

高浜発電所 1・2号機と美浜発電所 3号機に関する 安全対策の取組みについて

2021年 3月



1. 美浜発電所 3号機および 高浜発電所 1, 2号機の安全対策について……	2	~	17
2. 美浜発電所および 高浜発電所の緊急時対応体制について……	18	~	20
3. 美浜発電所 3号機および 高浜発電所 1, 2号機の40年を超える 長期運転における設備の健全性について……	21	~	32
4. まとめ……	33		

1. 美浜発電所 3号機および
高浜発電所 1,2号機の安全対策について

原子力発電のしくみ

○原子炉の中で発生した高温高圧の熱水を利用して、蒸気発生器で蒸気を作ります。
この蒸気でタービン・発電機を回し、電気を作っています。

蒸気をつくるしくみ

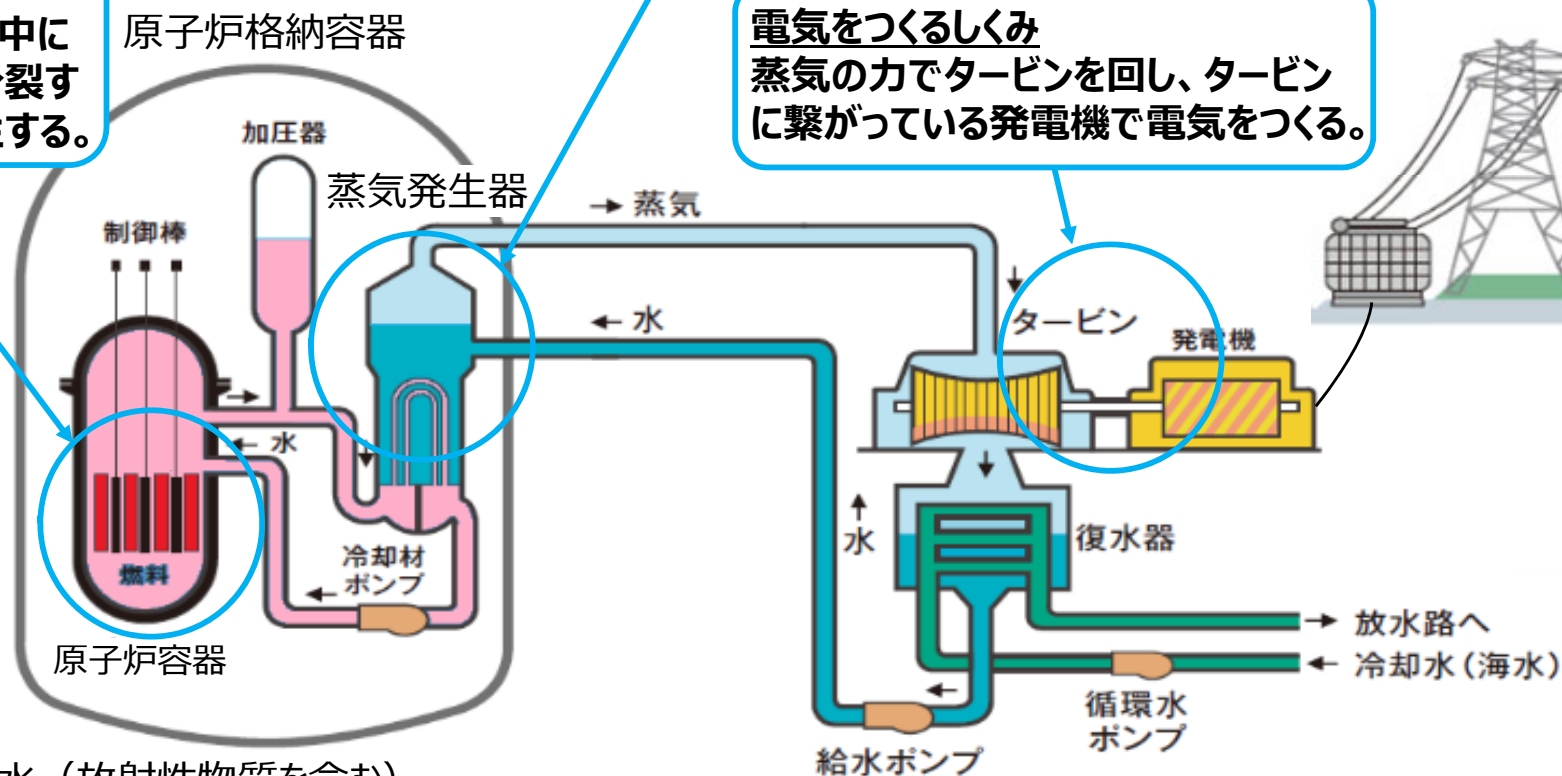
原子炉の中で核分裂により熱せられた1次系の水の熱（約300度）が、蒸気発生器で2次系に伝わり、2次系の水が蒸気になる。

熱をつくるしくみ

原子炉内の燃料棒の中にあるウラン燃料が核分裂することにより、熱を発生する。

電気をつくるしくみ

蒸気力でタービンを回し、タービンに繋がっている発電機で電気をつくる。



- 1次系の水（放射性物質を含む）
- 2次系の水（放射性物質を含まない）
- 海水



従来の安全対策 – 設計の工夫「多重防護」–

原子力発電では、「止める」「冷やす」「閉じ込める」を実現することで安全を守ります。

機器の故障や操作ミスを防ぐ設計

万が一

異常発生時すぐに
原子炉を「止める」

さらに

原子炉を「冷やし」、放射性物質を「閉じ込める」

余裕を持った安全設計

設備の更新や材料強度に関する社内基準は、法令より厳しい数値にするなど、安全に余裕をもたせています。

フェイル・セーフ・システム

万が一、誤作動・誤操作が行われた場合、安全側になるよう設計されています。



例えば故障や停電などで踏切が作動しなくなると、遮断棒が重力によって下り、車や人の侵入を防ぐシステムと同じ

インターロック・システム

万が一、人間が間違った操作をしても動きません。



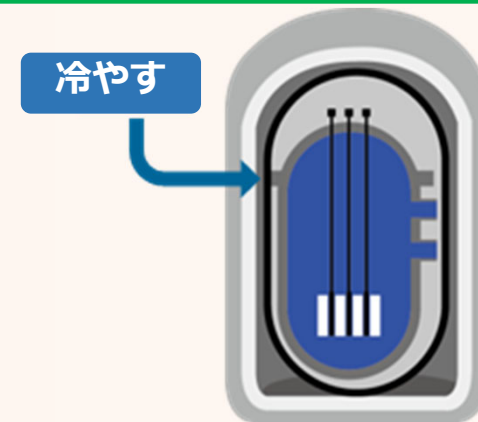
例えばオートマチック車でボタンを押しながらでないとバックにチェンジできないのと同じ

止める



万が一、異常が起きても、異常を早期に見出し、自動的に制御棒を挿入し、直ちに核分裂を止めることにより、事故を拡大させないようになっています。

冷やす



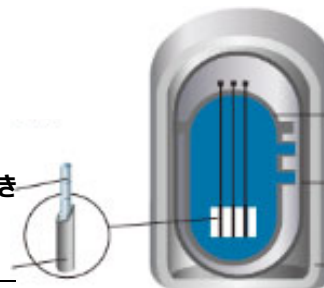
閉じ込める

配管破断事故を想定し、非常用炉心冷却装置で自動的に原子炉を冷やします。また、万が一の事故の際には、5重の壁で放射性物質を閉じ込めます。

5重の壁

第1の壁（ペレット）
ウランを陶器のように焼き固めたもの

第2の壁（被覆管）
特殊合金の管



第3の壁（原子炉圧力容器）
厚さ約20cmの鋼鉄製容器

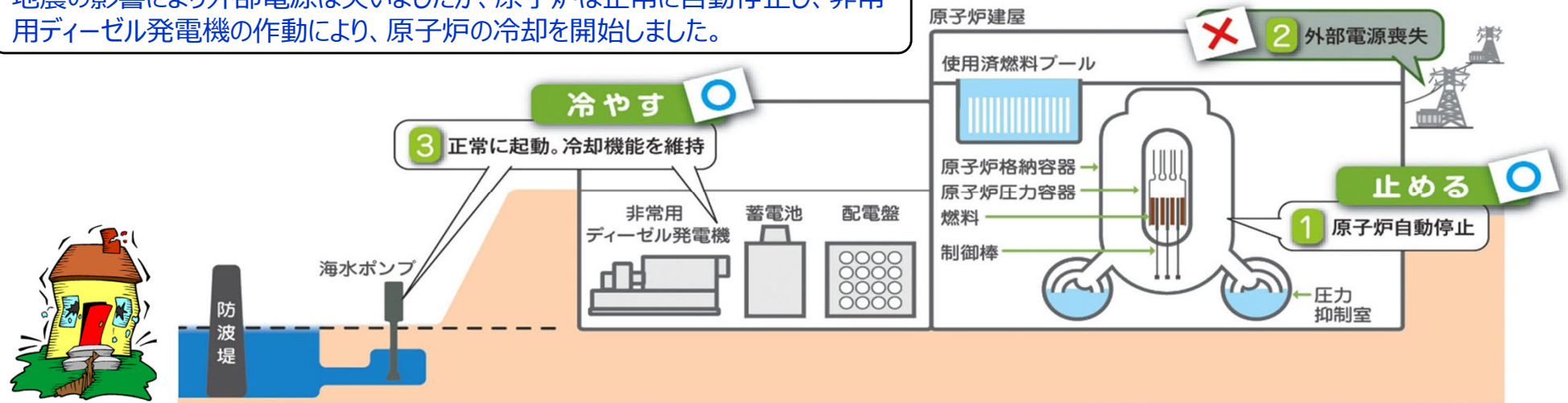
第4の壁（原子炉格納容器）
厚さ約3cm以上の鋼鉄製容器

第5の壁（外部遮蔽壁）
厚さ約1mのコンクリートの壁

福島第一原子力発電所事故の事故と原因

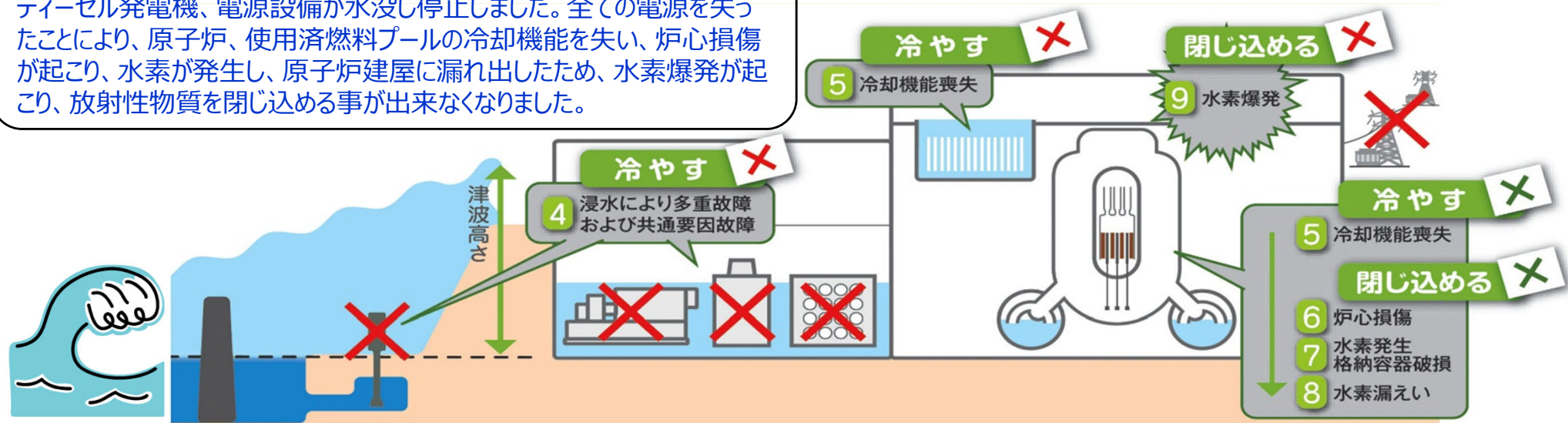
【地震によって起きたこと】

地震の影響により外部電源は失いましたが、原子炉は正常に自動停止し、非常用ディーゼル発電機の作動により、原子炉の冷却を開始しました。



【津波によって起きたこと】

地震発生後約50分後に14mを超える津波が来襲し、地下の非常用ディーゼル発電機、電源設備が水没し停止しました。全ての電源を失ったことにより、原子炉、使用済燃料プールの冷却機能を失い、炉心損傷が起こり、水素が発生し、原子炉建屋に漏れ出したため、水素爆発が起こり、放射性物質を閉じ込める事が出来なくなりました。



原子力発電所に関する四大臣会合(第3回)終了後枝野経産大臣記者会見配布資料(2012.4.6)をもとに作成

福島第一原子力発電所事故以降の取組み（新規制基準）

2013年7月、福島第一原子力発電所の事故を教訓とした新たに規制基準が原子力規制委員会により制定されました。新規制基準では、福島第一原子力発電所の事故の教訓のみならず、様々な自然災害やテロ対策などの幅広いリスクに備えた基準となっています。関西電力では、これらの基準に適合させることはもちろん、さらに自主的な取組みを進めています。

<従来の規制基準>

重大事故を防止するための基準

事業者の自主保安

その他の設備の性能

電源の信頼性

自然現象に対する考慮

火災に対する考慮

耐震・耐津波性能

<新規制基準>

重大事故を防止するための設計基準を強化するとともに、万が一、重大事故やテロが発生した場合に対処するための基準を新設

意図的な航空機衝突への対応

放射性物質の拡散抑制対策

格納容器破損防止対策

炉心損傷防止対策
(複数の機器の故障を想定)

その他の設備の性能

電源の信頼性

自然現象に対する考慮
(火山・竜巻・森林火災を新設)

火災に対する考慮

耐震・耐津波性能

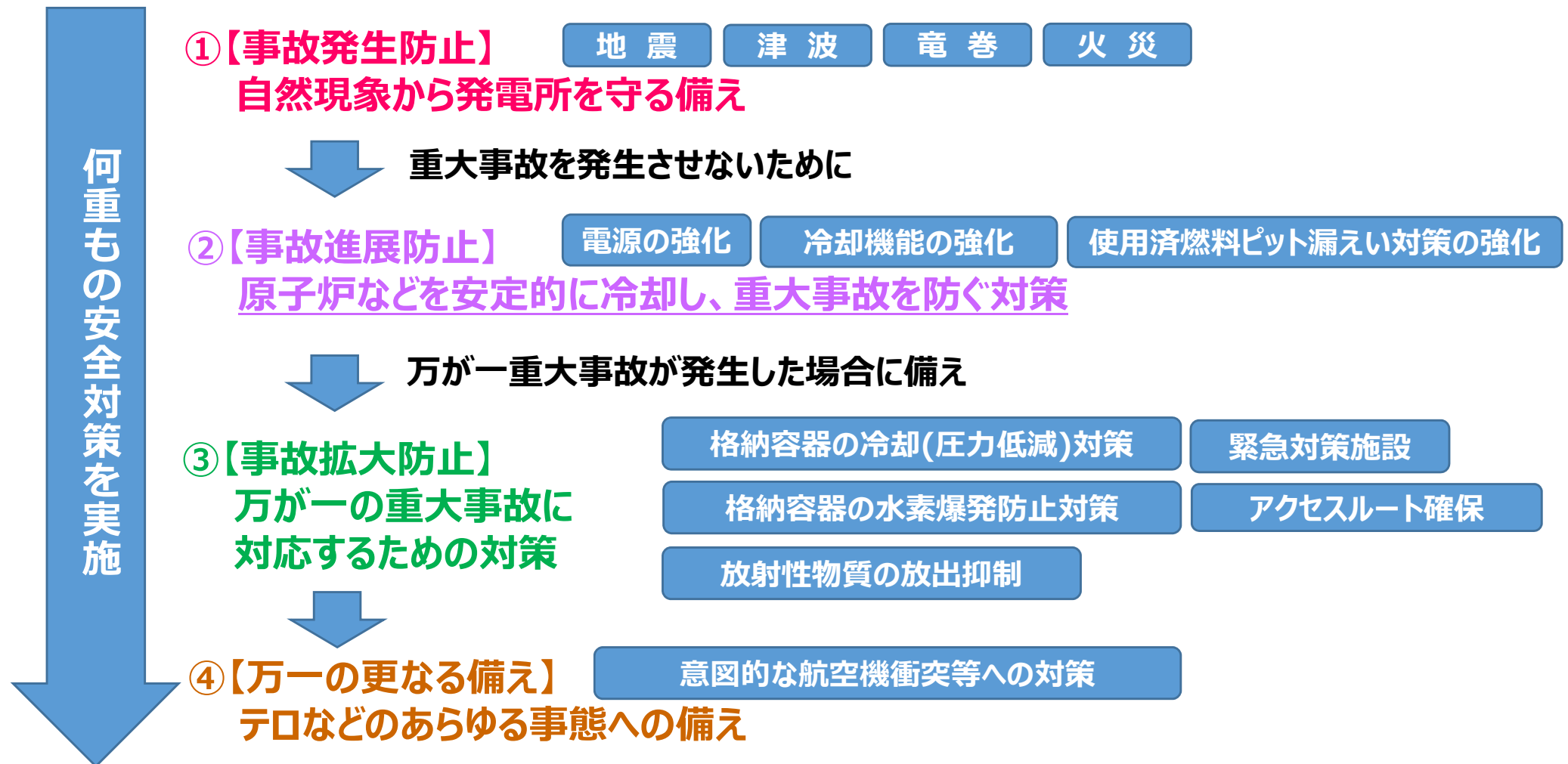
テロ対策を**新設**

重大事故対策を**新設**

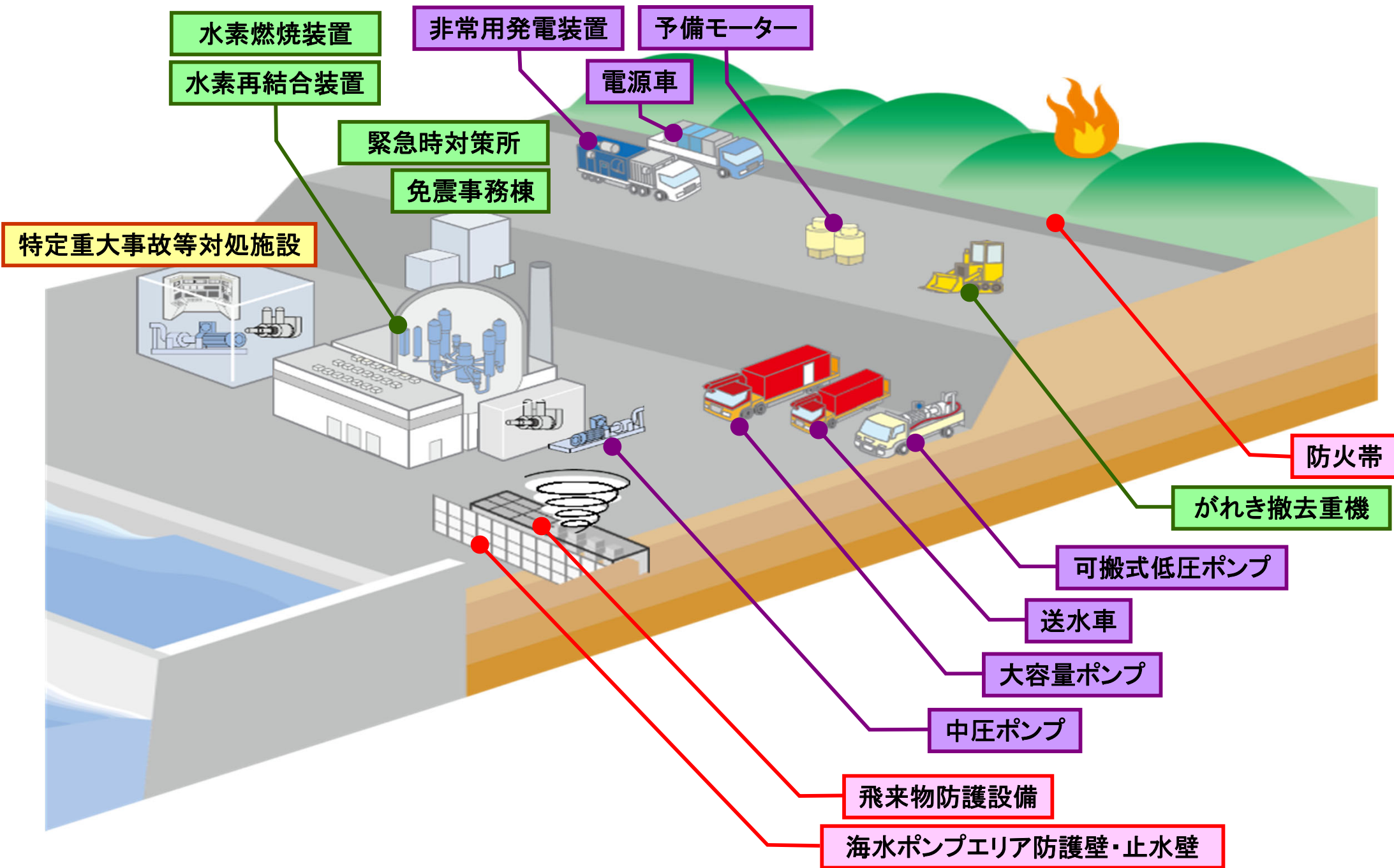
設計基準の**強化または新設**

地震・津波への設計基準の**強化**

○東京電力(株)福島第一原子力発電所の事故を教訓として、事故を起こさない、起こったとしても進展・拡大を防ぐ対策を多重化・多様化することで、当社は規制の枠組みにとどまることなく、自主的かつ継続的な安全性向上対策を実施しています。



主な安全性向上対策のイメージ



地震動の策定

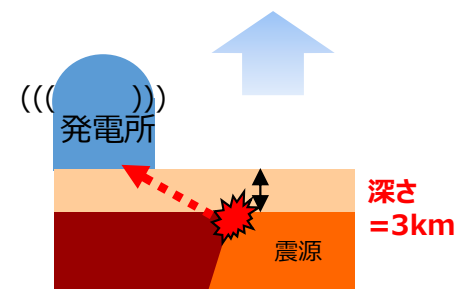
- 想定される最大規模の地震の揺れ（基準地震動）を美浜発電所は最大加速度 9 9 3 ガル、高浜発電所は最大加速度 7 0 0 ガルと評価し、国が許可

- 基準地震動は、発電所敷地への影響が大きいと考えられる地震の断層を選定し評価しました。
- より安全側に立ち、美浜発電所では安島岬沖～関ヶ原断層を「不確かさ」のケースとして、また高浜発電所では FO-A 断層、FO-B 断層に熊川断層を加えた三連動を考慮しました。
- 震源断層の上端深さの想定を 4Km から 3 km に設定しました。
- 震源を特定せず策定する地震動を考慮しました。

【敷地周辺の主な断層の分布】



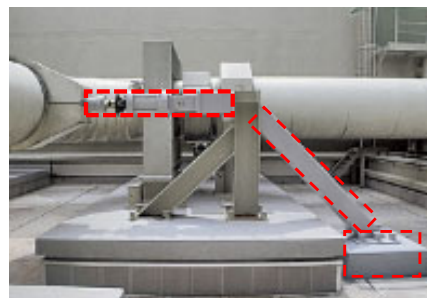
美浜：最大加速度 9 9 3 ガル
高浜：最大加速度 7 0 0 ガル



<参考>

発電所	従来の基準地震動 (2009.3に国に報告)	現在の基準地震動 (美浜：2016.10、 高浜：2015.2に国が許可)
美浜発電所	750	993
高浜発電所	550	700

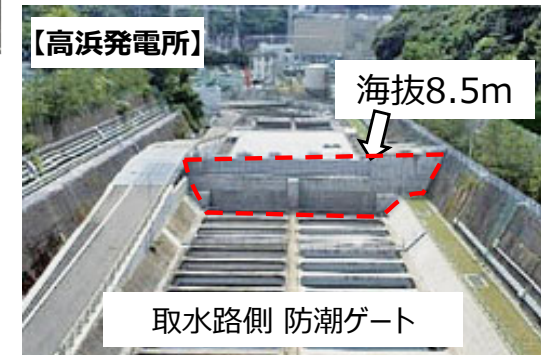
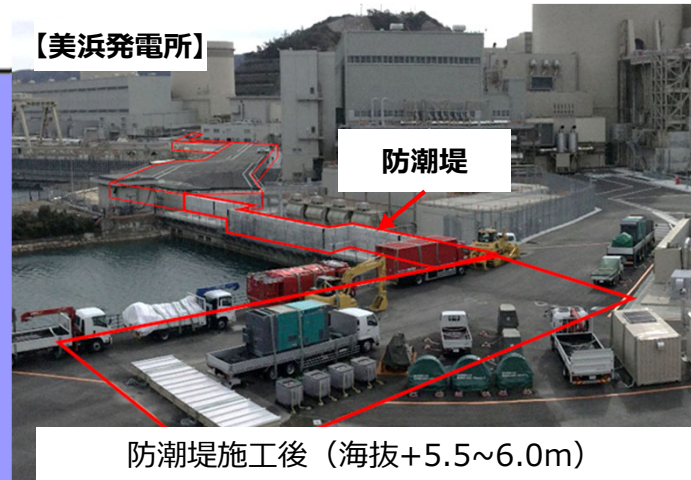
配管補強の例



津波高さの策定

○若狭海丘列付近断層を安全側に90kmとし、海底地すべり等の組み合わせを考慮して、**津波の高さを、美浜発電所は海拔+4.2m、高浜発電所は取水路:海拔+6.2m、放水路:海拔+6.7mに設定しました。**

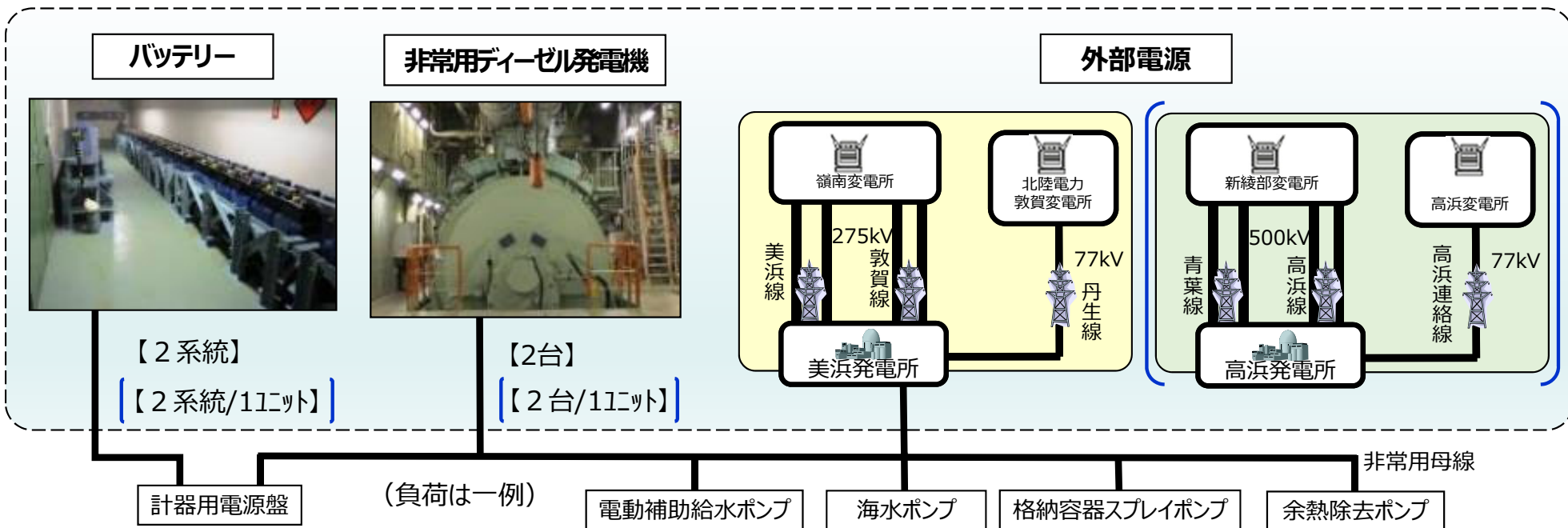
津波に関する断層の位置



【津波の高さ】 美浜発電所：[3号取水路] 海拔+4.2m(従来：海拔+1.9m)
高浜発電所：[取水路] 海拔+6.2m(従来：海拔+2.3m)
[放水路] 海拔+6.7m(従来：海拔+2.6m)

電源の確保（多重化、多様化）

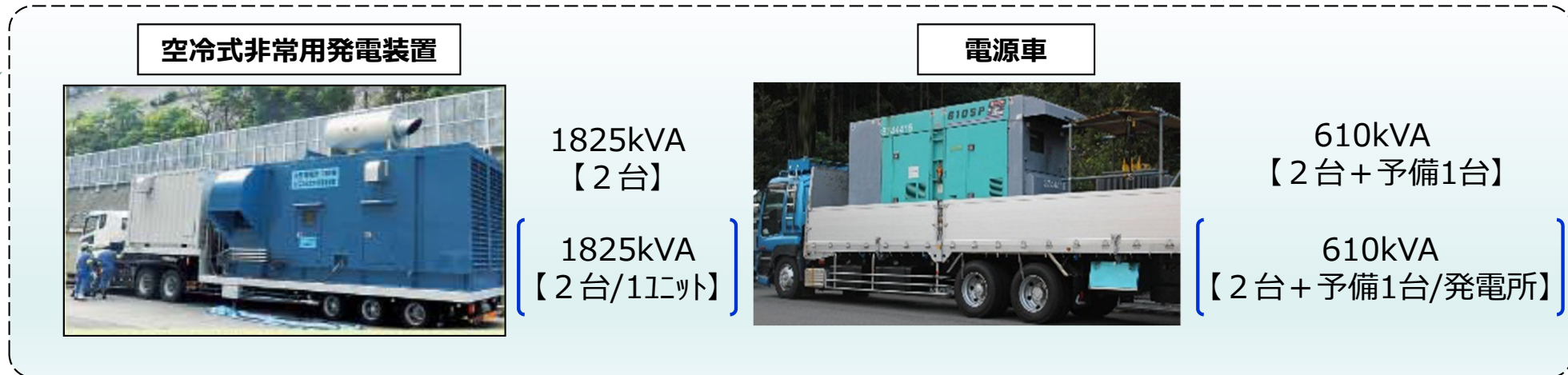
（福島第一原子力発電所事故前）
既存設備



（負荷は一例）

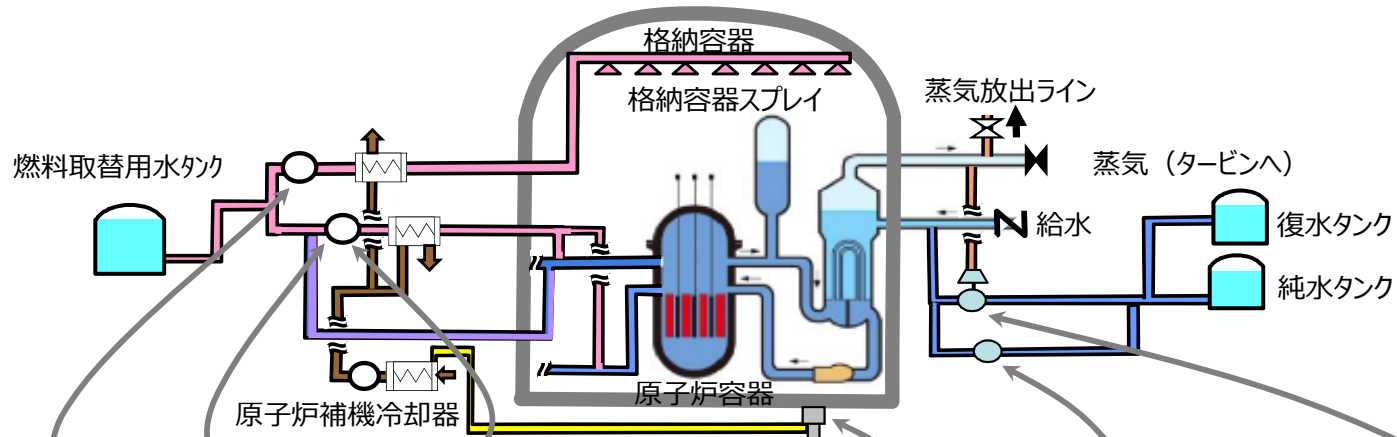
使用出来ない場合に備えて

追加設備・対策



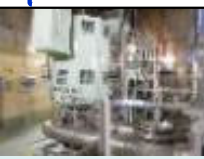





美浜3号機の写真、設備仕様を記載、 []は高浜1,2号機の設備仕様

給水手段の確保(多重化・多様化)



(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 内部スプレポンプ  423m ³ /h[4台] 423m ³ /h[4台/ユニット]	充てん/高圧注入ポンプ  147m ³ /h[3台] 147m ³ /h[3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[4台/ユニット]	電動補助給水ポンプ  85m ³ /h[2台] 75m ³ /h[2台/ユニット]	タービン補助給水ポンプ  171m ³ /h[1台] 148m ³ /h[1台/ユニット]
--	--	---	---	--	--

使用出来ない場合に備えて

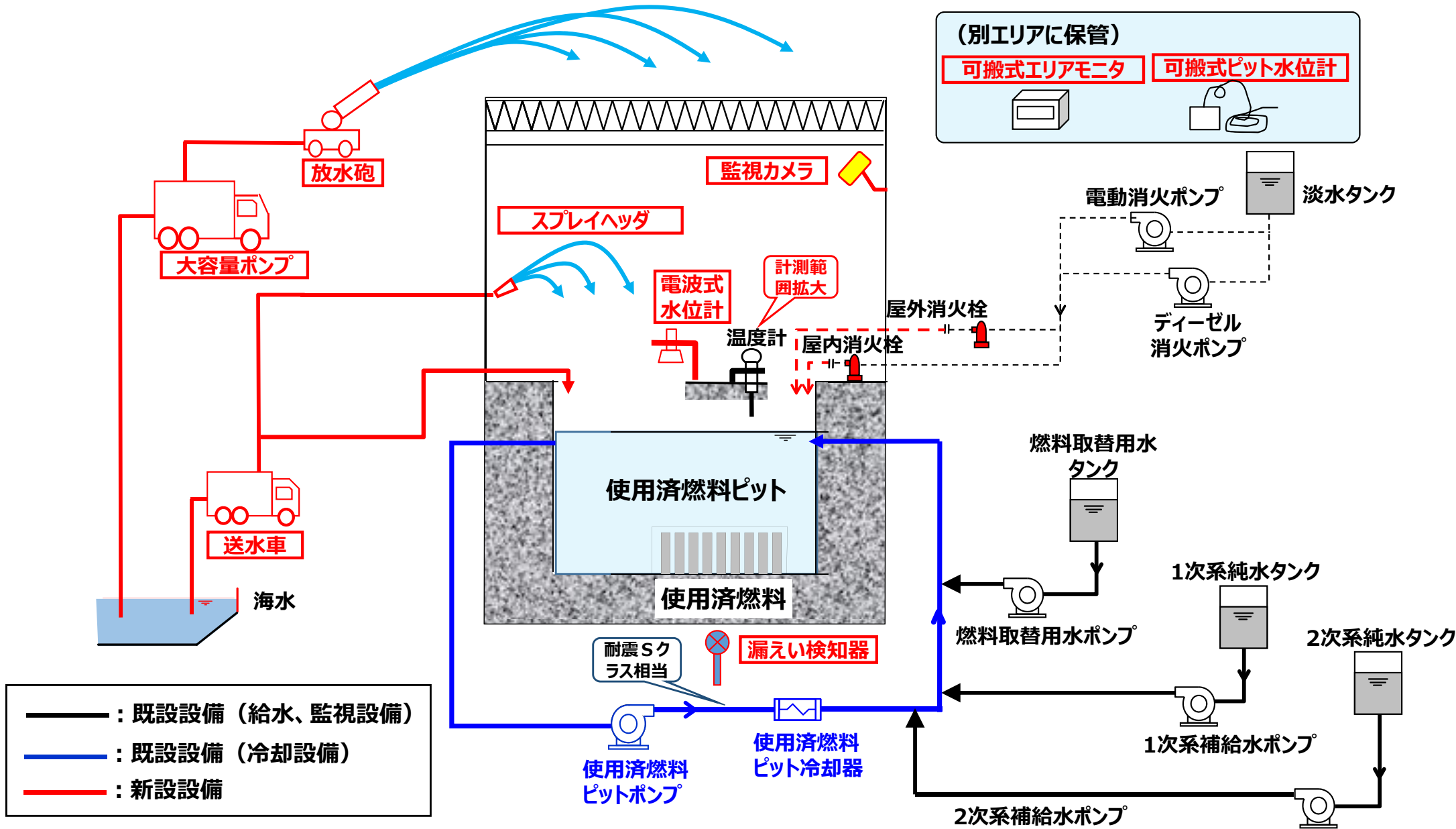
追加設備・対策

恒設代替低圧注水ポンプ  120m 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/発電所】	大容量ポンプ  1440m ³ /h【2台+予備1台】 1800m ³ /h【2台(1,2号機共用)+予備1台/発電所】	送水車  300m ³ /h【2台+予備1台】 210m ³ /h【2台+予備1台/発電所】
原子炉下部炉心注水ポンプ  120m ³ /h【1台】 120m ³ /h【1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】 50m ³ /h【1台/ユニット】	

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

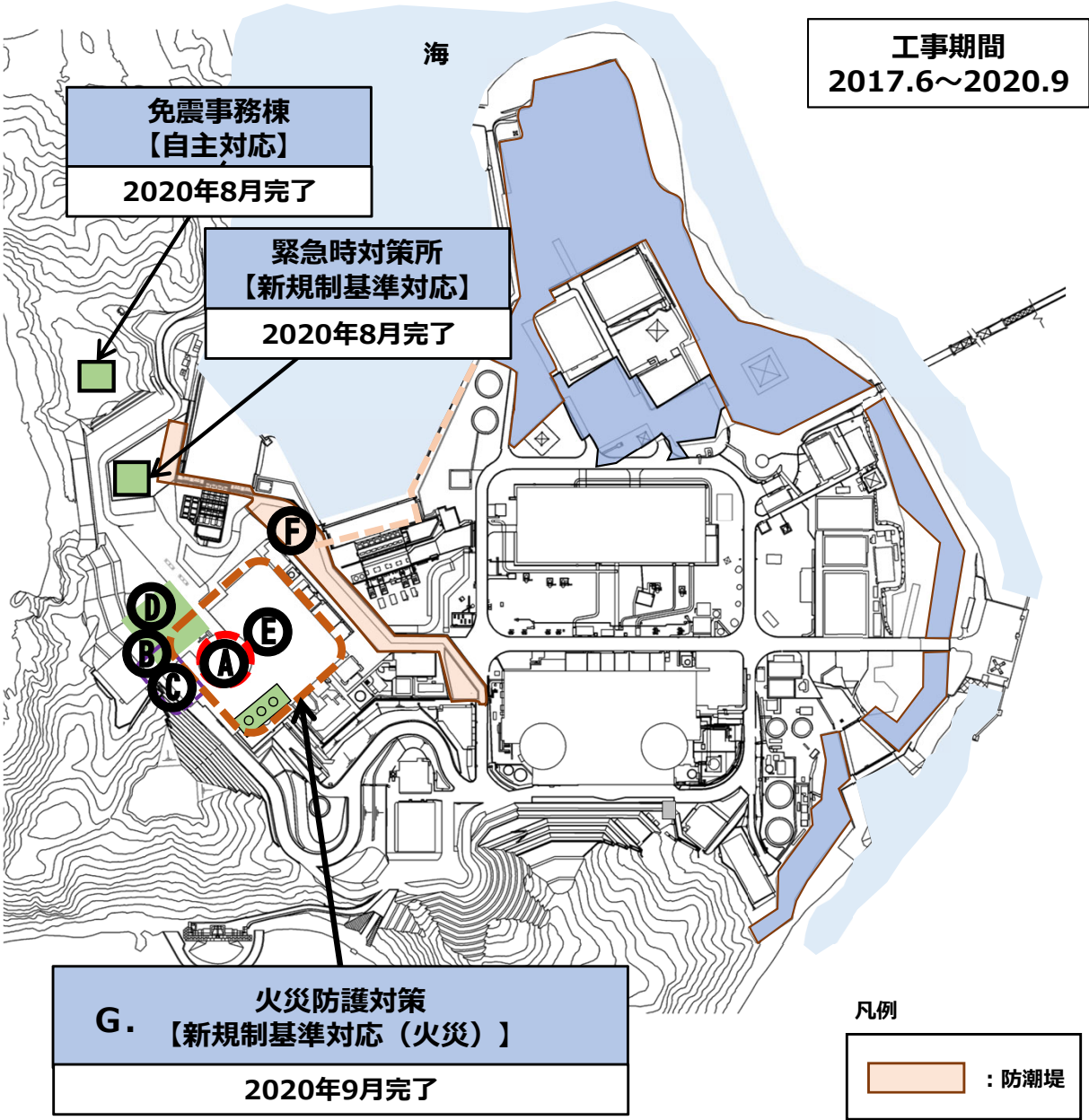
使用済燃料ピット漏えい時の対応

福島第一原子力発電所事故を踏まえ、使用済燃料ピットの給水機能や監視機能を強化するための安全性向上対策を実施



美浜 3 号機 主な安全性向上対策

- A.** 炉内構造物取替
【新規制基準対応（耐震）】
2020年6月完了
- B.** 使用済燃料ピット補強
【新規制基準対応（耐震）】
2020年3月完了
- C.** 使用済燃料ピットラック取替
【新規制基準対応（耐震）】
2020年4月完了
- D.** 構台設置
【新規制基準対応（耐震）】
2020年3月完了
- E.** 中央制御盤取替
【保守性向上】
2020年6月完了
- F.** 防潮堤設置
【新規制基準対応（津波）】
2020年8月完了



免震事務棟
【自主対応】
2020年8月完了

緊急時対策所
【新規制基準対応】
2020年8月完了

火災防護対策
【新規制基準対応（火災）】
2020年9月完了

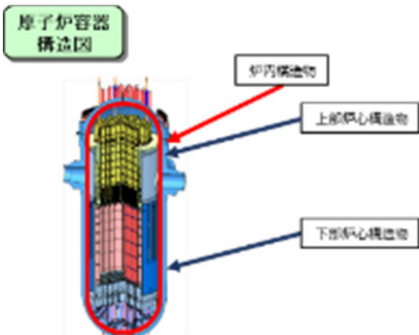
凡例
[Orange Box] : 防潮堤

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

A. 【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）】



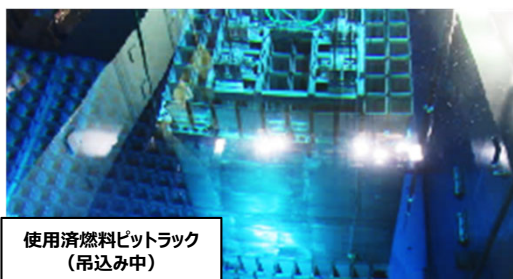
B. 【使用済燃料ピット補強】

・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



C. 【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



D. 【構台の設置】

・盛土の敷地部を削り、新たに構台を設置



E. 【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）



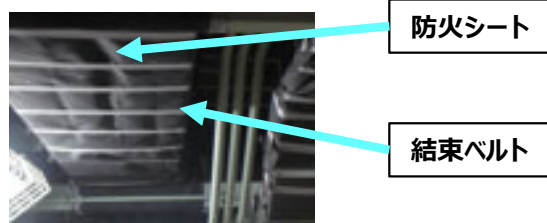
F. 【防潮堤設置】



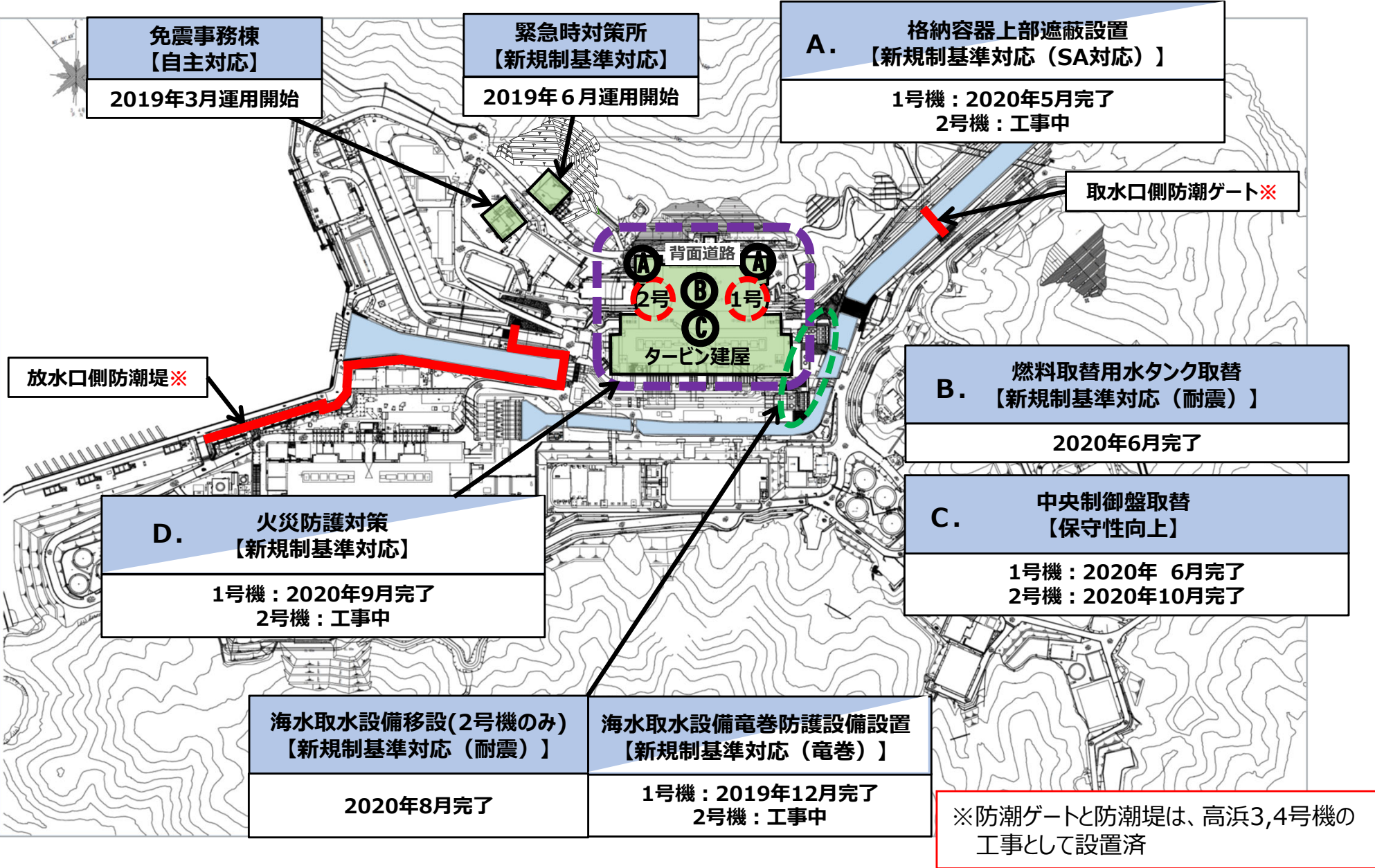
・耐津波性(T.P.+4.0~4.2m)向上のため防潮堤(T.P.+5.5~6.0m)を設置

G. 【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



高浜 1, 2号機 主な安全性向上対策



火災防護対策については、ケーブルトレイに防火シートを据え付ける工事を実施しており、現在、工事の詳細工程について精査を行っている。

高浜1,2号機特有な対策

A. 【原子炉格納容器上部遮蔽設置】

- ・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】



B. 【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



C. 【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

【取替前】



【取替後】



D. 【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



【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）

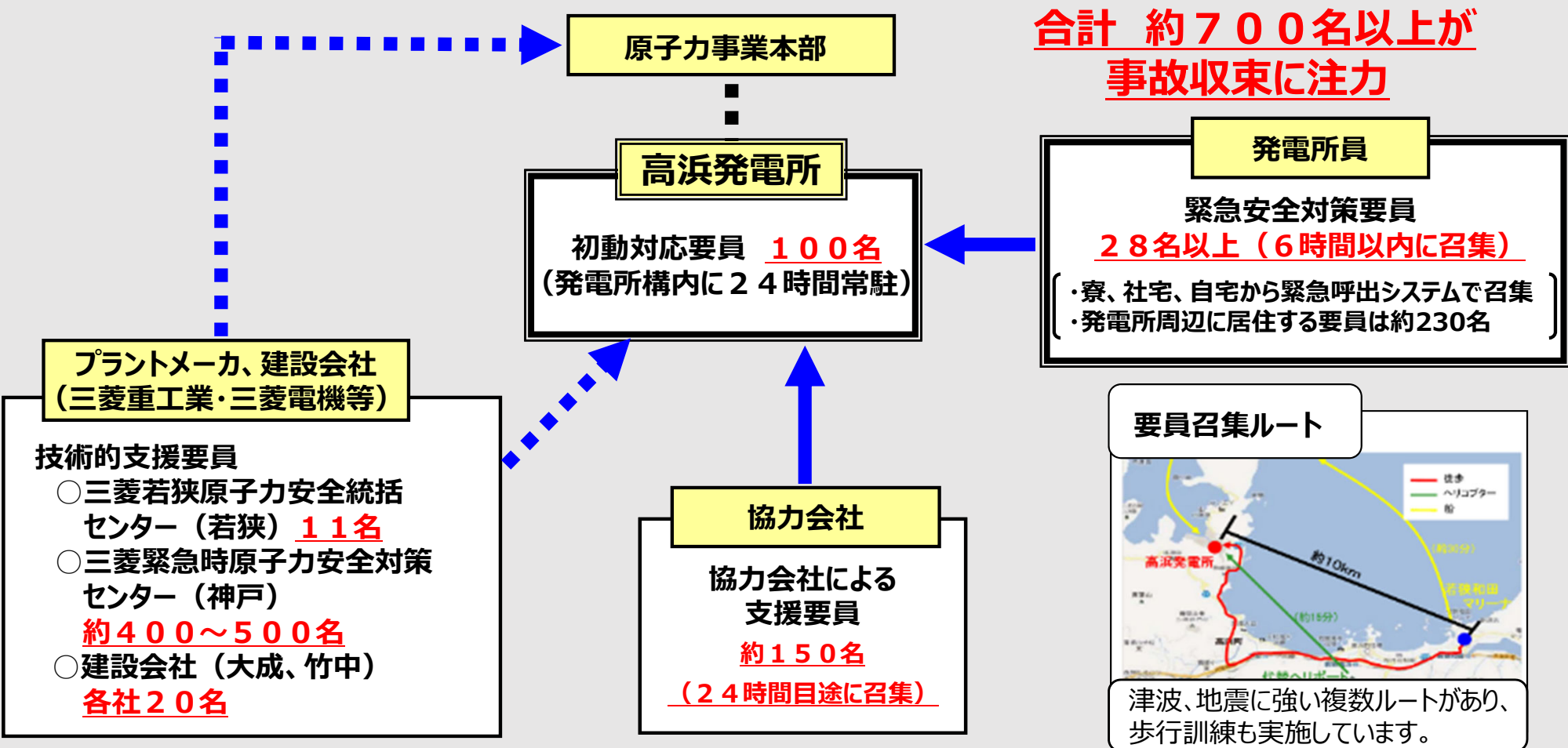


3. 美浜発電所および 高浜発電所の緊急時対応体制について

重大事故等発生時の体制（高浜発電所の例）

○万が一に備え、発電所構内に初動対応要員として **100名が24時間常駐**。
 また、緊急安全対策要員 **28名以上**を事故発生から **6時間以内に召集**する体制を構築。
 ○さらに、協力会社やプラントメカ、建設会社による発電所支援により、**合計700名以上が事故収束に注力**することになっており、これは訓練で確認しています。

休日・夜間の対応体制



重大事故等発生時の対応力：各種訓練の実施

重大事故を想定した総合訓練

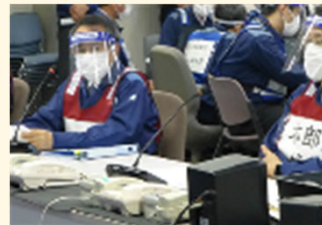
○ 重大事故が発生したと想定した原子力防災訓練を、各発電所毎に年 1 回実施

2020年度実績	
2020年10月16日	大飯発電所
2021年 1月15日	美浜発電所
2021年 2月26日	高浜発電所

○ 新規制基準対応として設置した設備等を用いた事故制圧訓練を安全性向上対策工事完了後に実施

(実績)

- ・美浜発電所 2020年11月27日
- ・高浜発電所 2020年12月18日



原子力事業本部 緊急時対策室



美浜発電所 緊急時対策所



高浜発電所 現場訓練

【事故制圧訓練の状況】

発電室運転員によるシミュレーター訓練

○ 原子炉の起動・停止操作、事故事象に対する実践的な対応訓練を通じたチームワークの維持、向上を目的とした訓練 (実績：2020年度 92回(162日))

- ・ 軽微な機器故障、地震、全交流電源喪失、重大事故等を模擬した対応訓練を実施



(非常灯照明下での訓練)

(原子力研修センター)

遠隔操作資機材操作訓練

○ 美浜原子力緊急事態支援センター (日本原子力発電株式会社) への派遣研修

- ・ 遠隔操作ロボットによる障害物の乗り越え等の操作訓練を実施
- ・ 無線ヘリコプターの操作方法を習熟するための訓練に派遣
- ・ 無線重機の取扱いに習熟するための訓練に派遣

ロボット操作訓練



(提供 M-NEACE)

無線重機操作訓練



(提供 M-NEACE)

(美浜原子力緊急事態支援センター)

4. 美浜発電所 3号機および 高浜発電所 1, 2号機の40年を超える 長期運転における設備の健全性について

原子力発電所の運転期間延長の制度

○ 福島第一原子力発電所の事故後、法律の改正により、運転期間は40年とされ、原子力規制委員会の認可を受ければ、1回に限り20年を超えない期間延長（最大60年運転）できる制度となりました。

福島第一原子力発電所の事故前

法律上の運転期間の制限はなし



福島第一原子力発電所の事故後

運転期間延長認可制度を導入し、法律上の制限を設定



これまでの安全性を確認するしくみ

- ・日々の点検
- ・約1年ごとの定期検査（機器の分解点検や取替え） ⇨ 23
- ・**30年目以降、10年ごとの高経年化技術評価※により、技術的に実際の運転期間を見極め**（※60年運転を想定しても、設備が健全であることの確認） ⇨ 26 ~ 32



定期検査の例

追加された新しいしくみ

- ・**特別点検**（取替えが難しい設備の詳細な点検） ⇨ 24 ~ 25
- ・新規基準への適合（最新のプラントと同一の基準による安全性の確保）

大型機器などの取替え

○原子力発電所では、全ての設備や機器に対して、**計画的にメンテナンスを行い、大型機器や配管など、取り替えられるものは積極的に新しいものに取り替え、設備や機器の安全性を確保しています。**



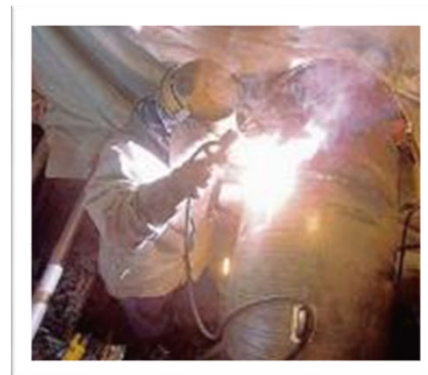
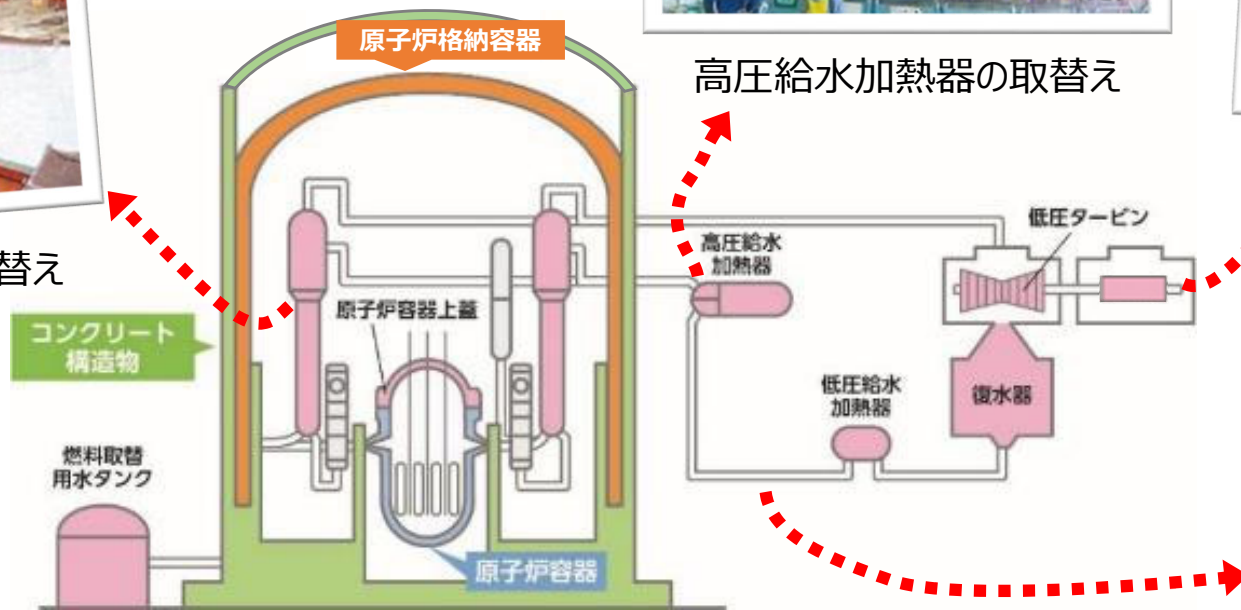
蒸気発生器の取替え



高圧給水加熱器の取替え



発電機コイルの巻替え



配管の取替え

■ で色付けした部分が既に取り替えている大型機器です。
この他にも、小型機器や部品の取替えを行っています。

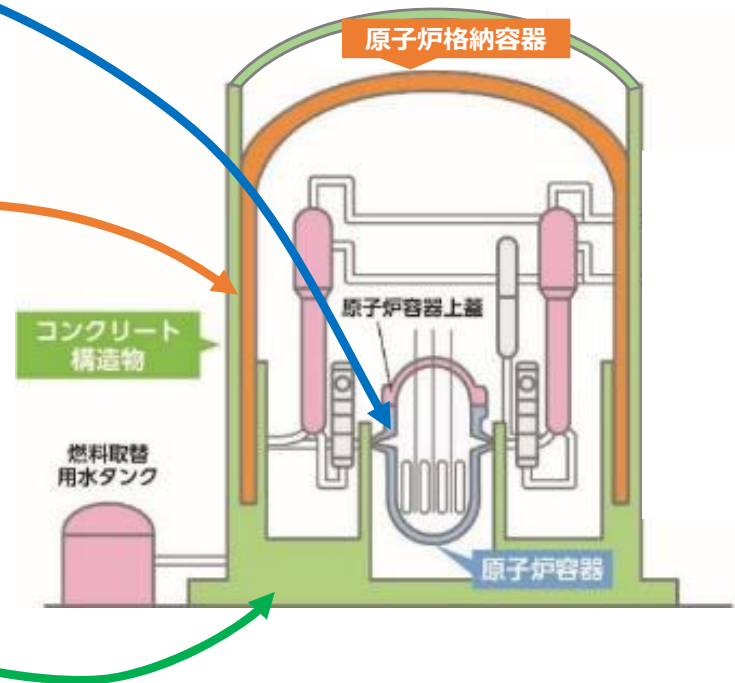
取替えが難しい設備の特別点検（1）

- 運転開始から40年を迎えるにあたって、取替えが難しい「原子炉容器」、「原子炉格納容器」、「コンクリート構造物」については、通常のメンテナンスに加え、設備の状況を詳細に把握するために、特別点検を行いました。
- 結果として、**いずれの設備にも異常がないことを確認**できました。

原子炉容器に超音波や電流を使って、「傷」がないことを確認しました。

原子炉格納容器の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。

コンクリート構造物からサンプルを取り出し、「性質の変化」や「強度」に問題がないことを確認しました。



取替えが難しい設備の特別点検（2）

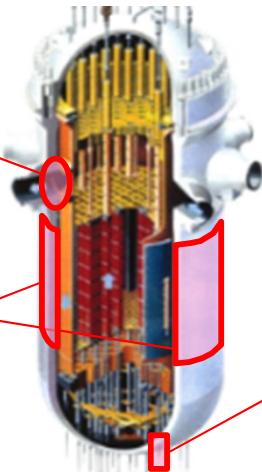
原子炉容器点検

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。



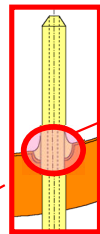
検査用のロボット

1次冷却材ノズルコーナー部
(渦流探傷試験)



原子炉容器

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)

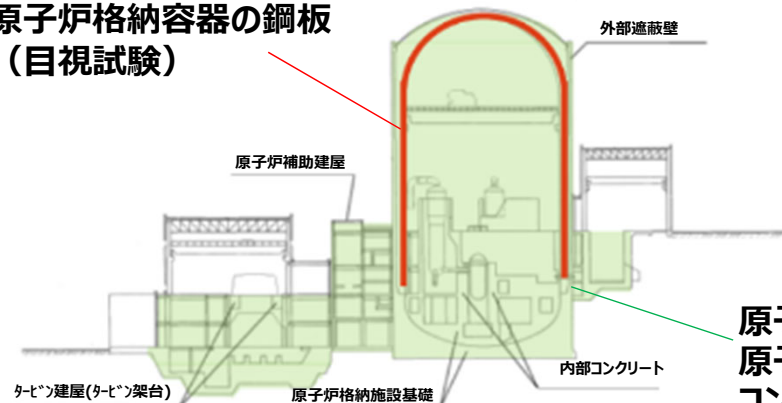
原子炉格納容器点検

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

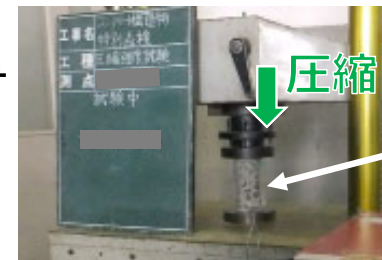
原子炉格納容器の鋼板
(目視試験)



原子炉格納施設や原子炉補助建屋などのコンクリート構造物
(サンプル試験)

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

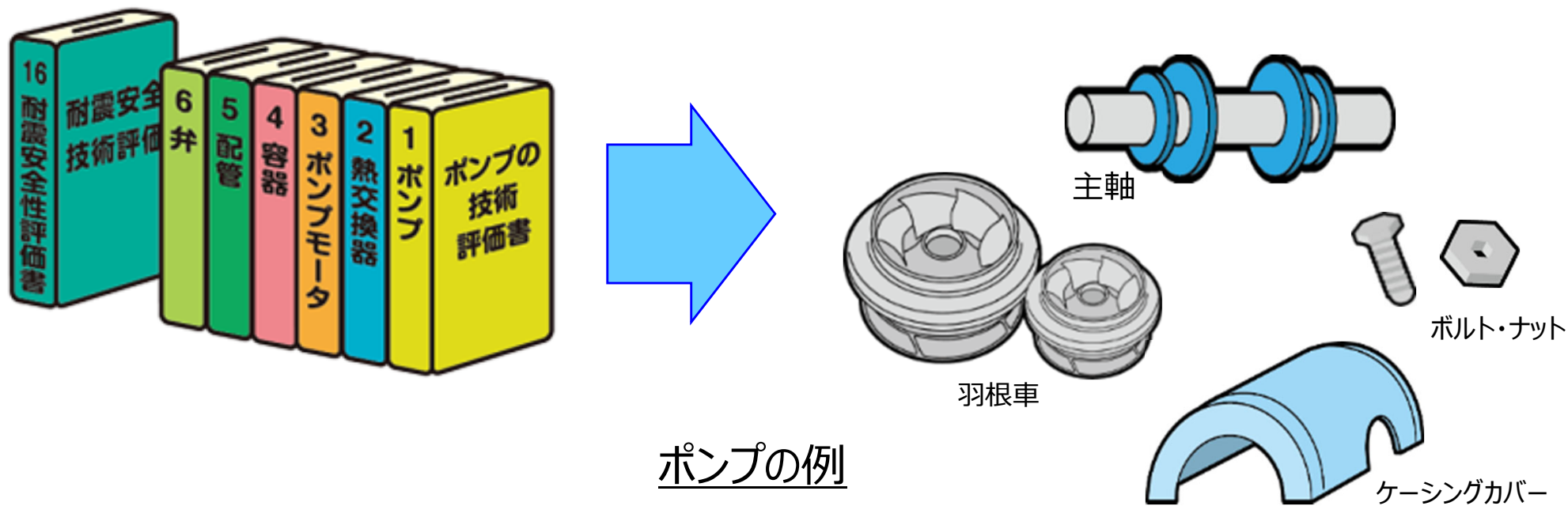


コアサンプル

- 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。**

60年運転を想定しても設備が健全であることの確認

○ 美浜3号機および高浜1号機、高浜2号機それぞれで約3,000以上ある重要な設備を、部品レベルに仕分けて評価を行い、**60年運転時点の設備の状態を想定しても、運転を安全に行うことができることを確認**しました。次ページ以降で、原子炉容器の中性子照射脆化を例に、評価の概要を説明します。



- 想定される将来の設備の状態に応じた適切なメンテナンス計画が立てられていることを確認しました。
- また、60年運転時点の設備の状態で、発電所で想定している大きな地震が来ても、設備が壊れないことを確認しました。

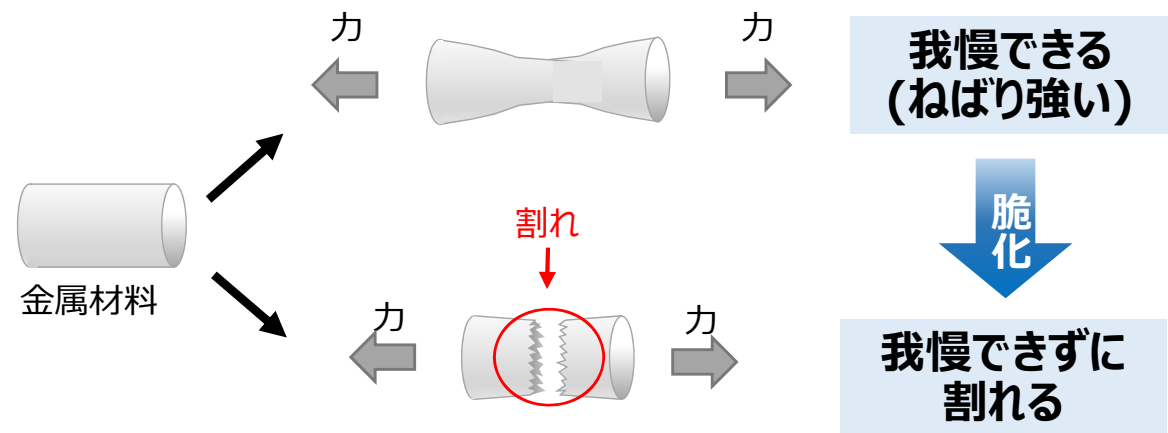
- 金属は、中性子線を浴び続けると、その材料が元々持っているねばり強さが徐々に低下します（脆化）。

これを、中性子照射脆化と呼んでいます。

金属の性質

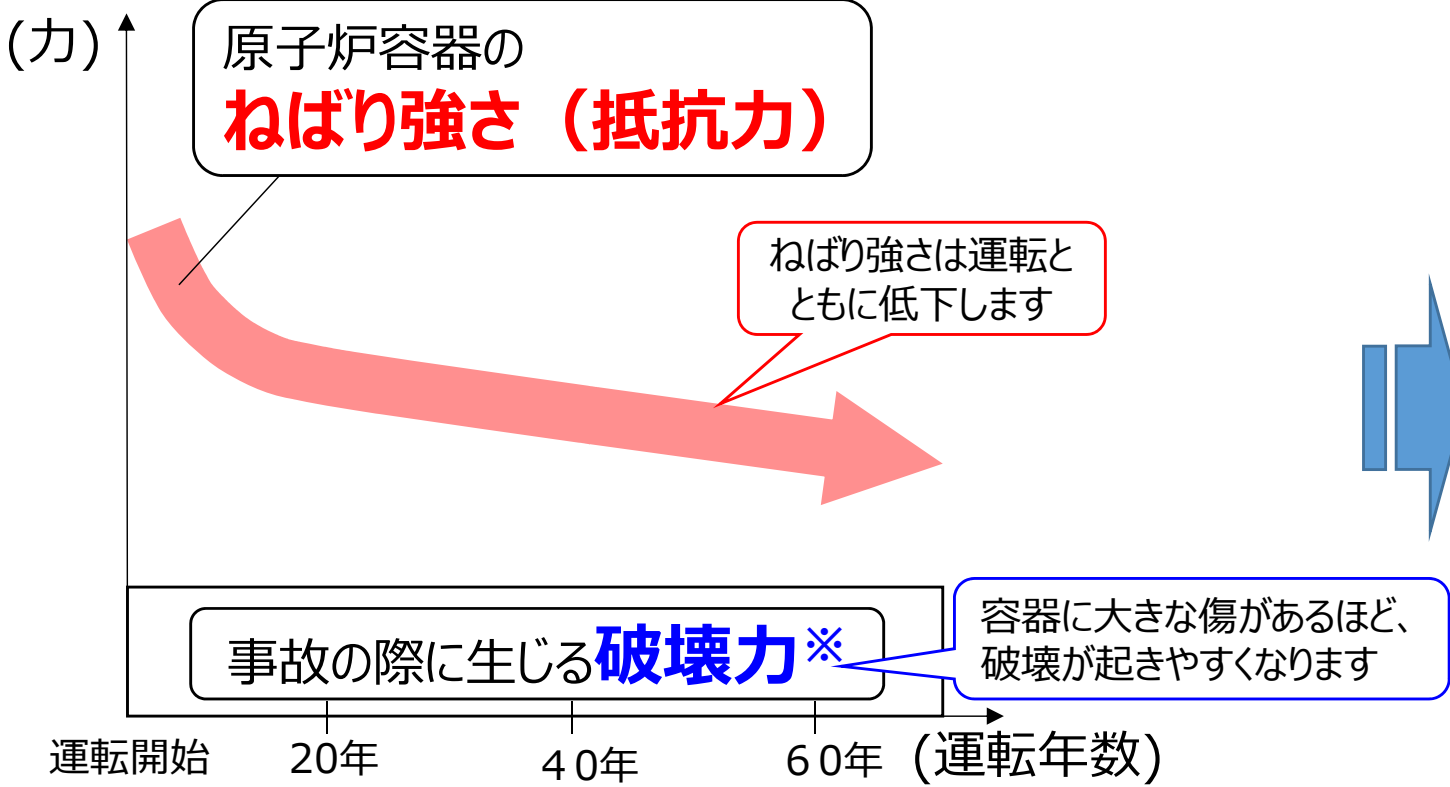
- ねばり強さを持っている金属は、大きな力を加えても、伸びたり曲がったりすることにより簡単には割れません。
- 高温の状態では、ねばりが強いですが、温度が低くなると、ねばり強さが低下する性質があります。

ねばり強さのイメージ



原子炉容器の安全性の確認について (1)

- これまで国内外で実施された数多くの実験結果に基づくと、**原子炉容器のねばり強さは、運転とともに徐々に低下しますが、低下の程度はだんだん小さくなる**ことが分かっています。このような見解は、専門家の方々の中でも認識されているものです。
(どのように低下するかは、ルール(学協会規格)として整備されています。)
- 電力会社は、点検や実験により、**原子炉容器に傷がないことや、予想と異なるねばり強さの低下がないことを確認**しています。



- 確認内容**
- ① 点検で原子炉容器に傷がないことを確認。 ⇒ 29
 - ② 実験(監視試験)で、原子炉容器のねばり強さを測定。 ⇒ 30

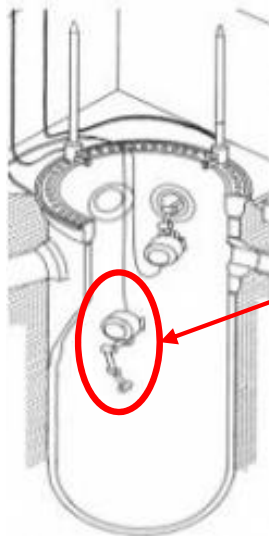
※「材料内部の温度差による熱荷重」や「地震力」など、傷のある部分に生じる力。

①点検による傷の確認結果

- さまざまな点検で、原子炉容器に傷がないことを確認しています。
 - ✓ まず製造時に点検しています。
 - ✓ 運転開始後も、定期的に点検しています。
 - ✓ 40年を迎えるにあたって、更に念入りに点検しました。（特別点検）

特別点検では、

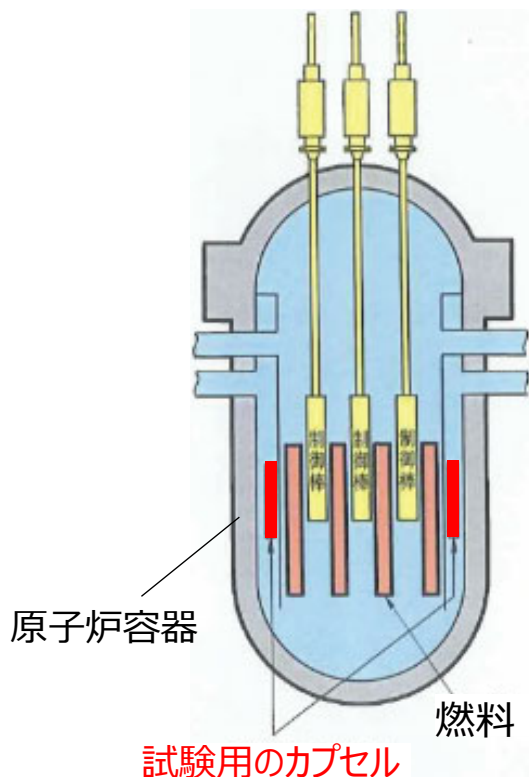
- 超音波を利用し、原子炉容器の内部に傷がないかを点検しました。
 - ねばり強さの低下が想定される箇所全てを点検し、傷がないことを確認しました。
- ※点検の方法は、ルール（学協会規格）に従っており、妥当性が確認されたものを採用しています。



検査用ロボットを用いて
容器の内側を検査します。

②実験(監視試験)による、ねばり強さの測定結果

- 建設時に、原子炉容器と同じ材料の金属をカプセル（8体）に入れ、容器より燃料に近い位置に設置しています。そのカプセルを計画的に1体ずつ取り出して、原子炉容器のねばり強さがどれだけ低下しているかを測定しています。
- これまでに4体のカプセルを取り出して、**ねばり強さがどれだけ低下しているか測定した結果、ルール(学協会規格)で定められた傾向と同様であり、予想と異なるねばり強さの低下がないことを確認しました。**



- ✓ 中性子を浴びる量は、燃料から遠ざかる（原子炉容器の外側）ほど小さくなります。
 - ✓ そのため、原子炉容器より燃料に近い位置に設置され、より多くの中性子を浴びているカプセル内の金属を用いることで、将来の原子炉容器の状態を測定することができます。
- ⇒ 最新(4回目の監視試験)のカプセル内の金属は、約50年運転した場合に原子炉容器が浴びる量に相当する中性子を浴びていました。そのため、実験(監視試験)を行うことにより、約50年運転時点の原子炉容器のねばり強さがどれだけ低下しているかを測定したことになります。

- 長く運転することでねばり強さが低下した原子炉容器が、事故時の注水により急に冷やされ、それにより加わる大きな力で壊れないかを確認する必要があります。⇒ 32
- なお、原子力発電所の通常時の運転では、大きな力が加わることがないようになっています。

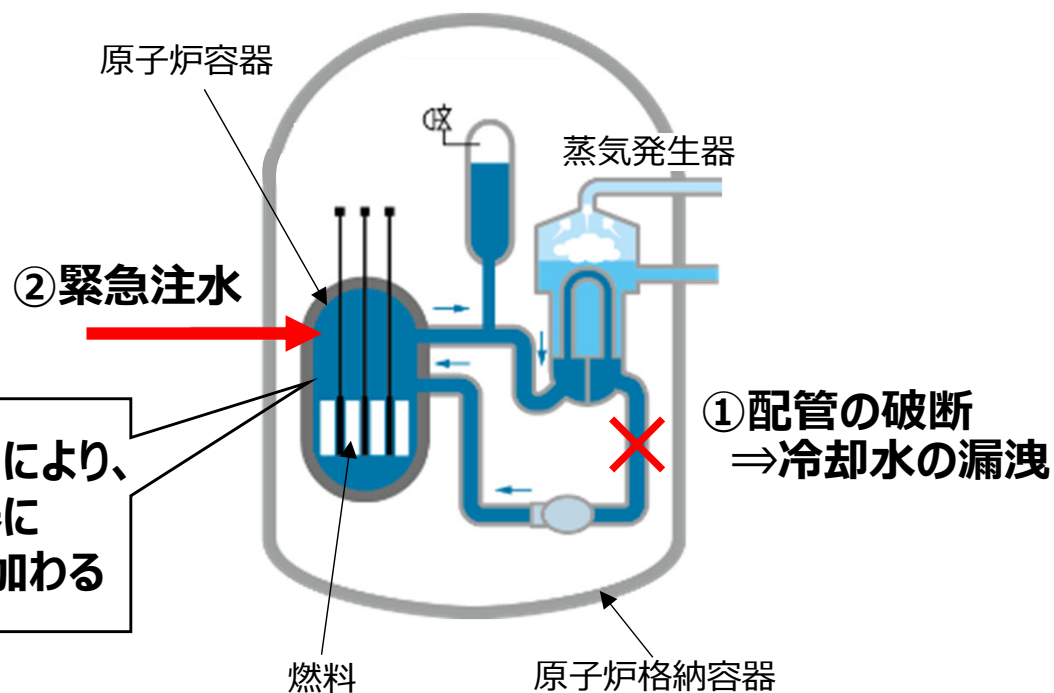
事故時においては、

- 原子力発電所で、配管が破断するような事故が起きると、原子炉容器の内部（燃料）を冷やすために、水を緊急注入します。

この水により原子炉容器が急激に冷えることで、容器に大きな力が加わります。

③ 急激な冷却により、原子炉容器に大きな力が加わる

<事故発生と水の緊急注入のイメージ>



- 事故時に原子炉容器が壊れないかを確認するために、60年間運転した場合の原子炉容器のねばり強さと、事故の際に生じる破壊力を比べます。
- その結果、ねばり強さが十分あるため、事故時に壊れないことが確認できました。

60年運転時の ねばり強さ（抵抗力）

- 定められたルール(学協会規格)に従い、60年運転時点のねばり強さを予測しています。
- この際、安全側に評価するため、予測式を用いてねばり強さの低下量を算出した結果に余裕を加味し、ねばり強さ(抵抗力)を小さく設定することが要求されています。

事故時の破壊力

- 安全側に評価するため、あえて大きな破壊力を想定しています。

【想定している破壊力について】

- 点検で傷がないことを確認していますが、深さ10ミリの傷があると仮定します。
- 配管が大きく破断するような事故は起きないように設計し、運転管理していますが、事故が起こることを仮定します。
- 事故が起こっている最中に、可能性は極めて小さいですが、大きな地震が来ることを仮定します。

- 美浜発電所 3 号機、高浜発電所 1 号機の安全性向上対策工事は、機器の据付けや取替え等の本工事が2020年9月18日に完了しました。
- 今後も、各種検査や訓練が継続することから、安全最優先で作業を進めてまいります。
- また、これまでの高経年化技術評価も含めた設備保全による点検・検査・補修・取替の実施に加え、特別点検及び高経年化技術評価を行うことにより、改めて40年を超える運転の安全性も確認しました。
今後も経年変化を監視・評価しながら、安全性を確認し続けてまいります。
- 原子力の安全確保に終わりではなく、安全性をたゆまず向上させていくという強い意志と覚悟を持ち、引き続き、安全最優先の取組みを進めてまいります。

主な取組状況

■グループ全体でのコンプライアンスの徹底

- 当社の役員研修で取り入れているコンプライアンス意識や公共事業を担う者としての自覚を高めるための事例研修や討議研修を、グループ会社にも展開し、11月から実施（11/16：28名受講）
- 役員に対し、他企業や公務員倫理研修を参考に、コンプライアンスとは何かを受け身ではなく、能動的に考える討議型の研修を、12月から新たに開始（12/15：22名受講）
従業員に対しても、職場のコンプライアンス意識を向上するため、キーパーソンを集め同研修を12月に実施



【コンプライアンスに関する討議型の役員研修】

■当社役員等による従業員とのコミュニケーションの実施

- 風通しの良い組織の創生に向けた取組みとして、取締役会(9/28)、コンプライアンス委員会(10/12)を原子力事業本部（美浜町）で開催し、これに合わせ当社役員および従業員とのコミュニケーションを実施
- さらに、これらの取組みについて、今後、年1回以上、定期的に行うことを決定

今後の取組み

■グループ全体でのコンプライアンスの徹底

- コンプライアンスやガバナンスをテーマに、来年度にかけて年間約100時間を充て役員への研修を行う計画。
グループ会社（約80社）については、来年度末までに研修を受講してもらうべく準備中
- 全従業員に対し、「討議型」の研修を2021年5月目途に実施

■当社役員と地元とのコミュニケーションの実施

- 毎年、立地町で開催している原子力懇談会について、原子力事業本部以外の役員にも参加を拡大

安全対策（労働災害、新型コロナウイルス感染予防対応）

主な取組状況（2020年度実績）

■ 労働災害防止に向けた対応

- 労働災害防止に向けた活動計画を、社外有識者の見解等を踏まえながら毎年作成し、計画的に各種活動を展開
- 今年度発生した労働災害の傾向分析を踏まえ、新規入構者に対して過去の重大災害を取り上げた教育を実施（9月から実施し、これまでに約2,600名が受講）
- 新規入構者対策など、作業員の安全確保に係る課題等について、発電所所員と原子力事業本部長によるコミュニケーションを実施（13回実施）



【安全パトロール等での対話活動】

■ 新型コロナウイルス感染予防対策

- 協力会社作業員をはじめとした発電所入構者（およびその同居家族）の体調を、休日を含め日々確認。発熱など、体調不良が見られた場合、入構を禁止し、在宅勤務等を指示。
- 感染拡大エリアから新規に発電所に入構する者に対し、入構2週間前からチェックリストによる体調管理を徹底するとともに、来県前のPCR検査の受検を義務付け
- 上記の取組みに加え、福井県の県民行動指針を遵守し、指針改訂に合わせて対策を都度見直し

今後の取組み

■ 労働災害防止に向けた対応

- 安全パトロールによって発見された作業員の不安全行動について、協力会社別、原因別に傾向を分析し、その結果をもとに重点的に対策を実施するなど、引き続き、労働災害防止に向けた活動を全力で展開してまいります。

■ 新型コロナウイルス感染予防対策

- 今後も、県民行動指針の改訂や感染者の発生状況に応じて対策を見直し、新型コロナウイルスの感染防止に向けた取り組みを徹底してまいります。

県民・国民理解活動

主な取組状況（2020年度実績）

■ 福井県内での理解活動

福井県内の全域にわたる様々な形での理解活動に向けた取組み

【県内全体】

- テレビCM：約900本／年、新聞広告：4回
- 広報誌発行（越前若狭のふれあい）：6回
- WEBシンポジウムの開催（11/16）
 - ・40年以降の運転を考える
 - ・WEB会議形式で福井県民約200名の方が参加

【嶺南地域】

- 広報誌発行（発電所だより）：16回
- 各戸訪問：8,045軒
- 地区集会等での対話活動：61回（1,092人）

【嶺北地域】

- 公民館等への訪問：253回
- 出前説明会：6回

■ 消費地、国民に対する理解活動

- 原子力や40年以降運転の必要性について、2050年カーボンニュートラル宣言も踏まえた新聞広告を実施
- 当社ホームページやSNSの積極的な活用、電気事業連合会とも連携しての情報発信
- 京都府、滋賀県及び岐阜県主催住民説明会での理解活動



【WEBシンポジウム（11/16）】

今後の取組み

立地地域の魅力や安定供給への貢献について、テレビ番組やWEB等で発信

地域共生

主な取組状況（2020年度実績）

■ 地元企業の育成（地元企業の技術力向上および受注機会拡大に向けた取組み）

○嶺南地域の電力会社および元請企業が協力し、地元企業の育成支援を実施することを合意

〔 関西電力 原子力研修センター、日本原電 敦賀総合研修センター、
関電プラント 原子力技術研修センター、クリハラント 若狭訓練センター 〕

■ 嶺南 E コースト計画への参画

○バーチャルパワープラント（VPP）の実証

電気自動車（EV）、蓄電池などリソースの設置工事を完了し、実証開始

○スマートエリア用の情報プラットフォーム

ワーケーションに関する活用案を嶺南各市町へ提案し、具体的なニーズの聞き取り等を実施



〔蓄電池（原子力事業本部）〕

今後の取組み

■ 地元企業の育成（地元企業の技術力向上および受注機会拡大に向けた取組み）

○元請会社の講師による現場工事に直結した研修を実施 【2021年度から】

○元請企業と地元企業による情報交換会を実施 【2021年度から】

■ 嶺南 E コースト計画への参画

○バーチャルパワープラント（VPP）の実証

再生可能エネルギーを加えたVPPの実証 【2021年度】

○スマートエリア用の情報プラットフォーム

ワーケーションに活用できる情報プラットフォームの構築 【2021年度】

○全社を挙げた連携体制の整備・運用および新たな協働推進組織への要員派遣 【2021年度から】

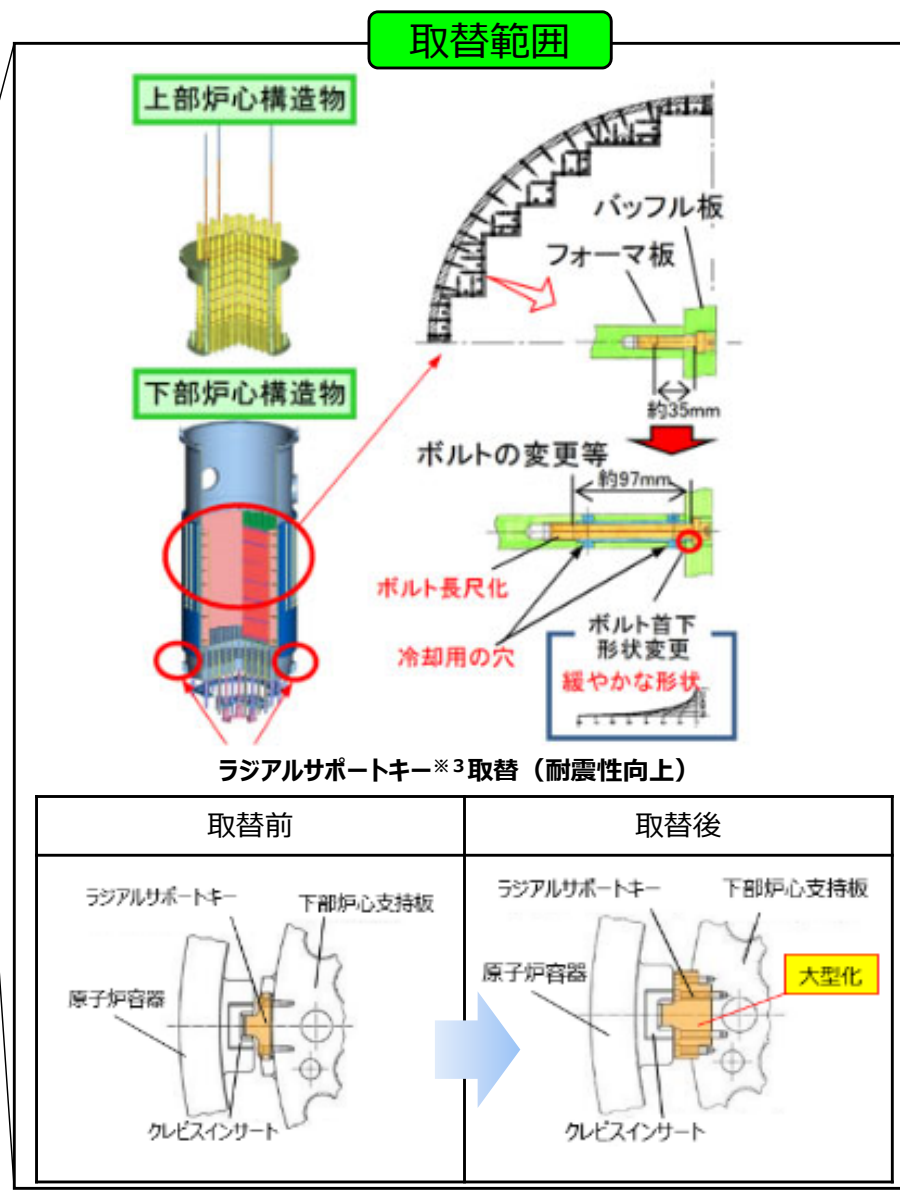
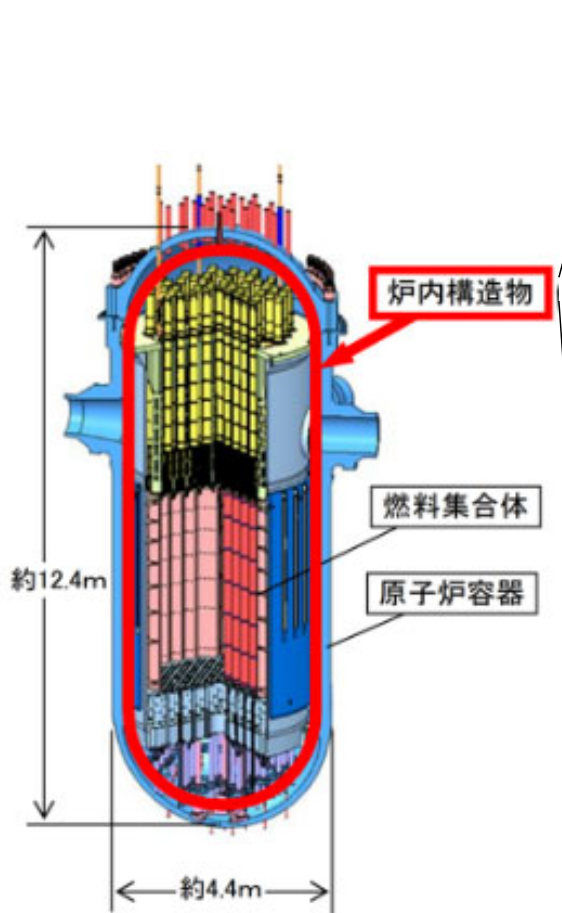
参 考

A. [地震への備え]：美浜3号機炉内構造物取替え

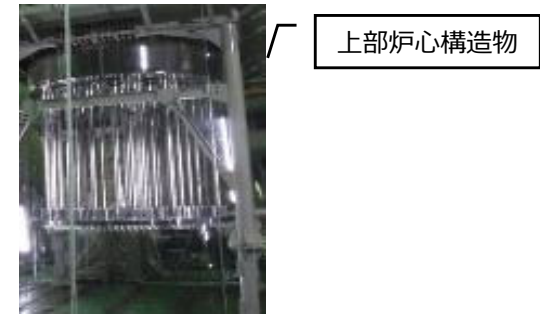
参考 1

【概要】

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ップルフォーマボルト^{※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する。



- ※ 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 (バップル板) 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

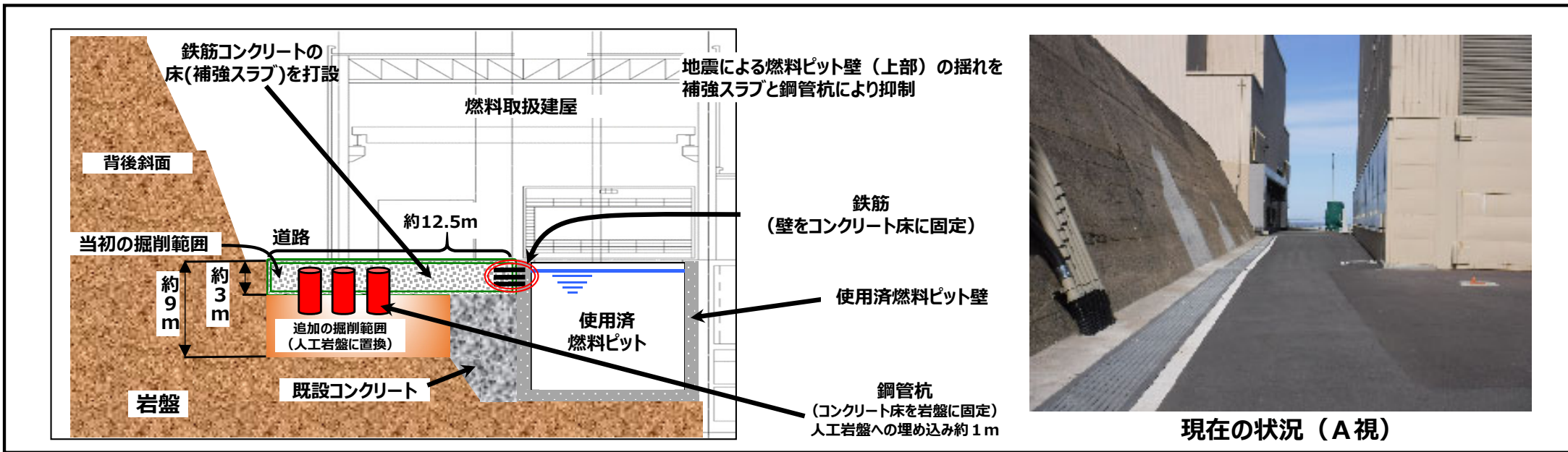
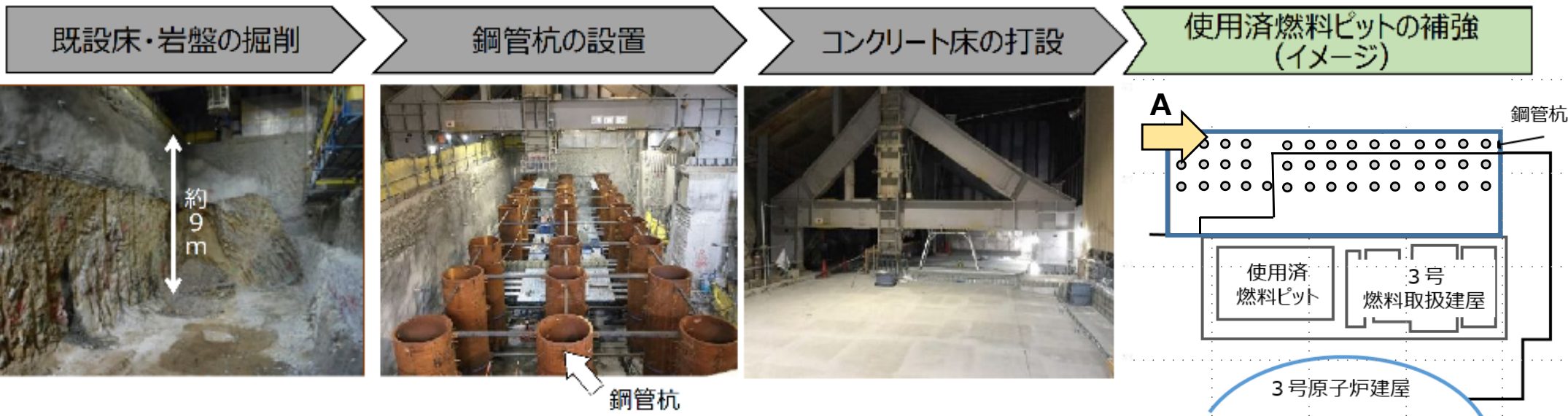


下部炉心構造物

B. [地震への備え]：美浜3号機使用済燃料ピット補強

【概要】

使用済燃料ピットの耐震性向上のため、支持岩盤上に人工岩盤および鋼管杭、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。



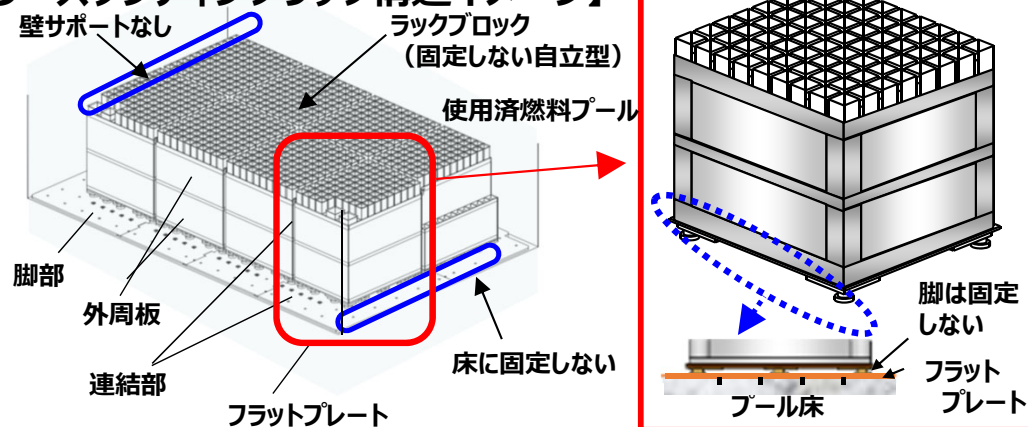
C. [地震への備え]：美浜3号機使用済燃料ピットラック取替え

参考3

【概要】

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。

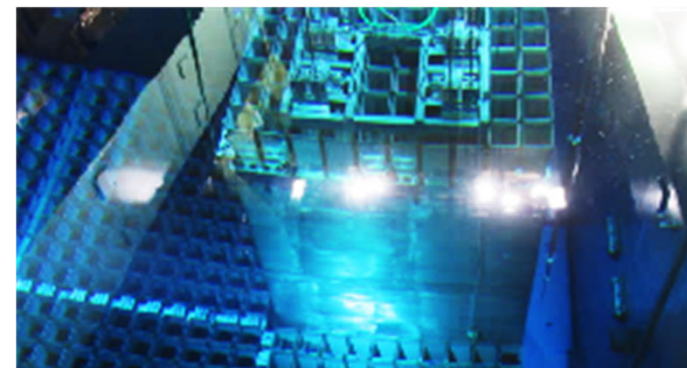
【フリースタANDINGラック構造イメージ】



【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			燃料貯蔵体数 1118体 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)
取替後			燃料貯蔵体数 809体 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)



D. [地震への備え]：美浜3号機構台の設置

【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。

工事着手前



先行掘削後(2019.3)



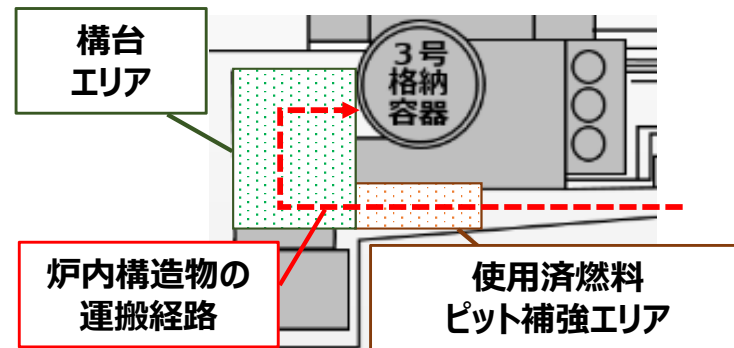
構台設置状況(2020.2)



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

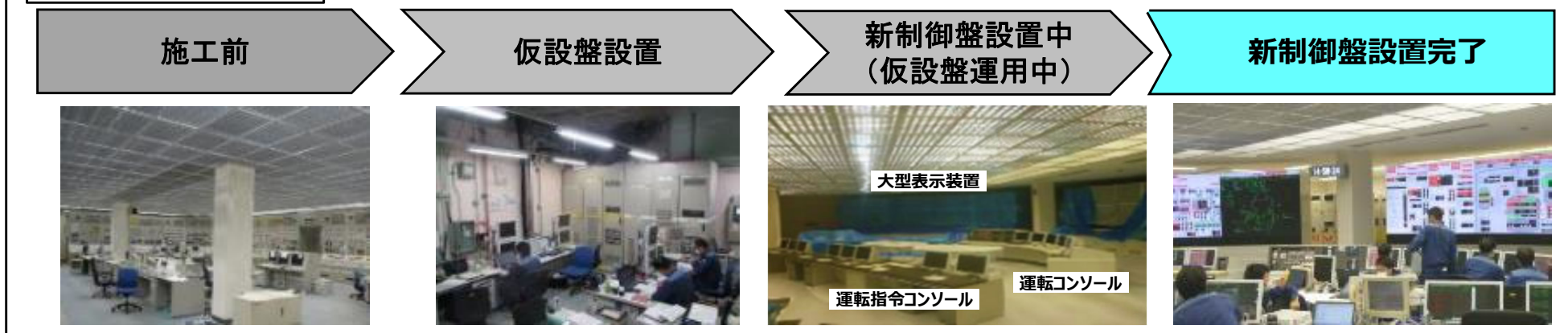
炉内構造物の運搬には、使用済燃料ピット補強・構台エリアを通過する必要があるため、同工事の完了後に、炉内構造物を搬入した。

E. [保守性向上]：中央制御盤取替

【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。

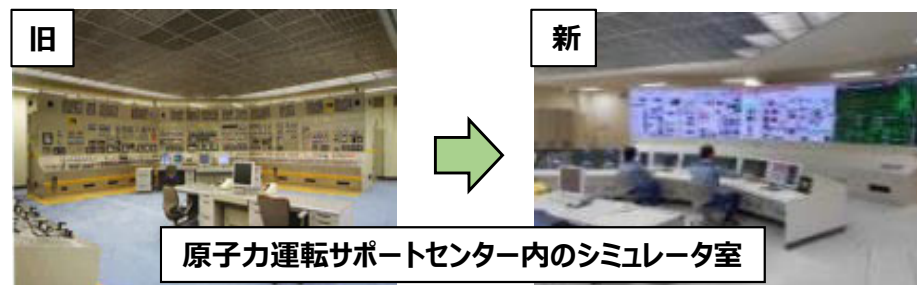
【本体工事の状況】



【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

実施内容	
盤慣れ訓練	<ul style="list-style-type: none"> 操作画面の選択 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"> 主給水管破断等の設計基準事故対応 蒸気発生器除熱機能の維持等の重大事故等の対応 多重故障対応、新型制御盤特有の故障対応
重大事故等対応訓練	<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)	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



原子力運転サポートセンター内のシミュレータ室

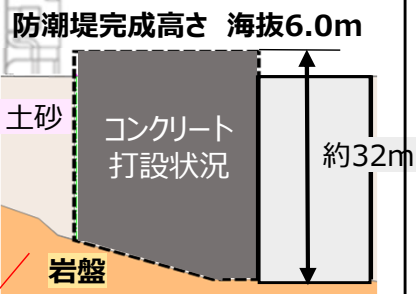
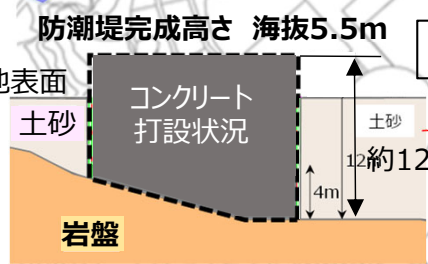
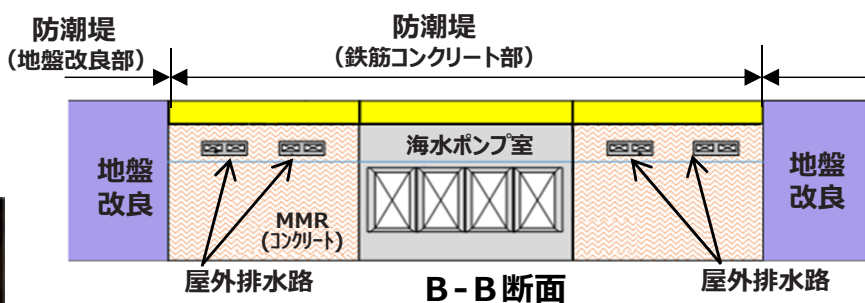
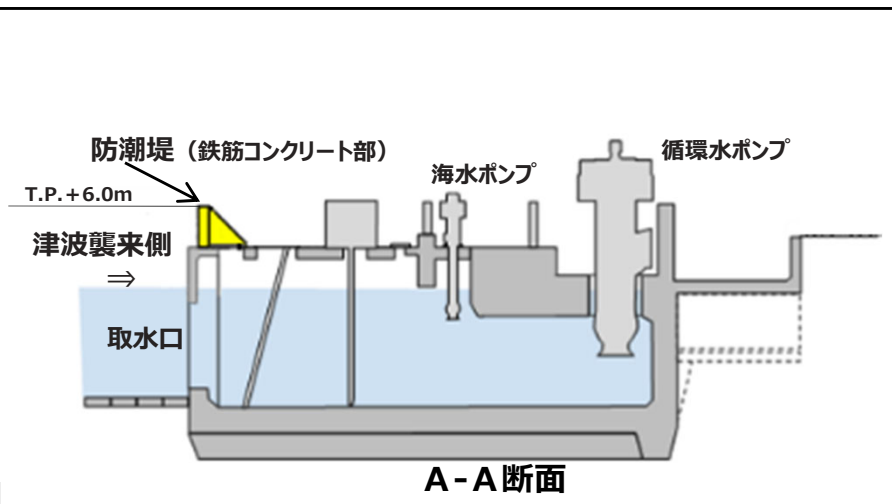
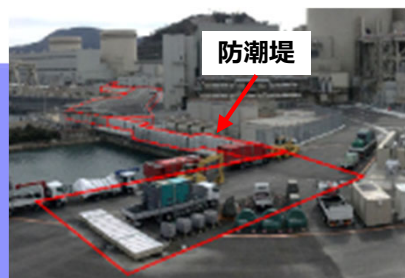
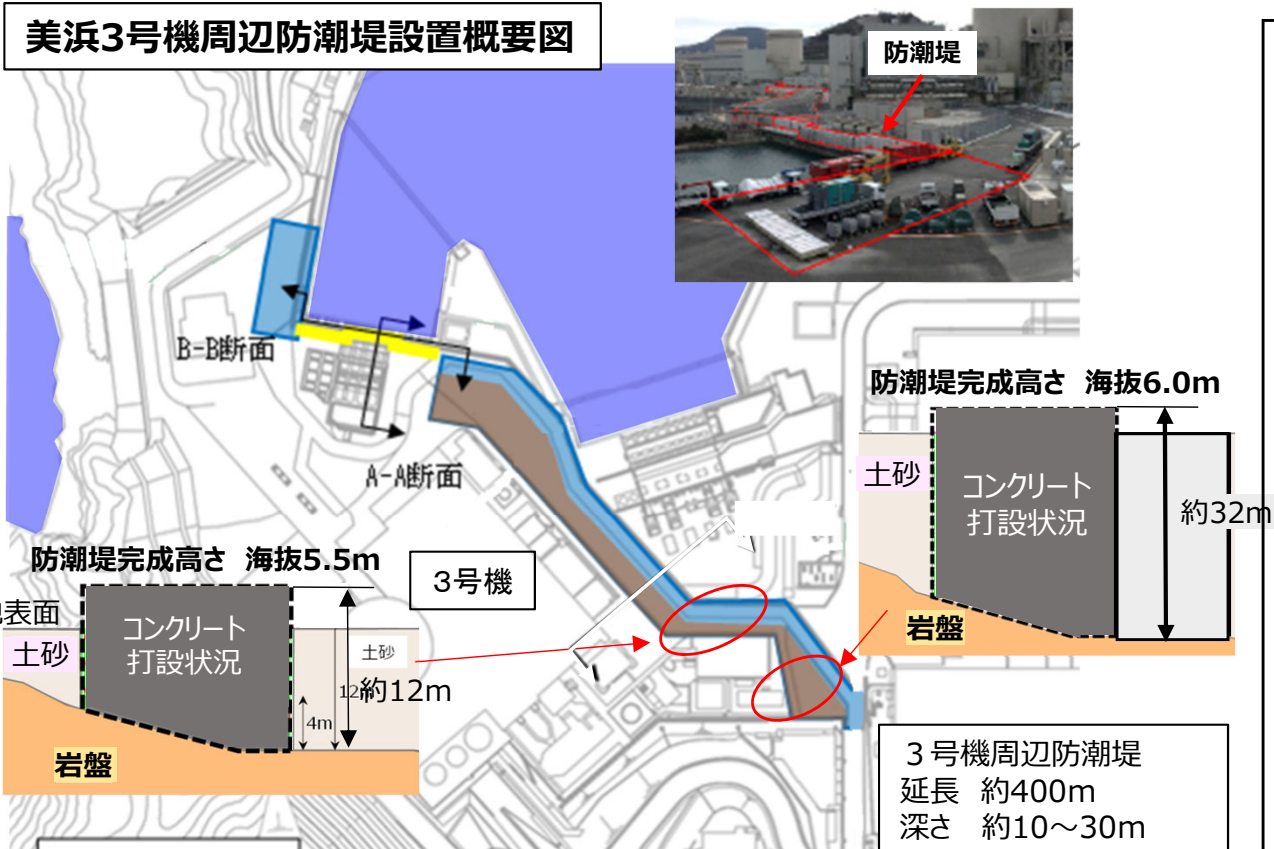
年度	2016	2017	2018	2019	2020～
シミュレータ工程	準備	製作・据付	習熟訓練	反復訓練	
本体工程			既設撤去・新設設置・機能試験 仮設盤運用		

F. [津波への備え]：美浜発電所防潮堤の設置

【概要】

- 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の防潮堤を設置する。
- 美浜発電所外周に、海拔4.5m～7.0mの防潮堤（外周防潮堤）を設置する。

美浜3号機周辺防潮堤設置概要図



3号機周辺防潮堤
延長 約400m
深さ 約10～30m



■ : 防潮堤
■ : 地盤改良

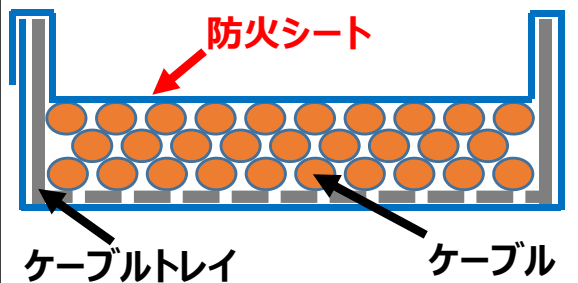
G. [火災対策]：火災防護対策

【概要】

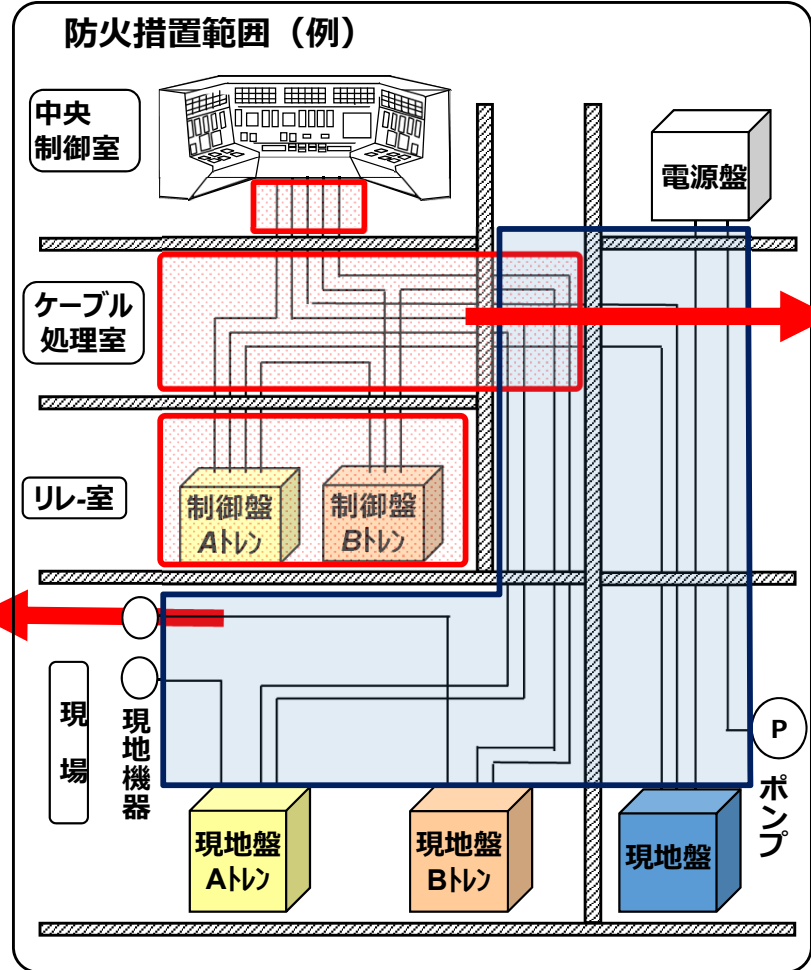
火災発生防止の観点から、安全機能を有する機器に使用されている非難燃ケーブルについて、難燃性を確保するため、難燃ケーブルへの取替えや不燃材の防火シート施工による防火措置を実施する。

ケーブルの系統分離強化および防火措置範囲

ケーブル引替え困難箇所への対応

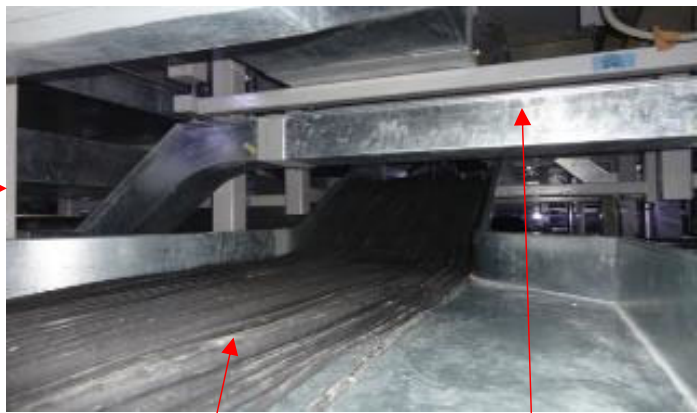


<防火シート施工箇所>



- 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

ケーブル引替箇所の状況



難燃ケーブル

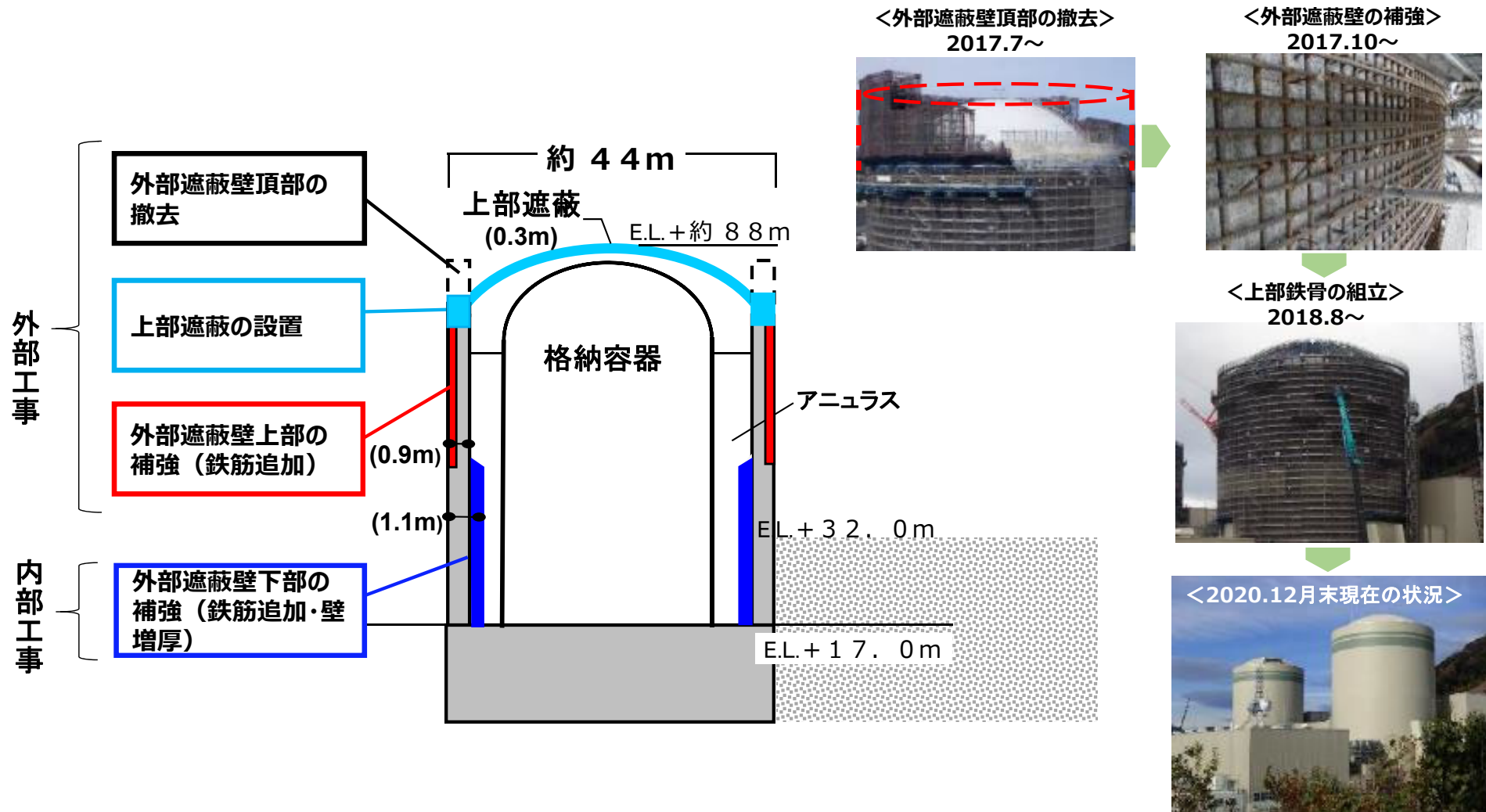
ケーブルトレイ

A.高浜1,2号機 原子炉格納容器上部遮蔽設置

【概要】

重大事故時に格納容器からの放射線を弱めるために、格納容器上部に鉄筋コンクリート造の上部遮蔽及び鉄筋梁の複合構造の扁平ドーム状の屋根を設置し、これに伴い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員の被ばくだけでなく、発電所周辺への影響も低減される。

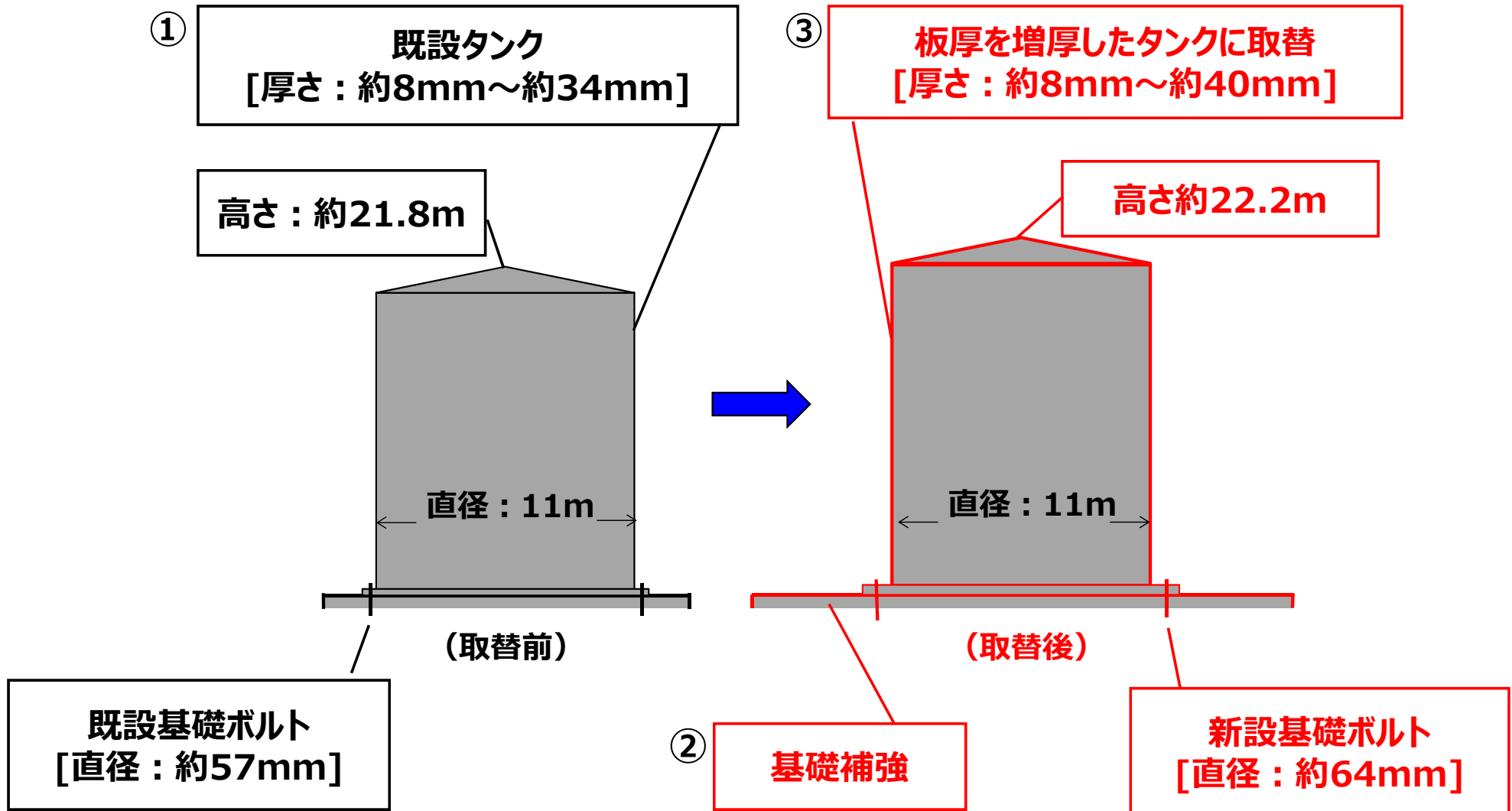


B.高浜1,2号機 燃料取替用水タンク取替工事

【概要】

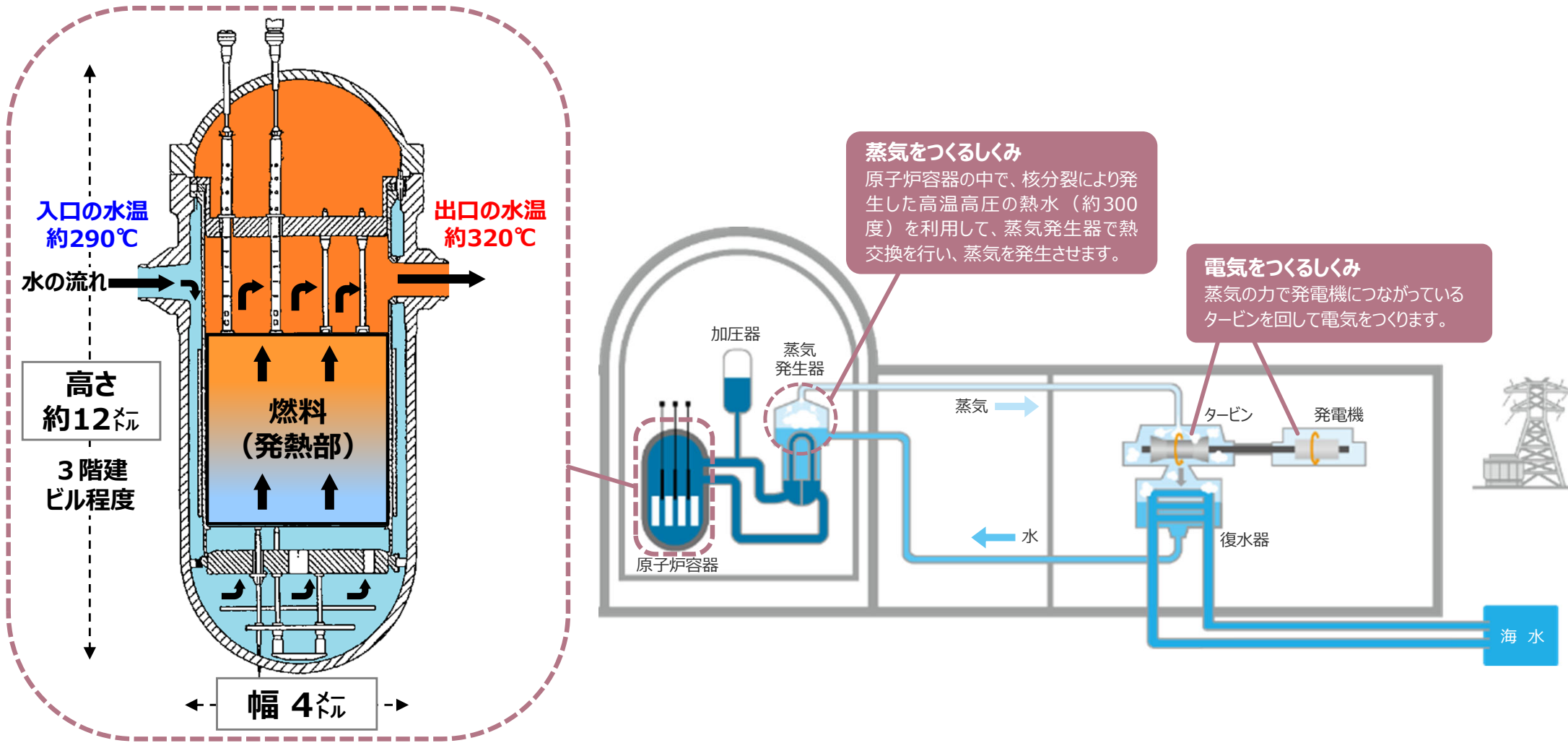
板厚を増厚した燃料取替用水タンクを新規製作し取り替える。タンク取替に合わせて、基礎コンクリートを補強するとともに直径を太くした基礎ボルトに取替え。

- ①既設タンクの撤去 → ②タンク基礎の補強 → ③新設タンクの製作、海上輸送、設置



原子炉容器とは

- 原子炉容器は、燃料を収納している容器です。燃料の核分裂により高温高压の熱水を生み出し、蒸気発生器で蒸気を発生させて電気をつくります。
- 原子炉容器の金属は、強度やねばり強さを持たせた厚さ約20センチの合金で作られており、燃料に近い部分は、燃料から放出される放射線（中性子線）の影響を受けます。



参考 (FAQ)

～高経年対策～

Q

原子力発電所の耐用年数は40年ではないのでしょうか？

A

- 原子力発電所は、**長期間の運転が可能となるよう、材料、強度、寸法などに十分な余裕を持たせて設計し、高い品質で製作、施工、据付を行っています。**
- 設計を行う際に、プラントの起動・停止など、繰返しの運転操作によって壊れないかを確認している機器もあり、この際に、30～40年程度の年数を目安に、運転操作の回数を設定していますが、十分な余裕を持たせた設計となっていることを確認する目安の期間ですので、機器の寿命を表す年数ではありません。
- 原子力発電所の実際の運転期間については、機器の経年劣化に関するデータを蓄積して評価を行い、実機の状態も確認したうえで見極めていくこととしており、**設計・建設段階では、運転期間の上限は決めていませんでした。**
- 今回、改めて将来の設備の状態を想定した評価を行い、60年間であっても、メンテナンスを継続すれば、原子力発電所を安全に運転できることを確認しました。

よくあるご質問への回答②

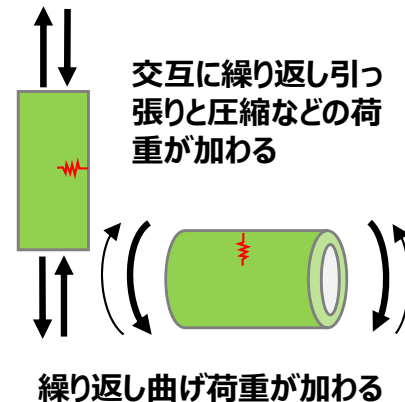


30～40年の使用年数を目安に運転操作の回数を設定して設計している機器を、40年を超えて使用しても大丈夫なのですか？



- 原子力発電所の機器の中には、繰返しの運転操作によって「疲労割れ」と呼ばれる損傷が起きないかを確認するために、使用年数30～40年を目安として、例えば**プラントの起動や停止の回数を200回と設定して設計しているものがあります。**
- **この回数は、設計上の余裕を確認するために多めに設定されたもの**で、これまでの運転実績を調査したところ、高浜1号機では64回※でした。このため、**60年時点では、どれだけ多く見積もっても100回程度にしかなりません。**
- 100回程度の運転操作回数であれば、機器が損傷しないことを確認できていますし、定期的な点検により実際に傷がないかどうか確認しています。

疲労割れ
(イメージ図)



運転操作 (代表例)	プラント	設計時の 設定回数	これまでの 実績回数※	60年時点の回数 (多めに想定)
プラントの 起動、停止	高浜1号機	200回	64回	99回
	高浜2号機	200回	47回	79回
	美浜3号機	200回	46回	78回

※実績回数は、調査を行った時点の回数（高浜1, 2：2009年度末、美浜3：2010年度末）

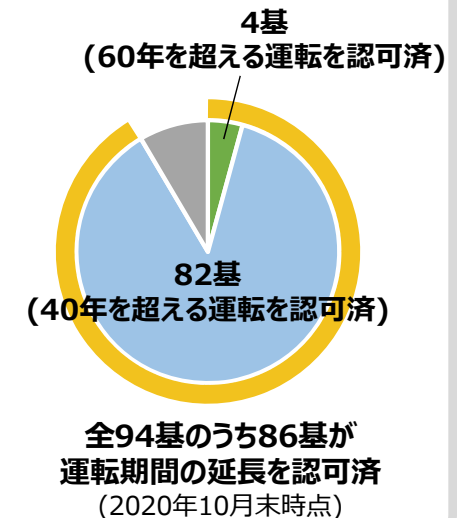
Q

海外では40年で運転をやめているのではないのですか？

A

- 国により原子力発電所の運転期間の制限に関する法律は異なりますが、40年程度で運転をやめることを法律で定めている国は少ないと認識しています。
- 現在（2020年10月末時点で）、世界で稼働中の原子力発電所のうち、約2割以上が、既に運転開始から40年を超えています。
- また、米国は、日本と同様に運転期間の上限を更新する制度を採用していますが、稼働中のプラントのうち、既に約9割のプラントが40年を超えて運転することを認められています。
さらに4基については、2回目の更新が行われ、60年を超えて80年まで運転することを認められています。
- このように、**技術的には、40年を超えて運転することが可能ですが、各国の事情により、運転期間の制限や更新の方法が異なります。**

米国の状況



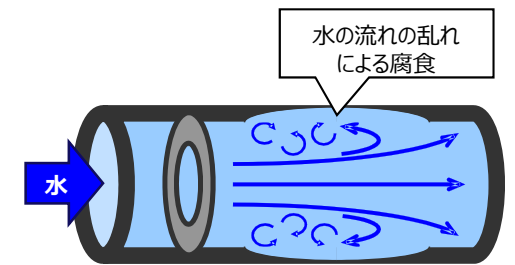
米国原子力規制委員会(NRC)ホームページをもとに作成

Q

長期間運転した原子力発電所では、配管が腐食し、破断する事故が起こりやすいのではないのでしょうか？

A

- 原子力発電所の配管の中には、水の流れによって腐食しやすい環境となり、配管の厚みが減少していく箇所があります。
- このような配管については、**計画的に超音波を使用して配管の厚みを測定し、厚みが小さくなっていた場合は、取替えを行っています。**
- このように、**原子力発電所では、想定される設備の状態に合わせたメンテナンスを行い、必要に応じて部品の交換や機器の取替えを行っています**ので、40年を超えても安全に運転することができます。
- 今回、運転期間の延長を行うに当たっては、メンテナンスが適切に計画されているかを、改めて確認しました。



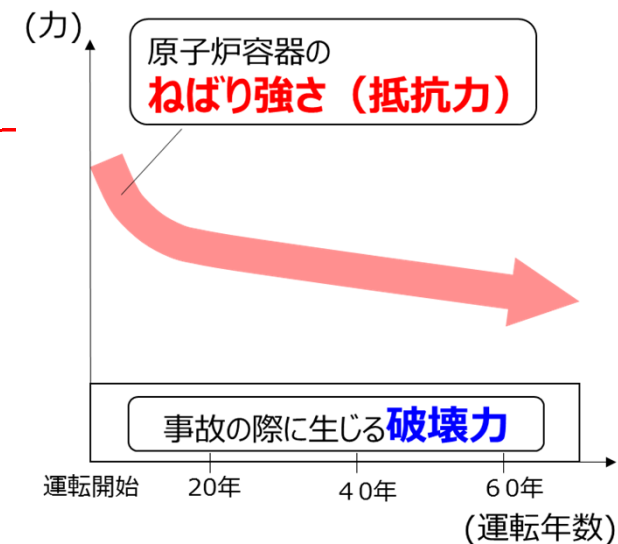
配管の厚み点検

Q

原子炉容器のねばり強さが、想定されたレベルよりも、急激に低下することはないのでしょうか？

A

- 一般的に、材料の経年変化、劣化の度合いは、時間がたつほど緩和すると考えられています。
- **中性子を浴びることによるねばり強さの低下についても、中性子を浴びる量が多くなるほど影響が緩和すること**が分かっています。このような見解は、専門家の方々の中でも認識されているものです。
- したがって、**40年近く運転した原子炉容器のねばり強さが、今後、急激に低下することはない**と考えていますが、今後も、原子炉容器内に残っている実験(監視試験)用のカプセルを計画的に取り出し、ねばり強さの低下の傾向を監視していきます。
- また、最新のデータなどを常に取り込み、信頼性を向上していきます。



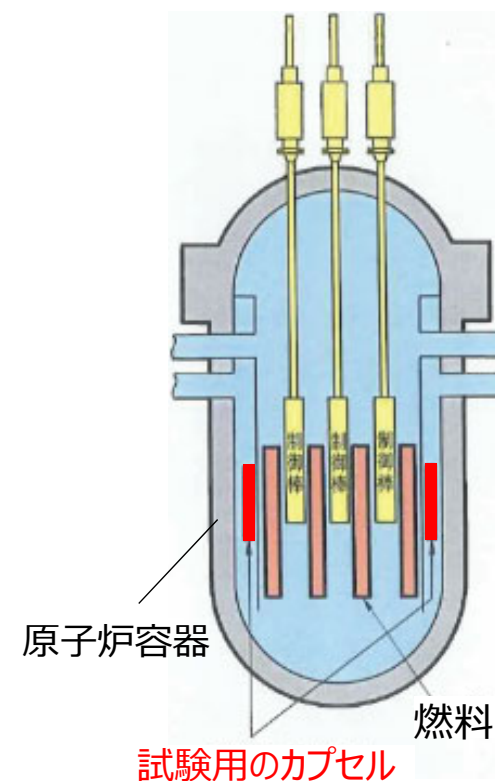
Q

原子炉容器の中に残っている実験(監視試験)用のカプセルは、いつ取り出すのですか？

A

- まず、運転期間が50年を経過するまでに、1体のカプセルを取り出します。
- その後は、実際に原子炉容器が浴びる中性子の量が、前回取り出したカプセル内の金属が浴びていた中性子の量を追い越す前に、次のカプセルを取り出します。

※カプセルは原子炉容器より燃料に近いに設置されており、原子炉容器より多くの中性子を浴びるため、原子炉容器が将来浴びるはずの中性子の量を事前に浴びています。そのため、カプセルを用いることで原子炉容器の将来の状態を測定することができます。
- 具体的な取り出し時期は、実際のプラントの運転状況を踏まえて決定することになりますが、最終的には、60年間運転した原子炉容器の状態を事前に測定できるように取り出しを計画していきます。

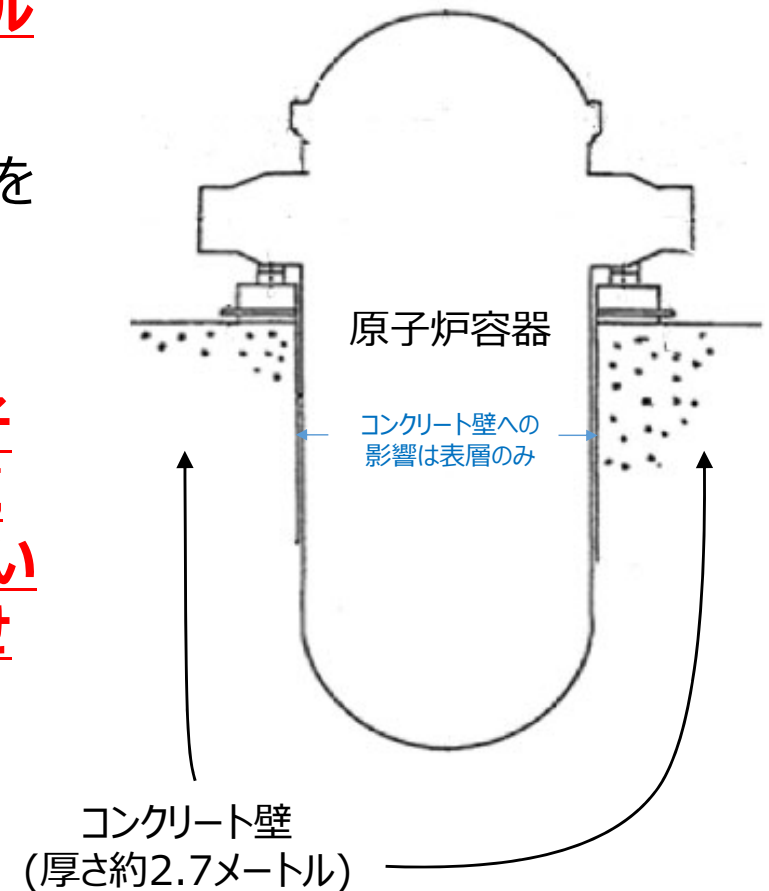


Q

原子炉容器を取り囲むコンクリート壁も中性子の影響を受けると聞いたことがあります、大丈夫なのですか？

A

- 原子炉容器を取り囲む壁は、**厚さ約2.7メートルの頑健なコンクリート製です。**
- 一般的に、コンクリートはある一定の量の中性子を浴びると、強度が低下する傾向があるとされています。
- ただし、**60年間運転した場合に浴びる中性子の量であっても、強度が低下する傾向がある範囲は表層のごく僅かであり、発電所で想定している大きな地震が来てもコンクリート壁は壊れません。**



Q

電力会社の取り組みは、第三者から見ても妥当なのですか？

A

- 点検や評価が妥当であることを原子力規制委員会以外の第三者にも確認頂くため、高浜1, 2号機を代表として、**外部の第三者機関であるEPRI（米国電力研究所）と発電設備技術検査協会によるレビューを受けています。**

EPRIによるレビュー結果（2018年3月）

- ✓ 米国の評価手法等に照らしても、技術的に大きな違いや懸念がないことを確認頂きました。
(報告書掲載HP：<https://www.epri.com/#/pages/product/3002012037/>)

発電設備技術検査協会によるレビュー結果（2018年3月）

- ✓ 特別点検が、必要な検出能力を有した検査方法を用いて、品質を確保した適切な要領で実施されていることを確認頂きました。
- ✓ また、原子炉容器の中性子照射脆化の評価をクロスチェック計算などにより確認頂き、適切に評価されていることを確認頂きました。

(報告書掲載HP：<https://www.japeic.or.jp/gyoumu/kakusei/pdf/ASK%20Report.pdf>)