

高浜発電所3号機の原子炉起動予定および調整運転の開始予定について

2022年7月22日
関西電力株式会社

高浜発電所3号機（加圧水型軽水炉 定格電気出力87万キロワット、定格熱出力266万キロワット）は、2022年3月1日から第25回定期検査を実施していましたが、2022年7月24日に原子炉を起動し、同日24日に臨界に達する予定です。

その後は、諸試験を実施し、7月26日に定期検査の最終段階である調整運転を開始する予定であり、8月19日には総合負荷性能検査を実施し、本格運転を再開する予定です。

以 上

（添付資料）高浜発電所3号機 第25回定期検査の概要

高浜発電所3号機 第25回定期検査の概要

1. 主要工事等

化学体積制御系統 抽出水オリフィス取替工事 (図－1 参照)

余熱除去系統の信頼性向上の観点から、プラント起動時に化学体積制御系統を用いた1次冷却材系統の圧力調整が実施できるよう、当該系統の抽出水オリフィスを口径の大きいものに取り替えました。

- ※・米国原子力規制委員会が米国事業者に対し、「蒸気ボイドによる余熱除去ポンプ機能喪失問題」を通知したことを受け、国内においても原子力規制委員会および事業者が議論し、対策を講じる必要があると評価されました。
- ・現在、プラント起動時には余熱除去系統を用いて原子炉冷却系統(RCS)の圧力および温度を調整していますが、この時にRCSの漏えいが発生した場合、非常用炉心冷却装置の作動に伴い燃料取替用水タンクからの注水となるため、余熱除去系統の圧力が低下することから、高温の状態では当該系統内の水が沸騰し、余熱除去ポンプが使用できなくなる可能性があります。
- ・圧力低下による沸騰が発生する可能性のある温度に達する前に、化学体積制御系統を用いた圧力調整に切り替える運用に変更しました。

2. 設備の保全対策

2次系配管の点検等

当社の定めた「2次系配管肉厚の管理指針」に基づき、2次系配管566箇所(主要点検部位:216箇所、その他部位:350箇所)について超音波検査(肉厚測定)を実施しました。その結果、必要最小厚さを下回ってい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ありませんでした。

- ※「2次系配管肉厚の管理指針」の点検対象部位 2, 292箇所
(主要点検部位:1, 440箇所、その他部位:852箇所)

3. 蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査結果

(図－2 参照)

3台ある蒸気発生器(SG)の伝熱管全数について、渦流探傷検査を実施した結果、A-SGの伝熱管2本およびB-SGの伝熱管1本に有意な信号指示が認められました。このほか、A-SGの伝熱管1本に微小な減肉とみられる信号指示(判定基準未滿)が認められました。

これらの4本のうちA-SGの1本は、高温側の管板部に内面(1次側)からの割れとみられる信号指示であり、原因は、過去の調査結果や運転履歴の調査から既往知見である応力腐食割れと推定しました。

残りの3本は、外面(2次側)からの減肉信号指示であり、小型カメラによる調査の結果、伝熱管外面に幅1mm以下、周方向に約3mm～5mmのきずがあり、管板や管支持板上面には、スケールおよびスラッジが残存していることを確認しました。

原因調査の結果、前回定期検査時のSG器内の薬品洗浄後も稠密なスケールが残存し、プラント運転に伴い管支持板下面に留まり、そのスケールに伝熱管が繰り返し接触したことで、摩耗減肉が発生した可能性が高いと推定しました。

対策として、SG器内のスケールおよびスラッジを可能な限り除去するため、小型高圧洗浄装置を用いて管支持板の洗浄を実施した上で、スケールの脆弱化を図るため、薬品洗浄を行いました。また、きずが認められた伝熱管4本は、閉止栓を施工し、使用しないこととしました。

[2022年3月30日、4月25日、5月13日お知らせ済み]

4. 燃料集合体の取り替え

燃料集合体全数157体のうち61体（新燃料52体、再使用燃料9体）を取り替えました。また、MOX燃料は4体を継続で使用します。

燃料集合体の外観検査（41体）を実施した結果、異常は認められませんでした。

5. 定期検査中における運転上の制限の逸脱事象

（1）原子炉水位伝送器フランジ部からの水のにじみ跡について（図－3）

原子炉格納容器内を点検していたところ、7月12日14時10分頃、原子炉水位計に信号を送る伝送器^{※1}のフランジ部^{※2}に水のにじみ跡を確認しました。

当該伝送器の点検等に伴い、当該水位計を隔離したことで、当該水位計の機能が停止したことから、7月13日9時50分に保安規定の運転上の制限^{※3}を満足していない状態にあると判断しました。

原子炉の水位については、他の水位計で異常がないことを確認しています。

その後、同日に当該伝送器フランジ部のシート面の部品を取り替え、漏えい試験等を行った結果、当該伝送器に異常がないことを確認したことから、同日15時35分に保安規定の運転上の制限を満足する状態に復帰しました。

本事象による環境への放射能の影響はありません。

※1：原子炉容器内の水位を監視するための検出器

※2：配管の結合部

※3：保安規定第85条において、原子炉に燃料が装荷されている状態で重大事故等対処設備により原子炉水位を監視することが求められている

[2022年7月13日お知らせ済み]

（2）タービン動補助給水ポンプフィルタの蓋部からの油漏れについて（図－4）

7月21日14時19分に、「タービン動補助給水ポンプ^{※1}制御油圧低」警報^{※2}が発信し、床面に約2m×約4m×約1mmの油（約8リットル）が漏れていることを確認したため、制御油ポンプ^{※3}を停止したところ、油の漏れは停止しました。

制御油ポンプの停止に伴い、タービン動補助給水ポンプが動作できない状態となったことから、同日14時30分に保安規定の運転上の制限^{※4}を満足していない状態にあると判断しました。

油の漏れは、制御油ポンプの系統にあるオイルフィルタの蓋部からであり、分解点検の結果、蓋部のシート面のパッキンが中心からずれて装着されていたこと、およびフィルタ容器側のシート面の点検手入れによってわずかな凹みが生じていることが確認されました。このため、パッキンと容器側シート面の密着が不十分となり、油漏れが発生したと推定しました。

対策として、パッキンの取り替えおよびシート面の手入れを実施し、制御油ポンプの確認運転を行った結果、油漏れがないことを確認したことから、7月22日16時25分に運転上の制限を満足する状態に復帰しました。

なお、今後、タービン動補助給水ポンプ試運転時に当該部の漏えい確認を実施します。

本事象による環境への放射能の影響はありません。

※1：主給水系統事故時など、通常の給水系統の機能が失われた場合に、蒸気発生器に給水を行うためのポンプで、蒸気発生器で発生した主蒸気の一部でタービンを回し、その回転力でポンプを駆動するポンプのこと。そのほか高浜発電所3号機には、補助給水ポンプとして、電動補助給水ポンプが2台あり、タービン動補助給水ポンプ1台とあわせて、通常時は3台とも待機状態にあり、定期的に運転して異常のないことを確認している

※2：油圧が177kPa以下となった場合に発信する。平常値は約200～380kPa

※3：タービン動補助給水ポンプを起動するための蒸気入口調整弁（油圧式）へ油を供給するためのポンプ

※4：保安規定第65条において、モード3（1次冷却材温度177℃以上）の状態では電動補助給水ポンプによる2系統およびタービン動補助給水ポンプによる1系統が動作可能であることが求められている

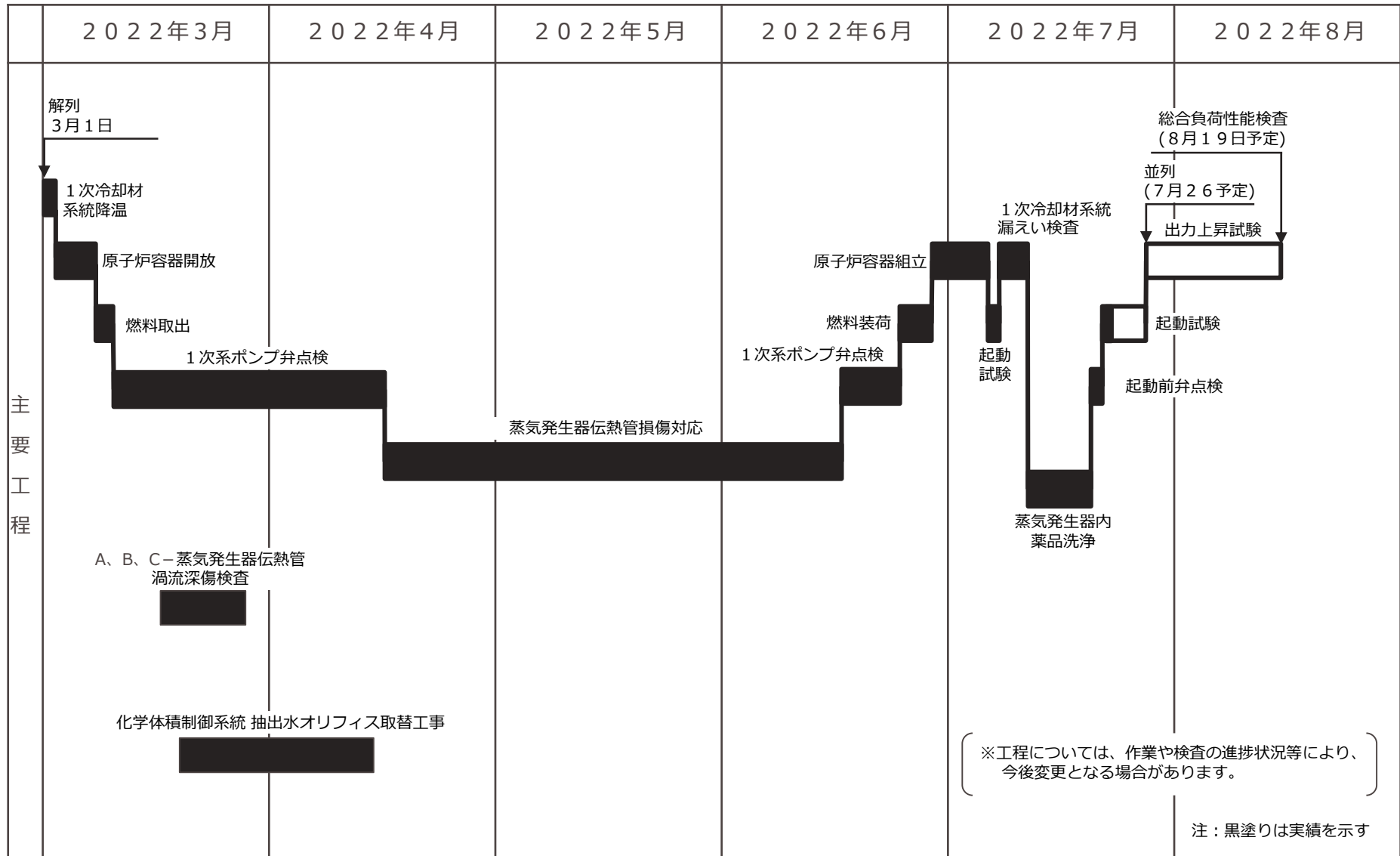
6. 次回定期検査の予定

2023年秋頃

以 上

高浜発電所 3 号機 第 2 5 回定期検査の作業工程

(2022年7月22日現在)



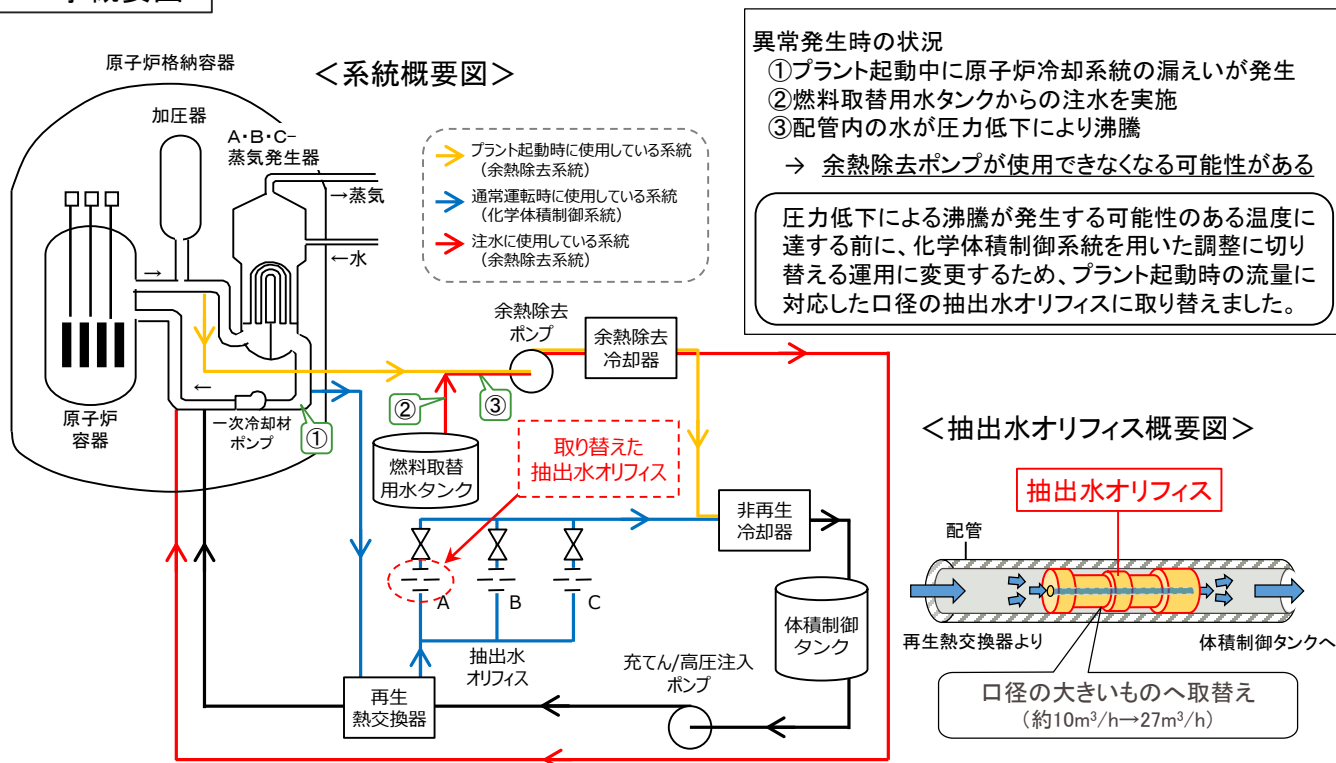
図－１ 化学体積制御系統 抽出水オリフィス取替工事

工事目的

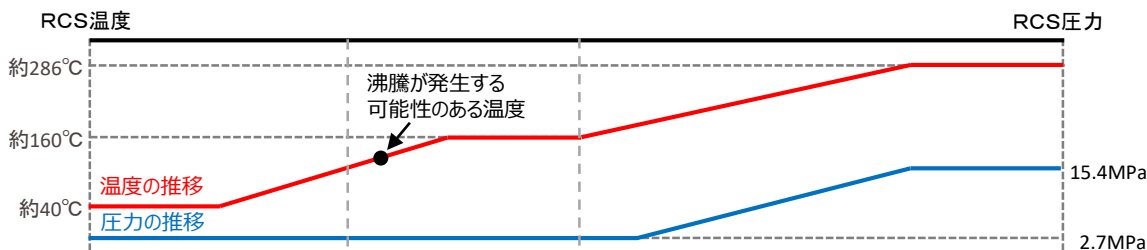
余熱除去系統の信頼性向上の観点から、プラント起動時に化学体積制御系統を用いた1次冷却材系統の圧力調整が実施できるよう、当該系統の抽出水オリフィスを口径の大きいものに取り替えました。

- ・米国原子力規制委員会が米国事業者に対し、「蒸気ボイドによる余熱除去ポンプ機能喪失問題」を通知したことを受け、国内においても原子力規制委員会および事業者が議論し、対策を講じる必要があると評価されました。
- ・現在、プラント起動時には余熱除去系統を用いて原子炉冷却系統(RCS)の圧力および温度を調整していますが、この時にRCSの漏えいが発生した場合、非常用炉心冷却装置の作動に伴い燃料取替用水タンクからの注水となるため、余熱除去系統の圧力が低下することから、高温の状態では当該系統内の水が沸騰し、余熱除去ポンプが使用できなくなる可能性があります。
- ・圧力低下による沸騰が発生する可能性のある温度に達する前に、化学体積制御系統を用いた圧力調整に切り替える運用に変更しました。

工事概要図



<プラント起動時の原子炉冷却系統(RCS)の温度と圧力の推移>



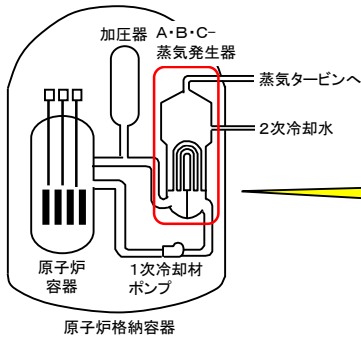
現運用	余熱除去系統で圧力を調整 (2系統のうち、1系統を使用)	加圧器で圧力を調整
新運用	余熱除去系統で圧力を調整	化学体積制御系統で圧力を調整
		加圧器で圧力を調整

圧力低下による沸騰が発生する可能性のある温度に達する前に、化学体積制御系統を用いた調整に切り替え、余熱除去系統を早期に隔離

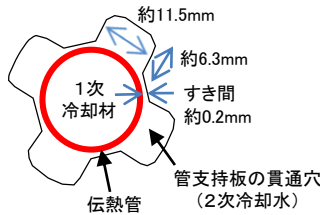
図-2 蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査結果

発生箇所

系統概要図



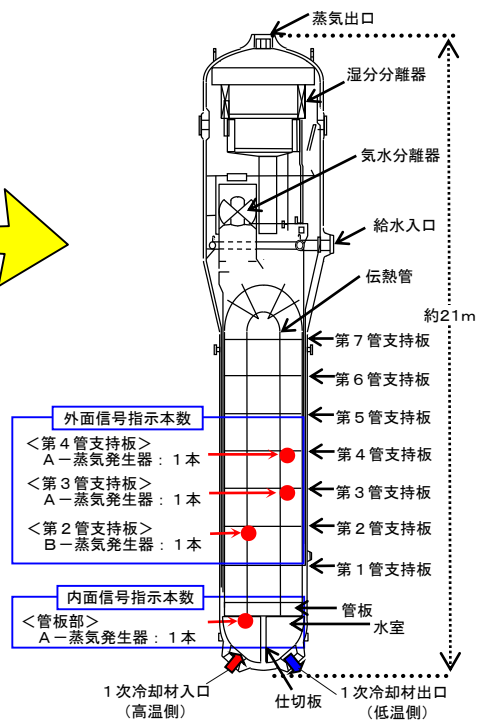
伝熱管の拡大平面図



【伝熱管概要】

外径：約22.2mm
厚さ：約1.3mm
材質：インコネル600合金
(特殊熱処理)

蒸気発生器の概要図

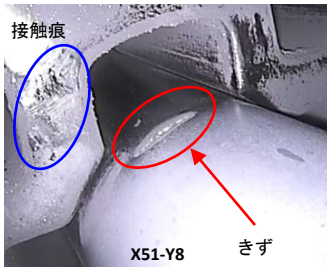


外面からの信号指示があった伝熱管の調査結果

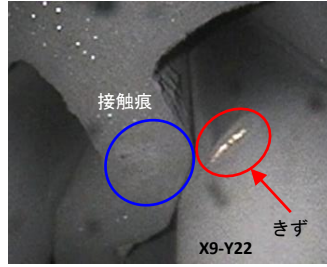
小型カメラで確認したきずの状況

A 蒸気発生器

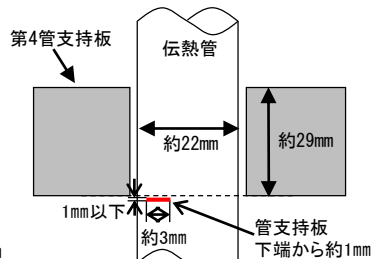
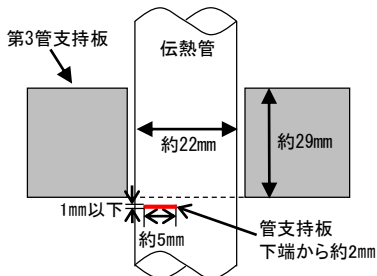
第3管支持板 (X51-Y8)



第4管支持板 (X9-Y22)

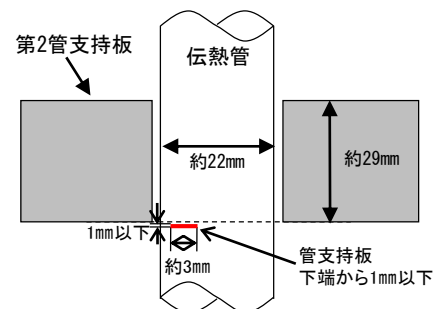
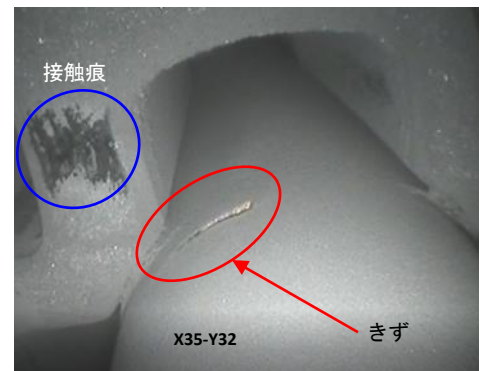


※：黒い影のようなものは小型カメラのレンズに付着した汚れ



B 蒸気発生器

第2管支持板 (X35-Y32)



対策①小型高圧洗浄装置による洗浄(スケール等の回収)

洗浄箇所:

(管板および第1管支持板から第7管支持板上)

STEP1:第7～第3管支持板の洗浄

第7管支持板上ハンドホール(A)から装置を挿入し、高圧水を噴射することで、上層の第7管支持板上から順に第3管支持板上までのスケール等を下層の管支持板へ落下させました。



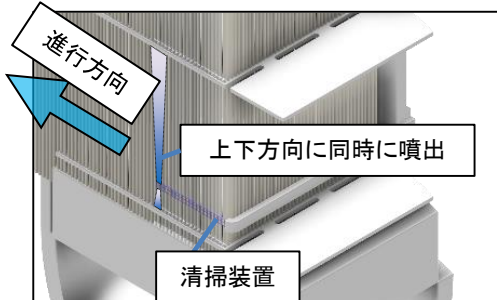
第7管支持板用



第3～6管支持板用

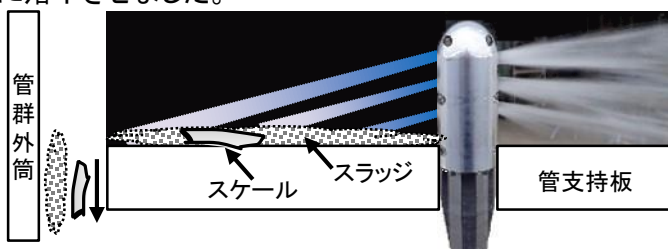
STEP2-1:第2, 1管支持板の洗浄(垂直ノズルによる洗浄)

第1管支持板上ハンドホール(B)から装置を挿入し、上下方向に高圧水を噴射することで、管支持板と伝熱管との隙間を清掃し、スケール等を管支持板上へ移動させました。



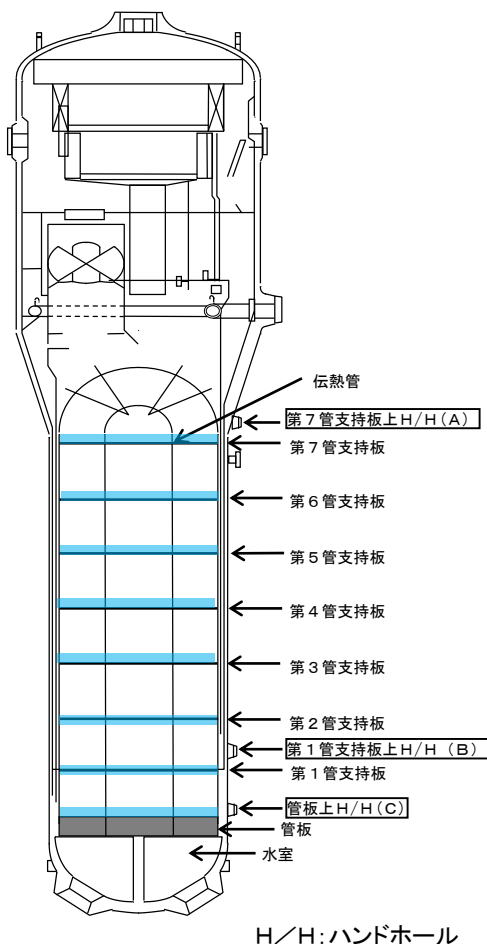
STEP2-2:第2, 1管支持板の洗浄(水平ノズルによる洗浄)

STEP2-1により管支持板上に移動させたスケール等を押し流し、管板に落下させました。

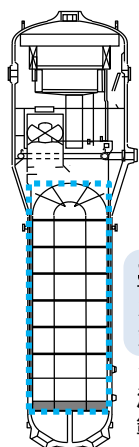


STEP3:管板上の洗浄

定期検査毎に実施している高圧水による管板上の洗浄により、管板上ハンドホール(C)からスケール等を回収しました。

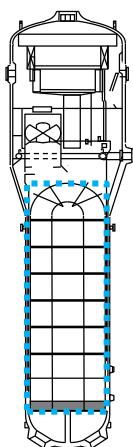


対策②薬品による洗浄(スケール全体の脆弱化)



STEP 1 鉄洗浄

濃度: 3 %
範囲: 伝熱管全体
<前回>
濃度: 3 %
範囲: 第3管支持板以下



STEP 2 鉄洗浄

濃度: 3 %
範囲: 伝熱管全体
<前回>
濃度: 2 %
範囲: 伝熱管全体

洗浄箇所:



STEP 3

純水による洗浄

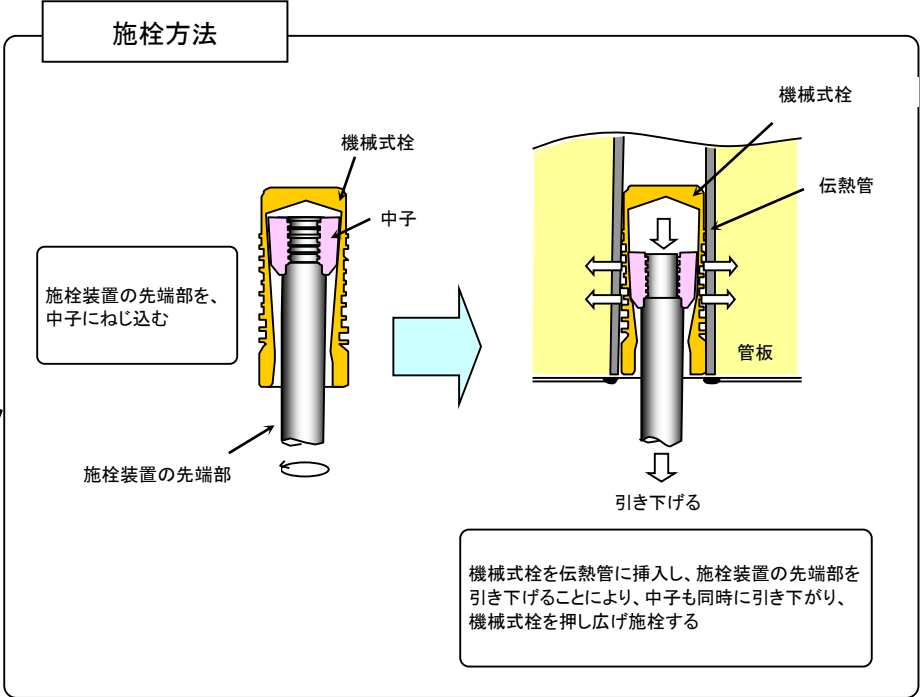
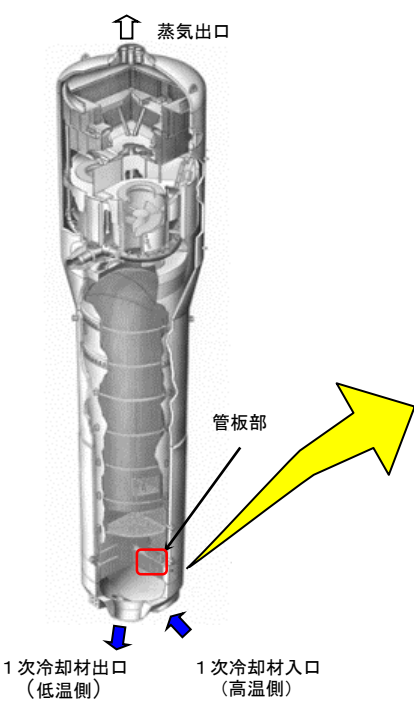
スケール排出
(回収)

薬品洗浄の流れ

対策③蒸気発生器伝熱管の施栓

損傷が認められた蒸気発生器伝熱管4本については、高温側および低温側管板部で閉止栓（機械式栓）を施工しました。

蒸気発生器の概要図



高浜発電所3号機の蒸気発生器伝熱管の施栓状況

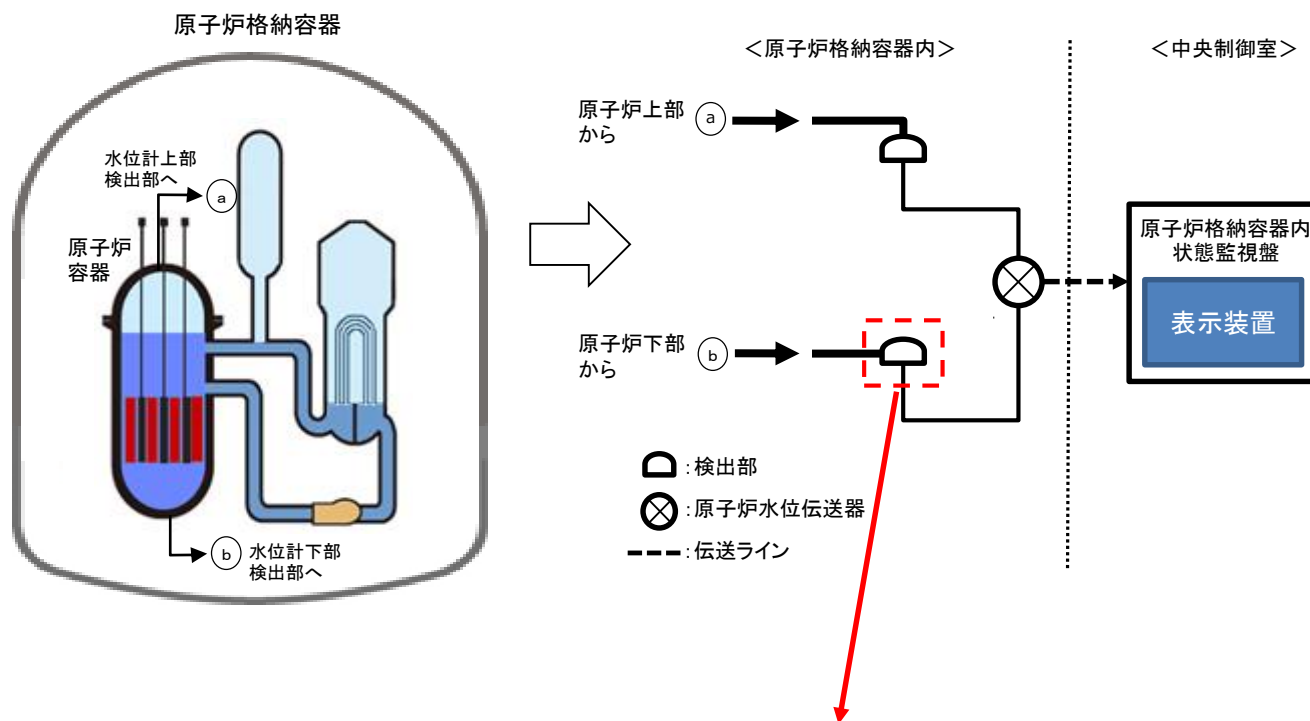
	A蒸気発生器 (3,382本)	B蒸気発生器 (3,382本)	C蒸気発生器 (3,382本)	合計 (10,146本)
検査対象本数	3,272	3,247	3,261	9,780
今回施栓	3	1	0	4
累積施栓本数 (応力腐食割れによる施栓本数)	113 (8)	136 (10)	121 (7)	370 (25)
(外面減肉による施栓本数)	(3)	(2)	(1)	(6)
〔施栓率〕	〔3.4%〕	〔4.1%〕	〔3.6%〕	〔3.7%〕

- 蒸気発生器1基あたりの伝熱管本数:3,382本
- 安全解析施栓率は10%
(伝熱管の施栓率が10%の状態において、プラントの安全性に問題がないことが確認されている)

図－3 高浜発電所3号機の運転上の制限の逸脱について
(原子炉水位伝送器フランジ部からの水のにじみ跡)

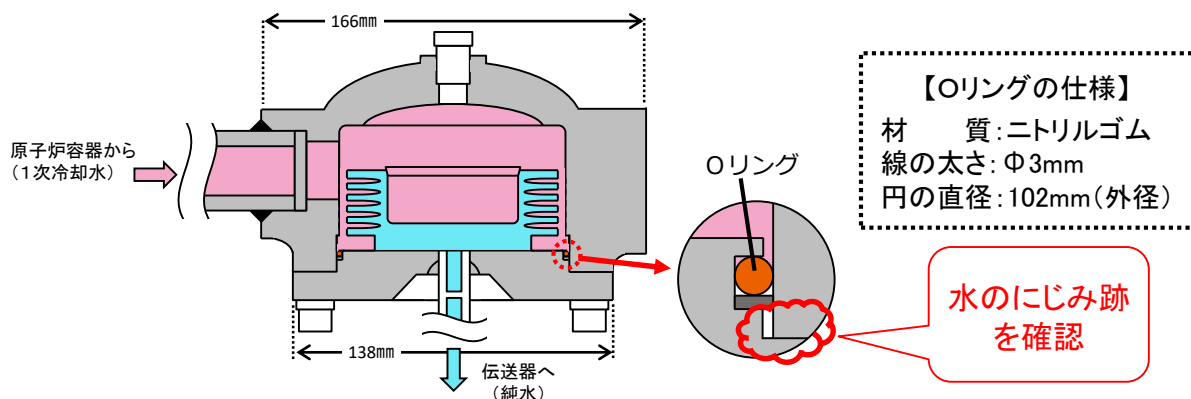
事象概要

原子炉格納容器内を点検中、原子炉水位伝送器の検出部のフランジ部に水のにじみ跡を確認しました。
当該フランジ部からの水のにじみは継続しておらず、床面等への漏えいも認められておりません。
当該伝送器の健全性に問題はないものの、原因調査を行うため、当該伝送器の点検を行うこととしました。
この点検に伴い、原子炉水位計を隔離したことで、当該水位計の機能が停止したことから、保安規定の運転上の制限を満足していない状態にあると判断しました。
その後、当該伝送器フランジ部のシート面の部品を取り替え、漏えい試験等を行った結果、当該伝送器に異常がないことを確認したことから、保安規定の運転上の制限を満足する状態に復帰しました。



＜原子炉水位伝送器の検出部フランジ部イメージ（横断面図）＞

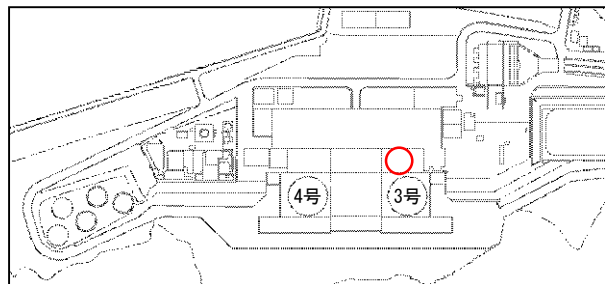
原子炉の上部と下部の圧力を2カ所の検出部で検出、伝送器に伝え、その圧力差により水位を測定



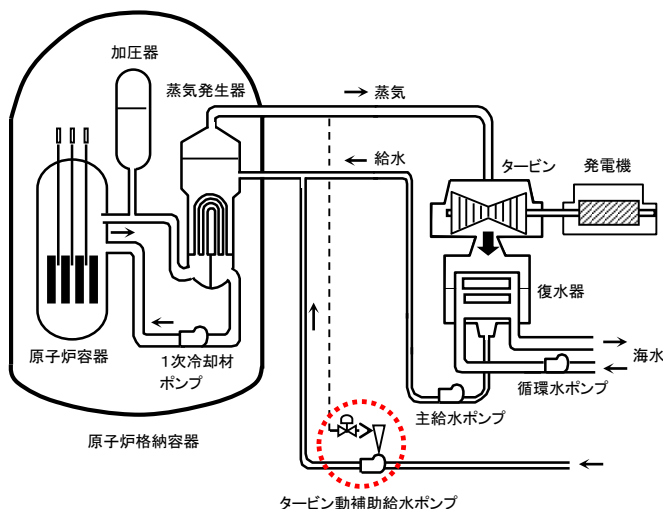
図－4 高浜発電所3号機の運転上の制限の逸脱について
(タービン動補助給水ポンプフィルタ蓋部からの油漏れ)

事象概要

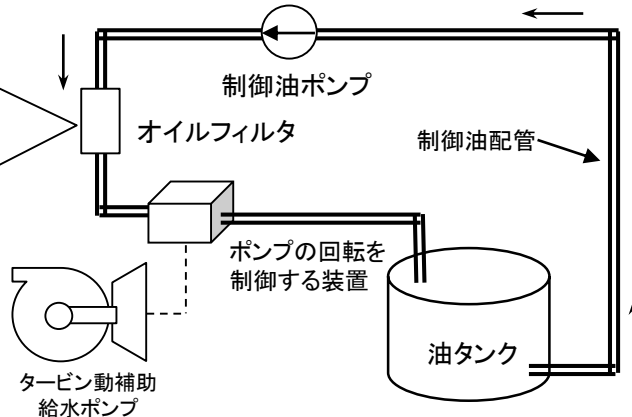
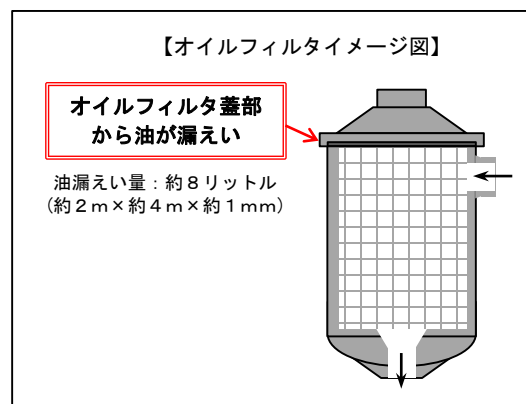
<発生場所>



○ 発生場所: 3号機中間建屋(非管理区域)
タービン動補助給水ポンプ室



<タービン動補助給水ポンプ制御油系統概略図>



調査結果

