

平成15年10月17日
原子力安全対策課
(15-76)
<16時記者発表>

高浜発電所2号機の原子炉起動と調整運転開始について (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

高浜発電所2号機(加圧水型軽水炉;定格出力82.6万kW)は、平成15年8月1日から第21回定期検査を実施していたが、10月20日に原子炉を起動し、翌21日に臨界となる予定である。

その後は諸試験を実施し、10月下旬(10月22日頃)に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、11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。

1. 主要工事等

(1) 原子炉容器供用期間中検査

原子炉容器の供用期間中検査として、原子炉容器の溶接部等について、計画的に超音波による探傷検査を行い健全性を確認した。

(2) 原子炉冷却系統設備小口径配管他取替工事 (図-1参照)

海外における原子炉冷却系統設備の損傷事例に鑑み、将来的な健全性維持を図るという予防保全の観点から、原子炉冷却系統設備の配管他について、材質等を変更した新しい配管に取り替えた。

(3) 燃料取替用水タンク取替工事 (図-2参照)

屋外に設置されている燃料取替用水タンク(ステンレス製)は、建設当初に外面塗装を施していなかったため、海塩粒子の付着による塩素型応力腐食割れの発生が考えられることから、工場において外面塗装を施したタンクに取り替えた。

(4) 海水ポンプ取替工事 (図-3 参照)
海水ポンプ(全4台)の構成部品である主軸やケーシング等は、常時、海水に浸っており、腐食を受けやすい環境にあることから、耐腐食性に優れた材質のものに取り替えた。

(5) 原子炉容器照射試験片取出工事
中性子照射による原子炉容器の材料特性変化を定期的に把握するため、原子炉容器内部に設置している照射試験片を計画的に取り出した。

(6) 炉内計装筒管台予防保全対策工事 (図-4 参照)
1次系水質環境下における応力腐食割れに対する予防保全対策として、炉内計装筒管台の引張り残留応力を圧縮応力に変えるため、管台内表面にウォータージェットピーニング*1)を施工した。

*1)ウォータージェットピーニング

金属表面に気泡を含んだ高圧ジェット水を吹き付けることにより、金属表面に塑性変形が生じ、表面にある残留応力を引張りから圧縮に変える工法。

(7) 発電機固定子コイル取替工事 (図-5 参照)
発電機固定子コイルの絶縁物材料が、長年の使用により劣化傾向にあることから、予防保全対策として、耐久性に優れた絶縁物材料を用いた発電機固定子コイルに取り替えた。

(8) 復水器および2次系熱交換器他取替工事 (図-6 参照)
2次系給水系統の水質向上対策として、復水器伝熱管管群については、銅合金から海水腐食性に優れたチタン製へ取り替えた。また、給水加熱器伝熱管や湿分分離加熱器については、銅合金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、海水漏えいの未然防止や、蒸気発生器への不純物の持ち込み低減が図られる。

2. 設備の保全対策および点検工事について

(1) 余熱除去系配管等の点検工事 (図-7 参照)
国内PWRプラントのステンレス配管に貼り付けられた塩化ビニールテープが原因で応力腐食割れが発生した事例に鑑み、今定期検査においては、余熱除去系、化学体積制御系等の配管について、配管外表面の点検を行い、17箇所塩化ビニールテープの貼り付け跡が認められた。これらの箇所に、浸透探傷検査を実施した結果、2箇所指示が確認されたが、配管表面の手入れにより指示を除去した。

(2) 海塩粒子による応力腐食割れに係る点検

国内プラントにおいて、ステンレス配管に海塩粒子が付着し応力腐食割れが発生した事例に鑑み、今定期検査において、海塩粒子の付着した可能性のあるステンレス配管を37箇所選定し、目視点検および配管表面の塩分付着量測定を実施した結果、異常がないことを確認した。

3. 蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査結果

蒸気発生器3台のうち、B-蒸気発生器伝熱管全数（既施栓管を除く計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、57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（12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16年度 冬頃

問い合わせ先(担当：小西)
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概要図

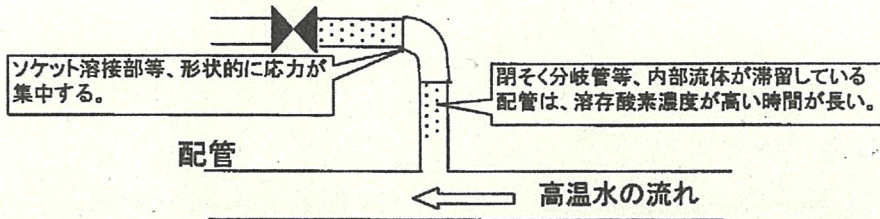
工事概要

海外事例の予防対策として、原子炉冷却系統設備のうち、酸素型応力腐食割れ^(※)の感受性が高いと考えられる化学体積制御系統配管他について、計画的に耐腐食性に優れた材料の配管に取り替えるとともに（SUS304相当→SUS316）、ソケット溶接箇所を突合わせ溶接に変更する。また、併せて弁2個についても取り替える。

※：酸素型応力腐食割れについて

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、高応力および高温、高溶存酸素濃度の水質条件下で割れが発生する事象。

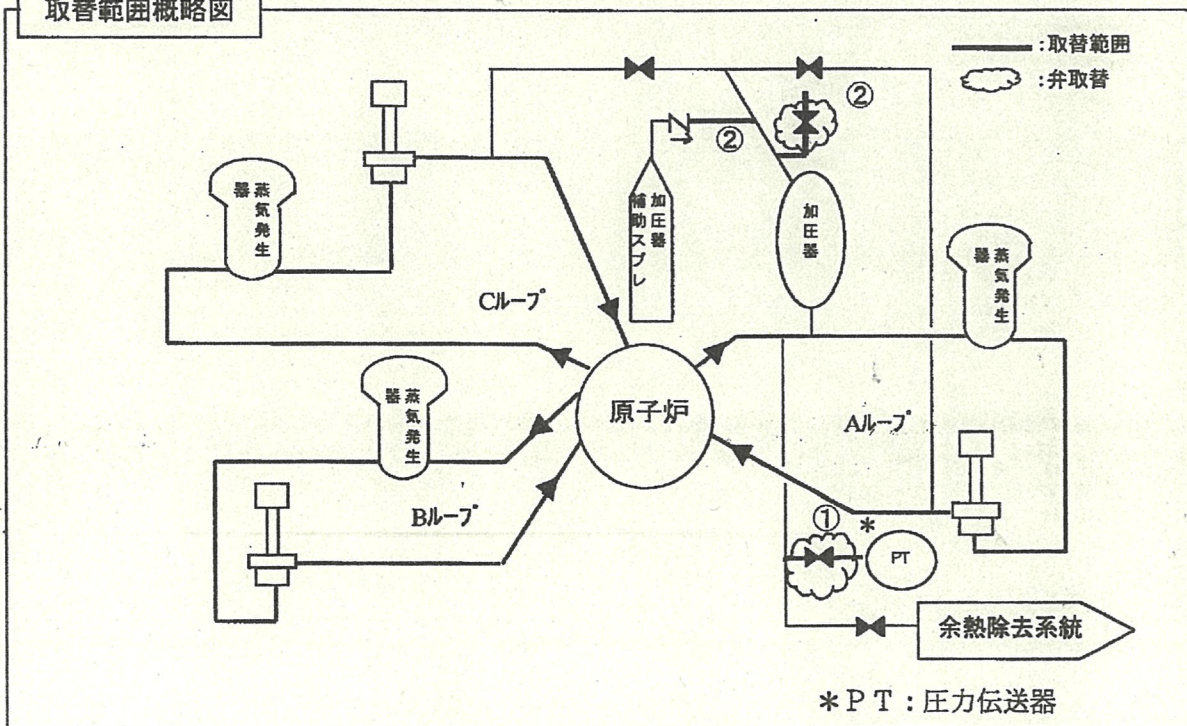
酸素型応力腐食割れが発生する状況イメージ図(例)



取替対象範囲

系統名	対象箇所	図中番号
余熱除去系統	A-ループ余熱除去ポンプ吸込ライン	①
1次冷却材系統	加圧器スプレライン	②

取替範囲概略図



溶接方法の変更

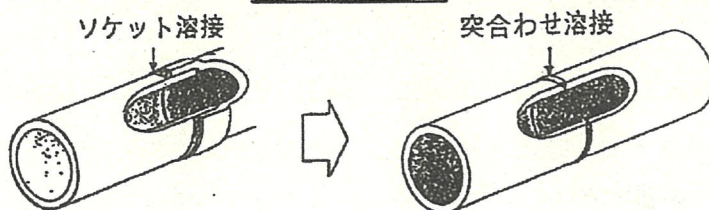


図-2 燃料取替用水タンク取替工事概要図

工事概要

- ①燃料取替用水タンクは、海塩粒子による塩素型応力腐食割れに対する長期保全の観点から取り替えを行う。取替工事に際しては、海塩粒子の影響を受けないよう、工場にて製作し、外面塗装を施したタンクに取り替える。
- ②旧燃料取替用水タンクの撤去に伴い、旧燃料取替用水タンク解体用の仮設建屋を設置する。

燃料取替用水タンク取替概要図

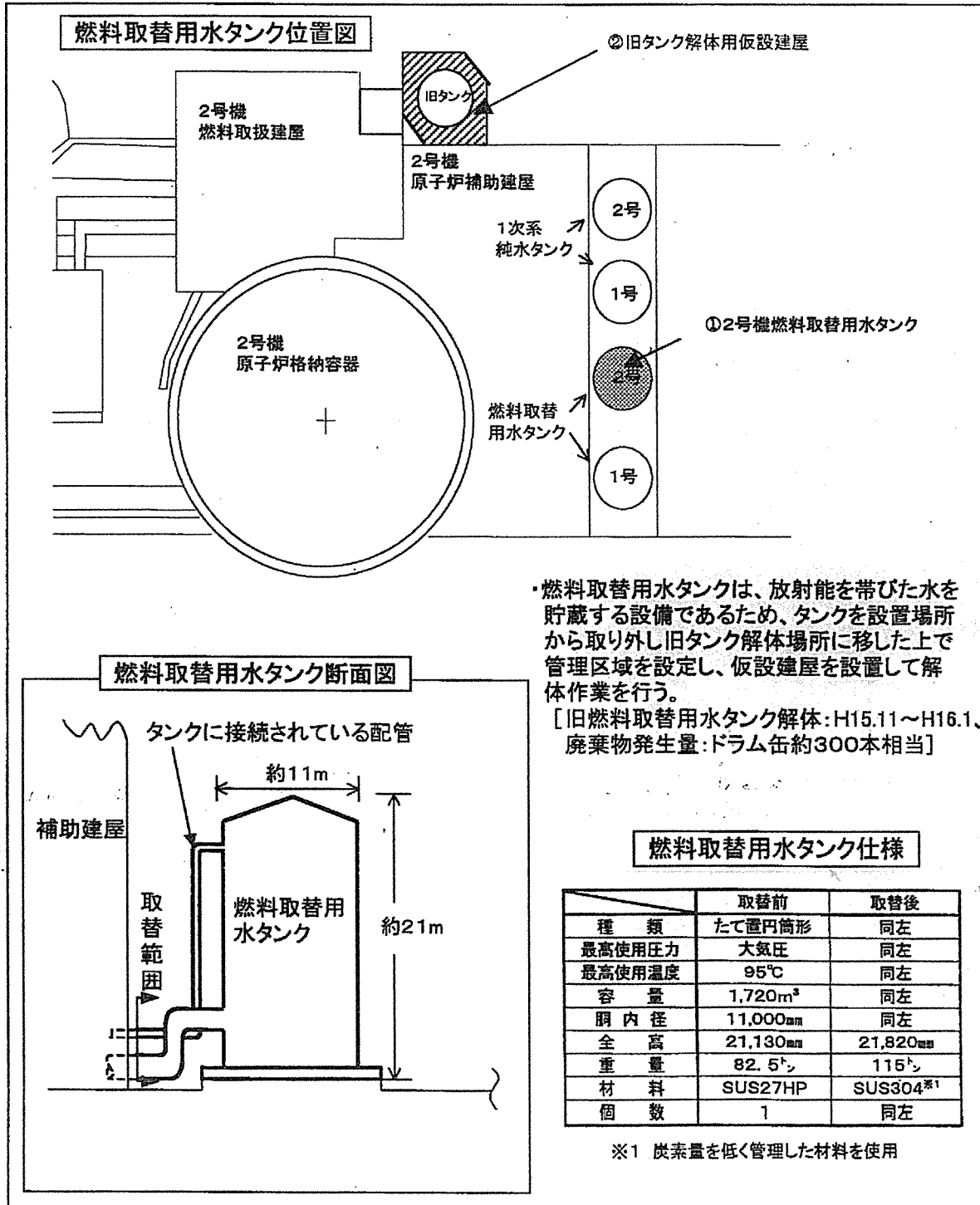


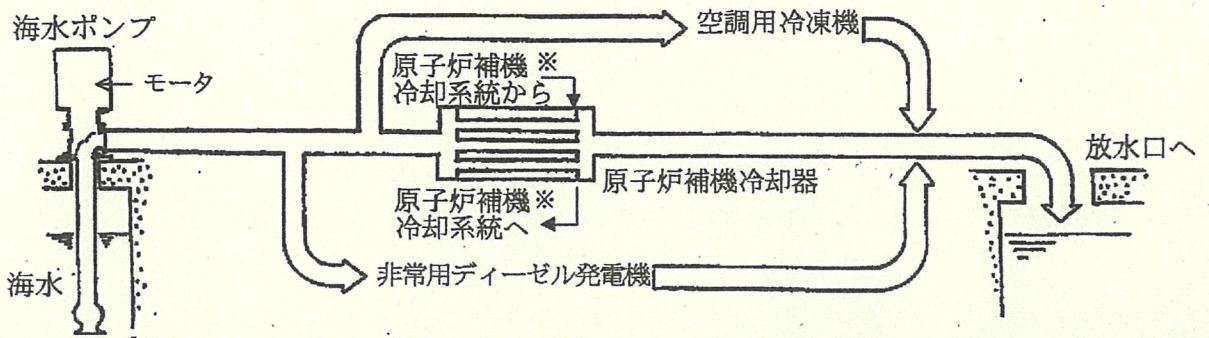
図-3 海水ポンプ取替工事概要図

工事概要

海水ポンプの主要構成部品である主軸・羽根車・ケーシング等を耐腐食性に優れている材料（耐食ステンレス鋼）を使用したものに取り替える。[全4台]

系統概要

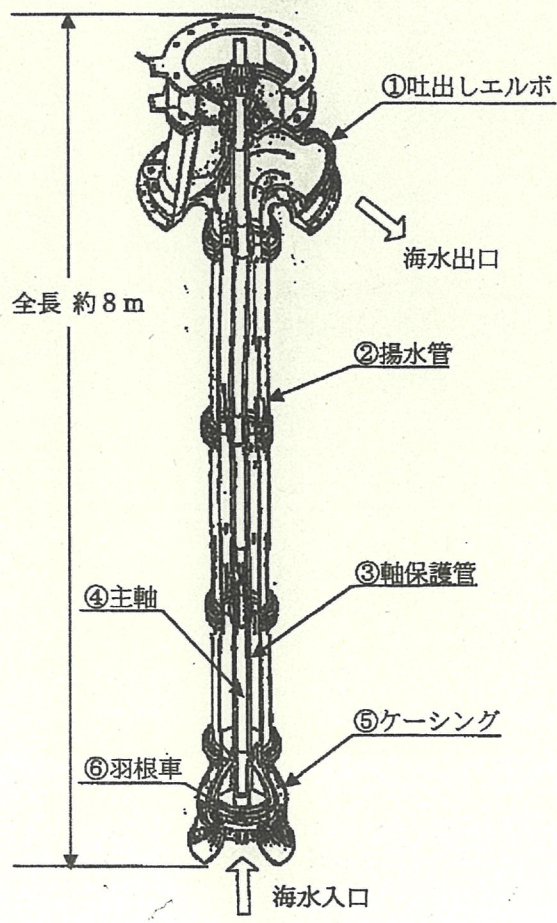
海水系統は、海水ポンプによって汲み上げた海水を冷却水として、原子炉補機冷却器、空調用冷凍機、非常用ディーゼル発電機に供給する系統であり、設置している4台のうち3台を常時運転し、定期的に切り替えを行っている。（残り1台は、予備機として待機）



外海に面した取水口に海水ポンプを設置し、各冷却器に冷却水として通水後、熱交換が行われた海水は、放水口より放出する。

※原子炉補機冷却系統：燃料ヒット冷却器及び1次冷却材ポンプ等、1次系機器で発生する熱を除去し、海水と熱交換する系統である。

海水ポンプ鳥瞰図



主要部品の材料比較

	取替前	取替後
①吐出しエルボ	FCHD (球状黒鉛鋳鉄)	GSCS16 (耐食ステンレス鋼、鋳鋼品)
②揚水管	FCHD (球状黒鉛鋳鉄)	GSCS16 (耐食ステンレス鋼、鋳鋼品)
③軸保護管	SUS304 (ステンレス鋼)	GSCS16 (耐食ステンレス鋼、鋳鋼品)
④主軸	SUS316 (ステンレス鋼)	GSUS317J4L (耐食ステンレス鋼、鍛鋼品)
⑤ケーシング	SCS13 (ステンレス網鋳鋼品)	GSCS16 (耐食ステンレス鋼、鋳鋼品)
⑥羽根車	SCS14 (ステンレス網鋳鋼品)	GSCS16 (耐食ステンレス鋼、鋳鋼品)

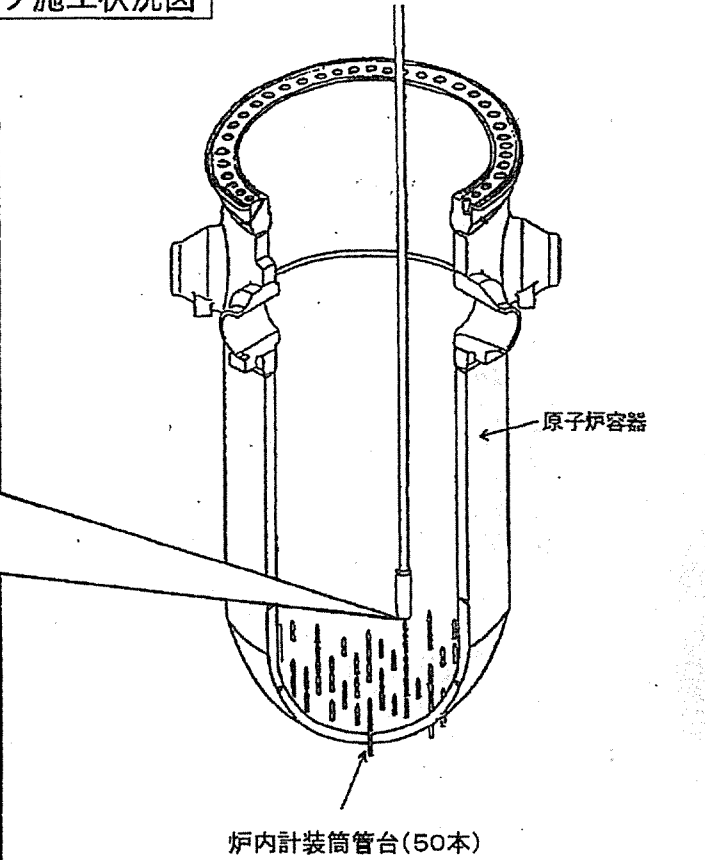
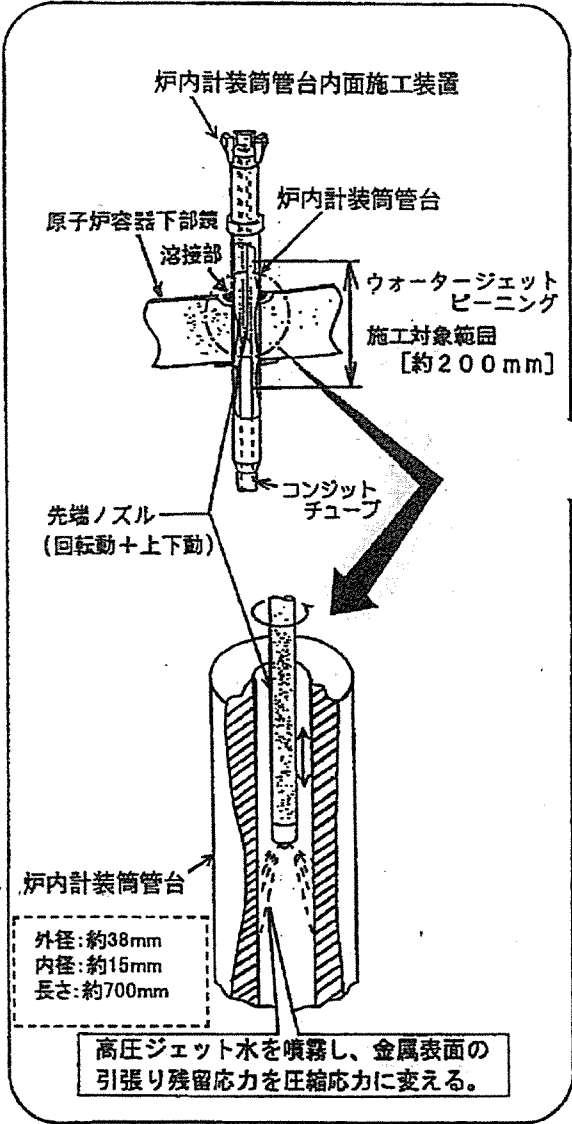
能力（変更なし）
 ・容量：3200m³/h/台
 ・揚程：30m

図-4 炉内計装筒管台予防保全対策工事概要図

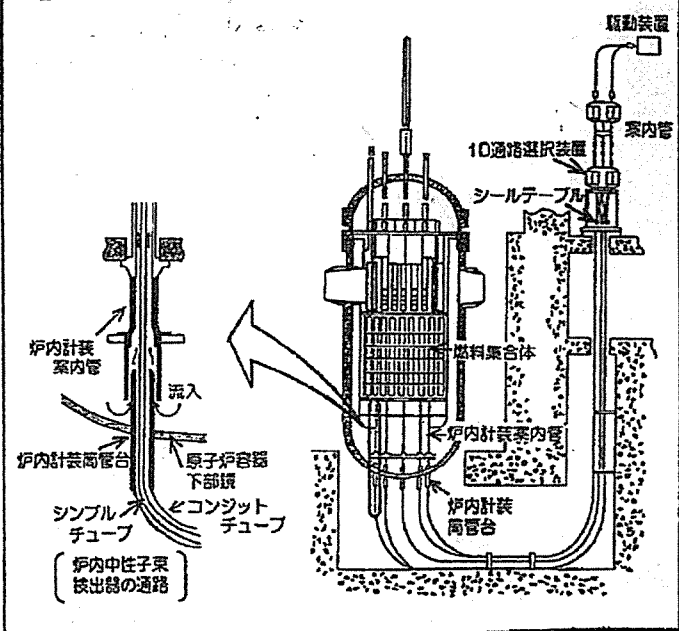
工事概要

1次系水質環境下における応力腐食割れ発生防止対策として、炉内計装筒管台内表面にウォータージェットピーニングを施工し、表面残留応力を低減させる。

ウォータージェットピーニング施工状況図



[原子炉容器下部 概要図]

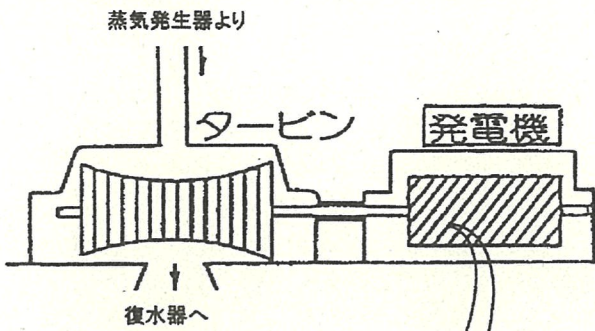


	材 質
原子炉容器	低合金
炉内計装筒管台	インコネル600合金
溶接部	インコネル132[600溶金]相当

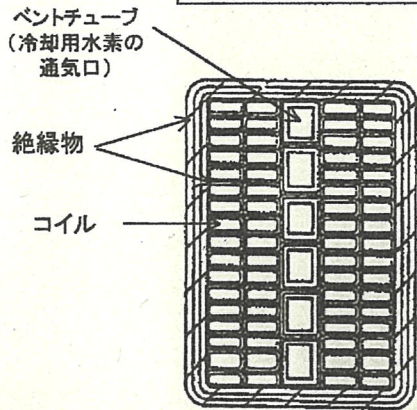
図-5 発電機固定子コイル取替工事概要図

工事概要
 発電機固定子コイルの絶縁物材料が経年劣化傾向にあることから、予防保全対策として、現在のポリエステル樹脂から、耐久性に優れたエポキシ樹脂に変更した発電機固定子コイルに取り替える。

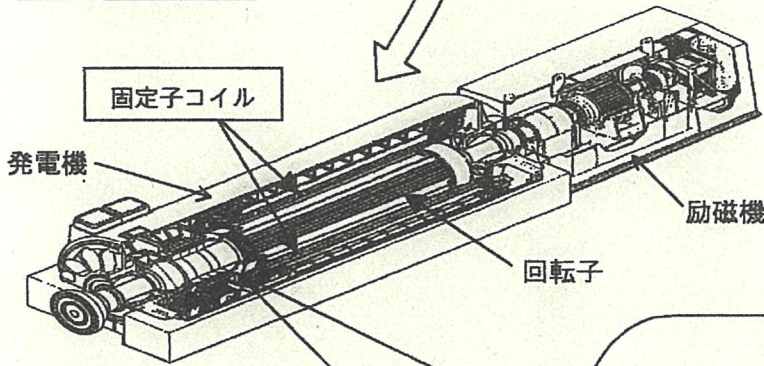
系統概要図



固定子コイル断面図

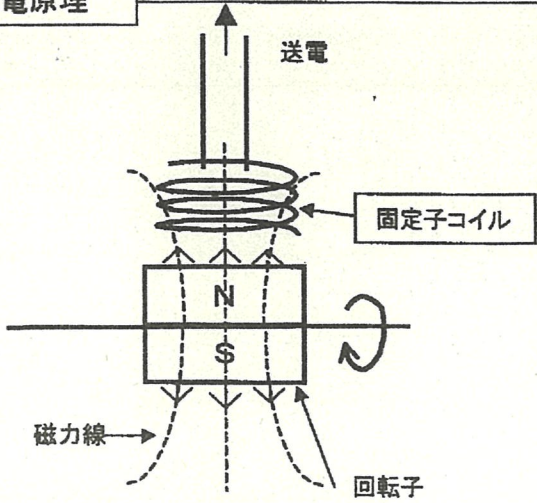


発電機概要図

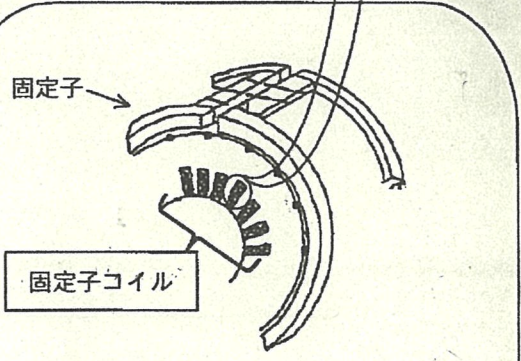


絶縁機能が低下すると、送電線への落雷等による異常電圧発生時には、絶縁破壊を起こし、地絡事故に至る。

発電原理



回転子(磁石)の回転により、固定子コイル(銅製)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
 電気エネルギーを取り出す部品。

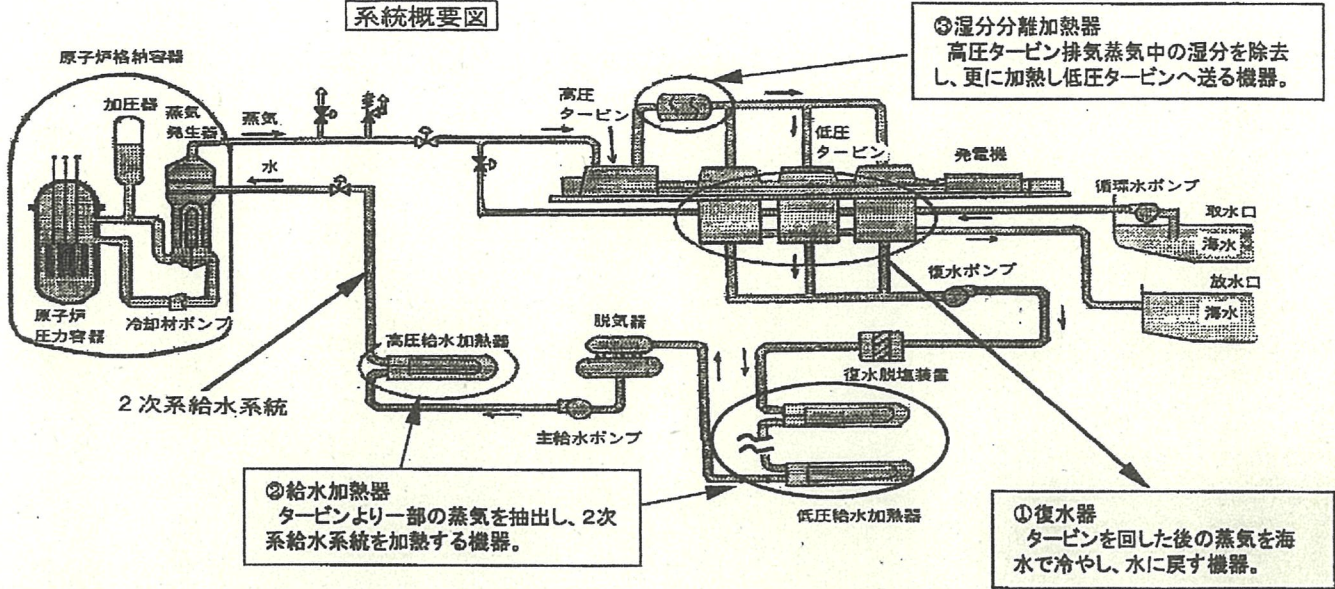
(仕様)
 ・固定子1体に周方向に2段で84個設置。
 ・長さ: 約7m
 ・重さ: 約0.25t(1個あたり)
 ・材質: 絶縁物-ポリエステル製
 コイル-銅製

図-6 復水器および2次系熱交換器他取替工事概要図

工事概要

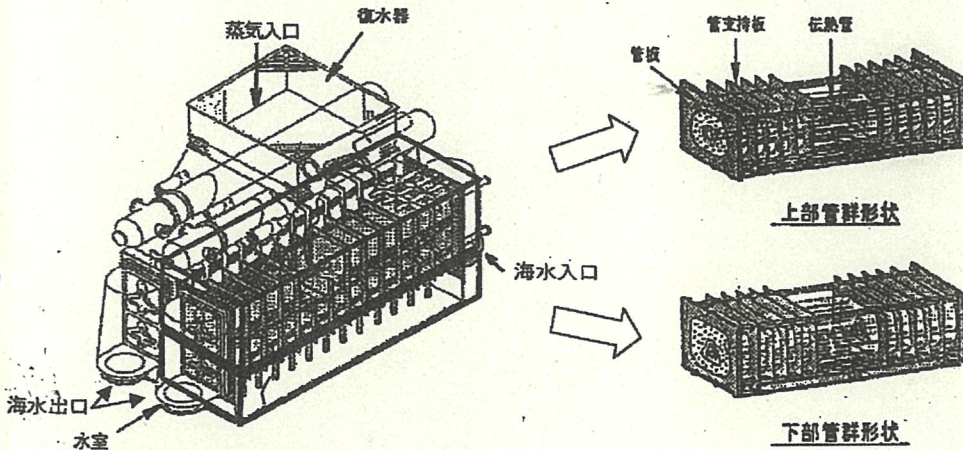
- ・復水器3基: 伝熱管材料を銅合金製から耐食性に優れたチタン製に取り替える。
- ・高圧給水加熱器1基および第4低圧給水加熱器3基: 伝熱管材料を銅合金製から耐食性に優れたステンレス製に取り替える。(本体一式を取り替える。)
- ・湿分分離加熱器4基: 伝熱管材料を銅合金製から耐食性に優れたステンレス製に取り替える。

系統概要図



①復水器概要図

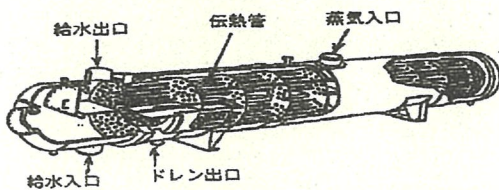
伝熱管取替: 1水室分の伝熱管、管板、管支持板等の部品を工場にて2分割の管群状態に組み立て、現地に搬入・据付けする。



	取替前	取替後
伝熱管材料	銅合金	チタン
伝熱管本数	60,994	69,450
復水器外観		
長さ	約20m	
高さ	約13m	
幅	約9m	
管群外観(上部・下部同寸法)		
長さ	約15m	
高さ	約3m	
幅	約4m	

②給水加熱器概要図(高圧)

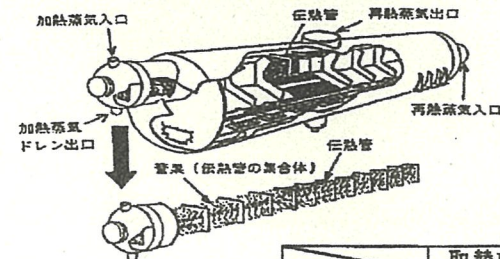
伝熱管取替: 工場にて加熱器全体を製作し、一体型で現地に搬入・据付けする。



	高圧給水加熱器		低圧給水加熱器	
	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	銅合金	ステンレス
伝熱管本数	2,120	2,622	604	888
外観長さ	約12m		約10m	
外観直径	約2m		約1m	

③湿分分離加熱器概要図

伝熱管取替: 工場にて管束(伝熱管の集合体)状態に組み立て、現地に搬入・据付けする。



	取替前	取替後
伝熱管材料	銅合金	ステンレス
伝熱管本数	690	690
外観長さ	約13m	
外観高さ	約3m	

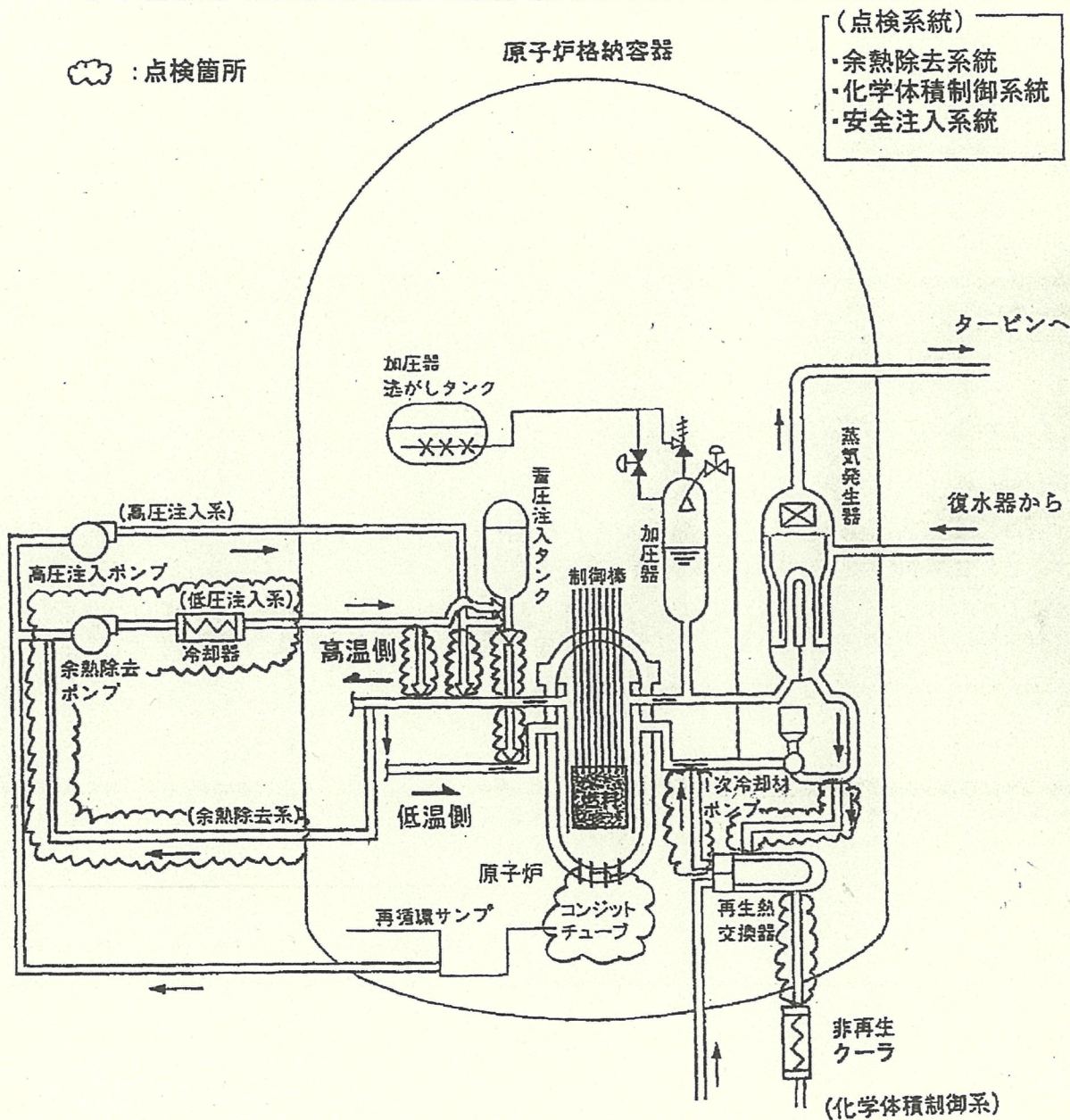
図-7 余熱除去系統他配管の点検工事概要図

工事内容

国内PWRプラントのステンレス配管に貼り付けられた塩化ビニールテープ(*)が原因で応力腐食割れが発生した事例に鑑み、余熱除去系統や化学体積制御系統等の配管について、配管外表面の点検を行った結果、17箇所塩化ビニールテープの貼り付け跡が認められた。

塩化ビニールテープの貼り付け跡が認められた箇所について、浸透探傷検査を実施し、2箇所で浸透指示模様を確認されたが、配管外表面の手入れにて支持部を除去し、浸透指示模様のないことを確認した。

*: 発電所建設時に溶接線番号等の識別用として、配管に貼り付け使用。



(参考)

高浜発電所2号機 第21回定期検査で実施した自主点検の例

① 1次冷却材ポンプ起動停止時健全性確認

1次冷却材ポンプ全台について、停止時に振振動の振幅値および周波数の測定を行い、健全性を確認する。

② 制御棒クラスタ摩耗測定調査

(参考図参照)

制御棒クラスタ全数(48本)は、運転中の水の流れて生じる制御棒の微妙な振動により、制御棒案内シンブル等と接触し摩耗が生じるため、渦電流を用いた摩耗測定装置により点検を実施し健全性を確認した。

③ 制御棒クラスタ案内板摩耗測定調査

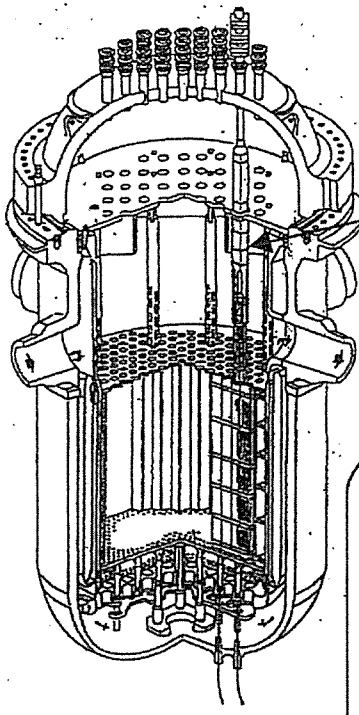
(参考図参照)

制御棒クラスタ案内板は、制御棒クラスタを燃料集合体に案内する機能をもっているが、運転中の水の流れて生じる制御棒の微妙な振動により、制御棒クラスタ案内板で摩耗が生じるため、遠隔目視点検装置により点検を実施し健全性を確認した。

制御棒クラスタ (案内管) 概要図

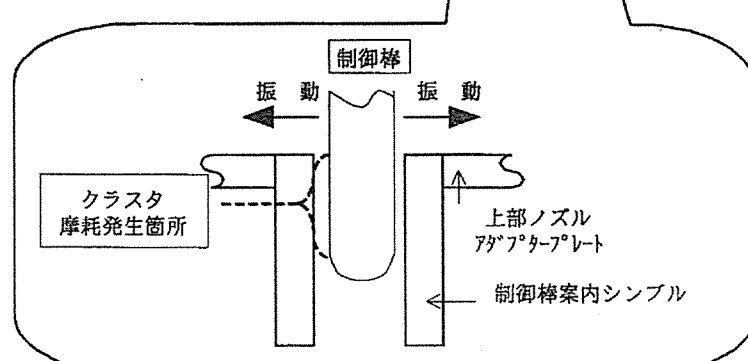
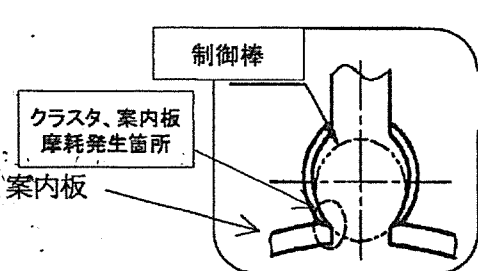
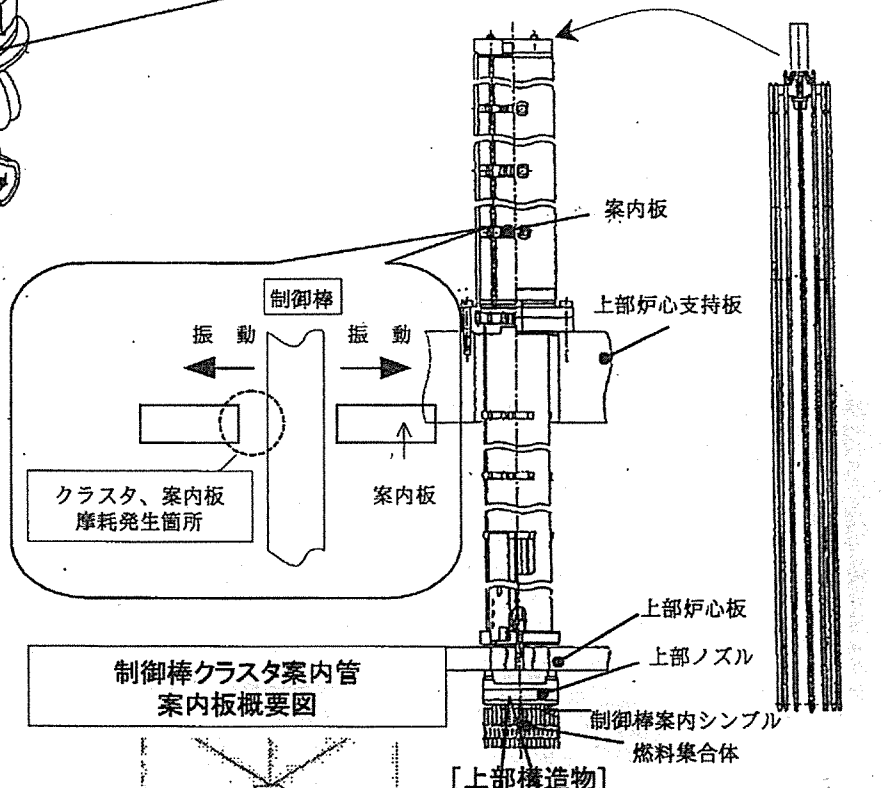
制御棒クラスタ主要仕様

項目	仕様
制御棒クラスタ全長	約4m
制御棒の被覆管材質	ステンレス
制御棒の中性子吸収材	銀-インジウム-カドミウム合金
制御棒被覆管外径	11mm
制御棒被覆管肉厚	490 μ m
クラスタ1本当たりの制御棒本数	20本



制御棒クラスタ案内管

制御棒クラスタ



④塩化ビニールテープ応力腐食割れに係る点検

(高温水が流れる可能性のある範囲)

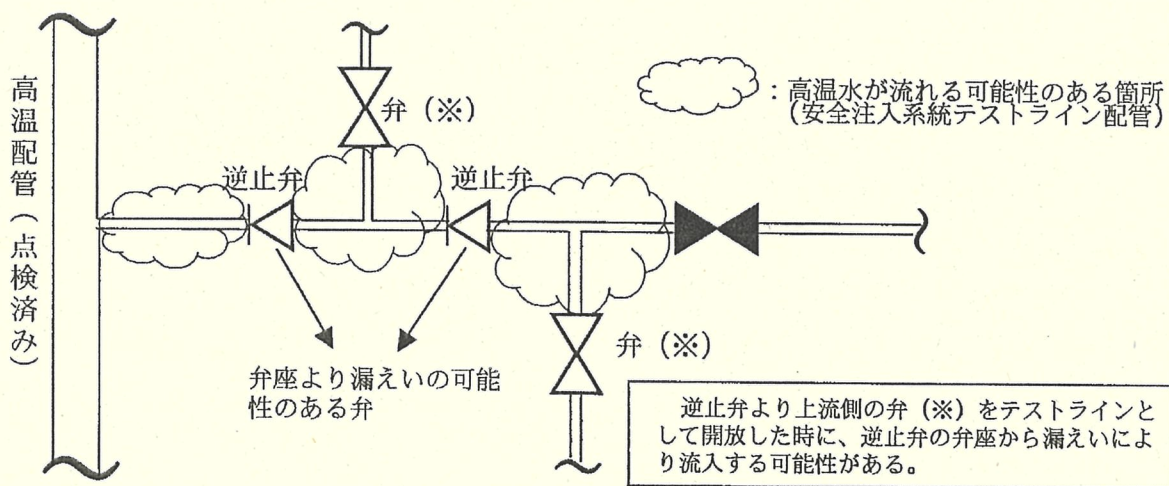
(下図参照)

塩化ビニールテープによる応力腐食割れについては、配管表面が塩素の溶け出す温度(100℃～250℃)に達する可能性がある系統を選定し、点検を行ってきたが、通常、高温水の流れのない系統の配管でも、弁のシートリークにより一時的に流入した高温水によって応力腐食割れが発生するという知見が得られたことから、高温水の流入が考えられる範囲についても点検を実施した。

点検の結果、105箇所塩化ビニールテープ跡が確認され、浸透探傷検査を実施した結果、3箇所浸透指示を確認したが、配管外表面の手入れにより指示部は除去した。

指示が確認された原因は、過去に弁のシートリークにより高温水が流入し、配管表面が塩素が溶け出す温度に達したためと推定された。

点 検 範 囲 (例)



(参考)

高浜発電所 2 号機

非常用ディーゼル発電機の機能試験中の不具合発生について

平成15年10月16日、国の立会い検査である非常用予備発電装置(非常用ディーゼル発電機)機能検査において、安全注入信号と外部電源喪失信号を模擬入力し、非常用ディーゼル発電機を自動起動しようとしたところ、2台(A、B)あるディーゼル発電機のうちA-ディーゼル発電機が起動しなかった。このため、ディーゼル発電機の検査は中断された。

A-ディーゼル発電機を起動しようとした際、ディーゼル機関を始動させるため、シリンダ*¹内に空気を送る系統(始動用空気系統)で、空気の流動音がないことを確認したため、当該系統の不調と判断し、調査を行った。

調査の結果、全6台ある始動空気管制弁*²のうち1台の弁箱内で異物*³が確認された。

A-ディーゼル発電機が起動しなかった原因は、当該弁に異物がかみ込んだことにより、当該弁の動きが阻害され、シリンダ内に空気を送ることが出来なかったためと推定された。

異物の除去および当該弁の点検を行った後、再度、非常用予備発電装置機能検査を行った結果、A、B 2 台のディーゼル発電機が正常に起動することを確認した。

なお、非常用ディーゼル発電機の機能検査を中断したことにより、当初、10月19日に予定していた原子炉起動が翌20日に延期された。

* 1 : シリンダ

空気と燃料の混合気体が急激な燃焼を起こすところ。

* 2 : 始動用空気管制弁

シリンダ内へ空気を送り込むために開閉する始動空気弁を制御するための弁。

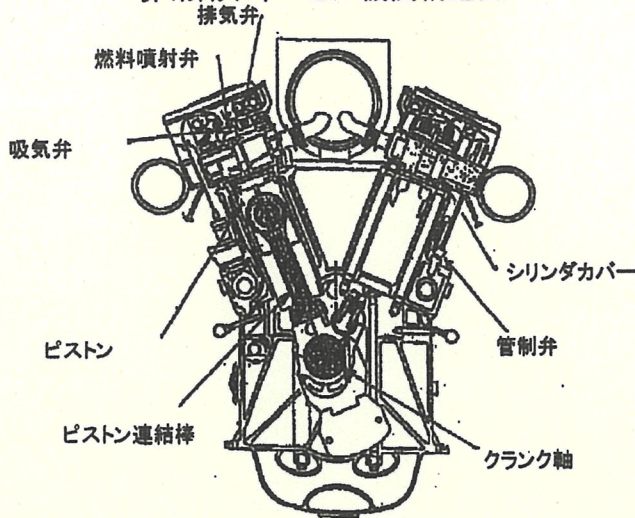
* 3 : 異物

銅系材料の金属片(長さ: 約 7 mm、幅: 約 0.04mm、厚さ: 約 0.03mm)

高浜発電所 2号機 非常用予備発電装置機能検査の不具合について

(参考図)

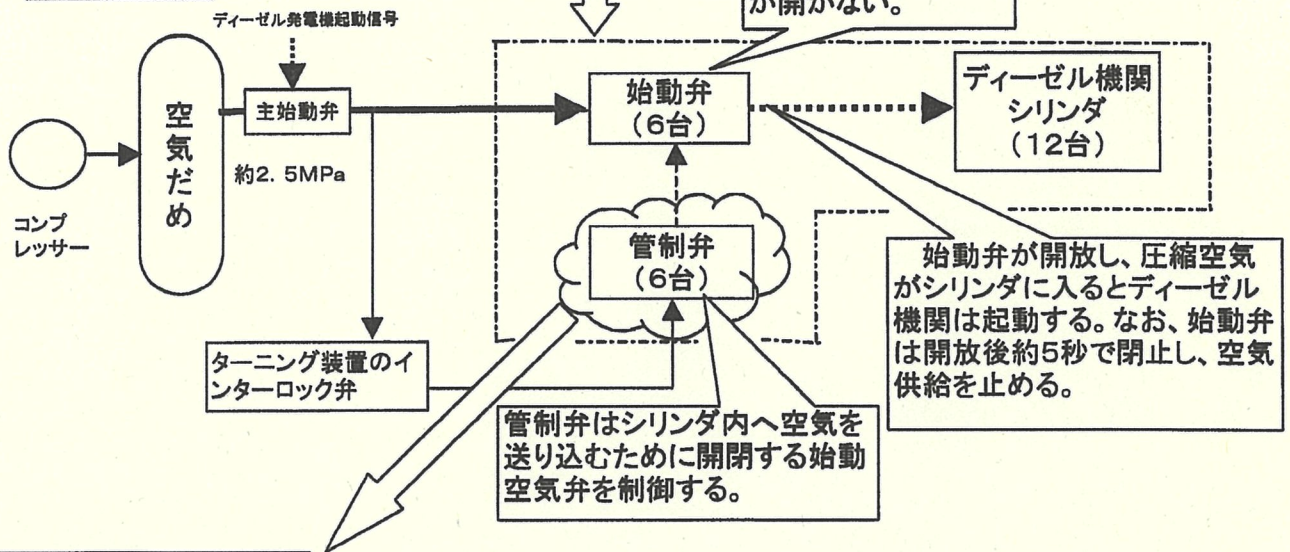
非常用ディーゼル機関構造図



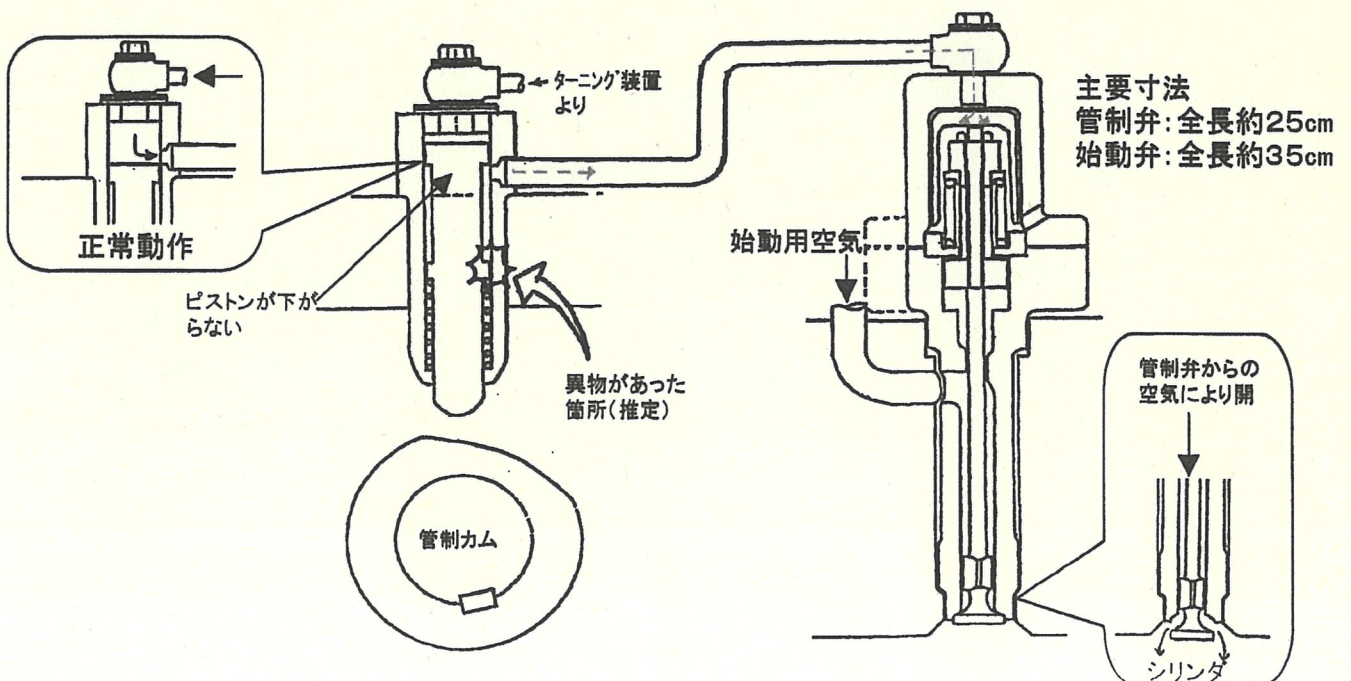
ディーゼル機関
出力: 3900kw
回転数: 400rpm
個数: 2台
全長: 約7m
全高: 約4m
全幅: 約3.5m

ディーゼル発電機は、万一の事故時に安全を確保するため、全ての電源が喪失した時に電源を供給する発電機。

原因



管制弁不具合メカニズム



< 参考資料 >

高浜発電所 2 号機の第 2 1 回定期検査に関する補足説明資料

- ・ 原子炉起動 : 10月20日 (16時半頃)
- ・ 臨界 : 10月21日 (0 時半頃)
- ・ 調整運転開始 : 10月22日頃
- ・ 営業運転再開 : 11月中旬