

平成 30 年 9 月 20 日  
原子力安全対策課  
( 3 0 - 3 0 )  
< 15 時記者発表 >

## 高浜発電所 3 号機の定期検査状況について (蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査結果に対する原因と対策)

このことについて、関西電力株式会社から下記のとおり連絡を受けた。

### 記

高浜発電所 3 号機（加圧水型軽水炉；定格電気出力 87.0 万 kW）は、平成 30 年 8 月 3 日から第 23 回定期検査を実施しているが、3 台ある蒸気発生器（SG）の伝熱管全数<sup>※1</sup>について渦流探傷検査（ECT）を実施した結果、C-SG の伝熱管 1 本の高温側管板部で、内面（1 次側）からの有意な欠陥信号が認められた。欠陥信号が認められた原因は、過去の調査結果等から、SG 製作時に発生した管内面での引張り残留応力が運転時の内圧と相まって、伝熱管内面で応力腐食割れが発生・進展したものと推定され、対策として、当該伝熱管に閉止栓（機械式栓）を施工し、使用しないこととした。

また、A、B-SG の伝熱管については、有意な欠陥信号は認められなかったものの、A-SG の伝熱管 1 本で、外面（2 次側）からの微小な減肉と見られる信号指示（判定基準未満）が認められた。このため、当該箇所を小型カメラで点検したところ、伝熱管と管支持板の間に異物を確認した。

なお、この事象による環境への放射能の影響はない。

※1 既施栓管を除き A-SG で 3,273 本、B-SG で 3,248 本、C-SG で 3,263 本、合計 9,784 本

[平成 30 年 9 月 12 日記者発表済み]

## 1 原因調査

### (1) 小型カメラで確認した異物に関する調査

A-SG の伝熱管外面の微小な減肉の原因を調査するため、伝熱管と管支持板の間で確認した異物（長さ約 13mm、幅約 5mm、厚さ 1mm 未満）を専用工具でつかんだところ、容易に砕けたことから、当該異物は脆い性状であることがわかった。

当該異物の一部を回収し、工場において、外観観察、金属組織観察、化学成分分析等を実施した結果、主成分はマグネタイト（酸化鉄の一種）であり、比較のために回収した SG 内のスラッジ<sup>※2</sup>の分析結果と同様であったことから、当該異

物はスラッジであることを確認した。

スラッジは、内部に多数の空洞を有し脆いため、衝突等で伝熱管に減肉を生じさせることは考えられないことから、当該異物は、伝熱管の外面減肉の要因ではないものと推定した。

※2 2次系配管に含まれる鉄の微粒子が、給水系統によってSG内に流れ集まって生成されるもの

## (2) 伝熱管の外面減肉の要因に関する調査

小型カメラで確認した異物（以下、スラッジという）を回収した後、減肉信号が確認された伝熱管の外観点検を行った結果、伝熱管外面に微小な摩耗痕（長さ約4.5mm、幅約2.5mm）が確認された。

当該伝熱管について再度ECTを実施した結果、スラッジ回収前と同じ減肉信号を確認しており、摩耗痕と減肉信号指示の位置は一致していた。

また、摩耗痕の位置は、伝熱管と管支持板穴（以下、BEC穴という）が接触する部位ではないことから、伝熱管とBEC穴が接触しない空間に何らかの異物が接触し、伝熱管外面を減肉させた可能性があるかと推定した。

### a. 外面減肉の要因となった異物

- ・異物は、伝熱管の材質であるインコネル600を減肉させる強度を有することから、ステンレス鋼などの金属片であると推定した。

### b. SG内外における異物の調査

- ・異物は、運転中は上向きの水の流れにより伝熱管とBEC穴の間に留まり、停止後は当該部の下部に落下したものと推定されることから、SG内について、減肉信号が確認された第3管支持板から管板までを小型カメラ等で確認した結果、スラッジ以外の異物は確認されなかった。
- ・SGの水は、定期検査開始後にタンクに回収された後、排出されることから、この排水系統内の点検を行った結果、異物は確認されなかった。

## (3) 外面減肉の要因となった異物の混入に関する調査

### a. 異物混入の可能性のある時期

- ・減肉が認められたA-SGの伝熱管について、過去のECT結果を調査した結果、前々回の定期検査（第21回）では減肉信号等は確認されなかったが、前回の定期検査（第22回）時において外面にスラッジ等の付着を示す信号が確認された。
- ・今回の定期検査（第23回）では、外面からの減肉を示す信号が確認されていることから、スラッジが前々回の定期検査以降に当該伝熱管に付着し、その後、前回の定期検査以降に異物がSG内に流入し、当該部に入り込んだ可能性が高いと考えられる。

#### b. 異物混入の経路

- ・ S Gへ異物が混入する経路を検討した結果、主給水系統のうち主給水ブースタポンプ入口のストレーナから S Gまでの範囲および S Gへの水張りを行う S G水張り系統が想定された。
- ・ 系統内部の機器の部品が損傷すること等により異物となる可能性は低いことから、系統外部からの混入の可能性を調査した結果、弁やストレーナの分解点検の際に作業員の衣服等に異物が付着していた場合、それが配管内に混入する可能性があることを確認した。また、その弁等が配管の立ち上がり部に取り付けられている場合、作業前後の異物確認時に目視による確認が困難である範囲があることを確認した。

#### (4) その他の調査結果

B, C-S Gについて、A-S Gと同様に内部（2次側）を小型カメラ等で確認した結果、スラッジ以外の異物は確認されなかった。

## 2 推定原因

A-S Gの伝熱管の外面減肉が認められた原因は、伝熱管と管支持板の間に異物が入り込み、運転中に繰り返し伝熱管に接触したことで摩耗減肉が発生したと推定した。

また、異物は、前回の定期検査（第 22 回）中における弁やストレーナの分解点検時に混入したものと推定した。

## 3 対策

当該伝熱管について、高温側および低温側管板部で閉止栓（機械式栓）を施工し、使用しないこととする。

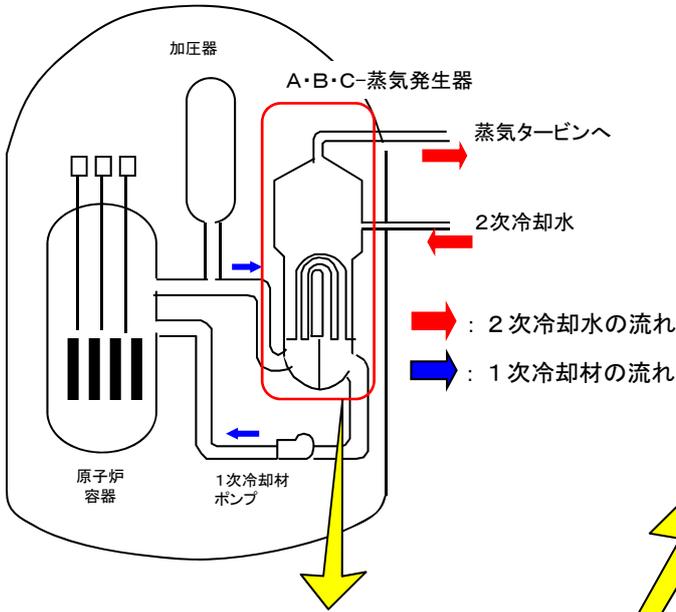
また、弁やストレーナの分解点検時に使用する機材や内部に立ち入る作業員の衣服等に異物の付着がないことを確認することを作業手順書に追記して異物混入防止の更なる徹底を図ることとした。

なお、今回の定期検査において、主給水系統のうち主給水ブースタポンプ入口のストレーナから S Gまでの範囲で弁等の分解点検を実施した箇所について内部点検を行い、目視確認が困難である範囲についてはファイバースコープにより、異物がないことを確認した。

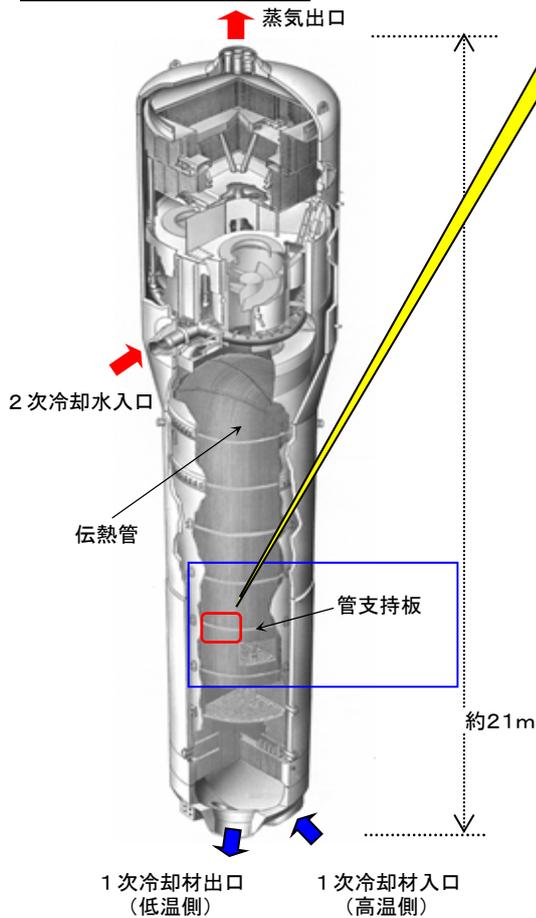
問い合わせ先 原子力安全対策課（鷺田） 内線 2353・直通 0776(20)0314
---

# 高浜発電所3号機の定期検査状況について (蒸気発生器伝熱管外面減肉信号の調査結果と対策)

系統概要図

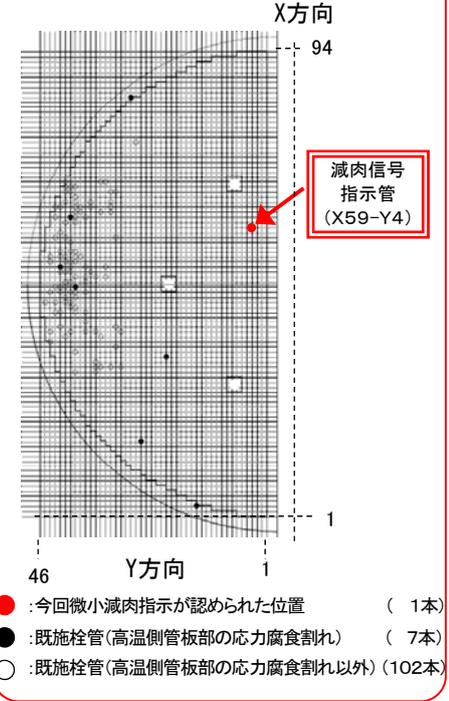


蒸気発生器の概要図

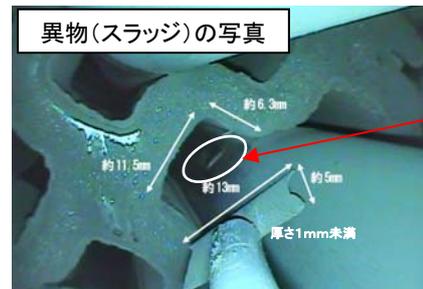
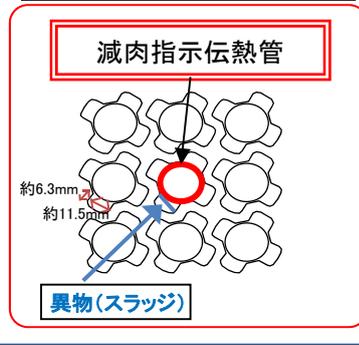


発生場所

A-蒸気発生器(低温側)上部より見た伝熱管位置を示す図



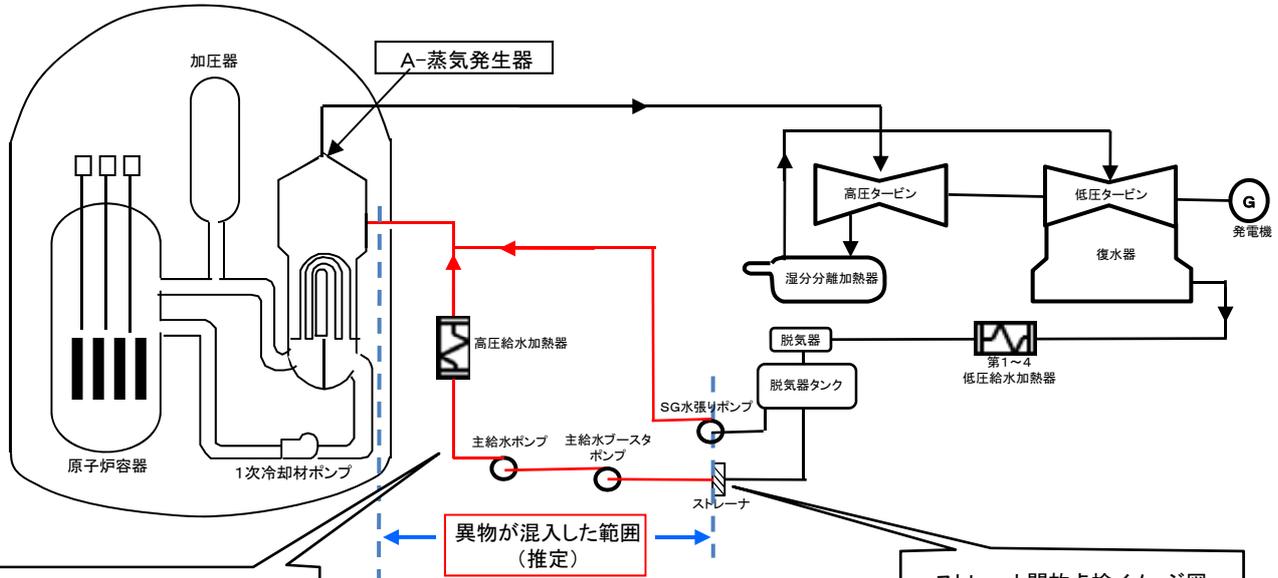
信号指示箇所拡大平面図



・取り出した異物(スラッジ)は、厚さ1mm未満の脆いものであり、伝熱管に減肉を生じさせることは考えられない。

外面減肉の要因となった異物混入の調査結果

伝熱管に外面減肉を生じさせた異物は、前回の定期検査(第22回)の作業で2次系に混入した後、蒸気発生器内に流入し、当該部に入り込んだ可能性が高いと考えられる。

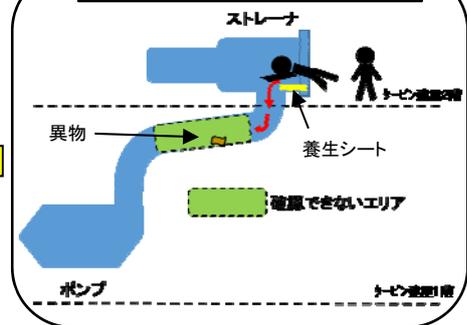


弁(垂直)分解点検イメージ図



作業時に使用する機材や作業員の衣服等に付着した異物が垂直方向の配管内に落ちると、作業後の異物確認時に目視が困難な範囲がある

ストレーナ開放点検イメージ図



対策

- (1) 微小な減肉が認められたA-SGの伝熱管について、高温側および低温側管板部で閉止栓(機械式栓)を施工し、使用しないこととする。
- (2) 弁やストレーナの分解点検時に使用する機材や内部に立ち入る作業員の衣服等に異物の付着がないことを確認することを作業手順書に追記して、異物混入防止の更なる徹底を図る。

なお、今回の定期検査において、主給水系統のうち主給水ブースタポンプ入口のストレーナからSGまでの範囲で弁等の分解点検を実施した箇所について内部点検を行い、目視確認が困難である範囲についてはファイバースコープにより、異物がないことを確認した。

## 高浜発電所3号機の蒸気発生器伝熱管の施栓履歴

	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 (1989.1～2)	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 (振止め金具の取替実施)
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*	高温側管板拡管部の応力腐食割れ
第13回定検 (2001.6～8)	5	7	5	17*	高温側管板拡管部の応力腐食割れ (ショットピーニング施工)
第15回定検 (2003.12～2004.3)	94	110	107	311	旧振止め金具部の微小な摩耗減肉 (新方式のECT採用)
第21回定検 (2012.2～2016.2)	0	0	1	1*	高温側管板拡管部の応力腐食割れ
第22回定検 (2016.12～2017.6)	1	0	0	1*	高温側管板拡管部の応力腐食割れ
第23回定検 (今回施栓予定)	1	0	1*	2	A: 予防保全 C: 高温側管板拡管部の応力腐食割れ
累積施栓本数 [施栓率]	110 [3. 3%]	134 [4. 0%]	120 [3. 5%]	364 [3. 6%]	*応力腐食割れ合計: 24本

○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)