

平成20年2月8日
原子力安全対策課
(19-98)
<16時記者発表>

高浜発電所2号機の定期検査状況について (蒸気発生器入口管台溶接部での傷の原因と対策)

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2号機(加圧水型軽水炉;定格電気出力82.6万kW)は、平成19年8月17日から第24回定期検査中であるが、国内プラントにおいて蒸気発生器入口管台溶接部で傷が確認されたことを踏まえ、3台ある蒸気発生器(SG)入口管台溶接部^{*1}(計3箇所)の渦流探傷試験を追加で実施した。

その結果、A-SGの3箇所、B-SGの2箇所、C-SGの4箇所で、有意な信号指示(最大長さA:約7mm、B:約7mm、C:約14mm)が認められた。

有意な信号指示が認められた箇所について、超音波探傷試験を実施した結果、C-SGの1箇所で最大深さ約8mmの傷と評価された。

このことによる周辺環境への影響はなかった。

※1 蒸気発生器の入口管台部では、蒸気発生器(低合金鋼)と1次冷却材管(ステンレス鋼)とを溶接するため、蒸気発生器の入口端部(低合金鋼)にステンレス製の短管(セーフエンド)を600系ニッケル基合金にて溶接している。

[平成19年12月4日、12月7日 公表済]

1 原因調査結果

(1) 詳細観察結果

深さが最大と評価されたC-SGの1箇所について、表面の型を取り観察した結果、高浜発電所2号機で認められたものと同じく周方向の筋状の跡が確認された。また、スンプ観察^{*2}を行った結果、長さ約3~5mmの複数の割れが軸方向に断続的に存在し、応力腐食割れに特有の結晶境界^{*3}に沿った割れであることが確認された。

※2 金属の表面を磨いた後、検査面に膜(フィルム)を貼り付けて、微小な凸凹を転写させ、転写した膜(フィルム)を光学顕微鏡で観察する方法。

※3 溶接部では、溶融した金属が固まる際にできる柱状の結晶(デンドライト結晶)ができる。

(2) 製造履歴の調査

第14回定期検査(平成6年)で、SG取替工事を実施しており、当該SGは平成3年6月~平成5年12月に製作され、その時に工場においてSG管台部とセーフエンド部が600系ニッケル基合金で溶接されていた。溶接

作業後、溶接で生じた内面の凹凸を切削するとともに、管台部とセーフエンド部の段差をなくすため、溶接部およびセーフエンド部の内面を金属製の刃を周方向に回転させて切削加工していた。また、切削加工後、溶接部および溶接部近傍のセーフエンド部について浸透探傷検査^{※4}を行い、異常のないことを確認していた。

なお、A～C-SGの製造方法について確認した結果、相違は認められなかった。

※4 浸透力の強い浸透液を材料表面に塗布し、表面開口傷に十分浸み込ませた後、表面の浸透液を除去し、現像剤によって傷内部に浸み込んだ浸透液を吸い出し、傷の位置や大きさを検出する試験。

(3) 切削加工による影響調査

高浜発電所2号機SG管台部の内面切削加工条件は、同部位で応力腐食割れが発生した美浜発電所2号機と同等であり、美浜発電所2号機の原因調査において実施した切削加工による影響調査から、高浜発電所2号機SG入口管台溶接部表面においても、周方向に大きな引張り残留応力が発生していたものと推定された。

2 推定原因

スンプ観察の結果や美浜発電所2号機の調査結果との比較から、以下の三因子が重畳して発生・進展した応力腐食割れであると推定された。

- ①環境（高温の1次冷却材水質環境）
- ②材料（応力腐食割れの感受性のある600系ニッケル基合金）
- ③応力（溶接および切削加工による引張り残留応力）

3 対策

傷が認められたA～C-SGの入口管台溶接部については、1次冷却材入口配管を取外したうえで、内表面全周を切削して浅い傷を除去した後、深い傷については部分的にグラインダで切削して除去する。その後、深い傷を除去した部分に600系ニッケル基合金で肉盛溶接を行ったうえで、内表面全周を耐食性に優れた690系ニッケル基合金で肉盛溶接を行う。また、念のため、内表面のバフ研磨^{※5}を行い残留応力の低減を図る。

※5 砥粒を付着させた布ペーパーを何枚も円形状に組み合わせたもの（バフ）で研磨すること。バフ研磨することで研磨面の引張り残留応力が圧縮応力に改善される。

これらの対策工事には、数ヶ月を要し、原子炉起動は今年の夏頃になる見込みである。

（経済産業省によるINESの暫定評価）

基準1	基準2	基準3	評価レベル
—	—	0—	0—

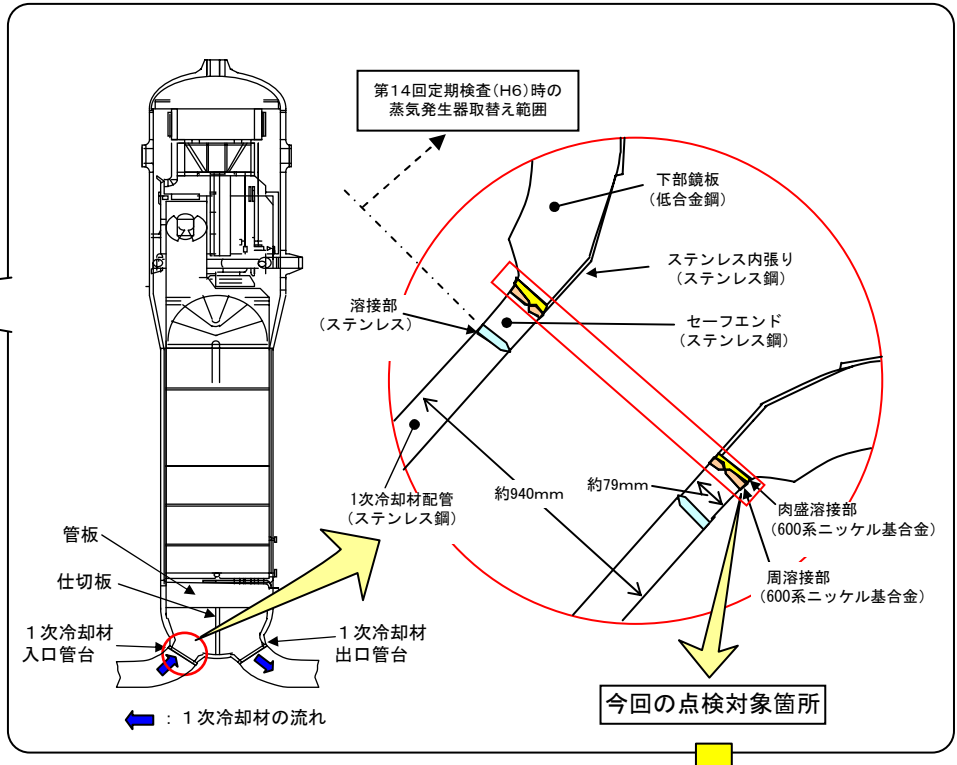
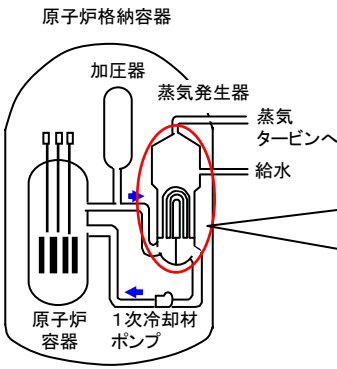
INES：国際原子力事象評価尺度

問い合わせ先(担当：吉田)
内線2354・直通0776(20)0314

高浜発電所2号機の定期検査状況について (蒸気発生器入口管台溶接部での傷の原因と対策)

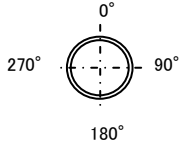
発生箇所

系統概略図

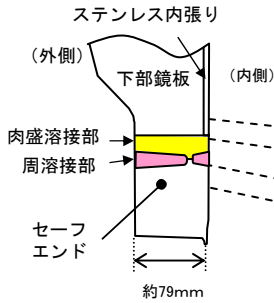


蒸気発生器入口管台点検状況

蒸気発生器側から見た図
(天を0°とする)



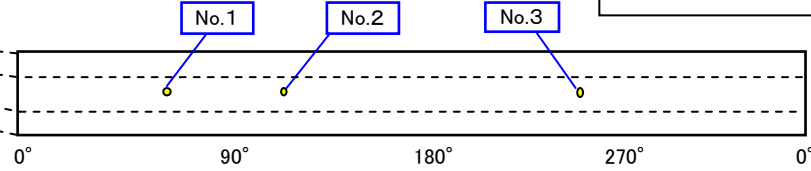
断面図



渦流探傷試験結果(有意な指示箇所)

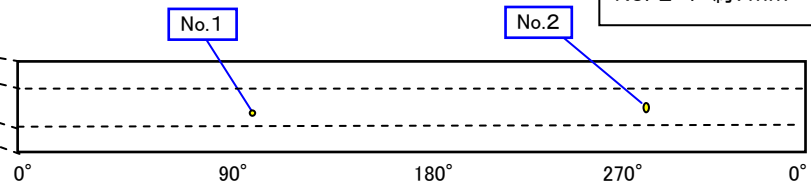
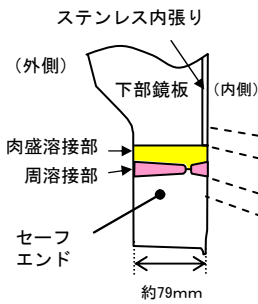
深さは超音波探傷試験による評価

A-蒸気発生器



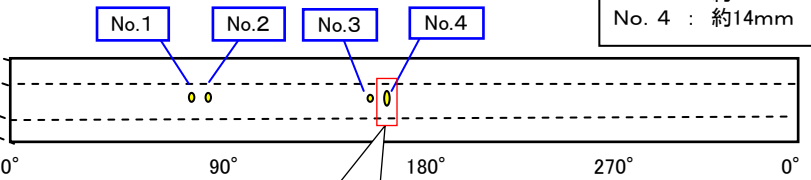
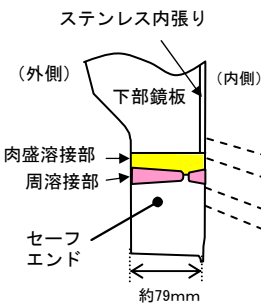
長さ	深さ
No. 1 : 約6mm	検出できず
No. 2 : 約6mm	検出できず
No. 3 : 約7mm	検出できず

B-蒸気発生器



長さ	深さ
No. 1 : 約5mm	検出できず
No. 2 : 約7mm	約6mm

C-蒸気発生器

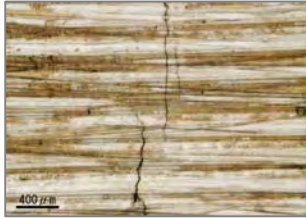


長さ	深さ
No. 1 : 約9mm	約6mm
No. 2 : 約8mm	検出できず
No. 3 : 約4mm	検出できず
No. 4 : 約14mm	約8mm

C-SG入口管台溶接部 No4の観察結果(最も傷が長く、深かった箇所)

- 傷は、長さ約3~5mmの複数の割れが軸方向に断続的に集まったもので、全体の長さは約11mmであり、結晶境界に沿った割れであった。
- この割れは、これまでの国内外の600系ニッケル基合金溶接部で確認されている1次冷却材環境下における応力腐食割れと同様の様相であった。

型取観察

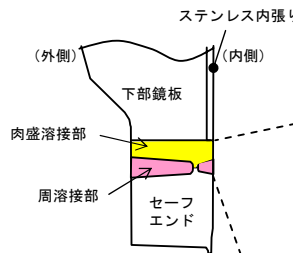


○切削加工の跡が認められた。

[参考]美浜発電所2号機の
スンプ観察結果



断面図



スンプ観察結果

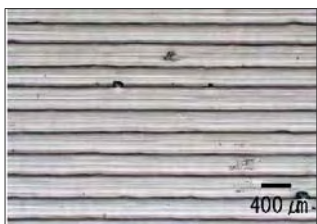


※損傷部の表面にフィルム等を貼り付け写し取る際に、空気が混入した気泡跡。



切削加工

切削加工跡の再現試験



- 実機の当該部を型取りしたものと同様の切削加工跡が確認された。
- 再現試験の残留応力測定結果から、周方向に大きな引張残留応力が発生することが確認された。

推定原因

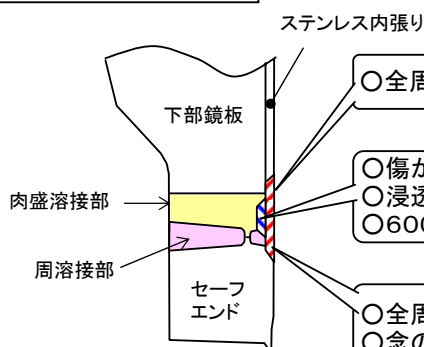
環境: 高温の1次冷却材水質環境

材料: 応力腐食割れの感受性がある600系ニッケル基合金

応力: 溶接および機械加工による引張残留応力

三因子が重畳し、1次冷却材環境下における応力腐食割れが発生したものと推定

対策



○全周にわたり、傷を含む当該部を切削。

○傷が残存した場合、部分的に切削。
○浸透探傷試験(PT)により傷が除去されたことを確認する。
○600系ニッケル基合金で肉盛補修溶接を実施。

○全周を耐食性に優れた690系ニッケル基合金で肉盛溶接を実施。
○念のため、バフ施工を行い残留応力の低減を図る。