

UME-203	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など） プレスリリース 2008 年 4 月 22 日（北海道電力）		本資料の 作成者名 梅村文夫
整理番号	資料のタイトル 加圧型原子力発電の蒸気発生器 1 次冷却水入口管台（図 1 参照）溶接部での割れ		
失敗事例のタイトル グラインダ施工により金属表面には高い引張残留応力が発生する			一次原因（材料要素） 応力腐食割れ
機種 加圧水型原子力発電	部品 蒸気発生器入口管台	材料 600 系ニッケル基合金	概略の寸法 外径 940 mm 板厚 78 mm
<p>損傷発生時の状況 定期検査において、蒸気発生器(SG)の 1 次冷却材（冷却水、脱気高温水）の入口管台溶接部に、A 系で 3 箇所(最大長さ約 13mm)、B 系で 10 箇所(最大長さ約 10mm)の割れを確認した。割れの深さは、5～7 mmであった。溶接金属には 600 系ニッケル基合（備考①）が使用されていた。割れの発生した箇所は、一次冷却水（原子炉水（高温脱気水））にさらされている。</p>			
<p>調査内容とその結果 型取観察の結果、全体的にグラインダ施工(研削)の上にバフ施工の仕上げ跡が見られ、割れの部分を含めて、グラインダ施工(研削)の跡が認められた。スンプ観察の結果、長さ約 1.8mm から約 5.0mm の軸方向割れが複数認められた。割れの周辺に、直径約 7mm の手直し溶接と思われる溶接の跡が認められた。割れはデンドライト境界（備考②）に沿っており、これまでに国内外の 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（脱気高温水）環境下における応力腐食割れ（PWSCC：備考③）と同様の様相が認められました。</p>			
<p>損傷発生のシナリオ 蒸気発生器（SG）の製造時、入口管台とセーフエンド（備考④）を 600 系ニッケル基合金で溶接し、内側（一次冷却水側）表面をグラインダ施工(研削)とバフ施工による仕上げを行った。その際に、局所的にグラインダ施工(研削)の跡が残った部位や、一部手直し溶接後にグラインダ施工(研磨)による仕上げを行った部位に高い引張残留応力（約 300MPa 以上）が発生し、1 次冷却材環境（脱気高温水）下における応力腐食割れ（PWSCC：備考③）が発生した。600 系ニッケル基合金溶接部の PWSCC は約 300MPa 以上の応力により発生するとされている。</p>			
<p>対策（損傷発生時にとられた対策あるいは現在とるべきと考えられる対策） 切削装置にて蒸気発生器（SG）入口管台溶接部の内側表面全周を切削し、浅い割れを除去した後、必要によりグラインダ施工(研削)にて部分的に深い割れを除去する。その後、深い割れを除去した部位について、600 系ニッケル基合金で肉盛溶接を行った上で、溶接部内表面全周をより耐食性に優れた 690 系ニッケル基合金（備考⑤）により肉盛溶接を行う。また、念のため、当該部の残留応力低減のためバフ施工を実施する。</p>			
<p>教訓 グラインダ施工による仕上げを行った部位には、高い引張残留応力が発生する。</p>			
<p>備考 ①600 系ニッケル基合金：C,0.08% Cr,15.5% Fe,8% Ni,76% 1 次冷却水環境（原子炉水：脱気された高温水）下で応力腐食割れ（PWSCC:備考③）感受性を持つ。 ②デンドライト境界：溶接部では、熔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、その結晶組織の境界のことをデンドライト境界という。 ③PWSCC:Primary Water Stress Corrosion Cracking：加圧水型原子炉の一次冷却水（脱気高温純水）中で生じる、ニッケル基合金の粒界型応力腐食割れを PWSCC と呼ぶ ④セーフエンド：蒸気発生器（SG）の管台とステンレス鋼配管を接続するためのニッケル基合金製の短管 ⑤690 系ニッケル基合金：C,0.03% Cr,30% Fe,9.5% Ni,60% 600 系ニッケル基合金の改良材で耐 SCC 性が極めて優れている。</p>			
主要因		教訓とすべき対象者	
チェックボックス		チェックボックス	
<input type="checkbox"/>	当時の技術レベルでは不可抗力	<input type="checkbox"/>	設計者
<input type="checkbox"/>	情報伝達不備・不足	<input type="checkbox"/>	製作者 / 建設担当者
<input type="checkbox"/>	担当者不勉強/教育不十分/意識不測	<input type="checkbox"/>	検査者
<input type="checkbox"/>	指示ミス	<input type="checkbox"/>	使用者
<input type="checkbox"/>	うっかり、ぼんやり	<input type="checkbox"/>	メンテナンス者
<input type="checkbox"/>	その他	<input type="checkbox"/>	その他

図1. 蒸気発生器1次冷却水入口管台模式図

