

大飯発電所4号機の原子炉起動および調整運転の開始について (第13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22年2月7日から第13回定期検査を実施していたが、平成22年5月26日に原子炉を起動し、翌27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28日頃に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、6月下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。

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、主蒸気系統や余熱除去系統などの配管ならびに、ポーラクレーンの支持構造物を強化した。

(2) 1次系小口径曲げ配管取替工事 (図-2参照)

国外BWRプラントにおいて、芯金を使用して曲げ加工した配管の内面で応力腐食割れが発生した事象を踏まえ、予防保全として、1次冷却材系統につながる曲げ配管のうち、芯金を使用して曲げ加工したものを、芯金を使用せずに曲げ加工した配管に取り替えた。

(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事象（温度ゆらぎによる熱疲労）を踏まえ、2系列ある充てん配管のうち、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。

(4) 格納容器再循環サンプスクリーン取替工事 (図－4 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の開度（隙間）を大きくすることから、流量調整用オリフィスを設置した。

※ 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。

(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た予防保全対策として、600系ニッケル基合金が使用されている原子炉容器出口管台溶接部について、溶接部全周を一様に研削した後、耐食性に優れた690系ニッケル基合金で溶接を実施した。

また、原子炉容器入口管台溶接部、原子炉容器炉内計装筒の内面および管台溶接部について、表面の残留応力を低減させるためにウォータージェットピーニング工事*¹を実施した。

*1 金属表面に高圧ジェット水を吹きつけることにより、金属表面の引張応力を圧縮応力に変化させる。

2 設備の保全対策

(1) 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 735 箇所*²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 727 箇所、内面目視点検 8 箇所）

*2 今定期検査開始時の計画では、737箇所の超音波検査（肉厚測定）等を実施する予定であったが、配管の追加取替えにより2箇所減少し、合計735箇所について測定を実施した。

②今定期検査開始時には合計68箇所の配管取替えを計画していたが、配管取替え時の作業性を考慮して2箇所を追加し、合計70箇所の配管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。

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、合計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、101 体（うち72体は新燃料集合体で55,000MWd/t）を取り替えた。

また、燃料集合体の外観検査（62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 夏頃

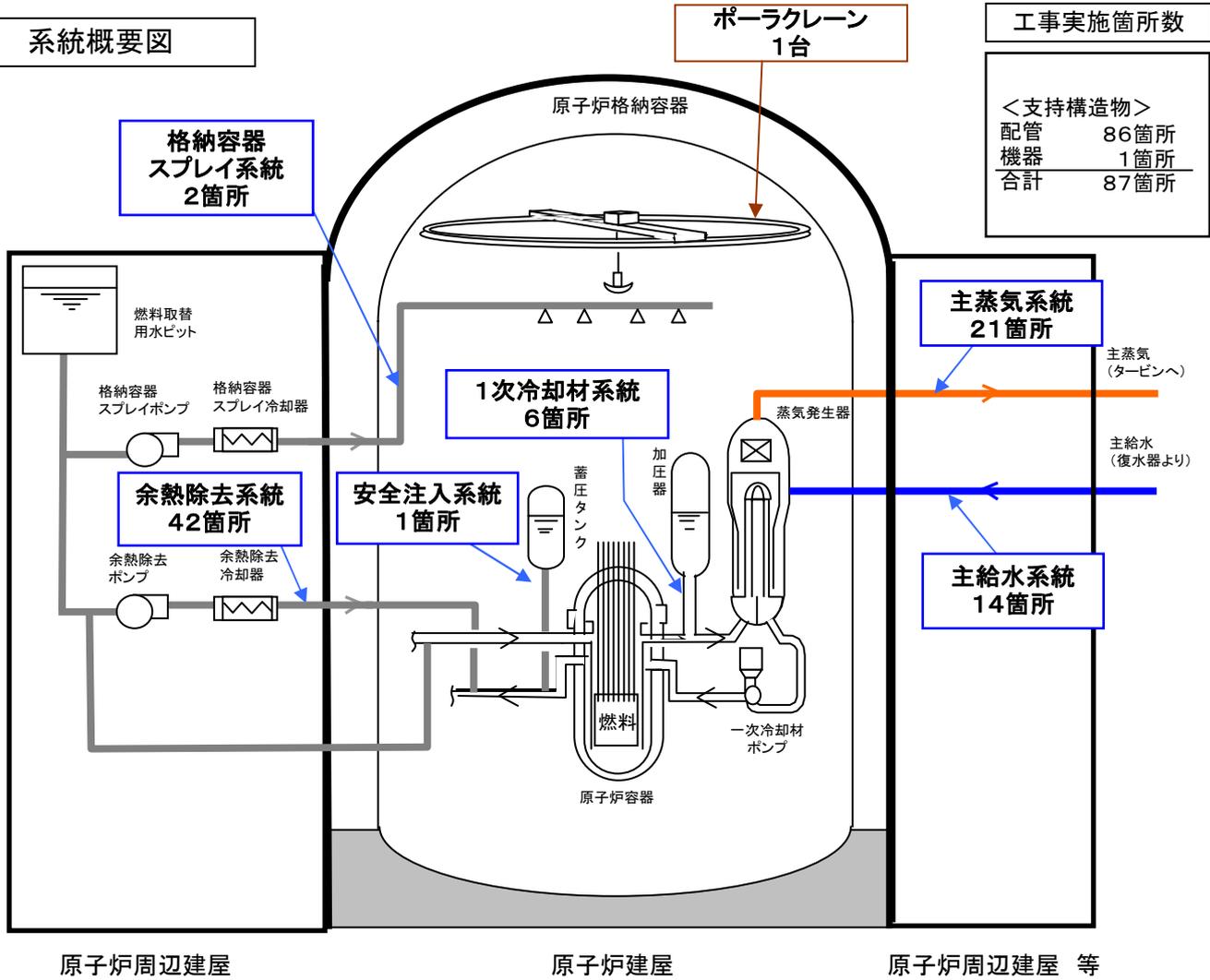
問い合わせ先(担当：内園) 内線2353・直通0776(20)0314
--

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、主蒸気系統や余熱除去系統などの配管ならびに、ポーラクレーンの支持構造物を強化した。

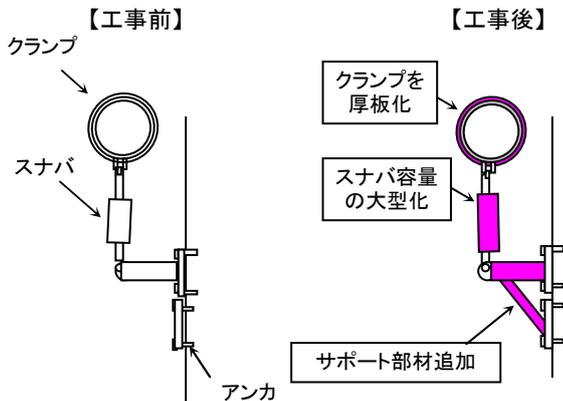
系統概要図



工事実施箇所数

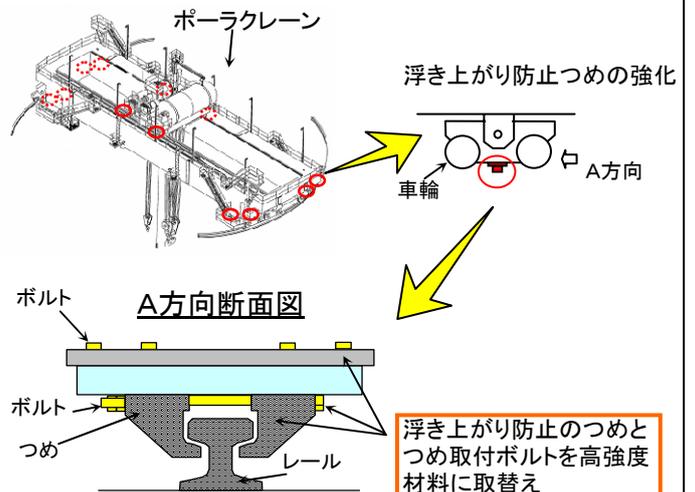
＜支持構造物＞	
配管	86箇所
機器	1箇所
合計	87箇所

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

ポーラクレーンの支持部の強化例(イメージ)



浮き上がり防止のつめと
つめ取付ボルトを高強度
材料に取替え

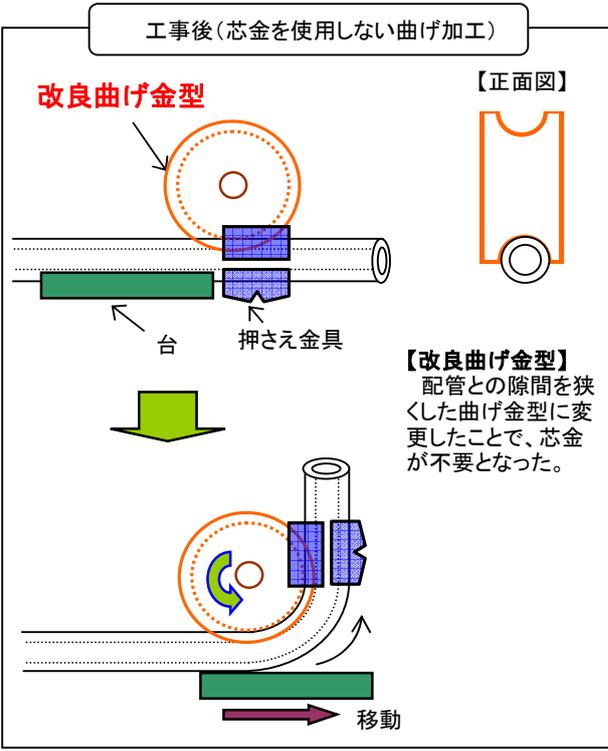
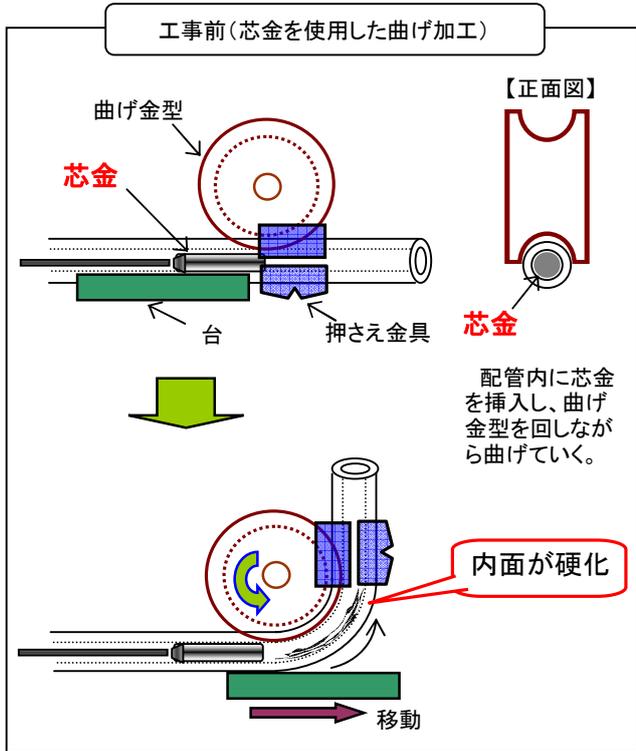
材料:炭素鋼からクロムモリブデン鋼(合金鋼)へ変更

図-2 1次系小口径曲げ配管取替工事

工事概要

国外BWRプラントにおいて、芯金を使用して曲げ加工した配管の内面で応力腐食割れが発生した事象を踏まえ、予防保全として、1次冷却材系統につながる曲げ配管のうち、芯金を使用して曲げ加工したものを、芯金を使用せずに曲げ加工した配管に取り替えた。

工事概略図（曲げ加工方法）



取替範囲概要図

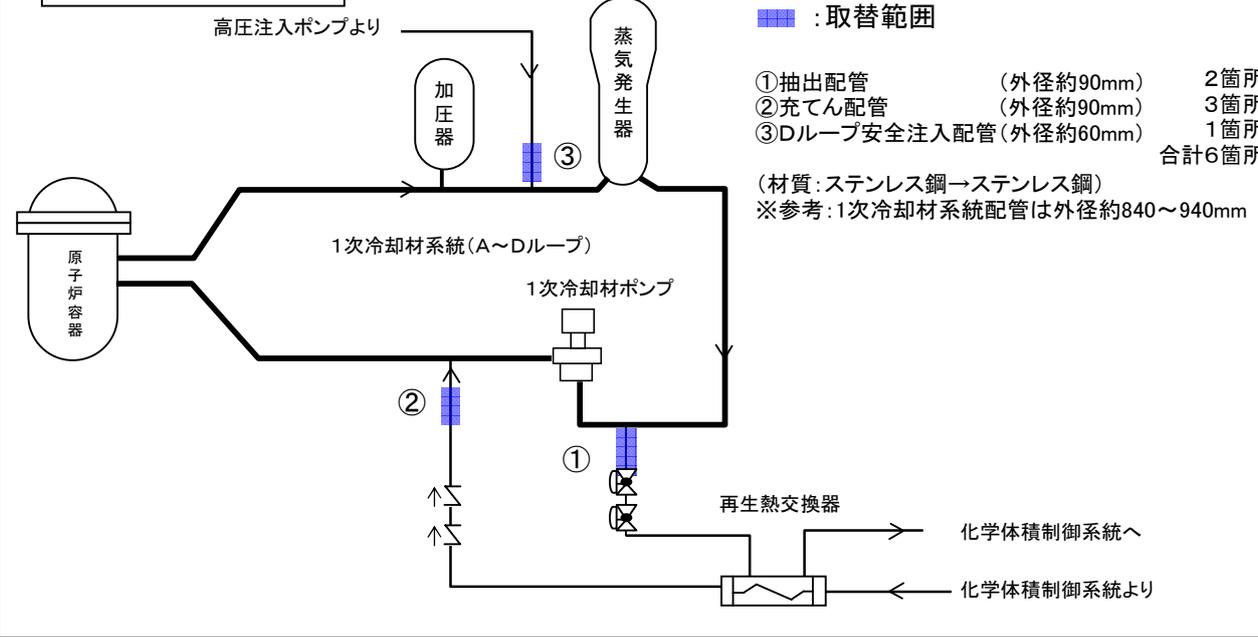


図-3 高サイクル熱疲労割れに係る対策工事

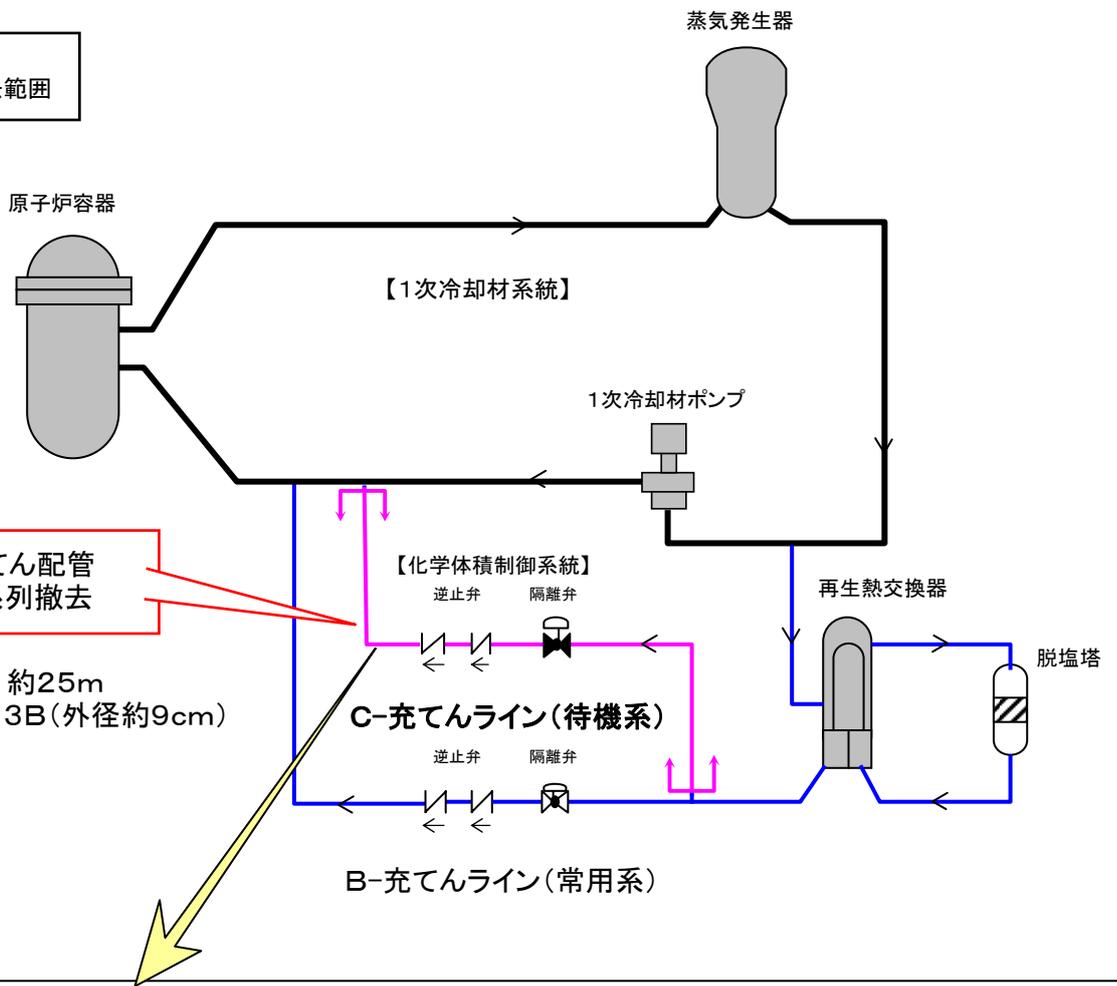
工事概要

国内外PWRプラントにおける高サイクル熱疲労割れ事象(温度ゆらぎによる熱疲労)を踏まえ、2系列ある充てん配管のうち、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。

* : 使用していない系列の充てん配管において、隔離弁のシートリークにより洩れ出た低温水(滞留した水)が高温水側に流入し、高温水と低温水の境界が変動することにより熱疲労が発生する可能性がある

系統概要図

凡例
 : 配管撤去範囲



切断範囲長さ : 約25m
 配管径 : 3B(外径約9cm)

使用していない充てん配管1系列(撤去)

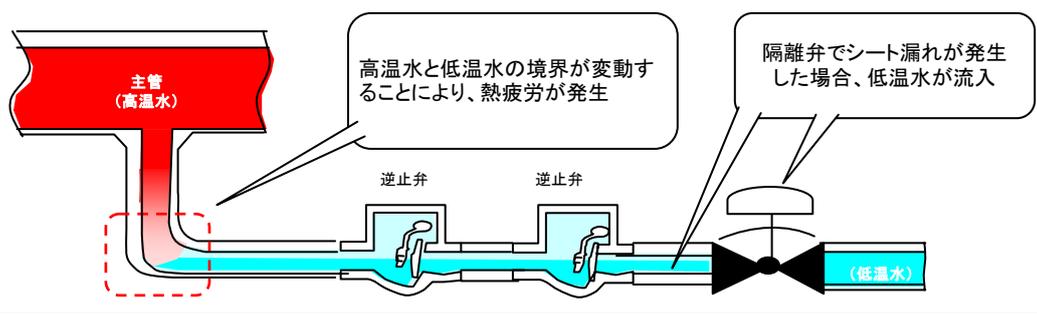


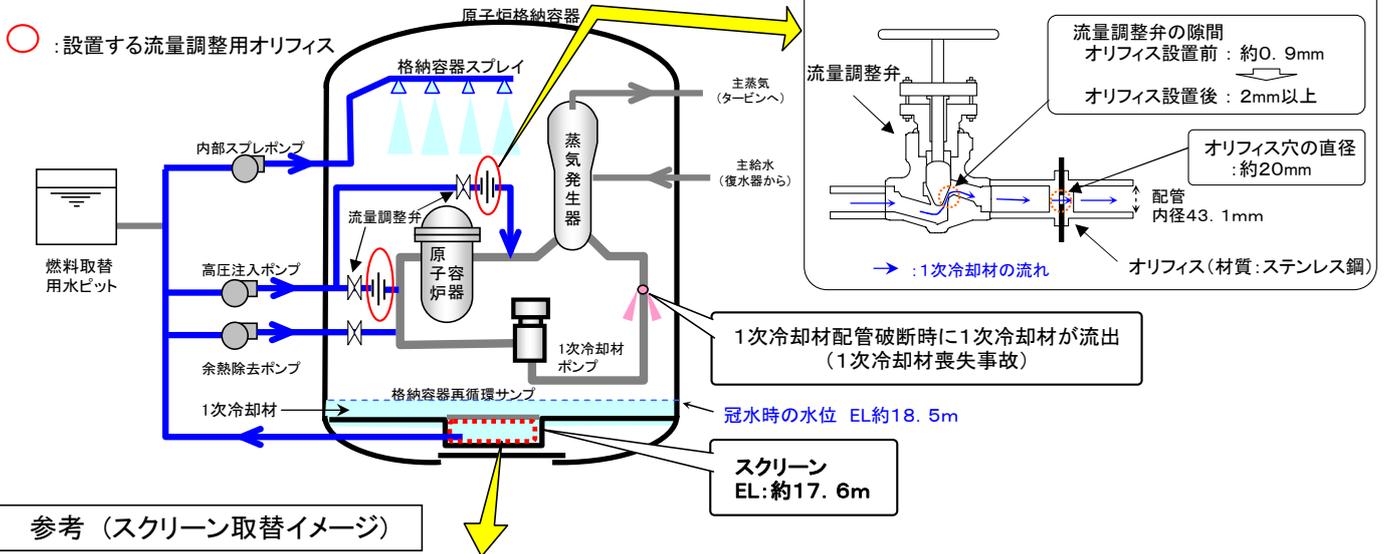
図-4 格納容器再循環サンプスクリーン取替工事

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)を大きくすることから、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	<p>平面図</p> <p>原子炉容器</p> <p>壁</p> <p>スクリーン</p> <p>断面図</p> <p>← : 1次冷却材の流れ</p> <p>内部スプレポンプへ 余熱除去ポンプへ 高圧注入ポンプへ</p> <p>1次冷却材</p>	<p>平面図</p> <p>原子炉容器</p> <p>壁</p> <p>スクリーン</p> <p>断面図</p> <p>← : 1次冷却材の流れ</p> <p>内部スプレポンプへ 余熱除去ポンプへ 高圧注入ポンプへ</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>スクリーン拡大図</p>	<p>スクリーンの写真</p> <p>モジュール構造図</p> <p>ヘッドカバー</p> <p>ろ過穴</p> <p>約2.5cm</p> <p>約1.4cm</p> <p>多孔板(テラス)</p> <p>約45cm</p> <p>約60cm</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</p>
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

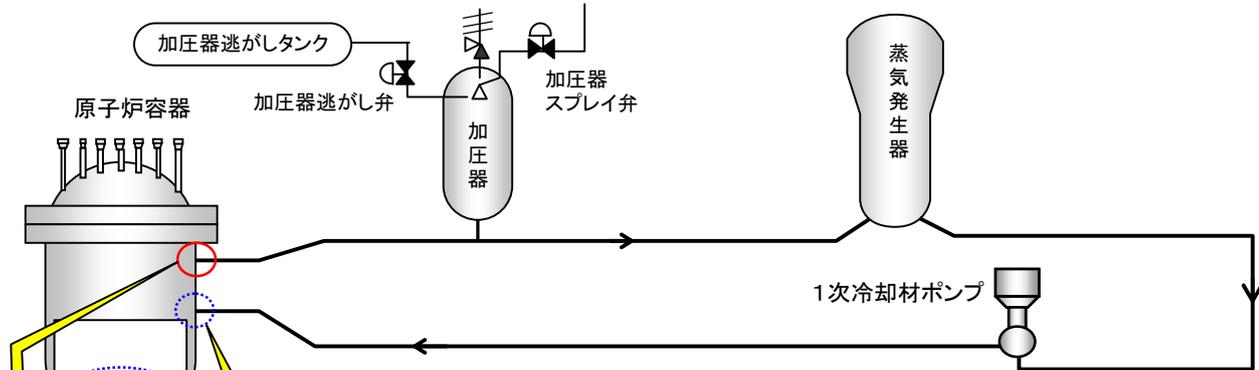
図-5 600系ニッケル基合金溶接部の応力腐食割れに係る予防保全工事(1/2)

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た予防保全対策として、原子炉容器出口管台溶接部について、溶接部全周を一様に研削した後、耐食性に優れた690系ニッケル基合金で溶接を実施した。また、原子炉容器入口管台溶接部、原子炉容器炉内計装筒の内面および管台溶接部について、表面の残留応力を低減させるためにウォータージェットピーニング工事を施工した。

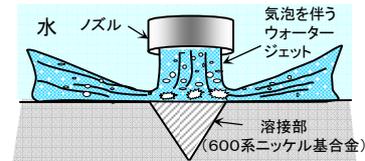
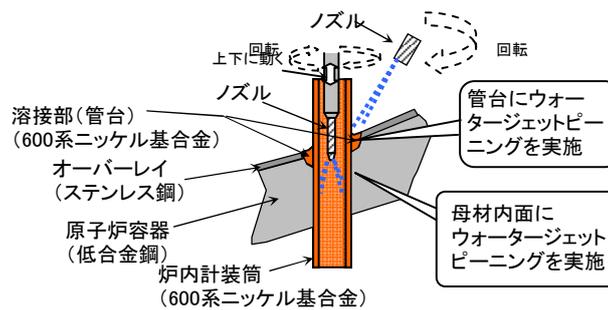
【系統概要図】

○ : 690系ニッケル基合金溶接 ○ : ウォータージェットピーニング



原子炉容器入口管台、原子炉容器炉内計装筒管台及び母材内面
(原子炉容器入口管台: 4箇所、原子炉容器炉内計装筒管台及び母材内面: 58箇所)

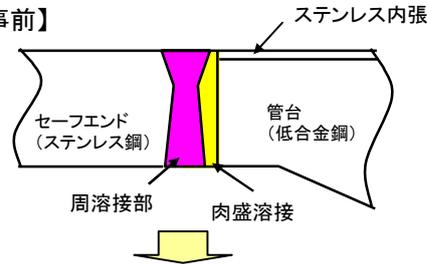
原子炉容器炉内計装筒作業イメージ図



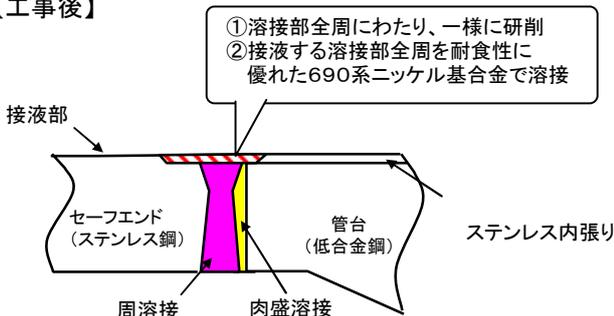
水中で高圧ジェット水(約60MPa)をノズルから噴射すると気泡が発生する。この気泡は、高速のウォータージェット流に乗って流れ、金属表面近傍で崩壊する。その時に生じる衝撃力で金属表面をたたき(ピーニング)、金属表面近傍の引っ張り残留応力を圧縮応力に変化させる。

原子炉容器出口管台
(原子炉容器出口管台: 4箇所)

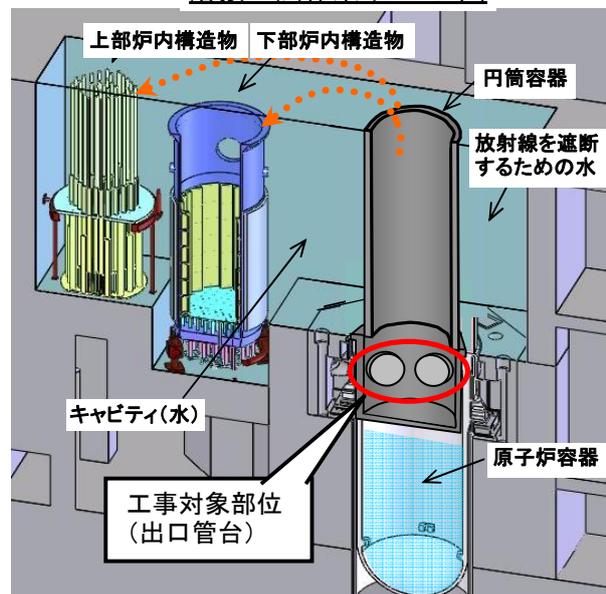
【工事前】



【工事後】

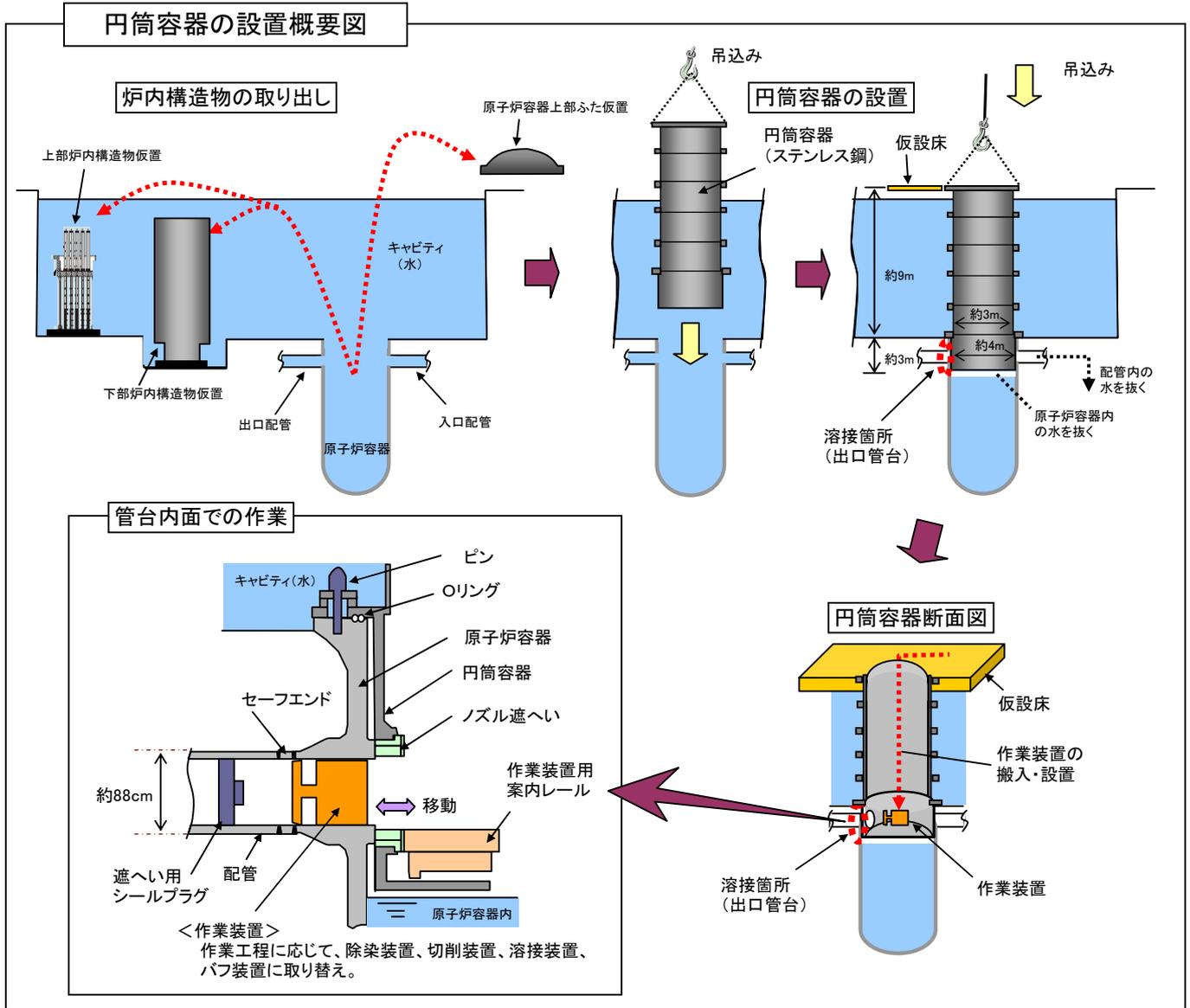


溶接工法作業イメージ図



キャビティ内は水中のため、原子炉容器上に円筒容器を設置し、原子炉容器出口管台部を気中環境とした上で工事を実施した。

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(2/2)



円筒検証試験の様子 (場所:三菱重工業株式会社神戸造船所)

円筒容器外観



円筒容器内部



写真提供: 三菱重工業株式会社神戸造船所

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735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):727箇所、内面目視検査: 8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	今回点検実施部位数		
		計画部位	変更部位	合計
主要点検部位	1,363	290	-2 ※	288
その他部位	1,667	439	0	439
合計	3,030	729	-2	727

※:配管取替え時の作業性を考慮して、主要部位2箇所を追加取替えを実施した。

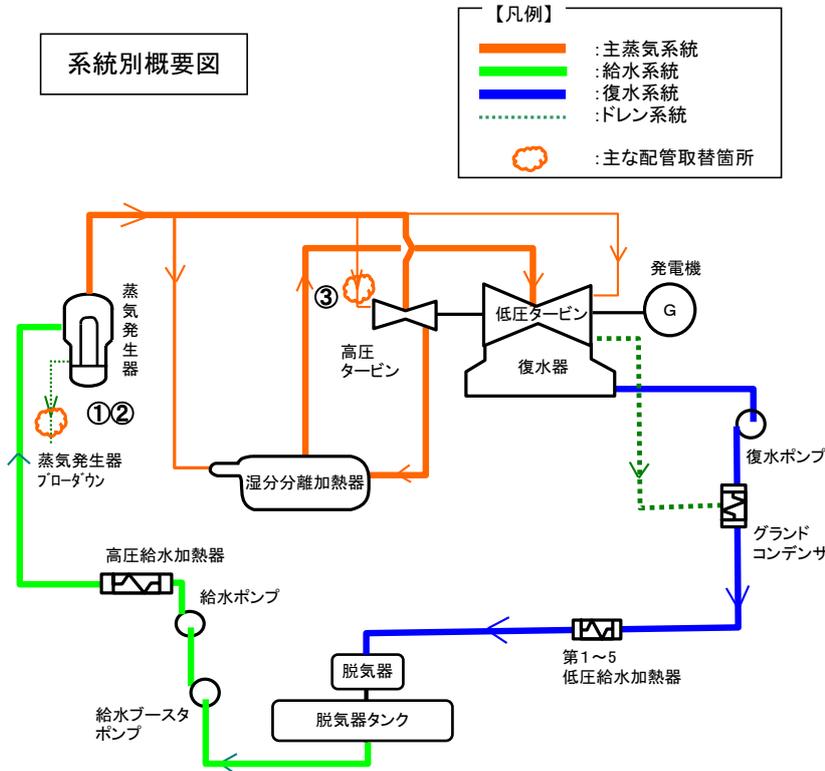
○2次系配管の管理指針に基づく内面目視点検

高圧排気管の直管部8箇所について、配管内面から目視点検を実施した。
 その結果、配管内面に減肉が認められれば、超音波検査(肉厚測定)を実施した。

取替概要

○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4箇所、作業性を考慮した部位12箇所および配管の保守性を考慮した部位54箇所、合計70箇所を耐食性の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。

系統別概要図



【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
 - 必要最小厚さとなるまでの期間が5年未満で減肉が確認された箇所 (4箇所)
 - 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 1箇所
 - 必要最小厚さとなるまでの期間が5年以上で減肉が確認された箇所
 - 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 3箇所
 - 配管取替の作業性^{*1}を考慮して取替える箇所 (12箇所)
 - 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 12箇所 (2箇所追加)
 - 配管の保守性^{*2}を考慮して取り替える箇所 (54箇所)
 - 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 10箇所
 - 炭素鋼 ⇒ 低合金鋼 44箇所
- 合計70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。