

# 美浜3号炉・高浜1, 2号炉に係る 安全審査等の概要

地域原子力総括調整官（福井担当）  
西村 正美

令和2年8月24日

# 本日の説明の順序

## 1. 新規制基準の概要等

- ・原子力発電所に係る法規制体系
- ・福島第一原子力発電所事故からの教訓
- ・強化した新規制基準

## 2. 新規制基準に係る審査結果

- ・新規制基準に係る許認可状況
- ・美浜発電所3号炉の設置変更に係る審査結果

## 3. 40年超の運転延長に係る審査結果

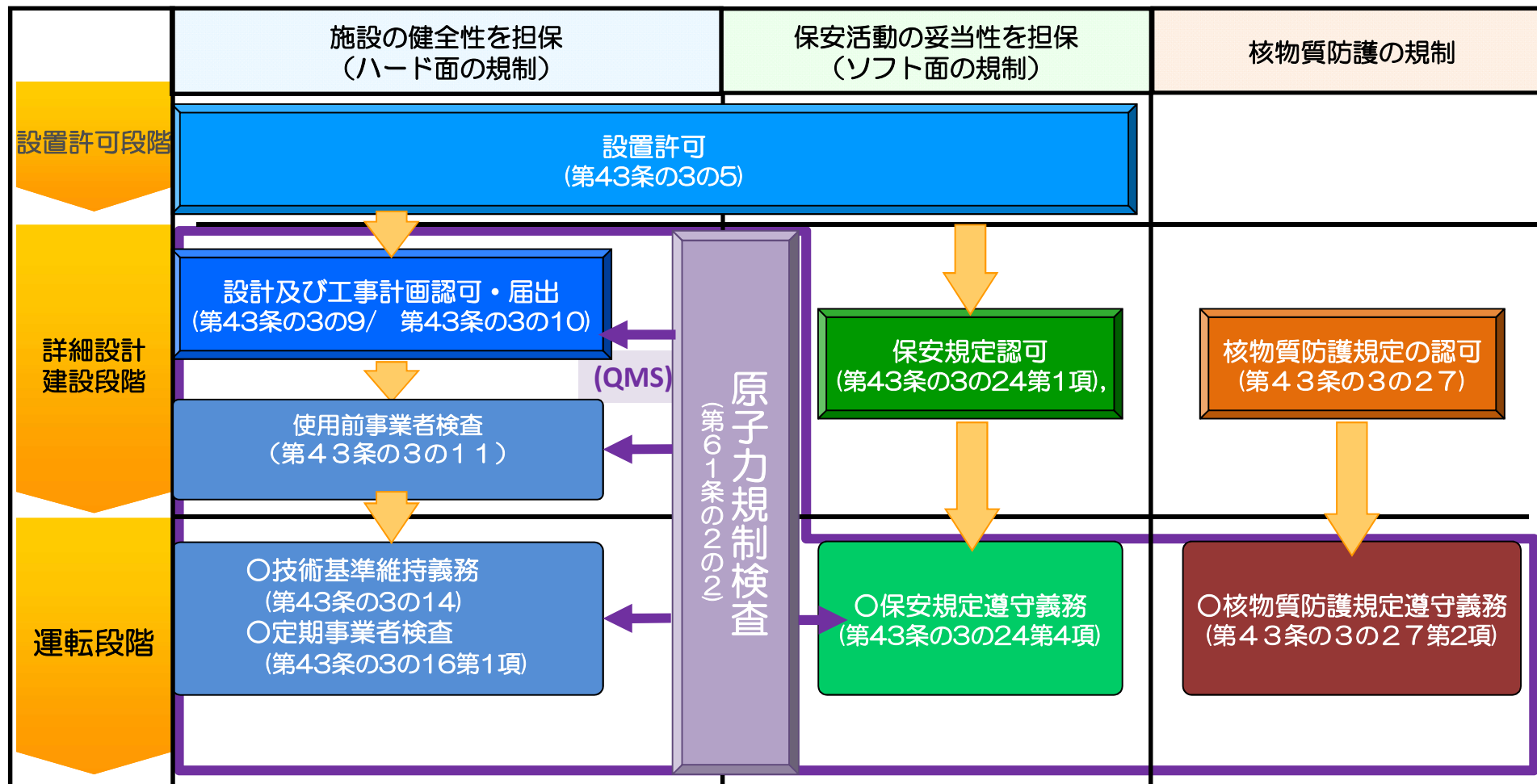
- ・運転延長に係る認可状況
- ・美浜3号炉の40年超の運転延長に係る審査結果

## 4. 今後の予定

# 1. 新規制基準の概要等

# ○原子力発電所に係る法規制体系

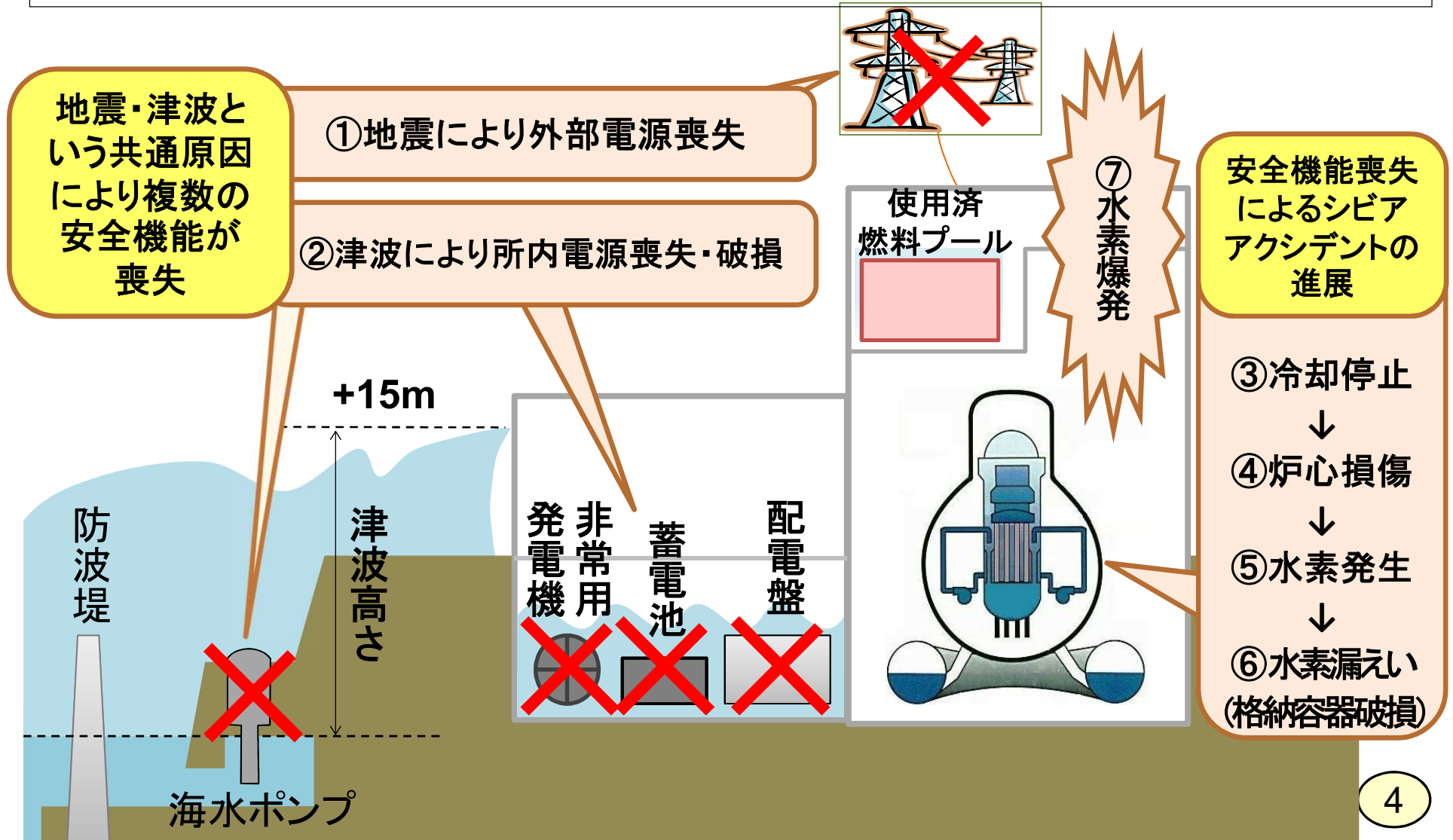
- 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（原子炉等規制法）に基づき、原子力発電所の安全規制を実施し、各段階で事業者からの申請等に基づき、基準の適合性などを確認。





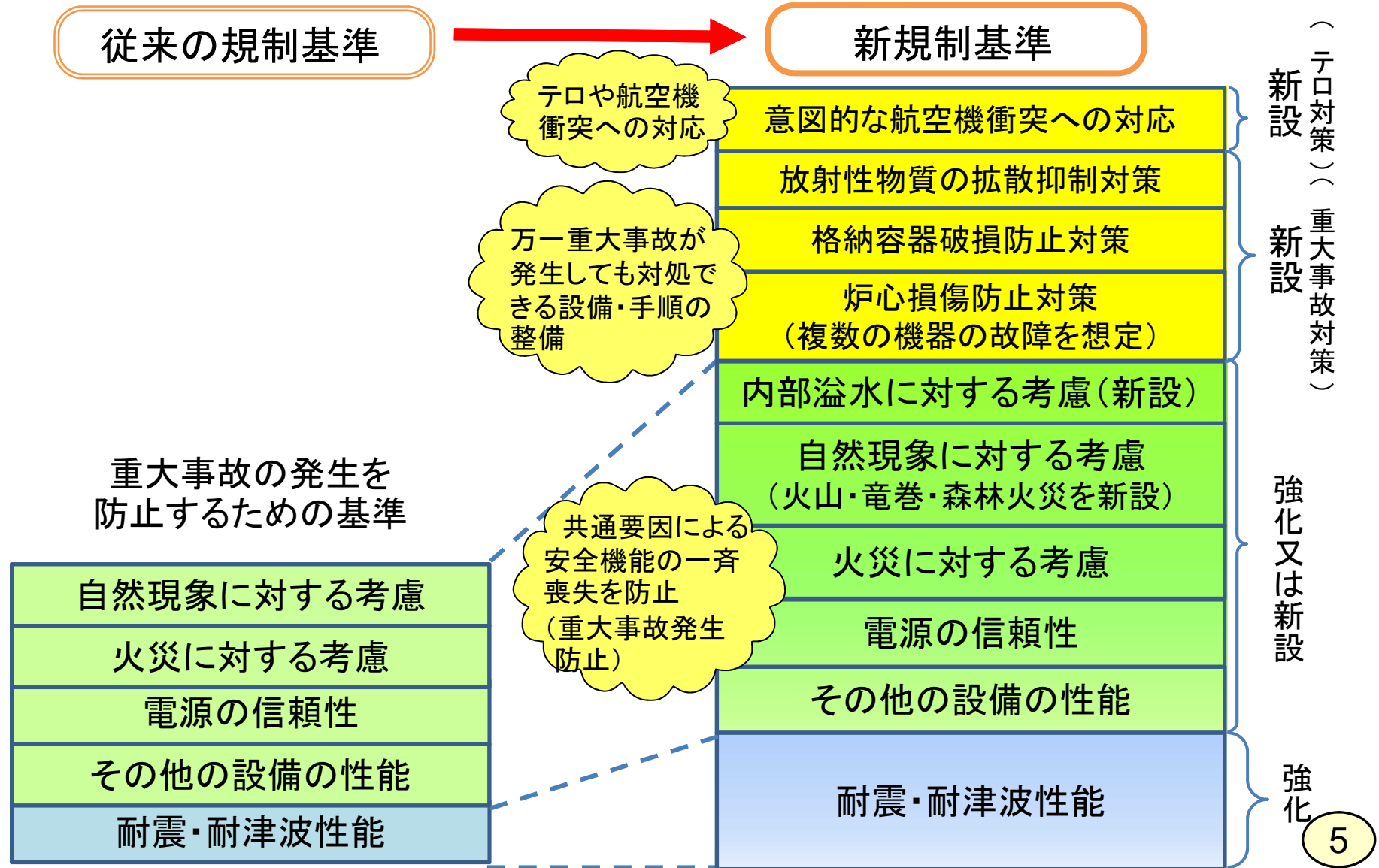
# 東京電力福島第一原子力発電所の事故における教訓

- 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。



## 2. 新規制基準に係る 審査結果

## 新規制基準に係る許認可状況

施設		新規制基準					
		設置変更許可		工事計画		保安規定	
		申請	許可	申請	認可	申請	認可
美浜	3号炉	H27.3.17	H28.10.5	H27.11.26	H28.10.26	H27.3.17	R2.2.27
高浜	1,2 ( 3,4 ) 号炉	H27.3.17	H28.4.20	H27.7.3	H28.6.10	R1.7.31	

# 美浜発電所3号炉の 設置変更に係る 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】



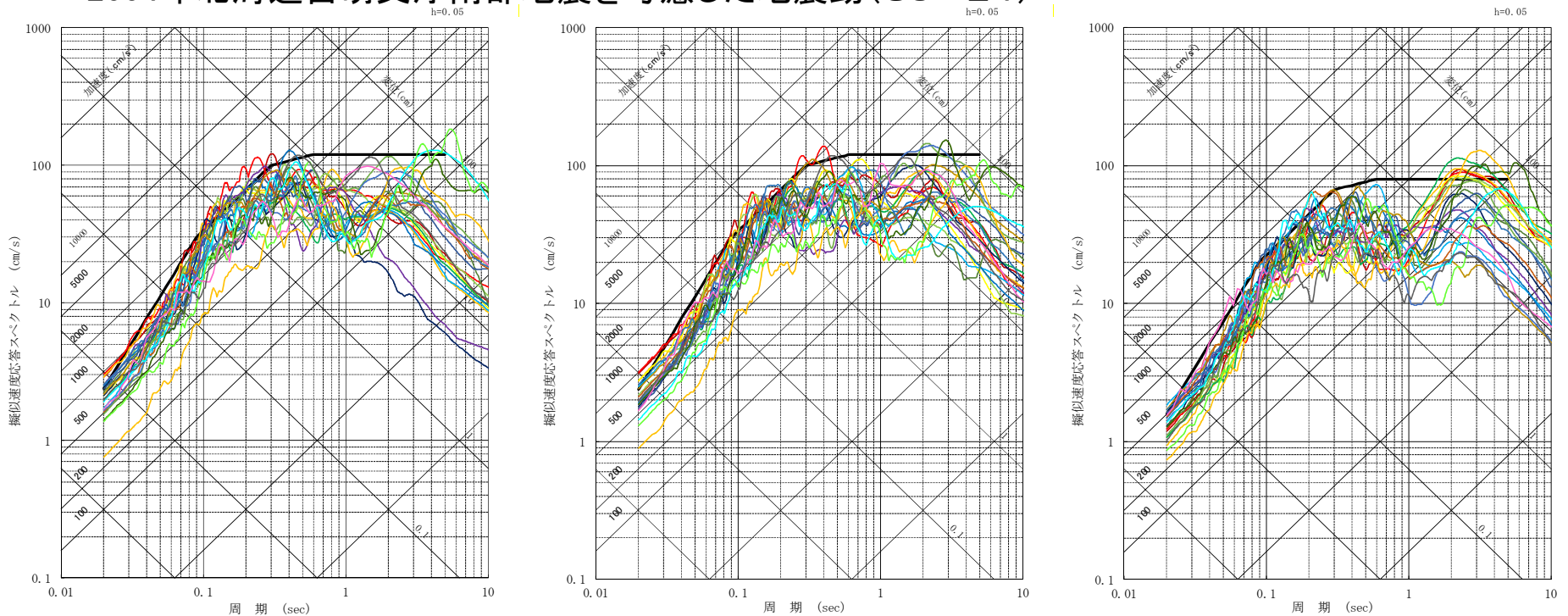
(注) 敷地から半径約30kmの範囲の主な断層について図示している。

(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<sub>s</sub>-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<sub>s</sub>-2～S<sub>s</sub>-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<sub>s</sub>-23)
  - ・2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動(S<sub>s</sub>-24)



- |   |   |                    |
|---|---|--------------------|
| <p><b>水平(NS)方向</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-1</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-2 C断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点1)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-3 C断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点2)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-4 C断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点3)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-5 C断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点4)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-6 C断層(短周期の地震動1.5倍ケース、破壊開始点5)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-7 C断層(傾斜角55°ケース、破壊開始点3)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-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)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-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)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-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)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-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)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-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)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-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)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-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)</li> </ul> | <p><b>水平(EW)方向</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-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)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-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)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-17 大陸棚外縁～B～野坂断層(V<sub>r</sub>=0.87βケース、破壊開始点1)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-18 大陸棚外縁～B～野坂断層(V<sub>r</sub>=0.87βケース、破壊開始点4)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-19 安島岬沖～和布-千飯崎沖～甲斐城断層(V<sub>r</sub>=0.87βケース、破壊開始点2)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-20 安島岬沖～和布-千飯崎沖～甲斐城断層～甲斐城断層～浦底断層～池河内断層～柳ヶ瀬断層～柳ヶ瀬断層南部～鍛冶屋断層～関ヶ原断層(破壊開始点2)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-21 安島岬沖～和布-千飯崎沖～甲斐城断層～甲斐城断層～浦底断層～池河内断層～柳ヶ瀬断層～柳ヶ瀬断層南部～鍛冶屋断層～関ヶ原断層(破壊開始点6)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-22 安島岬沖～和布-千飯崎沖～甲斐城断層～甲斐城断層～浦底断層～池河内断層～柳ヶ瀬断層～柳ヶ瀬断層南部～鍛冶屋断層～関ヶ原断層(破壊開始点9)</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-23 2000年鳥取県西部地震・賀祥ダムの観測記録</li> <li>— 基準地震動S<sub>s</sub>-24 2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動</li> </ul> | <p><b>鉛直方向</b></p> |
|---|---|--------------------|

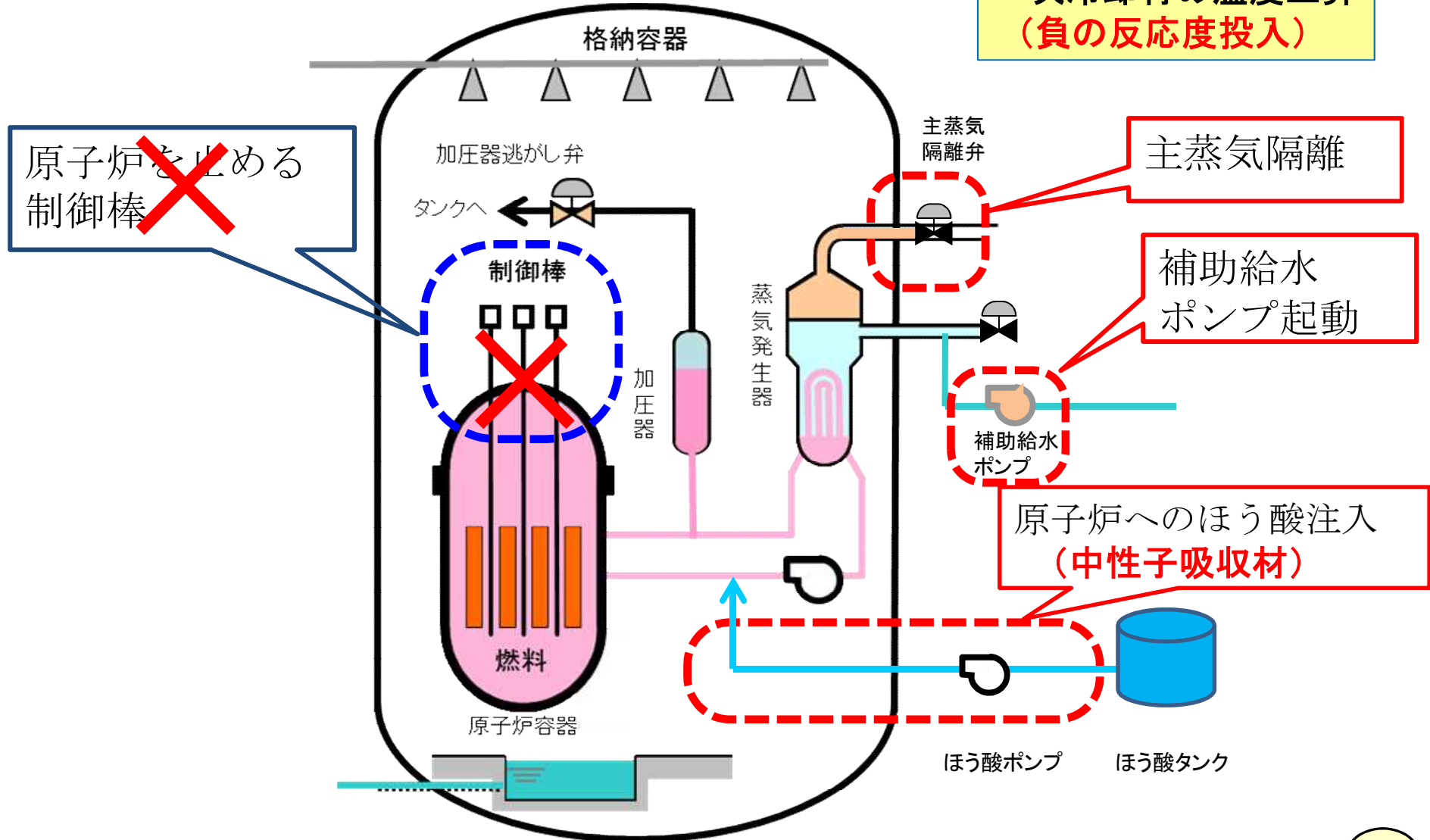


## (2) 重大事故の発生を 想定した対策例

# 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

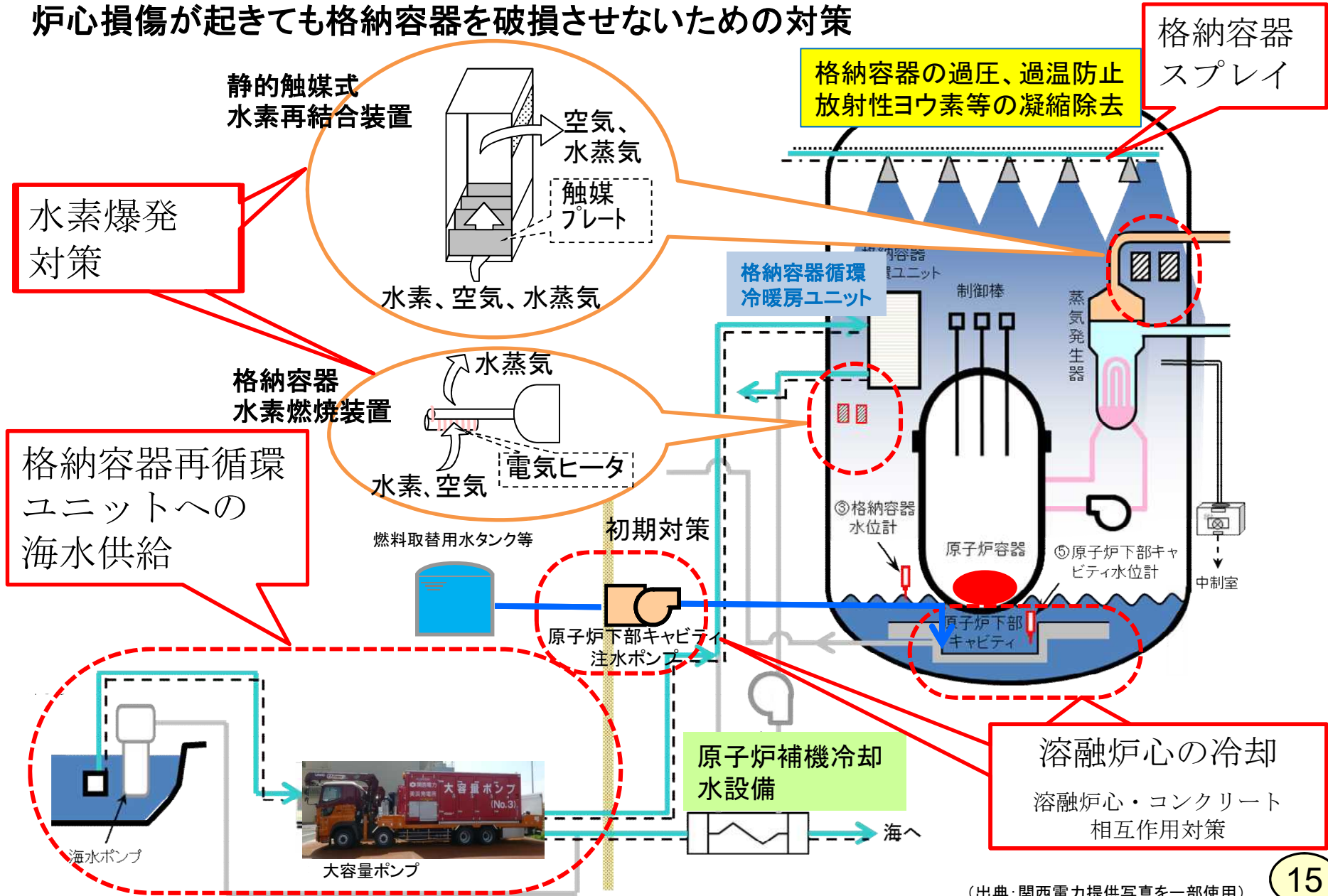
一次冷却材の温度上昇  
(負の反応度投入)





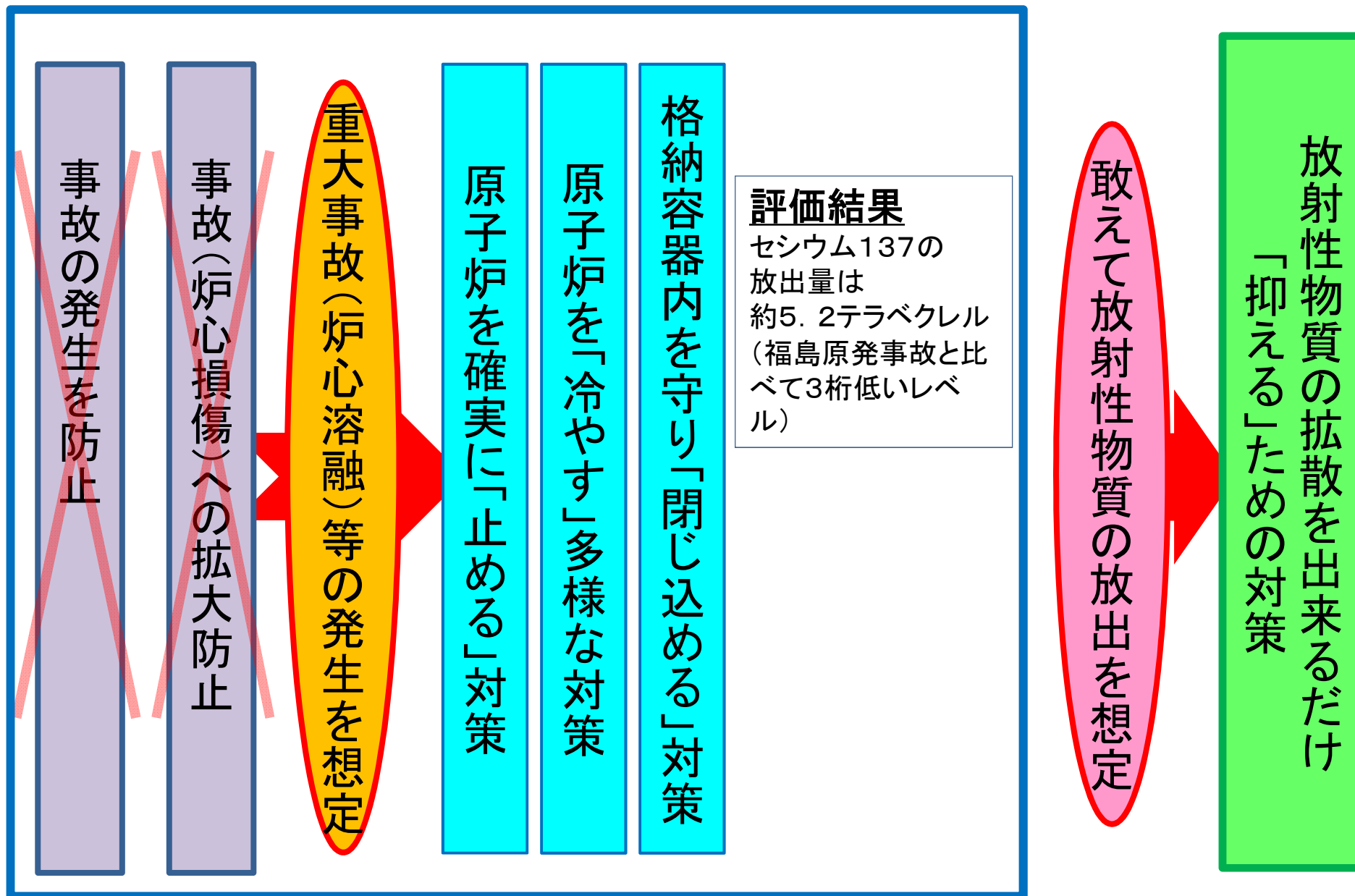
# 炉心溶融後に格納容器破損を防ぐ対策(閉じ込める)

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)

## (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)

- 新規基準では、
  - ・「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

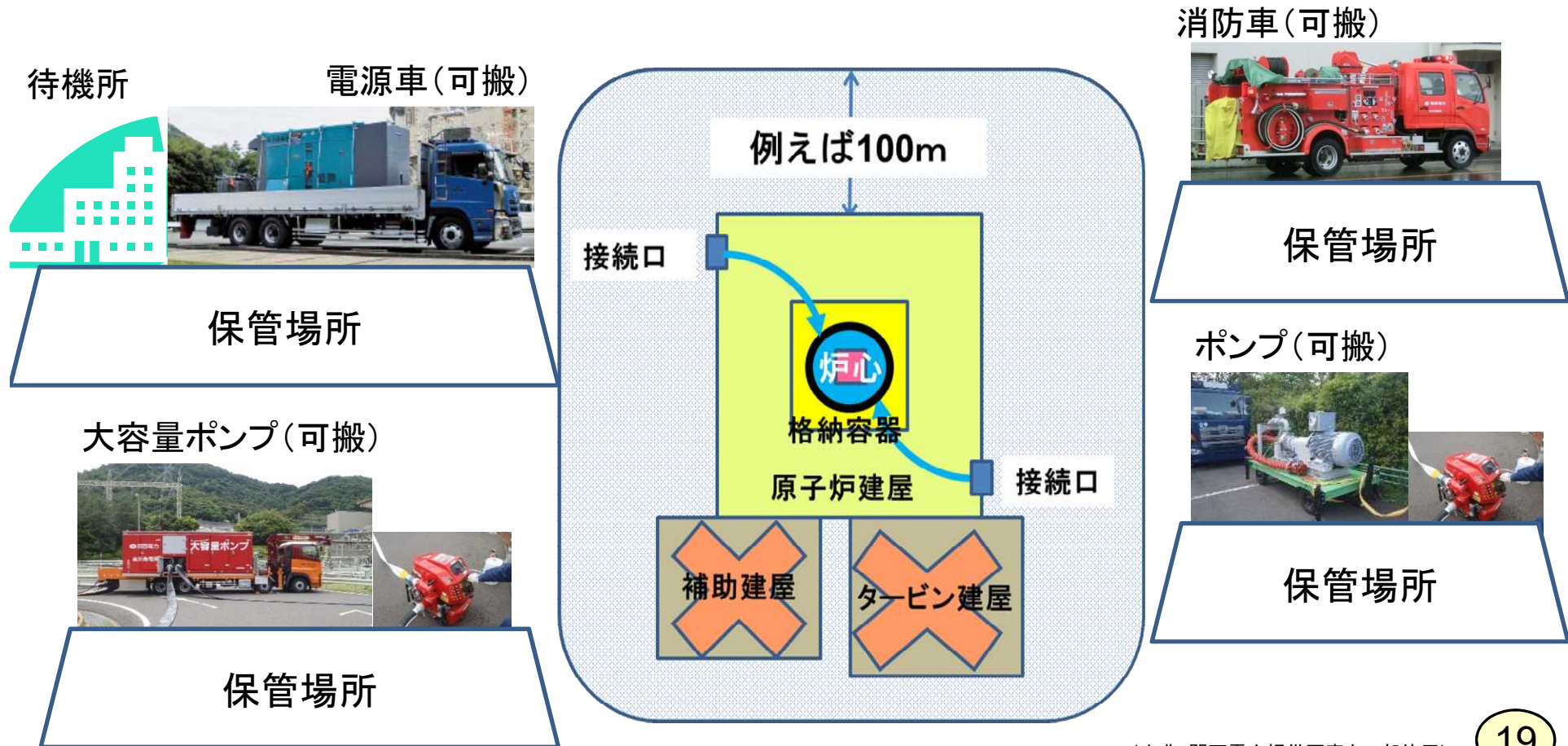
(画像の引用)  
平成23年度版消防白書





# 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





### 3. 40年超の運転延長 に係る審査結果

## 運転延長に係る認可状況

施設		運転期間延長認可		保安規定変更認可 (高経年化技術評価等)	
		申請	認可	申請	認可
美浜	3号炉	H27.11.26	H28.11.16	H27.11.26	H28.11.16
高浜	1, 2号炉	H27.4.30	H28.6.20	H27.4.30	H28.6.20

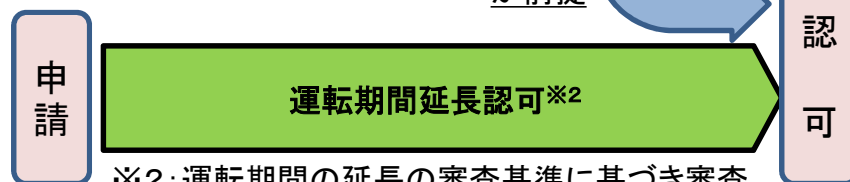
# 原子力発電所に係る審査、検査の流れ ～新規制基準適合性に係る審査及び運転期間延長審査の関係～

## 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



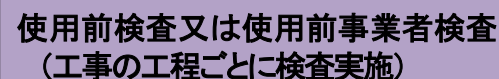
※2: 運転期間の延長の審査基準に基づき審査

## 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



# 美浜3号炉の 40年超の運転延長 に係る審査結果

# 主な審査内容

## 1. 工事計画認可について

3号炉の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. 保守管理に関する方針について

美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

#### 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32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。

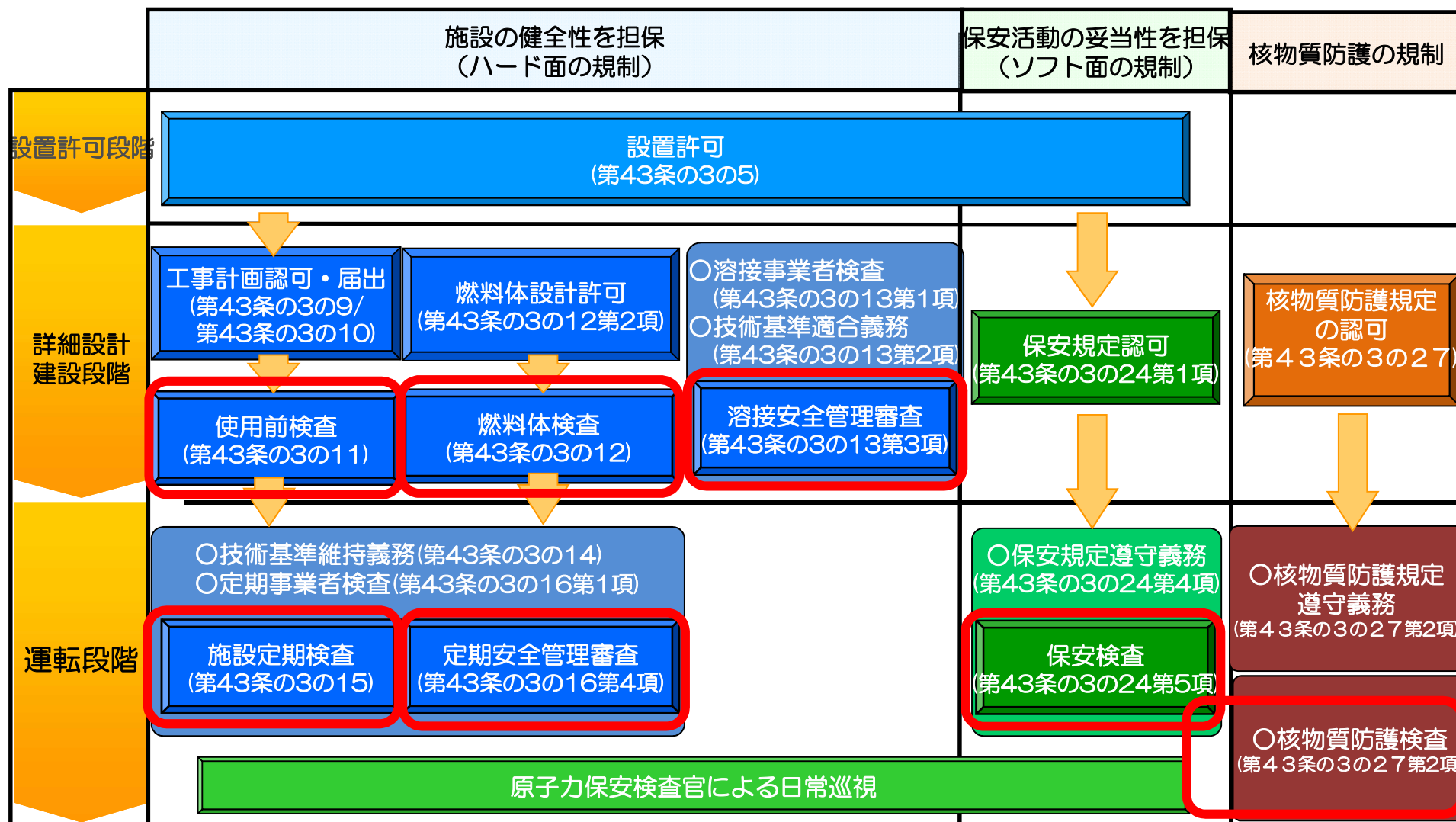
## 運転期間延長認可後の対応

- 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、運転開始後50年を経過する日までに、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。
- 原子力規制委員会は、事業者の保守管理の実施の状況について、原子力規制検査において厳正に確認していく。

新規制基準及び  
40年超の運転延長については、  
高浜1, 2号炉も、  
同様の基準で審査

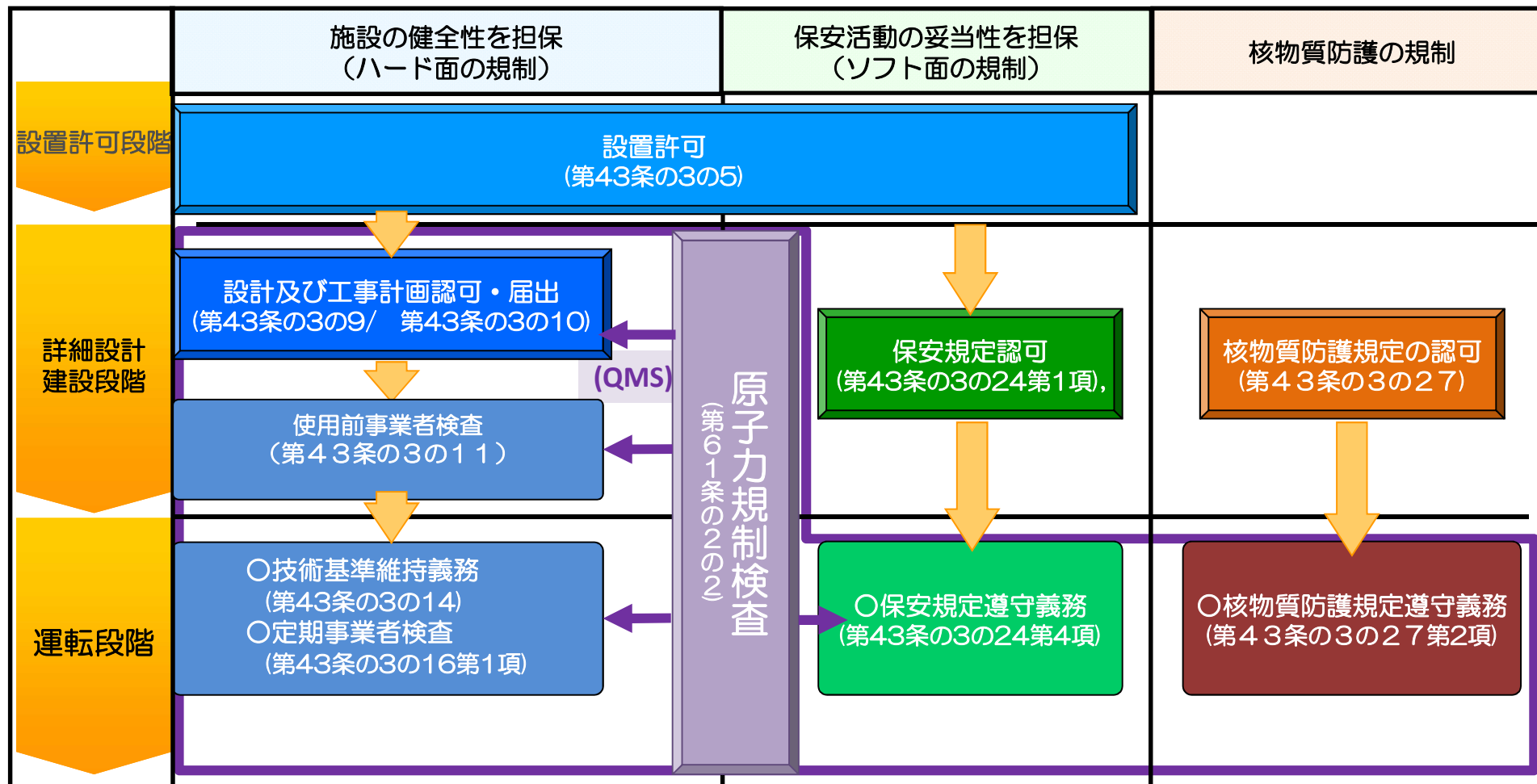


# ○原子力発電所に係る旧法規制体系（R2.3.31以前）



# ○原子力発電所に係る法規制体系

- 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（原子炉等規制法）に基づき、原子力発電所の安全規制を実施し、各段階で事業者からの申請等に基づき、基準の適合性などを確認。



## 4. 今後の予定

- 美浜3号炉及び高浜1, 2号炉については、現在、使用前検査を行ってところであり、引き続き、厳格に使用前検査を行っていく。
- 高浜1, 2号炉に係る保安規定については、新規制基準を踏まえた審査を厳格に行っているところであり、引き続き、厳格に審査を行う。
- 原子力規制委員会は、事業者の保守管理の実施の状況について、原子力規制検査において厳正に確認していく。

# 参考

(参考1)

その他の  
美浜3号炉の審査結果

## 美浜発電所 3号炉の審査の経緯

H25年7月8日 新規制基準施行

H27年3月17日 関西電力が設置変更許可申請書を提出

H27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)

H28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

H28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

# 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】

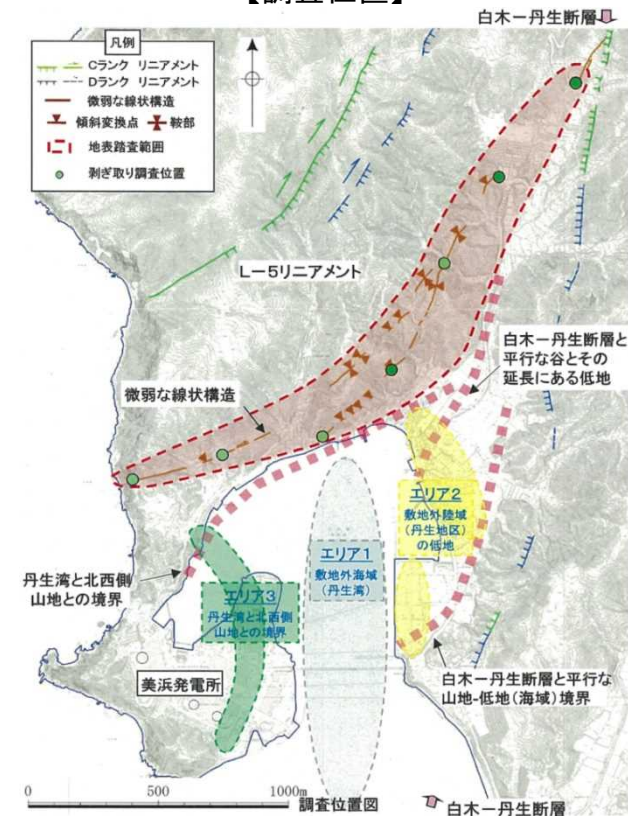


--- (出典: 関西電力説明資料)

## 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】



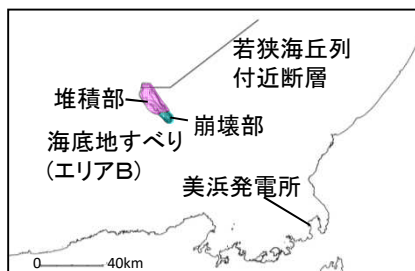
(出典: 関西電力説明資料)



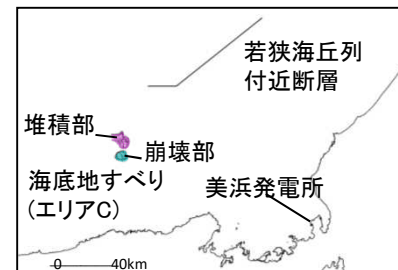
# 津波対策

## 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

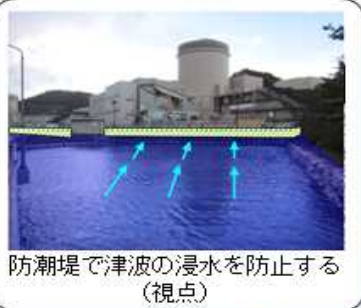


【若狭海丘列付近断層と海底地すべり(エリアC)】  
 ※3号炉取水口(下降側)で水位が最低となる  
 津波の組合せ



(出典:関西電力説明資料に一部加筆)

## 津波防護の概要





# 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。

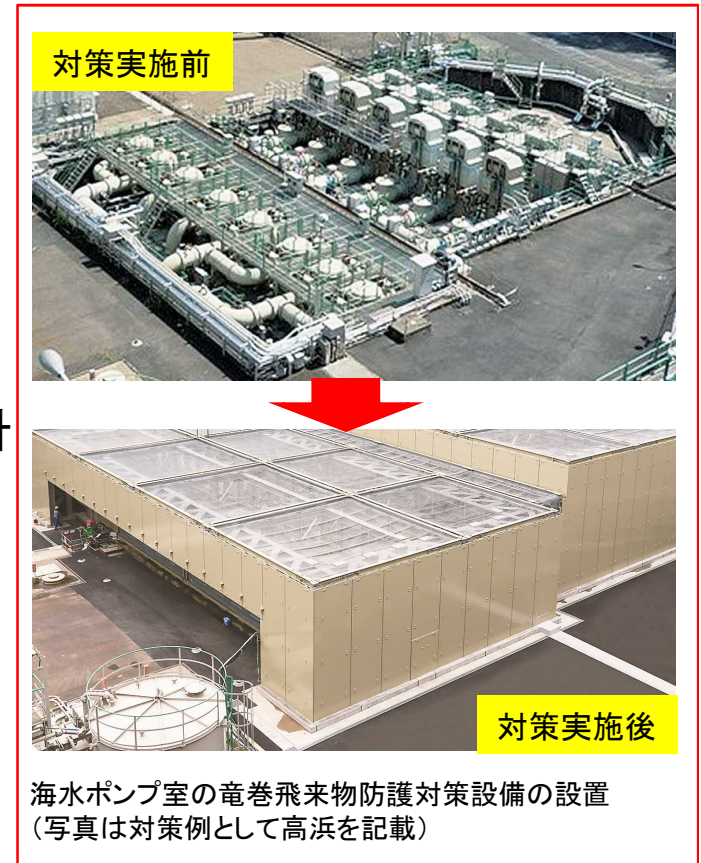
降下火災物の直接的影響(機械的影響、化学的影響等)及び間接的影響(外部電源喪失及び交通の途絶)によって、安全機能が損なわれない方針を確認。

## <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。

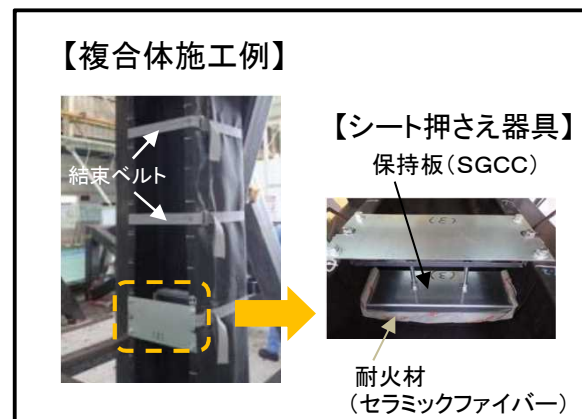
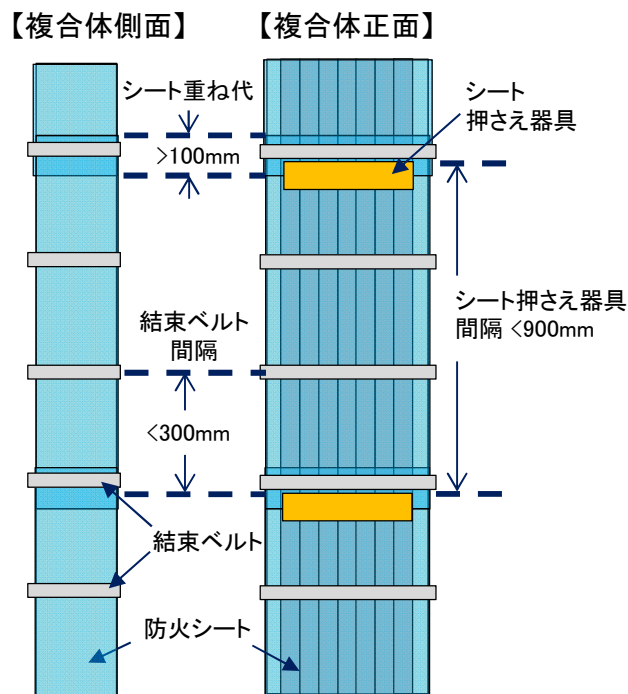


(出典: 関西電力提供写真を一部使用)

# 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。



(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

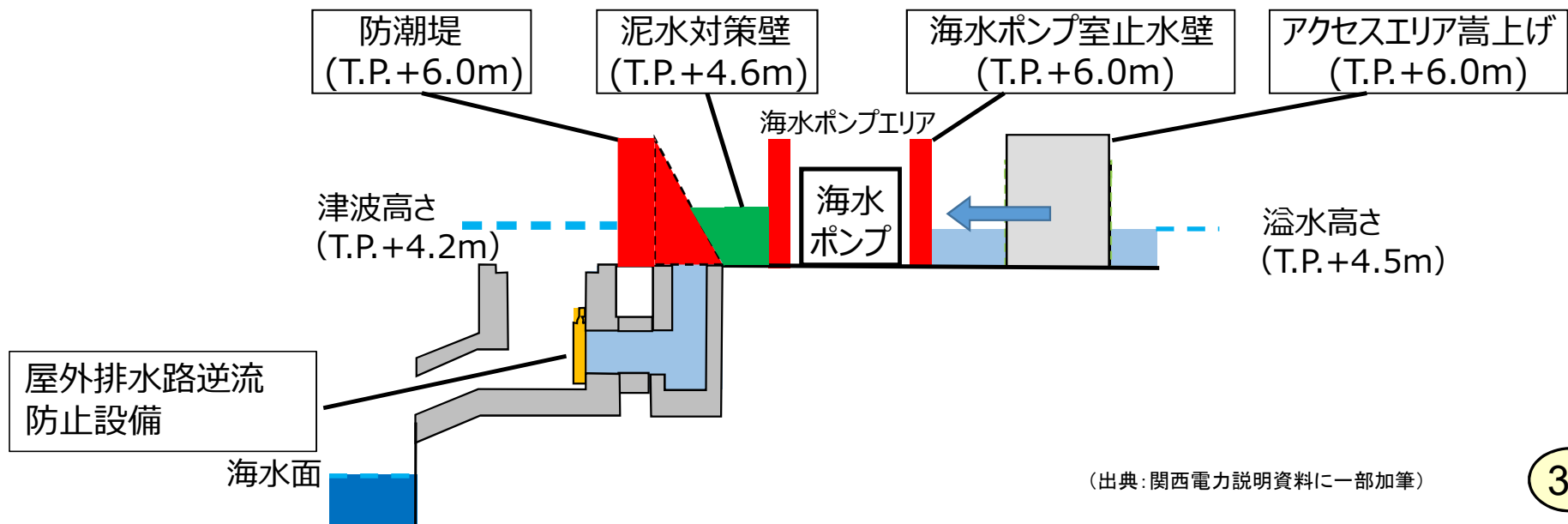
# 溢水対策

## 【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。

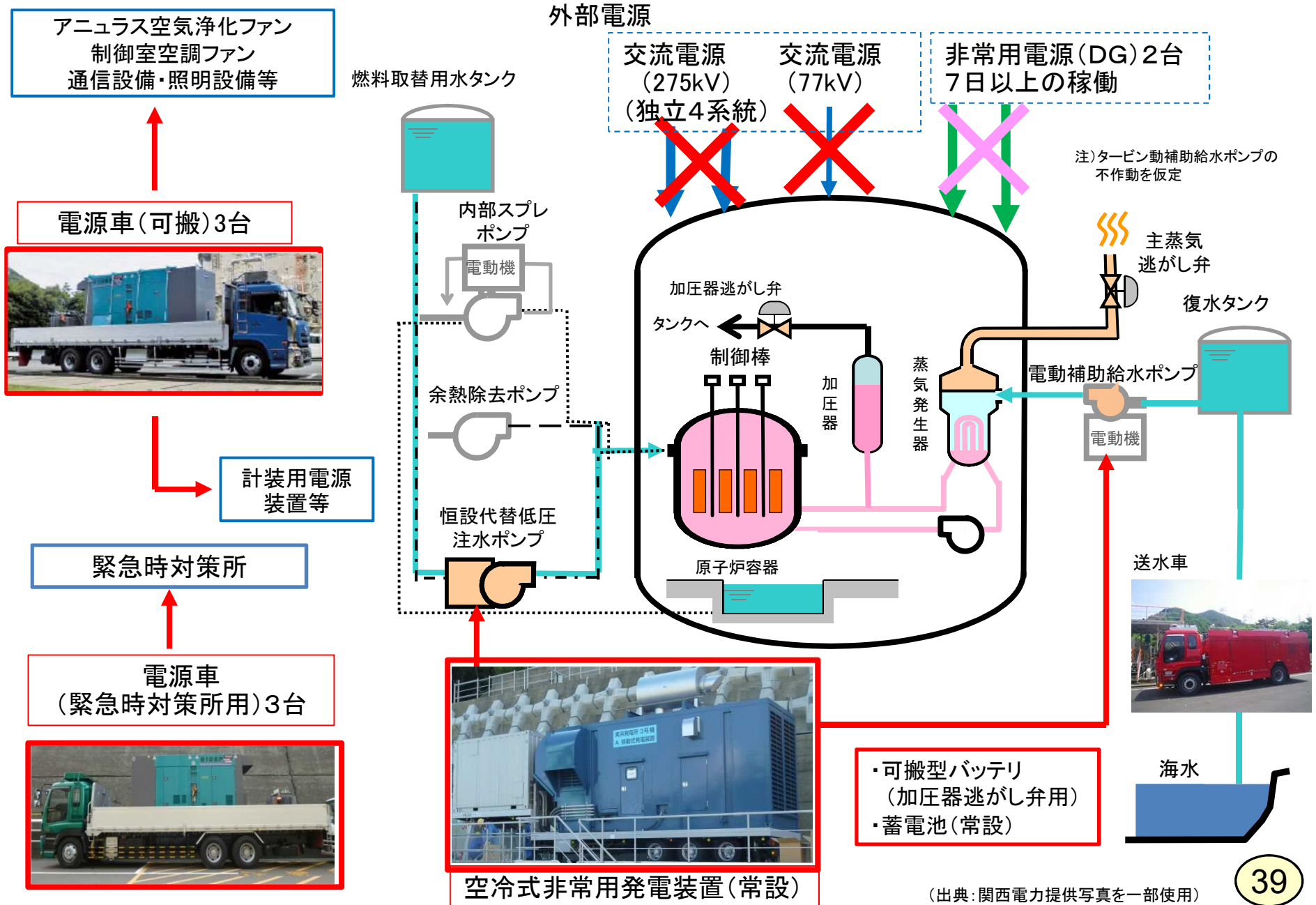
## 【屋外溢水】

- 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)



## 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



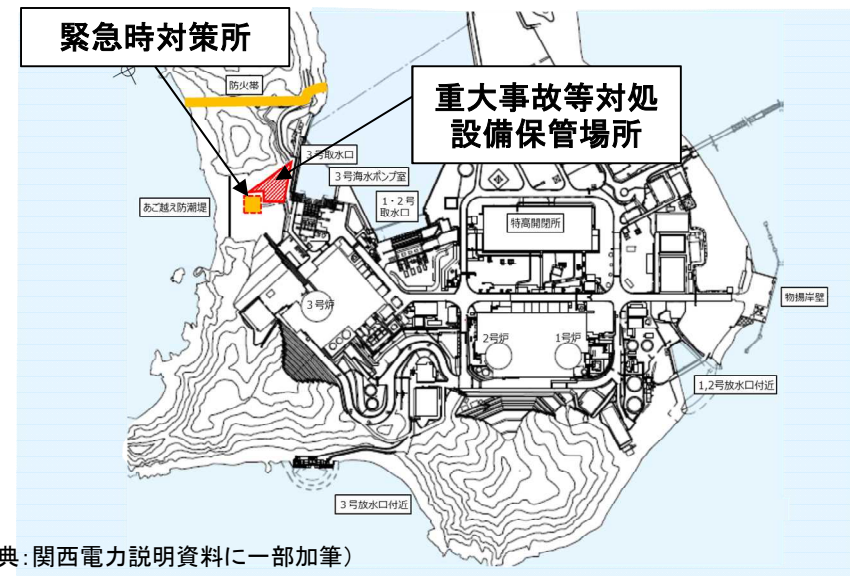
(出典: 関西電力提供写真を一部使用)



# 緊急時対策所

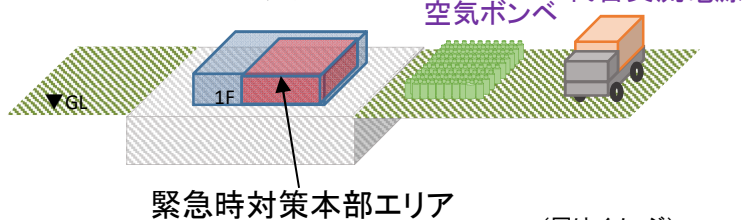
## (要求事項)

- 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)



(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300m<sup>2</sup>(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)

# 美浜3号炉の新規制基準の審査の特徴

## (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

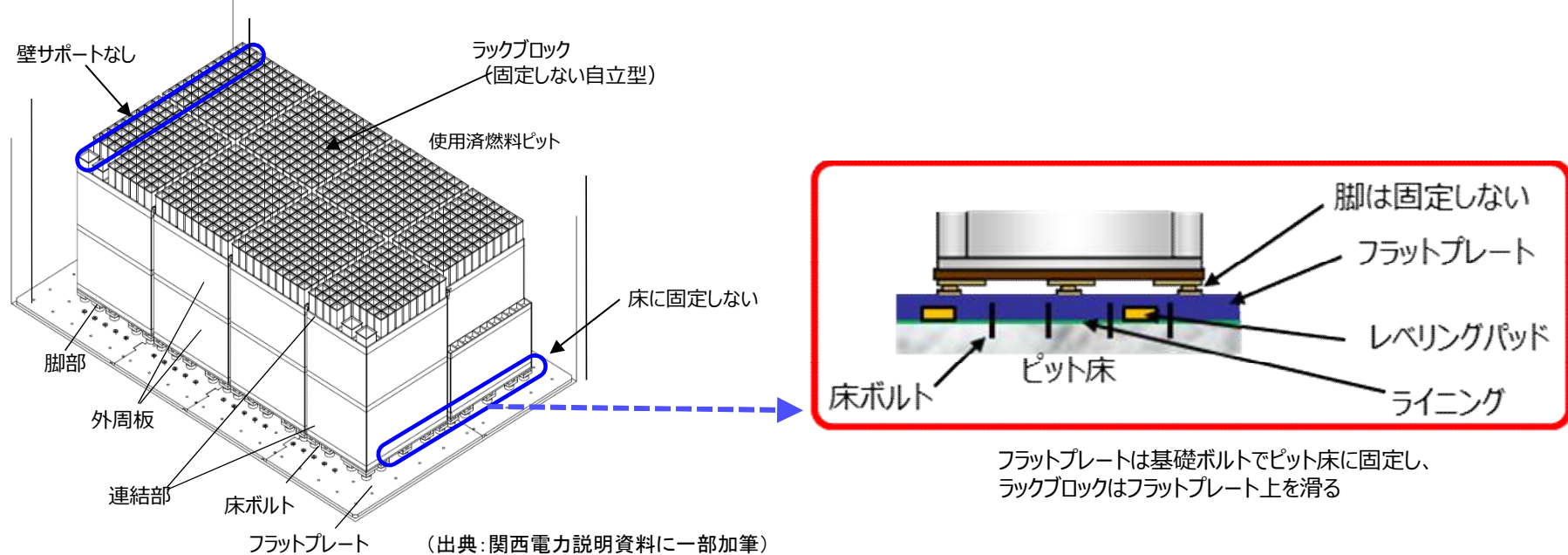
## (2) 先行炉と共通項目

- 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】



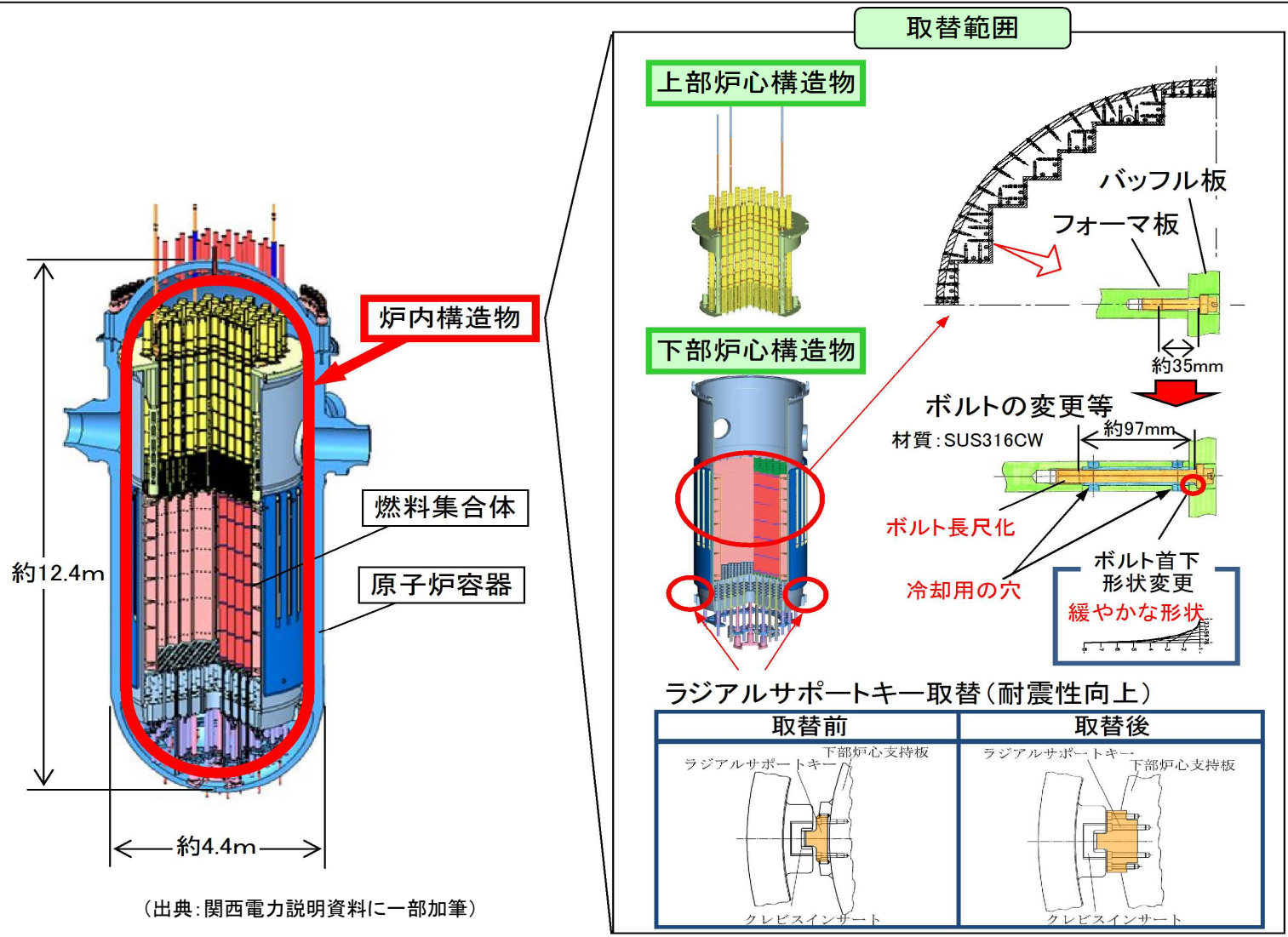
## 【主な特徴】

- ・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。



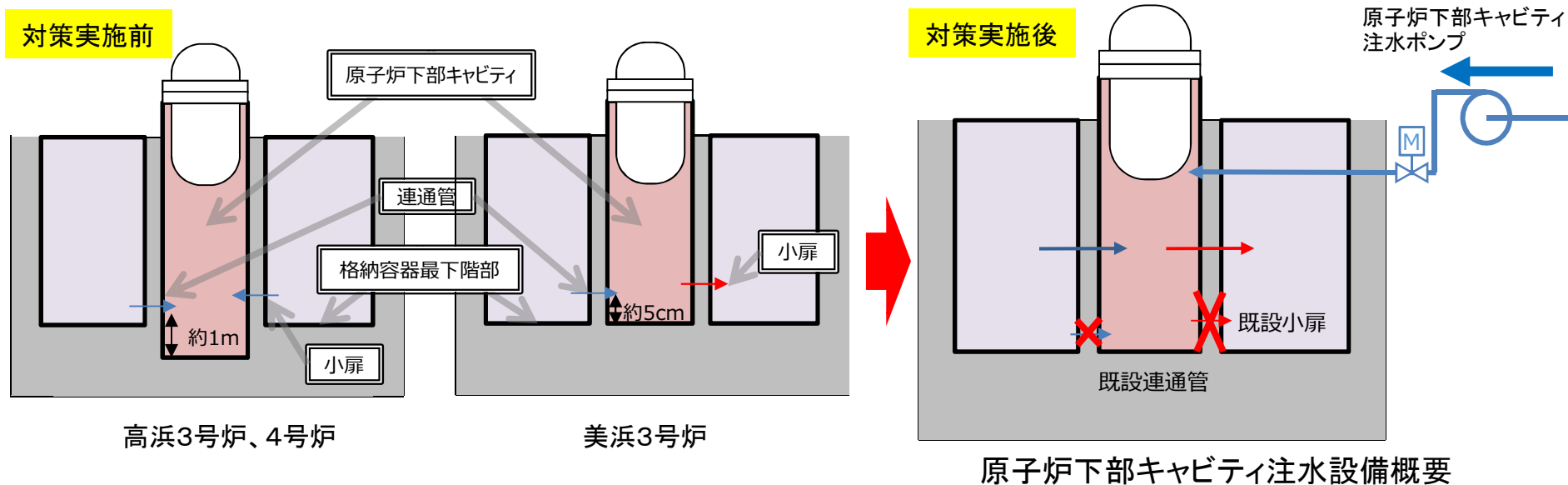
# 炉内構造物取替工事

○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

# 参考：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」

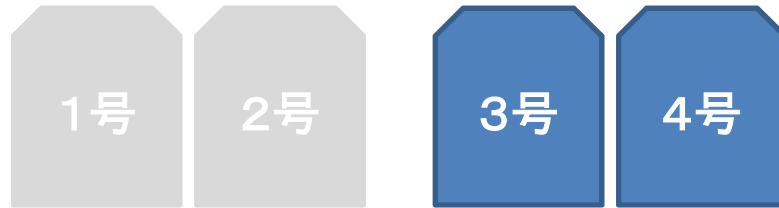
<https://www.nsr.go.jp/disclosure/law/PWR/00000358.html>

(参考2)

高浜1, 2号炉の設置変更許可  
に係る審査  
(美浜3号と異なる点のみ掲載)

# 審査内容

高浜3、4号炉設置変更許可(平成27年2月12日許可)



3号炉及び4号炉の新規制基準適合  
(1号炉及び2号炉の原子炉には燃料を装荷しない)

高浜1～4号炉設置変更許可(今回の申請)



1号炉及び2号炉の新規制基準適合  
に加え、1号炉及び2号炉の運転に伴  
う3号炉及び4号炉変更

# 審査結果

関西電力株式会社が提出した「高浜発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書(1号、2号、3号及び4号発電用原子炉施設の変更)」(平成27年3月17日申請、平成28年1月22日及び2月10日補正)を審査した結果、当該申請は、原子炉等規制法第43条の3の6第1項第2号(技術的能力に係る部分に限る。)、第3号及び第4号に適合しているものと認められる。

## これまでの経緯等

(H27年2月12日 高浜3、4号炉設置変更許可)

H27年3月17日

関西電力株式会社が高浜発電所1号、2号、3号及び4号炉の設置変更許可申請書を提出

H28年2月24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(2月25日～3月25日まで意見募集)、原子力委員会・経済産業大臣への意見聴取の決定

H28年4月20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」

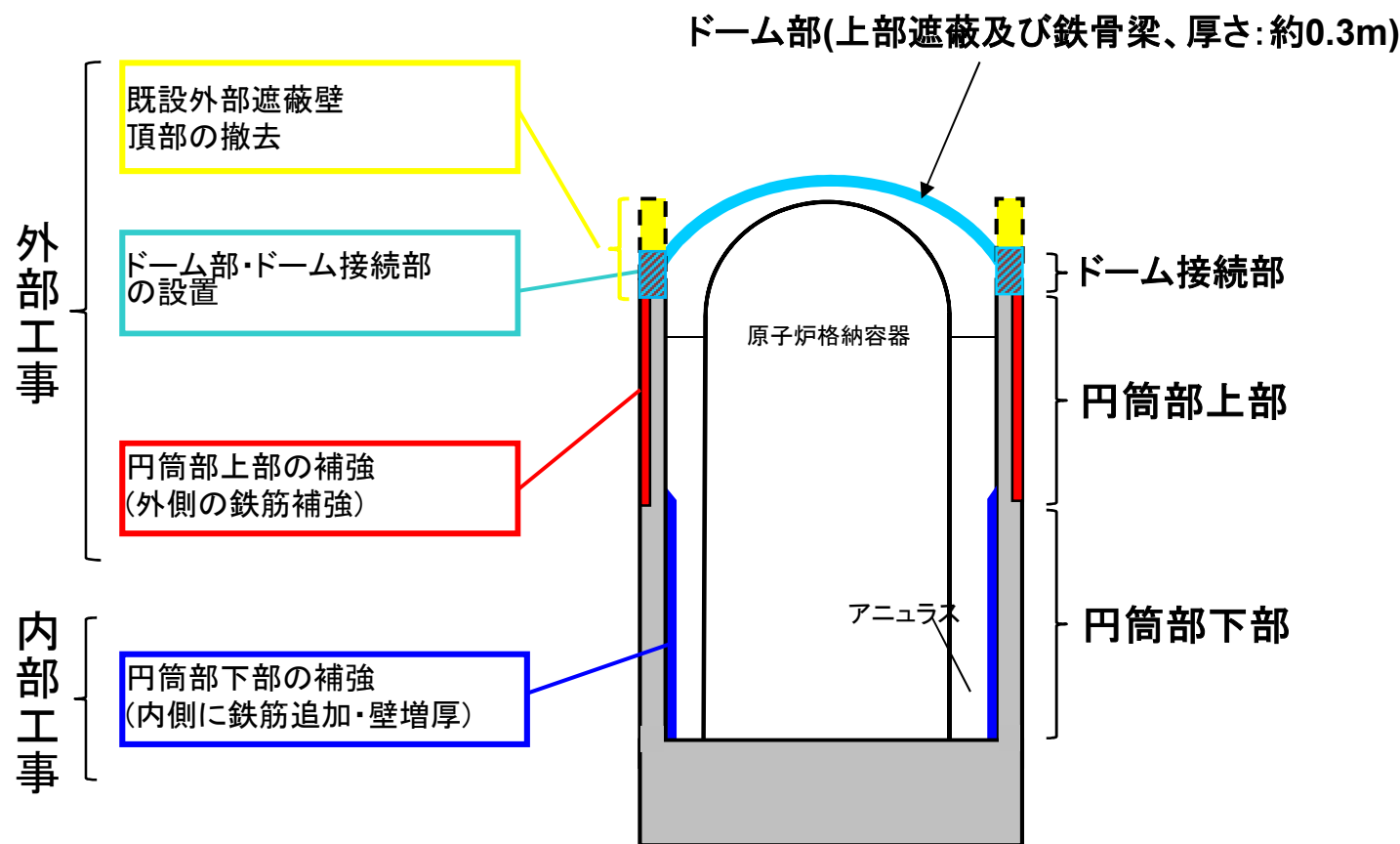
<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11285463/www.nsr.go.jp/disclosure/law/PWR/00000282.html>

# 今回審査の特徴

## (1) 先行炉と異なる1号炉及び2号炉の特徴

### ②原子炉格納容器頂部遮へい設置

- 1号炉及び2号炉では、被ばく低減のため、格納容器頂部改造工事を実施  
(格納容器外部遮へいが円筒状であり、頂部(ドーム部)に鉄筋コンクリート造の遮へいを設置)



審査結果: 耐震性などに関し一体性のある構造体であることを確認



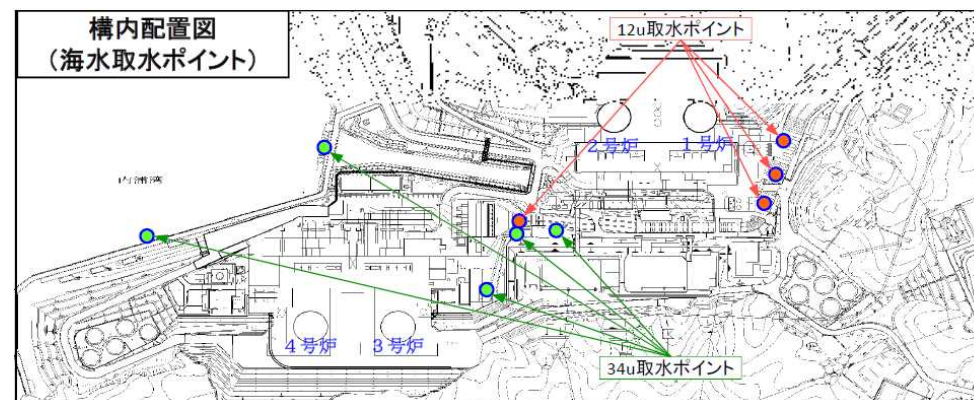
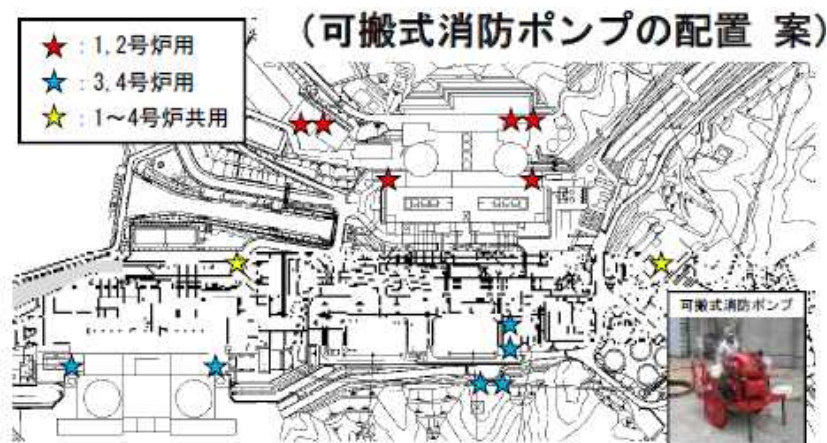
# 今回審査の特徴

## (2) 1～4号共通の施設等

### ① 4基同時被災の考慮

- 号炉毎に独立して対応できるよう、号炉ごとに指揮者を設置するとともに設備、要員等は号炉ごとに必要数を確保
- 1号炉及び2号炉エリア、3号炉及び4号炉エリアのそれぞれの建屋外部の火災に対応するため、2班の消火体制とする
- 屋外作業における要員の被ばく線量を低減するため、1号炉及び2号炉の格納容器頂部に遮蔽を追加設置

等



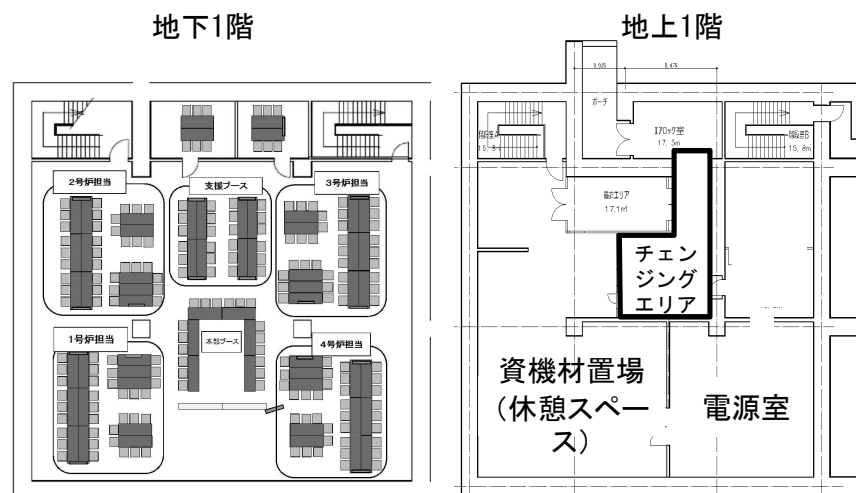
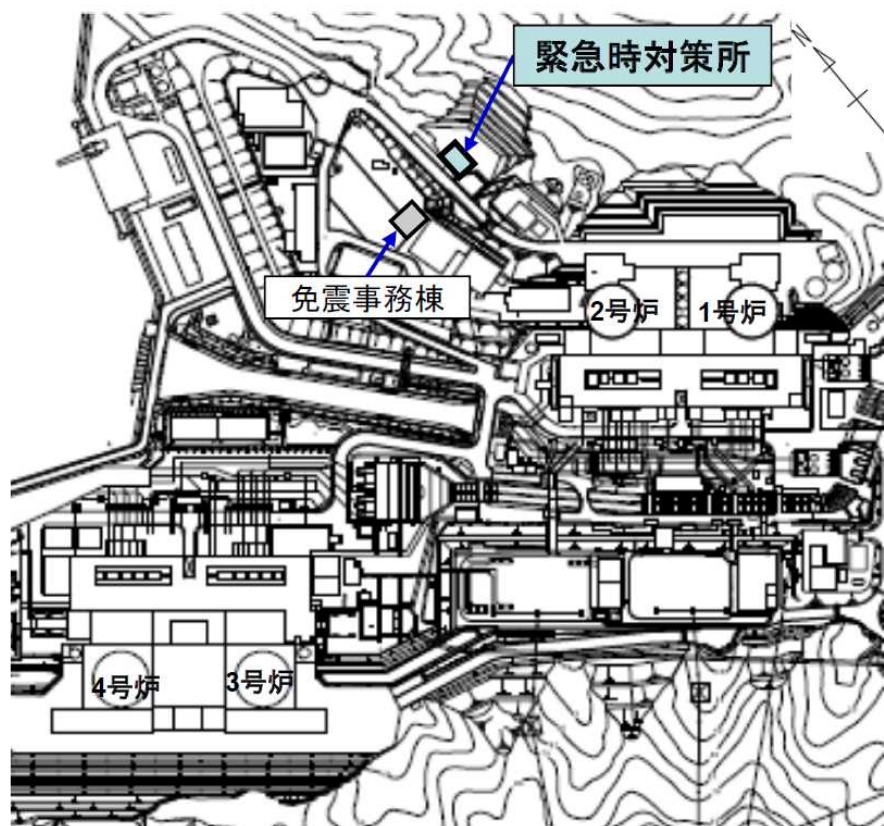
審査結果：4基同時被災時の設備、体制等の整備に関して適切な方針であることを確認

# 今回審査の特徴

## (2) 1～4号共通の施設等

### ② 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750m<sup>2</sup>、約200名収容



### 審査結果: (次の事項を確認)

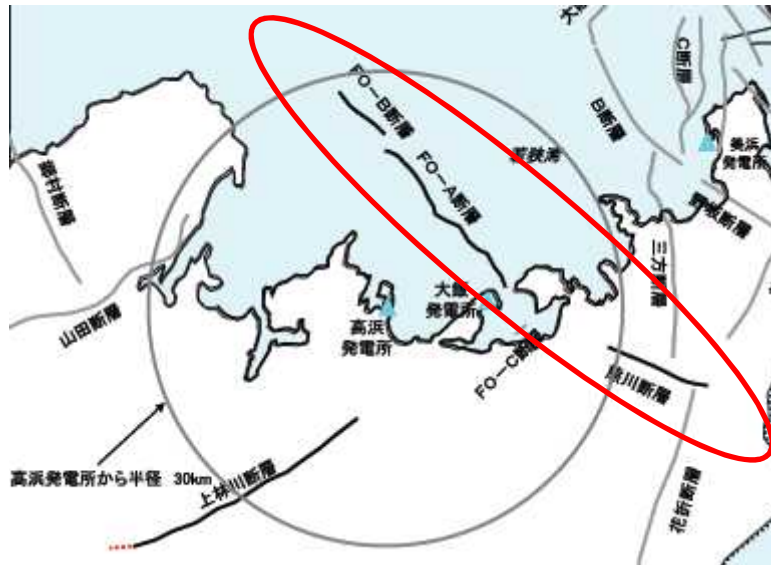
- 緊急時対策所内の要員の実効線量が7日間で100mSvを超えない
- 情報を把握し、発電所内外との通信連絡を行う設備を備える
- 必要な指示を行う要員が収納できる

・なお、別に自主設備(規制外)として、免震事務棟を設置

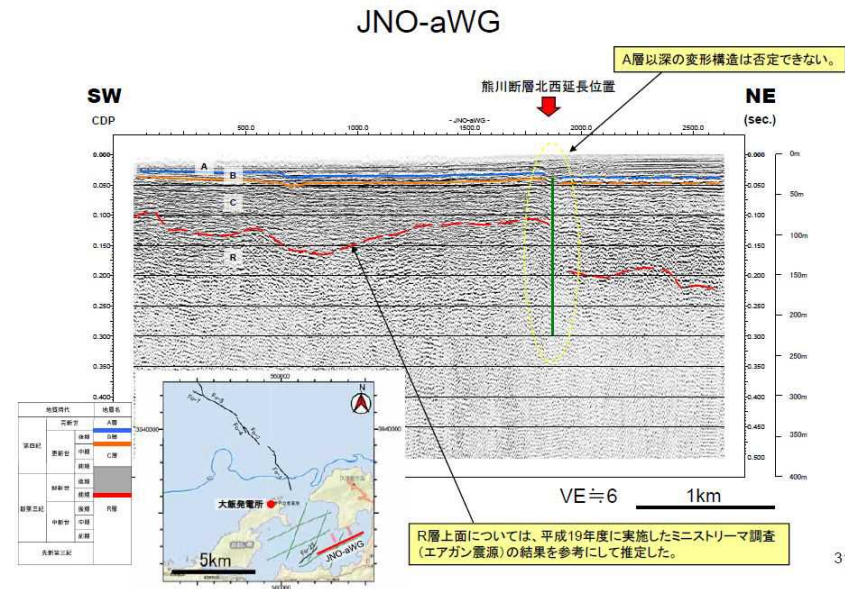
# 高浜発電所3・4号機の設置変更に関する審査書の概要

# 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。

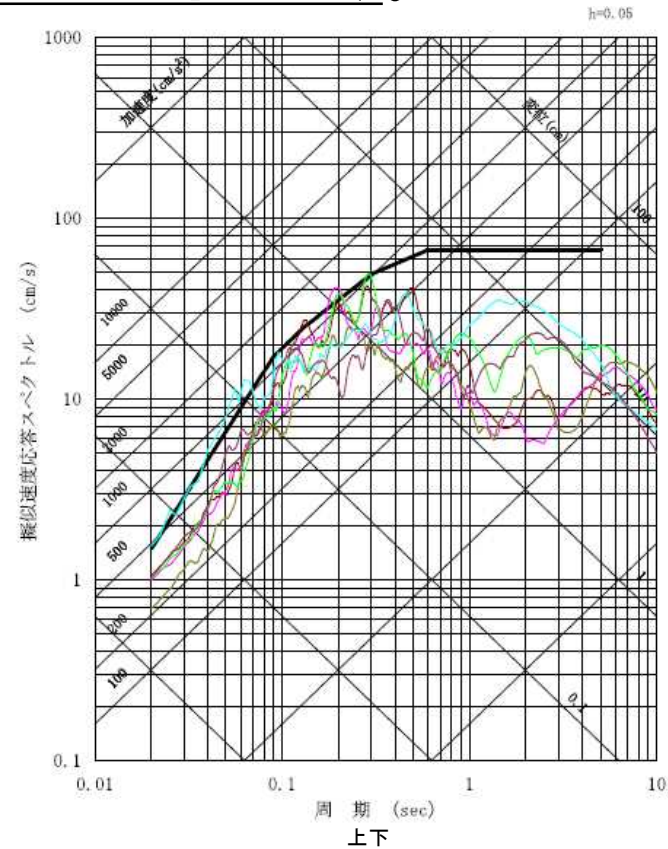
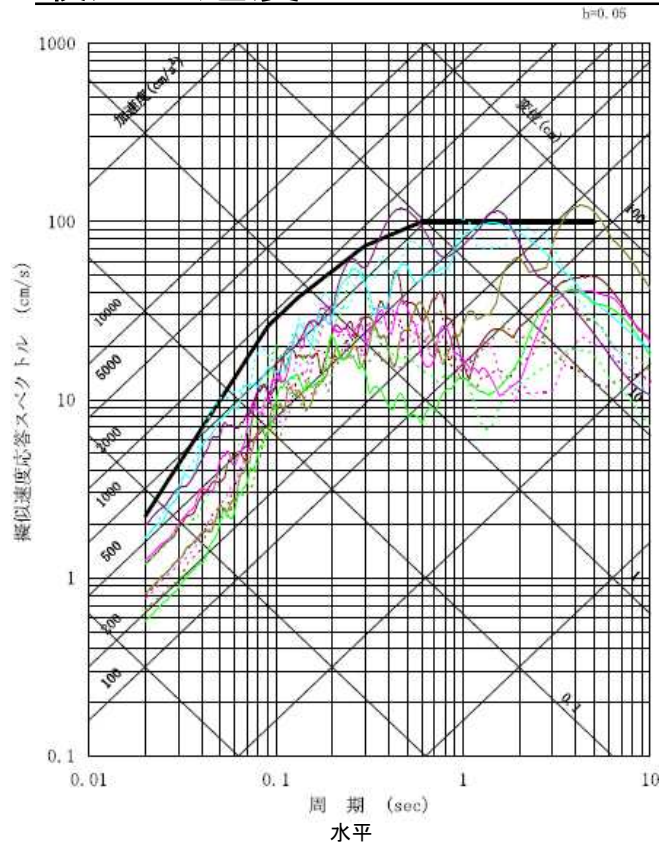
若狭湾西部海域における海上音波探査について  
(平成21年4月28日原子力安全・保安院)より抜粋



# 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。

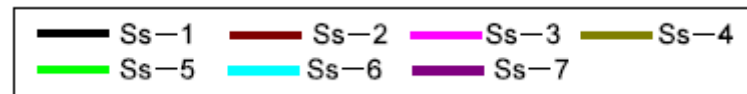


**【敷地ごとに震源を特定して策定する地震動】**

- 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



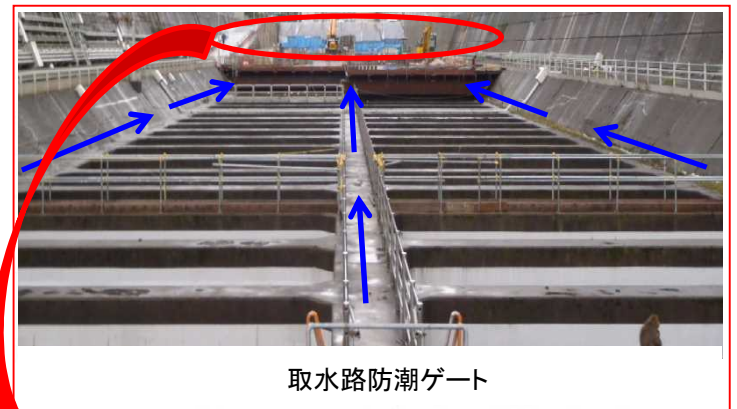
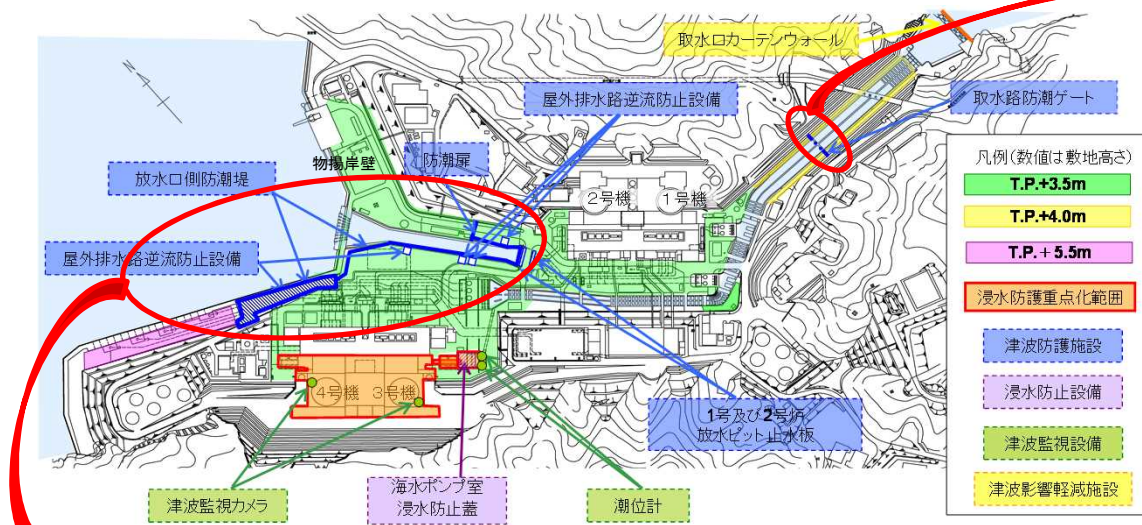
(Ss-2~6では実線がNS成分、破線がEW成分)

(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。



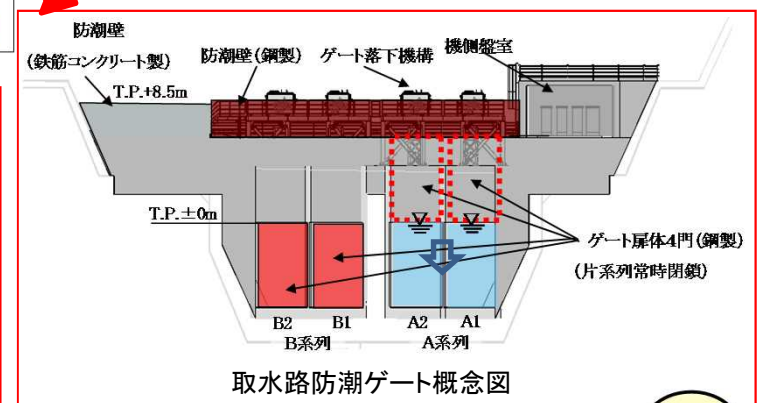
取水路防潮ゲート

(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:関西電力説明資料に一部加筆)



## ソフト対策

←1～4号対応用に要員、設備を追加。緊急時対策所を新設

- 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48名を含む計118名を確保
  - ・複数号機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
- ※緊急時対策の拠点として緊急時対策所を1・2号機原子炉補助建屋に設置  
(1・2号機の原子炉には燃料を装荷しない前提)。



(出典: 関西電力提供写真を一部使用)

- 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

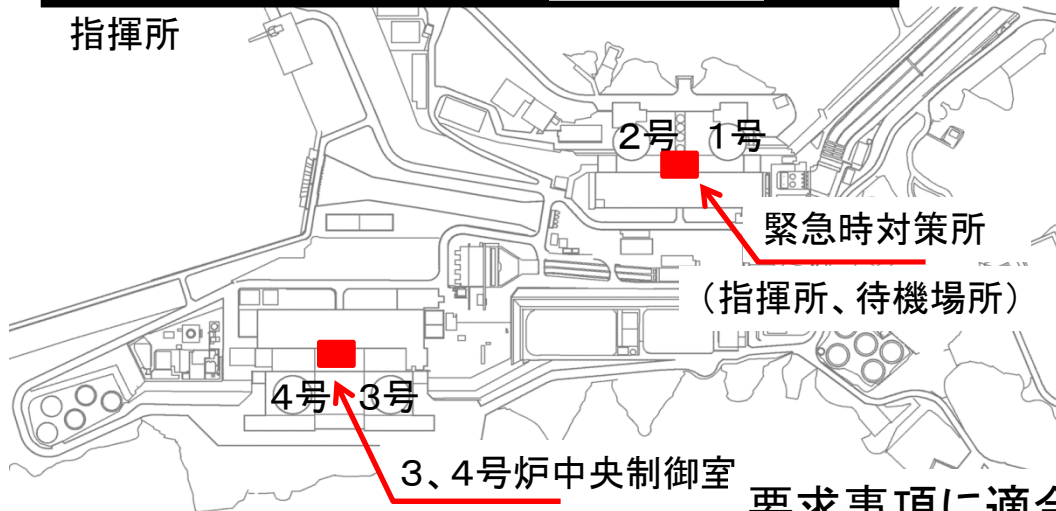
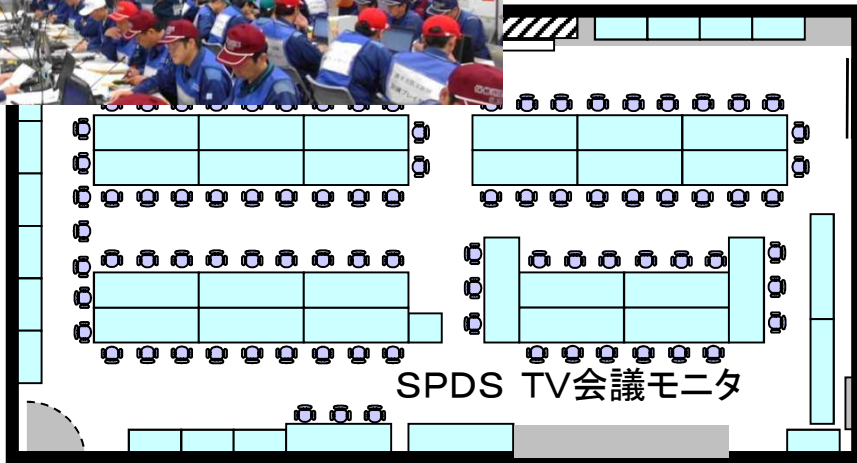


# 緊急時対策所の審査結果

←1～4号対応用緊急時対策所を新設

## (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



## ◆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(1・2号炉原子炉補助建屋内に指揮所、待機場所を設置)
- ・ 実効線量 約35mSv/7日間

### (2) 広さ

- ・ 約145m<sup>2</sup>(最も近い3号炉心からの距離440m)
- ・ 収容人員 111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、線量計等)
- ・ 電源設備(専用の可搬型発電機4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)

(出典: 関西電力説明資料に一部加筆)

要求事項に適合する設計方針であることを確認



# 参考：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」

[https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11095255/www.nsr.go.jp/disclosure/law/PWR/20150212\\_01.html](https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11095255/www.nsr.go.jp/disclosure/law/PWR/20150212_01.html)

(参考3)

美浜3号炉の40年超の運転延長  
に係る審査結果の詳細

## 申請の概要

- ・美浜3号炉の運転期間延長認可申請は、平成27年11月26日に提出され、その後4回の補正を受け、平成28年11月16日に原子力規制委員会認可
- ・延長する期間は、2036年11月30日まで(60年を経過する日まで)

	美浜3号炉
運転開始日	1976年12月1日
40年経過する日	2016年11月30日
延長する期間	20年
60年経過する日	2036年11月30日
運転期間延長認可の申請日 (高経年化に係る保安規定変更も同日)	申請 平成27年11月26日 第1回補正 平成28年3月10日 第2回補正 平成28年5月31日 第3回補正 平成28年8月26日 第4回補正 平成28年10月28日

## 審査の経緯

- 運転延長審査は、原子力規制委員が参加する審査会合を5回実施し、主要な議論を行うとともに、原子力規制庁によるヒアリングを45回実施
- 美浜発電所において、原子力規制委員による現地調査を実施した他、原子力規制庁による現地確認を2回実施し、特別点検や保守管理の実施状況を確認

(参考) 審査会合における主な議題

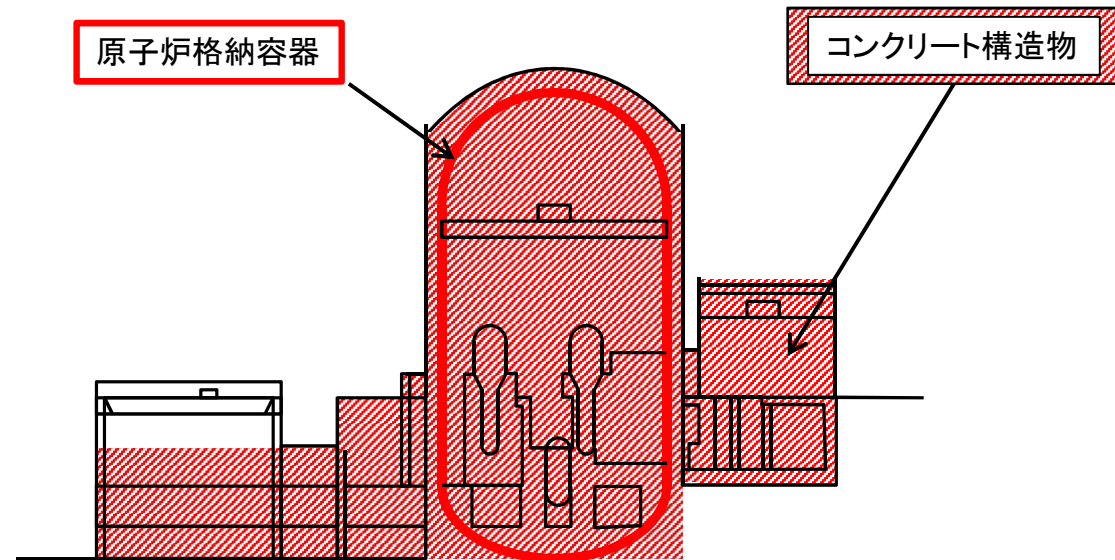
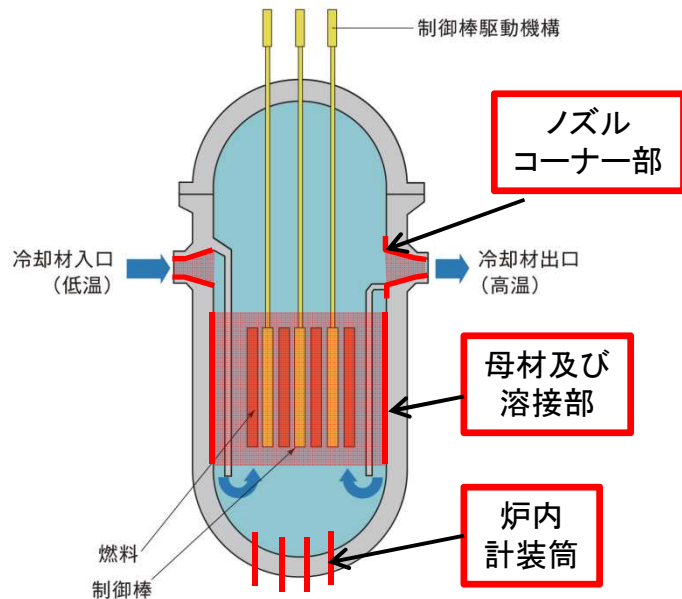
回数	日付	議題
1	平成27年12月10日(第305回)	全体概要
2	平成28年 3月15日(第340回)	特別点検
3	平成28年 7月26日(第385回)	劣化状況評価(低サイクル疲労、中性子照射脆化、照射誘起型応力腐食割れ、2相ステンレス鋼の熱時効、電気・計装設備の絶縁低下、コンクリート構造物)
4	平成28年 9月20日(第403回)	劣化状況評価(耐震・耐津波安全性評価)
5	平成28年10月27日(第411回)	補正内容



現地調査・確認の状況

## 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

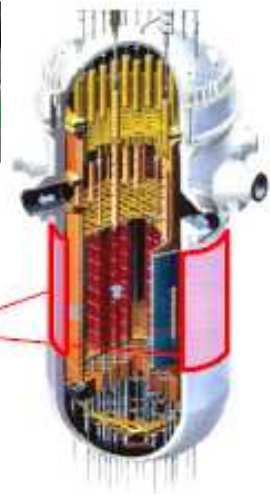
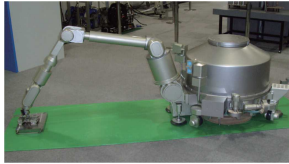
### コンクリート構造物

- 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

# 特別点検「原子炉容器」

## <点検方法>

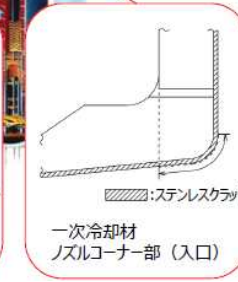
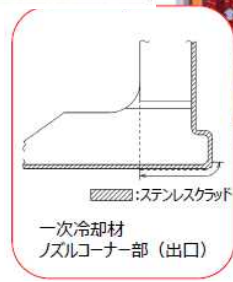
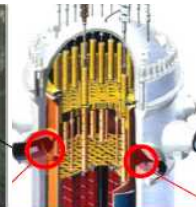
母材及び溶接部  
(炉心領域の100%)



炉心領域100%  
(溶接部・母材)

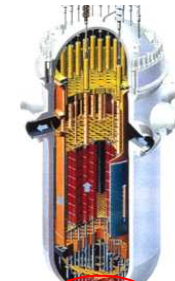
- ・中性子照射脆化に着目
- ・超音波探傷試験による欠陥の有無の確認

一次冷却材ノズルコーナー部  
(クラッドの状態を確認)

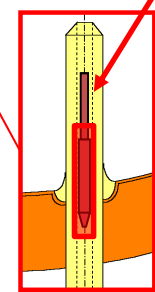
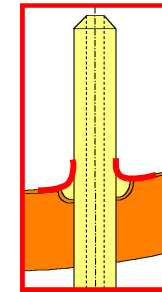


- ・疲労に着目
- ・渦流探傷試験による欠陥の有無の確認

炉内計装筒  
(全数)



ECTプローブ



溶接部VT検査

管内面ECT検査

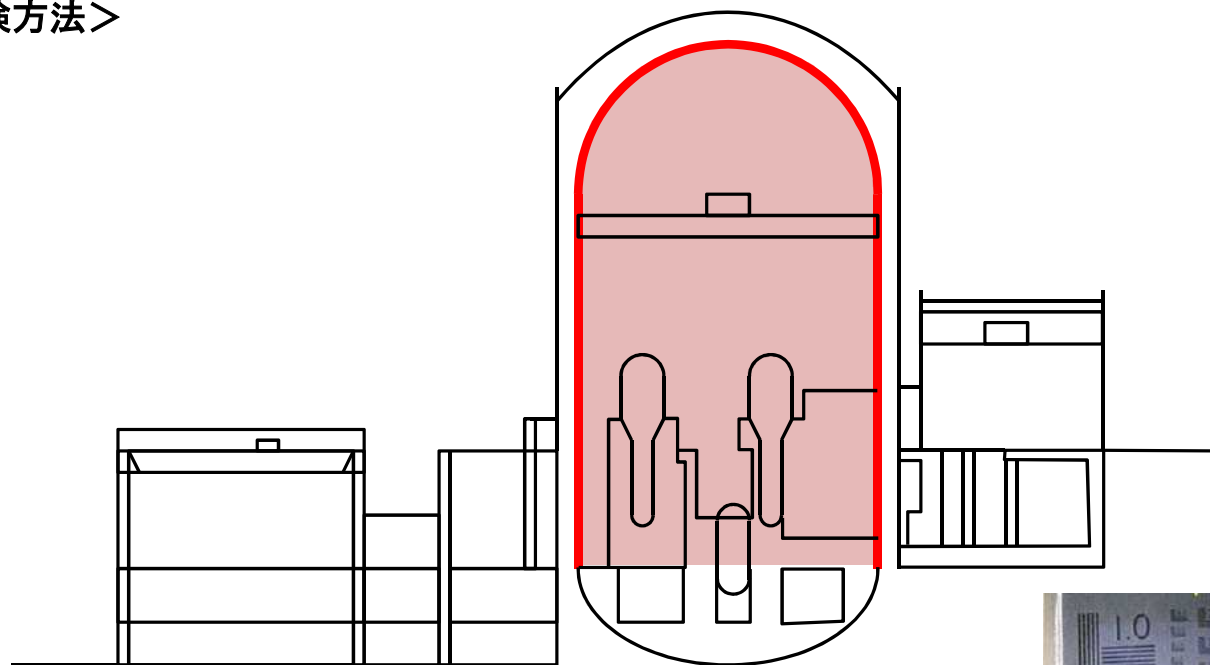
- ・応力腐食割れに着目
- ・目視試験及び渦流探傷試験による欠陥の有無の確認

## <主な確認結果>

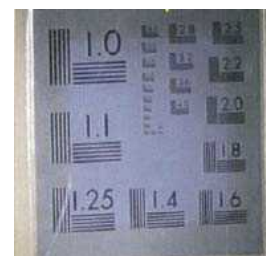
- 対象部位、着目する劣化事象、点検方法に基づき適切に行われていること
- 保安規定の品質保証計画等に基づき、点検計画及び要領書の策定、要員の力量の確認、測定機器の管理等が行われていること
- 点検の結果、有意な欠陥は認められなかったこと

## 特別点検「原子炉格納容器」

### <点検方法>



- ・腐食に着目
- ・目視試験による塗膜状態の確認



### <主な確認結果>

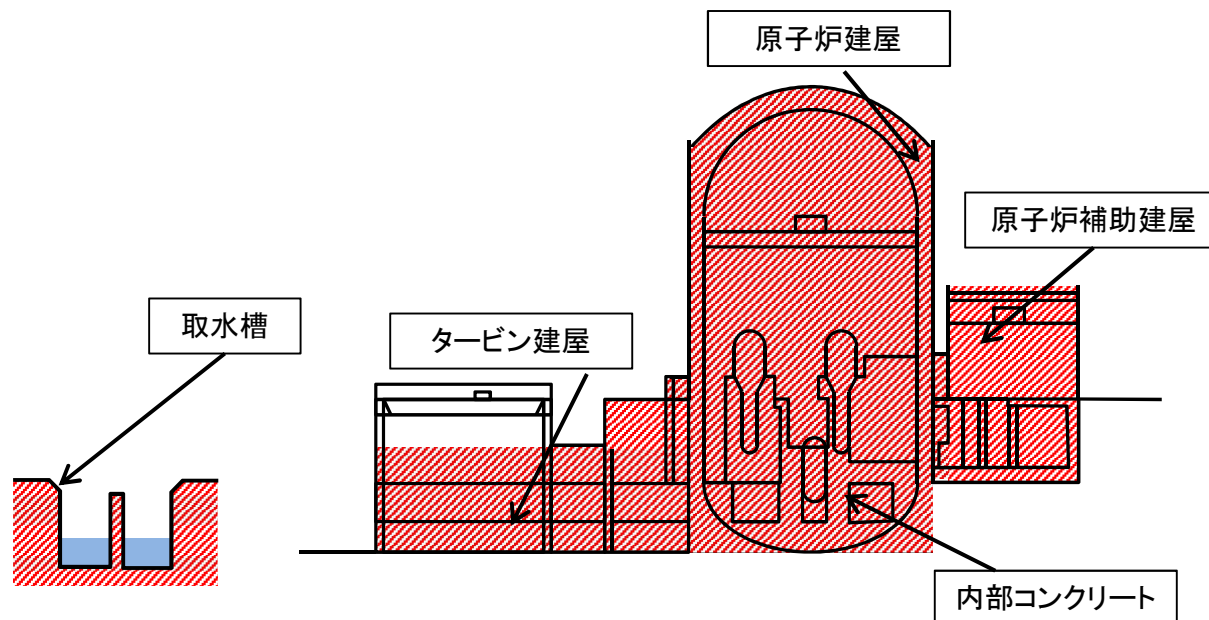
- 対象部位、着目する劣化事象、点検方法に基づき適切に行われていること
- 保安規定の品質保証計画等に基づき、点検計画及び要領書の策定、要員の力量の確認、測定機器の管理等が行われていること
- 点検の結果、有意な塗膜の劣化や腐食は認められなかったこと



## 特別点検「コンクリート構造物」

### <点検方法>

- ・強度低下及び遮蔽能力低下に着目
- ・採取したコアサンプルによる強度、中性化深さ、塩分浸透、遮蔽能力、アルカリ骨材反応の確認



強度



中性化深さ



塩分浸透



遮蔽能力



アルカリ骨材反応

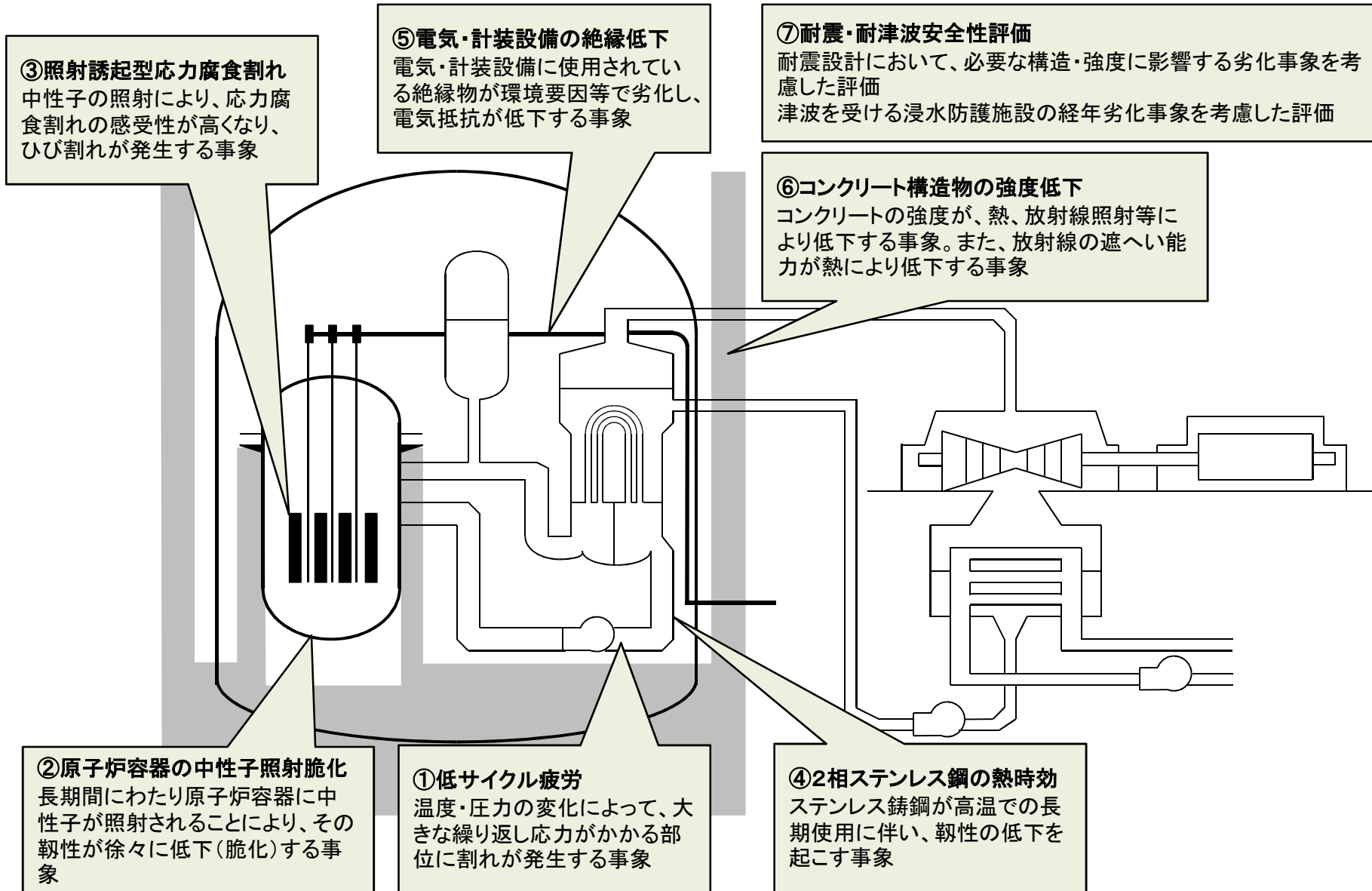


### <主な確認結果>

- 対象部位、着目する劣化事象、点検方法に基づき適切に行われていること
- 保安規定の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
- 点検の結果、得られた測定値等は、劣化状況評価で使用していること



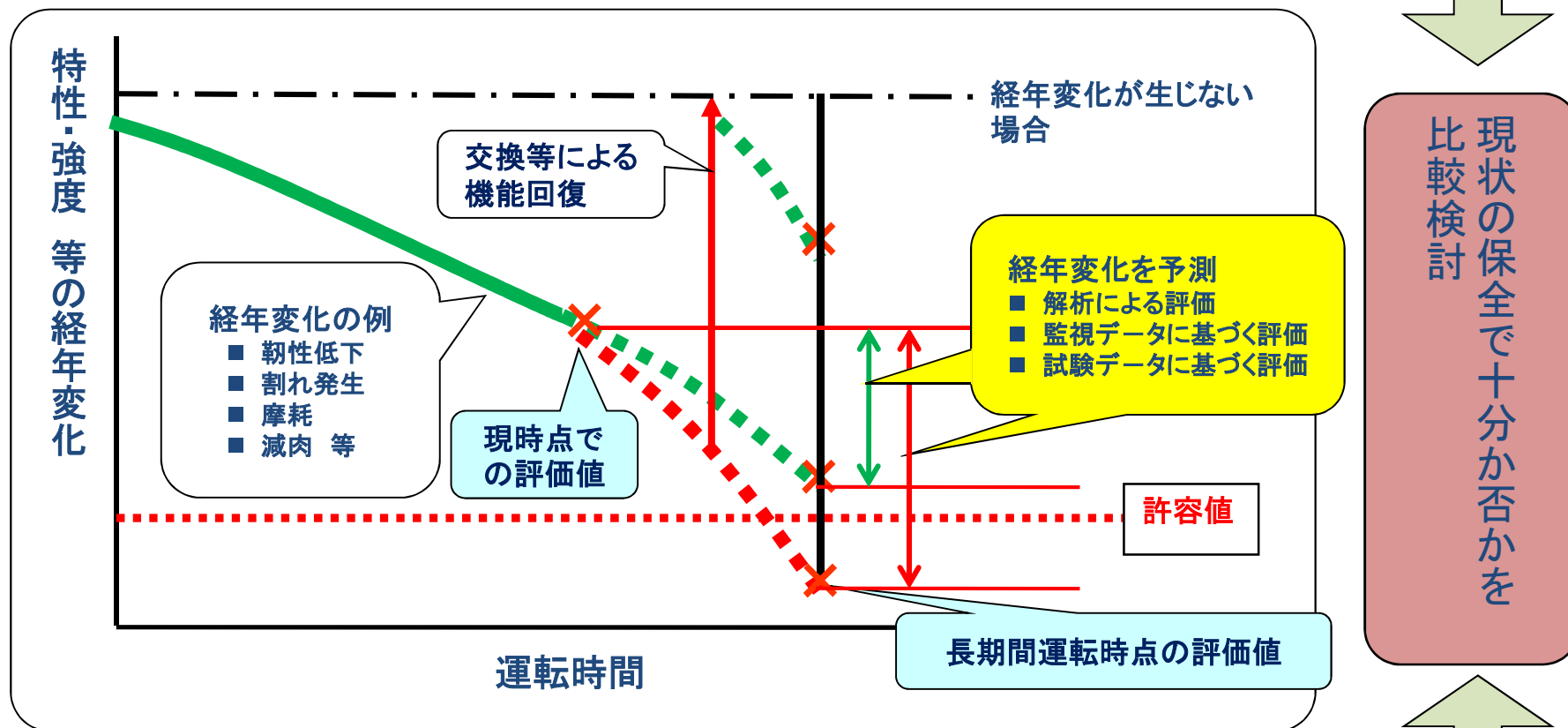
# 劣化状況評価の評価対象事象、評価事項



## 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。

### 60年の使用期間を仮定した健全性評価



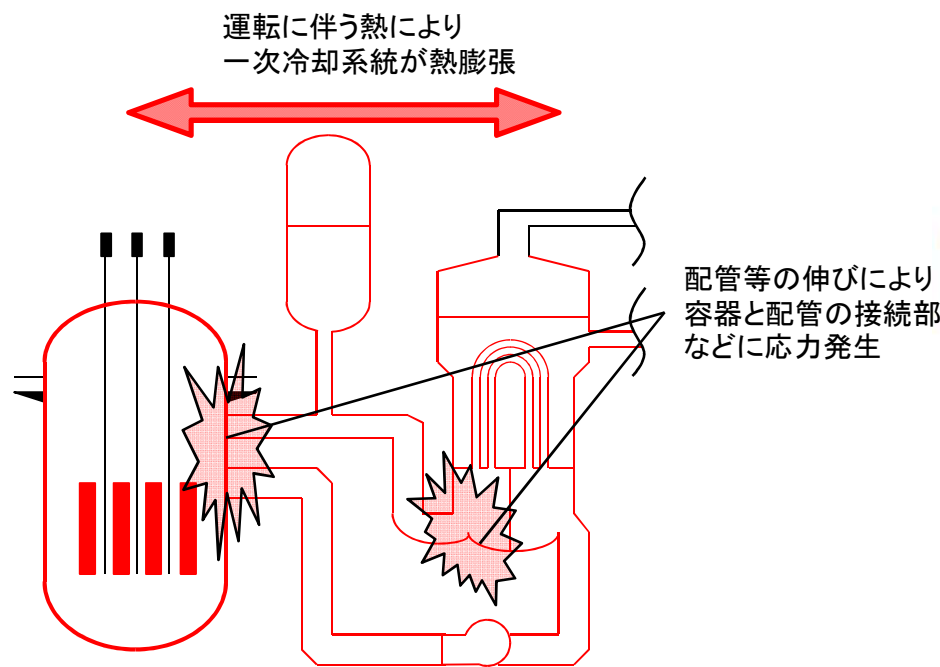
### 現状の保全内容(点検・検査、取替等)

## 劣化状況評価 ①「低サイクル疲労」

1次系の配管等は運転－停止に伴う加熱－冷却の熱サイクルにより繰り返し応力を受ける  
 容器と配管の接続部等、応力集中の大きい部位で、加熱－冷却の繰り返しによる疲労割れが発生する可能性がある

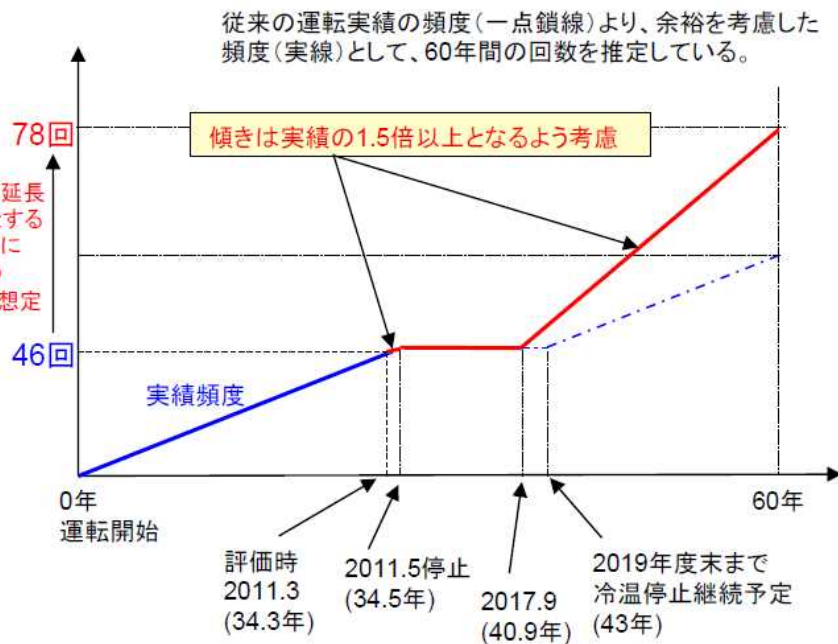
### <主な要求事項>

健全性評価の結果、評価対象部位の疲れ累積係数が1を下回ること



熱サイクルによる疲労の発生

### 過渡回数設定のイメージ(起動の例)



- 今後の熱サイクル回数(過渡回数)の予測は  
実績の1.5倍以上となるよう設定

### <主な確認結果>

今後の熱サイクル回数の予測回数をこれまでの実績の1.5倍とした評価を行い、評価対象部位のすべてにおいて疲れ累積係数が1を下回ったこと

## 劣化状況評価 ②「原子炉容器の中性子照射脆化」(1)

原子炉の運転に伴い、原子炉容器の材料である低合金鋼が中性子照射を受けることにより靱性(粘り強さ)が低下する

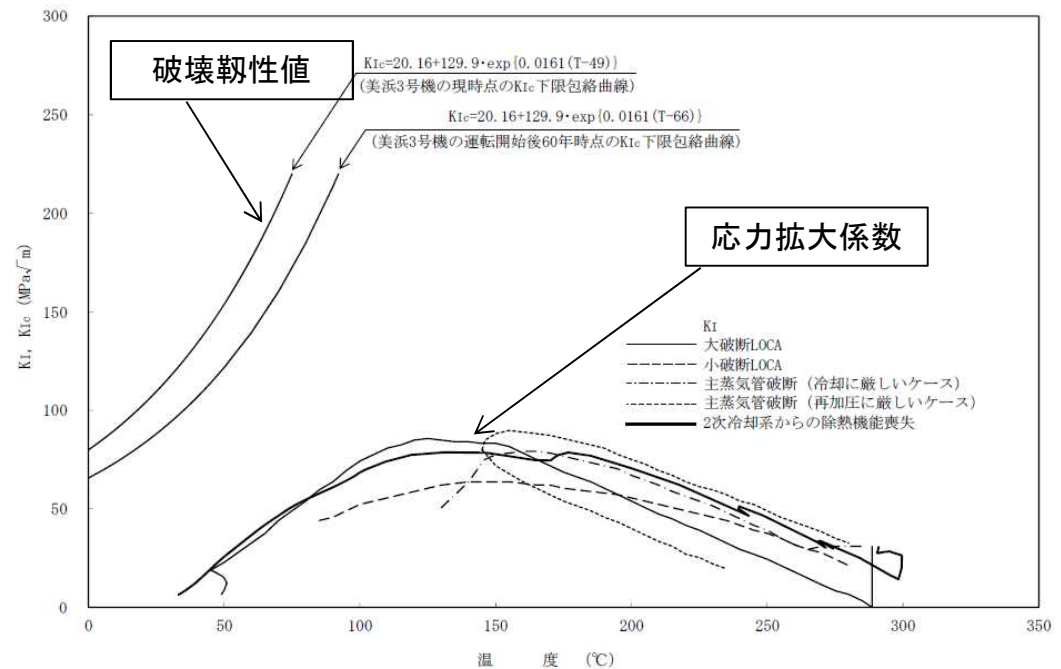
### <主な要求事項(1)>

加圧熱衝撃評価の結果、原子炉圧力容器の評価対象部位において破壊靱性値が応力拡大係数を上回ることを確認する

### 加圧熱衝撃事象の評価

加圧された運転状態における事故の際に、非常用炉心冷却系の作動に伴う冷却水の炉内注入により原子炉圧力容器が冷却され、原子炉圧力容器内外間の温度差により高い引張応力が容器内面に発生する現象

加圧熱衝撃の評価では原子炉容器の耐え得る力(破壊靱性値)が欠陥を想定した上で亀裂を進展させようとする力(応力拡大係数)を上回ることを確認する



### 加圧熱衝撃評価の評価例

運転開始後60年時点での予測される破壊靱性値と応力拡大係数をすべての温度域で確認

### <主な確認結果>

加熱衝撃試験の結果、原子炉容器の耐力の指標となる「破壊靱性値」は、設計基準事故及び重大事故等時に亀裂を進展させようとする力「応力拡大係数」を上回り、原子炉容器が破壊を起こさないことを確認する

## 劣化状況評価 ②「原子炉容器の中性子照射脆化」(2)

原子炉の運転に伴い、原子炉容器の材料である低合金鋼が中性子照射を受けることにより靱性(粘り強さ)が低下する

### <主な要求事項(2)>

原子炉圧力容器について供用状態に応じ以下を満たすこと。ただし、上部棚吸収エネルギーの評価の結果、68J以上である場合は、この限りでない。

- ・延性亀裂進展性評価の結果、亀裂進展抵抗が亀裂進展力を上回ること。
- ・亀裂不安定性評価の結果、亀裂進展抵抗と亀裂進展力が等しい状態で亀裂進展抵抗の微小変化率が亀裂進展力の微小変化率を上回ること。
- ・欠陥深さ評価の結果、評価対象部位において母材厚さの75%を超えないこと。
- ・塑性不安定破壊評価の結果、塑性不安定破壊を生じないこと。

### 上部棚吸収エネルギーの評価

原子炉運転状態の温度領域(上部棚)において、原子炉容器母材の粘り強さ(吸収エネルギー)が68Jを上回るかどうか確認する

68J以下の場合は、運転時の温度・圧力(供用状態)に応じた亀裂進展評価を行う

表:母材の1/4t深さにおける関連温度と上部棚吸収エネルギーの予測値

対象炉	評価時期:運転開始後60年時点	
	関連温度	上部棚吸収エネルギー
美浜3号炉	64℃	125J

### <主な確認結果>

上部棚吸収エネルギー評価の結果、美浜3号炉は125Jであり、判断基準の68Jを上回ったこと

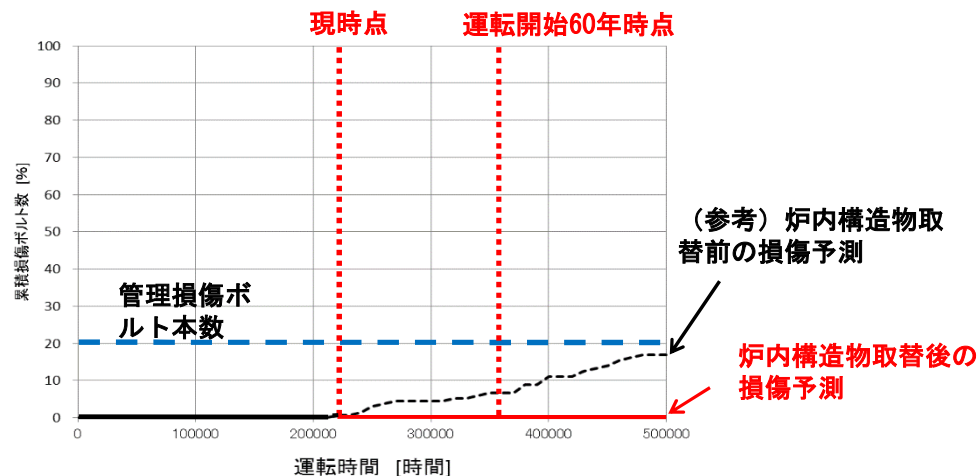
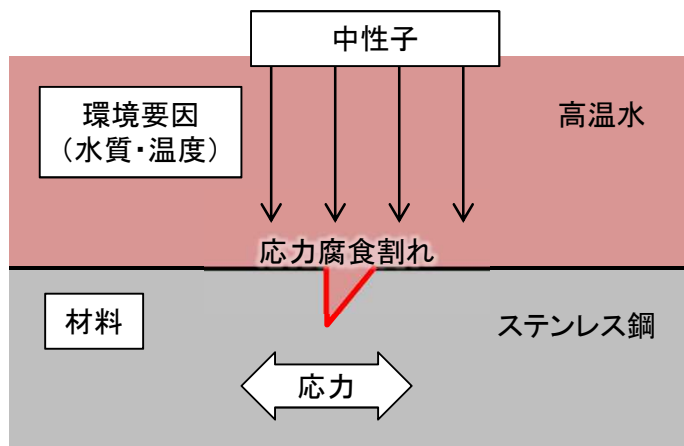
## 劣化状況評価 ③「照射誘起型応力腐食割れ」

原子炉の炉内構造物は、運転に伴う中性子照射量が一定の値を超えた場合、材料の組成、構造物にかかる応力、水質・温度の環境の3つの条件が重なることにより、応力腐食割れが発生する可能性がある

### <主な要求事項>

ステンレス鋼で中性子の照射量が多く、応力の高い構造物に対し、応力腐食割れが発生するかどうかを評価し、発生した場合を想定しても技術基準規則に適合すること

### 照射誘起型応力腐食割れの発生イメージ



### バットルフォーマボルトの損傷予測結果

- 中性子照射量の大きい炉内構造物のステンレス鋼として、バットルフォーマボルトが主な対象となっている。

美浜3号炉は、今回の停止期間中に炉内構造物取替を予定しているため、取替後による評価を実施

### <主な確認結果>

照射誘起型応力腐食割れの発生予測方法に基づき、美浜3号炉のバットルフォーマボルトの損傷予測を行った結果、運転開始後60年時点の損傷予測本数は、管理損傷ボルト本数(全体の20%)以下であったこと



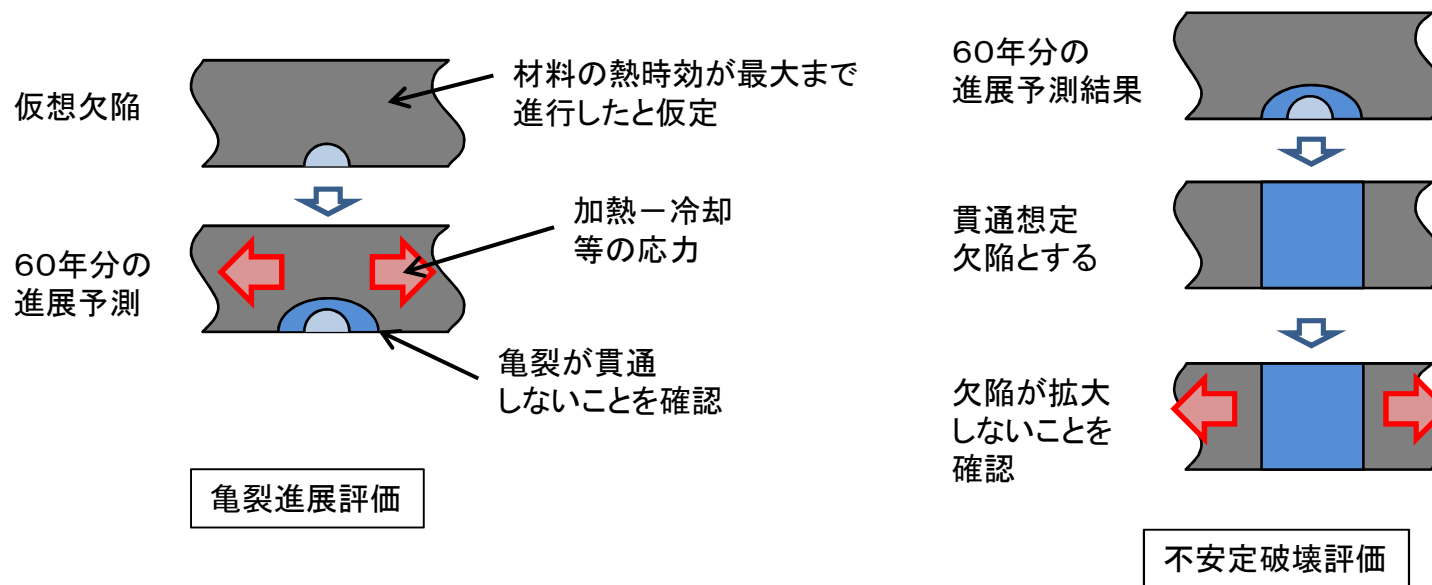
## 劣化状況評価 ④「2相ステンレス鋼の熱時効」

1次冷却材管、弁・ポンプのケーシングに使用されている2相ステンレス鋼※は、原子炉の運転に伴い長期間高温にさらされると材料の靱性(粘り強さ)が低下する

※2相ステンレス鋼:ステンレス鋼のうち、鋳造法で製造され、フェライト相とオーステナイト相の組織構造を有するもの

### <主な要求事項>

原子炉施設で使用されている2相ステンレス鋼の熱時効(靱性低下)について、欠陥を想定した亀裂進展評価及び不安定破壊評価にて、亀裂が進展しないこと



### <主な確認結果>

熱時効による靱性低下が、使用年数によらずその材料の最大まで進行したと仮定した

- ・亀裂進展評価の結果、初期欠陥を想定して60年後の亀裂の進展を想定しても、亀裂は貫通まで至らないこと
- ・不安定破壊評価の結果、貫通欠陥を想定しても、欠陥が拡大することはないこと

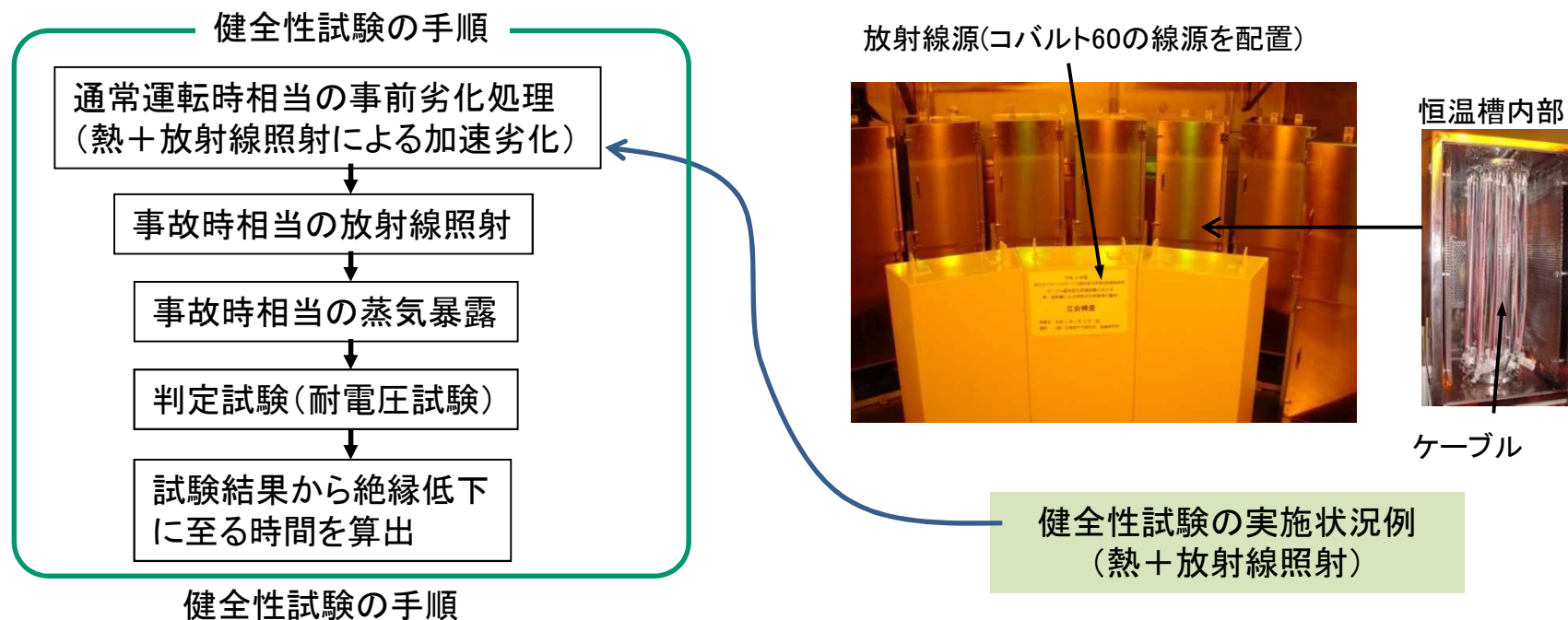


## 劣化状況評価 ⑤「電気・計装設備の絶縁低下」

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>

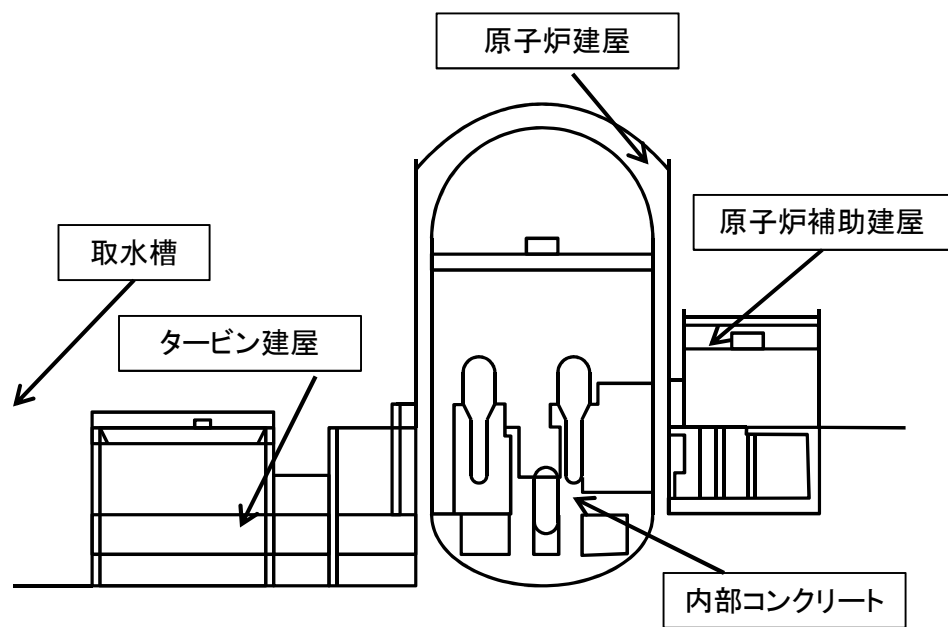
健全性評価の結果、電気計装設備は運転開始後60年まで、有意な絶縁低下が発生しないと評価されたこと

## 劣化状況評価 ⑥「コンクリート構造物の強度低下」

コンクリートは、「熱」、「放射線」、「中性化」、「塩分浸透」、「機械振動」、「アルカリ骨材反応」、「凍結融解」等の経年劣化事象により、強度が低下する可能性がある

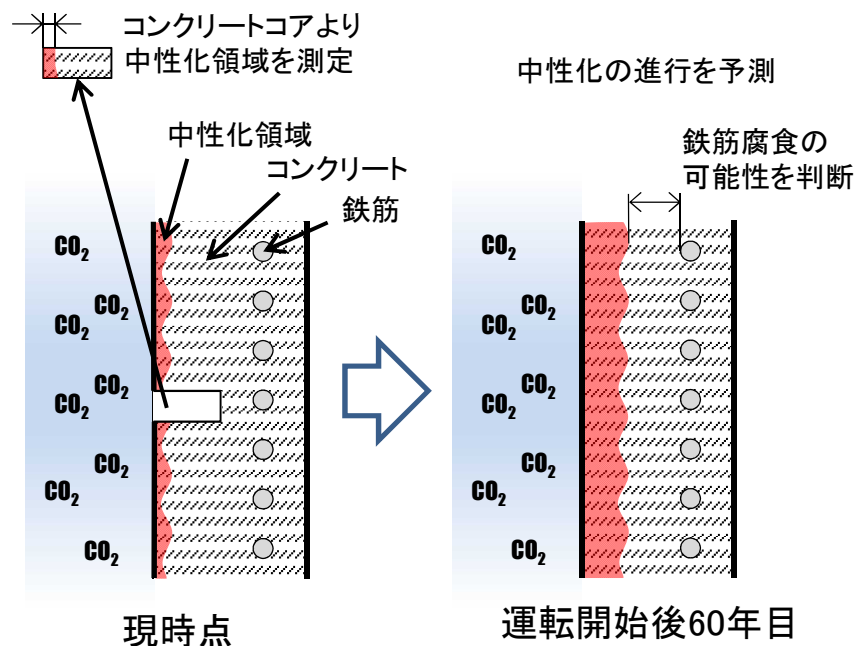
### <主な要求事項>

コンクリート構造物の強度は、経年劣化事象の進行により設計強度を下回ることがないこと



評価対象のコンクリート構造物

### 評価の一例：中性化による強度低下



現時点

運転開始後60年目

### <主な確認結果>

評価の結果、コンクリートの中性化深さは運転開始後60年目においても、鉄筋が腐食し始める深さにならなかったこと  
また、中性化以外の劣化事象について特別点検の結果を踏まえ評価を行った結果、コンクリート構造物の強度は経年劣化事象の進行により設計強度を下回らなかったこと

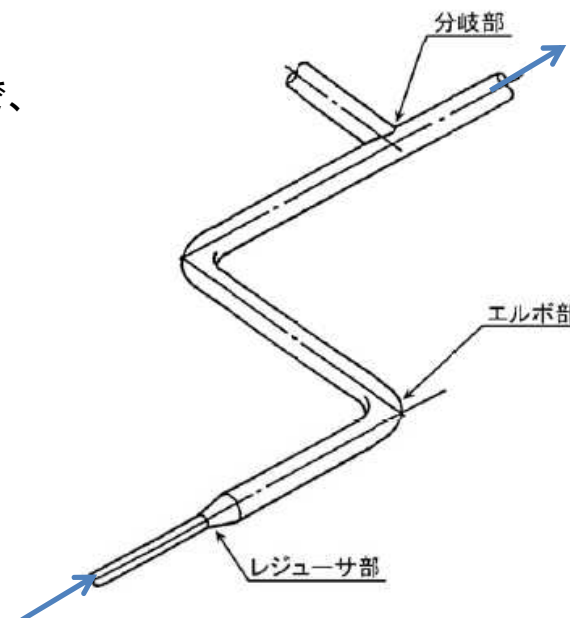
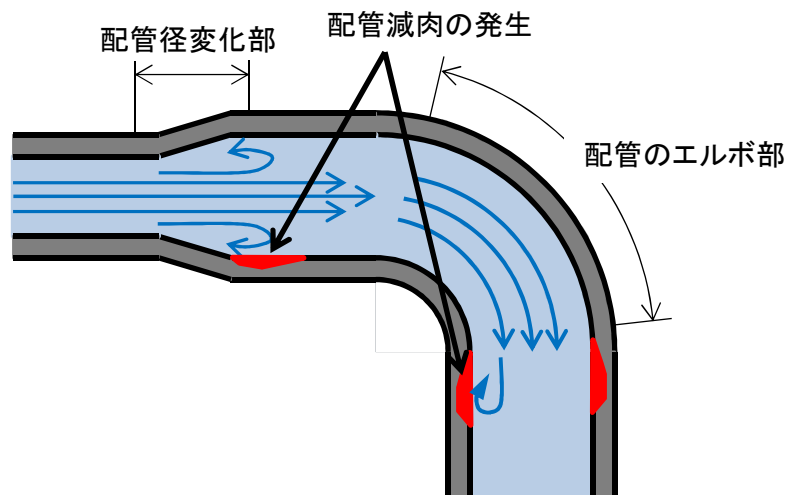
## 劣化状況評価 ⑦「耐震安全性評価」

### <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しても、耐震上の許容応力を下回ること、それ以外の耐震安全性評価項目についても、要求事項を満足したこと

## 劣化状況評価 ⑦「耐津波安全性評価」

### <主な要求事項>

経年劣化事象を考慮した機器・構造物について、津波時に発生する応力等を評価し、健全性を確保すること



美浜発電所の耐津波安全性評価対象設備

### <主な確認結果>

日常的な点検を実施し、施設の健全性を確保することにより、津波が発生した場合においても浸水防護施設が機能すること

## 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を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

※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

「運転期間延長認可 審査結果」 <http://www.nsr.go.jp/disclosure/law/PWR/00000384.html>

「高経年化技術評価に係る保安規定変更認可 審査結果」 <http://www.nsr.go.jp/disclosure/law/PWR/00000383.html>



(参考4)

高浜発電所1・2号炉の  
運転期間延長に係る審査結果の詳細  
(美浜3号炉と異なる部分のみ)

## 申請の概要

- ・高浜1、2号炉の運転期間延長認可申請は、平成27年4月30日に提出され、その後5回の補正を受け、平成28年6月20日に原子力規制委員会認可
- ・延長する期間は、高浜1号炉は2034年11月13日まで、高浜2号炉は2035年11月13日まで（それぞれ60年を経過する日まで）

	高浜1号炉	高浜2号炉
運転開始日	1974年11月14日	1975年11月14日
40年経過する日	2014年11月13日 (運転できる期間(認可期限)は経過措置により2016年(平成28年)7月7日まで)	2015年11月13日 (運転できる期間(認可期限)は経過措置により2016年(平成28年)7月7日まで)
延長する期間	2034年11月13日まで	2035年11月13日まで
60年経過する日	2034年11月13日	2035年11月13日
運転期間延長認可の申請日 (高経年化に係る保安規定変更も同日)	申請 平成27年 4月30日 第1回補正 平成27年 7月 3日 第2回補正 平成27年11月16日 第3回補正 平成28年 2月29日 第4回補正 平成28年 4月27日 第5回補正 平成28年 6月13日	

## 審査の経緯

- 運転延長審査は、原子力規制委員が参加する審査会合を6回実施し、主要な議論を行うとともに、原子力規制庁によるヒアリングを52回実施
- 高浜発電所における現地確認を3回実施し、特別点検や保守管理の実施状況を確認

(参考) 審査会合における主な議題

回数	日付	議題
1	平成27年5月28日(第231回)	全体概要
2	平成27年7月21日(第251回)	特別点検
3	平成27年9月29日(第278回)	劣化状況評価(低サイクル疲労、照射誘起型応力腐食割れ、コンクリート構造物)
4	平成27年12月10日(第305回)	劣化状況評価(中性子照射脆化、2相ステンレス鋼の熱時効、電気・計装設備の絶縁低下)
5	平成28年3月15日(第340回)	劣化状況評価(耐震・耐津波安全性評価)
6	平成28年6月2日(第366回)	補正を踏まえた劣化状況評価(耐震・耐津波安全性評価)



現地確認の状況

## 主な審査内容

### 1. 工事計画認可について

1, 2号炉の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(P7~10)

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(P11~19)

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(P20～21)

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. 長期保守管理方針について(P22)

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

### 審査結果

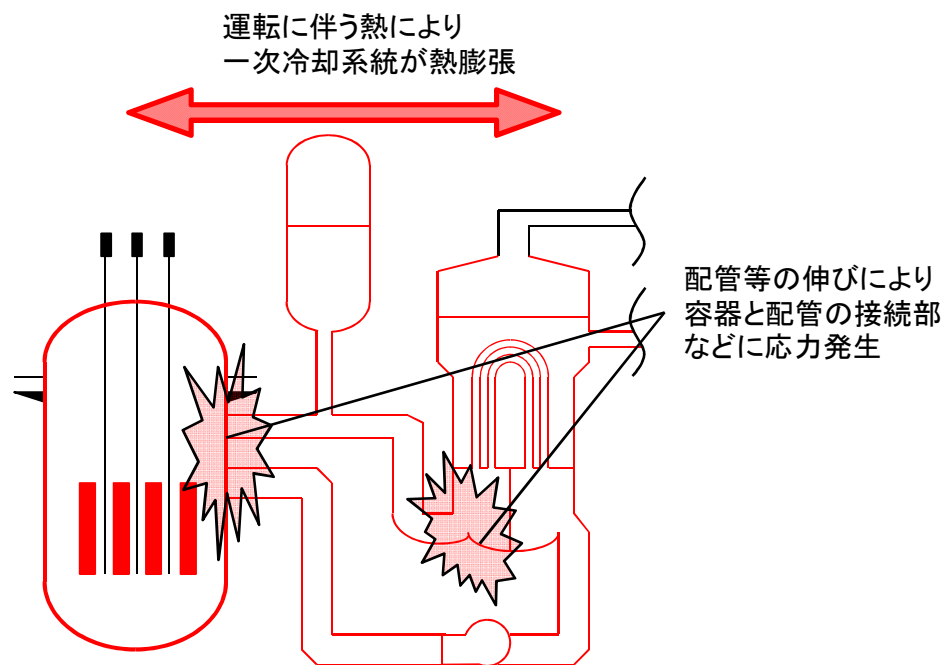
運転延長認可申請について、審査の結果、本申請が原子炉等規制法第43条の3の32第5項に規定する基準である実用炉規則第114条に適合しているものと認める。また、保安規定変更認可申請について、審査の結果、本申請が原子炉等規制法第43条の3の24第2項の規定する「核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物又は発電用原子炉による災害の防止上十分でない」と認めるときには該当しないと認める。

## 劣化状況評価 ①「低サイクル疲労」

1次系の配管等は運転—停止に伴う加熱—冷却の熱サイクルにより繰り返し応力を受ける  
 容器と配管の接続部等、応力集中の大きい部位で、加熱—冷却の繰り返しによる疲労割れが発生する可能性がある

### <主な要求事項>

健全性評価の結果、評価対象部位の疲れ累積係数が1を下回ること



熱サイクルによる疲労の発生

### 過渡回数設定のイメージ(1号起動の例)

従来の運転実績の頻度(一点鎖線)より、余裕を考慮した頻度(実線)として、60年間の回数を推定している。



- 今後の熱サイクル回数(過渡回数)の予測は実績の1.5倍以上となるよう設定

### <主な確認結果>

今後の熱サイクル回数の予測回数をこれまでの実績の1.5倍とした評価を行い、評価対象部位のすべてにおいて疲れ累積係数が1を下回ったこと



## 劣化状況評価 ②「原子炉容器の中性子照射脆化」(2)

原子炉の運転に伴い、原子炉容器の材料である低合金鋼が中性子照射を受けることにより靱性(粘り強さ)が低下する

### <主な要求事項(2)>

原子炉圧力容器について供用状態に応じ以下を満たすこと。ただし、上部棚吸収エネルギーの評価の結果、68J以上である場合は、この限りでない。

- ・延性亀裂進展性評価の結果、亀裂進展抵抗が亀裂進展力を上回ること。
- ・亀裂不安定性評価の結果、亀裂進展抵抗と亀裂進展力が等しい状態で亀裂進展抵抗の微小変化率が亀裂進展力の微小変化率を上回ること。
- ・欠陥深さ評価の結果、評価対象部位において母材厚さの75%を超えないこと。
- ・塑性不安定破壊評価の結果、塑性不安定破壊を生じないこと。

### 上部棚吸収エネルギーの評価

原子炉運転状態の温度領域(上部棚)において、原子炉容器母材の粘り強さ(吸収エネルギー)が68Jを上回るかどうか確認する

68J以下の場合は、運転時の温度・圧力(供用状態)に応じた亀裂進展評価を行う

表:母材の1/4t深さにおける関連温度と上部棚吸収エネルギーの予測値

対象炉	評価時期:運転開始後60年時点	
	関連温度	上部棚吸収エネルギー
1号炉	97℃	65J
2号炉	50℃	104J

### <主な確認結果>

上部棚吸収エネルギー評価の結果、1号炉は65J、2号炉は104Jであったこと  
このため、1号炉は亀裂進展評価として以下の確認を行った。

- ・延性亀裂進展性評価の結果、亀裂進展抵抗が亀裂進展力を上回ること
- ・亀裂不安定性評価の結果、亀裂進展抵抗と亀裂進展力が等しい状態で亀裂進展抵抗の微小変化率が亀裂進展力の微小変化率を上回ったこと
- ・欠陥深さ評価の結果、評価対象部位において母材厚さの75%を超えなかったこと
- ・塑性不安定破壊評価の結果、塑性不安定破壊は生じないこと

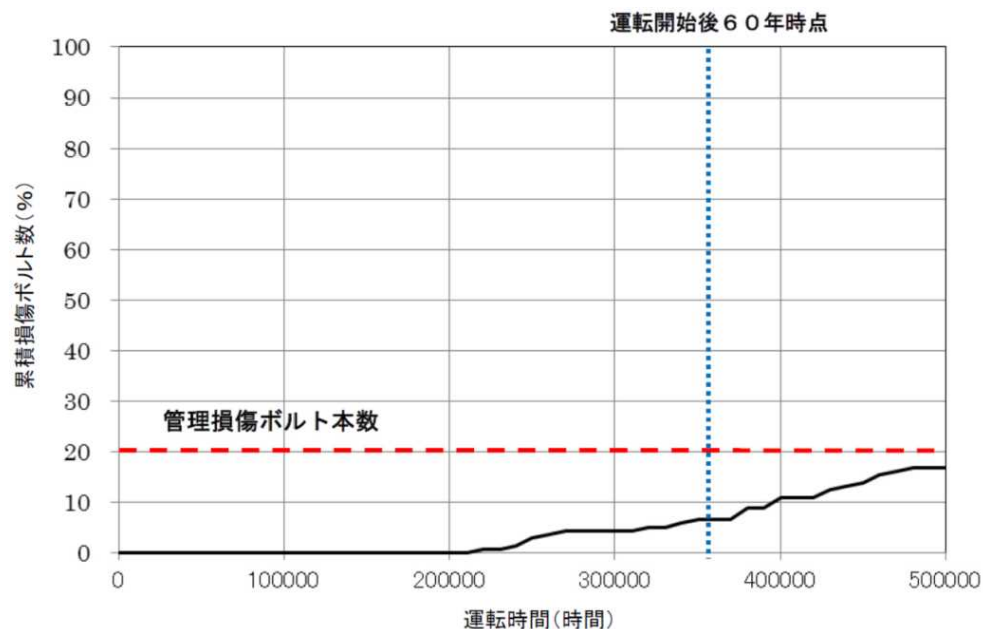
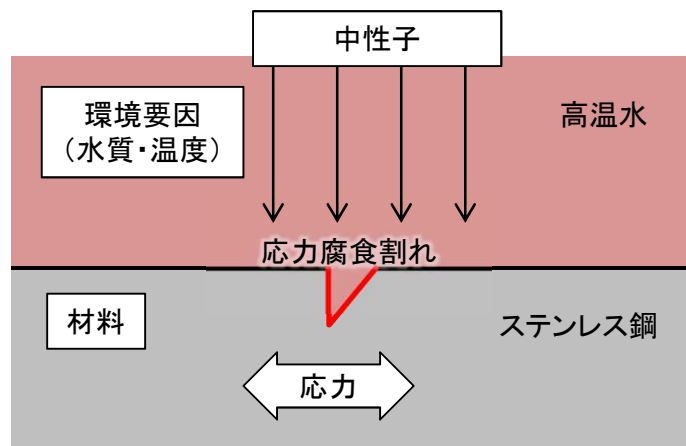
## 劣化状況評価 ③「照射誘起型応力腐食割れ」

原子炉の炉内構造物は、運転に伴う中性子照射量が一定の値を超えた場合、材料の組成、構造物にかかる応力、水質・温度の環境の3つの条件が重なることにより、応力腐食割れが発生する可能性がある

### <主な要求事項>

ステンレス鋼で中性子の照射量が多く、応力の高い構造物に対し、応力腐食割れが発生するかどうかを評価し、発生した場合を想定しても技術基準規則に適合すること。

### 照射誘起型応力腐食割れの発生イメージ



- 中性子照射量の大きい炉内構造物のステンレス鋼として、バタフライボルトが主な対象となっている。

### バタフライボルトの損傷予測結果

### <主な確認結果>

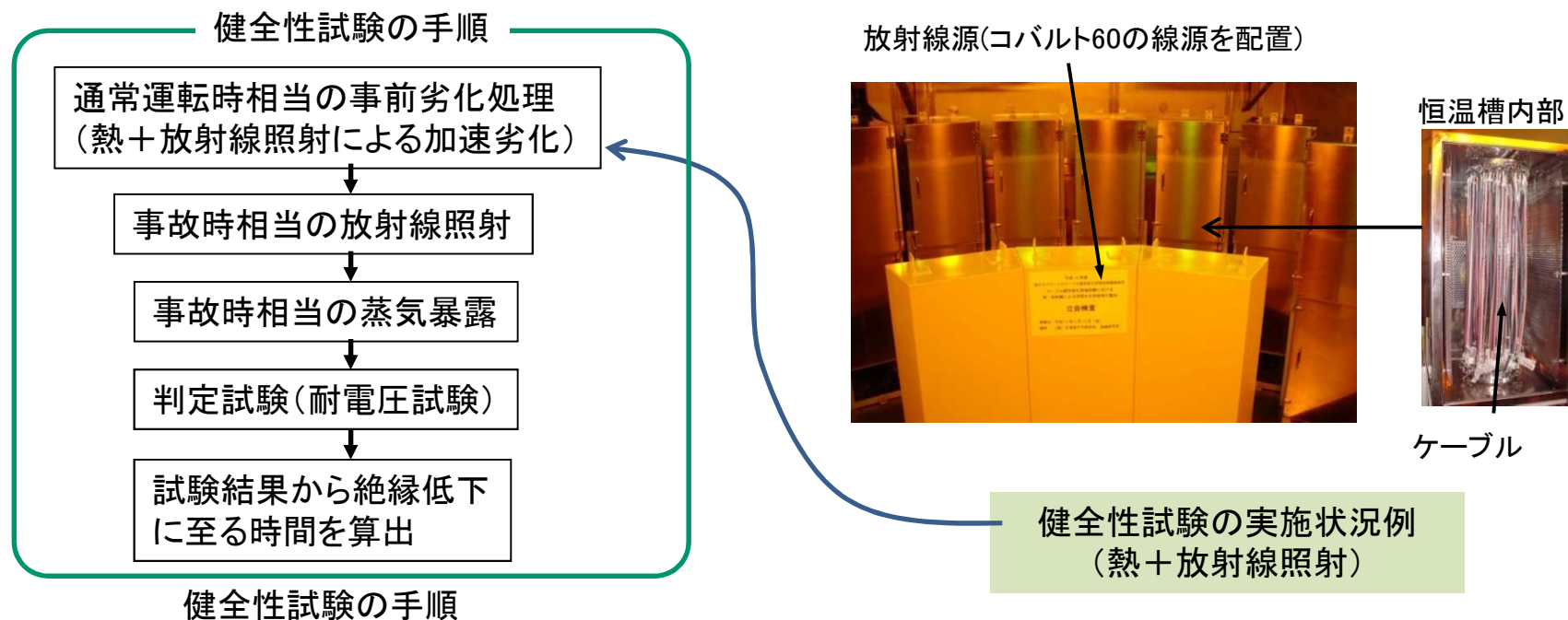
照射誘起型応力腐食割れの発生予測方法に基づき、高浜1、2号炉のバタフライボルトの損傷予測を行った結果、運転開始後60年時点の損傷予測本数は、管理損傷ボルト本数(全体の20%)以下であったこと

## 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: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: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

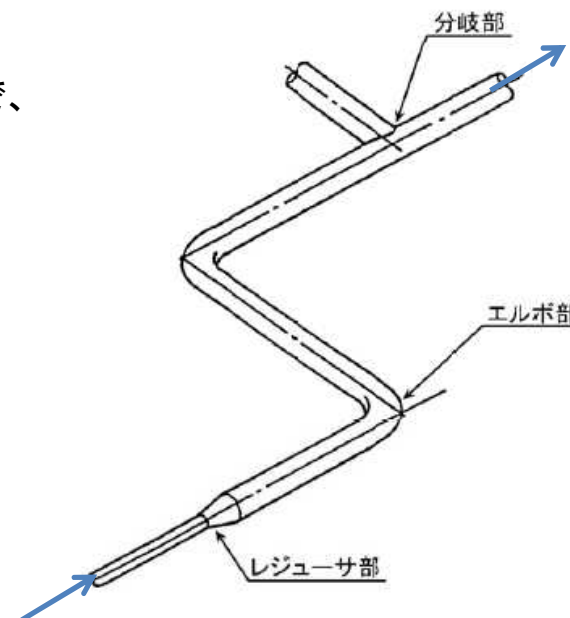
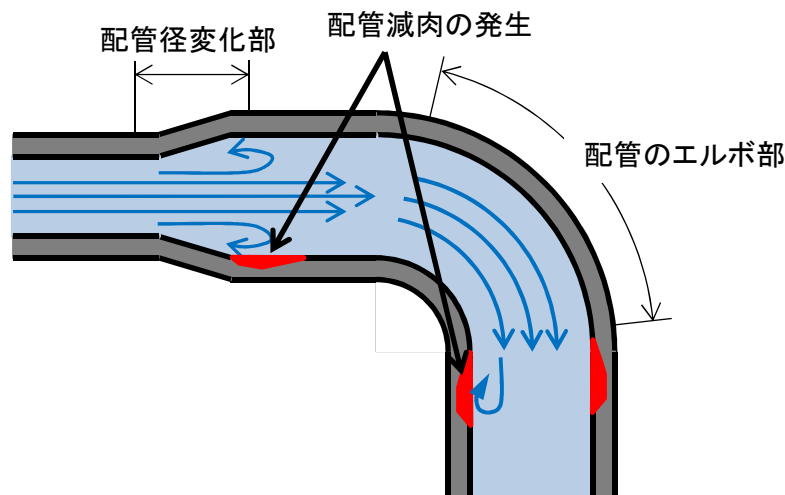
## 劣化状況評価 ⑦「耐震安全性評価」

### <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

## 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

「運転期間延長認可 審査結果」

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11126546/www.nsr.go.jp/disclosure/law/PWR/00000316.html>(1号炉)

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11126546/www.nsr.go.jp/disclosure/law/PWR/00000317.html>(2号炉)

「高経年化技術評価に係る保安規定変更認可 審査結果」

<https://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/11297219/www.nsr.go.jp/disclosure/law/PWR/00000318.html>