

廃炉措置における配管減肉の予測とモニタリングに基づく配管システムのリスク管理

(7) 炭素鋼の流動下腐食に及ぼす固相粒子の影響に関する実験的評価

Piping system, risk management based on wall thinning monitoring and prediction -PYRAMID-

(7) Experimental evaluation of effect of solid particle on carbon steel corrosion under flow

*阿部 博志¹, 中河 良太¹, 渡邊 豊¹

¹東北大学

固液混相流下における炭素鋼腐食を対象として、主に電気化学的手法を用いて壁面近傍の物質移動係数を評価した。腐食試験結果と物質移動係数の比較に基づいて、腐食に及ぼす固相粒子の影響を考察した。

キーワード : Fukushima-Daiichi nuclear power plant, decommissioning, solid-liquid multiphase flow, mass transfer coefficient, slurry flow corrosion, carbon steel

1. 緒言

福島第一原子力発電所の燃料デブリ取り出し作業中に、デブリ由来の微細な固体粒子等が冷却水に混入することで固液混相流条件となり、炭素鋼製冷却系配管の腐食速度が増大する可能性がある。本研究では、腐食試験結果と物質移動係数 (MTC) の比較に基づいて、腐食に及ぼす固相粒子の影響を考察した。

2. 実験手法：固液混相流下での MTC 測定ならびに腐食試験

流動の発生には、回転円筒電極を用いた。溶液中で円筒形試験片を最高回転速度 10000 rpm で回転させることで、試験片表面近傍に強制対流を生じさせた。固体粒子としては、主に粒径 100 μm 以下のガラスビーズを用いた。本研究では電気化学的手法によって物質拡散流束(拡散限界電流密度)を測定することで MTC を算出した。また、炭素鋼試験片(STPT410)を用いた腐食試験を実施した。溶液は 30 $^{\circ}\text{C}$ の高純度水を用い、イオン交換水に通すことで電気伝導度を低く保った。腐食速度は重量法によって算出した。

3. 実験結果

MTC 測定の結果、粒径 100 μm 程度の固体粒子が混入することによって MTC が 2 倍程度増大することが分かった。一方で、粒径 10 μm 以下の粒子を用いた場合は、MTC が低下する (物質移動が阻害される) ことが示唆された。これらの結果に基づいて、固体粒子の影響をバルク水中での効果と濃度境界層中での効果に分けて考えることで、MTC を推定する式を算出した。次に、腐食試験から得られた脱気液単相流環境における腐食速度は鉄イオンの MTC に比例した。一方で固体粒子が混入すると、MTC から見積もられる腐食速度以上の腐食速度を示した。よって、固体粒子は物質移動を促進する効果だけでなく、皮膜の損傷など機械的な影響によって腐食速度を増大させる可能性が示唆された。また固体粒子の機械的作用は、ストークス数がある閾値以上の条件下で現れ、ストークス数の増大とともにその効果が大きくなることが示された。

4. 結論

回転円筒電極体系における MTC 測定結果に基づいて、固体粒子のバルク水中での効果と、濃度境界層内での効果に分けて整理することで、スラリー中での MTC を推定する式を導出した。固液混相流条件下における腐食試験において、液単相流動下における鉄イオンの MTC から予測される腐食速度よりも明確に大きな値を示す場合が認められた。固体粒子は物質移動を促進する効果に留まらず、場合によっては皮膜の損傷など機械的な作用によって腐食速度を増大させることが示唆された。

謝辞

本研究は文部科学省 英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業(日仏)「配管減肉のモニタリングと予測に基づく配管システムのリスク管理」の成果である。

*Hiroshi Abe¹, Ryota Nakagawa¹ and Yutaka Watanabe¹

¹Tohoku Univ.