

重防食塗膜傷間の鋼材腐食に対する電気化学防食機構の解明に関する基礎的研究

九州大学大学院 学生会員 ○井上 凌
日鉄エンジニアリング株式会社 正会員 佐藤 弘隆

九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信
九州大学 学生会員 鈴木 啓介

1. はじめに 防食塗装が施された海洋鋼構造物は、漂流物の衝突等により塗膜損傷が生じ、局所的に鋼面が露出する場合がある。そして、露出した鋼面同士が海水等により電気的に短絡すると、それらに何らかの相互作用が生じる可能性がある。著者らはエポキシ樹脂と電極を用いて塗膜傷を模擬した2電極を有する試験体を考案・製作して、2電極間の電流のやり取りを測定した^{1),2)}。その結果、面積が大きい側の電極がアノード、面積の小さい側の電極がカソードとなるマクロセルを形成することを確認し、損傷面積が大きい側の鋼材腐食が促進されることを明らかにした。本研究では海洋鋼構造物に対して適切な塗装仕様を選定することを目的として、各種の重防食塗装を施した鋼板を用いて、上記と同様の試験体を製作し、2電極間のマクロセル電流を測定した。

2. 測定方法 試験体の電極は、板厚 36mm の普通鋼板 (JIS G3106 SM490A) を機械加工することで製作した。試験体の各電極間には、絶縁と電極を固定することを目的としてエポキシ系樹脂を充填した。塗装を施し硬化後に機械加工により塗膜傷を導入した。試験体の外観図を図-1 (a) に示す。1つの試験体に径の異なる2つの塗膜傷を配置し、塗膜傷径の対はφ2-1mmとした。試験体の裏側については、図-1 (b) に示すように、導線を介して2つの電極を接続することで、マクロセル腐食電流を計測するための回路を構築した。塗装仕様とナンバリングを表-1 に示す。水膜は 3.5mass%NaClaq (水膜厚：10mm、水温：22℃) とした。本研究では、マクロセル腐食を塗膜傷間の電子の

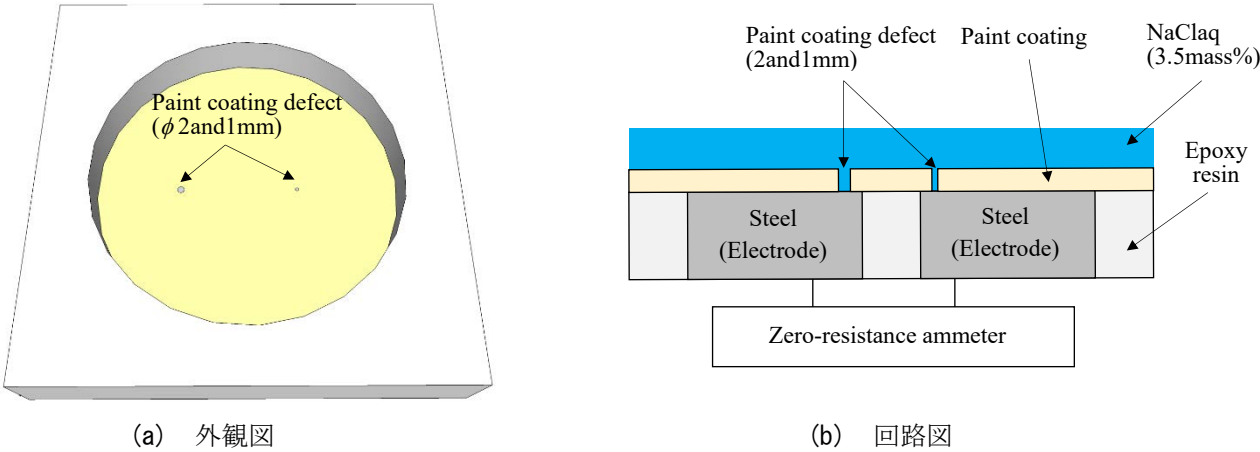


図-1 試験体の概要

表-1 試験体の塗装仕様とナンバリング

No.	防食下地	防食層		
		1 層目	2 層目	3 層目
1	有機ジンクリッチ 60μm	エポキシ樹脂塗料 240μm		
2	有機ジンクリッチ 60μm	エポキシ樹脂塗料 240μm	エポキシ樹脂塗料 240μm	
3	有機ジンクリッチ 60μm	エポキシ樹脂塗料 240μm	エポキシ樹脂塗料 240μm	エポキシ樹脂塗料 240μm
4	なし	エポキシ樹脂塗料 240μm	エポキシ樹脂塗料 240μm	エポキシ樹脂塗料 240μm
5	有機ジンクリッチ 20μm	エポキシ樹脂塗料 240μm	エポキシ樹脂塗料 240μm	エポキシ樹脂塗料 240μm
6	無機ジンクリッチ 60μm	エポキシ樹脂塗料 240μm	エポキシ樹脂塗料 240μm	エポキシ樹脂塗料 240μm
7	有機ジンクリッチ 60μm	超厚膜形エポキシ 樹脂塗料 500μm	超厚膜形エポキシ 樹脂塗料 500μm	

キーワード 腐食, 重防食塗装, ジンクリッチペイント, 電気化学特性

連絡先〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地 ウエスト 2 号館 1104 号室 TEL:092-802-3392

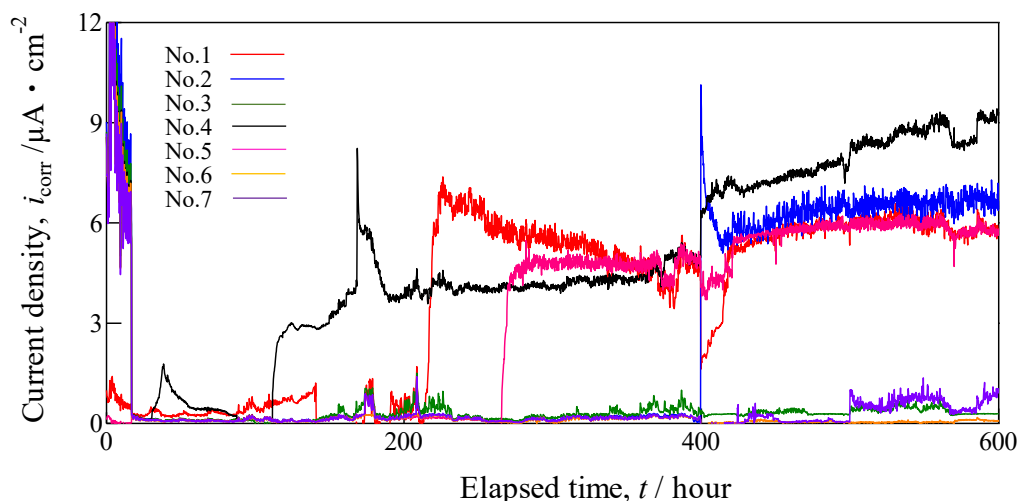


図-2 マクロセル腐食電流密度の経時変化

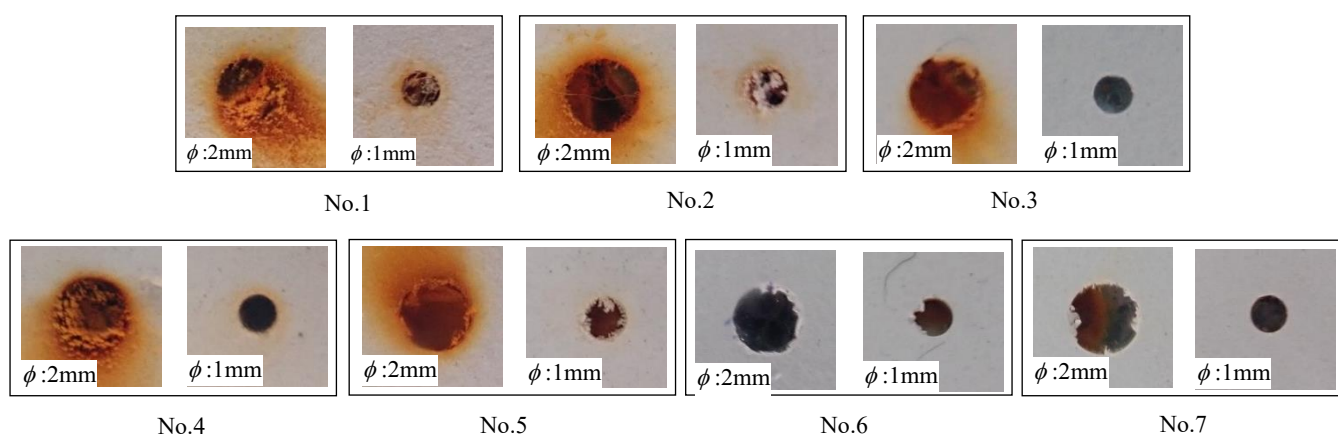


図-3 600h 経過時の外観状況

移動による腐食，ミクロセル腐食を各塗膜傷内で電子のやり取りが行われる全面的な自己腐食として定義した．なおミクロセル腐食は，系外に電子が移動しないため，本回路での測定の対象外となる．

3. 測定結果 2 電極間のマクロセル腐食電流密度を図-2 に示す．図中の i_{corr} は，電極間に生じた腐食電流をアノード側の電極 ($\phi:2\text{mm}$) の面積で除すことで算出した．試験開始初期の i_{corr} は不安定な挙動を示しており，これは溶存酸素の拡散状態や鋼面の自己腐食が安定するまで一定の時間を要したためと考えている．また，全ての i_{corr} は正の値となっている．これは面積の異なる鋼材露出面が短絡すると，面積が大きい側の鋼面がアノードに固定されて，腐食が進行することを意味している．約 110 時間経過時に，まず No.4 で明確なマクロセル電流が確認された．その後，No.1, No.5, No.2 の順番でマクロセル電流が確認された．これらの順序は，No.4 はジंक層がなく犠牲防食効果が期待できないため，No.1 は総膜厚が最も薄いため，No.5 はジंक層の膜厚が薄いため，No.2 は総膜厚が 2 番目に薄いためといった塗装仕様の相違によってマクロセル形成までの時間に差異が生じたためと考察している．測定は 600h 実施したが，No.3, No.6, No.7 においては明確なマクロセル形成が確認できなかった．600h 経過時の外観状況を図-3 に示す．No.3 および No.7 においては腐食が一部確認されていることから，有機ジंकリッチペイント層による犠牲防食効果が弱くなっていたもしくは失われていた可能性が高いが，厚い膜厚がマクロセル形成を阻害する方向に作用したと考えている．一方，無機ジंकリッチペイントを適用している No.6 の鋼面に腐食は認められず，マクロセル腐食・ミクロセル腐食いずれも抑制されていた．以上より，有機ジंकはジंक層の膜厚および総膜厚によって，マクロセル形成までの時間に差異を生じるが長期間連続した防食効果は期待できない一方，無機ジंकは長期間の防食効果が期待できると言える．なお，実際の海洋鋼構造物の飛沫・干満帯では水膜が断続的に形成されるため，そのような環境でのジंकリッチペイントの防食効果に関しては今後検討を行う予定である．

4. まとめ 1) ジंकリッチペイント層は塗膜損傷間のマクロセル形成を抑制する効果があり，その効果は有機ジंकより無機ジंकの方が優れる．2) 防食塗膜の膜厚が薄いと塗膜損傷間でのマクロセルが早期形成されるため，膜厚が厚い方が損傷部からの腐食進展を抑制できる．

参考文献 1) 貝沼重信，増本岳，楊沐野，佐島隆生：近接する塗膜傷間における鋼材腐食の電気化学機構に関する基礎的研究，材料と環境，2017，Vol.67，No.11，2017． 2) 長谷川昂志，貝沼重信，増本岳，佐島隆生：滞水環境下における複数塗膜傷間の鋼材腐食の電気化学機構に関する基礎的研究，材料と環境 2018，B-201，pp. 147-150，2018．