

# 関西電力の安全対策強化の取り組み

The measure for safety-measures strengthening in the Kansai Electric Power

関西電力株式会社

1. はじめに
2. 福島事故の知見 および 緊急安全対策
  - 2.1 福島第一原子力発電所事故の知見
  - 2.2 関西電力の緊急安全対策
3. 新規規制基準と信頼性向上対策
  - 3.1 新規規制基準への対応
  - 3.2 常設重大事故対処設備による対策
  - 3.3 可搬式代替設備による対策
  - 3.4 その他の安全対策
4. おわりに

# 1. はじめに

当社は、東京電力福島第一原子力発電所の事故を、同じ原子力事業に携わる者として、大変重く受け止めており、このような事故を絶対起こさないとの決意のもと、原子力発電所の安全確保に全力で取り組んでいます。

当社はこれまで、地震・津波等が発生した場合でも、①「**電源確保**」②「**水源確保**」③「**浸水対策**」といった冷却機能を失わないための対策を講じています。

本日は、関西電力の安全対策強化の取り組みについて紹介します。

## 2.1 福島第一原子力発電所事故の知見

### (1) 地震による影響

外部電源 → 喪失

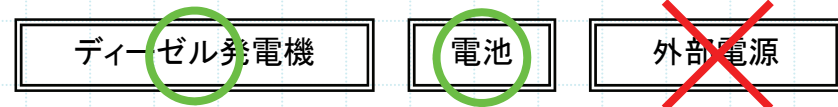
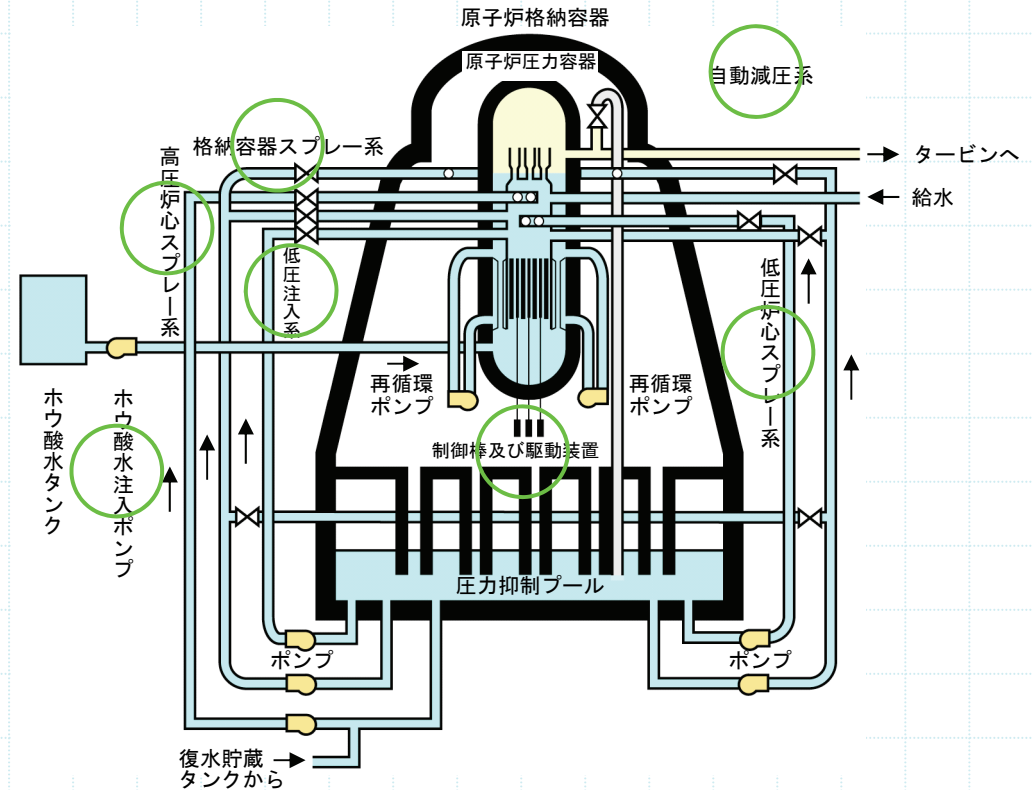
非常用ディーゼル発電機

→ 正常起動

電池 → 正常

原子炉 → 正常に自動停止

すべての非常用機器は  
正常な状態であった



(1号機の例)



## 2.1 福島第一原子力発電所事故の知見

### (2) 津波による影響

外部電源 → 喪失

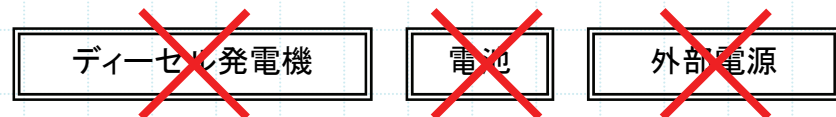
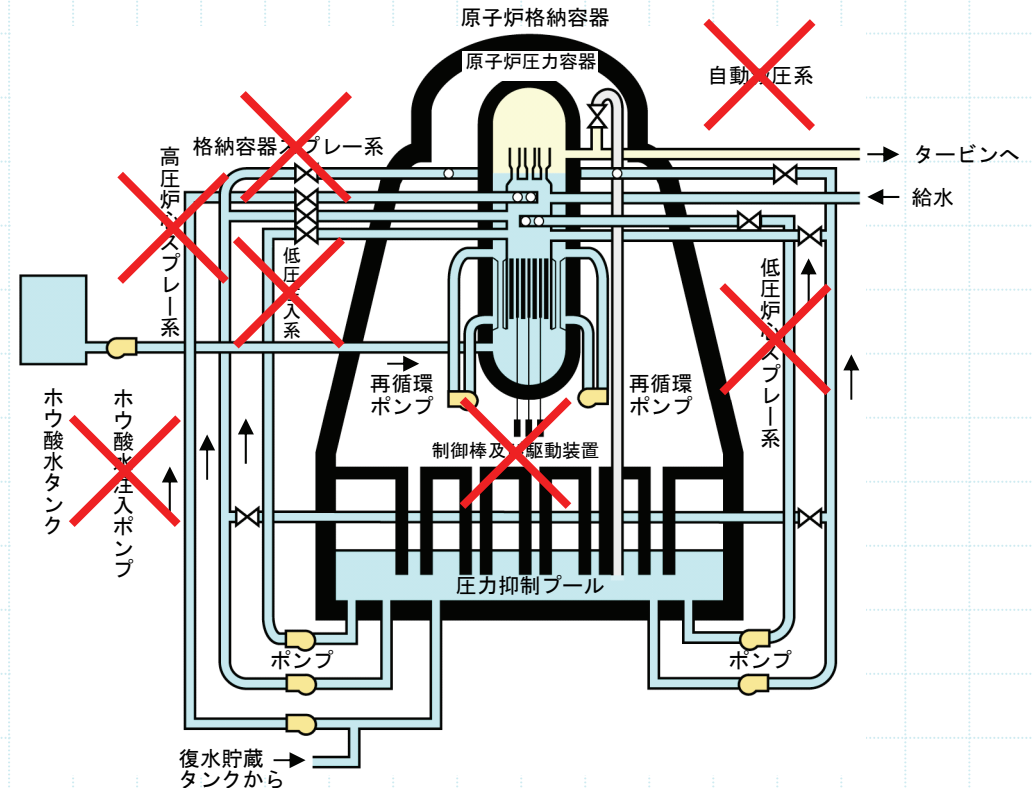
非常用ディーゼル発電機

→ 機能喪失

電池 → 機能喪失

原子炉 → 冷却機能喪失

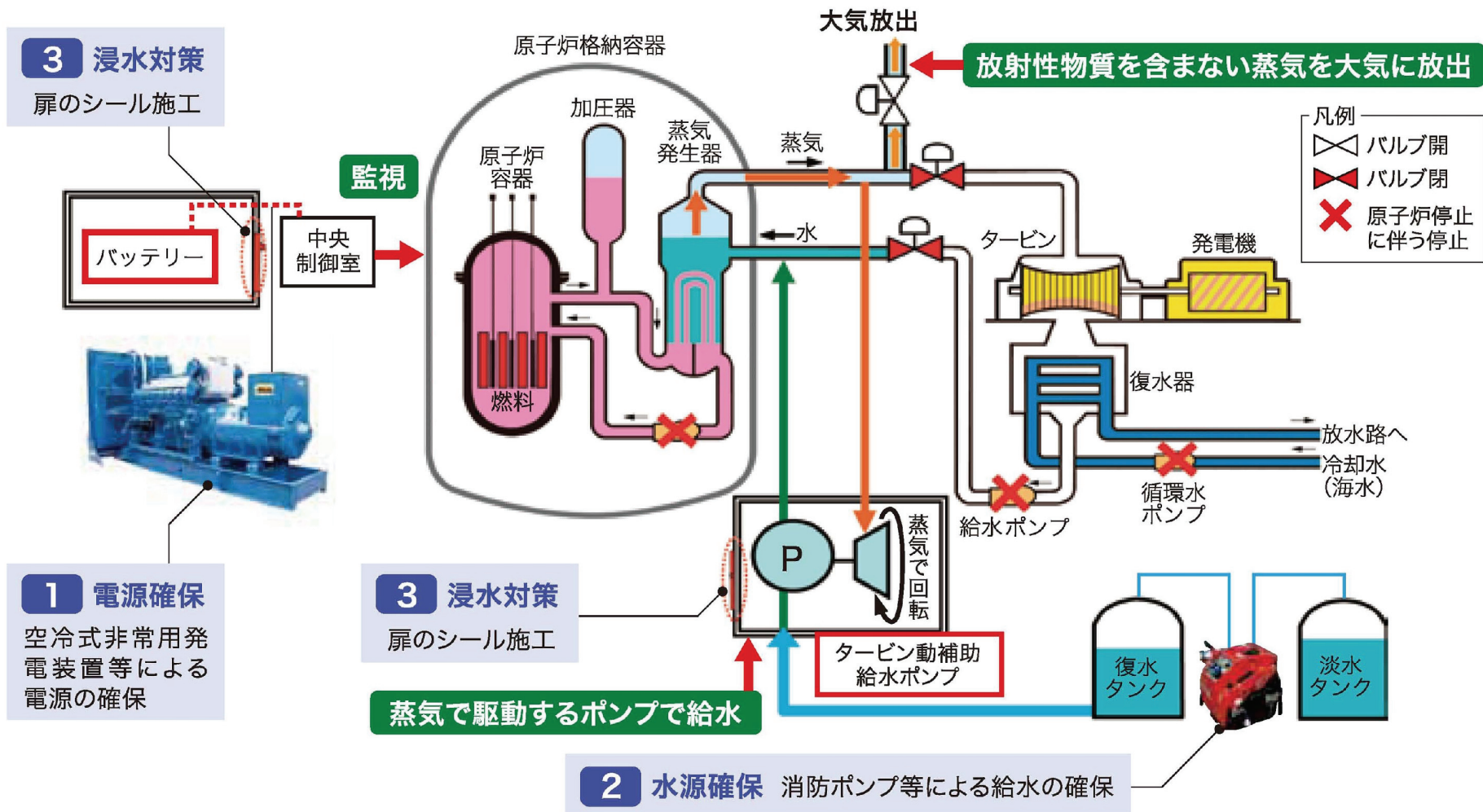
すべての非常用電源を喪失し  
原子炉の冷却機能を喪失した



(1号機の例)

## 2.2 関西電力の緊急安全対策

| 原因         | 対策                            |
|------------|-------------------------------|
| 全交流電源喪失    | 1 電源確保 プラント監視をするために必要な電源設備を確保 |
| 最終ヒートシンク喪失 | 2 水源確保 蒸気発生器への給水設備を確保         |
| 重要機器の浸水    | 3 浸水対策 建屋の浸水対策を実施             |

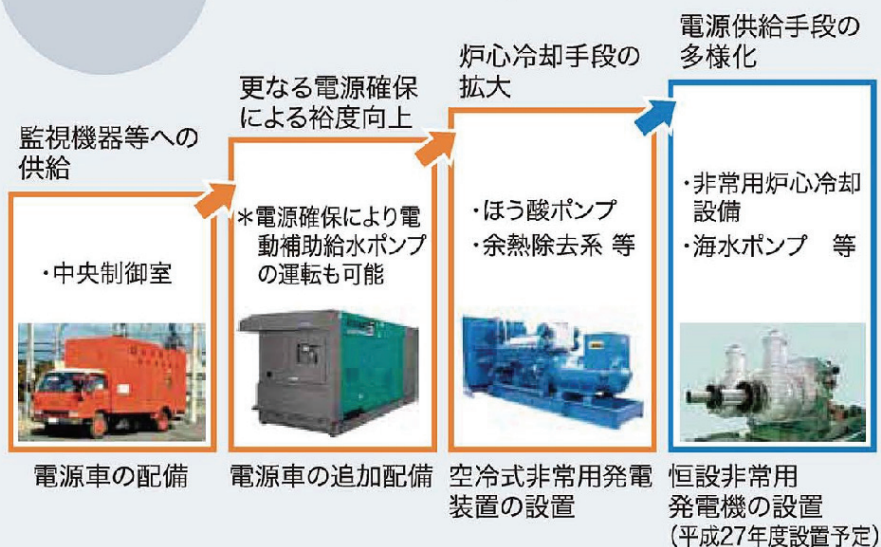


## 2.2 関西電力の緊急安全対策

### (1) 電源確保への対応

地震等が発生した際にも、中央制御室等への電力供給を途絶えさせないように空冷式非常用発電装置などを設置し、電源の多様化を図っています。また、これらを適切に運用するため、体制を確立するとともに、訓練を実施しました。

#### ハード対策 大飯発電所の場合



#### 接続の簡易化

津波の影響がない海拔30m以上に配備した空冷式非常用発電装置から円滑に中央制御室や炉心冷却設備等に給電できるようにあらかじめケーブルを敷設

#### ソフト対策

配備した電源車や空冷式非常用発電装置をすみやかに必要な箇所に接続するための対策

体制の確立 マニュアルの整備 訓練の実施

#### 訓練項目

・電源車の配置 ・電源車の運転 ・電源ケーブル接続 ・電源車への給油



電源車の接続訓練



夜間訓練

- 訓練の反映  
・夜間のヘッドランプの配備  
・作業性向上のため接続端子形状の改善 他
- 設備強化対策による接続時間の短縮

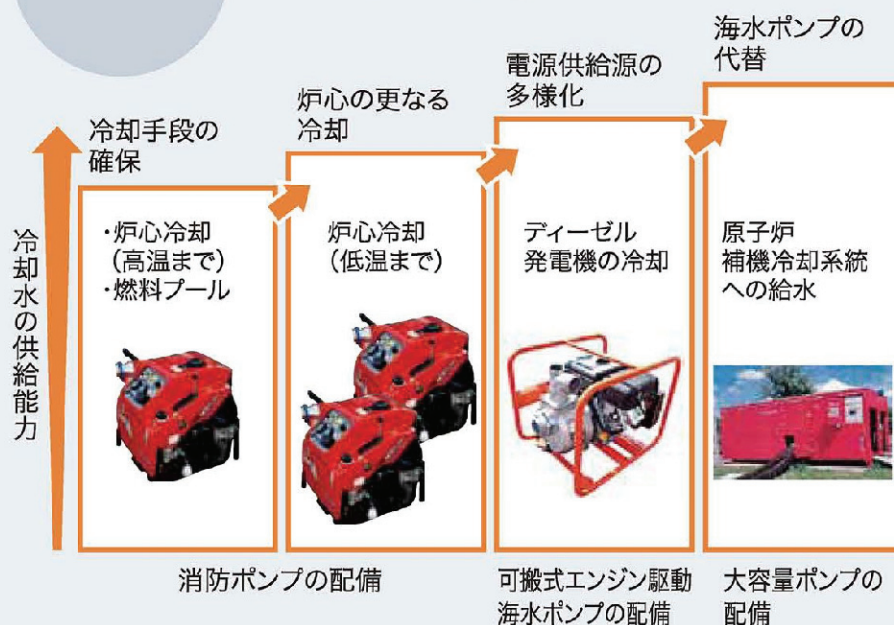


## 2.2 関西電力の緊急安全対策

### (2) 水源確保への対応

燃料からの熱を除熱するための取水ができなくなった場合に、蒸気発生器などへ給水する手段(復水タンク→淡水タンク→海水等)を増強しました。また、これらを適切に運用するため、体制を確立するとともに、訓練を実施しました。

#### ハード対策 大飯発電所の場合



#### ソフト対策

配備した消防ポンプなどをすみやかに必要な箇所に配置するための対策

体制の確立 マニュアルの整備 訓練の実施

#### ■訓練項目

- ポンプの配置
- ホースの敷設
- ポンプの運転
- ポンプへの給油



ポンプ配置の訓練



ホース敷設の訓練

- 訓練の反映
  - ポンプ配置箇所へのマーキング
  - 連絡を密にするための無線機の配備 他
- 資機材の予備
  - 消防ポンプ
  - ホース

## 2.2 関西電力の緊急安全対策

### (3) 浸水対策への対応

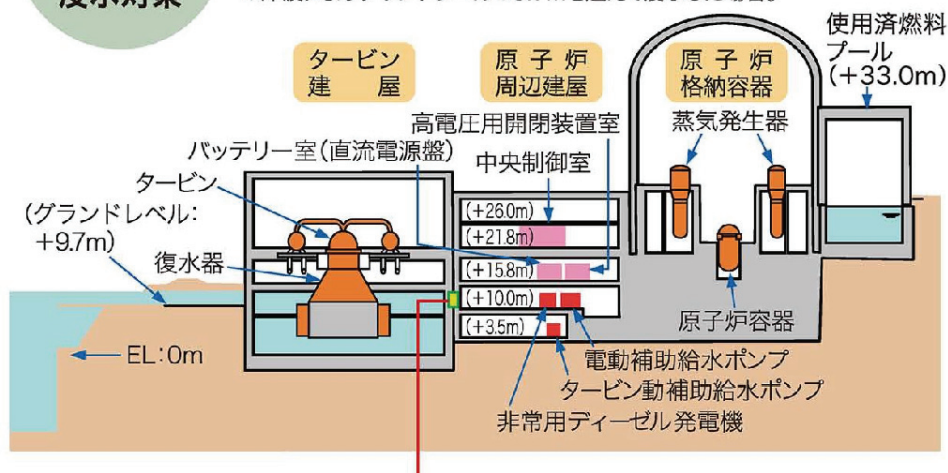
津波による浸水を防ぐため、中央制御室に給電するバッテリー室や蒸気発生器に給水を行うポンプ室の扉に防水シールを施工し、建屋の浸水対策を実施しました。

さらに、防潮堤・防波堤の新規設置、かさ上げを実施中です。

シール施工等  
による  
浸水対策

#### 大飯発電所3、4号機の場合

\*津波によりグラウンドレベル+9.7mを超えて浸水した場合。



#### 津波から守るための浸水対策を実施

扉のシール



配管貫通部シール



扉は水密扉へ取替



中央制御室に給電するために必要な設備  
(バッテリー室/高電圧用開閉装置室)

蒸気発生器に給水するために必要な設備  
(ポンプ室/高電圧用開閉装置室)

(平成24年9月完了予定)

# 3.1 新規制基準への対応

## 新規制基準の概要

### ① 深層防護の徹底

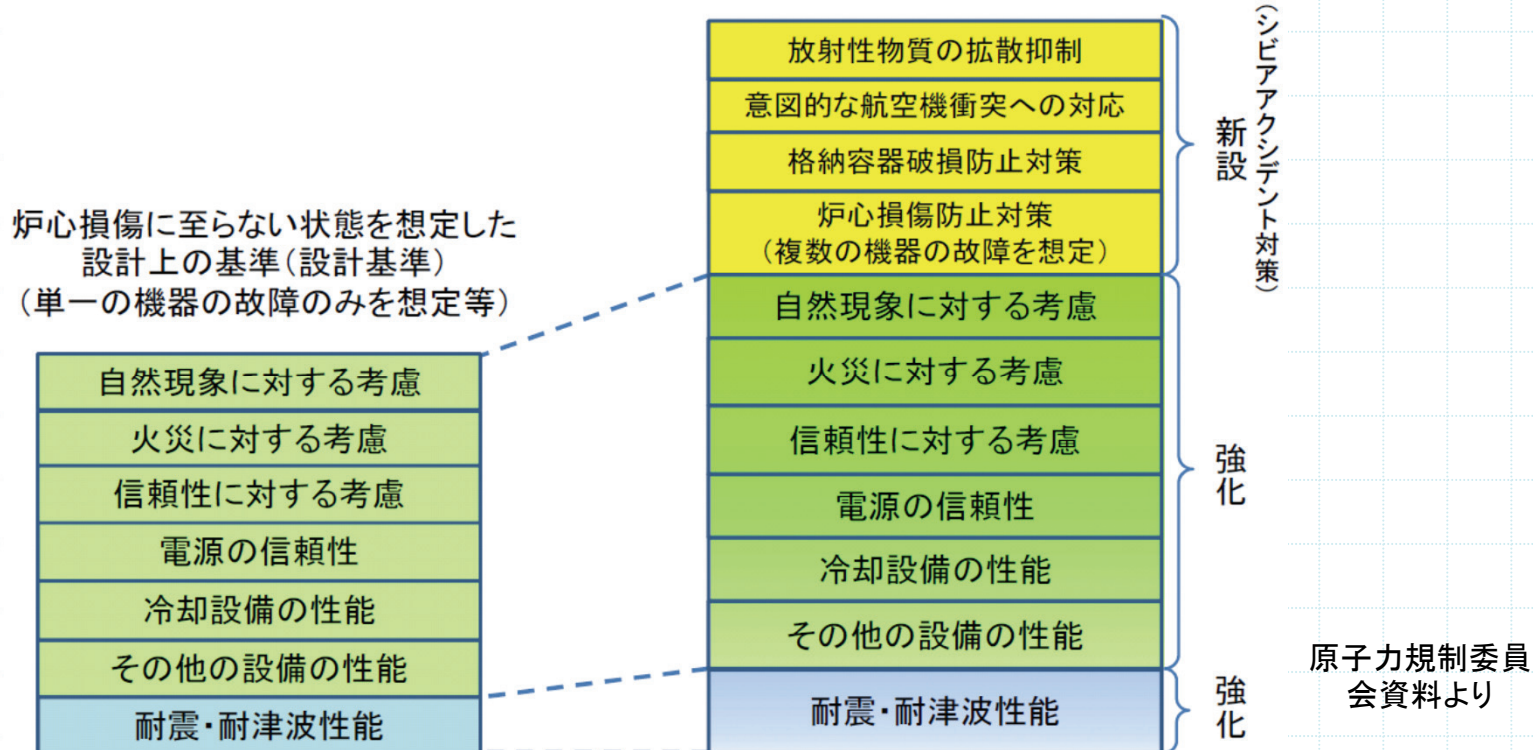
目的達成に有効な複数の対策を用意(常設/可搬型重大事故対処設備、特定安全施設など)

### ② 信頼性の強化

火災防護対策の強化、内部溢水対策の導入など (共通要因故障の防止)

### ③ 自然現象等に対する防護策の強化

津波・地震評価の厳格化、火山、竜巻等からの影響評価など (航空機衝突、テロ対策含む)

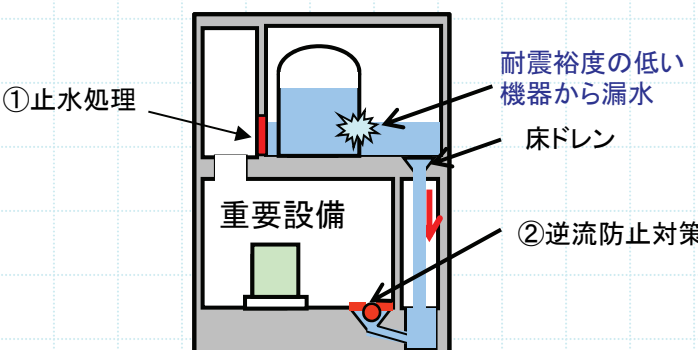




# 3.1 新規制基準への対応(地震・津波)

| 主な新規制基準<br>要求項目   | 主な要求事項   | 当社の主な対応   |
|-------------------|--|---|
| 地震及び津波に対する設計の基本方針 | <ul style="list-style-type: none"> <li>重要な安全機能を有する施設は、将来活動する可能性のある断層等の露頭が無いことを確認した地盤に設置すること。</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>敷地内において、建設時の調査のほか、運転開始後にボーリング、トレンチ調査等による耐震安全性確認を実施しており、重要な安全機能を有する施設は、将来活動性のある断層等の露頭がないことが確認された地盤に設置していることを確認</li> </ul> |
| 基準地震動 $S_s$ の策定   | <ul style="list-style-type: none"> <li>最新の科学的・技術的知見を踏まえ、「震源を特定して策定する地震動」と「震源を特定せず策定する地震動」を策定すること。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」および「震源を特定せず策定する地震動」に基づき、基準地震動を適切に策定していることを確認</li> </ul>   |
| 基準津波の策定           | <ul style="list-style-type: none"> <li>最新の科学的・技術的知見を踏まえ、策定すること。また、地震のほか、地すべり等の要因も考慮して策定すること。</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>基準津波は、最近の調査等から得られる知見を踏まえ、周辺の海域活断層で発生する地震、日本海東縁部で発生する地震、地震以外の要因について検討し、適切に策定していることを確認</li> </ul>                          |
| 津波に対する設計方針        | <ul style="list-style-type: none"> <li>基準津波の遡上波が、直接到達、流入および取放水路から流入しないこと。</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>重要な安全機能を有する施設の敷地高さ(約9.7m)は、基準津波による設計津波高さ(約2.85m)より高く、施設の安全機能が保持できることを確認</li> </ul>                                       |

# 3.1 新規制基準への対応(設計基準)

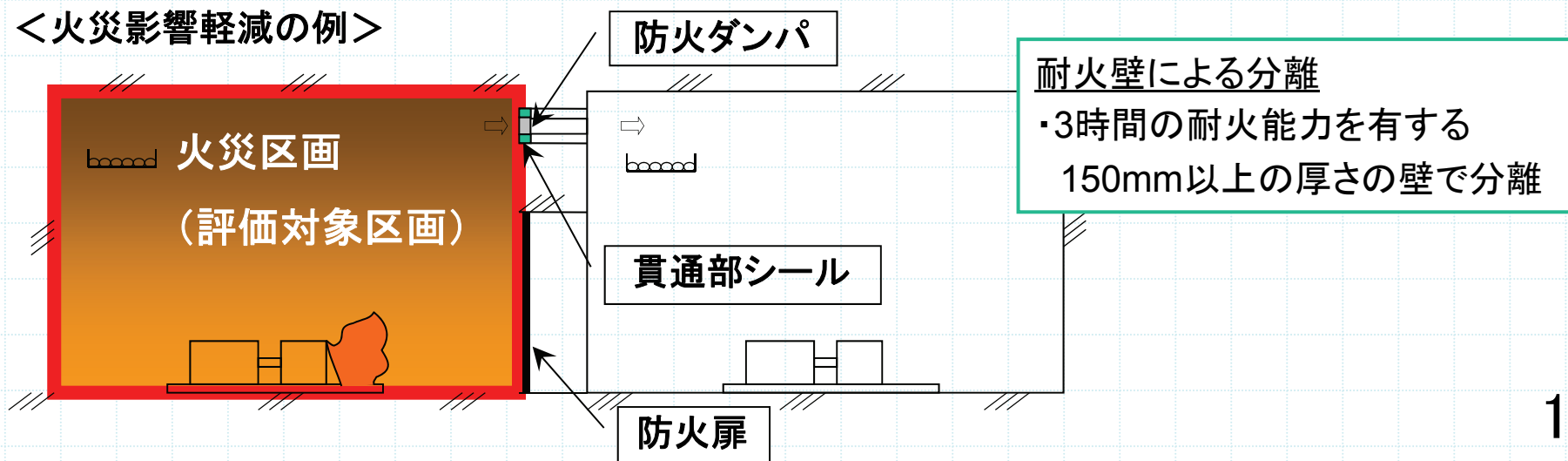
| 主な新規制基準<br>要求項目 | 主な要求事項   | 当社の主な対応   |
|-----------------|--|---|
| <p>自然現象</p>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>安全機能を有する構築物、系統及び機器は、地震、津波及び地震随件事象以外の想定される自然現象によって安全性を損なうことのない設計であること。</li> <li>重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器は、予想される自然現象のうち最も過酷と考えられる場合および自然力に設計基準事故時における事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮した設計であること。</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>予想される自然現象として、敷地の自然環境を基に、竜巻、落雷、火山の影響、生物学的事象、森林火災、洪水、風（台風）、凍結、積雪、地滑りを対象に、それらの最も過酷と考えられる場合においても、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計となっていることを確認</li> </ul> <p>&lt;確認例&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>竜巻については、日本海側で過去に発生した規模等から最大風速（69m/s）を想定しても原子炉格納容器や原子炉周辺建屋などが健全であり、安全機能を維持できることを確認</li> </ul> |
| <p>内部溢水</p>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>安全機能を有する構築物、系統及び機器は、原子炉施設内部で発生が想定される溢水に対し、安全性を損なうことがない設計であること。</li> <li>発生が想定される溢水が放射性物質を含むものである場合については、管理区域からの漏えいを防止する設計であること。</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>安全機能を有する構築物、系統および機器は、原子炉施設内で発生が想定される溢水により、原子炉施設の安全性を損なうことのないことを確認</li> <li>放射性物質を含む溢水が管理区域から漏えいしないことを確認</li> </ul> <p>&lt;確認例&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地震による機器の破損では、原子炉周辺建屋で約7.2 m<sup>3</sup>の溢水が発生するが、隔壁で分離されている事などから、原子炉施設の安全性を損なうことのないことを確認</li> </ul>               |



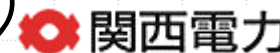
# 3.1 新規制基準への対応(設計基準)

| 主な新規制基準<br>要求項目 | 主な要求事項   | 当社の主な対応  |
|-----------------|--|--|
| 火災              | <ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉施設は、火災により安全性を損なうことのないよう、火災発生防止、火災感知及び消火並びに火災の影響の軽減の各防護対策を考慮した設計であること。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>火災発生防止<br/>材料規格、機械的・電気的な特性、信頼性（使用実績）、保守性、放射線等の環境条件への耐性等を勘案し、不燃性または難燃性材料を使用</li> <li>火災感知及び消火<br/>原子炉の高温停止、低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する機器等を設置している区域に火災感知設備を設置<br/>電動、ディーゼル駆動の消火ポンプや複数の消火水源を設置し、消火栓、を必要な箇所に配置</li> <li>火災の影響の軽減<br/>火災防護規定が影響軽減方法を仕様として定めたことを踏まえ、遮炎性のクロスや固定式消火設備を設置する。<br/>原子炉の高温停止、低温停止を達成し、維持するための安全機能は、単一の火災により機能が失われないことを火災影響評価で確認している</li> </ul> |

＜火災影響軽減の例＞



# 3.1 新規制基準への対応(重大事故対策)

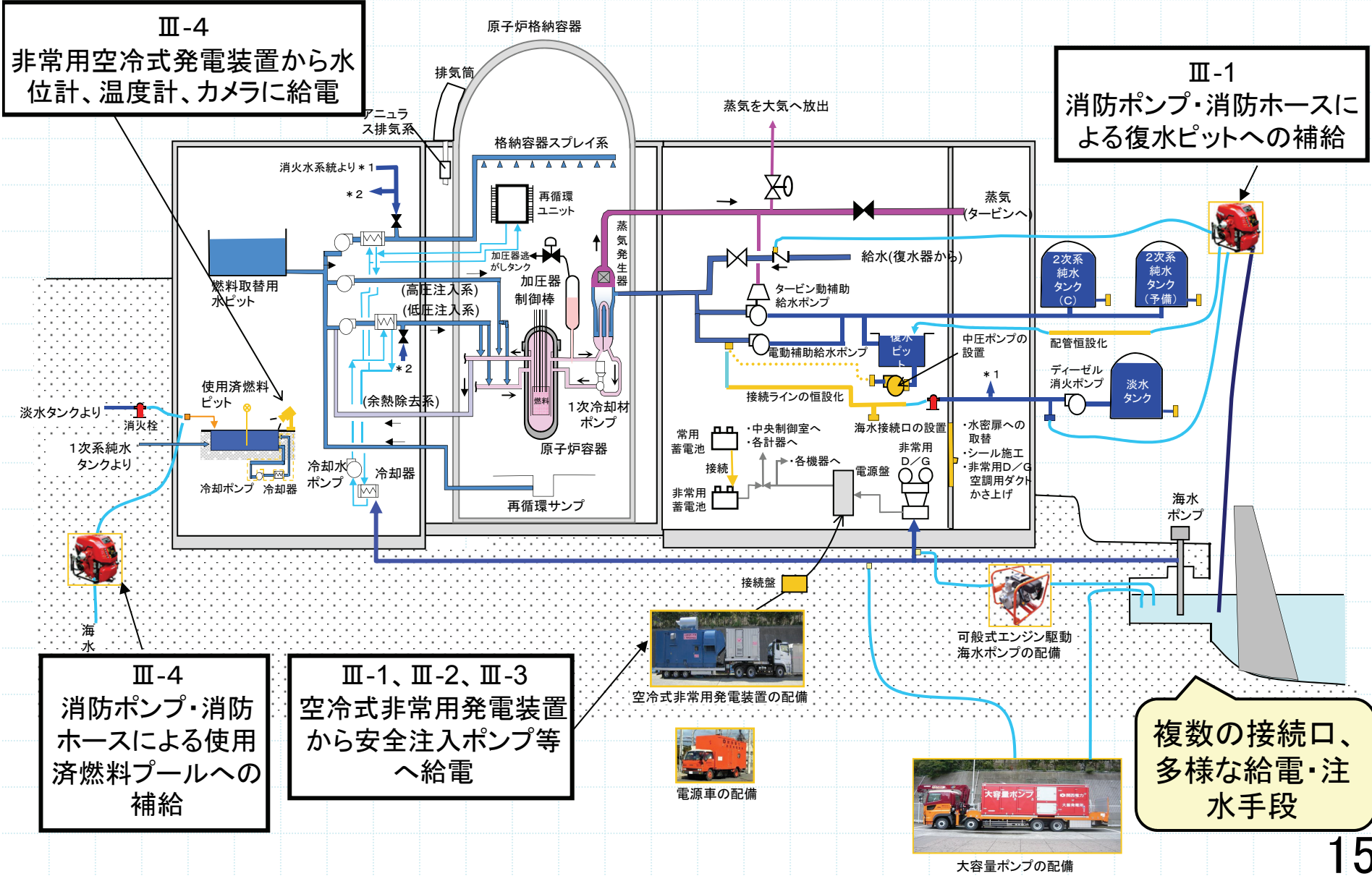


## 新規制基準の主な要求事項

冷却機能や減圧機能などを喪失した場合、当該機能を復旧、代替する設備、手順等を整備することが求められている

| 主な新規制基準<br>要求項目             | 当社の主な対応   |       |
|-----------------------------|---|-------|
| 原子炉冷却材高圧時の冷却対策              | <ul style="list-style-type: none"> <li>タービン動補助給水ポンプによる二次系冷却を十分な期間実施するために、水源となる復水ピットへ補給する消防ポンプ・ホースを配備</li> <li>空冷式非常用発電装置を接続し電動補助給水ポンプを起動し、原子炉の冷却機能を復旧</li> </ul>                                  | III-1 |
| 原子炉冷却材圧力バウンダリの減圧対策          | <ul style="list-style-type: none"> <li>恒設直流電源喪失時においても、主蒸気逃がし弁および加圧器逃がし弁を作動させ原子炉冷却材圧力バウンダリの減圧操作が行えるよう、電源復旧のため、空冷式非常用発電装置に加え、可搬式バッテリー、可搬コンプレッサー、ボンベ等を配備</li> </ul>                                  | III-2 |
| 原子炉冷却材低圧時の冷却対策              | <ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉の冷却機能として余熱除去システムを復旧するため、既設D/Gの代替となる空冷式非常用発電装置、海水ポンプの代替となる大容量ポンプ、内部スプレイポンプ、余熱除去ポンプの代替となる代替注水ポンプ(常設および可搬)を配備</li> </ul>                                   | III-3 |
| 使用済燃料プールの冷却、遮へい、未臨<br>界確保対策 | <ul style="list-style-type: none"> <li>使用済燃料貯蔵プールの冷却・注水機能の喪失時などにおいて、必要な水位を維持することにより使用済燃料貯蔵プール内の燃料の冷却、遮へいおよび臨界防止を行うために、可搬式の消防ポンプ、ホース等を配備</li> <li>使用済燃料ピットの監視として、水位計、温度計に加え、水位監視カメラ等を追加</li> </ul> | III-4 |

# 3.1 新規制基準への対応(重大事故対策) 関西電力



# 3.1 新規制基準への対応(重大事故対策)

## 新規制基準の主な要求事項

冷却機能や減圧機能などを喪失した場合、当該機能を復旧、代替する設備、手順等を整備すること。また、炉心の著しい損傷が発生した場合、炉心の冷却や格納容器の圧力、温度、放射性物質濃度を低下させる設備、手順等を整備することが求められている

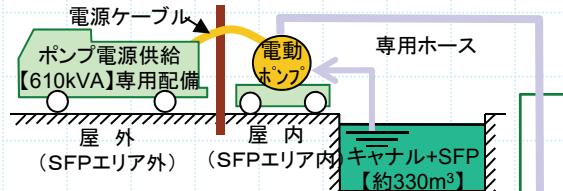
電源喪失事故が発生した場合は、炉心損傷、格納容器破損、使用済燃料プールの燃料損傷防止、原子炉停止中の燃料損傷防止に必要となる電力を確保する設備、手順等を整備することが求められている

| 主な新規制基準<br>要求項目         | 当社の主な対応  |      |
|-------------------------|--|------|
| 原子炉冷却材高圧時の冷却対策          | ・起動弁開放(人力による開放)、蒸気加減弁開放とあいまってタービン動補助給水ポンプを起動できるよう、タービン動補助給水ポンプ非常用油ポンプを起動するための可搬式バッテリーを配備   | IV-1 |
| 原子炉冷却材圧力バウンダリの減圧対策      | ・加圧器逃がし弁による冷却材の減圧操作が行えるよう、可搬式コンプレッサ(4台)、窒素ボンベ(24本)および電磁弁用の電源車の配備   | IV-2 |
| 原子炉冷却材低圧時の冷却対策          | ・原子炉の冷却、格納容器の冷却や熔融炉心の冷却を行うため、設計基準事故対処設備に対し多様性および独立性をもった、低圧注水ポンプを配備(電源として専用のエンジン式発電機、水源としてキャナル他や仮設組立式水槽)<br>> 恒設代替低圧注水ポンプの配備(2台)<br>> 可搬式代替低圧注水ポンプの配備(6台) | IV-3 |
| 格納容器内雰囲気冷却・減圧・放射性物質除去対策 |  |      |
| 格納容器下部に落下した熔融炉心の冷却対策    |  |      |
| 格納容器の過圧破損防止対策           | ・大容量ポンプによる格納容器再循環ユニットへの海水直接通水ラインの整備  | IV-4 |
| 電源確保対策*                 | ・電源車の配備(既設で2台配備済み、今回追加で4台配備)<br>・空冷非常用発電装置の常時接続の整備   | IV-5 |



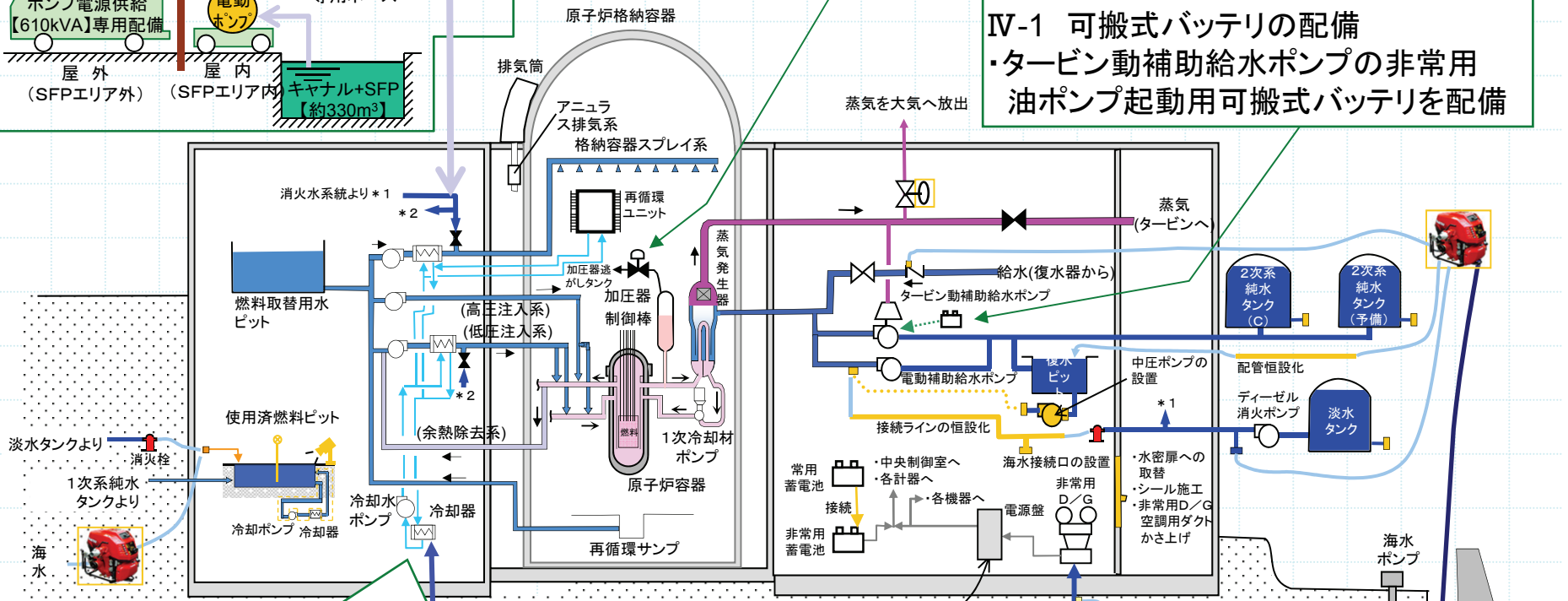
# 3.1 新規制基準への対応(重大事故対策)

**IV-3 恒設代替低圧注水ポンプの設置**  
 ・専用電源を有した代替ポンプを配備

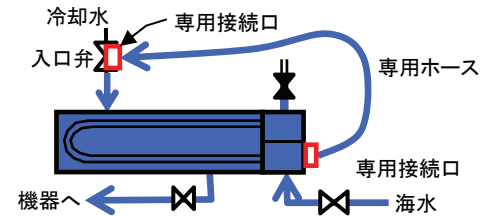


**IV-2 加圧器逃がし弁制御用空気代替ライン設置**  
 ・加圧器逃がし弁を作動させるための窒素ボンベ及び可搬式コンプレッサを配備

**IV-1 可搬式バッテリーの配備**  
 ・タービン動補助給水ポンプの非常用油ポンプ起動用可搬式バッテリーを配備



**IV-4 直接海水注入ライン設置**  
 ・再循環ユニットへの直接海水を通水



**IV-5 空冷式非常用発電装置は中央制御室から起動可能**

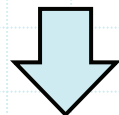
**IV-5 100%容量を2台+予備を配備**



## 3.2 常設重大事故対処設備による対策

### 常設重大事故対処設備

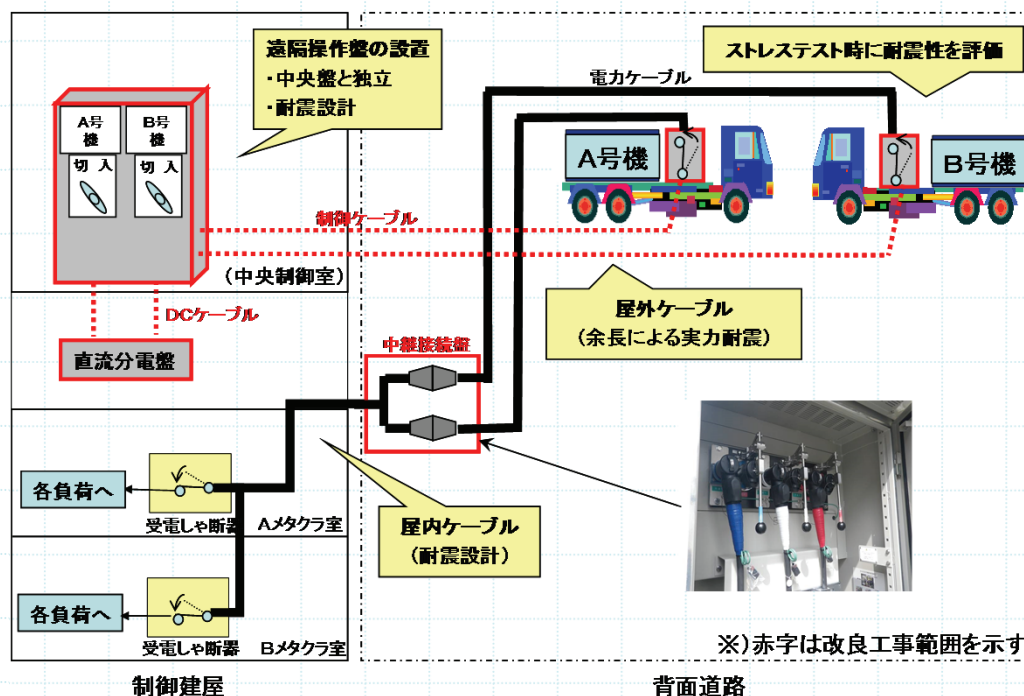
- 設計基準事故対処設備のバックアップ
- 短時間での対処が可能
- 耐震性や既設設備との多様性を有し、地震時にも機能を発揮



設計基準事故を超える重大事故が発生した場合にも、迅速な対処が可能

#### (電源対策の例)

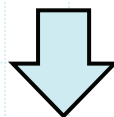
中央制御室から遠隔起動できる  
空冷式非常用発電装置を配備



# 3.3 可搬型重大事故対処設備による対策

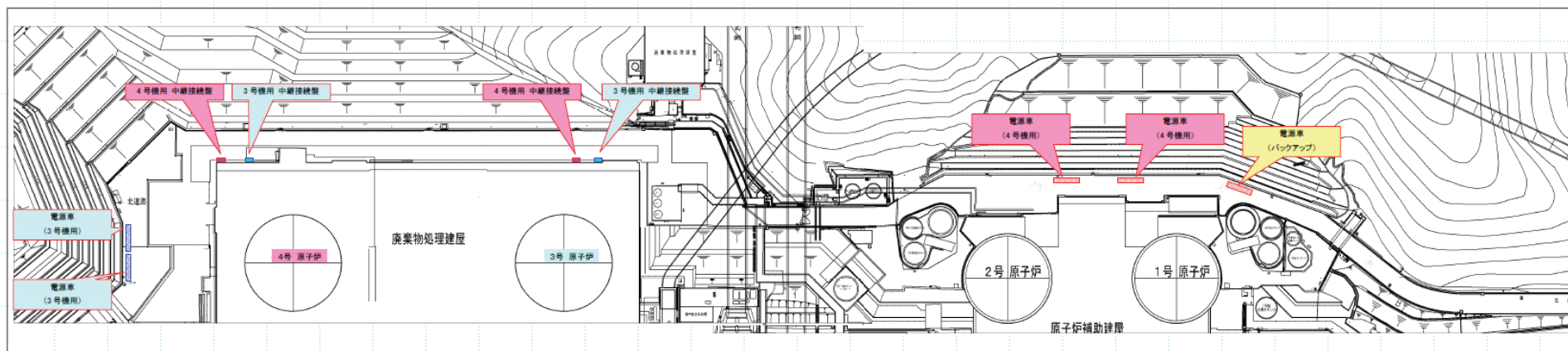
## 可搬型重大事故対処設備

- 設計基準事故対処設備、および、常設重大事故対処設備のバックアップ
- 必要台数に対し2倍、かつ故障や点検のための予備を考慮(電源車等)
- 離隔距離や位置的分散を図り、航空機衝突等にもフレキシブルに対応可能



地震や津波、その他の自然災害、意図的な航空機衝突時にも対処可能

(電源対策の例) 複数台の電源車を発電所内に分散配置。接続口も複数設置



### 3.4 その他の安全対策(免震事務棟の設置)

- 緊急時の指揮所を確保・整備(H27年度)
- 要員収容スペースの確保、電源の確保、通信機能の確保

|                |    |                     |
|----------------|----|---------------------|
| ヘリポート          |    |                     |
| マイクロ無線<br>アンテナ |    | マイクロ無線<br>アンテナ      |
| 非常用発電機         | 9F | 非常用発電機              |
| 空調機械室          | 8F | 空調機械室               |
| 通信機械室          | 7F | 電気室・資材庫             |
| 蓄電池室           | 6F | 電源室・資材庫             |
| 仮眠室            | 5F | 宿直室・資材庫             |
| 作業室            | 4F | 作業室                 |
| 対策本部           | 3F | 作業室・資料室             |
| 現場作業員詰所        | 2F | 作業室                 |
| 出入管理・除染室       | 1F | 現場作業員詰所<br>(平時は会議室) |
| 上水槽・資材庫        | B1 | WBC室                |

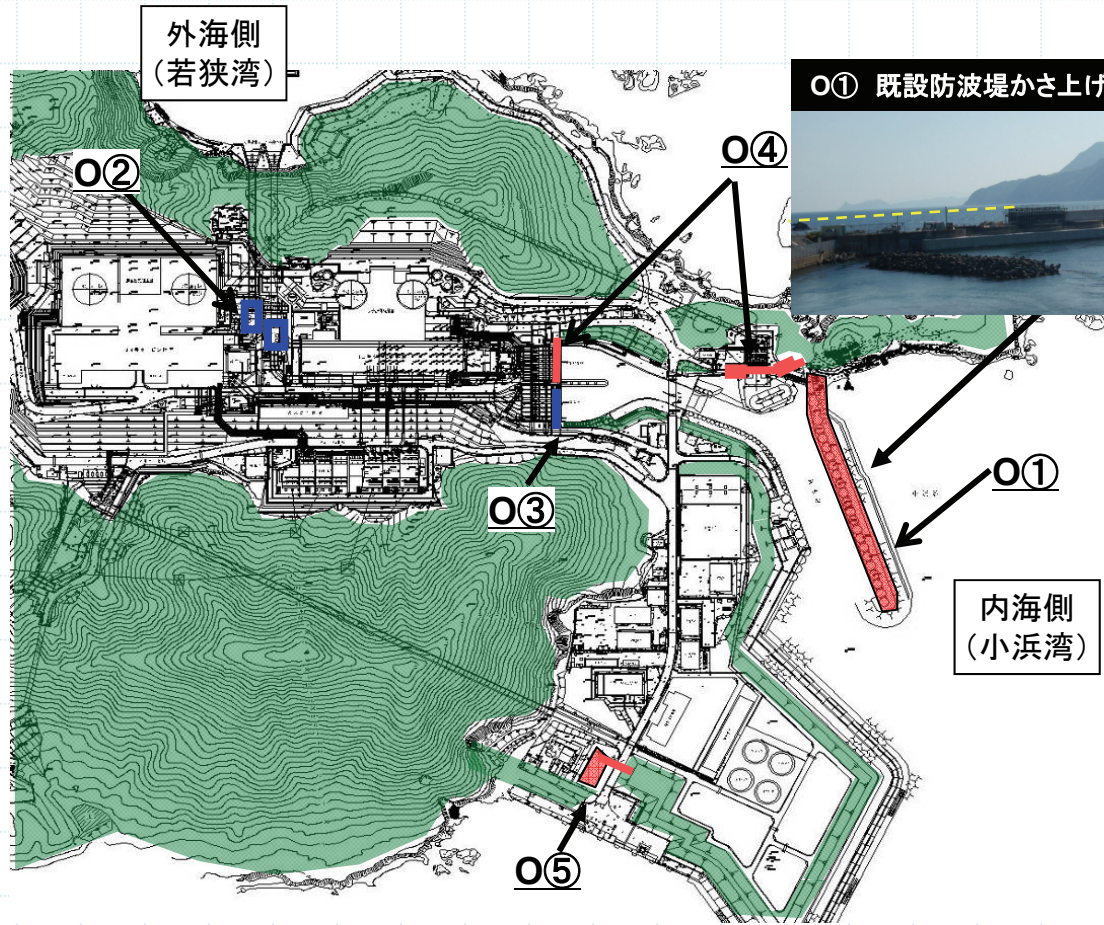
免震設備



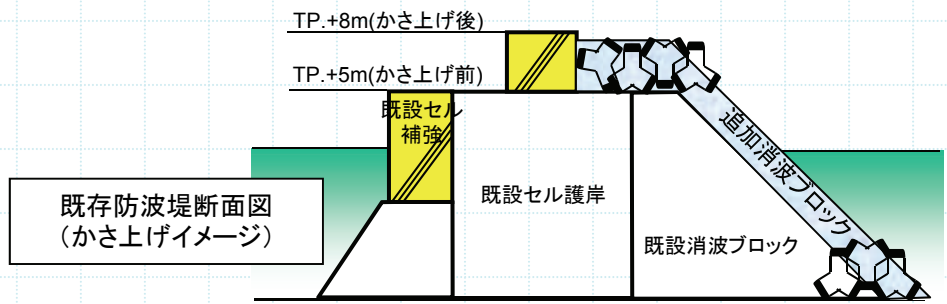
- ・建屋内面積 約6,000m<sup>2</sup>
- ・収容想定人数 最大約1,000人



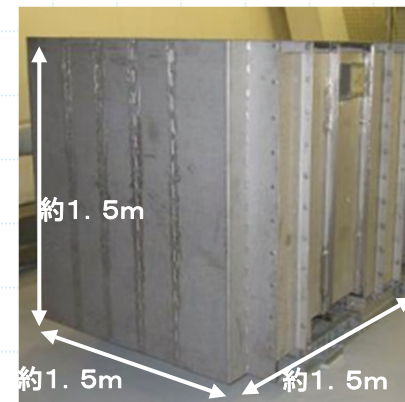
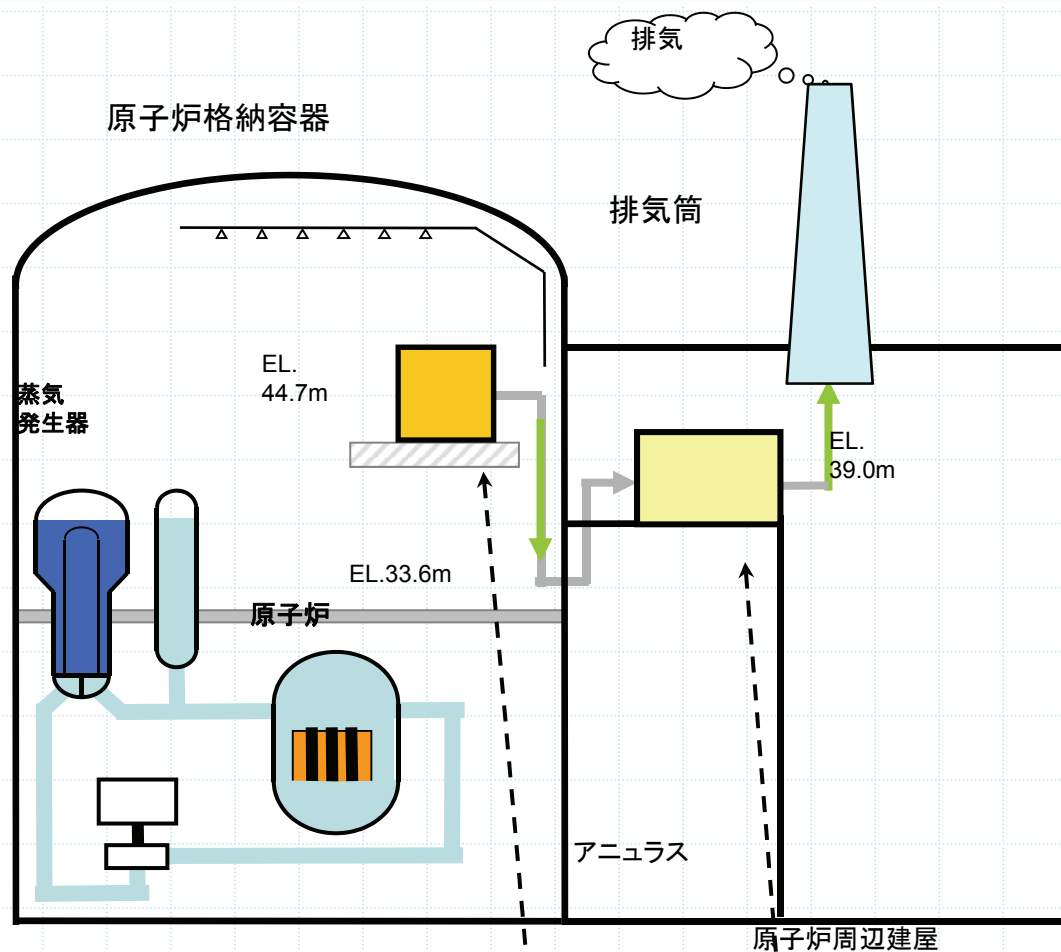
### 3.4 その他の安全対策(防潮堤・防護壁等の設置)



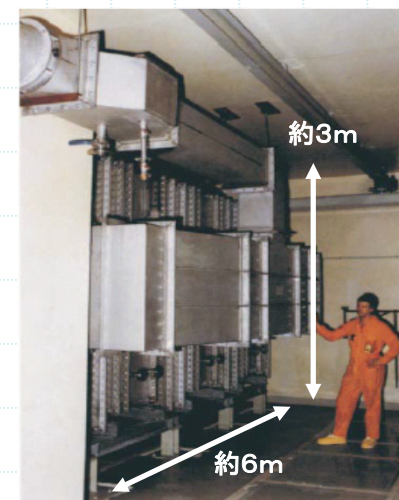
- 実施内容
- ① 既存防波堤のかさ上げ  
(T.P.+5mからT.P.+8mにかさ上げ)
  - ② 放水路ピットのかさ上げ  
(放水口からの逆流対策として  
T.P.+15mまでピット壁をかさ上げ)
  - ③ 防潮堤の設置  
( T.P.+6mの高さの防潮堤を設置)  
防護壁の設置(T.P.+6mの防護壁設置)
  - ④ 取水設備まわり
  - ⑤ タンクまわり



### 3.4 その他の安全対策(フィルタ付ベント設備の設置) 関西電力



微粒子フィルタ



よう素フィルタ

➤ 微粒子フィルタ  
セシウム等の粒子状の放射性物質を捕捉・低減

➤ よう素フィルタ  
よう素を捕捉・低減

## 4. おわりに

関西電力は、安全対策強化の取り組みを確実に実施するとともに、今後も引き続き改善を重ね、原子力発電所の安全性向上対策を全力で進めてまいります。



関西電力株式会社