

新規制基準及び
高浜発電所3・4号機の設置変更
に関する審査書の概要

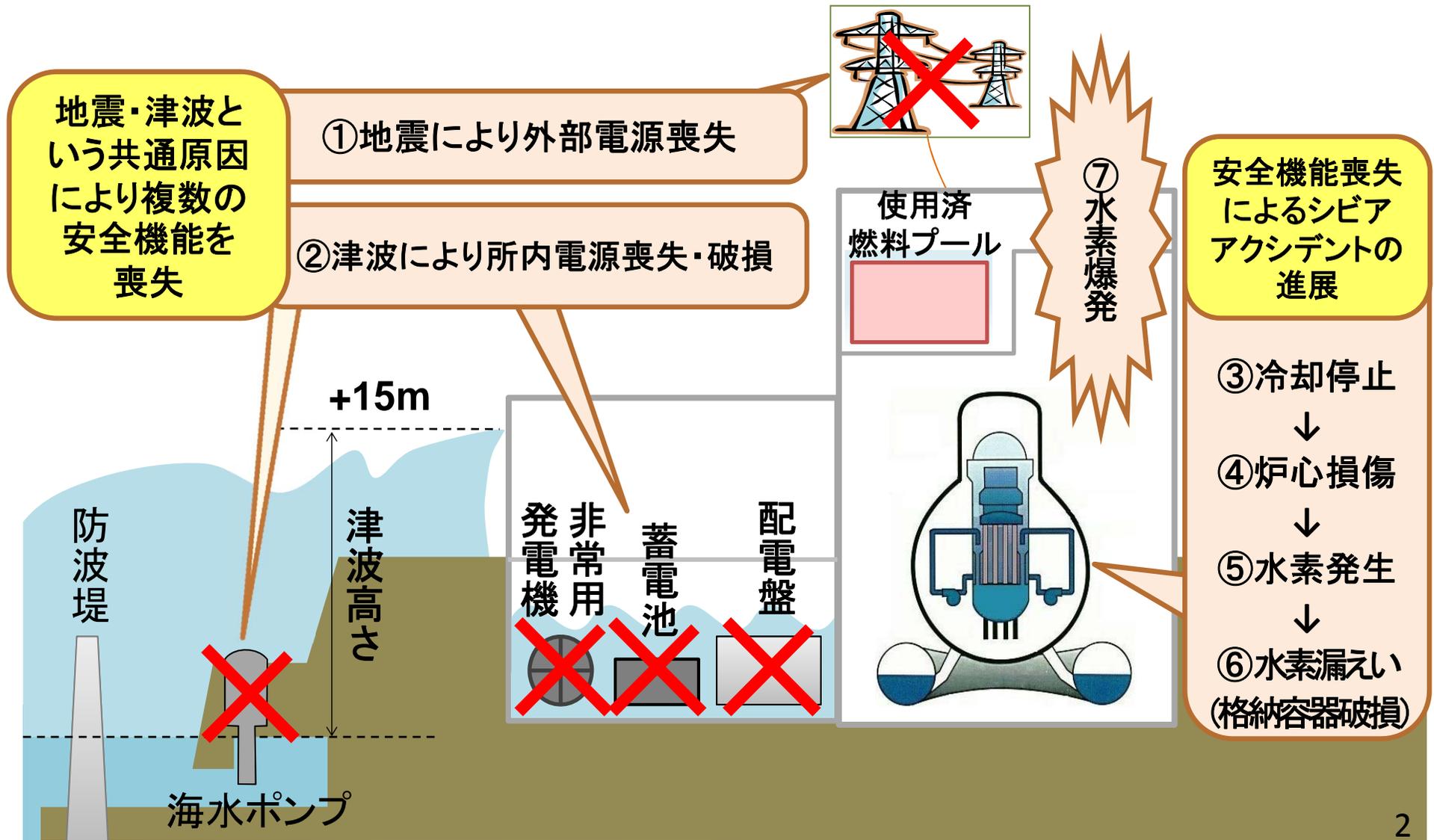
平成27年3月



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などの共通原因により複数の安全機能を喪失。
- 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。



新規制基準の基本的な考え方と主な要求事項

➤ 共通原因による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

共通原因による
安全機能の複数
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

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)

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)

従来の基準と新基準との比較

- ▶ 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

(テロ対策)
新設
(シビアアクシデント対策)
新設

強化又は新設

強化

2. 高浜発電所3・4号機の 設置変更に関する 審査書の概要

高浜発電所3・4号機の審査の経緯

2013年7月8日 新規制基準施行

同日 関西電力が設置変更許可申請書を提出

2013年7月16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)

※67回の審査会合と3回の現地調査を実施

※約400回のヒアリング実施

2014年12月17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)の実施了承、原子力委員会・経済産業大臣への意見聴取の決定

(12月18日～1月16日まで意見募集)

2015年2月12日

原子力規制委員会で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、設置変更許可を決定。

高浜発電所3・4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

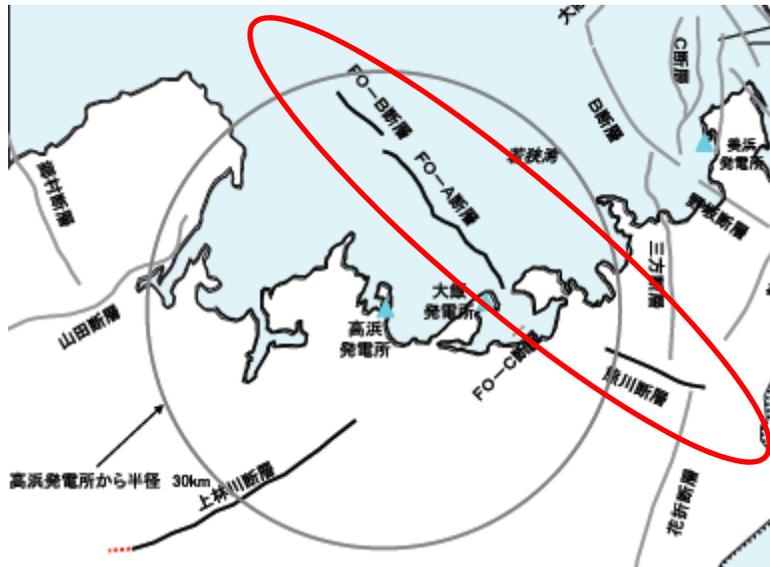
(3) 更なる対策

- 「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

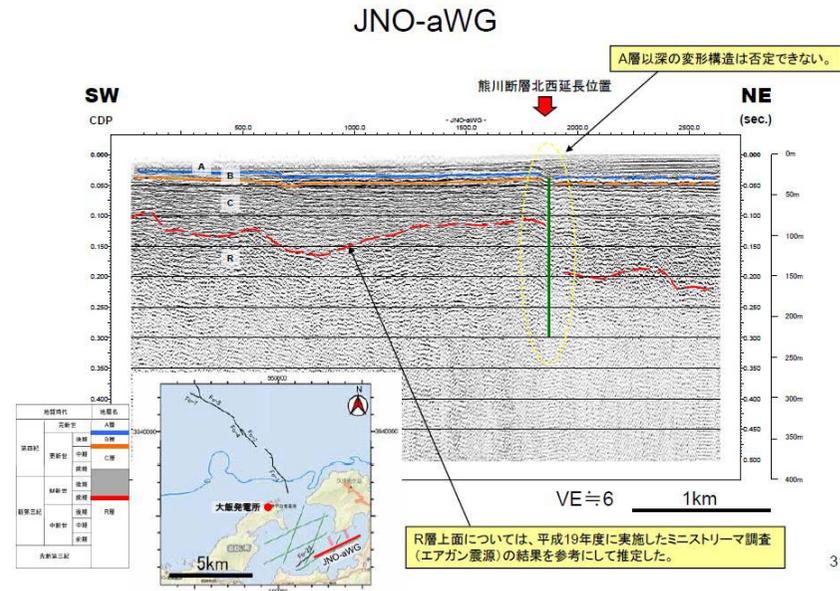
(1) 重大事故の発生を 防止するための対策

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)



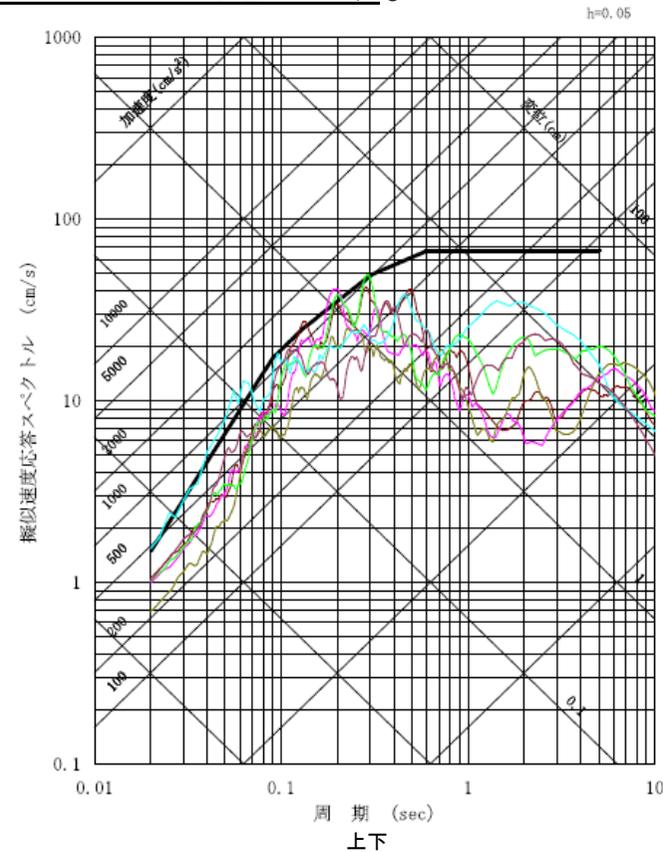
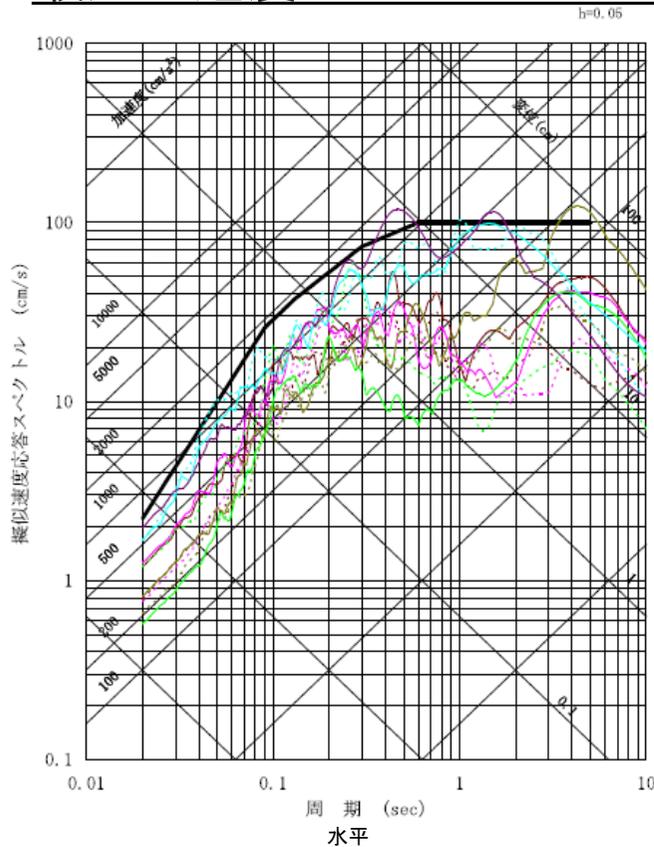
小浜湾内のJNO-a測線の北東側1箇所において、後期更新世以降の活動が否定できない変形構造が認められた。

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

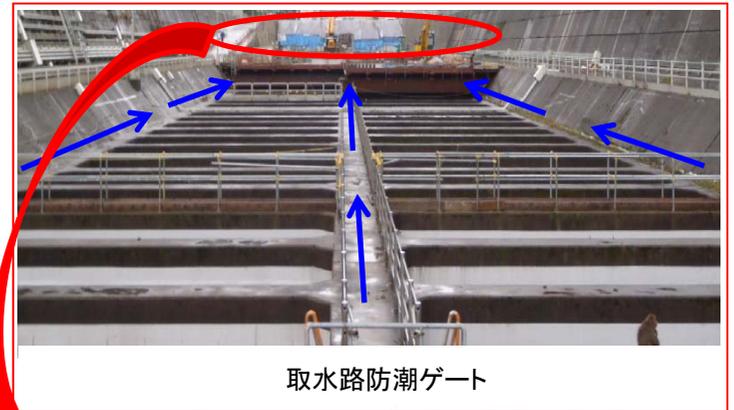
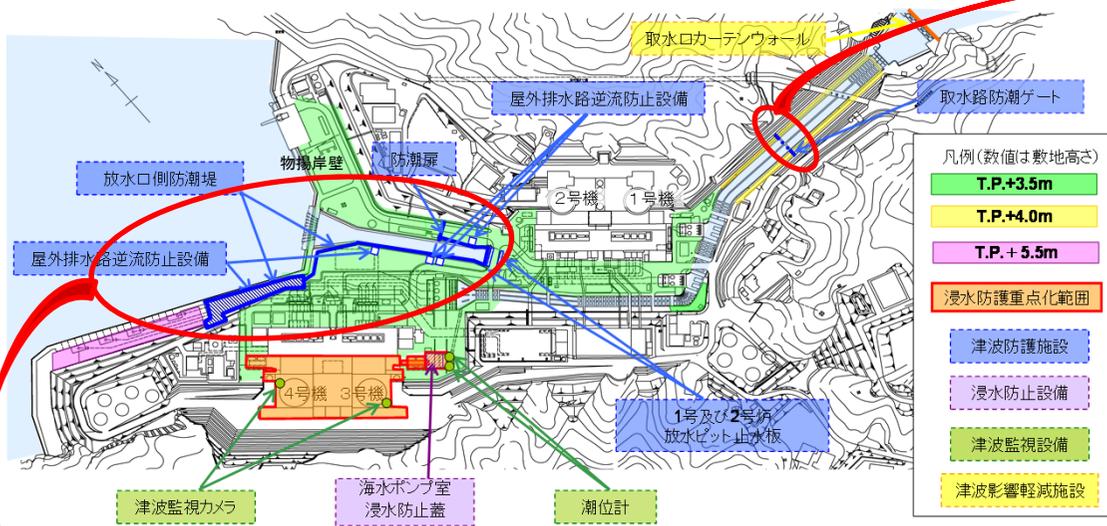


(Ss-2~6では実線がNS成分、破線がEW成分)

(出典: 関西電力説明資料に一部加筆)

津波対策

- 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。

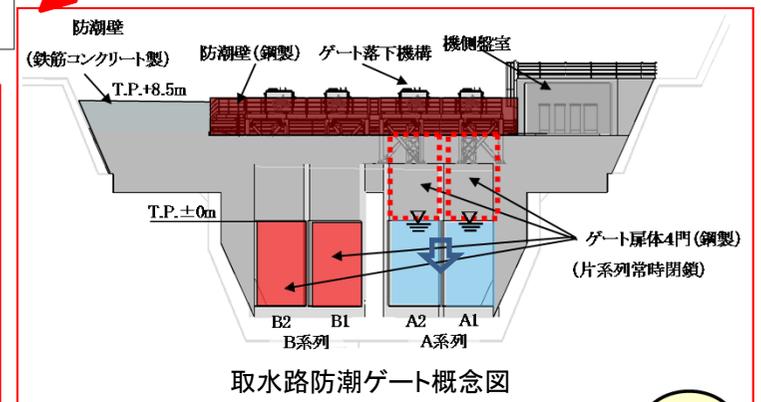


(出典:高浜原子力規制事務所保安検査官撮影の写真の一部加筆)



放水口側防潮堤

(出典:関西電力提供写真を一部使用)



(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、必要な防火帯幅や散水設備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。

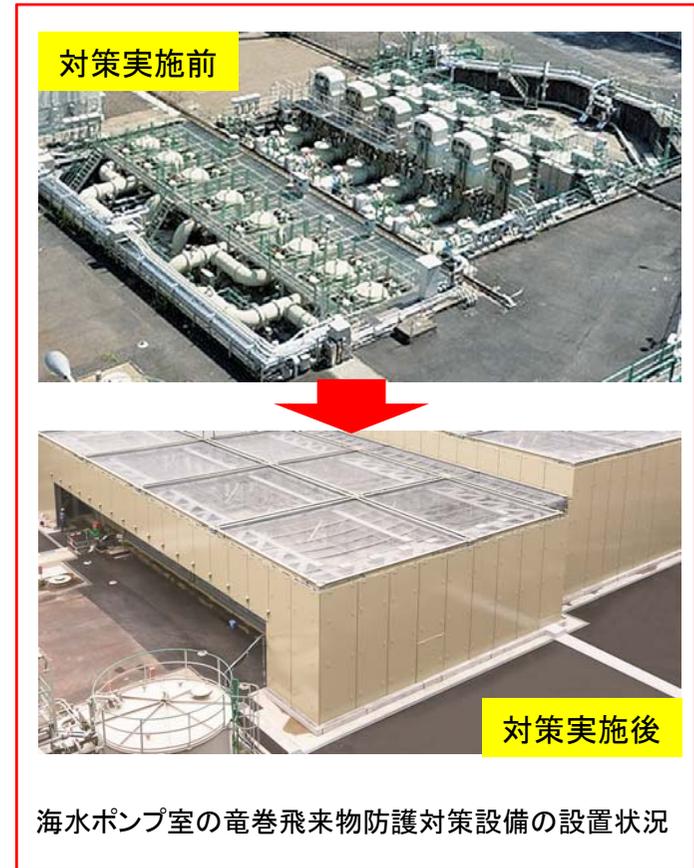
降下火災物の直接的影響(機械的影響、化学的影響等)及び間接的影響(外部電源喪失及び交通の途絶)によって、安全機能が損なわれない方針を確認。

<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

- 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又は火災区画を設定し、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。
 - ・火災発生防止のため、不燃性材料又は難燃性材料、難燃ケーブルを使用する方針を確認。
 - ・早期の火災感知のため、異なる種類の火災感知器を組み合わせて設置する方針を確認。また、消火設備として、主にスプリンクラーを使用する方針を確認。
 - ・影響軽減のため、原子炉停止、冷却等に必要な安全機能の系統分離方針(3時間以上の耐火能力を有する隔壁等)を確認。
- 火災防護対策実施のために必要な手順等を定めた火災防護計画を策定する方針を確認。

原子炉制御室の火災影響軽減対策

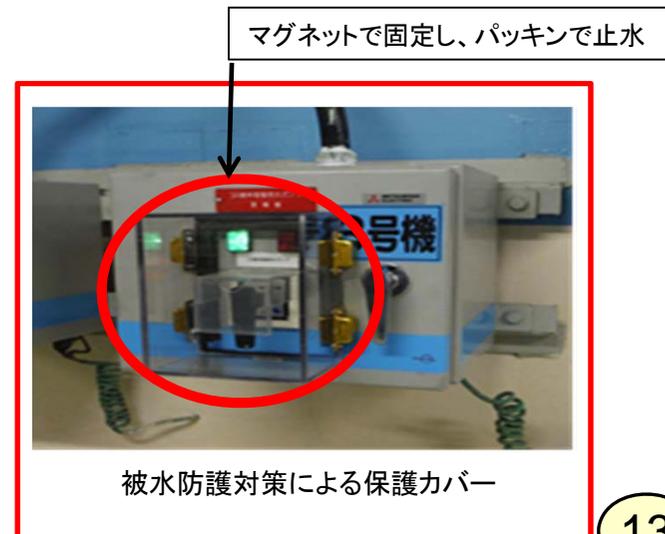
- 火災の早期発見のための高感度感知器設置
- 常駐運転員の訓練等

原子炉格納容器の火災影響軽減対策

- 火災源の影響の限定化
- 消火活動の手順の確保・訓練等

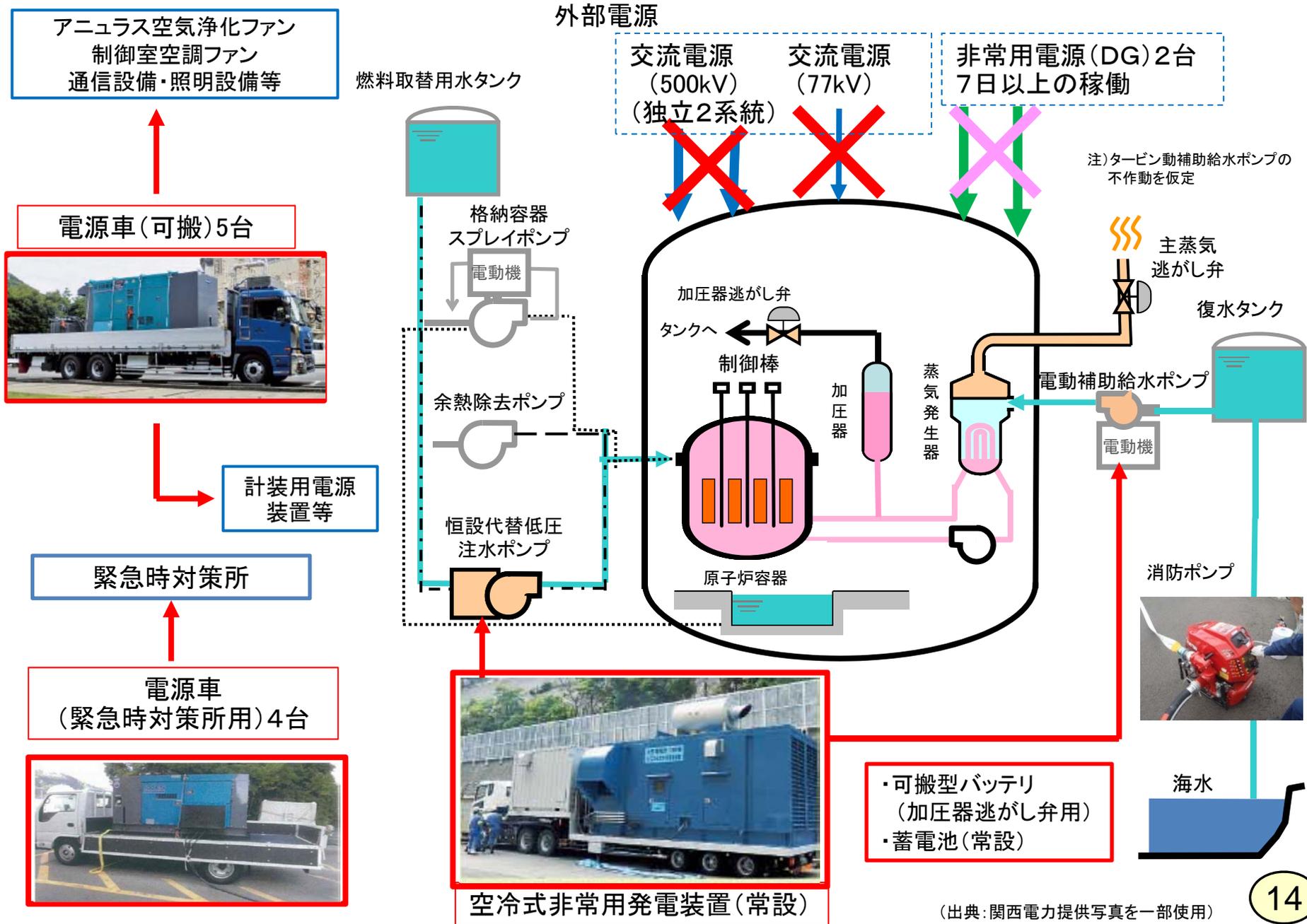
内部溢水

- 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。



(出典: 関西電力提供写真を一部使用)

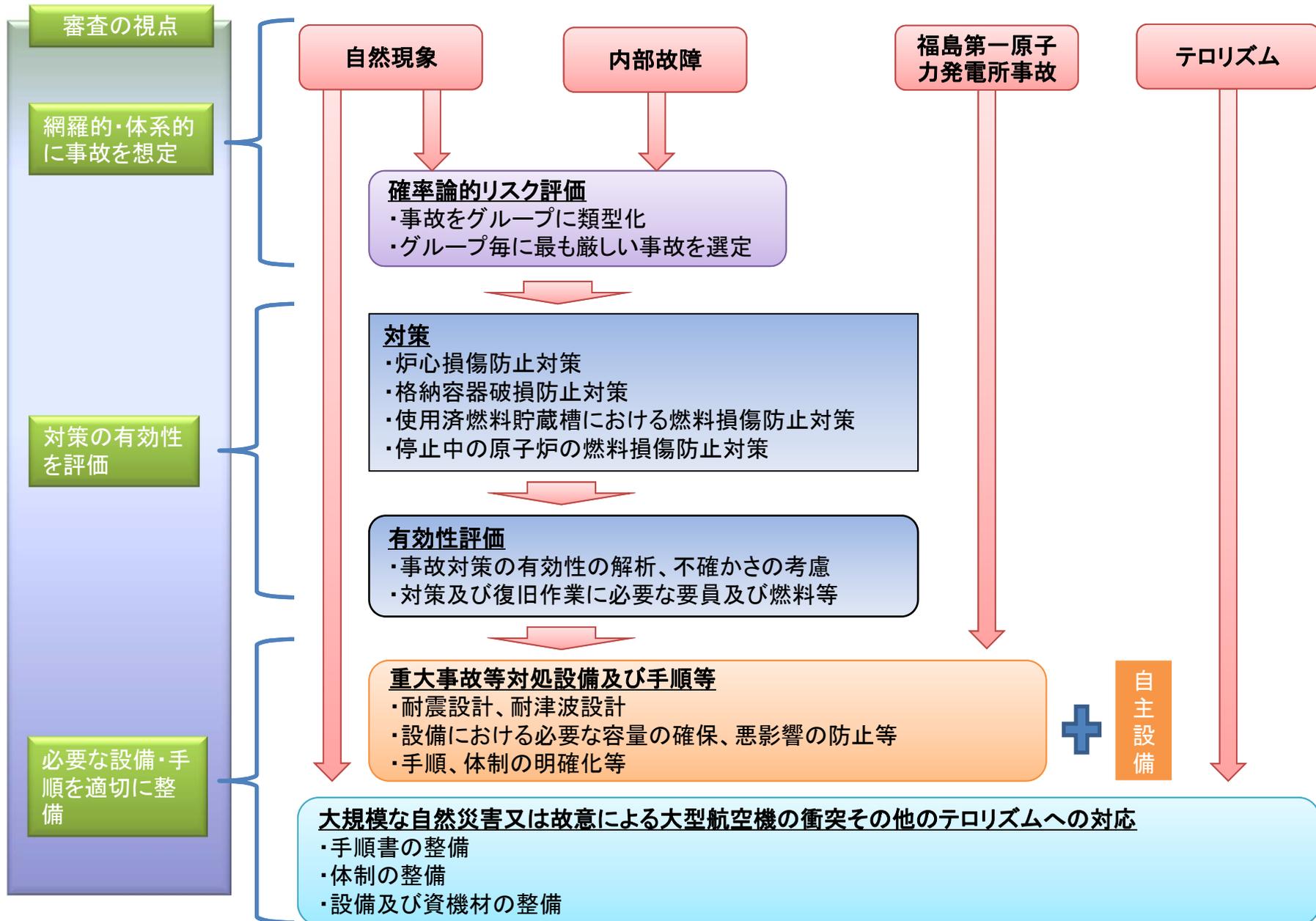
電源の確保(全交流動力電源喪失(SBO)対策)



(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

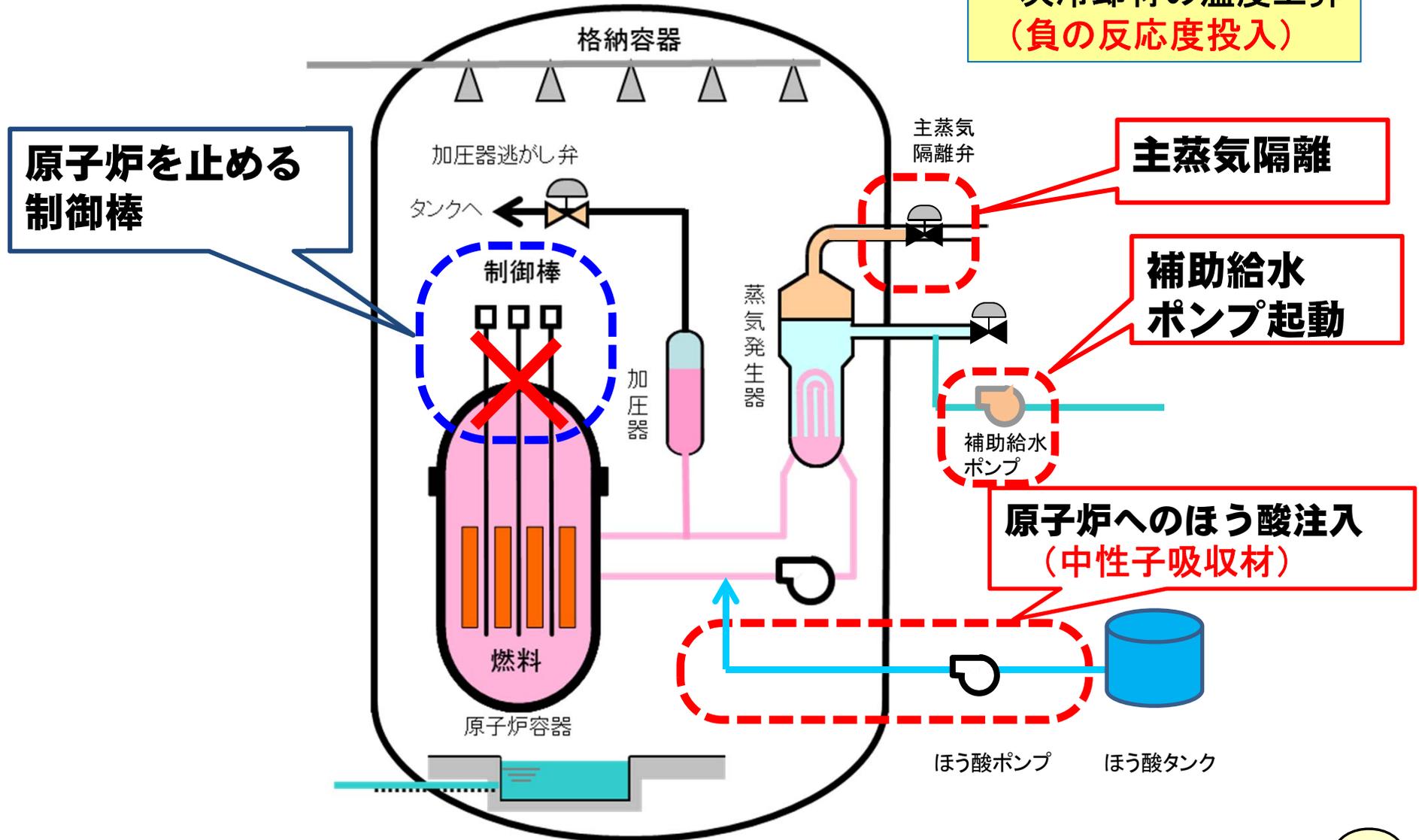
重大事故等対処に係る審査の概要



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。

申請内容

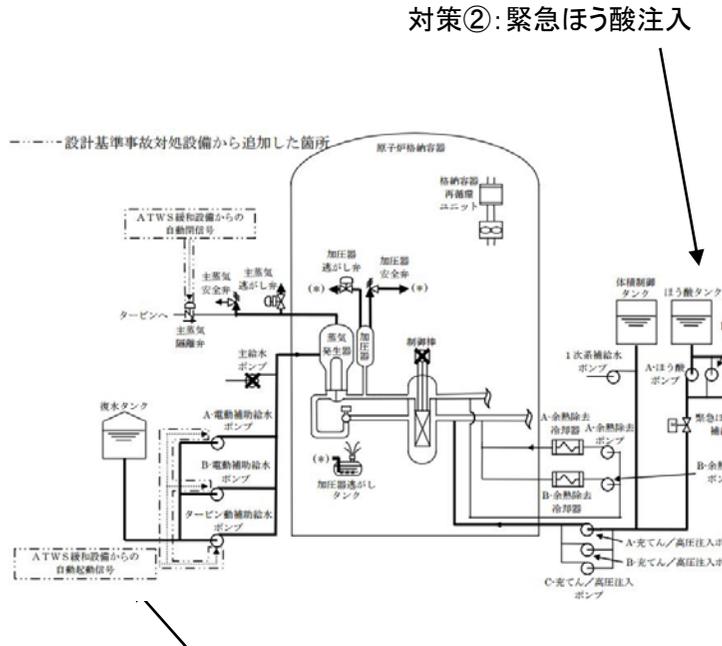
事故想定

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

有効性評価(第37条)

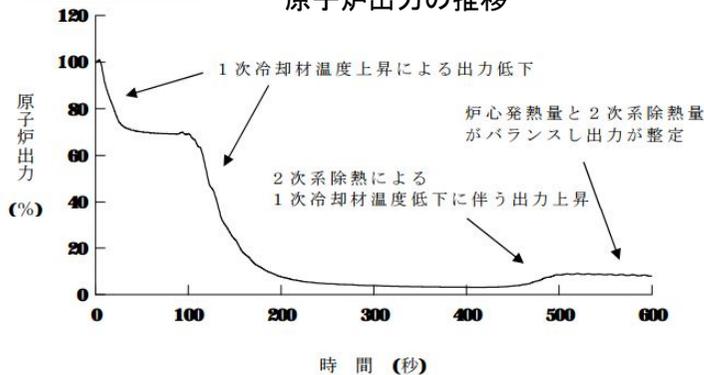
解析結果



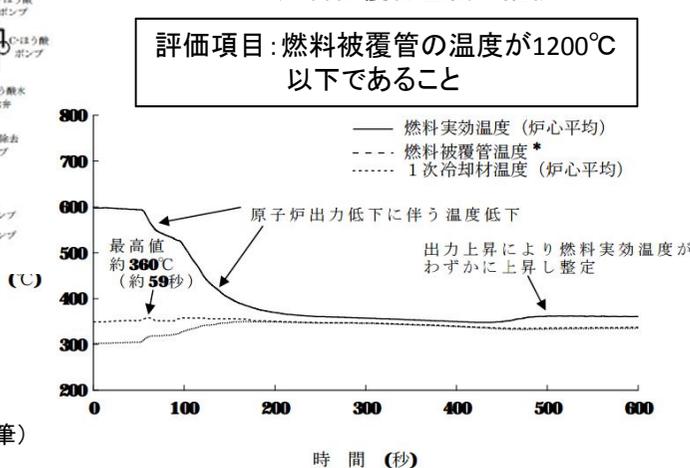
対策①: ATWS緩和設備の作動

対策②: 緊急ほう酸注入

原子炉出力の推移



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

(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。

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
・制御棒操作レバー
・タービントリップスイッチ

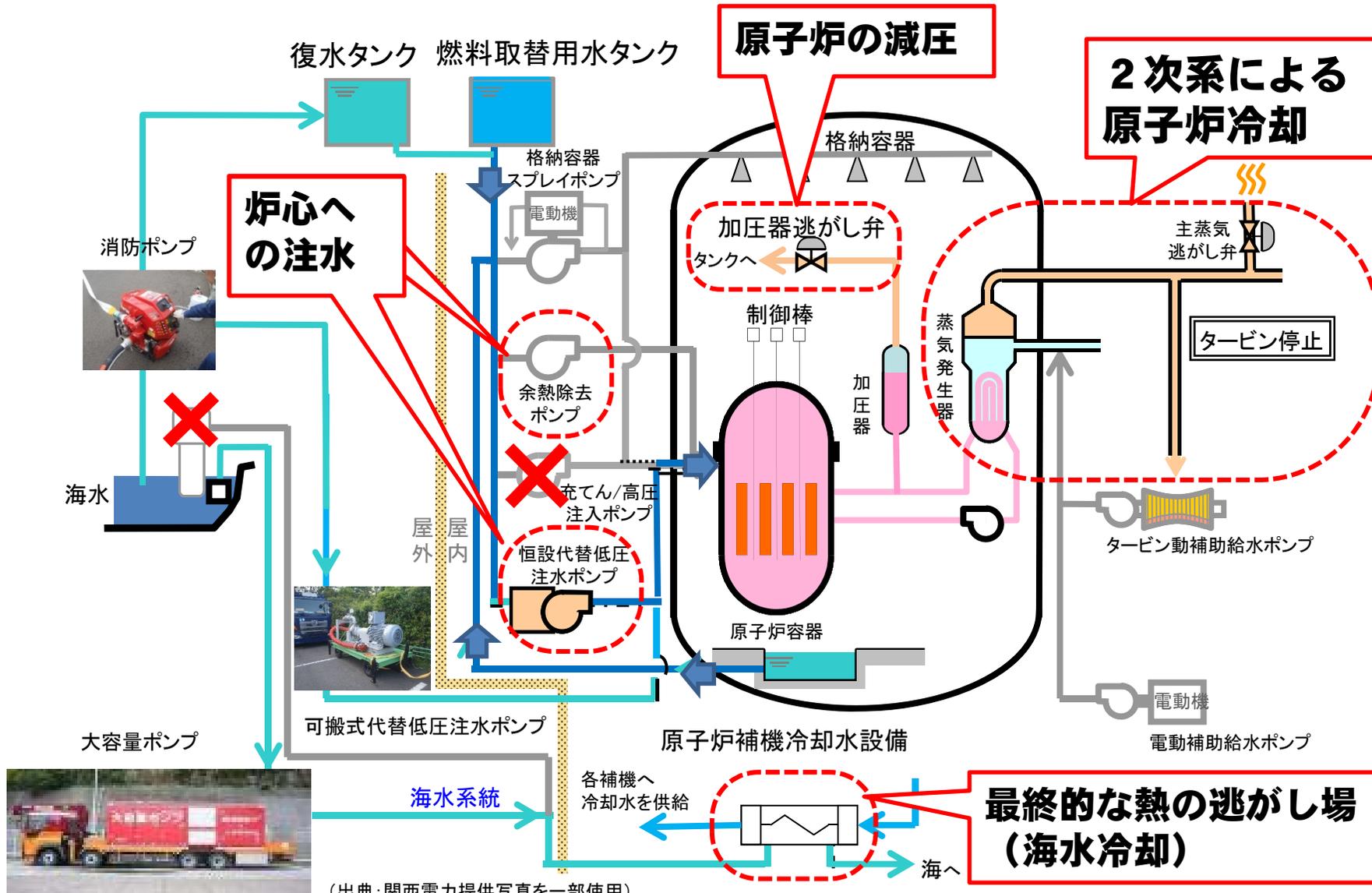
○: 要求事項
・: 申請者の対策

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。

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)



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)

規制要求

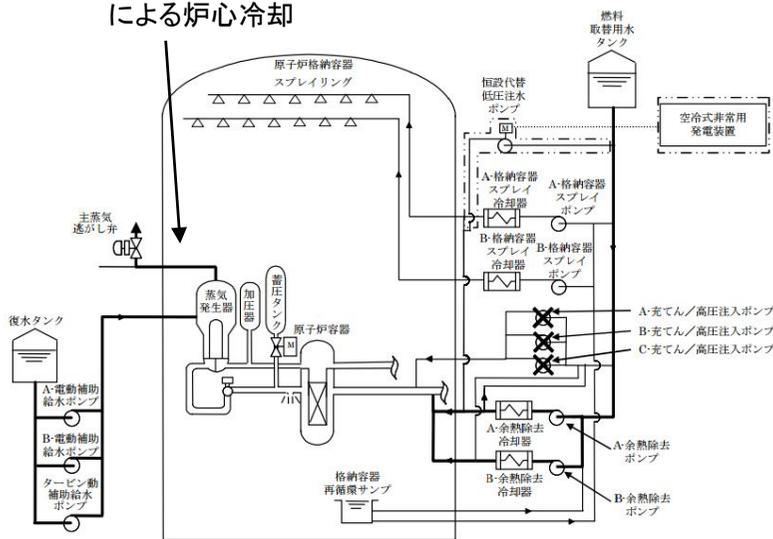
事故シーケンスグループ「ECCS注水機能喪失」について、最も厳しい事故シーケンスに対して、炉心損傷を防止すること。

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

対策①: 蒸気発生器2次側による炉心冷却



対策②: 余熱除去ポンプによる低圧注入

審査内容

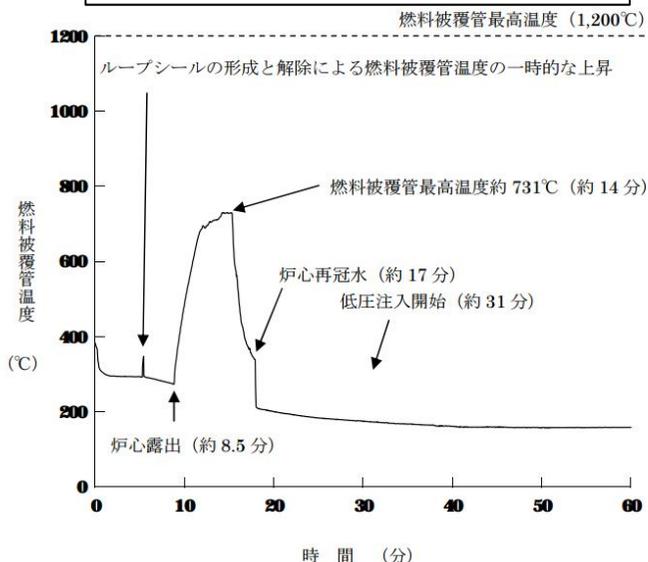
申請者の解析結果について、申請者が使用した解析コード、解析条件の不確かさを考慮しても、炉心損傷防止対策の評価項目を満足していること、対策及び復旧作業に必要な要員及び燃料等から、対策が有効なものと判断。

有効性評価(第37条)

解析結果

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)。



設備及び手順等(第47条等)

- 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
 - ・消防ポンプ
 - ・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

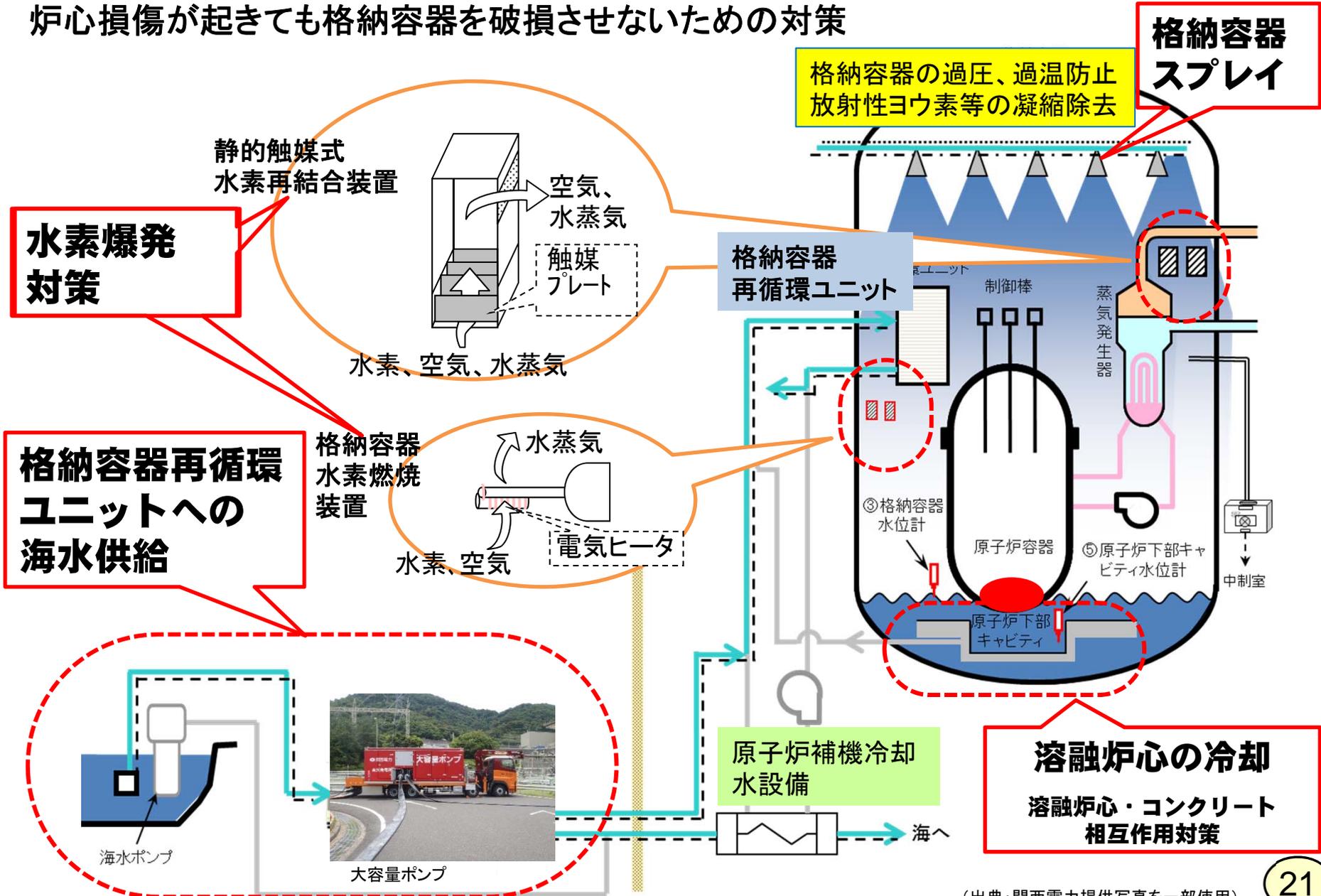
○: 要求事項
・: 申請者の対策

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。

炉心溶融後に格納容器破損を防ぐ対策(閉じ込める)

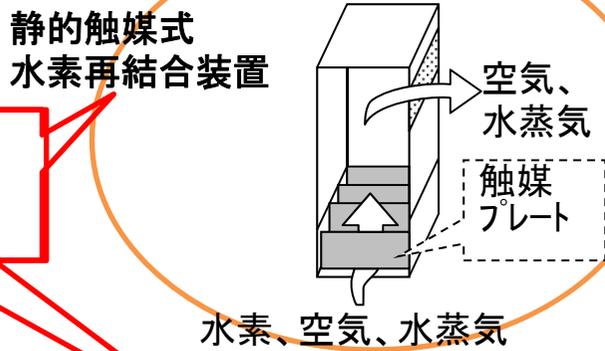
炉心損傷が起きてても格納容器を破損させないための対策



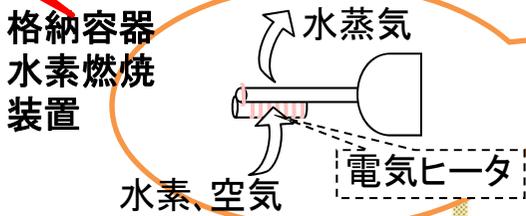
格納容器
スプレイ

格納容器の過圧、過温防止
放射性ヨウ素等の凝縮除去

水素爆発
対策



格納容器再循環
ユニットへの
海水供給



溶融炉心の冷却
溶融炉心・コンクリート
相互作用対策

(出典:関西電力提供写真を一部使用)

炉心溶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 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
- ④ 格納容器再循環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)

○格納容器再循環ユニットの設置

- ・格納容器再循環ユニット
- ・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
- ・格納容器スプレイポンプ(自己冷却)等

○: 要求事項
●: 申請者の対策

審査結果

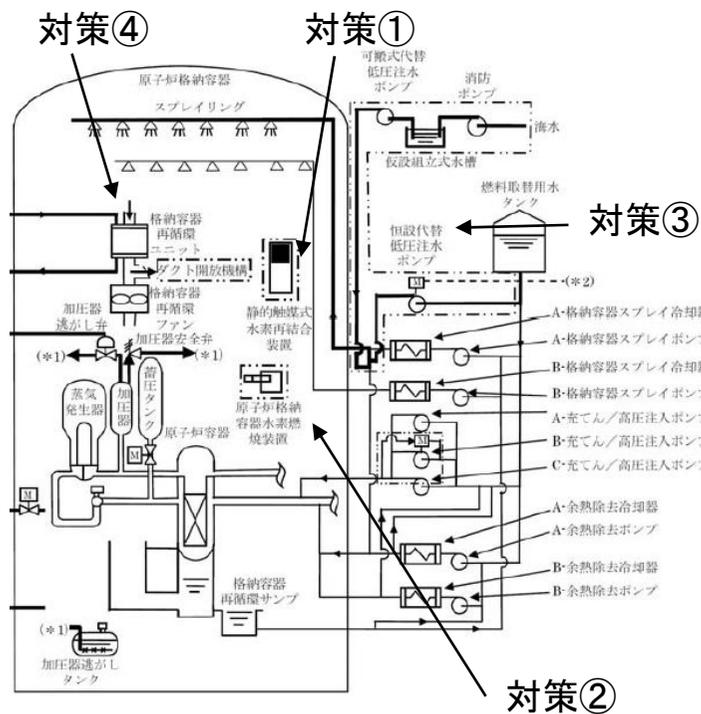
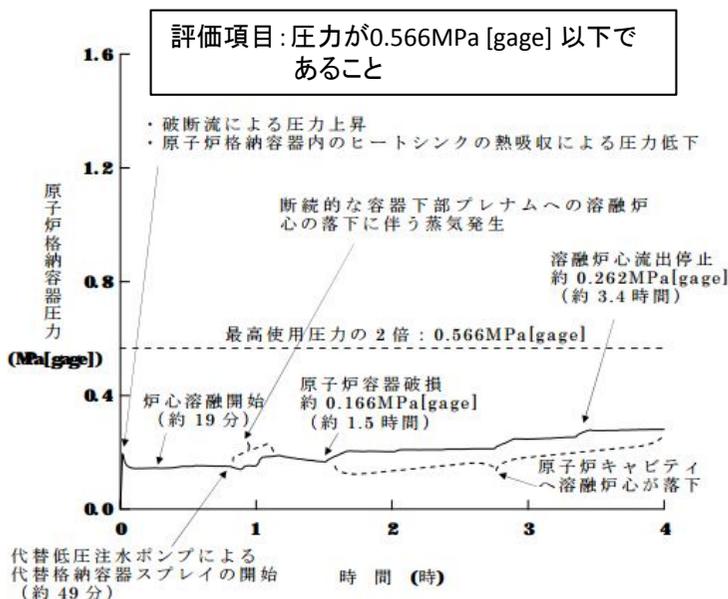
要求事項に対し設備・手順等が適切に整備されていることを確認。よって規則に適合と判断。

(出典: 関西電力説明資料に一部加筆)

22

解析結果

格納容器圧力の推移



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4.2TBq

評価項目: 100TBq以下であること

炉心溶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11.5%。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12.3%(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、赤線)。

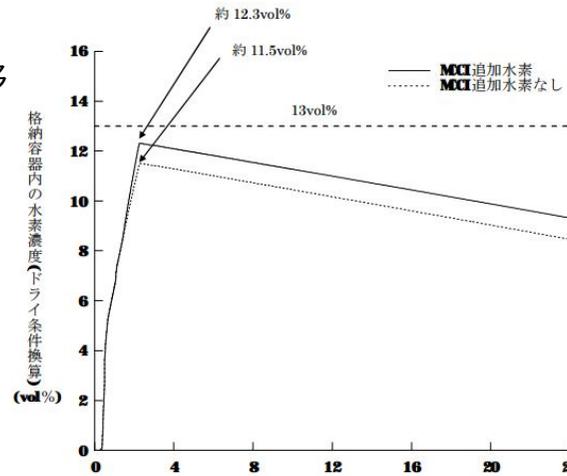
(出典:関西電力説明資料に一部加筆)

審査結果

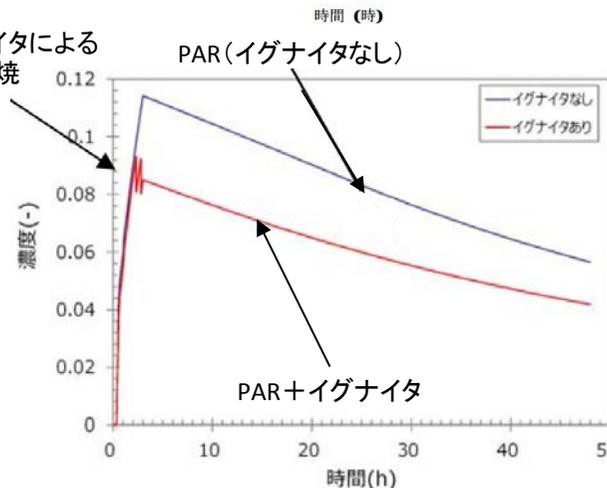
申請者の解析結果について、申請者が使用した解析コード、解析条件の不確かさを考慮しても、格納容器破損防止対策の評価項目を満足していること、対策及び復旧作業に必要な要員及び燃料等から、対策が有効なものと判断。また、イグナイタは、水素が頂部に成層化する可能性も考慮して、格納容器ドーム部頂部付近にも設置することを確認。

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)
 - ・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)

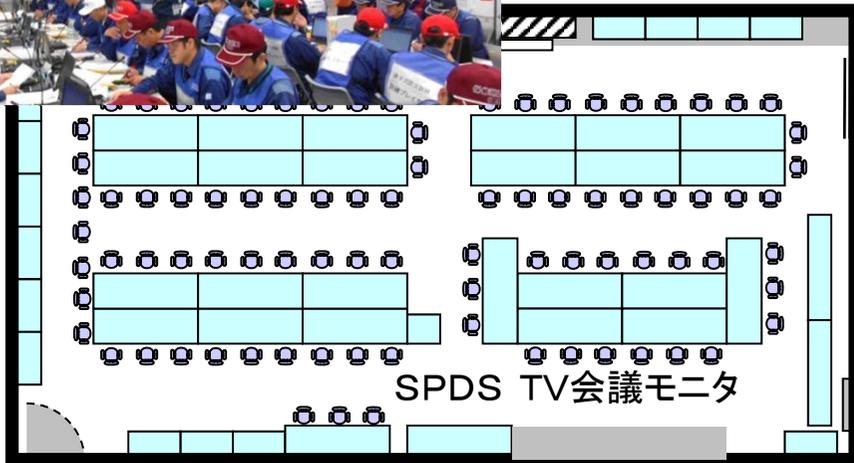
- アクセスルート確保
 - ・可搬型重大事故等対処機器や設備の運搬、設置ルートの確保
 - ・アクセスルートの多重性確保、障害物除去機器の確保



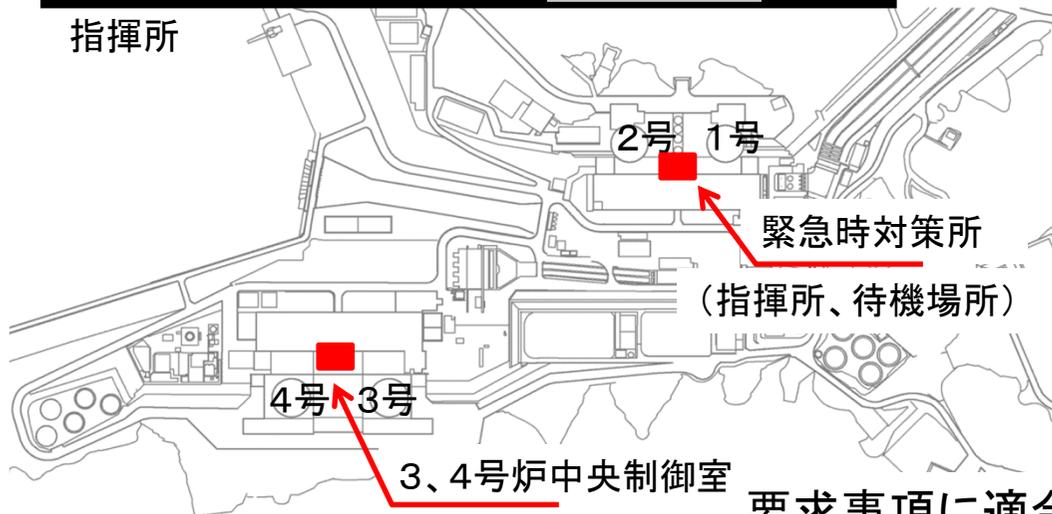
緊急時対策所の審査結果

(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



指揮所



◆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145m²(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

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）

重大事故の発生を想定

原子炉を確実に「止める」対策

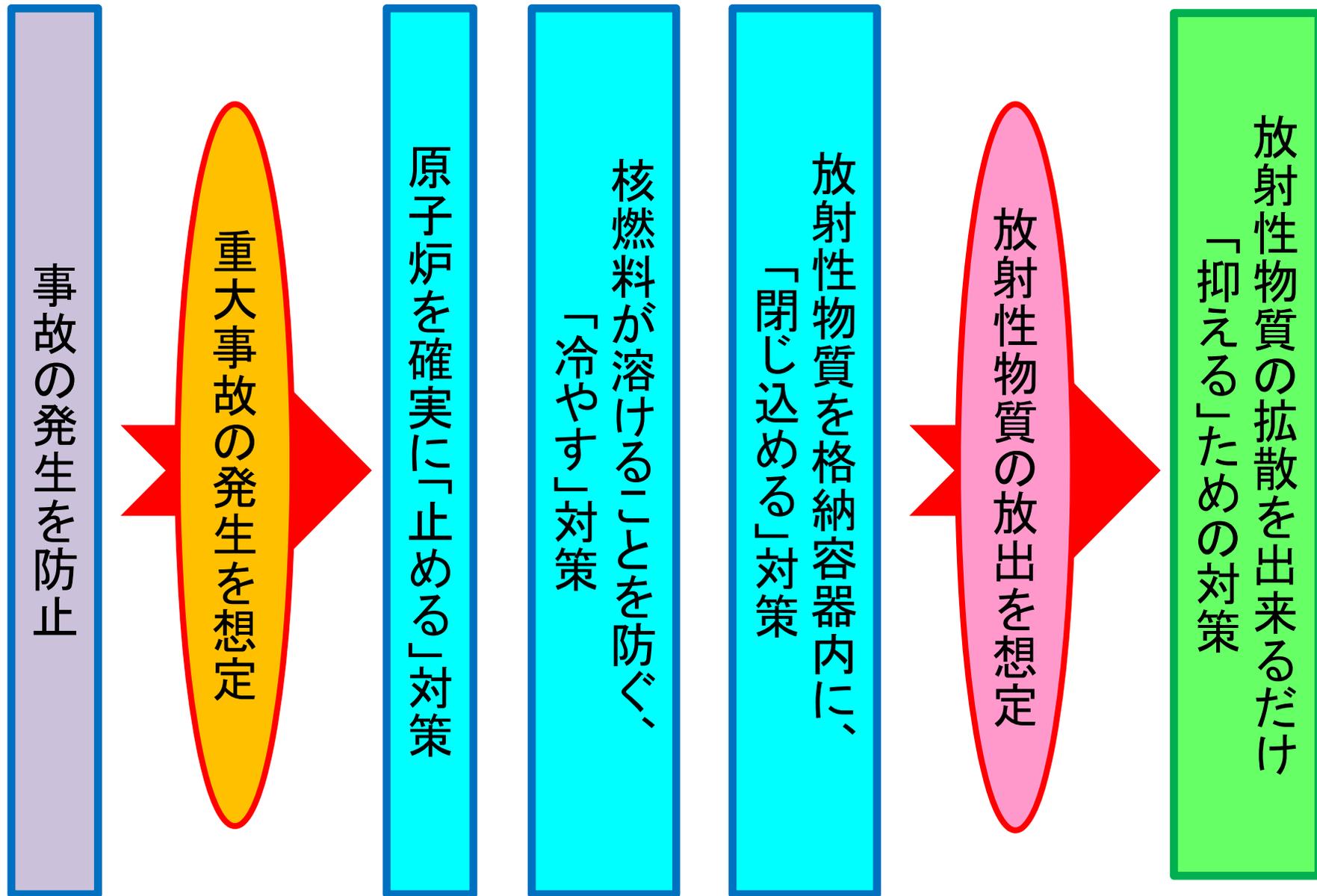
核燃料が溶けることを防ぐ、
「冷やす」対策

放射性物質を格納容器内に、
「閉じ込める」対策

➤ 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4.2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



※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

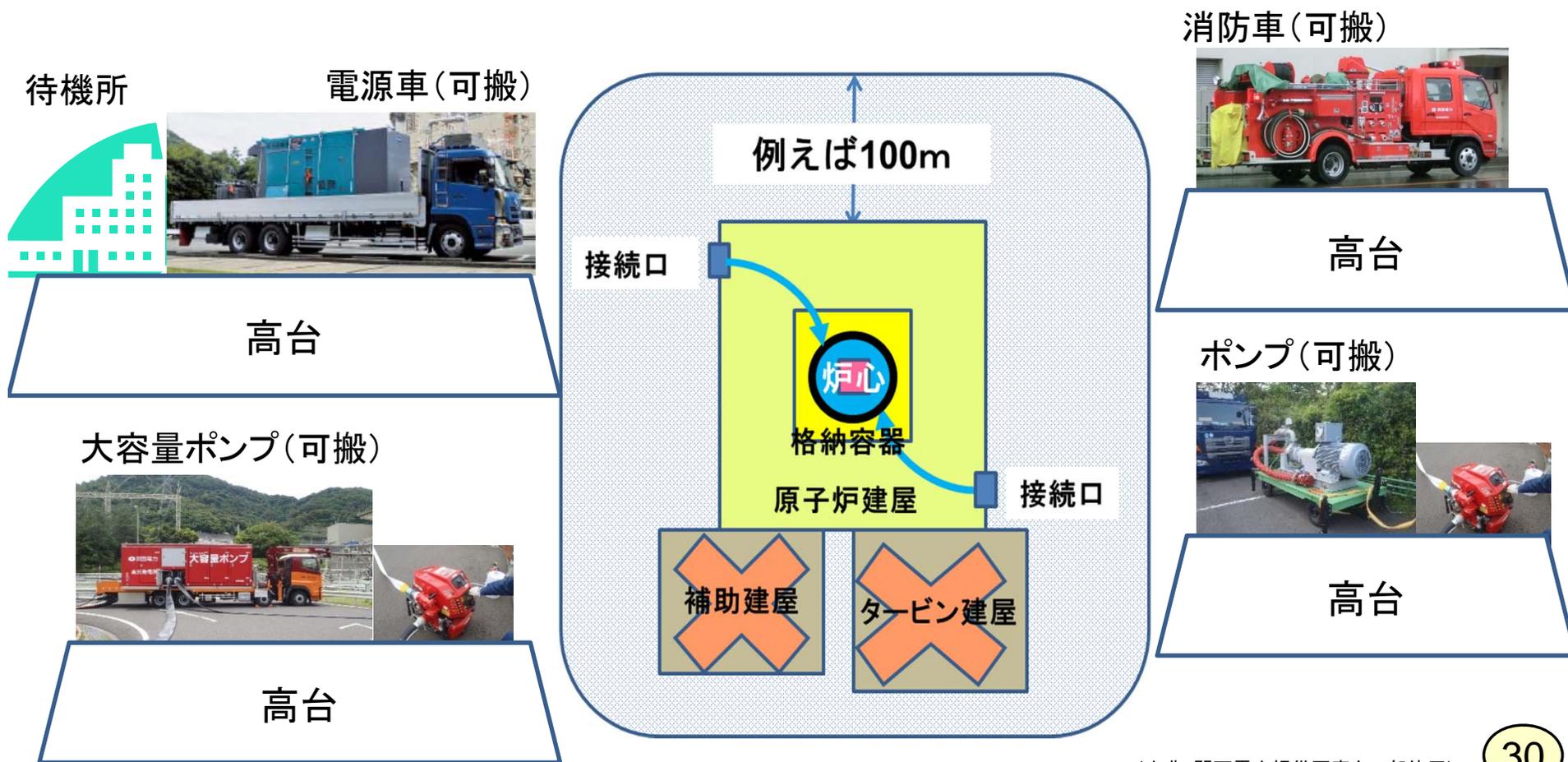
放水砲

(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



(出典: 関西電力提供写真を一部使用)

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。

「関西電力株式会社高浜発電所3・4号機の設置変更の許可について」

https://www.nsr.go.jp/disclosure/law/PWR/20150212_01.html

「審査結果」

<https://www.nsr.go.jp/data/000096119.pdf>