

第 56 回日本原子力学会賞技術賞(第 5609 号)「高温純水環境における腐食電位解析技術の確立－軽水炉構造材料の電気化学パラメータの決定」の受賞にあたって

(株) 日立製作所

和田陽一, 石田一成

日立 GE ニュークリア・エナジー (株)

清水亮介

この度は日本原子力学会賞技術賞をいただきまして、受賞者一同心より関係者皆様に感謝申し上げます。原子力の技術開発に携わる者として、このような栄誉ある賞をいただきましたことは大変光栄であり、今後の更なる研究開発への励みとなります。一層精進してまいります。

今回表彰いただいた ECP 解析技術は、沸騰水型原子炉(BWR)のステンレス鋼およびニッケル基合金といった構造材料の腐食電位 (ECP) を計算するための電気化学反応とそのパラメータに関するものです。一言で言うと、関連する電気化学反応毎のターフェル勾配と交換電流密度を決めたということになります。受賞した技術の背景を簡単に説明いたします。

軽水炉では炉水と接する配管・機器の構造材料の応力腐食割れ(SCC)が重要な劣化事象であり、従前から材料、応力、および水質の観点での対策に多くの努力が払われてきました。BWR の中には、水質面での対策技術(腐食環境緩和技術)として、水素注入や貴金属注入を適用しているプラントがあります。腐食環境緩和技術を適用した場合、その効果を示す指標として先述の ECP が用いられています。腐食環境緩和技術を適用したときに、構造材料の ECP が目標電位(例えば -230 mV vs SHE)以下に低下していることを実測により確認して、実際に効果が得られていると判断します。しかし、BWR プラントにおいて ECP の実測可能な部位は、数ヶ所(再循環配管、ボトムドレンライン等)に限られています。そのため、実測できない大部分の部位では実測と組合せた ECP 解析技術を用いた ECP の評価が必要となります。しかし、BWR の炉水条件(280°C , 純水)の入力データの知見の不足が長年 ECP 解析技術の課題となっていました。水質を解析的に評価する際の課題全体については、2022 年に水化学部会から発行した技術報告書にまとめられているのでぜひご参照ください[1]。

私たちは、90 年代以降、構造材料の ECP がどのような酸素や過酸化水素の濃度への依存性を持っているかを調べて来ました。さらに 2010 年頃には BWR 炉水条件下での分極測定技術を確立し構造材料のアノードおよびカソード分極曲線を得ていました。こうしたデータの上に立脚して、実験によって得られた酸素および過酸化水素のカソード分極曲線が示す電気化学反応を適切に解釈して、カソード電流密度を計算する式に用いる電気化学パラメータ(ターフェル勾配や交換電流密度)を決めました。このとき、金属の酸化溶出については実測のアノード分極曲線をそのまま入力として使用しました。このようにして、ECP 解析技術での知見の不足に基づく不確かさを解決することを試みました。

今回の受賞は、上述のように電気化学パラメータの決定に関する課題に取り組み、BWR

の高温純水環境での ECP 解析技術を開発したことへの表彰となります。開発した ECP 解析技術の特徴は、次の 3 点となります。

- ①実測の酸素環境下のカソード分極曲線を酸素と水の 2 つのカソード反応による電流密度の重畳と捉えて反応を分けて取り扱い、それぞれの反応の電気化学パラメータを決定した。
- ②ステンレス鋼とニッケル基合金 182 上のカソード反応は同様に進むとして電気化学パラメータを共通化した。
- ③BWR 炉水条件下の構造材料表面での電気化学反応が未確立であった過酸化水素について反応機構を提案し、各反応の電気化学パラメータを決定した。

この技術開発によって、BWR で使用されている各構造材料別に根拠の明確な電気化学パラメータを用いて精度良く ECP が評価できるようになりました。また、将来の腐食環境緩和技術適用時の ECP 解析技術の標準化に向けた説明性の向上にも貢献できたと考えています。受賞対象技術の関連論文を参考に記載します[2-5]。これまでの多数の先人の努力によって得られた知見と共に本技術を土台として、今後更に切磋琢磨して水化学関連技術が発展することを祈念します。

参考文献

- [1] 高木純一, 山本誠二, 和田陽一. 沸騰水型原子炉一次冷却系の腐食環境の評価手法に関する現状と課題. (一社)日本原子力学会 水化学部会. 水化学部会報告書#2022-0001. 2022 年 2 月 (http://wchem.sakura.ne.jp/wp/wp-content/uploads/2022/03/HWC%E6%8A%80%E8%A1%93%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8_20220214_Web%E7%94%A84.pdf) .
- [2] Wada Y., Ishida K., Tachibana M., Shimizu R.. High temperature electrochemical reaction parameters affecting electrochemical corrosion potential of type 316L stainless steel. J Nucl. Sci. and Technol. DOI: 10.1080/00223131.2021.1980447.
- [3] Wada Y., Ishida K., Tachibana M., Shimizu R.. High temperature electrochemical reaction parameters affecting electrochemical corrosion potential of Ni-base Alloy 182. J Nucl. Sci. and Technol. DOI: 10.1080/00223131.2022.2096145.
- [4] Wada Y., Ishida K., Tachibana M., Sasaki M., Nagase M., Shimizu R.. High temperature electrochemical reaction parameters affecting electrochemical corrosion potential of stainless steels in hydrogen peroxide environment. J Nucl. Sci. and Technol. DOI: 10.1080/00223131.2023.2273469.
- [5] Wada Y., Murotani H., Ishida K., Tachibana M., Sasaki M., Nagase M., Shimizu R., Okido S.. High temperature electrochemical reaction parameters affecting electrochemical corrosion potential of nickel-base Alloy 82 weld metal. J Nucl. Sci. and Technol. DOI: 10.1080/00223131.2024.2317225.