

# これまでの委員会等において 事業者から提出された資料

設備対策	・・・	2
安全管理体制の強化等	・・・	39
外的事象への対応	・・・	70
中長期対策等	・・・	84

# 大飯3, 4号機 安全性向上対策工事の概要

## 地震



○発電所周辺の断層の連動性等について、詳細な調査を実施。

保守的に連動性等を評価し、地震想定を引上げ。(基準地震動Ss:856ガル)

必要箇所には、耐震補強等を実施。

1

重大事故が発生させないために

## 電源設備

○外部電源の強化や、所内電源を多重化・多様化



外部電源 (既設5回線) ※1 使用できない場合に備え



非常用ディーゼル発電機 (既設) [4台/2ユニット]



空冷式非常用発電装置 [4台/2ユニット]

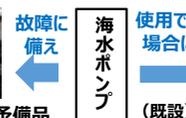


電源車 [5台/2ユニット]

○海水取水手段の多様化



海水ポンプモーター予備品 [2台/2ユニット]



## 冷却機能の強化



大容量ポンプ [3台/2ユニット] ※2

○蒸気発生器の冷却手段の多様化

・電動補助給水ポンプ (既設)  
・タービン動補助給水ポンプ (既設)

使用できない場合に備え



中圧ポンプ [2台/2ユニット] (当社の自主的な安全対策)



送水車 [5台/2ユニット] ※3

○炉心の直接冷却手段の多様化

・非常用炉心冷却設備 (既設)

使用できない場合に備え



可搬式代替低圧注水ポンプ [5台/2ユニット]



恒設代替低圧注水ポンプ [2台/2ユニット]

万一、重大事故が発生した場合に備え

## 放射性物質の放出抑制対策



○放水砲 (大気拡散抑制) [3台/2ユニット]



○大容量ポンプ (放水砲専用) [2台/2ユニット]



○シルトフェンス (海洋拡散抑制)

## アクセスルート確保

※4 ○がれき撤去用重機を配備



【図はイメージ】

## 電巻

○飛来物から機器を守るため電巻飛来物防護対策設備を設置 ※

※: 過去の日本最大電巻 (92m/秒) を上回る、風速100m/秒の電巻が発生した場合に、鋼製材が飛来すると想定。

5



鋼鉄製の金網で飛来物のエネルギーを吸収  
鋼板で貫通を阻止

## 外部火災

○森林火災の延焼を防ぐため、発電所施設周辺の樹木を伐採し、幅1.8mの防火帯を確保。

4



## 内部火災

○火災の影響軽減の各防護対策を追加実施。

- ・ケーブル等に耐火シートを巻き付け。
- ・異なる種類の火災検知器やハロン消火設備に加え、スプリンクラー等を追加設置。

3



ハロン消火設備の設置



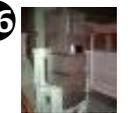
スプリンクラーの設置



ケーブルトレイへの耐火シートの設置

## 格納容器の水素爆発防止対策

16



静的触媒式水素再結合装置 (PAR) [5台/ユニット]

17



原子炉格納容器水素燃焼装置 (イグナイタ) [1.4台/ユニット]

: 前回再稼動(H24.7)後に実施、配備、増台等

※1: 大飯支線(77kV)接続

※2: 増台 (2台)

※3: 消防ポンプから変更

※4: 多種配備により瓦礫撤去機能強化

# 設備対策

# 大飯3, 4号機 外部電源喪失時の電源確保 (交流電源)

## <設計基準事故対処設備>



外部電源  
(5回線)

外部電源  
喪失時

非常用  
ディーゼル発電機  
(2台/1ユニット)

使用できない  
場合に備え

## <重大事故等対処設備>

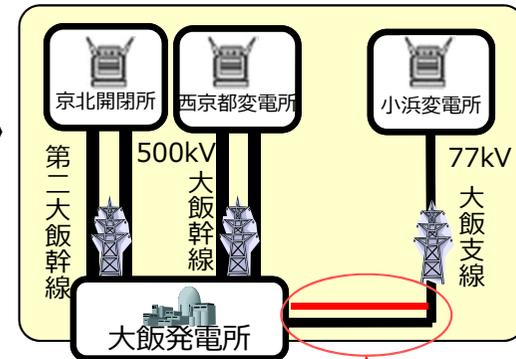
空冷式  
非常用発電装置  
(2台/1ユニット)

更なるバック  
アップ

号機間電力融通ケーブル  
(3~4号機: 1組+予備1組)  
(1, 2~3, 4号機: 1組)

更なるバック  
アップ

電源車  
(2台/1ユニット+予備1台/2ユニット)



## <外部電源ラインの追加>

3,4号機に電源供給できるよう、77kV  
供給ラインを追設(これまでは1,2号機  
のみ電源を供給) H26.3完了

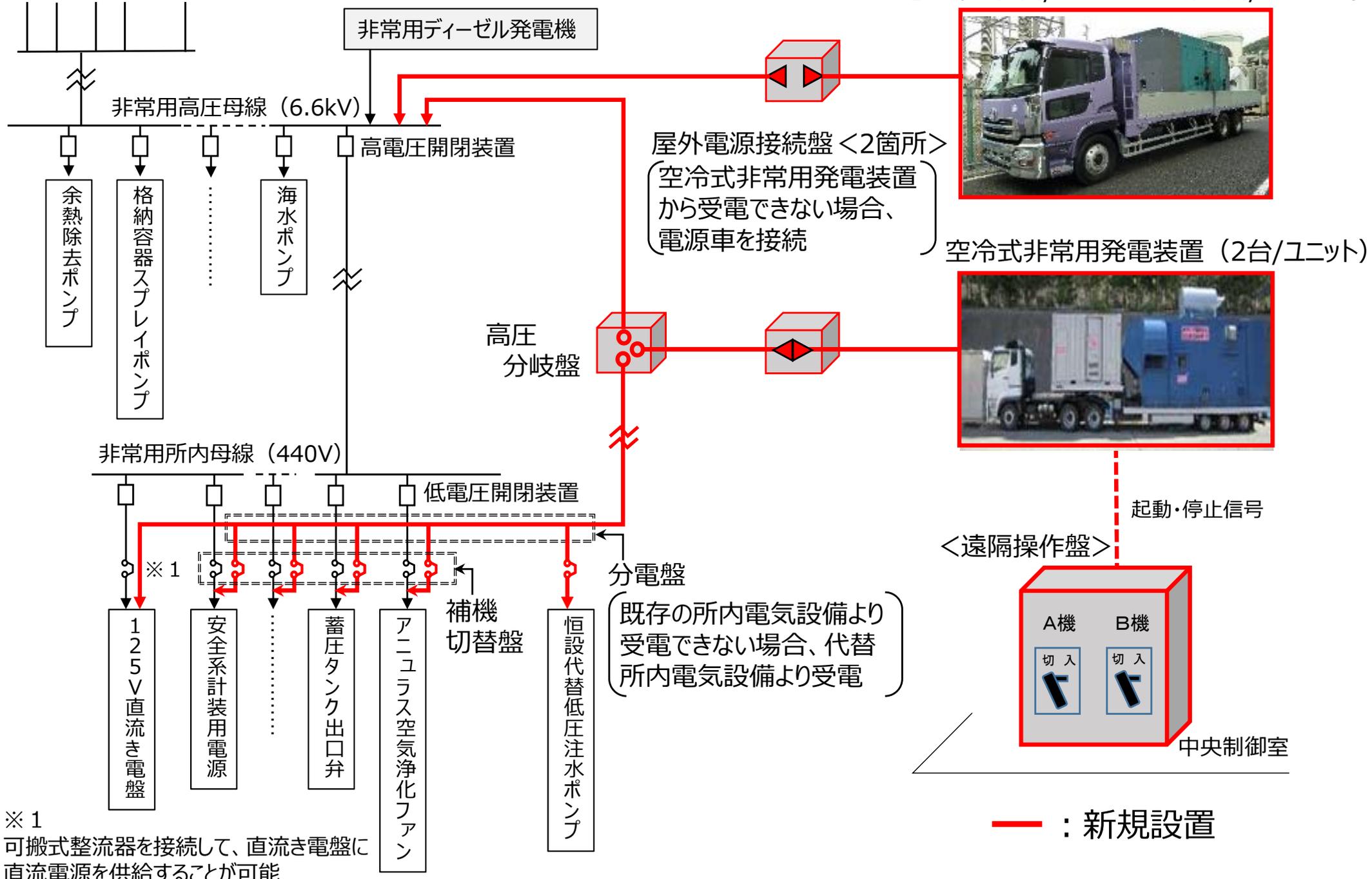


[- - -]: 前回再稼動(H24.7)後に実施、配備

# 大飯3, 4号機 所内電源の構成

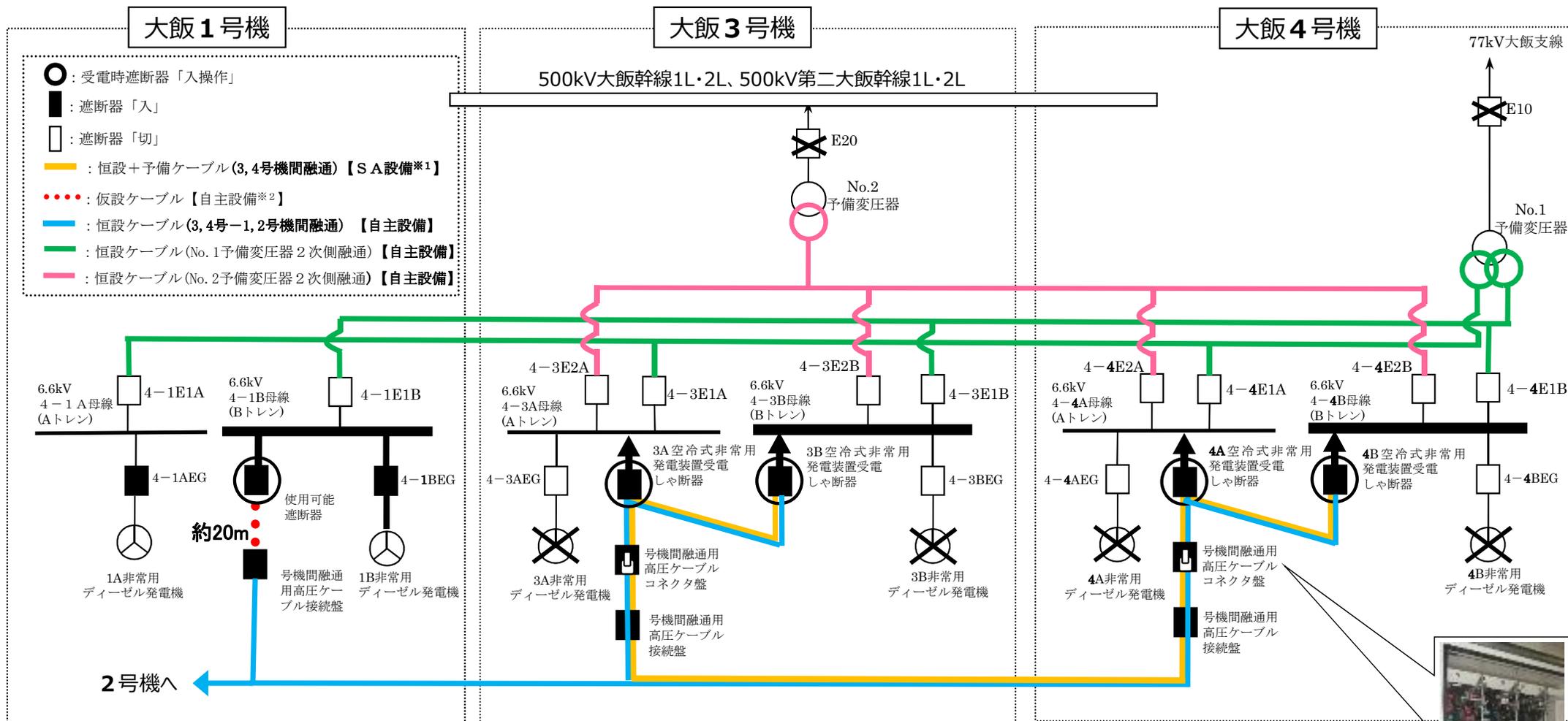
外部電源5回線 (500kV : 4回線、77kV : 1回線)

電源車 (2台/ユニット + 予備1台/2ユニット)



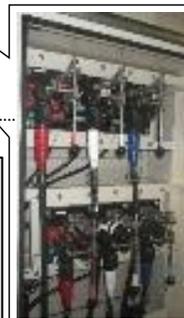
# 大飯3, 4号機 号機間融通ケーブル

外部電源が喪失し、自号機の非常用ディーゼル発電機が使用できない場合に備え、他号機の非常用ディーゼル発電機から電力を融通できるよう、号機間融通用高圧ケーブル接続盤、コネクタ盤を設置、号機間融通ケーブルを敷設した。



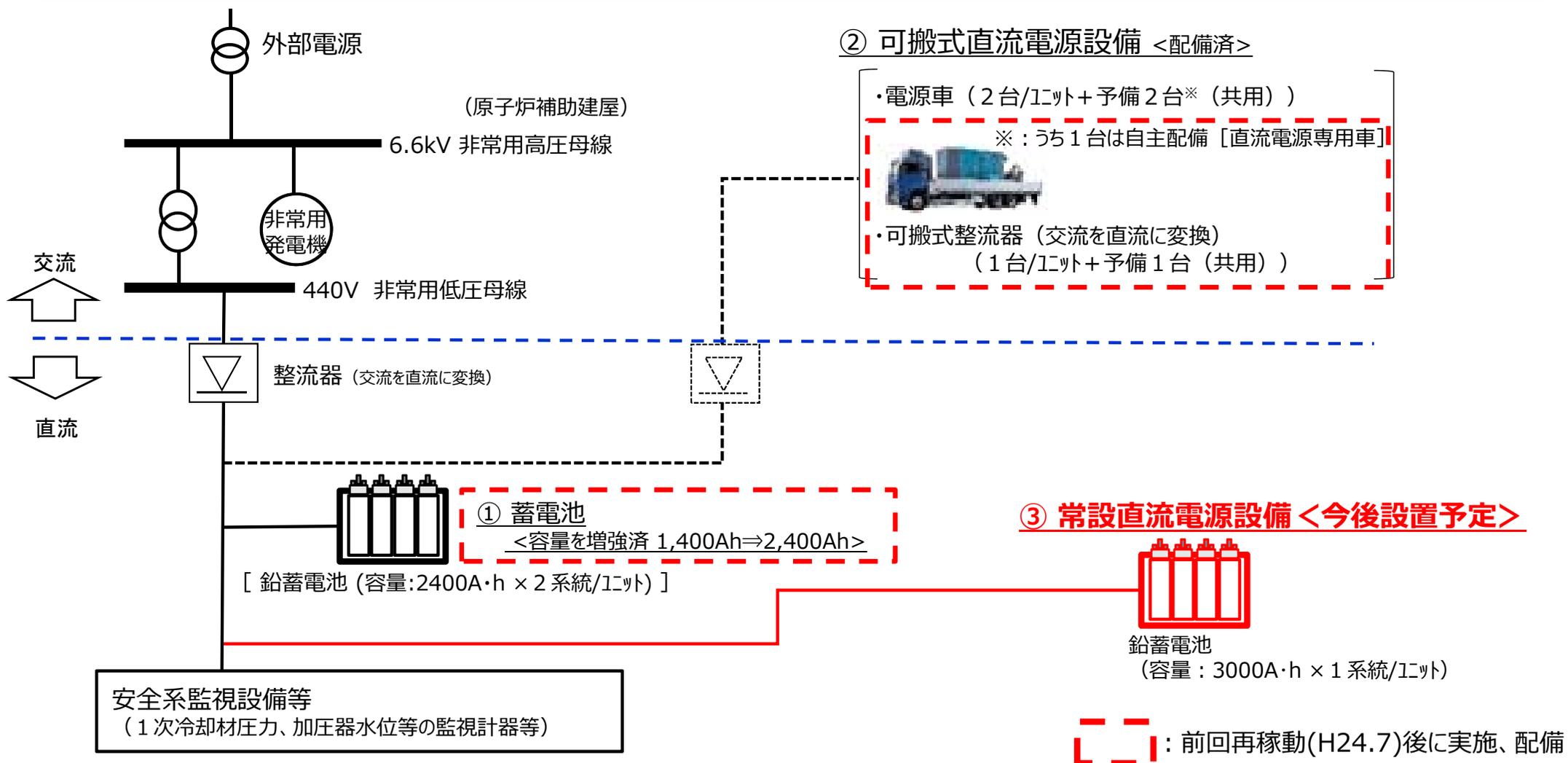
※1: SA設備…重大事故等対処設備

※2: 自主設備…多様性拡張設備 (定義: 技術基準上のすべての要求事項を満たすことや、すべてのプラント状況において使用することは困難であるが、プラントの運転状況によっては、事故対応に有効な設備)

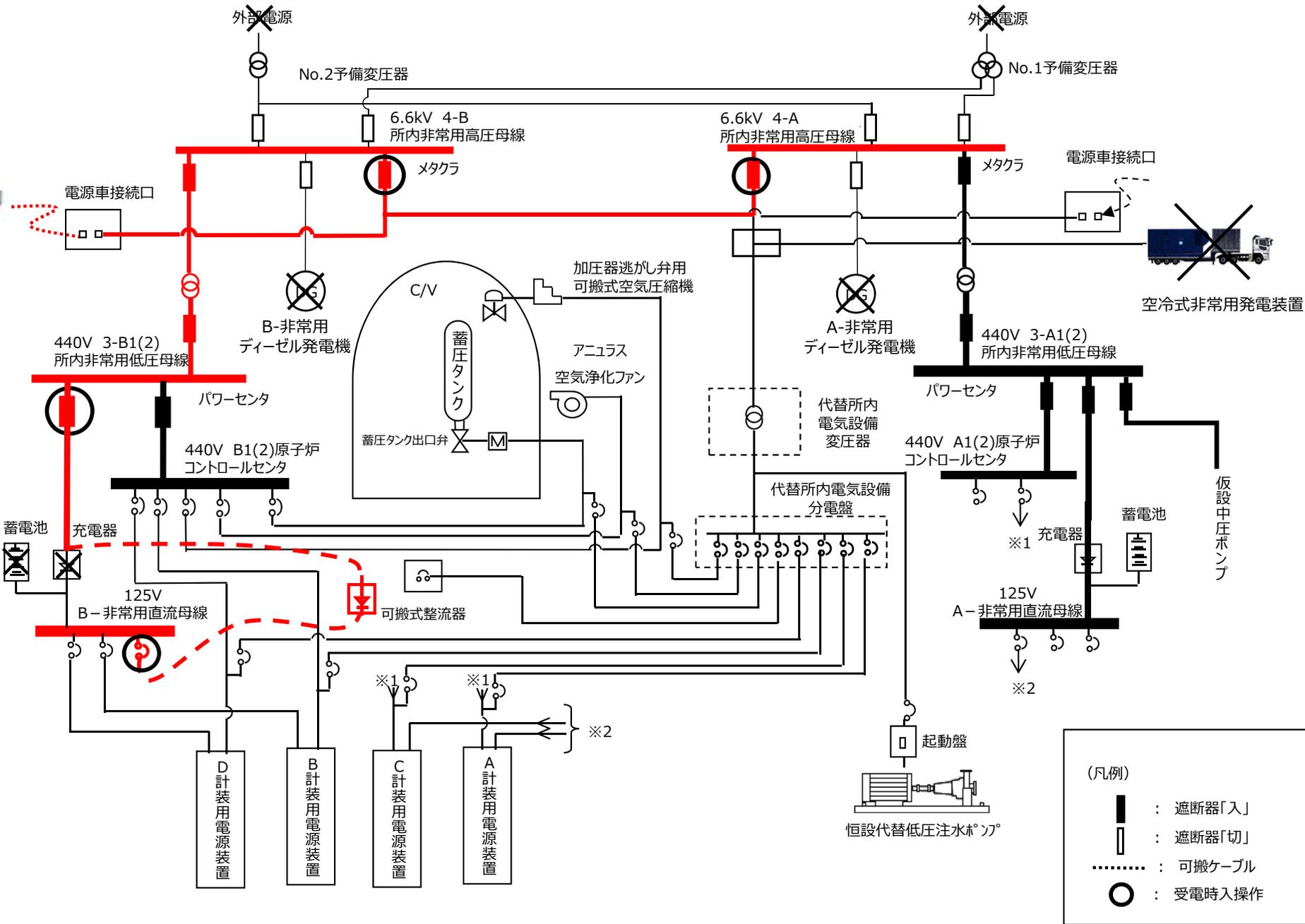


# 大飯3, 4号機 外部電源喪失時の電源確保 (直流電源)

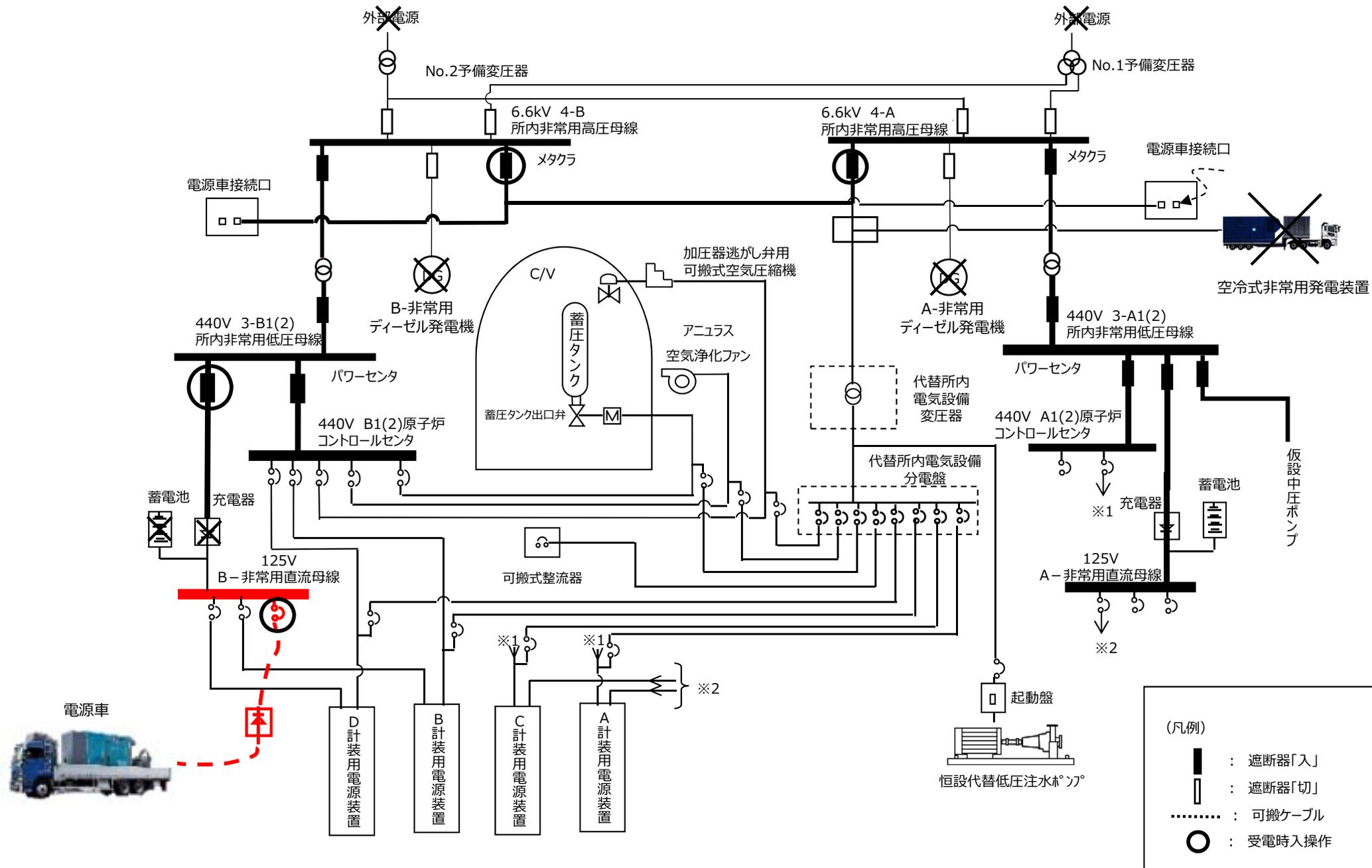
- ・大飯3,4号機再稼動以降、新規制基準対応として、①蓄電池の容量増強(1系統目)や②可搬式の直流電源設備(2系統目)を配備。
- ・さらに、重大事故等の対応に必要な設備に電気の供給を行うための、特に高い信頼性を有する ③常設直流電源設備(3系統目)を設置予定。
- ・本体施設の工事計画認可 (H29.8.25) から5年が設置期限であり、H34.8.24までに設置。



# 大飯3, 4号機 可搬式代替電源を用いた電源系統(交流電源系統使用時)



# 大飯3, 4号機 可搬式代替電源を用いた電源系統(直流専用電源車-可搬式整流器)



# 大飯3, 4号機 電源確保対策に係る訓練の状況

緊急安全対策要員を対象として、電源確保対策として設置した電源設備に係る対応操作習熟訓練を実施。

## ◎高圧ケーブルの取扱訓練（1回／年）

### 【目的】

重大事故等が発生した場合には、遠隔操作により、空冷非常用発電装置を速やかに起動し、電源を確保。  
また、高圧ケーブルの損傷により接続が出来ない場合等に備え、高圧ケーブルの取扱について訓練を実施。

なお、電源系統への接続においては、現地中継接続盤のコネクタ改良(ネジ込み式→押し込み式)や、中継接続盤を常時接続とし空冷式非常用発電装置の現地起動を中央制御室からの遠隔起動とするハード対策を実施してきており、更にソフト対策としてケーブルの取り扱い訓練を実施。

### 【手順】

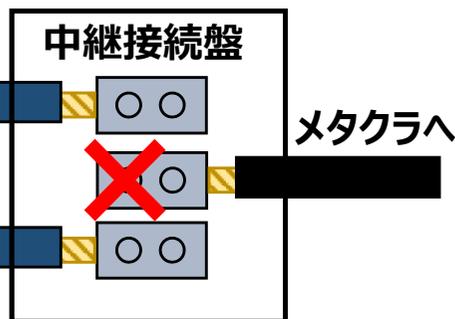
①ケーブル切断→②被覆剥ぎ, 端末加工→③ケーブル接続→④高圧防護

### 【実施結果】

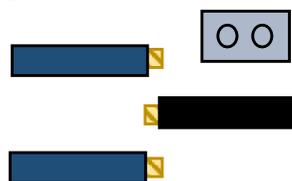
H28.9.7(水) 大飯発電所保守課員：6名ほか、訓練時間：約180分

### 【改善事項】

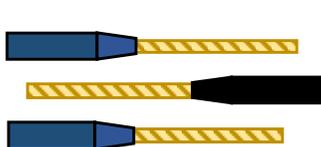
工具取扱の習熟を図るとともに、皮剥ぎ工具等を整備



### ①羽子板端子を切断



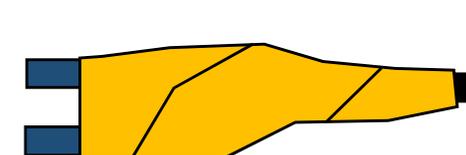
### ②端末加工



### ③ボルコン※にて接続

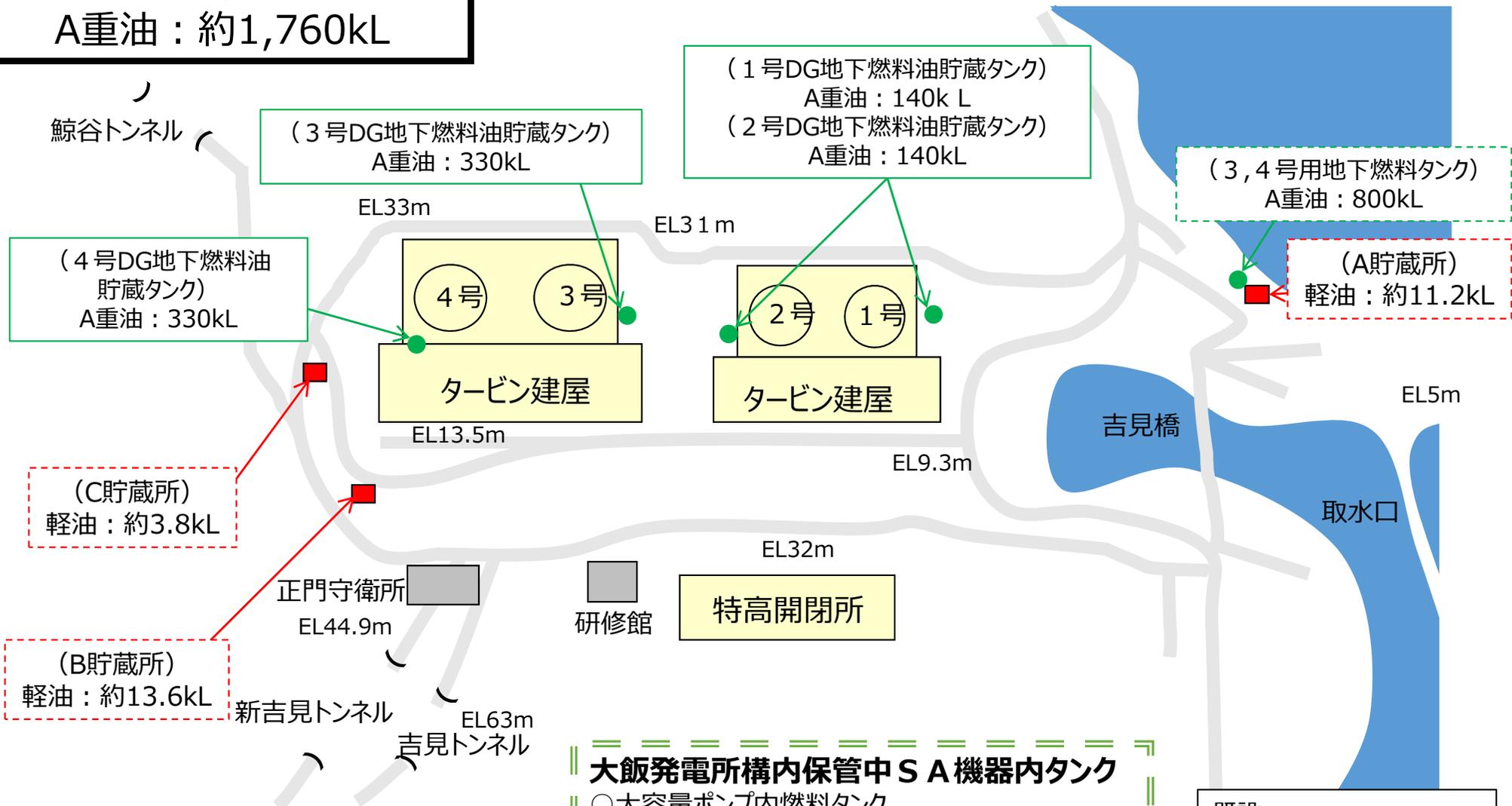


### ④接続箇所を高圧絶縁シートで防護



# 大飯発電所 事故時に必要な設備用の燃料備蓄状況

**最大備蓄量**  
 軽油 : 約 29kL  
 A重油 : 約1,760kL



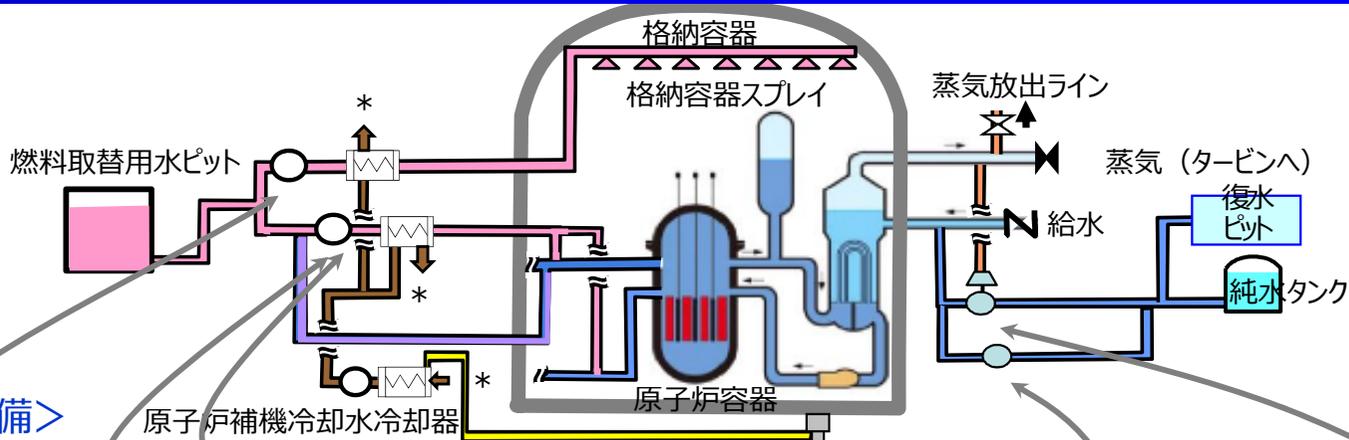
**大飯発電所構内保管中 S A 機器内タンク**

- 大容量ポンプ内燃料タンク  
 A重油 : 0.99kL×6台 = 5.94kL
- 空冷式DG内燃料タンク  
 A重油 : 1.66kL×8台 = 13.28kL

既設  
 新設 (新規制基準対応)

# 大飯3, 4号機 重大事故等発生時の原子炉容器等への注水設備

： 前回再稼動 (H24.7)後 に実施、 配備、増台等



※：技術基準上の全ての要求事項を満たすことや全てのプラント状況において使用することは困難であるが、プラントの状況によっては事故対応に有効な設備

## <設計基準事故対処設備>

格納容器スプレイポンプ	高圧注入ポンプ	余熱除去ポンプ
1200m <sup>3</sup> /h 【2台/1ユニット】	320m <sup>3</sup> /h 【2台/1ユニット】	1020m <sup>3</sup> /h 【2台/1ユニット】

海水ポンプ
5300m <sup>3</sup> /h【3台/1ユニット】

電動補助給水ポンプ	タービン動補助給水ポンプ
140m <sup>3</sup> /h【2台/1ユニット】	250m <sup>3</sup> /h【1台/1ユニット】

## <重大事故等対処設備>

使用できない場合に備え

使用できない場合に備え

使用できない場合に備え

恒設代替低圧注水ポンプ
150m <sup>3</sup> /h 【1台/1ユニット】
更なるバックアップ
可搬式代替低圧注水ポンプ (+送水車)
150m <sup>3</sup> /h 【2台/1ユニット + 予備1台/2ユニット】

大容量ポンプ
1800m <sup>3</sup> /h 【2台/2ユニット + 予備1台/2ユニット】
前回再稼動後に2台追加
海水ポンプ予備機
【1台/1ユニット】

中圧ポンプ	<多様性拡張設備※>
	50m <sup>3</sup> /h 【1台/1ユニット】
更なるバックアップ	
送水車	
	300m <sup>3</sup> /h 【2台/1ユニット + 予備1台/2ユニット】

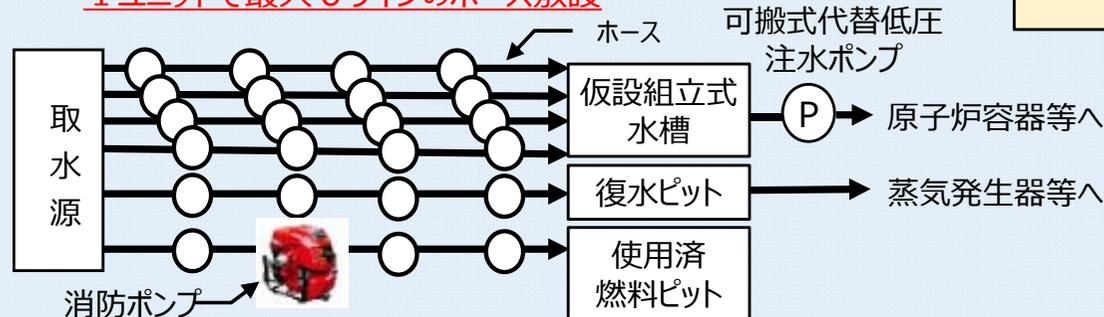
# 大飯3, 4号機 炉心等への海水注水方法の変更(送水車等の導入)

○炉心等への海水注水について、消防ポンプによる注水から、送水車を用いる注水へ変更。  
 ○これにより、給水要員の削減(3,4号機：26名→10名)とともに、資機材の変更(消防ポンプ24台→送水車1台/ユニット)による準備手順の簡素化による注水準備時間\*が削減。(15.8時間→4時間)  
 更に、アクセスルートの使用範囲が改善。 \*注水準備期間：資機材の敷設開始から注水開始までの時間。

## 消防ポンプのケース

複数台の消防ポンプにより海水を汲み上げ、炉心等へ注水

1ユニットで最大6ラインのホース敷設



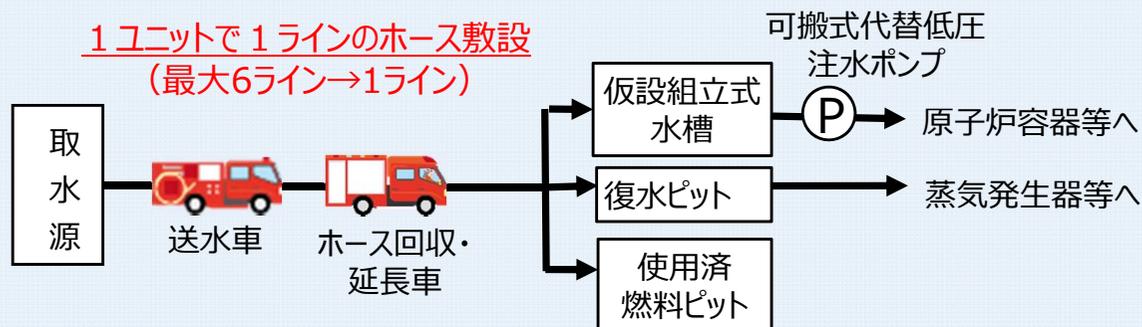
給水要員は、3,4号機で26名

<課題> ホース敷設、消防ポンプの配置に係る手順が多い。広い作業エリアが必要となり、アクセスルートへ影響。



## 送水車のケース

1ユニットで1ラインのホース敷設 (最大6ライン→1ライン)



給水要員は、3,4号機で10名で対応可能 (16名減)

## 送水車

1ライン敷設 5名体制



(ポンプ性能：放水圧 1.3MPa 放水流量：300m<sup>3</sup>/h)

恒設および可搬式代替低圧注水ポンプは、非常用炉心冷却設備（ECCS）である余熱除去ポンプまたは格納容器スプレイポンプが故障した際に、燃料取替用水ピットや復水ピット等を水源として代替炉心注水または代替格納容器スプレイを実施するために設置（配備）している。

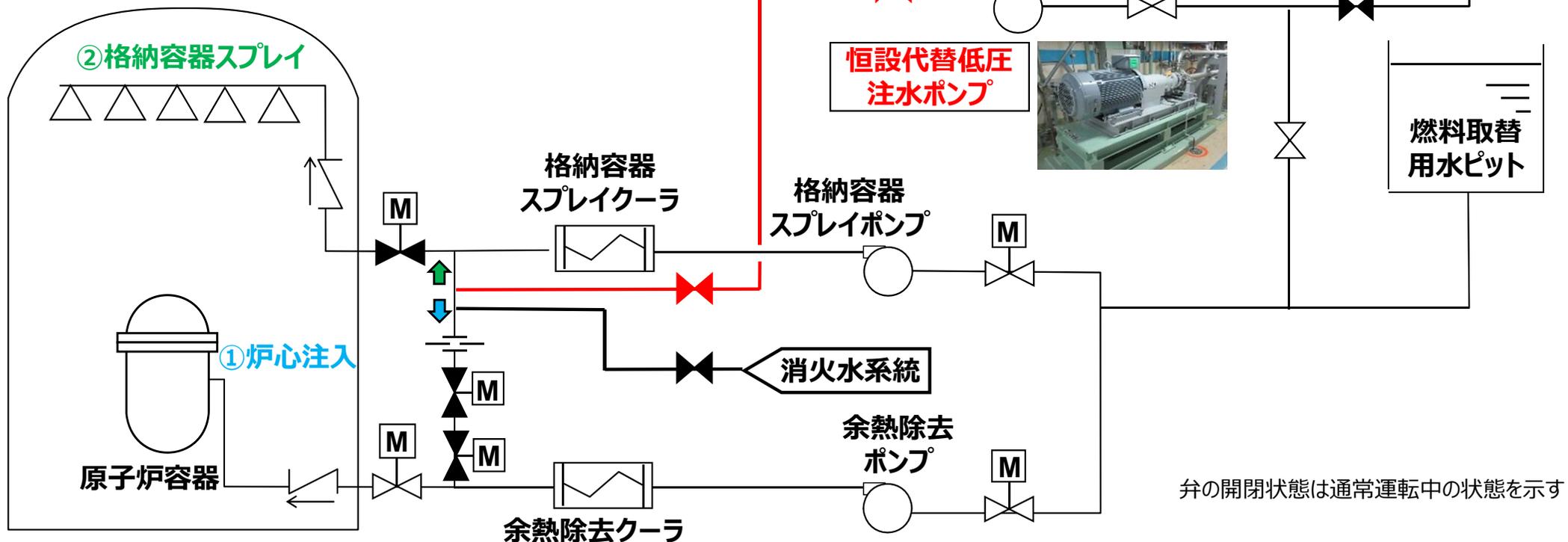
## 【使用時期】

### ①代替炉心注水

- 1次冷却材喪失事故（LOCA）が発生した際に
- ・ECCSが故障した場合
  - ・全交流電源又は原子炉補機冷却機能が喪失した場合

### ②代替格納容器スプレイ

- LOCAが発生し、格納容器内圧力がスプレイ作動設定値に到達した際に
- ・格納容器スプレイポンプが故障した場合
  - ・全交流電源又は原子炉補機冷却機能が喪失した場合



弁の開閉状態は通常運転中の状態を示す

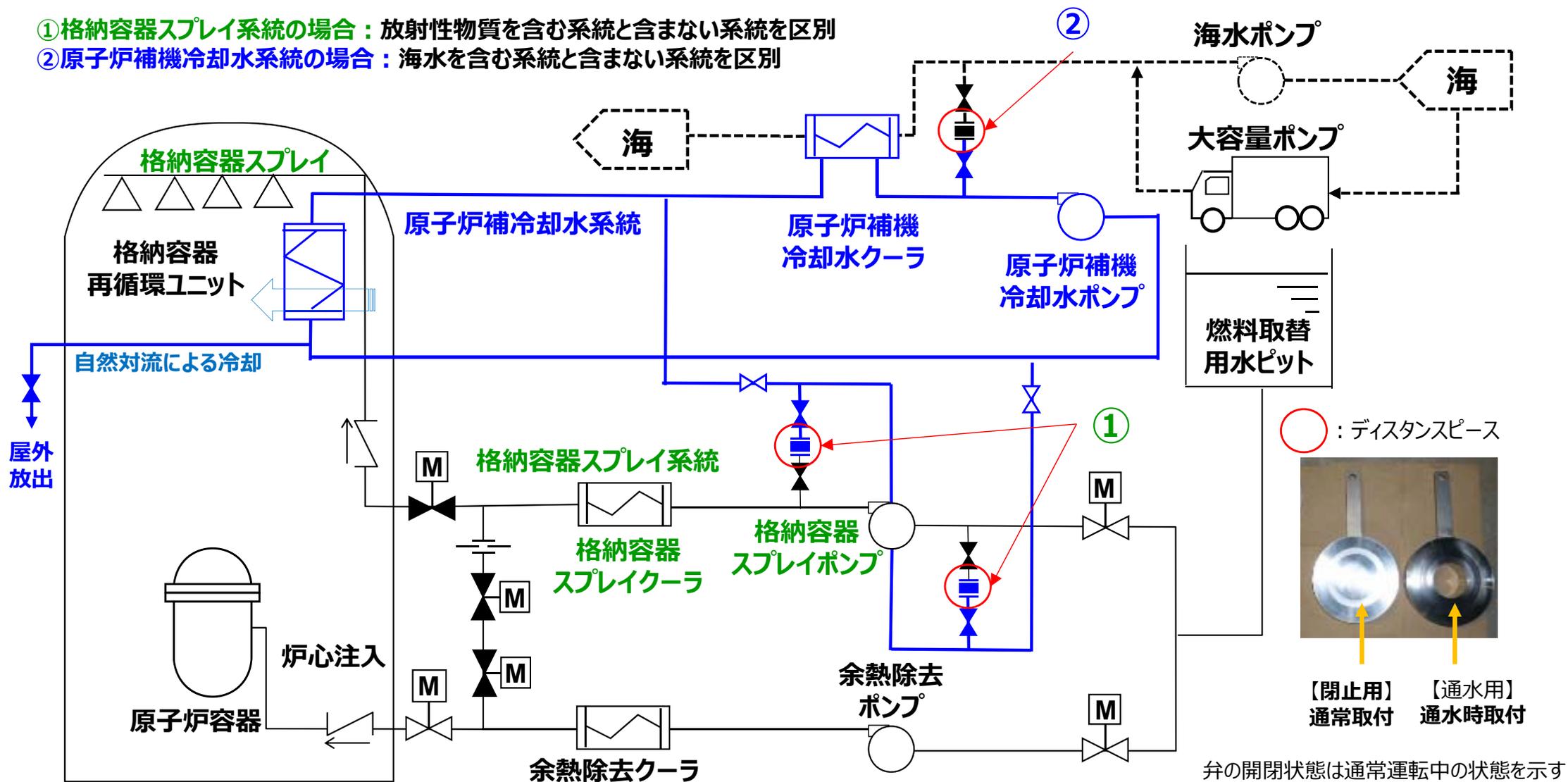
# 原子炉および格納容器冷却手段の多様化（ディスタンスピース）

重大事故時に炉心や格納容器を冷却するための注水系統において、冷却手段の多様化を図るために、放射性物質や海水など、異なる流体を内包する系統と接続する対策を行っている。

放射性物質または海水を含む系統と含まない系統を接続する箇所には、通常運転中に他の設備に悪影響を及ぼさないよう、その境界にディスタンスピースを設置。通常は円盤状の「閉止用」が取り付けられており、事故時等の通水時には中央に穴が開いている「通水用」に取り替える運用となる。

①格納容器スプレイ系統の場合：放射性物質を含む系統と含まない系統を区別

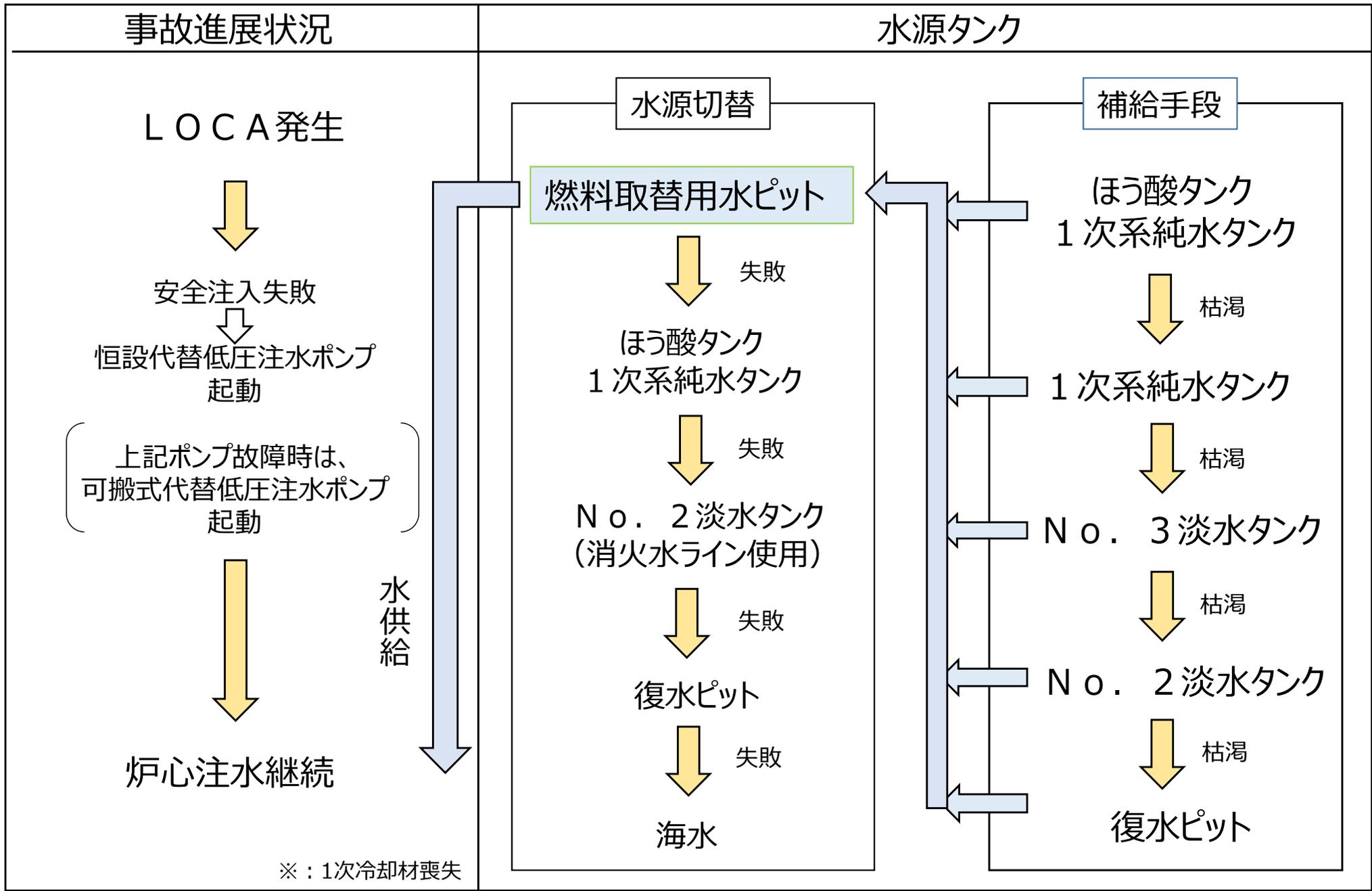
②原子炉補機冷却水系統の場合：海水を含む系統と含まない系統を区別



弁の開閉状態は通常運転中の状態を示す

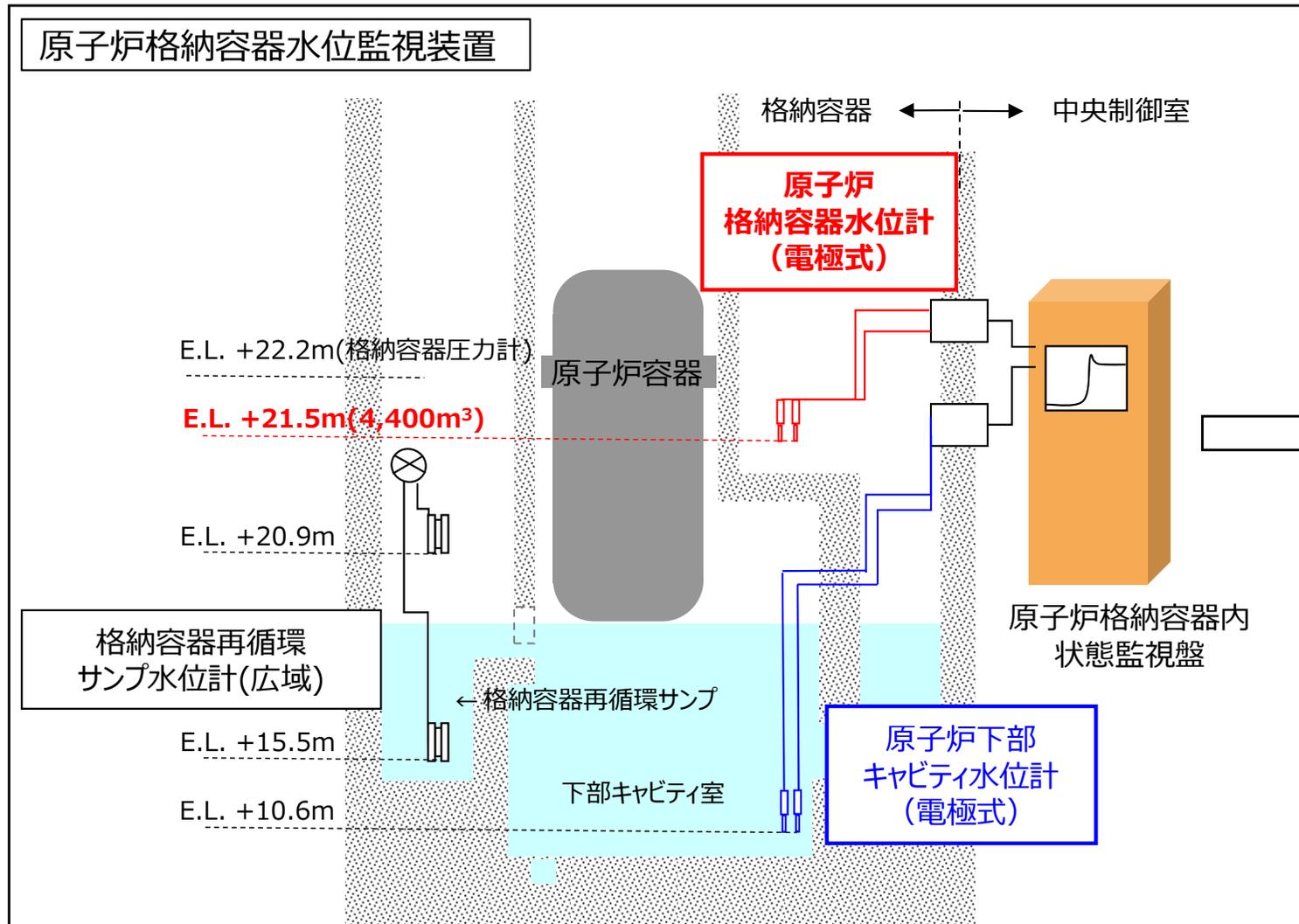
# 大飯3, 4号機における炉心注水手段

<炉心注水の場合の各タンクの運用例：大LOCA※ + 安全注入失敗 + 格納容器スプレイ失敗>



# 大飯3, 4号機 格納容器内水張り時の上限水位

炉心が損傷し、溶融炉心が原子炉容器外に落下した場合の冷却のため、格納容器内に水張りを実施。大飯3,4号機は重要計器(格納容器圧力計)が水没しない水位(EL. + 22.2m)が水張り時の上限水位。



E.L. + 21.5mで水位上限「検知」



監視装置盤「検知」表示



格納容器内の全ての水張り操作  
(格納容器スプレイ、原子炉注水)  
を手動にて停止

# 大飯3, 4号機 海水ポンプ定期検査時の作業要領

## 【海水ポンプ部材のローテーションパーツ化】

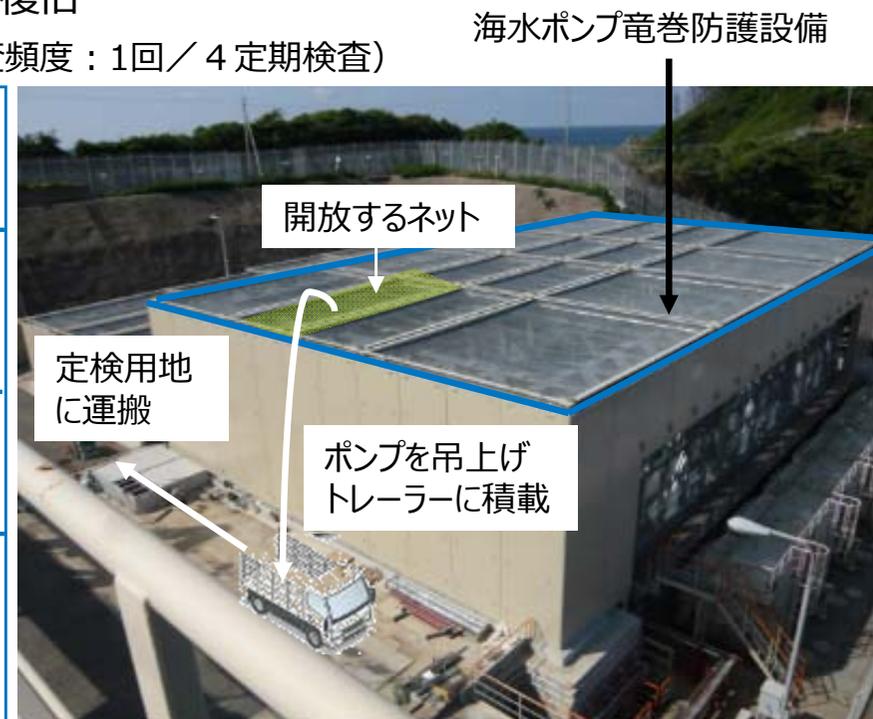
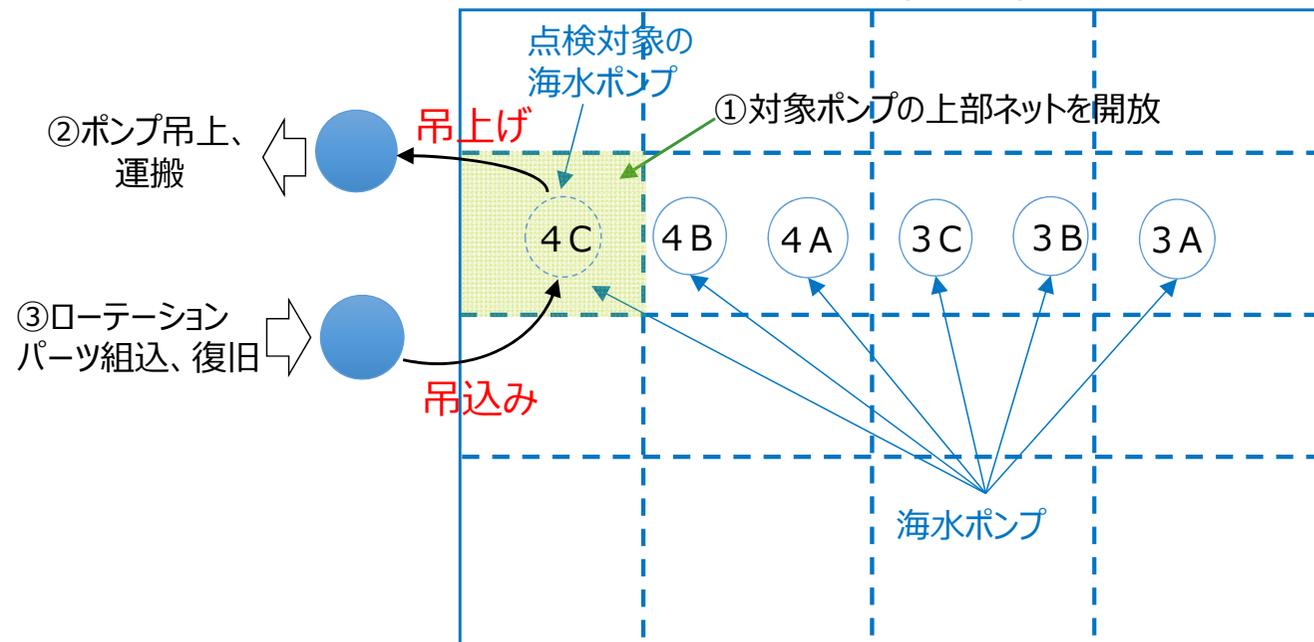
上部ネット(竜巻防護設備)取外し期間の短縮による竜巻に対するリスク低減を目的に、海水ポンプ部材（主軸、インペラ、揚水管等）一式を新規手配、余分に確保。（ローテーションパーツ）

従来は海水ポンプを吊上→点検→復旧していたが、吊上に合わせて別の海水ポンプを組み込むことで、点検による上部ネット開放期間(約8日)を短縮。

### 海水ポンプ定期検査(点検)時の作業要領

- ①クレーンを搬入し、点検対象ポンプの上部ネットを開放
- ②ポンプを吊上げ、トレーラーに積載し、定検用地に運搬（点検の実施）
- ③予め点検したポンプ部材（主軸、インペラ、揚水管等）一式を組み込み、復旧

(海水ポンプ：3台(A～C)/ユニット、定期検査頻度：1回/4定期検査)

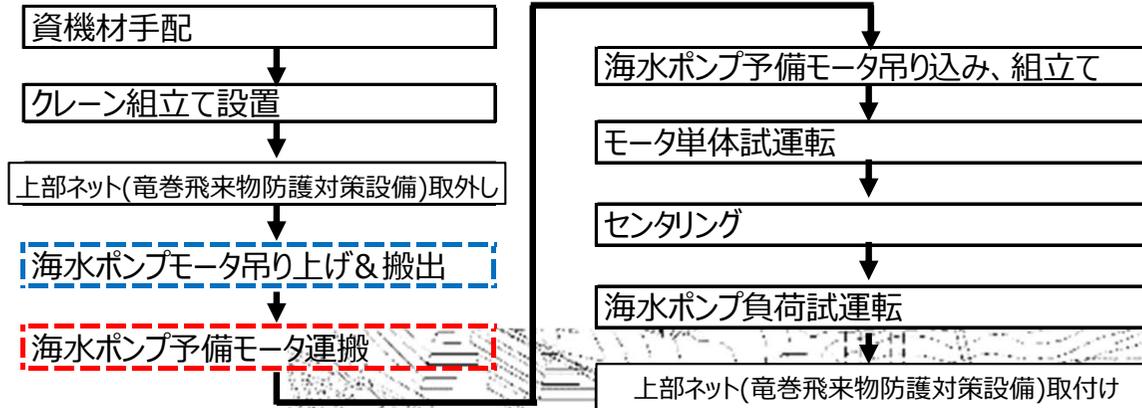


## 【上部ネット(竜巻防護設備)開放時の補償措置】

- ネット開放期間を極力短く計画し、開放期間が2週間を超える場合はネットを復旧
- 代替設備（大容量ポンプ等）のサーベランス（定期運転）を強化

# 大飯3, 4号機 海水ポンプ予備モータ取替手順

浸水等による海水ポンプモータの故障に備え発電所構内に予備モータを設置し、迅速に取替えができるよう手順を整備するとともに、定期的に運搬訓練を実施。(300tクレーン発電所搬入後、約3日間での取替え可能)



【海水ポンプ予備モータ運搬訓練】

頻度：年1回

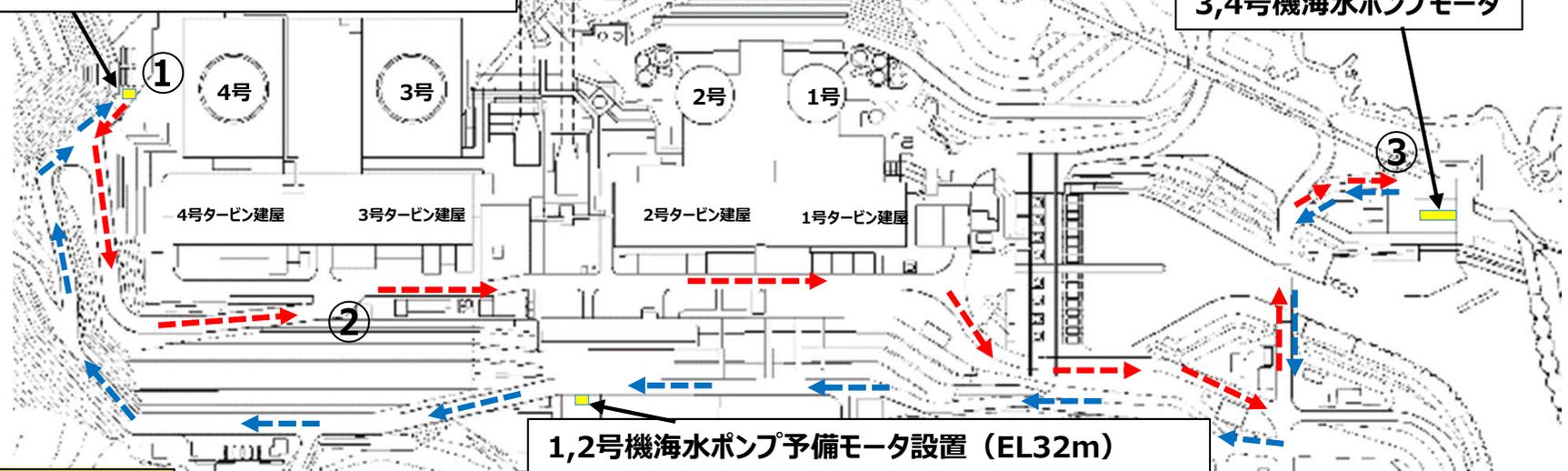
実績：H27年度 H28.2.15 (4号機予備モータ)

H28年度 H29.2.14 (2号機予備モータ)

H29年度 H29.5.10 (3号機予備モータ)

3,4号機海水ポンプ予備モータ設置 (EL33m)

3,4号機海水ポンプモータ

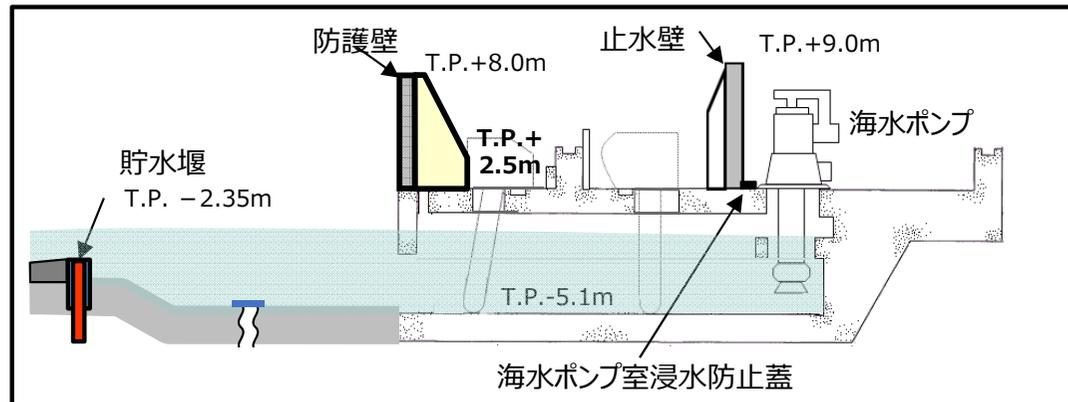


【H29年度の訓練概要】



# 大飯3, 4号機 海水ポンプエリア浸水による影響

- 浸水により海水ポンプの安全機能に影響がある箇所は、モータ本体、電源ケーブル、現場操作箱。
- 海水ポンプエリアの前面は、T.P.+9.0mの止水壁で防水区画化しているため、海水ポンプエリアへの浸水は、
  - ①海水ポンプグランドレン配管からの逆流、②海水ポンプエリア浸水防止蓋(逆止弁付)からの漏えいを想定。
 ⇒浸水量を評価した結果、浸水高さは床面T.P.+2.5m→T.P.+2.55m(11.4m<sup>3</sup>)となり、海水ポンプへの影響はない。



モータ本体は  
 浸水高さ以上  
 であり、影響なし

▽T.P.+4.65m(4号機)  
 モータ下端

浸水量を評価した浸水高さ

T.P.+2.55m

T.P.+2.5m ↑5cm

②浸水防止蓋  
 (逆止弁付)

①グランドレン配管

現場操作箱

▽T.P.+6.4m(4号機)  
 操作箱下端

端子台

電源ケーブル

貫通部

メタクラ(電源)

現場操作箱  
 は浸水高さ  
 以上であり、  
 影響なし

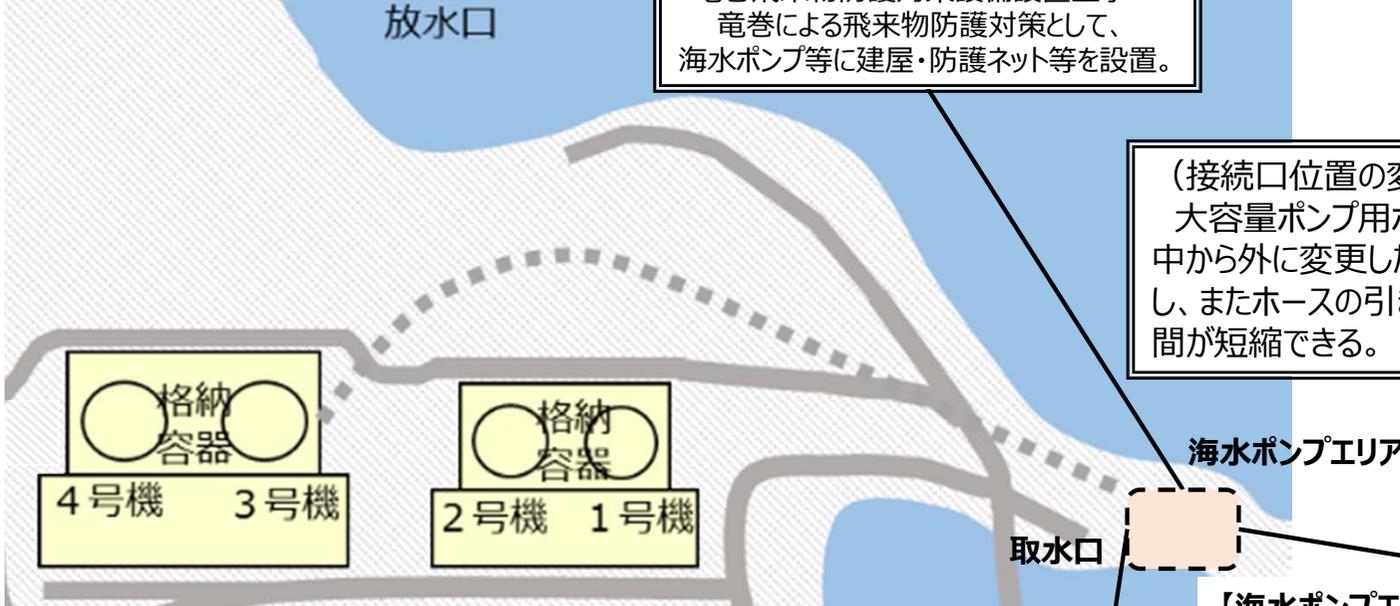
電源ケーブルは、端子台位置が  
 モータ下端より約1m上部であり、  
 ケーブルは耐水性を有するビニル  
 シースを採用し中間接続もない  
 ことから影響なし



貫通部はシール処理  
 されており、影響なし



## 【大飯発電所構内配置図】



・竜巻飛来物防護対策設備設置工事  
 竜巻による飛来物防護対策として、  
 海水ポンプ等に建屋・防護ネット等を設置。

(接続口位置の変更により期待できる効果)  
 大容量ポンプ用ホースの接続口の位置を、竜巻防護建屋の中から外に変更したことにより、ホース接続に係る作業性が向上し、またホースの引き回し距離が短くなることにより、さらに作業時間が短縮できる。

竜巻飛来物防護対策設備の建屋 (以下、「竜巻防護建屋」) の設置に伴い、大容量ポンプ用ホースの接続口を、竜巻建屋の中から外に変更。

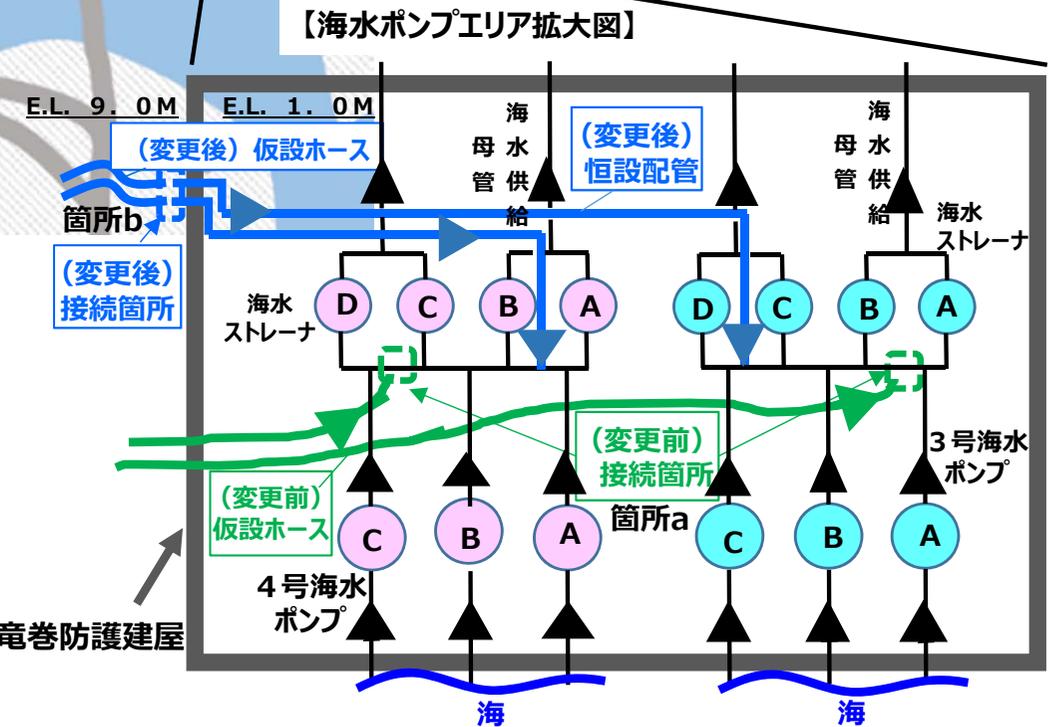
**【接続口】**

箇所a

変更

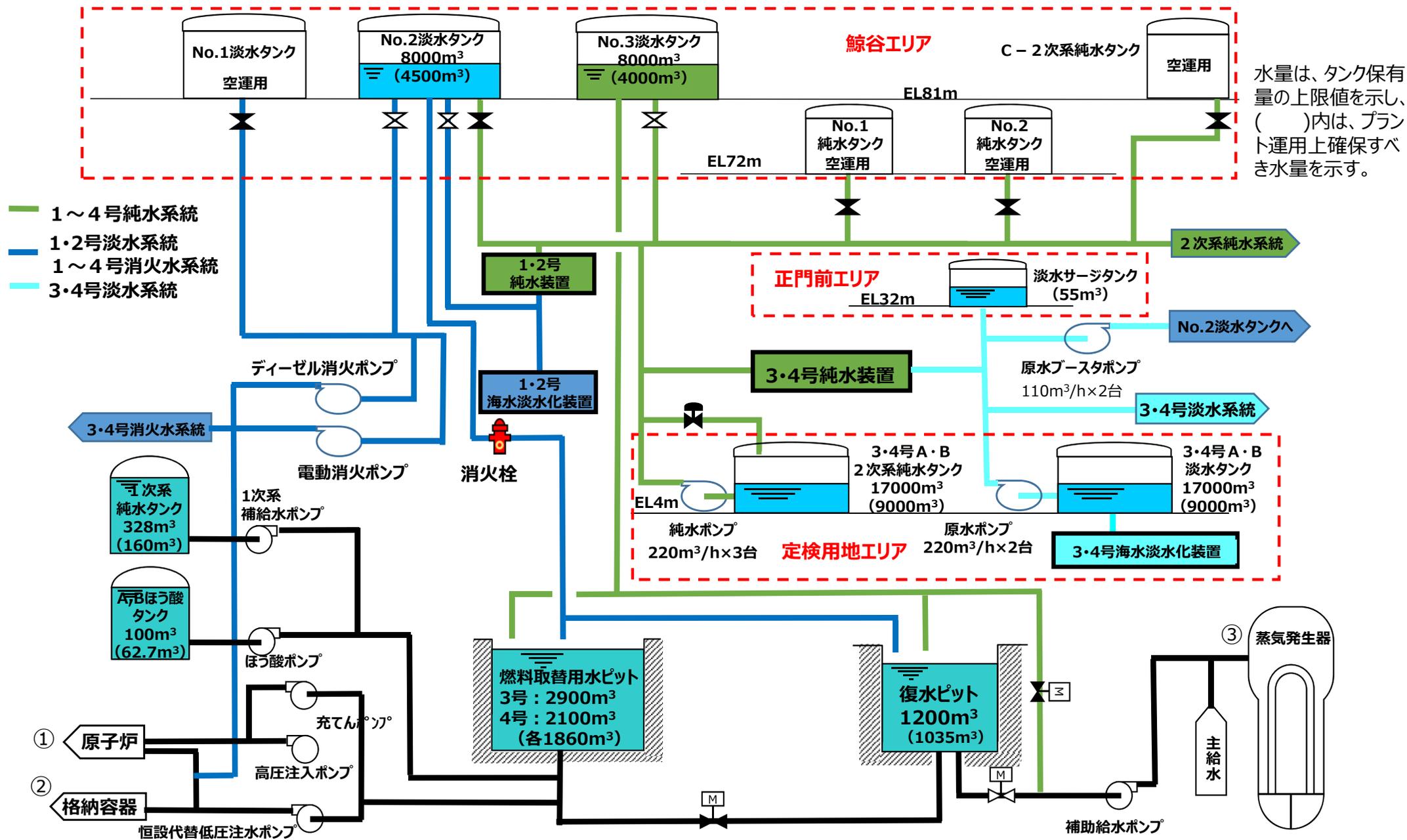
箇所b

**【大容量ポンプ】**



# 大飯3, 4号機 重大事故等対策における主なタンクの運用

大飯3,4号機の重大事故等対策時に、①炉心注水、②格納容器スプレイ、③蒸気発生器への給水の各手段の遂行に必要となる保有水を保有している。



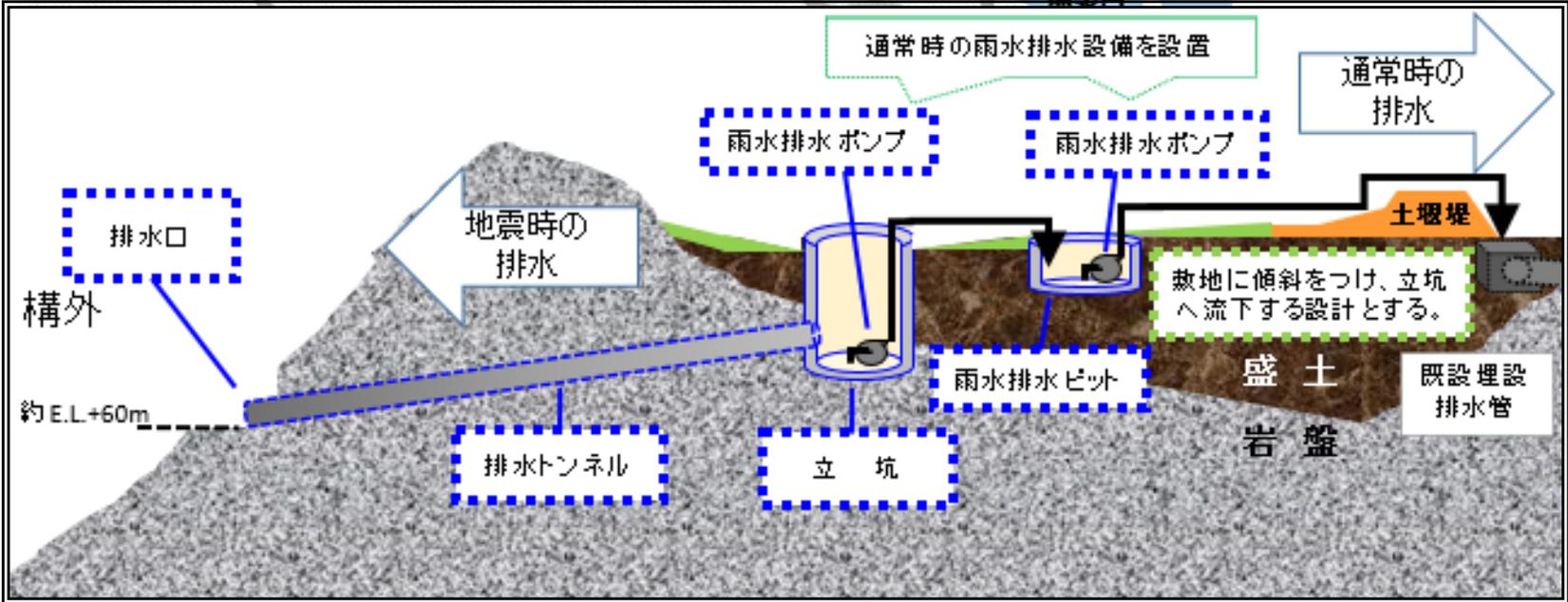
# 大飯発電所 鯨谷タンクエリアの内部溢水対策

【大飯発電所構内配置図】



**内部溢水対策**

鯨谷タンクエリアに設置されている淡水タンクの接続配管が破損した場合の溢水対策として、耐震性を有する排水設備（立坑及び排水トンネル）を設置。



# 大飯3, 4号機 消火水ラインの系統構成

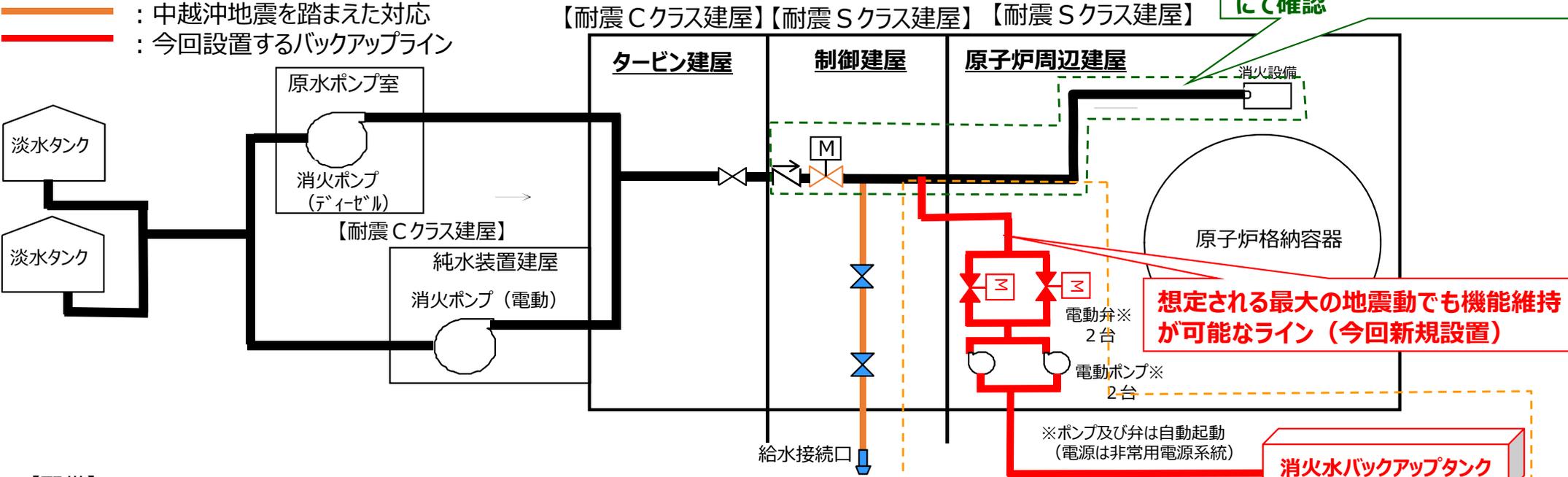
## 規制要求

火災感知設備及び消火設備は、地震等の自然現象によっても、火災感知及び消火の機能、性能が維持される設計であること。

## 対策内容

通常時は、既設消火水ラインを使用し、地震等により既設消火水ラインが使用できない場合は、今回新規設置するバックアップラインにて消火水系統の機能維持を図る。

- : 既設消火水ライン
- : 中越沖地震を踏まえた対応
- : 今回設置するバックアップライン



- 【配備】
- ・化学消防自動車
  - ・小型動力ポンプ付水槽車
  - ・泡消火薬剤
  - ・大型消火器



- ・型式：横置き円筒型
- ・容量：100m<sup>3</sup>/基
- ・基数：6基
- ※100m<sup>3</sup>×3基×2セット(多重化)

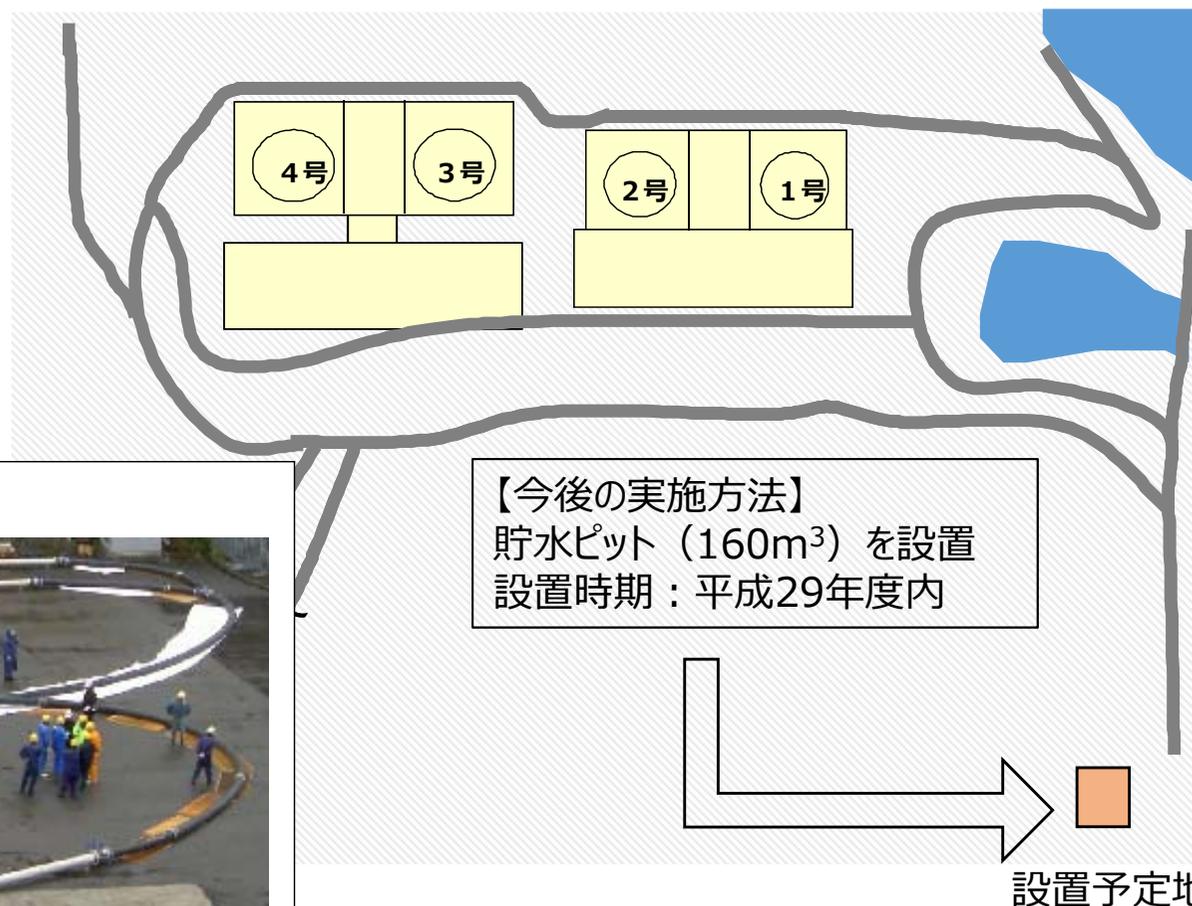
## 【現状】

- 大容量ポンプ、可搬式代替低圧注水ポンプの性能試験時は、設備保護の観点から海水の通水ができないため、水源として仮設水槽を用いて実施。
- 仮設水槽はリース品であり、美浜、高浜、大飯発電所及び他社での持ち回りとなるため、試験実施可能期間が限定。



## 【計画】

大容量ポンプ、可搬式代替低圧注水ポンプの定期試験等を円滑に実施するため、恒設の貯水ピットを設置予定。



## 【これまでの実施方法】

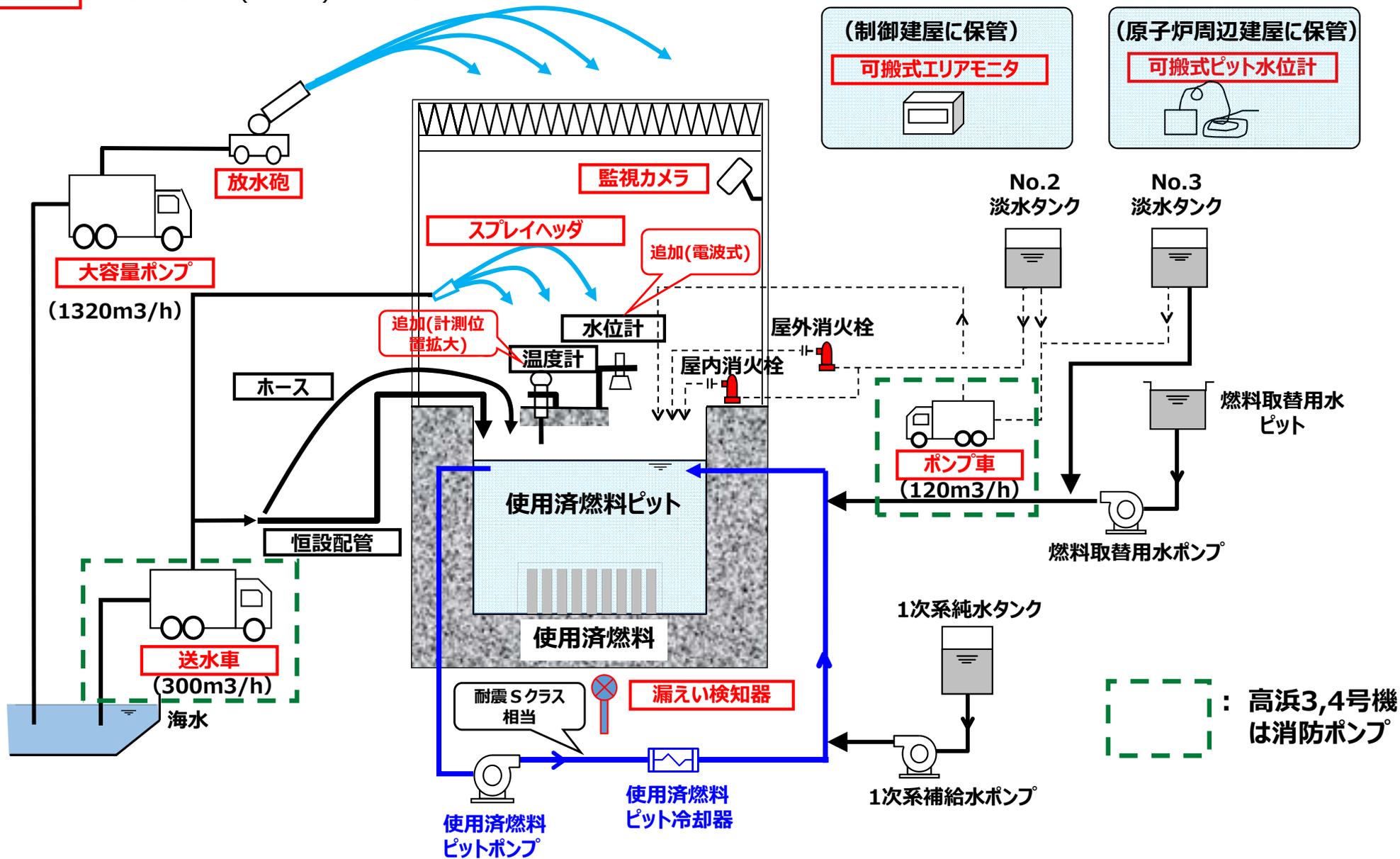
仮設水槽 (約100m<sup>3</sup>)



# 大飯3, 4号機 使用済燃料ピットに係る安全性向上対策

使用済燃料ピットにおける給水機能や監視機能等の安全性向上対策を実施。

  : 前回再稼動(H24.7)後に実施、配備



# 多様性拡張設備

## 【多様性拡張設備】

設備が事故の被害を受けず健全であったり、プラント状況によっては使用可能な場合、事故対応の代替手段として有効な設備のことであり、実施に当たっての手順を事故時操作所則に定めており、電源の有無、可能な範囲で現場説明のうえ、使用を判断することとしている。

【「全交流電源喪失」または「原子炉補機冷却機能喪失」+「一次冷却材喪失」時における代替炉心冷却に関する使用事例】

### 【炉心注入設備】

- ◎ 設計事象
  - ・高圧注入ポンプ
  - ・蓄圧タンク
  - ・余熱除去ポンプ
- ◎ 重大事故等
  - ・代替炉心注水

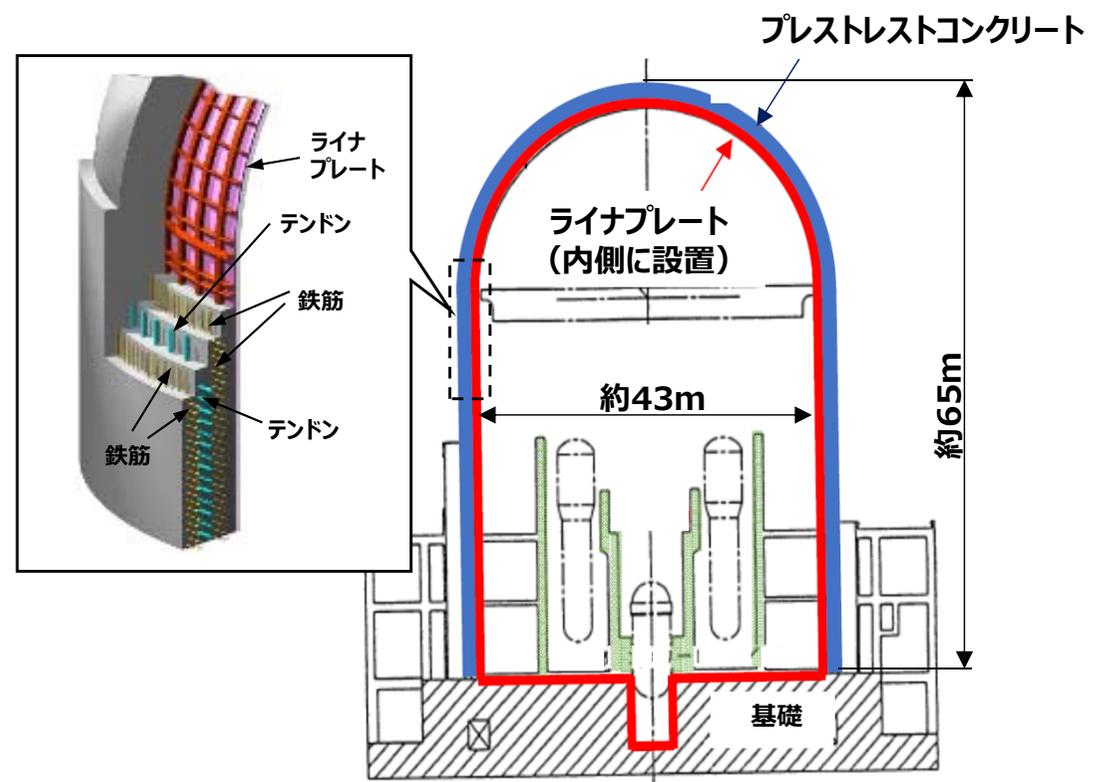
重大事故等対策	多様性拡張設備	理由
代替炉心注水	電動消火ポンプ ディーゼル消火ポンプ No. 2 淡水タンク	消火目的として配備しているが、火災が発生していなければ代替手段として活用できる。
	A 格納容器スプレイポンプ (自己冷却)	系統構成に時間を要すること、また、再循環運転段階では使用できないが、流量が大きく代替手段としては有効。
	余熱除去ポンプ (空調用冷水)	冷却水の供給設備である空調用冷凍機が耐震性を有していないものの、空調用冷水系統が健全であれば代替手段として有効。
	燃料取替用水ピット (重力注入)	プラント状況により、水頭圧が1次冷却材圧力を下回る可能性があるものの、上回る場合は比較的早く準備ができるため、代替手段として有効。

# 大飯3, 4号機 原子炉格納容器の特徴

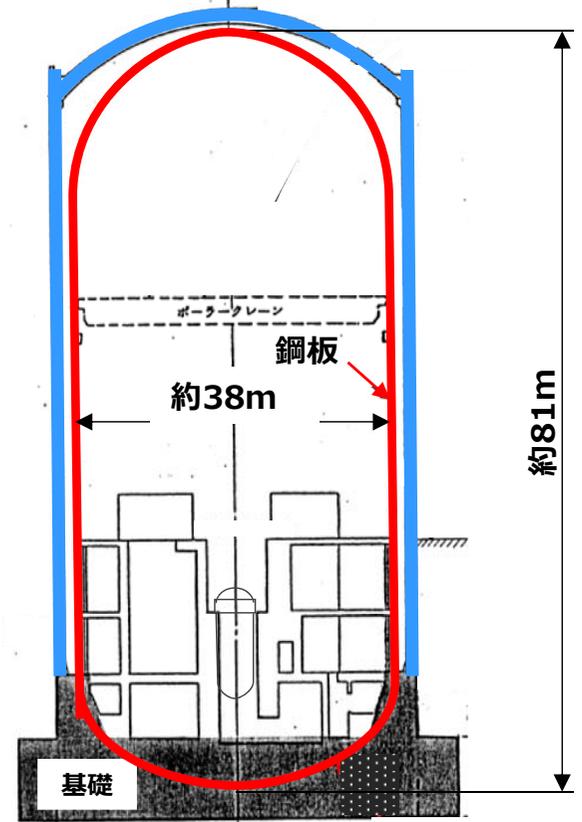
- 大飯3,4号機の原子炉格納容器はプレストレストコンクリート製格納容器（PCCV）であり、コンクリート、鉄筋、緊張材（ tendon ）で構成されるコンクリート部によって耐圧機能を確保し、コンクリート部に内張りした鋼板であるライナプレートによって気密性を確保する構造。
- 経線方向の垂直 tendon（鋼線を複数本束ねたもの）及び円周方向の水平 tendon によって、コンクリートに最高使用圧力以上の圧縮力を与えた状態にし、事故時の圧縮変動にも十分耐えられる構造。
- 鋼製格納容器（SCV）と比較して、形状を小さく出来る利点がある。

円筒部コンクリート厚さ : 約1.1m  
 ドーム部コンクリート厚さ : 約1.3m  
 ライナプレート厚さ : 約6.4mm

円筒部鋼板厚さ : 約38mm  
 ドーム部鋼板厚さ : 約19mm

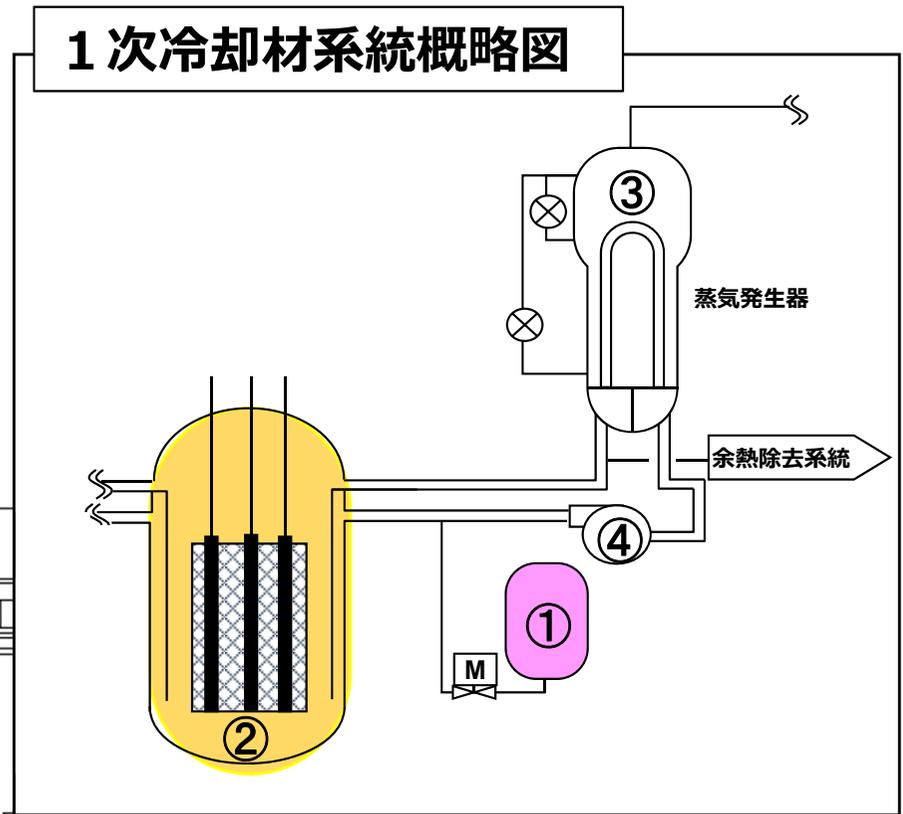
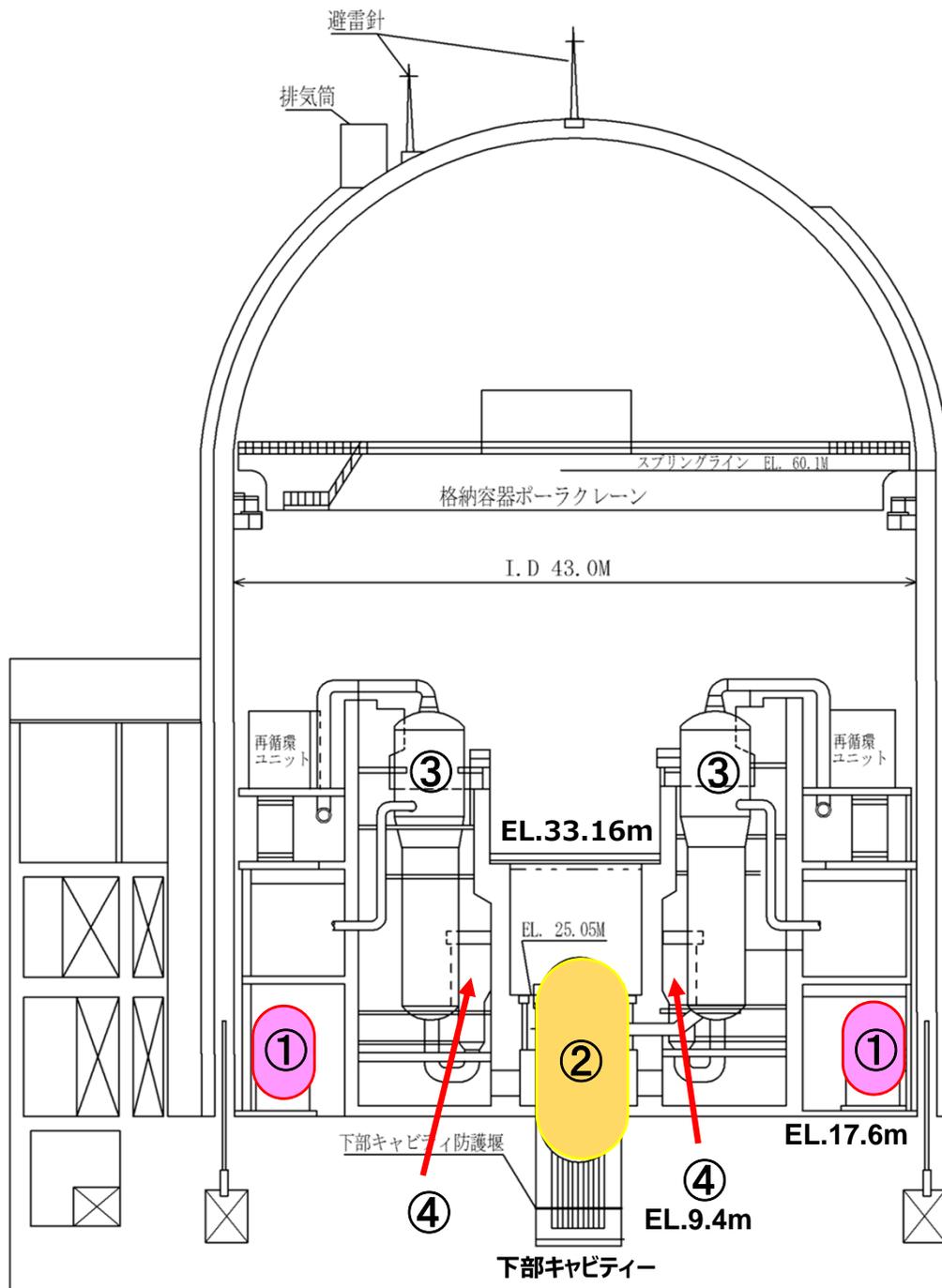


プレストレストコンクリート製格納容器（PCCV）  
 （大飯3,4号機：4ループ）



鋼製格納容器（SCV）  
 （美浜3号機、高浜3,4号機等：3ループ）

# 大飯3, 4号機 原子炉格納容器内機器配置



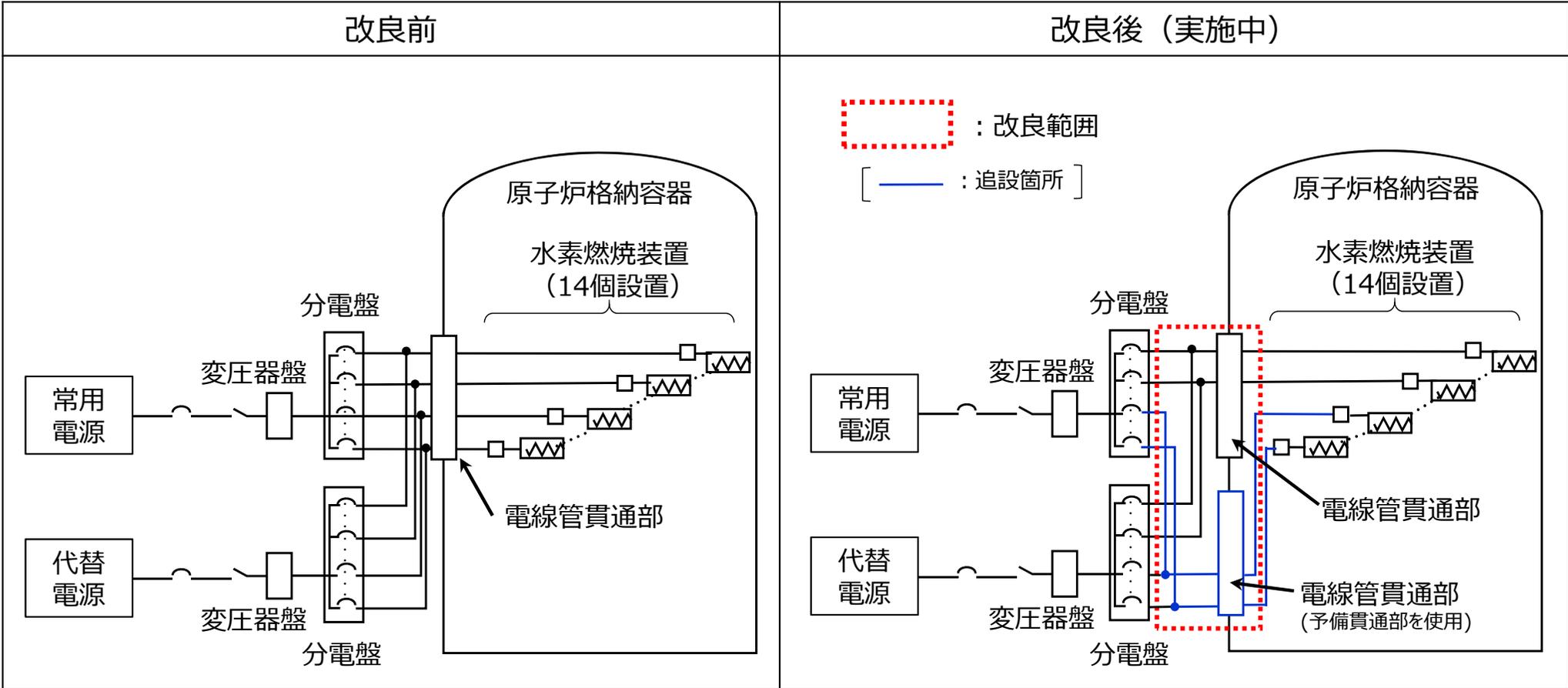
EL.33.6m  
背面道路

- 機器名称・基数
- ①蓄圧タンク  
基数：4基/11ユニット
  - ②原子炉压力容器  
基数：1基/11ユニット
  - ③蒸気発生器  
基数：4基/11ユニット
  - ④1次冷却材ポンプ  
台数：4台/11ユニット

# 大飯3, 4号機 水素燃焼装置(イグナイタ)設置

○大飯3,4号機の原子炉格納容器はプレストレストコンクリート製(PCCV型)を採用しており、鋼製(SCV型)である高浜3,4号機と比べて、水素発生量に対する格納容器体積が小さいため、事故時の水素濃度が高くなる傾向にある。

○このため、大飯3,4号機では、水素発生量の不確かさとして、MCCI（溶融炉心-コンクリート相互作用）を考慮して保守的に評価した場合においては、静的触媒式水素再結合装置(PAR)に加えて水素燃焼装置(イグナイタ)による水素濃度の低減に期待している。



# 大飯3,4号機、高浜3,4号機 イグナイトの設置場所と水素放出の想定

イグナイト設置場所	水素放出等の想定			設置個数	
	放出	隣接部 又は 通過経路	想定事項	大飯 3、4 号機	高浜 3、4 号機
加圧器逃がしタンク近傍	○		加圧器逃がしタンクラプチャーディスクからの水素放出	1	1
ループ基礎室及びループ基礎室外周部		○	加圧器逃がしタンク近傍からの水素の流入	3	3
加圧器室	○		加圧器室内の破断口からの水素放出	1	1
加圧器室外上部		○	加圧器室からの水素の流入 上部ドーム部への万一の水素蓄積	1	1
各ループ室	○		RCS配管の破断口からの水素放出	4	3
炉内核計装シングル配管室入口扉近傍	○	○	炉内核計装シングル配管室入口扉からの水素放出 加圧器逃がしタンク近傍からの水素の流入	1	1
シールテーブル近傍	○		炉内核計装コンジット床面貫通部からの水素放出	1	1
原子炉格納容器ドーム部の頂部付近	仮に原子炉格納容器ドーム部頂部に水素が滞留もしくは成層化することを想定			2*	2*

\* : 2個のうち1個予備

# 水素燃焼に係る判断基準

## ○新規制基準

(実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則)

第37条 2 発電用原子炉施設は、重大事故が発生した場合において、原子炉格納容器の破損及び工場等外への放射性物質の異常な水準の放出を防止するために必要な措置を講じたものでなければならない。

(上記基準の解釈)

第37条 2-2 上記「原子炉格納容器の破損及び工場等外への放射性物質の異常な水準の放出を防止するために必要な措置を講じたもの」とは次に掲げる要件を満たすものであること。

(a) 想定する格納容器破損モードに対して、原子炉格納容器の破損を防止し、かつ、放射性物質が異常な水準で敷地外へ放出されることを防止する対策に有効性があることを確認する。

2-3 上記「有効性があることを確認する」とは、以下の評価項目を概ね満足することを確認することをいう。

(f) 原子炉格納容器が破損する可能性のある水素の爆轟を防止すること。

(g) 可燃性ガスの蓄積、燃焼が生じた場合においても、「原子炉格納容器バウンダリにかかる圧力が最高使用圧力又は限界圧力を下回ること」の要件を満足すること

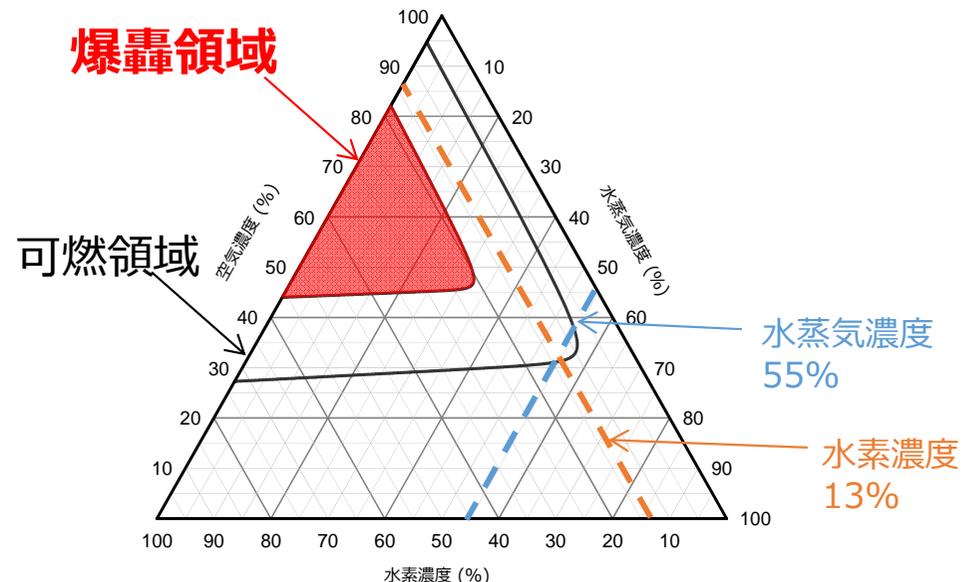
2-4 上記「原子炉格納容器が破損する可能性のある水素の爆轟を防止すること」とは、以下の要件を満たすこと。

(a) 原子炉格納容器内の水素濃度がドライ条件に換算して13vol%以下又は酸素濃度が5vol%以下であること

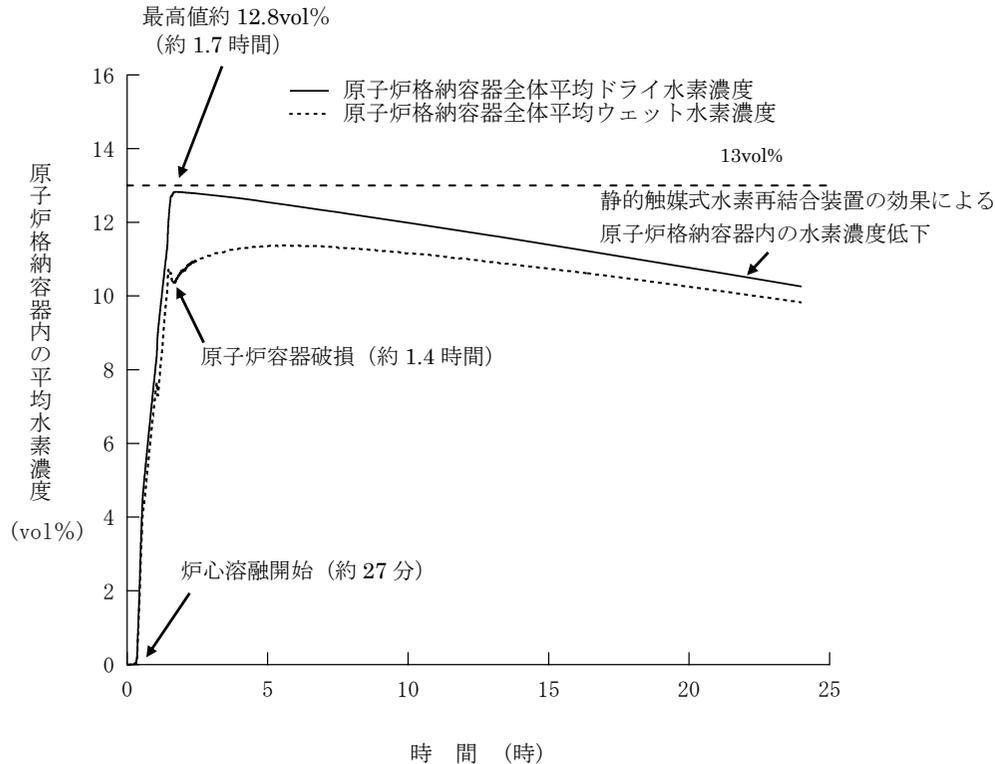
## ○事業者の自主基準

格納容器内局所水素濃度が13%以下、  
もしくは水蒸気濃度が55%以上

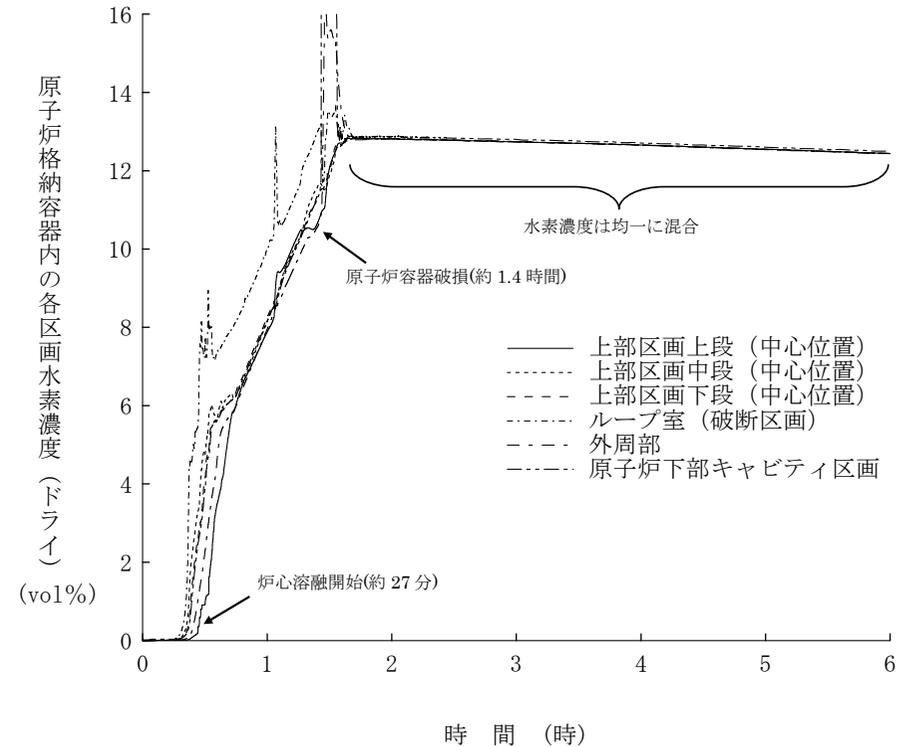
出典：Z.M. Shapiro, T.R. Moffette, "HYDROGEN FLAMMABILITY DATA AND APPLICATION TO PWR LOSS-OF-COOLANT ACCIDENT", WAPD-SC-545, U.S. Atomic Energy Commission, Pittsburgh, PA, 1957, 13 pp.



空気、水素、水蒸気の3元図



原子炉格納容器内平均水素濃度の推移



代表的な区画の水素濃度の推移

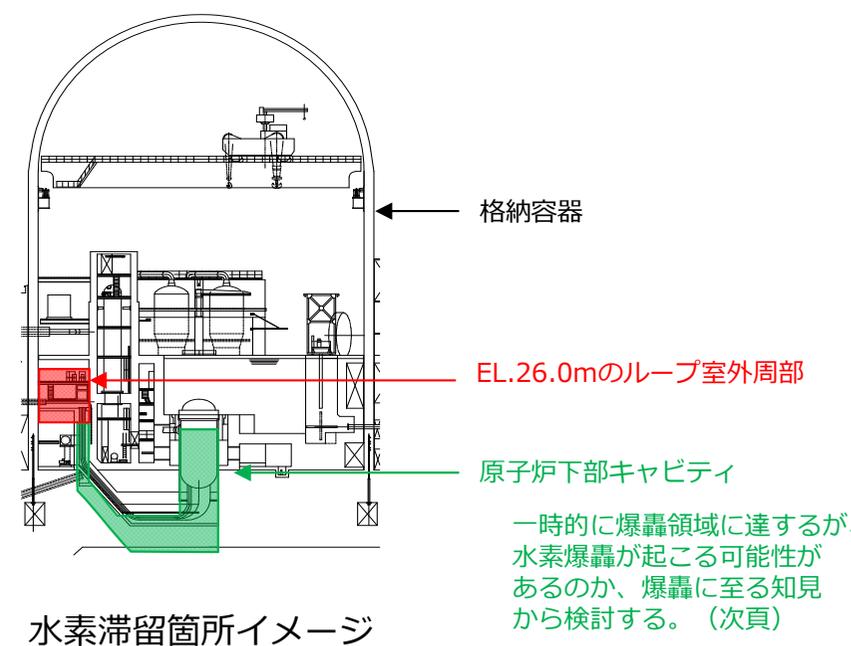
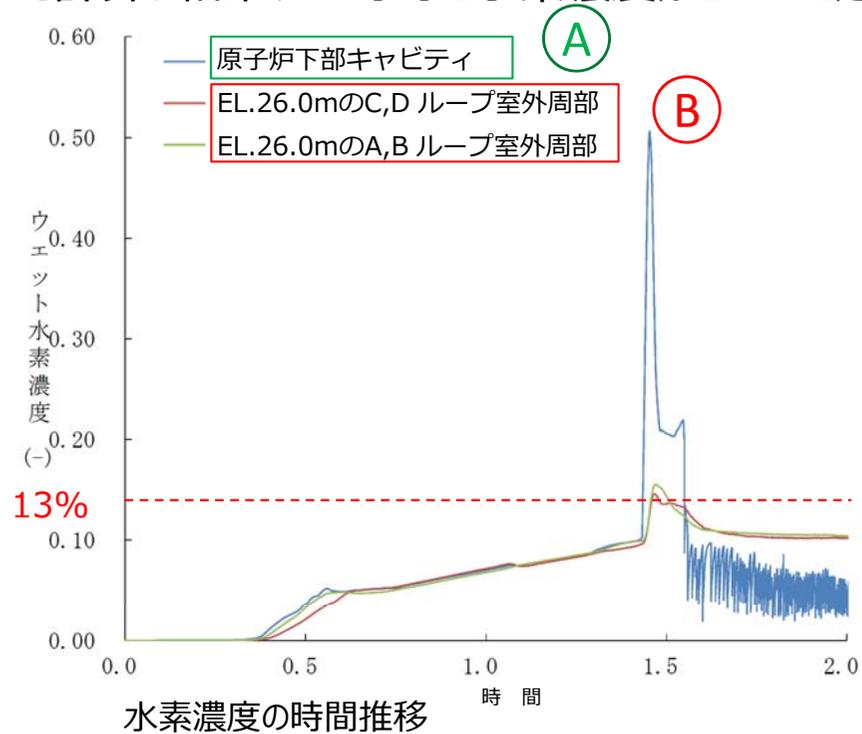
炉心溶融開始後から原子炉格納容器内の水素濃度は上昇するが、平均水素濃度（ドライ換算）は最大約12.8%であり、判断基準13vol%を下回る。発生した水素が全て燃焼に寄与することを想定した場合の圧力は約0.50MPaであり、最高使用圧力の2倍(0.78MPa)を下回る。

また、各区画の挙動では、炉心溶融後は破断口からの水素放出により破断区画での水素濃度が比較的高く推移するが、他区画の水素濃度も同程度の傾きで上昇している。

さらに、原子炉容器破損直後は、原子炉下部キャビティに落下した溶融炉心と水との反応により、一時的に原子炉下部キャビティ区画及び外周部区画での水素濃度が高くなるが、速やかに混合し、原子炉格納容器内全体がほぼ均一な水素濃度挙動となっている。

# 格納容器内で水素が発生した場合に滞留する可能性のある箇所

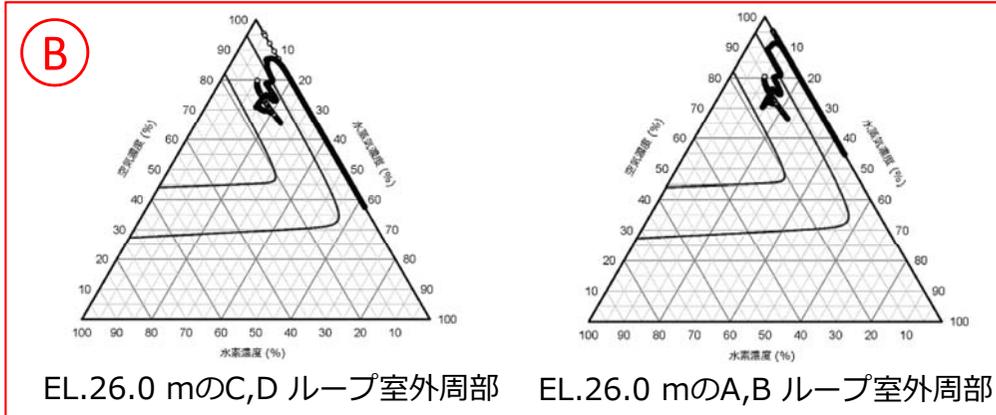
水素爆轟の観点で最も厳しい事象である「大LOCA+ECCS注入失敗」のケースを選定し、発生する水素濃度推移を計算。結果、一時的に水素濃度が13%に達する箇所は3箇所あった。



水素濃度が13%に達する箇所での空気、水素、水蒸気の三元図



水素濃度が13%を超えて爆轟領域に達する (炉内計装管部も含めた空間気相部の平均濃度)



水素濃度が13%を超えるが、爆轟領域に達しない

# 原子炉下部キャビティにおける水素爆轟の可能性について

原子炉容器(RV)破損直後の水素生成に対して、最も通過しやすいと考えられるRVフランジ鉛直パスについて考察。

## ①高濃度水素の存在

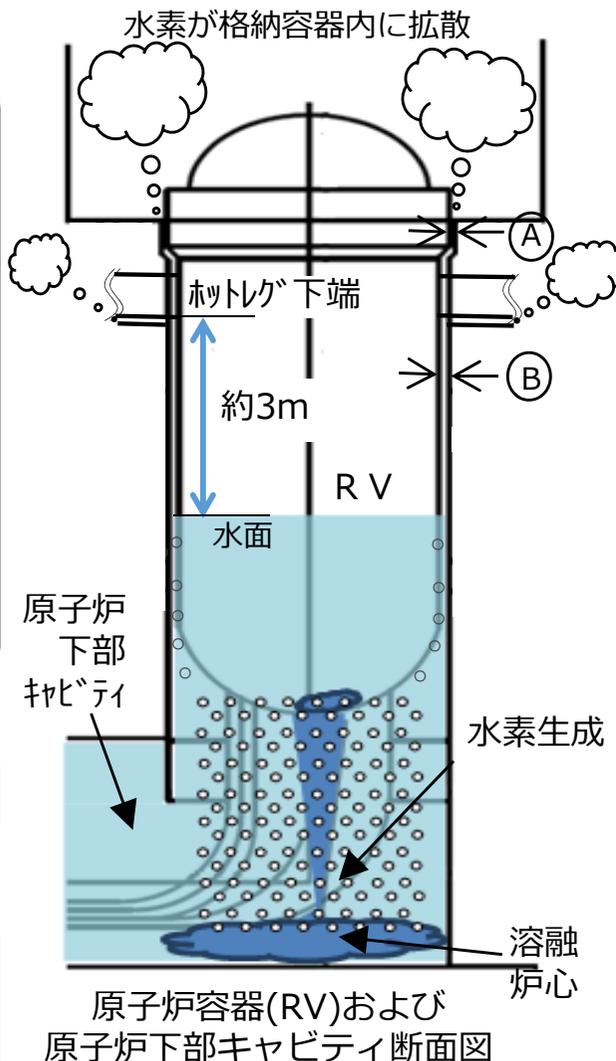
- 原子炉下部キャビティで放出された水素は、RVフランジ鉛直パスを通過するが、狭い空間であるため、短時間に水素で満たされる
- 鉛直パスでは大量に発生した水素が空気を上部へ押し出す状態となり、水素と空気が混合状態となる前に水素で満たされる(①-1「空気と水素が分離」に近い状態)
- 仮に燃焼したとしてもキャビティ内圧は約0.5MPaであり、原子炉下部キャビティの健全性に影響しない

## ②体系

細長い閉空間ではない

## ③助走距離

キャビティ水面から高温側配管(ホットレグ)までは約3mであり助走距離としては不十分である



水素が格納容器内に拡散

キャビティ気相部

- (A) RVフランジ鉛直パス  
(約5.1cmの隙間が円周に亘っており)
- (B) RV胴部はキャビティ壁との隙間が約3~6cm

## ④環境

RV破損後に発生する水蒸気により、速やかにウェットな環境となる

## ⑤障害物の有無

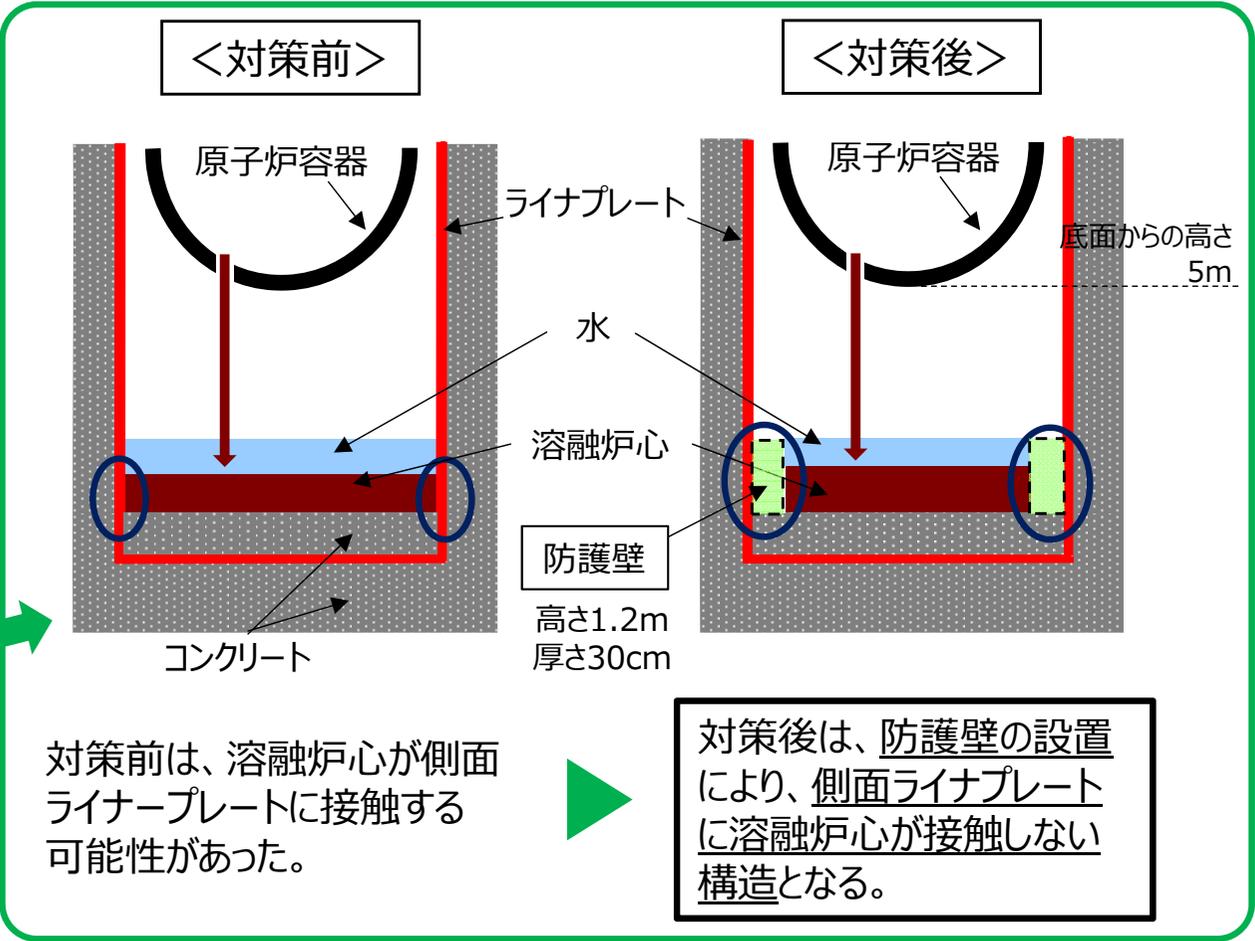
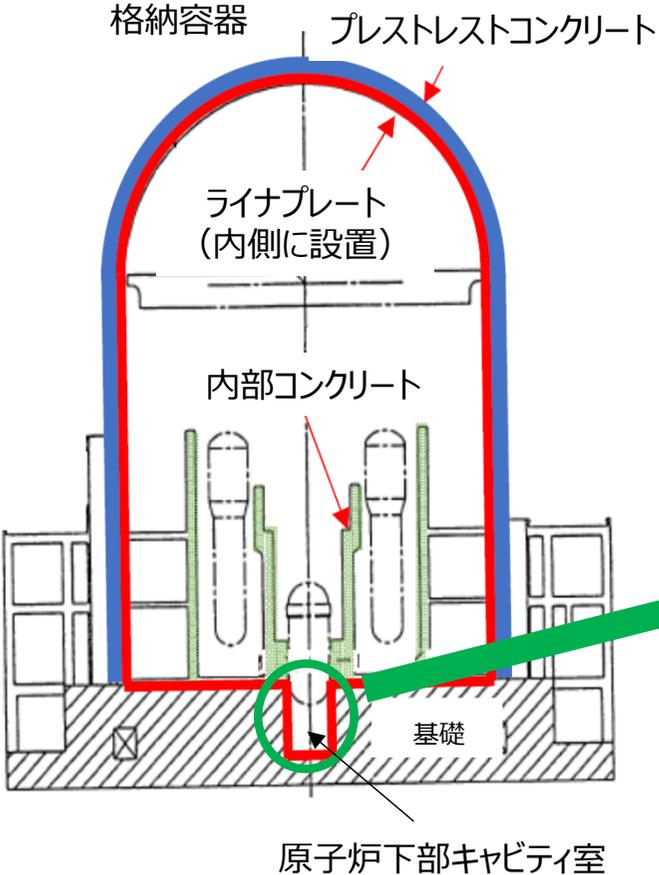
障害物がない

原子炉下部キャビティ気相部では一時的に爆轟領域になる期間はあるものの、水素爆轟が起きにくい体系・状況であり、爆轟に至る可能性は非常に低いと考える。  
なお、水素燃焼挙動に関する知見については国の技術開発委託事業等で研究が進められている。

# 大飯3, 4号機 下部キャビティ防護壁設置工事の目的

○プレストレストコンクリート製格納容器(PCCV)の原子炉下部キャビティ側面ライナプレートは、溶融炉心が水中に落下し拡がることにより破損するおそれがあるため、さらなる安全性向上の観点から自主的に原子炉下部キャビティ室内に「防護壁」を設置し、側面ライナプレートを覆うことで溶融炉心がライナープレートに接触しない構造とした。

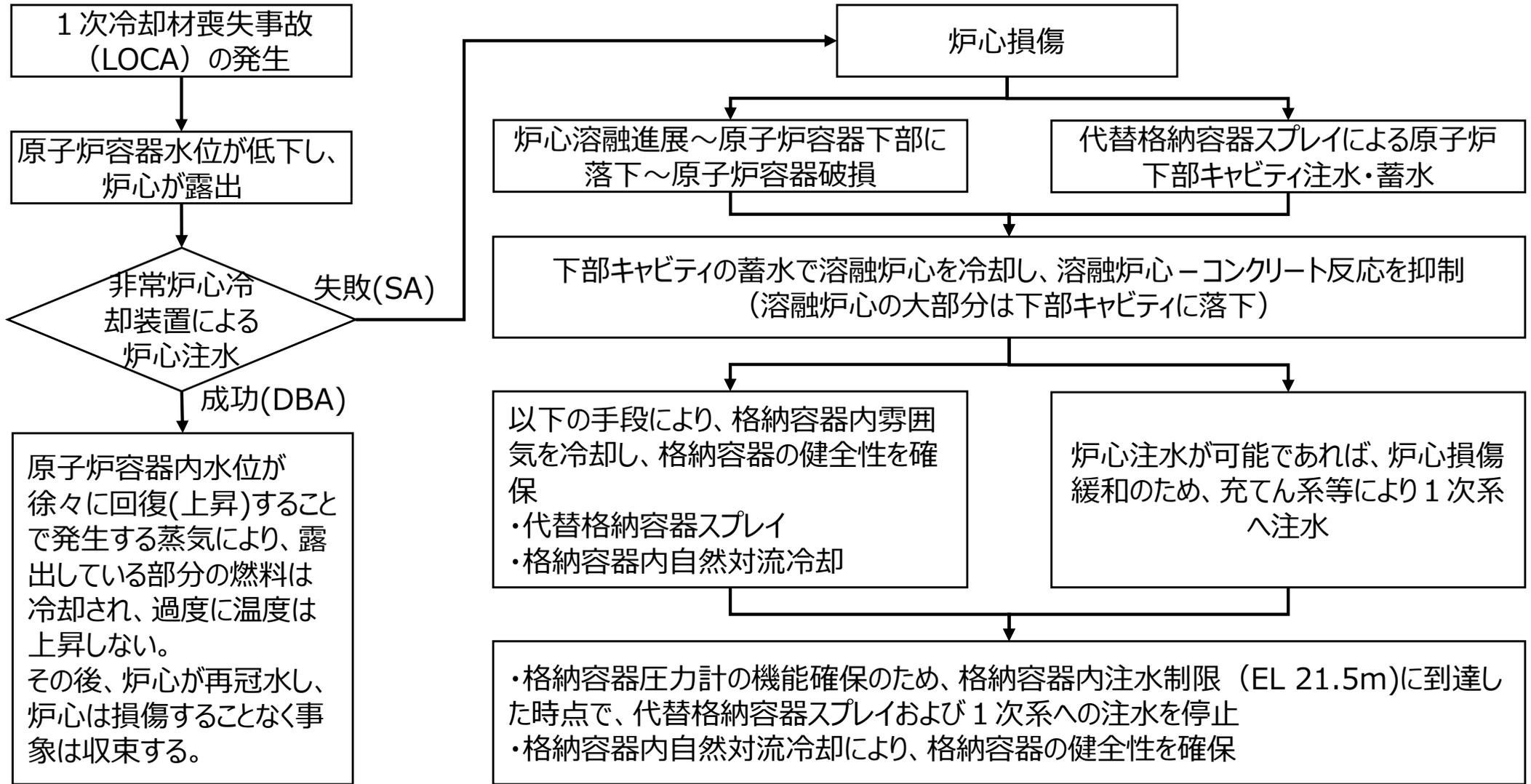
○なお、ライナが破損した場合においても、外部環境までの距離や経路を考慮すると、放射性ガスが外部環境へ放出されることは考え難いと評価している。



# 重大事故（シビアアクシデント）対策のフロー例

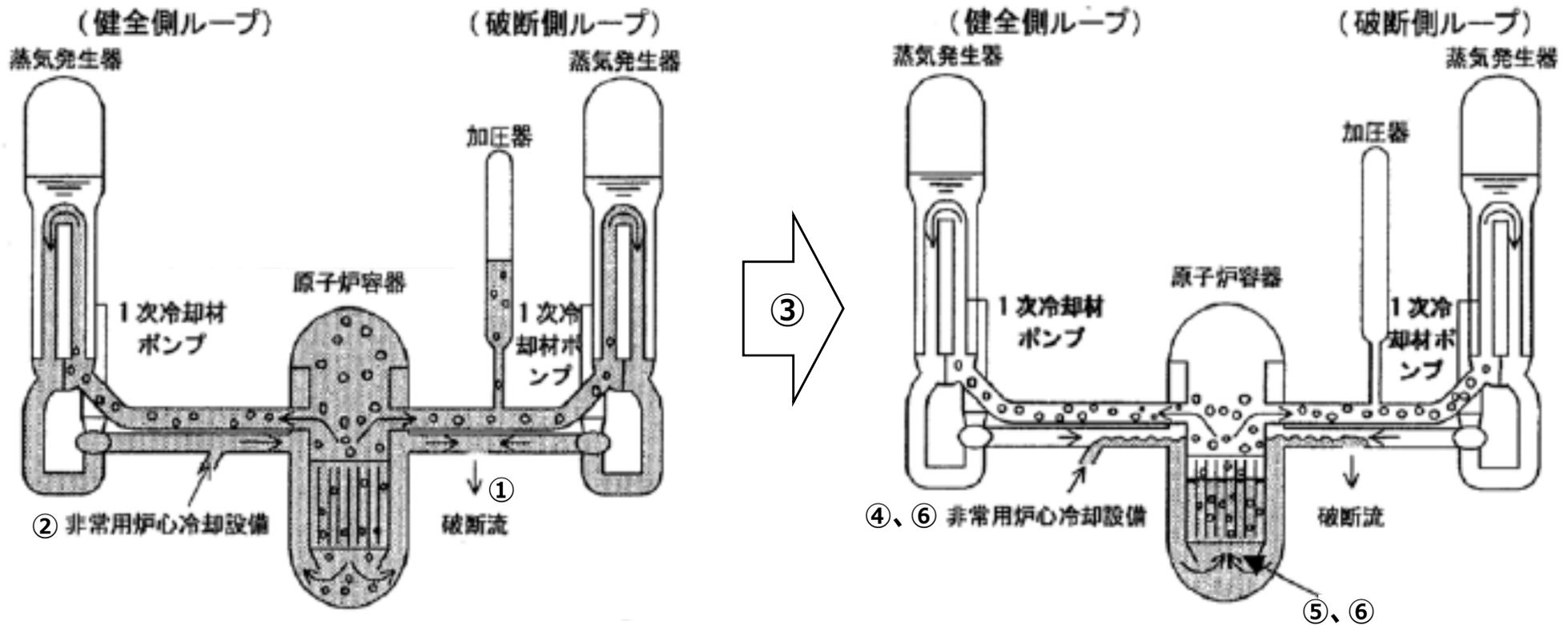
これまでの規制では、設計基準に基づく事象（DBA）に対する対策を講じていたが、新規制基準では新たに重大事故（シビアアクシデント：SA）対策を要求しており、大飯3，4号機においても各種対策を講じている。

例) 1次冷却材喪失事故（LOCA）発生時の炉心冷却と格納容器健全性確保



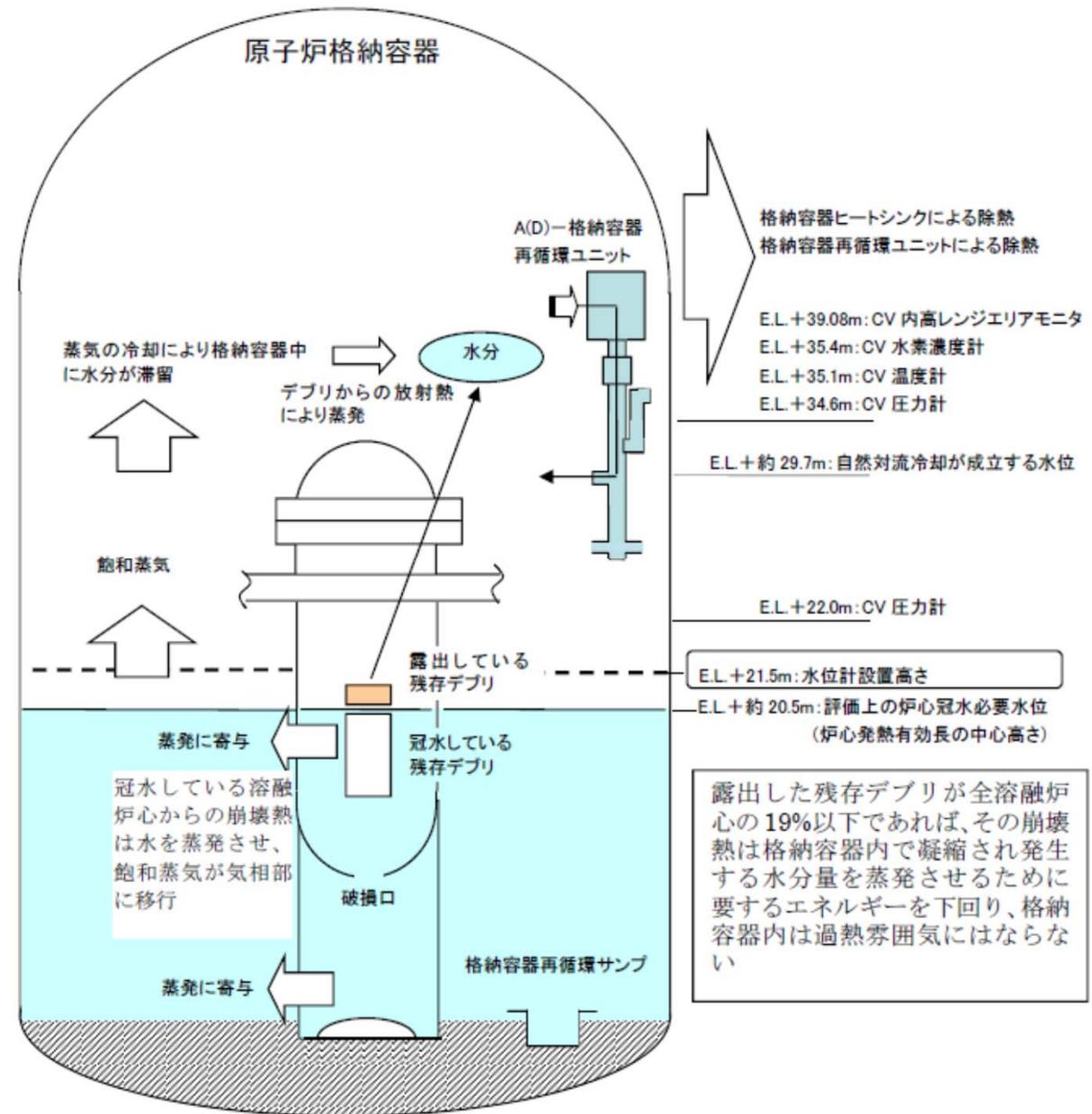
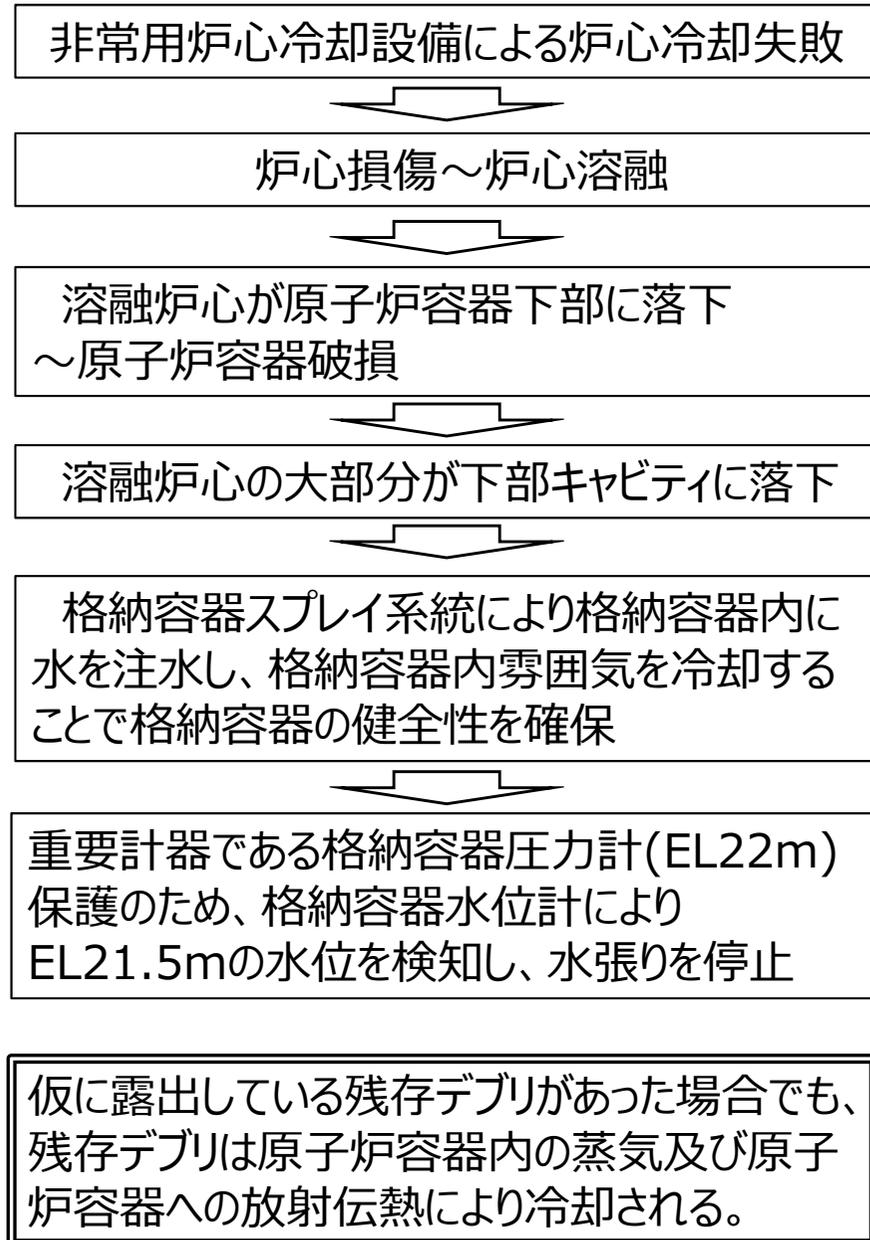
## 【非常用炉心冷却設備による炉心冷却成功時の挙動例】

- ① 低温側配管で破断が発生した場合、原子炉圧力が低下し、保有水量が減少
- ② 「原子炉圧力低」により原子炉停止、「原子炉格納容器圧力高」により非常用炉心冷却設備作動
- ③ 保有水量の減少により破断箇所からの漏えいが停止、原子炉容器内水位低下による炉心露出
- ④ 非常用炉心冷却設備（高圧注入系、低圧注入系）による注水開始
- ⑤ 注水により原子炉容器内水位が徐々に回復、発生する蒸気により露出部分の燃料が冷却
- ⑥ 炉心再冠水、再循環による長期冷却



# 非常用炉心冷却設備による炉心冷却失敗（重大事故）時の対応

## 【非常用炉心冷却設備による炉心冷却失敗時の対応】

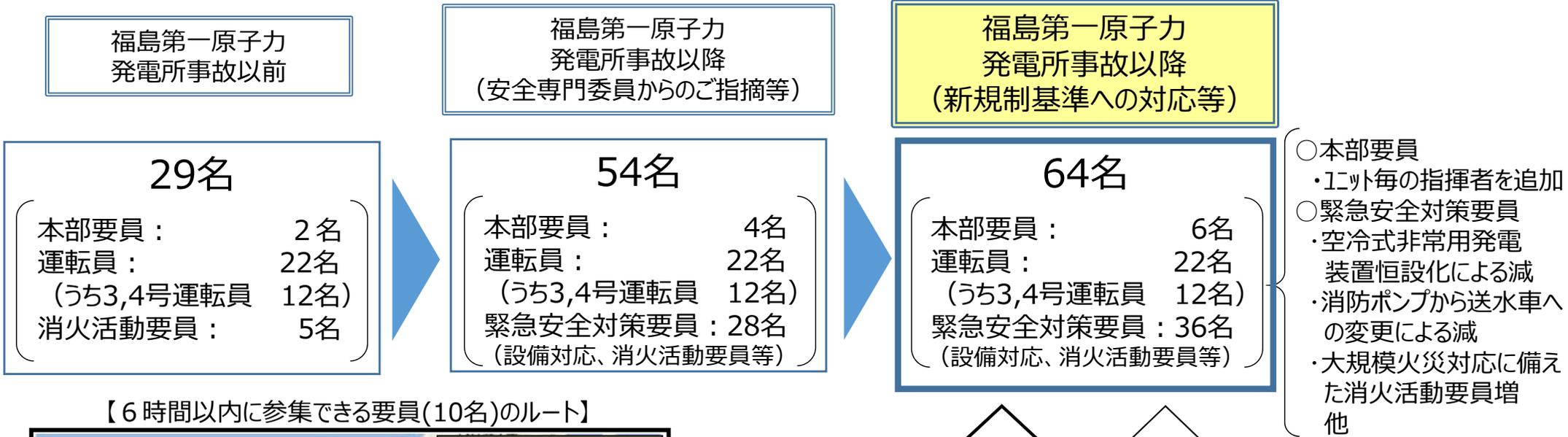


# 安全管理体制の強化等

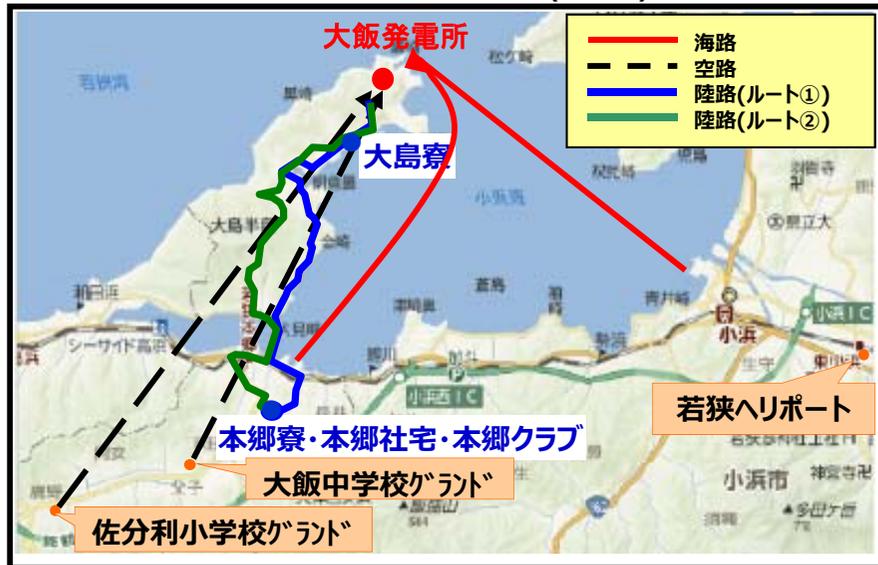
# 大飯3, 4号機 事故発生時の初動および召集体制の強化

福島第一原子力発電所事故の知見等を踏まえ、大飯3,4号機の初動・召集体制を強化。

- ・万が一に備え、発電所構内に初動対応要員として64名が24時間常駐。
- ・また、本部要員として10名が事故発生から6時間以内に召集できる体制。



【6時間以内に参集できる要員(10名)のルート】



自然災害等による交通手段の途絶を想定した場合でも、本部要員として10名が、6時間以内に徒歩で参集できるエリア(大島寮、本郷寮等)にいる体制を構築

発電所員 : 約380名  
協力会社 : 約150名

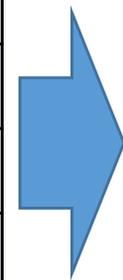
プラントメーカーによる技術支援  
若狭地区 : 11名  
神戸地区 : 約400~500名

# 大飯3, 4号機 重大事故発生時の初動対応体制

発電所常駐社員を増強し、発電所への外部からのアクセスが制限される場合であっても、当面の間、事故対応が行えるよう体制を整備。

保安規定の記載人数

要員		震災前	前回再稼動時 (H24)
中央制御室	運転員	22名	22名
本部要員	本部指揮	1名	1名
	通報連絡	1名	2名
	工口指揮		
	現場調整		1名
緊急安全対策要員	電源要員		6名
	運転支援要員		2名
	消火活動要員	5名	5名
	ガレキ除去要員		1名
	給水要員		14名
	設備要員		
合計		29名	54名



現在 (H29)	高浜3,4号機の要員	
22名	24名	系統構成の差異等による作業内容・ポリシーの違い
1名	1名	
2名	2名	
2名	2名	
1名	1名	対象設備・設備構成の差異による作業内容の違い
2名	4名	
6名	2名	
7名	7名	アクセスルートでの作業内容の違い
2名	4名	
10名	13名	対象設備・設備構成の差異による作業内容の違い
9名	10名	
64名	70名	

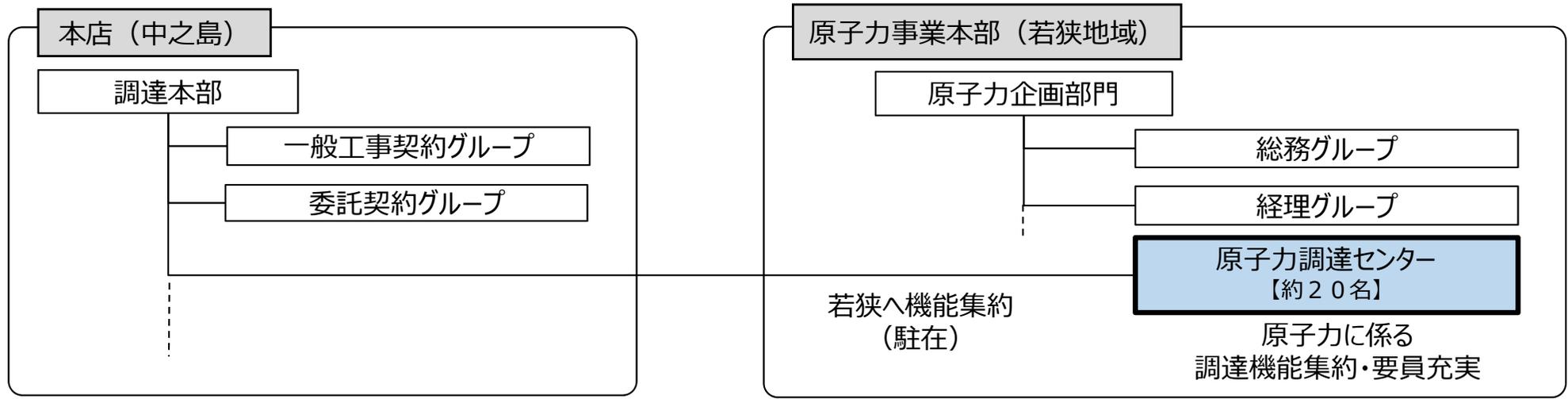
# 原子力調達センター、原子力土木建築センターの配置

福井県下における安全管理体制の強化、東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓である吉田調書を踏まえた発電所支援体制の強化の一環として、「原子力調達センター」および「原子力土木建築センター」を設置。(H27.6)

## ○原子力調達センター

(体制) 調達本部の原子力設備調達にかかる要員を福井県下に常駐。約10名増(約20名体制)

(業務) 原子力機器・工事の調達、緊急時も含めた調達機能の充実。



## ○原子力土木建築センター

(体制) 原子力事業本部に原子力土木建築センターを設置、発電所に土木建築工事グループを設置。約10名増(約120名体制)

(業務) 地震、津波など自然災害に対する安全性向上対策の検討/特定重大事故等対処施設の設置や構内アクセスルート整備他安全対策工事。

【新規 約10名】【全体 約120名】



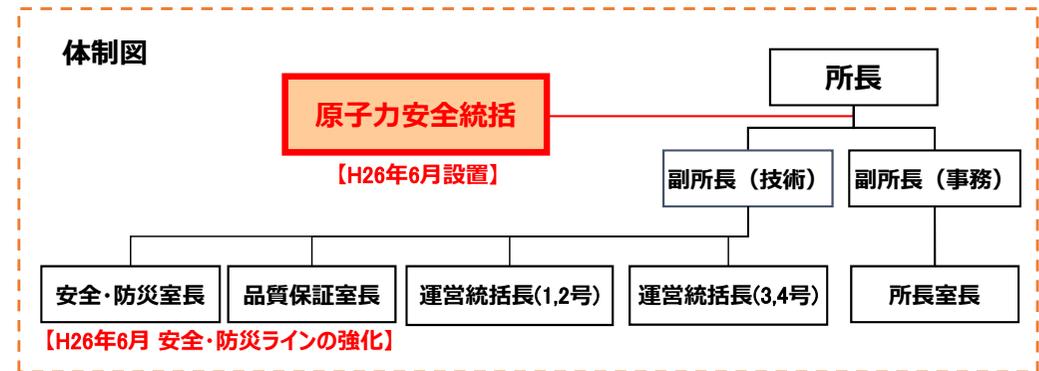
その後、H29.6に美浜発電所にも「土木建築工事グループ」を設置し、現在、約150名体制。

# 指揮者に対する教育・訓練

- 指揮者（所長、原子力安全統括、運営統括長他）への教育・訓練内容
  - ・知識ベースの教育（事故対策への習熟）として、研修ツールを用いた学習、演習など
  - ・実践的な訓練（対応能力向上）として、リーダーシップ研修、実動を含む原子力防災訓練など
- 事故時に所長をサポートする参謀機能を担う原子力安全システムを俯瞰する人材の育成

## 原子力安全統括の配置（H26.6）

- ・福島第一原子力発電所事故を踏まえ、事故時に原子力安全システム全体を俯瞰して所長をサポートする人材を原子力安全統括として配置。（所長に次ぐ職位）
- ・平時は安全性向上を推進、事故時は所長の技術的判断のサポートを行う参謀機能を担う。



## 俯瞰人材の育成

原子力安全分野に精通した人材を育成し、俯瞰人材候補の裾野を拡大していくため、教育・訓練の充実、原子力安全分野への配置拡大等を実施中。

〔教育・訓練の充実〕

- ・原子炉安全の基本を学ぶ原子炉主任技術者資格試験の学習支援の充実、P R A※技術研修への派遣、等
- ・事故収束手段を検討・判断する発電所の指揮者向けシビアアクシデント対応教育（机上演習等）を発電所要員のみでなく、事業本部の安全部門要員に対しても実施し、実践的な事故時対応能力を養成

〔原子力安全分野への配置拡大〕

- ・事業本部に新設（H26.6）した原子力安全部門への配置
- ・原子力安全分野に関連する部署への積極的な配置

※ PRA(Probabilistic Risk Assessment)：確率論的リスク評価

## ○ ICSとは

**指揮命令システムの明確化、監督限界の設定、専門用語の共通化**等の危機対応活動を定めた緊急時のマネジメントシステム。

### ICS導入の経緯

#### ○平成27年5月

国の総合資源エネルギー調査会傘下のワーキンググループでの検討を踏まえ、国のみならず、事業者も含めた導入検討の期待が示されたことからICS導入の検討を開始した。

#### ○平成27年11月

当社として「ICSの原則を踏まえた改善検討を進めていき、組織としての対応能力の強化を図っていく」こととした。

#### ○平成28年3月

ICSの原則を踏まえ、緊急時対応能力向上に向けた中期的な進め方について方針をまとめ、平成28年度の原子力防災訓練から試行することとした。

- ・指揮命令システムの明確化（事業本部）
- ・インシデントコマンダー制の採用（事業本部）
- ・COP（共通運用図）の運用（事業本部・発電所）

### ICS導入の実績

#### ○原子力事業本部

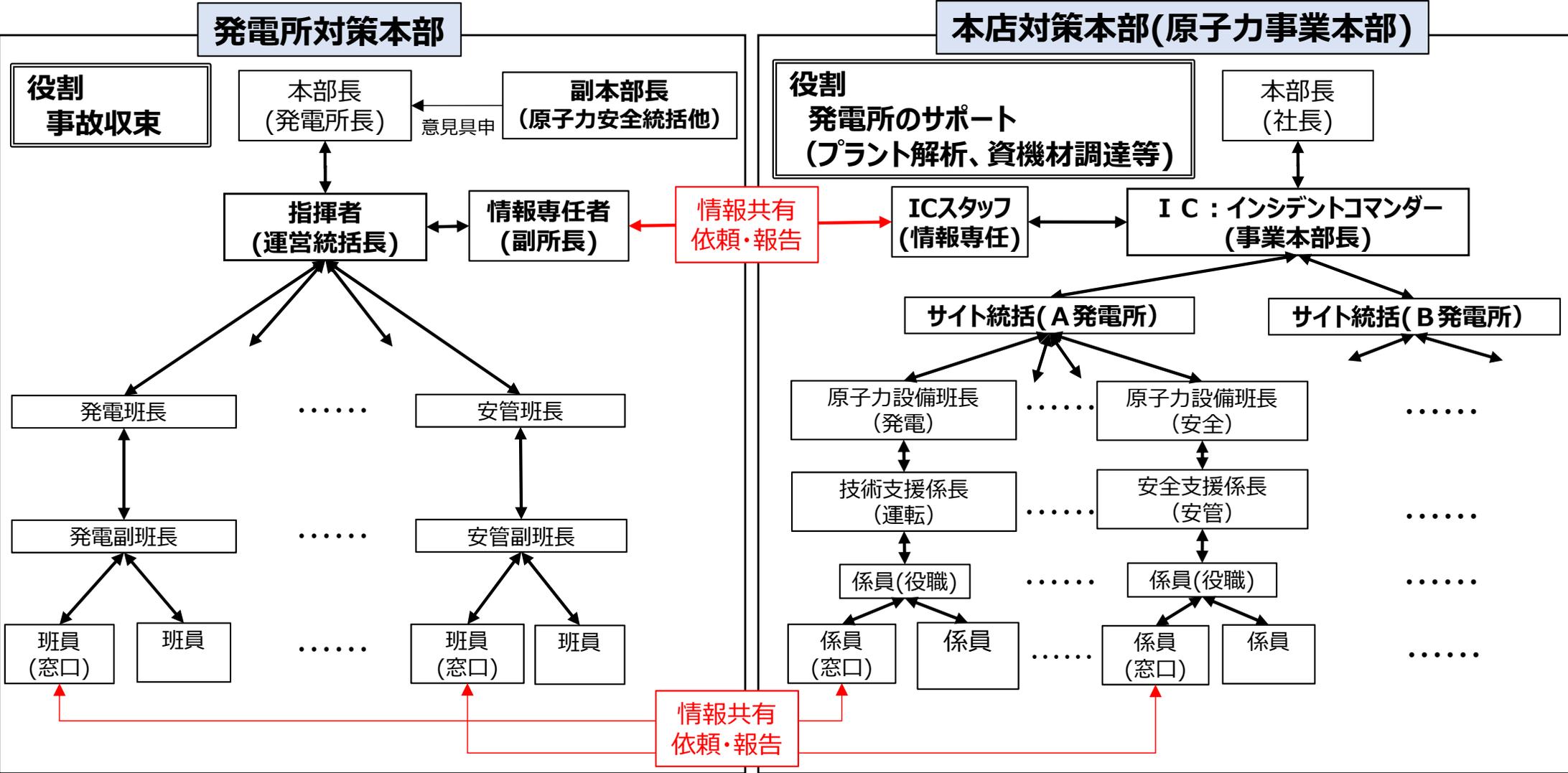
- ・指揮命令システムの明確化等を平成28年度訓練から試行
- ・平成29年9月の訓練において、発電所が複数発災した場合を想定し、緊急時対策本部内の情報輻輳等による混乱を防ぐため、発災発電所毎に担当統括（サイト統括）を配置

#### ○発電所

- ・原子力事業本部の方針に基づき、COP（共通運用図）の運用を平成28年度の原子力防災訓練から試行

ICSの導入にあたり、数ヶ月ほどの期間をかけて議論を重ね導入した。今後も訓練等を通じた改善を積み重ね、事故対応の実効性を高めていく。

# 原子力事業本部 – 発電所の事故収束活動の体制



○副本部長：本部長への意見具申など本部長を補佐する。  
 ○情報専任者：本店対策本部との窓口として情報共有、依頼・報告などを行う。  
 ○指揮者：プラントの状況把握、対応を行うとともに、適宜対応状況を本部長に報告する。

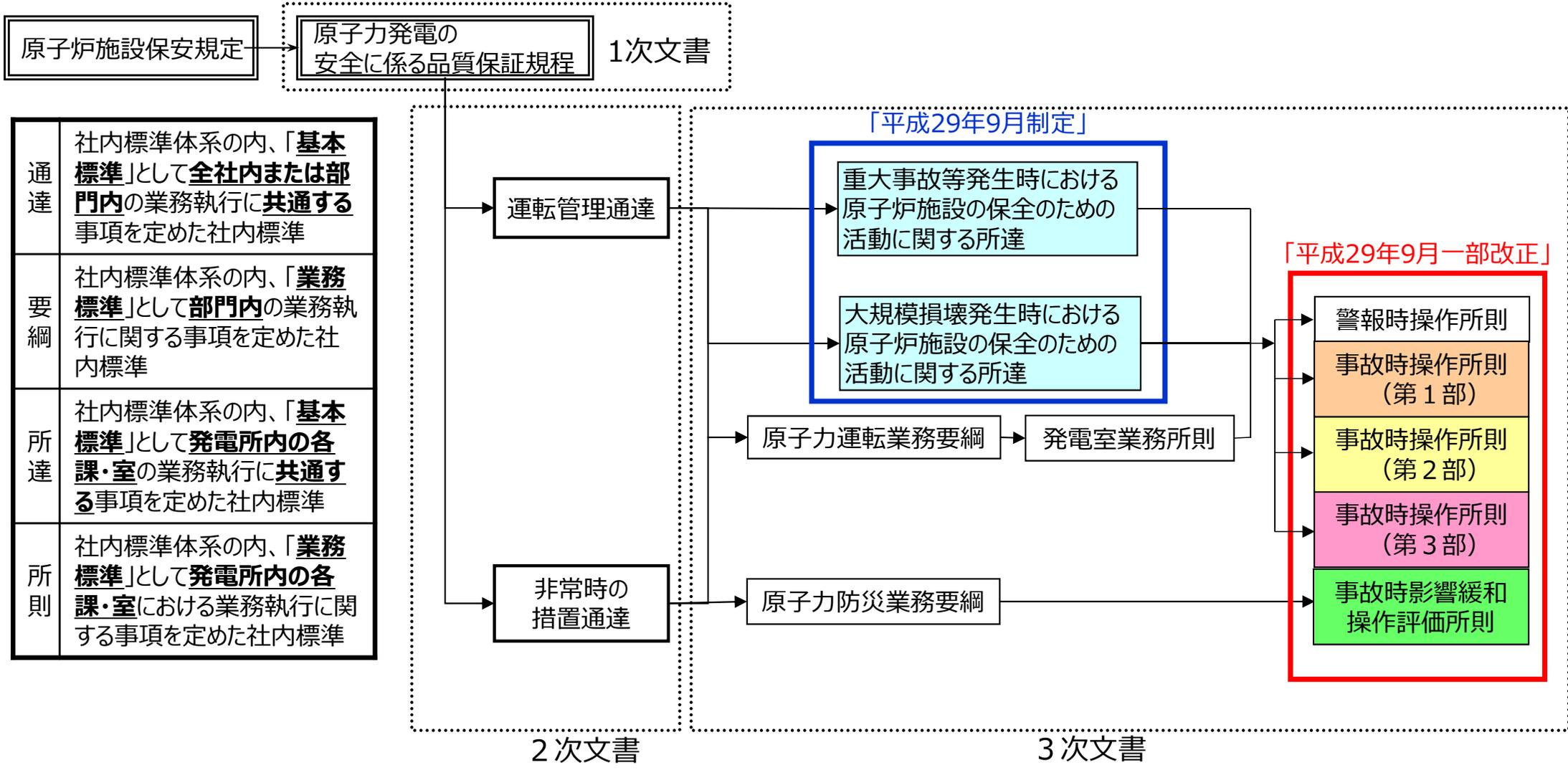
○IC：本部長への報告・意見具申および指揮命令を一元的に発信する。  
 ○サイト統括：複数の発電所が発災した場合にインシデントコマンダーの下で発電所毎に事故対応を行う。  
 ○ICスタッフ(情報専任)：発電所対策本部との窓口として情報共有、依頼・報告などを行う。

↔ 各本部内の指示・報告  
 ⇄ 各本部間の情報共有、依頼・報告

# 重大事故等対応のための社内標準（マニュアル） 制定状況

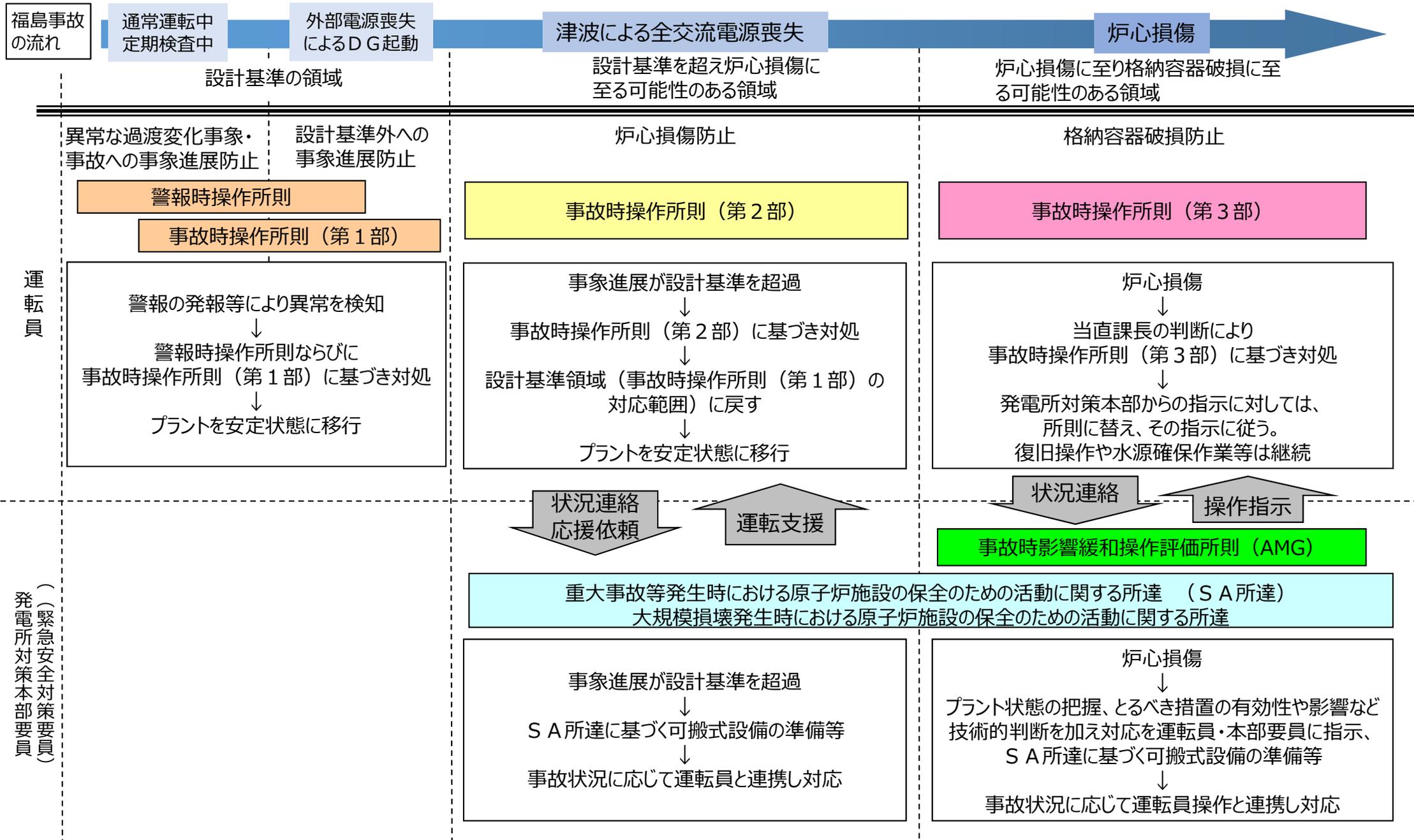
新規制基準において、設計基準を超える重大事故等の対応が要求されたことに伴い、社内標準にて定められている設計基準事故に加えて、重大事故等の対応も含めた手順について、保安規定改定にあわせて制定。

## 高浜発電所 社内標準体系(抜粋)



# 重大事故等対応のための社内標準（マニュアル）の関連性

事故対応の手順は、プラントの状況に応じて活用する内容を定めている。



# 事故発生時のプラント挙動の理解等に関する教育訓練の改善の取り組み

事故時にプラント設備の応急復旧対応や現場の緊急安全対策要員への指示・命令、対外連絡、放射線管理などを実施する発電所の緊急時対策本部要員に対して、事故発生時のプラント挙動の理解等を図る学習効果を向上させるため、新たな研修ツールを用いた学習を平成29年度から開始している。



原子力防災教育	
シビアアクシデントマネジメント研修	
H24年度新規	シビアアクシデント専門技術研修
H26年度新規	重大事故の事象、緊急時活動レベル(EAL)判断のための教育
H27年度新規	シビアアクシデント対応教育Ⅲ(講義) <sup>※1</sup>
H25年度新規	シビアアクシデント対応教育Ⅰ(講義・演習)
	シビアアクシデント対応教育Ⅰ(演習)
	初動対応訓練(模擬含)
原子力防災訓練	
※1：指揮者クラス以外の本部要員は、シビアアクシデント対応教育Ⅱ(講義・自学)を受講。	
H25年度新規	JANSI 緊急時指揮者リーダーシップ研修
	JANSI 発電所長研修(指揮者リーダーシップ)
H26年度新規	JANSI危機管理研修(課長クラス)
H27年度新規	INSS 緊急時対応リーダーシップ研修の検討
	INSS緊急時対応リーダーシップ研修の試行実施
	自学教材充実

テクニカルスキル向上

ノンテクニカルスキル向上

# 事故時対応能力の向上 ～教育・訓練の改善の取り組み(1/2)～

## ○想定外の事象への対応能力向上を図るための教育、訓練の充実

平成23年に発生した福島第一原子力発電所事故を教訓として、事故対応能力の向上を目的とした教育・訓練を計画・実施。その後、平成25年の新規規制基準施行に鑑み、重大事故等発生時の対応能力向上のための教育・訓練を充実。原子力事業本部と発電所が連携して、教育・訓練のPDCAを回し、現場の意見を反映しながら継続的に改善。

## ○大飯発電所における重大事故時対応能力向上に向けた教育・訓練の実施状況

事故発生時の体制・手順の充実・強化を進めるとともに、それに応じて、必要な教育や各種訓練を繰り返し行い、所員および協力会社の重大事故時対応能力の向上を推進。

【教育・訓練実績】 H29年度は上期実績

大飯発電所	H25年度	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度
教育受講者人数 (延べ人数)	約1,100人	約1,400人	約1,300人	約1,600人	約170人
訓練回数	約1,100回	約1,000回	約1,100回	約1,000回	約500回

電源車による給電訓練  
(H23年より実施)



重機による瓦礫除去訓練  
(H23年より実施)



可搬式代替低圧注水ポンプによる給水訓練(H25年より実施)



送水車による給水訓練  
(H28年より実施)



## ○現場の意見を踏まえた教育、訓練の改善

【訓練時の体験を踏まえた事故対応資機材の改善例（大飯発電所）】

訓練項目	気づき・指摘事項	改善案
<p>可搬式代替低圧注水ポンプによる給水訓練 可搬式代替低圧注水ポンプ取水用の仮設水槽を組立て、海水を水張りする訓練</p>	<p>仮設組立水槽のホース外れ防止 ・仮設組立水槽へ給水時の水の勢いによって、ホースが外れる可能性があった。</p>	<p>・ホース外れ防止のための固定架台を配備。（H28）</p>



固定架台

## ○緊急時対策本部の指揮者クラスに対する事故時対応能力向上教育の改善

緊急時対策本部の指揮者クラスに対して、事故収束手段を判断するために必要な技術的能力、意思決定能力、緊急安全対策要員等を的確に統率するために必要な緊急時のリーダーシップ能力を向上させるための教育の実施、継続的に改善。

【指揮者クラスに対する事故時対応能力向上教育の改善例】

教育項目	気づき・指摘事項	改善案
<p>シビアアクシデント対応教育(講義) プラント挙動可視化ツールを用い、シビアアクシデント時の社内規定に基づく対応に係る知識を習得。</p>	<p>受講者感想による気づき ・いつでも自己学習できるような教材が良い ・基礎的な内容の反復教育は、集合講義ではなく、自己学習で各自のペースで実施した方が学習効果が高い</p>	<p>・事故時の物理現象や、事故対応の基本についての反復教育には、解説動画を用いた自己学習教材を活用。 ・集合講義は定期的実施。</p>



動画教材例

平成29年度においても、重大事故時対応能力向上に向けた教育・訓練等を、継続して計画的に実施している。

# 新規制基準を踏まえた運転シミュレータ訓練の実施状況

- 新規制基準を踏まえ、運転員を対象とした重大事故等に対処するシミュレータ訓練を計画的に実施中。
- 重大事故等対処設備について、事故対応訓練上必要なものは、適宜シミュレータに反映。

## 【シビアアクシデント対応能力向上に向けたシミュレータ訓練概要】

訓練項目	概要
シビアアクシデント時プラント挙動コースの追加 (SA可視化ツールを用いた教育)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シビアアクシデントの概要、プラント挙動及び対応操作による影響(効果)を理解</li> <li>・対応操作の目的、重要性を理解</li> </ul>
全交流電源喪失訓練 (直員連携訓練に追加)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地震、津波等により全交流電源喪失が発生し、海水系統、外部電源が復旧しないことを想定した対応訓練</li> </ul>
中央制御室主体の操作に係る成立性確認訓練	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シミュレータを用いた重大事故等対策の有効性評価における中央制御室主体の操作に係る成立性確認訓練</li> </ul>

事故時にプラント設備の応急復旧対応や現場の緊急安全対策要員への指示・命令、対外連絡、放射線管理などを実施する発電所の緊急時対策本部要員に対して、事故発生時のプラント挙動の理解等を図る学習効果を向上させるため、新たな研修ツールを用いた学習を平成29年度から開始している。

## 従来

### 【概要】

- ・重大事故発生時のプラント挙動
- ・S A所達に基づく事故収束対応の概要

### 【受講対象】

- ・発電所緊急時対策本部の技術系要員  
(指揮者クラス、安全管理担当を除く)  
約250名/発電所

### 【方法】

- ・集合研修にて、講師が講義形式で説明
- ・講義では、テキストと補助資料を投影
- ・受講後、理解度確認テストを実施
- ・1回の講義で、約30～50名が同時に受講

### 【課題】

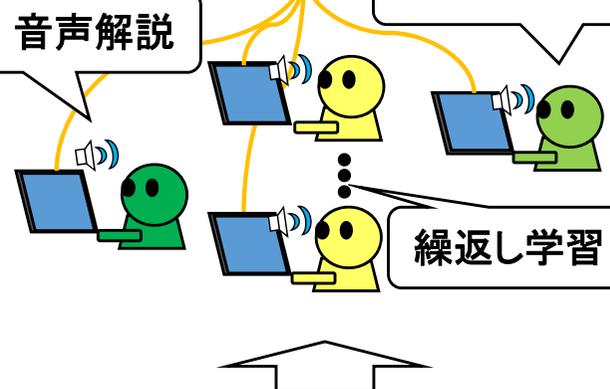
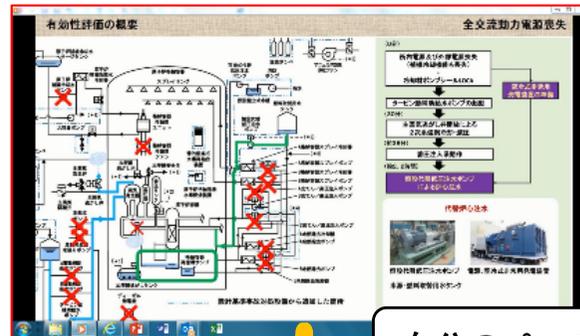
- ・多人数による講義形式であるため、受講生の**知識レベル差によって、相反する意見**

基礎的な部分に時間を掛けて聞きたい

⇔ 基礎的な内容よりも応用を聞きたい  
(レベル分けを検討したが、日程調整が困難)

- ・復習して欲しいが、講師による説明がないと学ぶべきポイントがわかりづらい
- ・大人数の集合研修受講のため、限られた日程での受講となり、受講者の負担感が増加

## 改善後のイメージ



講義の様子

## 改善後

### 【概要】

- ・従来の通り

### 【受講対象】

- ・発電所緊急時対策本部の技術系要員  
(指揮者クラス、安全管理担当を除く)

### <任意受講>

- ・**事業本部、発電所の受講対象外の技術系要員**

### 【方法】

- ・eラーニングによる動画教材の導入
- ・**音声解説付きの動画教材で自己学習が可能**
- ・**受講者の時間余裕に合わせた受講が可能**
- ・**繰り返し動画視聴が可能**
- ・受講後の理解度確認テストを実施
- ・従来の集合研修は、3年程度に1回の受講を継続

### 【予想効果】

- ・自分のペースで繰り返し学習ができ、理解度が向上
- ・事業本部も含めた要員全体の知識レベルの底上げ
- ・集合研修の削減により、負担軽減

今年度の実施結果を踏まえて  
継続的に改善を検討する

○当直運転員を対象として、運転シミュレータを活用して、全交流電源喪失訓練を追加するなど、各種訓練を実施し、対応操作の習熟を図っている。

## ◎重大事故に関する訓練（例）

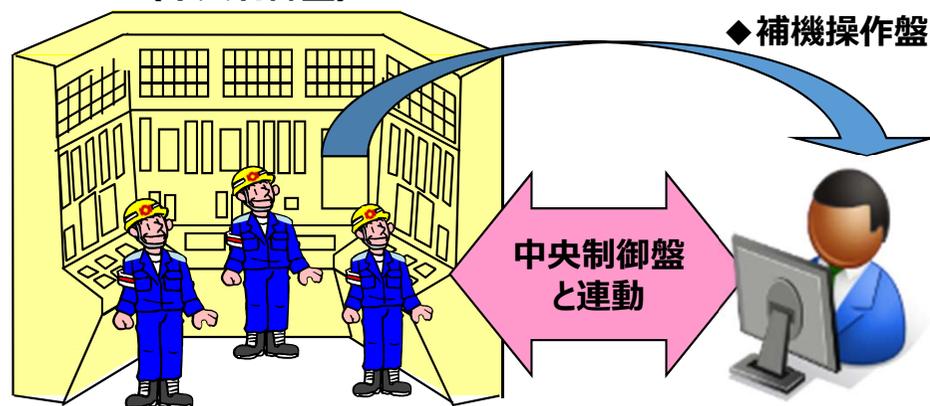
- ・長時間に渡る全交流電源喪失事故対応訓練
- ・地震、津波を想定した訓練
- ・緊急安全対策要員との連携を想定した訓練

## ◎事故時の環境を想定した訓練（例）

- ・非常灯照明下での訓練
- ・マスクを装着した訓練

### ●緊急安全対策要員との連携を模擬

◆運転訓練シミュレータ  
(中央制御盤)



- ・中央制御室とは別室に設置された補機操作盤にて現地対応を模擬
- ・中央制御室運転員は、緊急安全対策要員と連携し操作を実施

### ●非常灯照明下での訓練風景



### ●マスクを装着した訓練風景



# 大飯3, 4号機 新規制基準を踏まえた運転シミュレータ訓練の充実

○福島第一原子力発電所事故以降、重大事故等対策設備を計画的にシミュレータに反映し、重大事故への対応訓練を実施。  
 ○さらなる充実を図るため、炉心溶融モデルを使用した炉心損傷後における対応訓練を導入予定。

## (1) 重大事故等への対応訓練の実施状況 (平成30年度内には炉心損傷後の対応訓練を導入)

プラント	平成23～28年度	平成29年度		平成30年度	
		上期	下期	上期	下期
	▽H23 福島第一原子力発電所事故 ▽H25 新規制基準施行				
SA対策訓練の充実	▲H27 SA時プラント挙動コース追加 SA対策設備のシミュレータへの反映 (適宜実施) (改造例) ▲H24 空冷式非常用発電装置 ▲H25 大容量ポンプ ▲H26 ATWS※2緩和設備			継続的に反映 (継続) 炉心溶融モデル※1導入・訓練シナリオ作成検証	訓練実施
				<重大事故対応訓練> <炉心損傷後の対応訓練>	
重大事故シーケンスに係る訓練		【H28.1.28以降 中央制御室主体の成立性確認 追加】 7シーケンス (左記①～⑤、⑦) ⑨崩壊熱除去機能喪失			【炉心溶融モデル導入以降 炉心損傷後の訓練 追加】 ⑩格納容器過圧破損 ⑪格納容器過温破損 ⑫水素燃焼
	【福島第一事故以前から実施】 ①2次冷却系からの除熱機能喪失 ②原子炉格納容器の除熱機能喪失 ③原子炉停止機能喪失 ④ECCS注水機能喪失 ⑤ECCS再循環機能喪失 ⑥格納容器バイパス (IS-LOCA) ⑦格納容器バイパス (SGTR) ⑧全交流電源喪失 (シールLOCAなし)				

## (2) 炉心損傷後の対応訓練内容

- ・ 格納容器破損防止シーケンスを模擬した重大事故に対処するための訓練
- ・ 事故対応上必要となる重要な判断 (炉心損傷判断など) に関する訓練

※1: 軽水炉の炉心損傷、原子炉圧力容器破損、原子炉格納容器破損から、放射性物質の発生・移行・放出に至る事故シーケンス全般の現象解析に用いるプログラム  
 ※2: 原子炉停止機能喪失

# 大飯3, 4号機 若手技術者への技術継承に関する教育

平成27年から若手技術者を中心に運転中プラントでの現場実務研修やシミュレータ施設による実技研修を実施し、若手技術者への技術継承に取り組んでいる。

## ① 運転員による運転中プラントでの実務研修

- 技術力維持向上、モチベーション維持・向上を目的に**運転中プラントでの現場実務研修**を実施  
巡回点検、定期点検に同行し、現場点検時の異音・異常検知、運転中の緊張感、高温箇所等の危険感受性などの体感

### 【平成28年度】舞鶴火力発電所

大飯発電所 発電室当直員 4日間の業務研修（合計28名） 9月下旬～11月下旬  
発電実習生 1日間の体感研修（合計11名） 9月下旬～10月下旬

### 【平成29年度】高浜3, 4号機

大飯発電所 発電室当直員 5日間の業務研修（合計59名） 7月中旬～9月上旬

効果：運転中プラントの熱気や振動、騒音などを体感し、運転している現場の緊張感を体感でき有益



## ② 原子燃料課員による運転中プラント及びシミュレータ施設での実務等の研修

- 頻度の少ない作業や、検査の技術力維持向上を目的に**運転中プラントでの立ち会い**や、シミュレータ施設での業務研修技術力維持向上を目的に**実務研修等**を実施

### 【平成27、28年度】高浜3, 4号機

大飯発電所 原子燃料課員 燃料装荷、燃料取出作業立会い（合計4名）

### 【平成26年度以降】原子力運転サポートセンターのシミュレータを用いた炉物理検査業務研修

大飯発電所 原子燃料課員および発電室員

H26年度：11名 H27年度：33名 H28年度：15名 H29年度：17名

効果：現場での体制イメージ、操作内容等を理解でき有益



## ③ 放射線管理課員による運転中プラントでの実務研修

- 起動時の水質管理体制の強化を目的に**実務研修**を実施

### 【平成27年度】高浜4号機

大飯発電所 放射線管理課員 2次系クリーンアップに係る水質分析作業立会い 3回（合計3名）

効果：プラント工程の流れの理解と分析操作のノウハウなどが習得でき有益

今後ともOJT機会を継続的に創出することにより社員の技術力の維持継承を図り、プラントの運転再開に備える

# 大飯3, 4号機 モックアップ訓練設備の運用改善

重大事故等発生時において実施する操作訓練については、実機で行うことが困難であるため、実機と同等の訓練用設備（モックアップ設備）を設置し、改善を図りながら訓練の実効性を向上。

## モックアップ設備の設置

訓練名称	設置年月
タービン動補助給水ポンプ手動起動	平成27年6月
ディスタンスピース取替え	平成27年2月
可搬式代替低圧注水ポンプ出口配管接続	平成28年3月
可搬式使用済燃料ピット水位計設置	平成27年3月
主蒸気逃がし弁操作	平成27年3月
補機冷却水配管海水通水時排水ライン接続	平成28年3月
中央制御室空調ダンパ操作	平成27年4月
可搬型計測器によるパラメータ採取	平成24年6月

## モックアップ設備の改善例

壁、保温等の障害物を設置し、可能な限り現場の狭隘な操作環境を模擬。



## 遮光カーテンの設置

モックアップ設備の設置場所にある全ての窓に遮光カーテンを設置し、電源喪失時の操作環境を模擬。(H29.3)



## モックアップ設備による訓練実績(平成28年度)

訓練回数：270回（のべ約1700人）

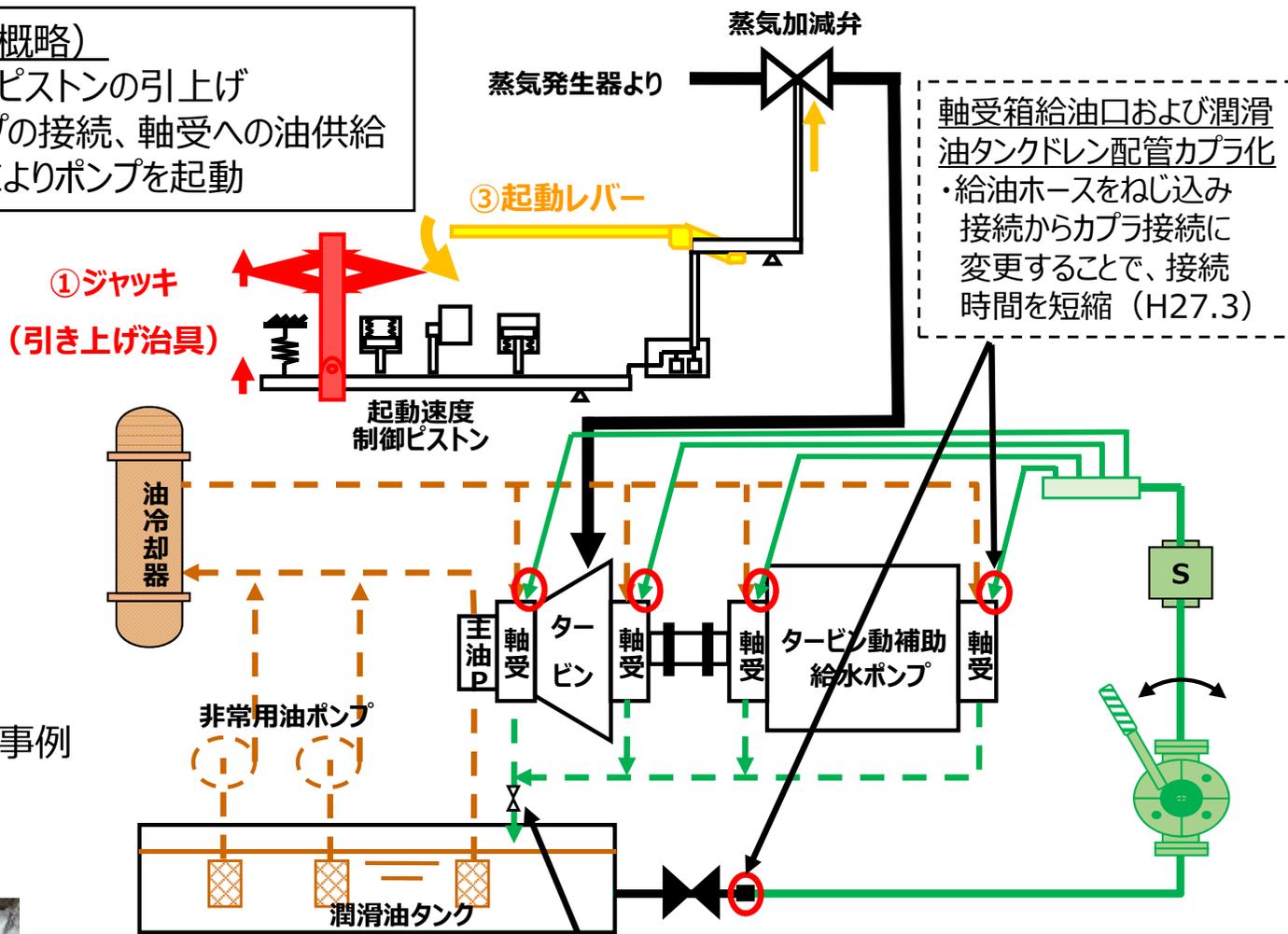
受講対象者：ディスタンスピース取替え（給水要員）、タービン動補助給水ポンプ手動起動（運転支援要員）、可搬式代替低圧注水ポンプ出口配管接続（運転支援要員、設備要員）、可搬式使用済燃料ピット水位計設置（設備要員）他

# 大飯3, 4号機 タービン動補助給水ポンプ手動起動操作の改善

直流電源喪失時においても人力によりタービン動補助給水ポンプを起動できるように、必要な設備を設置。また、訓練時に確認された課題について継続的な改善。

## 手動起動手順 (概略)

- ①. ジャッキによりピストンの引上げ
- ②. 手動油ポンプの接続、軸受への油供給
- ③. 起動レバーによりポンプを起動



①ジャッキ  
(引き上げ治具)

③起動レバー

軸受箱給油口および潤滑油タンクドレン配管カプラ化  
・給油ホースをねじ込み接続からカプラ接続に変更することで、接続時間を短縮 (H27.3)



②手動油ポンプ設置 (H25.6)  
新規制基準対応

改善事例



軸受潤滑油戻り弁設置  
・潤滑油戻りライン仕切弁を恒設化し、手動起動準備時間を短縮 (H29.1)

手動油ポンプの保管場所変更および手動油ポンプ台車化  
・保管場所をタービン動補助給水ポンプ室内に変更および架台を台車化することにより、接続時間を短縮 (H27.3)

# 複数サイト同時発災時の事故制圧体制イメージ

**他原子力事業者**

- 全国12社間での協力協定
- 西日本5社間での協力協定



**支援拠点**

◇原子力研修センター など

- 複数サイトに対する要員・資機材の支援拠点
- 美浜支援センターからの資機材、要員の集結拠点 など



**発電所原子力緊急時対策本部**

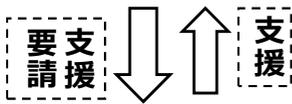
◇設置場所：発電所緊急時対策所  
◇本部長：発電所長

**高浜**

常駐要員 70名  
参集要員 48名

**大飯**

常駐要員 64名  
参集要員 10名



**メーカー、協力会社、ゼネコン等**

- 事故進展予測 (INSS)
- プラント設計 (三菱など)
- 建物設計 (ゼネコン)

**美浜原子力緊急事態支援センター**

- ロボット、重機等の提供
- オペレーター派遣 など



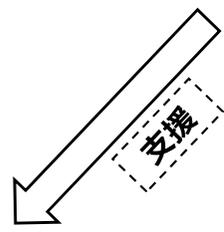
**本店原子力緊急時対策本部**

◇設置場所：原子力事業本部  
◇指揮：社長、原子力事業本部長、副事業本部長

- 事故情報収集と社内外への連絡
- 事故制圧の技術的支援
- E R C、自治体対応
- 報道対応
- 現地支援拠点の運営
- 住民避難の支援

<同時発災に、よりの確に対応するための課題>

- 同時発災に対応した体制 (指揮命令) 構築
- 同時発災体制の構築に伴う、設備面の整備



**オフサイトセンター**  
(2箇所設置の想定)

要員派遣

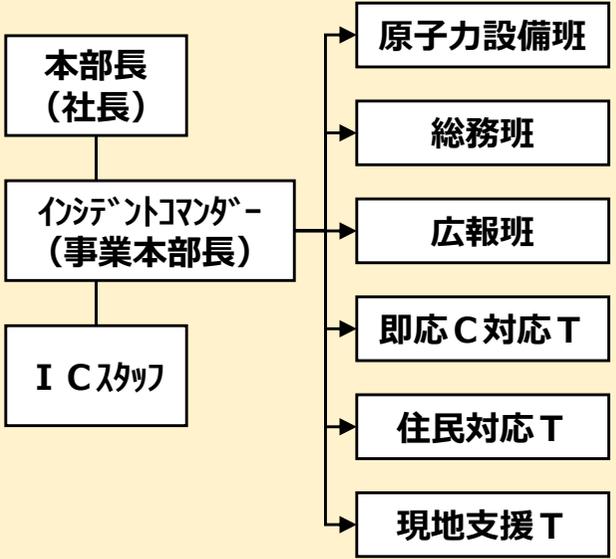
**関係自治体**

要員派遣

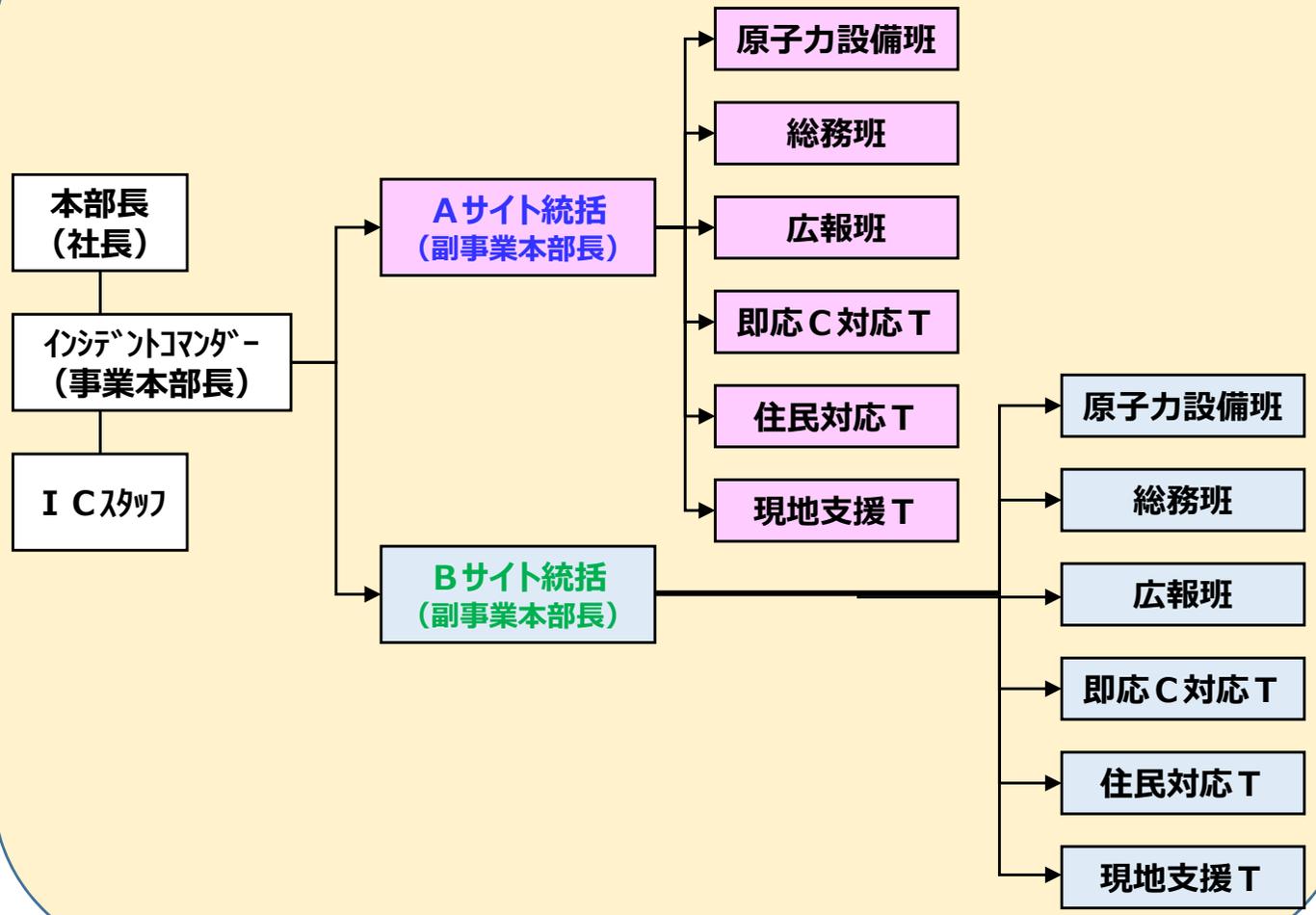
# 同時発災に備えた原子力事業本部の指揮命令系統の明確化

- 同時発災時は、情報輻輳による混乱を防止すると共に本部要員が的確に行動するため、副事業本部長クラス（3名）から発災サイト毎の統括を指名し、原則として担当統括の指揮の下で独立的に対応。
- 本部長・I C（インシデントコマンダー）※ は、必要に応じ、担当統括に対して指示・指導・助言。

## 単独サイト発災時の体制



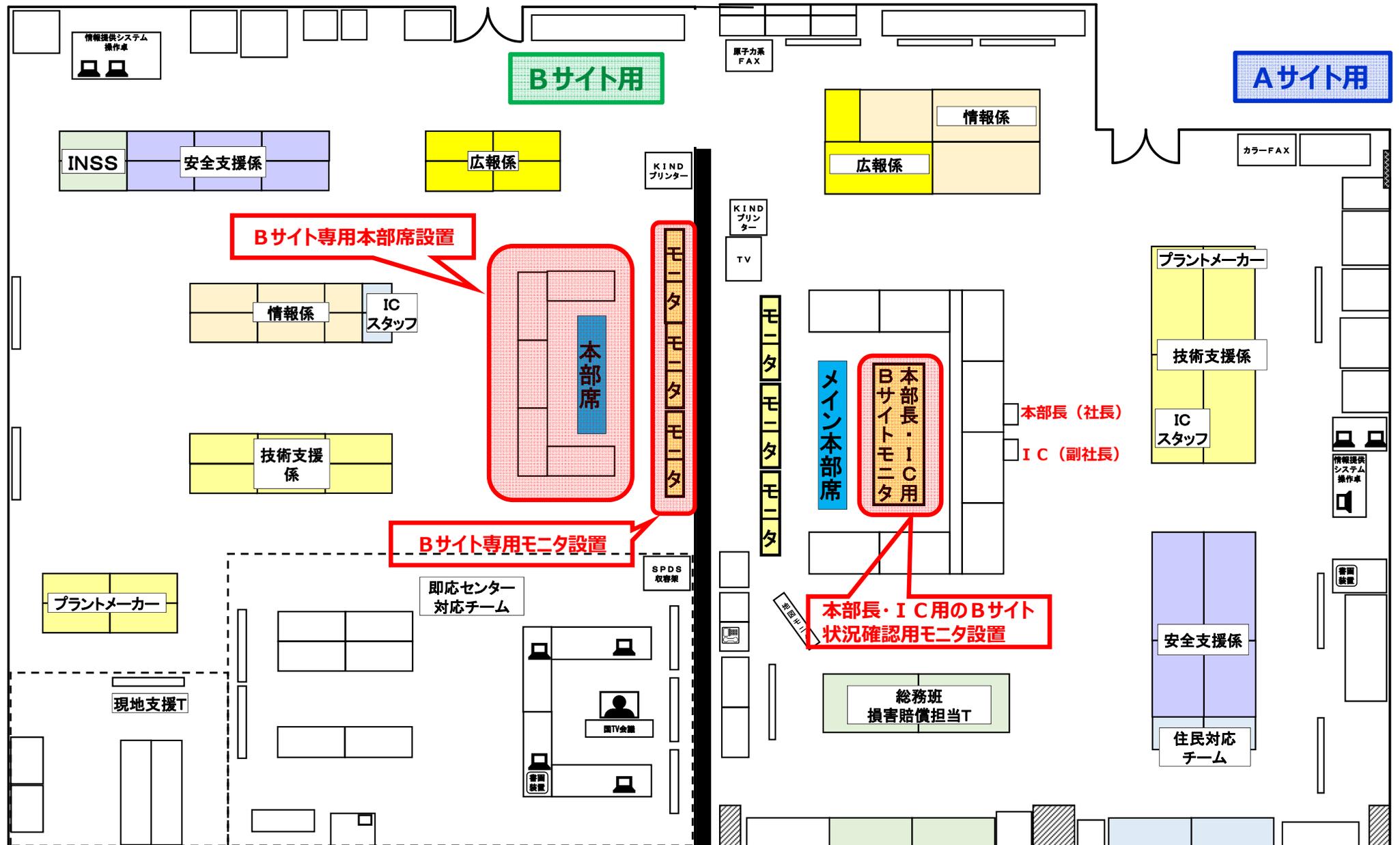
## 複数サイト発災時の体制



※現場指揮官。緊急時対応に係る全ての重要事項の報告を受け、本部内への指揮命令を一元的に発信する人物。

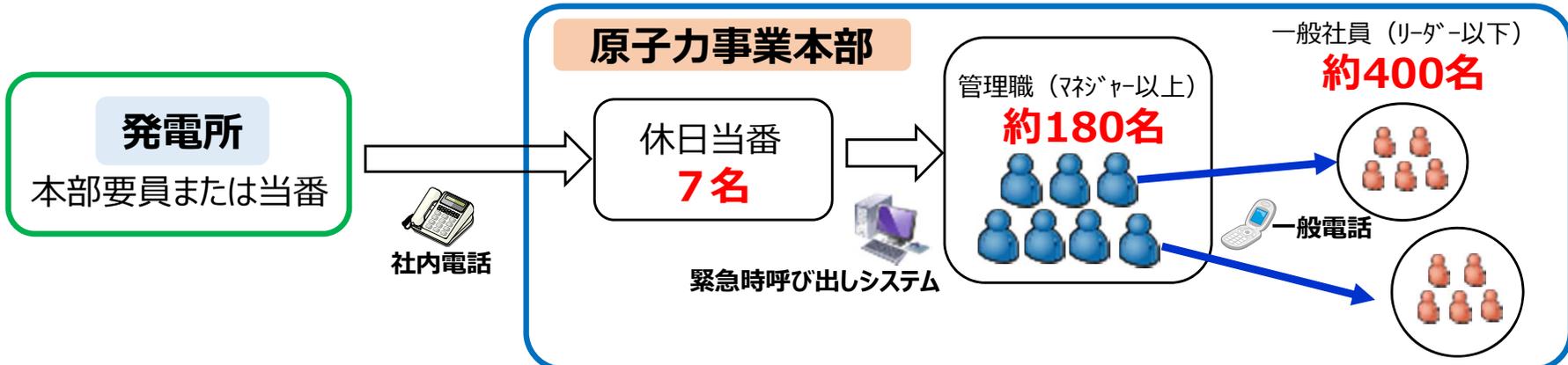
- 前頁の組織の分離を有効に機能させるため、本店緊急時対策本部のレイアウトも発災サイト毎で分離して対応。  
 (本部長・I CはAサイト本部席で両サイトの対応を指揮することとし、本部長・I C用のBサイト状況確認モニタを設置。)
- また分離に際してBサイト専用の本部席・モニタを新たに設置。

                     =同時発災ハード対策



# 休日における原子力事業本部要員の召集経路・要員参集イメージ

【要員召集経路】 発電所からの連絡を受け、休日当番者は直ちに呼出しシステムを用いて管理職を召集。管理職は電話にて一般社員を招集。



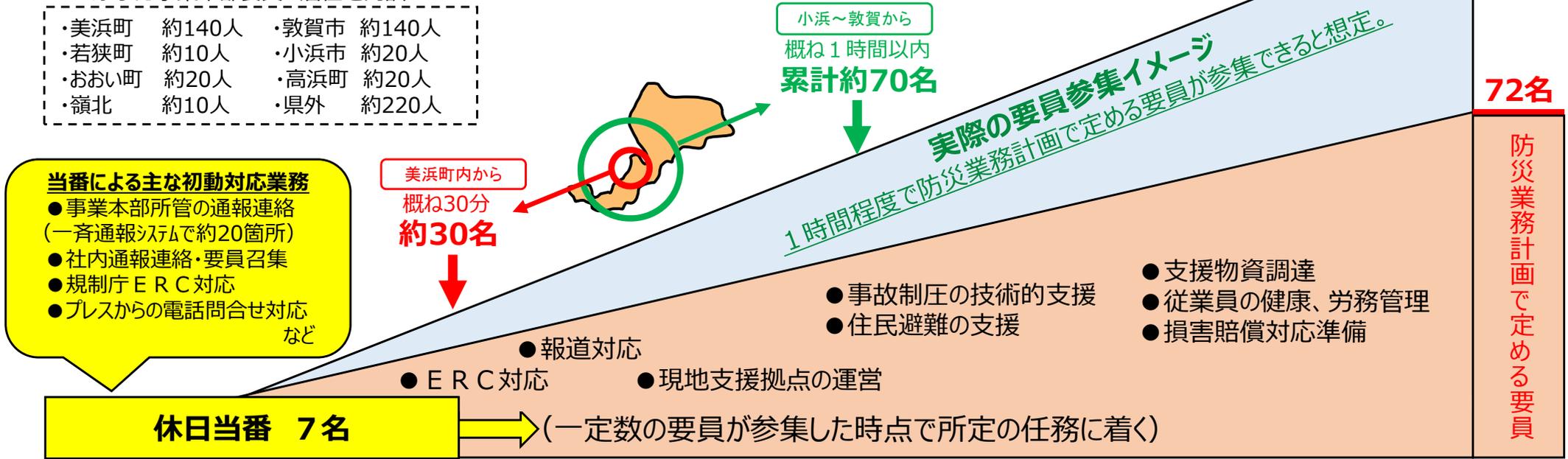
## 【要員参集イメージ】

初動対応は当番者7名で対処するが、原子力事業本部要員は、原子力事業本部が所在する美浜町と隣接する敦賀市にそれぞれ140人が居住しており、30分以降から順次参集し、概ね1時間で防災業務計画で定める体制が構築できる。

周辺府県等から 概ね6時間以内 ↓ **累計 約300名**

原子力事業本部要員の居住地内訳

・美浜町 約140人	・敦賀市 約140人
・若狭町 約10人	・小浜市 約20人
・おおい町 約20人	・高浜町 約20人
・嶺北 約10人	・県外 約220人



# 原子力災害発生時における原子力事業本部の役割・まとめ

原子力災害発生時の原子力事業本部の役割は、発電所への技術的支援、要員・物資の支援を迅速的確に行うことであり、本部長（社長）の指揮の下で、主として以下の業務を行う。＜防災業務計画より抜粋＞

班	係	主な任務
原子力設備班	情報係	本部指示の伝達、社内外情報の収集・連絡・記録、関係官公庁への報告、災害状況の把握、他原子力事業者への応援要請
	安全支援係	事故状況の把握・評価の支援、アクシデントマネジメントの支援、汚染拡大防止措置に関する支援、放射線影響範囲の推定等に関する支援、原子力緊急事態支援組織との連携
	技術支援係	原子力発電設備の被害状況の把握、事故拡大防止策に関する支援、事故原因の究明・除去に関する支援、復旧対策に関する支援、原子力発電設備の設計工事情報の確認、プラントメーカーおよび建設会社との連携
	特命支援係	原子力設備班長が指示する事項
総務班	総括係	本部の設営・運営、行政（危機管理箇所）・社外防災機関との連携（要員派遣を含む。）、本部要員の召集、通話制限、燃料・ヘリコプター・要員等の全社融通調整、他の班および係に属さない事項
	保健係	従業員の健康管理、医療・防疫対策に関する事項、放射線緊急医療対策に関する支援
	労務係	労働組合対応、従業員の出勤状況の把握、サービスに関する事項、従業員・従業員家族等の安否確認および被災状況の把握社宅・寮等の被害状況の把握、など
	資材係	資材の調達・輸送、他電力からの資材・役務の融通調整、復旧車両全般の燃料の調達・輸送、ヘリコプターの確保、物資の陸上輸送手段の確保、契約関係
班 広報	広報係	社外報道機関への対応、マスメディアを通じた安全および復旧状況等に関する広報、社内広報媒体での社内情報提供、関係自治体への広報
即応センター対応チーム		E R Cへの状況説明の等の対応
現地支援チーム		拠点の選定、支援物資の調達・輸送・管理、区域出入管理・汚染測定
住民対応チーム		自治体との連携、避難所・被災者・地域モニタリングの対応計画作成
損害賠償担当チーム		相談窓口の設置、補償対応計画の作成

**当社は、原子力災害が発生した際には全社を上げて最大限の対応を行うこととしており、同時発災はもとより、防災体制の更なる充実に向け訓練等を通じて継続的に検証・改善を図っていく。**

# 美浜原子力緊急事態支援センターによる同時発災対応のイメージ

## 美浜原子力緊急事態支援センター

- 出動要請を受けた宿泊当番者（2名）が、他の支援センター員を招集。
- 支援センター内に連絡本部を設置（本部要員：所長、副所長、総括GM）
- 出動準備、出動
  - ・ 宿泊当番者（2名）と初動対応者（4名：1時間以内に参集）にて出動準備、出動。
  - ・ 他の要員（15名※）は順次参集し、出動準備、順次出動。※連絡本部要員3名を含む。

## 後方支援拠点（原子力研修センター）

- 支援センターは、後方支援拠点到着後より関西電力の指揮下に入る。
- 関西電力からの指示に従い、大飯発電所及び高浜発電所に出動する。

## 大 飯 発 電 所

- 支援センターから9名（要員8名、予備要員1名）を派遣。
- 要員及び資機材は、ロボットコントロール車、重機コントロール車、箱車、ワゴン車で運搬。無線重機は大型重機運搬車で運搬。

緊急時対策所（関西電力）

↑ 連携 ↓

現場統括者（支援センター）

ロボット・無線ヘリコプター操作チーム



- 支援センター：現場リーダー、無線ヘリコプター操作
- 事業者：ロボット操作



無線重機

- 支援センター：オペレーター
- 事業者：補助

## 高 浜 発 電 所

- 支援センターから9名（要員8名、予備要員1名）を派遣。
- 要員及び資機材は、ロボットコントロール車、重機コントロール車、箱車、ワゴン車で運搬。無線重機は大型重機運搬車で運搬。

緊急時対策所（関西電力）

↑ 連携 ↓

現場統括者（支援センター）

ロボット・無線ヘリコプター操作チーム



- 支援センター：現場リーダー、無線ヘリコプター操作
- 事業者：ロボット操作



無線重機

- 支援センター：オペレーター
- 事業者：補助

# 情報通信網の強化

単位 [台]

通信設備		発電所			原子力 事業本部	本店 (大阪)	オフサイトセンター (美浜、高浜、大飯)	
		美浜	高浜	大飯				
構内 通信	トランシーバ 	15	17	15	—	—	—	
		15	72	33	—	—	—	
構内 通信	携行型 通話装置 	20	20	20	—	—	—	
		47	36	38	—	—	—	
構内外 通信	衛星 電話 	イリジウム※1	21	20	23	14	10	—
			21	16	0	13※2	10	—
		インマルサット	0	0	0	0	—	—
			0	23	38	0	—	—
		ワイドスターⅡ	0	0	0	0	—	0
			10※3	20※3	20※3	5	—	6
緊急時 衛星通報システム (ワイドスターⅡ) 	3	3	3	1	—	—		
	3	5	4	1	—	—		
社内LAN用 衛星可搬局 (ESBIRD) 	0	0	0	0	—	—		
	1	1	1	2	—	—		

上段：前回再稼働前（H24.6）

下段：今回（H29.11）

※1：震災前：各発電所 1台、原子力事業本部 2台、本店（大阪） 3台配備

※2：屋外アンテナ+ドッキングステーション 12台配備

※3：屋外固定アンテナ配備

# 大飯3, 4号機 中央制御室と現場との連絡手段

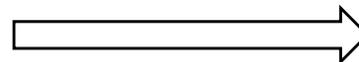
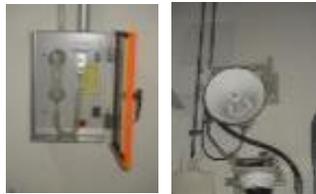
## 中央制御室と現場との通信連絡手段および優先順位

- ① PHS
- ② 運転指令装置

PHS



運転指令装置

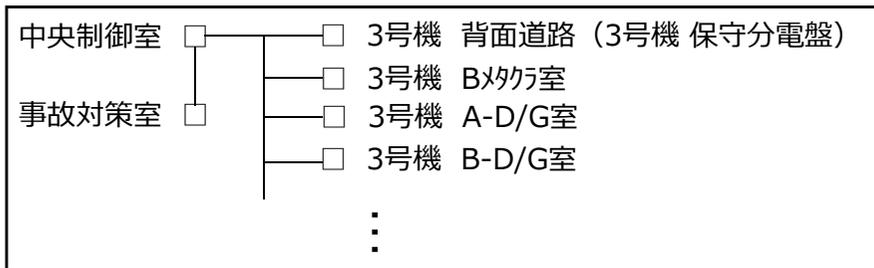


電源喪失で設備が  
使用できない場合

### ③ 携行型通話装置

PHS、運転指令装置が使用できない場合、中央制御室と各現場間に敷設している通信回線を用いて連絡を実施。

### 【携行型通話装置回線の恒設化(13箇所/ユニット)を実施(平成28年11月)】



重大事故対処設備の周辺に設置しており、現場のジャックに接続して連絡を実施。

敷設しているケーブルが断線  
通話ができない場合

中央制御室から通話装置用ケーブルを敷設し連絡を実施

- ・ 1台あたり200mのケーブル
- ・ 訓練にて確認済み
- ・ 溢水による影響を受けにくい材質

通話装置用ケーブル



中央制御室 11台配備

携行型通話装置



中央制御室 19台配備

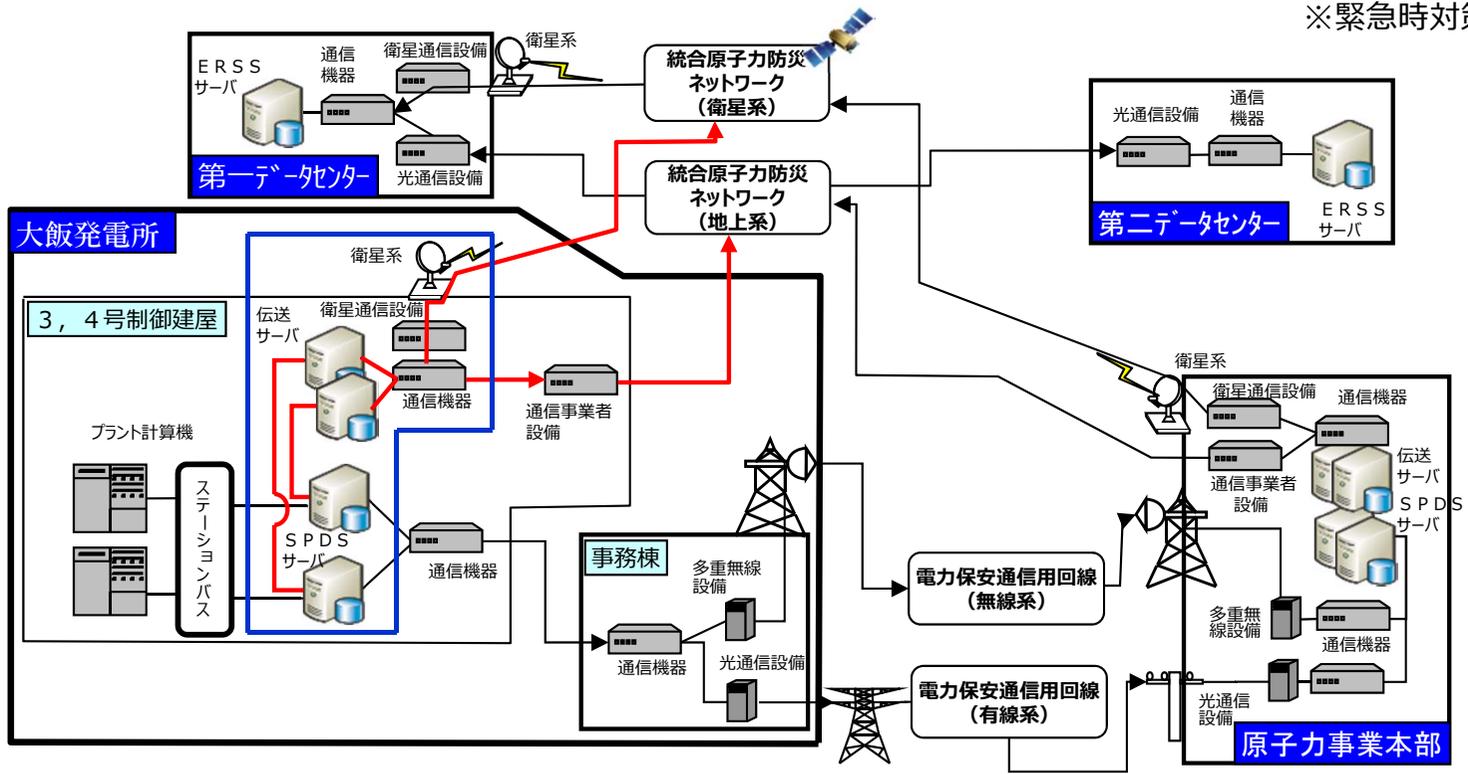
(例)現場接続箇所



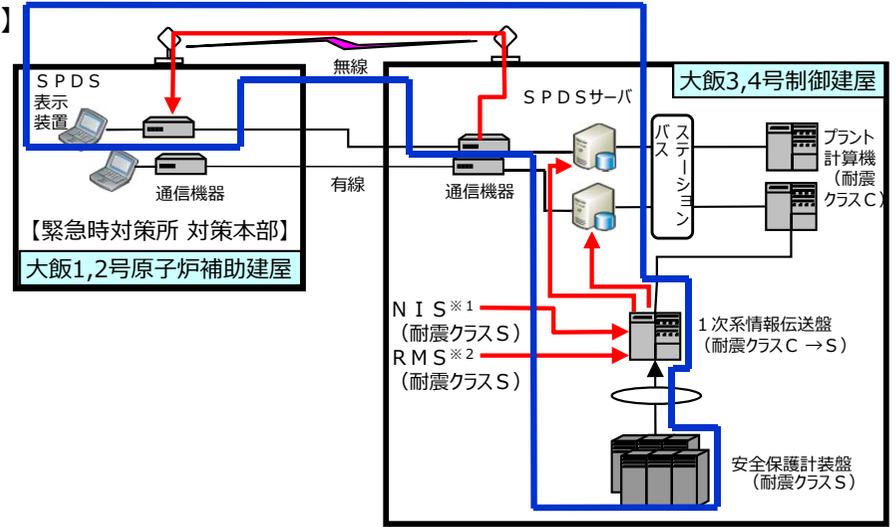
# 大飯3, 4号機安全パラメータ表示システム (SPDS) の地震時における機能維持対策

○新規制基準対応として、プラントパラメータをE R S S※等へ伝送する設備について、地震時における機能維持対策を実施。

※緊急時対策支援システム



【発電所内におけるSPDS構成】



→ : 新規制基準対応により構築した伝送ライン

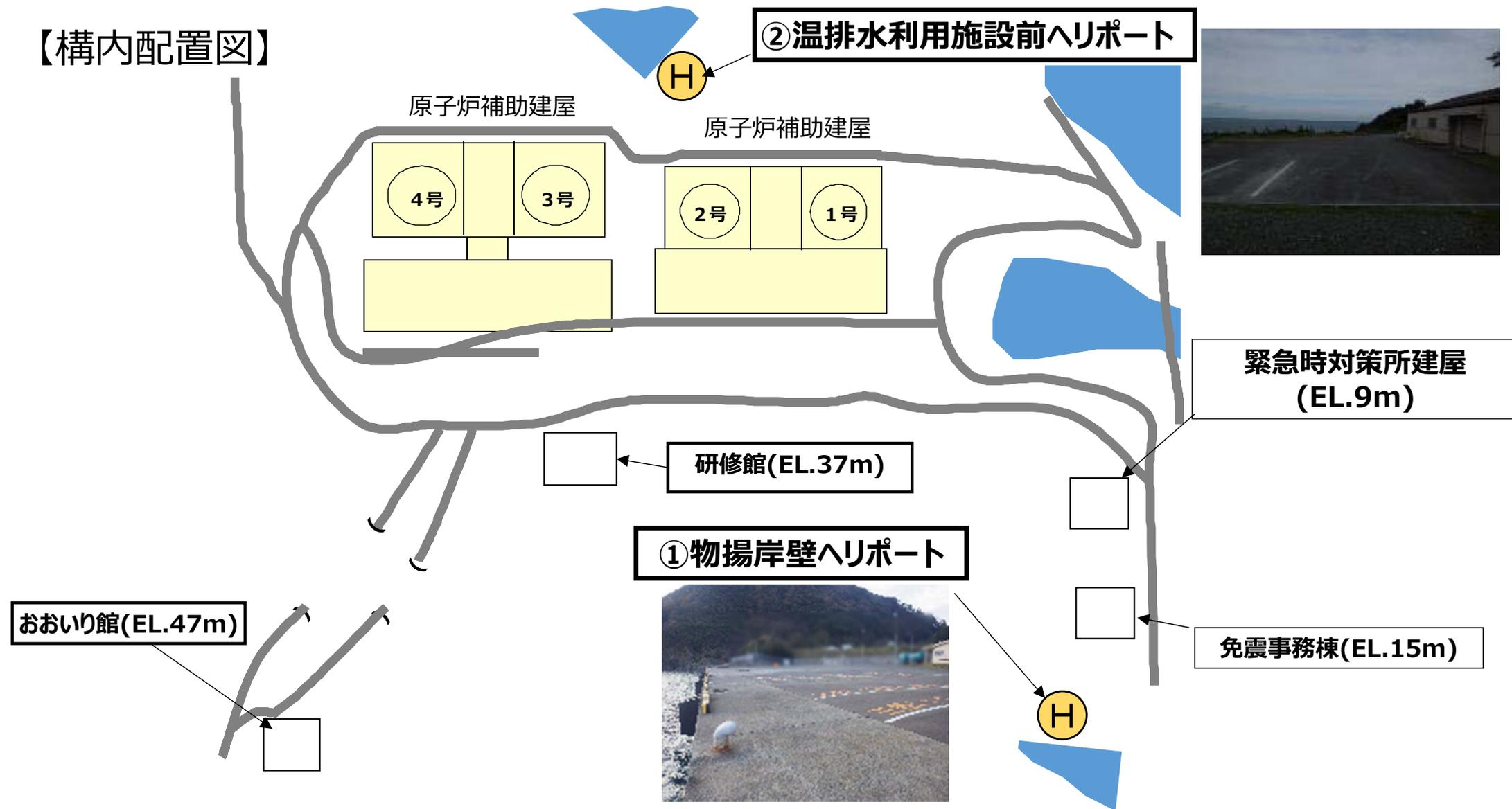
□ : 新規制基準Ssによる地震力に対する機能維持対策を実施した範囲

※ 1 : 「Nuclear Instrumentation System」(炉外核計装装置)  
 ※ 2 : 「Radiation Monitoring System」(放射線監視装置)

# 大飯発電所 構内ヘリポートの設置場所

- ①大飯発電所構内において、平成24年に物揚岸壁付近（EL約3.5m）にヘリポートを設置。
- ②さらに、放水口北東の高台（EL約15m）にヘリポートを追加設置し、平成29年8月より運用を開始。

【構内配置図】



# 原子力事業における事業者間の相互協力の概要

(締結者：関西電力、中国電力、四国電力、九州電力、北陸電力)

## ◆「原子力災害時における協力」

<p>目 的</p>	<p>5社の地理的近接性を活かし、より迅速な対応を図るため、協力要員の派遣や資機材の提供など相互協力を実施</p>
<p>主な協力内容</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 協力要員の派遣             <ul style="list-style-type: none"> <li>● 現行協力協定に加え、5社合計で100人～200人規模の派遣                 <ul style="list-style-type: none"> <li>－ 環境放射線モニタリング、避難退域時検査</li> <li>－ 支店・営業所等での広報対応</li> <li>－ 発電所への輸送車両の運転 など</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>2. 資機材の提供             <ul style="list-style-type: none"> <li>● 現行協力協定の消耗品の提供数量の増量に加え、各社において提供可能な資機材を提供 (例) がれき撤去用重機、タンクローリー、タイベックスーツ など</li> </ul> </li> <li>3. 原子力部門トップによるテレビ会議を活用した発災事業者に対する助言等の支援</li> <li>4. 各社が相互参加する定期的な訓練の実施</li> </ol>

## ◆「廃止措置実施における協力」

- 目的：廃止措置の安全性向上および審査対応の充実
- 主な協力内容：大型工事における技術・調達の検討、廃止措置の状況などの情報共有

## ◆「特定重大事故等対処施設設置における協力」

- 目的：特重施設設置に関する安全性向上および審査対応の充実
- 主な協力内容：設備仕様の統一などの検討、先行プラントの状況などの情報共有

# 事故制圧に必要な各種資格の計画的取得

原子力発電所における重大事故等発生時の初動対応を確実・円滑に行うとともに、更なる技術力向上のため、必要な公的資格を社員に取得。

【H29.9.末時点】

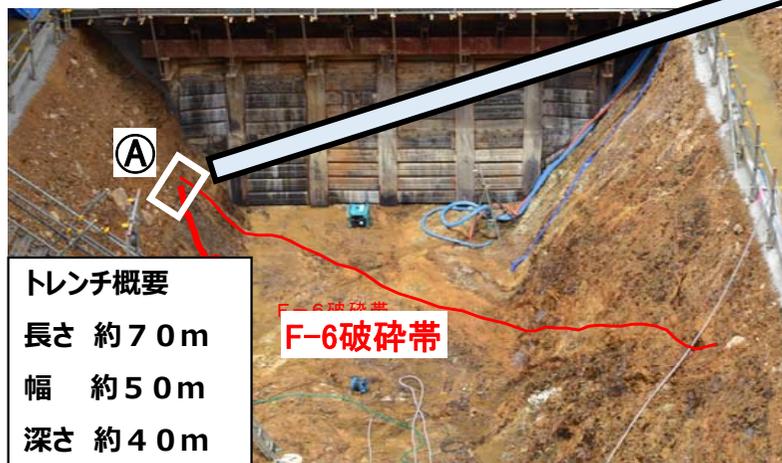
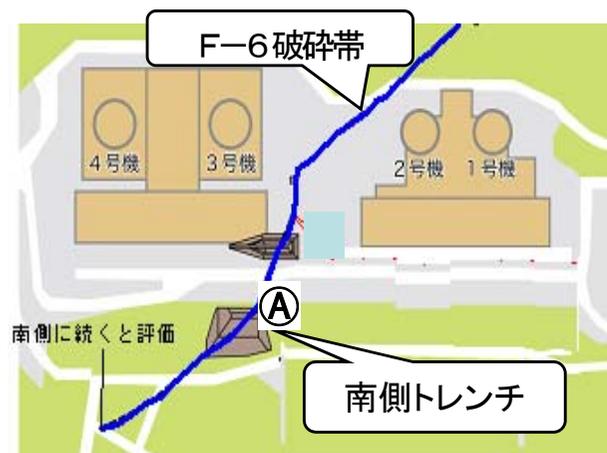
資格名	資格の要求事項	初動対応における役務 (各発電所の設備により 一部異なる)	美浜発電所		高浜発電所		大飯発電所	
			保有者数	今年度取得 予定者数	保有者数	今年度取得 予定者数	保有者数	今年度取得 予定者数
大型自動車 第一種免許	車両総重量11t以上の 車両の運転	以下の車両の運転 ・大容量ポンプ ・送水車およびホース展張車 ・可搬式代替低圧注水ポンプ 電源車 ・シルトフェンス運搬用トラック ・緊急時対策所用電源車	27	2	36	9	42	2
危険物取扱者 乙種第4類 (甲種でも可)	ガソリン、灯油、軽油、重油 等の取扱い	給油活動	125	8	160	0	145	2
酸欠測定の実験講習	酸素欠乏症のおそれのある 場所での作業に伴う酸素濃 度測定	給油活動	25	0	90	0	106	0
車両系建設機械（整 地・運搬・積込み・掘削 用）運転技能講習 ※1	建設機械で機体質量3t以 上のもので運転操作 ・油圧ショベル ・ブルドーザ 等	以下の重機の操作 ・油圧ショベル ・ブルドーザ	—	—	15	0	—	—
牽引自動車第一種 運転免許	車両総重量が750kgを超え る車のけん引	可搬式代替低圧注水ポンプの 設置	25	5	15	5	32	3
小型移動式クレーン 運転技能講習	つり上げ荷重能力5t未満の 小型移動式クレーンの運転	・消防ポンプ等の設置 ・大容量ポンプ水中ポンプの 設置	46	5	48	0	62	5
玉掛け技能講習	つり上げ荷重1t以上のクレー ン等の玉掛け業務	・シルトフェンスの設置	71	1	67	0	88	4
フォークリフト運転 技能講習	最大積載質量1t以上の フォークリフトの運転操作	放水砲用泡混合器の運搬	11	0	15	0	15	0

※1：美浜発電所・大飯発電所では瓦礫除去作業を協力会社に委託するため、当社社員の当該資格の取得は不要

# 外的事象への対応

- 平成24年7月、旧原子力安全・保安院の意見聴取会において「F-6 破砕帯の活動性を完全に否定するためには現状の資料では十分でなく、現地での直接確認が必要である」ことが指摘され、これを踏まえ、旧原子力安全・保安院より、F-6 破砕帯の性状を直接確認する等、活動性評価に必要な調査を実施するよう指示を受けたことから、当社はF-6 破砕帯の追加調査を実施した。
- 平成25年9月、原子力規制委員会の有識者会合において、追加調査結果を踏まえて「F-6 破砕帯は、将来活動する可能性のある断層等ではない」とする当社評価に関して認識の共有化がなされ、平成26年2月、有識者会合が取りまとめた評価書を原子力規制委員会が了承した。

## 敷地内破砕帯調査



F-6 破砕帯を含め南側トレンチで見られる破砕帯は約23万年前の火山灰を含む地層より下位の地層を変位させていない。

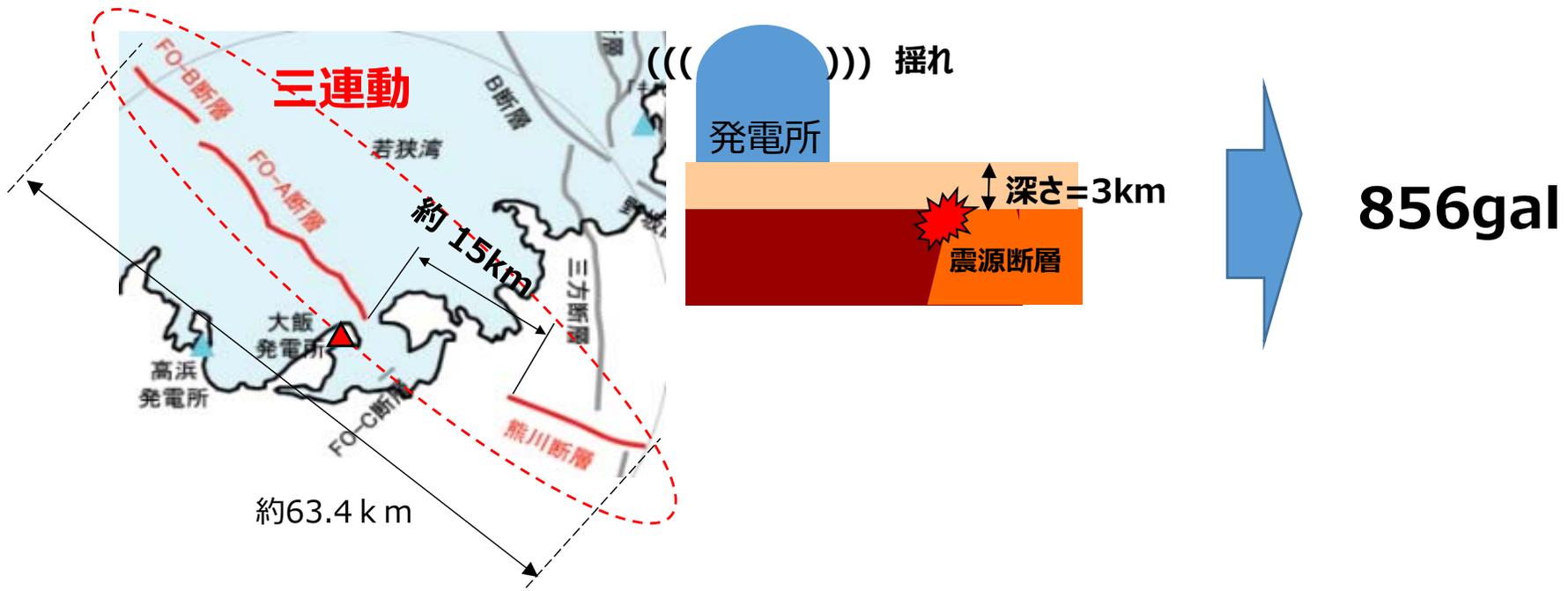
F-6 破砕帯は、約23万年前の火山灰を含む地層を変位させておらず、後期更新世以降活動していないことが確認された。このことから、F-6 破砕帯については、将来活動する可能性のある断層等には該当しない。

# 大飯発電所における基準地震動の変遷と地震動の決定

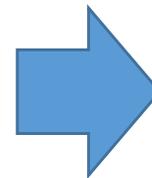
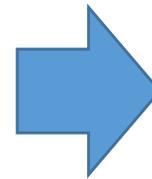
## 大飯発電所の基準地震動の変遷



見直し後の基準地震動



基準地震動の見直し（700ガル→856ガル）を踏まえ、機器、配管の耐震評価結果に基づき、サポート補強を実施（約1,200箇所／2ユニット）

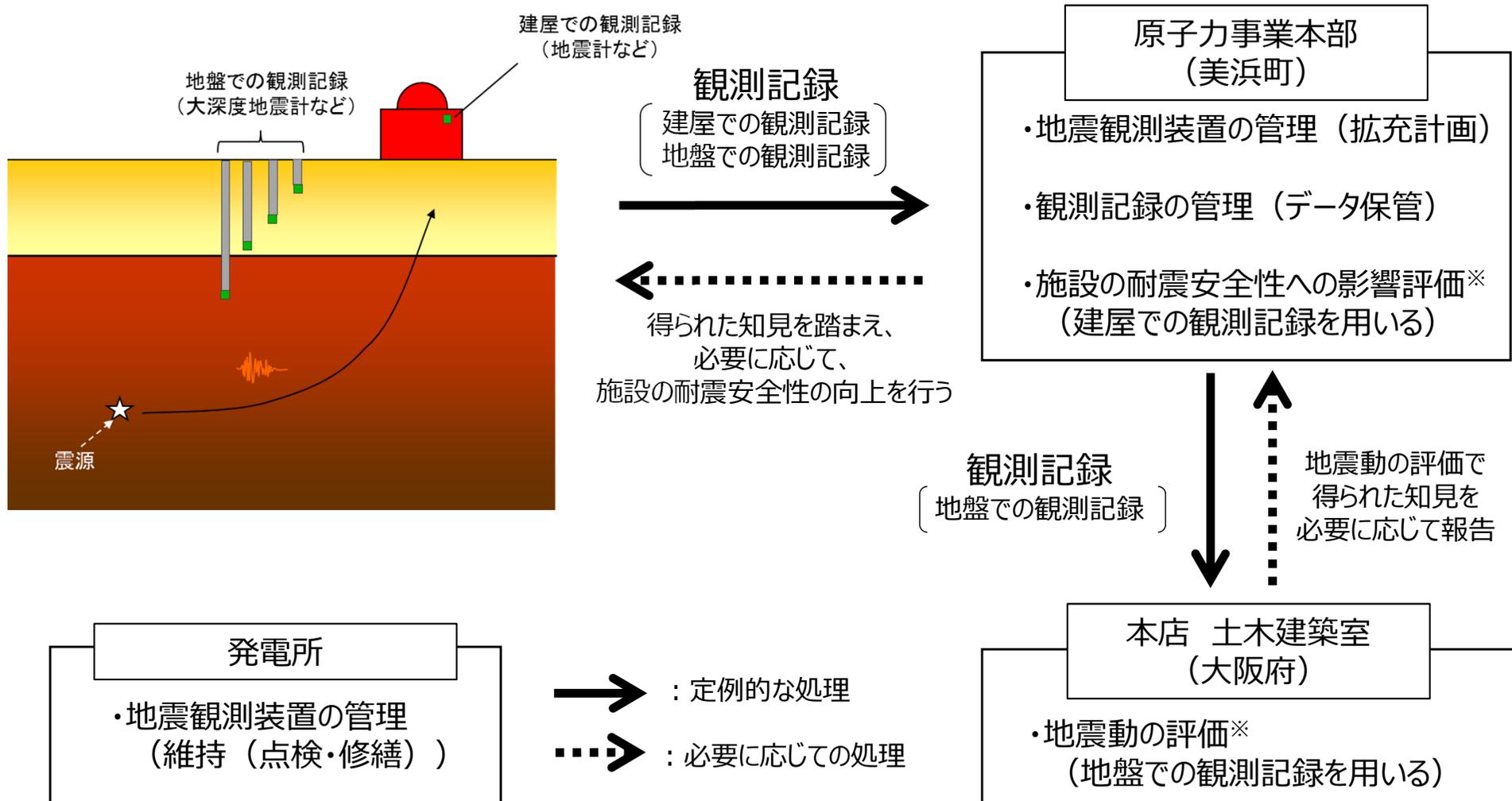


スナバ：配管の熱による伸びなどゆっくりとした変化には追従するが、地震等の激しい動きに対しては、配管を固定する機能を持つ

# 地震観測および影響評価を行う体制

## ○目的

観測記録の管理、解析等を行う体制の強化及び地震発生時の対応等を速やかに実施するため、地震観測および影響評価に関する各所の役割分担を整理。（平成28年3月）

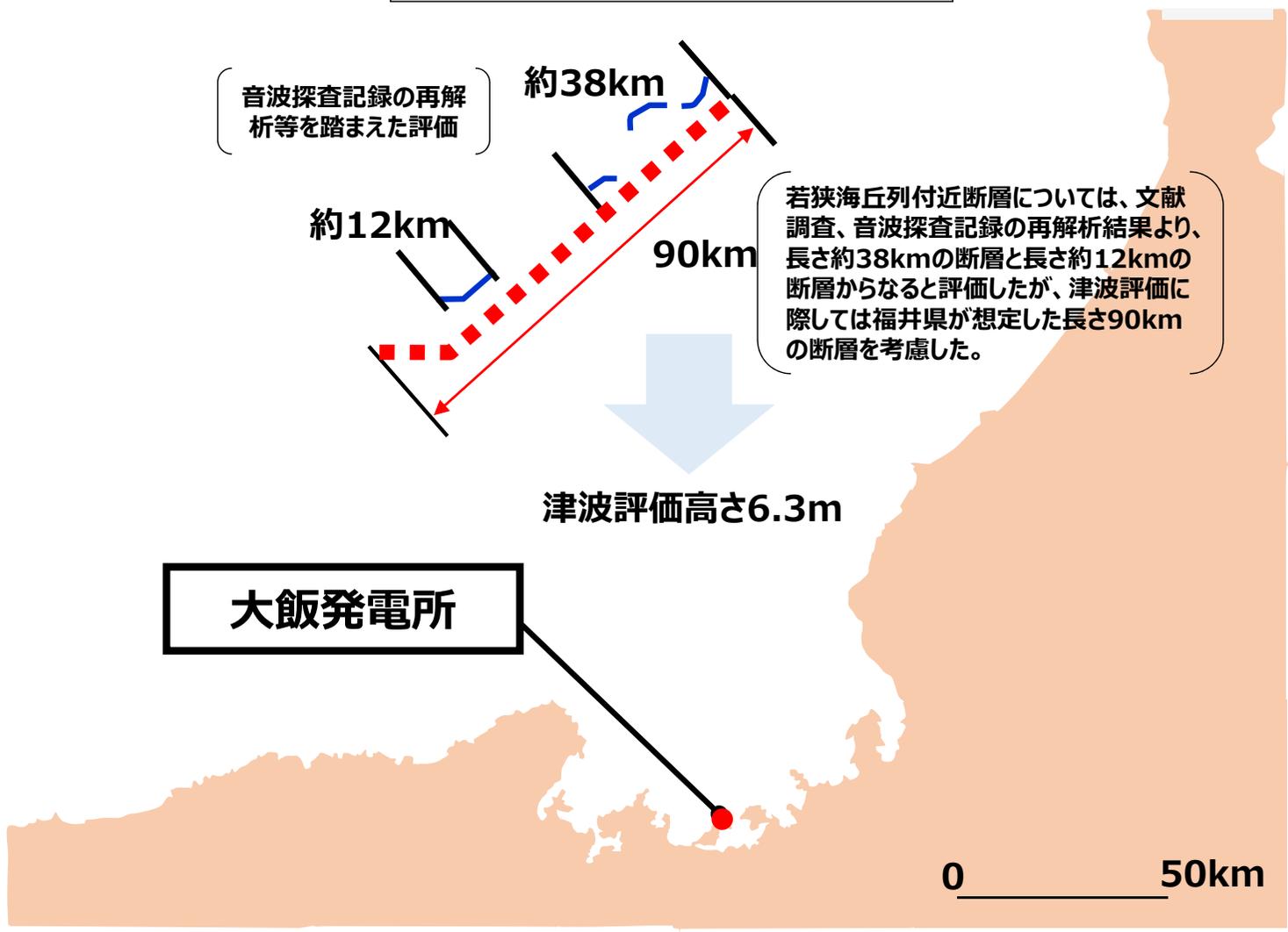


※：今後、地震観測記録を蓄積した上で分析・評価を行っていきとともに、得られた知見を必要に応じて、地震動評価、施設の耐震性評価に反映していく。

# 大飯3, 4号機 津波高さの設定

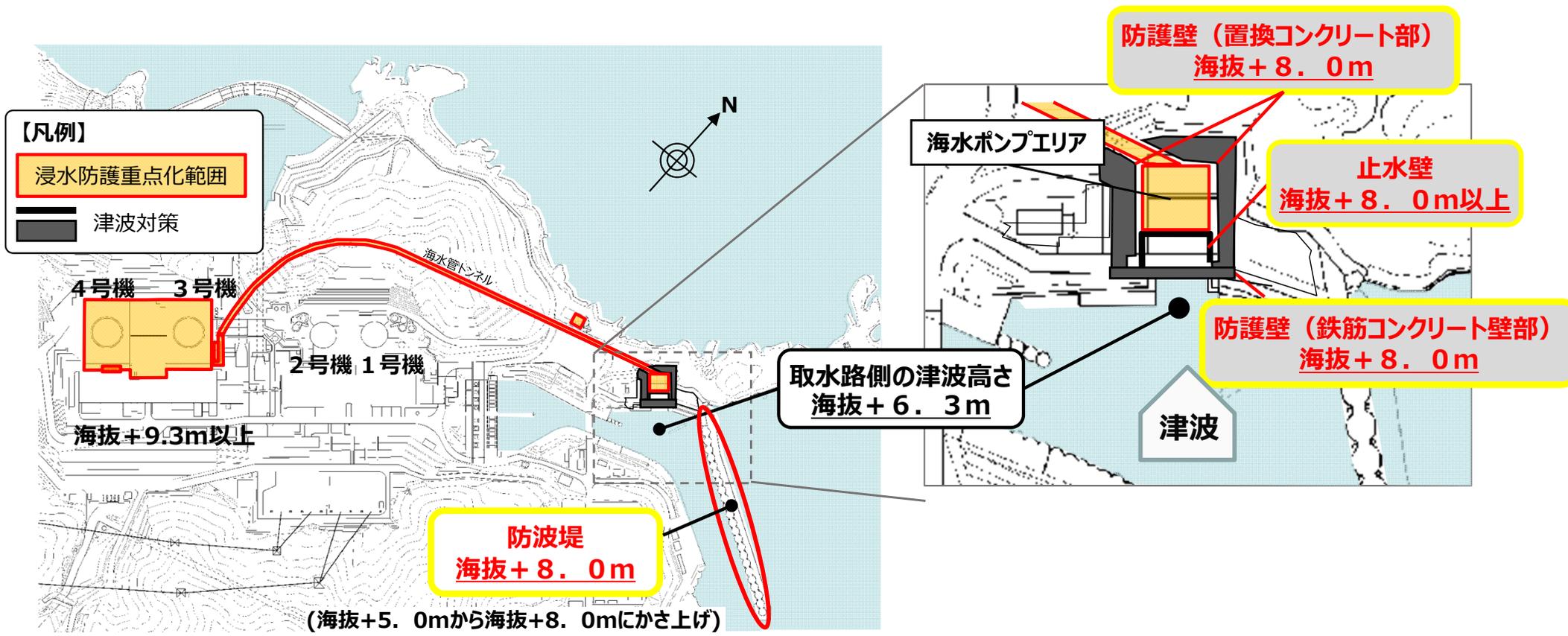
○若狭海丘列付近断層を90kmとし、海底地すべり等の重畳や潮位のばらつきを考慮して、津波評価高さを海拔+6.3mに設定。

## 津波に関する断層の位置



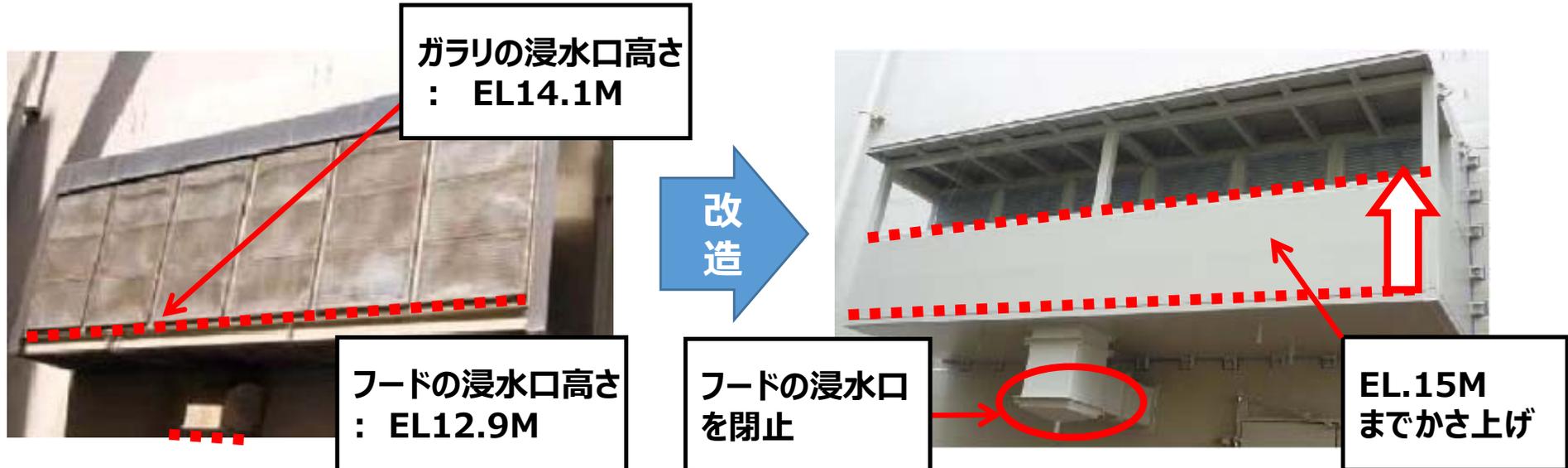
# 大飯3, 4号機 津波対策 (浸水防護施設の設置)

- 大飯発電所の津波評価高さは、取水路側 海拔+6.3mである。
- 主要な建屋は、敷地高さが海拔+9.3m以上であり、津波対策は必要ない。
- ただし、大飯3,4号機の海水ポンプエリアのみ、津波評価高さが敷地高さを上回るため、津波評価高さに裕度をもたせた高さで、防護壁 (海拔+8.0m)、止水壁 (海拔+8.0m以上) を設置。
- なお、防波堤を海拔+5.0m⇒+8.0mにかさ上げし、津波の影響を軽減。



- 自主的な安全対策として、非常用ディーゼル発電機換気空調用排気ダクトのかさ上げおよび水密扉への取替えを実施。

## 非常用ディーゼル発電機室の換気空調用ダクトのかさ上げ



## 水密扉への取替え (21箇所/3・4号機)



○風速100m/sの竜巻を想定し、以下の対策を実施

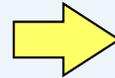
- ・重要な発電設備（海水ポンプ等）を竜巻による飛来物から保護するため、飛来物防護対策を実施
- ・飛来物となり得る物品の飛散防止対策(飛散防止、移動、収納)を実施

## 飛来物防護対策

〔竜巻飛来物防護対策設備設置前〕



＜上 面＞  
3重の金属ネットで飛来物の  
エネルギーを吸収



〔竜巻飛来物防護対策設備設置後〕



＜側 面＞  
鋼板で貫通を阻止

## 飛散防止対策

- 飛散防止対策：飛散対象物をアンカー、ウエイト等にて飛散しないよう固縛。
- 対象物：ユニットハウス、定期検査工具保管庫、運転・保守に必要な仮置資機材 他



# 大飯3, 4号機 火災対策

## 【屋内】

- 火災の早期検知のため、火災の態様を踏まえ多様な火災感知器を追加設置。
- ポンプ等へのハロン消火設備、可燃物へのスプリンクラーおよびケーブルトレイ消火設備を設置。
- 火災の影響を軽減するためのケーブルトレイへの耐火シートの巻付け。

## 【屋外】

- 森林火災による発電所施設への延焼を防止するために森林を伐採し、幅18m以上の防火帯を設置。

## 火災感知器の追設

- 煙感知器[約450個]・・・施設全域
- 熱感知器[約700個]・・・隔壁、筐(きょう)体等により火災が遮られるケーブル、電気盤
- 炎感知器[約350個]・・・火炎が機器外に出るポンプ類、密集している電源盤

【煙感知器】



【熱感知器】



【炎感知器】



## 固定式消火設備の追設

スプリンクラー  
[約2000個]



ハロン消火剤ノズル



ポンプ

スプリンクラー設備[約2,000個]

ポンプ等へのハロン消火設備[約80箇所]

## ケーブルトレイへの耐火シートの巻き付け (約2000m)

ケーブルトレイ



トレイ内へ自動消火装置 (ハロン式) を設置  
[約60区画]

※大飯3・4号機については、建設当時から難燃ケーブルを使用

## 防火帯の設置

防火帯 (例)



防火帯  
(樹木伐採箇所)



# 火山影響等発生時の体制整備等に係る規制要求への対応

○大飯3, 4号機の火山灰への対応について、改正規則案に基づき体制等を整備

## 改正規則案の主な内容とその対応

火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行うために必要な

計画を策定すること

→ 降灰時におけるフィルタ取付け・取替手順、配備済みの可搬型設備等による炉心冷却手順、全交流電源喪失後の手順等を整備

要員を配置すること

→ 降灰時における上記手順に必要な要員を配置

フィルターその他の資機材を備え付けること

→ 非常用ディーゼル発電機の着脱式フィルタの配置や配備済みの可搬型設備等により対応

その他、「要員に対する訓練に関する措置を講じること」等についての要求についても対応

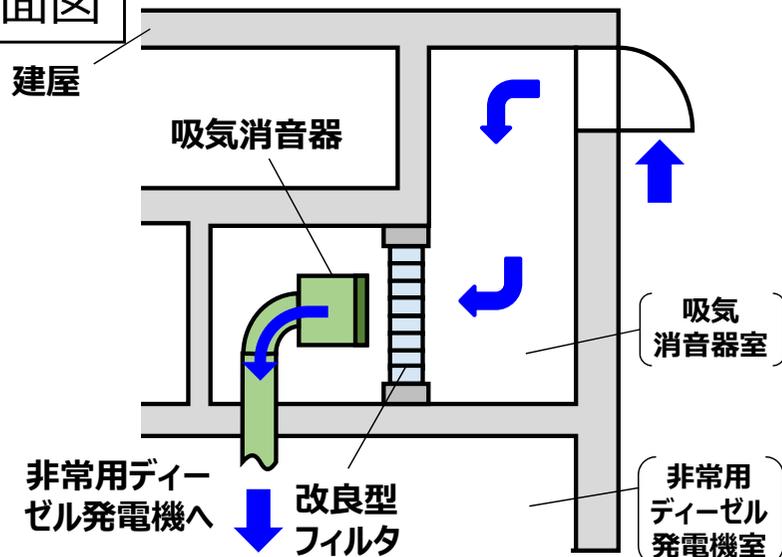
**改正規則の施行後、上記対策を反映した保安規定変更認可申請を行う予定**

# 大飯3, 4号機 非常用ディーゼル発電機の機能維持のための対策

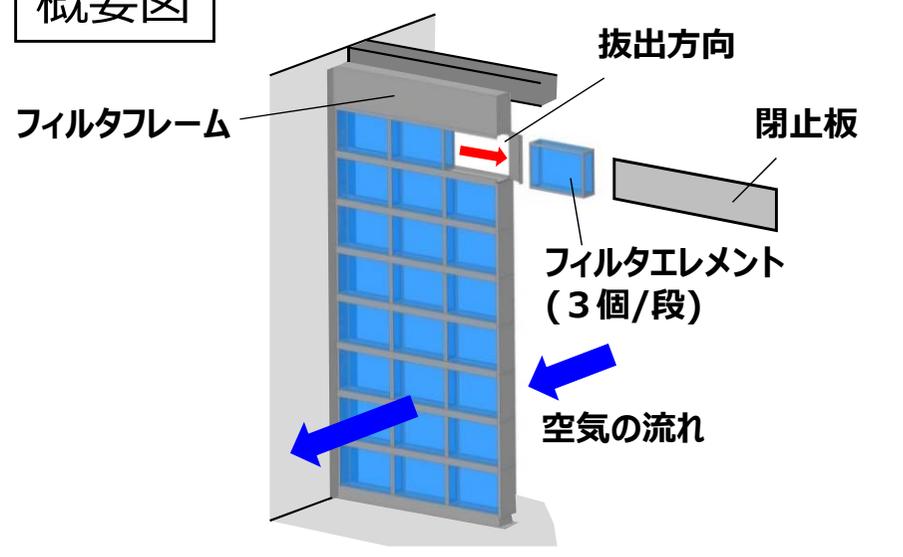
※H29.9.20配備完了

## 改良型フィルタ※イメージ図 (A-吸気消音器室)

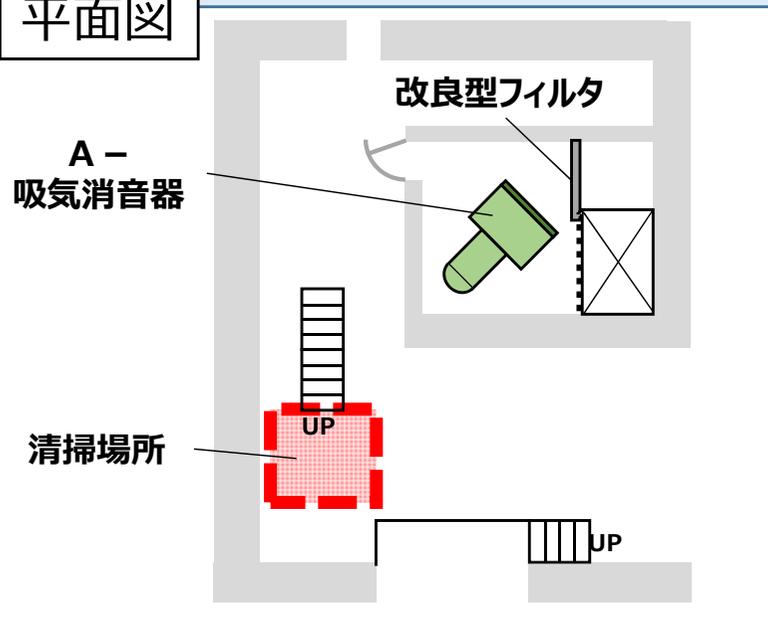
断面図



概要図



平面図

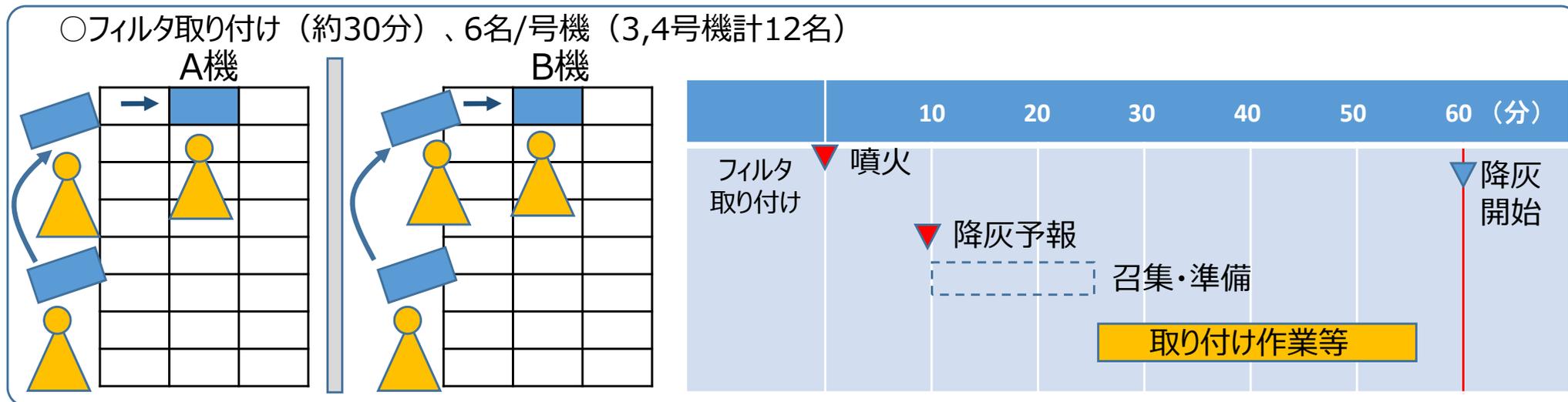


- 通常時は、保守や点検など管理面で優れる既存フィルタを使用
- 発電所への降灰時は、運転継続しつつフィルタ取替する観点から、既存フィルタを取り外し、専用設計した改良型フィルタを装着
- 改良型フィルタは、周辺機器の配置を考慮し、フィルタの取替を効率的に実施できるよう、配置、形状に配慮
- 改良型フィルタの清掃は、取り除いた灰を吸い込まないように、吸気消音器室の外に出たエリアで実施
- 清掃で出た灰については、袋に収納し、清掃作業の妨げにならない場所に保管

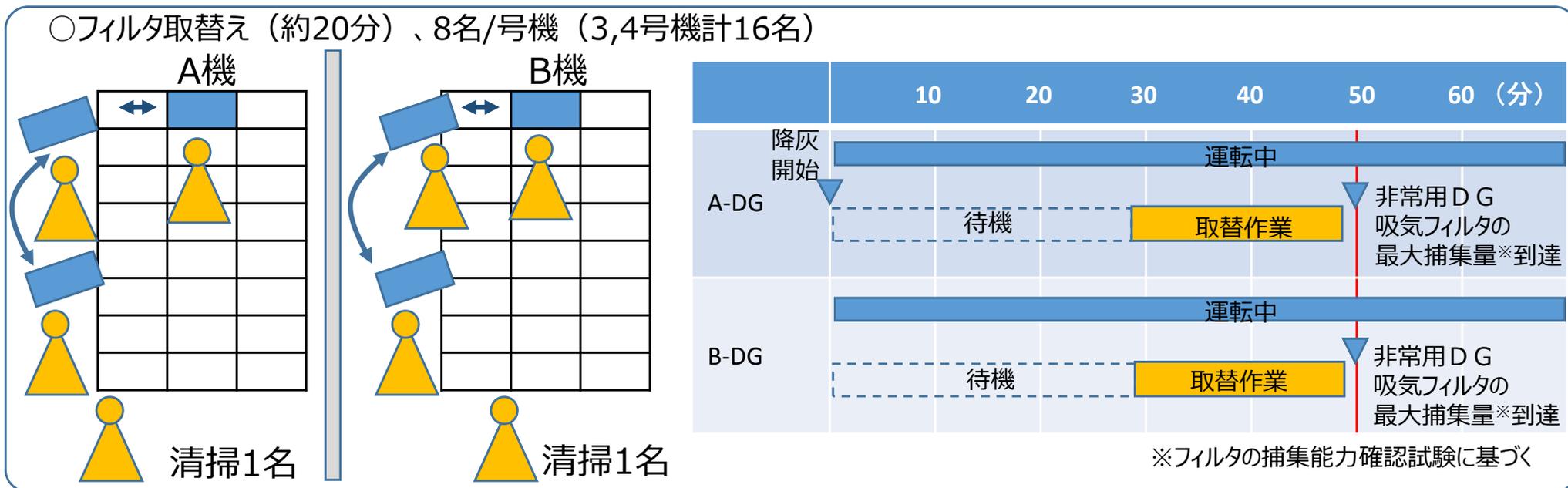
# 大飯3, 4号機 改良型フィルタ取り付け・取替えの体制

○改良型フィルタの取り付け、取替えの体制イメージは以下のとおり。

想定：火山噴火からサイト内への降灰開始までのフィルタ取り付けの体制



想定：降灰開始後のフィルタ取替えの体制



- 降灰時、非常用ディーゼル発電機等の停止による全交流電源喪失（SBO）を想定
- 蒸気発生器による炉心冷却機能の維持のため、非常用ディーゼル発電機の代替電源設備として、仮設中圧ポンプの駆動用に、配備済みの電源車をタービン建屋内に移動
- タービン建屋内に電源車を配置することにより、火山灰の影響を受けないことを確認

## 【設備】

- ・仮設中圧ポンプ（1台/ユニット）  
→ 多様性拡張設備※1を使用  
外周建屋内に設置済み  
吐出圧3MPa、電気容量75kW
- ・電源車（1台/ユニット）  
→ 可搬型SA設備を使用  
背面道路等に配備済み  
電気容量488kW（5台保有※2）
- ・高圧ケーブル（約100m/ユニット）  
→ 4号機タービン建屋内に配備済み

※1：事業者が自主的安全性向上の観点で設置した設備。新規規制基準への適合性審査でも、重大事故等対策としての有効性を原子力規制委員会が確認。

※2：直流専用の電源車を除く

## 【手順】

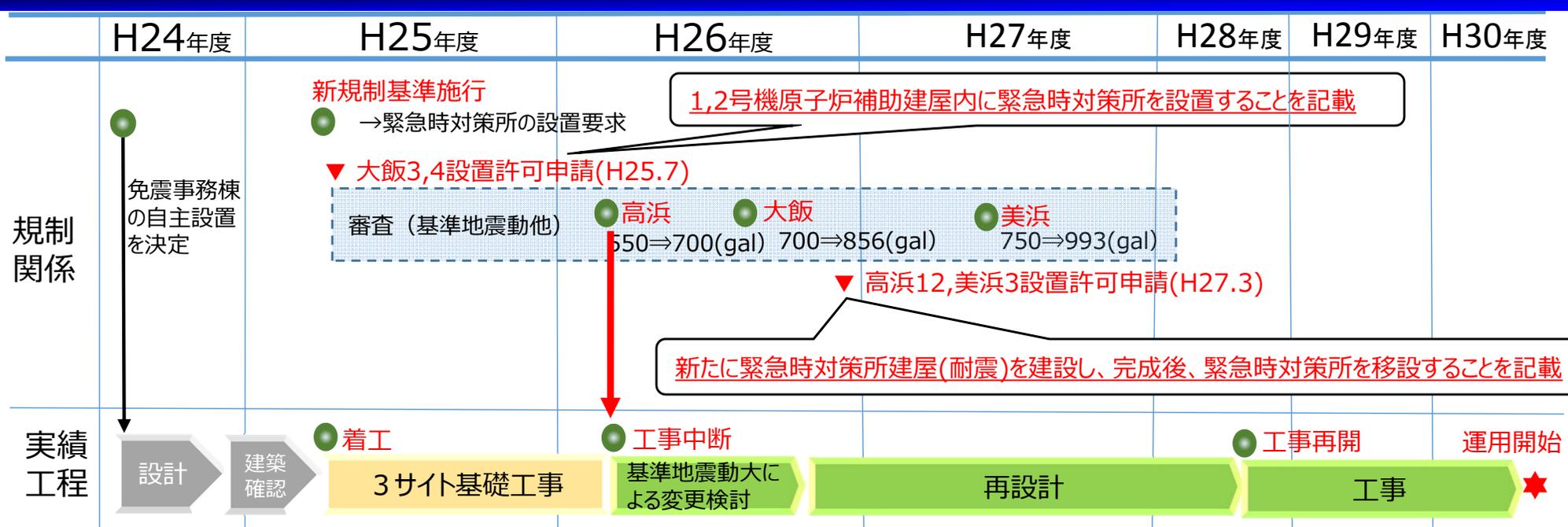
- ①：電源車移動  
背面道路からタービン建屋内へ
- ②-1：高圧ケーブル敷設  
電源車-メタクラ間
- ②-2：給電準備  
メタクラ遮断器投入、  
パワーセンタへの給電準備
- ③：給水準備  
仮設中圧ポンプの供給ライン接続、  
ポンプ起動



＜対応時期＞ ①：降灰予報（多量）後、直ちに開始  
②、③：SBO発生後に開始

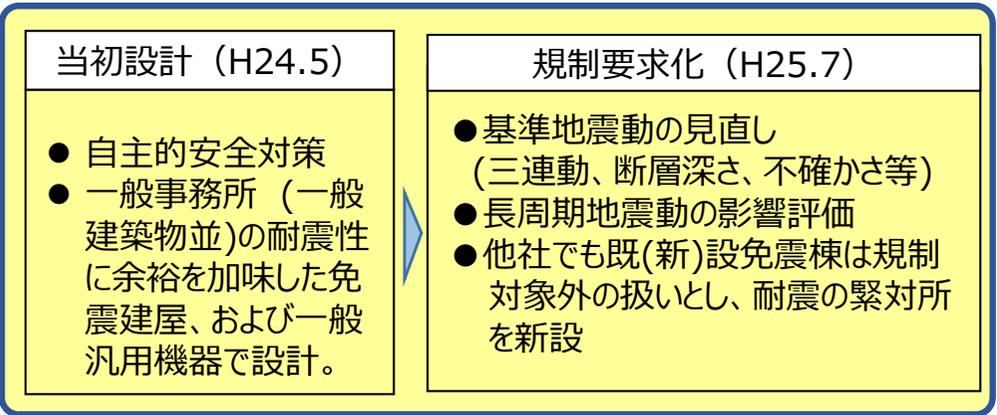
# 中長期対策等

# 緊急時対策所・免震事務棟設置計画の経緯



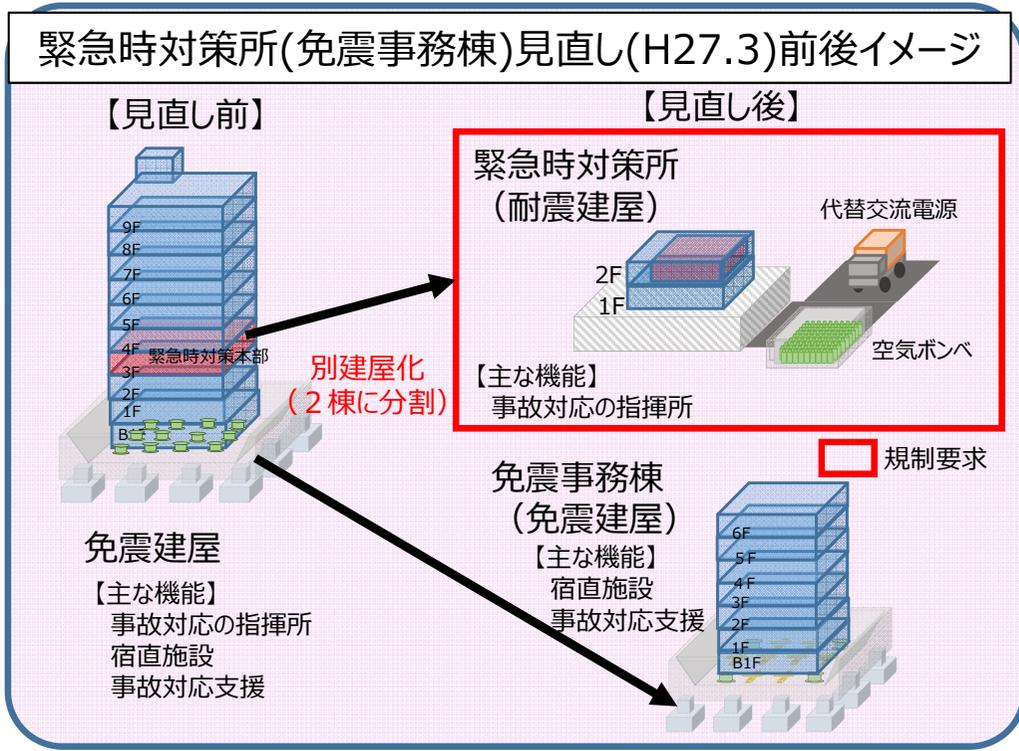
1,2号機原子炉補助建屋内に緊急時対策所を設置することを記載

新たに緊急時対策所建屋(耐震)を建設し、完成後、緊急時対策所を移設することを記載



**設計変更**

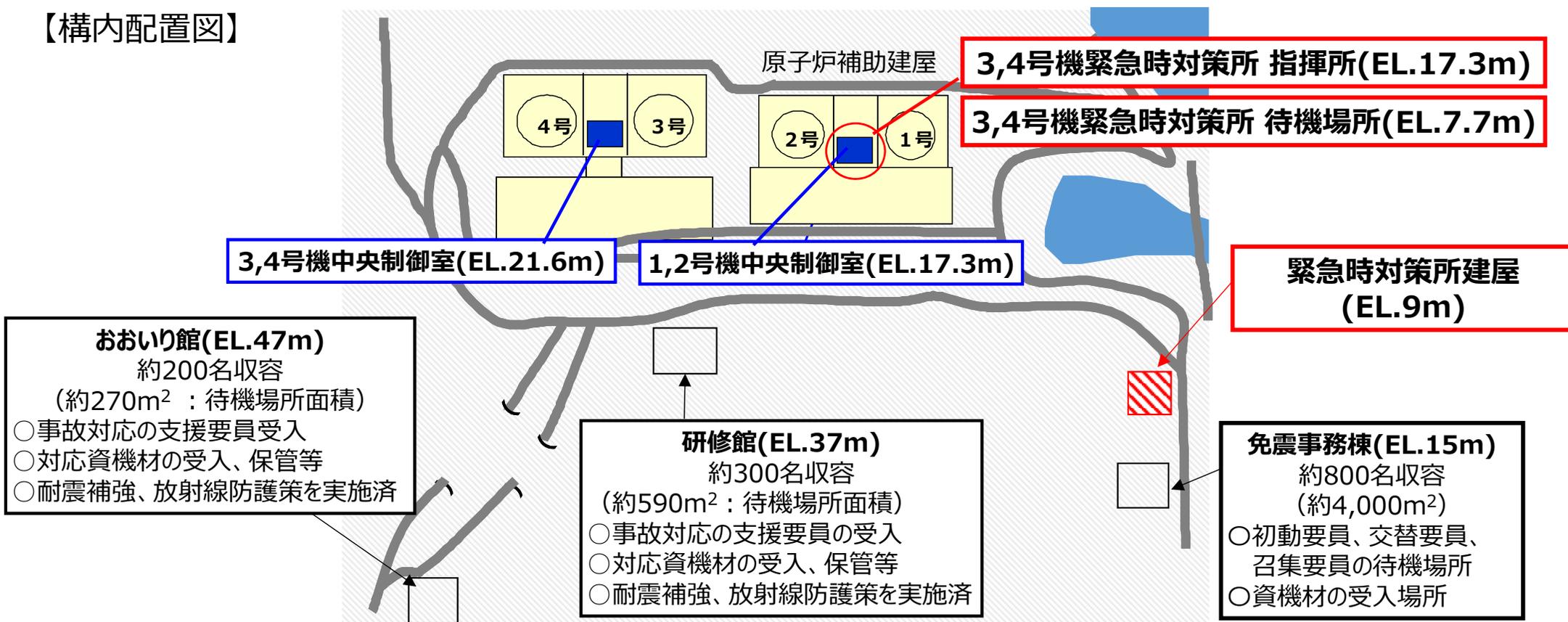
- 審査長期化リスクを排除し、早期に審査での合意形成を得るため、**緊急時対策所は審査実績のある耐震構造。**
- **自主的取り組みとして**事故時の支援のため、緊急時対策所の機能を除いた**免震事務棟を併設。**



# 大飯3, 4号機 緊急時対策所の設置場所

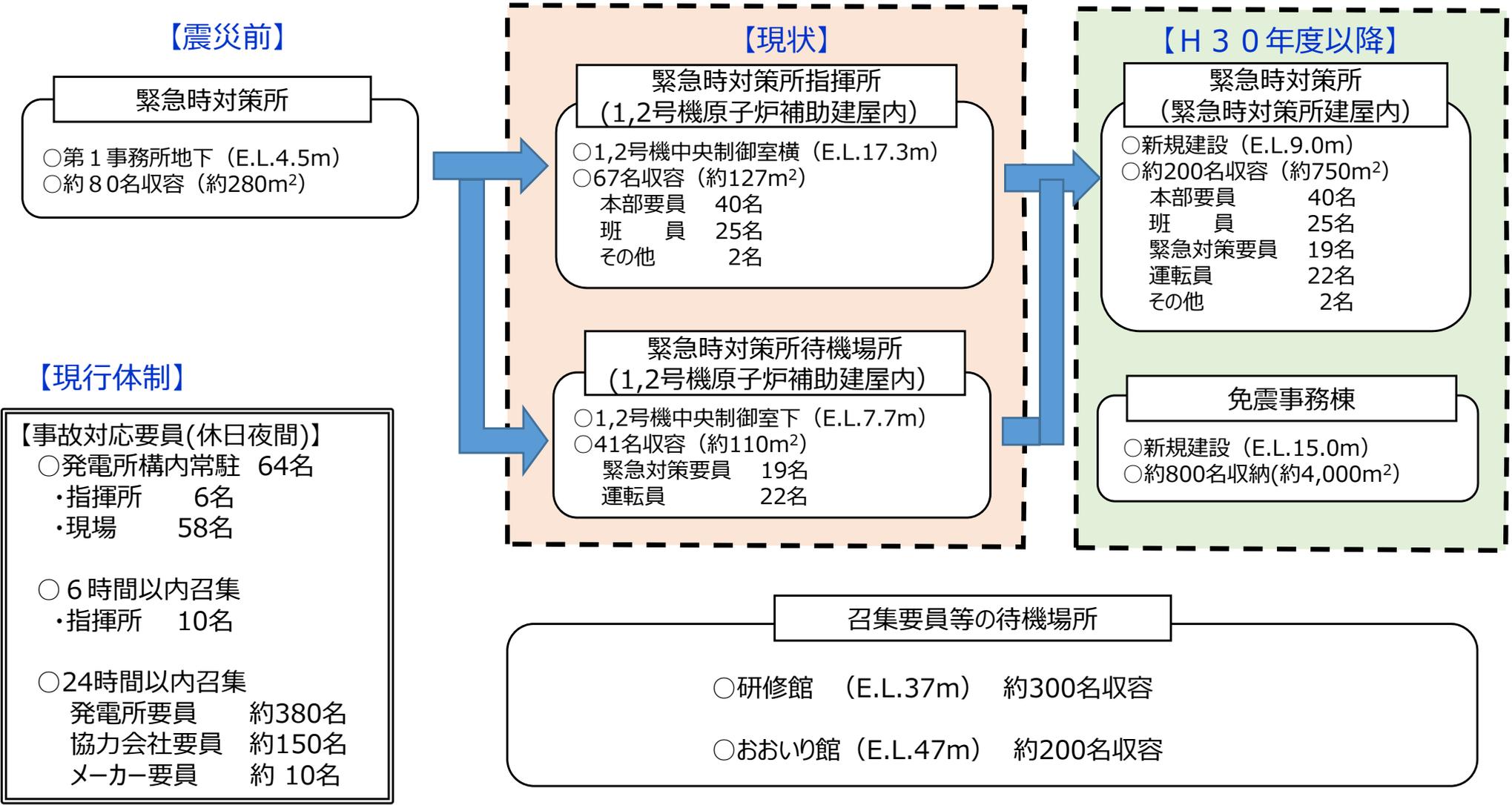
- 現状の3,4号機緊急時対策所は、3号機の炉心から約240m、4号機の炉心から約370m離れた1,2号機原子炉補助建屋内に設置。
- 基準地震動による地震動に対し機能を喪失することなく、津波の影響を受けることのない位置に設置。
- 3,4号機中央制御室とは十分離れていること、換気設備及び電源設備が3,4号機中央制御室とは独立していることから、3,4号機中央制御室との共通要因（火災、内部溢水等）によって、同時に機能喪失することはない。
- 更に、3,4号機から約700m離れた場所に、緊急時対策所建屋(耐震)を新たに建設し、平成30年度内を目途に緊急時対策所の機能を移設予定。

【構内配置図】



# 大飯3, 4号機 緊急時対策所等の運用

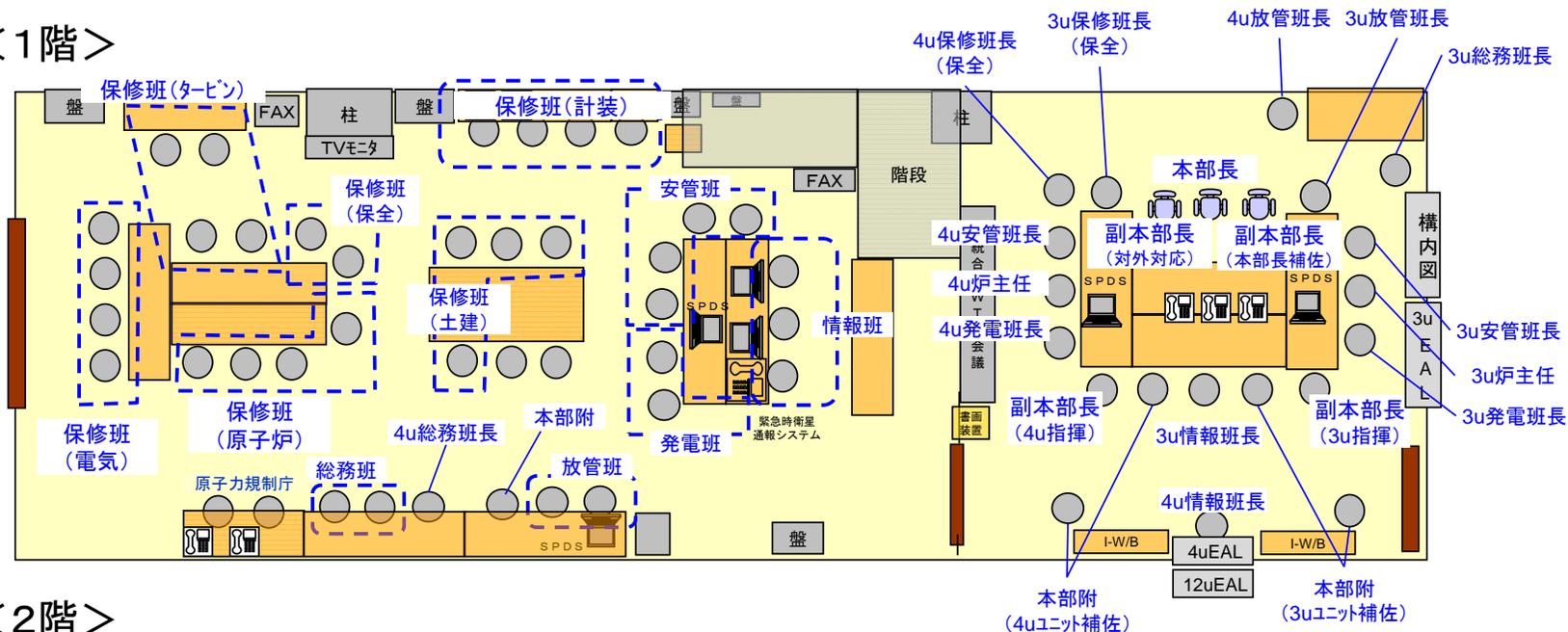
重大事故等が発生した場合に対処するため、要員が緊急時対策所にとどまられること、適切な指示ができるよう必要な情報が把握できる設備を設けること、発電所内外の関係箇所と通信連絡できること、必要な要員を収容できること等の機能を要求。



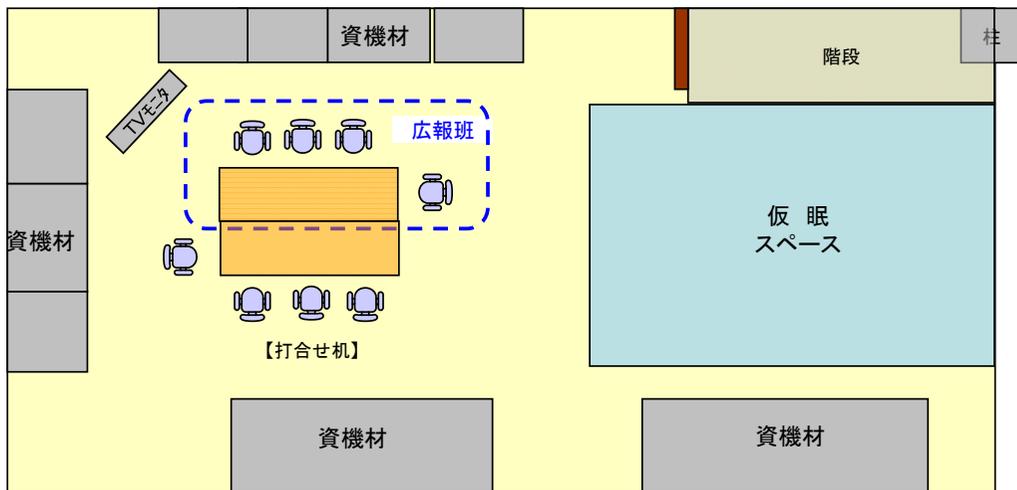
# 大飯3, 4号機 緊急時対策所指揮所のレイアウト

- 居住性を確保するために必要な遮へい、換気空調設備を確保。
- 必要な要員を7日間とどまることができるよう資機材、食料、飲料水を確保。
- 必要な指揮命令、通報連絡に支障がない配置を考慮。

## <1階>



## <2階>



- ・耐震構造 (1,2号機原子炉補助建屋)
- ・有効面積約127m<sup>3</sup>
- ・収容想定人数67名
- ・7日間で100msv以下とするための遮へい壁
- ・2階に仮眠スペースを確保

# 大飯3, 4号機 緊急時対策所の電源設備

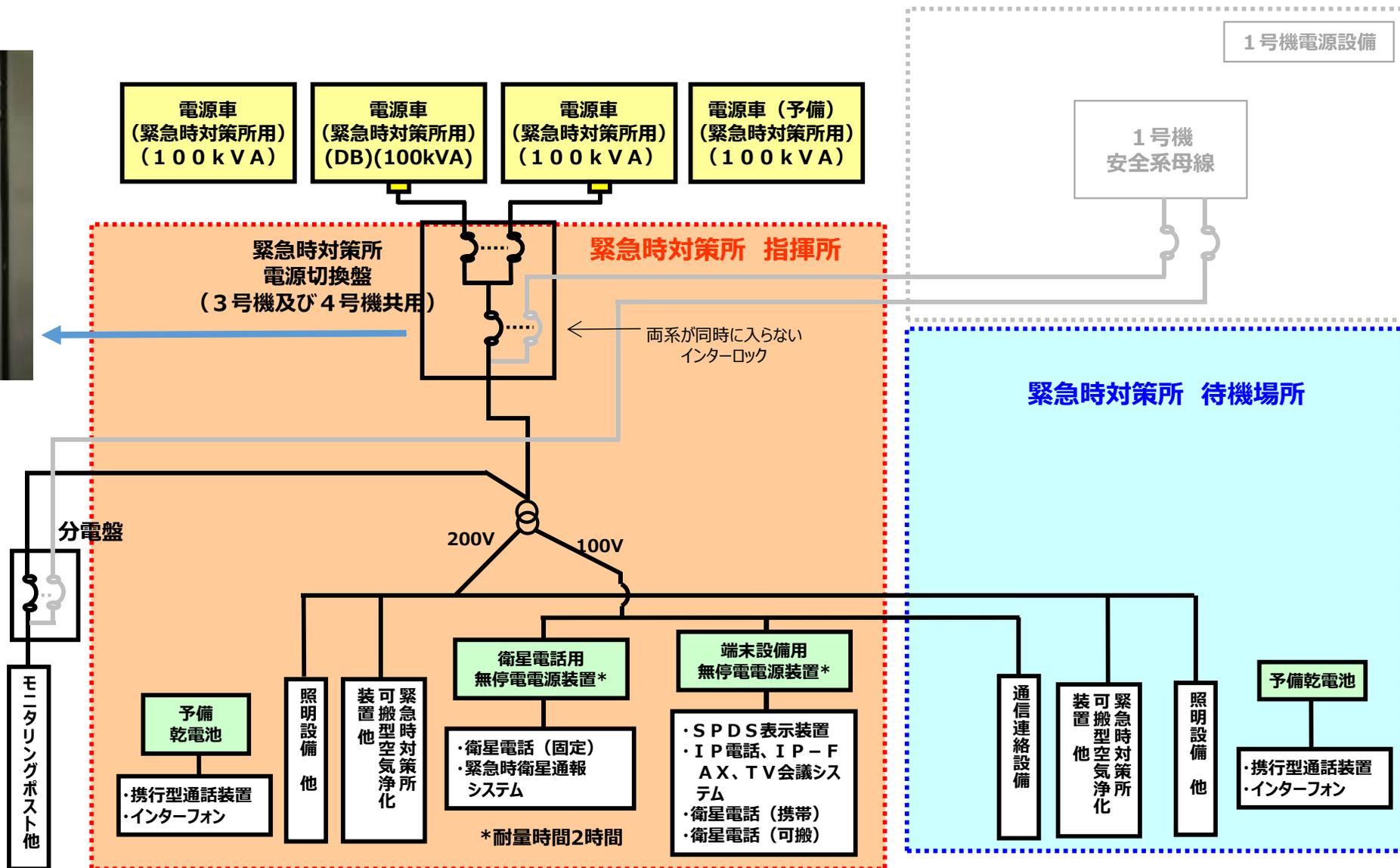
電源が喪失した場合、専用の電源車1台から受電が可能  
(電源車は予備含めて合計4台を配備 (平成27年3月) )



(電源切替盤)

### 【電源車からの受電手順】

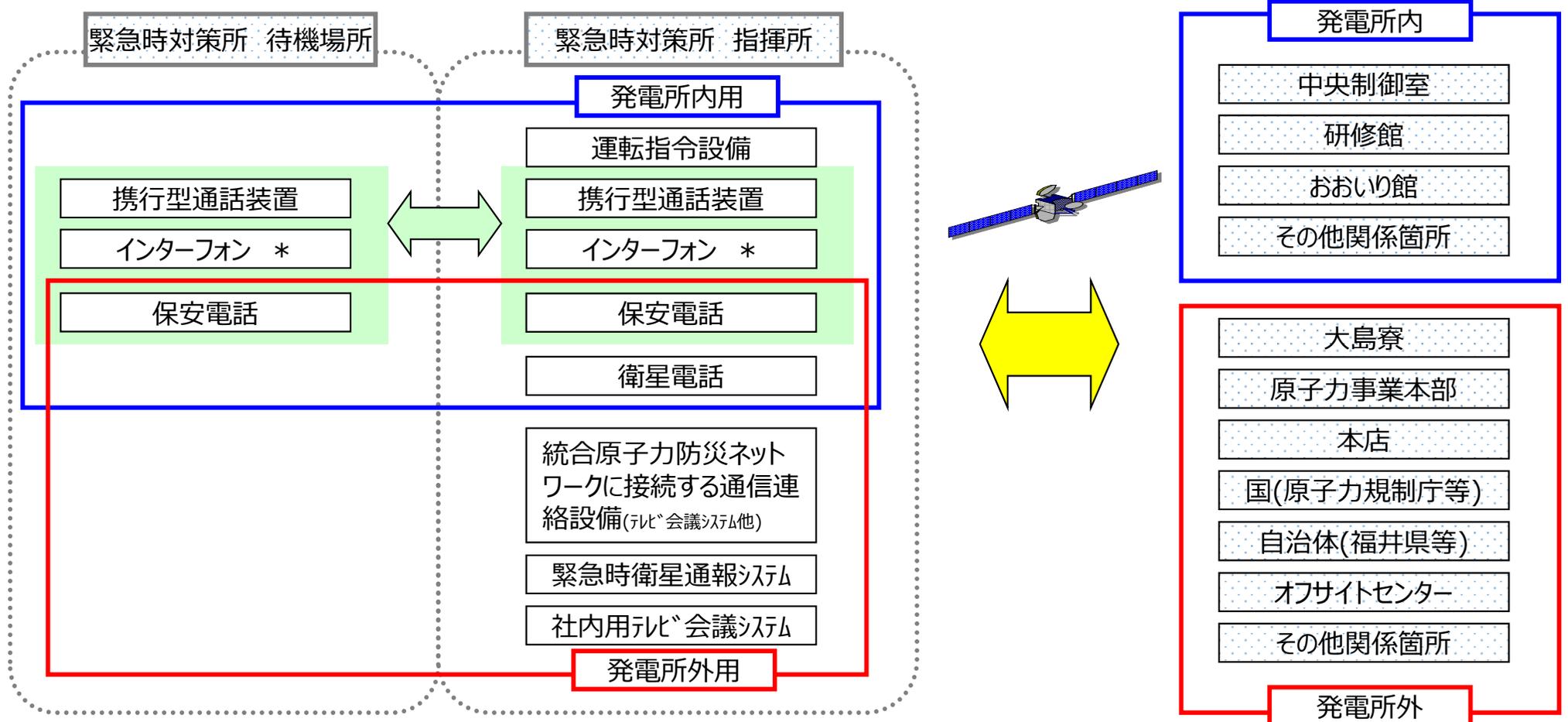
- ケーブル接続(現地)
- ↓
- 電源車起動(現地)
- ↓
- 電源切替操作(緊急時対策所)
- ↓
- 受電確認(緊急時対策所)



# 大飯3, 4号機 緊急時対策所の通信連絡設備

## 発電所内および発電所外への通信連絡手段(設備)の強化

\* : 前回再稼動(H24.7)後に追加



携帯型通話装置



衛星電話



固定型

携帯型

緊急時衛星通報システム



統合原子力防災ネットワークに接続する通信連絡設備



TV会議システム

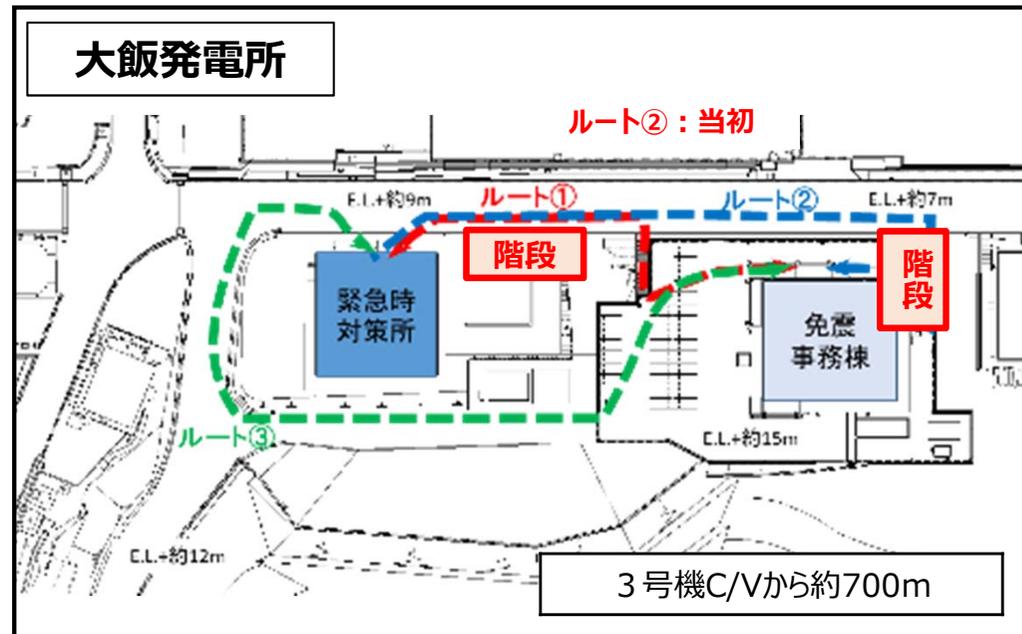
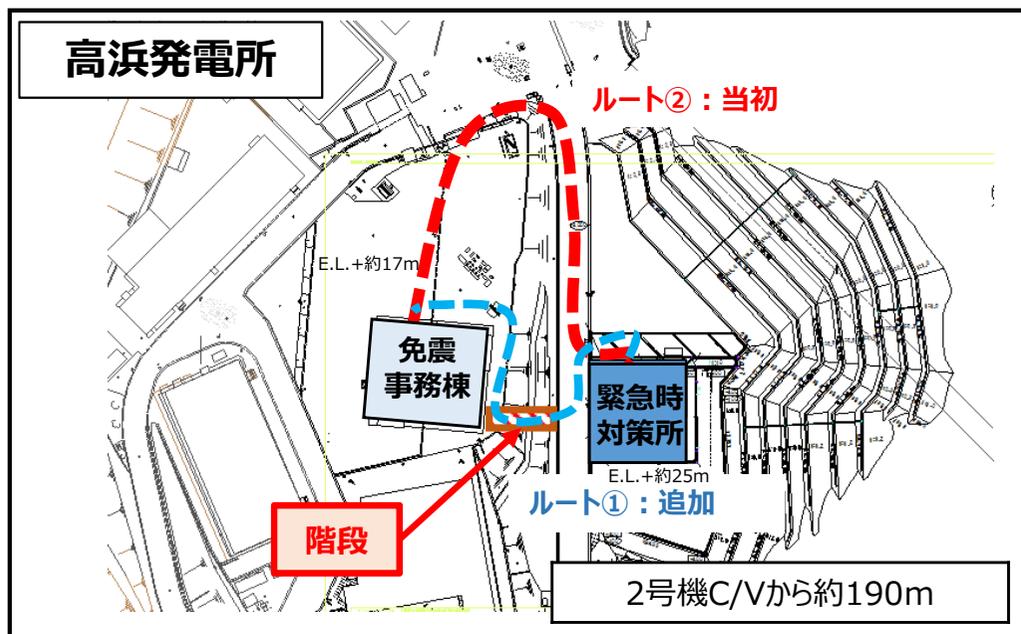
IP-FAX

# 大飯発電所 緊急時対策所・免震事務棟のアクセス性に関する検討

【これまでの専門委員会(高浜発電所議題)における委員からのご意見】

両建屋間が近いことから地下道を作れば良いと思うが、他の機器の配置等によりできない場合でも、安全に両建屋間を行き来できる方法など、アクセス性についての検討が必要。

【対応】 両建屋間の移動ルート上に階段を設置することで移動時間を短くし、アクセス性を向上。



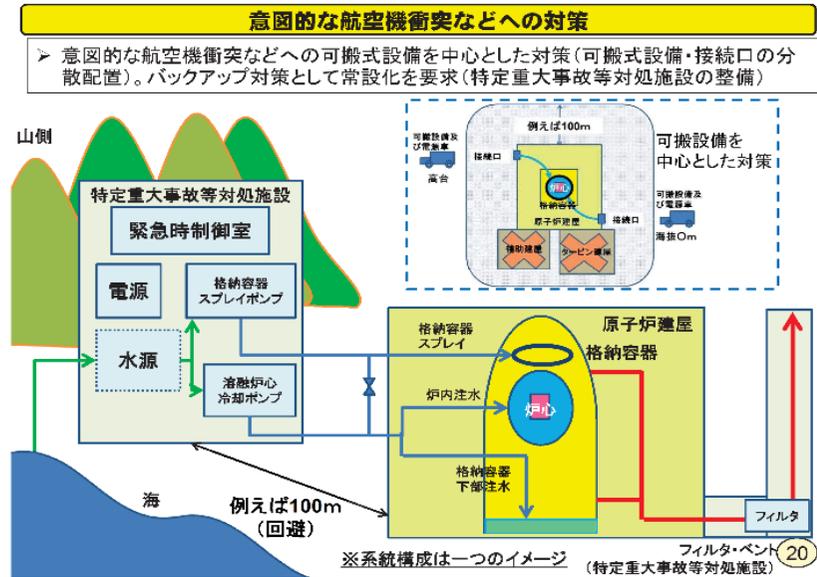
緊対所～免震棟の移動時間（小走り）	高浜発電所	大飯発電所
現ルート	約2分（約180m）・・ルート②	約2分（約190m）・・ルート③
階段設置ルート	約1分（約90m）・・ルート①	約1分（約100m）・・ルート①②

- プルーム放出中など、建屋外の環境が厳しい場合は、要員の安全を優先するため、屋外の移動は禁止。
- 緊急時対策所及び免震事務棟は、格納容器（C/V）から100m以上離れており、格納容器の近くで行うシビアアクシデント対応の屋外作業が可能な状況下では、緊急時対策所と免震事務棟間の移動時間は僅かであり受ける線量も低いことから、建屋間の往来は屋外で実施。
- 緊急時対策所及び免震事務棟の入口にはそれぞれチェンジングエリアを設け、屋外からの放射性物質持込みを防止。

# 特定重大事故等対処施設の概要

○原子炉建屋への故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムに対してその重大事故等に対処するために、原子炉格納容器の破損を防止するために必要な設備を有する施設。

○シビアアクシデント対策のうち、格納容器破損防止対策のバックアップであり、本体施設の工事計画認可から5年までに設置することを要求されており、設置までの猶予期間がある。



出典： 実用発電用原子炉に係る新規規制基準についての説明資料（原子力規制委員会）

○「大規模損壊対応」と「特定重大事故等対処施設」の関係性について

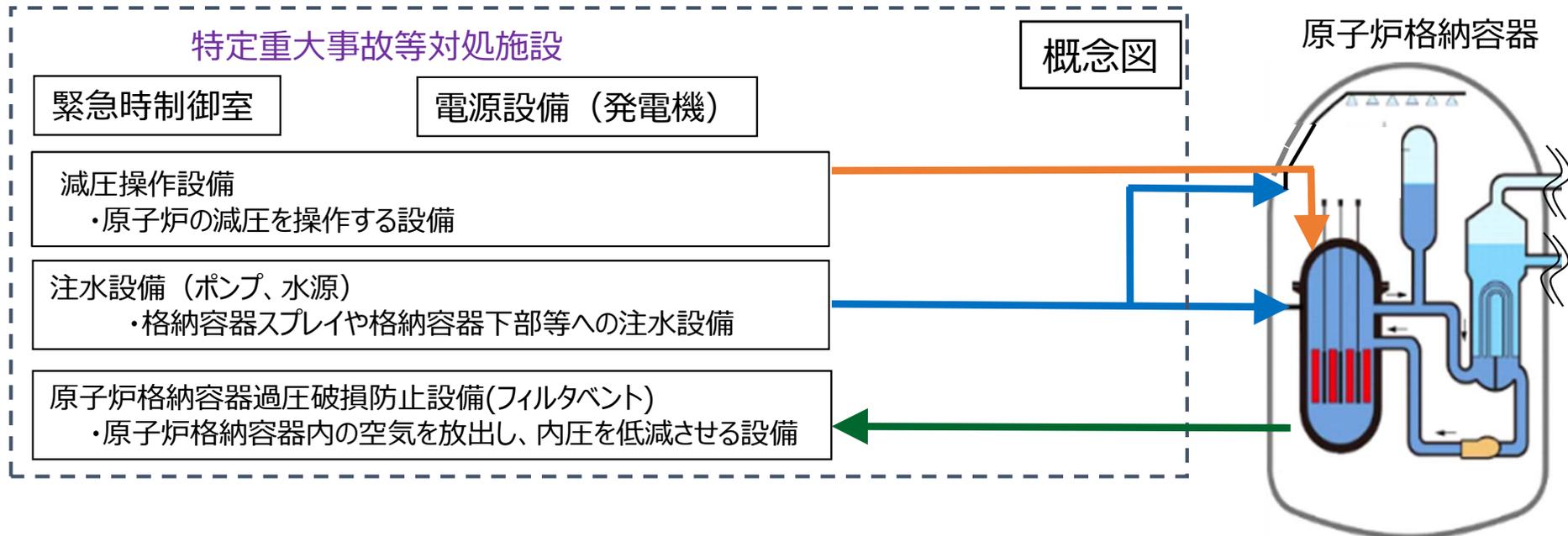
	大規模損壊対応	特定重大事故等対処施設
基本的事項	<ul style="list-style-type: none"> <li>敷地外への放射性物質の放出抑制等</li> <li>可搬型設備等による対応</li> <li>100m離隔、分散配置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>格納容器内の冷却・減圧・放射性物質低減</li> <li>恒設設備による対応</li> <li>必要な離隔又は頑健な建屋に収納</li> </ul>
要求機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模火災の消火活動</li> <li>炉心損傷の緩和対策</li> <li><b>格納容器破損緩和対策</b></li> <li>使用済燃料貯蔵槽の水位確保</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉冷却材圧力バウンダリの減圧操作</li> <li>炉内容融炉心の冷却</li> <li>格納容器内の冷却・減圧・放射性物質低減</li> <li>格納容器の過圧破損防止</li> <li>水素爆発による格納容器破損防止</li> <li>サポート系（電源、計装、通信）</li> </ul>
適用時期	新規規制基準施行時（H25.7）	信頼性向上のためのバックアップ設備 ⇒ 猶予期間あり（H34.8.24）

# 特定重大事故等対処施設の審査状況

原子炉建屋への故意による大型航空機の衝突やその他のテロリズム等により、原子炉を冷却する機能が喪失し、炉心が著しく損傷した場合に備えて、格納容器の破損を防止するための機能を有する施設を設置。

規則※により特定重大事故等対処施設は、本体施設の工事計画認可から5年までに設置することを要求。

(※：実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則)



	本体施設の 工事計画認可	設置期限	手続き・審査状況
美浜3号機	H28.10.26	H33.10.25	・原子炉設置変更許可申請準備中。
高浜1,2号機	H28.6.10	H33.6.9	・H28.12.22に原子炉設置変更許可申請を行い、審査中。
高浜3,4号機	3号機：H27. 8.4 4号機：H27.10.9	3号機：H32. 8.3 4号機：H32.10.8	・H28.9.21に原子炉設置変更許可。 ・H29.4.26に工事計画認可申請を行い、審査中。 ・敷地造成中。
大飯3,4号機	H29.8.25	H34.8.24	・原子炉設置変更許可申請準備中。

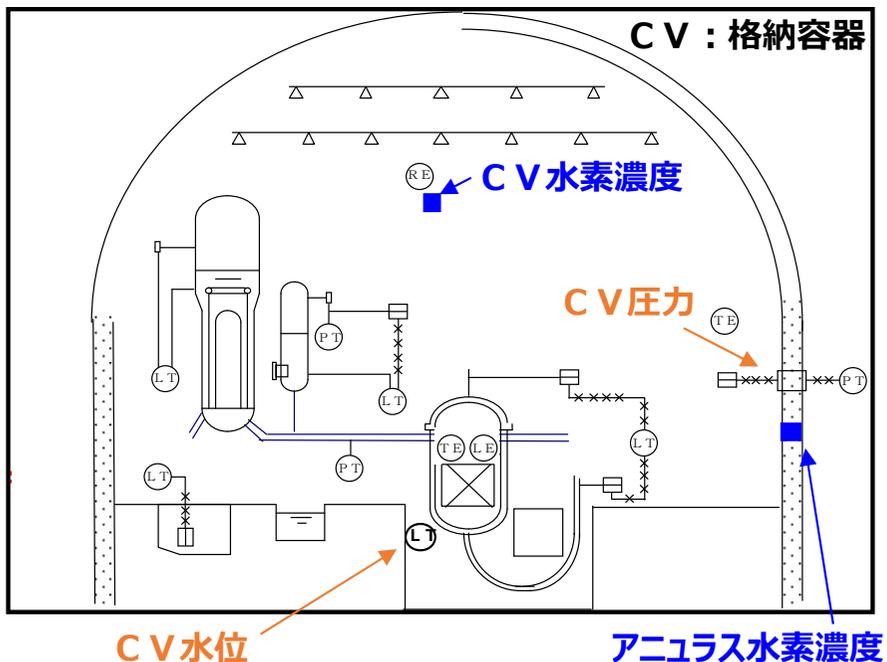
# 過酷事故用計装システムの更なる信頼性向上に向けた研究開発状況

重要なパラメータ（格納容器（C/V）水素濃度、圧力、水位）について、過酷事故条件下における更なる信頼性向上を目的として、計装システムの開発、実用化に向けた検証を実施している。

## ■ 研究状況

- 過酷事故用計装システムに関する研究では、東電福島第一原子力発電所事故の教訓から抽出されたパラメータであるC/V水素濃度、C/V圧力、C/V水位を計測する耐環境性を向上させた検出器の開発が平成26年度で完了。
- 開発が完了した検出器について、特定重大事故等対処施設の設計条件を考慮し、実機への適用を視野に実証試験等を進めている。

## ■ 研究概要



## ■ スケジュール

(年度)

項目	H26	H27	H28	H29	H30	H31
開発						
実証試験等						
					実機向製作開始 ▼	

# 大飯3、4号機 過酷事故用計装システムの強化（追加設置）

大飯3,4号機の過酷事故時に必要となるプラントパラメータ（重大事故等対処設備）の強化（追設）状況は以下のとおり。

SAパラメータ	福島事故後に追加等	可搬型	更なる信頼性向上対策	補 足
原子炉水位	○（新設）			新規設置
恒設代替低圧注水ポンプ出口流量積算	○（新設）			新規設置
格納容器スプレイ流量積算	○（新設）			新規設置
格納容器広域圧力／広域圧力（AM用）	○（追設）		○	耐環境性向上のため検出方式を変更（ベローズ式→歪みゲージ）
原子炉格納容器水位／原子炉下部キャビティ	○（新設）		○	測定範囲拡大のため検出方式を変更（電極式→熱電対式）
格納容器内水素濃度	○（耐震）	○	○	耐環境性向上のため検出方式を変更（熱伝導式→固体電解質式または接触燃焼式）
原子炉補機冷却水サージタンク加圧ライン圧力		○		
格納容器再循環ユニット入口／出口温度（SA）		○		
使用済燃料ピット水位（AM用）	○（新設）			新規設置
使用済燃料ピット温度（AM用）	○（新設）			新規設置

# 放射性物質拡散抑制対策

## 設置許可基準

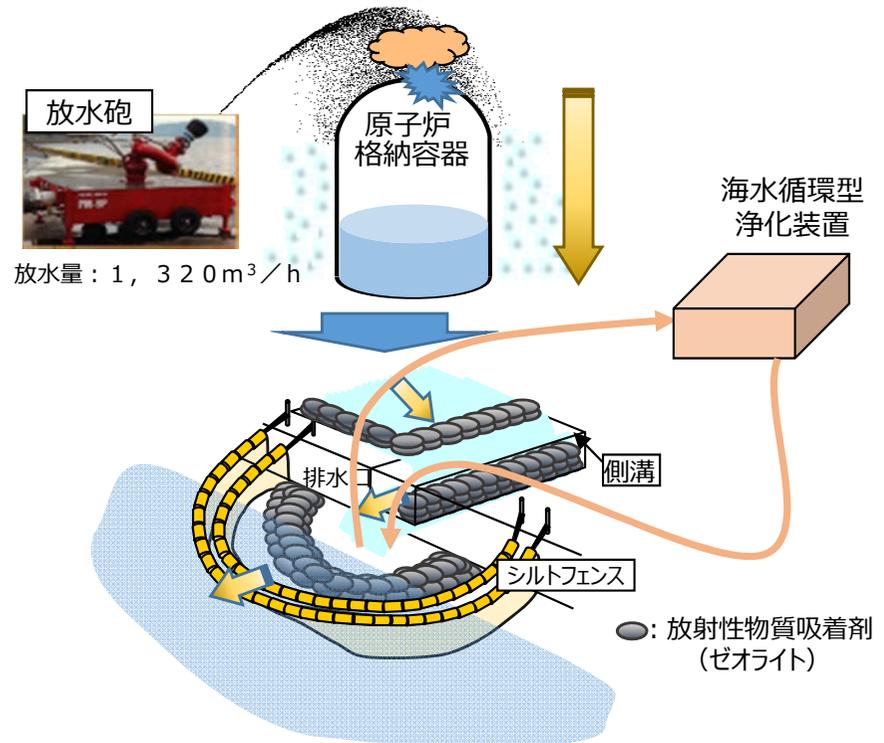
実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則

第55条（工場等外への放射性物質の拡散を抑制するための設備）

発電用原子炉施設には、炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損又は貯蔵槽内燃料体等の著しい損傷に至った場合において工場等外への放射性物質の拡散を抑制するために必要な設備を設けなければならない。

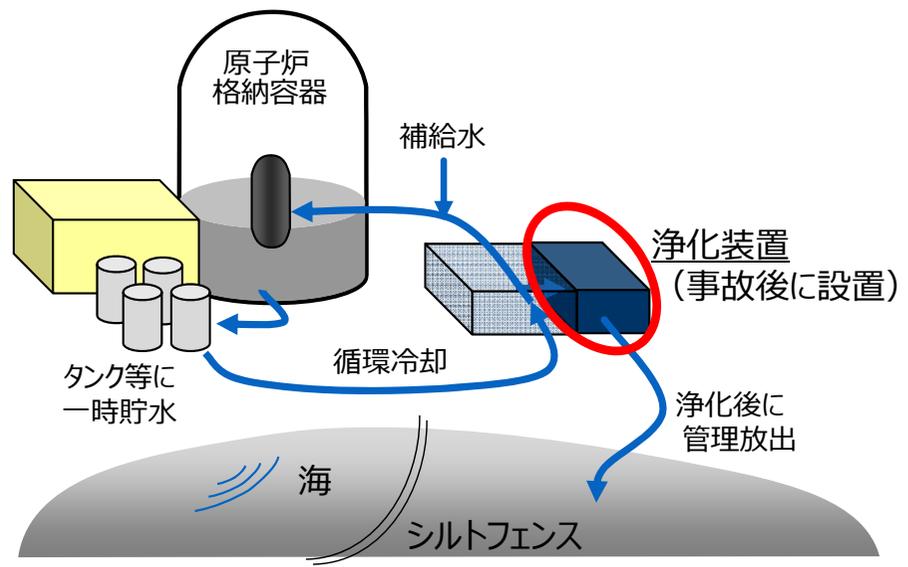
## 拡散抑制対策

- 大気への拡散抑制として、放水砲を配備。
- 海洋への拡散抑制として、シルトフェンス及びゼオライト（大飯：14t）を発電所に配備。
- 対応手順について整備。



## 汚染水浄化対策（自主的対策）

- 浄化装置用の調達に時間がかかるゼオライトについて、初動段階で必要な量（約10t）を発電所構外（美浜整備センター）へ事前配備。
- 発災発電所へ運搬する体制も整備済み。



# 新規制基準対応完了後の技術（設備設計根拠等）継承

福島第一原子力  
発電所事故発生以降

H24.9.21

## 福島第一原子力発電所事故に対応するための組織の設置

福島第一原子力発電所事故を踏まえ、原子力発電の自主的・継続的な安全性向上の取組みを推進する中で、原子力事業本部各グループ、本店土木建築室を横断的に活用する組織を立ち上げ、シビアアクシデント対策を遂行する推進力の更なる強化につなげることを目的に、「シビアアクシデント対策プロジェクトチーム（S A P T）」を平成24年9月21日に設置。

## シビアアクシデント対策プロジェクトチームの主な業務内容

- 新規制基準導入以前
  - ・海外の規制状況の関連情報等を収集
  - ・新規制基準（案）に対するシビアアクシデント（以下S A）対策についての基本戦略を策定。

H25.7.8

- 新規制基準導入後
  - ・S A対策に係る原子力事業本部、発電所の全体統括
  - ・新規制基準の適合性審査取りまとめ（原子力規制庁の具体的要求事項）

現在

## シビアアクシデント対策プロジェクトチームの現状

これまでの経験、ノウハウを蓄積を活かし、特定重大事故対処施設にかかる許認可対応を推進中。

S A対応を始めとする新規制基準対応業務については、今後の技術継承の観点から、海外情報等の新知見を収集する仕組みの構築や、組織対応（発電所への専門課の設置、原子力事業本部における設計所管箇所明確化）により、通常組織における業務へと移行中。

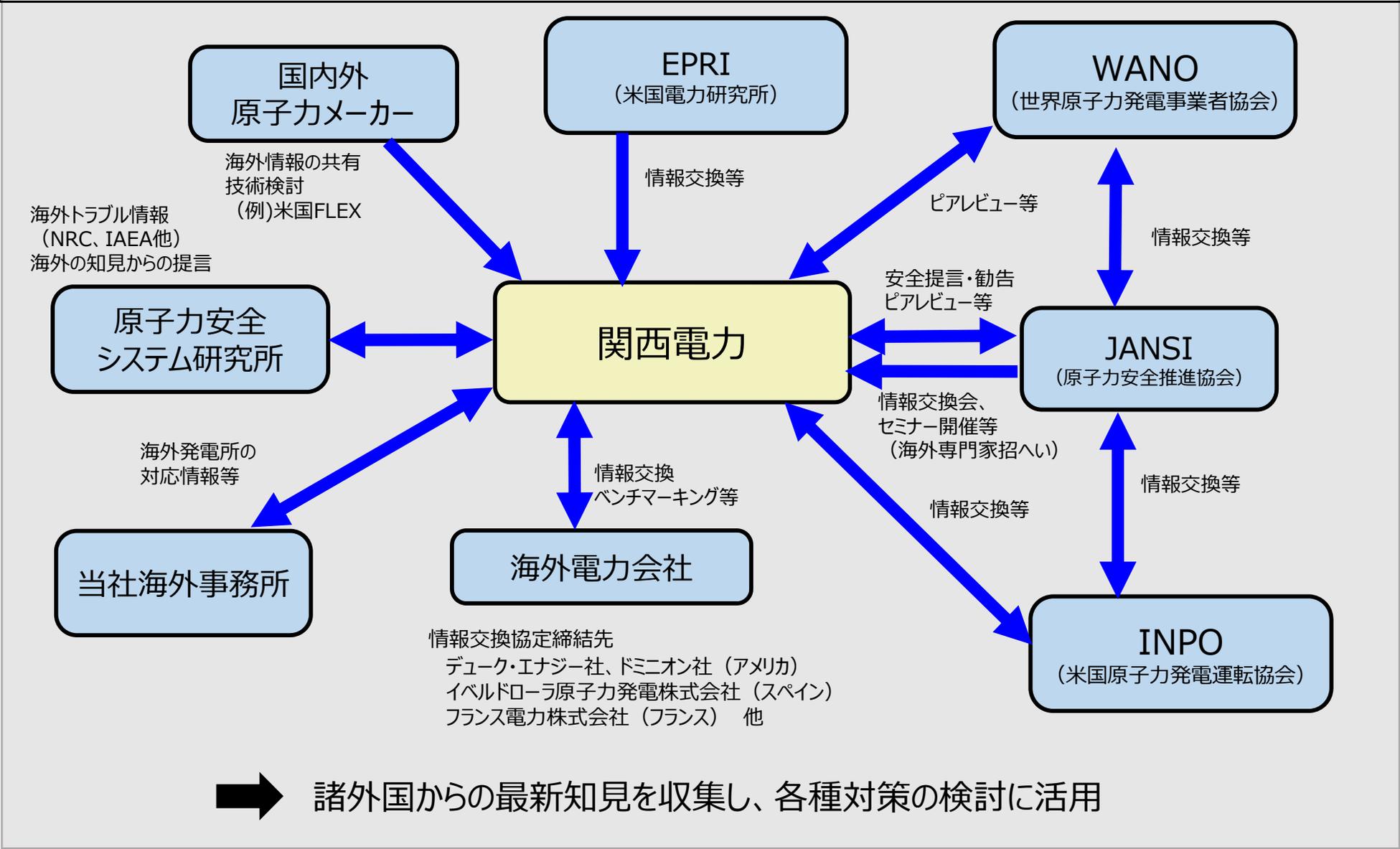
今後

## 業務移管および技術継承

- ・審査会合等の審査の場において具体化されたS Aに関する要求事項について、資料、議事録等を閲覧可能な状態に維持管理していく。
- ・S Aに関する技術情報、ノウハウに関し、設計所管箇所において必要なものについてマニュアルを作成し、組織的に継承していく。

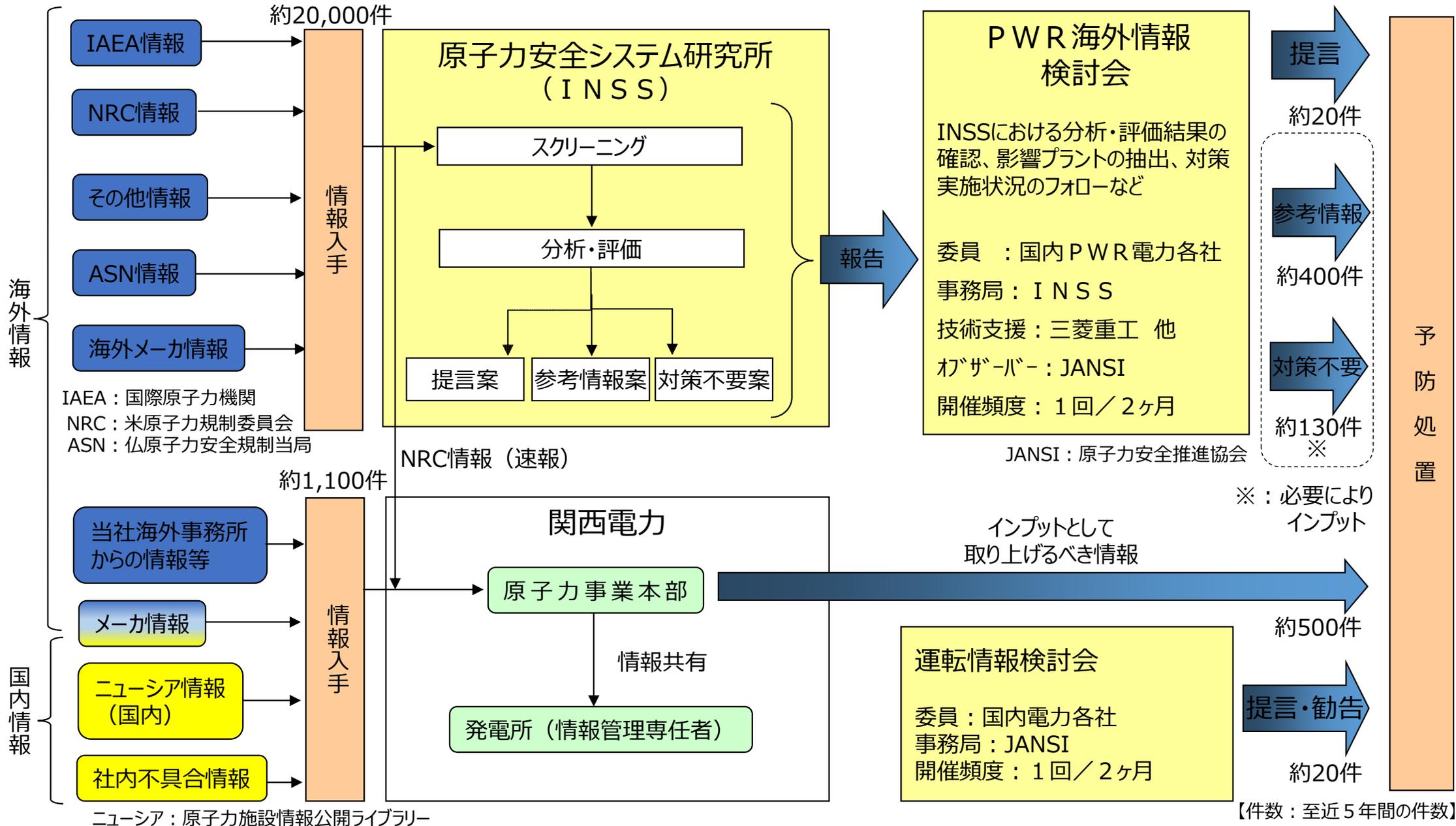
# 海外情報、知見等の収集

海外電力会社との情報交換協定締結、および海外の団体や研究への参画による直接の情報収集を行っている他、国内関係機関との情報交換、セミナー等を通じた情報収集、知見修得により、海外の先進事例や最新知見を収集し、適宜分析、反映して当社の取り組みに展開。



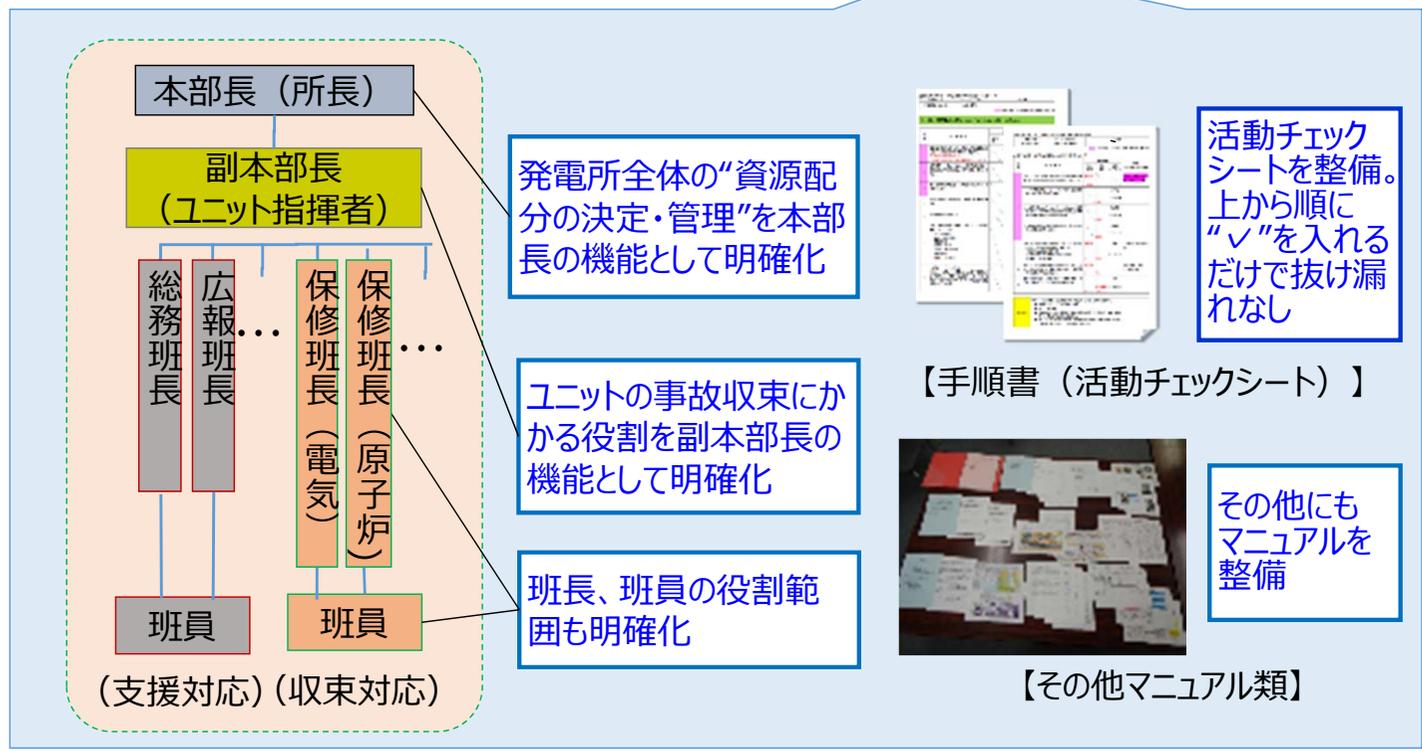
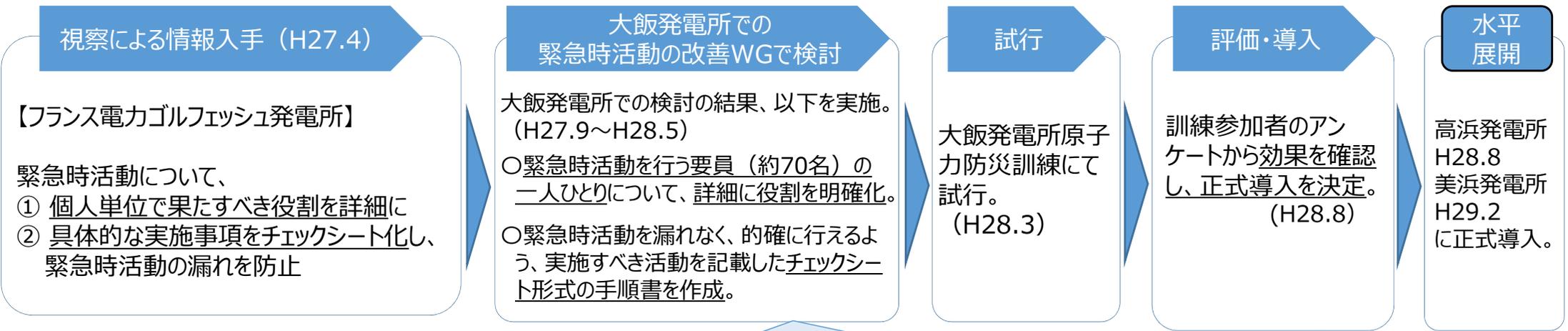
# 海外情報、知見等の収集から反映までの仕組み

国内外トラブル情報を積極的に入手し、起こり得る不適合の原因を除去することにより、同種同類の不適合の発生を防止（予防処置）。



# 海外との情報交換で得た知見の当社事業への反映事例

海外の原子力発電所視察で得た知見を反映し、発電所内での緊急時活動を改善。



**【参加者意見】**

- ・「体制発令後、チェックシートに従い速やかに指示できた。」
- ・「各班において、活動に抜けが無いが、チェックシートを用いて確認できた。」