

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 2 3 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18年 4 月14日から第 2 3 回定期検査を実施しているが、平成18年 6 月28日に原子炉を起動し、翌29日に臨界となる予定である。

その後は諸試験を実施し、6 月下旬（6 月30日頃）に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、7 月下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) 原子炉冷却系統設備小口径配管他取替工事 (図－1 参照)

海外での損傷事例に鑑み、安全注入系統の溶存酸素濃度が高く応力腐食割れの可能性がある配管分岐部について、応力集中を低減させるため溶接形状を変更し、耐食性に優れた材料に取り替えた。

(2) 1 次冷却材管内構造物流体振動対策工事 (図－2 参照)

本年 1 月より新しい技術基準が施行されたことを踏まえ、配管内に設置されている温度計ウェル（さや管）などの円柱状構造物の流体振動評価を行った結果、流体振動が発生する可能性があるとして評価された 1 次冷却材系統の温度計ウェル（6 本）について、ウェルと 1 次冷却系配管の隙間をなくすなど、流体振動の発生を回避した剛構造のものと取り替えた。

＊；各電力事業者においては、平成 7 年12月の「もんじゅ」事故を踏まえ、配管内に設置されている温度計ウェルなどについて、当時の知見をもとに評価を行い流体振動が発生しないことを確認していたが、その後、日本機械学会において「配管内円柱状構造物の流力振動評価指針」が整備され、本年 1 月より技術基準として適用されたことを受けて、改めて保守的な評価を実施した。

2 設備の保全対策

(1) 原子炉容器管台溶接部等の応力腐食割れに係る点検 (図－3 参照)

国内外PWRプラントにおいて、600系ニッケル基合金を用いた原子炉容器上部ふた管台や1次冷却材系統の溶接部で応力腐食割れが発生した事象に鑑み、溶接箇所600系ニッケル基合金が使用されている原子炉容器冷却材出入口管台、蒸気発生器冷却材出入口管台および加圧器サージ管台について、外観目視点検や超音波探傷検査を実施し、異常のないことを確認した。

(2) 高サイクル熱疲労割れに係る点検 (図－4 参照)

国内PWRプラントにおいて、再生熱交換器の胴側出口配管部で、高温水と低温水の混合により発生する温度ゆらぎを主要因とする高サイクル熱疲労割れが発生した事象に鑑み、同様の割れが発生する可能性のあると評価された余熱除去クーラバイパスライン接続部について、超音波探傷検査を実施し、異常のないことを確認した。

(3) 2次系配管の点検等 (図－5 参照)

①美浜発電所3号機2次系配管破損事故を踏まえ、2次系配管1,325箇所について超音波検査（肉厚測定）等を行った。

（超音波検査 1,321箇所※、内面目視点検のみ4箇所；今回で未点検箇所の点検を終了）

その結果、計算必要厚さを下回っている部位が1箇所確認された。この1箇所については、炭素鋼から耐食性に優れた低合金鋼の配管に取り替えた。

※ 今定期検査開始時の計画では、2次系配管1,265箇所について超音波検査（肉厚測定）を実施する計画であったが、下記について計画を見直し、1,321箇所について超音波検査を実施した。

・スケルトン図と現場との照合結果による変更	28箇所
・点検範囲の見直しによる変更	19箇所
・配管内面からの目視点検により減肉が認められた高圧排気管の直管部	9箇所
計	56箇所追加

②過去の点検結果から減肉傾向の見られる部位16箇所、他プラントにおいて減肉傾向が確認された類似部位16箇所、保守性・作業性を考慮して取り替えた部位337箇所、合計369箇所※を炭素鋼から耐食性に優れたステンレス鋼の配管に取り替えた。

※ 定期検査開始時には 326 箇所の配管取替を計画していたが、作業性の観点から43箇所を追加した。

(4) 中央制御室への蒸気浸入に係る点検

(図－6 参照)

美浜発電所 3 号機 2 次系配管破損事故において、中央制御室につながるケーブルトレイおよび電線管の壁貫通部等のシール施工が不適切であったため中央制御室への蒸気浸入が認められたことを踏まえ、中央制御室貫通部等 179 箇所※のシール施工状況を点検し、不適切な箇所 45 箇所を含む 137 箇所については補修を実施した。

※：前回定期検査（H16.12～H17.2）において 135 箇所を点検し、不適切な箇所 31 箇所を含む 67 箇所について補修を実施した。今定期検査では平成 17 年 4 月に発出された原子力安全・保安院の点検指示文書を踏まえ、点検箇所を見直し、179 箇所を追加で点検した。

3 蒸気発生器の伝熱管の渦流探傷検査結果

3 台ある蒸気発生器のうち、B－蒸気発生器伝熱管全数（3,382 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。

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 52 体は新燃料集合体）を取り替えた。

燃料集合体の外観検査（22 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 19 年 夏頃

6 その他

美浜発電所 3 号機の主復水配管修繕工事における配管刻印問題に関連し、実機での確認が必要と評価された 2 箇所について点検を行った結果、配管刻印は材料検査記録と合致しており、消失・打ち替え等がないことを確認した。

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

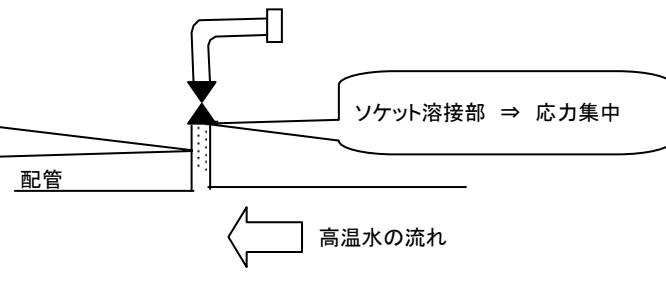
図－１ 原子炉冷却系統設備小口径配管他取替工事

工事概要

海外での損傷事例に鑑み、溶存酸素濃度が高く応力腐食割れの可能性がある安全注入系統の配管分岐部について、応力集中を低減させるため溶接形状を変更し、耐食性に優れた材料に取り替えた。

※酸素型応力腐食割れ：溶接等の熱影響により鋭敏化（耐腐食性が低下）した配管に、高温、高溶存酸素濃度の水質条件下で割れが発生する事象。

- ・内部流体が滞留 ⇒ 高溶存酸素濃度
- ・高温流体の熱伝達 ⇒ 高温
- ・溶接等の熱影響 ⇒ 耐腐食性低下



取替対象範囲

高浜2号機

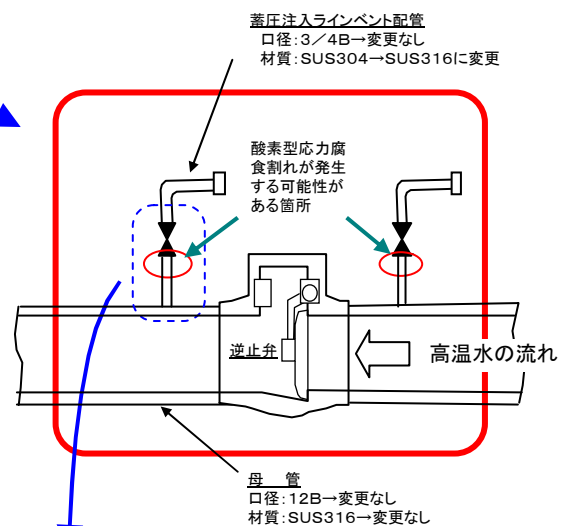
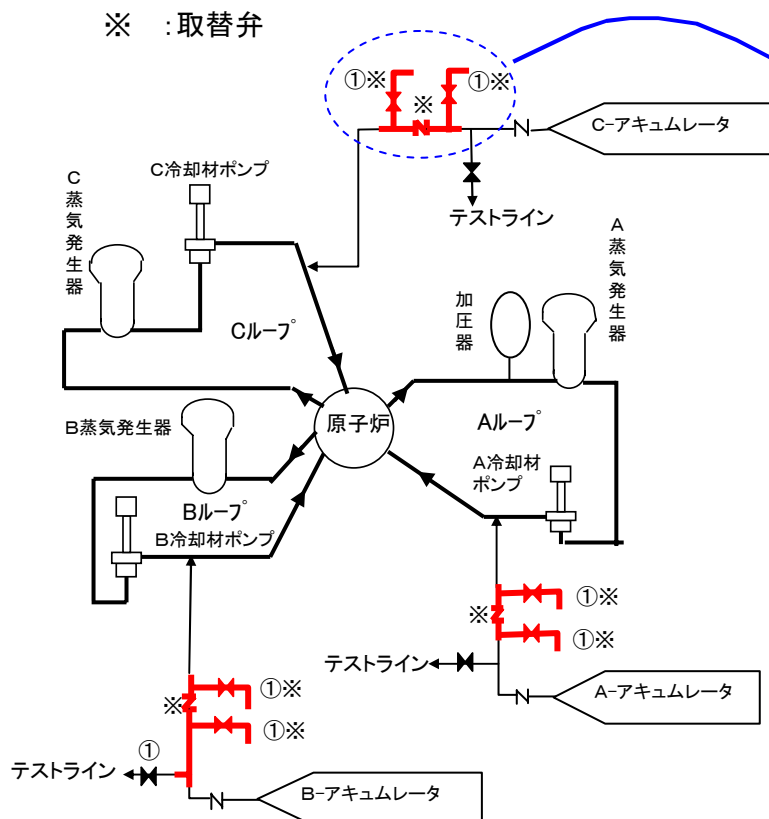
系 統	対 象 箇 所	箇所数	図中番号
安全注入系統	蓄圧注入ラインバント配管他	7	①

取替範囲概略図

— : 取替範囲

※ : 取替弁

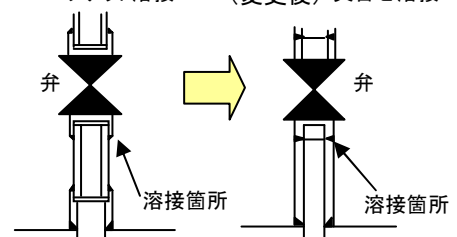
□ : 取替範囲



溶接式継手の溶接方法の変更

(変更前) ソケット溶接

(変更後) 突合せ溶接

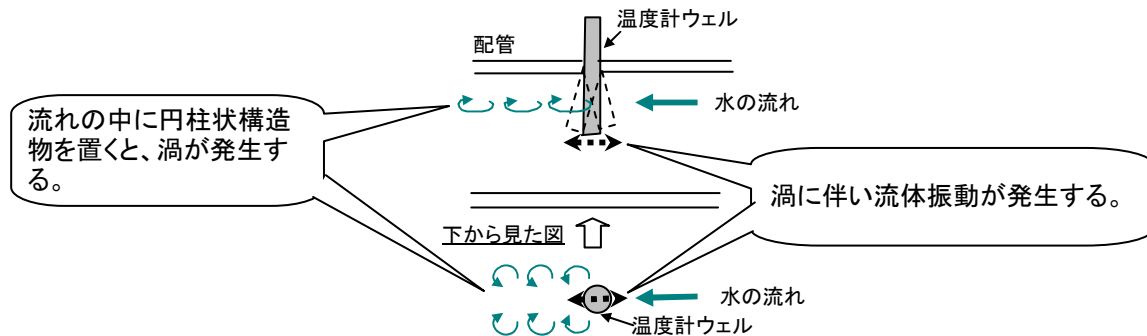


図－2 1次冷却材管内構造物流体振動対策工事

工事概要

本年1月に新しい技術基準が施行されたことを踏まえ、配管内に設置されている温度計ウェル(さや管)などの円柱状構造物の流体振動評価を行った結果、流体振動が発生する可能性があるとして評価された1次冷却材系統の温度計ウェル(6本)について、ウェルと1次冷却材配管の隙間を無くすなど、流体振動の発生を回避した剛構造のものと取り替えた。

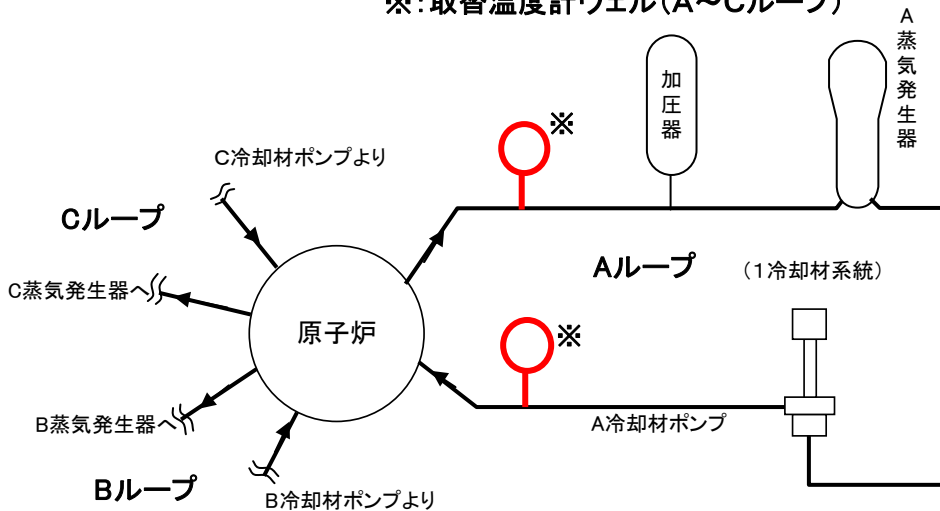
【流体による同期振動のメカニズム】



取替概略図

系統概要図

※:取替温度計ウェル(A～Cループ)



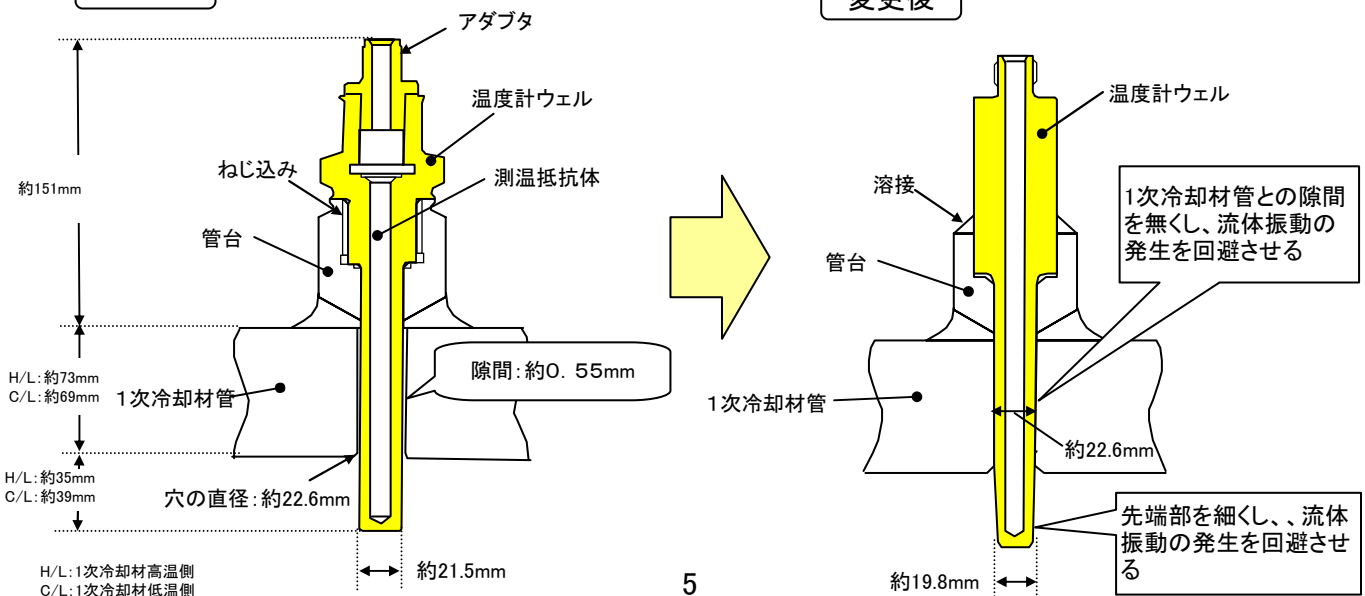
取替箇所	取替本数
A～Cループ1次冷却材高温側 温度計ウェル	3
A～Cループ1次冷却材低温側 温度計ウェル	3

温度計ウェル取替前後比較

変更前

部:取替箇所

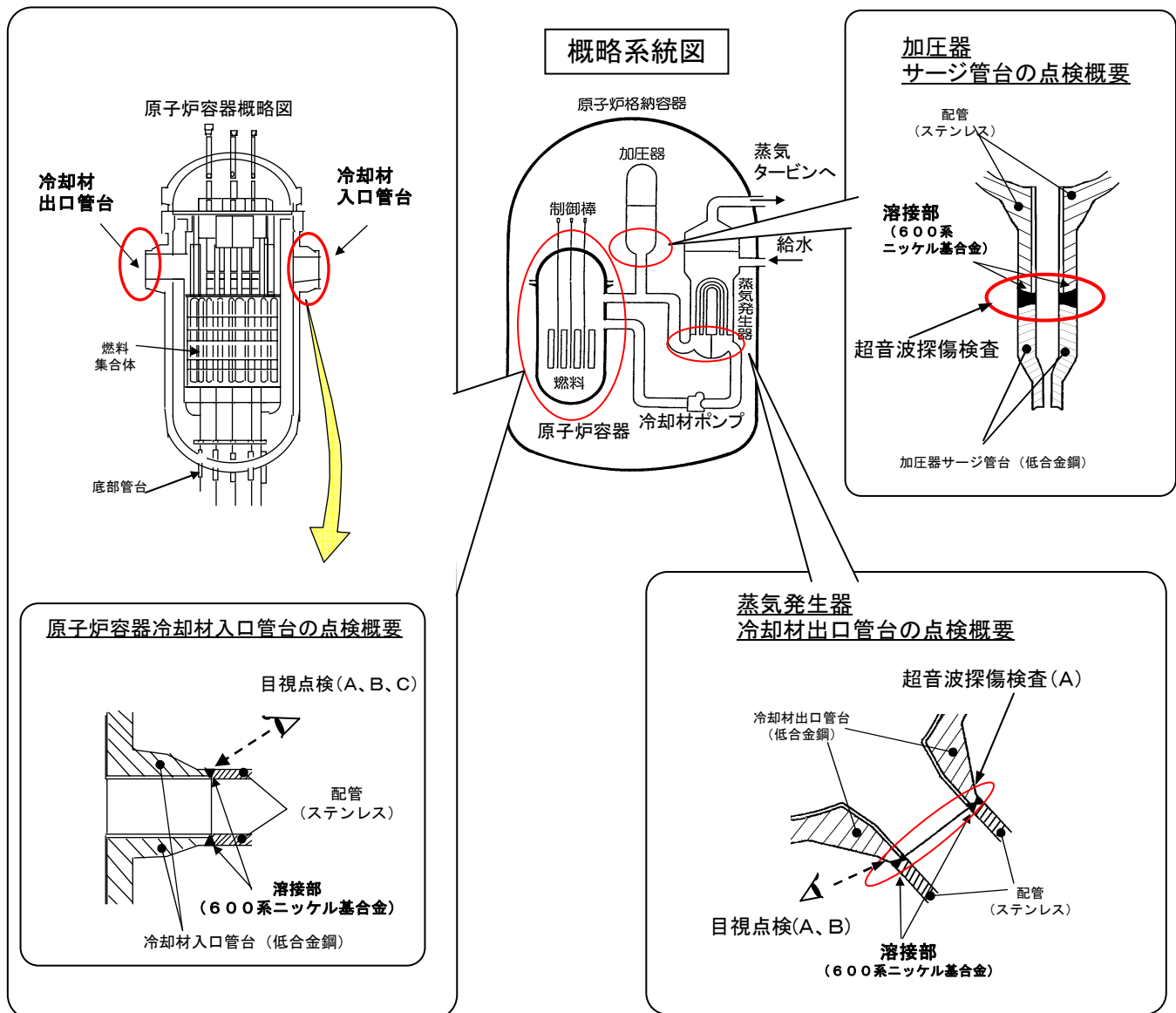
変更後



図－３ 原子炉容器管台溶接部等の応力腐食割れに係る点検

点検概要

国内外PWRプラントにおいて、600系ニッケル基合金を用いた1次冷却材系統の溶接部で応力腐食割れが発生した事例に鑑み、溶接箇所600系ニッケル基合金が使用されている、原子炉容器冷却材出入口管台、蒸気発生器冷却材出入口管台、加圧器サージ管台について、外観目視点検や超音波探傷検査を実施し、異常がないことを確認した。



管台点検箇所

点検箇所 管台	原子炉容器								加圧器				蒸気発生器					
	上部 ふた	入口			出口			底部	逃がし 弁	安全弁	スプレ 弁	サージ	入口			出口		
		A	B	C	A	B	C						A	B	C	A	B	C
外観目視点検	—	◎	◎	◎	◎	◎	◎	●	—	—	—	●	●	◎	●	◎	◎	—
超音波探傷検査	—	●	●	●	●	●	●	—	—	—	—	◎	○	○	●	◎	●	●

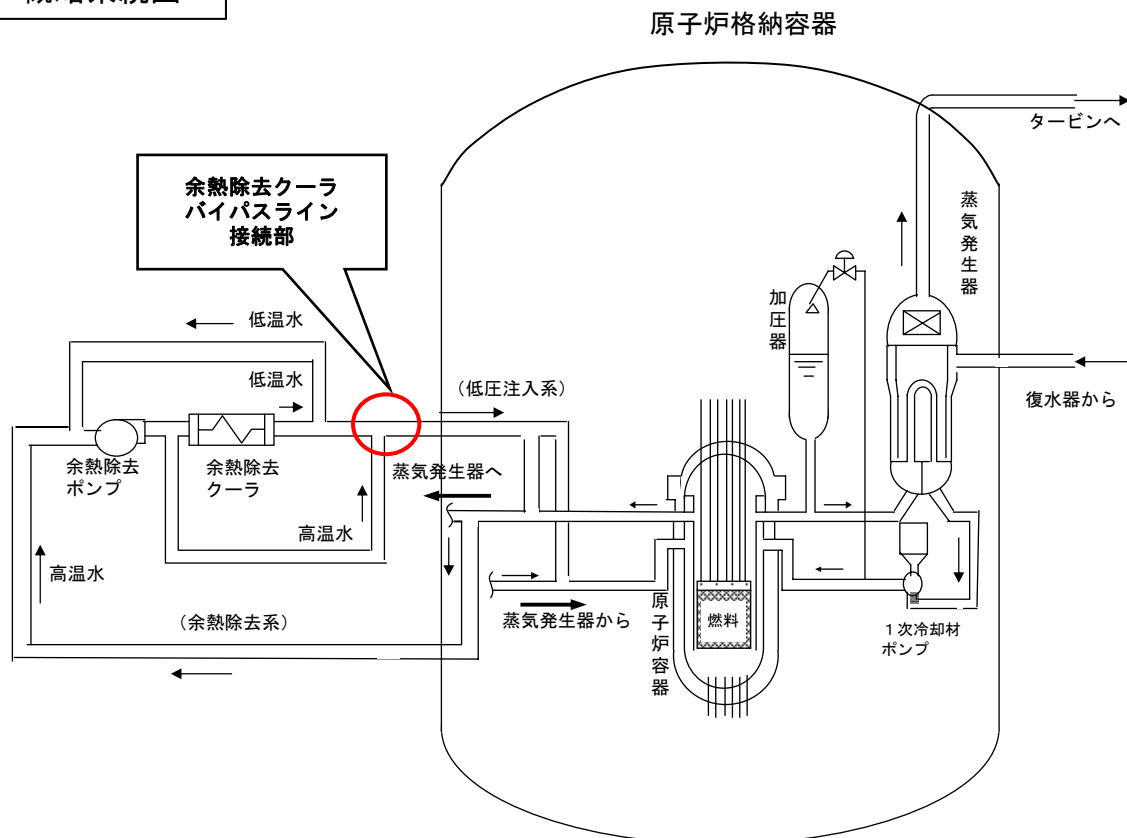
◎: 今回定期検査で実施
○: 次回定検以降実施
●: 点検実施済み
=: 超音波探傷検査実施
による対象外
—: 対象外

図－４ 高サイクル熱疲労割れに係る点検

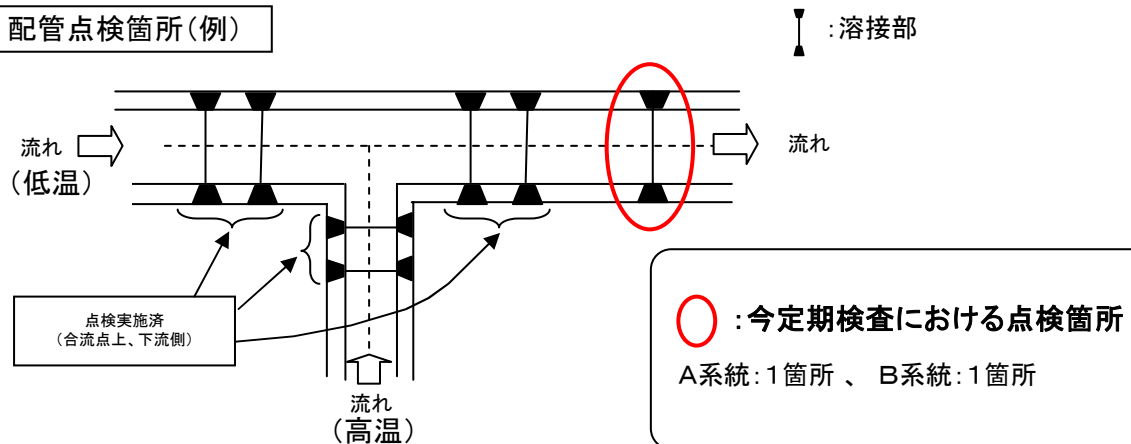
点検概要

国内PWRプラントにおいて、再生熱交換器の胴側出口配管部で、高温水と低温水の混合により発生する温度ゆらぎを主な要因とする高サイクル熱疲労割れが発生した事例に鑑み、同様の熱疲労割れが発生する可能性のある余熱除去クーラ出口バイパスライン接続部について、超音波探傷検査を実施し、異常がないことを確認した。

概略系統図



配管点検箇所(例)



高低温の内部流体が合流することによる温度ゆらぎが生じ、熱疲労による割れが発生する可能性のある箇所。
なお、今回の点検については、検査の充実を図るため、点検範囲を拡大して実施した。

図-5 2次系配管の点検等

点検概要

【点検結果】

今定期検査において、合計1,325箇所について超音波検査(肉厚測定)等を実施した結果、計算必要厚さを下回っている箇所が1箇所確認された。

[超音波検査1,312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

	※1 「2次系配管肉厚の管理指針」の点検対象部位 [<>内は、定検開始時点]		※2 今回点検実施部位 [<>内は、定検開始時点]	※3 今回点検実施後の 点検未実施部位
	総数	未点検部位		
主要点検部位	841<832>	54<45>	624<613>	0
その他部位	1,880<1,861>	327<308>	688<652>	0
合計	2,721<2,693>	381<353>	1,312<1,265>	0

※1:(点検対象部位総数)定検開始時点からの変更内容

	総数	未点検部位	理 由
主要点検部位	+9	+9	・2次系配管肉厚の管理指針改正により「その他部位」から「主要点検部位」となった部位をスケルトン図と現場とを照合した結果による増: +9箇所
その他部位	+19	+19	・スケルトン図と現場との照合結果による増減: +30箇所、-11箇所
合計	+28	+28	

※2:(今回点検実施部位)定検開始時点からの変更内容

	今回点検実施部位	理 由
主要点検部位	+11	・2次系配管肉厚の管理指針改正により「その他部位」から「主要点検部位」となった部位をスケルトン図と現場とを照合した結果による増: +9箇所 ・点検範囲の見直しによる増: +2箇所
その他部位	+36	・スケルトン図と現場との照合結果による増減: +30箇所、-11箇所 ・点検範囲の見直しによる増: +17箇所
合計	+47	

※3:高浜発電所2号機は高経年化プラントであり、2次系配管肉厚の管理指針に基づき、点検未実施部位は、至近2定検(平成16年8月を起点として)で全箇所を点検することとしている。今回は、至近2定検目であり、点検未実施部位の点検をすべて完了した。

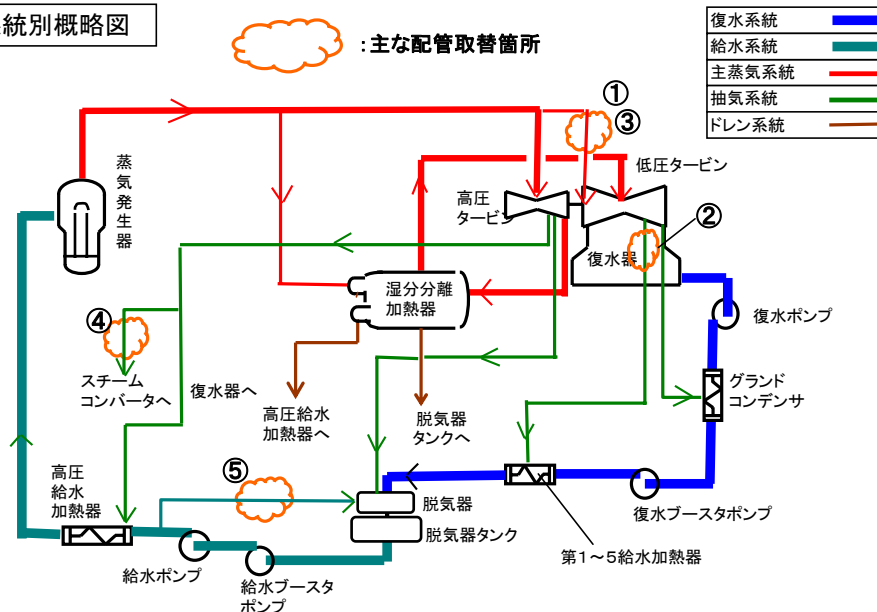
○2次系配管肉厚の管理指針に基づく目視点検ならびに超音波検査(肉厚測定)部位

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箇所に減肉が認められたため、超音波検査(肉厚測定)を行った。

取替概要

- 今回実施した超音波検査(肉厚測定)において確認された計算必要厚さを下回っている1箇所について、炭素鋼から耐食性に優れた低合金鋼の配管に取り替えた。
- 当初計画していた過去の点検結果から減肉傾向の見られる部位等326箇所に加え、新たに作業性の観点から43箇所を追加した合計369箇所について、炭素鋼から耐食性に優れたステンレス鋼の配管に取り替えた。

系統別概略図



【取替理由】

- ①計算必要厚さを下回った箇所
・炭素鋼 ⇒ 低合金鋼 1箇所
- ②余寿命10年未満で減肉が確認された箇所
・炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 16箇所
- ③配管の保守性を考慮した箇所
・炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 202箇所
- ④これまでに他プラントで減肉を確認した類似箇所
・炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 16箇所
- ⑤配管取替による作業性を考慮した箇所
・炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 135箇所
(当初計画92箇所に43箇所を追加した。)

取替箇所数合計:370箇所

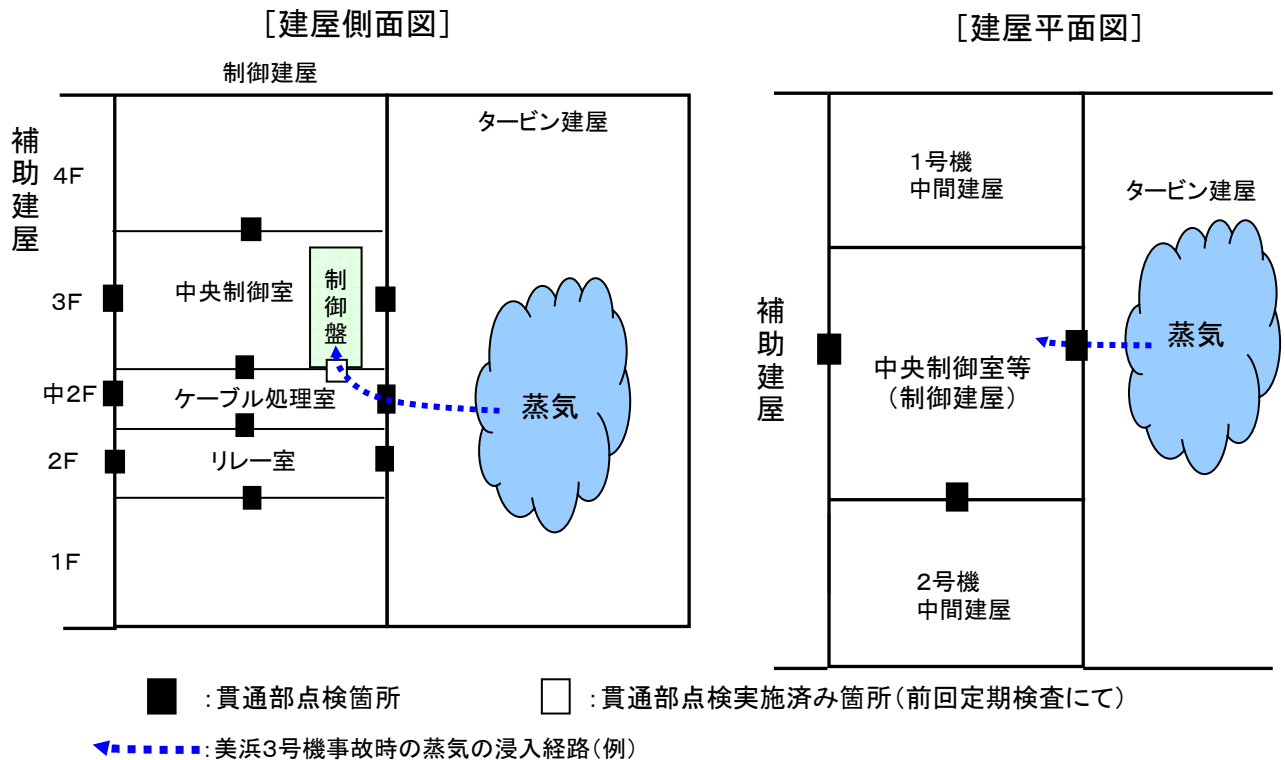
図－6 中央制御室への蒸気浸入に係る点検

点検概要

美浜発電所3号機事故において、中央制御室につながるケーブルトレイおよび電線管の壁貫通部等のシール施工が不適切であったため、中央制御室への蒸気浸入が認められたことを踏まえ、中央制御室貫通部等179箇所※のシール施工状況を点検し、不適切な箇所45箇所を含む137箇所について補修を実施した。

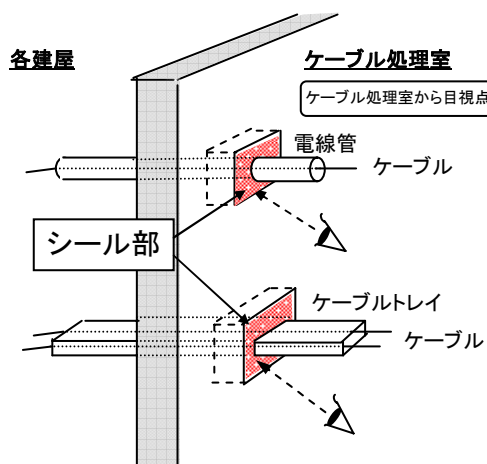
※ 前回定期検査において135箇所を点検し、不適切な箇所31箇所を含む67箇所について補修を実施した。
今定期検査では平成17年4月に発出された原子力安全・保安院の点検指示文書を踏まえ、点検箇所を見直し、179箇所を追加で点検した。

点検箇所概要図



壁貫通部の点検

各建屋からケーブル処理室への壁貫通部
目視点検箇所のイメージ



床貫通部の点検

ケーブル処理室から中央制御室への床貫通部
目視点検箇所のイメージ

