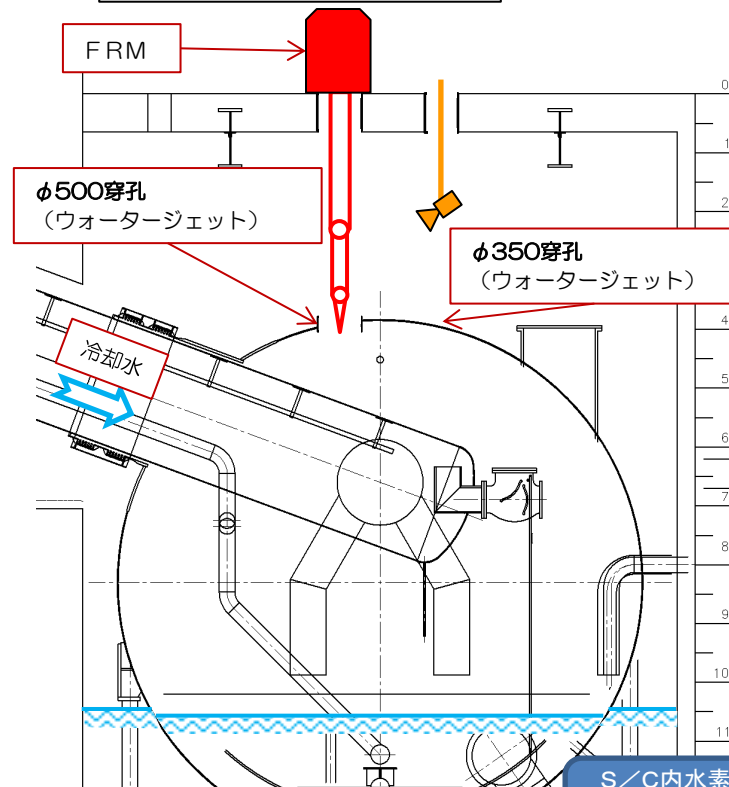
### ■実機作業手順と模擬範囲(赤字部を模擬する)

#### ②トラス室内干渉物撤去



- FRMに切断ツール取付 (高線量有人作業)
- 切断ツール (ウォータージェット) にてトラス室内干渉物を撤去

#### ③S/Cへの穿孔



- S/C内水素濃度測定
- S/C内ダスト濃度測定
- FRMに切断ツール取付 (高線量有人作業)
- 切断ツール (ウォータージェット) にてS/C上面を穿孔  
(補修装置用: φ500mm、俯瞰カメラ用: φ350mm)

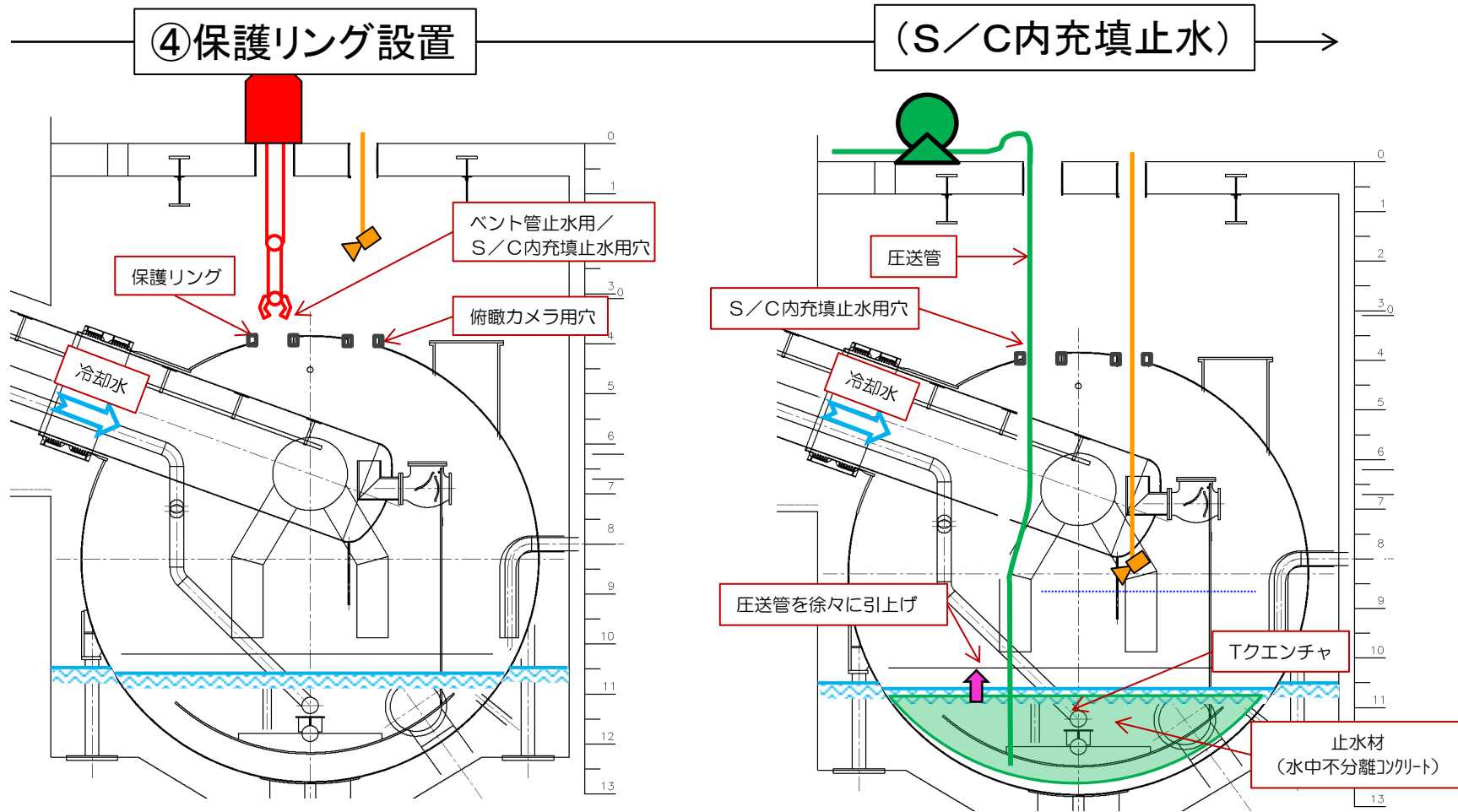
S/C内水素濃度測定  
S/Cダスト濃度測定  
にて実施可否判定

【水素対策・ダスト対策要となった場合(詳細は次年度以降の開発項目とする)】

- 水素対策として火花の発生しない穿孔ツールを用いて下穴を穿孔し、水素パーシを行う。
- 以降作業中にS/C内ダストが高となった場合、S/C開口を閉止する。

## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### ■実機作業手順と模擬範囲(赤字部を模擬する)



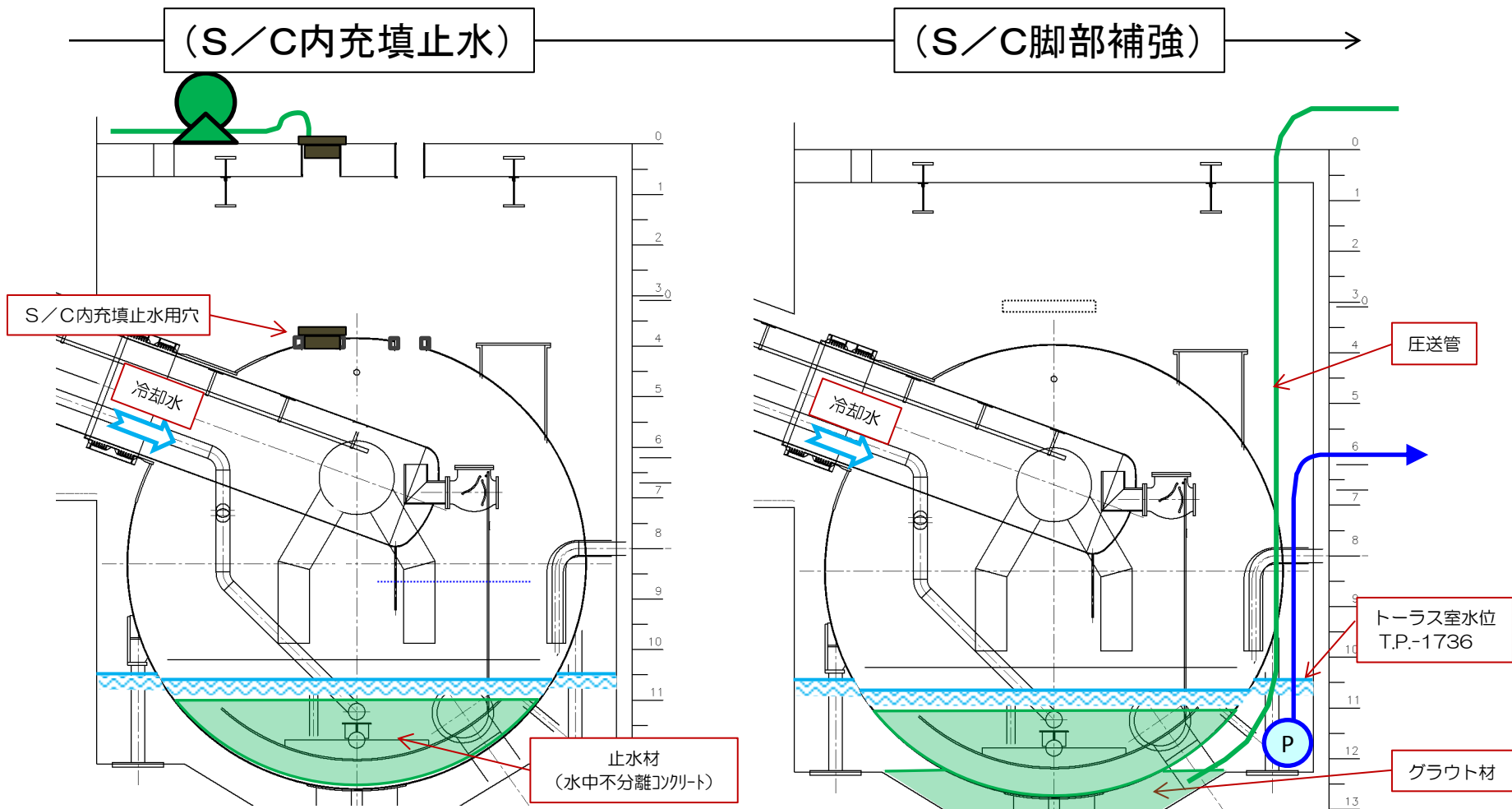
- ・保護リングをトラス室内に投下 (高線量有人作業)
- ・FRMに把持ツール取付 (高線量有人作業)
- ・把持ツールにて保護リングを把持
- ・S/C穴に保護リングを設置

- ・S/C内部調査 (構造物変形有無、デブリ有無の調査)
- ・圧送管送り装置をR/B1階へ搬入、設置 (高線量有人作業)
- ・圧送管 (ホース) をトラス室内⇒S/C内へ投下
- ・ベント管、ベントヘッドを回避し、アーム下限位置まで圧送管を投下
- ・トレミー工法による止水材打設開始
- ・Tクエンチャ全長にわたり止水材に埋設していることを確認

S/C内部調査にて  
実施可否判定

## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### ■実機作業手順と模擬範囲(赤字部を模擬する)



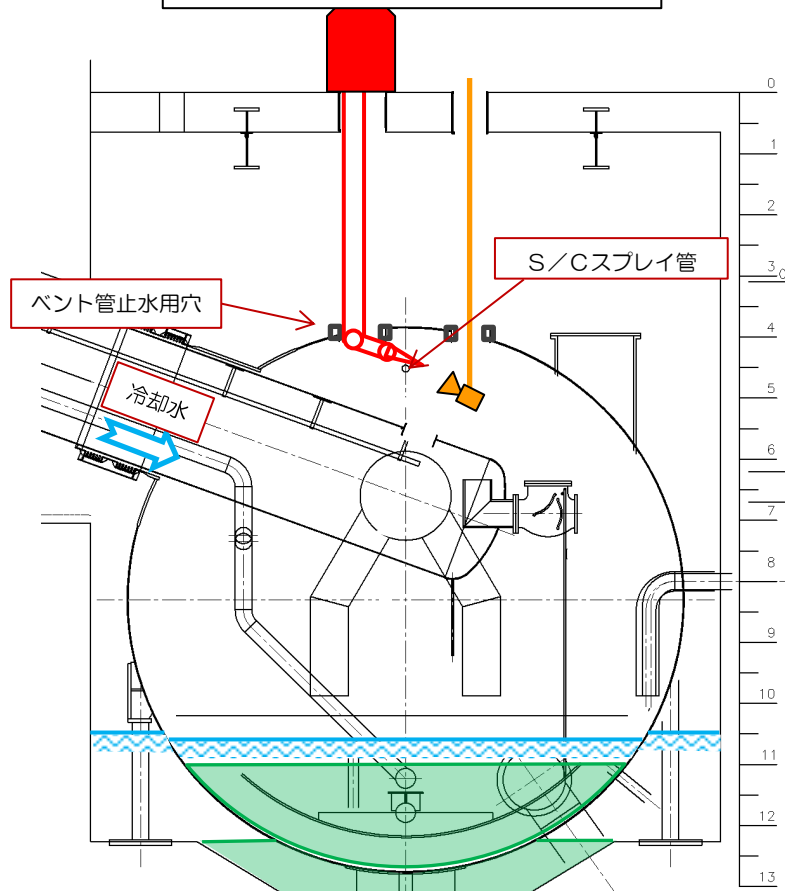
- 止水材の硬化養生
- S/C内充填止水用開口部の閉止  
(俯瞰カメラ用開口はベント管止水と共用とする)

- S/C脚部補強 (トラス室底部グラウト打設)

## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

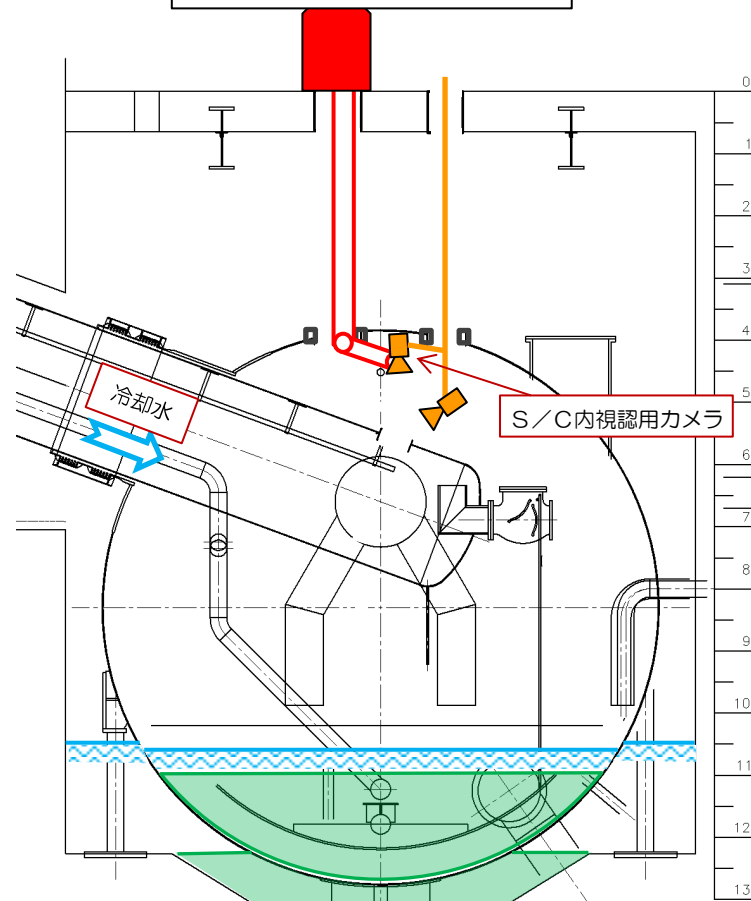
### ■実機作業手順と模擬範囲(赤字部を模擬する)

⑤ S/C内干渉物撤去



- S/C内部調査 (構造物変形有無の調査)
- FRMに切断ツール取付 (高線量有人作業)
- 切断ツール (ウォータージェット) にて、干渉物である S/Cスプレイ管を撤去

⑥ ベント管の穿孔

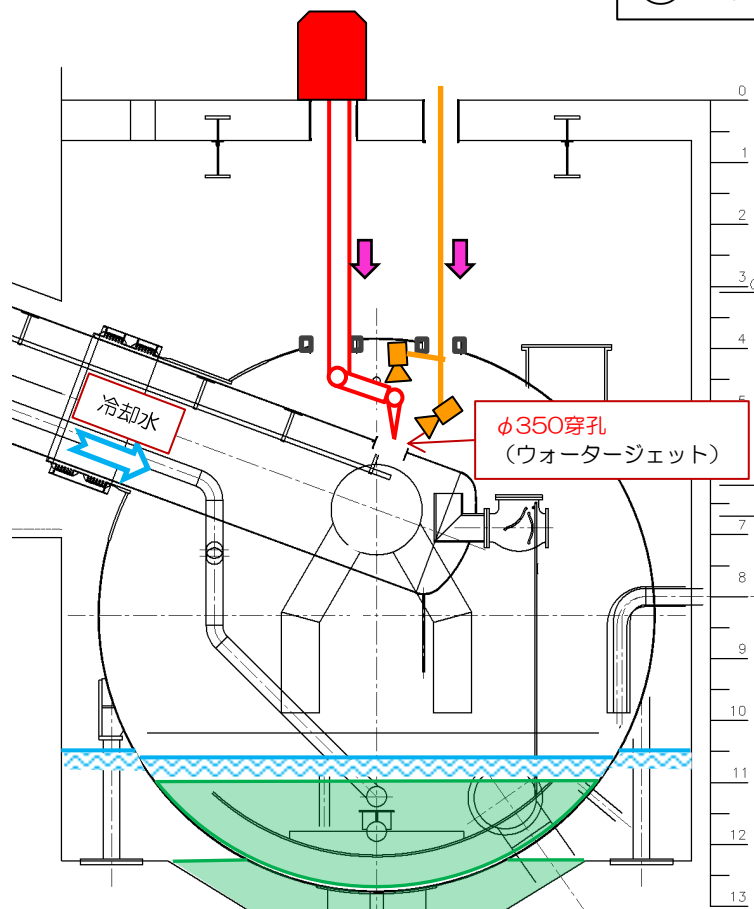


- FRMに把持ツール取付 (高線量有人作業)
- 把持ツールにて、S/C内視認用カメラをS/C内天井に設置 (永久磁石により接着)

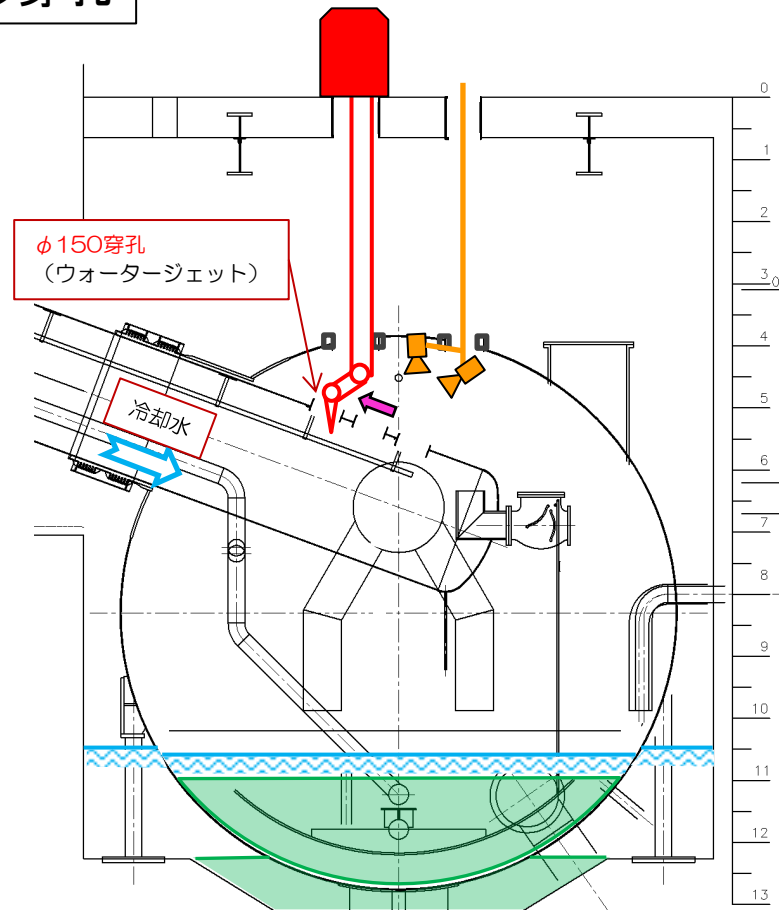
## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### ■実機作業手順と模擬範囲(赤字部を模擬する)

#### ⑥ベント管の穿孔



- ・FRMに切断ツール取付 (高線量有人作業)
- ・切断ツール (ウォータージェット) にて、ベント管上面を穿孔① (φ350mm 閉止補助材用穴)



- ・FRMに切断ツール取付 (高線量有人作業)
- ・アームを上流側へ移動しベント管上面を穿孔② (φ150mm 副閉止補助材用穴)
- ・アームをさらに上流側へ移動しベント管上面を穿孔③ (φ150mm 止水材用穴)

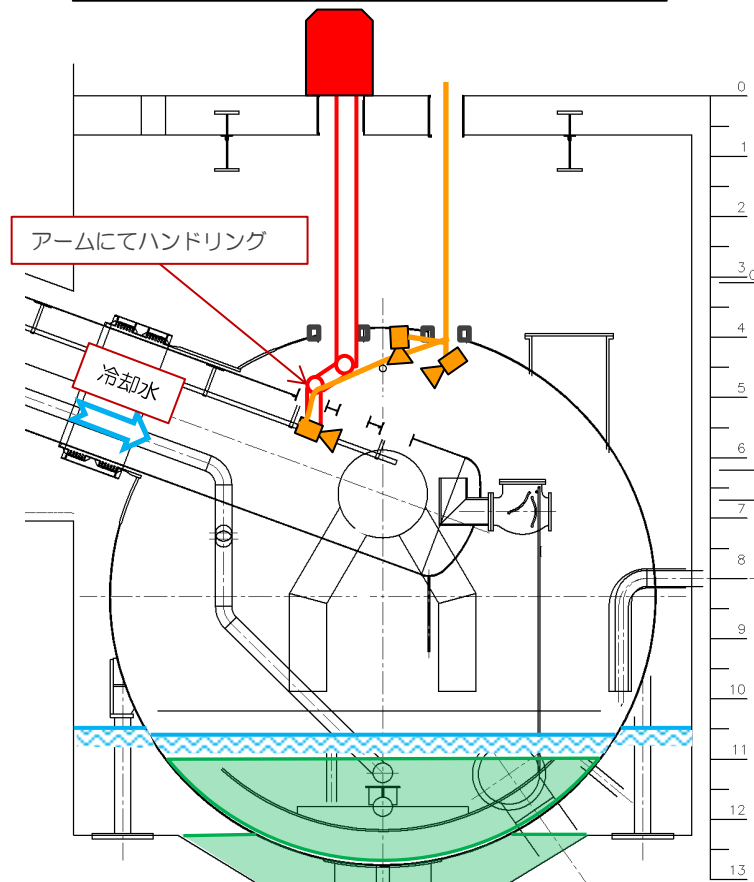


## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### ■実機作業手順と模擬範囲(赤字部を模擬する)

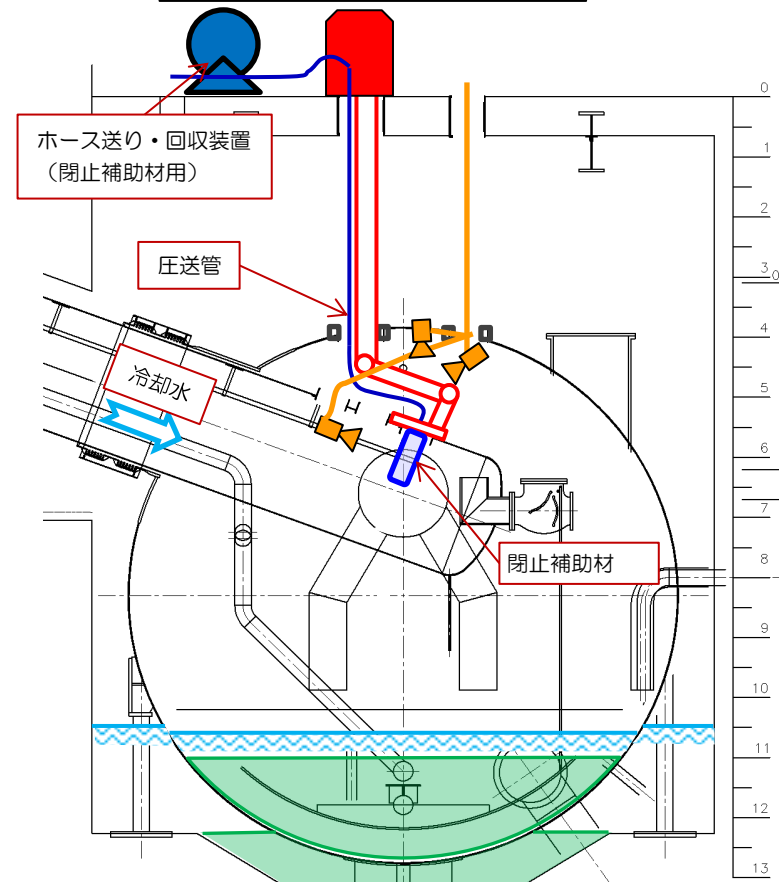
#### ⑦ベント管内の干渉物撤去

#### ⑧閉止補助材設置



- FRMに把持ツール取付 (高線量有人作業)
- 止水材用穴へベント管内視認用カメラを設置
- ベント管内部調査 (構造物変形有無の調査)
- FRMに切断ツール取付 (高線量有人作業)
- 切断ツールによりベント管内干渉物を撤去
- ベント管内部調査 (撤去後、落下した干渉物片の状況調査)

ベント管内部調査にて  
実施可否判定

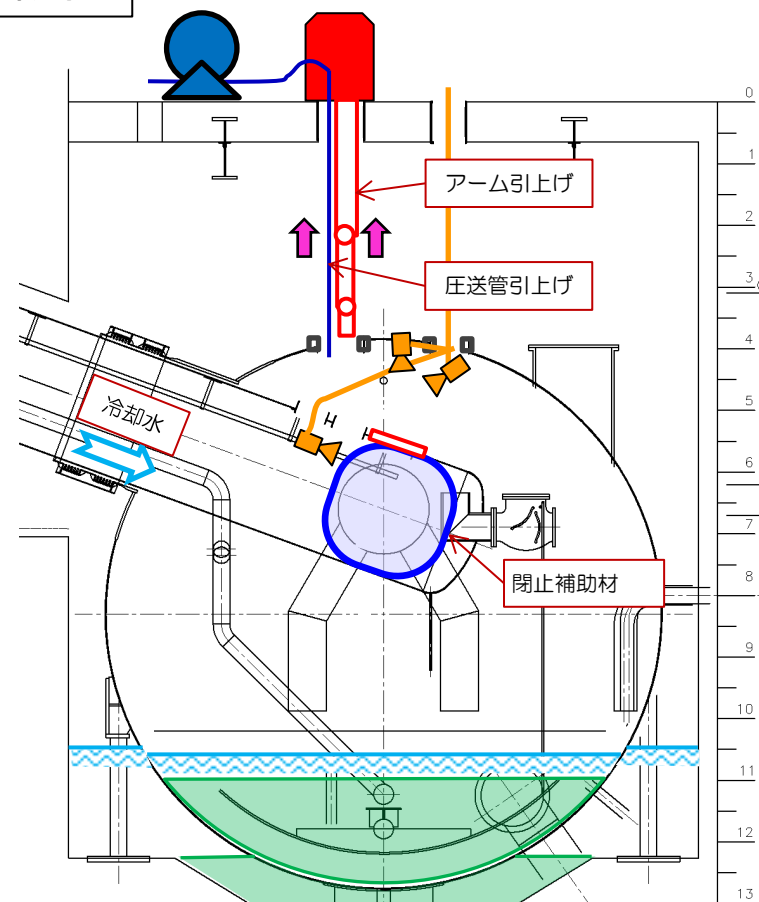
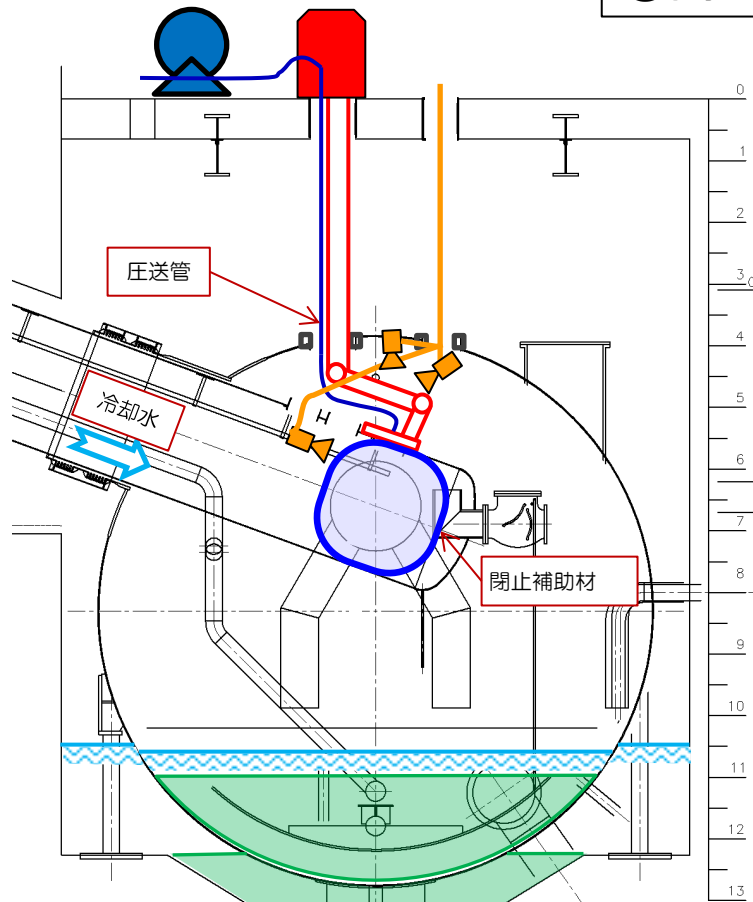


- FRMに閉止補助材ツールを取付 (高線量有人作業)
- アームを投下しベント管穴位置 (閉止補助材用穴) までアクセス
- 閉止補助材ツールをベント管内に挿入

## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### ■実機作業手順と模擬範囲(赤字部を模擬する)

#### ⑧閉止補助材設置



設置状況確認にて  
実施可否判定

- ベント管内視認用カメラにて規定の設置状況に達したことを確認
- 閉止補助材の折り畳み固縛を解除
- 閉止補助材のエア展開

展開状況確認にて  
実施可否判定

- ベント管内視認用カメラにて規定の展開状況に達したことを確認
- グラウト充填に切替え

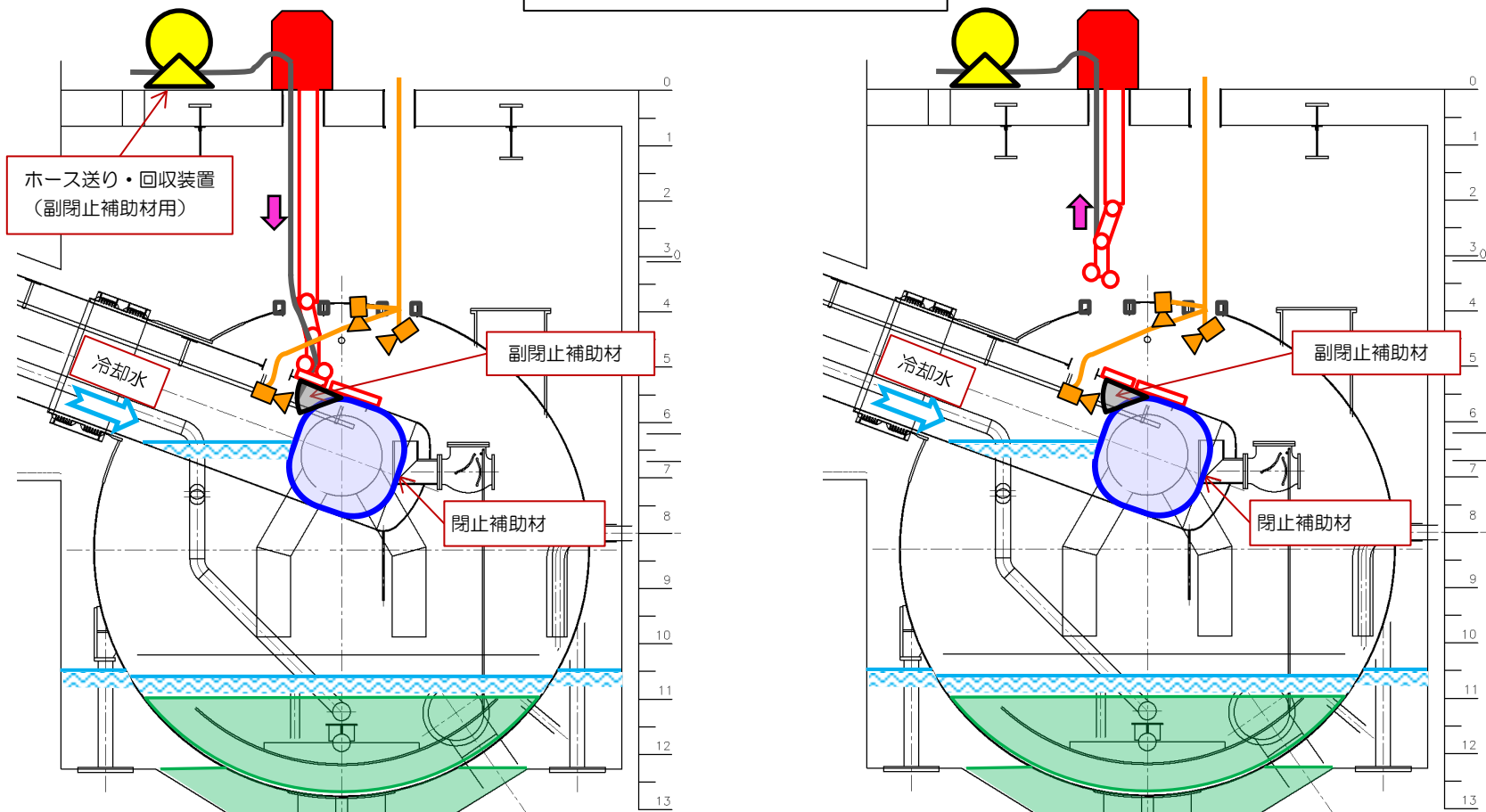
充填状況確認にて  
実施可否判定

- ベント管内視認用カメラにて規定の充填状況に達したことを確認
- 圧送管の弁を閉止
- 閉止補助材ツールの切り離し
- 圧送管および補修装置アームの1階に引き上げ

## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### ■実機作業手順と模擬範囲(赤字部を模擬する)

#### ⑨副閉止補助材充填



- FRMに副閉止補助材用ツールを取付 (高線量有人作業)
- アームを投下しベント管穴位置 (副閉止補助材用穴) までアクセス
- 副閉止補助材ツールをベント管内に挿入
- ベント管内視認用カメラにてホースを規定長さ送りだしたことを確認
- 副閉止補助材用穴より副閉止補助材を充填

送出長さ確認にて  
実施可否判定

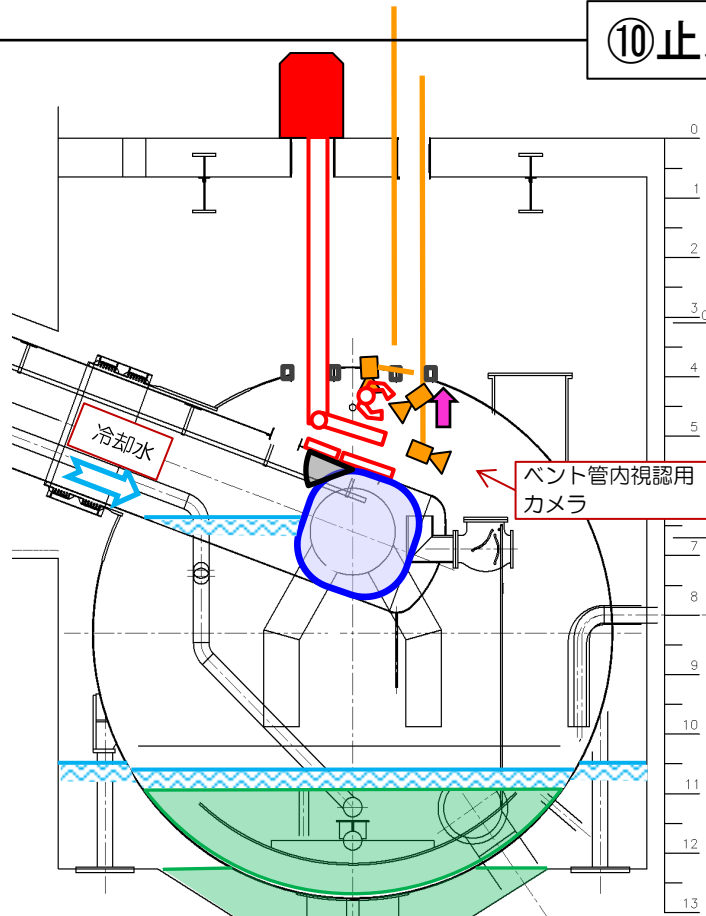
- ベント管内視認用カメラにて規定の充填状況に達したことを確認
- 圧送管の弁を閉止
- 副閉止補助材ツールの切り離し
- 圧送管および補修装置アームの1階に引き上げ

充填状況確認にて  
実施可否判定

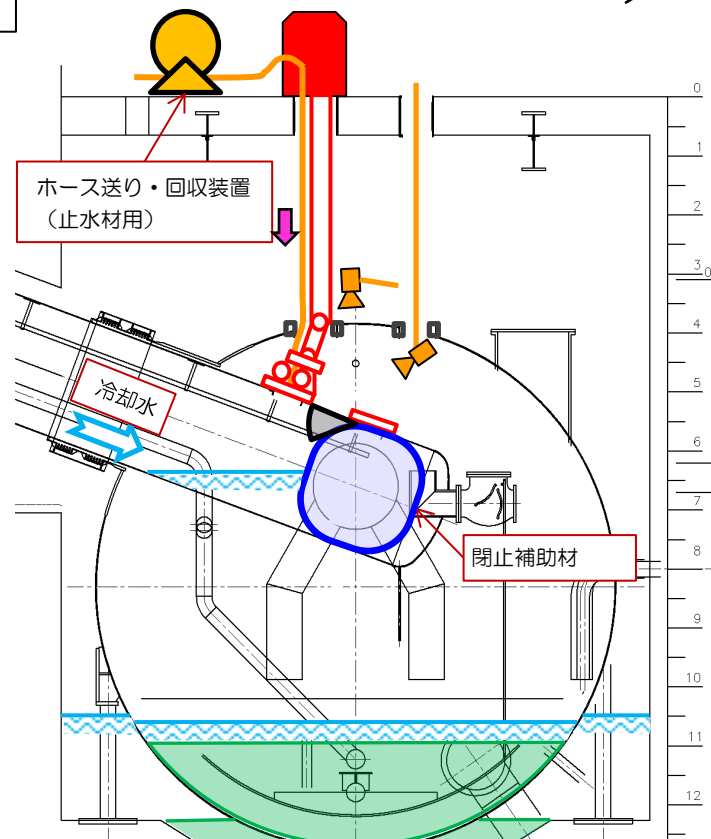
## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### ■実機作業手順と模擬範囲(赤字部を模擬する)

#### ⑩止水材充填



- FRMに把持ツール取付 (高線量有人作業)
- 把持ツールにてベント管内視認用カメラを撤去
- ベント管内視認用カメラの回収 (高線量有人作業)



#### 【グラウト材の場合】

- FRMに止水材用ツール (グラウト用) 取付 (高線量有人作業)
- アームを投下しベント管穴位置 (止水材用穴) までアクセス
- 止水材用ツールをベント管止水材用穴に挿入して固定

#### 【ゴム材の場合】

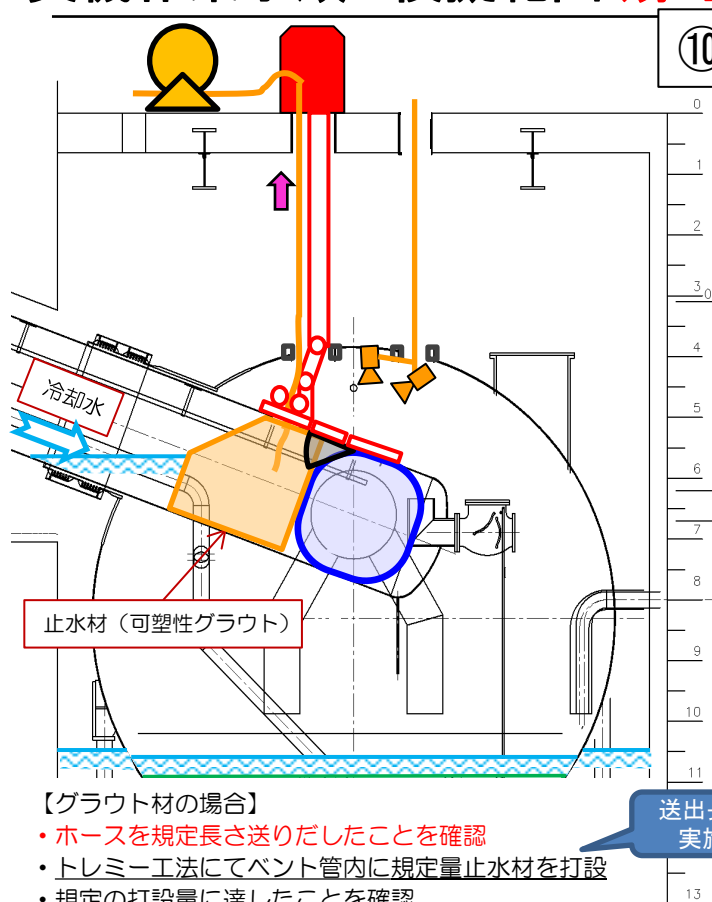
- FRMに止水材用ツール (ゴム用) 取付 (高線量有人作業)
- アームを投下しベント管穴位置 (止水材用穴) までアクセス
- 止水材用ツールをベント管止水材用穴に挿入して固定

青字はグラウト材との相違点

## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### ■実機作業手順と模擬範囲(赤字部を模擬する)

#### ⑩止水材充填



##### 【グラウト材の場合】

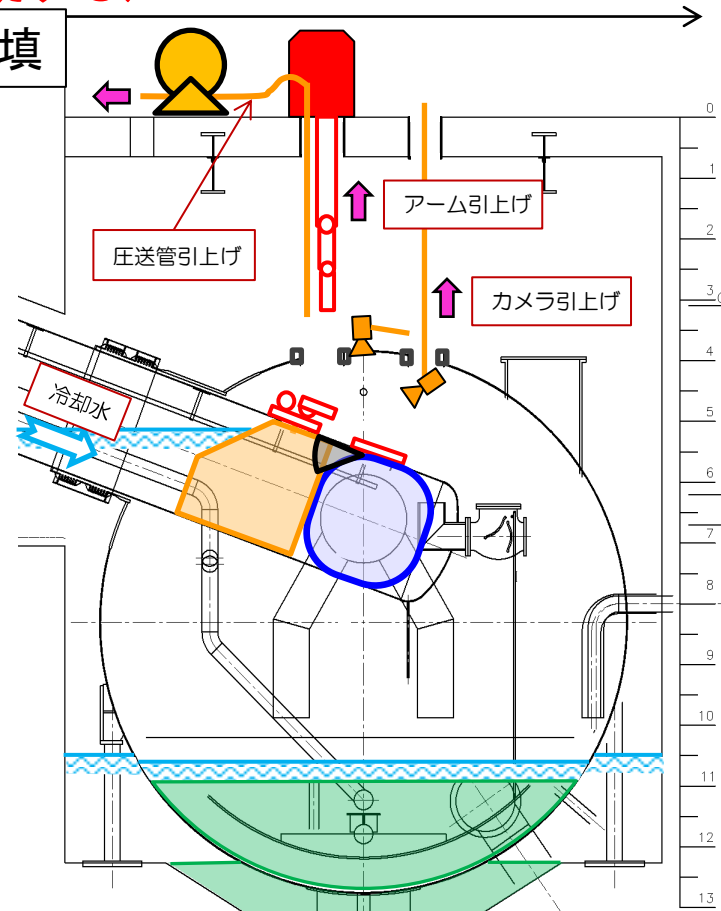
- ・ホースを規定長さ送りだしたことを確認
- ・トレミー工法にてベント管内に規定量止水材を打設
- ・規定の打設量に達したことを確認
- ・圧送管の弁を閉止
- ・止水材用ツール(グラウト用)の切り離し

送出長さ確認にて  
実施可否判定

打設量確認にて  
実施可否判定

##### 【ゴム材の場合】

- ・ホースを規定長さ送りだしたことを確認
- ・ベント管内に規定量止水材を打設
- ・規定の打設量に達したことを確認
- ・圧送管の弁を閉止
- ・止水材用ツール(ゴム用)の切り離し



##### 【グラウト材の場合】

- ・圧送管(ホース)内の残グラウトの吐出し
- ・圧送管、アームの引き上げ
- ・止水材の硬化養生
- ・止水材用ツール廻りからの漏水の有無を確認
- ・FRMに把持ツール取付(高線量有人作業)
- ・把持ツールにてS/C内視認用カメラの撤去
- ・FRM、カメラの片づけ(高線量有人作業)

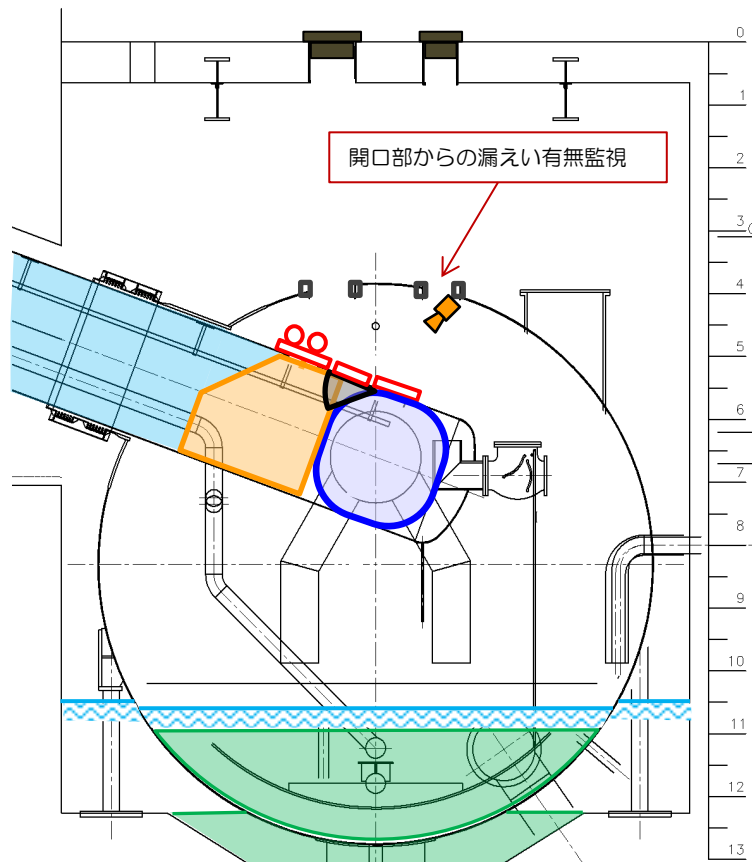
##### 【ゴム材の場合】

- ・圧送管(ホース)内の残ゴムの吐出し
- ・圧送管、アームの引き上げ
- ・止水材の硬化養生
- ・止水材用ツール廻りからの漏水の有無を確認
- ・FRMに把持ツール取付(高線量有人作業)
- ・把持ツールにてS/C内視認用カメラの撤去
- ・FRM、カメラの片づけ(高線量有人作業)

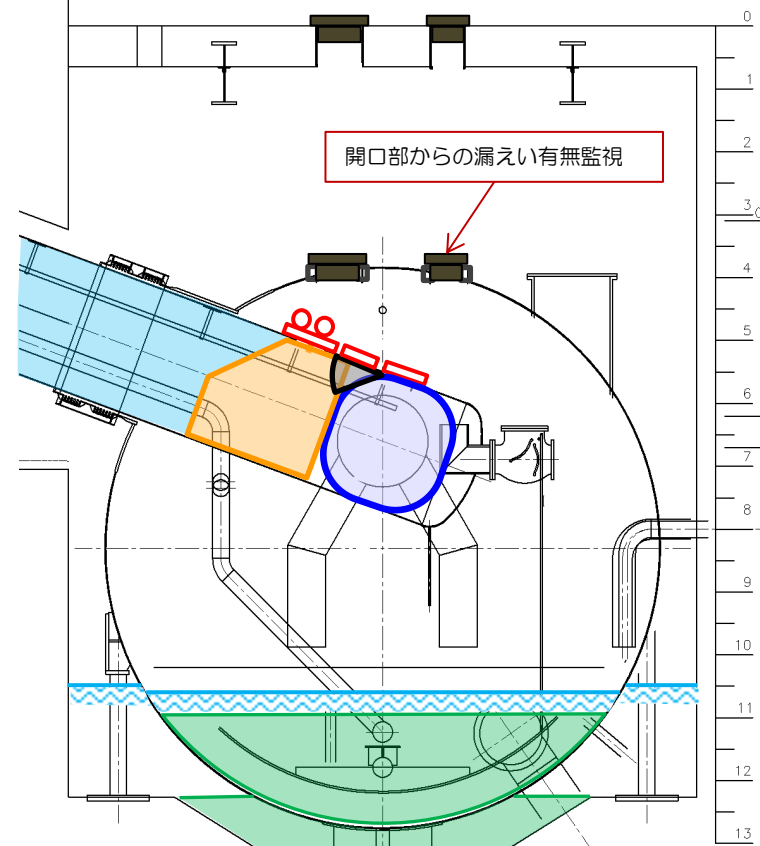
## ②ベント管止水 (1)実規模試験の試験計画

### ■実機作業手順と模擬範囲(赤字部を模擬する)

#### ⑩止水材充填



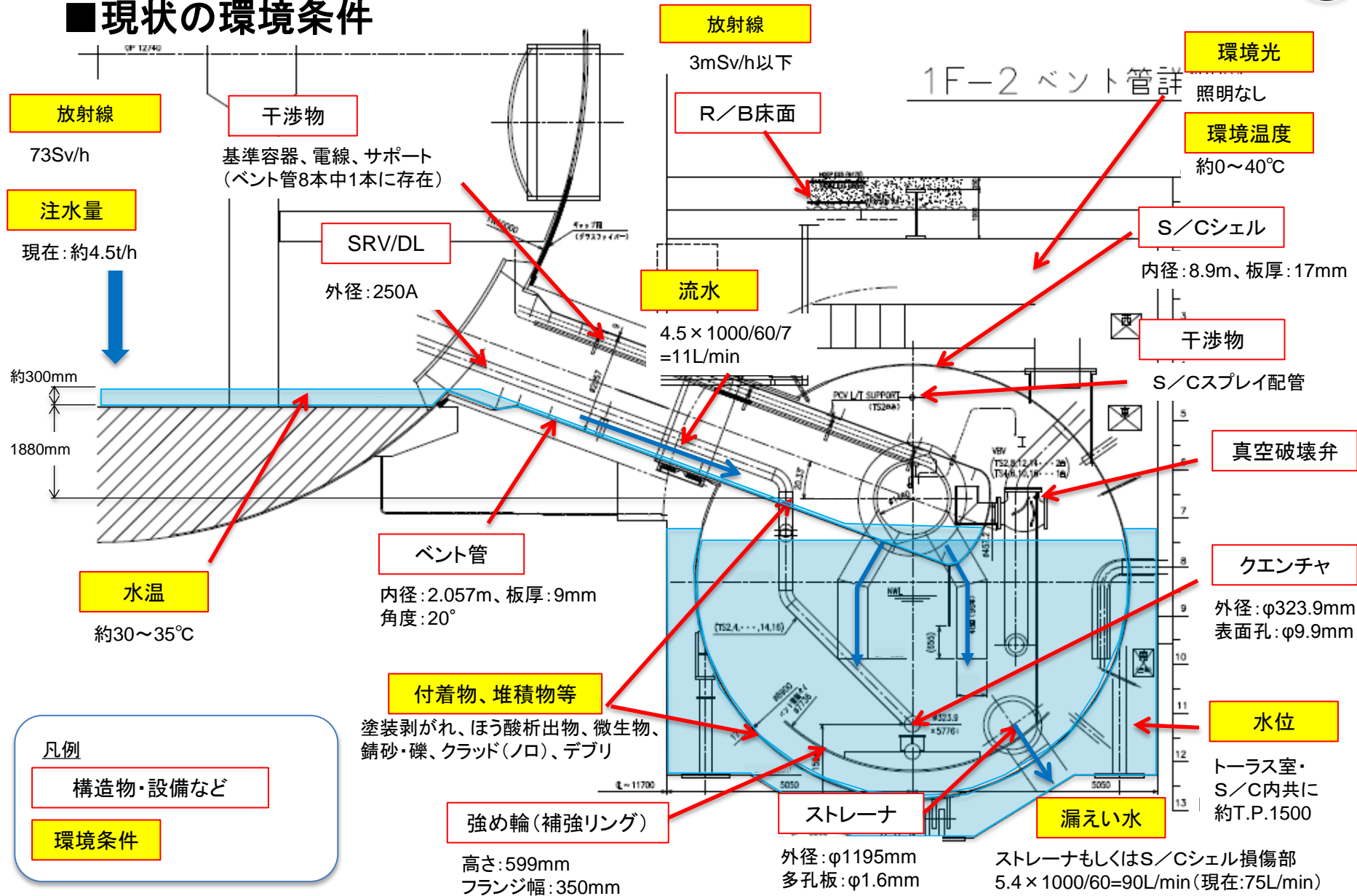
- ベント管止水による止水性能を継続監視  
(詳細は次年度以降の開発項目とする)



- S/C開口部を閉止  
(詳細は次年度以降の開発項目とする)


# ②ベント管止水 (2)実機施工条件および機器の紹介

## ■現状の環境条件



## ②ベント管止水 (2)実機施工条件および機器の紹介

### ■システムの概要

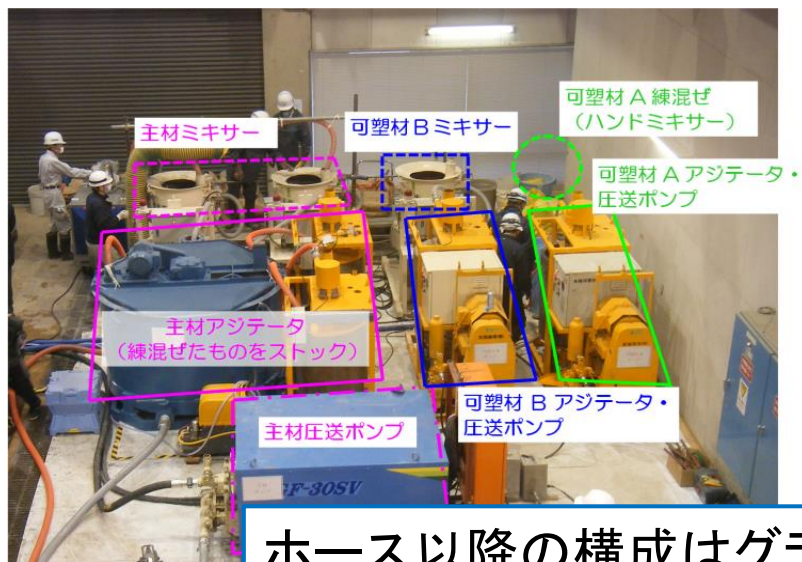
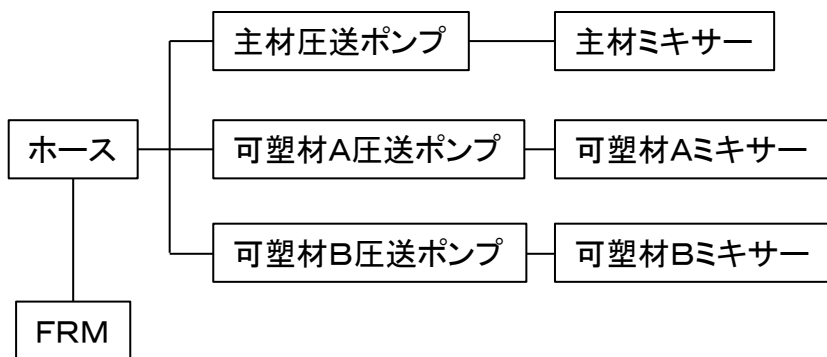
	ユーティリティ	制御操作系	監視系	FRM等
外観				
配置	ヤード	免震棟 (ヤード又はラド中操にも副操作室を設置)	R/B内及びトラス室	R/B内及びトラス室
概略寸法 (W×D×H, mm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・圧縮空気供給(1): 2300×1950×2000</li> <li>・圧縮空気供給(2): 2000×1950×2000</li> <li>・水供給: 3030×1950×1750</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・俯瞰カメラ装置: 1700×830×830</li> <li>・ベント管視認用カメラ装置: 350×350×614</li> <li>・S/C内視認用カメラ: フレーム無し</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・FRM: 1744×864×885</li> <li>・CMF: 1741×857×883</li> <li>・ホースリール: 1738×865×900</li> </ul>
概略質量	<ul style="list-style-type: none"> <li>・圧縮空気供給(1): 1750kg</li> <li>・圧縮空気供給(2): 1450kg</li> <li>・水供給: 2030kg(水含む)</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・俯瞰カメラ装置: 900kg</li> <li>・ベント管視認用カメラ装置: 15kg (キャスターにより手押しで移動)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・FRM: 1700kg</li> <li>・CMF: 800kg</li> <li>・ホースリール: 700kg (キャスターにより手押しで移動)</li> </ul>
その他仕様	<ul style="list-style-type: none"> <li>・圧縮空気供給(5m<sup>3</sup>/min、1.5MPa)</li> <li>・水供給(70L/min、3.4MPa)</li> <li>・仮設電源: AC200V</li> </ul>	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・必要開口: φ350mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・必要開口: φ450mm</li> <li>・アーム先端耐荷重: 50kgf</li> <li>・鉛直方向リーチ: 10.5m</li> <li>・水平方向リーチ: 3.8m</li> <li>・集積線量: 10<sup>4</sup>Gy</li> </ul>



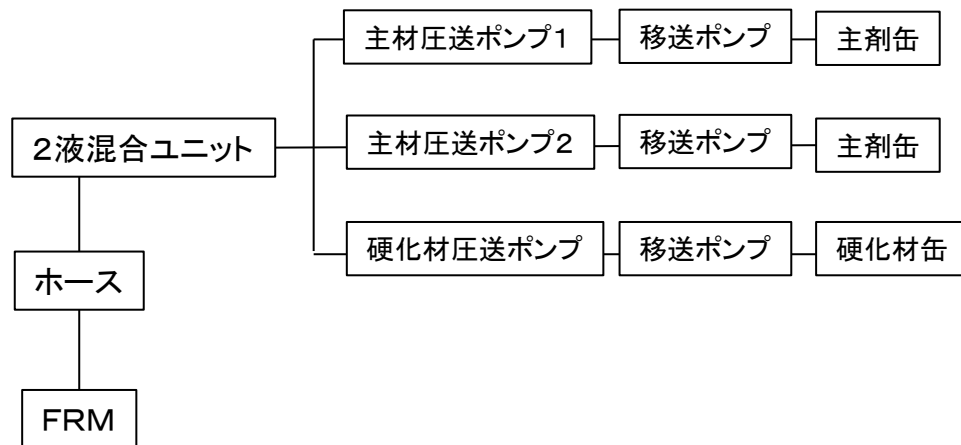
## ②ベント管止水 (2)実機施工条件および機器の紹介

### ■システムの概要

#### 可塑性グラウト供給設備(1/2スケール)



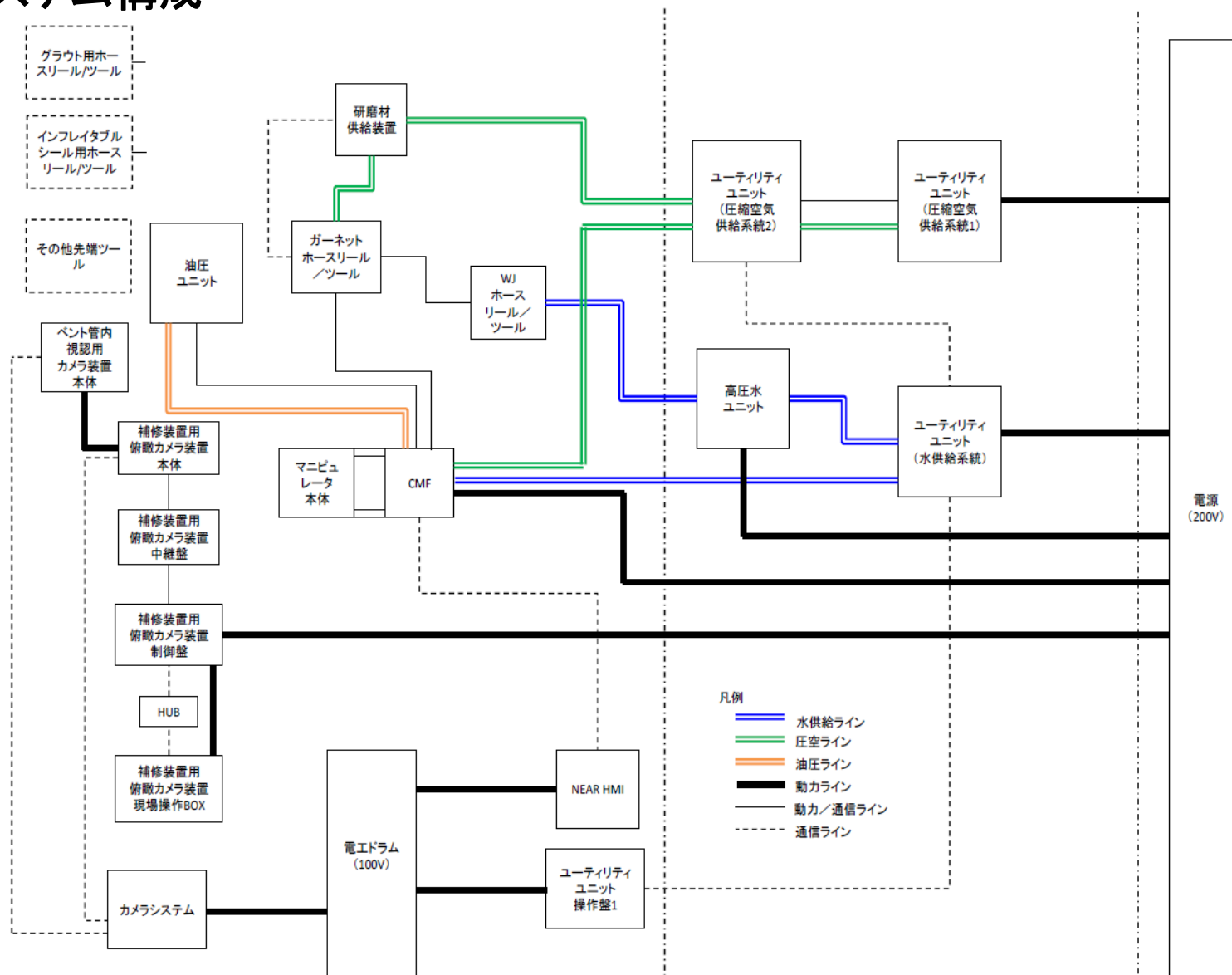
#### ゴム材供給設備



ホース以降の構成はグラウト／ゴム材共に同じであり、FRMの遠隔施工性確認の範囲で違いはない。

# ②ベント管止水 (2)実機施工条件および機器の紹介

## ■システム構成



## ② ベント管止水 (2) 実機施工条件および機器の紹介

### ■ 機器の紹介 (FRM、CMF、ホースリール装置)

**FRM(PCV下部補修装置) + CMF(ケーブルマネジメントフレーム)**

ベント管内を止水するための各種機器をR/B1FLからベント管内にアクセスさせるための遠隔マニピュレータ装置

FRM本体

CMF

CMF (ケーブルマネジメントフレーム): マニピュレータ本体の各軸動作に合わせて、油圧ホース/制御ケーブルの送り出し/回収を行う。

FRM伸縮範囲

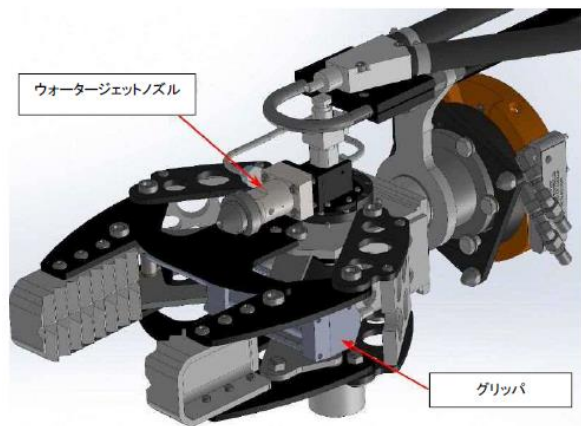
FRM各部の名称

FRMマスト下降時の挙動

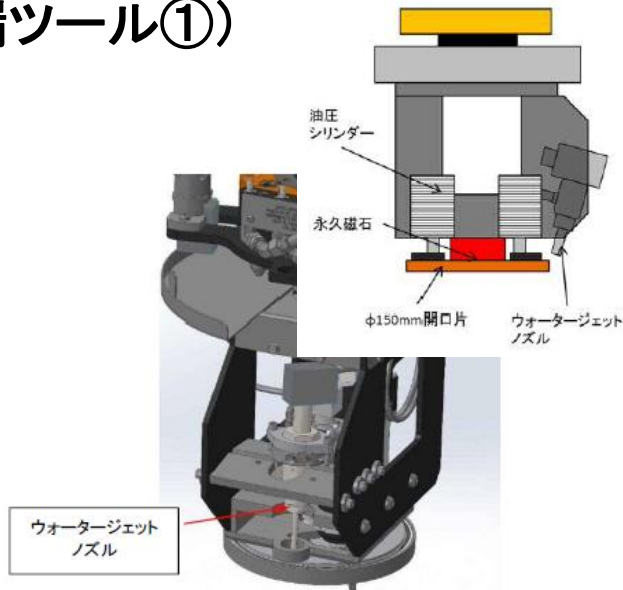
R/B1階に配置され、S/C・ベント管へアクセスし各種ツールを用いた作業を行う装置。あらゆる姿勢においてアーム先端50kgfまでの耐荷重を有する。

## ②ベント管止水 (2)実機施工条件および機器の紹介

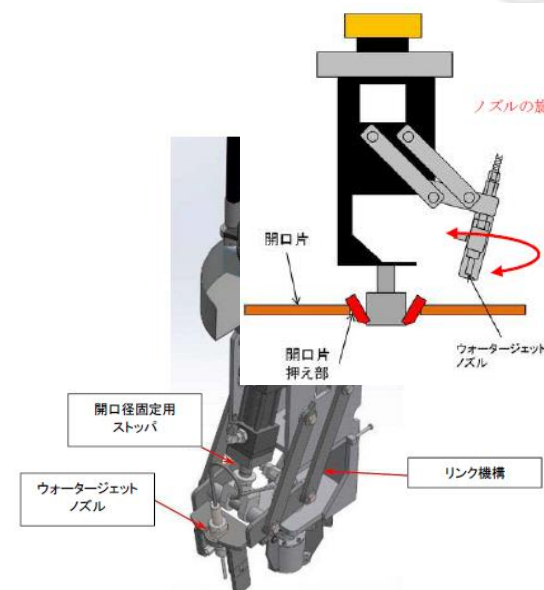
### ■機器の紹介(FRM先端ツール①)



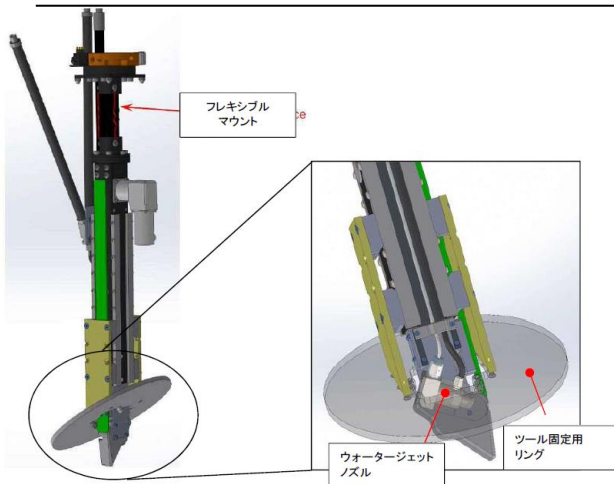
**WJツールタイプ1:** トーラス室内・S/C内干渉物撤去用



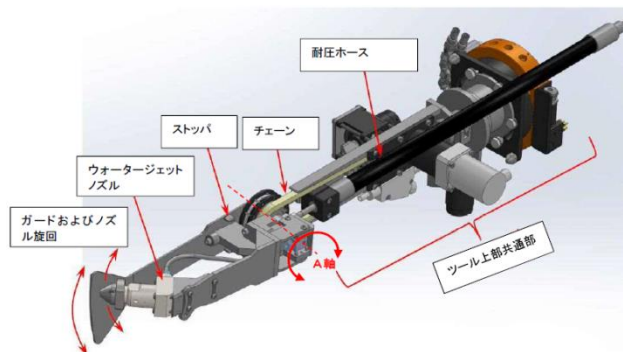
**WJツールタイプ2A:** トーラス室内干渉物撤去用  
S/C・ベント管 φ150mm穴あけ用



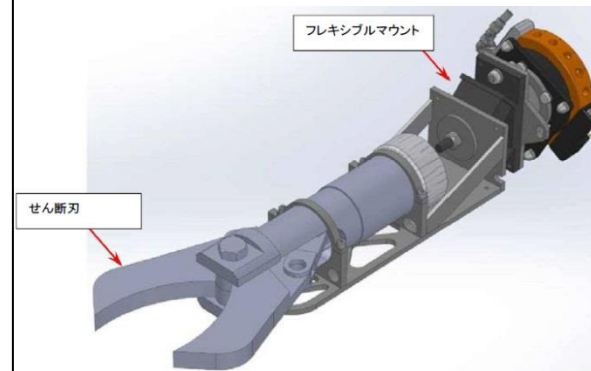
**WJツールタイプ2:** トーラス室内干渉物撤去用  
S/C・ベント管 φ500mm穴あけ用



**WJツールタイプ3:** ベント管内干渉物撤去用



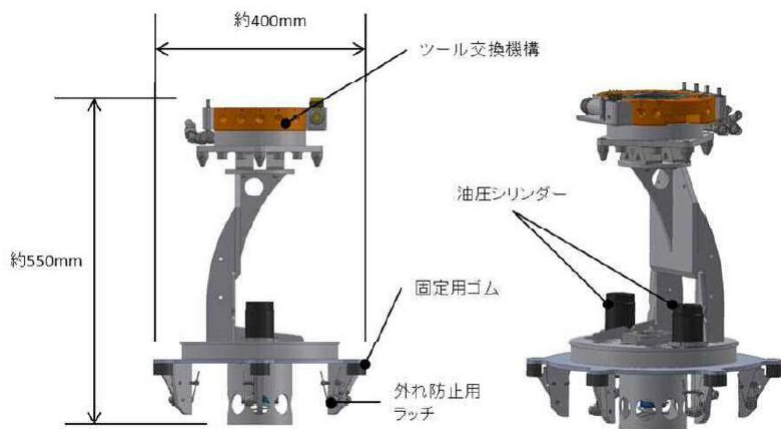
**WJツールタイプ4:** ベント管内干渉物撤去用



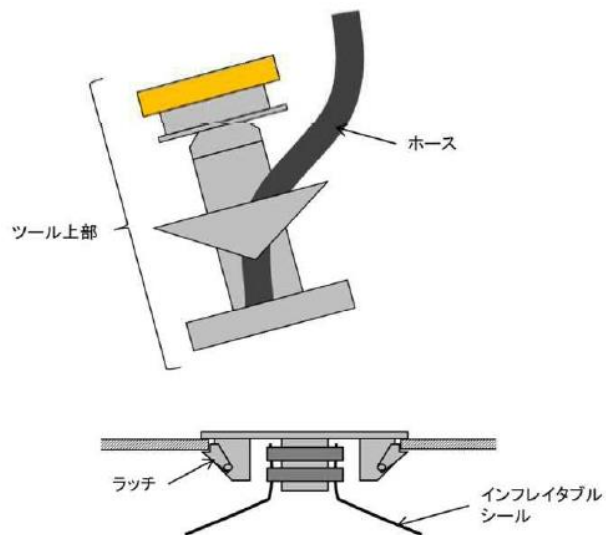
**シェアツール:** トーラス室内干渉物撤去用

## ②ベント管止水 (2)実機施工条件および機器の紹介

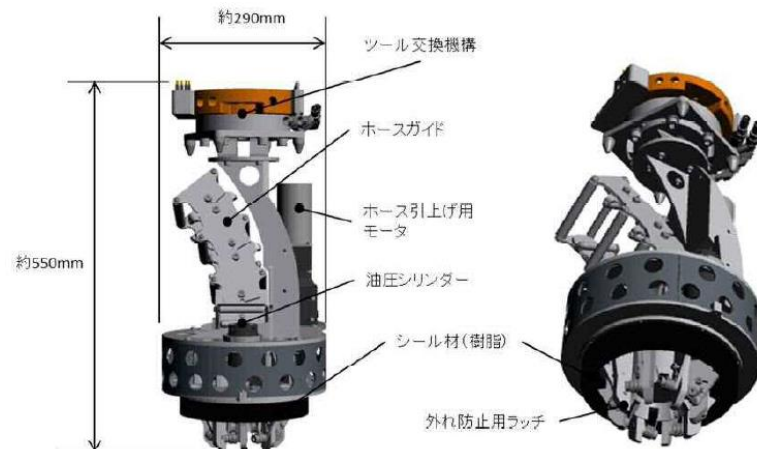
### ■機器の紹介(FRM先端ツール②)



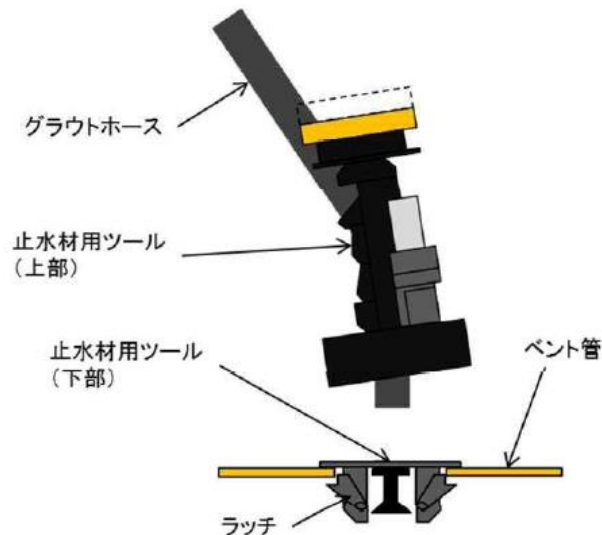
閉止補助材打設ツール



閉止補助材打設ツール分離機構



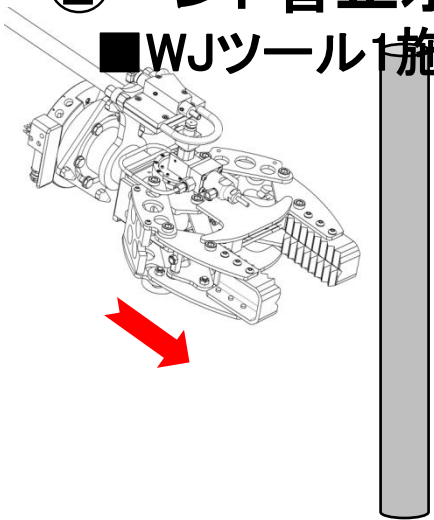
止水材打設ツール(可塑性グラウト用)



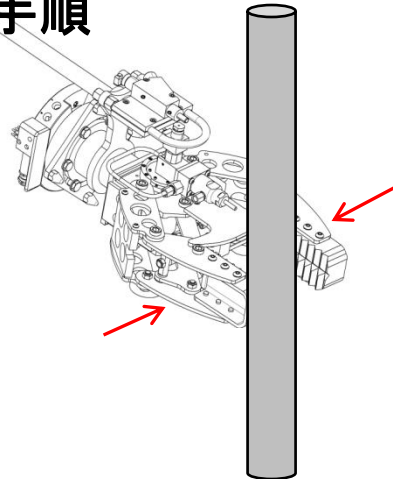
止水材打設ツール分離機構(可塑性グラウト用)

## ② ベント管止水 (2) 実機施工条件および機器の紹介

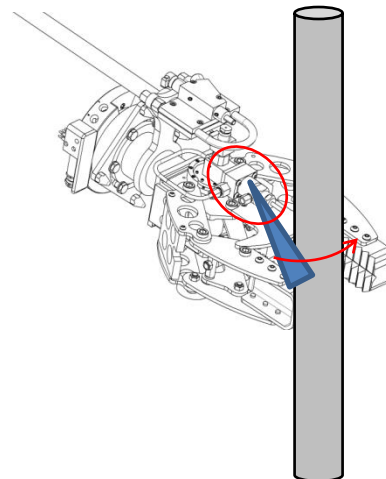
### ■ WJツール 施工手順



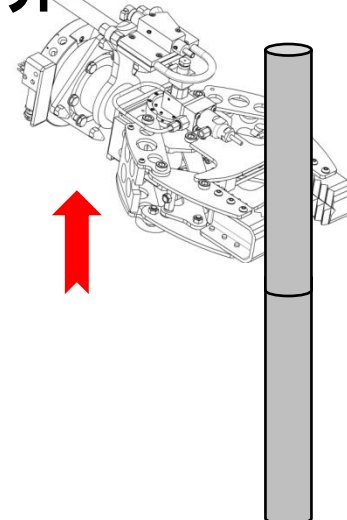
① 切断対象物(配管等)までウォータージェットツールを近づける



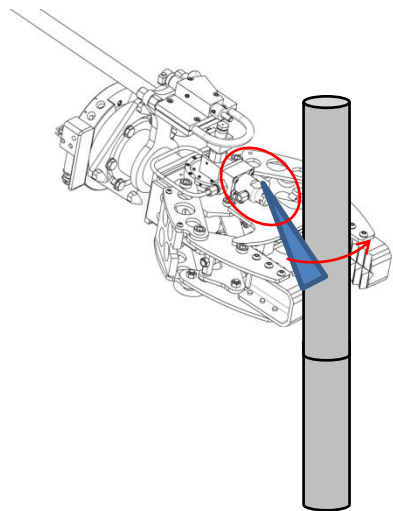
② ウォータージェットツールのグリッパーを動作させ、切断対象物を把持する



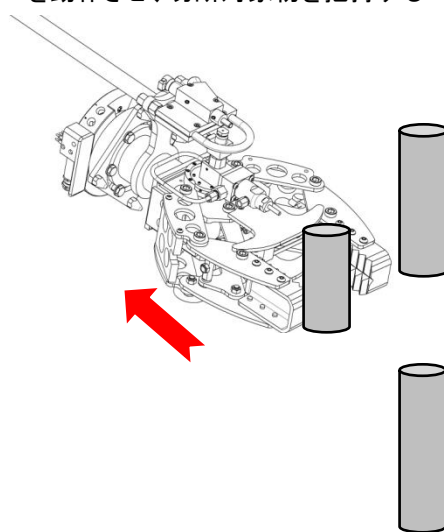
③ ウォータージェットを噴出させ、ウォータージェットノズルを回転させながら対象物を切断する



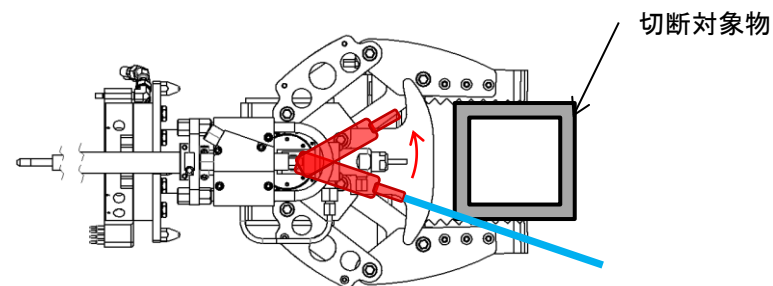
④ グリッパーを開にしてツールを移動



⑤ グリッパーで対象物を把持し、ウォータージェットノズルを回転させながら対象物を切断する

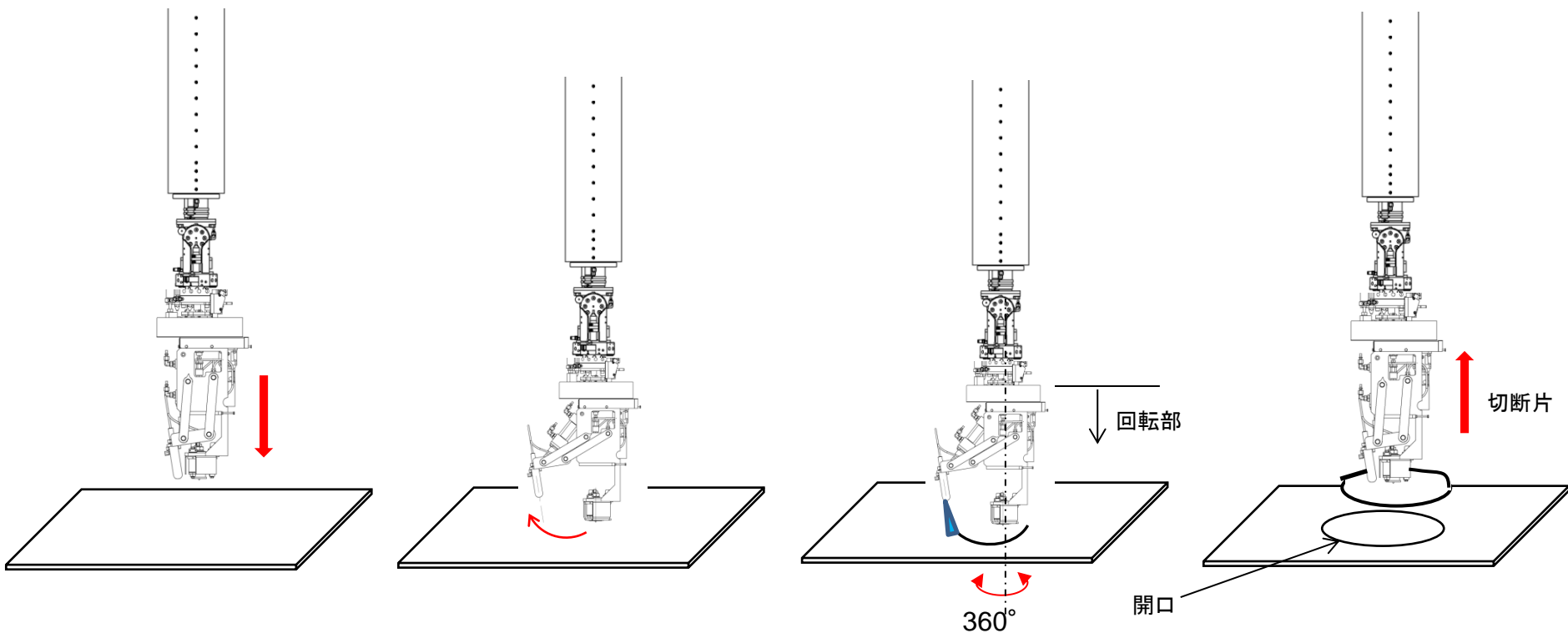


⑥ 切断片をグリッパーで回収



## ②ベント管止水 (2)実機施工条件および機器の紹介

### ■WJツール2A及び2施工手順



①穿孔対象物(S/C、ベント管)までウオータジェットツールを降下させる

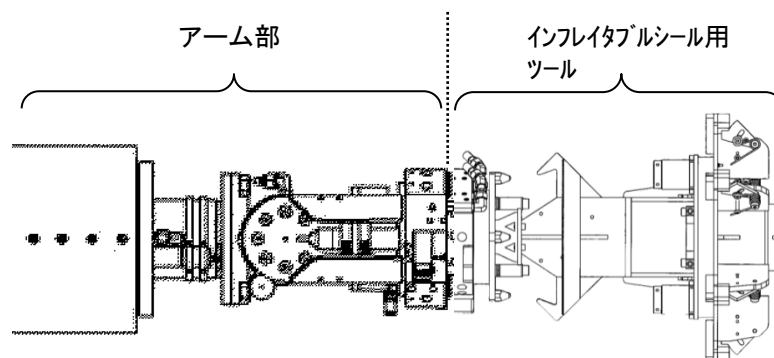
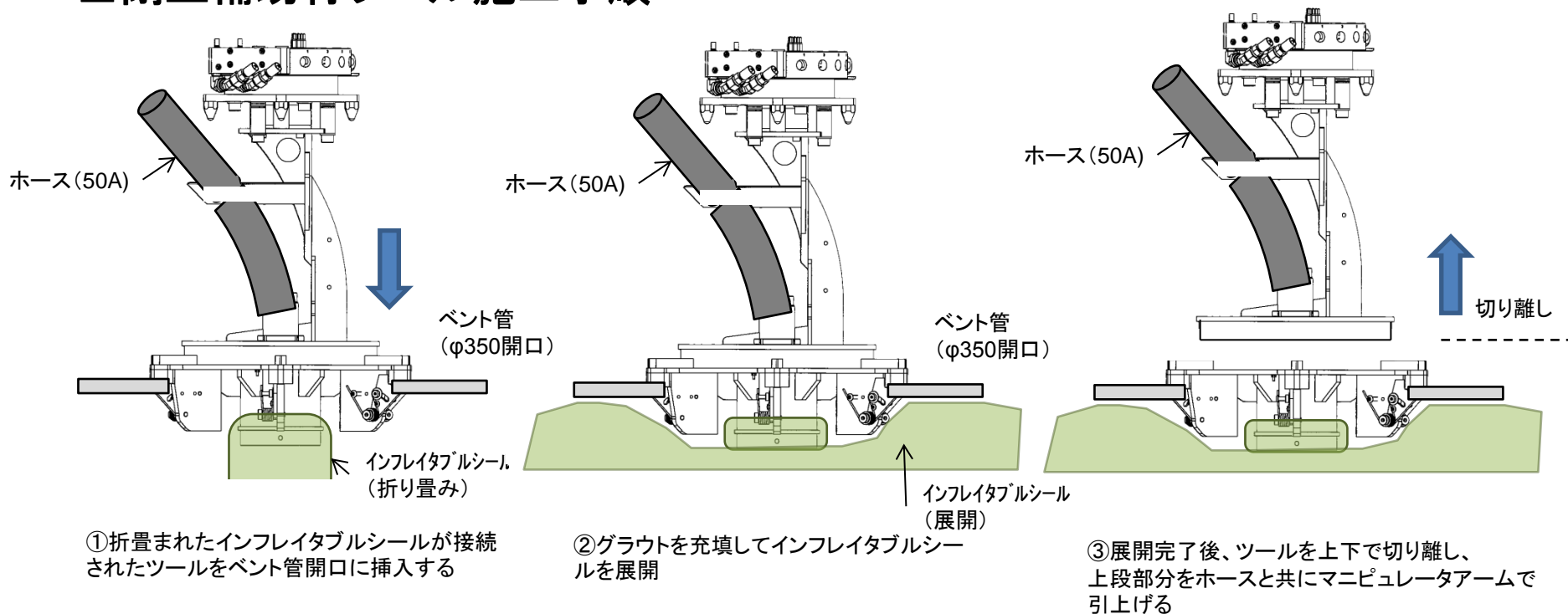
②格納されたウオータジェットノズルを開口サイズまで開く  
(S/C: φ500、ベント管: φ350/  
φ150)

③ウオータジェットを噴出させながら、回転部を360度回転させる(穿孔)

④穿孔後、ウオータジェットノズルを格納し、せん断片を回収  
(Type2Aはマグネット吸着  
Type2は下穴への固定)

## ②ベント管止水 (2)実機施工条件および機器の紹介

### ■閉止補助材ツール施工手順

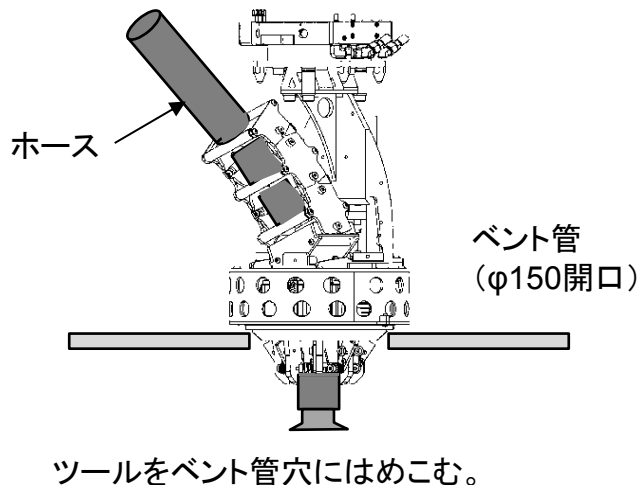
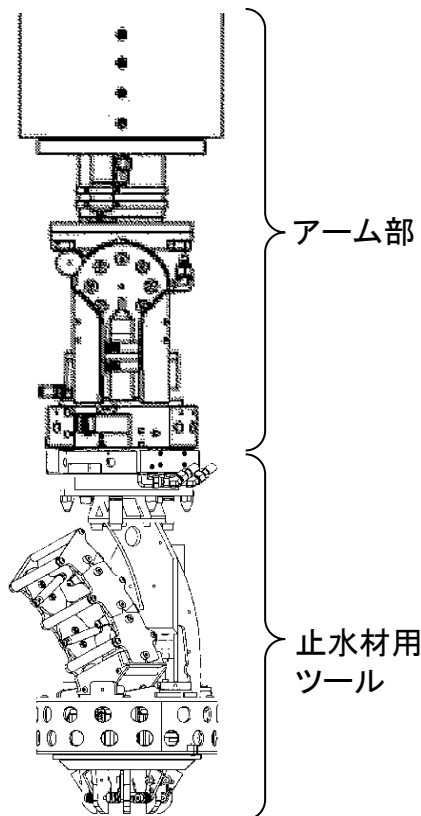




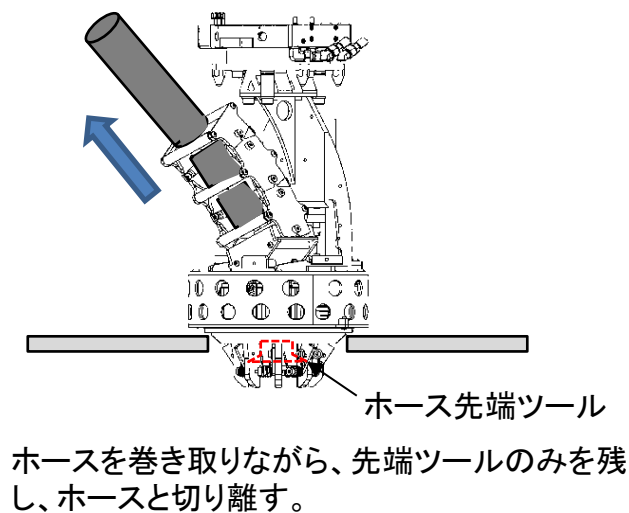
## ②ベント管止水 (2)実機施工条件および機器の紹介

### ■止水材ツール施工手順②ツールはめ込み

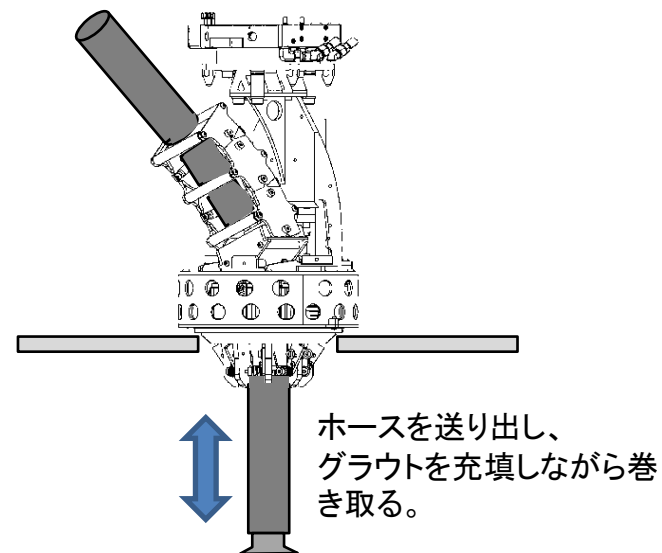
#### ①ツールとアームを連結



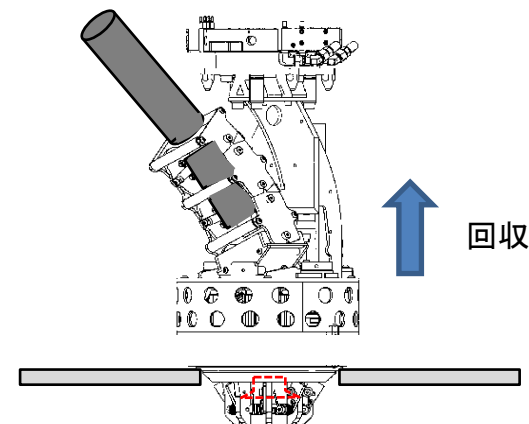
#### ④ホース先端ツールを切り離す



#### ③ホース送り出し、巻き取り

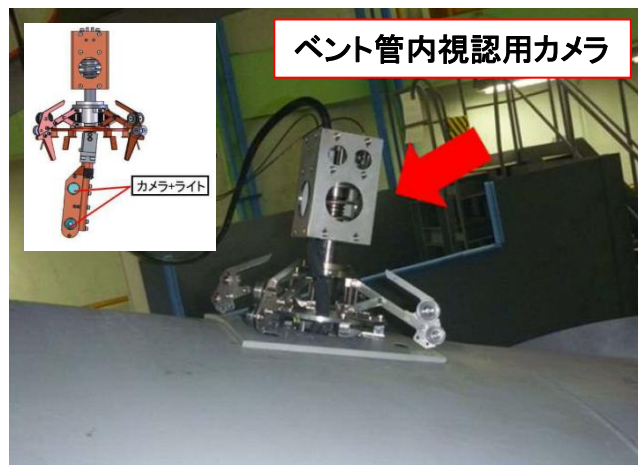
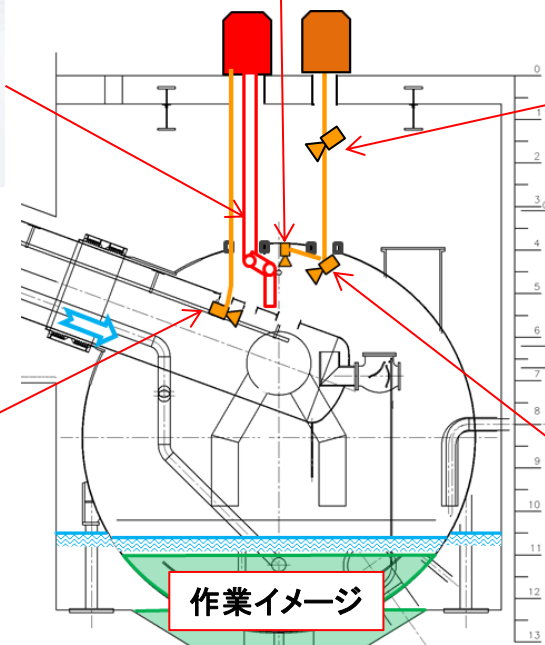
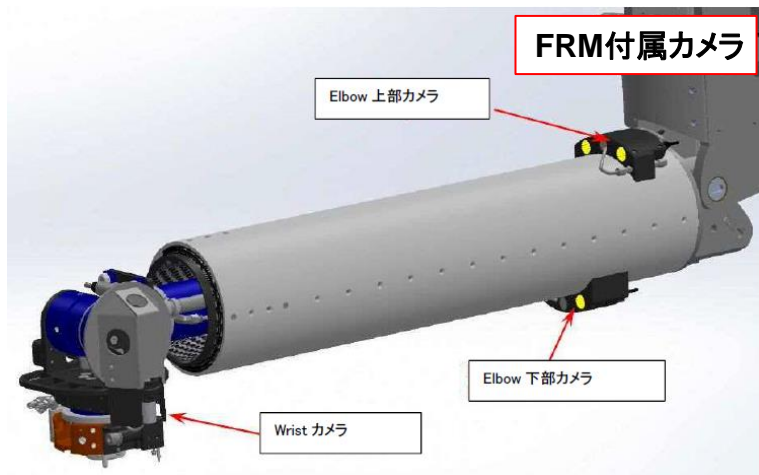


#### ⑤ツール本体の先端部を切り離す



## ②ベント管止水 (2)実機施工条件および機器の紹介

### ■機器の紹介(監視系)



FRM付属のカメラと俯瞰カメラを合わせ2つ以上の監視系を用いて作業監視を行い、複数の視点から立体的な位置関係を把握する。

## ②ベント管止水 (2)実機施工条件および機器の紹介

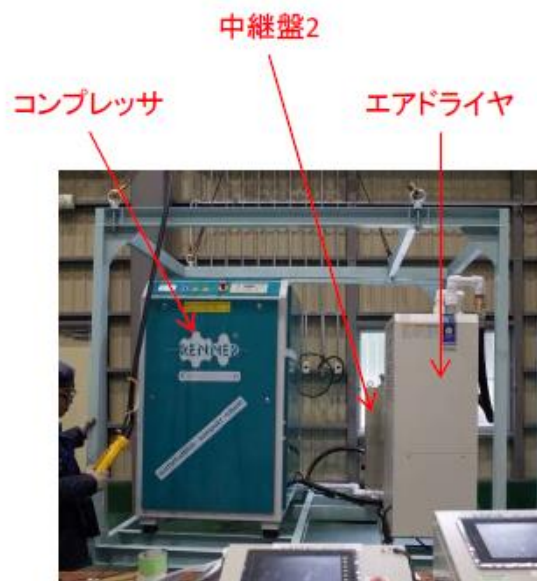
### ■機器の紹介(制御・操作系)



FRM及び俯瞰カメラそれぞれについて、操作盤とモニタを設置。重要免震棟への設置を想定している。

## ②ベント管止水 (2)実機施工条件および機器の紹介

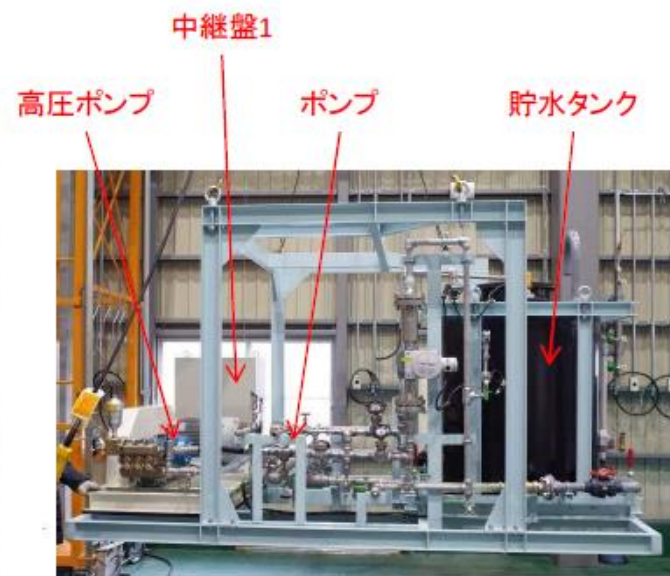
### ■機器の紹介(ユーティリティユニット)



圧縮空気供給系統 (1)



圧縮空気供給系統 (2)



水供給系統

FRM駆動に用いる圧縮空気、及び洗浄・ウォータージェットに用いる水を供給する設備。ヤードに設置され、仮設電源を必要とする。



監視操作盤

## ②ベント管止水 (3)施工性確認試験の試験条件

### ■試験条件まとめ

	実施工	実規模試験 P J (施工性確認試験)
設備・装置	操作本部 (1F重要免震棟) 補修装置 (FRM) 俯瞰カメラ装置 ユーティリティー設備 打設管 + 材料供給設備	操作本部 (試験棟内) 補修装置 (FRM) 俯瞰カメラ装置 ユーティリティー設備 打設管 + エア供給用設備
施工対象	サプレッションチェンバ (16ベイ) ベント管 8本 (8方位) 干渉物 (配管、トレー、C/W)	サプレッションチェンバ (2ベイ) を模擬 ベント管 1本 (1方位) を模擬 代表的な干渉物 (スプレイ管) を模擬
アクセス手順	全 8 方位、2 種類に分類	代表 1 方位を模擬
監視パターン	全 8 方位、3 種類に分類	代表 1 方位を模擬
R/B 1 階配置	全 8 方位	全 8 方位のうち、TIP室内を模擬
作業員装備	1 F 構内装備 (全面マスク・タイベック)	1 F 構内装備を模擬 (全面マスク・タイベック)
作業環境	流水あり、照明なし、滞留水あり、 構造物の汚れや劣化、放射線あり	流水あり、照明なし、滞留水あり、 構造物の汚れや劣化なし、放射線なし
作業手順	施工性確認試験では、打設を含む作業以外の作業手順を模擬	

## ②ベント管止水 (3)施工性確認試験の試験条件

### ■設備・装置

- **実機の操作環境・連絡体制を模擬するため、施工箇所と操作本部との間は、実機と同様に隔離された環境とする。**

#### 実機施工時

作業環境：1F-2号機付近又は免震棟内  
ケーブル長140m

青線部：模擬対象

1F-2号機付近  
(ラド中操など)

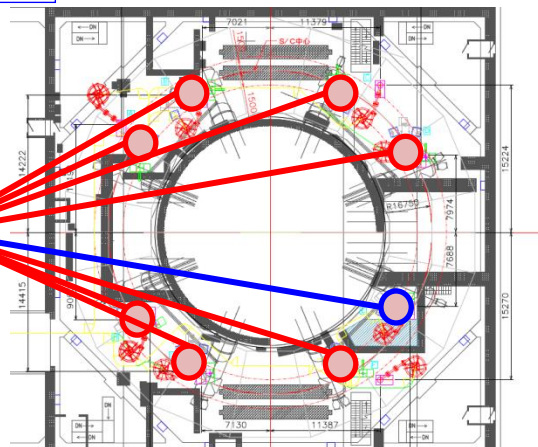
・副操作本部  
・ユーティリティ  
ユニット

既設LAN

免震棟

主操作本部

ケーブル  
最長140m

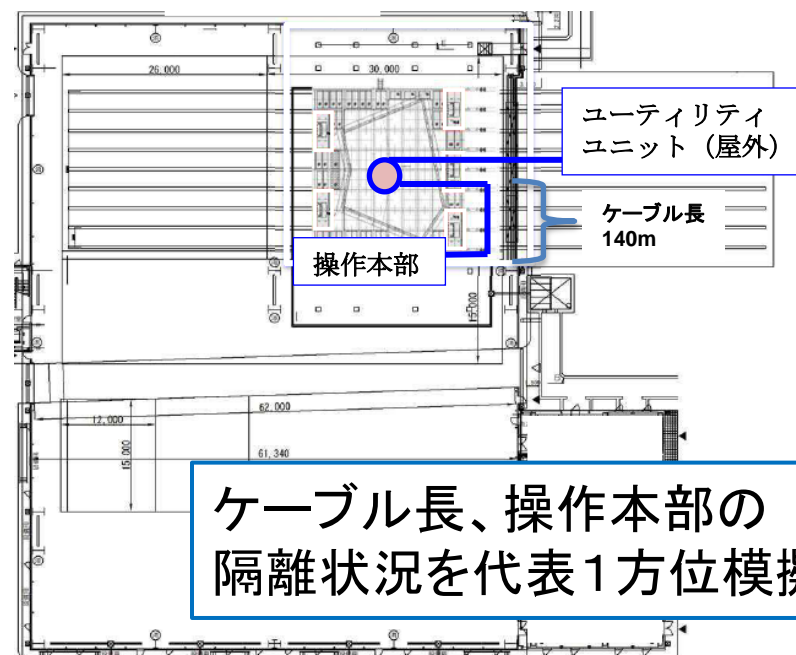


○：施工箇所

#### 実規模試験時

作業環境：試験棟内(作業フロア上)  
ケーブル長140m

通信距離は別途確認試験を実施



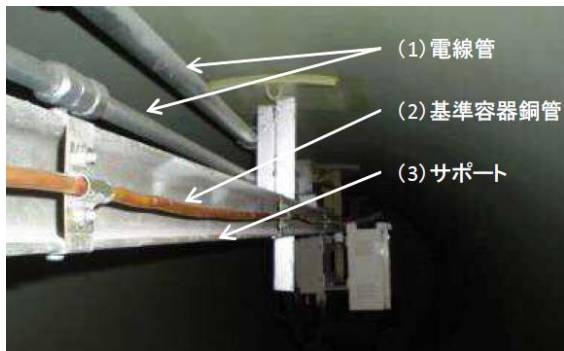
ケーブル長、操作本部の  
隔離状況を代表1方位模擬

○：施工箇所

## ②ベント管止水 (3)施工性確認試験の試験条件

### ■施工対象

- 干渉物のうち、視認性・アーム操作距離の長さから **S / Cスプレイ管及びベント管内干渉物を代表に選定し模擬。**



ベント管内干渉物模擬対象



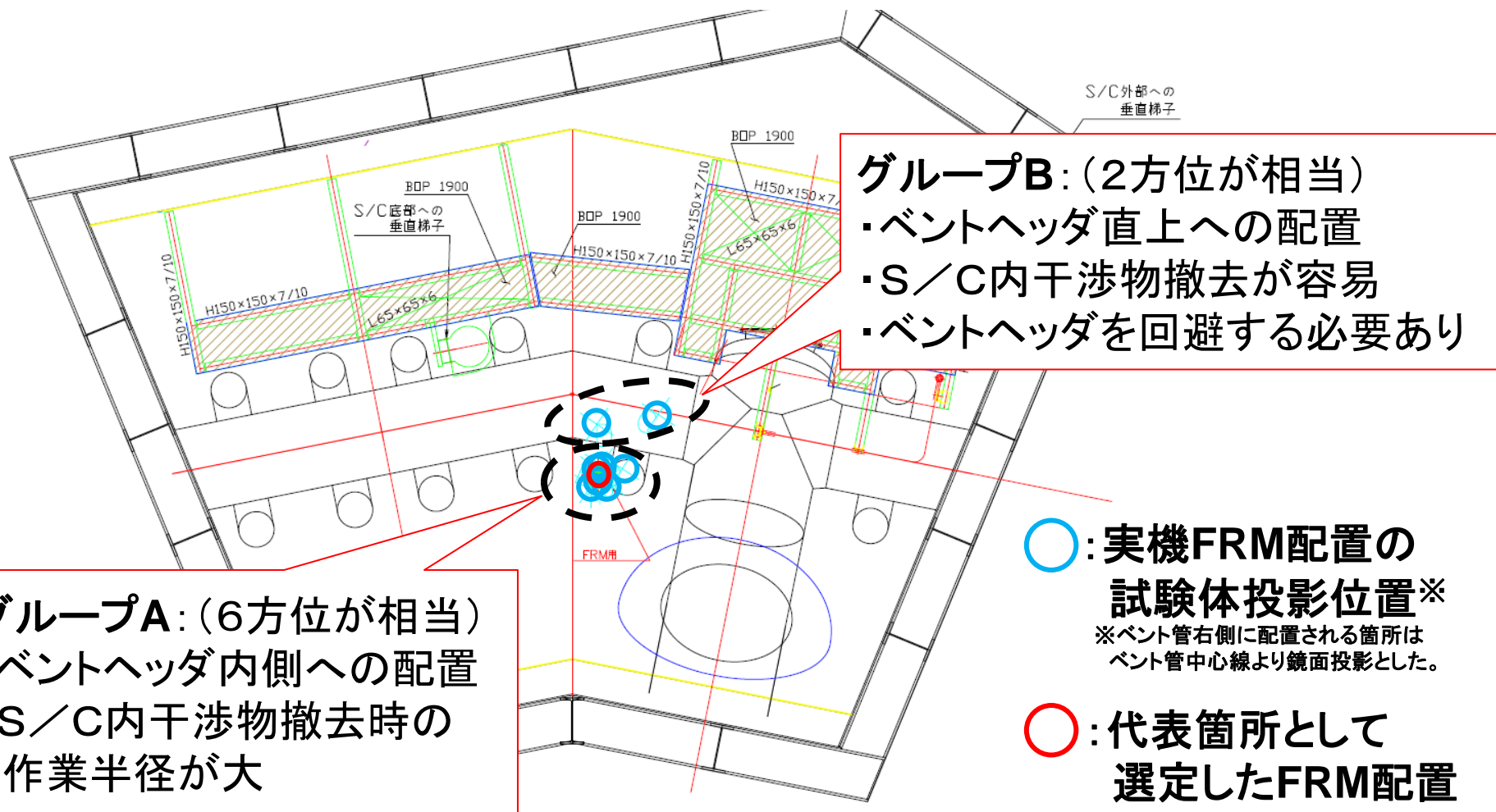
トーラス室内干渉物一覧(別途成立性を検討)

床穴位置	干渉物	干渉する装置	切断ツール	施工方法
A	キャットウォーク内回り	俯瞰カメラ装置	②WJツールtype2	トレーにWJツールtype2(φ500)で半円形に切断する。
B	干渉物なし	—	—	—
C	干渉物なし	—	—	—
D	配管サポート	俯瞰カメラ装置	①WJツールtype1	配管サポートをWJツールtype1のグリップ機構で把持しながら、切断して撤去する。
E	配線トレー	補修装置(FRM) 俯瞰カメラ装置	・配線 ⇒シエアツール ・トレー ⇒③WJツールtype2A 及び②WJツールtype2	1. 配線をシエアツールで切断する。 <sup>注3</sup> 2. トレーにWJツールtype2A(φ150)で下穴を穿孔した後、WJツールtype2(φ500)で大きく切断する。 3. 1⇒2を繰り返して撤去する。 <sup>注4</sup>
F	配線トレー	補修装置(FRM)	・配線 ⇒④シエアツール ・トレー ⇒③WJツールtype2A 及び②WJツールtype2	1. 配線をシエアツールで切断する。 <sup>注3</sup> 2. トレーにWJツールtype2A(φ150)で下穴を穿孔した後、WJツールtype2(φ500)で大きく切断する。 3. 1⇒2を繰り返して撤去する。 <sup>注4</sup>
	配管サポート	俯瞰カメラ装置	①WJツールtype1	配管サポートをWJツールtype1のグリップ機構で把持しながら、切断して撤去する。
G	配線トレー	補修装置(FRM) 俯瞰カメラ装置	・配線 ⇒④シエアツール ・トレー ⇒③WJツールtype2A 及び②WJツールtype2	1. 配線をシエアツールで切断する。 <sup>注3</sup> 2. トレーにWJツールtype2A(φ150)で下穴を穿孔した後、WJツールtype2(φ500)で大きく切断する。 3. 1⇒2を繰り返して撤去する。 <sup>注4</sup>
H	配線トレー	補修装置(FRM) 俯瞰カメラ装置	・配線 ⇒④シエアツール ・トレー ⇒③WJツールtype2A 及び②WJツールtype2	1. 配線をシエアツールで切断する。 <sup>注3</sup> 2. トレーにWJツールtype2A(φ150)で下穴を穿孔した後、WJツールtype2(φ500)で大きく切断する。 3. 1⇒2を繰り返して撤去する。 <sup>注4</sup>

## ②ベント管止水 (3)施工性確認試験の試験条件

### ■アクセス手順

- FRMのアクセスルートを2グループに分類し、うち**1箇所を模擬**。
- 8方位中6方位が相当するグループAをワンスルー試験対象とする。



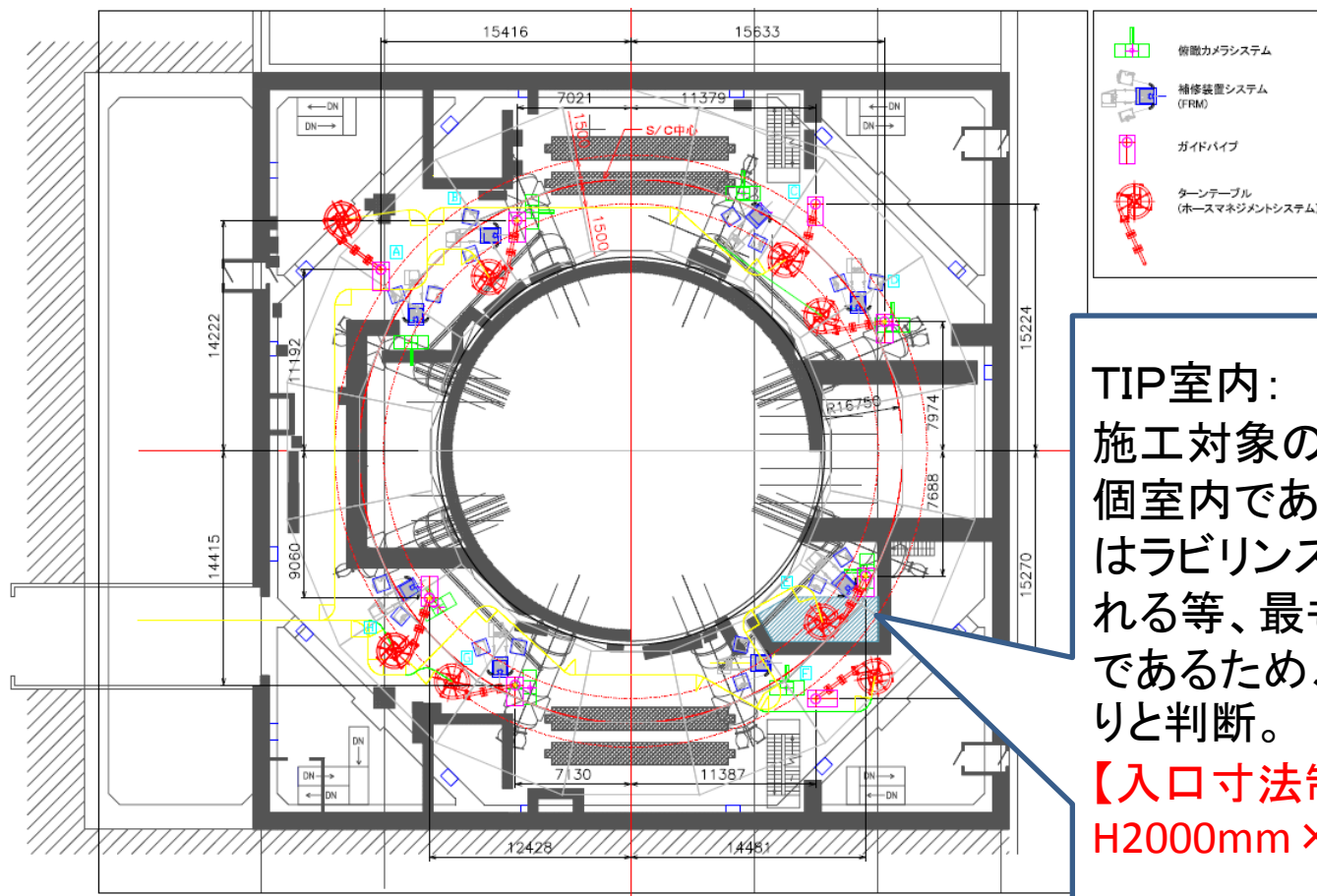




## ②ベント管止水 (3)施工性確認試験の試験条件

### ■R/B1階代表配置

- 配置についてはTIP室内（南西）に代表性ありと判断し、  
**TIP室へのアクセス性を確認**



TIP室内：  
施工対象の中で唯一  
個室内であり、入口に  
はラビリンスが設けら  
れる等、最も施工困難  
であるため、代表性あ  
りと判断。

**【入口寸法制限】**  
H2000mm × W950mm

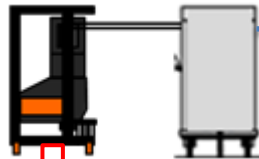
# ②ベント管止水 (3)施工性確認試験の試験条件

## ■作業環境

操作本部



FRM&俯瞰カメラ



ユーティリティ



①R/B床面

鉄板敷を敷設  
S/Cとの配置を模擬

②流水

ベント管内作業  
時のみ模擬  
流量: 11L/min  
水温: 管理しない

③環境光

建屋外の自然光を  
可能な範囲で遮断

④環境温度

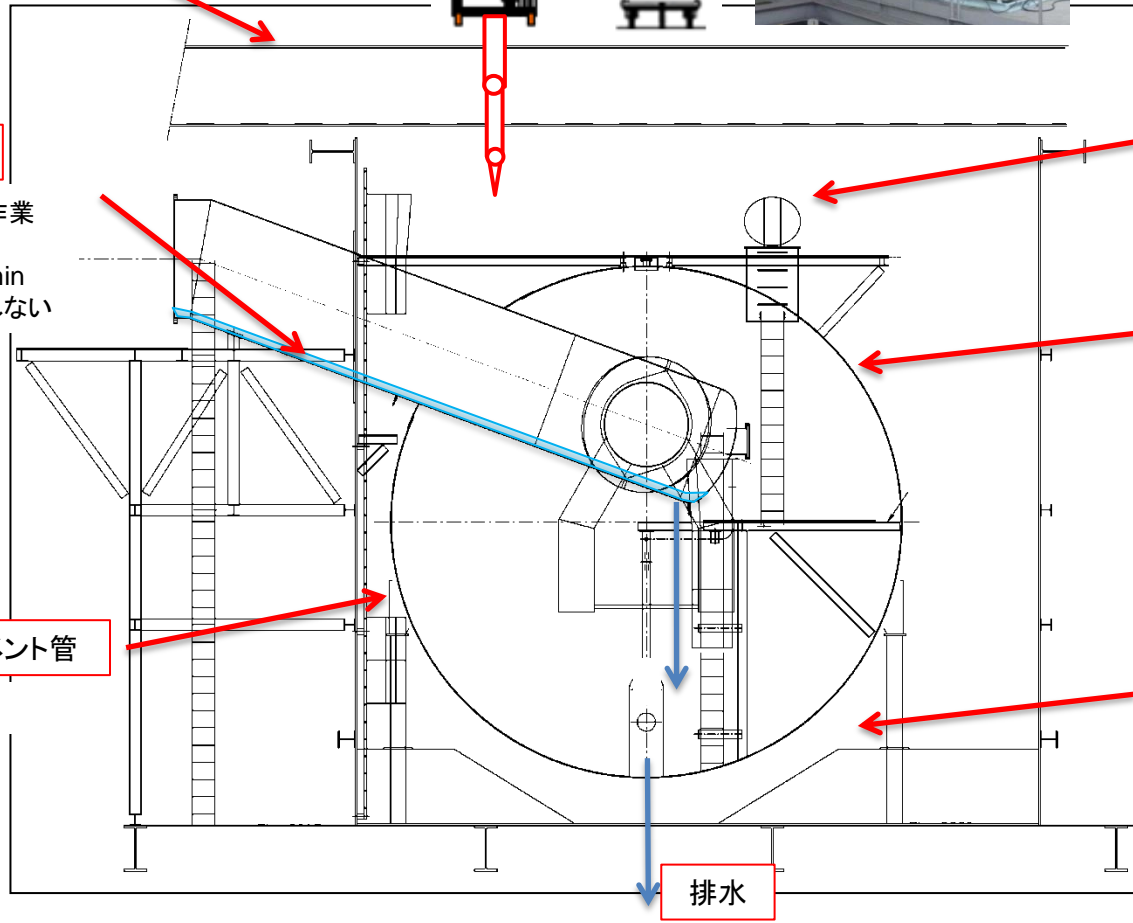
気温: 管理しない  
湿度: 管理しない  
(記録を行う)

⑥S/C・ベント管

配置を模擬

⑤滞留水

水位: 水張りを行わない



排水

## ②ベント管止水 (4)施工性確認試験の試験要領

### ■実施内容(1/2)

遠隔施工性確認試験項目を下記に示す。

- ・FRMのR/B1階での設置・撤去性確認試験(作業手順①に相当)
- ・FRMによるS/C穿孔箇所へのアクセス性確認試験(作業手順③に相当)
- ・FRMによるS/Cへの穿孔試験(作業手順③、④に相当)
- ・FRMによる干渉物撤去試験(作業手順②、⑤に相当)
- ・FRMによるベント管穿孔箇所へのアクセス性確認試験(作業手順⑥に相当)
- ・FRMによるベント管への穿孔試験(作業手順⑥に相当)
- ・FRMによるベント管内干渉物撤去試験(作業手順⑦に相当)
- ・FRMによる閉止補助材展開試験(作業手順⑧に相当)
- ・FRMによる副閉止補助材ツール設置試験(作業手順⑨に相当)
- ・FRMによる止水材ツール設置試験(作業手順⑩に相当)

実施内容は、作業手順と同等作業を行うものとする。  
各作業の完了および要求を満たすことを確認する。

## ②ベント管止水 (4)施工性確認試験の試験要領

### ■実施内容(2/2)

試験項目を下記に示す。

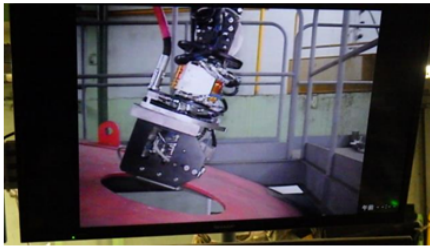
- ・FRMのR/B1階での設置・撤去性確認試験  
⇒TIP室内狭隘部及び装備を模擬し、**有人の高線量作業の完遂および要時間を確認**
- ・FRMによるS/C穿孔箇所へのアクセス性確認試験  
⇒FRMの所定箇所へのアクセスの**完遂を各種カメラにて確認**
- ・FRMによるS/Cへの穿孔試験  
⇒FRMによる遠隔での保護リング設置・S/C穿孔の**完遂を各種カメラにて確認**
- ・FRMによる干渉物撤去試験  
⇒FRMによる遠隔でのS/C内視認カメラ設置・S/C内配管撤去の**完遂を各種カメラにて確認**
- ・FRMによるベント管穿孔箇所へのアクセス性確認試験  
⇒FRMの所定箇所へのアクセスの**完遂を各種カメラにて確認**
- ・FRMによるベント管への穿孔試験  
⇒FRMによる遠隔でのベント管穿孔の**完遂を各種カメラにて確認**
- ・FRMによるベント管内干渉物撤去試験  
⇒FRMによる遠隔でのベント管内視認カメラ設置・管内配管撤去の**完遂を各種カメラにて確認**
- ・FRMによる閉止補助材展開試験  
⇒FRMによる遠隔での閉止補助材ツール設置・取外しの**完遂を各種カメラにて確認**
- ・FRMによる副閉止補助材ツール設置試験  
⇒FRMによる遠隔での副閉止補助材ツール設置・取外しの**完遂を各種カメラにて確認**
- ・FRMによる止水材ツール設置試験  
⇒FRMによる遠隔での止水材ツール設置・取外しの**完遂を各種カメラにて確認**

# ②ベント管止水 (4)施工性確認試験の試験要領

## ■作業手順書

記録様式-3-1-1

### 【3. FRMによるS/Cへの穿孔試験手順】

No.	作業担当者の操作・確認事項	完了確認のポイント	安全上のポイント	チェック	備考
3-1-4	俯瞰カメラ装置を確認しつつ、S/Cとツールの角度が下図のように力平行になるように調整し設置する。 	・FRMツール先端がS/Cに接していることをカメラ映像により確認する。 ・開口動作でツール先端が干渉していないことをフォースセンサの変化値により確認する。	・カメラ映像およびフォースセンサの値変化により、過度にツールを押し付けることのないように注意する。	□	
3-1-5	設置時のFRM軸値を参考として取得する。	—	—	□	
3-1-6	φ150mm開口を行う。【WJツール(TYPE2A)操作手順参照】	・WJツールTYPE2Aによって開口ができたことをカメラ映像により確認する。	—	□	記録用紙3-1-1、φ150mmの開口ができること。(±10.0mm)
3-1-7	穿孔片をウォータージェットツール(TYPE2A)に保持させた状態で、別場所へ移動する。	・穿孔片を保持していることをカメラ映像により確認する。	・カメラ映像によりS/C表面や他障害物との干渉がないよう注意しながら操作すること。	□	記録用紙3-1-1、穿孔片を落下させずに保持できること。
3-1-8	ウォータージェットツール(TYPE2A)の油圧シリンダを動作させ、穿孔片を落下させる。	・ウォータージェットツール(TYPE2A)の油圧シリンダの動作、穿孔片の落下をカメラ映像により確認する。	—	□	記録用紙3-1-1、ツール解除機構でツールで保持した穿孔片を撤去できること。
3-1-9	FRMのトラス室内からの回収を行う。【FRM Retract 手順書参照】	—	—	□	

実施工時の作業手順
実施工時の完了確認項目
実規模試験としての記録項目

FRMによるS/Cへの穿孔試験				
施設名称	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 (JAEA) 横浜遠隔技術開発センター			
工事名称	ベント管止水施工性確認試験	工事番号	5564042	
要領書番号	—	試験実施日	年 月 日	
1. 確認内容 本試験は、補修装置 (FRM) により、S/C シェル上面の「FRM 用開口位置」および「俯瞰カメラ開口位置」にアクセスし、ウォータージェットツールによる S/C 穿孔および穿孔片の撤去完了を確認する。				
2. 判定結果				
No.	項目	判定基準	作業時間	判定結果
1	補修装置 (FRM) の通過部の開口	各作業単位の時間計測 人間系作業は 1 作業単位が 20 分以内であること。	分	
		S/C シェルの開口 ウォータージェットツール (TYPE2A) にてφ150mm 穴が穿孔できること (精度+10mm、-0mm)。 ウォータージェットツール (TYPE2) にてφ500mm 穴が穿孔できること (精度±10mm)。	分	FRM 用 カメラ用
	穿孔片の撤去	穿孔中及び撤去移動中に穿孔片を落下させずに保持できること。	分	FRM 用φ150mm FRM 用φ500mm カメラ用φ150mm カメラ用φ500mm
		ウォータージェットツールの解除機構で穿孔片を解除できること。	分	FRM 用φ150mm FRM 用φ500mm カメラ用φ150mm カメラ用φ500mm
(コメント欄)				
			IHI	
		試験責任者	試験実施者	

記録用紙

作業手順書は、実施工を想定した完了確認のポイント・安全上のポイントを記載した手順書を整備。

## 6. 個別実規模試験

### ③ 試験準備等

「補修・止水技術の実規模試験(H26-H27)」で準備した昇温・給水設備、濁水処理設備などの試験設備について、実規模試験が円滑に実施できるよう維持管理を行いながら、試験体との組み合わせによる水張り確認の試験計画と、給排水設備などを使用した実規模試験手順の確認に合わせた運転訓練を計画実施した。具体的項目は以下の通り。

- ・作業フロア安全対策工事
- ・給排水設備等の維持管理
- ・運転訓練
- ・試験体の水張り試験
- ・S/C脚部補強施工性確認試験の通水
- ・昇温・給水設備および濁水処理設備の点検工事および仕様の作成



### ■施設利用の契約

本事業を実施するに当たり、JAEA櫛葉遠隔技術開発センターに昨年度事業で取得した試験設備等の設置エリアに関わる専有利用契約および個別の作業に必要な利用者室、研究室、試験エリア、屋外エリアなどについて契約手続きを実施し、本事業に必要な利用契約を行った。

### ■施設利用実績による改善要望リスト

本事業での利用実績より施設利用をする上での改善要望事項を取りまとめ、今後の廃炉・汚染水対策事業者ならびに一般利用者の施設利用の利便性向上につながるよう施設管理者へ提言を実施した。

### ③試験準備等 (3)試験体の準備

試験計画に合わせた干渉物等の模擬物の取付け、試験体の作業フロア下部への移動、実規模試験に必要な試験準備として水張り確認を行う試験体の準備を完了させ、S/C脚部補強の実規模試験に着手できる環境を構築した。実施項目は下記の通り。

- ・実規模試験体の残溶接
- ・実規模試験体の付着物の撤去
- ・試験体移動機構の組立、設置および試験体水平移動
- ・実規模試験体の水張り試験
- ・付帯構造物の設置
- ・実規模試験干渉物の設計・製作・取付
- ・給排水ラインの本設化
- ・実規模試験用付帯設備

# 7. 予備シミュレーション試験用の VRデータの整備

## 7. 予備シミュレーション試験用のVRデータの整備

### (1) VRデータ整備の全体方針

#### 【目的】

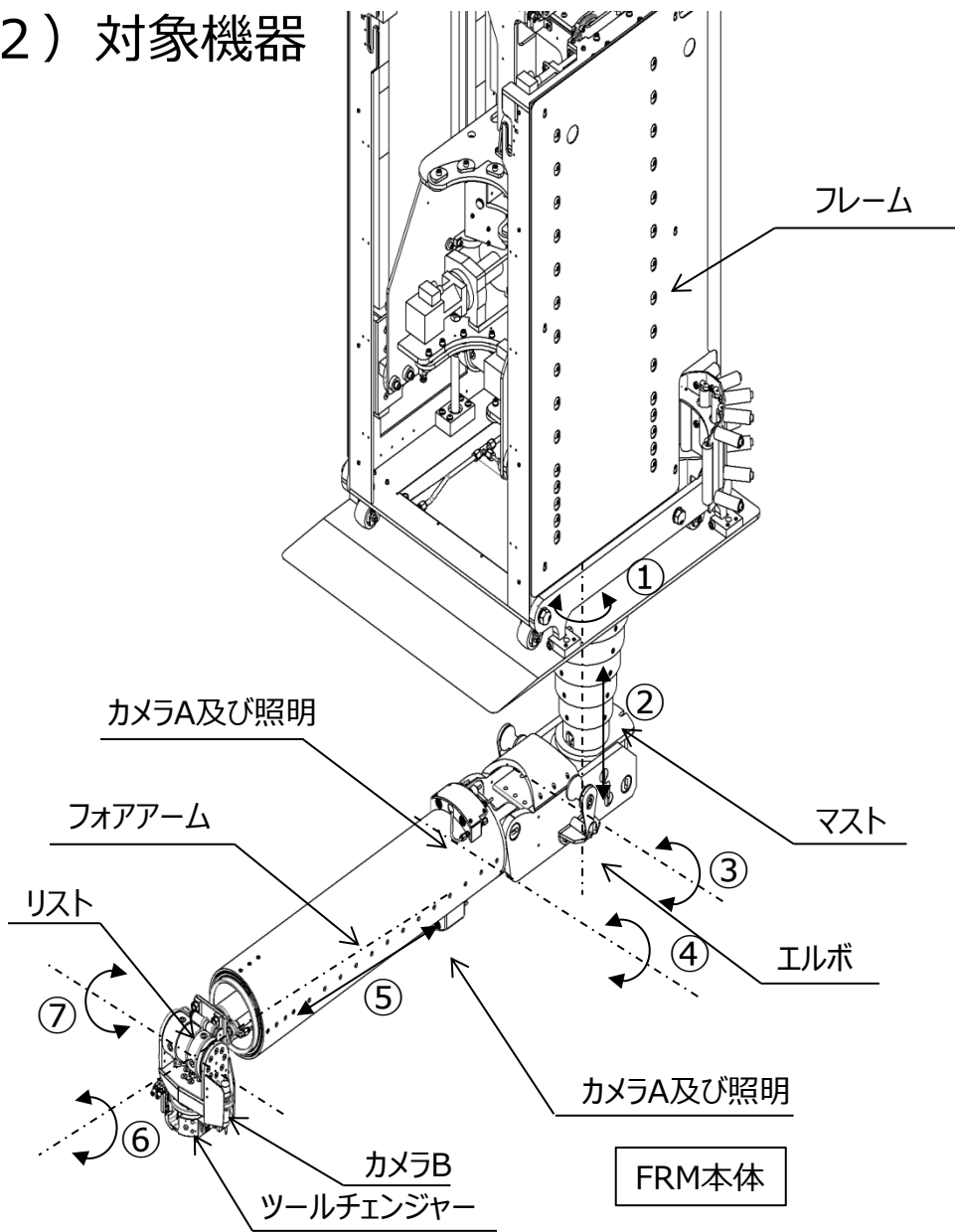
VRシステムの利用価値は、容易に近づくことができない現場状況の再現であると考えます。また、遠隔装置をVR上に再現された現場状況に取り込み、遠隔操作の検証や訓練に使用できれば、現場作業の確実な計画・遂行の支援となる。本事業においては、ベント管止水に使用予定のFRMのVRデータを操作訓練に使用できるレベルまで開発することを目的とする。

#### 【実施内容】

- ① 3D CADおよび実機との対比等によるデータの精度アップ
- ② FRMの操作器を同一仕様で模擬し、操作感の向上
- ③ 実機にある遠隔操作の補助機能（座標移動機能等）の追加  
（昨年度は、外形図と必要最小限の情報によるデータ構築を実施した。）

# 7. 予備シミュレーション試験用のVRデータの整備

## (2) 対象機器



### FRM主要仕様

No.	軸名称	動作範囲
①	マスト回転	±180°
②	マスト伸展	0~5681 mm
③	エルボ1回転	0~90°
④	エルボ2回転	0~100°
⑤	フォアアーム伸展	0~1645mm
⑥	リスト回転	±180°
⑦	リスト揺動	±90°

重量 : 1672 [kgf]

### ◆対象機器

ベント管止水を行うのに用いるFRMを操作訓練の対象としてVRシステムでのモデル化を実施

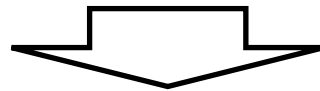
## 7. 予備シミュレーション試験用のVRデータの整備

### (3) 昨年度実施事業の成果確認 (1/2)

本事業において、昨年度成果を基準とした評価を取りまとめ、今後の精度アップでの対比評価を実施する予定である。

#### <設計・操作担当者コメントの一例>

- 昨年度の成果においても、操作訓練の初期導入には有効なツールである。
  - 操作者の空間認識力を養うために有効
  - 操作方法の把握に有効
  - 初心者に取り扱わせても機器破損の心配がない
- 装置開発として、実機のカメラ配置に課題があるが、その検討において利用価値がある。(カメラ視点位置の自由な設定が可能)
- 操作時の視覚的な感覚に違いがある。(照明の感じなど)
- 操作器の操作感が違うため習熟訓練には操作器の模擬も重要。



#### 開発方針

実機操作者による昨年度成果の確認結果に基づき、本年度の精度アップ項目を抽出する。

## 7. 予備シミュレーション試験用のVRデータの整備

### (3) 昨年度実施事業の成果確認 (2/2)

下記の条件で昨年度成果を用いて開発要素の抽出を行った。

操作対象：FRMおよび俯瞰カメラ

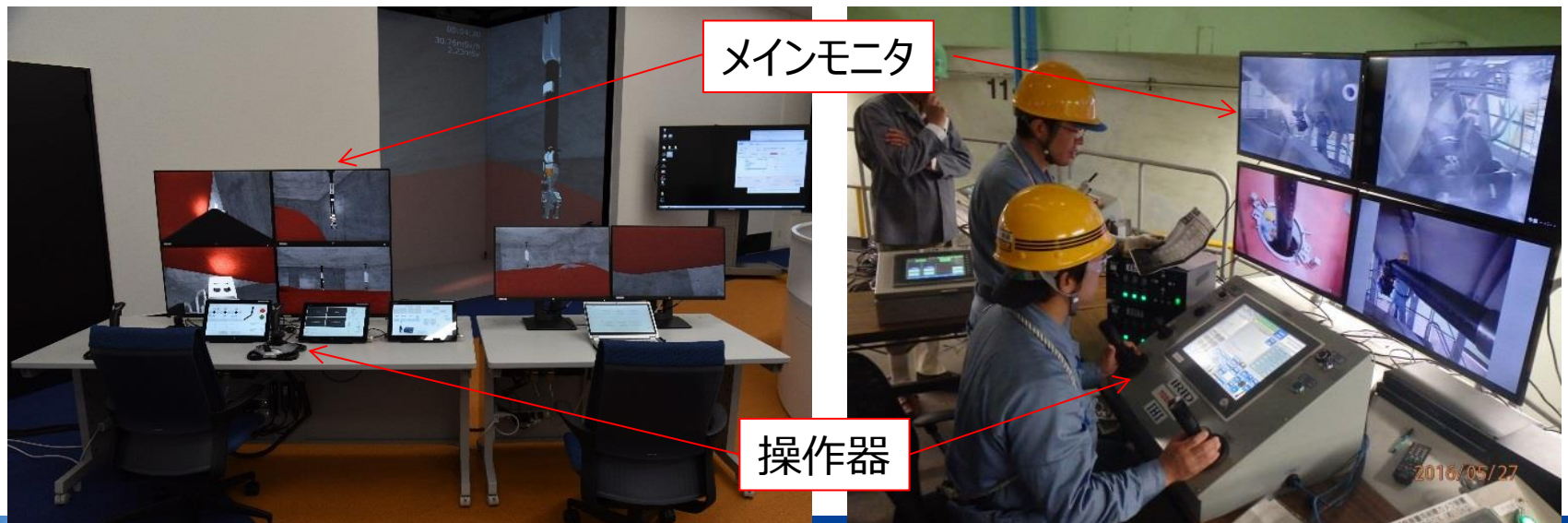
操作者：装置設計および操作担当者

模擬作業：S/Cおよびベント管への穴あけ作業

作業体制実機作業と同等（FRM操作者と俯瞰カメラ操作者の2名）

⇒ 5分程度の操作説明を受けたのみで、操作者が一連作業の大半を完了することができ、実機に近い操作感であるとの感想を得た。

また、VRをトレーニングに用いるという観点で、視認性や操作性をより実機に近づけるために有効な要素をヒアリングにより抽出した。



## 7. 予備シミュレーション試験用のVRデータの整備

### (4) 個別実施計画 ①遠隔操作機器等のデータ精度アップ (1/6)

#### <精度アップ項目の抽出>

昨年度成果を用いて、操作担当者が抽出した開発要素の概要を下記に示す。

#### ・インターフェース

操作に用いるジョイスティックやタッチパネルが、昨年度成果では簡易的な模擬となっており、実機と同等の操作器を整備することで、よりトレーニングとしての利用価値が高まると考える。

#### ・フィードバック

実機が備えている各種警報（干渉時の警報等）や荷重センサのモニタリング機能が再現されていないため、実機と同等の警報機能・発報機能を再現することで、トレーニングとしての利用価値が高まると考える。

#### ・制御

昨年度成果では各軸を単独で操作するモードしかないが、実機には座標指定により各軸を自動操作するモード（インバース・キネマティクス）も可能であり、実機と同等の操作モードを再現することで、トレーニングとしての利用価値が高まると考える。

#### ・その他

研究開発の進捗によるモデルデータの追加・変更点や照明の表現等の違いを指摘した。



## 7. 予備シミュレーション試験用のVRデータの整備

### (4) 個別実施計画 ①遠隔操作機器等のデータ精度アップ (2/6)

#### <精度アップのまとめ (1/2) >

No.	種別	精度アップ抽出項目	昨年度実施した内容	今年度の実施状況
1	インターフェース	操作器の模擬	簡易な操作器を準備	実機と同一仕様の操作器を整備
2	インターフェース	操作器の表示について	簡易な操作表示画面を準備	実機と同等の操作画面を実装
3	モニタ表示	カメラ照明の光の拡がり方について (VRシステム上の調整)	暫定的な照明設定	次年度実機と比較検討
4	制御	半自動運転(座標移動機能)による アーム制御の模擬	技術情報の提示が無く、 模擬していない	実機と同等のアーム制御の模 擬を実装
5	制御	操作した際の反応速度について (操作器の模擬に合わせ検証を予定)	システムの処理速度に依存	次年度実機と比較検討
6	フィードバック	荷重センサ機能(6軸)の追加	条件未提示のため模擬 していない	実機同等の荷重センサ機能 (6軸)の追加
7	フィードバック	荷重センサ等による干渉時の警報の 模擬	条件未提示のため模擬 していない	実機同等の荷重センサ等によ る干渉時の警報の模擬
8	モデルデータ	建屋、S/C、ベント管の情報について	実規模試験体の簡易な モデルを作成	実規模試験体の3D-CADか ら実物と同等のモデルを作成
9	モデルデータ	止水材等の打設用ホース類の再現 (要検討)	実施項目から除外	止水材等の打設用ホース類の 再現は訓練上重要となる箇所 を作成。

## 7. 予備シミュレーション試験用のVRデータの整備

### (4) 個別実施計画 ①遠隔操作機器等のデータ精度アップ (3/6)

#### <精度アップのまとめ (2/2) >

No.	種別	精度アップ抽出項目	昨年度実施した内容	今年度の実施状況
10	モデルデータ	FRMの先端治具 (ウォータージェットツール) の追加	H27年度10月時点の 情報に基づきモデル化	FRMの先端治具の追加及び 不足箇所のデータ補完
11	モデルデータ	FRMのアーム部のたわみについて の実機調査	模擬していない	次年度実機と比較検討
12	モニタ表示	モニタ表示での距離感の再現 (VRシステム上での調整)	特になし	次年度実機と比較検討
13	訓練シナリオ	ウォータージェット切断後の切断片の 取り扱い (新規項目)	条件未提示のため模擬 していない	訓練シナリオとして追加
14	訓練シナリオ	開口部の保護リング設置作業 (新規項目)	条件未提示のため模擬 していない	訓練シナリオとして追加
15	モデルデータ	インフレータブルシール用ツールの ベント管からの切り離し状態 (今年度の技術情報に基づき要検討)	条件未提示のため模擬 していない	インフレータブルシール用ツールの ベント管からの切り離し位置 の模擬
16	モデルデータ	インフレータブルシール (展開前) の 搬送時模擬	条件未提示のため模擬 していない	インフレータブルシール (展開 前) の搬送時のモデル追加
17	モデルデータ	S / C内俯瞰カメラ (H28年度開発成果による追加情報)	—	S / C内俯瞰カメラを追加 (カメラ操作も実装し、映像は モニタに表示)

# 7. 予備シミュレーション試験用のVRデータの整備

## (4) 個別実施計画 ①遠隔操作機器等のデータ精度アップ (4/6)

### <実施結果 (1/3) >

#### ■インターフェース

FRM実機と同一仕様の操作器を整備し、同等の操作画面を実装



#### ■制御・フィードバック

半自動運転によるアーム制御機能及び荷重センサ機能を実装

VRシステム上での動作は確認済

次年度の動作検証にて、実機との対比評価を実施予定

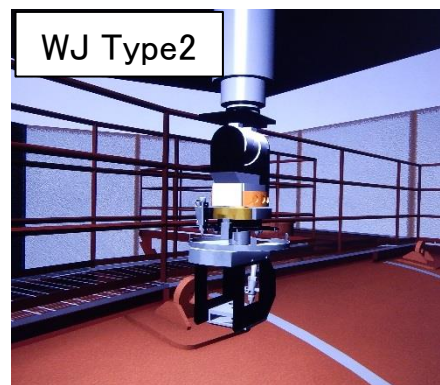
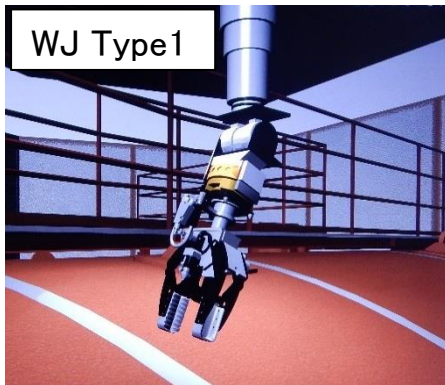
# 7. 予備シミュレーション試験用のVRデータの整備

## (4) 個別実施計画 ①遠隔操作機器等のデータ精度アップ (5/6)

### <実施結果 (2/3) >

#### ■モデルデータ

昨年度から変更となった箇所や追加となったモデルについて、最新の提供情報に基づきデータを補完・作成



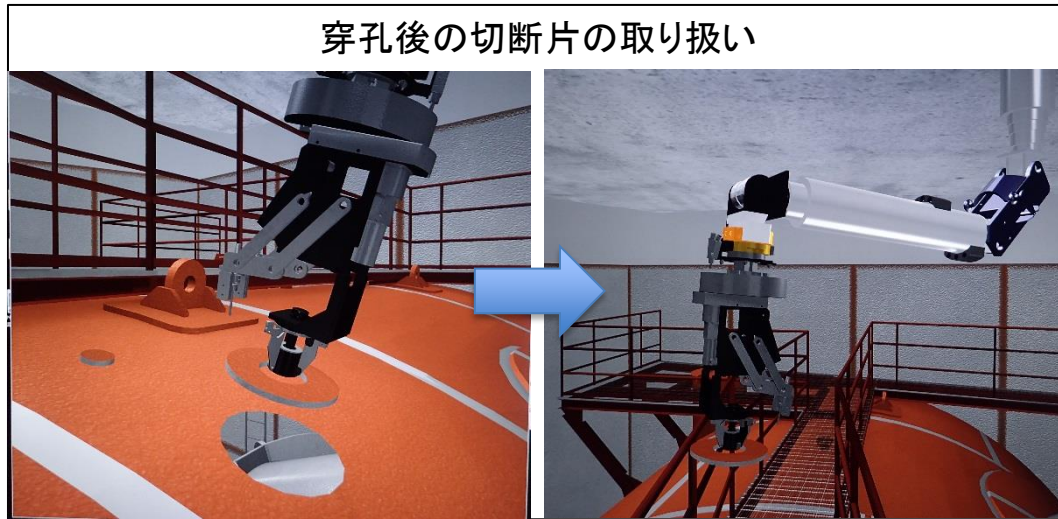
# 7. 予備シミュレーション試験用のVRデータの整備

## (4) 個別実施計画 ①遠隔操作機器等のデータ精度アップ (6/6)

### <実施結果 (3/3) >

#### ■訓練シナリオ

穿孔後の切断片の取り扱い及び穿孔穴の保護リング設置作業を模擬



## 7. 予備シミュレーション試験用のVRデータの整備

### (4) 個別実施計画 ②VRデータの効率的・効果的な使用方法の確立 (1/4)

#### <精度アップのまとめ (3/3) >

本事業では、VRデータと実機操作の動作検証を行ない、その結果から、VRシステムの効率的・効果的な使用方法を提案する。本事業については、本年度以下の検討を実施した。

#### <開発体制>

VRの開発に関して、IRID本部並びに実規模試験の担当組合員では、技術的な知見が少ないことから、シーズによる開発とならないようVRシステムを導入したJAEA以外の技術的なアドバイザーとして、IRID組合員である産総研より専門委員を委嘱し、技術的なアドバイスを受けながら、本事業を進めていく。

また、VRの利用実績のある機関(ホットセル内での遠隔解体作業訓練:CEAを想定)への調査なども実施し、幅広い知見収集などに努めながら、廃炉技術へ直結するような開発を目指す。

## 7. 予備シミュレーション試験用のVRデータの整備

### (4) 個別実施計画 ②VRデータの効率的・効果的な使用方法の確立 (2/4)

#### <VRシステムのキャリブレーション>

動作検証を行うに当たり、VRシステムにおいて数値可変としたパラメータに関して、事前に実機とのキャリブレーションを行う。

#### ① VRシステムにて数値可変のパラメータ整理

#### ② 実機データ取得方法の検討

その項目ごとにデータ収集方法の検討を実施し、作業量等を把握して、実施のスケジュールを計画する。

#### ③ 実機データの取得

実機を操作し、必要なパラメータデータを取得する。

#### ④ VRデータへの反映(キャリブレーション)

なお、実機データの取得が難しいものについては仮想値を用いるが、評価は同様に行う。

## 7. 予備シミュレーション試験用のVRデータの整備

### (4) 個別実施計画 ②VRデータの効率的・効果的な使用方法の確立 (3/4)

#### <VRデータの評価方針>

H28年度の精度アップ項目及びキャリブレーション結果を以下の通り、評価する。

#### ① 比較評価

精度アップ項目については、精度アップの前後比較、キャリブレーションを行ったパラメータについては、パラメータ設定の上下限值とキャリブレーションを行った値との操作者による比較評価を行う。  
また、形状、運動及び映像等における実機との比較評価を行う。

#### ② 有効性の評価

操作カテゴリーとして、基本操作訓練、操作シナリオシミュレーション、遠隔監視の視認性において、その精度アップ及びキャリブレーションの有効性(必要性)を評価・整理する。



## 7. 予備シミュレーション試験用のVRデータの整備

### (4) 個別実施計画 ②VRデータの効率的・効果的な使用方法の確立 (4/4)

#### <得られる成果のイメージ>

#### ① 操作シナリオの適応範囲

FRM作業において、カバーが出来る操作シナリオの範囲を明確にする。また、操作シナリオを拡張する場合の課題等があれば、それらを示す。(例:ホースなどの柔軟な物の再現など)

#### ② 精度アップ・キャリブレーションの費用対効果

基本操作訓練、操作シナリオシミュレーション、遠隔監視の視認性において、その精度アップ及びキャリブレーションの有効性(必要性)を評価・整理した結果に基づき、費用対効果を示す。

#### ③ 今後の遠隔装置開発における要求事項

VRシステムでの遠隔装置開発等を実施する場合に、装置開発側から提示いただきたい情報などの要求事項を標準仕様として示す。

上記を踏まえ、VRシステムの効率的・効果的な使用方法の提案をまとめる。

## 8. 進捗状況トピックス

# 8. 進捗状況トピックス(1/4)

## ①試験体準備 現地状況写真 (試験体移動)

試験体移動前 (H28.5)



試験体移動後 (H28.8.31)

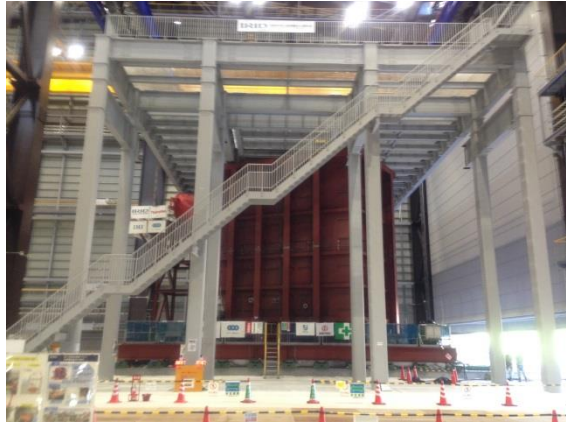


# 8. 進捗状況トピックス(2/4)

## ②試験体準備 現地状況写真 (試験体移動)



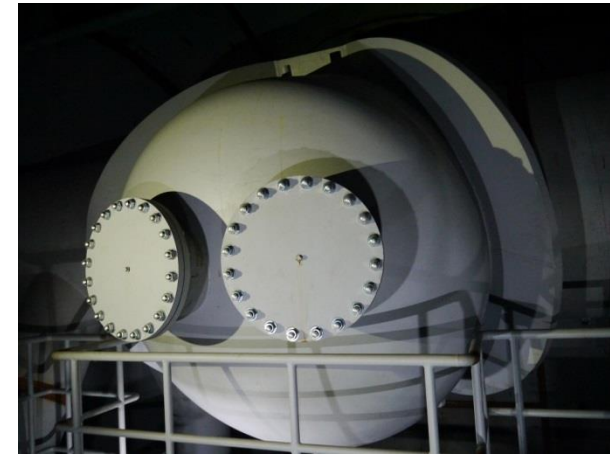
試験体移動中の状況 (H28.8.25)



試験体移動後の作業フロアとの位置関係 (H28.8.31)

# 8. 進捗状況トピックス(3/4)

## ③試験体内部公開 H28.10.12-13



# 8. 進捗状況トピックス(4/4)

## ④ S / C脚部補強施工性確認試験公開 H28.11.28-30

