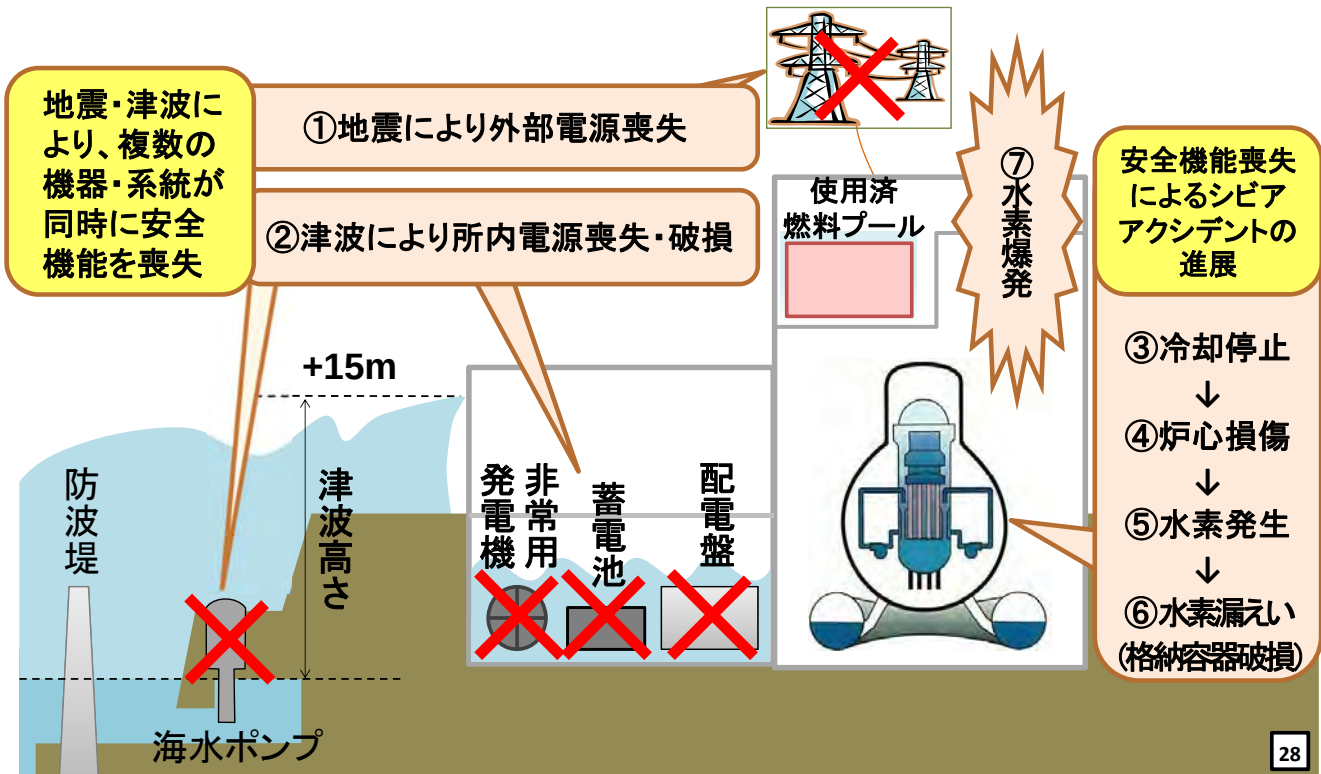
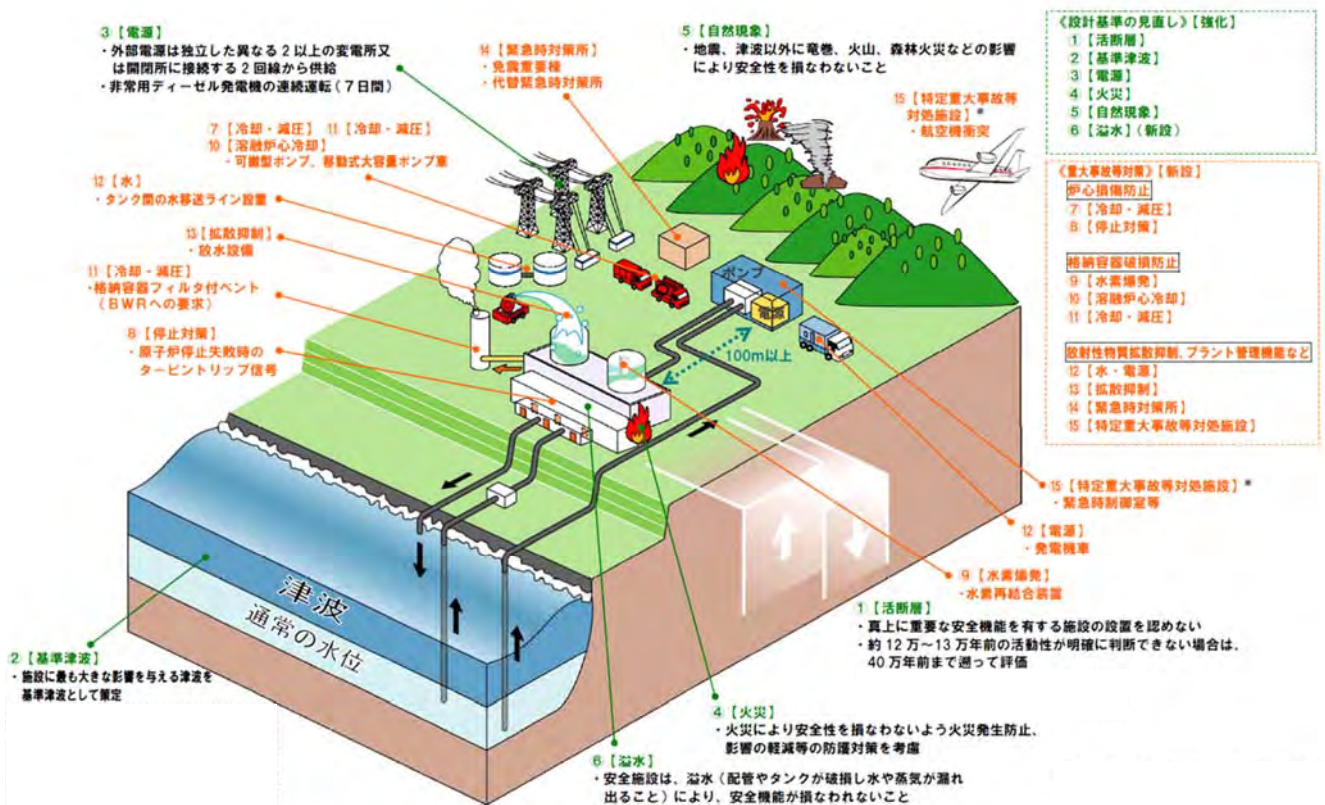


福島第一原発事故における教訓

- 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。



新規制基準で要求する主な対策(イメージ)



原子力発電所の新規制基準適合性審査申請の状況

○発電用原子炉の申請状況(申請順)

申請者	対象発電炉	申請受領日	申請者	対象発電炉	申請受領日
北海道電力	泊発電所 (1・2号炉)	平成25年7月8日	関西電力	美浜発電所 (3号炉)	平成27年3月17日
北海道電力	泊発電所 (3号炉)	平成25年7月8日	関西電力	高浜発電所 (1・2 (3・4) 号炉) (※2)	平成27年3月17日
関西電力	大飯発電所 (3・4号炉)	平成25年7月8日	関西電力	【運転延長】高浜発電所 (1・2号炉)	平成27年4月30日
関西電力	高浜発電所 (3・4号炉)	平成25年7月8日	中部電力	浜岡原子力発電所 (3号炉)	平成27年6月16日
四国電力	伊方発電所 (3号炉)	平成25年7月8日	日本原子力発電	敦賀発電所 (2号炉)	平成27年11月5日
九州電力	川内原子力発電所 (1・2号炉)	平成25年7月8日	関西電力	【運転延長】美浜発電所 (3号炉)	平成27年11月26日
九州電力	玄海原子力発電所 (3・4号炉)	平成25年7月12日	九州電力	【特重】川内原子力発電所 (1・2号炉)	平成27年12月17日
東京電力	柏崎刈羽原子力発電所 (6・7号炉)	平成25年9月27日	北海道電力	【特重】泊発電所 (3号炉)	平成27年12月18日
中国電力	島根原子力発電所 (2号炉)	平成25年12月25日	四国電力	【特重】伊方発電所 (3号炉)	平成28年1月14日
東北電力	女川原子力発電所 (2号炉)	平成25年12月27日	中国電力	【特重】島根原子力発電所 (2号炉)	平成28年7月4日
中部電力	浜岡原子力発電所 (4号炉)	平成26年2月14日 平成27年1月26日 (※1)			
日本原子力発電	東海第二発電所	平成26年5月20日			
東北電力	東通原子力発電所 (1号炉)	平成26年6月10日			
北陸電力	志賀原子力発電所 (2号炉)	平成26年8月12日			
東京電力	【特重】柏崎刈羽原子力発電所 (1, 6, 7号炉)	平成26年12月15日			
電源開発	大間原子力発電所 (特定を含む)	平成26年12月16日			
関西電力	【特重】高浜発電所 (3・4号炉)	平成26年12月25日			

※1: 平成26年2月14日付けで申請された発電用原子炉設置変更許可申請書について、使用済燃料乾式貯蔵施設を追加するため、平成27年1月26日付けで取下げ及び再申請がなされた。

※2: 平成25年7月8日付けで申請され、平成27年2月12日に設置変更許可された高浜3・4号炉の申請は、1・2号炉が稼働しない前提での申請であったため、改めて3・4号炉において変更が必要な部分についても申請されたもの。

30

新規制基準への適合性審査等の状況

◆九州電力川内1・2号機

平成26年9月10日 設置変更許可を決定
 平成27年3月18日 1号機の工事計画認可を決定
 同 3月30日 1号機の使用前検査を開始
 同 5月22日 2号機の工事計画認可を決定
 同 5月27日 保安規定変更認可を決定
 同 6月10日 2号機の使用前検査を開始
 同 9月10日 1号機の使用前検査合格証を交付
 同 11月17日 2号機の使用前検査合格証を交付

◆関西電力高浜3・4号機

平成27年2月12日 設置変更許可を決定
 同 8月4日 3号機の工事計画認可を決定
 同 8月17日 3号機の使用前検査を開始
 同 10月9日 4号機の工事計画認可を決定
 同 10月9日 保安規定変更認可を決定
 同 10月21日 4号機の使用前検査を開始
 平成28年2月26日 3号機の使用前検査合格証を交付

◆関西電力高浜3・4号機(特定重大事故等対処施設)

平成27年9月21日 設置変更許可を決定

◆四国電力伊方3号機

平成27年7月15日 設置変更許可を決定
 平成28年3月23日 工事計画認可を決定
 同 4月5日 使用前検査を開始
 同 4月19日 保安規定変更認可を決定
 同 9月7日 使用前検査合格証を交付

◆関西電力高浜1・2 (3・4) 号機

平成28年4月20日 設置変更許可を決定
 同 6月10日 工事計画認可を決定
 同 6月20日 運転期間延長認可を決定

◆関西電力美浜3号機

平成28年10月5日 設置変更許可を決定
 同 10月26日 工事計画認可を決定
 同 11月16日 運転期間延長認可を決定

31

【審査結果の具体例】

美浜発電所3号機の設置変更許可に関する審査の概要

32

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>

33

(1) 重大事故の発生を防止するための対策

34

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)やベイクープル調査(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)

35

基準地震動

【敷地周辺の主な断層の分布】

- C断層、三方断層、白木一丹生断層、大陸棚外縁～B～野坂断層、安島岬沖～和布一干飯崎沖～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～和布一干飯崎沖～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。

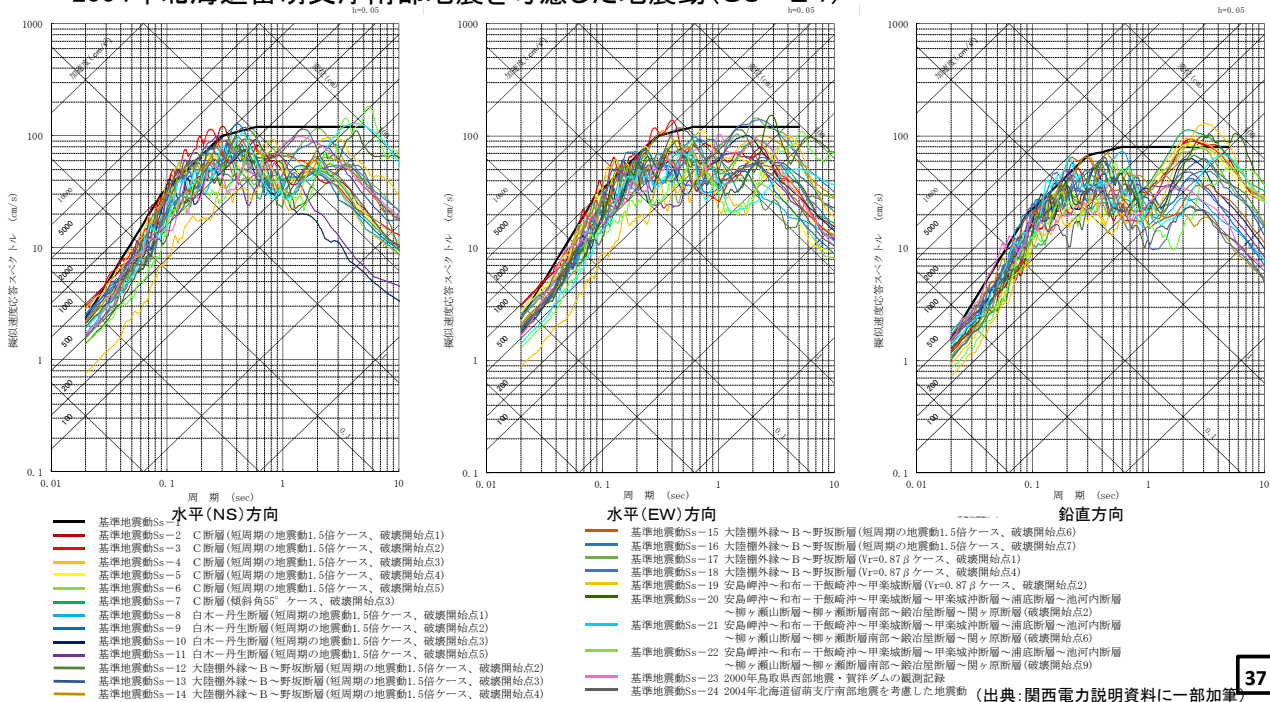
(出典:関西電力説明資料)

36

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Ss-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Ss-2～Ss-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(Ss-23)
 - ・2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動(Ss-24)



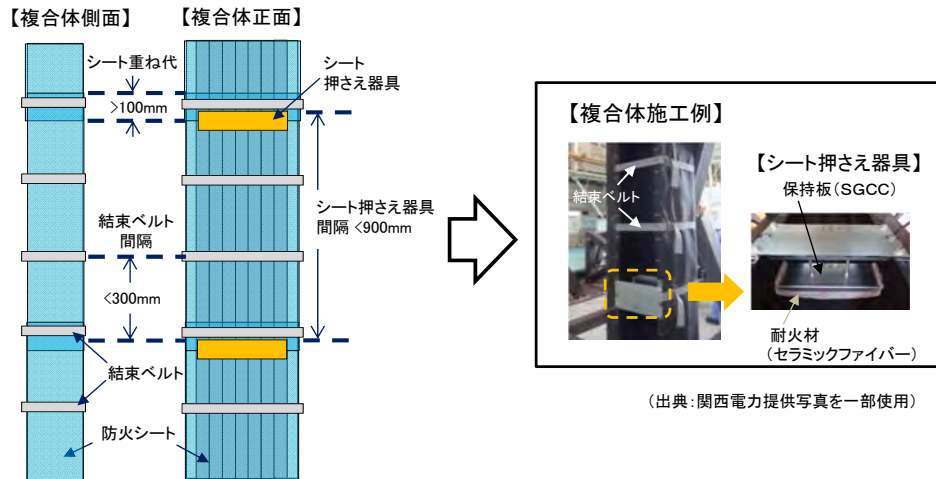
(出典:関西電力説明資料に一部加筆)

37

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

40

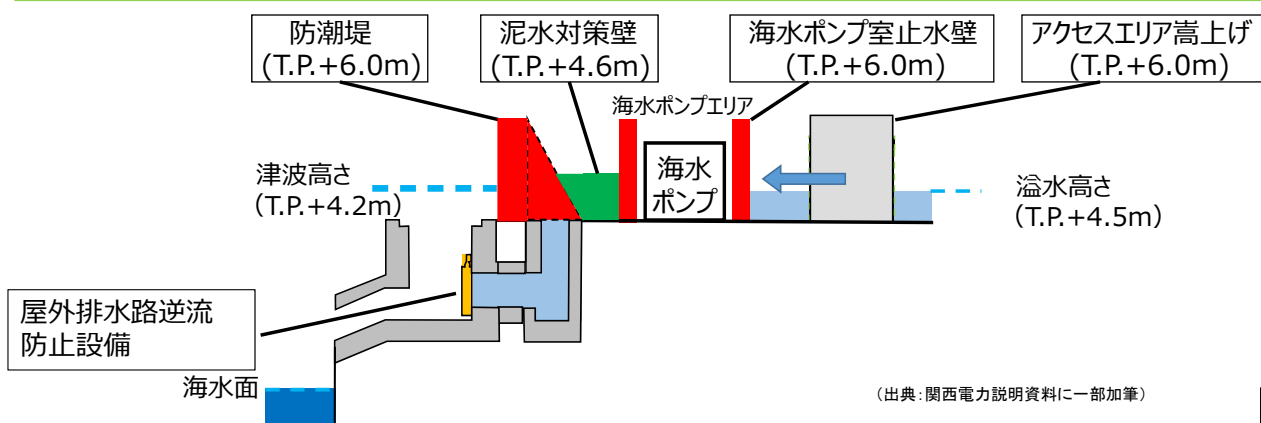
溢水対策

【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】

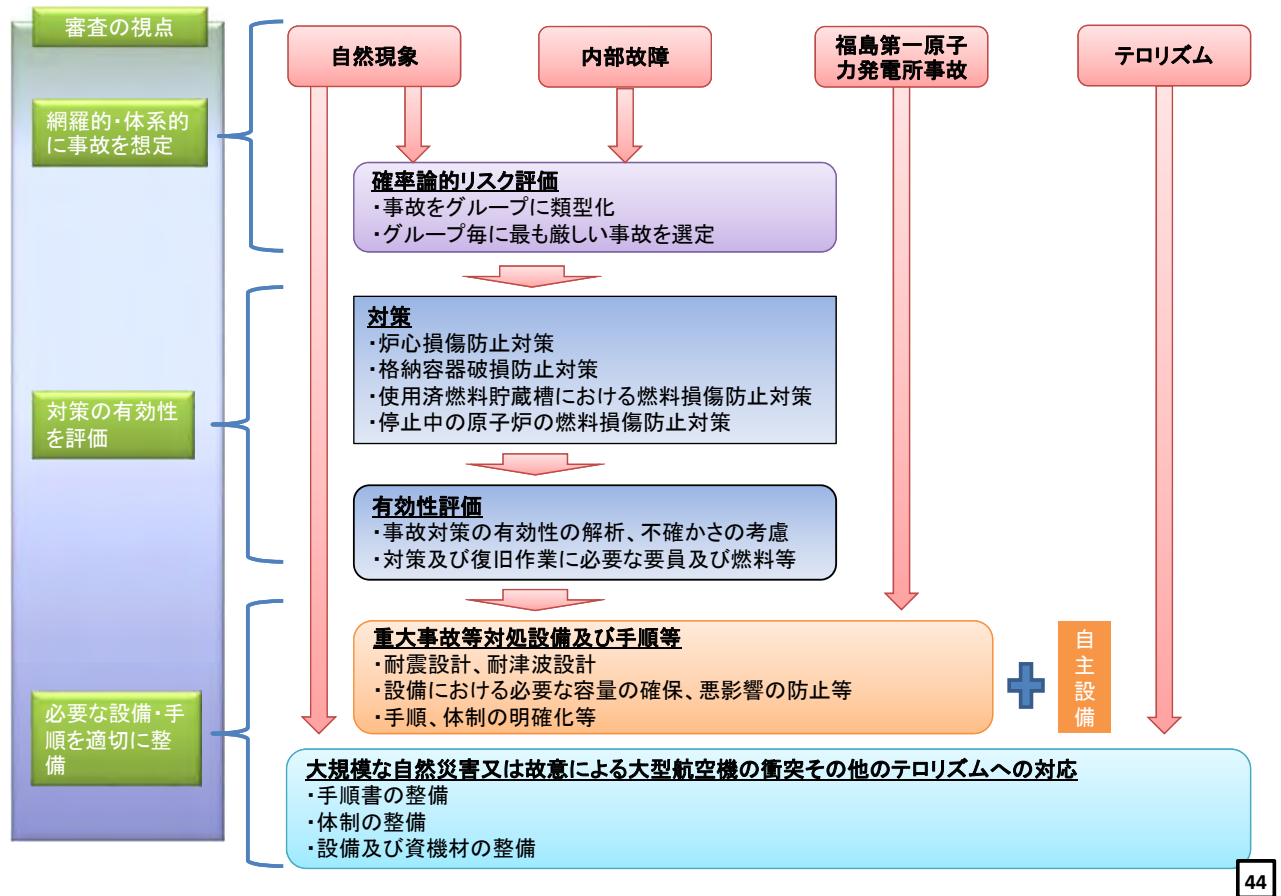
- ① 防護対象設備である海水ポンプ等については、止水壁等により溢水による機能喪失を防止。
- ② 海水ポンプ前面への泥水の流入防止を図るため、側面に泥水対策壁を設置。
- ③ SA時のアクセスルートを確認するため、取水口付近のアクセスルートを嵩上げ。
- ④ 溢水経路の漂流物対策として、休憩室他を移設。
- ⑤ 溢水量低減対策として、2次系純水タンク保有水量減。



（出典：関西電力説明資料に一部加筆）

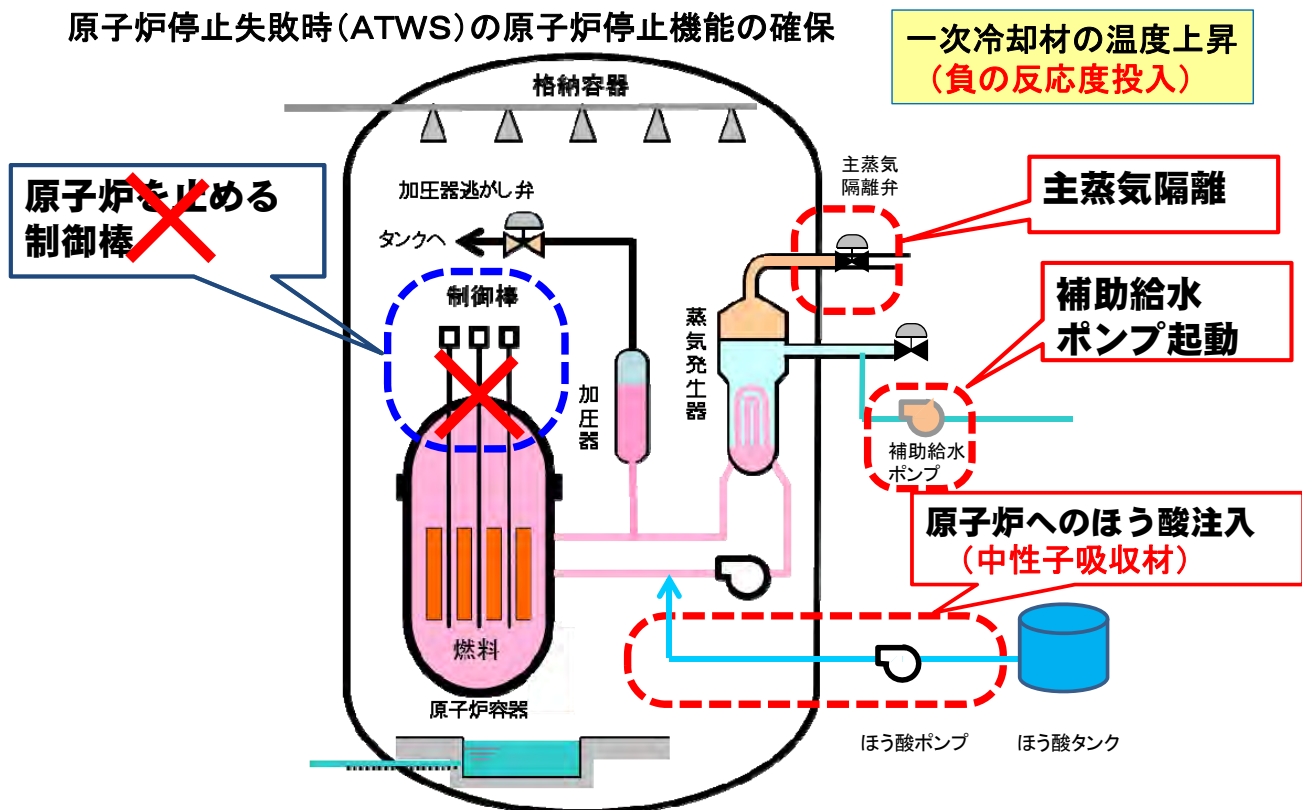
41

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



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)

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

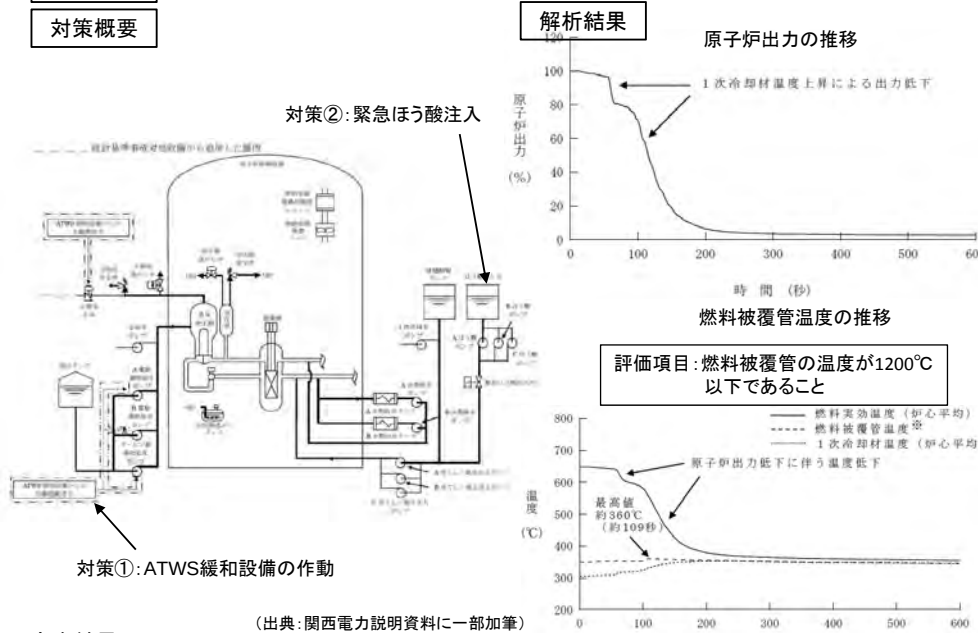
●自主設備
・MGセット電源
・原子炉トリップしゃ断器スイッチ
・制御棒操作器
・タービントリップスイッチ

○: 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。

46

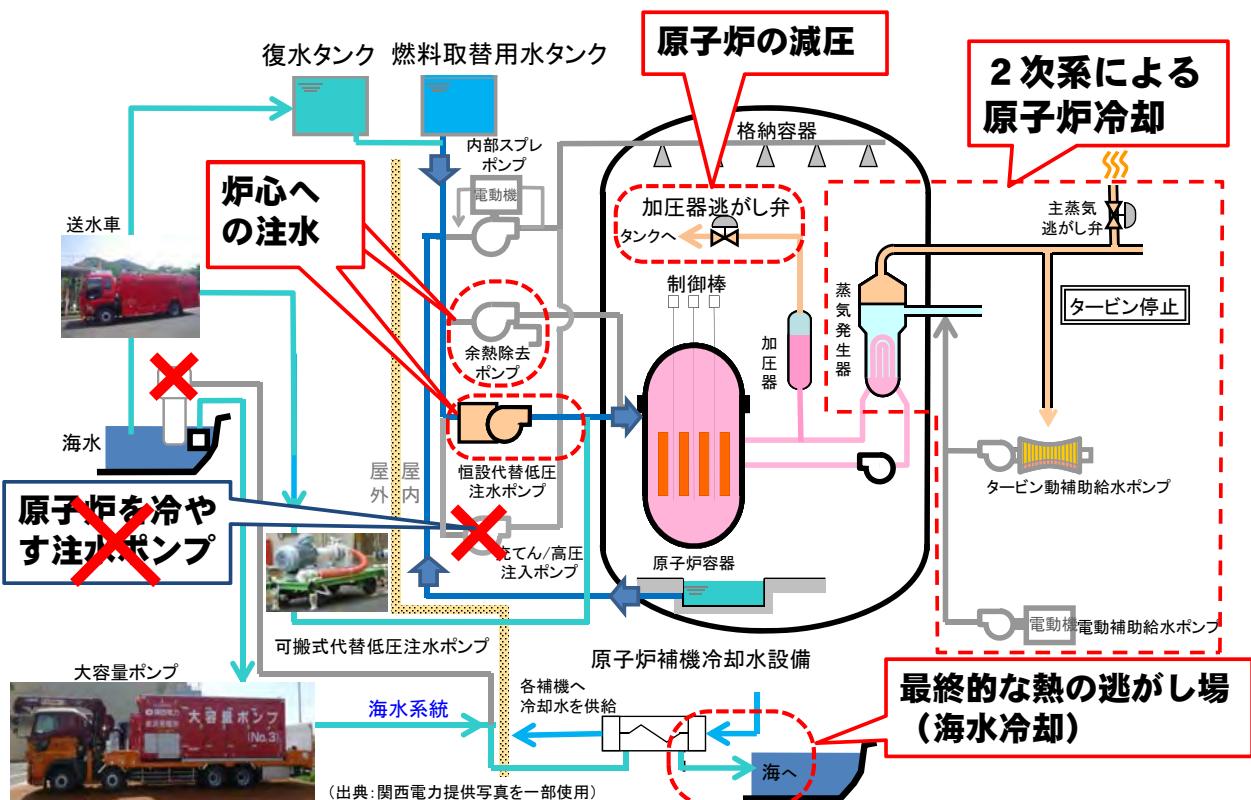


審査結果

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)



47

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

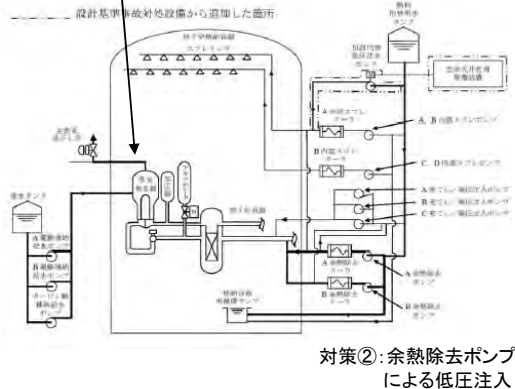
事故シーケンスグループ「ECCS注水機能喪失」について、最も厳しい事故シーケンスに対して、炉心損傷を防止すること。

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



審查內容

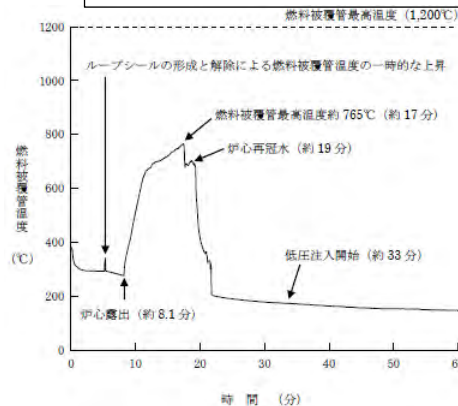
申請者の解析結果について、申請者が使用した解析コード、解析条件の不確かさを考慮しても、炉心損傷防止対策の評価項目を満足していること、対策及び復旧作業に必要な要員及び燃料等から、対策が有効なものと判断。

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℃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
- ・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)
- ・燃料取扱用水タンク(重力注入)等

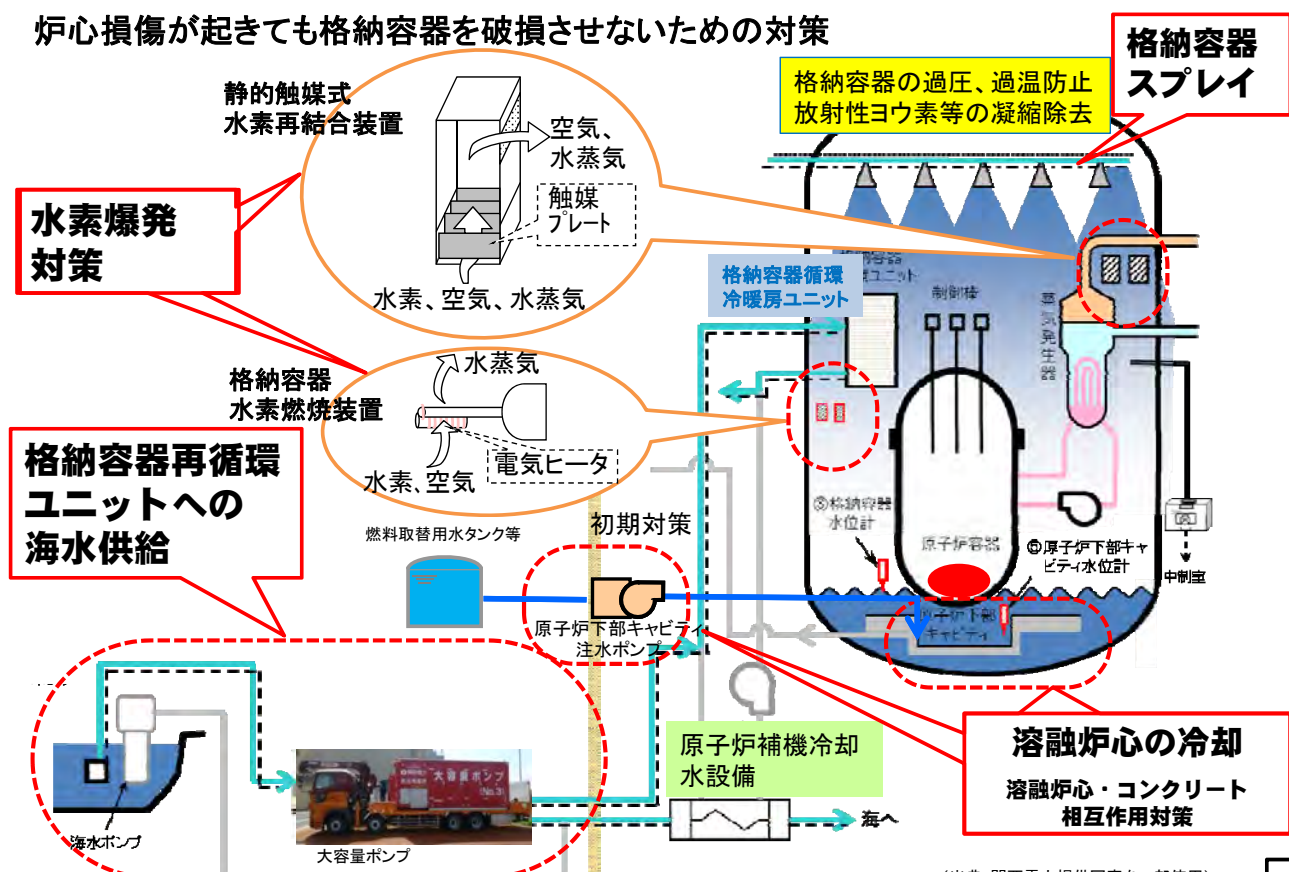
○:要求事項
・:申請者の対策

審查結果

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)

炉心損傷が起きても格納容器を破損させないための対策



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。

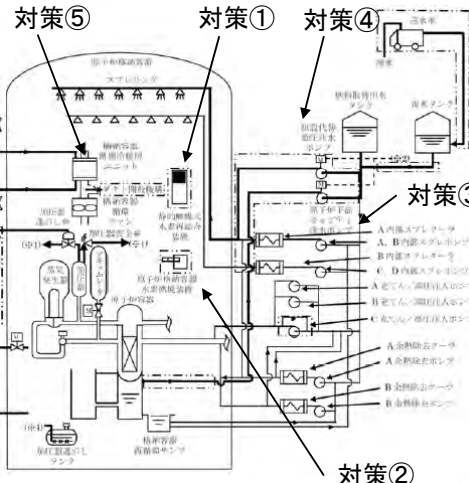
申請内容

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

①PAR、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格納容器循環冷却ユニットによる格納容器内自然対流冷却



審査結果

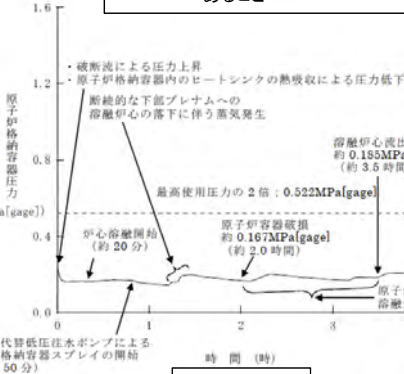
申請者の解析結果について、申請者が使用した解析コード、解析条件の不確かさを考慮しても、格納容器破損防止対策の評価項目を満足していること、対策及び復旧作業に必要な要員及び燃料等から、対策が有効なものと判断。

有効性評価(第37条)

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



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

設備及び手順等(第49、50条等)

○格納容器循環冷却ユニットの設置
・格納容器循環冷却ユニット
・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
・燃料代替用水タンク
・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。

(出典: 関西電力説明資料に一部加筆)

50

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)。

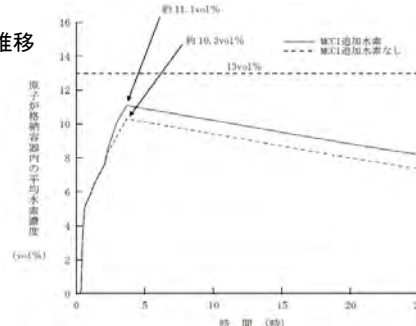
(出典: 関西電力説明資料に一部加筆)

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。

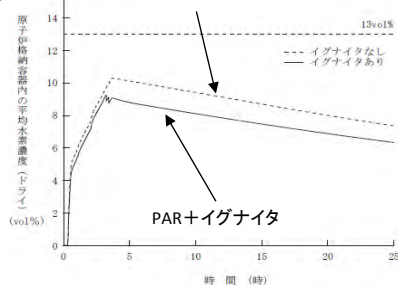
有効性評価(第37条)

水素濃度の推移



イグナイタによる水素燃焼

PAR(イグナイタなし)



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。

51

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)



52

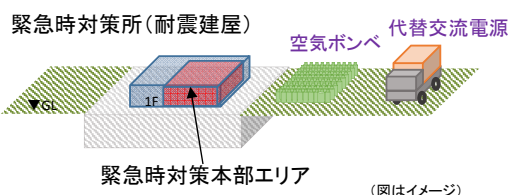
緊急時対策所

(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)

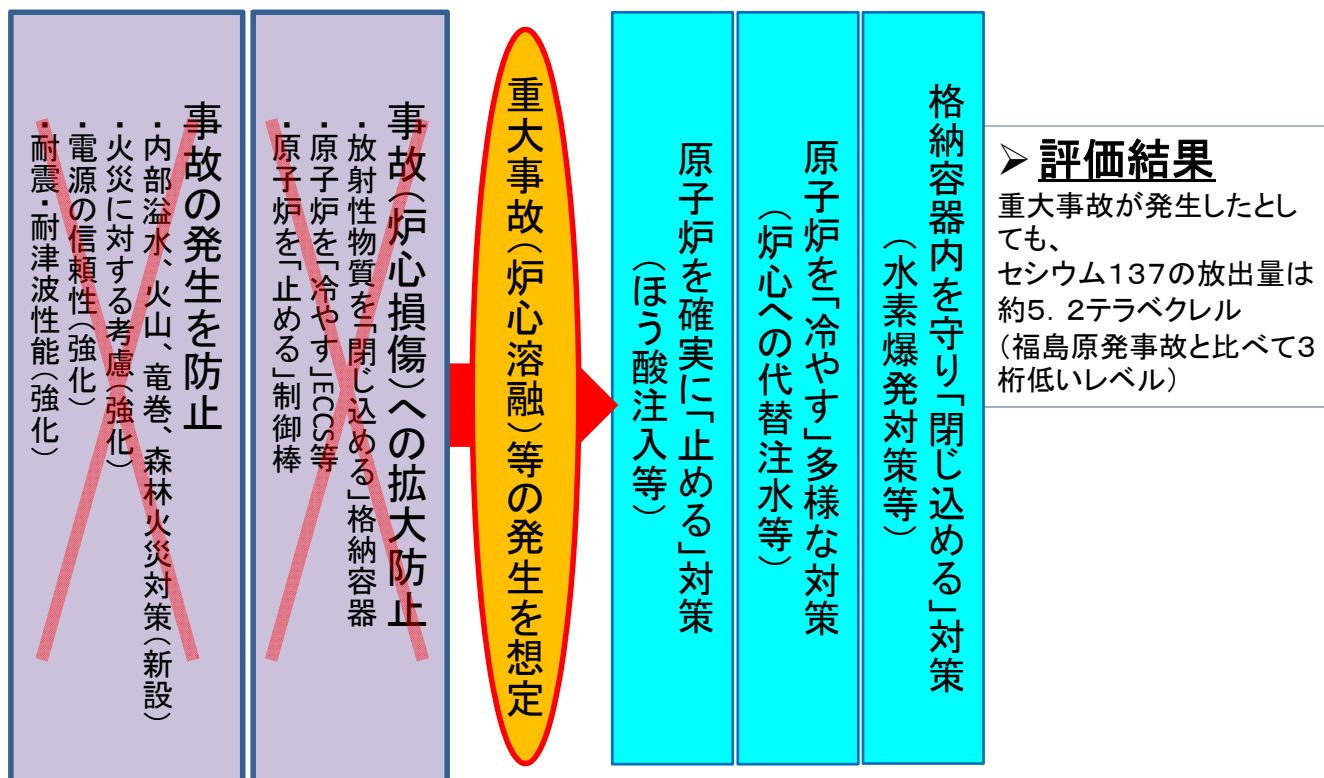


(図はイメージ)

◆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、空気ポンプ等)
 - ・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)

53



(3) 更なる対策