

現代社会の安全性向上に貢献する 金属の腐食予測シミュレーション

SATテクノロジー・ショーケース2024

■ はじめに

構造物、インフラストラクチャー、自動車などに使用される現代社会を支える金属材料にとって、「**腐食**」による劣化は克服すべき課題である。腐食とは、雨水や水滴の付着により金属がさびて脆くなる現象であり、構造物の破壊など**大規模な事故の引き金**となり得る。腐食に関する経済損失は、日本では年間4兆円(2015年 調査当時の国民総所得の0.78%)にも上ると試算されている。金属材料の腐食挙動を正確に把握し、適切な対策を施して大規模な事故の発生を防止することが社会的に求められている。

従来より、材料の腐食挙動を把握するため、実環境を模擬した条件に金属材料を暴露し、腐食量などを測定する実験による手法が広く用いられてきた。しかし、測定に長時間を要することや、高コストであることが課題である。

本研究では、従来の実験による手法に加え、**数値シミュレーション**(有限要素法:Finite Element Method)の手法を効果的に取り入れることで、**金属材料の腐食挙動を低コスト・短時間・高効率的に予測**できる研究体系の確立を目指している。

■ 活動内容

1. シミュレーションモデルの構築

自動車用材料として使用される鉄鋼/アルミニウム合金の接合試料について、腐食挙動を予測するためのシミュレーションモデルの構築に取り組んだ。本研究では有限要素解析に基づくシミュレーション手法を活用した。有限要素解析では、腐食環境で起こる様々な化学現象(金属表面での電気化学反応や、環境中の化学種の移動など)を連立方程式として表し、それを解くことで**全体の腐食挙動を近似的に予測**することができる。

シミュレーションモデルの構築にあたり、実験によりNaCl溶液中での腐食挙動を調査した。その結果、鉄鋼材料では全面的に均一に腐食が進行する一方、アルミニウム合

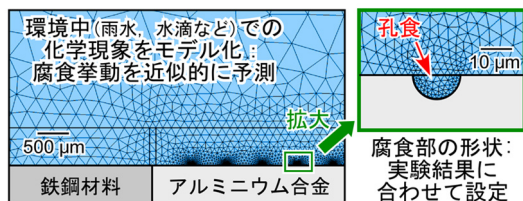
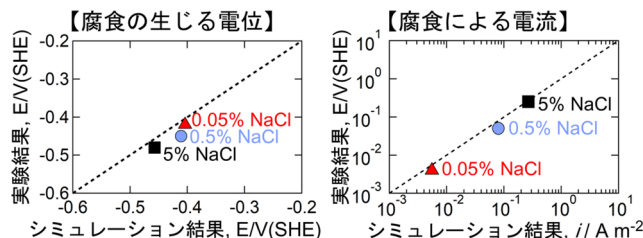


図1：シミュレーションモデル

金側では孔食(金属表面のうち局部的な領域が穴状に溶解し進行する腐食)が生じることが判明した。シミュレーションモデルの腐食部の形状は、そのような実験での腐食挙動に合わせて設定した。

2. シミュレーションモデルの妥当性の確認

構築した数値シミュレーションモデルの妥当性を確認するため、様々な濃度のNaCl溶液中で、腐食の生じる電位とその際に発生する電流値を算出したところ、シミュレーション結果は実験結果と高い整合性が見られた。すなわち、本研究で構築したシミュレーションモデルは**現実の腐食挙動を高精度に再現可能**であると考えられる。



シミュレーション結果:現実の腐食挙動と高精度に一致

図2：シミュレーション結果と実験結果の比較

3. 将来展望:様々な環境での腐食予測に活用

金属の腐食挙動は周囲の環境の影響を大きく受ける。例えば海浜地域では海塩イオンが腐食の主要な要因となる一方、寒冷地では融雪剤に含まれる成分が腐食を引き起こす。また、温度・湿度などの違いも、腐食の起こりやすさを変化させる。様々な環境について、逐一腐食試験を行っているとは多大な時間とコストがかかる。しかし、数値シミュレーションを活用すれば、計算条件を変化させることで、異なる環境での腐食挙動を効率的に予測することが可能である。今後は、**多種多様な環境で使用される金属材料**について、シミュレーションを活用した研究を展開したい。

■ 関連情報等(特許関係、施設)

- 1) M. Kadowaki, H. Katayama, M. Yamamoto, *Corrosion Science* 211 (2023) 110918.
- 2) M. Kadowaki, H. Katayama, M. Yamamoto, *Corrosion Science* 218 (2023) 111190.

代表発表者 門脇 万里子 (かどわき まりこ)
所 属 国立研究開発法人
物質・材料研究機構 構造材料研究センター
腐食研究グループ
問合せ先 〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1
TEL: 029-859-2302
E-Mail: KADOWAKI.Mariko@nims.go.jp

■キーワード: (1)腐食
(2)金属
(3)シミュレーション