

## 放射線誘起表面活性による応力腐食割れ防止技術の開発

安永龍哉<sup>\*</sup>(工博)・藤沢匡介<sup>\*\*</sup>・下条 純<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>技術開発本部 材料研究所 <sup>\*\*</sup>機械エンジニアリングカンパニー 原子力機器室

BWR 原子炉内は 288 高温水環境にあり、ステンレス鋼材溶接部の応力腐食割れ (SCC) が発生するため、Mo 添加や低炭素化により鋭敏化を抑制する SUS316L が用いられている。しかしながら、近年、SUS316L であっても SCC が発生する例が多数報告されており、抜本的な SCC 対策が求められている。当社では、東京海洋大学・東京大学・京都大学・日本原子力研究所・海上技術安全研究所・電力中央研究所・産業創造研究所・協東芝と共同で、経済産業省・革新的実用原子力技術開発費補助事業「放射線誘起表面活性効果による高性能原子炉に関する技術開発」を推進しており、その一環として SUS316L の応力腐食割れ防止技術を開発している。

放射線誘起表面活性 (Radiation Induced Surface Activation : RISA) 効果は、TiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub> などへの放射線照射で生成する電子 - 正孔対により発現し、紫外線照射下での光触媒に類似した現象と考えられる。このような半導体皮膜を金属材料に付与すると、放射線により酸化還元反応が誘起され、自然電位が低くなり防食作用が発現することが見出された。

図 1 は、ZrO<sub>2</sub> 皮膜を CoCr 中間層を介して SUS316L に被覆したサンプルを、288 高温水中に浸漬してガンマ線を照射したときの自然電位 (ECP) の経時変化である。時間の経過で自然

電位が漸減していく傾向にあるが、特に、溶存酸素が 200ppb から 5 ppb 以下になる 8 時間付近で電位が急激に低くなった。40 時間後に再度溶存酸素を 200ppb に戻した場合は自然電位は低く保たれた。また、ガンマ線を OFF にすると自然電位は高い値に戻り、ガンマ線照射が溶存酸素低減以上に自然電位低下に寄与していることが証明された。最終的に自然電位は -600 mV vs. SHE まで卑化し、応力腐食割れ発生リスクが低減されることが期待できる。

さらに、本技術はステンレス鋼の SCC だけでなく他の腐食全般の抑制にも効果を発揮することが期待できる。写真 1 は、純鉄表面に ZrO<sub>2</sub> を厚さ 140 μm 被覆したサンプルを、強度 0.9kGy/h のガンマ線照射下で、1 wt%、5 wt% の NaCl 水溶液に 16 時間浸漬した後の表面状態を示す。非照射で同様に塩水浸漬した比較サンプルでは、鉄基材の発錆が ZrO<sub>2</sub> 皮膜表面まで顕著に染み出しているが、ガンマ線照射下では発錆はほとんどなく、鉄基材の腐食が抑制されたことを示している。

今後、放射線照射下で使用される原子炉関連の各種金属材料への適用を狙って、防食特性・耐久性の観点から皮膜成分の最適化を進めていく。

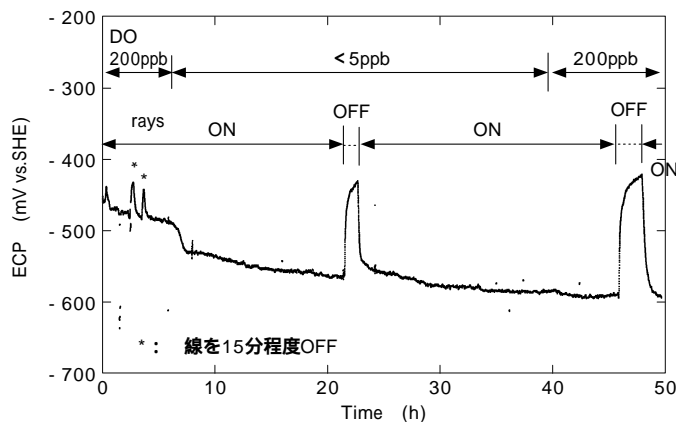


図 1 ZrO<sub>2</sub> 被覆 SUS316L の 288 高温水中での自然電位 (ECP) の変化



写真 1 ZrO<sub>2</sub> を被覆した純鉄をガンマ線照射下で塩水に 16 時間浸漬した後の表面状況  
ZrO<sub>2</sub> 膜厚 : 200 μm , ガンマ線強度 : 0.9kGy/h , 塩水濃度 : 1wt% , 5wt%