

# 島根原子力発電所第 2 号機 工事計画認可申請の審査状況

---

2023 年 8 月  
中国電力株式会社

- 
1. 審査会合における主な説明事項
    1. 1 詳細設計申送り事項の分類 (P.3~25)
    1. 2 新たな規制要求（バックフィット）への対応事項 (P.26~29)
    1. 3 今回申請内容における設置変更許可審査時からの設計変更内容 (P.30~36)
    1. 4 その他の詳細設計に係る説明事項 (P.37~46)

# 1. 審査会合における主な説明事項

工事計画認可の審査では、設置変更許可の審査等を踏まえた詳細な設備設計、評価手法及び評価結果についての説明を行う。

- 工事計画認可の審査における主な説明事項は、以下の [ 1 ] [ 2 ] [ 3 ] の項目から抽出した上で、他社プラントの審査で議論となった事項のうち、島根 2 号機の審査でも評価手法等について詳細に説明する必要があると考えた事項についても [ 4 ] として抽出した。

[ 1 ] 設置変更許可審査時に詳細設計へ送りした事項

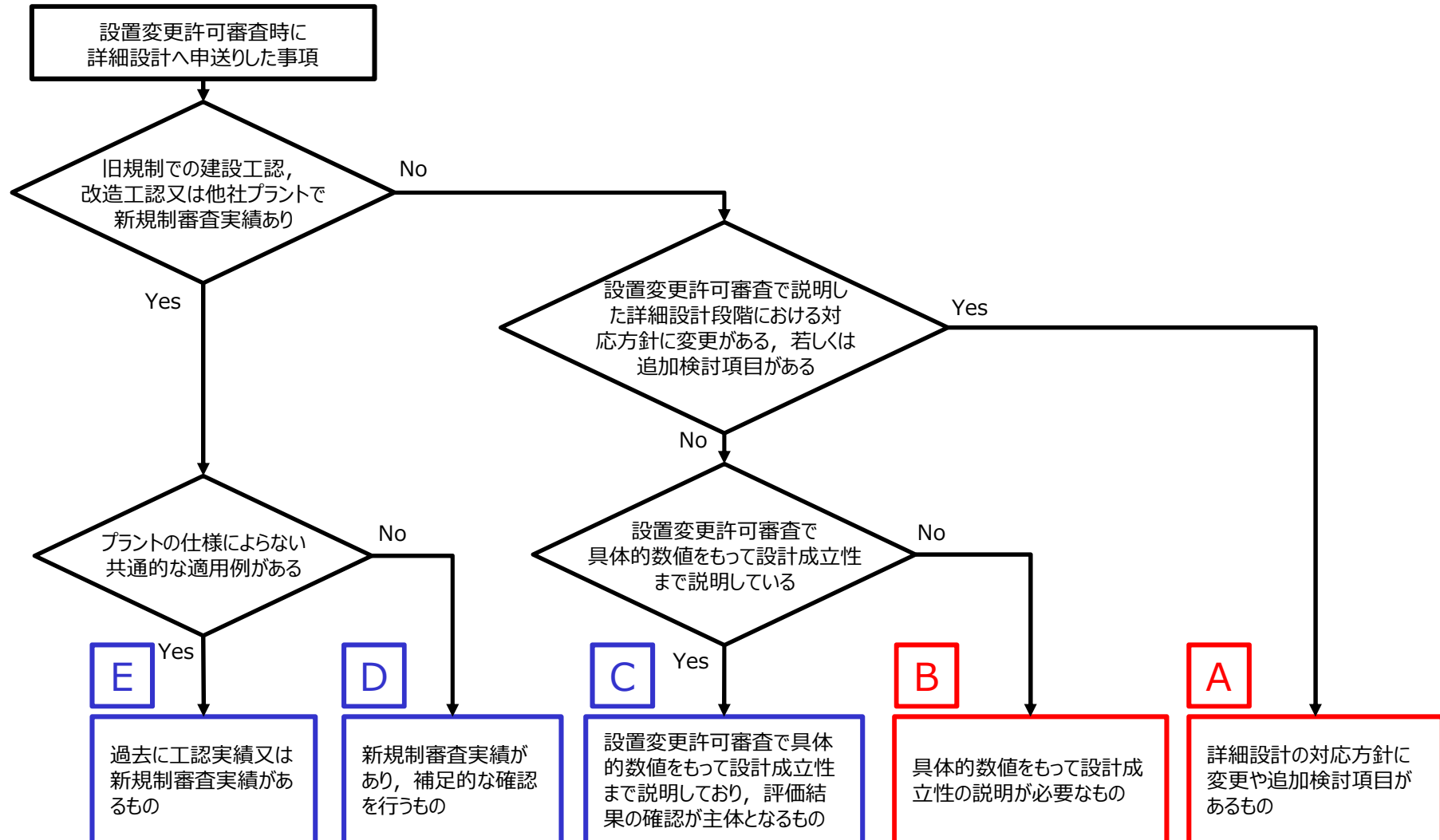
[ 2 ] 新たな規制要求（バックフィット）への対応事項

[ 3 ] 今回申請内容における設置変更許可審査時からの設計変更内容

[ 4 ] その他の詳細設計に係る説明事項

# 1. 1 詳細設計申送り事項の分類（1 / 5）

- 設置変更許可審査時に詳細設計へ申送りした事項について、以下のフローに基づき説明内容の重み付け（A～Eの5段階に分類）を実施し、主な説明事項（分類A, B）を抽出した。



## 1. 1 詳細設計申送り事項の分類（2 / 5）

➤ 詳細設計申送り事項に係る評価手法の適用性等についての審査会合での説明状況は、第1表のとおり。

第1表 詳細設計申送り事項（分類A, B）（1 / 4）

| No. | 項目                          | 概要  | 分類 | 説明状況                 |
|-----|-----------------------------|---|----|----------------------|
| 1-1 | 地震応答解析モデルにおける建物基礎底面の付着力     | 地震応答解析に用いる付着力について、信頼性、保守性及び地盤のばらつきを踏まえた網羅性・代表性に対する説明性を向上させる観点から、1, 2号機建物近傍において追加試験を実施した。また、追加試験結果を踏まえ、建物基礎底面の付着力として設定した値の保守性・妥当性を説明する。                                  | A  | R4年6月14日<br>審査会合で説明済 |
| 1-2 | 建物・構築物の地震応答解析における入力地震動の評価   | 建物・構築物の入力地震動の評価について、既工認において採用実績のある1次元波動論又は2次元FEM解析等を採用する方針であり、解析モデルについては、建設時以降の敷地内の追加地質調査結果の反映等により、最新のデータを基に、より詳細にモデル化する。<br>また、入力地震動の評価について影響検討を行い、入力地震動の保守性・妥当性を説明する。 | A  | R4年9月1日<br>審査会合で説明済  |
| 1-3 | 横置円筒形容器の応力解析へのFEMモデル適用方針の変更 | 設置変更許可審査では、横置円筒形容器の評価部位のうち胴にFEMモデル（シェルモデル）を用いた耐震評価を行う方針としていたが、今回工認では必要に応じて耐震補強工事を実施のうえ、J E A G 4 6 0 1 - 1987に基づく耐震評価を行う方針に見直した。  | A  | R5年3月30日<br>審査会合で説明済 |

# 1. 1 詳細設計申送り事項の分類（3 / 5）

第1表 詳細設計申送り事項（分類A, B）（2 / 4）

| No. | 項目               | 概要  | 分類 | 説明状況                                       |
|-----|------------------|---|----|--|
| 1-4 | サプレッションチェンバの耐震評価 | <p>既工認では内部水質量を固定質量（死荷重）として扱っていたが、今回工認では有効質量として扱って3次元はりモデルによる地震応答解析を行うことから、その妥当性を説明する。</p> <p>バルジングによるサプレッションチェンバへの影響が軽微であることを、3次元 F E M解析により分析した結果を用いて説明する。</p> <p>耐震評価に用いるサプレッションチェンバの水位について、DB評価及びSA評価ともにSA条件での水位を用いることの妥当性を説明する。</p> <p>地震応答解析モデルについて、鉛直方向の応答を精緻に算出するため、トラス胴とサポートの間にはばね要素を追加した360°モデルを適用することの妥当性及び高次モードの影響を説明する。</p> | A  | R4年12月1日<br>審査会合で説明済                       |
| 1-5 | 漂流物衝突荷重の設定       | <p>漂流物衝突荷重については、先行サイトにおける検討を参照し、追加実施した船舶の形状調査により精度向上を図った解析モデルによる非線形構造解析（衝突解析）から算定する。また、船舶の衝突形態の不確かさについても考慮することを説明する。</p> <p>漂流物の衝突荷重の影響を踏まえ、津波防護施設に設置する漂流物対策工の設計方針及び構造仕様を説明し、漂流物対策工を踏まえた津波防護施設の詳細設計の結果を説明する。</p>  | A  | R4年9月1日<br>R4年12月1日<br>R5年3月2日<br>審査会合で説明済 |

# 1. 1 詳細設計申送り事項の分類（4 / 5）

第1表 詳細設計申送り事項（分類A, B）（3 / 4）

| No. | 項目                                   | 概要  | 分類 | 説明状況   |
|-----|--------------------------------------|---|----|--|
| 1-6 | 機器・配管系への制震装置の適用                      | 制震装置（単軸粘性ダンパ、三軸粘性ダンパ）及びそれらを設置する設備の地震時の構造成立性については、設置変更許可段階にて示した地震応答解析手法による耐震評価結果を説明する。   | B  | 三軸粘性ダンパ：<br>R4年9月1日<br>審査会合で説明済<br><br>単軸粘性ダンパ：<br>R5年2月7日<br>審査会合で説明済 |
| 1-7 | 浸水防止設備のうち機器・配管系の基準地震動 $S_s$ に対する許容限界 | 浸水防止設備のうち隔離弁、ポンプ及び配管の耐震設計は、従来からの耐震 $S$ クラスの機器・配管系の方針を適用する旨を説明する。また、各施設の耐震計算書にて、基準地震動 $S_s$ による許容応力状態 $IV_{AS}$ の評価に加えて、弾性設計用地震動 $S_d$ による許容応力状態 $III_{AS}$ の評価結果を説明する。                | B  | R5年3月30日<br>審査会合で説明済   |
| 1-8 | 設計地下水位の設定                            | 3次元浸透流解析結果を踏まえた設計地下水位の設定方法について説明する。また、非定常解析について、解析の位置付け、及び信頼性を向上させた取り組みとして観測値と解析値との相関を高めるため解析モデルを変更した内容について説明する。  | B  | R4年9月1日<br>審査会合で説明済  |
| 1-9 | 防波壁                                  | 設置変更許可段階において、構造成立性及び詳細設計段階における設計方針を説明している防波壁（多重鋼管杭式擁壁、逆T擁壁及び波返重力擁壁）について、改良地盤の仕様・範囲、グラウンドアンカーのモデル化を踏まえた健全性評価、既設コンクリートと新設コンクリートの一体性、ケーソン中詰材改良の仕様・範囲等の詳細設計の結果について、追加で実施した試験結果等を踏まえて説明する。 | B  | R4年9月1日<br>R4年12月1日<br>R5年2月7日<br>R5年3月2日<br>R5年3月30日<br>審査会合で説明済      |

# 1. 1 詳細設計申送り事項の分類（5 / 5）

第1表 詳細設計申送り事項（分類A, B）（4 / 4）

| No.  | 項目  | 概要  | 分類 | 説明状況                             |
|------|---|---|----|----------------------------------|
| 1-10 | 土石流影響評価                                       | 防波壁と隣接している管理事務所4号館が土石流により倒壊した場合に防波壁に影響がないことについて説明する。  | B  | R5年3月2日<br>審査会合で説明済              |
| 1-11 | 保管・アクセス                                       | 第3保管エリア近傍斜面の抑止杭の評価にあたっては、詳細設計段階では、余裕を持った設計とするため、抑止杭を5本追加配置したレイアウトに基づき評価結果を説明する。<br>地震により杭間の岩盤の中抜けが生じないことを3次元FEM解析により説明する。また、杭下流側のシームすべり（肌分かれ）が起こらないこと等について、2次元動的FEM解析により説明する。 | B  | R4年6月14日<br>審査会合で説明済             |
| 1-12 | ブローアウトパネル閉止装置                                 | 設置変更許可段階においてダンパを採用すること等を説明しているブローアウトパネル閉止装置について、加振試験等の詳細設計の結果について説明する。  | B  | R4年3月29日<br>R4年6月14日<br>審査会合で説明済 |
| 1-13 | 非常用ガス処理系吸込口の位置変更による影響                         | 【審査会合での指摘事項】<br>非常用ガス処理系など今回の申請で配管の取り回し等を変更している設備について、当該変更が既存の機能へ悪影響を及ぼすことがないことを説明すること。   | B  | R4年3月29日<br>R4年6月14日<br>審査会合で説明済 |
| 1-14 | 原子炉ウエル排気ラインの閉止及び原子炉ウエル水張りラインにおけるドレン弁の閉運用による影響 | 【審査会合での指摘事項】<br>原子炉ウエル排気ライン及び水張りラインについて、許可での議論を踏まえ、閉止対策の詳細設計について、既設設備を閉止することの悪影響も含めて、今後の審査で説明すること。  | B  | R4年3月29日<br>審査会合で説明済             |



# 【1-1】地震応答解析モデルにおける建物基礎底面の付着力（1 / 3）

## 1. 概要

- 島根2号機の建物の地震応答解析には、SRモデル、ジョイント要素を用いた3次元FEMモデル及び基礎固定モデルを用いている。このうち、ジョイント要素を用いた3次元FEMモデル及びSRモデル（浮上り線形地震応答解析）では、建物の基礎底面と地盤間に存在する付着力を考慮する。
- 設置変更許可段階において、地震応答解析モデルにおける建物基礎底面の付着力は、建物直下地盤と同等の岩盤で行った付着力試験結果に基づき、十分な保守性を考慮した値とすることを説明している。
- しかし、試験地盤（3号機エリア）と建物直下地盤（1, 2号機エリア）が離れており、建物直下地盤近傍での直接的な付着力試験データが得られていないため、設計に用いる付着力について、信頼性、保守性及び地盤のばらつきを踏まえた網羅性・代表性に対する説明性を向上させる観点から、1, 2号機建物近傍において追加試験を実施した。（図1参照）
- 今回の工事計画認可申請では、追加試験結果を踏まえ、建物基礎底面の付着力として設置変更許可段階で説明した値の保守性・妥当性を説明した。

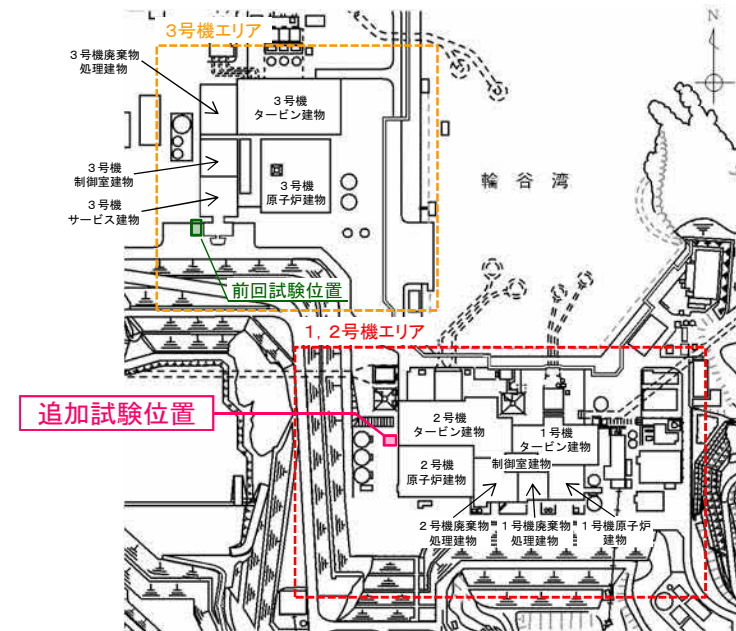


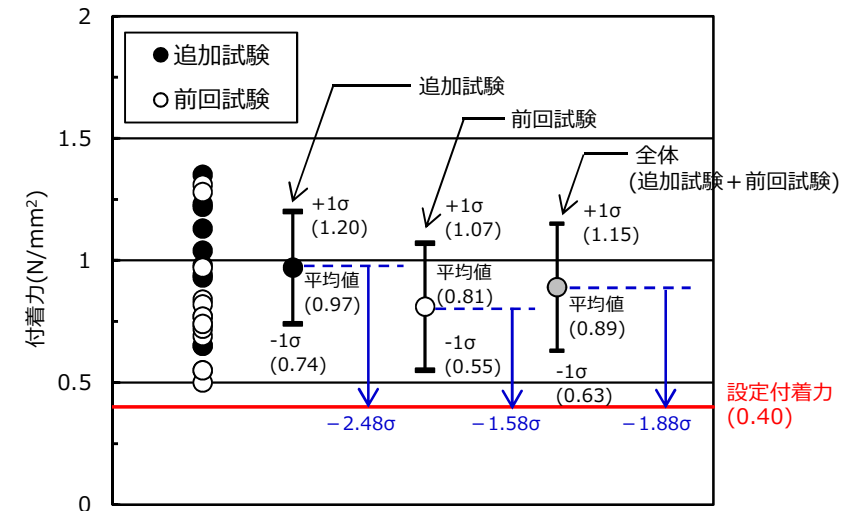
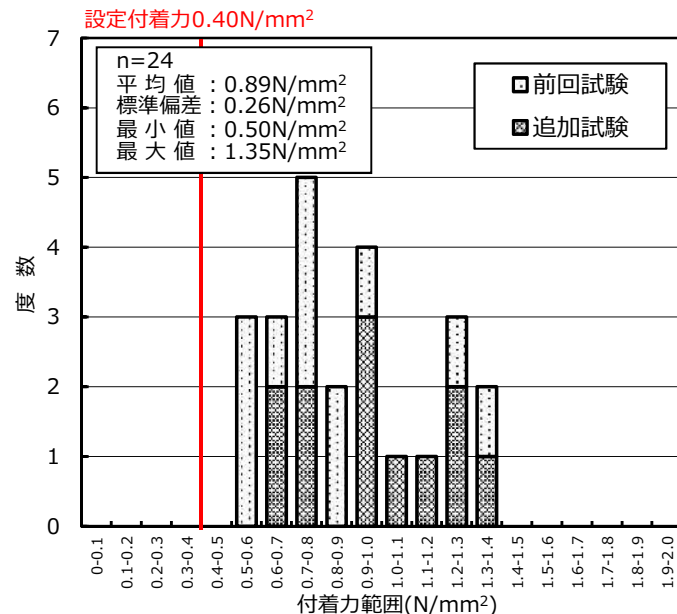
図1 付着力試験位置

# 【1-1】地震応答解析モデルにおける建物基礎底面の付着力（2 / 3）

## 2. 追加試験について

### (1) 追加試験結果及び追加試験結果を踏まえた設計用付着力の妥当性について

- 黒色頁岩の追加試験結果と前回試験結果を合わせたヒストグラム及び追加試験結果と前回試験結果の比較を示す。
- 平均値は、追加試験結果(0.97N/mm<sup>2</sup>)が前回試験結果(0.81N/mm<sup>2</sup>)を上回り、最低値も追加試験結果(0.65N/mm<sup>2</sup>)が前回試験結果(0.50N/mm<sup>2</sup>)を上回った。一方最大値は、追加試験結果(1.35N/mm<sup>2</sup>)と前回試験結果(1.31N/mm<sup>2</sup>)は同程度であった。また、追加試験結果と前回試験結果を合わせた全体の平均値は0.89N/mm<sup>2</sup>(標準偏差：0.26N/mm<sup>2</sup>)であった。
- 比較の結果、追加試験結果は前回試験結果と同等以上の値であったことから、設計用付着力として設定した値(0.40N/mm<sup>2</sup>)は、追加試験結果を踏まえても十分な保守性を有しており妥当であると判断した。
- なお、両者の標準偏差を比較すると、前回試験は0.26N/mm<sup>2</sup>、今回試験は0.23N/mm<sup>2</sup>であり、ばらつきは同程度であった。また、設計用付着力(0.40N/mm<sup>2</sup>)は、追加試験結果の平均値(0.97N/mm<sup>2</sup>)に対して $-2.48\sigma$ 、追加試験結果と前回試験結果を合わせた全体の平均値(0.89N/mm<sup>2</sup>)に対して $-1.88\sigma$ に相当する。



## 3. 付着力試験

試験は、建物直下地盤と同等な岩盤を対象に、敷地内の岩盤(黒色頁岩及び凝灰岩)上にφ100mm、高さ約100mmのコンクリートを直接打設した。試験体は試験材齢前に型枠を脱型し、上部の引張治具をロードセルに接続し、岩盤とコンクリート境界面が剥離破壊する際の最大荷重を測定した。

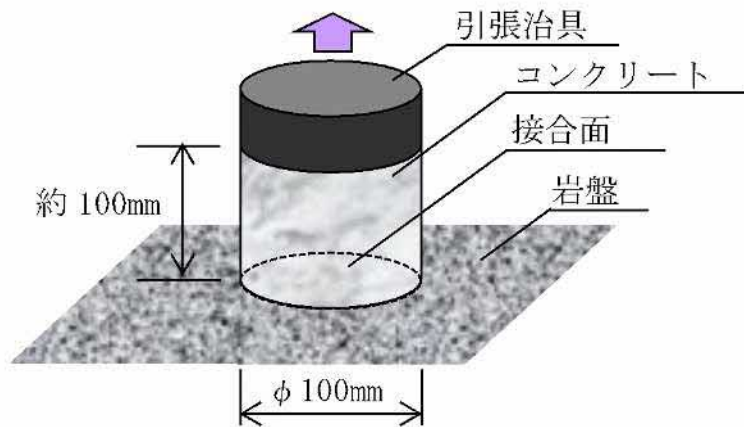


図4 試験体の概要（直接引張試験）

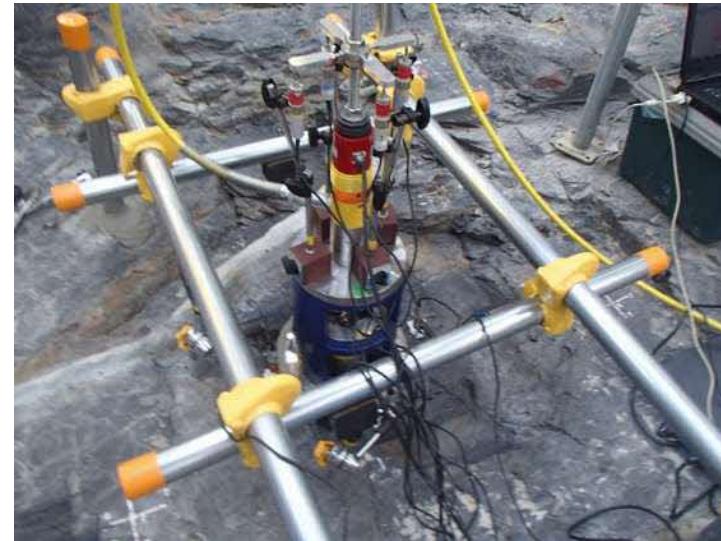


図5 付着力試験装置（直接引張試験）

## 【1-2】建物・構築物の地震応答解析における入力地震動の評価

### 1. 概要

- 既工認では、原子炉建物等の地震応答解析における入力地震動は1次元波動論又は2次元FEM解析等により評価を実施している。
- 今回工認では、既工認において採用実績のある1次元波動論又は2次元FEM解析等を採用する方針であり、解放基盤表面で定義される基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ を基に、対象建物・構築物の地盤条件を適切に考慮したうえで、地震応答解析モデルの入力位置で評価した入力地震動を設定した。
- 解析モデルについては、建設時以降の敷地内の追加地質調査結果の反映等により、最新のデータを基に、より詳細にモデル化した。
- また、建物・構築物の入力地震動の評価について以下に示す影響検討を行い、入力地震動の保守性・妥当性を説明した。
  - 1次元波動論の入力地震動の保守性の確認
  - 表層地盤の物性値（せん断剛性、減衰定数）を一定値にすることの保守性の確認
  - 高振動数領域の応答に関する影響検討

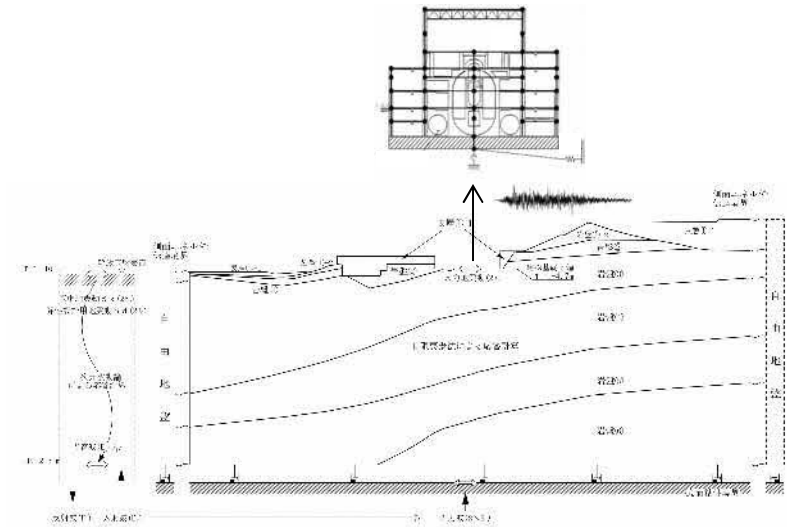


図1 入力地震動の概念図（原子炉建物N-S方向の例）

# 【1-3】横置円筒形容器の応力解析への F E Mモデル適用方針の変更

## 1. 概要

- 横置円筒形容器（熱交換器、燃料タンク等）の理論式による応力評価では、胴の脚付け根部の応力評価に用いる有効板厚に判定基準を設けており、既設当板の範囲が狭く、判定基準を満たさない場合には有効板厚に当板の板厚を考慮できず、発生値が大きくなる。
- 設置変更許可審査では、既設当板が判定基準を満たせないことにより、理論式による胴の応力評価で発生値が許容値を上回る見込みとなる容器について、胴の応力評価の精緻化を目的として F E Mモデル（シェルモデル）を用いた耐震評価を行う方針としていた。
- 今回工認では、既工認同様の耐震評価を実施する方針とし、理論式による応力評価において発生値が大きくなり、許容値を上回る場合には当板拡張を含めた耐震補強工事を実施をすることについて説明した（表 1 参照）。

表 1 横置円筒形容器の耐震評価方法の変更内容

|            | 評価部位  | 既工認   | 設置変更許可審査  | 今回工認   |
|------------|-------|---|---|--|
| 応答解析<br>方法 | 胴     | 理論式又は<br>はりモデル※1  | F E Mモデル<br>(胴の応力評価と対応)   | 理論式又は<br>はりモデル※2   |
|            | 脚     |   | 理論式又ははりモデル  |  |
|            | 基礎ボルト |   |   |  |
| 応力評価<br>方法 | 胴     | 理論式<br>(胴の脚付け根部の応力評価における有効板厚に判定基準はなく、有効板厚に当板の板厚を考慮)   | F E Mモデル<br>(胴の応力評価を精緻化)  | 理論式<br>(胴の有効板厚の判定基準に基づいて当板拡張を実施し、有効板厚に当板の板厚を考慮)  |
|            | 脚     |   | 理論式   |  |
|            | 基礎ボルト |   |   |  |
| 考え方        |       | J E A G 4 6 0 1-1987発行前であったが、J E A G 4 6 0 1-1987と同等の評価方法を適用していた。J E A G 4 6 0 1-1987には胴の脚付け根部の応力評価における有効板厚の判定基準は規定されておらず、当時は有効板厚に当板の板厚を考慮していた。 | J I S等の文献に基づき、胴の脚付け根部の応力評価において有効板厚に判定基準を設け、当該判定基準に基づいて評価を行うこととした。有効板厚に当板を考慮できないことにより発生値が許容値を上回るものについては、精緻な応力評価を実施することを目的として F E Mモデルを用いた評価を行う方針としていた。 | 有効板厚の判定基準を満たすように当板を拡張する工事の成立性を検討した。成立性の見通しが得られたことから、当板拡張を実施のうえ従来同様の理論式による応力評価を行う方針とした。 |

※ 1 : J E A Gの理論式を適用できない容器として、多段式の熱交換器に適用

※ 2 : J E A Gの理論式を適用できない容器として、脚数が3脚以上又は脚にサポートを追加した容器に適用



## 【1-4】サプレッションチェンバの耐震評価

### 1. 概要

- サプレッションチェンバの耐震評価では既工認から3次元はりモデルを用いている。既工認では内部水質量を固定質量（死荷重）として扱っていたが、今回工認では有効質量として扱って3次元はりモデルによる地震応答解析を行うことから、その妥当性を説明した。また、耐震評価に用いるサプレッションチェンバの水位について、DB評価及びSA評価ともにSA条件での水位を用いることの妥当性を説明した。オーバル振動※によるサプレッションチェンバへの影響が軽微であることを、3次元FEM解析で分析した結果を用いて説明した。
- 地震応答解析モデルについて、鉛直方向の応答を精緻に算出するため、トラス胴とサポートの間にはばね要素を追加した360°モデルを適用することの妥当性及び高次モードの影響を説明した。
- サプレッションチェンバの耐震評価において、流体解析で算出したスロッシング荷重を考慮する方法について説明した。

※オーバル振動とは、サプレッションチェンバの壁面が花びら状に変形する振動である。

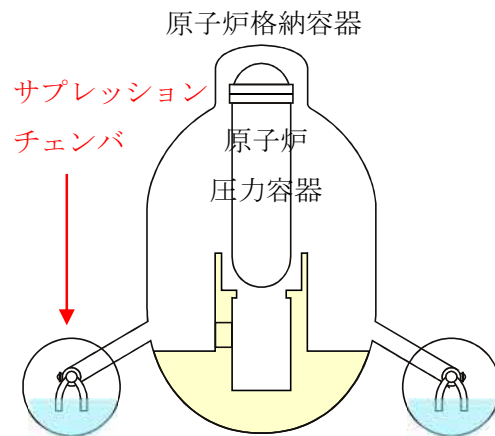


図1 サプレッションチェンバの概要図

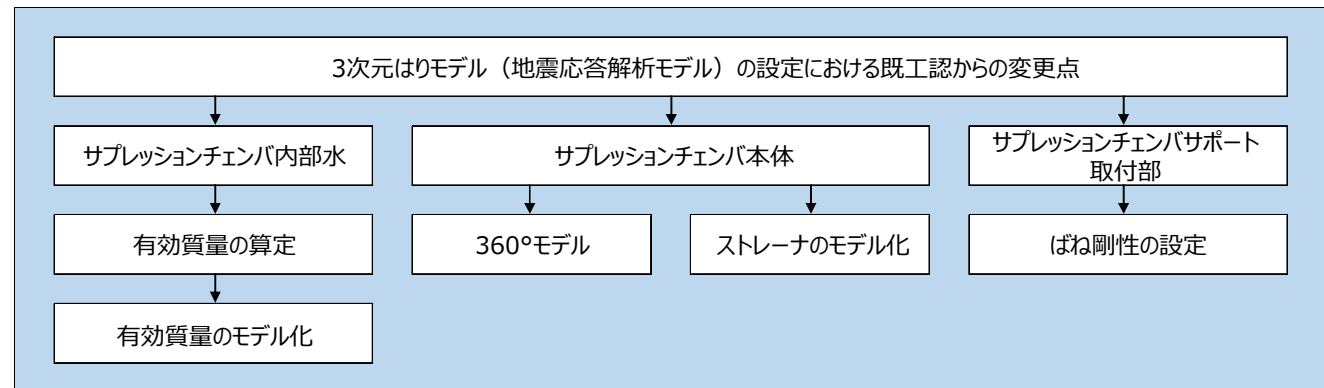


図2 サプレッションチェンバの耐震評価における既工認からの変更点

## 【1-5】漂流物衝突荷重の設定（1 / 2）

### 1. 概要

- 設置変更許可段階で設定した津波防護施設に考慮する漂流物のうち漁船については、操業エリア及び航行の不確かさを考慮し、最も大きい質量となる漂流物として、総トン数19トンの漁船（FRP製）を選定している。
- 島根2号機では、先行サイトにおける検討を参照し、追加実施した船舶の形状調査により精度向上を図った解析モデルによる非線形構造解析（衝突解析）から漂流物衝突荷重を算定する。また、船舶の衝突形態の不確かさについても考慮することを説明した。
- 設計上の配慮として、漂流物の衝突速度は基準津波の最大流速9.3m/sに余裕をみて10.0m/sとした。

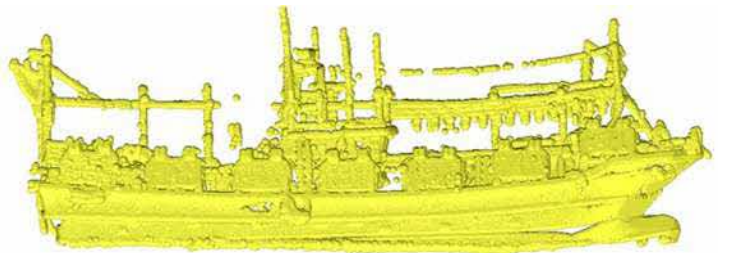


図1 3Dレーザースキャナ（船側）

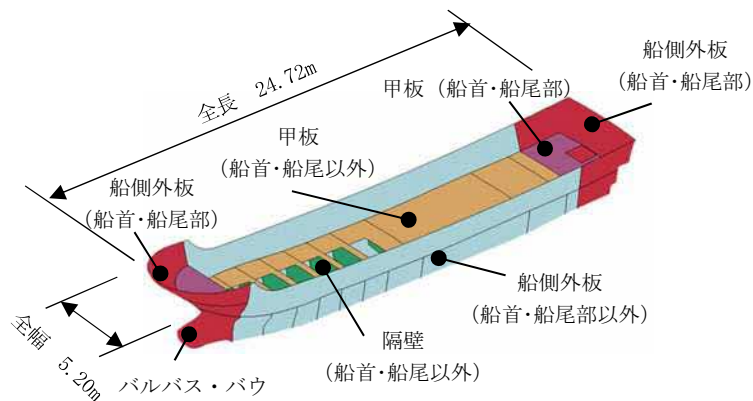


図2 対象船舶の3次元FEMモデル

表1 主要な船体構造寸法及び根拠

| 項目               | 引用文献等を基にした設定・算定根拠  | 値  |       |
|------------------|--|--|-------|
| 全長 (m)           | 対象船舶の測定結果  | 24.72  |       |
| 全幅 (m)           | 対象船舶の測定結果  | 5.20   |       |
| 計画最大<br>満載喫水 (m) | 「津波漂流物対策施設設計ガイドライン (2014)」<br>総トン数 (G.T.) 20トン漁船の喫水の最大値を採用     | 2.20   |       |
| 質量 (t)           | 「津波漂流物対策施設設計ガイドライン (2014)」<br>漁船質量 = 総トン数 × 3倍 = 19 × 3 = 57.0 | 57.0   |       |
| 板厚<br>(mm)       | 船首・船尾<br>船側外板<br>隔壁<br>甲板                                      | 「強化プラスチック船規則 (2018, 日本海事協会)」<br>【板厚算定式】<br>$t = 15 \times s \times (d + 0.026 \times L)^{1/2} \times 0.85$<br>s: 肋骨の心距 = 0.5m<br>d: 計画最大満載喫水 = 2.20m<br>L: 登録長さ = 19.40m<br>・引用文献の算定値に対して、縦、横肋骨のモデル簡略化の観点から板厚の割増しを行う | 12.00 |
|                  | 船首・船尾以外  | 「強化プラスチック船規則 (2018, 日本海事協会)」<br>【板厚算定式】<br>$t = 15 \times s \times (d + 0.026 \times L)^{1/2}$<br>s: 肋骨の心距 = 0.5m<br>d: 計画最大満載喫水 = 2.20m<br>L: 登録長さ = 19.40m<br>・引用文献の算定値に対して、縦、横肋骨のモデル簡略化の観点から板厚の割増しを行う             | 14.00 |

## 【1-5】漂流物衝突荷重の設定（2 / 2）

### 2. 漂流物対策工の設置

- 漂流物の衝突荷重の影響を踏まえ、津波防護施設に設置する漂流物対策工の設計方針及び構造仕様を説明した。漂流物対策工を踏まえた津波防護施設はおおむね弾性状態にとどまるよう、詳細設計の結果を説明した。



図3 漂流物対策工の設置状況

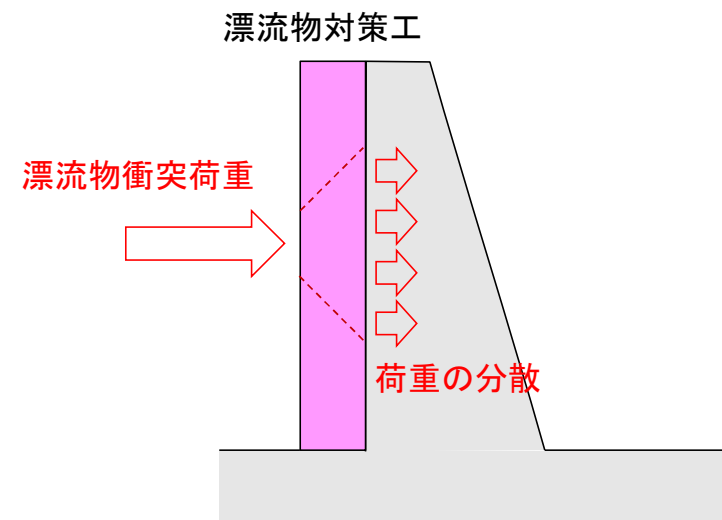


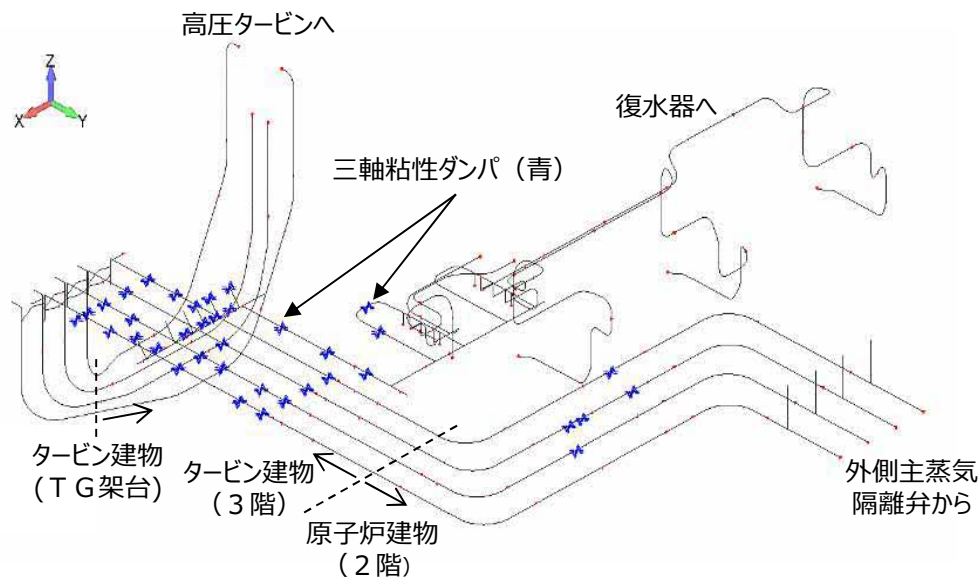
図4 漂流物対策工における衝突荷重の分散



## 【1-6】機器・配管系への制震装置の適用

### 1. 概要

- 波及的影響を防止するための対策を行う取水槽ガントリークレーン及びBクラスの配管系に、耐震性向上を目的として制震装置(単軸粘性ダンパ, 三軸粘性ダンパ)を設置する。
- 詳細設計段階で設定することとしていた以下の事項について説明した。
  - 制震装置(単軸粘性ダンパ, 三軸粘性ダンパ)及びそれらを設置する設備の地震時の構造成立性については、設置変更許可段階にて示した地震応答解析手法による耐震評価結果
  - 三軸粘性ダンパを設置した配管系の地震応答解析について、解析手法の詳細と手法の妥当性
  - 単軸粘性ダンパ及び三軸粘性ダンパの保守管理の方針



三軸粘性ダンパの外観図

図1 三軸粘性ダンパが設置される配管系の例

# 【1-7】浸水防止設備のうち機器・配管系の基準地震動 $S_s$ に対する許容限界

## 1. 概要

- 浸水防止設備のうち隔離弁、ポンプ及び配管のバウンダリ機能については、Sクラスの機器・配管系と同等の信頼性を確保する観点から、基準地震動  $S_s$  による許容応力状態  $IV_A S$  ※1 の評価に加えて、弾性設計用地震動  $S_d$  による許容応力状態  $III_A S$  ※2 の評価を実施し、その結果を説明した。

- ※1 許容応力状態  $III_A S$  : 運転状態Ⅲ「原子炉施設の故障、誤作動等により原子炉の運転の停止が緊急に必要とされる状態」相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力を組み合わせた状態
- ※2 許容応力状態  $IV_A S$  : 運転状態Ⅳ「原子炉施設の安全設計上想定される異常な事態が生じている状態」相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力を組み合わせた状態

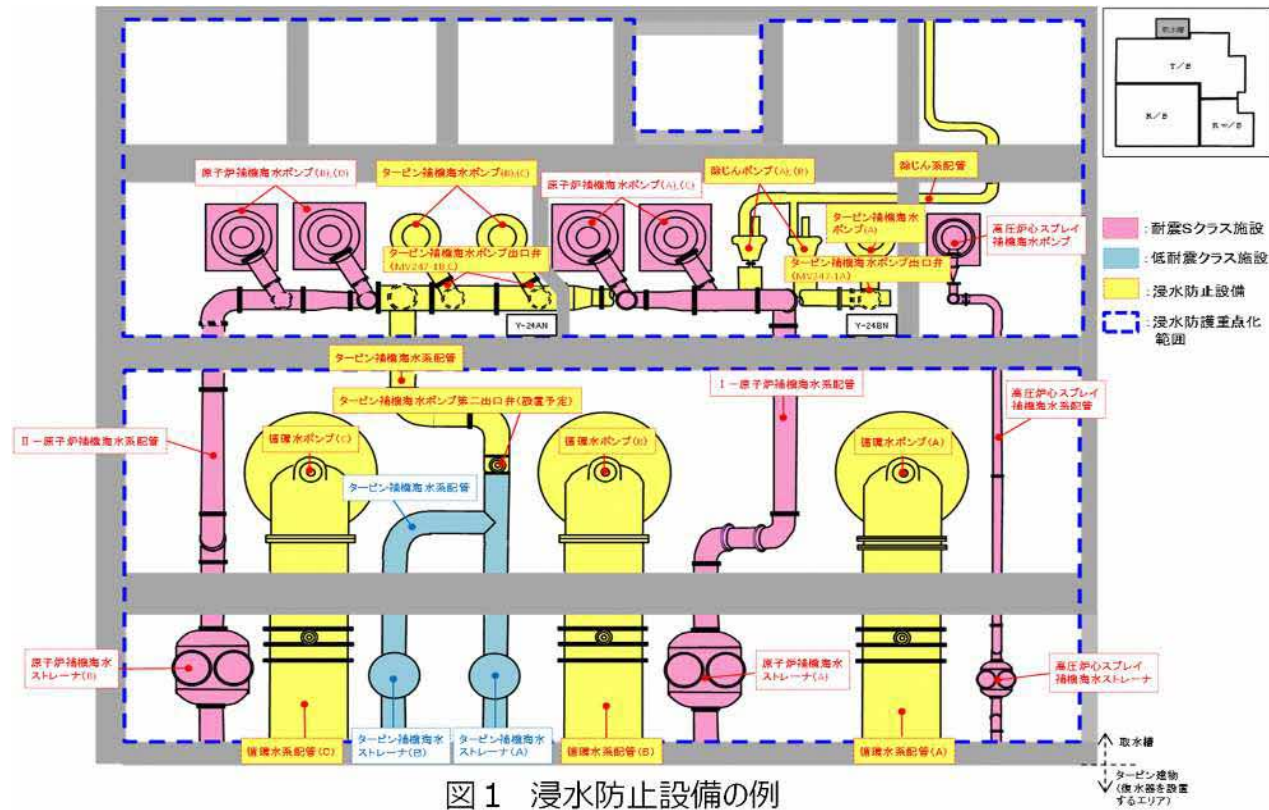


図1 浸水防止設備の例

## 【1-8】設計地下水位の設定

### 1. 概要

- 各施設の耐震設計の条件となる設計地下水位の設定について、既設の地下水位低下設備についてはその機能に期待せず、屋外重要土木構造物の設計地下水位の設定については新設する地下水位低下設備にも期待しない解析条件を設定することを説明した。また、予測解析により求まる構造物周辺の地下水位に、更に再現解析における解析結果と観測記録の差異を踏まえた安全余裕を加味して設計地下水位を設定する方針について説明した。
- 非定常解析の信頼性を向上させるための取り組みとして、観測値と解析値との相関を高めるため、観測孔の設置状況及び周辺の工事状況を分析した上で、解析モデルを変更した内容について説明した。また、設計地下水位設定における定常解析・非定常解析の位置付けについて説明した。

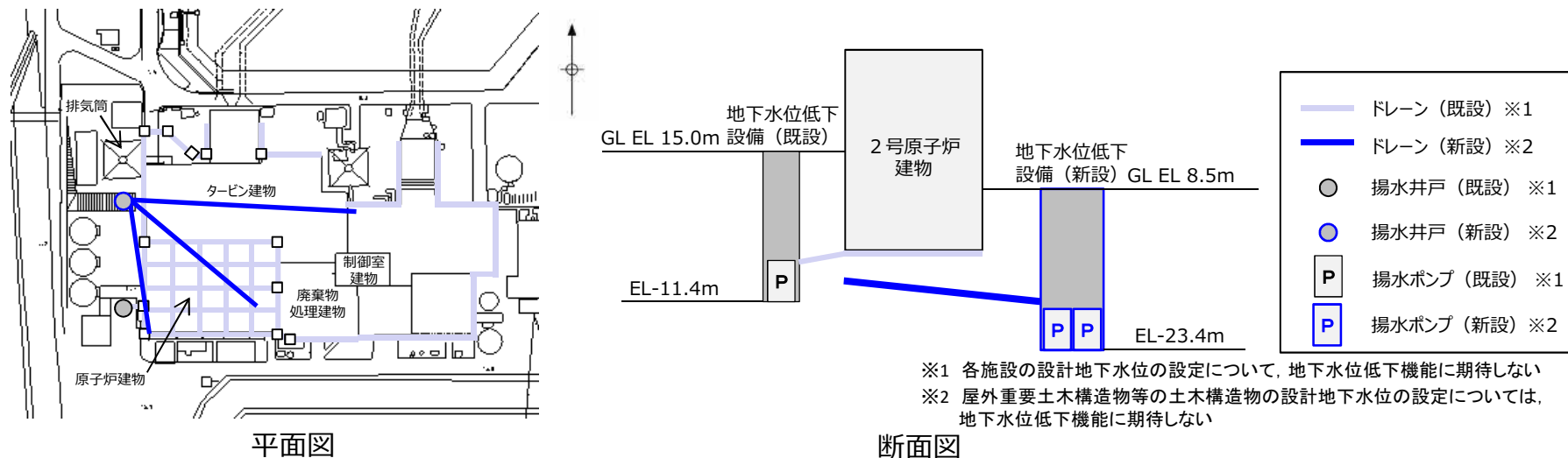


図1 地下水位低下設備の概要

# 【1-9】防波壁（1/2）

## 1. 概要

- 設置変更許可段階において、構造成立性及び詳細設計段階における設計方針を説明している防波壁（多重鋼管杭式擁壁，逆T擁壁及び波返重力擁壁）について、表1に示す防波壁の各構造形式における主な論点等を踏まえた詳細設計の結果について説明した。

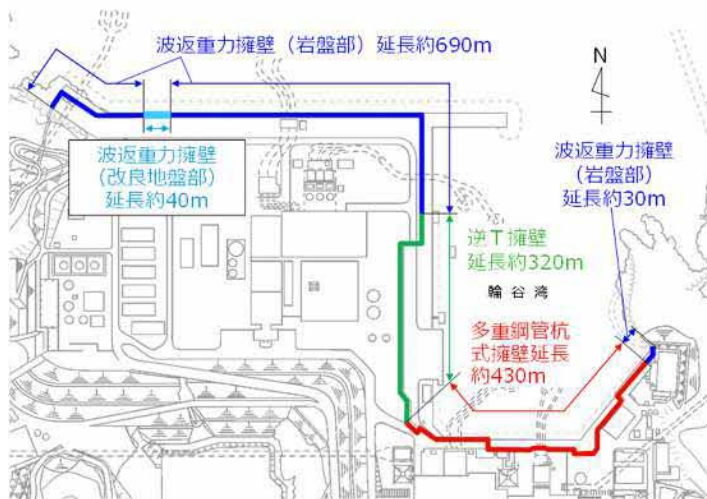


図1 防波壁の位置図

表1 防波壁の各構造形式における主な論点

| 防波壁の構造形式          | 主な論点   |
|-------------------|--|
| 防波壁<br>(多重鋼管杭式擁壁) | <ul style="list-style-type: none"> <li>多重鋼管杭の許容限界について模型実験及び3次元静的 F E M 解析による確認</li> <li>防波壁背後の改良地盤の範囲及び仕様等の説明</li> <li>鋼管杭周辺岩盤の破壊に伴う鋼管杭の水平支持力の評価</li> <li>3次元静的 F E M 解析による被覆コンクリート壁の健全性評価</li> </ul>                  |
| 防波壁<br>(逆T擁壁)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>役割に期待しない鋼管杭による逆T擁壁への悪影響の確認</li> <li>杭頭部の力学挙動について模型実験による確認</li> <li>グラウンドアンカのモデル化を踏まえた健全性評価及び品質管理</li> <li>改良地盤の範囲及び仕様等の説明 ( P S 検層等に基づく) *</li> <li>基礎底面の傾斜に対する健全性評価</li> </ul> |
| 防波壁<br>(波返重力擁壁)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>既設と新設コンクリートとの一体性について模型実験等による確認</li> <li>ケーソン中詰材改良の範囲及び仕様等の説明</li> <li>3次元静的 F E M 解析によるケーソンの健全性評価</li> </ul>  |

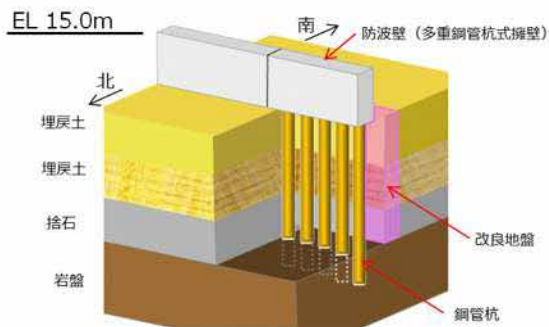


図2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造概要図

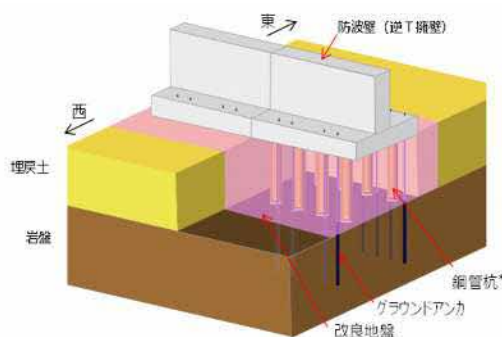


図3 防波壁（逆T擁壁）の構造概要図

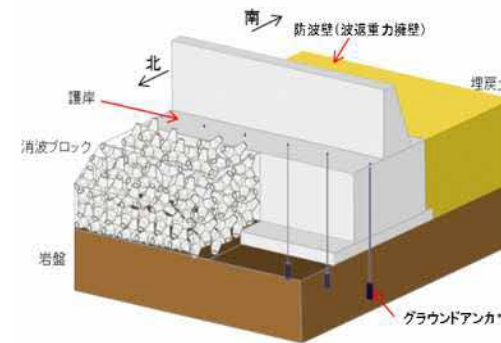


図4 防波壁（波返重力擁壁）の構造概要図

注記\*：防波壁（逆T擁壁）は鋼管杭の効果も期待せずに耐震評価を行う。

注記\*：防波壁（波返重力擁壁）は、グラウンドアンカの効果を期待しない設計とする。



## 【1-9】防波壁（2/2）

### 2. 防波壁 代表構造物（防波壁（波返重力擁壁））

#### 【ケーソン及び中詰材の概要】

- ケーソンは格子状に隔壁を設置しており，側壁及び隔壁により区切られた複数の区画内には，中詰コンクリート又は中詰材（銅水砕スラグ及び砂）を充填している。
- 図5に示す範囲において，中詰材を充填しているケーソンを設置している。

#### 【設置変更許可審査を踏まえた詳細設計段階における検討内容】

- 設置変更許可審査において，地震時及び津波時の荷重が直接作用する前壁及び後壁の背面の中詰材を改良することで，②－②断面及び④－④断面のケーソンの構造成立性を説明した。
- 詳細設計段階においては，ケーソンの耐震・耐津波安全性向上のため，図6のとおり全区画の中詰材を改良する。
- ケーソン中詰材（銅水砕スラグ及び砂）の改良体（以下「中詰材改良体」という。）は，原位置試験及び室内試験に基づき，解析用物性値を設定する。

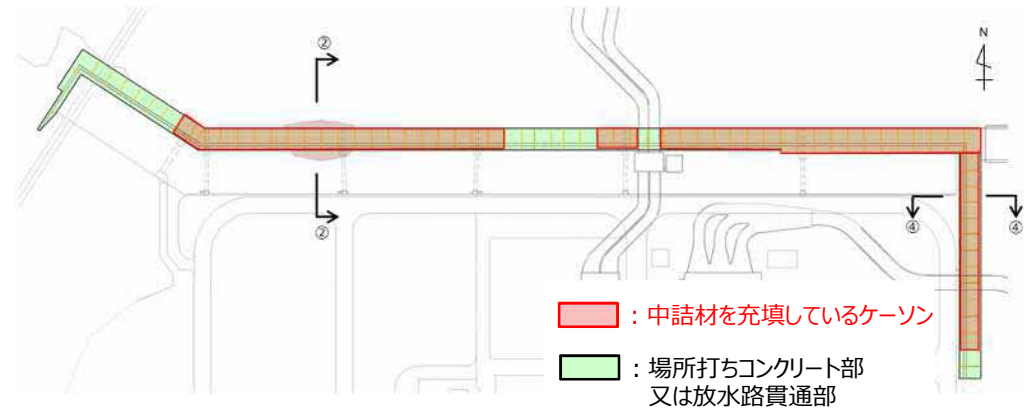


図5 ケーソン設置位置図

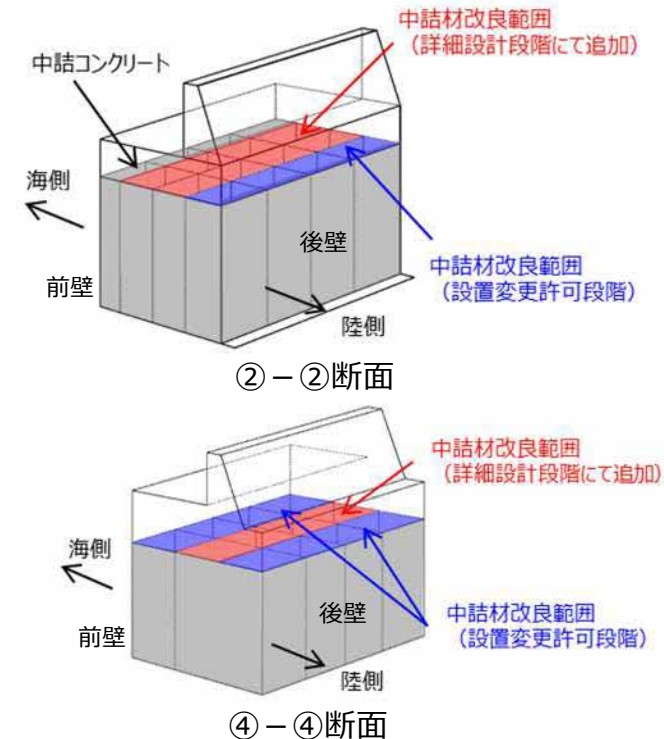


図6 ケーソン中詰材改良範囲

## 【1-10】土石流影響評価

### 1. 概要

防波壁と隣接している管理事務所4号館が土石流により倒壊した場合に防波壁に影響がないことについて説明した。

➤ 管理事務所4号館を減築することにより、その影響範囲に防波壁が含まれないよう対策を行うことを説明した。

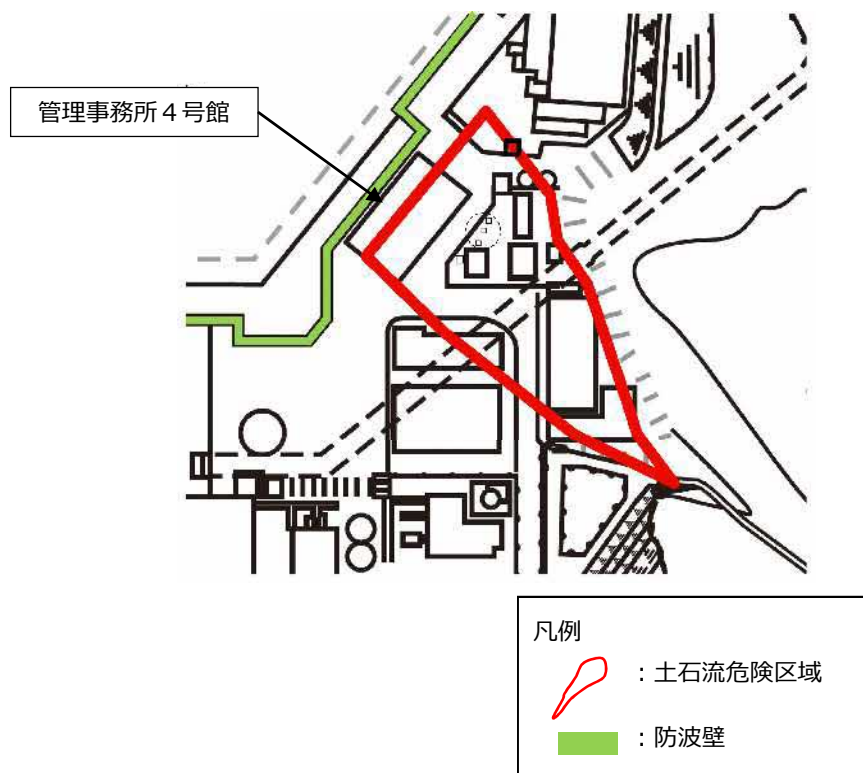


図1 防波壁，管理事務所4号館及び土石流危険区域の配置

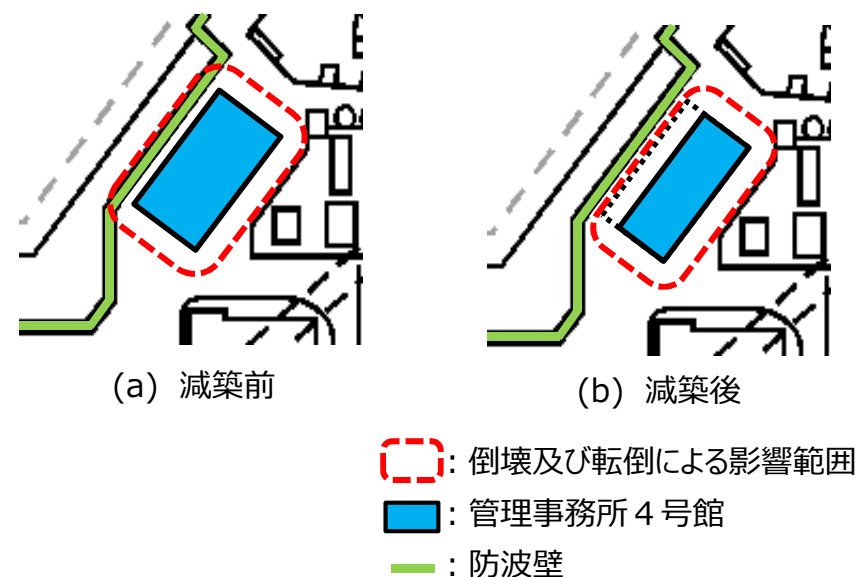


図2 管理事務所4号館の減築前後の倒壊及び転倒による影響範囲

表1 管理事務所4号館（減築後）の倒壊及び転倒による防波壁への影響評価結果

| 建物       | 建物諸元 |    |             | 防波壁との<br>離隔距離<br>L (m) | 判定                  |
|----------|------|----|-------------|------------------------|---------------------|
|          | 構造   | 階数 | 高さ<br>H (m) |                        |                     |
| 管理事務所4号館 | 鉄骨造  | 2  | 8.45        | 10.5                   | 影響なし<br>( $H < L$ ) |

# 【1-11】保管・アクセス

## 1. 概要

- 第3保管エリア近傍斜面の抑止杭の評価にあたっては、更に余裕を持った設計とするため、詳細設計段階では抑止杭を5本追加配置したレイアウトに基づき評価結果を説明した。
- 平面配置の妥当性については、抑止杭が配置されていない範囲において実施した2次元FEM解析により、すべり安定性が確保されていることを説明した。
- 杭間の岩盤の中抜けについては、3次元FEM解析により中抜け現象が起こらないことを説明した。
- 杭下流側のシームすべり（杭前面の肌分かれ）については、杭間の岩盤の中抜けが起こらない条件を考慮したうえで、2次元FEM解析により杭下流側のシームすべりが起こらないことを説明した。
- 杭根入れ部の健全性については、2次元FEM解析により、杭根入れ部の局所安全係数が確保されていることを説明した。
- 地中構造物のモデル化については、施工中において地中構造物がない場合を想定した2次元FEM解析により、すべり安定性が確保されていることを説明した。

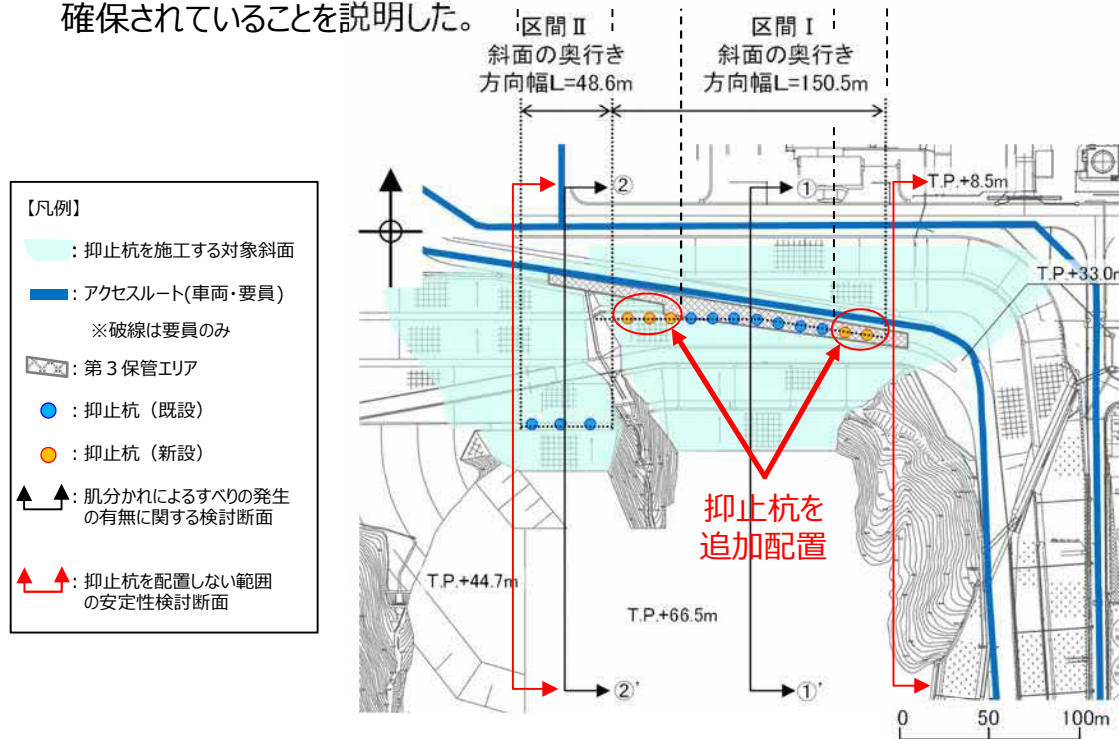


図1 平面図

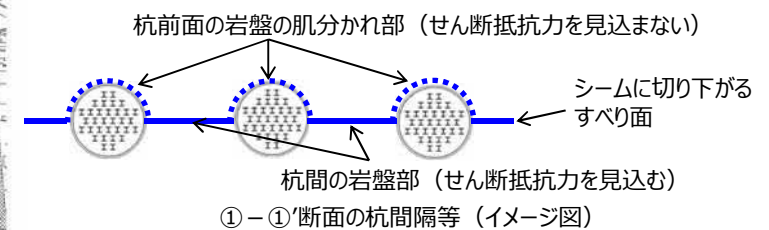


図2 杭前面と岩盤の肌分かれの考慮 (イメージ図)

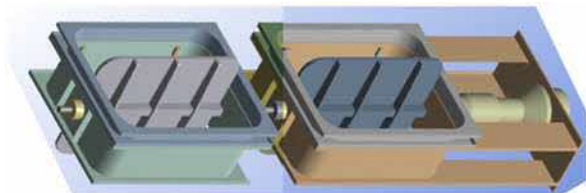


# 【1-12】ブローアウトパネル閉止装置

## 1. 概要

- 設置変更許可段階においてダンパを採用すること等を説明しているブローアウトパネル閉止装置について、加振試験によって基準地震動 S s 相当の加振を経験した後の機能維持確認の結果等を説明した。

### 2連ダンパ



### 3連ダンパ

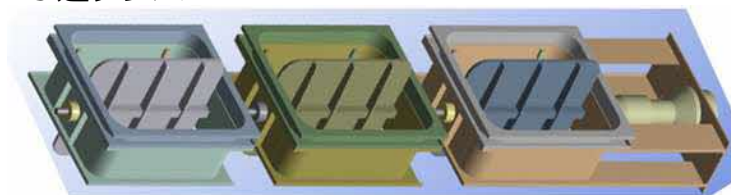
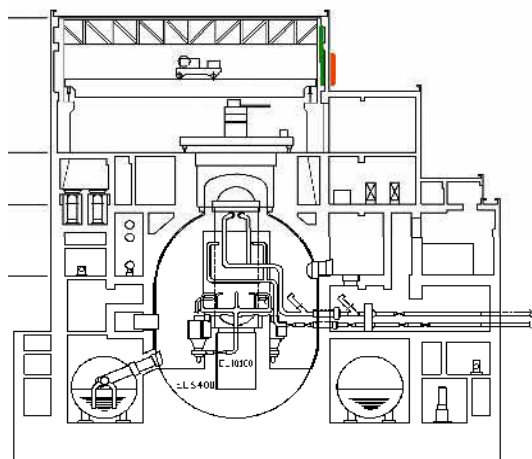


図1 閉止装置の概要図



原子炉建物原子炉棟断面図

図3 BOP閉止装置配置図



図2 加振試験時の状況写真（3連ダンパ取付時）

- : 原子炉建物燃料取替階ブローアウトパネル
- : BOP閉止装置



# 【1-13】非常用ガス処理系吸込口の位置変更による影響

## 1. 概要

非常用ガス処理系吸込口は、原子炉建物原子炉棟2階（周回通路）にある原子炉棟空調換気系排気ダクトに接続していたが、当該ダクトから切り離し、原子炉建物原子炉棟2階（周回通路）天井付近から直接吸引する構成に変更し、その影響について説明した。

**従来**  
 空気の流れを適切に保ち、原子炉建物原子炉棟内の汚染拡大を防止する観点から、原子炉棟空調換気系排気ダクトに接続し、原子炉建物原子炉棟全体から吸引する構成



**変更後**  
 重大事故等時にトラス室が100℃以上の高温となった場合に、内部流体温度が非常用ガス処理系の設計温度66℃を超過する可能性があるため、吸込口を排気ダクトから切り離し、トラス室の高温の空気を直接吸引しない構成

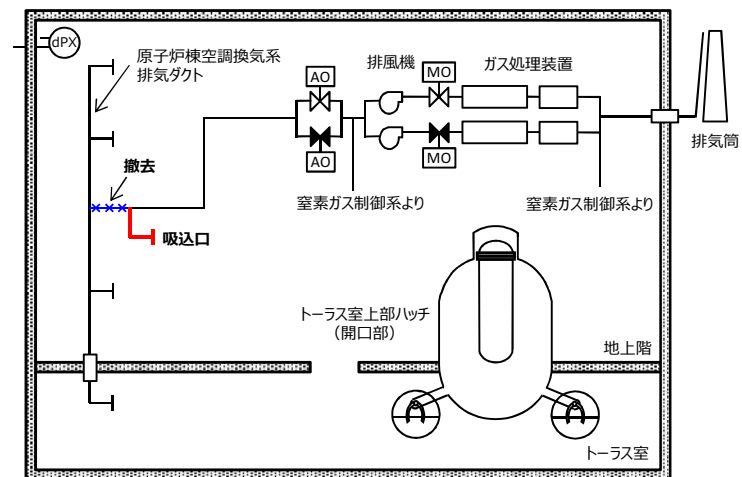


図1 非常用ガス処理系 系統概要図

## 2. 系統機能の整理

| 非常用ガス処理系に要求される系統機能 |  |
|--------------------|--|
| ①原子炉建物原子炉棟内の負圧維持機能 | 原子炉冷却材喪失事故時等に、原子炉棟内の圧力を規定の負圧（約6mmAq）に維持                |
| ②放出放射能低減機能         | 原子炉冷却材喪失事故時等に、原子炉棟からの放出空気中に含まれる放射性物質を除去*し、環境への放出放射能を低減 |

注記\*：重大事故等時においては、高所放出による大気拡散効果のみを期待

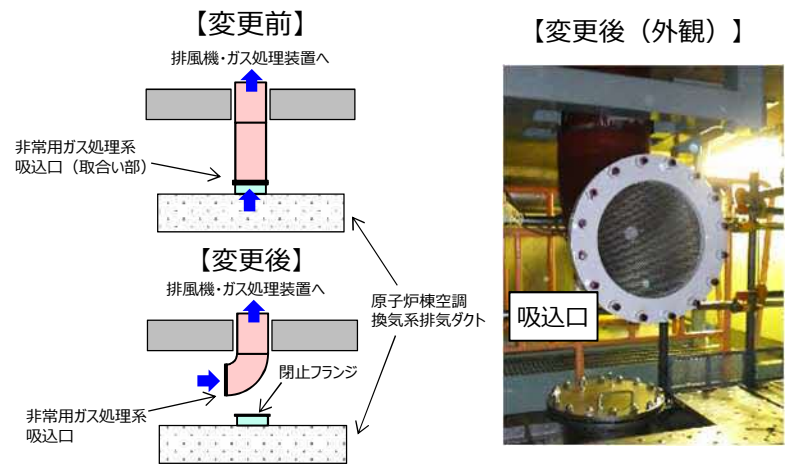
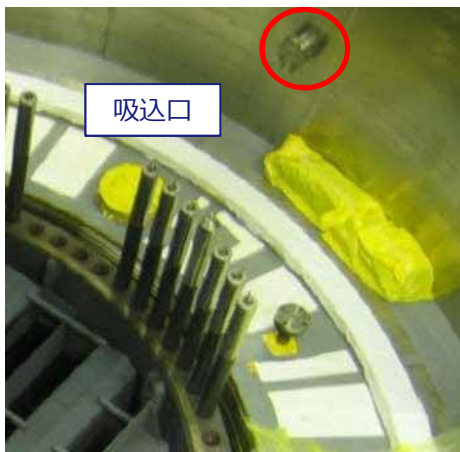


図2 吸込口の位置変更前後の構造・外観

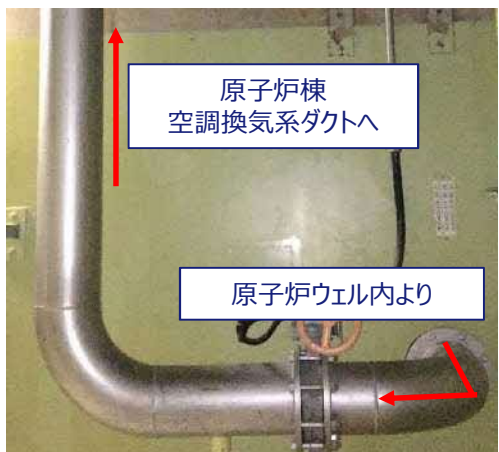
# 【1-14】原子炉ウェル排気ラインの閉止及び原子炉ウェル水張りラインにおけるドレン弁の閉運用による影響

## 1. 概要

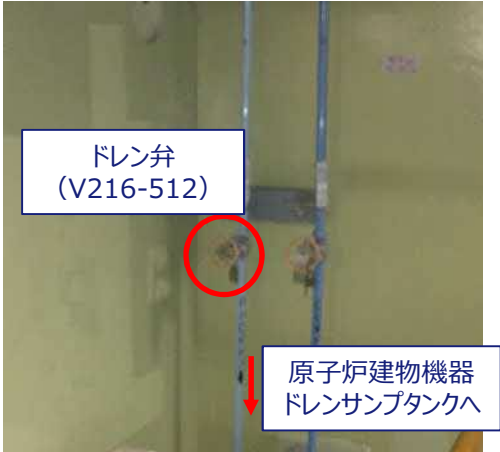
- GOTHICコードを用いた水素濃度解析では，ドライウェル主フランジから漏れいる水素ガスは原子炉ウェルシールドプラグの隙間を通過して原子炉建物原子炉棟4階に流出する条件で解析を実施しているが，原子炉ウェル排気ライン及び原子炉ウェル水張りラインのドレン弁（V216-512）を通じて原子炉建物原子炉棟4階以外に水素ガスが流出する可能性が考えられることから，対策を実施し，その影響について説明した。



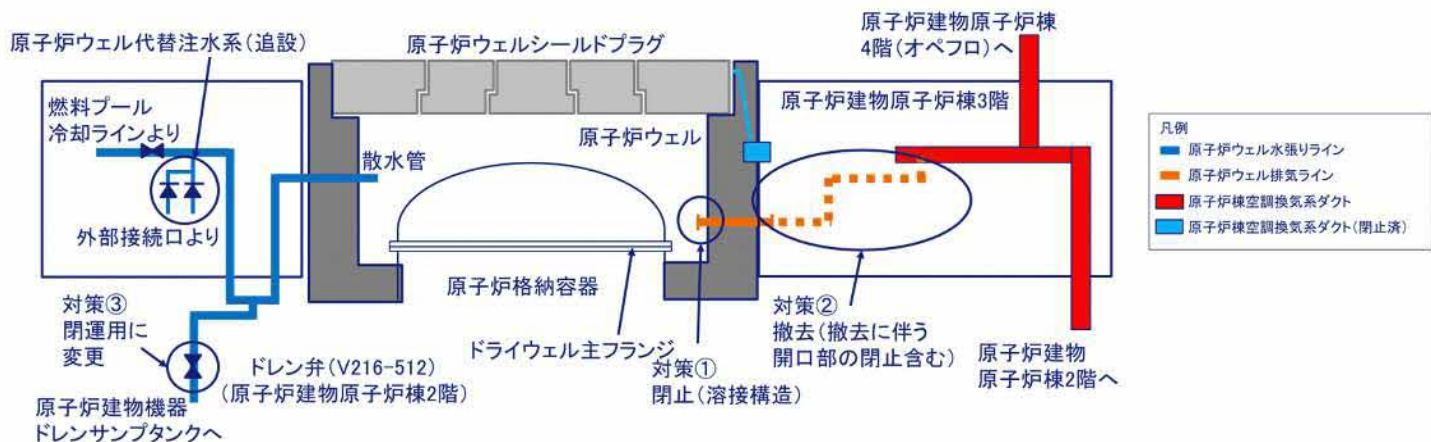
対策①：吸込口閉止（溶接構造）



対策②：原子炉ウェル排気ライン撤去



対策③：ドレン弁閉運用



## 1. 2 新たな規制要求（バックフィット）への対応事項

新たな規制要求（バックフィット）への対応事項についての審査会合での説明状況は、第2表のとおり。

第2表 新たな規制要求（バックフィット）への対応事項

| No. | 項目                            | 概要  | 説明状況                 |
|-----|-------------------------------|---|----------------------|
| 2-1 | 安全系電源盤に対する高エネルギーアーク（HEAF）火災対策 | 遮断時間と短絡電流等により求められるアークエネルギーが、電源盤燃焼試験から求められたしきい値を超えないことを評価することにより、所内電源設備及びD/G設備のHEAF対策が適切に実施されていることを説明する。 | R4年6月14日<br>審査会合で説明済 |
| 2-2 | 火災感知器の配置                      | 火災感知設備が必要な火災区域に、消防法施行規則に準じた設置条件で煙感知器及び熱感知器を設置することを説明する。   | R5年4月20日<br>審査会合で説明済 |

## 【2-1】安全系電源盤に対する高エネルギーアーク（HEAF）火災対策（1/2）

27

### 1. 概要

- 技術基準規則第45条第3項第1号にて要求されている電気盤について、HEAF対策が適切に実施されていることを説明した。
- HEAF対策が必要な電気盤は、図1に示す「重要安全施設への電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤」と定められている。
- アーク放電により発生するアークエネルギーが、アーク火災※が発生するしきい値を超えないように、遮断器の遮断時間の適切な設定及び非常用ディーゼル発電機の停止により、電気盤の損壊の拡大を防止できる設計とする。  
※アーク火災とは、しきい値以上のエネルギーが可燃物に加わることで可燃物が発火することによる火災である。

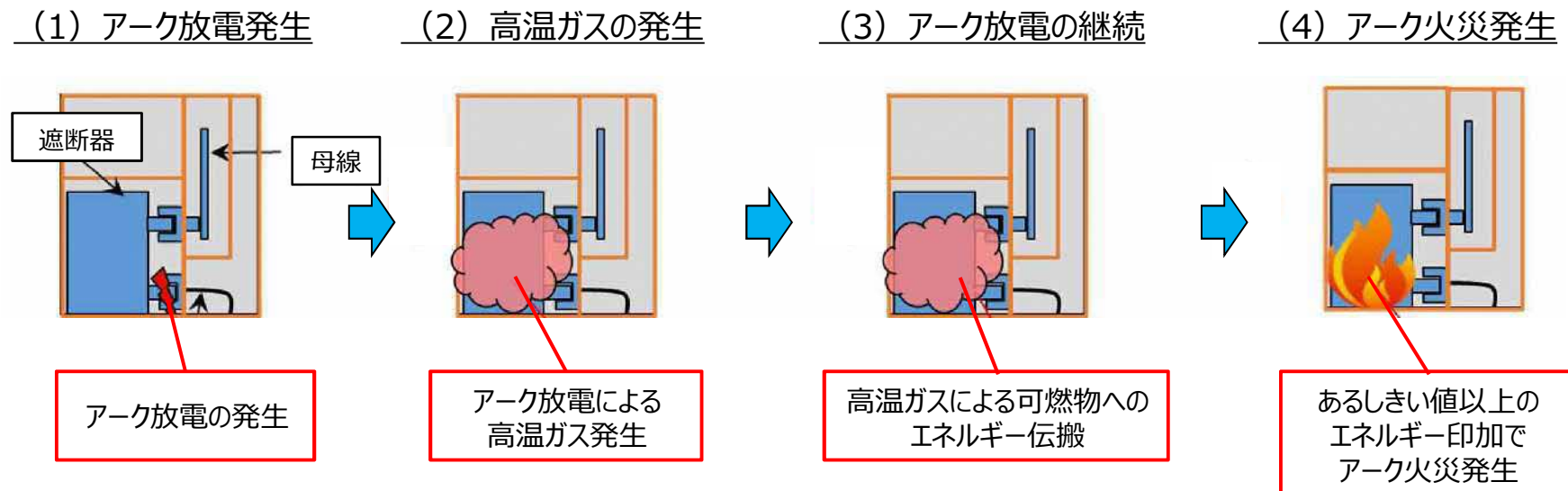


図1 アーク火災発生のメカニズム

# 【2-1】安全系電源盤に対する高エネルギーアーク（HEAF）火災対策（2/2）

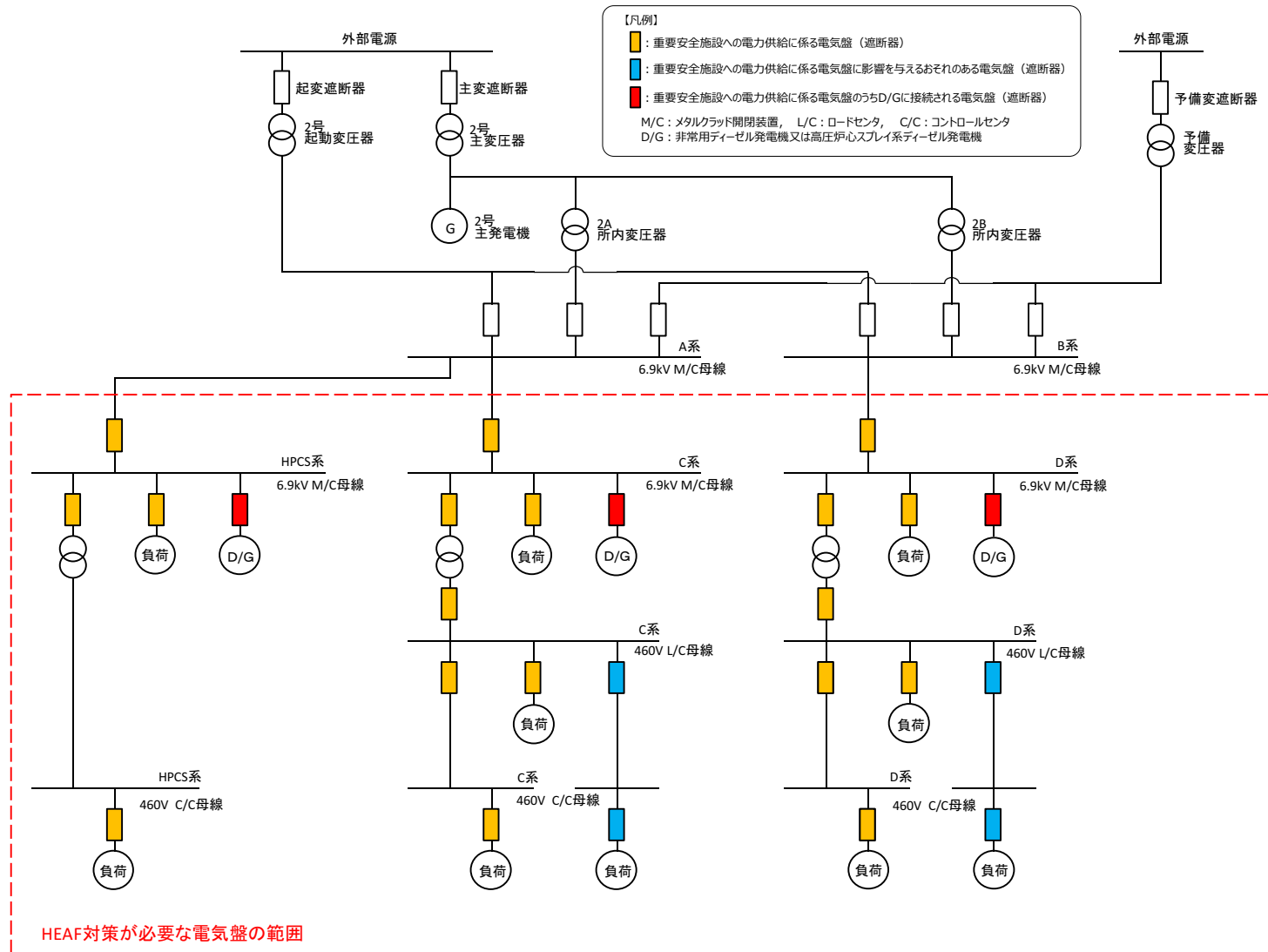


図2 島根2号機 所内電気系統図



## 【2-2】火災感知器の配置

### 1. 概要

- 2019年2月13日の火災防護審査基準の一部改正にて、火災感知器について、消防法施行規則第23条第4項に従い設置すること等が追加となった。
- 島根2号機における火災感知器の配置について、改正後の火災防護審査基準にも適合するものであることを説明した。



図1 火災感知器の概要図

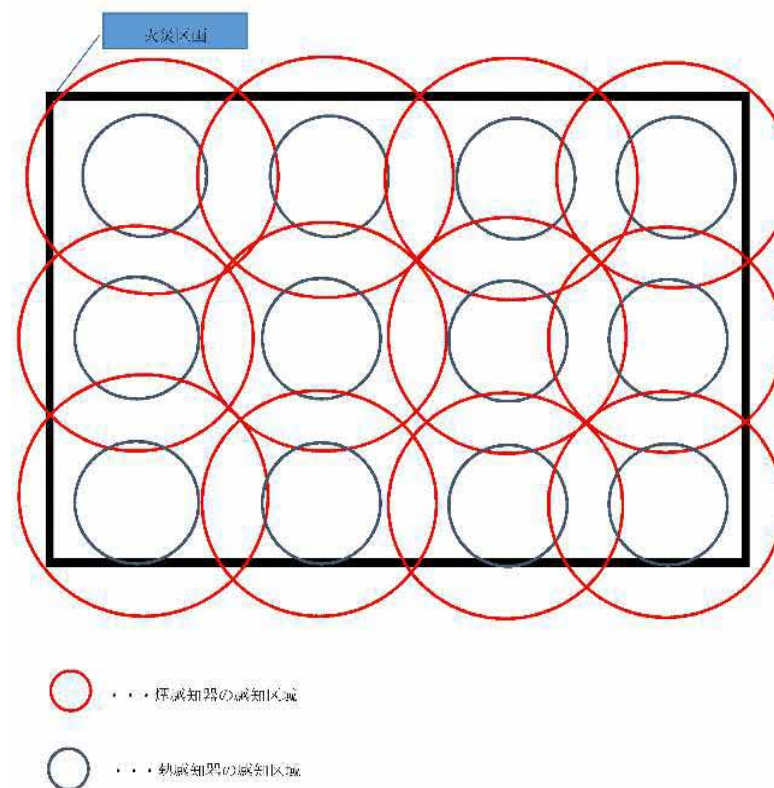


図2 火災感知器の配置（イメージ）

# 1. 3 今回申請内容における設置変更許可審査時からの設計変更内容 (1 / 2)

設置変更許可申請の審査から詳細設計の進捗により、設備設計を一部見直しているものについての審査会合での説明状況は、第3表のとおり。

第3表 詳細設計段階における設計変更内容 (1 / 2)

| No. | 項目                                 | 概要   | 説明状況                 |
|-----|------------------------------------|--|----------------------|
| 3-1 | ドライウェル水位計（原子炉格納容器床面 + 1.0m）設置高さの変更 | 原子炉格納容器床面及びベント管の施工誤差を踏まえ、ドライウェル水位計（原子炉格納容器床面 + 1.0m）の設置高さを原子炉格納容器床面 + 0.9mに変更する。<br>【設置変更許可申請書添付書類八（計装設備（重大事故等対処設備））関連】                                  | R5年3月2日<br>審査会合で説明済  |
| 3-2 | 格納容器酸素濃度（B系）及び格納容器水素濃度（B系）計測範囲の変更  | 格納容器ベント判断や可燃限界付近の適切な監視能力を確保するため、格納容器酸素濃度（B系）のナローレンジを0～5vol%から0～10vol%、格納容器水素濃度（B系）のナローレンジを0～5vol%から0～20vol%へ変更する。<br>【設置変更許可申請書添付書類八（計装設備（重大事故等対処設備））関連】 | R4年3月29日<br>審査会合で説明済 |

# 1. 3 今回申請内容における設置変更許可審査時からの設計変更内容 (2 / 2)

第3表 詳細設計段階における設計変更内容 (2 / 2)

| No. | 項目                         | 概要  | 説明状況                |
|-----|----------------------------|---|---------------------|
| 3-3 | 第4保管エリアの形状変更               | 変更前の第4保管エリアにおいて、埋戻土上に配置する予備及び自主対策設備が可搬型重大事故等対処設備に近接していることから、離隔距離の更なる裕度確保を目的に、第4保管エリアの拡張を行い、当該拡張部に一部の予備及び自主対策設備を配置する。<br>【設置変更許可申請書添付書類八（保管場所及びアクセスルート）関連】   | R5年3月2日<br>審査会合で説明済 |
| 3-4 | 放射性物質吸着材の設置箇所の変更           | 地下水位低下設備で汲み上げた地下水を確実に海に排水するために、図1の変更後（今回）に示すとおり「旧：雨水排水路集水柵（No. 3排水路）」の下流側に耐震性を有する「雨水排水路集水柵（No. 3排水路）」を新設することから、放射性物質吸着材の設置箇所を新設する「雨水排水路集水柵（No. 3排水路）」に位置を変更する。<br>【設置変更許可申請書添付書類八（海洋拡散抑制設備（重大事故等対処設備））関連】 | R5年3月2日<br>審査会合で説明済 |
| 3-5 | 除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う浸水防止設備の変更 | 除じん系ポンプ及び配管は、浸水防護重点化範囲である取水槽海水ポンプエリアに設置する計画であったため、基準地震動 $S_s$ による地震力に対してバウンダリ機能を保持し、津波を流入させない設計としていたが、浸水防護重点範囲外である取水槽除じん機エリアへ移設することとしたため、浸水防止設備の対象外とする。<br>【設置変更許可申請書添付書類八（浸水防止設備）関連】                     | R5年3月2日<br>審査会合で説明済 |



## 【3-1】ドライウェル水位計（原子炉格納容器床面 + 1.0m）設置高さの変更

### 1. 概要

- 原子炉格納容器床面及びベント管の施工誤差を踏まえ、ドライウェル水位計（原子炉格納容器床面 + 1.0m）の設置高さを原子炉格納容器床面 + 0.9mに変更する。
- 当該水位計は、原子炉格納容器への外部注水の持ち込みを抑制するため、ペDESTAL代替注水系（可搬型）による注水停止の判断を目的にベント管下端高さへの設置を計画していたが、ベント管等の構造物には施工誤差があるため、ベント管下端高さは必ずしも原子炉格納容器床面 + 1.0mではない。（ベント管8本の下端高さを測定した結果、最も低い箇所でも原子炉格納容器床面 + 約0.93m）
- 原子炉格納容器床面 + 1.0mより低いベント管下端からサブレーションチェンバへ水が流れ込むと検出点まで水位が上昇せず検知ができないため、有効性評価に影響ないことを確認し、確実に検知できる設置高さに変更する。
- 具体的に変更する設置高さは、ベント管下端の最も低い高さ（原子炉格納容器床面 + 約0.93m）より下で、かつ、計器誤差（±10mm）等を考慮して原子炉格納容器床面 + 0.9mとする。

表1 ドライウェル水位計の変更内容

|      | 変更前                        | 変更後                    |
|------|----------------------------|------------------------|
| 名称   | ドライウェル水位                   | 変更なし                   |
| 個数   | 3                          | 変更なし                   |
| 計測範囲 | +1.0m*<br>-1.0m*<br>-3.0m* | +0.9m*<br>変更なし<br>変更なし |

注記\*：原子炉格納容器床面からの高さを示す。

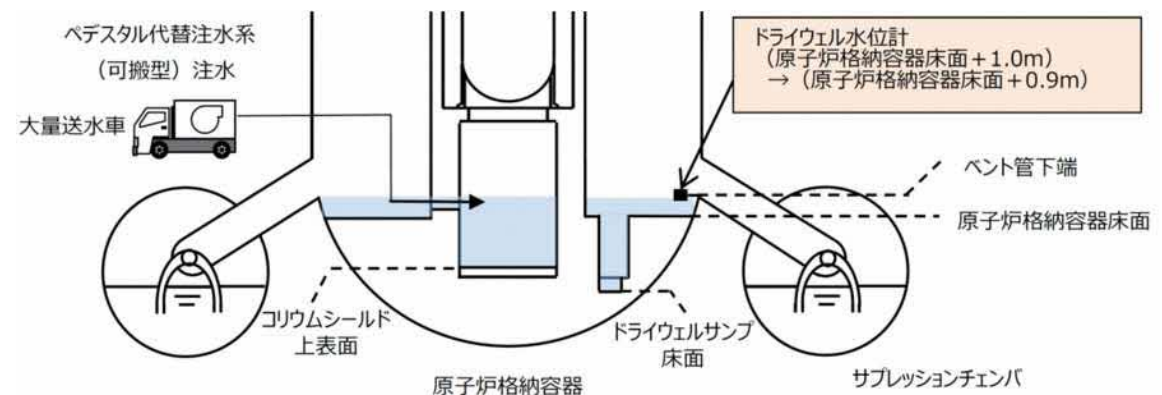


図1 ドライウェル水位計の配置図

## 【3-2】格納容器酸素濃度(B系)及び格納容器水素濃度(B系)計測範囲の変更

33

### 1. 概要

- 格納容器酸素濃度（B系）及び格納容器水素濃度（B系）について，格納容器バント判断や可燃限界付近の適切な監視能力を確保するため，ナローレンジの計測範囲を変更することについて説明した。
- 格納容器バント判断基準である酸素濃度4.4vol%及び可燃限界である水素濃度4.0vol%前後を既存設備の設計を変更せずにナローレンジ0～5vol%で計測する計画であったが，ナローレンジの計測範囲上限付近では既に自動でワイドレンジに切り替わっており，上記濃度をワイドレンジで計測する可能性を排除できないことが判明した。
- ワイドレンジは，ナローレンジに比べて計測誤差が大きく格納容器バント判断や可燃限界付近の監視に適していないため，レンジの自動切り替えを考慮しても確実にナローレンジで計測可能となる以下の計測範囲に変更する。
- なお，格納容器酸素濃度（A系）及び格納容器水素濃度（A系）についても同様に計測範囲を変更する。

表1 格納容器酸素濃度及び格納容器水素濃度の変更内容

| 名称       | 個数 | 変更前                         | 変更後                          |
|----------|----|-----------------------------|------------------------------|
|          |    | 計測範囲<br>(ナローレンジ/ワイドレンジ)     | 計測範囲<br>(ナローレンジ/ワイドレンジ)      |
| 格納容器酸素濃度 | 2* | 0～ <u>5</u> vol%/0～25 vol%  | 0～ <u>10</u> vol%/0～25 vol%  |
| 格納容器水素濃度 | 2* | 0～ <u>5</u> vol%/0～100 vol% | 0～ <u>20</u> vol%/0～100 vol% |

\* 各2個のうち，各1個（O<sub>2</sub>E229-101B，H<sub>2</sub>E229-101B）を重大事故等対処設備としても使用する。

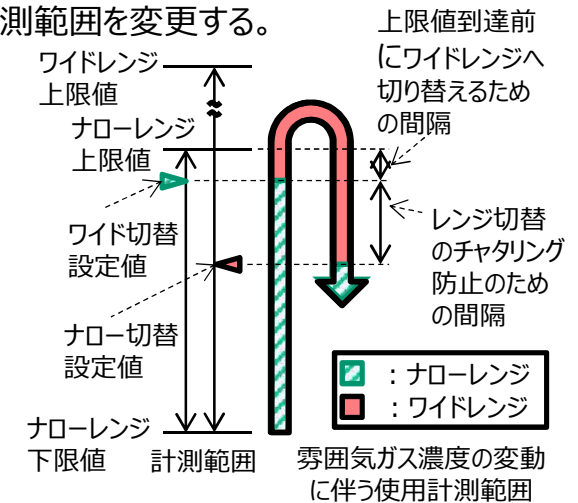


図1 雰囲気ガス濃度変動に伴う使用計測範囲イメージ

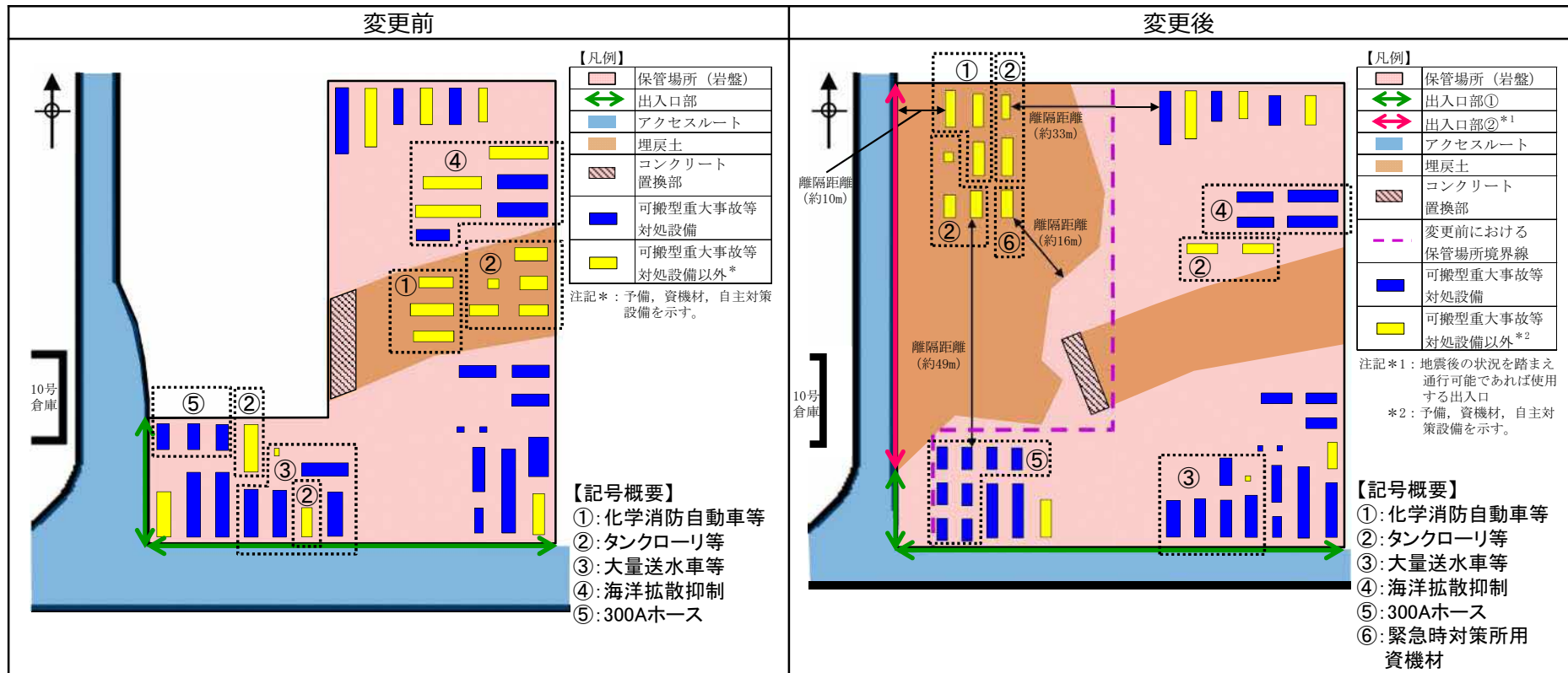
表2 格納容器酸素濃度及び格納容器水素濃度の計器誤差

| 名称       | 変更前 (ナローレンジ/ワイドレンジ)          |                              | 変更後 (ナローレンジ/ワイドレンジ)          |                              |
|----------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|          | ウェット誤差                       | ドライ誤差                        | ウェット誤差                       | ドライ誤差                        |
| 格納容器酸素濃度 | ± <u>0.16</u> vol%/±0.80vol% | ± <u>0.13</u> vol%/±0.63vol% | ± <u>0.32</u> vol%/±0.80vol% | ± <u>0.25</u> vol%/±0.63vol% |
| 格納容器水素濃度 | ± <u>0.16</u> vol%/±3.2vol%  | ± <u>0.13</u> vol%/±2.5vol%  | ± <u>0.64</u> vol%/±3.2vol%  | ± <u>0.5</u> vol%/±2.5vol%   |

# 【3-3】 第4 保管エリアの形状変更

## 1. 概要

- 変更前の第4 保管エリアにおいて、埋戻土上に配置する予備及び自主対策設備が可搬型重大事故等対処設備に近接していることから、離隔距離の更なる裕度確保を目的に、第4 保管エリアの拡張を行い、当該拡張部に一部の予備及び自主対策設備を配置することとした。
- 第4 保管エリアに対する被害要因（周辺構造物の倒壊及び損壊、地盤支持力の不足）について影響評価を行い、重大事故等対応の作業成立性に影響がないかを確認した。



(備考) 変更前の第4 保管エリア西側の通路は、第4 保管エリア西側の建物（10号倉庫）位置を基準に10号倉庫の倒壊影響範囲を考慮して通路を東側に拡張して必要な道路幅を確保していたが、第4 保管エリア形状変更に伴う現地調査の際に、10号倉庫の位置が図と現場で相違しており、実際より西側にあることが判明したため、変更後は、10号倉庫を西側に移動するよう修正を行い、倒壊影響範囲を考慮しても通路も拡張する必要がなくなったことから、通路幅及び第4 保管エリア西側境界を修正した。また、第4 保管エリア南側の通路幅についても、西側の通路と比べ広く記載されていたため、修正を行った。

図1 第4 保管エリアにおける可搬型設備の配置

### 【3-4】放射性物質吸着材の設置箇所の変更

#### 1. 概要

- 地下水位低下設備は、汲み上げた地下水を敷地内の地下水排水経路（側溝等）を通じて海に排水するが、地震により敷地内の地下水排水経路（側溝等）が損傷し、地下水が地表面に溢れ出した場合においても耐震性を有する集水桝に流下することで海への排水経路を確保する設計としている。
- 地下水位低下設備で汲み上げた地下水を確実に海に排水するために、図1の変更後（今回）に示すとおり「旧：雨水排水路集水桝（No. 3排水路）」の下流側に耐震性を有する「雨水排水路集水桝（No. 3排水路）」を新設することから、放射性物質吸着材の設置箇所を新設する「雨水排水路集水桝（No. 3排水路）」に位置を変更する。
- 放射性吸着材の設置箇所の変更により、重大事故等対応の作業成立性に影響がないかを確認した。

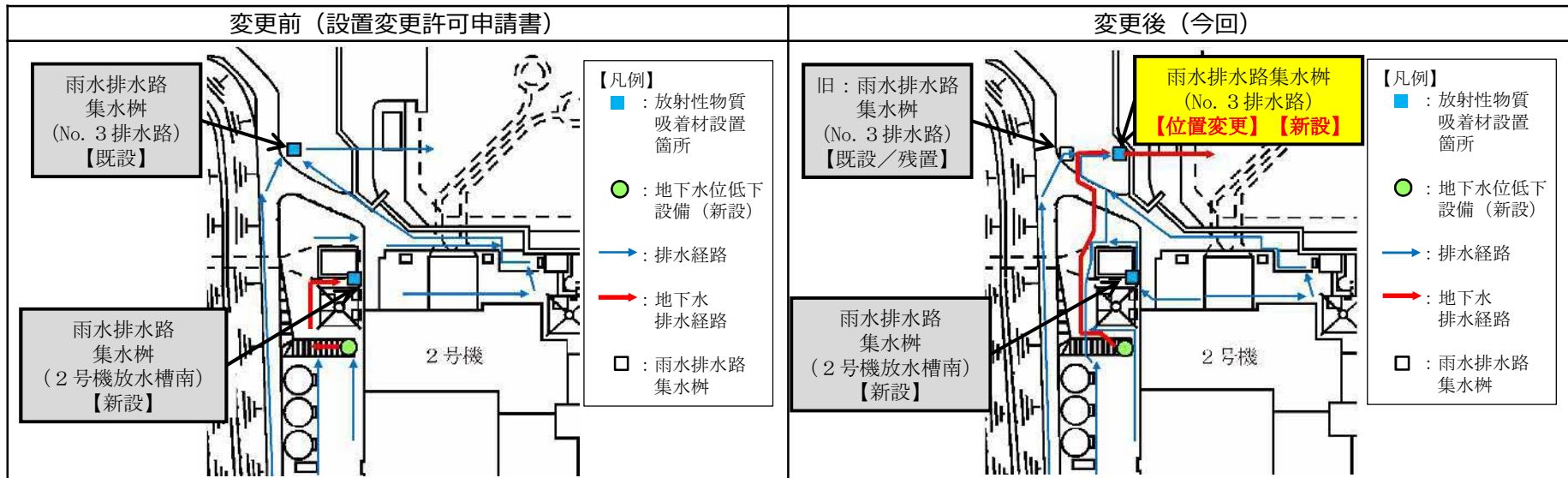


図1 放射性物質吸着材による海洋への放射性物質の拡散抑制 設置位置図

# 【3-5】 除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う浸水防止設備の変更

## 1. 概要

- 耐津波設計において、浸水防護重点化範囲\*1内に設置する海域と接続する低耐震クラスの機器については、浸水防止設備（Sクラス）として地震力に対してバウンダリ機能を保持し、津波を流入させない設計としている。
- 津波流入防止の観点から、浸水防護重点化範囲内に海域と接続する機器を設置しない方が耐津波設計上の安全性が向上する。
- 除じん系ポンプ及び配管\*2は、浸水防護重点化範囲である取水槽海水ポンプエリアに設置しており、浸水防止設備として津波を流入させない設計としていたが、設計進捗により浸水防護重点範囲外である取水槽除じん機エリアへ移設することとしたため、移設に伴う影響について説明した。

注記\*1：重要な安全機能を有する設備等（耐震 S クラスの機器・配管系）を内包する区画

\*2：除じん機によってかき揚げたじん芥等を洗浄除去するために使用

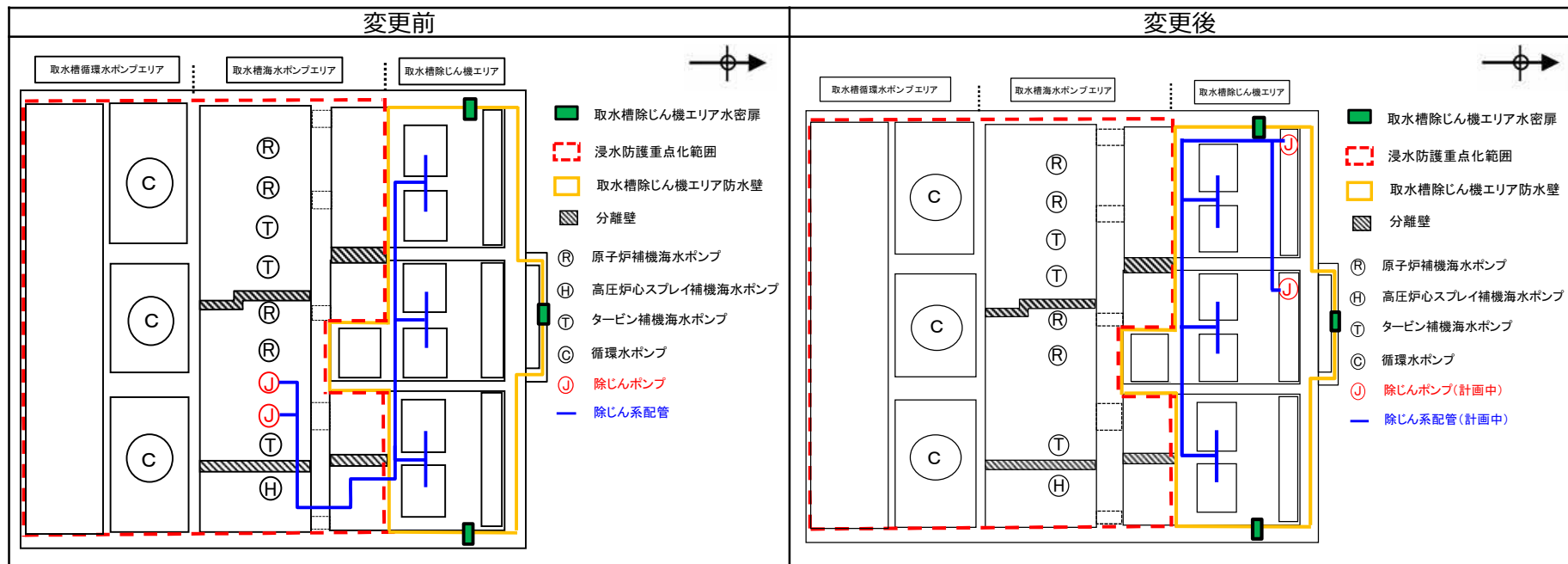


図1 除じん系ポンプ及び配管の移設に伴う変更概要図



## 1. 4 その他の詳細設計に係る説明事項（1 / 2）

他社プラントの審査で議論となった以下のその他の詳細設計に係る説明事項についての審査会合での説明状況は、第4表のとおり。

第4表 その他の詳細設計に係る説明事項（1 / 2）

| No. | 項目                             | 概要  | 説明状況                 |
|-----|--------------------------------|---|----------------------|
| 4-1 | 配管系に用いる支持装置の許容荷重の設定            | 配管系に用いる支持装置の許容荷重は、メーカーにて設定している許容荷重に加え、規格計算及び実耐力試験等の結果を用いた許容荷重を適用する。   | R4年9月1日<br>審査会合で説明済  |
| 4-2 | 原子炉本体の基礎の応力評価に用いる解析モデルの変更      | RPVペDESTALの開口部を精緻に評価することを目的に、CRD搬入用開口部等の開口部をモデル化したうえで、既工認で用いた90°モデルから360°モデルに変更する。                                  | R5年3月30日<br>審査会合で説明済 |
| 4-3 | 復水器水室出入口弁への地震時復水器の影響           | タービン建物への津波流入防止及び地震による溢水量低減を目的に復水器水室出入口弁を閉止する必要がある、地震時に復水器の移動（ずれ）や水室の落下により水室出入口弁に影響がないことを確認するため、3次元 F E Mによる耐震評価を行う。 | R5年3月30日<br>審査会合で説明済 |
| 4-4 | 制御棒・破損燃料貯蔵ラック等における排除水体積質量減算の適用 | 制御棒・破損燃料貯蔵ラック、使用済燃料貯蔵ラック、制御棒貯蔵ハンガ等の耐震設計において、排除水体積質量の減算を考慮して評価を実施する。   | R5年3月30日<br>審査会合で説明済 |

## 1. 4 その他の詳細設計に係る説明事項（2 / 2）

第4表 その他の詳細設計に係る説明事項（2 / 2）

| No. | 項目   | 概要   | 説明状況                |
|-----|--|--|---------------------|
| 4-5 | 取水槽  | 取水槽については、耐震性の裕度を向上するため耐震補強を行っていることから、その概要について説明する。<br>取水槽が基準地震動 $S_s$ に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認した耐震評価結果について説明する。  | R5年2月7日<br>審査会合で説明済 |
| 4-6 | 制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用及び原子炉建物基礎スラブの応力解析モデルの変更 | 制御室建物基礎スラブ底面の地盤ばね（鉛直ばね）に付着力及び基礎浮上りを考慮した応力解析による基礎スラブの耐震評価結果を説明する。<br>また、原子炉建物基礎スラブの応力解析モデルの変更内容を示すものである。また、基礎スラブの応力解析において積層シェル要素でモデル化した壁に発生する応力を考慮した耐震壁の健全性確認結果を示す。 | R5年3月2日<br>審査会合で説明済 |

## 【4-1】配管系に用いる支持装置の許容荷重の設定（1/2）

### 1. 概要

- 既工認での支持装置（メカニカルスナッパ、オイルスナッパ、ロッドレストレイント）の評価は、配管系の地震応答解析で得られた配管反力が、あらかじめ設定した設計上の基準値を満足することで耐震性を確保することとしていた。
- 今回工認では、配管系の地震応答解析で得られた配管反力が、あらかじめ設定した設計上の基準値を超える場合、JEAG4601及び既往知見も踏まえ、詳細評価として構造部材の強度評価及び機能部品を含む機能確認を実施した。

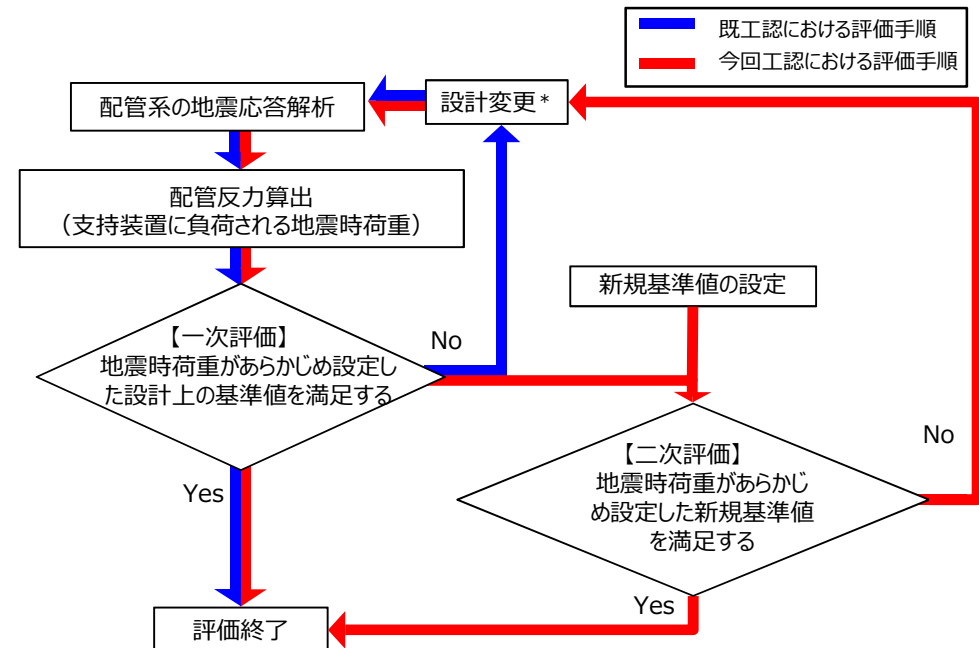
### 【新規基準値の設定方法】

#### ● メカニカルスナッパ及びオイルスナッパ

JEAG4601に規定の許容限界及び耐力試験（電共研，JNES）の限界耐力値に対する定格荷重の裕度の最小値以下となる新規耐力係数を設定し，定格荷重に新規耐力係数を乗じて新規基準値を設定する。

#### ● ロッドレストレイント

JEAG4601に規定の許容限界及び耐力試験（自社研究）の耐力確認荷重に対する定格荷重の裕度の最小値以下となる新規耐力係数を設定し，定格荷重に新規耐力係数を乗じて新規基準値を設定する。



注記\*：支持装置を含む支持構造物の追設，容量変更，位置変更等を実施する。

図1 既工認及び今回工認における支持装置の評価手順



## 【4-1】配管系に用いる支持装置の許容荷重の設定（2 / 2）

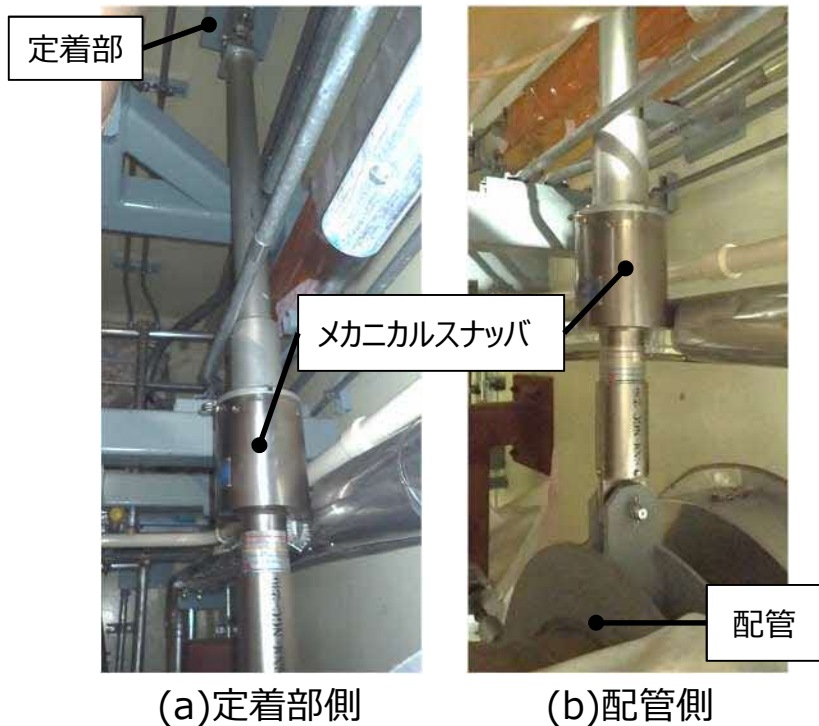


図2 メカニカルスナップの設置例

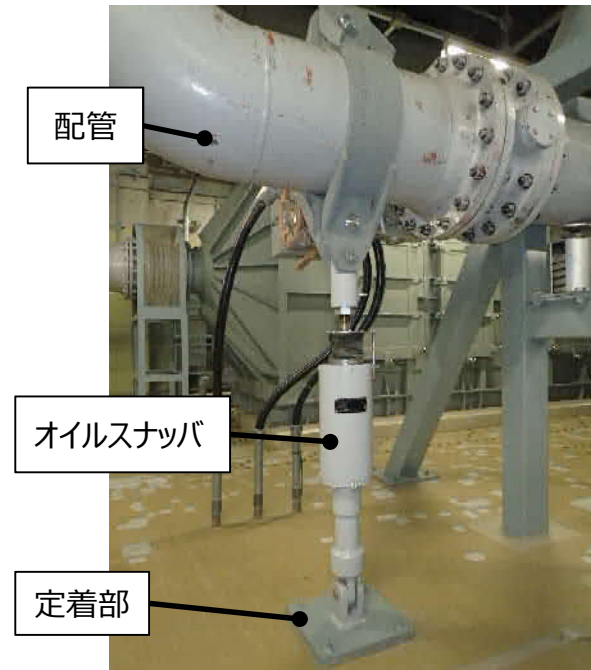


図3 オイルスナップの設置例

注記\*：メカニカルスナップはメンテナンス性及び耐放射性に優れ、オイルスナップは設置性に優れる等の特徴があり、これらを総合的に判断し適用する。

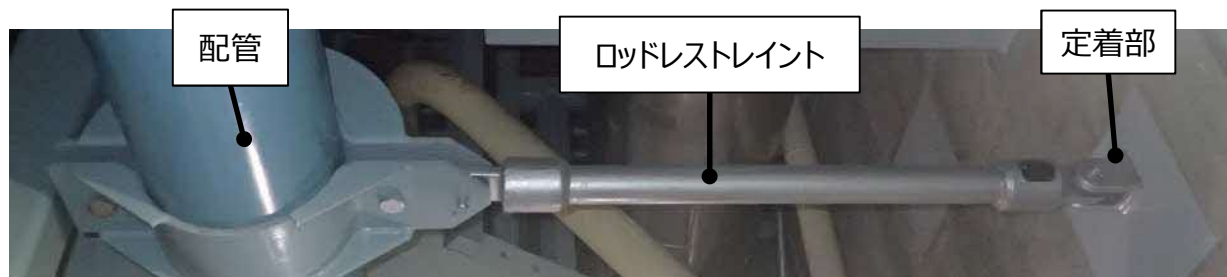


図4 ロッドレストレイントの設置例

## 【4-2】原子炉本体の基礎の応力評価に用いる解析モデルの変更

### 1. 概要

- 既工認において原子炉本体の基礎（原子炉圧力容器ペダスタル）は90°モデルを用いて評価を行っていたが、CRD搬出入用開口部等の非対称に存在する開口部を精緻に評価することを目的に、開口部をモデル化した360°のモデルに変更した。

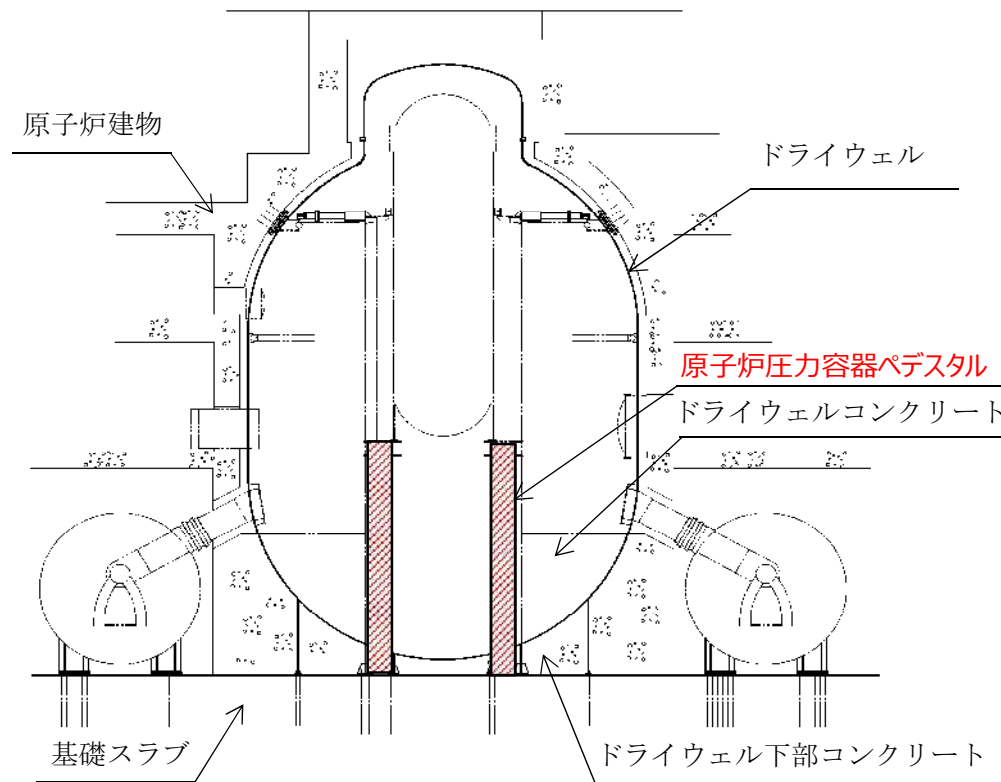


図1 原子炉本体の基礎の概要図

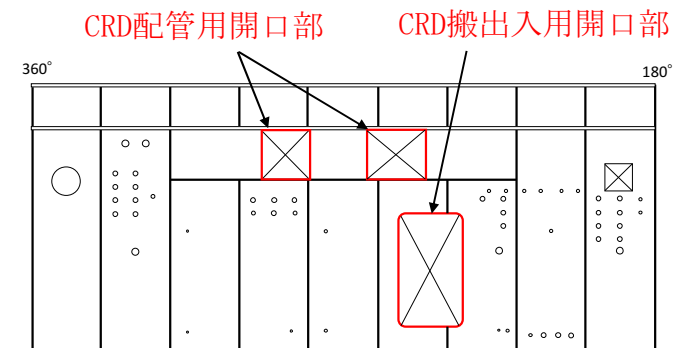


図2 CRD搬出入用開口部の概要図

## 【4-3】復水器水室出入口弁への地震時復水器の影響

### 1. 概要

- タービン建物への津波流入防止及び地震による溢水量低減を目的に復水器水室出入口弁を閉止する必要があり、地震時に復水器の移動（ずれ）や水室の落下により水室出入口弁に影響がないことを確認した。
- 精緻な評価を行うため、復水器胴、水室、基礎等に3次元FEMを適用した。  
また、キーサポート、細管-支え板及び給水加熱器摺動脚のすべりについて摩擦を考慮した時刻歴応答解析を行った。

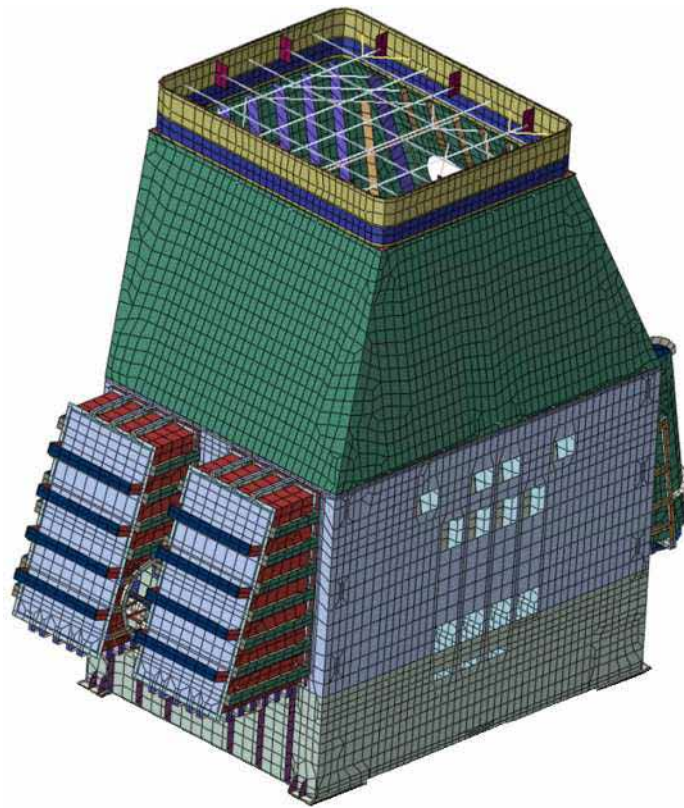


図1 復水器3次元FEM

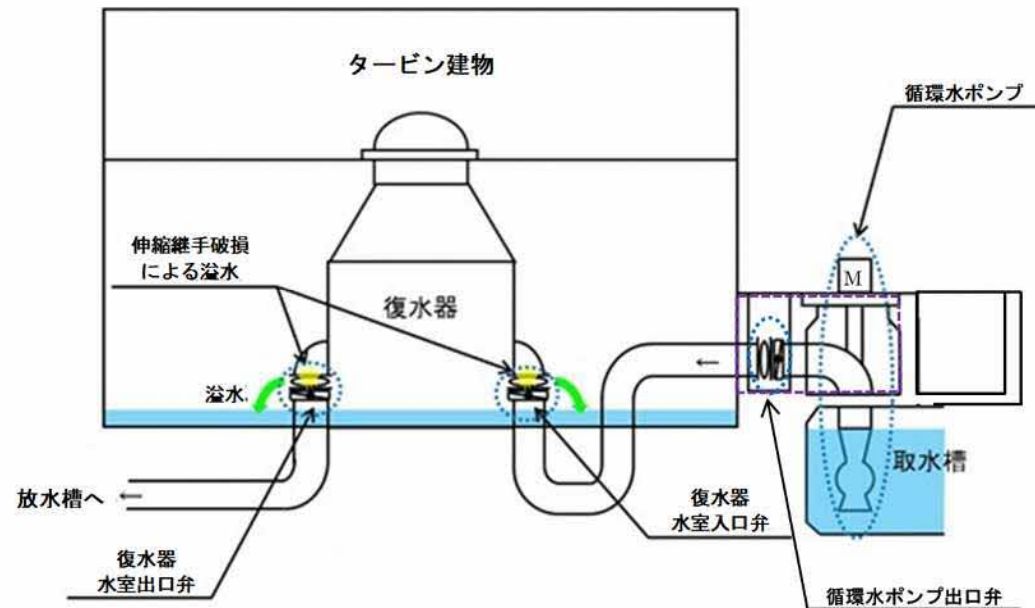


図2 復水器水室出入口弁の概要図

## 1. 概要

- 使用済燃料貯蔵プール内に設置される制御棒・破損燃料貯蔵ラック，使用済燃料貯蔵ラック，制御棒貯蔵ハンガの耐震設計においては，従来より二重円筒モデルの考え方にに基づき，流体の抵抗による影響（付加質量）を考慮しているが，基準地震動のレベル増大に伴い，加えて新たに流体と構造物の相互作用による影響（排除水体积質量）を考慮することを説明した。

・空中で振動する場合と比較し，水中の振動によって固有振動数と刺激係数は理論式より以下となる。

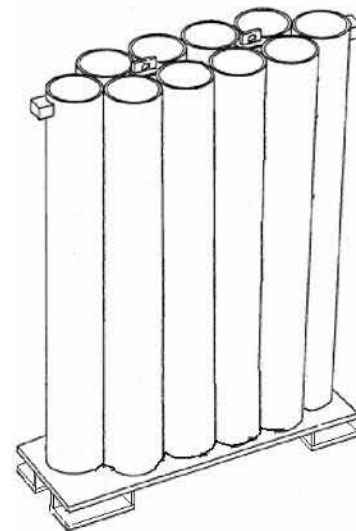
$$\begin{aligned} \text{固有振動数} &\dots\dots \sqrt{\frac{M}{M+mv}} \text{ 倍} \\ \text{刺激係数} &\dots\dots \frac{(M-Md)}{(M+mv)} \text{ 倍} \end{aligned}$$

M : 内筒の質量  
 mv : 負荷質量  
 Md : 排除水体积質量  
 F : ラックに加わる力  
 α : 加速度

ラックに加わる力：

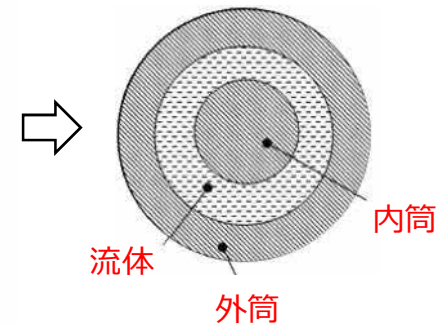
$$F = (M + mv) \left\{ \frac{(M - Md)}{(M + mv)} \alpha \right\} = (M - Md) \cdot \alpha$$

従来は，Md=0としていた項を考慮する。



制御棒・破損燃料貯蔵ラック

内筒を制御棒・破損燃料ラック，外筒を使用済燃料貯蔵プールとみなし，二重円筒のモデルを適用する。





## 【4-5】取水槽の耐震評価

### 【取水槽の耐震評価説明内容】

- 取水槽は非常用取水設備であり，耐震重要施設及び常設重大事故等対処設備である原子炉補機冷却海水ポンプ等を間接支持する支持機能，非常時における海水の通水機能及び津波等に対するSクラスの機器・配管への浸水防止のための止水機能が要求される（図1，図2，図3）。
- 取水槽については，耐震性の裕度を向上するため耐震補強を行っていることから，その概要について説明した。
- 取水槽が基準地震動  $S_s$  に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認した耐震評価結果について説明した。

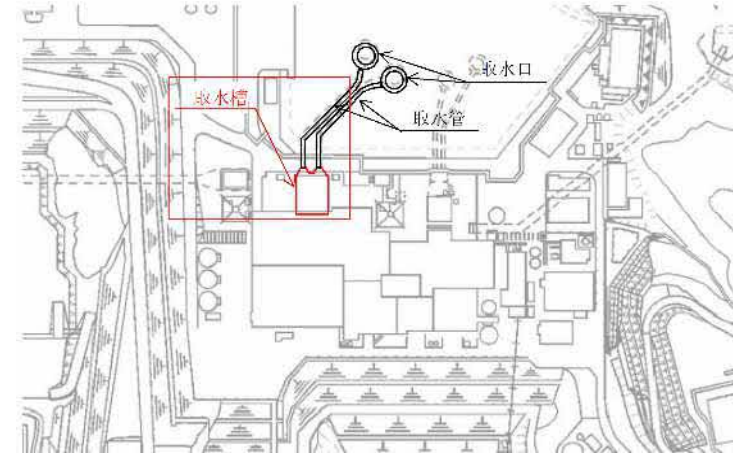


図1 取水槽の位置図

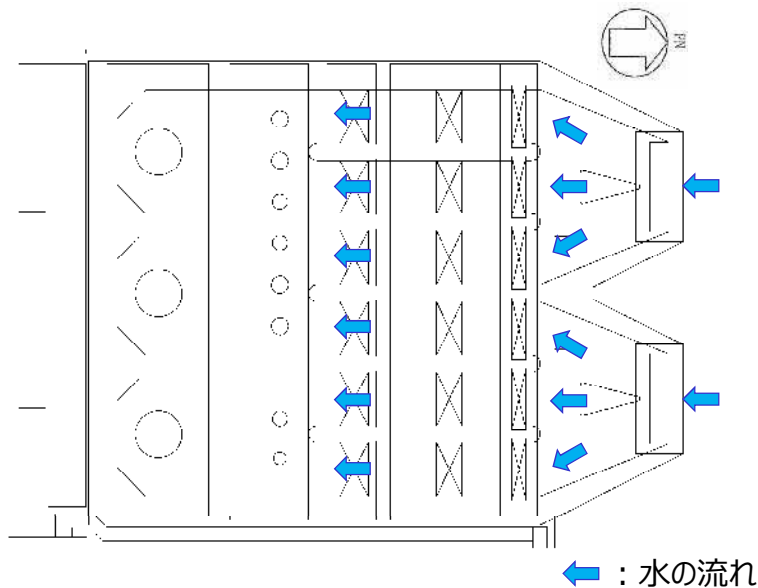


図2 取水槽の平面図

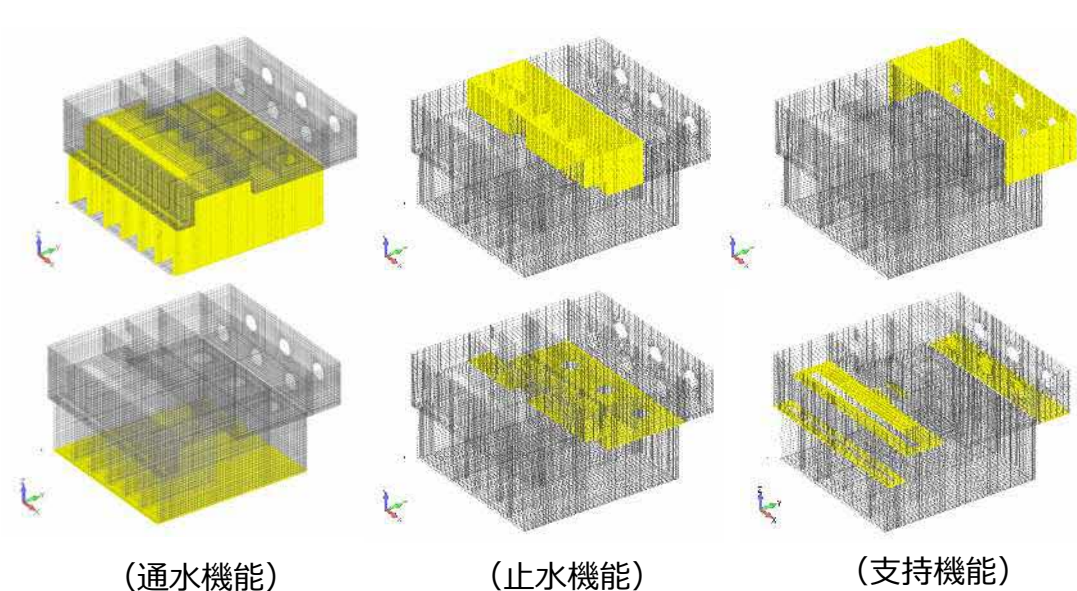


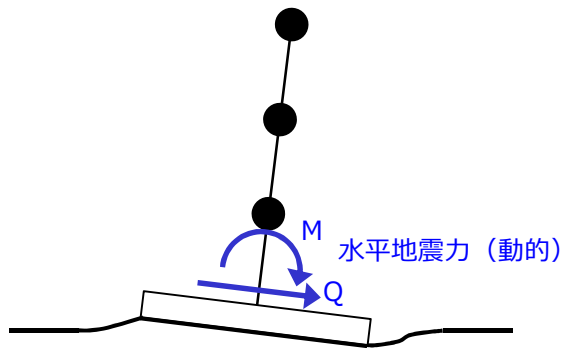
図3 各機能が要求される部材の範囲（上：壁部，下：床部）



## 【4-6】 制御室建物基礎スラブの応力解析における付着力の適用

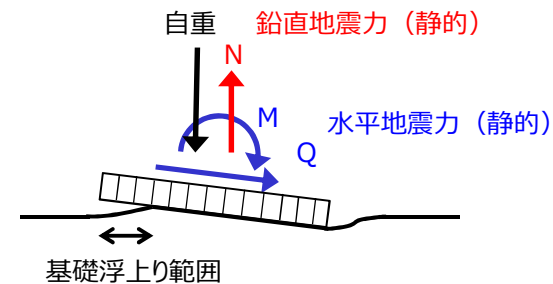
### 1. 概要

- 制御室建物の地震応答解析においては、基礎底面のロッキング地盤ばねを浮上り線形とし、地震応答解析結果により算定した基礎浮上りが発生しないために必要な付着力が、 $0.40\text{N/mm}^2$ （建物基礎底面と地盤の間の付着力）を超えないことを確認している。（図1(a)参照）
- 一方、基礎スラブの応力評価（弾塑性解析）においては水平方向及び鉛直方向地震力を組合せ係数法により同時入力するため、基礎スラブ底面の地盤ばね（鉛直ばね）に $0.40\text{N/mm}^2$ を超える引張力が発生する可能性がある。（図1(b)参照）。
- 水平方向及び鉛直方向地震力を同時に入力した応力解析においては、基礎スラブの柔性及び浮上りによる影響を評価するため、基礎スラブ底面の地盤ばね（鉛直ばね）に $0.40\text{N/mm}^2$ を超える引張力が発生したときに浮上りを考慮した。
- 制御室建物基礎スラブ底面の地盤ばね（鉛直ばね）に付着力及び基礎浮上りを考慮した応力解析による基礎スラブの耐震評価結果を説明した。



基礎浮上りが発生しないために必要な付着力が $0.40\text{N/mm}^2$ を超えないことから、基礎浮上りが生じない。

(a) 地震応答解析  
(浮上り線形ばね)



水平方向及び鉛直方向地震力を同時に入力するため、底面の地盤ばねに $0.40\text{N/mm}^2$ を超える引張力が発生した場合、基礎浮上りが生じる。

(b) 基礎スラブの応力解析  
(弾塑性解析)

図1 基礎浮上りの概念図

## 【4-6】原子炉建物基礎スラブの応力解析モデルの変更

### 1. 概要

- 設置変更許可時は、建設時の工事計画認可申請書と同様、上部構造物のうち剛性の高い壁をはり要素でモデル化した応力解析モデル（以下「設置許可モデル」という。）を採用する予定であった。
- 今回の工事計画認可申請では、詳細設計に伴い上部構造物の立体的な形状による基礎スラブへの拘束効果を考慮することとし、先行サイトの審査実績を踏まえ、一部の壁及び床スラブを積層シェル要素でモデル化した応力解析モデル（以下「今回工認モデル」という。）を採用することとした。
- 原子炉建物基礎スラブの応力解析モデルの変更内容、及び基礎スラブの応力解析において積層シェル要素でモデル化した壁に発生する応力を考慮した耐震壁の健全性確認結果を説明した。

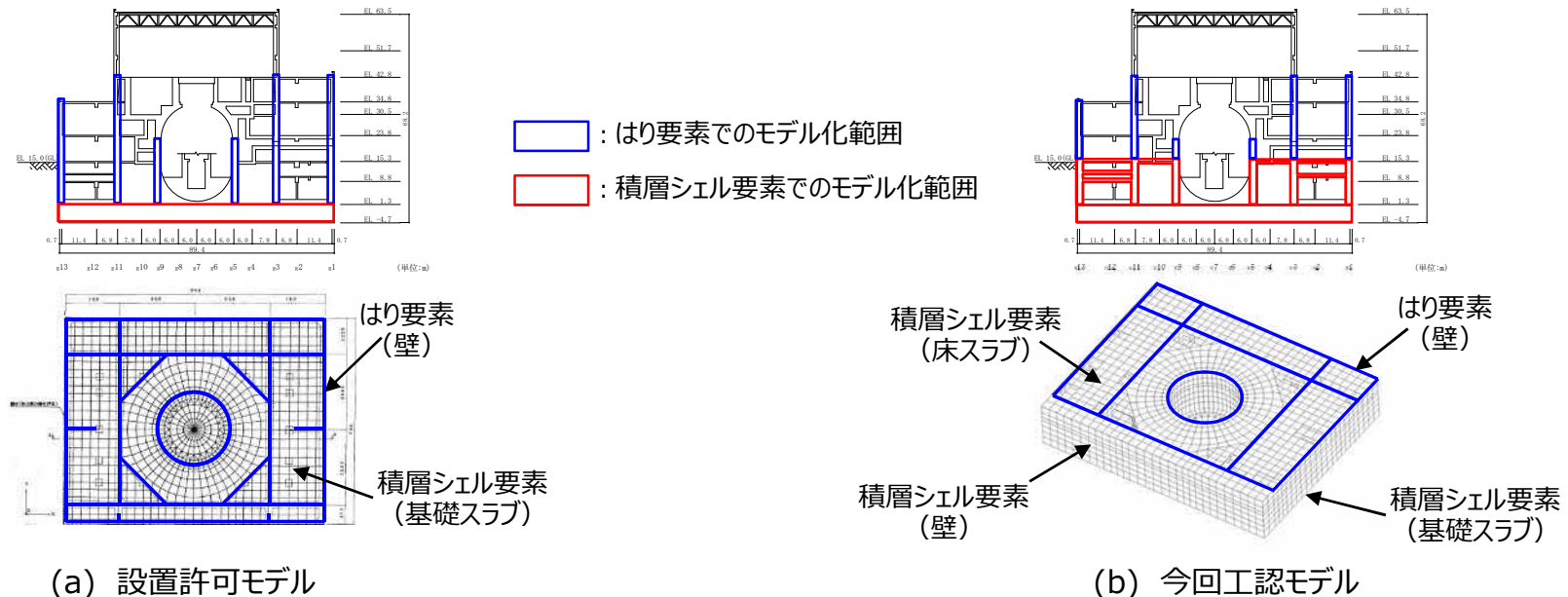


図1 モデル化方法の概念図