

美浜発電所3号機の設置変更および 工事計画認可に関する審査の概要

平成28年11月2日

原子力規制庁
地域原子力規制総括調整官(福井担当)

1. 新規制基準の概要

福島第一原発事故における教訓

- 福島第一原発事故では地震や津波により、複数の機器・システムが同時に安全機能を喪失。
- さらに、その後のシビアアクシデントの進展を食い止めることができなかった。

地震・津波により、複数の機器・システムが同時に安全機能を喪失

①地震により外部電源喪失

②津波により所内電源喪失・破損



使用済燃料プール

⑦水素爆発

安全機能喪失によるシビアアクシデントの進展

③冷却停止



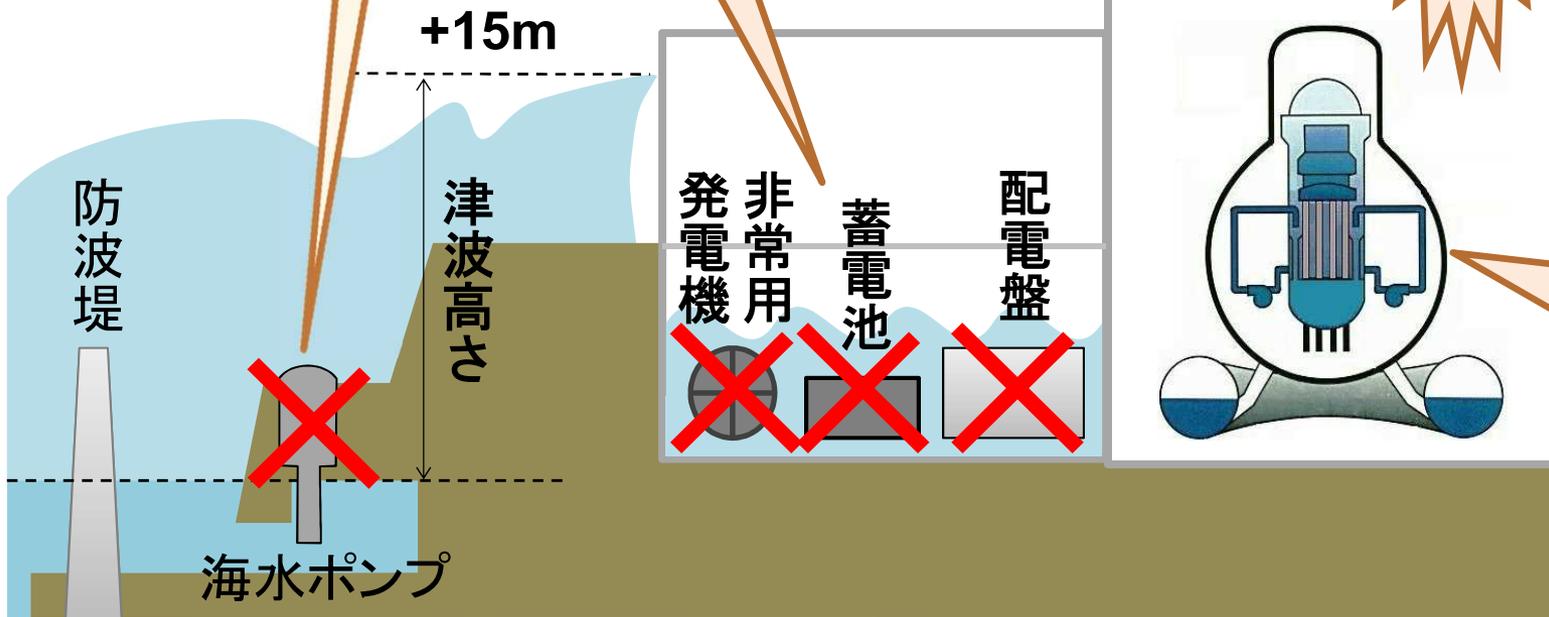
④炉心損傷



⑤水素発生



⑥水素漏えい
(格納容器破損)



新規制基準の基本的な考え方と主な要求事項

➤ 共通要因による安全機能喪失及びシビアアクシデントの進展を防止するための基準を策定

共通要因による安全機能の喪失を防止(シビアアクシデントの防止)

(従来の対策は不十分)

大規模な自然災害への対応強化

火災・内部溢水・停電などへの耐久力向上

- 地震・津波の想定手法を見直し
- 津波浸水対策の導入
- 火山・竜巻・森林火災も想定
- 火災対策の強化・徹底
- 内部溢水対策の導入
- 外部電源の信頼性向上
- 所内電源・電源盤の多重化・分散配置
- モニタリング・通信システム等の強化

万一シビアアクシデントが発生しても対処できる設備・手順の整備

(これまで要求せず)

炉心損傷の防止

格納容器の閉じ込め機能等の維持

放射性物質の拡散抑制

指揮所等の支援機能の確保

原子炉建屋外設備が破損した場合等への対応

- 原子炉の停止対策の強化
- 原子炉の減圧対策の強化
- 原子炉への注水・除熱対策の強化
- 使用済燃料プールへの注水対策の強化
- 格納容器の破損防止対策の強化
- 建屋等の水素爆発防止対策の導入
- 放射性物質の拡散抑制対策の導入
- 緊急時対策所

テロや航空機衝突への対応

(これまで要求せず)

(対策に共通性)

原子炉から100m離れた場所に電源車等を保管。更なる信頼性向上対策として常設化(特定重大事故等対処施設)

従来の規制基準と新規規制基準との比較

- ▶ 従来と比較すると、シビアアクシデントを防止するための基準を強化するとともに、万一シビアアクシデントやテロが発生した場合に対処するための基準を新設

＜従来の規制基準＞

シビアアクシデントを防止するための基準(いわゆる設計基準)
(単一の機器の故障を想定しても炉心損傷に至らないことを確認)

自然現象に対する考慮
火災に対する考慮
電源の信頼性
その他の設備の性能
耐震・耐津波性能

＜新規規制基準＞

意図的な航空機衝突への対応
放射性物質の拡散抑制対策
格納容器破損防止対策
炉心損傷防止対策 (複数の機器の故障を想定)
内部溢水に対する考慮(新設)
自然現象に対する考慮 (火山・竜巻・森林火災を新設)
火災に対する考慮
電源の信頼性
その他の設備の性能
耐震・耐津波性能

新設 (テロ対策)
新設 (シビアアクシデント対策)
強化又は新設
強化

2. 美浜発電所3号機の 設置変更に関する 審査書の概要

美浜発電所 3号機の審査の経緯

2013年7月8日 新規制基準施行

2015年3月17日 関西電力が設置変更許可申請書を提出

2015年4月2日～

公開の審査会合での審査(原子力規制委員、規制庁審査官)

※48回の審査会合と2回の現地調査を実施(設置変更許可まで)

※約220回のヒアリング実施(設置変更許可まで)

2016年8月3日

原子力規制委員会で設置変更許可に係る審査結果のとりまとめ、意見募集(パブリックコメント)の実施を了承(8月4日～9月2日(30日間)まで意見募集)、原子力委員会・経済産業大臣への意見聴取の決定

2016年10月5日

原子力規制委員会は、意見募集及び関係機関(原子力委員会、経済産業大臣)への意見聴取の結果を踏まえ、設置変更を許可

※審査書全文は原子力規制委員会ホームページに掲載しています。

「設置変更許可 審査書」

<http://www.nsr.go.jp/data/000165965.pdf>

美浜発電所 3号機の設置変更に関する 審査書の概要

＜本日の説明の順序＞

(1) 重大事故の発生を防止するための対策

- 地震・津波などの自然現象及び人為事象への対策の強化
- 火災対策や電源対策等

(2) 重大事故の発生を想定した対策

- 「止める」ための対策(原子炉停止対策)
- 「冷やす」ための対策(炉心損傷防止対策)
- 「閉じ込める」ための対策(格納容器破損防止対策)
- 訓練などのソフト面での対策

(3) 更なる対策

- 「抑える」ための対策(放射性物質拡散抑制対策)
- 大規模な損壊が発生した場合の対応

(1) 重大事故の発生を 防止するための対策

敷地内破碎帯の活動性評価等

敷地内破碎帯の活動性評価

- 申請当初の薄片観察結果に加え、有識者会合を踏まえて実施した薄片の再観察、追加の薄片観察等により、粘土鉱物脈が最新面を横断し変形していないこと、最新面が粘土鉱物で充填され不明瞭になっていることを確認。
- 熱水変質の痕跡について、化学的分析結果を踏まえた検討を指摘し、破碎部の主成分組成、構成鉱物等も詳細に確認するとともに、若狭湾周辺では約20Ma以降の熱水活動は知られていないことを確認。
- 破碎帯の最新の運動センスが全て正断層センスであり、現在の広域応力場から推定される運動センスと調和しないことを確認。
- 以上のことから、将来活動する可能性のある断層等に該当しないことを確認。

【最新面と粘土鉱物脈との関係】

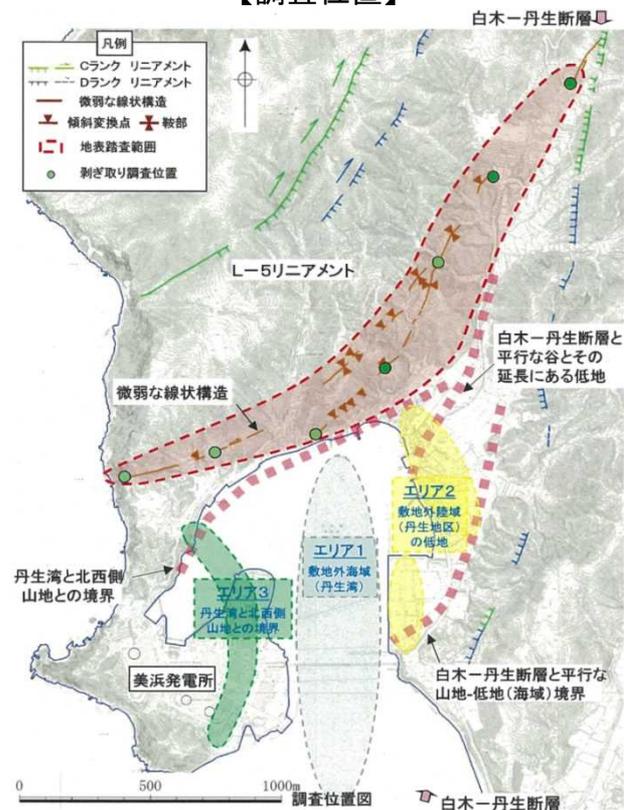


(出典:関西電力説明資料)

敷地と白木-丹生断層の間の地質・地質構造

- 有識者会合を踏まえて実施した詳細な地形判読、地質調査、海上音波探査(エリア1)、反射法地震探査(エリア2、3)やベイケーブル調査(エリア3)等により、白木-丹生断層から敷地に向かって派生する震源として考慮する活断層は認められないことを確認。

【調査位置】



(出典:関西電力説明資料)

基準地震動

【敷地周辺の主な断層の分布】

- C断層、三方断層、白木-丹生断層、大陸棚外縁～B～野坂断層、安島岬沖～和布-干飯崎沖～甲楽城断層に加え、審査の過程において甲楽城沖断層～浦底断層～池河内断層～柳ヶ瀬山断層による地震を検討用地震として追加。
- 断層上端深さについて、調査結果の信頼性を踏まえて評価することを指摘し、申請当初の4kmから3kmに見直した上で地震動評価を実施。
- 地震動評価において、震源断層の長さの不確かさとして、安島岬沖～和布-干飯崎沖～甲楽城断層～甲楽城沖断層～浦底断層～池河内断層～柳ヶ瀬山断層～柳ヶ瀬断層南部～鍛冶屋断層～関ヶ原断層の連動ケースを追加。



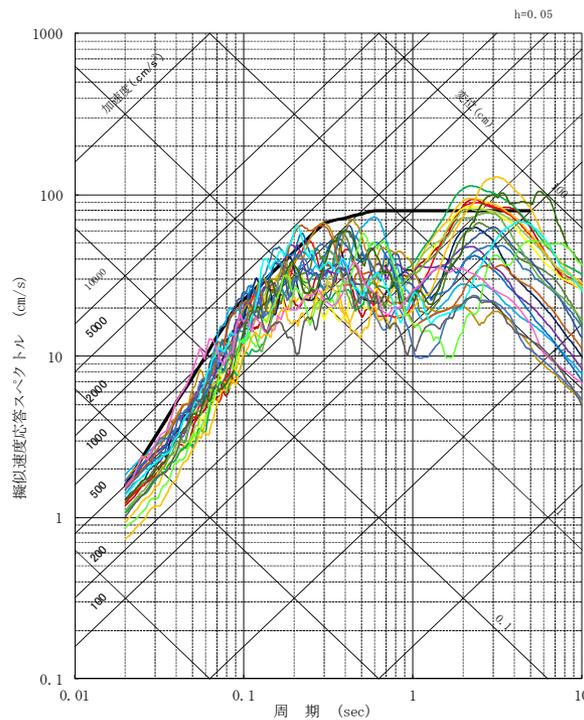
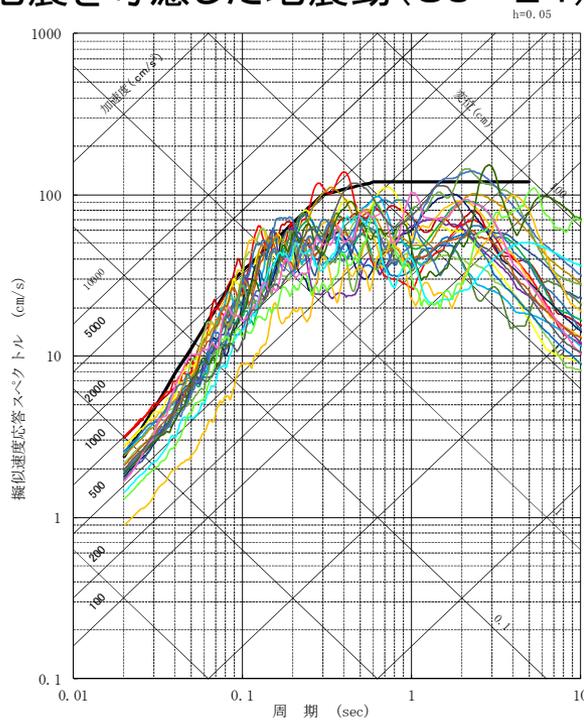
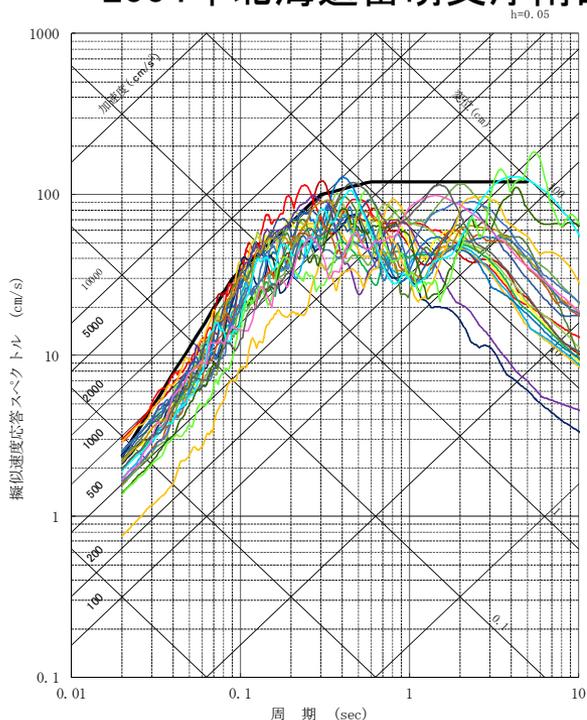
(注) 敷地から半径約30kmの範囲の主な断層について図示している。

(出典: 関西電力説明資料)

基準地震動

→24種類の基準地震動を策定。

- 応答スペクトルに基づく基準地震動S_s-1(最大加速度750ガル)
- 断層モデルを用いた手法による基準地震動S_s-2~S_s-22(最大加速度は最大993ガル)
- 震源を特定せず策定する地震動として、以下の2つ。
 - ・2000年鳥取県西部地震における賀祥ダムの観測記録による地震動(S_s-23)
 - ・2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動(S_s-24)



- 水平(NS)方向**
- 基準地震動S_s-1
 - 基準地震動S_s-2 C断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点1)
 - 基準地震動S_s-3 C断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点2)
 - 基準地震動S_s-4 C断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点3)
 - 基準地震動S_s-5 C断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点4)
 - 基準地震動S_s-6 C断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点5)
 - 基準地震動S_s-7 C断層(傾斜角55°ケース、破壊開始点3)
 - 基準地震動S_s-8 白木-丹生断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点1)
 - 基準地震動S_s-9 白木-丹生断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点2)
 - 基準地震動S_s-10 白木-丹生断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点3)
 - 基準地震動S_s-11 白木-丹生断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点5)
 - 基準地震動S_s-12 大陸棚外縁~B~野坂断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点2)
 - 基準地震動S_s-13 大陸棚外縁~B~野坂断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点3)
 - 基準地震動S_s-14 大陸棚外縁~B~野坂断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点4)

- 水平(EW)方向**
- 基準地震動S_s-15 大陸棚外縁~B~野坂断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点6)
 - 基準地震動S_s-16 大陸棚外縁~B~野坂断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点7)
 - 基準地震動S_s-17 大陸棚外縁~B~野坂断層(V_r=0.87βケース、破壊開始点1)
 - 基準地震動S_s-18 大陸棚外縁~B~野坂断層(V_r=0.87βケース、破壊開始点4)
 - 基準地震動S_s-19 安島岬沖~和布-千飯崎沖~甲楽城断層(V_r=0.87βケース、破壊開始点2)
 - 基準地震動S_s-20 安島岬沖~和布-千飯崎沖~甲楽城断層~甲楽城沖断層~浦底断層~池河内断層~柳ヶ瀬山断層~柳ヶ瀬断層南部~鍛冶屋断層~関ヶ原断層(破壊開始点2)
 - 基準地震動S_s-21 安島岬沖~和布-千飯崎沖~甲楽城断層~甲楽城沖断層~浦底断層~池河内断層~柳ヶ瀬山断層~柳ヶ瀬断層南部~鍛冶屋断層~関ヶ原断層(破壊開始点6)
 - 基準地震動S_s-22 安島岬沖~和布-千飯崎沖~甲楽城断層~甲楽城沖断層~浦底断層~池河内断層~柳ヶ瀬山断層~柳ヶ瀬断層南部~鍛冶屋断層~関ヶ原断層(破壊開始点9)
 - 基準地震動S_s-23 2000年鳥取県西部地震・賀祥ダムの観測記録
 - 基準地震動S_s-24 2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動

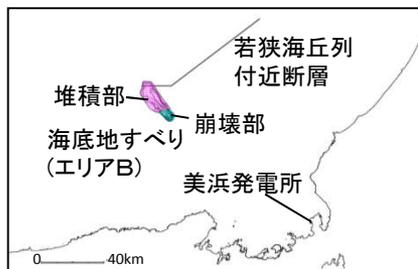
(出典:関西電力説明資料に一部加筆)

津波対策

基準津波の波源

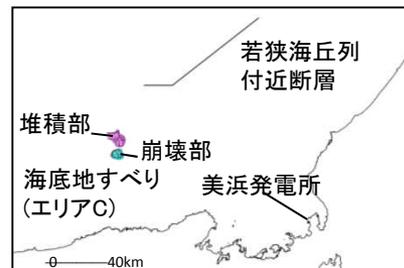
【若狭海丘列付近断層と海底地すべり(エリアB)】

※3号炉取水口・放水口(上昇側)で水位が最高となる津波の組合せ



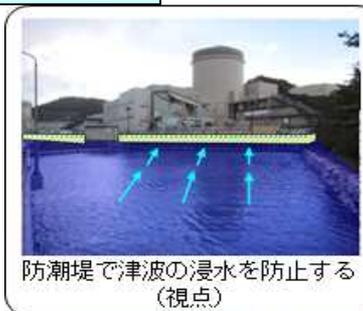
【若狭海丘列付近断層と海底地すべり(エリアC)】

※3号炉取水口(下降側)で水位が最低となる津波の組合せ



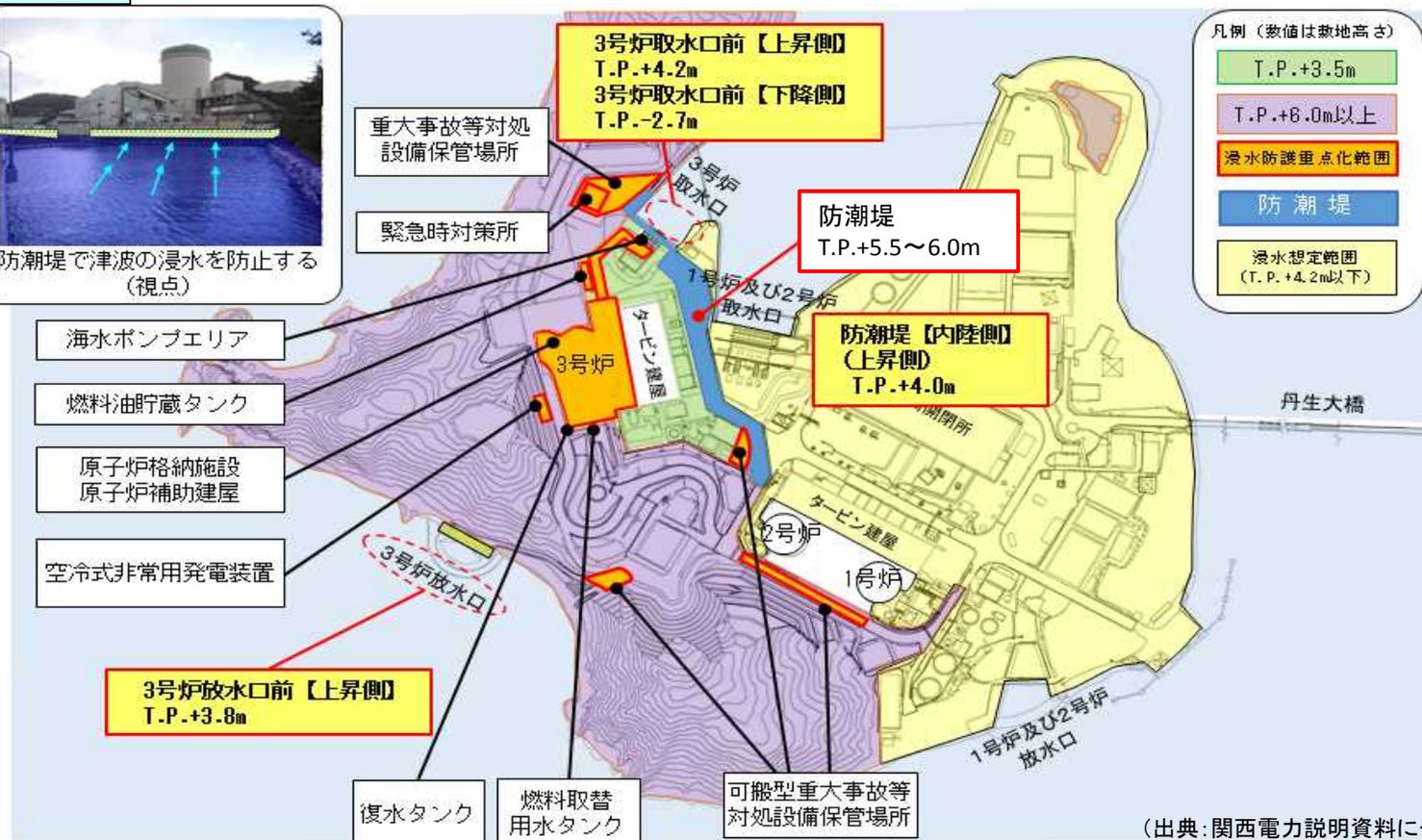
(出典:関西電力説明資料に一部加筆)

津波防護の概要



防潮堤で津波の浸水を防止する(視点)

- 海水ポンプエリア
- 燃料油貯蔵タンク
- 原子炉格納施設
原子炉補助建屋
- 空冷式非常用発電装置



(出典:関西電力説明資料に一部加筆)

自然現象及び人為事象への対策

<自然現象>

- 想定される自然現象(竜巻、森林火災、火山の影響、地滑り等)及びこれらの組合せを想定しても、安全施設の安全機能が損なわれない設計方針であることを確認。

(竜巻対策)

風速100m/sの竜巻に対して、車両の固縛、飛来物に対する防護対策等を確認。

(森林火災対策)

森林火災を想定し、必要な防火帯幅等を確保する方針を確認。

(火山の影響対策)

白山等の火山から敷地までは十分な距離があることから、火砕流等が発電所に及ぶ可能性は十分に小さいと評価。火山灰は最大層厚10cmと評価。

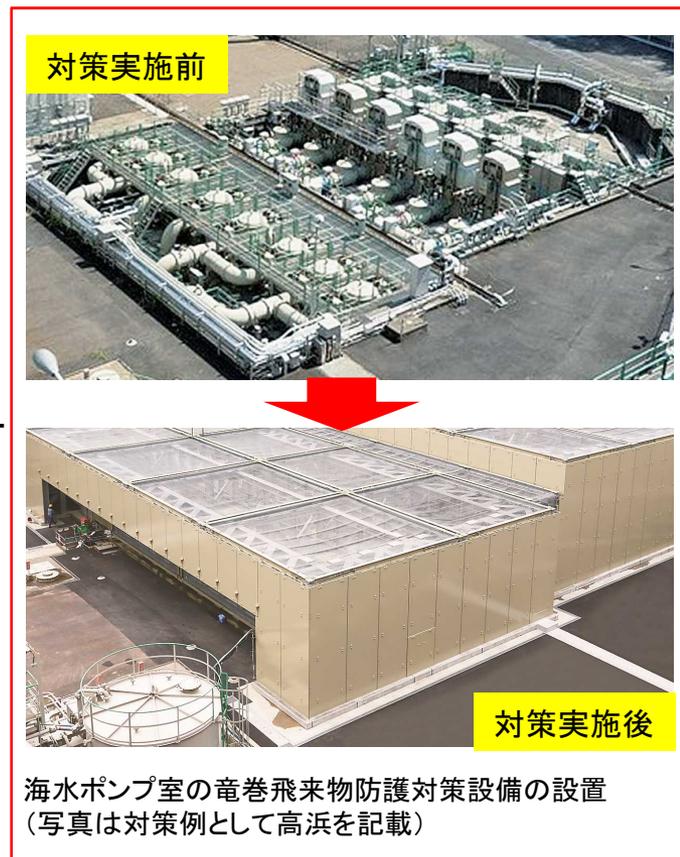
降下火災物の直接的影響(機械的影響、化学的影響等)及び間接的影響(外部電源喪失及び交通の途絶)によって、安全機能が損なわれない方針を確認。

<人為事象>

- 想定される人為事象(近隣工場等からの火災、有毒ガス等)を想定しても、安全施設の安全機能が損なわれない設計方針であることを確認。

(外部火災対策)

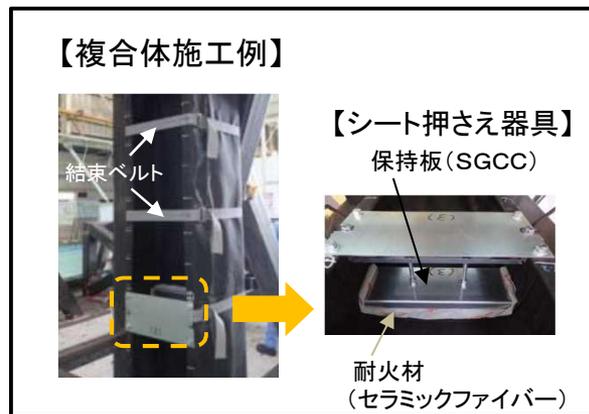
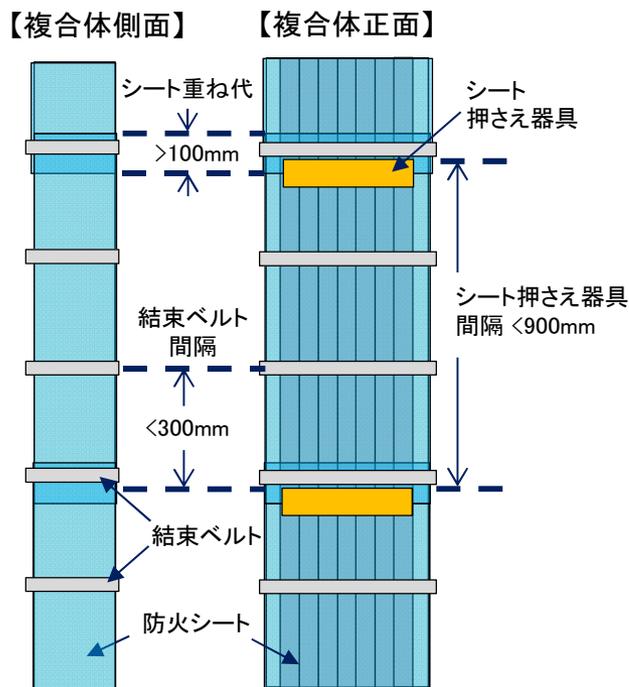
近隣に石油コンビナート等に相当する施設はないことを確認。



海水ポンプ室の竜巻飛来物防護対策設備の設置
(写真は対策例として高浜を記載)

(出典:関西電力提供写真を一部使用)

- 安全機能を有する構造物、系統及び機器を火災から防護することを目的として火災区域及び火災区画を設定し、火災発生防止、早期の火災感知・消火、影響軽減のそれぞれの方策により対策を講じる設計方針であることを確認。
 - ・ケーブルの物量を大幅に削減できる区画(配線処理室等)及びデブリの発生を抑える必要のある格納容器内、過電流による発火の可能性がある範囲のケーブルを難燃ケーブルに取り替え。
 - ・上記以外の箇所については、難燃ケーブルと同等以上の難燃性能を実証試験により確認された複合体(ケーブルとトレイを難燃性の防火シートで覆い、結束ベルト等で固定されたもの)や電線管への収納を実施。



(出典: 関西電力提供写真を一部使用)

審査結果: 難燃性能について十分な保安水準が確保されることを確認

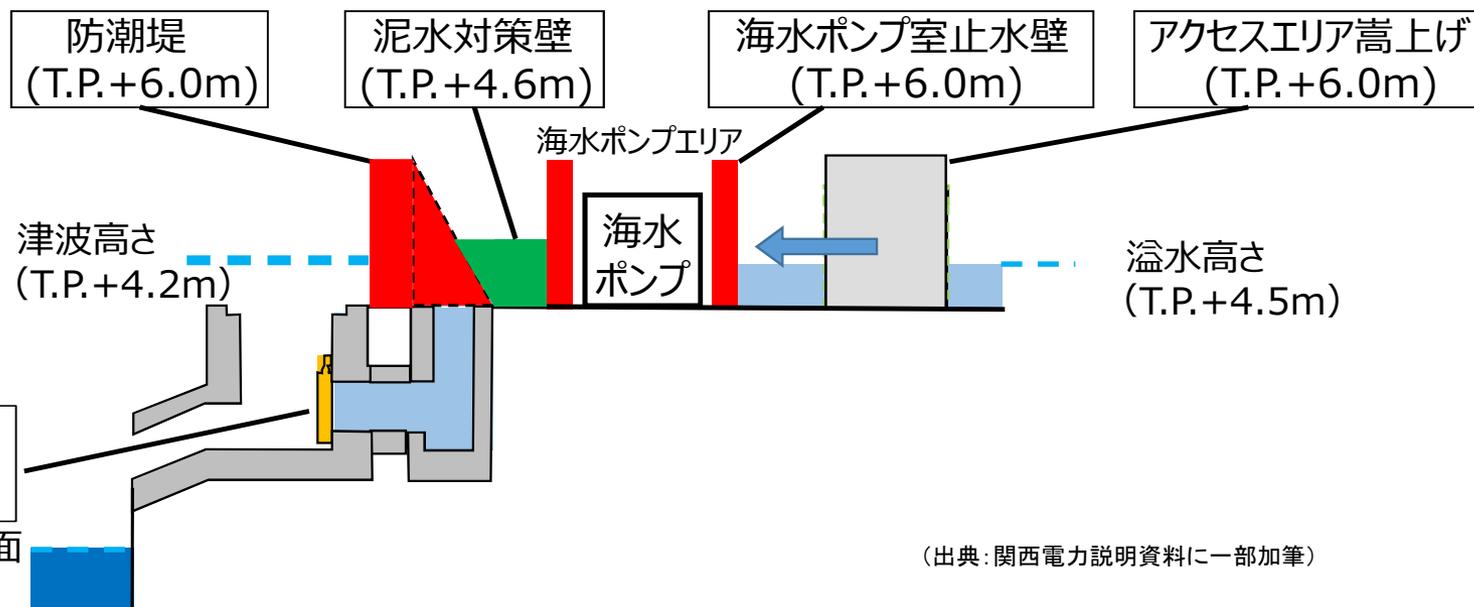
溢水対策

【屋内溢水】

- 没水、被水、蒸気の影響により、防護対象設備の安全機能が損なわれない設計であることを確認。
 - ・ 溢水源として、機器の破損、消火水の放水（スプリンクラー等の考慮）、地震等による機器の破損等を想定していることを確認。
 - ・ 溢水によって発生する外乱に対する評価方針を確認。
- 放射性物質を含む液体の管理区域外への漏えいを防止するための設計方針を確認。

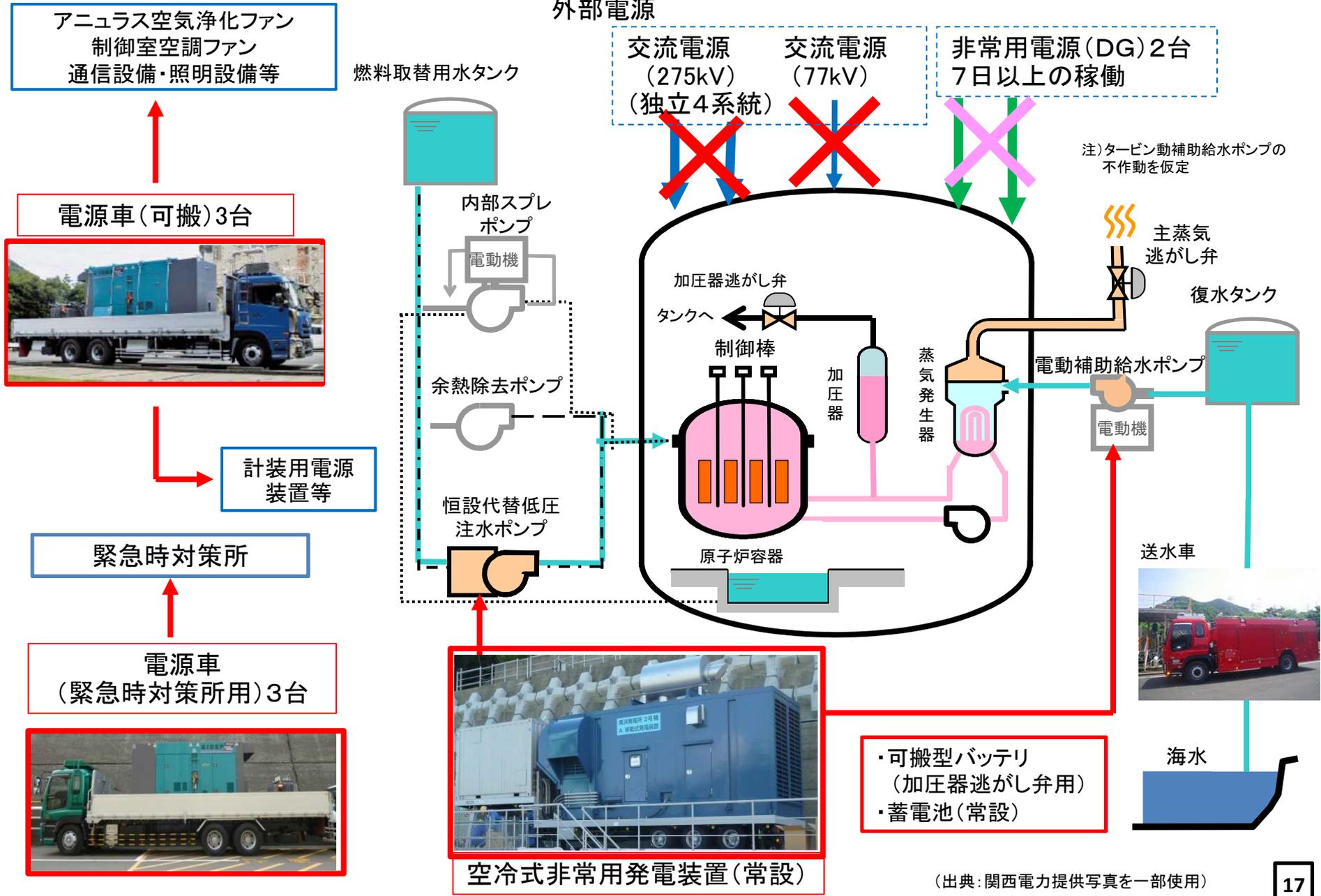
【屋外溢水】

- ① 防護対象設備である海水ポンプ等については、止水壁等により溢水による機能喪失を防止。
- ② 海水ポンプ前面への泥水の流入防止を図るため、側面に泥水対策壁を設置。
- ③ SA時のアクセスルートを確認するため、取水口付近のアクセスルートを嵩上げ。
- ④ 溢水経路の漂流物対策として、休憩室他を移設。
- ⑤ 溢水量低減対策として、2次系純水タンク保有水量減。



(出典: 関西電力説明資料に一部加筆)

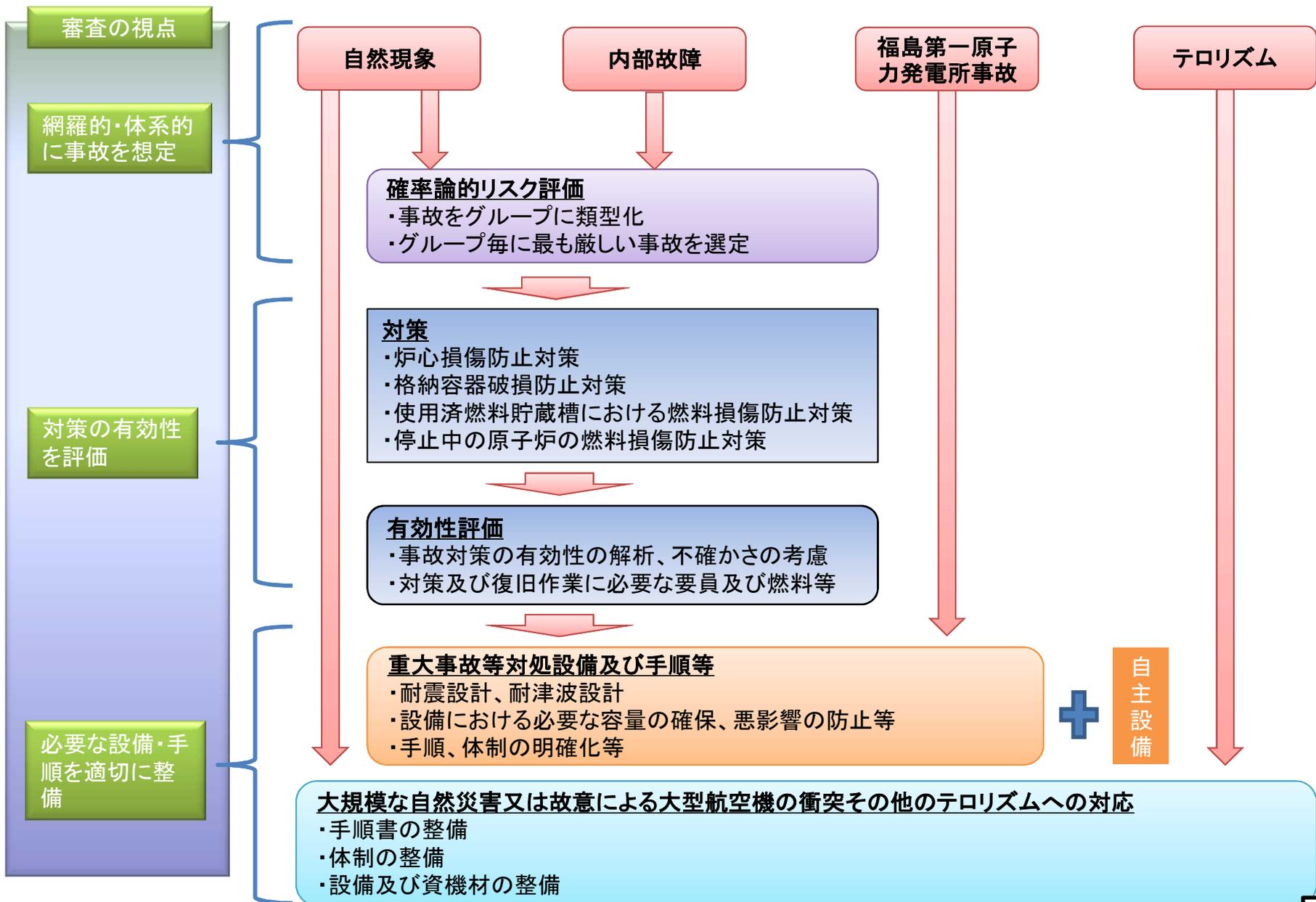
電源の確保(全交流動力電源喪失(SBO)対策)



(出典: 関西電力提供写真を一部使用)

(2) 重大事故の発生を 想定した対策

重大事故等対処に係る審査の概要

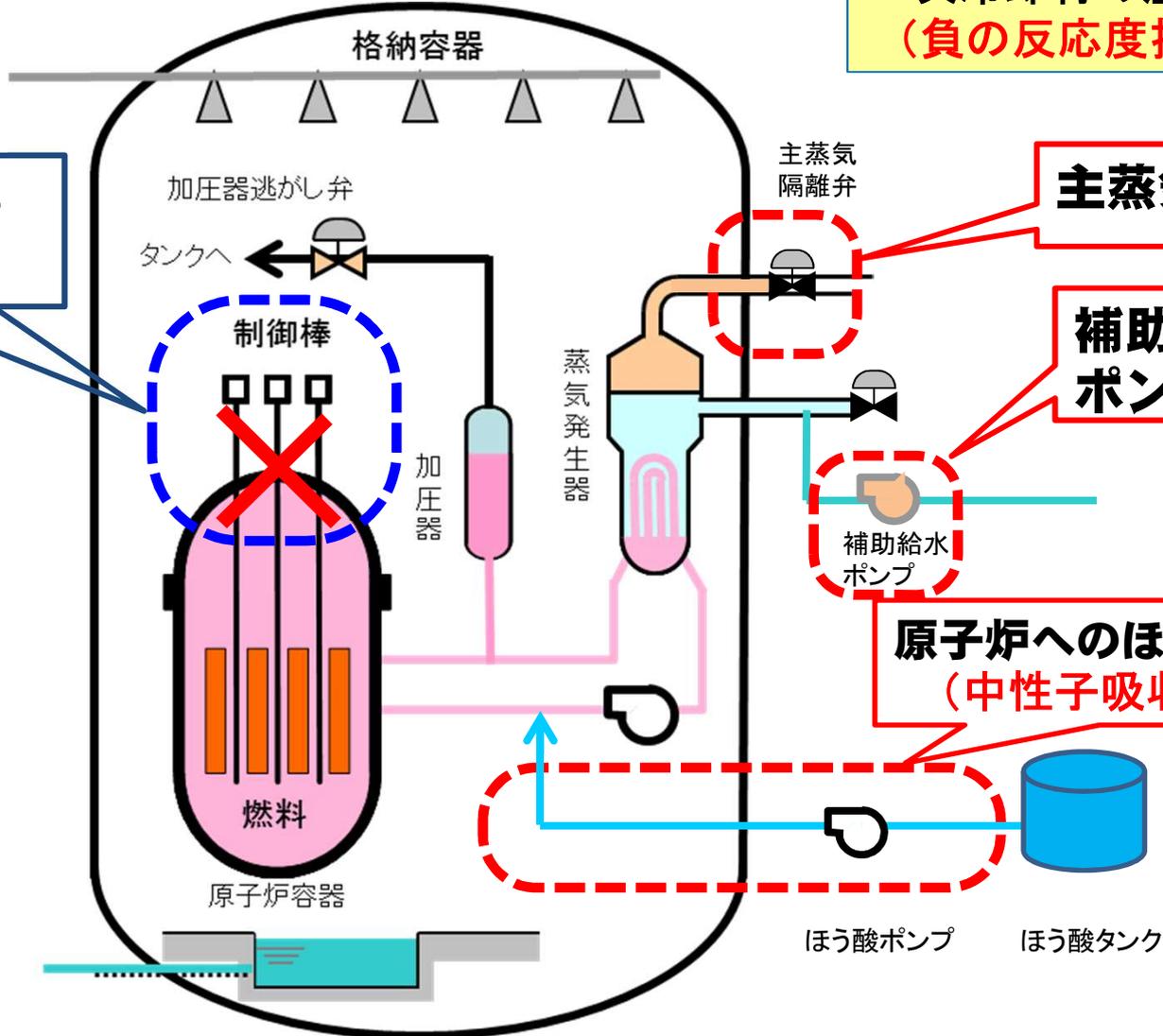


原子炉を停止させる対策(止める)

原子炉停止失敗時(ATWS)の原子炉停止機能の確保

一次冷却材の温度上昇
(負の反応度投入)

~~原子炉を止める
制御棒~~



主蒸気隔離

補助給水
ポンプ起動

原子炉へのほう酸注入
(中性子吸収材)

ほう酸ポンプ ほう酸タンク

原子炉を停止させる対策(止める)の審査結果 (原子炉停止機能喪失(ATWS)対策)

要求事項

「原子炉停止機能喪失」において、最も厳しい事故シーケンスに対し、炉心損傷を防止すること。

有効性評価(第37条)

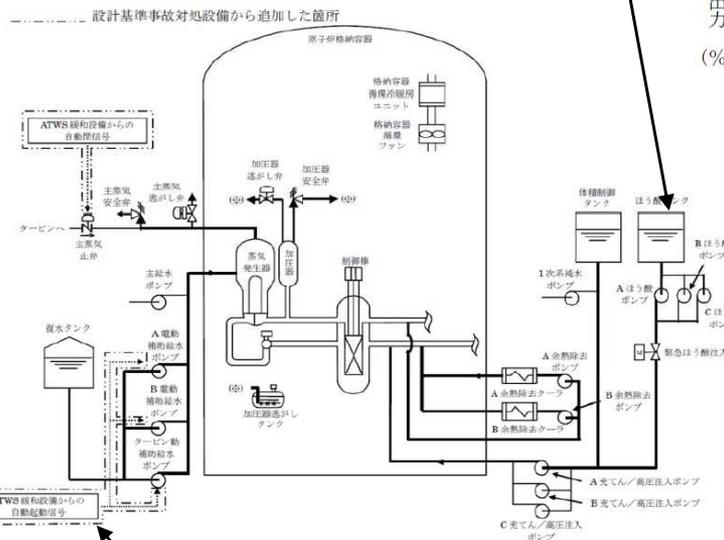
申請内容

事故想定

主給水流量喪失時に原子炉トリップ機能が喪失する最も厳しい事故シーケンス。

対策概要

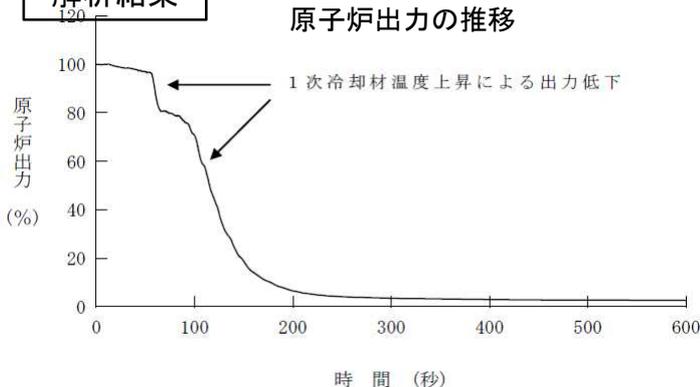
対策②: 緊急ほう酸注入



対策①: ATWS緩和設備の作動

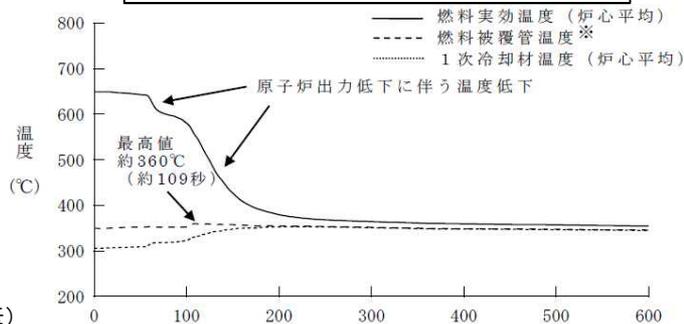
(出典: 関西電力説明資料に一部加筆)

解析結果



燃料被覆管温度の推移

評価項目: 燃料被覆管の温度が1200°C以下であること



設備及び手順等(第44条等)

○手動による原子炉緊急停止
・原子炉トリップスイッチ

○自動作動による原子炉出力の抑制
・ATWS緩和設備
・主蒸気隔離弁
・電動補助給水ポンプ等

○化学体積制御設備又は非常用炉心冷却設備を用いたほう酸水の注入
・充てん/高圧注入ポンプ
・ほう酸タンク
・ほう酸ポンプ
・燃料取替用水タンク等

●自主設備

・MGセット電源
・原子炉トリップしゃ断器スイッチ
・制御棒操作器
・タービントリップスイッチ

○: 要求事項
・: 申請者の対策

審査結果

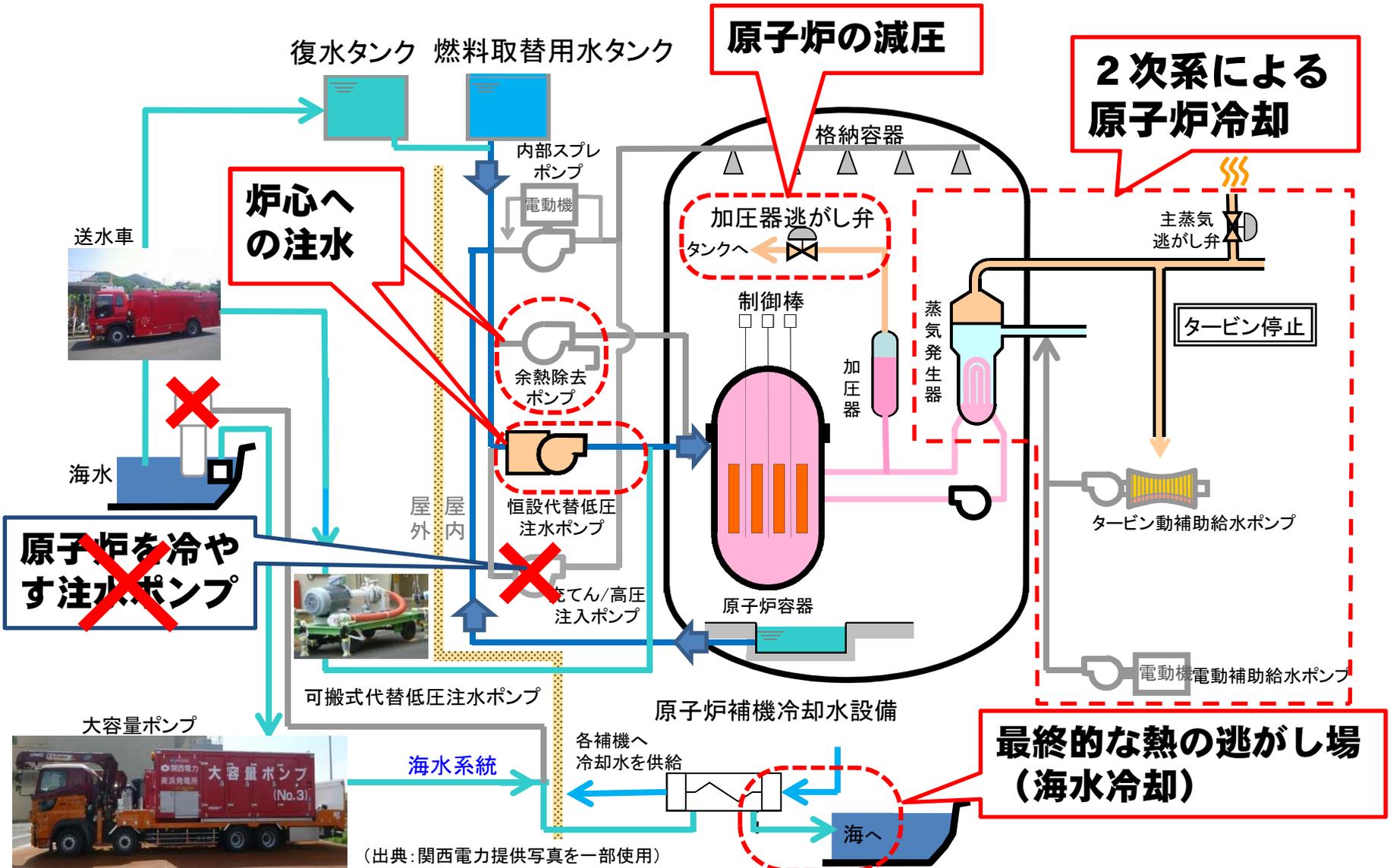
要求事項に対し設備・手順等が適切に整備されていることを確認。よって規則に適合と判断。

審査結果

申請者の解析結果について炉心損傷防止対策の評価項目を満足していること、当該対策及び復旧作業に必要な要員及び燃料等について計画が十分であることを確認。よって「原子炉停止機能喪失」に対する炉心損傷防止対策が有効なものであると判断。

原子炉を冷やすための対策(冷やす)

地震や津波等の共通原因によって、機能喪失が発生しても、炉心損傷に至らせないために炉心を冷却。(ハード対策だけでなく、手順・体制等も踏まえ実現可能性を確認)



原子炉を冷やすための対策(冷やす)の審査結果 (ECCS注水機能喪失対策)

設備及び手順等(第47条等)

有効性評価(第37条)

規制要求

事故シーケンスグループ「ECCS注水機能喪失」について、最も厳しい事故シーケンスに対して、炉心損傷を防止すること。

申請内容

事故想定 中破断LOCAと外部電源喪失が同時に発生し、高圧注入機能を喪失する事故

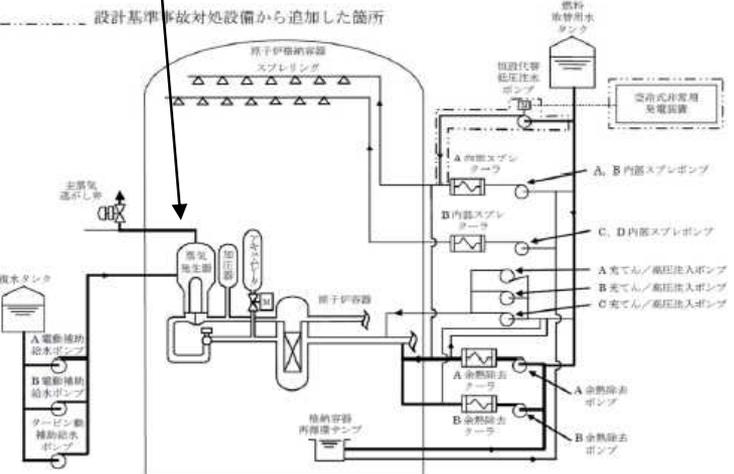
対策概要

解析結果

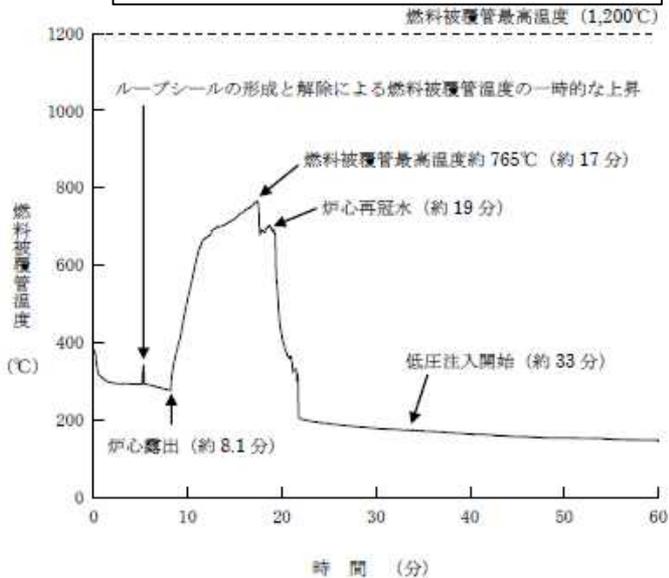
対策①: 蒸気発生器2次側による炉心冷却

燃料被覆管温度の推移

燃料被覆管最高温度は1200°C以下を満たしている(下図)。



対策②: 余熱除去ポンプによる低圧注入



審査内容

申請者の解析結果について、申請者が使用した解析コード、解析条件の不確かさを考慮しても、炉心損傷防止対策の評価項目を満足していること、対策及び復旧作業に必要な要員及び燃料等から、対策が有効なものと判断。

- 可搬型重大事故防止設備の配備
 - ・可搬式代替低圧注水ポンプ
 - ・送水車
 - ・電源車

- 常設重大事故防止設備の設置
 - ・格納容器スプレイポンプ (RHRS-CSS連絡ライン使用)
 - ・恒設代替低圧注水ポンプ
 - ・空冷式非常用発電装置

- 自主設備
 - ・電動消火ポンプ
 - ・ディーゼル消火ポンプ等
 - ・電動主給水ポンプ
 - ・蒸気発生器水張りポンプ
 - ・蒸気発生器補給用仮設中圧ポンプ
 - ・発電機(蒸気発生器補給用仮設中圧ポンプ用)
 - ・燃料取替用水タンク(重力注入)等

○: 要求事項
 ・: 申請者の対策

審査結果

要求事項に対し設備・手順等が適切に整備されていることを確認。よって規則に適合と判断。

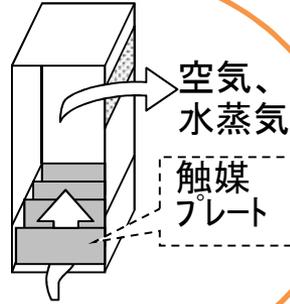
(出典: 関西電力説明資料に一部加筆)

炉心溶融後に格納容器破損を防ぐ対策(閉じ込める)

炉心損傷が起きても格納容器を破損させないための対策

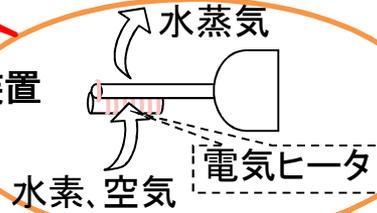
水素爆発対策

静的触媒式
水素再結合装置



水素、空気、水蒸気

格納容器
水素燃焼装置

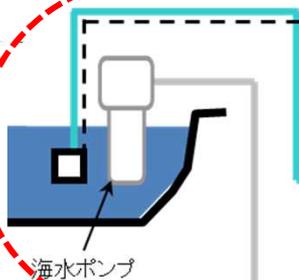


**格納容器再循環
ユニットへの
海水供給**

燃料取替用水タンク等

初期対策

原子炉下部キャビティ
注水ポンプ



大容量ポンプ

格納容器の過圧、過温防止
放射性ヨウ素等の凝縮除去

**格納容器
スプレー**

格納容器循環
冷暖房ユニット

制御棒

蒸気発生器

原子炉容器

原子炉下部キャ
ビティ水位計

原子炉下部
キャビティ

中制室

原子炉補機冷却
水設備

海へ

**溶融炉心の冷却
溶融炉心・コンクリート
相互作用対策**

炉心熔融後に格納容器破損を防ぐ対策（閉じ込める）の審査結果① （格納容器過圧破損防止対策）

要求事項

格納容器破損モード「格納容器過圧破損」について、最も厳しいプラント損傷状態に対して、格納容器破損を防止すること。

申請内容

事故想定

大破断LOCA時に低圧・高圧注入機能喪失及び格納容器スプレイ注水機能喪失、さらに全交流動力電源喪失及び原子炉補機冷却機能喪失が重畳する事故。

対策概要

- ① PAR、② イグナイタ、③ 原子炉下部キャビティ注水ポンプによる原子炉下部直接注水、④ 恒設代替低圧注水ポンプ等による代替格納容器スプレイ注水、⑤ 格納容器循環冷暖房ユニットによる格納容器内自然対流冷却

有効性評価(第37条)

設備及び手順等(第49、50条等)

○格納容器循環冷暖房ユニットの設置

- ・格納容器循環冷暖房ユニット
- ・大容量ポンプ等

○格納容器スプレイ代替注水設備の配備

- ・恒設代替低圧注水ポンプ
- ・可搬式代替低圧注水ポンプ
- ・燃料取替用水タンク
- ・復水タンク
- ・空冷式非常用発電装置等

●自主設備

- ・電動消火ポンプ
- ・ディーゼル消火ポンプ
- ・内部スプレポンプ（自己冷却）等

○：要求事項
・：申請者の対策

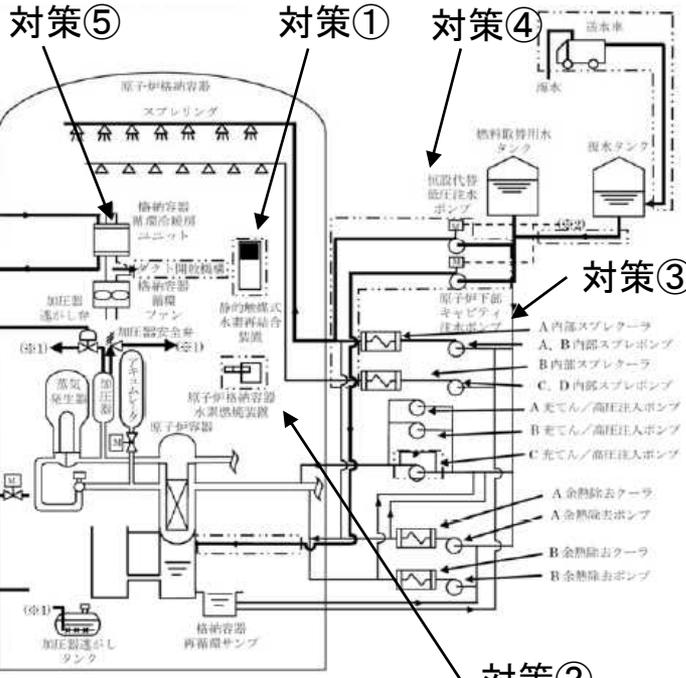
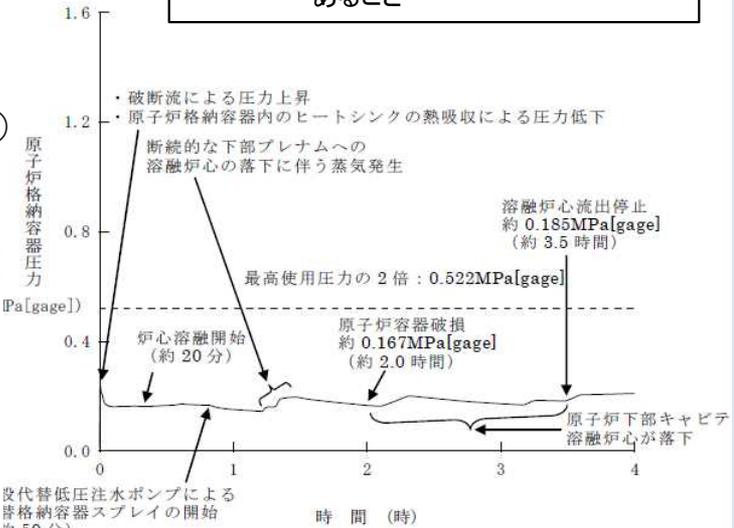
審査結果

要求事項に対し設備・手順等が適切に整備されていることを確認。よって規則に適合と判断。

解析結果

格納容器圧力の推移

評価項目：圧力が0.566MPa [gage] 以下であること



審査結果

申請者の解析結果について、申請者が使用した解析コード、解析条件の不確かさを考慮しても、格納容器破損防止対策の評価項目を満足していること、対策及び復旧作業に必要な要員及び燃料等から、対策が有効なものと判断。

放出量評価

Cs-137放出量：約5.2TBq

評価項目：100TBq以下であること

(出典：関西電力説明資料に一部加筆)

炉心熔融後に格納容器破損を防ぐ対策（閉じ込める）の審査結果② （水素燃焼）

要求事項

「水素燃焼」について、最も厳しいプラント損傷状態に対し、格納容器破損を防止することを要求。

申請内容

事故想定 大破断LOCA時に低圧・高圧注入機能が喪失する事故

対策概要

主に炉心損傷時に発生した水素の処理のためにイグナイタを設置する。加えて、継続的に発生する水素の処理のためにPARを設置する。なお、有効性評価においてはイグナイタの効果に期待しない。

評価結果

- 水素濃度の最大値は以下の通りとなった。炉心の75%のジルコニウムが反応した場合（規制要求）は約10.3%。さらにMCCIに伴い発生する水素の不確かさを考慮し、保守性を入れて評価した場合は約11.1%（右上図）となり、13%以下を満足した。
- 上記はPARのみの評価結果であるが、実際には、これに加えてイグナイタの効果も期待できるため、申請者の評価は十分に保守的である（右下図、実線）。

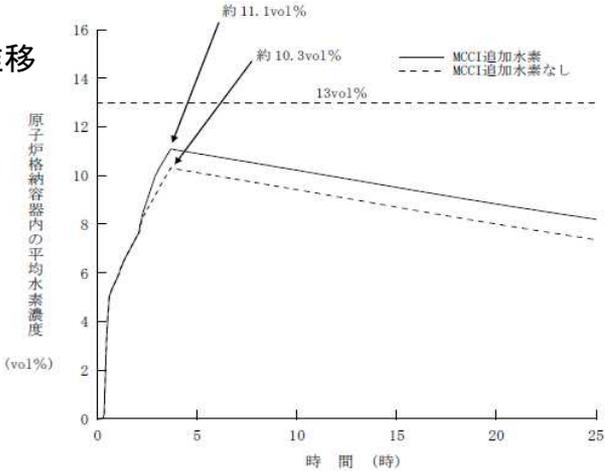
（出典：関西電力説明資料に一部加筆）

審査結果

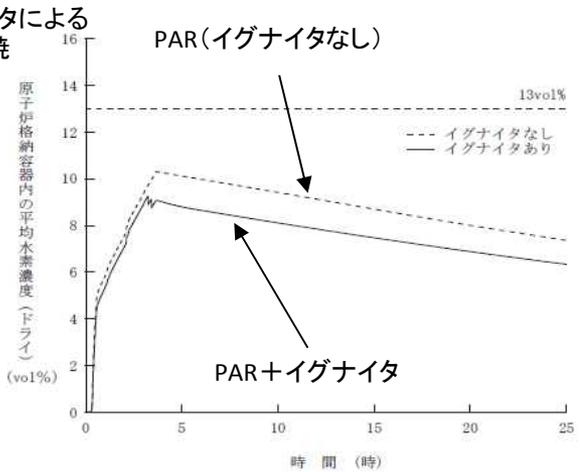
申請者の解析結果について、申請者が使用した解析コード、解析条件の不確かさを考慮しても、格納容器破損防止対策の評価項目を満足していること、対策及び復旧作業に必要な要員及び燃料等から、対策が有効なものと判断。また、イグナイタは、水素が頂部に成層化する可能性も考慮して、格納容器ドーム部頂部付近にも設置することを確認。

有効性評価（第37条）

水素濃度の推移



イグナイタによる水素燃焼



設備及び手順等（第52条等）

- 原子炉格納容器内の水素濃度の低減
 - ・静的触媒式水素再結合装置 (PAR)
 - ・PAR温度監視装置
 - ・原子炉格納容器水素燃焼装置 (イグナイタ)
 - ・イグナイタ温度監視装置
- 原子炉格納容器内の水素濃度の監視
 - ・可搬型格納容器内水素濃度計測装置
 - ・可搬型原子炉補機冷却水循環ポンプ
 - ・可搬型格納容器ガス試料圧縮装置等
- 自主設備
 - ・格納容器ガス水素分析計
 - ・ガス分析計

○：要求事項
・：申請者の対策

審査結果

要求事項に対し設備・手順等が適切に整備されていることを確認。よって規則に適合と判断。

ソフト対策

➤ 緊急時の訓練(重大事故体制)

- ・重大事故等対策要員計54名を確保
- ・指揮命令系統の明確化
- ・外部との連絡設備等の整備、外部からの支援体制
(1・2号機の原子炉には燃料を装荷しない前提)。

➤ アクセスルート確保

- ・可搬型重大事故等対処機器や設備の運搬、設置ルート
- ・アクセスルートの多重性確保、障害物除去機器の確保



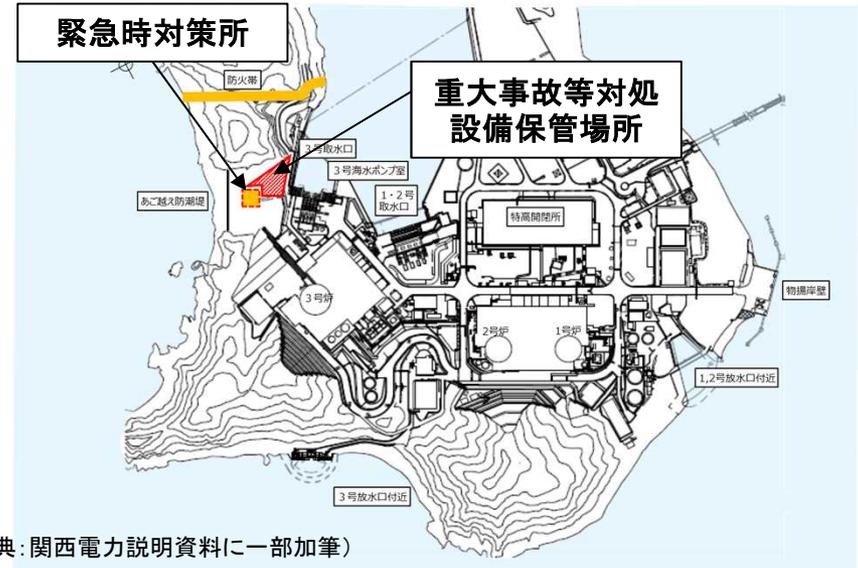
(出典: 関西電力提供写真を一部使用)



緊急時対策所

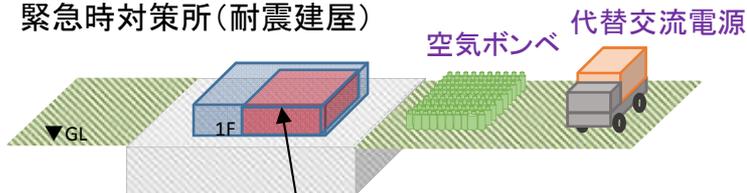
(要求事項)

- 福島第一原子力発電所事故と同等の放射性物質の放出量を想定し、緊急時対策所内の要員の実効線量が7日間で100mSvを超えないこと
- 必要な指示のために情報を把握し、発電所内外との通信連絡を行うために必要な設備を備えること
- 重大事故等に対処するために必要な指示を行う要員が収容できること



(出典: 関西電力説明資料に一部加筆)

緊急時対策所(耐震建屋)



緊急時対策本部エリア

(図はイメージ)

◆申請内容

(1)機能

- ・耐震性及び遮へい機能を有するコンクリート造建屋
- ・実効線量 約35mSv/7日間

(2)広さ

- ・約300m²(最も近い3号炉心からの距離 110m)
- ・収容人員 100名

(3)主要設備

- ・放射線防護設備(よう素除去フィルタ付換気装置、全面マスク、線量計、空気ポンベ等)
- ・電源設備(専用の電源車3台)
- ・通信・情報設備(衛星通信設備、テレビ会議システム、プラントパラメータ表示端末)

事故の発生を防止

- ・内部溢水、火山、竜巻、森林火災対策（新設）
- ・火災に対する考慮（強化）
- ・電源の信頼性（強化）
- ・耐震・耐津波性能（強化）

事故（炉心損傷）への拡大防止

- ・放射性物質を「閉じ込める」格納容器
- ・原子炉を「冷やす」JECCS等
- ・原子炉を「止める」制御棒

重大事故（炉心溶融）等の発生を想定

原子炉を「冷やす」多様な対策
（炉心への代替注水等）

原子炉を確実に「止める」対策
（ほう酸注入等）

格納容器内を守り「閉じ込める」対策
（水素爆発対策等）

➤ 評価結果

重大事故が発生したとしても、セシウム137の放出量は約5.2テラベクレル（福島原発事故と比べて3桁低いレベル）

(3) 更なる対策

~~事故の発生を防止~~

~~事故（炉心損傷）への拡大防止~~

重大事故（炉心溶融）等の発生を想定

原子炉を確実に「止める」対策

原子炉を「冷やす」多様な対策

格納容器内を守り「閉じ込める」対策

評価結果

セシウム137の
放出量は
約5.2テラベクレル
（福島原発事故と比
べて3桁低いレベ
ル）

敢えて放射性物質の放出を想定

放射性物質の拡散を出来るだけ
「抑える」ための対策

※このほか、意図的な大型航空機衝突等のテロによる
施設の大規模な損壊への対策も要求

放射性物質の拡散を抑制する対策（抑える）

- 新規制基準では、
 - ・「重大事故の発生を防止するための対策」を求め、
 - ・それでも万一の重大事故の発生を想定し、原子炉を「止める」、「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」ための「重大事故の発生を想定した対策」を幾重にも要求
 - ・これらの対策により、福島第一原発事故のような放射性物質の大量放出に至るような事故の発生は極めて低いと考えられる
 - ・しかし、これで満足するのではなく、それでもなお、放射性物質の放出に至る場合も想定して、更なる対策として放射性物質の拡散をできるだけ抑制する対策を要求
- 審査では、
 - ・大容量ポンプで海水をくみ上げた上で、放水砲によって水を霧状に放射することにより、放出された放射性物質の拡散をできるだけ抑制する対策が備えられていることを確認

放水砲

（画像の引用）
平成23年度版消防白書



原子炉施設の大規模な損壊への対応

- 手順の整備 : 大規模な自然災害や故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムが発生した場合における対応手順を整備
- 体制、資機材の整備 : 上記の手順に従って活動を行うため、体制(対応要員の分散待機等)及び資機材(可搬型設備の分散保管等)を整備

待機所 電源車(可搬)

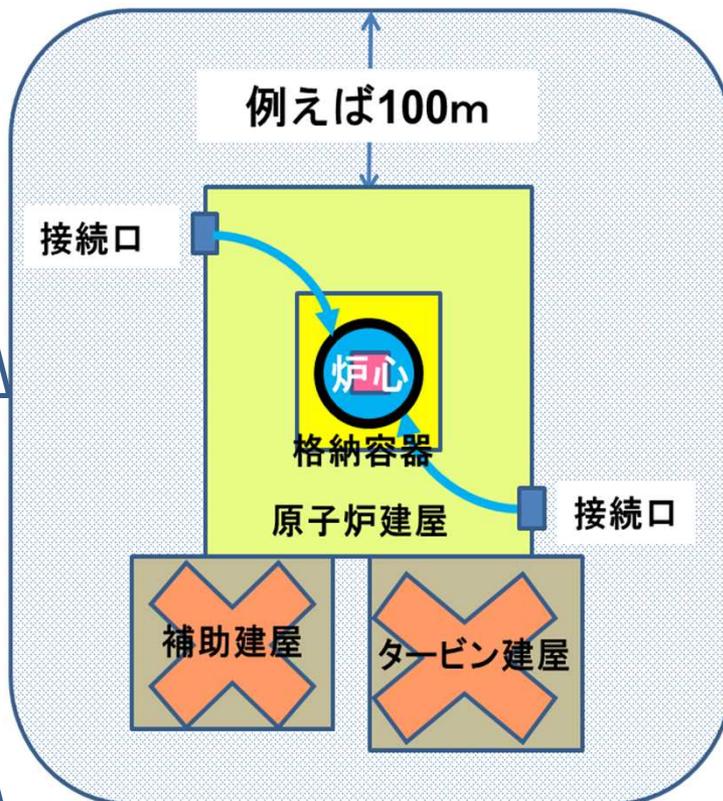


保管場所

大容量ポンプ(可搬)



保管場所



消防車(可搬)



保管場所

ポンプ(可搬)



保管場所

今回審査の特徴

(1) 先行炉と異なる3号炉の特徴

- ①使用済み燃料貯蔵設備の設計変更
- ②炉内構造物の取替

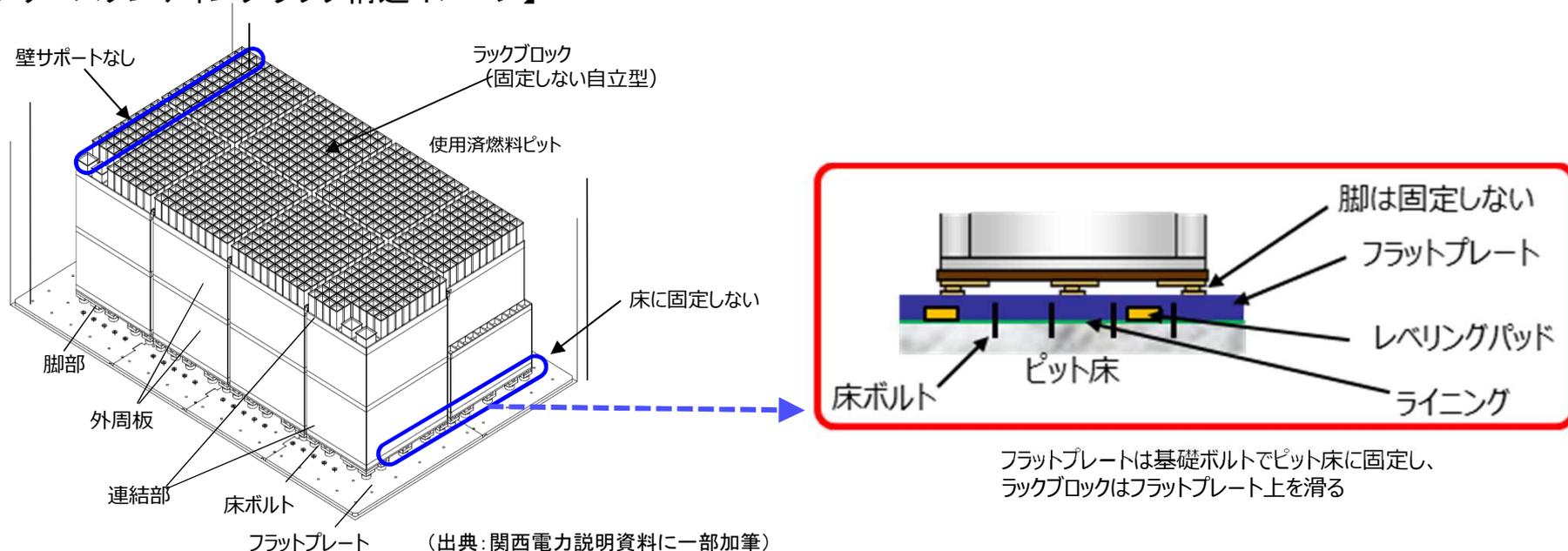
(2) 先行炉と共通項目

- ①原子炉下部キャビティ直接注水設備の設置

耐震設計の変更(使用済燃料ピットラック)

- 使用済燃料ピットラックについては、基準地震動(993ガル)に対しても耐震性を保つことができるフリースタANDINGラック方式を採用することとした。
- その他の耐震5設備(格納容器、制御棒挿入性、炉内構造物、蒸気発生器、使用済燃料ピット)については、設計方針に変更がないことを確認した。

【フリースタANDINGラック構造イメージ】

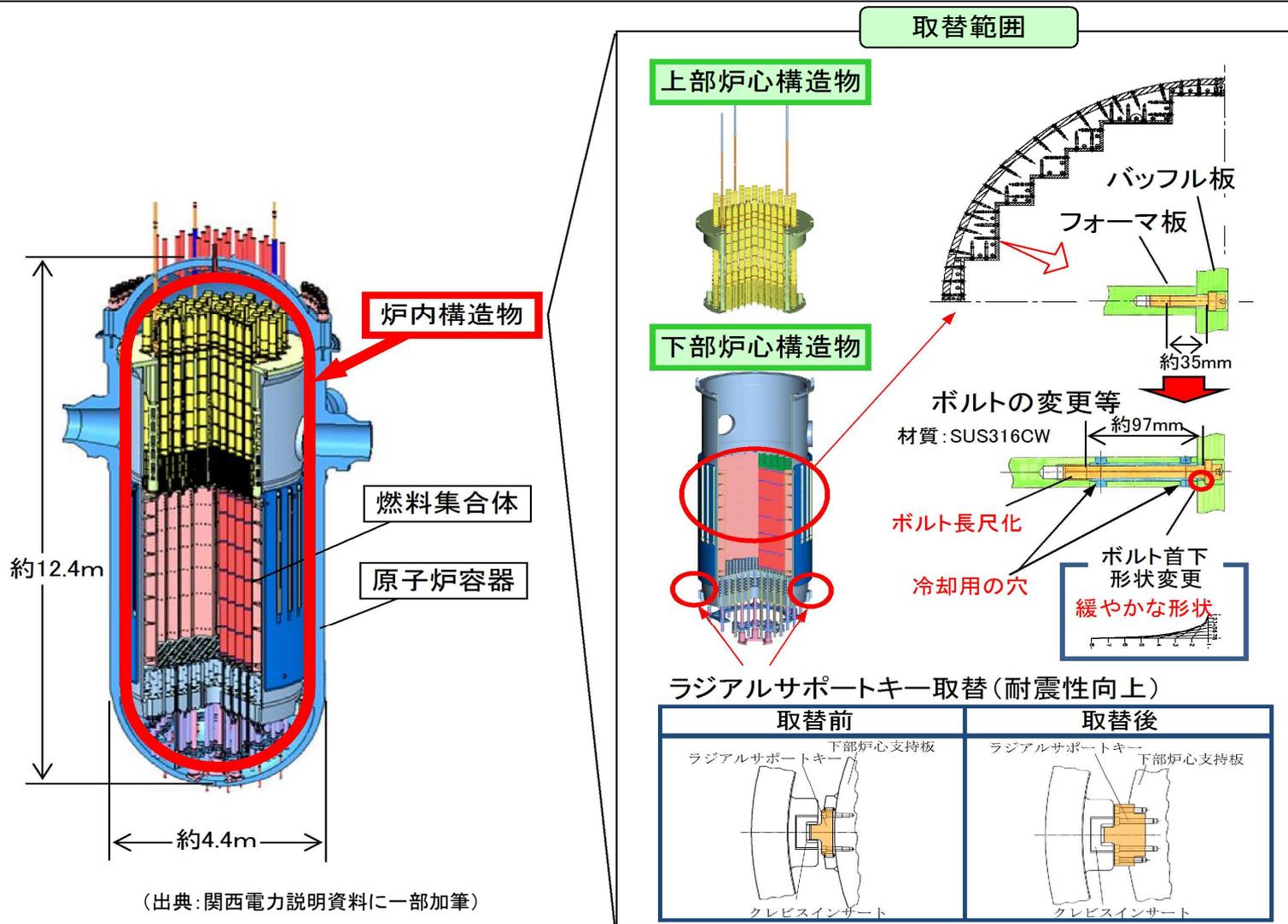


【主な特徴】

- 外周板を有したラック構造であり、8体のラックブロックで構成。
- 使用済燃料ピットの壁や床に固定されておらず、ラックに作用する地震力を、流体力や床との摩擦により消散させる構造。
- 外周板を設けることにより、周囲の水による流体力を大きく作用させる。
- ラックブロック8体を連結することにより、転倒挙動を抑制するとともに、ラックブロック間の衝突を防ぐ。

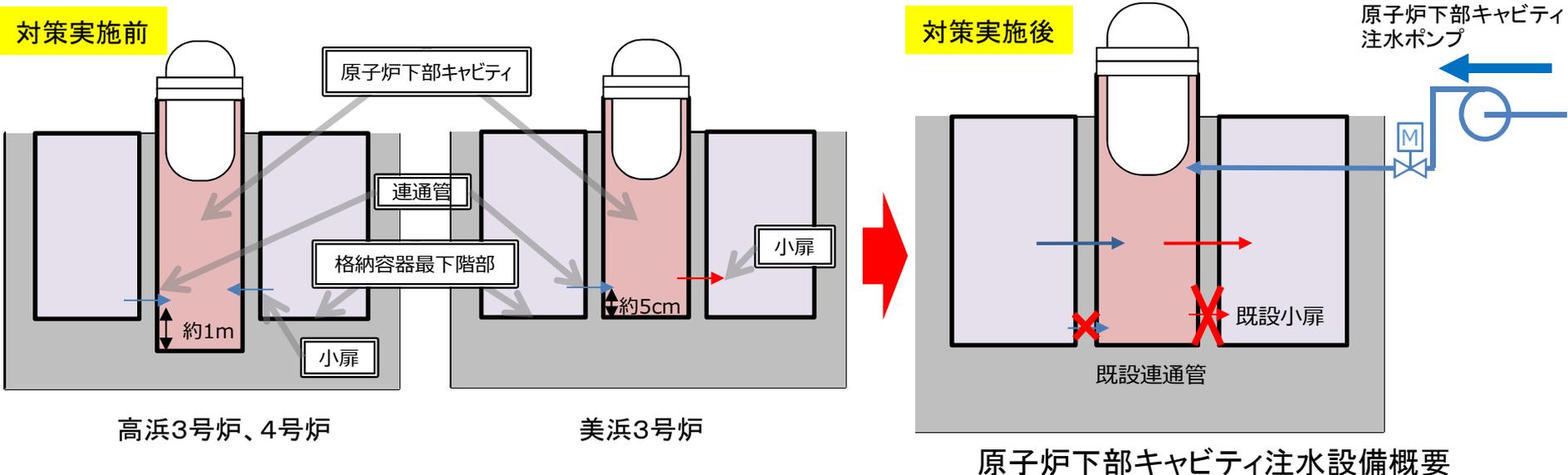
炉内構造物取替工事

○これまで実施した耐震バックチェック時における炉内構造物の耐震評価の結果、評価基準値を満足するものの、その裕度が小さいこと、また、海外プラントにおける炉内構造物のバッフルフォーマボルト応力腐食割れ損傷事例を踏まえた予防保全の観点から炉内構造物の取替えを行う。また、工事に伴い発生する旧炉内構造物およびコンクリート等の廃棄物については、既設の蒸気発生器保管庫に収納する予定である。



原子炉下部キャビティ直接注水設備の設置

- 原子炉格納容器下部と格納容器最下階部の高低差がほとんど無いため、原子炉格納容器へのスプレイ注水では原子炉下部キャビティに水が溜まりにくい
- そのため、原子炉格納容器下部の溶融炉心を冷却する初期の対策として、原子炉下部キャビティ直接注水設備を設置
- 原子炉下部キャビティへ直接注水する設備の設置と手順の整備



高浜3・4号炉と美浜3号炉用の原子炉下部キャビティの違い

審査結果：原子炉下部キャビティへの注水を行う設備、手順等について
妥当なものであることを確認

3. 美浜発電所3号機の 工事計画に関する 審査の概要

審査結果①（設置変更許可申請書との整合性について）

規制庁は、工事計画認可申請書添付書類「発電用原子炉の設置の許可との整合性に関する説明書」から、

- i) 申請本文のうち各設備の仕様に関する事項(以下「要目表」という。)は、美浜発電所発電用原子炉設置変更許可申請書に記載された設備の種類、個数、容量などの設備仕様と整合していること
- ii) 申請本文のうち各設備の基本設計方針は、設置変更許可申請書の設計方針と整合していること

を確認した。

なお、次に示す事項等に一部記載の差があるが、これらは設置変更許可申請書の設計方針の範囲内であることを確認した。

- ①自然現象または設計基準事故の組合せに関する記載
- ②規制要求に対応する設備の範囲
- ③設備の設計仕様や構造
- ④その他基本設計方針に記載されていない火災防護計画等の運用に関する事項

審査結果②（施設・設備の技術基準への適合性について）

規制庁は、本申請の技術基準規則各条文への適合性の確認にあたって、以下について審査した。

- ・ 新たに工事計画の対象となった設備（重大事故等対処設備を含む。）の関連する条文への適合性
- ・ 従前より工事計画の対象である設備の規制要求内容の変更条文（発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令（省令62号）の規制要求内容から変更になった条文）への適合性及び規制要求内容の変更に伴い設備の機器クラス等が変更になった設備の新たに関連する条文への適合性
- ・ 従前より工事計画の対象である設備であり、技術基準規則条文（省令62号の規制要求内容から変更がない条文に限る。）への適合性を確認した内容に対して、変更の工事の有無を確認し、本申請が与える影響の観点から、主に工事計画としての設計方針が技術基準規則に適合性

規制庁は、本申請の技術基準規則各条文への適合性を確認した。

工事計画の主な特徴

- 地震による損壊の防止(第5条)
既工認実績のない手法、条件等
(使用済燃料ピット、使用済燃料ピットラック(フリースタンディング方式)、原子炉格納容器、海水ポンプ室、防潮堤等の耐震設計)
- 津波による損傷の防止(第6条)
既工認実績のない手法、条件等(防潮堤及び貫通部の止水性)
- 火災による損傷の防止(第11条)
 - ・一部既設の非難燃性ケーブルの耐難燃性向上対策
 - ・中央制御盤の火災の影響軽減策
- 発電用原子炉施設内における溢水等による損傷の防止(第12条)
溢水防護設計(タービン建屋を經由した排水路、泥水対策)
- 炉心等(第23条)(他関連条文)
炉内構造物等の取替
- 燃料取扱設備及び燃料貯蔵設備(第26条)
使用済燃料ピット及びピットラックの容量変更、未臨界性及び冷却性
- 廃棄物貯蔵設備(第40条)
外周防潮堤及び廃棄物貯蔵庫防潮堤による浸水防止

審査結果③（設計・工事の方法の品質管理の方法、検査のための組織の技術基準への適合性について）

規制庁は、設計及び工事に係る品質管理の方法及びその検査のための組織に係る適合性の確認にあたって、

- ・ 品質管理の方法として申請された品質保証計画の内容の品質管理基準規則の各要求事項への適合性
- ・ 本申請に係る設計に係る実績が、上記で確認した品質保証計画により実施されたこと及び工事、検査に係る計画が同計画により計画していること

について審査した。

規制庁は、その適合性について、

- (a) 品質管理基準規則への適合性（品質保証の実施にかかる組織、保安活動の計画・実施・評価・改善にかかる事項、安全文化を醸成するための活動、業務プロセス、不適合管理が定められていること）、
- (b) 設計等業務の実施、計画（設計にかかる組織体制、基本設計方針の作成・設計図書作成・解析業務にかかる業務手順を定めての業務実施、レビュー・承認、申請書の作成手順、工事・検査の体制、適合性検査の実施方針）を確認し、本工事にかかる設計の実績が品質保証計画に基づき実施されたこと、工事・検査の計画が同計画により計画されていること

について確認した。

参考1: 審査書について

※審査書全文は原子力規制委員会ホームページに掲載しています。

「設置変更許可 審査書」

<http://www.nsr.go.jp/data/000165965.pdf>

「工事計画認可 審査結果」

<http://www.nsr.go.jp/data/000167861.pdf>

参 考

放射性廃棄物の貯蔵施設（廃棄物貯蔵庫の浸水防護対策について）

津波シミュレーションによる津波遡上範囲の確認

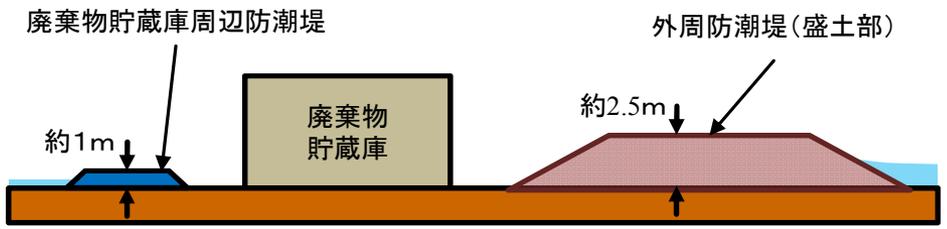
○津波に随伴する地震動による液状化を考慮して、敷地が沈下した状態で津波シミュレーションを実施した。

	想定する津波	津波シミュレーション結果
ケース1	基準津波1	廃棄物貯蔵庫周辺の浸水深は20cm程度
	基準津波2	廃棄物貯蔵庫周辺の浸水深は20cm程度
ケース2	安島岬沖～和布～干飯崎～甲楽城断層＋陸上地すべり	廃棄物貯蔵庫周辺に津波は浸水しない
ケース3	C断層＋陸上地すべり	廃棄物貯蔵庫周辺に津波は浸水しない

津波シミュレーションの結果を踏まえた対策



廃棄物貯蔵庫の周辺は20cm程度の浸水深となるため、周辺の道路等をセメント改良土で1m程度嵩上げすることにより廃棄物貯蔵庫への浸水を防止する。(廃棄物貯蔵庫周辺防潮堤)
 また、外周防潮堤(盛土部)は耐震性および津波耐性を高めるために可能な限り幅を広くするとともに、地震時の相対変位が問題となる隅角部を無くすように設計する。(詳細形状は今後決定)



A-A'断面

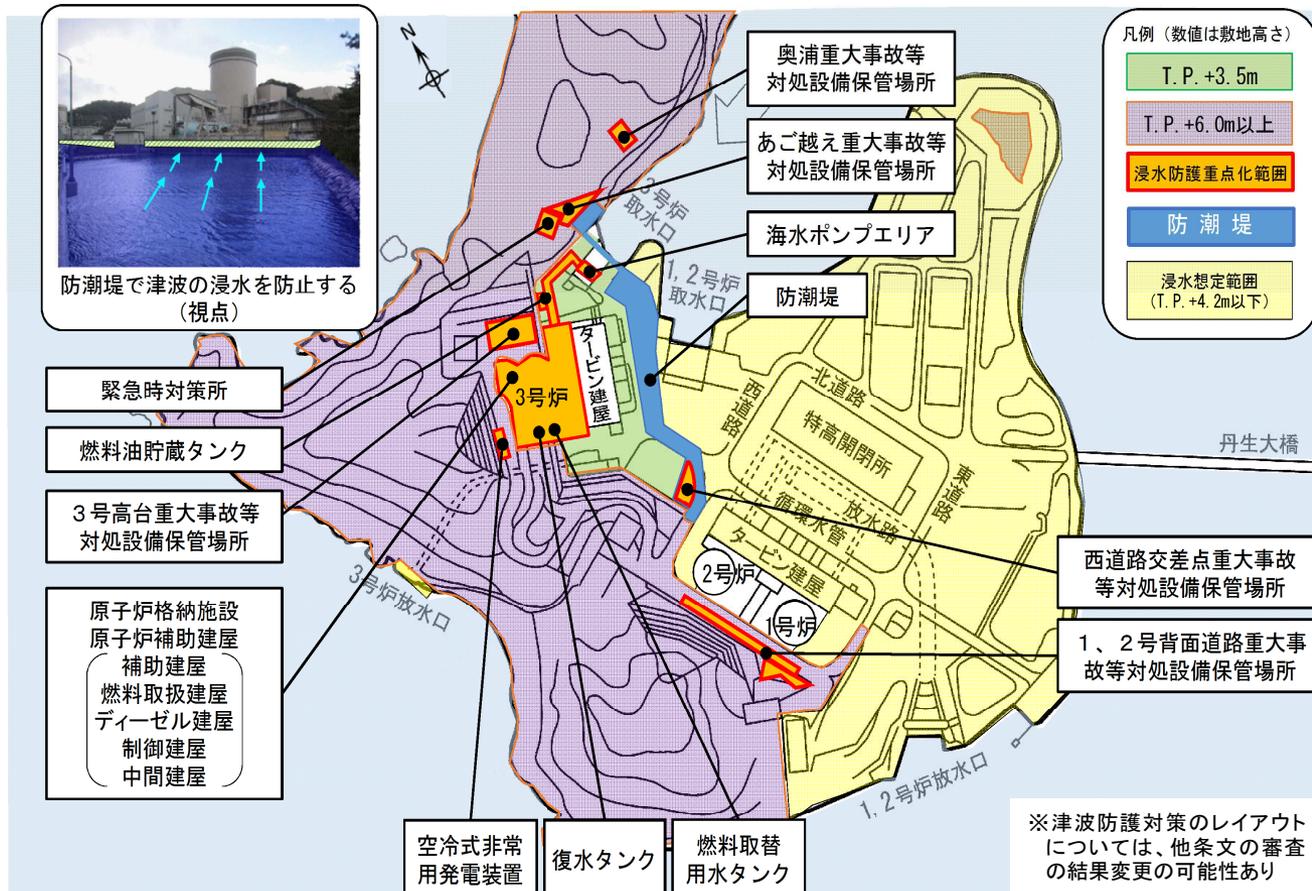
外周防潮堤(盛土部)は津波の流入経路を限定して廃棄物貯蔵庫周辺の浸水深を低減する機能を期待するため、防潮堤が地震後に必要な高さを維持していることを有効応力解析により今後確認する⁴⁵

(出典・関西電力説明資料に一部加筆)

敷地の特性に応じた津波防護の概要 (1/6)

○津波防護対策として、

- ①天端高さが海に面している部分でT.P.+6.0m及び内陸側でT.P.+5.5mの防潮堤を設置
- ②屋外排水路逆流防止設備を設置
- ③放水ピットから津波の流出を防止する構造に改造
- ④海水ポンプエリアにT.P.+6.0mの止水壁及び浸水防止蓋、海水管トレンチ浸水防止蓋を設置
- ⑤防潮堤横断部に貫通部止水処置



(出典: 関西電力説明資料に一部加筆)

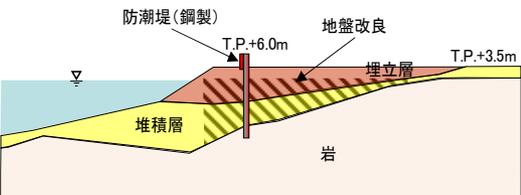
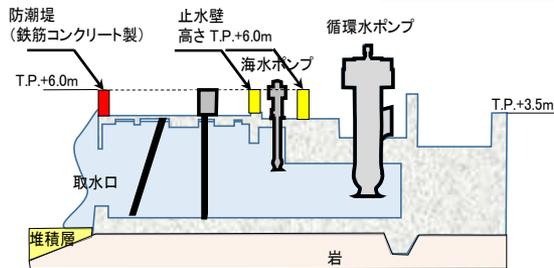
敷地の特性に応じた津波防護の概要 (2/6)

①防潮堤の設置

入力津波高さ(3号炉取水口前 T.P.+4.2m、防潮堤(内陸側) T.P.+4.0m)に対し、海に面している部分でT.P.+6.0m、内陸側でT.P.+5.5mの天端高の防潮堤を設置する。

防潮堤 (変更前)

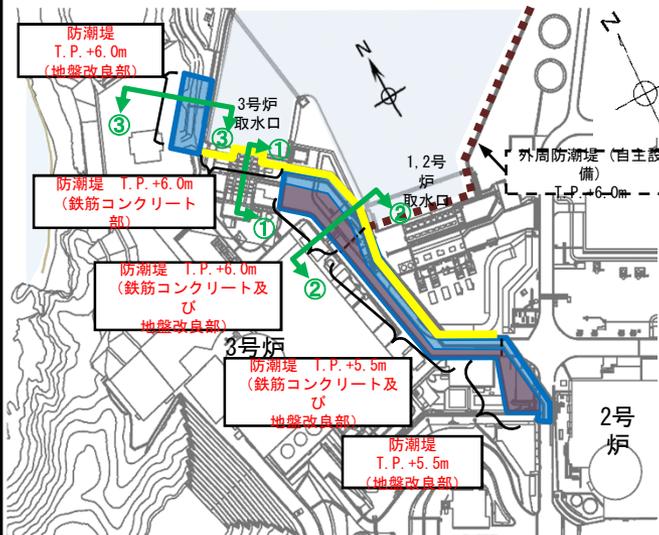
平成27年9月18日
第276回審査会合資料に加筆



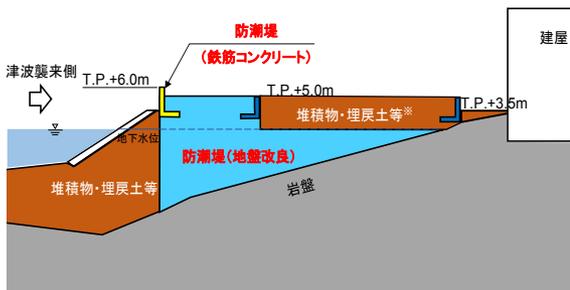
A-A断面

B-B断面

防潮堤 (変更後)

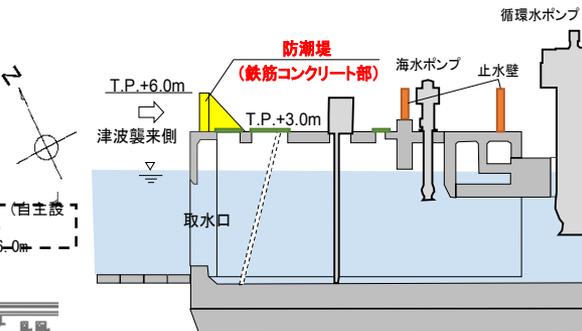


位置図

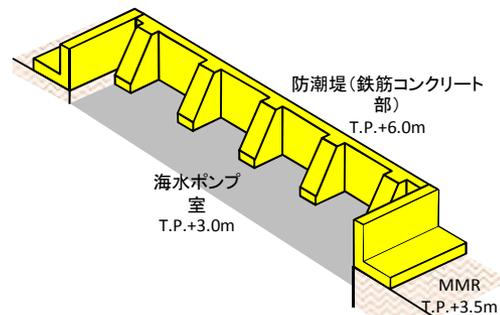


②-②断面(鉄筋コンクリート及び地盤改良部)

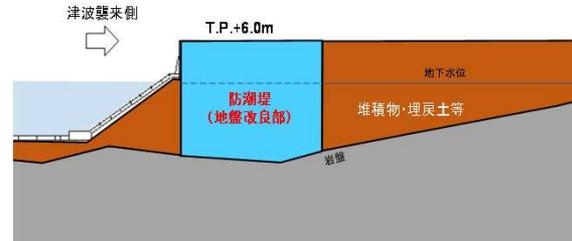
(出典: 関西電力説明資料に一部加筆)



①-①断面(鉄筋コンクリート部)



鳥瞰イメージ図(鉄筋コンクリート部)



③-③断面(地盤改良部)

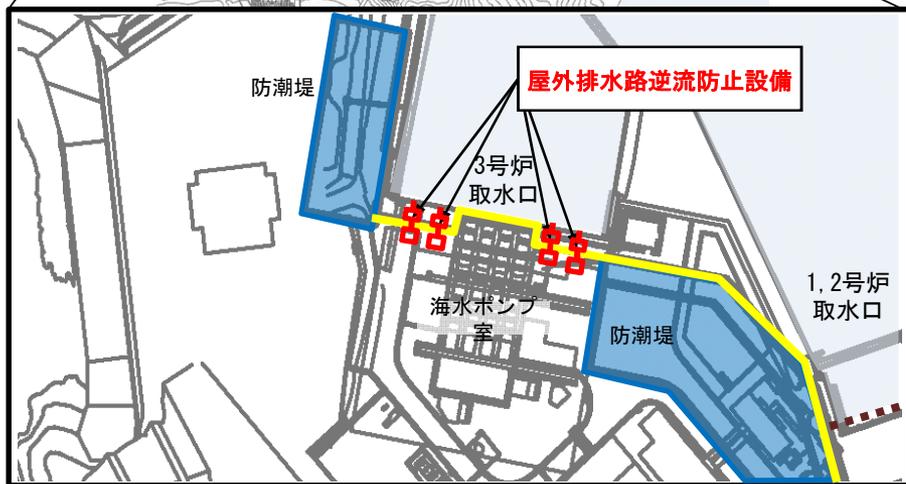
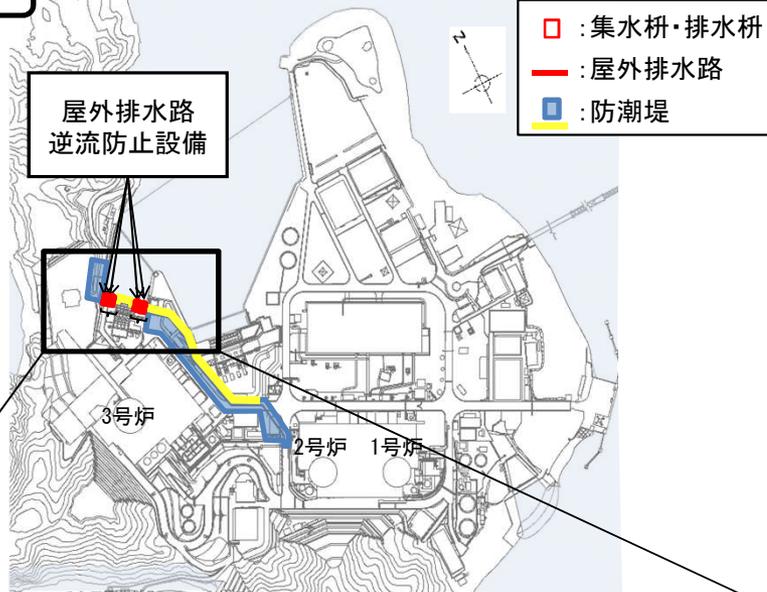
※レイアウト・仕様については他条文での審査結果を踏まえ決定する

敷地の特性に応じた津波防護の概要 (3/6)

②屋外排水路逆流防止設備の設置

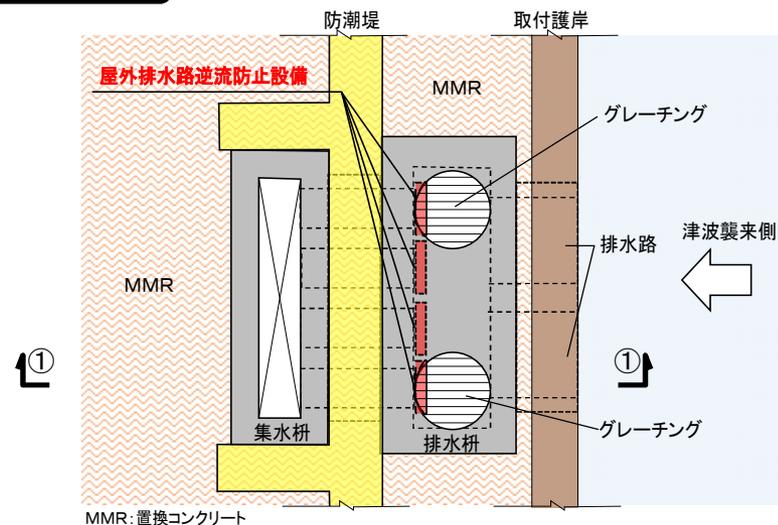
入力津波高さ(3号炉取水口前 T.P.+4.2m)に対し、屋外排水路からの浸水を防止するために、屋外排水路逆流防止設備を設置する。

位置図

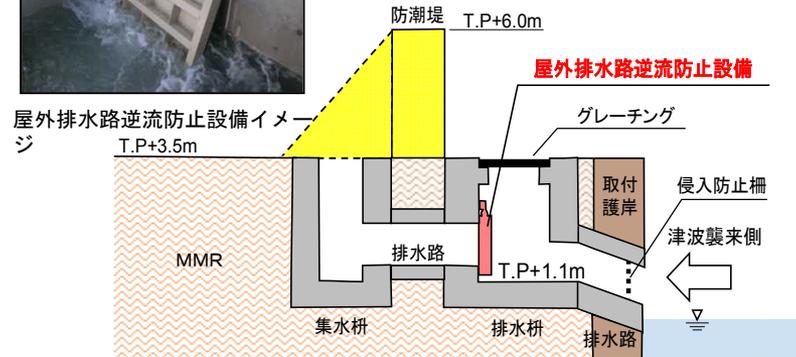


※屋外排水路については他条文で審査中のため変更の可能性あり。

概要図



平面図



MMR: 置換コンクリート

①-①断面図

(出典: 関西電力説明資料(一部加筆))

敷地の特性に応じた津波防護の概要 (4/6)

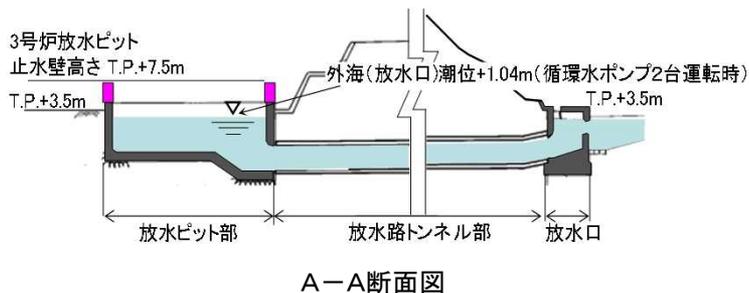
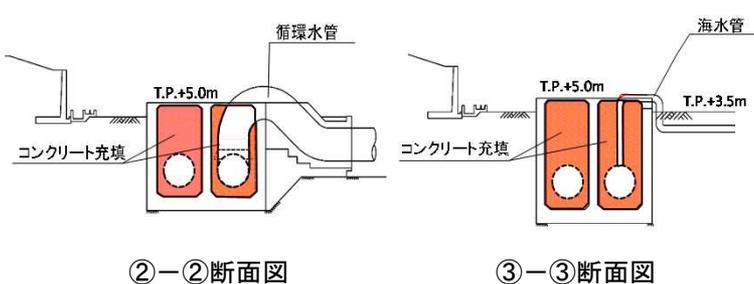
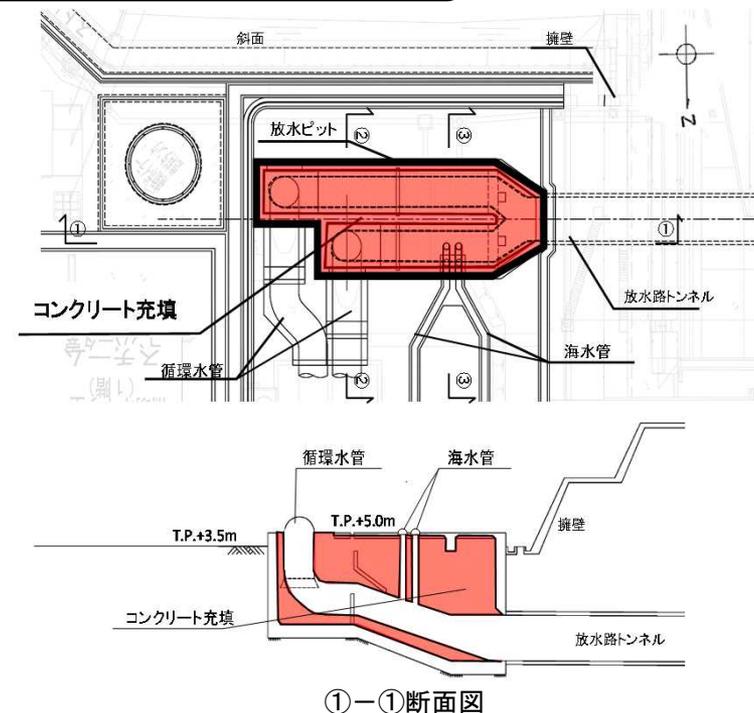
③放水ピットの改造

放水ピットから津波が流入する構造となっていることから、放水ピット部に止水壁を設置する方法としていたが、循環水管及び海水管を直接放水路に接続するとともに、ピット内をコンクリートで充填することにより、津波を流入させない構造に改造する。

放水ピット止水壁(変更前)



放水ピット改造(変更後)

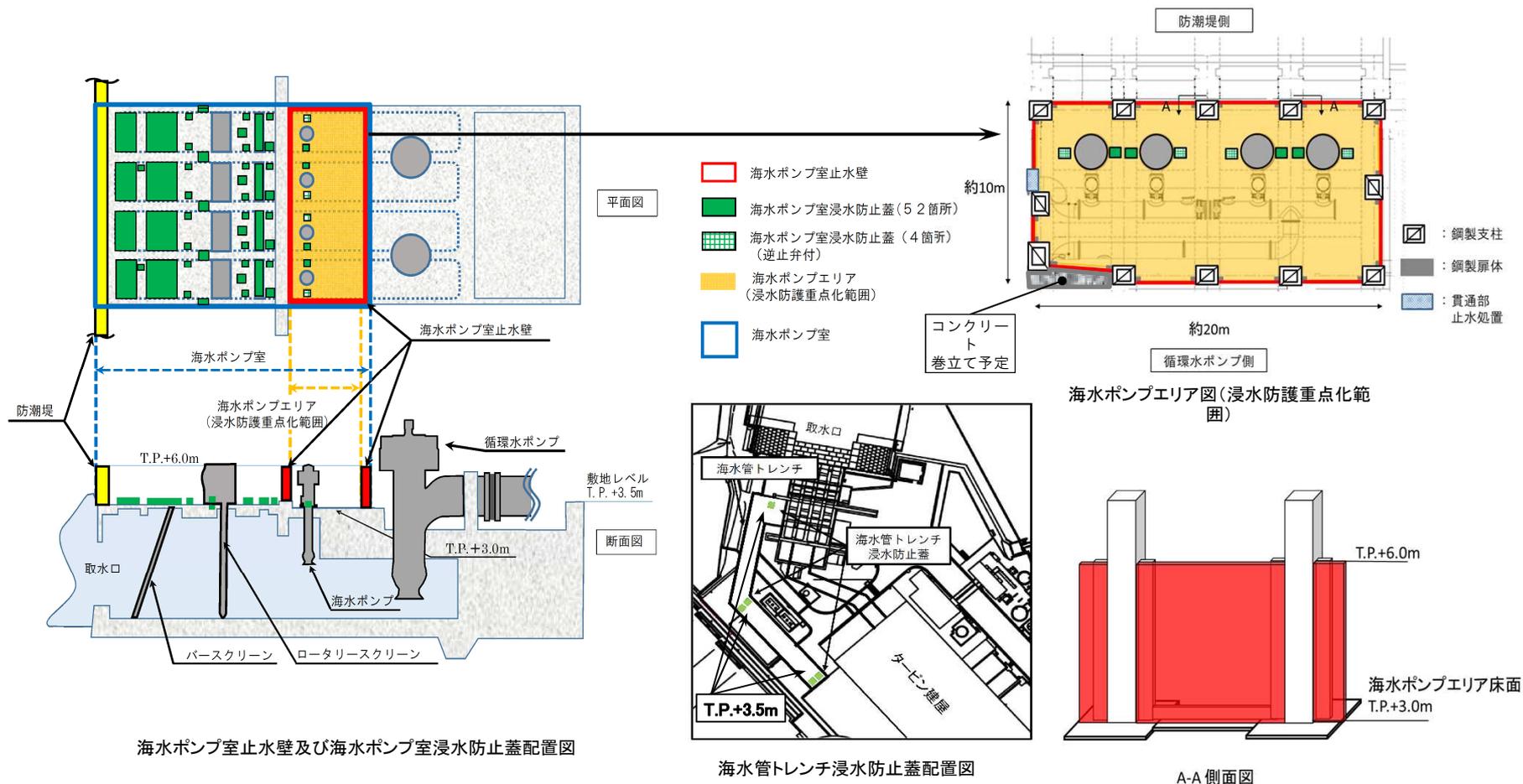


(出典:関西電力説明資料(一部加筆))

敷地の特性に応じた津波防護の概要 (5/6)

④海水ポンプエリア等の津波防護対策

入力津波高さ(T.P.+4.2m)に対し、海水ポンプエリア(浸水防護重点化範囲)への浸水を防止するため T.P.+6.0mの海水ポンプ室止水壁(貫通部止水処置含む)及び海水ポンプ室浸水防止蓋(T.P.+3.0m)、海水管トレンチに浸水防止蓋(T.P.+3.5m)を設置する。



海水ポンプ室止水壁及び海水ポンプ室浸水防止蓋配置図

海水管トレンチ浸水防止蓋配置図

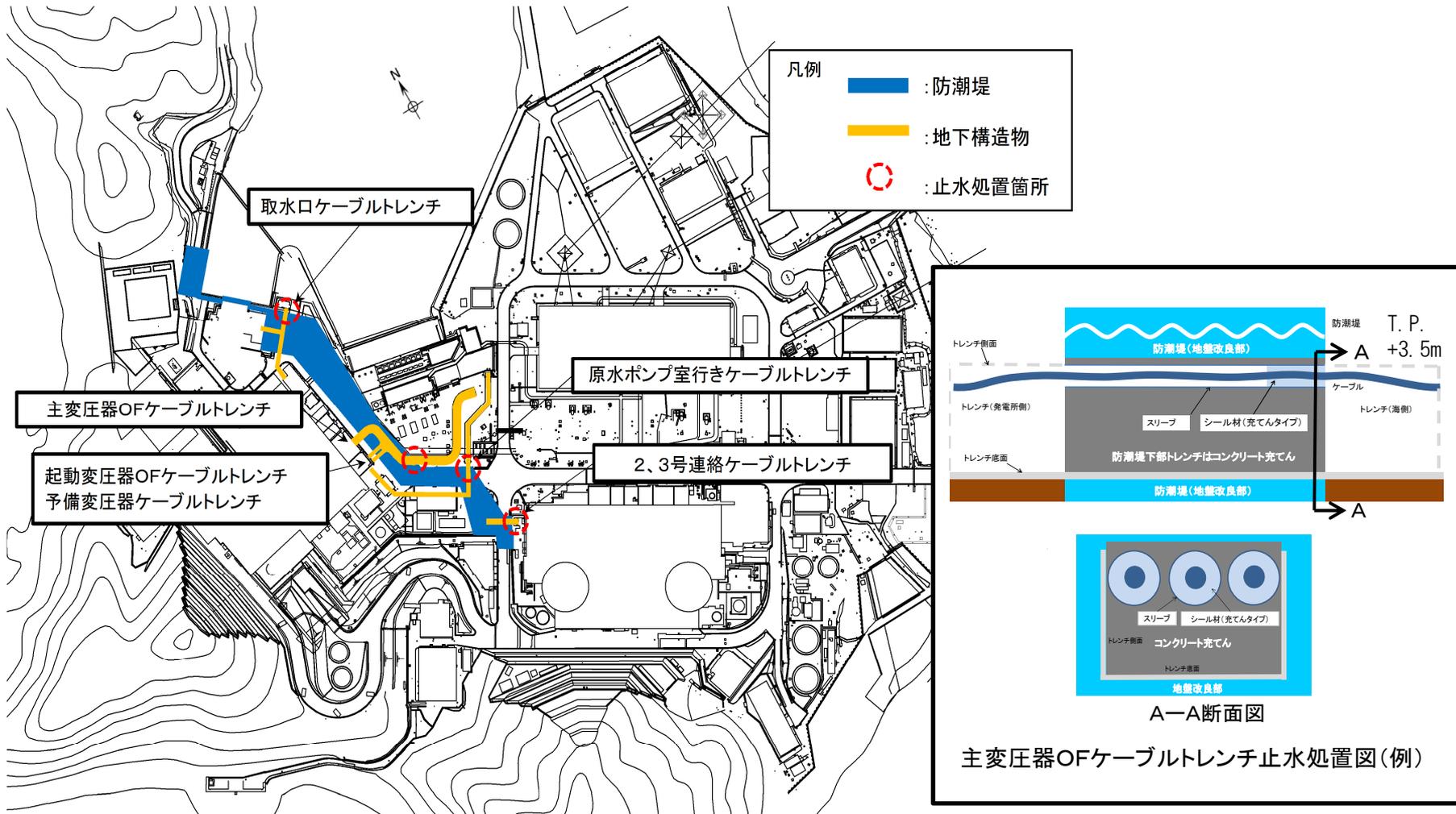
A-A 側面図

(出典: 関西電力説明資料に一部加筆)

敷地の特性に応じた津波防護の概要 (6/6)

⑤防潮堤横断部に貫通部止水処置

防潮堤横断部のケーブルトレンチに、4箇所 の貫通部 に対し止水処置を実施する。



防潮堤横断部ケーブルトレンチ止水処置箇所図

(出典: 関西電力説明資料に一部加筆)

美浜 3 号機内部溢水に関する対策

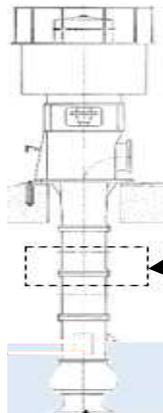
地震によって生じる敷地内の溢水によって、敷地内に一定の水位が発生するおそれがあるため、以下の対策を実施する。

- ・ 防護対象設備の機能確保
- ・ S A 時のアクセスルート確保

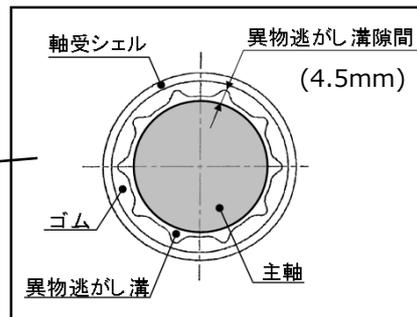


【対策】

- ① 防護対象設備である海水ポンプ等については、止水壁等により溢水による機能喪失を防止。
- ② 海水ポンプ前面への泥水の流入防止を図るため、側面に泥水対策壁を設置。
- ③ S A 時のアクセスルートを確保するため、取水口付近のアクセスルートを嵩上げ。
- ④ 溢水経路の漂流物対策として、休憩室他を移設。
- ⑤ 溢水量低減対策として、2次系純水タンク保有水量減。



【海水ポンプ軸受構造図】



以下の想定に基づき評価を実施。

- 地震により仮に S 字道路周辺が崩壊した場合、崩落土砂を溢水が洗掘。
- 泥水が発生し、放水ピット側からタービン建屋あるいは中央道路を経由して取水口側に流出。



- 泥水に含まれる土粒子の多くは、取水口に到達するまでにほぼ沈降すると考えられるが、仮に、取水口付近まで到達した場合には、ロータースクリーン側面から、直接海水ポンプ前面に泥水が流入するため、泥水対策壁を設置。



- 泥水対策壁により、直接海水ポンプ吸込口に泥水が流入せず、機能に影響を与えることはない。
- 泥水は、最終的には屋外排水路逆流防止設備から外海に流出し、拡散及び沈降するため、海水ポンプ吸込口から軸受に流入する可能性は小さい。

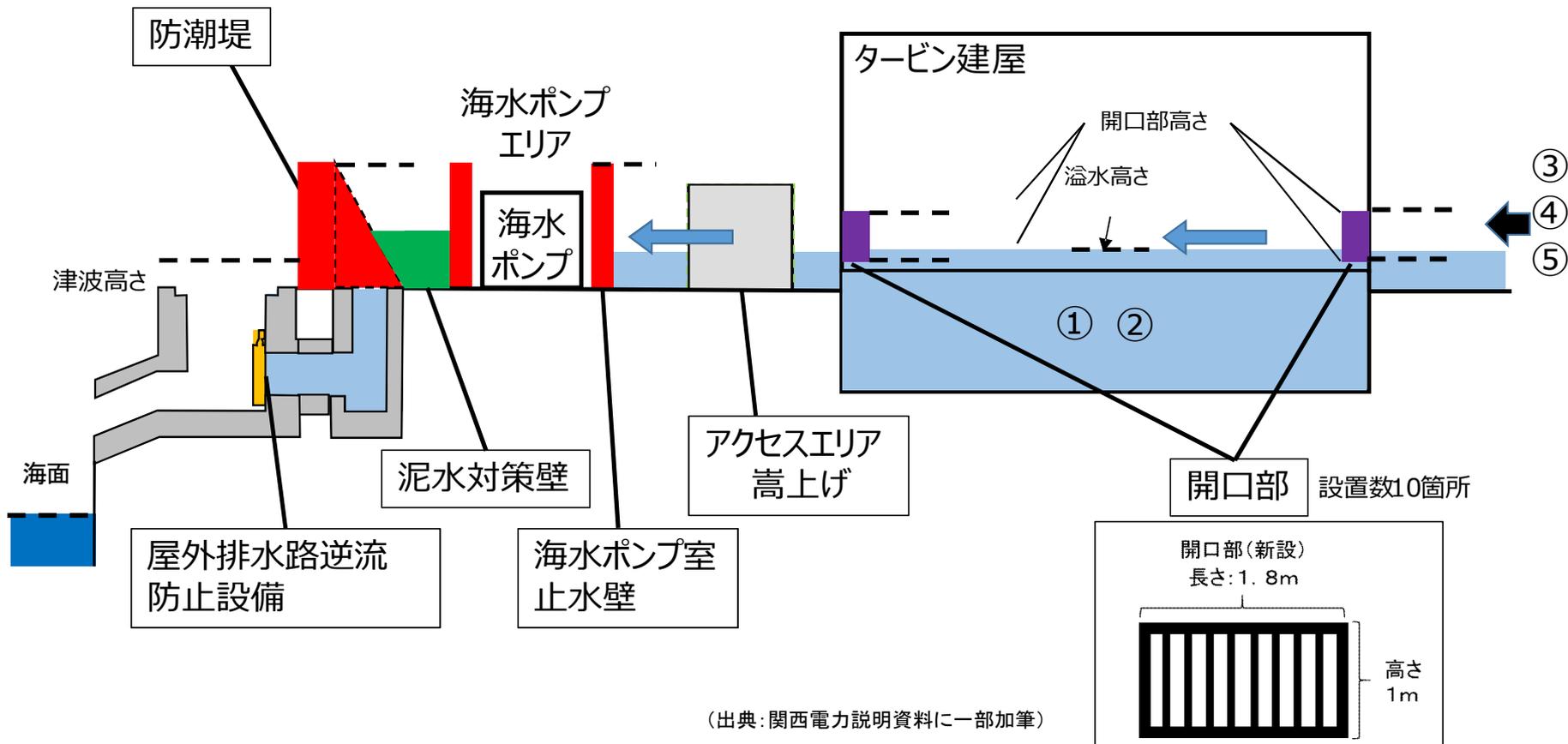


- 海水ポンプ取水機能に影響を与えることはない。

なお念のため知見を拡充する観点から、海水ポンプ軸受に流入する泥水の濃度等の影響に関する試験を計画。

【溢水経路の設定】

- 地震時に発生する溢水は、タービン建屋あるいは中央道路を經由して、取水口側に流出する。
- タービン建屋内（①、②）及び屋外からの発生した溢水（③、④、⑤）は、タービン建屋及び中央道路を經由して、屋外排水路逆流防止設備から外海に排出される。（タービン建屋内の溢水高さ）



溢水源

- | | | | | |
|---|--|--------------------------------------|---|----------------------------------|
| ①循環水管伸縮継手
(約14,000m ³ /14分) | ②タービン建屋2次系機器
(6,230m ³) | ③2次系純水タンク他
(1,560m ³) | ④1次系海水戻り管※
(6,490 m ³ /h) | ⑤豪雨
(6,000 m ³ /h) |
|---|--|--------------------------------------|---|----------------------------------|

※隔離不可のため出続ける条件とした。