

美浜発電所3号炉および 高浜発電所1, 2号炉の 審査結果について

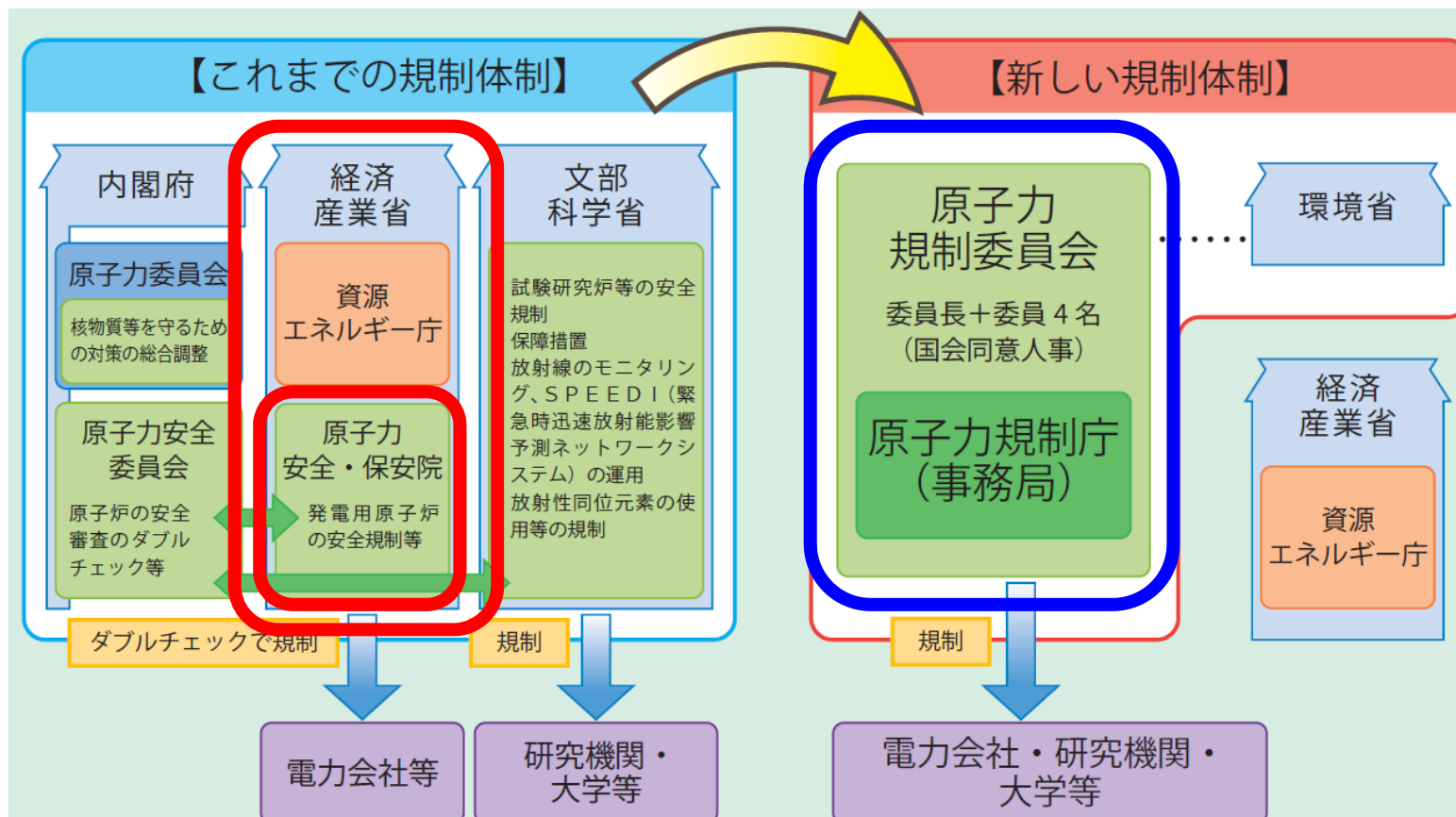
令和3年3月21日



説明事項

1. 原子力規制委員会の成り立ち
2. 審査、検査の流れ
3. 東京電力福島第一原子力発電所の事故における教訓
4. 美浜3号炉の新規制基準に係る審査結果
5. 高浜1, 2号炉の新規制基準に係る審査結果
6. 美浜3号炉、高浜1, 2号炉の40年超の運転に係る審査結果
7. 今後の予定

1. 原子力規制委員会の成り立ち



これまでは、原子力「利用」の推進を担う経済産業省の下に、原子力の安全「規制」を担う原子力安全・保安院が設置されていました。そうした「利用の推進」と「安全規制」を同じ組織の下で行うことによる問題を解消するため、経済産業省から、安全規制部門を分離し、環境省の外局組織として原子力規制委員会を新設しました。原子力規制委員会は、独立性の高い3条委員会※です。

※いわゆる3条委員会（国家行政組織法第3条第2項に規定される委員会）とは、上級機関（例えば、設置される府省の大臣）からの指揮監督を受けず、独立して権限を行使することが保障されている合議制の機関です。

原子力規制委員会について

- 東京電力福島第一原子力発電所事故の反省を踏まえ、規制と利用の分離を徹底し、独立した「原子力規制委員会」を設置(2012年9月発足)

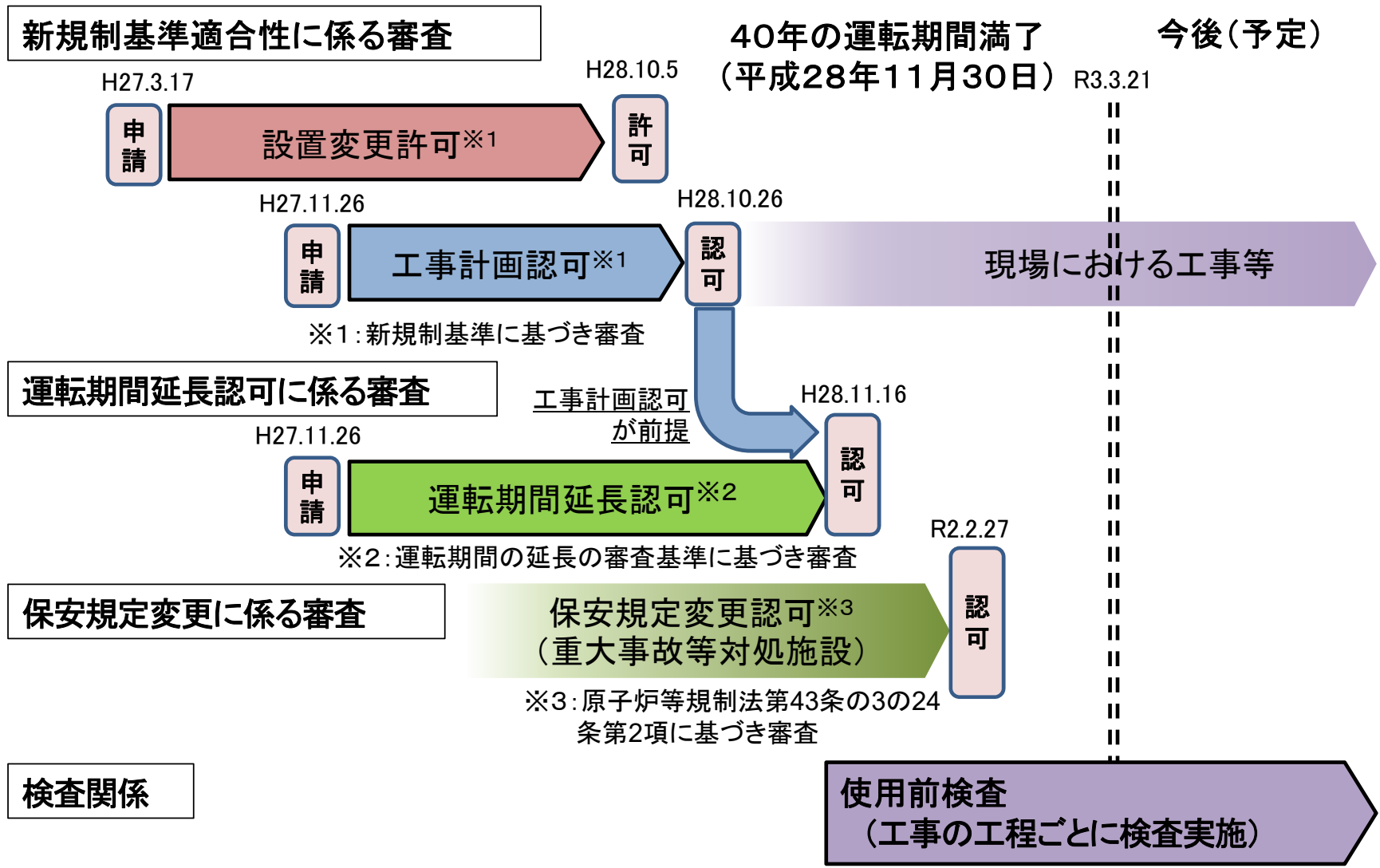
原子力規制委員会

原子力規制庁(事務局)

- ✓ 「規制」と「利用」の分離、「規制」の一元化
- ✓ 透明性の高い情報公開
- ✓ 原子力規制の転換
 - これまでの基準を大幅に強化した新規制基準を策定
(2013年7月施行)
- ✓ 原子力防災体制の強化

2. 審査、検査の流れ

美浜3号炉における審査、検査の流れ
 ～新規制基準適合性に係る審査及び運転期間延長審査の関係～



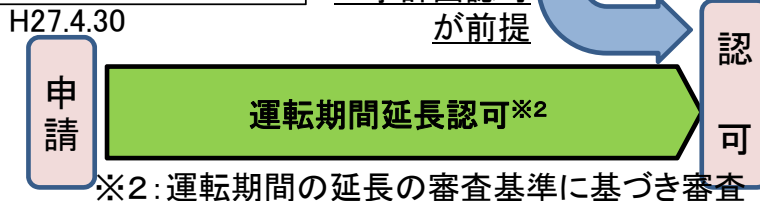
高浜1, 2号炉における審査、検査の流れ ～新規制基準適合性に係る審査及び運転期間延長審査の関係～

新規制基準適合性に係る審査



※1: 新規制基準に基づき審査

運転期間延長認可に係る審査



※2: 運転期間の延長の審査基準に基づき審査

保安規定変更に係る審査



※3: 原子炉等規制法第43条の3の24条第2項に基づき審査

検査関係



40年の運転期間満了
(平成28年7月7日)

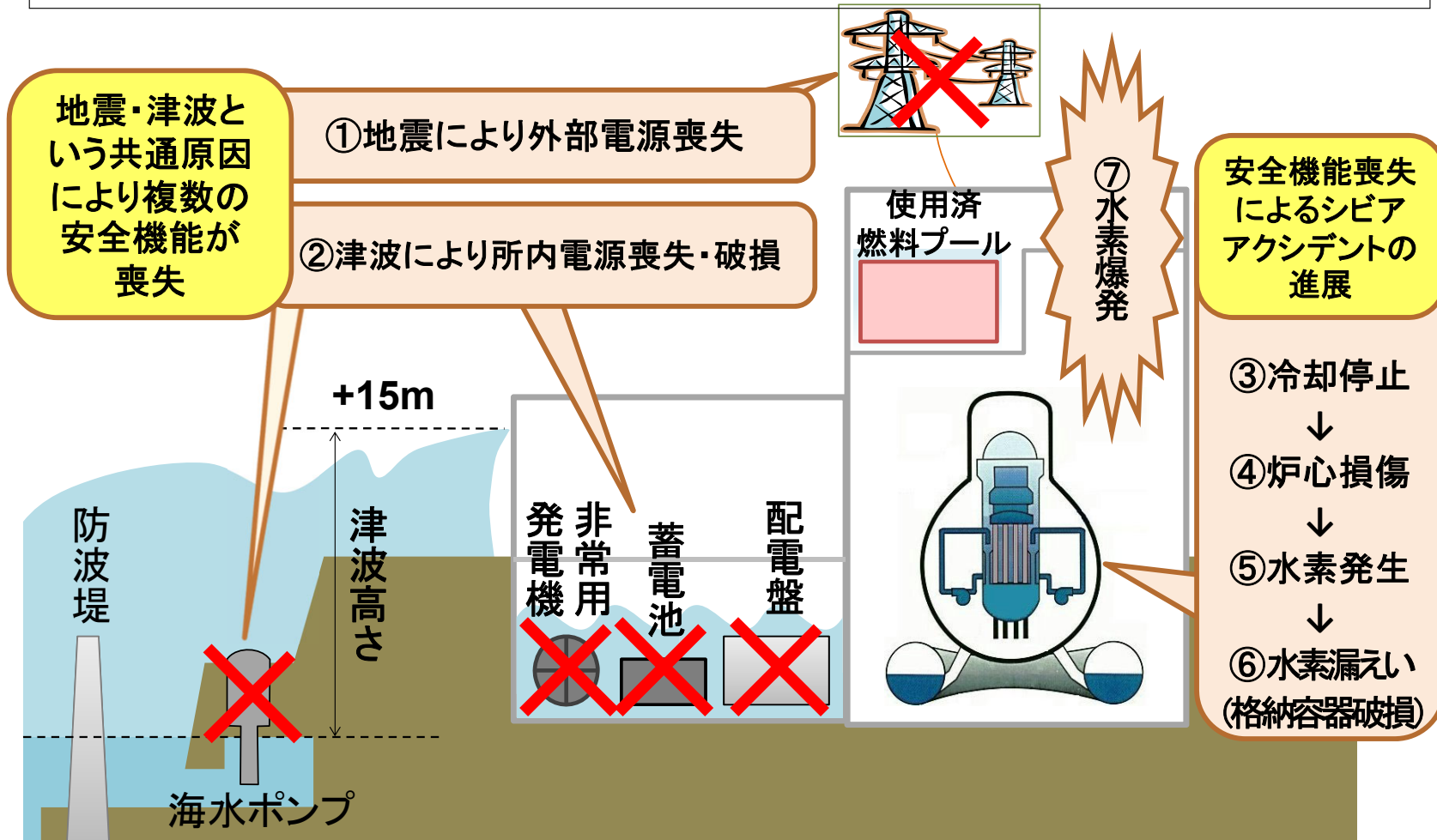
R3.3.21

R3.2.15

R1.7.31

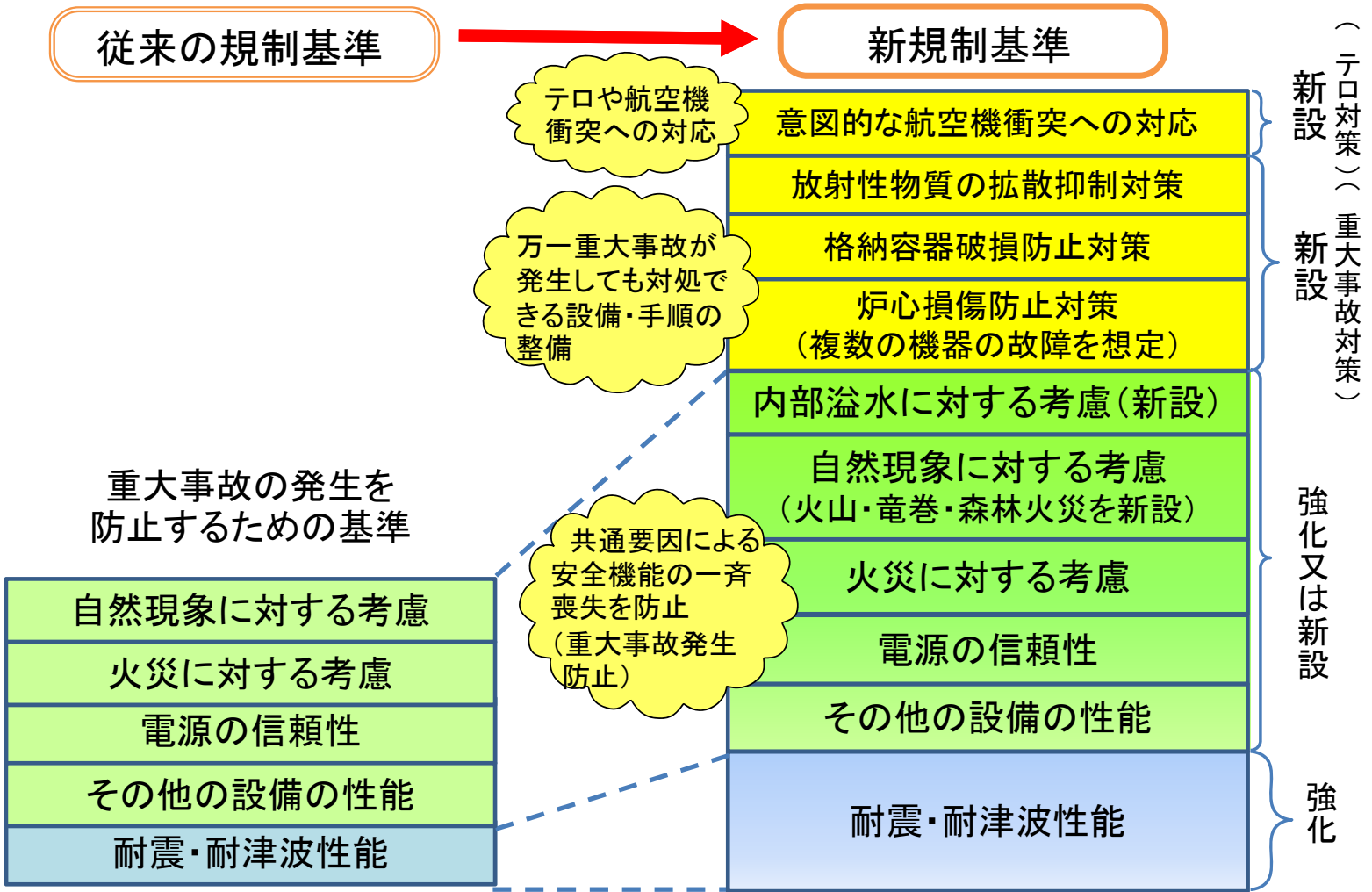
3. 東京電力福島第一原子力発電所の事故における教訓

- 東京電力福島第一原子力発電所の事故では地震や津波などの共通原因により複数の安全機能が喪失。
- 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。



強化した新規制基準

重大事故の発生を防止するための基準を強化するとともに、万一重大事故やテロが発生した場合に対処するための基準を新設。



4. 美浜3号炉の新規制基準 に係る審査結果

(1) 重大事故の発生を防止するための対策例

基準地震動

- 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。

【敷地周辺の主な断層の分布】



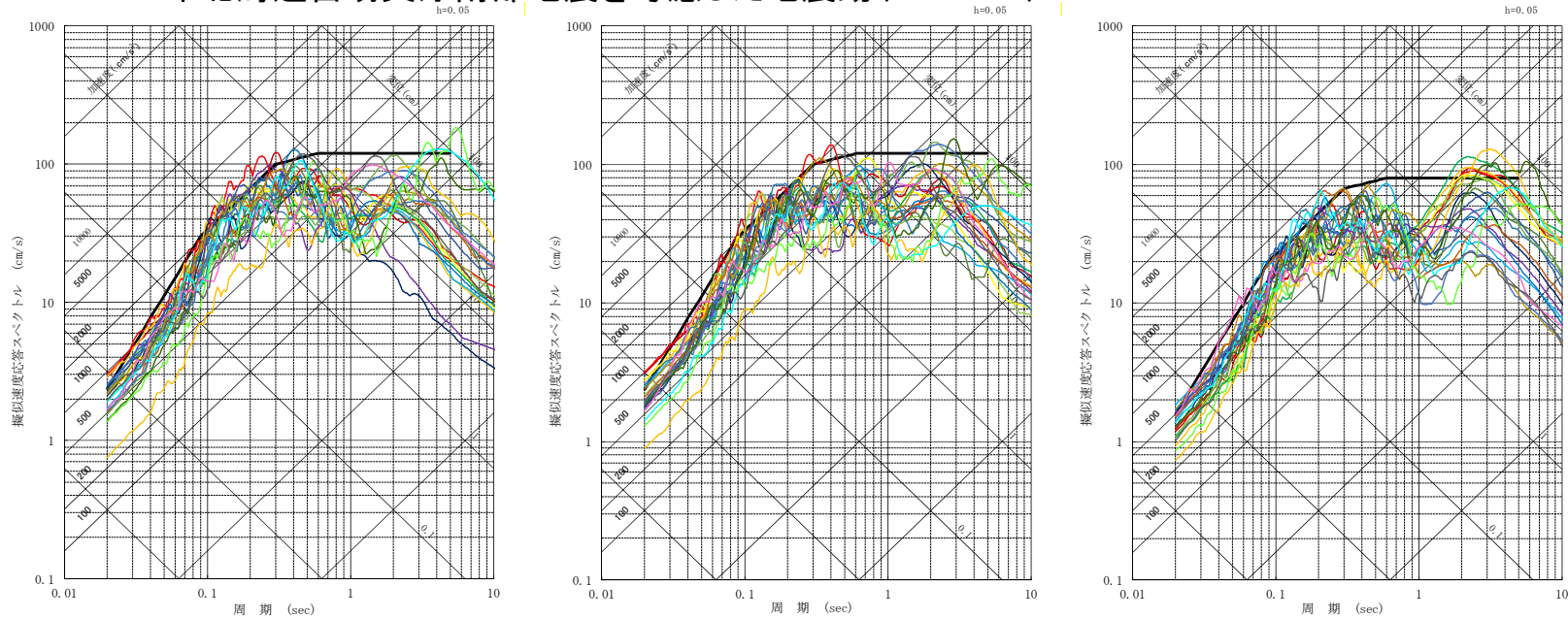
(注) 敷地から半径約30kmの範囲の主な断層について図示している。

(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)



- | | | | |
|---|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> — 基準地震動S_s-1 — 基準地震動S_s-2 — 基準地震動S_s-3 — 基準地震動S_s-4 — 基準地震動S_s-5 — 基準地震動S_s-6 — 基準地震動S_s-7 — 基準地震動S_s-8 — 基準地震動S_s-9 — 基準地震動S_s-10 — 基準地震動S_s-11 — 基準地震動S_s-12 — 基準地震動S_s-13 — 基準地震動S_s-14 | <p>水平(NS)方向</p> <ul style="list-style-type: none"> — C断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点1) — C断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点2) — C断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点3) — C断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点4) — C断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点5) — C断層(傾斜角55° ケース、破壊開始点3) — 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) — 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) — 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) — 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) — 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) — 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) — 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) | <ul style="list-style-type: none"> — 基準地震動S_s-15 — 基準地震動S_s-16 — 基準地震動S_s-17 — 基準地震動S_s-18 — 基準地震動S_s-19 — 基準地震動S_s-20 — 基準地震動S_s-21 — 基準地震動S_s-22 — 基準地震動S_s-23 — 基準地震動S_s-24 | <p>水平(EW)方向</p> <p>鉛直方向</p> <ul style="list-style-type: none"> — 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) — 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) — 大陸棚外縁~B~野坂断層(V_r=0.87 β ケース、破壊開始点1) — 大陸棚外縁~B~野坂断層(V_r=0.87 β ケース、破壊開始点4) — 安島岬沖~和布~千飯崎沖~甲楽城断層(V_r=0.87 β ケース、破壊開始点2) — 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) — 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) — 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) — 2000年鳥取県西部地震・賀祥ダムの観測記録 — 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)

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】

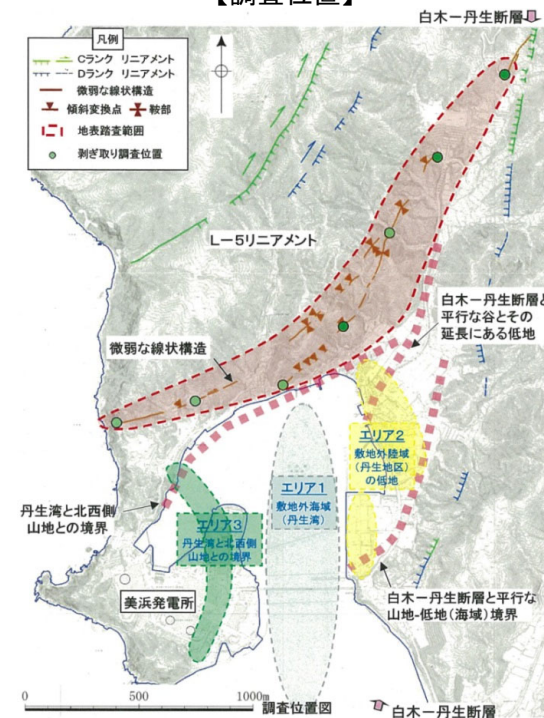


(出典: 関西電力説明資料)

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】

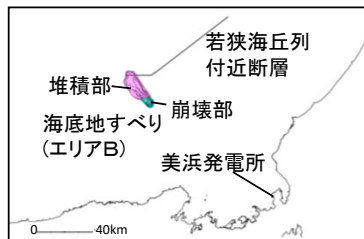


(出典: 関西電力説明資料)

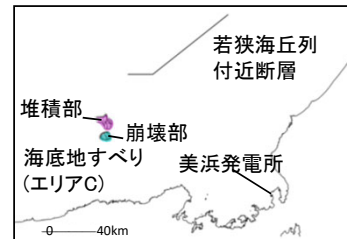
津波対策

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

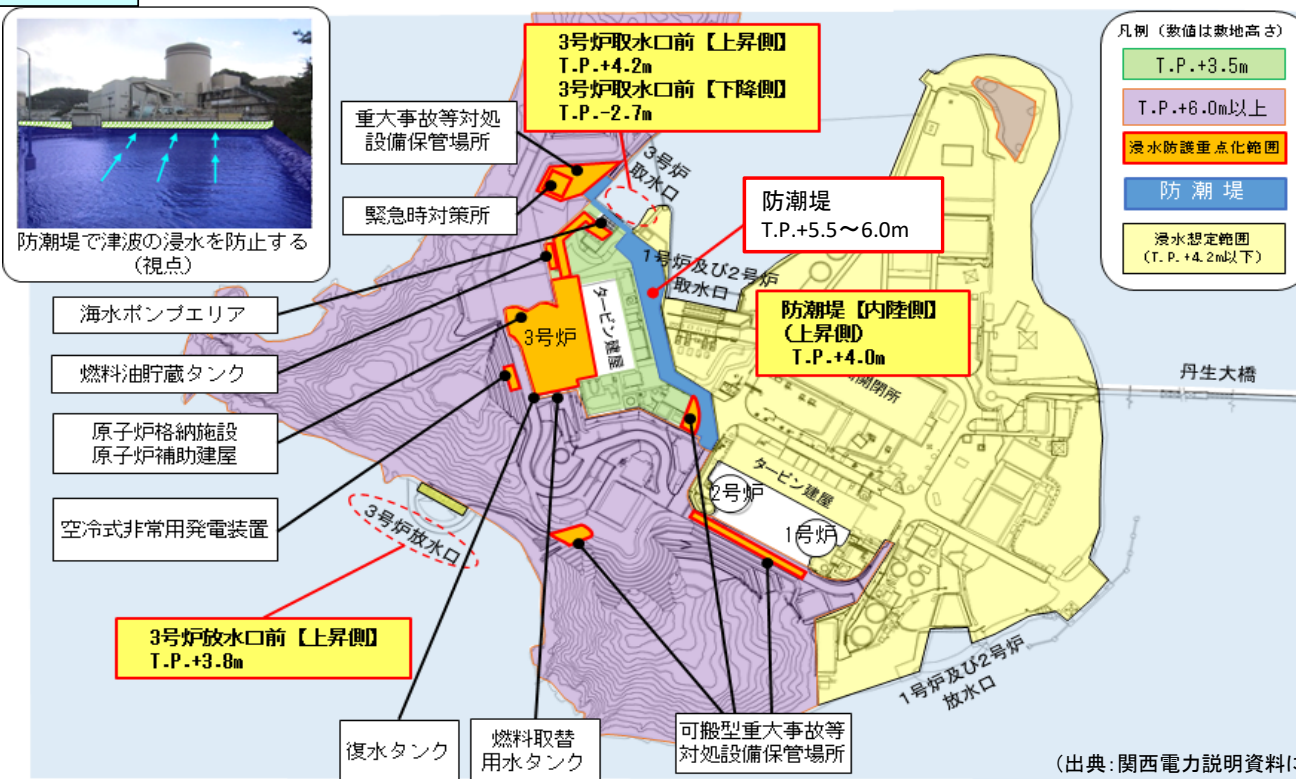


【若狭海丘列付近断層と海底地すべり(エリアC)】
 ※3号炉取水口(下降側)で水位が最低となる
 津波の組合せ



(出典: 関西電力説明資料に一部加筆)

津波防護の概要



(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。

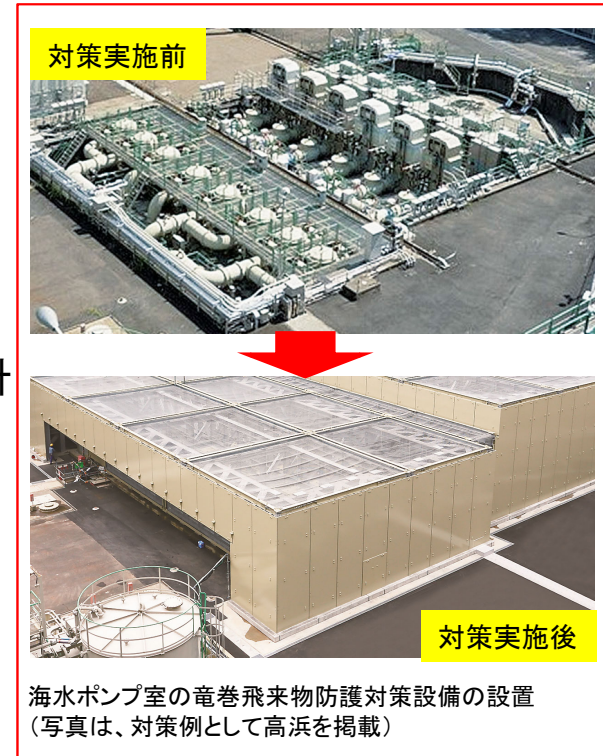
降下火災物の直接的影響(機械的影響、化学的影響等)及び間接的影響(外部電源喪失及び交通の途絶)によって、安全機能が損なわれない方針を確認。

<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。

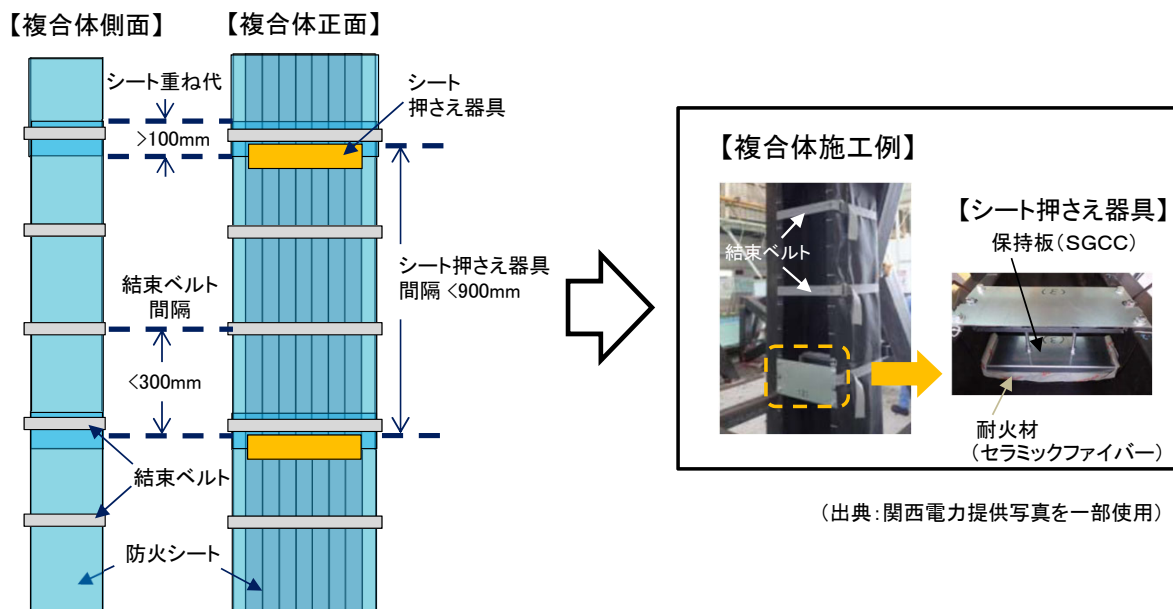


(出典: 関西電力提供写真を一部使用)

内部火災

←先行炉と同様に非難燃ケーブルへの措置を追加

- 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。



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

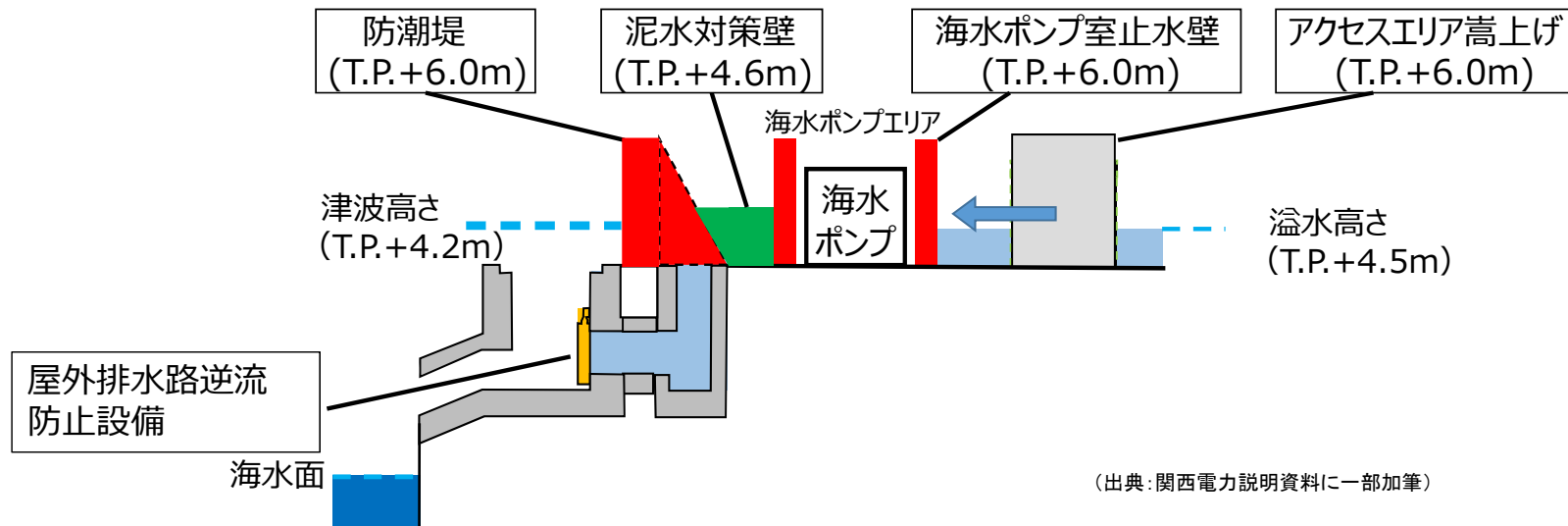
溢水対策

【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。

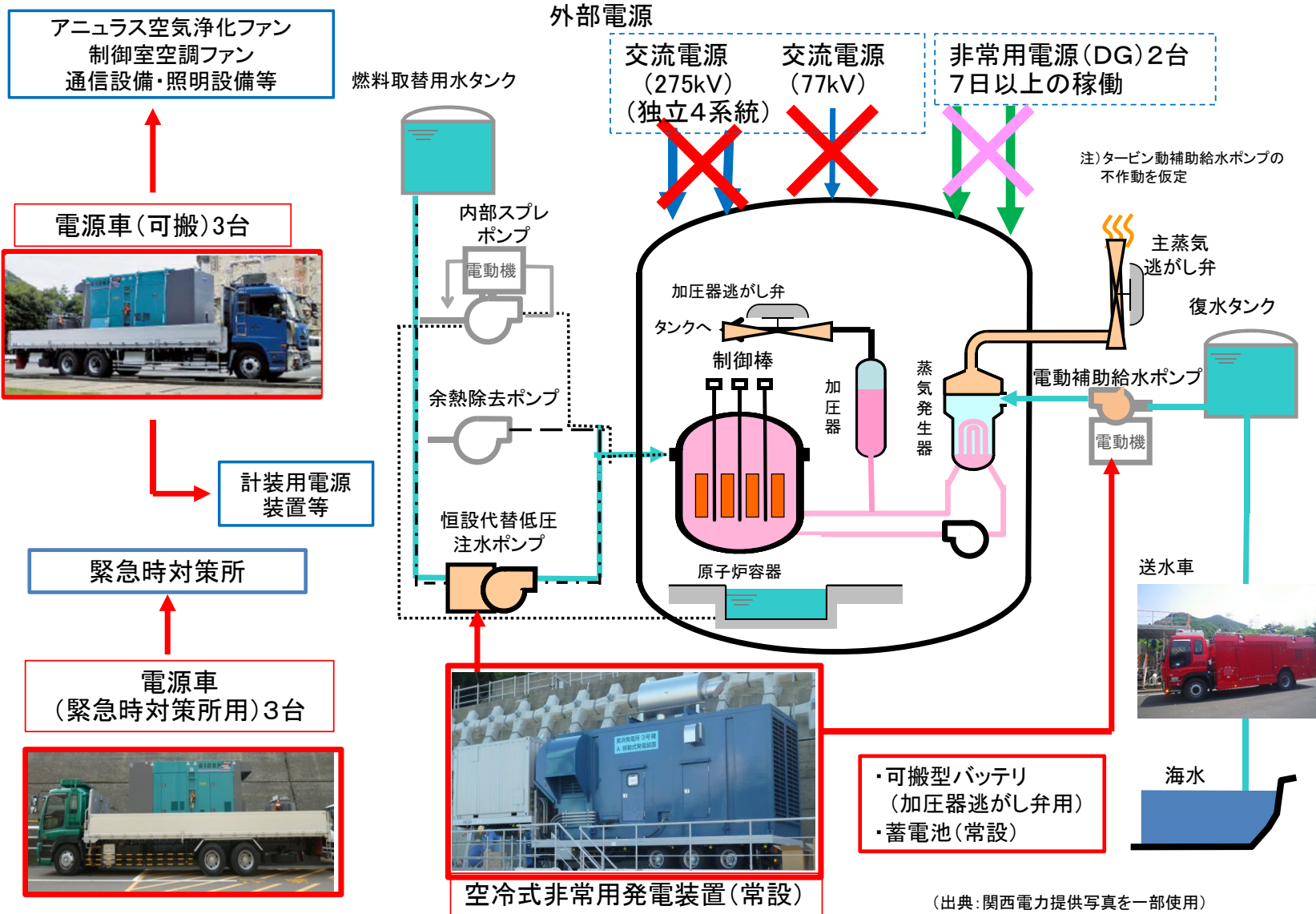
【屋外溢水】

- 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)

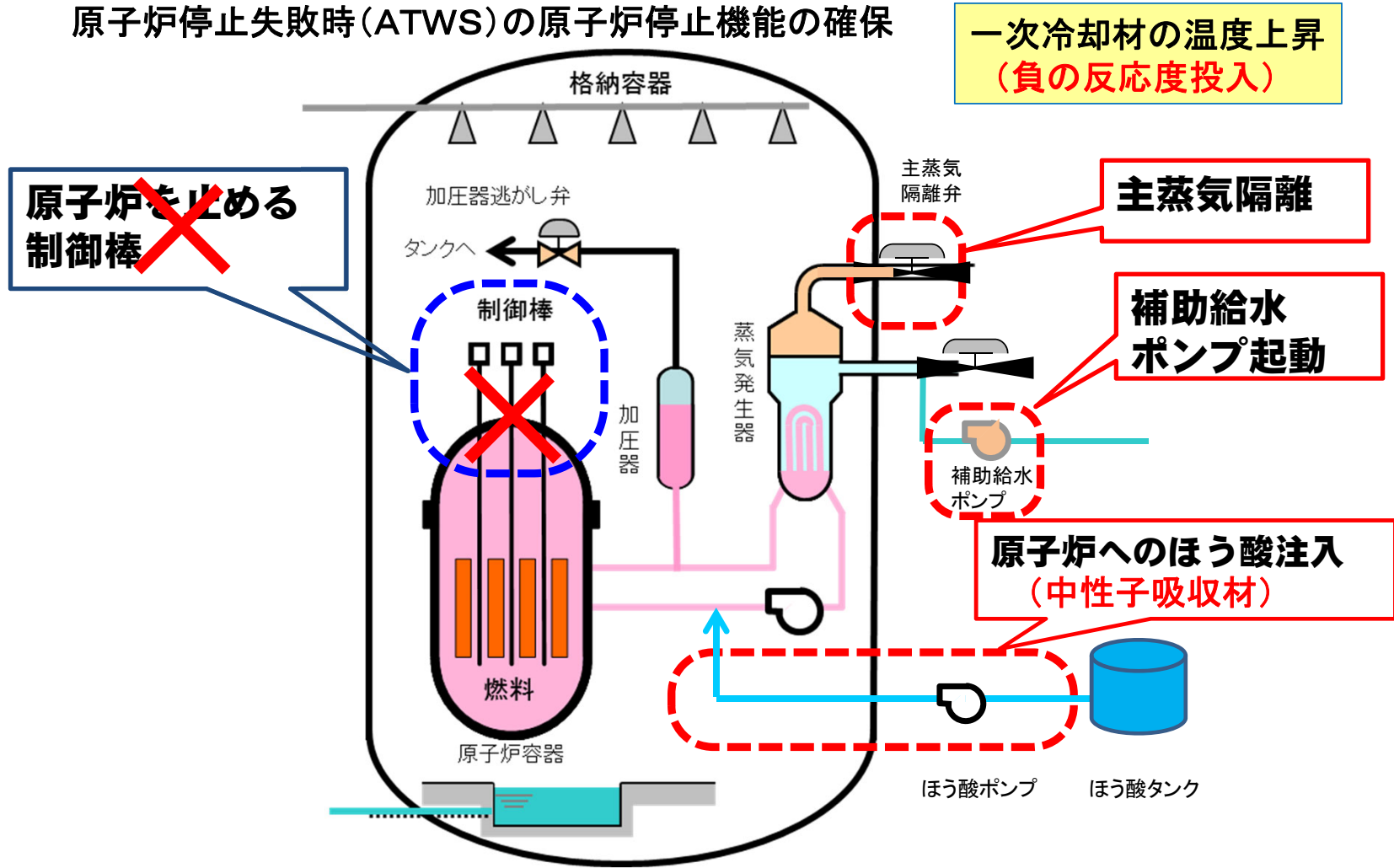


(出典: 関西電力提供写真を一部使用)

(2) 重大事故の発生を想定した対策例

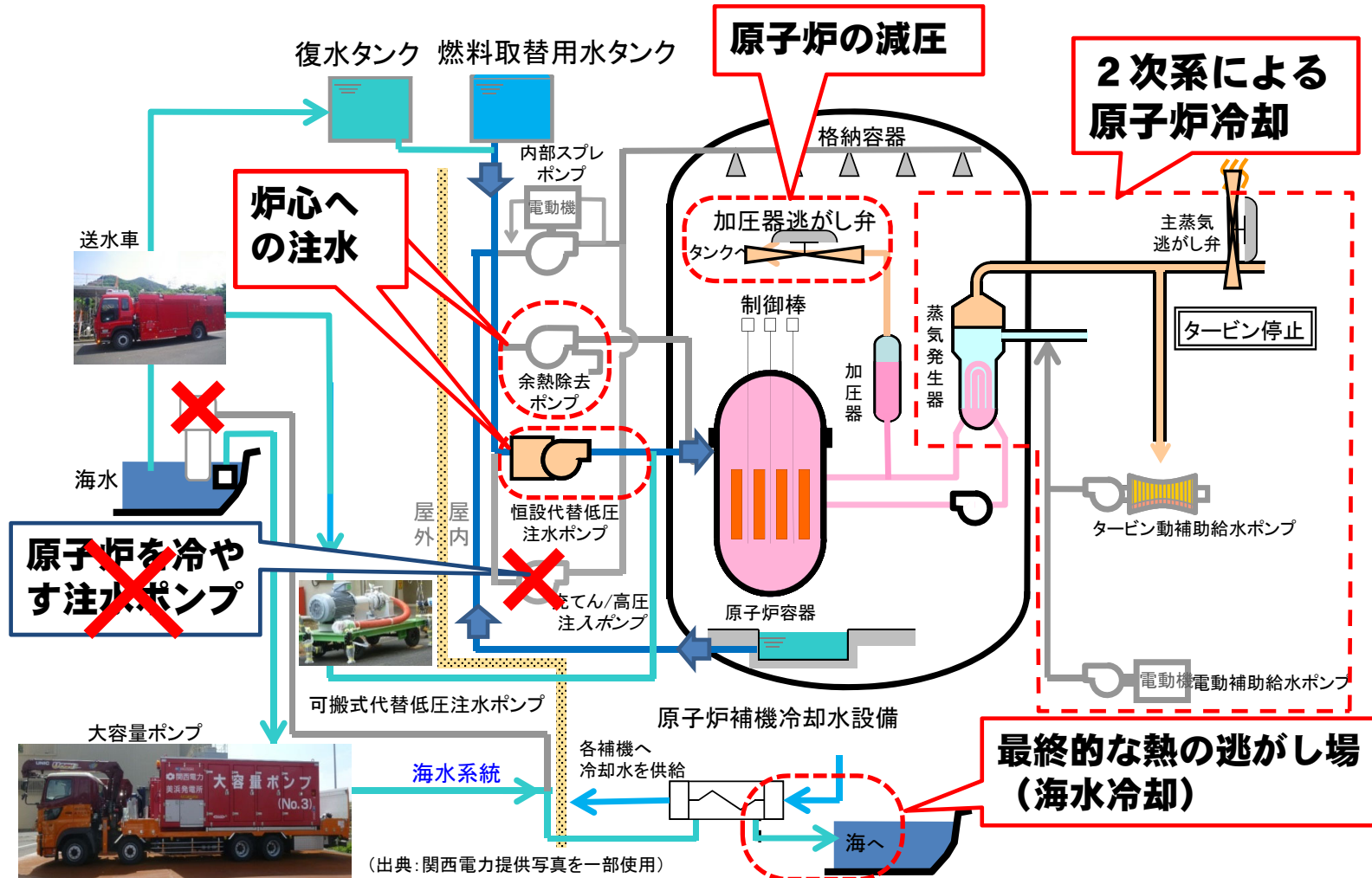
原子炉を停止させる対策(止める)

原子炉停止失敗時(ATWS)の原子炉停止機能の確保



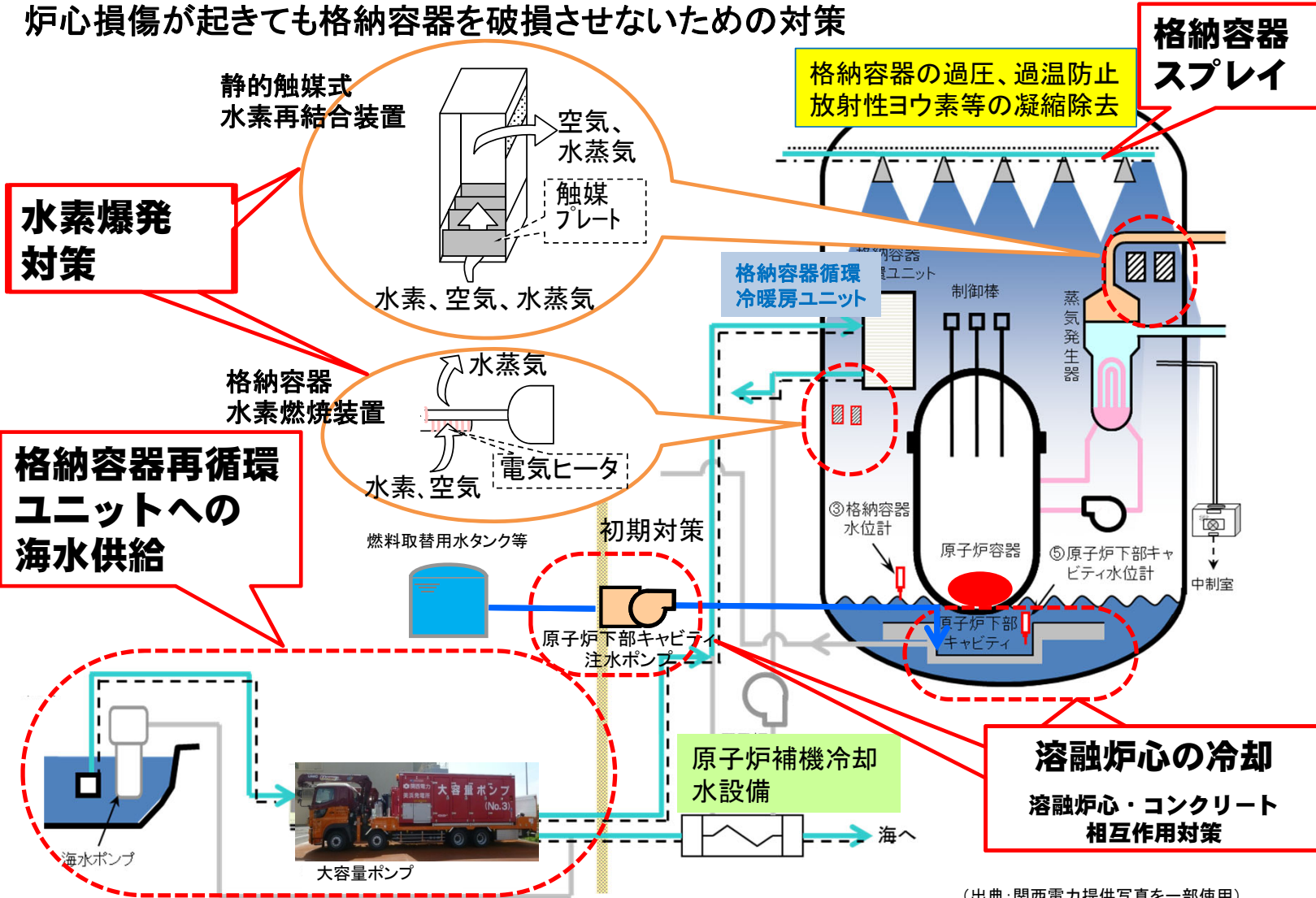
原子炉を冷やすための対策(冷やす)

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。(ハード対策だけではなく、手順・体制等も踏まえ実現可能性を確認)



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



(出典: 関西電力提供写真を一部使用)

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号炉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



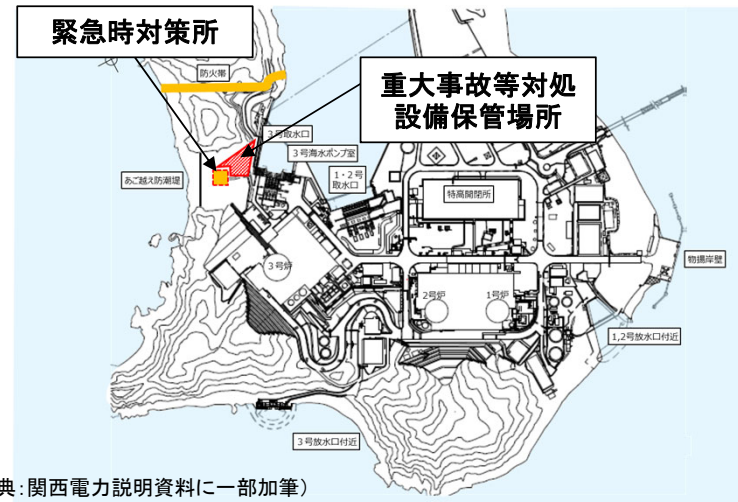
(出典:関西電力提供写真を一部使用)



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

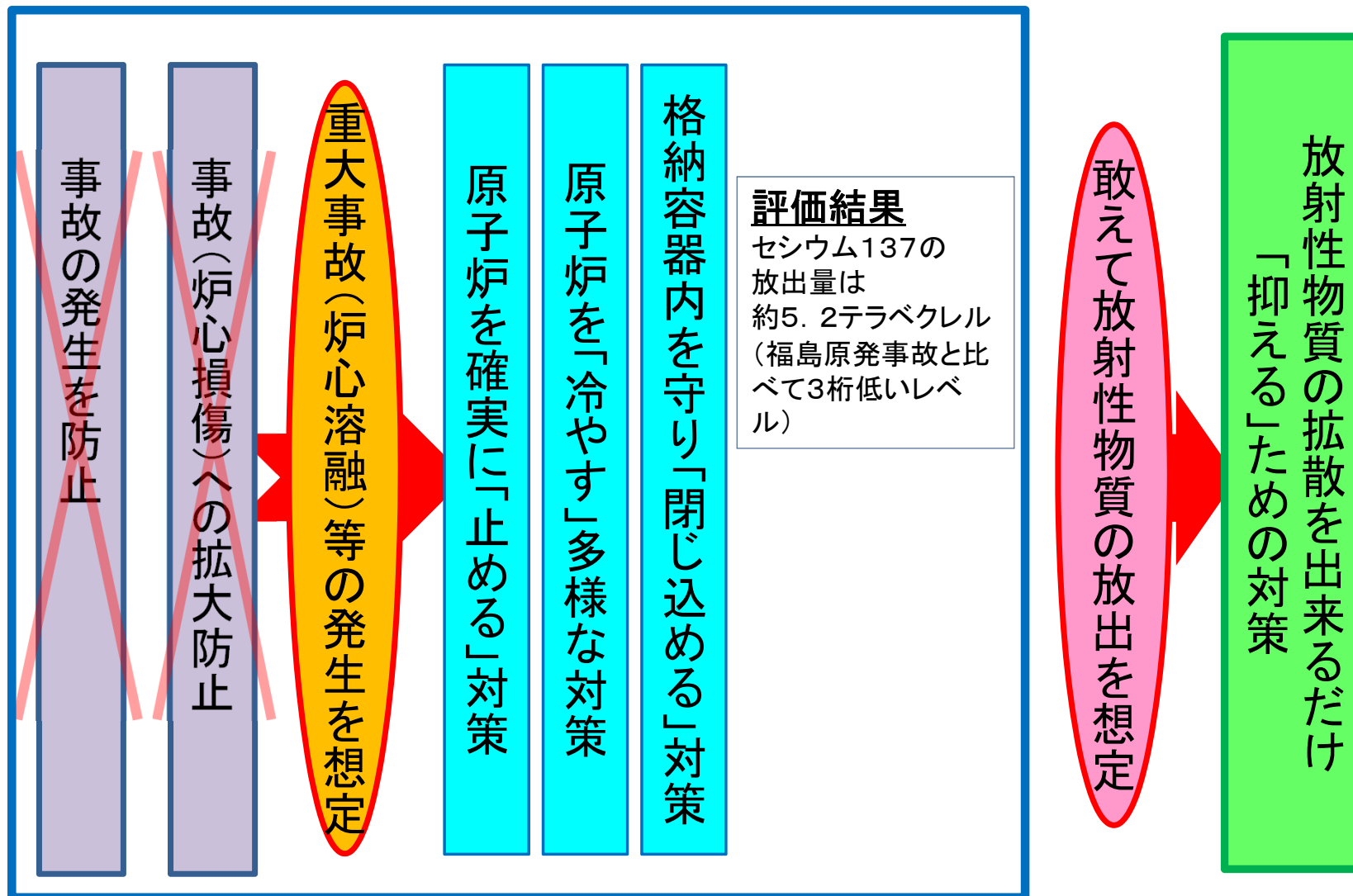
(2)広さ

- ・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)

(3) 更なる対策



※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)

格納容器等が破損した場合も想定し、敷地外への放射性物質の拡散を抑制するために必要な対策を要求

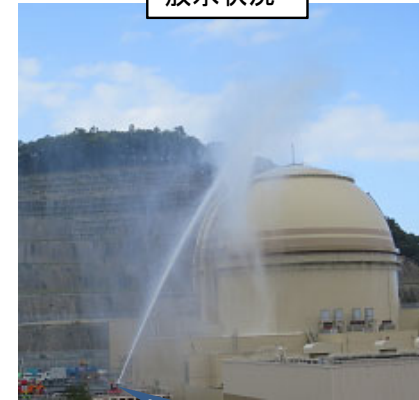
主な確認結果

- 大気への拡散抑制
 - 海を水源として、大容量ポンプ及び放水砲により、格納容器等の破損箇所に向けて放水
- 海洋への拡散抑制
 - 発電所から海洋に流出する箇所(取水路側、放水路側)にシルトフェンスを設置
 - 海洋への流出経路に放射性物質吸着剤を設置

審査結果

大容量ポンプ及び放水砲の放水設備により敷地外への放射性物質の拡散を抑える対策及び海洋への拡散防止対策が適切に実施される方針であることを確認

放水状況



放水砲

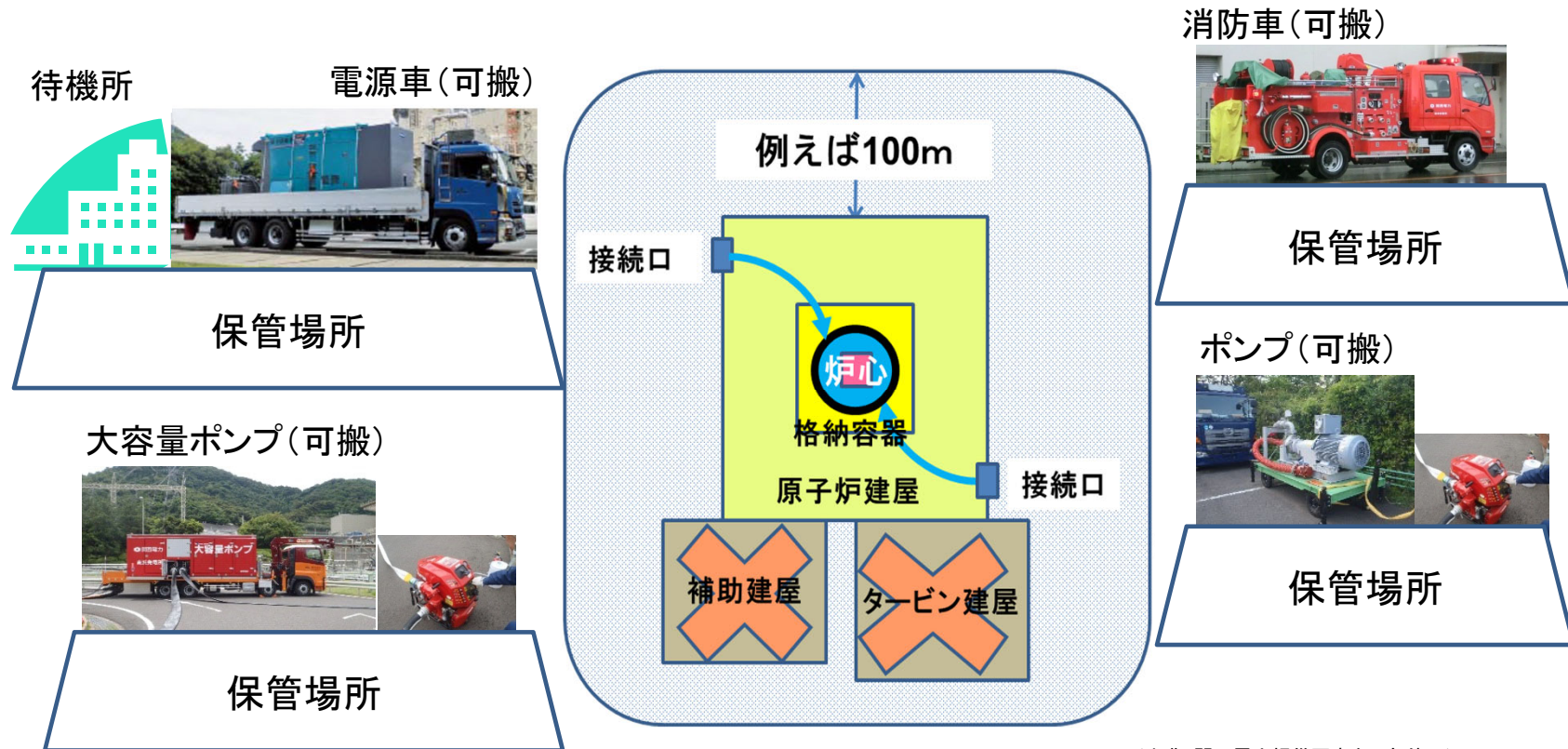


シルトフェンス設置

(写真は、対策例として大飯を掲載)
(出典: 関西電力提供写真を一部使用)

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



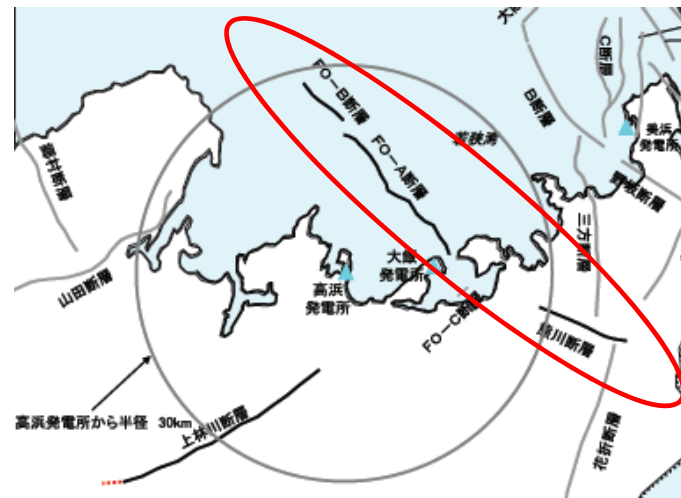
(出典: 関西電力提供写真を一部使用)

5. 高浜1, 2号炉の新規制基準 に係る審査結果

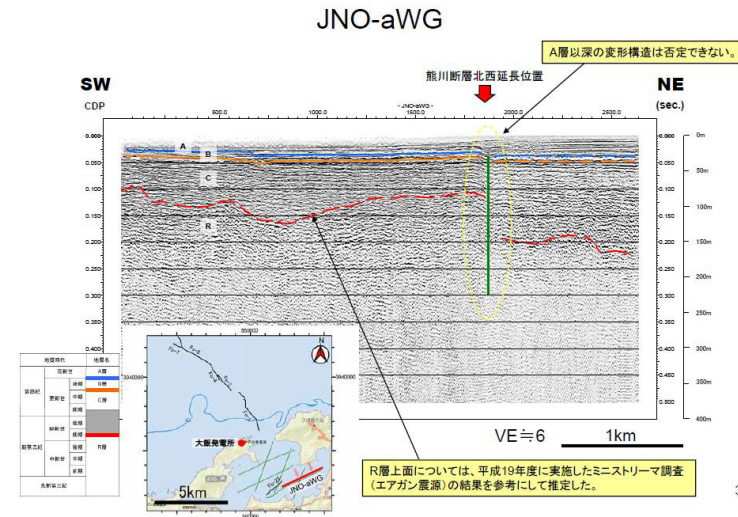
(美浜3号炉と異なる点について説明します)

基準地震動

- 周辺活断層について、事業者は、申請当初FO-A～FO-B断層の2連動として評価。
審査において、熊川断層の連動も考慮する必要性を指摘し、3連動としての評価に変更。
 - ・有識者にも審査会合に参加いただき、両断層の連続性について評価。
 - ・FO-A～FO-B断層と熊川断層との間に断層の有無が不明瞭な区間が相当あり、連動を否定することは難しい。
 - ・3連動を考慮することにより、FO-A～FO-B断層(長さ35km、マグニチュード7.4)ではなく、FO-A～FO-B～熊川断層(長さ63.4km、マグニチュード7.8)として地震動を評価
- 高浜の地下構造の調査等に基づき、震源断層上端深さを申請当初の4kmより浅い3kmで評価。
- 震源を特定せず策定する地震動として、全サイト共通の北海道留萌支庁南部地震だけではなく、地域性を考慮して鳥取県西部地震の震源近傍での観測記録に基づく地震動を追加。



(出典: 関西電力説明資料に一部加筆)



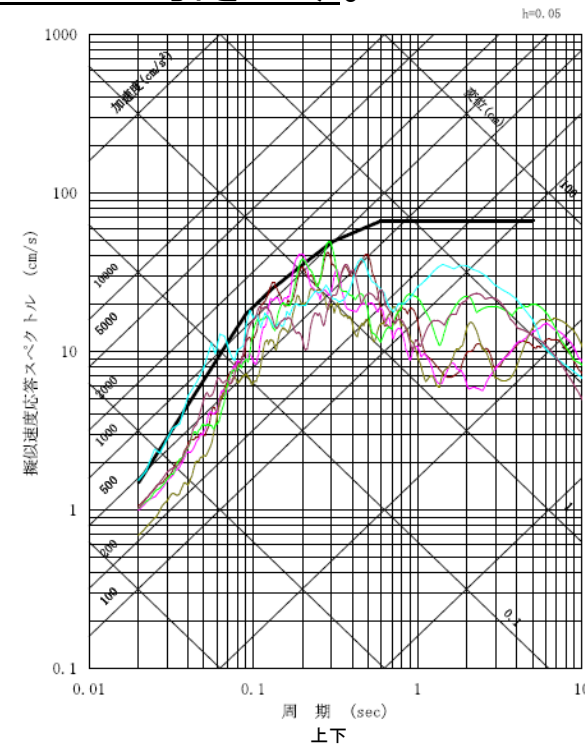
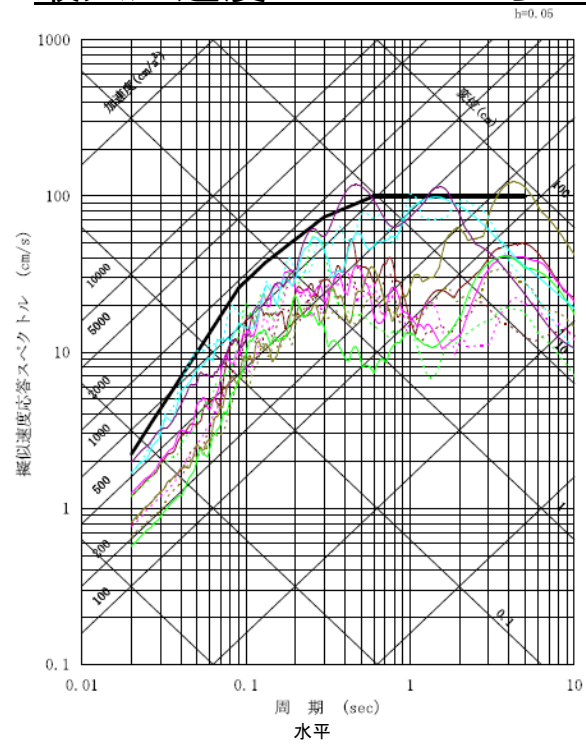
小浜湾内のJNO-a測線の北東側1箇所において、後期更新世以降の活動が否定できない変形構造が認められた。

若狭湾西部海域における海上音波探査について(平成21年4月28日原子力安全・保安院)より抜粋

基準地震動

→7種類の基準地震動を設定。

申請当初の最大加速度550ガルから700ガルに引き上げ。

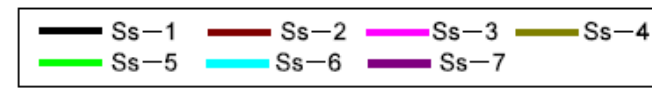


【敷地ごとに震源を特定して策定する地震動】

- Ss-1: 応答スペクトル法に基づき設定
- Ss-2~4: FO-A~FO-B~熊川断層
- Ss-5: 上林川断層

【震源を特定せず策定する地震動】

- Ss-6: 2000年鳥取県西部地震
- Ss-7: 2004年北海道留萌支庁南部地震



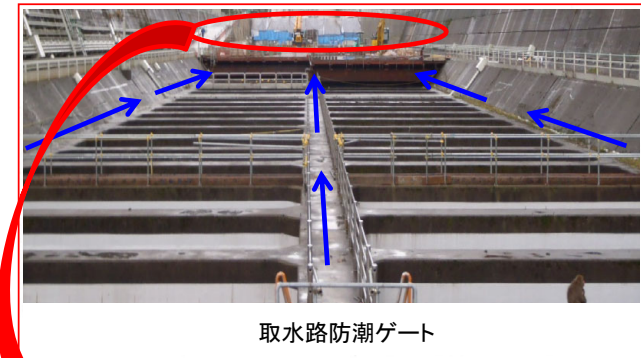
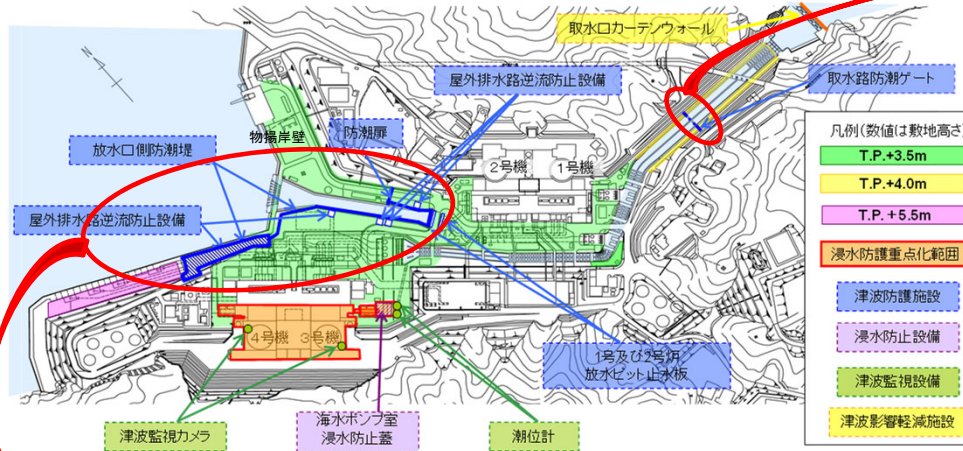
(Ss-2~6では実線がNS成分、破線がEW成分)

(出典: 関西電力説明資料に一部加筆)

津波対策

←1/2号炉設備への津波防護対策、ゲート運用の変更

- 津波の波源としてFO-A~FO-B~熊川断層の3連動を考慮するとともに、福井県の津波想定を参照し、若狭海丘列付近断層を波源として追加。
- 上記海底断層による津波と、陸上や海底での地すべりによる津波との組み合わせを考慮。
- 発電所敷地の高さ3.5mに対して入力津波高さが最高6.7m(放水路奥)となり、津波が浸水防護重点化範囲(重要な安全機能を有する設備を内包する建屋及び区画)に到達の可能性。
- 津波による敷地への浸水防止対策として、放水口側防潮堤(高さ8.0m)や取水路防潮ゲート(高さ8.5m)等を設置。取水路防潮ゲートは、確実に閉止できるようにゲート落下機構を多重化。



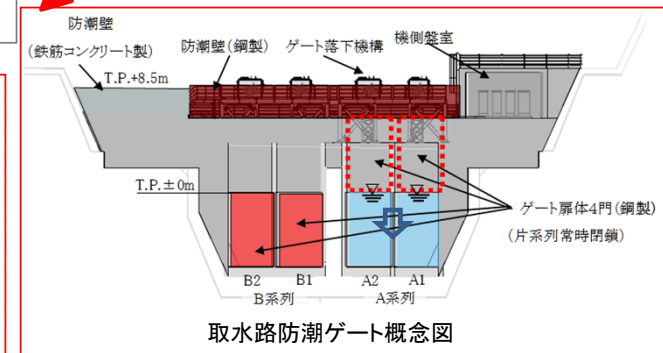
取水路防潮ゲート

(出典: 高浜原子力規制事務所保安検査官撮影の写真の一部加筆)



放水口側防潮堤

(出典: 関西電力提供写真を一部使用)



取水路防潮ゲート概念図

(出典: 関西電力説明資料の一部加筆)

ソフト対策

- 緊急時の訓練(重大事故体制)
 - ・発電所内または近傍に、招集要員28名を含む計128名を確保
 - ・複数号炉の同時発災への対応
 - ・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
- 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、設置ルートの確保
 - ・アクセスルートの多重性確保、障害物除去機器の確保



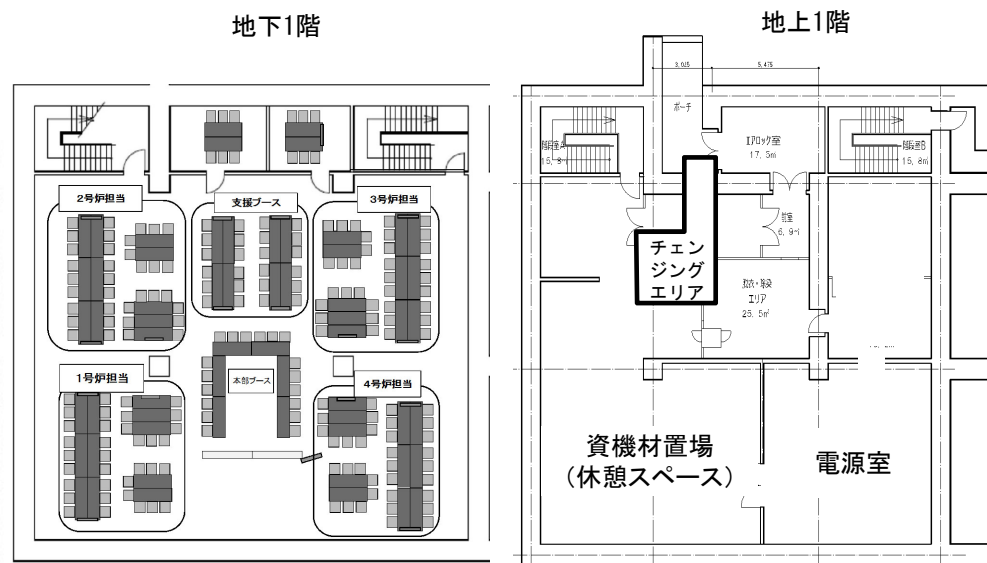
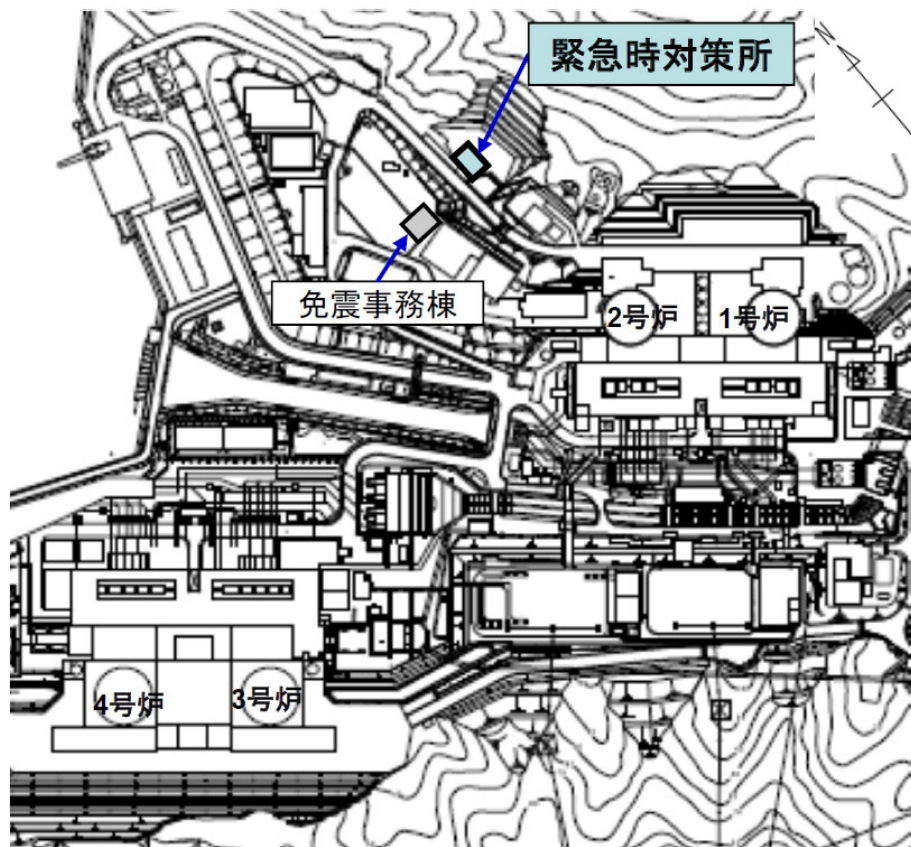
(出典:関西電力提供写真を一部使用)



緊急時対策所の審査結果

1～4号用緊急時対策所の設置

- 耐震構造:地上1階地下1階、有効面積約750㎡、約200名収容



審査結果: (次の事項を確認)

- 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
- 情報を把握し、発電所内外との通信連絡を行う設備を備える
- 必要な指示を行う要員が収納できる

・なお、別に自主設備(規制外)として、免震事務棟を設置

高浜発電所 1～4号炉の
津波警報等が発表されない
可能性のある津波への対応
に係る審査結果

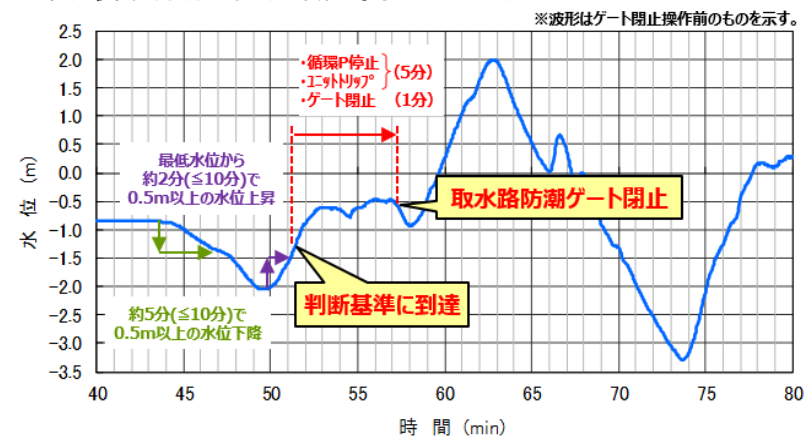
1. 経緯

- ・平成31年 1月16日:平成30年度第53回原子力規制委員会において、平成30年12月にインドネシア・スンダ海峡で発生した火山現象による津波被害に関連し、関西電力に対して高浜発電所の津波警報が発表されない可能性のある津波に関し、発電所構内の重要な設備への影響等の確認を求めた。
- ・令和元年 6月13日:当委員会の山中委員及び石渡委員出席のもと、「警報が発表されない可能性のある津波への対応の現状聴取に係る会合」(以下「現状聴取会合」という。)において、関西電力による評価結果について確認を行った。
- ・令和元年 7月 3日:令和元年度第16回原子力規制委員会において、原子力規制庁から報告を受け、高浜発電所における「隠岐トラフ海底地すべり」による津波対策に係る設置変更許可申請が行われる必要があるとの原子力規制庁の評価について、了承した。
- ・令和元年 7月16日:現状聴取会合において、関西電力から本件に係る設置変更許可申請を行う旨の説明を受けた。
- ・令和元年 7月31日:令和元年度第20回原子力規制委員会において、関西電力に対する今後の対応方針について決定した。
- ・令和元年 9月26日:設置変更許可申請書
- ・令和2年10月15日～令和2年11月16日:審査書案等に対する科学的・技術的意見の募集
- ・令和2年12月2日:設置変更許可

1. 津波防護の全体概要 (1 / 2)

- 津波警報等が発表されない可能性のある津波(以下「警報なし津波」という。)は、遡上波の敷地への到達、流入及び水位低下による海水ポンプへの影響(以下「施設影響」という。)を及ぼすおそれがある。
- 既許可申請では、大津波警報が発表された場合に、循環水ポンプを停止(プラント停止)し、取水路防潮ゲートを閉止する運用により施設影響を防止する設計方針としているが、この設計方針では、警報なし津波による施設影響が防止できない可能性がある。
- そのため、申請者は、潮位観測システム(防護用)を設置し、施設影響を及ぼすおそれのある警報なし津波の潮位変動を観測し、取水路防潮ゲートを閉止する判断基準(以下「閉止判断基準」という。)に到達した場合に、中央制御室間の連携により、循環水ポンプを停止(プラント停止)し、取水路防潮ゲートを閉止する運用により、施設影響を防止する方針を示した。

● 津波襲来判断の例(1号炉海水ポンプ室)

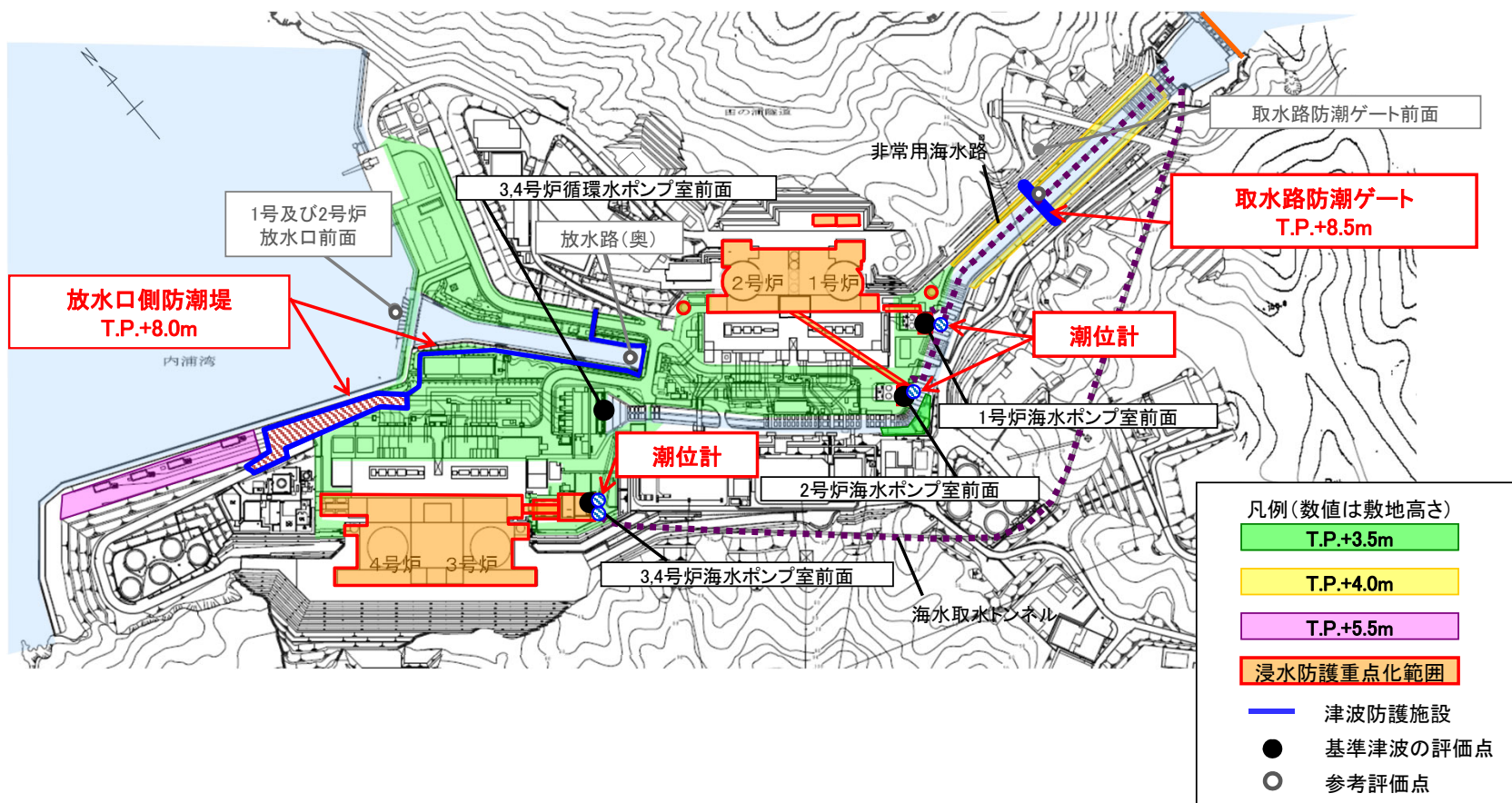


水位下降側: エリアB (Es-K5) Kinematicモデルによる方法

出典: 発電用原子炉設置変更許可申請の補足説明資料(2020年9月3日)から抜粋・修正
 <<https://www2.nsr.go.jp/data/000326238.pdf>>

1. 津波防護の全体概要 (2 / 2)

津波防護の概要図を以下に示す。



出典: 関西電力(株)高浜発電所1, 2, 3, 4号炉審査資料 第823回審査会合資料(令和2年1月21日)から抜粋・修正
 <<https://www2.nsr.go.jp/data/000298496.pdf>>

参考

高浜発電所 1～4号炉の
津波警報等が発表されない
可能性のある津波への対応
に係る審査結果の補足

2. 基準津波 (1 / 2)

＜申請の概要＞

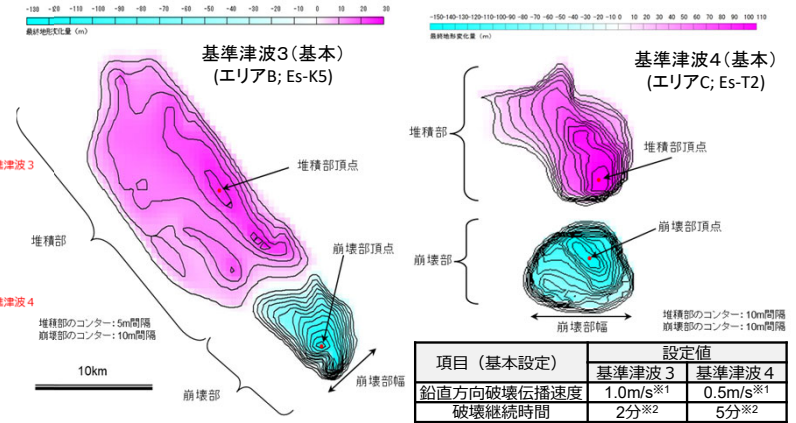
津波警報等が発表されない場合の基準津波の選定方針は、以下のとおり。

- 津波水位がいずれかの評価点で敷地高さ(T.P.+3.5m)を上回る波源、又は、各海水ポンプ室のうちいずれかの評価点で海水ポンプの取水可能水位(1号炉及び2号炉はT.P.-3.21m、3号炉及び4号炉はT.P.-3.52m)を下回る波源を全て基準津波として選定
- 計算条件: 取水路防潮ゲート「開」、潮位(パラツキを含む)及び高潮の裕度を考慮、(水位下降側のみ)循環水ポンプ及び海水ポンプが全て稼働

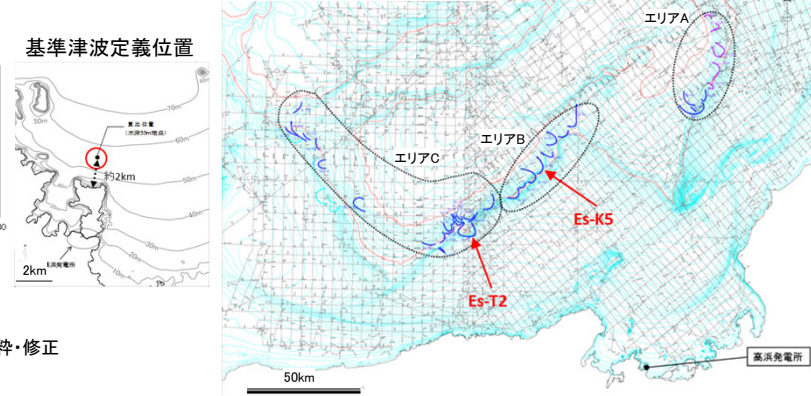
津波水位評価結果 数字はT.P.(m)、青字は施設影響が生じる値、グレー字は参考値

取水路防潮ゲート ^{※1}	波源モデル	水位上昇						水位下降				
		取水路防潮ゲート前	3, 4号炉循環水ポンプ室	1号炉海水ポンプ室	2号炉海水ポンプ室	3, 4号炉海水ポンプ室	放水口前	放水口(奥)	1号炉海水ポンプ室	2号炉海水ポンプ室	3, 4号炉海水ポンプ室	
開 (Open)	エリアA (Es-G3)	Watts他の予測式	1.2	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	-0.6	-0.7	-1.3
		Kinematicモデルによる方法	2.6	3.0	2.8	2.8	3.2	2.3	2.4	-1.4	-1.5	-2.4
	エリアA (Es-G101)	Watts他の予測式	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	-0.6	-0.7	-1.2
		Kinematicモデルによる方法	1.5	1.6	1.5	1.5	1.7	1.5	1.6	-0.8	-0.9	-1.5
	エリアB (Es-K5)	Watts他の予測式	2.8	3.1	3.0	3.0	3.1	2.6	2.8	-1.5	-1.6	-2.3
		Kinematicモデルによる方法	4.3	4.5	4.4	4.4	4.4	4.4	4.6	-3.7	-3.8	-3.8
	エリアB (Es-K6)	Watts他の予測式	1.7	1.9	1.8	1.8	1.9	1.6	1.7	-0.8	-0.9	-1.5
		Kinematicモデルによる方法	2.6	2.9	2.8	2.8	2.9	2.3	2.5	-1.5	-1.7	-2.4
	エリアB (Es-K7)	Watts他の予測式	2.1	2.4	2.1	2.1	2.3	1.7	1.8	-1.1	-1.2	-1.8
		Kinematicモデルによる方法	2.7	3.0	2.8	2.8	3.2	2.8	3.0	-1.7	-1.8	-2.5
	エリアC (Es-T2)	Watts他の予測式	2.0	2.4	2.1	2.2	2.5	1.8	2.0	-1.5	-1.6	-2.4
		Kinematicモデルによる方法	3.8	4.3	4.0	4.1	4.3	4.3	4.5	-2.5	-2.6	-2.9
	エリアC (Es-T8)	Watts他の予測式	2.0	2.3	1.9	1.9	2.3	1.6	1.7	-1.2	-1.2	-1.9
		Kinematicモデルによる方法	2.5	2.7	2.5	2.6	2.8	3.0	3.1	-1.9	-2.0	-2.8
エリアC (Es-T13)	Watts他の予測式	1.5	1.8	1.6	1.6	1.9	1.5	1.5	-0.8	-0.9	-1.4	
	Kinematicモデルによる方法	2.4	2.6	2.4	2.5	2.8	2.9	3.0	-1.7	-1.8	-2.5	
エリアC (Es-T14)	Watts他の予測式	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	1.4	1.5	-0.7	-0.8	-1.4	
	Kinematicモデルによる方法	2.7	3.1	2.8	2.9	3.0	2.6	2.7	-1.6	-1.8	-2.3	
施設影響が生じる高さ (上昇側: 敷地高さ・防潮ゲート高さ・物置高さ、下降側: 取水可能水位)		8.5	3.5	3.5	3.5	3.5	8.0	8.0	-3.2	-3.2	-3.5	

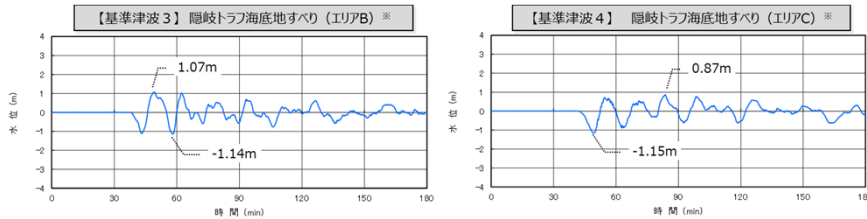
基準津波3及び基準津波4に関する水位評価条件 (海底地形変化量分布・津波評価に用いた波源特性)



隠岐トラフ海底地すべり位置図



基準津波定義位置における基準津波3及び基準津波4の水位時刻歴波形



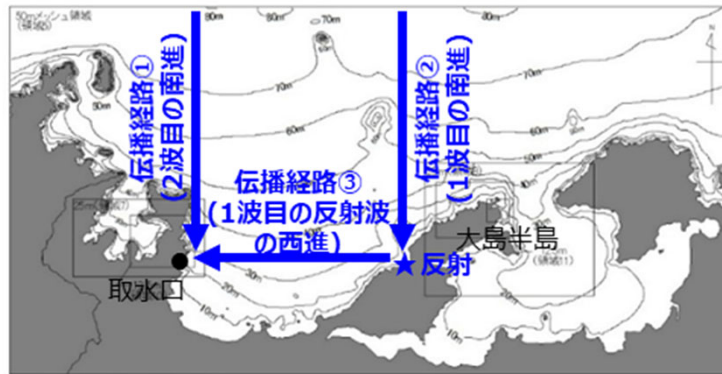
※基準津波3及び基準津波4は、崩壊規模及び破壊伝播速度を固定値としことから、施設への影響が最も大きくなる崩壊規模及び破壊伝播速度を適用した場合の時刻歴波形を示す。

出典: 発電用原子炉設置変更許可申請のうち、基準津波に関する取りまとめ資料(令和2年10月8日)から抜粋・修正
<https://www2.nsr.go.jp/data/000330689.pdf> < <https://www2.nsr.go.jp/data/000330688.pdf>

2. 基準津波（2 / 2） ～若狭湾における津波の伝播特性による水位時刻歴波形の特徴～

＜申請の概要(続き)＞

高浜発電所に襲来する津波は大島半島からの反射波によりその津波水位が高くなる傾向がある。右下図に示すように、津波が伝播することを考えると、大島半島から高浜発電所まで(伝播経路③)の津波伝播時間は10～12分程度であることから、津波の周期が10～15分程度の場合は、直接高浜発電所に襲来する津波(伝播経路①)と大島半島から反射波として高浜発電所に襲来する津波(伝播経路②→伝播経路③)とが干渉し、その振幅が大きくなる。



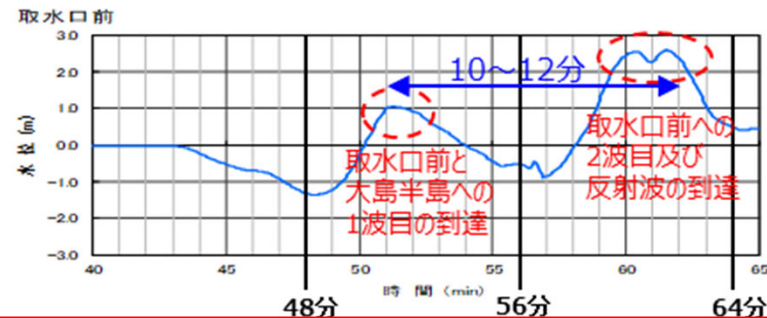
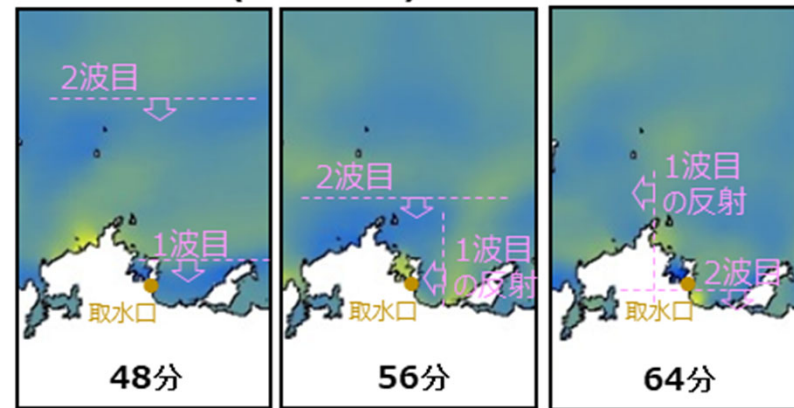
伝播距離 L = 9.5km
水深 h = 20～30m

大島半島から反射した津波が高浜発電所まで伝播するために要する時間 (概略計算)

$$\begin{aligned} \text{伝播時間} &= \text{伝播距離 } L / \text{波速 } c = L / \sqrt{gh} \\ &= 9500 / \sqrt{9.8 \times 20} \text{ or } 30 \\ &\approx 554 \sim 678 \text{ [sec]} \\ &\Rightarrow 9.2 \sim 11.3 \text{ [min]} \end{aligned}$$

出典：発電用原子炉設置変更許可申請の補足説明資料(2020年9月3日)から抜粋
<<https://www2.nsr.go.jp/data/000326238.pdf>>

エリアB Es-K5(Kinematic)の津波伝播のスナップショット



＜審査結果の概要＞

規制委員会は、本申請において策定された基準津波3及び基準津波4は、地震以外の要因である海底地すべりによる津波であり、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、各種の不確かさを十分に考慮して数値解析を実施し、適切に策定されていること、取水路から海水ポンプ室に至る経路において第1波より第2波以降の水位変動量が大きくなることを確認。

3. 取水路防潮ゲートの閉止判断基準

<申請の概要>

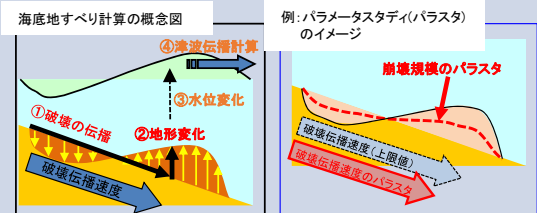
若狭湾における津波の伝播特性及び津波の第1波の水位変動では施設影響を及ぼすおそれがないことを踏まえ、津波の第1波の水位変動量が、ある時間内に閉止判断基準に到達した場合に、取水路防潮ゲートを閉止する運用を実施する。

施設影響を及ぼすおそれのある津波を見逃さないように、また、平常時及び台風時の潮位変動の影響を受けないように、**閉止判断基準を、以下のとおり設定する。**

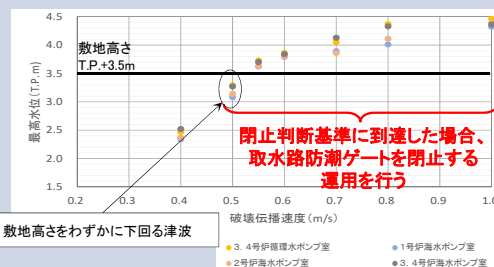
① 各種パラメータスタディ※及び過去の潮位変動(平常時及び台風時)の調査結果から、施設影響を及ぼすおそれのない津波のうち、敷地高さT.P.+3.5mをわずかに下回る津波も含めた値(10分以内に0.69mの水位変動量)を、閉止判断基準に用いる津波の第1波の水位変動量として算出する。

※各種パラメータスタディ

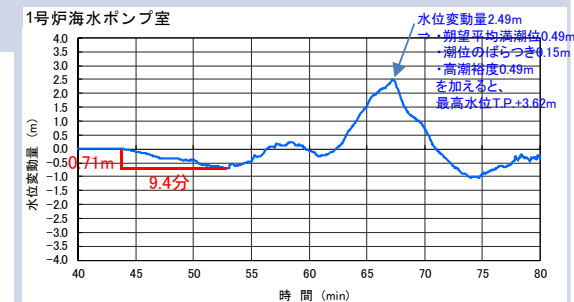
- ・複数の崩壊規模を用いたパラメータスタディ
- ・複数の破壊伝播速度を用いたパラメータスタディ
- ・複数の振幅及び周期による正弦波を用いたパラメータスタディ



パラメータスタディ結果による第2波の最高水位を整理した一例(破壊伝播速度のパラメータスタディ結果:エリアBのEs-K5)



水位変動量の時刻歴波形の一例:破壊伝播速度0.55m/s



② ①の各種パラメータスタディから得られた第1波の水位に対する第2波以降の水位の最大の増幅比率(3.7倍)を用い、T.P.+3.5mから逆算した値(10分以内に0.64mの水位変動量)を、閉止判断基準に用いる津波の第1波の水位変動量として算出する。

閉止判断基準の設定にあたっては、①及び②から得られた値に潮位の揺らぎ(0.10m)及び余裕を考慮し、さらに、第1波の下降波の先行到達の条件に加え、第1波の上昇波の先行到達の条件も考慮する。

<審査結果の概要>

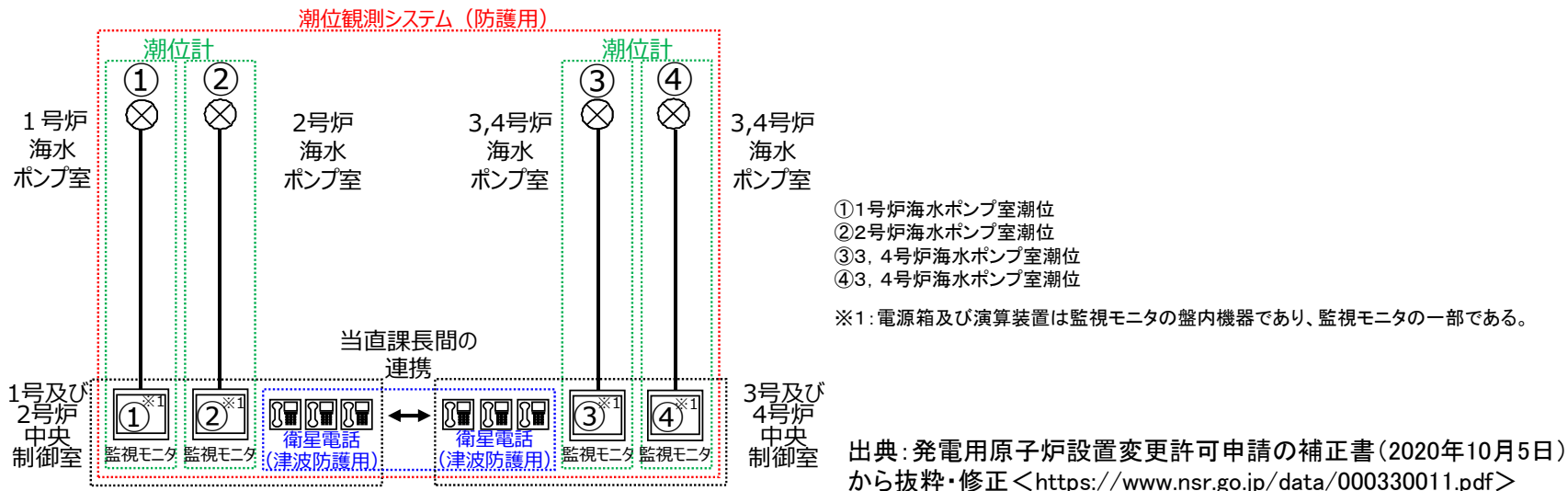
規制委員会は、閉止判断基準について、「潮位観測システム(防護用)のうち2台の潮位計の観測潮位がいずれも10分以内に0.5m以上下降し、その後、最低潮位から10分以内に0.5m以上上昇すること、又は、10分以内に0.5m以上上昇し、その後、最高潮位から10分以内に0.5m以上下降すること」と設定することを確認。

出典: 関西電力(株)高浜発電所1, 2, 3, 4号炉審査資料 第859回審査会合資料(令和2年4月30日)から抜粋・修正
 <<https://www2.nsr.go.jp/data/000309579.pdf>>

4. 潮位観測システム（防護用）による津波防護設計

＜申請の概要＞

警報なし津波への対応として、1号及び2号炉中央制御室と3号及び4号炉中央制御室において、津波防護施設として設置する潮位観測システム（防護用）（潮位計（発電所構内に合計4台）及び衛星電話（津波防護用）（中央制御室ごとに3台））を用いて連携して潮位観測を行い、2台の潮位計で水位変動量が閉止判断基準に到達した場合、循環水ポンプを停止（プラント停止）し、1号及び2号炉中央制御室において取水路防潮ゲートの閉止操作を行う設計としている。



＜審査結果の概要＞

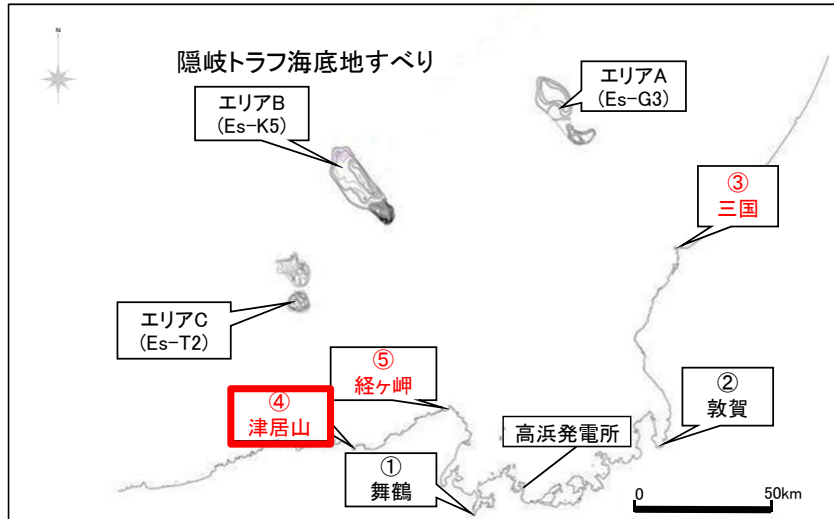
規制委員会は、以上の設計について、

- ・潮位観測システム（防護用）の安全機能の重要度分類は、取水路防潮ゲート（MS-1）と同等であること
- ・潮位観測システム（防護用）は、1号炉から4号炉で共用することにより、津波を異なる位置で複数台の潮位計により監視することで、安全性が向上するとしていること
- ・潮位観測による閉止判断基準の確認は、1号及び2号炉中央制御室において取水路防潮ゲートの閉止操作を行うため、1号及び2号炉中央制御室と3号及び4号炉中央制御室が衛星電話（津波防護用）を用いて相互に連携して行うとしていることを確認。

5. 発電所構外における観測潮位の活用

<申請の概要>

津波の情報を早期に入手することで、取水路防潮ゲートを閉止する運用を行う時間的な余裕を確保することが可能となるよう、発電所構外における観測潮位を活用する。発電所構外において観測潮位が入手可能な候補の地点は、以下のとおり。



- ① 京都府舞鶴市浜(気象庁管轄の観測潮位)
- ② 福井県敦賀市川崎町地先(港湾局管轄の観測潮位)
- ③ 福井県坂井市三国町(国土地理院管轄の観測潮位)
- ④ 兵庫県豊岡市小島(兵庫県の観測潮位)
- ⑤ 京都府京丹后市経ヶ岬
(気象庁管轄の沿岸波浪計であり、潮位の観測はしていない)

海底地すべりが発生してから津波の第1波が各地点に到達するまでの時間 ※1取水口前での津波到達時間。

	① 舞鶴	② 敦賀	③ 三国	④ 津居山	⑤ 経ヶ岬	高浜発電所※1
エリアB Kinematic	55分	52分	37分	31分	22分	43分
エリアC Kinematic	58分	61分	46分	24分	23分	47分

エリアB及びエリアCによる海底地すべり津波が各地点へ到達する時間から、津波を早期に検知できる地点は、上表のとおり③～⑤となる。

③～⑤のうち、既往の潮位データが存在し、データの分析及び入手が可能な④津居山地点の観測潮位を取水路防潮ゲートの更なる早期の閉止判断等に活用する。その他の地点については、将来的な安全性の向上への取組として、今後活用を検討する。

出典: 関西電力(株)高浜発電所1, 2, 3, 4号炉審査資料 第847回審査会合資料(令和2年3月12日)から抜粋
<<https://www2.nsr.go.jp/data/000305157.pdf>>

新規制基準適合性に係る審査結果

設置変更許可申請・工事計画認可申請・保安規定変更認可申請の内容を厳格に審査
新規制基準に適合していることを確認

**6. 美浜3号炉、高浜1, 2号炉の
40年超の運転
に係る審査結果**

主な審査内容

1. 工事計画認可について

工事の計画について、現時点で適用される実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則に適合するものとして認可がなされ、工事の計画が確定していることを確認

2. 特別点検について

原子炉容器の炉心領域部全ての母材及び溶接部の超音波探傷試験、原子炉格納容器の腐食状況の目視試験、コンクリート構造物の圧縮強度試験等、「実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド」で定める特別点検が適切に行われていることを確認。また、品質保証計画等に基づき、点検計画及び要領書の策定、要員の力量の確認、測定機器の管理等が行われていることを確認

3. 劣化状況評価について

低サイクル疲労、中性子照射脆化、照射誘起型応力腐食割れ、2相ステンレス鋼の熱時効、電気・計装設備の絶縁低下、コンクリート構造物の強度低下等の劣化事象について、特別点検の結果を踏まえた技術評価が行われ、延長しようとする期間において「実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準」(以下「審査基準」という。)の要求事項に適合すること、または要求事項に適合しない場合には、適切な保守管理がなされることにより、延長しようとする期間において審査基準の要求事項に適合することを確認

4. 耐震・耐津波安全性評価について

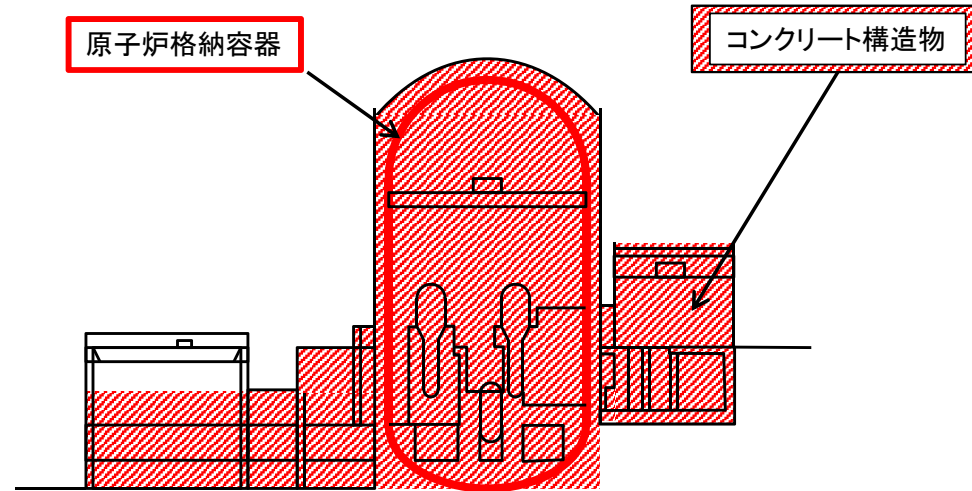
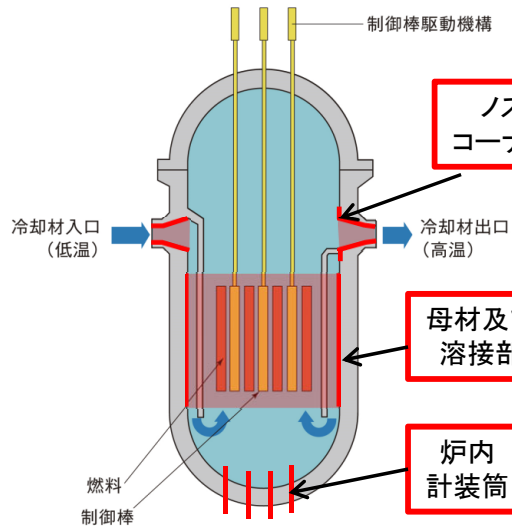
耐震安全性評価として、耐震安全上着目すべき経年劣化事象を考慮した上で評価が行われ、延長しようとする期間において審査基準の要求事項に適合すること、または要求事項に適合しない場合には、適切な保守管理がなされることにより、延長しようとする期間において審査基準の要求事項に適合することを確認。また、耐津波安全性評価として、耐津波安全上着目すべき経年劣化事象を考慮した上で、構造強度及び止水性に影響がある機器・構造物を抽出した結果、評価対象機器は抽出されなかったことを確認

5. 長期保守管理方針(長期施設管理方針)について

高浜発電所原子炉施設保安規定に定める長期保守管理方針(長期施設管理方針)は、劣化状況評価等の結果において、保守管理に関する方針を定めるとした項目が抽出されていることを確認

特別点検の要求事項

これまでの運転に伴う劣化の状況の把握のため、通常の点検・検査に追加して、広範囲かつ詳細な点検を要求



原子炉容器

- 母材及び溶接部
(炉心領域の100%)
 - ・劣化事象: 中性子照射脆化
 - ・点検方法: 超音波探傷試験
- 一次冷却材ノズルコーナー部
 - ・劣化事象: 疲労
 - ・点検方法: 浸透探傷試験
渦流探傷試験
- 炉内計装筒(全数)
 - ・劣化事象: 応力腐食割れ
 - ・点検方法: 目視確認
渦流探傷試験

原子炉格納容器

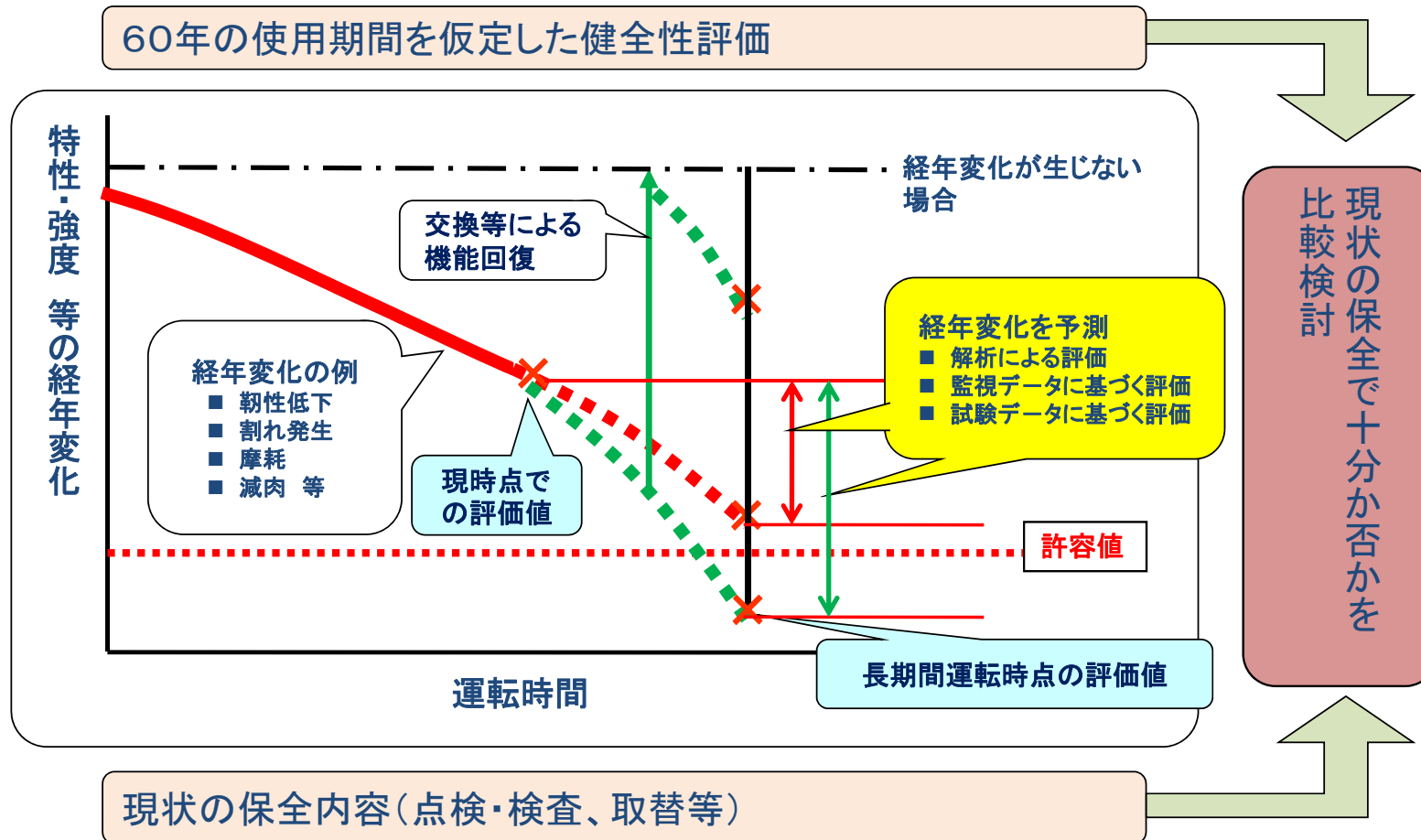
- 原子炉格納容器鋼板
(接近できる点検可能範囲の全て)
 - ・劣化事象: 腐食
 - ・点検方法: 目視試験

コンクリート構造物

- コンクリート
 - ・劣化事象: 強度低下
遮蔽能力低下
 - ・点検方法: コアサンプルによる
強度、遮蔽能力、
中性化、塩分浸透、
アルカリ骨材反応

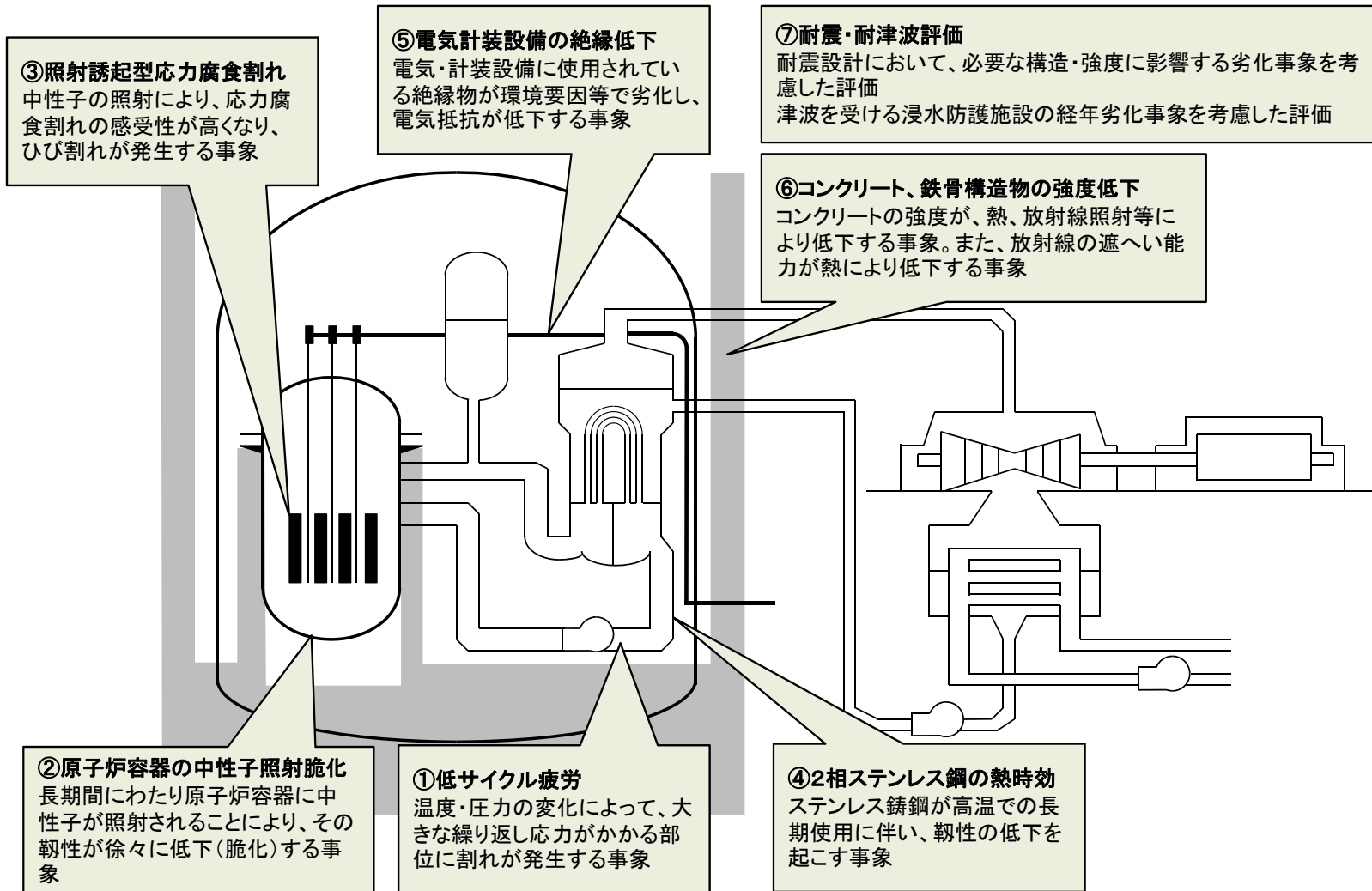
劣化状況評価の考え方

プラントの運転開始から延長しようとする期間において、機器・構造物の健全性評価を行うとともに、現状の保全内容が十分かどうかを確認し、追加すべき保全策の必要性を検討する。



劣化状況評価の評価対象事象、評価事項

60年の運転期間での経年劣化を予測



美浜3号炉に係る保守管理に関する方針

<主な要求事項>

原子炉その他の設備の劣化の状況に関する技術的な評価の結果、要求事項に適合しない場合には、延長しようとする期間における原子炉その他の設備についての保守管理に関する方針の実施を考慮した上で、延長しようとする期間において、要求事項に適合すること。

No	保守管理に関する方針
1	原子炉容器胴部(炉心領域部)の中性子照射脆化については、今後の原子炉の運転サイクル・照射量を勘案して第5回監視試験を実施する。
2	疲労評価における実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

<主な確認結果>

劣化状況評価の結果、保守管理に関する方針については、要求事項を満足しているが、更なる対応として、監視試験を行う等の方針を定めていること

高浜1, 2号炉の保守管理に関する方針

<主な要求事項>

原子炉その他の設備の劣化の状況に関する技術的な評価の結果、要求事項に適合しない場合には、延長しようとする期間における原子炉その他の設備についての保守管理に関する方針の実施を考慮した上で、延長しようとする期間において、要求事項に適合すること。

No	保守管理に関する方針
1	原子炉容器胴部(炉心領域部)の中性子照射脆化については、今後の原子炉の運転サイクル・照射量を勘案して第5回監視試験を実施する。
2	<p>配管の腐食(流れ加速型腐食)については、肉厚測定による実測データに基づき耐震安全性評価を実施した炭素鋼配管*に対して、サポート改造等の設備対策を行い、必要最小肉厚まで減肉を想定した評価においても耐震安全性評価上問題ないことを確認する。なお、サポート改造等の設備対策が完了するまでは、減肉進展の実測データを反映した耐震安全性評価を継続して行い、サポート改造等の設備対策が完了するまでの間、耐震安全性評価上問題ないことを確認する。</p> <p>* : 第4抽気系統配管 グランド蒸気系統配管 復水系統配管 ドレン系統配管</p>
3	<p>低圧ケーブルの絶縁低下については、ACAガイド*に従った長期健全性評価結果から評価期間に至る前に取替を実施する。</p> <p>* : 原子力安全基盤機構「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド JNES-RE-2013-2049」</p>
4	疲労評価における実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

審査結果

運転延長認可申請について、審査の結果、本申請が原子炉等規制法第43条の3の3第5項に規定する基準である実用炉規則第114条に適合しているものと認める。また、保安規定変更認可申請について、審査の結果、本申請が原子炉等規制法第43条の3の24第2項の規定する「核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物又は発電用原子炉による災害の防止上十分でない」と認めるときには該当しないと認める。

運転期間延長認可後の対応

- 事業者は、運転期間延長認可取得後においても、保安規定に定めた長期保守管理方針(長期施設管理方針)に基づき、保守管理を実施することをはじめ、原子炉施設が技術基準に適合するよう、継続的な保守管理業務を適切に実施することが重要。
- また、高経年化技術評価については、運転開始50年目までに、再度、それまでの運転実績に基づく技術評価の実施が必要。

7. 今後の予定

- ・美浜3号炉、高浜1, 2号炉については、現在、使用前検査を行っているところであり、引き続き、厳格に使用前検査を行っていく。
- ・原子力規制委員会は、事業者の保守管理を含め安全活動全般について、原子力規制検査において厳正に監視していく。

参考

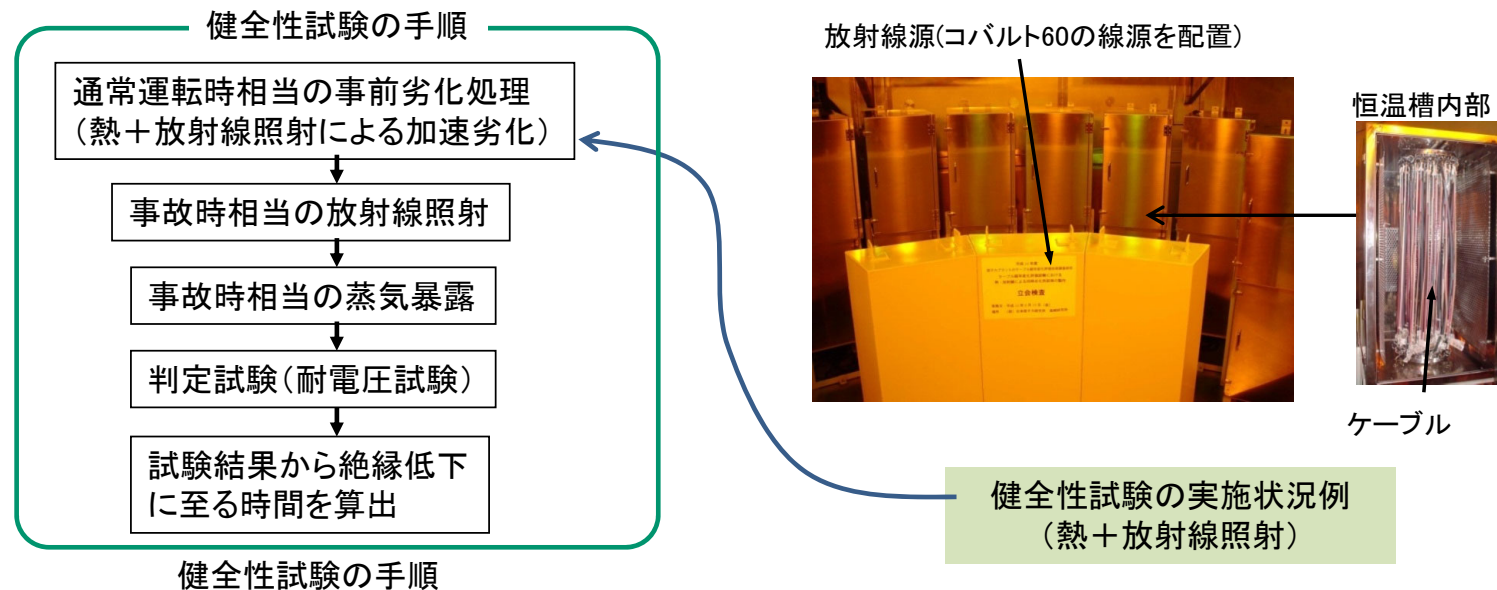
高浜1, 2号炉に係る40年超の運転
に係る審査結果の補足

劣化状況評価 ⑤「電気・計装設備の絶縁低下」

電気・計装設備は使用環境や設計基準事故、重大事故時の熱・放射線により絶縁性能が低下する可能性がある

<主な要求事項>

設計基準事故及び重大事故等で機能が要求される電気・計装設備は、健全性試験による評価の結果、有意な絶縁低下が生じないこと



<主な確認結果>

健全性評価の結果、一部ケーブルについて運転開始後60年以前に有意な絶縁低下が発生すると評価されたこと
(1号炉:Aループ高温側サンプル第1隔離弁用動力ケーブル、2号炉:Aアキュムレータ出口弁用動力ケーブル)
そのため、ケーブルの交換について保守管理に関する方針を策定したこと
上記以外の電気計装設備は運転開始後60年まで、有意な絶縁低下が発生しないと評価されたこと

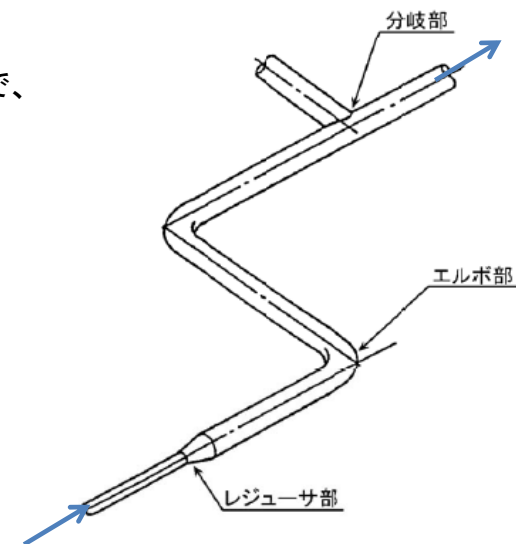
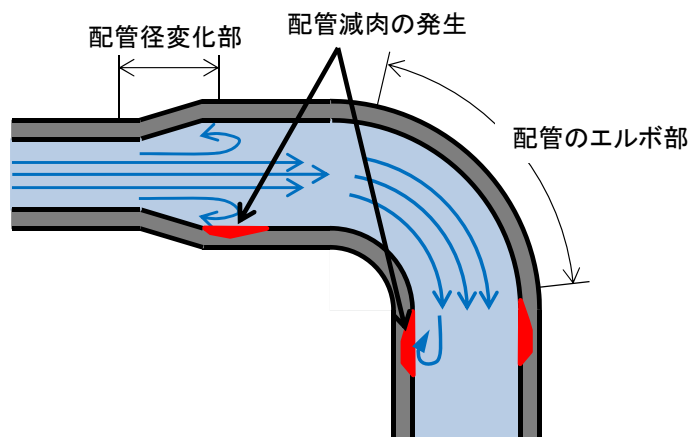
劣化状況評価 ⑦「耐震安全性評価」

<主な要求事項>

- ・これまでに評価した各種経年劣化事象を考慮した耐震評価の結果、耐震上の設計許容値を下回ること
- ・弁やポンプなど動的機能が要求される機器に対して、劣化を考慮しても、地震時に確認済み加速度以下であること
- ・劣化を考慮した燃料集合体の耐震評価の結果、相対変位と制御棒挿入時間が規定範囲にあること

評価の一例：流れ加速型腐食

- ・炭素鋼配管のエルボ部、配管径変化部等の内部の流体が偏流する部位で、流速、温度条件等により配管の腐食が発生する。



【流れ加速型腐食が想定される代表的な部位】

<主な確認結果>

評価の結果、流れ加速型腐食を考慮すると、運転開始後60年以前に耐震上の許容限度を超える配管系統があることから、サポート改造等の設備対策について保守管理に関する方針を策定したこと
それ以外の耐震安全性評価項目については、要求事項を満足したこと