

【資料1】  
滋賀県原子力安全対策連絡協議会  
令和4年（2022年）12月27日



# 原子力発電所の運転状況、 トラブルおよび対応状況について

2022年12月27日

# 1. 発電所の状況

# 運転中および再稼動中プラントの状況

発電所	～2021年度	2022年度 <b>現時点</b>	2023年度	2024年度
美浜 3号機	▼6/29並列 第25回 定期検査	▼10/23解列 第26回 定期検査 ★10/25特重設置期限 ▼7/28特重運用開始	10月 12月 第27回 定期検査	2月 第28回 定期検査
高浜 3号機	▼3/1解列 第25回 定期検査	▼7/26並列 ★9/22～11/17特別点検実施	9月 12月 第26回 定期検査	1月 未定 第27回 定期検査
高浜 4号機	▼4/15並列 第23回定期検査	▼6/8解列 ▼11/6並列 第24回 定期検査 ★9/22～11/17特別点検実施	12月 4月 第25回 定期検査	
大飯 3号機	▼7/5並列 第18回 定期検査	▼8/23解列 ▼12/18並列 第19回 定期検査 ★8/24特重設置期限 ▼12/8特重運用開始	2月 4月 第20回 定期検査	
大飯 4号機	▼3/11解列 第18回 定期検査	▼7/17並列 ★8/24特重設置期限 ▼8/10特重運用開始	8月 11月 第19回 定期検査	12月 2月 第20回 定期検査
高浜 1号機	▼2011/1/10解列 第27回 定期検査 ★6/9特重設置期限		6月 ▼5月頃特重運用開始	4月 7月 第28回 定期検査
高浜 2号機	▼2011/11/25解列 ▼2022.1安全性向上対策工事完了 第27回 定期検査 ★6/9特重設置期限		7月 ▼6月頃特重運用開始	9月 11月 第28回 定期検査 ※定期検査：解列～並列

▼：実績  
▽：予定

## 2. 至近のトラブル

## 至近のトラブル一覧

- 令和3年度 滋賀県原子力安全対策連絡協議会（R3.12.22開催）以降に発生した安全協定上の異常時連絡対象のトラブルは7件。
- それぞれについて、原因を調査し、必要な対策を実施している。

発生日	発電所	件名	INES 評価※
2022.3.30	高浜3号機	蒸気発生器伝熱管の損傷	0
2022.7. 8	高浜4号機	蒸気発生器伝熱管の損傷	0
2022.7.21	高浜3号機	タービン動補助給水ポンプフィルタ蓋部からの油漏れに伴う 運転上の制限の逸脱	法令報告 対象外
2022.8. 1	美浜3号機	A 封水注入フィルタ蓋フランジ部からの漏えい	法令報告 対象外
2022.8.21	美浜3号機	A アキュムレータ圧力低下に伴う運転上の制限の逸脱	法令報告 対象外
2022.10.21	高浜4号機	加圧器逃がし弁不調に伴う運転上の制限の逸脱	法令報告 対象外
2022.10.30	高浜3号機	A 非常用ディーゼル発電機ターニング装置不調に伴う 運転上の制限の逸脱	法令報告 対象外

参考1

参考2

参考3

5~6

7

参考4

参考4

# 美浜3号機 A封水注入フィルタ蓋フランジ部からの漏えい(1/2)

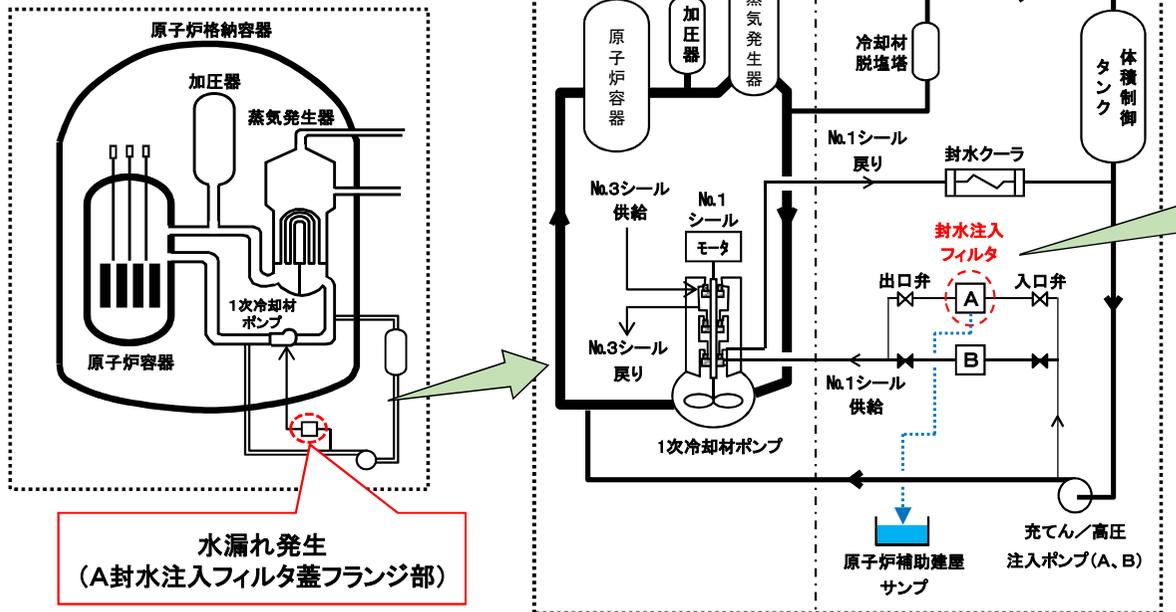
## <事象の概要>

- 8月1日10時57分に「封水注入流量低」警報が発信、現場を確認した結果、原子炉補助建屋内の封水注入フィルタ室付近の床面に、約10m×約1m×約1mmの水溜まりを発見したため、封水注入フィルタを使用していたA系統からB系統に切り替え、漏えいは停止。
- 漏えい水は原子炉補助建屋サンプに回収（約7m<sup>3</sup>）し、建屋外部への漏えいはなし。（放射エネルギーは約2.2×10<sup>6</sup>Bqと推定）

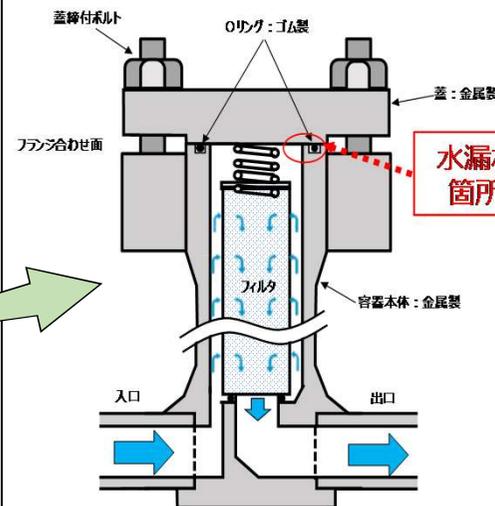
## <調査結果>

- 漏えいのあった当該フランジ部は、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た。
- 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あった。
- 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た。

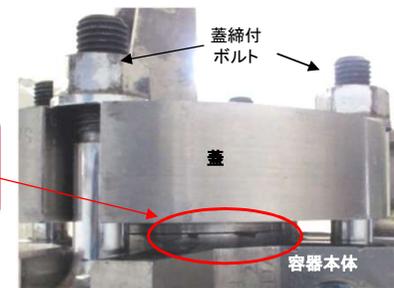
## <系統概略図>



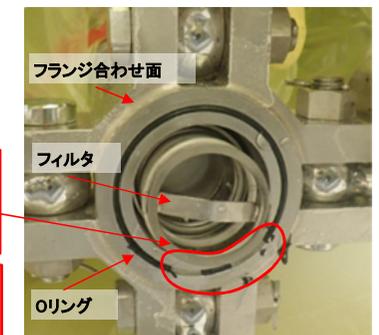
<封水注入フィルタの断面図>



<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>



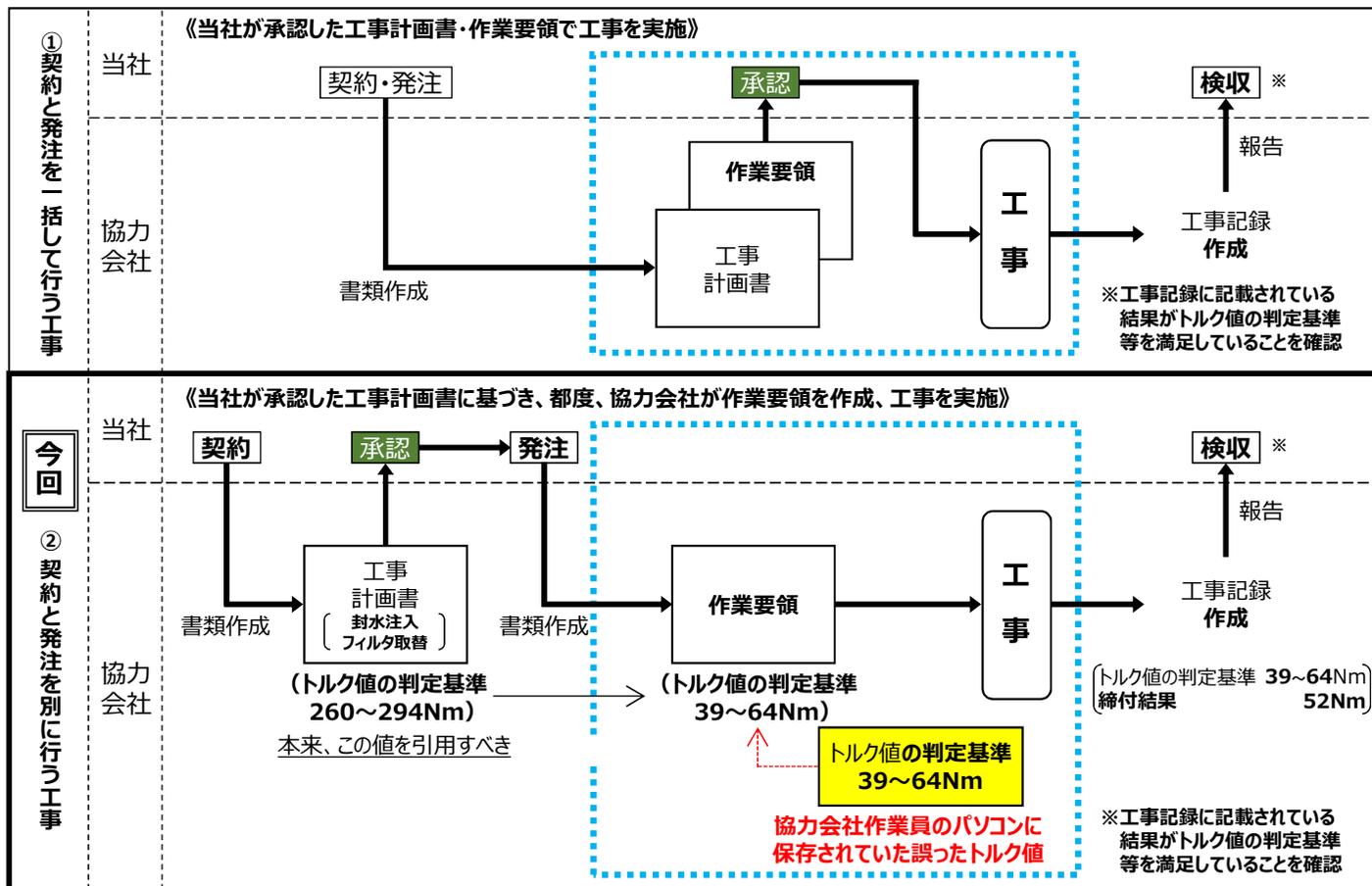
Oリングがフランジの周方向約4分の1の範囲で端面からはみ出しており、一部が破断

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

# 美浜3号機 A封水注入フィルタ蓋フランジ部からの漏えい(2/2)

## <契約・発注フロー>

- 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。



- 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。
- 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3号機 A・B封水注入フィルタ)

## <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、作業要領を工事実施前に確認する運用とした。
- 協力会社に対して、速やかに本事象を周知し、新たな運用の徹底を図った。さらに、中長期的には、定期検査ごとの説明会など、当社が協力会社に行う教育の場を通じて、ルールの遵守等について周知を図る。
- 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た。

## <事象の概要>

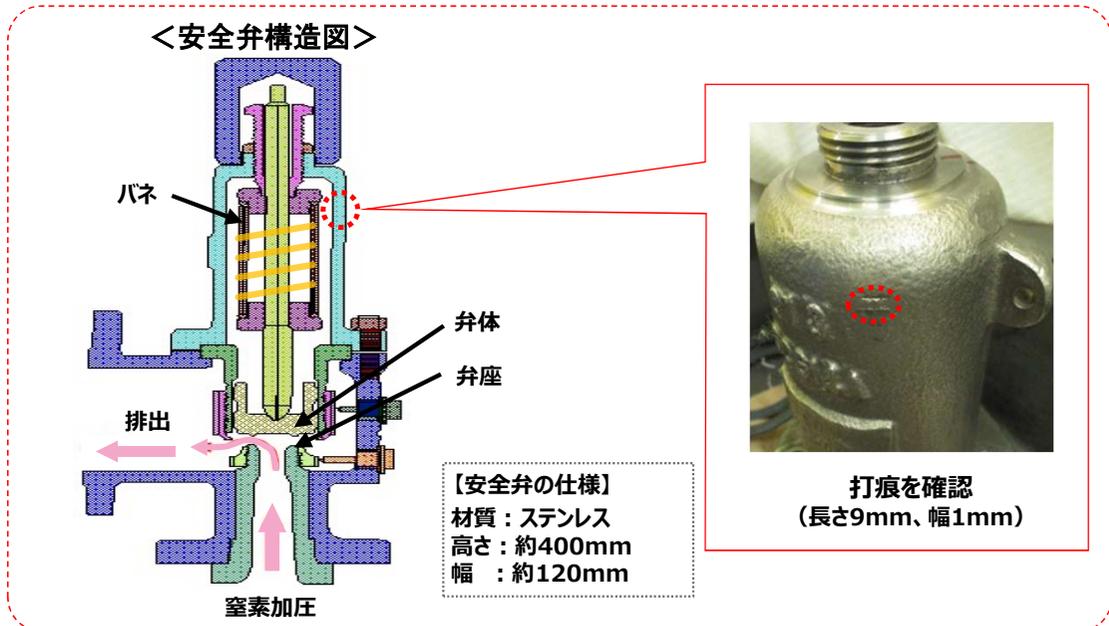
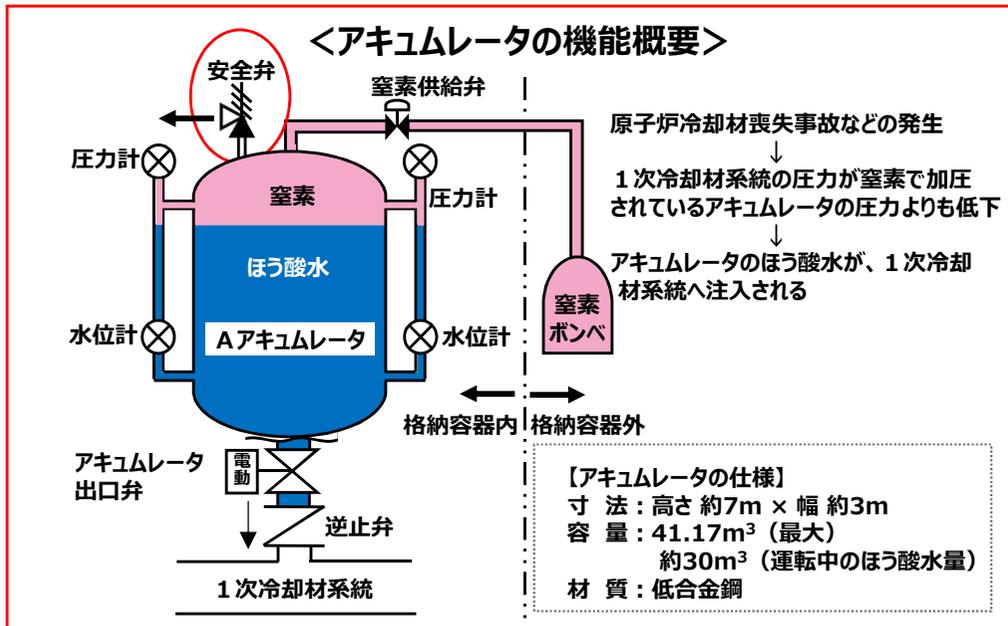
- 定期検査中の8月21日、「Aアキュムレータ圧力低」の警報が発信。関連パラメータから、Aアキュムレータ圧力が、保安規定に定める運転上の制限値4.04MPaを下回り、4.01MPaに低下していることを確認した。
- このため、同日16時54分に保安規定の運転上の制限を満足していない状態にあると判断した。その後、同日16時57分に圧力が4.052MPaに回復したことから、同制限を満足する状態に復帰した。

## <調査結果、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た。

## <対策>

- 対策として、当該弁の手入れを実施し、漏えい検査等により健全性を確認したうえで復旧した。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った。さらに、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、異常がないことを確認した。



# トラブルの再発防止対策

## 【再発防止対策：教育・研修の実施】

### ① ルール遵守等の周知

(対象) 関西電力（各課代表者）協力会社の所長クラスおよび作業責任者クラス

(内容) 基本的事項やトラブルにより改定したルールの遵守、過去トラブル事例の蓄積から作業管理に関連する内容について周知する。（定期検査開始前の説明会）

### ② 工事で扱う機器の重要性を再認識する機会の付与

(対象) 関西電力工事担当者、作業責任者、棒心および作業員

(内容) 以下の内容から、必要なものを選定してディスカッションを実施する。（作業計画書の読み合わせ時）

- ・工事対象機器および工事場所近傍機器の重要性に関する事項
- ・トラブル事例（過去トラブル事象や封水注入フィルタ蓋フランジ部からの漏えい事象、アキュムレータ圧力低下に伴うLCO逸脱事象など）のうち、作業管理に関する事項
- ・安全弁設置場所に関する事項 など

### ③ 協力会社との対話を通じた現場力向上

(対象) 関西電力および協力会社の社員

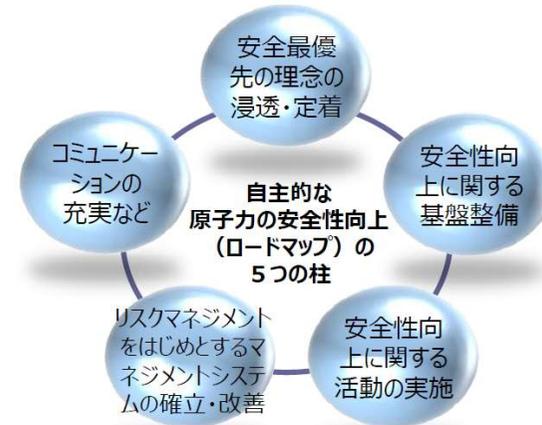
(内容) 現場での気付き事項を蓄積、共有する仕組みにより収集した情報（CAP）のうち、作業管理に関連した事例等を活用する。10/11に美浜発電所において、当社課長以上、協力会社所長クラス約40名が参加し、選択した事例の問題点や、本来であれば、どのように作業・管理する必要があったのか、などを議論した。

参加した協力会社の意見も踏まえ、今後、参加対象者、実施時期、頻度等について検討していく。

スケジュール : 美浜発電所にて2022/10より着手。順次、高浜・大飯でも教育を展開済み。

# (参考) 自主的な原子力の安全性向上 (ロードマップ) の取組み

- 当社は2004年8月の美浜3号機事故以降、「安全最優先」の事業活動を経営の最優先課題として、全社一体となって展開しています。
- 東京電力福島第一原子力発電所事故の反省と教訓を踏まえ、2014年6月に、自主的な原子力の安全性向上に向けた取組みをロードマップとしてとりまとめ、以降継続的に推進してまいりました。
- また、2017年5月にはロードマップで実現すべき目標 (ありたい姿) を設定し、5つの柱に基づき、取組みを進めております。
- 今後も規制の枠組みに留まることなく、原子力の安全性向上に全社一体となって、自主的・継続的に取り組んでまいります。



## 「5つの柱」と「ありたい姿」

Outline	原子力安全のありたい姿と3か年(2022~2024年度)の取組項目		
	ありたい姿	2022~2024年度ロードマップの取組項目	
「原子力発電の安全性向上への決意」に基づき、継続的・自主的な安全性向上のために必要となる仕組みの構築・取組みを推進することと、外部の知見等も活用し、確実に改善を図る。	5つの柱		
	1 安全最優先の理念の浸透および定着	経営層の安全最優先の理念に対する明確なコミットメントのもと、全社を挙げた理念等の浸透活動が展開され、原子力事業本部を含む本店と発電所、また当社と協力会社社員との間のコミュニケーションなどを通して、理念等が現場第一線にまで浸透・定着し、日々の活動において実践されている。	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆安全最優先の理念の共有</li> <li>◆原子力安全に対する経営のガバナンス強化</li> <li>◆安全文化の発展</li> </ul>
	2 安全性向上に関する基盤整備	安全の基礎となる安全を支える人材を継続的に育成するとともに、環境の変化に応じて、柔軟に組織・体制の整備や設備投資を行うなど、経営資源を適切に投入することで、安全最優先の事業運営基盤の維持・向上を図っている。	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆資源の充実</li> <li>- 人材育成</li> <li>- 体制整備</li> </ul>
	3 安全性向上に関する活動の実施	安全性向上のために国の定める規制基準の枠組みに確実に対応することに留まらず、世界最高水準の安全性実現に向け、事故の発生、進展、拡大を防止する対策の充実、および万が一に備える事故時対応能力の向上に向けた諸施策を自主的・継続的に実施している。	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆稼働プラントの自主的安全性向上対策の推進</li> <li>◆事故時対応能力向上のための防災訓練の実施</li> </ul>
	4 リスクマネジメントをはじめとするマネジメントシステムの確立・改善	安全性向上のために必要となる運用管理や有効性の評価システムに加え、オーバーサイトの仕組みや国内外の情報を活用することで、マネジメントシステムを継続的に改善している。	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆リスクマネジメントシステムの継続的な改善</li> <li>◆リスク管理・評価等のツールの整備・改善</li> <li>◆その他マネジメントシステムの確立・改善</li> <li>◆客観的評価・外部知見等の活用</li> </ul>
5 コミュニケーションの充実等	社会の皆さまとのコミュニケーション活動を通じて、原子力に係るリスク認識等を共有し、頂いたご意見を事業運営に反映することで、安全性向上を図っている。地域に根ざした事業運営を行うことで、立地地域をはじめとした社会の皆さまとの信頼関係の維持・向上を行っている。	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆リスクコミュニケーションの推進</li> </ul>	

取組みの一環として、協力会社との双方向のコミュニケーションを実施し、協力会社とのパートナーシップの構築と、連携の強化を図っています。



コミュニケーションの様子 (大飯発電所)

自主的な原子力の安全性向上 (ロードマップ)  
2022年度上期の進捗状況および2022年度下期以降の計画について

2022年11月28日  
関西電力株式会社

取組み状況は適宜公表しています。

詳しい情報はこちら

安全性向上に対する当社の姿勢、これからのアクション



## <事象の概要>

2022年4月21日に公表された三菱電機製変圧器の製作時工場試験における不適切行為について、三菱電機より当社原子力発電所変圧器において不適切行為が確認されたとの報告を受けた（更に2022年5月25日、10月20日に、不適切行為が新たに確認されたとの報告を受けた）。

当社原子力発電所に納入実績のある変圧器で、不適切行為が確認された変圧器は14台であった。

## <不適切行為の内容>

### 【4月21日公表】

- ・耐電圧試験において、民間規格要求で規定された電圧値より低い電圧で試験を実施。  
試験成績書には、民間規格要求で規定された試験電圧値を記載。

### 【5月25日公表】

- ・耐電圧試験において、民間規格要求で規定された電圧印加時間より短い時間で試験を実施。  
試験成績書には、民間規格要求で規定された試験時間を記載。

### 【10月20日公表】

- ・関西電力が独自要求した電位分布測定において、測定を未実施。  
試験成績書には、別途実施していたシミュレーション結果をもとに測定結果を記載。
- ・関西電力独自要求である長時間温度試験において、当社合意の試験時間よりも短い時間で実施。  
試験成績書には、当社合意の試験時間を記載。

## <要求事項の内容>

### 【法令要求】

安全確保上必要な安全上の性能のみを確保するもの。

### 【民間規格要求】

安全確保上必要な具体的手段・材料・方法等を規定し安全上の性能を確保するもの。

### 【関西電力独自要求】

製造工程での手戻りを防止したり、設置後の運用を想定した追加試験。

## <当社の確認状況>

- 原子力発電所に設置する変圧器は、短絡・地絡等の事故発生を防止するため高い絶縁性能を有することが法令（電気設備技術基準）で要求されている。
- この絶縁性能を確認するための試験方法が民間規格で定められており、加えて、当社独自での試験方法も要求している。
- 今回の事案は、民間規格要求や当社独自要求で定める試験方法を一部満たしていないものであったが、不適切行為が確認された14台の変圧器について詳細に調査した結果、法令（電気設備技術基準）で要求される水準以上の絶縁性能を有していることを確認した。さらに、追加で行った点検（絶縁油の分析）においても異常のないことを確認している。
- 当社では、これまでより日常の巡視・点検にて設備の健全性確認および毎年実施している変圧器内部の油の分析や絶縁抵抗測定等によって異常がないことを確認しており、現時点で不具合は発生しておらず、健全性（絶縁性能）は確保されていると判断し、その結果を経済産業省および原子力規制庁へ報告している。
- 今後も継続して保全活動を行い設備の健全性確保を実施する。

## <補足説明>

変圧器…交流電力の電圧を変換する設備

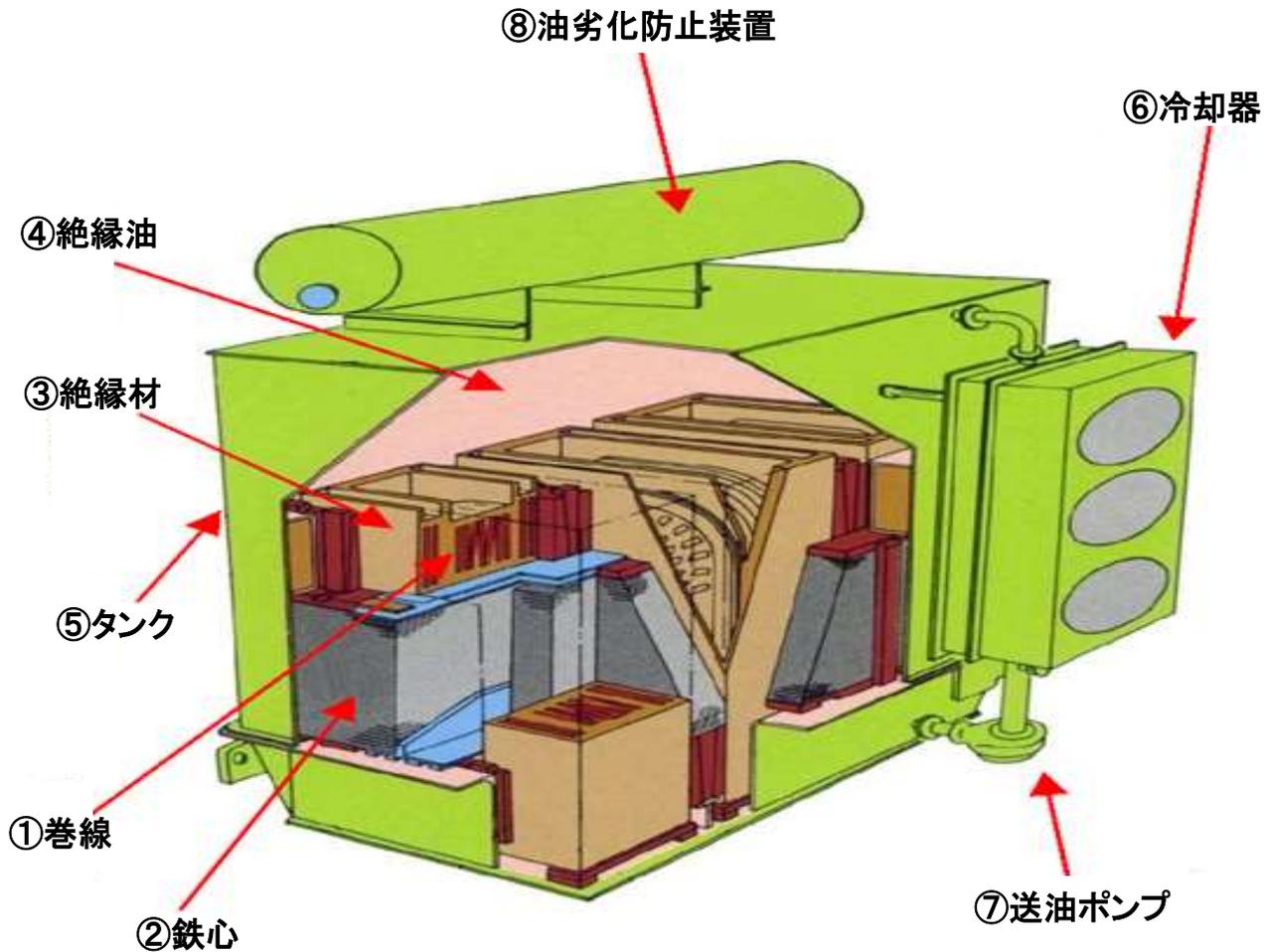
耐電圧試験…定格電圧以上の電圧にて絶縁性能を確認する試験

電位分布測定…変圧器内部への雷侵入に対する絶縁設計確認のための測定（当社独自要求）

長時間温度試験…長時間（12時間）に変圧器定格電流を通電し絶縁性能を確認する試験（当社独自要求）

電気設備技術基準…原子力発電工作物に係る電気設備の技術基準

## <変圧器概要図>



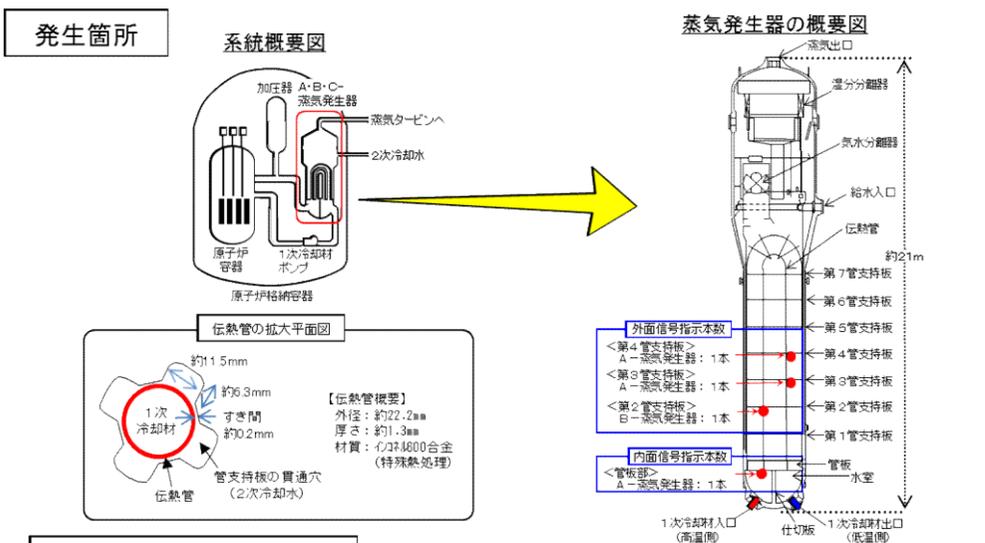
## <部位の説明>

- ①巻線  
巻数の異なる1次巻線と2次巻線で形成されており、変圧器が受電した際に通電される。
- ②鉄心  
1次巻線で発生した電気を電磁誘導作用により2次巻線に伝達する。
- ③絶縁材  
巻線および鉄心の絶縁性能を確保する。
- ④絶縁油  
巻線および鉄心を油に浸して冷却する。  
(巻線の絶縁性能低下に伴う過熱・放電が発生した場合は絶縁油内部に特定の可燃性ガスが発生する)
- ⑤タンク  
金属製の箱状の形態で、主に巻線、鉄心、絶縁材、絶縁油を格納する。
- ⑥冷却器  
絶縁油を冷却する。
- ⑦送油ポンプ  
冷却器で冷やされた絶縁油をタンク内に送り循環させる。
- ⑧油劣化防止装置  
外気に触れずに呼吸作用(周囲の温度変化等による絶縁油の膨張および収縮)をする。

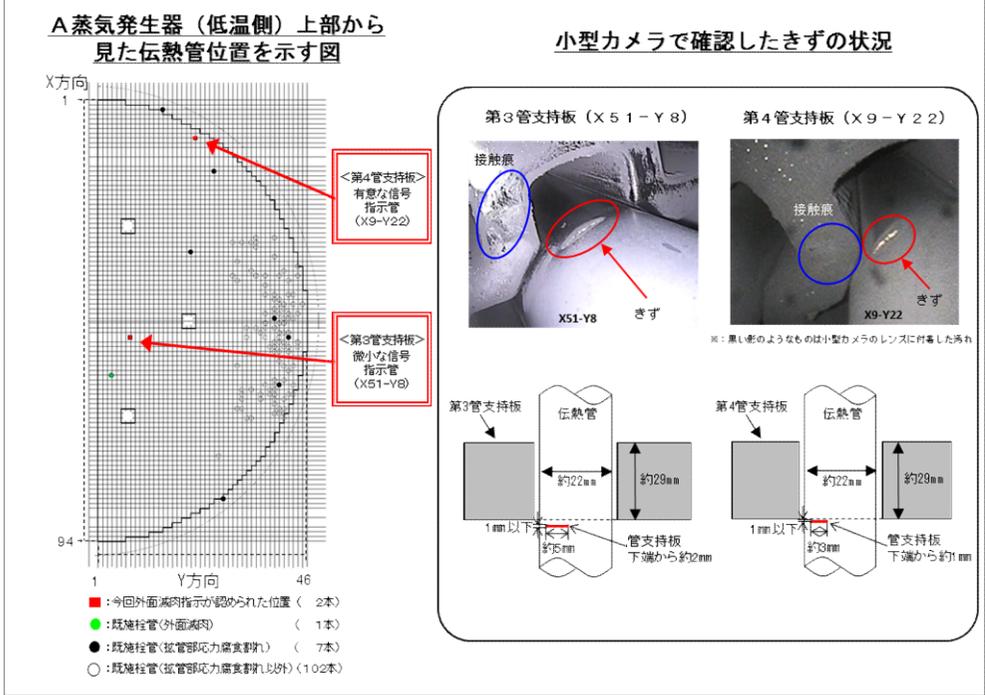
---

# 參考資料

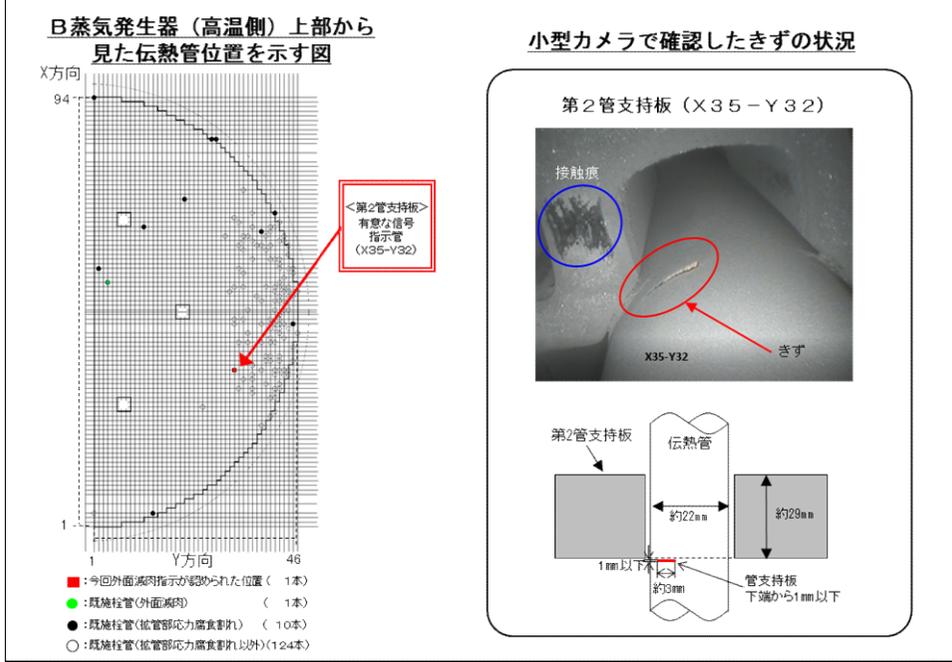
外面からの信号指示があった伝熱管の調査



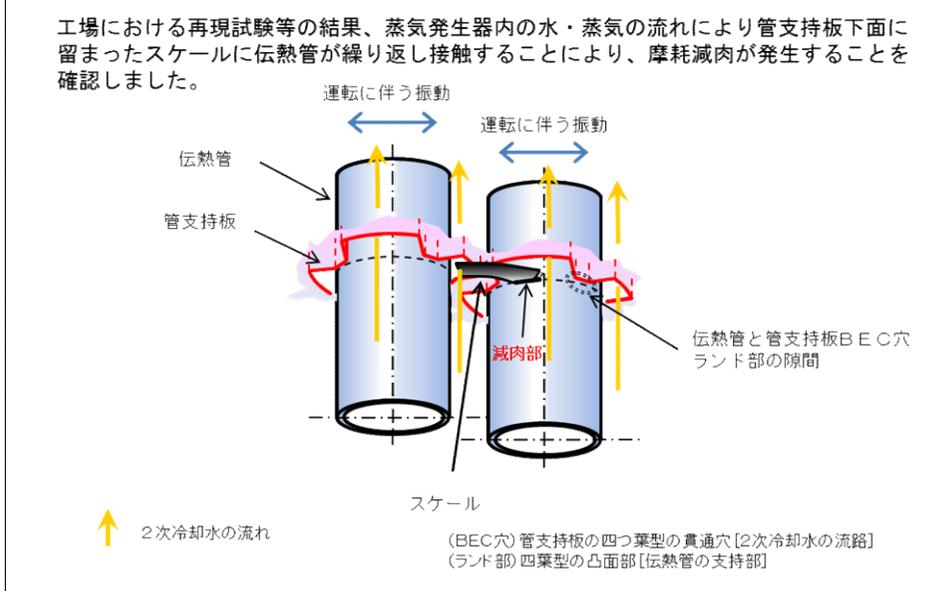
A蒸気発生器の調査



B蒸気発生器の調査



管支持板下面での減肉のメカニズム

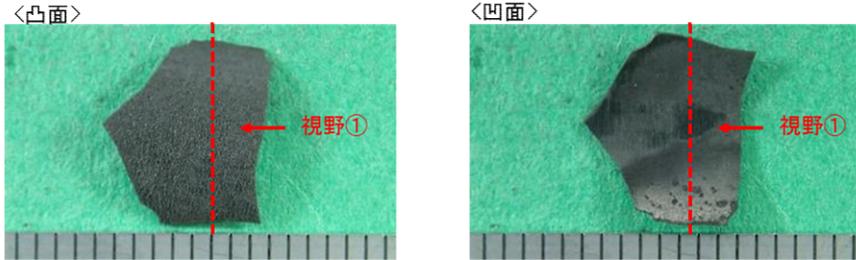


スケールの形状および伝熱管外表面の調査結果

スケールの形状調査結果

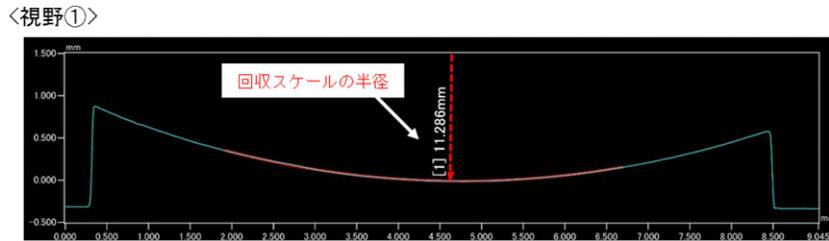
A、B、C 蒸気発生器の管板、第 1 管支持板および第 2 管支持板上等に残存しているスケールのうち、比較的大きなものを選定し、約 200 個を取り出したものの中から、スケールの形状調査を行いました。

A 蒸気発生器 第 2 管支持板上面（低温側）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 17mm、幅約 10mm  
長尺型で長さが最大のものは、長さ約 47mm、幅約 4mm

スケールを 3 次元測定器で計測した結果



直径約 22.3~22.6mm の円筒状に沿った形状で、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（低温側）

第 3 管支持板側



第 2 管支持板側

B 蒸気発生器（高温側）

第 2 管支持板側



第 1 管支持板側

C 蒸気発生器（高温側）

第 2 管支持板側

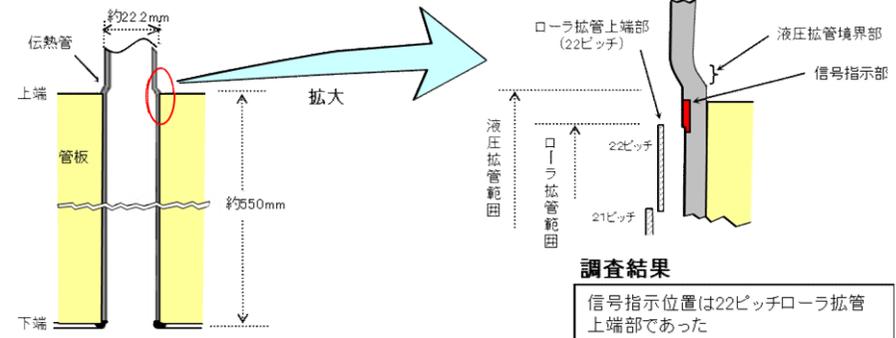


第 1 管支持板側

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。

内面からの信号指示があった伝熱管の調査

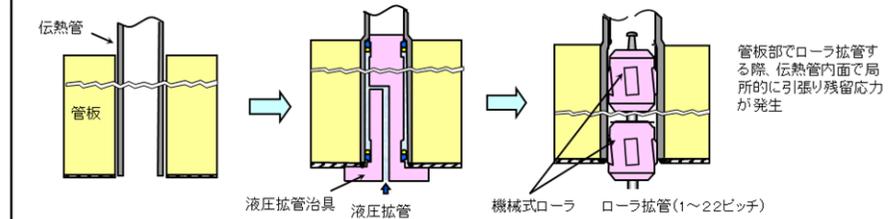
信号指示の位置



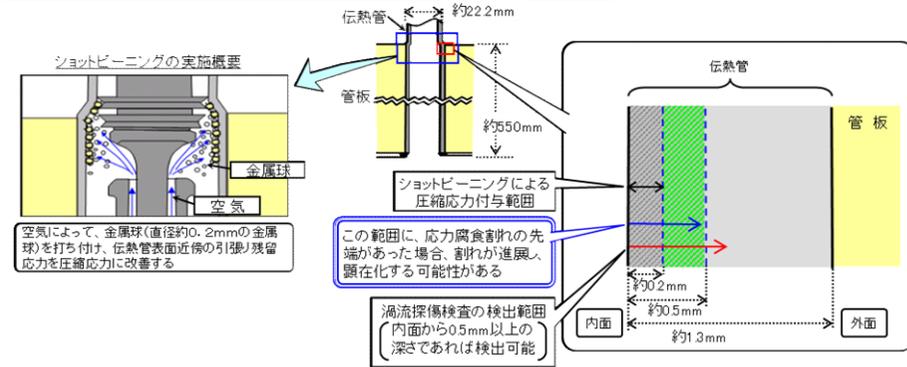
調査結果

信号指示位置は 22 ピッチローラ拡管 上部端部であった

蒸気発生器製造時の管板部の伝熱管拡管方法



ショットピーニングの効果と渦流探傷検査の検出範囲



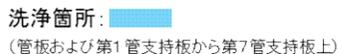
運転実績の調査

1 次冷却材の主要パラメータである温度、圧力、水質について調査を実施した結果、これまでの運転実績の中で、過大な応力を発生させる温度、圧力の変化はなく、水質も基準値の範囲内で安定していたことを確認しました。

原因は、蒸気発生器製造時に伝熱管内面のローラ拡管の際に生じた引張り残留応力と運転時の内圧および温度環境が相まって生じる応力腐食割れ（既往知見）であると推定しています。

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)

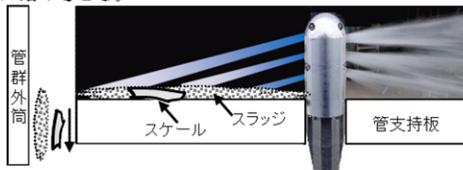
**STEP1: 第7~第3管支持板の洗浄**  
第7管支持板上ハンドホール(A)から装置を挿入し、高圧水を噴射することにより、上層の第7管支持板上から順に第3管支持板上までのスケール等を下層の管支持板へ落下させる。



**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。

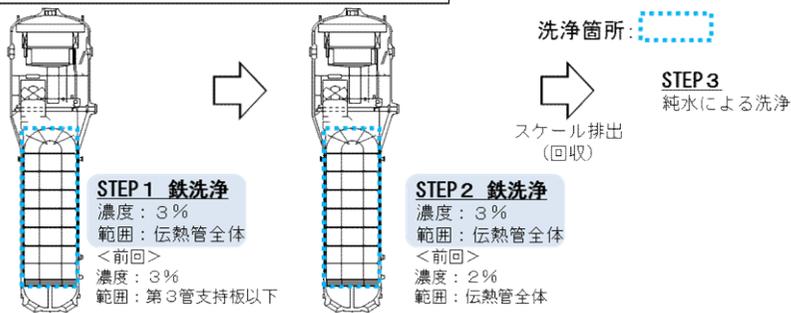


**STEP2-2: 第2, 1管支持板の洗浄(水平ノズルによる洗浄)**  
STEP2-1により管支持板上に移動させたスケール等を押し流し、管板に落下させる。



**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)

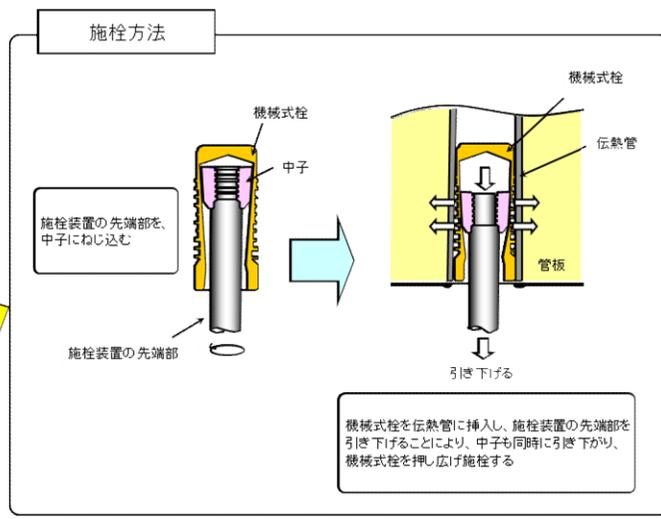
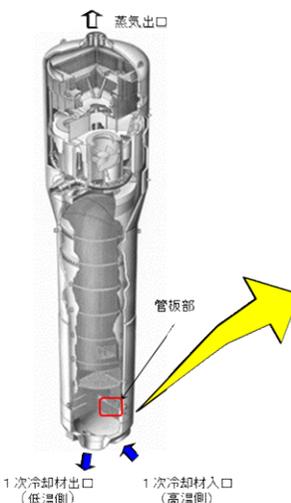


蒸気発生器伝熱管の施栓方法と施栓状況

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、使用しないこととします。

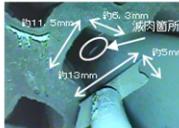
蒸気発生器の概要図



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
今回施栓予定	3	1	0	4
累積施栓本数 (応力腐食割れによる施栓本数) (外面減肉による施栓本数) [施栓率]	113 (8) (3) [3.4%]	136 (10) (2) [4.1%]	121 (7) (1) [3.6%]	370 (25) (6) [3.7%]

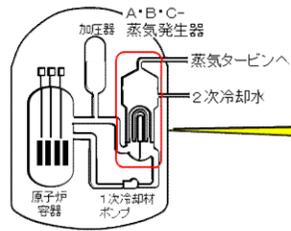
○蒸気発生器1基あたりの伝熱管本数: 3,382本  
○安全解析施栓率は10%  
(伝熱管の施栓率が10%の状態において、プラントの安全性に問題がないことが確認されている)

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	
3号機 第23回 (2018年8月～)	A-蒸気発生器:1本 (減肉率20%未満) 【第3管支持板】	減肉指示のあった箇所付近にスケールを確認。スケールの回収を試みたものの、破損したため、スケール以外の異物による減肉と推定し異物管理を徹底。	 <p>減肉箇所</p>
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】	きず近傍にスケールは確認されず。A-蒸気発生器器内に異物(ステンレス薄片)が確認されたものの、摩耗痕が確認されなかったため、異物は流出したものと推定。	 <p>異物(ステンレス薄片)</p>
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】	きず近傍にスケールは確認されず。AおよびB-蒸気発生器器内に異物(ガスケットフープ材)が確認され、そのうちの1つがきずの原因の可能性があり、その他の異物は流出したものと推定。	 <p>異物(ガスケットフープ材)</p>
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】	有意な信号指示があった1本の伝熱管の減肉箇所にスケールが確認され、スケールによる減肉と推定。その他3本の伝熱管についても、近傍の管支持板上で摩耗痕のあるスケールを回収。	 <p>減肉箇所(A-蒸気発生器)</p> <p>スケール</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>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れた稠密なスケールによるものと原因を推定。</li> <li>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。</li> </ul>			
3号機 第25回 (今回)	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】	小型カメラによる損傷箇所の調査に加え、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。	

外面からの信号指示があった伝熱管の調査

発生箇所

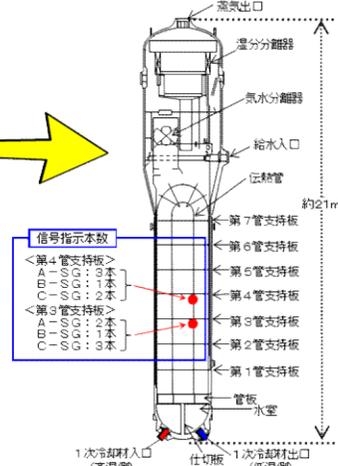
系統概要図



原子炉格納容器



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)
- : 既施設箇所(外面減肉) (1本)
- : 既施設管(並管部応力腐食割れ) (3本)
- : 既施設管(並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 (判定基準未満)

第4管支持板 (X84-Y9)

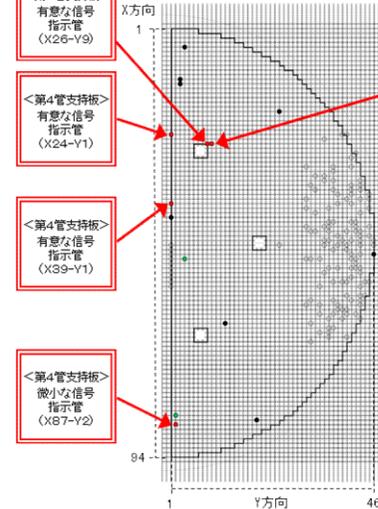


きずの深さ\*: 減肉率約48%

\*: 遠望探傷検査 (ECT) 結果による

A-蒸気発生器の調査

A-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  
(X26-Y9)

<第4管支持板>  
有意な信号  
指示管  
(X24-Y1)

<第4管支持板>  
有意な信号  
指示管  
(X39-Y1)

<第4管支持板>  
微小な信号  
指示管  
(X87-Y2)

<第3管支持板>  
有意な信号  
指示管  
(X26-Y10)

- : 今回外面減肉が認められた位置 (5本)
- : 既施設箇所(外面減肉) (2本)
- : 既施設管(並管部応力腐食割れ) (8本)
- : 既施設管(並管部応力腐食割れ以外) (129本)

小型カメラで確認したきずの状況

第3管支持板 (X26-Y9)



きずの深さ\*: 減肉率約83%

第3管支持板 (X26-Y10)



きずの深さ\*: 減肉率約40%

第4管支持板 (X24-Y1)



きずの深さ\*: 減肉率約25%

第4管支持板 (X39-Y1)



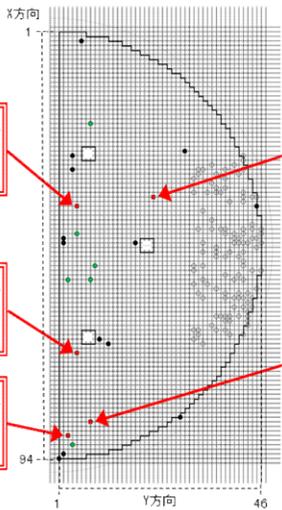
きずの深さ\*: 減肉率約47%

\*: 遠望探傷検査 (ECT) 結果による

C-蒸気発生器の調査

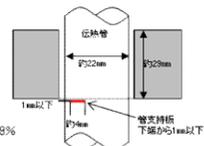
小型カメラで確認したきずの状況

C-蒸気発生器上部から見た伝熱管位置を示す図



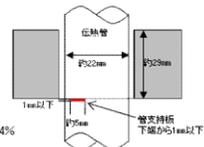
- <第3管支持板> 有意な信号指示管 (X39-Y5)
  - <第4管支持板> 有意な信号指示管 (X37-Y22)
  - <第3管支持板> 有意な信号指示管 (X71-Y5)
  - <第3管支持板> 有意な信号指示管 (X86-Y8)
  - <第4管支持板> 有意な信号指示管 (X89-Y3)
- : 今回外面減肉が認められた位置 (5本)  
 ● : 既施検査所(外面減肉) (6本)  
 ● : 既施検査(拡管部応力腐食割断) (13本)  
 ○ : 既施検査(拡管部応力腐食割断以外) (110本)

第3管支持板 (X39-Y5)



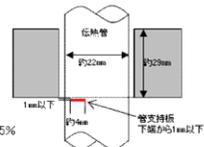
きずの深さ\*: 減肉率約48%

第3管支持板 (X71-Y5)



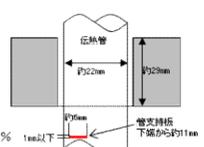
きずの深さ\*: 減肉率約44%

第3管支持板 (X86-Y8)



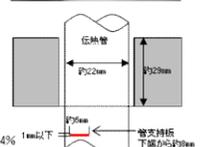
きずの深さ\*: 減肉率約5%

第4管支持板 (X89-Y3)



きずの深さ\*: 減肉率約1%

第4管支持板 (X37-Y22)



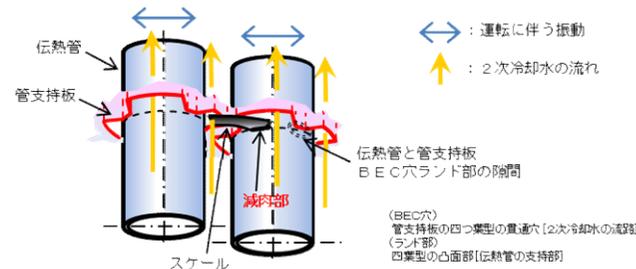
きずの深さ\*: 減肉率約4%

\*: 遠望検査機(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

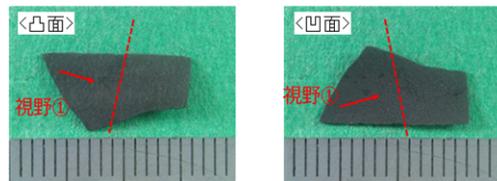
工場における再現試験等の結果、蒸気発生器内の水・蒸気の流れにより管支持板下面に溜まったスケールに伝熱管が繰り返し接触することにより、摩耗減肉が発生することを確認しました。



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管支持板上面等に残留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。

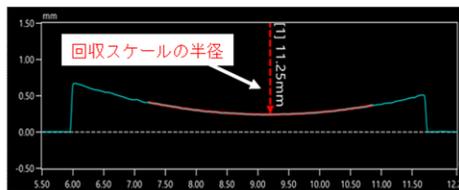
A蒸気発生器 管板上面(高温側)から回収したスケール



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の円筒状に沿った形状で、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

<p>A蒸気発生器 (第3管支持板、低温側)</p> <p>第4管支持板側</p> <p>第2管支持板側</p>	<p>B蒸気発生器 (第1管支持板、低温側)</p> <p>第2管支持板側</p> <p>管板側</p>	<p>C蒸気発生器 (第2管支持板、低温側)</p> <p>第3管支持板側</p> <p>第1管支持板側</p>
--	--	--

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も認められました。

○: スケールの剥離痕

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。



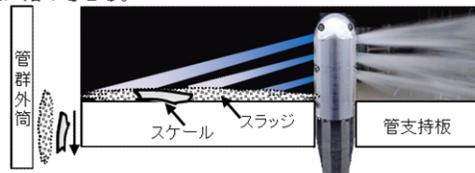
STEP2-1: 第2, 1管支持板の洗浄(垂直ノズルによる洗浄)

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。



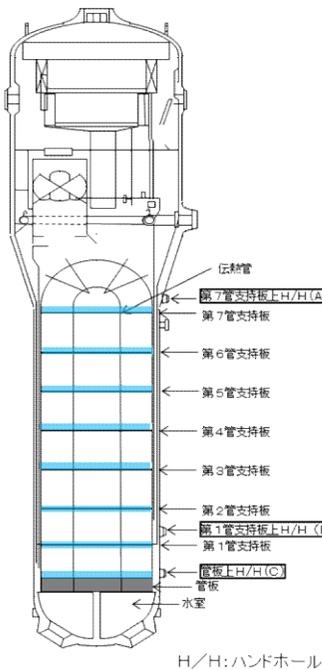
STEP2-2: 第2, 1管支持板の洗浄(水平ノズルによる洗浄)

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。

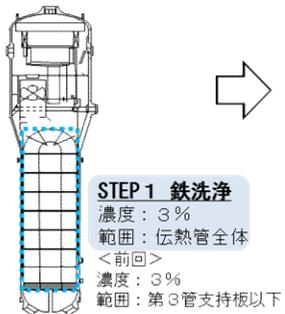


STEP3: 管板上の洗浄

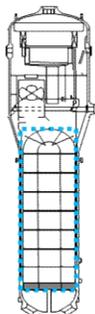
定期検査毎に実施している高圧水による管板上の洗浄により、管板上ハンドホール(C)からスケール等を回収する。



②薬品による洗浄(スケール全体の脆弱化)



**STEP1 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



**STEP2 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))

**STEP3**  
純水による洗浄

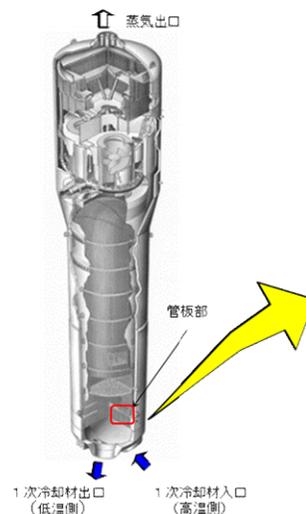
スケール排出(回収)

蒸気発生器伝熱管の施栓方法と施栓状況

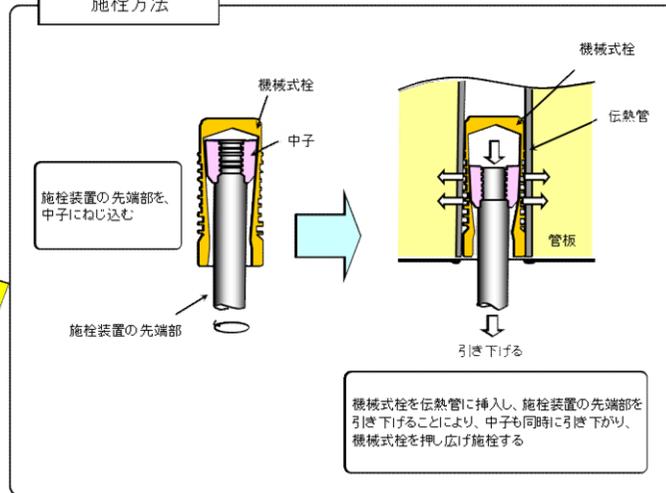
蒸気発生器伝熱管の施栓方法

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



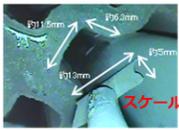
高浜発電所4号機の蒸気発生器伝熱管の施栓状況

	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) (外面減肉による施栓本数) [施栓率]	144 (8) (7) [4.3%]	137 (3) (3) [4.1%]	134 (13) (11) [4.0%]	415 (24) (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)

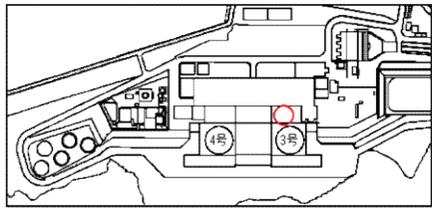
これまでの経緯(高浜発電所3、4号機における蒸気発生器伝熱管外面の損傷事例)			
定期検査	蒸気発生器伝熱管外面の損傷本数	調査結果概要	スケールに対する対策
3号機 第23回 (2018年8月～)	A-蒸気発生器: 1本 (第3管支持板) 【減肉率: 20%未満】	減肉指示のあった箇所付近にスケールを確認。スケールの回収中に破損したため、スケール以外の異物による減肉と推定。異物は流出したものと推定。 	
4号機 第22回 (2019年9月～)	A-蒸気発生器: 1本 (第3管支持板) B-蒸気発生器: 1本 (第3管支持板) C-蒸気発生器: 3本 (第2管支持板2本、 第3管支持板1本) 【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。	
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。 	薬品洗浄を実施
<ul style="list-style-type: none"> <li>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く離れた稠密なスケールによるものと原因を推定。</li> <li>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。</li> </ul>			
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。

# 2022.8.1 「原子力発電所の運営状況」にてお知らせ

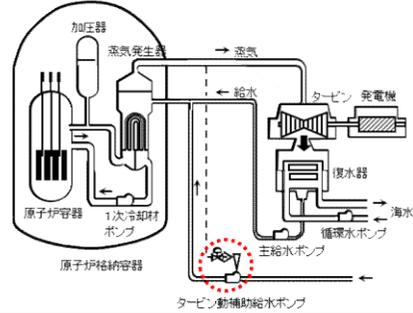
## 高浜発電所3号機の運転上の制限の逸脱について (タービン動補助給水ポンプフィルタ蓋部からの油漏れ)

### 事象概要

<発生場所>

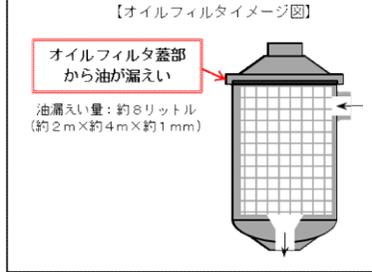
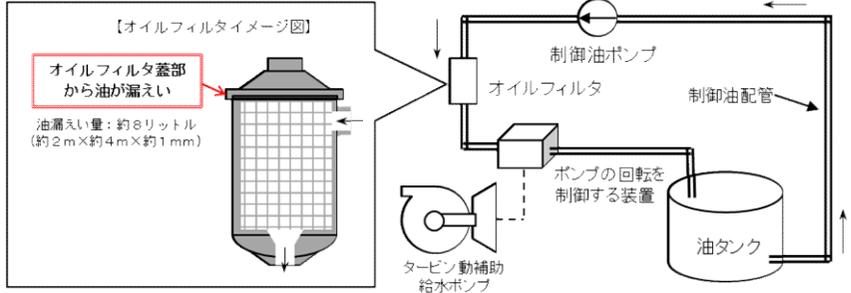


○ 発生場所: 3号機中間建屋(非管理区域)  
タービン動補助給水ポンプ室



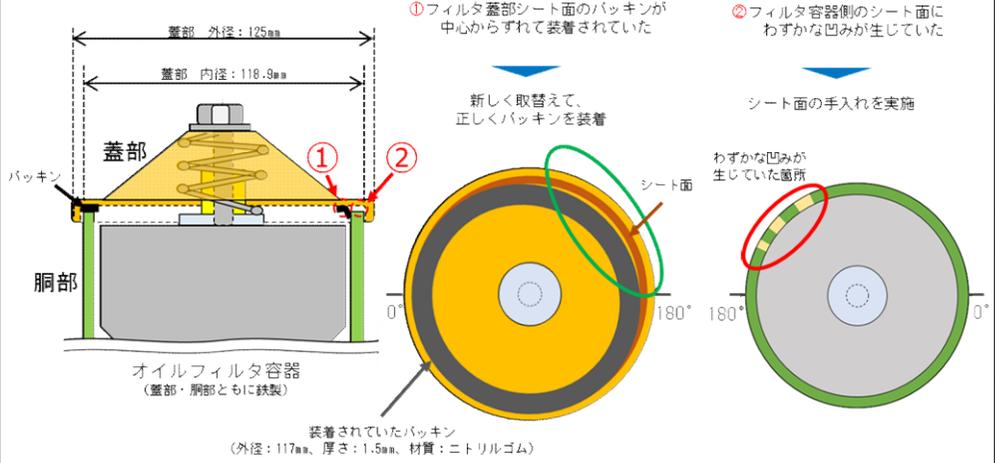
タービン動補助給水ポンプ

### <タービン動補助給水ポンプ制御油系統概略図>



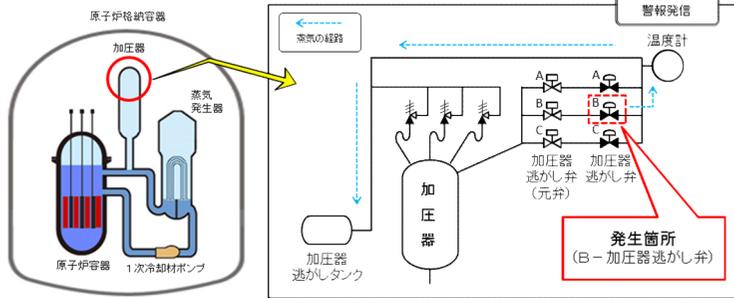
【オイルフィルタイメージ図】  
オイルフィルタ蓋部から油が漏れ  
油漏れ量: 約8リットル  
(約2m×約4m×約1mm)

### 分解点検による確認結果



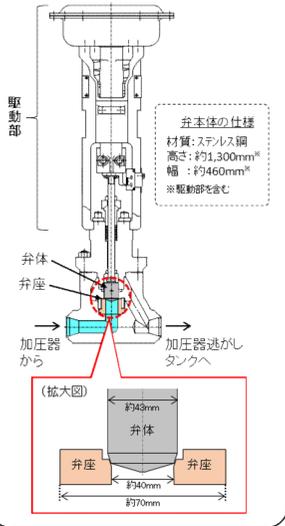
高浜発電所4号機 B-加圧器逃がし弁の出口温度上昇について

発生箇所

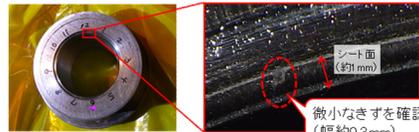


B-加圧器逃がし弁の確認結果

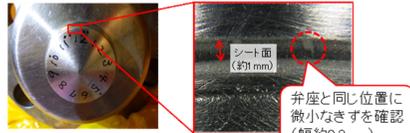
<加圧器逃がし弁(横断面)>



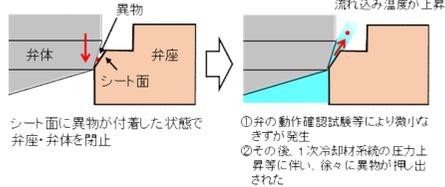
<弁座シート面の写真>



<弁体シート面の写真>



【温度上昇メカニズム】



推定原因

当該弁の取り付け作業時に弁体等に着していた微小な異物が弁のシート面に混入し、作動確認試験等により微小なきずが発生、その後、1次冷却材系統の圧力上昇等に伴い、異物が弁シート部から押し出され、その経路を通じて、蒸気が加圧器逃がしタンクに流れ込んだため、当該弁の出口温度が上昇したものと推定しました。

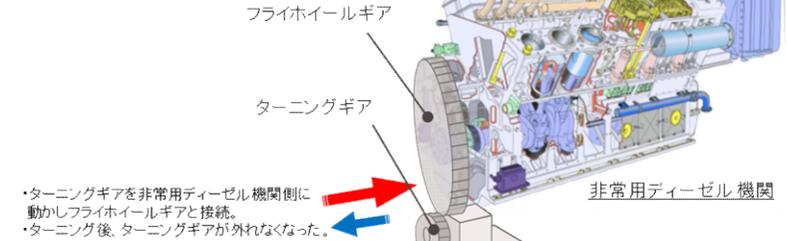
対策

- (1)微小なきずが認められた弁体と弁座を予備品(新品)に取り替えます。
- (2)異物管理に関する注意事項として、機器を運搬して取り付けを行う際には直前に拭き取ることを社内マニュアルに反映します。
- (3)協力会社へ本事象を説明し、機器取り付け時の異物混入防止に関する注意喚起を行います。

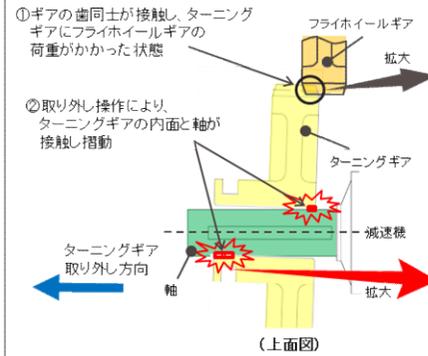
高浜発電所3、4号機の運転上の制限の逸脱について

事象概要

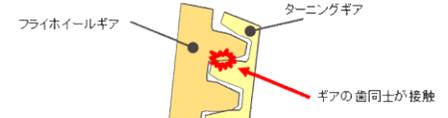
<ターニング装置接続イメージ>



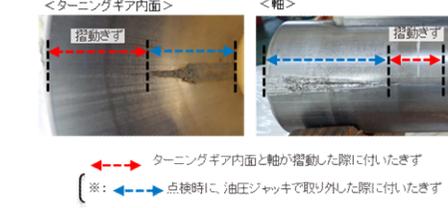
<推定メカニズム>



ギアの歯の接触部(軸方向から見た図)



分解点検により確認したきずの状態



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。

# 原子力災害 国際原子力事象評価尺度



国際原子力事象評価尺度 (INES) は、国際原子力機関 (IAEA) と経済協力開発機構原子力機関 (OECD/NEA) が定めた尺度で、1992年に各国に採用が勧告されました。原子力施設等の異常事象や事故は、その深刻度に応じて7つのカテゴリーに分類されます。各国は、異常事象や事故をこの尺度を使って深刻度を判定し、発表します。東京電力福島第一原子力発電所事故はその放射性物質の放出量から最も深刻な事故であることを示すレベル7と判断されています。

(関連ページ: [下巻P8、「INES \(国際原子力・放射線事象評価尺度\) 評価」](#))