平成22年７月５日
原子力安全対策課
（２２－４３）
＜15時30分記者発表＞

敦賀発電所２号機の原子炉起動および調整運転の開始について
（第１７回定期検査）

このことについて、日本原子力発電株式会社から下記のとおり連絡を受けた。

記

敦賀発電所２号機（加圧水型軽水炉；定格電気出力116.0万kW）は、平成22年２月21日から第１７回定期検査を実施していたが、平成22年７月６日※1に原子炉を起動し、翌７日に臨界となる予定である。

その後は、諸試験を実施し、７月10日頃※2に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、８月上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　原子炉起動（７月３日）に向けた準備中の７月１日夜、タービン動補助給水ポンプの試験中にポンプ回転数が上昇しない事象が発生したため、当該ポンプの点検を行った。その結果、当該ポンプの回転数を制御するばねに軽微な摩耗が認められたため、手入れを行った。その後、再度、当該ポンプの試験を行い、同様の事象が発生しないことを確認した。この点検作業が終了したため、原子炉を起動することとした。

※２　タービンバランシング作業（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）実施の有無により、調整運転の開始日が前後する。

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、１次冷却材系や余熱除去系などの配管、格納容器スプレイ冷却器、非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク、ポーラクレーンの支持構造物を強化した。

(2)　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－２参照）**

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、溶接部での残留応力を低減させるため、原子炉容器底部にある炉内計装筒全数の内面及び溶接部についてウォータージェットピーニング工事※3を、加圧器に設置されている管台の溶接部についてレーザー照射による応力改善工事※4を実施した。

※３　配管内面に高圧ジェット水を吹き付けることにより、溶接部表面の引っ張り残留応力を圧縮応力に変化させる。
※４　配管外面をレーザー照射することにより内外面に温度差を与え、溶接部内表面の引っ張り残留応力を圧縮応力に変化させる。

(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の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、その下流側に流量調整用オリフィスを設置した。

※５　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)　１次系小口径曲げ配管取替工事　　**（図－４参照）**

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、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。

(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を撤去し、新たに１系列を設置した。

(6)　原子炉保護系制御盤等取替及び電源装置改造工事　　**（図－６参照）**

原子炉保護装置※6の電子部品が製造中止となったことから、今後の保守性を考慮し、デジタル制御のものに取り替えた。取り替えに伴い消費電力が増加するため、当該制御盤等に電源を供給している計器用インバータ電源装置及び安全系直流電源装置について電源容量（電源供給能力）を大きくする改造を行った。

また、この工事に合わせて原子炉停止信号や工学的安全施設作動信号の発信に用いられている信号を増やし、信頼性の向上を図った。

※６　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、原子炉トリップ遮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。

(7)　制御棒駆動装置制御盤等取替工事　　**（図－７参照）**

制御棒駆動装置制御盤の構成部品が製造中止となったことから、今後の保守性を考慮し、国産のものに取り替えた。また、当該制御盤の取り

替えに伴い、制御棒駆動装置に電源を供給している装置に交流が流れるようになることから部品の一部を取り替えた。

(8)　高圧タービン入口圧力調整工事　　**（図－８参照）**

前回の定期検査（第１６回）において、設備の予防保全（応力腐食割れ）の観点から低圧タービンを取り替えるとともに、保守性向上の観点から高圧タービンを取り替えた。

取替え後のプラント運転データを確認したところ、高圧タービンに入った直後の蒸気圧力が設計値より若干低いために、電気出力も設計値を下回っていることがわかった。

高圧タービンの蒸気圧力および電気出力を当初の設計値とするため、今定期検査において、高圧タービンの蒸気入口側（第１段～３段）の翼を、翼形状の微調整や翼枚数の増加を行った新しい翼に取り替えた。

２　設備の保全対策

(1)　２次系配管の点検等　　**（図－９参照）**

①日本原子力発電㈱が定めた「配管肉厚管理手引書」に基づき、２次系配管 566箇所※7について超音波検査（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評価された箇所はなかった。

※７　今定期検査開始時の計画では、582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16箇所減少し、合計566箇所について測定を実施した。

②今定期検査開始時には112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16箇所を追加し、合計128箇所を同種材(炭素鋼)または、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　運転期間中に発生したトラブルに係る調査及び対策工事

(1)　原子炉格納容器内の手動弁でのほう酸析出に係る対策**（図－10参照）**

運転中の平成21年５月７日、１次冷却材サンプリング系統の弁本体フランジ部（以下、フランジ部という）から僅かな１次冷却材の漏れが確認されたため、当該弁を閉止し漏れを停止させた。

なお、本事象による周辺環境への影響はなかった。

（平成21年６月３日　発表済み）

今回の定期検査で、当該弁を取り外して原因調査を行った。

分解点検や前回点検の記録調査等から、漏れの原因は、前回点検時

（平成10年の第９回定期検査）のフランジ部のボルト締付け力が規定のトルク値より低かったため、その後の運転に伴うパッキンの収縮による締付け力の低下により漏れが発生したものと推定された。

対策として、当該弁を新品に取り替えた。また、今後、同型弁（フランジ構造）の点検においては、規定のトルク値でボルトを締め付けた後、再度、同じトルクで締付け確認等を行うこととした。

本事象を踏まえ、運転中に系統圧力がかかる１次系の同型弁について、ボルトの締付け確認を行った。

(2)　１次冷却材ポンプ電源監視回路改造工事　　**（図－11参照）**

運転中の平成21年12月２日、１次冷却材ポンプ駆動用電源の電圧と周波数を監視するための装置の電源スイッチが投入（供給）されていないことを発見し、保安規定に基づき「運転上の制限を逸脱している」と判断した※8。同日、装置の電源を投入し、正常な状態に復帰した。

電源スイッチが投入されていなかった原因は、前回定期検査中の検査において当該監視装置の電源スイッチの「切」操作を行ったが、検査終了後に「入」状態に復旧していなかったためと推定された。

対策として、復旧操作後に、別の確認者が正規の状態であることを再確認するなど、確実な操作を徹底するため所内規程類の変更を行った

（平成21年12月３日、平成22年１月８日　発表済み）

今回の定期検査において、監視装置の電源が喪失した場合には中央制御室に警報を発報するとともに、「電源電圧低」および「電源周波数低」の信号を発信する回路構成に変更した。

※８　本事象について、原子力安全・保安院は、平成21年12月10日に保安規定違反と判断した。

４　蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査結果

４台ある蒸気発生器の伝熱管全数（既施栓管を除く13,049本）について、渦流探傷検査を実施した結果、異常は認められなかった。

５　燃料取替

燃料集合体全数 193 体のうち、93体（うち72体は新燃料集合体）を取り替えた。

また、燃料集合体の外観検査（８体）を実施した結果、異常は認められなかった。

6　次回定期検査の予定

平成23年　秋頃

7　定期検査中に発生した安全協定に基づく異常事象

(1)　原子炉格納容器内の弁からの漏えい　　**（図－12参照）**

平成22年４月５日15時10分頃、原子炉格納容器内において分解点検中の弁からの水漏れが発見された。

漏れが発生した原因は、保修担当者間での業務引継が行われていなかったことにより、当日の保修担当者が当該弁の配管内の水抜きが完了しているものと思い込み、作業者に当該弁の分解点検作業の開始を許可したことによるものと推定された。

対策として、保修担当者間での業務引継時に作業進捗状況等の必要な情報を確実に伝達すること等を徹底した。

なお、本事象による周辺環境への影響はなかった。

（平成22年４月９日、５月11日　発表済み）

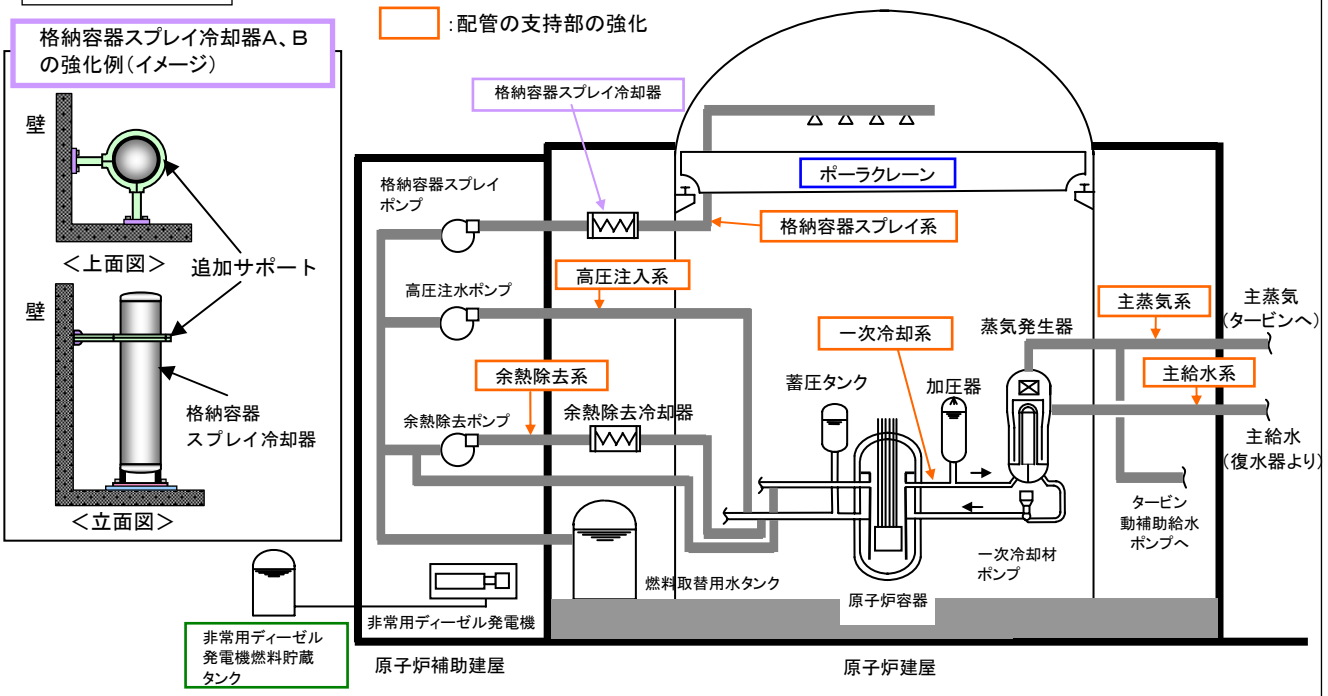
問い合わせ先　（担当：有房）
内線2354・直通0776(20)0314

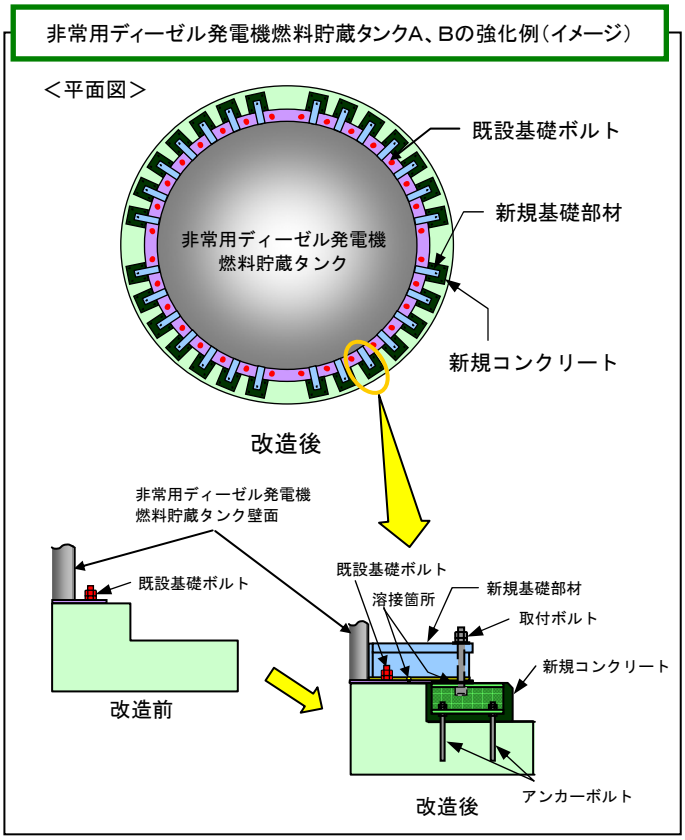
耐震裕度向上工事

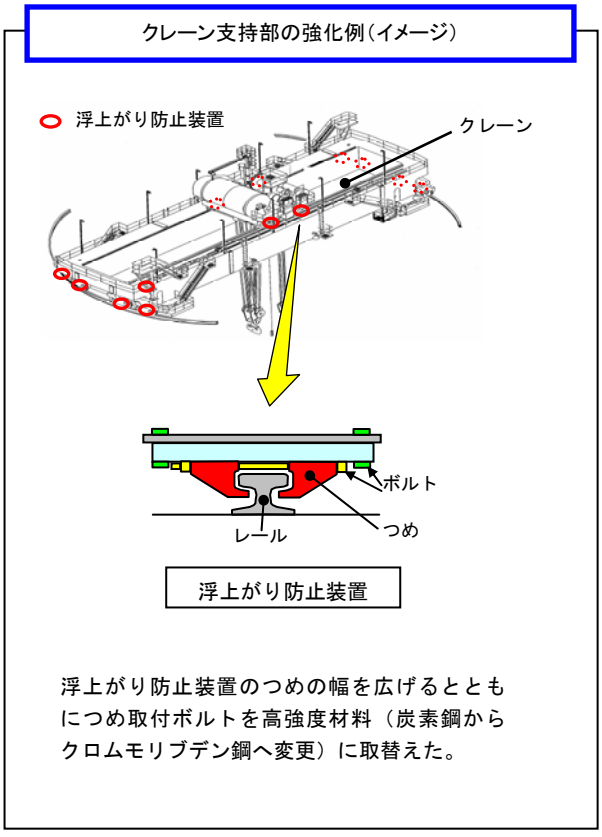
概　　要

設備の耐震性を一層向上させるため、１次冷却材系や余熱除去系などの配管、格納容器スプレイ冷却器、非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク、ポーラクレーンの支持構造物を強化した。

概　要　図







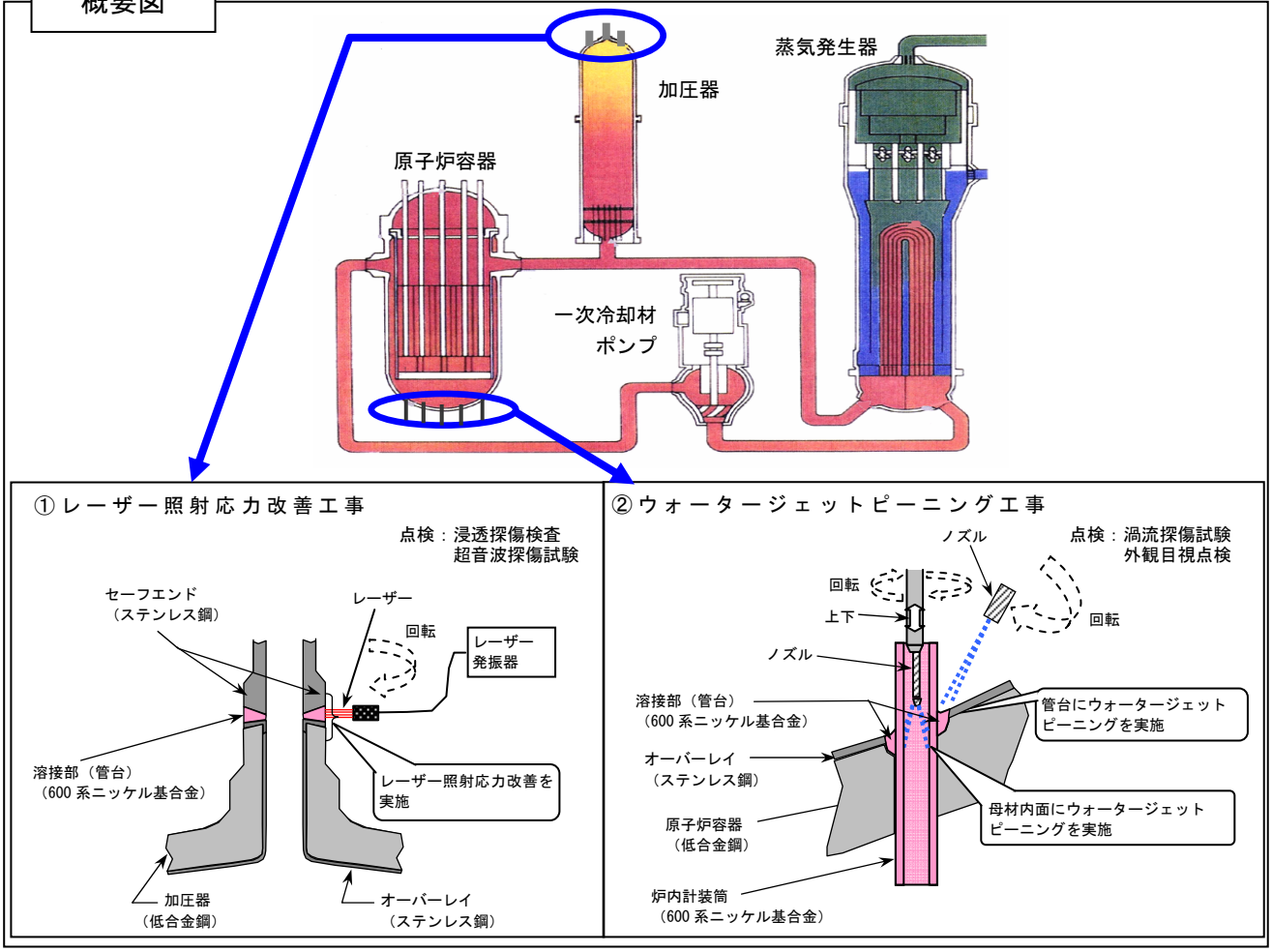
浮上がり防止装置のつめの幅を広げるとともにつめ取付ボルトを高強度材料（炭素鋼からクロムモリブデン鋼へ変更）に取替えた。

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

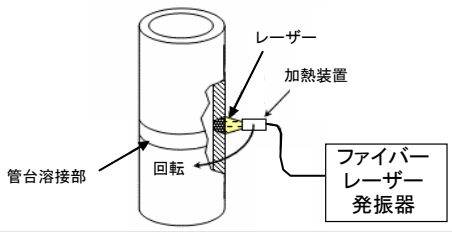
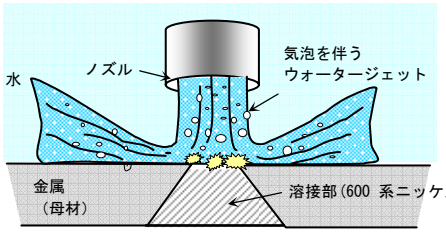
概　要

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、溶接部での残留応力を低減させるため、原子炉容器底部にある炉内計装筒の内面及び溶接部についてウォータージェットピーニング工事を、加圧器に設置されている管台の溶接部についてレーザー照射による応力改善工事を実施した。

概要図



＜適用する予防保全工法＞

対象 ／ 内容	①加圧器管台３箇所 ・安全弁用管台２台 ・スプレイライン用管台	②原子炉容器底部炉内計装筒管台５８箇所
工事工法	レーザー照射応力改善	ウォータージェットピーニング
工法概略		
原　　理	配管外面をレーザー照射することにより内外面に温度差を与え、溶接部内表面の引っ張り残留応力を圧縮応力に変化させる。	水中で高圧ジェット水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。

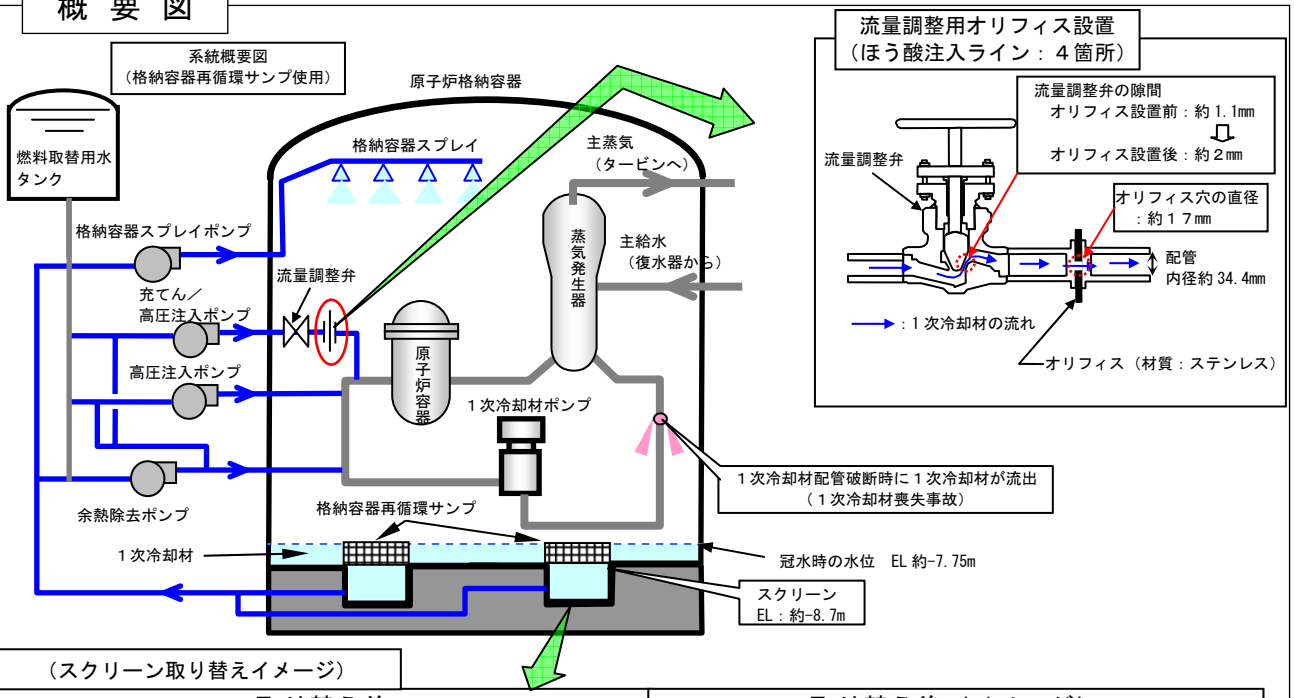
格納容器再循環サンプスクリーン取替工事

概　　要

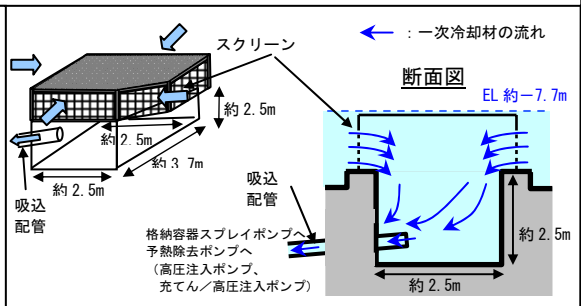
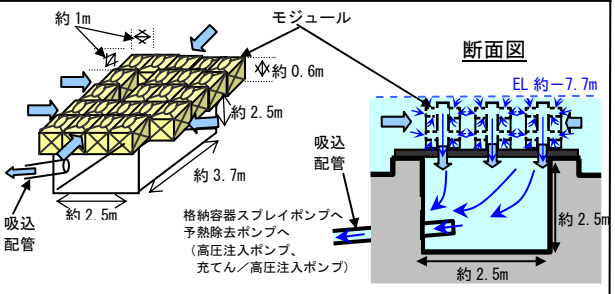
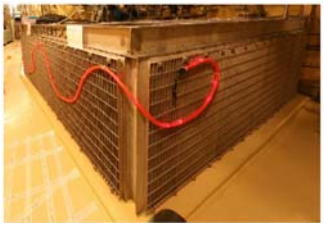
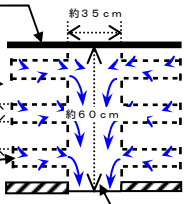
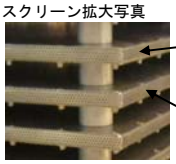
１次冷却材喪失事故時に格納容器再循環サンプスクリーンが異物混入により機能が低下することを防止する観点から、スクリーンをより表面積の大きいものに取り替えました。

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、その下流側に流量調整用オリフィスを設置しました。

概　要　図



（スクリーン取り替えイメージ）

	取り替え前	取り替え後（イメージ）
再循環サンプスクリーンの概要図		 ※新型のスクリーンは、複数のモジュールで構成されている。
スクリーンの概要図	スクリーンの写真 	スクリーンの写真 ：一次冷却材の流れ モジュール構造図  ヘッドカバー スクリーン拡大写真  ろ過穴 多孔板 コアチューブ ［モジュール１基の大きさ］ 大きさ：高さ約０．６m、幅約１m、奥行き約１m 多孔板１４枚、多孔板１枚の面積：約１．３m²

ろ過穴	約３mm角	直径　約１．７mm
表面積	Ａ：約２０m²　Ｂ：約２０m²	Ａ：約４１０m²　Ｂ：約４１０m²
材質	ステンレス	ステンレス

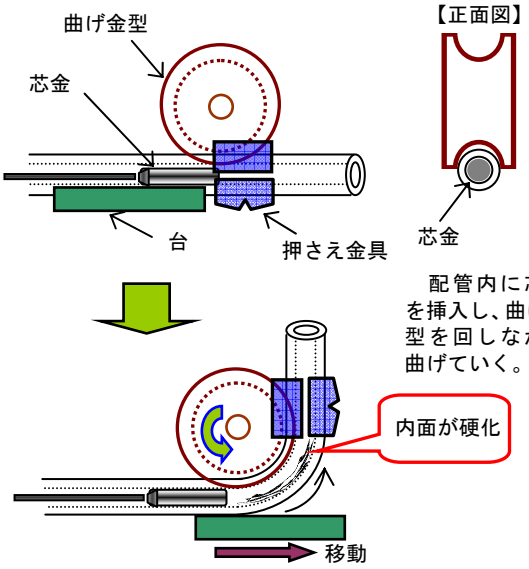
１次系小口径曲げ配管取替工事

概　　要

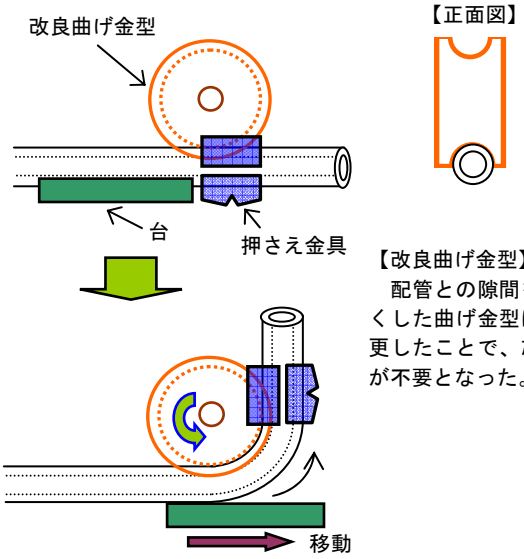
国外ＢＷＲプラントにおいて、芯金を使用して曲げ加工した配管の内面で応力腐食割れが発生した事象を踏まえ、１次冷却材系統につながる曲げ配管のうち、芯金を使用して曲げ加工したものを芯金を使用せずに曲げ加工した配管に取り替えた。

工事概略図（曲げ加工法）

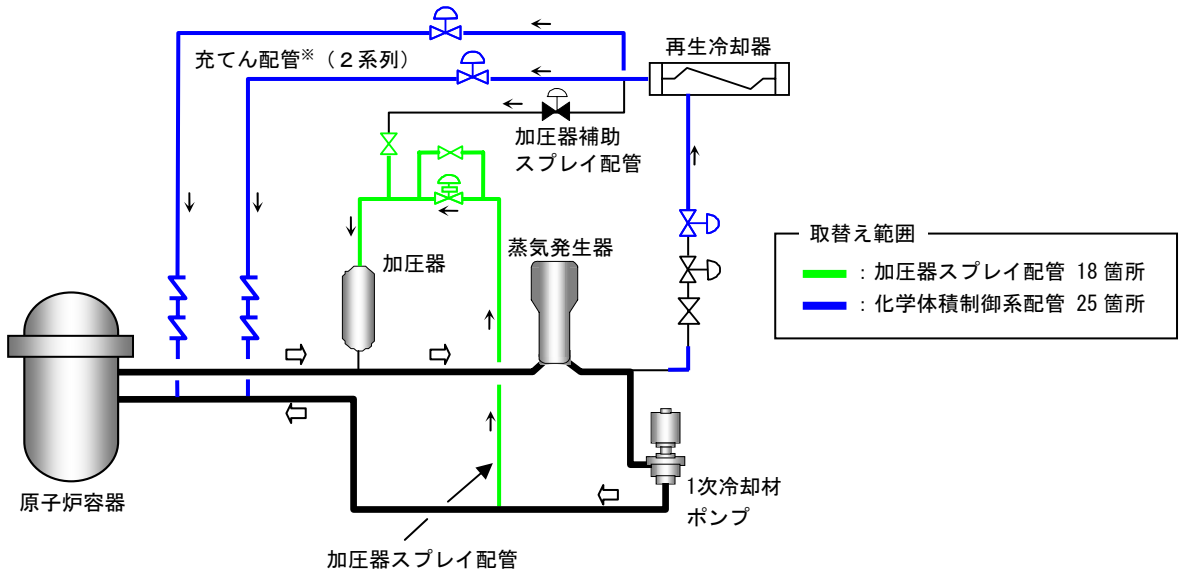
工事前（芯金を使用した曲げ加工）



工事後（芯金を使用しない曲げ加工）



取り替え範囲概略図



※化学体積制御系配管のうち、充てん配管については、「高サイクル熱疲労割れに係る対策工事」（図－５参照）で新たに設置する１系列に芯金を使用せずに曲げ加工した配管を採用した。

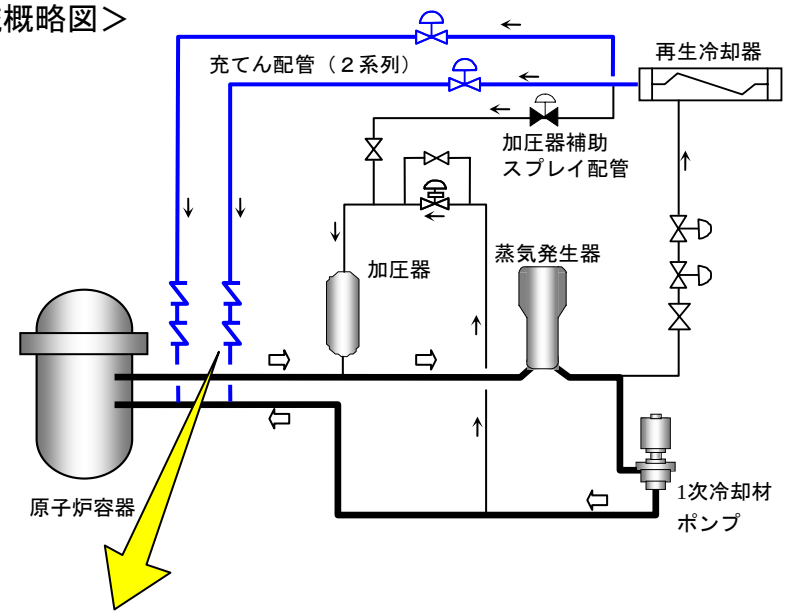
高サイクル熱疲労割れに係る対策工事

概　　要

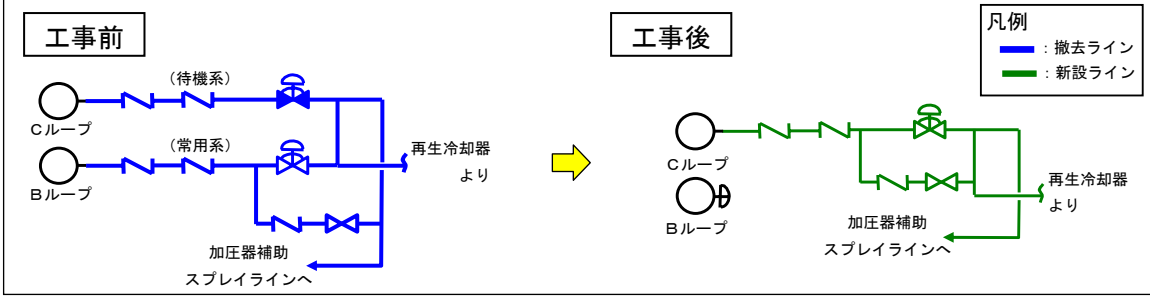
国内外ＰＷＲプラントにおける高サイクル熱疲労割れ事象（温度ゆらぎによる熱疲労）を踏まえ、２系列ある充てん配管を撤去し、新たに１系列を設置した。

概　要　図

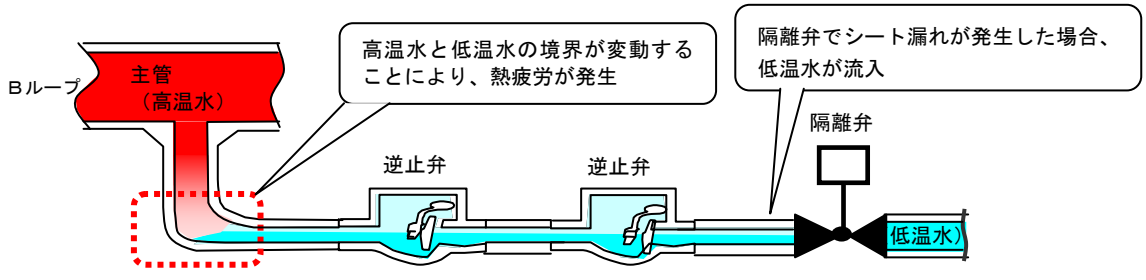
＜系統概略図＞



改造部詳細



高サイクル熱疲労（シートリーク型）発生メカニズム



原子炉保護系制御盤等取替及び電源装置改造工事

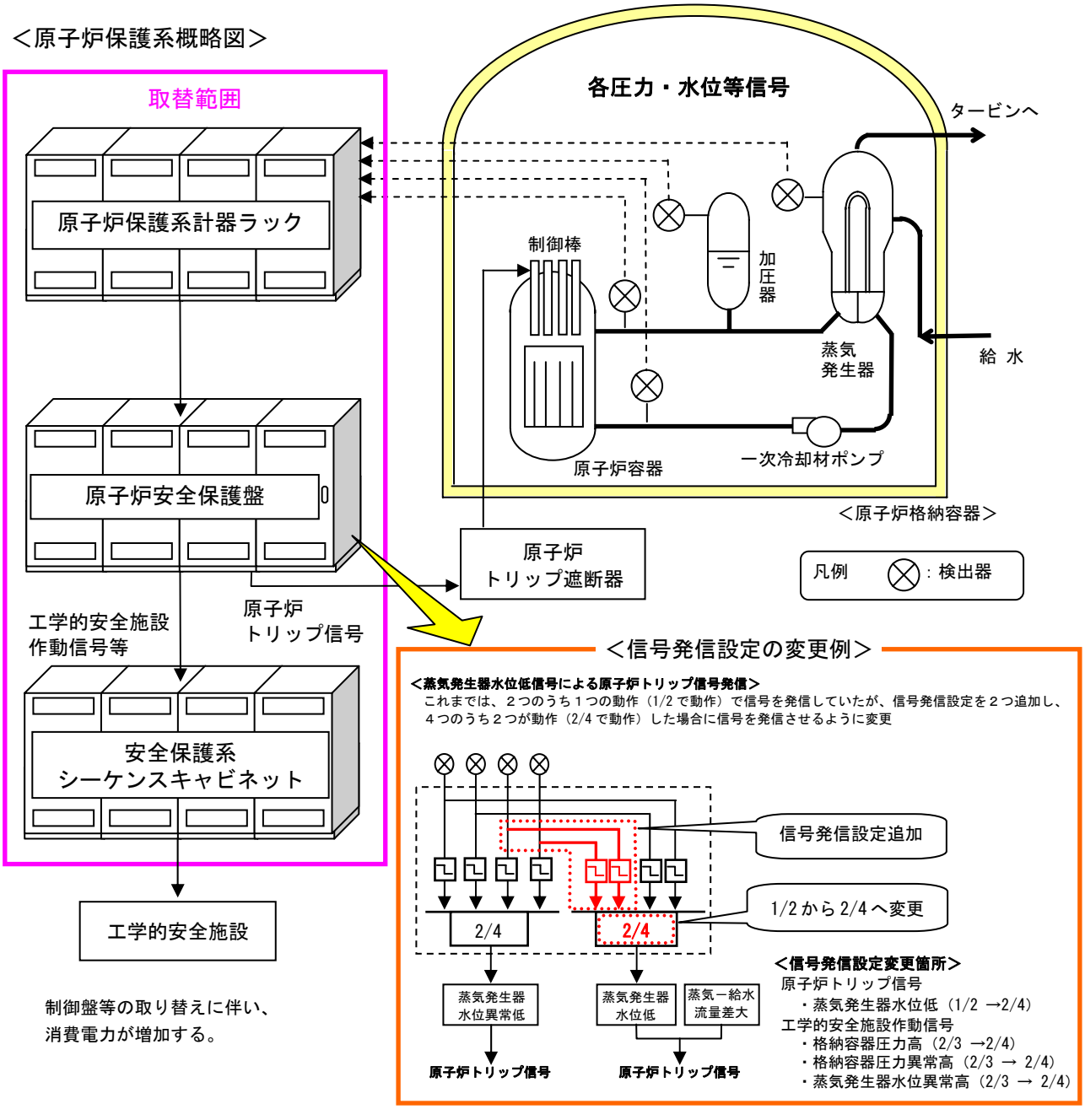
原子炉保護系制御盤等取替　概要

原子炉保護装置※の電子部品が製造中止となったことから、今後の保守性を考慮し、デジタル制御のものに取り替えた。また、この工事に合わせて原子炉停止信号や工学的安全施設作動信号の発信に用いられている信号を増やし、信頼性の向上を図った。

※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、原子炉トリップ遮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。

概　要　図

＜原子炉保護系概略図＞



制御盤等の取り替えに伴い、
消費電力が増加する。

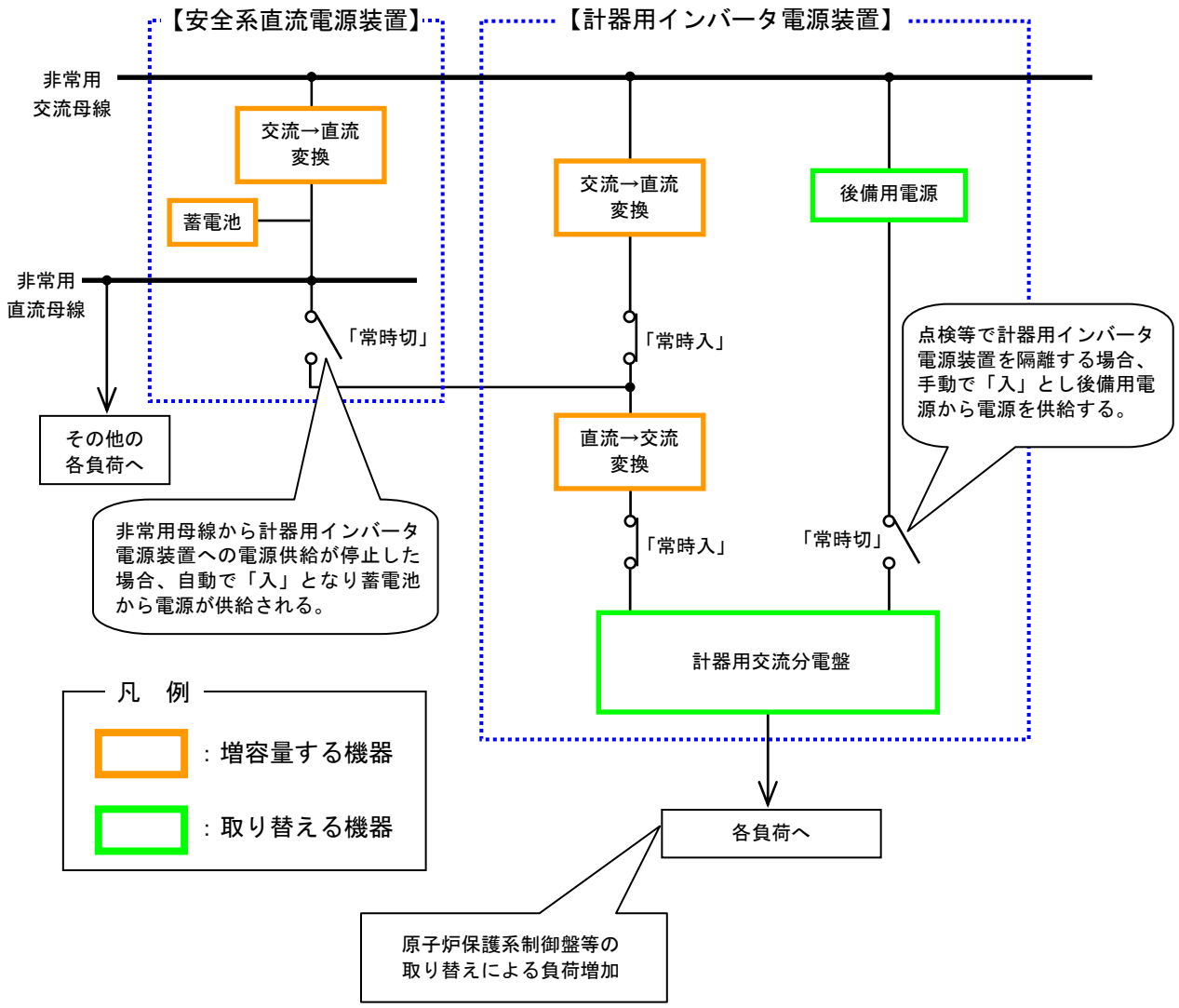
原子炉保護系制御盤等取替及び電源装置改造工事

電源装置改造　概要

原子炉保護系制御盤等の取り替えに伴い消費電力が増加するため、当該制御盤等に電源を供給している計器用インバータ電源装置及び安全系直流電源装置について電源容量（電源供給能力）を大きくする改造を行った。

概　要　図

＜概略工事範囲図＞



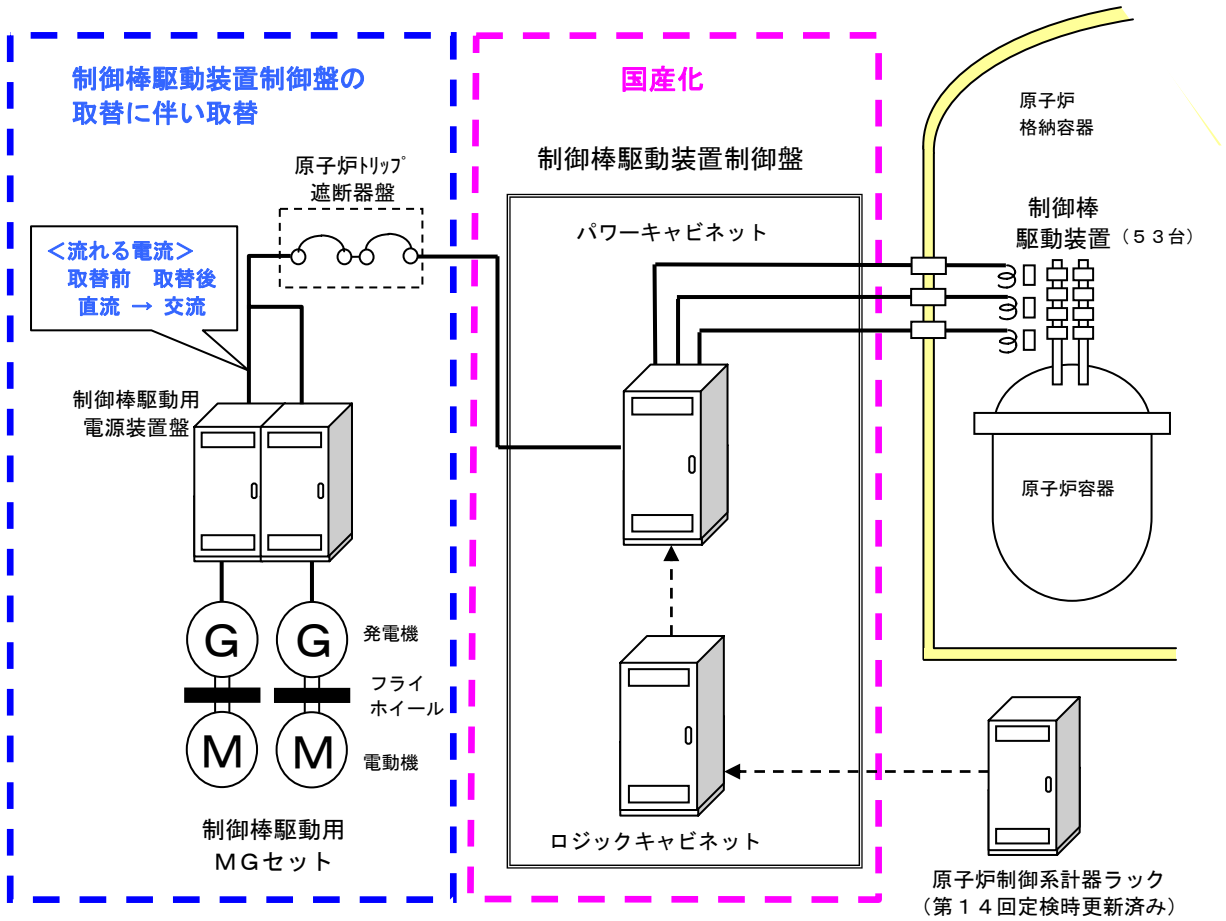
制御棒駆動装置制御盤等取替工事

概　　要

制御棒駆動装置制御盤の構成部品が製造中止となったことから、今後の保守性を考慮し、国産のものに取り替えた。また、当該制御盤の取替えに伴い、制御棒駆動装置に電源を供給している装置に交流が流れるようになることから部品の一部を取り替えた。

概　要　図

【設備取替・改造概要】
１．ロジックキャビネットの取替
２．パワーキャビネットの取替
３．制御棒駆動用ＭＧセットの取替
４．原子炉トリップ遮断器盤内、制御棒駆動用電源装置内の一部部品の取替



制御棒駆動用ＭＧセット：電動機の電源が瞬時的に喪失しても負荷側へ安定した電力を供給するために、フライホイールを設置した交流電源装置。
ロジックキャビネット　：駆動する制御棒のグループを選択する。
パワーキャビネット　　：ロジックキャビネットからの信号に基づき、各コイルに電流を供給する。

高圧タービン入口圧力調整工事

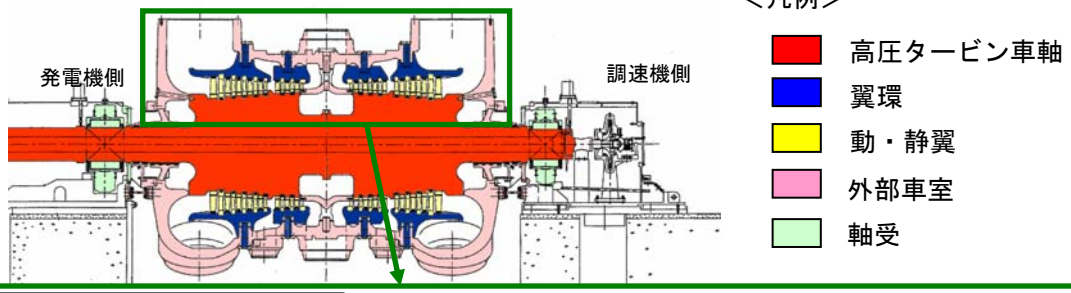
概　要

前回の定期検査（第１６回）において、設備の予防保全（応力腐食割れ）の観点から低圧タービンを取り替えるとともに、保守性向上の観点から高圧タービンについても取り替えた。取替え後のプラント運転データを確認したところ、高圧タービンに入った直後の蒸気圧力が設計値より若干低いために、電気出力も設計値を下回っていることがわかった。

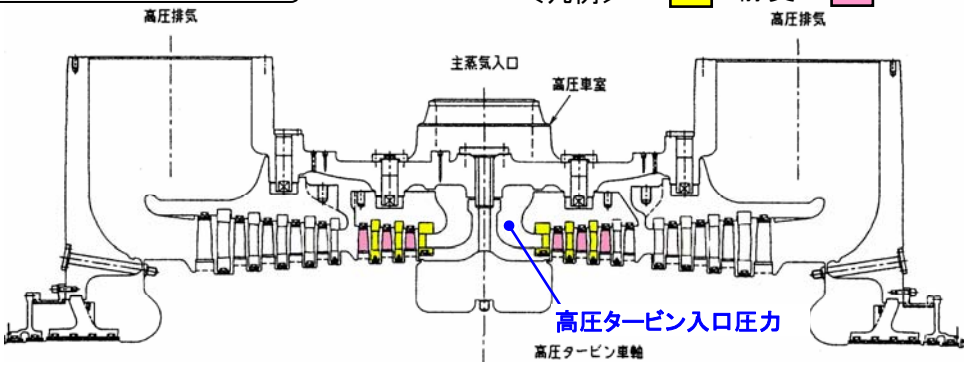
高圧タービンの蒸気圧力および電気出力を当初の設計値とするため、今定期検査において、高圧タービンの蒸気入口側（第１段～３段）の翼を、翼形状の微調整や翼枚数の増加を行った新しい翼に取り替えた。

概　要　図

高圧タービン構造図



高圧タービン取替範囲

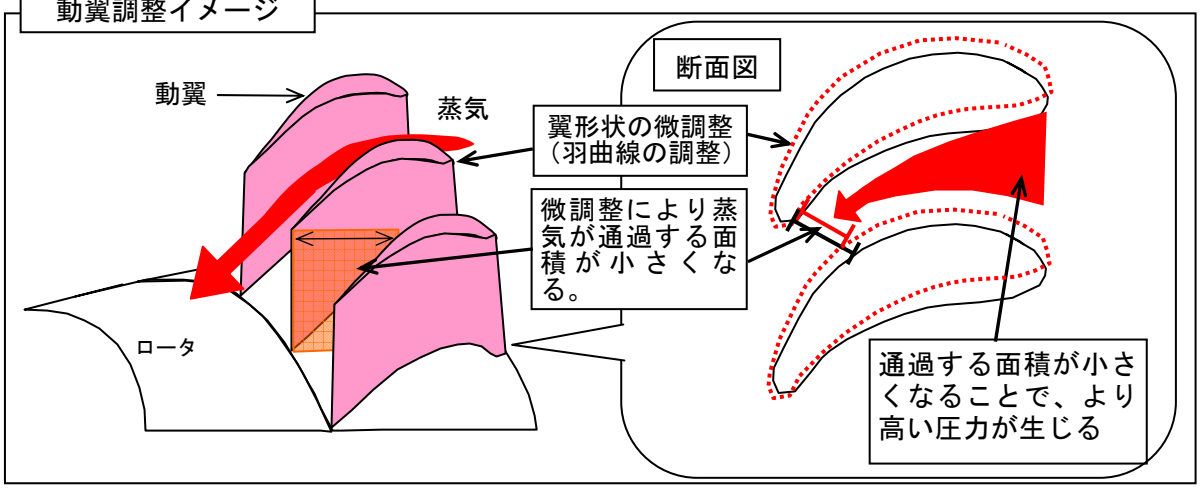


取替対象　高圧タービン静翼・動翼（調速機側：１～３段 発電機側：１～３段）

調整工事概要

静翼	翼形状の微調整及び翼枚数の増加を行い、翼間の蒸気の流れる面積を小さくする。

動翼調整イメージ

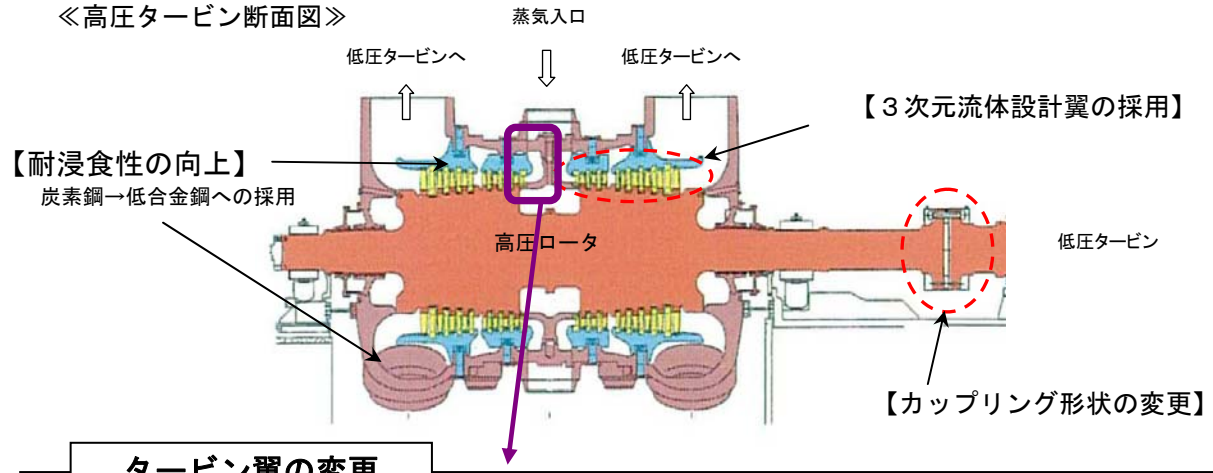


蒸気タービン取替工事（第１６回定期検査時）

概　要

海外で発生した低圧タービン円板の翼取付部での応力腐食割れ事象を踏まえ、予防保全対策として、材料の変更や全一体型ロータ構造の採用等により信頼性の向上を図った低圧タービンに取り替えた。あわせて、蒸気タービン点検時の保守性向上の観点から、高圧タービンも取り替えた。

≪高圧タービン断面図≫



タービン翼の変更

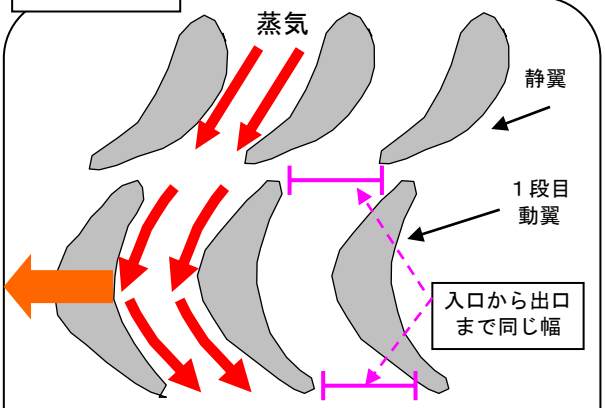
高圧タービン第１段概念図　→：蒸気の流れ

部分噴射

定格熱出力一定運転においては蒸気加減弁の開度による蒸気圧力の損失が少ない全周噴射の方が効率がよい

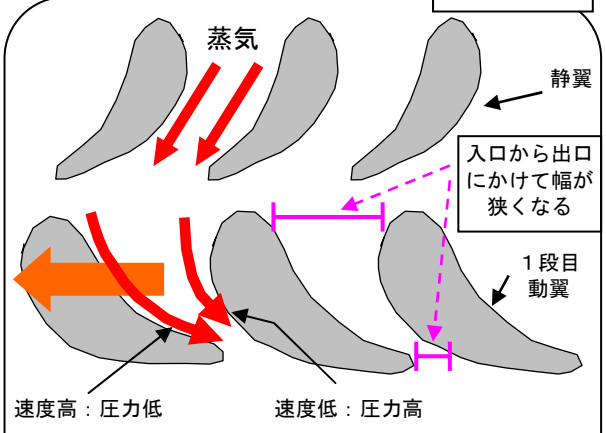
全周噴射

衝動翼



蒸気が翼に衝突した際に生じる力を利用

反動翼



蒸気が翼に沿って流れる時に速度差が生じる
↓
速度差により圧力差が発生し、力が生じる

２次系配管の点検等

点検概要

今定期検査において、合計 566 箇所について超音波検査（肉厚測定）を実施した。

２次系配管肉厚の配管肉厚管理手引書に基づく超音波検査（肉厚測定）部位

	「配管肉厚管理手引書」の点検対象部位	今回点検実施部位数		
		計画部位数	変更部位※	合計
主要点検部位	１６８３	３１７	－１５	３０２
その他点検部位	１６３６	２６５	－１	２６４
合　　計	３３１９	５８２	－１６	５６６

※作業性を考慮し、点検から取替えに変更した。

（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評価された箇所はなかった。

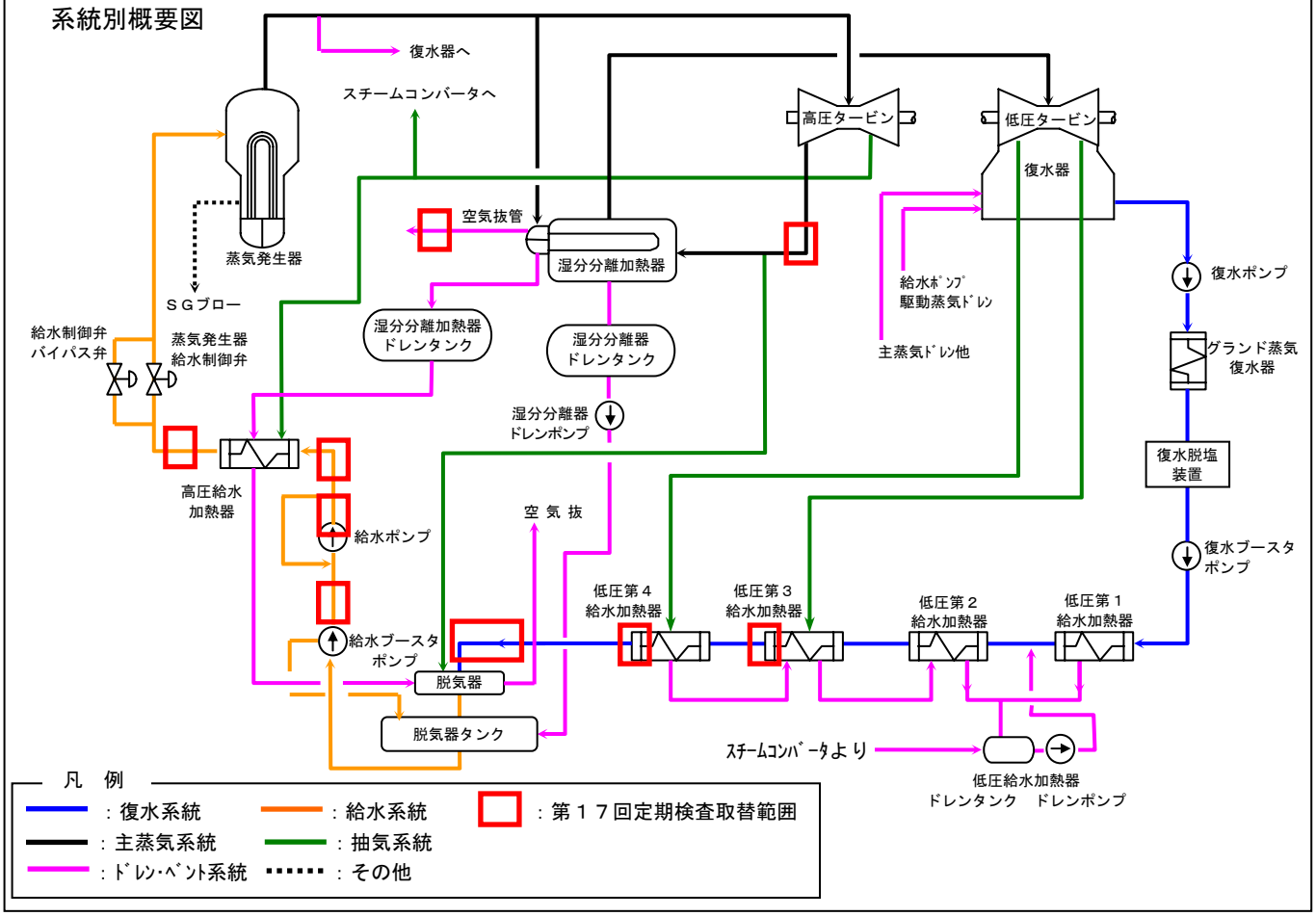
取替概要

計画していた 112 箇所に加えて、配管取替え時の作業性を考慮して 16 箇所を追加し、合計 128 箇所を同種材(炭素鋼)または、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。

２次系配管の取替え

過去の点検で減肉が確認された部位	１４	炭素鋼 ⇒	炭素鋼または ステンレス鋼もしくは低合金鋼
配管取り替え時の作業性を考慮した部位	６１（＋１６）		
予防保全の観点から取り替える部位	５３		
合　　計	１２８	（　）は変更部位数	

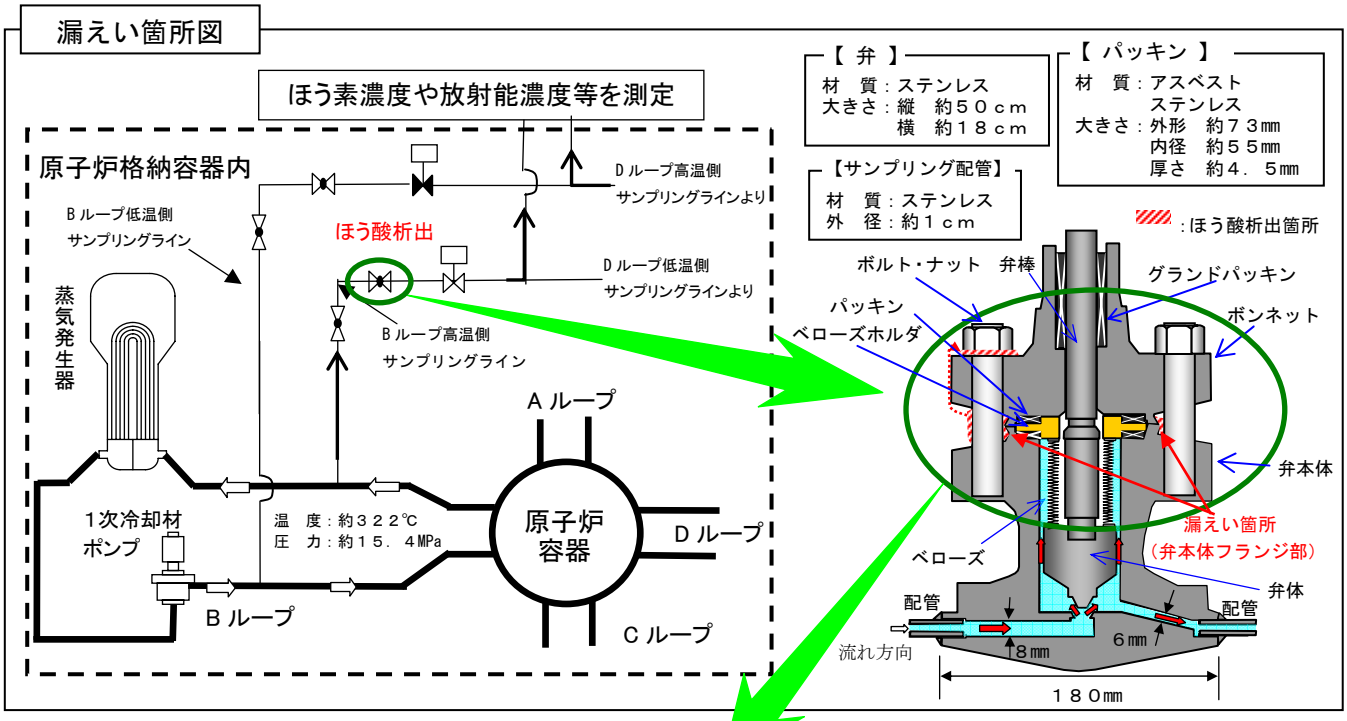
系統別概要図



図－１０

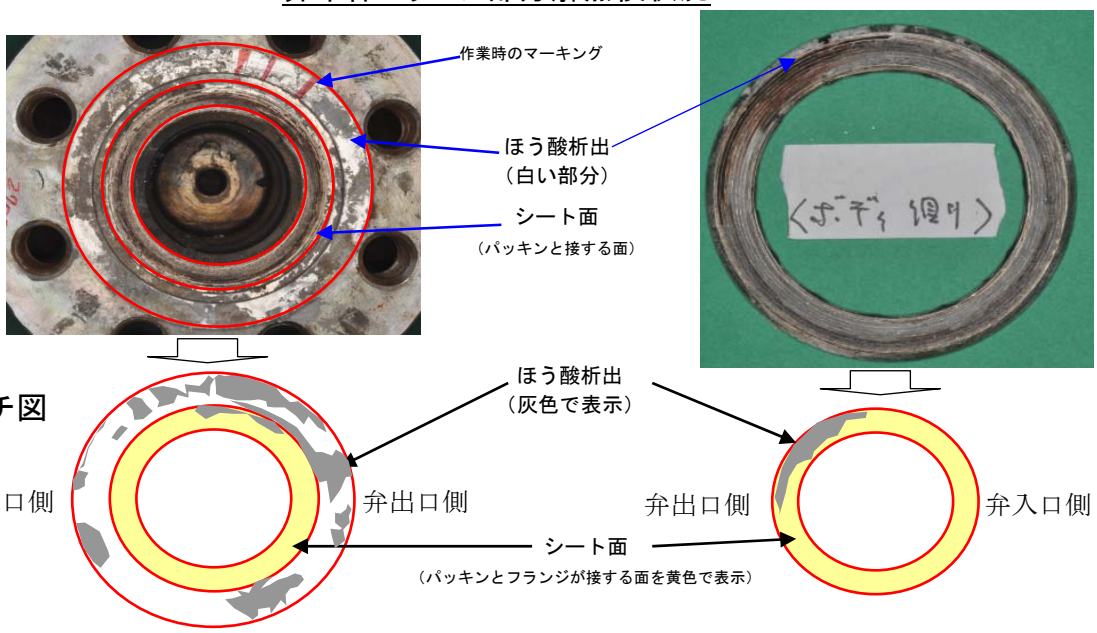
原子炉格納容器内の手動弁でのほう酸析出に係る対策

漏えい箇所図



調査結果

弁本体フランジ部分解点検状況



スケッチ図

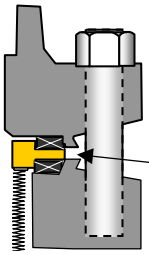
フランジ面

・シート面に、ホウ酸の析出が認められた。
・漏れにつながるような傷等は認められなかった。

パッキン

・表面に、ホウ酸の析出が認められた。
・傷や割れ等の異常は認められなかった。

前回分解点検（平成 10 年；第9回定期検査）の調査結果

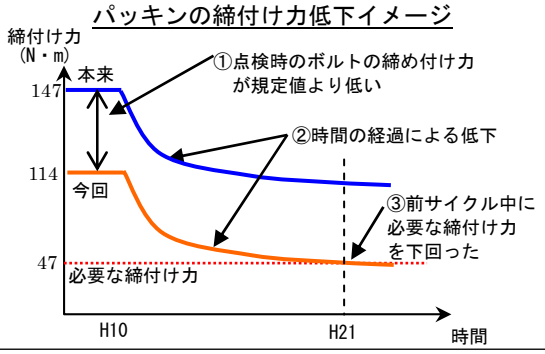


隙間測定結果からパッキン圧縮量（つぶれ量）を算出し、ボルト締付け力を評価

締付け力が規定値を下回っていた可能性がある

フランジ部拡大図

パッキンの締付け力低下イメージ

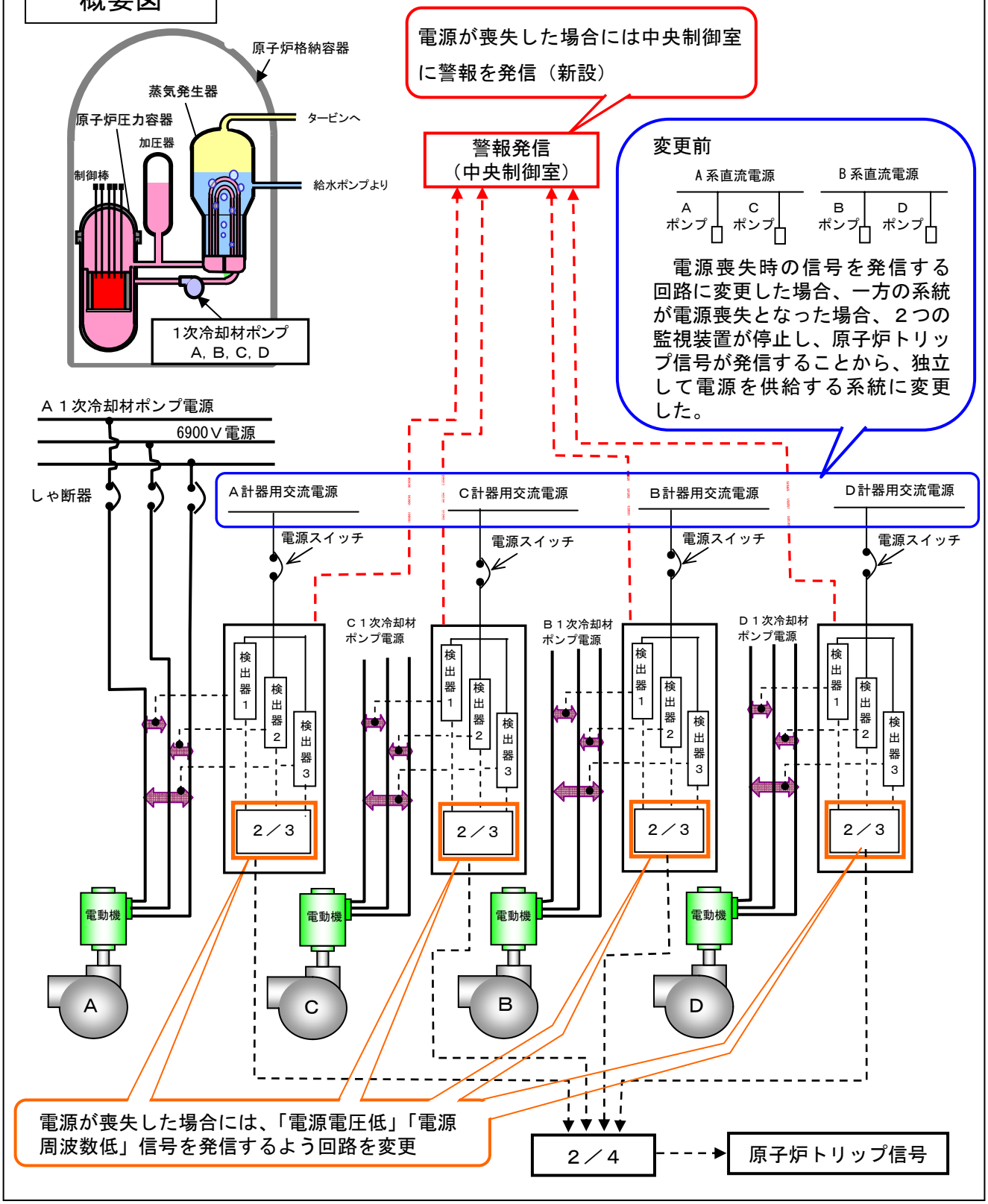


１次冷却材ポンプ電源監視回路改造工事

工事概要

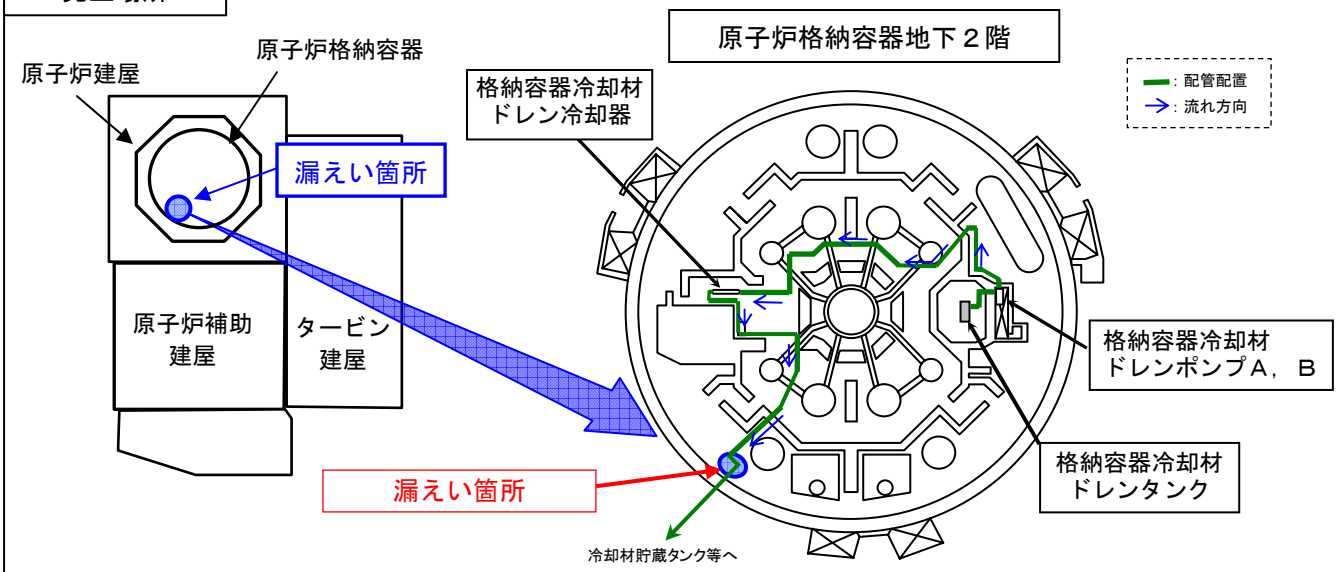
１次冷却材ポンプ駆動用電源の電圧と周波数を監視するための装置の電源スイッチが投入（供給）されていない状態で運転することを防止するため、監視装置の電源が喪失した場合には中央制御室に警報を発報するとともに、「電源電圧低」および「電源周波数低」の信号を発信する回路構成に変更した。

概要図

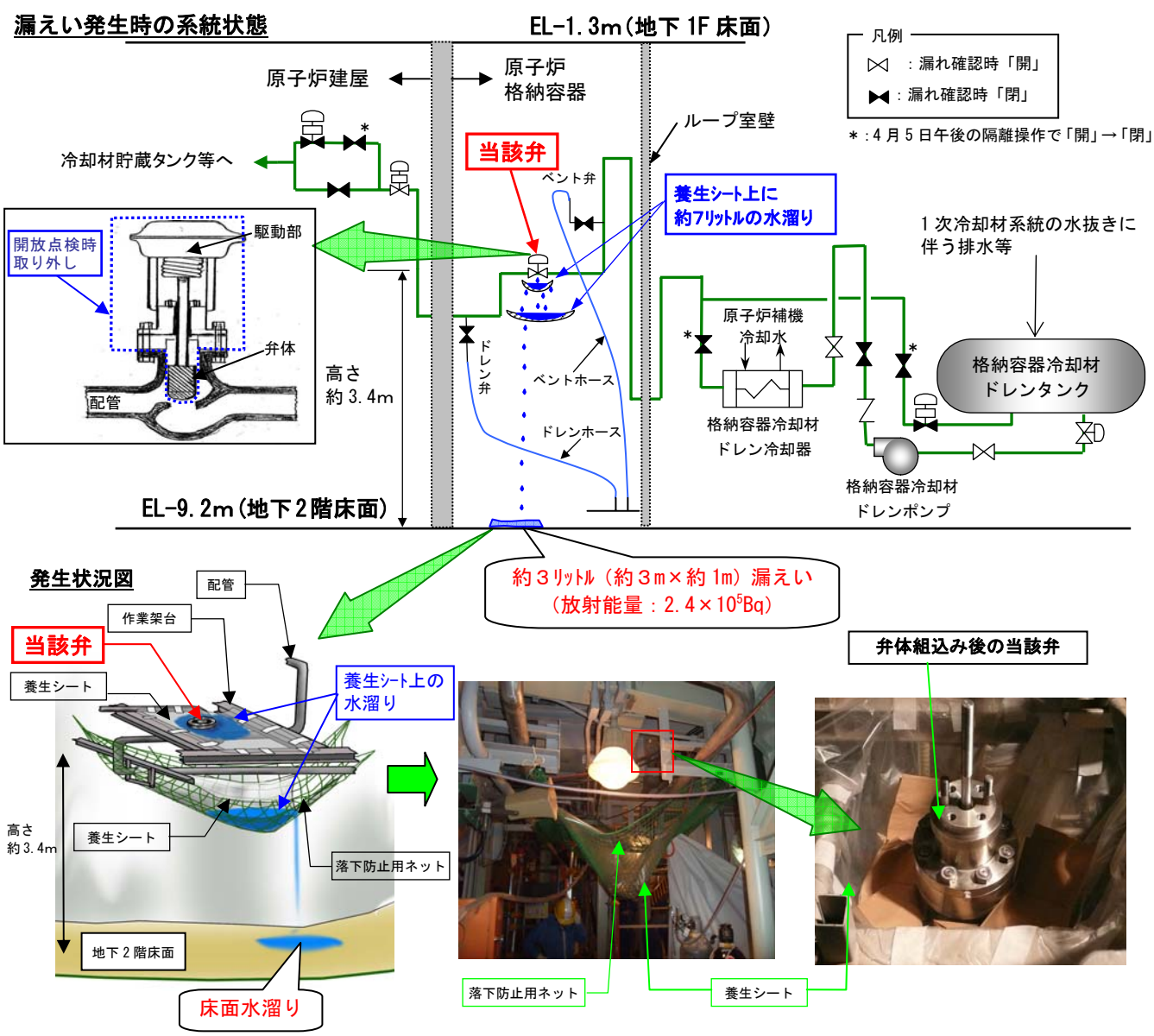


原子炉格納容器内の弁からの漏えい

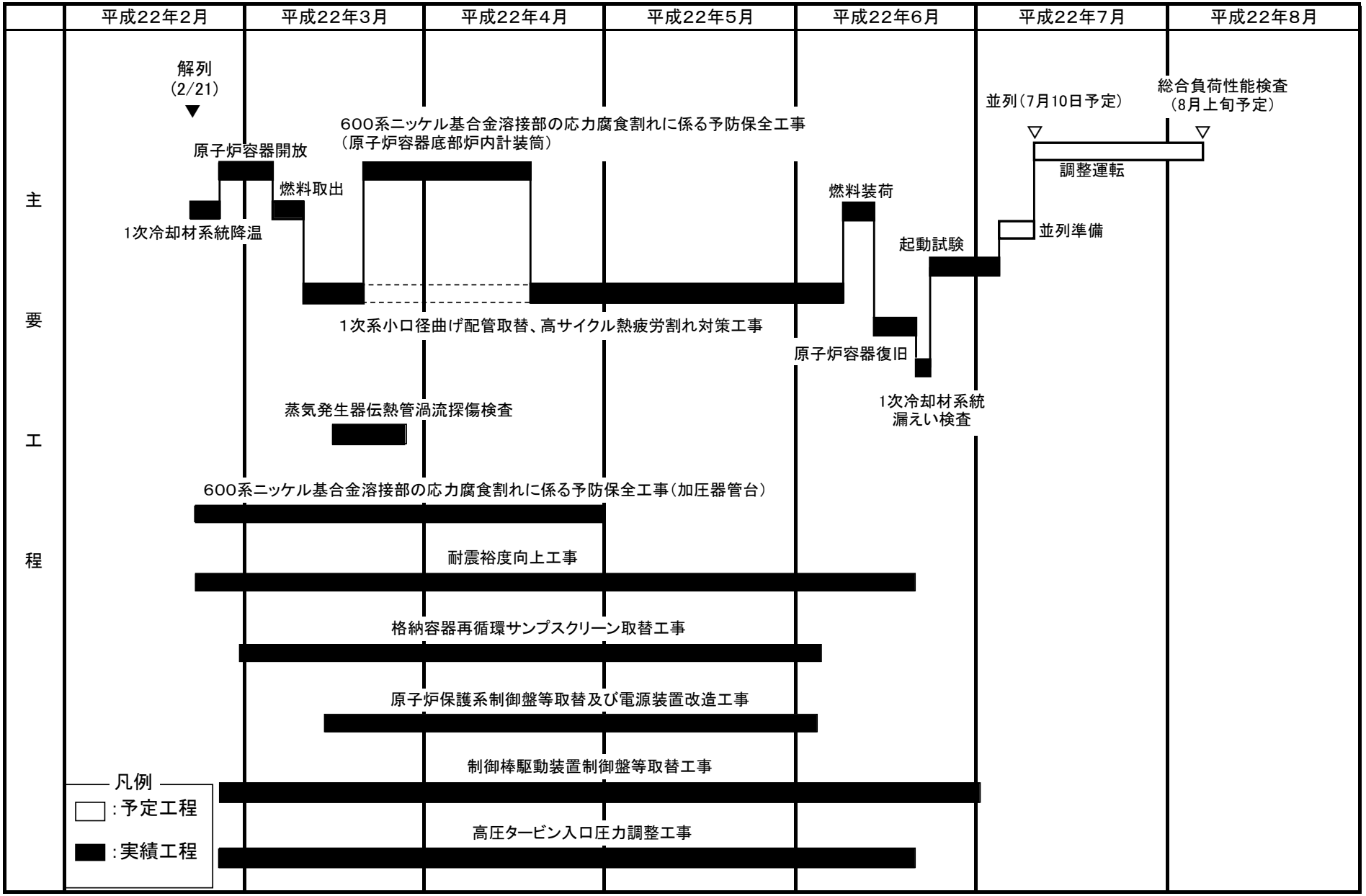
発生場所



漏えい状況図



敦賀発電所2号機　第17回定期検査工程表



別紙