

美浜、高浜発電所現地確認時資料

参考資料

2021年4月9日

目 次

○美浜発電所現地確認時資料	1	～	11
○高浜発電所現地確認時資料	12	～	55

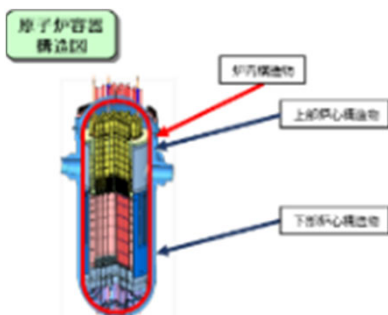
美浜発電所現地確認時資料

美浜3号機 主な安全性向上対策の概要

美浜3号機特有な対策

【炉内構造物取替】

- ・炉内構造物を最新型に取替



【新炉内構造物（外観）】



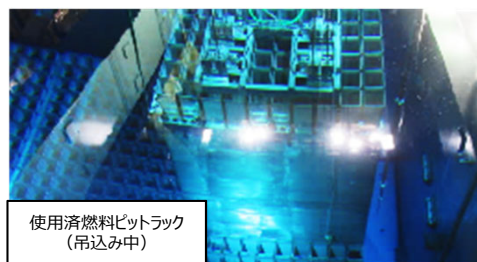
【使用済燃料ピット補強】

- ・支持岩盤に鉄筋コンクリート造の床の施工、鋼管杭を打設



【使用済燃料ピットラック取替】

- ・床に固定しない「フリースタANDINGラック」に取替



【構台の設置】

- ・盛土の敷地部を削り、新たに構台を設置

構台設置後



【中央制御盤取替】(自主)

- ・アナログ式から最新のデジタル式に取替



【緊急時対策所】

- ・事故制圧・拡大防止を図るための対策本部



【免震事務棟】(自主)

- ・事故対応が長期化した場合の支援
(要員待機、資機材保管)



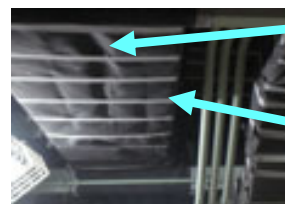
【防潮堤設置】



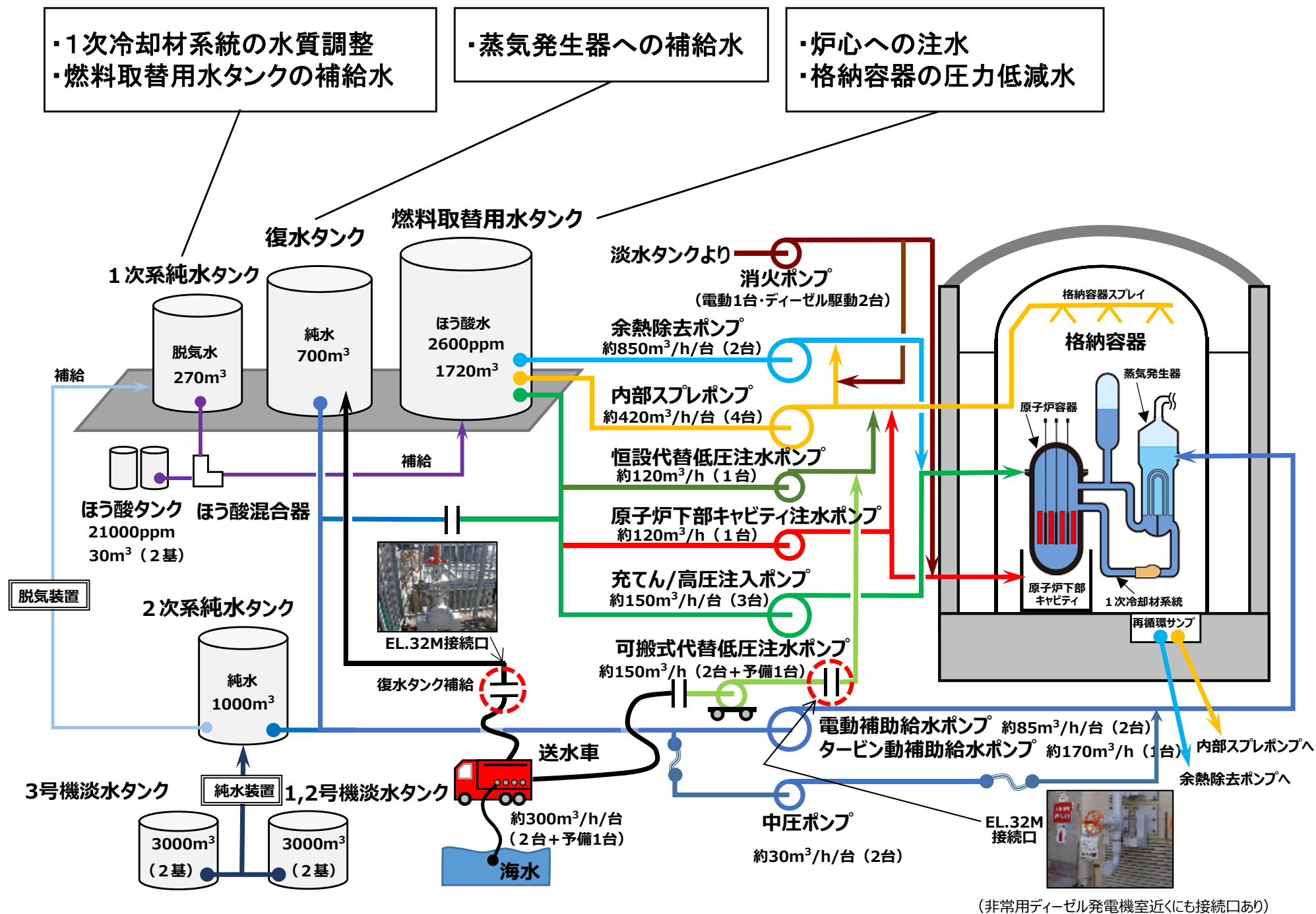
- ・耐津波性(T.P.+4.0~4.2m)向上のため防潮堤(T.P.+5.5~6.0m)を設置

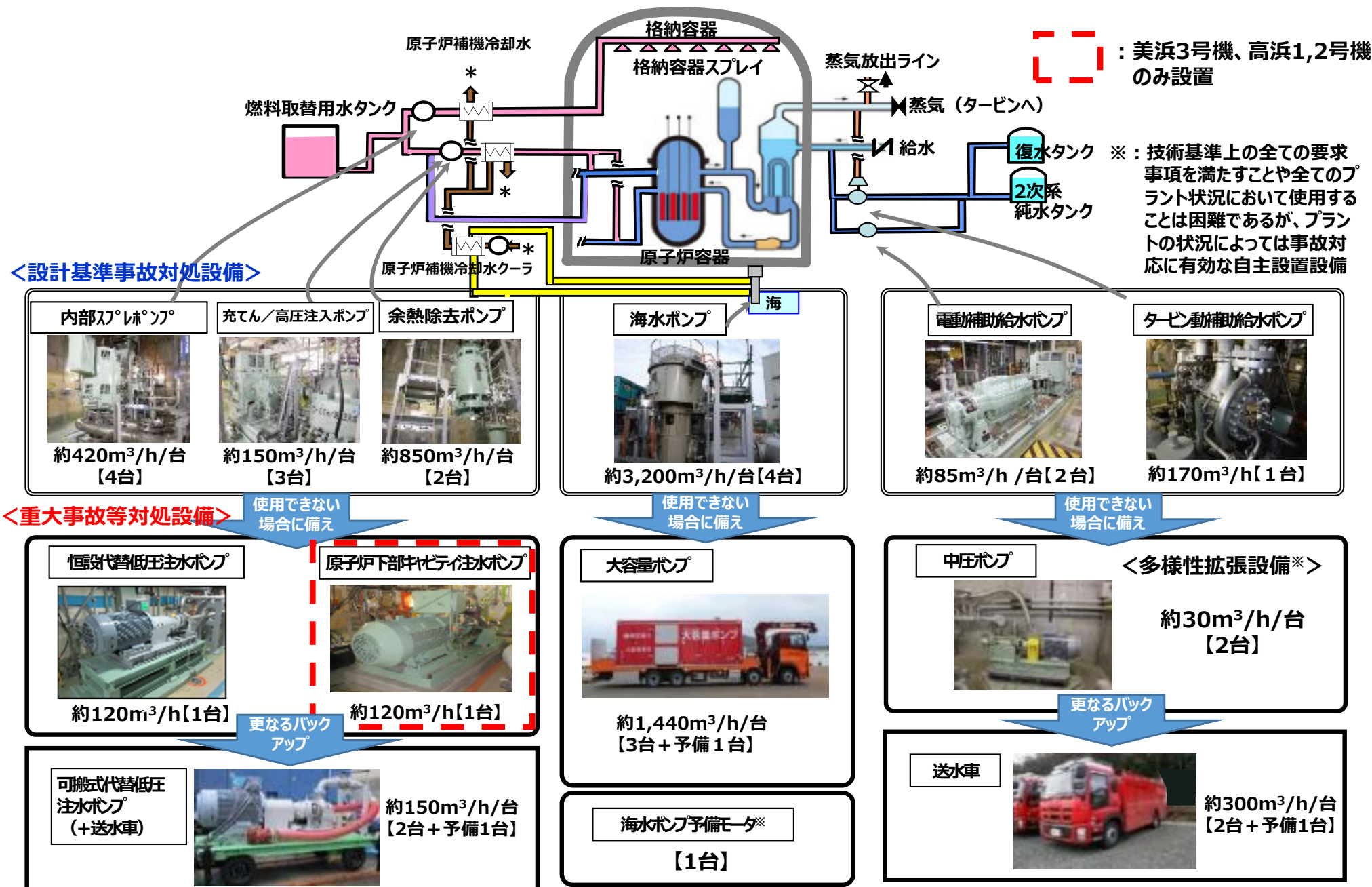
【火災防護対策】

- ・重要なケーブルを燃えにくい難燃ケーブルへ引替
- ・ケーブルトレイに防火シートを施工



美浜3号機 原子炉容器および蒸気発生器への注水水源





<設計基準事故対処設備>

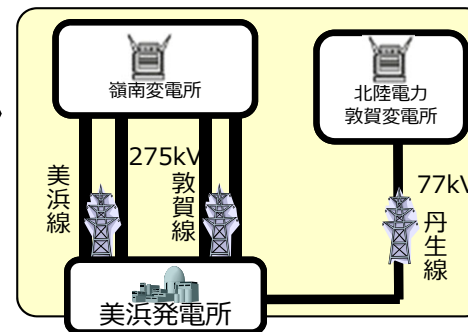


外部電源
(5回線)

外部電源
喪失時

非常用ディーゼル発電機
(2台)
【3,900kW/台】

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)
【1,460kW/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)
【488kW/台】



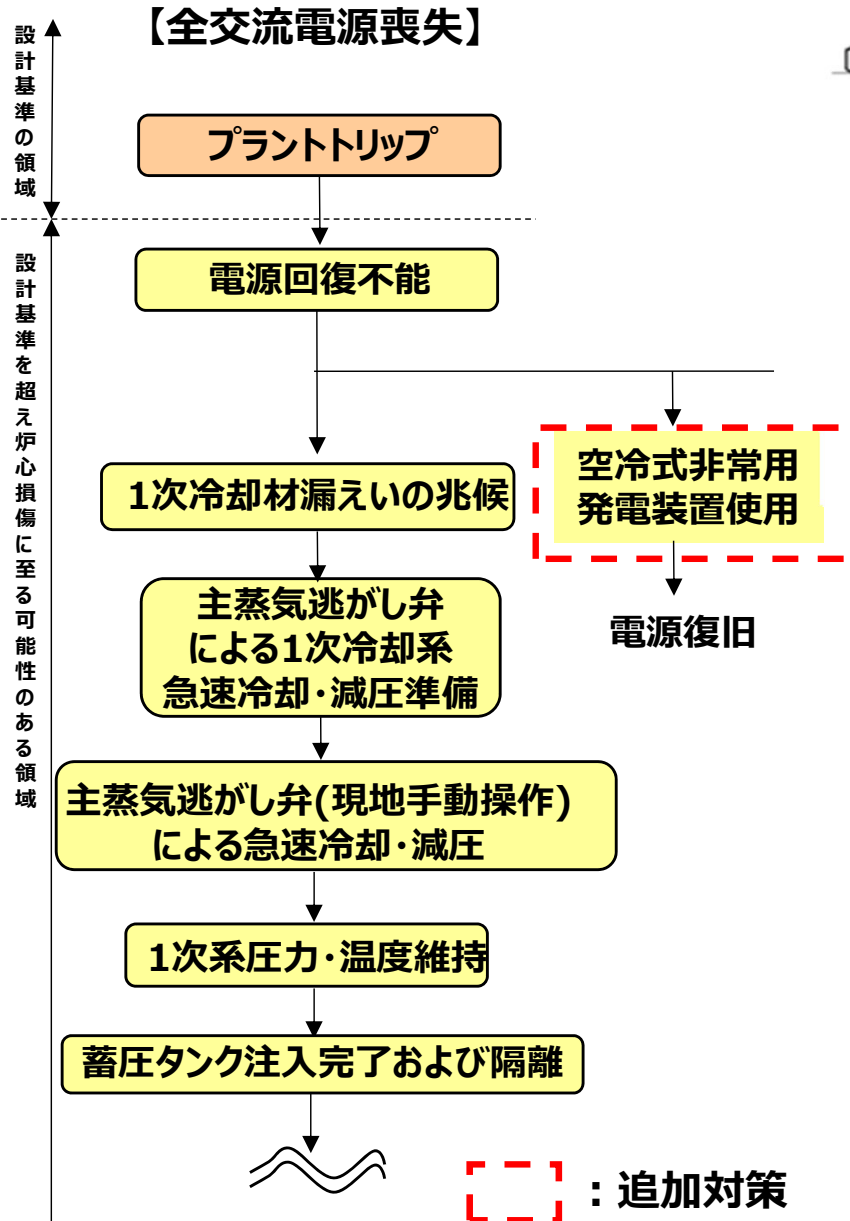
※：多様性拡張設備

(1,2号機側の電源)

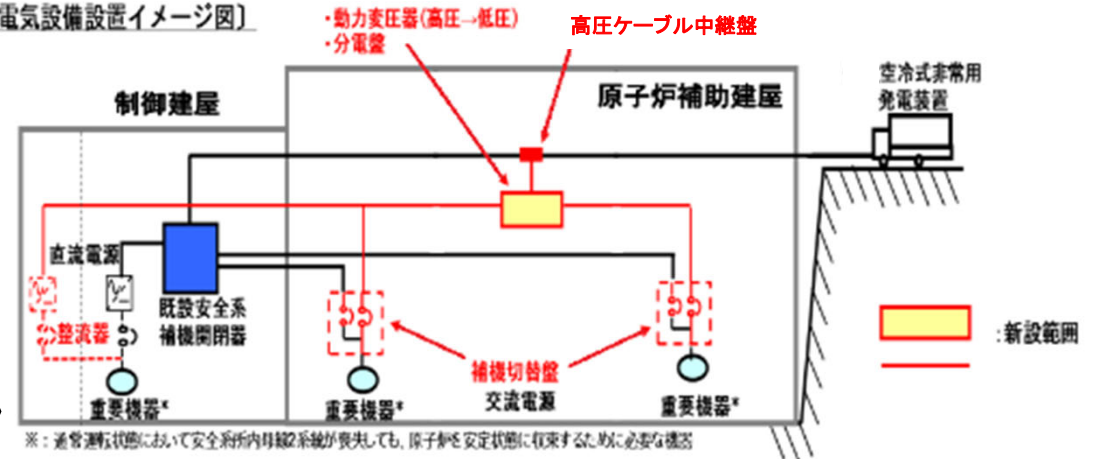
2号機非常用ディーゼル発電機 (1台) : 3,300kW

空冷式非常用発電装置 (2台+予備1台) : 1,460kW/台





【代替所内電気設備設置イメージ図】



手順については、事故時操作所則第2部およびSA所達に定めている。
空冷式DGを起動、運転状態の確認。続けて2台目の起動を実施。
中央制御室2人 現場2人で、約19分で実施。（設置許可）
訓練も継続的に実施。

【空冷式DGの操作】

・中央制御室からの起動



・電源復旧操作



美浜発電所 32m構台の設置

【概要】3号機横の高台は、原子炉補助建屋、燃料油貯蔵タンク及び燃料油配管に対して地震（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。

工事着手前



先行掘削後(2019.3)



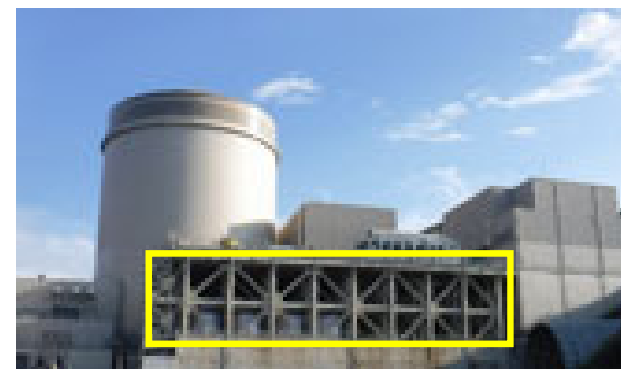
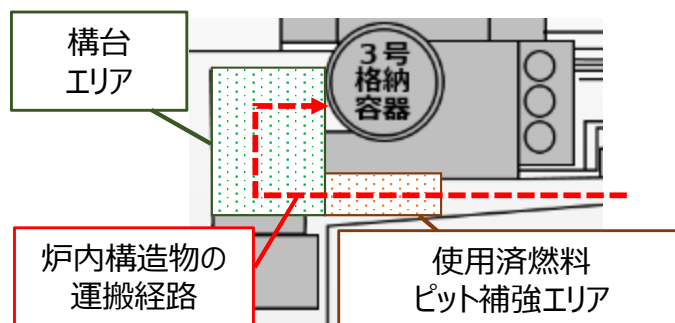
構台設置状況(2020.2)



構台設置完了後の炉内構造物取替工事への引き渡し



新構台の上部



新構台

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、炉内構造物を搬入した。

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

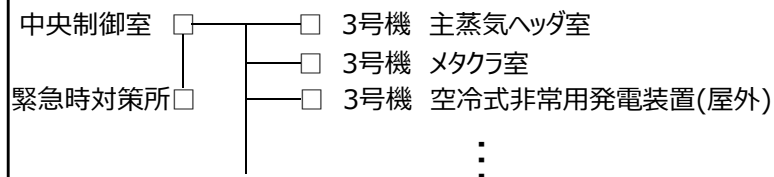


電源喪失で設備が
使用できない場合

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(8箇所)を実施】



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。

携行型通話装置



中央制御室 15 台配備

(例)現場接続箇所



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

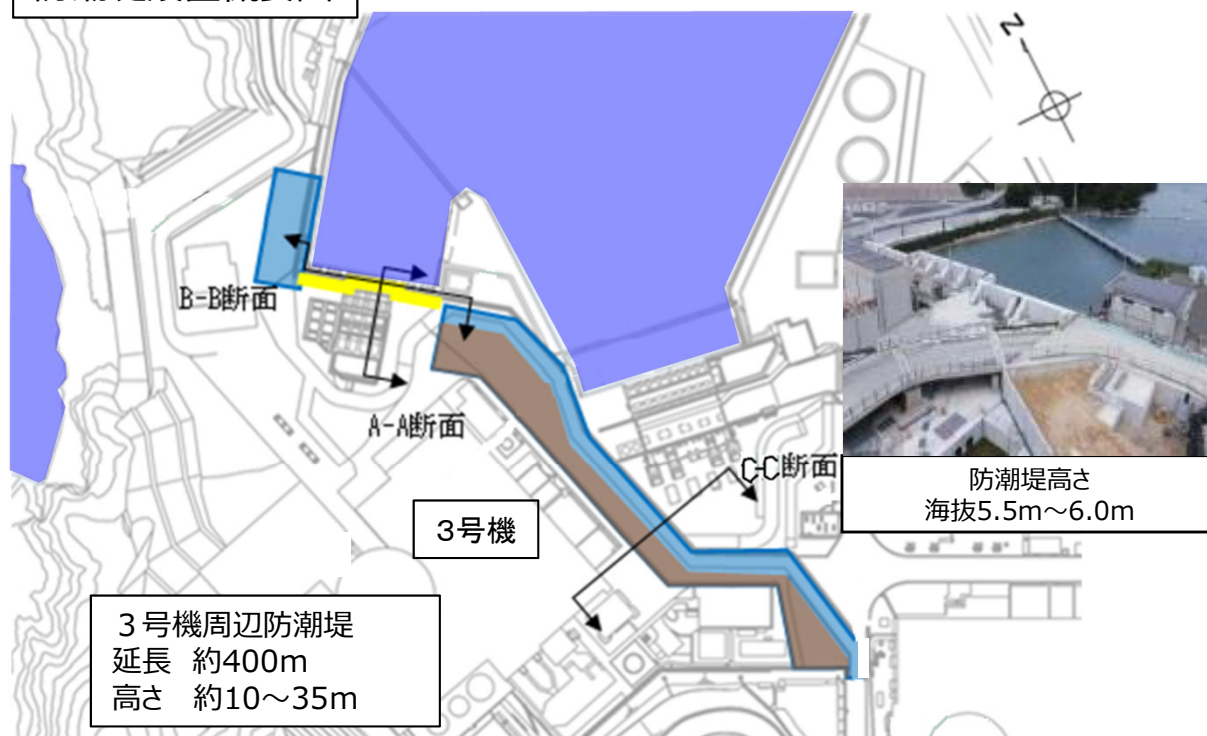


中央制御室他 10 台配備

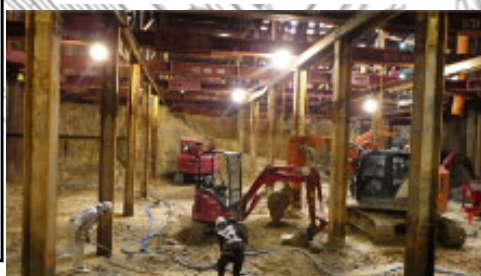
美浜3号機 防潮堤の設置

- 美浜3号機周辺に、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。
- 美浜発電所外周に、海拔4.5m～7.0mの防潮堤（外周防潮堤）を設置。

防潮堤設置概要図



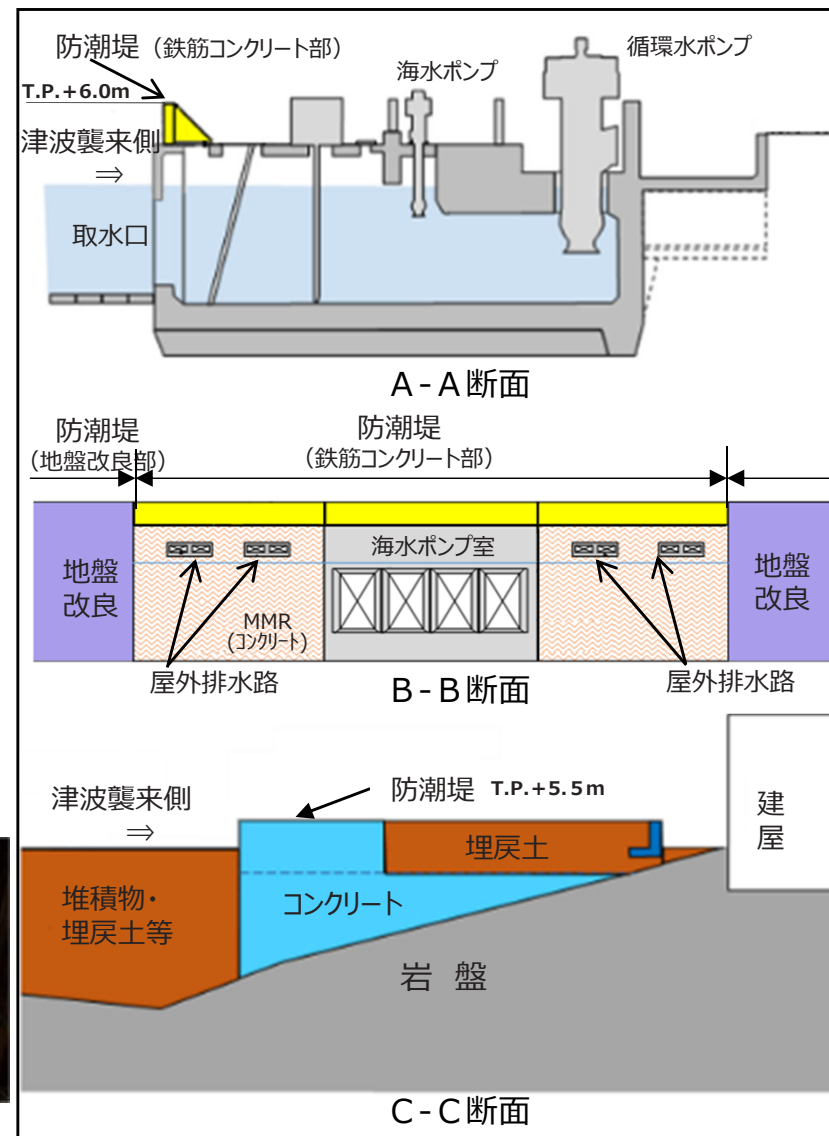
地盤（土砂）の掘削時の様子



コンクリート打設の様子



- コンクリート
L ≒ 330m
- 鉄筋コンクリート
L ≒ 70m

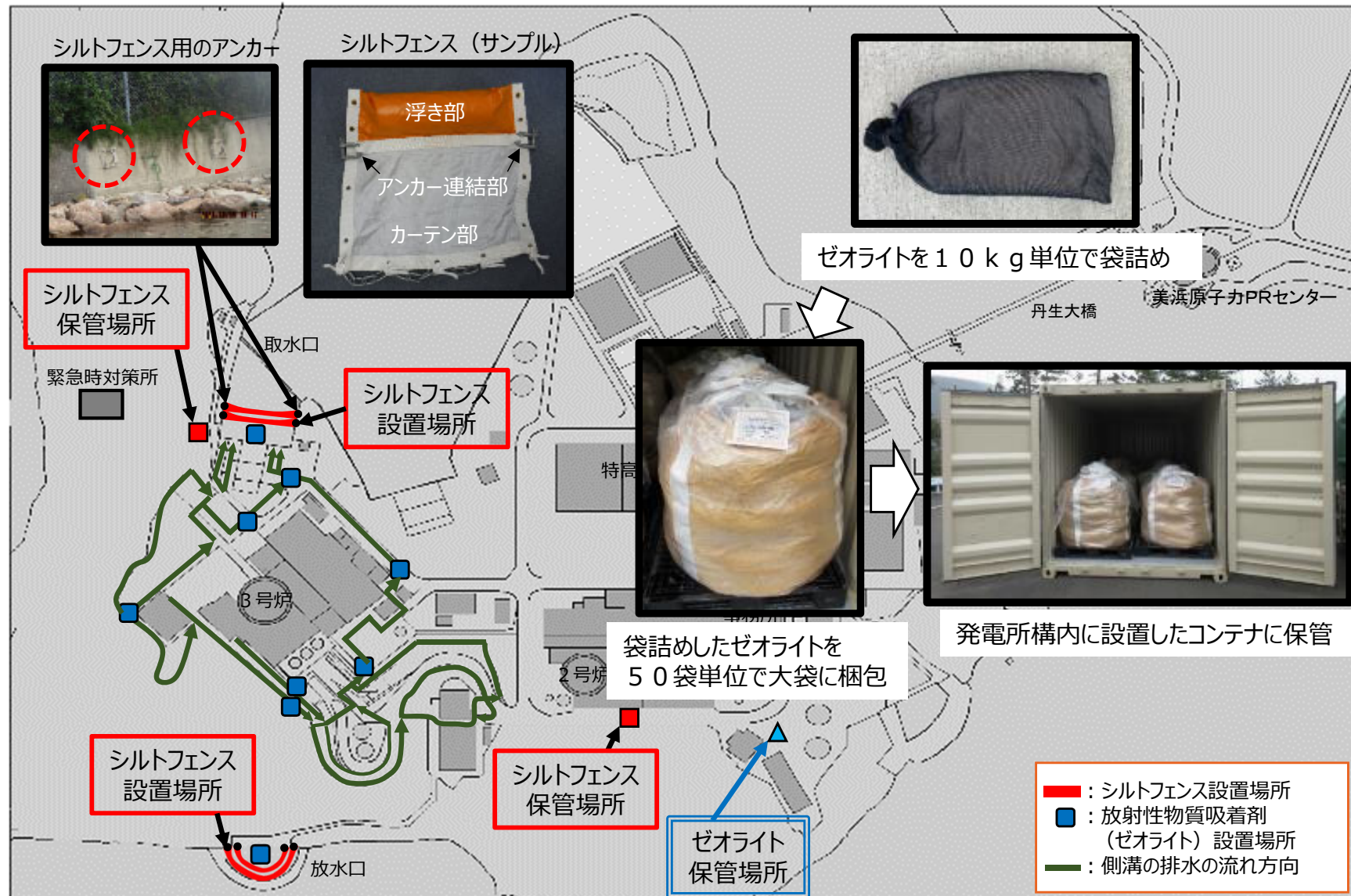


美浜3号機 シルトフェンス・ゼオライト（吸着剤）の保管状況等

9

○海洋への放射性物質の拡散抑制対策として、取水口、放水口に設置するシルトフェンスを発電所に保管済み。

○放射性物質拡散抑制対策として、側溝等に設置する吸着剤（ゼオライト）を発電所に保管済み。（美浜3号機：5 t）



美浜3号機 特別点検

原子炉容器点検

原子炉容器に対し、超音波を使った探傷試験や電流を使った渦流探傷試験などを行い、「傷」がないことを確認しました。



検査用のロボット

1次冷却材
ノズルコーナー部
(渦流探傷試験)

炉心領域の
母材及び溶接部
(超音波探傷試験)

炉内計装筒の
溶接部及び内面
(渦流探傷試験、
目視試験)

原子炉容器

- 点検の結果、いずれの設備にも異常はありませんでした。
- 点検結果は、原子力規制委員会にも確認頂き、運転期間延長が認可されました。

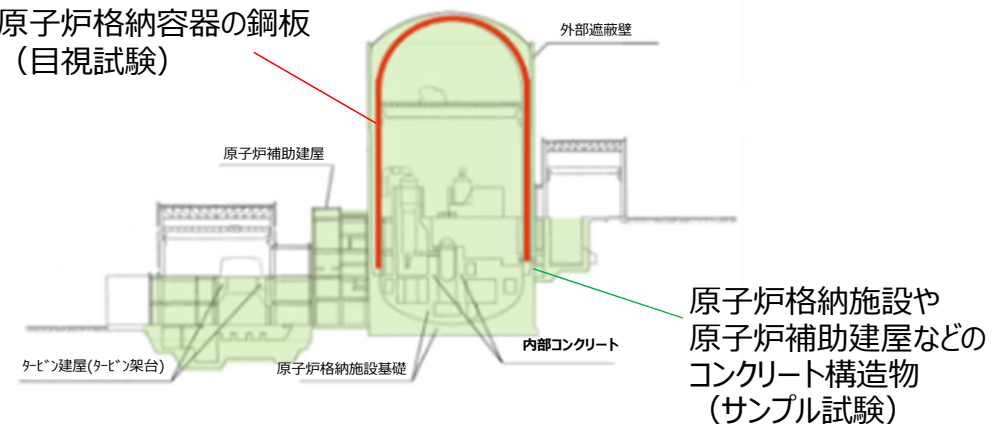
原子炉格納容器点検

原子炉格納容器の鋼板の内外表面を目視で念入りに確認し、「塗装のはがれ」や「腐食」がないことを確認しました。



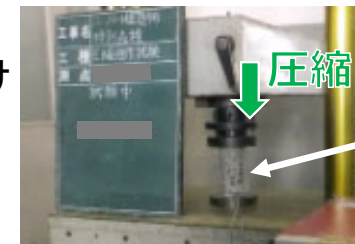
目視試験の様子

原子炉格納容器の鋼板
(目視試験)



コンクリート構造物点検

原子炉格納施設などのコンクリート構造物からサンプルを採取し、「強度」や「遮蔽能力」などに異常がないことを確認しました。

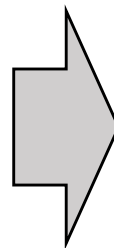
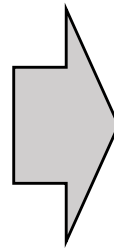


試験の様子



コアサンプル

基準地震動の見直し（750ガル→993ガル）を踏まえ、機器、配管等の耐震評価結果に基づき、サポート補強を実施



高浜発電所現地確認時資料

高浜1、2号機特有な対策

【原子炉格納容器上部遮へい設置】

- ・事故時環境線量の低減を目的に鉄筋コンクリート造の上部遮蔽及び鉄骨梁の複合構造のトップドーム（屋根）を設置

【施工前】



【施工後】



【中央制御盤取替】(自主)

- ・アナログ式から最新のデジタル式に取替



取材箇所

※中央制御室は
代表撮影社のみ

【燃料取替用水タンク取替】

- ・耐震裕度を向上させるためタンクを取替

最大厚さ
約30mm→約40mm



【緊急時対策所】

- ・事故制圧、拡大防止を図るための対策本部



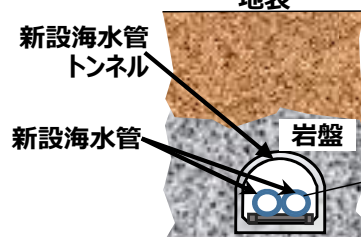
【免震事務棟】(自主)

- ・事故対応が長期化した場合の支援
(要員待機、資機材保管)



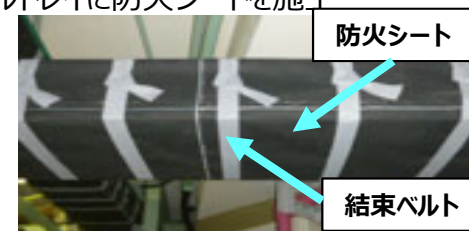
【海水取水設備移設】

- ・耐震性向上のため、強固な地盤に海水管トンネルを設置し、海水管を敷設



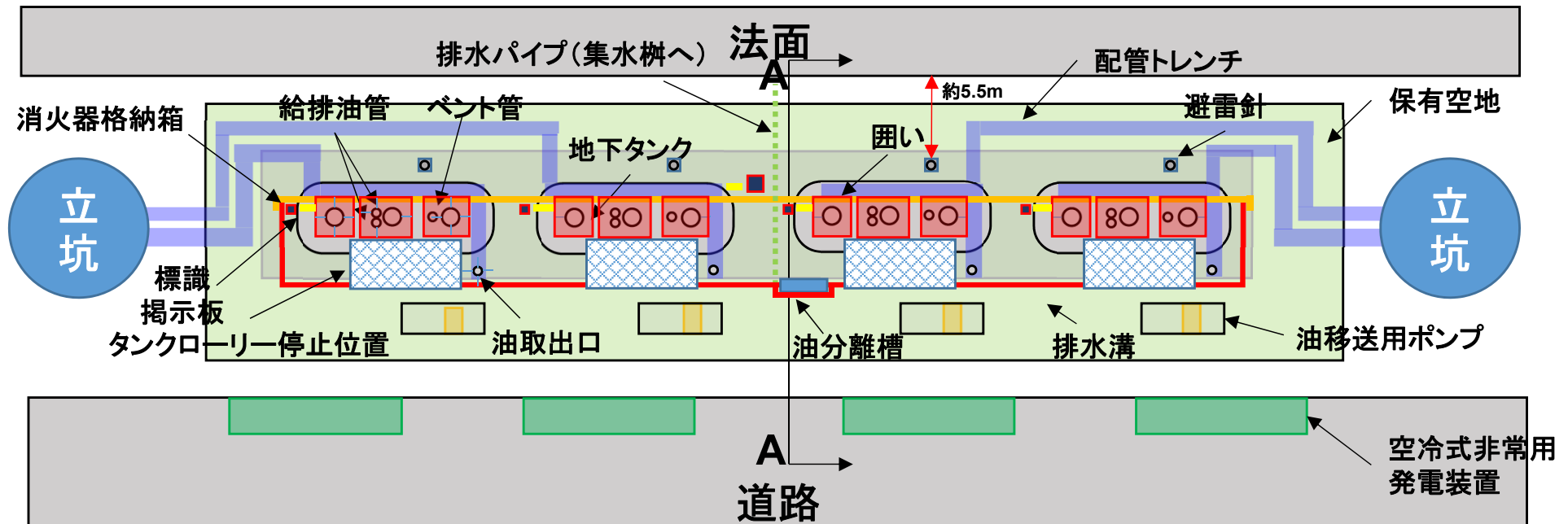
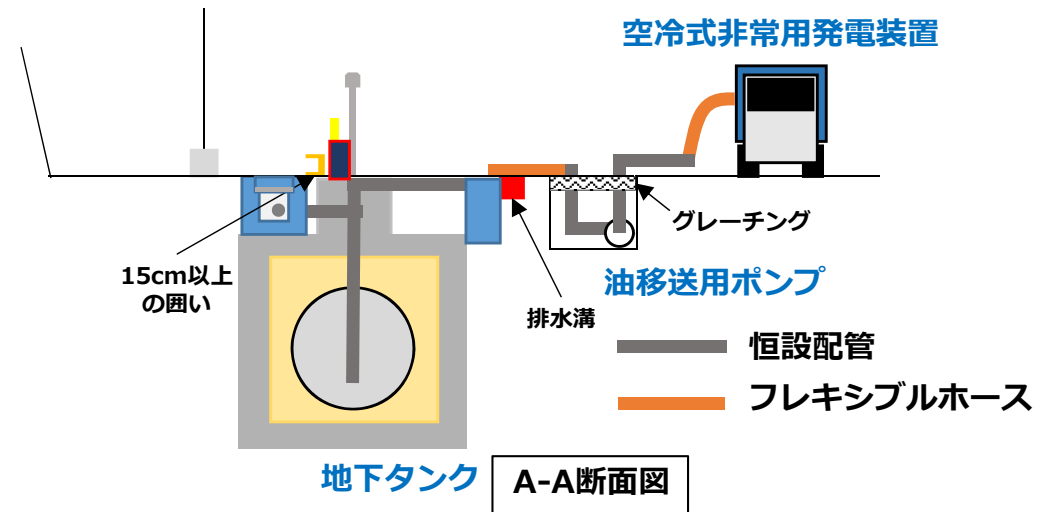
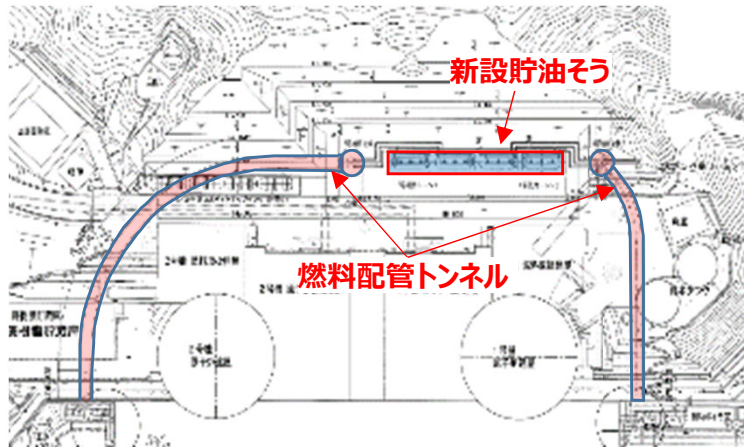
【火災防護対策】

- ・重要なケーブルを燃えにくい難燃ケーブルへ引替
- ・ケーブルトレイに防火シートを施工



重大事故に対する備え（①非常用ディーゼル発電機燃料貯油そう設置工事）

- 重大事故時、7日間は外部からの支援無しに対応を継続する必要があることから、非常用ディーゼル発電機の燃料貯油そうを新たに設置（200m³/基×2基/ユニット）
- 基準地震動の増加に対応するため、背面道路を拡張した上で地下に新たな耐震タンクを設置



重大事故に対する備え（②内部火災対策）

○内部火災によって安全上重要な設備が焼損することを防止するため、早期検知・早期消火する設備を整えるとともに、ケーブルの難燃化等の対策を実施

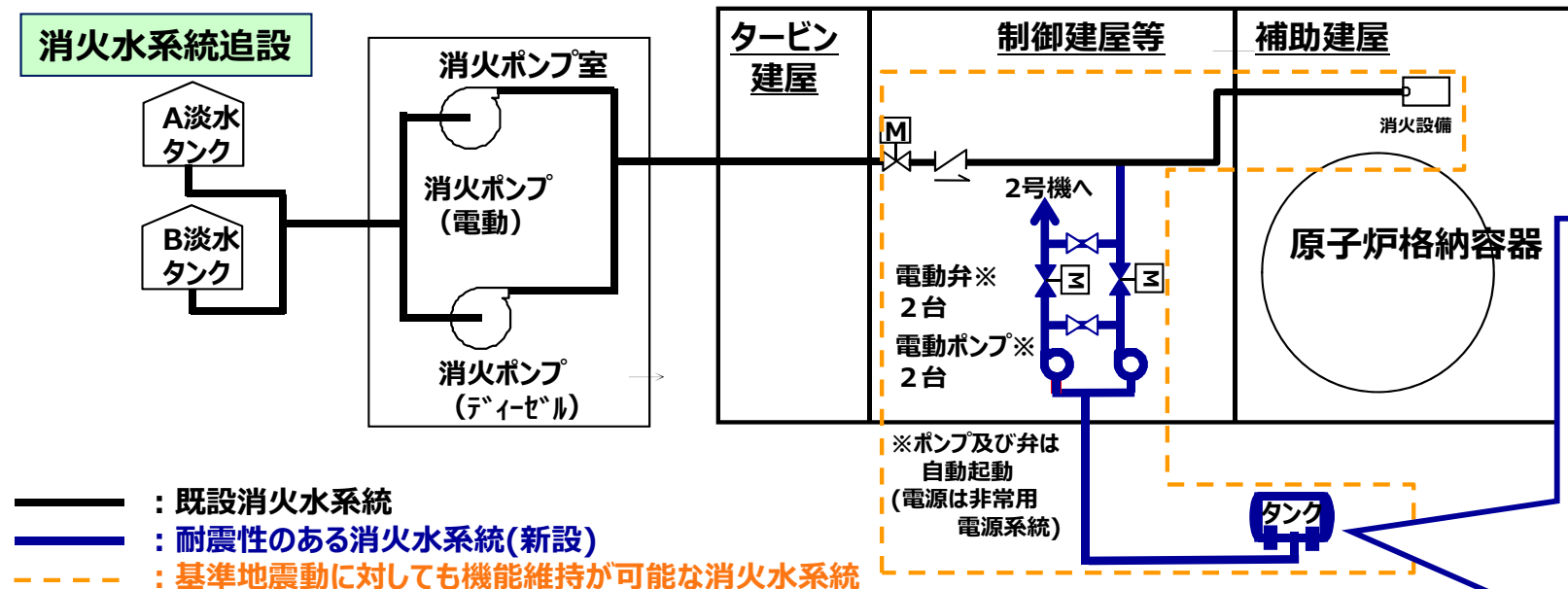
①地震後の出火に対しても速やかに対処するため、従来の消火設備（タンク等）は耐震性を有しないことから、

耐震性のあるタンク（消火水バックアップタンク）・ポンプを設置

②火災の早期検知のため、火災感知器を追加設置

③火災の早期消火のため、ハロン消火装置（ポンプ等）、スプリンクラー、ケーブルトレイ消火装置を設置

④火災の影響を緩和するため、非難燃ケーブルの難燃ケーブルへの引替え、防火シートを用いた防火措置を実施



消火水バックアップタンク新設
(150m³×4基/1・2号機)

ハロン消火剤ノズル(局所*)
51対象機器新設

*全域ハロンは
24区画に新設



スプリンクラー
約600個新設
(配管約4,000m)



火災感知器
約2,500個
(約1,200個新設)

重大事故に対する備え（③放射性物質吸着剤の設置）

○炉心損傷が発生した状態で、格納容器へのスプレイが実施できない場合等は、放射性物質放出抑制の観点から放水砲による放水を実施するとともに、シルトフェンスや放射性物質吸着剤（ゼオライト）を設置することで、海域への放射性物質放出を抑制

○ゼオライトは一袋約10kg、合計900袋以上を設置（コンテナ2個に500袋ずつ保管）

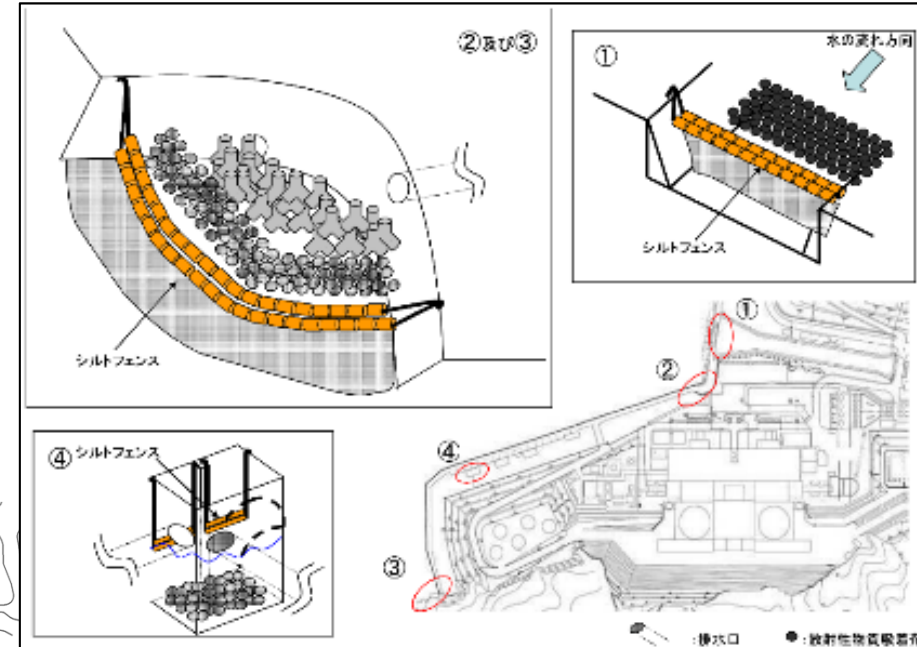


ゼオライト

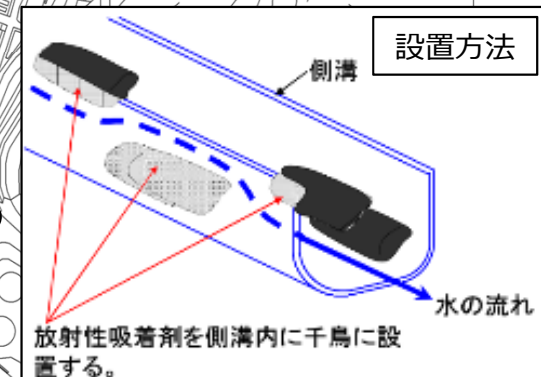
放射性物質
吸着剤保管場所
(3,4号機用)

側溝への放射性物質吸着剤の設置数量
約17袋×36ヶ所＝約612袋

放射性物質吸着剤の設置個所



シルトフェンス付近への放射性物質吸着剤の設置数量
約80袋×4ヶ所＝約320袋



設置方法

側溝

水の流れ

放射性吸着剤を側溝内に千鳥に設置する。

保管状態



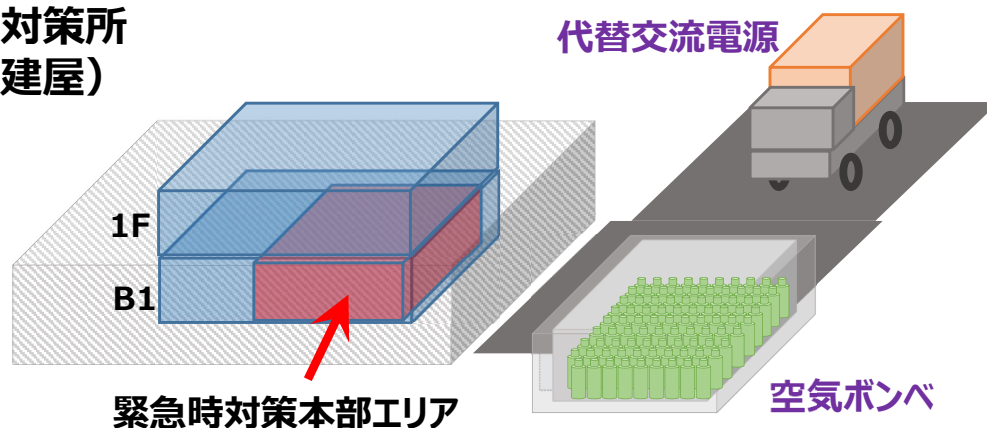
10kg×50袋×10パック
をコンテナ2個に保管

放射性物質
吸着剤保管場所

重大事故に対する備え（④緊急時対策所設置）

- 1号機から4号機で同時に重大事故が発生しても、必要な事故対応の指揮ができるよう、規制要求事項※に適合する緊急時対策所（耐震建屋）を設置
 - ※ 耐震性、対津波性に加え、共通要因で中央制御室と同時に機能を喪失しないこと
- 事故対応要員をより多く収容するため、免震構造を有する建屋を設置（自主的措置）

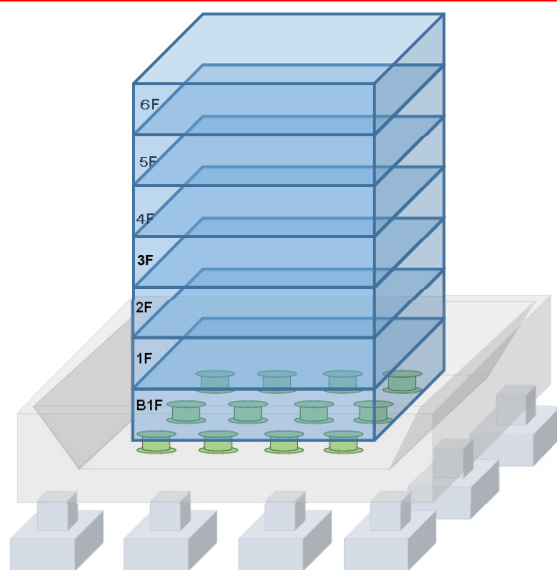
緊急時対策所 （耐震建屋）



【主な仕様】

- ・耐震構造
- ・建屋内面積 約750㎡
- ・収容人数 最大約200人
〔必要な数の要員を収容できる〕
- ・換気および遮へい設備
- ・情報把握設備
- ・通信連絡設備

免震事務棟 （免震建屋）



【主な仕様】

- ・免震構造
- ・建屋内面積 約4,000㎡
- ・収容想定人数 最大約800人
- ・通信連絡設備
- ・非常用発電装置

 : 規制要求

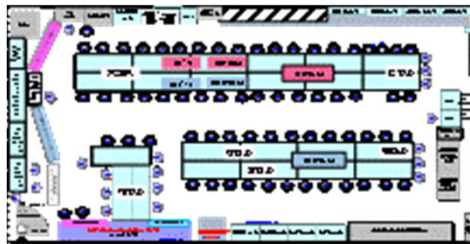
重大事故に対する備え（④緊急時対策所設置）

17

○3,4号機再稼働の際は、1,2号機建屋内に緊急時対策所を設置（旧）
⇒2019.6に新緊急時対策所が運用を開始

旧

【指揮所】

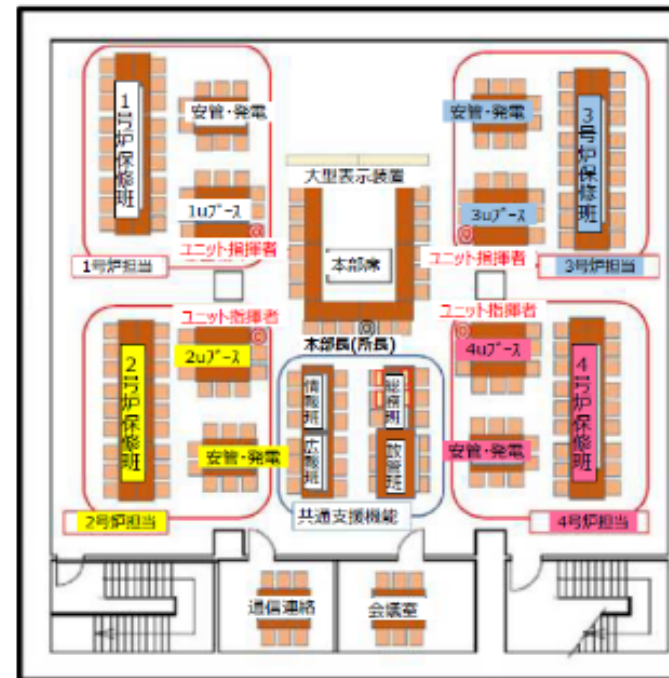


【待機所】



新

【B1F】



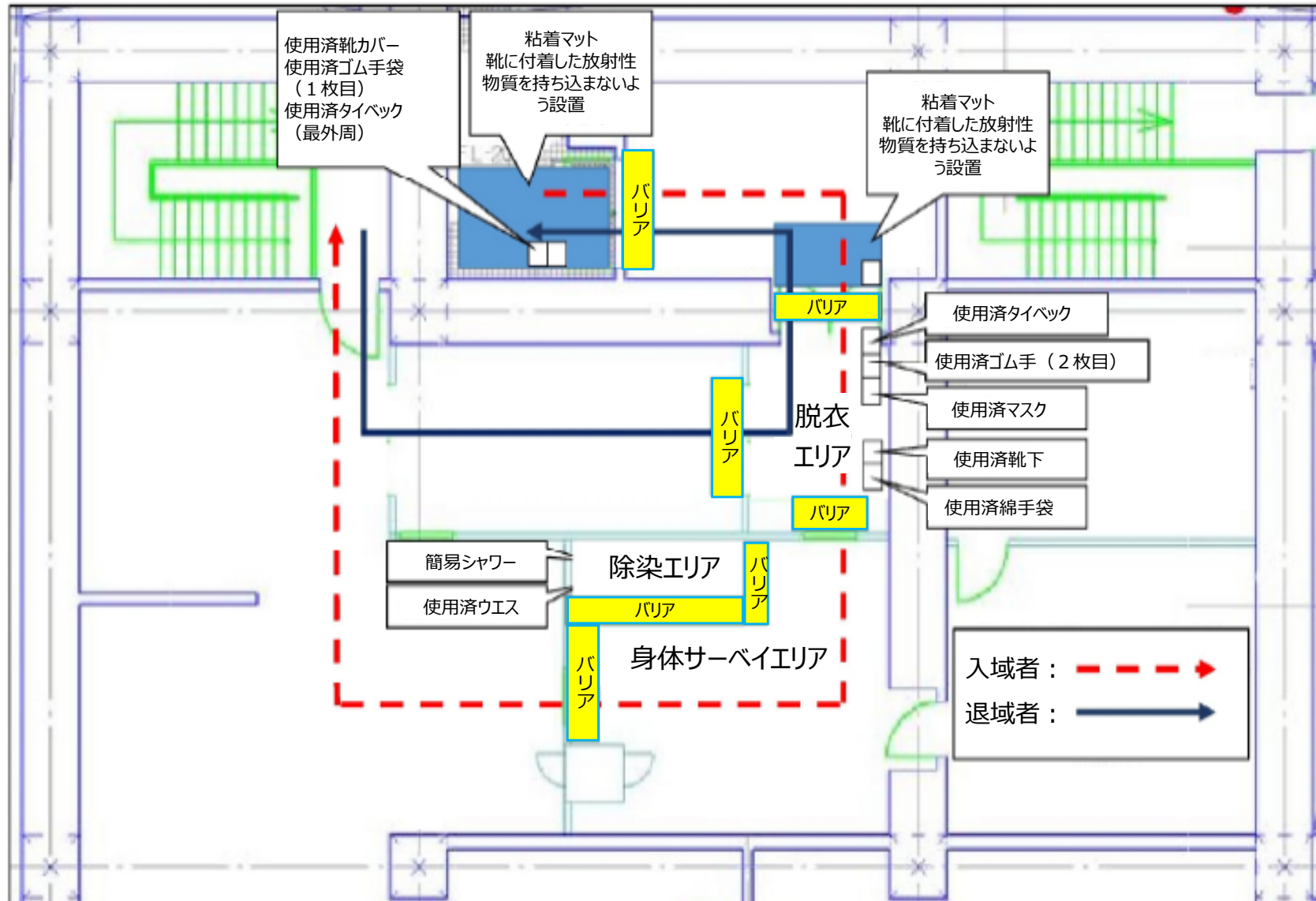
【1F】



項目	旧仕様	新仕様
面積	・指揮所 約108m ² ・待機所 約33m ² ⇒合計約141m ²	・指揮所＋待機所 約750m ² （約5.3倍）
収容人数	・指揮所86人 ・待機所27人 ⇒合計113人	・200人

重大事故に対する備え（④緊急時対策所設置）

- シビアアクシデント時は、屋外が汚染されているため、緊急時対策所内に汚染を持ち込まないように、チェンジングエリア内でタイベック・ゴム手・マスク等の装備を脱衣し、サーベイした後に入室
- 汚染が確認された場合は、簡易シャワー等を用いて除染

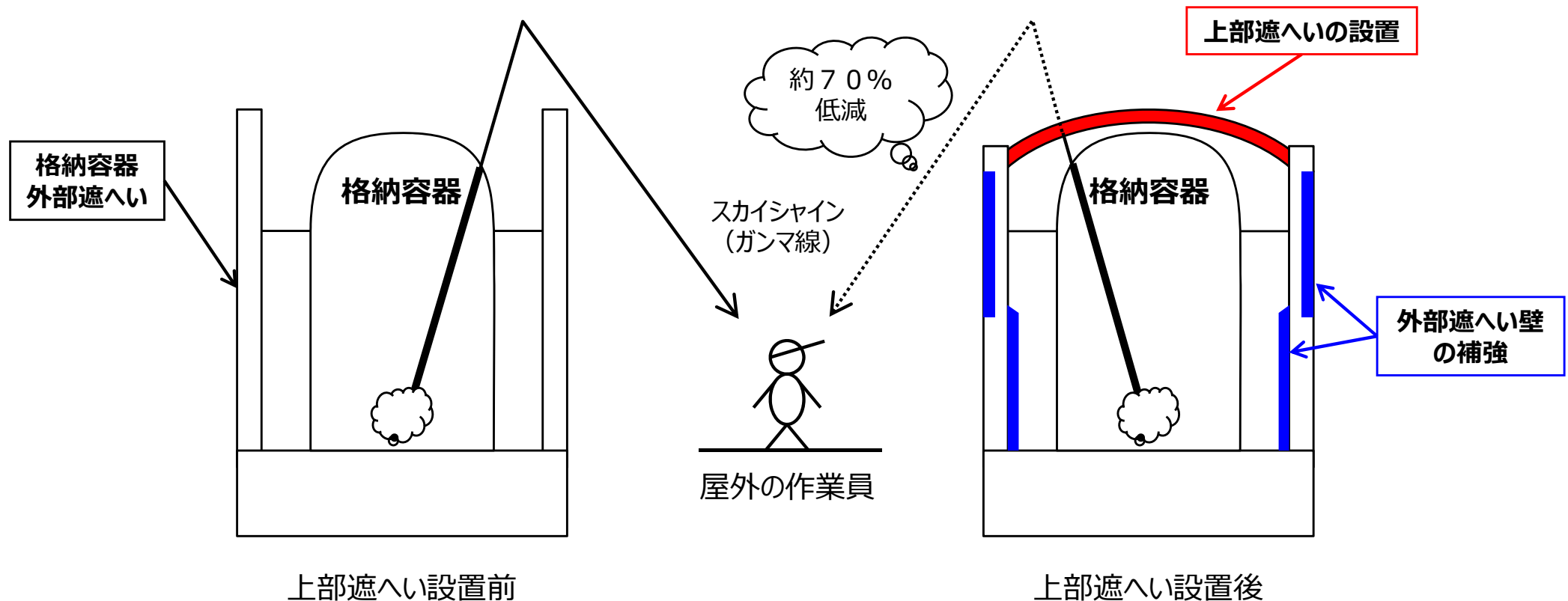


重大事故に対する備え

(⑤格納容器上部遮へい設置工事、⑪格納容器外部遮へい下部補強工事)

- 炉心溶融後、事故収束に当たる要員は新たに導入された可搬式設備を用いて屋外で作業するが、炉心の溶融によって作業環境の線量は高くなる。
- 特に、高浜1, 2号機は格納容器上部に遮へいを持たない構造であったことから、炉心溶融後はスカイシャイン*によって周辺線量が高くなり、要員の作業が困難となる
- このため、**格納容器上部に遮へいを設けた**
これにより、スカイシャインガンマ線による作業員の被ばく線量は70%低減される
- また、**基準地震動の増大に対応するため、外部遮へい壁の補強を実施した**

*スカイシャイン：格納容器の上部（天井・トップドーム）を通過して外部へ漏れ出た放射線が建屋上方の空气中で散乱され、格納容器から離れた地上付近に降り注ぐ現象



重大事故に対する備え

(⑤格納容器上部遮へい設置工事、⑪格納容器外部遮へい下部補強工事)

- 格納容器上部遮へい（トップドーム）を設置することにより、約1,800トンの重量増となることから、これに見合う重量分の外部遮へい壁頂部を予め撤去
- 耐震補強のため、外部遮へい壁の増厚ならびに補強を実施

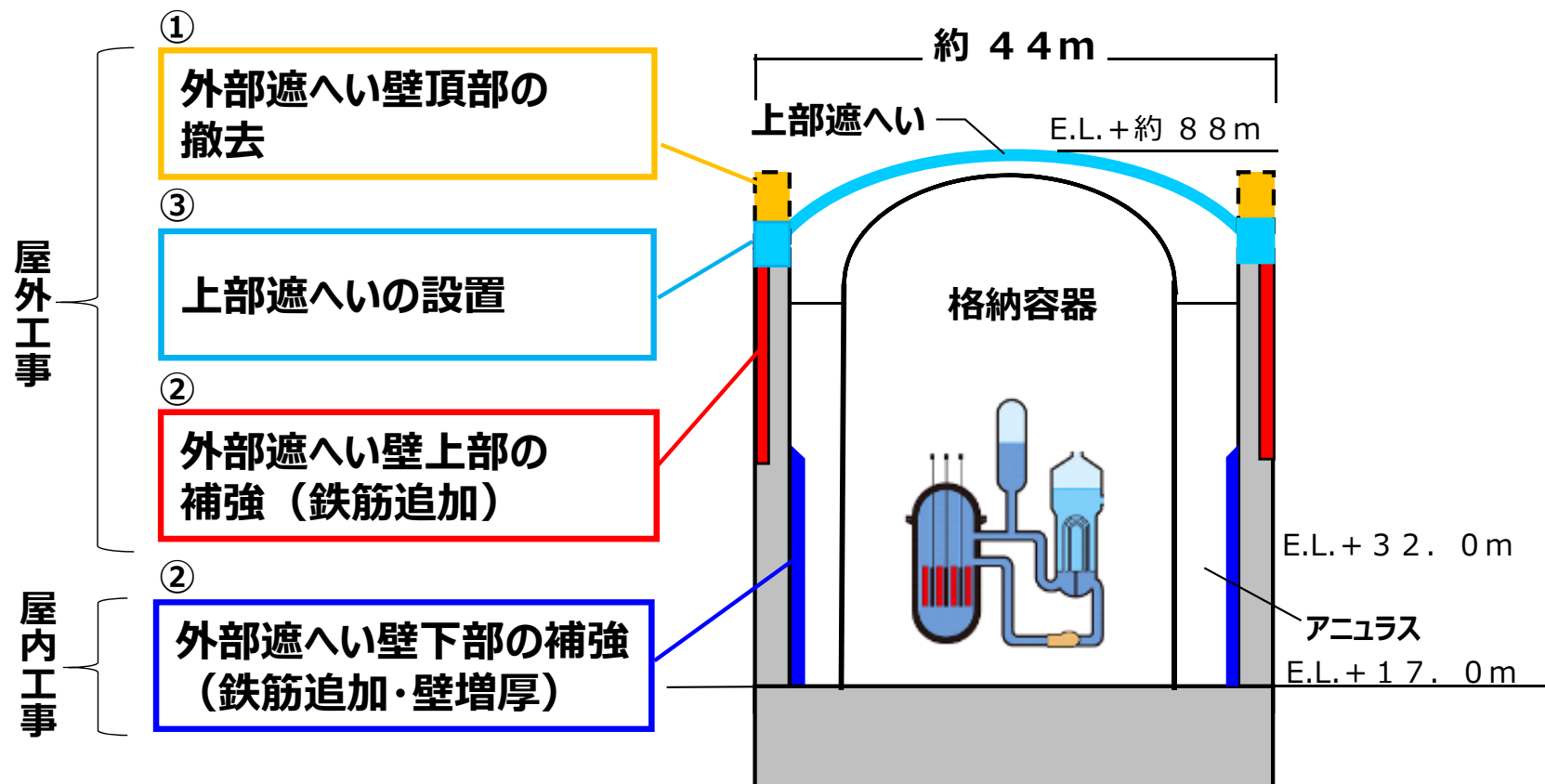
①外部遮へい壁頂部の撤去



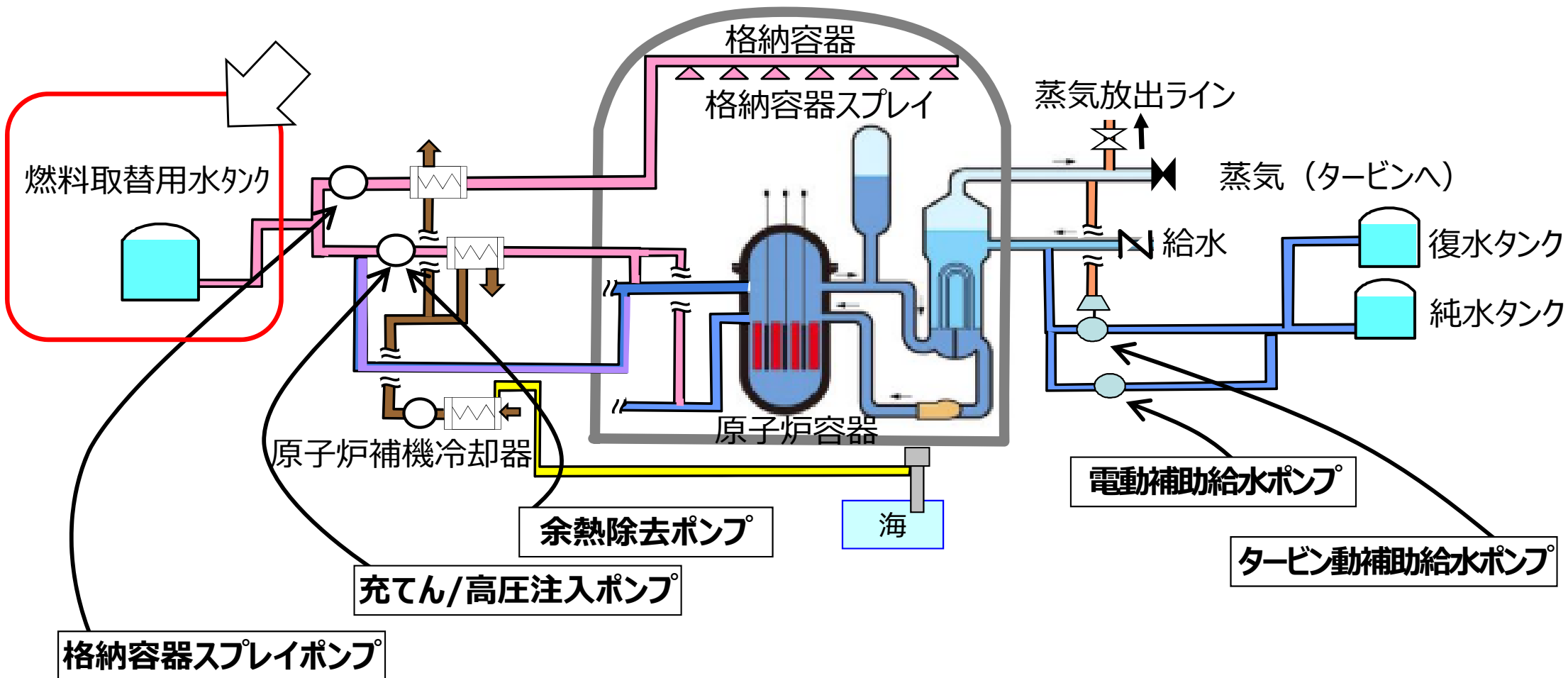
②外部遮へい壁の補強



③上部遮へいの設置



- 燃料取替用水タンクは、一次冷却材の漏洩事象が発生した場合に炉心へ注水する「余熱除去ポンプ」や「充てん／高圧注入ポンプ」、格納容器内の圧力を下げるために格納容器へスプレイする「格納容器スプレイポンプ」の水
源となるタンク
- 燃料取替用水タンクには、ほう酸水が1, 720 m³保管されている
- 燃料取替用水タンクは通常、定期検査時に原子炉容器と使用済燃料ピット間で燃料を移送する際に水中で作業を行うためにタンクの水を張って移送するために用いる

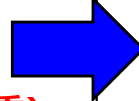


重大事故に対する備え（⑥燃料取替用水タンク取替工事）

- 基準地震動の見直しを踏まえ、燃料取替用水タンクの耐震裕度を向上させるため、板厚を増したタンクを新規に製作し、取替を実施
- 取替後のタンク周囲には竜巻飛来物防護設備を設置（過去の日本最大風速92m/sを上回る100m/sの竜巻が発生した場合に135kgの鋼材が飛来することを想定した設計）

（取替前）

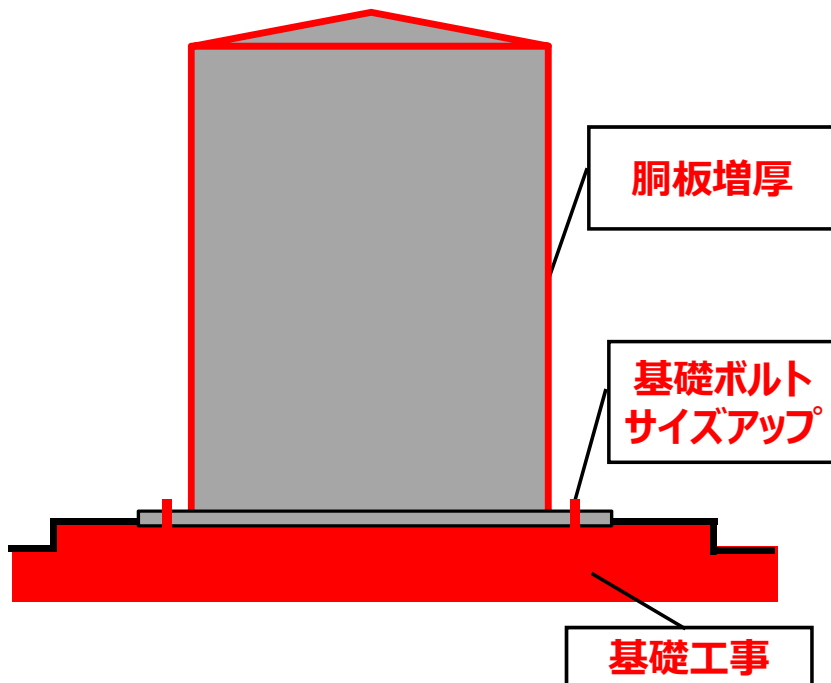
容量 : 1,720m³
 本体材質 : SUS304
 本体寸法 : 形状 Φ11m×H22m
 板厚 8～34mm
 本体重量 : 115t（1,250tクレーンにて揚重）
 基礎ボルト : 約60Φ(W2 1/4)×100本



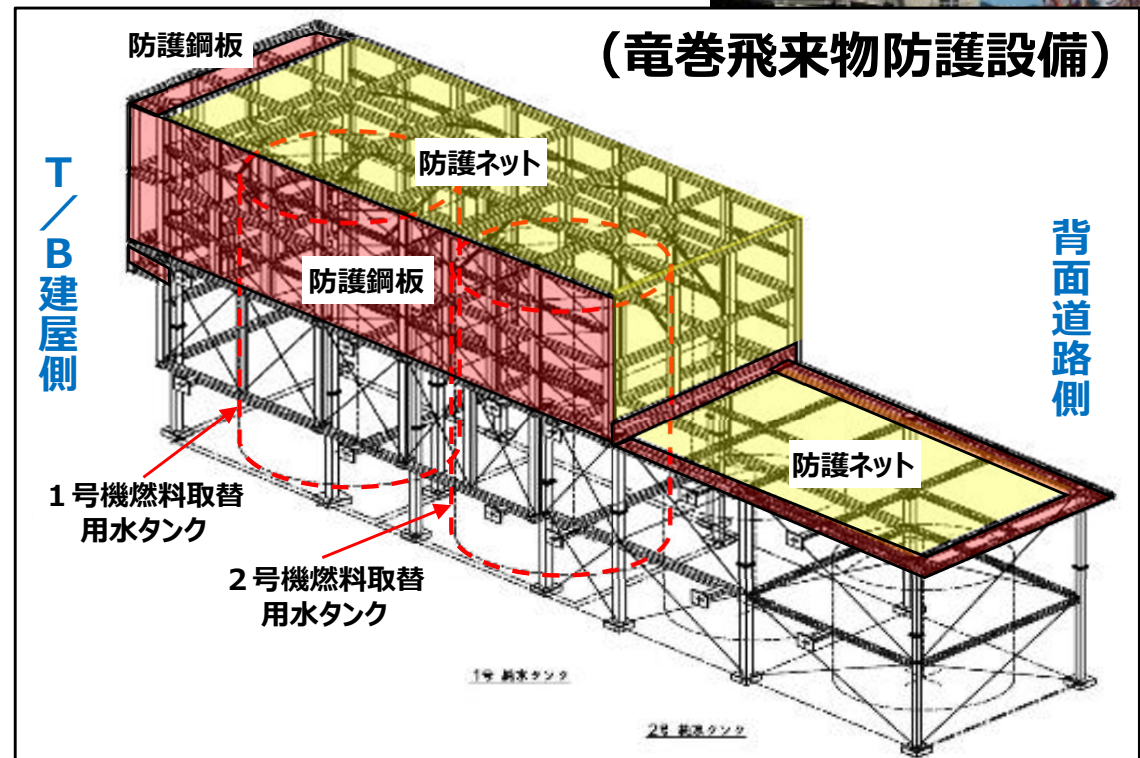
（取替後）

容量 : 変更なし
 本体材質 : 変更なし
 本体寸法 : 形状変更なし
 板厚 8～40mm
 本体重量 : 199t（1,600tクレーンにて揚重）
 基礎ボルト : M64（64Φ）×100本

タンク吊込の様子



（竜巻飛来物防護設備）

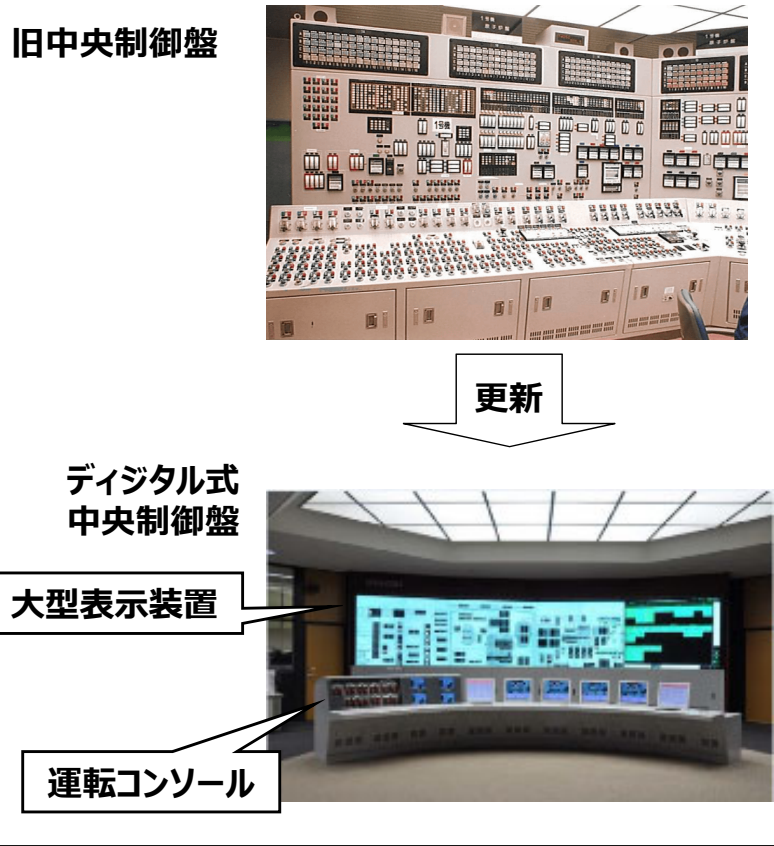


自主的な安全性向上対策（⑦中央制御盤取替工事）

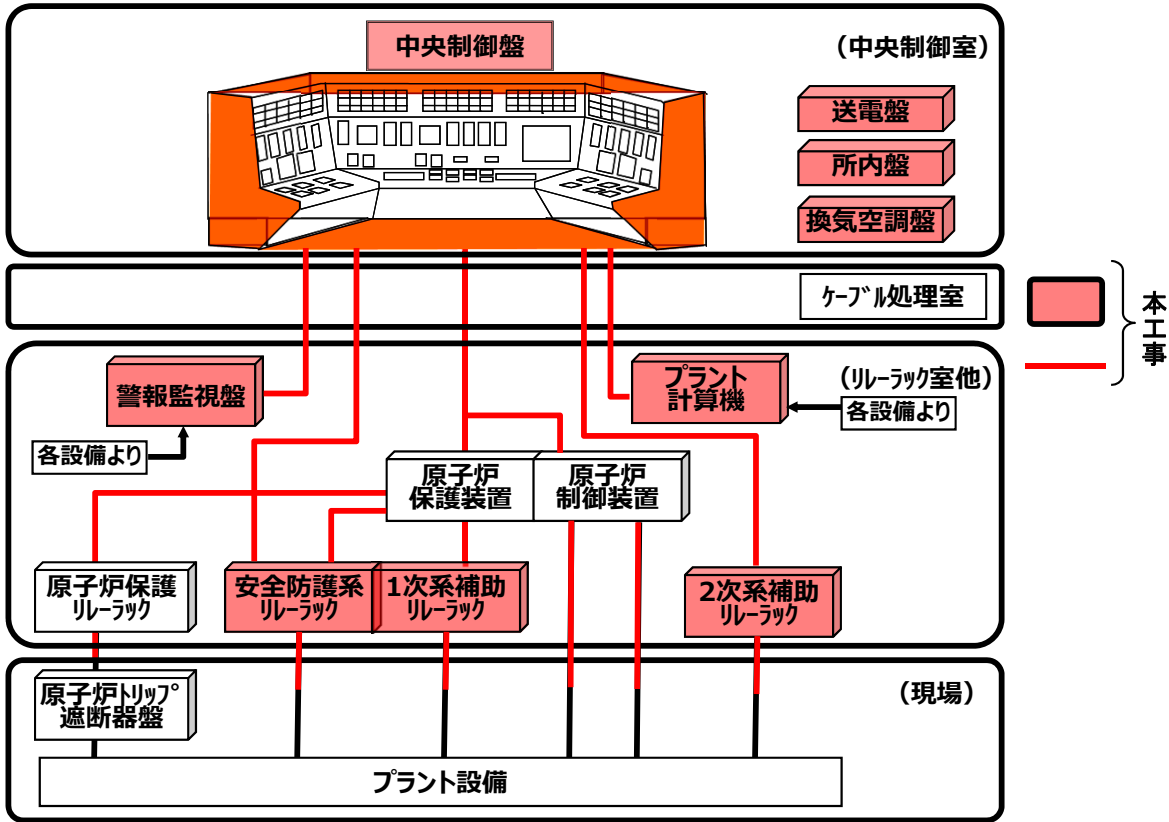
○中央制御盤の指示計等は、既に多くが生産中止となっていたことから、**保守性向上の観点から、中央制御盤全体を最新のデジタル式に取替**

【工事概要】
従来の中央制御盤上にある指示計による監視から、**運転コンソールのディスプレイ及び大型表示装置での監視に変更**

中央制御盤更新の概要図（イメージ図）



【工事範囲図】



【電源構成】
総合デジタル式中央制御盤導入に伴い、計器用電源容量が増加するため、事前評価した上で、計器用電源の増強(更新)を実施
(定格容量：170KVA→300KVA)

自主的な安全性向上対策（⑦中央制御盤取替を踏まえた運転員の訓練）

- 新型制御盤導入に先立って新型中央盤シミュレータを設置し、繰り返し習熟訓練を実施
現在は再稼働に備えて直員連携訓練（直毎に行う訓練）等を継続的に実施



既設中央盤シミュレータ



新型中央盤シミュレータ

【運転員の訓練実績（新型制御盤の操作に重点を置いた訓練を実施）】



習熟訓練の内容

年	2018	2019	2020
習熟訓練期間	マシミュレータ設置 1回目：2018/10/1～2018/12/7	2回目：2018/12/10～2019/3/29 3回目：2019/2/18～2019/6/7	4回目(※) 2019/5/6～2020/2/28
※ 4回目はフォローアップであり、1～3回目に実施した内容の復習（必須項目は1～3回目） （それぞれの期間が重複しているのは当直のサイクルの都合）			

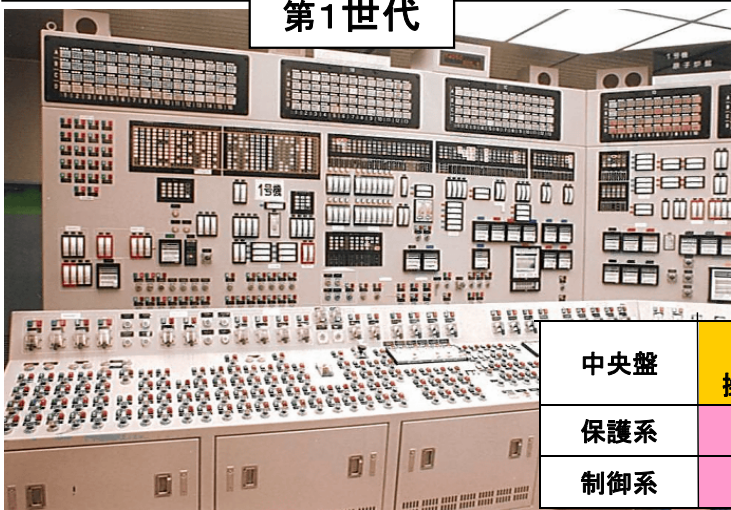
実施内容

必須カリキュラム	盤慣れ訓練	・V D U画面の選択訓練 ・警報発信時の対応訓練
	通常操作対応訓練	・ユニット起動、停止訓練 ・定期点検、起動時の各種検査等の対応訓練
	事故・故障時対応訓練	・事故時第1部対応訓練 ・事故時第2部対応訓練 ・多重故障対応、新型制御盤特有の故障対応
	S A対応訓練	・成立性確認訓練
フォローアップ訓練（必要に応じて）		ユニット起動、停止及び事故時対応の弱点フォローアップ

自主的な安全性向上対策（⑦中央制御盤取替工事）

1970～1980年代

第1世代



中央盤	監視:ハード計器 操作:ハードスイッチ
保護系	アナログ
制御系	アナログ

高浜1/2号機(CBR前)、美浜3号機(CBR前)、大飯1/2号機

第2世代



中央盤	監視:ハード計器主体、 CRT導入(補助) 操作:ハードスイッチ
保護系	アナログ※
制御系	アナログ※

高浜3/4号機(建設時)

※現在はデジタル化済

1990年代

2000年代～

第3世代



中央盤	監視:CRT主体、ハード計器(補助) 操作:ハードスイッチ
保護系	アナログ※
制御系	デジタル

大飯3/4号機(建設時)

第4世代



【大型画面】プラント全体を可視化し、迅速な状況把握や運転員間の認識共有を改善

【VDU】指示計・記録計等との情報統合およびタッチパネル方式による監視操作性を向上したディスプレイを採用

中央盤	監視:大型画面、VDU 操作:ソフト(タッチ)オペレーション(VDU)
保護系	デジタル
制御系	デジタル

泊3号機、伊方1/2号(CBR後)、高浜1/2号機(CBR後)、美浜3号機(CBR後)

※現在はデジタル化済

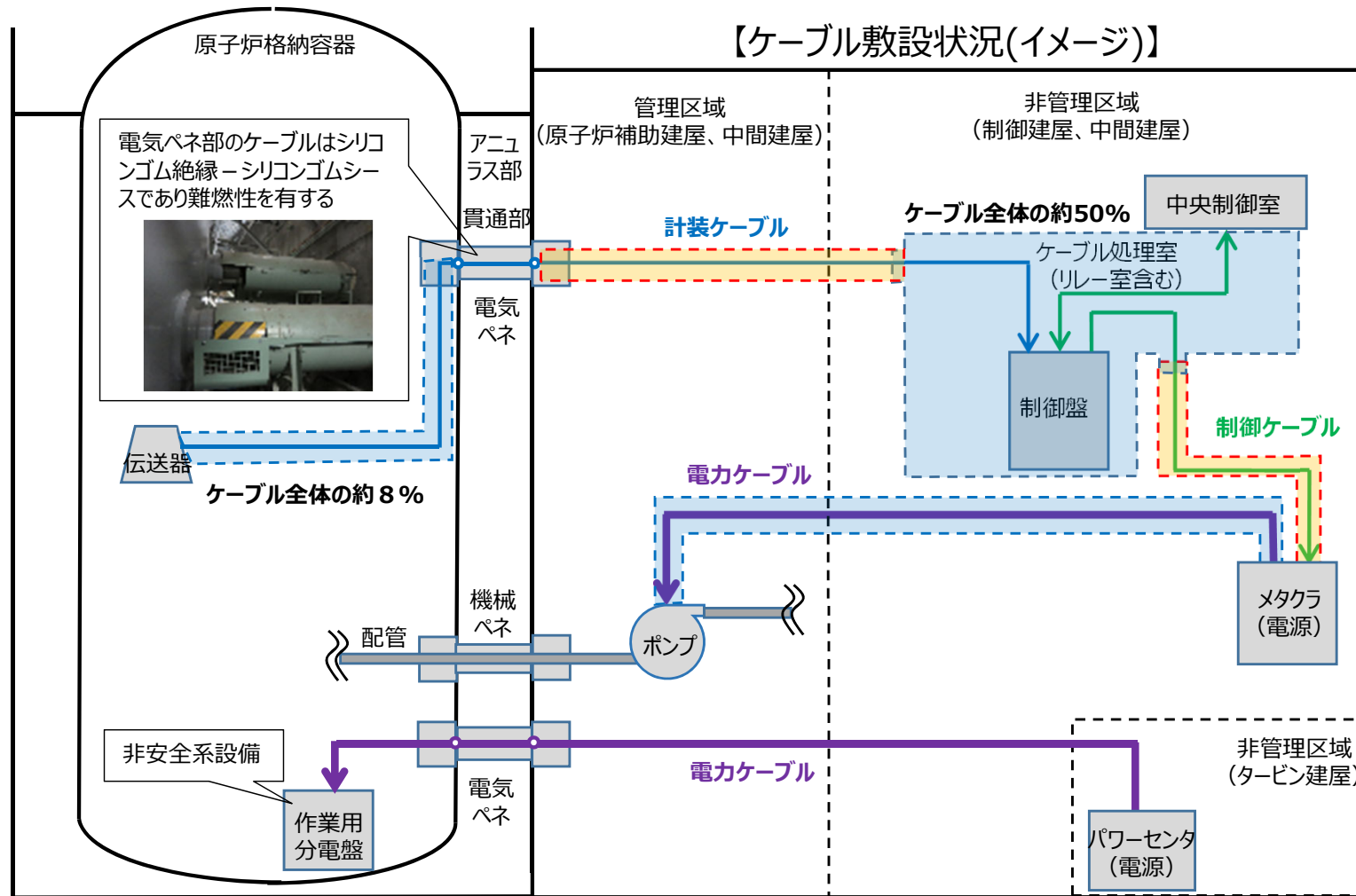
⑧長期停止中の機器保管対策と健全性確認

- 長期停止中は、機器の運転状態や劣化モードに応じて保全計画を策定
保全が必要な機器等は、停止期間中も追加点検で定期検査並みの点検・検査（定事検）を実施
※追加点検は定検の間隔と同様に、概ね1～3か月を超えない期間で実施
- 追加点検対象とならない機器は、再稼働前に保管状態等に応じた点検を実施
- これらに加え、S A登録されている機器については、国（N R A）の検査である使用前検査を受検

	機器・系統の例	長期停止中の状況	点検・保全内容
運転している機器 長期停止中	海水系統	連続運転 （SFP冷却等で使用）	追加点検で継続的に点検を実施 （再稼働前に分解点検を実施）
	補機冷却水系統	連続運転 （SFP冷却等で使用）	
運転していない機器 長期停止中	余熱除去系統	待機状態 （RCS浄化等で1回/月程度使用）	
	ディーゼル発電機	待機状態 （サーベランスで1回/月運転）	再稼働前に分解点検を実施
	充てん／高圧注入ポンプ	非使用・満水保管	
	主タービン	非使用・乾式保管	再稼働前に内部点検を実施
	脱気器、熱交換器	非使用・乾式保管	

重大事故に対する備え（⑨内部火災対策：ケーブル防火措置）

- 発電所で使用するケーブルは計装、制御及び電力ケーブルの3種類に分けられる。
- 安全機能を有する機器に使用する非難燃ケーブルは、不燃材の防火シートによりケーブル及びケーブルトレイを覆った複合体を形成することで難燃性を確保。**防火シートを巻きつけるケーブルトレイは、総長約4,500m（1号炉当たり）**
- なお、以下の非難燃ケーブルについては安全性向上及びリスク低減の観点より、複合体の形成ではなく難燃ケーブルに取替え。
 - ・原子炉格納容器内の安全機能を有する機器等のケーブル（防火シートがデブリとなるリスクを低減）
 - ・通電時間の長い高圧電力ケーブル※¹（過電流による発火リスクを低減）
 - ・ケーブル処理室(リレー室含む)のケーブル（可燃物であるケーブル物量の大幅な削減※²）



○計装ケーブル：計装設備(伝送器など)の信号の受け渡しに用いるケーブル

○制御ケーブル：機器の動作などの制御信号の受け渡しに用いるケーブル

○電力ケーブル：ポンプや弁などの動力の受け渡しに用いるケーブル

■：難燃ケーブルに引き替える範囲（ケーブル長さ 約770km）

■：防火シートにより複合体を形成する範囲（ケーブル長さ 約570km
ケーブルトレイ 約4.5km）

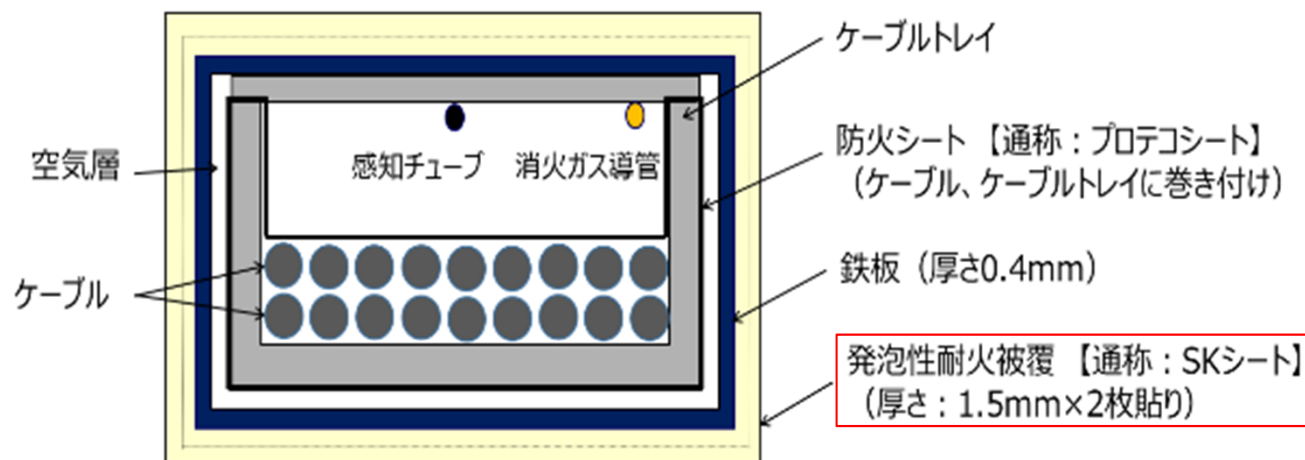
※1：通電時間の長い高圧電力ケーブル以外の電力ケーブルは防火シートにより複合体を形成

※2：中央制御盤取替工事により信号を集約し伝送することができる光ケーブルに引き替えることで約4割に削減

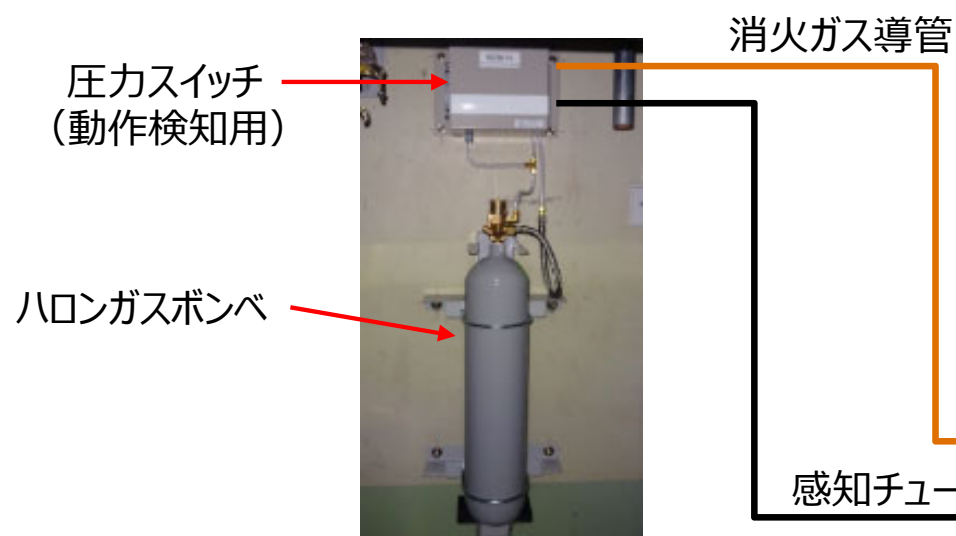
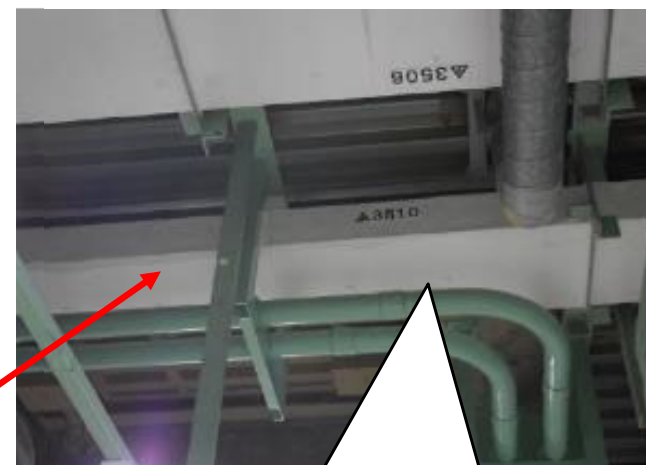
重大事故に対する備え（⑨内部火災対策：ケーブルトレイ防火措置）

- ケーブルトレイについては、防火シートを設置した後に、ケーブルトレイ消火設備を設置したのちに、トレイを全周囲うように発泡性耐火被覆を設置
- ケーブルトレイ消火装置と発泡性耐火被覆を設置するケーブルトレイは、総長約 2, 0 0 0 m**

【火災防護対策実施後のケーブルトレイ】



施工状況（外観）



内部構造



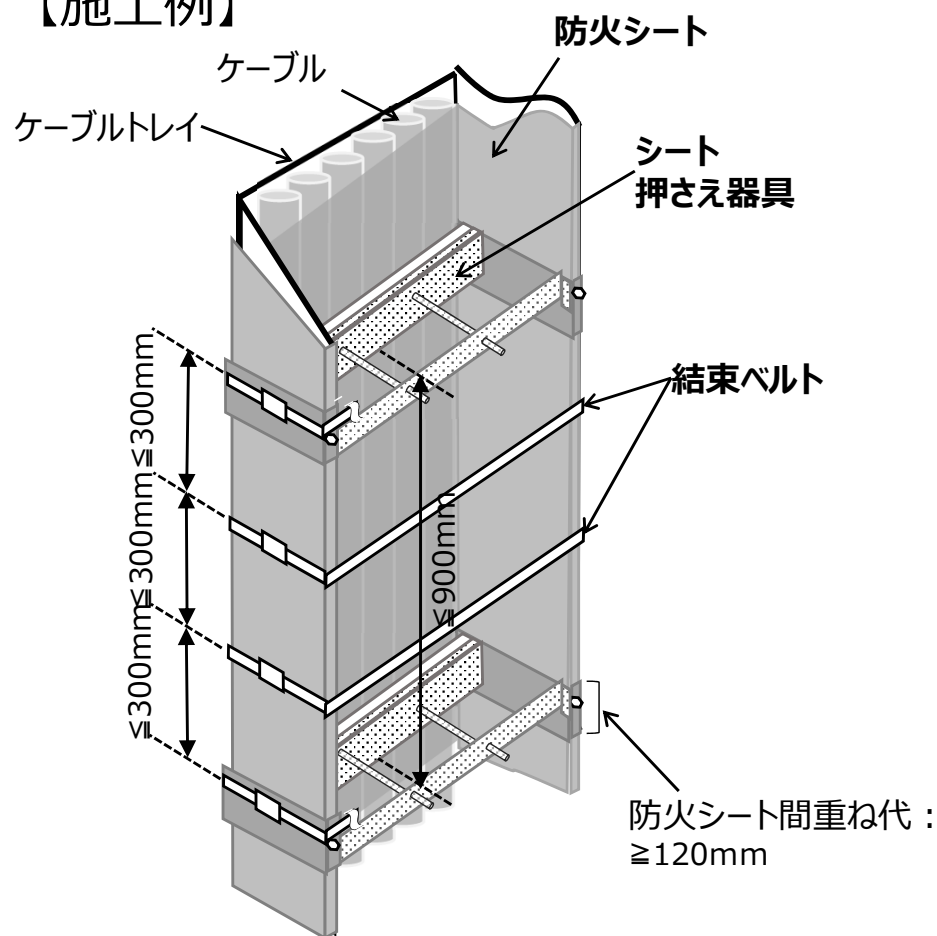
防火シート

重大事故に対する備え（⑨内部火災対策：ケーブルトレイ防火シート）

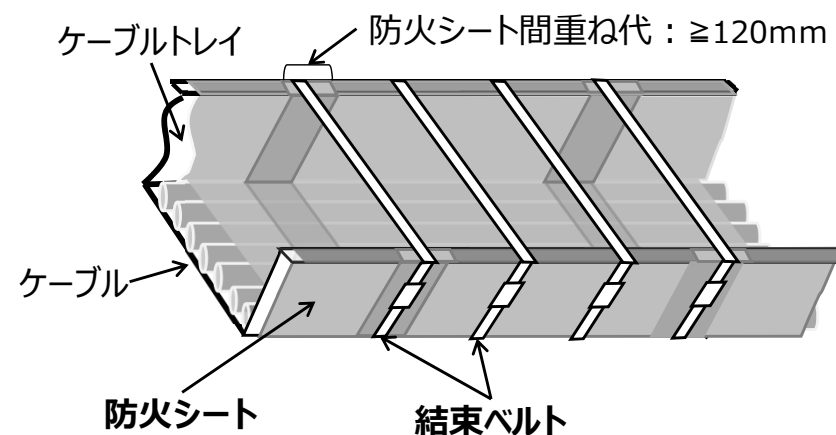
29

- ケーブルトレイに、安全対策工事で新設する設備の電源ケーブルや、制御ケーブルなどを布設した後に、幅1mの防火シートを順番に、ケーブルトレイに順番に巻き付けていく。
- また、防火シートがずれないように、300mm以内の間隔で結束ベルトで固定したり、垂直部分にはシート押さえ器具を900mm以内の間隔で取り付けしていく。

【施工例】



＜垂直トレイ＞

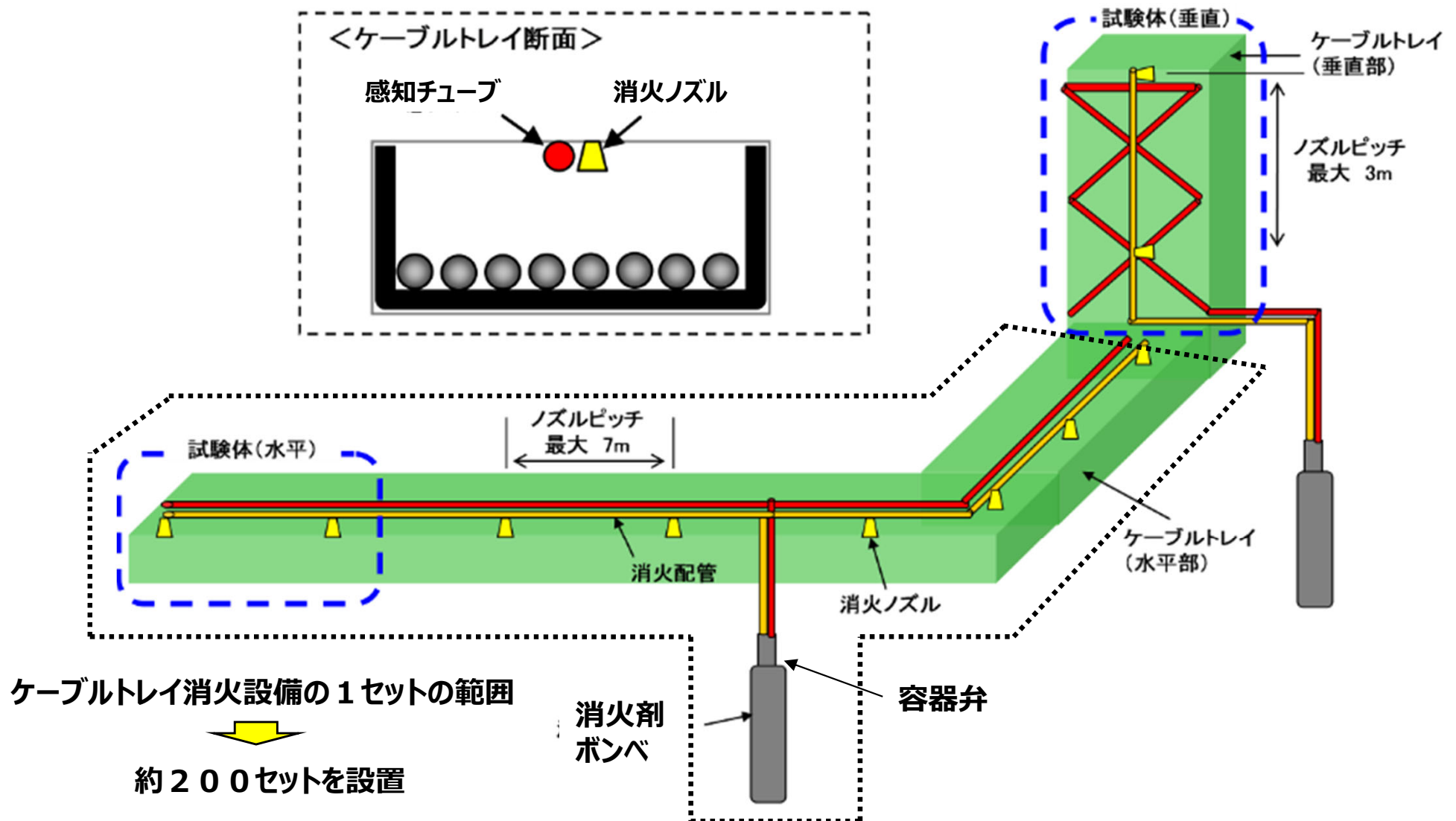


＜水平トレイ＞

重大事故に対する備え（⑨内部火災対策：ケーブルトレイ消火装置）

30

- ケーブルトレイ消火装置は、防火シート施工後にケーブルトレイ内に感知チューブと消火配管を設置
- 消火配管と感知チューブをケーブルトレイ近傍に設置した消火ポンベに接続
- ポンベ 1 本あたりの消火材量に上限があり、合計で約 200 セットの消火装置を設置

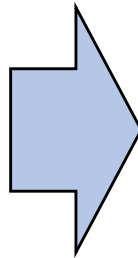


重大事故に対する備え（⑨内部火災対策：発泡性耐火被膜）

- 安全系ケーブルトレイの一方で発生した火災が、他方の安全系のケーブルトレイに伝播することを防止するため、消火装置設置後に発泡性耐火被覆（S Kシート）を設置
- 発泡性耐火被覆の設置のためには、ケーブルトレイの周りに枠組みを設置してから、板金を枠組みに固定。その後、発泡性耐火被覆を2枚貼り付け。つなぎ目などは、アイロンやドライヤーを用いて1つずつ融着させることで完成

【施工例】

トレイの周りに枠組みを設置する。



板金を固定し、発泡性耐火被覆2枚を貼り付ける。



重大事故に対する備え (⑩格納容器再循環サンプ)

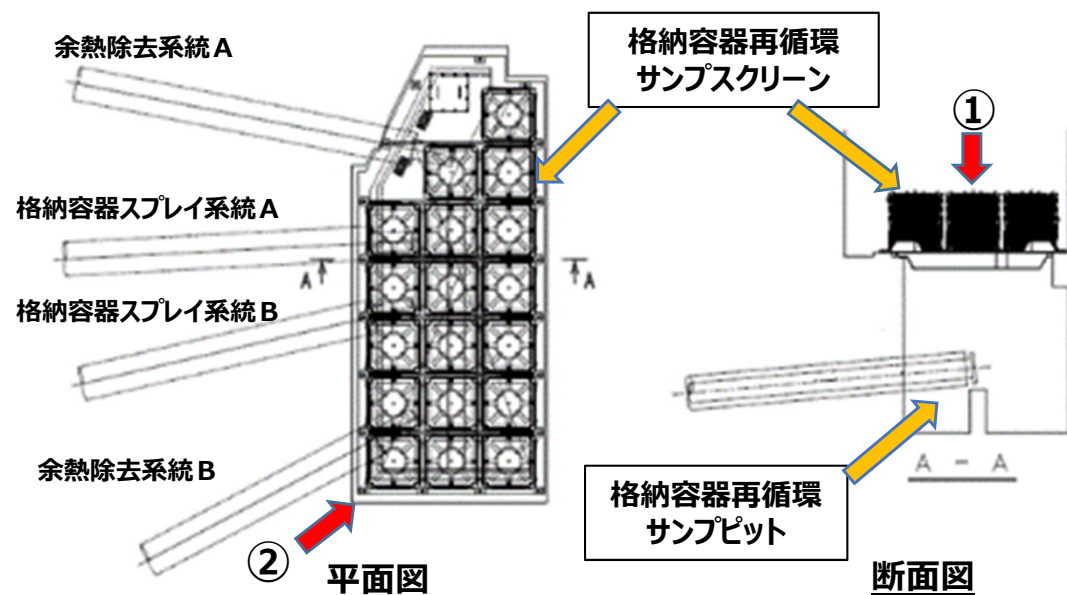
目的

<格納容器再循環サンプピット>

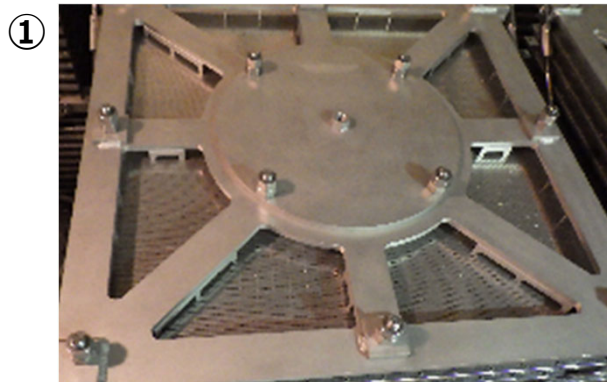
LOCA時に流出した冷却材を溜め、**炉心注水・格納容器スプレイの水源**として用いる。

<格納容器再循環サンプスクリーン>

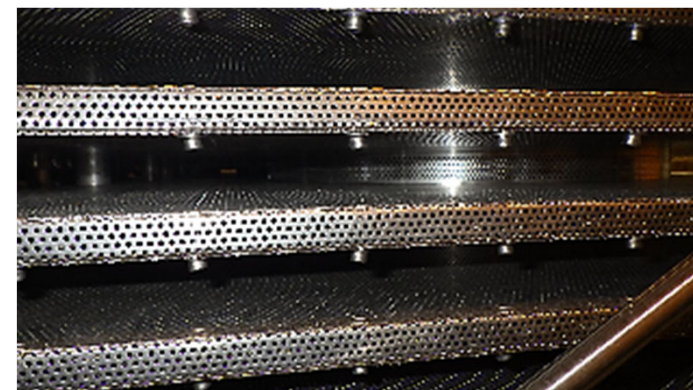
LOCA時にサンプピットに流れ込んでくる**破損した保温材等の異物をろ過**する。



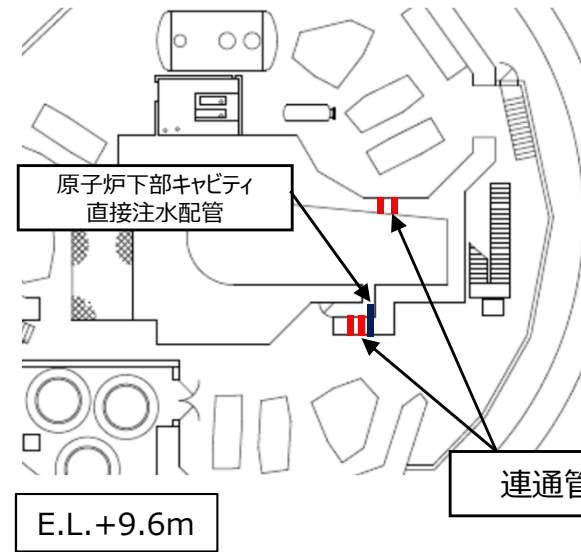
	容量	材料	寸法
格納容器再循環サンプピット	約65m ³	コンクリート壁	2169mm × 7338mm
格納容器再循環サンプスクリーン (モジュール18基)	3396m ³ /h以上 (余熱除去ポンプ2台 内部スレポンプ4台 の合計容量)	ASTM A240TP304 (SUS304相当)	約1.7mm (スクリーン 孔径)



拡大

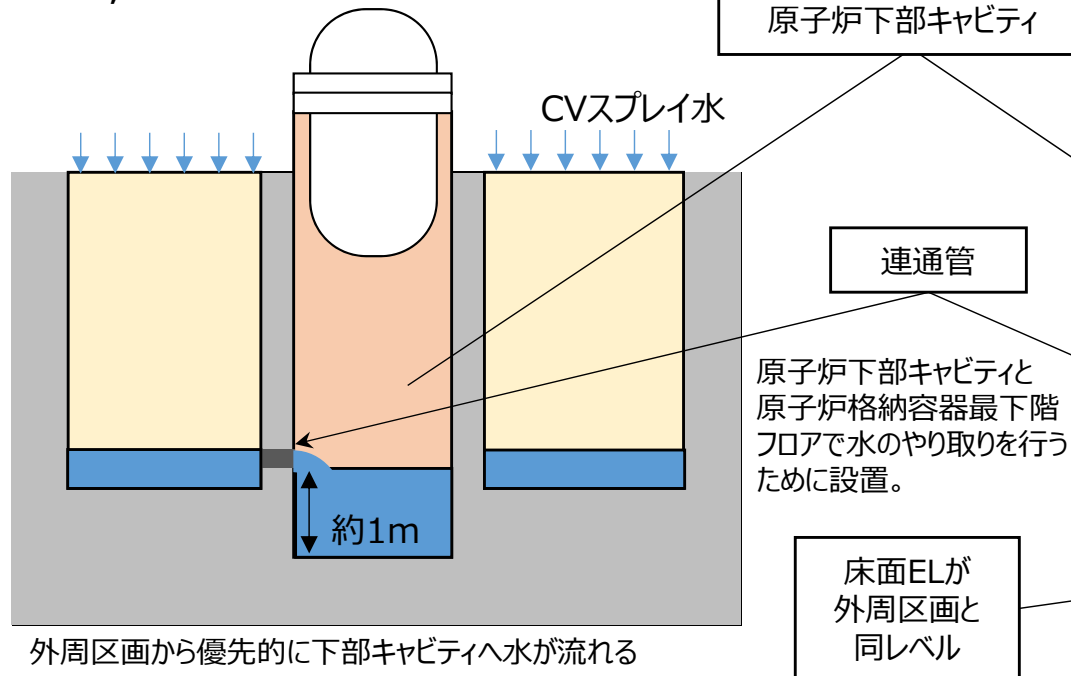


- 高浜1,2号機は原子炉下部床面が周囲の区画床面と同レベルであるため、溶融炉心落下までに溶融炉心-コンクリート相互作用(MCCI)抑制に必要な水量を蓄水できない
(注：高浜3,4号機は原子炉下部床面が約1m下がっており下部キャビティに水が蓄水される)
- このため、**原子炉下部キャビティ注水ポンプ**を**設け、原子炉下部（原子炉下部キャビティ）に直接注水することで、MCCIを抑制**

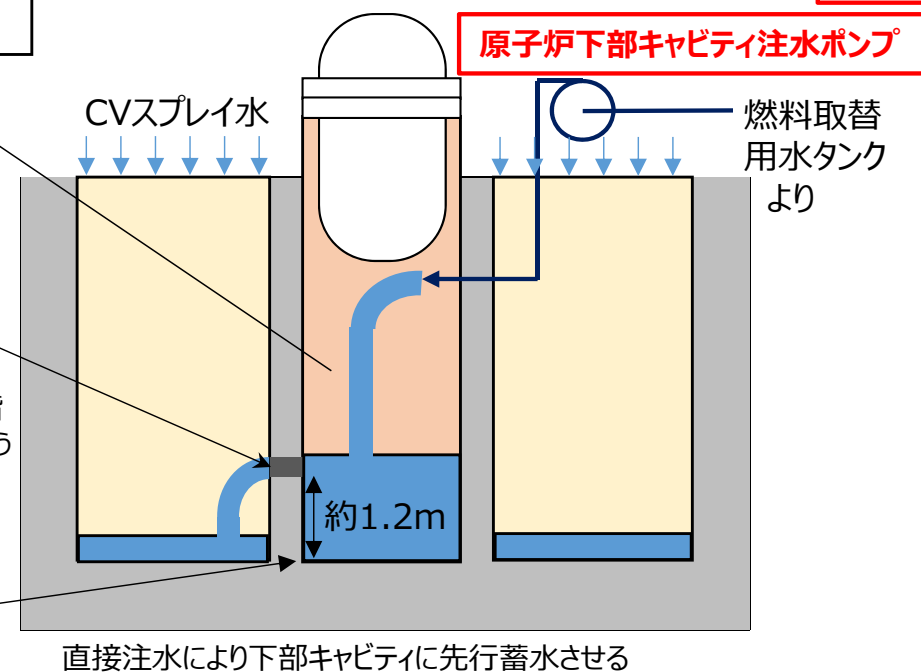


原子炉下部連通管

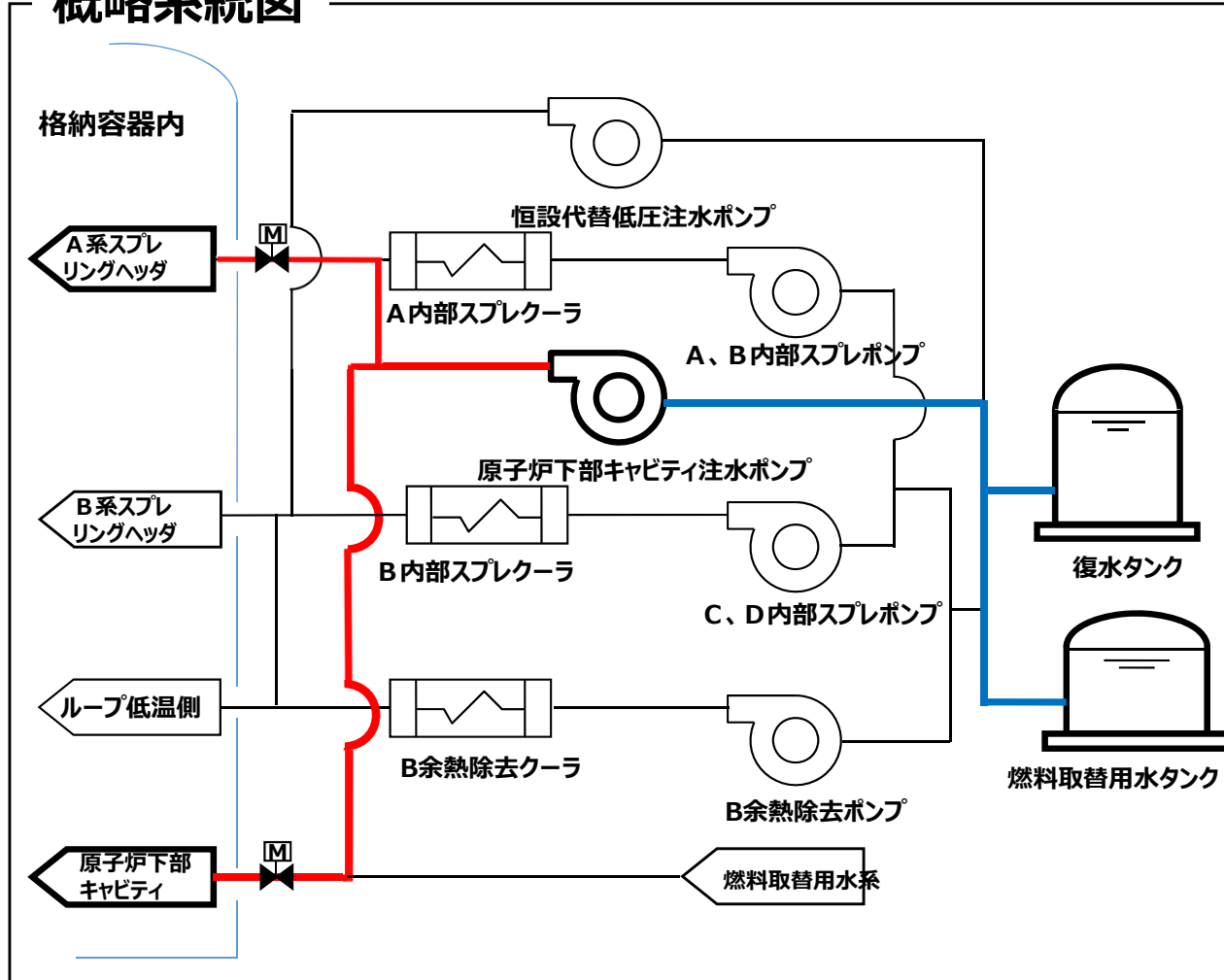
高浜3,4号機



高浜1,2号機（美浜3号機）



概略系統図



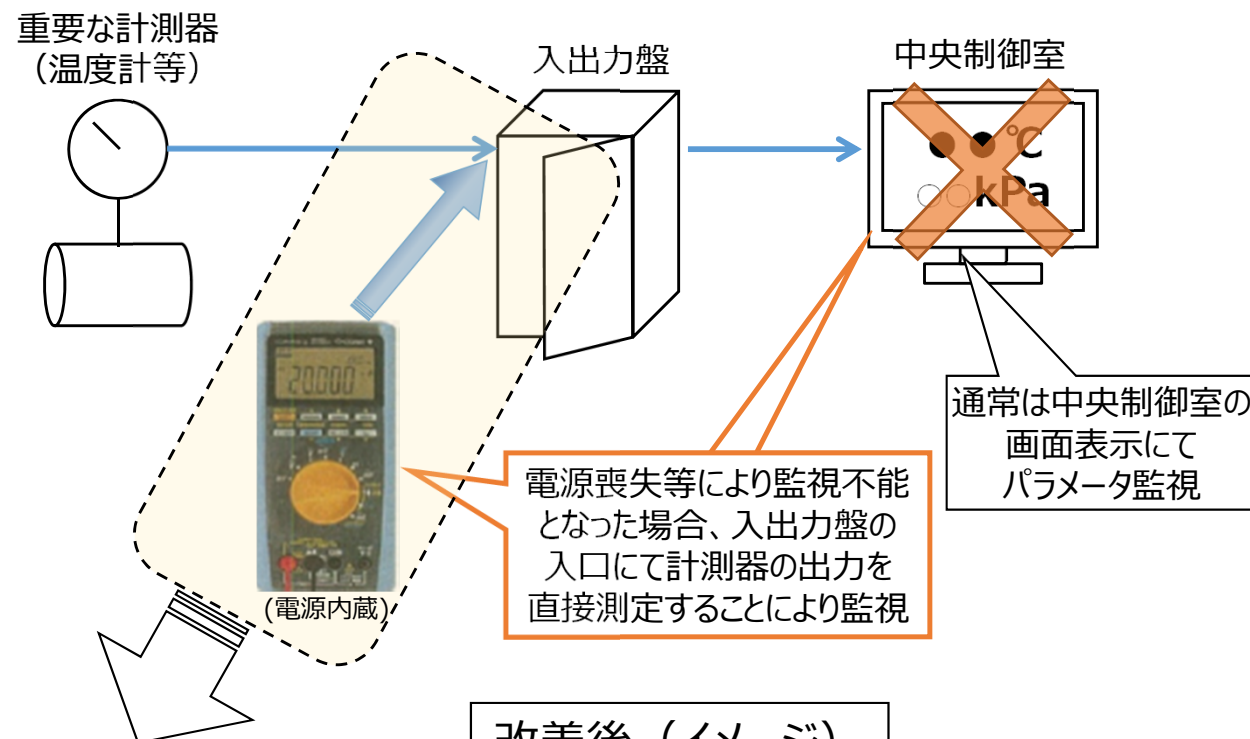
諸元

名称	原子炉下部キャビティ注水ポンプ	
種類	うず巻形	
容量	120	m ³ /h/個
個数	1	台
電動機出力	160	kW/個
設置床	E.L.-1.6	m

原子炉下部キャビティ注水ポンプ 【原子炉補助建屋(E.L.-1.6m)RHRP室前通路】



- 中央制御室でのパラメータが監視不能となった場合、各計測器からの出力を直接測定することで、パラメータの監視を行う手順・機器等を整備
- 従来、可搬型計測器の接続点を解線して接続していたが、スイッチと接続口を設けることで、パラメータ監視手順を簡略化

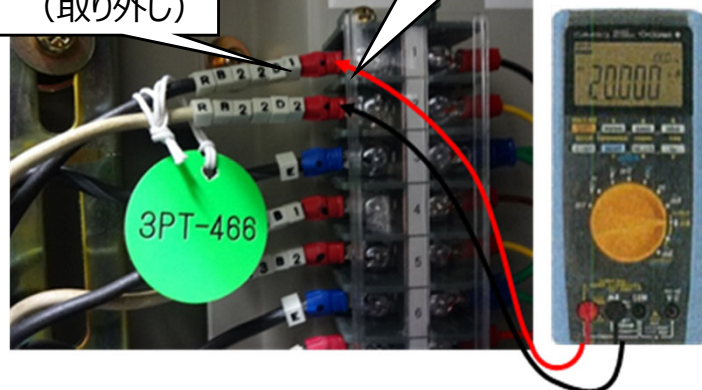


改善前（イメージ）

各監視対象パラメータのケーブルを解線し、可搬型計測器を接続する。

①ケーブル解線
(取り外し)

②計測器取付



改善

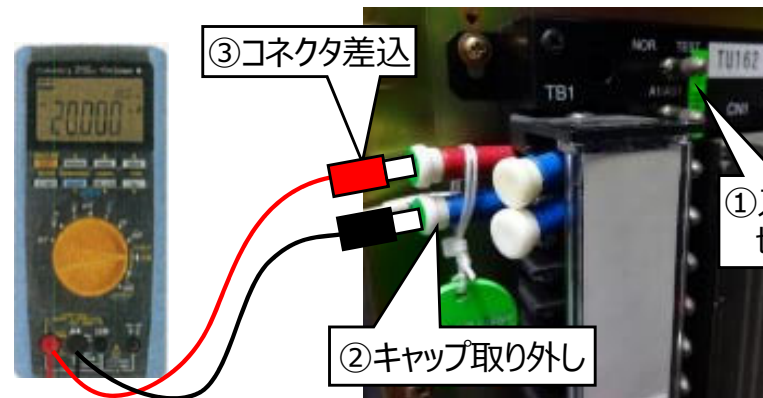
改善後（イメージ）

各監視対象パラメータの採取ラインにスイッチおよび接続口を設置し、スイッチ切替および接続口へのつなぎこみにより、可搬型計測器を接続する。

③コネクタ差込

①スイッチ切替

②キャップ取り外し

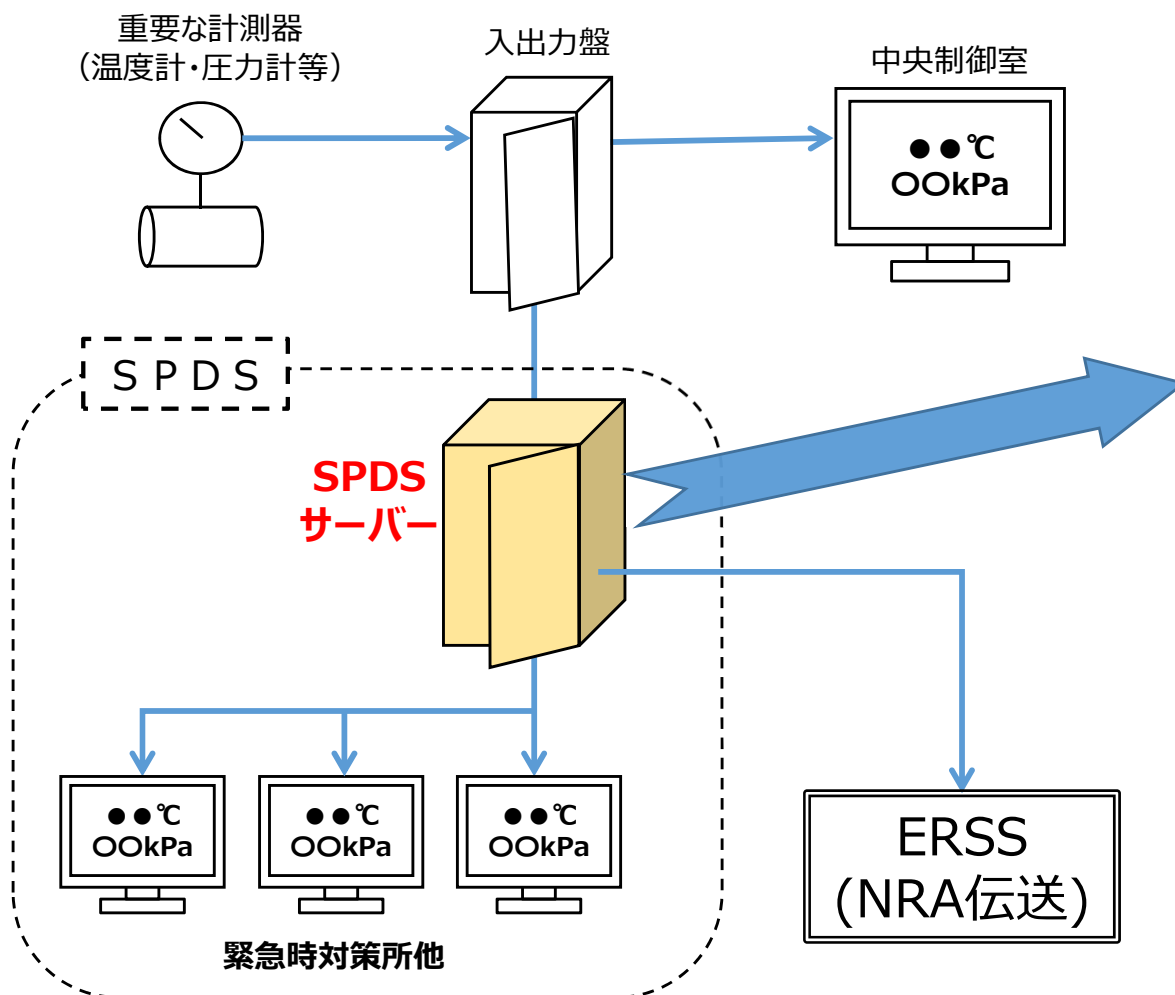


⑫高浜 1 / 2 号機用 SPDSサーバーの設置

新規規制基準対応の一環として、1 / 2 号機の事故時パラメータを含むプラントパラメータを伝送するSPDSサーバーを、中間建屋リレー室に設置した。

なお、本サーバーは耐震性を確保するとともに、安全系母線より電源を供給し、事故時においても確実に動作するものとしている。

SPDS：安全パラメータ表示システム



SPDSサーバー
(伝送装置制御盤)外観

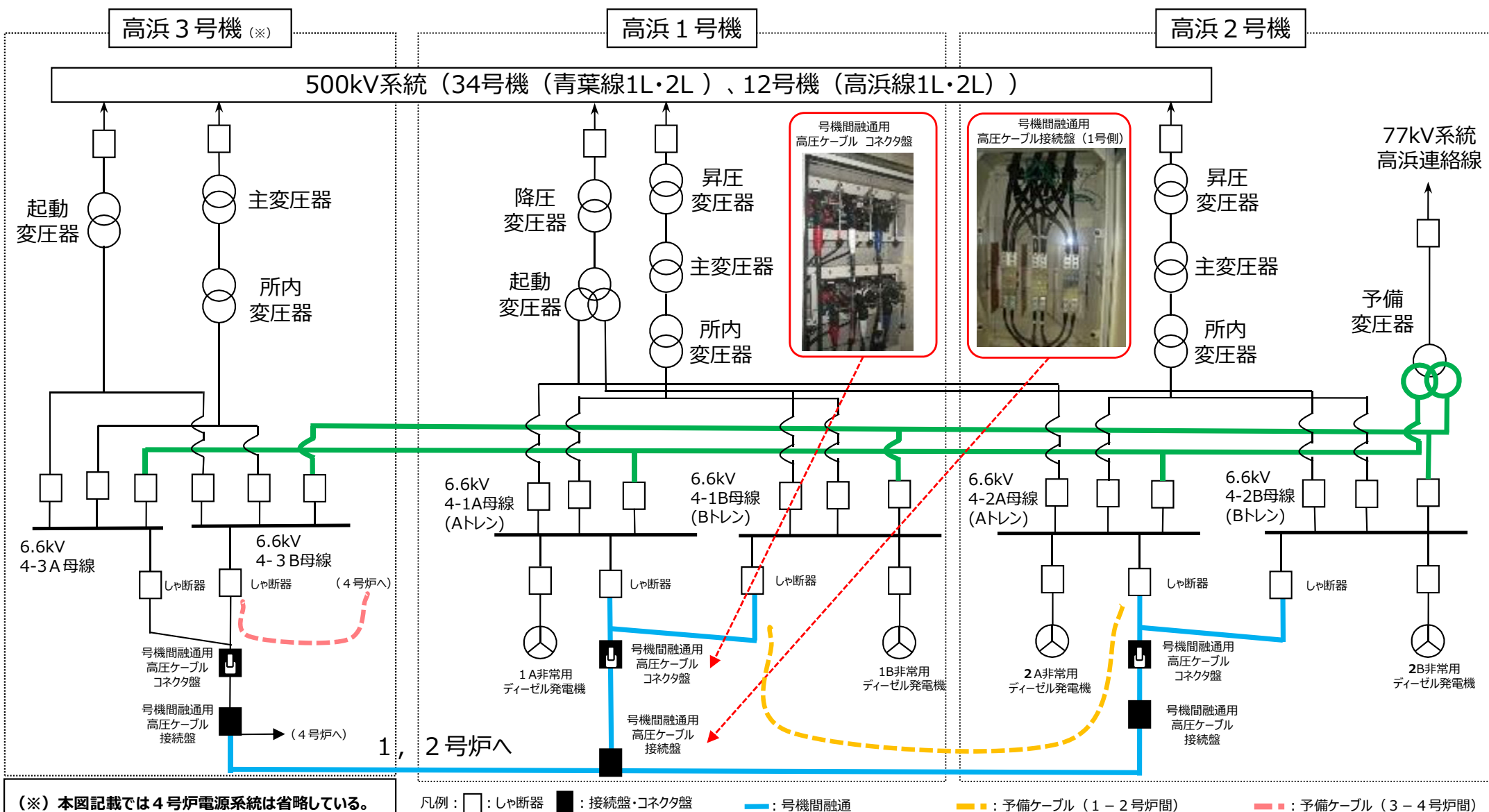


SPDSサーバー
(伝送装置制御盤)内部



重大事故に対する備え（⑬号機間電源融通ケーブル）

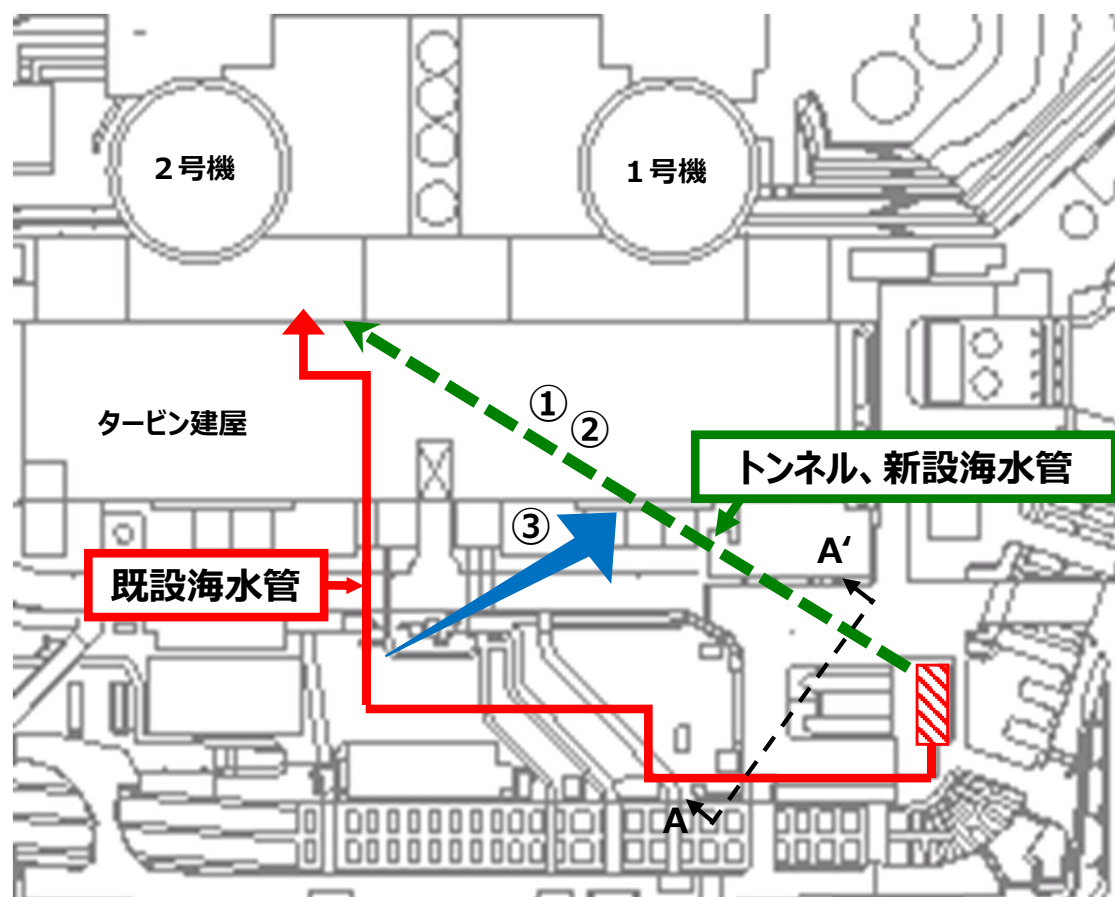
外部電源が喪失し、自号機の非常用ディーゼル発電機が使用できない場合に備え、他号機の非常用ディーゼル発電機から電力を融通できるよう、号機間融通用高圧ケーブル接続盤、コネクタ盤を設置、号機間融通ケーブルを敷設した。



自然災害に対する備え（⑭ 2号機海水取水設備移設工事）

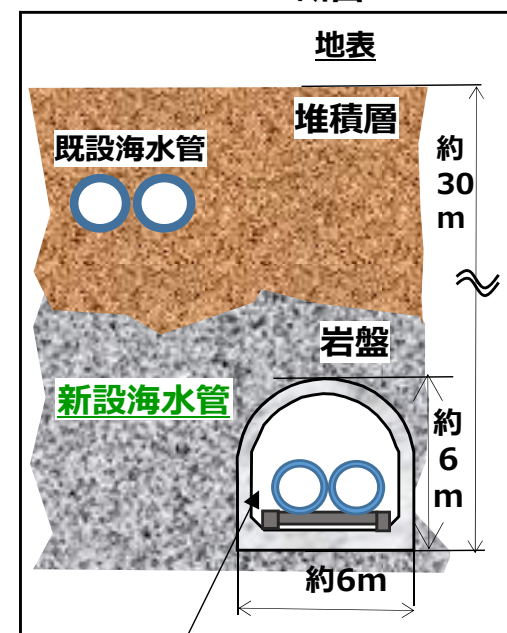
○堆積層に設置されている既設海水管を強固な岩盤に設置するため、海水管敷設用のトンネルを掘削し、新たな海水管を設置

①新設海水管トンネルの掘削 ➡ ②新設海水管の設置 ➡ ③新設海水管へ切替え



【海水管移設イメージ】

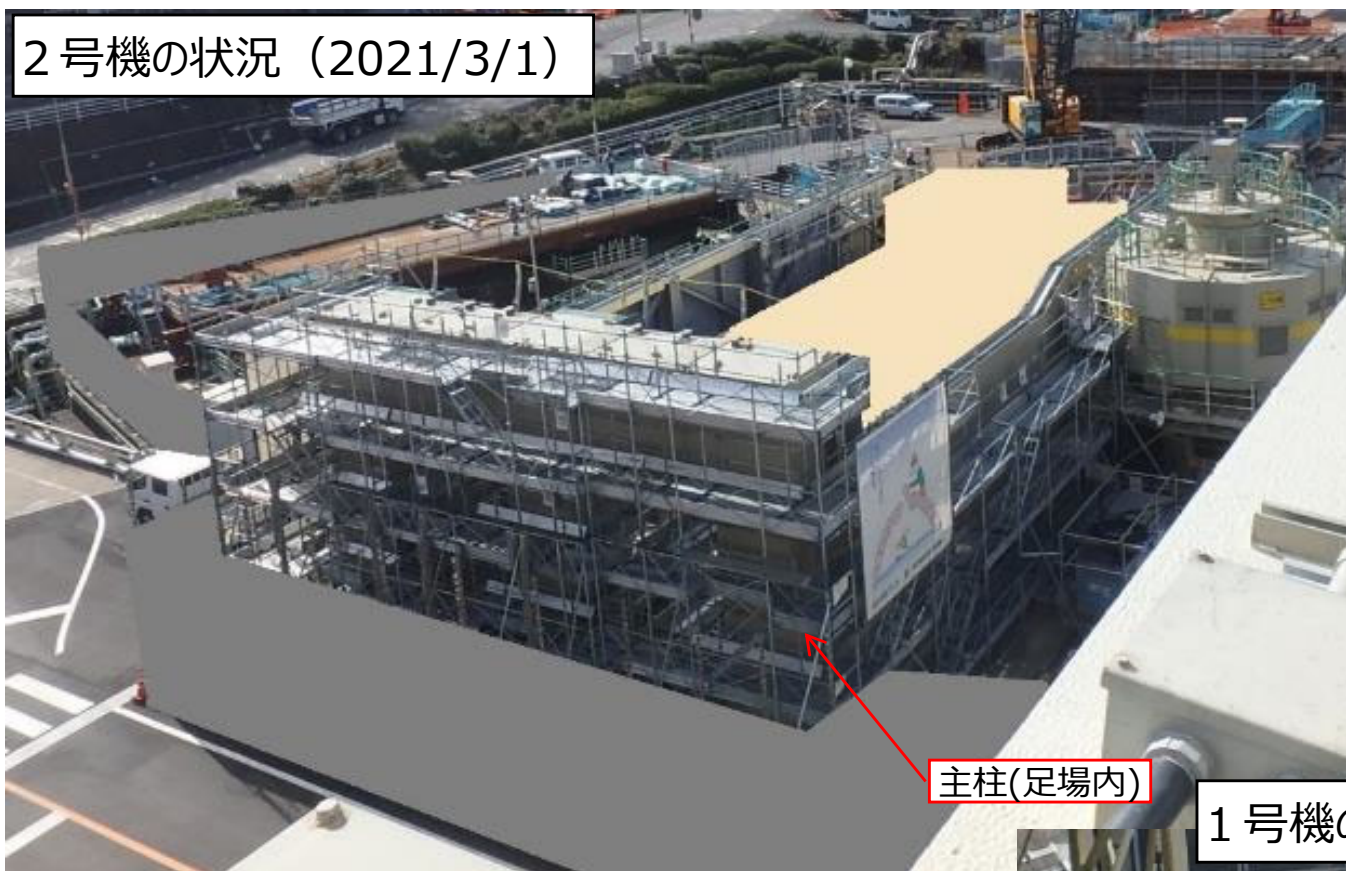
A-A' 断面



新設海水管トンネル

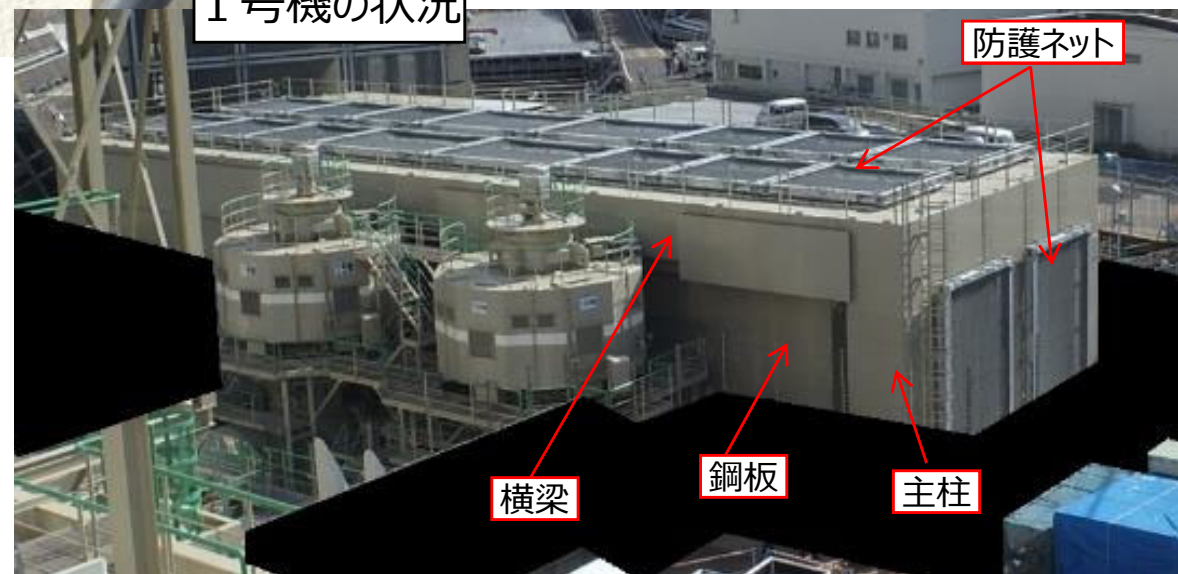
 : 海水取水設備

2号機の状態 (2021/3/1)



主柱(足場内)

1号機の状態



防護ネット

横梁

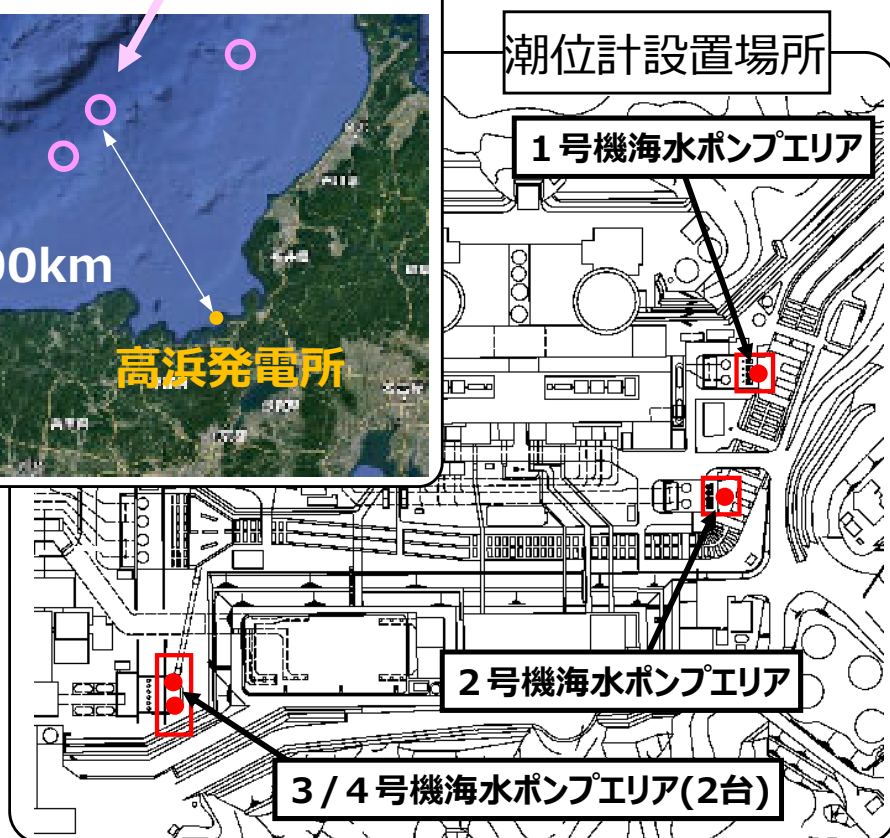
鋼板

主柱

自然現象に対する備え (⑮警報が発令されない津波への対応)

- 高浜発電所は、想定される津波高さよりも敷地高さが低いことから、津波警報が発信されれば直ちに防潮ゲートを閉鎖し、津波から発電所施設を守る
- 一方、最新の知見から、「隠岐トラフ海底地すべり」によって津波が発生した場合、**津波警報が発令されない可能性**があることが判明
- 対策として、発電所構内にある潮位計により津波変動を監視し、潮位計 4 台中 2 台で津波兆候が検知されれば、直ちにプラントを停止し、防潮ゲートを閉鎖

高浜発電所への影響が大きいと考えられる隠岐トラフ海底地すべり発生想定位置 (3地点)

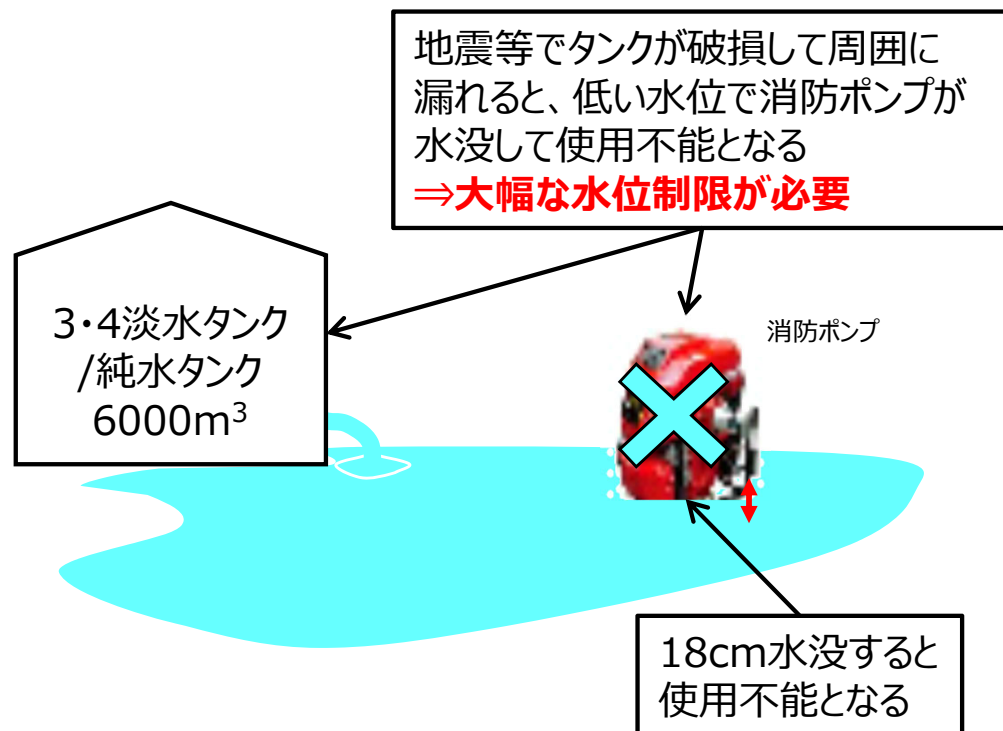


潮位計外観

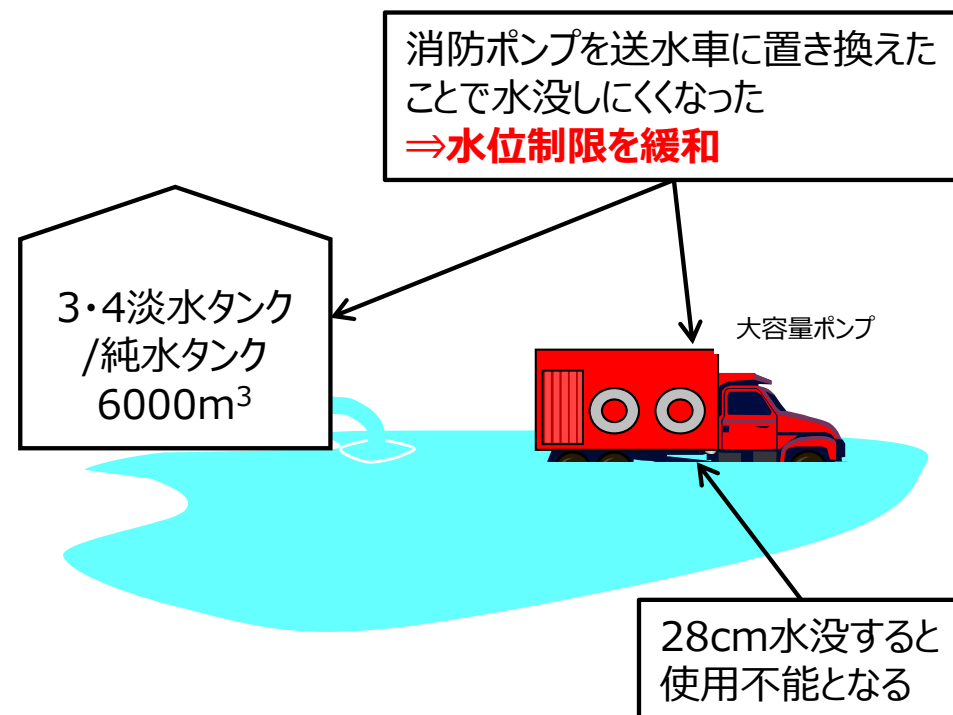


- 屋外タンクが地震等で破損して中の水が流出（溢水が発生）した場合に、重要な設備を守る必要がある
- このため、3, 4号機再稼働時には、その機器に要求される機能が喪失する可能性がある水没高さ（＝機能喪失高さ）が18cmと最も低い消防ポンプを守るため、タンク容量を制限（左図）
- 今回、1, 2号機再稼働に合わせて実施するSA高度化で消防ポンプを送水車に置き換えたことに伴って、最も低い機能喪失高さが大容量ポンプの28cmとなったため、これに合わせてタンクの水位制限を緩和（右図）

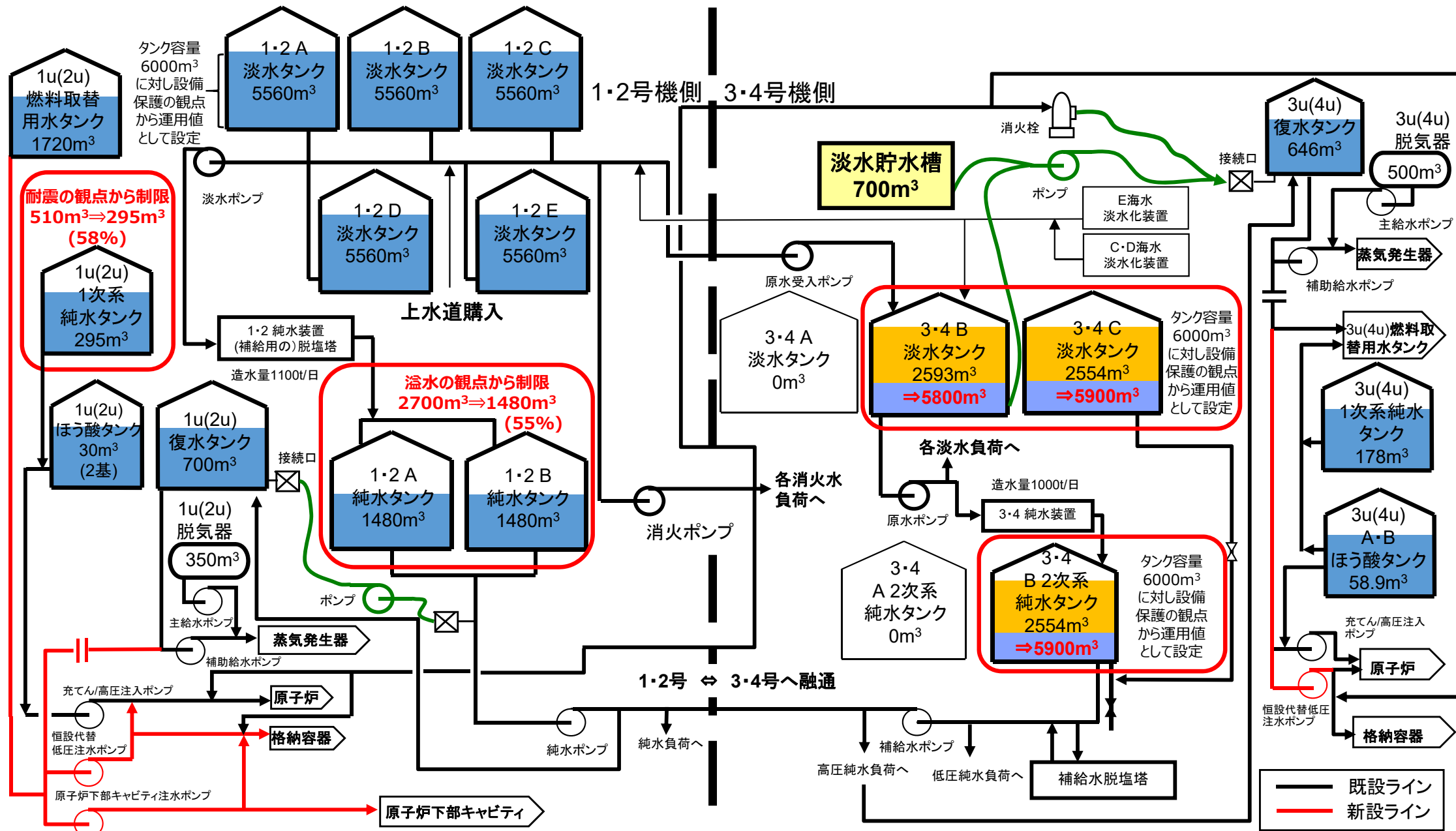
3, 4号機再稼働時



SA高度化後

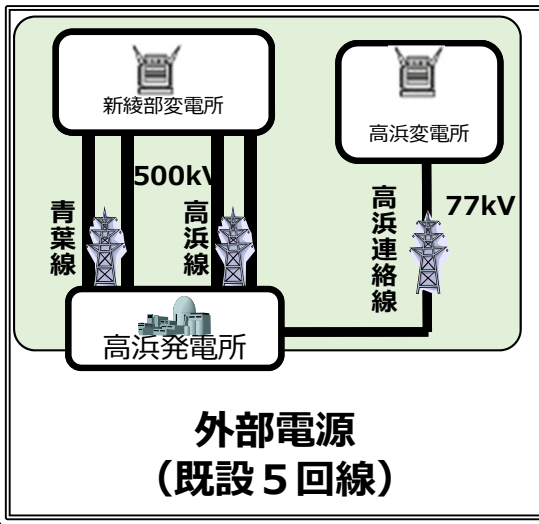


○ S A 高度化以降の 1 ～ 4 号機で保有する水源タンクは以下の通りとなる

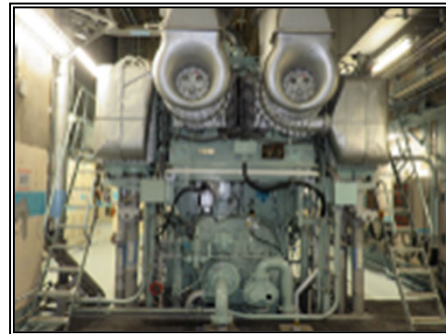


<DB設備> プラント設置当初からの既設設備

外部電源



非常用 ディーゼル発電機



(2台/号機)

<SA設備> 新規制基準の対応（新規設備）

空冷式非常用 発電装置



(2台/号機)

電源車



(2台/号機+予備1台)

外部電源
喪失時

使用できない
場合に備え

更なる
バックアップ

更なる
バックアップ

- 《凡例》
- : 既設設備
 - : 新設設備
 - : 新設可搬設備

号機間電力融通ケーブル
(1号機～2号機)
(1組+予備1組)

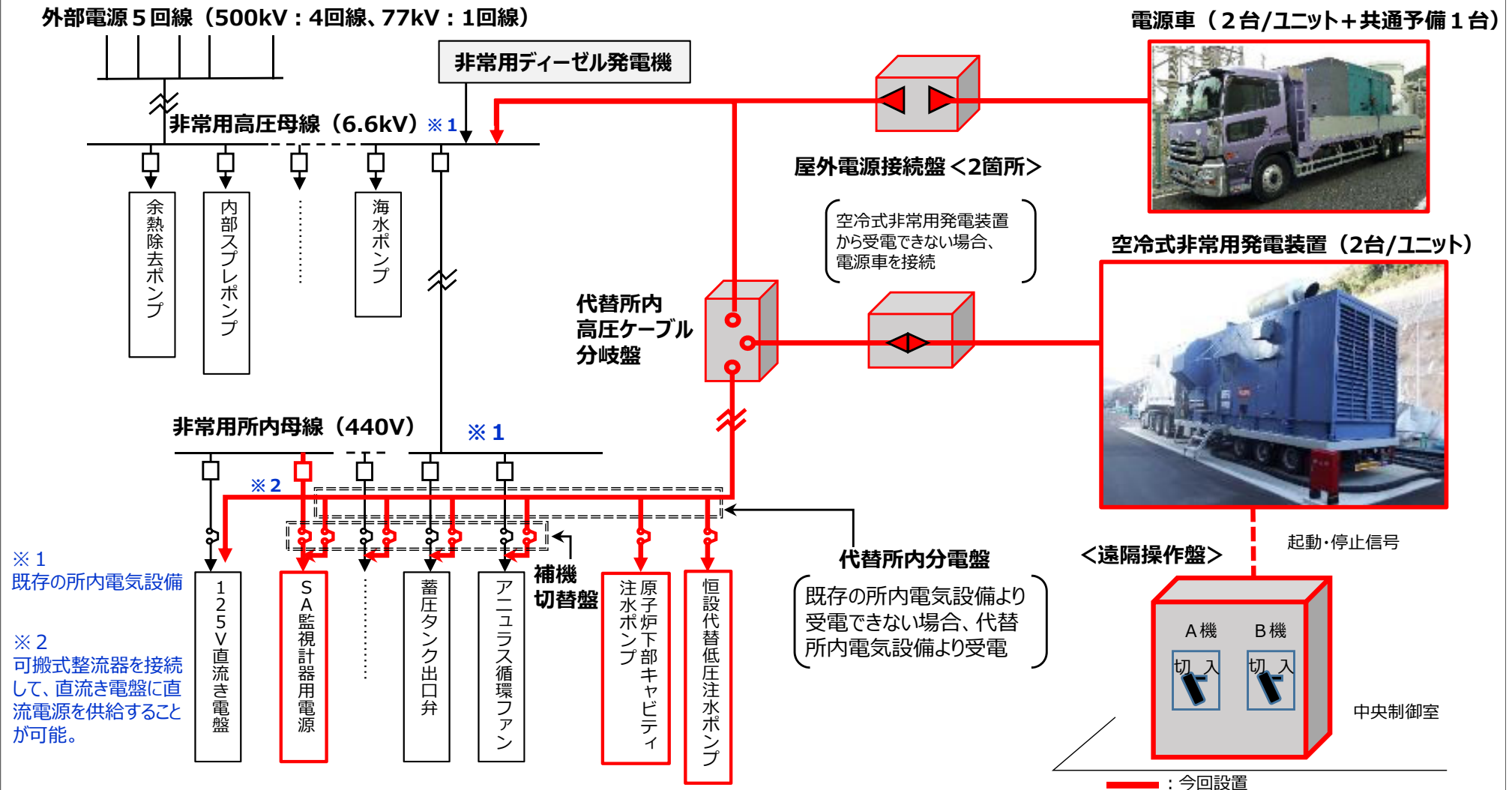
重大事故に対する備え（代替所内電気設備）

設備概要

設置許可基準57条要求（※）として、既存の所内電気設備と位置的分散が図られた所内電気設備

（※）所内電気設備は、代替所内電気設備を設けることなどにより共通要因（地震、火災、溢水等）で機能を失うことなく、少なくとも一系統は機能維持を図ること。

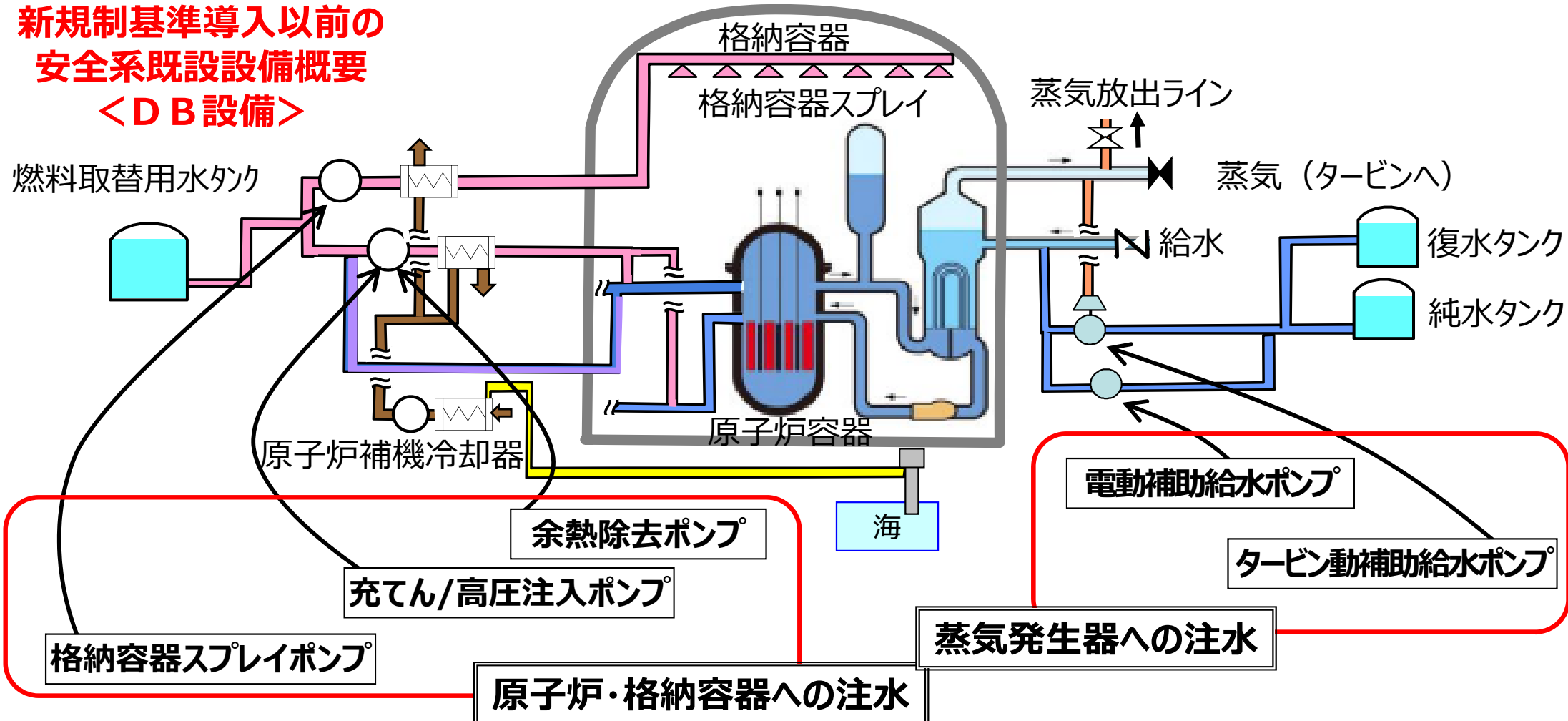
系統構成



重大事故に対する備え（原子炉・蒸気発生器への注水）

- 一次冷却材が漏洩する事象が発生した場合、失われた冷却水を速やかに原子炉へ注水することが重要であり、また、加圧水型原子炉では、蒸気発生器を介した一次冷却材（原子炉）の冷却のために、蒸気発生器への注水を維持することも重要
- 新規規制基準では、これまでに備えられている**原子炉への注水や蒸気発生器への注水設備が機能しない場合に備え、可搬設備等も用いた注水手段の多様化を実施**

新規規制基準導入以前の 安全系既設設備概要 ＜DB設備＞



<DB設備> プラント設置当初からの既設設備

余熱除去ポンプ



(2台/号機)

充てん・高圧注入ポンプ



(3台/号機)

内部スプレイポンプ



(4台/号機)

<SA設備> 新規制基準の対応（新規設備）

恒設代替低圧注水ポンプ



(1台/号機)

可搬式
代替低圧注水ポンプ



(2台+予備1台/発電所)

原子炉下部キャビティ
注水ポンプ



(1台/号機)

<SA設備※>

※DB設備であるがSA設備としても活用

内部スプレイポンプ



(4台/号機)

2台に自己冷却配管を設置

充てん・高圧注入ポンプ



(3台/号機)

1台に自己冷却配管を設置

使用できない
場合に備え

更なる
バックアップ

《凡例》  : 既設設備

 : 新設設備

 : 新設可搬設備

<DB設備> プラント設置当初からの既設設備

タービン動補助給水ポンプ°



（1台／号機）

電動補助給水ポンプ°



（2台／号機）

使用できない
場合に備え

<自主的な安全性向上>

蒸気発生器への注水手段は多重化・多様化されているが、
更なる安全性向上のため、中圧ポンプと送水車を用いて蒸
気発生器へ注水する設備と手順を整備

中圧ポンプ°



（1台／号機）

+

送水車



（2台＋予備1台／発電所）

《凡例》



: 既設設備

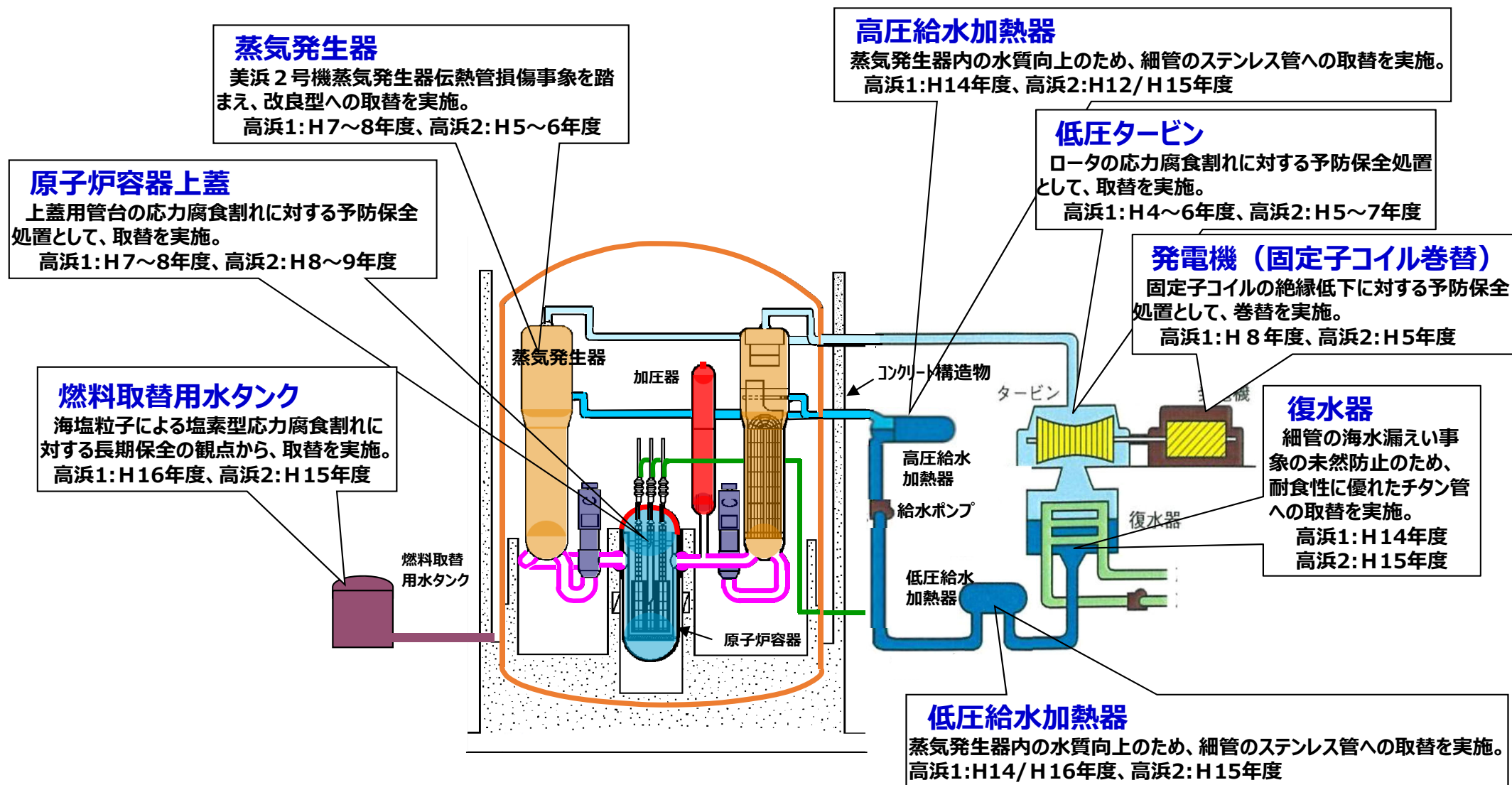


: 新設設備



: 新設可搬設備

- これまで、設備・機器全てに対して、保全計画に基づく、きめ細かい保守管理を実施
- また、使用材料等の改良も踏まえ、大型機器の取替えを積極的に実施し、最新プラントと同等の高い信頼性を確保



取替えを実施した大型機器

高経年化対策（劣化状況評価の概要）

- 安全上重要な設備・機器※¹に想定される劣化事象を部品レベルで抽出し、60年を想定した劣化状況を評価して、健全性を確認するとともに、長期の保守管理方針を策定

※¹ 評価対象設備数 ⇒ 高浜1号機：約3400 高浜2号機：約3200

ポンプ、容器、配管、熱交換器、弁、電気計装設備、タービン 等
（重大事故等対処設備等の追加）

余熱除去ポンプの例

機器	部位	材料	経年劣化事象※ ²
余熱除去ポンプ	主軸	ステンレス鋼	摩耗
			疲労割れ（フレッキング疲労割れ）
			疲労割れ（高サイクル疲労割れ）
	羽根車	ステンレス鋼鋳鋼	腐食（キャビテーション）
	軸受箱	鋳鉄、炭素鋼鋳鋼	腐食（全面腐食）
	軸継手	低合金鋼、炭素鋼	摩耗
	潤滑油ユニット	炭素鋼、鋳鉄	腐食（全面腐食）
	増速機歯車	低合金鋼	摩耗
	増速機ケーシング	鋳鉄	腐食
	ケーシング	ステンレス鋼鋳鋼	疲労割れ
			応力腐食割れ
	ケーシングカバー	ステンレス鋼鋳鋼	疲労割れ
			応力腐食割れ

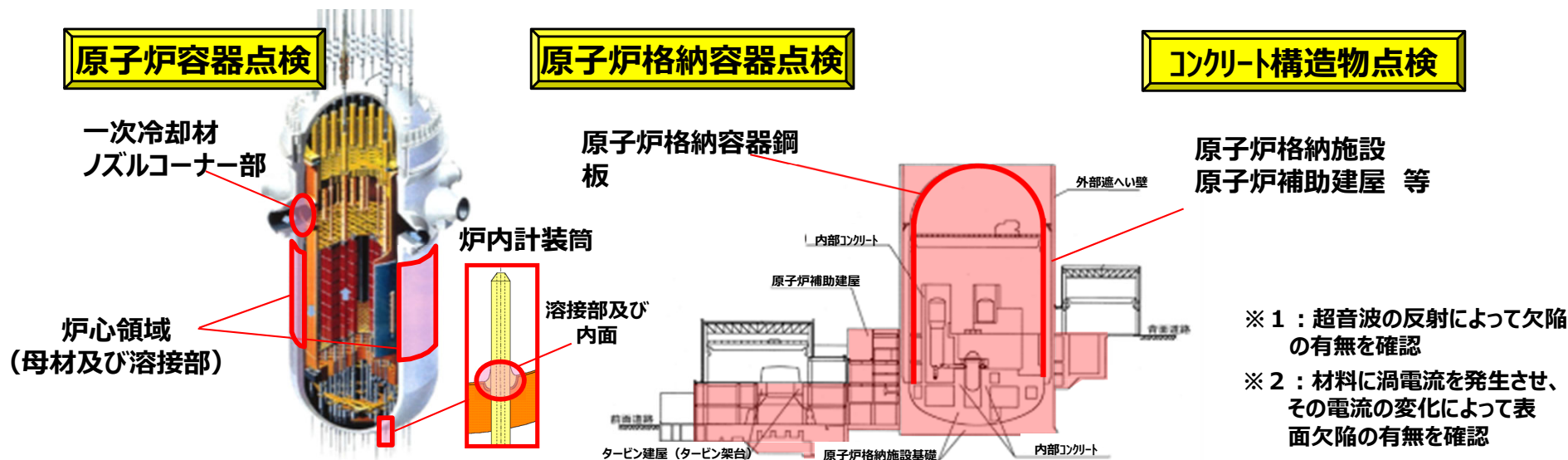
【福島事故後の主な強化点】

- ・ 常設重大事故等対処設備を評価対象として追加
- ・ 特別点検結果や、劣化を考慮したうえで重大事故等時の厳しい環境条件を踏まえた評価を実施
- +
- ・ 設計用基準地震動に基づく耐震安全性と基準津波に基づく耐津波安全性を、劣化を考慮して評価

※² 経年劣化事象：これまで蓄積してきた高経年化技術評価の知見を基に、最新のトラブル情報等の運転経験や研究成果等の知見も踏まえて抽出

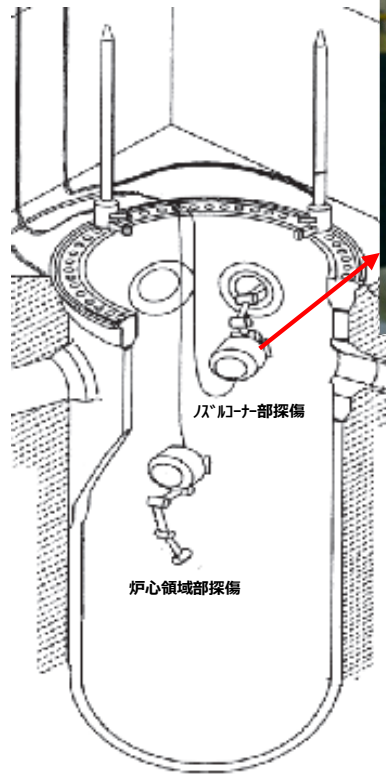
- 運転期間延長認可申請に先立ち、特別点検が義務化された。
- 高浜 1、2 号機は、取替えが困難な、原子炉容器、原子炉格納容器、コンクリート構造物に対して特別点検を行い、異常は認められなかった。
- 劣化状況評価（高経年化技術評価）では、この点検結果も踏まえ、60年運転に問題がないことを確認した。

対象機器	対象部位	点検方法
原子炉容器	母材及び溶接部（炉心領域 100%）	超音波探傷試験※ ¹ による欠陥の有無の確認
	一次冷却材ノズルコーナー部	渦流探傷試験※ ² による欠陥の有無の確認
	炉内計装筒（全数）	目視試験による溶接部の欠陥の有無の確認及び渦流探傷試験による計装筒内面の欠陥の有無の確認
原子炉格納容器	原子炉格納容器鋼板 （接近できる点検可能範囲の全て）	目視試験による塗膜状態の確認
コンクリート構造物	原子炉格納施設 原子炉補助建屋 等	採取したコアサンプル（試料）による強度等の確認



原子炉容器
の点検

異常のない
ことを確認



原子炉容器検査ロボット

外形寸法、質量

1.8mx1mx0.9m

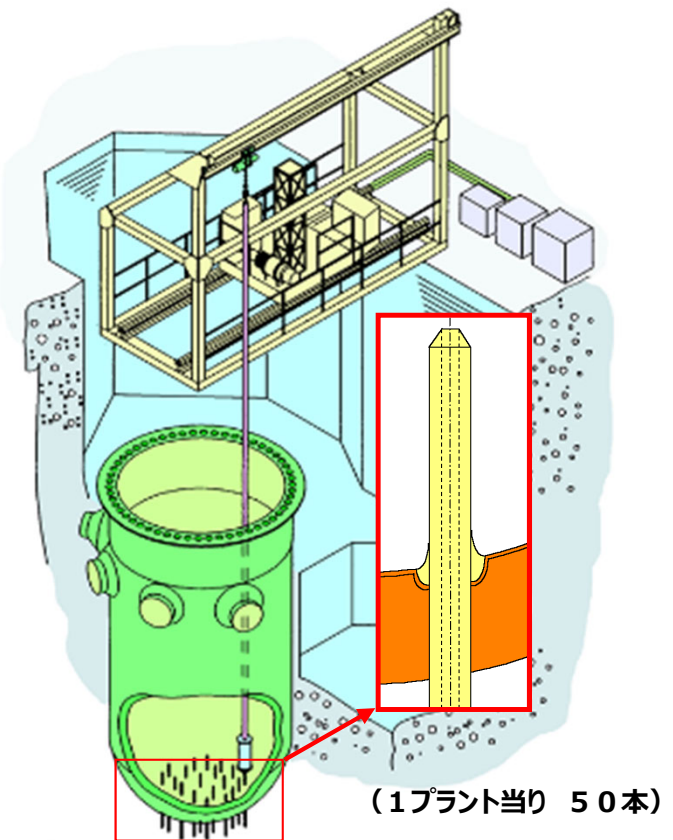
300kg(水中0kg)

移動方式

自泳

車輪による壁面の自走

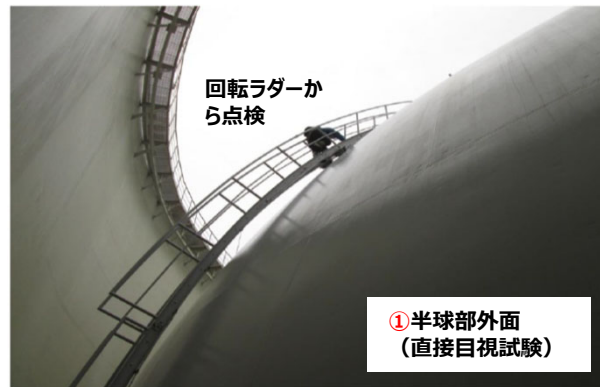
目視点検装置、試験装置(渦流探傷)を吊り下げて、炉内計装筒の溶接部、管内面の欠陥の有無を確認。



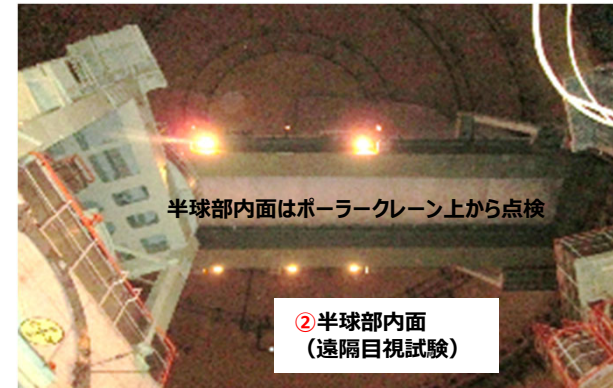
原子炉格納容器の点検

異常のないことを確認

原子炉格納容器については、原子炉格納容器鋼板の健全性を確認するため、鋼板の塗膜状態の目視試験を実施する。高所等、直接目視できない箇所についてはカメラを用いて確認。



原子炉格納容器外面

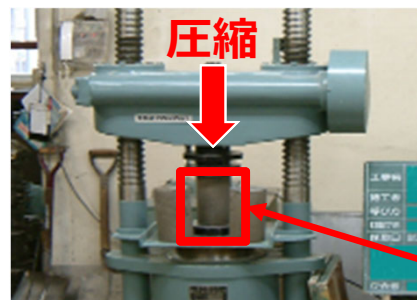


原子炉格納容器内面

コンクリート構造物点検

異常のないことを確認

原子炉格納施設、原子炉補助建屋、タービン建屋等において、採取したコアサンプルによる強度、遮へい能力、中性化などの確認を実施。



強度の点検事例
(圧縮試験機による確認)



中性化深さの点検事例
(試薬により変色度合を確認)

- コンクリートの健全性が維持されていることを確認するため、**1、2号機 約300本のコンクリートコアサンプルを採取**
- これらのコアサンプルを用いて、強度、遮へい能力、中性化、塩分浸透状況、アルカリ骨材反応を調査し、コンクリートの健全性を確認



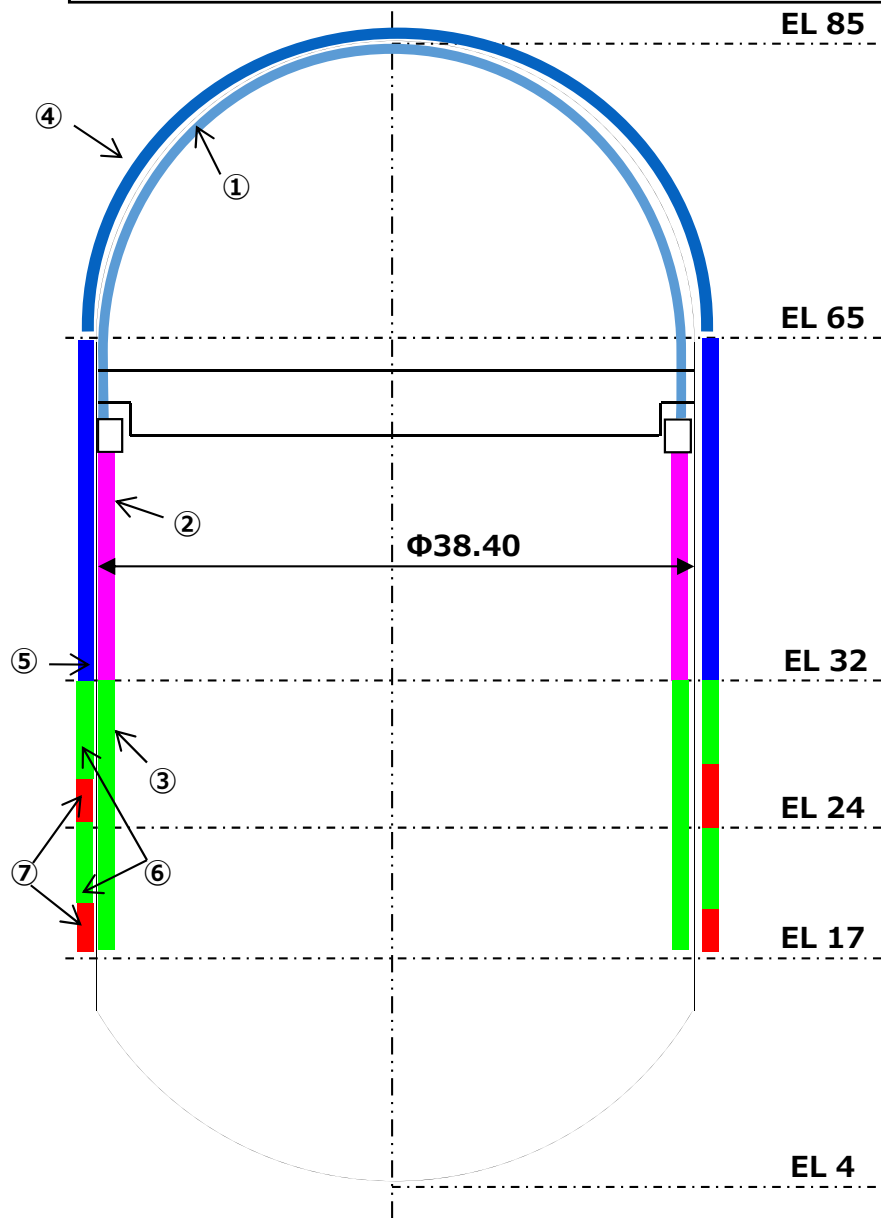
コンクリートコアサンプル採取状況



コンクリートコアサンプルの例

高経年化対策（格納容器内外面塗装点検）

- 原子炉格納容器の健全性が維持されていることを確認するため、原子炉格納容器鋼板の劣化を防止するために塗布されている塗装被膜の状況に問題が無いことを確認
- 表面塗装の欠陥が確認された箇所にはタッチアップ塗装を実施



塗装箇所		エリア No.	EL (m)	塗装方法 (アクセス方法)	塗装面積 (㎡)	点検方法
内面	半球部	①	59~85	部分 (足場)	163 (187) ()内2u分	ポーラクレーン上から遠隔*・直接目視
	円筒部	②	35~59	部分 (足場・ゴンドラ)	481 (501)	高所はゴンドラ、機器歩廊より遠隔目視* オペフロ上で仮設足場等より近接して点検可能な場所は直接目視
			32~35	全面		
		③	17~32	全面 (足場)	1,808	仮設足場等より直接目視
外面	半球部	④	65~85	部分 (足場)	161 (194)	回転ラダーより直接目視 ダクト近傍は遠隔目視*
	円筒部	⑥	20~24 27~32	全面 (足場)	1,080	仮設足場等より直接目視
		⑤	32~65	全面 (足場)	4,070	
		⑦	17~20 24~27	全面 (足場)	720	

* 遠隔目視では、0.8mmの欠陥が確認できる条件の倍率で確認。

4基同時に発災した場合、対策本部長はユニット毎に指揮者や現場対応責任者を指名する。



各役割毎の責任者は、以下の役職者が就くことを原則とし、その時の状況により対策本部長が指名する。

- ◆ユニット指揮者
運営統括長、品質保証室長、安全・防災室長、
保修工事グループ課長
- ◆発電班長、副班長
発電室長、課長、係長
- ◆保修班長
電気・計装・原子炉・タービン・土建の保修課長、係長、班長
- ◆総務班長：庶務、人財・安全係長
- ◆広報班長：コミュニケーション課長、係長
- ◆情報班長：技術課長、運用係長
- ◆安全管理班長
原子燃料課長、係長、班長、安全・防災室課長、係長
- ◆放射線管理班長
放射線管理課長、係長