

持続可能な材料設計に向けた確実な結合とやさしい分解
2021 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

若井 暁

海洋研究開発機構 超先鋭研究開発部門
主任研究員

微生物学と電気化学を融合した金属組織制御分解

研究成果の概要

実環境で以前から浸漬試験を行っていた研究材料を用いて微生物群集構造解析を実施し、炭素鋼の腐食では、腐食の進展過程における劇的な微生物群集構造の変化を明らかにした。その腐食過程において鉄酸化細菌や鉄還元細菌などが関わっていることを明らかにし、腐食生成物中の微生物活動が有機物を含む不均一な腐食生成物を形成することで腐食が進展すると考察した。これとは対照的に、耐食性のあるステンレス鋼では、炭素鋼とは様相の異なる局部腐食が進展し、硫黄顆粒形成微生物や電気化学活性微生物が集積することを明らかにした。アノードでの腐食進展に硫黄顆粒形成微生物が関与し、カソードでの電子消費に電気化学活性細菌が関与しているという新しい微生物腐食電気化学反応モデルを提唱した。

他方、腐食反応においては電気化学反応が重要であることから、任意の電位制御化での腐食挙動について調べた。各塩化物イオン濃度下でのステンレス鋼を用いた分極実験により、塩化物イオン濃度の上昇がアノード電流密度の増加、すなわち金属溶解反応に著しく影響することが示された。電気化学的溶解後の試験片をデジタルマイクロスコップで観察した結果、塩化物イオン濃度を上昇させることで、溶接線に加えて熱影響部や平面部にも溶解痕が見られた。しかしながら、事後的な観察だけでは時系列でのアノード溶解領域の増加が観察できていないため、リアルタイム観察が可能な電気化学—デジタルマイクロスコップ同時解析システムを構築し、腐食孔形成に対する時系列観察を実施した。定電位保持を行いながら観察を行ったところ、時間経過とともに平面部に腐食孔が増加していく様子が観察された。

今後は保持する電位を変えて組織選択的な溶解反応を引き起こす電位条件を探索すると共に、遺伝子組換え微生物や電位貴化活性を持つと推察される微生物等を用いて、同様の実験を実施する。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Satoshi Wakai, Nanami Eno, Kazuhiko Miyanaga, Hirotaka Mizukami, Toshiyuki Sunaba, and Yasuyuki Miyano. “Dynamics of microbial communities on the corrosion behavior of steel in freshwater environment.” *npj Materials Degradation*, 6, 45, 2022. 10.1038/s41529-022-00254-0
- 2) Satoshi Wakai, Nanami Eno, Hirotaka Mizukami, Toshiyuki Sunaba, Kazuhiko Miyanaga, and Yasuyuki Miyano “Microbiologically influenced corrosion of stainless steel independent of sulfate-reducing bacteria.” *Frontiers in Microbiology*, 13, 982047, 2022. doi: 10.3389/fmicb.2022.982047