

大飯発電所2号機の原子炉起動と調整運転の開始について (第23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2号機(加圧水型軽水炉;定格電気出力117.5万kW)は、平成22年6月7日から第23回定期検査を実施しているが、10月21日に原子炉を起動し、翌22日に臨界となる予定である。

その後は、諸試験を実施し、10月23日頃に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、11月中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 主要工事等

(1) 耐震裕度向上工事 (図-1参照)

既設設備の耐震性を一層向上させるため、安全注入系統や余熱除去系統などの配管、アニュラス浄化系統や補助建屋よう素除去排気系統などのダクト、余熱除去クーラやほう酸タンクなどの機器の支持構造物を強化した。

(2) 余熱除去系統入口部小口径配管他取替工事 (図-2参照)

余熱除去系統入口部において、下記の工事を行った。なお、これらの工事は対象箇所が隣接することから、作業性を考慮し、対象箇所間に設置されている配管や弁等についても併せて取り替えた。

① 国外PWRプラントにおける応力腐食割れ事象を踏まえ、1次冷却材の流れがない配管(高温環境で溶存酸素濃度が高い部位)の溶接部について、計画的に対策工事^{*1}を実施しており、今回は当該系統8箇所について溶接形状と材料を変更した。

*1: 応力集中の小さい溶接形状への変更と耐食性に優れた材料への変更

② 海外製の電動弁について、保守性向上の観点から部品調達が容易な国産弁に取り替えた。

③ 熱疲労を抑制するため、一部配管ルートを変更した。

(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することを防止する観点から、スクリーンをより表面積が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開度（隙間）を大きくするため、一部の流量調整弁を新品に取り替えるとともに、弁の下流側に流量調整用オリフィスを設置した。

なお、取替後のサンプスクリーンを使った事前の試験において、セラミックファイバー製保温材がスクリーンに詰まる可能性が確認されていることから、前回の定期検査に引き続き、蒸気発生器4台のうち残りの2台の保温材について、セラミックファイバー製からロックウール製に取り替えた。

* 2：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) 高サイクル熱疲労割れに係る対策工事 (図－5 参照)

国内外PWRプラントにおける高サイクル熱疲労割れ（温度ゆらぎによる熱疲労）を踏まえ、AおよびB余熱除去クーラバイパスライン合流部の配管2箇所について、温度ゆらぎを抑制するため、配管ルートを変更するとともに、応力集中が小さい溶接形状に変更した。

(6) 燃料取換クレーン取替工事 (図－6 参照)

燃料取扱作業の作業性向上の観点から、海外製の燃料取換クレーンを国産の燃料取換クレーンに取り替えた。

(7) 原子炉保護装置取替工事 (図－7 参照)

原子炉保護装置*³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、電子部品と電子回路の一部を最新設計のものに取り替えた。

* 3：1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

2 設備の保全対策

(1) 2次系配管の点検等

(図－8参照)

- ①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 1,476箇所について超音波検査（肉厚測定）等を実施した結果、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 1,430箇所、内面目視点検 46箇所）

- ②今定期検査開始時に計画していた 123箇所の配管について、炭素鋼から耐食性に優れたステンレス鋼もしく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、AおよびC－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、56体（うち52体は新燃料集合体で、55,000MWd/t高燃焼度燃料）を取り替えた。

また、燃料集合体の外観検査（97体）を実施した結果、異常は認められなかった。

5 次回定期検査の予定

平成23年 秋頃

問い合わせ先(担当：有房)
内線2354・直通0776(20)0314

図-1 耐震裕度向上工事

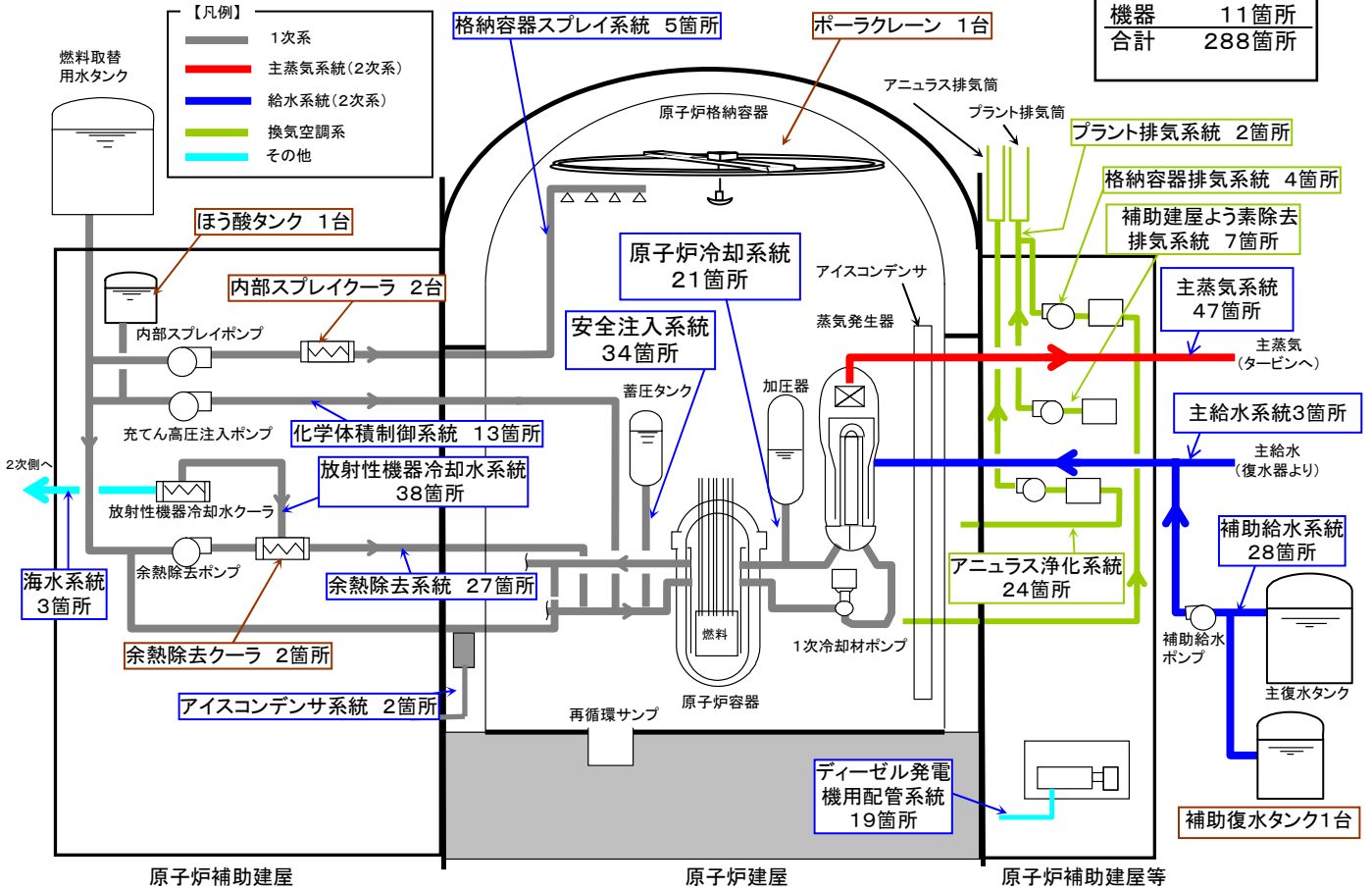
工事概要

既設設備の耐震性を一層向上させるため、安全注入系統や余熱除去系統などの配管、アンユラス浄化系統や補助建屋よう素除去排気系統などのダクト、余熱除去クーラやほう酸タンクなどの機器の支持構造物を強化した。

系統概要図

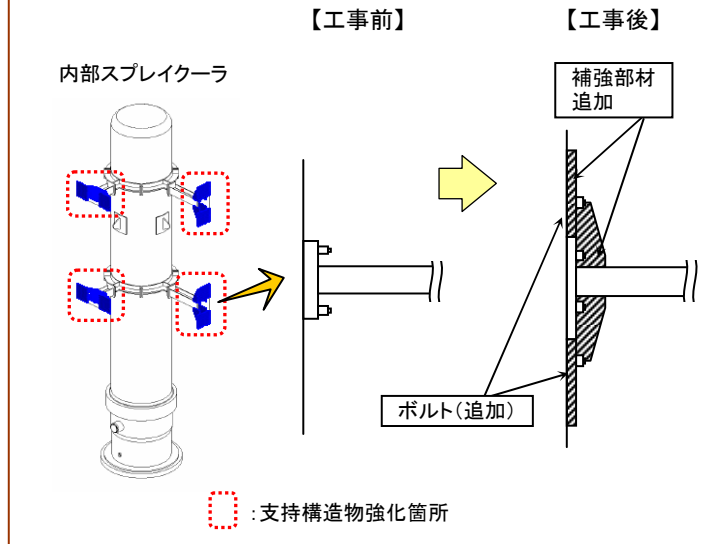
<支持構造物>

配管	240箇所
ダクト	37箇所
機器	11箇所
合計	288箇所



直流電源装置2台、蓄電池2台
(原子炉補助建屋等)

内部スプレイクーラの支持構造物の強化例(イメージ)



ほう酸タンクの支持構造物の強化例(イメージ)

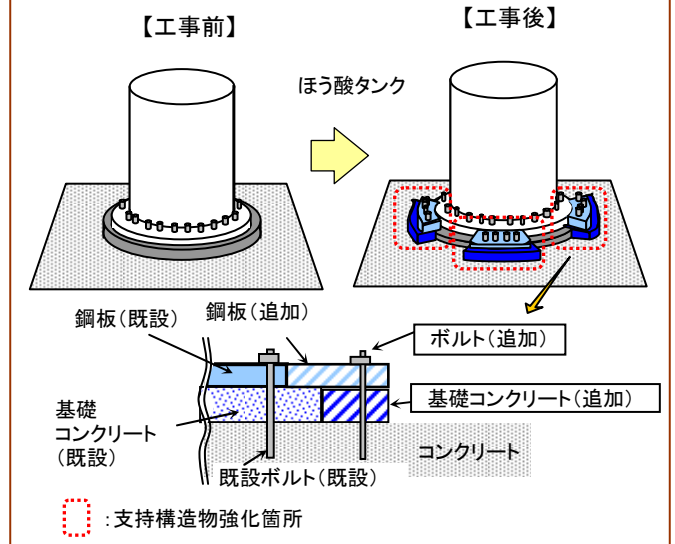


図-2 余熱除去系統入口部小口径配管他取替工事

工事概要

余熱除去系統入口部において、下記の工事を行った。なお、これらの工事は対象箇所が隣接することから、作業性を考慮し、対象箇所の間に設置されている配管や弁等についても併せて取り替えた。

① 国外PWRプラントにおける応力腐食割れ事象を踏まえ、1次冷却材の流れがない配管（高温環境で溶存酸素濃度が高い部位）の溶接部について、計画的に対策工事^{*}を実施しており、今回は当該系統8箇所について溶接形状と材料を変更した。

※：応力集中小さい溶接形状へ変更と耐食性に優れた材料への変更

② 海外製の電動弁について、保守性向上の観点から部品調達が容易な国産弁に取り替えた。

③ 熱疲労を抑制するため、一部配管ルートを変更した。

取替概要図

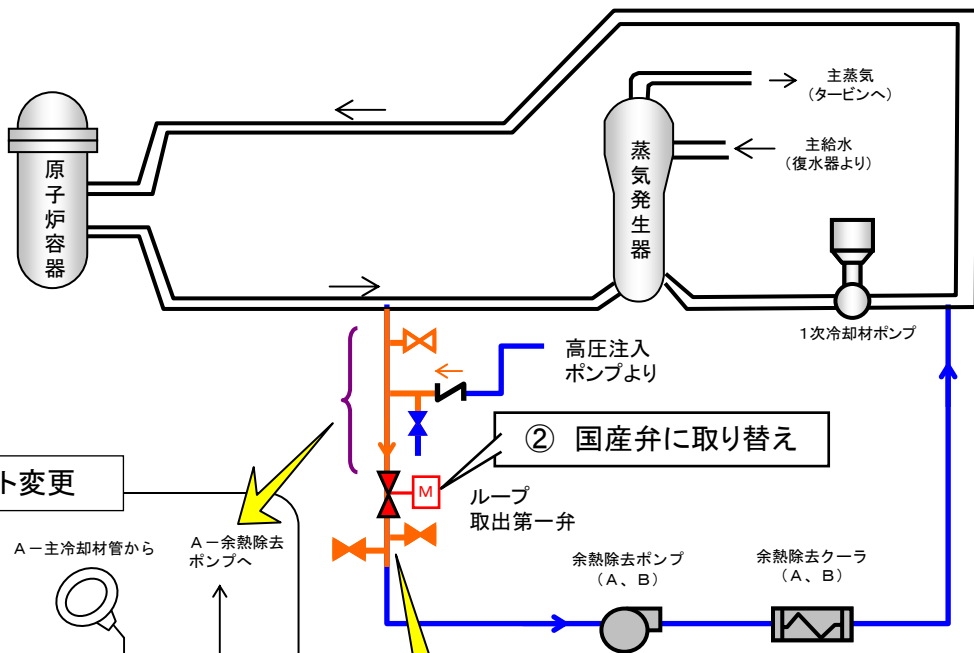
【取替箇所等】

工事	系統名	対象箇所	対象箇所数
①小口径配管他取替工事	余熱除去系統	A、B-余熱除去ポンプ入口配管	8
②1次系電動弁取替工事		A、B-ループ取出第一弁	2
③配管ルート変更工事		A、B-余熱除去ポンプ入口配管	2

系統概要図

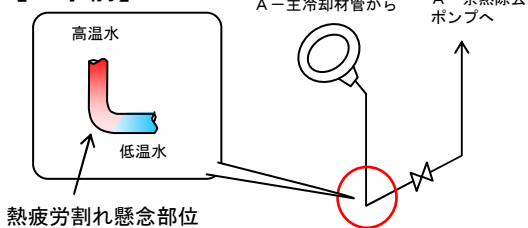
【凡例】

— : 取替範囲 { : 配管ルート変更 M : 国産に取り替える弁

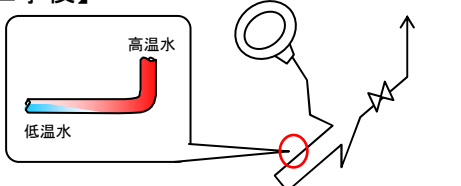


③ 配管ルート変更

【工事前】



【工事後】

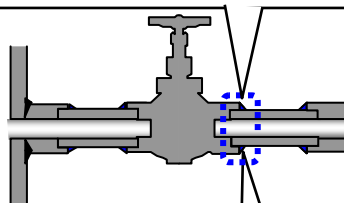


配管ルートを変更することにより、高温水と低温水の境界を曲がり部から外し、熱疲労割れの懸念を解消した。

① 溶接金属材料変更および溶接式継手の溶接方法の変更概要図

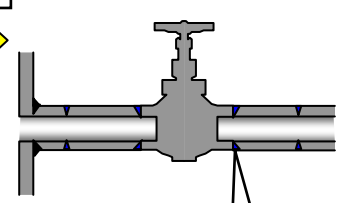
【工事前】

酸素型応力腐食割れの可能性が高いと考えられる溶接部



材料:SUS304
溶接方法:ソケット溶接

【工事後】



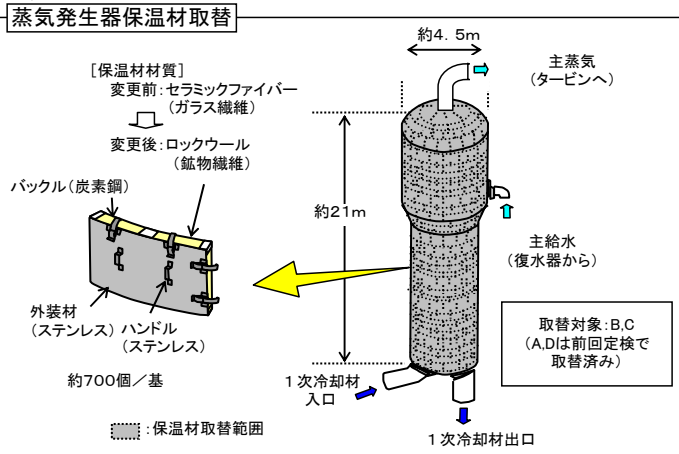
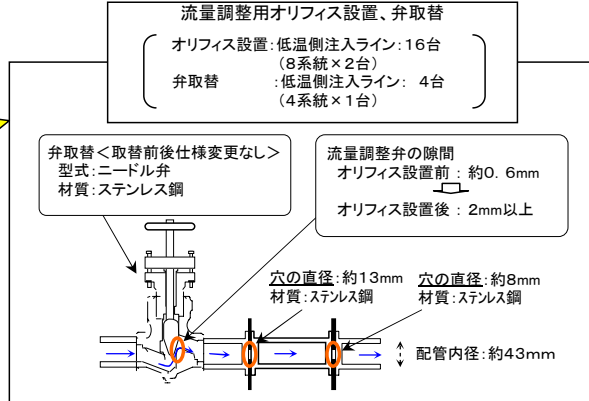
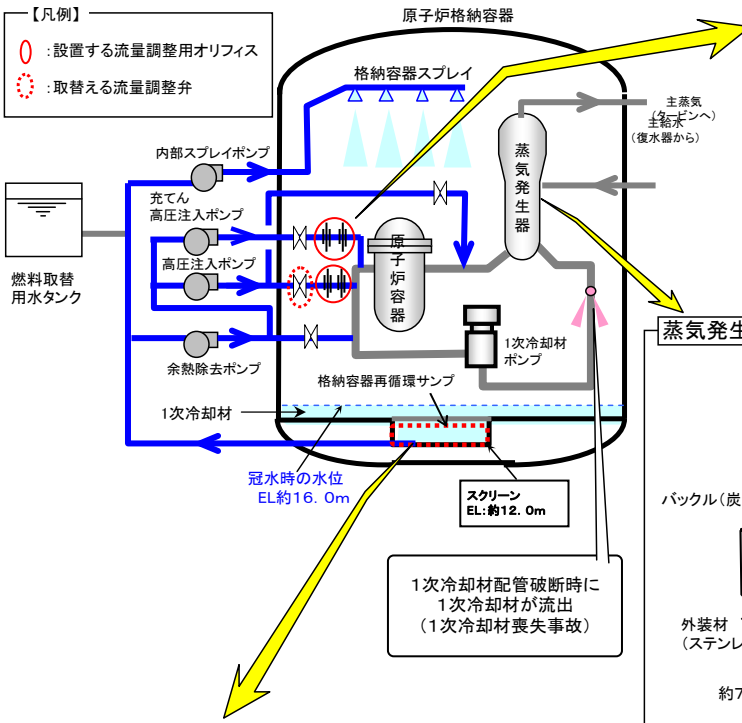
材料:SUS316
溶接方法:突合せ溶接

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、スクリーンをより表面積が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開度（隙間）を大きくするため、一部の流量調整弁を新品に取り替えるとともに、弁の下流側に流量調整用オリフィスを設置した。
 なお、取替後のサンプスクリーンを使った事前の試験において、セラミックファイバー製保温材が詰まる可能性が確認されていることから、前回の定期検査に引き続き、蒸気発生器4台のうち残りの2台の保温材について、セラミックファイバー製からロックウール製に取り替えた。

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)

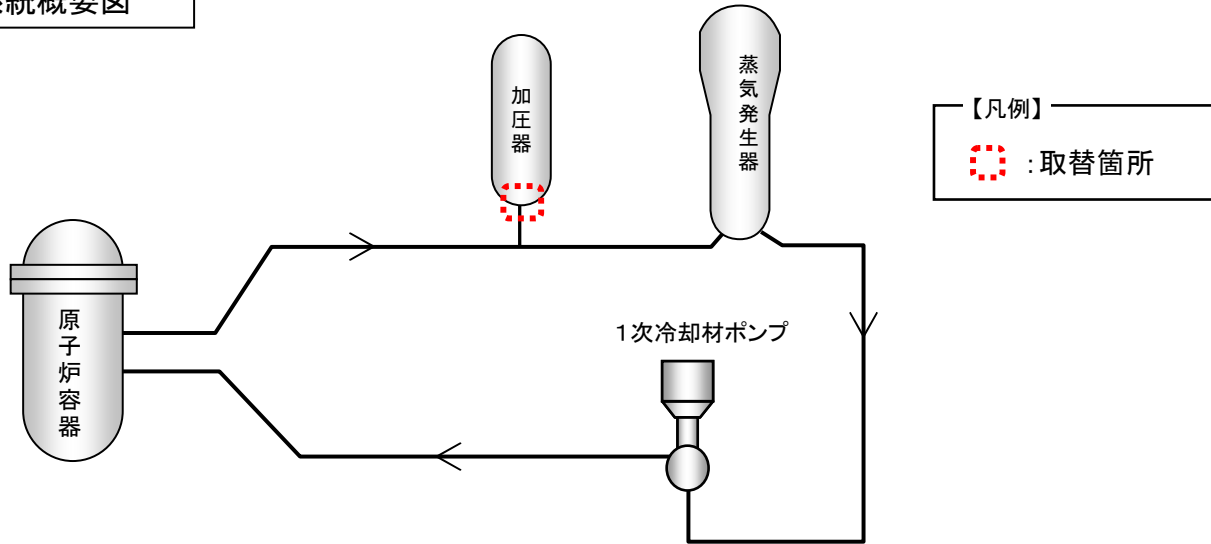
項目	工事前	工事後 (イメージ)
工事前後設備概要図	<p>平面図</p> <p>断面図</p> <p>スクリーン</p> <p>1次冷却材</p> <p>内部スプレイポンプへ 余熱除去ポンプへ</p>	<p>平面図</p> <p>断面図</p> <p>スクリーン</p> <p>1次冷却材</p> <p>内部スプレイポンプへ 余熱除去ポンプへ</p> <p>*: 新型スクリーンは複数のモジュールで構成されている</p>
スクリーンの概要	<p>スクリーンの写真</p> <p>下から見た写真</p> <p>スクリーン</p>	<p>スクリーンの写真</p> <p>ヘッドカバー</p> <p>ろ過穴</p> <p>スクリーン拡大図</p> <p>約2.5cm 約1.4cm</p> <p>多孔板 (ディスク)</p> <p>約35cm 約260cm</p> <p>コアチューブ</p> <p>【モジュール1基の大きさ】 大きさ: 高さ約2.7m、幅約1m、奥行き約1m 多孔板62枚、多孔板1枚の面積約1.3m²</p>
ろ過穴	(縦) 約5mm × (横) 約5mm	(直径) 約1.7mm
全体の表面積	約14.7m ²	約578m 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、加圧器サージ管台について、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。

系統概要図



取替概要図

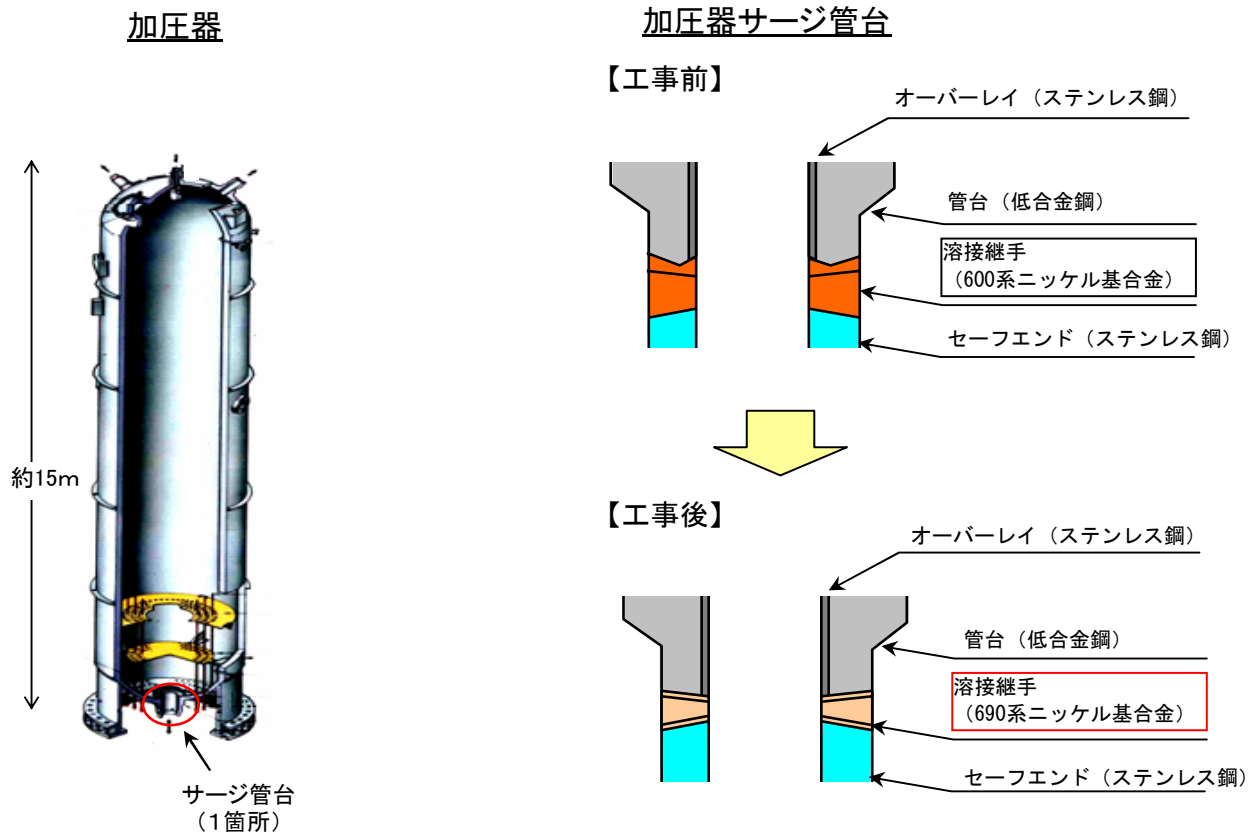
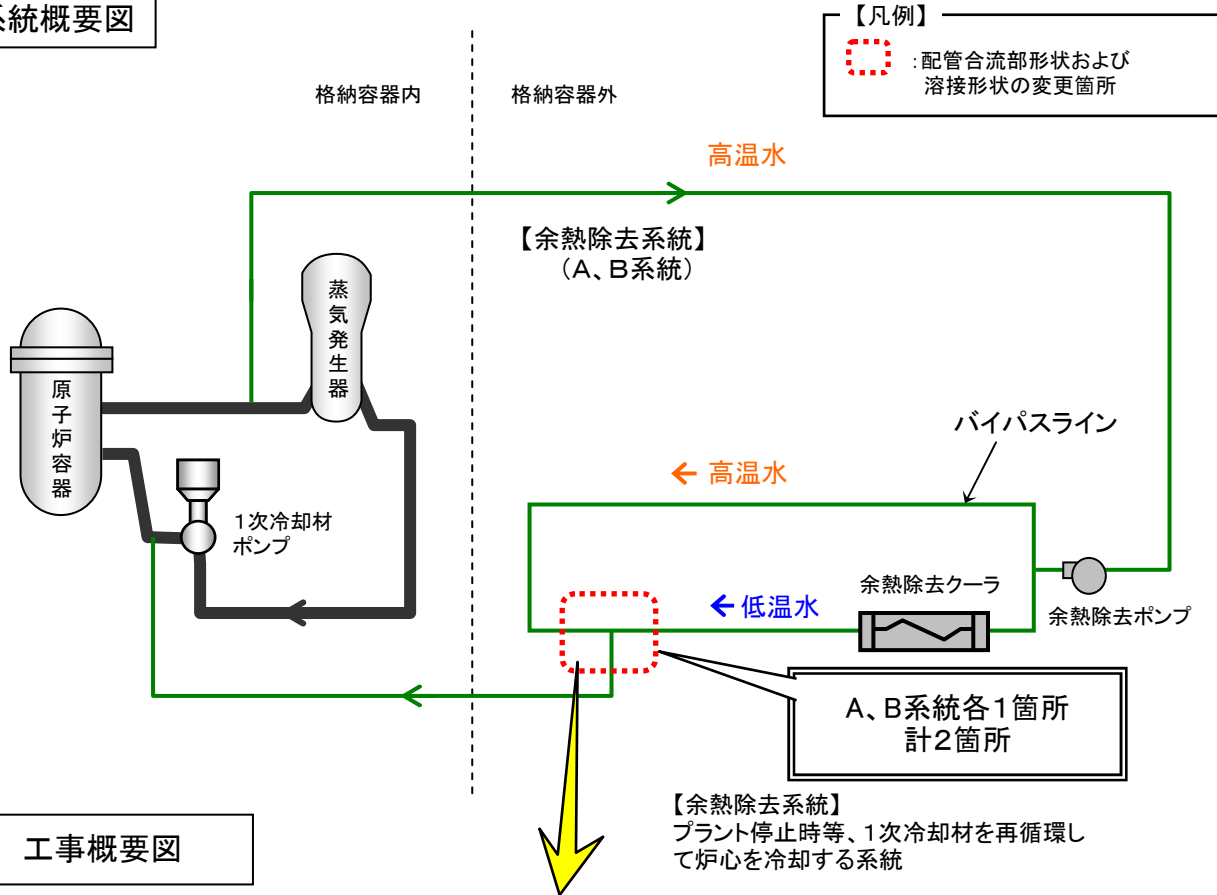


図-5 高サイクル熱疲労割れに係る対策工事

工事概要

国内外PWRプラントにおける高サイクル熱疲労割れ(温度ゆらぎによる熱疲労)を踏まえ、AおよびB余熱除去クーラバイパスライン合流部の配管2箇所について、温度ゆらぎを抑制するため、配管ルートを変更するとともに、応力集中が小さい溶接形状に変更した。

系統概要図



工事概要図

	工事前	工事後
合流部形状	<p>バイパスライン (高温水)</p> <p>1次冷却材系統 配管低温側へ</p> <p>出口ライン (低温水)</p>	<p>1次冷却材系統 配管低温側へ</p> <p>出口ライン (低温水)</p> <p>バイパスライン (高温水)</p>
溶接形状・材料	<p>配管外面</p> <p>配管内面</p> <p>溶接裏波</p>	<p>配管外面</p> <p>配管内面</p>

バイパス側の配管を小さくし、高温水と低温水の衝突型から合流型に変更することにより、温度ゆらぎの影響を少なくする。


・溶接裏波を取り除き、応力集中を小さくする。
 ・開先形状(狭開先)を変更することにより、溶接残留応力を低減する。

図-6 燃料取換クレーン取替工事

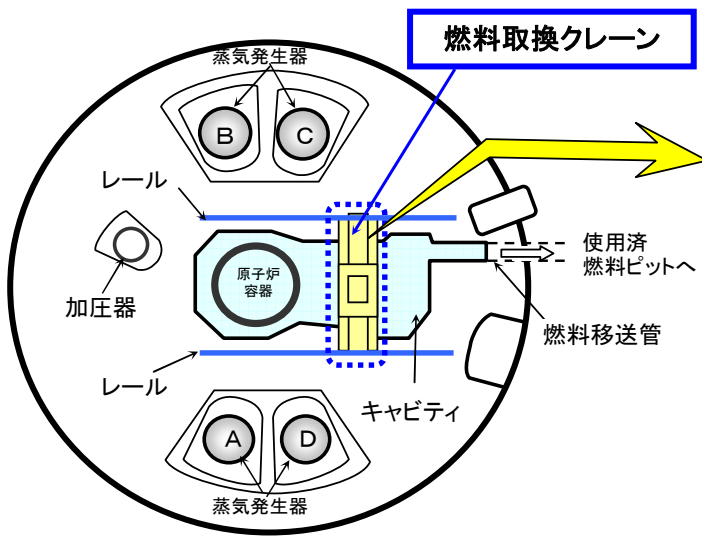
工事概要

燃料取扱作業の作業性向上の観点から、海外製の燃料取換クレーンを国産の燃料取換クレーンに取り替えた。

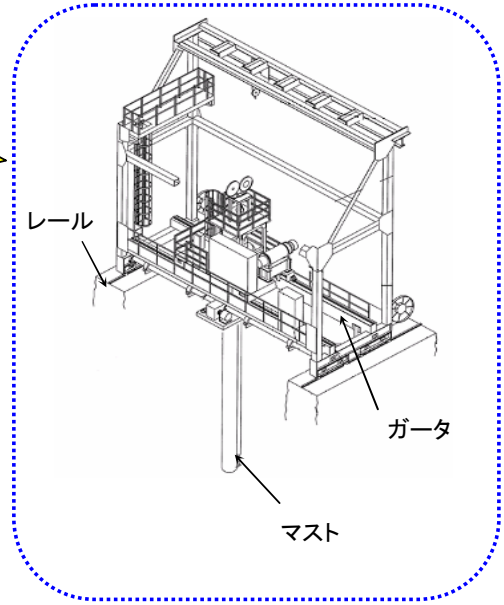
燃料取換クレーン概要図

【凡例】
 : 取替範囲

原子炉格納容器平面図



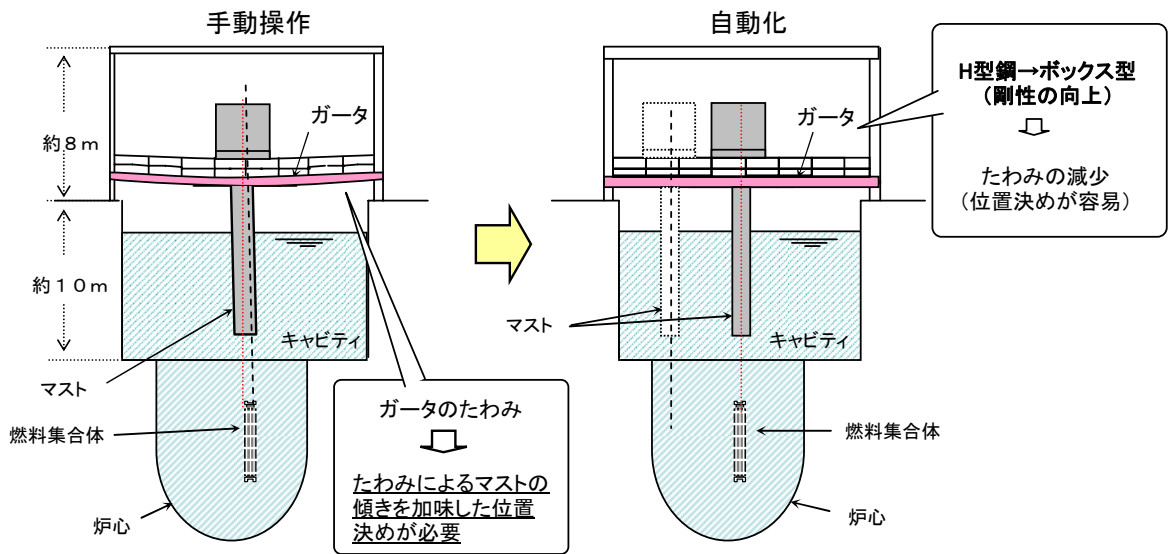
燃料取換クレーン鳥瞰図



取替概要図

【工事前(海外製)】

【工事後(国産)】



ガータ剛性の向上および操作の自動化により、クレーンの位置決めを容易にする。

図-7 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、電子部品と電子回路の一部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

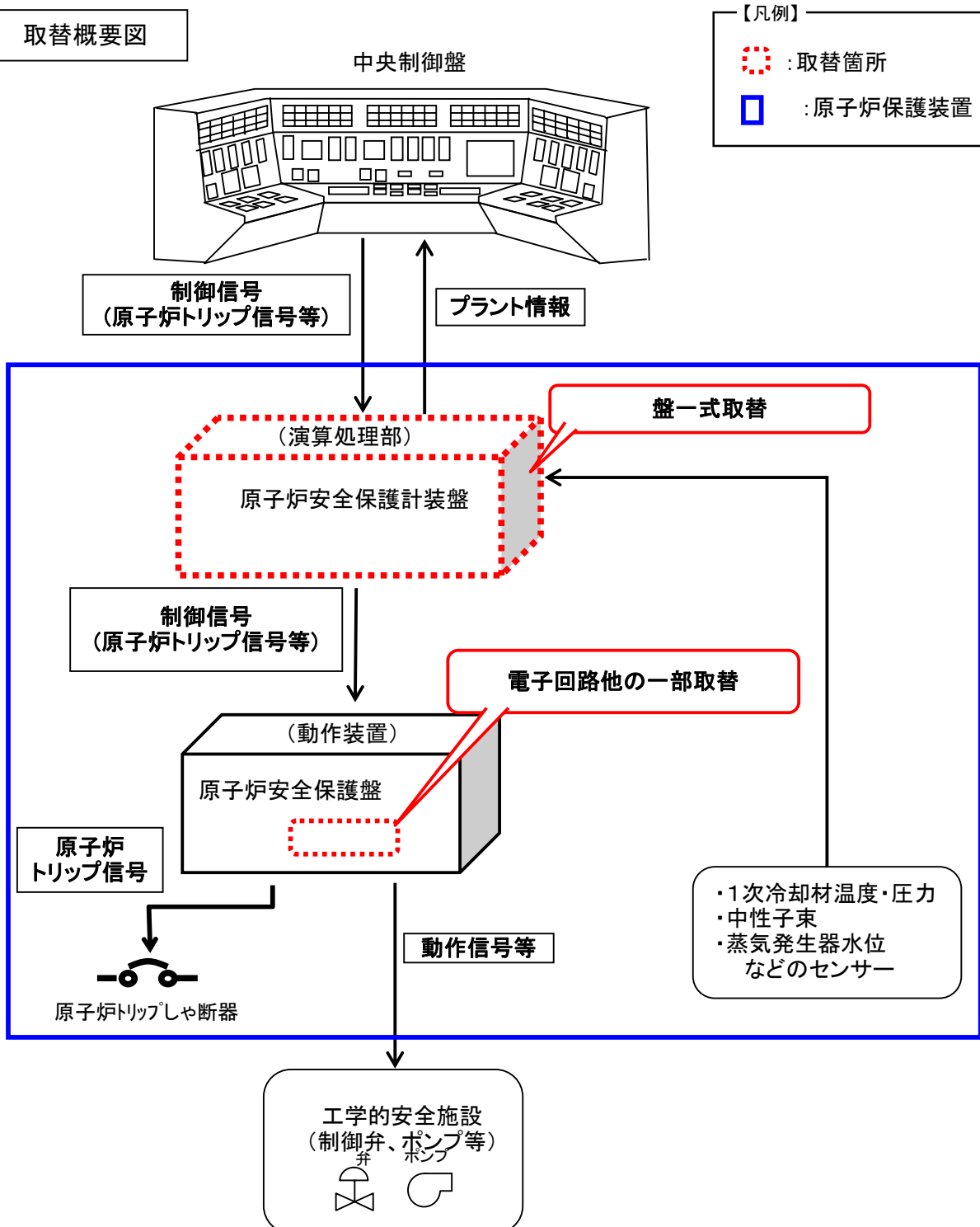


図-8 2次系配管の点検等

点検概要

今定期検査において、合計1,476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):1,430箇所、目視検査:46箇所>

○2次系配管肉厚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	今回点検実施部位
主要点検部位	1,561	592
その他部位	1,886	838
合計	3,447	1,430

○2次系配管肉厚の管理指針に基づく内面目視点検
 高圧排気管の直管部46箇所について、配管内面から目視点検を実施した。

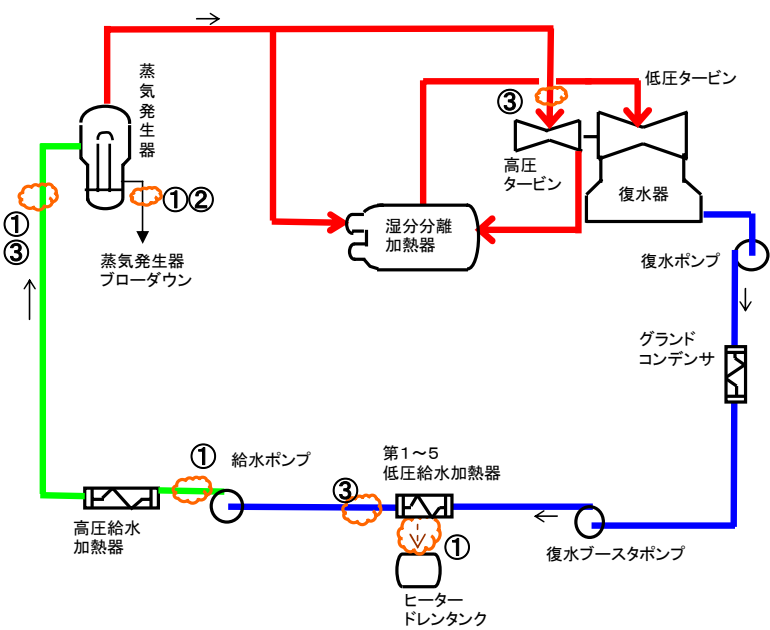
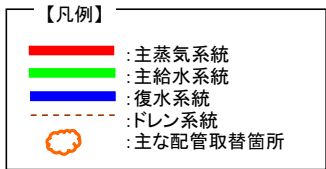
(結果)

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

過去の点検結果で減肉が確認された部位23箇所、配管取替え時の作業性を考慮した部位56箇所、今後の保守作業を考慮した部位44箇所、合計123箇所を耐食性に優れたステンレス鋼もしくは低合金鋼の配管に取り替えた。

系統別概略図



【取替理由】

- ① 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た箇所 (23箇所)
 - ・必要最小厚さとなるまでの期間が10年未満の箇所
 - 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 15箇所
 - 炭素鋼 ⇒ 低合金鋼 1箇所
 - ・必要最小厚さとなるまでの期間が10年以上の箇所
 - 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 3箇所
 - 炭素鋼 ⇒ 低合金鋼 4箇所
- ② 配管取替の作業性^{*1}を考慮して取替えた箇所 (56箇所)
 - 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 56箇所
- ③ 配管の保守性^{*2}を考慮して取り替えた箇所 (44箇所)
 - 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 12箇所
 - 炭素鋼 ⇒ 低合金鋼 32箇所

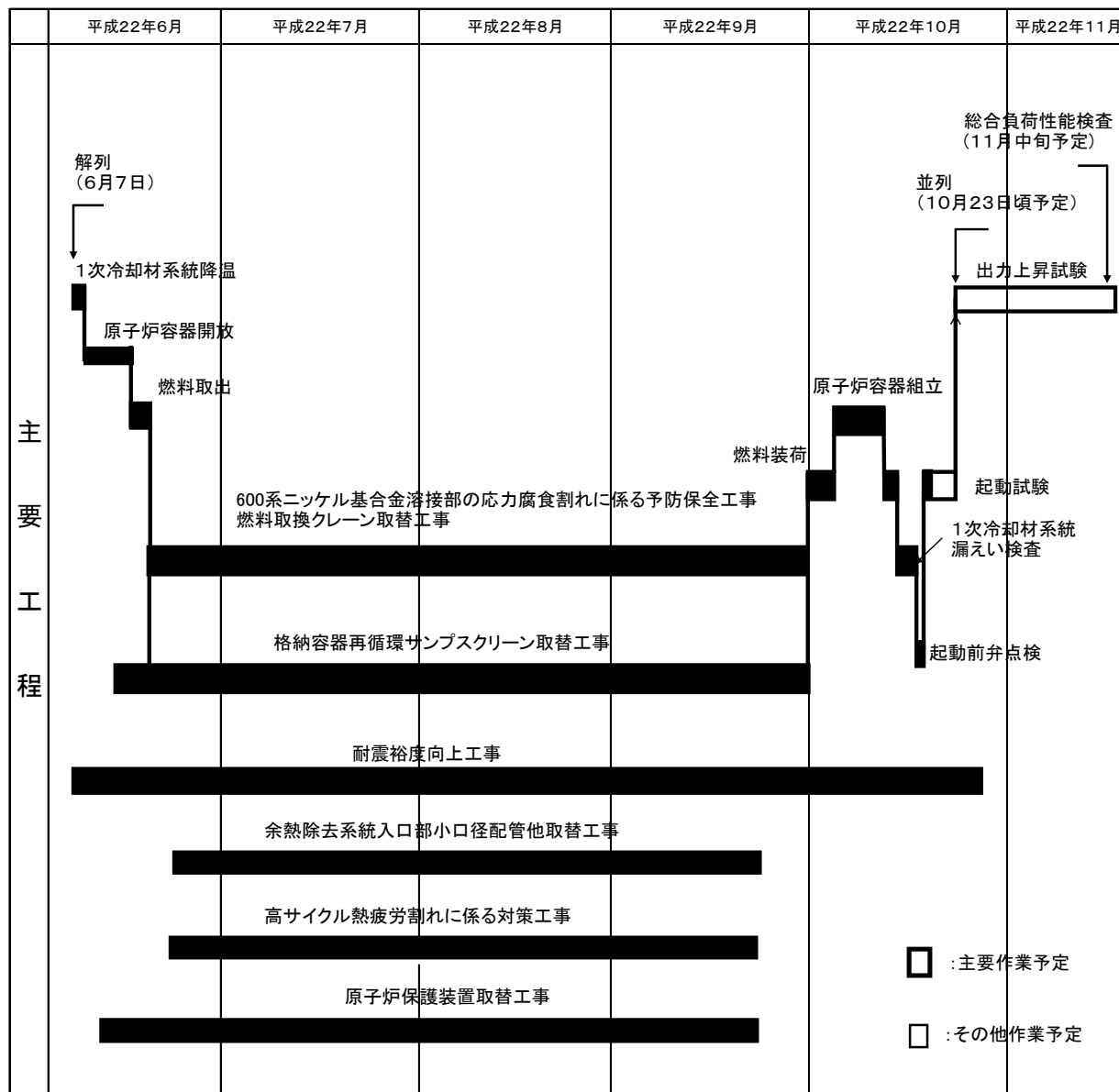
合計123箇所

*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替える。
 *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る。

大飯発電所2号機 第23回定期検査の作業工程

平成22年6月7日から、以下の作業工程にて実施している。

(平成22年10月20日現在)



黒塗りは実績を表す。

(参考) 高経年化対策として実施する主な作業

加圧器サージ用管台取替工事

600系ニッケル基合金溶接部の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。