

分極測定に基づく電気化学パラメータを用いた 過酸化水素環境での腐食電位計算モデル

Electrochemical Corrosion Potential Calculation Model for Hydrogen Peroxide Environment with
Electrochemical Parameters Determined by Polarization Measurements

*和田陽一¹, 石田一成¹, 橘正彦¹, 佐々木麻由², 長瀬誠², 清水亮介²

¹日立・研開, ²日立 GE

高温純水中の SUS316L 上での過酸化水素の電気化学反応と関連するパラメータを決定し、BWR 炉水環境での過酸化水素条件での SUS316L の ECP 計算モデルを検討した。SUS316L の ECP の実測値を 1000 ppb 以下の H₂O₂ 濃度範囲において±0.1 V の精度で再現した。本モデルを BWR の ECP 評価に適用していく。

キーワード：腐食電位, ECP, 電気化学, 高温純水, BWR, ステンレス鋼

1. 緒言 沸騰水型原子炉(BWR)の構造材料(ステンレス鋼、ニッケル基合金)の腐食電位(ECP)は材料毎の腐食特性、流動条件および炉水中の酸素(O₂)および過酸化水素(H₂O₂)の濃度によって決まり、応力腐食割れ(SCC)の環境指標として用いられている。計算モデルを用いた ECP の計算は SCC 環境を評価する上で重要である。しかし、BWR 炉水環境(高温純水)中での H₂O₂ 条件でのカソード分極曲線の測定結果は少なく、実測に基づく電気化学反応パラメータを用いた ECP 計算モデルの検討はこれまで進んでいなかった。本研究では SUS316L 上での H₂O₂ の電気化学反応パラメータを、高温純水中で測定した H₂O₂ のカソード分極曲線[1]に基づいて決定し、H₂O₂ 条件での SUS316L の ECP 計算モデルを検討した。

2. 解析方法 O₂ 条件の ECP 計算モデル[2]と同様に、本 ECP 計算モデルは混成電位の概念に基づき、全アノード電流密度と全カソード電流密度の釣合う電位として ECP を計算した。SUS316L のアノード電流密度は実測の分極曲線を用いた[3]。H₂O₂ のカソード反応は $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ として与え、O₂ 条件と同様に水のカソード反応 ($2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$) が重畳するとして扱った[2]。実測のカソード反応には H₂O₂ の SUS316L 上でアノード反応も重畳しているため、 $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ も本 ECP 計算モデルにおいて考慮した。これらの反応の電流密度は一般化バトラーボルマー式で与えた。同式中の電気化学反応パラメータ(ターフェル勾配、交換電流密度)を実測の SUS316L 上での H₂O₂ のカソード分極曲線[1]に基づいて決定した。

3. 結論 本 ECP 計算モデルにより、SUS316L 上の H₂O₂ でのカソード分極曲線の計算値が実測されたカソード分極曲線を各濃度で概ね再現することを確認した。SUS316L の ECP の H₂O₂ 濃度依存性の計算結果は、カソード分極測定時に測定された 1~1000 ppb の H₂O₂ 濃度範囲での ECP を±0.1 V の精度で再現した(図1)。本 ECP 計算モデルの適用により、BWR での ECP 解析値の妥当性並びに説明性の向上が期待される。

参考文献 [1] Tachibana M. et al., Corrosion 2013, Paper#2155. [2] Wada Y. et al., J Nucl Sci Technol. 2022;59(4):491-498. [3] Tachibana M. et al., J Nucl Sci Technol. 2012;49(5): 551-561.

*Yoichi Wada¹, Kazushige Ishida¹, Masahiko Tachibana¹, Mayu Sasaki², Makoto Nagase², and Ryosuke Shimizu². ¹Hitachi, ²Hitachi-GE.

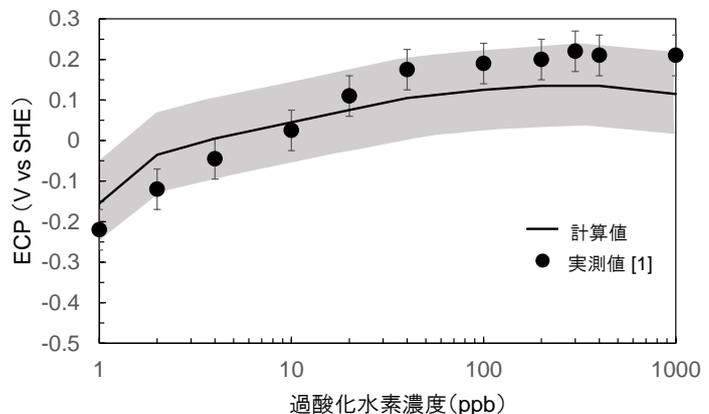


図1 SUS316L の ECP の過酸化水素濃度依存性の計算値と実測値との比較(ハッチングは計算値±0.1 V の範囲、誤差棒は参照電極の誤差を±0.05 V として示した)