

2021年 1月 6日

応用化学・生命工学専攻	
氏名	小林 弘明
紹介教員	松本 明彦

## 論文内容の要旨 (博士)

博士学位論文名	塗装鋼板の腐食機構解明と塗装後の耐食性に優れる新規防食システムの提案
---------	------------------------------------

(要旨 1,200 字程度)

わが国における社会インフラの老朽化対策の一つとして再塗装による塗装鋼構造物の長寿命化が求められている。このような背景のもと塗装鋼構造物の防食技術に関する研究が行われている。しかしながら、研究対象を塗料構成や塗替え工法に限定した先行研究が多く、塗装鋼構造物の防食を防食機構の理解に基づいて、診断から下地処理、再塗装までの一連のプロセスを総合的に取り扱う試みは十分ではない。このことは複数の因子が関係する塗装鋼構造物に広く適用できる防食技術を確立するうえで問題である。そこで、本研究では、塗膜成分、めっき因子および素地成分相互の関連から塗装鋼構造物の腐食機構を総合的に検討し、亜鉛の犠牲防食作用に着目した塗装後の耐食性に優れる新規防食システムの構築を目的とした。

はじめに、新規防食システムを構築するうえで基本的な考え方となる塗装鋼板の腐食機構解明に着手した。その結果、塗装鋼板の耐食性は塗膜の腐食因子に対する遮断性ととも塗膜と素地鋼板の付着性が影響していることを明らかにした。付着性の良好な塗装鋼板は塗膜と素地鋼板の界面で生じる腐食反応を抑制している可能性が示唆された。続いて塗装鋼板の腐食機構を基礎として塗膜に含まれる亜鉛粉末の腐食機構を素地成分との関係から検討した。その結果、塗膜に含まれる亜鉛粉末に由来する腐食生成物のうち塩基性塩化亜鉛が主成分である場合は腐食電流密度が低下するため腐食速度が低下し素地鋼板の腐食反応を抑制すると推察された。また、素地成分の影響により塩基性塩化亜鉛の分解が抑制される傾向にあることがわかった。塗膜の影響を検討するとともに亜鉛粉末とは形態の異なる鋼板表面の亜鉛めっき層を対象としてめっき層内の添加元素が腐食機構におよぼす影響を検討した。その結果、めっき層内における添加元素の分布状態が腐食の進行方向に影響することを明らかにした。

新規防食システムを考えるうえで鋼板表面と塗膜の付着性の向上が重要であり適切な素地調整技術の確立が必要である。このためには鋼板表面の表面自由エネルギーの解析が重要であるため、接触角法による鋼板の表面自由エネルギーを解析した。その結果、亜鉛めっき鋼製ワイヤブ

ラシで素地調製した鋼板は、亜鉛めっき鋼板と同等の表面自由エネルギーの分散成分と極性成分を持つことがわかった。この結果から、亜鉛めっき鋼製ワイヤブラシによる素地調製は亜鉛めっきと同等の機能を発現することが分かった。素地調製により塗料のぬれ性を改善し鋼板表面との付着性が向上し、塗装後の耐食性の向上に有効であることを明らかにした。

最後に、従来技術に対する新規防食システムの優位性を明確にするため塗装後の耐食性を検討した。その結果、亜鉛めっき鋼製ワイヤブラシで素地調整した鋼板は、従来技術で素地調整した鋼板と比較して塗装後の耐食性に優れることを明らかにした。この耐食性向上は、素地調整により鋼板表面に付着した亜鉛が、塗膜と鋼板の界面において腐食生成物として堆積し、この腐食生成物が腐食因子に対する遮断性を有する点にあると結論した。

以上、本研究で得た成果は、従来技術では得られなかった亜鉛の犠牲防食作用を導入するとともに、表面自由エネルギー解析に基づき塗料のぬれ性を改善することで、塗装後の鋼板のより一層の耐食性向上をもたらす新しい知見を提供するものである。今後の課題は、再塗装時における旧塗膜の除去と素地鋼板への亜鉛の付着を両立可能な素地調整条件を見出すことである。これにより新規防食システムの実用性をさらに高めることが可能と考える。

Department of Applied Chemistry and Life Science
--

Applicant's name	Hiroaki Kobayashi
------------------	-------------------

Contact faculty	Akihiko Matsumoto
-----------------	-------------------

### Abstract (Doctor)

Title of Thesis	Elucidation of the corrosion mechanism of coated steel sheets and a proposal for a new anticorrosion system
-----------------	---

Approx. 800 words

To cope with the aging situation of many indispensable social infrastructures built in the high economic growth period from the mid-1950s until the mid-1970s in Japan, life-extension technique for coated steel structures, for example by repainting, is one of the most urgent issues. Although corrosion of the coated steel is a complex process including deterioration of the coating film, chemical reactions at the interface as well as inside the plating layer and bulk steel, most of the current research is just related to highly “workplace-oriented” subject such as composition of paints and the methods of repainting. Therefore, in this study, comprehensive investigation on diagnosis of paint layer, improvement of paint and plate adhesion, sacrificial anticorrosion action of plating layer, and mechanical re-plating method is experimentally carried out for the purpose of establishing widely applicable anticorrosion system.

The corrosion mechanism of coated steel sheets have been confirmed by an alternative current impedance (ACI) method at the first as the fundamental basis for creating a new anticorrosion system. The results clarify that the ACI of the coated steel increases by  $10^{-3}$  to  $10^0$  times by corrosion progressing and the ACI measurement is an effective method to determine the corrosion under the coating layer. The results also reveal that the corrosion resistance of the coated steel is affected by the barrier properties of paint against corrosion factors such as oxygen, water and strong adhesion of the paint on base steel surface, and especially the property of resin in the paint plays an important role in the anticorrosion property.

The corrosion mechanism of the steel coated with a zinc-rich paint was studied by analyzing the relationship between the corrosion of zinc in the paint and the coated-steel surface. The results show that zinc hydrochloride is the main component among the

corrosion products derived from zinc in the paint and the products lowers the corrosion speed as well as suppressing the corrosion reaction on a base steel sheet. In addition, the composition of the steel surface tends to affect the crystal structures of corrosion products. Regarding the zinc-plated steel, it was confirmed that an addition of other metal elements to the plate layer affected the corrosion process, especially the direction of corrosion into the steel depended upon the distribution of the additive metals in the plated-layer.

The surface treatment technique for the steel surface were colloid chemically characterized by an analysis of the surface free energy of the steel plate using the contact angle method. The results show that the surface free energy of steel plates polished with a zinc-plated steel wire brush is equivalent to that of the zinc-plated steel sheets. In addition, it was clarified that improving the wettability of the paint and the adhesiveness with the steel surface is effective by the surface pre-treatment and improving the corrosion resistance after coating.

The post-coat corrosion resistance was confirmed to reveal the superiority of the new anticorrosion system relative to conventional technologies. The results show that the post-coat corrosion resistance of the steel plates was confirmed by polishing using the zinc-plated steel wire brush and it was superior to polishing by conventional methods, polishing a steel wire brush. This anti-corrosion property is based on zinc deposits by the zinc-plated-brush polishing, and the corrosion product at the interface between the paint and steel sheet. The corrosion product provides barrier properties against the penetration of corrosion factors such as water and oxygen.

Considering the aforementioned results, the present study proposes that the introduction of the sacrificial anticorrosion action of zinc and the improvement of wettability of a paint based on the surface free energy analysis lead to further improvements of the anticorrosion property on coated steel. A future challenge is to determine surface preparation conditions during recoating that will enable both the removal of the old paint layer and adhesion of zinc to the steel sheets. The results of the future study are expected to improve the practicality of the new anticorrosion system described in the present study.