

大飯発電所1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1号機(加圧水型軽水炉; 定格電気出力117.5万kW)は、平成21年8月20日から第23回定期検査を実施しているが、12月9日に原子炉を起動し、翌10日に臨界となる予定である。

その後は諸試験を実施し、12月11日頃に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、平成22年1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)

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、エアリタン排気系統や補助建屋よう素除去排気系統のダクト、補助復水タンクやエアリタンファン、伝送器の支持構造物を強化した。また、ほう酸タンクの支持構造物の強化を追加で実施した。

(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、下記の工事を実施した。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)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10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) 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－3 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。

(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（温度ゆらぎによる熱疲労）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。

(5) 燃料取換クレーン取替工事 (図－5 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。

(6) 1次冷却材ポンプ軸シール部改造工事 (図－6 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4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。

(7) 亜鉛注入装置設置工事 (図－7 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*2を化学体積制御系等に設置した。

*2：1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次冷却材系配管などの線量を低減する。亜鉛注入は、国内プラントでの実績がある。

(8) 原子炉保護装置取替工事 (図－8 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信号を送る装置

2 設備の保全対策

(1) 発電機固定子コイル取替工事 (図－9 参照)

発電機固定子コイルの絶縁物材料が劣化傾向にあることから、予防保全として、発電機固定子コイルを新しいものに取り替えた。

(2) 2次系配管の点検等 (図-10参照)

①関西電力(株)が定めた「2次系配管肉厚の管理指針」に基づき、2次系配管 1,305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 1,294箇所*⁴、内面目視点検 11箇所)

*4:今定期検査開始時には、1,297箇所について超音波検査を実施する計画であったが、このうち3箇所を作業性の観点から配管取替部位に追加したことから、合計1,294箇所について超音波検査を実施した。

②定期検査開始時に計画していた159箇所に加え、配管取替え時の作業性を考慮した部位3箇所を追加し、合計162箇所の配管を同種材(炭素鋼)または、耐食性に優れたステンレス鋼、低合金鋼に取り替えた。

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。

燃料集合体の外観検査(43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

6 定期検査中に発生した安全協定に基づく異常事象

(1) プラント排気筒ガスモニタの一時的な僅かな指示値の上昇について (図-11参照)

10月12日、19日の同時刻(10時10分から約10分間)にプラント排気筒ガスモニタの指示値が、僅かに上昇(通常値約14.5cps→最大約18.1cps)していることが確認された。

排気筒から放出された放射性気体廃棄物の量は、12日および19日の上昇分合計で、約 1.0×10^9 ベクレルと評価されたが、この量は、保安規定に基づく大飯発電所の希ガス放出管理目標値(3.9×10^{15} ベクレル/年)に比べ十分低く、周辺環境等への影響はなかった。

原因は、8月31日に発生した2号機での燃料漏えいに伴い、通常より高い濃度となっていた同機の放射性ガスを処理していた1・2号機の共用設備であるB-水素再結合装置にあるガス分析装置の入口酸素濃度計の自動校正時に、校正の際は閉止するガス圧縮機側の出口弁の

シート部に漏れが発生したことから、ガス圧縮機側の高濃度の放射性ガスが校正用のガスとともに1号機プラント排気筒から放出されたためと推定された。また、出口弁のシート部の漏れは、当該弁が閉止した状態で、出口側の圧力が弁体を押し上げるように作用する向きに取り付けを行っていたためと推定された。

対策として、濃度計のプラント排気筒側への排出ラインは栓をして使用しないこととし、自動校正用ガスは全てガス圧縮機側に排出し、気体廃棄物処理系で処理することとした。

また、当該弁を新品に取り替えるとともに、自動校正中にシート漏れが起きない向きに取り付けた後、自動校正時の系統状況を模擬した漏えい確認を行い、シート部での漏れが無いことを確認した。

[平成21年10月19日、12月7日 公表済]

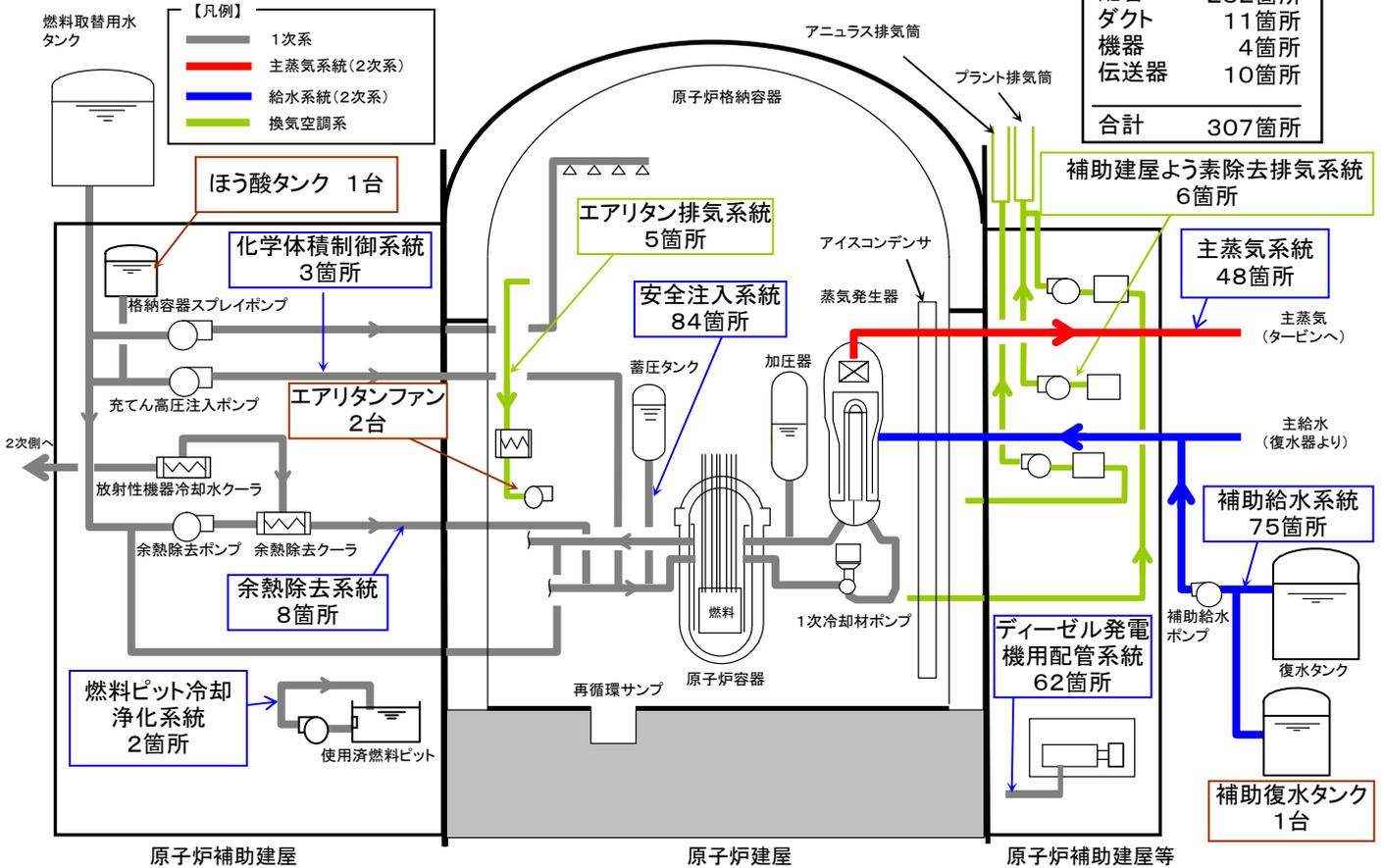
問い合わせ先(担当：神戸) 内線2354・直通0776(20)0314
--

図-1 耐震裕度向上工事

工事概要

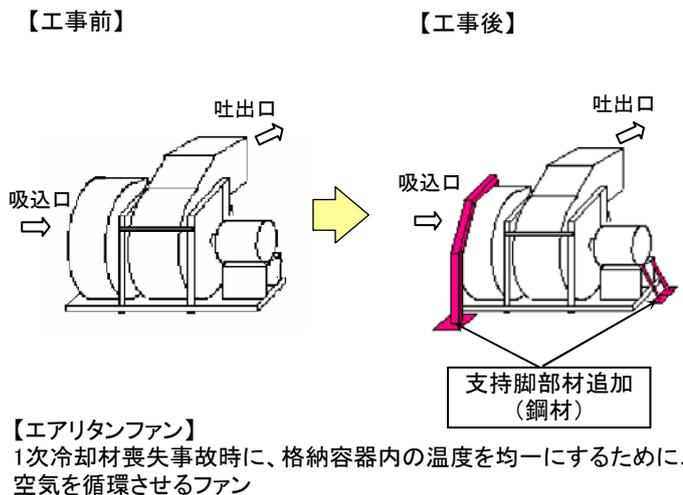
設備の耐震性を一層向上させるため、安全注入系統や余熱除去系統などの配管、エアリタン排気系統や補助建屋よう素除去排気系統のダクト、補助復水タンクやエアリタンファンなどの機器、伝送器の支持構造物を強化した。また、ほう酸タンクの支持構造物の強化を追加で実施した。

系統概要図



伝送器
(原子炉建屋、原子炉補助建屋等、タービン建屋)
10台

エアリタンファンの支持脚の強化例(イメージ)



ほう酸タンクの支持構造物の強化例(イメージ)

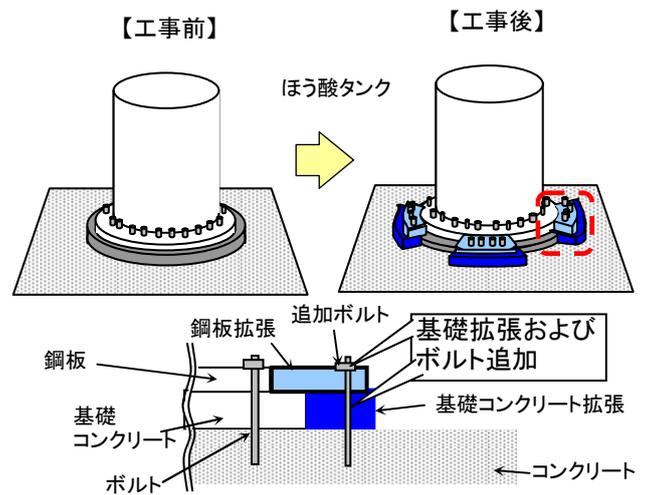


図-2 余熱除去システム入口部小口径配管他取替工事

工事概要

余熱除去システム入口部において、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、対象箇所の間には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。

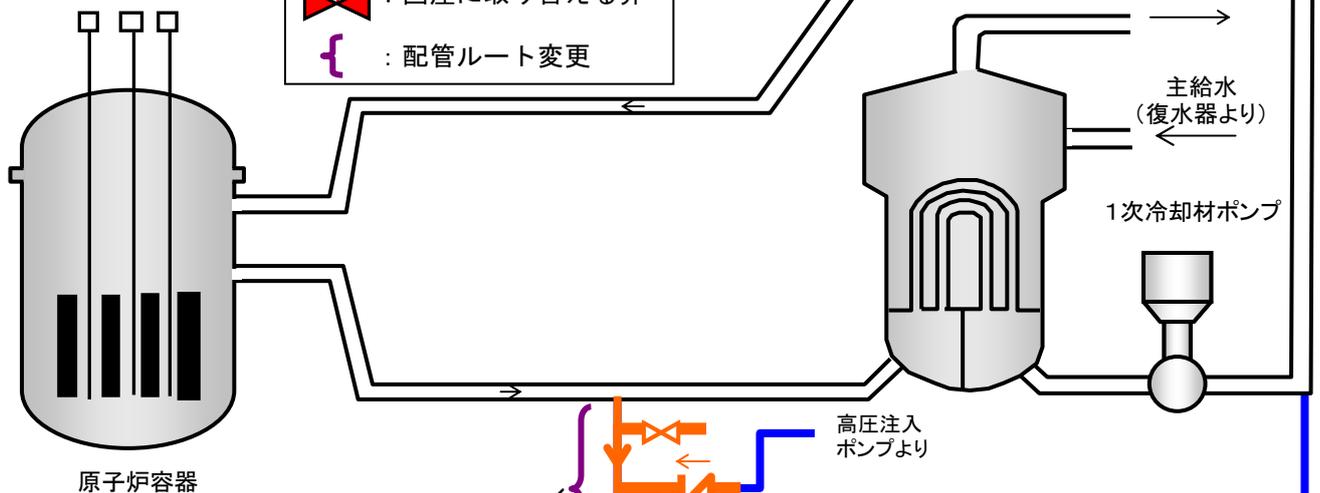
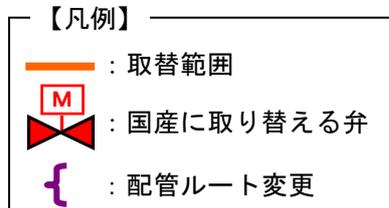
- ① 国外PWRプラントにおける応力腐食割れ事象を踏まえ、1次冷却材の流れがない配管(高温環境で溶存酸素濃度が高い)の溶接部について、計画的に対策工事を実施しており、今回は当該系統10箇所について溶接形状と材料を変更した。
- ② 海外製の電動弁について、保守性向上の観点から部品調達が容易な国産弁に取り替えた。
- ③ 熱疲労を抑制するため、一部配管ルートを変更した。

取替概要図

【取替箇所等】

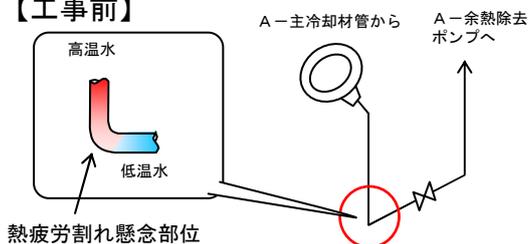
工事	系統名	対象箇所	対象箇所数
①小口径配管他取替工事	余熱除去系統	A、D-余熱除去ポンプ入口配管	10
②1次系電動弁取替工事		A、D-ループ取出第一弁	2
③配管ルート変更工事		A、D-余熱除去ポンプ入口配管	2

系統概要図

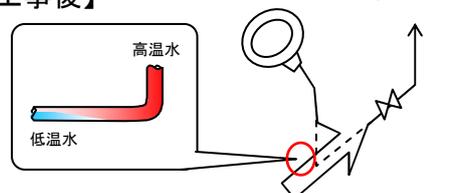


③ 配管ルート変更

【工事前】



【工事後】

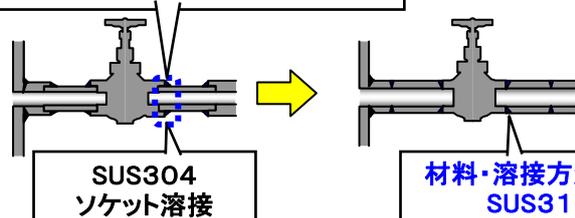


配管ルートを変更することにより、高温水と低温水の境界を曲がり部から外し、熱疲労割れの懸念を解消する。

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



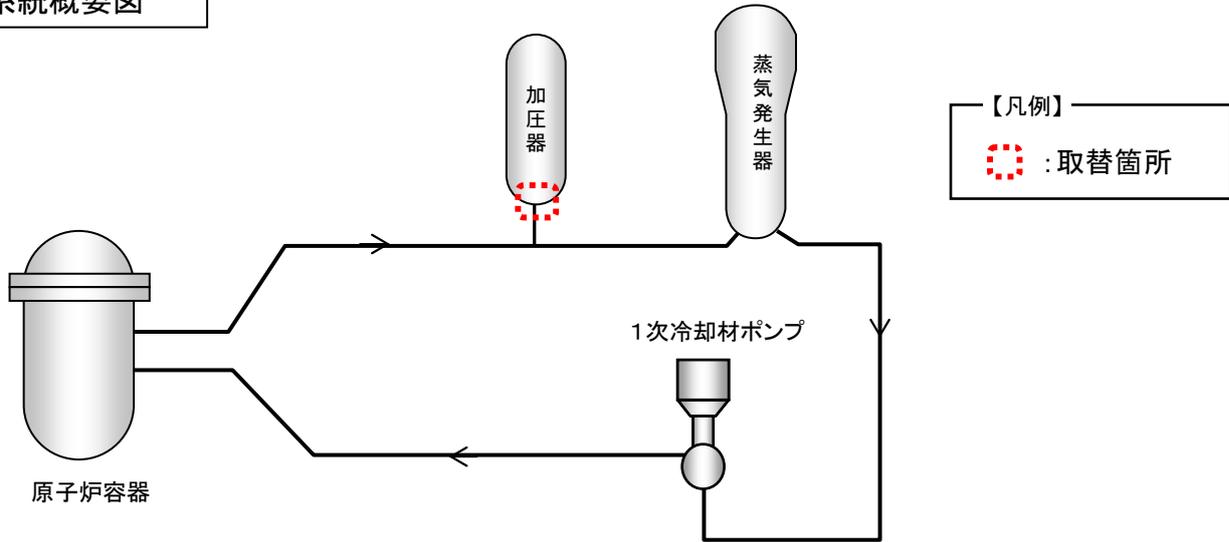
材料・溶接方法変更
SUS316
突合せ溶接

図-3 600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

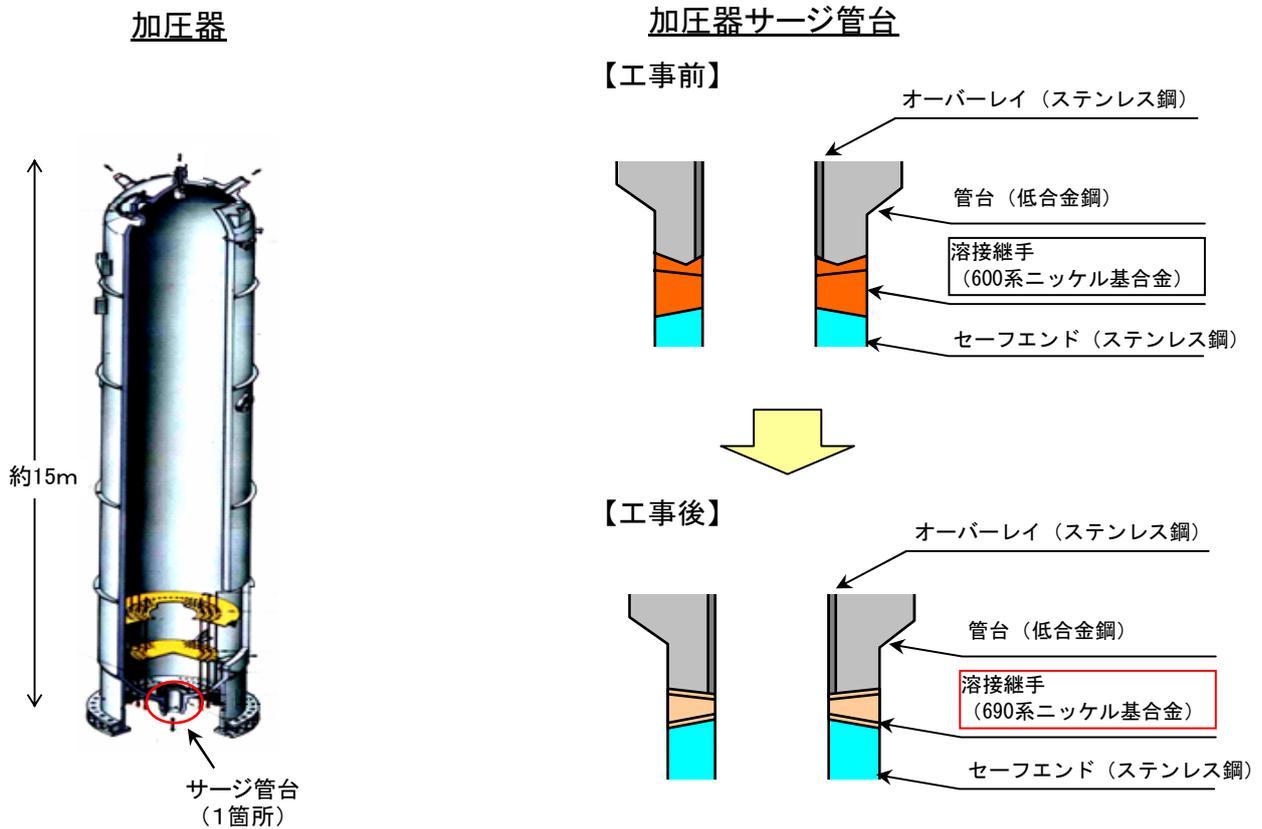
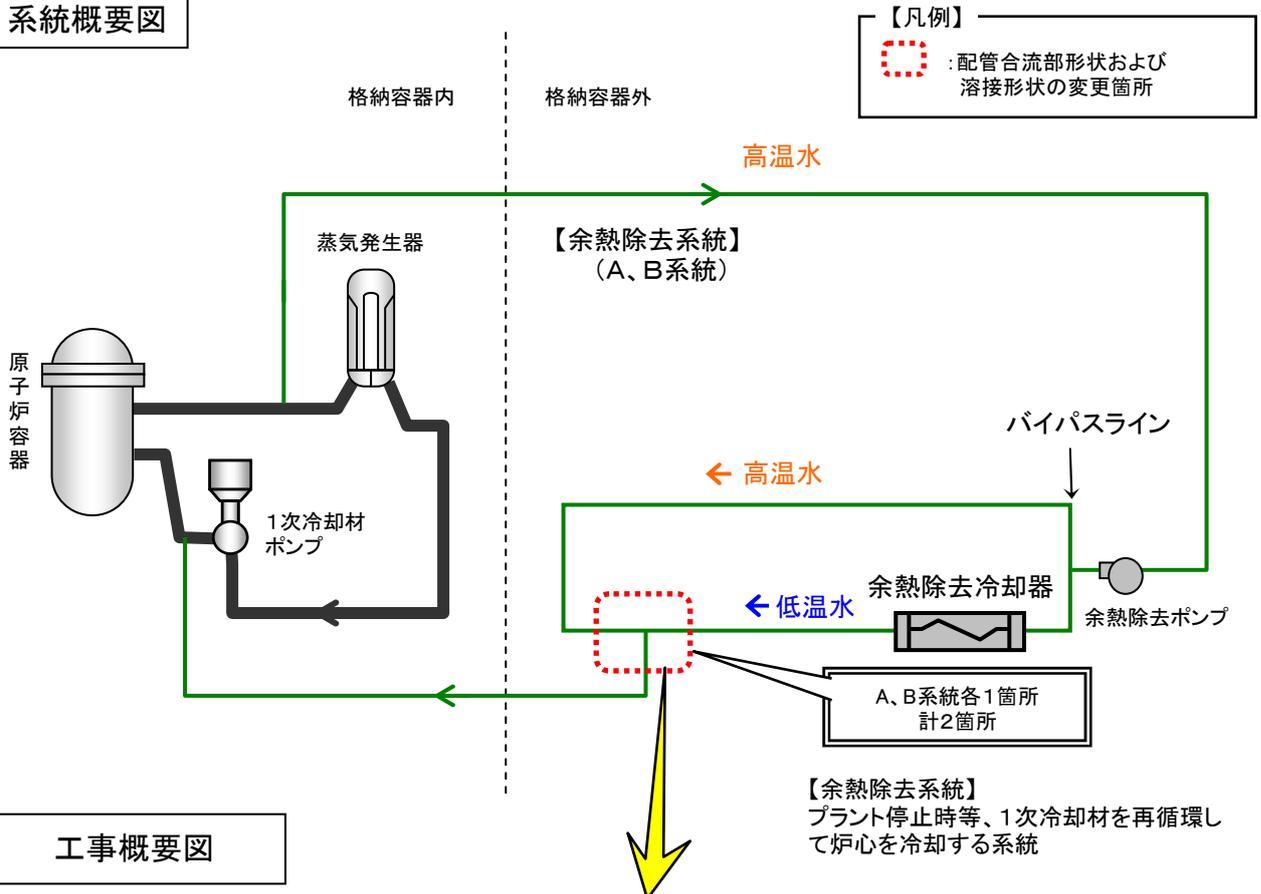


図-4 高サイクル熱疲労割れに係る対策工事

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(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



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・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>

図-5 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。

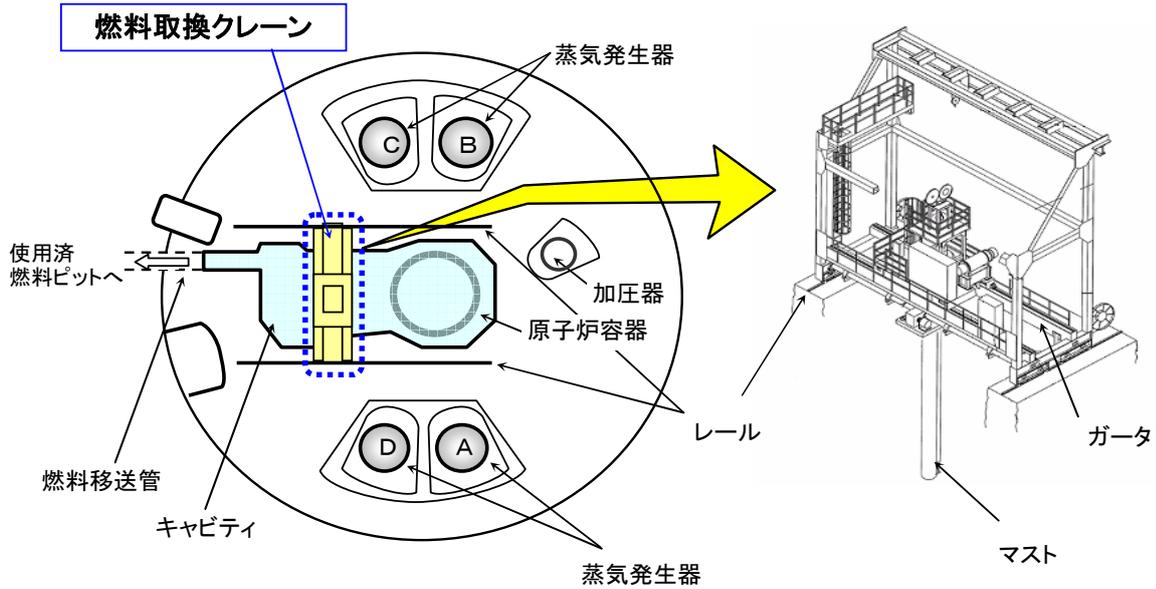
燃料取換クレーン概要図

【凡例】

○：取替範囲

原子炉格納容器 平面図

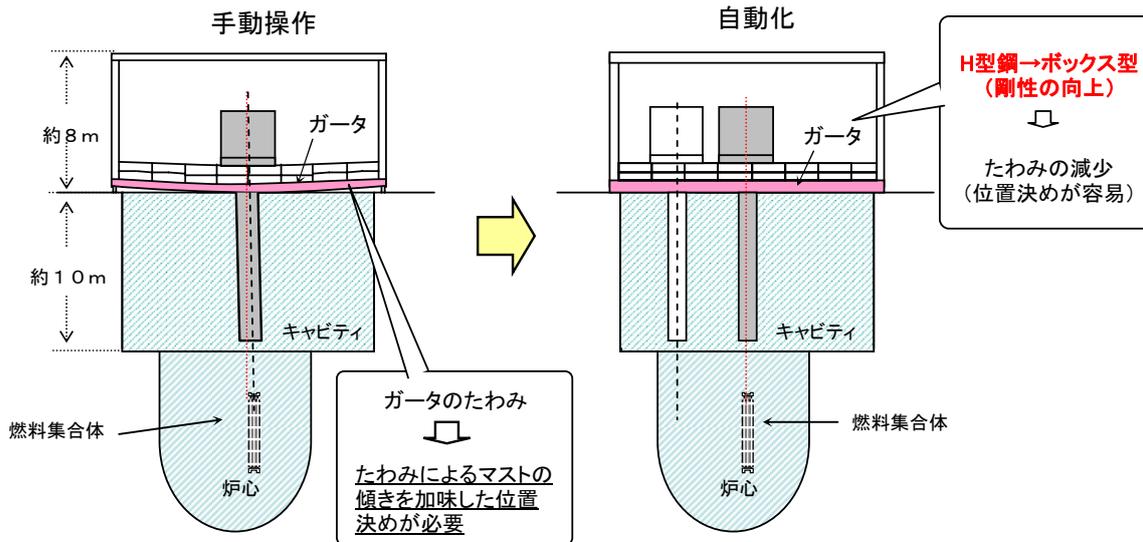
燃料取換クレーン鳥瞰図



取替概要図

【工事前(海外製)】

【工事後(国産)】



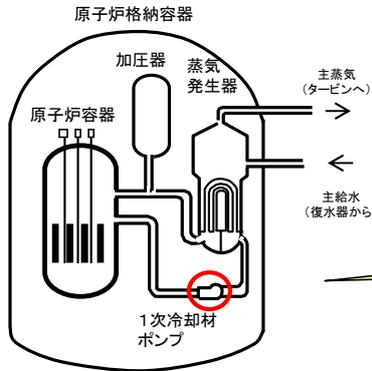
ガータ剛性の向上および操作の自動化により、クレーンの位置決めを容易にする。

図-6 1次冷却材ポンプ軸シール部改造工事

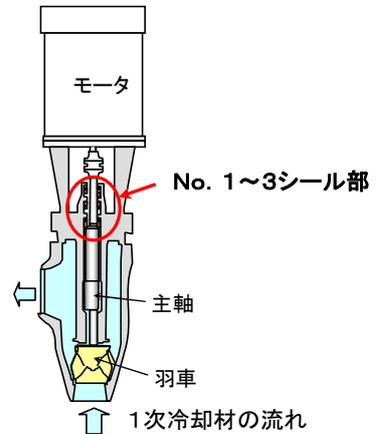
工事概要

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4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。

系統概要図

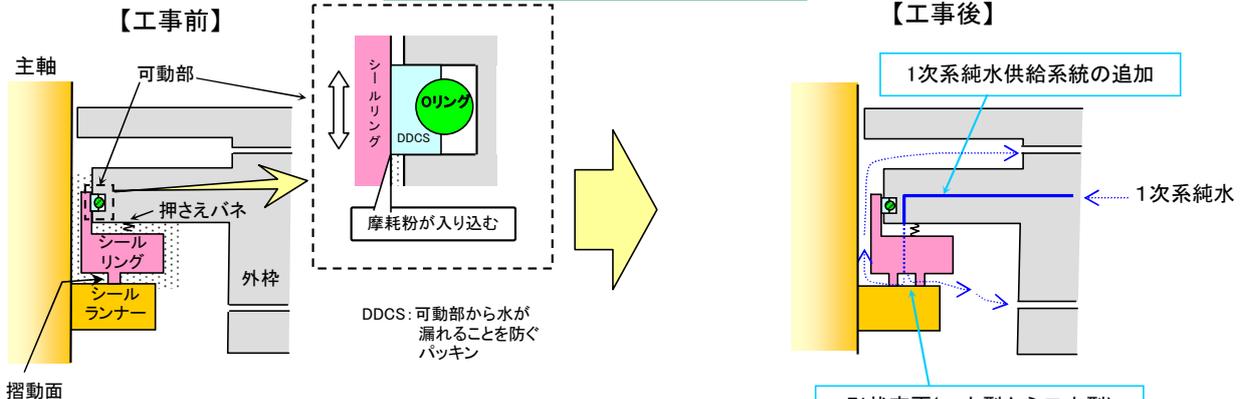


1次冷却材ポンプ概要図



工事概要図

軸シール部の変更概要



- 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シールリングの摩耗粉が発生
- ③水の流れが僅かであるため、摩耗粉が滞留
- ④シールリングとDDCSの接触面に摩耗粉が入り込む
- 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

軸シール系統概要図

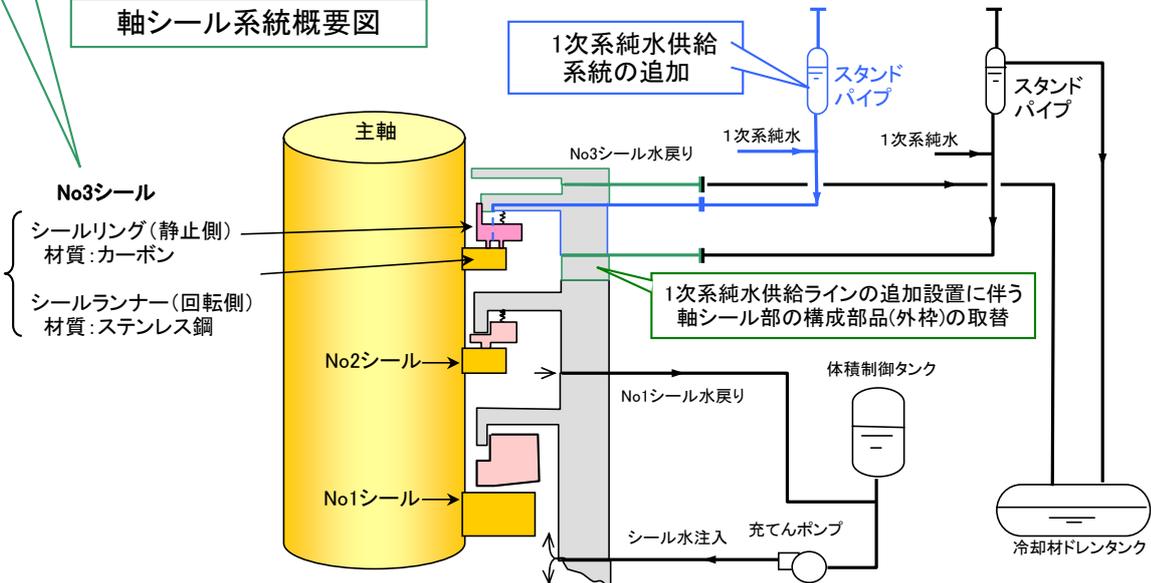
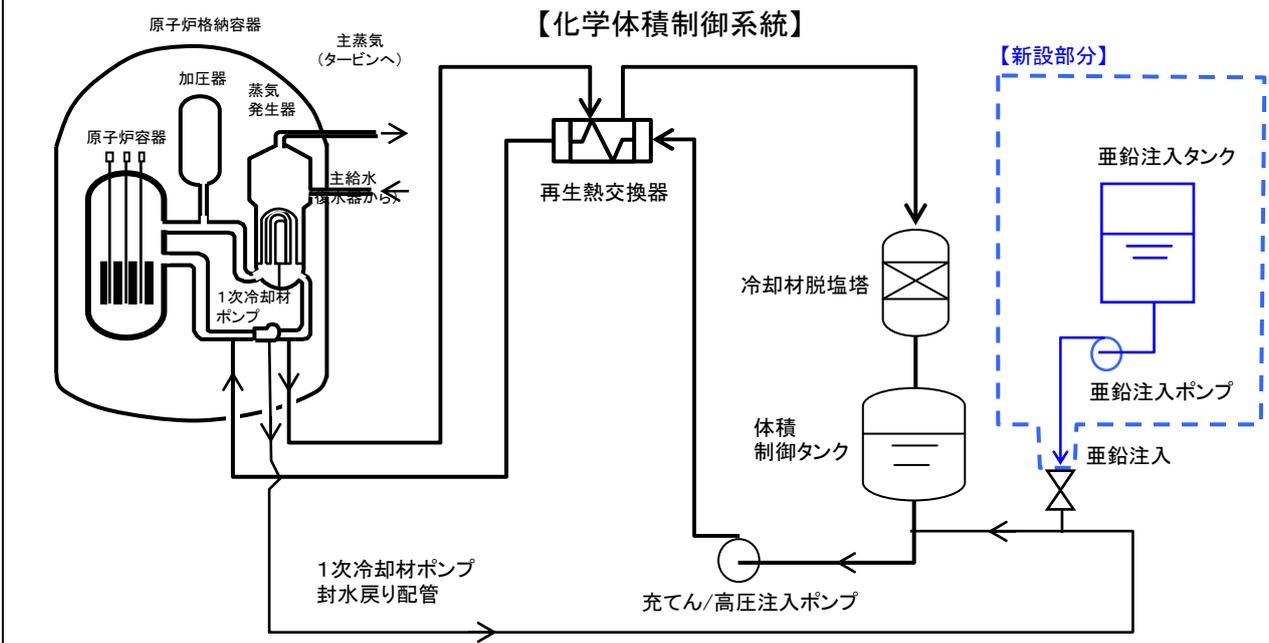


図-7 亜鉛注入装置設置工事

工事概要

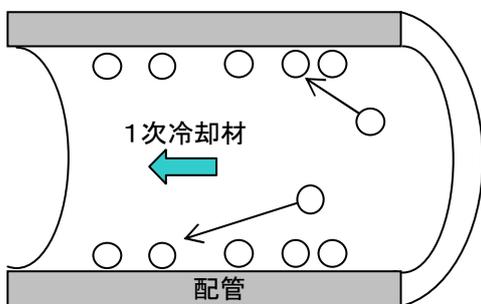
作業員の被ばく低減を図ることを目的に、コバルト-60等の放射性物質が機器や配管内表面に付着することを抑制するため、1次冷却材中に亜鉛を注入する装置を化学体積制御系統に設置した。

工事概要図



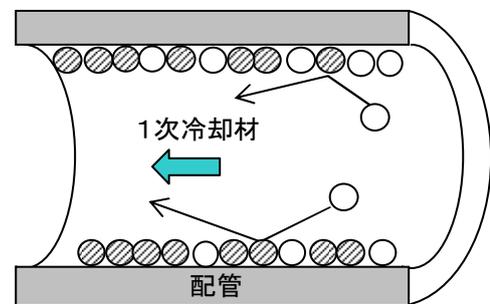
亜鉛注入による放射性物質付着抑制メカニズム

【工事前】



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

【工事後】



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いた亜鉛を注入している。

図-8 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信号を送る装置。

取替概要図

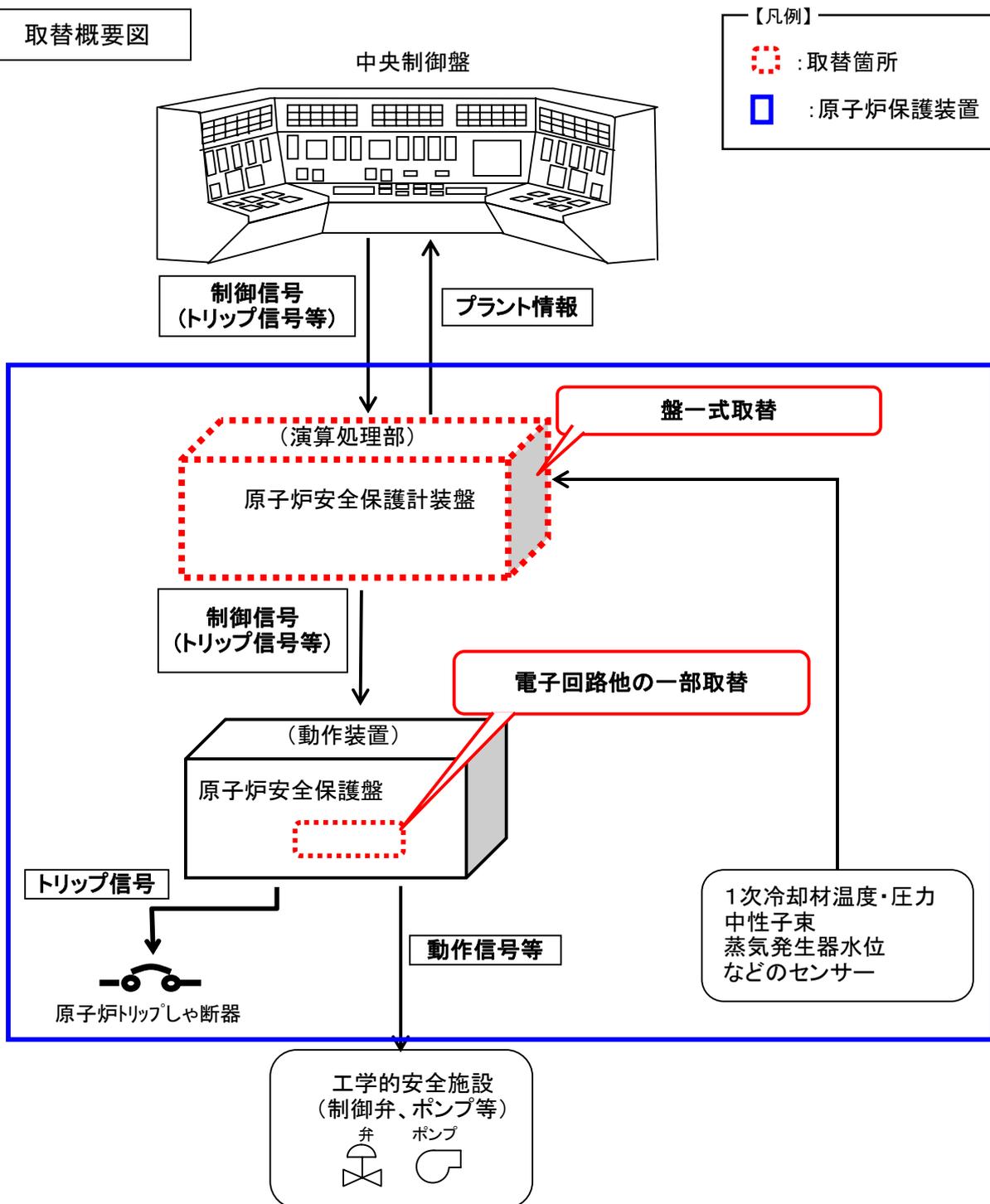
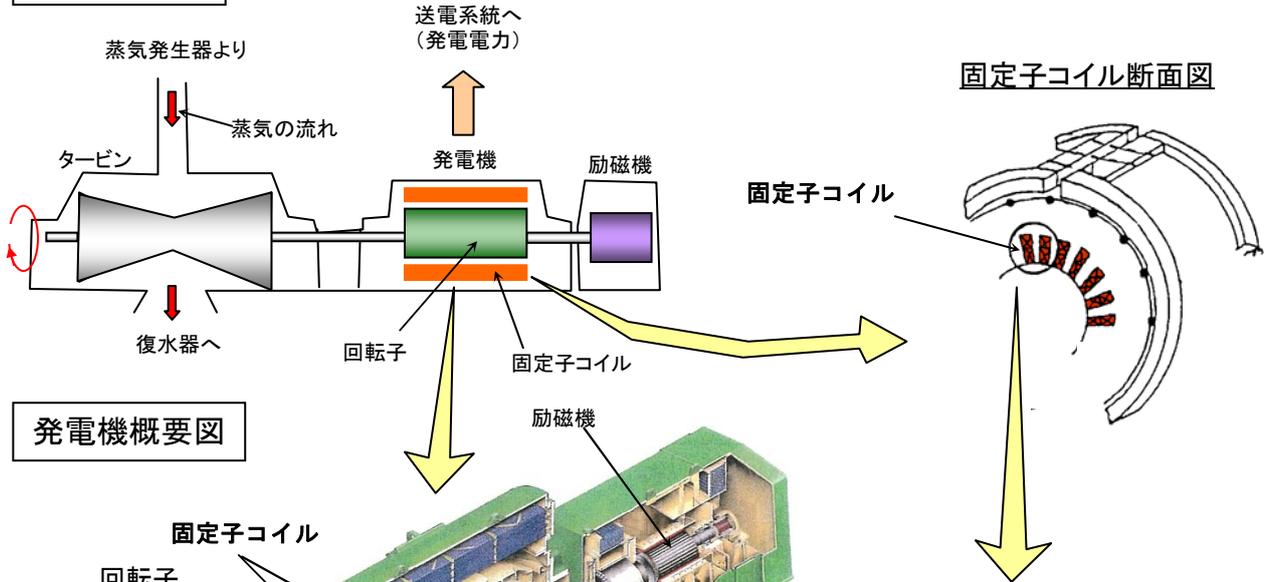


図-9 発電機固定子コイル取替工事

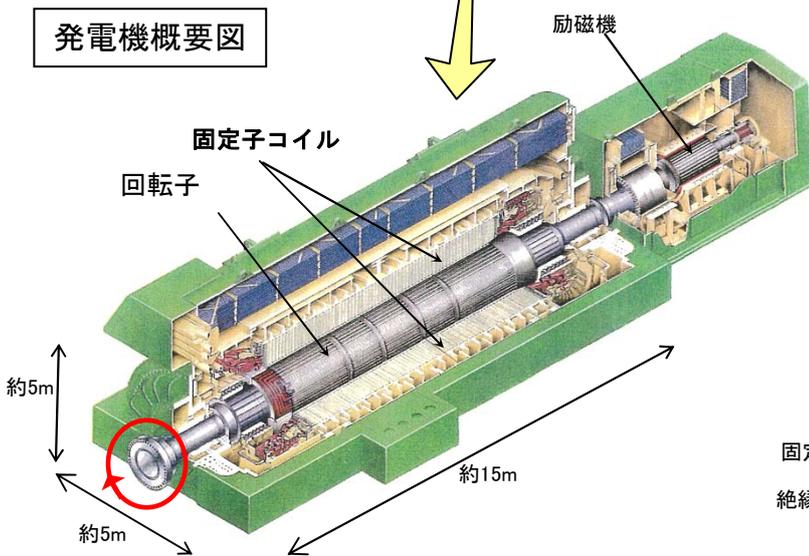
工事概要

発電機固定子コイルの絶縁物材料が劣化傾向にあることから、予防保全として、発電機固定子コイルを新しいものに取り替えた。

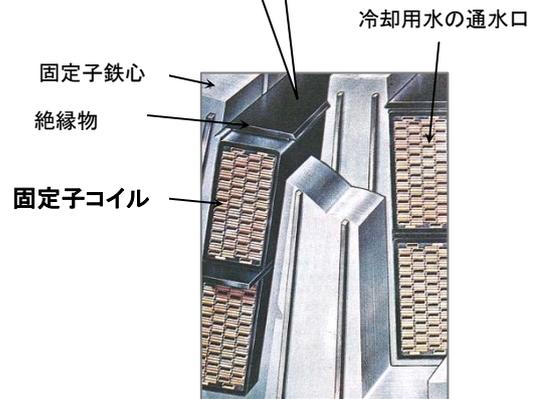
系統概要図



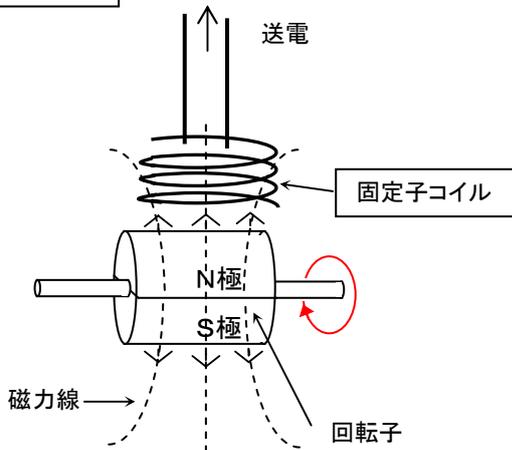
発電機概要図



絶縁能力が低下すると、送電線への落雷等による異常電圧発生時に絶縁破壊を起こし、機器の損傷に至る



発電原理



回転子(磁石)の回転により、固定子コイルに作用する磁力線の向きが変化し、固定子コイルに電気が発生する。

固定子コイルの主な仕様

- ・コイル数 : 内側 42個(周方向) } 合計84個
 外側 42個(周方向)
- ・コイル寸法 : 内側 約57mm × 108mm × 7.6mm
 外側 約57mm × 93mm × 7.6mm
- ・重 さ : 約0.28t/個
- ・コ イ ル : 銅製
- ・絶 縁 物 : エポキシ製

図-10 2次系配管の点検等

点検概要

今定期検査において、合計1,305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):1,294箇所、内面目視点検:11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	1,429	0	435
その他部位	2,050	0	859*
合計	3,479	0	1,294

* 定期検査開始時の「今回点検実施部位」の「その他部位」の箇所数は862箇所であったが、配管取替え時の作業性を考慮して追加で3箇所を取り替えたため859箇所となった。

○2次系配管肉厚の管理指針に基づく内面目視点検

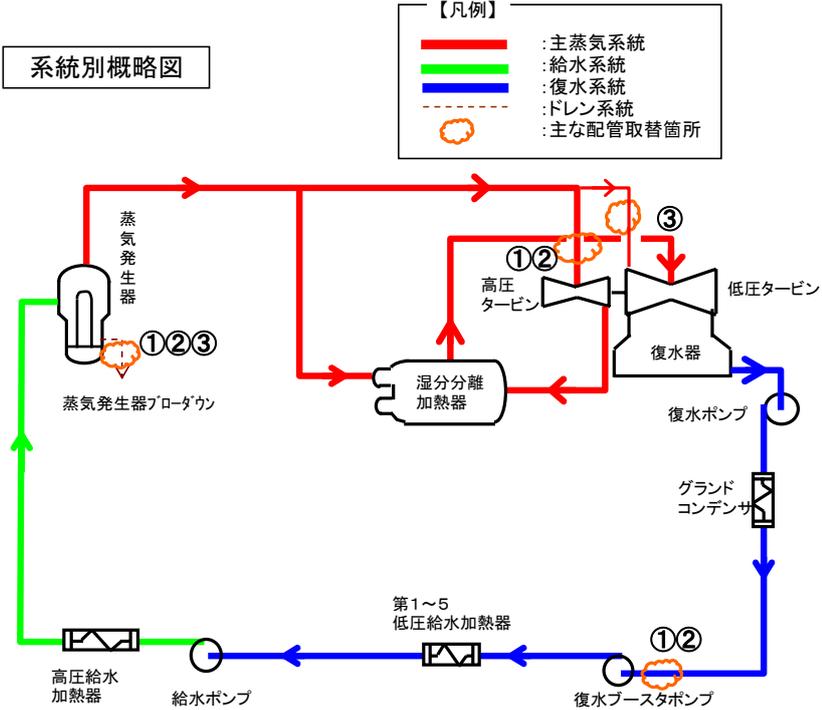
高圧排気管の直管部11箇所について、配管内面から目視点検を実施した。

(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計画していた159箇所に加え、配管取替え時の作業性を考慮した部位3箇所を追加し、合計162箇所の配管を同種材(炭素鋼)または、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。



- 【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た箇所 (29箇所)
 - 必要最小厚さとなるまでの期間が10年未満の箇所 (28箇所)
 - 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 27箇所
 - 炭素鋼 ⇒ 同種材 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 1箇所
 - 配管取替の作業性^{※1}を考慮して取り替えた箇所 (34箇所)
 - 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 32箇所 (3箇所追加)
 - 炭素鋼 ⇒ 同種材 2箇所
 - 配管の保守性^{※2}を考慮して取り替えた箇所 (99箇所)
 - 炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 72箇所
 - 炭素鋼 ⇒ 低合金鋼 27箇所
- [合計162箇所]

※1 配管取替時に近傍の配管も一緒に取り替えた方が作業し易いため取り替えた。
 ※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た。

図11 プラント排気筒ガスモニタの一時的な僅かな指示値の上昇(1/2)

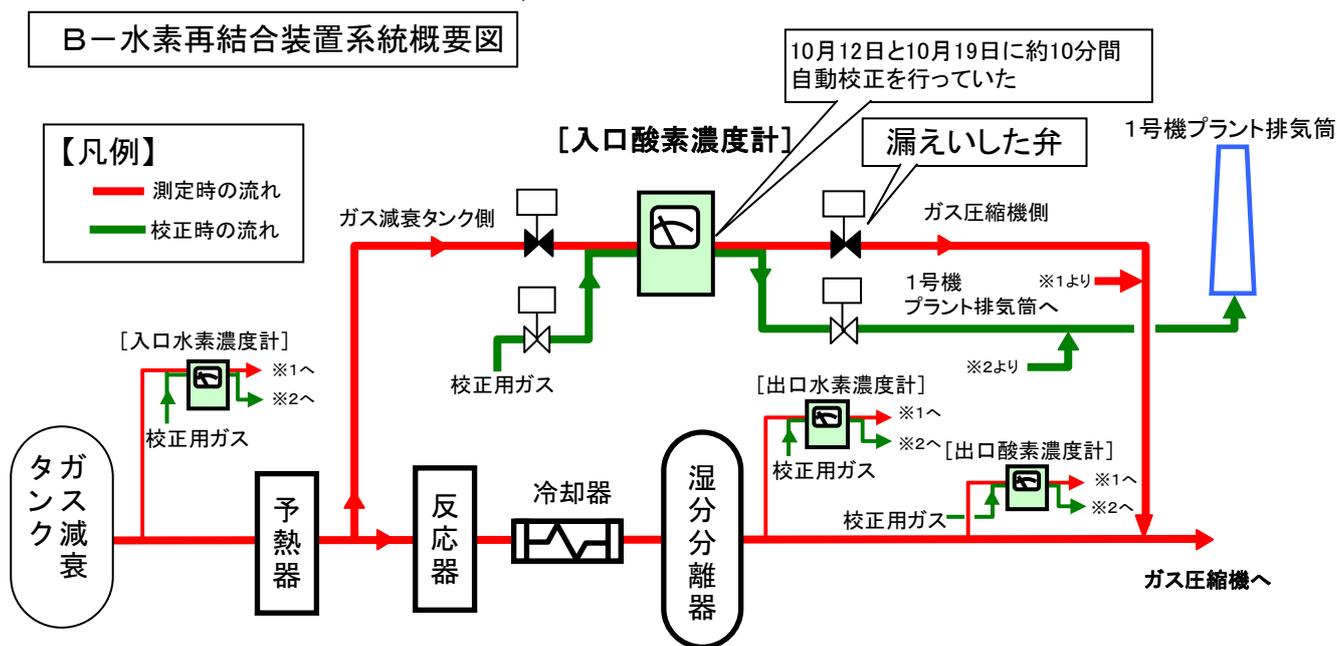
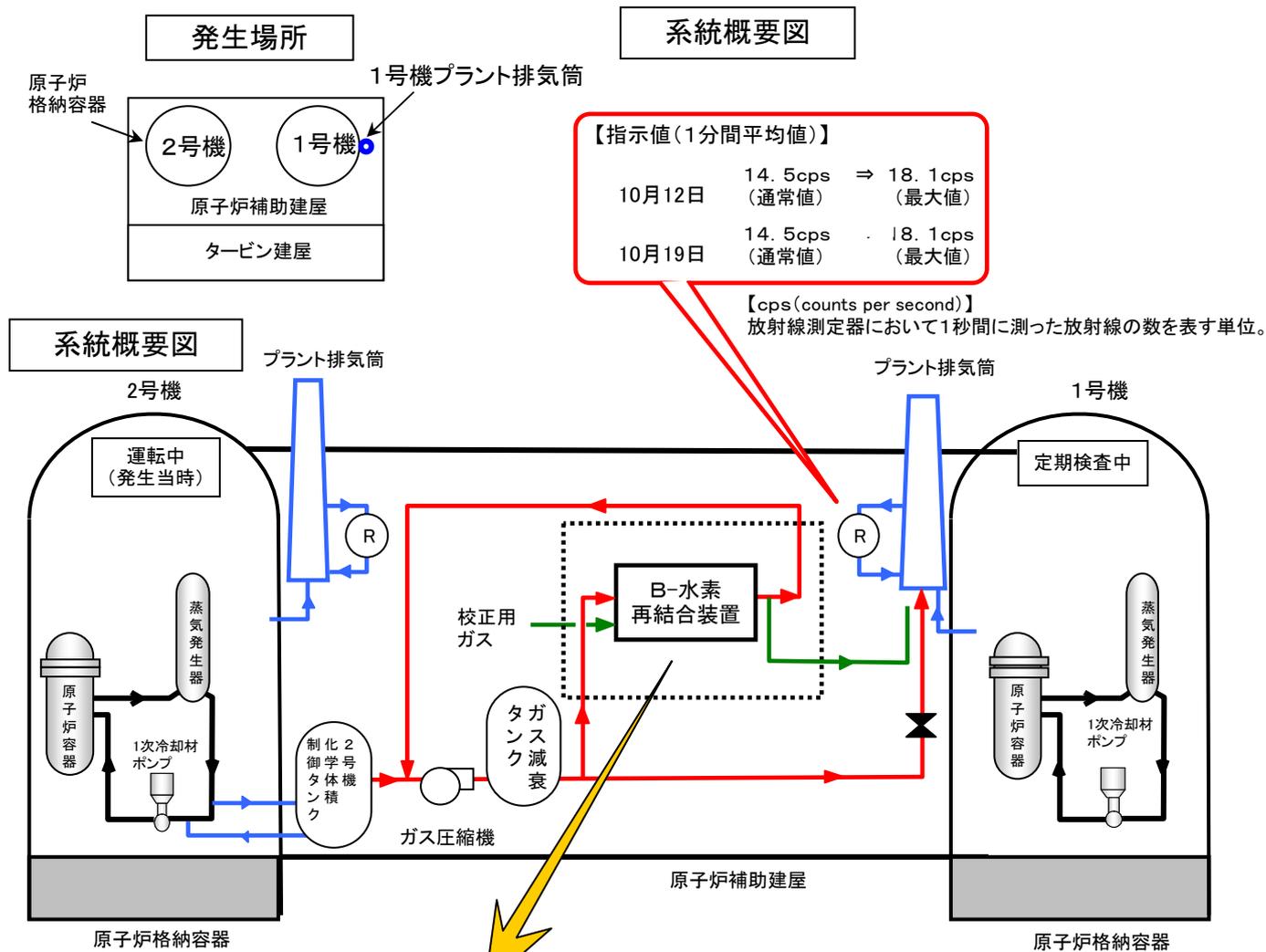
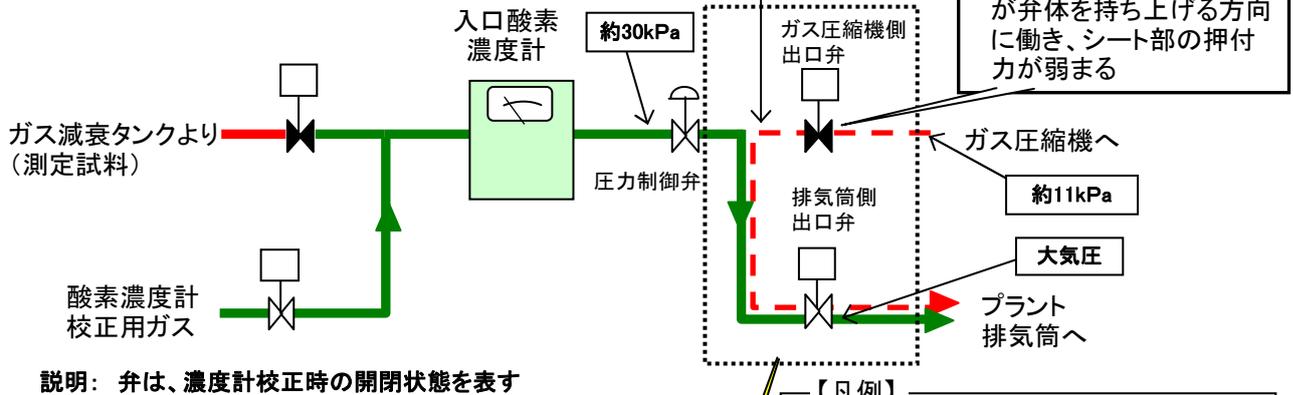


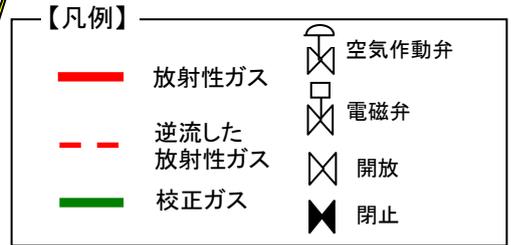
図11 プラント排気筒ガスモニタの一時的な僅かな指示値の上昇(2/2)

発生メカニズム

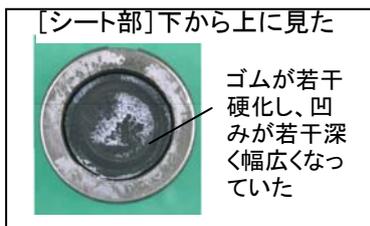
B-水素再結合装置 入口酸素濃度計(校正時)



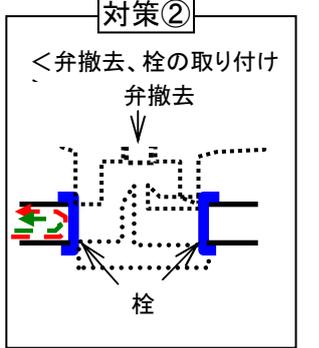
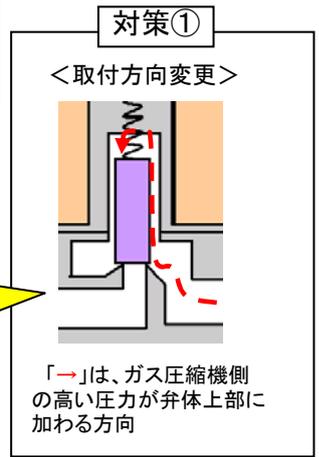
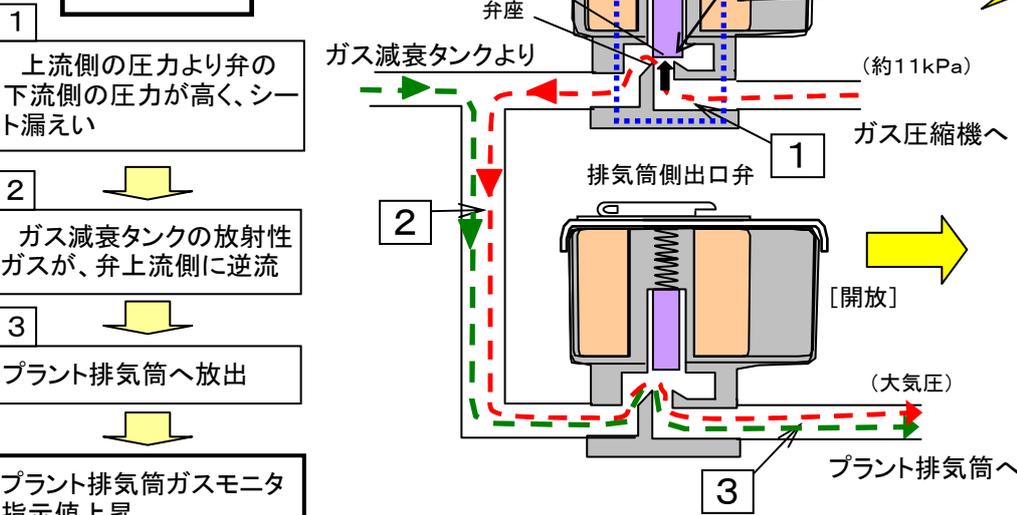
説明: 弁は、濃度計校正時の開閉状態を表す



ガス圧縮機側出口弁からの漏えいメカニズム



メカニズム



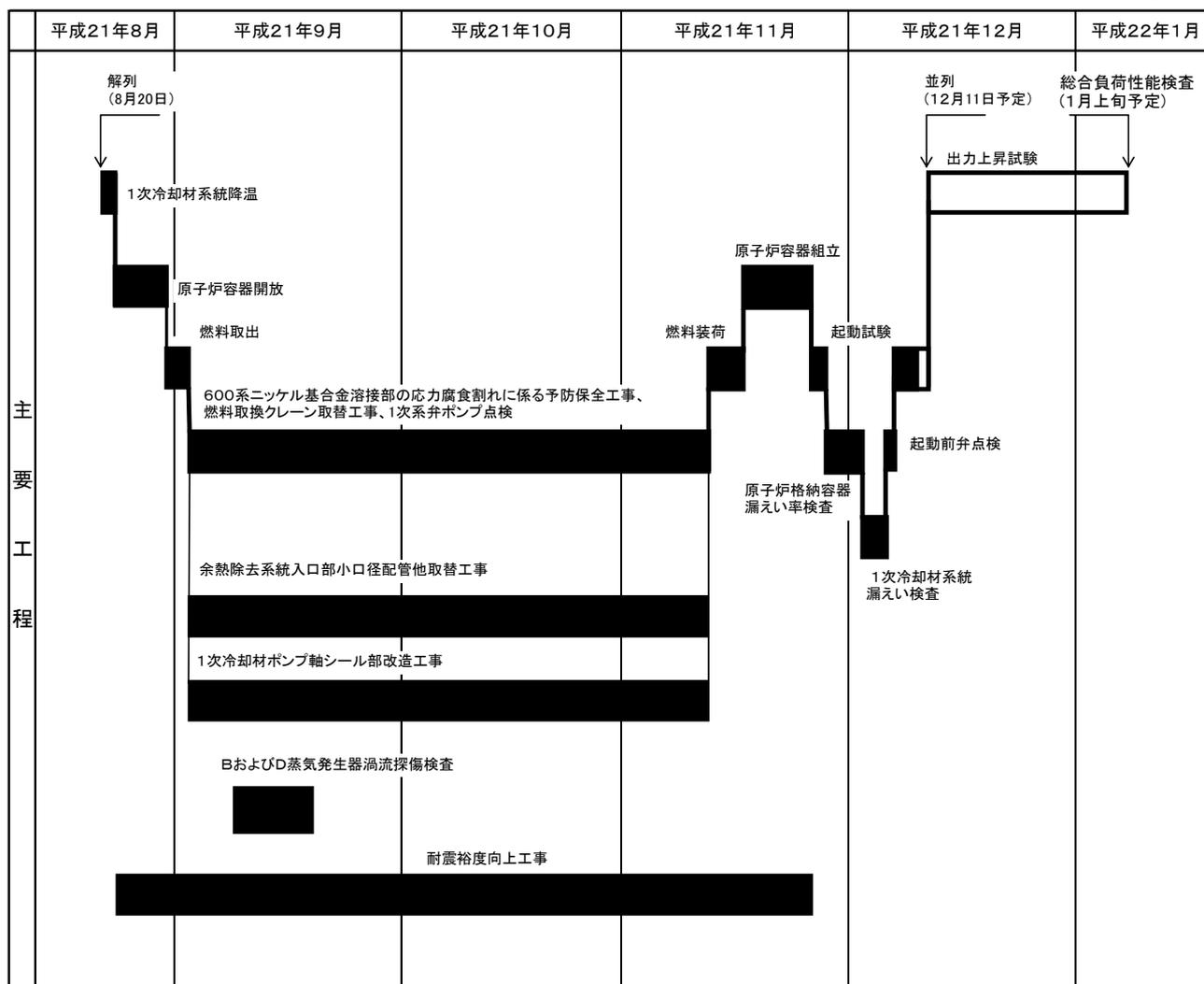
対策

- ①当該弁を取替えるとともに、設置に当たっては自動校正中のシート漏れが起きない方向に取り付けた。
- ②また、プラント排気筒側への排出ラインは栓をして使用しないこととし、校正用のガスはすべてガス圧縮機側に排出し、気体廃棄物処理系で処理することとした。

大飯発電所1号機 第23回定期検査の作業工程

平成21年8月20日から、以下の作業工程にて実施しています。

(平成21年12月8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

大飯発電所1号機は、平成21年3月に運転開始後30年を迎えたことから、高経年化技術評価に基づき、今定期検査より高経年化対策を実施した。

○コンクリート構造物代表部位での非破壊試験

使用環境によって圧縮強度の低下が生じる可能性のあるコンクリート構造物の構造健全性を確認するため、外部遮へい壁、取水構造物など、コンクリート代表部位表面の反発硬度を測定し、圧縮強度に急激な変化が生じていないことを確認した。