

高浜発電所3号機の原子炉起動と調整運転の開始について (第16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3号機（加圧水型軽水炉；定格電気出力87.0万kW）は、平成17年4月21日から第16回定期検査を実施していたが、7月16日未明に原子炉を起動し、同日午前に臨界となる予定である。

その後は諸試験を実施し、7月中旬（7月17日頃）に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、8月中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。

*；当初の計画では、6月下旬に原子炉起動し、調整運転を開始する予定であったが、可動小型中性子束検出器の所在不明に関する調査を最優先に行うため、原子炉起動を一時延期していた。

1. 主要工事等

(1) 2次系熱交換器他取替工事 (図－1参照)

2次系給水系統の水質向上対策として、高圧給水加熱器（2台）、および低圧給水加熱器（第1：3台、第2：3台）の伝熱管について、銅合金製から耐食性に優れたステンレス製に取り替えた。これにより、蒸気発生器への不純物の持ち込み低減が図られる。

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－2参照)

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、以下の点検等を行い、異常のないことを確認した。

① 原子炉容器上部ふた管台の点検等

原子炉容器上部ふた管台全数(66本)について、上部ふた表面の外観目視点検により、漏えいの無いことを確認した。

また、原子炉容器上部ふた管台からの漏えいを早期に検知するため、漏えい監視装置を設置した。

② 1次冷却材系統管台溶接部等の点検

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管台、加圧器のスプレ管台およびサージ管台、ならびに蒸気発生器出口管台について、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－3 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、超音波探傷検査を実施し、異常がないことを確認した。

(3) 2次系配管の点検等 (図－4 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1,272箇所について超音波検査（肉厚測定）等を行った。

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、さらに余寿命評価の結果、2箇所について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。この計3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に取り替えた。

② 過去の点検結果から減肉傾向の見られる部位等35箇所について、炭素鋼から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。

※ 高浜発電所3号機の第16回定期検査開始時の計画では、2次系配管1,197箇所について肉厚測定を実施する計画であったが、下記の計75箇所について追加で肉厚測定を実施した。

- ・ スケルトン図と現場との照合結果の反映 16箇所
- ・ 定期検査開始以降に他プラントで減肉が確認された配管の水平展開 41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 ... 18箇所

(4) 中央制御室への蒸気流入に係る点検 (図－5 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 436箇所のシール施工状況を点検し、不適切な箇所 114箇所を含む 261箇所について補修を実施した。

3. 定期検査中に確認された安全協定に基づく異常事象

(可動小型中性子束検出器の所在不明について) (図－6 参照)

平成17年6月24日に、3号機用小型可動中性子束検出器（核燃料物質）について法令に基づく実在庫確認（年1回）を実施したところ、検出器1個が所定の保管庫（鍵付ロッカー）に保管されていないことが判

明した。

このため、管理区域内を調査したが、当該検出器は発見できなかった。

前回の実在庫確認（平成16年7月）以降に発生した廃棄物（ドラム缶）について調査を実施しているが、現時点では当該検出器の発見に至っておらず、この調査には9月中旬頃まで要する見込みである。

所在不明に至った原因の調査の結果、核燃料物質としての管理が不十分であったことが確認されたことから、所内規定を見直し核燃料物質の管理の強化を図るとともに、関係者に核燃料物質の管理の重要性を周知徹底した。

[平成17年6月24日、7月7日、7月14日記者発表済]

4. 蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査（E C T）

（図－7 参照）

3台ある蒸気発生器の伝熱管全数（既施栓管を除く9,786本）について、渦流探傷検査（E C T）を実施した結果、異常は認められなかった。

※ 高浜発電所3号機については、前回定期検査より、検出性を向上させたマルチコイル型（インテリジェント）E C T検出装置を導入している。

5. 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56体は新燃料集合体）を取り替えた。

燃料集合体の外観検査（20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
--

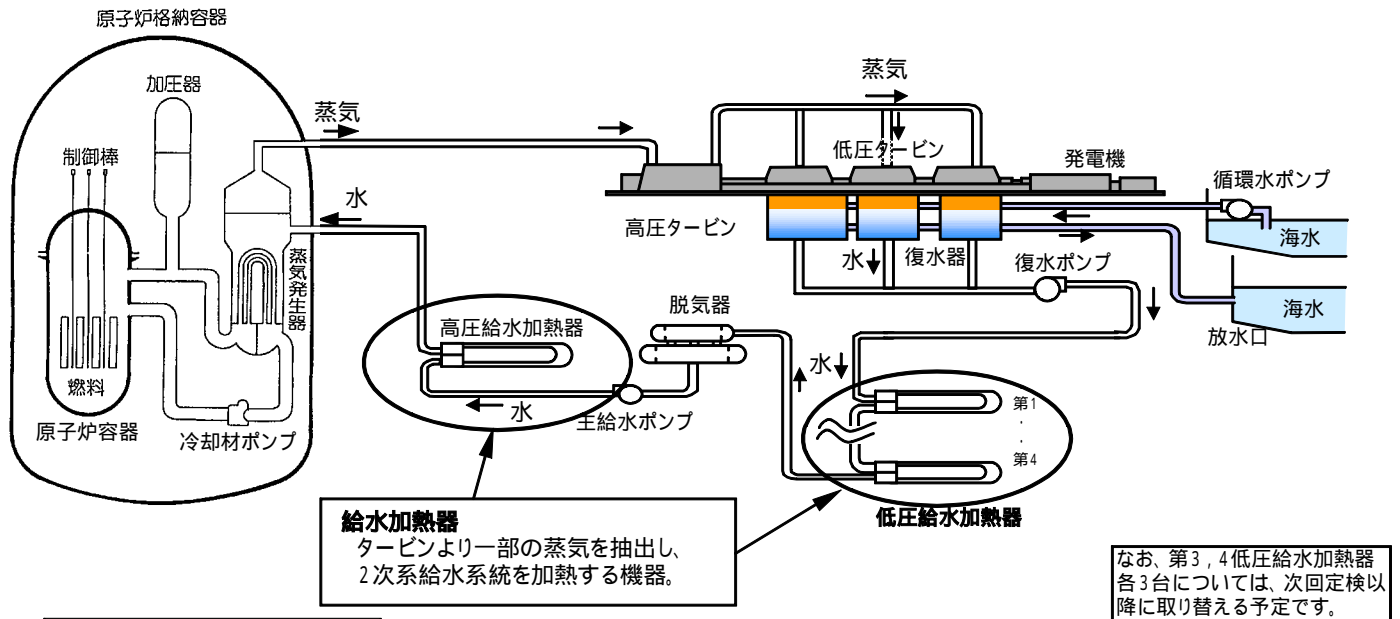
図 - 1 2次系熱交換器他取替工事

点検概要

2次系給水系統の水質向上対策として、一部の給水加熱器伝熱管を、銅合金から耐食性に優れたステンレス製に取り替えた。

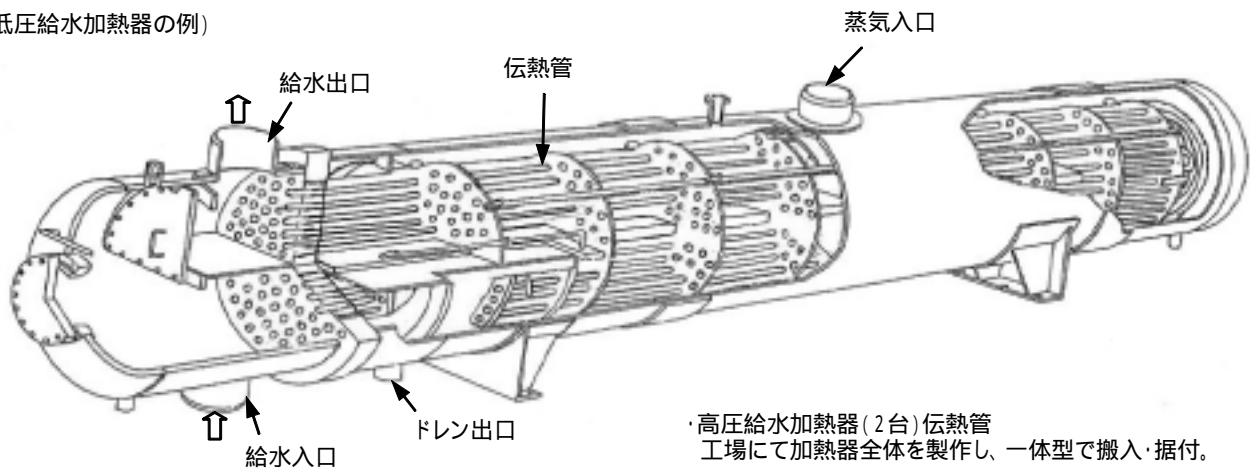
- ・高圧給水加熱器2台
- ・低圧給水加熱器6台
(第1低圧給水加熱器3台、第2低圧給水加熱器3台)

概略系統図



給水加熱器取替概要

(低圧給水加熱器の例)



・高圧給水加熱器(2台)伝熱管
工場にて加熱器全体を製作し、一体型で搬入・据付。

・第1低圧給水加熱器(3台)、第2低圧給水加熱器(3台)伝熱管
工場にて管束(伝熱管の集合体)状態に組み立て、搬入・据付。

	高圧給水加熱器		第1低圧給水加熱器		第2低圧給水加熱器	
	取替前	取替後	取替前	取替後	取替前	取替後
伝熱管材料	銅合金	ステンレス製	銅合金	ステンレス製	銅合金	ステンレス製
伝熱管本数(本)	2,247(U字管)	2,807(U字管)	814(U字管)	907(U字管)	675(U字管)	901(U字管)
外観長さ(m)	約11		約13		約13	
外観直径(m)	約2.5		約1.5		約1.5	

図2 - 1 1次冷却材系統管台溶接部等の点検

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例に鑑み、以下の点検を行い異常がないことを確認した。

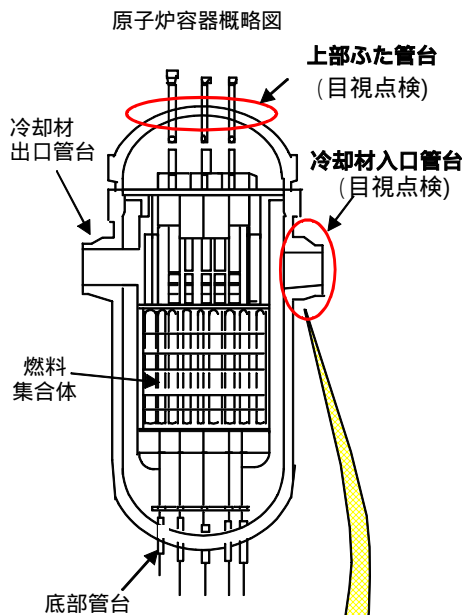
原子炉容器上部ふた管台の点検

原子炉容器上部ふた管台全数(66本)について、上部ふた表面の外観目視点検し、異常がないことを確認した。

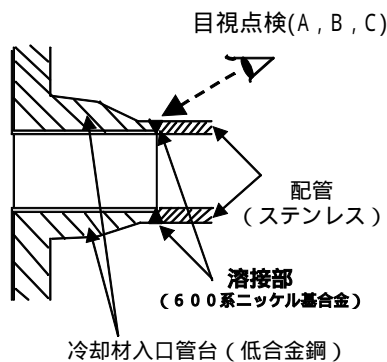
1次冷却材系統管台溶接部等の点検

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入口管台、加圧器スプレ管台、蒸気発生器出口管台等について、外観目視点検や超音波探傷検査を実施し、異常が無いことを確認した。

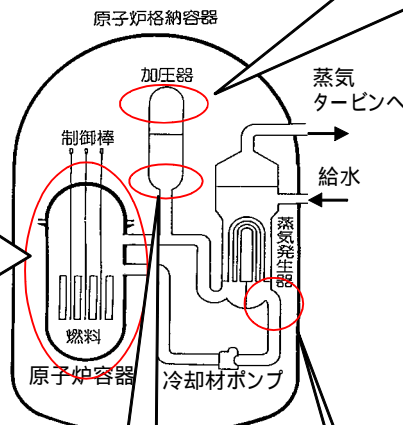
原子炉容器 管台溶接部の点検概要



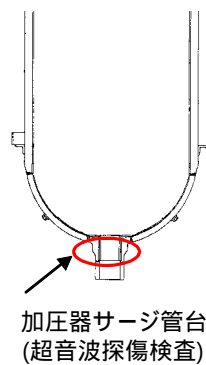
原子炉容器 冷却材入口管台の点検概要



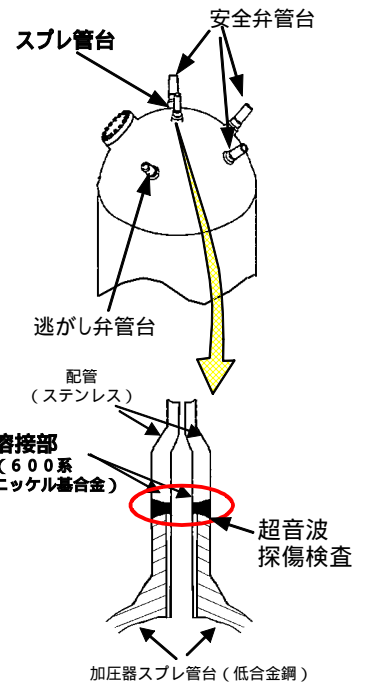
概略系統図



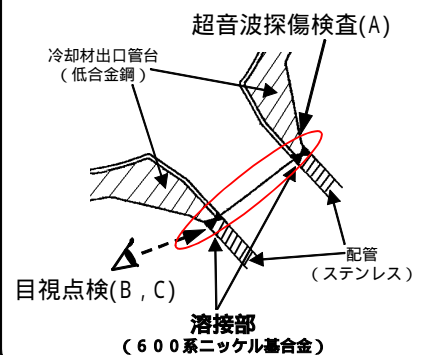
加圧器 サージ管台の点検概要



加圧器 スプレ管台の点検概要



蒸気発生器 冷却材出口管台の点検概要



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 (A,B,C)	スプレ	サージ	入 口			出 口		
点検方法		A	B	C	A	B	C	底 部				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

○ : 次回定期検査以降で実施予定

● : 点検実施済み

= : 超音波探傷検査実施済み

による対象外

- : 対象外

図 2 - 2 原子炉容器上部ふた管台漏えい監視装置の設置

工事概要

原子炉運転中において、原子炉容器上部ふた管台部からの漏えいを早期に検知するため、漏えい監視装置(漏えいに伴う湿度の上昇を監視)を設置した。

漏えい監視装置設置概要図

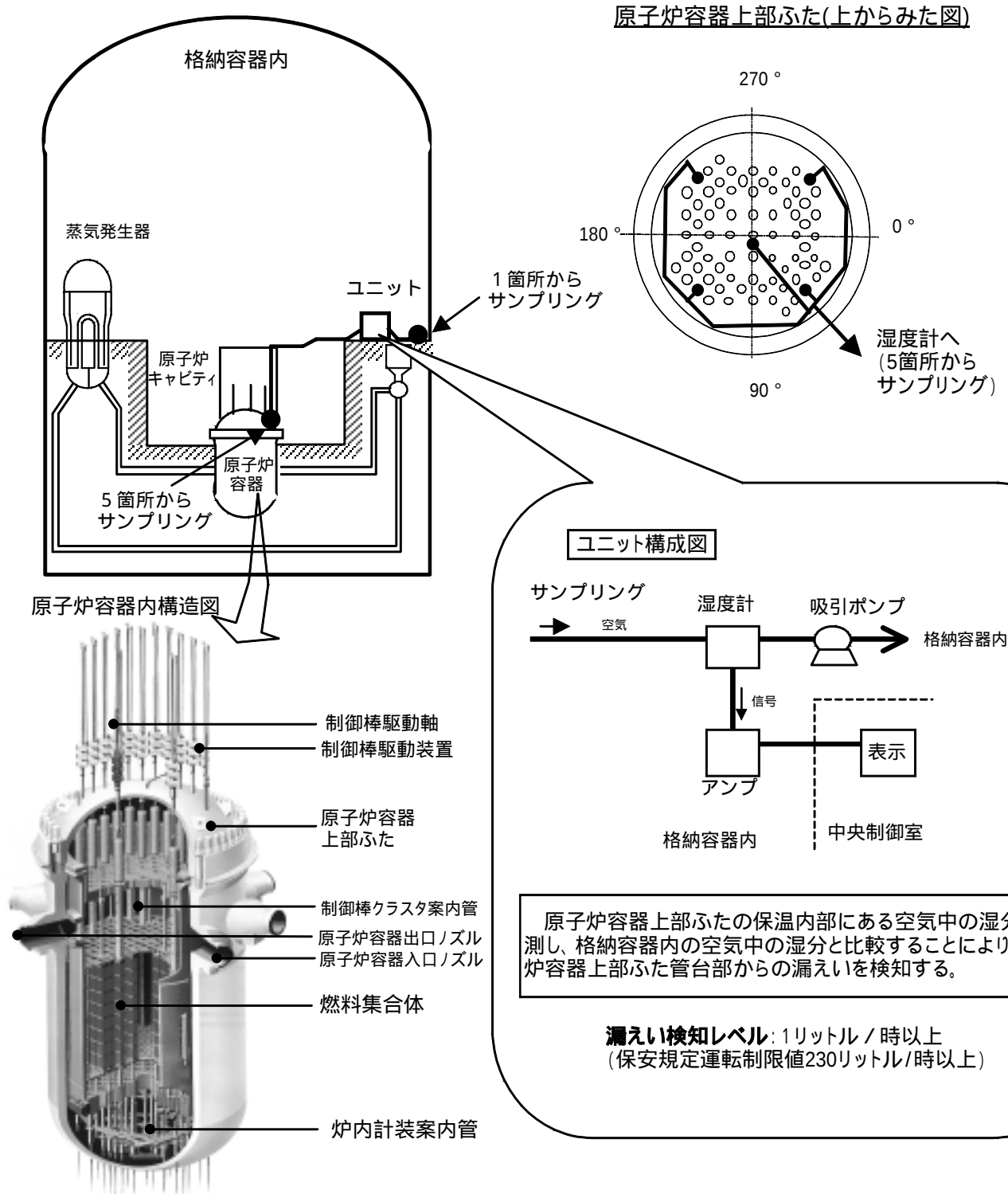


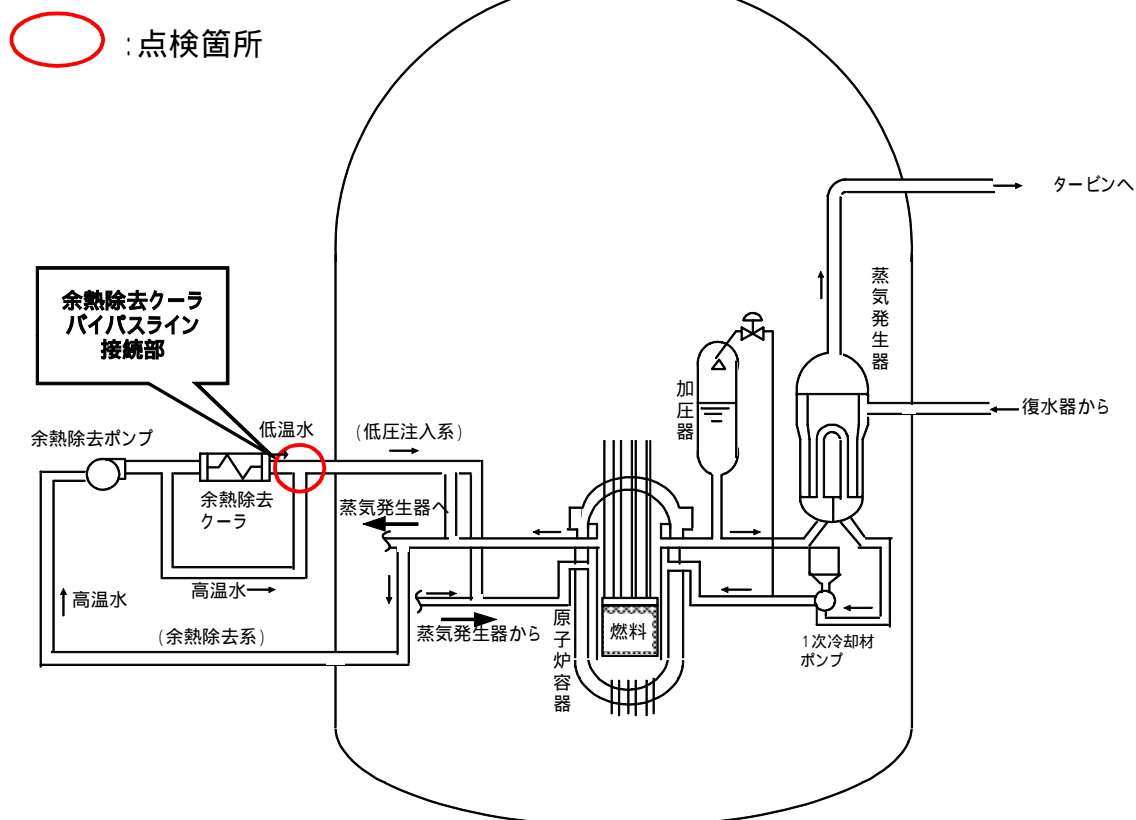
図 - 3 高サイクル熱疲労割れに係る点検

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^{*}を主要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、超音波探傷検査を実施し、異常がないことを確認した。

^{*} 温度ゆらぎ：高温水と低温水が混合することにより、局部的に温度が変動する現象

概略系統図



配管点検範囲(例)

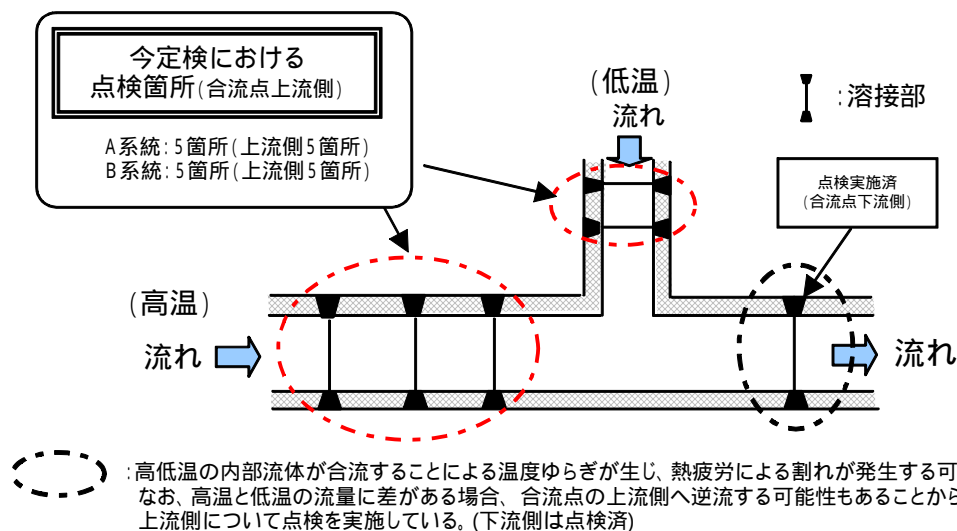


図 - 4 2次系配管の点検等

点検概要

(点 検)

今定期検査において、合計1,272箇所について超音波検査(肉厚測定)等を実施した。

- 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
1,254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		スケルトン図と現場との 照合により見直し後の 点検対象部位		今回点検実施部位 ²	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	1,461	74	1,462	75	442	0
その他点検部位	3,353	932	3,368	947	812	434
合計	4,814	1,006	4,830	1,022	1,254	434

- 1: これまで「その他点検部位」として管理していた部位について、スケルトン図と現場との照合を実施した結果、16箇所を点検対象部位に追加した。
- 2: ● スケルトン図と現場との照合により点検対象部位となった16箇所の追加点検を実施した。
主要点検部位1箇所、その他点検部位15箇所
 - 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41箇所(その他点検部位)の追加点検を実施した。
 - ・大飯2号機復水ポンプバランス管の減肉事象反映による36箇所
 - ・美浜3号機復水処理装置復水出口管の減肉事象反映による5箇所

- 2次系配管の管理指針に基づく目視点検並びに超音波検査(肉厚測定)部位
高圧排気管の直管部18箇所について、配管内面から目視点検を実施した結果、減肉が認められたため、超音波検査(肉厚測定)を行った。

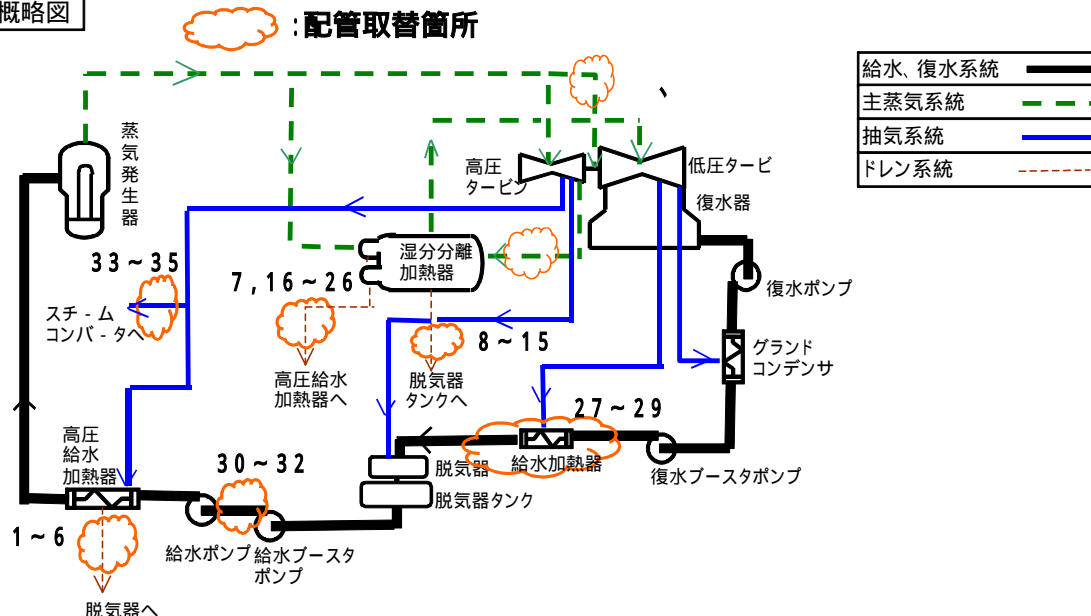
(結 果)

計算必要厚さを下回っている箇所が1箇所確認され、さらに余寿命評価の結果、2箇所について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。

取替概要

- 今回実施した超音波検査(肉厚測定)において、計算必要厚さを下回っている1箇所および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2箇所の計3箇所について、炭素鋼から耐食性に優れたステンレス鋼に取り替えた。(追加分3箇所)図中の～：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、35箇所について当初計画通り、炭素鋼から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。(当初計画分35箇所)図中の1～35：別紙2参照

系統別概略図



高浜発電所3号機第16回定期検査における配管取り替え箇所一覧表(追加取替分)

・今回計算必要厚さを下回っていた1箇所および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
 であると評価された2箇所

No	スケルトン 図番号	部位 番号	取 替 部 位	材 質	備 考
	267	51	高圧排気管(異材継手部)	炭素鋼→ステンレス鋼	今回計算必要厚さを下回っていた箇所
	222	29	高圧タービングランド蒸気入口管	炭素鋼→ステンレス鋼	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
	222	30	高圧タービングランド蒸気入口管	炭素鋼→ステンレス鋼	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

高浜発電所3号機第16回定期検査における配管取り替え箇所一覧表(当初計画分)

・当初計画による取り替え箇所35箇所

No	スケルトン図番号	部位番号	取替部位	材質	備考
1	18	18	第6高圧ヒータドレン管	炭素鋼→低合金鋼	*
2	18	19	第6高圧ヒータドレン管	炭素鋼→低合金鋼	18-18の下流ティーズであり作業性を考慮して同時に取替え
3	18	21	第6高圧ヒータドレン管	炭素鋼→ステンレス鋼	美浜3号機事故箇所と類似箇所であるベント孔ありオリフィス
4	20	17	第6高圧ヒータドレン管	炭素鋼→低合金鋼	*
5	20	18	第6高圧ヒータドレン管	炭素鋼→低合金鋼	20-17の下流ティーズであり作業性を考慮して同時に取替え
6	20	19	第6高圧ヒータドレン管	炭素鋼→ステンレス鋼	美浜3号機事故箇所と類似箇所であるベント孔ありオリフィス
7	45	2	第1段湿分離加熱器ドレン管	炭素鋼→ステンレス鋼	*
8	69	8	湿分離器ドレン管	炭素鋼→ステンレス鋼	69-9の上流エルボであり作業性を考慮して同時に取替え
9	69	9	湿分離器ドレン管	炭素鋼→ステンレス鋼	*
10	70	10	湿分離器ドレン管	炭素鋼→ステンレス鋼	70-11の上流エルボであり作業性を考慮して同時に取替え
11	70	11	湿分離器ドレン管	炭素鋼→ステンレス鋼	*
12	71	6	湿分離器ドレンポンプ吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	71-12の下流エルボであり作業性を考慮して同時に取替え
13	71	12	湿分離器ドレンポンプ吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	美浜3号機事故箇所と類似箇所であるベント孔ありオリフィス
14	73	3	湿分離器ドレンポンプ吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	73-15の下流エルボであり作業性を考慮して同時に取替え
15	73	15	湿分離器ドレンポンプ吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	美浜3号機事故箇所と類似箇所であるベント孔ありオリフィス
16	112	4	第1段湿分離加熱器ドレンポンプ吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	112-22の下流エルボであり作業性を考慮して同時に取替え
17	112	22	第1段湿分離加熱器ドレンポンプ吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	美浜3号機事故箇所と類似箇所であるベント孔ありオリフィス
18	113	4	第1段湿分離加熱器ドレンポンプ吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	113-10の下流エルボであり作業性を考慮して同時に取替え
19	113	10	第1段湿分離加熱器ドレンポンプ吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	美浜3号機事故箇所と類似箇所であるベント孔ありオリフィス
20	115	2	第1段湿分離加熱器ドレンポンプ吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	*
21	115	4	第1段湿分離加熱器ドレンポンプ吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	115-26の下流エルボであり作業性を考慮して同時に取替え
22	115	5	第1段湿分離加熱器ドレンポンプ吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	115-26の下流エルボであり作業性を考慮して同時に取替え
23	115	6	第1段湿分離加熱器ドレンポンプ吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	115-26の下流エルボであり作業性を考慮して同時に取替え
24	115	7	第1段湿分離加熱器ドレンポンプ吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	*
25	115	26	第1段湿分離加熱器ドレンポンプ吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	美浜3号機事故箇所と類似箇所であるベント孔ありオリフィス
26	116	16	第1段湿分離加熱器ドレンポンプ吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	美浜3号機事故箇所と類似箇所であるベント孔ありオリフィス
27	148	1	復水管	炭素鋼→ステンレス鋼	*
28	153	1	復水管	炭素鋼→ステンレス鋼	*
29	153	9	復水管	炭素鋼→ステンレス鋼	*
30	158	5	主給水ブースタポンプ吐出管	炭素鋼→低合金鋼	*
31	158	6	主給水ブースタポンプ吐出管	炭素鋼→低合金鋼	*
32	158	7	主給水ブースタポンプ吐出管	炭素鋼→低合金鋼	*
33	208	1	スチームコンバータ加熱蒸気管	炭素鋼→ステンレス鋼	208-15の下流エルボであり作業性を考慮して同時に取替え
34	208	2	スチームコンバータ加熱蒸気管	炭素鋼→ステンレス鋼	208-15の下流エルボであり作業性を考慮して同時に取替え
35	208	15	スチームコンバータ加熱蒸気管	炭素鋼→ステンレス鋼	美浜3号機事故箇所と類似箇所であるベント孔ありオリフィス

＊： 余寿命5年未満で、減肉傾向のある箇所

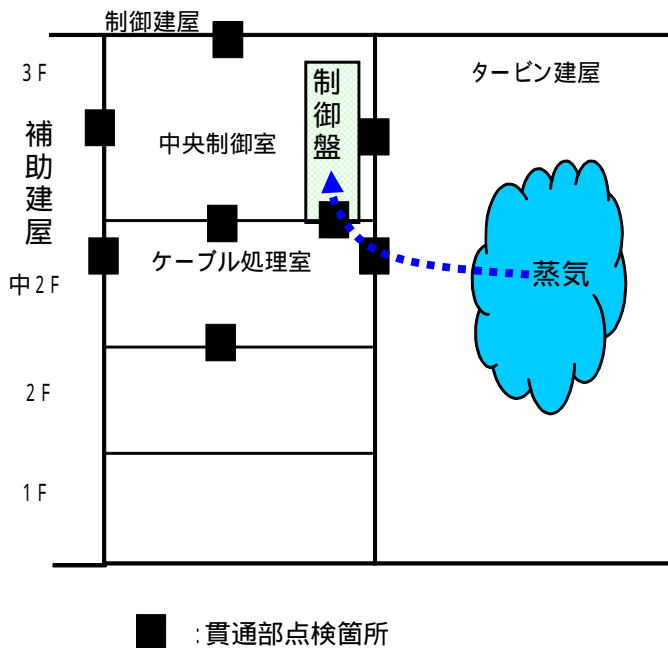
図 - 5 中央制御室への蒸気流入に係る点検

点検概要

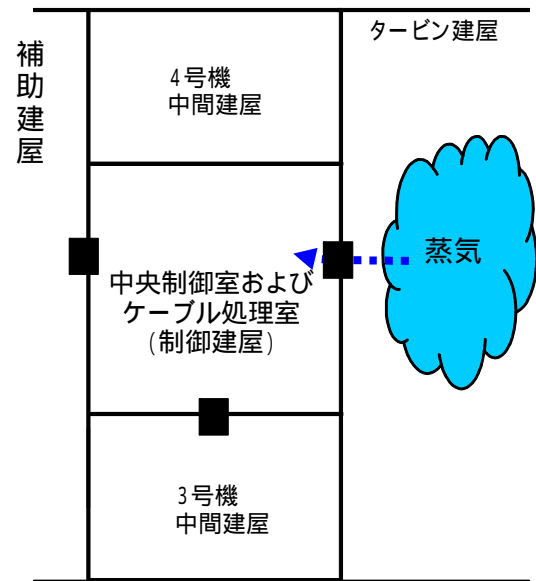
美浜発電所3号機事故において、中央制御室につながるケーブルトレイおよび電線管の壁貫通部等のシール施工が不適切であったため、中央制御室への蒸気浸入が認められたことを踏まえ、中央制御室貫通部等436箇所のシール施工状況を点検し、不適切な箇所114箇所を含む261箇所について補修を実施した。

点検箇所概要図

[建屋側面図]



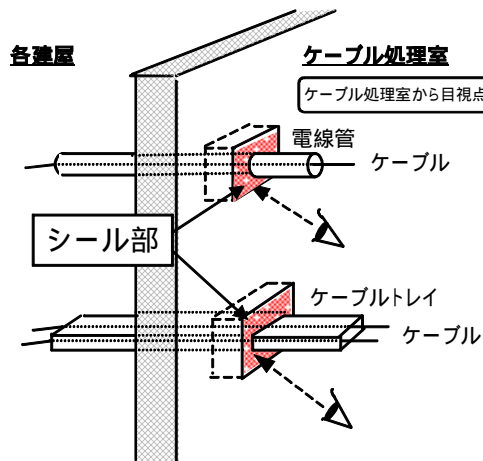
[建屋平面図]



■ : 貫通部点検箇所
 ←.....: 美浜3号機事故時の蒸気の流入経路(例)

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

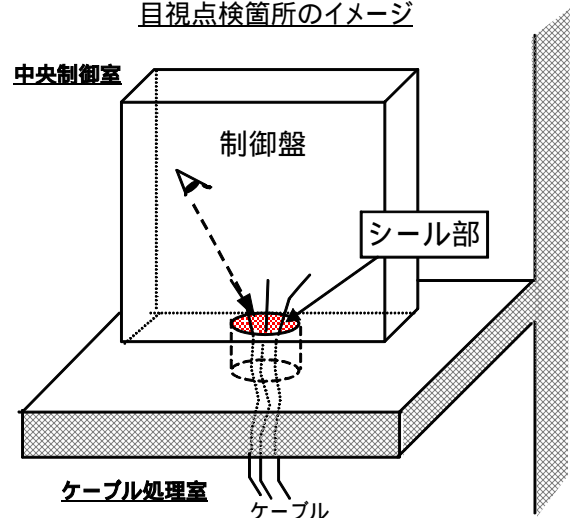
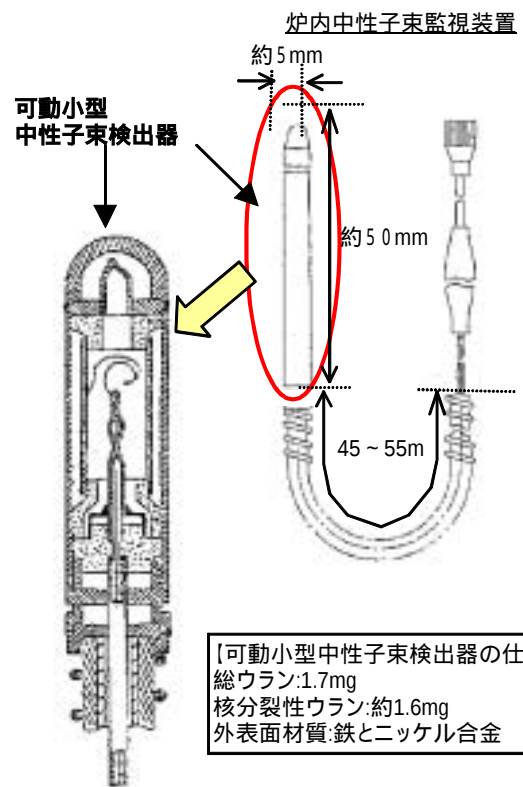
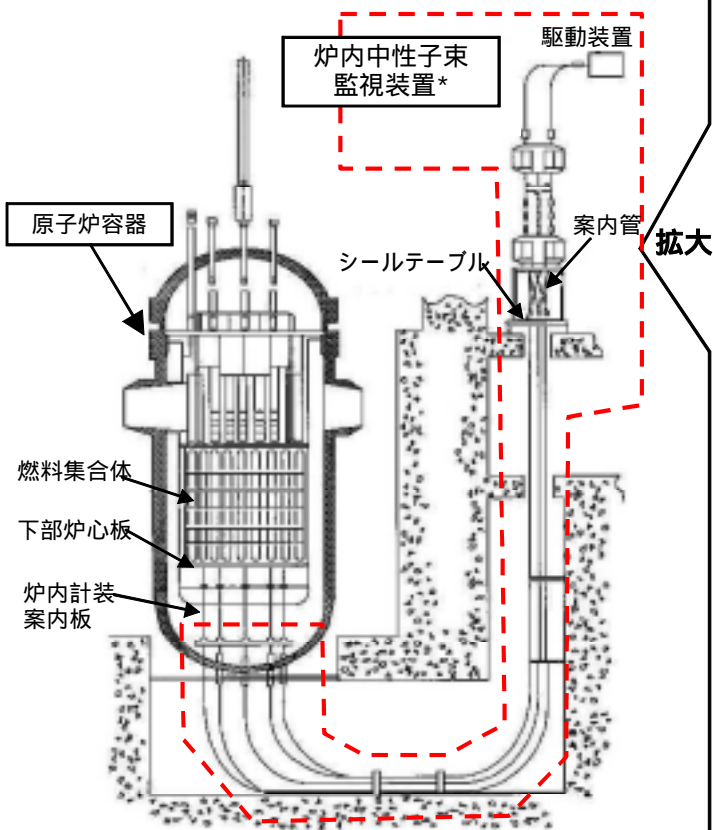


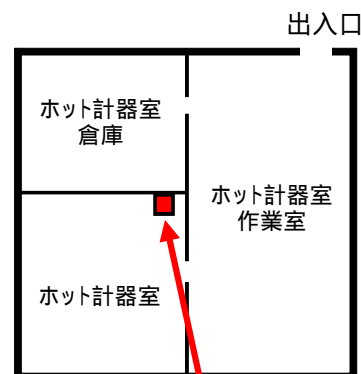
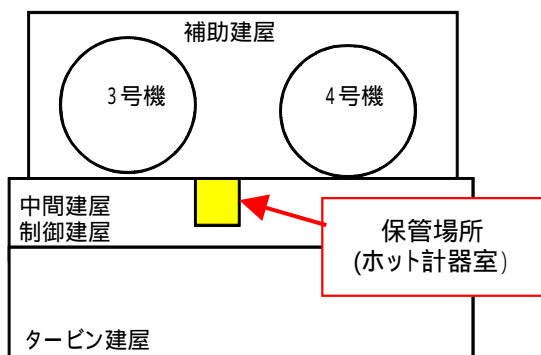
図6 - 1 可動小型中性子束検出器の所在不明について

可動小型中性子束検出器の概要



*:燃料の出力分布を測定する目的で、原子炉内可動小型中性子束検出器を炉心に挿入し、原子炉出力(中性子束レベル)を測定する装置

炉内核計装検出器の保管状況



保管庫 (鍵付ロッカー)
 寸法: H 約 1.3m × W 約 0.8m × D 約 0.6 m

当該3号保管庫



4号保管庫

図6 - 2 可動小型中性子束検出器所在不明に関する対策の実施状況

【核燃料物質の取り扱いの重要性についての周知徹底】

原子力事業本部長名の周知徹底文を発信

核燃料物質の取り扱いの重要性について周知徹底を図るため、7月13日に原子力事業本部長名で、周知徹底文を原子力事業本部、若狭支社、美浜発電所、高浜発電所ならびに大飯発電所に対し発信した。

高浜発電所長による周知徹底状況(7月14日)



若狭支社長による周知徹底

若狭支社長が、美浜、高浜、大飯発電所において、核燃料物質の取り扱いの重要性など、再発防止対策の確実な実施および、安全管理の一層の徹底について発電所員に周知徹底を図った。なお、参加できなかった発電所員は、課内ミーティングの場等を通じ、各所属長から徹底する。

〔若狭支社長による周知徹底実績〕

- ・美浜発電所：7月15日(金) 14:00～14:15 (約130名)
- ・高浜発電所：7月15日(金) 9:40～9:50 (約180名)
- ・大飯発電所：7月15日(金) 11:30～11:40 (約150名)



(7月15日・高浜発電所)



(7月15日・美浜発電所)

図 - 7 蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査 (ECT)

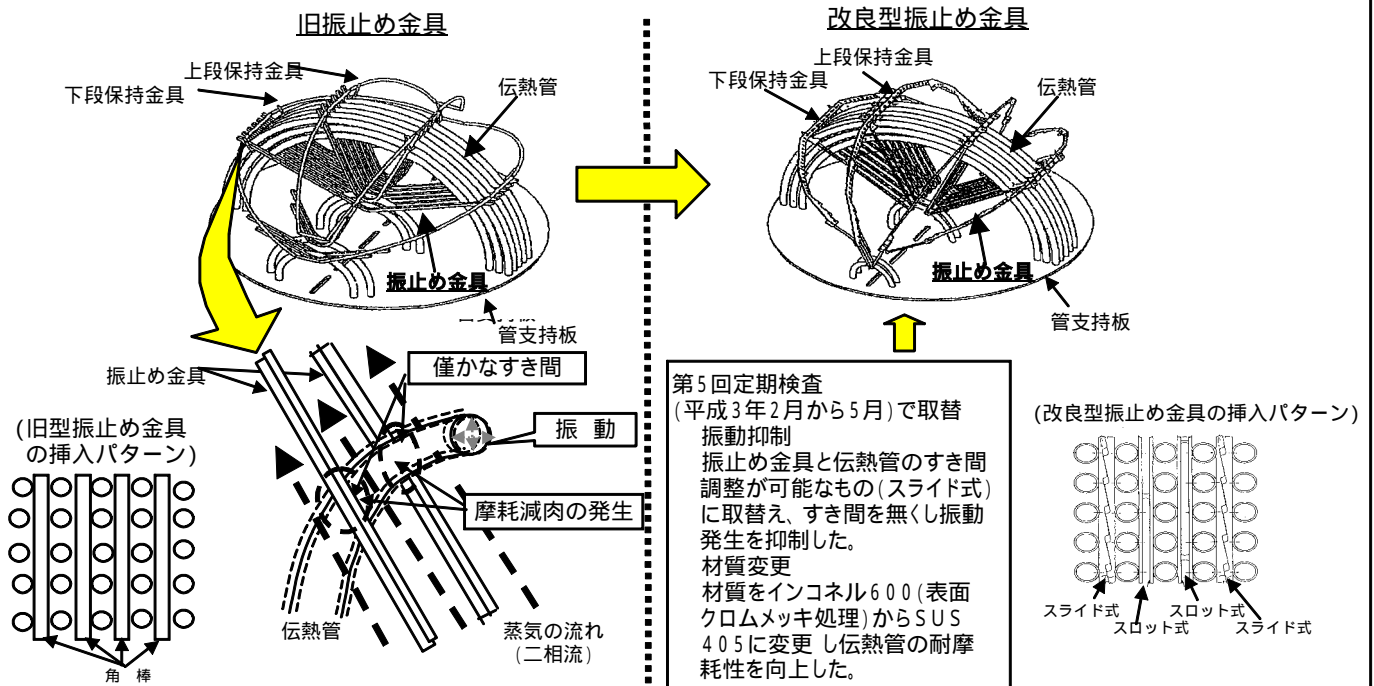
旧振止め金具支持位置での「減肉指示の考え方」の見直し

従来、伝熱管肉厚の20%以上の減肉信号指示を「有意な信号」とし、旧振止め金具支持位置で認められた20%以上の減肉指示について施栓を行っていたが、既に減肉の原因となる旧振止め金具は改良型のものに取り替えて、摩耗減肉の進展はないことから、40%の深さの減肉に対し、健全性に問題がないことを評価^{*}し、検出器の精度(10%)を考慮して、旧振止め金具位置については、30%以上の減肉信号指示を「有意な信号」とするよう減肉指示の考え方を見直している。

なお、今定期検査において、旧振止め金具の支持位置での20%以上、30%未満の減肉信号指示をB、C - 蒸気発生器でそれぞれ3本づつ、計6本確認してる。

^{*}:旧振止め金具の支持位置における40%の深さの減肉に対する伝熱管の構造健全性の評価は、特殊設計施設認可申請を行い、平成17年5月13日に国より認可が得られている。

振止め金具の取付状況



装置概要

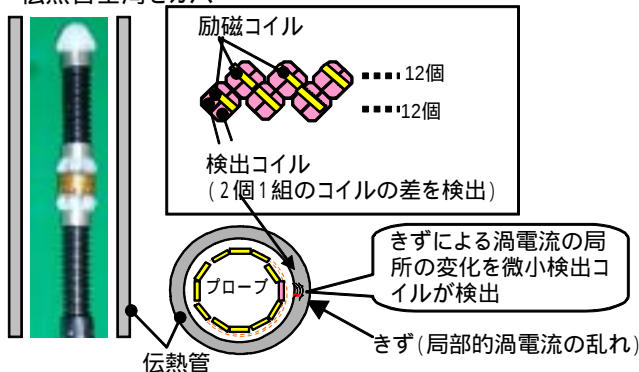
渦流探傷検査(ECT)技術の向上に努めてきた結果、検出性能が向上したマルチコイル型ECT(通称“インテリジェントECT”)が開発され、実機への適用が可能となり、高浜3号機では、前回定期検査から適用している。

マルチコイル型ECTの主な改良点

- ・検出コイルの数を変更(2個1組 → 12組×2段)
- ・コイル1個1個が小さくなるため、局部的渦電流の乱れを検出可能

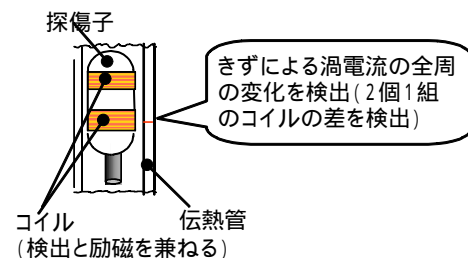
(マルチコイル型ECT)

12組×2段に敷き詰められた微小検出コイルが伝熱管全周をカバー



(参考)従来型ECT(DFプローブ)

2個1組の検出コイルが伝熱管全周をカバー



高浜発電所 3 号機 第 16 回定期検査の作業工程

平成 17 年 4 月 21 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。

(平成 17 年 7 月 15 日現在)

