

## 高浜発電所2号機の原子炉起動と調整運転の開始について (第25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2号機（加圧水型軽水炉；定格電気出力82.6万kW）は、平成21年2月25日から第25回定期検査を実施しているが、5月8日に原子炉を起動し、翌9日に臨界となる予定である。

その後は諸試験を実施し、5月10日頃に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、6月上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。

#### 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、原子炉冷却系統や安全注入系統などの配管、アニュラス循環系統や補助建屋よう素除去排気系統などのダクト、復水タンクなどの機器の支持構造物を強化した。

##### (2) 原子炉冷却系統設備小口径配管他取替工事 (図-2参照)

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）の溶接部を、計画的に応力集中が小さい形状に変更しており、今定期検査では、安全注入系統の配管溶接部21箇所について溶接形状を変更した。

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。

- (3) 高サイクル熱疲労割れに係る対策工事 (図－3 参照)  
国内外PWRプラントにおける高サイクル熱疲労割れ（温度揺らぎによる熱疲労）を踏まえ、AおよびB余熱除去冷却器バイパスライン合流部の配管2箇所について、温度揺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。

- (4) 1次冷却材ポンプ軸シール部改造工事 (図－4 参照)  
設備の信頼性を一層向上させる観点から、シールの摺動面で発生した摩耗粉がシールの動きを阻害することを防止するため、1次冷却材ポンプ3台のNo.3シール部に1次系純水を供給して摩耗粉を排出する系統を新たに設置した。

- (5) 亜鉛注入装置設置工事 (図－5 参照)  
作業員の被ばく低減を図るため、コバルト-60等の放射性物質が機器や配管内表面に付着することを抑制するため、1次冷却材中に亜鉛を注入する装置<sup>\*1</sup>を化学体積制御系統に設置した。

※1 1次冷却材中に放射化しにくい亜鉛を注入して、機器や配管内表面に皮膜を形成させることにより、コバルト-60等の放射性物質が機器・配管内表面へ付着することを抑制し、1次冷却材系配管等の線量を低減する。亜鉛注入は、国内プラントでの実績がある。

- (6) 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－6 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、600系ニッケル基合金が使用されている原子炉容器出入口管台溶接部について超音波探傷検査を、蒸気発生器出口管台溶接部については渦流探傷試験を実施した結果、異常は認められなかった。

また、予防保全対策として、蒸気発生器出口管台溶接部について、溶接部表面の残留応力を低減させるため、ショットピーニング工事<sup>\*2</sup>を施工した。

※2 金属表面の引張り残留応力を低減させる工法で、金属表面に微小な金属の玉を高速度で叩き付ける工法

## 2 設備の保全対策

- (1) 2次系配管の点検等 (図－7 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1,117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無かった。（超音波検査1,104箇所、内面目視点検4箇所、内面目視点検および超音波検査9箇所）

②過去の点検で減肉が確認された部位など32箇所を耐食性に優れたステンレス鋼や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3台のうち、B-蒸気発生器伝熱管全数(3,382本×1台、計3,382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157体のうち、73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(10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年度 夏頃

問い合わせ先(担当：神戸) 内線2354・直通0776(20)0314
--

# 図-1 耐震裕度向上工事

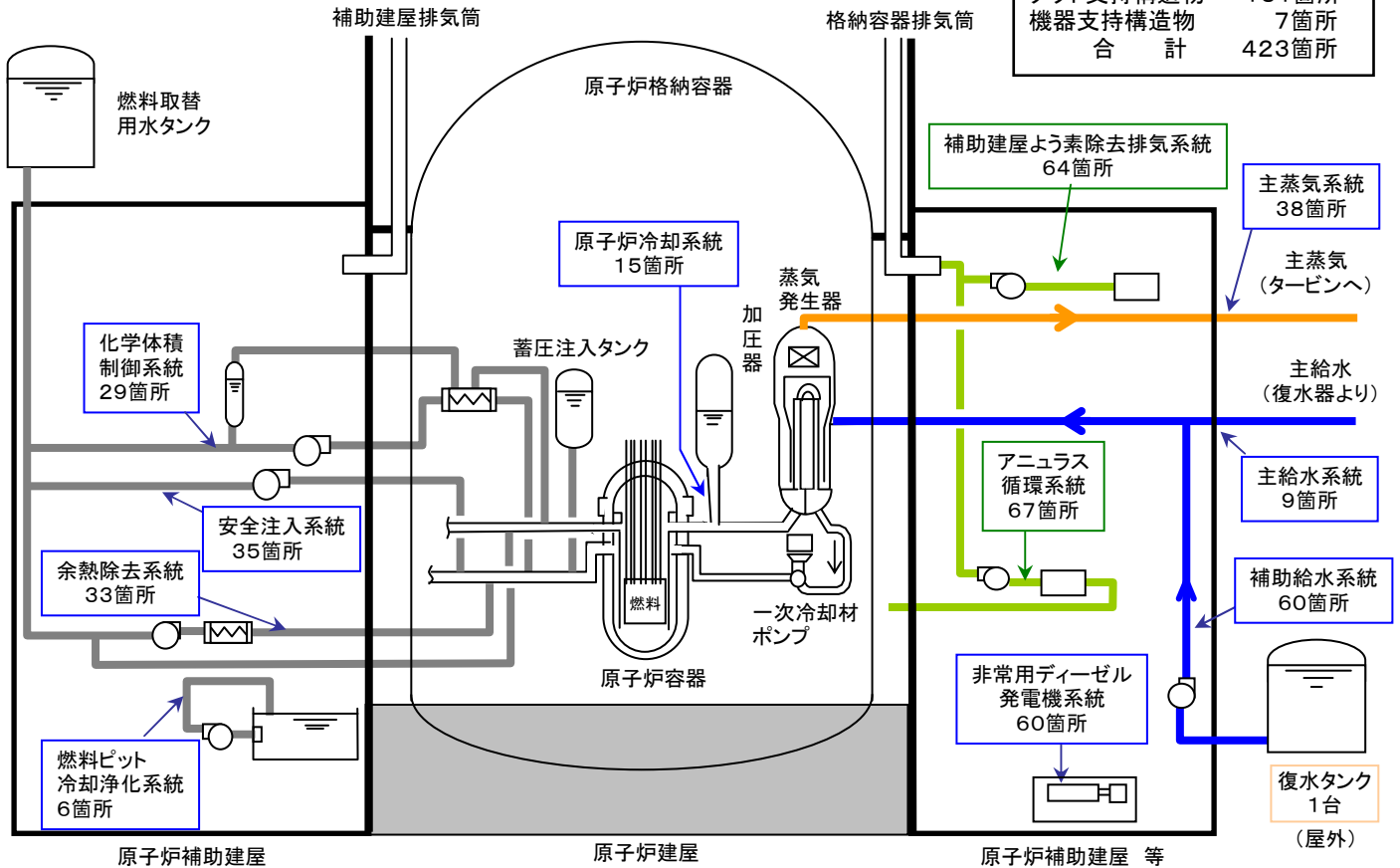
## 工事概要

既設設備の耐震性を一層向上させるため、原子炉冷却系統や安全注入系統などの配管、アニュラス循環系統や補助建屋よう素除去排気系統などのダクト、復水タンクなどの機器の支持構造物を強化した。

## 支持構造物を強化する系統概要図

### 工事実施箇所数

配管支持構造物	285箇所
ダクト支持構造物	131箇所
機器支持構造物	7箇所
合計	423箇所



### 凡例

- 1次系
- 主蒸気系統(2次系)
- 給水系統(2次系)
- 換気空調系

安全系機器用変圧器  
2台

(中間建屋内)

蓄電池  
2系列

(中間建屋内)

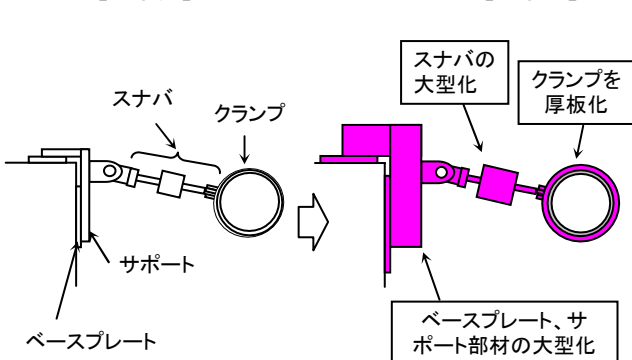
電気計装盤  
2面

(原子炉補助建屋内)

## 配管の支持部の強化例(イメージ)

【工事前】

【工事後】

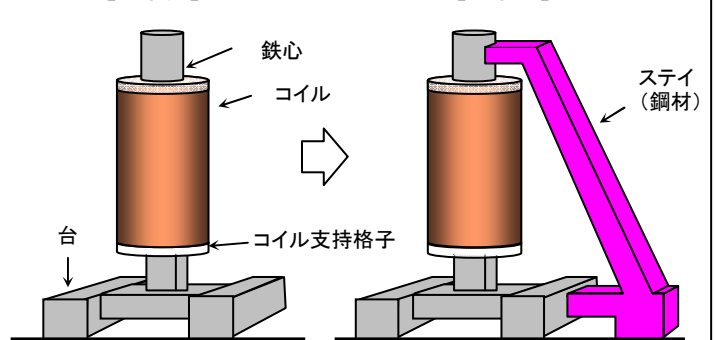


【スナバ】  
配管の熱による伸びなどのゆっくりとした動きには追従するが、地震等の激しい動きに対し、配管を固定する機能を持つ

## 安全系機器用変圧器の強化例(イメージ)

【工事前】

【工事後】



【安全系機器用変圧器】

所内交流電源の電圧を、高圧(6.6kV)から低圧(440V)へ下げ、安全系機器に電力を供給するための変圧器

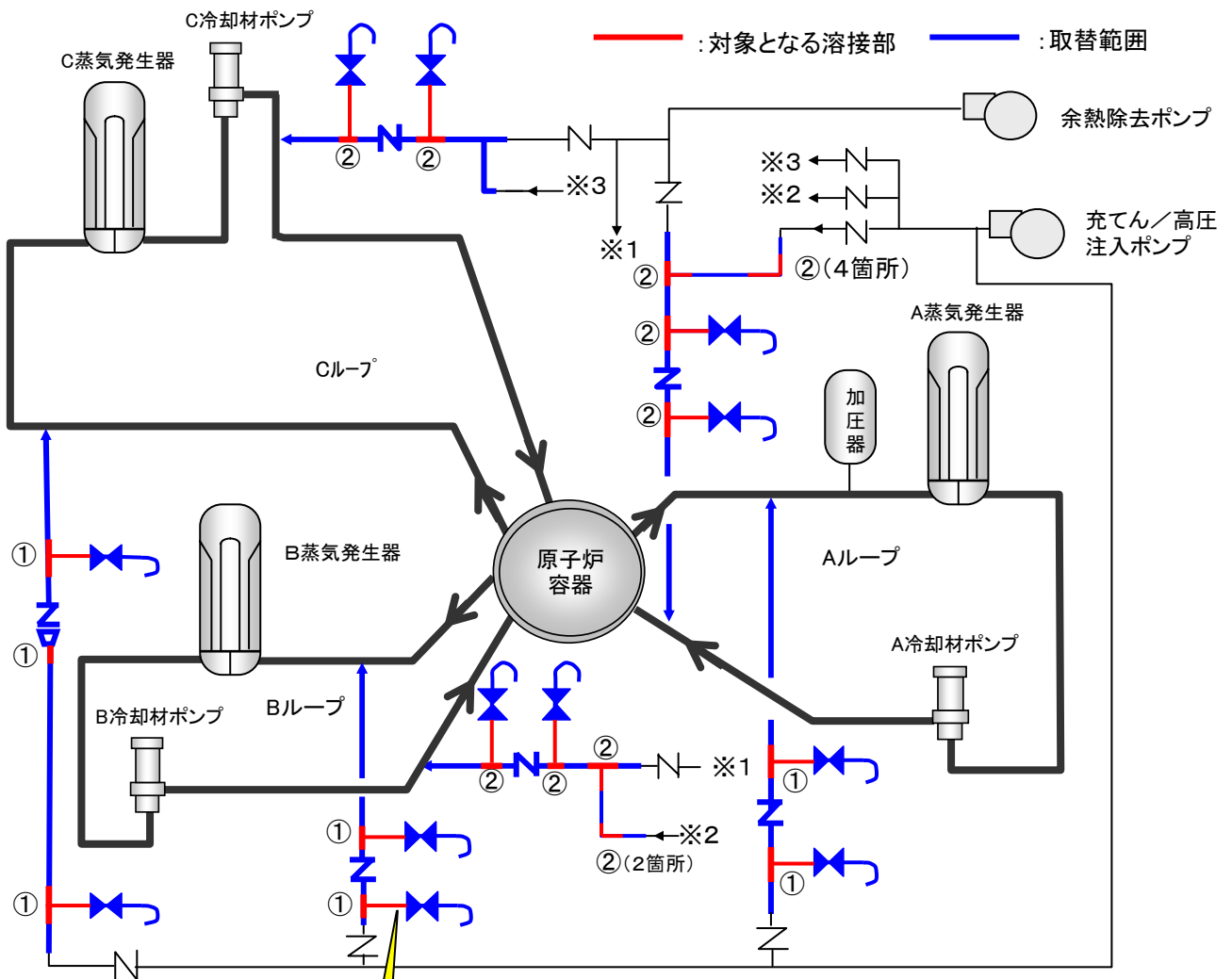
図-2 原子炉冷却系統設備小口径配管他取替工事

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)の溶接部を、計画的に応力集中が小さい形状に変更しており、今定期検査では、安全注入システムの配管溶接部21箇所について溶接形状を変更した。  
 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。

取替対象図

系統名	対象箇所数	図中番号	
安全注入系統	高温側安全注入ライン	7	①
	低温側安全注入ライン	14	②



溶接式継手の溶接方法の変更例(概略図)

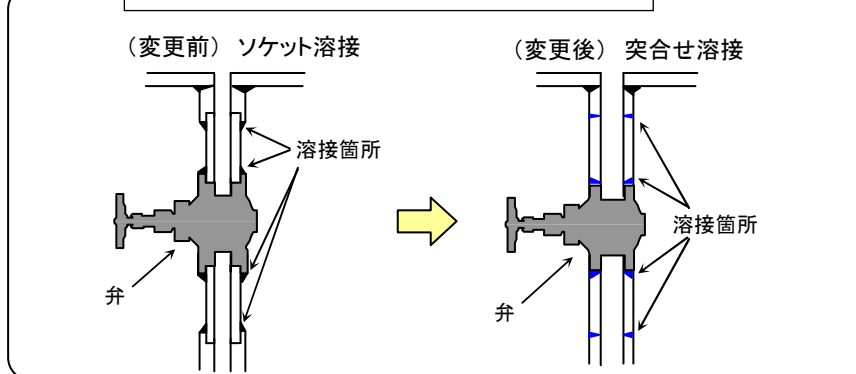
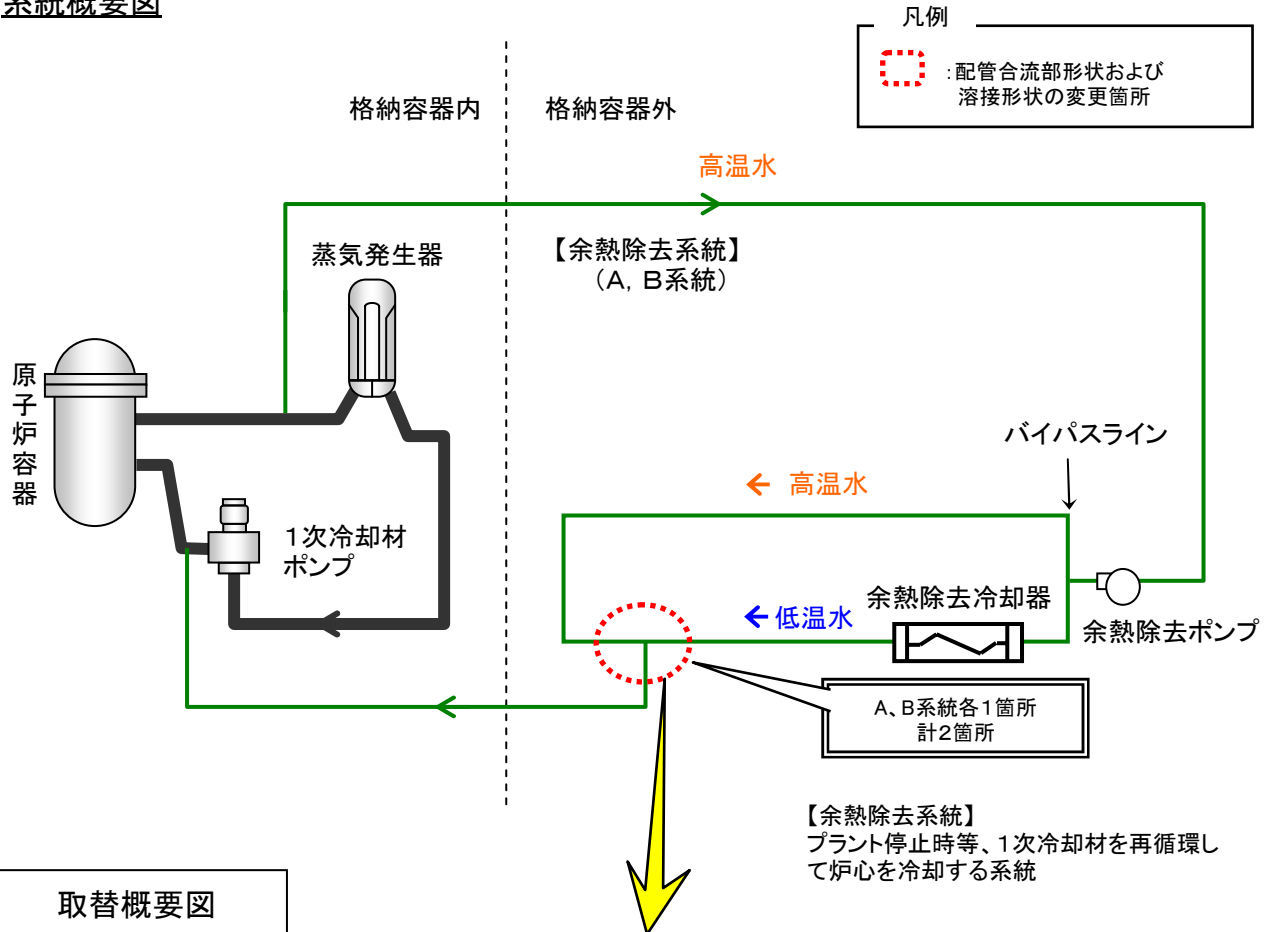


図-3 高サイクル熱疲労割れに係る対策工事

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(温度揺らぎによる熱疲労)を踏まえ、AおよびB余熱除去冷却器バイパスライン合流部の配管2箇所について、温度揺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



取替概要図

	現状	取替後
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 配管高温側へ</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	<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>

パ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。

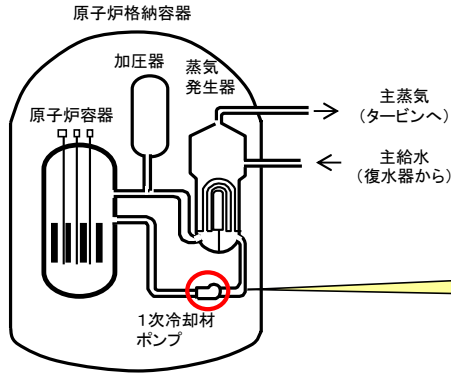
・溶接裏波を取り除き、応力集中を小さくする。  
・開先形状(狭開先)を変更することにより、溶接残留応力を低減する。

# 図-4 1次冷却材ポンプ軸シール部改造工事

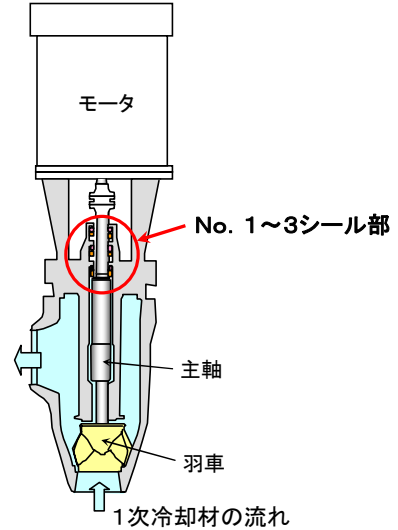
## 工事概要

設備の信頼性を一層向上させる観点から、シール部の摺動面で発生した摩耗粉がシールの動きを阻害することを防止するため、1次冷却材ポンプ3台のNo. 3シール部に1次系純水を供給して摩耗粉を排出するシステムを新たに設置した。

## 系統概略図

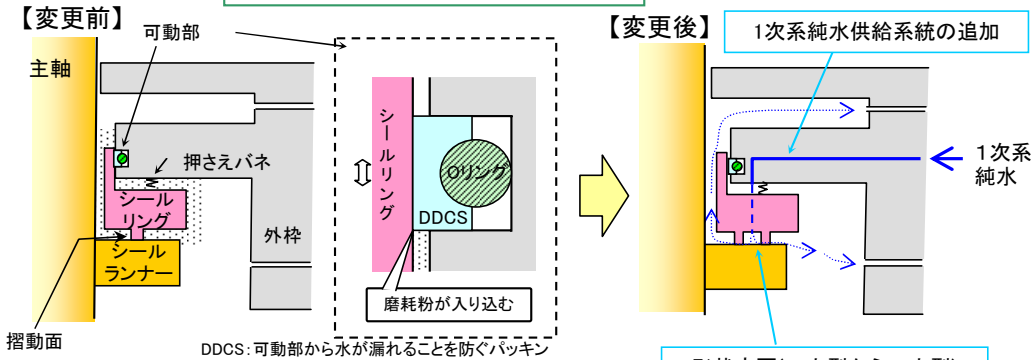


## 1次冷却材ポンプ概要図



## 工事内容概要図

### 軸シール部の変更内容



- ①シールランナーとシールリングが接触することにより、水が漏れ出ることを防止
- ②シールリングの磨耗粉が発生
- ③水の流れが僅かであるため、磨耗粉が滞留
- ④シールリングとDDCSの接触面に磨耗粉が入り込む
- ⑤シールリングの上下方向の動きが鈍くなる

1次系純水を常時流すことにより、シールの摺動面で発生した摩耗粉をシール部より排出

### 軸シール部の概要

- No3シール**
- シールリング(静止側)
  - 材質:カーボン
  - シールランナー(回転側)
  - 材質:ステンレス鋼

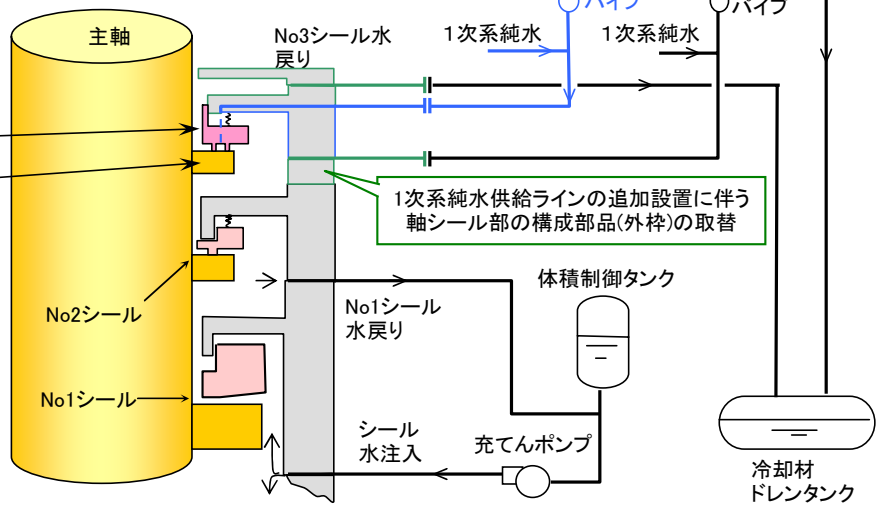
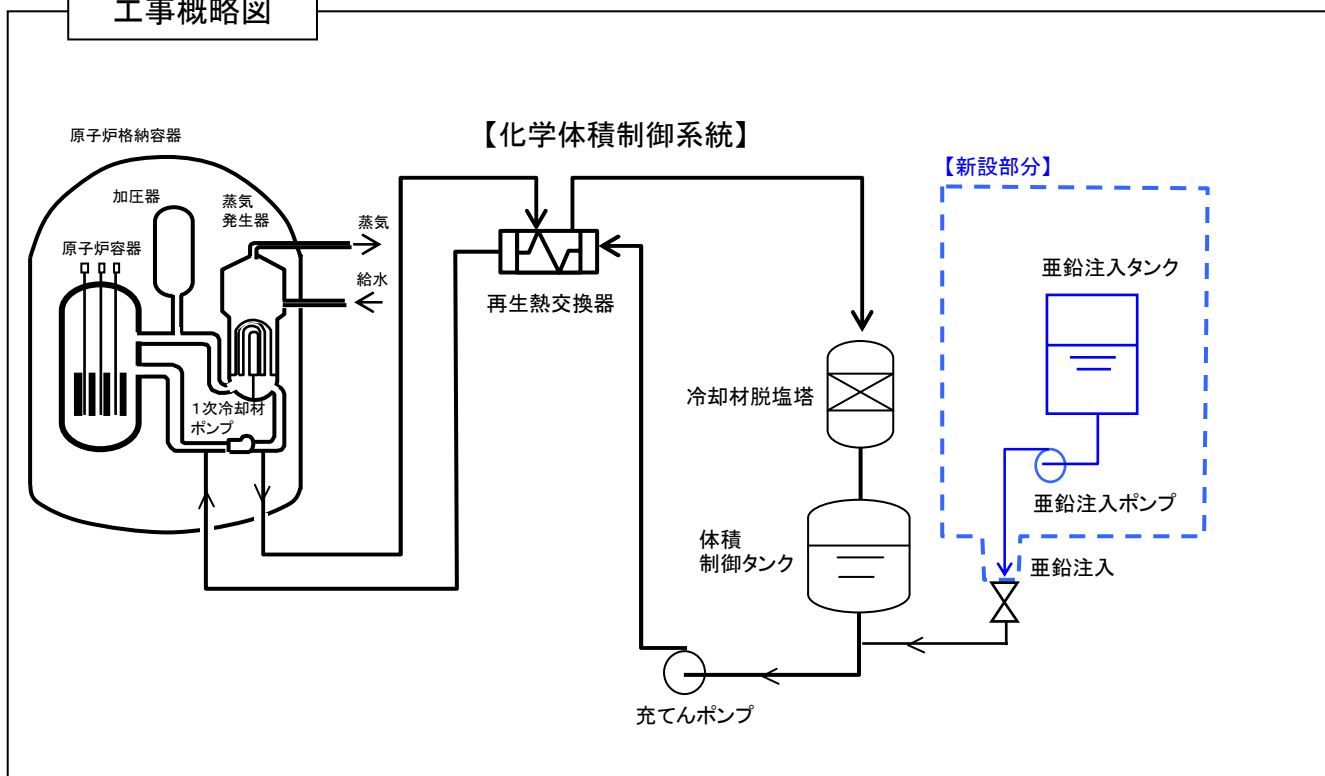


図-5 亜鉛注入装置設置工事

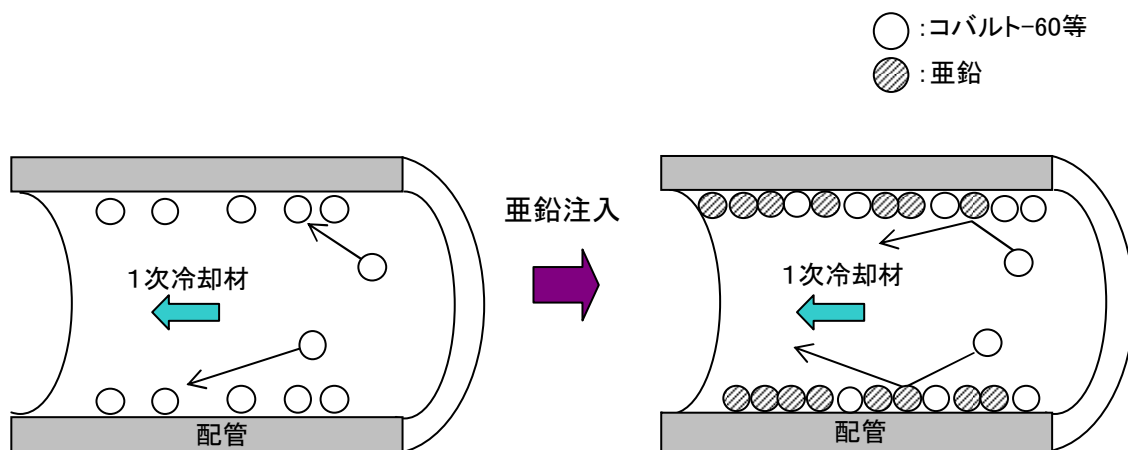
工事概要

作業員の被ばく低減を図るため、コバルト-60などの放射性物質が機器や配管内表面に付着することを抑制するため、1次冷却材中に亜鉛を注入する装置を化学体積制御系統に設置した。

工事概略図



亜鉛注入による放射性物質付着抑制メカニズム



1次冷却材中のコバルト-60等の放射性物質が機器・配管内表面に付着

亜鉛は、機器・配管内表面に皮膜を形成させ、コバルト-60等の放射性物質が付着することを抑制

※天然亜鉛から、中性子を吸収すると放射性物質(亜鉛-65)になる亜鉛-64を同位体分離して取り除き、中性子を吸収しても放射性物質にならない亜鉛-66を注入する。



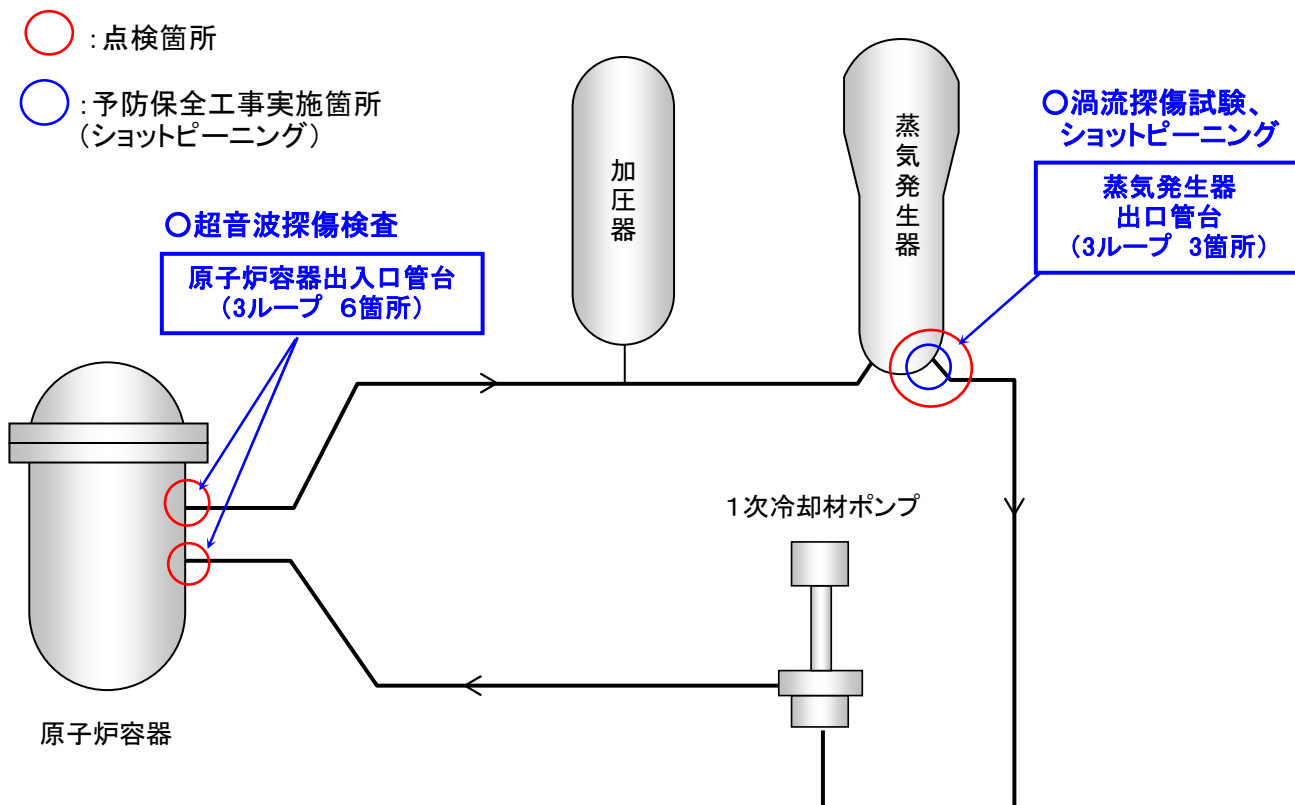
図-6 600系ニッケル基合金溶接部の応力腐食割れに係る予防保全工事

工事概要

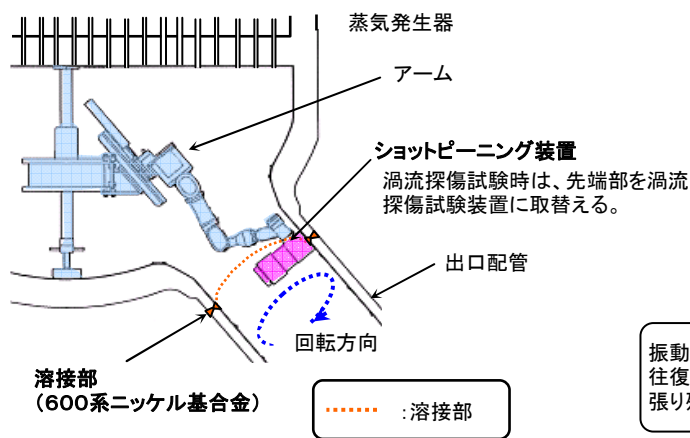
国内外PWRプラントにおける応力腐食割れ事象を踏まえ、600系ニッケル基合金が使用されている原子炉容器出入口管台溶接部について超音波探傷検査を、蒸気発生器出口管台溶接部については渦流探傷試験を実施した結果、異常は認められなかった。

また、予防保全対策として、蒸気発生器出口管台溶接部について、溶接部表面の残留応力を低減させるため、ショットピーニング工事を施工した。

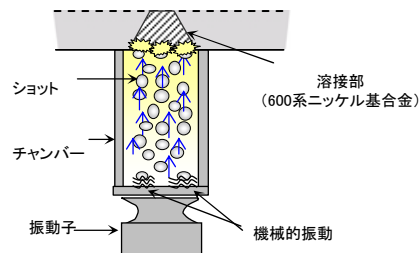
【系統概要図】



蒸気発生器出口管台溶接部の作業イメージ



〈ショットピーニングの原理〉



振動子の機械的振動によって、ショット(直径約4mmの金属球)を往復運動させて出口管台溶接部に衝突させ、金属表面近傍の引っ張り残留応力を圧縮応力に変化させる。

図-7 2次系配管の点検等

点検概要

今定期検査において、1, 117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, 104箇所、内面目視点検: 4箇所、内面目視点検および超音波検査(肉厚測定): 9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	1,408	0	557
その他部位	1,150	0	547
合計	2,558	0	1,104

○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13箇所について、配管内面から目視点検を実施した結果、9箇所の配管内面に減肉傾向が認められたため、超音波検査(肉厚測定)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。

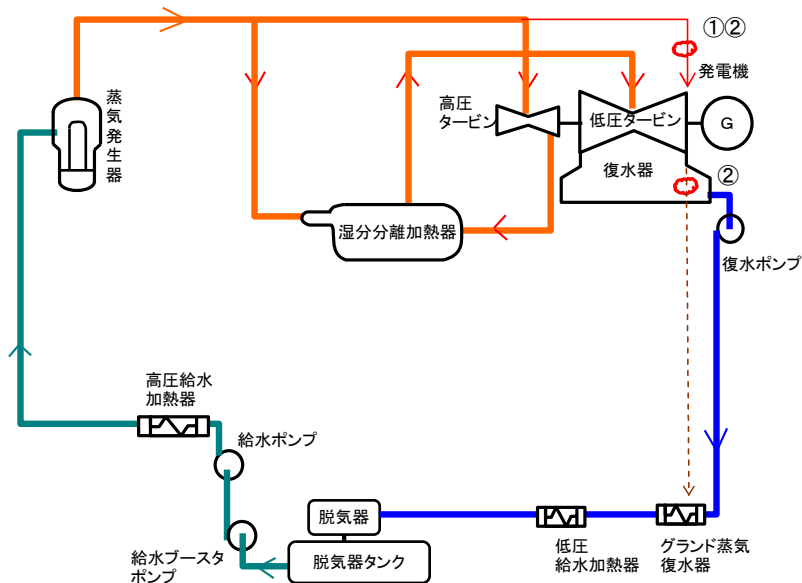
取替概要

○余寿命10年未満で減肉が確認された12箇所、保守性を考慮した20箇所、合計32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

 : 主な配管取替箇所

復水系統		主蒸気系統	
給水系統		ドレン系統	



【取替理由】

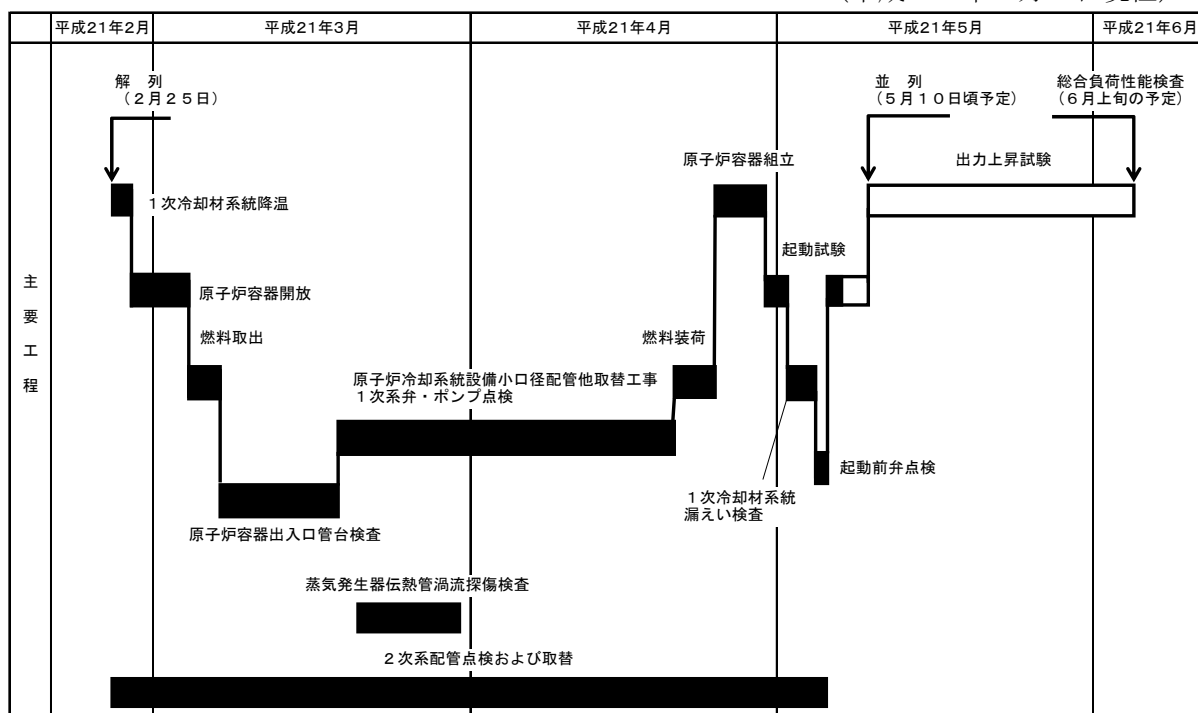
- ① 余寿命10年未満で減肉が確認されたため取り替えた(12箇所)  
炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 12箇所
- ② 配管の保守性を考慮して取り替えた(20箇所)  
炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 10箇所  
炭素鋼 ⇒ 低合金鋼 10箇所

合計 32箇所

## 高浜発電所2号機 第25回定期検査の作業工程

平成21年2月25日から、以下の作業工程にて実施しています。

(平成21年5月7日現在)



黒塗りは実績を表します。

### (参考) 高経年化対策として実施した主な作業

○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た予防保全工事

国内外PWRプラントにおける応力腐食割れ事象を踏まえ、600系ニッケル基合金が使用されている蒸気発生器出口管台溶接部について渦流探傷試験を実施し、異常がないことを確認しました。

また、予防保全対策として、溶接部表面の残留応力を低減させるためショットピーニング工事を施工しました。

以上