HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	実用金属材料の金属カチオンによる腐食抑制機序の解明と耐食性表面の創製［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	李, 礼
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第15353号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89388
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Li_Li_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　　博士 (工学)　　氏名　　李　礼

審査担当者　主　査　准教授　　坂入 正敏
副　査　教　授　　上田 幹人
副　査　教　授　　林 重成

学位論文題名

実用金属材料の金属カチオンによる腐食抑制機序の解明と耐食性表面の創製
(Elucidation of Corrosion Inhibition Mechanism by Metal Cations and Creation of Corrosion Resistant Interfaces for Practical Metals)

腐食と防食に関する多数の研究が行われている。適切に防食することで, 防食コストは 15 % ～ 35 % と大幅に削減することができる。防食方法として被覆防食と腐食抑制剤が主に使用されている。環境保護と防食コストに考慮することから, 使用環境により環境負荷と価格の低い防食方法が望まれている。淡水環境は, 中性溶液で塩化物イオン濃度が低い環境である。一般的に淡水中の金属材料は腐食しにくいと考えられるが, 鋼の腐食速度は海水と淡水でそれほど差がないことが報告されている。先行研究から, 既存の腐食因子以外, 淡水中に存在する金属カチオンは金属材料の腐食挙動に影響を与えることが報告されている。金属カチオンの硬さ, X, により提案した腐食抑制指標, Y, を用いて淡水溶液における金属材料の腐食速度が整理できる。しかし, 淡水における実用炭素鋼とアルミニウム合金の金属カチオンによる腐食抑制機序は未解明である。

一方, 先行研究から, 淡水環境における微量存在する金属カチオンは金属材料の腐食に及ぼす優れた腐食抑制効果があることから, 環境負荷と防食コストの低減を両立して積極的に淡水環境へ金属カチオンを供給した耐食性界面を創製することは新たな防食法となり得る。

本論文においては, 淡水環境における, 実用金属材料の金属カチオンによる腐食抑制機序の解明とその機序に基づく耐食性界面の創製を目的としている。本論文は,5 つの章から構成されている。

第 1 章は序論であり, 金属材料の淡水腐食機構及び外部腐食因子について概説し, 既存の腐食指標及び金属カチオンの影響を説明した。また, 金属材料の防食方法を紹介し, 淡水中の金属材料の腐食に関する金属カチオンの影響および被覆防食に関する問題点を提起するとともに, 本研究の目的について述べた。

第 2 章においては,10 mM 塩化物イオン模擬淡水における実用炭素鋼 SM490Y の腐食に及ぼす金属カチオンの影響を用いた電気化学測定および表面観察分析を伴う浸漬腐食試験により調査し, 腐食抑制指標 Y を用いて各種金属カチオンと炭素鋼の腐食速度の関係を整理した。浸漬腐食試験および電気化学試験から,Y の大きい金属カチオンは炭素鋼の腐食抑制効果が高いことを見出した。電気化学試験から, 亜鉛イオンは炭素鋼に吸着し, 不働態皮膜の欠陥を減らすことで, 実用炭素鋼においても耐食性を向上する防食機構を明らかにした。

第 3 章においては, 孔食を発生しやすいアルミニウム合金 2024-T3 の腐食抑制効果に及ぼす金属カチオンの影響を明らかにするため, 微量金属カチオンを含む 1 mM と 10 mM 塩化物イオン模擬淡水におけるアルミニウム合金 2024-T3 の腐食挙動に及ぼす金属カチオンの影響を電気化学測定

および浸漬腐食試験により調査した。腐食抑制指標 Y を用いて各種金属カチオンとアルミニウム合金の腐食速度の関係を整理した。浸漬試験から, 溶液中の塩化物イオンの濃度に関わらず,Y の大きい金属カチオンはアルミニウム合金の腐食速度を抑えることが明らかとなり,Y の有効性を確認した。表面・断面の分析結果から, 亜鉛イオンを含む模擬淡水中で生成する腐食生成物のみ亜鉛の存在が観察でき, 腐食生成物の厚さは他の金属カチオンを含む溶液で形成したそれより薄くなることが分かった。更に, 亜鉛イオンはアルミニウム合金の腐食の発生も抑制することを明らかにした。電気化学試験から, 初期腐食において亜鉛イオンはアルミニウム合金に形成する不働態皮膜の欠陥を減少させ, 腐食抵抗を向上させる腐食抑制機構を提案した。

第 4 章においては, 亜鉛イオンの腐食抑制機序に基づく耐食性界面の創製法の開発を目指した。電気めっきと低温熱処理により亜鉛供給層を炭素鋼上に形成し, その防食効果を電気化学測定および浸漬腐食試験により調査した。定電流で膜厚を高精度に制御して炭素鋼表面に亜鉛めっき層を形成した後, 低温短時間 (400 ℃ 30 min) の熱処理で鉄-亜鉛合金層を作製することに成功した。浸漬試験から, 鉄-亜鉛合金層はめっきままの亜鉛層より溶解速度が遅くなること, 局部腐食も抑制されることが明らかとなった。電気化学試験から, 鉄-亜鉛合金層の腐食抵抗が亜鉛層より高くなることを明らかにした。炭素鋼を緻密な亜鉛の腐食生成物が覆うことが鉄-亜鉛合金層の防食機構であることを解明した。金属カチオンの腐食抑制機序を用いる耐食性界面を創製する目的を達成した。

第 5 章において, 本論文を総括した。

これを要するに, 金属カチオンによる実用金属材料の防食機序を解明し, その機序に基づき電気めっきと熱処理による金属カチオン供給層の形成に成功し, 耐食性の評価からその防食効果を確認した。その成果は, 腐食科学・防食工学の発展に貢献するところ大である。よって, 著者は北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。