

平成 24 年 7 月 17 日
原子力安全対策課
(2 4 - 1 3)
< 16 時資料配付 >

大飯発電所 4 号機の原子炉起動と調整運転の開始について (第 1 4 回定期検査)

このことについて、関西電力株式会社から下記のとおり連絡を受けた。

記

大飯発電所 4 号機(加圧水型軽水炉；定格電気出力 118 万 kW)は、平成 23 年 7 月 22 日から第 14 回定期検査を実施していたが、平成 24 年 7 月 18 日に原子炉を起動し、翌 19 日に臨界に達する予定である。

その後は諸試験を実施し、7 月 21 日*に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、8 月下旬には経済産業省の最終検査を受けて営業運転を再開する予定である。

※ タービンバランシング作業（調整運転開始前にタービンの回転数を上昇させて振動を測定し、振動が大きい場合には、タービン車軸におもりを取り付け、振動が小さくなるように調整する作業）の実施の有無により、工程を変更する場合がある。

1. 主要工事等

(1) 低圧／高圧タービン取替工事 (図－1 参照)

国外で発生した低圧タービン円板での応力腐食割れ事象を踏まえ、予防保全対策として、低圧タービンについて、円板と軸を一体成型した全一体ロータ構造の採用や材料の強度変更等により信頼性の向上を図った最新型に取り替えた。

また、高圧タービンについても、信頼性向上の観点から低圧タービンと併せて取り替えた。^{※1}

※1 当該工事に伴い、タービン性能が向上することにより、定格熱出力一定運転において電気出力が約 3～4%上昇する。

(2) 耐震裕度向上工事 (図－2 参照)

既設設備の耐震性を一層向上させるため、主蒸気系統や主給水系統および余熱除去系統の配管の支持構造物を強化した。

(3) 600系ニッケル基合金溶接部の応力腐食割れに係る予防保全工事 (図-3参照)

国内外PWRプラントにおける応力腐食割れ事象を踏まえ、予防保全対策として、加圧器のサージ管台、安全弁管台、逃がし弁管台、スプレイライン管台について、600系ニッケル基合金で溶接された管台から耐食性に優れた690系ニッケル基合金で溶接された管台に取り替えた。

(4) 原子炉保護装置取替工事 (図-4参照)

原子炉保護装置^{※2}について、電子部品が製造中止になったことから、今後の保守性を考慮して、原子炉安全保護計装盤と原子炉安全保護ロジック盤を最新設計のものに取り替えた。

※2 1次冷却材系統の圧力・温度信号などからプラントの異常を検出して、原子炉トリップしゃ断器および工学的安全施設を動作させるための装置。

(5) 原子炉照射試験片取出工事

中性子照射による原子炉容器の材料特性変化を定期的に把握するため、原子炉容器内部に設置している照射試験片を取り出した。(今回で3回目)

2. 設備の保全対策

(1) 2次系配管の点検等 (図-5参照)

- ・関西電力㈱の定めた「2次系配管肉厚の管理指針」に基づき、2次系配管965箇所について超音波検査(肉厚測定)等を実施した。その結果、必要最小厚さを下回る箇所および次回定期検査までに必要最小厚さを下回る可能性があるとして評価された箇所はなかった。(超音波検査922箇所、内面目視点検43箇所)
- ・今定期検査開始時には48箇所の配管取替を計画していたが、今後の保守性を考慮して46箇所を追加し、合計94箇所の配管を耐食性に優れたステンレス鋼または低合金鋼の配管に取り替えた。

3. 蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査結果

蒸気発生器4台のうち、BおよびD-蒸気発生器伝熱管全数(3,382本×2台、計6,764本)について渦流探傷検査を実施し、異常のないことを確認した。

4. 燃料集合体の取替え

燃料集合体全数 193 体のうち、77 体を取り替えた。なお、77 体のうち 56 体は新燃料集合体（すべて 55,000MWd/t 高燃焼度燃料）である。

また、燃料集合体の外観検査（49 体）を実施した結果、異常は認められなかった。

5. 福島第一原子力発電所事故を踏まえた特別点検等 (図-6 参照)

非常用炉心冷却系統や格納容器スプレリングの健全性確認および使用済燃料ピット冷却系統ポンプの分解点検、非常用炉心冷却系統の耐震サポート、屋内外タンク基礎ボルト等の点検を行い、健全性を確認した。

また、使用済燃料ピットの監視強化のため、水位計、温度計の電源供給を常用電源から非常用電源に変更するとともに、非常用電源から電源供給される水位監視カメラを設置した。

6. 次回定期検査の予定

平成 25 年秋頃

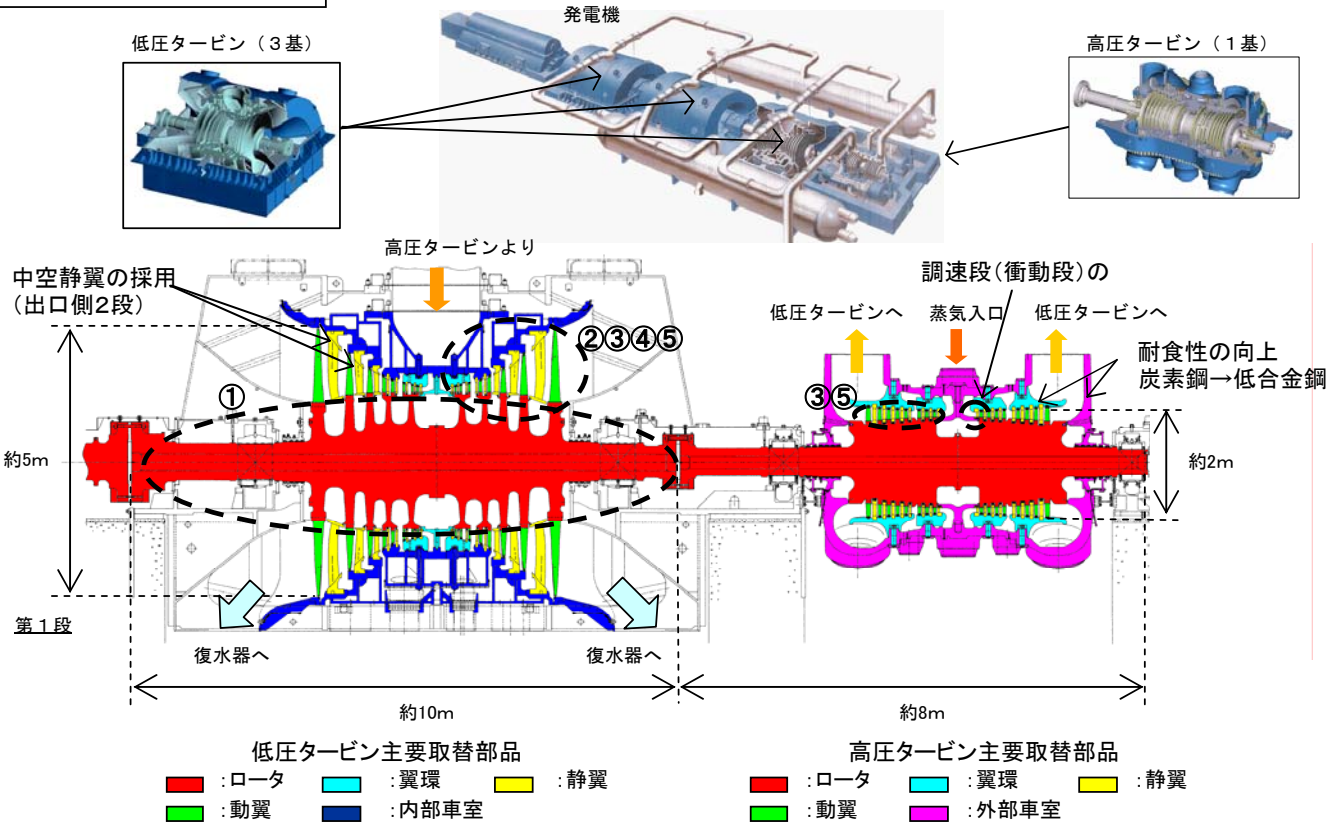
問い合わせ先 (担当：内園) 内線 2353・直通 0776(20)0314

図-1 低圧/高圧タービン取替工事

工事概要

国外で発生した低圧タービン円板での応力腐食割れ事象を踏まえ、予防保全対策として、低圧タービンについて、円板と軸を一体成型した全一体ロータ構造の採用や材料の強度変更等により信頼性の向上を図った最新型に取り替えた。
また、高圧タービンについても、信頼性向上の観点から低圧タービンと併せて取り替えた。

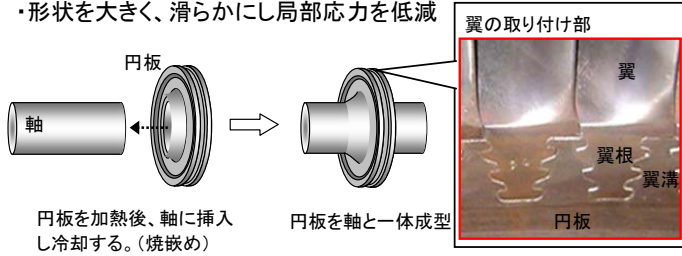
タービン発電機全体図



主な改善概要

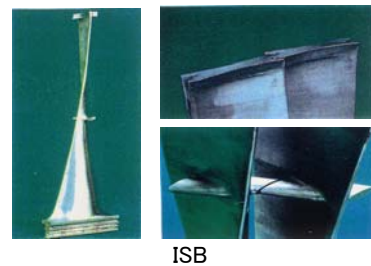
【応力腐食割れ予防保全対策】

- ①全一体ロータの採用
 - ・熱処理により応力腐食割れの感受性を低くした全一体ロータを採用
- ②大型翼根・翼溝の採用
 - ・形状を大きく、滑らかにし局部応力を低減



【信頼性向上技術】

- ③インテグラルシュラウド翼 (ISB) の採用
 - ・タービン回転時に生じる遠心力による翼の振り戻りを利用した全周綴り構造の採用により振動応力を低減



【効率向上技術】

- ④低圧タービン最終翼の長大化
- ⑤3次元流体設計翼の採用



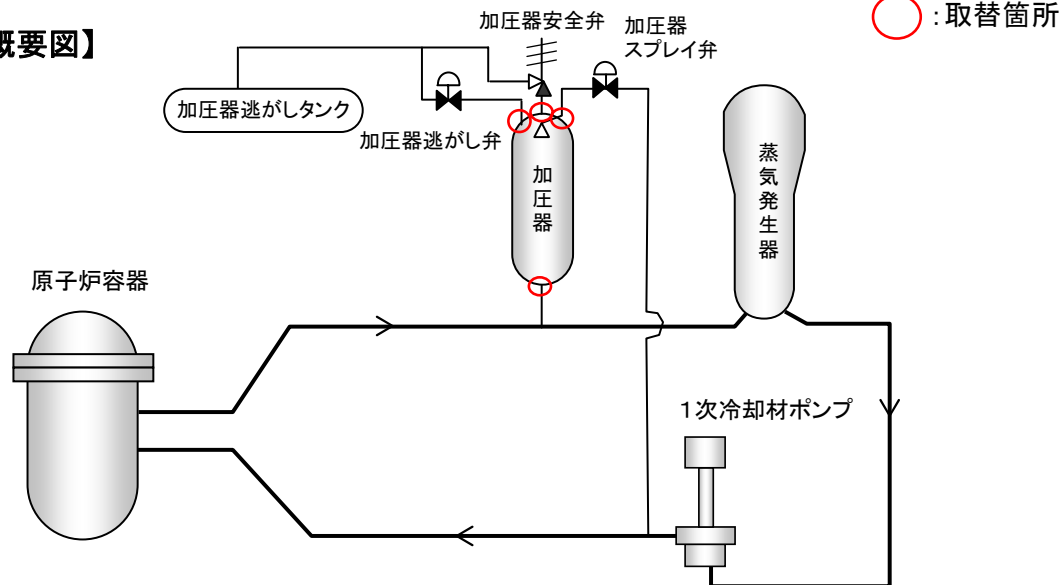
図-3 600系ニッケル基合金溶接部の応力腐食割れに係る予防保全工事

工事概要

国内外PWRプラントにおける応力腐食割れ事象を踏まえ、予防保全対策として、加圧器のサージ管台、安全弁管台、逃がし弁管台、スプレイライン管台の溶接部について、600系ニッケル基合金で溶接された管台から耐食性に優れた690系ニッケル基合金で溶接された管台に取り替えた。

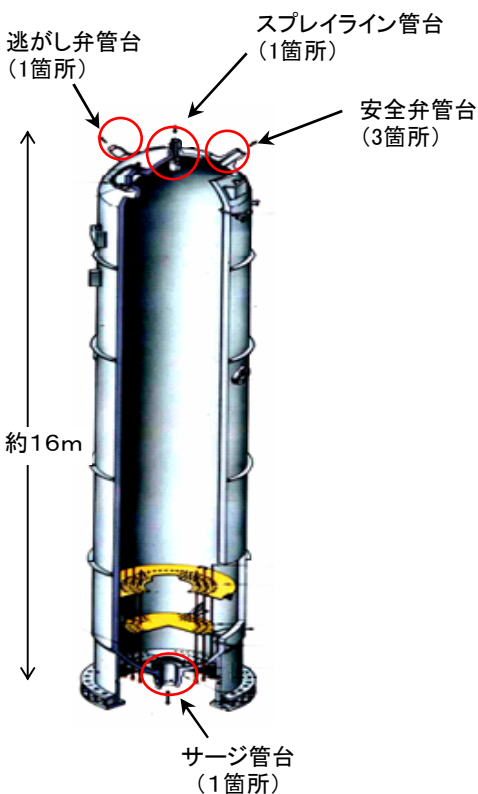
系統概要図

【系統概要図】

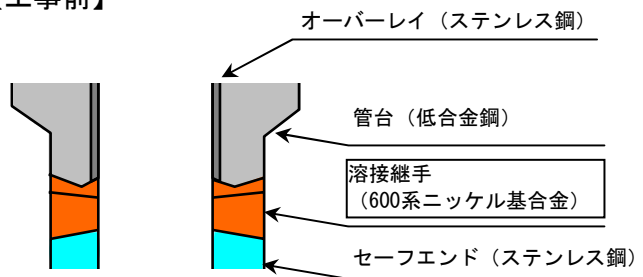


加圧器管台取替概要

【加圧器】



【工事前】



【工事後】

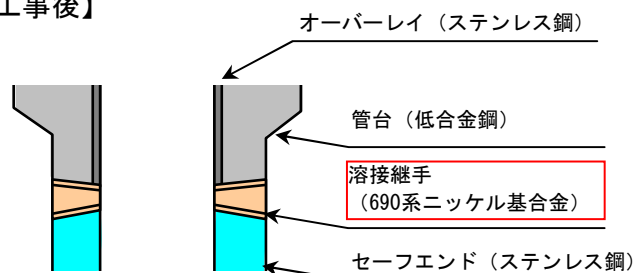


図-4 原子炉保護装置取替工事

工事概要

原子炉保護装置[※]について、電子部品が製造中止になったことから、今後の保守性を考慮して、原子炉安全保護計装盤と原子炉安全保護ロジック盤を最新設計のものに取り替えた。

※ 1次冷却材系統の圧力・温度信号などからプラントの異常を検出して、原子炉トリップしゃ断器および工学的安全施設を動作させるための装置。

取替概要図

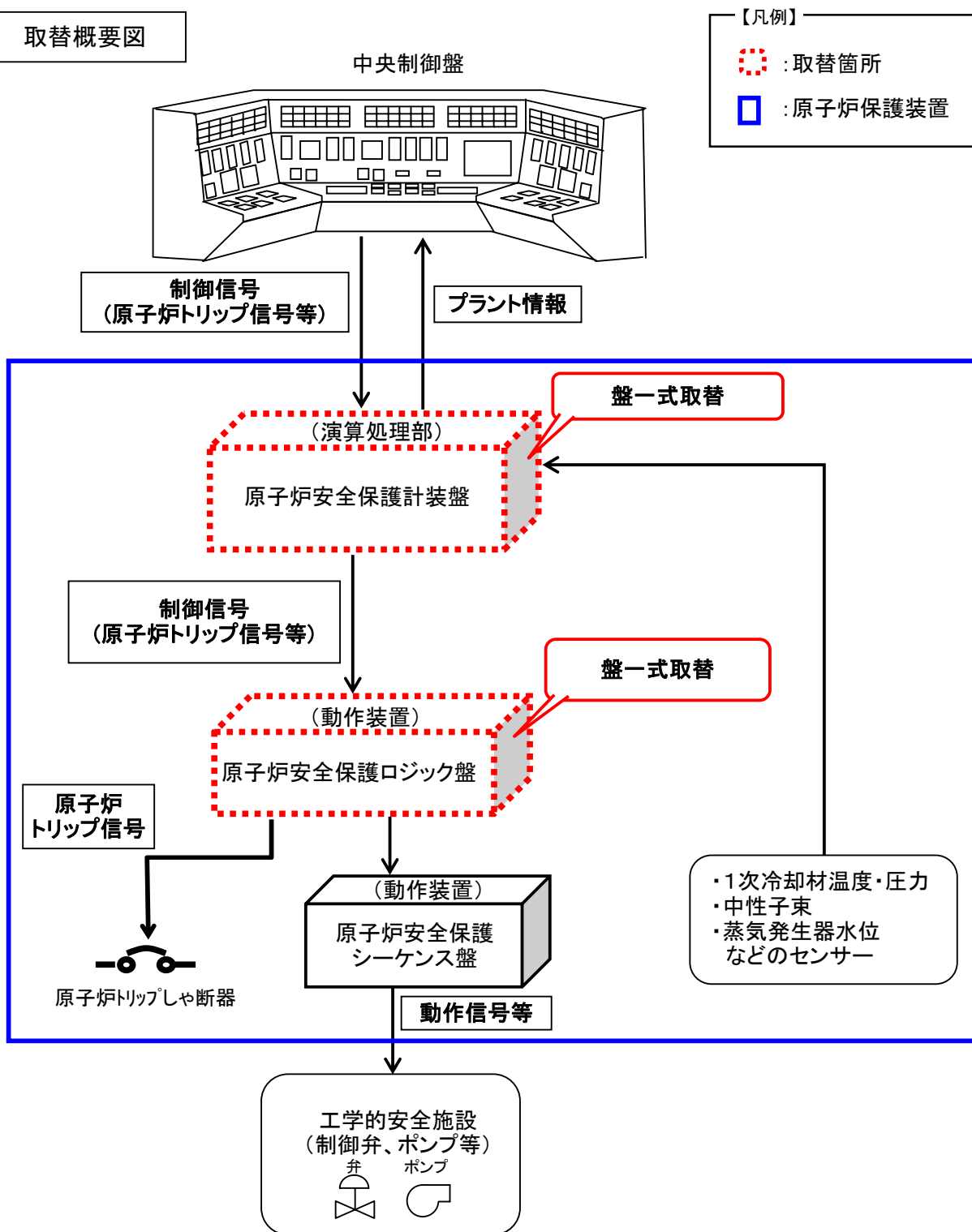


図-5 二次系配管の点検等

点検概要

今定期検査において、合計965箇所について超音波検査(肉厚測定)等を実施した。
 <超音波検査(肉厚測定):922箇所、内面目視検査:43箇所>

○二次系配管の管理指針に基づく超音波検査(肉厚測定)部位

	「二次系配管肉厚の管理指針」の 点検対象部位	今回点検実施部位
主要点検部位	1,738	843
その他部位	1,351	79
合計	3,089	922

○二次系配管の管理指針に基づく内面目視点検

高圧排気管の直管部43箇所について、配管内面から目視点検を実施した。

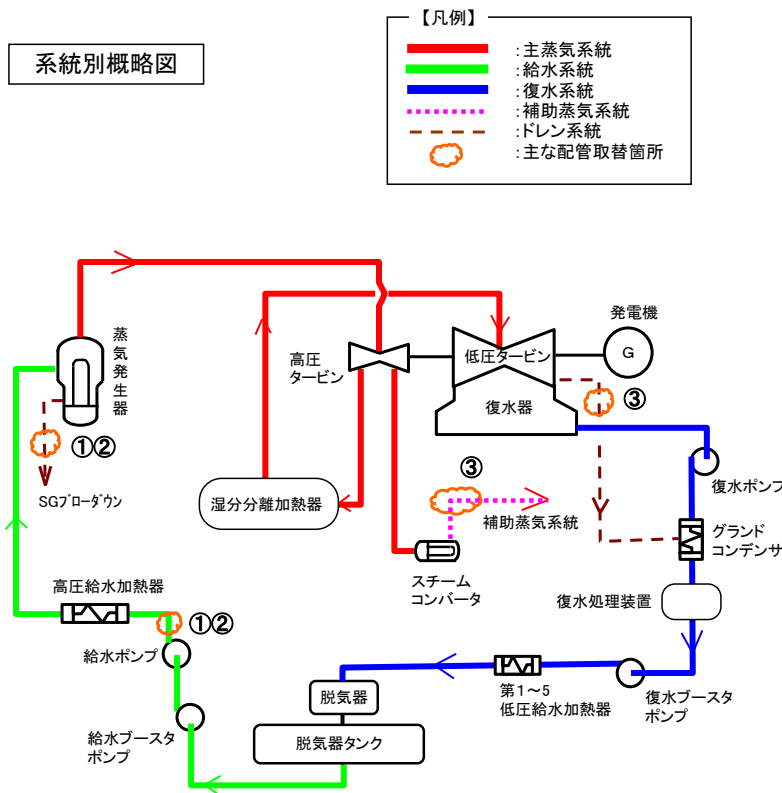
(結果)

必要最小厚さを下回っている箇所、および次回定期検査までに必要最小厚さを下回る可能性があると評価された箇所はなかった。

取替概要

○今回定期検査開始時には、48箇所の配管取替を計画していたが、今後の保守性を考慮して46箇所を追加し、合計94箇所の配管を耐食性の優れたステンレス鋼または低合金鋼の配管に取り替えた。

系統別概略図



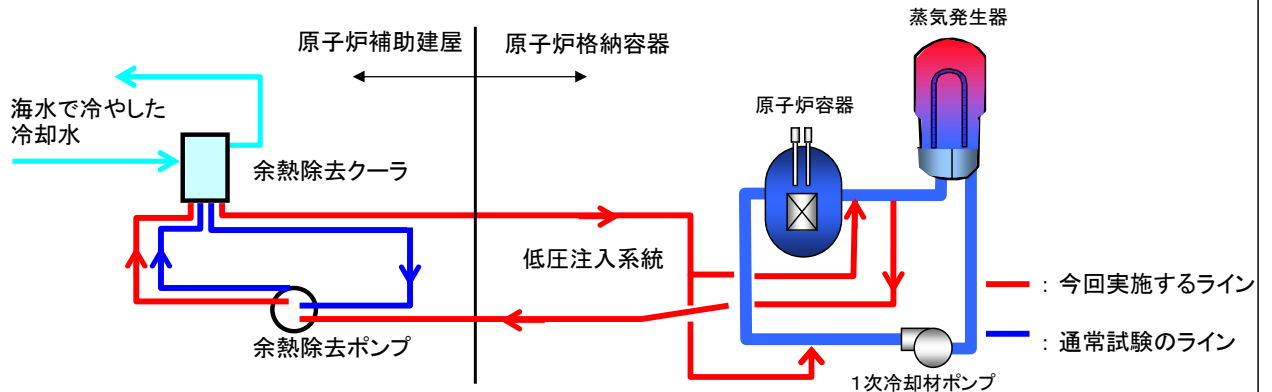
【取替理由】

- 過去の点検結果で減肉が認められているため計画的に取り替える箇所 (5箇所)
 - 必要最小厚さとなるまでの期間が5年未満の箇所 (4箇所)
 - 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 2箇所
 - 炭素鋼 ⇒ 低合金鋼 2箇所
 - 必要最小厚さとなるまでの期間が5年以上の箇所 (1箇所)
 - 炭素鋼 ⇒ 低合金鋼 1箇所
 - 配管取替による作業性^{※1}を考慮して取り替える。(30箇所)
 - 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 23箇所
 - 炭素鋼 ⇒ 低合金鋼 7箇所
 - 配管の保守性^{※2}を考慮して取り替える。(59箇所)
 - 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 46箇所 (46箇所を追加取替)
 - 炭素鋼 ⇒ 低合金鋼 13箇所
- (合計 94箇所)

※1 配管取替時に近隣の配管も一緒に取替えた方が作業がし易いため取り替えた。
 ※2 狭隘部で肉厚測定がしづらい小口径配管などについて取り替えた。

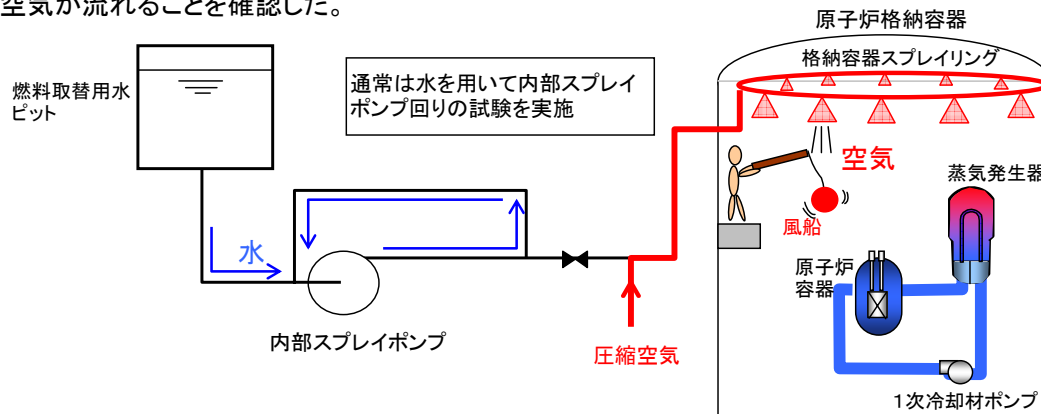
非常用炉心冷却システムの健全性確認

・定期検査中のプラントにおいて、事故を模擬し、実際に原子炉容器に水が注入されることを確認した。



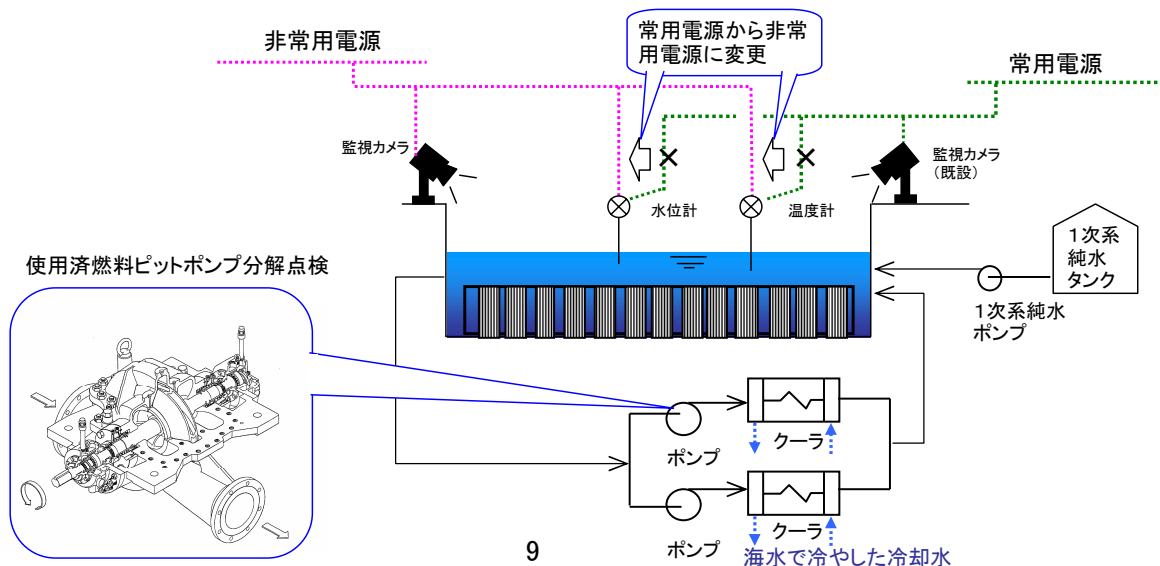
格納容器スプレイングの健全性確認

・原子炉格納容器内の圧力上昇を抑制する設備の健全性を確認するため、系統配管に圧縮空気を供給し、空気が流れることを確認した。



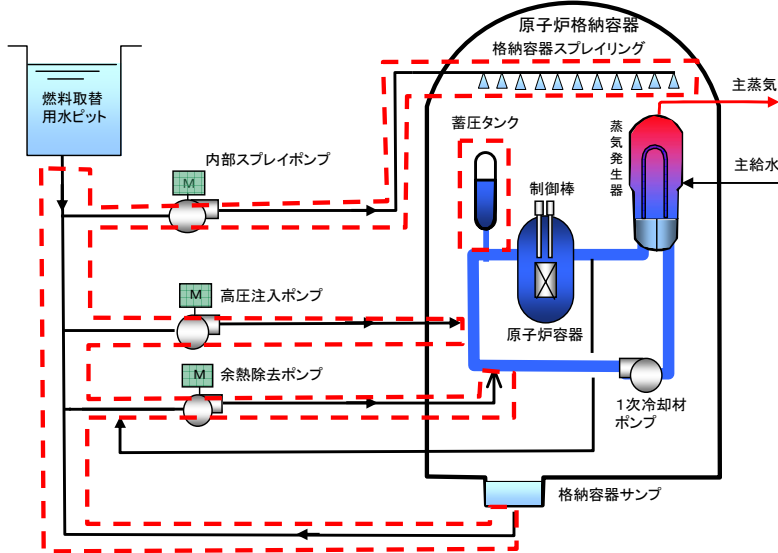
使用済燃料ピットポンプの分解点検
使用済燃料ピットの水位計、温度計電源の変更 他

・使用済燃料の冷却に用いる使用済燃料ピットポンプの分解点検を実施し、健全性を確認した。
・使用済燃料ピットの監視強化のため、水位計、温度計の電源供給を常用電源から非常用電源に変更するとともに、非常用電源から電源供給される水位監視カメラを設置した。

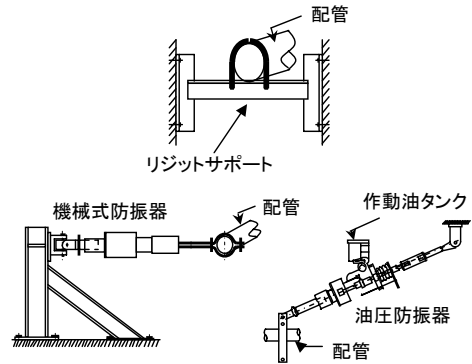


非常用炉心冷却系統の耐震サポートの総点検

非常用炉心冷却系統に設置されている支持構造物について、取付状態、干渉状態、油もれ、き裂等の異常がないことを確認した。また、支持構造物のボルト・ナットについて、緩みの無いことを確認した。



<耐震サポートの例>

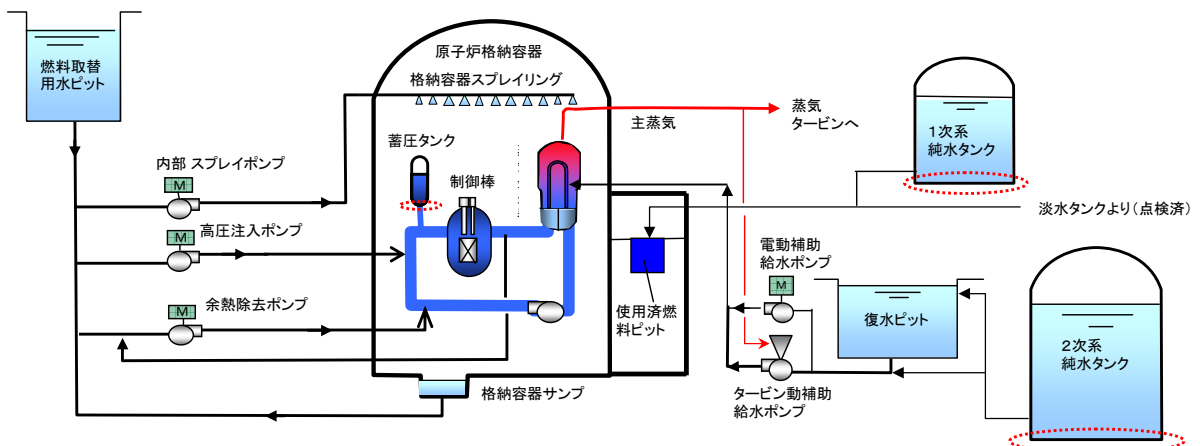


対象系統

- ・高圧注入系統
- ・低圧注入系統
- ・蓄圧注入系統
- ・格納容器スプレイ系

屋内外タンクの基礎ボルト等の総点検

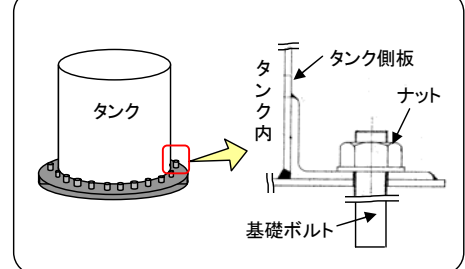
蒸気発生器及び使用済燃料ピットへの補給水源として期待される屋内外タンクや非常用炉心冷却系統に設置されている屋内外タンクの基礎ボルト等について、緩みの無いことや、タンク基礎部の腐食・塗膜のはがれ等の異常がないことを確認した。



点検内容	対象機器	
基礎ボルトの緩み確認	蓄圧タンク	1次系純水タンク
タンク基礎部の腐食・塗膜のはがれ等の確認*	2次系純水タンク	

*基礎ボルトがないタイプのタンク

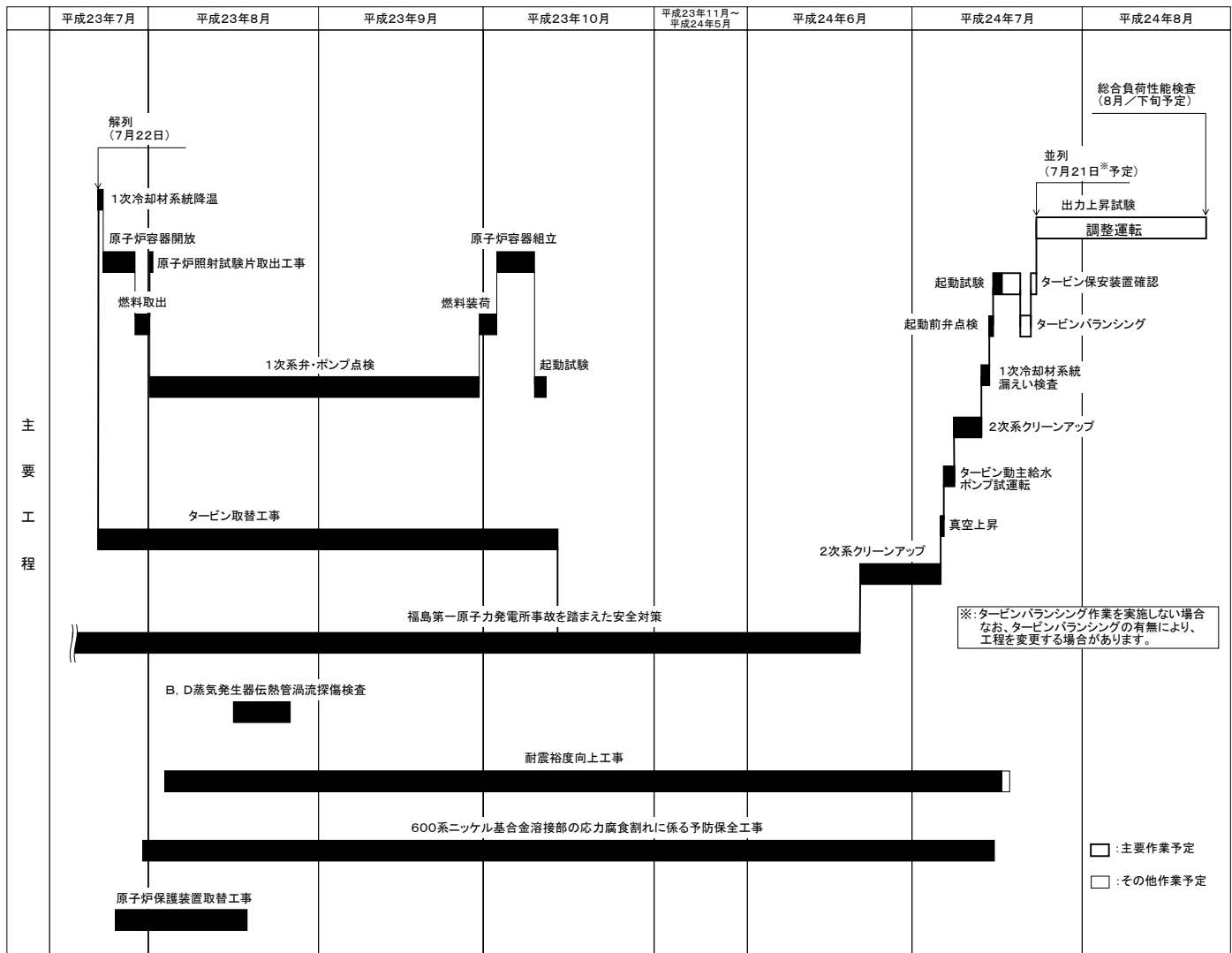
<タンク基礎ボルトのイメージ>



大飯発電所4号機 第14回定期検査の作業工程

平成23年7月22日から、以下の作業工程にて実施しています。

(平成24年7月17日現在)



黒塗りは実績を表します。

福島第一原子力発電所事故を踏まえ実施した安全対策

大飯発電所4号機で実施した福島第一原子力発電所事故を踏まえた主な安全対策は次のとおりです。

電源の確保	全交流電源喪失時の電源として電源車を配備（空冷式非常用発電装置の配備により2台を予備として運用）
	全交流電源喪失時の電源として、炉心冷却手段を拡大するため、空冷式非常用発電装置（2台）を高台に分散配置
	空冷式非常用発電装置の中継・接続盤設置と接続作業効率化のための接続コネクタの改良
	非常用ディーゼル発電機への冷却用海水を確保するため、海水供給用可搬式エンジン駆動海水ポンプやホースを配備
	外部電源の強化策として、発電所に送電する77kV送電鉄塔の長幹支持がいしの免震対策の実施
	送電線設備損傷時の迅速な復旧のための手順の整備
	全交流電源喪失時の原子炉水位計電源接続手順の整備
地震・津波対策	建屋内への浸水防止対策として、T.P.11.4mの高さまで扉等にシール施工を実施
	非常用炉心冷却システムの支持構造物について、耐震サポートの総点検実施（取付状態、油もれ、き裂等異常のないこと等の確認）
	蒸気発生器、使用済燃料ピットへの給水源として期待される屋内外タンクや非常用炉心冷却システムに設置されている屋内外タンクの基礎ボルト等の総点検の実施
	非常用ディーゼル発電機が設置されている部屋への浸水対策として、換気空調用排気ダクト等のかさ上げを実施
炉心冷却機能の確保	蒸気発生器による炉心冷却を確保するため、通常のタンク水に加え、海水を注入できるよう消防ポンプ・ホースを配備
	余熱除去システムにより炉心冷却ができるよう海水ポンプが機能喪失した場合の代替手段として、移動式の大容量ポンプを配備
	海水ポンプモータが使用出来ない場合、早期に復旧できるよう海水ポンプモータの予備品を配備
	蒸気発生器への給水が確実にこなえるよう吐出圧力の高い中圧ポンプ（電動）の設置
	蒸気発生器への給水が迅速・確実にこなえるよう海水・消火水供給用恒設配管等の設置
	事故時を模擬し、原子炉容器に水が注入できることを確認するため、非常用炉心冷却システムの通常使用していないラインに通水し健全性を確認

使用済燃料ピット冷却機能の確保	使用済燃料ピットの監視強化のため、水位監視カメラを設置。また、水位計・温度計の電源を常用電源から非常用電源に変更
	使用済燃料ピット冷却系統の配管支持構造物を強化
	使用済燃料ピットへの水補給手段として、消火水や海水を供給できる消防ポンプやホースを配備するとともに消火水配管を設置
	使用済燃料の冷却に用いる使用済燃料ピットポンプの分解点検を実施し、健全性を確認
シビアアクシデント対策等	緊急対策所が使用できない場合、耐震性を有し、津波を回避できる高さにある中央制御室横の会議室で指揮ができるよう通信機器等を整備
	全交流電源喪失時の中央制御室空調装置、アニュラス排気設備の運転手順の整備
	計測制御系への電源供給が全て喪失した場合でもプラント状態を把握するために必要なパラメータを監視できるよう可搬型計測器を配備
	冷却手段がなくなった場合、原子炉容器へ海水を直接注水する手順を整備
	格納容器スプレイリングからスプレイできる状態であることを確認するため、系統配管に空気を通し空気が流れることで健全性を確認
	事故環境下に対応するための高線量防護服等の資機材を配備
	がれき撤去用の重機を配備
初動人員体制の強化	発電所常駐要員を増員し、常駐要員のみで事故の初動対応が行なえる体制を整備。また、衛星携帯電話の配備等により要員召集方法を強化
	緊急時に速やかに必要な技量を持った協力会社作業員の派遣体制を構築
	プラントメーカ技術者を若狭地区へ常駐配置し、緊急時初期対応支援体制を整備
指揮命令系統の明確化	複数プラント同時発災時に発電所事故対策本部で的確に状況を把握し対応できるよう、プラント毎指揮者の設置など指揮命令系統等の明確化
シビアアクシデント対応能力の向上	地震津波による機器の損壊等を想定した長期間におよぶ全交流電源喪失時のマニュアル等を整備し、対応要員に対し教育・訓練を実施
	休日に地震・津波の影響により全プラントが同時に全交流電源喪失に至った場合を想定した原子力総合防災訓練の実施
情報通信網の強化	途絶しない通信網を確保するため、衛星電話を事故前の1台から26台に増強した。(衛星携帯電話23台と衛星を活用したパソコンや電話などが使用可能な緊急時衛星通報システム(3台)を配備)
	発電所内の通信手段を確保するため、電池を用いた携行型通話装置(20台)やトランシーバー(15台)を配備
	モニタリングポストの電源強化としてバッテリー容量を増強
災害対応資機材等の充実	災害対応資材機材等の充実(がれき撤去用ホイールローダ等の重機、現場作業用ヘッドライト、全面マスク等)
	空路・海路による運搬手段の強化(ヘリコプター発着地の拡大や大型運搬船の手配)
	被ばく管理の強化として高線量対応防護服や内部被ばく評価用測定器等を配備