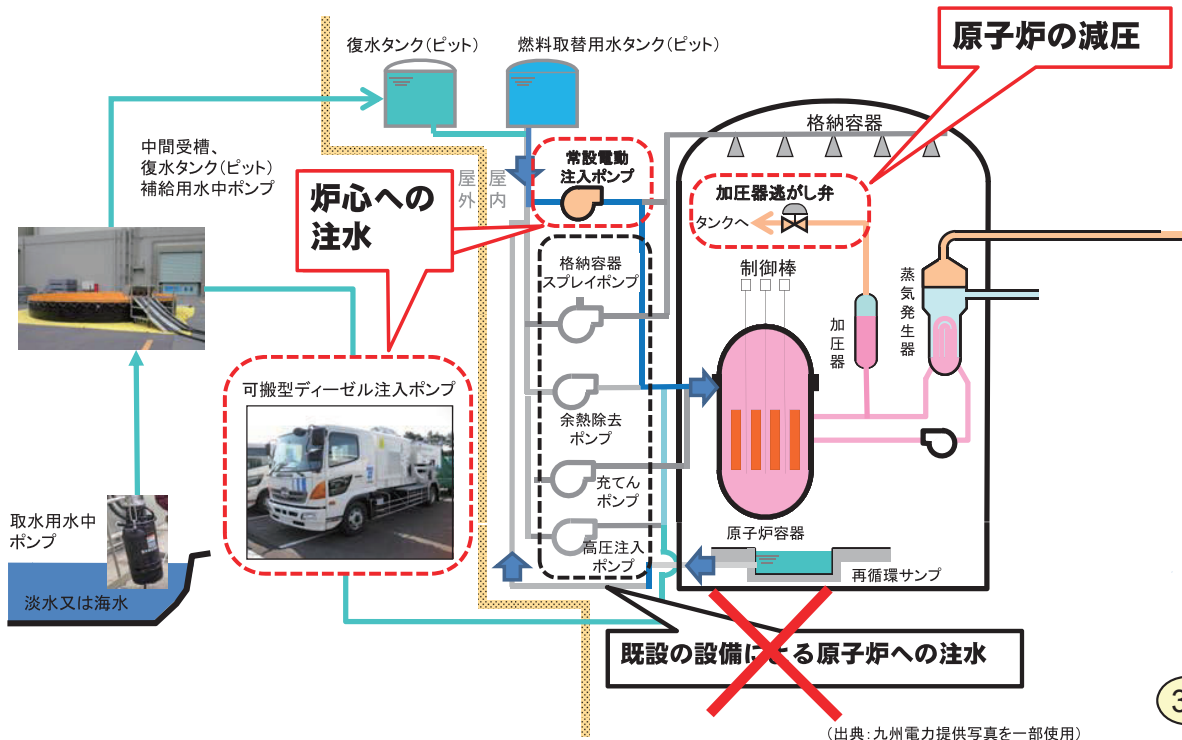


## 原子炉を冷やすための対策(冷やす)①

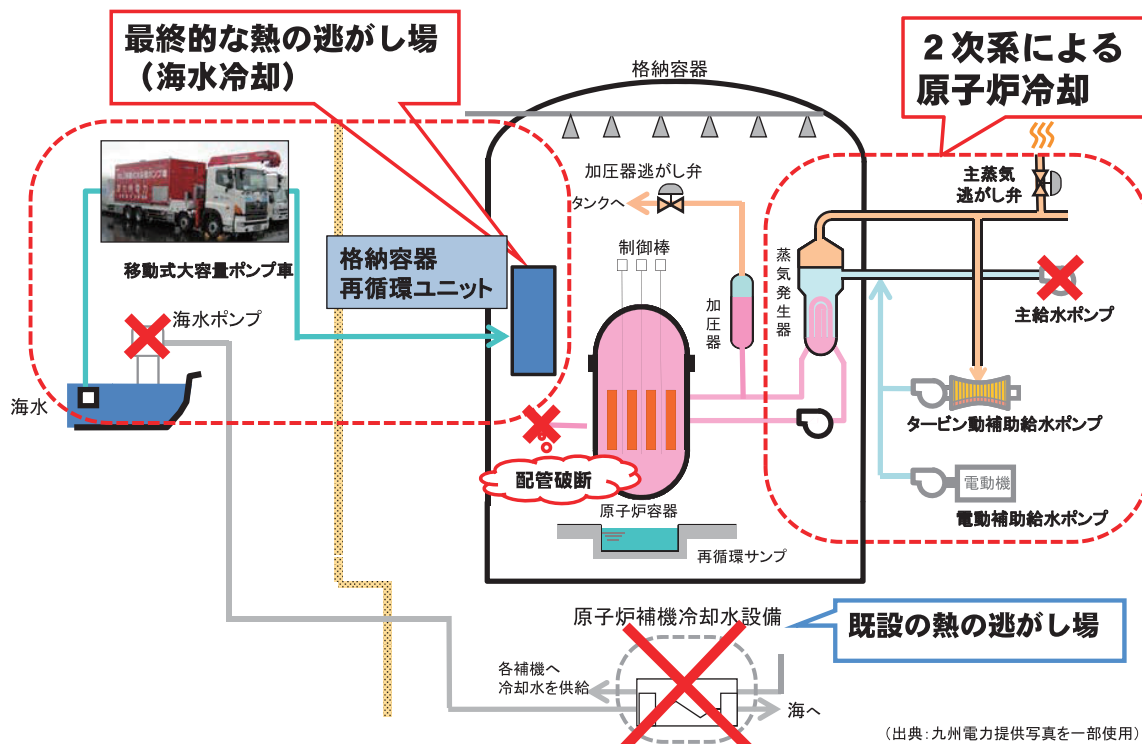
既存の対策が機能しない場合でも、炉心注入及び減圧によって、炉心損傷に至らせないための対策が講じられることを確認。



30

## 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。



31

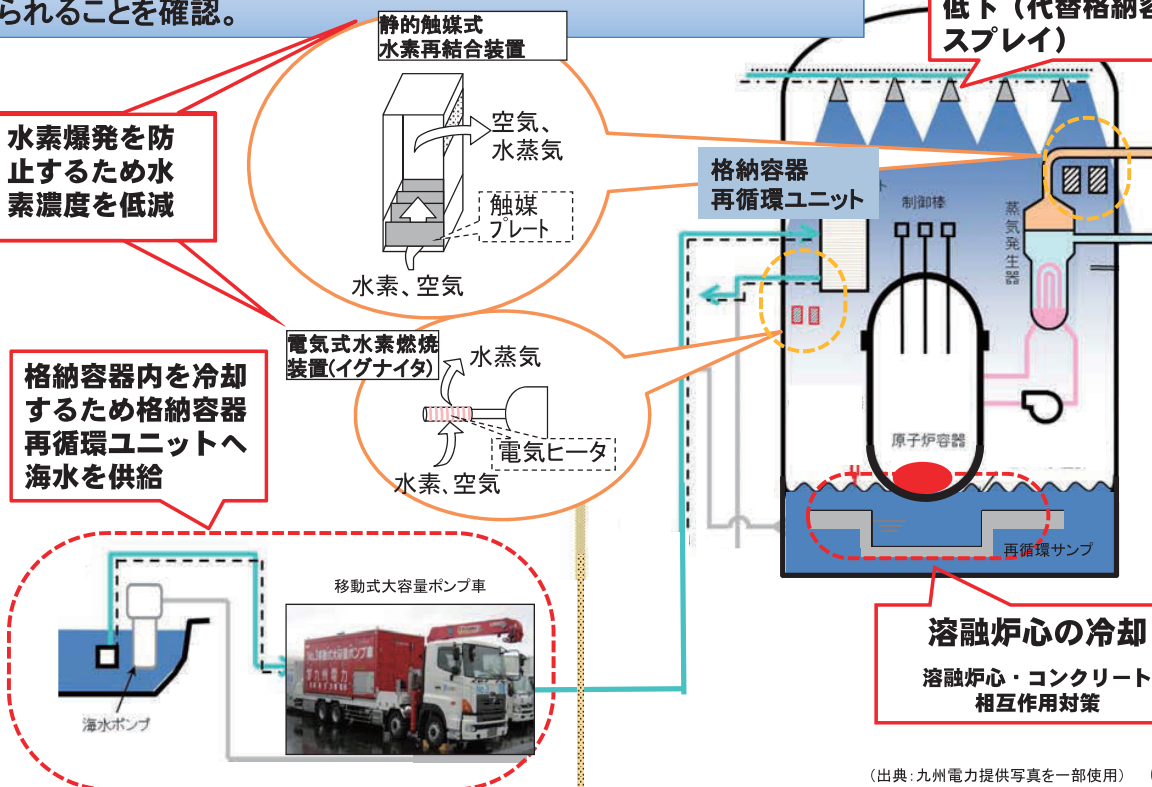
## 炉心溶融後に格納容器破損を防ぐ対策（閉じ込める）

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ー）

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

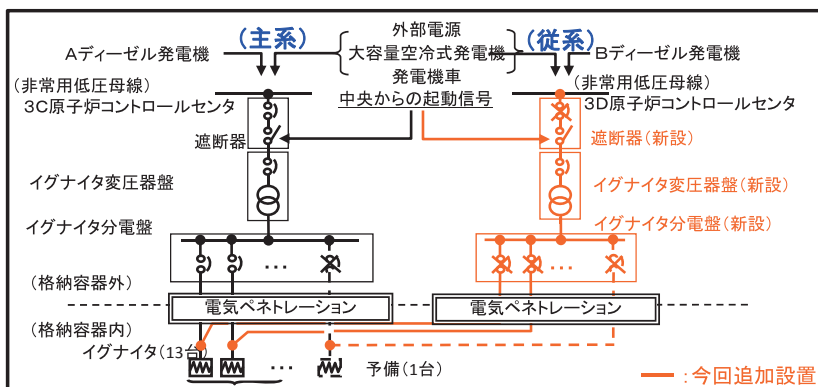


(出典：九州電力提供写真を一部使用)

## イグナイタの信頼性向上

【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

規制委員会は、申請者が、水素発生の不確かさを考慮した場合には、PARのみならずイグナイタによる水素処理に期待し、爆轟条件を下回るとしていることから、イグナイタの信頼性を向上させる対策を検討することを求めた。



(出典：九州電力説明資料に一部加筆)

当初申請者は、各イグナイタを1系統の電源系統で設計。

その後、信頼性向上対策として、  
 ● 2系統の電源系統から給電  
 ● 2系統の電源設備はそれぞれ異なる区画に設置  
 とし、互いに位置的分散を図り、独立した設計に変更。

### 審査結果

規制委員会は、水素が格納容器頂部に成層化する可能性も考慮し、格納容器ドーム部頂部付近にもイグナイタが設置されることを確認。また、イグナイタの電源設備を多重性、位置的分散及び独立を考慮した設計としたことで、イグナイタによる水素処理がより確実に実施されると判断した。

## 局所的な水素濃度上昇による爆轟発生の可能性

【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

申請者は、原子炉下部キャビティ区画において、原子炉容器破損時の溶融炉心の落下に伴う水素発生により水素濃度が上昇することで一時的に爆轟領域に入るが、実機において爆轟が発生することはないとしていることから、規制委員会は、爆轟の発生メカニズムを整理するとともに、爆轟が発生しないとする根拠を明確にするよう求めた。

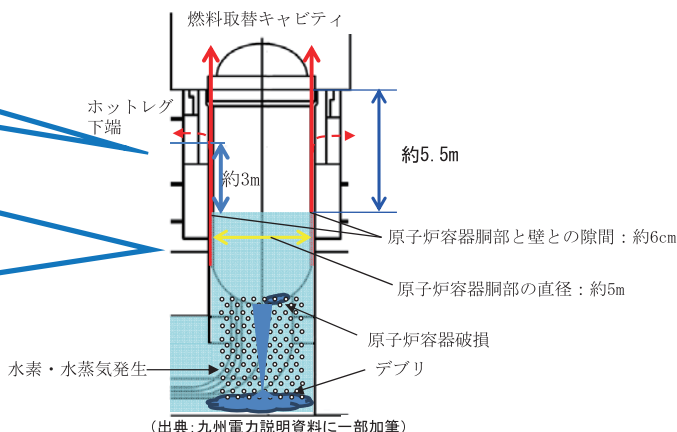
申請者は、爆轟が生ずる過程として、以下の2ケースを提示し、実機条件下では爆轟の発生はないと説明した。

- ①起爆源から直接爆轟が生ずる場合(直接起爆)
- ②通常の火炎が加速され火炎から爆轟への転移が起こる場合(DDT)

①実機では気相部に衝撃波を与えるような強いエネルギー源はないことから、直接起爆による爆轟は発生しない。

- ②国内外における知見を踏まえ、原子炉下部キャビティ区画は、
- ・配管やダクトのような細長い形状ではないこと
  - ・片端又は両端が閉ざされていないこと
  - ・火炎が加速するための十分な助走距離がないこと
  - ・火炎の乱れを発生させるような障害物がないこと

これらにより、仮に燃焼が生じたとしても火炎が加速され爆轟に遷移する可能性はない。



(出典:九州電力説明資料に一部加筆)

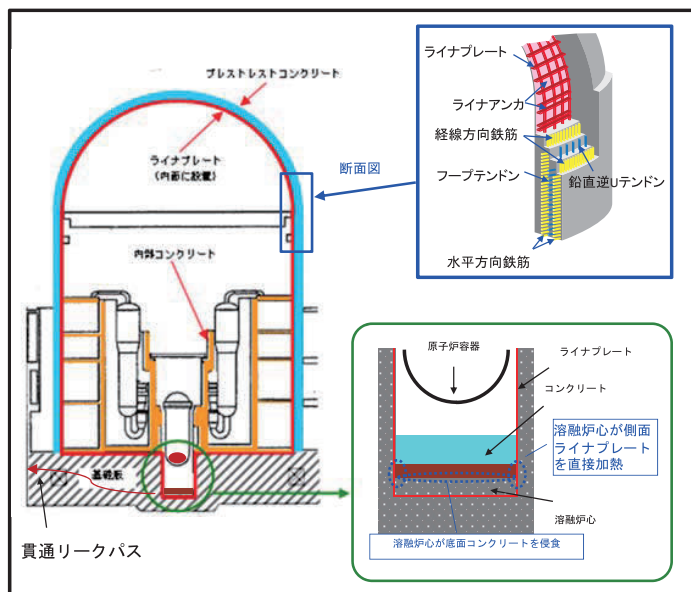
### 審査結果

規制委員会は、実機条件下における爆轟の発生メカニズムから、直接起爆による爆轟又は火炎が加速され爆轟に遷移することは考えにくく、爆轟が発生する可能性はないと判断。

34

## 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



(出典:九州電力説明資料に一部加筆)

### 審査結果

規制委員会は、溶融炉心が側面ライナプレートに接触したとしても、原子炉格納容器外に通じる貫通リークパスが生じる可能性は小さいことなどを確認し、溶融炉心落下後における原子炉格納容器の閉じ込め機能は確保されると判断。

35

### <格納容器の構造に関する確認結果>

- ・玄海3・4号炉では、格納容器にPCCV※を使用。  
※プレストレストコンクリート製格納容器
- ・PCCVは、構造強度を確保する鉄筋コンクリート部と気密性を確保する鋼製ライナプレートで構成されており、事故時の圧縮変動にも十分耐えられる構造。
- ・ただし、原子炉下部キャビティ室の側面はライナプレートが露出しているため、重大事故時に溶融炉心が同側面に接触した場合、格納容器の閉じ込め機能が喪失する可能性。

# 溶融炉心落下後における原子炉格納容器の閉じ込め機能への影響

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

基礎コンクリート及び基礎コンクリートと鋼材との付着力を考慮。

仮にリークパスを想定しても、格納容器からの漏れ量は、他の事故評価シナリオにおけるCs-137放出量評価で設定した格納容器漏れ率の保守性に包絡。

(出典:九州電力説明資料に一部加筆)

- 溶融炉心が側面ライナプレートに接触したとしても、原子炉格納容器外に通じる貫通リークパスが生じる可能性は小さいこと
- 仮に貫通リークパスを想定したとしても、外部への漏れは有効性評価で設定している漏れ率の保守性に包絡されること

これらにより、原子炉格納容器の閉じ込め機能は確保されると判断。

## さらなる安全性向上対策

(出典:九州電力説明資料に一部加筆)

防護壁(グラウト)

申請者は、原子炉下部キャビティ側面ライナプレートと溶融炉心の接触を防止するため、さらなる安全性向上対策として、自主的に原子炉下部キャビティ室内に防護壁を設置。

36

## 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、要員に対する訓練の実施、体制の整備、設備復旧のためのアクセスルートの確保等を要求

### 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



(出典:九州電力提供写真を一部使用)

### 審査結果

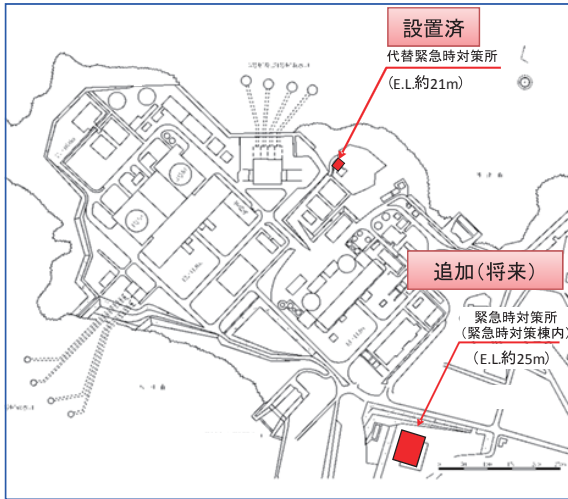
重大事故対応のための要員に対する教育・訓練の繰り返し実施による力量確保、アクセスルートの多重性の確保等により、適切に事故に対処できる方針であることを確認

37

## 緊急時対策所の審査

### 【要求事項】

- ◆ 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
- ◆ 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
- ◆ 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 等



(出典:九州電力提供写真を一部使用)

### 主な確認結果

- (1) 設置場所  
3・4号炉中央制御室からは、代替緊急時対策所の場合は約320m離隔（緊急時対策棟は、約740m離隔）して設置
- (2) 被ばく評価  
・実効線量で約64mSv/7日間（代替緊急時対策所）  
・実効線量で約24mSv/7日間（緊急時対策棟）
- (3) 構成  
100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) 主要設備等  
・空気浄化設備（空気浄化ファン、空気浄化フィルタユニット）、加圧装置、緊急時対策所遮へい、全面マスク、線量計。  
・電源設備（専用の発電機1セット（予備2セット）等）  
・通信・情報設備（緊急時運転パラメータ伝送システム、SPDS表示端末等）  
・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

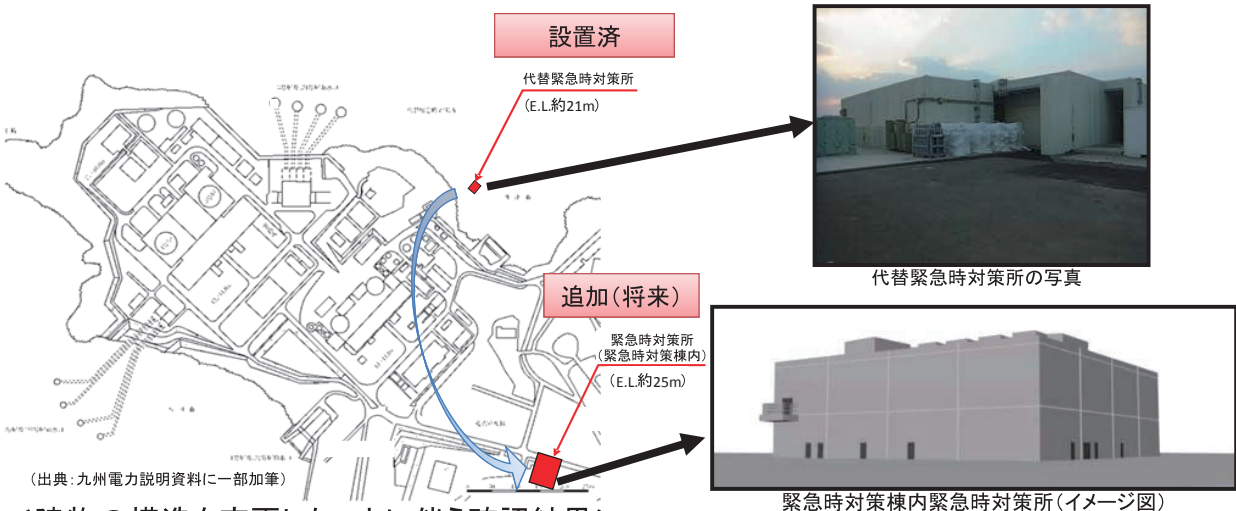
### 審査結果

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、要員が活動できる施設を設置する方針であることを確認。

38

## 緊急時対策所の設置に係る審査の経緯

- 申請当初、代替緊急時対策所の他、免震重要棟内に新たに緊急時対策所を設置する計画。
- その後、耐震構造の建物であれば免震構造と比べて2年程度早い運用開始が可能となる等の理由から、緊急時対策所を、免震重要棟内から耐震構造の緊急時対策棟内に設置する計画に変更したいと説明。
- このため、規制委員会は、免震重要棟を設置するとした場合の具体的見通し等を示すことを求めたところ、事業者は、現段階では免震装置の設計の成立の見通しを得ることができなくなったとして免震重要棟を設置しない理由を変更。



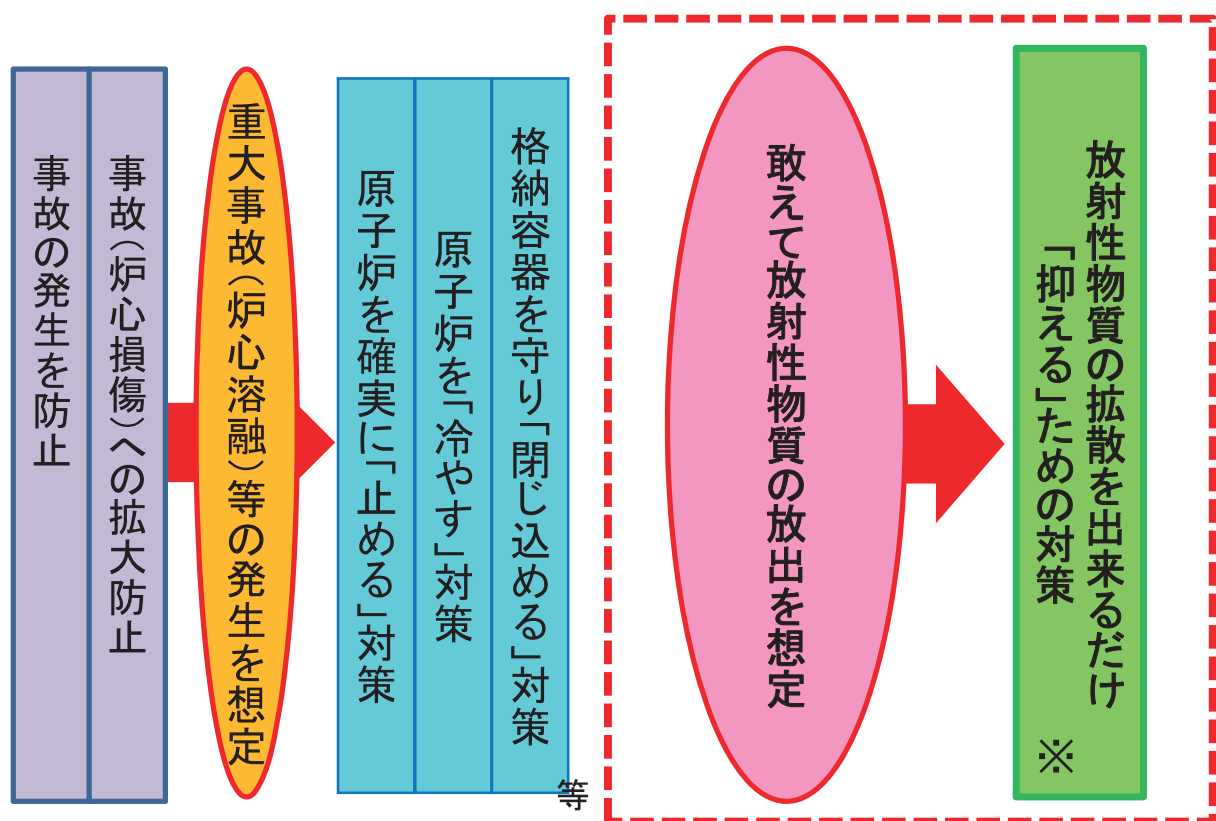
(出典:九州電力説明資料に一部加筆)

### ＜建物の構造を変更したことに伴う確認結果＞

耐震構造であっても、免震構造と同様に基準地震動に対して建屋を弾性範囲内に収めることにより、建屋の構造体全体の信頼性を確保すること、地震時の居住性についても設計上の配慮により改善を図るとの方針であることを確認。

39

### (3) 放射性物質の拡散を抑制する対策 等



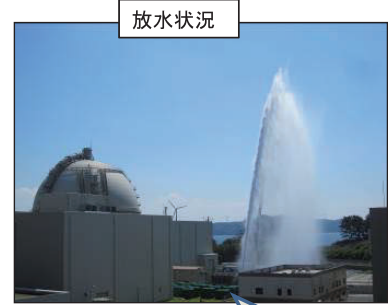
※このほか、意図的な大型航空機衝突等のテロによる施設の大規模な損壊への対策も要求

## 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、移動式大容量ポンプ車及び放水砲により、格納容器等の破損箇所に向けて放水
- 海洋への拡散抑制
  - ・ 海洋への流出経路に放射性物質吸着剤を設置
  - ・ 取水ピット等にシルトフェンスを設置



放水状況



放水砲



シルトフェンス設置

### 審査結果

移動式大容量ポンプ車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

42

(出典:九州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

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

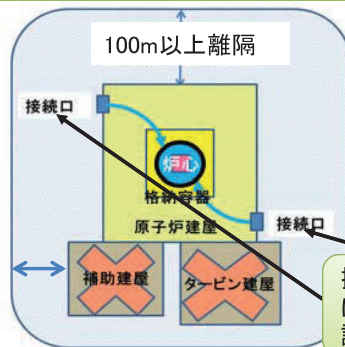
原子炉建屋及び原子炉補助建屋から100m以上離隔をとった高台に、複数箇所に分散配置



移動式大容量ポンプ車



放水砲



可搬型ディーゼル注入ポンプ車



高圧発電機車

接続口をそれぞれ互いに異なる複数の場所に設置

### 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

43

(出典:九州電力提供写真を一部使用)

## 4. 審査の結果

44

### 審査の結果：設置変更許可申請に関する審査の結果

九州電力株式会社玄海原子力発電所の発電用原子炉設置変更許可申請が、許可の基準(原子炉等規制法第43条の3の6第1項各号に規定する許可の基準)のいずれにも適合していると認められることから、原子力規制委員会は、2017年1月18日付けで許可した。

※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。  
「九州電力株式会社玄海原子力発電所3・4号機の設置変更の許可について」  
<http://www.nsr.go.jp/disclosure/law/PWR/00000398.html>  
「審査結果」  
<http://www.nsr.go.jp/data/000175555.pdf>

45



# 参考資料

## IAEAにおける深層防護の考え方

IAEAにおいては、原子力施設の安全性確保の基本的考え方として深層防護を取り入れている。

深層防護の各層	各層の考え方
第1層	そもそも異常を生じさせないための対策。
第2層	プラント運転中に起こりうる異常がおきても事故に発展させない対策。
第3層	設計上想定すべき事故が起きても炉心損傷等に至らせない対策。
第4層	設計上の想定を超える事故（シビアアクシデント）が起きても炉心損傷や格納容器破損を防止する対策。
第5層	放射性物質の放出による外部への影響を緩和するための対策。住民の避難など。

原子力規制  
で対応

原子力防災  
で対応

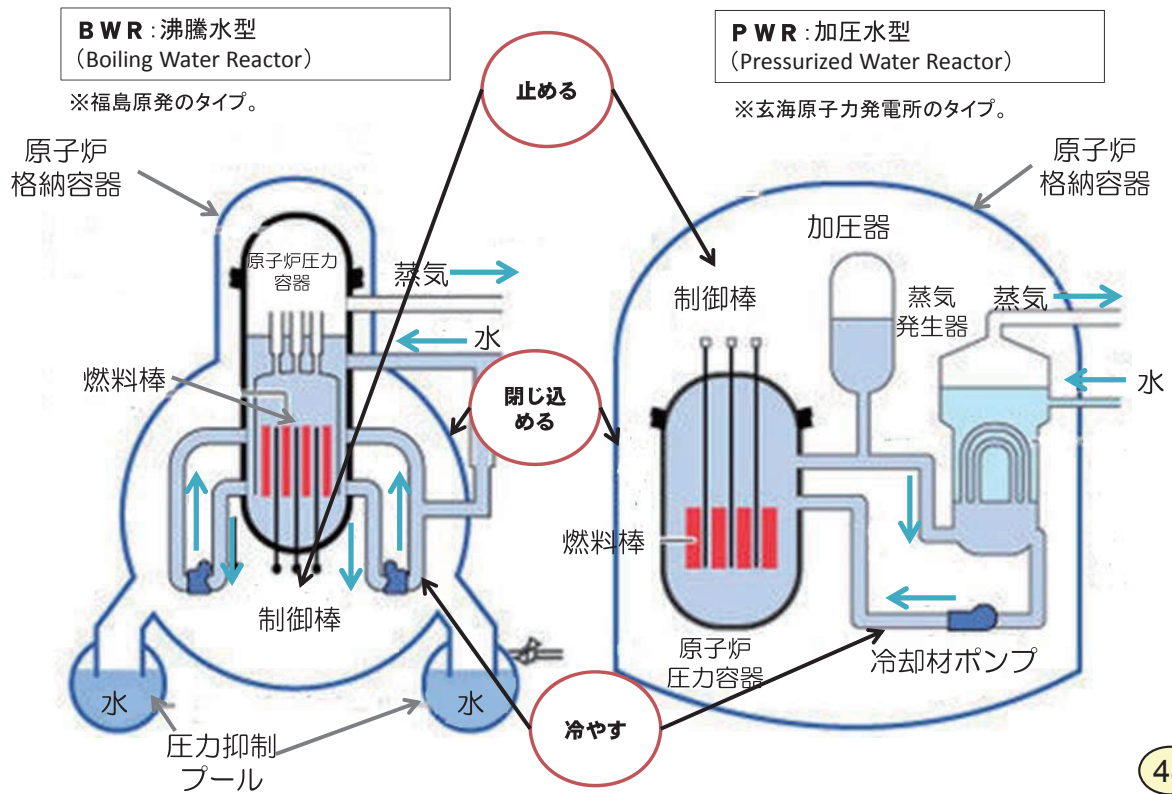
従来の基準で対応

対応

新基準で  
原子力防災で  
対応

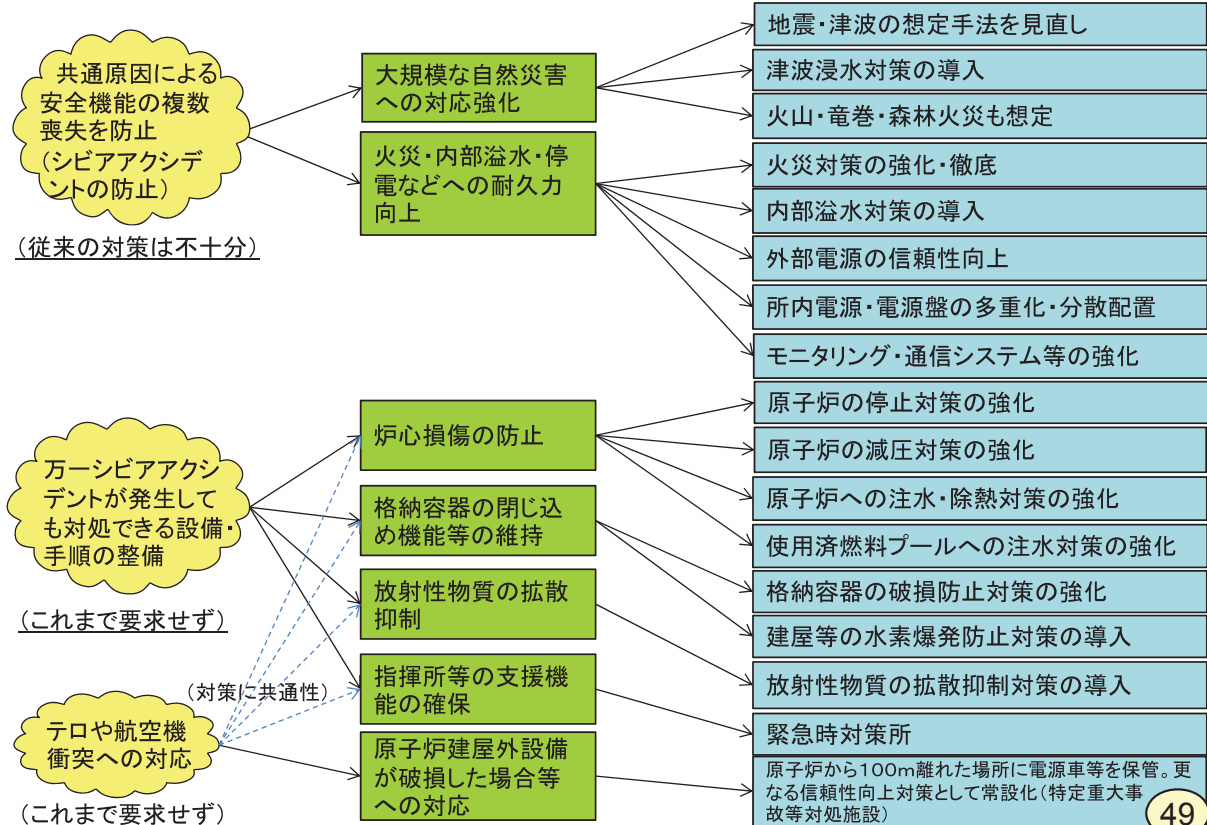
IAEA安全基準から作成

# 原子力発電所のタイプ（BWRとPWR）



## 新規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



玄海原子力発電所の運転管理状況

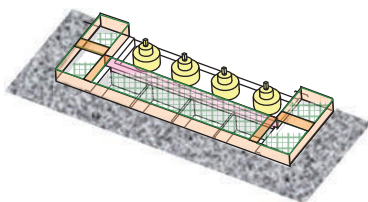
## 竜巻対策

### 【要求事項】

- 原子力発電所の立地地域の特性等を考慮して、想定される**最大の竜巻**を設定。
- 想定される**竜巻による荷重**(風圧力+気圧差+飛来物の衝撃荷重)に対しても原子炉施設の構造安全性を維持できること。
- 竜巻により発生する火災、外部電源喪失等により安全機能が損なわれないこと。

### <申請の概要>

- 日本国内で過去に発生した最大の竜巻である92m/sの竜巻を基準竜巻として設定。それに対して、**100m/sの竜巻**から防護できるよう設計。飛来物に対する**防護ネット**の設置や飛来物の飛散防止を実施。
- 竜巻により発生する可能性のある火災、溢水及び外部電源喪失に対しても安全機能が損なわれないことを確認。



海水ポンプエリアの竜巻飛来物防護対策設備の設置状況イメージ

飛来物の飛散防止対策の例



建屋内収納(保管庫)イメージ

### <審査結果の概要>

竜巻の影響に対して、安全機能が損なわれない設計方針であると判断。

50

## 外部火災対策(森林火災及び近隣施設火災対策)

### 【要求事項】

原子力発電所の敷地外で発生する森林火災及び近隣の産業施設(工場、コンビニート等)による火災・爆発により、原子炉施設の安全機能が損なわれないこと。

### <申請の概要>

- 森林火災の発火点を敷地周辺10km以内に設定し、**もっとも厳しい気象条件や風向き等**を設定して評価しても、安全機能が損なわれない措置を講じる。
  - 必要な防火帯幅29.7mに対し、**35m以上の幅の防火帯**の設置による延焼防止対策
  - 火災による**熱**に対する防護設計
  - 火災による**煙**に対する防護設計(フィルタ等の設置)
- 近隣の産業施設の火災影響については、発電所敷地外の半径10km以内に石油コンビナート等に相当する施設はないこととしている。



可燃物の撤去・モルタル施工  
防火帯の確保

### <審査結果の概要>

森林火災や近隣の産業施設の火災の想定は妥当であり、外部火災に対して安全機能が損なわれない設計方針であると判断。

(出典:九州電力提供写真を使用)

51

## 航空機墜落への対策

### 【要求事項】

- 航空機が原子炉施設に衝突する確率が、原子炉1基毎に1千万年に1回(10<sup>-7</sup>回/炉・年)を超える場合、航空機の衝突について設計上考慮すること。
- 航空機の墜落による火災により、安全機能が損なわれないこと。

### ＜申請の概要＞

- 航空機衝突については、最近20年間の航空機墜落の実例を踏まえ、玄海原子力発電所3号及び4号の各原子炉への衝突の確率を評価した結果、1千万年に1回の頻度を下回っているため、設計上考慮する必要がない。
- 航空機墜落による火災を想定しても、原子炉施設は十分な耐火性能を有し、安全機能が損なわれない設計とする。

### ＜審査結果の概要＞

- 航空機衝突を設計上考慮する必要がないとしたことは妥当と判断。
- 航空機の墜落による火災に対して、安全機能が損なわれない設計方針であると判断。
- 故意による航空機衝突への対策は、原子炉施設の大規模な損壊への対応に係る審査で確認。

52

## 内部火災への対策(例)

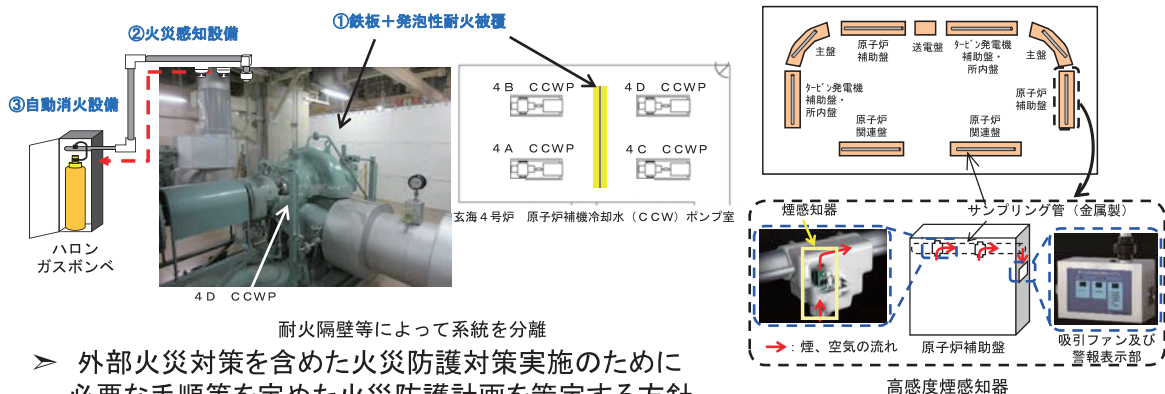
- 安全機能を有する構造物、系統及び機器を火災から防護することを目的として火災区域又は火災区画を設定し、火災発生防止、早期の火災感知・消火、影響軽減のそれぞれの方策により対策を講じる設計方針であることを確認。
  - ・火災発生防止のため、不燃性材料又は難燃性材料、難燃ケーブルを使用する方針を確認。
  - ・早期の火災感知のため、異なる種類の火災感知器を組み合わせる方針を確認。また、火災区域又は火災区画には、消火設備として、原則ハロン消火設備を使用する方針を確認。
  - ・火災の影響軽減のため、原子炉停止、冷却等に必要な安全機能の系統分離方針(3時間以上の耐火能力を有する隔壁等)を確認。

### 原子炉格納容器の火災影響軽減対策

- 火災影響の限定化
- 消火活動の手順の整備・訓練等

### 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煙検出設備設置
- 常駐運転員の消火訓練等

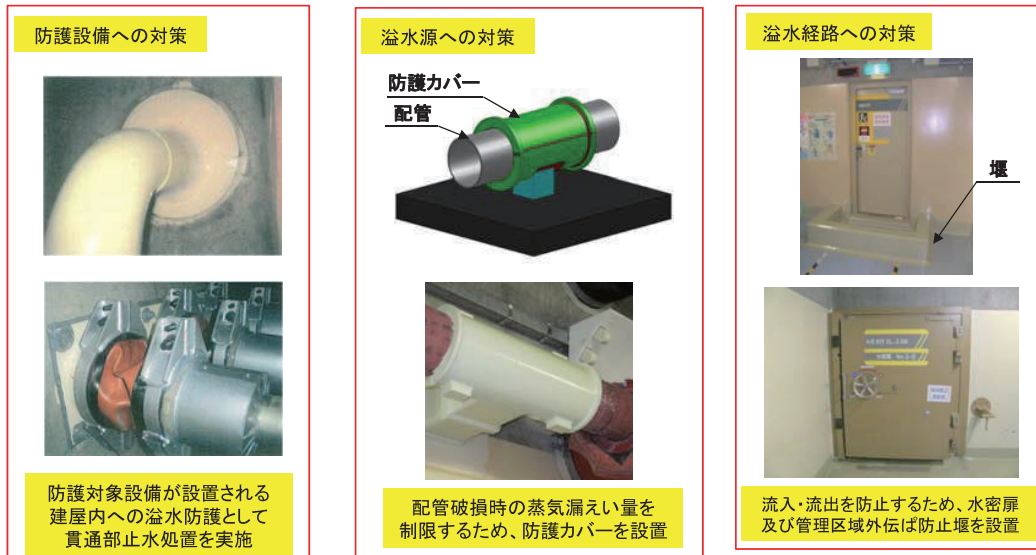


53

(出典:九州「電力提供写真等を使用」)

## 内部溢水への対策(例)

- 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、地震等による機器の破損等を想定することを確認。
  - ・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：九州電力提供写真を使用)

54

## その他の対策

### <不法な侵入等の防止>

基準要求：人の不法な侵入等を防止するための設備の設置

申請内容：人の侵入を防止できる障壁等の設置並びに人の接近管理等を行う設計

### <誤操作防止>

基準要求：地震等の環境条件における操作の容易性

申請内容：識別しやすい操作スイッチの使用や地震の影響を考慮した操作盤の固定等

### <安全避難通路>

基準要求：事故が発生した場合に用いる照明及びその専用電源の設置

申請内容：作業用照明の設置とそれに対する無停電電源からの電源供給等

### <安全施設>

基準要求：①静的機器の多重性要求の強化

②重要安全施設の共用条件の強化

申請内容：①多重化しない静的機器は最も厳しい条件でも安全上影響がない期間内で修復可能

②重要安全施設を共用する場合は、安全性が向上することを確認

### <燃料体等の取扱施設及び貯蔵施設>

基準要求：①使用済燃料貯蔵施設に対する重量物の落下対策

②使用済燃料貯蔵槽の監視機能

申請内容：①クレーン等は基準地震動によっても落下しない設計

②使用済燃料貯蔵槽の水温、水位を検知し、原子炉制御室で監視できる設計

### <審査結果>

申請者の設計方針は新規規制基準に適合するものであると判断。

55