

## 高浜発電所4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4号機（加圧水型軽水炉；定格電気出力87.0万kW）は、平成23年7月21日から第20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、B-SGの伝熱管1本およびC-SGの伝熱管1本の高温側管板部（合計2本）で、有意な欠陥信号が認められた。

A-SGの伝熱管では、有意な欠陥信号は認められなかった。

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3,247本、B-SGで3,249本、C-SGで3,260本、合計9,756本

[平成23年8月18日記者発表済み]

### 1 原因調査

伝熱管2本の高温側管板部で有意な欠陥信号が認められた原因を調査するため、過去の調査結果との比較や運転履歴の調査を実施した。

#### (1) 過去の調査結果との比較

- ・高浜4号機では、第11回定期検査（平成11年）において、高温側管板拡管部で有意な欠陥信号が確認され、抜管調査の結果、ローラ拡管<sup>※2</sup>上端部付近の伝熱管内面で軸方向に沿った割れが認められた。原因は、管内面での引張り残留応力と運転時の内圧とが相まって生じた応力腐食割れであると推定された。
- ・その後、当該部の応力腐食割れの発生を予防するため、第13回定期検査（平成14年）でSG伝熱管の高温側管板拡管部内面にショットピーニング<sup>※3</sup>を施工し、伝熱管内表面の引張り残留応力を改善した。
- ・今回の欠陥信号は、いずれも①高温側管板部のローラ拡管上端部付近で、②伝熱管の軸方向に沿った内面傷を示す指示であるなど、過去に

同機で検出された信号と類似の特徴が認められた。

- ※2 伝熱管内部に機械式ローラを通すことで伝熱管を押し広げて、伝熱管と管板を接合させる工程。
- ※3 伝熱管内面に小さな金属球を高速で叩き付けることにより、伝熱管内面の引張り残留応力を圧縮応力に改善する工事。

## (2) ショットピーニングの効果

- ・ショットピーニングでは、伝熱管内表面近傍（深さ約0.2mmまで）の引張り残留応力が改善されるが、これより深い部分では効果が小さいことが知られている。
- ・このため、ショットピーニング施工時に、深さ約0.2mm以上で当時使用していたECTの検出限界未満（約0.5mm未満）の微少な傷が既に発生していた場合、時間の経過とともに傷が進展する可能性があることが推定された。

## (3) 運転履歴調査

- ・運転開始以降、今定期検査開始に至るまでの期間について、1次冷却材の主要なパラメータである温度、圧力、水質について調査を行った結果、過大な応力を発生させる温度、圧力の変化はなく、水質も基準値の範囲内で安定していたことが確認された。

## 2 推定原因

欠陥信号が認められた原因は、過去の調査結果等から、SG製作時に当該伝熱管を管板部で拡管する際、管内面で引張り残留応力が発生し、これ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し、今回検出されたものと推定された。

## 3 対策

欠陥信号が認められた伝熱管2本については、高温側および低温側管板部で閉止栓（機械式栓）を施工し、使用しないこととする。

(経済産業省によるINESの暫定評価尺度)

| 基準1 | 基準2 | 基準3 | 評価レベル |
|-----|-----|-----|-------|
| —   | —   | 0—  | 0—    |

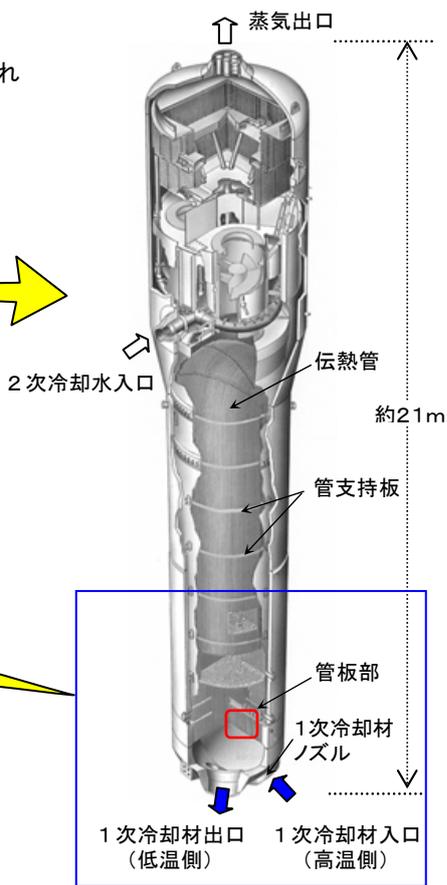
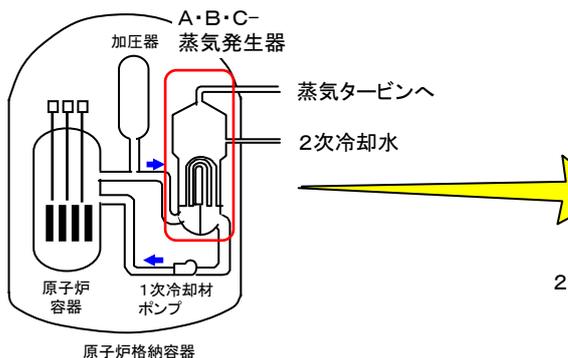
問い合わせ先(担当：富田)  
内線2354・直通0776(20)0314

# 高浜発電所4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)

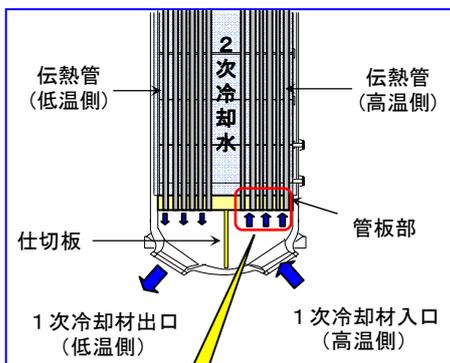
## 発生箇所

## 蒸気発生器の概要図

### 系統概要図

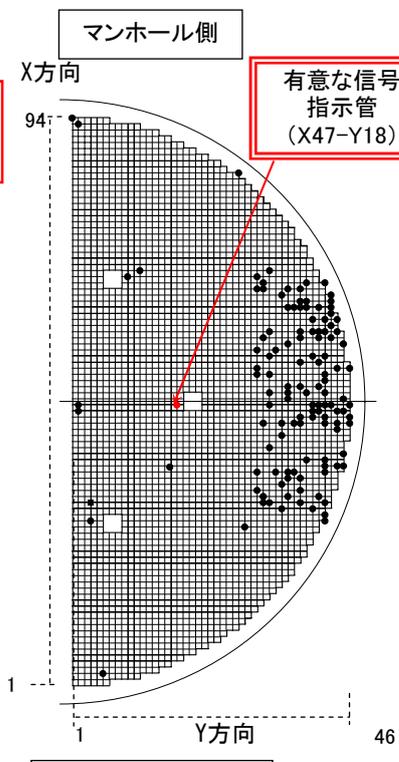
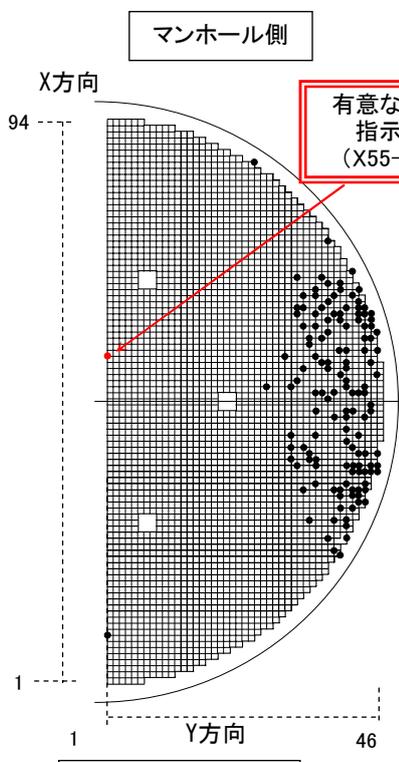
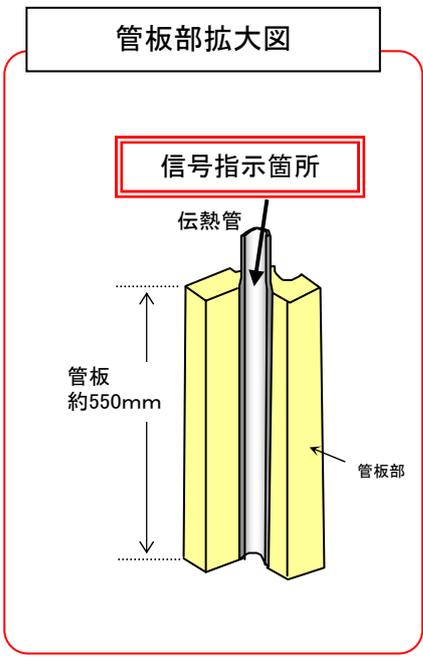


### 蒸気発生器下部の断面図



### B-蒸気発生器(高温側)上部より見た伝熱管位置を示す図

### C-蒸気発生器(高温側)上部より見た伝熱管位置を示す図



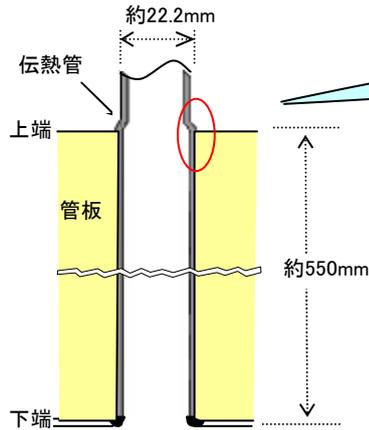
伝熱管外径 : 約22.2mm  
 " 厚さ : 約1.3mm  
 " 材質 : インコネル600(特殊熱処理)

● : 有意な信号指示管 ( 1本)  
 ● : 既施栓管 (133本)

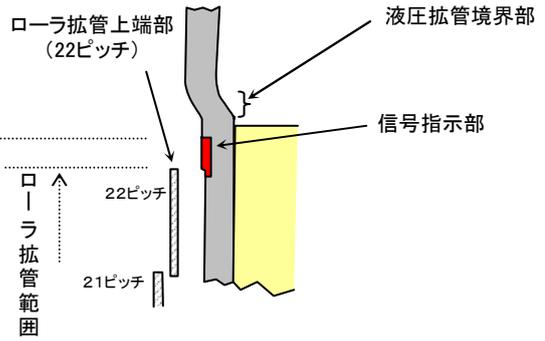
● : 有意な信号指示管 ( 1本)  
 ● : 既施栓管 (122本)

# 渦流探傷検査(ECT)結果

## 信号指示の位置

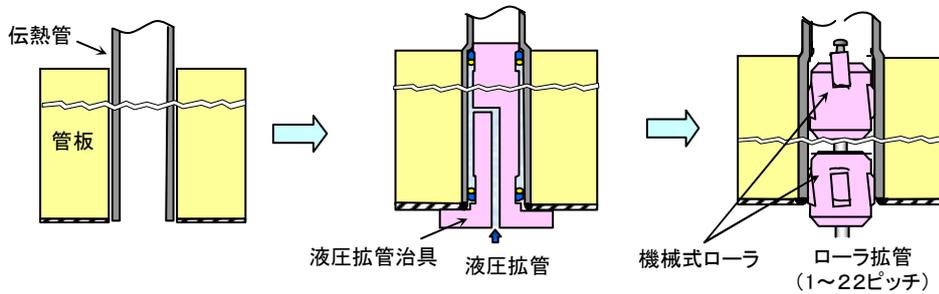


## ローラ拡管部(イメージ)



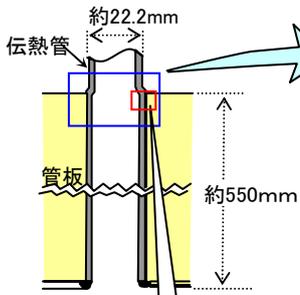
信号指示位置は22ピッチローラ拡管上部部であった

## 蒸気発生器製作時の管板部の伝熱管拡管方法

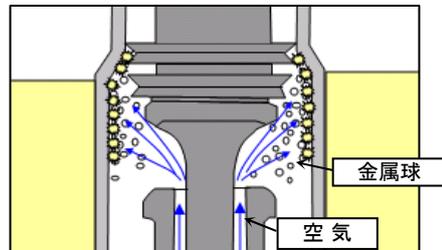


管板部でローラ拡管する際、伝熱管内面で局所的に引張り残留応力が発生

## ショットピーニングの効果と渦流探傷検査(ECT)の検出範囲

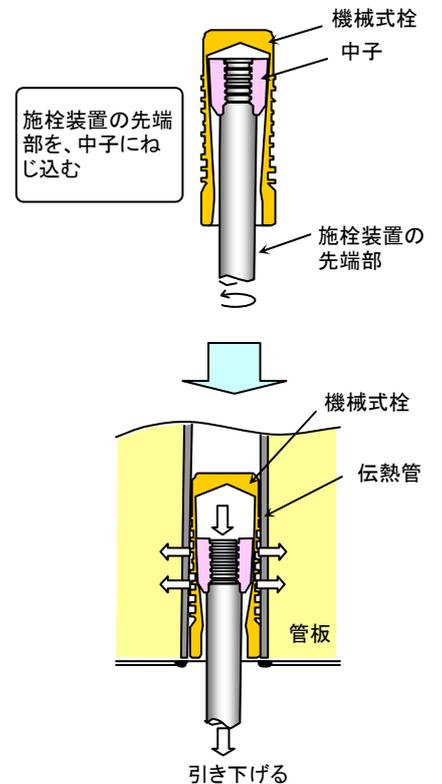


### ショットピーニングの実施概要



空気によって、金属球(直径約0.2mmの金属球)を打ち付け、伝熱管表面近傍の引張り残留応力を圧縮応力に改善する

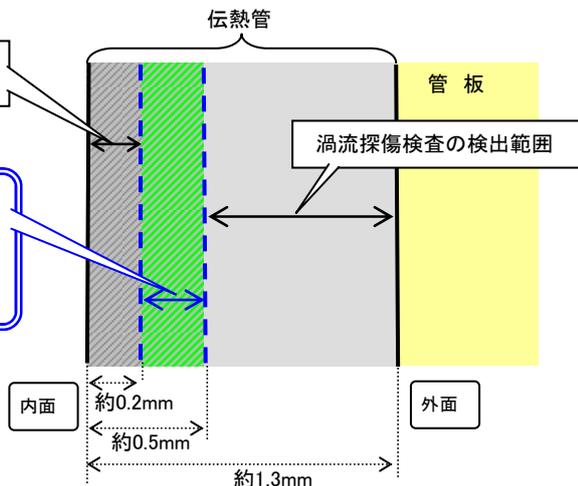
## 対策(施栓方法)



機械式栓を伝熱管に挿入し、施栓装置の先端部を引き下げることにより、中子も同時に引き下がり、機械式栓を押し広げ施栓する

### ショットピーニングによる圧縮応力付与範囲

### 渦流探傷検査の検出範囲



この範囲に、応力腐食割れの先端があった場合、割れが進展し、顕在化する可能性がある

## 高浜発電所4号機のSG伝熱管の施栓履歴

|                          | A-蒸気発生器<br>(3,382本) | B-蒸気発生器<br>(3,382本) | C-蒸気発生器<br>(3,382本) | 合計<br>(10,146本) | 施栓理由                                |
|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------|-------------------------------------|
| 第4回定期検査<br>H2.2~H2.5     | 7                   | 9                   | 5                   | 21              | 振れ止め金具部の摩耗減肉<br>(振れ止め金具の取替実施)       |
| 第9回定期検査<br>H8.9~H8.11    | 10                  | 0                   | 0                   | 10              | 管支持板洗浄装置の接触痕を<br>確認                 |
| 第11回定期検査<br>H11.4~H11.7  | 0                   | 0                   | 4                   | 4               | 高温側管板部の応力腐食割れ                       |
| 第12回定期検査<br>H12.9~H12.11 | 4                   | 1                   | 6                   | 11              | 高温側管板部の応力腐食割れ                       |
| 第13回定期検査<br>H14.1~H14.3  | 1                   | 0                   | 0                   | 1               | 高温側管板部の応力腐食割れ<br>(ショットピーニング施工)      |
| 第14回定期検査<br>H15.4~H15.6  | 1                   | 1                   | 0                   | 2               | 高温側管板部の応力腐食割れ                       |
| 第15回定期検査<br>H16.8~H16.10 | 112                 | 122                 | 105                 | 339             | 旧振れ止め金具部の微小な<br>摩耗減肉(新方式のECT<br>採用) |
| 第18回定期検査<br>H20.8~H20.12 | 0                   | 0                   | 1                   | 1               | 高温側管板部の応力腐食割れ                       |
| 第19回定期検査<br>H22.2~H22.6  | 0                   | 0                   | 1                   | 1               | 高温側管板部の応力腐食割れ                       |
| 第20回定期検査<br>(今回施栓予定)     | 0                   | 1                   | 1                   | 2               | 高温側管板部の応力腐食割れ                       |
| 累積施栓本数<br>[施栓率]          | 135<br>[ 4.0% ]     | 134<br>[ 4.0% ]     | 123<br>[ 3.6% ]     | 392<br>[ 3.9% ] | -                                   |

## 【補足】

○SG一基あたりの伝熱管本数:3,382本/基

○定検回時の下の年月は、解列~並列を表す。

○安全解析施栓率は10%である。

(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無いことが確認されている)