

令和4年7月22日
原子力安全対策課
(04-14)
<19時記者発表>

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25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、令和4年3月1日から第25回定期検査を実施しているが、令和4年7月24日に原子炉を起動し、同日24日に臨界となる予定である。

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し、8月19日には総合負荷性能検査を実施し、営業運転を再開する予定である。

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るが、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る。
- ・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た。

2 設備の保全対策

2次系配管の点検等

関西電力㈱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）を実施した。その結果、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。

※「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の結果 (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 1 mm 以下、周方向に約 3 mm～5 mm 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、薬品洗浄を行った。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た。

[2022 年 3 月 30 日、4 月 25 日、5 月 13 日公表済]

4 燃料集合体の取替え

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) を取り替えた。また、MOX 燃料は 4 体を継続使用する。

燃料集合体の外観検査 (41 体) を実施した結果、異常は認められなかった。

5 定期検査中における運転上の制限の逸脱事象

(1) 原子炉水位電送器フランジ部からの水のにじみ跡について (図－3 参照)

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る。

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た。

本事象による環境への放射能の影響はない。

※ 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 日公表済]

(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 参照)

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 2 m×約 4 m×約 1 mm 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する。

本事象による環境への放射能の影響はない。

※ 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

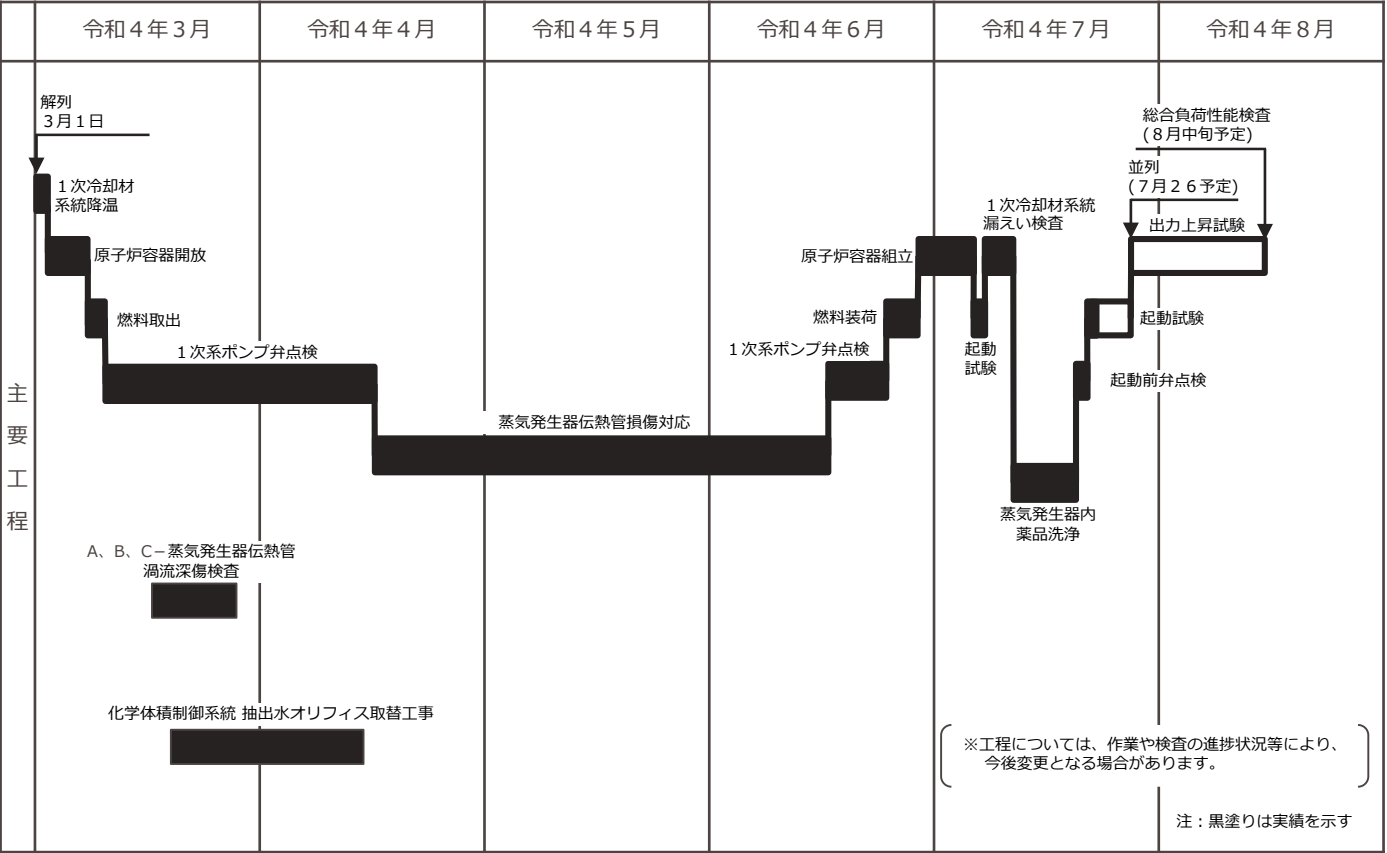
※ 3：タービン動補助給水ポンプを起動するための蒸気入口調整弁（油圧式）へ油を供給するためのポンプ

※ 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
令和5年秋頃

高浜発電所 3号機 第 2 5 回定期検査の作業工程

(令和 4 年 7 月 2 2 日現在)



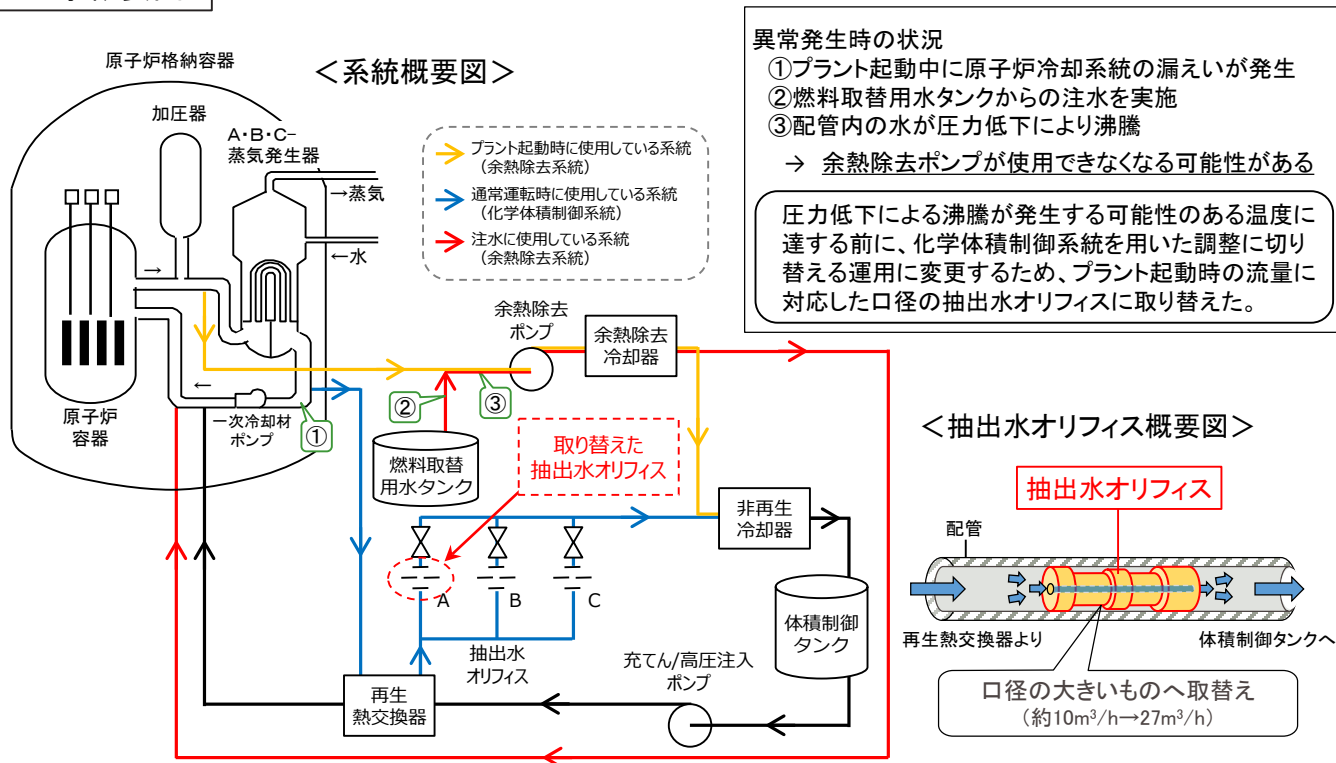
図－１ 化学体積制御系統 抽出水オリフィス取替工事

工事目的

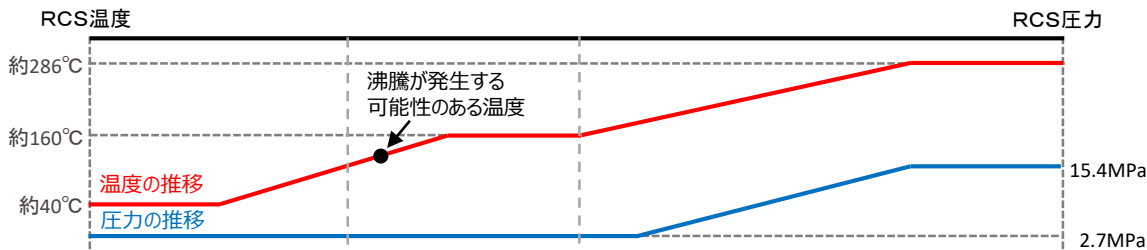
余熱除去系統の信頼性向上の観点から、プラント起動時に化学体積制御系統を用いた1次冷却材系統の圧力調整が実施できるよう、当該系統の抽出水オリフィスを口径の大きいものに取り替えた。

- ・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るが、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る。
- ・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>



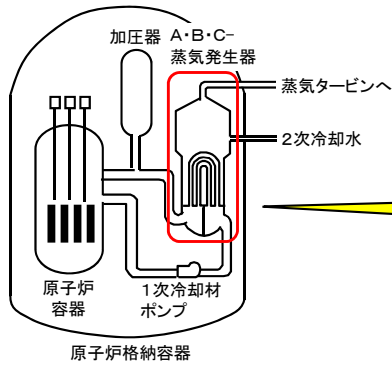
現運用	余熱除去系統で圧力を調整 (2系統のうち、1系統を使用)	加圧器で圧力を調整
新運用	余熱除去系統で圧力を調整	化学体積制御系統で圧力を調整 加圧器で圧力を調整

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

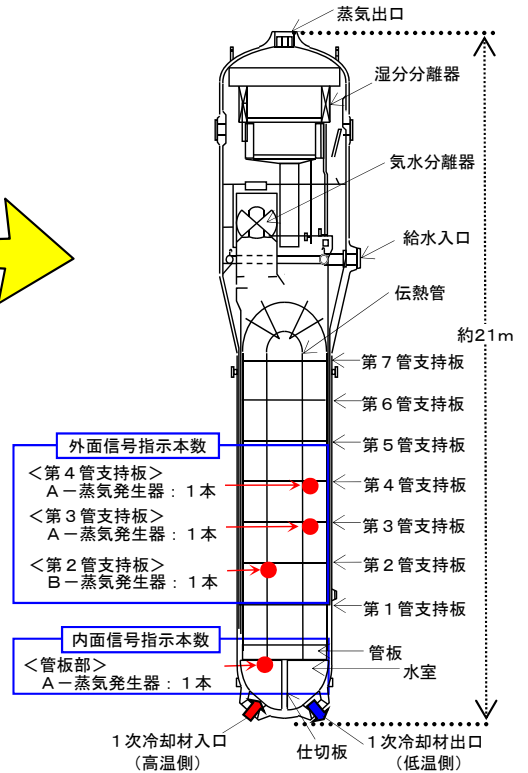
系統概要図



伝熱管の拡大平面図



蒸気発生器の概要図

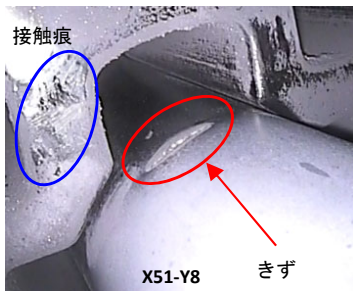


外面からの信号指示があった伝熱管の調査結果

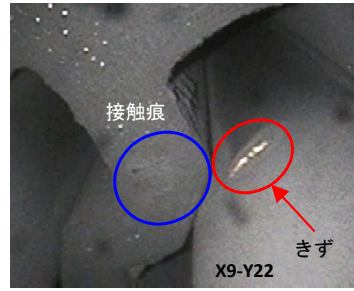
小型カメラで確認したきずの状況

A 蒸気発生器

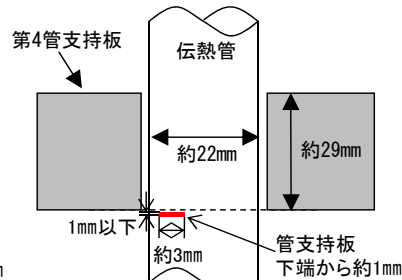
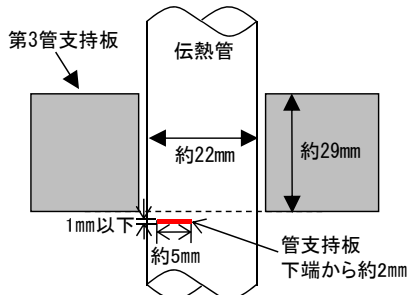
第3管支持板 (X 5 1 - Y 8)



第4管支持板 (X 9 - Y 2 2)

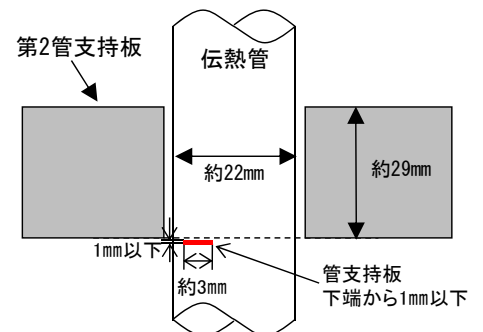
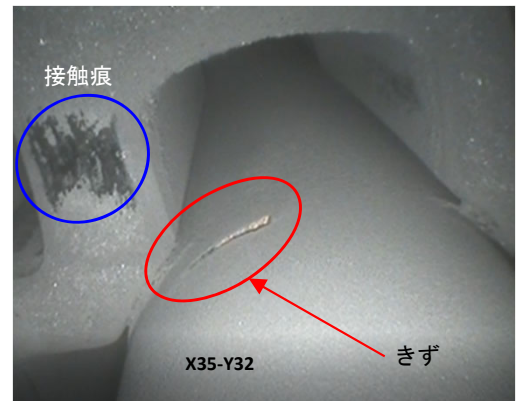


※：黒い影のようなものは小型カメラのレンズに付着した汚れ



B 蒸気発生器

第2管支持板 (X 3 5 - Y 3 2)



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

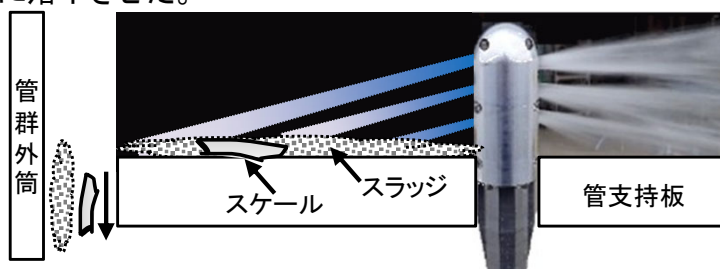
STEP2-1: 第2, 1管支持板の洗浄(垂直ノズルによる洗浄)

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。



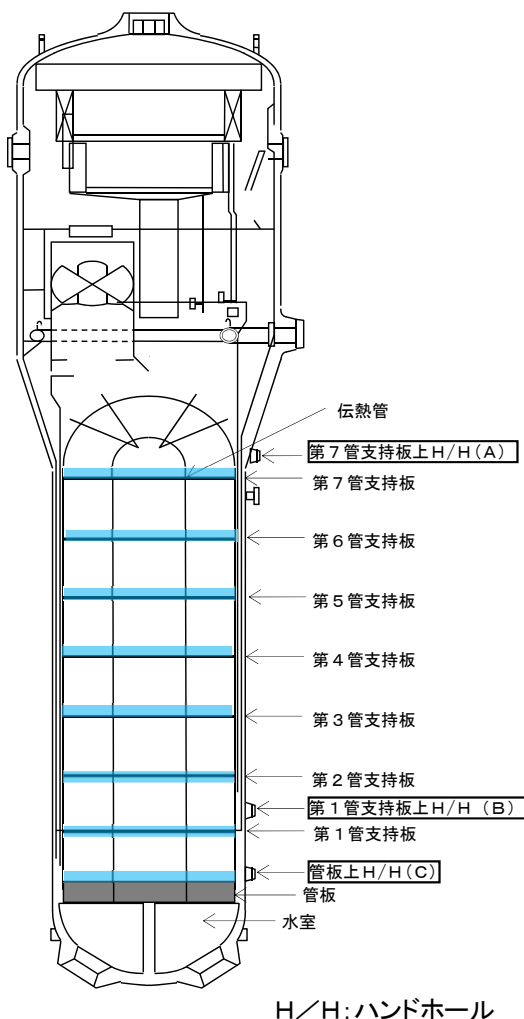
STEP2-2: 第2, 1管支持板の洗浄(水平ノズルによる洗浄)

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。



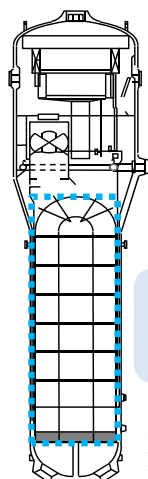
STEP3: 管板上の洗浄

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た。



H/H: ハンドホール

対策②薬品による洗浄(スケール全体の脆弱化)

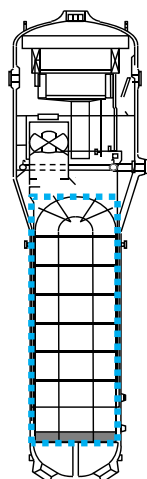


STEP 1 鉄洗浄

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:



スケール排出
(回収)

STEP 3

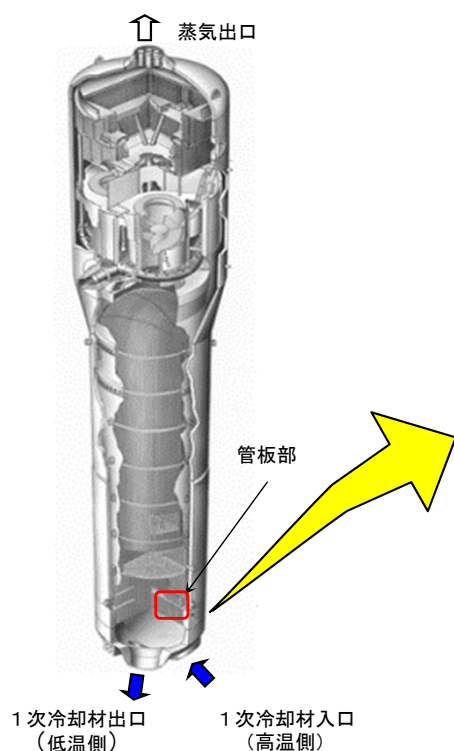
純水による洗浄

薬品洗浄の流れ

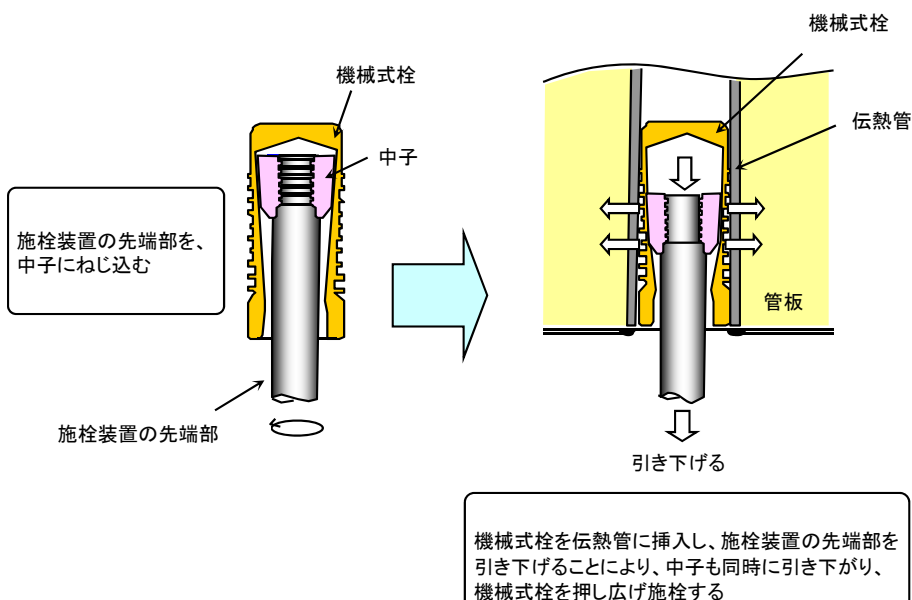
対策③蒸気発生器伝熱管の施栓

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）を施工した。

蒸気発生器の概要図



施栓方法



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) [施栓率]	(3) [3.4%]	(2) [4.1%]	(1) [3.6%]	(6) [3.7%]

○蒸気発生器1基あたりの伝熱管本数:3,382本

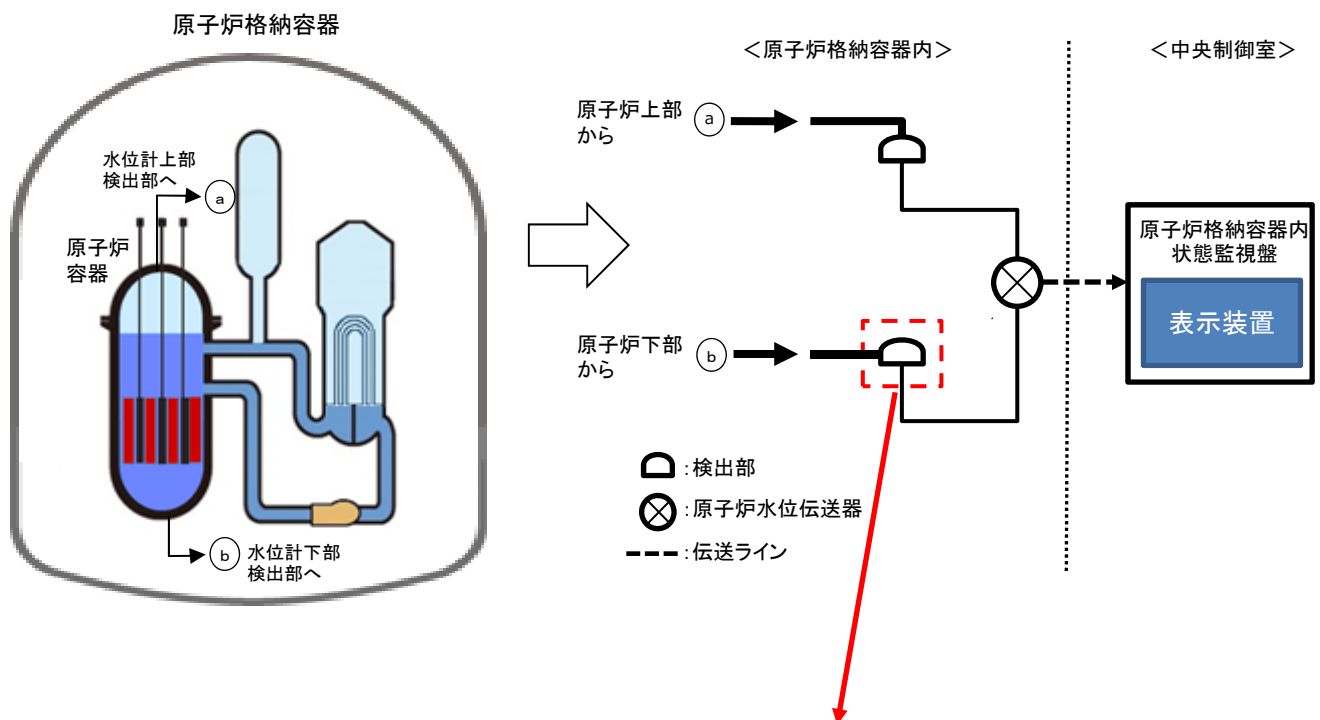
○安全解析施栓率は10%

(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いない。
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

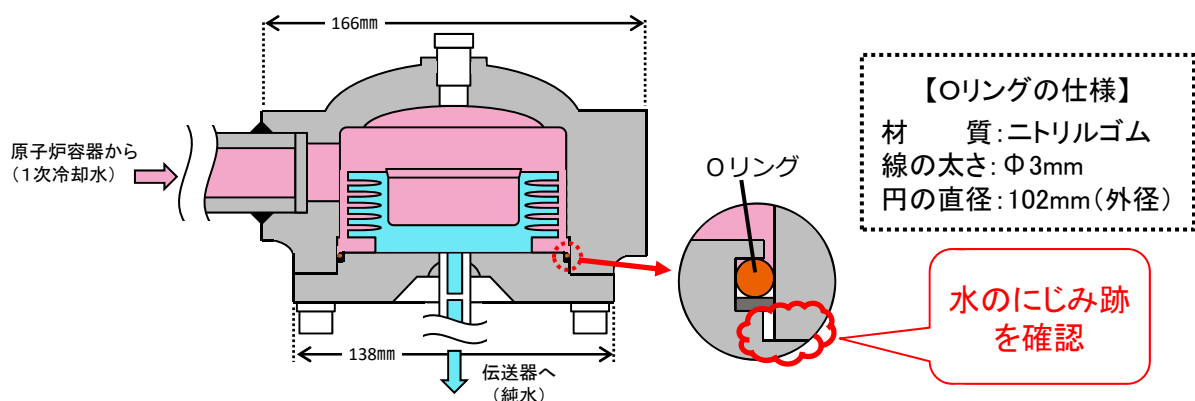
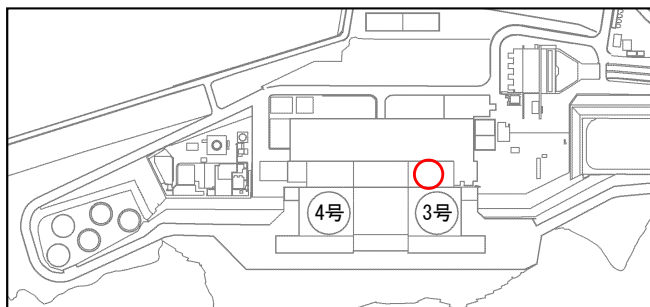


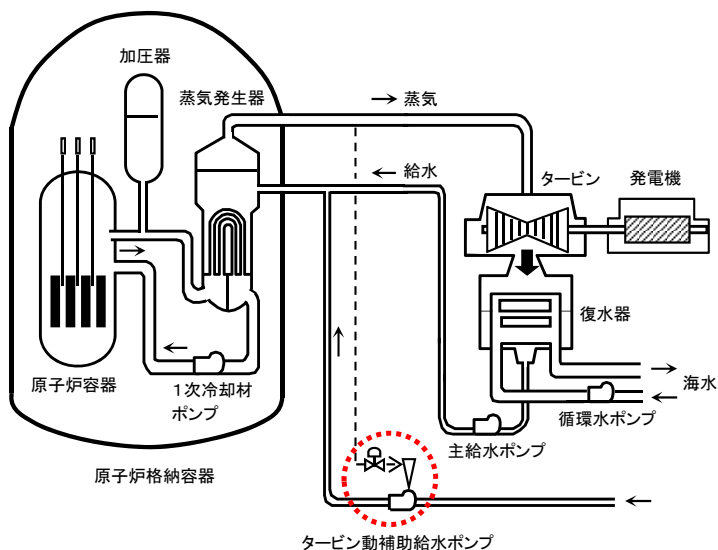
図-4 高浜発電所3号機の運転上の制限の逸脱について
(タービン動補助給水ポンプフィルタ蓋部からの油漏れ)

事象概要

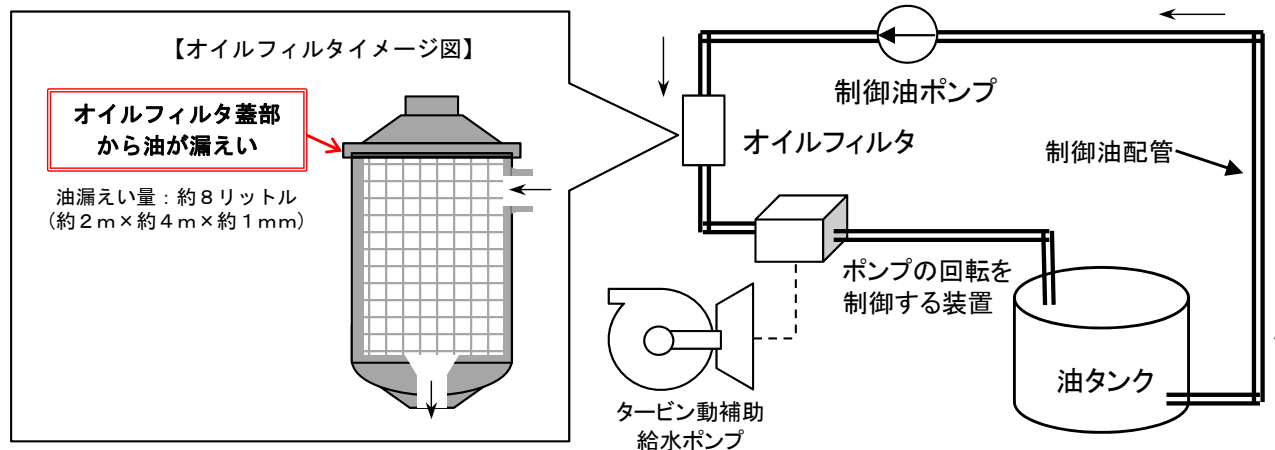
<発生場所>



○ 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>



【オイルフィルタイメージ図】

オイルフィルタ蓋部
から油が漏えい

油漏えい量: 約8リットル
(約2m×約4m×約1mm)

調査結果

