

# 福島第一原子力発電所事故を踏まえた 安全性向上対策の実施状況について

平成28年11月14日

- 各発電所の状況について ..... 

1
---
  
- 美浜3号機の主な安全性向上対策工事について ..... 

2
---

 ~ 

15
----
  
- 中長期対策の実施状況について ..... 

16
----

 ~ 

19
----

  
(美浜・高浜・大飯発電所)

# 各発電所の状況について

現時点

美浜	3号機	審査	設置許可(H28.10.5) 運転延長認可 .....  審査期限 (H28.11.30)
		現場工事	・工事工程検討中 (使用済燃料ピットラック取替工事等) (～H32.3頃竣工)
高浜	1,2号機	審査	・設置許可(H28.4.20) ・運転延長認可(H28.6.20)
		現場工事	燃料取替用水タンク取替工事等 (～H32.5頃竣工) .....
	3,4号機 ※	審査	・設置許可(H27.2.12)
		現場工事	・4号機はH28.8.17～8/19、3号機はH28.9.5～9.7で燃料取出しを実施。 4号機はH28.10より点検実施中、3号機は点検準備中。
大飯 ※※	3,4号機	審査	設置許可 .....  (審査中)
		現場工事	海水ポンプ室周辺浸水防護対策工事等 .....

※：H28.3.9、大津地裁において、高浜3,4号機の運転禁止を求める仮処分命令申立てが認められ、3号機はH28.3.10に停止。  
 4号機は、H28.2.29、発電機自動停止に伴う原子炉自動停止。

※※：大飯1,2号機は、設置変更許可申請の準備中。

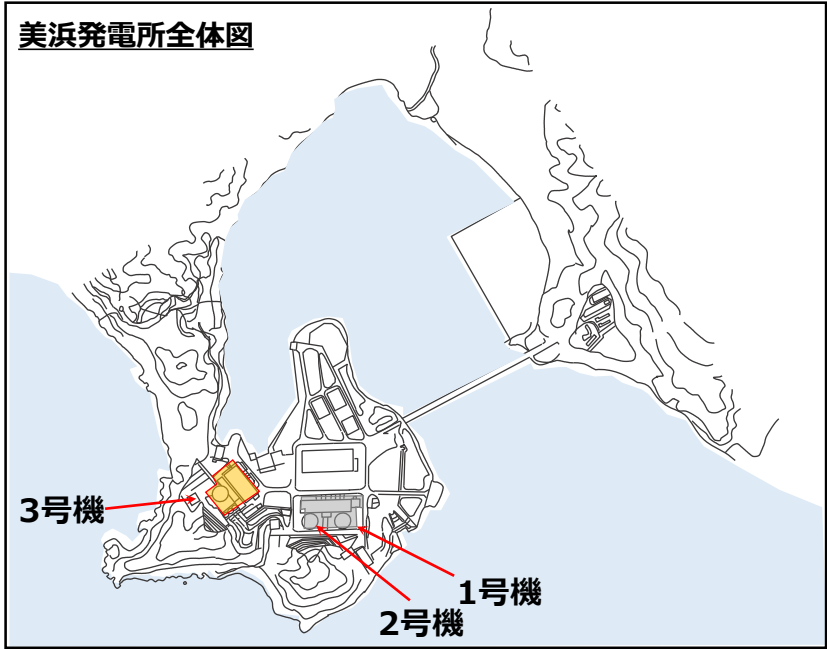
# 美浜3号機の 主な安全性向上対策工事について

# 美浜発電所の概要

○美浜1号機は、我が国における最初の加圧水型原子炉として、1970年11月に運転を開始。  
 ○美浜1,2号機は、2015年3月17日に廃炉を決定し、4月27日に運転を終了。

号機	原子炉	定格出力	運転開始	運転終了
1号機	加圧水型 軽水炉 (PWR)	34.0万kW	1970年11月	2015年4月
2号機		50.0万kW	1972年7月	2015年4月
3号機		82.6万kW	1976年12月	—————

➡ 4



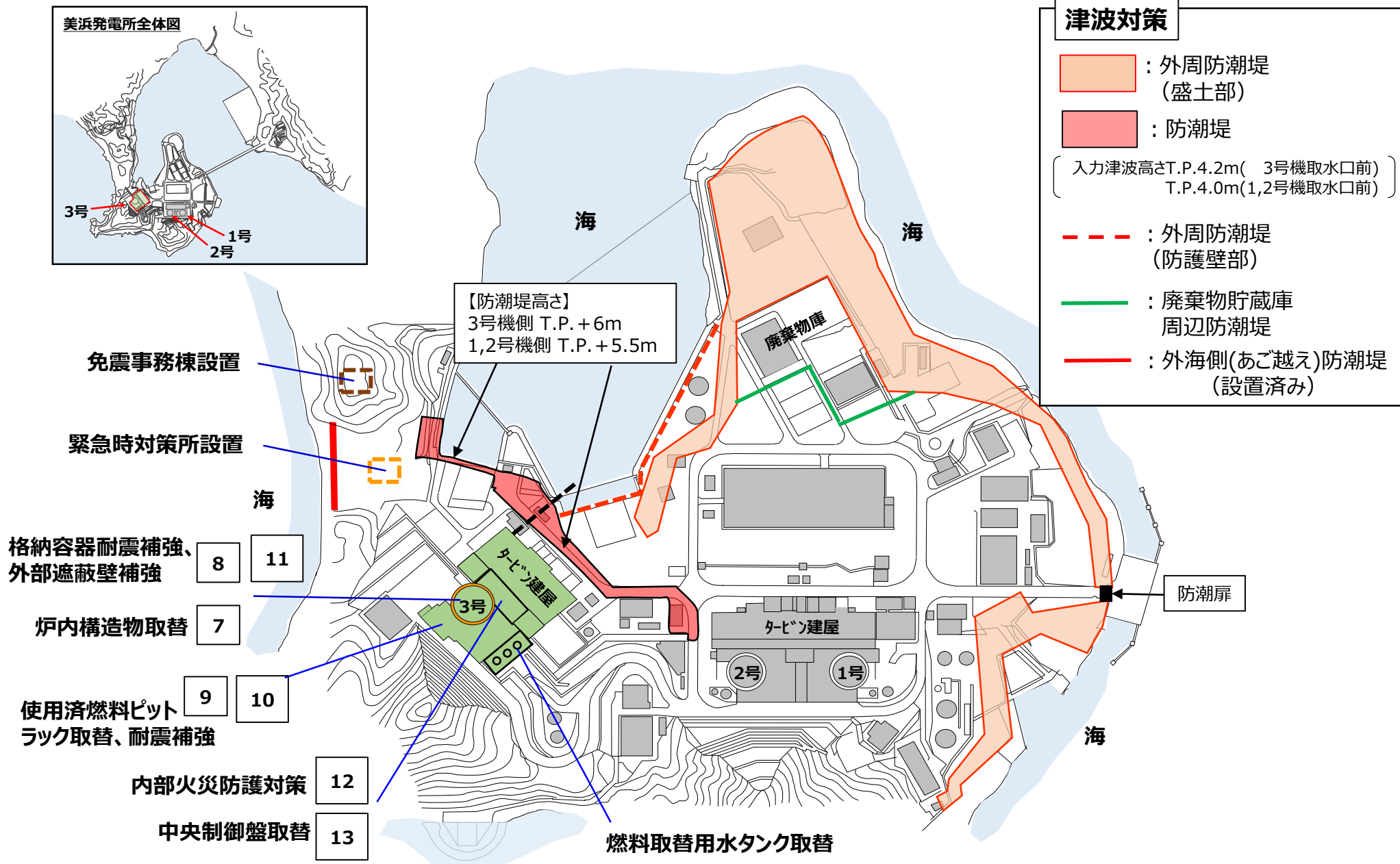


# 高浜1,2号機と美浜3号機の主な安全性向上対策工事の比較

目的	対象設備	工事概要		
		高浜1,2号機	美浜3号機	
耐震補強	炉内構造物	(予防保全の観点から取替を計画)	炉内構造物の取替 原子炉容器とのはめ合い部を大型化	⇒ 7
	制御棒 駆動装置	-	支持構造の設置 制御棒駆動装置のサポートを追加	
	原子炉 格納容器	-	補強材の設置 格納容器の外周に強め輪(補強材)を設置	⇒ 8
	使用済燃料 ピットラック	-	ラックの取替 床や壁に固定しないラック(フリースタANDING ラック)に取替	⇒ 9
	使用済燃料 ピット	-	支持構造の設置 ピット側面を岩盤に固定する杭等を設置	⇒ 10
	海水取水設備	海水管の移設 強固な岩盤内にトンネルを設置し、当該トン ネル内に海水管を移設	-	
被ばく低減	外部遮蔽壁	トップドームの設置 コンクリート製上部遮蔽(屋根)を設置	-	
耐震補強		壁の補強 鉄筋の本数を増加	-	⇒ 11
	燃料取替用水 タンク	タンクの取替 タンク厚みの増加、基礎ボルトの増径等		
火災防護	ケーブル	ケーブルの取替、または防火シートの施工 難燃ケーブルへの取替、又は防火シートの施工		⇒ 12
保守性向上 (部品確保)	中央制御盤	中央制御盤の取替 最新式(デジタル方式)の制御盤に取替		⇒ 13
津波対策	防潮堤	防潮堤の設置 地盤を改良し、壁もしくは盛土による堤防を設置		⇒ 6



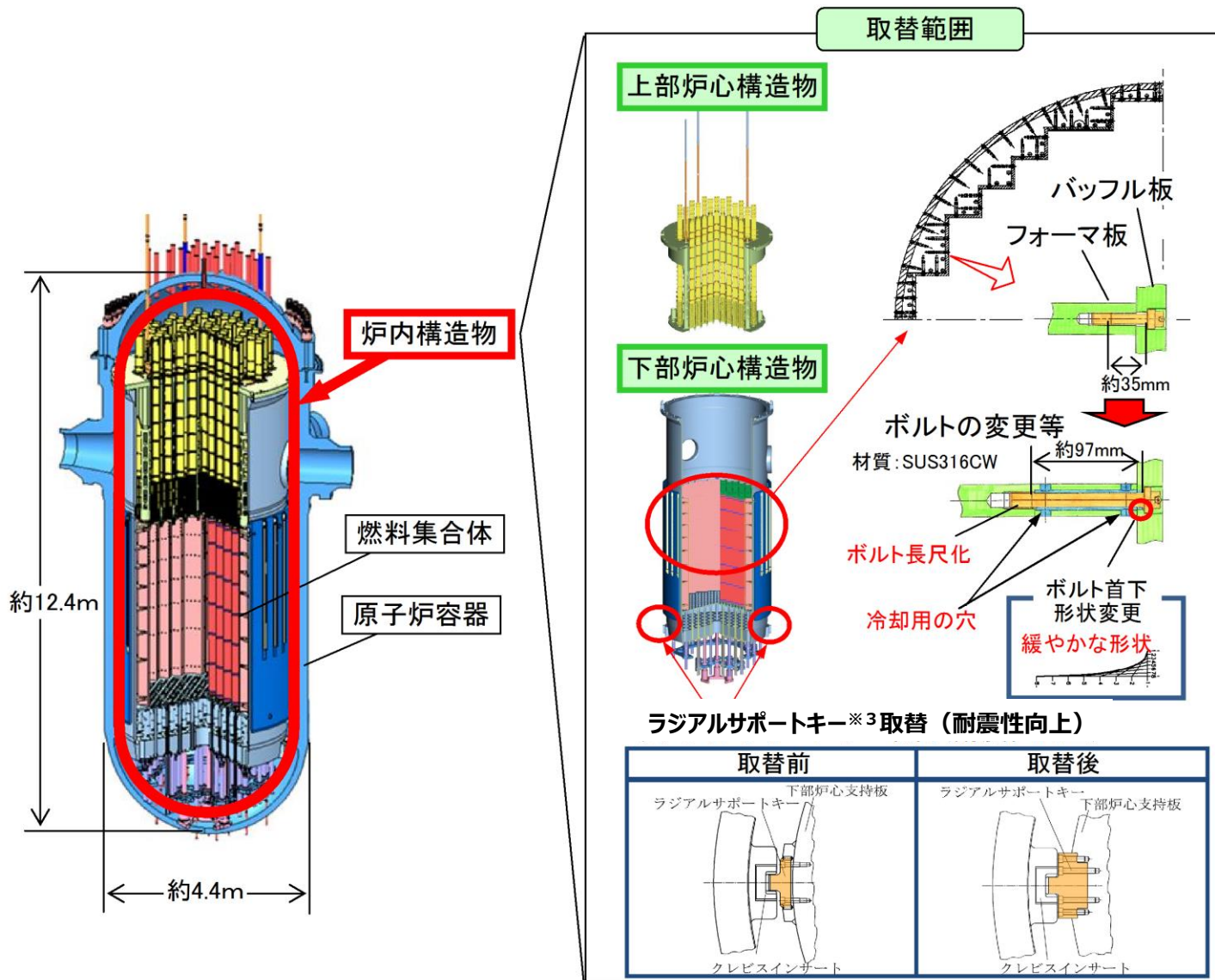
# 美浜発電所における主な安全性向上対策工事





# 炉内構造物取替工事

炉内構造物※<sup>1</sup>の耐震性を向上させるため、また、海外プラントにおける炉内構造物のバツフルフォームボルト※<sup>2</sup>応力腐食割れ損傷事例を踏まえた予防保全の観点から炉内構造物の取替えを実施。



※<sup>1</sup>:原子炉容器の中にある燃料集合体の原子燃料を配置するための支持構造物

※<sup>2</sup>:原子炉容器内の燃料集合体を取り囲む壁(バツフル板)を固定するためのボルト

※<sup>3</sup>:炉内構造物の動きを制限するためのサポート

美浜3号機については、比較的地震動が大きいことから耐震裕度を向上させること等を総合的に勘案して、再稼動までに取り替える。

高浜1,2号機については、予防保全の観点から取替えを計画している。

# 原子炉格納容器の耐震補強対策工事

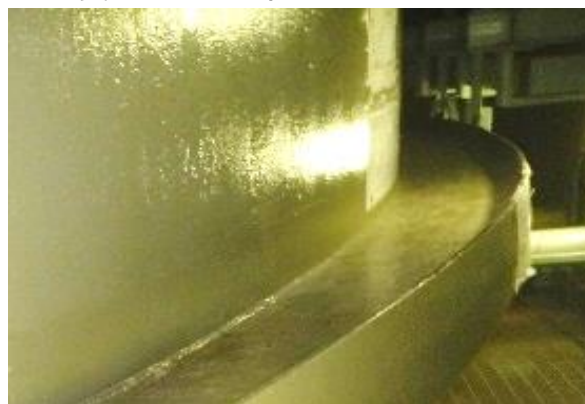
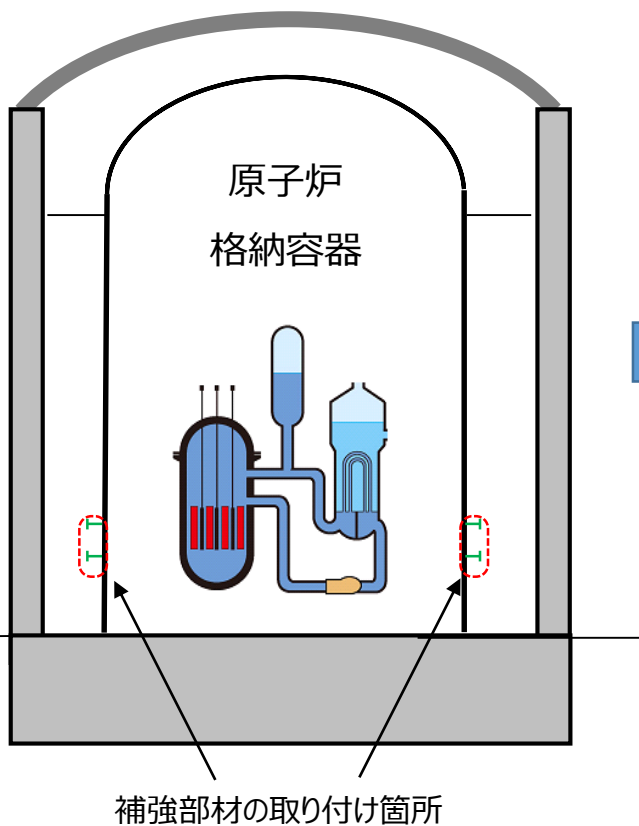
想定される最大規模の地震の揺れ（基準地震動）の最大加速度9.93ガルに対し、耐震性向上（座屈耐力向上）のため原子炉格納容器円筒部に補強材を新たに設置。

座屈：構造物に加わる荷重が限界値を超えた場合、急激に変形（へこみ等）が発生する現象

## 耐震補強工事内容

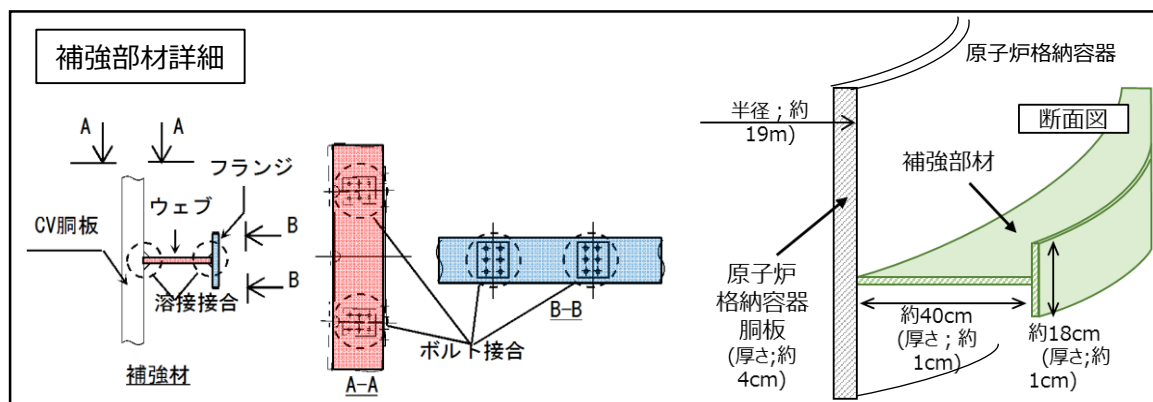
原子炉格納容器円筒部の外周面（全周）にT字形断面の補強部材※を設置

※：格納容器胴板を増厚すること同等の効果を与え、地震による加重に対して原子炉格納容器を座屈変形（へこみ等）させにくくする。



左写真は東大1号機の胴板部補強施工例※※

※※：東大1号機は建設当初より外圧に対する座屈防止を目的に設置。  
美浜3号機は下図の通り補強部材をボルトおよび溶接により結合。

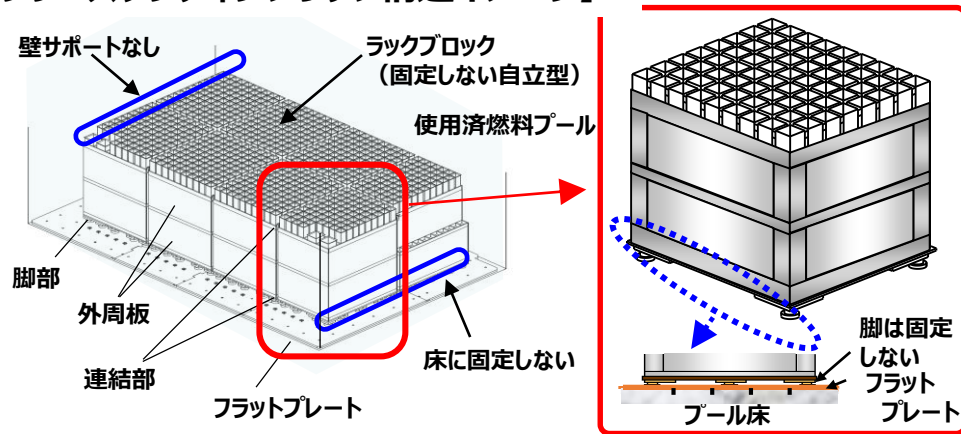


高浜1、2号機については、基準地震動7.00ガルに対する健全性が確認されており、補強材の設置は不要と判断。

# 使用済燃料ピットラック取替工事

審査の過程で見直した基準地震動（750ガル→993ガル）において、使用済燃料ピットラックの耐震性を向上させるため、現状のラックから、床に固定しない「フリースタANDINGラック」に取替え。

## 【フリースタANDINGラック構造イメージ】



## 【主な特徴】

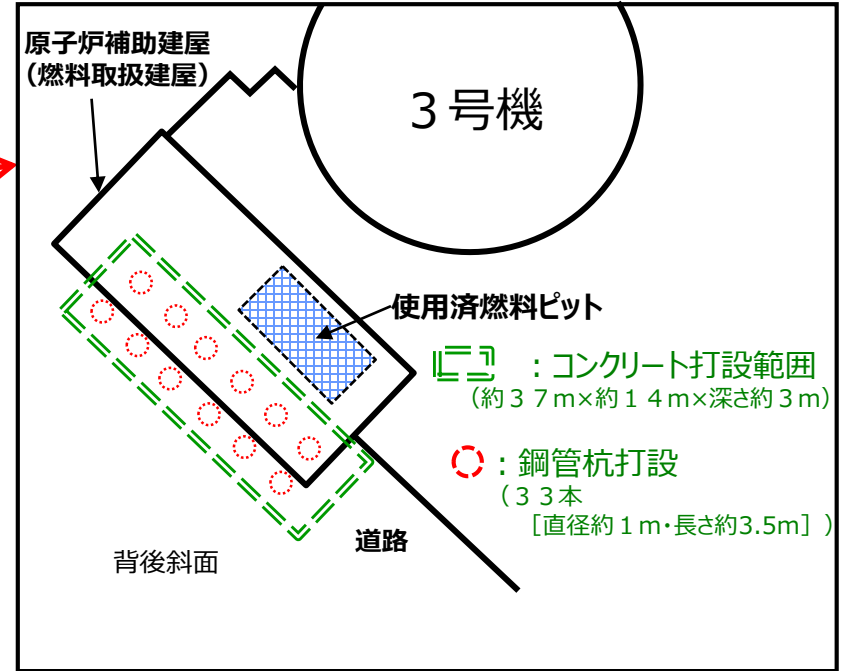
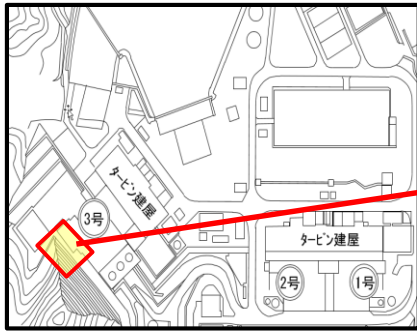
- ・外周板を有したラック構造であり、8体のラックブロックで構成。
- ・使用済燃料プールの床に固定されておらず、ラックに作用する地震力を、流体力や床との摩擦により消散させる構造。
- ・外周板を設けることにより、周囲の水による流体力を大きく作用させる。
- ・ラックブロック8体を連結することにより、転倒挙動を抑制するとともに、ラックブロック間の衝突を防ぐ。

	配置図	脚部構造図	特徴
取替前			<p>燃料貯蔵体数 1118体</p> <p>ラックを床に固定し、地震荷重に耐える。 (ピット壁と燃料ラックの隙間が狭い)</p>
取替後			<p>燃料貯蔵体数 809体</p> <p>ラックを固定せず、滑り等により地震荷重を消散。 (ピット壁と燃料ラックの隙間が広い)</p>

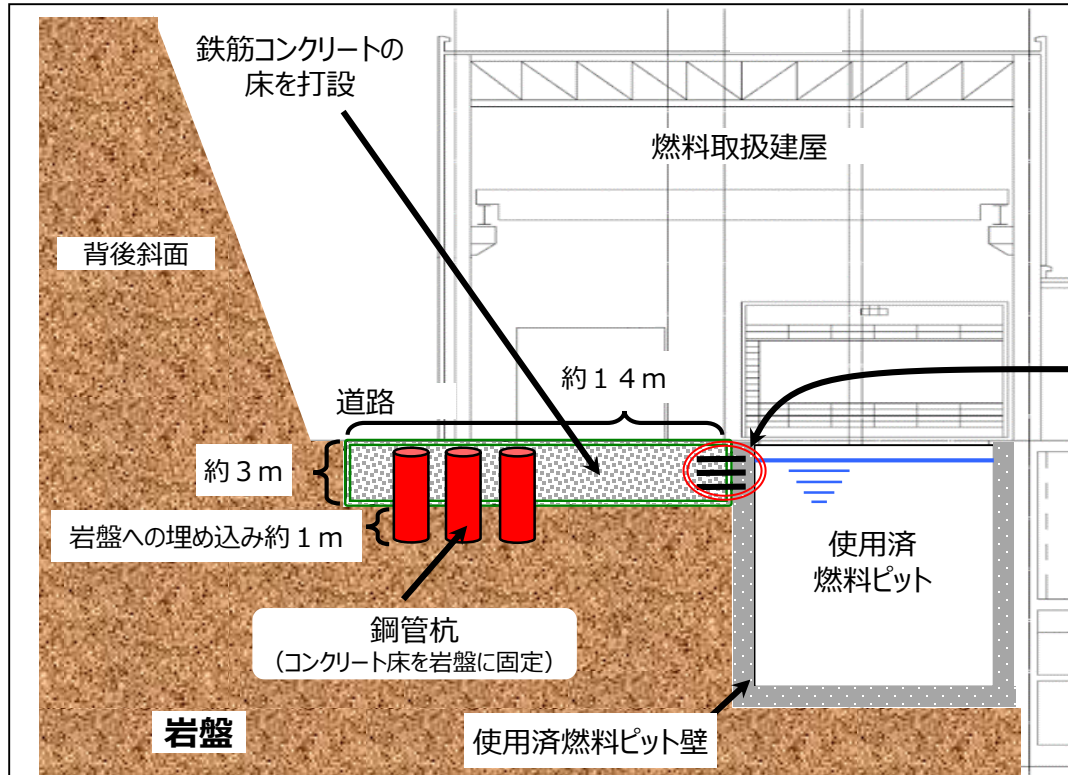


# 使用済燃料ピット補強工事

使用済燃料ピットの耐震性を向上させるため、原子炉補助建屋（燃料取扱建屋）の床の一部を撤去し、背面地盤を含めた範囲に鉄筋コンクリート造の床および鋼管杭を打設し、使用済燃料ピット壁とコンクリート床を鉄筋で連結させることにより、使用済燃料ピット壁の揺れを抑制。



(断面図)

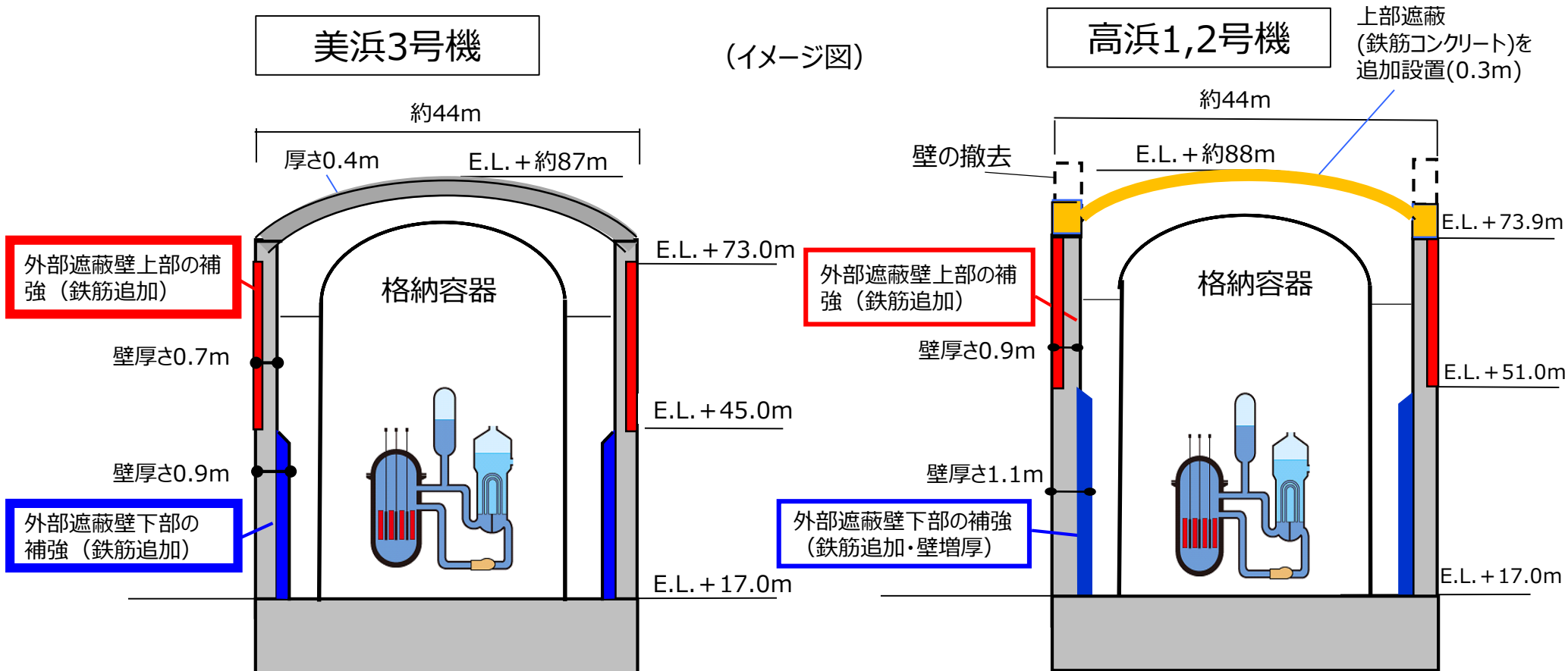


鉄筋  
(壁をコンクリート床に固定)  
地震による燃料ピット壁（上部）の揺れを鉄筋と鋼管杭により抑制

高浜と比較すると基準地震動が大きいことから、補強を実施。

# 格納容器外部遮蔽壁補強工事

耐震性向上のため、外部遮蔽壁上部、下部の補強（鉄筋追加）を実施。

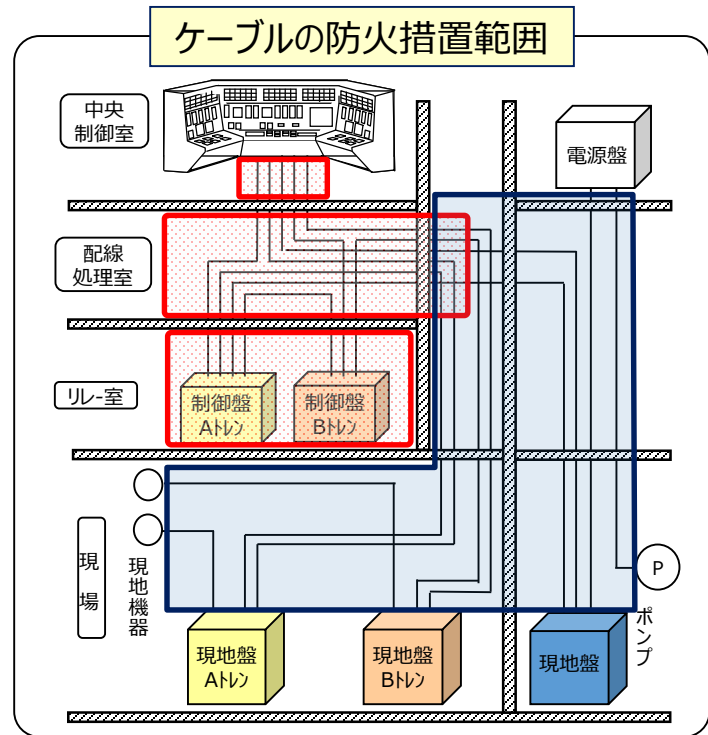


美浜3号機は建設当初から上部遮蔽が設置されており、今回の補強内容としては上部・下部とも鉄筋の追加のみを行う。

# 内部火災防護対策工事

- 安全機能を有する機器に使用されている非難燃ケーブルについては、難燃ケーブルへの引替えや不燃材の防火シート施工による防火措置を実施。
- 火災の影響軽減のため、異なる種類の火災感知器やハロン消火設備、スプリンクラー等を追加設置。

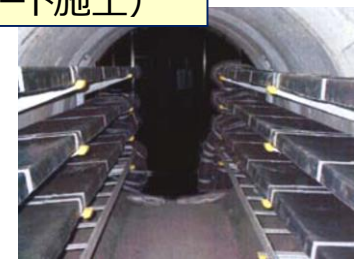
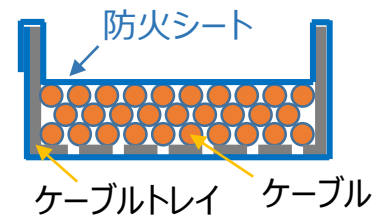
## 非難燃ケーブルへの対応



- : 難燃ケーブルに引替え
- : 非難燃ケーブル使用箇所について防火シートを施工

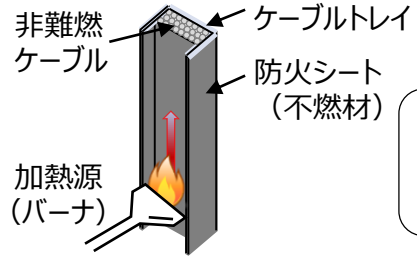
工事内容に、高浜1,2号機との違いはない。  
 <対策範囲(割合)> ケーブル総延長：約1,000km  
 (高浜1,2号機 約1,300km)  
 引替え：約50% (高浜1,2号機 約60%)  
 防火シート施工：約50% (高浜1,2号機 約40%)

## 防火措置 (防火シート施工)



<防火シート施工イメージ>

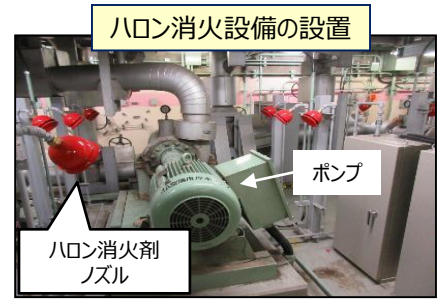
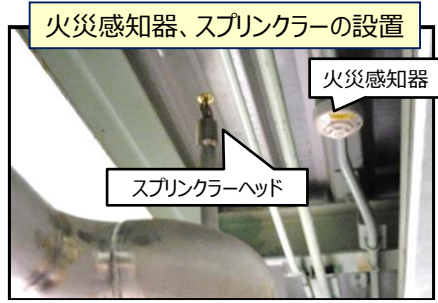
## (参考) 耐延焼性試験による防火措置の性能確認



防火シートで覆ったケーブルを、バーナにより加熱試験中の写真



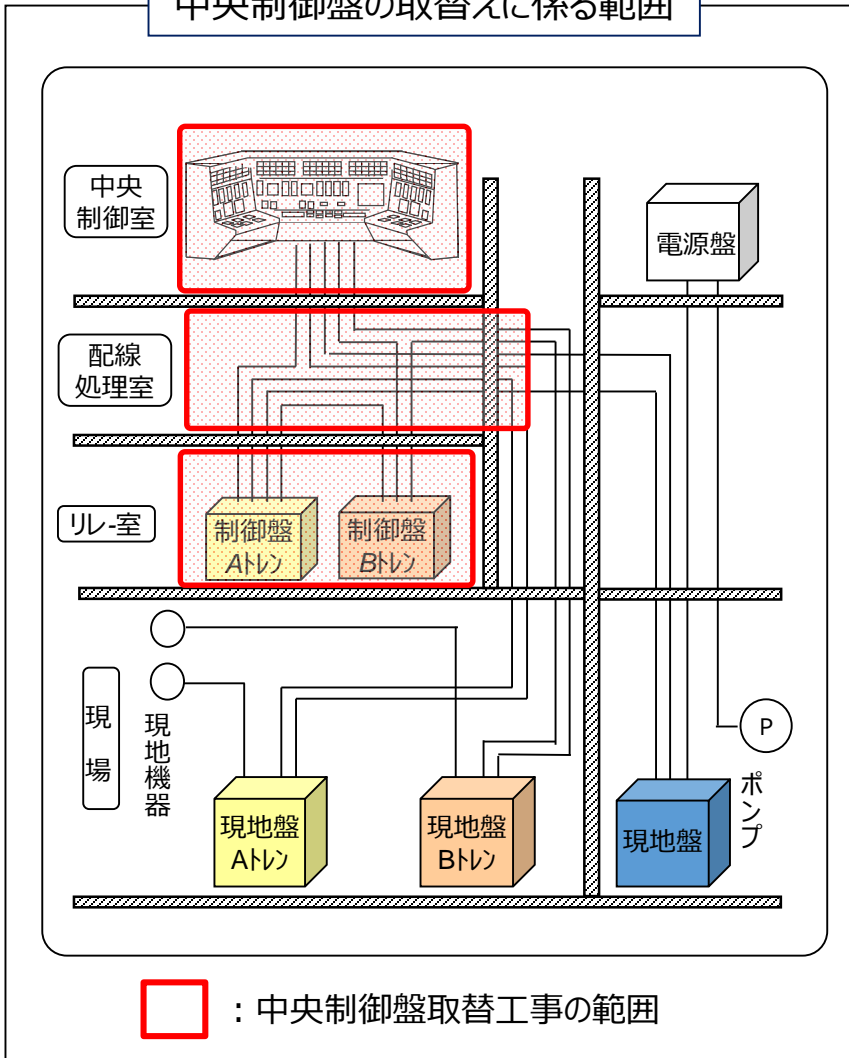
## 火災感知器、消火設備設置例



# 中央制御盤取替工事

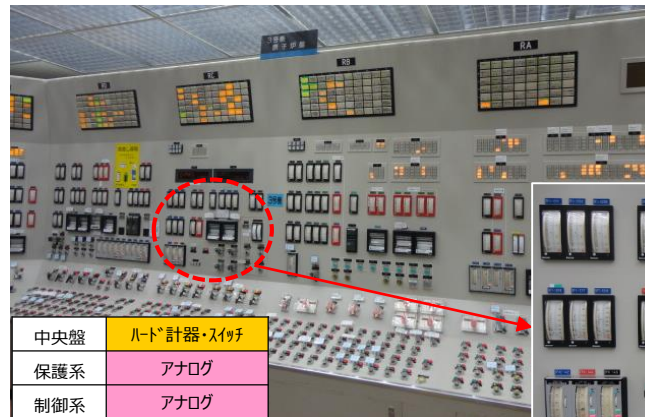
信頼性確保の観点から中央制御盤(配線処理室内のケーブルを含む)の取替えを実施。

中央制御盤の取替えに係る範囲



中央制御盤の取替え前後のイメージ

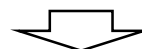
取替前



中央盤	ハード計器・スイッチ
保護系	アナログ
制御系	アナログ



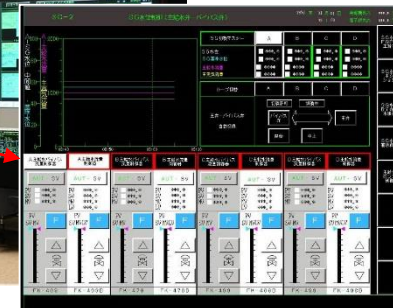
ハード計器・スイッチ



取替後



中央盤	ソフトオペレーション
保護系	デジタル
制御系	デジタル



ソフトオペレーション

工事内容に高浜1,2号機との違いはない。



# 組織・体制の充実 ～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、美浜3号機の初動・召集体制を強化。

福島第一原子力  
発電所事故以前

美浜3号機の初動対応要員

福島第一原子力  
発電所事故以降  
(新規制基準への対応等)

26名

本部要員 :	2名
運転員 :	19名
(うち3号運転員)	8名)
消火活動要員 :	5名



49名※

本部要員 :	4名
運転員 :	12名
(うち3号運転員)	8名)
緊急安全対策要員 :	33名
(設備対応、消火活動要員等)	

- ・1,2号機の廃止措置に伴う運転員の減。
  - ・外部からの支援なしでの原子炉・使用済燃料ピット等への給水、電源確保への対応など、新たな役務の対応に伴う増。
  - ・火災対応に備えた消火活動要員の増。
- など

【6時間以内に召集できる要員(5名)のルート】



発電所所員 : 約400名  
協力会社 : 約110名

- ・必要な技量を持つ要員派遣を確実に受けられる派遣体制を構築。
- ・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5名※は6時間以内に確実に参集できる体制を構築。

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

※ : 保安規定変更認可申請書の記載人数 (49名+5名=54名)

# 初動対応体制の強化（要員の確保）

## 【美浜3号機】

・保安規定(第13条)に規定：重大事故等対策要員(54名)確保の保安規定の記載

(単位：名 (以上) )

(参考：高浜3,4号機同時発災時)

配 置		要員数	発電所 常駐	召集 ※1
中央制御室 (運転員)	運転員	12	12	-
本部要員	本部指揮	1	4	-
	通報連絡	1		
	ユニット指揮	1		
	現場調整	1		
	各班要員(召集)	5	-	5
緊急安全 対策要員	電源確保	1	33	-
	運転支援	3		
	消火活動	7		
	ガレキ撤去	2		
	給水確保	15		
	設備対応	5		
合計		54	49	5

※1：事象発生後、6時間以内に発電所に召集

○発電所常駐の初動対応要員49名に、召集5名を加えた54名体制で重大事故等の対応を実施。

○要員の欠員により、54名が維持できず、所長が補充の見込みが立たないと判断した場合は原子炉の停止措置。

要員数	発電所 常駐	召集
24	24	-
1	6	-
2		
2		
1	40	-
10		
4		
2		
7	-	-
4		
13		
10	-	38※2
38		
118	70	48

※2：給水確保（召集）

# 中長期対策の実施状況について (美浜・高浜・大飯発電所)

・ 緊急時対策所設置工事 .....	17
・ 免震事務棟設置工事 .....	18
・ 特定重大事故等対処施設設置工事 .....	19

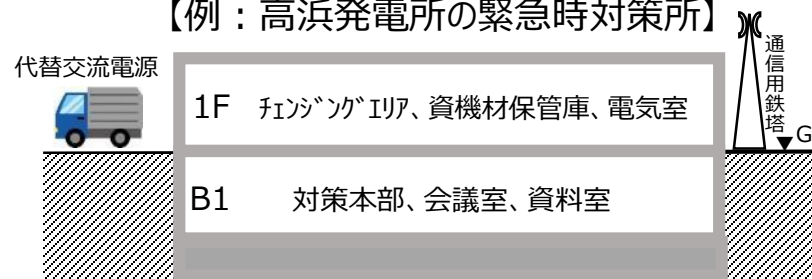
# 緊急時対策所設置工事

プラントに緊急事態が発生した場合に、事故の制圧・拡大防止を図るための対策本部となる緊急時対策所を設置。

## 設計方針

- ・7日間で100mSv以下となる居住性を確保するために必要な遮へい、換気機能を確保。
- ・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。
- ・指揮命令・通報連絡に支障のないよう、本部内の配置を考慮。

【例：高浜発電所の緊急時対策所】



主な仕様	高浜発電所	大飯発電所	美浜発電所
構造	耐震構造 地下1階、地上1階	耐震構造 地上2階	耐震構造 地上1階
建屋内面積	約750㎡	約750㎡	約300㎡
収容想定人員	約200人	約200人	約100人
主な設備	換気および遮蔽設備、通信連絡設備、情報把握設備、代替交流電源		
運用開始予定	平成30年度内	平成30年度内	平成32年3月頃

【例：高浜発電所の設置工程（大飯発電所も同様）】

	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度
工程		設計・調査	着工 (H28.3.22) 敷地造成等	建物工事	機電工事等※
			現在		運用開始

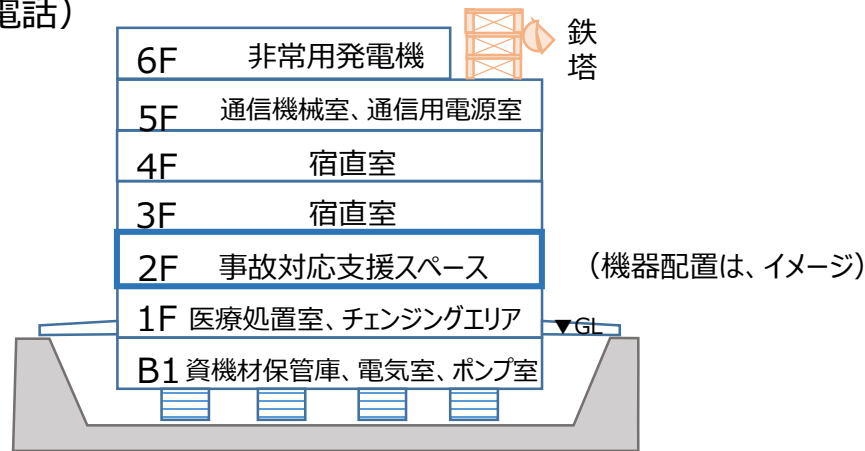
※：機械設備、電気設備等の配置

# 免震事務棟設置工事

免震事務棟は、事故対応が膨大かつ長期化した場合の支援を目的とし、主に、初動要員の宿直場所、要員待機場所、資機材受入れ及び保管場所として活用するために、自主的な位置付けとして設置。

【主な仕様例：高浜発電所の場合】

- ・免震構造
- ・建屋内面積：約4,000㎡（事故対応用の資機材を受入れるスペースを確保）
- ・収容想定人数：最大約800人  
（初動要員および事故対応要員が安全に待機できる場所として必要な遮蔽機能、換気機能を確保）
- ・通信連絡設備（衛星電話）
- ・非常用発電装置



高浜発電所現地状況

【例：高浜発電所の設置工程】

	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度
工程		設計・調査等	現在 ▽工事再開	建物工事	機電工事等※ ▽運用開始

○大飯発電所の免震事務棟は、高浜とほぼ同様の仕様、同様の工程で実施する予定。  
○美浜発電所免震事務棟は、仕様等について設計検討中。

※：機械設備、電気設備等の配置

# 特定重大事故等対処施設設置工事

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。

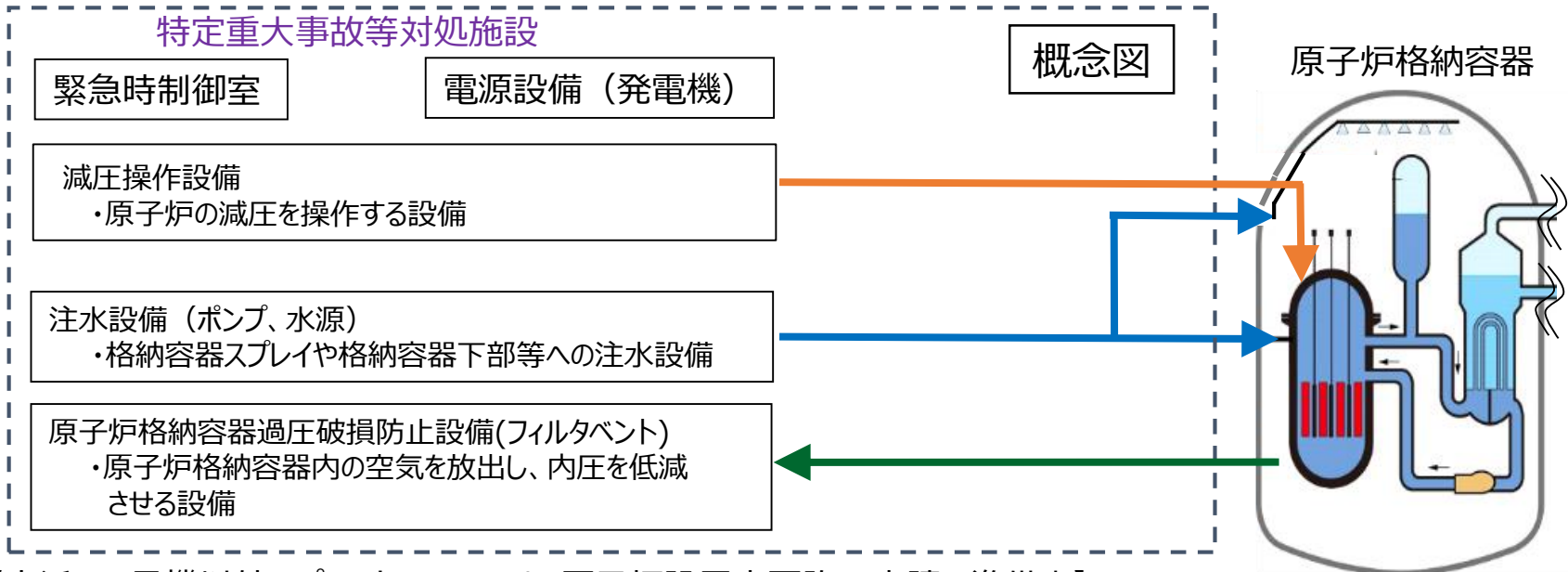
### 【高浜3,4号機について】

- 規則※の一部改正により、特定重大事故等対処施設は工事計画認可（3号機：平成27年8月4日、4号機：平成27年10月9日）から5年までに設置することを要求。
- 平成32年8月（3号機）、平成32年10月（4号機）の設置期限までに設置完了予定。

～進捗状況～

※：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

- 平成26年12月25日に原子炉設置変更許可申請。（平成28年6月3日、7月12日に補正）
- 平成28年9月21日に原子力規制委員会より、原子炉設置変更許可を受けた。
- 今後、準備整次第、工事計画認可申請および保安規定変更認可申請を行う予定。
- 平成27年5月より準備工事(測量や伐採等)に着手しており、平成29年度中に施設の設置を開始予定。



### 【高浜3,4号機以外のプラントについては、原子炉設置変更許可申請の準備中】

- 高浜1,2号機については、工事計画認可日(平成28年6月10日)から5年(平成33年6月)までに設置。
- 美浜3号機については、工事計画認可日(平成28年10月26日)から5年(平成33年10月)までに設置。