

## 高浜発電所3号機の原子炉起動と調整運転の開始について (第19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

高浜発電所3号機（加圧水型軽水炉；定格電気出力87.0万kW）は、平成21年5月24日から第19回定期検査を実施しているが、8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、8月25日頃\*に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、9月中旬には経済産業省の最終試験を受けて本格運転を再開する予定である。

※ タービンバランスング作業（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、タービン車軸にバランスウエイトを取り付け、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、調整運転開始日が前後する。

### 1 主要工事等

#### (1) 低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の翼取付部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、低圧タービン（3基）について、材料強度の変更、全一体ロータ構造および最新の翼形状などを採用した低圧タービンに取り替えた。

※ 今回の取り替えに伴い、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1.5～3.0%)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、余熱除去系統や主蒸気系統などの配管、伝送器の支持構造物を強化した。

(3) 原子炉冷却系統設備小口径配管他取替工事 (図－3 参照)

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）の溶接部について、計画的に対策工事\*を実施しており、今定期検査では、余熱除去系統の低温側安全注入ラインの配管溶接部1箇所を耐食性に優れた材料に変更した。また、取替作業時の作業性を考慮し、対象となる溶接部周辺の弁および配管の一部についても取り替えた。

※ 応力集中が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

(4) 高サイクル熱疲労割れに係る対策工事 (図－4 参照)

国内外PWRプラントにおける高サイクル熱疲労割れ事象（温度揺らぎによる熱疲労）を踏まえ、対策工事を実施した。

余熱除去系統入口配管と出口配管の2箇所において、熱疲労を抑制するため配管ルートを変更した。

2系列ある充てん配管のうち、熱疲労が発生しやすい、使用していない系列の充てん配管、隔離弁等を撤去した。

(5) 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－5 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、スプレイ弁管台の溶接部を、600系ニッケル基合金から耐食性に優れた690系ニッケル基合金に取り替えた。

※ 高浜3号機の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対策は、蒸気発生器管台や原子炉容器管台などで実施済みであり、今回の予防保全工事で全て完了した。

(6) 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。

## 2 設備の保全対策

(1) 格納容器ガスモニタ取替工事

格納容器内の空気の放射性ガス濃度を計測している格納容器ガスモニタについて、伝送装置が製造中止となったことから、今後の保守性を考慮して、現在の電離箱式\*1から同等の性能を有するプラスチックシンチレーション式\*2に取り替えた。

※1 放射線により電離箱内の格納容器内にあった空気（サンプルガス）が電子とイオンに電離し、それぞれプラスの電極、マイナスの電極に集まる。各電極の電子、イオンが電離電流として、監視盤へ送信される。

※2 放射線が容器（プラスチックシンチレータ）内に入射すると微弱な光を発する。発生した光を増加させるとともに、電気信号に変換し、監視盤へ送信される。

(2) 2次系配管の点検等

(図－6参照)

- ①関西電力株の定めた「2次系配管肉厚の管理指針」に基づき、2次系配管 660 箇所について超音波検査（肉厚測定）を行った結果、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。
- ②今定期検査時に計画していた65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、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

3台ある蒸気発生器の伝熱管全数（既施栓管を除く9,786本）について、渦流探傷検査を実施し、異常がないことを確認した。

4 燃料取替計画

燃料集合体全数 157 体のうち、77 体（うち56体は新燃料集合体）を取り替えた。

燃料集合体の外観検査（6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22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

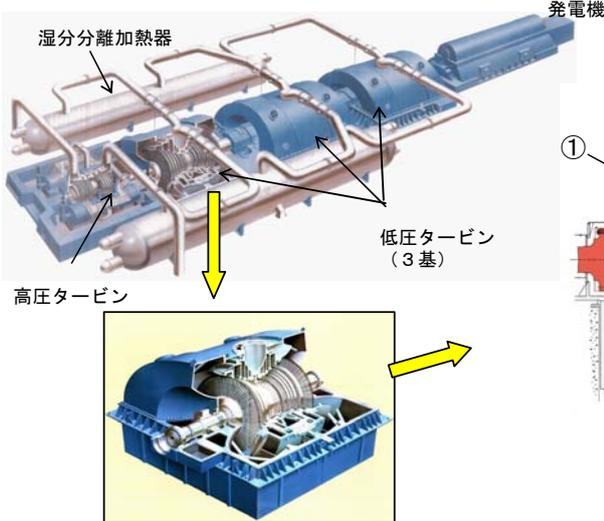
## 工事概要

国外で発生した低圧タービン円板の翼取付部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、低圧タービン（3基）について、材料強度の変更、全一体ロータ構造および最新の翼形状などを採用した低圧タービンに取り替えた。

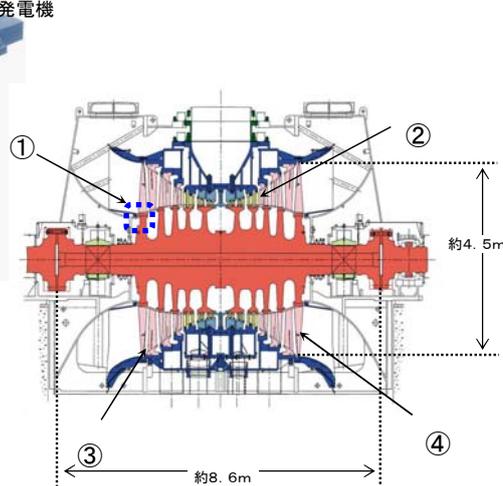
\* : 今回の取り替えに伴い、タービン性能が向上することにより、定格熱出力一定運転において電気出力が(約1.5~3.0%)上昇する。

## 低圧タービン取替概要図

【タービン発電機全体図】



【低圧タービン断面図】

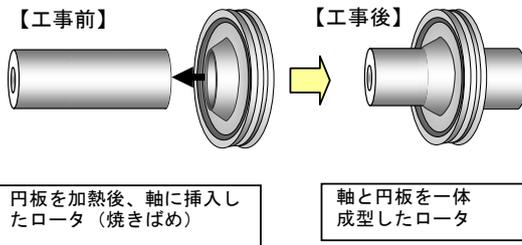


○ : 円板翼溝部

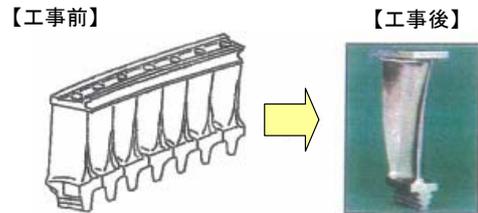
### 主要取替部品

- . . . 低圧ロータ
- . . . 内部車室
- . . . 最終翼群
- . . . 上流段翼
- . . . 翼環

- ① 全一体ロータの採用 (応力腐食割れ予防保全対策)
- ・ 応力腐食割れ感受性が低い低強度材 (降伏応力の低い材料) を使用した全一体ロータを採用



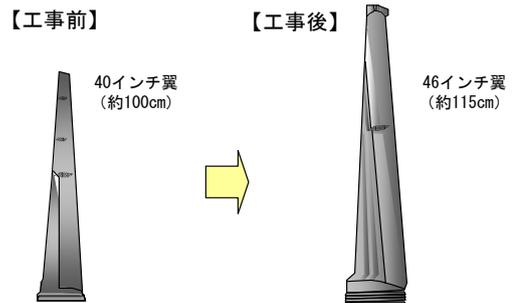
- ② 完全3次元流体設計翼の採用 (効率向上)
- ・ 従来の平行翼から3次元形状とすることにより、翼を通過する蒸気の流れにより発生する損失を低減



- ③ ISB翼の採用 (信頼性向上)
- ・ 遠心力による翼の振り戻りを利用してかみ合わせた全周綴り構造の採用により、振動応力を低減 (ISB: Integral Shroud Blade)



- ④ 最終翼の長大化 (信頼性/効率向上)
- ・ 最終段動翼を長大化し、蒸気流速を減速させることで、翼振動応力を低減
  - ・ 最終段動翼を長大化し、排気損失を低減



取替タービンの製作にあたっては、敦賀2号機の高圧タービン蒸気漏れ事象を踏まえ、製作メーカーに対し熱処理を要する溶接について、溶接記録、非破壊検査記録の確認を行うとともに、溶接に特化した品質調査を行い溶接熱処理や溶接施工に関する品質保証体制に問題がないことを確認している。

# 図-2 耐震裕度向上工事

## 工事概要

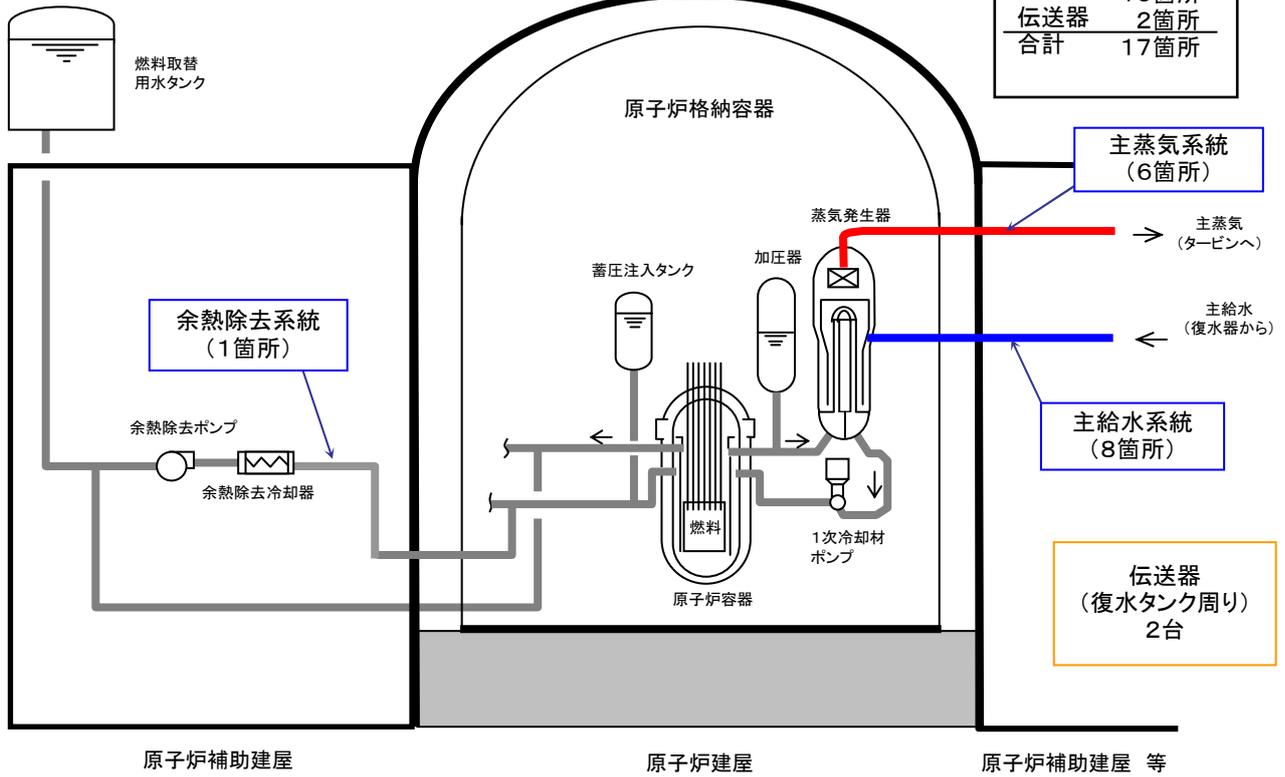
既設設備の耐震性を一層向上させるため、余熱除去システムや主蒸気システムなどの配管、伝送器の支持構造物を強化した。

## 支持構造物を補強する系統概要図

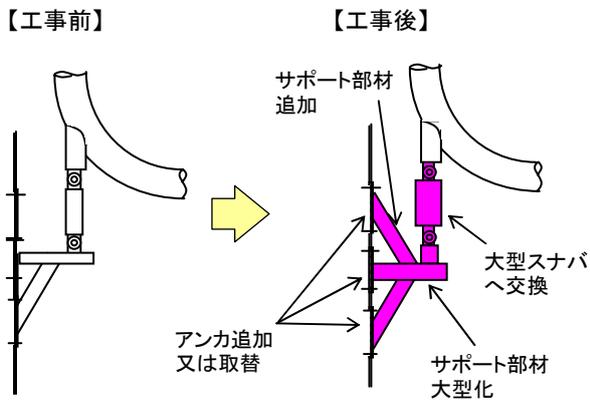
**凡例**

- 1次系
- 主蒸気系統(2次系)
- 主給水系統(2次系)

工事実施箇所数	
＜支持構造物＞	
配管	15箇所
伝送器	2箇所
合計	17箇所

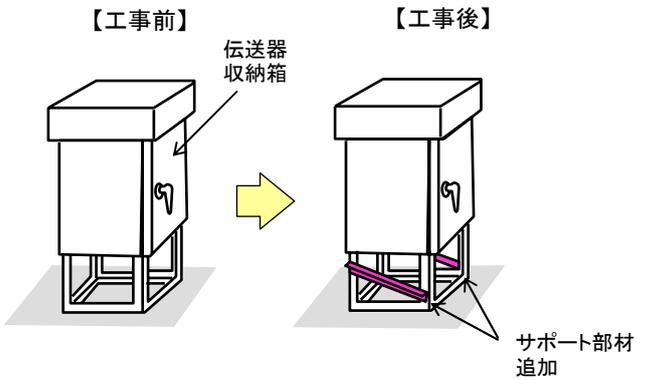


## 配管の支持部の強化例(イメージ)



**【スナバ】**  
配管の熱による伸びなどゆっくりとした変化には追従するが、地震等の激しい動きに対し、配管を固定する機能を持つ

## 伝送器支持構造物の強化例(イメージ)



**【伝送器】**  
水位、流量の値を電気信号に変えて、指示計や警報装置に送る機器

# 図-3 原子炉冷却系統設備小口径配管他取替工事

## 工事概要

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)の溶接部について、計画的に対策工事\*を実施しており、今定期検査では、余熱除去系統の低温側安全注入ラインの配管溶接部1箇所を耐食性に優れた材料に変更した。  
 また、取替作業時の作業性を考慮し、対象となる溶接部周辺の弁および配管の一部についても取り替えた。  
 \* : 応力集中が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

## 工事概要図

### 【取替箇所】

系統名	対象箇所	箇所数
余熱除去系統	低温側安全注入ライン	1

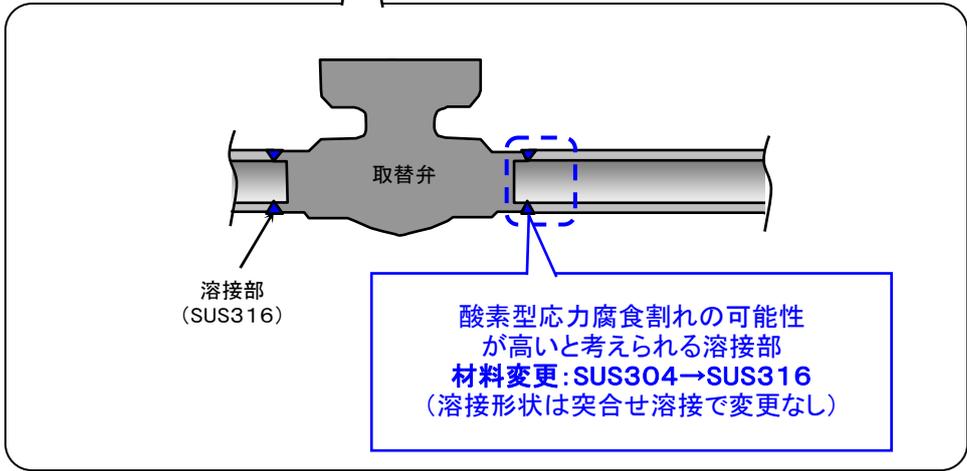
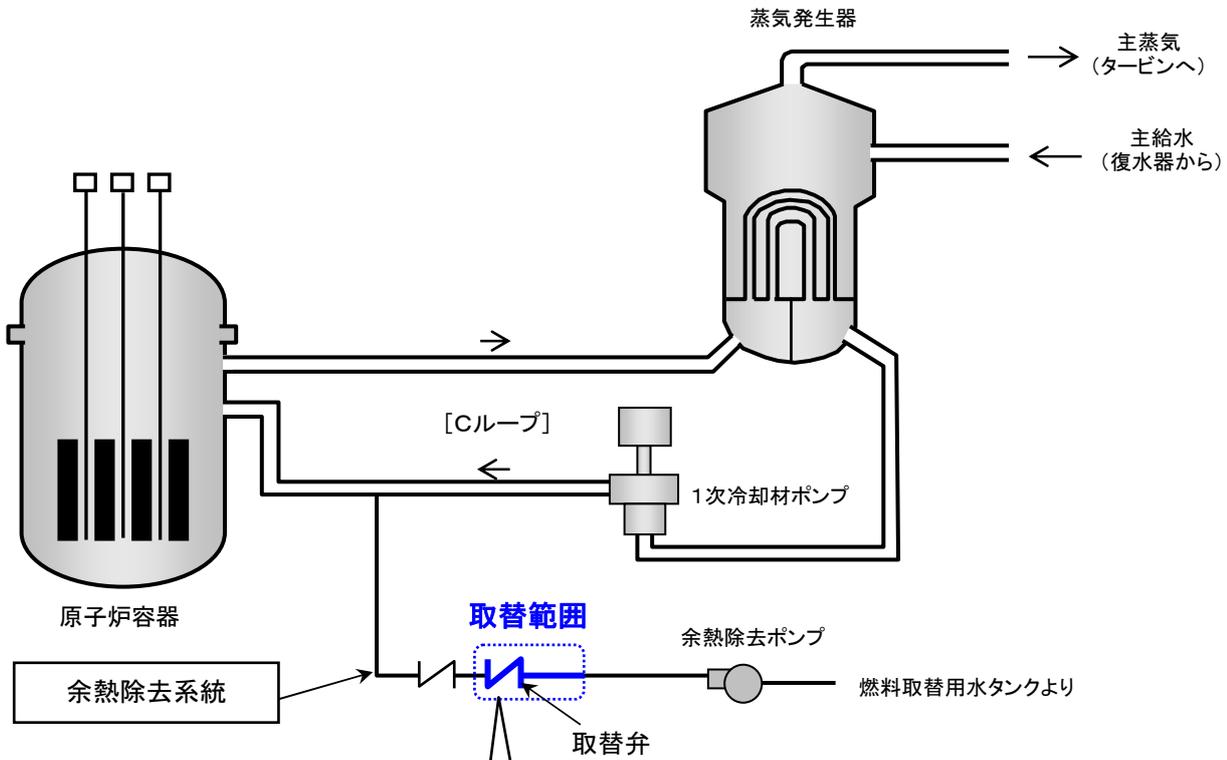
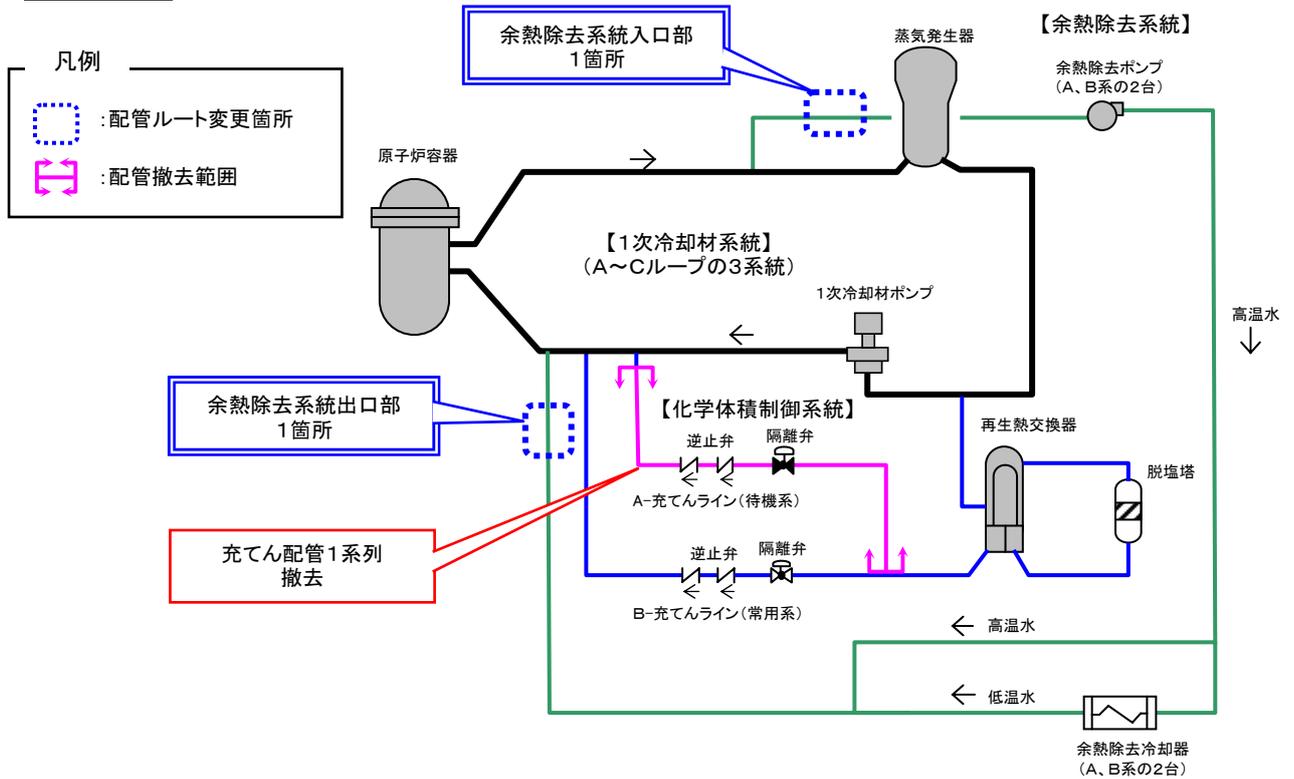


図-4 高サイクル熱疲労割れに係る対策工事

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事象(温度揺らぎによる熱疲労)を踏まえ、次の対策工事を実施した。  
 余熱除去システム入口配管と出口部配管の2箇所において、熱疲労を抑制するため配管ルートを変更した。  
 また、2系列ある充てん配管のうち、熱疲労が発生しやすい、使用していない系列の充てん配管、隔離弁などを撤去した。

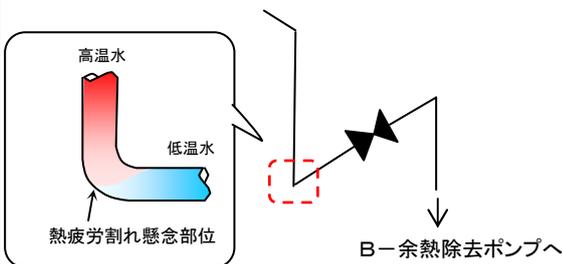
系統概要図



配管ルートを変更する箇所

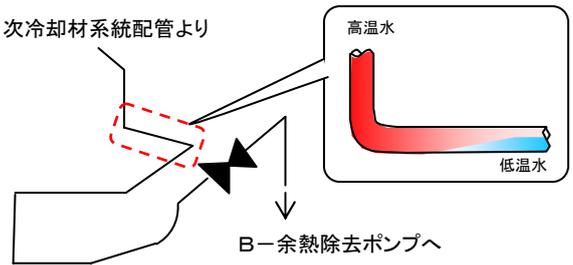
【工事前】

B-1次冷却材系統配管より



【工事後】

B-1次冷却材系統配管より



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する。

使用していない充てん配管1系列(撤去)



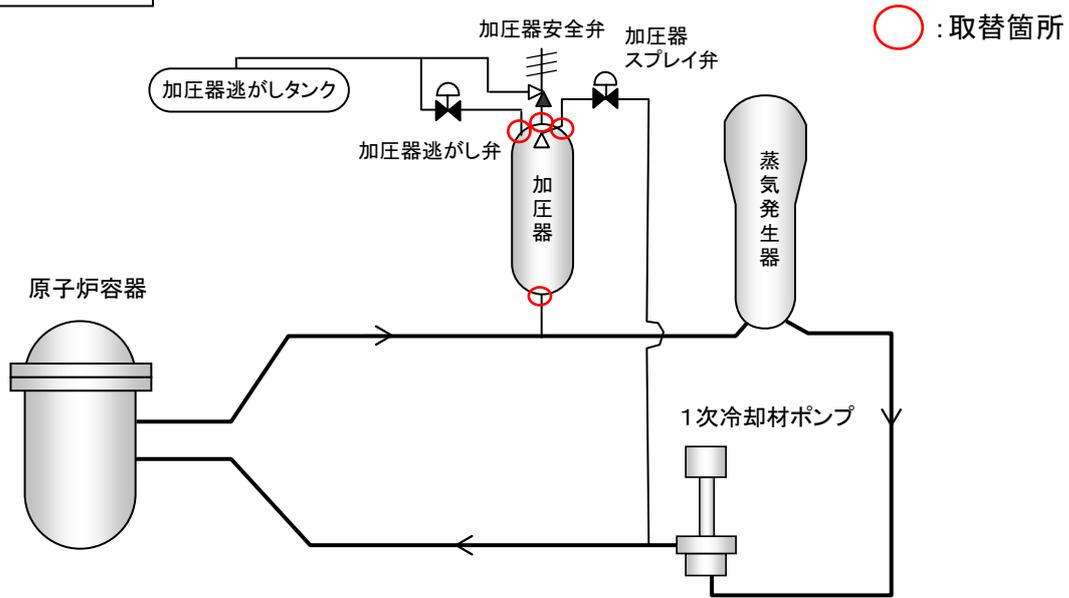
図-5 600系ニッケル基合金溶接部の応力腐食割れに係る予防保全工事

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、スプレイ弁管台の溶接部を、600系ニッケル基合金から耐食性に優れた690系ニッケル基合金に取り替えた。

\* : 高浜3号機の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対策は、蒸気発生器管台や原子炉容器管台などで実施済みであり、今回の加圧器関係管台の予防保全工事で全て完了した。

系統概要図



加圧器管台取替概要

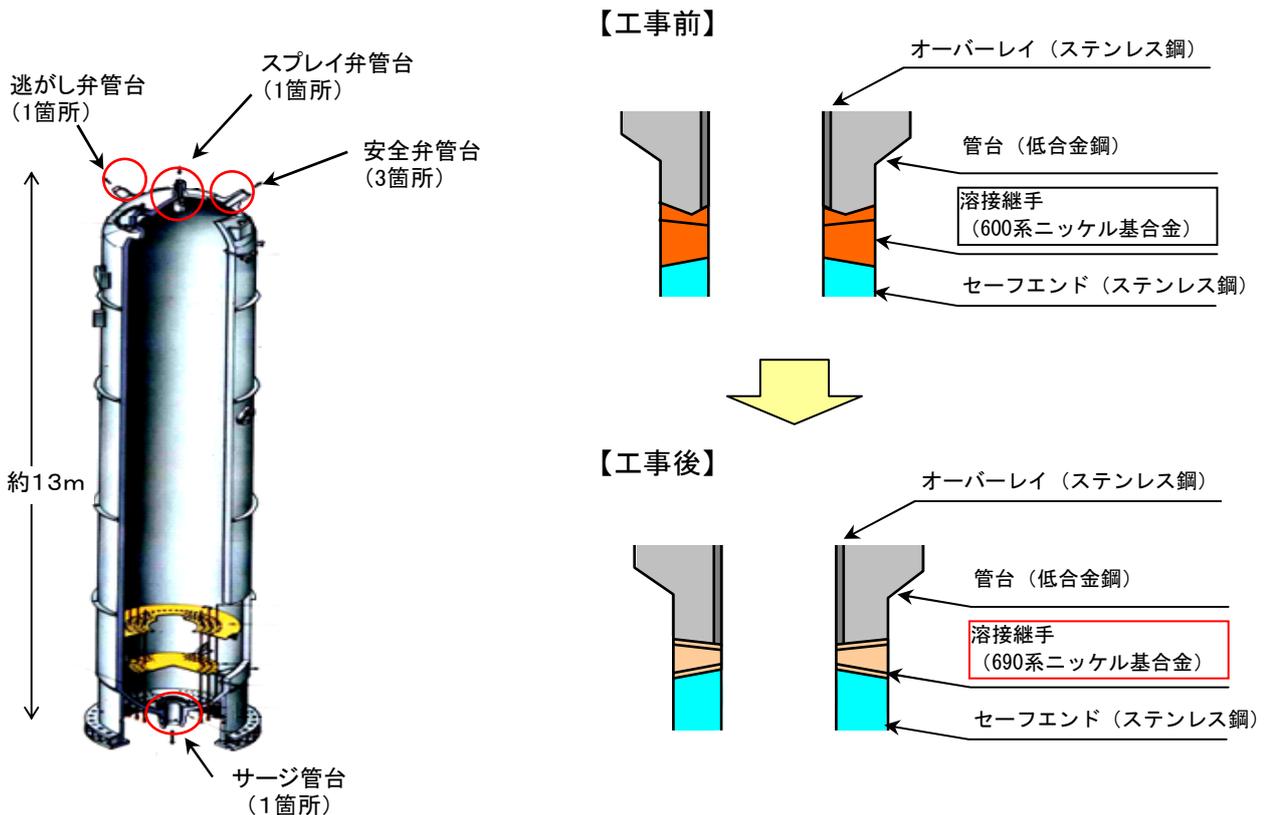


図-6 2次系配管の点検等

点検概要

今定期検査において、660箇所について超音波検査(肉厚測定)を実施した。

○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	今回点検開始時点での点検未実施部位	今回点検実施部位
主要点検部位	1,452	0	161
その他部位	1,180	0	499
合計	2,632	0	660

(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。

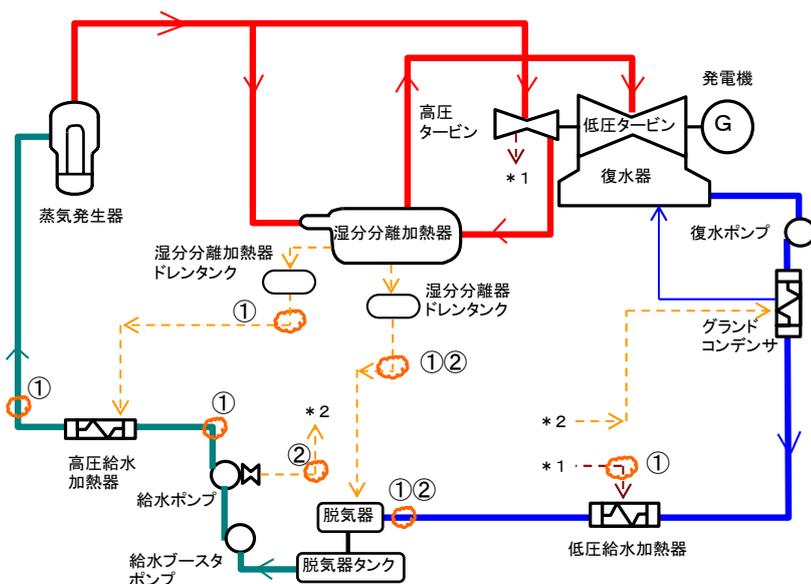
取替概要

○過去の点検において減肉が確認された部位15箇所、保守性を考慮した部位50箇所、合計65箇所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。

系統別概要図

 : 主な配管取替箇所

復水系統		主給水系統		主蒸気系統	
抽気系統		ドレン系統			



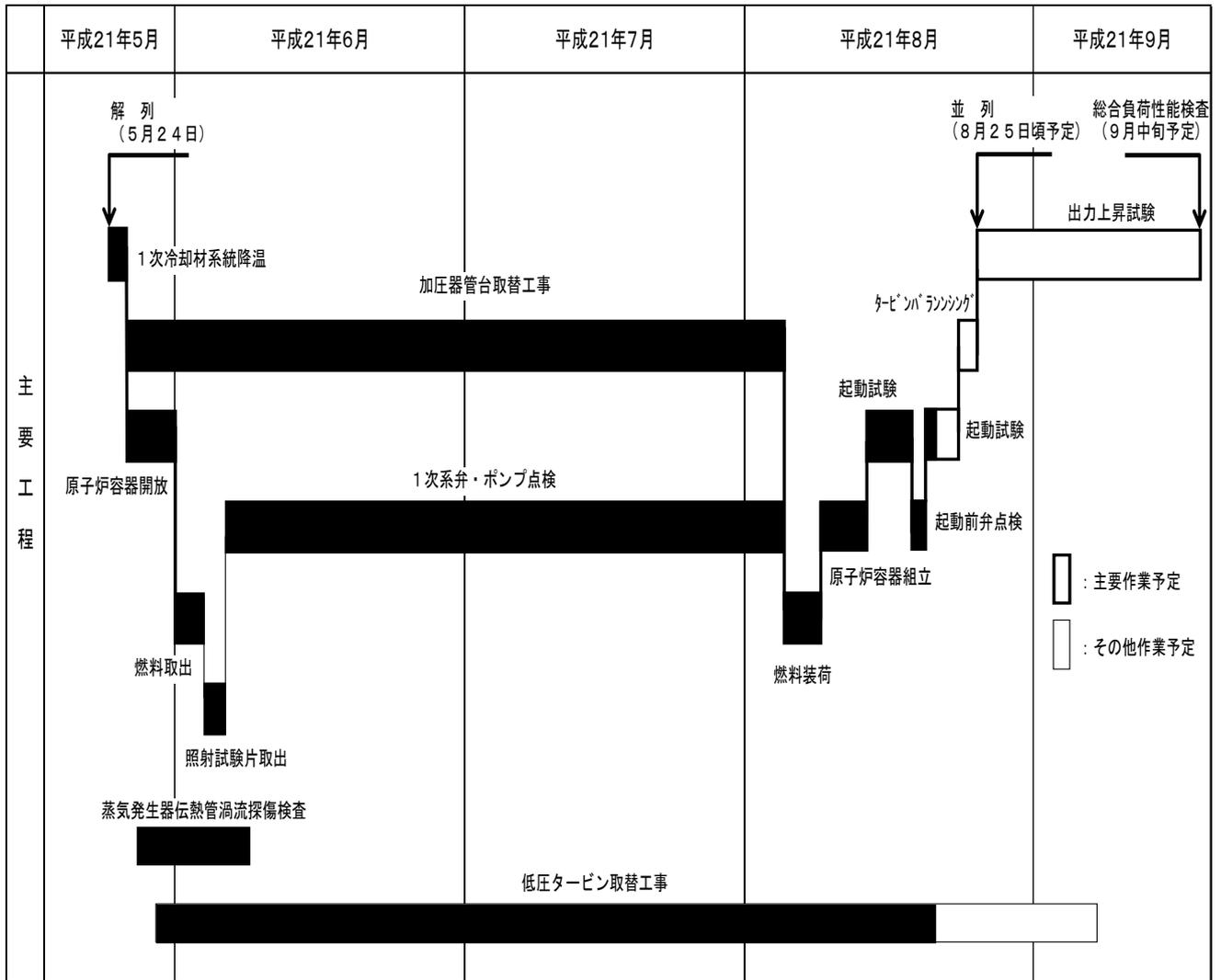
- 【取替理由】
- ① 過去の点検結果で減肉が認められているため計画的に取り替えた箇所 (15箇所)
    - ・必要最小厚さとなるまでの期間が5年未満の箇所  
炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 7箇所
    - ・必要最小厚さとなるまでの期間が5年以上の箇所  
炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 8箇所
  - ② 配管の保守性\*を考慮して取り替えた箇所 (50箇所)
    - 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 15箇所
    - 炭素鋼 ⇒ 低合金鋼 35箇所
- 合計65箇所

\* 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。

## 高浜発電所3号機 第19回定期検査の作業工程

平成21年5月24日から以下の作業工程にて実施しています。

(平成21年8月20日現在)



注：黒塗りは実績を示す

以 上