

エロージョンの発生可能性評価

1. 目的

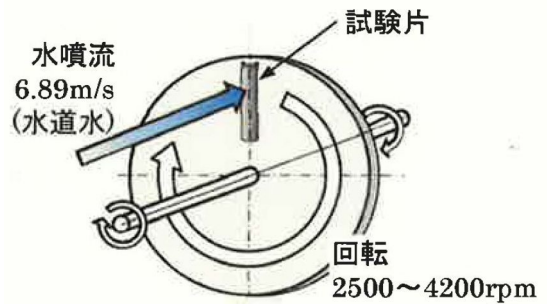
SG 伝熱管の管支持板部に周辺流体の衝突によるエロージョン*1 が発生しないことを評価する。

*1：管内外を流れる水により配管表面が摩耗する現象

2. 方法

ウォータージェットテスト（室温）によりエロージョン発生限界流速を求め、実機流速と比較する。

エロージョンの評価においては管内外に差異はないため、管外面に正面から噴流を衝突させた試験結果を基に評価する。



3. 評価結果

TT600 製伝熱管のエロージョンが発生する限界流速は約 70m/s 以上であり、当該部の実機流速は 3m/s 以下であることからエロージョンの発生可能性はない。

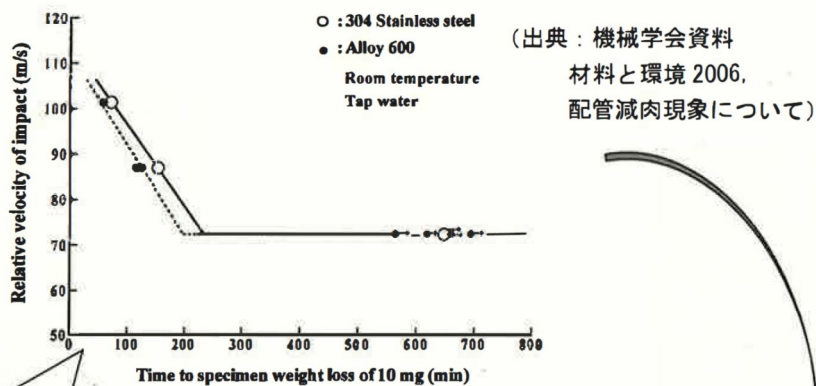


図1 ウォータージェットテストによる限界流速

$$\text{相対速度} = \sqrt{(\text{水噴流速})^2 + (\text{試験片の周速})^2}$$
 試験例の場合
 水噴流速 = 6.89m/s
 試験片の周速 = 72.22m/s
 周速 = 試験片の円周長さ × 回転数

$$= (2\pi \times 0.23) \times (3000/60)$$
 試験片までの半径 (m) : 0.23
 回転数 (rpm) : 3000

表面の番号は、試験片番号



図2 ウォータージェットテスト後の外観
(700分間水噴流後の状況)

エロージョンの限界流速の温度影響

エロージョンが発生する限界流速の知見として、常温での試験結果を用いているが、限界流速の温度影響について、以下に説明する。

● エロージョンのメカニズム

- ✓ エロージョンは、流体が金属表面に衝突することで生じる機械的な衝撃力で材料が損傷する現象である。
- ✓ 温度は流体因子のうち密度、材料因子のうち硬さに影響する。

<流体因子（密度）>

- ✓ SG2次側温度269℃での水の密度は769 kg/m³であり、常温（20℃）に比べ約2割小さい。
- ✓ 密度が低下するとエロージョンが生じにくくなる。（限界流速は上昇する。）

<材料因子（硬さ）>

- ✓ 実機伝熱管温度約300℃での硬さは約1.59 GPaであり、常温に比べ約1割小さい^{※1}。
- ✓ 硬さが低下するとエロージョンが生じやすくなる。（硬さが約1割低下すると、限界流速は約2m/s低下する。）（図1）^{※2}

⇒ 保守的に材料因子（硬さ）の温度影響のみを考慮しても、限界流速は約68m/sであり、SG2次側器内流速約3m/sに対して十分余裕がある。（図2）

※1：材料メーカーカタログ（インコネル600合金）の単位を換算

※2：材料と環境，57，146-152(2008)，磯本ら

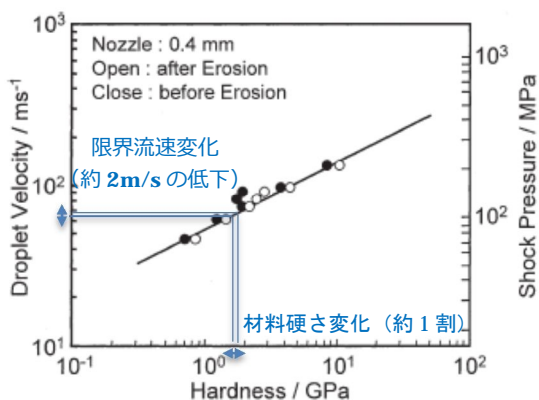


図1 限界流速と硬さの関係

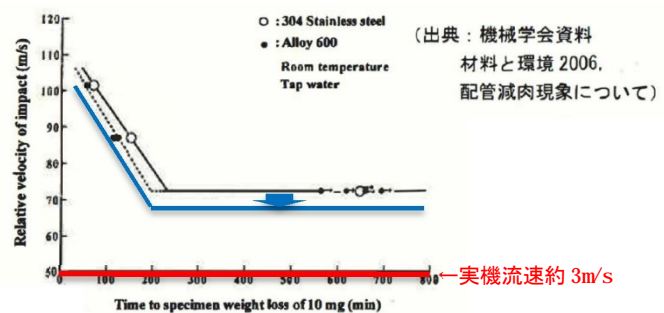


図2 ウォータージェットテストによる限界流速

温度の影響は小さく、常温の知見を用いても問題ない。

スケール剥離による減肉信号への影響

1. 概要

減肉信号とスケール付着信号は、周波数間の振幅・位相の相関関係が異なるため、スケール付着箇所の信号は MIX フィルタを適用することで消去されるが、減肉信号は消去されない。そこで、実機で検出された信号と、スケール付着・剥離（EDM スリット有り）およびスケール付着・剥離（EDM スリット無し）の信号を比較し、スケール付着箇所の信号と減肉信号の違いを実験的に示した。また、局所的なスケール剥離について、ECT での信号検出性を確認した。

2. 試験方法

2.1 スケール付着・剥離（EDM スリット有り）の試験片データ

深さ 59%、長さ 5mm、幅 0.4mm の外面周方向矩形 EDM スリットが付与された伝熱管外面に四三酸化鉄を薄く延ばした厚さ 1.0mm 程度の模擬スケールを貼り付け、スリット直上に当たる部分に、スリット同様の切れ目を入れた。この伝熱管で ECT データを取得した。

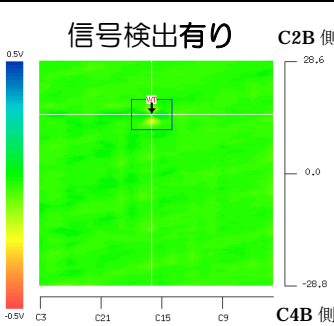
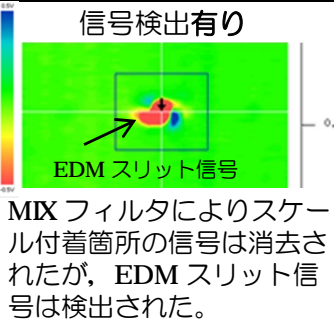
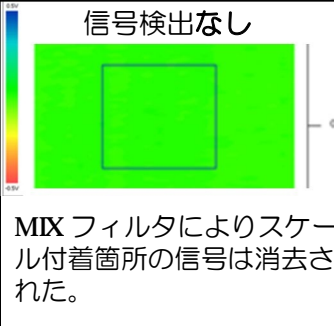
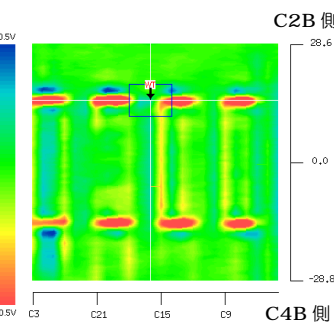
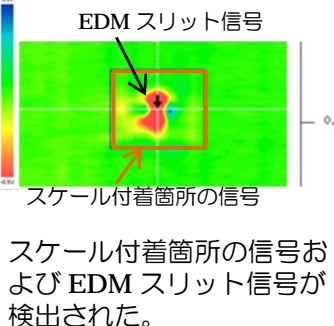
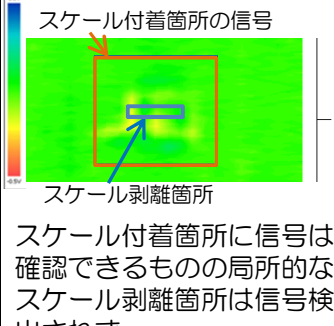
2.2 スケール付着・剥離（EDM スリット無し）の試験片データ

伝熱管外面に四三酸化鉄を薄く延ばした厚さ 1.0mm 程度の模擬スケールを貼り付け、模擬スケールに長さ約 4mm(周方向)、幅約 0.5mm(軸方向)の切れ目を入れ、局所的なスケール剥離を模擬した。この伝熱管で ECT データを取得した。

3. 結果

取得したデータを表 1 に示す。

表 1 実機信号とスケール付着・剥離（EDM スリット有り）、スケール付着・剥離（EDM スリット無し）比較

実機信号 (B-SG X54 Y4) MIX	スケール付着・剥離 (EDM スリット有り) MIX	スケール付着・剥離 (EDM スリット無し) MIX
<p>信号検出有り</p>  <p>C2B 側</p> <p>C4B 側</p>	<p>信号検出有り</p>  <p>EDM スリット信号</p> <p>MIX フィルタによりスケール付着箇所の信号は消去されたが、EDM スリット信号は検出された。</p>	<p>信号検出なし</p>  <p>MIX フィルタによりスケール付着箇所の信号は消去された。</p>
<p>実機信号 (B-SG X54 Y4) 100kHz</p>  <p>C2B 側</p> <p>C4B 側</p>	<p>EDM スリット信号</p>  <p>スケール付着箇所の信号</p> <p>スケール付着箇所の信号および EDM スリット信号が検出された。</p>	<p>スケール付着箇所の信号</p>  <p>スケール剥離箇所</p> <p>スケール付着箇所に信号は確認できるものの局所的なスケール剥離箇所は信号検出されず。</p>

4. まとめ

- スケール付着・剥離（EDM スリット有り）の試験片を用いた検証結果より、スケール付着箇所の信号は MIX フィルタにより消去されるが、EDM スリットの信号は消去されず、有意な信号として検出される。
- スケール付着・剥離（EDM スリット無し）の試験片を用いた検証結果より、局所的なスケール剥離箇所では信号が検出されない。

⇒実機信号は MIX フィルタを適用しても有意な信号が検出されていることから、スケール付着や局所的なスケール剥離の信号ではなく、減肉信号と考えられる。

以上

金属片による伝熱管の減肉可能性調査の流れ

○以下の試験および解析により、金属片等の異物による伝熱管の減肉可能性を調査した。

①異物形状・接触状態の推定

- ・金属片については、実機伝熱管の減肉痕等の位置関係から接触状態を推定
- ・金属片以外で想定される異物については、実機管支持板の接触痕等の位置関係から異物の形状、接触状態を推定

＜解析・試験＞

②異物のSG器内挙動の推定・接触状態の再現

- ・熱流動解析によりSG器内で管支持板下面に到達するまでの異物挙動を推定
- ・実機二相流相当のモックアップ試験により①で推定した接触状態の再現性を確認

＜解析＞

③摩耗形態の推定

- ・異物と伝熱管のどちらの振動で今回の摩耗減肉が生じたかを解析を用いて推定
- ・推定にあたっては、両者の摩耗の仕事率（ワークレート）を算出、比較し、実機の摩耗減肉量が得られるのはどちらになるかを確認

＜試験＞

④-1 減肉試験

- ・伝熱管、異物を模擬した装置により摩耗減肉を発生させることで摩耗減肉形状を推定

④-2 ECTモックアップ試験

- ・減肉試験により得られた摩耗減肉形状と同等の人工欠陥を与えた伝熱管のECT信号を取得し、実機ECT信号と比較
- ⇒①で推定した異物形状・接触状態で今回の摩耗減肉形状が得られることを確認

⑤摩耗体積の評価

- ・③のワークレートを用いて算出した摩耗体積と、④-2の人工欠陥の体積との比較を実施
- ⇒①で推定した接触状態により今回の摩耗量が1サイクルで発生し得ることを確認

異物形状および伝熱管との接触状態の推定

C-SGから回収した金属片については、実機伝熱管の減肉痕等の位置関係から伝熱管との接触状態の推定を行った。また、金属片以外で想定される異物については、実機管支持板の接触痕等の位置関係から、異物の形状および伝熱管との接触状態の推定を行った。

1. C-SGの金属片の接触状態

C-SGで回収した金属片が2箇所（図1）の減肉痕（図1）と接触するには、次の通り2つの姿勢をとる必要があるものと推定した。

- ・最初に金属片の角部が減肉痕②の位置で接触（伝熱管と管支持板の隙間に挟まり拘束[※]）し、管支持板に対して角度を持った姿勢が維持され摩耗減肉が進展した（図2）。
- ・減肉痕②の位置で減肉深さが28%まで進展すると、金属片の拘束は緩和され、金属片はより安定な姿勢（管支持板下面に張り付く状態）に変化するとともに②の減肉痕を与えた角部が減肉痕①の位置に移動し、深さ56%に至るまで摩耗減肉を与えた（図3）。
- ・金属片が減肉痕①の位置で伝熱管と接触している間は、管支持板下面との接触も想定されるが、管支持板下面で認められた接触痕の位置は整合している（図4）。

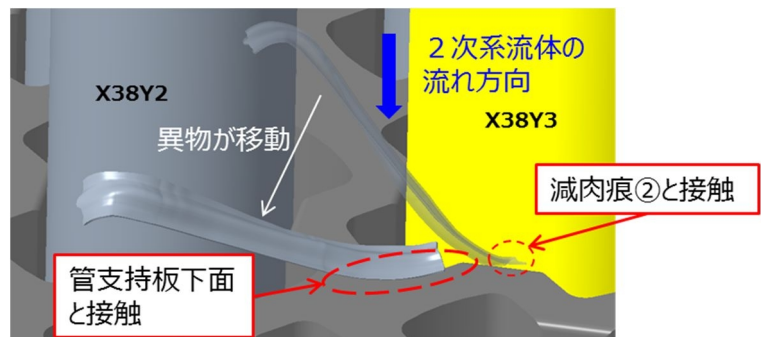


図1 C-SG減肉痕の外観

図2 減肉痕②との接触状態および姿勢変化のイメージ

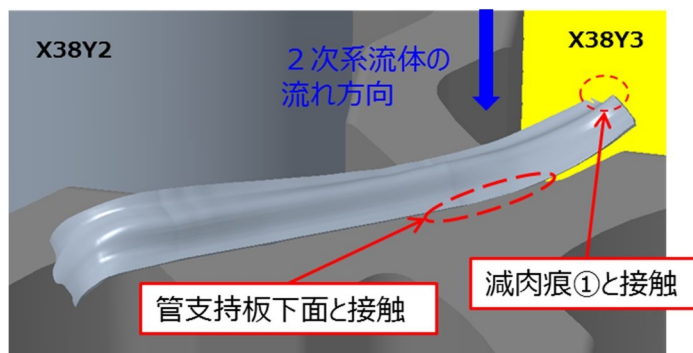


図3 減肉痕①との接触状態のイメージ

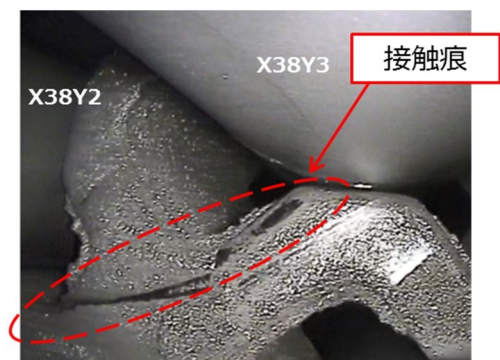
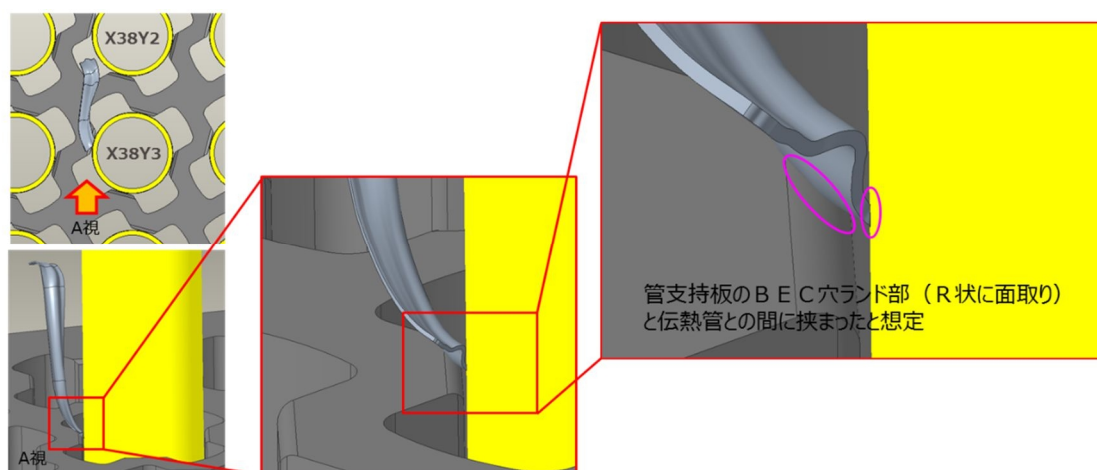


図4 管支持板下面の接触痕外観

異物形状および伝熱管との接触状態の推定

※減肉痕②との接触状態の詳細を下記および参考図1の通り補足する。

- ・管支持板BEC穴のランド部は、角部にR状の面取りが施されており、また、ランド部と伝熱管の間には約**0.2mm**（公称値）の隙間がある。
- ・金属片の厚みは約**0.2mm**であることから、幾何学的にこの隙間に挟まることが可能であり、またランド部の角部はR状であることから、金属片は管支持板に対して角度を持った状態で挟まることが可能である。
- ・従って、C-SGで回収した金属片については、高浜4号機前回定検で想定された異物のように、流体力の作用で管支持板表面に押さえつけられなくとも、端部がBEC穴ランド部と伝熱管の隙間に挟まった状態で支持され、管支持板下面に保持された可能性があると考えられる。



参考図1 減肉痕①での接触状態の詳細イメージ

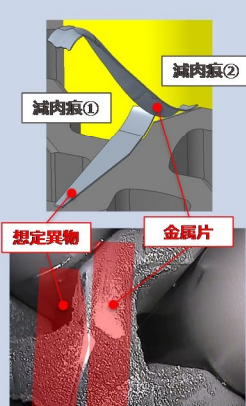
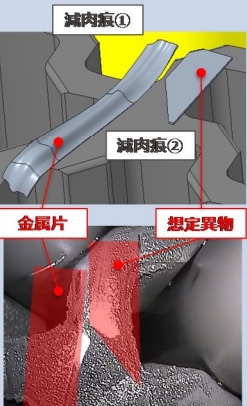
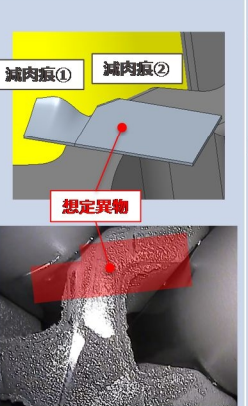
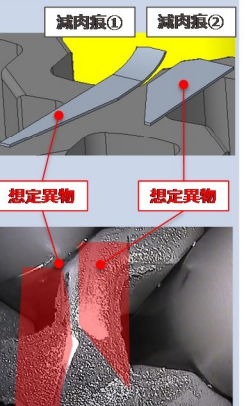
異物形状および伝熱管との接触状態の推定

２．金属片以外で想定される異物の形状および接触状態

(１) C－SG

C－SGにおいて、回収した金属片単体以外で減肉痕①、②との接触する異物には、下表１のパターンが考えられる。

表１ C－SGの金属片以外で想定される異物のパターン

減肉痕	パターン１		パターン２		パターン３		パターン４	
	①	②	①	②	①	②	①	②
異物	想定異物１※	金属片	金属片	想定異物２※	想定異物３※		想定異物１※	想定異物２※
外観								

※管支持板表面の接触痕等と整合するよう異物の形状・位置を想定

想定異物の外観は各パターンで異なるが、いずれも金属片と同等の大きさであり、また伝熱管との接触状態（角部の接触角度）はいずれのパターンにおいても変わらないため、C－SGにおいては、１．項で推定した金属片単体のパターンを代表に以降の検討を行う。

< 想定異物形状（C－SG） >

想定異物１：長さ約２５mm、幅約４mm、厚さ１mm以下

想定異物２：長さ約１６mm、幅約６mm、厚さ１mm以下

想定異物３：長さ約１５mm、幅約７mm、厚さ１mm以下

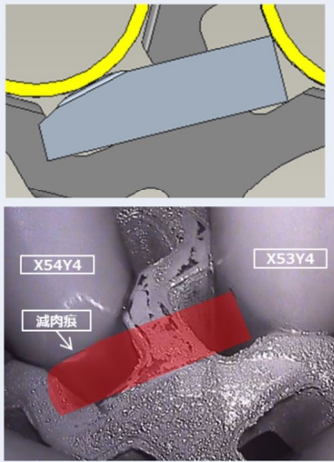
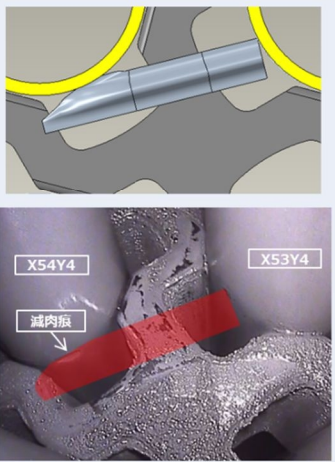
（参考）金属片：長さ約３３mm、幅約５mm、厚さ約０．２mm

異物形状および伝熱管との接触状態の推定

(2) B-SG

B-SGにおいては、減肉痕と接触する異物には下表2のパターンが考えられる。

表2 B-SGで想定される異物のパターン

	パターン1	パターン2
異物	想定異物4※1	想定異物5※1※2
外観	 <p>The schematic shows a grey rectangular block wedged between a yellow tube and a grey support plate. The SEM image shows a red block wedged between a grey tube and a grey support plate, with labels 'X54Y4', 'X53Y4', and '減肉痕' (meat loss mark) pointing to the contact area.</p>	 <p>The schematic shows a grey tapered block wedged between a yellow tube and a grey support plate. The SEM image shows a red tapered block wedged between a grey tube and a grey support plate, with labels 'X54Y4', 'X53Y4', and '減肉痕' (meat loss mark) pointing to the contact area.</p>

※1：管支持板表面の接触痕等と整合するよう異物の形状・位置を想定

※2：C-SGの金属片と類似のガスケット片を想定

両パターンとも異物の大きさは同等であり、また伝熱管との接触角度も変わらないため、B-SGにおいては、パターン1の想定異物を代表に以降の検討を行う。

<想定異物（B-SG）>

想定異物4：長さ約24mm、幅約7mm、厚さ1mm以下

想定異物5：長さ約24mm、幅約5mm、厚さ約0.2mm

以上

流況モックアップ試験による接触状態の再現

熱流動解析によりSG 2次側器内で管支持板下面に到達するまでの異物挙動を推定するとともに、SG 2次側の流況モックアップ試験により、推定した異物の接触状態が実機二相流相当条件においても再現するか確認を行った。

1. SG器内流入後の異物挙動の推定

図1にSG 2次側下部の器内流況および想定される異物の挙動を示す。

運転中のSG 2次側器内の流況下では、流体抗力が異物の落下力を上回ることから、異物は給水リングJチューブから管群外筒を経て管板上面中央部に到達し、その後は管群内の上昇流に乗って流量分配板および各管支持板フロースロット部を通過し、減肉箇所へ到達したものと考えられる。第一管支持板より上方では、管群の高温側と低温側の圧力損失差から、高温側から低温側への水平方向流があることから、第一管支持板および第二管支持板フロースロット部を通過したものが第三管支持板の低温側下面に至ったものと推定される。

この水平方向流が発生する領域は、第一管支持板上面から [REDACTED] 上方の領域であり、各管支持板間隔が [REDACTED] であることを踏まえると、水平方向流は第二管支持板以上の領域で顕著であるため、異物は第三管支持板より上方に上昇する可能性は低いと考えられる。

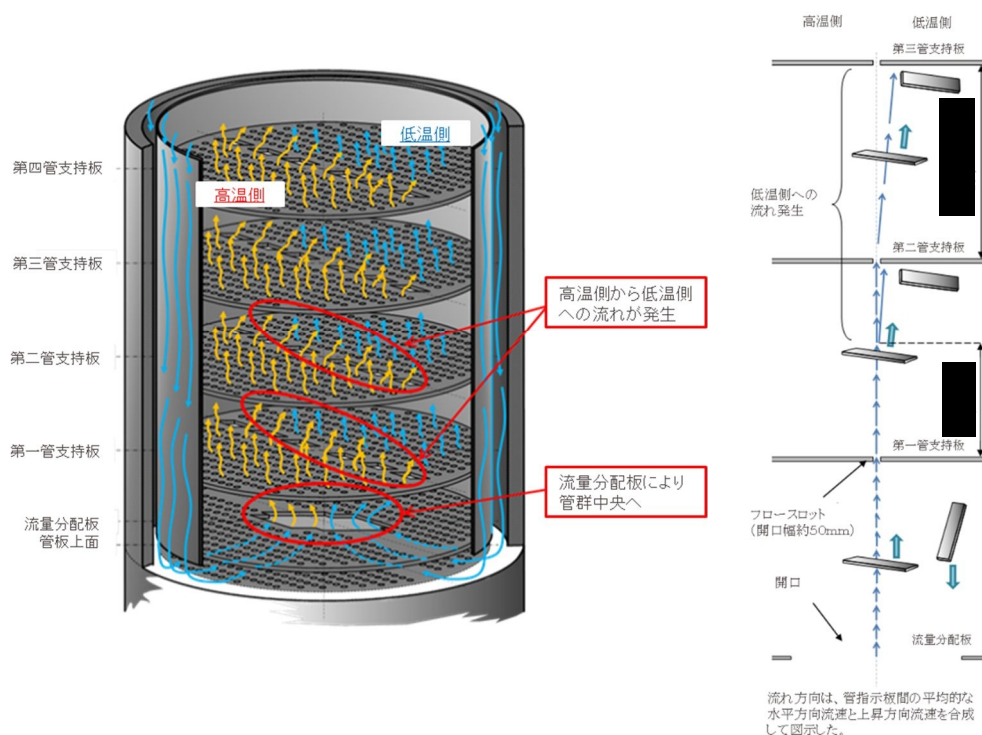


図1 SG 2次側下部の器内流況および異物挙動

2. 流況モックアップ試験による接触状態の再現

(1) 試験方法

3次元熱流動解析で得られるSG 2次側流況を再現する水空気試験装置を用いて、C-SGで回収した金属片を代表に、模擬金属片が推定した接触状態が実機二相流相当条件下において管支持板下面で維持されるか確認を行った。(図1参照)。

・試験流速： [REDACTED]

流況モックアップ試験による接触状態の再現

- ・ 模擬金属片形状：約 33mm×約 5mm×約 0.2mm（C－SGの金属片と同一形状）

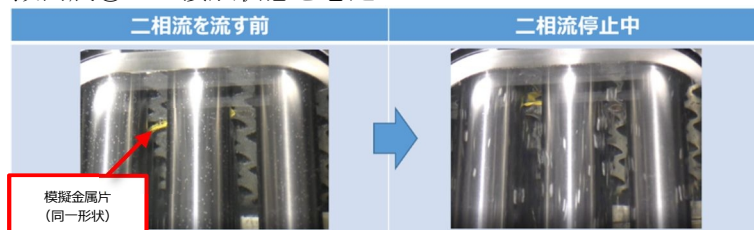


図1 水空気試験装置概要

(2) 試験結果

試験装置内の水－空気二相流中で、模擬金属片は接触状態として推定した減肉痕①および減肉痕②の2姿勢とも、管支持板下面で維持されることを確認した（図2参照）。

<減肉痕①との接触状態を想定>



<減肉痕②との接触状態を想定>

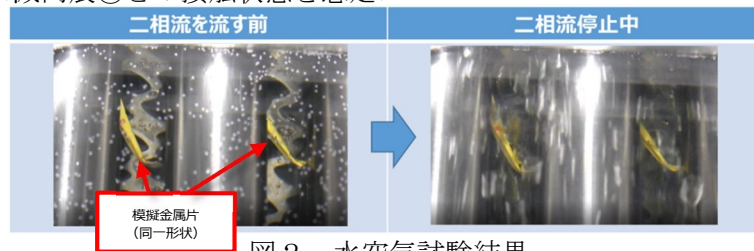


図2 水空気試験結果

また、減肉痕①の結果から、C－SGの金属片と同等の大きさである他の想定異物についても、管支持板下面に張り付く可能性を確認した。

以上の結果から、C－SGの金属片およびそれ以外の想定異物については、SG器内流入後に第三管支持板低温側下面に到達し、推定した伝熱管との接触状態が実機二相流中においても維持された可能性があるものと推定した。

以上

金属片と伝熱管の接触時における摩耗形態の推定

金属片または金属片以外（以下「金属片等」）の異物との接触で伝熱管が摩耗する場合、金属片等の異物の振動により摩耗するケースと伝熱管の振動により摩耗するケースが考えられるため、両ケースの可能性について検討した。

1. 金属片等の異物振動のケース

金属片等の異物が振動するには、端部が固定された状態で流体力を受けて振動する必要があるため、本ケースでは金属片等の端部が拘束された片持ち梁の状態を想定する。この想定に基づき図1の通り計算モデル*1を設定し、ワークレート*2の計算を行った。

*1 片端が固定された金属片等の異物が流体力により1次モードで振動

*2 摩耗体積を評価する一般式(Archardの式)で用いられる摩耗を生じさせる仕事率で、次の通り、押付力と撓動速度の積で表現される。

<Archardの式>

$$V = W_S \times W_R \times T$$

V : 摩耗体積

W_S : 比摩耗量 (材質の組合せと摩耗モードで決まる材料係数: 金属片と同材の SUS304 を使用)

W_R : ワークレート (下記参照)

T : 運転時間

<ワークレート計算式>

$$W_R = F \times 2L / \zeta \times f$$

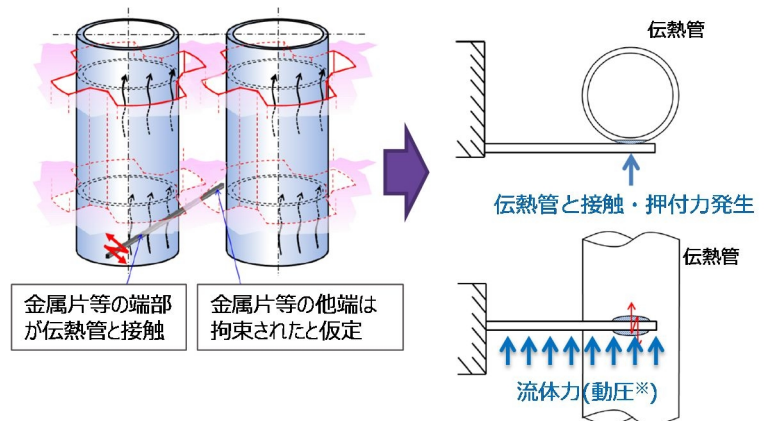
W_R : ワークレート [W]

F : 押付力 [N]

L : 静的振幅 [m]

ζ : 接触物の減衰比 [%]

f : 固有振動数 [Hz]



* 3次元熱流動解析により算出

図1 金属片等の異物の接触状態の計算モデル化概要 (金属片等の異物振動ケース)

金属片と伝熱管の接触時における摩耗形態の推定

この結果、金属片等の異物では流体力を受ける面積が小さく、有意なワークレートは発生しないことを確認した。ワークレート計算結果を表1に示す。

表1 金属片振動のワークレート計算結果

異物形状* ³ (mm)	押付力 (N)	ワークレート (mW)	実機減肉量 再現可能性	備考
約 33×約 5× 約 0.2	1	<0.01	×	実機減肉量を再現するには 1mW オーダーのワークレートが必要

*³ 金属片と金属片以外の異物は大きさが同等であり、生じるワークレートには有意な差がないことから、金属片を代表ケースに選定

2. 伝熱管振動のケース

本ケースでは、金属片等の異物が流体力によって管支持板下面で保持され、接触する伝熱管のランダム振動*⁴により伝熱管自身に減肉が発生したことを想定する。本想定下では、管支持板部の伝熱管の振幅は、伝熱管と管支持板BEC穴ランド部*⁵の隙間の範囲に制限される（図2参照）。

*⁴ 蒸気と水が伝熱管に衝突する力と、伝熱管の周りに生じる乱流の力で伝熱管が振動する現象

*⁵ 管支持板に加工されている四ツ葉型管穴のうち凸面部

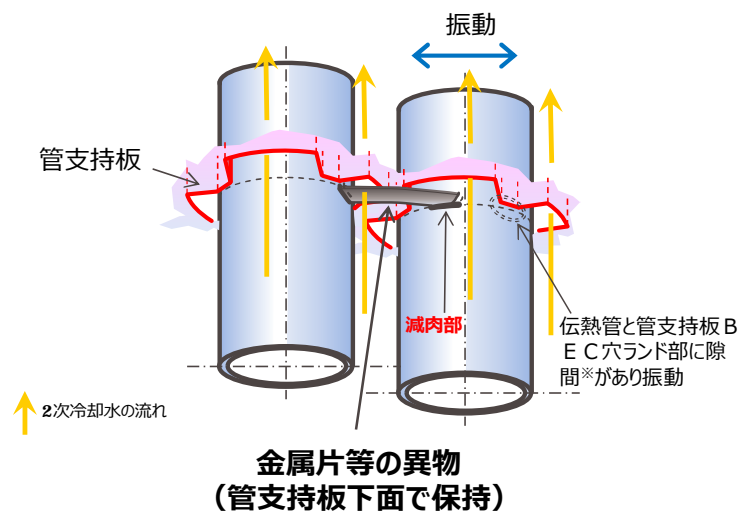


図2 金属片等の異物の接触状態の想定（伝熱管振動ケース）

金属片と伝熱管の接触時における摩耗形態の推定

そこで、本想定の実機との整合性を確認するため、減肉が認められた伝熱管について、第3管支持板のB E C穴ランド部との隙間を目視にて確認した結果、一定の隙間が認められた (図3参照)。

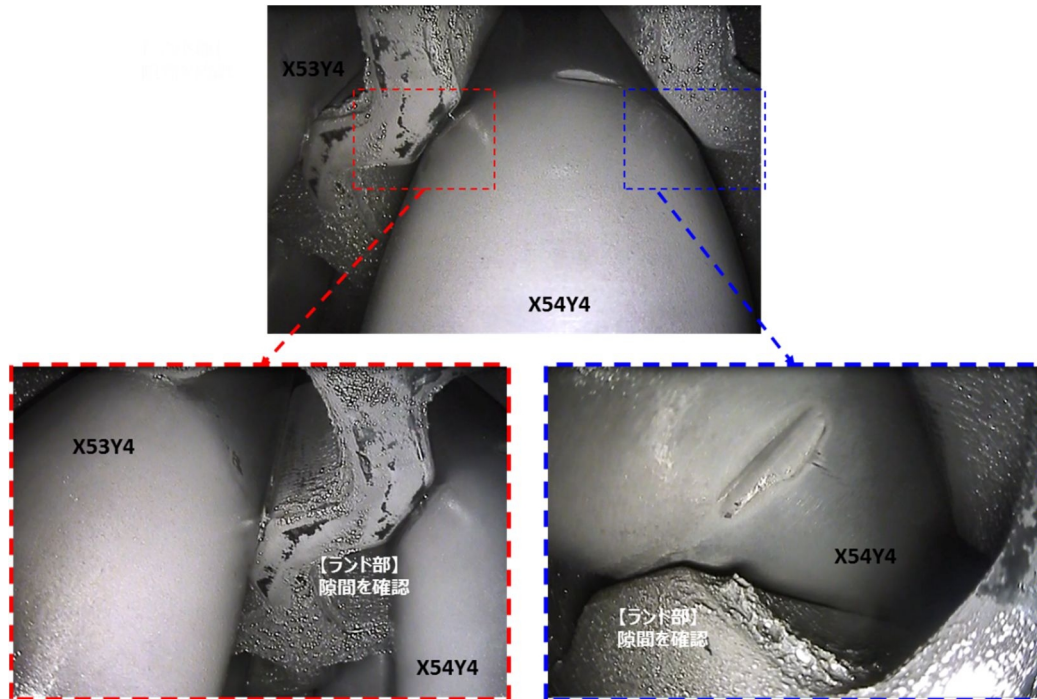


図3-1 伝熱管とランド部の隙間確認結果 (B-SG : X 5 4 , Y 4)

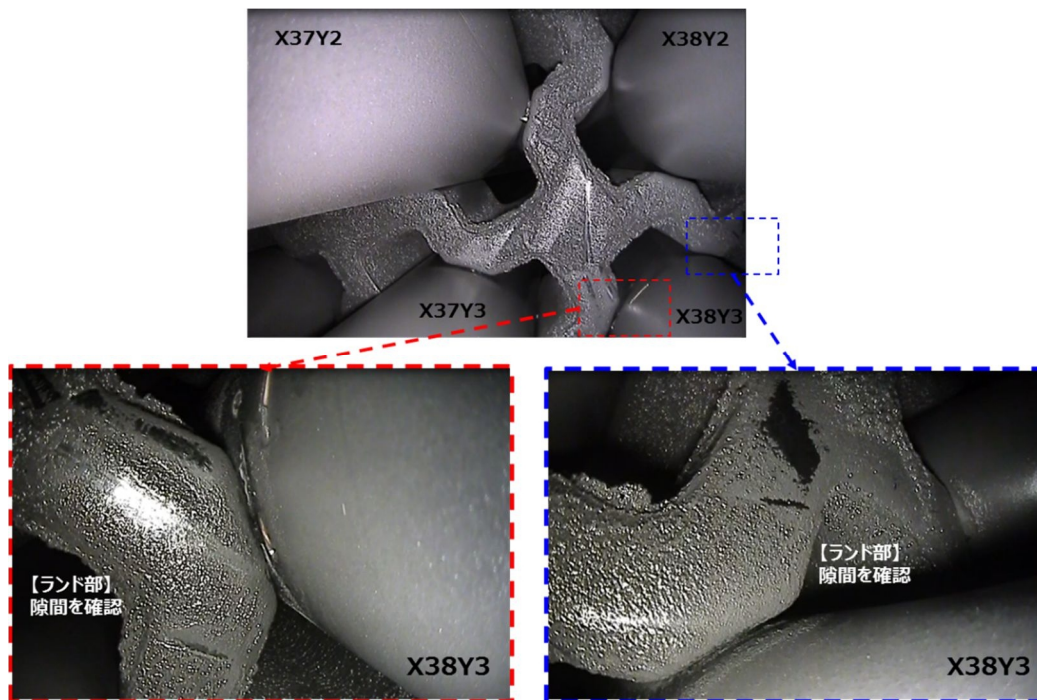


図3-2 伝熱管とランド部の隙間確認結果 (C-SG : X 3 8 , Y 3)

金属片と伝熱管の接触時における摩耗形態の推定

この確認結果より、本想定は実機と整合しているものとし、ワークレートの試算^{*6}を行った（表2参照）。その結果、伝熱管振動の場合は金属片振動のケースに比べて十分大きなワークレートが得られることを確認した。

表2 伝熱管振動のワークレート試算結果

押付力 (N)	ワークレート (mW)	実機減肉量再現可能性
約 1	約 3	○

^{*6} 伝熱管振動の場合は、流動振動解析を用いてワークレートを算出する（算出方法の概要は「参考」参照）。

3. 結論

以上の通り、金属片等の異物振動では有意なワークレートは発生しないが、伝熱管振動では有意なワークレートが発生することを確認したため、今回の減肉事象は伝熱管振動によるものと推定した。

以上

金属片と伝熱管の接触時における摩耗形態の推定

<参考１>

流動振動解析によるワークレートの算出方法について、以下にC-SG（X38，Y3）の場合を例に概要を示す。

参１－１．ワークレート計算の考え方（図４参照）

- ・伝熱管は蒸気－水二相流の流れの乱れ（平均流速に対する変動）により振動し、金属片等の異物との接触部が減肉すると想定する。
- ・流れの乱れによる励振力（ランダム励振力）は、熱流動解析で得られた時間平均流速・密度分布と、試験で得られた圧力変動データから設定する。
- ・伝熱管の直管部全長をモデル化し、ランダム励振力による振動応答解析を実施することで、ワークレートを算出する。

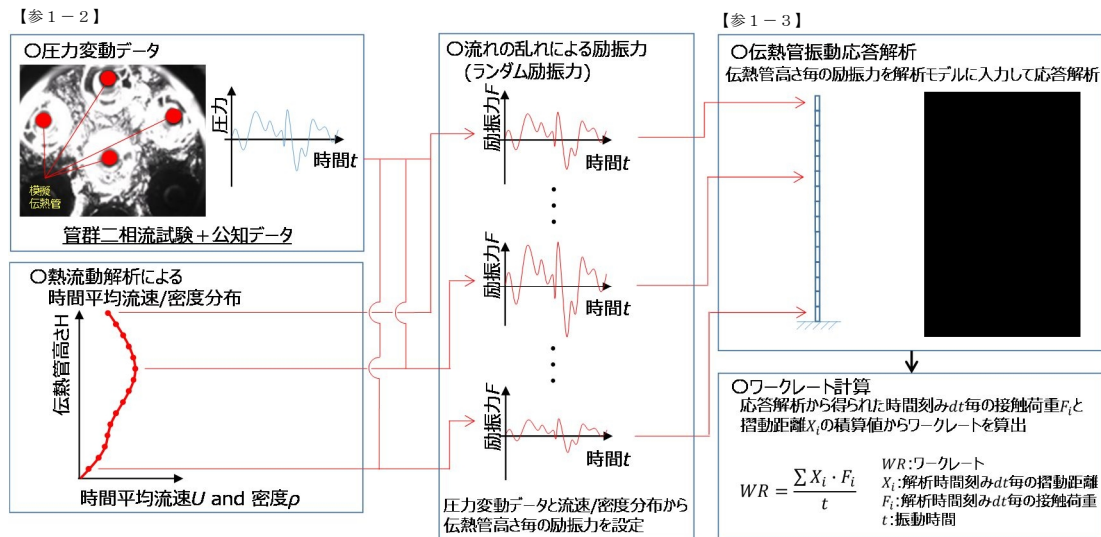


図４ ワークレート算出の流れ（伝熱管振動ケース）

金属片と伝熱管の接触時における摩耗形態の推定

参 1 - 2 . 熱流動解析 (図 5 参照)

- ・熱流動解析にて当該伝熱管の直管部全長の流速・密度分布を算出する。
- ・熱流動解析より得られた流速・密度分布および既知の圧力変動データ (管群二相流試験等) から、振動応答解析 (参 1 - 3 . 項参照) の入力条件となる励振力を算出する。

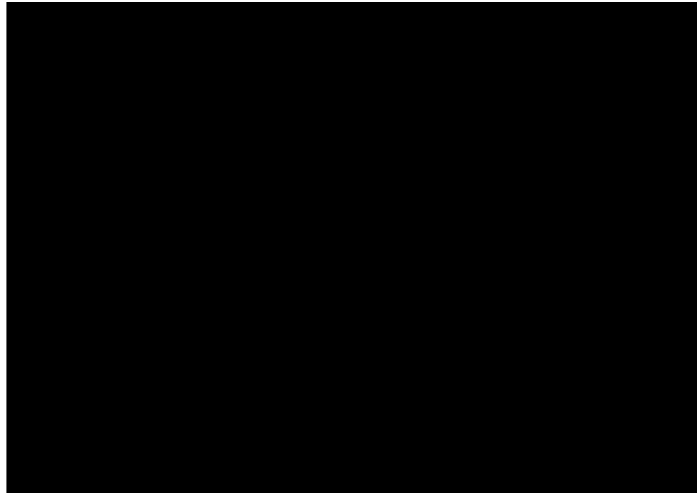


図 5 熱流動解析結果 (C - S G : X 3 8 , Y 3)

参 1 - 3 . 振動応答解析 (図 6 参照)

- ・振動応答解析の計算モデルには、金属片等の異物の接触・摺動を考慮し、管支持板下面の位置で金属片等の異物から押付力を受けるものとする。
- ・参 1 - 2 . 項で算出した励振力を入力して振動応答解析を行い、時間とともに変化する摺動距離、押付力を算出し、それらを積算することでワークレートを算出する。

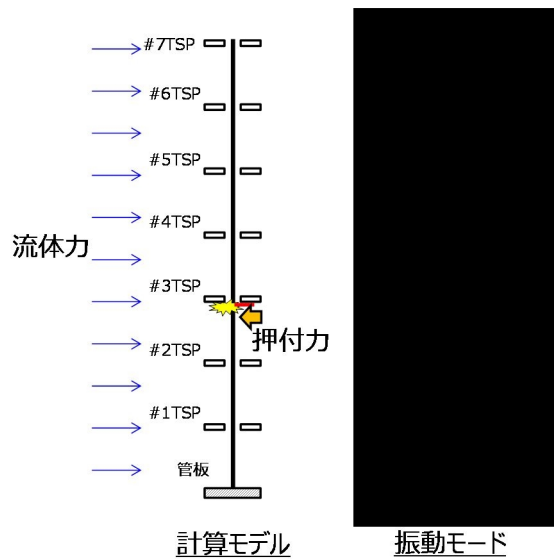


図 6 振動応答解析結果 (C - S G : X 3 8 , Y 3)

減肉試験による実機摩耗減肉形状の確認

以下の通り減肉試験を行い、推定した金属片等の異物の接触状態により伝熱管に生じると考えられる摩耗減肉形状を再現した。

なお、想定異物には複数のパターンが考えられるが、各想定異物の伝熱管との接触状態（角部の接触角度）はいずれも変わらないため、C－SGにおいては金属片単体、B－SGにおいては想定異物4のパターンを代表に試験を行う。

1. 減肉試験の方法

(1) 金属片等の異物接触状態で伝熱管振動により発生する減肉形状を確認するため、減肉試験を次の通り実施した。

- ・円柱形状の石膏で伝熱管を模擬し、金属片等の異物を模擬したステンレス板との振動接触により減肉を発生させる。
- ・石膏の減肉形状は試験後の破面観察で確認を行う。
なお、形状把握のため、実機2倍のスケールモデルとする。
- ・ステンレス板の厚みについても実機2倍のスケールモデルとし、C－SGは金属片の厚さが0.2mmであることから0.4mm、B－SGは想定される異物（保温材の外装板の切れ端等）の厚みを0.3mmと推定して0.6mmと設定する。なお、C、B－SGともに原因の異物には金属片（うず巻ガスケットの一部）または想定異物が考えられるが、下記の接触角度②が90°よりも十分大きい場合は、減肉形状へ及ぼす板厚の影響は小さく、ステンレス片の厚みが0.4mm～0.6mmの範囲で異なっても、減肉形状の変化はない（根拠は(2)の予備試験結果参照）。
- ・円柱とステンレス板の接触角度については、接線方向を接触角度①、軸方向を接触角度②とし、推定した接触状態を基に設定した。
- ・試験条件一覧を表1－1、試験装置概要を図1－1に示す。

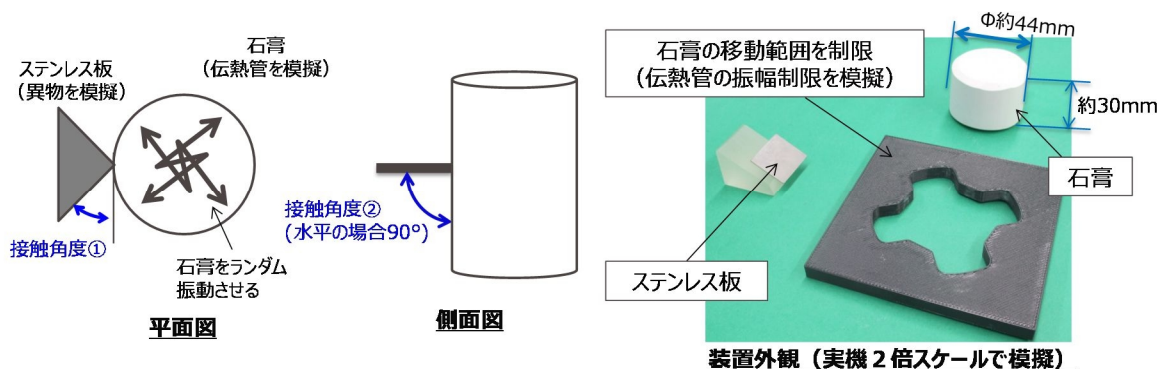


図1－1 試験装置概要

減肉試験による実機摩耗減肉形状の確認

表 1 - 1 試験条件一覧

対象伝熱管		振動モード	接触角度①	接触角度②	振動振幅 (2倍スケール)
C-SG : X 3 8 , Y 3	接触痕①	伝熱管 振動	20°	120°	[Redacted]
	接触痕②		45°	120°	
B-SG : X 5 4 , Y 4			10°	160°	

(2) 予備試験

上記の通り、接触角度②が 90° よりも十分大きい場合は、次の図 1 - 2 のイメージのように、減肉形状へ及ぼす板厚の影響は小さいと考えられる。

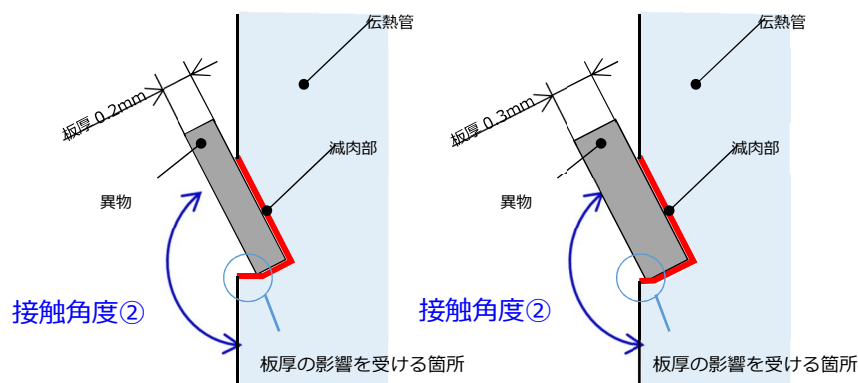


図 1 - 2 板厚の変化が及ぼす減肉形状への影響イメージ

そこで、予備試験としてC-SGの減肉痕①のケースを代表に、ステンレス片の厚さが 0.4mm と 0.6mm の場合で減肉形状が変化するかを減肉試験により確認した (ステンレス片厚さ以外の試験条件は表 1 - 1 の通り)。

その結果は図 1 - 2 の通りであり、いずれの減肉形状にも有意な違いはないことから、接触角度②が 90° よりも十分大きい場合は、板厚の影響は小さい。

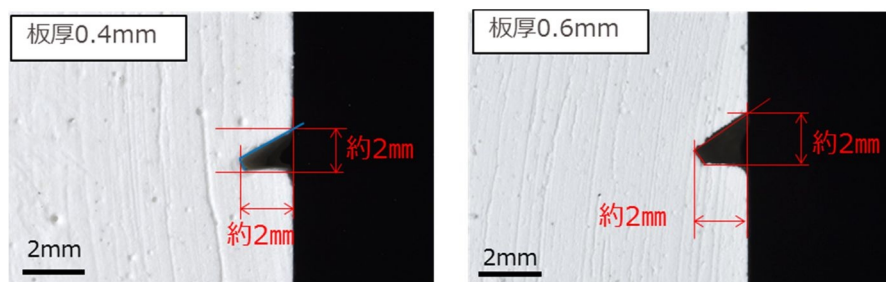


図 1 - 2 - 1 軸方向断面 (板厚 0.4mm、0.6mm)

減肉試験による実機摩耗減肉形状の確認

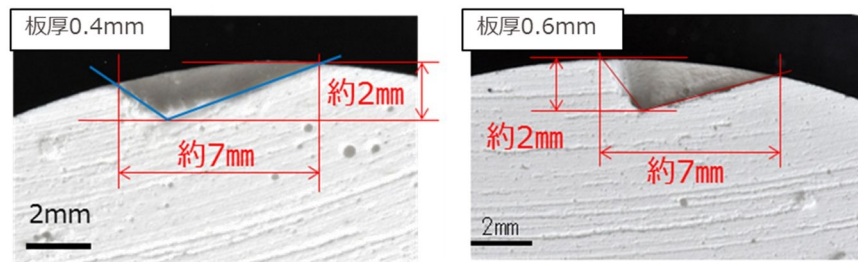
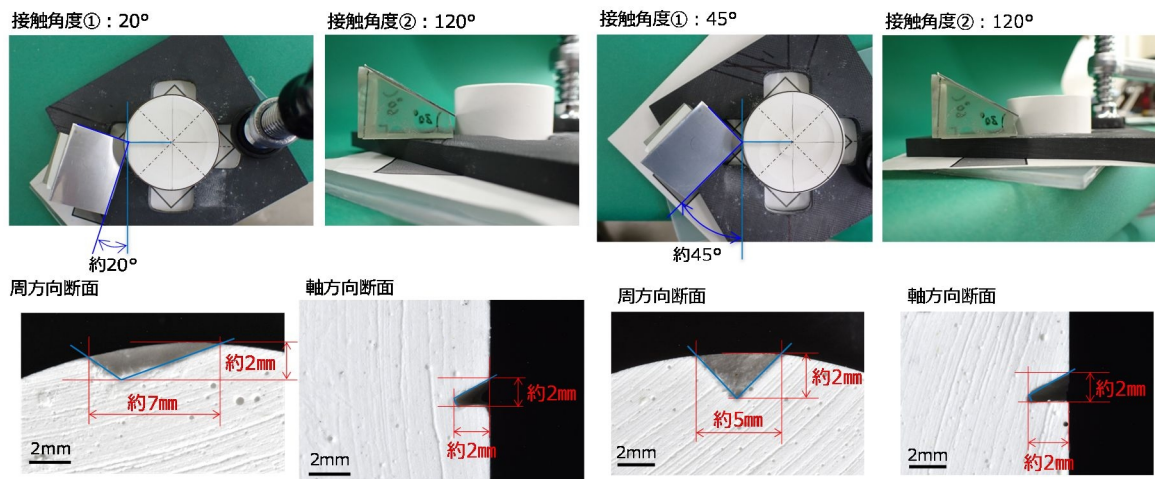


図 1 - 2 - 2 周方向断面 (板厚 0.4mm、0.6mm)

2. 減肉試験の結果

減肉試験の結果、図 1 - 3 に示す減肉形状を取得した。また、取得した減肉形状の寸法を実機相当に補正し整理した結果を表 1 - 2 に示す。



(減肉痕①)

(減肉痕②)

図 1 - 3 - 1 減肉試験で取得した減肉形状 (C-SG : X 3 8, Y 3)

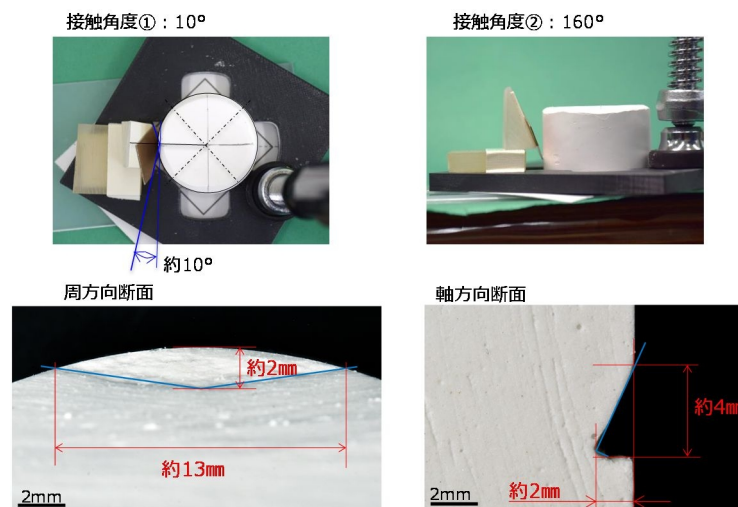


図 1 - 3 - 2 減肉試験で取得した減肉形状 (B-SG : X 5 4, Y 4)

減肉試験による実機摩耗減肉形状の確認

表 1 - 2 減肉形状寸法一覧

対象伝熱管		減肉形状寸法				備考
			深さ	軸方向	周方向	
C - S G : X 3 8 , Y 3	減肉痕①	減肉試験結果	約 2mm	約 2mm	約 7mm	実機 E C T 信号の深さ を基準に補 正
		実機相当寸法	約 0.8mm	約 0.7mm	約 3mm	
	減肉痕②	減肉試験結果	約 2mm	約 2mm	約 5mm	
		実機相当寸法	約 0.4mm	約 0.4mm	約 1mm	
B - S G : X 5 4 , Y 4		減肉試験結果	約 2mm	約 4mm	約 13mm	
		実機相当寸法	約 0.4mm	約 1mm	約 3mm	

なお、以上の通り再現した実機相当寸法については、E C Tモックアップ試験により実機 E C T信号との整合性を確認する。

以上

ECTモックアップ試験による実機ECT信号との整合性確認について

減肉試験で再現した減肉形状（実機相当寸法）と同等形状の人工欠陥を与えた伝熱管モックアップ（インコネル600合金製）のECT信号を取得し、実機ECT信号との整合性を確認した。

1. ECTモックアップ試験の条件

ECTモックアップ試験に用いる人工欠陥寸法を表2-1に示す。

表2-1 ECTモックアップ試験に用いる人工欠陥寸法

対象伝熱管		人工欠陥寸法			備考
		深さ	軸方向	周方向	
C-SG : X38, Y3	減肉痕①	約0.8mm	約0.7mm	約3mm	減肉試験結果（実機相当寸法）より設定
	減肉痕②	約0.4mm	約0.4mm	約1mm	
B-SG : X54, Y4		約0.4mm	約1mm	約3mm	

2. ECTモックアップ試験の結果

1. 項の人工欠陥のECT信号を取得し、実機のECT信号と比較した結果、両者は整合することを確認した。図2-1に試験結果を示す。この結果より、金属片等の異物が推定した接触状態で伝熱管と摺動すれば、今回認められた減肉を発生させる可能性があるかと推定された。ただし、1サイクルで今回の減肉に至った可能性（時間的因子）については、別途流動振動解析を用いた計算により検証する。


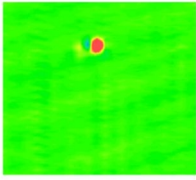
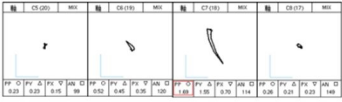
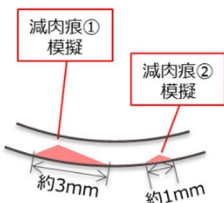
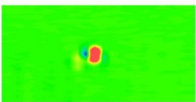
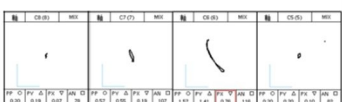
	MIX 色調図	MIX リサーチ	実機信号 整合性
<p>実機 C X38Y3</p> <p>【減肉痕①】 周長（目視）：約4mm</p> <p>【減肉痕②】 周長（目視）：約1mm</p> 	<p>振幅：1.69 V 位相：114°</p> 		—
<p>モックアップ</p> <p>【60%減肉】 接触角①20°（三角形） 接触角②120°（三角形） 周長：約3mm 軸長：約0.7mm</p> <p>【30%減肉】 接触角①45°（三角形） 接触角②120°（三角形） 周長：約1mm 軸長：約0.4mm</p> 	<p>振幅：1.57 V 位相：116°</p> 		○

図2-1-1 ECTモックアップ試験結果（C-SG）


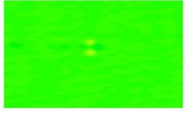
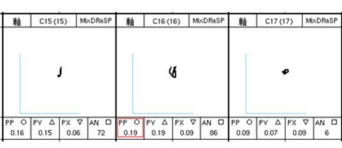
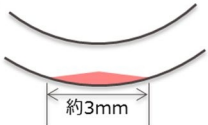
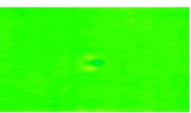
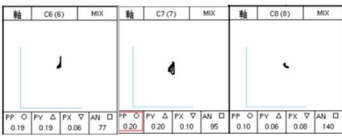
	MIX 色調図	MIX リサーチ	実機信号 整合性
<p>実機 B X54Y4</p> <p>周長(目視)：約4mm</p> 	<p>振幅：0.19 V 位相：86°</p> 		—
<p>モックアップ</p> <p>接触角①10°（三角形） 接触角②160°（三角形） 周長：約3mm 軸長：約1mm</p> 	<p>振幅：0.20 V 位相：95°</p> 		○

図2-1-2 ECTモックアップ試験結果（B-SG）

以上

ワークレートをを用いた摩耗体積の計算結果

流動振動解析により金属片と伝熱管の摩耗のワークレートを算出し、比摩耗量および1サイクルの運転時間を乗じて、金属片等の異物との接触により1サイクルで発生する摩耗体積を計算した。また、ECTモックアップ試験で実機減肉形状と整合することを確認した人工欠陥の摩耗体積との比較評価を行った。その結果を表1に示す。

なお、C-SGについては、金属片等の異物と減肉痕①および②の接触状態に応じて、次の2ケースが考えられることから、両ケースについて摩耗体積を評価した。

ケース1：金属片単体が減肉痕②、①の順に減肉を与えたケース

ケース2：ケース1以外（減肉痕①および②が同時に摩耗し始め、その後①のみの摩耗に移行するケース）

表1 摩耗体積の比較評価結果

対象 SG	評価手法		比摩耗量 (m^2/N)	ワークレート (mW)	運転時間 (hr)	摩耗体積 (mm^3)
C	ECTモックアップ 試験		—	—	—	約0.6 (減肉痕①：約0.5 減肉痕②：約0.1)
	流動振 動解析	ケース1	6.6×10^{-15}	約3	約10,000	約0.7
		ケース2	6.6×10^{-15}	減肉痕①：約0.6 減肉痕②：約0.5	約4,300	約5,800
減肉痕①：約3						
B	ECTモックアップ 試験		—	—	—	約0.3
	流動振動解析		6.6×10^{-15}	約3	約10,000	約0.7

この結果より、ワークレートをを用いて計算した1サイクルで発生する摩耗体積は、ECTモックアップ試験で実機整合性を確認した人工欠陥の摩耗体積と整合することから、今回認められた減肉痕は金属片等の異物との接触により1サイクルで発生した可能性があることを確認した。

以上

異物により減肉した国内外事例調査 (国内外で報告されている異物による外面減肉事例)

国内外で報告されている異物による外面減肉事象を調査し、国内では4件、海外では多数の事例があることを確認した。

○国内：4件（～2020年の調査）

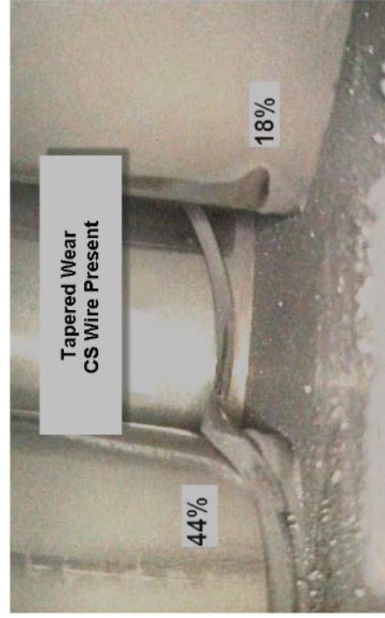
プラント	事象発生年	原因となった異物	備考
高浜4号機	2019年	保温材外装板の切れ端等(推定)	法令報告対象
高浜3号機	2018年	ステンレス鋼等の金属片(推定)	法令報告対象外
美浜3号機	2000年	溶断作業で発生した2次生成物	法令報告対象
玄海1号機	1975年	鋼製巻尺	原子力施設情報公開ライブラリー(ニュージーア)より

○海外： 件（2000年～2019年の調査）※1
2000年～2019年の年別報告件数※1

米国の別のプラントの例※3



ガasket片による減肉発生(2013年)



ワイヤによる減肉発生

※1：米国電力研究所(EPRI)の蒸気発生器劣化データベースより
 ※2：米国原子力規制委員会(NRC)のホームページより
 ※3：EPRIレポート(1020631)より

異物により減肉した国内外事例調査 (複数SGで同時に異物による減肉が発生した海外事例)

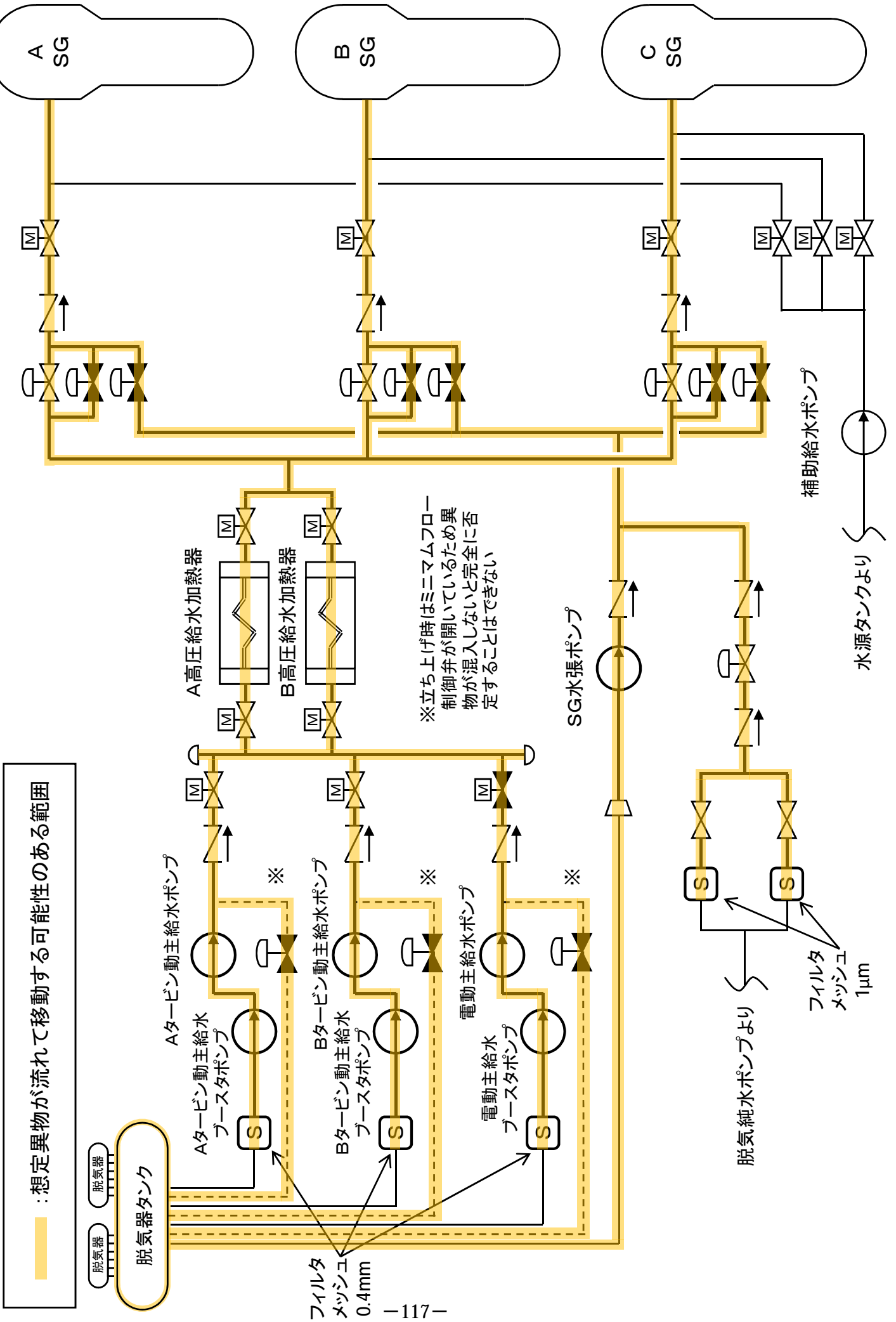
複数SGの伝熱管外面が異物により減肉した海外事例を公開情報から調査した結果、2000年以降で少なくとも10件あることを確認した。

○海外事例一覧※

プラント	SG数	事象発生年	異物により減肉した伝熱管本数
V.C. Summer 1	3	2018年	A-SG : 2本、B-SG : 2本
Palisades	2	2014年	A-SG : 2本、B-SG : 1本
Salem 1	4	2013年	SG12 : 1本、SG13 : 3本、SG14 : 1本
Byron 2	4	2011年	A-SG : 1本、C-SG : 1本、D-SG : 2本
Palisades	2	2010年	A-SG : 2本、B-SG : 2本
Calvert Cliffs 2	2	2009年	SG21 : 2本、SG22 : 6本
Millstone 2	2	2008年	SG1 : 8本、SG2 : 2本
Robinson 2	3	2007年	B-SG : 5本、C-SG : 1本
ANO 2	2	2005年	A-SG : 8本、B-SG : 5本
Robinson 2	3	2004年	B-SG : 5本、C-SG : 2本

※ NRCのホームページ上に公開されているレポートより

異物混入調査系統（異物混入の可能性がある系統）



SG器外の系統上の機器内部構成品で想定される異物との類似形状品

NO	機器名称	類似形状の有無	評 価	
1	主給水ブースタポンプ	無	ステンレス製の薄板(1mm未満)のワッシャを使用しているが円形であり、想定形状と異なる	×
2	タービン動主給水ポンプ	無	ステンレス製の薄板(1mm未満)のワッシャを使用しているが円形であり、想定形状と異なる	×
3	電動主給水ポンプ	無	ステンレス製の薄板(1mm未満)のワッシャを使用しているが円形であり、想定形状と異なる	×
4	蒸気発生器水張ポンプ	無	薄板状(1mm未満)の部品はない。	×
5	主給水ブースタポンプ入口ストレーナ	無	ステンレス製のストレーナを使用しているが外観目視点検の結果損傷は認められない。	×
6	脱気器タンク	無	薄板状(1mm未満)の部品はない。	×
7	第6 高圧給水加熱器	無	薄板状(1mm未満)の部品はない。	×
8	弁	無	薄板状(1mm未満)の部品はない。	×
9	配管	-	薄板状(1mm未満)の部品はない。	×
10	渦巻きガスケット (消耗品)	有	ステンレス製の金属フープがあり、系統内に流出した場合は、異物となり得る可能性は否定できない。	△

＜凡例＞

△：否定できない

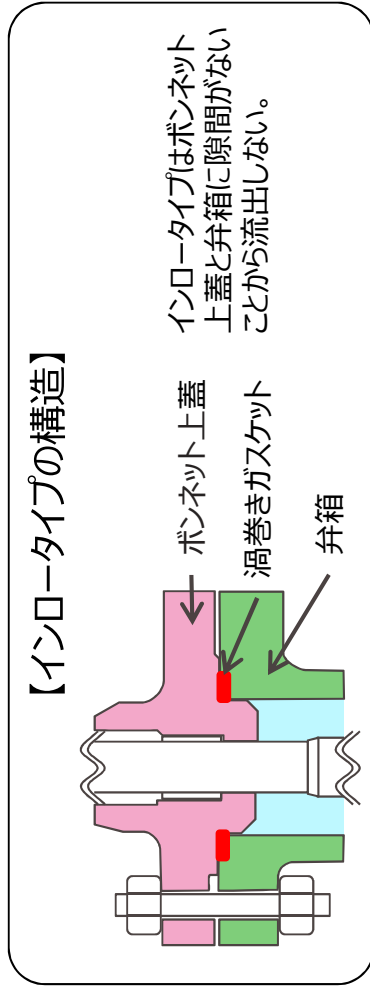
×：可能性なし

蒸気発生器に流入する可能性のある範囲の渦巻きガスケット健全性確認一覧

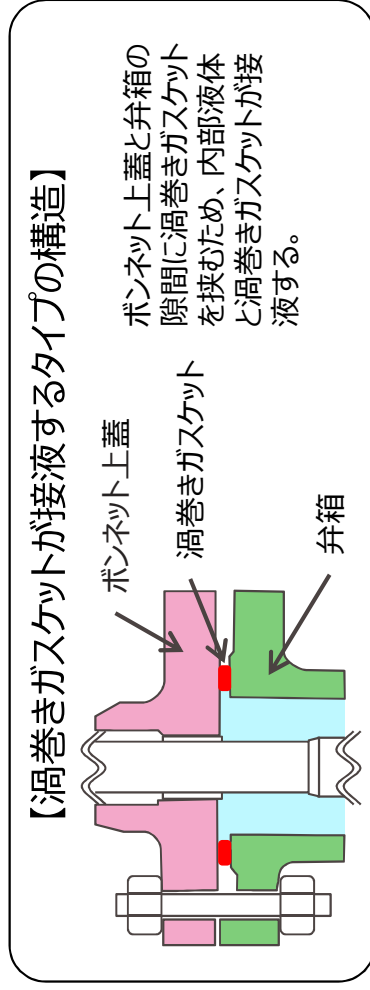
No	名称	詳細	仕様	記録確認結果	開放点検結果
1	A-タービン動主給水ブースタポンプ入口フランジ	配管フランジ	JIS20K 500×4.5t	良	良
2	B-タービン動主給水ブースタポンプ入口フランジ	配管フランジ	JIS20K 500×4.5t	良	良
3	電動主給水ブースタポンプ入口フランジ	配管フランジ	JIS20K 500×4.5t	良	良
4	脱気器タンク	マンホールフランジ	JIS20K 500×4.5t	良	良
5	3A-電動給水ブースタポンプ入口ストレーナ後弁(3V-FW-104A)	弁ボンネットフランジ	ANSI-300LB 663×4.5t	良	良
6	3B-電動給水ブースタポンプ入口ストレーナ後弁(3V-FW-104B)	弁ボンネットフランジ	ANSI-300LB 663×4.5t	良	良
7	3-電動主給水ブースタポンプ出口フランジ	配管フランジ	JIS40K 400×4.5t	良	良
8	3A-タービン動主給水ブースタポンプ出口フランジ	配管フランジ	JIS40K 400×4.5t	良	良
9	3B-タービン動主給水ブースタポンプ出口フランジ	配管フランジ	JIS40K 400×4.5t	良	良
10	3-蒸気発生器水張ポンプ入口フランジ	配管フランジ	JIS20K 150×4.5t	良	良
11	3-電動主給水ブースタポンプ出口流量計オリフィスフランジ (FE-5225)	配管フランジ	ANSI-400LB 450×4.5t	良	良
12	3A-タービン動主給水ブースタポンプ出口流量計オリフィスフランジ (FE-5224A)	配管フランジ	ANSI-400LB 450×4.5t	良	良
13	3B-タービン動主給水ブースタポンプ出口流量計オリフィスフランジ (FE-5224B)	配管フランジ	ANSI-400LB 450×4.5t	良	良
14	3-蒸気発生器水張ポンプ出口流量計オリフィスフランジ (FE-5259)	配管フランジ	JIS63K 125×4.5t	良	良
15	A主給水制御弁 (FCV-460) バイパス管プロノズル前管台フランジ	配管フランジ	ANSI900# 100×4.8 t	良	良
16	A主給水制御弁 (FCV-460) バイパス管プロノズル後管台フランジ	配管フランジ	ANSI900# 100×4.8 t	良	良
17	B主給水制御弁 (FCV-470) バイパス管プロノズル前管台フランジ	配管フランジ	ANSI900# 100×4.8 t	良	良
18	B主給水制御弁 (FCV-470) バイパス管プロノズル後管台フランジ	配管フランジ	ANSI900# 100×4.8 t	良	良
19	C主給水制御弁 (FCV-480) バイパス管プロノズル前管台フランジ	配管フランジ	ANSI900# 100×4.8 t	良	良
20	C主給水制御弁 (FCV-480) バイパス管プロノズル後管台フランジ	配管フランジ	ANSI900# 100×4.8 t	良	良

渦巻きガスケット健全性確認

- 渦巻きガスケットが破損し、SGへ流入した場合、サイズを問わず伝熱管を摩耗減肉させる可能性がある。



- 点検対象範囲（脱気器～SG）の機器に使用している渦巻きガスケットのサイズは約3mm（3.2mm）と約5mm（4.5mm、4.8mm）である。



- 約3mmの渦巻きガスケットは部品同士が噛み合っていないタイプ（構造上流出しない）であり、運転中にガスケットパッキンが破損してもSGへ流入する可能性はない。

- 以上より、約5mmの渦巻きガスケットを使用している機器に点検を実施したものである。（全て健全であることを確認済）

異物として推定される資材

資材等	現場における作業状況
<p data-bbox="790 1771 874 2033">保温材外装板の 切れ端</p> 	<p data-bbox="379 712 646 1227">配管や機器に取り付ける保温材は、ステンレスやアルミの外装板で覆われている。配管や機器サポートの近傍においては、外装板形状やサイズの調整を行う必要がある。</p>    <p data-bbox="1313 208 1350 488"><サポート近傍写真></p> 

異物として推定される資材

資材等		現場における作業状況	
<p>配管識別表示等のバンドの切れ端</p>		<p>配管識別表示等の現場表示には、金属製のバンドで配管等に固定されているものがある。このバンドには、ステンレス鋼の薄板が用いられている場合があり、取付け時には、必要に応じ、バンド長さを調整する。</p>	
<p>配管の切削くず</p>			 <p><バンドの取付例></p>
<p>配管の取替えにおいては、既設配管の切断を行う必要がある。現地合わせの溶接部においては、開先加工を行う必要がある。</p>			

S Gに流入する可能性のある機器開放点検一覧

No	機器名称	人の立ち入り有無	異物管理 (○：実施 △：否定できない)				評価	判定 △：否定できない ○：可能性なし
			開口部養生	連続監視(封印)	服装管理	最終異物確認		
1	Aタービン動主給水ブースタポンプ入口フランジ	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
2	Bタービン動主給水ブースタポンプ入口フランジ	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
3	電動主給水ブースタポンプ入口フランジ	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
4	脱気器タンク	有	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
5	3A-電動給水ブースタポンプ入口ストレーナ後弁(3V-FW-104A)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
6	3B-電動給水ブースタポンプ入口ストレーナ後弁(3V-FW-104B)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
7	3-電動主給水ブースタポンプ出口フランジ	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
8	3A-タービン動主給水ブースタポンプ出口フランジ	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
9	3B-タービン動主給水ブースタポンプ出口フランジ	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
10	3-蒸気発生器水張ポンプ入口フランジ	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
11	3-電動主給水ブースタポンプ出口流量計オリフスフランジ (FE-5225)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
12	3A-タービン動主給水ブースタポンプ出口流量計オリフスフランジ (FE-5224A)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
13	3B-タービン動主給水ブースタポンプ出口流量計オリフスフランジ (FE-5224B)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
14	3-蒸気発生器水張ポンプ出口流量計オリフスフランジ (FE-5259)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
15	A主給水制御弁 (FCV-460) バイパス管フローノズル前管台フランジ	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
16	A主給水制御弁 (FCV-460) バイパス管フローノズル後管台フランジ	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
17	B主給水制御弁 (FCV-470) バイパス管フローノズル前管台フランジ	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
18	B主給水制御弁 (FCV-470) バイパス管フローノズル後管台フランジ	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
19	C主給水制御弁 (FCV-480) バイパス管フローノズル前管台フランジ	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
20	C主給水制御弁 (FCV-480) バイパス管フローノズル後管台フランジ	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
21	Aタービン動主給水ポンプケーシングカバー	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
22	Aタービン動主給水ブースタポンプケーシングカバー	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
23	Bタービン動主給水ポンプケーシングカバー	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
24	Bタービン動主給水ブースタポンプケーシングカバー	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
25	電動主給水ポンプケーシングカバー	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
26	電動主給水ブースタポンプケーシングカバー	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
27	SG水張りポンプ入口弁(CW-289)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
28	A主給水バイパス流量制御弁前弁(FW-505A)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
29	B主給水バイパス流量制御弁前弁(FW-505B)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○

No	機器名称	人の立ち入り有無	異物管理 (○：実施 △：否定できない)				評価	判定 △：否定できない ○：可能性なし
			開口部養生	連続監視(封印)	服装管理	最終異物確認		
30	C主給水バイパス流量制御弁前弁(FW-505C)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
31	A主給水バイパス流量制御弁後弁(FW-506A)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
32	B主給水バイパス流量制御弁3後弁(FW-506B)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
33	C主給水バイパス流量制御弁後弁(FW-506C)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
34	SG水張りポンプ出口逆止弁(CW-298)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
35	SG水張りポンプ出口弁(CW-299)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
36	ASG水張制御弁前弁(FW-507A)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
37	BSG水張制御弁前弁(FW-507B)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
38	CSG水張制御弁前弁(FW-507C)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
39	ASG水張制御弁後弁(FW-508A)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
40	BSG水張制御弁後弁(FW-508B)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
41	CSG水張制御弁後弁(FW-508C)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
42	脱気水SG供給弁(CW-401)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
43	3A6ヒータ入口給水逃し弁(FW-012A)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
44	3B6ヒータ入口給水逃し弁(FW-012B)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
45	3SGMP入口ストレーナブロー弁(CW-311)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
46	3SGMPミニマムフロー弁(CW-295)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
47	3A主給水ブロー弁(FW-543A)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
48	3B主給水ブロー弁(FW-543B)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
49	3C主給水ブロー弁(FW-543C)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
50	4脱気水SG供給元弁(4CW-399)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
51	3Bタービン動主給水ポンプミニマムフロー制御弁後弁(FW-150B)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
52	3Aタービン動主給水ポンプミニマムフロー制御弁後弁(FW-150A)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
53	3MDFWPミニマムフロー制御弁後弁(FW-151)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
54	3A主給水制御弁(FCV-460)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
55	3B主給水制御弁(FCV-470)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
56	3C主給水制御弁(FCV-480)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
57	3A主給水バイパス制御弁(FCV-461)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
58	3B主給水バイパス制御弁(FCV-471)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
59	3C主給水バイパス制御弁(FCV-481)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
60	3電動主給水ポンプ出口制御弁(FCV-3705)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○

No	機器名称	人の立ち入り有無	異物管理 (○：実施 △：否定できない)				評価	判定 △：否定できない ○：可能性なし
			開口部養生	連続監視(封印)	服装管理	最終異物確認		
61	3 A 蒸気発生器タービン動補助給水流量調節弁(HCV-3715)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
62	3 B 蒸気発生器タービン動補助給水流量調節弁(HCV-3725)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
63	3 C 蒸気発生器タービン動補助給水流量調節弁(HCV-3735)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
64	3 A 蒸気発生器水張制御弁(LCV-3710)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
65	3 B 蒸気発生器水張制御弁(LCV-3720)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
66	3 C 蒸気発生器水張制御弁(LCV-3730)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
67	蒸気発生器水張りポンプ(吐出フランジ)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
68	3 A タービン動主給水ポンプ出口逆止弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
69	3 B タービン動主給水ポンプ出口逆止弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
70	3 電動主給水ポンプ出口逆止弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
71	3 A タービン動主給水ポンプ出口弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
72	3 B タービン動主給水ポンプ出口弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
73	3 電動主給水ポンプ出口弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
74	3 A 6 ヒータ給水入口弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
75	3 B 6 ヒータ給水入口弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
76	3 A 6 ヒータ給水出口弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
77	3 B 6 ヒータ給水出口弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
78	3 A 主給水流量制御弁前弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
79	3 B 主給水流量制御弁前弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
80	3 C 主給水流量制御弁前弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
81	3 A 主給水流量制御弁後弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
82	3 B 主給水流量制御弁後弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
83	3 C 主給水流量制御弁後弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
84	3 A 主給水逆止弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
85	3 B 主給水逆止弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
86	3 C 主給水逆止弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
87	3 A 主給水隔離弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
88	3 B 主給水隔離弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
89	3 C 主給水隔離弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
90	3 A 主給水逆止弁バランス弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
91	3 B 主給水逆止弁バランス弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
92	3 C 主給水逆止弁バランス弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
93	3 A 主給水隔離弁バランス弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
94	3 B 主給水隔離弁バランス弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
95	3 C 主給水隔離弁バランス弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
96	3A 蒸気発生器主給水流量オリフイス	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
97	3B 蒸気発生器主給水流量オリフイス	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○

No	機器名称	人の立ち入り有無	異物管理 (○：実施 △：否定できない)				評価	判定 △：否定できない ○：可能性なし
			開口部養生	連続監視(封印)	服装管理	最終異物確認		
98	3C蒸気発生器主給水流量オリフイス	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
99	高圧給水加熱器後主給水ヘッダ閉止フランジ	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
100	3脱気水SG供給逆止弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
101	3脱気水SG供給元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
102	3 4 A脱気純水フィルタ出口弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
103	3 4 B脱気純水フィルタ出口弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
104	3 4脱気純水フィルタ出口逆止弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
105	脱気純水フィルタ出口流量調節弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
106	3 B-TDFWP (dPIA-5210B) 低圧側元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
107	3 B-TDFWP 出入口dPI-5218 ⇔ 5220B 低圧側弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
108	3 B-TDFWP 入口圧力計元弁 (PI-5216B)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
109	3 B-TDFWP ケーシングベント弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
110	3 B-TDFWP ケーシングドレン弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
111	3 B-T/DFWP ウォーミング止め弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
112	3 B-TDFWP ウォーミング弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
113	3 B-TDFWP 出入口dPI-5218 ⇔ 5220B 高圧側弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
114	3 B-TDFWP 出口ベント弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
115	3 B-TDFWP 入口流量計上流側元弁 (FT-5224B)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
116	3 B-TDFWP 入口流量計下流側元弁 (FT-5224B)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
117	3 B-TDFWP 入口流量計上流側元弁 (FT-5226B)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
118	3 B-TDFWP 入口流量計下流側元弁 (FT-5226B)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
119	3 B-TDFWP 吸込圧力計元弁 (PI-5230B)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
120	3 B-FWP バランス逆止弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
121	3 B-TDFWP ケーシングドレン元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
122	3 B-TDFWP 吐出圧力計元弁 (PI-5234BL)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
123	3 B-TDFWP 吐出圧力計元弁 (PT-5234B)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
124	3 B-TDFWP 吐出圧力計元弁 (PT-5236B)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△

No	機器名称	人の立ち入り有無	異物管理 (○:実施 △:否定できない)				評価	判定 △:否定できない ○:可能性なし
			開口部養生	連続監視(封印)	服装管理	最終異物確認		
125	3B-TDFWPミニマフローFT-5238B上流側元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
126	3B-TDFWPミニマフローFT-5238B下流側元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
127	3B-TDFWPミニマフローFT-5240B上流側元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
128	3B-TDFWPミニマフローFT-5240B下流側元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
129	3Bタービン動主給水ポンプミニマフロー制御弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
130	3B-TDFWP出口ブロー元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
131	3FWP出口ヘッダ圧力計元弁(P T-5248)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
132	3FWP出口ヘッダブロー元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
133	3FWPウォーミング元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
134	3A-TDFWBP(dPIA-5210A)低圧側元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
135	3A-TDFWP出入口dPI-5218⇔5220A低圧側弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
136	3A-TDFWBP入口圧力計元弁(PI-5216A)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
137	3A-TDFWBPケーシングベント弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
138	3A-TDFWBPケーシングドレン弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
139	3A-TDFWPウォーミング止め弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
140	3A-TDFWPウォーミング弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
141	3A-TDFWP出入口dPI-5218⇔5220A高圧側弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
142	3A-TDFWBP出口ベント弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
143	3A-TDFWP入口流量計上流側元弁(FT-5224A)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
144	3A-TDFWP入口流量計下流側元弁(FT-5224A)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
145	3A-TDFWP入口流量計上流側元弁(FT-5226A)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
146	3A-TDFWP入口流量計下流側元弁(FT-5226A)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○

No	機器名称	人の立ち入り有無	異物管理 (○：実施 △：否定できない)				評価	判定 △：否定できない ○：可能性なし
			開口部養生	連続監視(封印)	服装管理	最終異物確認		
147	3A-TDFWP吸込圧力計元弁 (PI-5230A)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
148	3A-FWPバランス逆止弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
149	3A-TDFWPケーシングドレン弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
150	3A-TDFWP吐出圧力計元弁 (PI-5234AL)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
151	3A-TDFWP吐出圧力計元弁 (PT-5234A)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
152	3A-TDFWP吐出圧力計元弁 (PT-5236A)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
153	3A-TDFWPミニマフローFT-5238A上流側元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
154	3A-TDFWPミニマフローFT-5238A下流側元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
155	3A-TDFWPミニマフローFT-5240A上流側元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
156	3A-TDFWPミニマフローFT-5240A下流側元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
157	3Aタービン動主給水ポンプミニマフロー制御弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
158	3A-TDFWP出口ブロー弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
159	3MDFWP吸込ストレナdPIA-5211低圧側元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
160	3A-MDFWP入口ストレナ後ブロー弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
161	3MDFWP吸込ストレナdPIA-5212低圧側元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。ただし、T3-23定検の分解点検においては、ファイバースコープにて最終異物確認を実施した。	△
162	3B-MDFWP入口ストレナ後ブロー弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
163	3MDFWP入口圧力逃し逆止弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
164	3MDFWP出入口差圧dPT-5221⇔5223低圧側元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
165	3MDFWP吸込圧力計元弁 (PI-5217)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
166	3MDFWPケーシングベント弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
167	3MDFWPケーシングブロー弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
168	3MDFWPウォーミング弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
169	3MDFWP出入口差圧dPT-5221⇔5223高圧側元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
170	3MDFWP出口ベント弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○

No	機器名称	人の立ち入り有無	異物管理 (○：実施 △：否定できない)				評価	判定 △：否定できない ○：可能性なし
			開口部養生	連続監視(封印)	服装管理	最終異物確認		
171	3 M D F W P 入口流量計上流側元弁 (F T - 5 2 2 5)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向が S G 側ではないため S G へ異物を混入させることはない。	○
172	3 M D F W P 入口流量計下流側元弁 (F T - 5 2 2 5)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向が S G 側ではないため S G へ異物を混入させることはない。	○
173	3 M D F W P 入口流量計上流側元弁 (F T - 5 2 2 7)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向が S G 側ではないため S G へ異物を混入させることはない。	○
174	3 M D F W P 入口流量計下流側元弁 (F T - 5 2 2 7)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向が S G 側ではないため S G へ異物を混入させることはない。	○
175	3 M D F W P 吸込圧力計元弁 (P I - 5 2 3 1)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向が S G 側ではないため S G へ異物を混入させることはない。	○
176	3 M D F W P バランス逆止弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
177	3 M D F W P ケーシングドレン元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
178	3 M D F W P 吐出圧力計元弁 (P I - 5 2 3 5 L)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向が S G 側ではないため S G へ異物を混入させることはない。	○
179	3 M D F W P 吐出圧力計元弁 (P T - 5 2 3 5)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
180	3 M D F W P ミニマフロー流量計上流側元弁 (F T - 5 2 3 9)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向が S G 側ではないため S G へ異物を混入させることはない。	○
181	3 M D F W P ミニマフロー流量計下流側元弁 (F T - 5 2 3 9)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向が S G 側ではないため S G へ異物を混入させることはない。	○
182	3 M D F W P ミニマフロー流量計上流側元弁 (F T - 5 2 4 1)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向が S G 側ではないため S G へ異物を混入させることはない。	○
183	3 M D F W P ミニマフロー流量計下流側元弁 (F T - 5 2 4 1)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向が S G 側ではないため S G へ異物を混入させることはない。	○
184	3 電動主給水ポンプミニマフロー制御弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
185	3 A 6 ヒータ入口給水ブロー元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向が S G 側ではないため S G へ異物を混入させることはない。	○
186	3 A 6 ヒータ出口給水バント元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
187	3 A 6 ヒータ出口給水圧力計元弁 (P I - 5 2 5 0 A)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
188	3 A 6 ヒータ出口給水ブロー元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向が S G 側ではないため S G へ異物を混入させることはない。	○
189	3 B 6 ヒータ入口給水ブロー元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向が S G 側ではないため S G へ異物を混入させることはない。	○
190	3 B 6 ヒータ出口給水圧力計元弁 (P I - 5 2 5 0 B)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
191	3 B 6 ヒータ出口給水バント元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△

No	機器名称	人の立ち入り有無	異物管理 (○：実施 △：否定できない)				評価	判定 △：否定できない ○：可能性なし
			開口部養生	連続監視(封印)	服装管理	最終異物確認		
192	3 B 6ヒータ出口給水ブロー弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がS G側ではないためS Gへ異物を混入させることはない。	○
193	3 S G M P 入口ヒドラジン注入弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
194	3 S G 水張ポンプ入口ブロー弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
195	3 S G M P 吸込圧力計元弁 (P I - 5 2 5 7)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
196	3 S G M P ケーシングドレン元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
197	3 S G M P ケーシングベント弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がS G側ではないためS Gへ異物を混入させることはない。	○
198	3 S G M P 吐出圧力計元弁 (P I - 5 2 5 8 L)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
199	3 S G M P 吐出圧力計元弁 (P T - 5 2 5 8)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
200	3 S G 水張ポンプ出口ブロー弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
201	3 S G M P 出口回収ブロー弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
202	3 脱気水 S / G 供給管ブロー弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
203	3 脱気水 S / G 供給ヒドラジン注入弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
204	3 S G M P 出口流量計上流側元弁 (F T - 5 2 5 9)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がS G側ではないためS Gへ異物を混入させることはない。	○
205	3 S G M P 出口流量計下流側元弁 (F T - 5 2 5 9)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がS G側ではないためS Gへ異物を混入させることはない。	○
206	3 - 6ヒータ出口ヘッダ給水サンプリング元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
207	3 - 6ヒータ出口ヘッダ給水ブロー弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がS G側ではないためS Gへ異物を混入させることはない。	○
208	3 主給水ヘッダ圧力計元弁 (P T - 5 2 5 2)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
209	3 主給水ヘッダ圧力発信器第 1 元弁 (P T - 3 7 0 0・3 7 0 1)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
210	3 給水サンプリング装置行き第 1 元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
211	3 A 主給水流量制御弁入口配管ドレン元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
212	3 A 主給水流量制御弁出口配管ドレン元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
213	3 A 蒸気発生器主給水バイパス流量発信器 (仮設) 上流側第 1 元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
214	3 A 蒸気発生器主給水バイパス流量発信器 (仮設) 下流側第 1 元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
215	3 A 主給水バイパス流量制御弁入口配管ドレン元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
216	3 A 主給水バイパス流量制御弁出口配管ドレン元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
217	3 A 蒸気発生器主給水圧力発信器第 1 元弁 (P T - 3 7 1 2)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
218	3 A 蒸気発生器水張制御弁入口配管ドレン元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
219	3 A 蒸気発生器水張制御弁出口配管ドレン元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
220	3 B 主給水流量制御弁入口配管ドレン元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
221	3 B 主給水流量制御弁出口配管ドレン元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○

No	機器名称	人の立ち入り有無	異物管理 (○：実施 △：否定できない)				評価	判定 △：否定できない ○：可能性なし
			開口部養生	連続監視(封印)	服装管理	最終異物確認		
261	3 C 主給水ブローラインベント弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
262	3 C 主給水ブローラインドレン弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
263	3・4 脱気純水フィルタ差圧計第2元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
264	3・4 脱気純水フィルタバイパス弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
265	3 4 脱気水流量計入口元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲がある。ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
266	3 4 脱気水流量計出口元弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲がある。ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
267	3・4 脱気純水送水管ベント弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
268	3・4 脱気純水送水管ブロー弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲がある。ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
269	4 原子炉補機冷却水サージタンク脱気水補給弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
270	4-1 次系純水タンク入口積算流量計入口弁(FIM-1704)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
271	4-1 次系純水タンク入口積算流量計バイパス弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
272	3・4 脱気純水送水管ブロー弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲がある。ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
273	3・4 脱気純水送水管ベント弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
274	3・4 脱気純水送水管ブロー弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲がある。ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
275	3 4 脱気純水送水管ベント弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
276	3 原子炉補機冷却水サージタンク脱気水補給弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
277	3 4 脱気純水送水管ブロー弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲がある。ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
278	3-1 次系純水タンク入口積算流量計入口弁(FM-1704)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
279	3-1 次系純水タンク入口積算流量計バイパス弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
280	3 B-TDFWP 吐出圧力計弁(PI-5234BL)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲がある。ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
281	3 B-TDFWP 吐出圧力計弁(PT-5234B)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
282	3 B-TDFWP 吐出圧力計弁(PT-5236B)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
283	3 B-TDFWP ミニマムフロー FT-5238 B 上流側弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲がある。ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
284	3 B-TDFWP ミニマムフロー FT-5238 B 下流側弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲がある。ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
285	3 B-TDFWP ミニマムフロー FT-5240 B 上流側弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲がある。ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○

No	機器名称	人の立ち入り有無	異物管理 (○：実施 △：否定できない)				評価	判定 △：否定できない ○：可能性なし
			開口部養生	連続監視(封印)	服装管理	最終異物確認		
286	3B-TDFWPミニマフローFT-5240B下流側弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
287	3B-TDFWPミニマフロー元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
288	3FWP出口ヘッド圧力計弁(PT-5248)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
289	3A-TDFWP吐出圧力計弁(PI-5234AL)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
290	3A-TDFWP吐出圧力計弁(PT-5234A)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
291	3A-TDFWP吐出圧力計弁(PT-5236A)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
292	3A-TDFWPミニマフローFT-5238A上流側弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
293	3A-TDFWPミニマフローFT-5238A下流側弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
294	3A-TDFWPミニマフローFT-5240A上流側弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
295	3A-TDFWPミニマフローFT-5240A下流側弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
296	3A-TDFWPミニマフロー元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
297	3MDFWP吐出圧力計弁(PI-5235L)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
298	3MDFWP吐出圧力計弁(PT-5235)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
299	3MDFWPミニマフロー流量計上流側弁(FT-5239)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
300	3MDFWPミニマフロー流量計下流側弁(FT-5239)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
301	3MDFWPミニマフロー流量計上流側弁(FT-5241)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
302	3MDFWPミニマフロー流量計下流側弁(FT-5241)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
303	3MDFWPミニマフロー元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
304	3A6ヒータ入口給水フロー弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
305	3A6ヒータ出口給水VENT弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
306	3A6ヒータ出口給水圧力計弁(PI-5250A)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
307	3B6ヒータ入口給水フロー弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
308	3B6ヒータ出口給水圧力計弁(PI-5250B)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△

No	機器名称	人の立ち入り有無	異物管理 (○：実施 △：否定できない)				評価	判定 △：否定できない ○：可能性なし
			開口部養生	連続監視(封印)	服装管理	最終異物確認		
309	3 B 6ヒータ出口給水弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
310	3 B 6ヒータ出口給水ブロー弁	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
311	3 S GMP吐出圧力計弁 (PI-5258L)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
312	3 S GMP吐出圧力計弁 (PT-5258)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
313	3 脱気水S/G供給ヒドラジン注入管ブロー元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
314	3 脱気水SG供給ヒドラジン注入逆止弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
315	3 S GMP出口流量計上流側弁 (FT-5259)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
316	3 S GMP出口流量計下流側弁 (FT-5259)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があるが、ただし、流入方向がSG側ではないためSGへ異物を混入させることはない。	○
317	3-6ヒータ出口ヘッド給水サンプリング弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
318	3 主給水ヘッド圧力計弁 (PT-5252)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
319	3 主給水ヘッド圧力発信器第2元弁 (PT-3700・3701)	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
320	3 給水サンプリング装置行き第2元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
321	3 A 蒸気発生器主給水圧力発信器第2元弁 (PT-3712)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
322	3 B 蒸気発生器主給水圧力発信器第2元弁 (PT-3722)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
323	3 C 蒸気発生器主給水圧力発信器第2元弁 (PT-3732)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
324	3 A 蒸気発生器主給水流量発信器上流側第2元弁 (FT-460)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
325	3 A 蒸気発生器主給水流量発信器上流側第2元弁 (FT-461)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
326	3 A 蒸気発生器主給水流量発信器 (仮設) 上流側第2元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
327	3 A 蒸気発生器主給水流量発信器 (仮設) 下流側第2元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
328	3 A 蒸気発生器主給水流量発信器下流側第2元弁 (FT-461)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
329	3 A 蒸気発生器主給水流量発信器下流側第2元弁 (FT-460)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
330	3 B 蒸気発生器主給水流量発信器上流側第2元弁 (FT-470)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
331	3 B 蒸気発生器主給水流量発信器上流側第2元弁 (FT-471)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
332	3 B 蒸気発生器主給水流量発信器 (仮設) 上流側第2元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
333	3 B 蒸気発生器主給水流量発信器 (仮設) 下流側第2元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
334	3 B 蒸気発生器主給水流量発信器下流側第2元弁 (FT-471)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
335	3 B 蒸気発生器主給水流量発信器下流側第2元弁 (FT-470)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
336	3 C 蒸気発生器主給水流量発信器上流側第2元弁 (FT-480)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
337	3 C 蒸気発生器主給水流量発信器上流側第2元弁 (FT-481)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
338	3 C 蒸気発生器主給水流量発信器 (仮設) 上流側第2元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
339	3 C 蒸気発生器主給水流量発信器 (仮設) 下流側第2元弁	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
340	3 C 蒸気発生器主給水流量発信器下流側第2元弁 (FT-481)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○

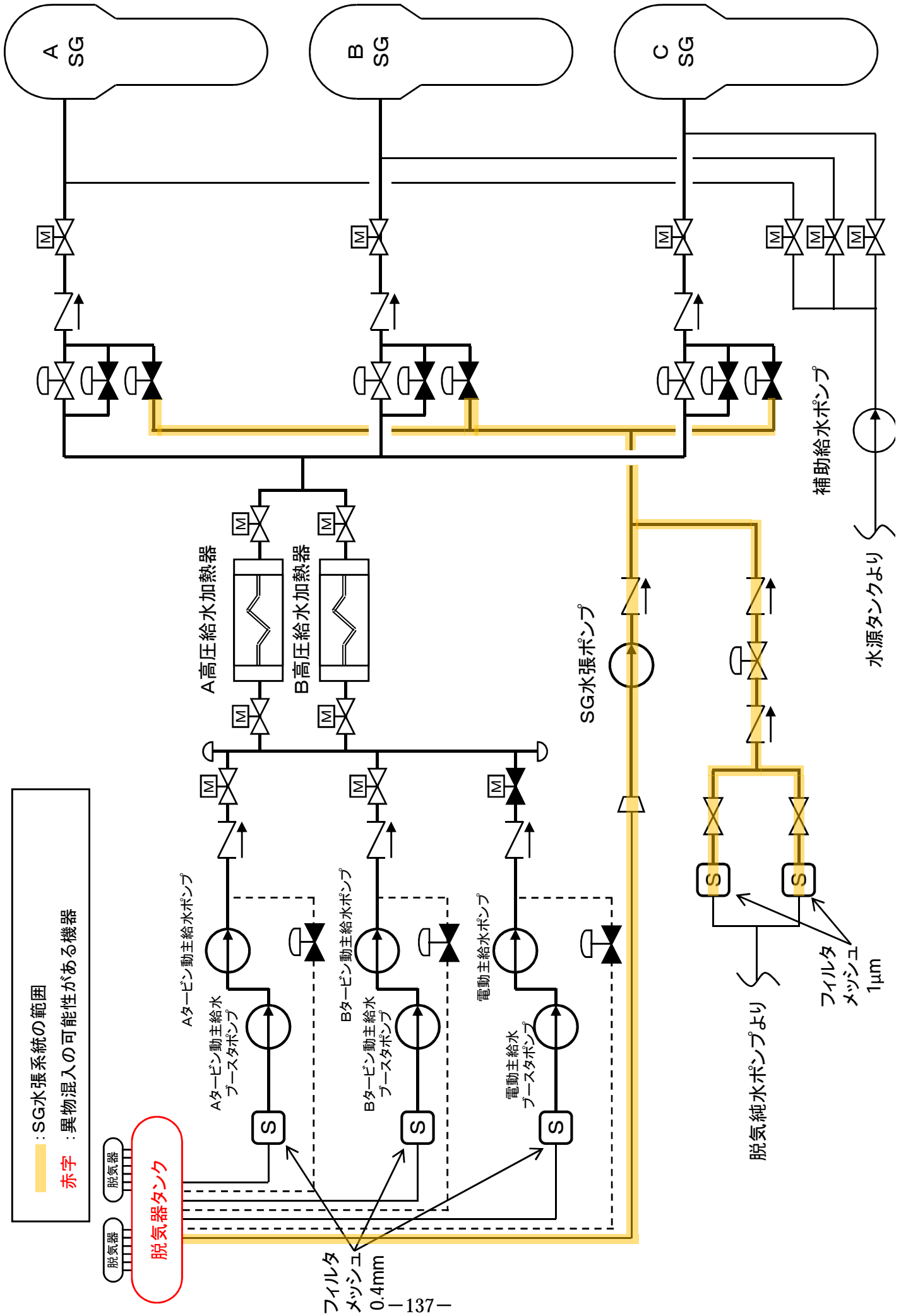
No	機器名称	人の立ち入り有無	異物管理 (○：実施 △：否定できない)				評価	判定 △：否定できない ○：可能性なし
			開口部養生	連続監視(封印)	服装管理	最終異物確認		
341	3C蒸気発生器主給水流量発信器下流側第2元弁 (FT-480)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
342	Aタービン動主給水ブースタポンプ入口ストレーナ	有	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。ただし、T3-23定検の分解点検においては、ファイバースコープにて最終異物確認を実施した。	△
343	Bタービン動主給水ブースタポンプ入口ストレーナ	有	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。ただし、T3-23定検の分解点検においては、ファイバースコープにて最終異物確認を実施した。	△
344	電動主給水ブースタポンプ入口ストレーナ	有	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。ただし、T3-23定検の分解点検においては、ファイバースコープにて最終異物確認を実施した。	△
345	電動主給水ブースタポンプ入口ストレーナ	有	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。ただし、T3-23定検の分解点検においては、ファイバースコープにて最終異物確認を実施した。	△
346	蒸気発生器水張りポンプ入口ストレーナ	無	○	○	○	△	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しているが、最終確認時垂直管部で目視確認が困難な範囲があり、異物混入の可能性は否定できない。	△
347	脱気純水フィルタ	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
348	主給水ライン配管修繕箇所	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。また、垂直配管に対しても異物が落下しない養生を採用しており異物を混入させることはない。	○
349	3-M/DFWPミニマムフロー流量計オリフスフランジ (FE-5239)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
350	3A-T/DFWPミニマムフロー流量計オリフスフランジ (FE-5238A)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○
351	3B-T/DFWPミニマムフロー流量計オリフスフランジ (FE-5238B)	無	○	○	○	○	開口部養生から最終異物確認まで適宜実施しており、異物を混入させることはない。	○

高浜3号機 前回 (第23回) 定期検査時に開放点検を実施した機器 (SG水張系統)

SG水張系統：脱気器～SG水張制御弁の範囲を前提条件とする。

工事件名	開放点検機器	最終異物確認時に目視確認が困難な範囲
2次系熱交換器他定期点検工事	脱気器タンク	有
2次系大型弁定期点検工事	対象なし	－
2次系一般弁定期点検工事	3 C 蒸気発生器水張制御弁前弁 (FW-507C)	なし (水平)
2次系一般弁フランジ部定期点検工事	対象なし	－
2次系横型ポンプ定期点検工事	対象なし	－
主要配管修繕工事	対象なし	－

高浜発電所3号機 前回 (第23回) 定期検査時に開放点検を実施した機器 (SG水張系統)



異物混入の可能性検討 (2次系一般弁(垂直設置弁)分解点検作業方法)

2. 分解

- ・弁箱シート養生、異物管理シート貼り付けを実施。
分解後は直ちに弁箱のシート養生を実施するため弁箱内に異物を落下させる可能性はない。



※3号機例

4. 組立・復旧

- ・弁箱内部および弁蓋側(弁体・弁棒含む)の異物確認を実施する
(関電(定検管理員)立会)
パイロットミラーにて上流側、下流側とも確認するが、垂直管に取り付けられた弁については、異物混入後落下した場合、**最終異物確認時点では目視確認が困難な範囲となり、異物混入の可能性は完全には否定できない。**
- ・復旧時は作業責任者、品管責任者、定検管理員が異物混入防止の観点で連続監視しているため異物混入時は発見が可能である。

1. 準備

- ・床養生・周辺養生 ・作業場の4S



3. 手入れ

- ・ウエスは使用後再使用している場合があること、他の工具類と同じ工具袋内に保管し運搬されていること、さらに、周辺で別作業により端材が発生する可能性があることから、周辺が付着する可能性があり、作業前にウエスに付着物が無いことを確認しているものに**確実に除去されなかった場合には開放作業時の開口部から混入した可能性は否定できない。**



確認できないエリア

※3号機例

異物混入の可能性検討 (タービン動主給水ブースタポンプ入口ストレーナ作業状況)

タービン動主給水ブースタポンプ 入口ストレーナ作業方法

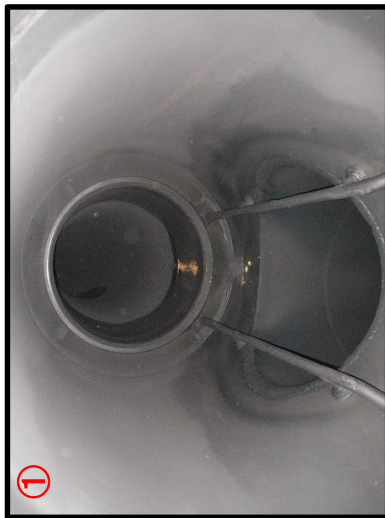
ストレーナ蓋を開放し、中のこし筒を引き抜くとタービン動主給水ポンプ吸い込み側の開口があるため、異物落下防止としてビニールシートにて養生を行う。

①ストレーナ開放時は、作業員が監視しているため、異物落下の可能性は低い

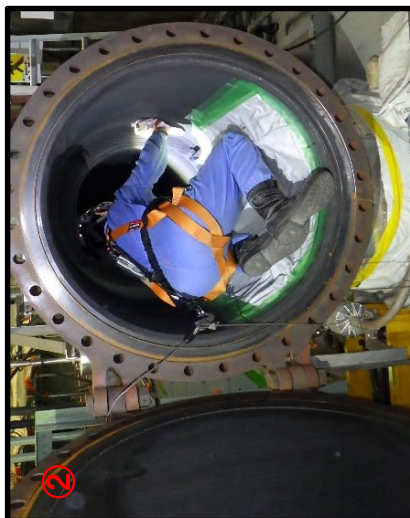
②作業員がストレーナ内部に入り異物落下防止用のビニールシートで養生を行うが、作業服、靴等に付着していた場合には、異物を落下させる可能性は否定できない。

③ストレーナ内部に養生が完了すれば、内部の点検手入れ、清掃を行う。養生シートにより作業服、靴等に付着した異物を落下させる可能性は低い。

作業完了後、養生シートを撤去し、異物確認を行うが、配管内部に落下した異物を確認することが困難な箇所があるため、異物残留を完全には否定できない。



①



②



③

[作業に伴う異物管理方法]

作業は、ストレーナ開放後一人が作業監視、一人が点検清掃作業を行う二人体制で実施する。

ストレーナ内部に入る前に作業に不要な物を持ち込まない、作業服、靴等に付着物がないことを本人が確認し、作業を開始する。

(本人が目視できない箇所に異物が付着している可能性は否定できない)

清掃作業中発見したスラッジ等は、都度監視人へ渡し、異物残留としないようにする。

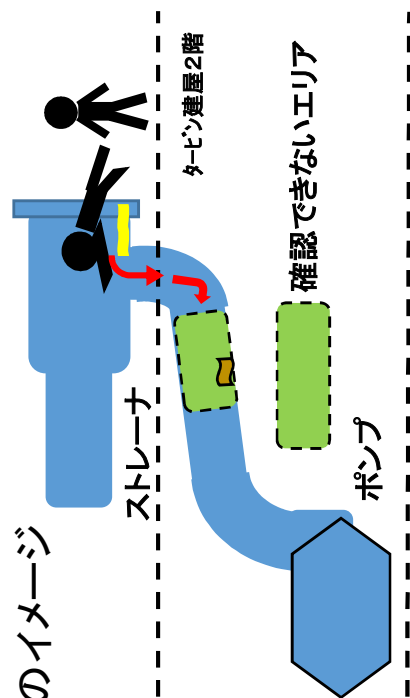
清掃作業終了後は、ストレーナ蓋を仮閉止し(ボルト止め)、異物混入防止を図る。

こし筒清掃作業完了後、作業服、靴等に付着物がないことを本人が確認し、ストレーナ内配管他の最終異物確認を行う。

こし筒を挿入する。(人の立入なし)

こし筒挿入後、作業服、靴等に付着物がないことを本人が確認し、こし筒内の最終異物確認を実施し、ストレーナ蓋を閉止する。

②のイメージ



異物混入の可能性検討 (脱気器タンク作業状況)

脱気器タンク作業方法

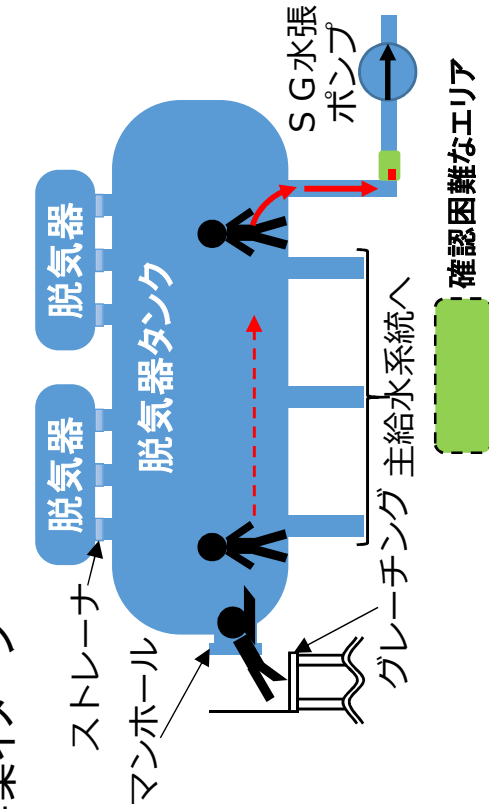
マンホール蓋を開放し、タンク内部に入り、内部には蒸気発生器水張ポンプ吸い込み側の開口があるため、異物落下防止として蓋にて養生する。

- ①作業員がタンク内部養生を行うが、**作業服、靴等に付着していた場合には、異物を落下させる可能性は否定できない。**
- ②養生が完了すればタンク内部の点検、清掃を行う。養生蓋により作業服、靴等に付着した異物を落下させる可能性は低い。
作業完了後、養生蓋を撤去し、脱気器タンク内部の異物確認を行うが、蒸気発生器水張ポンプ吸い込み配管内部に落下した異物を確認することが困難な箇所があるため、異物残留を完全には否定できない。

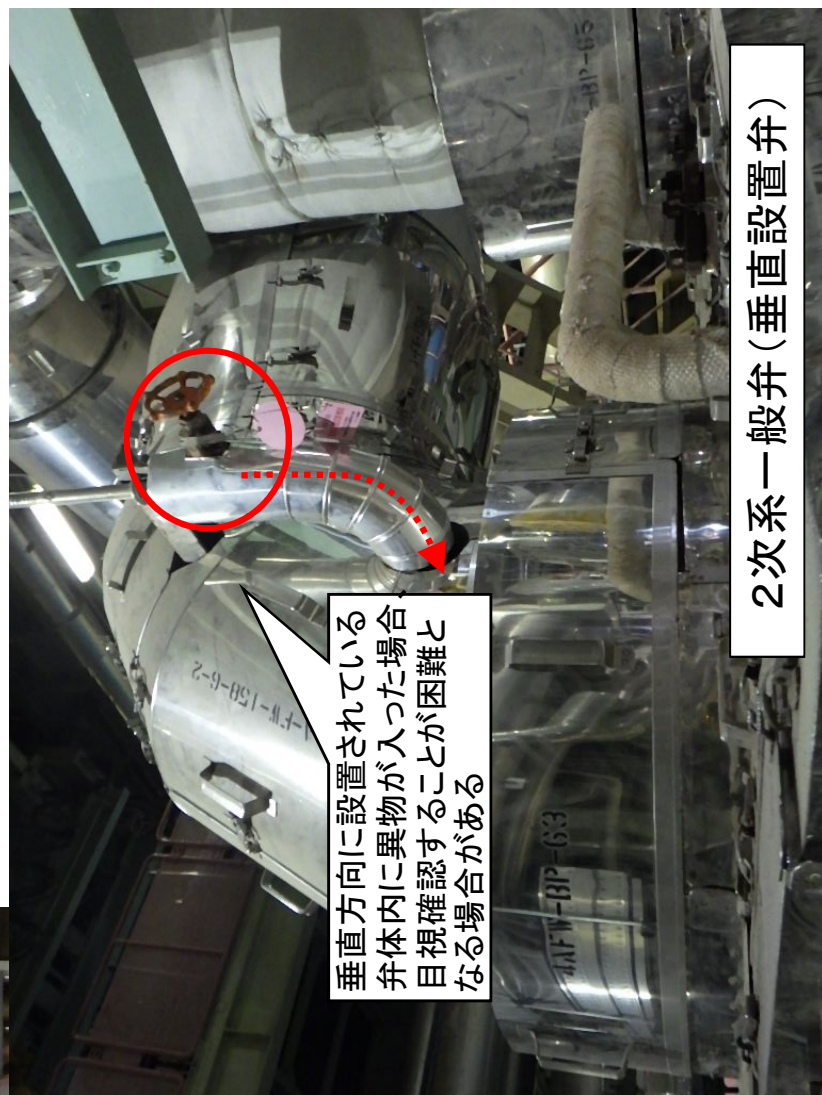
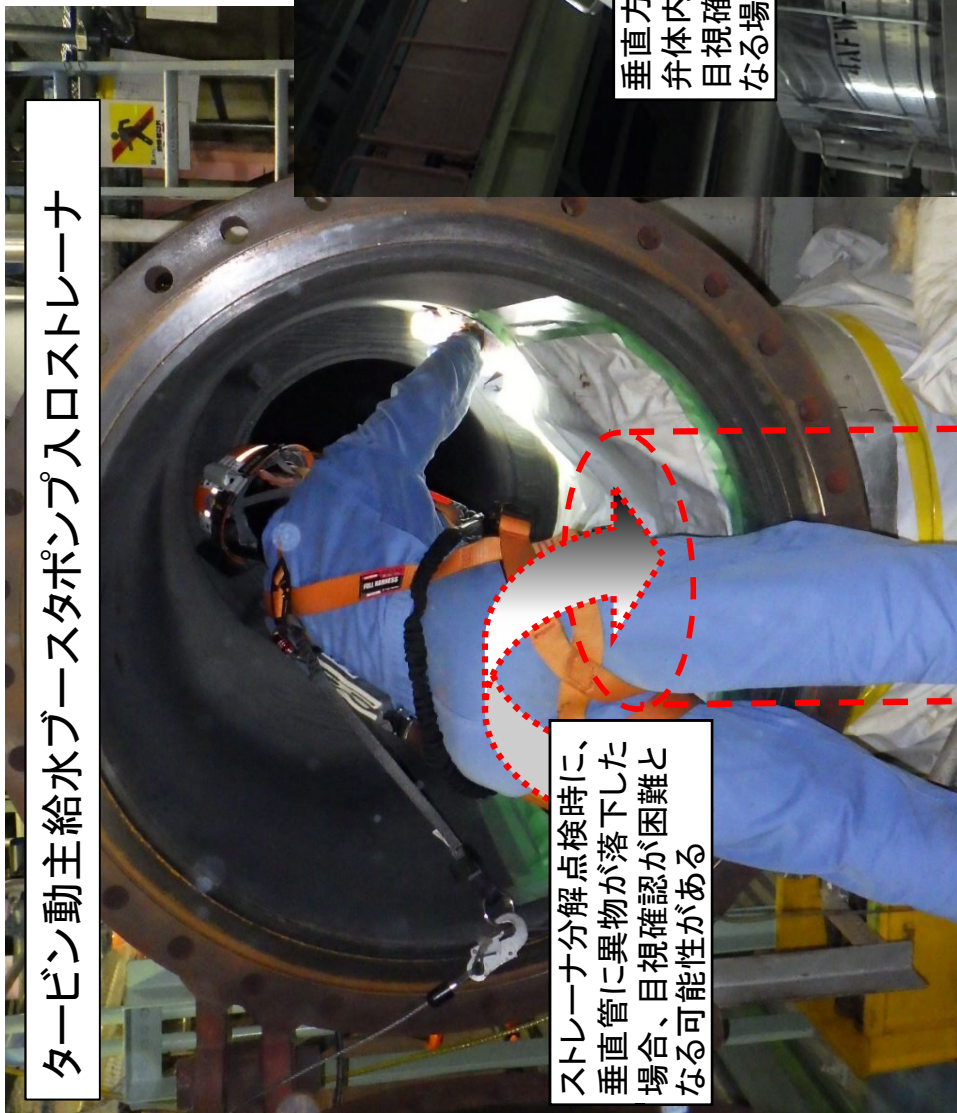
[作業に伴う異物管理方法]

- ・ 脱気器タンク内部作業時はマンホール部に監視人を配置し、常時監視する。
- ・ 脱気器タンク内への立ち入り者、持ち込み品は最小限とする。
- ・ 持ち込み物は確実に持ち出したことを確認する。
- ・ 脱気器タンク内部清掃等作業前には内部の養生を行う。
- ・ 脱気器タンクマンホール開放期間中は、マンホールを仮蓋にて仮閉止し、異物管理を行う。
- ・ すべての作業完了後内部の異物確認を行いマンホールを閉止する。
(作業服、靴等に異物が付着している可能性は否定できない)

作業イメージ



異物混入の可能性検討 (異物確認が困難となるケースの例)



減肉した伝熱管の評価

減肉した伝熱管について、以下のとおり、強度および耐震性の観点から破損しないことを確認した。

1. 強度

国PJ「蒸気発生器信頼性実証試験」（(財)発電用熱機関協会、昭和50年度～昭和55年度）では、局部減肉を有する伝熱管の内圧強度評価手法を確立するため、内圧による高温破壊試験を実施している。その試験結果から導出された内圧破断評価式を用いて、運転中および事故時を包絡する内外差圧による破断圧力を算出した。

得られた破断圧力について、通常運転時および事故時の最大内外差圧に対する裕度を確認することにより、減肉管の強度を評価した。

その結果、破断圧力は**33.84MPa**であり、通常運転時および事故時の最大内外差圧[]に対し、十分な裕度があることを確認した。

本評価式は、過去の高浜発電所3，4号機 蒸気発生器伝熱管の旧振止め金具による局部減肉の特殊設計施設認可申請においても用いられており、下式にて表される。

$$P_B = \sigma_f \frac{t}{R} \left(\frac{1 - a/t}{1 - a/t \cdot 1/m} \right)$$

<計算条件>

P_B ：局部減肉を有する伝熱管の破断圧力 (MPa)

σ_f ：インコネル600合金の流動応力=343.8MPa (@361.3℃)

t ：板厚=[]

R ：平均半径=10.48mm

a ：減肉深さ=[] (= [] × 0.56)

m ：Foliasのバルジ係数 (= (1+1.05 · c²/R/t)^{1/2})

$2c$ ：減肉幅=5mm

表 減肉した伝熱管の強度評価結果

減肉深さ (%) *1	破断圧力 P_c (MPa)	事故時を包絡 する作用内外差圧 (MPa) *2	裕度
56	33.84	[]	[]

*1 最大減肉深さのC-SG (X38, Y3) で代表

*2 設計基準事故時および重大事故等時を包絡する内外差圧

減肉した伝熱管の評価

2. 耐震性

減肉を有する伝熱管の耐震性について、次のとおり評価した。

- ・既工認^{*3}の基準地震動 **Ss** による地震力および伝熱管全長モデル（施栓管の評価と同様）^{*4}から、伝熱管直管部（管支持板部）に作用する力（部材力）を算出
- ・保守的に一様外面減肉と仮定し、伝熱管の断面積を減じた上で部材力から発生応力および疲労累積係数を算出し、許容値に対する裕度を確認

^{*3} 既工認添付資料 **13-17-3-2-2**「蒸気発生器内部構造物の耐震計算書」
（原規規発第 **1508041** 号、平成 **27** 年 **8** 月 **4** 日認可）

^{*4} 高浜発電所3，4号機既工認（新規制基準工認）補足説明資料「高浜発電所第**3**号機耐震性に関する説明書に係る補足説明資料 蒸気発生器伝熱管の評価について 関西電力株式会社 平成**27**年**7**月」

その結果、今回認められた減肉を考慮しても、発生応力および疲労累積係数に十分な裕度があること確認した。

表 減肉した伝熱管の耐震性評価結果

応力分類	発生応力 ^{*5} および疲労累積係数	許容値	裕度
一次一般膜応力	202 MPa	334 MPa	
膜応力+曲げ応力	205 MPa	434 MPa	
一次+二次応力	156 MPa	492 MPa	
疲労累積係数	0.011	1	

^{*5} 最大減肉深さのC-SG（X38，Y3）で代表

減肉した伝熱管の評価

3. 構造健全性

「原子力規制検査における個別事項の安全重要度評価プロセスに関するガイド」付属書1「出力運転時の指摘事項に対する安全重要度評価ガイド」の別紙1「発生防止のスクリーニングに関する質問」では、伝熱管に対するスクリーニング基準が次のとおり設定されている。本資料では、今回減肉が認められた伝熱管が当該基準を満足するか確認した結果を示す。

<ガイド抜粋>

D. 蒸気発生器伝熱管破断

1. 指摘事項は、1つの管が、通常の全出力、安定状態操作の間、管にわたって3倍の差圧を持続できない劣化した伝熱管の状態を含むか（3ΔPNO）

確認にあたっては、上記ガイドでは減肉部の構造健全性の具体的な評価手法が規定されていないことから、同じスクリーニング基準を設ける米国の評価手法を適用した。米国では、伝熱管に異物による減肉が認められた場合の構造健全性評価はEPR Iレポート「**Steam Generator Management Program: Steam Generator Integrity Assessment Guidelines**」および「**Steam Generator Degradation Specific Management Flaw Handbook**」に基づき実施されることから、今回高浜発電所3号機で認められた減肉部の評価について、同レポートに基づき実施するようEPR Iに支援を依頼した。その結果を下表に示す。

表 EPR Iによる構造健全性評価結果※1

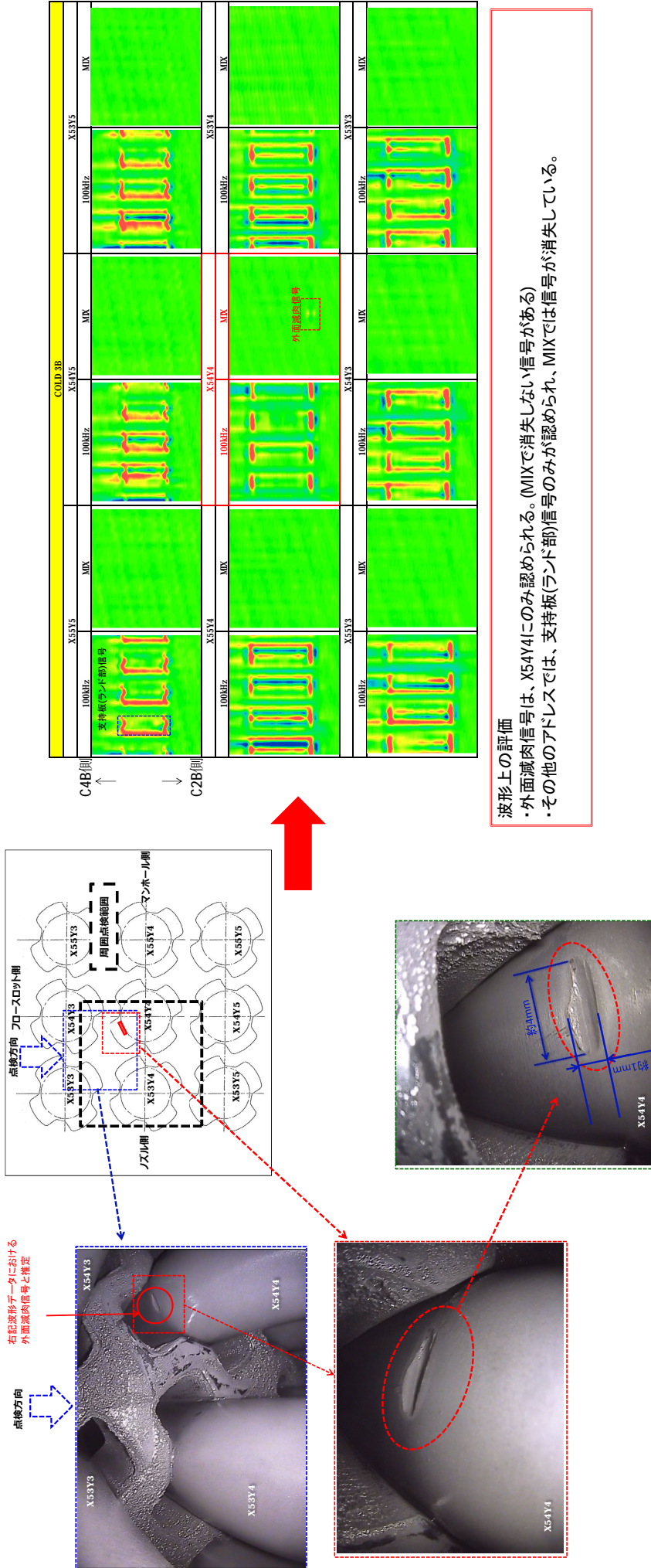
	減肉率	破断圧力	判定基準（3ΔPNO）※2	結果
B-SG	32%	6,673.2 psi	4,611psi	OK
C-SG	56%	6,601.5 psi		OK
	28%	6,746.7 psi		OK

※1：Kansai Electric Power Takahama Unit 3 Tube Integrity Assessment by Foreign Object Wear, Electric Power Research Institute Steam Generator Management Program, July 21, 2020

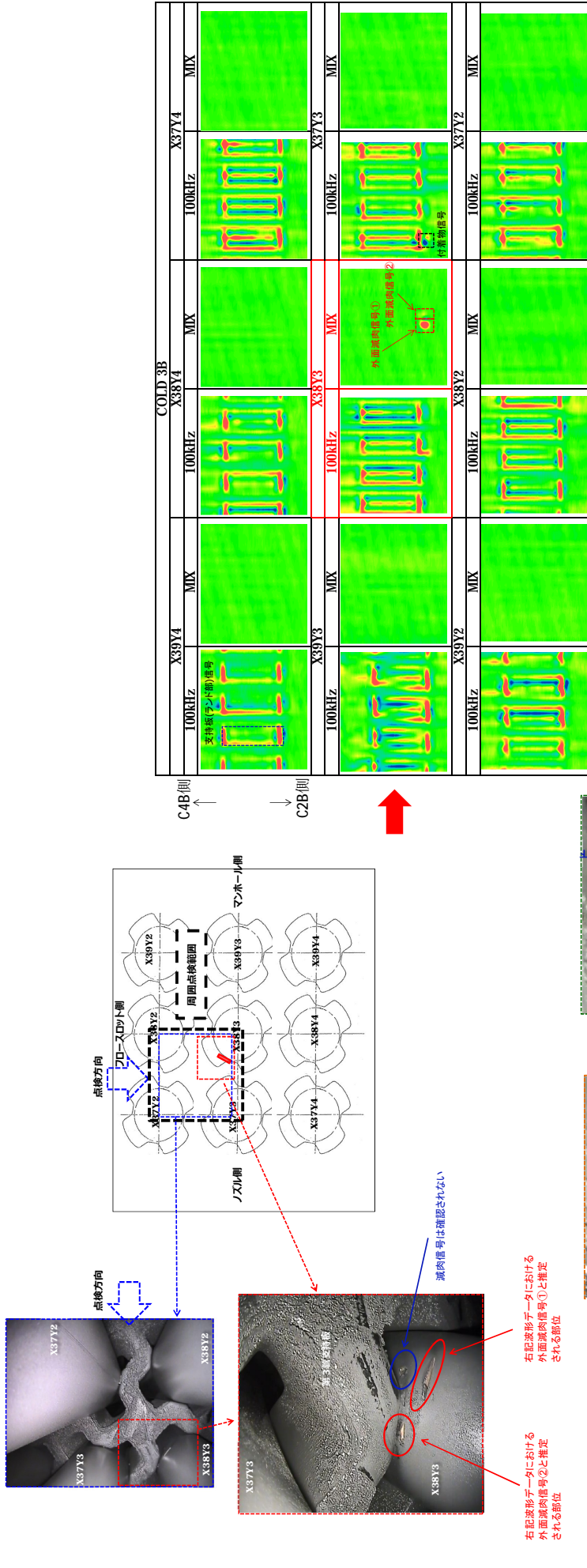
※2：高浜3号機の前回運転サイクル実績値より設定

同表のとおり、高浜発電所3号機今回（第24回）定期検査において減肉が認められた伝熱管の破断圧力は3ΔPNOを上回ることから、上記スクリーニング基準を満足することを確認した。

隣接伝熱管の健全性 (B-SG Cold側第三管支持板下面 伝熱管X54, Y4)



隣接伝熱管の健全性 (C-SG Cold側第三管支持板下面 伝熱管 X38, Y3)



波形上の評価
 ・外面減肉信号は、X38Y3にのみ認められる(MIXで消失しない信号がある)
 ・その他のアドレスでは、支持板(バンド部)信号並びに付着物信号のみが認められ、MIXでは信号が消失している。

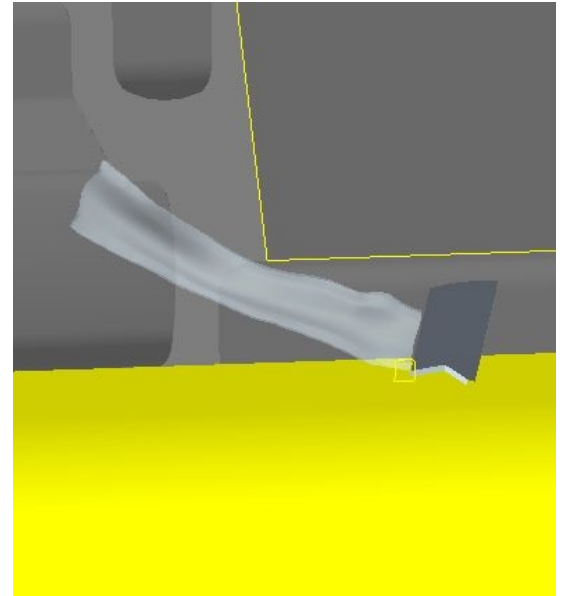
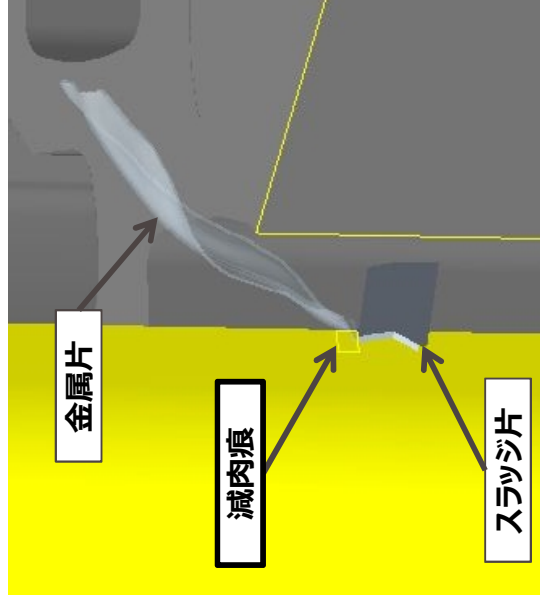
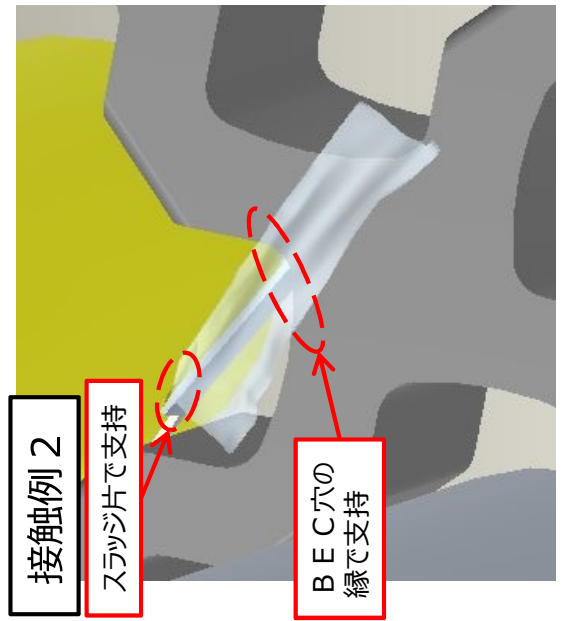
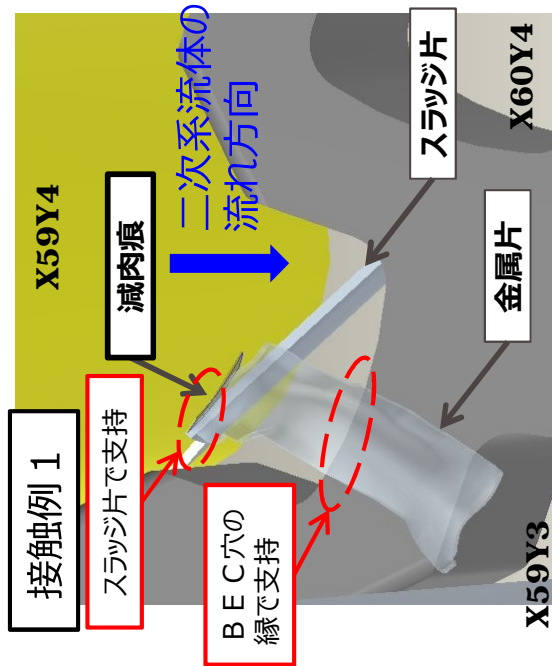
減肉箇所は確認されない

右記波形データにおける
外面減肉箇所①と推定
される部位

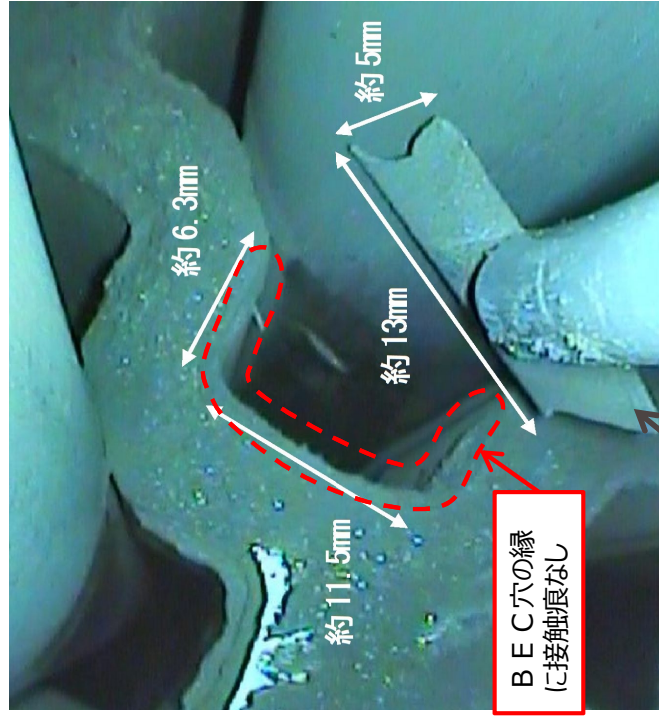
右記波形データにおける
外面減肉箇所②と推定
される部位

A-SGで確認した金属片について

- A-SGの金属片が前回定期検査で認められた減肉痕の位置（BEC穴下側より約5mm上側）で伝熱管と接触するには、金属片が管支持板BEC穴の縁で支持される姿勢（接触例1もしくは2）を必要があるが、当該BEC穴周辺に接触痕は認められていない。
- 従って、当該金属片が前回の減肉事象の原因である可能性は低いと考える。



前回定期検査で減肉痕が認められた伝熱管周辺の管支持板の外観

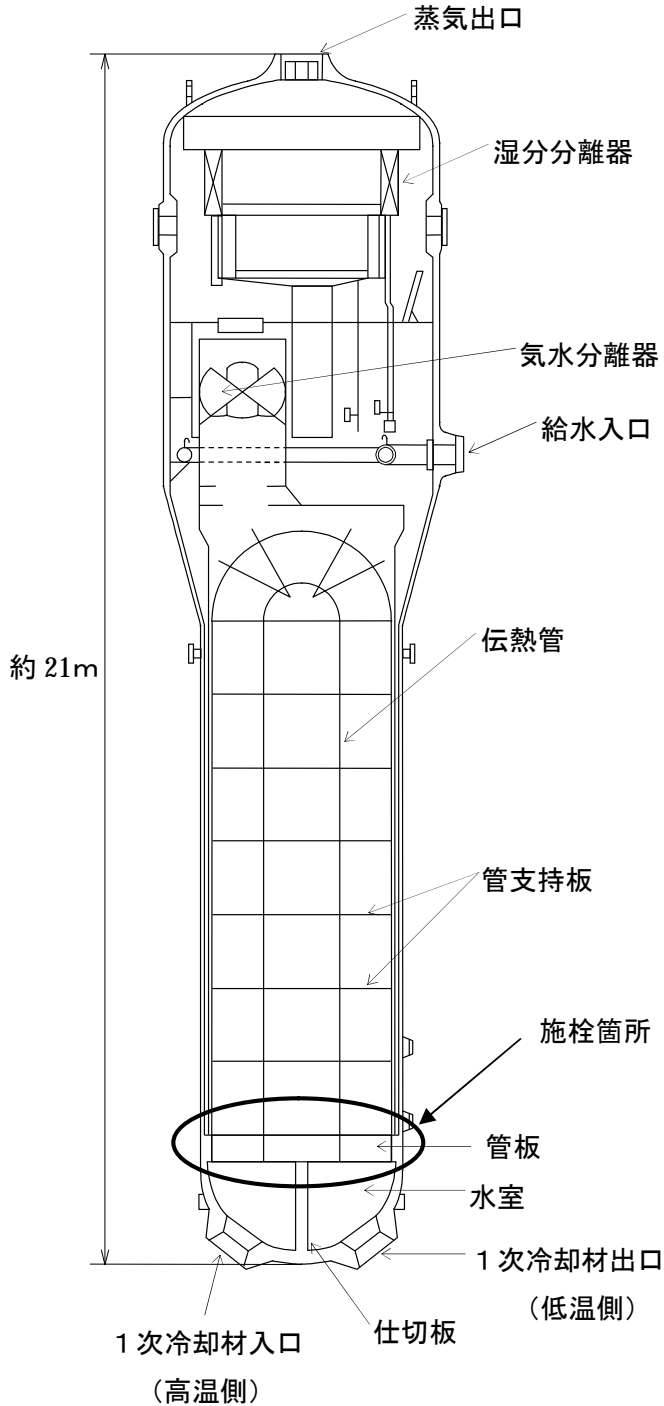


SG点検スケジュール

	2020. 2月			2020. 3月			2020. 4月			2020. 5月			2020. 6月			2020. 7月			2020. 8月			2020. 9月		
	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	
SG器内 目視確認 (カメラ点検)	ECT解析 (定事検) 完了																							
	異物の分析評価 完了																							
	B-伝熱管表面、管支持板上 (第一、第二)、管板上点検 完了																							
	C-伝熱管表面、管支持板上 (第一、第二)、管板上点検 完了																							
SGロー ダウン系統の 点検	SGローダウン出口フィルタ開放点検 完了																							
	SGローダウン系統 (弁、タレク) 点検 完了																							
	SGローダウン系統配管点検 完了																							
	SGローダウンサンプルライン点検 完了																							
SG器内の 異物調査	A-SGスラッジランシング 完了																							
	C-SGスラッジランシング 完了																							
	B-SGスラッジランシング 完了																							
回収金属片の 発生源調査	ろず巻きガスケット、使用箇所開放・調査 完了																							
	ろず巻きガスケット流入経路調査 完了																							
減肉 メカニズム 調査	完了																							
	完了																							

□ : 予定 ■ : 実績

SG伝熱管信号指示箇所補修概要図



	ステップ1	ステップ2
概略図		
説明	<p>機械式栓内の中子にマンドレルをねじ込む。</p>	<p>機械式栓を伝熱管に挿入し、マンドレルを介して中子を引き下げることにより、機械式栓を押し広げる。</p>

機械式栓の取付要領

高浜発電所3号機 SG伝熱管の補修来歴

	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)	施 栓 理 由 ()内は、実施した対策
使用前	0	0	1	1	製作時の傷
第4回定検 (1989.10～1990.1)	7	12	4	23	振止め金具部の摩耗減肉
第5回定検 (1991.2～5)	1	1	0	2	振止め金具部の摩耗減肉 (改良型振止め金具へ取替え)
第9回定検 (1996.3～6)	0	1	1	2	健全管の抜管調査
第12回定検 (2000.2～4)	1	3	0	4	管板拡管部応力腐食割れ
第13回定検 (2001.6～8)	5	7	5	17	管板拡管部応力腐食割れ (ショットピーニング施工)
第15回定検 (2003.12～2004.3)	94	110	107	311	旧振止め金具部の摩耗減肉検出 (新型のECT装置を適用)
第21回定検 (2012.2～2016.2)	0	0	1	1	管板拡管部応力腐食割れ
第22回定検 (2016.12～2017.6)	1	0	0	1	管板拡管部応力腐食割れ
第23回定検 (2018.8～2018.11)	1	0	1	2	C:管板拡管部応力腐食割れ A:微小な減肉信号
第24回定検 (2020.1～)	0	1	1	2	外面からの摩耗減肉
累積施栓本数	110	135	121	366	
[施栓率]	[3. 3%]	[4. 0%]	[3. 6%]	[3. 6%]	

○蒸気発生器1基あたりの伝熱管本数:3, 382本

○定検回数下部に記載しているカッコ内の年月は、解列～並列

○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)

減肉により施栓した伝熱管が隣接伝熱管へ及ぼす影響

減肉により施栓した伝熱管については、以下のとおり、伝熱管の減肉の進展性、強度および耐震性の観点から破損しないことを確認しており、他の健全伝熱管へ影響を及ぼすことはない。

1. 減肉の進展性

減肉により施栓した伝熱管（以下、「減肉伝熱管」という。）の減肉箇所近傍をカメラにより目視確認した結果、減肉箇所に異物は残留していないことを確認した。また、SG器内の異物調査により、管板上面、流量分配板上面、第一から第七管支持板上面の全ての範囲に異物が残留していないことを確認している。このため、減肉を発生させる異物は全て除去されており、減肉の進展性はない。

2. 強度

施栓後の伝熱管内は大気圧となるため、運転中および事故時には外圧（2次側から1次側への圧力）が作用する。この状態下で減肉伝熱管が耐えられる限界圧力を算出した結果、通常運転時および事故時のSG 2次側最大圧力に対して裕度があることを確認したことから、減肉により施栓した伝熱管が外圧で損壊することはない。

(評価内容)

国PJ「蒸気発生器信頼性実証試験」（(財)発電用熱機関協会、昭和50年度～昭和55年度）では、局部減肉を有する伝熱管の外圧強度評価手法を確立するため、外圧による高温圧壊試験を実施している。その試験結果から導出された外圧圧壊評価式を用いて、施栓後の外圧による圧壊圧力を算出した。

得られた圧壊圧力について、通常運転時および事故時の最大外圧に対する裕度を確認することにより、施栓された減肉管の強度を評価した。

その結果、圧壊圧力は **21.0MPa** であり、通常運転時および事故時の最大外圧 XXXXXXXXXX に対し、十分な裕度があることを確認した。

本評価式は、過去の高浜発電所3, 4号機 蒸気発生器伝熱管の旧振止め金具による局部減肉の特殊設計施設認可申請においても用いられており、下式にて表される。

$$P_c = 0.9S_y \cdot t / R (1.0 - a/t (-0.539 + 0.236\sqrt{2c - 0.0103 \cdot 2c}))$$

<今回の計算条件>

P_c : 局部減肉を有する伝熱管の圧壊圧力 (MPa)

S_y : インコネル 600 合金の設計降伏点=188.7MPa (@344℃)

t : 板厚=XXXXXXXXXX

R : 平均半径=10.48mm

減肉により施栓した伝熱管が隣接伝熱管へ及ぼす影響

a : 減肉深さ = \blacksquare (= $\blacksquare \times 0.56$)

$2c$: 減肉幅 = 5mm

表 減肉を有する施栓後の伝熱管の強度評価結果

減肉深さ (%) * ¹	圧壊圧力 P_c (MPa)	事故時を包絡 する作用外圧 (MPa) * ²	裕度
56	21.0	\blacksquare	\blacksquare

*¹ 最大減肉深さのC-SG (X38, Y3) で代表

*² 設計基準事故時および重大事故等時を包絡する2次側圧力

3. 耐震性

基準地震動 S_s 条件で減肉伝熱管の耐震評価を行った結果、許容値に対して裕度があることを確認したことから、減肉伝熱管が地震で損壊することはない。

(評価内容)

減肉を有する伝熱管の耐震性について、次のとおり評価した。

- ・ 既工認*³の基準地震動 S_s による地震力および伝熱管全長モデル (右図) *⁴から、伝熱管直管部 (管支持板部) に作用する力 (部材力) を算出
- ・ 保守的に一様外面減肉と仮定し、伝熱管の断面積を減じた上で部材力から発生応力および疲労累積係数を算出し、許容値に対する裕度を確認

*³ 既工認添付資料 13-17-3-2-2 「蒸気発生器内部構造物の耐震計算書」 (原規規発第 1508041 号、平成 27 年 8 月 4 日認可)

*⁴ 高浜 3, 4 号発電所機既工認 (新規制基準工認) 補足説明資料 「高浜発電所第 3 号機 耐震性に関する説明書に係る補足説明資料 蒸気発生器伝熱管の評価について 関西電力株式会社 平成 27 年 7 月」



図 伝熱管地震応答解析モデル

その結果、今回認められた減肉を考慮しても、発生応力および疲労累積係数に十分な裕度があることを確認した。

減肉により施栓した伝熱管が隣接伝熱管へ及ぼす影響

表 減肉を有する施栓後の伝熱管の耐震性評価結果

応力分類	発生応力* ⁵ および疲労累積係数	許容値	裕度
一次一般膜応力	152 MPa	334 MPa	2.1
膜応力＋曲げ応力	161 MPa	434 MPa	2.6
一次＋二次応力	156 MPa	492 MPa	3.1
疲労累積係数	0.011	1	-

*⁵ 最大減肉深さのC-SG (X38, Y3) で代表

4. 減肉した伝熱管の破断を想定した場合の影響

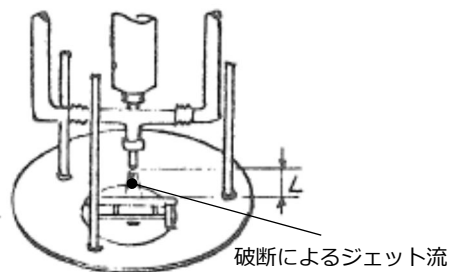
1. ～ 3. で述べた通り、減肉により施栓した伝熱管については、減肉の進展性、強度および耐震性の観点から破損しないことを確認しており、他の健全伝熱管へ影響を及ぼすことはないが、ここでは仮に減肉した施栓管が破断した場合の影響を検討する。

「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」の検討において、伝熱管1本が破断しても隣接管へ有意な影響を与えないことが確認されている。

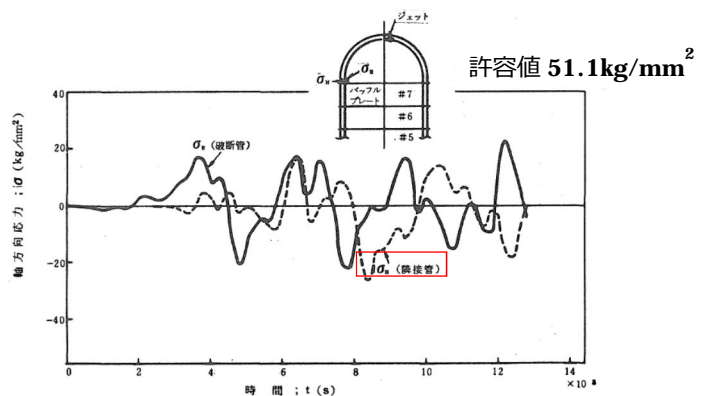
その検討において根拠とされた実験は「蒸気発生器信頼性実証試験」(昭和50～55年度：発電用熱機関協会)によるものであり、その中では、次の実験および解析により、伝熱管が破断しジェット反力によって隣接管へ衝突しても、隣接管に発生する応力は許容値以下であるため、有意な影響がないことを確認している。

また、今回減肉により施栓した伝熱管については、その内部に1次系系統圧力がかかっておらず、破断時にジェット反力は生じないため、隣接管への影響はない。

実験：破断時のジェット反力を取得



解析：破断管の隣接管への衝突による発生応力を評価



SG器内への異物流入対策 (1 / 3)

SG器内への異物混入対策

○対策 1

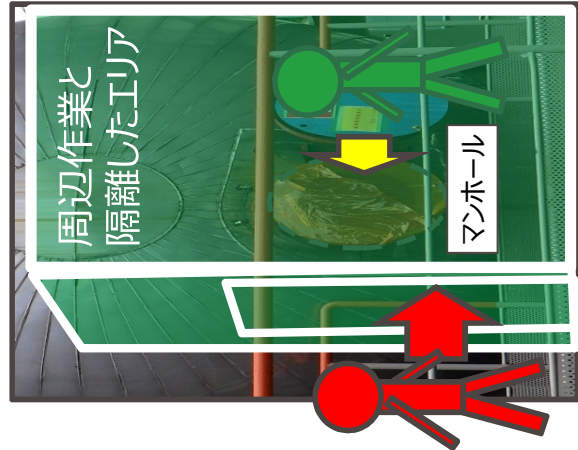
- ・ 高浜発電所 3号機前回 (2 3 回) 定期検査で実施した異物管理を実施する。
- ・ 高浜発電所 4号機前回 (2 2 回) 定期検査で実施した、SGへの異物流入の可能性がある機器の点検における異物混入防止対策の徹底を図り、作業手順書に追記する。

	従前の対策 (高浜 3号機第 2 3 回定検以前) (高浜 4号機第 2 1 回定検以前)	前回 (高浜 3号機第 2 3 回定検) 対策	前回 (高浜 4号機第 2 2 回定検) 対策
機器立入対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機器内部に立ち入る作業前に、作業服、靴等に異物の付着がないことを確認する (本人でも可)。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>機器内部に立ち入る作業前に、作業服、靴等に異物の付着がないことを本人以外が確認する。</u> ・ <u>機器内部に立ち入る前に、器内作業用の作業服に着替え、靴カバーを着用する。</u> ・ <u>開口部に周辺作業と隔離したエリアを設ける。</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 機器内部に立ち入る作業前に、作業服、靴等に異物の付着がないことを本人以外が確認する。 ・ <u>機器内部に立ち入る前に、器内作業用の作業服に着替え、靴カバーを着用する。</u> ・ <u>開口部に周辺作業と隔離したエリアを設ける。</u>
垂直配管取付弁	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最終異物確認は直接目視にて実施 (手鏡等を使用) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>弁点検時は、弁箱内部に使用する機材 (ウエス含む) に異物の付着がないことを確実に事前確認する。</u> ・ <u>最終異物確認時に直接目視で異物確認できない範囲は、小型カメラで確認する。</u> 【自主対応】 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 弁点検時は、弁箱内部に使用する機材 (ウエス含む) に異物の付着がないことを確実に事前確認する。 ・ 最終異物確認時に直接目視で異物確認できない範囲は、小型カメラで確認する。 ・ <u>ウエスは、新ウエスを使用する。</u> ・ <u>新ウエスは再使用ウエスと区別して管理する。</u>
その他	—	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>保温材の切れ端等の清掃・片づけは一作業一片づけを徹底し、作業服、靴の異物付着確認を行う。</u>

SG器内への異物流入対策（２／３）

対策イメージ

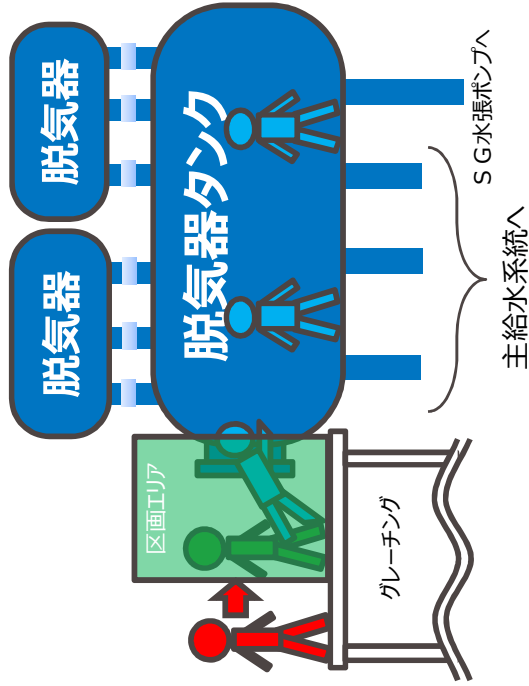
機器の開口部に周辺作業と隔離した区画エリアを設けることで、異物の混入防止を図る。



・作業員の立ち入る機器の点検

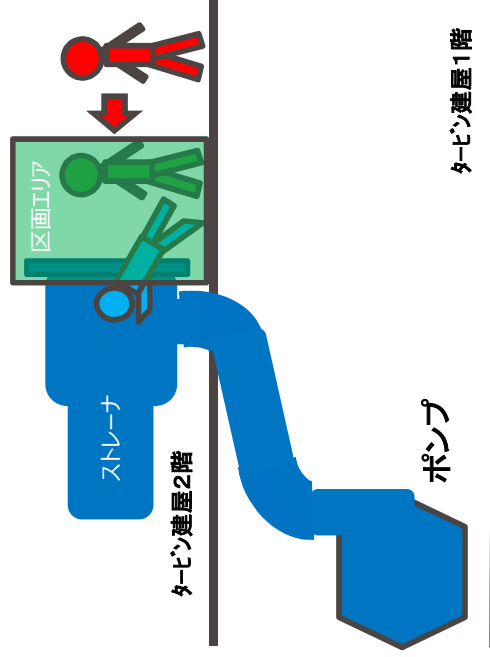
(脱気器タンクの例)

機器内部へ立ち入る直前に
器内作業用の作業服に着替え、
靴カバーを着用する。

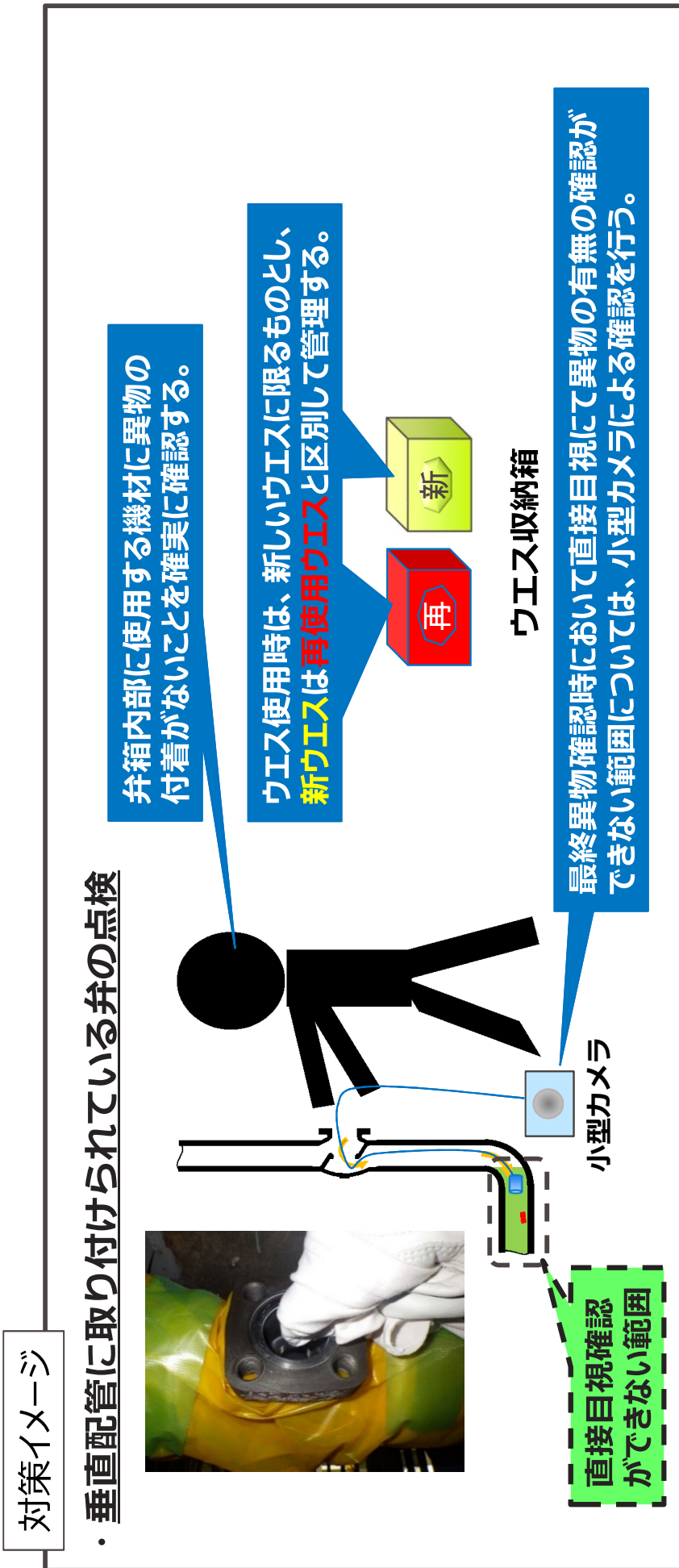


(主給水ブースタポンプ入口ストレーナの例)

機器内部へ立ち入る直前に
器内作業用の作業服に着替え、
靴カバーを着用する。



SG器内への異物流入対策 (3 / 3)



○ **対策 2** : 起動前に実施している2次系クリーニングアップにおいて、通常よりも通水量の増加および時間の延長により、可能な限り異物除去を向上させるとともに、クリーニングアップ操作後に系外ブロワーダウンの小型カメラによる目視点検を行う。

作業要領(手順)

NO.	作業手順	注意事項	確		認		備考
			請負会社	品管	技術指導員	関電	
6	保温・板金取付け	<p>3)保温材片付け、清掃を行う</p> <p>人的ミス防止</p> <p>4)外装板を取付ける</p> <p>追記</p> <p>人的ミス防止</p>					
		<ul style="list-style-type: none"> 現場で上下作業になってしまった場合には、監視人を配置し防護ネットを張る等の危険防止措置を確実に行うこと。 飛散防止の養生及び、仮置き標等を確実に取外すこと。 作業場周辺の清掃を行い、グレーチング上の場合には階下のフロアも確認清掃を行うこと。 皮手袋等の保護具を使用すること。 外装材の一時仮置きの際は、保護シートを覆い被せ、指定の仮置き場所にて保管すること。 ビス、外装板、保温屑等が散乱しないよう充分注意し、作業で発生した外装板屑等は速やかに回収すること。 電動工具使用時、巻き込まれ、挟まれるの無い様取扱には十分注意すること。 屋外配管の外装板継ぎ目には雨水侵入防止用のコーキングを確実に実施すること。 電動ドライバーを使用する際は、落下防止ベルトを取り付けて使用すること。 <p>【回転工具使用時における注意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> 保護員の装着が完全になされていないか確認後、作業を行う。 可動部に人が近寄れないよう、保護カバー等の処置を行う。 処置が難しい場合は、可動部周辺に人が近寄らないよう人払い後、作業を行う。 手元・足元を確認し、転倒にも注意して作業を行う。 可動箇所には手を添えない。 両手で確実に持って使用する。 作業完了後は、電源等を抜いて確実に動作しない状態にしておく。 					

[確認区分の表示] ◎:作業中に同時立会 ○:作業完了後の立会 △:作業記録(含検査記録)の審査 /:該当なしまたは不要
 ◇:規制当局立会項目 ◇:については備考欄に記載する。

[点検結果の表示] ◀:異常なし ▲:異常あり ▶:異常あり /:該当なし 作業手順番号欄の◎:代行作業不可

作業要領 (手順)

作業名: 一般弁分解点検 (仕切弁)

No.	作業手順	注意事項	確認		備考
			請負会社 作業	品管	
A-6	<p>検査</p> <p>◎(1) 弁体・弁座・弁棒・グランド押え・スタフイングボックス・ボルト・ボディ・ボンネットに傷等がないか検査する。</p> <p>(2) ボンネットに弁棒・グランド押え・グランド押え板・ハンドルを取付け、仮組状態にする。</p> <p>(3) ベアリンググレットを弁体に薄く塗布し、ボンネットをボディに取付けナットを締付け、弁を軽く閉止する。</p> <p>◎(4) 弁体をゆっくり開方向に戻して弁座にベアリンググレットが均一に当たっていることを確認する。</p>	<p>・高所の弁を検査する際は、必ず要求性能墜落制止用器具を着用し、身を乗り出して作業を行わない様、作業床を確保して作業を行うこと。</p> <p>・脚立を使用する際は必ず支持者を設けること。</p> <p>・要求性能墜落制止用器具を掛ける強固なものが無い場合は必ず細綱を垂すこと。</p> <p>・機器内に垂直方向の開口部がある箇所へ立入の際は、立入り前に作業服、靴等に異物の付着が無い事を、本人以外が確認(必要に応じ新品の煙管服に着替える)し、異物混入防止対策を行うこと。</p> <p>・作業時に使用するウエスについては、工具類とは区別して保管(袋等に入れる等の区別)し、ウエスに付着した異物を機器(弁箱)内に持ち込まない様細心の注意を払うとともに、機器(弁箱)内で使用するウエスは再利用せず、新ウエスを使用すること。なお、新ウエスは再使用ウエスを区分して管理すること。</p>	<p>△</p>	<p>△</p>	<p>一般弁分解点検記録 (仕切弁)</p>
		<p>【判定基準】</p> <p>・当りが全周均一にかみつ切れていないこと。(目安値として、当りが弁座シート幅の1/3)</p> <p>・但し、関電担当者と協議し、当り状況に問題ないと判断されるものについてはこの限りではない。</p>	<p>◎</p>		

追記 ↑

[確認区分の表示] ◎: 作業中に同時立会 ○: 作業完了後の立会 △: 作業記録(検査記録)の審査 / : 該当なしまたは不要
 命: 規制当局立会項目 命については備考欄に記載する。

[点検結果の表示] ✓: 異常なし ▲: 異常あり / : 該当なし 作業手順番号欄の◎: 代行作業責任者立会不可

関電プラント(株)高浜事業所

作業要領 (手順)

作業名: 一般弁分解点検 (仕切弁)

No.	作業手順	注意事項	確認		備考	
			請負会社 作業	品管 技術指導員		
A-7	<p>◎(2) ボディ内部およびガスケットシート面に異物がないことを確認する。(ボンネット取付け後にグラントパッキンを挿入することが困難な場合は、スタフインゴボックス内も同時に確認する)</p> <p>↑ 追記</p> <p>(3) 分解時と逆の手順でボンネットにグラント押えを取付け弁棒を挿入する。</p> <p>(4) 弁体を弁棒に取り付け、約2/3程度開の状態にする。</p> <p>(5) グラントパッキンを挿入する。(ボンネット取付け後にグラントパッキンを挿入することが困難な場合のみ)</p> <p>↑ 追記</p> <p>◎(6) 締付け前(ゼロタッチ)のスキマ計測を行い、ボルトを規定トルクにて3回程度に分けて締付ける。 尚、規定トルク値は一般弁分解点検記録(仕切弁)に基づき締付け</p>	<p>組込み前の異物確認は確実にすること。又、配管内部までパイロミラー等により確認すること。 ・屋外に設置されているステンレス製(仕切弁)の弁箱にガク、溝の加工をしているタイプの弁については組立て前に弁内部及び弁内の部品をアセトン等を用いてウェスで拭き取ること。 ・溶剤等の保管容器(小分けする場合も含む)には内袋物が識別できる表示(SDS等)を行うこと。 ・有機溶剤取扱いについてはSDS等に記載の注意事項を必ず遵守すること。</p> <p>↑ 追記</p> <p>・垂直管に取付けられ直接目視にて異物の有無の確認ができない範囲については、ファイバースコープにより確認を行う。 一人の作業者が、人力のみにより取扱う重量は、25kg以下にする。尚、25kgを超える場合は、必ず2人以上で行うと共に各々の作業者に重量が、均一にかかるようにすること。 ・弁棒を取り付ける際に、弁体を傷つけないようにすること。 ・グラント押え面の確認を行ってから弁棒を差し込むこと。 ・弁体と弁棒の合マークを確認すること。 ・弁体が落下しないようにすること。 ・弁体の挿入方向、を確認してボンネットを取り付けること。 ・合マークの確認を行うこと。 ・トルク管理、スキマ管理を実施すること。 ・片締めにならないよう注意すること。 ・ガスケットが落及びインロー部に確実に装着されていることを確認すること。 ・グラントパッキン挿入後、トルク締付けまで実施した場合でも、作業完了ダダに取替える前に再度確認を行うこと。 ・ボルトに防錆油を塗布すること。 ・溶剤等の保管容器(小分けする場合も含む)には内袋物が識別できる表示(SDS等)を行うこと。</p> <p>↑ 追記</p> <p>・機器内に垂直方向の開閉口がある箇所へ立入る際は、立入り前に作業服、靴等に異物の付着が無い事を、本人以外が確認(必要に応じて新品の履服に着替える)し、異物侵入防止対策を行うこと。 ・作業時に使用するウェスについては、工具類とは区別して保管袋等に入れる等の区別し、ウェスに付着した異物を機器(弁箱)内に持ち込まない(微細心の注意を払うとともに)、機器(弁箱)内で使用するウェスは再利用せず、新ウェスを使用すること。なお、新ウェスは再使用ウェスを区分して管理すること。</p>	<p>人的ミス防止</p>	<p>人的ミス防止</p>	<p>◎</p>	<p>・「有機溶剤」(塗装・洗浄)作業防火管理要領</p>

[確認区分の表示] ◎: 作業中に同時立会 △: 作業完了後の立会 △: 作業記録(含検査記録)の審査 / 該当なしまたは不要
 命: 規制当局立会項目 命については備考欄に記載する。

[点検結果の表示] ✓: 異常なし ▲: 異常あり / 該当なし 作業手順番号欄の◎: 代行作業責任者立会不可

関電プラント(株)高浜事業所

作業要領(手順)

機器名：タービン動主給水ブースタポンプ

No.	作業手順	注意事項	確認		備考
			請負会社	品管	
13	入口ストレーナ清掃				
13-1	隔離確認 ◎ (1) 関係担当者(定検管理員)に系統の隔離、プロ-の確認をする。				
13-2	ストレーナ開放 (1) ストレーナ保溫を取り外す。 (2) ボンネットボルトを緩め、ボンネットを開放する。 (3) ストレーナよりスクリーンを取出す。	<p>・合いマークを確認する。</p> <p>・周辺と隔離するために開口部に区画エリアを設定し異物混入防止を図る。</p> <p>・ストレーナボイ内で作業を行う場合は、作業服の上からエアブローを行い、タイプック、インナーキャップ、靴カバーを着ける。</p> <p>・作業時に使用するウエスについては、工具類と区別して保管(袋等)に入れる等の区別し、ウエスに付着した異物を機器内に持ち込ませない様細心の注意を払うとともに、機器内で使用するウエスは再利用せず、新ウエスを使用すること。なお、新ウエスは再使用ウエスと区別して管理すること。</p>	◎	◎	ホールドポイント 開閉立会
13-3	ストレーナ清掃 ◎ (1) ストレーナボイ内、ボンネット面の手入れをする。 (2) ボルトの手入れをする。 (3) スクリーンの手入れ・清掃をする。 (4) 金網の破れ等がないか、目視にて確認する。	<p>・立ち入り前に、異物管理責任者が作業者のタイプック等に異物が付着していないことを確認した後、作業を開始する。</p> <p>・手入れ時、内部への異物混入防止を行う。</p> <p>・手入れにグラインダーを使用する場合は、防塵マスク、かねを使用する。</p> <p>・スクレーパーの刃先を身体の反対側へ向けて使用すること。</p> <p>・異物混入防止養生を撤去する。</p>	◎	◎	外観点検記録
13-4	ストレーナ復旧 ◎ (1) 内部及びシート面に異物がないことを確認する。 ◎ (2) スクリーンをストレーナ内に装着する。 ◎ (3) ハンギン、ボンネットを取付け、ボルトを取付ける。 ◎ (4) ボンネットボルトを締付ける。(締付けトルク:730N・m)	<p>・異物混入防止養生を撤去する。</p> <p>・添付作業手順(配管フランジ締付けフローチャート)に基づき締付けを行う。</p> <p>・フランジ方向について目視にてハッキンが正しく取り付けられていることを確認する。</p> <p>・片締めにならない様対角に締め付ける。</p> <p>・ボルトには焼付防止剤(スモコン)を塗布する。</p>	◎	◎	ボルト締付けトルク一覧表 添付作業手順 添付-3
13-5	漏洩確認 ◎ (1) 系統水張り時、フランジ面より漏洩等の異常がないか確認する。 ◎ (2) ポンプ試運転時、フランジ面より漏洩等の異常がないか確認する。 ◎ (3) 出力上昇時、フランジ面より漏洩等の異常がないか確認する。 ◎ (4) 出力75%以上でボンネットボルトの増し締めを行う。 (5) 保溫の復旧を行う。	<p>・周辺の機器、計器、小口径配管等に注意する。</p> <p>・ストレーナ本体高温に付き、火傷等に注意する。</p> <p>・締付けトルク:730N・m</p>	◎	◎	ボルト締付けトルク一覧表

追記 ↑

[点検結果の表示]
シ:異常なし
▲:異常あり

[確認区分]
◎:規制当局立会項目 ◎については備考欄に記載する
◎:作業中に同時立会 ○:作業完了後の立会 △:作業記録(含検査記録)の審査
作業手順番号欄の◎は代行作業責任者立会不可

作業手順書見直し (脱気器タンク)

作業要領 (手順)

作業名: 脱気器タンク

No.	作業手順	注意事項	確認			備考
			請負会社 作業員	品管	技術指導員 指図書	
1	<p>◎ 系統隔離及びブロー完了確認</p> <p>a. 作業着手に伴い、隔離・ブローが完了していることを確認する。</p>	<p>・現地においてはブロー弁が『開』状態であることを確認すること。</p> <p>・残水情報がある場合には、安全作業指示書にて明記して残水処理をする旨を明確にして残水処理方法について客先と情報共有する。尚、数日間開放する場合は系統水(残水)が万が一流れきても養生袋等が外れないよう粘着力の強いものを使用する。合わせて日々の養生確認を行う。漏水がある場合や漏水感知器が設置されている場合は、ホース等で適切に排水先へ導く。カブラを操作する際は元弁が閉止していることを確認する。</p>	<p>／</p>	<p>◎</p>	<p>中央: 関電立会</p>	
2	<p>保温取外し及び隙間計測</p> <p>a. マンホール部の保温を取外す。 b. 開放前のマンホールフランジの隙間計測を行う。</p>	<p>・保温端面で手、指等をきらないように保護手袋をすること。 ・保温材は損傷させない様に注意しながら取外すこと。 ・危険と思われる保温端面については、養生をしてから取外すこと。 ・測定点のマスキングを行う。</p>	<p>／</p>	<p>／</p>	<p>△</p> <p>・脱気器タンク隙間計測記録</p>	
3	<p>マンホール蓋開放</p> <p>a. マンホール蓋を取外す。</p>	<p>・合マークを記入すること。 ・ボルトは徐々に緩め、残圧、残水に注意すること。 ・M/Hのボルトは、ラック等にて管理保管し組立時にマスキングを確認すること。 ・イージーオイルはねじ部に適正量塗布し、過剰塗布となつた際はウエスですぐにふき取ること。 ・周辺と隔離するため、マンホール入口部に区画エリアを設定し異物混入防止を図ること。 ・器内に入る際は、立ち入り前に区画エリア内で作業服(煙管服、タイベック等)、靴(専用カバーでも可とする。)を交換すると共に、異物管理専任者は作業服、靴等に異物が付着していないことを確認すること。 ・作業時に使用するウエスについては、工具類とは区別して保管(袋などに入れる等の区別)し、ウエスに付着した異物を機器内に持ち込まないよう細心の注意を払うとともに、機器内で使用するウエスは再利用せず、新ウエスを使用すること。なお、新ウエスは再使用ウエスと区別して管理すること。</p>	<p>／</p>	<p>／</p>	<p>追記</p>	

追記

[確認区分の表示] ◎: 作業中に同時立会 ○: 作業完了後の立会 △: 作業記録(含検査記録)の審査 /: 該当なしまたは不要 [点検結果の表示] /: 異常なし ▲: 異常あり /: 該当なし

◆ については備考欄に記載する。

作業手順番号欄の◎: 代行作業責任者立会不可

関電プラント(株)高浜事業所

作業手順書見直し (脱気器タンク)

作業要領 (手順)

作業名: 脱気器タンク

No.	作業手順	注意事項	確認			備考
			請負会社 作業員	技術 指導員	関電 (定検管理員)	
4	<p>各部手入れ</p> <p>a. 内部の養生を確実に行う。</p> <p>b. 内部の異物混入の有無等異常がないか確認する。</p> <p>c. 内部を清掃し、スラッジ等の回収を行う。</p> <p>d. 各部の手入れを行う。 (a)マンホール及びマンホール蓋シート面 (b)M/H蓋取付けボルト</p> <p>f. 脱気器水洗完了後、2次系純水にて器内の水洗を行う。</p> <p>g. 内部の養生を撤去し、異物の無いことを確認する。</p>	<p>・立ち入り者、持ち込み品は最小限とすること。 ・「酸素欠乏等危険箇所作業時の注意事項」 ① 室内立ち入り前に有資格者が酸素濃度、硫化水素濃度測定を行う。 ② 室内立ち入り時は酸素濃度18%以上、硫化水素濃度10ppm以下であること。 ③ 酸素欠乏危険作業場所において、作業者が酸素欠乏症等にかかって転落の恐れのあるときは、要求性能墜落制止用器具を着用する。 ④ 奥深い箇所の測定にあたっては、空気呼吸器、酸素呼吸器およびホース、マスクを装着して、内部に入ること。 ⑤ 測定する場所は、必ず1人以上の補助者による監視の元に測定しなければならない。 ⑥ 酸素主任者は、濃度測定記録をマンホール付近の見やすい位置に掲示すること。 ⑦ 爆発、酸化等を防止する為換気することができない場合には、空気呼吸器等を使用させる。 ⑧ 測定箇所については、垂直方向、水平方向にそれぞれ3点以上、また酸素欠乏の侵入、または停滞するおそれのある箇所があるときは当該箇所、作業に伴い作業者が立ち入る箇所とする。 ⑨ 器内作業時は監視人を配置し、常時監視すること。 ・クレーン作業時は無理な姿勢での作業は避け、安定した姿勢で行なうこと。 ・本体ブローラーラインの養生蓋を撤去すること。 ・肩、胸辺より下部はスクレーパーを上から下に向けて使用すること。この際、スクレーパーの刃先の軌道の上に身体を入れないこと。 ・スクレーパーの刃先を身体の反対側へ向けて使用すること。 ・作業中は保護メガネ(ヘルメット内)を含む常時着用すること(基本ルールの徹底)スプレースなどの噴射口を自分の顔へ向けないこと。スプレースの正面噴射は、絶対に身体を直接に当たらないこと。 ・周辺と隔離するため、マンホール入口部に区画エリアを設定し異物混入防止を図ること。なお、新ウエスは再使用ウエスと区別して管理すること。 ・器内に立入る際は、立ち入り前に区画エリア内で作業服(煙管服、タイベック等)靴(専用カパでも可とする。)を交換すると共に、異物管理責任者は作業服、靴等に異物が付着していないことを確認すること。 ・作業時に使用するウエスについては、工具類とは区別して保管(袋などに入れる等の区別し、ウエスに付着した異物を機器内に持ち込まないよう細心の注意を払うとともに、機器内で使用するウエスは再利用せず、新ウエスを使用すること。</p>	<p>○</p>	<p>◎</p>	<p>△: 作業記録(検査記録)の審査 / 該当なしまたは不要 レ: 異常なし ▲: 異常あり / 該当なし ◇: については備考欄に記載する。</p>	

人的ミス防止

追記

[確認区分の表示] ◎: 作業中に同時立会 ○: 作業完了後の立会
◇: 規制当局立会項目
作業手順番号欄の◎: 代行作業責任者立会不可
関電プラント(株)高浜事業所

作業手順書見直し (脱気器タンク)

作業要領 (手順)

作業名: 脱気器タンク

No.	作業手順	注意事項	確認			備考
			請負会社 作業	技術 指導員	関電 (定検管理員)	
5	<p>各部位点検</p> <p>「定期事業者検査要領」に基づき検査を実施する。 【判定基準】表面に機能・性能に影響を及ぼす恐れのあるき裂、打こん、変形及び摩擦がないこと。 a.各部の点検を行う。 (a)胴板 (b)鏡板 (c)マンホール (d)マンホール蓋</p> <p style="text-align: center;">↑ 追記</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・手元、足元に注意する。 ・照明を確保すること。 ・作業状況により、必要に応じ換気を行なうこと。 ・No.4各部手入れ注意事項欄の「酸素欠乏等危険箇所作業時の注意事項」に準じて作業を行う。 ・立ち入り者、持ち込み品は最小限とする。 ・周辺と隔離するため、マンホール入口部に区画エリアを設定し異物混入防止を図ること。 ・器内に立入る際は、立ち入り前に区画エリア内で作業服(煙管服、タイベック等)、靴(専用カバーでも可とする。)を交換すると共に、異物管理専任者は作業服、靴等に異物が付着していないことを確認すること。 ・作業時に使用するウエスについては、工具類とは区別して保管(袋などに入れる等の区別)し、ウエスに付着した異物を機器内に持ち込まないよう細心の注意を払うとともに、機器内で使用するウエスは再利用せず、新ウエスを使用すること。なお、新ウエスは再利用ウエスと区別して管理すること。 	<p>◎</p>	<p>◎</p>	<p>◎</p>	<p>現場: 関電立会</p> <p>・脱気器タンク内部点検記録</p>
6	<p>マンホール復旧</p> <p>a. 内部の点検を行い、異物のないことを確認する。</p> <p>b. パッキンをシート面に合わせてマンホール蓋を取り付け、ボルトを仮締める。</p> <p style="text-align: center;">↑ 人的ミス防止</p> <p>c. トルクレンチにて3回のステップに分け隙間計測を行いながら平均に締付ける。 ※締付けトルク値 第1ステップ: 200N・m 第2ステップ: 350N・m 第3ステップ: 490N・m</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・マンホール及びマンホール蓋シート面を洗浄液にて手入れを行う。 ・判定基準: パッキン圧縮量1.0~1.2mm ・パッキン仕様を再確認する。 ・洗浄液の手入れ後マンホール及びマンホール蓋シートに異物が付着していないことを確認する。 ・ガスケットパッキン取付前にシート面(本体側及び蓋側)及びパッキンに異物が付着していないことを確認する。 ・ガスケットパッキンを仮置きする際は、仮置き場をシート等で養生し、異物管理に努めること。 ・パッキンには焼付防止剤を均一に塗布する。 ・締付けは対角に行うこと。 ・トルク設定値を必ず確認すること。 ・隙間計測値は最大と最小の差が0.5mm以内であること。 ・添付マンホール・フランジ部閉止フロアチャートに基づき締付けを行うこと。 ・フランジ等シート面に異常がないこと。 	<p>◎</p>	<p>◎</p>	<p>◎</p>	<p>・脱気器タンク 隙間計測記録</p>

[確認区分の表示] ◎: 作業中に同時立会 ○: 作業完了後の立会 △: 作業記録(含検査記録)の審査 /: 該当なしまたは不要 [点検結果の表示] し: 異常なし ▲: 異常あり /: 該当なし
◇: については備考欄に記載する。

作業手順番号欄の◎: 代行作業責任者立会不可

◇: 規制当局立会項目

関電プラント(株)高浜事業所

作業手順書見直し (脱気器タンク)

作業要領 (手順)

作業名: 脱気器タンク

No.	作業手順	注意事項	確認			備考
			請負会社 作業責任	技術 指導員	関電 (定検管理員)	
		<ul style="list-style-type: none"> ・シヤキボルトが弛んでいる事を確認すること。(3mm以上) ・No. 4各部手入れ注意事項欄の「酸素欠乏等危険箇所作業時の注意事項」に準じて作業を行う。 ・立ち入り者、持ち込み品は最小限とすること。 ・ハットが正堂に取り付けられていることを確認する ・周辺と隔離するため、マンホール入口部に区画エリアを設定し異物混入防止を図ること。 ・器内に立入る際は、立ち入り前に区画エリア内で作業服(煙管服、タイベック等) 靴(専用カバードも可とする。)を交換すると共に、異物管理専任者は作業服、靴等に異物が付着していないことを確認すること。 ・作業時に使用するウエスについては、工具類とは区別して保管(袋などに入れる等の区別)し、ウエスに付着した異物を機器内に持ち込まないよう細心の注意を払うとともに、機器内で使用するウエスは再利用せず、新ウエスを使用すること。なお、新ウエスは再使用ウエスと区別して管理すること。 				
7	<p>基礎ボルト点検</p> <p>a. テストハンマにて緩み等の異常が無いか点検する。</p>	<p>・手を叩かないように注意すること。</p>	/	/	△	<ul style="list-style-type: none"> ・脱気器タンク 本体固定ボルト点検記録
8	<p>塗装剥離部修繕</p> <p>a. M/H等の塗装剥離部について塗装修繕を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・溶剤に適した防毒マスクを着用する。 ・塗料は耐熱性とし修繕前と同等品以上のものとする。 ・有機溶剤作業主任者を配置し、保護具を確実に使用すること。 ・あらかじめ作業方法、順序を作業員に周知させること。 ・溶剤名を確認する。 ・周囲で火気作業のしていないことを確認し、している場合は調整を行うこと。 	/	/	/	<ul style="list-style-type: none"> 有機溶剤(塗装・洗浄)作業 防火管理要領
9	<p>通水時点検</p> <p>a. 系統復旧時にマンホール部等から、漏えいがないか目視点検を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・漏えい等の異常があれば処置すると共に担当者に連絡すること。 	/	/	◎	<ul style="list-style-type: none"> 現場: 関電立会

追記 ↑

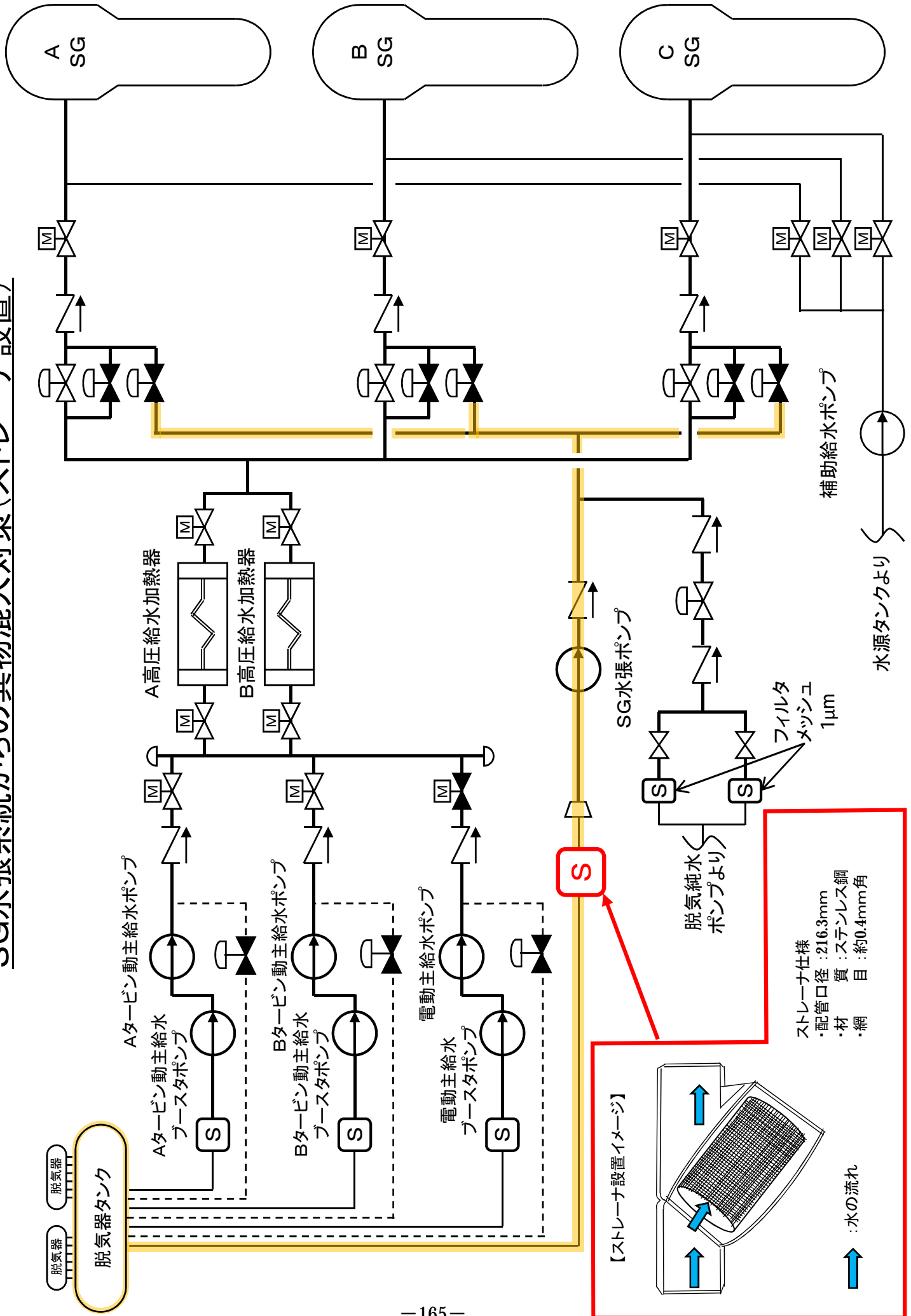
[確認区分の表示] ◎:作業中に同時立会 ○:作業完了後の立会 △:作業記録(含検査記録)の審査 /:該当なしまたは不要 [点検結果の表示] △:異常なし ▲:異常あり /:該当なし

◆:規制当局立会項目

作業手順番号欄の◎:代行作業責任者立会不可

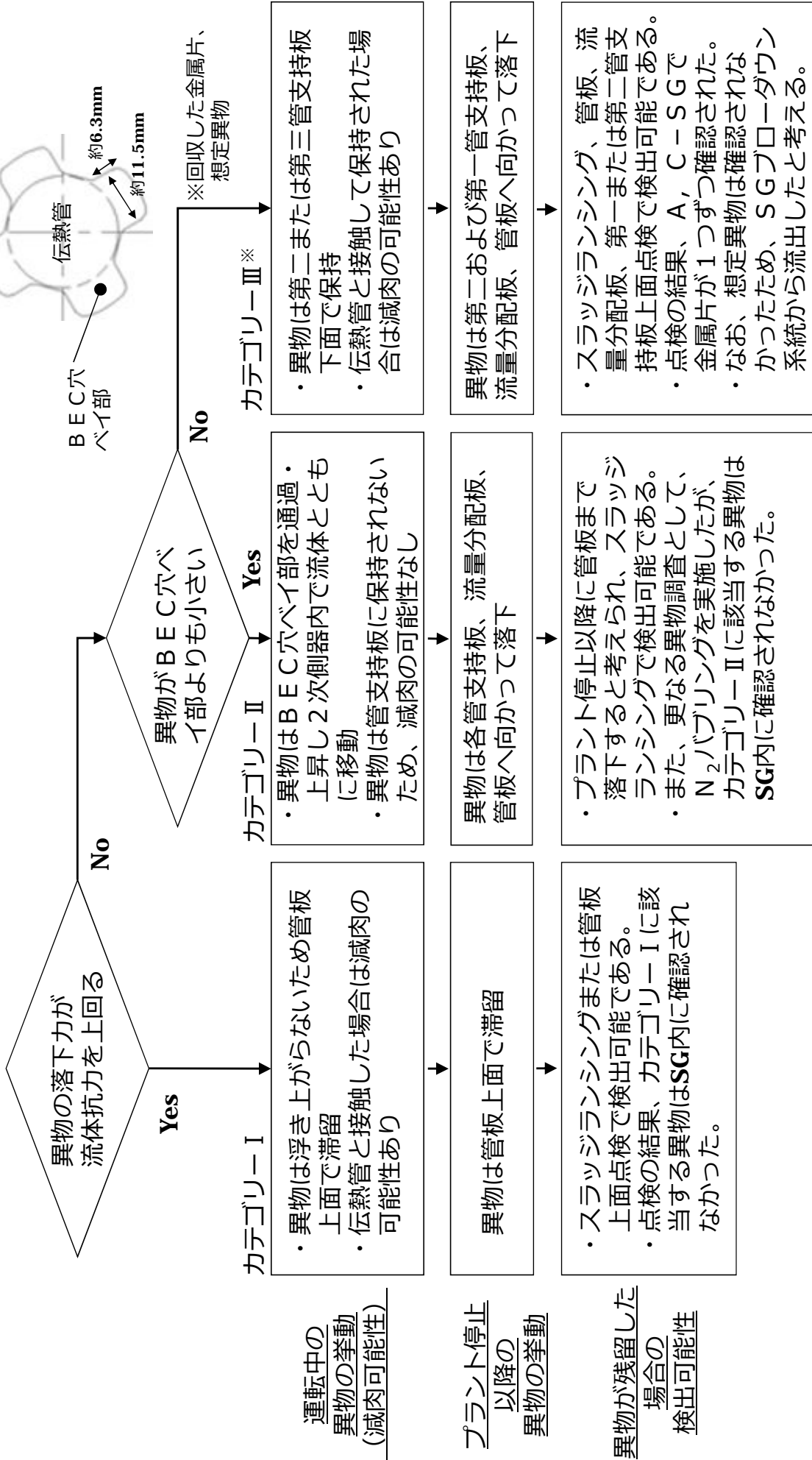
関電プラント(株)高浜事業所

SG水張系統からの異物混入対策(ストレーナ設置)



異物の器内挙動 (異物残留について) 1 / 3

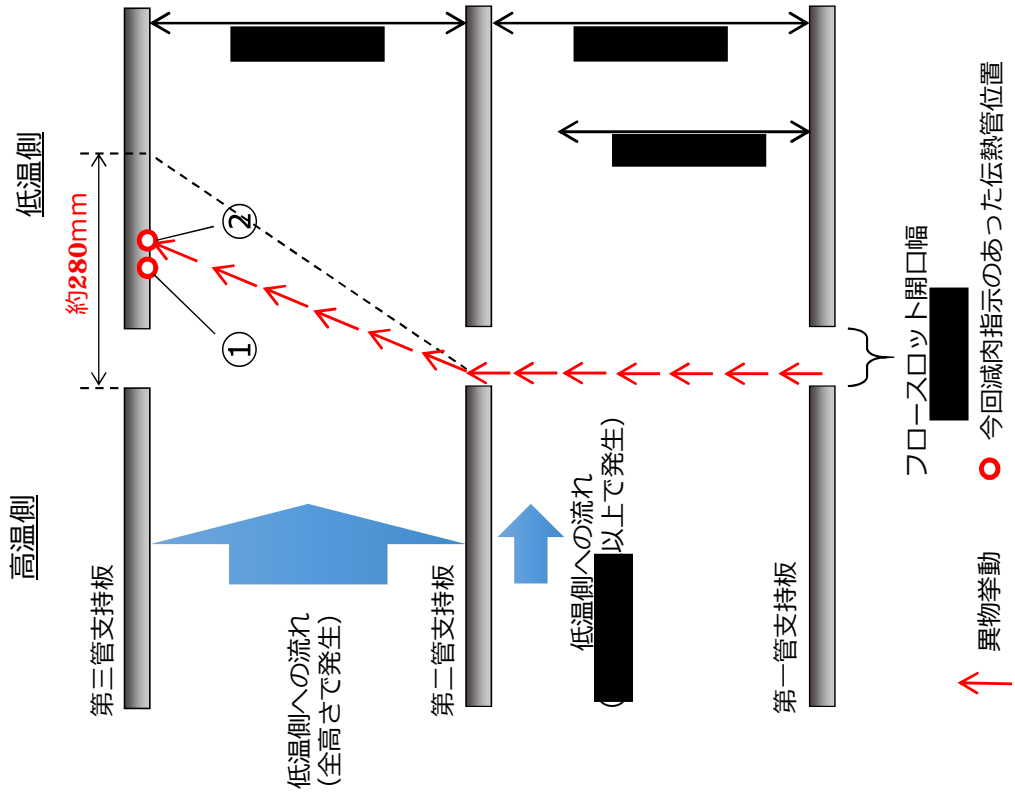
○異物のSG内での挙動は、次のとおり分類される。



今回実施したSG内部視点検、スラッジランシング、N₂バブリングにより、異物は確認されなかったことから、異物はSG内に残留していないと考える。

異物の器内挙動 (異物残留について) 2 / 3

○前頁のフローでカテゴリーⅢに分類される異物が第三管支持板下面で保持されることを確認するため、今回、C-SG金属片、B-SG想定異物を代表に、第一管支持板を通過してから第三管支持板に至るまでの水平方向の移動量を算出し、フローロットの開口幅と比較した。



推定異物の水平方向移動量算出結果

対象伝熱管	減肉位置	移動量 (mm)
① C-SG (X38, Y3)	第三管支持板	309
② B-SG (X54, Y4)	第三管支持板	281

計算の結果、第一～第三管支持板間の水平方向移動量は、はいずれも約280mm以上であり、第三管支持板のフローロットの開口幅よりも大きい

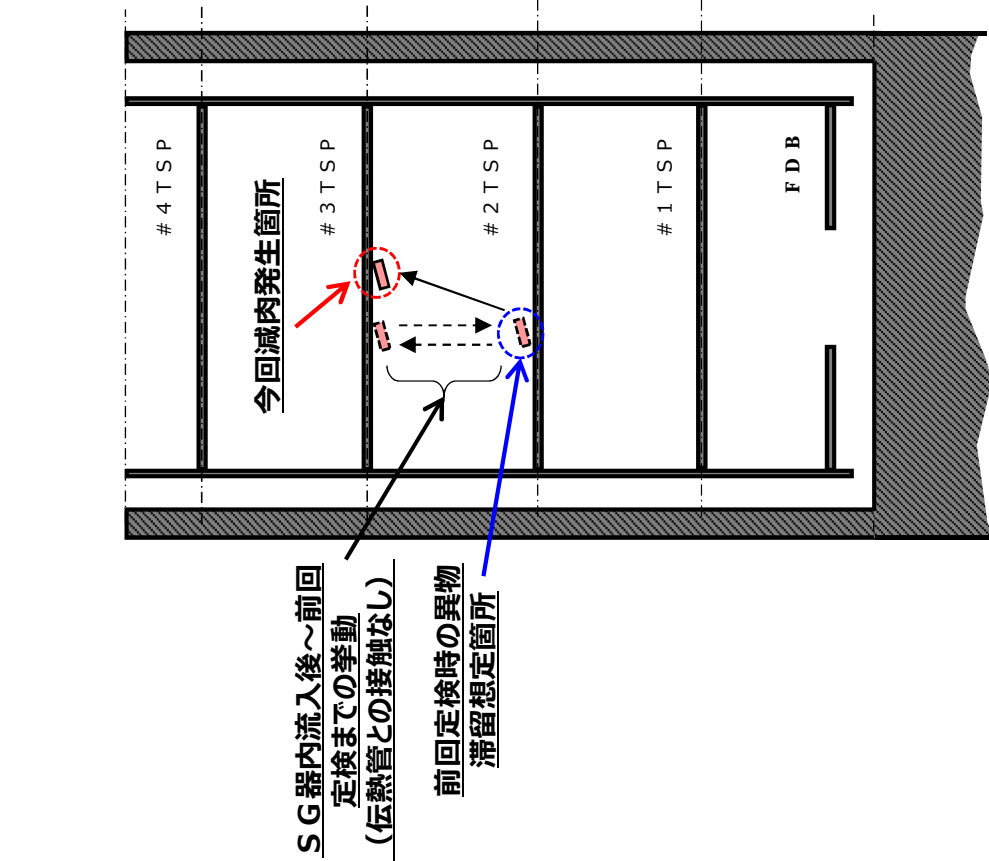
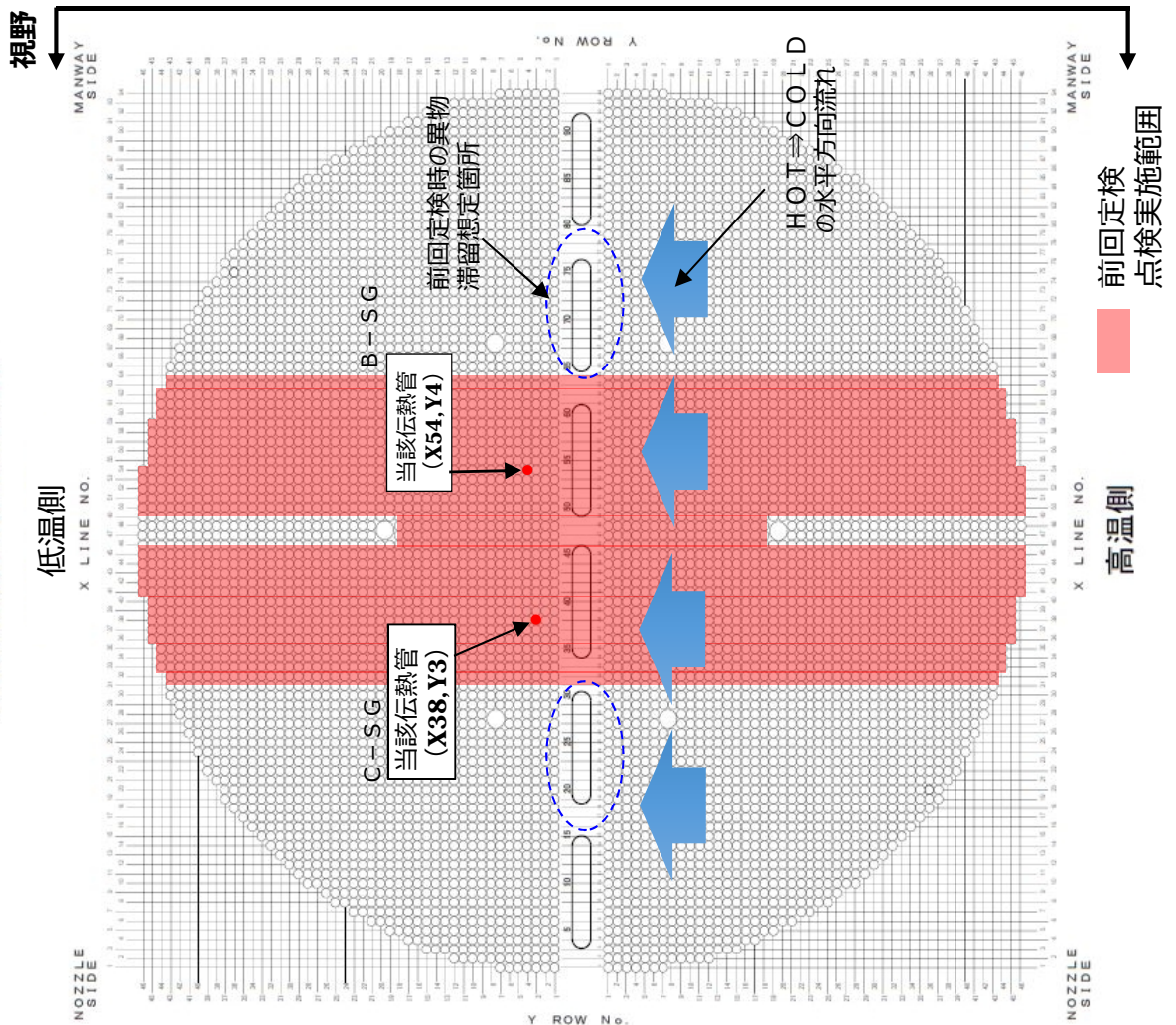


前頁のフローでカテゴリーⅢに分類される異物は第三管支持板で保持されると考える (第三管支持板以上に上昇する可能性は低い)

異物の器内挙動 (異物残留について) 3 / 3

○ C-SGで回収した金属片および想定される異物が、前々回定検以前にSG器内に流入した場合の挙動について考察した。
 ○ 下図の通り、SG器内へ流入してから前回定検までの間は伝熱管を減肉させるような接触状態にはなく、前回運転サイクル時に、伝熱管との接触および減肉が生じたものと推定した。

第2管支持板点検箇所図 (上から見た図)



横から見た図 (左図視野)