

美浜・大飯・高浜発電所の 安全性向上対策の実施状況等

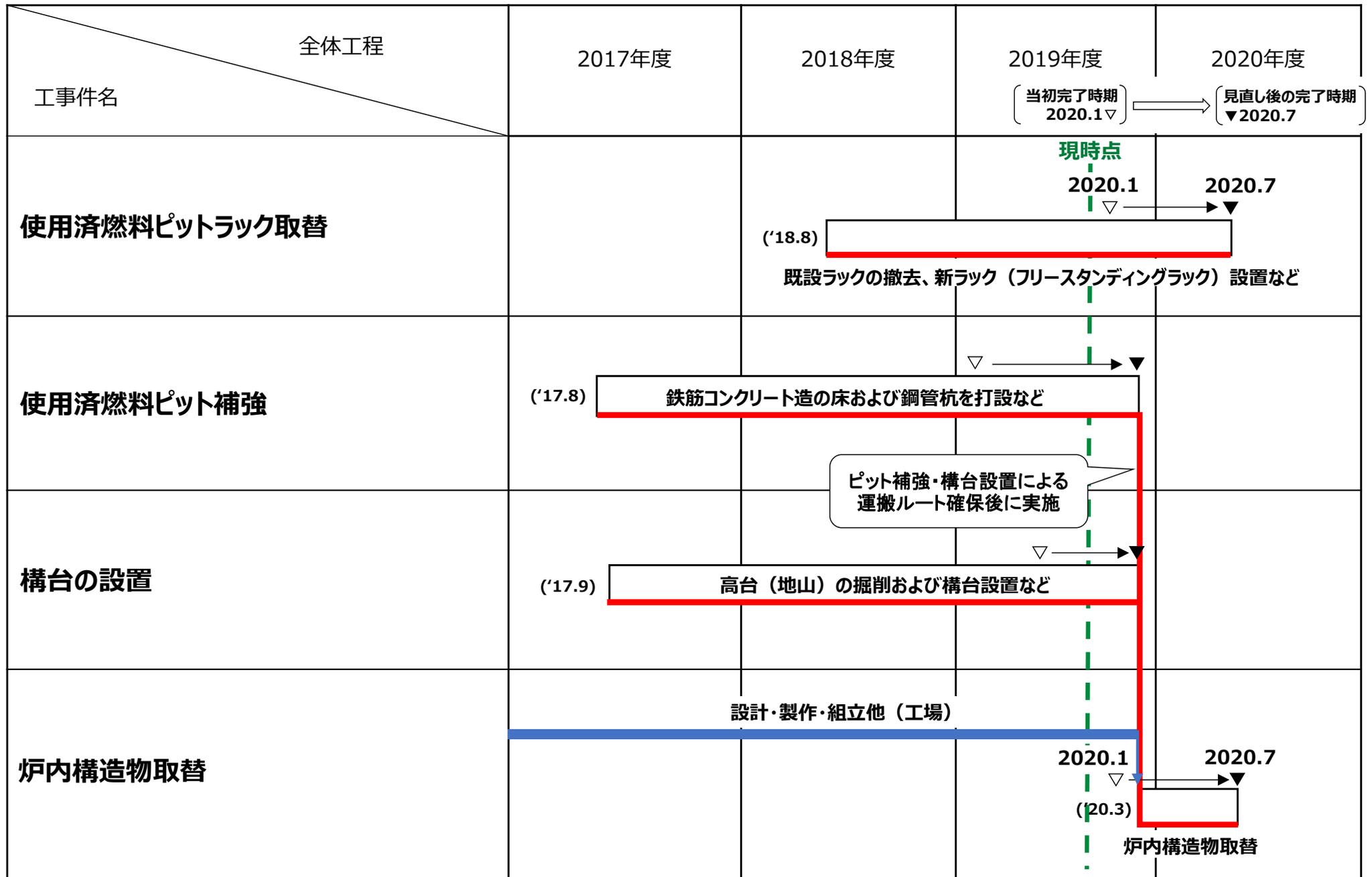
参考資料

2019年11月27日

- (1) 主な安全対策工事の状況参考1~2
- (2) 美浜3号機、高浜1,2号機の安全対策設備
(電源設備、冷却設備)参考3~4
- (3) 下部キャビティ注水ポンプ説明資料.....参考5~6
- (4) 高浜1,2号機安全性対策工事の概要.....参考7~10
(CVトッポドーム、CBR、RWST)
- (5) 美浜3号機安全性向上対策工事の概要.....参考11~16
(SFP耐震補強、構台設置、SFPラック取替、CIR、防潮堤)
- (6) 非常用DG吸気フィルタの取替、清掃方法.....参考17~18
- (7) 火山影響等発生時の体制整備概要.....参考19
- (8) 降下火砕物シミュレーション（設置変更許可申請）参考20
- (9) 海外情報の収集・対応状況.....参考21~23
- (10) これまでの委員会における委員からの質問への回答実績.....参考24~47

美浜 3 号機 主な安全性向上対策の状況

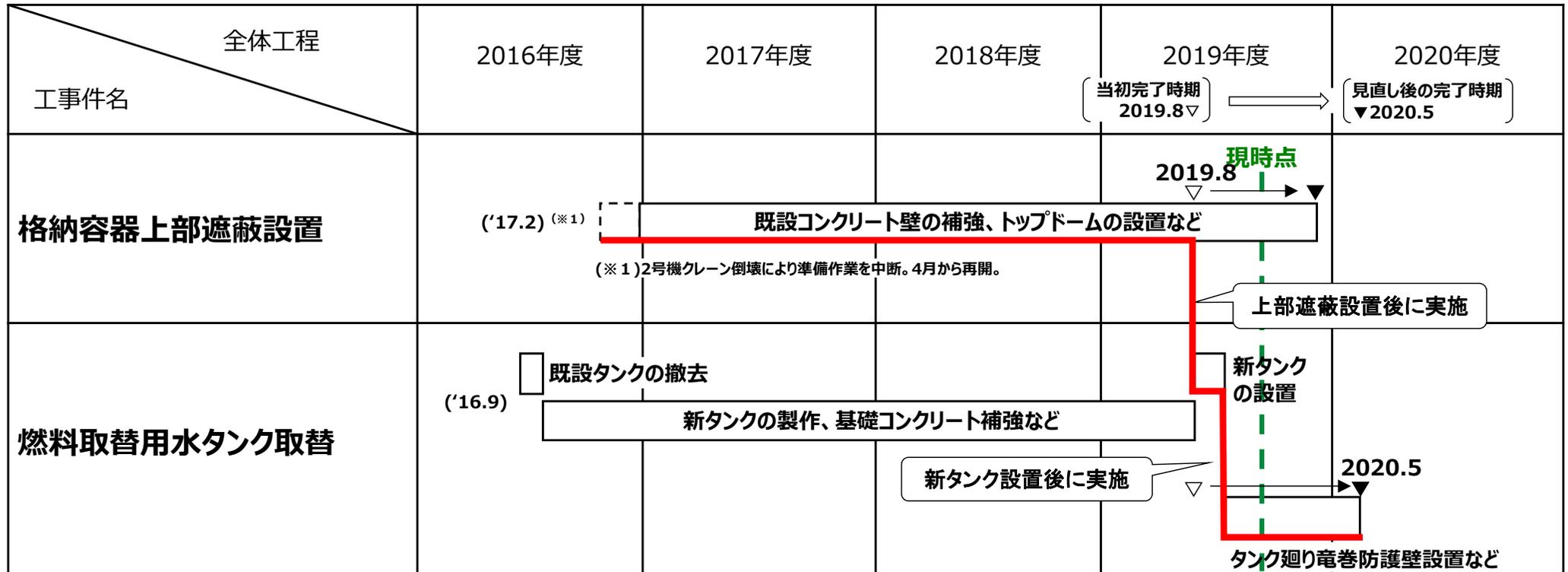
参考1



▽ 当初工事完了 ▼ 工事完了予定

高浜 1, 2号機 主な安全性向上対策の状況

○高浜 1号機



○高浜 2号機

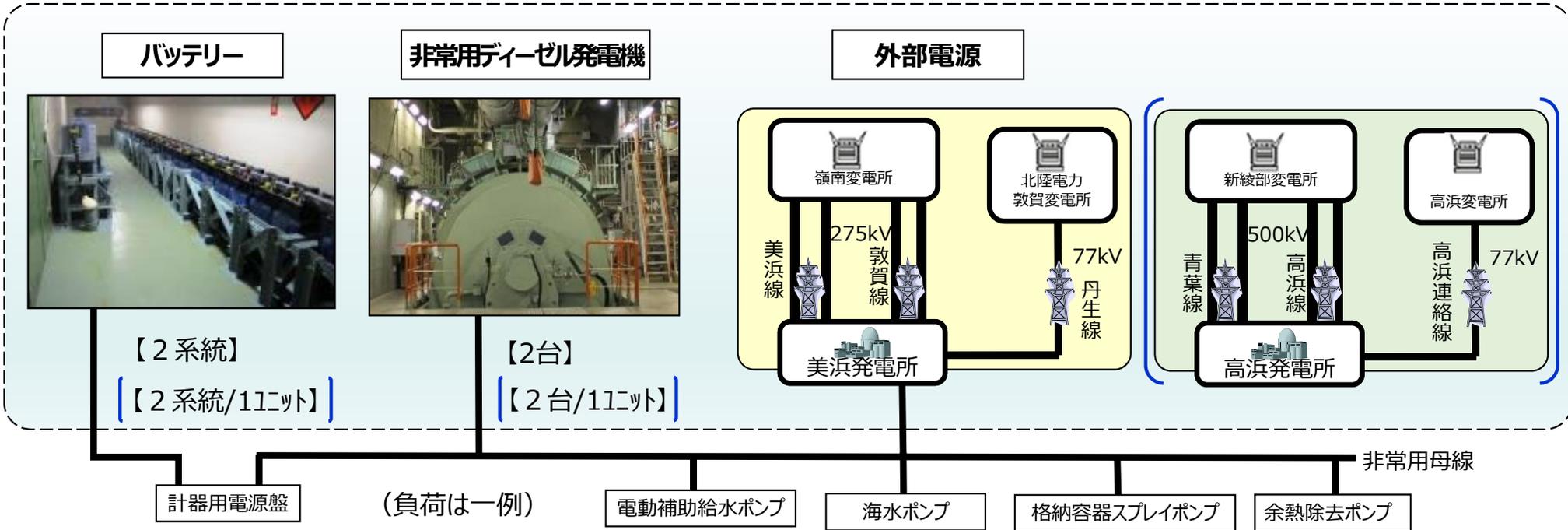


(*2) 海水取水設備移設工事の完了時期

▽ 当初工事完了 ▼ 工事完了予定

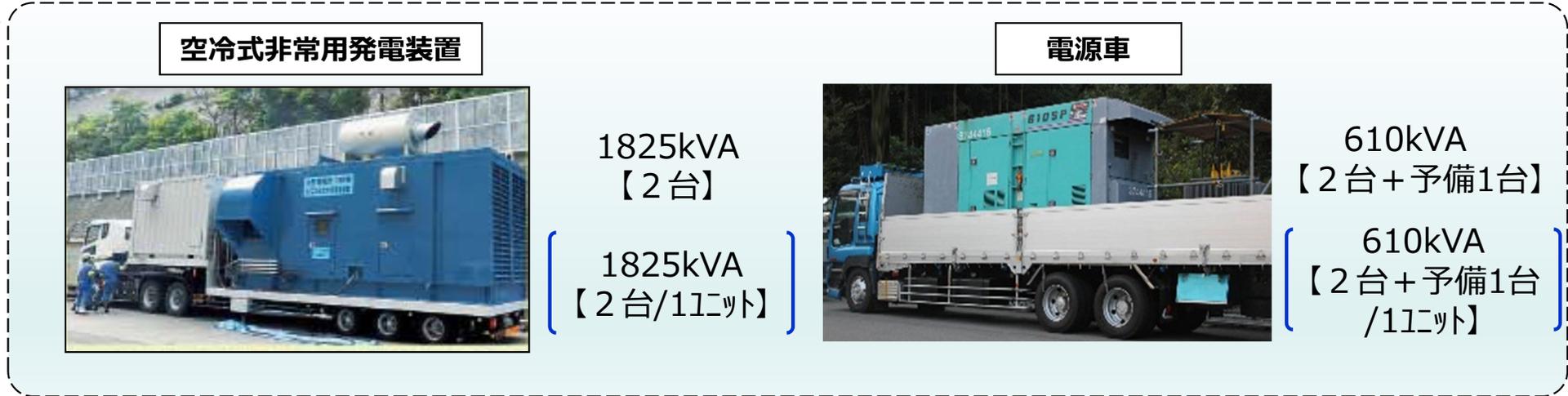
美浜3号機、高浜1,2号機の安全対策設備（電源設備）

（福島第一原子力発電所事故前）
既存設備



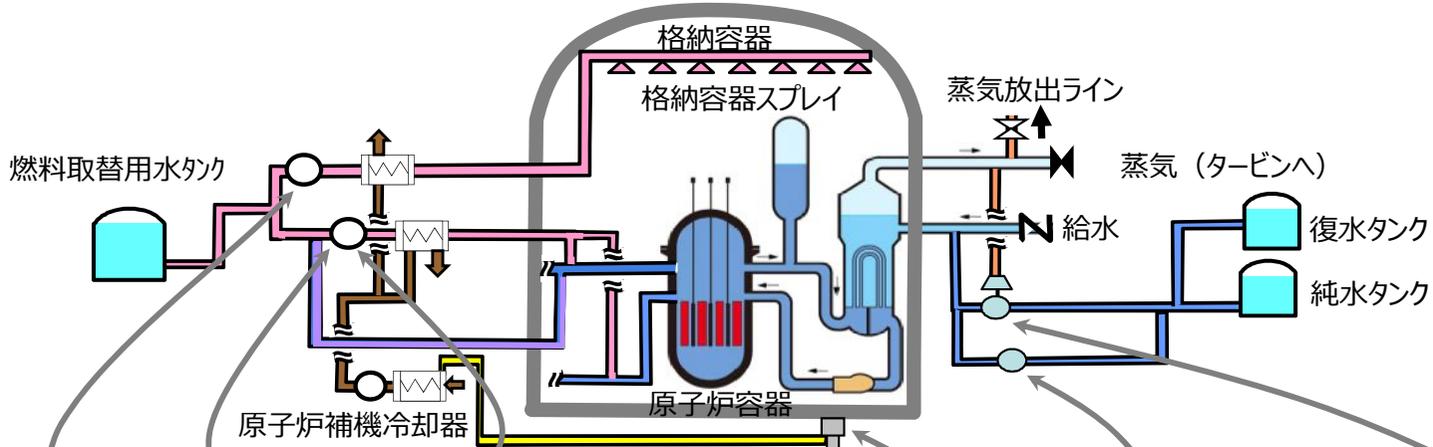
使用出来ない
場合に備えて

追加設備・対策



美浜3号機の写真、設備仕様を記載、 []は高浜1,2号機の設備仕様

美浜3号機、高浜1,2号機の安全対策設備（冷却設備）



（福島第一 原子力発電所事故前）
既存設備

格納容器スプレイポンプ 423m ³ /h【4台】 423m ³ /h【2台/ユニット】	充てん/高圧注入ポンプ 147m ³ /h【3台】 147m ³ /h【2台/ユニット】	余熱除去ポンプ 852m ³ /h【2台】 852m ³ /h【2台/ユニット】	海 海水ポンプ 3200m ³ /h【4台】 3200m ³ /h【2台/ユニット】	電動機補助給水ポンプ 85m ³ /h【2台】 75m ³ /h【2台/ユニット】	タービン動機補助給水ポンプ 171m ³ /h【1台】 148m ³ /h【2台/ユニット】
---	---	---	---	--	---

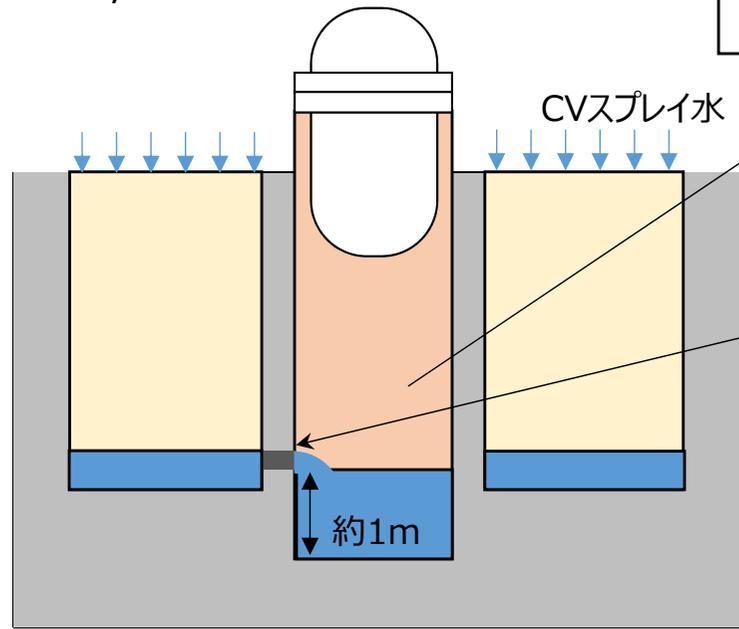
使用出来ない
場合に備えて

恒速代替低圧注水ポンプ 150m ³ /h【1台】 120m ³ /h【1台/ユニット】 ※写真は高浜	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 ³ /h/台【2台+予備1台】 150m ³ /h【2台+予備1台/ユニット】	大容量ポンプ 1440m ³ /h【3台+予備1台】 1440m ³ /h【3台+予備1台/ユニット】	送水車 300m ³ /h【2台+予備1台】 210m ³ /h【2台+予備1台/ユニット】
原子炉下部中七ヶ注水ポンプ 150m ³ /h【2台】 150m ³ /h【2台/ユニット】 ※写真は高浜	海水ポンプモータ予備 【1台】 【1台/ユニット】	中圧ポンプ 30m ³ /h【2台】 30m ³ /h【2台/ユニット】	

追加設備

美浜3号機の写真、設備仕様を記載、 []は高浜1,2号機の設備仕様

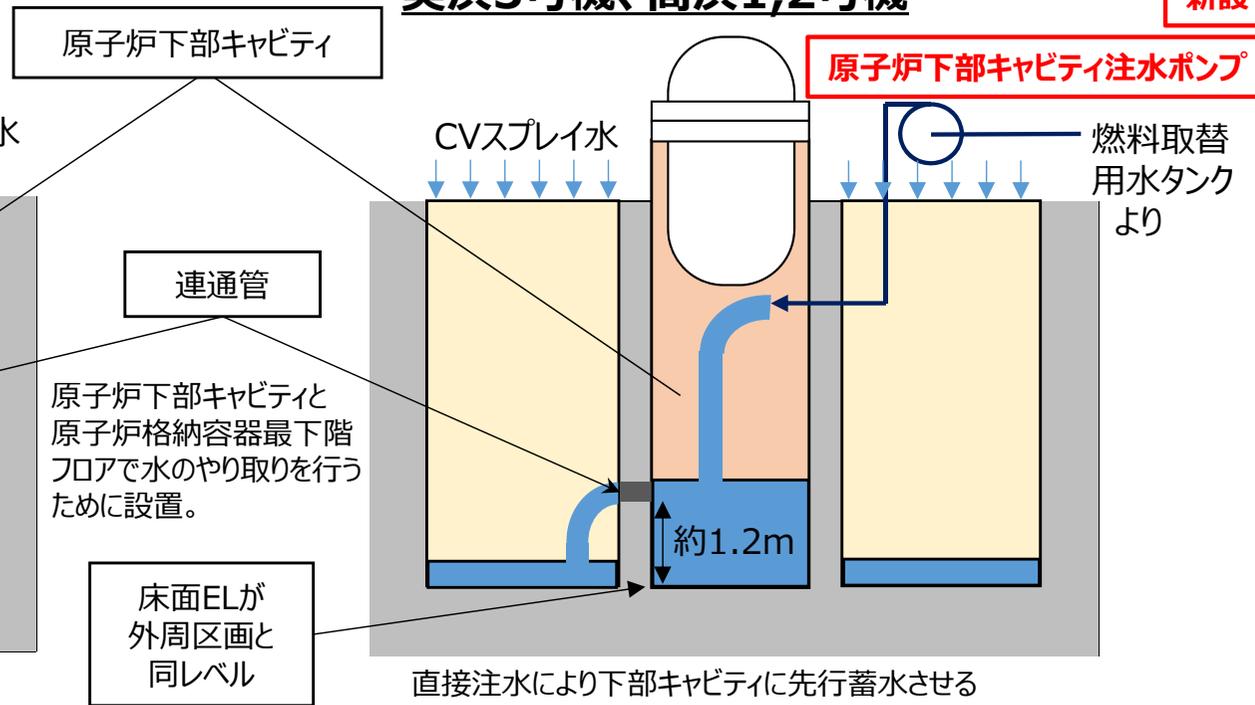
高浜3,4号機



外周区画から優先的に下部キャビティへ水が流れる

美浜3号機、高浜1,2号機

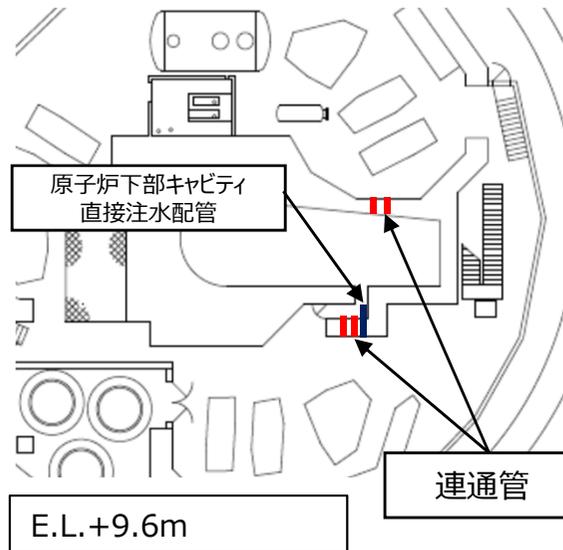
新設



直接注水により下部キャビティに先行蓄水させる

概要

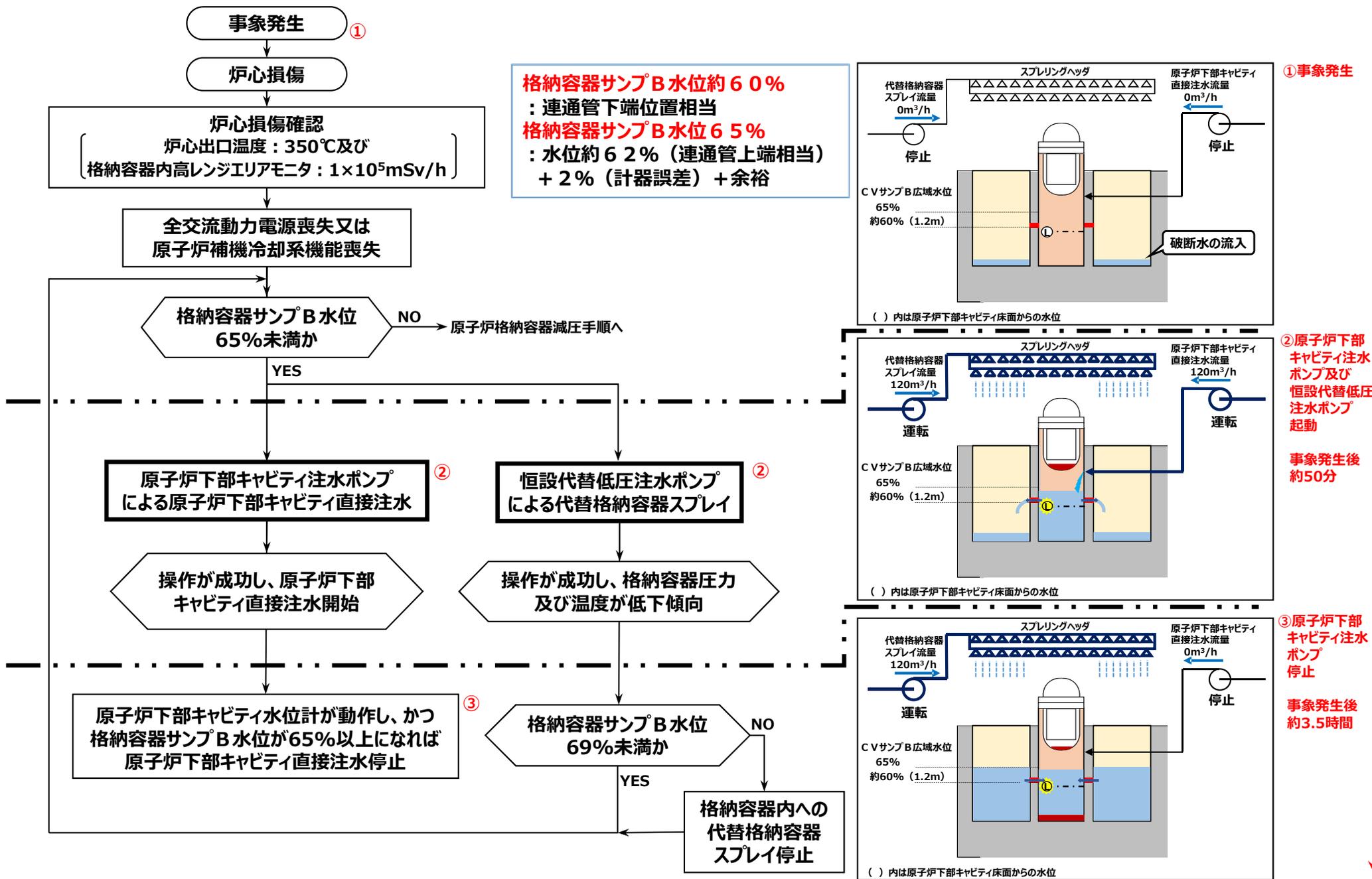
- 美浜3号機は原子炉下部キャビティ注水ポンプを用いた原子炉下部キャビティ直接注水により、熔融炉心落下までに熔融炉心-コンクリート相互作用（以下、「MCCI」）抑制に必要な水量を原子炉下部キャビティへ速やかに蓄水。
- 原子炉下部キャビティ注水ポンプ停止後は、恒設代替低圧注水ポンプを用いた代替格納容器スプレイにより、原子炉格納容器最下階フロアの連通管上端以上の水位まで蓄水し連通管を通して原子炉下部キャビティに継続的に水が供給されることで、長期的にMCCI抑制に必要な水位を維持。



原子炉下部連通管設置（予定）

高浜1、2号機 原子炉下部キャビティ注水ポンプ設置工事関係 (格納容器下部に落下した溶融炉心の冷却に関する対応手順)

想定例：大破断 L O C A 時に高圧注入機能、低圧注入機能及び格納容器スプレイ注入機能が喪失する事故 (CV過圧破損シーケンス)



高浜 1, 2号機 格納容器上部遮蔽設置の状況

- 概要 : 格納容器上部にドーム状の鉄筋コンクリート造の遮蔽を設置し、外部遮蔽壁を補強する。
- 進捗状況 : 1号機:上部遮蔽塗装中、2号機:外部遮蔽コンクリート打設中。

工事開始前



足場の組立 (2016.10~)



外部遮蔽壁頂部の撤去 (2017.7~)



外部遮蔽壁の補強 (2017.10~)



1号機:上部遮蔽塗装中
2号機:外部遮蔽コンクリート打設中



上部遮蔽の設置 (イメージ)



高浜 1, 2号機 中央制御盤取替工事の状況

- 概要：中央制御盤をアナログ式から最新のデジタル式の操作・監視盤に取替えを行い、大型表示装置やディスプレイ（タッチパネル）での操作や監視をできるように変更する。
- 進捗状況：新制御盤設置中。

【本体工事の状況】

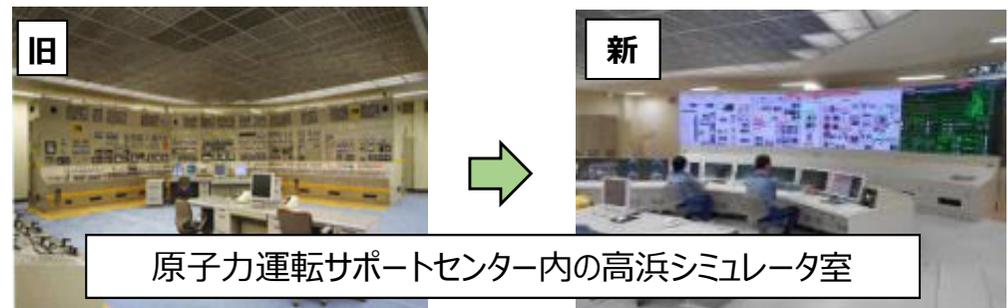


〔 〕 VDU (Visual Display Unit)

【シミュレータ設置、習熟訓練の状況】

新型中央制御盤運用開始に先立ち、運転員の習熟訓練を実施中

実施内容	
盤慣れ訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・VDU画面の選択 ・警報発信時の対応
通常操作訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・ユニット起動、停止 ・定期点検、起動時の各種検査等の対応
事故・故障対応訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・主給水管破断等のDB事象対応 ・S/G除熱機能の維持等のSA事象対応 ・多重故障対応、新型制御盤特有の故障対応
SA対応訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・成立性確認訓練
フォローアップ訓練 (必要に応じて)	<ul style="list-style-type: none"> 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



年度	2016	2017	2018	2019	2020～
シミュレータ工程	準備	製作・据付	習熟訓練	反復訓練	
本体工程			既設撤去・新設設置・機能試験	仮設盤運用	

高浜1、2号機 中央制御盤他取替工事関係 (計器用電源容量の増強)

参考9

高浜1、2号機中央制御盤他取替工事(CBR)に伴う、計器用電源定格容量評価結果に基づき、計器用電源の増強工事を実施し、電源定格容量を満足する設計。

【計器用電源評価結果】

電源装置	高浜1号機				
	CBR前		*更新	CBR後	
	定格容量 KVA	連続負荷 容量	電源設備 更新時期	定格容量 KVA	連続負荷 容量
A計器用電源(安全系)	10→20*	6.9	2011	20	13.6
B計器用電源(安全系)	10→20*	7.3	2011	20	13.0
C計器用電源(安全系)	10→20*	7.3	2011	20	14.1
D計器用電源(安全系)	10→20*	7.4	2011	20	13.0
AC後備計器用電源(安全系)	10→20*	11.3	2011	20	17.8
BD後備計器用電源(安全系)	10→20*	12.1	2011	20	16.7
E F計器用電源(常用系)	30→30*	17.8	2009	30	15.8
G計器用電源(常用系)	20→50*	42.0	2009	50	29.4
H計器用電源(常用系)	30→50*	12.9	2009	50	43.6
I計器用電源(常用系)	30→50*	14.9	2009	50	46.1

電源装置	高浜2号機				
	CBR前		*更新	CBR後	
	定格容量 KVA	連続負荷 容量	電源設備 更新時期	定格容量 KVA	連続負荷 容量
A計器用電源(安全系)	10→20*	7.5	2011	20	12.1
B計器用電源(安全系)	10→20*	7.4	2011	20	11.7
C計器用電源(安全系)	10→20*	6.8	2011	20	11.9
D計器用電源(安全系)	10→20*	7.6	2011	20	11.4
AC後備計器用電源(安全系)	10→20*	12.1	2011	20	14.1
BD後備計器用電源(安全系)	10→20*	13.1	2011	20	13.7
E F計器用電源(常用系)	30→30*	17.9	2009	30	17.1
G計器用電源(常用系)	20→50*	42.1	2009	50	31.6
H計器用電源(常用系)	30→50*	13.0	2009	50	42.9
I計器用電源(常用系)	30→50*	15.0	2009	50	46.4

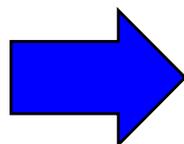
更新時期は、年度を示す

高浜 1, 2号機 燃料取替用水タンク取替工事の状況

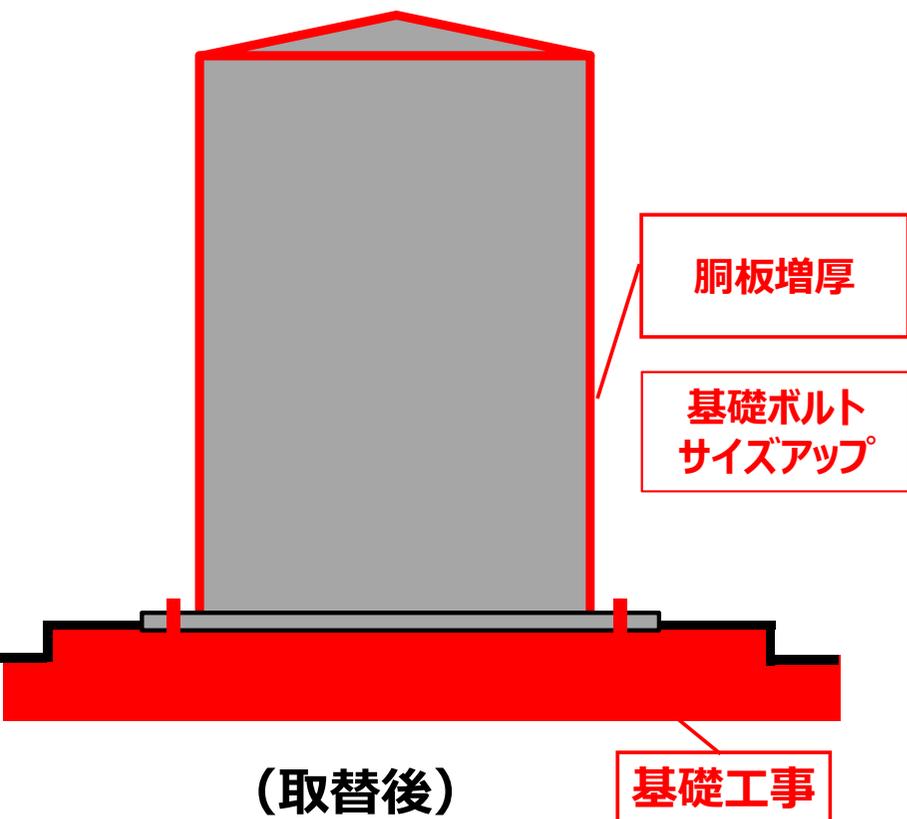
参考10

基準地震動の見直しを踏まえ燃料取替用水タンク他の耐震裕度を向上させるため、増板厚タンクの新規製作・取替え等を実施する。

容量 : 1,720m³
本体材質 : SUS304
本体寸法 : 形状 φ11m×H2.2m
板厚 t8~34mm
本体重量 : 115t (1,250tクレーンにて揚重)
基礎ボルト : W2 1/4 (60φ) × 100本



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 t8~40mm
本体重量 : 199t (1,600tクレーンにて揚重)
基礎ボルト : M64 × 100本



新燃料取替用水タンク据付状況

旧タンク撤去 (2016.10)



- ・現地据付完了
- ・竜巻飛来物防護設備設置中



タンク設置前 (2019.9)



タンク設置 (2019.9)



美浜3号機 使用済燃料ピット補強、構台設置工事の状況

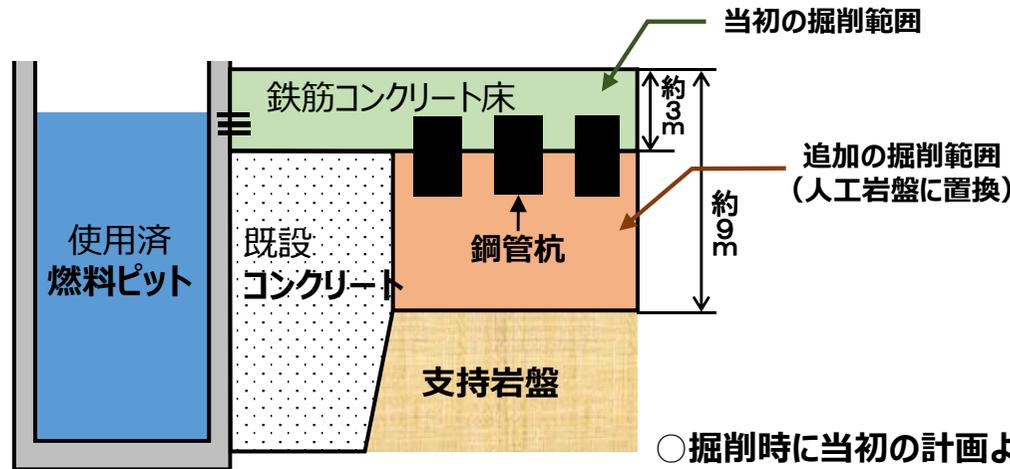
【使用済燃料ピット補強工事】

- 概要 : 支持岩盤に杭（鋼管）で固定した鉄筋コンクリート造の床と使用済燃料ピットを連結（補強）する。
- 進捗状況 : ピット背面地盤を補強中。

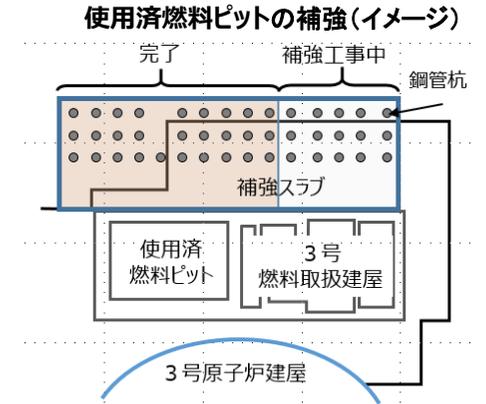
鉄筋コンクリート床の設置状況



鉄筋コンクリート床



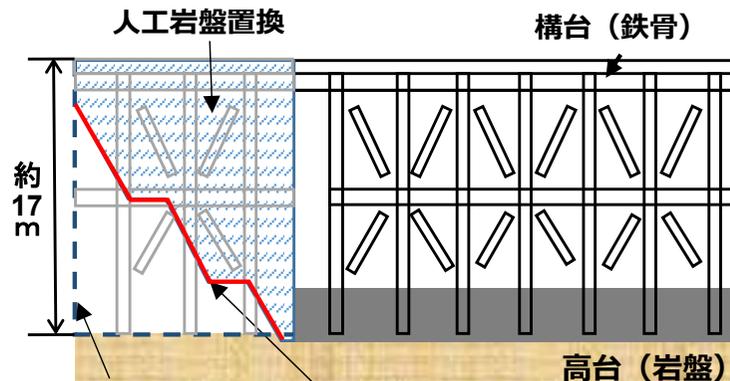
- 掘削時に当初の計画よりも支持岩盤が深いことが判明したため、掘削深さを約3mから約9mに変更し、人工岩盤への置換等を実施



【構台設置工事】

- 概要 : 既存の高台が地震により崩壊する可能性があるため、新たに地震に耐える構台を設置する。
- 進捗状況 : 構台鉄骨組立て中。

構台鉄骨組立て状況



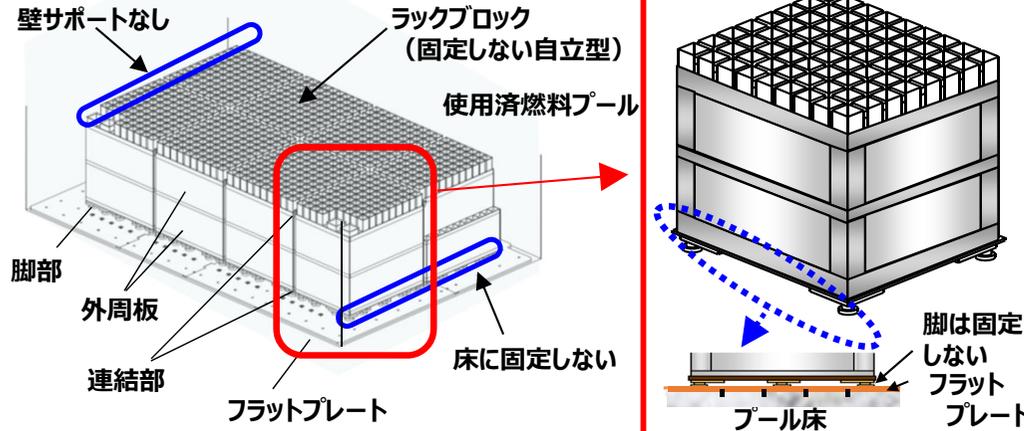
当初、鉛直に掘削し、構台設置を計画
法面掘削へ変更

- 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人工岩盤に変更等

美浜3号機使用済燃料ピットラック取替工事の状況

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・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>

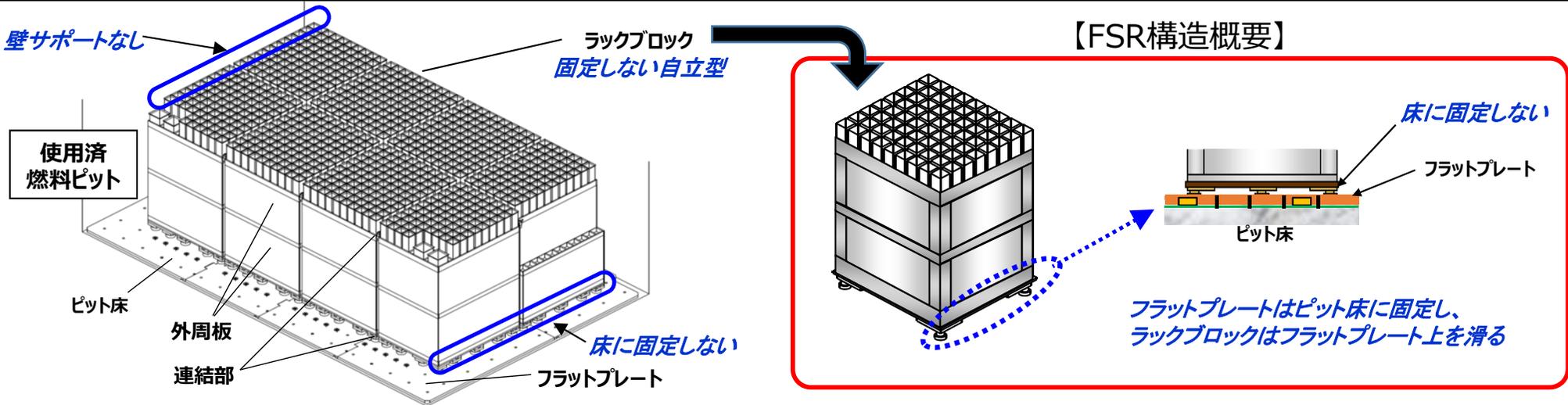
【工事状況】

- ・No.2,3,4,6,7,8の新ラックについて施工済。
- ・新ラック (No.1) の据付準備中。



美浜3号機使用済燃料ピットフリースタンディングラックの浮き上がり等を考慮した耐震評価

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「フリースタンディングラック(FSR)」に取替え。



- ・FSRは、外周板を有したキャン型のラック構造であり、8体のラックブロックで構成。
- ・使用済燃料ピットの壁や床に固定せず、地震力に対してラックが滑ることによってラックに伝わる地震力を低減させる構造。
- ・ラックブロック8体を連結することでロッキング挙動※1を抑制し、ラックブロック間の衝突を防止。
- ・外周板を設けることで、周囲の水による流体力が大きく作用。

地震力により、ラックブロックの滑り挙動（回転を含む）及びロッキング挙動※1が生じる。

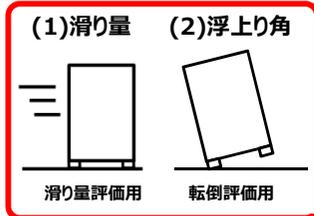
※1：ラックブロックが傾くことにより1辺のみで支持するゆりかごのようにカタカタと動く挙動

【FSRの耐震評価】

- ・加振試験結果との比較により妥当性及び保守性を確認した解析手法を用いた挙動解析及び応力解析による評価。
- ・設置時にラックブロック同士が連結されていない状態があるため、連結ブロック及び単体ブロックの両方の状態に対して評価。

【挙動解析】
 滑り挙動及びロッキング挙動※1を模擬した解析※2により、使用済燃料ピット壁との必要な離隔距離を確保すること及び転倒が生じないことを浮上がり角により評価。
 ※2：3次元非線形時刻歴解析

- ・地震力は水平2方向及び鉛直方向に同時に作用。
- ・挙動解析では、ラックブロック周囲の水による流体力の効果を考慮。



<評価結果※(耐震計算書抜粋 基準地震動)>

※：裕度が最も小さい、厳しい評価の結果を例示

○滑り量	滑り量	許容滑り量	評価結果
	98mm	540mm	○
○浮上がり角 (転倒)	浮上がり角	許容浮上がり角	評価結果
	6.5°	20.7°	○

炉内構造物取替工事

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ッフルフォーマボルト※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。

取替範囲

上部炉心構造物

下部炉心構造物

燃料集合体

原子炉容器

約12.4m

約4.4m

炉内構造物

バッフル板

フォーマ板

約35mm

ボルトの変更等

約97mm

ボルト長尺化

冷却用の穴

ボルト首下形状変更
緩やかな形状

ラジアルサポートキー※³取替 (耐震性向上)

取替前	取替後
下部炉心支持板 ラジアルサポートキー	ラジアルサポートキー 下部炉心支持板
クレビスインサート	クレビスインサート

※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(バッフル板)を固定するためのボルト

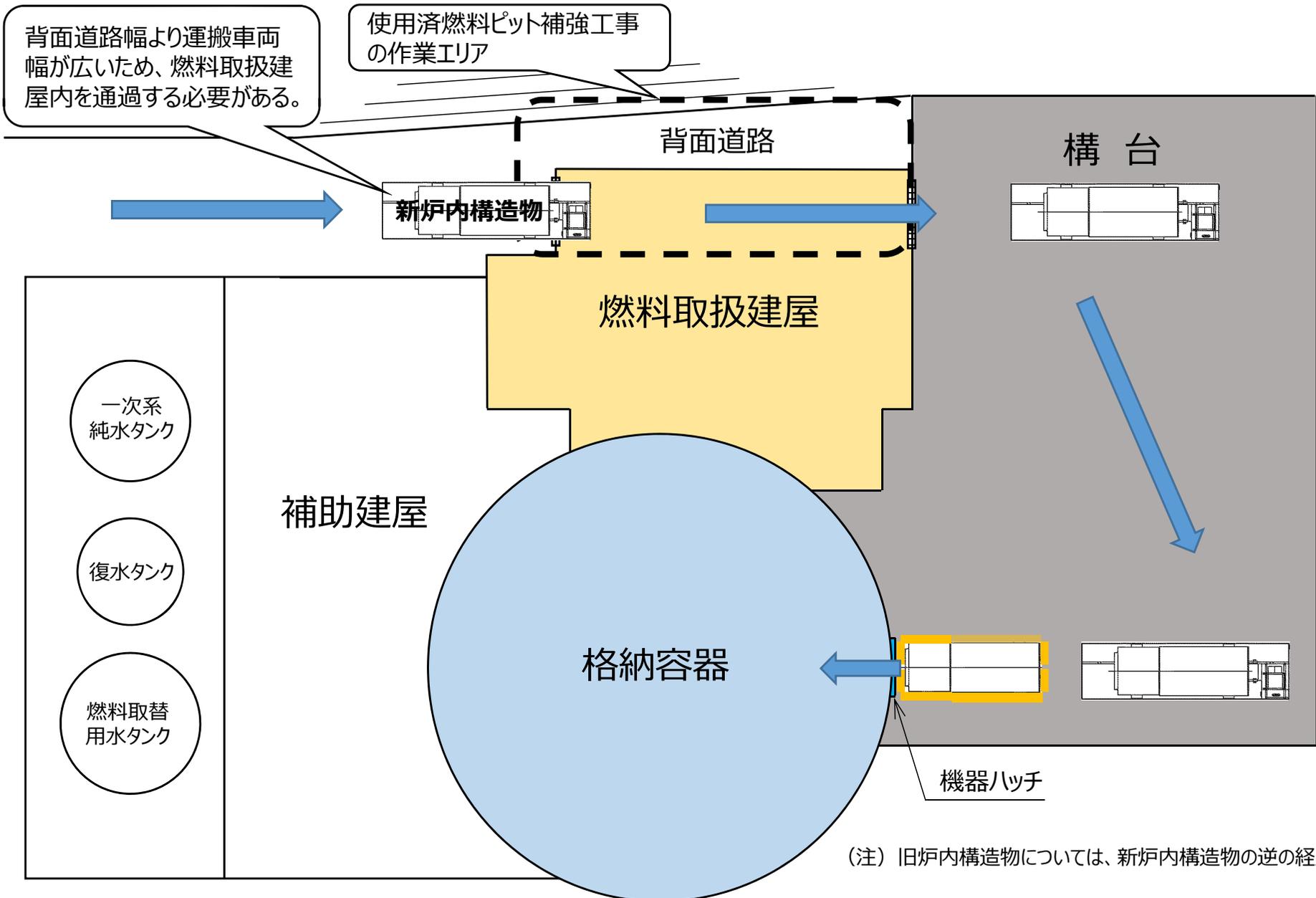
※³:炉内構造物の動きを制限するためのサポート

上部炉心構造物

下部炉心構造物

美浜3号機炉内構造物取替工事に伴う炉内構造物の運搬経路

新・旧の炉内構造物の運搬については、燃料取扱建屋内および構台上を経路としていることから、使用済燃料ピット補強工事および32m構台設置工事の完了後に実施。



(注) 旧炉内構造物については、新炉内構造物の逆の経路で搬出

美浜3号機 防潮堤工事の状況

防潮堤
【新規制基準対応】

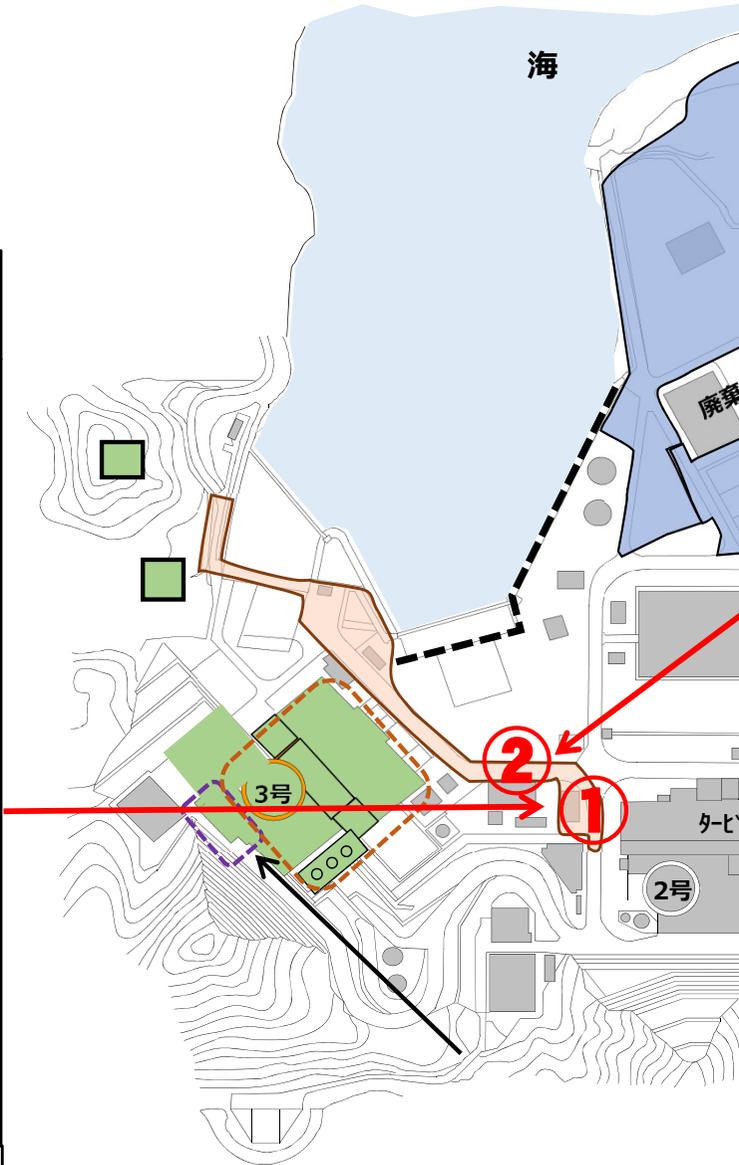
防潮堤完成高さ 海拔5.5m

土砂
地表面
土砂
-24m
-30m
土砂
岩盤
[断面イメージ]

<掘削深さ>
(地表面から)
計画 約-30m
実績 約-24m

①地盤(土砂)の掘削状況

防潮堤構築中



防潮堤
【新規制基準対応】

防潮堤完成高さ 海拔5.5m

土砂
地表面
土砂
12m
コンクリート
4m
岩盤
[断面イメージ]

<打設高さ>
(岩盤から)
計画 約12m
実績 約4m

②コンクリートの打設状況

コンクリート

防潮堤構築中

高浜 1, 2号機の非常用ディーゼル発電機吸気フィルタの清掃方法については、屋外テントを設置し、対応します。

図 1 : 吸気消音器近傍に仮設テントを設置。

吸気消音器のフィルタ位置は、足場（グレーチング）から約1mの位置にあり、容易にアクセス可。

図 2 : 火山灰除けテントイメージ

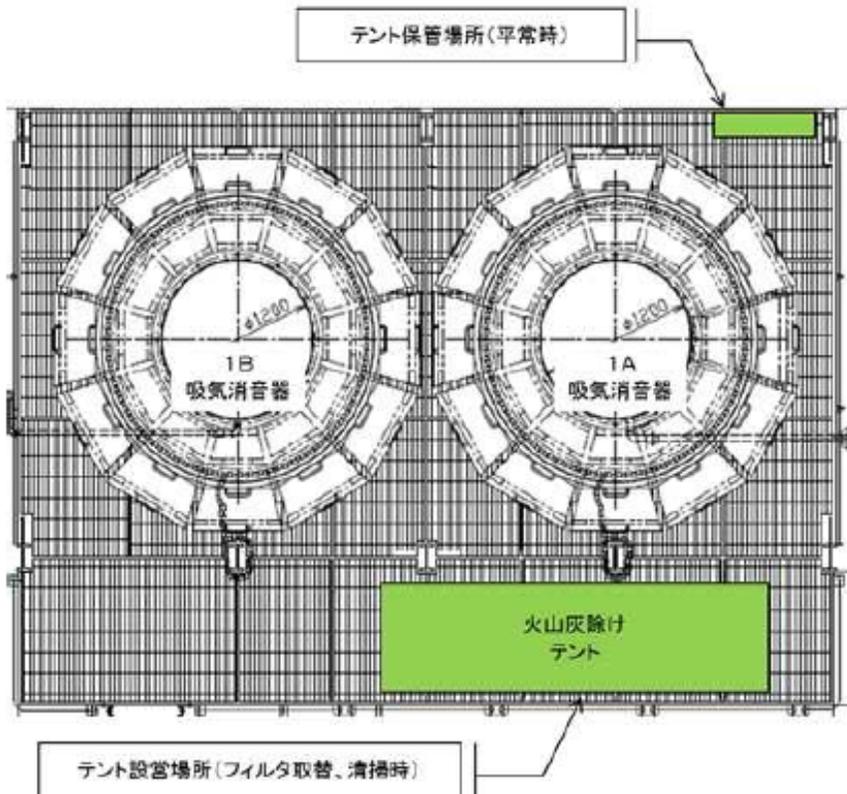


図 1 火山灰除けテント設営位置図

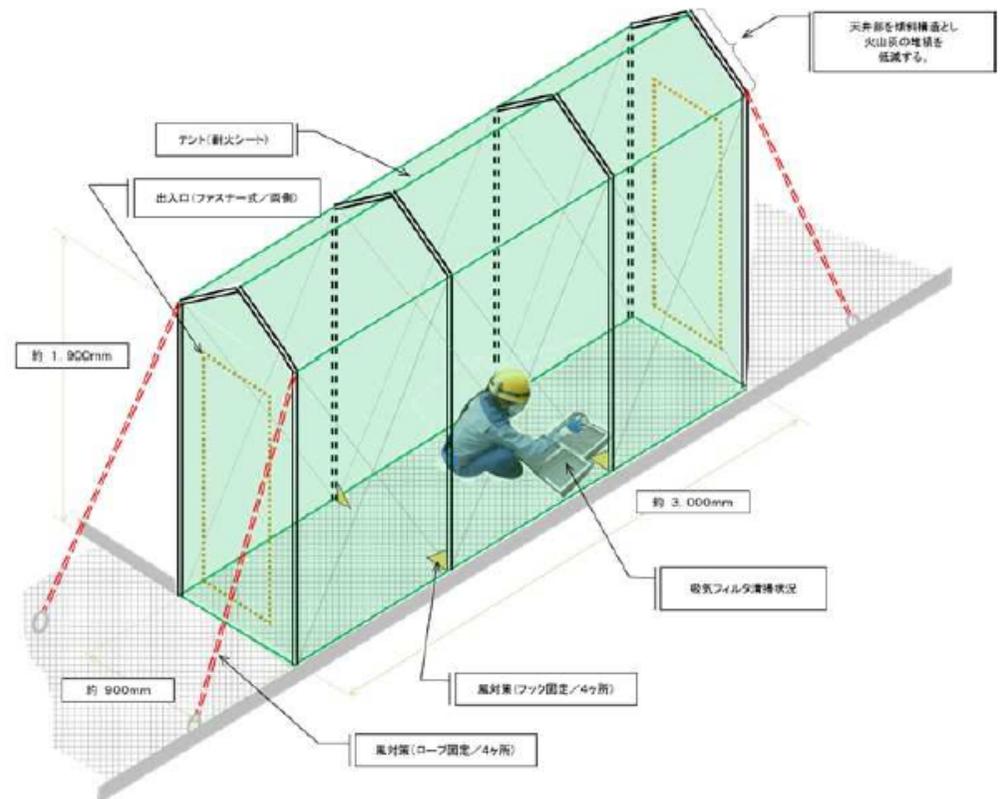
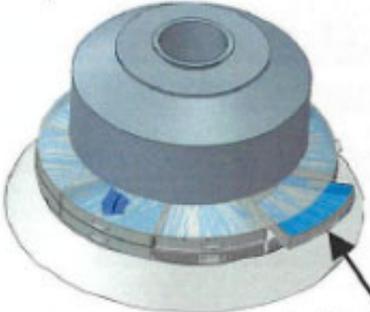
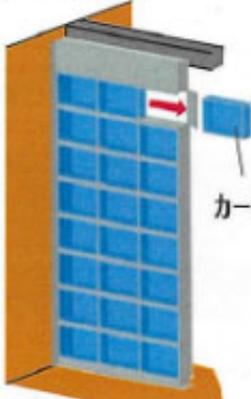
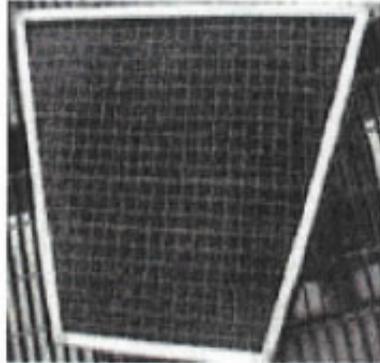
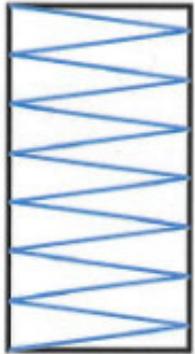


図 2 火山灰除けテントイメージ図

○フィルタの構造を変更し、火山灰の捕集容量を向上させた新型のフィルタを導入

フレーム構造	内部構造・材質	
<p>高浜3, 4号機</p>  <p>カートリッジフィルタ</p> <p>大飯3, 4号機</p>  <p>カートリッジフィルタ</p>	<p>改良型フィルタ</p> 	
<p>○フレーム構造の変更なし ○作業要領の変更なし</p>	<p>改良型フィルタ (新型)</p> 	

フレーム構造を変更することなく、内部構造及び材質を変更することで捕集容量を向上。

旧型：20,000g/m² ⇒ 新型：50,000g/m²

噴火が発生し「降灰予報（多量）」が立地町に発表された場合等に、火山灰への対応を開始することを保安規定に明記

- 1) 原子炉を手動停止
- 2) 非常用ディーゼル発電機の吸気口に改良型(新型)フィルタ[※]を取付け、降灰開始後はフィルタ取替を実施
- 3) 仮設中圧ポンプの駆動用の電源車を建屋内に移動
- 4) 全交流電源が喪失した場合、タービン動補助給水ポンプや仮設中圧ポンプにより、炉心冷却機能を維持

2)フィルタ取替

大飯3, 4号機

非常用ディーゼル発電機改良型フィルタ作業エリア

3号炉 原子炉 格納容器

3Aエリア

原子炉周辺建屋

3Bエリア

改良型フィルタ取付状態

改良型フィルタ

フィルタ抜取作業

3)電源車移動

大飯3, 4号機

電源車移動

4号

3号

タービン建屋

(凡例)

- 蒸気発生器補給用中圧ポンプ
- 電源車
- 安全系母線
- 燃料補給源 (軽油ドラム缶)
- ケーブル敷設ルート (可搬)
- ケーブル敷設ルート (恒設)

- ・高浜3, 4号機は大飯3, 4号機と同様の対応を実施済み
- ・高浜1, 2号機、美浜3号機においても同様の対応を実施予定

※委員会現場確認時(H29.10)以降、フィルタの構造を変更し、火山灰の捕集容量を向上させた新型のフィルタを導入(捕集能力20,000g/m²→50,000g/m²)

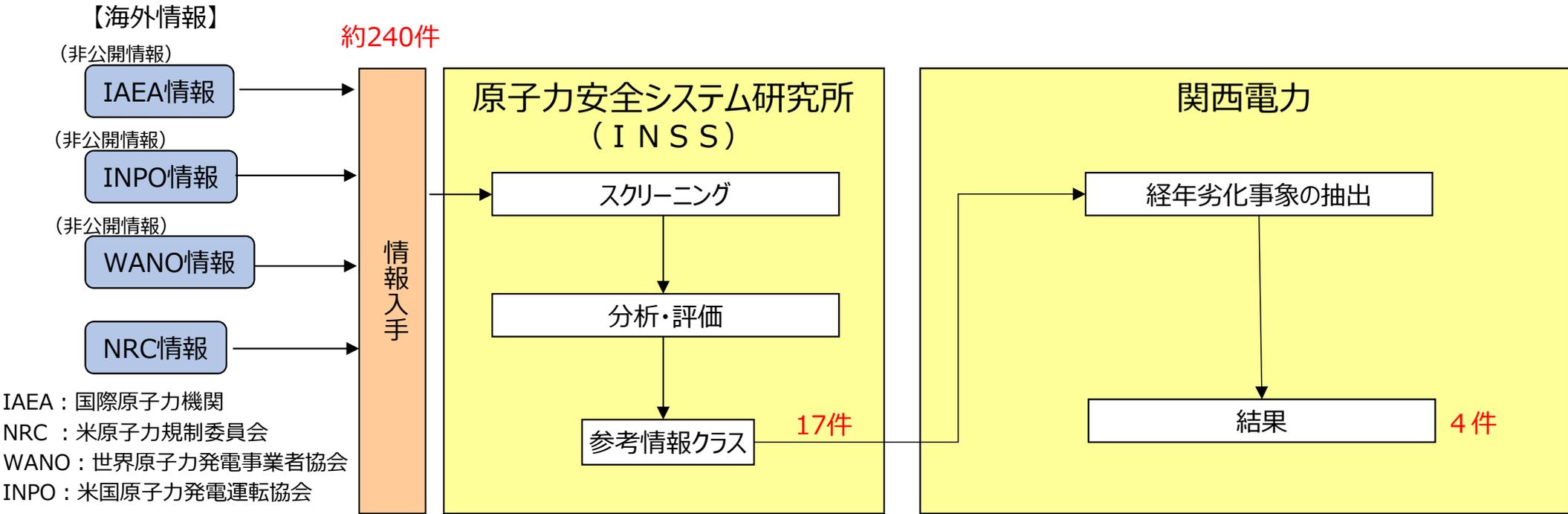
降下火砕物シミュレーション（設置変更許可申請）

下図の情報から求められるDNPの噴出規模のうち、最大噴出量である11.0km³を採用し、各発電所におけるこれまでの既許可と同じ手法により降下火砕物の最大層厚を算出。（噴出量以外の条件は、これまでの既許可において各発電所で最大層厚を算出したケースと同一の値を採用）



当社として従来から実施している予防処置の仕組み（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）のなかで、今回、海外の高経年プラント（PWR 4 1プラント）におけるトラブルに着目し、対応状況について確認した。

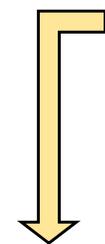
- 公開されている情報を元に整理を行い、約240件が抽出されている。
- そのなかで、検討対象となった情報（17件）のうち、経年劣化に起因する事象は4件あり、いずれも対応済。



【INSSはPWRプラントの情報を入手】

海外情報の収集・対応状況(2/3)

プラント名	運転年数	主なトラブル事例概要
【アメリカ】		
Oconee 1/2/3	44.6-46.0	・同軸ケーブルの温度誘導電流の可能性により、格納容器高レンジ放射線モニタが不安定な指示を示す可能性
Palisades	47.6	・燃料取替用水タンクのT-Specを越える漏えいで原子炉を停止。
Prairie Island 1/2	44.6-45.6	・DC非常用タービン油ポンプ制御回路にヒューズ無く、過負荷時火災で安全停止機器に悪影響
Three Mile Island 1	44.9	・耐震設計のほう酸貯蔵タンク（燃料取替用水タンクに該当）に非耐震設計である浄化設備配管が接続されていた。



【事例】

プラント名 (国名)	事象概要	対応状況
Palisades (アメリカ) ・運転開始日： 1971/12/31 ・運転年数： 47.6y	発生日：2012/6/12 燃料取替用水タンクの漏えいで原子炉を停止。 その後の検査で、タンク底板溶接部の残留応力と底板の下に敷き詰めた砂の中の空間部に起因する曲げ応力がタンク水抜き/水張り時に繰返した低サイクル疲労で発生した貫通漏えい7箇所を確認。	国内PWRプラントの燃料取替用水タンクにおいても、据付時のクッションとして底板の下にサンドクッションとして砂を敷き詰めている。 Palisadesの燃料取替用水タンクはアルミニウム5454材で作られているが、国内PWRプラントの同タンクはオーステナイト系ステンレス鋼製であり、底板が腐食した事例はなく、サンドクッションの施行も砂の塩素濃度規制、形状の正確さ等、過度な応力が生じないように考慮されている。同様な低サイクル疲労損傷もない。

【今後の対応】

- 抽出した情報に対しては、当社として既に対応がなされており、今回の安全対策工事において取替を実施している設備もある。
- トラブルの傾向としては、単純に経年劣化が原因となるものではなく、運転管理や設計不良などと相まって発生しているものと考えている。
- 今後も、海外情報を含めトラブル情報を積極的に収集し、早期の発見、対応を行うことにより万全を期してまいりたい。

海外情報の収集・対応状況(3/3)

海外の40年超運転プラント一覧(全41基)

(運転期間は2019/7末時点)

発電所名	運転開始年月	電気出力(MW)	運転期間
【アメリカ 29基】			
ANO-1	1974/12/19	903	44.6
BEAVER VALLEY-1	1976/10/1	959	42.8
CALVERT CLIFFS-1	1975/5/8	918	44.2
CALVERT CLIFFS-2	1977/4/1	911	42.3
COOK-1	1975/8/28	1131	43.9
COOK-2	1978/7/1	1231	41.1
DAVIS BESSE-1	1978/7/31	925	41.0
FARLEY-1	1977/12/1	918	41.7
GINNA	1970/7/1	608	49.1
INDIAN POINT-2	1974/8/1	1067	45.0
INDIAN POINT-3	1976/8/30	1085	42.9
MILLSTONE-2	1975/12/26	918	43.6
NORTH ANNA-1	1978/6/6	990	41.2
OCONEE-1	1973/7/15	891	46.0
OCONEE-2	1974/9/9	891	44.9
OCONEE-3	1974/12/16	900	44.6
PALISADES	1971/12/31	850	47.6
POINT BEACH-1	1970/12/21	640	48.6
POINT BEACH-2	1972/10/1	640	46.8
PRAIRIE ISLAND-1	1973/12/16	566	45.6
PRAIRIE ISLAND-2	1974/12/21	560	44.6
ROBINSON-2	1971/3/7	780	48.4
SALEM-1	1977/6/30	1254	42.1
ST. LUCIE-1	1976/12/21	1045	42.6

発電所名	運転開始年月	電気出力(MW)	運転期間
SURRY-1	1972/12/22	890	46.6
SURRY-2	1973/5/1	890	46.3
THREE MILE ISLAND-1	1974/9/2	880	44.9
TURKEY POINT-3	1972/12/14	829	46.6
TURKEY POINT-4	1973/9/7	829	45.9
【ベルギー 3基】			
DOEL-1	1975/2/15	454	44.5
DOEL-2	1975/12/1	454	43.7
TIHANGE-1	1975/10/1	1009	43.8
【フランス 5基】			
BUGEY-2	1979/3/1	945	40.4
BUGEY-3	1979/3/1	945	40.4
BUGEY-4	1979/7/1	917	40.1
FESSENHEIM-1	1978/1/1	920	41.6
FESSENHEIM-2	1978/4/1	920	41.3
【オランダ 1基】			
BORSSELE	1973/10/26	515	45.8
【スウェーデン 1基】			
RINGHALS-2	1975/5/1	963	44.3
【スイス 2基】			
BEZNAU-1	1969/12/9	380	49.6
BEZNAU-2	1972/3/4	380	47.4

これまでの委員会における委員からの質問への回答実績

- ・ケーブルの保守管理はどのように行うのか参考25～27
- ・ケーブル火災防護対策工事参考28～37
- ・防火シートで覆われたケーブルの異常検知はどのように行うのか.....参考38
- ・中央制御盤取替工事（重大事故(全交流電源喪失)への対応にあたり最適化されているのか)参考39～41
- ・中央制御盤取替工事（運転員の習熟期間は確保されているのか）...参考42
- ・バッフルフォーマボルトの劣化について、現状どのようになっているのか.....参考43～45
- ・限られた敷地内で複数の工事が輻輳することから、十分な安全管理に努めていただきたい参考46～47

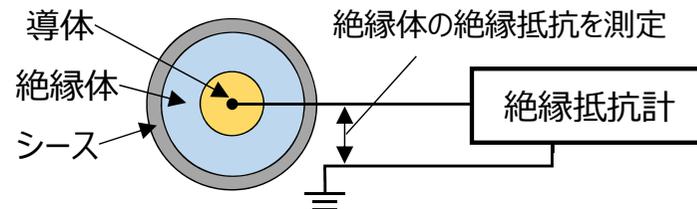
○ケーブルの保守管理

ケーブル機能(絶縁機能)の健全性確認のため、ケーブルの機能維持に必要な部位の故障モードから点検方法を検討し、点検を実施。

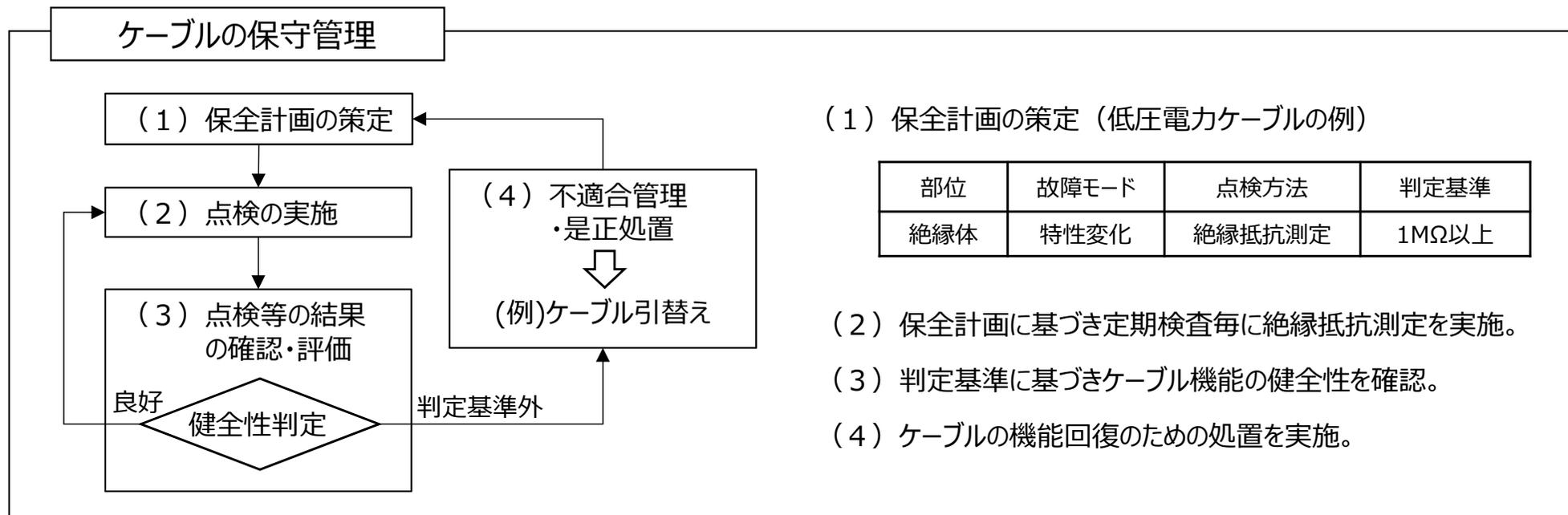
- ① 構成する部位(導体、絶縁体及びシース)のうち、故障モードから点検が必要となるのは絶縁体の特性変化。
- ② ①より、以下の点検を計画的に実施し、ケーブル機能(絶縁機能)の健全性を確認。

ケーブル機能	点検方法
絶縁機能	絶縁抵抗測定

＜絶縁抵抗測定＞



絶縁抵抗測定は、防火シートで覆う必要のないケーブル終端部(端子部)で行なうため、難燃ケーブルと非難燃ケーブルで保守管理方法に違いはない。



ケーブルの保守管理および火災防護対策 「ケーブルの保守管理はどのように行うのか(3/3)」

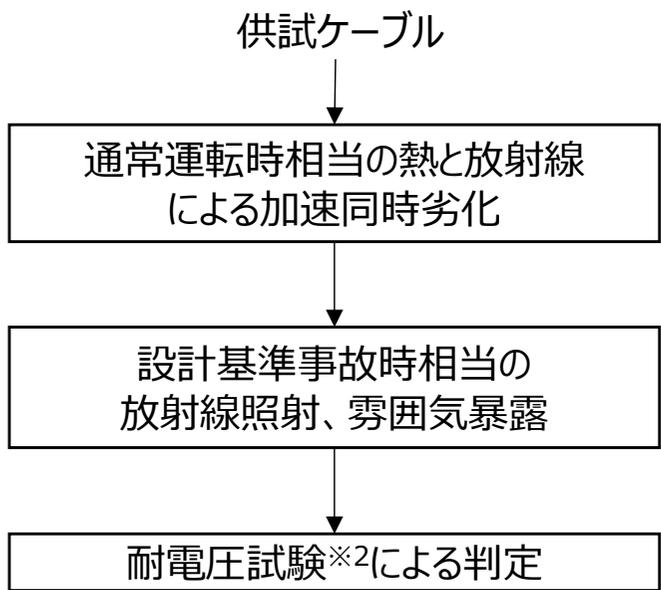
○ケーブルの高経年化技術評価

- ・事故環境下で機能要求されるケーブル(高浜1、2号機で合計約300本)の高経年化技術評価においては、通常運転時の劣化及び事故時の劣化を考慮した長期健全性試験により、ケーブルの絶縁特性に対しての60年間の健全性を評価。
- ・健全性評価の結果、2本のケーブルのみ取替えが必要となり、それ以外のケーブルについては60年以上の健全性を確認。
- ・なお、60年までの健全性が確認できていない2本のケーブルについては、余寿命までに取替え。

難燃PHケーブル※の評価例

【長期健全性試験】

試験手順及び健全性判定方法※1



【長期健全性試験を踏まえた高経年化技術評価の結果】

対象プラント	ケーブル総数	取替えが必要なケーブル本数 (寿命年)
高浜1号機	約150本	1本 (54年) →50年までに取替え
高浜2号機	約150本	1本 (47年) →45年までに取替え

※1 : 「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド (JNES- RE-2013-2049) 」(ACAガイド) に基づく試験手順及び健全性判定方法

※2 : 日本工業規格「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」(JIS C 3005:2000) に基づく耐電圧試験

※ : 難燃エチレンプロピレンゴム絶縁、難燃クロロスルホン化ポリエチレンシースケーブル

高浜1、2号機 ケーブル火災防護対策工事

新規制基準では難燃ケーブルの使用が要求されていることから、敷設されている非難燃ケーブルに対し、全体の約6割※を難燃ケーブルに引替え。それ以外については防火シート又は電線管への収納による防火措置を実施し、難燃ケーブルと同等以上の性能を確保。

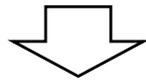
※：ケーブル量を大幅に削減できる区画、デブリの発生を抑える必要のある格納容器内及び過電流による発火の可能性がある範囲のケーブル

防火シートによる防火措置概要

【具体的設計方針】

ケーブルが露出しないように、ケーブル及びケーブルトレイを不燃材の防火シート※で覆い複合体とする。

※：採用する防火シートは、不燃性、耐久性、被覆性に対する要求事項が確認されたものを採用。



複合体について、「自己消火性」及び「耐延焼性」等の実証試験を行い、難燃ケーブルを上回る難燃性能を確保していることを確認。

【複合体施工例】



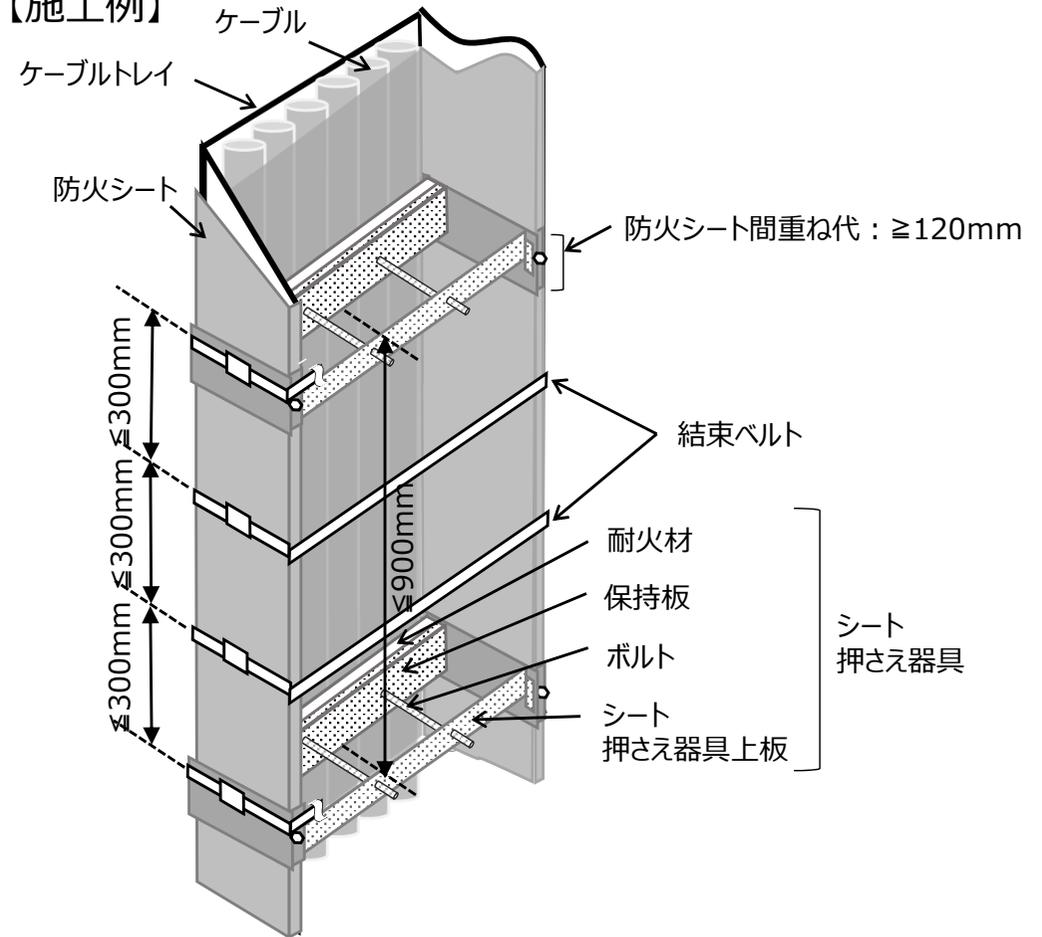
【シート押さえ器具】
保持板 (SGCC※)



耐火材
(セラミックファイバー)

※：溶融亜鉛めっきを行った鋼板

【施工例】



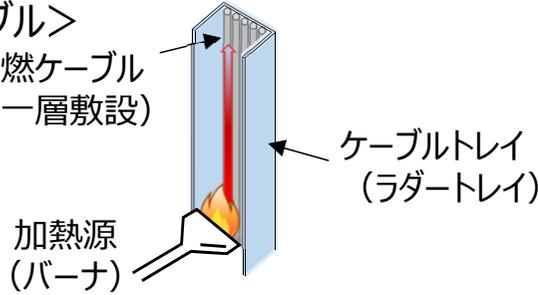
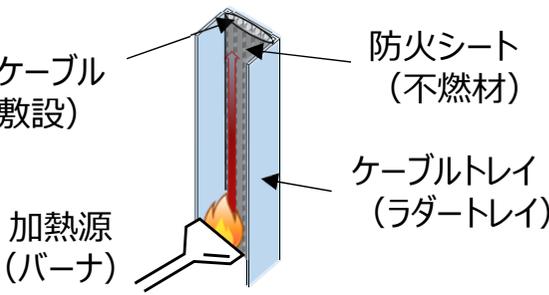
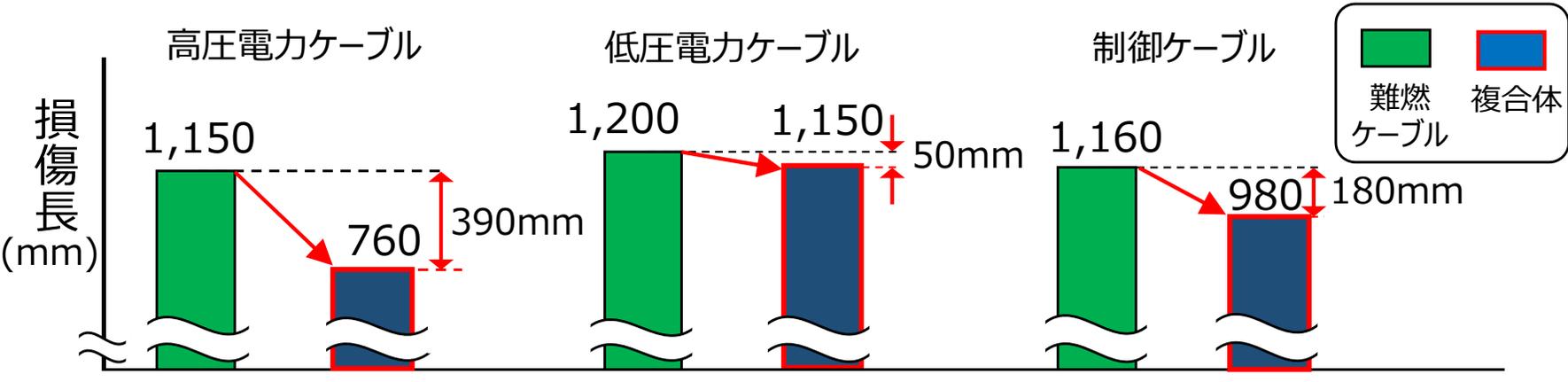
対策後の保守管理

防火シートを巻き付けた内部のケーブルの健全性確認については、現状のケーブルの健全性確認と同様に、機器の試運転や絶縁抵抗測定により、ケーブルの通電機能、絶縁機能が問題ないことを確認。

ケーブル火災における実証試験結果(1/2)

○複合体外部の火災

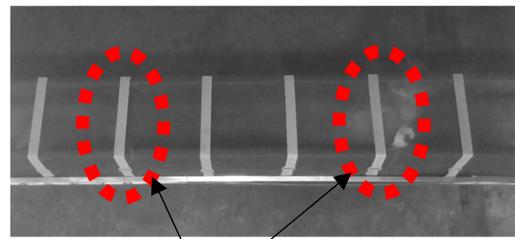
ケーブル種類毎の耐延焼性の評価結果

<p>試験方法</p>	<p><難燃ケーブル> 難燃ケーブル (一層敷設) ケーブルトレイ (ラダートレイ) 加熱源 (バーナ)</p> 	<p><複合体> 非難燃ケーブル (一層敷設) 防火シート (不燃材) ケーブルトレイ (ラダートレイ) 加熱源 (バーナ)</p> 																
	<p>ケーブルの損傷長を確認</p>	<p>複合体の損傷長を確認</p>																
<p>試験条件</p>	<p>20kW</p>																	
<p>試験結果</p>	 <table border="1"> <caption>試験結果のデータ</caption> <thead> <tr> <th>ケーブル種類</th> <th>難燃ケーブル (mm)</th> <th>複合体 (mm)</th> <th>差 (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>高圧電力ケーブル</td> <td>1,150</td> <td>760</td> <td>390</td> </tr> <tr> <td>低圧電力ケーブル</td> <td>1,200</td> <td>1,150</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>制御ケーブル</td> <td>1,160</td> <td>980</td> <td>180</td> </tr> </tbody> </table>		ケーブル種類	難燃ケーブル (mm)	複合体 (mm)	差 (mm)	高圧電力ケーブル	1,150	760	390	低圧電力ケーブル	1,200	1,150	50	制御ケーブル	1,160	980	180
ケーブル種類	難燃ケーブル (mm)	複合体 (mm)	差 (mm)															
高圧電力ケーブル	1,150	760	390															
低圧電力ケーブル	1,200	1,150	50															
制御ケーブル	1,160	980	180															

全てのケーブル種類において複合体は燃え止まり、難燃ケーブルを上回る耐延焼性を有していることを確認

ケーブル火災における実証試験結果(2/2)

○複合体内部の火災 過電流模擬試験による耐延焼性(遮炎性能)評価結果

<p>試験方法</p>	 <p>防火シート、シート重ね部、試験ケーブル、マイクロヒータ接続、温度コントローラ、絶縁体、マイクロヒータ、シース、導体</p> <p>一層敷設した高圧電力ケーブル内の一条に対して、マイクロヒータを取り付け、絶縁体及びシースの発火温度を超える温度で加熱。一定時間後、複合体内部においてケーブルから発生する可燃性ガス及びケーブルが発火することを確認。ケーブル等が発火した場合は複合体内部の火災について外部への露出の有無を確認。</p>						
<p>ケーブル</p>	<p>(高圧電力) 架橋ポリエチレン絶縁、ビニルシース</p>						
<p>試験条件</p>	<p>マイクロヒータ温度 650℃</p>						
<p>試験結果</p>	 <p>シート重ね部</p> <table border="1" data-bbox="1272 1082 1975 1273"> <thead> <tr> <th>判定基準</th> <th>結果</th> <th>判定</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>複合体内部の火災が外部に露出しないこと</td> <td>無</td> <td>合格</td> </tr> </tbody> </table>	判定基準	結果	判定	複合体内部の火災が外部に露出しないこと	無	合格
判定基準	結果	判定					
複合体内部の火災が外部に露出しないこと	無	合格					

複合体内部の火災が外部へ露出しないことを確認

(難燃ケーブルは発火すると周囲に火炎が露出するが、複合体は内部ケーブルが発火しても外部に火炎が露出しない)

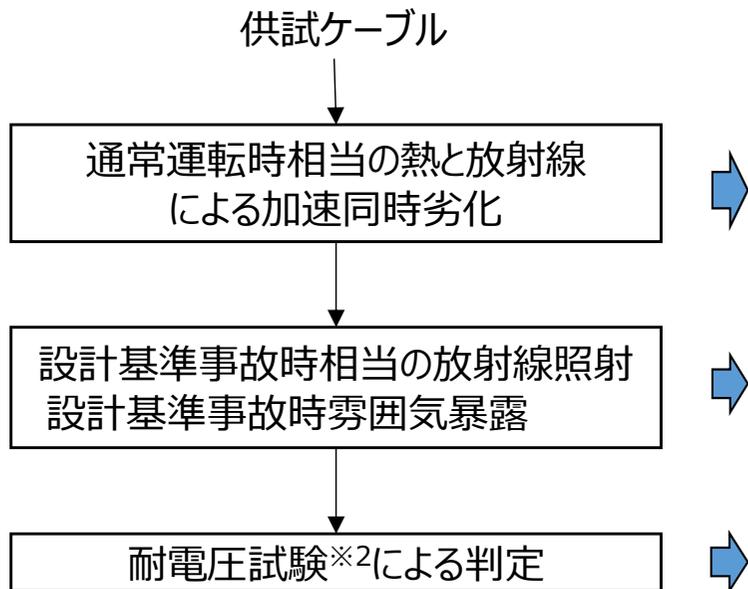
ケーブルの高経年化技術評価 (1/2)

事故環境下で機能が要求されるケーブルについては、長期健全性試験による健全性評価を行い、実際の敷設環境下において健全性が維持できる期間を確認。

難燃PHケーブル(注)の例

① 長期健全性試験 (運転による劣化と事故時条件を付与)

試験手順及び健全性判定方法※1



熱・放射線による最大事前劣化条件、設計基準事故試験条件及び耐電圧試験結果※3

最大劣化条件 (温度-放射線-時間)	100℃ - 94.8Gy/h - 4,003時間
-----------------------	------------------------------

集積放射線	1,500kGy
最高温度	190℃
最高圧力	0.41MPa[gage]

耐電圧試験結果

耐電圧試験条件	判定
課電電圧：1,500V/分	良

※3：「原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書 (JNES-SSLレポート)」

※1：「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド (JNES- RE-2013-2049)」(ACAガイド)に基づく試験手順及び健全性判定方法

※2：耐電圧試験は、日本工業規格「ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法」(JIS C 3005:2000)の試験

(注) 難燃エチレンプロピレンゴム絶縁、難燃クロロスルホン化ポリエチレンシースケーブル

健全性評価期間確認

6

ケーブルの高経年化技術評価 (2/2)

事故環境下で機能が要求されるケーブルについては、長期健全性試験による健全性評価を行い、実際の敷設環境下において健全性が維持できる期間を確認。

健全性評価の例

②- 1 高浜1号機 実布設環境での健全性評価期間

敷設区分 (格納容器内)	実敷設環境条件		評価期間 [年]
	温度 [°C]	放射線量率 [Gy/h]	
ループ室	50* 1	0.0130	約65* 2
加圧器室上部	50	0.0005	約99
通路部	47* 1	0.0013	約74* 2
	47* 1	0.0002	約54* 2

* 1 : 動力ケーブルの温度上昇を更に考慮する
 * 2 : ケーブルの取替えを考慮した期間

54年以降では絶縁低下の可能性があり、
 評価時期までに取替が必要

②- 2 高浜2号機 実布設環境での健全性評価期間

敷設区分 (格納容器内)	実敷設環境条件		評価期間 [年]
	温度 [°C]	放射線量率 [Gy/h]	
ループ室	48* 1	0.0202	約66* 2
加圧器室上部	48	0.00001	約117
通路部	47* 1	0.00001	約47* 2

* 1 : 動力ケーブルの温度上昇を更に考慮する
 * 2 : ケーブルの取替えを考慮した期間

47年以降では絶縁低下の可能性があり、
 評価時期までに取替が必要

5
 ↓
 長期健全性試験
 →

評価期間に至る前に取り替えることを、長期保守管理方針として策定

ケーブル燃焼時の発生ガスへの対策

＜ケーブル燃焼時の発生ガスへの対策＞

原子力発電所で使用しているケーブルが燃焼した場合における炭化水素系ガスや塩化水素等の有毒ガスの発生に対して、以下の対策を実施。



○火災の早期感知・消火

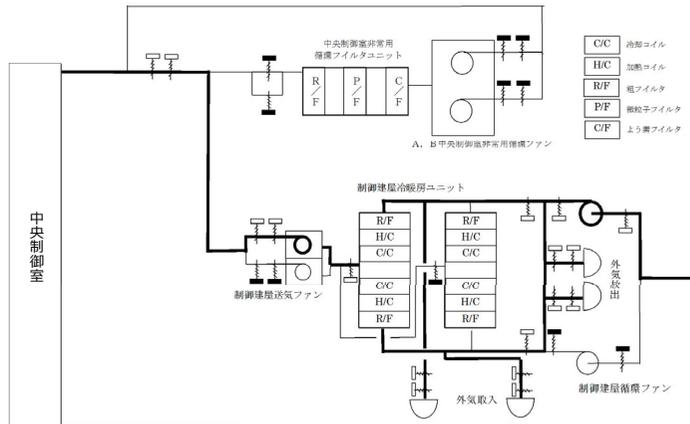
ケーブル燃焼の火災が発生した場合、ケーブルトレイ周辺の火災感知器により早期感知し、スプリンクラー等の消火設備により消火できる設計。
また、防毒マスク等も備えており、火災発生箇所での人(消防隊)による消火も可能。

○中央制御室の居住性の確保

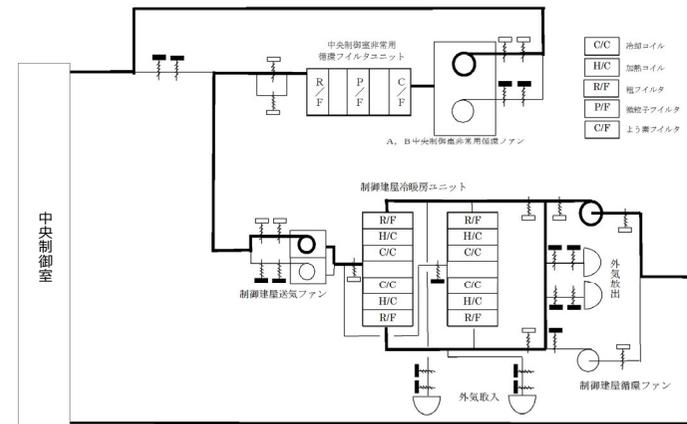
人が常駐する中央制御室については、ケーブルが敷設されている中央制御室外での火災により発生する有毒ガスに対して、中央制御室換気設備の外気取入れを手動で遮断し、閉回路循環方式※に切り替えることにより外部雰囲気から隔離できる設計。

※：中央制御室換気設備の系統構成の概要を下図に示す。(A系列のみ記載)

○通常運転時

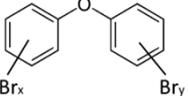
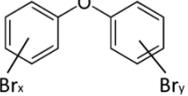


○非常時（閉回路循環方式による運転時）



ケーブルが燃焼した場合の発生ガス成分(1/2)

＜難燃ケーブルの主成分と燃焼時の発生ガス＞

ケーブル				主な成分の化学構造	燃焼時の発生ガス	備考
回路種別	絶縁体	シース				
難燃ケーブル	高圧電力	架橋ポリエチレン	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル	絶縁体 ・ポリエチレン $\text{-(CH}_2\text{-CH}_2\text{)}_n$	一酸化炭素、二酸化炭素、炭化水素系ガス（メタン、アセチレン、エチレン、エタン等）	
				シース ・ポリ塩化ビニル $\text{-(CH}_2\text{-CHCl)}_n$		
	低圧電力	難燃EPゴム	難燃クロロスルホン化ポリエチレン	絶縁体 ・EPゴム $\text{-(CH}_2\text{-CH}_2\text{)}_l\text{-(CH}_2\text{-CH(CH}_3\text{))}_m\text{-(X)}_n$ ・臭素系難燃剤 	一酸化炭素、二酸化炭素、炭化水素系ガス（メタン、アセチレン、エチレン、エタン等）、臭化水素	
				シース ・クロロスルホン化ポリエチレングム $\text{-(CH}_2\text{-CH}_2\text{)}_l\text{-(CH(CH}_2\text{SO}_2\text{Cl))}_m\text{-(CH(CH}_2\text{Cl))}_n$		
低圧電力	難燃EPゴム	難燃低塩酸特殊耐熱ビニル	絶縁体 ・EPゴム $\text{-(CH}_2\text{-CH}_2\text{)}_l\text{-(CH}_2\text{-CH(CH}_3\text{))}_m\text{-(X)}_n$ ・臭素系難燃剤 	一酸化炭素、二酸化炭素、炭化水素系ガス（メタン、アセチレン、エチレン、エタン等）、臭化水素		
			シース ・ポリ塩化ビニル $\text{-(CH}_2\text{-CHCl)}_n$			一酸化炭素、二酸化炭素、炭化水素系ガス（メタン、アセチレン、エチレン、エタン等）、塩化水素、ホスゲン

ケーブルが燃焼した場合の発生ガス成分(2/2)

<非難燃ケーブルの主成分と燃焼時の発生ガス>

ケーブル				主な成分の化学構造	燃焼時の発生ガス	備考
回路種別	絶縁体	シース				
非難燃ケーブル	高圧電力	架橋ポリエチレン	ビニル	・ポリエチレン $\text{-(CH}_2\text{-CH}_2\text{)}_n\text{-}$	一酸化炭素、二酸化炭素、炭化水素系ガス（メタン、アセチレン、エチレン、エタン等）	
				・ポリ塩化ビニル $\text{-(CH}_2\text{-CHCl)}_n\text{-}$	一酸化炭素、二酸化炭素、炭化水素系ガス（メタン、アセチレン、エチレン、エタン等）、塩化水素、ホスゲン	
	低圧電力	EPゴム	アスベスト	・EPゴム $\text{-(CH}_2\text{-CH}_2\text{)}_l\text{-(CH}_2\text{-CH(CH}_3\text{))}_m\text{-(X)}_n\text{-}$	一酸化炭素、二酸化炭素、炭化水素系ガス（メタン、アセチレン、エチレン、エタン等）	臭素系難燃剤の添加なし
				-	-	アスベストは不燃
	特殊耐熱ビニル	特殊耐熱ビニル	ビニル	・ポリ塩化ビニル $\text{-(CH}_2\text{-CHCl)}_n\text{-}$	一酸化炭素、二酸化炭素、炭化水素系ガス（メタン、アセチレン、エチレン、エタン等）、塩化水素、ホスゲン	
				・ポリ塩化ビニル $\text{-(CH}_2\text{-CHCl)}_n\text{-}$	一酸化炭素、二酸化炭素、炭化水素系ガス（メタン、アセチレン、エチレン、エタン等）、塩化水素、ホスゲン	

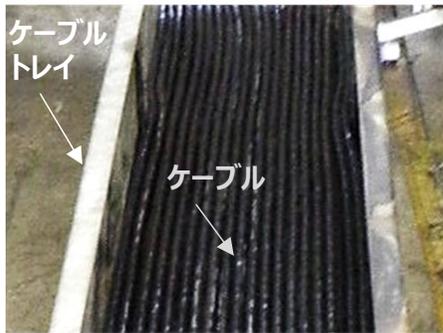
ケーブルの保守管理および火災防護対策

「防火シートの施工方法と保守管理はどのように行うのか(1/2)」

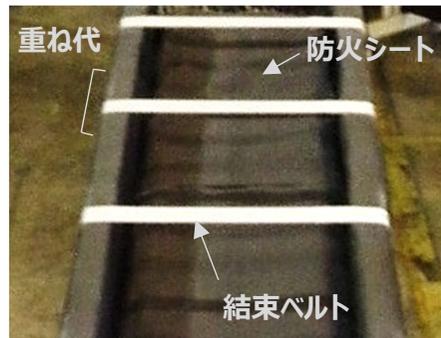
○防火シートの施工方法と保守管理

- ① 非難燃ケーブルについて、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に施工することで難燃性を確保。
- ② 施工後も複合体として難燃性を維持するため、防火シート等の保守管理を実施。

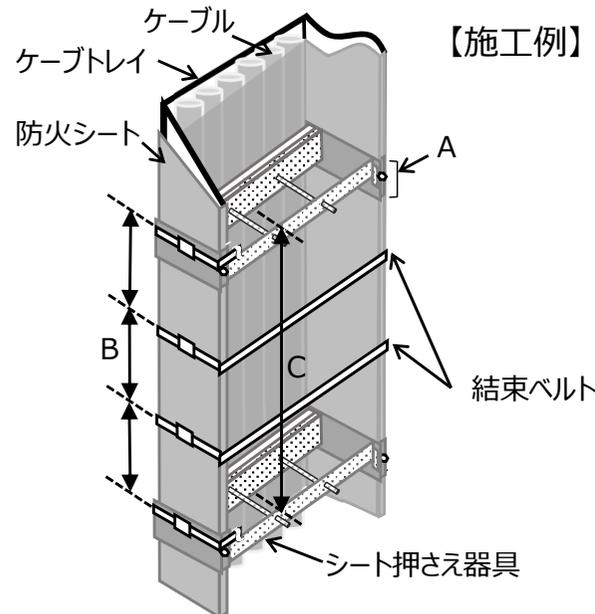
① 防火シートの施工方法



【施工前】



【施工後】



下記の寸法を満たすように施工

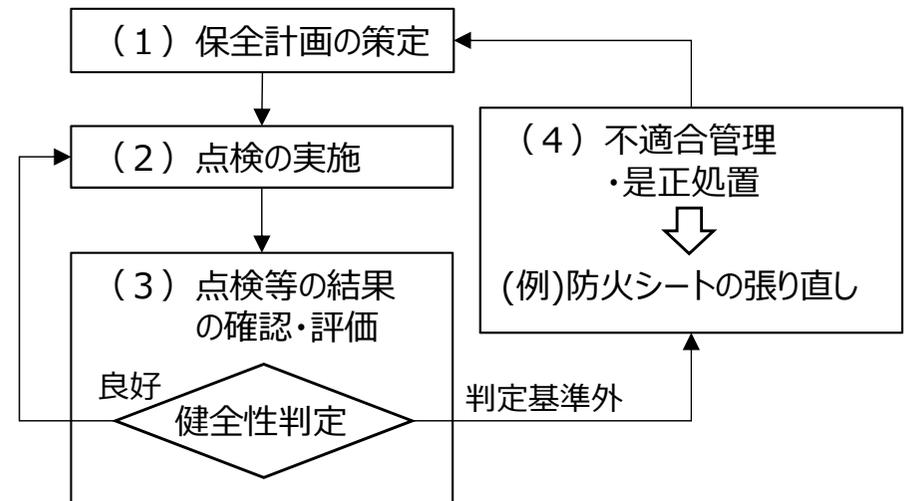
- A. 防火シート間重ね代：
≥120mm
- B. 結束ベルト間隔：
≤300mm
- C. シート押さえ器具間隔：
≤900mm

② 防火シートの保守管理

- ・複合体の性能維持に必要な部位の故障モードから点検方法を検討し、保全計画を策定のうえ点検を実施。
- ・点検結果を保全計画にフィードバック。

保全計画（シートの例）

部位	故障モード	点検方法	判定基準
シート	ずれ	目視点検	防火シート間重ね代が確保されていること



ケーブルの保守管理および火災防護対策 「防火シートの施工方法と保守管理はどのように行うのか(2/2)」

○実証試験結果を考慮した防火シート(複合体)の施工

- ・ 実証試験により難燃ケーブルと同等以上の難燃性能が確保されることを確認した複合体を形成。
- ・ 実機施工における複合体は、実証試験及び評価結果を考慮した保守的な構造及び寸法を設定。

○実証試験の確認項目

	確認の観点	確認項目
防火シート	不燃性	発熱性試験
	遮炎性	遮炎性試験
	耐久性	耐久性試験
	非腐食性	pH試験
複合体	被覆性	加振試験
	耐延焼性	ケーブル種類毎の耐延焼性
		加熱熱量の違いによる耐延焼性
		複合体構成品の組合せによる耐延焼性
		複合体内部発火時の耐延焼性
	シートの隙間、ずれ、傷を想定した耐延焼性	
	遮炎性	過電流試験
複合体形成による悪影響	熱の蓄積による影響 重量増加の影響	



実証試験の中から複合体の耐延焼性を評価した例

複合体の加熱熱量の違いによる耐延焼性の評価結果

試験方法	<難燃ケーブル>	<複合体>															
	<p>難燃ケーブル (多層敷設) ケーブルトレイ 加熱源 (バーナ)</p>	<p>非難燃ケーブル (多層敷設) ケーブルトレイ 防火シート (不燃材) 加熱源 (バーナ)</p>															
	ケーブルの損傷長を確認	複合体の損傷長を確認															
試験条件	耐延焼性試験※1の燃焼条件のうち、防火シート遮炎性が確保される範囲で熱量を変化(加熱熱量10~40kW)																
試験結果	<table border="1"> <caption>試験結果のデータ</caption> <thead> <tr> <th>加熱熱量 (kW)</th> <th>難燃ケーブル (mm)</th> <th>複合体 (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>780</td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>1650</td> <td>1490</td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>2190</td> <td>1670</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>2760</td> <td>2430</td> </tr> </tbody> </table> <p>複合体の損傷長はいずれの加熱熱量においても難燃ケーブルの損傷長に比べて短い</p> <p>— : 難燃ケーブル — : 複合体</p>		加熱熱量 (kW)	難燃ケーブル (mm)	複合体 (mm)	10	780	600	20	1650	1490	30	2190	1670	40	2760	2430
加熱熱量 (kW)	難燃ケーブル (mm)	複合体 (mm)															
10	780	600															
20	1650	1490															
30	2190	1670															
40	2760	2430															

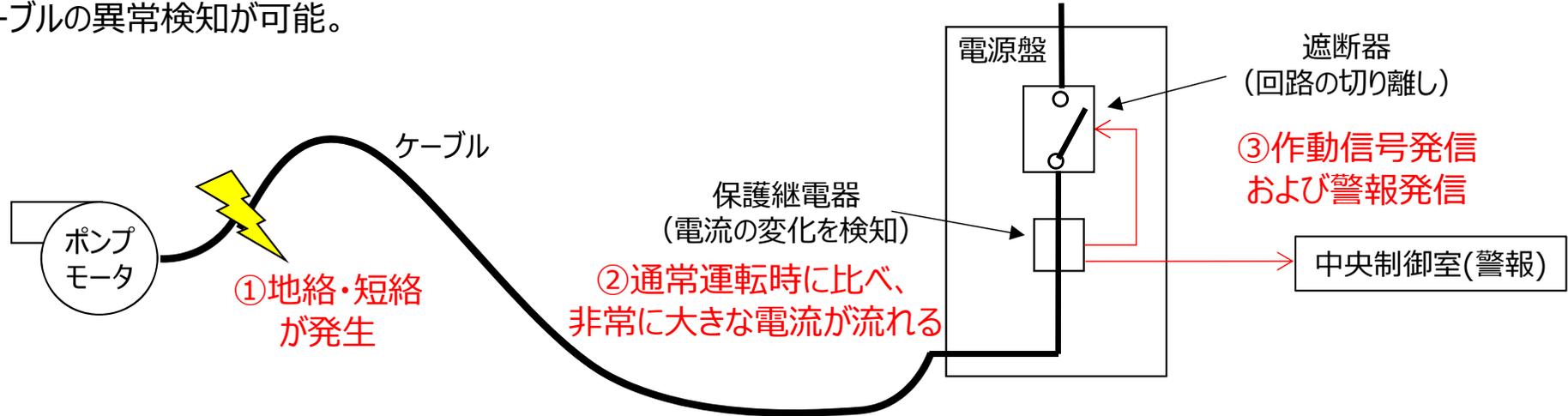
⇒複合体の耐延焼性が難燃ケーブルを上回ることを確認

※1：防耐火性能試験・評価業務方法書(一般財団法人 日本建築総合試験所)により規定された試験

ケーブルの保守管理および火災防護対策 「防火シートで覆われたケーブルの異常検知はどのように行うのか」

○「地絡・短絡」の検知

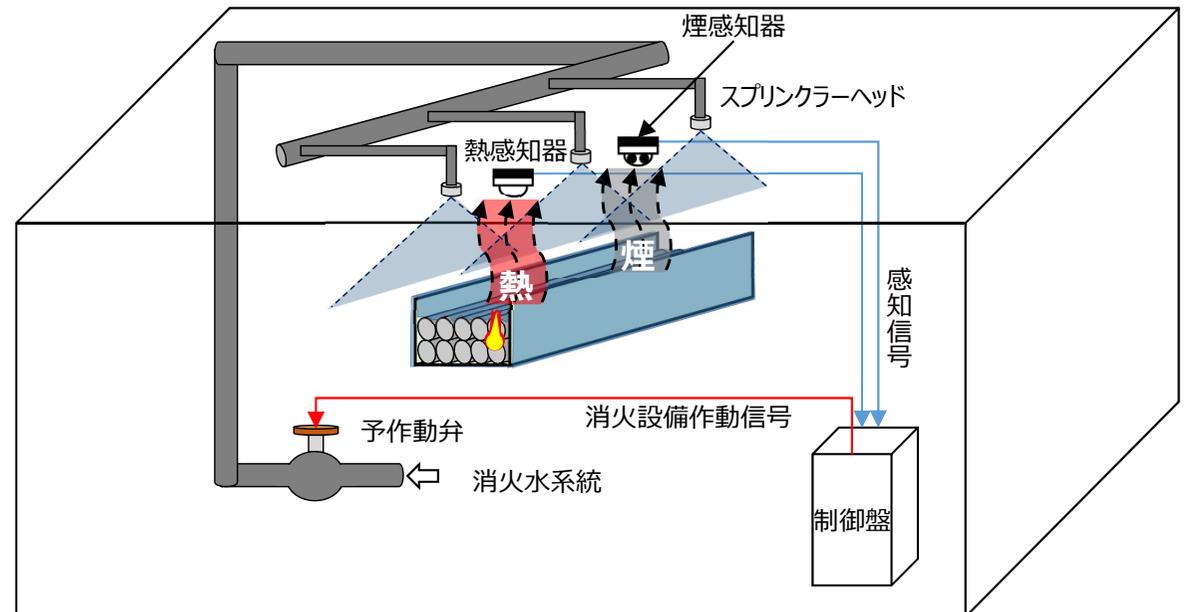
- ・ ケーブルに地絡・短絡が発生した場合、通電電流の変化により保護継電器が作動し、遮断器が回路を切り離すことで、ケーブルの異常箇所を隔離するとともに、中央制御室に警報を発信。
- ・ 難燃ケーブルと非難燃ケーブルで異常検知方法に違いはなく、防火シートによる防火措置を施工した後も、これまでどおりケーブルの異常検知が可能。



○「火災」の検知

- ・ ケーブル火災が発生した場合、火災区域又は火災区画に設置する2種類(煙、熱)の感知器が火災を感知し、消火設備による消火を実施。
- ・ 防火シートによる防火措置を施工しても、火災発生時は難燃ケーブルと同様に火災の感知及び消火が可能。

同一区画内に安全系ケーブルトレイ2系統が設置されている箇所については、どちらか1系統のケーブルトレイに対して1時間耐火隔壁とケーブルトレイ消火設備を設置し、システムを分離。



「重大事故(全交流電源喪失)への対応にあたり最適化されているのか(1/2)」

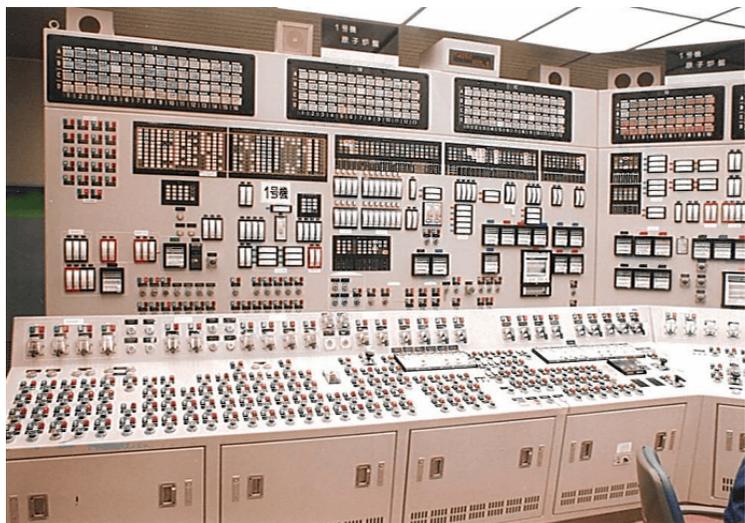
中央制御盤※の指示計等は、既に多くが生産中止となっており、保守性向上の観点から、中央制御盤全体を最新のデジタル式に取り替える。取替えにより、保守性の向上に加えて、運転員の監視操作性の向上を図ると共に、ヒューマンエラー率低減による信頼性の向上を図る。

※：運転員が24時間常駐する中央制御室で、機器の遠隔操作やパラメータの監視、警報の確認等を行うための盤

【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。

既設中央制御盤

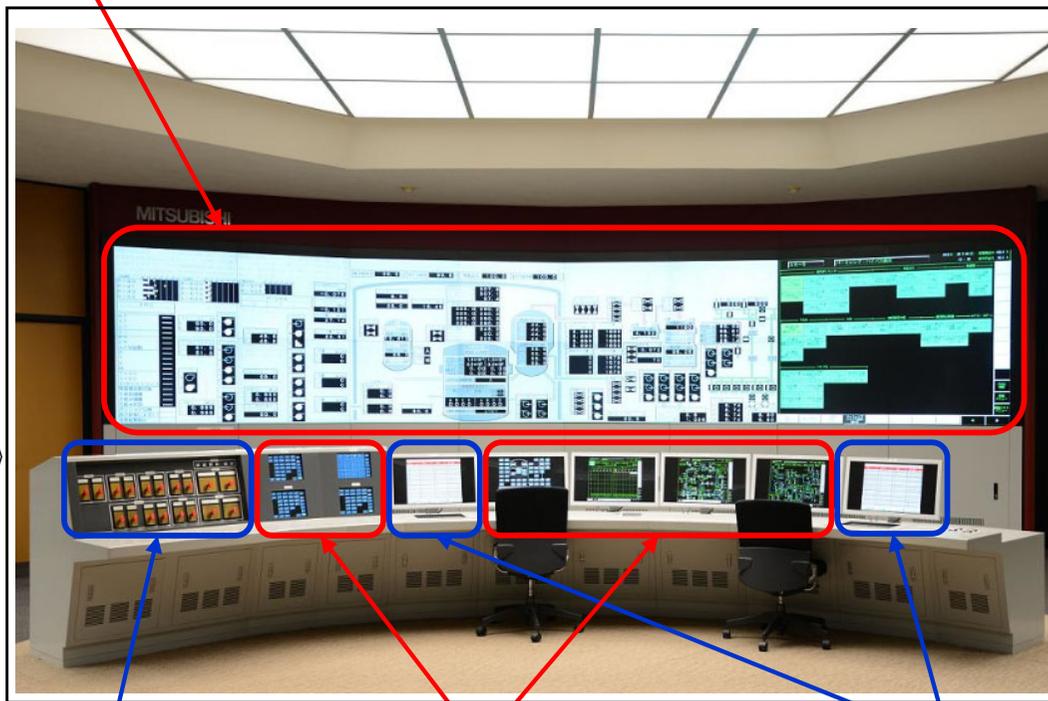


更新

デジタル式中央制御盤 (イメージ図)

大型表示装置

プラント全体をビジュアル化し、プラント全体の把握を容易化することにより、運転員間の共通認識情報を提供可能とした大型表示画面を採用。(監視性向上)



ヒューマンエラー率の低減による信頼性の向上

ハードスイッチ

原子炉の緊急停止等の急速な動作を必要とする機器について、ハードスイッチを設置。

監視操作
ディスプレイ

指示計・記録計等との情報統合及びタッチパネルによる操作方式を採用し、監視操作性を向上。
(保守性、監視操作性向上)

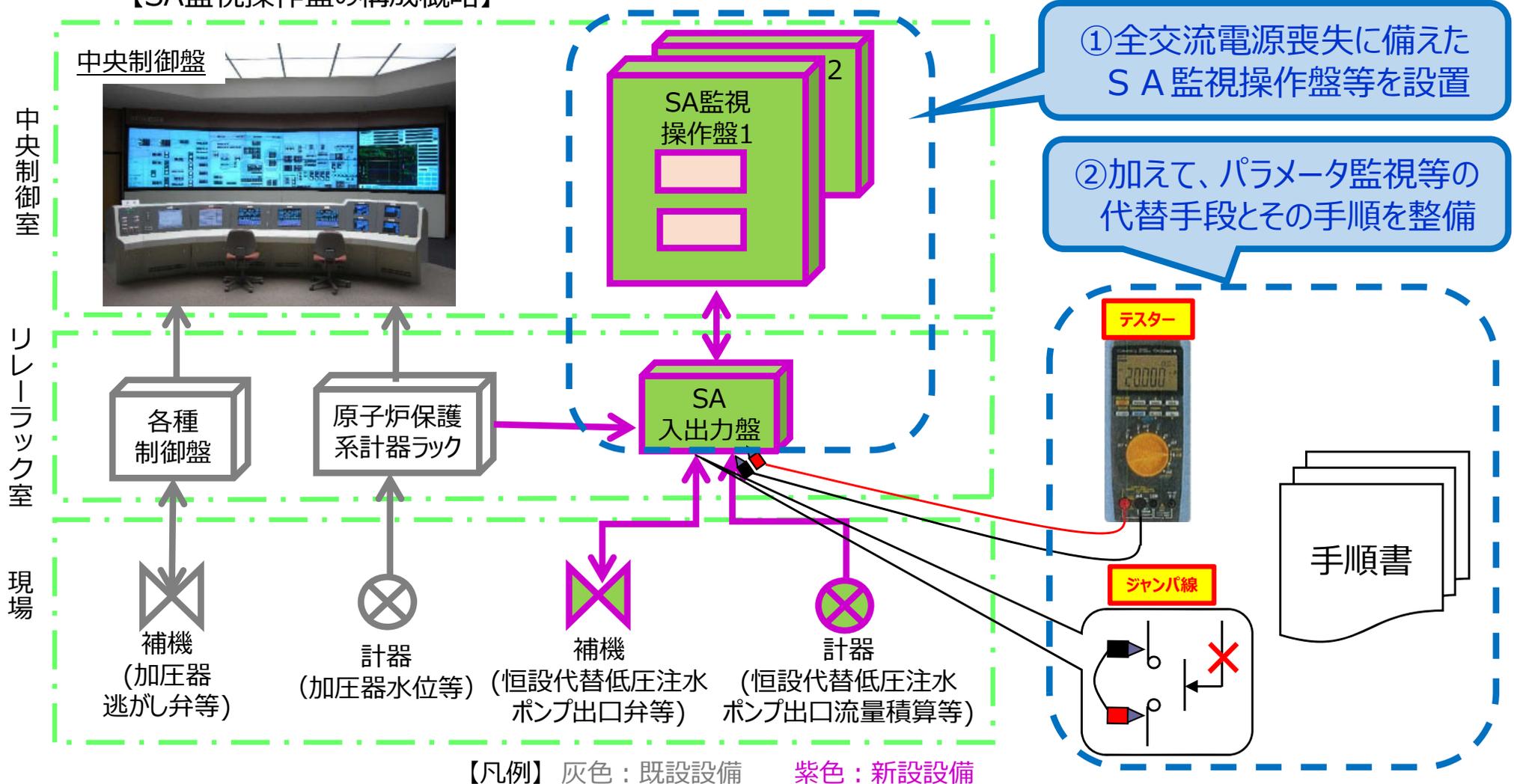
警報装置

集約化され、重要度・優先度に応じた警報を表示する「新型警報システム」を採用。
(監視性向上)

「重大事故(全交流電源喪失)への対応にあたり最適化されているのか(2/2)」

- 福島第一原子力発電所事故を踏まえ、新規制基準のシビアアクシデント(SA)対応設備として、全交流電源喪失時でも必要な監視・操作が可能となるよう、中央制御室にSA監視操作盤等を見直し設置。…①
- これに加えて、中央制御盤、SA監視操作盤が活用できなかった場合に備えて、パラメータ監視等の代替手段(テスター、ジャンパ線)を準備するとともに、手順を整備。…②

【SA監視操作盤の構成概略】



可搬型計測器による測定対象パラメーター一覧

【美浜3号機の例】

炉心損傷の監視※

- 1次冷却材高温側広域温度
- 1次冷却材低温側広域温度
- 炉内温度（グループ1）
- 炉内温度（グループ2）
- 炉内温度（グループ3）
- 冷却材圧力（広域）
- 加圧器水位
- 原子炉水位

炉心注水量の監視※

- 安全注入流量
- 補助安全注入流量
- 余熱除去クーラ出口流量
- 恒設代替低圧注水ポンプ出口流量積算

格納容器損傷の監視※

- 格納容器スプレ流量積算
- 格納容器内温度
- 格納容器圧力
- 格納容器圧力（広域）

原子炉格納容器内の水位監視※

- 格納容器再循環サンプ水位（広域）
- 格納容器再循環サンプ水位（狭域）
- 原子炉格納容器水位
- 原子炉下部キャビティ水位
- 原子炉下部キャビティ注水ポンプ出口流量積算

最終ヒートシンクの確保※

- 蒸気発生器水位（狭域）
- 蒸気発生器水位（広域）
- 補助給水流量
- 主蒸気圧力
- 1次系冷却水タンク水位

水源の確保※

- ほう酸タンク水位
- 燃料取替用水タンク水位
- 復水タンク水位

○美浜3号機、高浜1～4号機、大飯3, 4号機とも約40箇所のパラメーター測定箇所を選定

※：監視パラメーターの目的の一例を示しています。

中央制御盤取替工事
「運転員の習熟期間は確保されているのか」

運転員の新型中央制御盤習熟の取組みについては、既に取替えを実施した四国電力伊方1、2号機での実績を参考とし、「導入」⇒「通常操作」⇒「事故・故障対応」の順で効果的に訓練が実施されていたことを踏まえ、遜色ない訓練内容とするべく、以下のとおり計画。

○運転員の新型中央制御盤習熟に係る訓練の内容(案)について

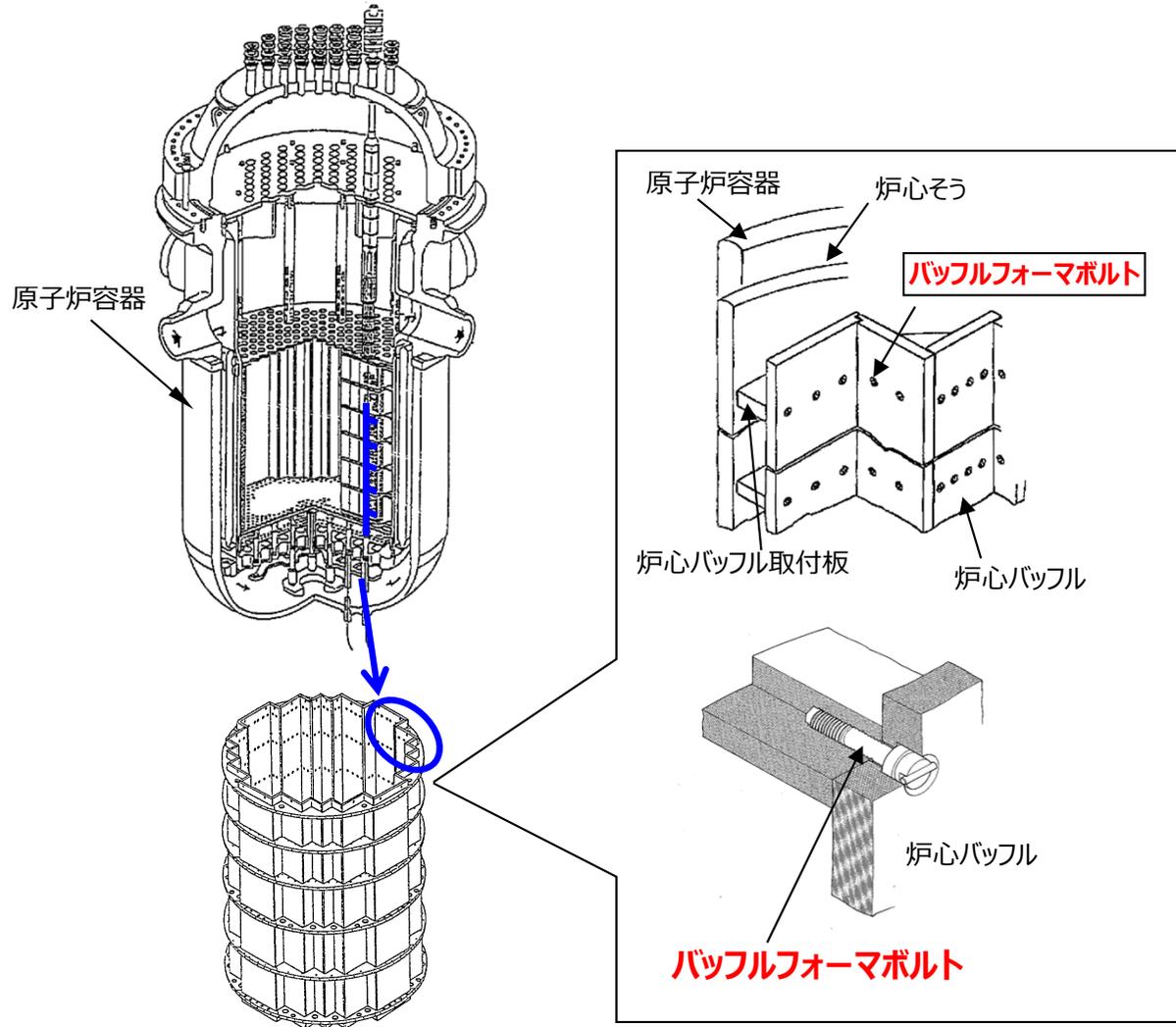
訓練項目		訓練内容	教材
机上教育	新型中央制御盤の取扱い方法に関する教育	<ul style="list-style-type: none"> 中央制御盤の構成 警報機能、監視操作機能 	<ul style="list-style-type: none"> メーカー資料
導入訓練	VDU画面の選択訓練 (Visual display unit)	<ul style="list-style-type: none"> 指定された画面、パラメータのリクエストおよび確認訓練 大型表示盤の状態表示をVDU画面で確認する訓練 	<ul style="list-style-type: none"> 新規手順書 新型中央制御盤シミュレータ
	操作器の選択訓練	<ul style="list-style-type: none"> 指定された操作器、制御器のリクエスト訓練 	
	警報の確認訓練	<ul style="list-style-type: none"> 指定された警報をVDU警報画面で確認する訓練 大型表示盤の代表警報をVDU警報画面で確認する訓練 	
通常操作訓練	起動・停止操作訓練	<ul style="list-style-type: none"> プラント起動・停止操作訓練、定期検査時操作訓練 制御棒作動試験等、運転定期点検 	<ul style="list-style-type: none"> 新規手順書 新型中央制御盤シミュレータ
事故・故障対応操作訓練	<ul style="list-style-type: none"> プラントトリップ 故障時対応訓練 	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉トリップ、タービントリップ、発電機トリップ 軽微な故障(プラントトリップを伴わない)、送電線事故等、故障時対応訓練(過渡変化事象を含む) 	<ul style="list-style-type: none"> 新規手順書 新型中央制御盤シミュレータ
	事故時対応訓練 (設計基準外事象を含む)	<ul style="list-style-type: none"> 1次冷却材喪失、蒸気発生器細管破断等、事故時対応訓練 VDU故障等、新型中央制御盤特有の故障対応訓練他 	

新型中央制御盤シミュレータは原子力運転サポートセンターへの設置を検討中

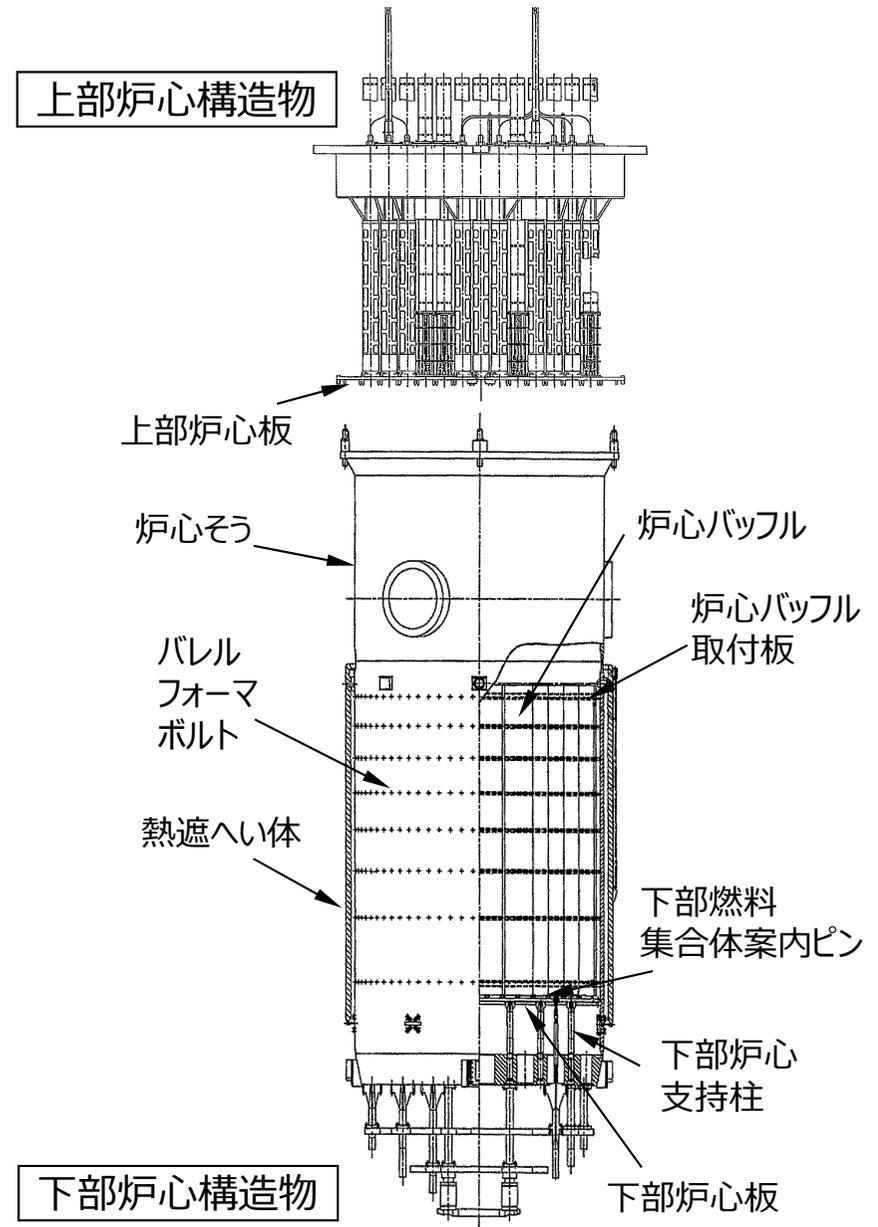
○訓練期間

約12ヶ月(中央制御盤取替工事完了までに実施)

○炉内構造物の構造



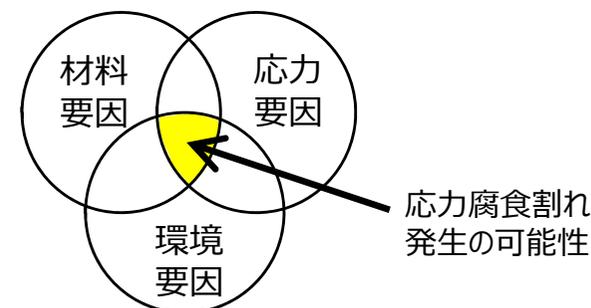
バブル構造（炉心バブル、炉心バブル取付板）



下部炉心構造物

○照射誘起型応力腐食割れ（IASCC）

照射誘起型応力腐食割れの発生要因としては、材料、環境及び応力の3つの要因が考えられ、非常に高い中性子照射量を受けたステンレス鋼において発生する可能性がある。



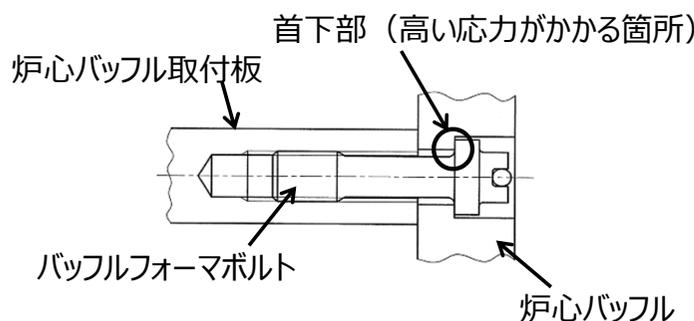
○バブルフォーマボルト

燃料集合体に1次冷却材を流すための流路を形成する炉心バブルと炉心バブル取付板を締結している。

本数：1,088本／号機

材料：SUS316CW

【バブルフォーマボルトの構造】



【バブルフォーマボルトの写真】



○当社プラントにおけるバブルフォーマボルトの取替え状況

海外における不具合事例を踏まえ、長期的信頼性確保の観点から、美浜1、2号機のバブルフォーマボルト全数について、材質等を改良したものに取替えた。

当社バブルフォーマボルト取替実績	他社 炉内構造物の取替実績
美浜1号機：2002年度 美浜2号機：2000～2001年度	伊方1号機（2005年度）、伊方2号機（2006年度）、 玄海1号機（2005年度）、玄海2号機（2008年度）

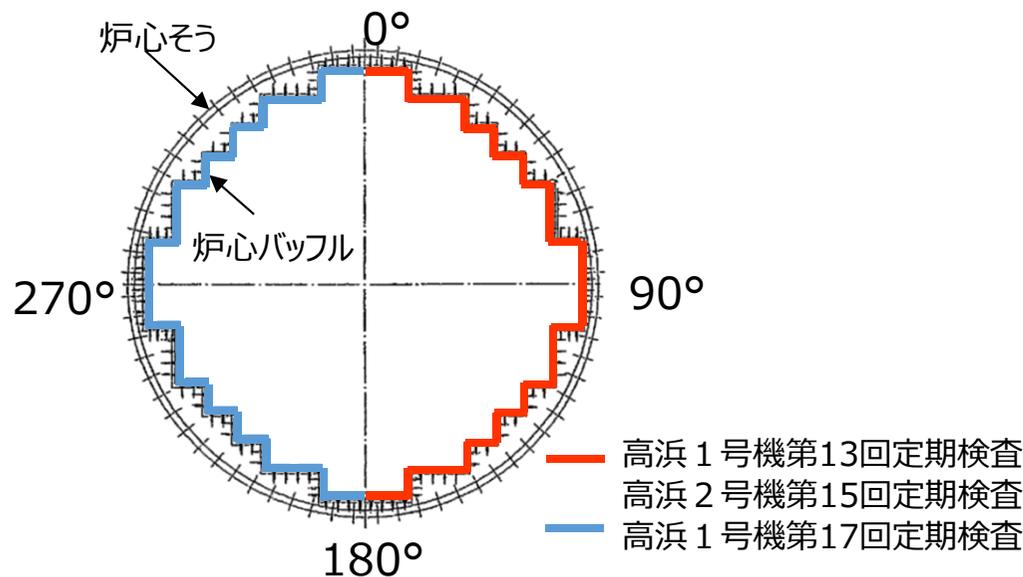
○高浜1、2号機バブルフォーマボルトの健全性評価

原子力安全基盤機構「照射誘起応力腐食割れ（IASCC）評価技術」事業で得られた最新知見を用いて評価した結果、高浜1、2号機の運転開始後60年時点でのボルトの損傷本数は「日本機械学会 維持規格」に規定される管理損傷ボルト数（全体の20%）以下であり、安全に関わる機能を維持できることを確認。

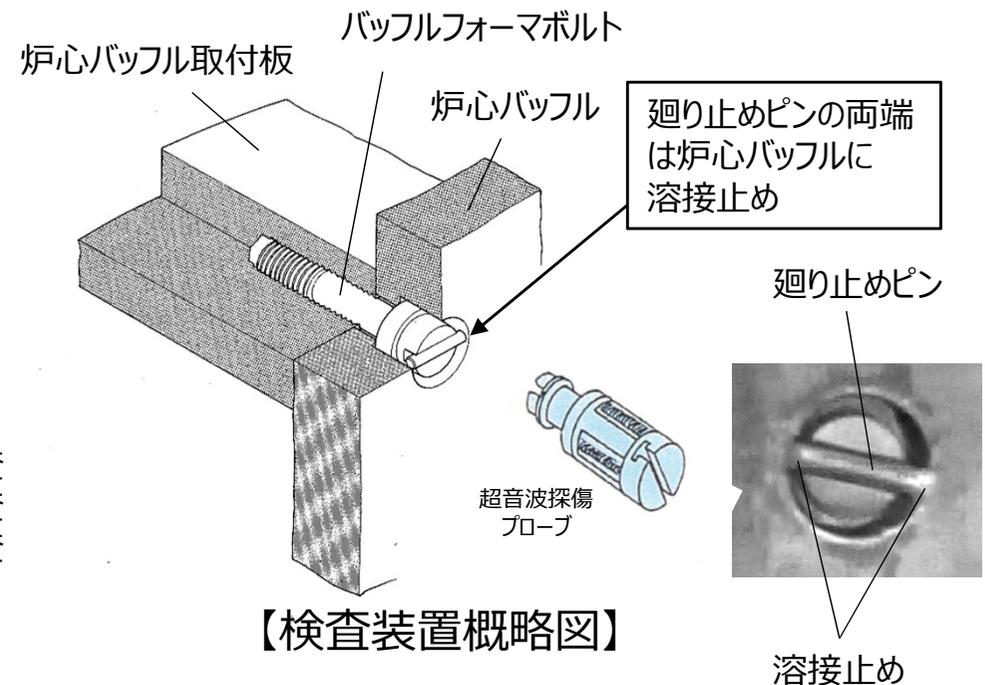
「バッフルフォーマボルトの劣化について、現状どのようになっているのか(3/3)」

○現状保全

- ・定期的に炉内構造物の可視範囲に対して水中カメラによる目視確認を実施し、異常のないことを確認。
- ・バッフルフォーマボルトに対して、高浜1号機は第13回定期検査時(1991～1992年度)、第17回定期検査時(1997年度)に、高浜2号機は第15回定期検査時(1995年度)に、超音波探傷検査を実施し、有意な欠陥のないことを確認。



【超音波探傷検査実施範囲※】



【検査装置概略図】

※：炉心の対称性を勘案し、各定期検査でバッフルフォーマボルト全数の1/2に対して検査を実施

○高経年化への対応

- ・炉内構造物の照射誘起型応力腐食割れに対しては、可視範囲について定期的に水中テレビカメラによる目視確認を実施し、炉心バッフル等の過度の変形やボルト脱落など異常のないことの確認を実施していく。
- ・予防保全の観点から、今後、炉内構造物の一式取替等を計画している。

「限られた敷地内で複数の工事が輻輳することから、十分な安全管理に努めていただきたい(1/2)」

○高浜発電所 今後の主な工事の予定作業エリア



「限られた敷地内で複数の工事が輻輳することから、十分な安全管理に努めていただきたい(2/2)」

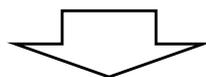
○高浜1、2号機の大型工事に向けた安全管理の取り組み

高浜1、2号機で計画している大型工事等について、安全最優先で作業を進めるべく、工程管理、現場作業エリア調整等に万全を期す観点から、大型工事の実施体制を確立し情報共有会議を実施。

情報共有会議

【高浜1、2号機 全体工程会議】

- 事務局 原子力事業本部（プラント・保全技術グループ）
- 参加者 原子力事業本部、高浜発電所、メーカ（三菱重工）、ゼネコン、協力会社
- 実施頻度 月2回程度
- 実施実績 合計15回（平成27年12月24日～）
- 実施内容
 - ・各工事の工程突合せ及びクリティカル、サブクリティカル工程等の確認
 - ・各工事工程の変更に伴う他工事への影響確認及び調整
 - ・作業エリア及びクレーン等資機材の干渉確認
 - ・作業エリア及びクレーン等資機材が干渉した場合のエリア及び作業時期の調整
 - ・複数の工事で使用する必要のある設備に対する取り合い調整又は共通の作業等が存在する場合の役割分担調整



現在、詳細工程を検討中