

防錆剤を添加した希釀人工海水中における炭素鋼の腐食に及ぼす ガンマ線照射の影響評価

Effect of gamma-irradiation on corrosion of carbon steel in diluted artificial seawater with corrosion inhibitor

藤井 和美¹⁾²⁾, 馬渕 勝美¹⁾²⁾, 石岡 真一¹⁾²⁾, 茂中 尚登¹⁾²⁾

Kazumi FUJII, Katsumi MABUCHI, Shinichi ISIOKA, Naoto SHIGENAKA

1)技術研究組合 国際廃炉研究開発機構(IRID)

2)日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社

（概要）

福島第一原子力発電所 1～3 号機では、炭素鋼製の原子炉格納容器などの腐食劣化が懸念され、腐食抑制策として防錆剤の添加が検討されている。防錆剤の添加により均一腐食が抑制された炭素鋼では、局部腐食の発生および進展が懸念されるため、その可能性を評価する必要がある。本研究では、均一腐食を抑制できる五ホウ酸ナトリウムを防錆剤として用い、希釀人工海水中における炭素鋼のガンマ線照射環境下での電気化学的性質の評価に基づき、局部腐食の発生および進展可能性を評価した。その結果、五ホウ酸ナトリウムを 1000 ppm as B 添加した条件では局部腐食の発生可能性があったが、4000 ppm as B 添加した条件では照射環境下においても局部腐食の発生可能性および進展性がなく、高い耐局部腐食性を示すことが分かった。

キーワード：

炭素鋼、局部腐食、電気化学測定、防錆剤、希釀人工海水

1. 目的

福島第一原子力発電所 1～3 号機では、原子炉の炉心冷却のために海水および淡水等が注入されたため、原子炉格納容器(以下、PCV)などの構造材料(炭素鋼)の腐食劣化が懸念される。現在は、事故直後から実施されている注水の脱気処理や PCV 内の窒素封入により、PCV の腐食はある程度抑制されていると考えられる。しかし、燃料デブリの取り出し等の作業をする際には大気開放の環境になり、窒素封入が実施されなくなる可能性も考えられる。これまでに、大気開放下における腐食抑制策として防錆剤の添加が検討され、浸せき試験により数種類の防錆剤が均一腐食の抑制に有効であることが確認された。本研究では、防錆剤として五ホウ酸ナトリウムを添加した希釀人工海水中における PCV 材のガンマ線照射環境下での電気化学的性質の評価に基づき、局部腐食の発生および進展可能性を評価することを目的とした。

2. 実施方法

防錆剤により不働態化した溶液条件における自然電位(E_{SP})および腐食すきま再不働態化電位($E_{R,CREV}$)の測定結果から局部腐食の発生の可能性を評価した。さらに、 E_{SP} および $E_{R,CREV}$ に基づき設定した電位において定電位すきま腐食試験を行い、局部腐食の進展性を評価した。

PCV 構造材料である SGV480(炭素鋼)を供試材とし、1000 倍希釀人工海水もしくは純水に五ホウ酸ナトリウムを所定濃度添加した試験溶液において E_{SP} を測定した。溶液温度 50 °C, 4.0 kGy/h および 0.2 KGy/h の照射環境において、浸せき電位を 168 h 測定し、測定終了前 1 h の平均値を E_{SP} として評価した。また、ステンレス鋼に対するすきま腐食の発生可能性有無の評価の指標として規定されている JIS G 0592 によるすきま再不働態化電位測定方法に準じ、 E_{SP} と同様の条件に調整した試験溶液にて、炭素鋼の $E_{R,CREV}$ を測定した。段階的電位減少ステップに移行後、電流が増加傾向を示さなくなる最も高い(貴な)電位を $E_{R,CREV}$ として評価した。局部腐食発生可能性は、 E_{SP} が $E_{R,CREV}$ より高い(貴な)場合は発生可能性あり、 E_{SP} が $E_{R,CREV}$ より低い(卑な)場合は発生可能性なしと評価した。

すきま腐食の進展可能性の評価方法として、 $E_{R,CREV}$ と同様の手順ですきま腐食を発生させたの

ち、任意の電位で一定時間保持し、その間の電流値の時間減衰挙動からすきま腐食の進展性を評価した。 E_{SP} や $E_{R,CREV}$ と同様の条件に調整した試験溶液を用い、溶液温度 50 °C, 4.0 kGy/h および 0.2 KGy/h の照射環境において、168 h 定電位保持した。ここで、設定電位は、 E_{SP} と $E_{R,CREV}$ の測定結果から決定した。

3. 結果及び考察

五ホウ酸ナトリウムを 4000 ppm as B 添加した溶液温度 50 °C における E_{SP} は、図 1 に示すように、ガンマ線の照射線量率に依存し、非照射下における約 0 V_{vs.SSE(RT)} から 4.0 kGy/h において最大約 0.2 V_{vs.SSE(RT)} と、線量率が高くなるに従って、 E_{SP} が高く（貴に）なる傾向を示した。 $E_{R,CREV}$ は、五ホウ酸ナトリウムを 4000 ppm as B 添加した条件では、0.6 V_{vs.SSE(RT)} 以上の高い値を示したが、1000 ppm as B の低濃度では $E_{R,CREV}$ は 0 V_{vs.SSE(RT)} 以下の低い値を示した。また、 $E_{R,CREV}$ に及ぼす線量率の影響に関しては明確にはできなかった。 E_{SP} と $E_{R,CREV}$ の評価値を比較すると、五ホウ酸ナトリウムは 4000 ppm as B の添加により局部腐食発生の可能性がない一方で、1000 ppm as B の添加では局部腐食発生の可能性があることがわかった。

五ホウ酸ナトリウム 4000 ppm as B 添加した条件では、五ホウ酸ナトリウム 4000 ppm as B 添加、4.0 kGy/h での E_{SP} 以上の電位に設定した定電位すきま腐食試験条件においても、照射条件に依存せずに定電位保持の間を通じて電流が減衰し、局部腐食の進展性が認められなかった。一方、比較として実施した非照射下での測定において、五ホウ酸ナトリウム 1000 ppm as B 添加した条件では、前記 E_{SP} 相当以上の電位に保持した場合に局部腐食の進展性が認められたが、-0.45 V_{vs.SSE(RT)} では定電位保持の期間に電流が減衰し、局部腐食の進展性は認められなかった。

以上の測定結果から、五ホウ酸ナトリウムを 1000 ppm as B 添加した条件では局部腐食の発生可能性があったが、4000 ppm as B 添加した条件では照射環境下においても局部腐食の発生可能性および進展性がなく、高い耐局部腐食性を示すことが分かった。

4. 引用(参照)文献等

本件は、資源エネルギー庁の「平成 26 年度発電用原子炉等廃炉・安全技術開発費補助金」において技術研究組合 国際廃炉研究開発機構(IRID)が補助事業者となり、その組合員である日立 GE ニュークリア・エナジーが実施した成果の一部である。

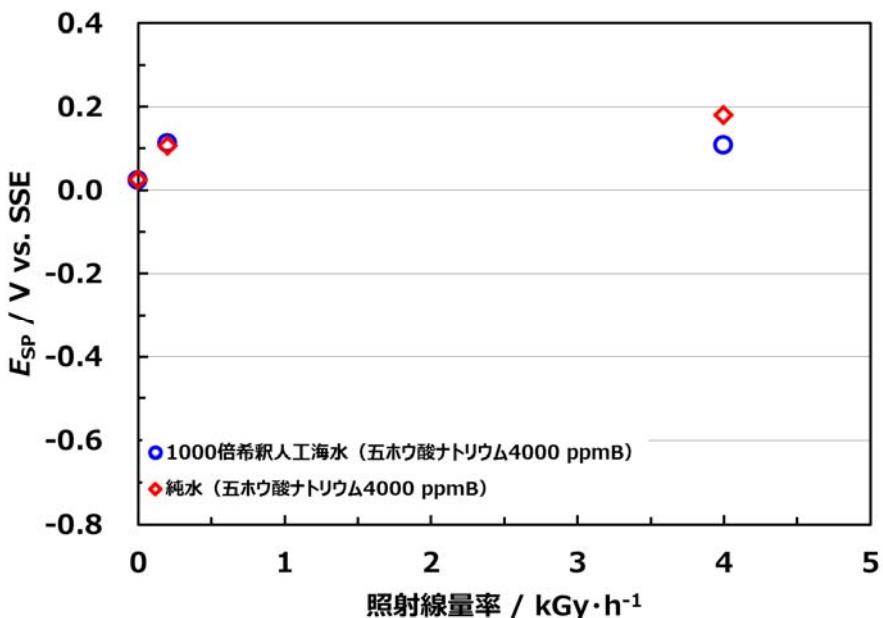


図 1 五ホウ酸ナトリウム添加条件における E_{SP} と線量率の関係（五ホウ酸ナトリウム 4000 ppm as B）