

**平成25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・止水技術の実規模試験  
完了報告**

**平成28年3月**

**技術研究組合 国際廃炉研究開発機構**

**(共同提案者：国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構)**

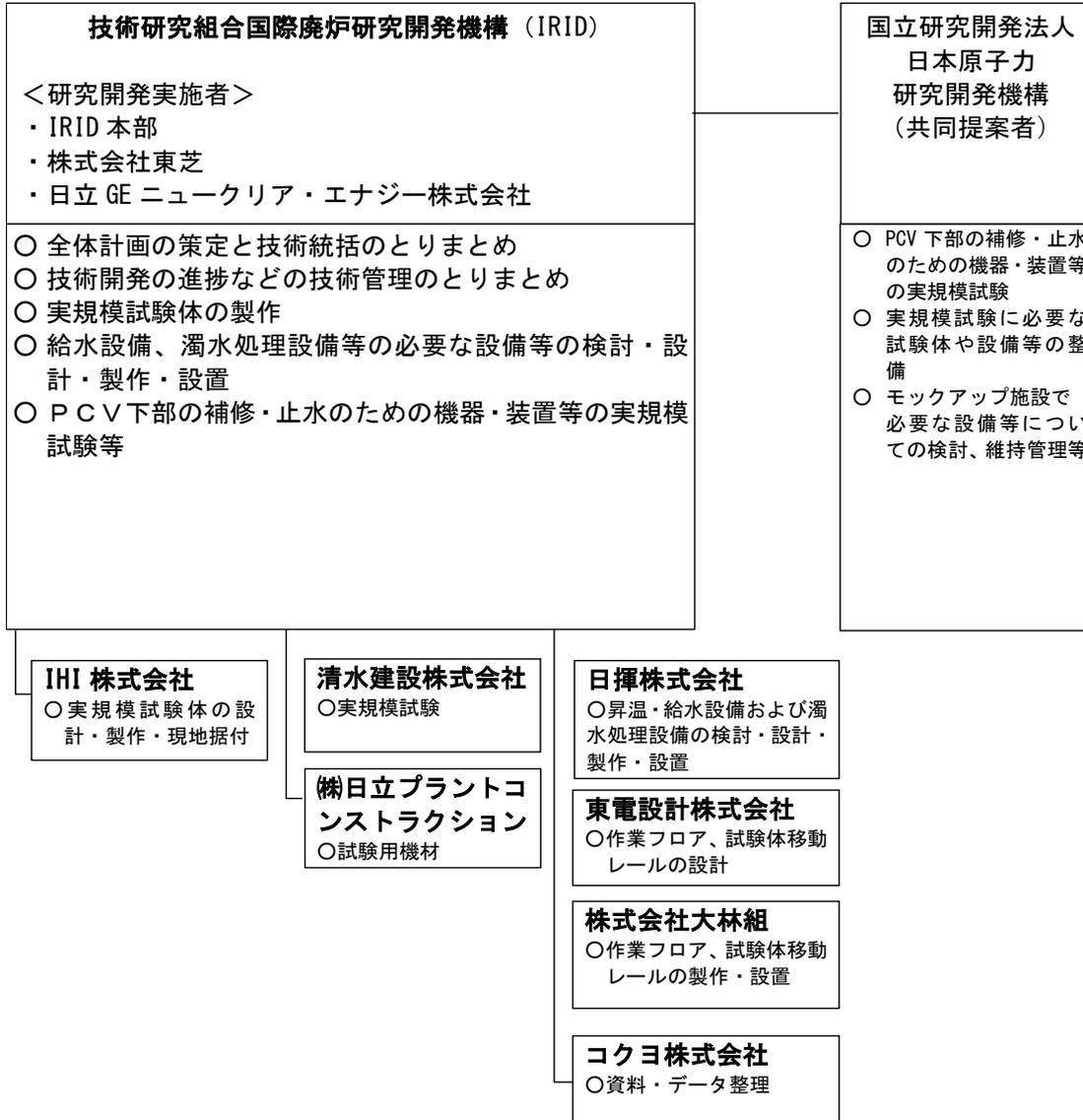
## 目次

1. 目的
2. 実施体制
3. 補修・止水技術開発と実規模試験の関係
4. 実規模試験の全体概要
5. 事業計画変更について
6. 平成26年度\_試験研究の実施項目及び成果
7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果
8. 進捗状況及び目標設定についての報告
9. 研究開発等の運営  
添付

# 1. 目的

- 本技術開発の目的は、「東京電力(株)福島第一原子力発電所1~4号機の廃止措置に向けた中長期ロードマップ」において検討した研究開発と整合を図りつつ、原子炉格納容器(以下、PCVという。)を補修(止水)し、燃料デブリを冠水させる技術を確立することである。
- 平成26年度及び平成27年度の目的を以下に示す。
  - (1)原子炉格納容器漏えい箇所の補修・止水技術開発事業(以下、「補修・止水技術の開発」という。)で開発しているPCV下部補修装置の実規模試験に必要な試験体や設備を整備し、検証試験を実施する環境を整える。
  - (2)作業手順の検討・作業者の訓練のためのデータ等を作成する。
  - (3)PCV下部補修装置の実規模試験に着手し、PCV下部補修装置の検証を行う。
  - (4)モックアップ試験設備の整備及び維持管理に関する検討を行うとともに、遠隔操作機器の機能と操作者の技能を検証するシステムについて検討を行う。

## 2. 実施体制



**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、株式会社東芝、日立GEニュークリア・エナジー株式会社は、IRIDの一員として、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構は共同提案者として、原子炉格納容器漏えい箇所**の補修・止水技術の実規模試験を実施する。

### 3. 補修・止水技術開発と実規模試験の関係

- 本事業では、「補修・止水技術の開発」で開発中の技術のうち、PCV下部補修に関連する技術の実規模大での検証を行うための設備・試験体製作を行う。
- 試験体はロードマップ※で最初に止水が計画されている2号機を対象とする。
- 止水材料の試験・性能確認、遠隔装置の工場モックアップまでは技術開発で、遠隔装置を用いた止水工法の一連の手順確認を本事業で実施する。

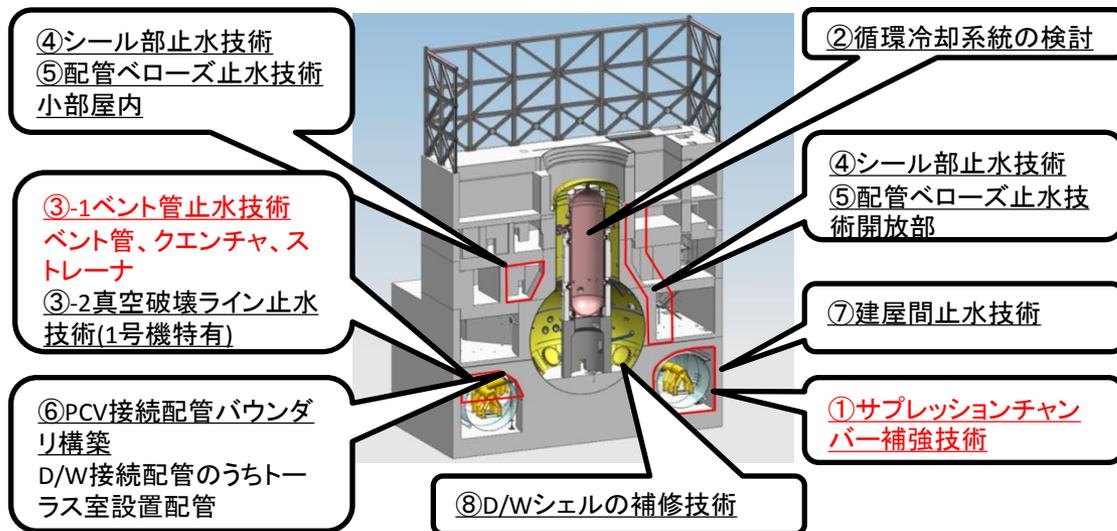


図-1 「補修・止水技術の開発」のうち本事業の試験対象

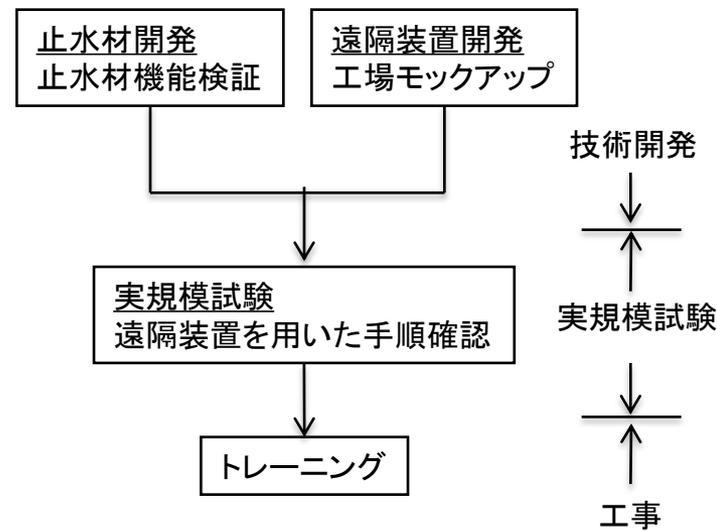


図-2 「補修・止水技術の開発」と本事業の関係

### 3. 補修・止水技術開発と実規模試験の関係

#### ○実規模試験の目的

「補修・止水技術の開発」で開発した止水材料と遠隔装置を用いて止水工法の一連の手順確認

#### ○「補修・止水技術の開発」と本事業の役割分担

##### ・「補修・止水技術開発」

試験体・試験設備の要求仕様の検討、実規模試験条件の検討

##### ・本事業

試験体・試験設備の設計・製作、実規模試験方案の作成・実施・評価、遠隔操作機器の機能・操作者の技能に係る評価・検証手法の調査、遠隔装置のVRデータの作成

「補修・止水技術の開発」

止水工法の検討

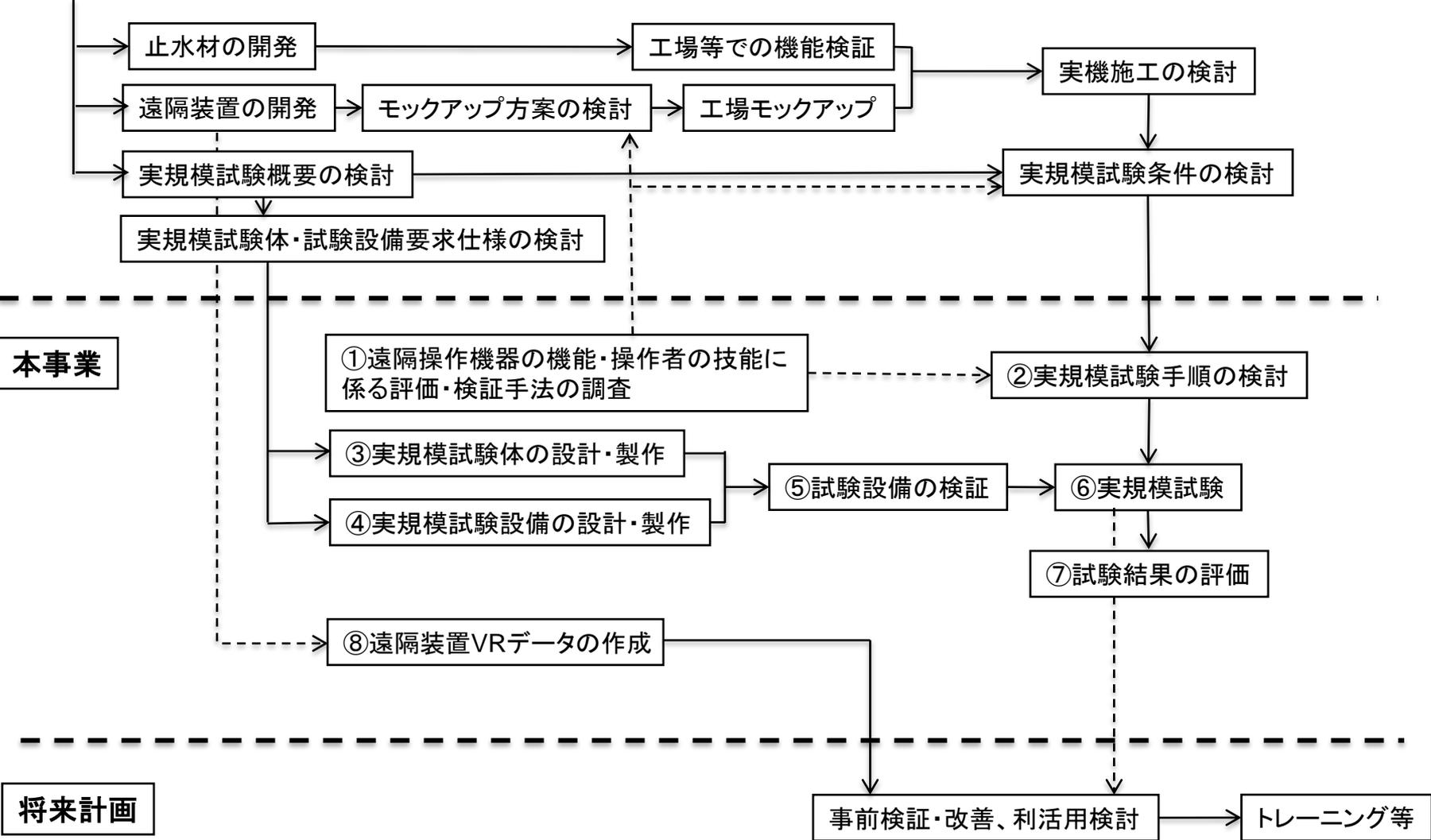


図-3 「補修・止水の技術開発」と本事業の関係(詳細)

## 4. 事業の実施計画

### (1) 実規模試験の全体概要

- 実規模試験は、2号機を対象とし、試験体はPCV下部 (S/C、ベント管 (ベローズを除く)、ベントヘッダ、ダウンカマ、トールス室壁面) を模擬する。
- 試験体は、サブプレッションチェンバーの対称性を考慮し、ベント管1本分 (1/8セクタ) モデルとする。
- 試験は、①サブプレッションチェンバ脚部補強、③-1ベント管止水に関する遠隔装置を用いた一連の手順確認を行う。
- 平成26～27年度はサブプレッションチェンバ脚部補強用打設装置の操作性確認のための水を使用した実規模試験までとし、それ以降の試験は平成28年度以降の実施となる。

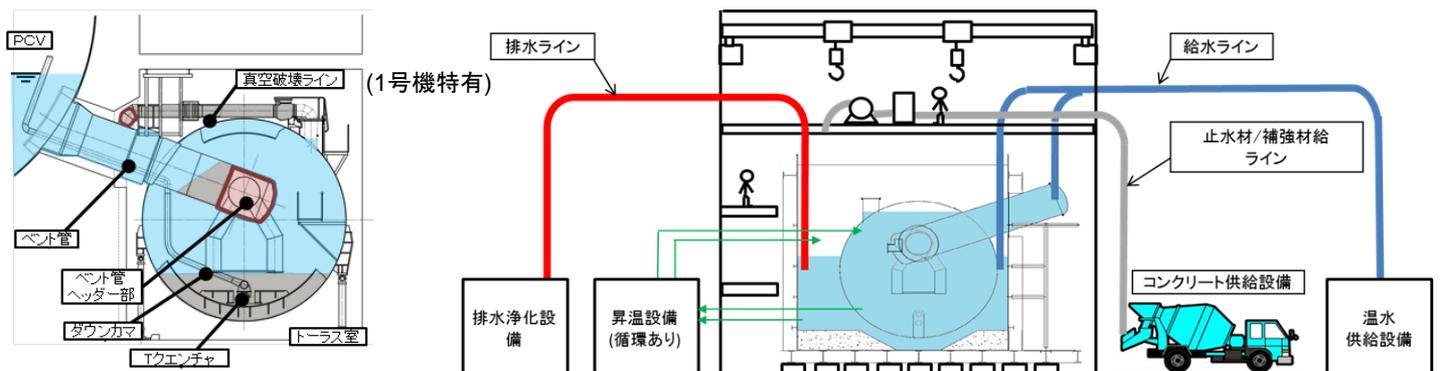


図-4 実機と実規模試験の比較



## 5. 事業計画変更について

### <1回目：平成27年3月計画変更分>

#### (1) 実規模試験体設計・製作の前提条件見直し

「(B) 実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討、維持管理等①実規模試験体の設計・製作」については、当初計画時に前提条件とした引渡しエリア・ユーティリティの整備時期が変更になったことが判明し、モックアップ試験施設の試験棟建設工事側との調整の結果、前提条件の作業環境を確保することは困難であるとの結論に至り、本事業での試験体製作に係る前提条件の見直しを行う。

#### (2) 給排水設備、濁水処理設備の地盤改良

「(B) 実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討、維持管理等②給排水設備、濁水処理設備等の必要な設備等の検討・設計・製作・設置」については、当初計画に対して不測の事態として、平成27年2月に設計検証のため実施した地盤調査の結果、設備設置場所の地盤が軟弱であることが判明した。そのため当初計画の本事業での実施範囲に加え設備据付のために地盤改良を実施する必要があるため、当該作業を本事業に追加する。

#### (3) 実規模試験体の設計変更

本事業で実証・評価する「原子炉格納容器漏えい箇所の補修・止水技術の開発」事業における事業計画の変更が生じたことから、本見直しに伴い、実規模試験における追加の確認項目等に対応するため、実規模試験体の設計に反映する。

## 5. 事業計画変更について

### <2回目：平成28年3月計画変更分>

#### (1) 実規模試験の運転

本事業での実施項目の「給排水設備等の運転訓練及び運転」については、当初計画に対して、給排水設備等の屋外基礎工事が荒天等の理由により工事が長期化したため、設備設置工程の見直しが必要となった。そのため、当初計画である実規模試験は多量の温水を使用しないことから給排水設備等以外からの別の手段にて水供給を行うこととして計画を見直した。これにより、**実規模試験での給排水設備等の運転を除外し、本事業での実施内容を削除した。**

## 6. 平成26年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (1) PCV下部の補修・止水のための機器・装置等の実規模試験

#### ① 機器・装置等の実規模試験(IRID/日立GEニュークリア・エナジー実施分)

「補修・止水技術の開発」で実施するサプレッションチャンバー脚部の補強技術の開発において開発したS/C脚部の補強用打設装置の操作性を確認するため、水を使用した実規模試験を計画・実施する。

平成26年度は準備する試験設備の仕様を確定するために、試験設備の設計に補修・止水技術開発事業の意見を取りまとめており、試験体および給排水設備等の設計仕様について意見交換を行っている。次年度、本格的な実規模試験計画に着手する。

## 6. 平成26年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (2) 実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討、維持管理等

#### ① 実規模試験体の設計・製作

実規模試験体は大きく、サプレッションチェンバー、ベント管、トーラス室壁面、底部架台から構成され、平成26年度はこれら構造体の全体構造設計および詳細設計を実施。本実規模試験体を利用したPCV下部補修・止水のための実規模試験に備えた付帯構造物(模擬干渉物・構造物、アクセス通路の確保など)についても意見交換を行っている。

試験体の構造を図-6に示す。

# 6. 平成26年度\_試験研究の実施項目及び成果

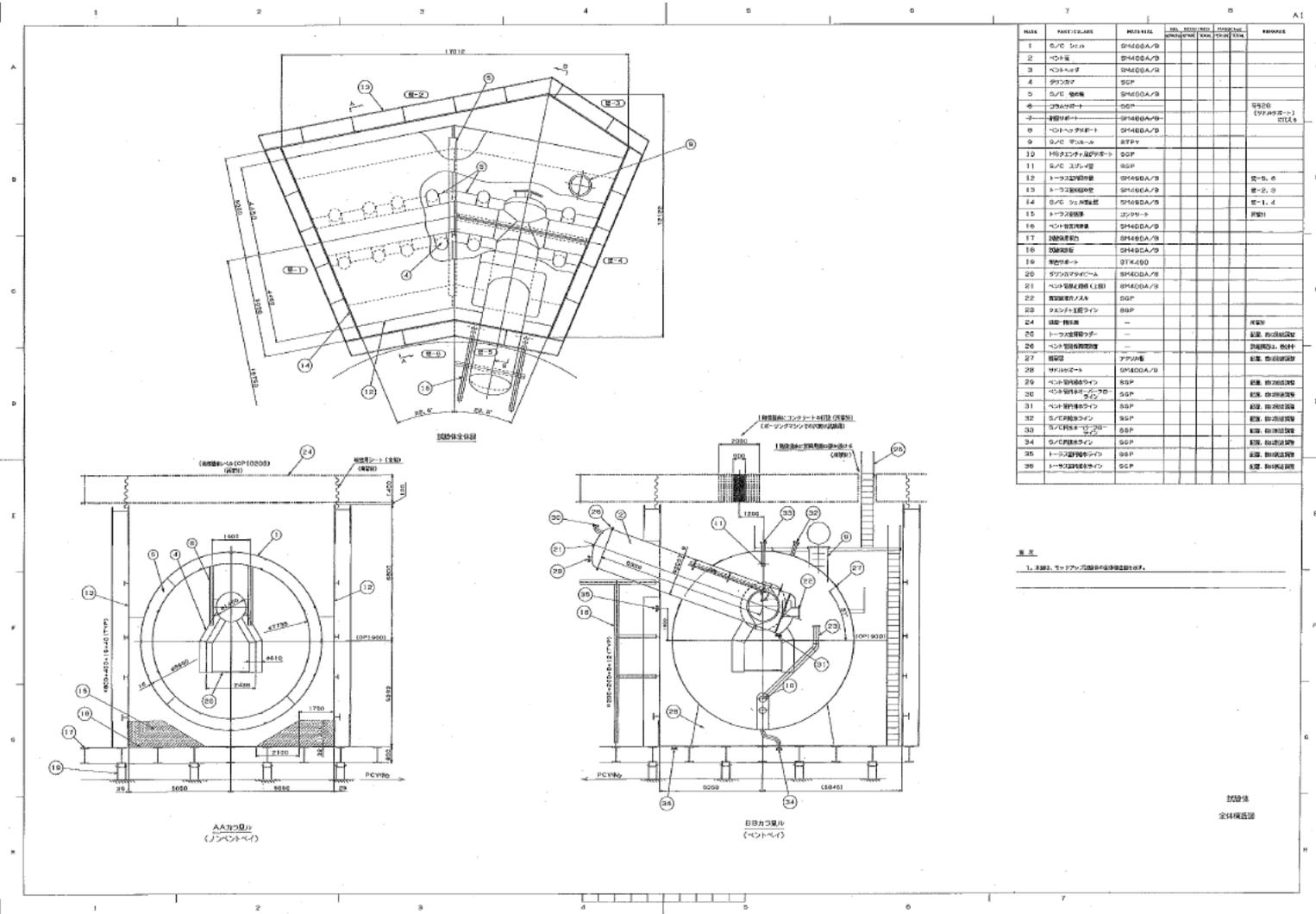


図-6 試験体構造図

6. 平成26年度\_試験研究の実施項目及び成果

(2)実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討、維持管理等

②給排水設備、濁水処理設備等の必要な設備等の検討・設計・製作・設置

(a)IRIDによる設備発注に向けての対応

IRID本部として、初めて大規模な設備発注業務を行うことから、以下の通り対応を実施している。

項目	対応策
①調達方針書の作成	発注先の選定を含めた調達方針を明確にし、適切な発注業務が遂行できることを目的として、 <b>調達方針書を作成</b> し、発注業務の実施体制を明確にした。
②発注業務の手順の整理	発注業務の手続きについて、適切な発注業務手続が遂行できるよう <b>発注業務の手順について整理</b> した。
③リスク評価	設計・製作・据付工事の発注業務が発生するため、それぞれの <b>業務リスクを分析</b> し、予算管理に反映できるよう評価を実施した。
④発注先評価方法	随意契約以外に一般の競争での発注があり、発注先の技術的な評価が必要となるため、発注先選定のための <b>評価手順を定め、見積および技術仕様の評価を実施</b> した。
⑤設備図書の確認について	発注先から受領した設備図書を確認し、管理する必要があることから設備図書の確認手法として、 <b>チェックリストを作成し管理</b> するものとした。
⑥事業の進捗管理について	本事業での進捗管理は、 <b>進捗状況及び目標設定シートを作成し管理</b> を実施している。

## 6. 平成26年度\_試験研究の実施項目及び成果

### ②給排水設備、濁水処理設備等の必要な設備等の検討・設計・製作・設置

#### (a) IRIDによる設備発注に向けての対応

設備・工事の発注に向けての課題と対応策

発注に向けての課題	対応策
①実施期間が短期間である。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・建設工事の経験者の登用 (専任者2名を研究補助員として採用)</li> <li>・基本設計の活用:設計期間の短縮 (必要条件と仮定条件を整理し、IRID要求条件として見直しを行ない仕様書を作成)</li> </ul>
②IRIDでの設備、工事発注の実績がない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・見積依頼先の選定方法 (実効性及び実績面を考慮し見積依頼先を選定し、相見積を実施)</li> <li>・IRID組合員のノウハウを活用するものとし、第三者となる組合員に発注支援業務を依頼(金額査定、金額調整、見積依頼先の紹介)</li> </ul>
③IRIDにて基本設計を検証できる仕組みがない。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・設計検証能力を有した発注先を以下により選定               <ul style="list-style-type: none"> <li>○発注先の選定を総合評価方式とし、技術提案を含めPJ担当者以外の関係者により評価を行った。</li> <li>○課題の解決案を技術提案の項目とした。</li> </ul> </li> <li>・JAEA、東電、IRID組合員参加の技術提案に基づく、設計検討会を開催した。</li> </ul>

## 6. 平成26年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (b) IRIDによる基本設計の課題抽出

#### ○基本設計の要求事項

給排水設備等の設計にあたっては、平成25年度に東京電力(株)殿にて実施した研究開発モックアップセンター設計業務でまとめられた基本設計(以下、基本設計)をIRIDは引き継ぎ、本業務に着手した。

基本設計の要求事項は次の通り。

#### <要求事項>

- 1) 1回の試験で使用する温水は、試験体内に貯める $40^{\circ}\text{C}:1500\text{m}^3$ と試験中に使用する $40^{\circ}\text{C}:120\text{m}^3$ (サイトの冷却水 $5\text{m}^3/\text{hr}$ を模擬、試験時間MAX24時間を計画)であり、それらを供給できる給水設備を計画する。
- 2) 試験体内に貯める温水供給に使用するポンプは、 $100\text{m}^3/\text{hr}$  を基準とし、1)項で計画する温水供給設備の設計仕様に適した計画とする。
- 3) 試験中に試験体に供給する温水及びモルタルポンプは、予備を含めた2系統で計画する。
- 4) 排水浄化設備は $50\text{m}^3/\text{hr}$ で計画する。

なお、基本設計では、本要求事項と「実規模試験計画」等に基づき、設備の基本計画が取りまとめられている。

# 6. 平成26年度\_試験研究の実施項目及び成果

## (b) IRIDによる基本設計の課題抽出

基本設計の課題を抽出した結果は、以下の通り。

対象設備区分・項目		課題
(1) 昇温・給水設備	基本性能	<ul style="list-style-type: none"> <li>基本設計では、試験計画の試験内容に応じた給水量の変化が考慮されていない。(1500m<sup>3</sup>の張り込み1回のみで計画)</li> <li>今後の試験計画の変更や将来的な試験に対応できるフレキシビリティのある設備設計となっていない。</li> </ul>
	運転制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>試験計画に対する当該設備の運転・制御方法の検討が不足している</li> </ul>
	レイアウト	<ul style="list-style-type: none"> <li>基本設計の見直し時に設備設置エリアの配置が成立しない可能性がある。</li> <li>ポンプのレイアウト(据付レベル)が適切でない可能性がある。</li> </ul>
(2) 濁水処理設備	基本設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>基本設計では、概略検討(機器のカタログ選定と配置エリアの確認程度)しか実施されておらず、系統構成の検討が不足している。</li> </ul>
(3) 作業フロア	基本設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>課題は特に無し。構造計算等が適切に行われており、基本設計を活用するのが最適とした。</li> </ul>
(4) 試験体移動レール	基本設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>レールの接合方法、据付要求精度について課題あり。ただし、施工業者による見直しで対応可能と判断し、基本設計を活用するのが最適とした。</li> </ul>

昇温・給水設備、濁水処理設備については、基本設計に課題が多いことが分かり、設備発注に向けて対応を行った。

## 6. 平成26年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (c)昇温・給水設備の設計状況

#### <平成27年2月時点【計画変更前】>

昇温・給水設備については、基本設計の課題の解決策を含めた系統構成の見直しの合理化検討を進め基本系統設計を完了している。

また、モックアップ試験施設の管理者であるJAEAより、設備配置の合理化要求(機器設置エリアの縮小)を受け、合理化設計を反映した機器配置を検討し基本配置計画を完了している。

#### <主な設計見直しポイント>

- 給水水槽上流に温水ボイラを設置し、昇温系統を簡素化することにより、給水水槽への工水受入れ時に所定温度へ加熱。給水水槽は常に所定温度に維持可能。また、温水の追加製造が可能となる。【**運転時間の合理化**】
- 循環系統を独立設置することにより、試験への温水供給、試験体内温水の再加熱を同時に実施可能となる。【**機能重複の見直し**】
- 給水水槽1500m<sup>3</sup>×1基から750m<sup>3</sup>×2基として、給水水槽、電気ヒータを冗長化。これにより、温度維持に係るボイラ、燃料タンクを冗長化対象外とし、給水水槽とバッファタンクを共用。【**機器点数、設置エリア面積の削減**】

## 6. 平成26年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (d) 濁水処理設備の設計状況

#### <平成27年2月時点【計画変更前】>

濁水処理設備については、機器仕様見直しと運転監視機能の強化を実施を検討し、基本系統設計と配置計画を完了している。

#### <主な設計見直しポイント>

○基本設計では濁水処理装置の後段にしかバッファがないために排水処理が滞った場合、試験排水の排出を中断する必要があるため、既設基本設計の排水水槽 $1800\text{m}^3$ を3分割して、排水受槽 $690\text{m}^3 \times 2$ 基、排水再処理槽 $690\text{m}^3 \times 1$ 基に系統構成を見直し、濁水処理前後にバッファを設ける。

#### 【機器仕様見直しによる運用の多様化】

○基本設計ではカタログ仕様の機器選定であり、運転監視機能が特に定まっていないため、運転監視機能を追加し、安定的な運転ができるよう見直しを行う。【運転監視機能の強化】

## 6. 平成26年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (e) 昇温・給水設備および濁水処理設備の最新設計状況

#### <平成27年4月現在【計画変更に伴う調整】>

昇温・給水設備および濁水処理設備については、平成27年2月に実施した地盤調査の結果、設備設置エリアの地盤が軟弱であることが判明し、以下の対応を図り調整を実施した。

- 追加工事として地盤改良を実施する計画に見直し【事業計画変更項目】
- 水槽の容量を削減することにより、地盤改良・基礎工事および機器据付工事物量の削減にて工事工程の遅延を最小限とする検討を実施。

#### 【工程回復とコストダウン効果】

・給水水槽:  $750\text{m}^3 \times 2$ 基 →  $440\text{m}^3 \times 2$ 基

・排水受槽:  $690\text{m}^3 \times 2$ 基、排水再処理槽:  $690\text{m}^3 \times 1$ 基

→ 排水受槽:  $590\text{m}^3$ 、 $260\text{m}^3 \times$ 各1基、排水再処理槽:  $260\text{m}^3 \times 1$ 基

- 水槽の容量削減等に伴い配置計画の見直し【設備見直しに伴う調整】
- 水槽の容量削減に伴い実規模試験計画との整合性を検証し実規模試験が問題なく行えることを確認【実規模試験計画と設備の整合性検討】

## 6. 平成26年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (2) 実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討、維持管理等

#### ③ 給排水設備等の運転(共同提案者実施分)

##### (a) 運転・点検マニュアルの作成

運転及び点検マニュアルの作成に必要な設備仕様などの基礎的な情報の収集を終え、マニュアル作成(役務契約)を開始した。

##### (b) 運転員の訓練及び評価

給排水設備等の運転・保守に必要な基本的な設計情報を収集し、運転役務契約の仕様検討を開始した。

##### (c) モックアップ試験施設の建設工事及びその他の設備工事との工程調整

モックアップ試験施設の建設工事と給排水設備等の設置工事及び試験体の現地組立て工程との工程調整を実施するとともに、今後の工事本格化に向け、モックアップ試験施設の建設工程及びその他の設備工事との綿密な工程調整を行うための調整業務(役務契約)を開始した。

## 6. 平成26年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (3) モックアップ施設側で必要な設備等についての検討維持管理

- ① **モックアップ試験施設の整備及び維持管理に関する検討(共同提案者実施分)**
  - (a) **実規模試験で使用するユーティリティ設備の容量、取合い位置等の検討  
給排水設備等の設置エリア、ユーティリティ設備の容量、取合い位置等の  
検討及び調整を終え、モックアップ試験施設の建設工事に反映した。**
  - (b) **実規模試験のためのモックアップ試験施設の運転計画の検討、契約電力  
及び給水申込み量の検討  
モックアップ試験施設の運転保守方法、点検頻度等の検討を終えた。  
また、給水量及び電気使用量を確定した(給水及び電気需給契約手続中)。**
  - (c) **モックアップ試験施設に導入予定のVRシステム及び環境模擬体等の検討  
VRシステムの基本的機能についての検討を終え、基本システムの製作に  
着手した。また、環境模擬体(試験水槽、モックアップ階段等)の仕様検討  
を終え、契約手続きを開始した。**
  - (d) **モックアップ試験施設における実規模試験に係る保安の考え方等の検討  
施設運用に係る要領・規定類の調査・検討を実施し、実規模試験の保安  
を確保する上で必要な要領・規定類の抽出を終えた。**

## 6. 平成26年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (3) モックアップ施設側で必要な設備等についての検討維持管理

#### ② 遠隔操作機器の機能と操作者の技能を検証するシステムに関する調査

##### 【目的】

(共同提案者実施)

福島第一原子力発電所内での遠隔操作機器作業を実施する前に遠隔操作機器の機能及び操作者の技能を検証することで、作業に見合った機器や作業者を投入することが可能となり、安全かつ確実な作業の実施につながる。

しかしながら、需要の少ない廃炉対応の遠隔操作機器については、作業に応じ遠隔操作機器に求められる仕様項目及び仕様が明確に洗い出されておらず、要求仕様と機器機能を評価・検証するための基準や方法も定まっていない。また、使用する遠隔操作機器の操作者についても、安全かつ確実に機器を使用するため、操作者の技能を検証することが必要である。

そこで、追加的に整備する必要があるシステムとして、遠隔操作機器の機能と操作者の技能を検証するシステムについて調査する。具体的には、遠隔操作機器の機能及び操作者の技能に対する要求事項をその機器や操作者が満たしているかどうかを判断するため、その評価・検証手法及びそのシステムの維持・運用方法等についての調査を行い、検証システムの構築のための検討に利用する。また、調査の一環として、先行している米：国立標準技術研究所(NIST)や仏：Groupe Intra等への出張を予定しており、調査結果は遠隔操作機器の機能と操作者の技能検証システムを構築するために利用する。

## 【先行事例調査】

遠隔操作機器の機能及び操作者の技能に係る評価・検証手法とそのシステムの維持・運営方法等について、国内外の関連業界、関連機関の先行事例の調査を実施(外注)。

### (a) 国内調査結果

8業種(消防、宇宙、エネルギープラント・メンテナンス、検査、防衛、航空、海洋、建設・土木)、10機関について調査を実施。

調査項目	調査結果概要
機能の評価・検証手法	一部の機関(国際レスキューシステム研究開発機構;IRS)でNISTの標準試験法(STM)を用いた機能評価実施の実績あり。他には、独自のテストコースを構築・運用しているところもあるが、操作者の基本的な操縦技術の習熟訓練が目的であり、機能評価には至っていない。
技能の評価・検証手法	航空分野の一部の機関において、独自の技能認定を実施。その他で実施している機関はない。技能評価の制度化への期待は多い。
システム維持・運営方法等	IRSは、NISTの公式試験場として運営されている。

## (b) 国外調査結果

7機関(米:NIST、マサチューセッツ大学NERVE、Sea Botix, ニューヨーク市消防局、仏:Groupe Intra、独:KHG、telerob Gesellschaft fur Fernhantierungstechnik mbH)について調査を実施。

調査項目	調査結果概要
機能の評価・検証手法	NISTのSTMと、一部、独自のテストコースを用いた試験を実施。NISTでは多くのSTMを規格化。現在マニピュレーション試験用試験体を検討中。但し、原子力災害に対応したSTMは未整備。STMによる試験結果の評価は、NISTでは行わず、あくまでユーザ側に判断を任せている。仏国、独国では、独自のテストコースを運用している。
技能の評価・検証手法	各機関とも独自の操作者訓練を行っている。NISTでは技能評価は実施していない。STMを用いた操作者訓練シナリオは検討中である。
システム維持・運営方法等	NISTを中心に複数機関で標準試験場を運営している他、NISTにおいては、飛行ロボットなどの新たなSTMの開発と、既に規格化されたSTMの改良を、ロボットメーカー及びロボットユーザを交えて定期的に行っている。

## (c) JAEAによる海外調査

調査先 (時期)	調査概要	成果
<p>&lt;米国&gt; ○NIST ○テキサスA&amp;M大学 ○PaRシステム社  (8月10～16日)</p>	<p>○遠隔操作機器の試験場並びに遠隔操作機器開発施設の現地調査 ○遠隔操作機器認証制度や実証試験施設の利用、機器開発等に関する意見交換</p>	<p>○遠隔操作機器の基本性能検証システムと実証試験施設との連携・運用状況に関する情報を収集した。 ○原子力災害に対応した検証システムの構築について、関係機関との協力関係が構築できた。</p>
<p>&lt;米国&gt; ○ASTM*  (1月25～30日)</p>	<p>○災害対応ロボットのSTM規格化に関する現状調査 ○検証システム構築に向けた、ASTM及びNISTとの今後の連携・協力等に関する意見交換</p>	<p>○ASTMにおけるSTM規格化のプロセス、開発手法等に関する情報を収集した。 ○原子力災害に対応したSTMの開発・システム構築について、今後、ASTM及びNISTの連携・協力を進めることとした。</p>

\*: ASTM; ASTM国際(旧米国材料試験協会)、STMをASTM規格として規格化・発行

## 調査結果まとめ

### 国内

遠隔操作機器の機能検証は、機器仕様や特定の使用環境に応じた方法になっており、機能検証のシステム化については余り必要性を認識されていない。  
操作者技能評価や育成のため、試験方法の制度化・システム化を期待する声は多い。

### 国外

遠隔操作機器の市場が日本に比べると格段に大きい。  
米国では政府主導のもと、NIST/メーカー/ユーザの三者間での検証システムが構築されており、基本性能明確化のための「ものさし」としてSTMが使用されている。  
但し、原子力災害に対応したSTMや操作者の技能評価は整備されていない。

### 【実規模試験への応用】

実規模試験への応用にあたっては、遠隔操作機器(マニピュレータ)による操作手順等が明確になった時点で、STMの考え方やその試験方法を参考にしつつ、機器性能と操作者の技能を評価する方法を検討する。

STM		実規模試験(マニピュレータ)への応用
試験項目	試験概要	
<p>&lt;ASTM-E2566-08&gt; ビデオシステムの視力及び視野決定のためのSTM</p>	<p>映像により、ロボットの撮影能力、望遠能力、及び遠隔操作によるロボット照明の可変能力を定量的に評価する。</p>	<p>対象物の誤認識及び誤認識に伴う誤操作のリスク低減策検討に活用可能</p>
<p>&lt;ASTM-E2592-07&gt; 搬送用運搬、展開性等に関するSTM</p>	<p>セットアップに要する平均時間、部品等の重さの計測、ツールの必要条件の確認等を行う。</p>	<p>遠隔機器やその周辺機器の設置作業時間の定量化 →訓練メニューへ反映可能</p>
<p>&lt;STM試験全般&gt; 統計的有用性のための試験</p>	<p>各試験において30回の反復試験を実施。試験における操作者習熟度を定量的に確立できるとともに、装置性能データの統計的有用性を示す。</p>	<p>基本性能の反復性及び再現性の確認や、操作者の習熟度測定による操作者技能の定量化 →誤作動、誤操作等リスク低減策検討や操作者技能向上のための訓練に活用可能</p>
<p>&lt;検証中&gt; マニピュレータの識別・把持・挿入・探索・照準性能に関するSTM</p>	<p>対象物や周囲の環境を簡易的に模擬した環境において、マニピュレータの基本性能を定量的に評価する。</p>	<p>基本性能の定量化 →実規模試験実施に当たっての事前評価に活用可能</p>

# 標準試験法(STM) 一例

引用: NIST "Guide for Evaluating, Purchasing, and Training with Response Robots Using DHS-NIST-ASTM International Standard Test Methods"  
 NIST "Standard Test Methods for Emergency Response Robots"



写真-1 <ASTM-E2566-08>  
 ビデオシステムの視力及び視野  
 決定のためのSTM



写真-2 <ASTM-E2592-07>  
 搬送用運搬、展開性等に関するSTM  
 搬送時梱包の体積・重量や、ロボットセット  
 アップに要する時間、ロボットメンテナンス用  
 ツール等の確認方法。梱包部材だけで現場  
 で10日間稼働できることが条件。



写真-3  
 マニピュレータの識別・把持・挿入・  
 探索・照準性能に関するSTM

現場環境を簡易的に模擬(写真右  
 側は自動車の運転台を模擬)し、マ  
 ニピュレータの基本性能を定量化  
 する。

## 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (1) PCV下部の補修・止水のための機器・装置等の実規模試験

#### ① 機器・装置等の実規模試験

##### a. 実規模試験の確認項目の整理

本事業では、補修・止水技術の実施工を踏まえた、実規模試験を計画にするものとし、実施工での各工程等で確認が必要となる項目を抽出し、実規模試験計画での確認漏れが無いように確認項目の整理を行う。

また、実規模試験において確認できない項目は、本検討時に抽出し、今後の廃炉・汚染水対策事業計画に反映できるよう研究開発として実施した条件を明確にすることが出来るようにする。

(1) 実規模試験における確認項目の抽出例：表-1～2

(2) 実規模試験において確認出来ない項目例：表-3参照

##### b. S/C脚部補強試験確認項目

(1) 技術開発PJからのインプット：表-4～5

## 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (1)PCV下部の補修・止水のための機器・装置等の実規模試験

#### ①機器・装置等の実規模試験

#### a. 実規模試験の確認項目の整理

表-1 実規模試験における確認項目の抽出例(1/2)

実施工計画	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>
使用装置	遠隔操作装置性能	実施工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	実施工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	実施工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>

## 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (1)PCV下部の補修・止水のための機器・装置等の実規模試験

#### ①機器・装置等の実規模試験

##### a. 実規模試験の確認項目の整理

表-2 実規模試験における確認項目の抽出例(2/2)

実施工計画	分類	内容	主な確認項目
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年度の技術開発PJ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年度の技術開発PJ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。	・排水性状の分析
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。	・実機と試験体との相違点の確認 ・作業エリア毎の現場環境の確認 ・打設予定箇所の環境の確認

## 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (1) PCV下部の補修・止水のための機器・装置等の実規模試験

#### ① 機器・装置等の実規模試験

##### a. 実規模試験の確認項目の整理

表-3 実規模試験において確認出来ない項目例

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施工環境とは異なるため。	実施工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	実施工環境の模擬が困難なため。	実施工計画にて検討する必要あり。
	滞留水の水質	実施工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。 <b>検討可能な範囲においては、要素試験等にて確認する。</b>
	施工部位状況	実施工環境の模擬が困難なため。	実機の施工部位状況については、現場調査結果から施工阻害要因の検討を行い、 <b>必要に応じ要素試験等にて確認する。</b>
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。	別途、確認方法等の検討が必要。

## 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (1)PCV下部の補修・止水のための機器・装置等の実規模試験

#### ①機器・装置等の実規模試験

#### b. S/C脚部補強試験確認項目

表-4 技術開発PJからのインプットの整理(1/2)

分類	確認項目	判定基準	備考
補強材性能	圧縮強度	開発PJの研究成果を反映して設定	
	合流部の圧縮強度	実規模試験では実施しない。	開発PJにて、合流部の圧縮強度評価を実施。
	流動性	開発PJの研究成果を反映して設定	
	低発熱性	実規模試験では実施しない。	開発PJにて、温度ひび割れ解析を実施。
	補強材の打ち上がり性	開発PJの研究成果を反映して設定	
	補強材の充填性	目視判断	観察窓により耐震サポートなどの狭隘部模擬部の確認を行う。
	水質(ホウ酸)の影響確認	実規模試験では実施しない。	別事業にて影響確認実施
	トラス室堆積物の影響	実環境の模擬が困難であるため、実規模試験では実施しない。	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。

## 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (1)PCV下部の補修・止水のための機器・装置等の実規模試験

#### ①機器・装置等の実規模試験

表-5 技術開発PJからのインプットの整理(2/2)

分類	確認項目	判定基準	備考
施工成立性	遠隔施工	遠隔打設装置を用いて補強材を打設できること。	機器準備範囲は、1施工箇所単位(打設装置1台)とする。 <b>※一部項目をH27年度に実施した</b>
	打設ホース挿入性	障害物を回避できること。	障害物の模擬範囲は、H28年度計画予定。
	モニタリング装置	問題なく施工状況がモニタリングできること。	モニタリング装置は、開発PJにてH28年度計画予定
	材料供給設備の成立性	問題なく補強材の供給が出来ること。	機器準備範囲は、1施工箇所単位(2ユニット)の供給能力とする。 ミキサー以降の設備を模擬する。 (上流側の材料保管・移送については模擬しない。)
	長距離圧送	問題なく長距離圧送が出来ること。	長距離圧送の模擬範囲はH28年度計画予定
施工環境	滞留水 水位コントロール	実規模試験では実施しない。	水位コントロールについては別途検討が必要。実規模試験では満水条件(試験体オーバーフロー排水)での模擬とする。
	打設時間	12時間以内	開発PJの研究成果を反映して設定
	温度条件	トラス室10℃~40℃	開発PJの研究成果を反映して設定
	実機打ち上がり速度	Max 25m3/h	開発PJの研究成果を反映して設定

# 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

## (1)PCV下部の補修・止水のための機器・装置等の実規模試験

### ①-1 機器・装置等の実規模試験(IRID/日立GEニュークリア・エナジー実施分)

#### c. S/C脚部補強打設装置の水試験

脚部の補強技術の開発において開発したS/C脚部の補強用打設装置の操作性を確認するため、水を使用した実規模試験を計画・実施した。

S/C脚部補強技術開発での工場試験における確認項目と同一の項目を基本とした実規模試験項目を実施した結果、全ての試験項目について判定基準を満足することを確認した。

#### 【試験項目】

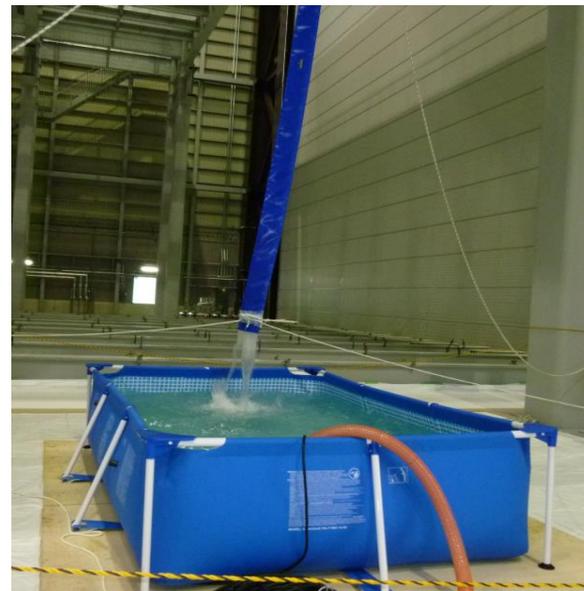
- ・打設装置の動作確認試験
- ・通水試験
- ・手順確認試験

#### 【試験結果】

- ・ホース送り/巻取りが12mできることを確認した。
- ・ホース継ぎ手部から漏えいがないことを確認した。
- ・ホース接続や操作が手順通りできることを確認した。



実規模試験実施状況



## 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (1)PCV下部の補修・止水のための機器・装置等の実規模試験

#### ①-2機器・装置等の実規模試験(IRID/東芝実施分)

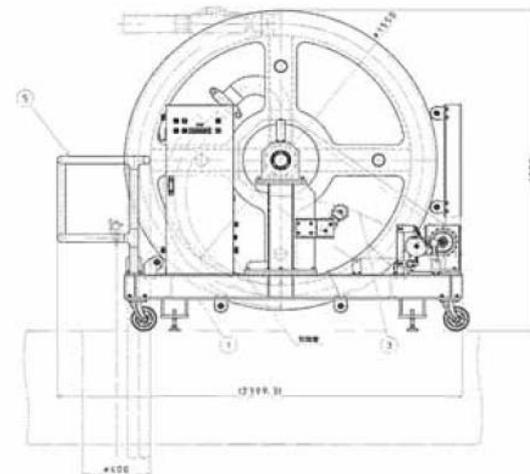
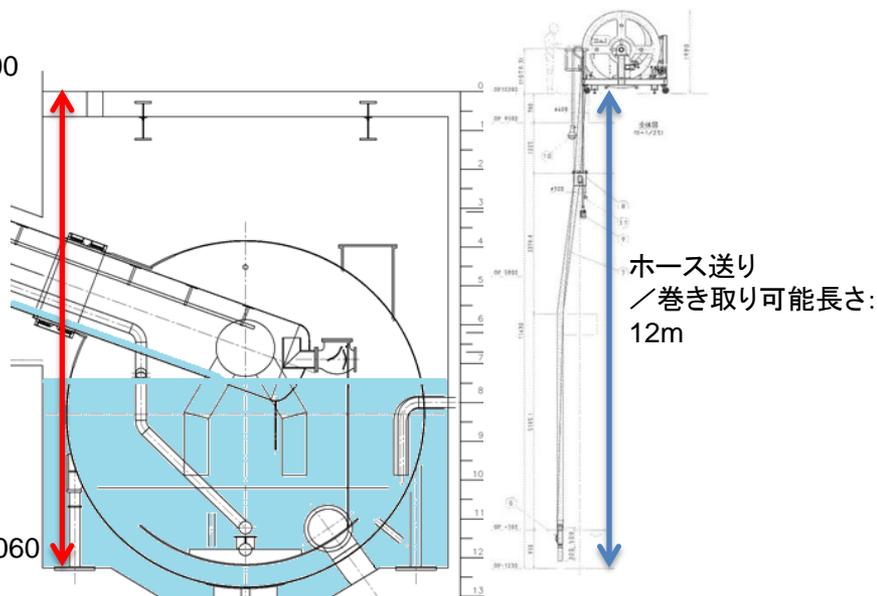
#### c. S/C脚部補強打設装置の1F-2号機への適用性評価

1F-2号機R/B1階床面からトラス底部まで全長12.26mに対し、S/C脚部補強打設装置のホース送り／巻き取り可能長さが12mであることから、干渉物回避を考慮しても当該装置がトラス室底部へのS/C脚部補強打設に適用可能であると評価した。

今後、現場の施工箇所の検討に基づく干渉物等の模擬物を実規模試験体に取り付け、干渉物回避の操作性の確認を行う。

R/B1階床面：O.P.10200

トラス室底部：O.P.-2060



概略寸法：約 2.4×0.8×高さ 2m (本体部分)

概略質量：1,000kg

ホース送りストローク：12m

## 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

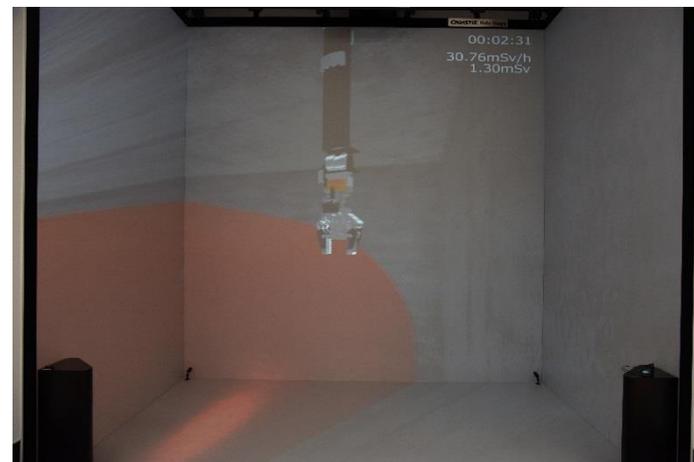
### (1) PCV下部の補修・止水のための機器・装置等の実規模試験

#### ② 作業手順の検討、作業者の操作訓練のためのデータ等の作成 (共同提案者実施分)

試験体およびPCV下部の補修・止水のための遠隔操作機器のバーチャルリアリティ(VR)データを作成し、このデータを用いて作業手順の検討及び作業者の操作訓練を可能とするための機能を既存VRシステムに拡張した。これにより、補修・止水作業のうち、ベント管止水作業に関する作業の模擬をVRシステムにて行うことが可能となった。



① 遠隔操作機器の操作卓



② スクリーンに投影された遠隔操作機器

## 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (1)PCV下部の補修・止水のための機器・装置等の実規模試験

#### ②作業手順の検討、作業者の操作訓練のためのデータ等の作成

・共同提案者のJAEAが実施した遠隔操作機器のバーチャルリアリティ（VR）データの作成において、原子炉格納容器漏えい箇所補修・止水技術の開発事業で開発された遠隔操作機器等の以下の技術情報を提供した。

○遠隔操作機器：補修装置（FRM）

補修装置用俯瞰カメラ装置

ベント管内視認用カメラ装置

○実規模試験体

○作業フロア

○試験体移動レール

・IRIDより、今後のVRシステムの利用検討を行った結果（次頁：参考-1参照）を報告し、JAEA実施事業と今後の本事業での研究開発での方針調整を行った。

# VRシステムの利活用の検討(IRID検討)【参考-1】

※下線部の項目を今後の開発目標とする。

No.	主な用途	活用方法アイデア	開発要素
1	計画	工事計画の策定	データ精度アップ
		作業手順の検証	
		作業訓練(作業員への教育)	
		緊急時対応訓練(作業員への教育)	
		装置開発(机上検討時の現場適用性確認)	
2	遠隔装置のシミュレーション	<u>遠隔装置の操作訓練</u> (操作者の育成)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<u>遠隔装置のデータ精度アップ</u></li> <li>・<u>コントローラの模擬精度アップ</u></li> <li>・<u>遠隔装置の動作検証</u></li> </ul>
		<u>遠隔装置のシミュレーション</u> (装置動作時の現場適用性確認)	
		遠隔装置の状態アウトプット	
3	現場監視	現場監視:現場作業状況をVR上で再現	<ul style="list-style-type: none"> <li>・システム開発 (現場とのリンクシステムの開発)</li> </ul>
		状態監視:遠隔装置動作状況をVR上で再現	
		状態監視:現場状態をリアルタイムで再現	
		環境監視:現場環境をリアルタイムで再現	
4	その他	見学(関係者周知等)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シミュレーションデータの取り込み</li> </ul>
		状況再現(流動シミュレーション等)	

## 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (2)実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討、維持管理等

#### ①実規模試験体の設計・製作

##### a. 試験体設計・製作条件の整理

技術開発PJによる実規模試験概要及び試験体設計要求事項より計画試験体設計方針を定め設計・製作に反映している。

また、今後の廃炉・汚染水対策事業計画に反映できるように研究開発として実施した試験体設計・製作条件を明確にすることを目的とする。

(1)補修・止水技術開発における確認区分:表-6参照

(2)実規試験例(2号機):図-7参照

(3)技術開発PJからのインプット及び試験体設計方針:表-7、添付資料-1参照

(4)試験体の模擬状況:図-8参照

## 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (2) 実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討、維持管理等

#### ① 実規模試験体の設計・製作

##### a. 試験体設計・製作条件の整理

表-6 補修・止水技術開発における確認区分

試験項目	確認項目		補強材・止水材 ・装置単体性能	実機スケール 適用性	作業性・手順
	補強材・止水材・装置単体として目標性能の達成を確認	【確認項目】 水中不分離性・長距離流動性・長期流動保持性・止水性・ひび割れ抵抗性・圧縮強度・圧送性等々	実機相当の機器に対して補強材・止水材・装置が目標性能を発揮するか確認	【確認項目】 回り込み性・止水性等々	【確認項目】 作業要領妥当性・作業時間・打設時監視性等々
S/C脚部補強 工場試験	○		○	○	—
ベント管止水 工場試験	○		○	○	—
S/C内埋設 工場試験 (計画変更反映)	○		○	○	—
実規模試験	(○)		(○)	(○)	○

実規模試験では、主に作業性・手順の確認を主目的として試験を行う。

凡例

○: 検証項目

—: 工場試験で実施するため実規模では実施しない項目

(○): 実規模試験で「検証」はしないが、「確認」する(できる)項目

# 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

## (2)実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討、維持管理等

### ①実規模試験体の設計・製作

#### a. 試験体設計・製作条件の整理

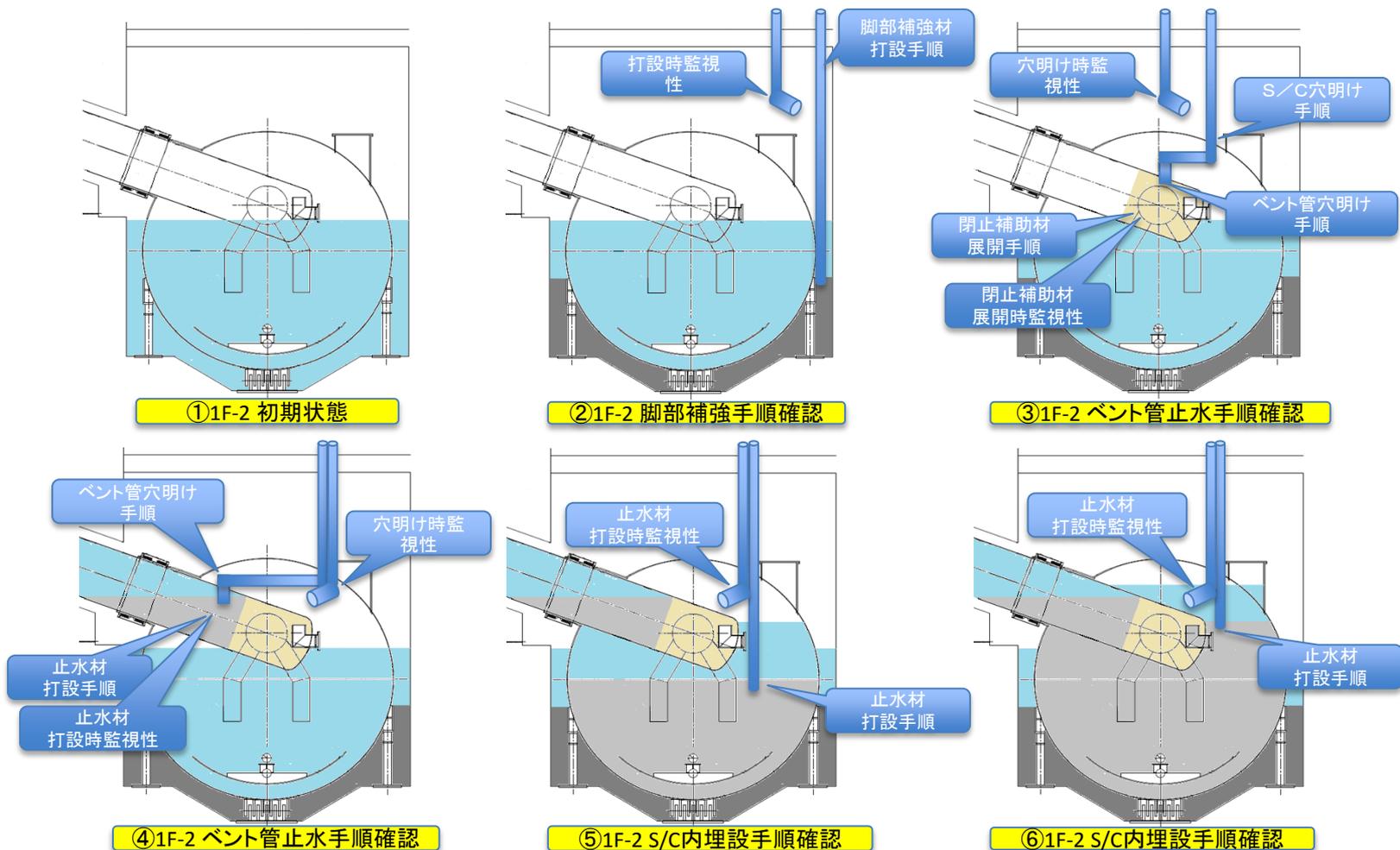


図-7 実規模試験例(2号機)

# 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

## (2) 実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討、維持管理等

### ① 実規模試験体の設計・製作

#### a. 試験体設計・製作条件の整理

表-7 技術開発PJからのインプット及び試験体設計方針 ※赤字は、実規模試験での主目的となる試験項目を示す。

大分類	PCV補修技術の開発における確認項目概略	試験内容概要	試験体設計方針
S/C脚部補強	S/C脚部補強遠隔施工性	遠隔操作にて干渉物を回避し、所定位置まで移動した後、模擬トラス室内に補強材を打設する。	<b>手順確認が行える対象機器・構造物を試験体設計に反映する。</b>
	補強材打設性	模擬トラス室内に補強材を一定高さまで打設する。	工場試験での検証項目とし、試験体設計では合理的な設計とする。 ただし、施工時の流動性確認が行えるよう考慮する。
付帯工事	干渉物撤去関連 PCV補修装置遠隔施工性	遠隔操作にて干渉物を回避し、下記を実施する。 ・トラス室内模擬干渉物撤去 ・模擬S/Cに穴あけ ・模擬S/C内の干渉物撤去 ・模擬ベント管に穴あけ ・模擬ベント管内の干渉物撤去	<b>手順確認が行える対象機器・構造物を試験体設計に反映する。</b>
	干渉物撤去機能	トラス室内・S/C内・ベント管内での模擬干渉物を切断・撤去を行う。	工場試験での検証項目とし、試験体設計では合理的な設計とする。
	S/C及びベント管穴あけ機能	模擬S/C・ベント管表面に穴あけを行う。	
ベント管止水	ベント管止水関連 PCV補修装置遠隔施工性	遠隔操作にて干渉物を回避し、模擬S/C内に進入し、模擬ベント管内にインフレイタブルシールを展開し、所定位置まで移動した後、止水材を打設する。	<b>手順確認が行える対象機器・構造物を試験体設計に反映する。</b>
	クエンチャ止水性	模擬S/C内に止水材を打設し、模擬クエンチャを埋設。その後クエンチャを加圧し、漏水量を確認。	工場試験での検証項目とし、試験体設計では合理的な設計とする。 ただし、施工後の止水性の確認が行えるよう考慮する。
	インフレイタブルシール展開性	模擬ベント管内にインフレイタブルシールを挿入し、展開する。その後インフレイタブルシール内にグラウトを打設する。	
	ベント管止水性	インフレイタブルシール展開後のベント管内に進入し、上流から止水材を打設する。	
S/C内埋設	ダウンカム止水関連 PCV補修装置遠隔施工性	遠隔操作にて干渉物を回避し、模擬S/C内に進入し、所定位置まで移動した後、止水材を打設する。	<b>手順確認が行える対象機器・構造物を試験体設計に反映する。</b>
	ストレーナ止水性	模擬S/C内に止水材を打設し、ストレーナを埋設。漏えいを確認。	工場試験での検証項目とし、試験体設計では合理的な設計とする。
	S/C内埋設・止水性	模擬S/C内に止水材を打設し、ダウンカム・ベント管ドレン・真空破壊弁を埋設。その後、ベント管内を加圧し、漏水量を確認。	

# 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

## (2)実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討、維持管理等

### ①実規模試験体の設計・製作

#### a. 試験体設計・製作条件の整理

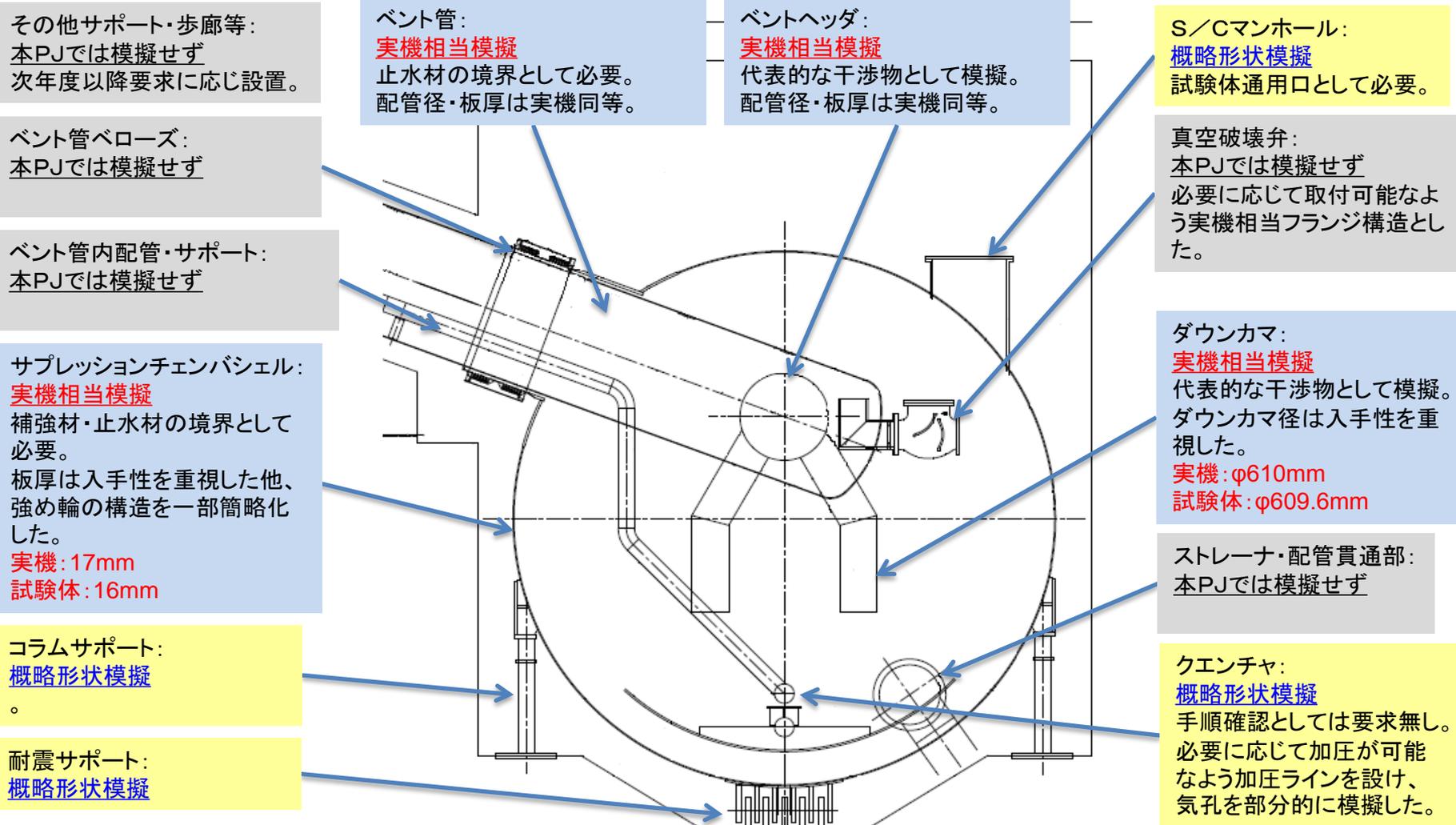


図-8 試験体の模擬状況

## 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (2)実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討・設計・製作・設置

#### ①実規模試験体の設計・製作

##### b. 試験体の製作・据付

実規模試験に必要な試験体の部品製作を行い、JAEA櫛葉遠隔技術開発センターにて組立を完了し、次年度以降の本格的な実規模試験を実施する準備を整えた。



①試験体外観



②トール室内部

# 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

## (2)実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討、維持管理等

### ①実規模試験体の設計・製作

#### b. 試験体の製作・据付



③S/C内部



④S/C内部

## 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

(2)実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討、維持管理等

②給排水設備、濁水処理設備等の必要な設備等の検討・設計・製作・設置

### a. 設備等の検討・設計・製作・設置状況

実規模試験に必要な以下設備について、以下の設備を設置完了。

(現地組立状況: 図-8参照)

○昇温・給水設備、○濁水処理設備、○作業フロア、○試験体移動レール

### b. 実規模試験における濁水処理の検討

実規模試験で発生する濁水として、発生量の多いことが予想されるS/C脚部補強及びダウンカマ止水試験について、技術開発事業にて実施された工場試験での発生排水をサンプリングし、濁水処理設備への適用性の確認を行った。

主な処理方法としては、PAC及び高分子凝集剤を加えて凝集沈殿操作を行うために、PAC及び高分子凝集剤の最適化を行うジャーテストを実施した。また、凝集沈殿操作ではCODが処理できないため、活性炭を加えてCODの低減効果を確認する予備試験を実施した。

## 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (2)実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討・設計・製作・設置

#### ②給排水設備、濁水処理設備等の必要な設備等の検討・設計・製作・設置

#### b. 実規模試験における濁水処理の検討

表-8 S/C脚部補強試験(長距離流動性確認)時の分析結果

※凝集沈殿操作を行う代表  
試料として、2種類選択

測定項目	単位	排水基準(一律)		試料1 打設時オー バーフロー	試料2 試験後拔出	試料3 機器洗浄水 (粗ろ過液)	試料4 機器洗浄水 (上澄み)	試料1※ 凝集沈殿 操作後	試料3※ 凝集沈殿 操作後
		平均	最大						
PH	—	5.8~8.6		10.9	11.6	>12	>12	4.6	8.5
懸濁物質濃度	mg/L	120	160	98	99	3800	1100	50	53
COD	mg/L	150	200	14	78	830	920	16	800
透過光濁度	度	—	—	28	65	1400	1100	14	10
懸濁物質濃度 ／透過光濃度	—			3.5	1.5	2.7	1	3.6	5.3

【考察】凝集沈殿操作を行った試料は、効果的に懸濁物質濃度が下がっている。試料1は、凝集沈殿操作を行う必要はなかったが、凝集沈殿操作によりpHの値が過度に下がったため、**操作の実施の要否判断が必要となる**。懸濁物質濃度（排水基準対象）と透過光濁度（計測機器）の比率は、排水種類によって異なる。

**CODの値は凝集沈殿操作では変化しないため、CODの処理について引き続き対処法の検討が必要となる。（次年度の試験実施までに対処予定）**

# 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

## (2)実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討・設計・製作・設置

### ②給排水設備、濁水処理設備等の必要な設備等の検討・設計・製作・設置

#### b. 実規模試験における濁水処理の検討

表-9 ダウンカマ止水試験(長距離流動性確認)時の分析結果

測定項目	単位	排水基準(一律)		試料1 打設時オーバーフロー	試料2 試験後拔出	試料3 機器洗浄水 (洗い水)	試料2※ 凝集沈殿 操作後	試料3※ 凝集沈殿 操作後
		平均	最大					
PH	—	5.8~8.6		9.7	11.4	12	7	7
懸濁物質濃度	mg/L	120	160	64	2以下	1800	—	—
COD	mg/L	150	200	5.7	12	84	11	58
透過光濁度	度	—	—	19	1以下	590	0.3	3.2
懸濁物質濃度 ／透過光濃度	—			3.4	2	3.1	—	—

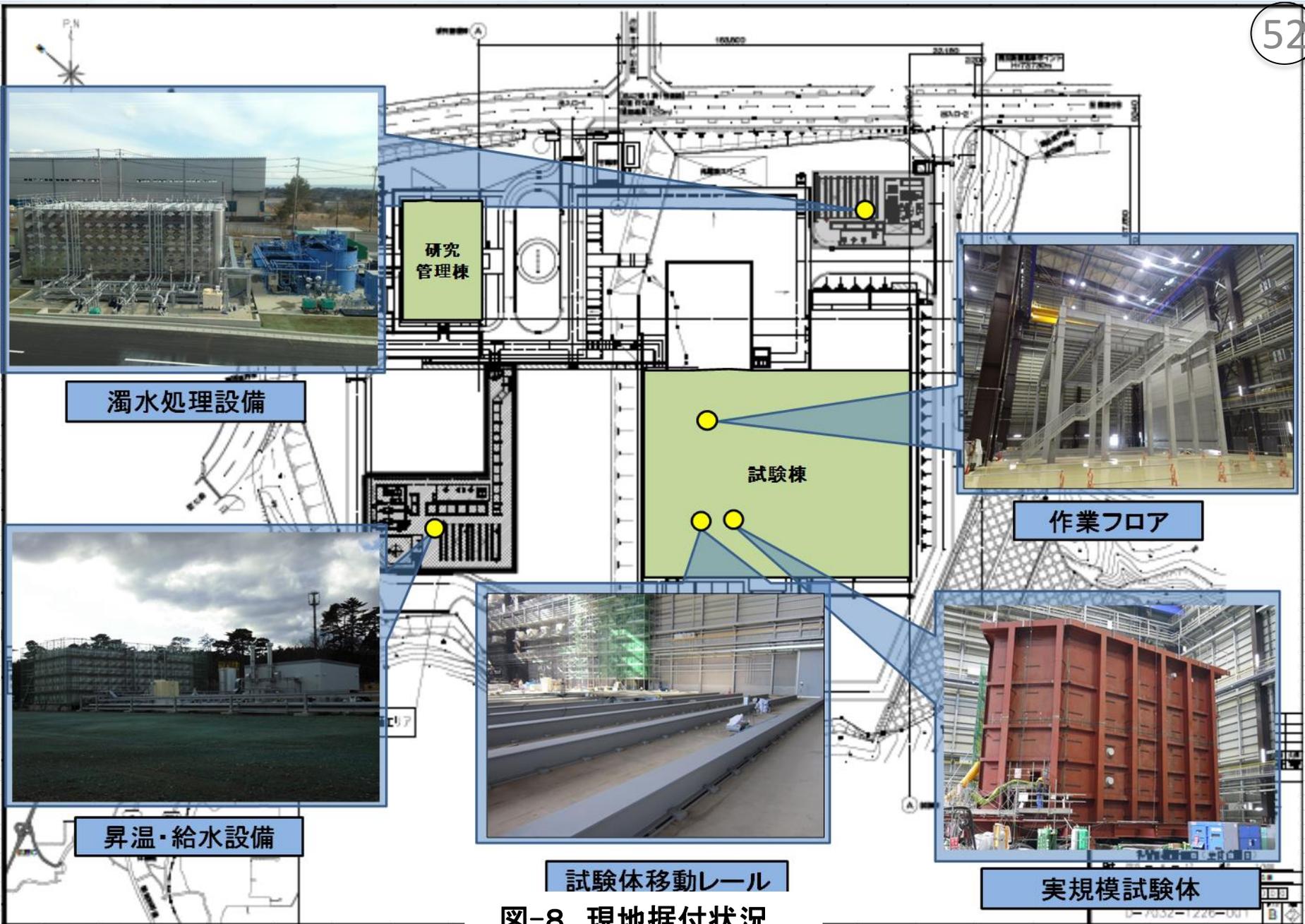
※凝集沈殿操作を行う代表試料として、2種類を選択

懸濁物質濃度は、透過光濁度の測定値が基準値よりも十分に低いため、凝集沈殿操作後は計測していない。

**【考察】** 試料2は、原水の時点でも濁度が低かったが、凝集沈殿操作により更に低下した。

試料3は、効果的に濁度が低下した。

CODの値は凝集沈殿操作では変化しない。



濁水処理設備



昇温・給水設備



試験体移動レール



作業フロア



実規模試験体

図-8 現地据付状況

## 7. 平成27年度\_試験研究の実施項目及び成果

### (2) 実規模試験に必要な試験体や設備等についての検討、維持管理等

#### ③ 給排水設備等の運転(共同提案者実施分)

##### (a) 運転・点検マニュアルの作成

給排水設備等の運転要領書、巡視点検及び定期点検要領書並びに点検基準等を作成した。

##### (b) 運転員の訓練及び評価

実規模試験に向けて給排水設備等の運転要領書等を用いた机上訓練及び給排水設備を用いた訓練の一部を実施した。

##### (c) モックアップ試験施設の建設工事及びその他の設備工事との工程調整

モックアップ試験施設の建設工事、給排水設備等設置工事及び実規模試験体組立作業等の作業が安全かつ円滑に進むよう綿密な工程調整を行った。



## 9. 研究開発の運営等

### 研究開発の運営等活動報告

#### ① IRIDシンポジウム

平成27年7月23日に、福島市にてIRIDが取り組んでいる福島第一原子力発電所の廃炉に関わる技術研究開発の成果を一般向けに紹介するシンポジウムを開催。技術開発PJと合同で、展示パネルの作成及び説明を実施した。



① IRIDシンポジウム 展示パネル

#### ② 中長期視点での人材育成・広報活動

平成27年9月11日に、IRIDが設備発注を実施した関係会社向けに、IRIDの事業概要及び補修・止水関連事業の説明会を開催し、廃炉・汚染水対策事業に関心を持っていただく啓蒙活動を実施した。発表者には、IRID本部及び組合員の若手の担当者を抜擢することで、人材育成としての経験の場、技術者との交流の場とした。



② 人材育成・広報活動 説明会風景

添付資料-1 開発PJからのインプット 実規模試験における確認項目等の検討

## 添付資料-1

### 開発PJからのインプット 実規模試験における確認項目等の検討

# S/C脚部補強試験 試験全体計画

## 確認項目一覧表

補強材に求められる性能 (A~H)  確認項目  試験項目	A 水中不分離性	B 圧縮強度			C 低発熱性	D 高流動性		E 長期流動保持性		F 材料供給, 打設装置 G 連続打設	H モニタリング技術	
		圧縮強度		水質影響	温度特性	流動性	障害物影響	打上がり性	打設時間	施工成立性	モニタリング	
		必要強度を満足することを確認			水質が補強材硬化に影響しないことを確認	参考値として断熱温度上昇, 線膨張係数, 熱伝導率, 比熱を取得	JISフロー, 流動状況, 流動勾配を確認	・障害物周囲に有意な空隙が残らないことを確認 ・障害物が補強材流動を阻害しないことを確認	補強材の上面がS/C反対側で必要高さまで上がることを確認	補強材の流動性低下が始まるまでの時間を確認	ホース挿入性, トレミー打設, 材料供給設備の成立性を確認	補強材充填レベルを把握するために必要なモニタリング方法の成立性を確認
		打設地点	流動地点	合流部								
補強材の改良試験 (Cs-0a)	○	○				○						
5m水路を使った流動性確認試験 (Cs-0b)	○	○	○			○						
U字型水槽試験 ・フローと打上がり性状の確認試験 (Cs-0c)								○				
・打上がり限界時間※ <sup>4</sup> の確認試験 (Cs-0d)								○	○			
温度特性把握試験 (Cs-1) (参考試験)					○							
流動距離と圧縮強度の関係確認試験 (Cs-2)	○	○	○	○	—	○						
打上がり性状試験 ・1/4スケール(Cs-3a) ・1/1スケール(Cs-3b)	○	○	○			○		○			○	
S/C底部回り込み試験 (Cs-6a) 1/1スケール, 1/8セクタ (S/C底部のみ)	○	○	○			○	○	ダクト, 配管等				
立方モデル試験 (Cs-6b) 1/4スケール, 1/8セクタ	○	○	○			○	○	耐震サポート	○		○	
実規模試験 (榕葉遠隔技術開発センタ)	(○)					(○)	(○)	(○)		(○)	(○)	

用語の説明

※4) 打上がり限界時間 : 補強材のS/C反対側への打上がりに必要な流動性を確保することができる限界の時間(補強材硬化がはじまるまでの時間)



# S/C内充填による止水試験 全体計画

## 確認項目一覧表

※止水性1：損傷φ50mmの止水，（詰まり）  
 止水性2：ダウンカマ等の止水（コンクリートと構造物の付着）

試験項目 \ 確認項目	水中不分離性	長距離流動性	長期流動保持性	止水性1 ※	止水性2 ※	ひび割れ抵抗性	圧縮強度	圧送性能	遠隔操作性
1. 配合試験	○	○	○	○	○	○	○	○	
2. 損傷φ50mm止水試験	○			○					
3. 小型ダウンカマ試験	○				○				
4. ダウンカマ試験	○				○				
5. クエンチャ・ストレーナ止水試験	○			○	○				
6. 長距離合流部流動試験		○	○		○			○	
7. 真空破壊弁止水試験	○				○	○		○	
8. S/C内充填による止水試験	○	○	○		○	○	○	○	
<b>9. 実規模試験</b>									○

# ベント管止水試験 全体計画 確認項目一覧表

試験項目 \ 確認項目	閉止補助材機能性	閉止補助材展開性	副閉止補助材止水性	止水性	ひび割れ抵抗性	圧縮強度	圧送性	遠隔操作性
1. 閉止補助材強度確認試験	○							
2. 閉止補助材展開性試験	○	○						
3. 閉止補助材内グラウト充填試験	○	○		○		○	○	
4. 副閉止補助材止水試験			○					
5. 止水材配合試験				○	○	○	○	
6. 止水材によるベント管止水試験				○	○	○	○	
7. 止水材温度応力解析					○			
8. 閉止補助材・止水材組合せベント管止水試験	○	○	○	○	○	○	○	
<b>9. 実規模試験</b>								○

## 添付資料-2

# S/C脚部補強打設装置の実規模試験計画について

# S/C脚部補強装置の実規模試験計画

## 【試験の目的】

「原子炉格納容器漏えい箇所の補修・止水技術の開発」事業で実施するサプレッションチャンバー脚部の補強技術の開発において開発したS/C脚部の補強用打設装置の操作性を確認するため、水を使用した実規模試験を実施する。

## 【試験場所】

JAEA 檜葉遠隔技術開発センター  
福島県双葉郡檜葉町大字山田字仲丸1番22号

## 【試験期間】

2016年2月15日～2月26日

# S/C脚部補強装置の実規模試験計画

## 1) 実規模試験(通水試験)時の設備構成

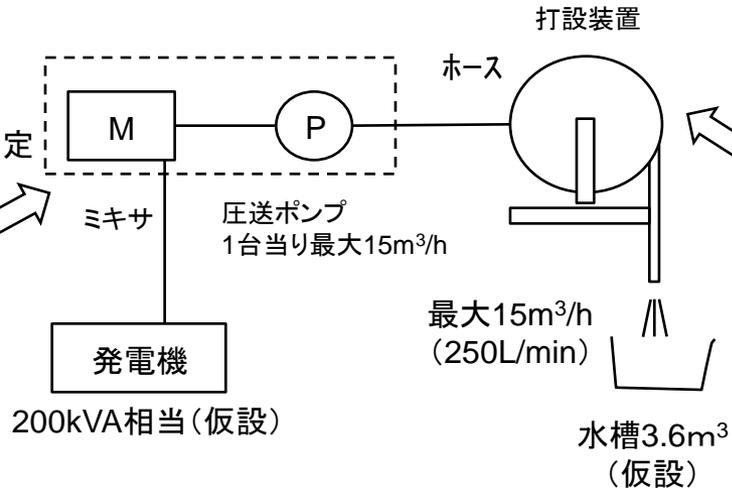
### 性能確認試験条件

1ユニットのミキサ/圧送ポンプを使用し水を圧送する。

打設速度は、最大 $15\text{m}^3/\text{h}$ となる1号機を想定



ミキサ/圧送ポンプ



打設装置

## 2) 実規模試験(モルタル打設)時の設備構成(案)

### 実機想定打設条件(1号機)

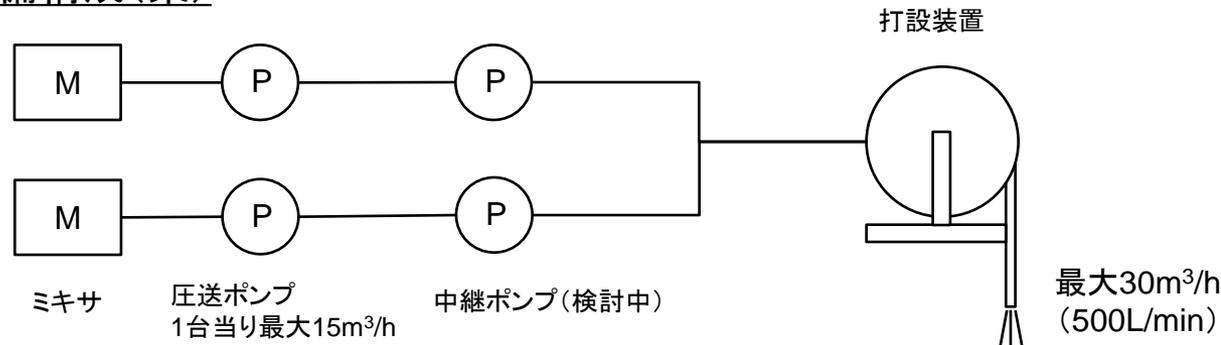
打設総量:  $1800\text{m}^3$  (2号機 $1500\text{m}^3$ )

打設時間: 12時間

打設箇所: 6箇所(最小)

1箇所当り打設速度:  $25\text{m}^3/\text{h}$

(設備の仕様は最大 $30\text{m}^3/\text{h}$ )



# S/C脚部補強装置の実規模試験計画

## 実規模試験(通水試験)での確認項目一覧表

試験項目	確認方法	判定基準	備考
1) S/C脚部補強打設装置の動作確認試験	作業フロアに設置した打設装置のホースを12m送り出せることを確認する。	・モルタルホースを12m送り出せること。	工場試験で確認済
	圧送ポンプ流量250L/min(15m <sup>3</sup> /h)の通水状態でトレミー操作ができることを確認する。(操作量は、通水時ホース位置から1mの範囲で確認する。)	・通水状態でトレミー操作ができること。	工場試験で確認済
2) 打設装置ホース先端カメラによる状況確認試験	打設装置のホース先端カメラで、状況を監視できることを確認する。 ・ホース送り出し時	・ホース送り出し時にホース状況が確認できること。  ※試験設備が、実際の高さを模擬していないためカメラで見えることを確認する。 (実機2号機;高さ12260mm 設備;高さ15243mm)	工場試験で確認済
3) 通水試験	圧送ポンプ流量250L/min(15m <sup>3</sup> /h)の通水状態で装置本体およびホース継ぎ手部から漏えいがないことを確認する。	・装置およびホース継ぎ手部から漏えいがないこと。	工場試験で確認済
4) 手順確認試験	①装置とポンプの接続 ⇒②ホース送り出し ⇒③水の圧送 ⇒④圧送停止 ⇒⑤ホースの巻き取り が手順通りできることを確認する。	・手順通りできること。	工場試験で確認済

特記事項: H27年度の通水試験では、以下の項目は実施しない。

- ・2号機トラス室内の干渉物準備およびホースの干渉回避操作(工場試験では、1号機で想定される干渉物との回避操作を実施)
- ・圧送ポンプ～打設装置間のホース長模擬(実機想定200～300m)(2台のミキサー/圧送ポンプの組合せで圧損測定を実施し、実規模試験でのモルタル打設時までにはホース長の模擬要否を決定する)

# S/C脚部補強装置の実規模試験計画

## 【今後の検討課題】

### 1. 実規模試験(モルタル打設)時の設備構成について

実機想定では、打設1箇所あたり2台のミキサ/圧送ポンプの構成で、モルタル打設速度は最大 $30\text{m}^3/\text{h}$ ( $500\text{L}/\text{min}$ )を $200\sim 300\text{m}$ 圧送するため、中継ポンプの検討等長距離圧送の成立性を検討する。

### 2. 打設装置ホース設定の際のホース着座確認について

実機では、トーラス室床面にホース先端を着座させ、 $100\text{mm}$ 引き上げてモルタル打設を開始する計画であるが、滞留水は濁っていることが確認されているため、ホース先端カメラのみでホースの着座確認を行うのは困難であると予想される。目視以外の着座確認方法を検討する。