

大飯発電所3・4号炉に関する 審査の概要

平成29年8月



本日の説明の順序

1

1. はじめに
 - ・原子力規制委員会について
2. 新規制基準の概要
 - ・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
3. 大飯3・4号炉の審査結果の概要
 - (1) 重大事故の発生を防止するための対策
 - ・地震・津波など、自然現象への対策の強化
 - ・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)
 - (3) 放射性物質の拡散を「抑える」ための対策 等
4. 今後の予定

1. はじめに

2

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教訓に学び、二度とこのような事故を起こさないために設置された。(2012年9月発足)

原子力規制委員会

原子力規制庁(事務局)

- ✓ 原子力利用における「推進」と「規制」を分離。専門的知見に基づき、中立公正な立場で独立して安全規制を実施する。
- ✓ 事故の発生を常に想定し、その防止に向けて不断の努力をしなければならぬとの認識に立って、安全規制を実施する。

新規制基準と適合性審査について

- 原子力規制委員会は、東京電力福島第一原発事故の教訓等を踏まえ、従来の基準から大幅に強化された新規制基準を策定した。
(☞本資料「2. 新規制基準の概要」)
- 厳格に審査を行い、大飯3・4号炉の設置変更許可申請の内容が、新規制基準に適合していることを確認した。
(☞本資料「3. 大飯3・4号炉の審査結果の概要」)
- 大飯3・4号炉の運転により、東京電力福島第一原発事故時のような住民避難等が必要となる事態に至る可能性は、極めて低く抑えられているものと判断。

(参考)

- ✓ 新規制基準は、想定される重大事故※¹の発生時に放出される放射性物質(セシウム137)の放出量が100テラベクレル※²を下回ることを要求。
- ✓ 大飯3・4号炉の適合性審査の中で確認した、極めて厳しい重大事故におけるセシウム137の放出量※³は、この基準を十分に満足している。

(※1)核燃料が溶けたり、放射性物質が大量に放出される危険性のある事故。シビアアクシデント。

(※2)東京電力福島第一原発事故の約百分の一。

(※3)格納容器過圧破損防止対策を講じた場合における放出量は、7日間で約5.2テラベクレル。(4)

審査結果に対する基本的認識

- 大飯3・4号炉の適合性審査では、法律に基づき、運転に当たって求められるレベルの安全性が確保されることを確認。
(☞本資料「3. 大飯3・4号炉の審査結果の概要」)
- 原子力規制委員会は、安全の追求に「完璧」や「終わり」はないとの認識の下、規制基準の見直しを含む更なる安全性の向上に継続的に取り組んでいくとともに、事業者にも更なる安全レベルの達成に向けた不断の取り組みを求めていく。

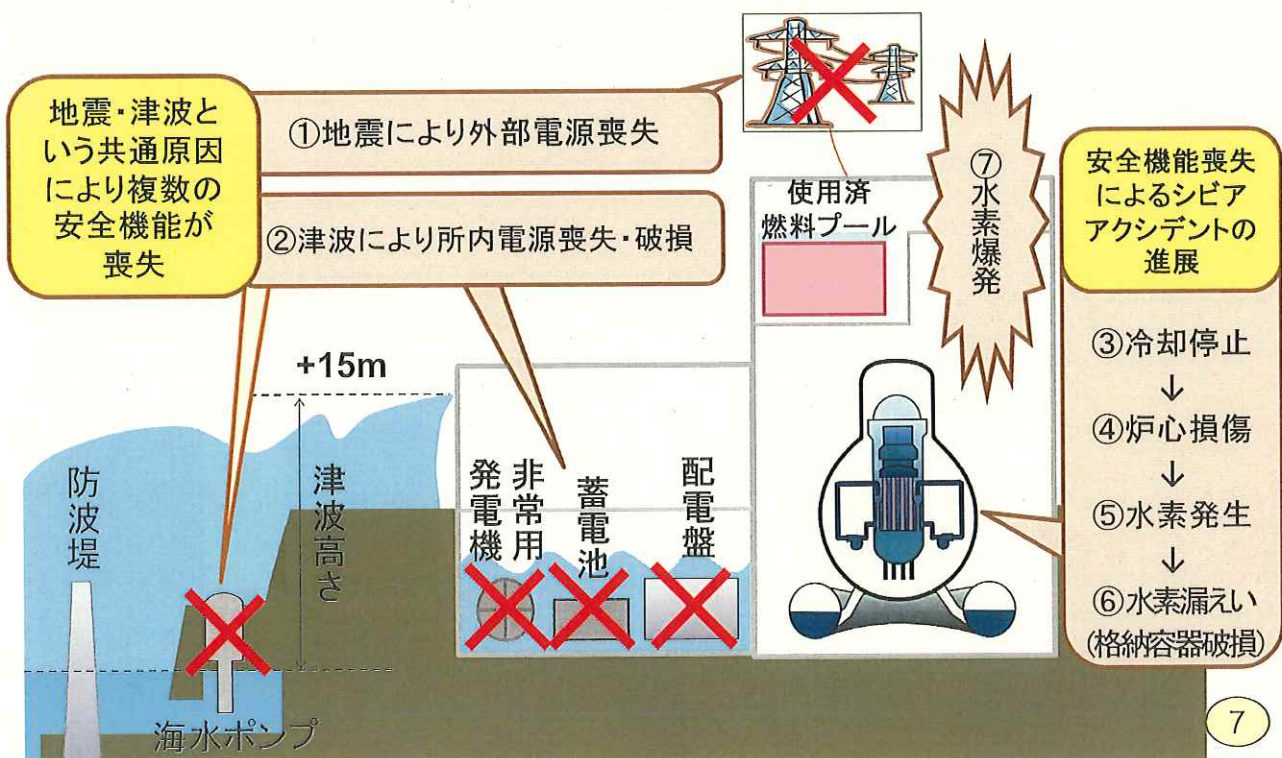
- ✓ 「いかなる分野でもゼロリスクは存在しない」、「絶対安全と思った瞬間、安全を高める力は萎える」(国会事故調から抜粋)
- ✓ 法律に基づき、既に許可を受けた原子力発電所にも、新しい規制基準に適合することを求める。(バックフィット制度)
- ✓ 厳しい安全対策が講じられてもなお予期されない事態によって重大事故に至る可能性があることを意図的に仮定して、様々な事態に対処できる緊急時対応を予め定めておく必要がある。

2. 新規制基準の概要

6

福島第一原発事故における教訓

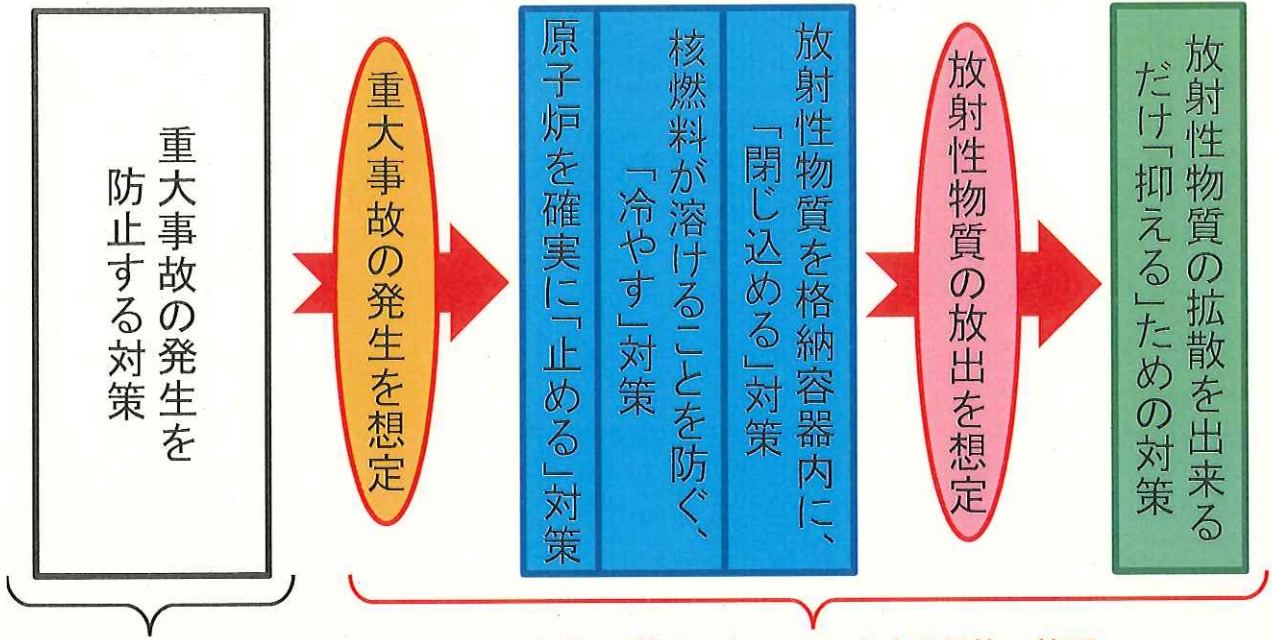
- ▶ 福島第一原発事故では地震や津波などの共通原因により複数の安全機能が喪失。
- ▶ さらに、その後のシビアアクシデントの進展を食い止めることができなかった。



7

新規制基準で新たに要求される対策

- ▶ 新規制基準では、重大事故の発生を防止する対策に加え、重大事故の発生を想定し、「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」という対策を要求。
- ▶ それでもなお、敷地外へ放射性物質が放出されるような事態になった場合を考え、さらなる対策として、放射性物質の拡散を出来るだけ「抑える」ための対策を要求。

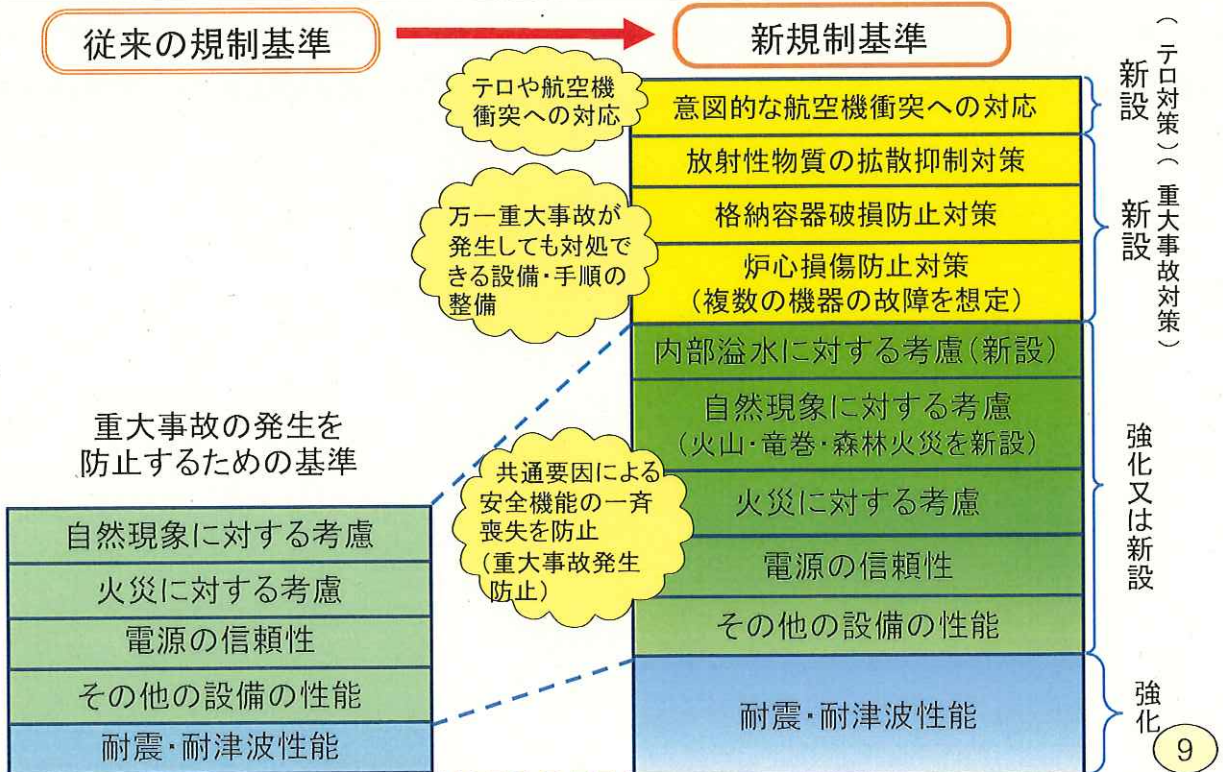


従来の基準で要求していた範囲
(この部分も基準を強化又は一部新設)

新規制基準で新たに要求する対策の範囲

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。

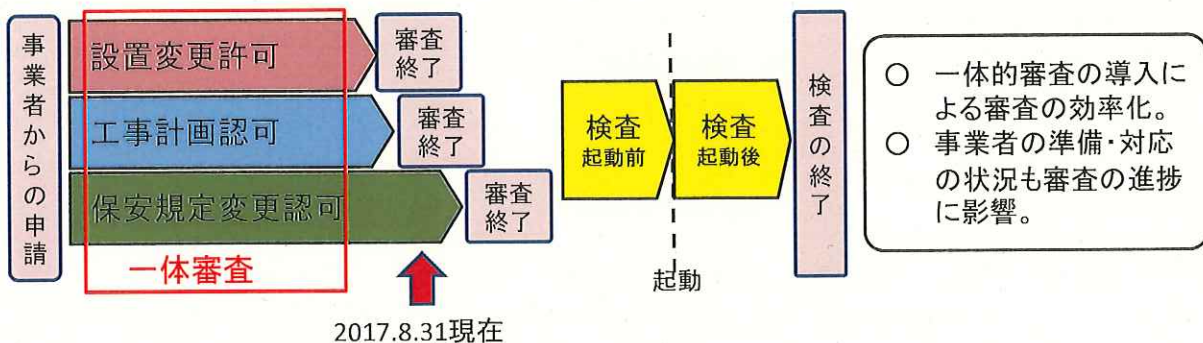


3. 大飯発電所3・4号炉の 設置変更に関する 審査結果の概要

10

原子炉等規制法に基づく発電用原子炉施設に係る規制 11

- ▶ 新規制基準への適合性確認のためには、原子炉等規制法に基づき、設置変更許可、工事計画認可、保安規定変更認可、使用前検査等の手続きが必要。
- ▶ 新規制基準適合性審査では、これら許認可に係る事業者からの申請を同時期に受け付け、同時並行的に審査を実施



今回、大飯発電所3・4号炉の新規制基準適合性審査のうち、「設置変更許可」及び「工事計画認可」に関する審査が終了。
現在、「**保安規定変更認可申請**」に係る審査を行っているところ。

11

大飯発電所3、4号機の審査の経緯

2013年7月8日:新規制基準施行

2013年7月8日:

関西電力が設置変更許可申請書、工事計画及び保安規定の変更申請書を提出

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)

※敷地内破砕帯の調査結果を踏まえ、具体的審査は2013年9月

中旬より開始

※70回の審査会合と5回の現地調査等を実施

※約410回のヒアリング実施

2017年2月22日:設置変更許可に係る審査結果をとりまとめ

2017年2月23日～3月24日:審査書(案)に対する科学的・技術的意見を募集

2017年5月24日:審査書(案)を原子力規制委員会です承し、設置変更許可

2017年8月25日:工事計画の認可

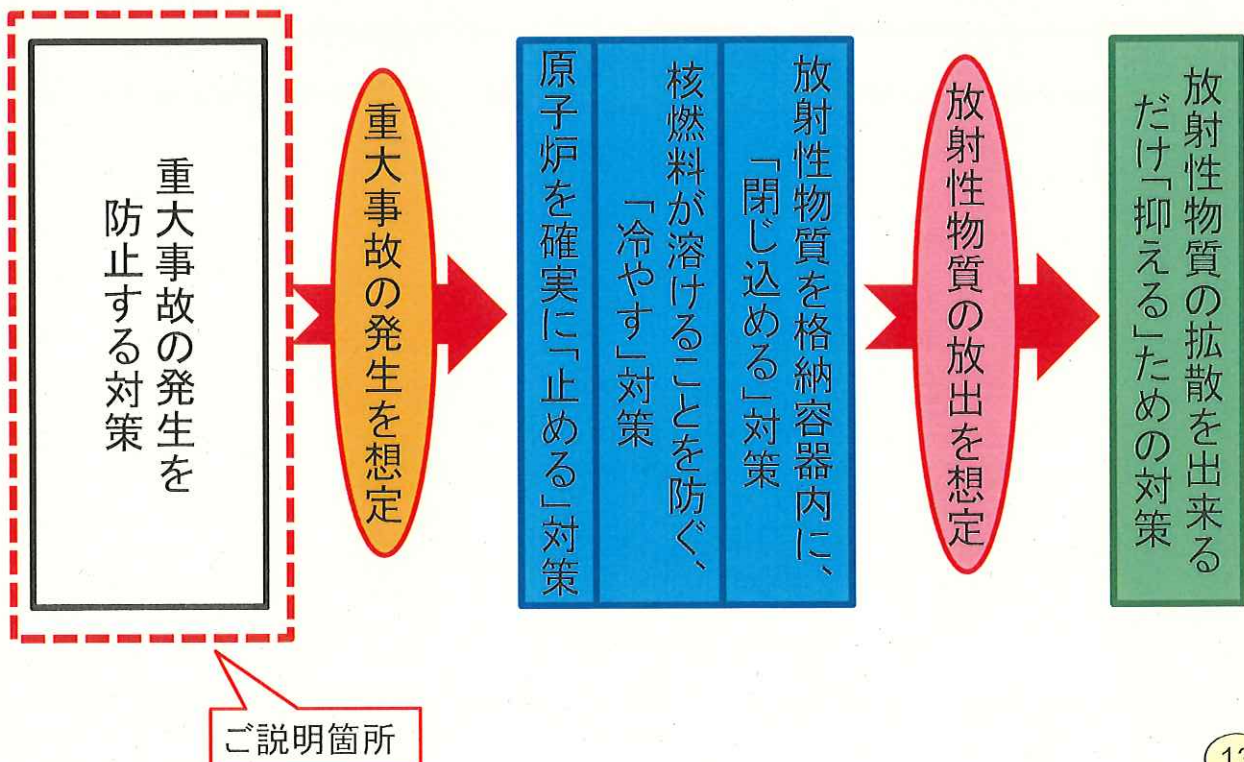
※審査書全文は原子力規制委員会ホームページに掲載しています。

「設置変更許可 審査書」

<http://www.nsr.go.jp/data/000190098.pdf>

12

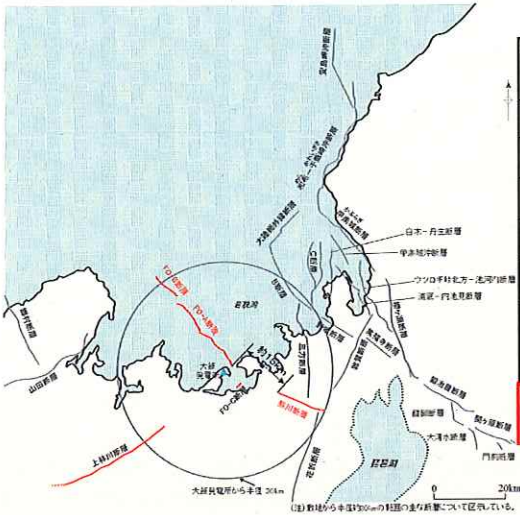
(1) 重大事故の発生を防止するための対策



13

基準地震動

- 大飯の地下構造の調査等に基づき、断層上端深さを申請当初の4kmより浅い3kmで評価。
- 敷地の前面に存在するFO-A~FO-B断層と熊川断層の間に断層の有無が不明瞭な区間が相当あり、連動破壊を否定することは難しいことから、敷地に与える影響が大きくなるよう、申請当初のFO-A~FO-B断層の2連動(断層長さ35.3km・マグニチュード7.4)ではなく、熊川断層の連動も考慮した3連動(断層長さ63.4km・マグニチュード7.8)を基本ケースとして評価。
- 基本ケースに加え、短周期の地震動レベルなどの不確かさを考慮したケースを設定し評価。さらに、震源が敷地の極近傍に位置することから、短周期の地震動レベルの不確かさと破壊伝播速度の不確かさを重畳するケースを設定し、評価。



FO-A~FO-B~熊川断層の地震動評価ケース

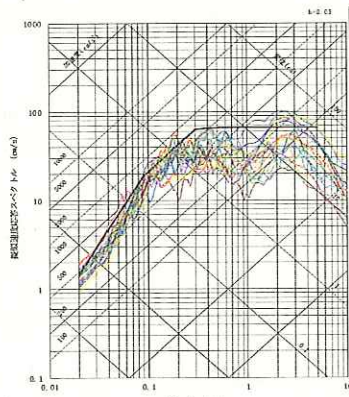
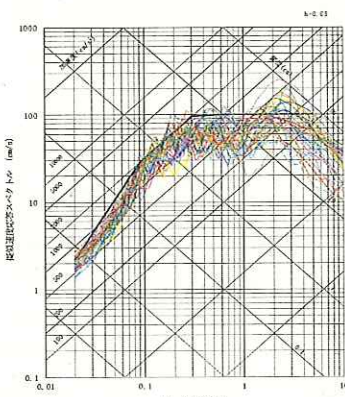
考慮した不確かさ	短周期の地震動レベル	断層傾斜角	すべり角	破壊伝播速度 V_r	アスペリティ配置	破壊開始点
基本ケース	レシビ平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
短周期の地震動レベル	レシビ平均×1.5倍	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
断層傾斜角	レシビ平均	75°	0°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
すべり角	レシビ平均	90°	30°	$V_r=0.72\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
破壊伝播速度 V_r	レシビ平均	90°	0°	$V_r=0.87\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所
アスペリティ配置	レシビ平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	②敷地近傍に一塊(正方形)	5箇所
	レシビ平均	90°	0°	$V_r=0.72\beta$	③敷地近傍に一塊(長方形)	5箇所
短周期の地震動レベルおよび破壊伝播速度 V_r の不確かさを考慮	レシビ平均×1.25倍	90°	0°	$V_r=0.87\beta$	①断層ごとに敷地近傍に配置	9箇所

(出典:関西電力説明資料に加除修正)

14

基準地震動

- 19種類の基準地震動を設定。申請当初の最大加速度700ガルから856ガルに引き上げ。
- 応答スペクトルに基づく基準地震動 S_s-1 (最大加速度700ガル)
- 断層モデルを用いた手法による基準地震動 $S_s-2\sim S_s-17$ (最大加速度は S_s-4 で856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-18)
 - 2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動 (S_s-19)



- 基準地震動 S_s-1
- S_s-2 : FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.5倍ケース、破壊開始点1)
- S_s-3 : FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.5倍ケース、破壊開始点2)
- S_s-4 : FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.5倍ケース、破壊開始点3)
- S_s-5 : FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.5倍ケース、破壊開始点4)
- S_s-6 : FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.5倍ケース、破壊開始点5)
- S_s-7 : FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.5倍ケース、破壊開始点6)
- S_s-8 : FO-A~FO-B~熊川断層(傾斜角75°ケース、破壊開始点1)
- S_s-9 : FO-A~FO-B~熊川断層(すべり角30°ケース、破壊開始点3)
- S_s-10 : FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース、破壊開始点1)
- S_s-11 : FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース、破壊開始点3)
- S_s-12 : FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース、破壊開始点4)
- S_s-13 : FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース、破壊開始点5)
- S_s-14 : FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース、破壊開始点6)
- S_s-15 : FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース、破壊開始点7)
- S_s-16 : FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース、破壊開始点8)
- S_s-17 : FO-A~FO-B~熊川断層(短周期1.25倍かつ $V_r=0.87\beta$ ケース、破壊開始点9)
- S_s-18 : 2000年鳥取県西部地震・賀祥ダムの記録
- S_s-19 : 2004年北海道留萌支庁南部地震を考慮した地震動

水平方向
($S_s-2\sim S_s-18$ では実線がNS成分、点線がEW成分)

鉛直方向

(出典:関西電力説明資料に加除修正)

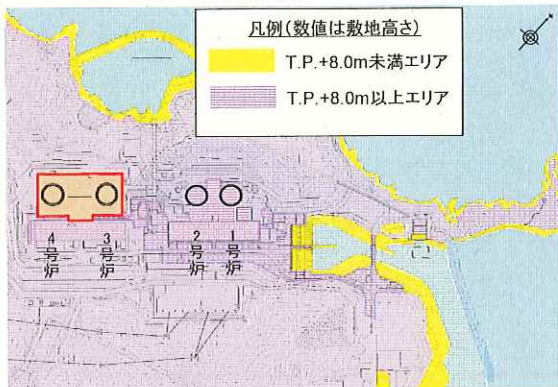
15

基準津波及び耐津波設計方針

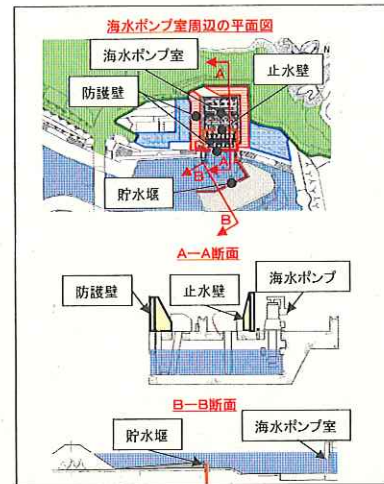
- 地震による津波だけでなく、地震以外の要因による津波も考慮し、敷地に最も影響を与える津波(基準津波)として、水位上昇側、水位下降側共に若狭海丘列付近断層と隠岐トラフ海底地すべりの組み合わせによる津波を選定。
- 取水路(奥)の入力津波高さ6.9mに対して、津波防護の対象となる建屋や屋外設備が設置される敷地高さは9.7m以上(標高8.0m以上エリア)であり、津波の遡上はない。
- 海水ポンプ室前面の入力津波高さ6.3mに対して、安全上重要な施設である海水ポンプは標高2.5mの区画に設置されているため、海水ポンプの周りに標高8.0mの防護壁及び止水壁を設置。
- 引き波時の対策として、海水ポンプ室前面の海中に貯水堰を設置し、海水ポンプによる取水性を確保。



波源位置図
(出典:関西電力説明資料に加除修正)



大飯発電所3・4号炉敷地平面図
(出典:関西電力説明資料に加除修正)



津波対策説明図
(出典:関西電力説明資料に加除修正)

16

自然現象及び人為事象への対策

- 自然現象(地震、津波以外にも、洪水、風(台風)、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、生物学的事象、森林火災、火山、高潮)及びこれらの組合せを想定しても安全機能が損なわれない設計とする。
 - 風速100m/sの竜巻の影響(風による圧力や飛来物)に耐えられる設計
 - 森林火災の影響を防護するため、解析で得られた必要な防火帯幅16.2mに対し、18m以上の幅の防火帯を設置
 - 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と評価し、降下火砕物の直接的影響(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設計
 - 原子炉補助建屋への土石流防護の観点から堰堤を設置
- 人為事象(航空機落下、ダムの崩壊、爆発、船舶の衝突、近隣工場等の火災等)を想定しても安全機能が損なわれない設計とする。新たに、以下の評価を実施。
 - 航空機落下による火災と敷地内の危険物による火災の重畳を考慮し、建屋の外壁温度を評価



海水ポンプエリアの竜巻飛来物防護対策設備(設置後)

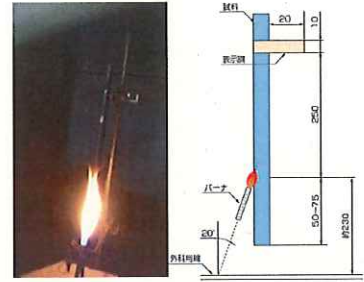
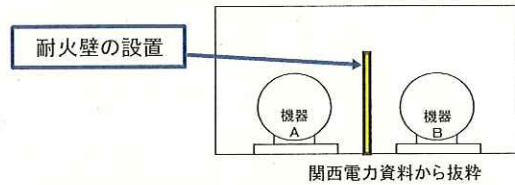


(出典:関西電力提供写真を使用)

17

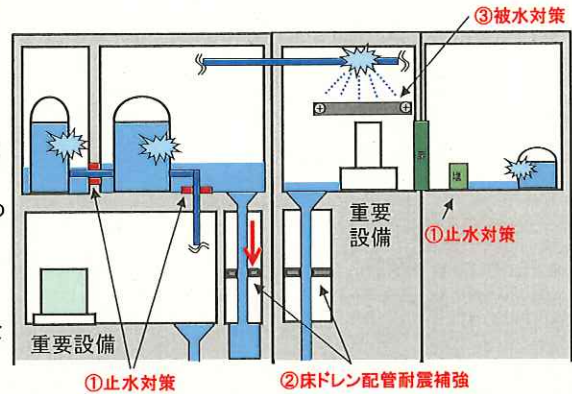
内部火災防止対策

- 延焼性(燃え広がらない)及び自己消火性(自然に消える)を確認した難燃ケーブルを使用する。
- 異なる種類の火災感知器を組み合わせる。(2種類目を新設)
- スプリンクラー、ハロン消火設備等の組み合わせにより火災区画全体を消火。消火設備は1台故障しても消火が可能なように火災区画毎に複数設置。(新設)
- 安全機能を有する設備が火災で同時に故障しないように、屋内の火災区域については、3時間耐火壁(火にさらされても3時間耐える壁)等で分離する。



内部溢水防止対策

- 設備を没水(床に溜まった水の水位が上がり設備等が沈むこと)しない高さに設置する。
- 被水(設備等に水がかかること)により安全機能が損なわれる場合は、カバーを取り付けて防護する。
- 蒸気の流出を検知・隔離することにより安全機能が損なわれない設計とする。
- 地震の揺れにより機器が破損して溢水が発生しても安全機能が損なわれない設計とする。



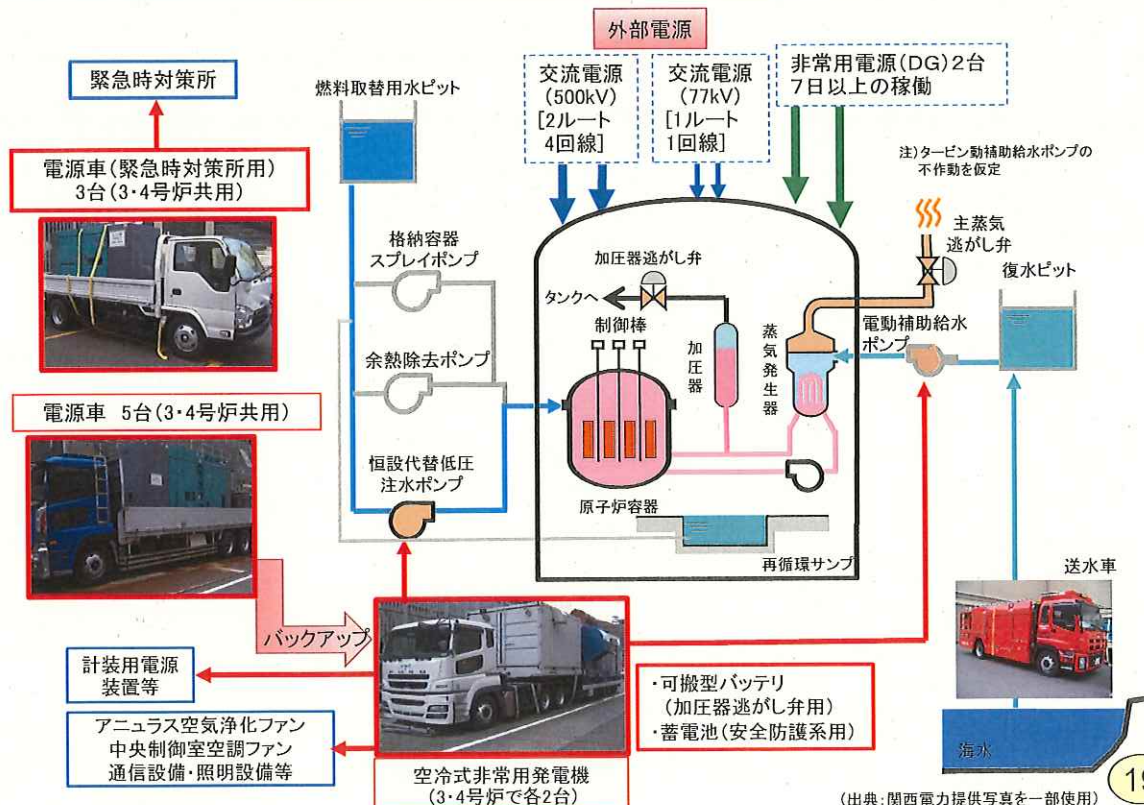
関西電力資料から抜粋

18

電源の強化

19

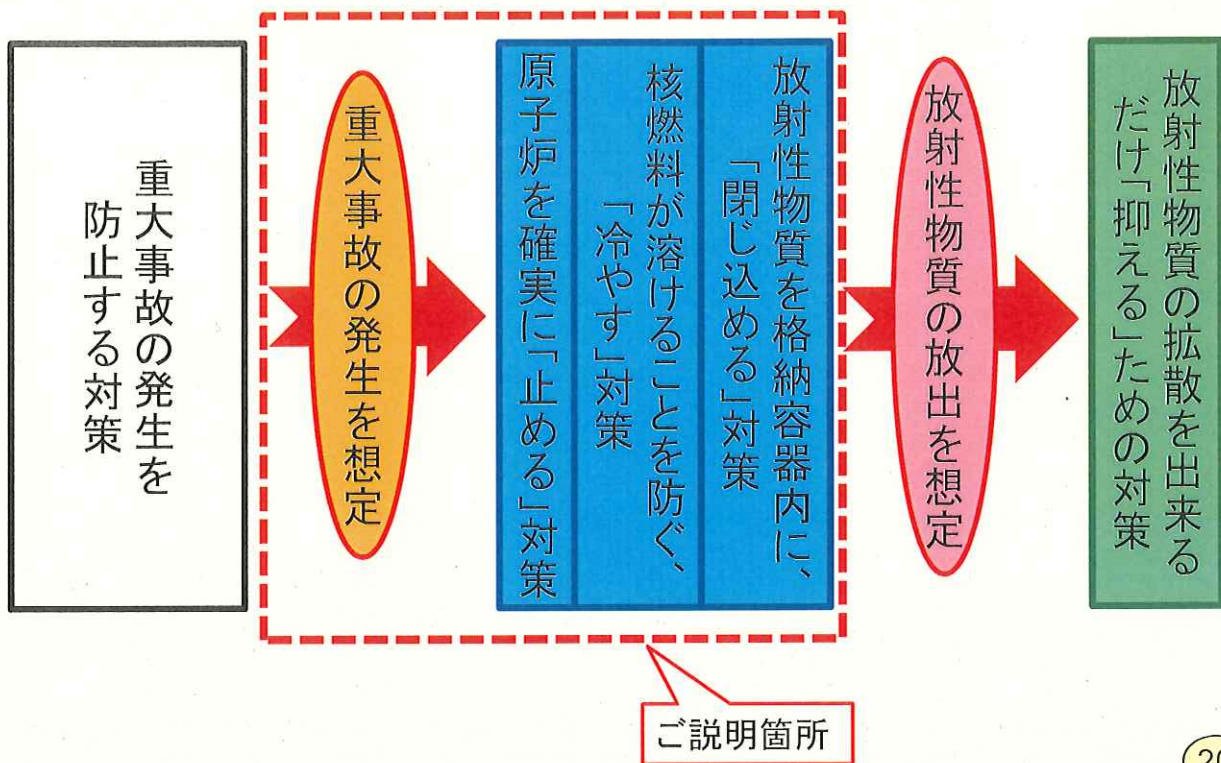
全交流動力電源が喪失した場合でも、必要な電力を確保する対策が講じられることを確認。



(出典:関西電力提供写真を一部使用)

19

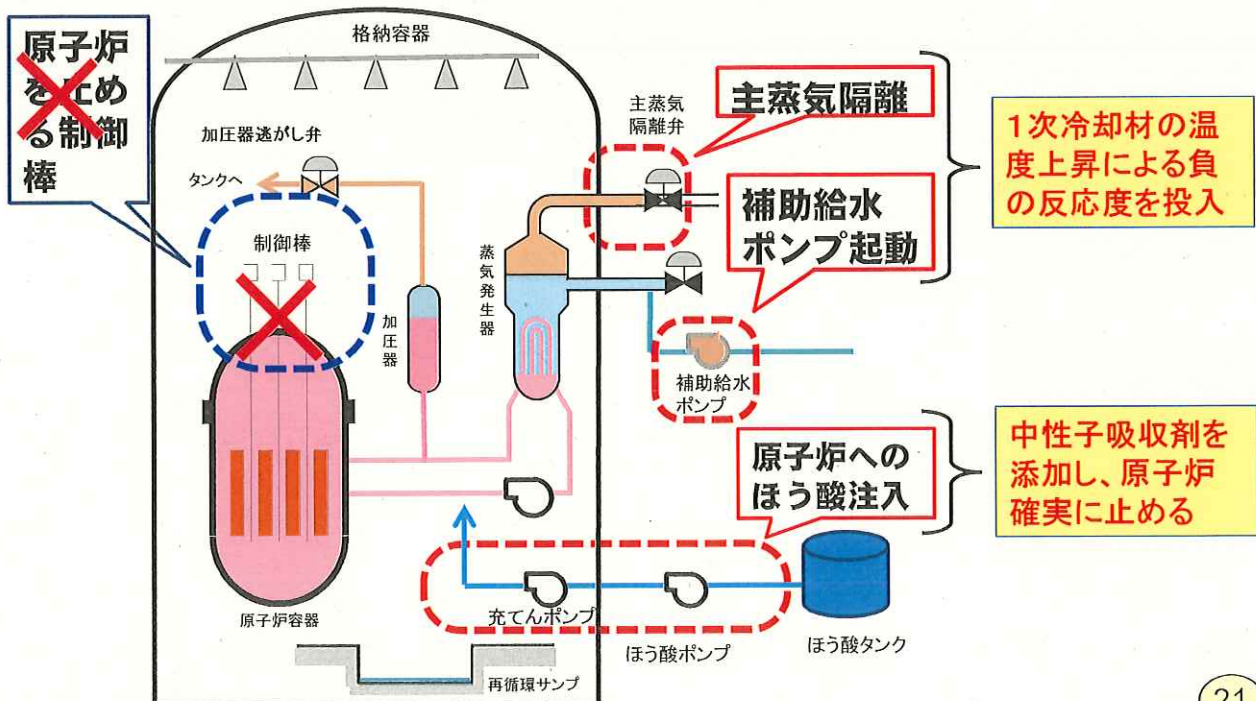
(2) 重大事故の発生を想定した対策



20

原子炉を停止させる対策(止める)

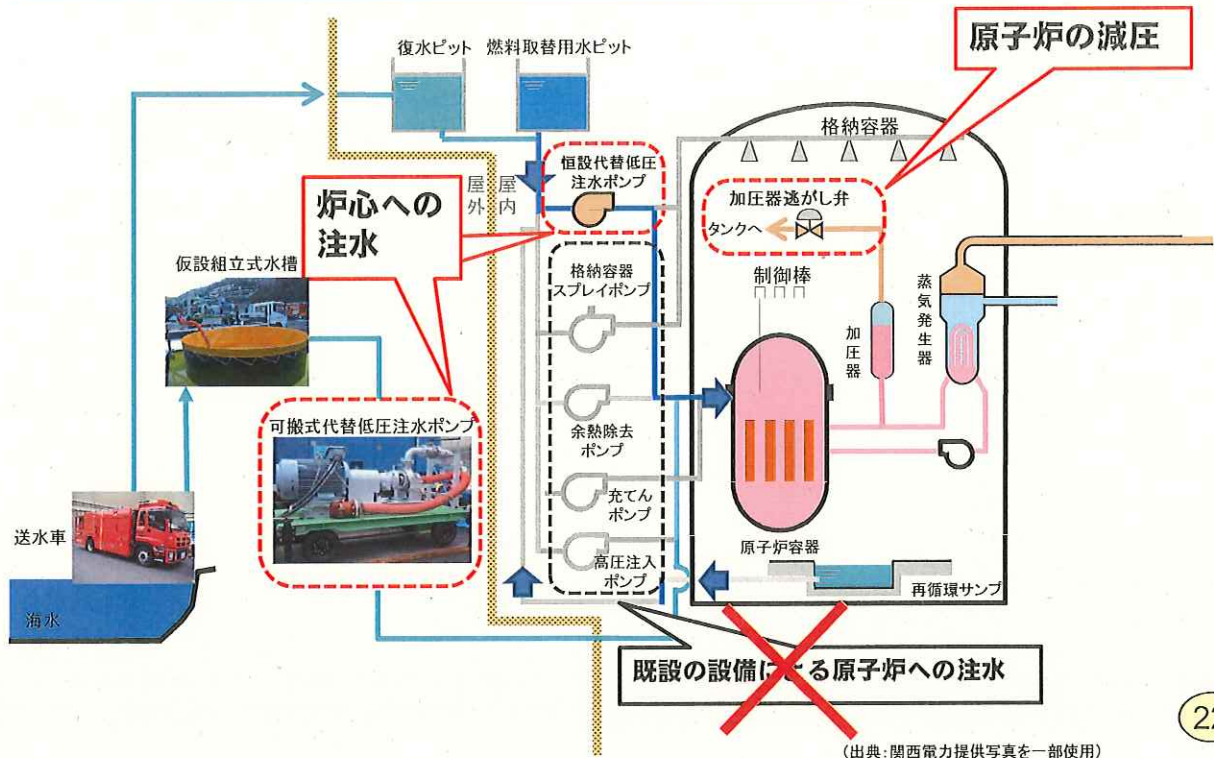
原子炉の緊急停止装置が機能しないおそれがある場合又は実際に機能しない場合でも、炉心損傷に至らせないための対策が講じられることを確認。



21

原子炉を冷やすための対策(冷やす)①

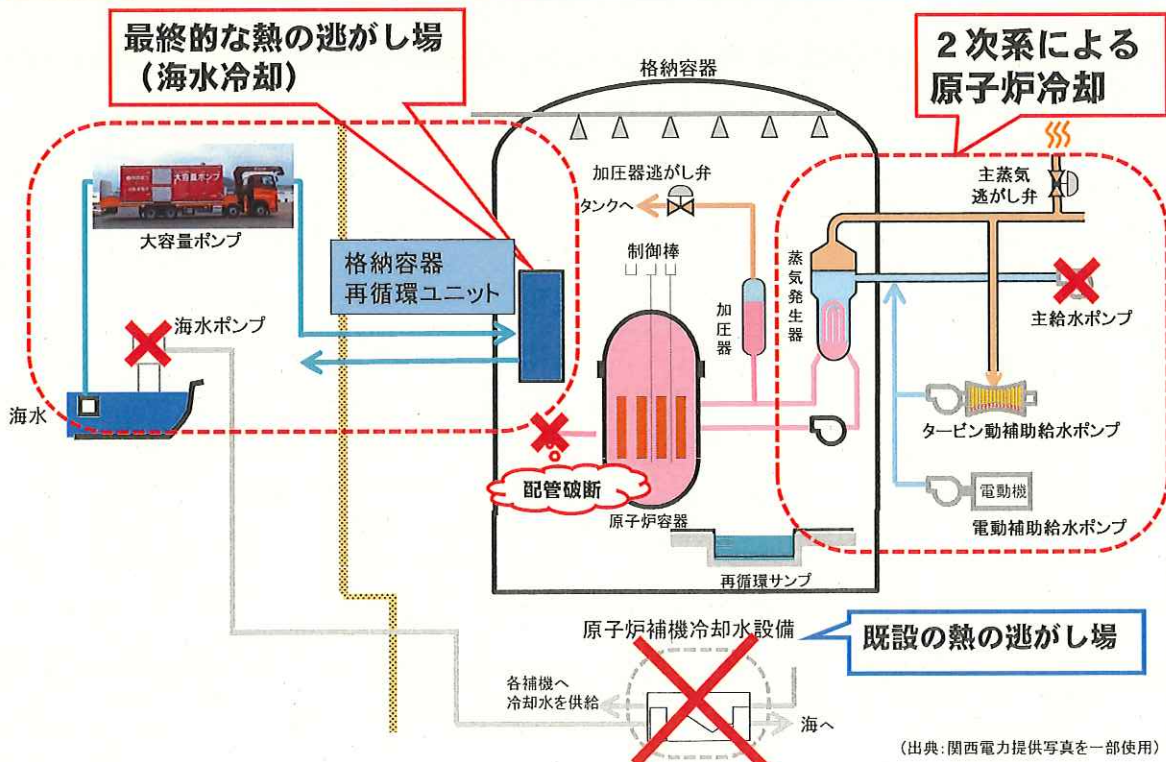
既存の対策が機能しない場合でも、**炉心注水及び減圧**によって、炉心損傷に至らせないための対策が講じられることを確認。



22

原子炉を冷やすための対策(冷やす)②

各機器を海水で冷却するために必要な既設の設備等が機能しない場合でも、**最終的な熱の逃がし場を確保**し、炉心損傷に至らせないための対策が講じられることを確認。



23

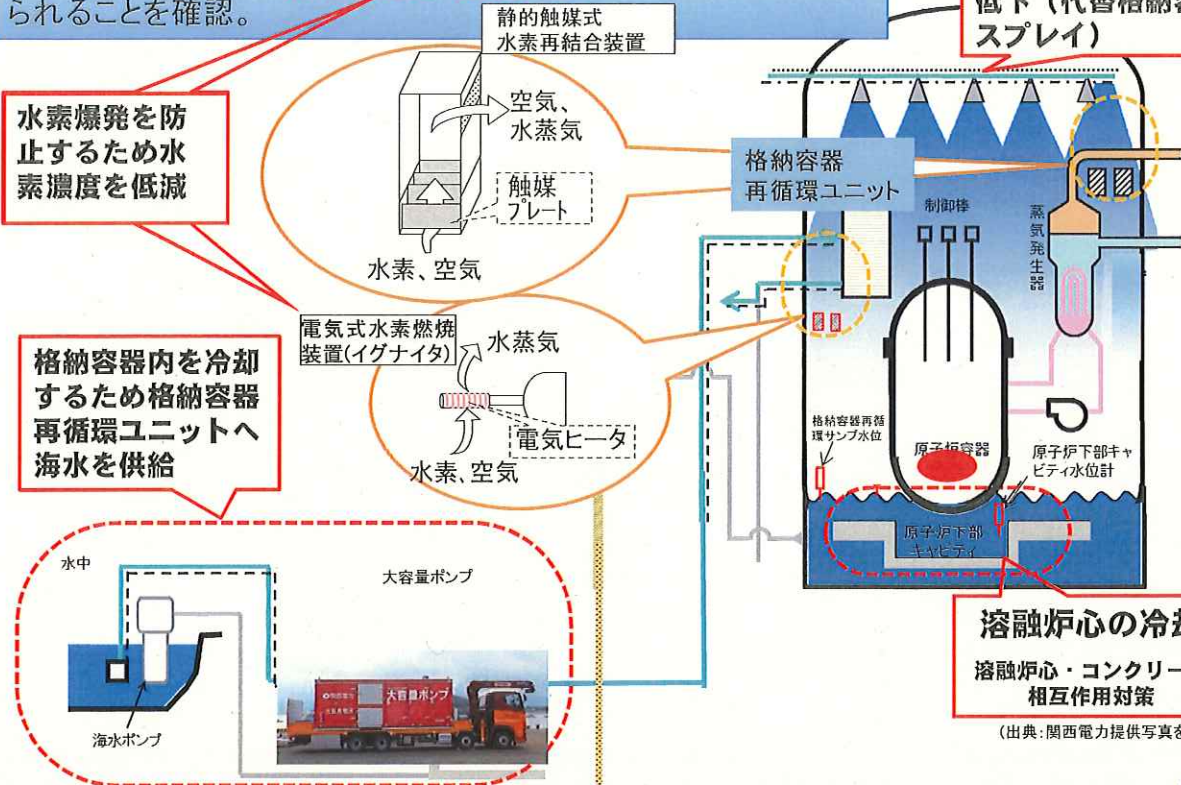
炉心溶融後に格納容器破損を防ぐ対策(閉じ込める)

炉心損傷が起きても**格納容器を破損させない**ための対策が講じられることを確認。

格納容器内の圧力、温度の低減及び放射性ヨウ素等の濃度の低下(代替格納容器スプレイ)

水素爆発を防止するため水素濃度を低減

格納容器内を冷却するため格納容器再循環ユニットへ海水を供給



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)

ソフト対策

重大事故等時におけるソフト面の対策として、手順の整備、体制の整備、設備復旧のためのアクセスルートの確保、要員に対する訓練の実施等を要求

主な確認内容

- 手順の整備
 - ・プラント状態の把握や事故の進展の予測
 - ・状況に応じ、適切に判断をするための基準の明確化
 - ・設備等の使用手順
- 体制の整備
 - ・発電所内または近傍に、必要な要員を確保
 - ・複数号機の同時発災への対応
 - ・指揮命令系統の明確化
 - ・発電所内の燃料や予備品等の備蓄により事故後7日間、自力で事故収束活動を実施
 - ・外部との連絡設備等の整備
 - ・6日以内に、他の事業者やプラントメーカー等の外部から支援を受けられる体制を整備
- アクセスルート確保
 - ・可搬型設備や設備の運搬、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
- 緊急時の訓練(重大事故体制)
 - ・高線量下になる場所を想定した訓練、夜間、降雨、強風等の悪天候下等を想定した訓練を実施



汚染環境時の訓練



がれき撤去訓練

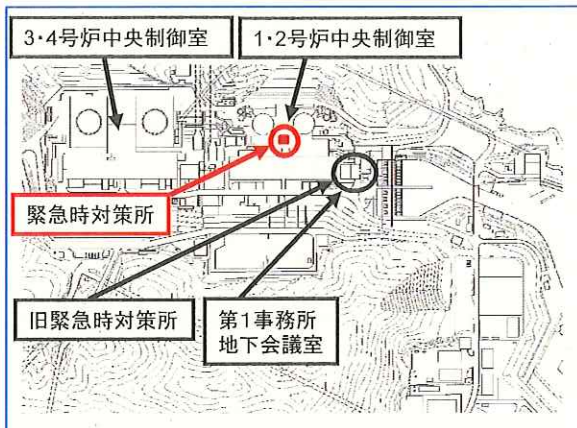
(出典:関西電力提供写真を一部使用)

審査結果

重大事故対応のための要員に対する教育・訓練の繰り返し実施による力量確保、アクセスルートの多重性の確保等により、適切に事故に対処できる方針であることを確認

緊急時対策所の審査

- ◆ 事故時の対策拠点として、原子炉制御室以外の場所に、緊急時対策所を設置することを要求
- ◆ 緊急時対策所と原子炉制御室は共通要因により同時に機能喪失しないことを要求
- ◆ 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を超えないことを要求
- ◆ 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を要求
- ◆ 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を要求 等



(関西電力資料から抜粋)

主な確認結果

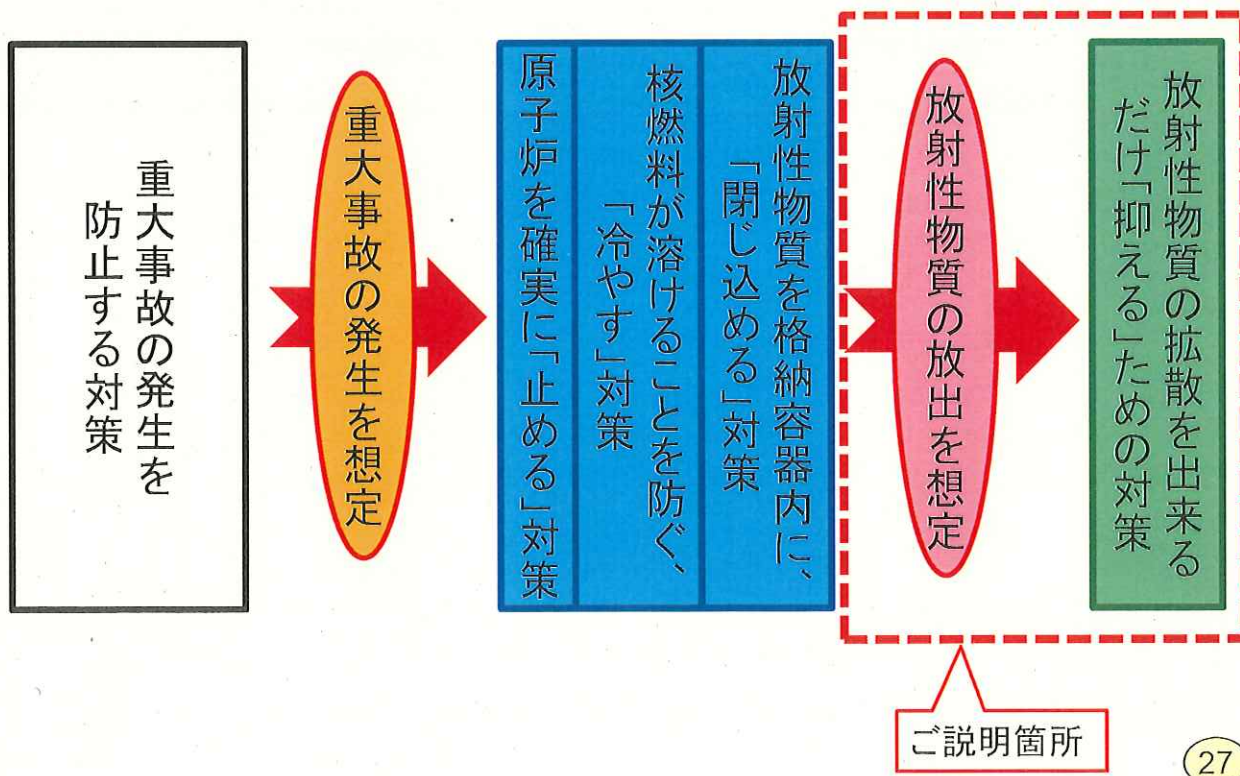
- (1) 設置場所
緊急時対策所を1・2号炉中央制御室横に設置し、3・4号炉中央制御室からは約240～370m離隔して設置
- (2) 主要設備等
 - ・ 空気浄化設備(緊急時対策所可搬型空気浄化ファン、緊急時対策所可搬型空気浄化フィルタユニット)、空気供給装置、緊急時対策所遮へい、全面マスク、線量計 等
 - ・ 電源設備(専用の電源車2台(予備1台)等)
 - ・ 通信・情報設備(安全パラメータ伝送システム、SPDS表示装置等)
 - ・ 外部支援なしに1週間活動するために必要な、飲料水、食料等を備蓄 等
- (3) 構成
106名が収容できる広さとし、最大人数を収容した場合でも酸素濃度等の居住性を確保
- (4) 被ばく評価
・ 実効線量で約55mSv/7日間)
- (5) 基準地震動に対する設計方針
緊急時対策所を設置する建屋については、耐震構造とする。

審査結果

中央制御室と独立した建屋とする方針であること、また、事故状態の把握や判断、事故収束のための指揮、所外への通報連絡等の活動拠点として必要な機能や設備を備える方針であることなどを確認。

26

(3) 放射性物質の拡散を抑制する対策 等



27

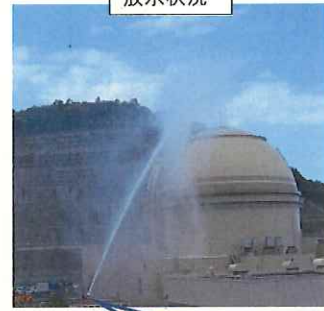
放射性物質の拡散を抑制する対策(抑える)

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

放水状況



放水砲

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



シルトフェンス設置

(出典: 関西電力提供写真を一部使用)

28

原子炉施設の大規模な損壊への対応

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活動するための手順書、体制及び設備の整備等を要求

主な確認結果

- 可搬型設備による対応を中心とした多様性及び柔軟性を有する手順書を整備
- 通常と異なる対応が必要な場合でも柔軟に対応できるよう体制を整備
- 設備の整備にあたっては、共通要因による同等の機能を有する設備の損傷を防止、複数の可搬型設備の損傷を防止するよう配慮

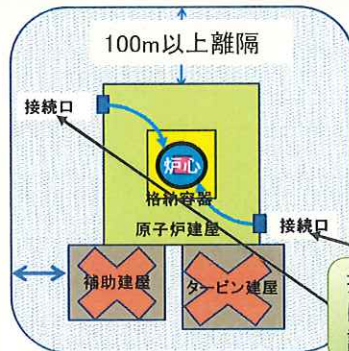
原子炉建屋及び原子炉補助建屋から100m以上離隔をとった高台に、複数箇所に分散配置



大容量ポンプ



放水砲



送水車(可搬)



電源車(可搬)

審査結果

大規模損壊に対して必要な手順や体制等が適切に整備される方針であることを確認

(出典: 関西電力提供写真を一部使用)

29

4. 今後の予定

30

今後の予定：設置変更許可以降の審査等について

31

- 申請されている保安規定変更認可申請に対する審査を進める。
- 使用前検査を厳格に行う。

31

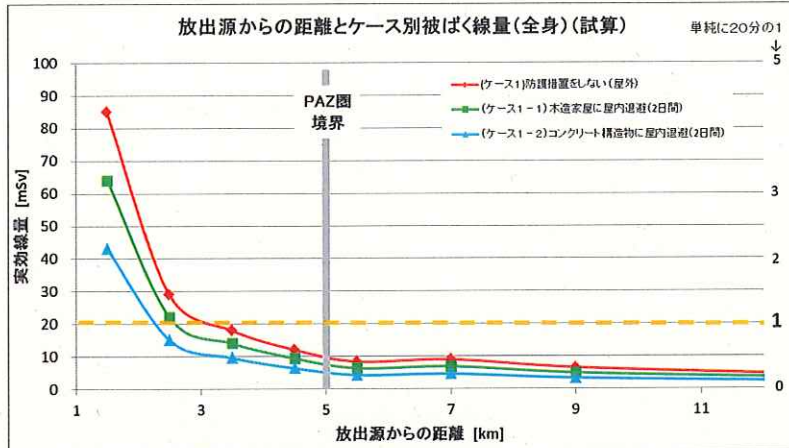
参考：

田中原子力規制委員長が平成29年7月に福井県に訪問した際の説明資料※から抜粋。

※：http://www.nsr.go.jp/nra/gaiyou/other/kiseikiso_setsume.html

防護措置と被ばく線量(試算)

- 放出源から5km以内(PAZ圏内)では、距離による線量低減効果が大きい(よって予防的防護措置として避難が有効)。
- 一方、放出源から5km以遠では、距離による線量低減効果より、屋内退避等による線量低減効果が確実に期待できる。
- 以上より、放射性プルーム通過時の被ばくを低減する観点からは、5km以遠では、屋内退避が有効な手段。



- 福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、重大事故が発生したとしても、放射性物質の総放出量は、想定する格納容器破損モードに対して、セシウム137の放出量が100テラベクレルを下回っていることを審査で確認。上図の試算は、100テラベクレル放出時を想定しており、試算の前提条件等については、平成26年度第9回原子力規制委員会(平成26年5月28日開催)の資料2を参照。
- なお、高浜発電所3, 4号炉の審査において、想定する格納容器破損モードに対して、確認した**セシウム137の放出量は約4.2テラベクレル(7日間)(100テラベクレルの約20分の1)**。
注 テラベクレル = 10^{12} ベクレル = 1兆ベクレル : ペタベクレルの1,000分の1