

2号機 PCV内部調査・試験的取り出し作業の準備状況

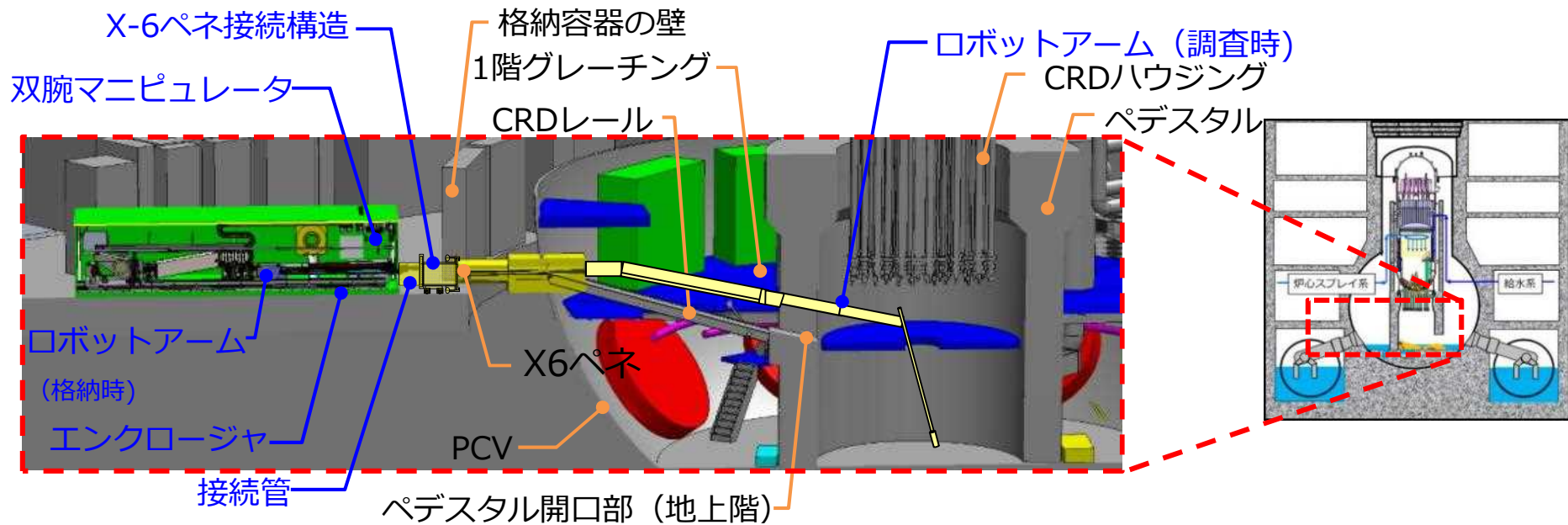
2022年11月29日



技術研究組合 国際廃炉研究開発機構
東京電力ホールディングス株式会社

1. PCV内部調査及び試験的取り出しの計画概要

- 2号機においては、PCV内部調査及び試験的取り出し作業の準備段階として、作業上の安全対策及び汚染拡大防止を目的として、今回使用する格納容器貫通孔（以下、X-6ペネ）に下記設備を設置する計画
 - X-6ペネハッチ開放にあたり、PCVとの隔離を行うための作業用の部屋（隔離部屋）
 - PCV内側と外側を隔離する機能を持つ X-6ペネ接続構造
 - 遮へい機能を持つ 接続管
 - ロボットアームを内蔵する金属製の箱（以下、エンクロージャ）
- 上記設備を設置した後、アーム型装置をX-6ペネからPCV内に進入させ、PCV内障害物の除去作業をいつつ、内部調査や試験的取り出しを進める計画



2号機 内部調査・試験的取り出しの計画概要

2. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 これまでの試験結果と改良が見込まれる点の対応状況

| | 項目 | これまでの試験結果 | 改良が見込まれる点 | 状況 |
|-----------|----------------------|--|---|------|
| ロボットアーム | AWJによるX-6ペネ出口の障害物の撤去 | AWJによるX-6ペネ出口の障害物（干渉ケーブル・CRDレール）の切断除去の見通しを確認 | 切断順序やAWJの噴射方向等、手順詳細化/見直しを樞葉にて実施予定 | 今後実施 |
| | X-6ペネの通過性 | X-6ペネ模擬体の通過試験を行い、通過できることを確認 | a <ul style="list-style-type: none"> 作業時間短縮の観点からアーム動作速度向上対策を樞葉にて実施予定 樞葉モックアップでの試験において、実機の位置と、アーム運転システム（VRシステム）の位置のずれを検証し、より現場にあった、位置決め精度がより向上した制御プログラムへ修正を実施中 アームのリンク部分の角度の誤差(指令値と実際の角度の差)を小さくし、位置決め精度を向上を実施中 | 実施中 |
| | 各種動作確認（たわみ測定等） | <ul style="list-style-type: none"> ロボットアームを最大伸長させ、動作状況を確認し、たわみデータを取得 樞葉モックアップを用いPCV内、ペDESTAL底部までのアクセスできることを確認 デブリ模擬体の採取性の確認 | | |
| 双腕マニピュレータ | 先端ツールとアームの接続 | 模擬アームへの先端ツールの接続作業を実施し、成立見通しを確認 | ツールの取付位置の視野改善（カメラ位置変更）を実施予定 | 今後実施 |
| | 外部ケーブルのアームへの取付/取外 | 模擬アームに先端ツール用の外部ケーブルを取付/取外し作業の成立見通しを確認 | c <ul style="list-style-type: none"> ケーブルトレイの下側は狭隘なため、ケーブル取付金具構造、取付位置の改善を実施 今後、取付金具構造の更なる改善を実施予定 | 実施中 |
| | 先端ツール等の搬入出 | 物品（先端ツールやケーブル）のエンクロージャ内への搬入出作業の成立性を確認 | d <ul style="list-style-type: none"> 物品の吊り治具の構造改善及びケーブルドラム背面の視認性改善（切り欠き構造等）を実施予定 | 実施中 |
| | アームカメラの交換 | 模擬アームカメラの取付・取り外し作業を実施し、成立見通しを確認 | e <ul style="list-style-type: none"> コネクタ把持部が滑りやすいため、滑り防止処置を実施 | 完了 |
| | エンクロージャのカメラ位置変更 | 模擬カメラを使用した設置位置変更作業を実施し、位置変更可能な見通しを得た | カメラ設置作業性を向上させるため、把持部取付け位置・設置方向の改善を実施 | 今後実施 |

3. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 ロボットアームの性能確認試験

20220630
チーム会合資料再掲

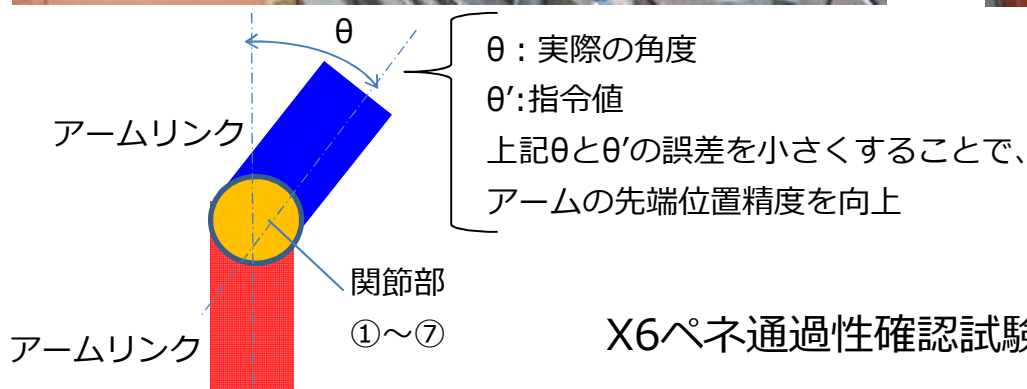
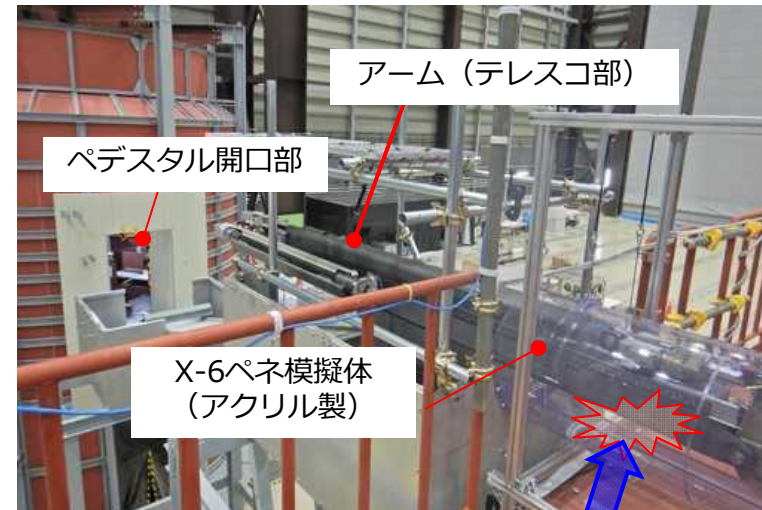
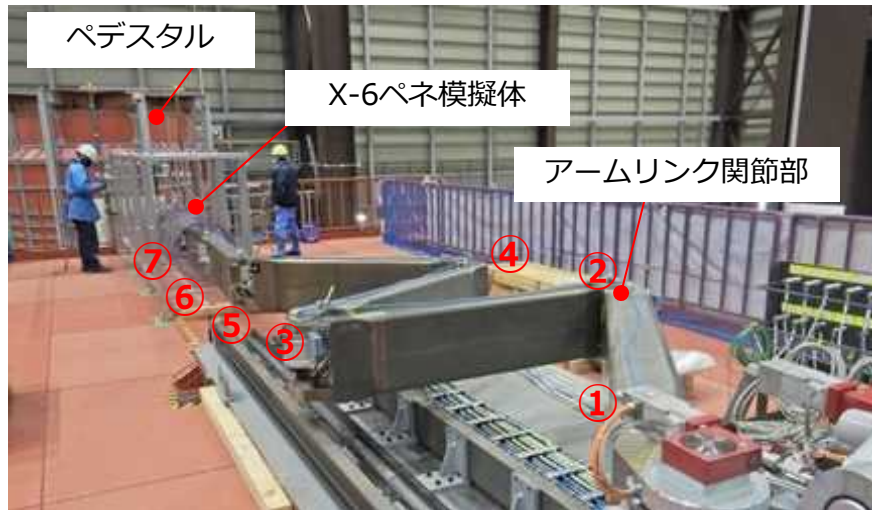


【今後の改良点 a,b : アーム運転システム/位置決め精度向上】

- ロボットアームの伸縮操作（原点⇒伸長⇒格納）を行い、**アクリル製X6ペネ模擬体の通過性を確認**。
- 今後の改良点として「アームリンク関節部の位置決め精度の向上」を抽出、X6ペネ、ペDESTAL内の狭隘部通過時の接触リスク低減等の観点より、**楯葉にて更なる位置決め精度の向上***を図る予定。

（* : アームリンク関節部（①～⑦）の角度誤差(指令値と実際の角度の差)を小さくし接触リスク等を低減）

- 現場に合わせた制御プログラムの修正・精度向上を実施中



接触リスクの低減
(最小クリアランス : 約15mm)

X6ペネ通過性確認試験の状況

3. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 ロボットアームの性能確認試験

20220630
チーム会合資料再掲



【今後の改良点 a,b : アーム運転システム/位置決め精度向上】

- ・デブリ回収装置をロボットアーム先端へ搭載、PCV内部からペDESTAL底部へアクセスしデブリ模擬体の回収試験を実施し、**~1gのデブリ模擬体の回収が可能**なことを確認。
- ・尚、ペDESTAL底部までのアクセスのための**更なる位置決め精度の向上**を含め**運転手順の精緻化**を図る。



PCV内部へのアクセス性確認 (デブリ回収) 試験の状況

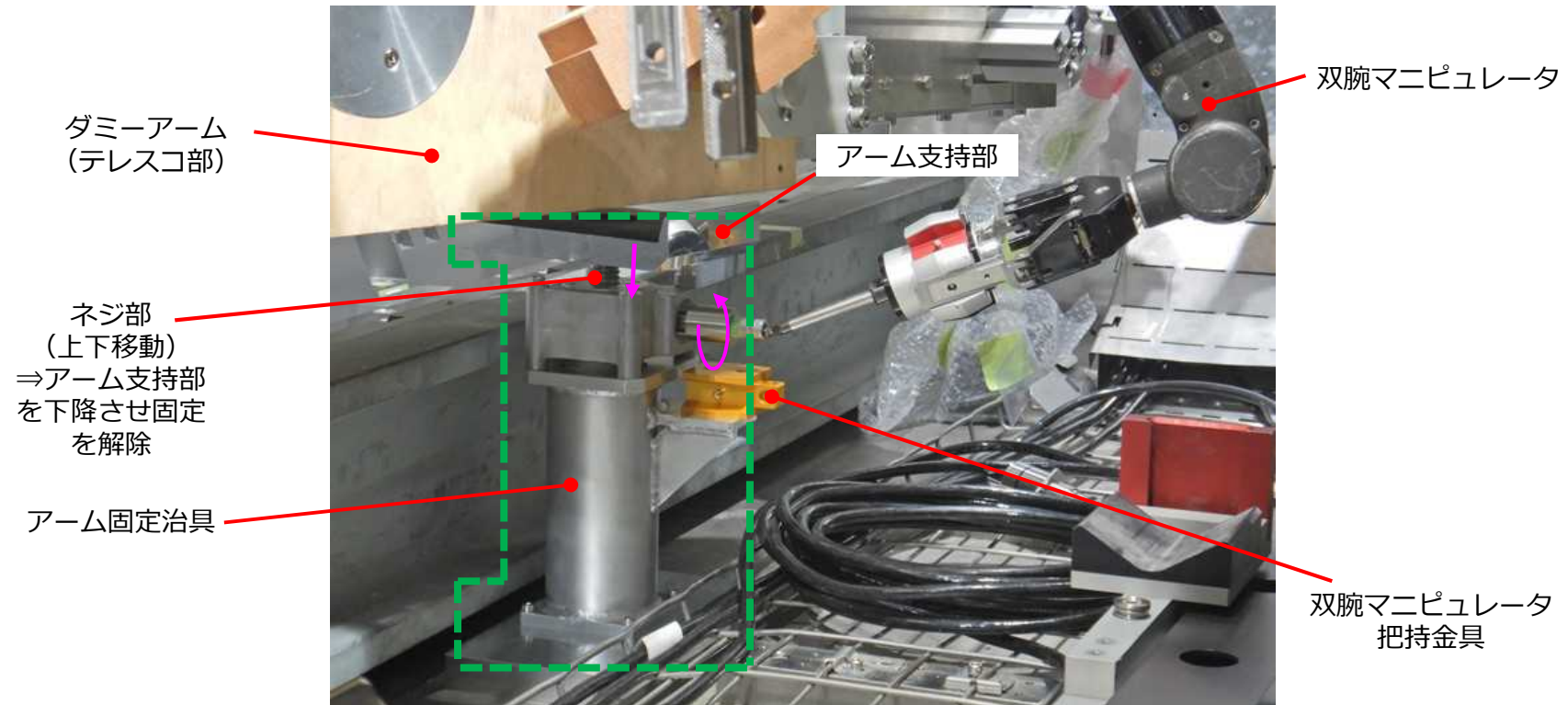
3. 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 双腕マニピュレータの試験状況

【アーム固定治具の取り外し試験】

・アーム固定治具は、楢葉モックアップ施設から2号機原子炉建屋内への装置搬送時に、エンクロージャ内に設置されたアームの揺動を抑えるための支持構造物であり、現場据付後、双腕マニピュレータにて固定を解除する計画。

(MHI 神戸から楢葉搬送時も使用したものの固定解除は作業員が直接実施。1F 現場搬送後は作業員の被ばく防止の観点で双腕マニピュレータにて実施予定)

・最終的に実機アームを用いた検証を計画しているが、先行してダミーアームを用いた試験にて作業成立性を確認 (改良事項は特にない)。



アーム固定治具の取外し試験の状況

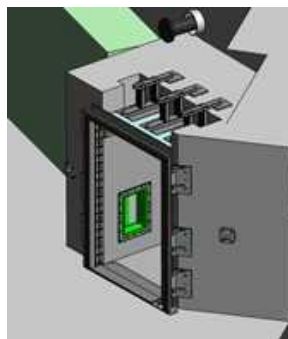
4. 現場作業の進捗状況（隔離部屋設置）

20220526
チーム会合資料再掲

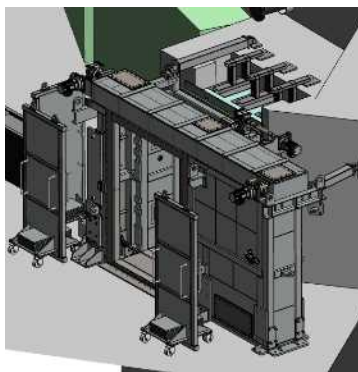


- X-6ペネ開放時のバウンダリとなる隔離部屋を設置し、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えないよう作業する。
- これまでの作業と同様に、PCV内の気体が外部に漏れ出て周辺環境へ影響を与えていないことを確認するため、作業中はダストモニタによるダスト測定を行い、作業中のダスト濃度を監視する予定。

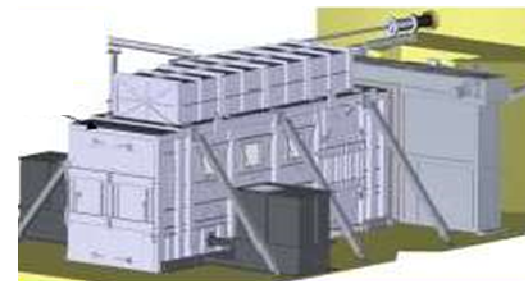
赤枠内：現在の設置状況



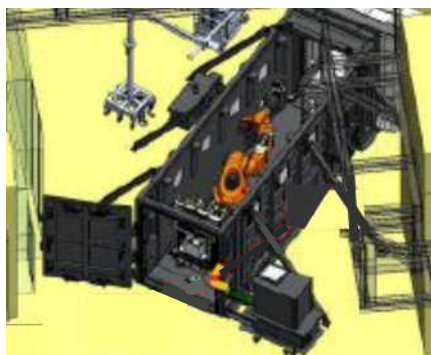
隔離部屋①の設置



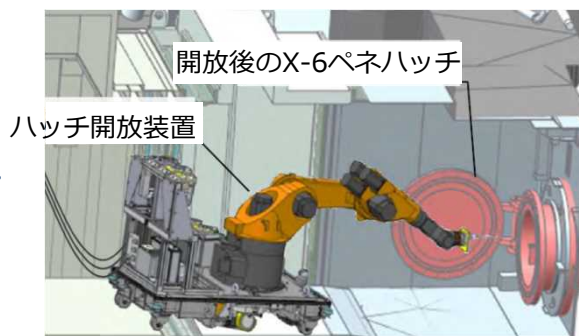
隔離部屋②の設置



隔離部屋③の設置
※ロボットアーム設置前
まで使用



ハッチ開放装置の
隔離部屋③への搬入



ハッチ開放装置による
X-6ペネハッチ開放



次工程へ
X-6ペネ内堆積物除去

- X-6ペネハッチのボルト切断
- ハッチ開放
- ペネフランジ面他清掃

4. 現場作業の進捗状況（隔離部屋①対策）

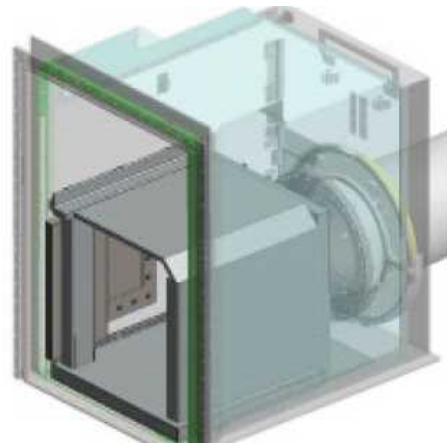
- 検討中の対策は以下の通り。
- なお、X-6 ペネハッチは内部調査・試験的取り出し装置を接続することから、90°以上開く必要がある。そのため把手が箱型ゴム部へ干渉するリスクを考慮し検討。
⇒検討した結果、金属製平板への交換及びX-6 ペネハッチの把手切断を行う。
並行して隔離部屋の再製作も検討中

| 対策 | A | B | C | D |
|------------------------|------------------|--|---|------------------------|
| | 現行仕様の箱型ゴムに交換 | 箱型ゴムの2重化 | 金属製の箱へ変更 | フランジ把手撤去 (金属平板への交換) |
| 説明 | | | | |
| X-6 ペネハッチ開時の箱型ゴム部損傷リスク | 把手を収納するときに擦れる可能性 | 二重化によりゴム部が厚くなるため、ハッチ扉を90°開放する途中段階において、箱型ゴムとハッチ扉の把手との間に干渉が生じる可能性がある | 金属製の箱ではハッチ扉によって外側へ押し込まれた場合に外側へ逃げることが出来ないため、ハッチ扉を90°開放出来ない可能性がある | 干渉リスクなし |

4. 現場作業の進捗状況（隔離部屋①対策 箱型ゴムから金属板へ交換）

- 箱型ゴム部損傷の対策として、箱型ゴムを金属板に交換し、X-6ペネハッチの把手は切断
- 工場モックアップ試験にて作業成立性を検証中。

<モックアップ試験状況>



隔離部屋①内へ遮へい設置



模擬の遮へい体

箱型ゴム取外し



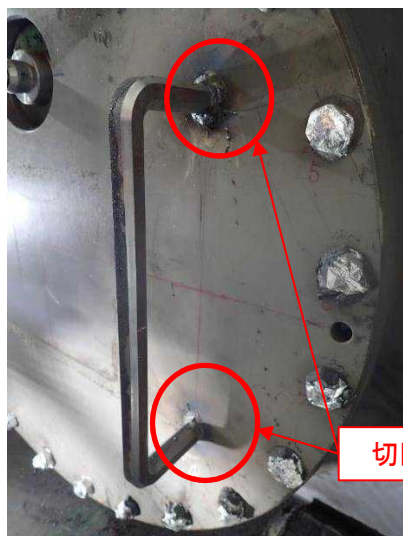
金属板取付け



金属板取付け（バキュームリフターによる把持）

4. 現場作業の進捗状況（隔離部屋①対策 ハッチ把手切断）

- 工場モックアップ試験において、遠隔操作ロボットにより、X-6ペネハッチ把手の切断作業の成立性を検証中。



切断箇所

<把手切断前の状態>



<把手切断中>



切断箇所

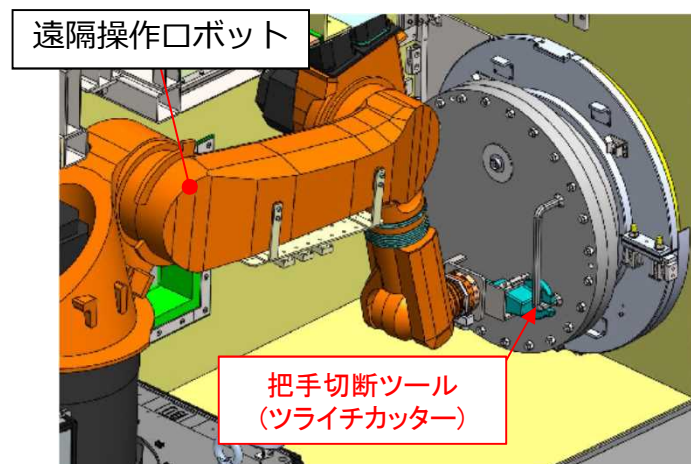
<把手切断後>



<切断の状況（把手下部）>



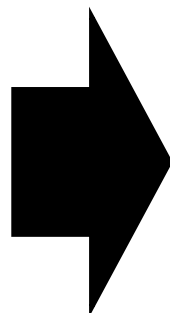
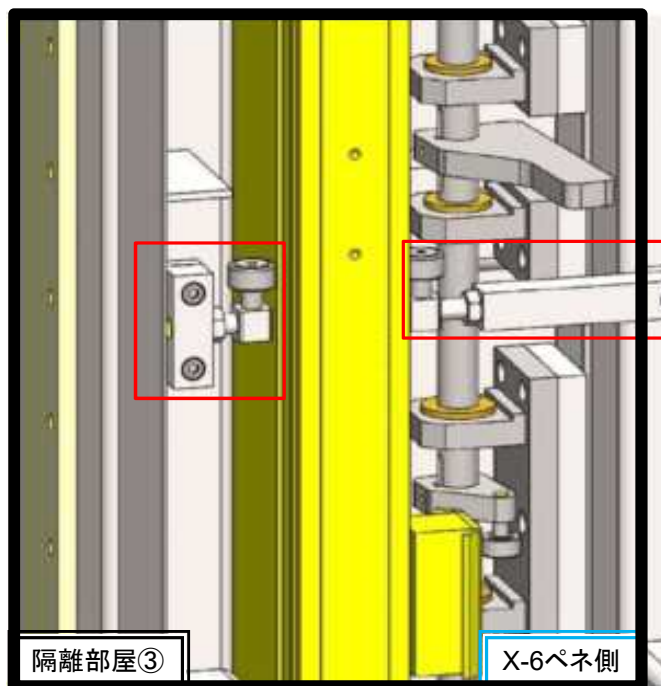
<切断の状況（把手上部）>



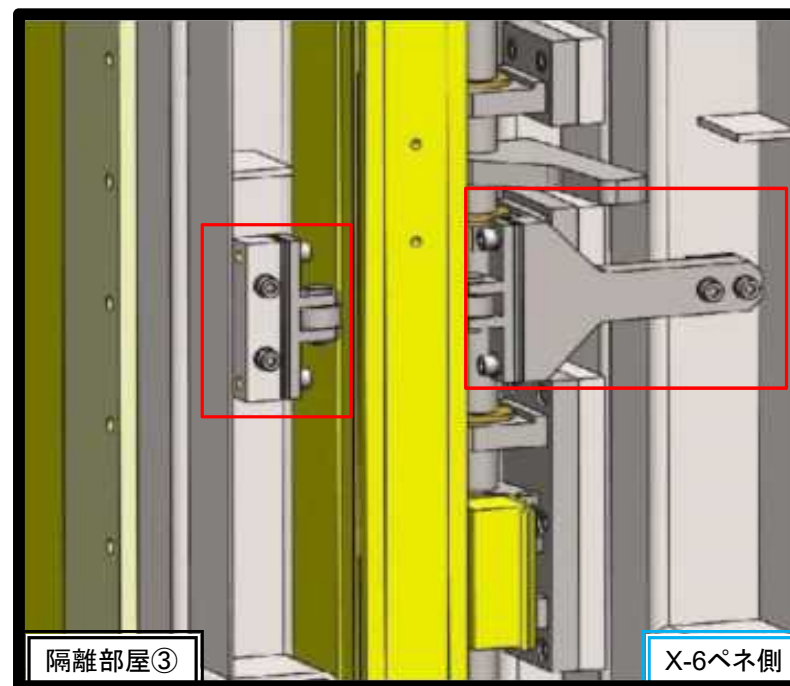
4. 現場作業の進捗状況（隔離部屋②対策 ガイドローラの構造変更）

- 現状、遮へい扉の動作状況については調整を実施し、問題なく動作することを確認
- 再発防止対策として、ガイドローラの構造変更を実施。

現状



対策後



5. 試験的取り出しに向けた工程の見直し

- ロボットアームについて、2022年2月より実施している現場を模擬した楢葉モックアップ試験を通じて把握した情報と、事前シミュレーション結果との差異を補正することで、燃料デブリ取り出し時の接触リスクを低減するべく、現在、制御プログラム修正等の改良（※）に取り組んでいる。
 （※改良点：制御プログラム修正・精度向上、アーム動作速度上昇、ケーブル取付治具の改良、視認性向上、把持部の改良等）
- また、2号機現場の準備工事として、2021年11月よりX-6ペネハッチ開放に向けた隔離部屋設置作業に着手しており、その中で発生した隔離部屋のゴム箱部損傷、ガイドローラ曲がり（地震対応）等について、対応しているところ。（並行して隔離部屋の再製作も検討中。）その後も、X-6ペネハッチ開放、X-6ペネ内の堆積物除去作業等を控えており、安全かつ慎重に作業を進める必要がある。
- 今回、試験を踏まえた対応状況や、現場における対策等が整理されたことも踏まえ、試験的取り出し作業（内部調査・デブリ採取）の安全性と確実性を高めるため、さらに1年から1年半程度の準備期間を追加し、試験的取り出し作業（内部調査・デブリ採取）の着手としては2023年度後半目途に工程を見直した。
- なお、次ステップの段階的取り出し規模の拡大の作業に影響はない。引き続き、本作業において課題の対応を確実にを行う。

| | ~2021年度 | 2022年度 ▽8月現在 | 2023年度 |
|-------------------------------|----------------------|-----------------|--------|
| ロボットアーム・ エンクロージャ 装置開発 | 性能確認試験・モックアップ・訓練（国内） | | |
| ・スプレー治具取付作業 ・隔離部屋設置 | X-53ペネ孔径拡大作業 | スプレー治具取付け | |
| ・X-6ペネハッチ開放 | | 隔離部屋設置 | |
| ・X-6ペネ内の堆積物除去 ・試験的取り出し装置設置 | | | |
| 試験的取り出し作業 （内部調査・デブリ採取） | | | |

(参考) 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況
性能確認試験項目

楢葉モックアップ施設用いて、現場を模擬したモックアップ試験を実施中。

なお、楢葉での性能確認試験において抽出された改善点は、引き続き対策・改善を進めていく。

性能確認試験項目

| 試験分類 | 試験項目 | MHI 神戸 | 楢葉 |
|----------------------------|---|-----------|----|
| ロボットアーム関連 | X-6ペネの通過性 | ▲ | ○ |
| | AWJによるX-6ペネ出口の障害物の撤去 | ▲ | ○ |
| | 各種動作確認（たわみ測定等） | ● | |
| | PCV内部へのアクセス性 ・ペDESTAL上部へのアクセス ・ペDESTAL下部へのアクセス | | ○ |
| | PCV内部障害物の撤去 ・X6ペネ通過後のPCV内障害物の切断 | | ○ |
| 双腕マニピュレータ関連 | センサ・ツールとアームの接続 | ▲ | ○ |
| | 外部ケーブルのアームへの取付/取外し | ▲ | ○ |
| | センサ・ツールの搬入出 | ▲ | ○ |
| | アーム固定治具の取外し | | ○ |
| | アームカメラ/照明の交換 | ▲ | ○ |
| | エンクロージャのカメラの位置変更 | ▲ | ○ |
| | アームの強制引き抜き | | ○ |
| ワンスルー試験 (アーム+双腕マニピュレータ) | アームと双腕マニピュレータを組み合わせ、調査に必要な一連の作業を試験で検証 ・ペDESTAL上部調査 ・ペDESTAL下部調査 | | ○ |

【凡例】 ○試験対象、△一部模擬体（部分模擬体や模擬アーム等）で検証 ○△：計画 ●▲：実績 ○ 今回報告

(参考) 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 双腕マニピュレータの試験状況

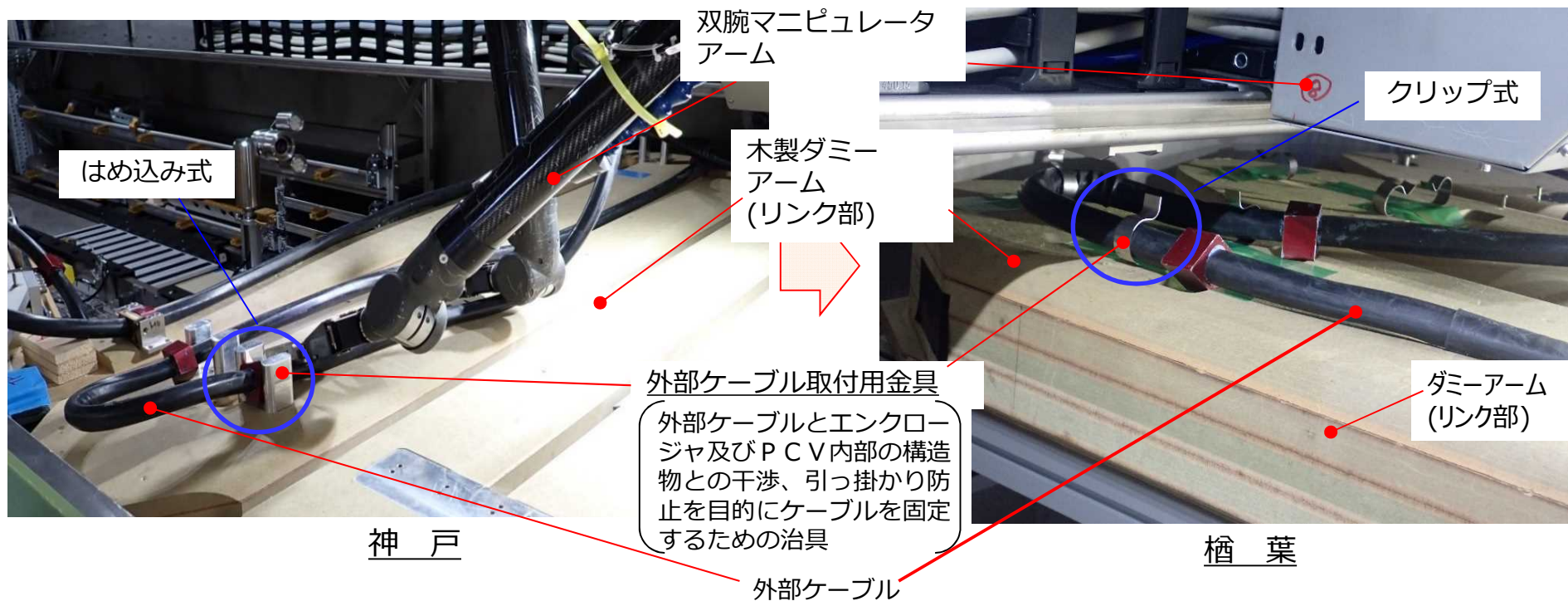
20220630

チーム会合資料再掲



【今後の改良点 c : 外部ケーブルのアームへの取付/取外し】

- ・神戸における試験にてアームへの外部ケーブルの取付/取外し作業の成立見通しを得ると共に作業性改善項目として「ケーブル取付金具構造、取付位置の改善」を抽出。
- ・今回、楢葉にてケーブル取付金具構造を「クリップ式」に変更することにより作業性の改善を確認。
- ・尚、更なる改良点として「クリップからのケーブルの外れ及びケーブル反力によるクリップ変形リスクの低減」を抽出、今後取付金具構造の更なる改良を図り楢葉にて確認していく。



外部ケーブルのアームへの取付/取外し試験の状況

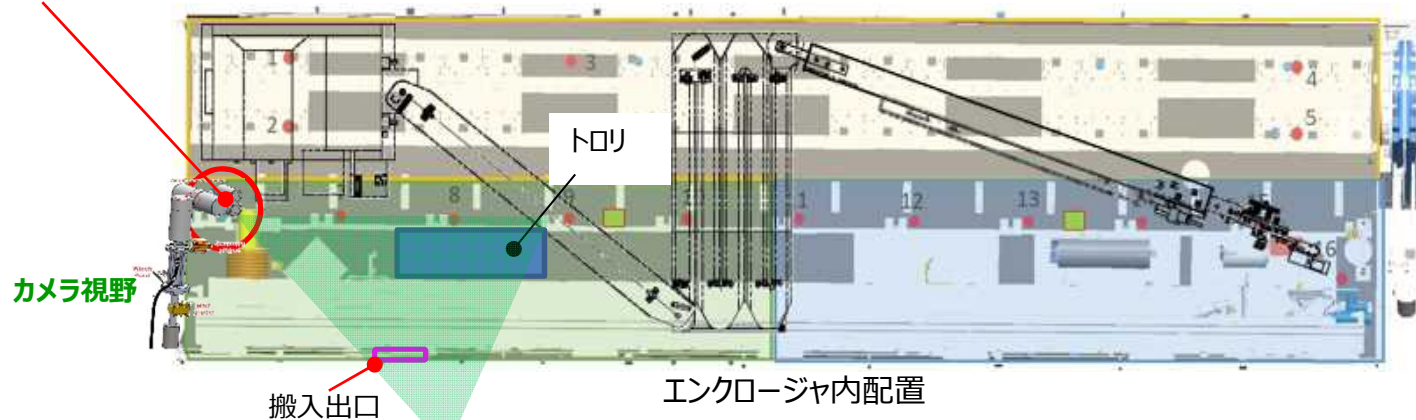
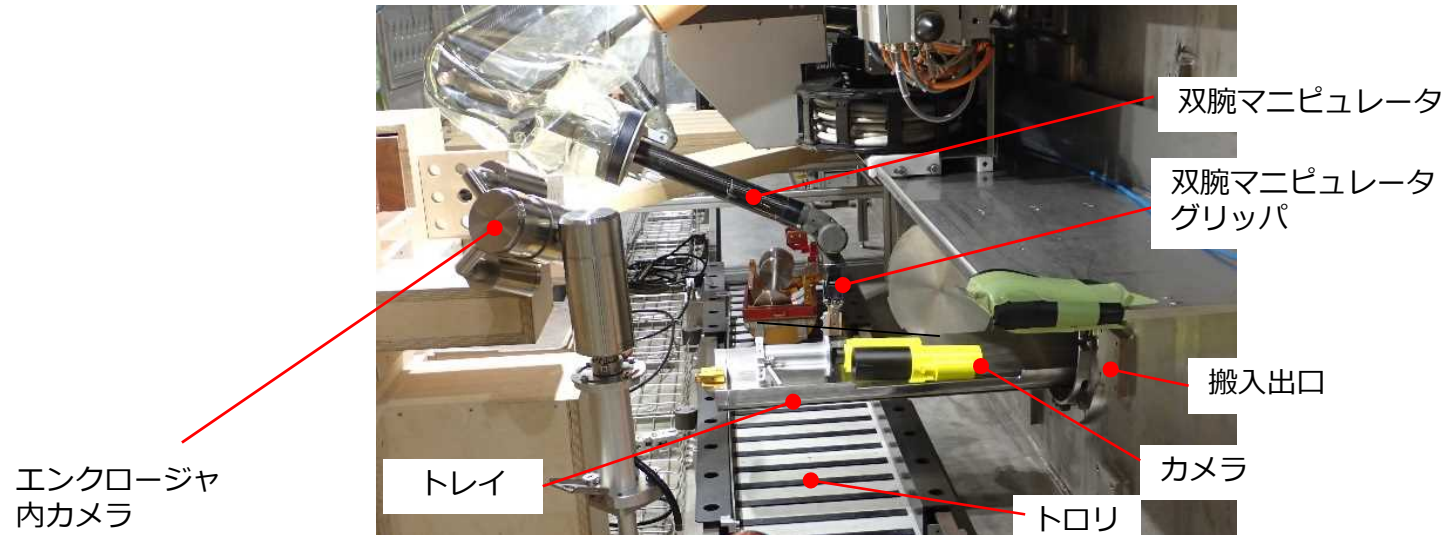
(参考) 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況
双腕マニピュレータの試験状況

20220630

チーム会合資料再掲



- ・エンクロージャ内コンテナ、トロリ及び双腕マニピュレータを使用し、カメラの搬入出口からの搬入、搬出試験を実施し作業成立性を確認。



センサ・ツールの搬入出試験の状況 (カメラ)

(参考) 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 双腕マニピュレータの試験状況

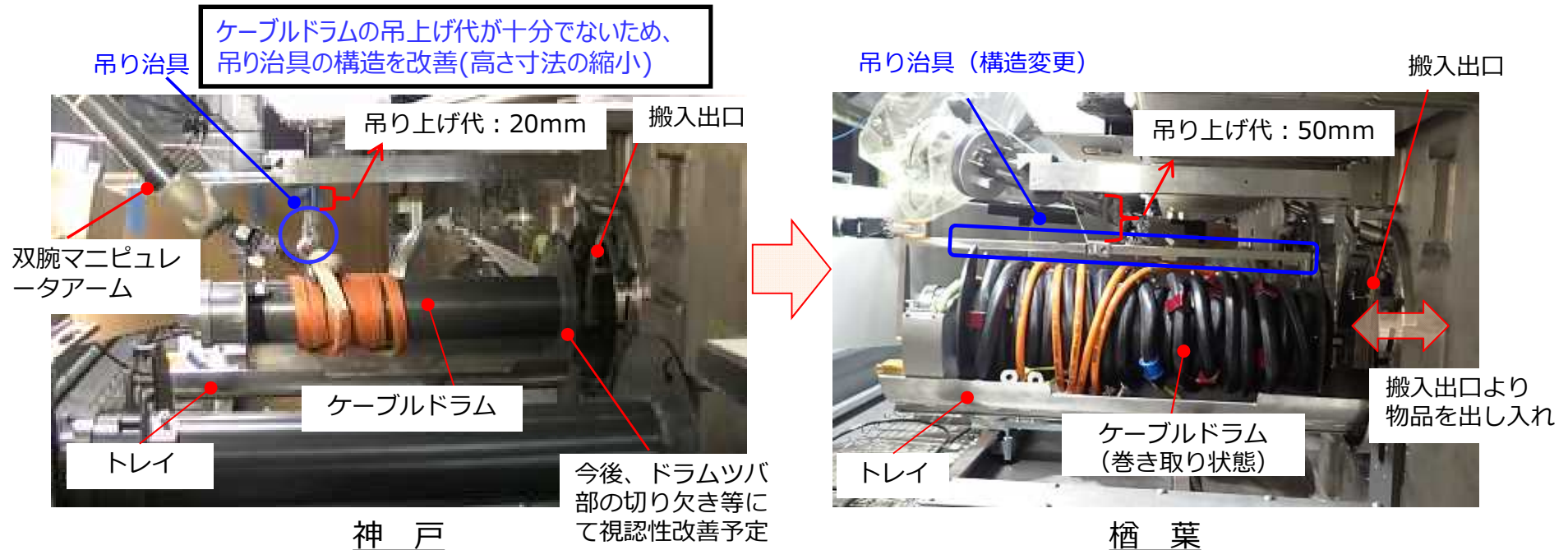
20220630

チーム会合資料再掲



【今後の改良点 d : 先端ツール等の搬入出 (治具構造変更/視認性改善)】

- 神戸における試験にてケーブルドラム等物品のエンクロージャ内への搬入出作業の成立見通しを得ると共に作業性改善項目として「ケーブルドラム吊り治具/背面構造の改善」を抽出。
- 今回、楯葉にてドラム吊り治具構造・形状を変更 (吊り上げ代 : 20mm⇒50mm) することにより作業性が改善、対策の有効性を確認。今後、視認性の改善を図り作業の確実性を高める予定。



センサ・ツールの搬入出試験の状況 (ケーブルドラム)

(参考) 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 双腕マニピュレータの試験状況

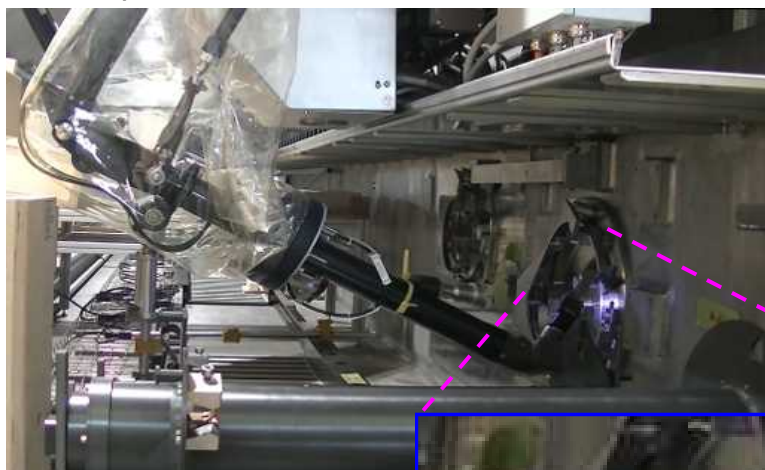
20220630

チーム会合資料再掲



【今後の改良点 e: アームカメラの交換 (マニピュレータ爪先部変更)】

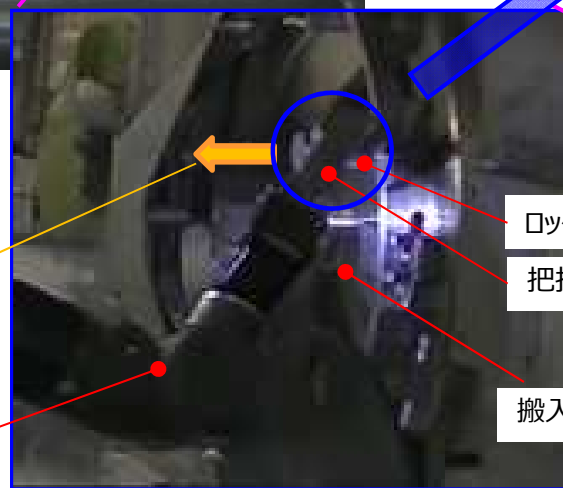
- ・ 神戸における試験にてアームカメラの取付・取り外し作業を実施し作業の成立見通しを得ると共に作業性改善項目として「双腕マニピュレータ把持部の滑り防止」を抽出。
- ・ 今回、楯葉にて「把持部の爪先部品に滑り対策」を実施することにより作業性が改善、対策の有効性を確認。



すべり止め対策として製作した爪先部品

ロックピンを引っ張る際に
把持部が滑る

双腕マニピュレータ
アーム



ロックピン※

把持部

搬入出口

センサ・ツールの搬入出試験の状況 (カメラ)

(参考) 2号機 燃料デブリの試験的取り出し装置の試験状況 双腕マニピュレータの試験状況

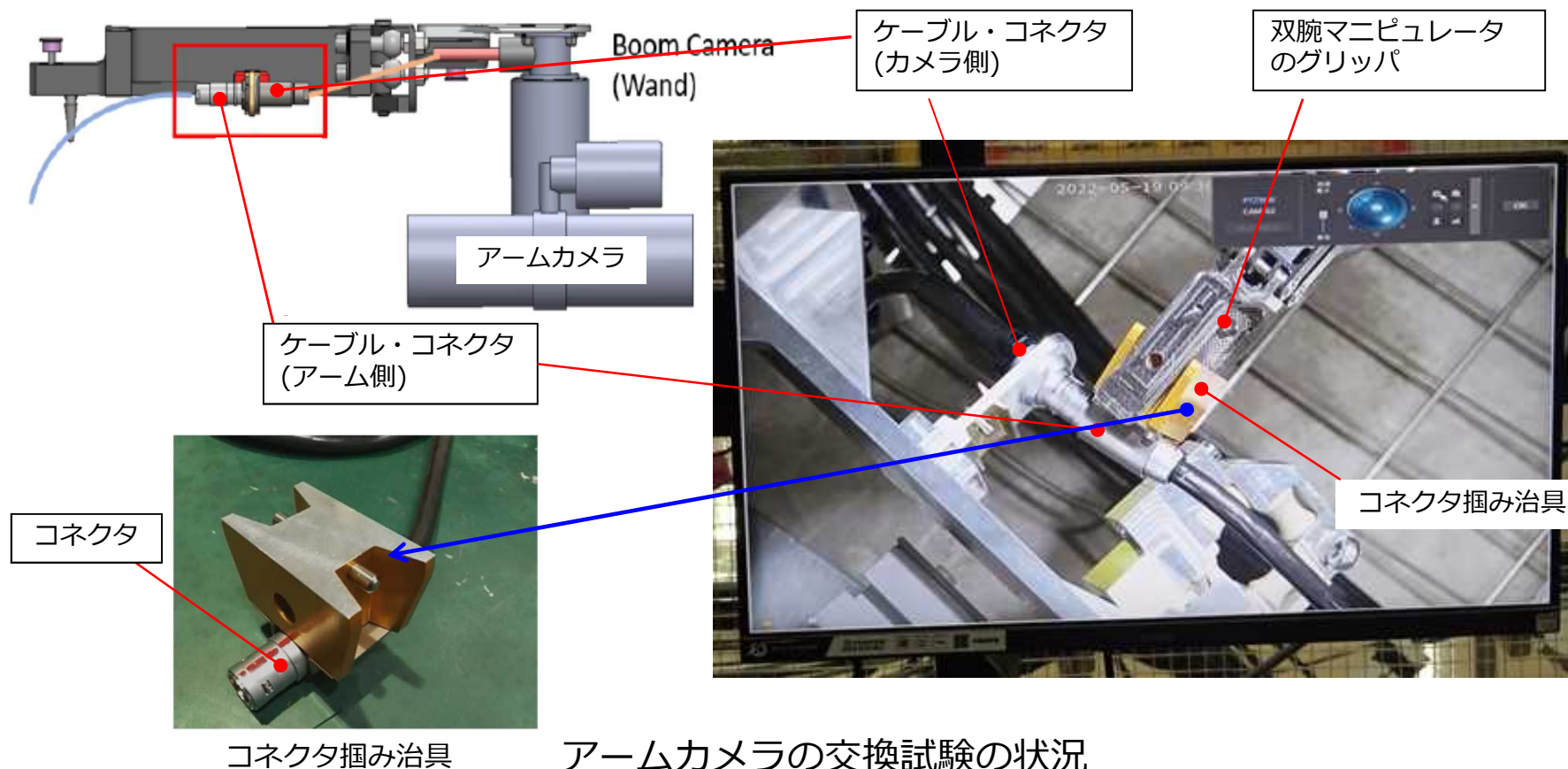
20220630

チーム会合資料再掲

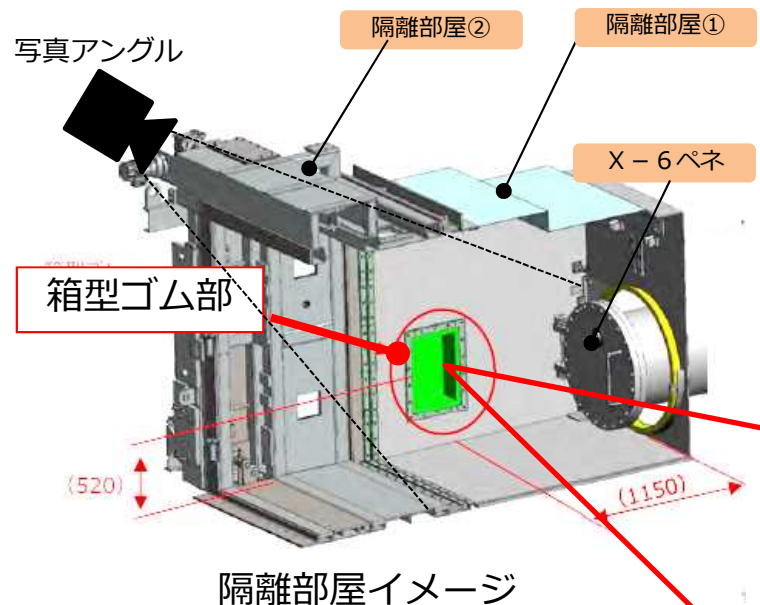


【今後の改良点 e : アームカメラの交換 (把持部変更)】

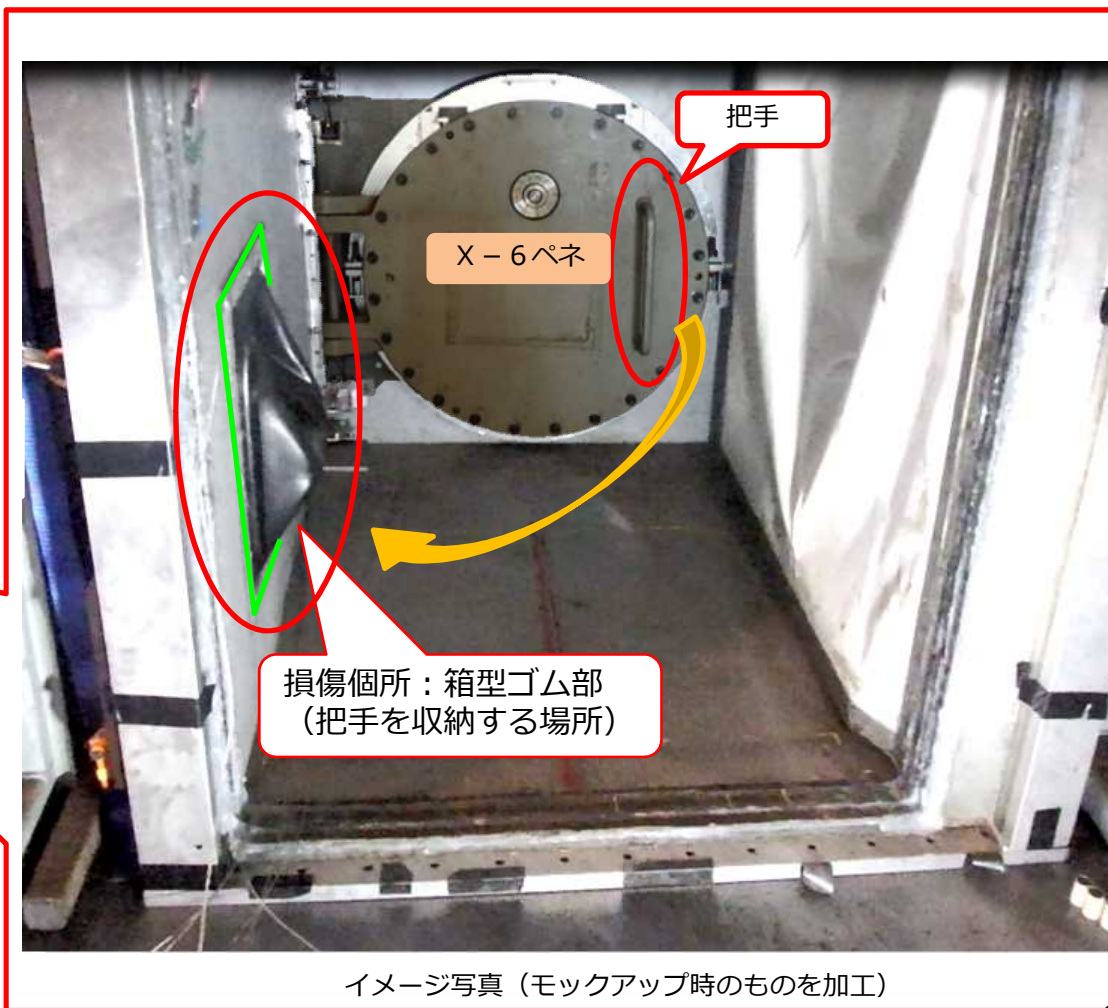
- ・神戸における試験にて模擬アームカメラの取付・取り外し作業の成立見通しを得ると共に作業性改善項目として「カメラコネクタ把持部の滑り防止」を抽出。
- ・今回、櫛葉にてコネクタ把持部を改良(掴み治具を取付け)し、コネクタの差込み/引抜きの作業性が改善、対策の有効性を確認。



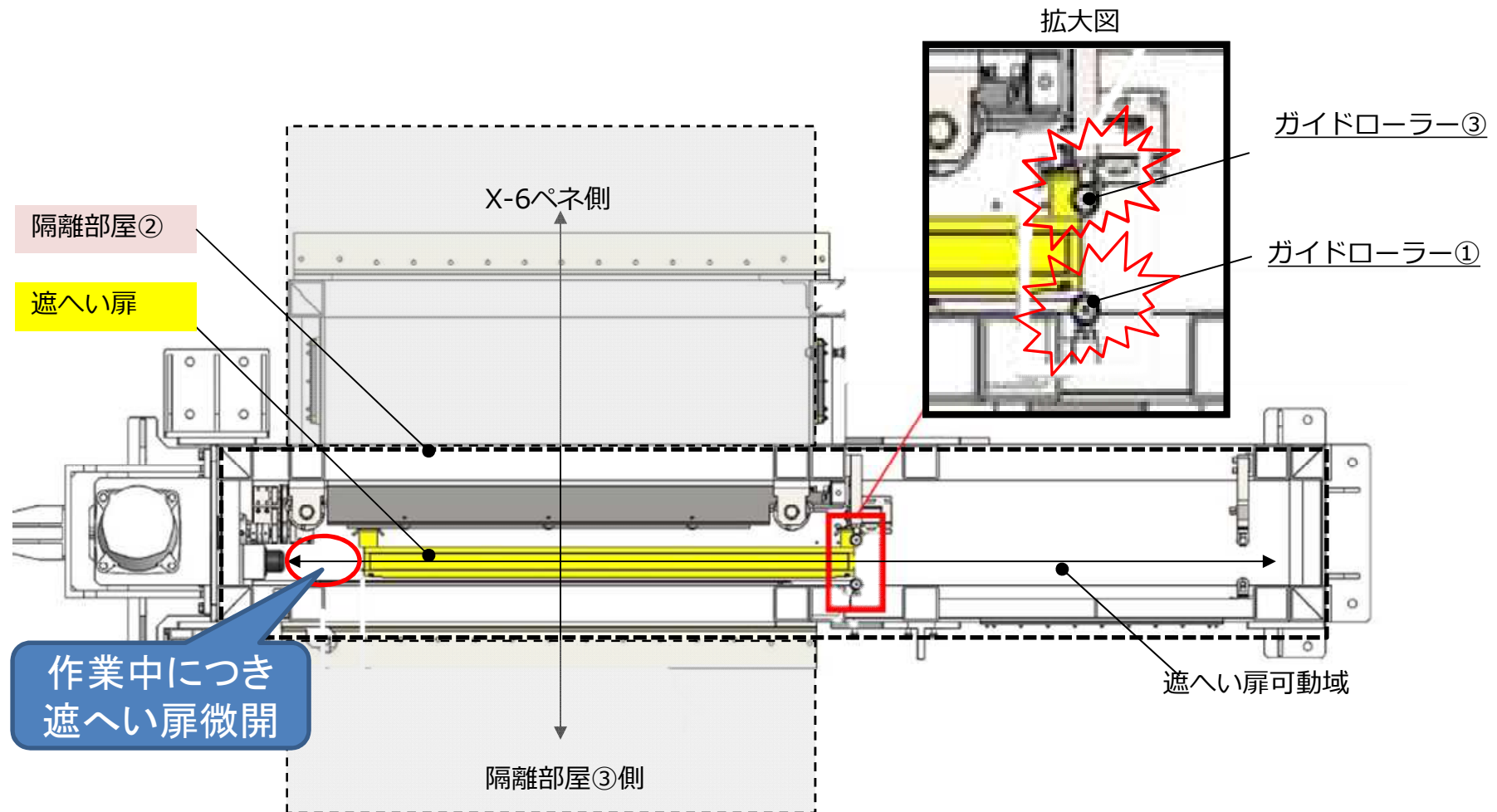
- X-6ペネ開放前の準備作業として、隔離部屋①、②を設置し、据え付け状態の確認を実施
加圧したところ圧力の低下を確認
- 原因調査をしたところ、X-6ペネハッチ開放時にペネフランジ把手を収納する箱型ゴム部に損傷を確認



箱型ゴム部寸法：約30×45×12cm
材質：EPDM

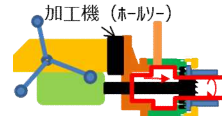


- 3月16日の地震発生時、隔離部屋②は据え付け作業中のため遮へい扉を微開していた。
- 地震の影響により遮へい扉が揺れ、ガイドローラー③が変形、ガイドローラー①の取付けロックナットに緩みが発生。



(参考) 現地準備作業状況
 試験的取り出し作業 (内部調査・デブリ採取) の主なステップ

0. 事前準備作業



- 事前にスプレイ治具取付事前作業 (X-53 ペネ孔径拡大) を実施

1. 隔離部屋設置



- ハッチ開放にあたり事前に隔離部屋を設置

2. X-6ペネハッチ開放

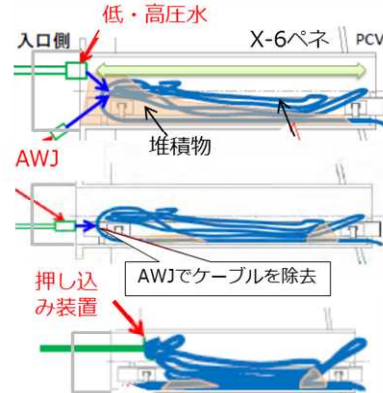
ハッチ開放装置



- ハッチ開放装置によりハッチを開放

3. X-6ペネ内堆積物除去

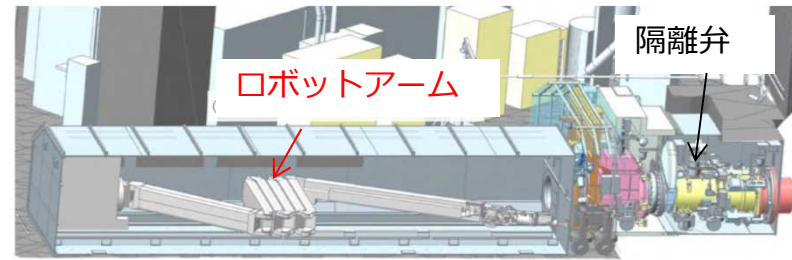
X-6ペネ内部にある堆積物・ケーブル類を除去する



- 【低・高圧水】で堆積物の押し込み
- 【AWJ】でケーブル除去
- 【押し込み装置】でケーブルを押し込み

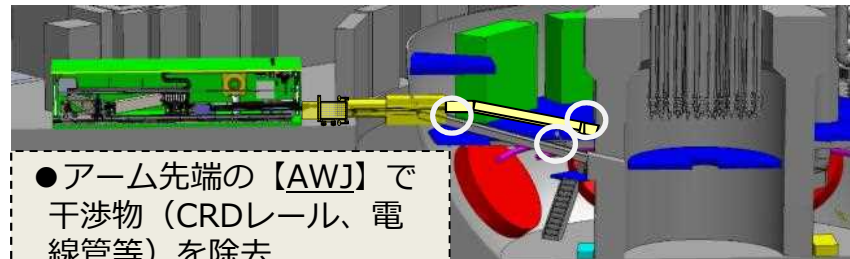
4. ロボットアーム設置

認可済



5. 試験的取り出し作業 (内部調査・デブリ採取)

① ロボットアームによるPCV内部調査



- アーム先端の【AWJ】で干渉物 (CRDレール、電線管等) を除去

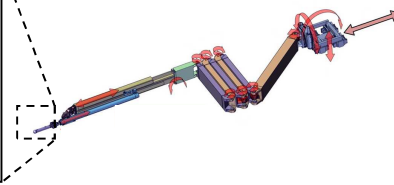
② ロボットアームによるデブリ採取

申請予定

燃料デブリ回収装置先端部



<金ブラシ型> <真空容器型>



(注記)

- ・ 隔離弁：PCV内/外を仕切るために設置した弁
- ・ AWJ (アブレシブウォータージェット)：高圧水に研磨材 (アブレシブ) を混合し、切削性を向上させた加工機

多核種除去設備等処理水希釈放出設備 及び関連施設等の設置工事の進捗状況について

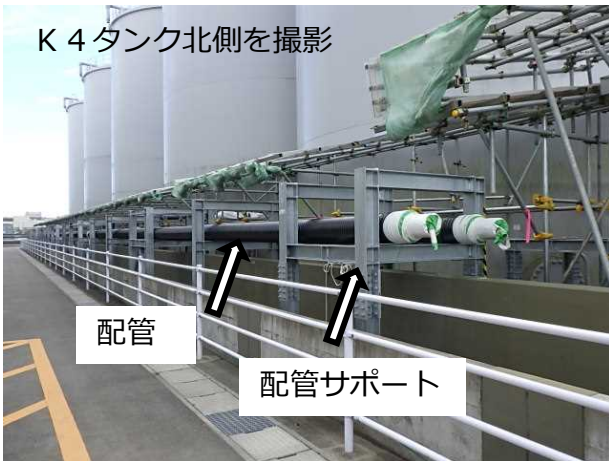
TEPCO

2022年11月29日
東京電力ホールディングス株式会社

1. 工事の実施状況

■ 測定・確認用設備／移送設備

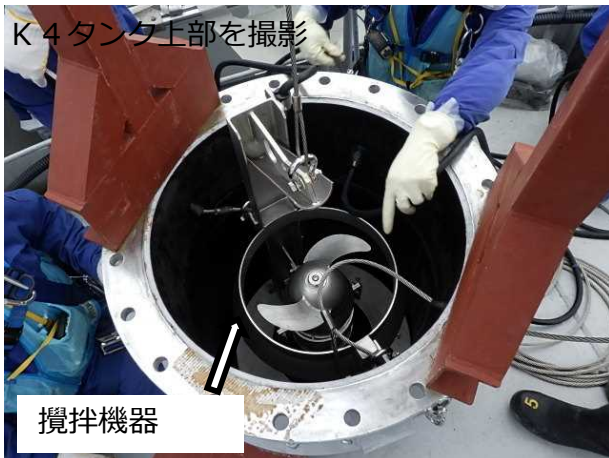
8月4日より、K 4 エリアタンク周辺から、測定・確認用設備、移送設備の配管サポート・配管他の設置工事を開始しています。



循環配管・サポート設置の状況

配管サポート・配管設置を実施中

- 【測定・確認用設備】
 - ・サポート設備 約405／約540m
 - ・配管設備 約632／約1,000m
 - 【移送設備】
 - ・サポート設備 約593／約1,820m
 - ・配管設備 約260／約1,820m
- <11/21現在>



攪拌機器設置の状況

攪拌機器設置を実施中

20／30台
(タンク内吊込)
<11/21現在>

■ 放水設備

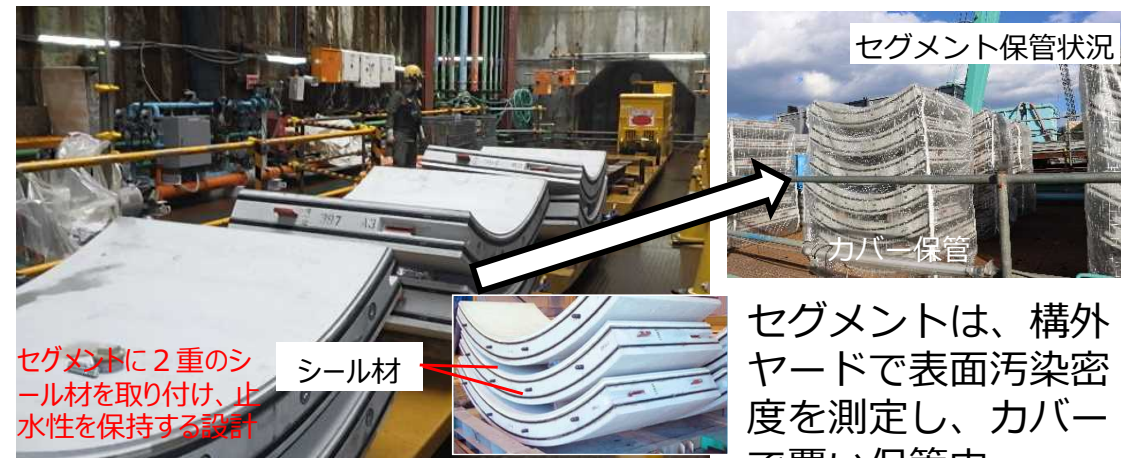
8月4日より、シールドマシンにより岩盤層を掘進し、放水トンネルの構築を開始しています。現時点での掘進範囲では、漏水等の発生はありません。



トンネル掘進を実施中
(本掘進中※1)
約656m／約1,030m
<11/21現在>

※1 初期掘進が10/9に完了し、同日より本掘進を開始。

トンネル内部安全設備の整備状況



セグメントに2重のシール材を取り付け、止水性を保持する設計

シール材

セグメントは、構外ヤードで表面汚染密度を測定し、カバーで覆い保管中

セグメント搬入状況

1. 工事の実施状況（続き）

■ 希釈設備

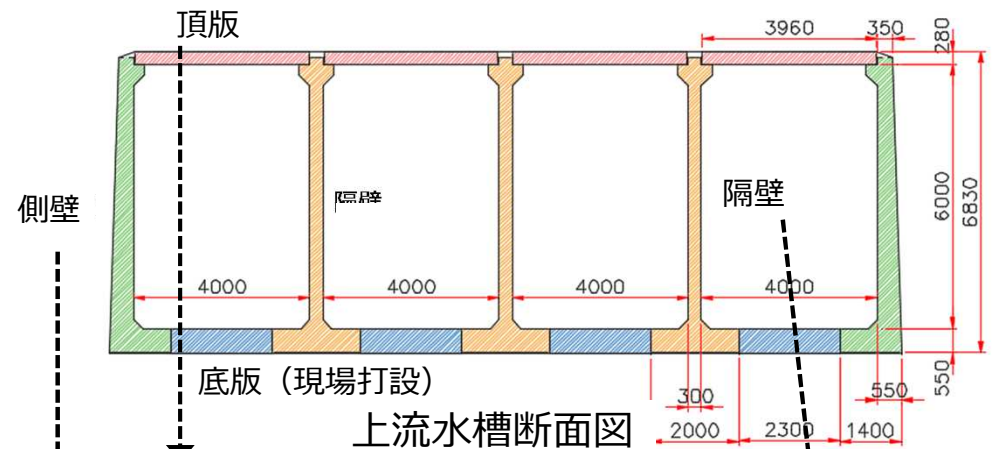
10月7日より、放水立坑（上流水槽）において、地震対策の一環として地盤改良を実施しています。



地盤改良の状況

■ 希釈設備

9月14日より、福島県内の工場において、放水立坑（上流水槽）のプレキャストブロックの製作を実施しています。



上流水槽断面図



上流水槽頂版



上流水槽側壁

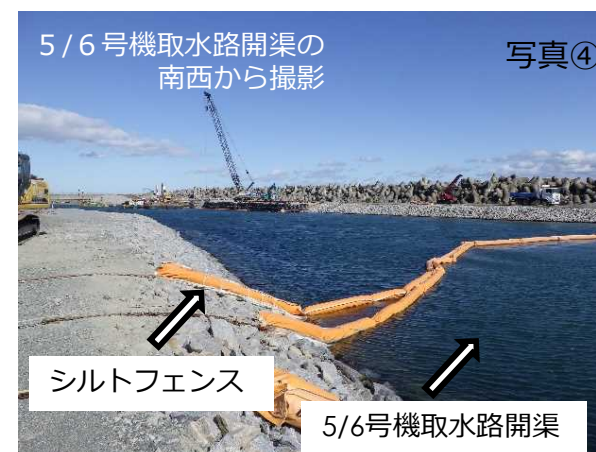
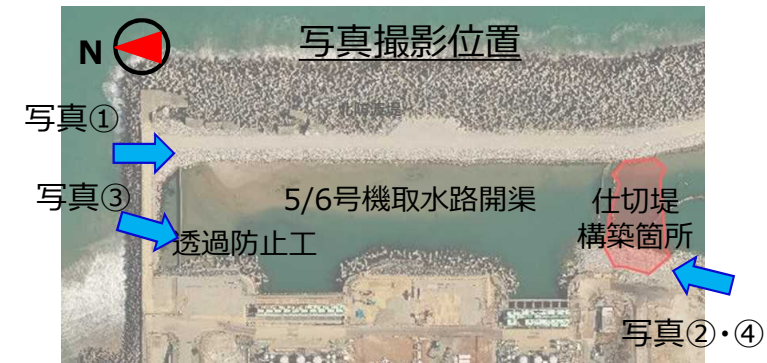


上流水槽隔壁

1. 工事の実施状況（続き）

■ その他（仕切堤の構築他）

8月4日より、仕切堤の構築他に向けて、重機走行路整備等の準備工事を開始しました。また、5,6号海側工事エリアでは、取水路開渠内の堆砂の撤去（浚渫）および重機足場の造成を並行して行うとともに、仕切堤設置後には透過防止工の撤去を予定しています。

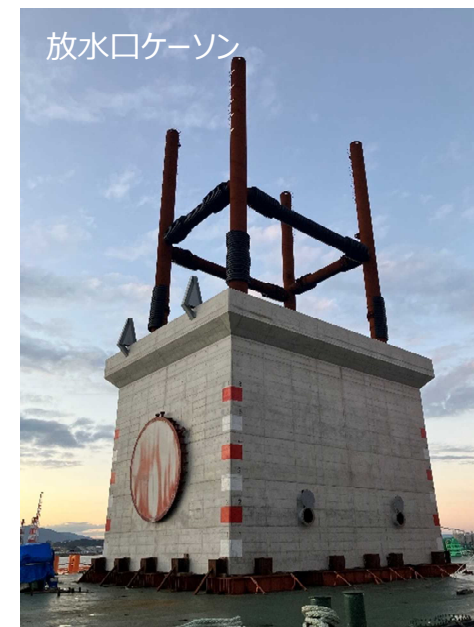


5・6号機海側工事エリアの状況

1. 工事の実施状況（続き）

■ 放水設備

起重機船およびケーソンを積んだ鋼台船、コンクリートプラント船（CP船）の小名浜港における据付準備を以下に示します。



1. 工事の実施状況（続き）

ケーソン積込み状況（2022.11.17）



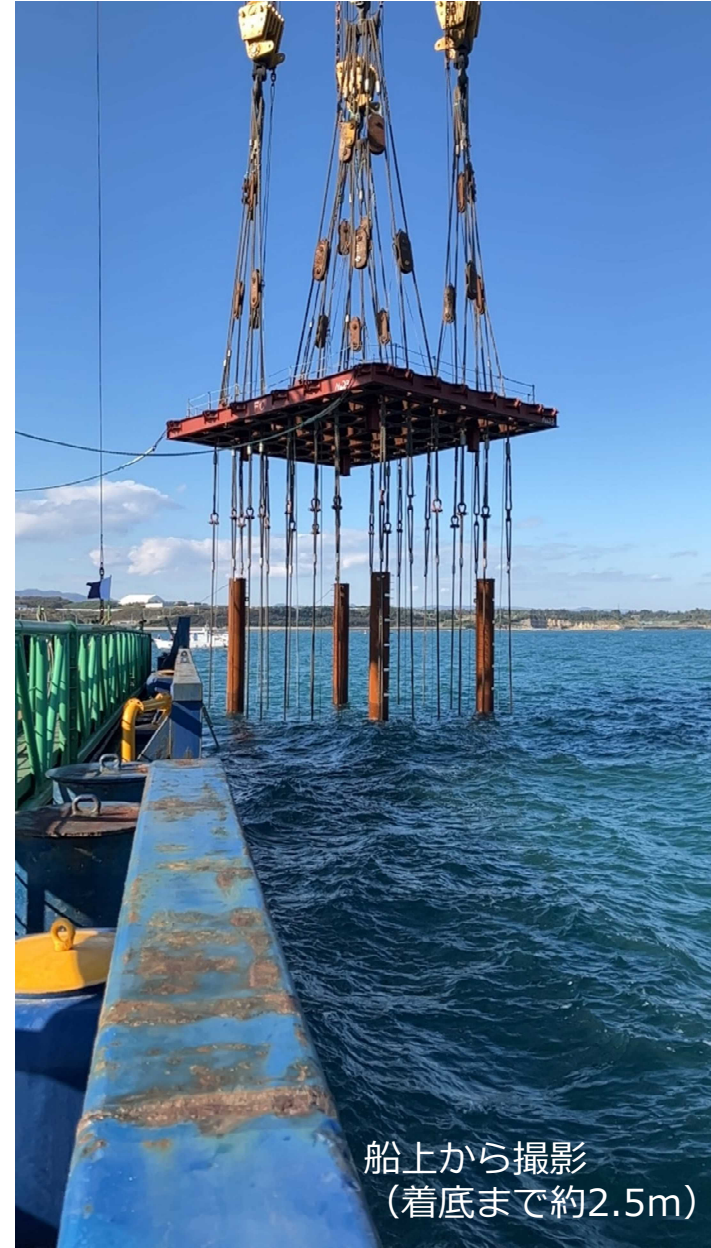
1. 工事の実施状況（続き）

ケーソン据付作業（2022.11.18）



1. 工事の実施状況（続き）

ケーソン据付作業（2022.11.18）



1. 工事の実施状況（続き）

据付翌日（2022.11.19）

灯浮標（北西端）

放水ロケーション設置位置
（測量櫓）

測量櫓（拡大）



(参考) 放水口ケーソン据付等作業期間中の海水モニタリング結果

➤ 実施概要

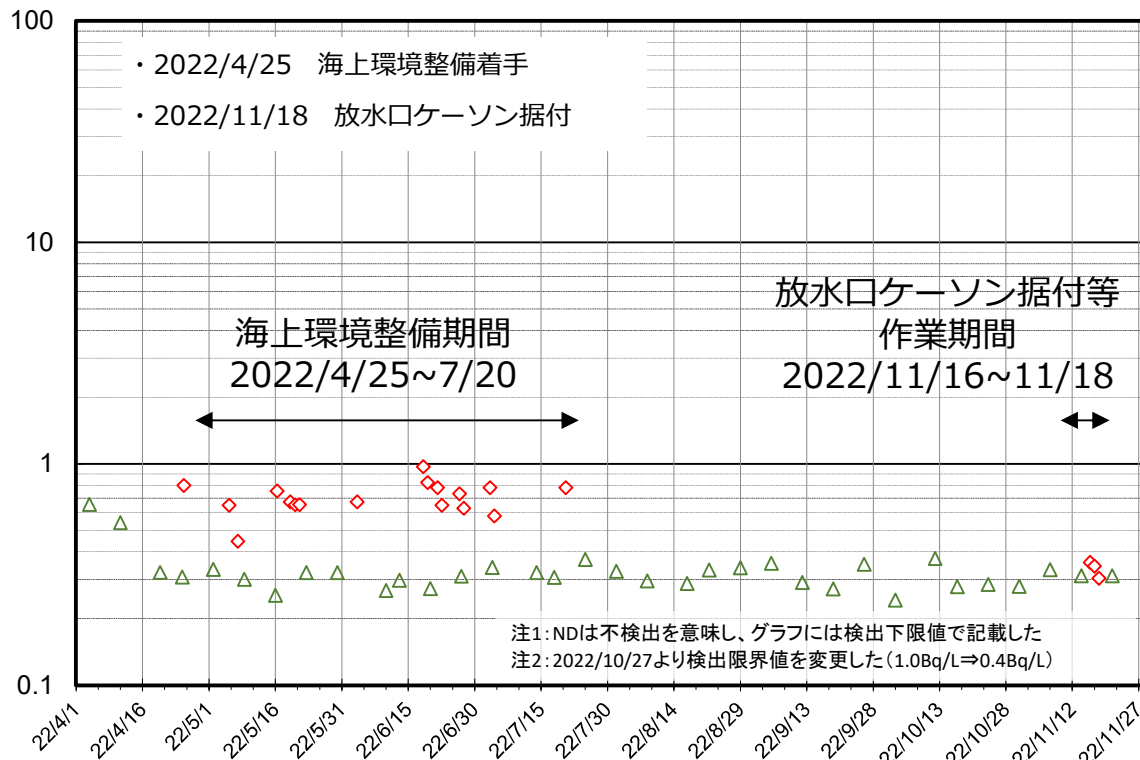
海上工事のうち、放水口ケーソン据付等作業※1において、作業中に海水サンプリングを行い、作業による海水中セシウム濃度の上昇がないことを確認しました。

※1 放水口ケーソン据付作業、放水口ケーソン据付前の海底部土砂移動作業

➤ 結果

2022年11月18日までのモニタリング結果は、全て不検出（ND）であり、海水のセシウム濃度に有意な変動は確認されていません。引き続き、発電所沖合海上工事作業中の海水モニタリングを適切に行ってまいります。

(Bq/L) 工事中の海水モニタリング結果 (Cs-137濃度) 2022/11/21 更新



▲ 定例_港湾口北東側Cs-137

△ 定例_港湾口北東側Cs-137ND

◆ 工事_発電所沖合1km地点Cs-137

◇ 工事_発電所沖合1km地点Cs-137ND



日常的に漁業が行われていないエリア ※
東西1.5km 南北3.5km

※共同漁業権非設定区域

(参考) 放水口ケーソン据付等作業期間中の濁度測定結果

➤ 実施概要

海上工事のうち、放水口ケーソン据付等作業※1において、工事区域境界（4か所）にて濁度計による測定を行い、作業により工事区域外に濁りの拡散がないことを確認しました。

➤ 結果

※1 放水口ケーソン据付作業、放水口ケーソン据付前の海底部土砂移動作業

2022年11月18日までの濁度測定結果は全て管理値※2未満であり、また目視による濁度確認の結果からも、作業に伴う工事区域外への濁りの拡散は確認されませんでした。引き続き、発電所沖合海上工事中の濁度測定を適切に行ってまいります。

※2 管理値

濁度をSS（浮遊物質量、mg/L）に換算し、SSがBG値（作業前の測定値）+10mg/Lを超えないことを確認します。

| 作業日 (測定日) | 濁度測定結果 | | | | | | | |
|--------------|--------|-------|---|-------|---|-------|---|-------|
| | A | | B | | C | | D | |
| 2022/11/16 | ○ | (6.9) | ○ | (9.6) | ○ | (5.4) | ○ | (5.7) |
| 2022/11/17 | ○ | (7.0) | ○ | (7.4) | ○ | (8.3) | ○ | (6.7) |
| 2022/11/18 | ○ | (3.1) | ○ | (4.1) | ○ | (4.8) | ○ | (7.9) |

判定：管理値未満○、管理値以上×



(参考) ALPS処理水希釈放出設備および関連施設の全体像



出典：地理院地図（電子国土Web）をもとに東京電力ホールディングス株式会社にて作成
<https://maps.gsi.go.jp/#13/37.422730/141.044970/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>



※：共同漁業権非設定区域

測定・確認用設備

3群で構成し、それぞれ受入、測定・確認、放出工程を担い、測定・確認工程では、循環・攪拌により均質化した水を採用して分析を行う（約1万m³×3群）

移送設備

防潮堤

緊急遮断弁や移送配管の周辺を中心に設置

緊急遮断弁

二次処理設備（新設逆浸透膜装置）

トリチウム以外の核種の告示濃度比総和「1～10」の処理途上水を二次処理する

二次処理設備（ALPS）

トリチウム以外の核種の告示濃度比総和「1以上」の処理途上水を二次処理する

ALPS処理水等タンク

流量計・流量調整弁・緊急遮断弁（津波対策）

海水配管ヘッド
（直径約2m×長さ約7m）

海拔33.5m

海拔11.5m

海拔2.5m

希釈設備

5号機取水路

希釈用海水
（港湾外から取水）

放水立坑（上流水槽）

放水設備

放水立坑（下流水槽）

放水トンネル（約1km）

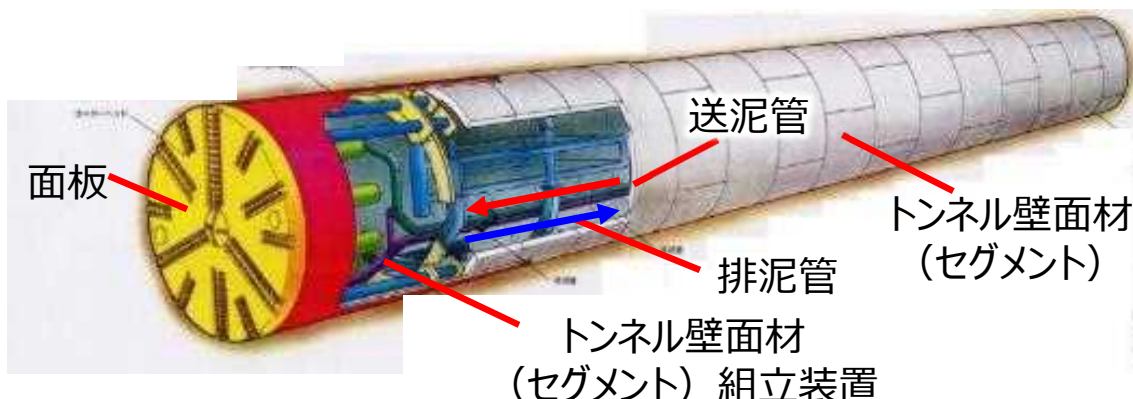
放水トンネルの損失に見合う水頭差（下流水槽の水面高さと海面の高さの差）を利用して自然流下させる

海へ

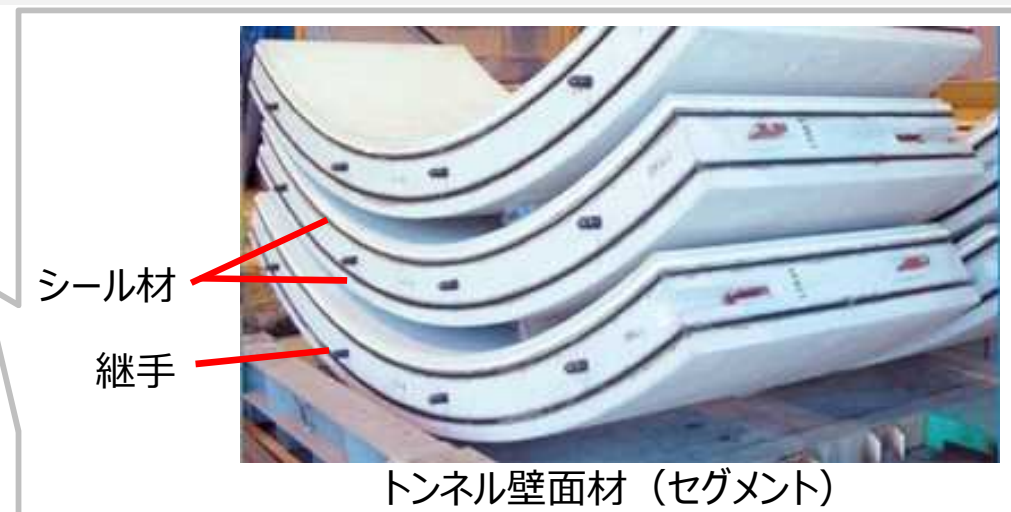
(参考) 放水トンネル

- 放水トンネルは、岩盤層を通過させるため漏洩リスクが小さく耐震性※に優れ、台風（高波浪）や高潮（海面上昇）の影響を考慮した設計としています。また、放水トンネルの損失に見合う水頭差（下流水槽の水面高さと海面の高さの差）を利用して自然流下させる設計（貝類の付着も考慮）としています。
- シールド工法（泥水式）を採用し、鉄筋コンクリート製のトンネル壁面材（セグメント）に2重のシール材を取り付けることで止水性を保持しています。

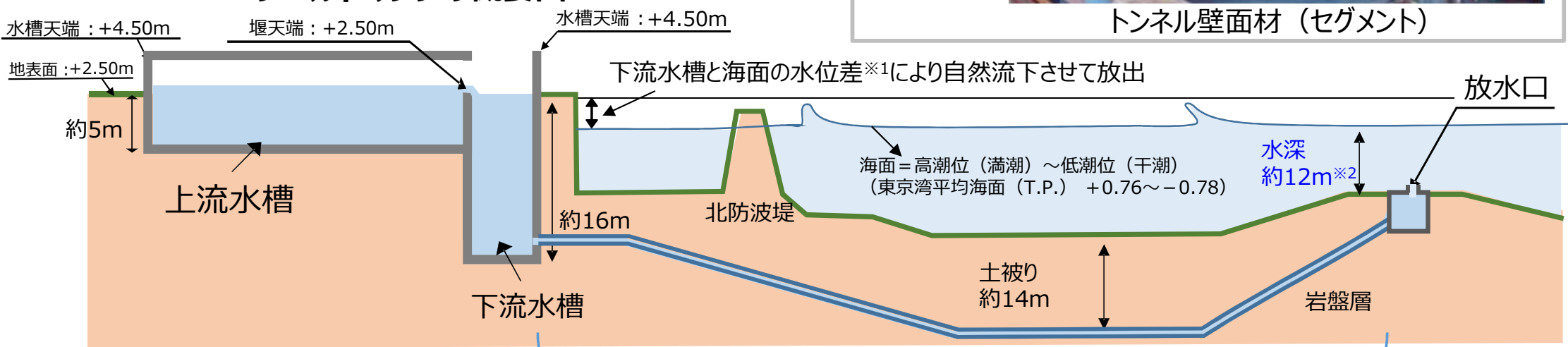
※ 原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方を踏まえて設計



シールドマシンの概要図



トンネル壁面材（セグメント）



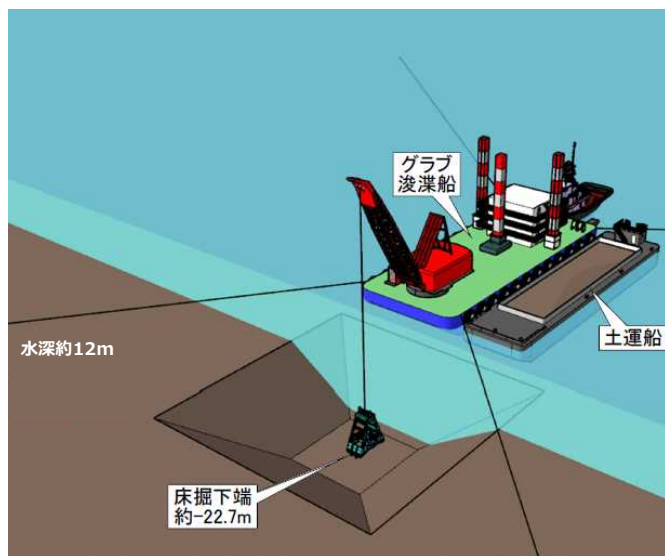
放水トンネル（約1km）
放水設備概念図

※ 高さは、東京湾平均海面(T.P.)で記載
 ※1 海水移送ポンプ3台の場合：1.6m、海水移送ポンプ2台の場合：0.7m
 ※2 東京湾平均海面（T.P.）における標準時の潮位を基準とした場合

(参考) 放水口ケーソン (工事全体概要)

- 放水トンネルの出口の海底掘削および捨石投入・ならし作業およびその確認が7月22日に完了しています。気象・海象をみながら、大型起重機船で鉄筋コンクリート製のケーソン（コンクリート製の大きな箱）を海底に据え付けます。その後、ケーソンの周囲をコンクリートで埋め戻します。
- なお、放水トンネルを掘進したシールドマシンがケーソンに到達した後、放水口ケーソンからシールド到達管（シールドマシン内包）を起重機船で撤去します。

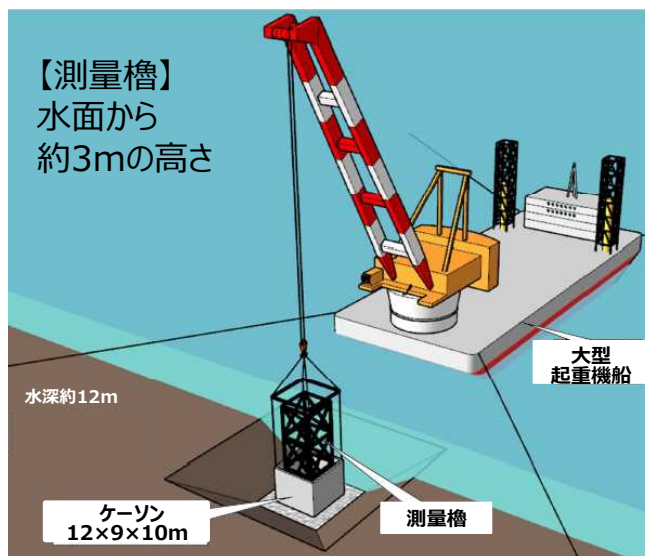
－ 環境整備 (実施済み) －



【岩盤掘削・ケーソン製作】

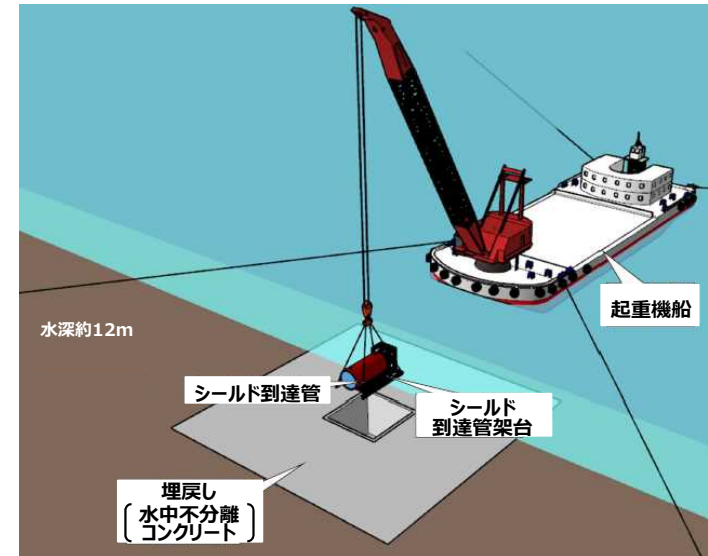
1. グラブ浚渫船（海底掘削船）で岩盤を掘削
2. 掘削土を発電所構内に搬入
3. 基礎捨石を投入

－ 放水口ケーソンの設置工事 －



【ケーソン据付】

1. 発電所構外から海上運搬したケーソンを大型起重機船で据付
2. ケーソン周囲をコンクリートで埋戻し
3. シールドマシン到達に向け、ケーソンと連結した鋼製の測量檣を用いて、放水口の位置情報を管理

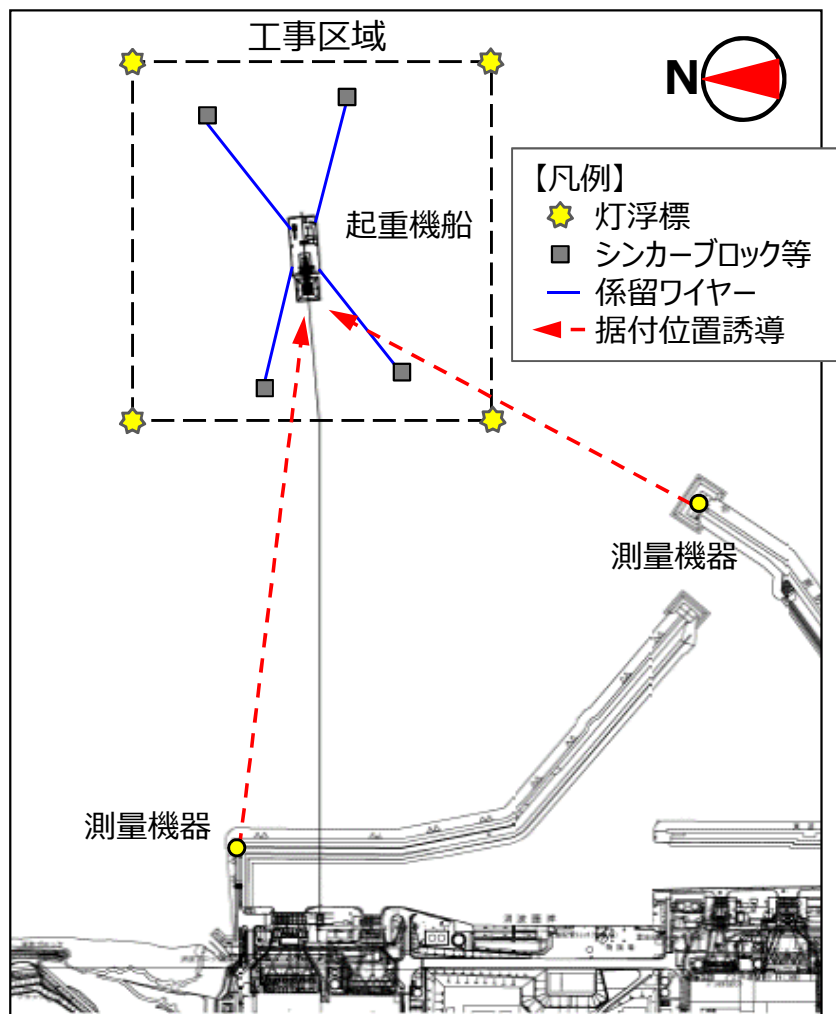


【掘削機撤去・蓋据付】

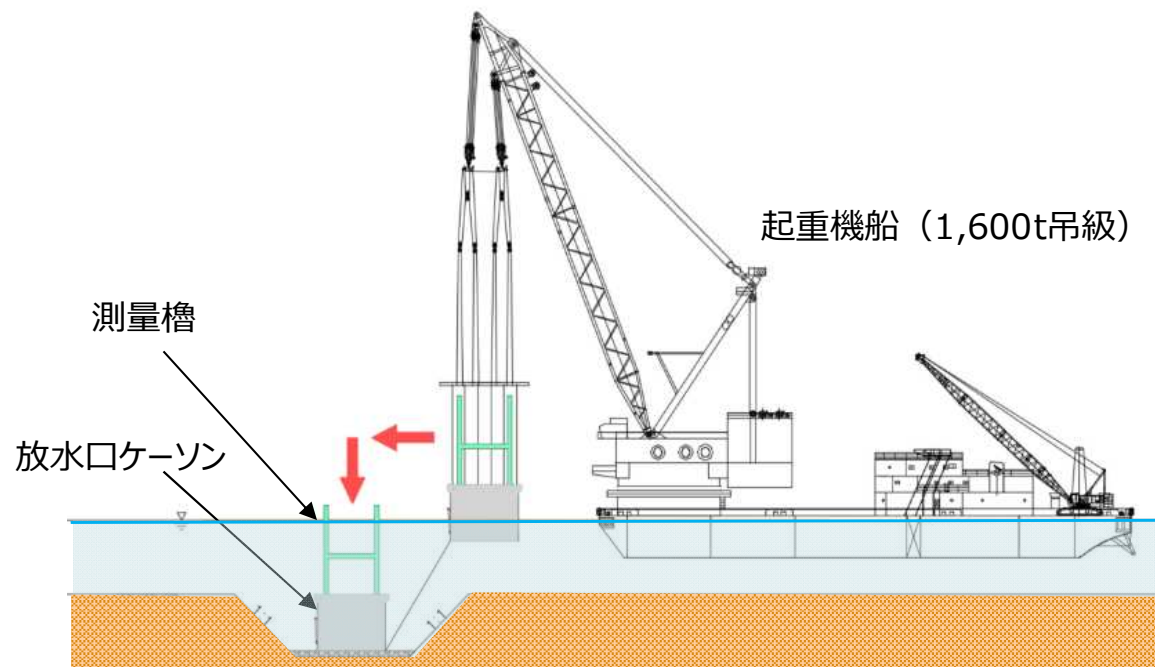
1. シールドマシンがケーソン内部のシールド到達管に到達した後、トンネル内を海水で満たす
2. 回収装置とトンネルを切り離し、起重機船でシールドマシンを立坑から回収
3. 最終的にケーソン蓋を据付

(参考) 放水口ケーソン (放水口ケーソン据付)

- 事前に設置したシンカーブロック (110t) およびアンカーに、起重機船を係留ワイヤーで固定します。
- 起重機船に設置したGPSおよびケーソンに設置された測量櫓を陸側 (南防波堤、北防波堤の二箇所) から測量することで、据付予定位置に起重機船を誘導します。当該起重機船の位置決め微調整は、係留ワイヤーを起重機船のウインチによる巻取り・繰出しを行いながら実施し、据付位置まで移動後、放水口ケーソンの据付けを行います。



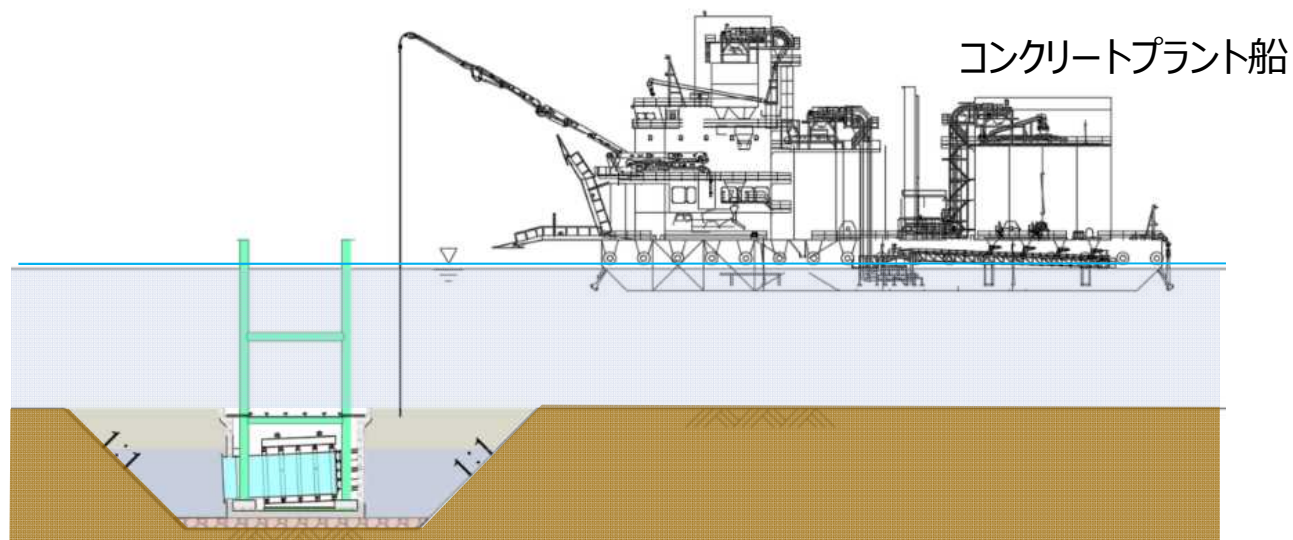
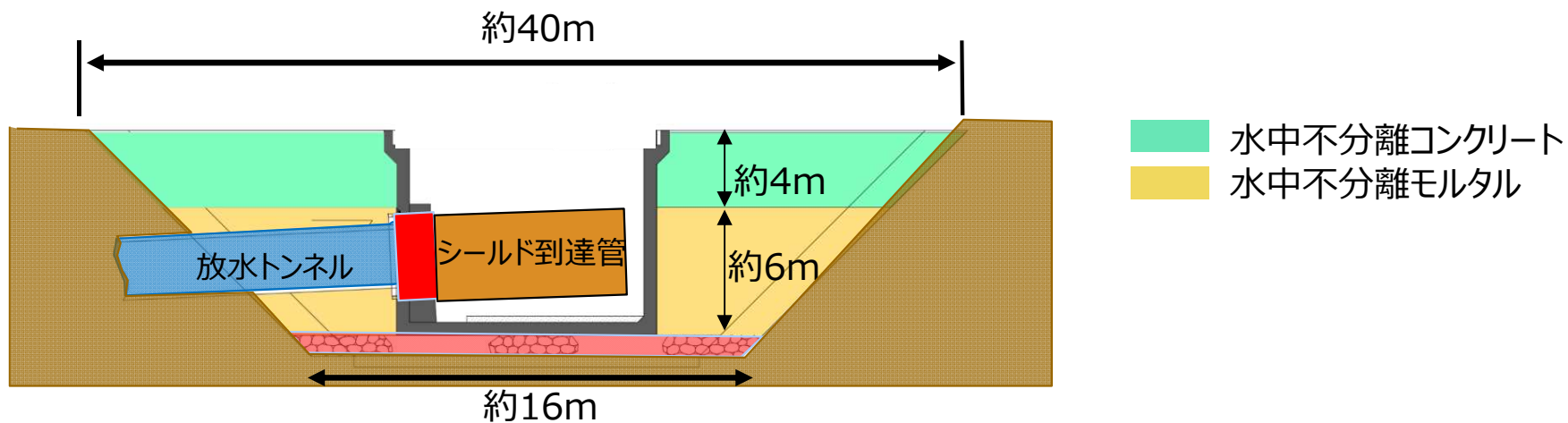
放水口ケーソン据付作業イメージ図 (平面)



放水口ケーソン据付作業イメージ図 (断面)

(参考) 放水口ケーソン (埋戻し)

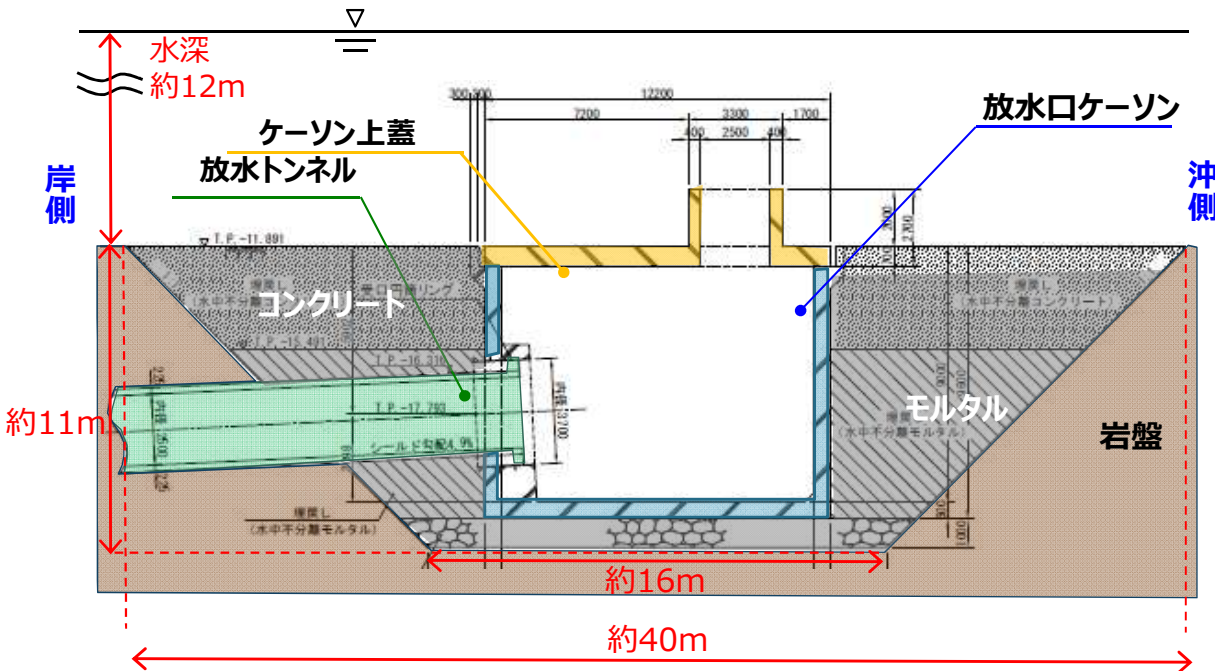
- 放水口ケーソンの据付後に、放水口ケーソンの周囲に、コンクリートプラント船から水中不分離モルタル(シールドマシンが通過する部分)、水中不分離コンクリートを打設して、埋戻します。



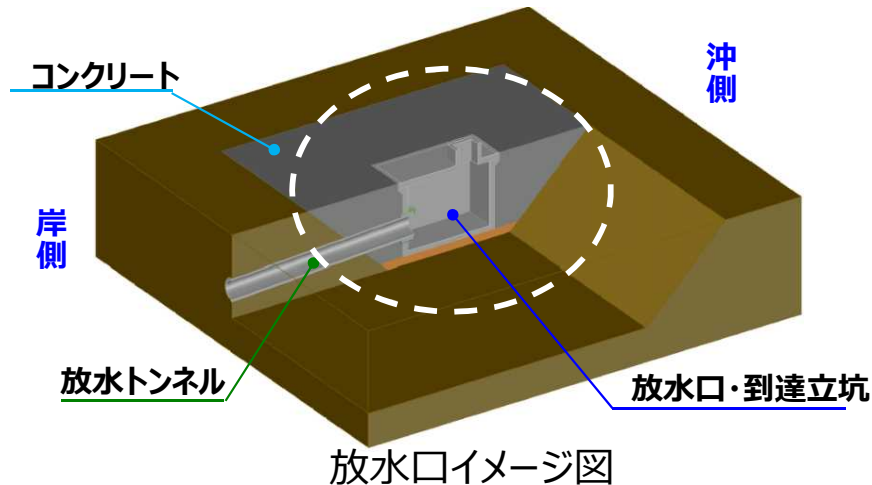
埋戻し断面イメージ図

(参考) 放水口ケーソン (放水口ケーソンの概要)

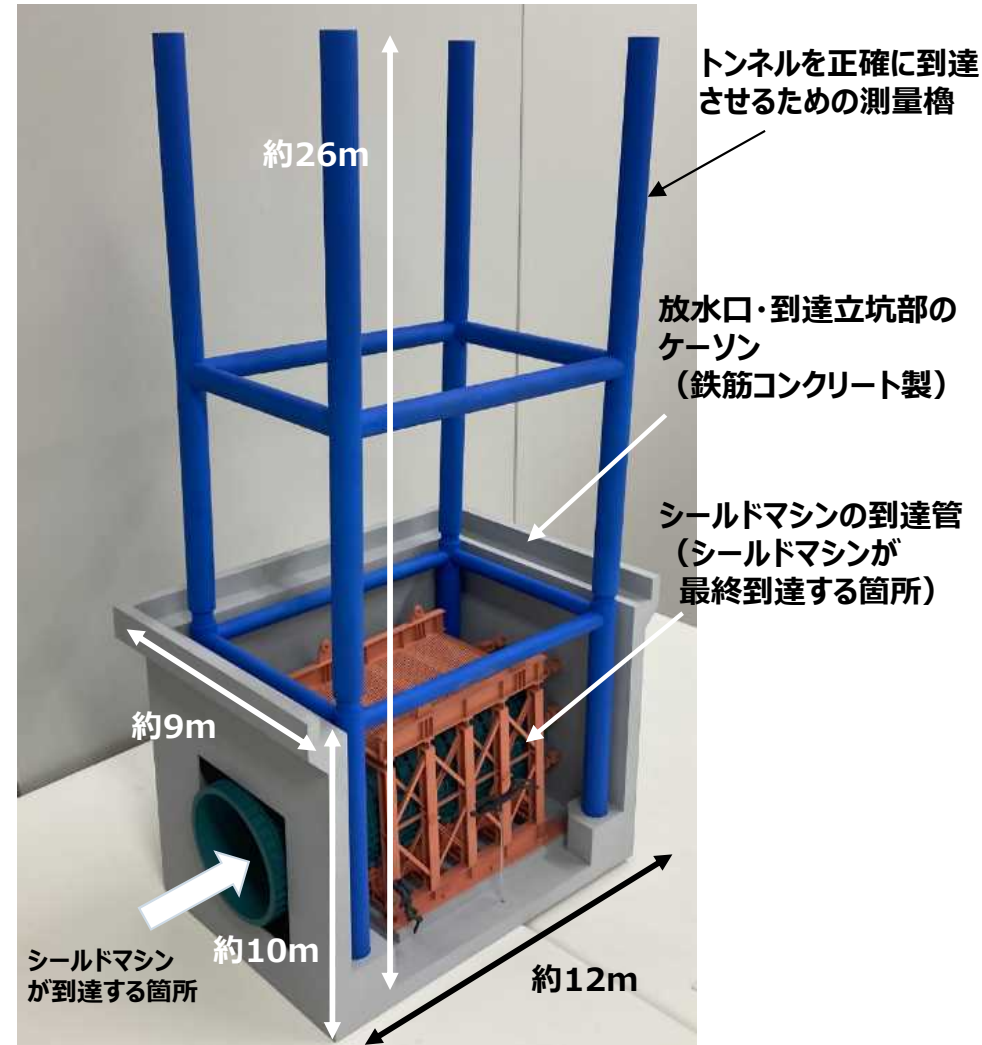
- トンネル掘進中の位置情報を管理するための「測量櫓」と、シールドマシンが到達する「シールド到達管」をケーソン内部に事前に設置しています。



放水口断面イメージ図



放水口イメージ図



放水口ケーソン製作イメージ図

(参考) 取水のための港湾内工事

- 取水のための港湾内工事として、比較的放射性物質濃度の高い1-4号機側の港湾から仕切るため、5,6号機取水路開渠に仕切堤（捨石傾斜堤+シート※）を構築します。
- また、輻輳する工事をより安全性を向上させて施工する観点で、工事用一時仮設物としての重機足場（捨石堤）の設置、取水路開渠内の堆砂撤去を並行して行うとともに、仕切堤設置後には透過防止工の撤去を予定しています。

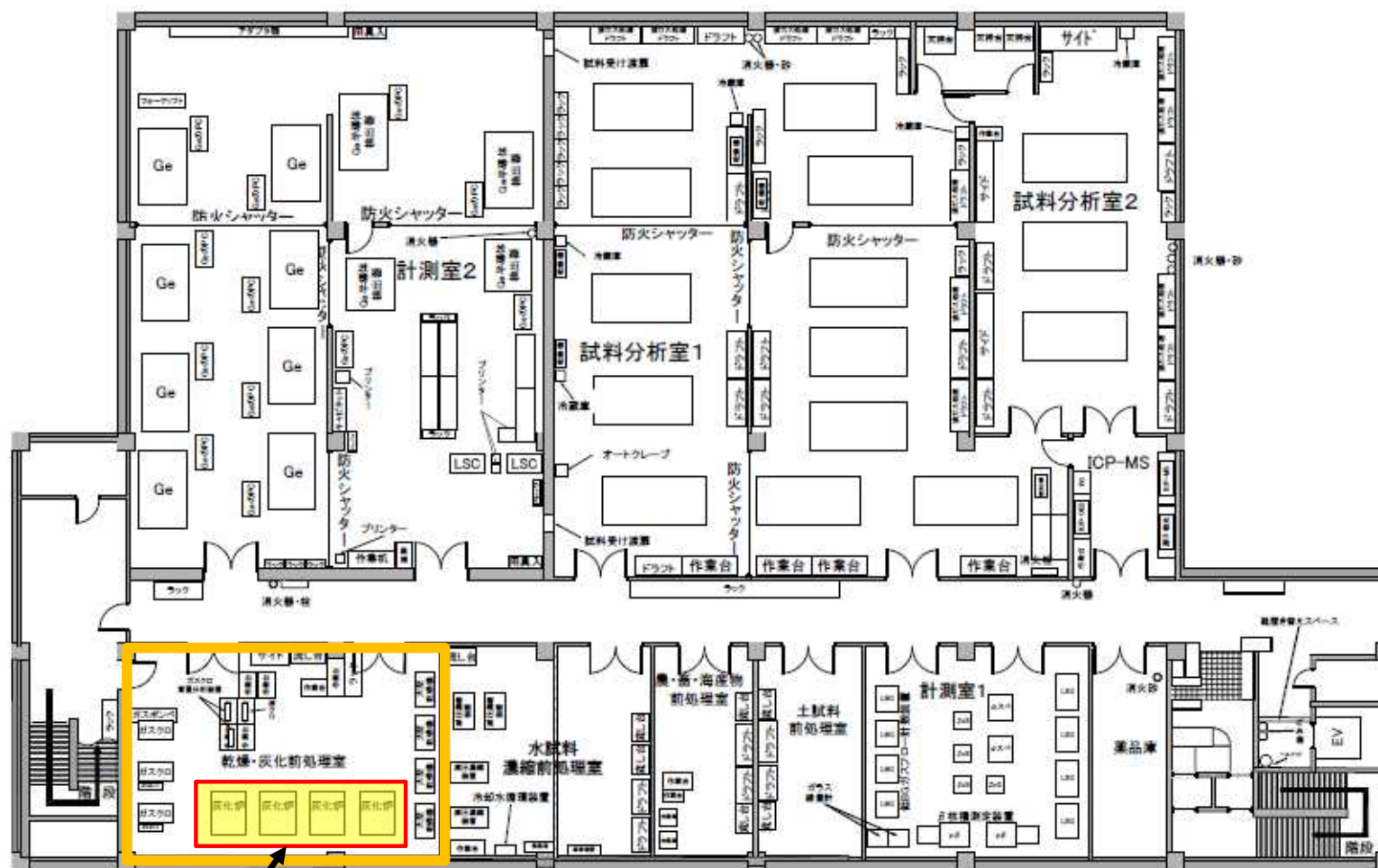
※ 軟質塩化ビニル製マット 厚さ=5mm



提供：日本スペースイメージング（株）2021.4.8撮影Product(C)[2021] DigitalGlobe, Inc., a Maxar company.

2. 電解濃縮装置の設置

- 化学分析棟内に電解濃縮装置※を設置するため、乾燥・灰化前処理室に設置されていた灰化炉4基を撤去しました。
- 電解濃縮装置は2022年12月に8台納入予定です。



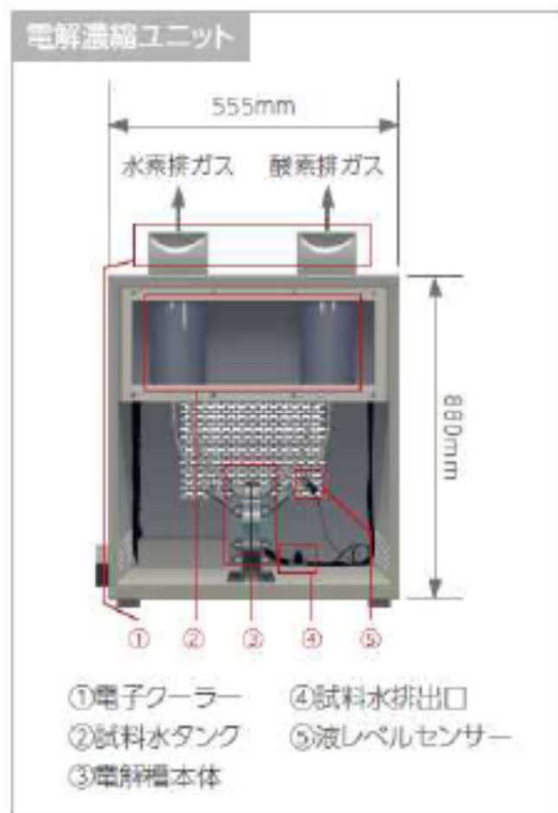
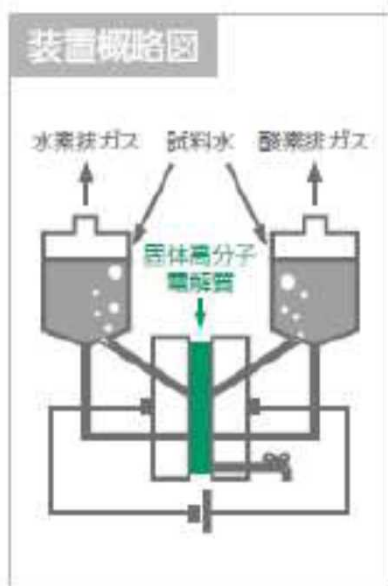
電解濃縮装置
設置予定箇所

化学分析棟 B1F

※ 極低濃度のトリチウムを分析するために用いる前処理装置

2. 電解濃縮装置の設置（続き）

- バックグラウンドレベルの表層海水中のトリチウムを検出するためには、水の電気分解等※によりトリチウムを濃縮したうえで測定する必要があります。
- 電気分解等の実施により、分析日数は1カ月～1.5カ月程度長くなりますが、検出下限値を下げて測定することが可能です。
- 福島第一原子力発電所でのトリチウム分析（海生物における自由水トリチウム分析）においても、今後導入を予定しています。



（※）電気分解による濃縮について

試料水を電気分解すると、水素ガスと酸素ガスが発生しますが、水素ガスになる際の反応速度は ${}^1\text{H} > {}^2\text{H} > {}^3\text{H}$ （トリチウム）であり、**トリチウム水は電気分解されにくい**という性質があります。この性質を利用し電気分解によってトリチウムを濃縮します。

【仕様】

- 約60時間で1,000mLの蒸留した試料水を50mLに濃縮することが可能
- 電解生成物として水素と酸素が分離発生する

3. 低エネルギー光子用ゲルマニウム半導体検出器（LEPS）の設置

- 化学分析棟の計測室内に，低エネルギー光子用ゲルマニウム半導体検出器（LEPS）を設置します。（2022年12月15日納入・設置予定）



化学分析棟 B1F

3. 低エネルギー光子用ゲルマニウム半導体検出器（LEPS）の設置（続き）

- ALPS処理水の分析においては、Fe-55, Nb-93m, Mo-93等の低エネルギーの放射線を放出する核種分析も必要になります。
- これらの核種分析は、1Fに設置しているゲルマニウム半導体検出器では測定できないため、低エネルギー光子用ゲルマニウム半導体検出器（LEPS）を新規に導入します。



LEPS設置予定場所
(化学分析棟計測室内)



LEPS外観

(写真は株式会社化研に設置されているもの)



参考：既設ゲルマニウム半導体検出器
(写真は化学分析棟計測室内の装置)

3月16日地震発生後の
福島第一原子力発電所の状況について
(建屋解析に関わるコメント回答)

2022年11月29日

TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

第99回でのコメント

3号機について、建屋解析モデルに3月16日地震の波を入力して、建屋の応答解析結果と実際の建屋応答との比較・分析を行うこと。（第99回）

第102回の回答

第100回でお示しした3月16日地震のはざとり波を用いて3号機原子炉建屋の地震応答解析を行い、地震計から得られた観測記録と解析結果を比較を実施した。（第102回）

第102回でのコメント

3.16地震時の3号機の地震観測記録（NS方向の最大応答加速度）が解析結果と比較し3割程度上回っていることから、今後も、地震時の実挙動を踏まえ、継続的にモデルの高度化を検討すること。その際、最大応答加速度のみならず、応答スペクトルの波形、速度や変位等も考慮すること（第102回）

今回、追加回答

第100回でお示しした3月16日地震のはざとり波を用いて3号機原子炉建屋の地震応答解析（UD方向追加）を実施した。

また、地震計から得られた観測記録と解析結果について、NS方向の最大応答加速度に差が見られたことに関する分析を実施した。

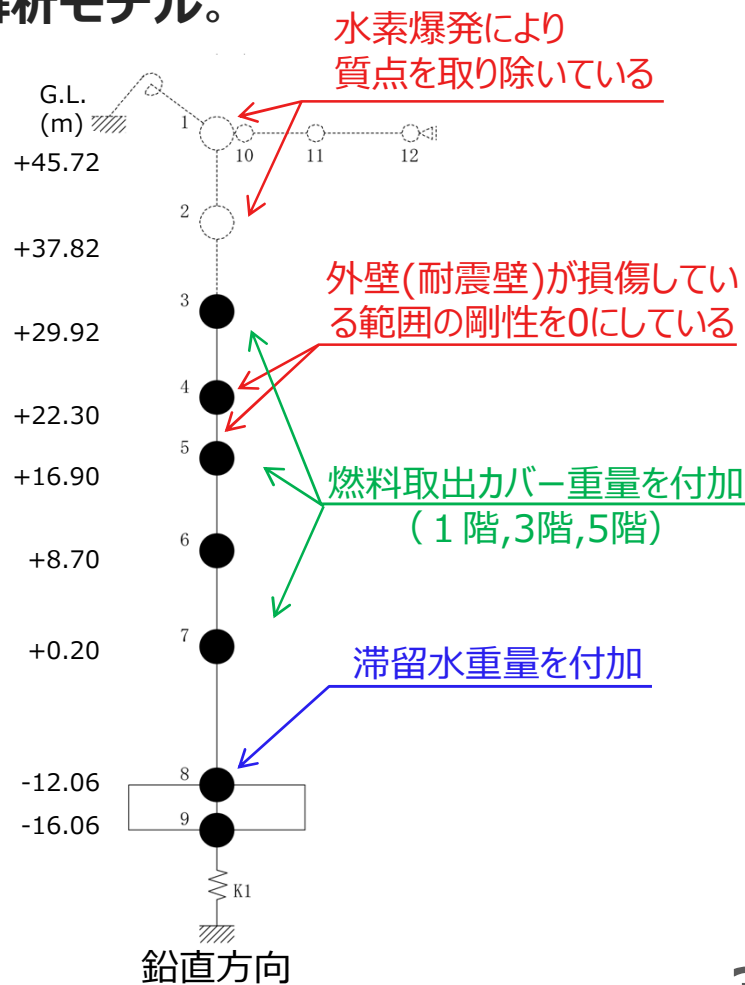
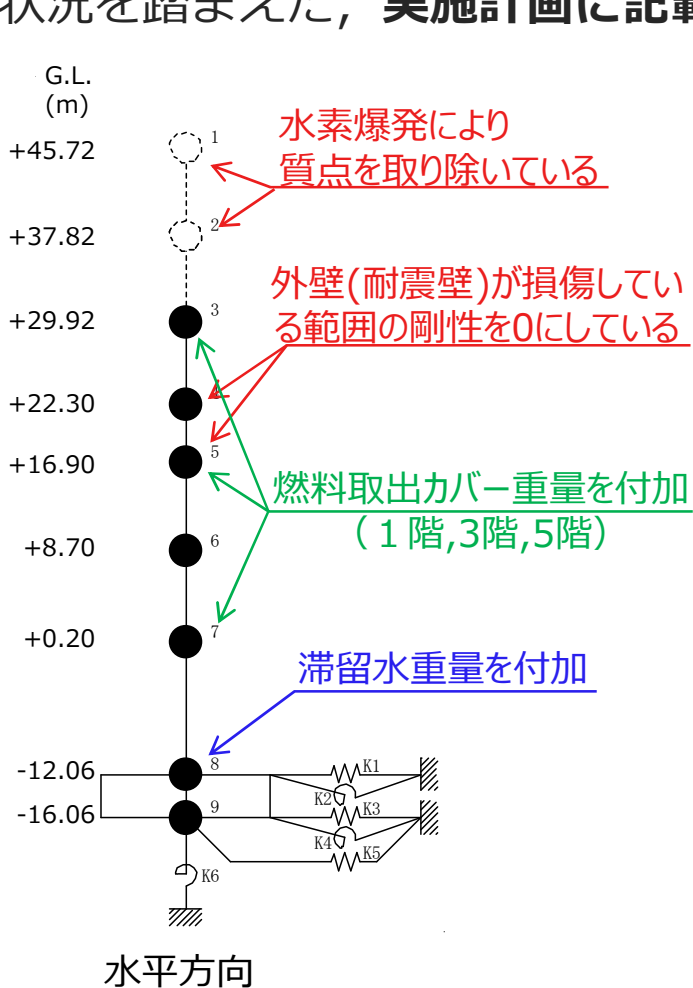
これらの結果を踏まえて、地震応答解析結果は観測記録と概ね整合が図れたと考えているが、今後も大きな地震が発生した場合は観測記録と解析結果の比較を適宜実施していく。

1. 3号機原子炉建屋の地震応答解析結果（UD方向追加）

2. NS方向の差に関する分析

1-1. 地震応答解析の概要

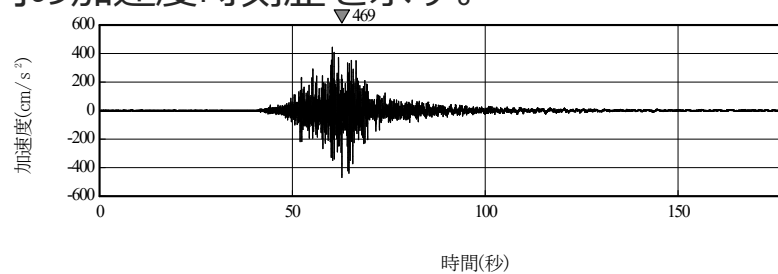
- 3月16日地震のはぎとり波を用いた3号機原子炉建屋（以下、「3R/B」という）の地震応答解析を行い，耐震評価を実施。
- **地震応答解析に用いるモデルは，建屋損傷状況・地下滞留水・燃料取り出しカバー一等の状況を踏まえた，実施計画に記載の解析モデル。**



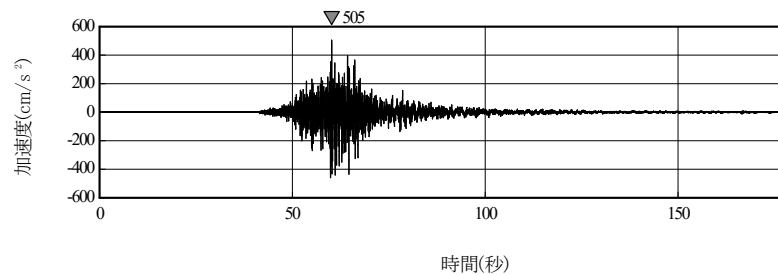
3R/B 解析モデル

1-2. 地震応答解析に用いる3.16地震はぎとり波の概要

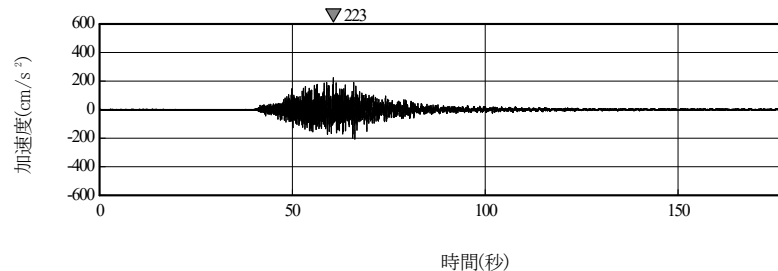
- 今回用いる地震動は、特定原子力施設監視・評価検討会（第100回）の資料2-2「解放基盤表面の地震動（はぎとり波）および3号機地震観測記録（卓越周期の推移）について」にて示したはぎとり波。
- 以下に地震動の各方向の加速度時刻歴を示す。



はぎとり波（NS方向）



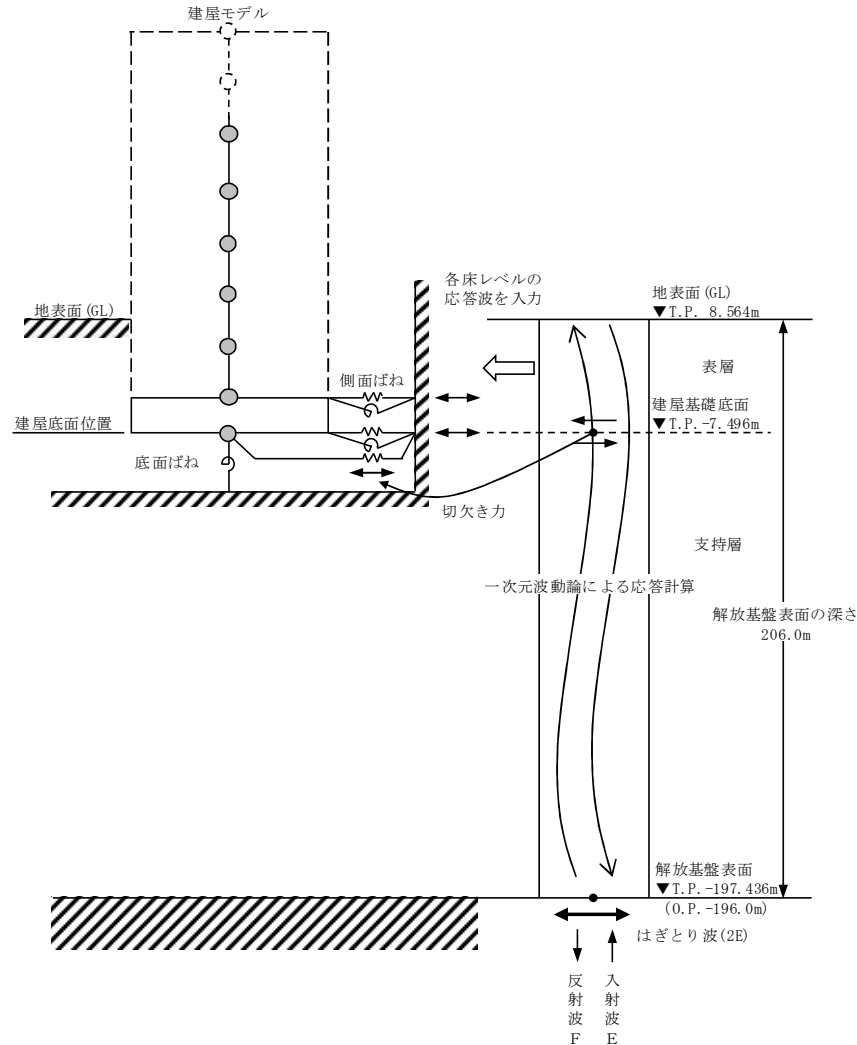
はぎとり波（EW方向）



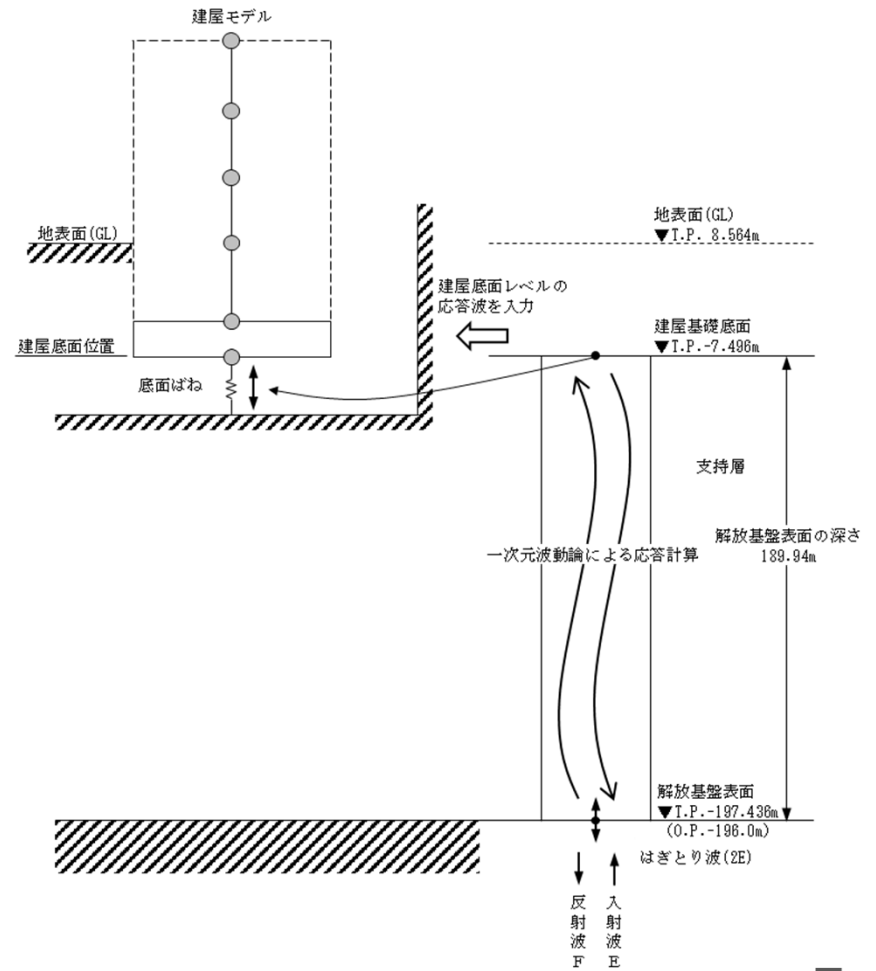
はぎとり波（UD方向）

1-3. 地震応答解析の概要

- はぎとり波を解放基盤表面に定義し，地盤の地震応答解析を実施し，建屋への入力動を算定。



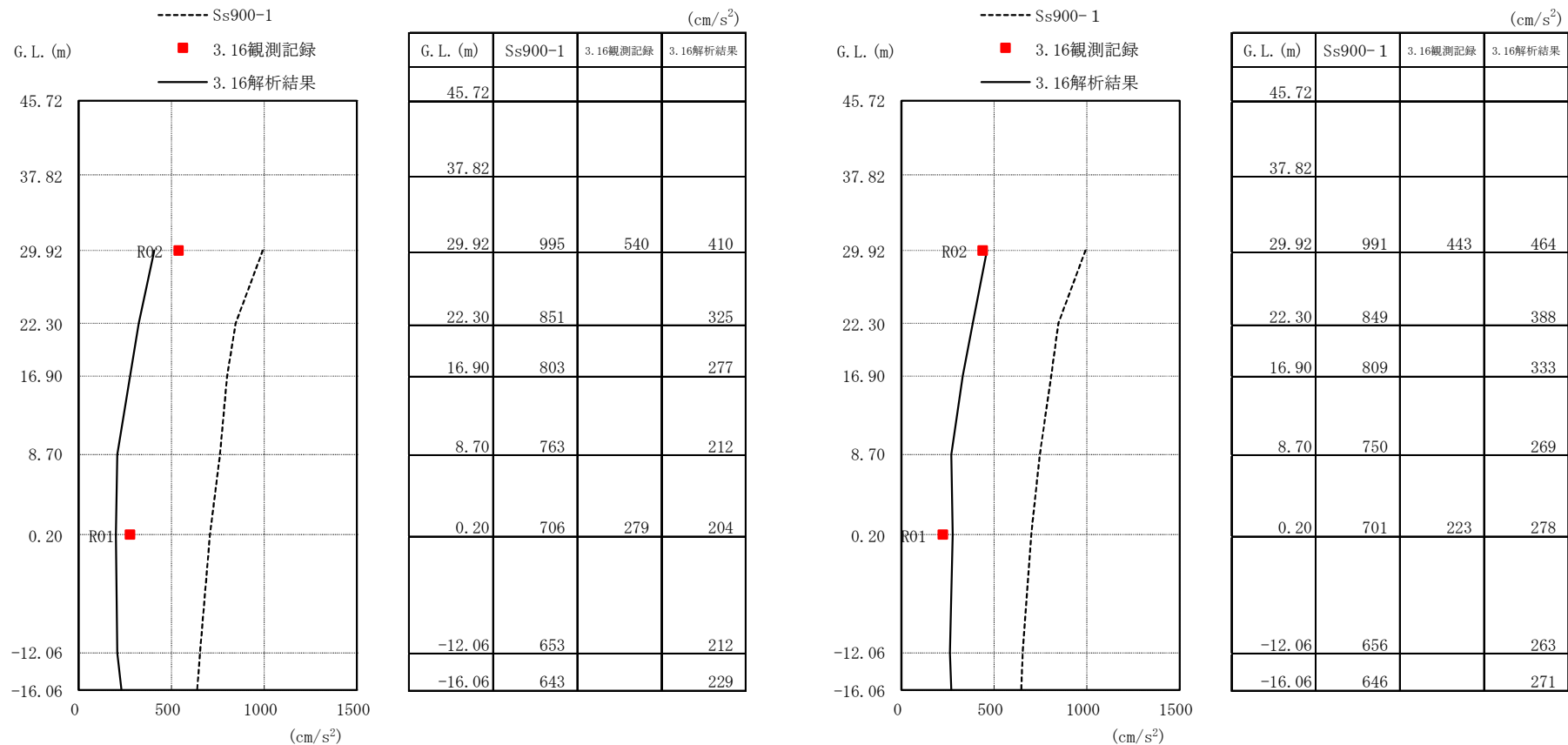
水平方向



鉛直方向

1-4. 地震応答解析の結果（NS, EW方向の加速度比較）

- はぎとり波を用いた今回解析と3号機地震計観測記録の最大加速度値を比較した（図1）。
- EW方向については解析結果と観測記録で同程度の数値となっている。
- NS方向についてはEW方向と比較して解析結果と観測記録にやや差があるものの、全体としては解析により概ね建屋の揺れの傾向をとらえられている。



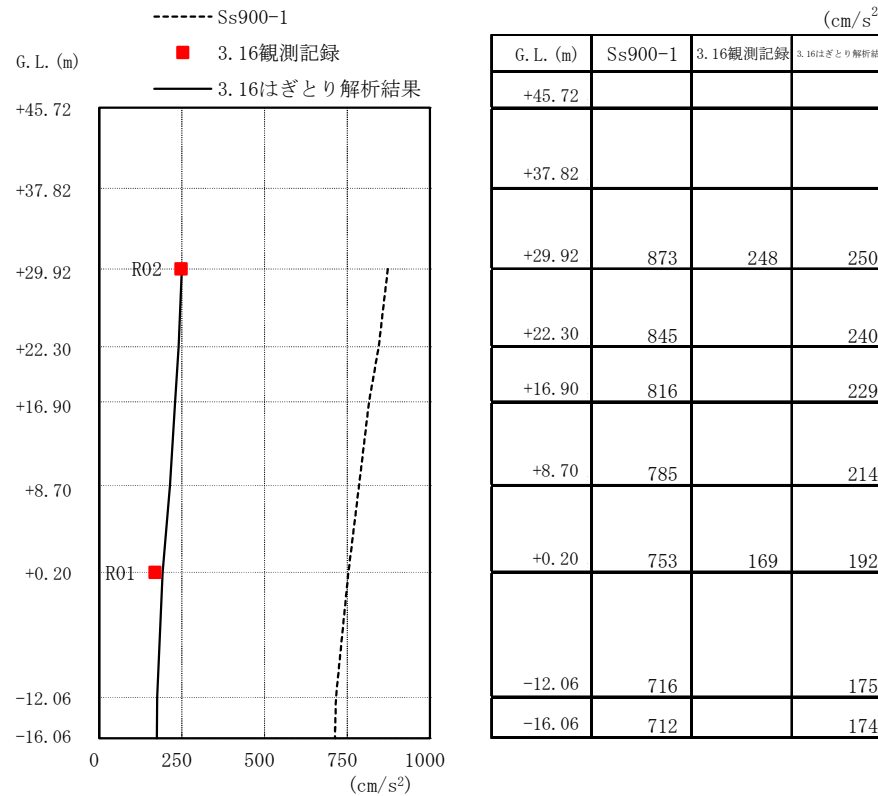
最大応答加速度（NS方向）

最大応答加速度（EW方向）

図1 3R/B最大応答加速度の比較（観測記録と解析結果の比較）

1-5. 地震応答解析の結果（UD方向の加速度比較）

- はぎとり波を用いた今回解析と，3号機地震計観測記録の最大加速度値について，UD方向の比較を実施した。
- 解析結果と観測記録で同程度の数値となっている。



最大応答加速度（UD方向）

3R/B 最大応答加速度の比較（観測記録と解析結果の比較）

1-6. 地震応答解析の結果（せん断ひずみ）

- 耐震壁のせん断ひずみは、最大で **0.07×10^{-3}** （EW方向）であり、耐震壁の評価基準値（ 4.0×10^{-3} ）※1に対して十分余裕があることを確認した。

（単位： $\times 10^{-3}$ ）

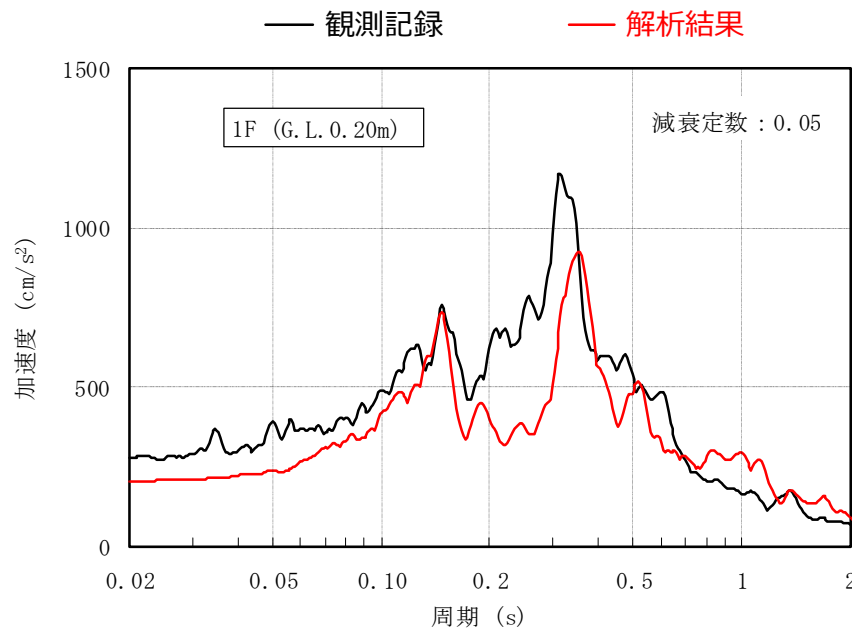
| 階 | G.L. (m) | N S方向 | | E W方向 | |
|-----|---------------|-------------------|-------|-------------------|-------|
| | | 福島県沖の地震 による解析値 | 評価基準値 | 福島県沖の地震 による解析値 | 評価基準値 |
| 4F | +29.92~+22.30 | 0.03 | 4.0以下 | 0.07 | 4.0以下 |
| 3F | +22.30~+16.90 | 0.05 | | 0.07 | |
| 2F | +16.90~+8.70 | 0.05 | | 0.06 | |
| 1F | +8.70~+0.20 | 0.06 | | 0.07 | |
| B1F | +0.20~-12.06 | 0.04 | | 0.05 | |

※1 評価基準値:耐震壁のせん断ひずみが鉄筋コンクリート造耐震壁の終局限界に対応する評価基準値(4.0×10^{-3})

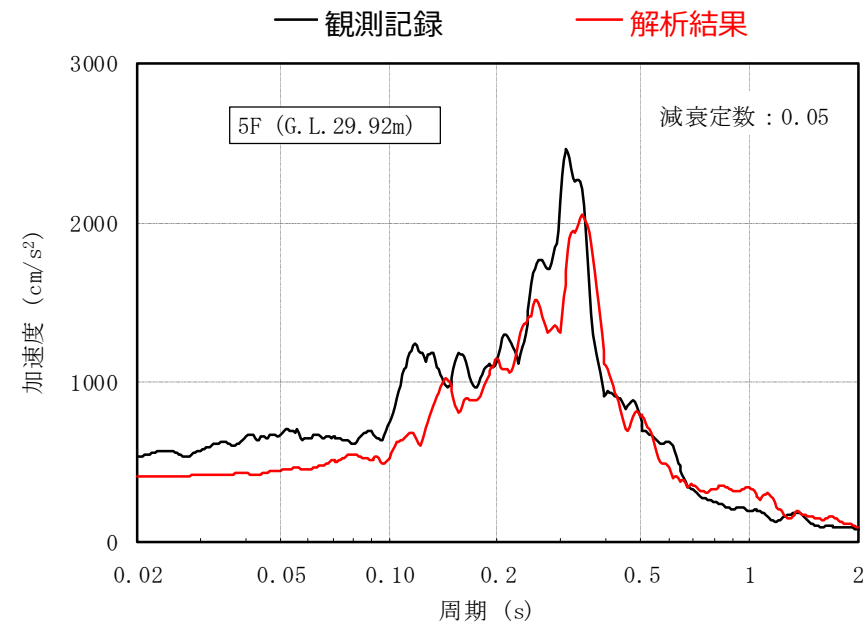
1. 3号機原子炉建屋の地震応答解析結果（UD方向追加）
2. NS方向の差に関する分析

2-1. NS方向の加速度応答スペクトルの比較

- はぎとり波を用いた今回解析と、地震観測記録の加速度応答スペクトルを比較。
- NS方向は、観測記録と解析結果で周期帯によって差がみられるものの、ピークとなる周期をとらえている。



1階 応答スペクトル (NS方向)

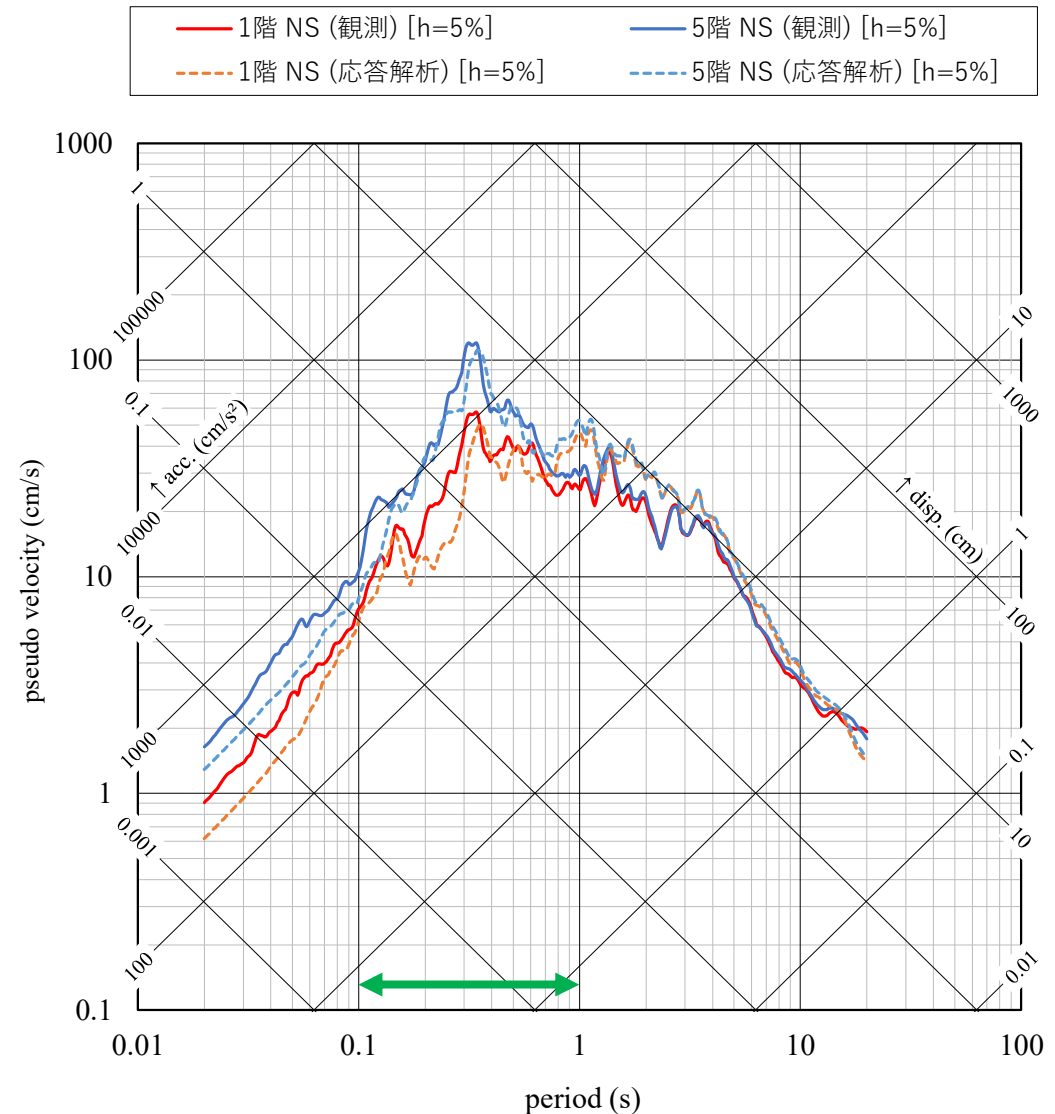


5階 応答スペクトル (NS方向)

3 R/B 応答スペクトルの比較 (観測記録と解析結果の比較)

2-2. NS方向のトリパタイト応答スペクトルの比較

- はぎとり波を用いた今回解析と、地震観測記録の擬似応答スペクトルを加速度・速度・変位の3軸で比較。
- NS方向は、観測記録と解析結果で周期帯によって差がみられるものの、建屋の応答で重視すべき0.1~1秒間においてピークとなる周期をとらえていると判断。



3R/B 擬似応答スペクトルの比較
(観測記録と解析結果の比較)

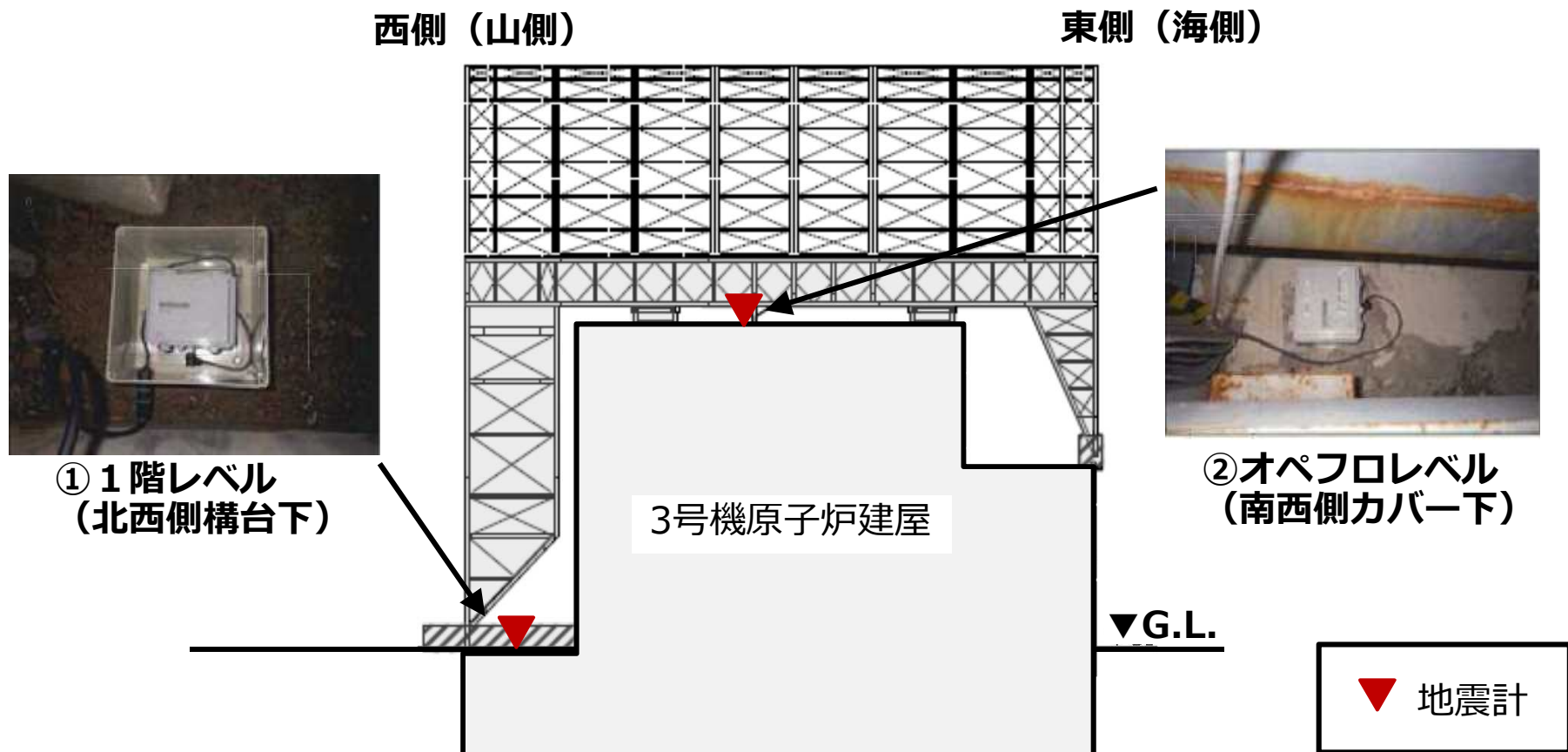
2-3. まとめ

- 以上の結果から、今回のモデルを用いた3.16地震の地震応答解析については、概ね地震観測記録をとらえていると判断。
- なお、今後、引き続き観測を続け、大きな地震が起きた場合など必要に応じて解析による確認を実施予定。

【参考】 3号機地震計の設置状況 断面

特定原子力施設監視・評価
検討会（第89回）
資料1-3より再掲

- 3号機原子炉建屋「1階レベル」「オペフロレベル」に1台ずつ計2台の地震計を設置。

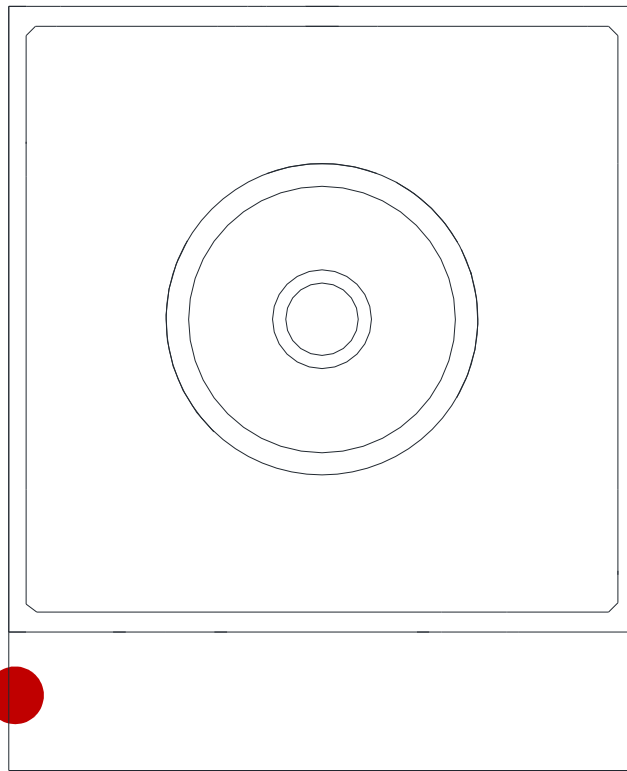


地震計設置位置（断面）

【参考】 3号機地震計の設置状況 平面

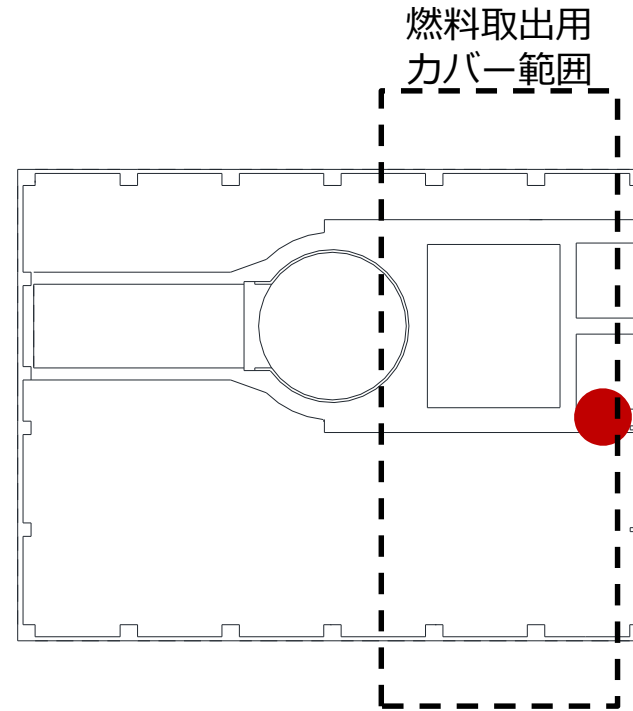
特定原子力施設監視・評価
検討会（第89回）
資料1-3より再掲

←北



霧困気線量
約0.08mSv/h

1階レベル



燃料取出用
カバー範囲

霧困気線量
約0.25mSv/h

オペフロレベル

地震計設置位置（平面図）

● 地震計