

大飯発電所 4 号機の原子炉起動と調整運転の開始について (第 1 2 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

大飯発電所 4 号機（加圧水型軽水炉；定格電気出力118.0万 kW）は、平成20年 9 月 9 日から第 1 2 回定期検査を実施しているが、12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、12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、平成21年 1 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。

※ 定格熱出力一定運転中の平成20年 8 月19日、1 次冷却材中のヨウ素131濃度の上昇が認められたことから、燃料漏えいの疑いがあると判断された。このため、1 次冷却材中のヨウ素濃度等の監視を強化し、運転を継続していたが、放射性廃棄物の放出抑制の観点から、定期検査開始を約 2 日間前倒しした。また、燃料集合体からの漏えいにより、作業員の被ばく低減の観点から定期検査開始時に実施している 1 次系の放射能低減操作に時間を要したことから、原子炉起動を11月下旬から12月上旬に変更した。

1 主要工事等

(1) 1 次冷却材ポンプの供用期間中検査 (図－1 参照)

4 台ある 1 次冷却材ポンプのうち D 号機について、主軸や羽根車の目視検査と浸透探傷検査を実施するとともに、供用期間中検査として、主フランジ部の漏えい検査を実施した。

(2) 耐震裕度向上工事 (図－2 参照)

既設設備の耐震性を一層向上させるため、原子炉冷却系統、安全注入系統、余熱除去系統、主蒸気系統の配管支持構造物29箇所の一層の強化工事を実施した。

(3) 600系ニッケル基合金溶接部の応力腐食割れに係る点検・予防保全工事
(図－3 参照)

国内外PWRプラントにおける600系ニッケル基合金溶接部の応力腐食割れ事象を踏まえ、蒸気発生器出入口管台の溶接部について、渦流探傷試験を実施するとともに、予防保全工事として溶接部表面の残留応力を低減するため、ショットピーニング工事*を実施した。

また、大飯3号機の原子炉容器出口管台溶接部で傷が確認された事象を踏まえ、原子炉容器の出口管台溶接部について、超音波探傷検査を実施し、異常のないことを確認した。

※ 溶接部に金属の玉を高速で叩き付けることにより、溶接部表面の引張り残留応力を圧縮応力に変化させる。

(4) 亜鉛注入装置設置工事 (図－4 参照)

作業員の被ばく低減を図るため、コバルト-60等の放射性物質が機器や配管内表面へ付着するのを抑制する効果がある亜鉛を1次冷却材中に注入する装置を化学体積制御系統に設置した。

※ 1次冷却材中に放射化しにくい亜鉛を注入して、機器や配管内表面に被膜を形成させることにより、コバルト-60等の放射性物質が機器・配管内表面へ付着することを抑制し、1次冷却材系配管等の線量を低減する。亜鉛注入は国内プラントでの実績がある。

2 設備の保全対策

(1) 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（温度ゆらぎによる疲労）を踏まえ、AおよびB余熱除去冷却器バイパスライン合流部の配管2箇所について、応力集中が小さい溶接形状のものに取り替えた。

(2) 2次系配管の点検等 (図－6 参照)

①関西電力(株)の定めた「2次系配管肉厚の管理指針」に基づき、2次系配管 989 箇所について超音波検査（肉厚測定）等を行った結果、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して評価された箇所はなかった。

（超音波検査 947箇所、内面目視点検 42箇所）

②今後の保守作業を考慮して115箇所の配管を耐食性に優れたステンレス鋼もしくは低合金鋼に取り替えた。

3 蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査結果

蒸気発生器4台のうち、BおよびD－蒸気発生器伝熱管全数（3,382本×2台、合計6,764本）について、渦流探傷検査を実施し、異常のないことを確認した。

4 燃料集合体の取替え

燃料集合体全数193体のうち、漏えい燃料集合体1体を含む73体を取り替えた。この73体のうち60体は新燃料集合体（55,000MWd/t高燃焼度燃料）で、残り13体は再使用燃料集合体（48,000MWd/t）である。

再使用および継続使用する燃料集合体のうち67体の外観検査を実施した結果、異常は認められなかった。

5 次回定期検査の予定

平成21年度 冬頃

6 その他

(1) 燃料集合体漏えいに伴う燃料集合体検査の結果 （図―7 参照）

今定期検査前の平成20年8月19日、1次冷却材中のヨウ素131濃度の上昇が認められたことから、燃料集合体に漏えい^{※1}が発生した疑いがあるものと判断した。

このため、今定期検査において、燃料集合体全数（193体）のシッピング検査^{※2}を実施した結果、1体の燃料集合体で漏えいが確認された。当該燃料集合体1体について詳細調査を実施した結果、燃料棒に偶発的に微小孔（ピンホール）が発生したものと推定された。

当該燃料集合体は、再使用しない。また、知見拡充のため、試験研究施設へ搬出し、詳細な調査を実施する予定である。

この事象による環境への放射能の影響はなかった。

※1 燃料ペレットを収納している燃料被覆管から漏えいがあると、燃料被覆管内のヨウ素131が1次冷却材中に放出される。このため、1次冷却材中のヨウ素131の変化から、漏えいの有無を判断している。

※2 漏えい燃料集合体から漏れ出てくる核分裂性物質（キセノン133、ヨウ素131など）の量を確認し、漏えい燃料集合体かどうか判断する。

[平成20年8月19日、9月9日、10月23日 公表済]

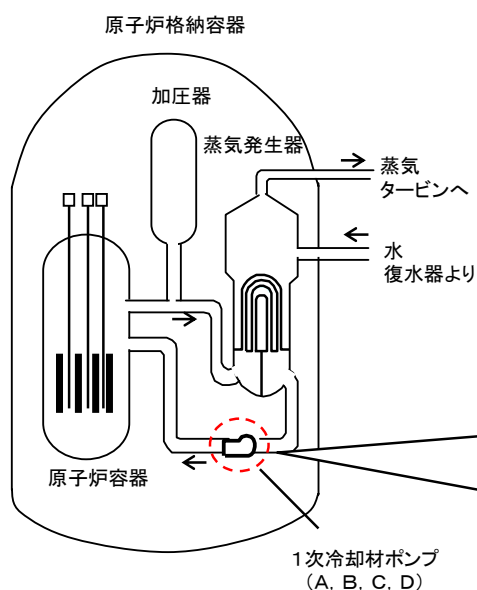
問い合わせ先(担当：藤内) 内線2354・直通0776(20)0314
--

図－1 1次冷却材ポンプ供用期間中検査工事

工事概要

4台ある1次冷却材ポンプのうちD号機について、主軸や羽根車の目視検査や浸透探傷検査を実施するとともに、供用期間中検査として、主フランジ部の漏えい検査を実施し健全性を確認した。

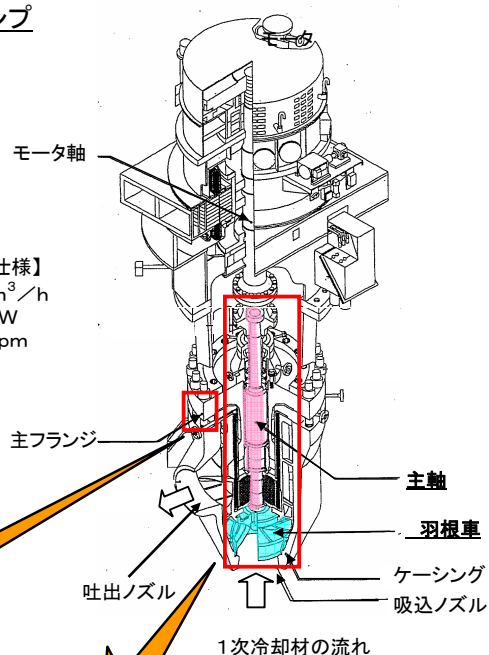
概要図



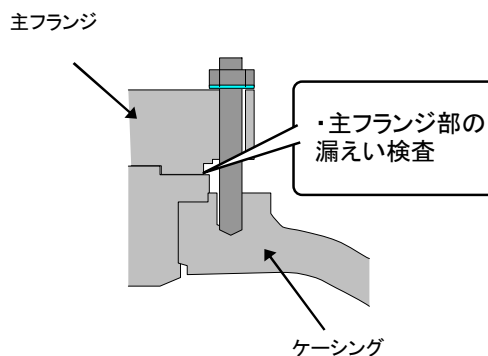
D-1次冷却材ポンプ

【1次冷却材ポンプの主な仕様】

- ・容量 20, 100m³/h
- ・モータ出力 4, 480kW
- ・回転数 1, 190rpm

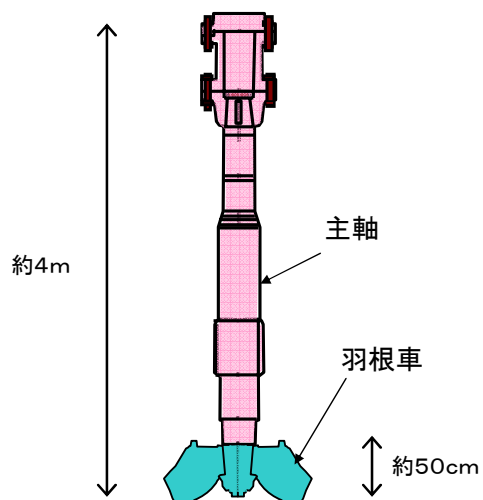


【供用期間中検査】



【分解検査概要】

主軸・羽根車の目視検査、および浸透探傷検査

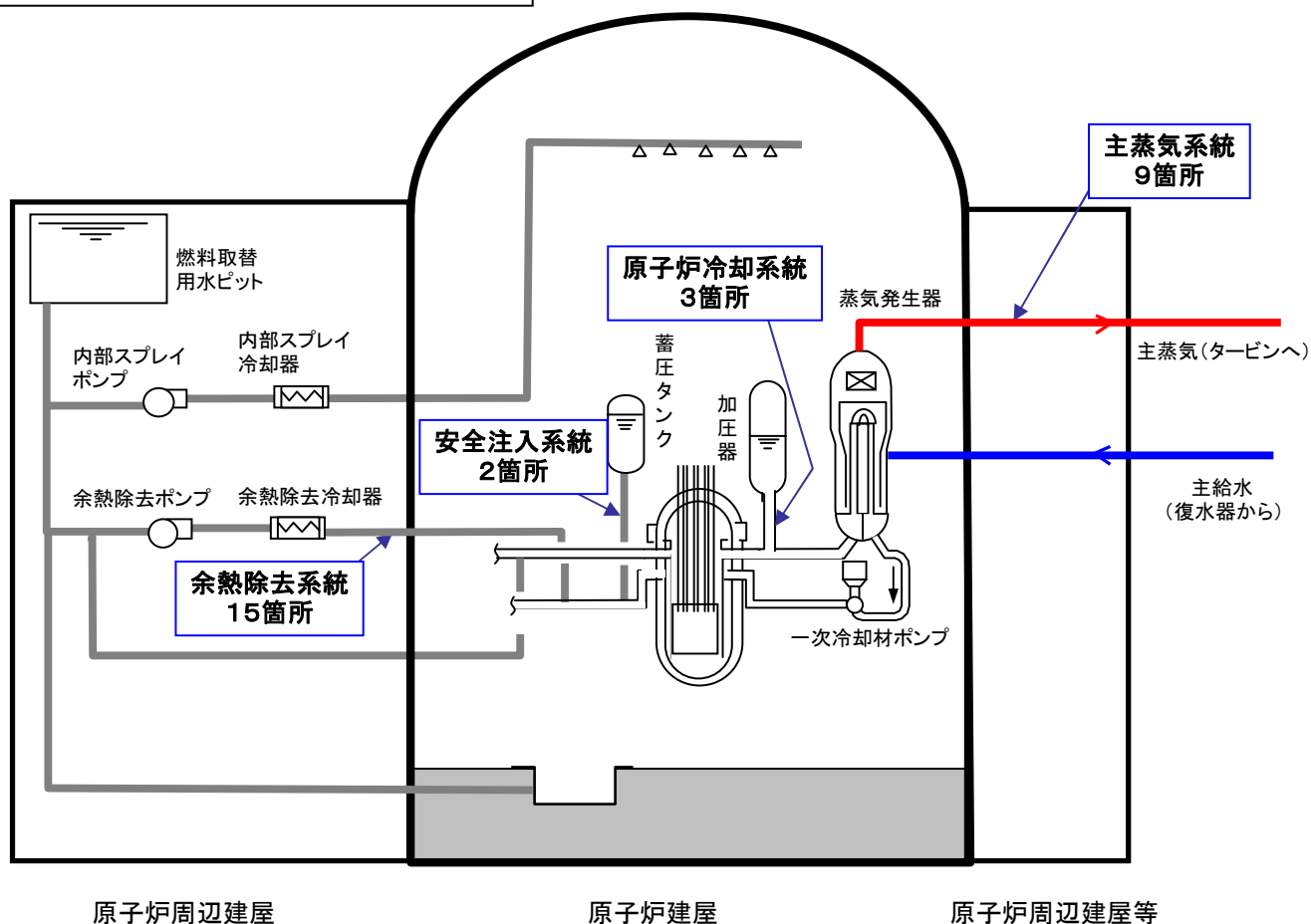


図－2 耐震裕度向上工事

工事概要

既設設備の耐震性を一層向上させるため、原子炉冷却系統、安全注入系統、余熱除去系統、主蒸気系統の配管支持構造物29箇所を強化した。

支持構造物を補強した系統の概要図

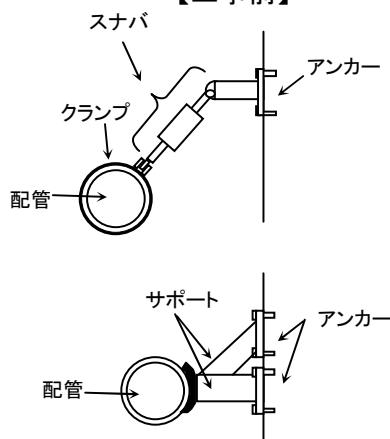


工事実施箇所数

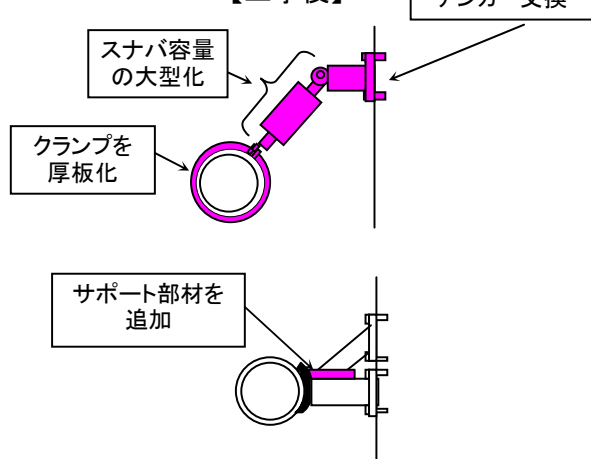
配管支持構造物
合計 29箇所

配管の支持部の強化例

【工事前】



【工事後】



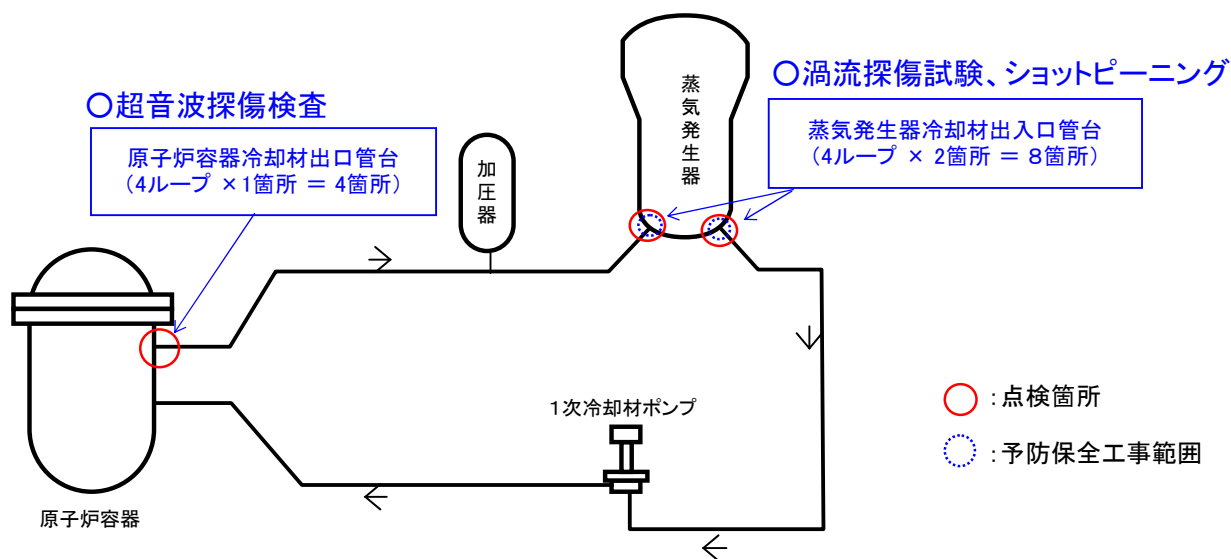
図－3 600系ニッケル基合金溶接部の応力腐食割れに係る点検・予防保全工事

工事概要

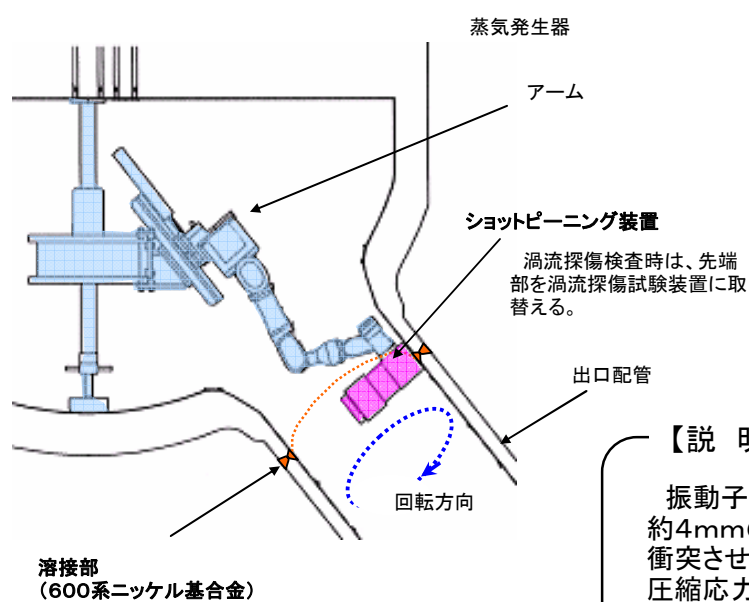
国内外PWRプラントにおける600系ニッケル基合金溶接部の応力腐食割れ事象を踏まえ、蒸気発生器出入口管台の溶接部について、渦流探傷試験を実施するとともに、予防保全工事として溶接部表面の残留応力を低減するため、ショットピーニング工事を実施した。

また、大飯発電所3号機の原子炉容器出口管台溶接部で傷が確認された事象を踏まえ、原子炉容器の出口管台溶接部について、超音波探傷検査を実施し異常のないことを確認した。

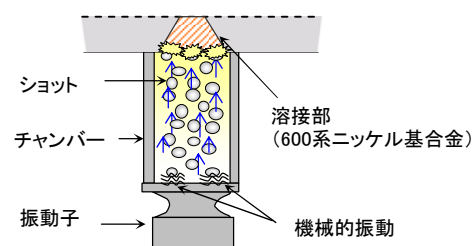
【系統概要図】



蒸気発生器冷却材出入口管台溶接部の作業イメージ



＜ショットピーニングの原理＞



【説明】

振動子の機械的振動によって、ショット(直径約4mmの金属球)を往復運動させて溶接部に衝突させ、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。

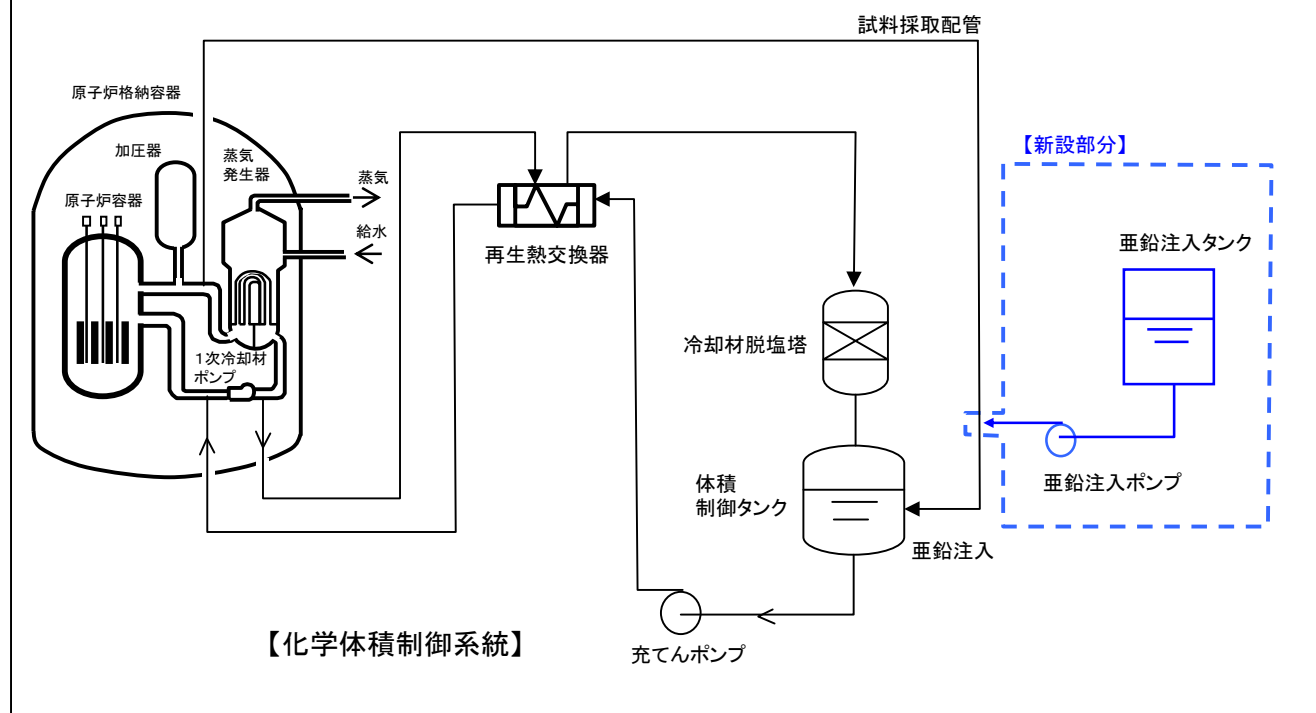
..... : 溶接部

図－４ 亜鉛注入装置設置工事

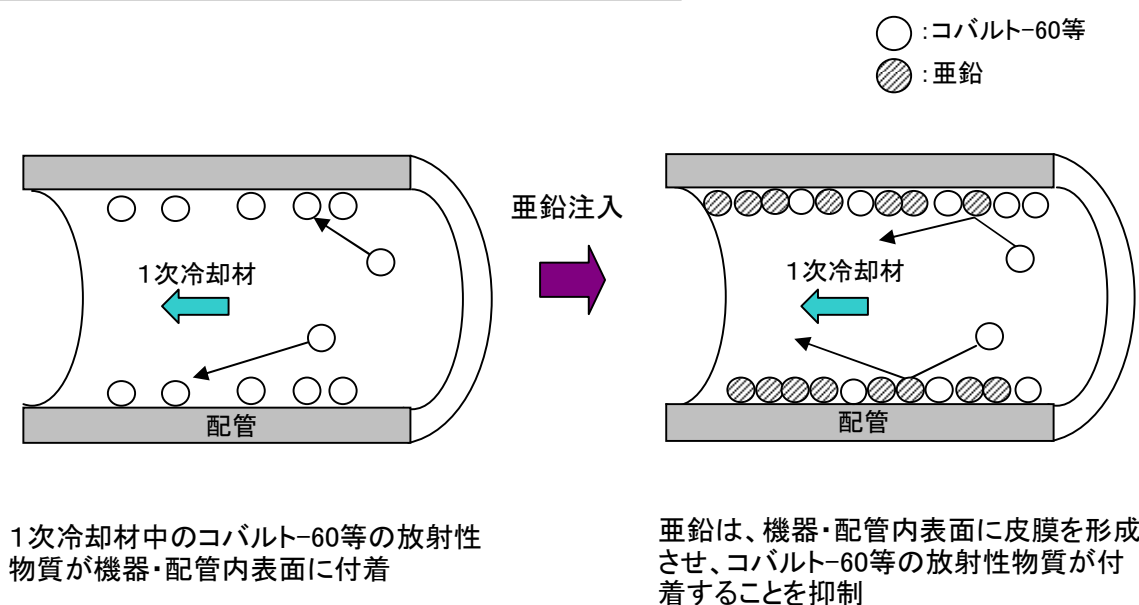
工事概要

作業員の被ばく低減を図るため、コバルト-60等の放射性物質が機器や配管内表面へ付着するのを抑制する効果がある亜鉛を1次冷却材中に注入する装置を化学体積制御系統に設置した。

工事概略図



亜鉛注入による放射性物質付着抑制メカニズム



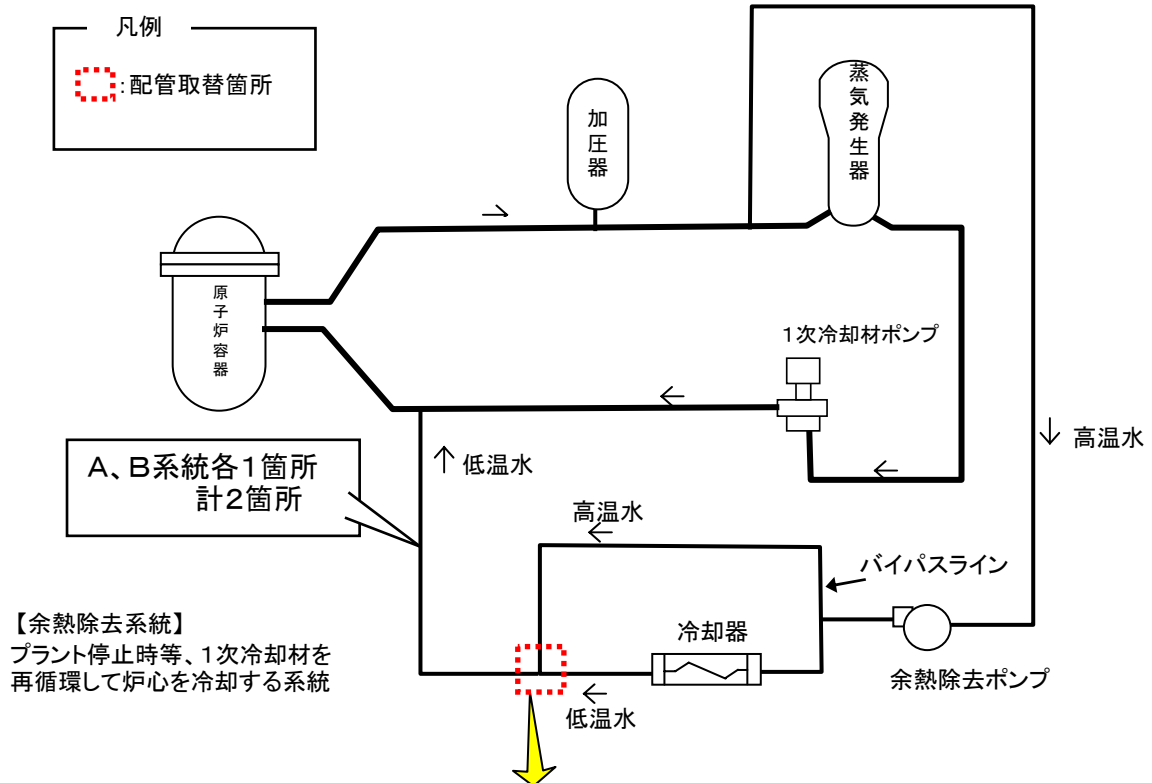
※天然亜鉛から、中性子を吸収すると放射性物質(亜鉛-65)になる亜鉛-64を同位体分離して取り除き、中性子を吸収しても放射性物質にならない亜鉛-66を注入する。

図-5 高サイクル熱疲労割れに係る対策工事

工事概要

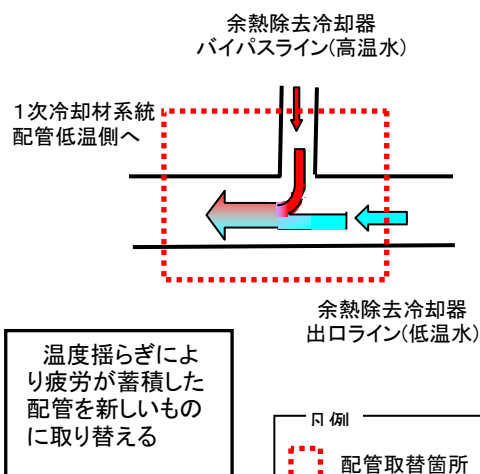
国内外PWRプラントにおける高サイクル熱疲労割れ事象(温度ゆらぎによる疲労)を踏まえ、AおよびB余熱除去冷却器バイパスライン合流部の配管2箇所について、応力集中が小さい溶接形状のものに取り替えた。

系統概要



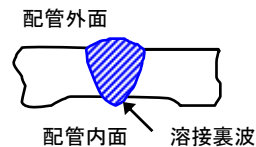
取替概要図

配管取替箇所



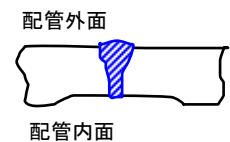
配管溶接形状を変更

【変更前】



配管内面に溶接裏波が突起部として存在することで、当該部に応力が集中する

【変更後】



- ・溶接裏波を取り除き、応力集中を小さくする
- ・開先形状(狭開先)を変更することにより、溶接残留応力を低減する

図-6 2次系配管の点検等

点検概要

今定期検査において、合計989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):947箇所、内面目視点検:42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

	「2次系配管肉厚の管理指針」の点検対象部位		今回点検実施部位	今回点検実施後の未点検部位
	総数	未点検部位		
主要点検部位	1,406 <0>	0 <0>	333 <0>	0 <0>
その他部位	1,764 <0>	0 <0>	614 <0>	0 <0>
合計	3,170 <0>	0 <0>	947 <0>	0 <0>

<>内は定検開始時からの増減

○2次系配管の管理指針に基づく内面目視点検

高圧排気管の直管部42箇所について、配管内面から目視点検を実施した。

(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。

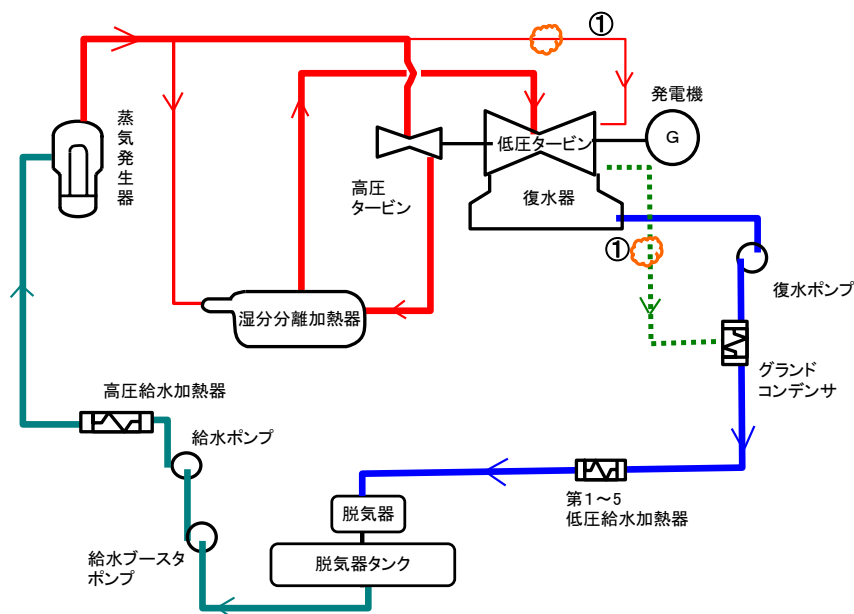
取替概要

○今後の保守性を考慮し、115箇所の配管を耐食性に優れたステンレス鋼もしくは低合金鋼の配管に取り替えた。

系統別概略図

復水系統	■	主蒸気系統	■
給水系統	■	ドレン系統	...

☁ : 主な配管取替箇所



【取替理由】

① 今後の保守性を考慮して取り替えた。
(115箇所)

炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 16箇所
炭素鋼 ⇒ 低合金鋼 99箇所

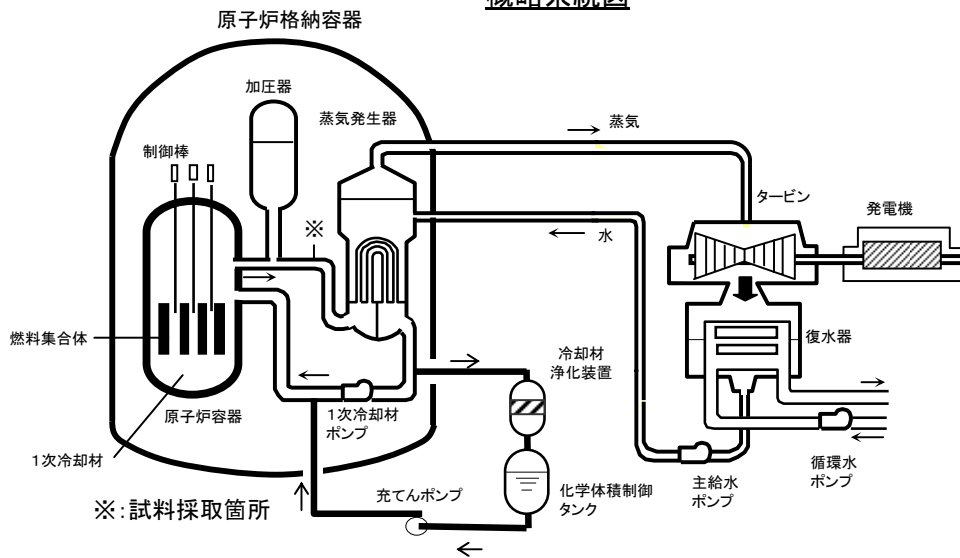
合計 115箇所

(参考)

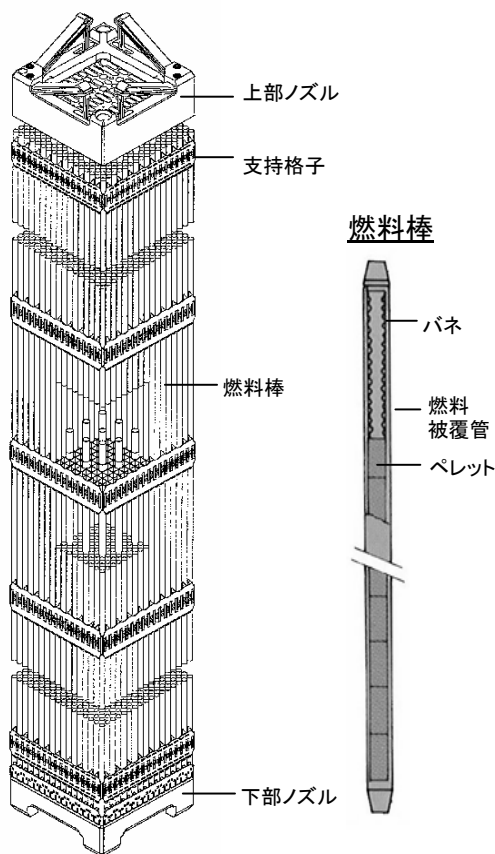
原子力安全・保安院の指示文書(平成19年11月)で示された方法による余寿命評価結果を踏まえ、今定期検査において、46箇所を肉厚測定し、3箇所の配管を取り替えた。

注: 46箇所の肉厚測定は、947箇所の肉厚測定に含まれる。また、3箇所の取り替えは、115箇所(取替理由①)の取り替えに含まれる。

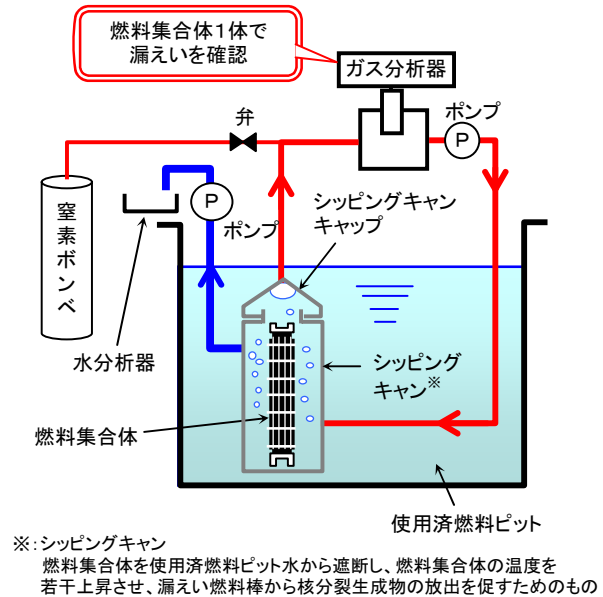
概略系統図



燃料集合体概略図



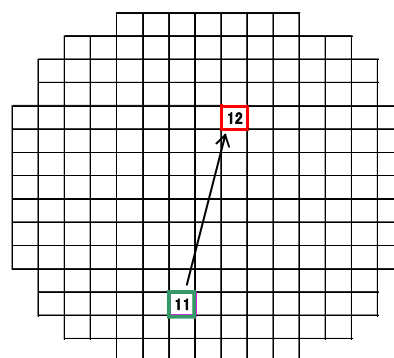
燃料集合体シッピング検査概要



漏えい燃料集合体が原子炉内で装荷されていた位置

12 : 12運転サイクル(今回漏えい)時の配置

11 : 11運転サイクル(前回)時の配置



装荷体数: 193体
(内訳)
・55,000MWd/t: 164体
・48,000MWd/t: 29体

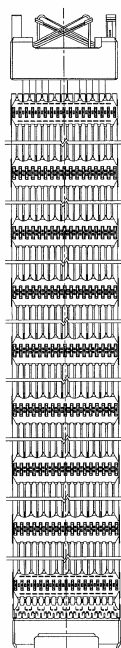
【燃料集合体の仕様】(55,000MWd/tの場合)

燃料タイプ	: 17×17型
全長	: 約 4m
全幅	: 約20cm
支持格子数	: 9個
燃料被覆管材質	: ジルコニウム基合金
燃料被覆管外径	: 約10mm
燃料被覆管肉厚	: 約0.6mm
燃料棒の本数	: 264本
制御棒案内管	: 24本

漏えい燃料集合体および燃料棒の調査結果

○外観目視点検結果

異常は認められなかった



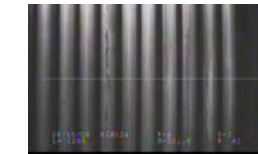
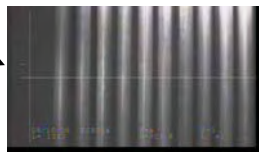
上部ノズル



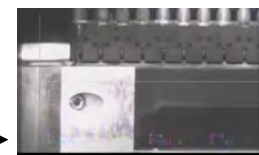
第3支持格子



燃料棒(第3～第4支持格子間)

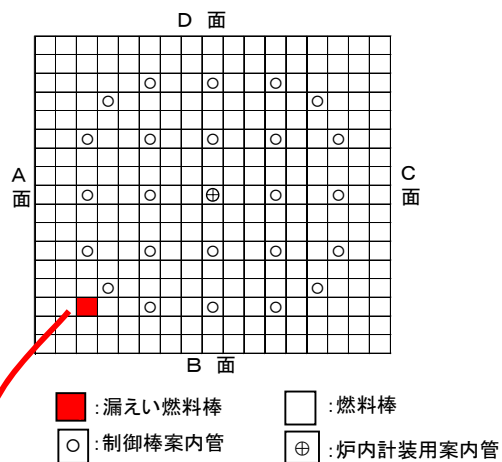


下部ノズル

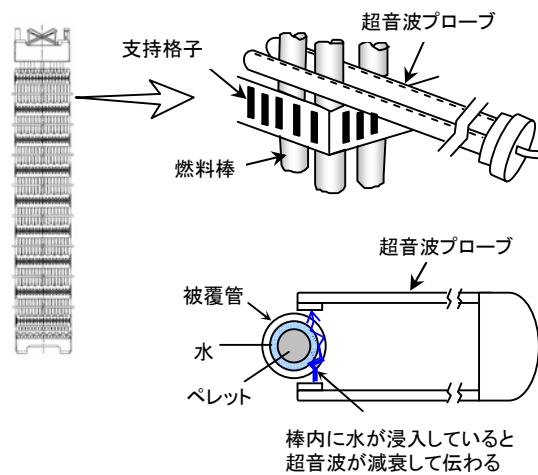


○超音波による調査結果

漏えい燃料棒1本を確認



超音波による漏えい燃料棒調査の原理



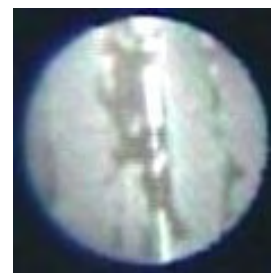
○ファイバースコープ外面目視点検結果

燃料棒表面に通常見られる腐食生成物の付着がみられたが、傷や異物等は認められなかった

第3～4支持格子間の燃料棒表面(C面)



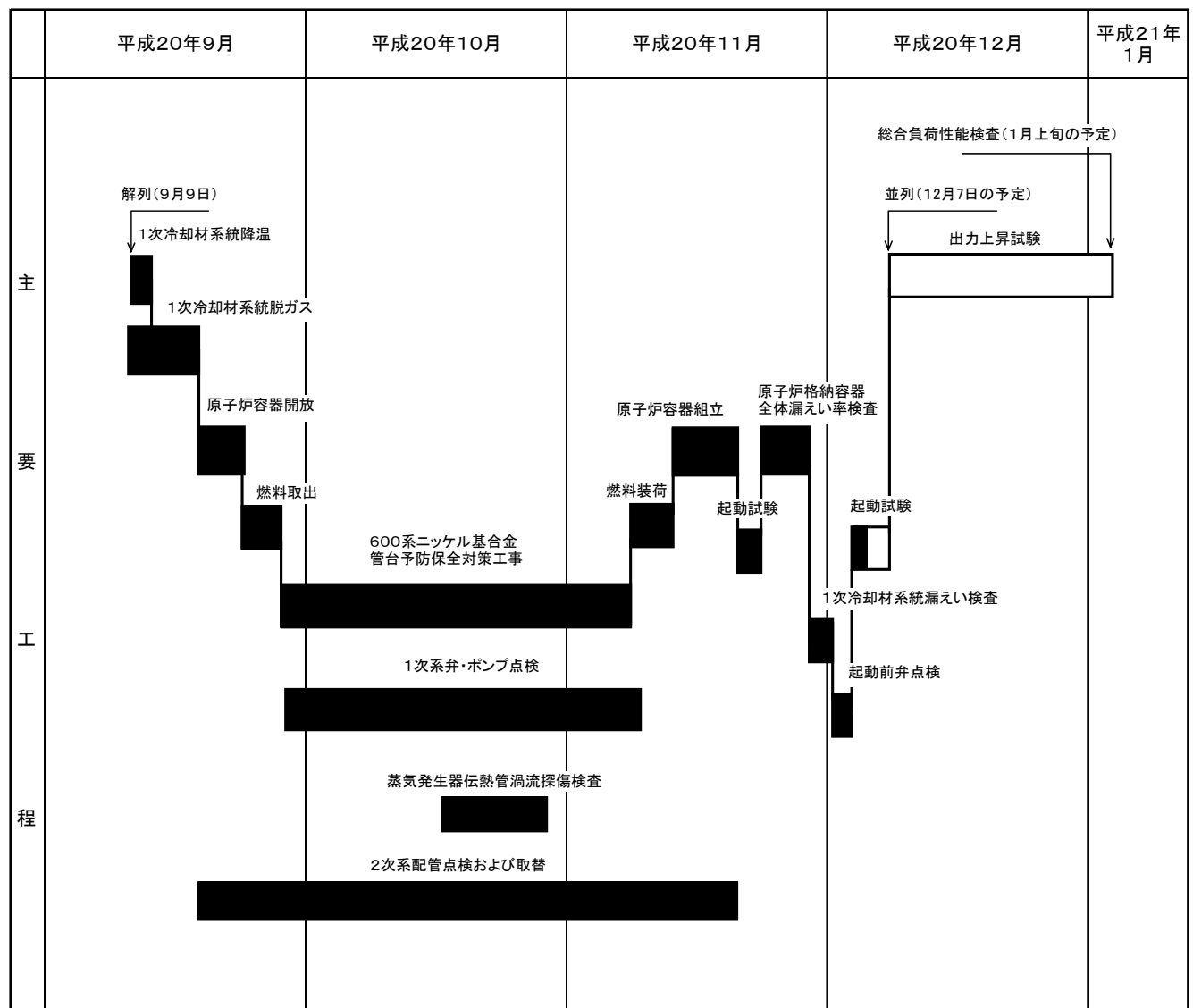
第8～9支持格子間の燃料棒表面(D面)



大飯発電所4号機 第12回定期検査の作業工程

平成20年9月9日から、以下の作業工程にて実施しています。

(平成20年12月3日現在)



黒塗りは実績を表します。