

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | 金属化合物を添加した塗膜を有する鋼材の大気腐食挙動に関する研究   |
| Author(s)    | 高橋, 正充  |
| Citation     | 大阪大学, 2022, 博士論文  |
| Version Type | VoR   |
| URL          | <a href="https://doi.org/10.18910/88043">https://doi.org/10.18910/88043</a> |
| rights       |   |
| Note         |   |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏名 ( 高橋 正充 )

論文題名

金属化合物を添加した塗膜を有する鋼材の大気腐食挙動に関する研究

## 論文内容の要旨

鉄鋼材料は優れた機械的性質を有することから、多くのインフラ構造物に使用されているが、酸化されやすいため大気環境においても容易に腐食する。したがって、鉄鋼材料を屋外環境にあるインフラ構造物に用いる場合、腐食を抑制するための防食技術の適用が必要である。防食技術のなかでも表面塗装は、簡便さと適用範囲の広さから最も一般的に用いられる防食法であり、塗膜により下地金属を環境から遮断することで腐食を抑制する。しかしながら、大面積かつ入り組んだ構造を有する鋼構造物へ塗装すると、必然的に塗膜の欠陥が生じるため早期に腐食が生じる。そのため、腐食環境の遮断のみを念頭においた既存の塗装技術では長期耐久性が期待できない。本研究では、表面塗装後に腐食が生じることを前提として、生成するさびなどの腐食生成物を防食に利用する新たな思想の塗料の可能性について検討した。本論文は以下の5章から構成される。

第1章では、我が国で社会問題となっているインフラ構造物の老朽化の現状と、その主要な原因である金属材料の腐食について概説した。さらに、既存の塗装技術の課題を明らかにするとともに、本研究の目的を述べた。

第2章では、金属塩を添加した塗料を適用した発錆炭素鋼の乾湿繰り返し環境における腐食挙動について検討した。金属塩として $Al_2(SO_4)_3$ を含有した塗料を、老朽化したインフラ鋼構造物を模擬した発錆炭素鋼板に塗布して試験片を作製した。この試験片を乾湿繰り返し腐食試験に供し塗膜の防食性を評価した結果、既存塗料を塗布した試験片と比較し高い防食性を有することが認められた。また、動電位分極実験から $Al_2(SO_4)_3$ を含有した塗料によりカソード反応が抑制されることや、さび層中の元素分布から、生成したさび層が塩化物の浸透を抑制することを見出した。このような防食機能の向上はさび層の改質によると考えられ、金属塩を塗膜に添加することにより $\alpha\text{-FeOOH}$ を主体とする防食的なさび組成に変化することが確認された。

第3章では、亜鉛末を含有する塗料であるジンクリッチペイントの防食機能向上について検討した。ジンクリッチペイントに金属化合物として $Al_2(SO_4)_3$ と $CaO$ を添加した塗料を塗布した炭素鋼の乾湿繰り返し環境における腐食挙動について調査した結果、金属化合物添加塗料を塗装した試験片は金属化合物を添加しない場合と比較して著しく高い防食性を示すことが明らかとなった。動電位分極実験から、金属化合物の添加は腐食電位を低下させるとともに、カソード反応とアノード反応のいずれの反応も抑制する効果を示し、腐食電流密度を2桁低下させた。塗膜中の元素分布から、金属化合物の添加は、亜鉛末を金属状態に維持するとともに、腐食反応にともない塗膜の空隙に $Al$ を含んだ $Zn_5(OH)_8Cl_2 \cdot H_2O$ と微細な $CaSO_4$ を形成させ、塗膜の遮断機能を高めたと考えられる。

第4章では、塩化物を含む硫酸ミスト環境における金属化合物含有樹脂被覆炭素鋼の腐食挙動について検討した。金属化合物として $CaO$ 、 $BaO$ および $Al_2(SO_4)_3$ を添加したブチラール樹脂で被覆した炭素鋼試験片を、排ガス処理設備の環境を模擬した酸性水溶液環境での腐食試験に供した。その結果、金属化合物の添加が耐食性を向上することが明らかとなった。動電位分極実験より金属化合物含有樹脂被覆によりアノード反応が抑制されることが判明した。このような耐食性の向上は、腐食反応により $CaCO_3$ を含むさび層が形成し塩化物の母材への浸透を抑制することや、塗膜中に $CaSO_4$ と $BaSO_4$ が生成することによる防食機能の向上によることを示した。

第5章では、本研究を総括するとともに、本研究で提案する金属化合物含有塗料は、腐食反応が生じた場合でも塗膜の防食性向上を可能にする機能を有するため、鉄鋼インフラ構造物の老朽化に対する簡便かつ新たな対策として期待できることを述べた。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

|             |     |       |       |
|-------------|-----|-------|-------|
| 氏 名 (高橋 正充) |     |       |       |
| 論文審査担当者     | (職) | 氏 名   |       |
|             | 主 査 | 教授    | 藤本 慎司 |
|             | 副 査 | 教授    | 山下 弘巳 |
|             | 副 査 | 教授    | 宇都宮 裕 |
|             | 副 査 | 招へい教授 | 山下 正人 |

## 論文審査の結果の要旨

鉄鋼材料は多くのインフラ構造物に使用されているが、酸化されやすいので大気環境にて容易に腐食する。したがって、鉄鋼材料を屋外環境にて使用するには腐食を抑制する必要がある。表面塗装は塗膜により下地金属を環境から遮断して腐食を抑制する防食技術で、簡便さと適用範囲の広さから最も一般的に利用される防食法である。しかし、大面積かつ複雑な形状の鋼構造物に塗装すると、必然的に塗膜の欠陥が生じて早期に腐食が生じる。したがって、腐食環境との遮断のみを機能とする既存の塗装では長期耐久性は期待できない。本研究は腐食が生じることを前提として、生成するさびを防食に利用する、新たな思想の塗料の可能性を検討しており、以下の5章から構成される。

第1章では、我が国で社会問題となっているインフラ構造物の老朽化とその主要な原因である金属材料の腐食について概説している。さらに、既存の塗装技術の課題を明らかにするとともに、本研究の目的を述べている。

第2章では、金属塩を添加した塗料を適用した発錆炭素鋼の乾湿繰り返し環境での腐食挙動を検討している。海浜環境にて予め発錆させた炭素鋼板に、金属塩として  $Al_2(SO_4)_3$  を含有した塗料を塗布して試験片としている。乾湿繰り返し腐食試験により塗膜の防食性を評価した結果、既存塗料と比較して高い防食性を有することを確認している。また、 $Al_2(SO_4)_3$  を含有した塗料によってカソード反応が抑制されること、また生成したさび層により塩化物の浸透が抑制されることを見出している。これらの防食機能向上はさび層の改質によってもたらされたと考えられ、すなわち塗膜に金属塩を添加することにより  $\alpha\text{-FeOOH}$  を主体とする防食的なさび組成に変化していることを確認している。

第3章では、塗膜中に亜鉛末を含有するジンクリッチペイントの炭素鋼への防食効果に及ぼす金属化合物添加の効果を検討している。ジンクリッチペイントに  $Al_2(SO_4)_3$  と  $CaO$  を添加した塗料を適用した試験片を作製し、乾湿繰り返し腐食試験に供している。金属化合物添加塗料を塗装した試料は塗装なし試料と比べて著しく高い防食性を示すことを明らかにしている。動電位分極曲線から、金属化合物の添加は腐食電位を低下させるとともに腐食電流密度を2桁低下させており、すなわちカソードとアノードの両反応を抑制することを明らかにしている。塗膜中の元素分布から、金属化合物の添加は、亜鉛末を金属状態に維持するとともに、腐食反応にともない塗膜の空隙に  $Al$  を含んだ  $Zn_5(OH)_8Cl_2 \cdot H_2O$  と微細な  $CaSO_4$  を形成させ、塗膜の環境遮断機能を高めたと考察している。

第4章では、塩化物を含む硫酸ミスト環境における金属化合物含有樹脂被覆炭素鋼の腐食挙動について検討している。 $CaO$ 、 $BaO$  および  $Al_2(SO_4)_3$  を添加したブチラル樹脂を被覆した試験片を、排ガス処理設備の環境を模擬した高温酸性水溶液環境での腐食試験に供した結果、金属化合物の添加が耐食性を向上することを確認している。動電位分極曲線より金属化合物含有樹脂被覆によってアノード反応が抑制されることを明らかにするとともに、腐食反応の結果  $CaCO_3$  を含むさび層が形成し、これが塩化物の母材への浸透を抑制することを明らかにしている。また、腐食反応にともない塗膜中で生成する  $CaSO_4$  と  $BaSO_4$  が塗膜の防食機能を向上することを明らかにしている。

第5章では、本研究を総括するとともに、本研究で提案する、金属化合物を含有する塗膜によって既存さびを防食的さびに変換する技術は簡便かつ経済的な腐食対策であり、今後の普及が期待されると述べている。

以上のように、本論文は重要な社会インフラ構造物の維持管理に適用できる新規な発想の塗装法を見出すとともに、その防食機能の発現機構を解明しており、防食技術と材料科学の発展に寄与している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。