

平成20年10月10日
原子力安全対策課
(2 0 - 6 4)
<15時記者発表>

高浜発電所4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4号機(加圧水型軽水炉;定格電気出力87.0万kW)は、平成20年8月23日から第18回定期検査を実施中で、国内外で発生した600系ニッケル基合金溶接部^{*1}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次冷却材出入口管台溶接部(計6箇所)について予防保全工事^{*2}を実施する計画としている。

この工事前に入口管台溶接部内面について渦流探傷試験(ECT)を実施したところ、有意な信号指示がA-SG7箇所、B-SG8箇所、C-SG21箇所で見られ、各SGの最大指示長さは、A:約14mm、B:約30mm、C:約33mmであった。

有意な信号指示が見られた箇所について、超音波探傷試験(UT)を実施した結果、各SGの最大深さは、A:約12mm、B:約13mm、C:約16mmと評価された。

この事象による環境への放射能の影響はなかった。

※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 出口管台溶接部内面(3箇所)については、ショットピーニング工事(小さな金属球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)を、入口管台溶接部内面(3箇所)については、内表面を一様に切削し、耐食性に優れた690系ニッケル基合金で肉盛溶接を実施する工事を計画している。

[平成20年10月3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見られた箇所について、カメラによる目視観察とともに、各SG1箇所の合計3箇所で行った型取り観察^{*3}を行った。

- ・目視観察の結果、信号指示箇所には軸方向の傷が見られ、応力腐食割れの特徴である折れ曲がりや枝分かれが見られた。また、内表面には製作時の表面加工跡と思われる筋状の模様が認められた。
- ・型取り観察でこの筋状模様を分析した結果、グラインダによる比較的粗

い加工跡やそれに直交するような滑らかな跡（バフ^{*4}による研磨跡）と細かな研磨加工跡（弾力性のある砥石^{*5}）が観察された。

※3 表面状態をフィルムに転写し、表面の状態を確認すること。

※4 電動工具（グラインダ）に取り付けた円形状の荒い砥石での研磨（グラインダ研磨）を行った後、細かな砥石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で研磨（バフ研磨）を行う。

※5 弾力性を持たせた砥石でグラインダに比べ滑らかな研磨加工ができる。

（2）製造履歴の調査

SGは、昭和55年10月から昭和58年9月にかけて工場で製造され、昭和58年10月に発電所に設置された。

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を実施した結果、工場においてSG管台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し、表面の浸透探傷検査（PT）を行うためグラインダおよびバフで研磨加工していた。PTにて指示が認められた箇所は、その範囲で手直し溶接を行った後、表面を弾力性のある砥石で研磨し、再度PTにて指示がないことを確認していた。

なお、A～C－SGの製造方法で特に相違は認められなかった。

（3）溶接後の表面研磨による影響調査

高浜発電所4号機SG管台溶接部の表面研磨方法は、同部位で同様の応力腐食割れが確認された敦賀発電所2号機と同様であった。敦賀発電所2号機では、表面の加工状態を模擬した試験体を製作し、表面残留応力の測定を実施し、その結果、試験体表面に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ることを確認した。

以上の結果から、高浜発電所4号機SG入口管台溶接部表面においても、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

目視観察や型取り観察の結果と、敦賀発電所2号機での調査結果から、以下の環境、材料、応力の三因子が重畳して発生・進展した応力腐食割れと推定された。

- 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（溶接後の研磨加工による引張り残留応力と運転時の内圧）

3 対策

傷が認められたA～C－SGの入口管台のニッケル基合金溶接部については、内表面を全周にわたって深さ約4～6mm程度切削し、浅い傷は除去する。この切削後に残存している傷については、部分的にグラインダで切削し除去する。

その後、部分的に深く切削した部分は600系ニッケル基合金で肉盛溶接を行い、その上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（約4～6mm）を行う。また、この補修溶接部の内表面について、バフ研磨を確実にし、引張り残留応力の低減を図る。

出口管台溶接部については、ECTで健全性を確認した上で、ショットピーニングを実施し、引張り残留応力の低減を図る。

(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—

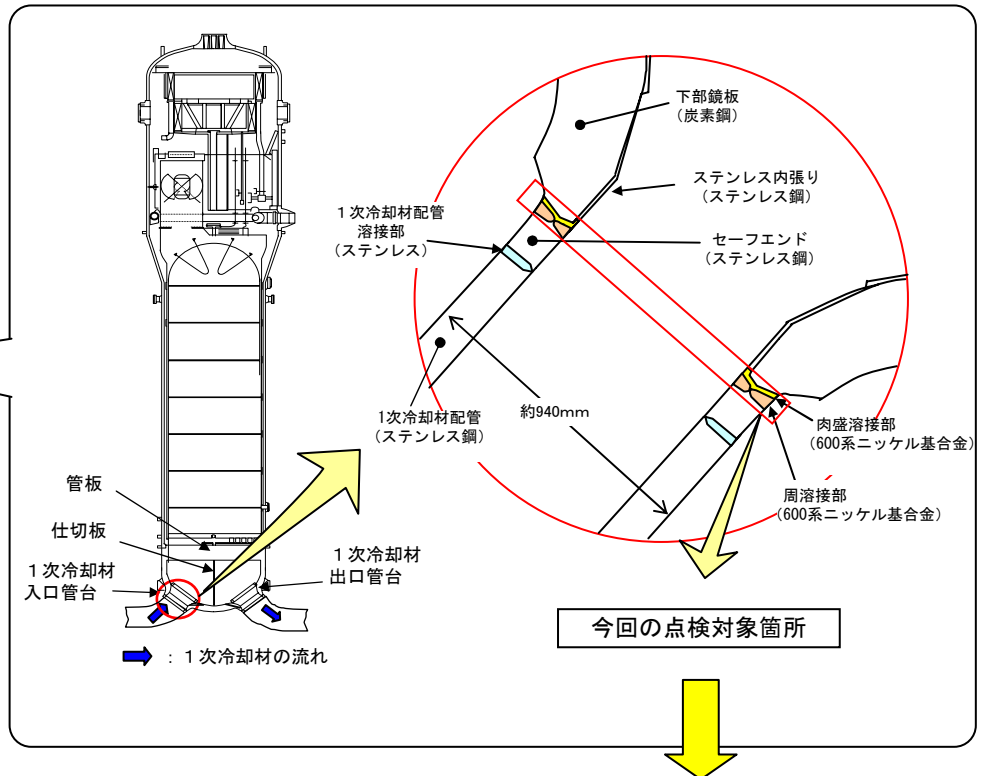
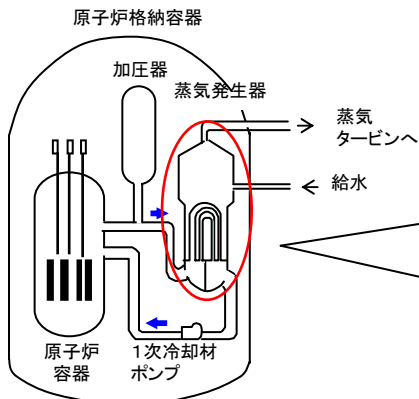
INES：国際原子力事象評価尺度

問い合わせ先(担当：神戸)
内線2354・直通0776(20)0314

高浜発電所4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

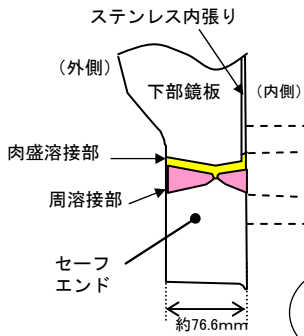
系統概略図



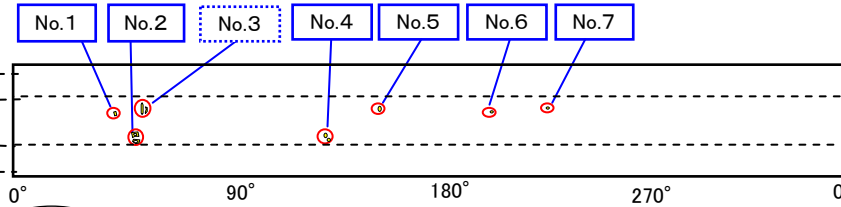
蒸気発生器入口管台 点検状況

 : 渦流探傷試験で、有意な信号指示が確認されたが、超音波探傷試験では、傷の深さが評価できなかった箇所
 : 超音波探傷試験で、傷の深さが評価できた箇所

断面図

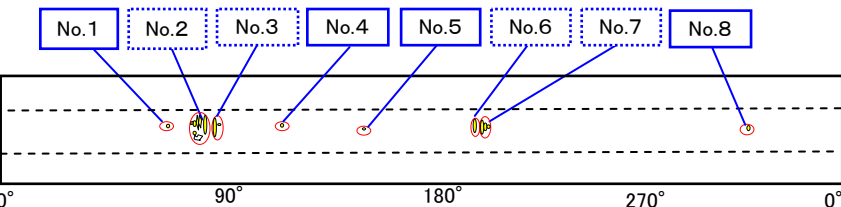
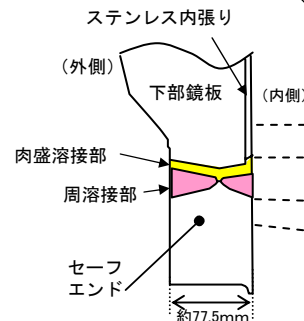


A-蒸気発生器 点検状況



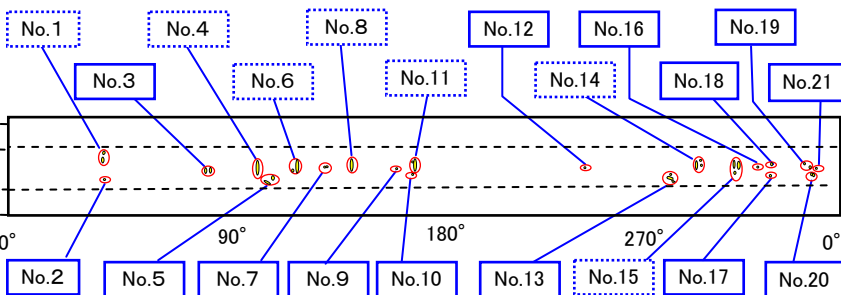
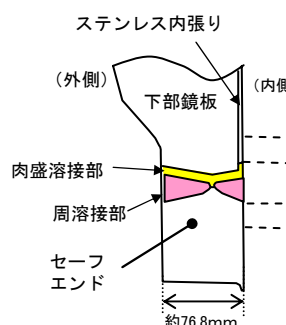
(最大長さ)
 No. 2 : 約14mm ※
(最大深さ)
 No. 3 : 約12mm
 ※ : 複数の近接したECT信号指示を連続したものとして評価した値

B-蒸気発生器 点検状況



(最大長さ)
 No. 2 : 約30mm ※
(最大深さ)
 No. 2, 3, 6 : 約13mm
 ※ : 複数の近接したECT信号指示を連続したものとして評価した値

C-蒸気発生器 点検状況



(最大長さ)
 No. 15 : 約33mm ※
(最大深さ)
 No. 11 : 約16mm
 ※ : 複数の近接したECT信号指示を連続したものとして評価した値

C-SG入口管台溶接部 No. 4指示部の詳細観察結果

敦賀発電所2号機 表面加工跡の再現試験

目視観察

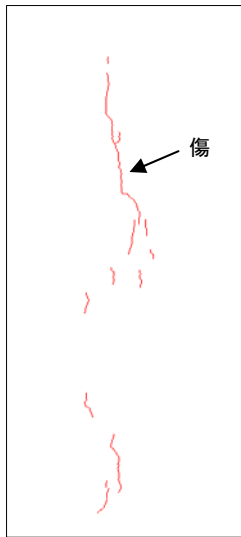
ステンレス内張り側

約15mm



セーフエンド側

スケッチ図



内表面
・筋状模様

傷の特徴
・軸方向
・折れ曲がり
・枝分かれ

型取観察

グラインダ施工+パフ施工の跡
(大きな溝はグラインダ施工の跡)



傷

弾力性のある砥石による
研磨の跡



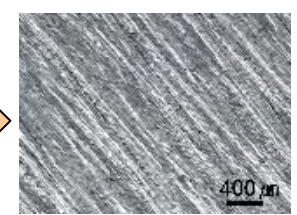
折れ曲がり 枝分かれ

筋状模様

筋状模様



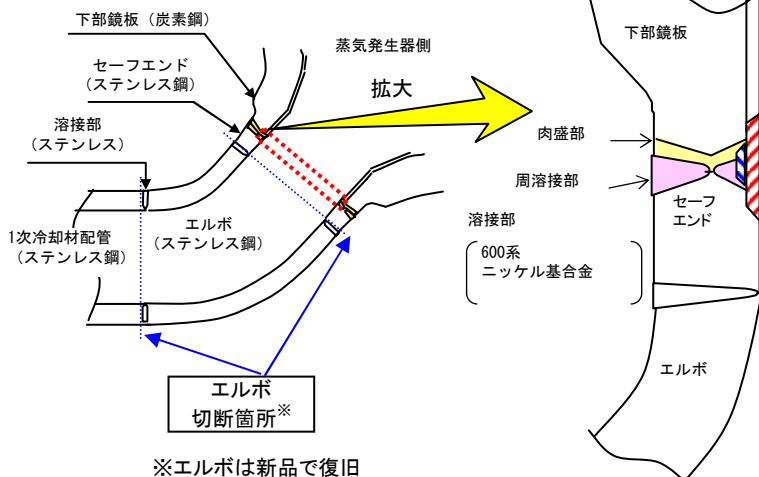
[表面加工条件]
グラインダ施工
+
パフ施工



[表面加工条件]
グラインダ施工
+
パフ施工
+
弾力性のある砥石
による研磨

・上記2つの表面加工跡では、
応力腐食割れが発生する引
張り残留応力(300MPa以上)
が認められた。

対策



※エルボは新品で復旧

○赤斜線部分

・浅い傷の除去と690系ニッケル基合金による肉盛補修溶接

○青斜線部分

・深い傷の除去と600系ニッケル基合金による肉盛補修溶接

(施工手順)

- ①内表面全周を切削(4~6mm)し浅い傷を除去
- ②傷が残った場合、部分的に除去し、600系ニッケル基合金で肉盛補修溶接
- ③内表面全周を690系ニッケル基合金で肉盛補修溶接
- ④パフ施工を行い残留応力を低減