

美浜発電所1号機の原子炉起動と調整運転の開始について (第21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

美浜発電所1号機（加圧水型軽水炉；定格電気出力34.0万kW）は、平成17年4月25日から第21回定期検査を実施していたが、8月5日に原子炉を起動し、翌6日に臨界となる予定である。

その後は諸試験を実施し、8月上旬（8月7日頃）に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、9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) 高圧給水加熱器取替工事 (図－1 参照)

高圧給水加熱器の伝熱管において、製造時の傷等を起因とした応力腐食割れが発生した事象に鑑み、銅合金から耐食性の優れたステンレス製の伝熱管を採用した高圧給水加熱器に取り替えた。

(2) 格納容器送気ラインベローズ取替工事 (図－2 参照)

前回定期検査において、格納容器送気ライン^{*1}のベローズ(伸縮継手)でわずかな漏えいが確認され、接着剤による補修を行っているが、今後の保全に万全を期す観点から、当該ベローズおよび前後の配管を同一仕様のものに取り替えた。

^{*1}：格納容器送気ライン：定期検査時などのプラント停止に、格納容器内へ送る外気を通す配管

2. 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 プラントの原子炉容器や加圧器管台溶接部などで応力腐食割れが発生している事象に鑑み、溶接部にニッケル基合金(600系)が使用されている原子炉容器冷却材出入口管台について、外観目視点検や超音波探傷検査を行い、異常が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、高温水と低温水の混合により発生する高サイクル熱疲労割れが発生した事象に鑑み、同様の熱疲労割れが発生する可能性のある余熱除去クーラバイパスライン接続部（A系5箇所、B系5箇所、計10箇所）について、超音波探傷検査や放射線透過検査を実施し、異常がないことを確認した。

(3) 2次系配管の肉厚検査等 (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1,812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1,798箇所^{*2}、内面目視点検14箇所）

その結果、計算必要厚さを下回っている箇所が1箇所確認された。また、余寿命評価の結果、次回定期検査までに計算必要厚さを下回る可能性があるとは評価された部位はなかった。

^{*2}: 今定期検査開始時の計画では、2次系配管1,629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、1,798箇所について超音波検査を実施した。

・他プラントで減肉が確認された配管の水平展開	56箇所追加
・スケルトン図と現場との照合結果の反映等	66箇所追加
・新管取替部等	47箇所追加

- ② 計算必要厚さを下回っている1箇所については、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、余寿命が比較的短い（2年未満）と評価された箇所など6箇所について配管取替を実施した。

- ③ また、過去の点検結果から減肉傾向の見られる部位等23箇所^{*3}の炭素鋼配管について、同材料、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}: 今定期検査開始時の計画では、22箇所を取り替える計画であったが、過去の点検で介在物（配管製造時の欠陥）の存在による信号指示が認められた1箇所について追加で取替えを行った。

(4) 中央制御室への蒸気流入に係る点検 (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258箇所のシール施工状況を点検し、不適切な箇所48箇所を含む194箇所について補修を実施した。

3. 補助建屋排気筒のひび割れおよびドレン管の接続不良 (安全協定に基づく異常事象)

(図－7 参照)

定期検査中の4月28日、原子炉補助建屋排気筒の目視点検を実施したところ、排気筒下部のドレン管の外れ(2箇所)と、排気筒底板にひび割れが確認された。

原因は、排気筒内を流れる気体廃棄物により底板が振動し、溶接部厚さが薄い箇所で疲労限を超える繰返し応力が働いたため、疲労割れが発生し、その疲労割れが徐々に全周に広がり、底板にひび割れが発生し、ドレン管が外れたものと推定された。

対策として、補助建屋排気筒の一部について、剛性を高めて振動を抑制するため、底板の板厚(1.2mm→3.0mm)およびドレン管との溶接部の構造等を変更した新しいものに取り替えた。また格納容器排気筒についても同様の対策を実施した。

[平成17年4月28日、6月20日 記者発表済]

4. 蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査(ECT)

蒸気発生器2台のうち、A－蒸気発生器伝熱管全数(計2,918本)について、渦流探傷検査(ECT)を実施した結果、異常は認められなかった。

5. 燃料集合体の取替え

燃料集合体全数121体のうち、45体(うち24体は新燃料集合体)を取り替えた。

燃料集合体の外観検査(11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

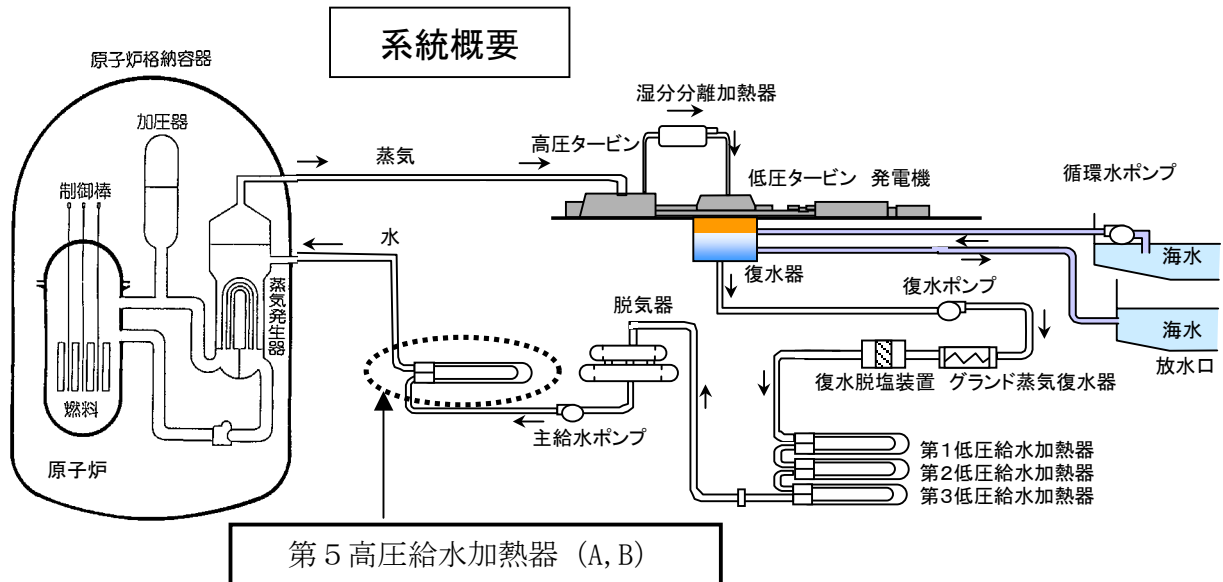
平成18年 夏頃

問い合わせ先(担当：嶋崎) 内線2352・直通0776(20)0314
--

図－1 高圧給水加熱器取替工事概要図

概要

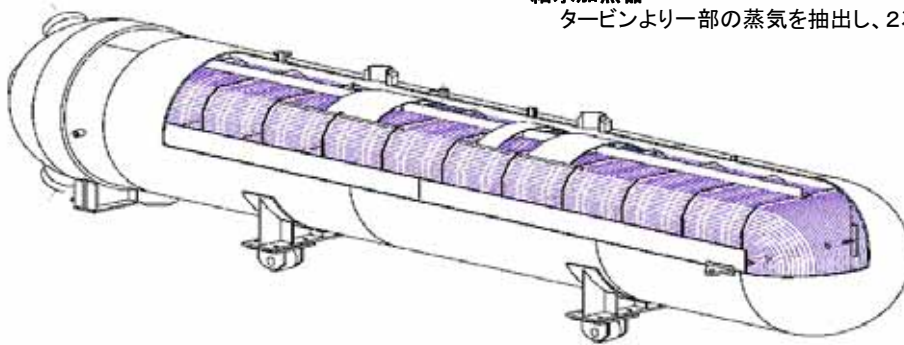
美浜2号機において、高圧給水加熱器の伝熱管が、製造時の初期傷等により応力腐食割れが発生した事例に鑑み、同種の伝熱管を採用し応力腐食割れが発生する可能性のある美浜1号機について、銅合金から耐食性の優れたステンレスの伝熱管を採用した高圧給水加熱器に取り替えた。



高圧給水加熱器取替概要

給水加熱器

タービンより一部の蒸気を抽出し、2次系給水を加熱する機器



【仕様比較】

項 目	取替前	取替後
伝熱管材料	銅合金	ステンレス
伝熱管肉厚	約1.7mm	約1.2mm
伝熱管本数※	1,170本	1,321本
外観長さ	約10m	約12m
外観直径	約1.5m	約1.5m

※:U字管本数

図－２ 格納容器送気ラインベローズ取替工事

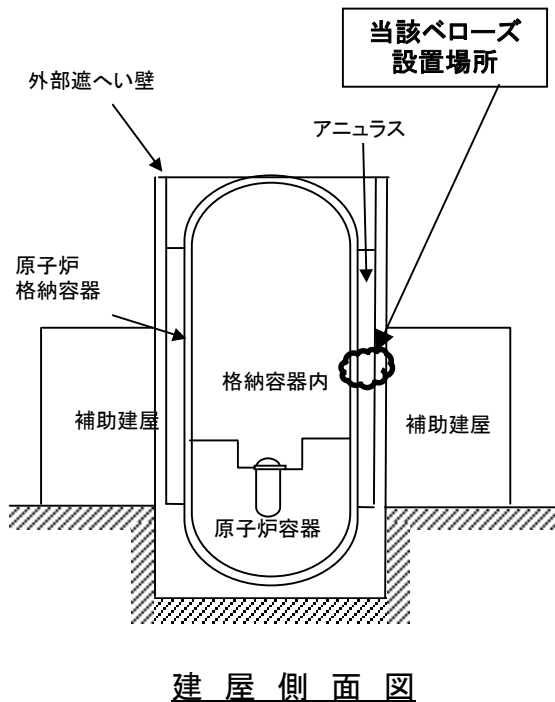
工事概要

前回定期検査において、格納容器送気ライン*1のベローズ(伸縮継手)でわずかな漏えいが確認され、接着剤による補修を行っているが、今後の保全に万全を期す観点から、当該ベローズおよび前後の配管を同仕様(ステンレス)のものに取り替えた。

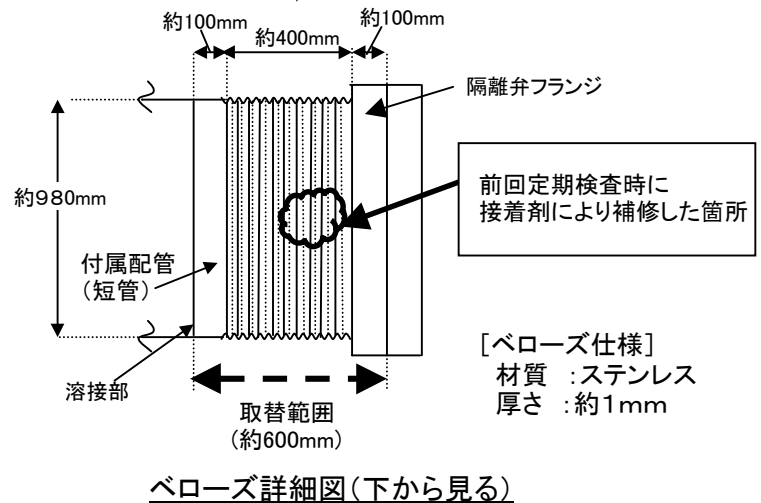
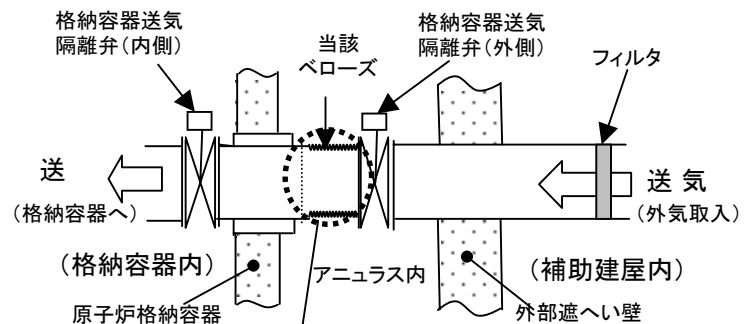
*1: 格納容器送気ライン

定期検査時などのプラント停止に、外気(空気)を格納容器内へ送る配管

ベローズ取替箇所概略図



ベローズ取替範囲拡大図



[事象の概要]

美浜2号機第21回定期検査(平成15年度)において、格納容器外周部に設置しているベローズ(伸縮継手)で貫通穴が認められたことから、接着剤の塗布により損傷部の補修を行い、第22回定期検査(平成16年度)において、当該ベローズ配管を同仕様(ステンレス)のものに取り替えた。

原因は、取り入れた外気に含まれるわずかな海塩粒子がベローズ内面に付着・濃縮したことによる塩素型応力腐食割れと推定された。

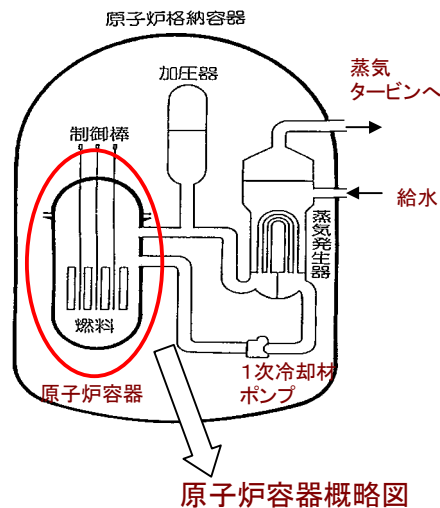
なお、美浜1号機においても、前回定期検査でわずかな漏えいが確認されたことから、接着剤を塗布し損傷部を補修している。

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概要図

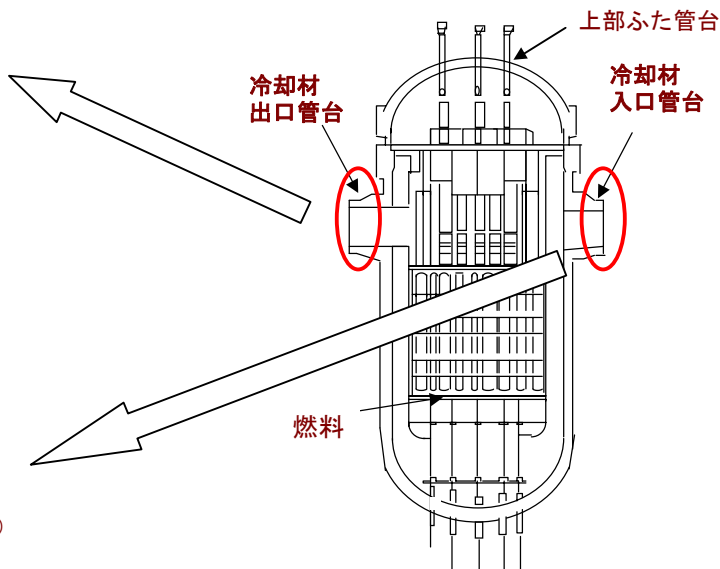
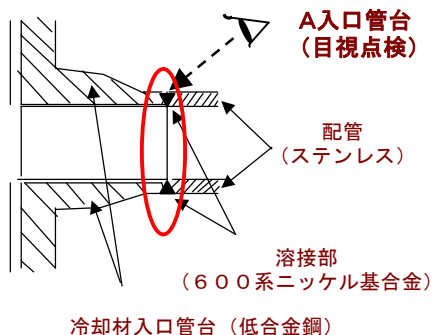
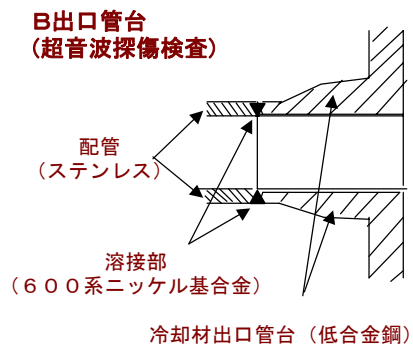
点検概要

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、溶接箇所には600系ニッケル基合金が使用されている、原子炉容器冷却材入口および、出口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。

概略系統図



原子炉容器管台の点検概要図



(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		逃がし弁	安全弁	スプレ 弁	サージ	入口		出口	
		A	B	A	B					A	B	A	B
外観目視点検		◎	●	●	●								
超音波探傷検査	* 1	●	●	●	◎			* 2				* 1	

◎: 今回定期検査で実施

(B出口管台超音波探傷検査については、19回定検(H14年度)に実施しているが、今回は計画的に実施している
ISI定検により確認する)

●: 点検実施済み

* 1: 690系ニッケル基合金であり対象外

* 2: ステンレス溶接のため対象外

* 3: 超音波探傷検査対象外

図－４ 高サイクル熱疲労割れに係る点検概要図

点検概要

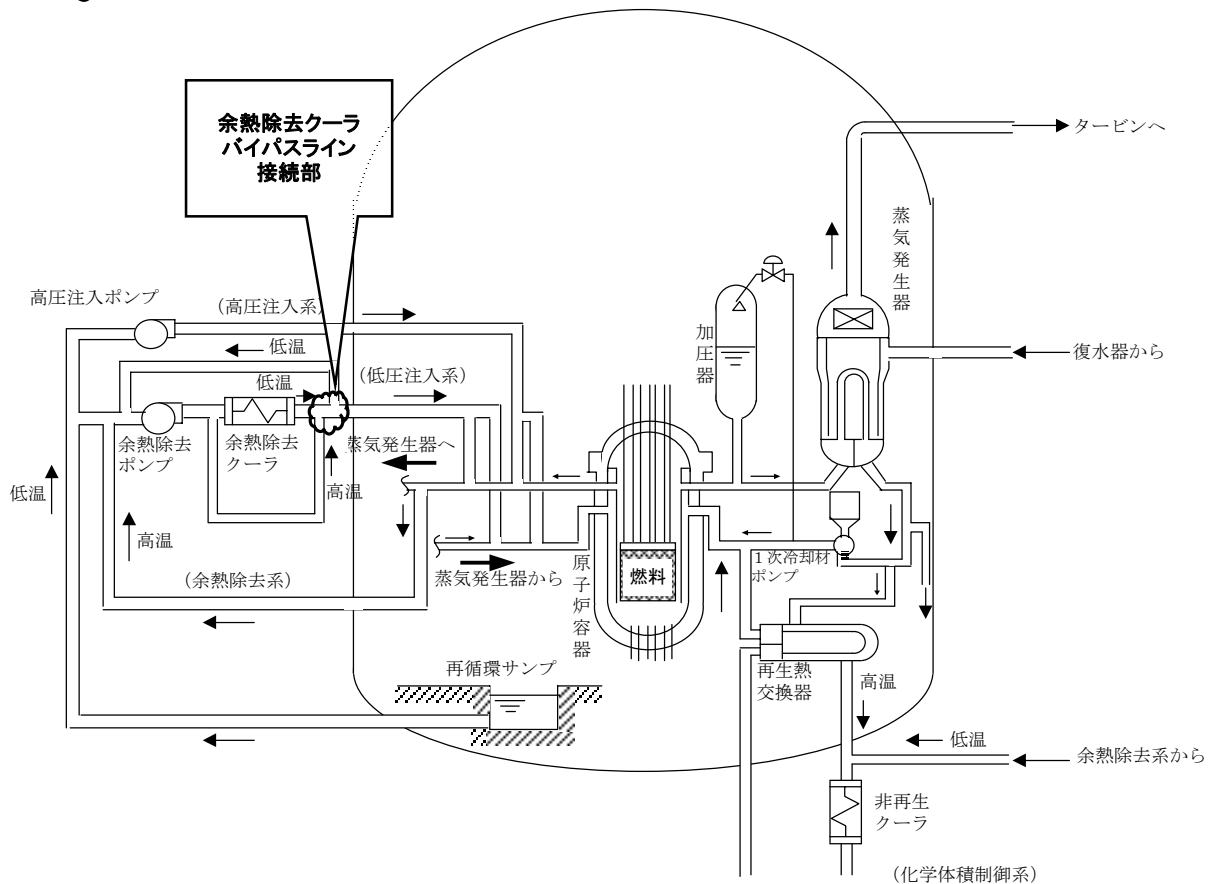
国内PWRプラントにおいて、再生熱交換器の銅側出口配管部で、高温水と低温水の混合により発生する温度ゆらぎを主な要因とする高サイクル熱疲労割れが発生した事例に鑑み、同様の熱疲労割れが発生する可能性のある余熱除去クーラバイパスライン接続部について、超音波探傷検査および放射線透過検査を実施し、異常のないことを確認した。



: 点検箇所

概略系統図

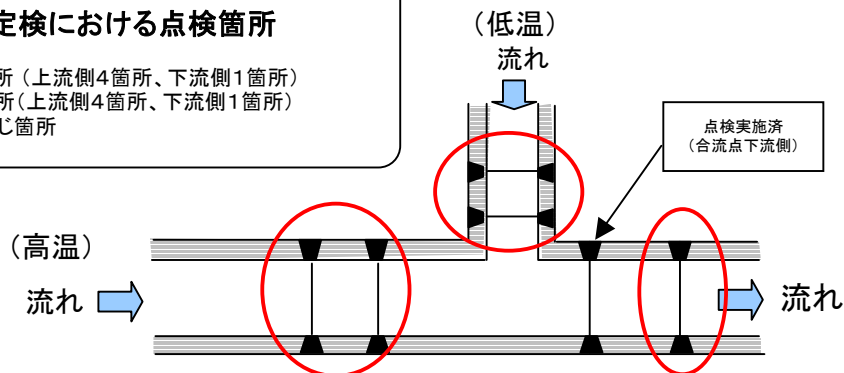
原子炉格納容器



配管点検範囲(例)

○ : 今定検における点検箇所

A系統: 5箇所(上流側4箇所、下流側1箇所)
B系統: 5箇所(上流側4箇所、下流側1箇所)
A系、B系同じ箇所



: 溶接部

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、下流側の点検については、検査の充実を図るため、点検範囲を拡大して実施し、上流側については、高温と低温の流量に差がある場合、合流点の上流側へ逆流する可能性もあることから、今定検で点検を実施した。

図-5 2次系配管の点検等

点検概要

(点 検)

今定期検査において、合計1,812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):1,798箇所、目視点検のみ14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
1,798箇所について超音波検査(肉厚測定)を実施した。

	定検開始時点での 点検対象部位		2次系配管の管理指針の改正や スケルトン図と現場との照合 等により見直し後の点検対象部位		※2 今回点検実施部位	今回点検実施後の 点検未実施部位
	総 数	未点検部位	総 数※1	未点検部位		
主要点検部位	681	73	716(+35)	108	653	0
その他点検部位	2,212	739	2,346(+134)	873	1,145	410
合計	2,893	812	3,062(+169)	981	1,798	410

※1：2次系配管の管理指針の改正やスケルトン図と現場との照合等の結果、当初の計画より点検対象部位が「主要点検部位」で35箇所、「その他点検部位」で134箇所の計169箇所が増加となった。

※2：点検対象部位が169箇所増加となった分、今回の点検実施部位も169箇所増加となった。内訳は以下のとおり。

- 定期検査開始以降に他プラントで確認された配管減肉の水平展開による56箇所の追加。
 - ・美浜3号機スチームコンバータドレン管の減肉事象反映による33箇所
 - ・美浜3号機第6高圧給水加熱器ドレンウォーミング管他の減肉事象反映による23箇所

○現場照合等を実施した結果による66箇所の追加。

○配管取替に伴う47箇所の追加。

○2次系配管の管理指針に基づく目視点検部位
高圧排気管の直管部14箇所について、配管内面から目視点検を実施した結果、減肉は認められなかった。

(結 果)

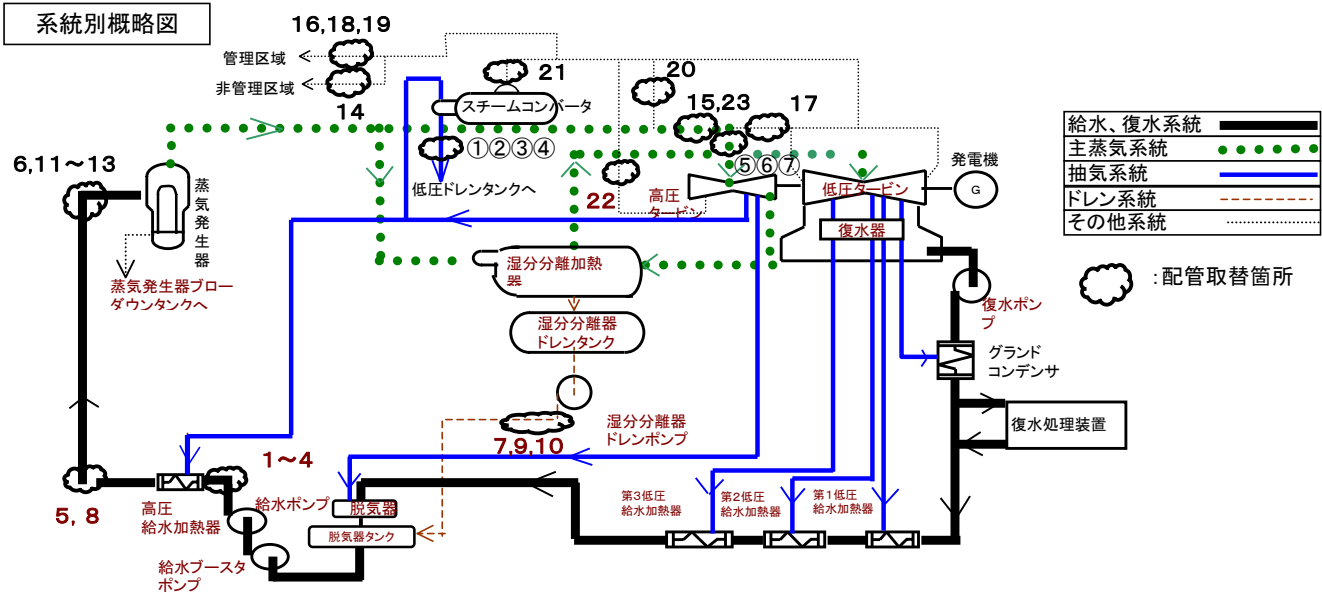
計算必要厚さを下回っている箇所が1箇所確認された。なお、余寿命評価の結果、次回定期検査までに計算必要厚さを下回る可能性があるとして評価された箇所は無かった。

取替概要

○今回の測定結果、計算必要厚さを下回っている箇所の1箇所、次回定検時での余寿命が13ヶ月未満の2箇所、また、タービン開放時の目視点検の結果、溶接部に軽微な減肉が認められた2箇所の計5箇所について、同材料(炭素鋼)、または耐食性に優れたステンレス鋼に取り替えた。

○ 今後の作業性を考慮し、2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。
(追加分 7箇所)図中の ①～⑦：別紙1参照

○ 過去の点検結果から減肉傾向の見られる部位など23箇所について、炭素鋼から同材料、耐食性に優れたステンレス鋼または低合金鋼の配管に取り替えた。(過去の点検結果等による取替分23箇所)図中の1～23：別紙2参照



美浜発電所1号機 第21回定期検査における配管取り替え箇所一覧表
(今回の点検結果等による取替分)

No	スケルトン 番号	部位 番号	取 替 部 位	材 質	取替理由
1	131	19	スチームコンバータドレン管	炭素鋼→ステンレス鋼	肉厚測定の結果、計算必要厚さを下回った。 ・計算必要厚さ3.4mm ・測定結果2.7mm
2	131	20	スチームコンバータドレン管	炭素鋼→ステンレス鋼	131-19取り替えに伴い、 今後の作業性を考慮し取り替え。
3	131	27	スチームコンバータドレン管	炭素鋼→ステンレス鋼	肉厚測定の結果、次回定検開始時点で余寿命が13カ月未満となる箇所。
4	131	28	スチームコンバータドレン管	炭素鋼→ステンレス鋼	131-27取り替えに伴い、 今後の作業性を考慮し取り替え。
5	96	27	主蒸気管	炭素鋼→炭素鋼	肉厚測定の結果、次回定検開始時点で余寿命が13カ月未満となる箇所。
6	21	33	主塞止弁ドレンおよびバランス管	炭素鋼→炭素鋼	溶接部の軽微な減肉箇所。 (タービン開放時の目視点検結果)※
7	21	37	主塞止弁ドレンおよびバランス管	炭素鋼→炭素鋼	溶接部の軽微な減肉箇所。 (タービン開放時の目視点検結果)※

※: 今回の点検実施部位1, 812箇所には含まれていない。

美浜発電所1号機 第21回定期検査における配管取り替え箇所一覧表
(過去の点検結果等による取替分)

No	スケルトン 番号	部位 番号	取 替 部 位	材 質	取替理由
1	18	32	主給水管	炭素鋼→ステンレス鋼	余寿命5年未満で、減肉傾向のある箇所。
2	18	5	主給水管	炭素鋼→ステンレス鋼	余寿命5年未満で、減肉傾向のある箇所。
3	18	41	主給水管	炭素鋼→ステンレス鋼	余寿命5年未満で、減肉傾向のある箇所。
4	18	23	主給水管	炭素鋼→ステンレス鋼	余寿命5年以上であるが、計画的に取り替える箇所。 ※1
5	19	3	主給水管	炭素鋼→ステンレス鋼	余寿命5年未満で、減肉傾向のある箇所。
6	100	1	主給水管	炭素鋼→炭素鋼	余寿命5年未満で、減肉傾向のある箇所。
7	34	8	湿分離器ドレンポンプ 吸込・吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	余寿命5年未満で、減肉傾向のある箇所。
8	19	16	主給水管	炭素鋼→ステンレス鋼	余寿命5年未満で、減肉傾向のある箇所。
9	34	7	湿分離器ドレンポンプ 吸込・吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	余寿命5年未満で、減肉傾向のある箇所。
10	34	11	湿分離器ドレンポンプ 吸込・吐出管	炭素鋼→低合金鋼	余寿命5年未満で、減肉傾向のある箇所。
11	802	6	主給水管	炭素鋼→炭素鋼	余寿命5年未満であるが、減肉傾向は認められず計画的に取り替える箇所。 ※2
12	802	11	主給水管	炭素鋼→炭素鋼	余寿命5年未満であるが、減肉傾向は認められず計画的に取り替える箇所。 ※2
13	802	9	主給水管	炭素鋼→炭素鋼	余寿命5年未満であるが、減肉傾向は認められず計画的に取り替える箇所。 ※2
14	124	6	1次系補助蒸気配管	炭素鋼→ステンレス鋼	余寿命5年未満で、減肉傾向のある箇所。
15	28	13	主蒸気管	炭素鋼→炭素鋼	余寿命5年未満で、減肉傾向のある箇所。
16	901	10	1次系補助蒸気配管	炭素鋼→ステンレス鋼	余寿命5年未満で、減肉傾向のある箇所。
17	91	2	グランドシール蒸気管	炭素鋼→ステンレス鋼	余寿命5年未満で、減肉傾向のある箇所。
18	901	16	1次系補助蒸気配管	炭素鋼→ステンレス鋼	余寿命5年未満で、減肉傾向のある箇所。
19	907	3	1次系補助蒸気配管戻り管	炭素鋼→ステンレス鋼	余寿命5年未満で、減肉傾向のある箇所。
20	5	2	コンバータ加熱蒸気管コンバータ バックアップ管	炭素鋼→ステンレス鋼	余寿命5年未満で、減肉傾向のある箇所。
21	76	45	補助蒸気母管	炭素鋼→ステンレス鋼	美浜3号機の類似箇所。(オリフィス下流部)
22	4	9	コンバータ加熱蒸気管コンバータ バックアップ管	炭素鋼→ステンレス鋼	美浜3号機の類似箇所。(オリフィス下流部)
23	801	12	主蒸気管	炭素鋼→炭素鋼	過去の点検において介在物が認められた箇所。 ※3

※1: 前回、同材料(炭素鋼)に取り替えを実施したが、耐食性の観点から今回ステンレス鋼に取り替える。

※2: シンニング部等の影響で、見かけ上余寿命が短くなっている箇所。

※3: 過去の点検において介在物(配管製造時の欠陥)による信号指示が認められていた1箇所(減肉ではない)について、材料手配が可能となったため当初の取替計画に追加した箇所。なお、今回の取り替え時に切断調査し、介在物であることを確認した。

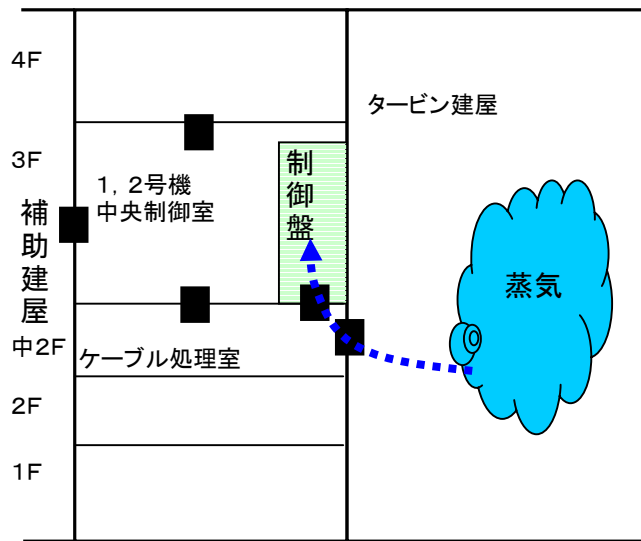
図－6 中央制御室への蒸気流入に係る点検

点検概要

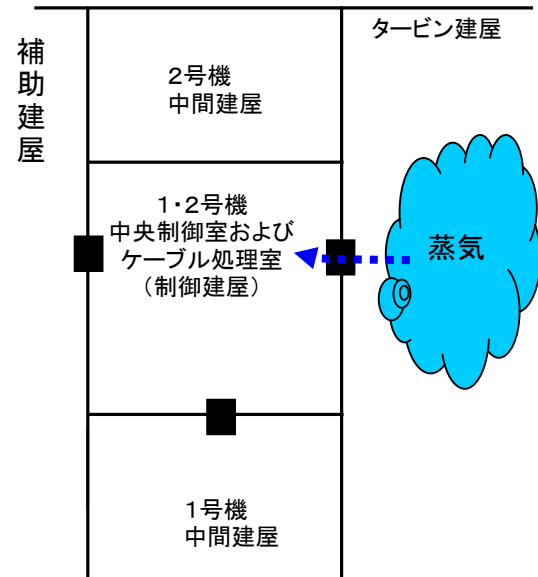
美浜発電所3号機2次系配管破損事故において、中央制御室につながるケーブルトレイ及び電線管の壁貫通部等のシール施工が不適切であったため、中央制御室への蒸気浸入が認められたことから、中央制御室貫通部等258箇所のシール施工状況を点検し、不適切な箇所48箇所を含む194箇所について補修を実施した。

点検箇所概要図

〔建屋側面図〕



〔建屋平面図〕



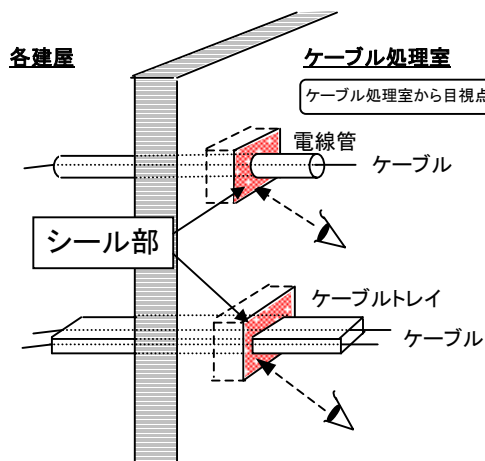
■ : 貫通部点検箇所

← : 美浜3号機事故時の蒸気の流入経路(例)

貫通部の点検例

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制御盤への床貫通部
目視点検箇所のイメージ

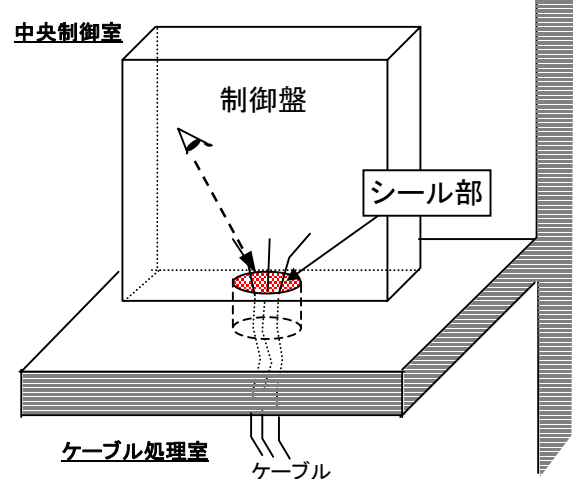
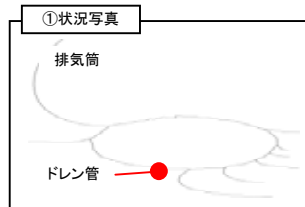
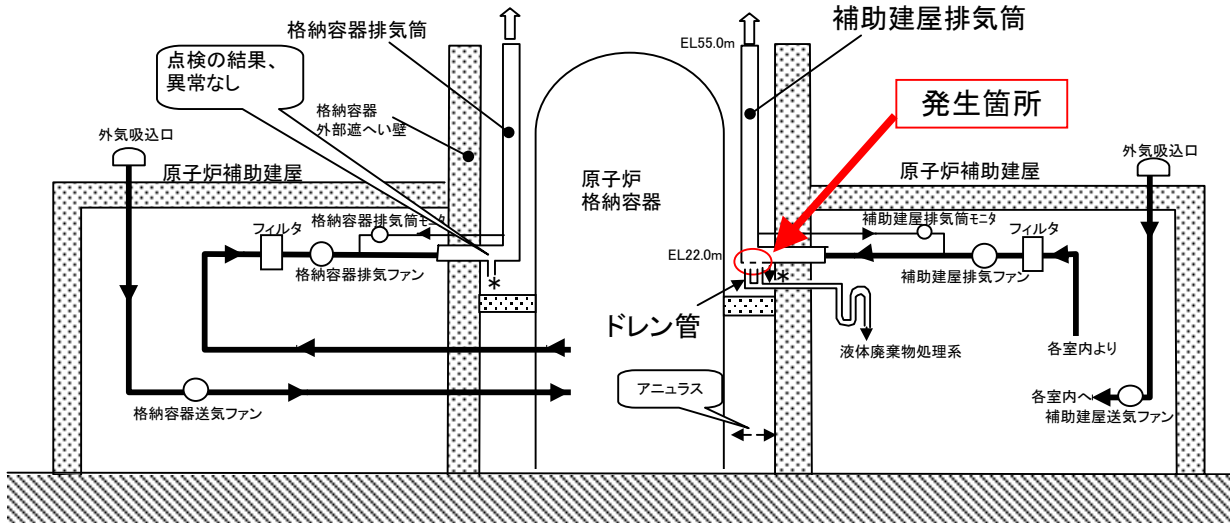


図-7(1) 補助建屋排気筒のひび割れおよびドレン管の接続不良の原因と対策について

発生場所

概略系統図

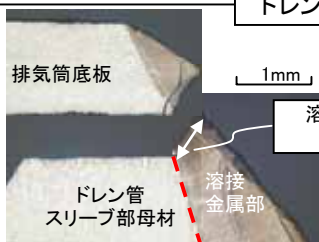
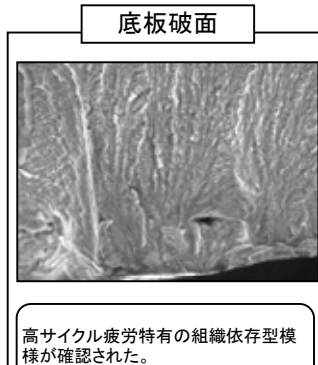
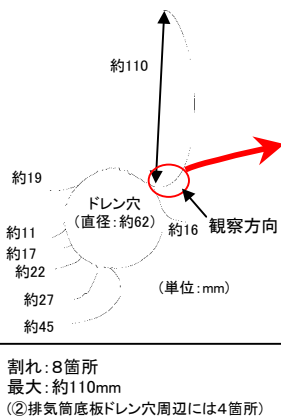


仕様
【補助建屋排気筒】
 寸法: 約0.9m × 2.5m
 板厚: 1.2mm
 材質: ステンレス鋼
 設計風量: 約18万m³/h
【ドレン管】
 外径: 約60mm
 材質: ステンレス鋼

調査結果(ドレン管①の例)

排気筒(①)

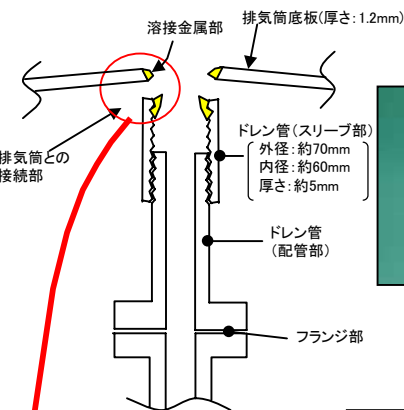
(内面から見た図)



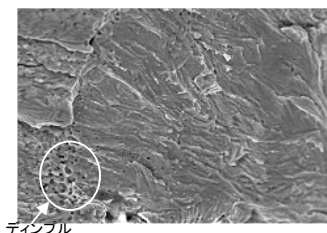
底板とドレン管の切断面の形状から底板とドレン管の溶接金属が割れたことが確認された。

ドレン管(①)

(ドレン管概要図)



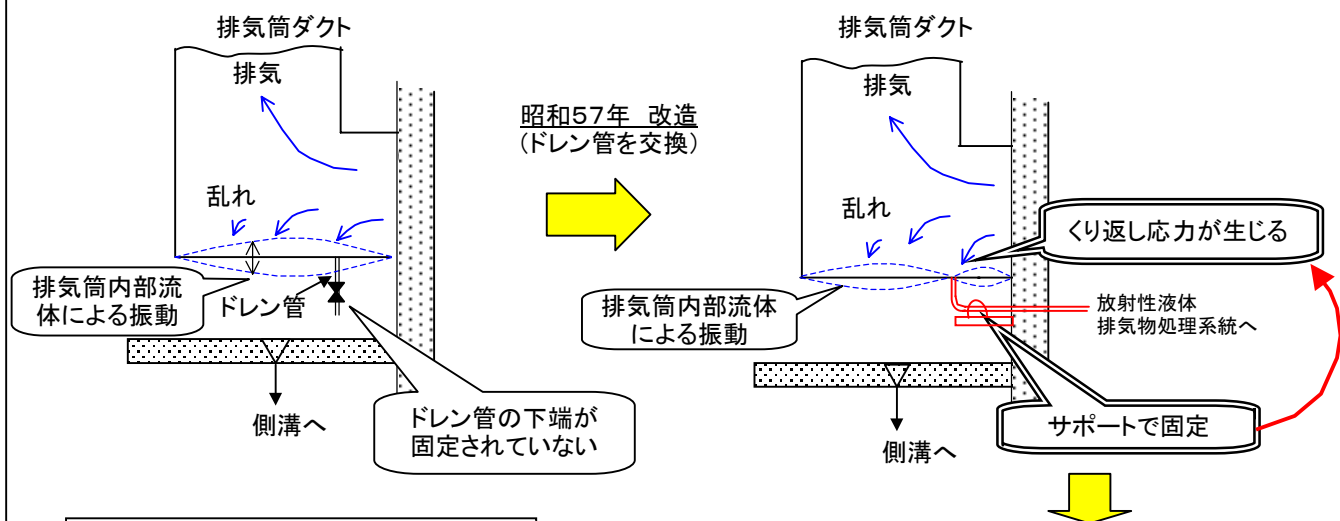
ドレン管破面



高サイクル疲労特有の組織依存型模様と一部延性破面のディンプルが確認された。

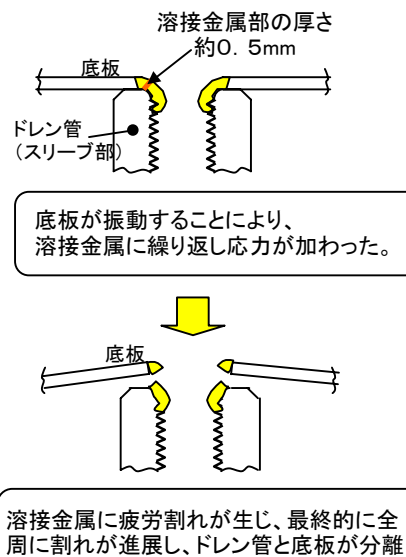
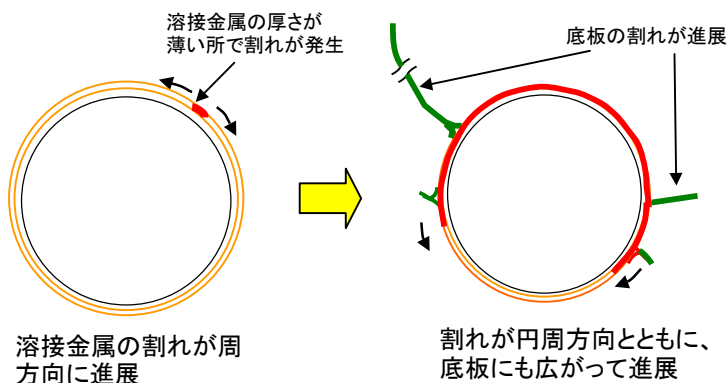
図-7(2) 補助建屋排気筒のひび割れおよびドレン管の接続不良の原因と対策について

ひび割れ、接続不良の推定メカニズム



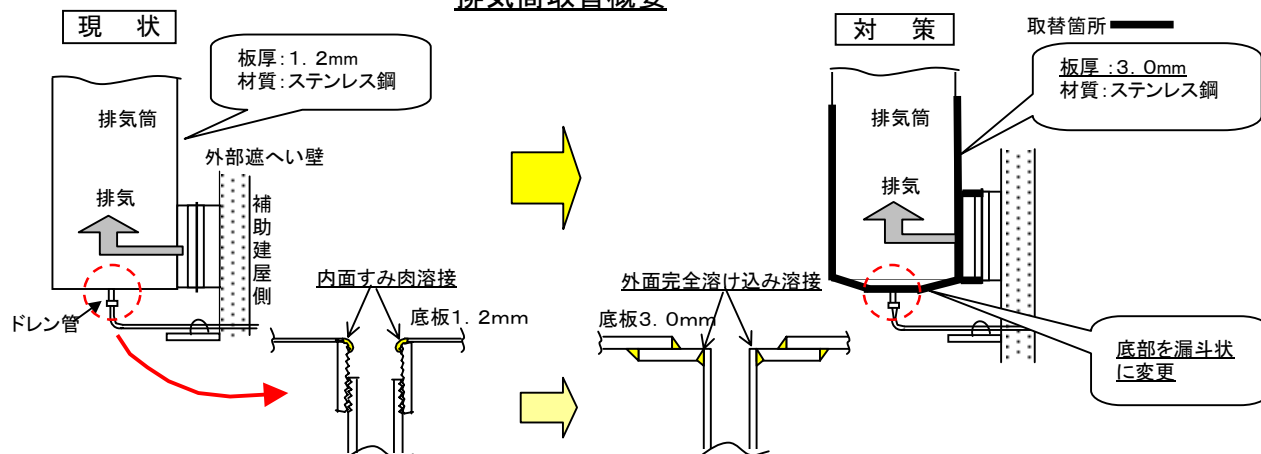
溶接金属・底板の割れ発生と進展

(当該部を上から見た図)



対 策

排気筒取替概要

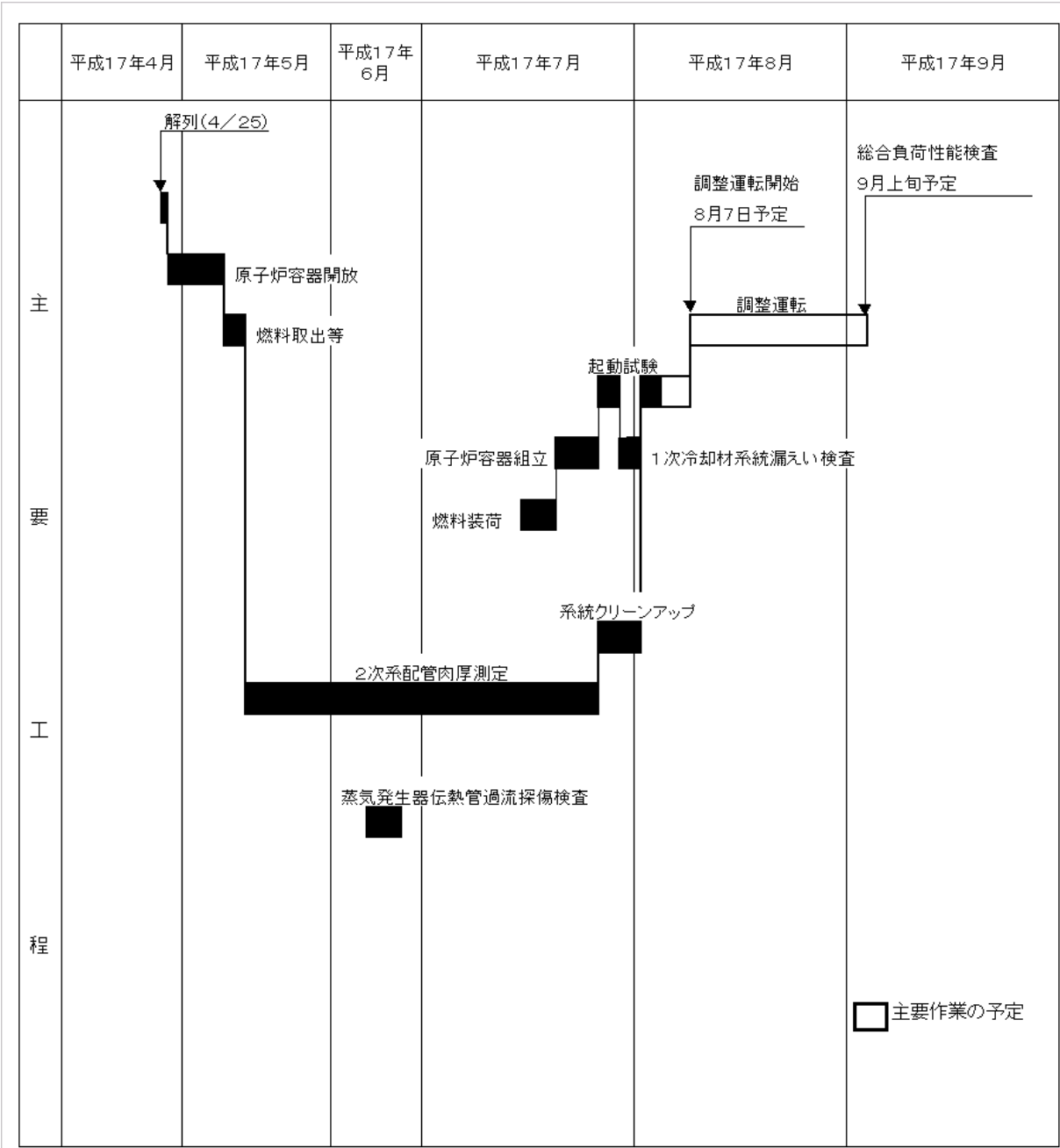


○補助建屋排気筒の一部を、剛性(頑丈さ)向上による振動抑制のため、底板の板厚(1.2mm→3.0mm)、およびドレン管と底板の溶接部の構造を変更した新しいものに取り替えた。

○格納容器排気筒については、ドレン管の外れ等の異常は確認されなかったが、補助建屋排気筒と同様の方法でドレン管が取り付けられていることから、排気筒の一部を剛性向上による振動抑制対策を講じたものに取り替えた。

美浜発電所 1 号機 第 2 1 回定期検査の概要

平成 1 7 年 4 月 2 5 日から約 4 ヶ月の予定であり、以下の作業工程にて実施しています。



黒塗りは実績を表す。