

【資料2-3】

滋賀県原子力安全対策連絡協議会
令和2年(2020年)8月24日



美浜発電所 3号機、高浜発電所1,2号機の 安全性向上に向けた取組みについて

令和2年8月24日
関西電力株式会社

関西電力の原子力発電所の概要

■ 原子力事業本部



■ 地域共生本部

■ 美浜発電所



3号機 (合計82.6万kW)
※1,2号機は廃止措置実施中

■ 高浜発電所

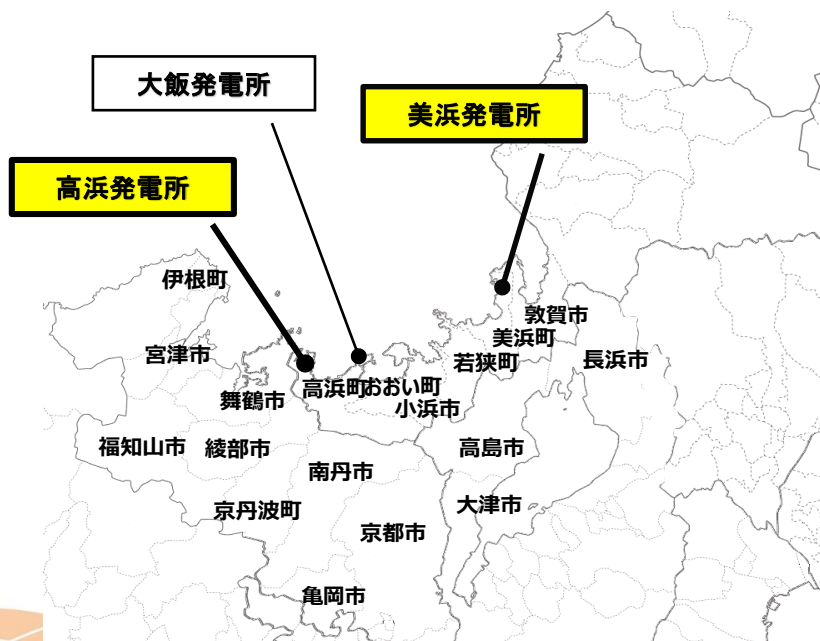


1~4号機 (合計339.2万kW)

■ 大飯発電所

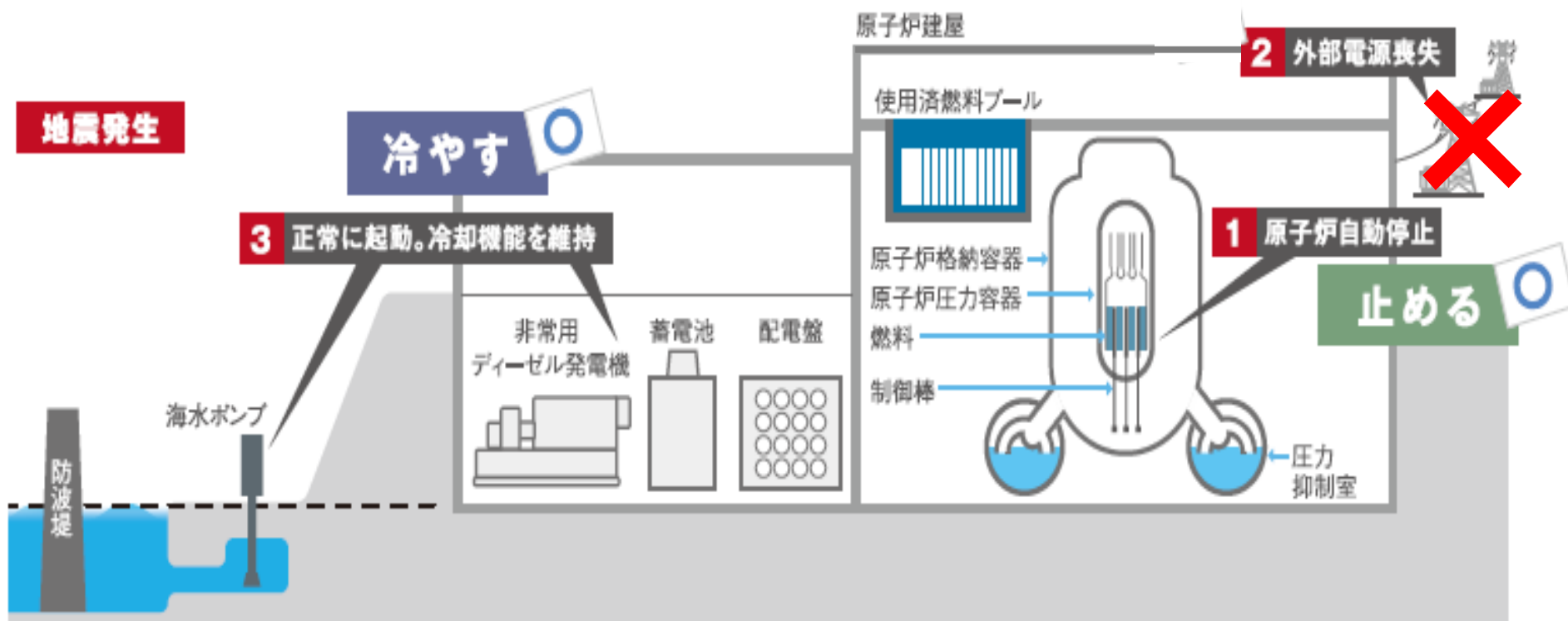


3,4号機 (合計236万kW)
※1,2号機は廃止措置実施中



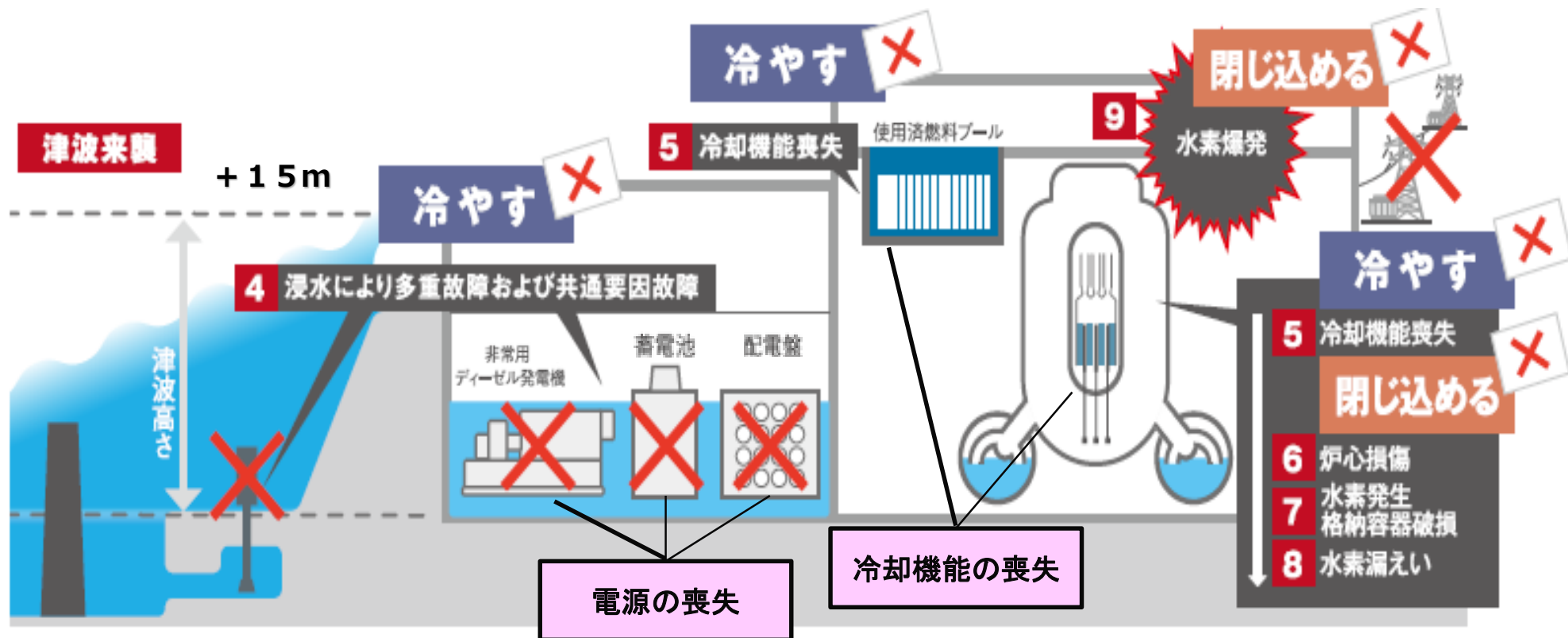
福島第一原子力発電所事故の概要[地震]

- 地震発生時には、1号機～4号機が運転中であったが、運転中の原子炉は全て自動停止した。
- 同時に、地震によって全ての外部電源(送電線等からの電力供給)が失われたが、非常用ディーゼル発電機が起動し、原子炉の安全維持に必要な電源は確保された。[事故調査報告書より引用]



福島第一原子力発電所事故の概要[津波]

- その後、来襲した津波により、多くの電源盤が被水・浸水するとともに、運転中の非常用ディーゼル発電機が停止し、全ての交流電源が喪失し、（ポンプを動かす動力が無くなり）冷却機能が失われた。
- 冷却用の海水ポンプも冠水し、原子炉内部の残留熱(崩壊熱)を海水へ逃がすための除熱機能を喪失した。
[事故調査報告書より引用]



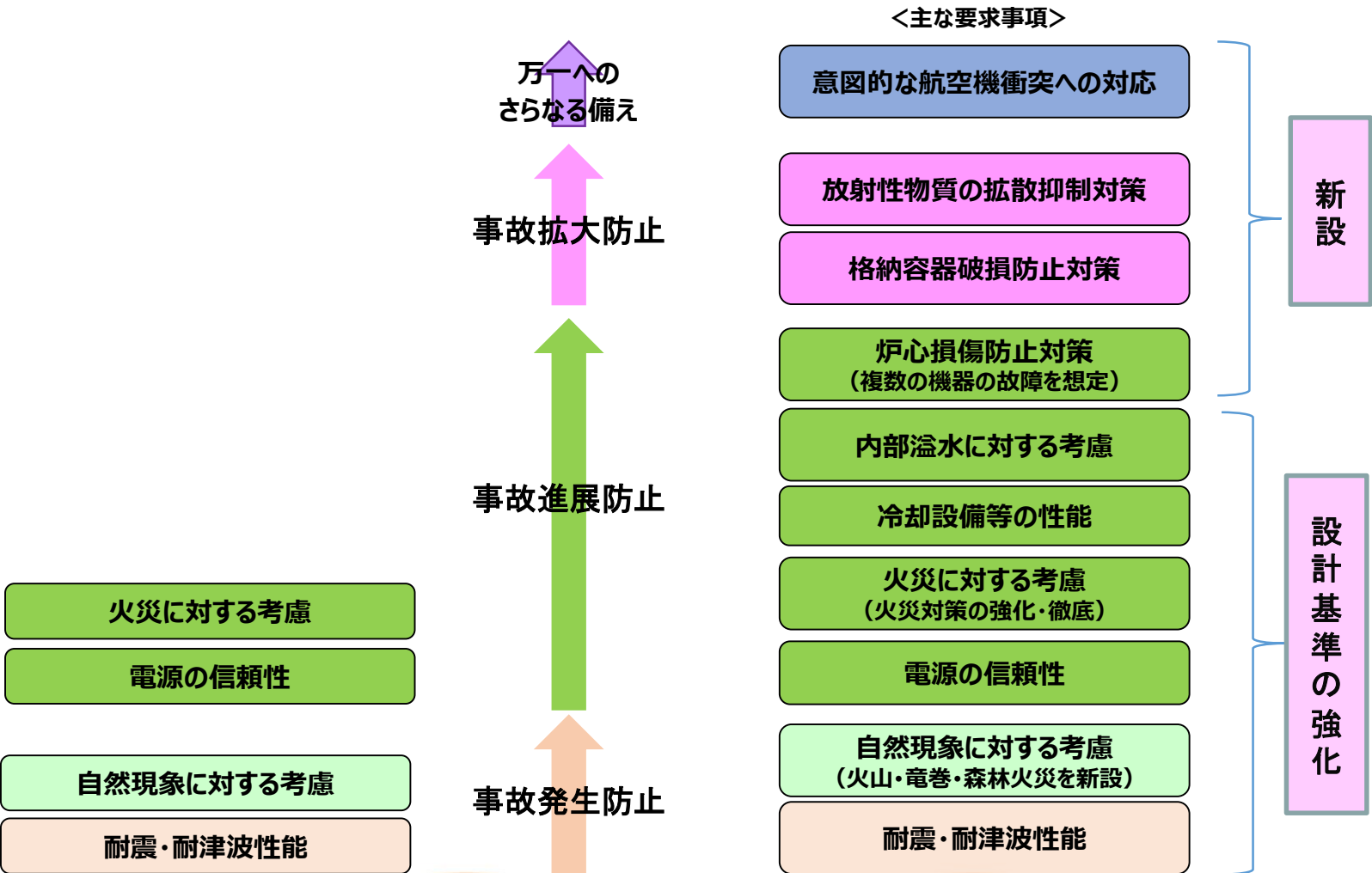
新・旧の規制基準の比較

従来の規制基準

炉心損傷は想定せず
(単一故障のみを想定等)

新規制基準 (H25.7施行)

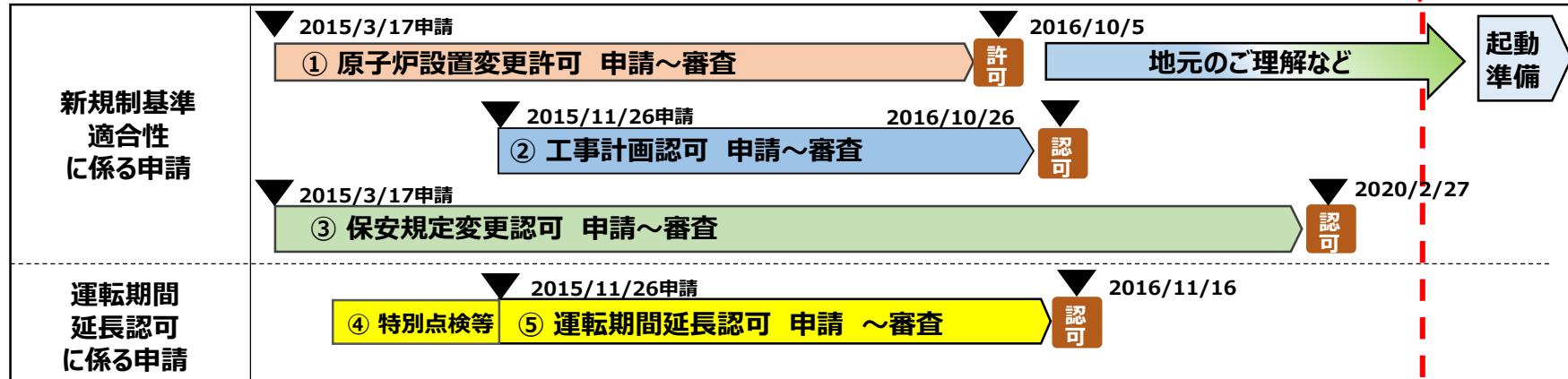
重大事故 (シビアアクシデント) を防止するための設計基準を強化するとともに、
万が一、シビアアクシデントやテロが発生した場合に対処するための基準を新設



美浜発電所の状況

美浜発電所3号機の審査および工事の状況

- 再稼動に必要な主な手続きの内、原子炉設置変更許可申請、工事計画認可申請、保安規定変更認可申請は既に許認可を頂いており、現在、使用前検査を受検中。
- また、60年までの運転期間延長についても、すでに認可を頂いている。



美浜発電所3号機の主な安全性向上対策工事工程

工事件名	全体工程	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
使用済燃料ピットラック取替 使用済燃料ピットラック耐震性向上のため、床に固定しない「フリースタンディングラック」に取替え			(‘18.8)		2020.7 既設ラックの撤去、新ラック（フリースタンディングラック）設置など
使用済燃料ピット補強 使用済燃料ピット耐震性向上のため、支持岩盤に鉄筋コンクリート造の床の施工、鋼管杭の打設		(‘17.8)		鉄筋コンクリート造の床および鋼管杭を打設など	
構台設置 3号機横の高台は、崩壊により燃料油貯蔵タンク及びアクセスルートに波及的影響を及ぼす可能性があることから、新たに地震に耐える鉄骨造・コンクリート造の構台を設置		(‘17.9)		高台（地山）の掘削および構台設置など	
炉内構造物取替 耐震性向上および海外プラント事例を踏まえ、予防保全の観点から炉内構造物を取替え			設計・製作・組立他（工場）	(‘20.3)	2020.9 炉内構造物取替

現在

美浜発電所の安全性向上対策 (福島第一発電所事故の教訓を踏まえて)

電源の確保 (交流電源)

<設計基準事故対処設備>



非常用ディーゼル発電機

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)

使用できない
場合に備え

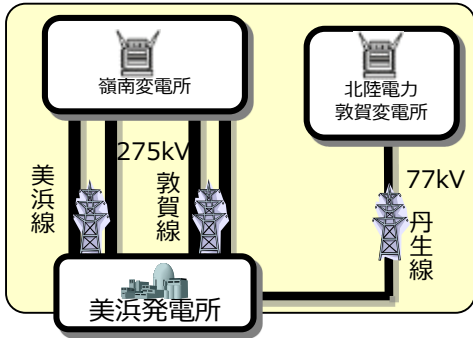
空冷式
非常用発電装置
(2台)

更なるバック
アップ

号機間電力融通
(1,2⇔3号機 : 1組 + 予備1組)

更なるバック
アップ

電源車
(2台 + 予備1台)



<重大事故等対処設備>



新



空冷式非常用発電装置

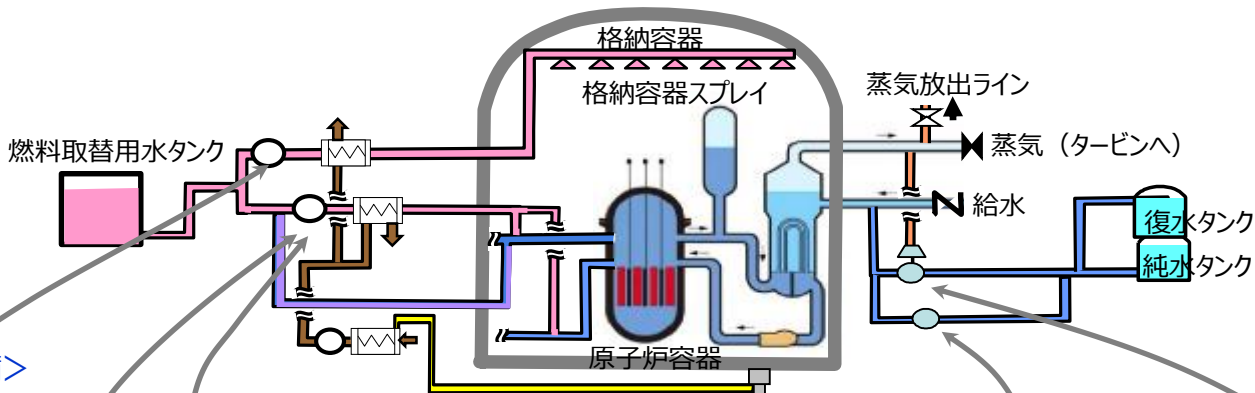
新



電源車

⌈ ⌋ : 多様性拡張設備 (自主設備)

冷却手段の確保



<設計基準事故対処設備>

格納容器スプレイポンプ	充てん/高圧注入ポンプ	余熱除去ポンプ
【4台】	【3台】	【2台】

海水ポンプ
【4台】

電動補助給水ポンプ	タービン動補助給水ポンプ
【2台】	【1台】

<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	原子炉下部内圧注水ポンプ
【1台】	【1台】

大容量ポンプ	新
【3台+予備1台】	

中圧ポンプ	<多様性拡張設備>
	【2台】
	新

可搬式代替低圧注水ポンプ (+送水車)	【2台+予備1台】
	新

海水ポンプ予備モータ	【1台】
	新

送水車	【2台+予備1台】
	新

更なるバックアップ

更なるバックアップ

格納容器内水素対策

概要

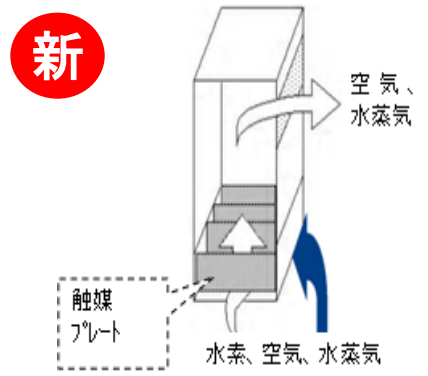
- PWRプラントは原子炉格納容器が大きく、炉心が損傷しても水素爆発（爆轟）の可能性は極めて小さい。
- 炉心溶融時に原子炉格納容器内に発生する水素の濃度を低減させる装置として、格納容器内にPAR（静的触媒式水素再結合装置）およびイグナイタを設置。

PAR（静的触媒式水素再結合装置）による水素濃度の低減

原子炉格納容器内に設置し、著しい炉心損傷に伴うジルコニウム－水反応等により短期間に発生する水素と事故後の長期にわたって緩やかに発生する水の放射線分解による水素を除去する

〔 水素処理能力:1.20kg/h 個数:5台 〕

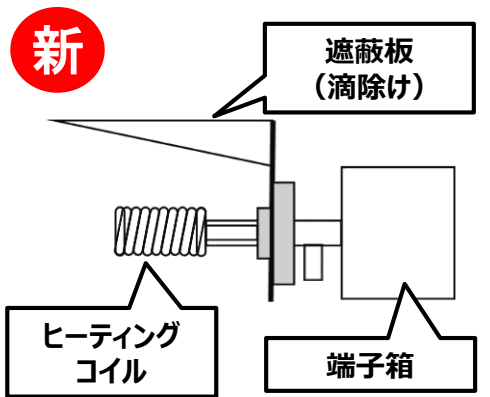
触媒式で電力不要



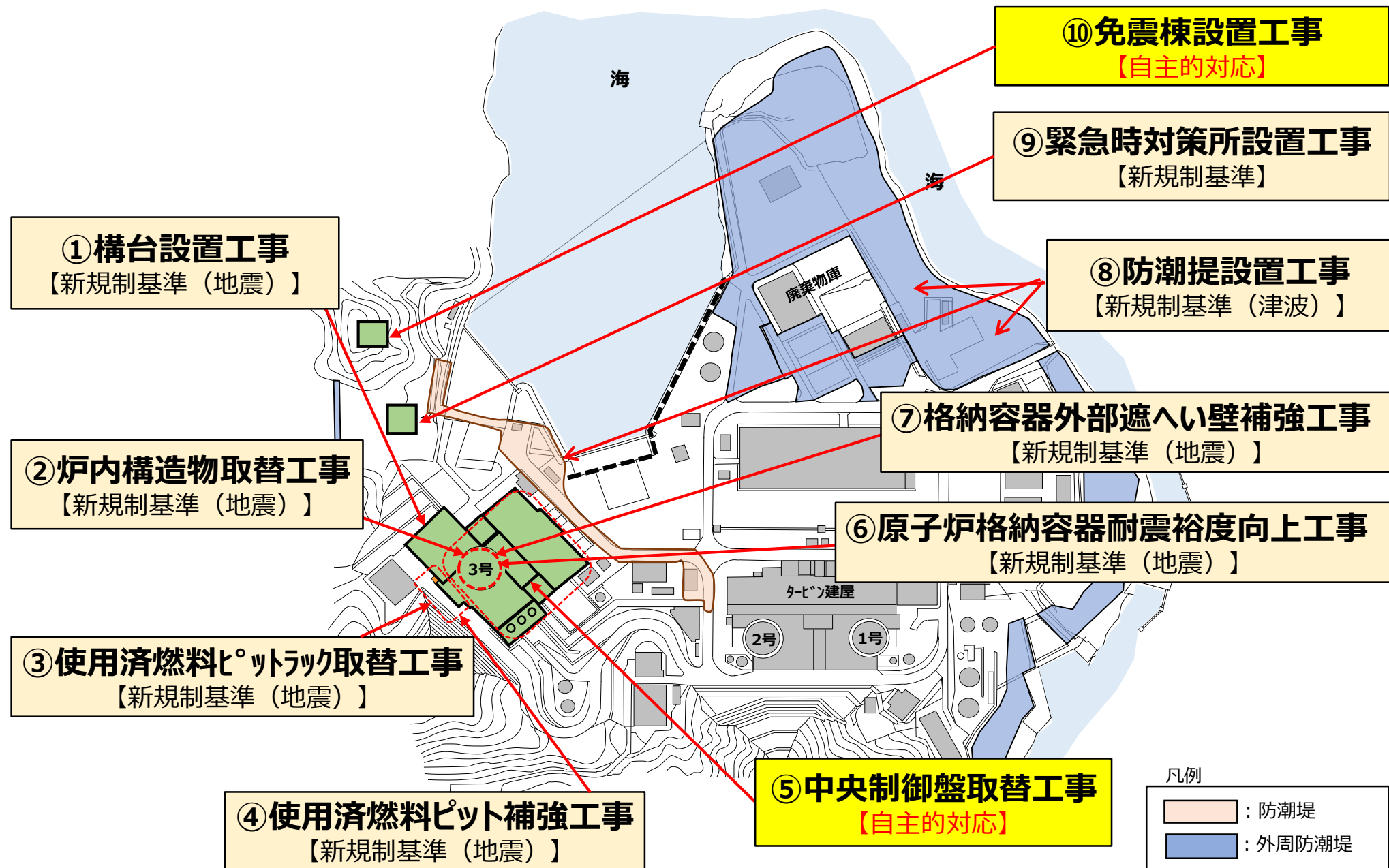
イグナイタによる低濃度での計画的燃焼

炉心損傷時に発生する水素は格納容器の健全性に影響を及ぼす水素爆発を起こす濃度に至らないことを評価しているが、さらなる安全性確保のため、炉心損傷時の短期間に発生する多量の水素を計画的に燃焼させることにより、初期の水素発生ピークを抑えることを目的としている

出力:550W 個数:12個
+ 予備1個（格納容器内頂部）

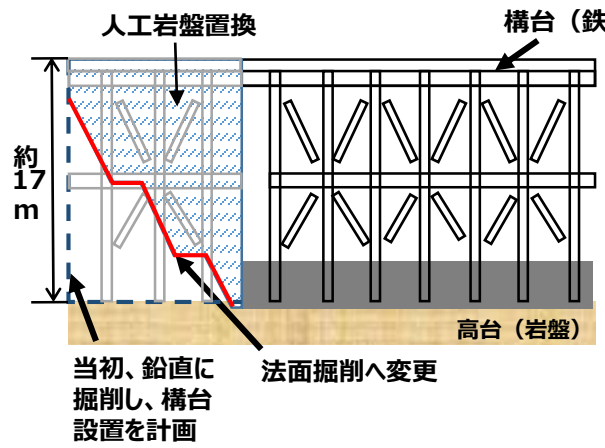


美浜3号機 主な安全性向上対策の状況 位置図



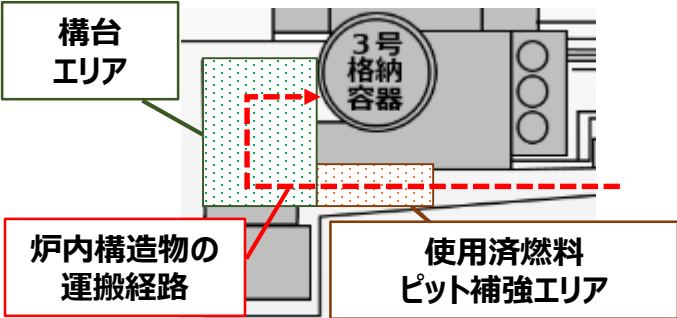
[地震への備え]①構台の設置

- 概要：3号機横の高台は、燃料油貯蔵タンクおよびアクセスルート等に対して**地震（993ガル）**による崩壊により波及的影響を及ぼす可能性があるため、新たに地震に耐える構台を設置する。
- 進捗状況：鉄骨組立完了（2020.2）。構台上面の舗装工事完了（2020.2）。新構台完了(2020.6)



- 掘削時の作業安全性の向上を目的に、鉛直掘削から法面掘削に変更
- 法面掘削部の構台を鉄骨造からコンクリート造（人工岩盤置換）に変更

構台の設置完了後 炉内構造物取替工事へ引き渡し済み（2020.2.20）

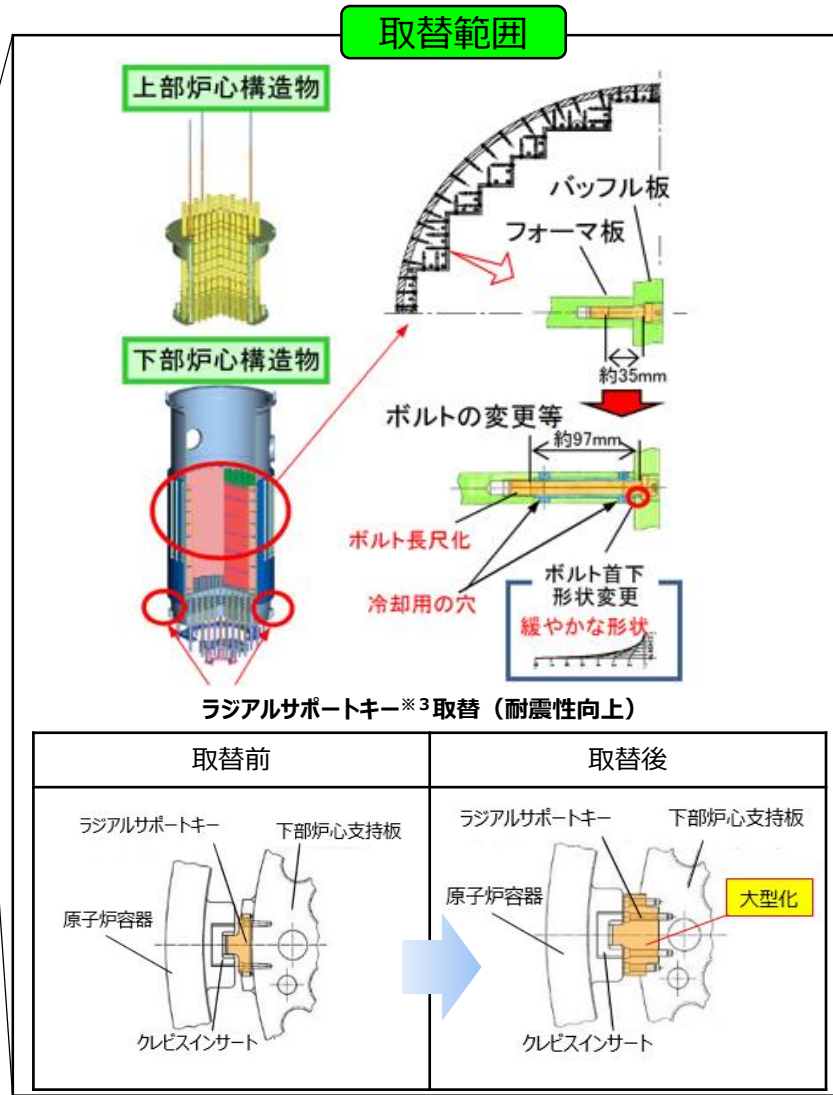
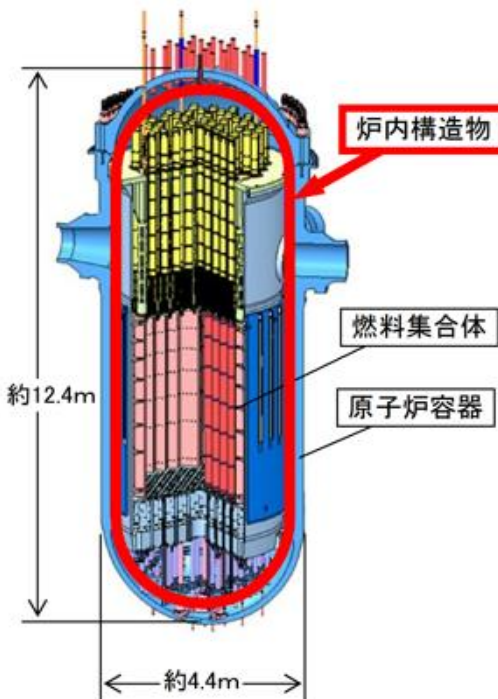


炉内構造物の運搬には、使用済燃料ピット補強・構台エリアを通過する必要があるため、同工事の完了後に、炉内構造物を搬入・据付

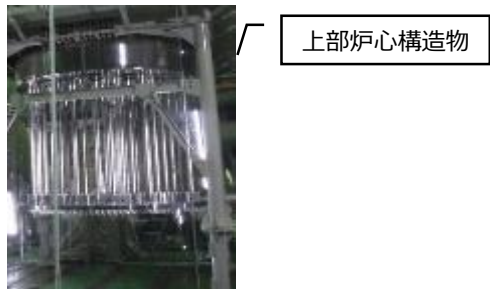


[地震への備え]②炉内構造物取替え

- 概要 要：炉内構造物※¹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ルフォームボルト※²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する。
- 進捗状況：炉内構造物各部品の工場組立および現場干渉物の撤去完了（2020.2）。新炉内構造物設置完了（2020.6）、現在干渉物の復旧他作業中。



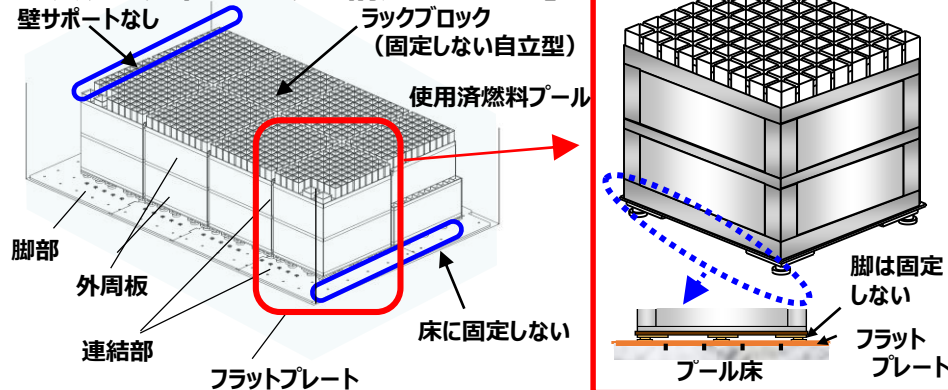
- ※ 1 : 原子炉容器の中にある燃料集合体の原子燃料を配置するための支持構造物
- ※ 2 : 原子炉容器内の燃料集合体を取り囲む壁（バツル板）を固定するためのボルト
- ※ 3 : 炉内構造物の動きを制限するためのサポート



[地震への備え] ③使用済燃料ピットラック取替え

- 概要 要：使用済燃料ピットラックの耐震性を向上させるため、既設（旧）ラックを全て撤去し、床に固定しない フリースタANDING ラック（Free Standing Rack）に取り替える。
- 進捗状況：旧ラック撤去済。新ラック据付済（2020.3完了）。

【フリースタANDINGラック構造イメージ】



【主な特徴】

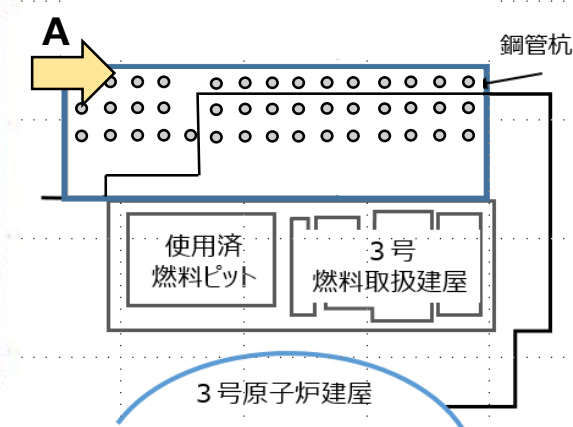
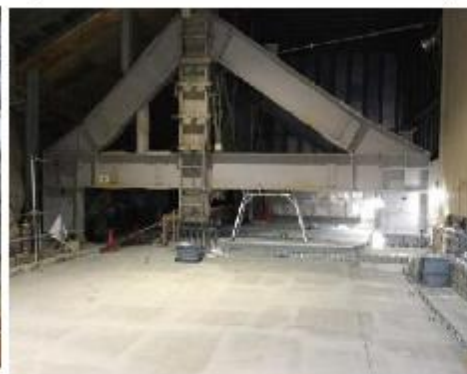
- ・外周板を有したラック構造であり、8体のラックブロックで構成。
- ・使用済燃料プールの床・壁に固定されておらず、ラックに作用する地震力を、流体力や床との摩擦により消散させる構造。
- ・外周板を設けることにより、周囲の水による流体力を大きく作用させる。
- ・ラックブロック8体を連結することにより、転倒挙動を抑制するとともに、ラックブロック間の衝突を防ぐ。

	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>

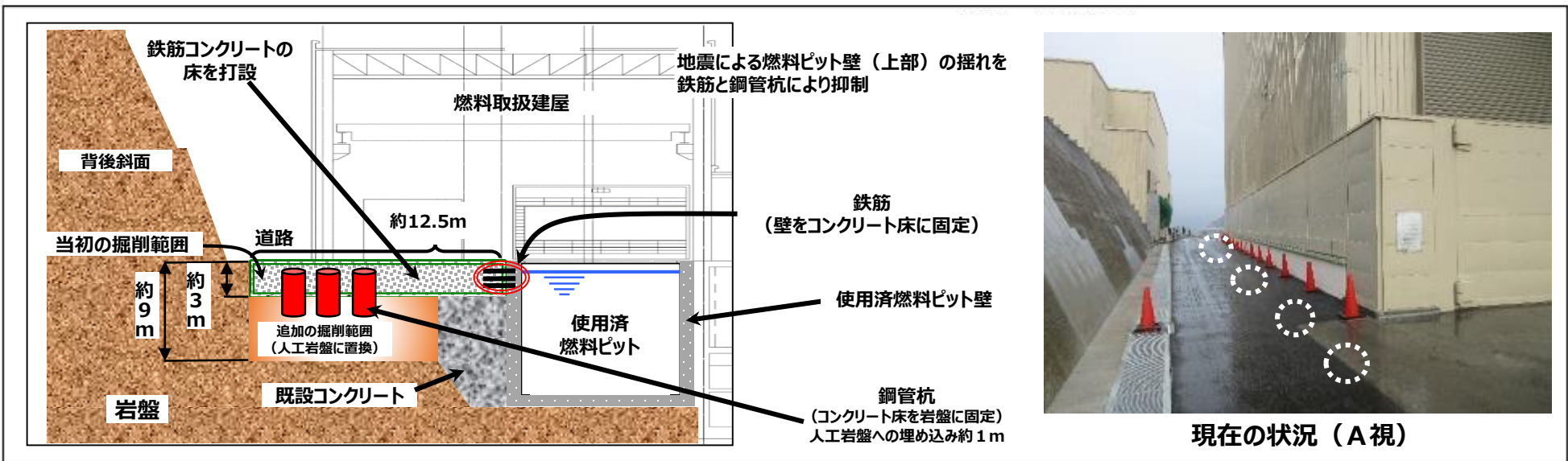
[地震への備え]④使用済燃料ピット補強

○概要 要：使用済燃料ピットの耐震性向上のため、支持岩盤上に人口岩盤および鋼管杭、鉄筋コンクリート床を設置し、使用済燃料ピット壁の拘束力を向上させる。

○進捗状況：完了（2020.2）



鋼管杭



現在の状況 (A 視)

[自主対策]⑤中央制御盤取替

- 概要：視認性、操作性、設備の信頼性およびメンテナンス性を向上させるため、アナログ式から最新のデジタル式の操作・監視盤に取替える。
- 進捗状況：新盤据付、制御盤間ケーブル接続完了（2019.10）。
現場設備との接続および接続確認（インターフェイス試験）を実施中。

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



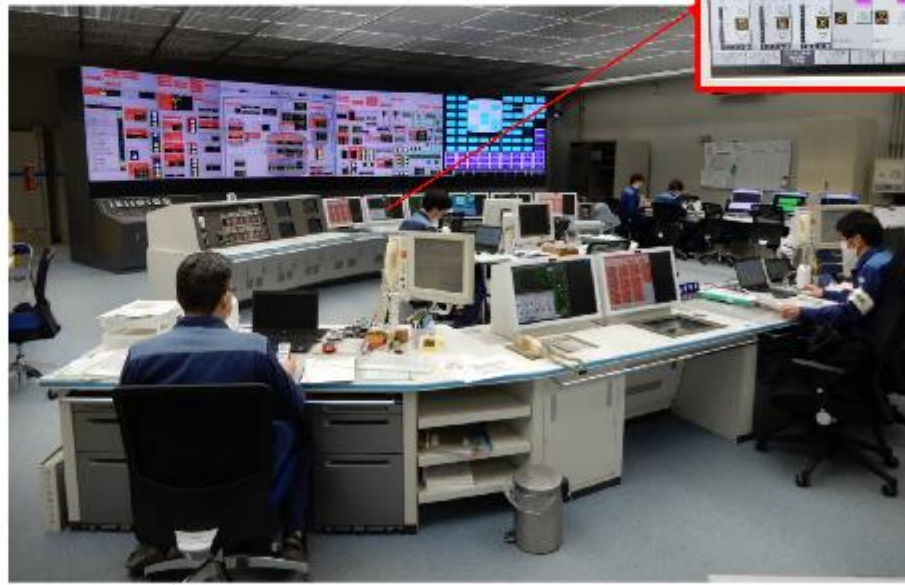
ハード計器・スイッチ

取替後

中央盤	タッチパネル
保護系	デジタル
制御系	デジタル



タッチパネル



※写真は2020.1.31撮影

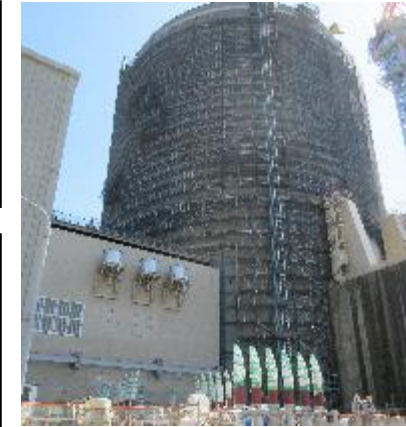
【地震への備え】⑥原子炉格納容器耐震裕度向上 ⑦外部遮へい壁補強

【原子炉格納容器耐震裕度向上工事】

- 概要：原子炉格納容器の耐震性（座屈耐力）向上のため、原子炉格納容器円筒部に補強材（強め輪）を新たに設置する。
- 進捗状況：強め輪設置完了（2019.11）。現在、足場解体中。

【外部遮へい壁補強工事】

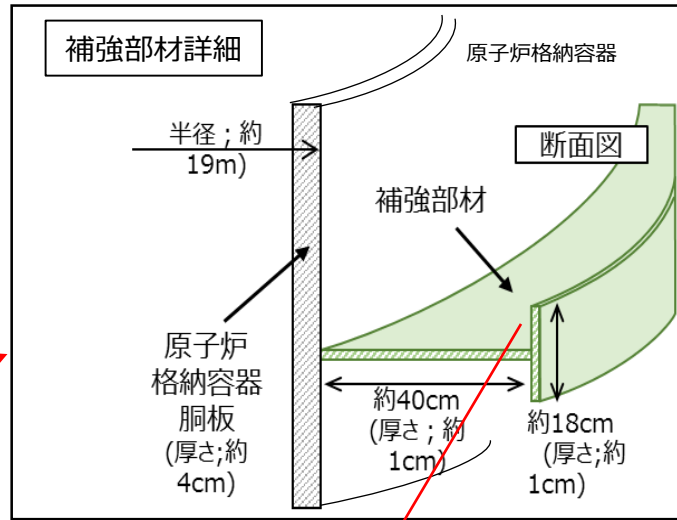
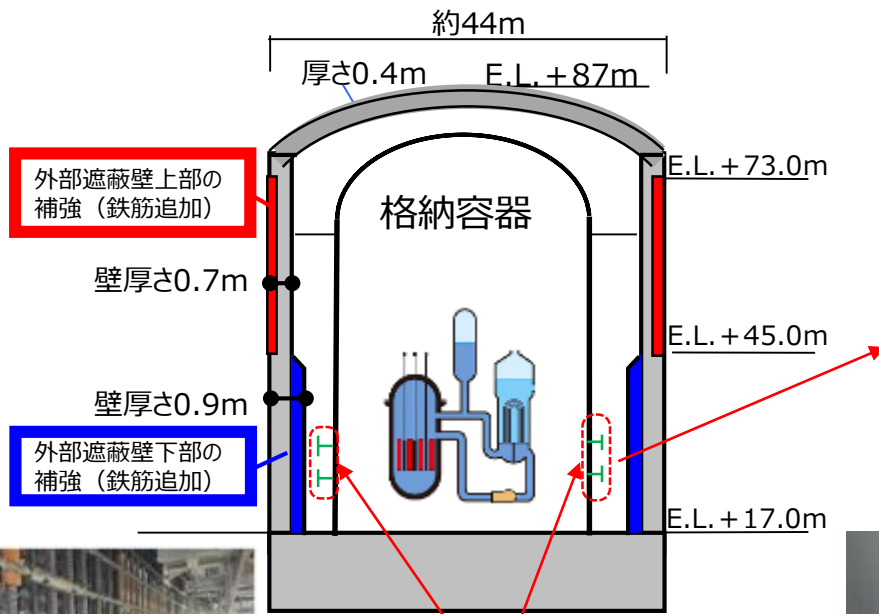
- 概要：外部遮へい壁の耐震性向上のため、外部遮蔽壁全面にわたって表面のコンクリートをはつり、鉄筋量を増やし後にコンクリートを打設し元の断面に戻す。
- 進捗状況：上・下部耐震補強完了（2020.2）。作業用構台、足場等解体済(2020.5完了)。



外部遮へい壁上部の補強工事状況



現在の状況



鉄筋追加設置状況



補強材(強め輪)設置状況

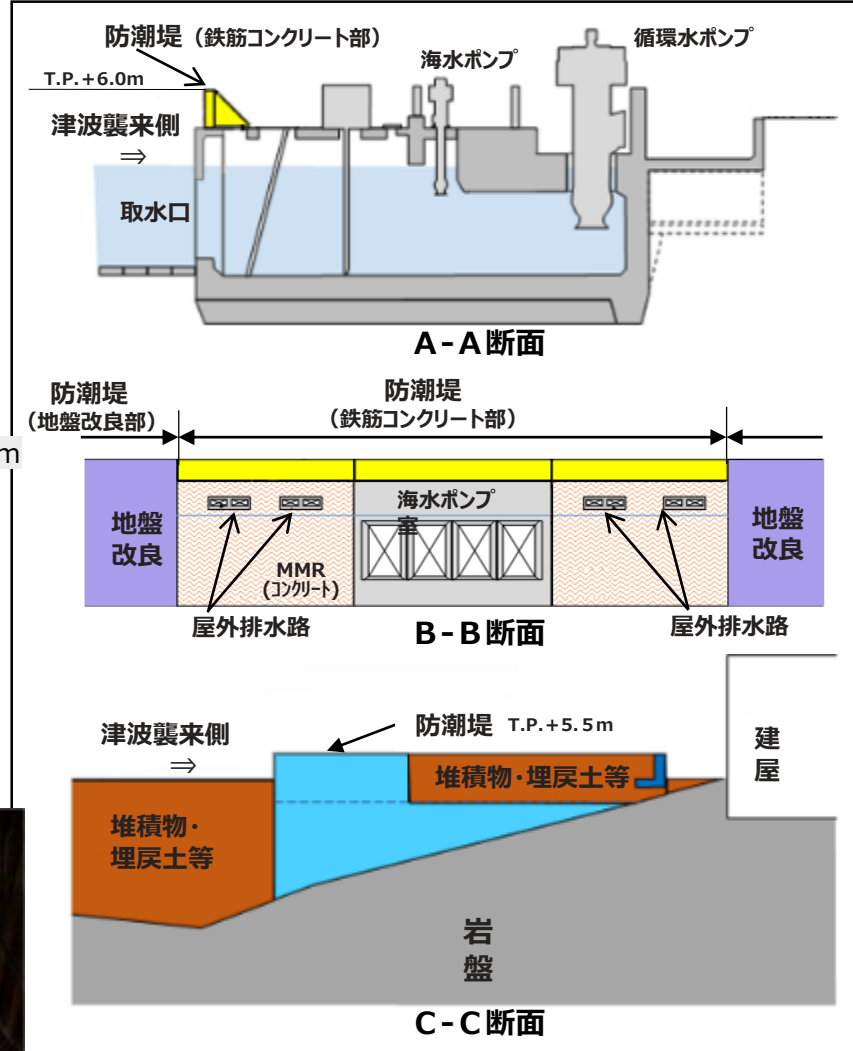
格納容器円筒部の外周面(全周)にT字形断面の補強部材※を設置

※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格納容器を座屈変形させにくくする。

[津波への備え] : ⑧防潮堤の設置

- 概要 : 3号機周辺は、想定津波高さ（3号機取水口において**海拔4.2m**）に対し、**海拔5.5m～6.0m**の防潮堤を設置する。外周は、**海拔4.5m～7.0m**の防潮堤（外周防潮堤）を設置する。
- 進捗状況 : 3号機周辺防潮堤は掘削完了（2019.11）。コンクリート打設完了。（2020.8）。止水ゴム設置中。外周防潮堤は一部を除き完了。

防潮堤設置概要図



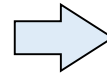
竜巻対策

- 風速100m/sの竜巻を想定し対策を実施。
(国内過去最大は92m/s、北陸地方過去最大の風速は69m/s)

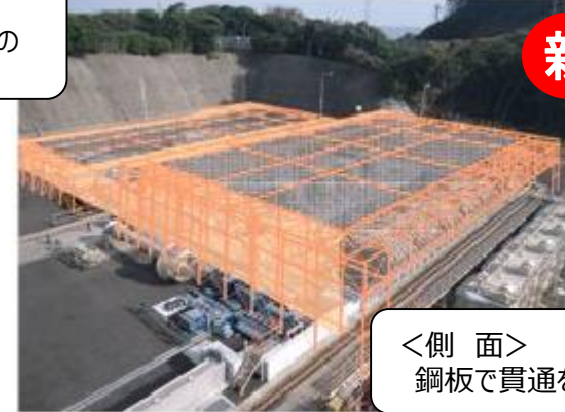
〔竜巻飛来物対策設備設置前〕



<上 面>
3重の金属ネットで飛来物の
エネルギーを吸収



〔竜巻飛来物対策設備設置後〕

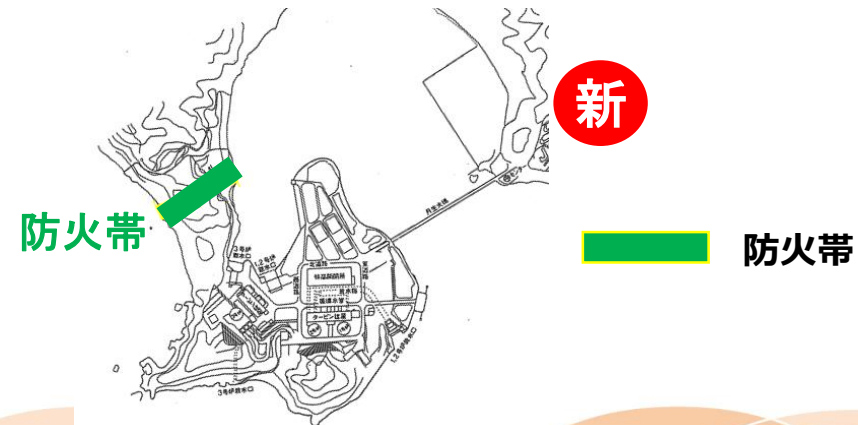


<側 面>
鋼板で貫通を阻止

外部火災対策

- 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。

○防火帯の確保

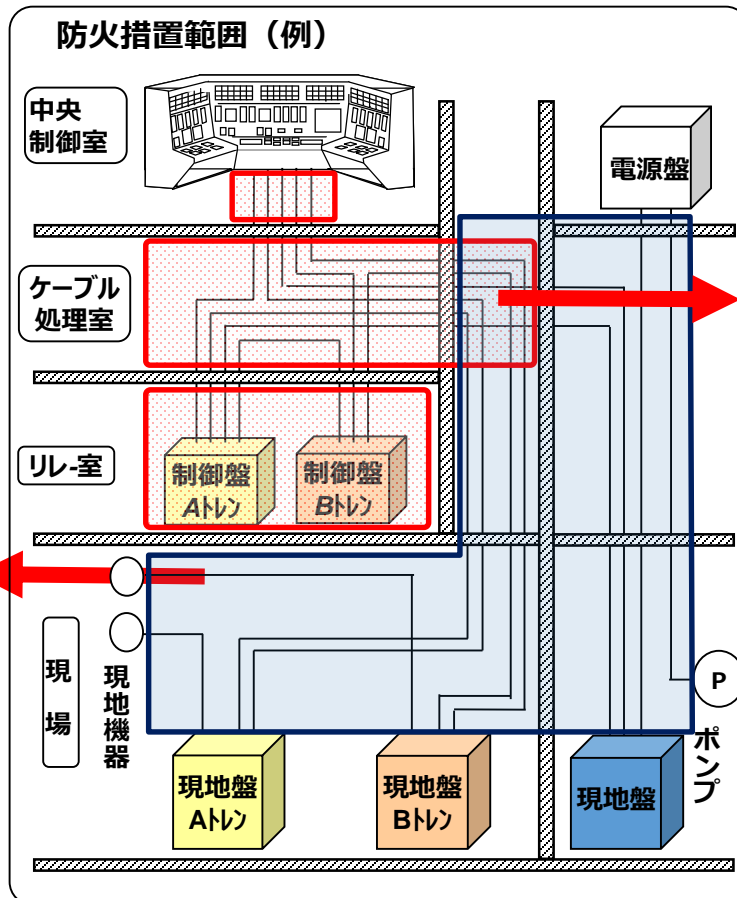


[火災対策]火災防護対策

○概要 要：火災発生防止の観点から、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、難燃性を確保するため、難燃ケーブルへの取替えや不燃材の防火シート施工による防火措置を実施する。

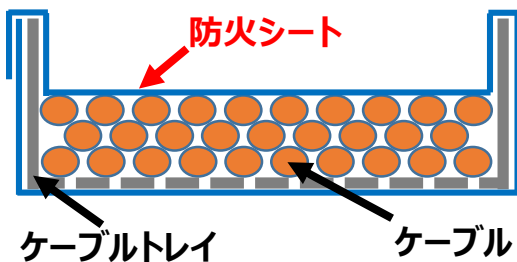
○進捗状況：順次実施中。

ケーブルの系統分離強化および防火措置範囲



- ケーブル引替およびケーブル系統分離強化対策を実施
- ケーブル張替え困難箇所について防火シート施工による防火措置を実施

ケーブル引替え困難箇所への対応



<防火シート施工箇所>

ケーブル引替箇所の状況



難燃ケーブル

ケーブルトレイ

概要

- 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。

火災感知器の追設

強化

【煙感知器】



【熱感知器】



【炎感知器】



既存の感知器680個から1,890個に強化

煙感知器[約430個増設]・・・施設全域

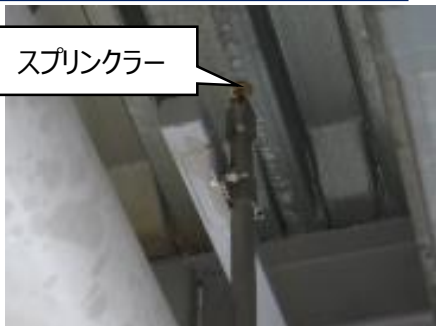
熱感知器[約730個増設]・・・隔壁、筐(きょう)体等により火災が遮られるケーブル、電気盤

炎感知器[約 50個新設]・・・火災が機器外に出るポンプ類、密集している電源盤

固定式消火設備の追設

新

スプリンクラー

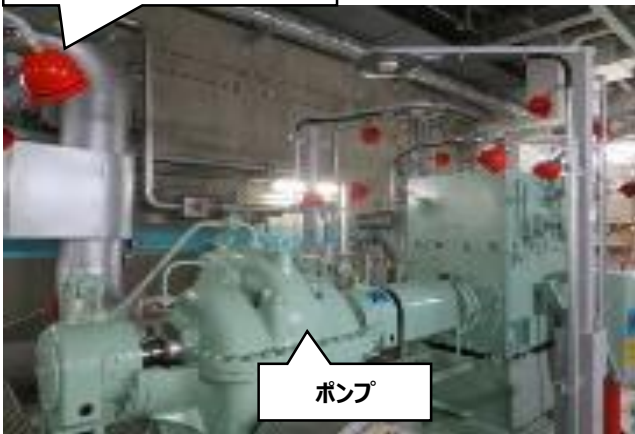


新

スプリンクラー設備[約1,200個]

ハロン消火剤ノズル

ポンプ等へのハロン消火設備[約25箇所]



新

ポンプ

ケーブルトレイへの耐火シートの巻き付け

新

ケーブルトレイ



耐火シートの巻き付け[約2,200m]

概要

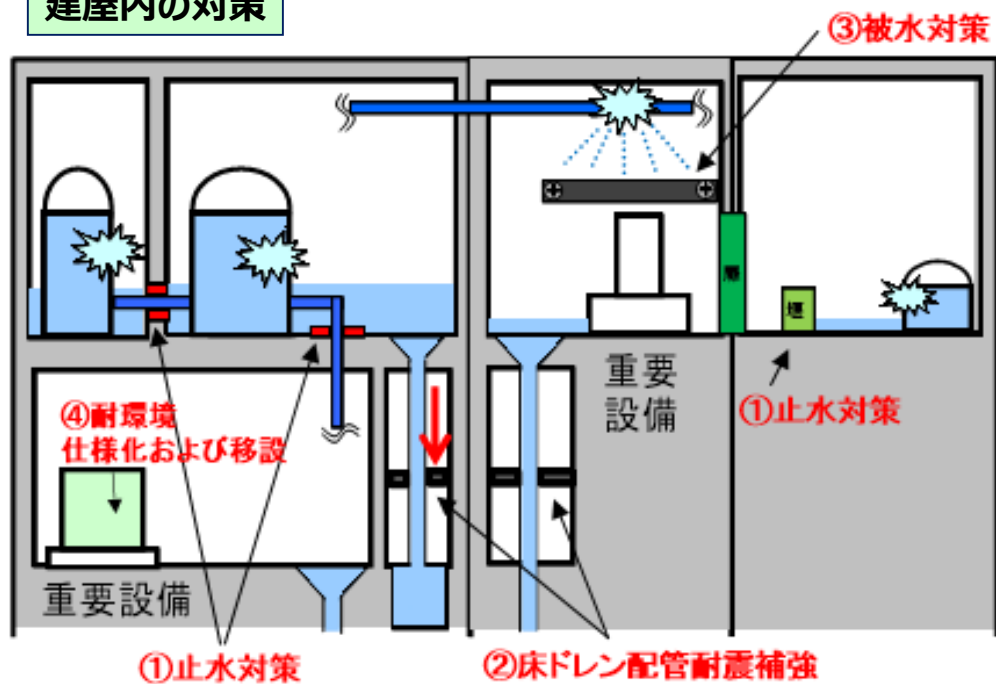
【建屋内の対策】

- 機器および配管から溢水した場合を想定し、安全上重要な設備が溢水の影響を受けないように止水対策を実施する。(①)
- 溢水の排水を期待する床ドレン配管等が地震時に破損し、排水機能を損う恐れがないように、サポート等を設置し耐震補強を実施する(②)
- 配管の破損、スプリンクラーの放水等を想定し、安全上重要な設備が被水の影響を受けないように被水対策を実施する。(③)

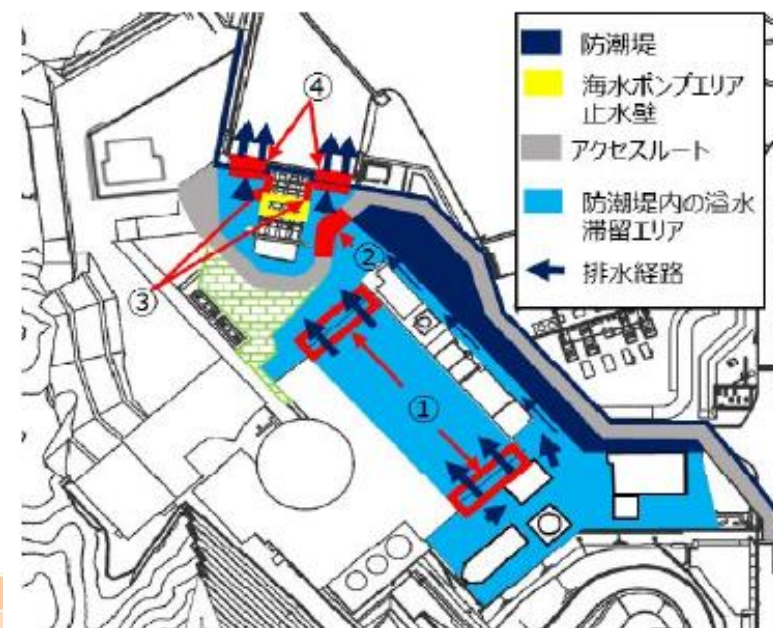
【屋外の対策】

- 屋外およびタービン建屋で溢水が発生した場合を想定し、安全上重要な設備に影響がないように、溢水対策工事を実施する。
- ①タービン建屋に合計10箇所の開口部を設置する。
- ②海水ポンプエリアのアクセスルートの一部を構台に変更する。
- ③ロータリースクリーン部に発生しうる開口部から直接海水ポンプへ泥水を流入させないために、海水ポンプ側面に泥水対策壁を設置する。
- ④防潮堤内に滞留する溢水を施設外に排出するため、取水口に屋外排水路を4箇所設置する。

建屋内の対策



屋外の対策



[万一の重大事故に対する備え]：⑨緊急時対策所の新設

- 概要 要：中央制御室以外の場所で、かつ中央制御室と共通要因により同時に機能喪失しない緊急時に対応できる建屋（耐震建屋）を設置する。
- 進捗状況：建物工事完了（2019.7）。通信設備設置工事实施中。空気供給設備設置工事他実施中。2020.9竣工予定。

基礎工事の完了

2018.3



建て方の状況

2018.12



現在の状況

2020.6



(完成イメージ)



【主な仕様】

- ・耐震構造
- ・建屋内面積 約300m²
- ・収容想定人数 最大約100人
[必要な数の要員を収容できる]

【主な機能】

- ・換気および遮蔽設備
- ・情報把握設備
- ・通信連絡設備
- ・代替交流電源
- ・事故対応に必要な資機材、食料

[自主対応]：⑩免震事務棟の設置

- 事故対応が膨大かつ長期化した場合の支援を目的に、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設置する。
- 進捗状況：免震装置設置完了（2019.6）。躯体工事完了（2019.11）。内装工事、外構工事ほぼ完了。
現在、機電設備設置中。2020.9竣工予定。

基礎工事の様子



免震装置設置の様子



現在の状況



【主な仕様】

- ・免震構造
- ・建屋内面積 約1,200m²
- ・収容想定人数 最大約200人
- ・地上2階

(完成イメージ)

【主な機能】

- ・事故対応支援スペース
- ・通信連絡設備
- ・医療処置室
- ・宿直室
- ・事故対応に必要な資機材、食料

美浜発電所の事故時対応能力の向上 (訓練関係)

発電所の緊急時対策要員の対応能力向上を図るため、その役割に応じた訓練を充実・強化。

【個別の訓練】

- 指揮者クラス対象
 - ・実践的な訓練（対応能力向上）
訓練シナリオを参加者に事前に通知せず、実動を含む原子力防災訓練
- 運転員対象
 - ・シミュレータ訓練の内容に、長時間の全交流電源喪失を想定した訓練を追加実施
 - ・重大事故等発生時対応手順の現場確認の実施
- 緊急時対策要員対象
 - ・重大事故等発生時を想定し、電源供給、給水活動等の手順に係る訓練を実施

➡ 24

【総合的な訓練】

- 原子力事業本部も含めた防災訓練を年1回実施
- 成立性確認訓練（シーケンス訓練）を年1回実施



	H30年度	H31年度	R元年度	R2年度 (7月末現在)
訓練回数	約180回	約160回	約130回	約180回

緊急安全対策要員を対象に、重大事故発生時を想定し、電源供給、給水活動等の手順に係る各種訓練を繰り返し行い、事故時対応能力の向上を図っています。



＜大容量ポンプを用いた、冷却水系統への海水供給訓練＞



＜長期にわたる事故を想定した燃料補給訓練＞



＜可搬式モニタポスト設置訓練＞

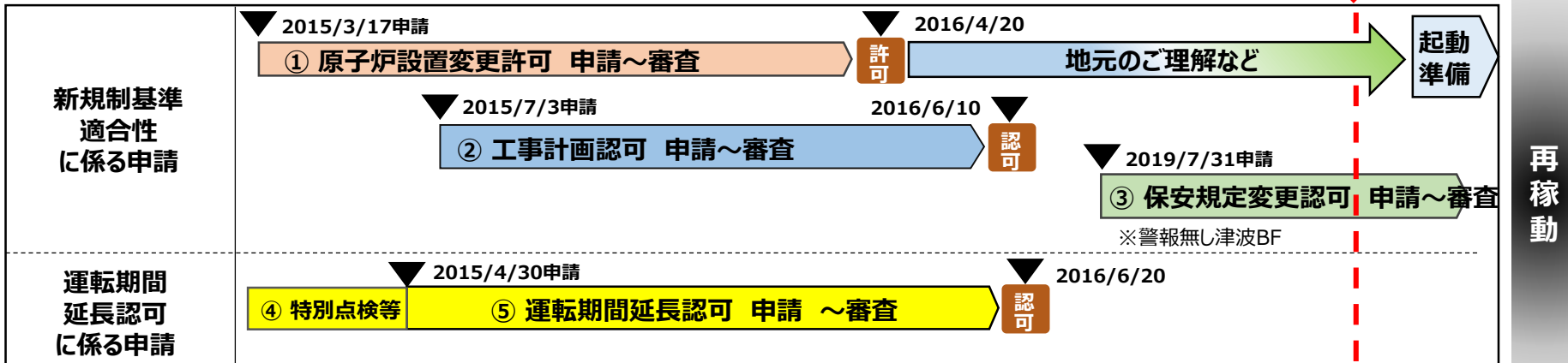


＜可搬式代替低圧注水ポンプを用いた、原子炉への注水訓練＞

高浜発電所の状況

高浜発電所 1, 2号機の審査および工事の状況

- 再稼動に必要な主な手続きの内、原子炉設置変更許可申請、工事計画認可申請、保安規定変更認可申請は既に許認可を頂いており、現在、使用前検査を受検中。
- また、60年までの運転期間延長についても、すでに認可を頂いている。



高浜発電所1,2号機の主な安全性向上対策工事工程

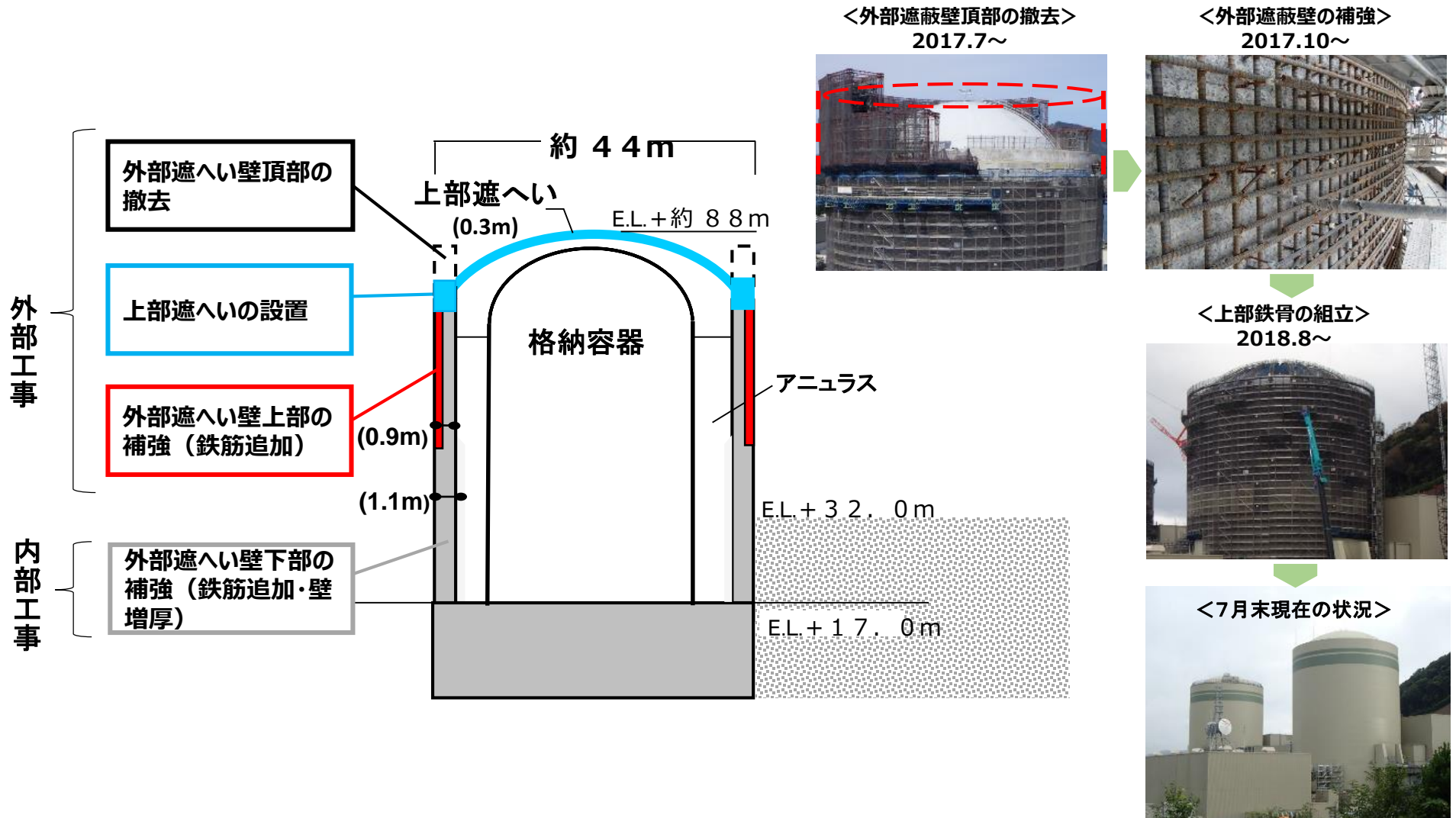
工事件名	全体工程	年度			
		2017年度	2018年度	2019年度	2020年度
1号機格納容器上部遮蔽設置	('17.2)	既設コンクリート壁の補強、トップドームの設置など			
					▼2020.7
1号機燃料取替用水タンク取替 竜巻飛来物対策	('16.9)	新タンク制作、基礎コンクリート補強等			▼2019.8
				竜巻飛来物対策	▼2020.6
2号機格納容器上部遮蔽設置	('17.2)	既設コンクリート壁の補強、トップドームの設置など			
					▼2021.1

現在 (現在)

高浜発電所の安全性向上対策 (高浜発電所固有対策)

原子炉格納容器上部遮へい設置

- 重大事故時に格納容器からの放射線を弱めるために、格納容器上部にドーム状の鉄筋コンクリート造の遮へいを設置する。
- 外部遮蔽壁の増厚ならびに補強を実施する。
- この工事により、発電所内で事故対応にあたる作業者の被ばくだけではなく、発電所周辺への影響も低減される。
(美浜発電所3号機は設置済)



緊急時対応（避難計画）への協力体制

○万一原子力発電所において施設敷地緊急事態が発生した場合、全面緊急事態が発生した場合において、当社は国の緊急時対応に基づき、種々の協力を積極的に実施する。

【支援・協力内容】

1. 発電所周辺の住民避難にかかる支援協力（要支援者の移送介助体制の整備含む）

PAZ圏内を含む、発電所周辺地域(福井県、滋賀県、京都府)の住民避難について、原子力災害対策本部からの指示に基づき、当社が保有する車両等を活用し、支援協力を行う。

- ・社有バスの提供
- ・福祉車両の提供
- ・ヘリや船舶による支援



2. 避難退域時検査場所でのスクリーニングへの支援協力

UPZ圏内からの避難者に対するスクリーニングポイントでの汚染検査について、自治体からの要請に基づき、当社ならびに他の原子力事業者の協力を得て、800人程度の要員を派遣し、支援協力を行う。
汚染検査等要員の派遣並びに検査に必要な資機材の提供を行う。

3. 原子力事業者による生活支援物資等の支援体制

UPZ圏内で関係市町が備蓄する生活物資が不足する場合に備えて、関西電力で備蓄している食料、生活物資等支援する備蓄体制を整備済。

4. その他、ヨウ素剤の貸与、放射線防護資器材の支援等を実施する。



各発電所の状況

当社の原子力発電所の状況

発電所名	電気出力 (万kW)	状況
美浜1号機	34.0	2015.3.17廃止決定、2015.4.27運転終了 (1号機、2号機ともに2次系設備の解体撤去作業を実施中)
美浜2号機	50.0	
美浜3号機	82.6	安全対策工事を実施中 (2020年9月頃工事完了予定)
高浜1号機	82.6	安全対策工事を実施中 (2020年9月頃工事完了予定)
高浜2号機	82.6	安全対策工事を実施中 (2021年4月頃工事完了予定)
高浜3号機	87.0	2020.1.6～第24回定期検査実施中
高浜4号機	87.0	安定運転中
大飯1号機	117.5	2017.12.22廃止決定、2018.3.1運転終了 (1号機、2号機ともに系統除染作業準備、2次系設備の解体撤去作業を 実施中)
大飯2号機	117.5	
大飯3号機	118.0	2020.7.20～第18回定期検査実施中
大飯4号機	118.0	安定運転中