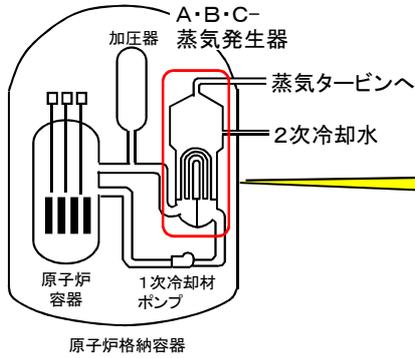


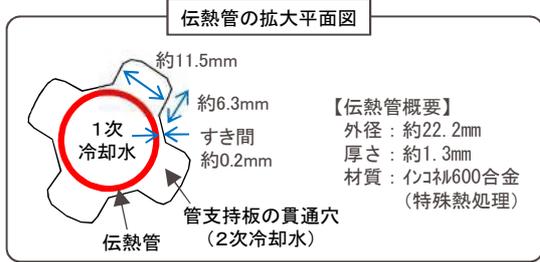
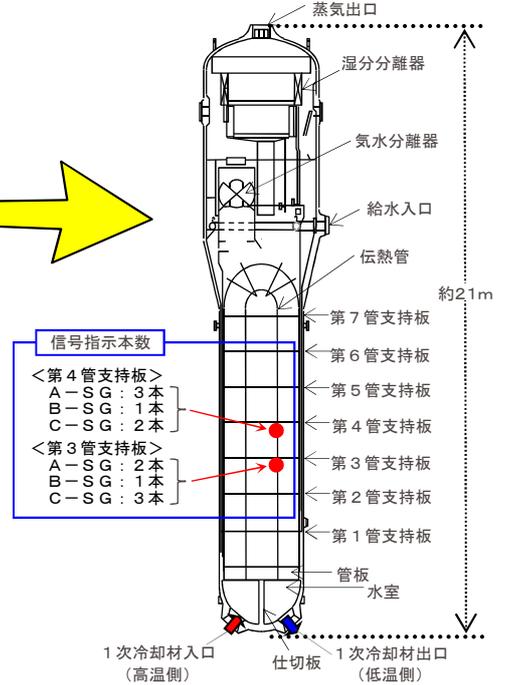
外面からの信号指示があった伝熱管の調査

発生箇所

系統概要図

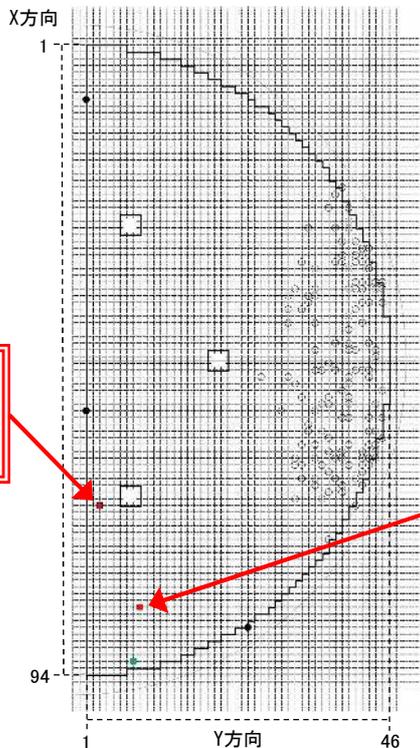


蒸気発生器の概要図



B-蒸気発生器の調査

B-蒸気発生器上部から見た
伝熱管位置を示す図



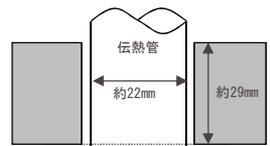
<第3管支持板>
微小な信号
指示管
(X69-Y3)

<第4管支持板>
有意な信号
指示管
(X84-Y9)

- : 今回外面減肉が認められた位置 (2本)
- : 既施栓箇所(外面減肉) (1本)
- : 既施栓管(拡管部応力腐食割れ) (3本)
- : 既施栓管(拡管部応力腐食割れ以外) (131本)

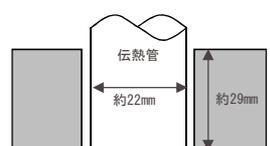
小型カメラで確認したきずの状況

第3管支持板 (X69-Y3)



きずの深さ※：減肉率20%未満
(判定基準未滿)

第4管支持板 (X84-Y9)

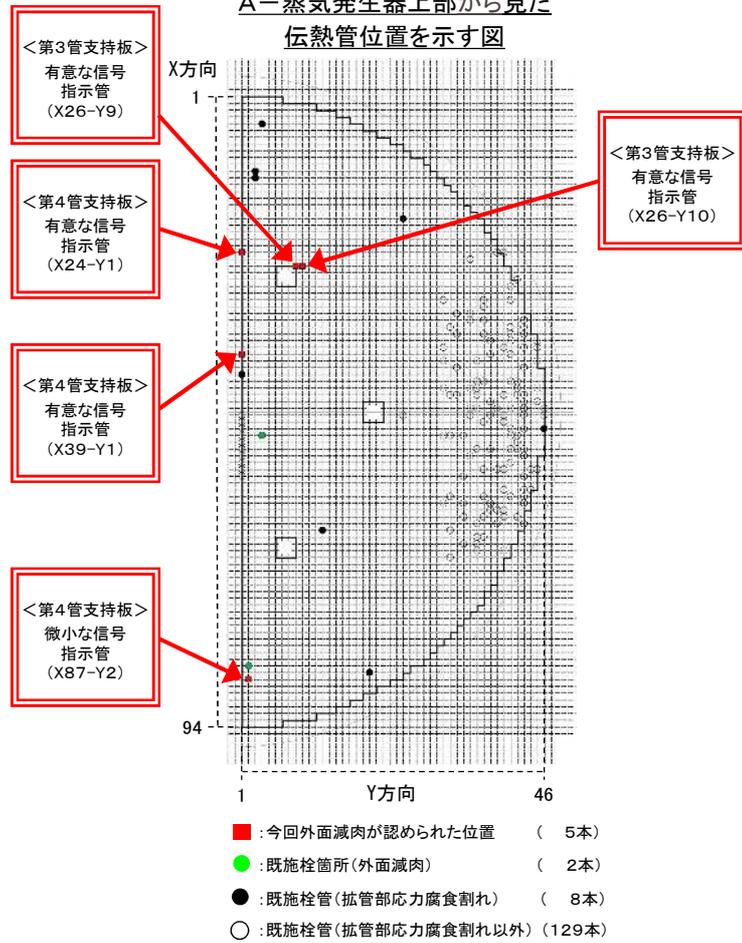


きずの深さ※：減肉率約49%

※：渦流探傷検査(ECT)結果による

A-蒸気発生器の調査

小型カメラで確認したきずの状況



第3管支持板 (X26-Y9)

管支持板下面 X26-Y9

きず

伝熱管 約22mm 約29mm

1mm以下 約4mm 管支持板 下端から約1mm

きずの深さ※: 減肉率約33%

第3管支持板 (X26-Y10)

管支持板下面 X26-Y10

きず

伝熱管 約22mm 約29mm

1mm以下 約4mm 管支持板 下端から約1mm

きずの深さ※: 減肉率約40%

第4管支持板 (X24-Y1)

管支持板下面 X24-Y1

きず

伝熱管 約22mm 約29mm

1mm以下 約2mm 管支持板 下端から1mm以下

きずの深さ※: 減肉率約25%

第4管支持板 (X87-Y2)

管支持板下面 X87-Y2

きず

伝熱管 約22mm 約29mm

1mm以下 約5mm 管支持板 下端から1mm以下

きずの深さ※: 減肉率20%未滿 (判定基準未滿)

第4管支持板 (X39-Y1)

管支持板下面 X39-Y1

きず

伝熱管 約22mm 約29mm

1mm以下 約3mm 管支持板 下端から1mm以下

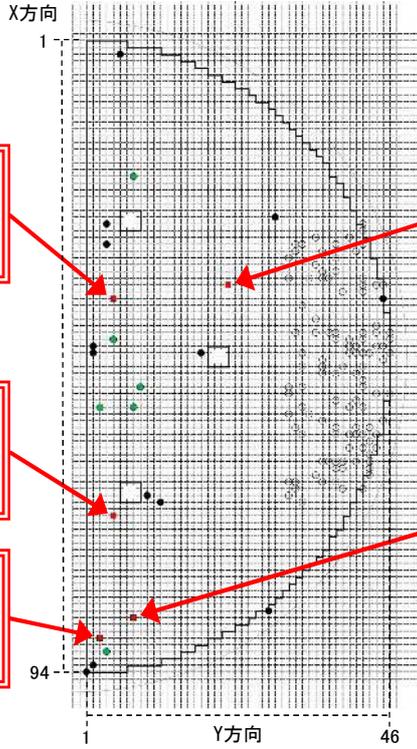
きずの深さ※: 減肉率約47%

※: 渦流探傷検査 (ECT) 結果による

C-蒸気発生器の調査

小型カメラで確認したきずの状況

C-蒸気発生器上部から見た
伝熱管位置を示す図



<第3管支持板>
有意な信号
指示管
(X39-Y5)

<第4管支持板>
有意な信号
指示管
(X37-Y22)

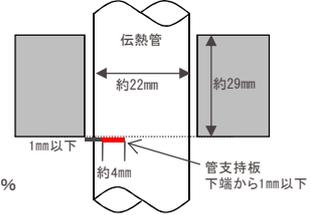
<第3管支持板>
有意な信号
指示管
(X71-Y5)

<第3管支持板>
有意な信号
指示管
(X86-Y8)

<第4管支持板>
有意な信号
指示管
(X89-Y3)

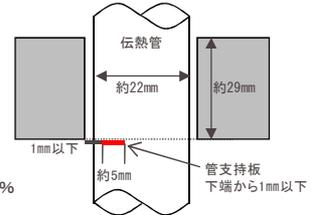
- : 今回外面減肉が認められた位置 (5本)
- : 既施栓箇所(外面減肉) (6本)
- : 既施栓管(拡管部応力腐食割れ) (13本)
- : 既施栓管(拡管部応力腐食割れ以外) (110本)

第3管支持板 (X39-Y5)



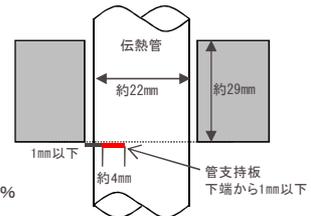
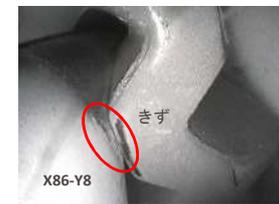
きずの深さ※: 減肉率約49%

第3管支持板 (X71-Y5)



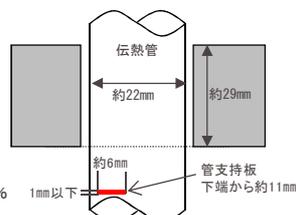
きずの深さ※: 減肉率約34%

第3管支持板 (X86-Y8)



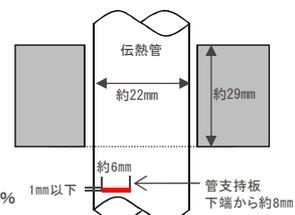
きずの深さ※: 減肉率約35%

第4管支持板 (X89-Y3)



きずの深さ※: 減肉率約31%

第4管支持板 (X37-Y22)



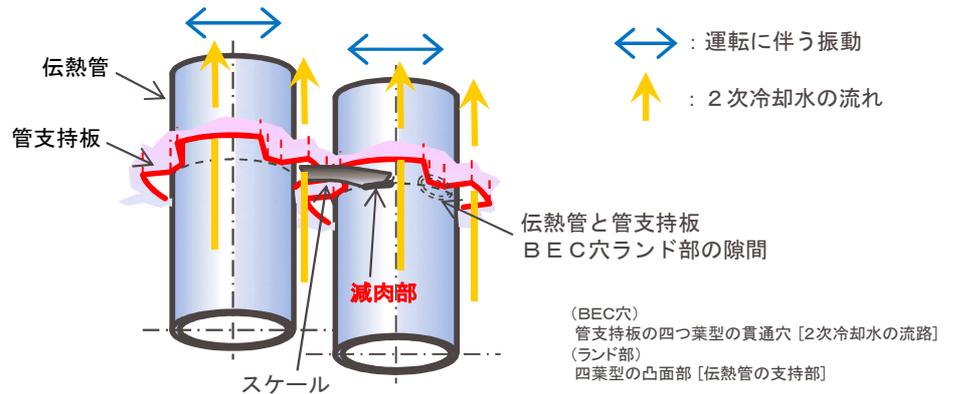
きずの深さ※: 減肉率約34%

※: 渦流探傷検査 (ECT) 結果による

スケールの形状および伝熱管外表面の調査結果

管支持板下面での減肉のメカニズム

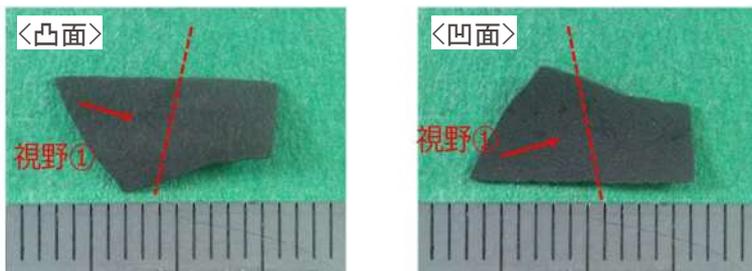
工場における再現試験等の結果、蒸気発生器内の水・蒸気の流れにより管支持板下面に留まったスケールに伝熱管が繰り返し接触することにより、摩耗減肉が発生することを確認しました。



スケールの形状調査結果

A、B、C蒸気発生器の管板、第1管支持板、第2管支持板および第3管支持板上等に残存しているスケールのうち、比較的大きなものを選定し、約200個を取り出したものの中から、スケールの形状調査を行いました。

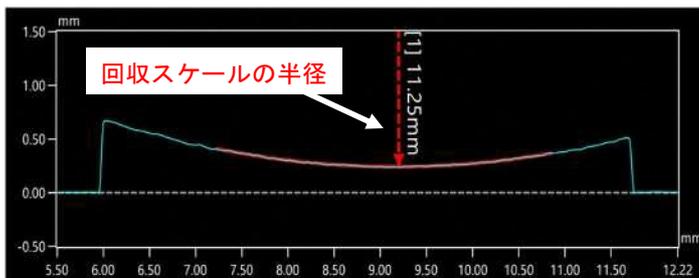
A蒸気発生器 管板上面（高温側）から回収したスケール



形状：主に多角型と長尺型
 寸法：多角型で長さが最大のものは、長さ約25mm、幅約13mm
 長尺型で長さが最大のものは、長さ約29mm、幅約6mm

スケールを3次元測定器で計測した結果

〈視野①〉



直径約22.3~22.5mmの円筒に沿った形状で、伝熱管（円筒）の外周（直径22.2mm）に近い形状

伝熱管外表面の観察結果

○：スケールの剥離痕

A 蒸気発生器 (第3管支持板、低温側)

第4管支持板側



第2管支持板側

B 蒸気発生器 (第1管支持板、低温側)

第2管支持板側



管板側

C 蒸気発生器 (第2管支持板、低温側)

第3管支持板側



第1管支持板側

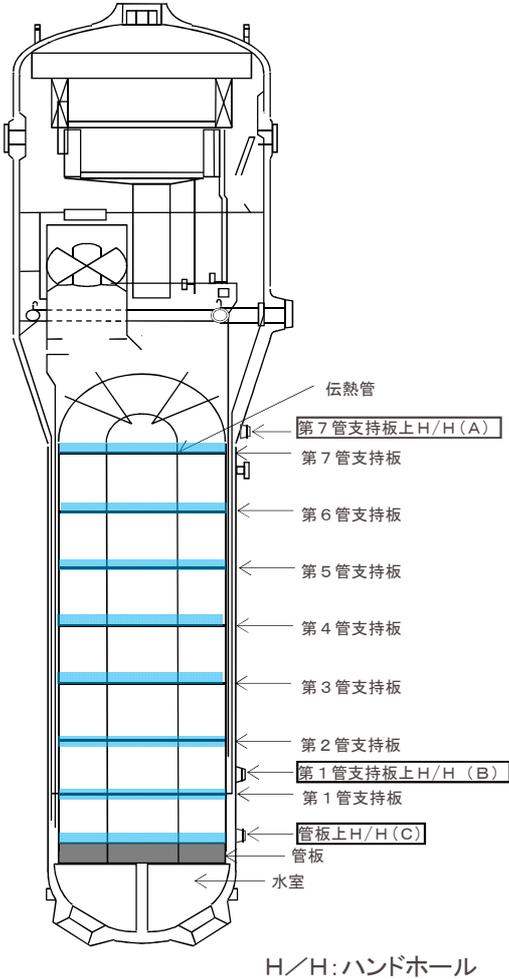
A、B、C蒸気発生器のほぼ全ての伝熱管は全面的にスケールに覆われていました。また、一部の伝熱管は局所的にスケールが剥離した痕跡等も認められました。

蒸気発生器器内の洗浄

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により、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る。



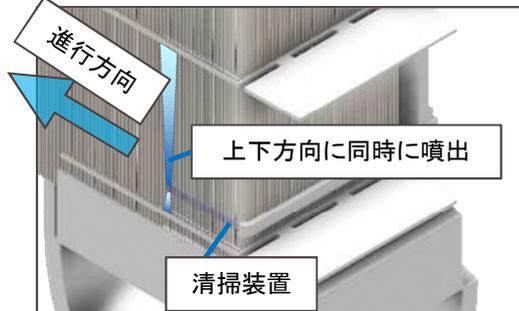
第7管支持板用



第3～6管支持板用

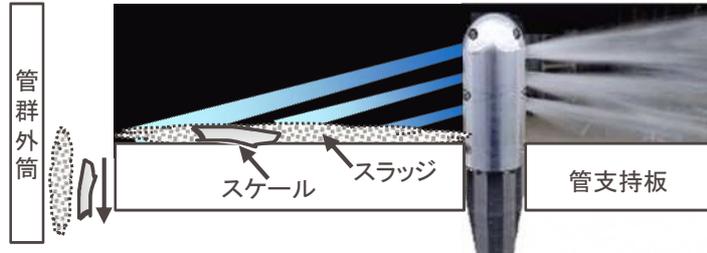
STEP2-1: 第2, 1管支持板の洗浄(垂直ノズルによる洗浄)

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る。



STEP2-2: 第2, 1管支持板の洗浄(水平ノズルによる洗浄)

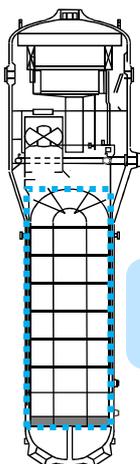
STEP2-1により管支持板上に移動させたスケール等を押し流し、管板に落下させる。



STEP3: 管板上の洗浄

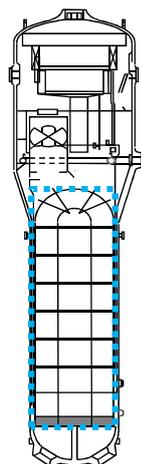
定期検査毎に実施している高圧水による管板上の洗浄により、管板上ハンドホール(C)からスケール等を回収する。

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

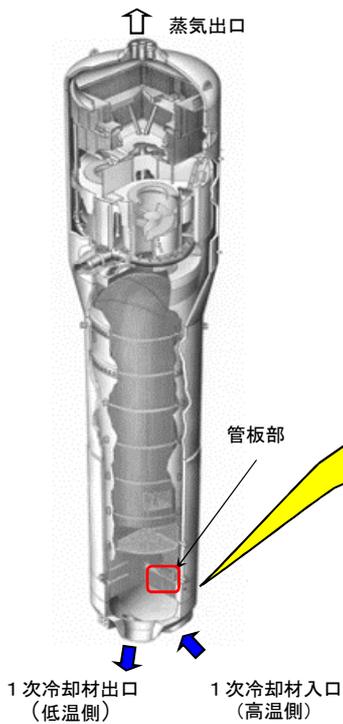
純水による洗浄

蒸気発生器伝熱管の施栓方法と施栓状況

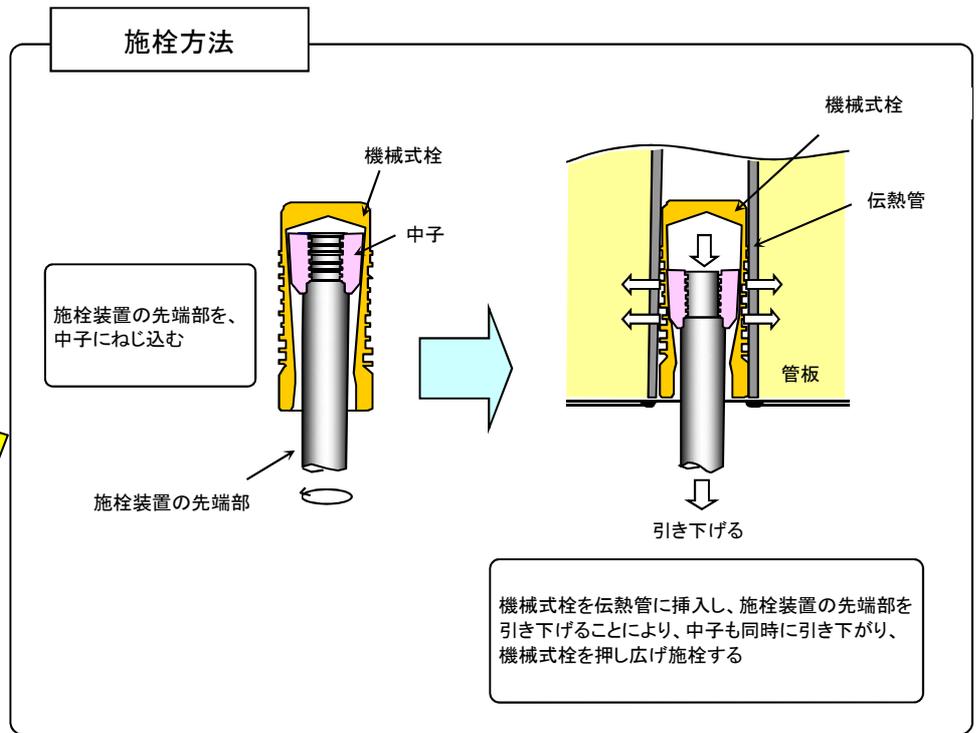
蒸気発生器伝熱管の施栓方法

損傷が認められた蒸気発生器伝熱管12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、使用しないこととします。

蒸気発生器の概要図



施栓方法



高浜発電所4号機の蒸気発生器伝熱管の施栓状況

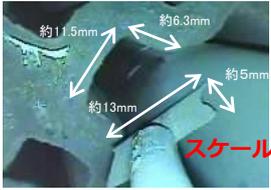
	A蒸気発生器 (3,382本)	B蒸気発生器 (3,382本)	C蒸気発生器 (3,382本)	合計 (10,146本)
検査対象本数	3,243	3,247	3,253	9,743
今回施栓予定	5	2	5	12
累積施栓本数 (応力腐食割れによる施栓本数)	144 (8)	137 (3)	134 (13)	415 (24)
(外面減肉による施栓本数) [施栓率]	(7) [4.3%]	(3) [4.1%]	(11) [4.0%]	(21) [4.1%]

○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)

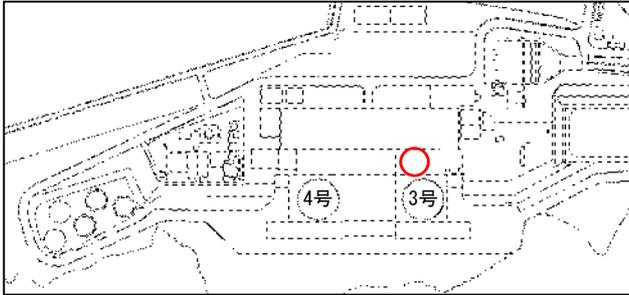
これまでの経緯(高浜発電所3、4号機における蒸気発生器伝熱管外面の損傷事例)

定期検査	蒸気発生器伝熱管外面の損傷本数	調査結果概要		スケールに対する対策
3号機 第23回 (2018年8月～)	A-蒸気発生器: 1本 (第3管支持板) 【減肉率: 20%未満】	減肉指示のあった箇所付近にスケールを確認。スケールの回収中に破損したため、スケール以外の異物による減肉と推定。異物は流出したものと推定。		—
4号機 第22回 (2019年9月～)	A-蒸気発生器: 1本 (第3管支持板) B-蒸気発生器: 1本 (第3管支持板) C-蒸気発生器: 3本 (第2管支持板2本、 第3管支持板1本) 【最大減肉率: 63%】	A-蒸気発生器内にステンレス薄片を確認したが、摩耗痕が確認されなかったため、原因となった異物は前回の定期検査時に混入していたものと推定。なお、異物は流出したものと推定。		
3号機 第24回 (2020年1月～)	B-蒸気発生器: 1本 (第3管支持板) C-蒸気発生器: 1本 (第3管支持板) 【最大減肉率: 56%】	AおよびC-蒸気発生器内にガスケットフープ材を確認。C-蒸気発生器伝熱管の損傷原因を異物と推定。B-蒸気発生器伝熱管の損傷原因となった異物は流出したものと推定。		薬品洗浄を実施
4号機 第23回 (2020年10月～)	A-蒸気発生器: 1本 (第3管支持板) C-蒸気発生器: 3本 (第3管支持板) 【最大減肉率: 36%】	A-蒸気発生器の減肉箇所にスケールが残存。C-蒸気発生器の減肉箇所近傍から回収したスケール3個にも接触痕を確認し、原因は、スケールによる減肉と推定。		
<ul style="list-style-type: none"> 4号機第23回定期検査において、蒸気発生器器内から回収したスケールの性状調査や摩耗試験などを実施した結果、蒸気発生器伝熱管表面からはく離した稠密なスケールによるものと原因を推定。 上記の蒸気発生器伝熱管の外面減肉の原因が、スケールの可能性も否定できないことから、対策として、3号機第24回および4号機第23回定期検査において、蒸気発生器器内の薬品洗浄を実施。 				
3号機 第25回 (2022年3月～)	A-蒸気発生器: 2本 (第3管支持板1本、 第4管支持板1本) B-蒸気発生器: 1本 (第2管支持板) 【最大減肉率: 57%】	摩耗痕のあるスケールは回収できなかったが、各蒸気発生器から採取したスケールの性状、摩耗試験等の調査の結果、スケールによる減肉と推定。		薬品洗浄の前に小型高圧洗浄装置による洗浄を実施し、薬品洗浄を実施。
4号機 第24回 (今回)	A-蒸気発生器: 5本 (第3管支持板2本、 第4管支持板3本) B-蒸気発生器: 2本 (第3管支持板1本、 第4管支持板1本) C-蒸気発生器: 5本 (第3管支持板3本、 第4管支持板2本) 【最大減肉率: 49%】	小型カメラによる損傷個所の調査に加え、蒸気発生器器内のスケールの形状や性状および伝熱管の外観観察等の調査を実施した結果、スケールによる減肉と推定。 なお、A-蒸気発生器およびB-蒸気発生器より回収したスケール各1個に接触痕を確認。		薬品洗浄の前に小型高圧洗浄装置による洗浄を実施し、薬品洗浄を実施予定。

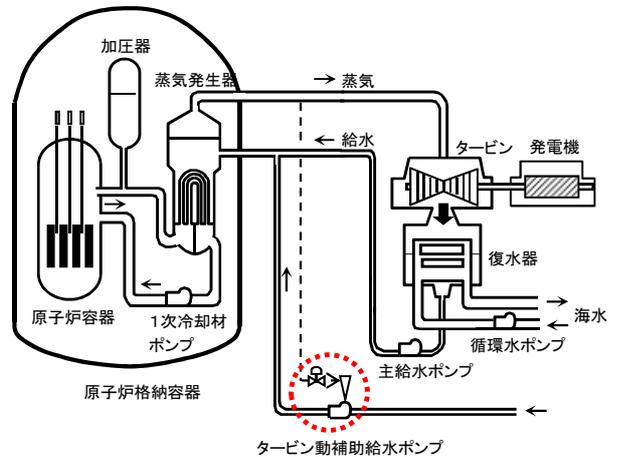
高浜発電所3号機の運転上の制限の逸脱について (タービン動補助給水ポンプフィルタ蓋部からの油漏れ)

事象概要

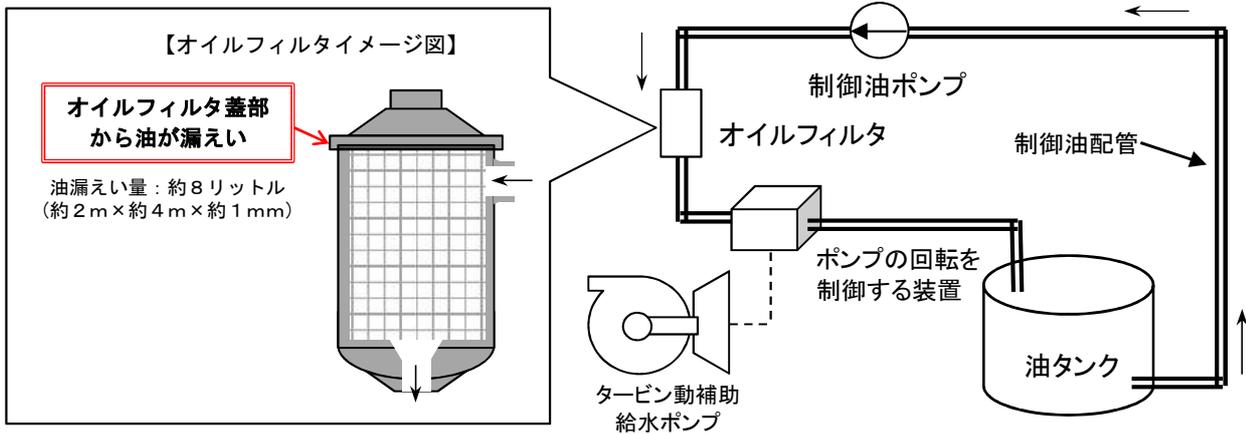
<発生場所>



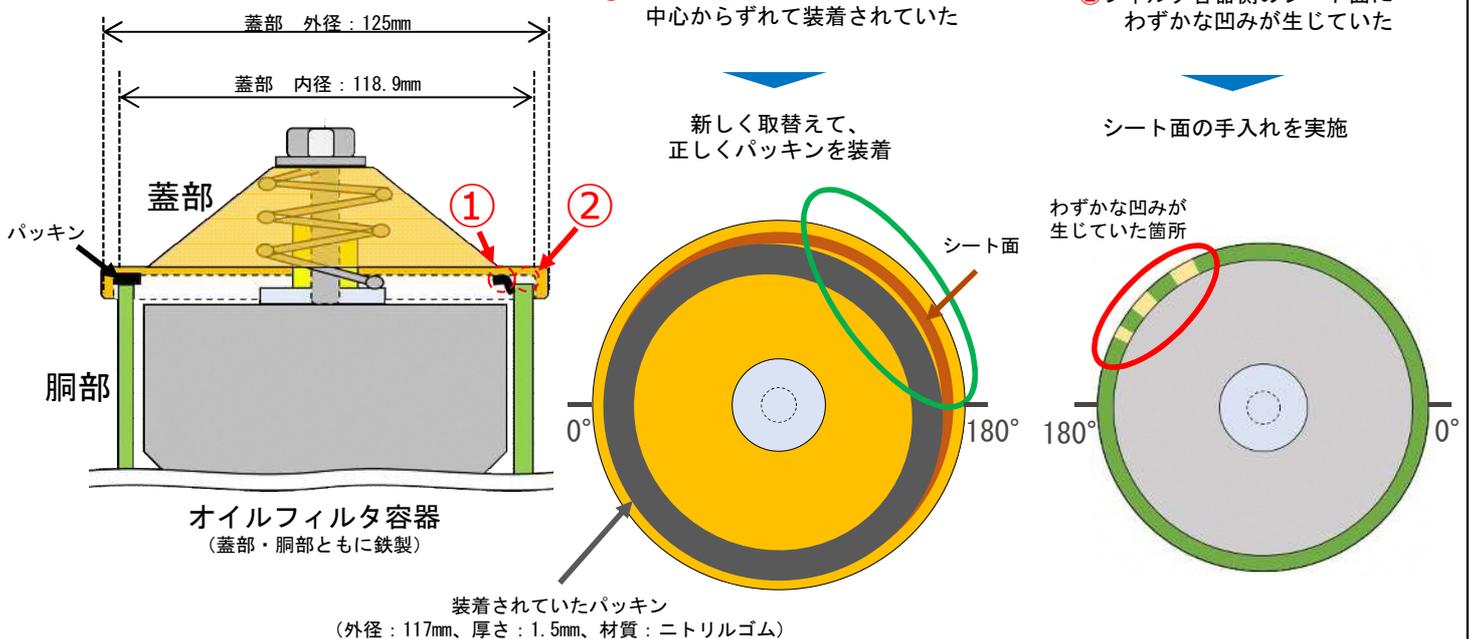
○ 発生場所: 3号機中間建屋(非管理区域)
タービン動補助給水ポンプ室



<タービン動補助給水ポンプ制御油系統概略図>



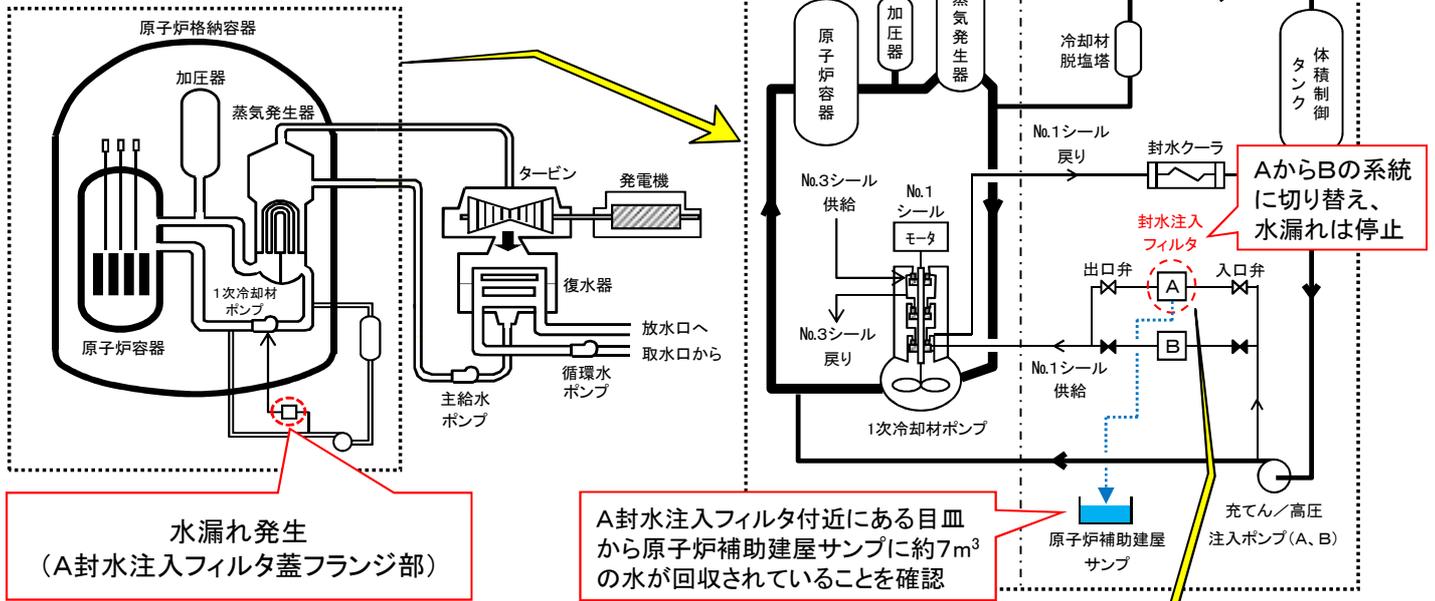
分解点検による確認結果



定期検査状況について (A封水注入フィルタ蓋フランジ部からの水漏れ)

事象概要

<系統概略図>



調査結果①

<封水注入フィルタ蓋フランジ部写真>



<蓋を取り外した状態の写真>

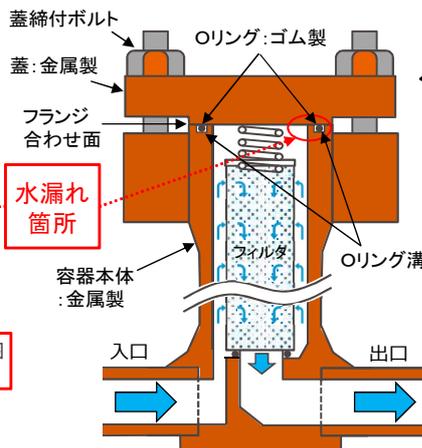
Oリングがフランジの周方向約4分の1の範囲で端面からはみ出しており、一部が破断



ボルトを締付工具により確認したところ、締付力が規定値よりも不足していた

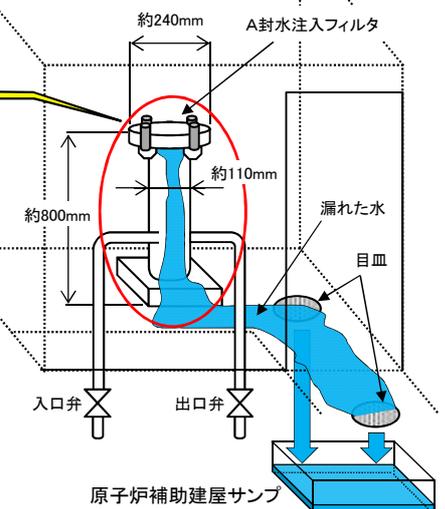
フィルタ蓋フランジのボルトが規定トルク値で締め付けられていなかったことが判明

<封水注入フィルタの断面図>

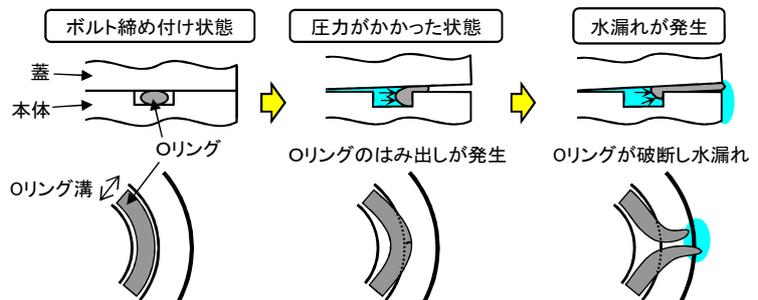


水漏れ箇所

【封水注入フィルタ室イメージ】

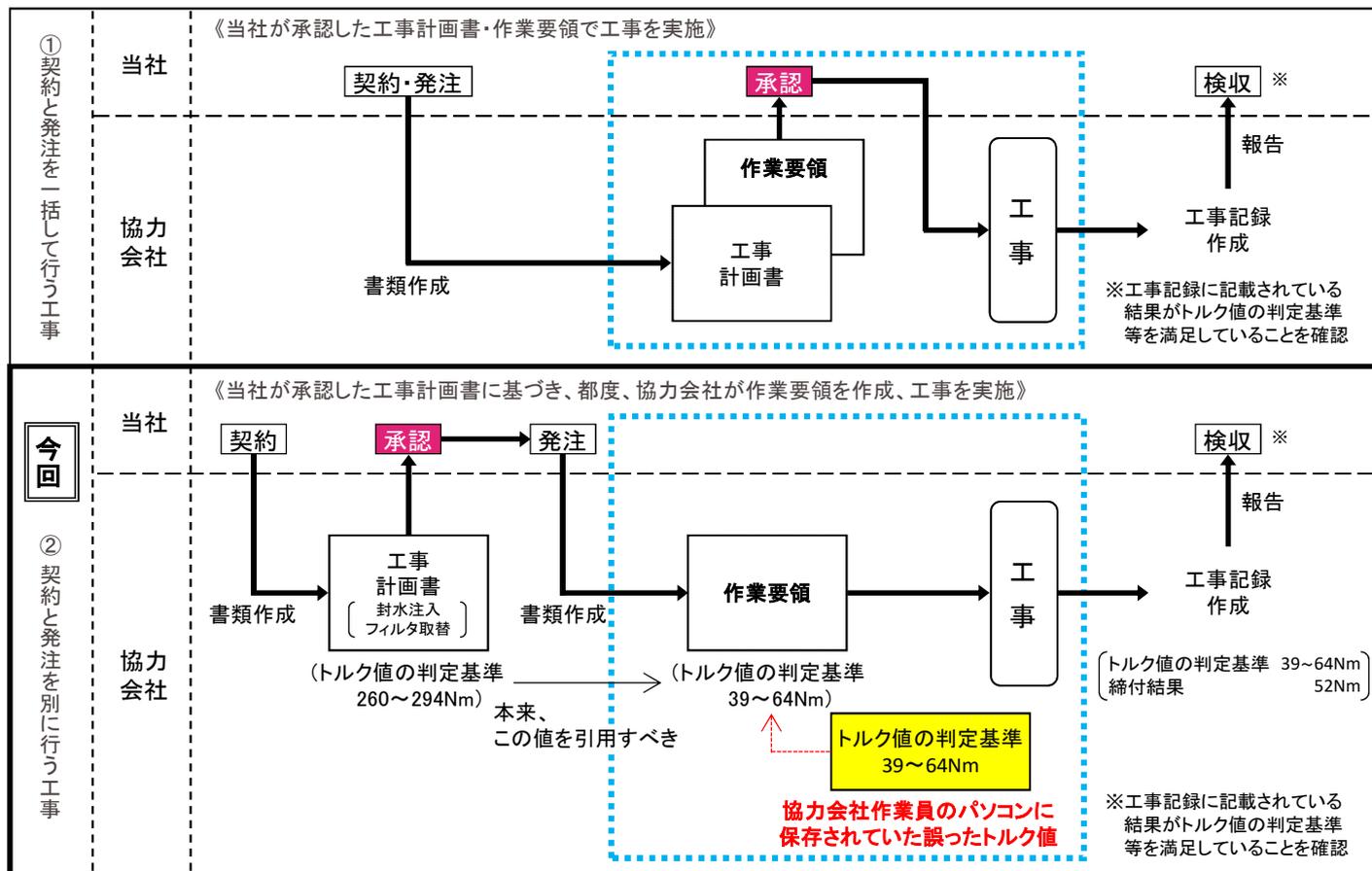


水漏れ発生のメカニズム



調査結果②

- ・発電所における工事の契約・発注の流れは、①「契約と発注を一括して行う工事」と②「契約と発注を別に行う工事」の2パターンに大別。
- ・今回の工事は②のパターンで実施。このパターンでは、本来、当社が承認した工事計画書に基づき、協力会社が作業要領を作成、工事を実施すべきところ、今回、工事計画書とは異なる数値を作業要領に記載し、工事を実施。



調査結果③

- ・今回のA、B封水注入フィルタ工事以外に、契約と発注を別に行う工事を対象として、当社が承認した工事計画書と工事記録を比較した結果、トルク値の判定基準に誤りがないことを確認した。
- ・また、美浜発電所3号機に加えて、高浜発電所3、4号機、大飯発電所3、4号機について調査した結果、トルク値の判定基準に誤りはなかった。

対象プラント	調査機器数	結果
美浜3号機	1, 287機器	A・B封水注入フィルタの2機器以外は問題なし
高浜3号機	932機器	問題なし
高浜4号機	899機器	問題なし
大飯3号機	1, 395機器	問題なし
大飯4号機	1, 387機器	問題なし
合計	5, 900機器	問題があったのは2機器のみ (美浜発電所3号機A・B封水注入フィルタ)

推定原因

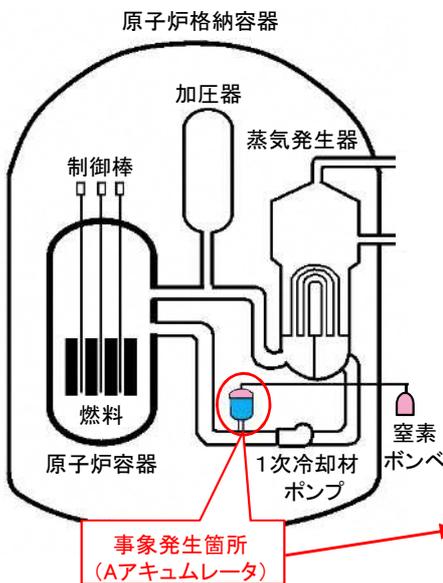
- ・調査結果から、今回、漏えいのあった当該フランジ部については、前回定期検査でのフィルタ取替工事において、本来のトルク値より低い値でボルトが締め付けられていました。
- ・そのトルク値が低かった原因は、協力会社の作業員が、作業要領を作成するにあたり、工事計画書に記載されているトルク値の判定基準を引用すべきところ、協力会社作業員のパソコンに保存されていた誤ったトルク値の判定基準を引用したことによるものでした。
- ・このため、その後のプラントの運転等に伴う系統圧力により、当該フランジ部の漏れ止め用のOリングが徐々に外側に押し出され、破断し、漏えいが発生したものと推定しました。

対策

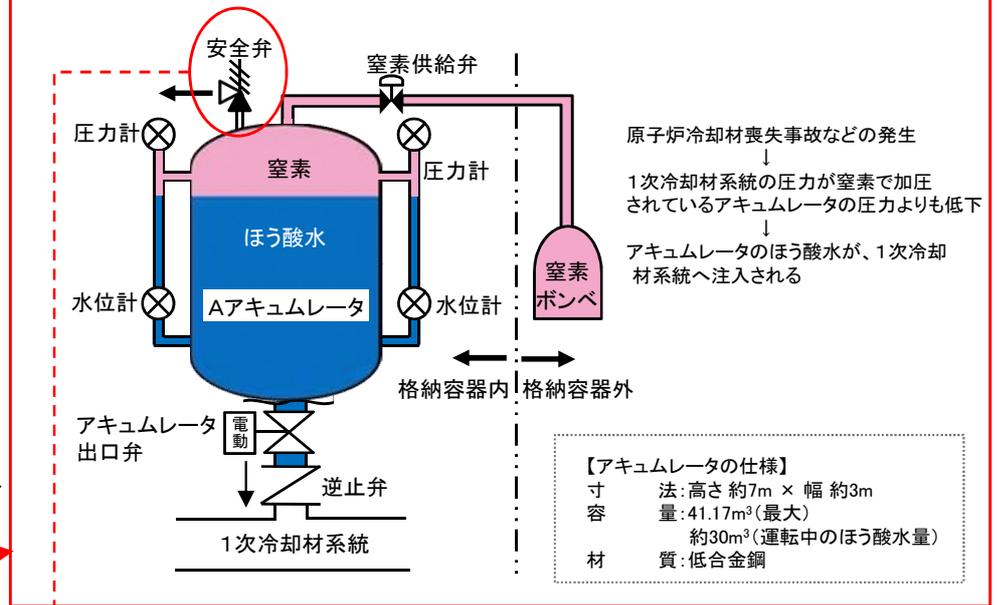
- ・契約と発注を別に行う工事について、当社は、従来の工事計画書の承認に加え、協力会社が作成する作業要領を工事実施前に確認する運用としました。
- ・協力会社に対して、速やかに本事象の周知を行っており、新たな運用の徹底を図りました。さらに、中長期的に、定期検査ごとの説明会等、当社が協力会社に行う教育の場を通じてルール遵守等について周知を図ります。
- ・美浜発電所3号機について、漏えい防止および機器の動作不良防止の観点から、起動時の現場点検を強化して実施します。

美浜発電所3号機の運転上の制限の逸脱について (Aアキュムレータ圧力の低下)

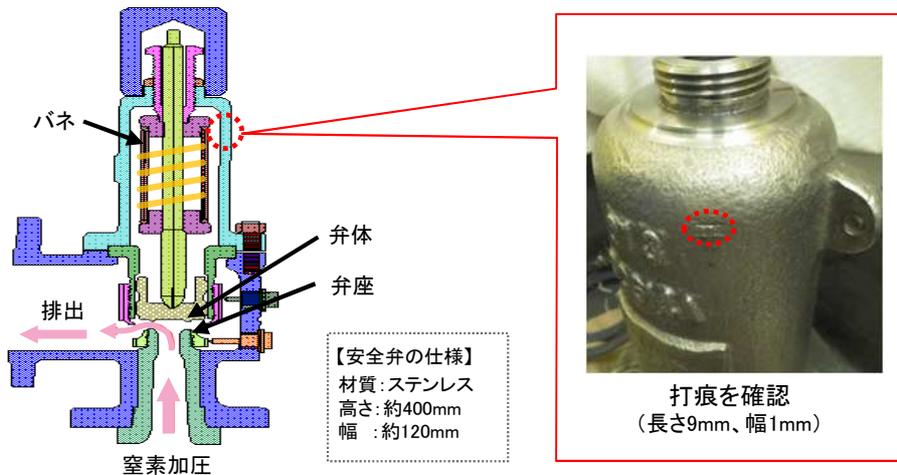
事象概要



<アキュムレータの機能概要>



<安全弁拡大図>



原因

今回の定期検査状況を確認した結果、当該弁近傍で足場設置等の作業が行われており、確認された打痕は作業で使用した資機材が接触したことにより生じた可能性があることが判明しました。

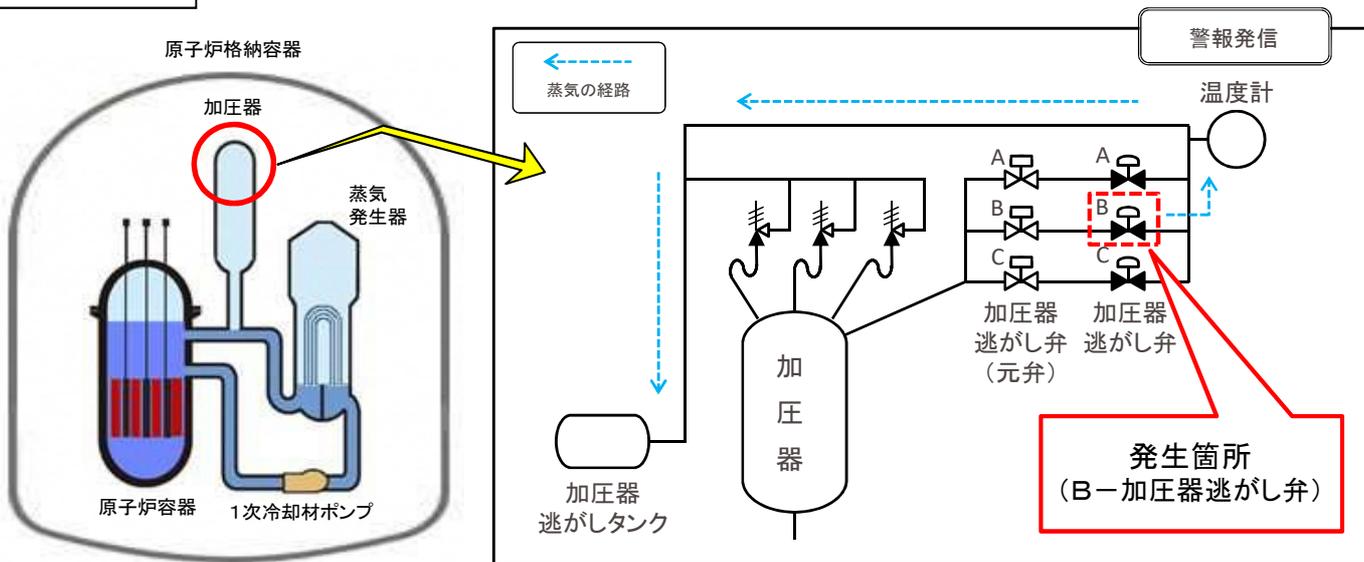
当該弁に衝撃が加わった場合、弁体にずれが生じ、作動圧力が変動する可能性があることから、当該弁に資機材が接触したことで作動圧力が変動し、本来作動すべき設定値より低い値で作動した結果、Aアキュムレータの圧力が低下したものと推定しました。

対策

対策として、当該弁の手入れや漏えい検査等を行い復旧しました。また、安全弁への接触に関する注意事項を社内マニュアルに反映するとともに、協力会社へ本事象を説明し注意喚起を図りました。さらに、今回の定期検査において、足場設置等の作業を実施したエリアを対象に、資機材が接触する可能性のある全ての機器の外観点検を実施し、機能・性能に影響を及ぼすような打痕等がないことを確認しました。

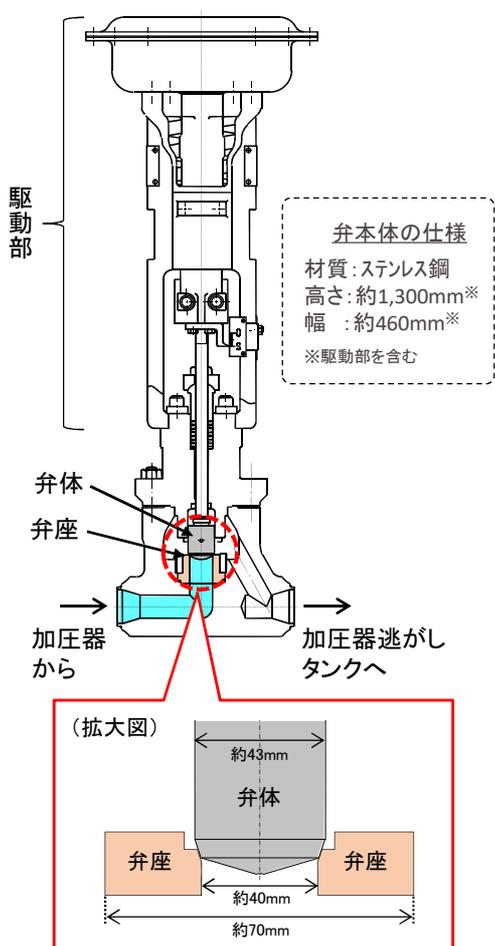
高浜発電所4号機 B-加圧器逃がし弁の出口温度上昇について

発生箇所

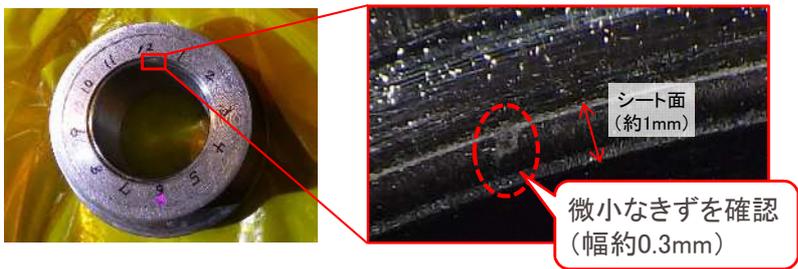


B-加圧器逃がし弁の確認結果

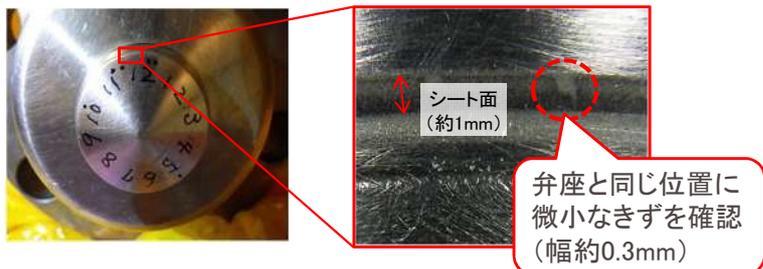
<加圧器逃がし弁(横断面図)>



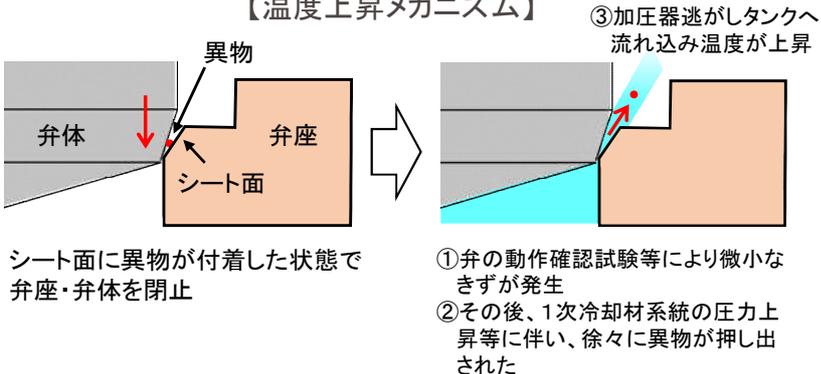
<弁座シート面の写真>



<弁体シート面の写真>



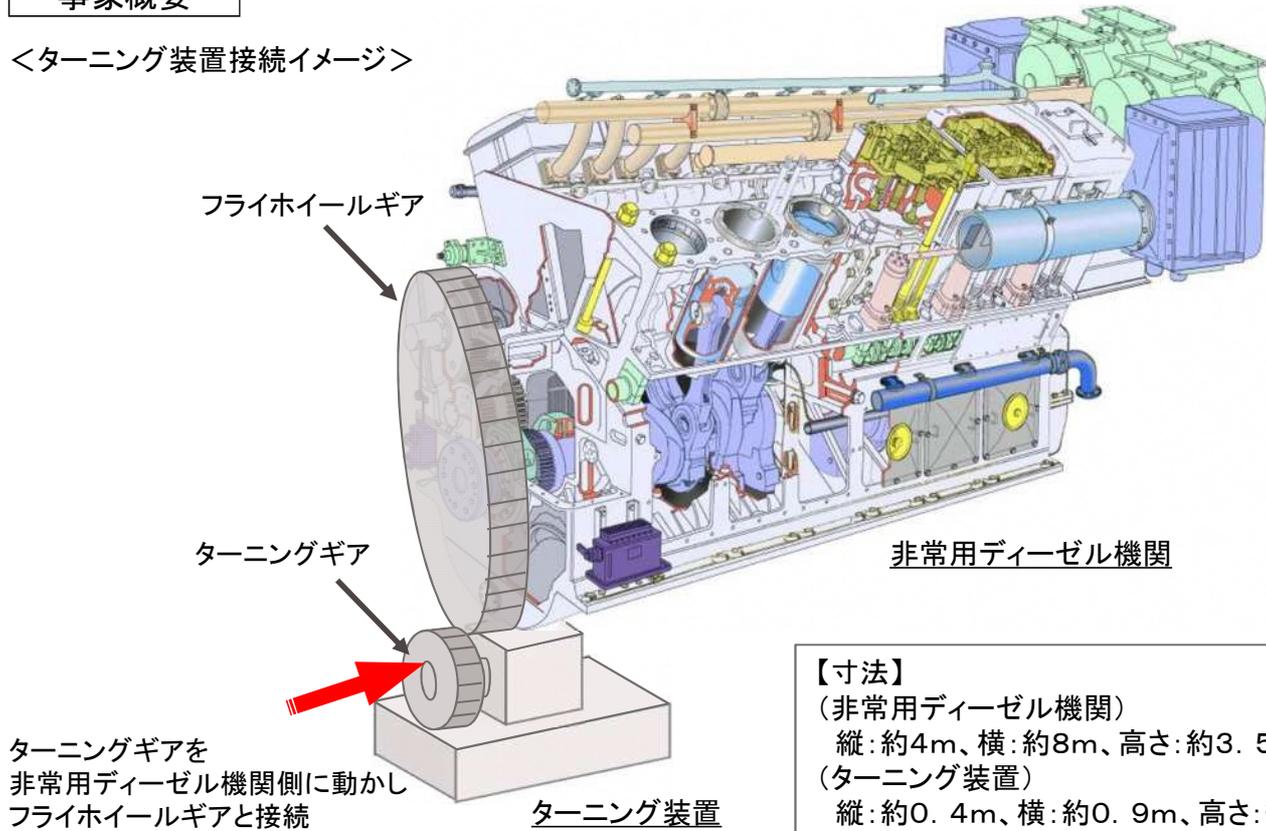
【温度上昇メカニズム】



高浜発電所3、4号機の運転上の制限の逸脱について

事象概要

<ターニング装置接続イメージ>



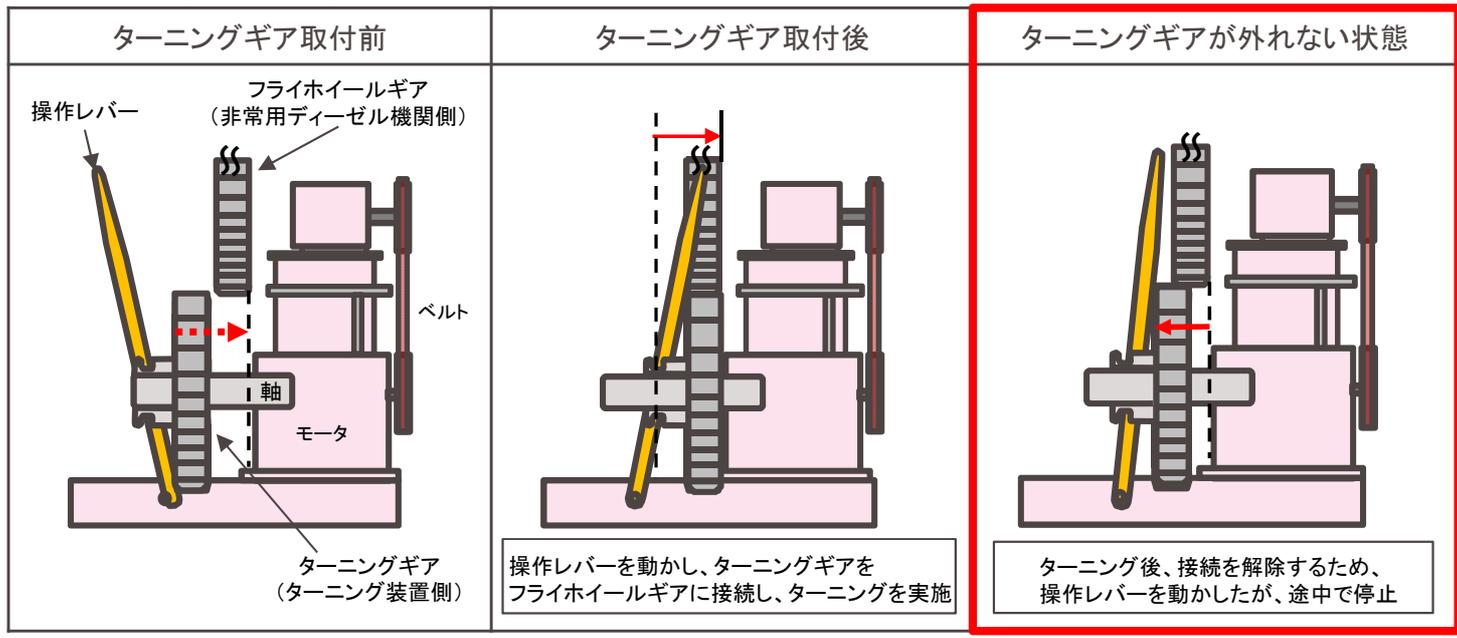
【寸法】

(非常用ディーゼル機関)
 縦:約4m、横:約8m、高さ:約3.5m
 (ターニング装置)
 縦:約0.4m、横:約0.9m、高さ:約1m

【ターニングの目的】

非常用ディーゼル機関の潤滑油膜の保持等のため、外部モータを駆動源とする装置を接続し、非常用ディーゼル発電機の回転軸をゆっくりと回転させるもの(5日に1回実施)。

<ターニング装置動作概要>



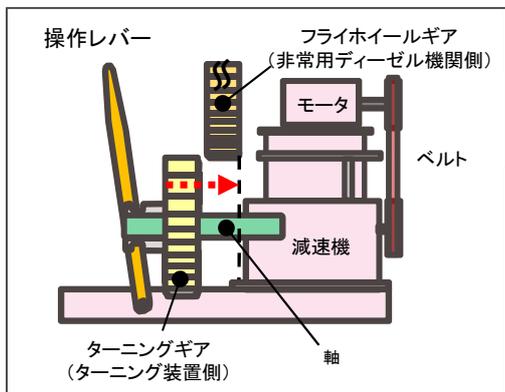
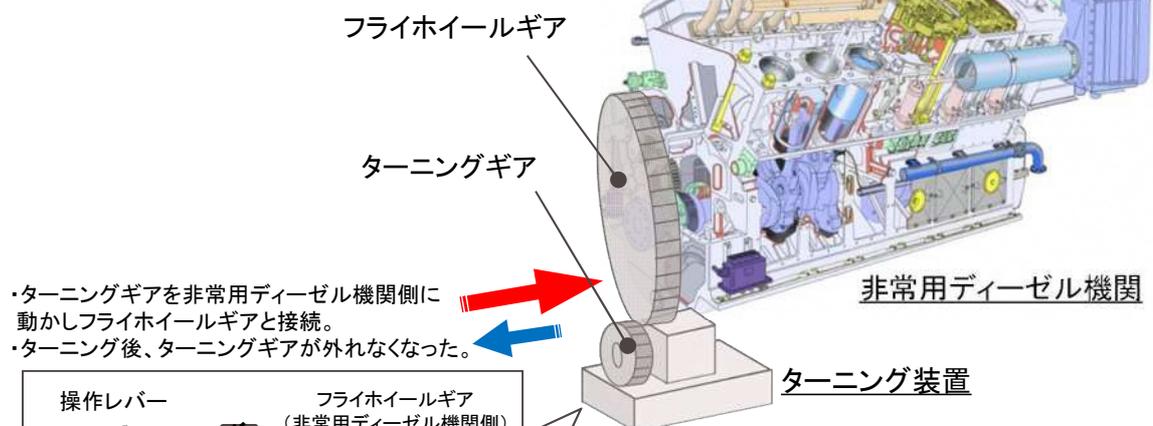
原因

現在、原因について、調査を行っています。

高浜発電所3、4号機の運転上の制限の逸脱について

事象概要

<ターニング装置接続イメージ>



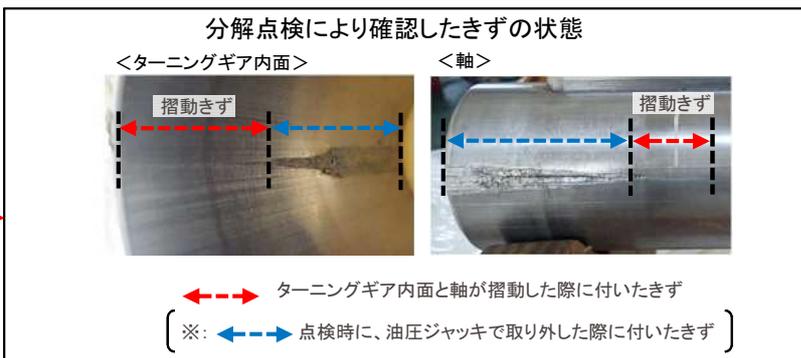
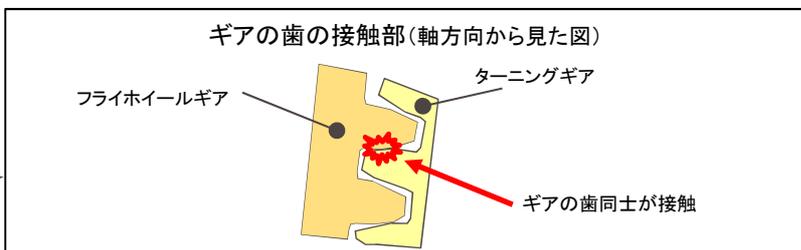
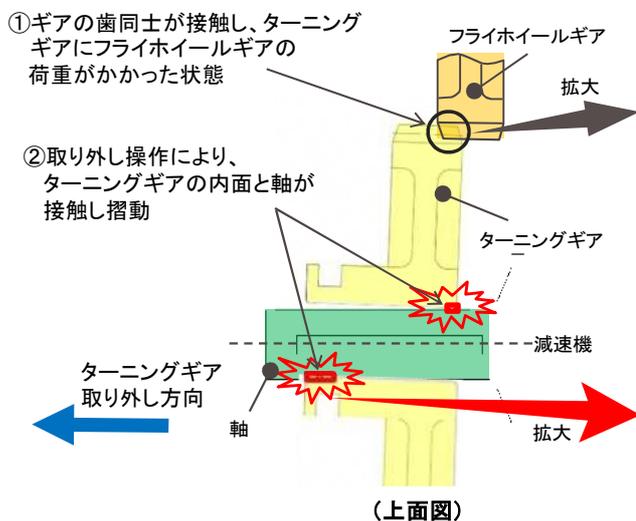
【寸法】

(非常用ディーゼル機関)
 縦: 約4m、横: 約8m、高さ: 約3.5m
 (ターニング装置)
 縦: 約0.4m、横: 約0.9m、高さ: 約1m

【ターニングの目的】

非常用ディーゼル機関の潤滑油膜の保持等のため、外部モータを駆動源とする装置を接続し、非常用ディーゼル発電機の回転軸をゆっくりと回転させるもの(5日に1回実施)。

<推定メカニズム>



原因

ターニングギアとフライホイールギアの接触により荷重がかかった状態でターニングギアの取り外し操作を行ったことで、ターニングギア内面と軸が接触し、発生した微小な金属片がターニングギアと軸の間に噛み込みターニングギアが外れなくなったと推定しました。

対策

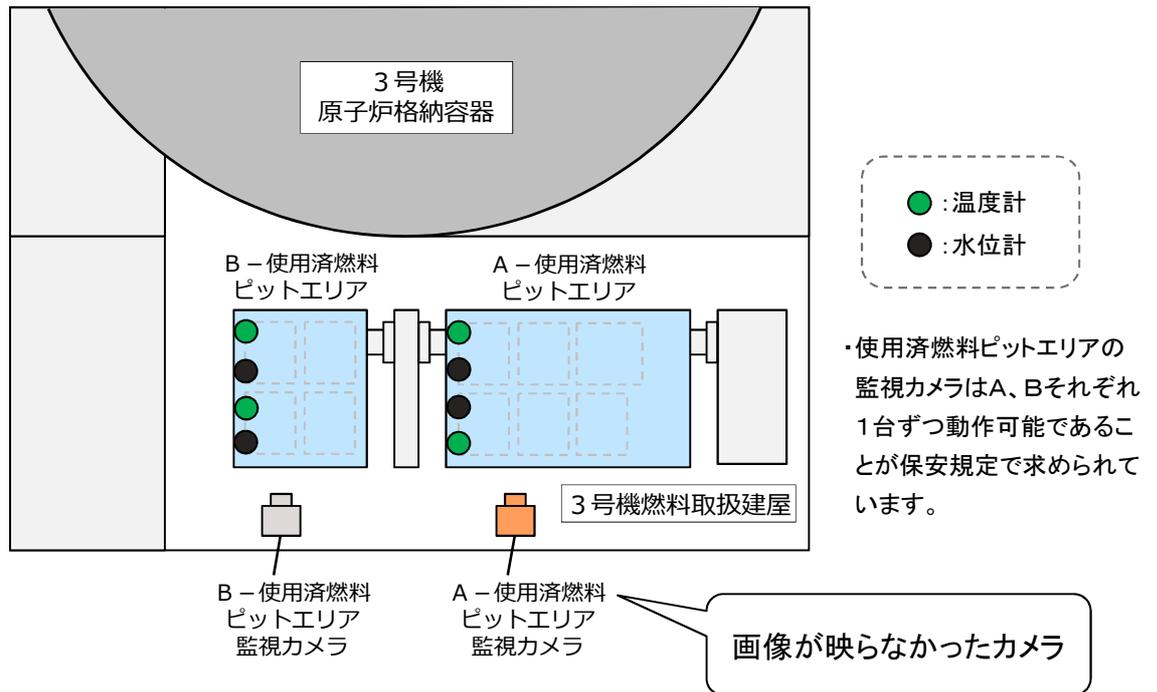
ターニングギアを取り外す際には、ターニングギアとフライホイールギアが接触していないことを確認するために、事前にターニングギアとフライホイールギアの隙間をライトを用いて確認する手順を追加します。

高浜発電所3号機の運転上の制限の逸脱について (使用済燃料ピットエリア監視カメラの不調)

事象概要

- ・使用済燃料ピットには、通常時および重大事故等時に水位・温度を監視するため、水位計や温度計を設置しています。更に赤外線機能による監視手段として、使用済燃料ピットエリア監視カメラ(以下、監視カメラ)を設置しています。
- ・監視カメラの動作確認(月1回)を実施したところ、2台(A、B)のうち1台(A)の画像が映らないことを確認しました。この際、水位計および温度計による監視は継続しており、使用済燃料ピット水の状態に異常はありませんでした。

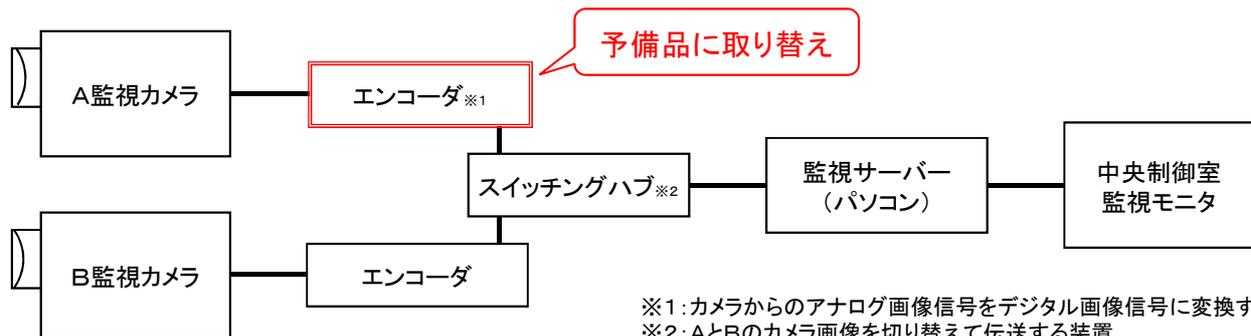
<現場概要図>



調査結果

- ・A監視カメラ本体やスイッチングハブ等に異常はなく、エンコーダの異常であることを確認したため、予備品に取り替えました。

<監視カメラシステム構成図>

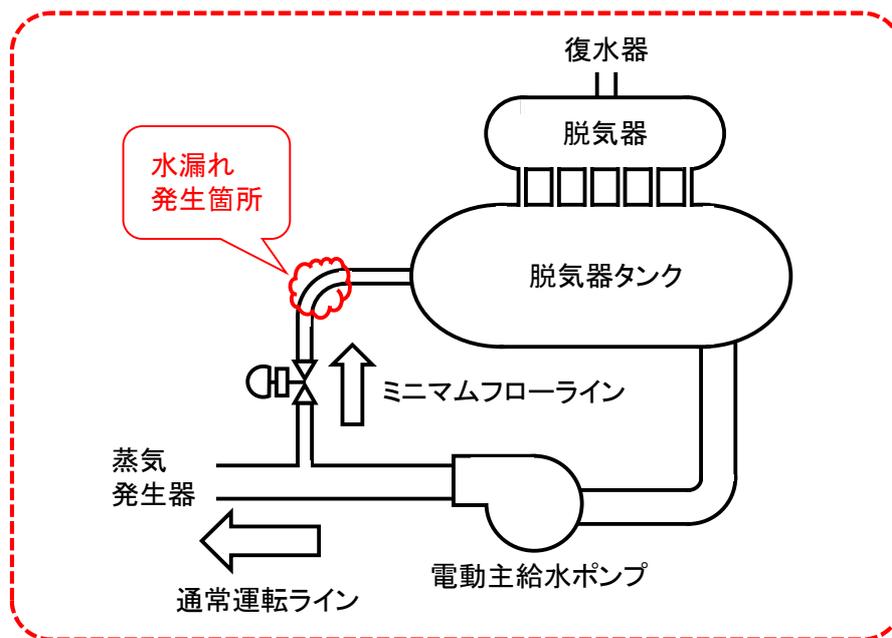
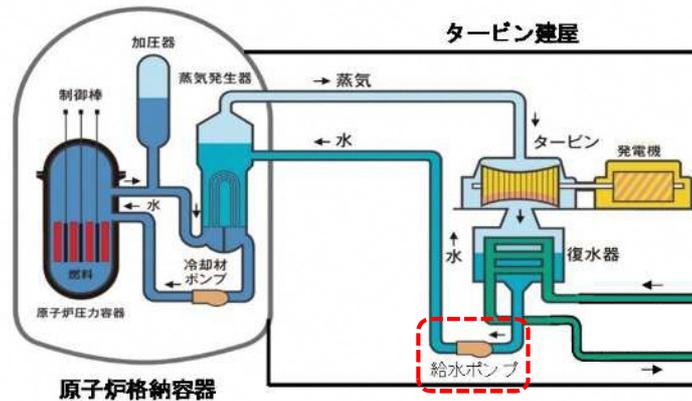


大飯発電所4号機の定期検査工程の変更について (電動主給水ポンプミニマムフロー配管からの僅かな水漏れ)

事象概要

- 第18回定期検査において、原子炉起動に向けた準備中、2次冷却系統の水質調整のために電動主給水ポンプを起動したところ、電動主給水ポンプミニマムフロー配管から僅かな水漏れを確認しました。

<系統概要図>



推定原因

当該配管を切り出し、配管の内面を調査した結果、局所的に凹凸が認められたことから、エロージョンにより侵食され、水漏れが発生したと推定しました。

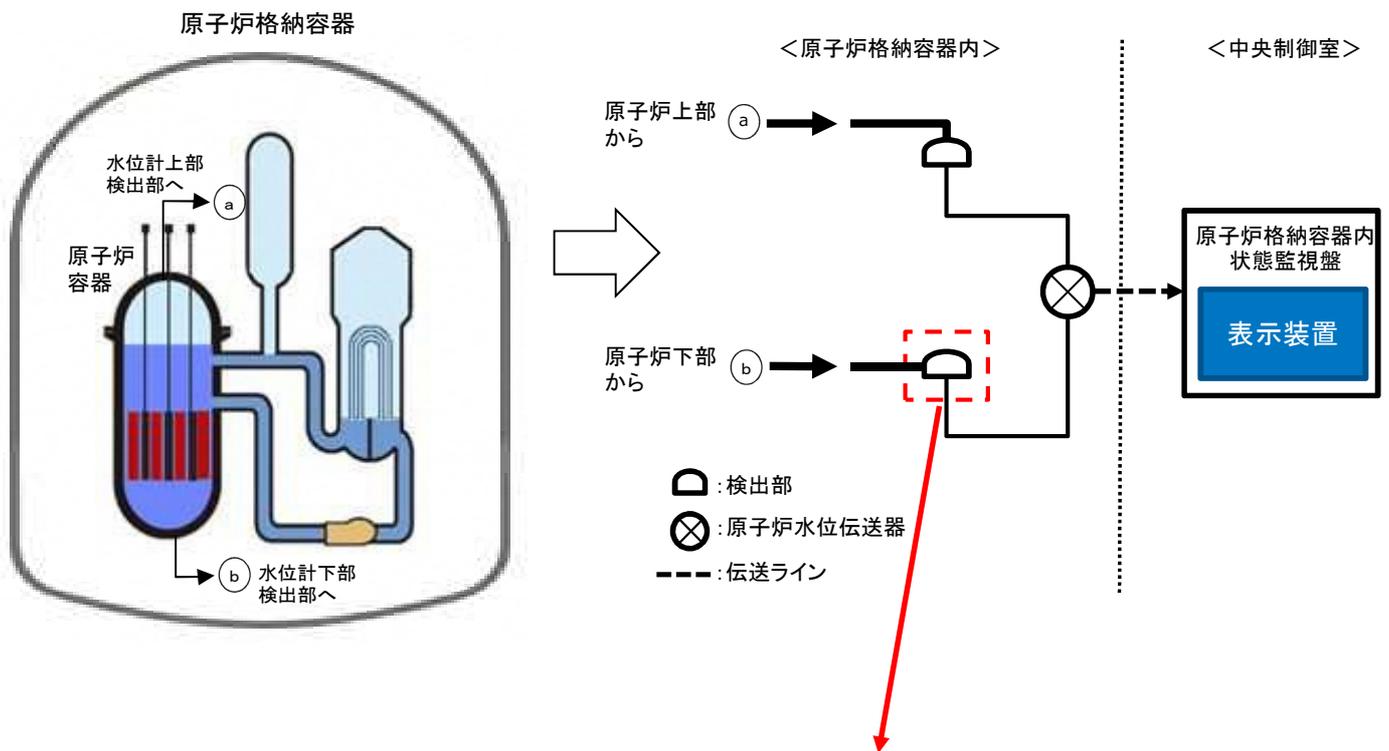
対策

当該配管を取り替えます。また、今回の事象を踏まえ、類似箇所について確認を行い、当該箇所を含む必要な箇所について、継続的に管理を行います。

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)

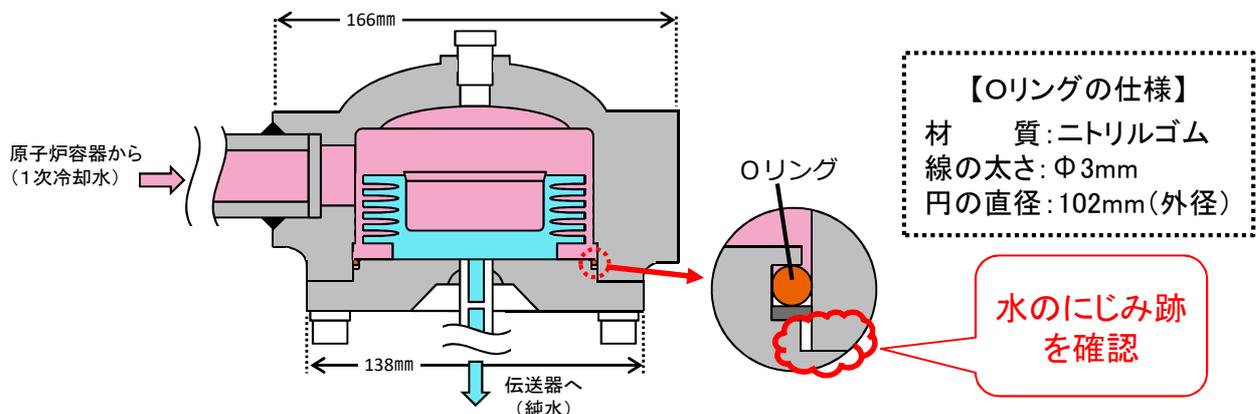
事象概要

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）>

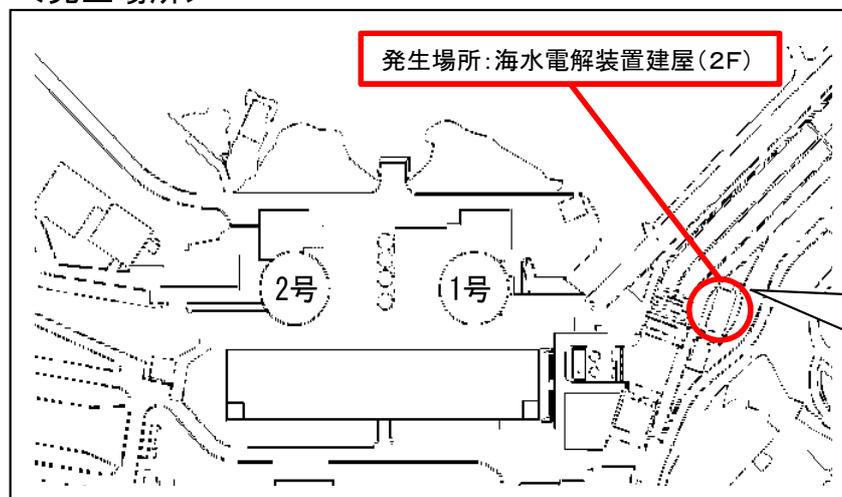
原子炉の上部と下部の圧力を2カ所の検出部で検出、伝送器に伝え、その圧力差により水位を測定



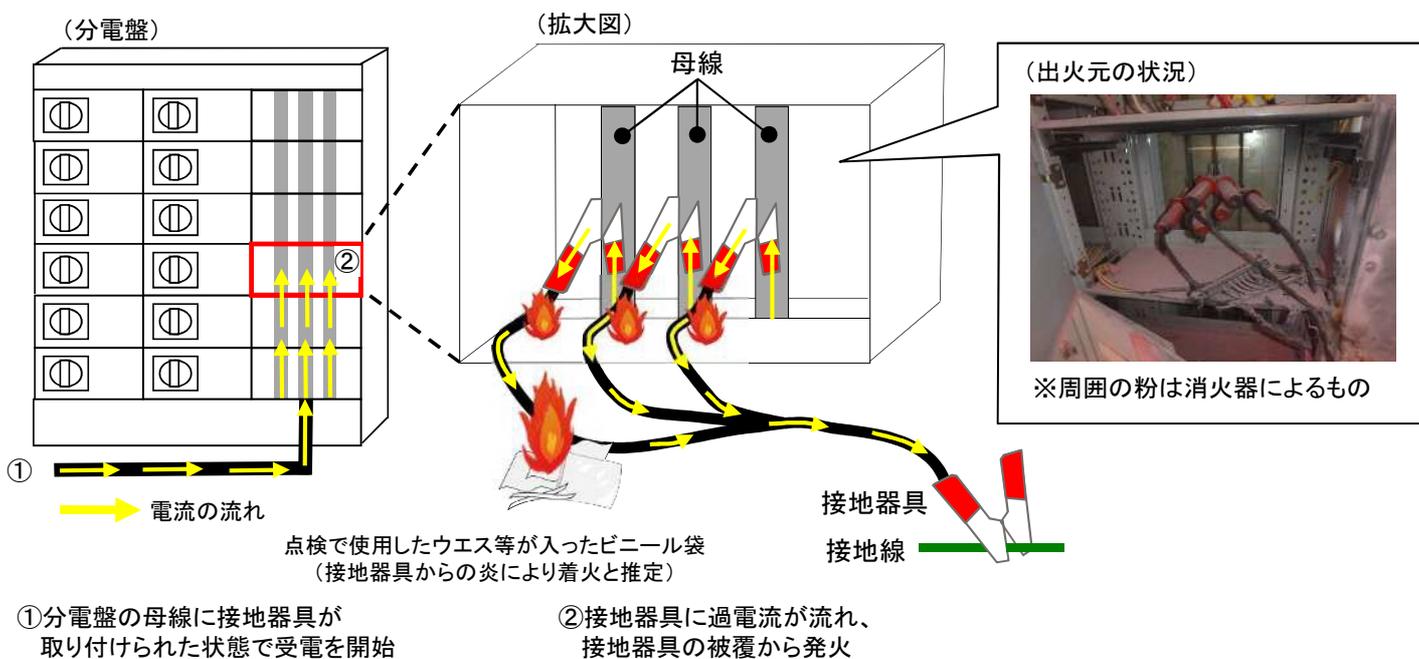
高浜発電所1、2号機 海水電解装置建屋における火災について

事象概要

<発生場所>



<発生状況図>



推定原因

点検作業の完了後、電源を復旧する際は、作業要領に基づき、協力会社の設備委託員および作業責任者が立会のうえ、分電盤の母線から接地器具が取り外され、受電できる状態であることを確認する手順となっています。しかしながら、今回その確認を実施しておらず、接地器具が取り付けられた状態で受電を開始していました。このため、火災に至った原因は、分電盤の母線に取り付けられた接地器具に過電流が流れ、接地器具の被覆から発火したことによるものと推定しました。

対策

設備委託員および作業責任者は作業要領を都度確認するとともに、安全確保上重要な作業では立会確認を行う等の基本的な行動を再徹底するよう、当社が設備の保守管理を委託する協力会社に対し、指導および教育を実施しました。今後、基本的な行動が遵守されているか等を当社社員が現場で確認します。

また、発電所で業務を行う全ての協力会社に対し、今回の事象を周知し、作業要領通りに作業を行うことを再徹底するよう注意喚起しました。