

平成20年3月10日
原子力安全対策課
(19-103)
<16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3号機(加圧水型軽水炉; 定格電気出力87.0万kW)は、平成19年11月23日から第18回定期検査中であり、国内外で発生した600系ニッケル基合金溶接部での応力腐食割れ事象を踏まえ、3台ある蒸気発生器(SG)の1次冷却材出口および入口管台の溶接部^{*1}(計6箇所)内面について、予防保全としてショットピーニング工事^{*2}を実施する計画としている。

この工事のため、事前に当該溶接部内面について渦流探傷試験(ECT)を実施したところ、A-SGの7箇所、B-SGの16箇所、C-SGの9箇所で、有意な信号指示(最大長さ A:約28mm、B:約38mm、C:約14mm)が認められた。なお、A~C-SGの出口管台溶接部について、有意な信号指示は認められていない。

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(UT)を実施した結果、A-SGで最大深さ約9mm、B-SGで最大深さ約15mm、C-SGで最大深さ約9mm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 蒸気発生器の出口および入口管台部では、蒸気発生器(炭素鋼)と1次冷却材管(ステンレス鋼)とを溶接するため、蒸気発生器の管台端部(炭素鋼)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。

※2 溶接部に小さな金属球(ショット)を高速で叩き付けることにより、溶接部表面の引張り残留応力を圧縮応力に改善する工事。

[平成20年2月4日 公表済]

1 原因調査結果

(1) 詳細観察結果

ECTで有意な信号指示が認められた32箇所のうち、最大深さと評価されたB-SGの1箇所について、型取り観察およびスンプ観察^{*3}を行った。

※3 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。

- ・型取り観察の結果、弾力性のある砥石による研磨加工跡と思われる筋状の様子が確認された。また、傷から少し離れたところで、グラインダおよびバフ^{※4}による研磨加工跡と思われる筋状の様子が確認された。
- ・スンプ観察の結果、軸方向の複数の割れが約23.5mmにわたって集まっており、応力腐食割れに特有の結晶境界^{※5}に沿った割れであった。また、割れ周辺に手直し溶接跡と思われる様子が確認された。

※4 電動工具（グラインダ）に取り付けた円形状の砥石で荒い研磨（グラインダ研磨）を行い、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）で細かな研磨（バフ研磨）を行う。

※5 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

当該SGは、プラント建設時の昭和58年2月～4月に設置されたものであり、昭和55年9月～昭和58年3月に工場で製造されていた。

製造記録や検査記録を確認するとともに、関係者への聞き取り調査した結果、工場においてSG管台部とセーフエンド部を600系ニッケル基合金で溶接した後、溶接で生じた内面の凹凸を除去するためグラインダおよびバフで溶接部内面を研磨加工した可能性があることが確認された。また、手直し溶接を行った場合、手直し溶接部周辺を弾力性のある砥石で研磨加工した可能性があることが確認された。

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。

（3）研磨加工による影響調査

高浜発電所3号機SG管台溶接部の研磨加工方法は、同部位で応力腐食割れが確認された敦賀発電所2号機と同様であり、敦賀発電所2号機の原因調査において実施した研磨加工による影響調査から、高浜発電所3号機SG入口管台溶接部表面において、応力腐食割れが発生する可能性のある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

型取り観察やスンプ観察の結果、敦賀発電所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（グラインダの研磨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、1次冷却材入口配管を取り外したうえで、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、内表面のバフ研磨を行い引張り残留応力の低減を図る。

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—

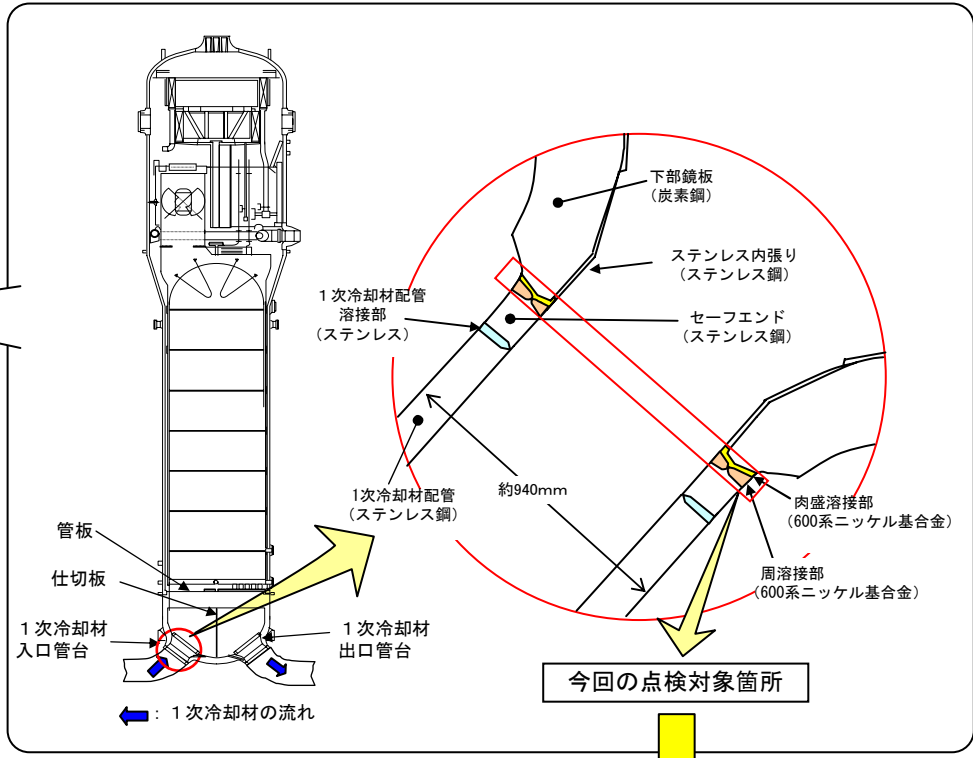
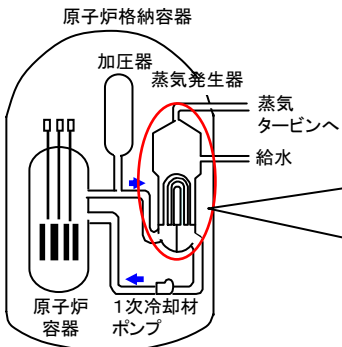
INES：国際原子力事象評価尺度

問い合わせ先(担当：藤内)
内線2354・直通0776(20)0314

高浜発電所3号機 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)

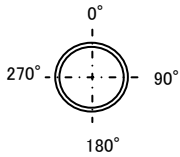
発生箇所

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)

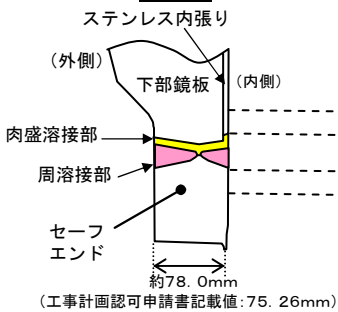


ECT結果(有意な指示箇所)

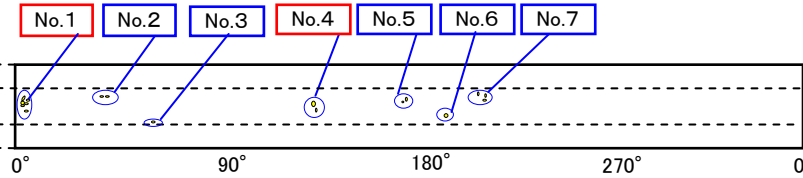
超音波探傷試験の結果、工事計画認可申請書の記載を下回ると評価された箇所

□ : 超音波探傷試験で傷の深さが検出できなかった。

断面図



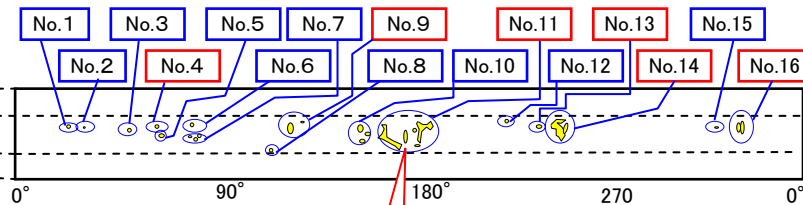
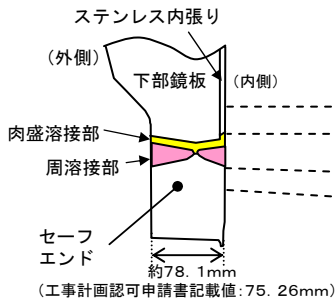
A-蒸気発生器 点検状況



(最大長さ)
No. 1 : 約28mm ※
(最大深さ)
No. 1 : 約9mm

※: 複数の近接したECT信号指示を連続したものと評価した値。

B-蒸気発生器 点検状況

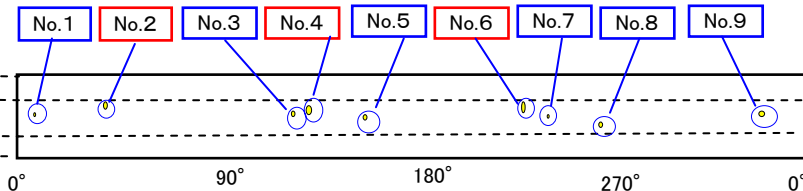
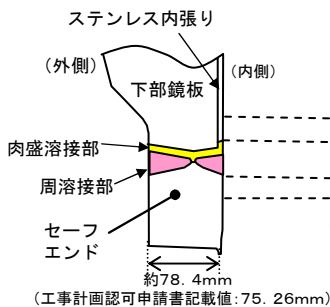


(最大長さ)
No. 11 : 約38mm ※
(最大深さ)
No. 11 : 約15mm

※: 複数の近接したECT信号指示を連続したものと評価した値。

詳細観察

C-蒸気発生器 点検状況



(最大長さ)
No. 2 : 約14mm ※
(最大深さ)
No. 4 : 約9mm

※: 複数の近接したECT信号指示を連続したものと評価した値。

B-SG入口管台溶接部 No.11指示部の詳細観察結果

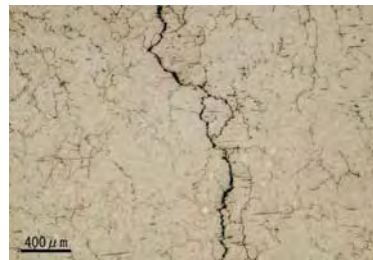
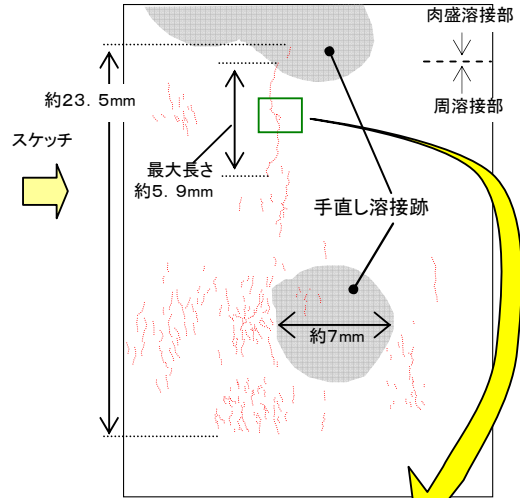
型取り観察

弾力性のある砥石による
研磨加工跡



グラインダおよびバフ
研磨加工跡

スンプ観察



割れは、1次冷却材環境下における応力腐食割れの様相であり、溶接金属の結晶境界に沿った割れであった。

研磨加工による影響調査

日本原子力発電(株)敦賀発電所2号機
研磨加工による影響調査

[研磨加工条件]
グラインダ
+
バフ
+
弾力性のある砥石



- 高浜3号機の型取り観察結果と同様の様相
- 応力腐食割れが発生する可能性がある引張り残留応力を確認

推定原因

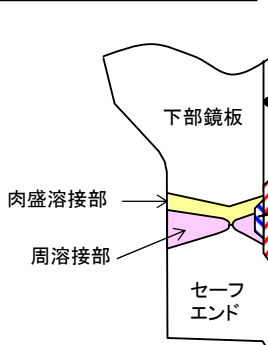
環境: 高温の1次冷却材水質環境

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: グラインダの研磨加工による引張り残留応力

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。
- 浸透探傷試験(PT)により傷が除去されたことを確認。

- 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。
- 600系ニッケル基合金で肉盛溶接を実施。

- 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、バフ研磨を行い残留応力を低減。