

平成 24 年 6 月 29 日
原子力安全対策課
(2 4 - 1 2)
<16 時資料配布>

大飯発電所 3 号機の原子炉起動と調整運転の開始について (第 15 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 3 号機（加圧水型軽水炉；定格電気出力 118 万 kW）は、平成 23 年 3 月 18 日から第 15 回定期検査を実施しているが、平成 24 年 7 月 1 日に原子炉を起動し、翌 2 日に臨界となる予定である。

その後は、諸試験を実施し、7 月 4 日^{*1}に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、8 月上旬には経済産業省の最終試験を受けて営業運転を再開する予定である。

*1 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）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^{*2}。

*2 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) 格納容器再循環サンプスクリーン取替工事

(図－3 参照)

1 次冷却材喪失事故時に格納容器再循環サンプスクリーンが異物混入により機能低下*3することを防止する観点から、スクリーンをより表面積の大きいものに取り替えた。

また、同スクリーンを通過した異物が流量調整弁で閉塞しないよう弁の開度（隙間）を大きくし、その下流側に流量調整用オリフィスを設置した。

*3 国外BWRプラントでの非常用炉心冷却系統ストレーナの閉塞事象を踏まえた原子力安全・保安院の指示を受け、格納容器再循環サンプスクリーンの有効性を評価した結果、設備上の対策が必要であると評価された。なお、設備上の対策を講じるまでは、閉塞事象発生時対応マニュアルの整備などの暫定対策を講じており、安全上の問題が生じることはない。

(4) 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－4 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。

(5) 原子炉容器供用期間中検査

(図－5 参照)

原子炉容器の供用期間中検査として、原子炉容器溶接部の超音波探傷検査等を行い、健全性を確認した。

2 設備の保全対策

(1) 2 次系配管の点検等

(図－6 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 815 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 791 箇所、内面目視点検 24 箇所)

- ・また、今定期検査開始時には 58 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た観点から取り替える 41 箇所を追加して、合計 99 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 燃料取替

燃料集合体全数 193 体のうち、97 体を取り替えた。なお、97 体のうち 64 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（79 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－7 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、水位監視カメラを設置するとともに、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した。

6 次回定期検査の予定

平成 25 年 秋頃

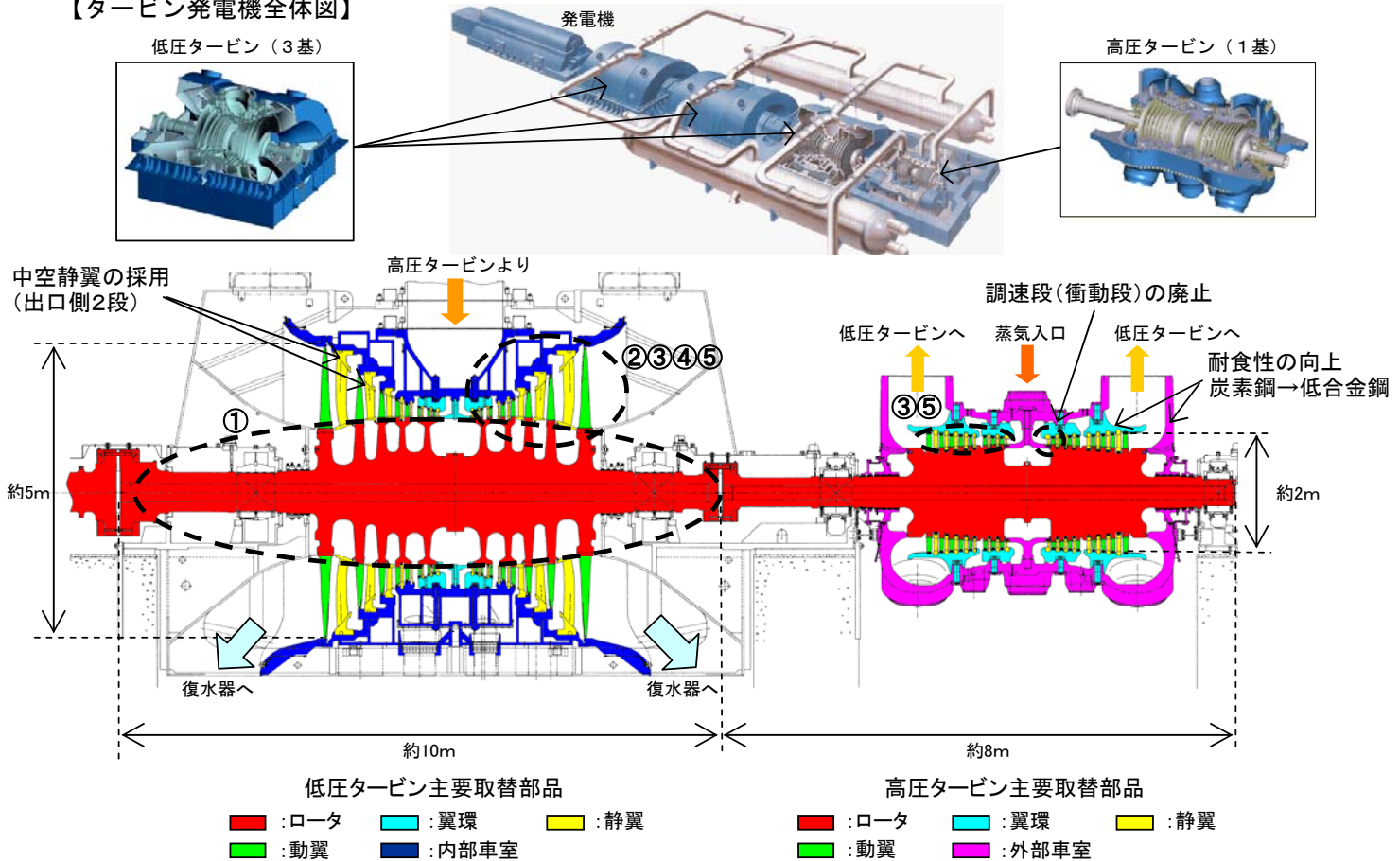
図-1 低圧／高圧タービン取替工事

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。

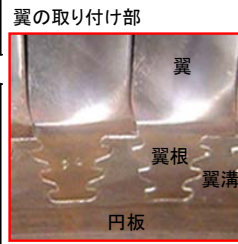
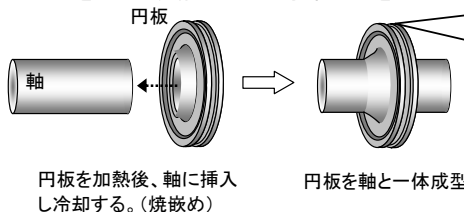
【タービン発電機全体図】



主な改善概要

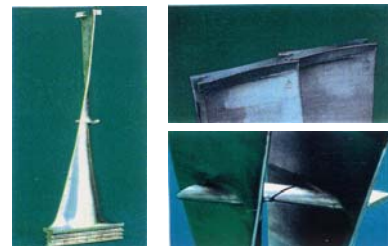
【応力腐食割れ予防保全対策】

- 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

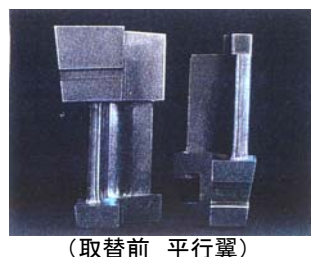
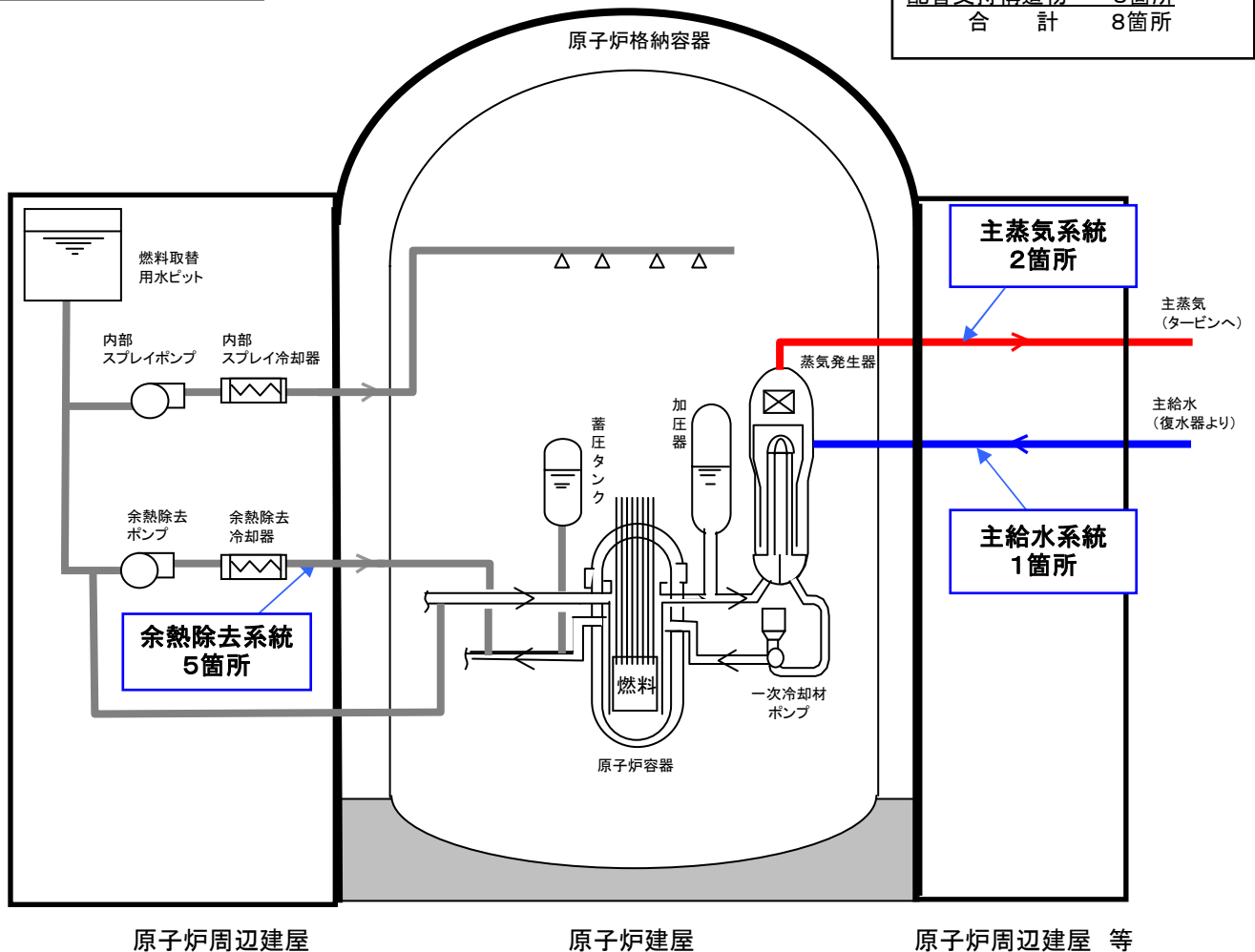


図-2 耐震裕度向上工事

工事概要

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。

系統概要図



配管の支持部の強化例(イメージ)

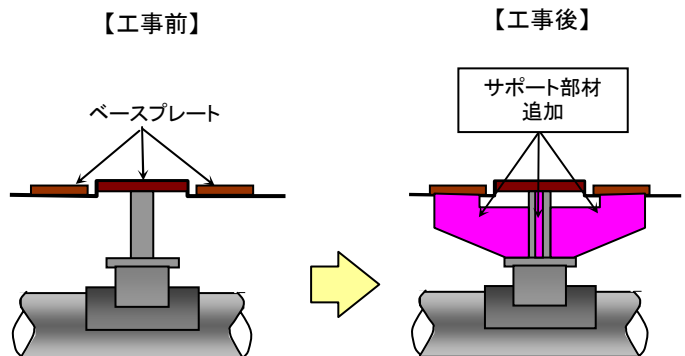
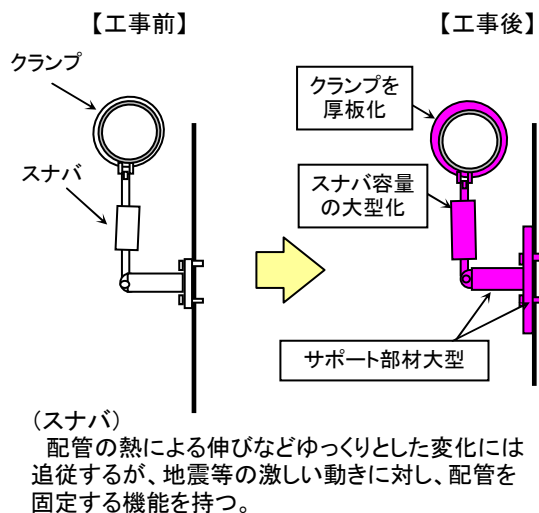


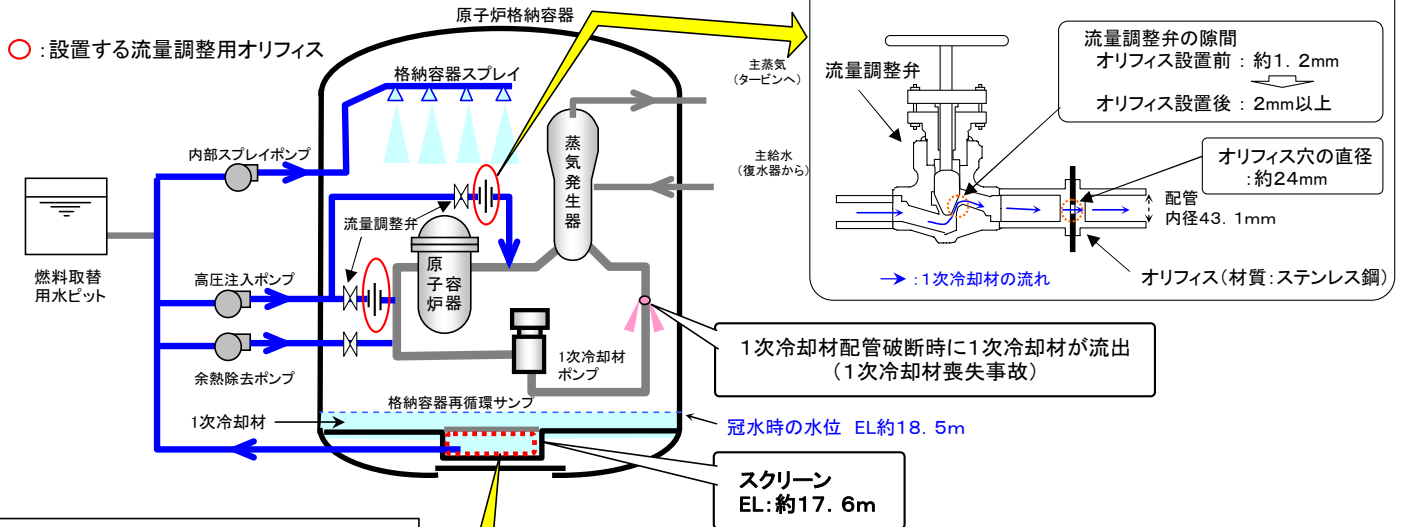
図-3 格納容器再循環サンプスクリーン取替工事

工事概要

1次冷却材喪失事故時に格納容器再循環サンプスクリーンが異物混入により機能低下することを防止する観点から、スクリーンの表面積をより大きいものに取り替えた。また、同スクリーンを通過した異物が流量調整弁で閉塞しないよう開度（隙間）を大きくするため、流量調整用オリフィスを設置した。

系統概要図

（格納容器再循環サンプ使用時）



参考（スクリーン取替イメージ）

項目	工事前	工事後（イメージ）
再循環サンプスクリーンの概要図	平面図 断面図 原子炉容器 壁 スクリーン 1次冷却材の流れ 内部スプレイポンプへ 余熱除去ポンプへ 高圧注入ポンプへ	平面図 断面図 原子炉容器 壁 スクリーン 1次冷却材の流れ 内部スプレイポンプへ 余熱除去ポンプへ 高圧注入ポンプへ *：新型スクリーンは複数のモジュールで構成されている
スクリーンの概要	スクリーンの写真 スクリーン拡大図	スクリーンの写真 スクリーン拡大図 【モジュール1基の大きさ】 大きさ：高さ約0.8m、幅約1m、奥行き約1m 多孔板15枚、多孔板1枚の面積約1.3m² ろ過穴 約2.5cm 約1.4cm 多孔板（ダイヤク） コアチューブ ヘッドカバー 約35cm 約60cm
ろ過穴	縦 約3.0mm × 横 約3.0mm	直径 約1.7mm
全体の表面積	約16.1m ² × 2	約379m ² × 2
材質	ステンレス鋼	ステンレス鋼

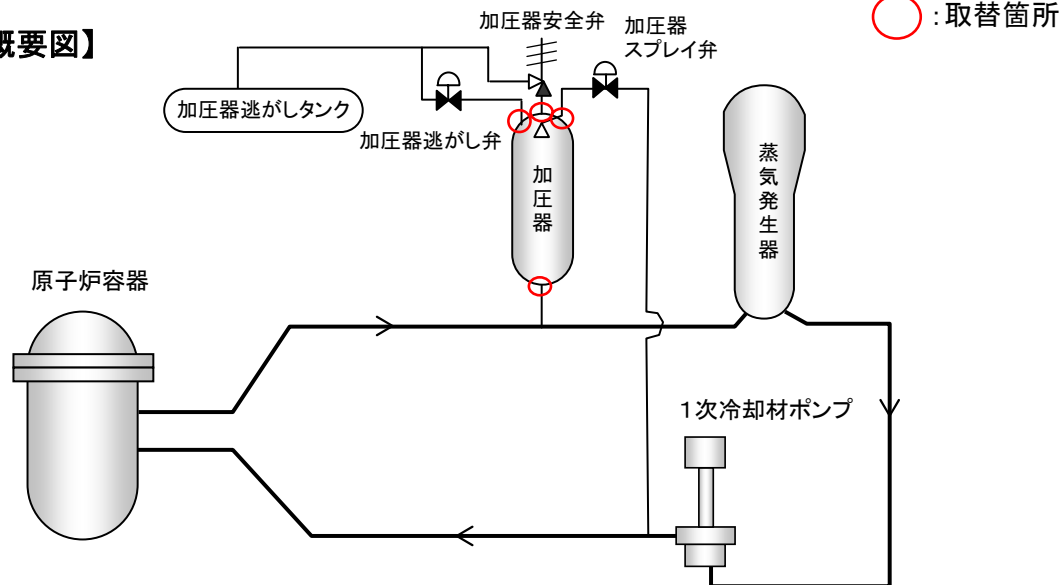
図-4 600系ニッケル基合金溶接部の応力腐食割れに係る予防保全工事

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。

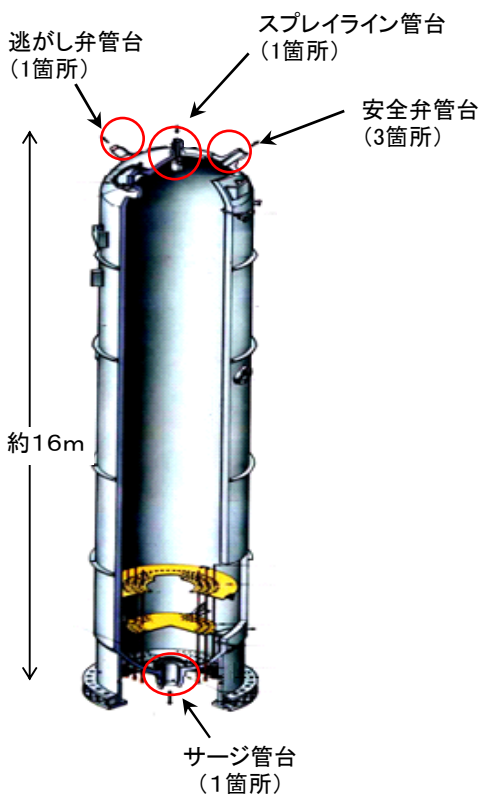
系統概要図

【系統概要図】

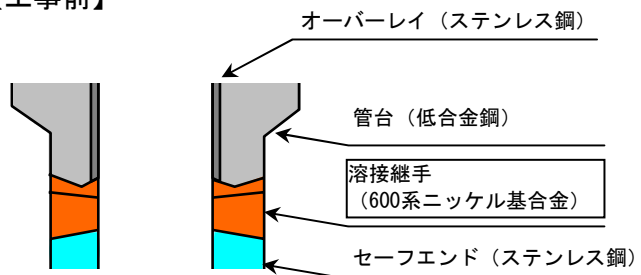


加圧器管台取替概要

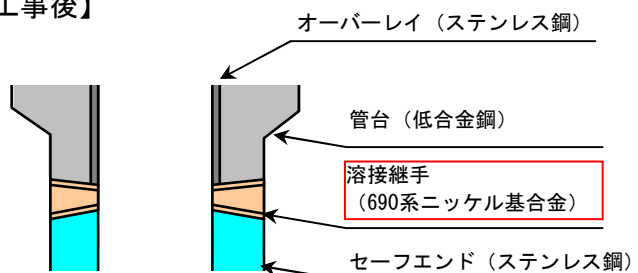
【加圧器】



【工事前】



【工事後】



図－5 原子炉容器供用期間中検査

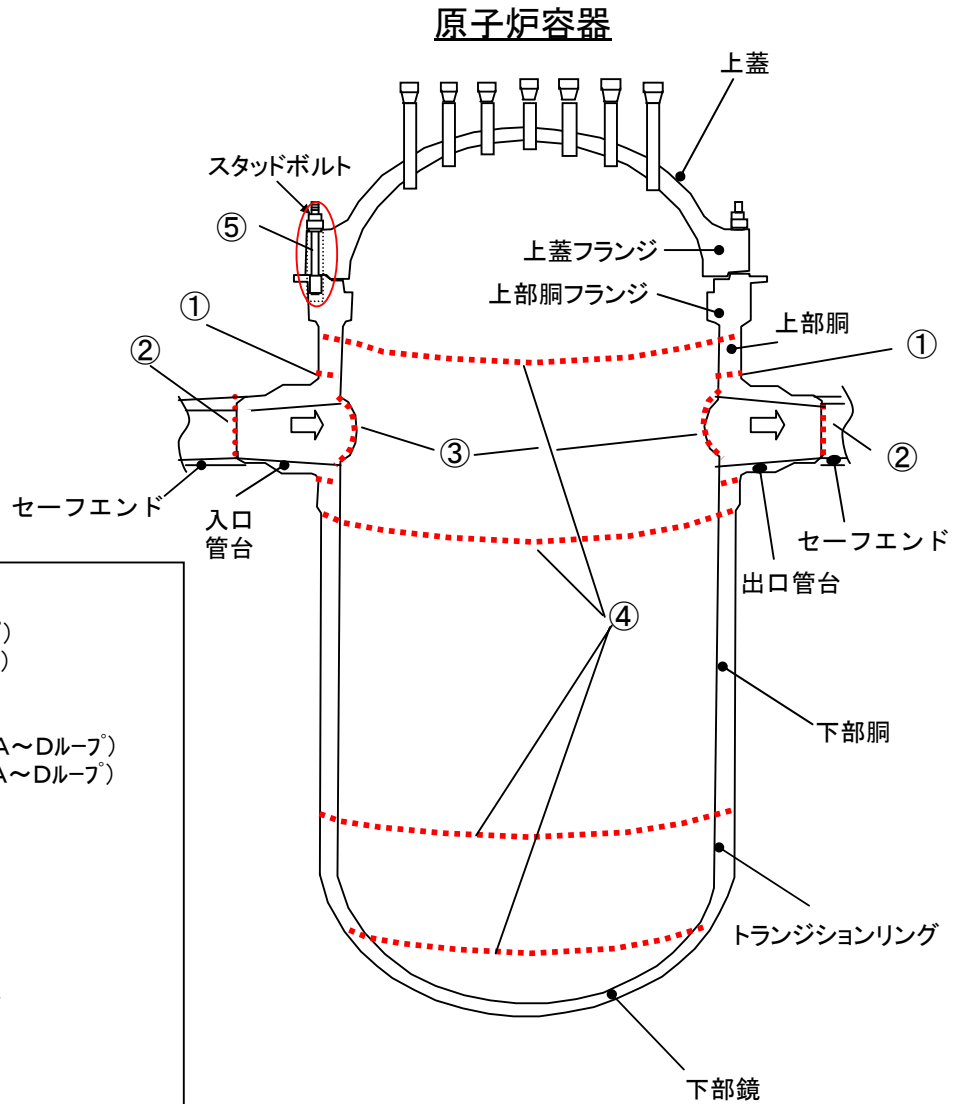
検査概要

原子炉容器の供用期間中検査として、原子炉容器溶接部の超音波探傷検査等を行い、健全性を確認した。

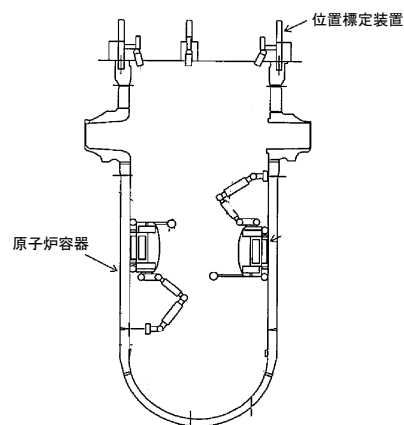
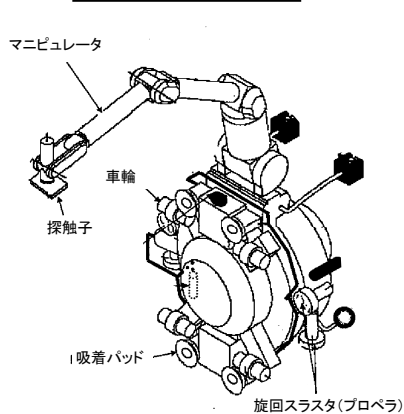
超音波探傷検査の箇所

..... : 検査箇所

- ① 入口管台と胴との溶接部 (A～Dループ)
出口管台と胴との溶接部 (A～Dループ)
全8箇所の溶接部全周を検査
- ② 入口管台とセーフエンドとの溶接部 (A～Dループ)
出口管台とセーフエンドとの溶接部 (A～Dループ)
全8箇所の溶接部全周を検査
- ③ 入口管台内面丸み部 (A～Dループ)
出口管台内面丸み部 (A～Dループ)
全8箇所の丸み部を検査
- ④ 胴の溶接部
全4箇所の溶接部全周 (全長) を検査
- ⑤ スタッドボルト
54本中7本を検査



検査装置の概要



図－6 2次系配管の点検等

点検概要

今定期検査において、合計815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):791箇所、内面目視検査:24箇所>

○2次系配管の管理指針に基づく超音波検査(肉厚測定)部位

	「2次系配管肉厚の管理指針」の点検対象部位	今定期検査実施部位
主要点検部位	1,842	646
その他部位	1,294	145
合計	2,936	791

○2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24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して評価された箇所はなかった。

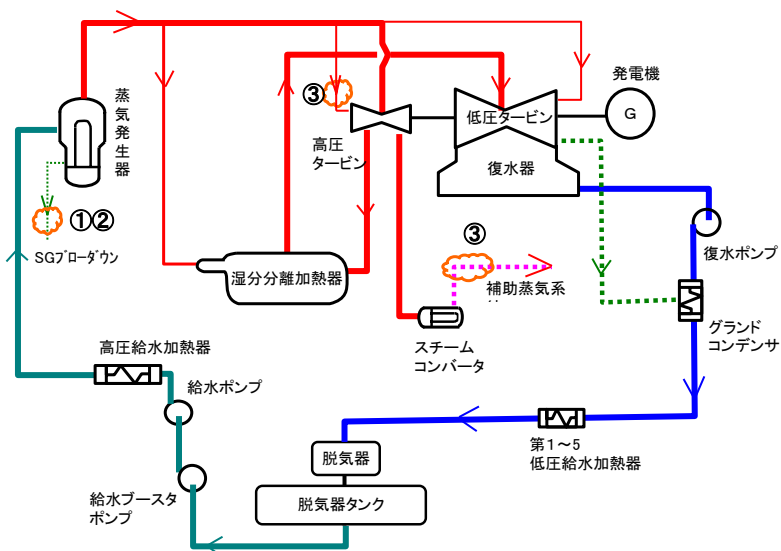
取替概要

○今定期検査開始時には、58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た観点から取り替える41箇所を追加して、合計99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ました。

系統別概略図

復水系統	主蒸気系統	補助蒸気系統
給水系統	ドレン系統	

①②③ : 主な配管取替箇所



【取替理由】

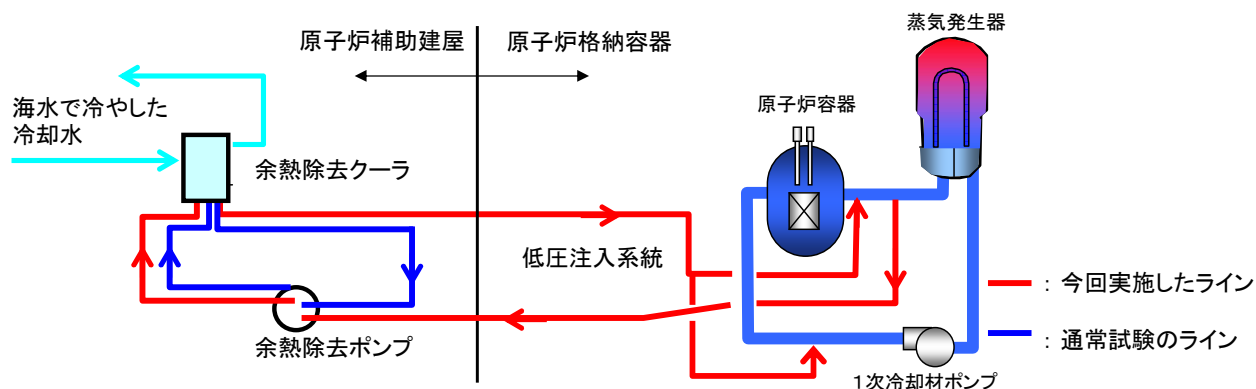
- ① 余寿命5年未満で減肉が確認されたため取り替えた。
 (4箇所)
 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 4箇所
- ② 配管取替による作業性^{※1}を考慮して取り替えた。
 (32箇所)
 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 26箇所
 ステンレス鋼 ⇒ ステンレス鋼 6箇所
- ③ 配管の保守性^{※2}を考慮して取り替えた。
 (63箇所)
 炭素鋼 ⇒ 低合金鋼 20箇所
 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 41箇所
 (41箇所を追加取替)
 ステンレス鋼 ⇒ ステンレス鋼 2箇所
 (合計 99箇所)

※1 配管取替時に近傍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 狭隙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。

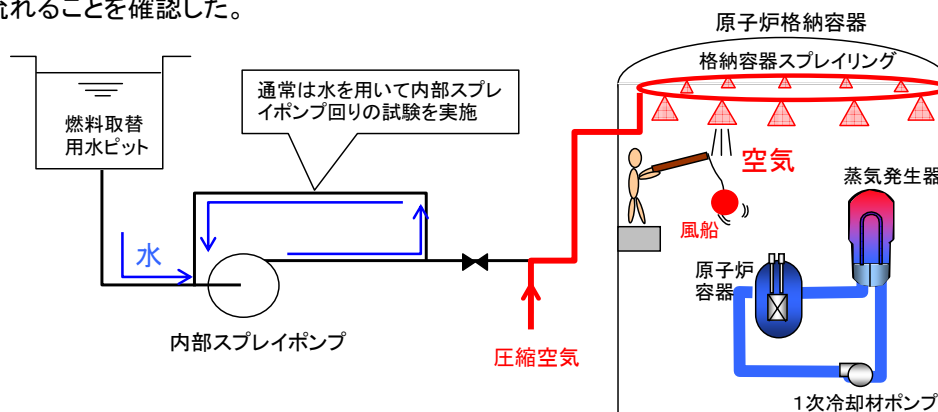
非常用炉心冷却システムの健全性確認

- ・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。



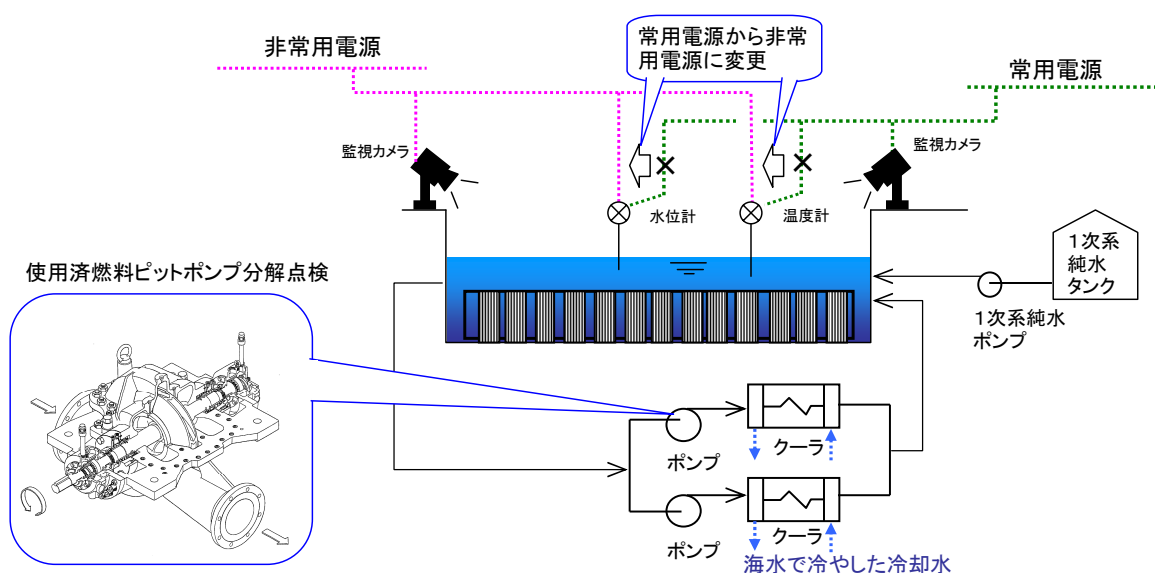
格納容器スプレイングの健全性確認

- ・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。



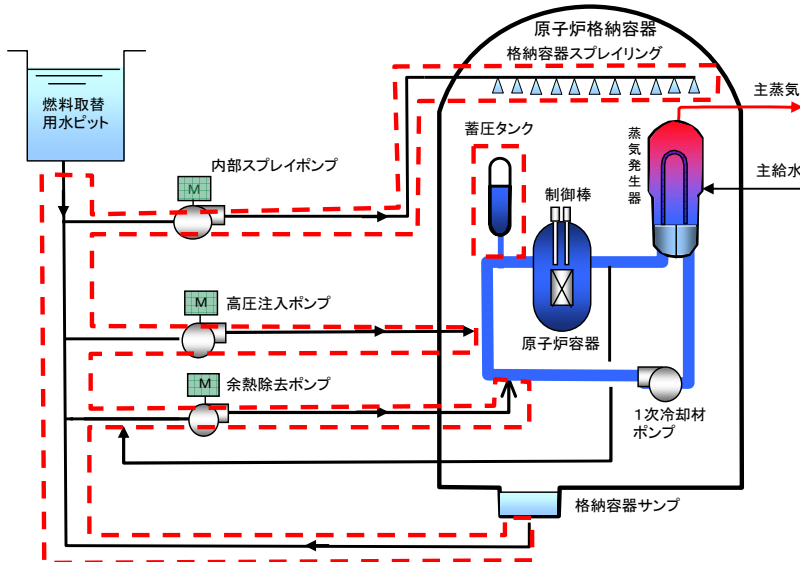
使用済燃料ピットポンプの分解点検 使用済燃料ピットの水位計、温度計電源の変更 他

- ・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、水位監視カメラを設置した。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。

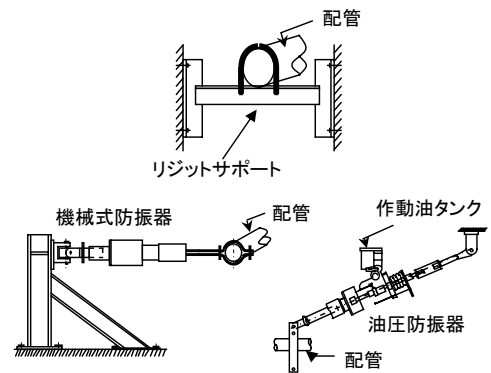


非常用炉心冷却系統の耐震サポートの総点検

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>

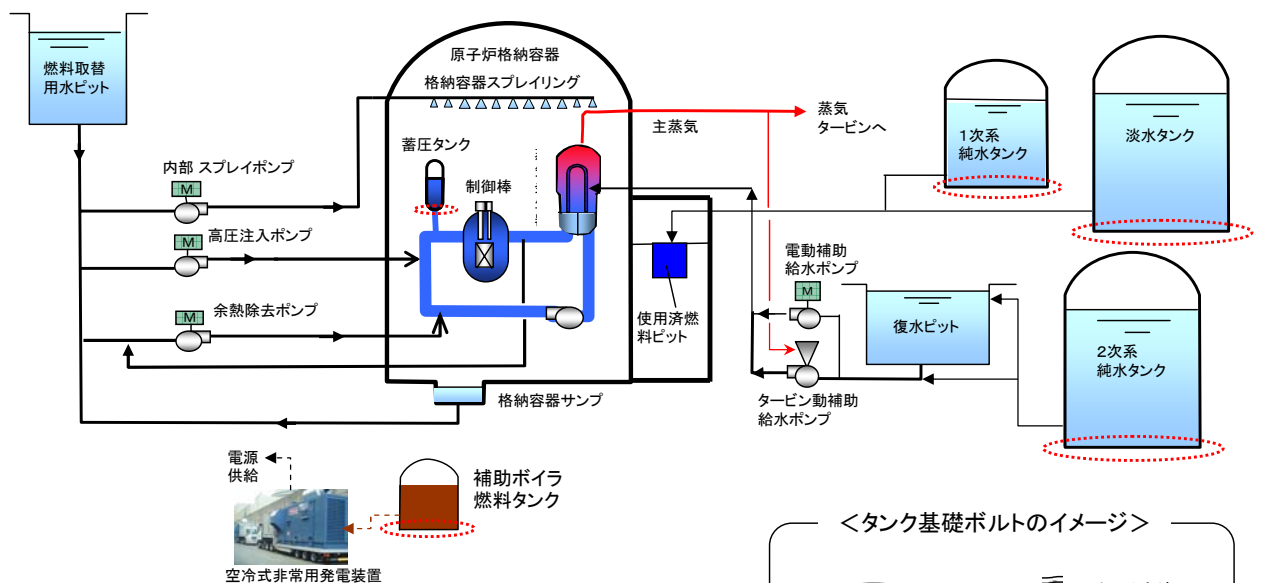


対象系統

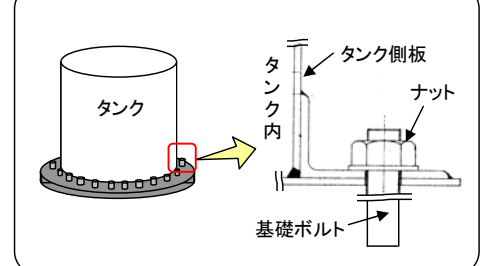
- ・高圧注入系統
- ・低圧注入系統
- ・蓄圧注入系統
- ・格納容器スプレイ系

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。



<タンク基礎ボルトのイメージ>



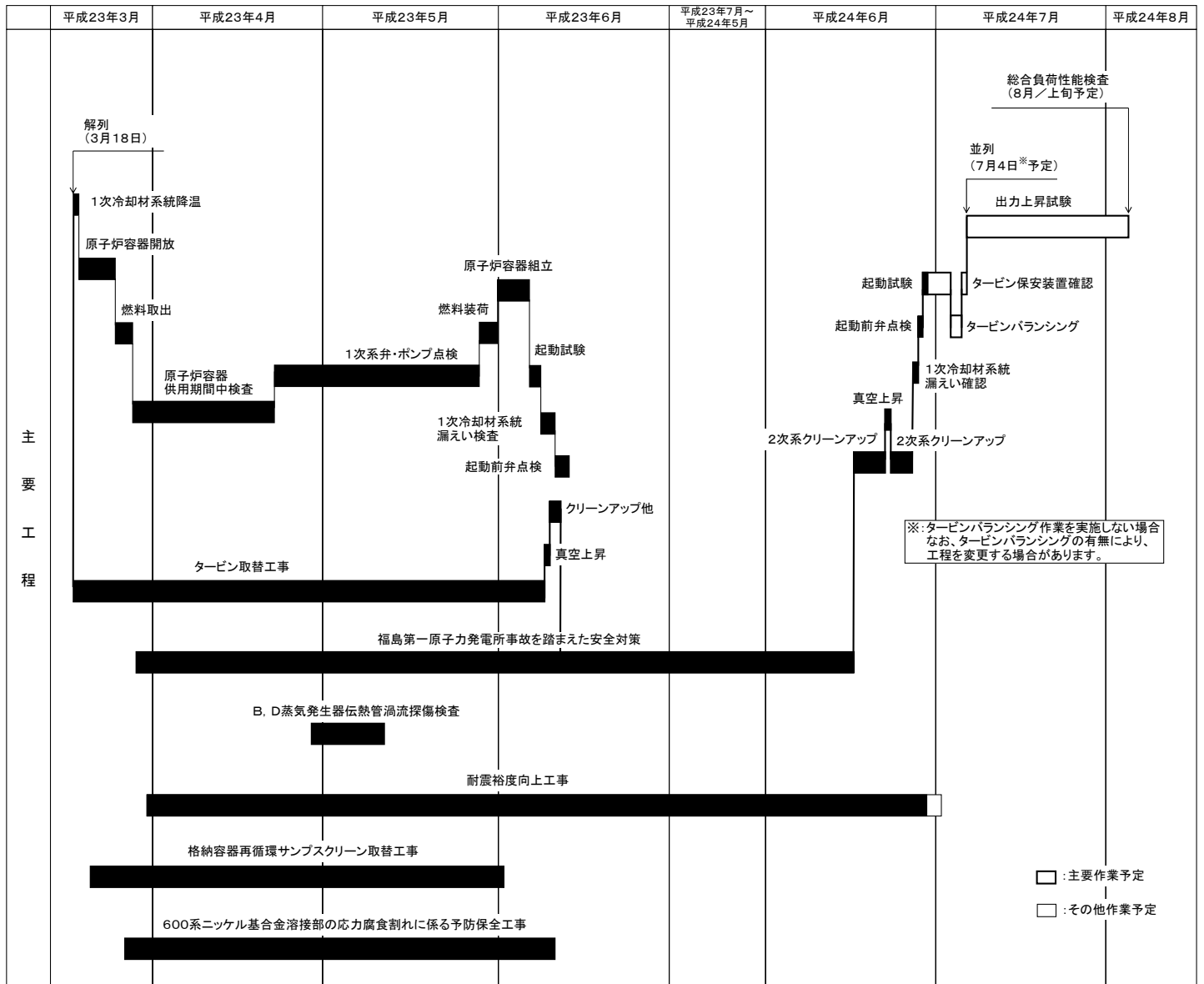
点検内容	対象機器	
基礎ボルトの緩み確認	蓄圧タンク	1次系純水タンク
	補助ボイラ燃料タンク(共用)	
タンク基礎部の腐食・塗膜のはがれ等の確認*	2次系純水タンク(共用)	淡水タンク(共用)

*:基礎ボルトがないタイプのタンク

大飯発電所3号機 第15回定期検査の作業工程

平成23年3月18日から、以下の作業工程にて実施しています。

(平成24年6月29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 3 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ある。

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 7 7 kV 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
	非常用炉心冷却系統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系統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
	余熱除去系統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行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・確実に行なえるよう海水・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、非常用炉心冷却系統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