

PWR 一次冷却水環境の照射下での水素注入効果の評価  
(7) ステンレス鋼と Ni 基合金の ECP の比較

The effects of hydrogen addition on the corrosive conditions of PWR primary coolant under irradiation

(7) Comparison of ECPs of stainless steel and Ni base alloy

\*内田 俊介<sup>1</sup>, 端 邦樹<sup>1</sup>, 埜 悟史<sup>1</sup>, 知見 康弘<sup>1</sup>

<sup>1</sup>原子力機構

Fe<sup>2+</sup>と Ni<sup>2+</sup>の溶解度に及ぼす温度、pH の影響、標準電極電位の差異を解析し、高温水中でのステンレス鋼と Ni 基合金のアノード分極特性を評価した。この結果に基づき、O<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> など放射線分解生成種の ECP への影響にわずかな差異が生じることを示した。

**キーワード** : PWR, 水の放射線分解, 腐食電位解析, ステンレス鋼, Ni 基合金。アノード分極特性

1. 緒言

鉄系の合金であるステンレス鋼と Ni 基合金では、高温水中でのアノード分極特性が異なり、同じ水化学環境でも異なる ECP を示す。Fe<sup>2+</sup>と Ni<sup>2+</sup>の溶解度に及ぼす温度と pH の影響を解析し、放射線分解生成種、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>および H<sub>2</sub>、が ECP に及ぼす影響の差異を検討した。この結果、PWR の 1 次冷却系では、Ni 基合金は SUS より若干低い ECP 示し、pH 依存性も若干異なることを示した。前発表(本シリーズ 6.)で求めたラジオリシス評価結果に基づいて、PWR 炉心部、その周辺部および SG 部での ECP を解析し、1 次冷却系主要箇所での水素注入の ECP への影響を評価した。

2. ステンレス鋼と Ni 基合金のアノード分極特性

アノード分極特性  $I_a(\phi)$  は、炭素鋼、ステンレス鋼に関して、式(1)-(2)で求められる[1]。

$$I_a = f_a(\phi) (C_{sol} - [C_b + f_a(\phi) C_{sol} / z_a F (\delta_o / D_o + \delta_B / D_B) \{1 + [f_a(\phi) / z_a F]\} (\delta_o / D_o + \delta_B / D_B)]) \quad (1)$$

$$f_a(\phi) = z_a F k_a \exp[\alpha_a z_a F (\phi - \phi_a^0) / (RT)] \quad (2)$$

ここで、 $\phi$  : 電位、 $C_{sol}$  : 溶解度、 $D$  : 拡散係数、 $\delta$  : 層厚 (添字 : o、酸化膜 ; B、表面境界層)、 $z$  : 価数、 $F$  : ファラデー定数。

数式の詳細は文献[1]、温度、pH の関数としての Fe の溶解度は [2]、Ni は[3]を参照されたい。

3. ECP 解析結果

上記アノード分極特性式を適用して ECP を計算し、[O<sub>2</sub>]依存のステンレス鋼と Ni 基合金の ECP 測定値と比較した[4,5]。[H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>]に対する Ni 基合金の ECP の測定データの報告はないが、特に Ni<sup>2+</sup>の溶解度が Fe<sup>2+</sup>に比べて、約 50 倍高いことが影響し、Ni 基合金の ECP はステンレス鋼に比べて、若干低くなることが確認された。

4 結論

ラジオリシス解析と Ni 基合金の ECP 解析を連成させ PWR 1 次冷却系の腐食損傷解析を行った。その結果、PWSCC 発生の閾値目標値となる -200mV-SHE を満たす低水素注入側の最適水素濃度制御範囲として、[0.5-2ppm]を示した。

【参考文献】

[1] S. Uchida, et al., Nucl. Technol., **183** (1), 119-135 (2013).  
[2] P.R. Tremaine, J.C. LeBlanc, J. Solution Chemistry, **9** (6) 415-417, (1980).  
[3] Y.J. Park, et al., Nucl. Eng. Technol., **48**, 554-558 (2016)ほか.  
[4] Wada, et al., J. Nucl. Sci. Technol., **37** (10), 901-912 (2000).  
[5] M. Tachibana, et al., J Nucl. Sci. Technol., **49** (5) 551-561 (2012).

<sup>\*</sup>Shunsuke Uchida<sup>1</sup>, Kuniki Hata<sup>1</sup>, Satoshi Hanawa<sup>1</sup> and Yasuhiro Chimi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>JAEA

表 1 主なアノード反応定数

| 電極反応                                          | 移行係数<br>$\alpha(-)$ | 標準電極電位<br>$\phi(V-SHE)$ | 反応定数<br>$k$                    |
|-----------------------------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------------|
| $O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2O_2$ | 0.7                 | 0.48                    | $1.0 \times 10^{-10} (s^{-1})$ |
| $Fe^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Fe$        | 0.5                 | -0.44                   | $1.0 \times 10^{-3} (m/s)$     |
| $Ni^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Ni$ *2     | 0.5                 | -0.25                   | $1.0 \times 10^{-3} (m/s)$     |

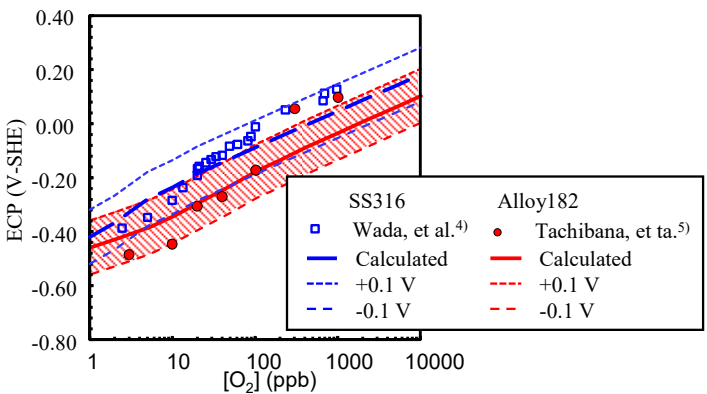


図1 ステンレス鋼とNi基合金の酸素濃度依存ECP (280°C中性純水)