

DNTコーティング技報

DNT Technical Report on Coatings

No.16

2016年10月発行

DAI NIPPON TORYO

DNTコーティング技報 No.16

CONTENTS

- 進化する基盤技術で社会に役立つ新商品開発 1
- 技術報文(Technical Reports)
 1. 鉄骨製作時に使用される材料へのさび止め塗料の適用性評価 2~9
Applicable Evaluation of Anti-corrosive Paint
to Materials are Used at the Time of Steel Frame
Production
 2. 塗装現場における耐火塗料の着色化による施工品質の確保 10~15
Coloration of Fireproof Paint in the Coating
Construction Site
- 技術解説(Technical Reviews)
 1. 建造物における温度上昇抑制技術「高日射反射率塗料」 16~19
Decreasing Temperature of Building by
Painting High Solar Reflectant Paint
 2. カレントインタラプト法を用いた塗膜寿命予測 20~27
Forecasting Technique of a Paint Film Durability Using
the Current Interrupter Method of Electrochemical
Measurements
 3. 塗料用エマルジョンとその動向 28~34
Emulsion Polymers for Paints and its Recent Trend
 4. キャラクターペインティング用「テクアートカラー」 35~39
"TECH ART COLOR " for the Character Painting
 5. 粉体塗料の特長と市場動向 40~45
Characteristic and Market Trend of the Powder Coating
- 新商品紹介(New Products)
 1. 高性能水性シーラー
「マイティー万能水性シーラー」 46~47
Waterborne High Perfomance Sealer
「Mighty Banno Suisei Sealer」
 2. 塗布形素地調整軽減剤
「サビシャット」 48~49
Application-type Surface Preparation Agent
「SABI SHUT」
 3. 環境対応焼付形アクリル樹脂塗料
標準焼付タイプ「NEWアクローゼ」
低温焼付タイプ「NEWアクローゼLB」 50~51
Environment-Friendly Baking Acrylic Resin Paint
「NEW ACLOSE」Medium Temperature Type
「NEW ACLOSE LB」Low Temperature Type
 4. 貴金属ナノプレート水分散液
「Au-WPLCシリーズ」「Ag-WSシリーズ」 52~53
Noble Metal Nanoplates Dispersion
「Au-WPLC Series」「Ag-WS Series」
- 学協会研究発表・技術講演・論文投稿者名と発表タイトル
(2015年7月~2016年6月) 54~55

進化する基盤技術で社会に役立つ新商品開発



執行役員
資材本部長

高松 厚

DNTコーティング技報No. 16の発刊にあたり、一言ご挨拶申し上げます。本報は、発刊当初より当社が取り組んでいます社会貢献に繋がる「環境対応」・「高機能」を中心とした新規技術の紹介、および市場ニーズに即した新商品の紹介を行ってまいりました。

昨今、塗料は様々な分野で使用されることで、塗料のベース機能である保護と美装に加え、新たに求められる機能の多様化が著しく進んできています。このような状況のなか、当社は安全・安心・環境負荷削減および省力化を念頭とし、各要求機能を発現し得る技術開発を一丸となって行っております。

本報では、環境負荷削減に配慮した技術開発として、建築鉄骨分野で年々需要が増加している「水性さび止め塗料」の性能を、油性さび止め塗料との比較試験結果と共にご紹介しております。また、安全・安心および省力化に繋がる技術開発として、火災による鋼材温度上昇を抑制する耐火塗料の現場施工において、塗り重ねを行う際の塗り忘れ・塗り漏れを防ぐため、耐火塗料を現場で容易に着色できる材料を、その諸性能と共にご紹介しております。

さらに本報の新商品紹介では、溶剤形シーラーに匹敵する素地適性を水性で実現した水系二液オールインワンシーラー「マイティー万能水性シーラー」、防食塗装における最も重要な工程である素地調整の‘削る’という作業から発生する粉塵・騒音課題や労力を最大限軽減できる、人と環境に優しい工法の塗布形素地調整軽減剤「サビシャット」、最新の特定化学物質障害予防規則(特化則)非該当・ハイソリッド化および塗着効率を高めた環境対応焼付形アクリル樹脂塗料「NEWアクローゼ」、そして当社のナノ粒子合成技術を駆使した金・銀ナノプレートの紹介、およびそれらを適用した貴金属ナノプレート水分分散液「Au-WPLCシリーズ」「Ag-WSシリーズ」を掲載しております。

当社は、今後も変化の激しい市場に対し着実に基盤技術の構築を進める一方で、新たなアイデアの実現・応用に取り込む姿勢で、社会が求めるニーズに則した商品開発に、全技術員の総力を結集して取り組んでいく所存です。

本誌が日頃ご愛顧をいただいております皆様とのコミュニケーションの場となり、お役に立ちお喜びいただくことを心より願っております。

鉄骨製作時に使用される材料へのさび止め塗料の適用性評価

Applicable Evaluation of Anti-corrosive Paint
to Materials are Used at the Time of Steel Frame
Production

技術開発部門 研究部
研究第一グループ防食技術チーム
Technical Development Division,
Research Department Research Group 1,
Protective Coatings Technology Team

塗料事業部門
建築・構造物塗料事業部
構造物塗料テクニカルサポートグループ
Coating Business Division,
Protective & Decorative
Coatings Department,
Protective Coatings
Technical Support Group



楠戸 博貴
Hiroki KUSUDO

塗料事業部門
建築・構造物塗料事業部
構造物塗料マーケティンググループ
Coating Business Division,
Protective & Decorative
Coatings Department,
Protective Coatings
Marketing Group



桑原 幹雄
Mikio KUWAHARA



増田 清人
Kiyoto MASUDA

要 旨

従来、油性さび止め塗料が使用されていた建築鉄骨分野に水性さび止め塗料が使用され始めており、その需要は年々増加している。建築鉄骨の製作工場では作業効率を向上させるため、さび止め塗料の塗装前に鉄骨へ様々な材料が塗布されている場合がある。これらの材料がさび止め塗料に与える影響についての定量的な報告はされていない。

本研究では、鉄骨製作時に使用される材料が、水性さび止め塗料と油性さび止め塗料の付着性や防食性に与える影響について評価した。スパッタ付着防止剤が残存する場合、水性さび止め塗料は油性さび止め塗料と比べて付着性の許容幅が狭い。一方で、超音波探傷検査用接触媒質が残存する場合では、水性さび止め塗料の方が付着性の許容幅が広い。また、発錆促進剤によるさびが残存する上にさび止め塗料を塗装すると、塗膜性能の低下を引き起こす。これらは、各材料に対する塗料の濡れ性や相溶性によるものであることを検証し、その結果を報告する。

Abstract

Water-based anticorrosive paint begins to be used for the field of building steel frame which oil based anticorrosive paint was used in conventionally, and the demand increases year by year. Various materials are used to improve work efficiency for the production of the steel frame which a lot of oil-based anticorrosive paint are used in. The quantitative report about the influence that these materials give in anticorrosive paint is not done.

In this study, We evaluated the influence that materials used at the time of steel frame production gave adhesion and anticorrosive property of the water-based anticorrosive paint and oil-based anticorrosive paint. When sputtering abhesive remains, as for the water-based anticorrosive paint, the permission width that is more adherent than oil-based anticorrosive paint is narrow. On the other hand, adherent permission width is wider water-based anticorrosive paint when a couplant for examinations of supersonic wave

sounding out wound remains. In addition, We cause a drop of the coating performance when rust by rust accelerator remains and paints anticorrosive paint. We report the result that inspected that these depend on wet characteristics and compatibility of the paint for each material.

1. はじめに

近年、環境保全や健康安全、施工現場の安全性確保などを目的として、水性さび止め塗料が使用され始めており、その需要は年々増加している。当社では、2013年に水性さび止め塗料「水性グリーンボーセイ速乾」を上市、本塗料は2014年にはJIS K 5674:2008「鉛・クロムフリーさび止めペイント 2種」の規格を取得した。

従来、油性さび止め塗料が多く使用される建築鉄骨の製作時には、図1のようにさび止め塗料の塗装前に様々な材料が塗布されることがある。代表的なものとして、スパッタ付着防止剤や超音波探傷検査用接触媒質（以下、接触媒質と記す）、発錆促進剤などがある。スパッタ付着防止剤は、溶接時に発生するスパッタの除去を容易にするために塗布される。接触媒質は、溶接箇所の内部欠陥を検査する超音波探傷検査を効率良く行うため使用される。発錆促進剤は、高力ボルト摩擦接合部のすべり摩擦係数確保のため、使用される場合

適用箇所	適用部	塗布材料	効果
溶接部 スパッタ付着防止剤 接触媒質	溶接部	スパッタ付着防止剤	溶接時にスパッタが付着しても、除去が容易となる
		超音波探傷検査用接触媒質	超音波探傷検査の効率向上
高力ボルト接合部 発錆促進剤	高力ボルト接合部	発錆促進剤	・摩擦接合部のすべり係数確保 ・表面粗さの付与

図1 鉄骨製作時に使用される材料

がある(図1)。

「建築工事標準仕様書・同解説JASS-18 塗装工事」では、鉄鋼面の素地調整として「溶接のスパッタ、溶接・溶断のスラグおよび鍛造やりベット継ぎなどの箇所に付着した不純物は、動力工具や手工具で十分に除去する」とある。しかし、さび止め塗料を塗装する前に、これらの塗布材料を除去するための素地調整を施したとしても完全に除去することは困難であり、塗布面にはいくらかの量が残存した状態となる。このような状態を考慮し、各塗布材料メーカーはさび止め塗料を塗り重ねることが可能な製品をラインナップしている。ただし、これらの製品は従来主流であった油性さび止め塗料を対象としており、水性さび止め塗料の適用性は未確認なものが多い。今後、水性さび止め塗料が普及していくうえで、これらの材料に対する適用性を把握する必要がある。本報では、鉄骨製作時に使用される材料を溶接部材に塗布し、水性さび止め塗料の適用性を油性さび止め塗料とともに評価した。また、試験片を用いて残存量の影響と水性さび止め塗料と油性さび止め塗料の相違点の原因を解析した。

2. 実験

2.1 試験一覧

試験概要の一覧を表1に示す。施工現場の状況を確認するために溶接部材で評価した。さらに、残存量の影響を定量的に確認するため試験片での評価を行った。

表1 試験一覧

試験目的	評価部材	塗布材料
施工現場の状況確認	溶接部材	スパッタ付着防止剤
		接触媒質
残存量の影響確認	試験片	スパッタ付着防止剤
		接触媒質
		発錆促進剤

2.2 供試材料

試験に使用した塗料と塗布材料を表2と表3に示す。

表2 供試塗料

塗料種別	製品名	品質規格
水性さび止め塗料	水性グリーンポーセイ速乾	JIS K 5674 2種
油性さび止め塗料	グリーンポーセイ速乾	JIS K 5674 1種

表3 供試塗布材料

塗布材料	主成分
スパッタ付着防止剤	二酸化チタンや炭酸カルシウムなどの無機化合物
接触媒質	グリセリン
発錆促進剤	無機酸

2.3 供試部材

溶接部材の形状を図2、3に示す。残存量の影響を確認するための試験片は、耐水研磨紙P280を用いて研磨による調整を行ったJIS G 3141 冷間圧延鋼板を用いた。

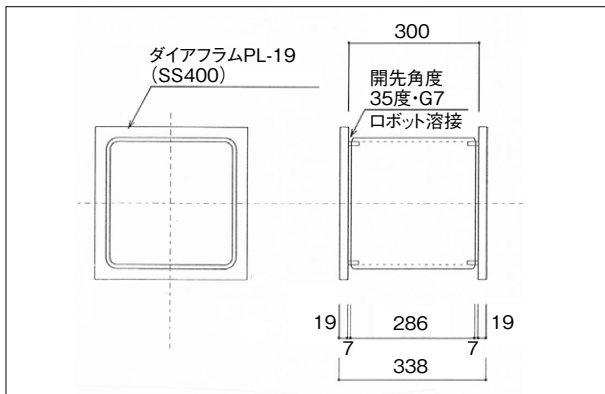


図2 箱形鋼の形状

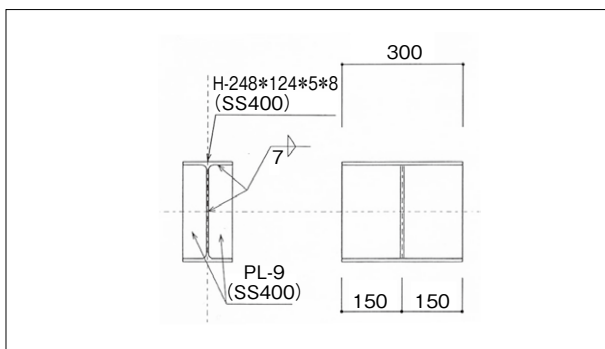


図3 H形鋼の形状

2.4 塗装方法

水性さび止め塗料は水道水にて、油性さび止め塗料は塗料用シンナーにて、それぞれ5%希釈した。塗装は乾燥膜厚35 μ mを目標としてエアスプレーを用いて行った。

2.5 養生環境

溶接部材を用いた付着性試験は、降雨の当たらない半屋外の塗装ヤードにて養生した。また、試験片を用いた各種試験は23°C、50%RHの環境にて養生した。

2.6 付着性評価

各塗料の乾燥塗膜に対して、JIS K 5600-5-6に準じてカット2mm間隔25マスにて試験を実施し、同規格に準じて分類した。

2.7 溶接部材を用いた付着性評価

実施工に使用される部材での評価を行うため、溶接加工した一般構造用圧延鋼材SS400の箱形鋼とH形鋼を供試部材として、隅肉溶接部とその周辺に、スパッタ付着防止剤または接触媒質を塗布した。その後、スパッタ付着防止剤は手工具処理、または水洗により除去し、接触媒質はウエスでの乾拭き、または水洗により除去した。素地調整を施した供試部材に、さび止め塗料をエアレススプレーで塗装した。塗装7日後に図4に示す箇所についてクロスカットを施し、セロハンテープにより付着性を評価した。

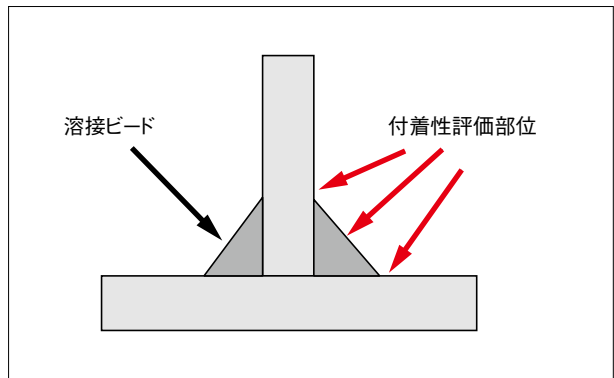


図4 溶接部付着性評価部位

2.8 試験片を用いた付着性評価

2.8.1 スパッタ付着防止剤の影響確認方法

試験片にスパッタ付着防止剤を現場での塗布量を想定した24g/m²、素地調整を施した後の残存量を想定した7g/m²、3g/m²の3水準で塗布した。スパッタ付着防止剤を塗布した後に、さび止め塗料を塗装し3日後、7日後に付着性を評価した。

2.8.2 接触媒質の影響確認方法

試験片に接触媒質を現場での塗布量を想定した28g/m²、素地調整を施した後の残存量を想定した10g/m²、4g/m²の3水準で塗布した。接触媒質を塗布した後に、さび止め塗料を塗装し3日後、7日後に付着性を評価した。

2.9 発錆促進剤の影響確認方法

試験片にpH2~3程度の発錆促進剤を80g/m²で塗布した後に、7日間乾燥させて鋼板表面を発錆させた。発錆した供試部材を、不織布による手工具処理とディスクサンダーによる動力工具処理にて素地調整を施した後に、さび止め塗料を塗装し7日後に付着性を評価した。素地調整後の表面状態を図5に示す。また、同方法にて作製した試験板をJIS K 5600-7-9のサイクルDにて、36サイクルの腐食性試験に供し、防食性を評価した。


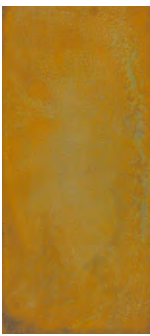

素地調整	無処理	不織布研磨	ディスクサンダー
表面状態			

図5 発錆した試験片への素地調整後の表面状態

3. 結果と解析

3.1 溶接部材を用いた付着性評価結果

隅肉溶接部に対する付着性評価結果を表4に示す。溶接のままで素地調整を施さない場合には、さび止め塗料の種類に関係なく十分な付着性が確保された。水性さび止め塗料では、スパッタ付着防止剤を塗布して手工具で処理した場合には、付着性が不十分であった。油性さび止め塗料においても、接触媒質を塗布して乾拭きした場合には付着性が不十分であった。以上の結果より、水性さび止め塗料は油性さび止め塗料と比べて接触媒質への付着性の許容幅は広いが、スパッタ付着防止剤への許容幅は狭いことがわかった。

表4 隅肉溶接部に対する付着性評価結果

供試体	表面状態	素地調整	備考	付着性	
				水性	油性
箱形鋼	溶接のまま	無処理	防錆油付着※1	○	○
	接触媒質塗布	乾拭き	接触媒質残存	○	×
	接触媒質塗布	水洗	※1と同様の状態	○	○
	スパッタ付着防止剤塗布	手工具処理	スパッタ付着防止剤残存	×	○
	スパッタ付着防止剤塗布	水洗	※1と同様の状態	○	○
H形鋼	溶接のまま	無処理	防錆油付着※2	○	○
	接触媒質塗布	乾拭き	接触媒質残存	○	×
	接触媒質塗布	水洗	※2と同様の状態	○	○
	スパッタ付着防止剤塗布	手工具処理	スパッタ付着防止剤残存	×	○
	スパッタ付着防止剤塗布	水洗	※2と同様の状態	○	○

3.2 スパッタ付着防止剤の残存量の影響

3.2.1 スパッタ付着防止剤上の付着性評価

スパッタ付着防止剤上にさび止め塗料を塗装した際の付着性の評価結果を表5に示す。水性さび止め塗料では、スパッタ付着防止剤の塗布量や乾燥時間が付着性に影響を及ぼした。スパッタ付着防止剤の塗布量が7g/m²以下の場合には、安定した付着性を示している。スパッタ付着防止剤の塗布量が24g/m²の場合には、塗装3日後では付着性が不十分であるが、7日後には図6に示すように付着性を確保している。一方、油性さび止め塗料では、スパッタ付着防止剤の塗布量が24g/

m²であっても、図7に示す通り十分な付着性を確保している。

表5 スパッタ付着防止剤上の付着性評価結果

塗料	スパッタ付着防止剤塗布量(g/m ²)	塗装3日後付着性分類	塗装7日後付着性分類
水性さび止め塗料	3	0	0
	7	0	0
	24	5	1
油性さび止め塗料	3	0	0
	7	0	0
	24	0	0

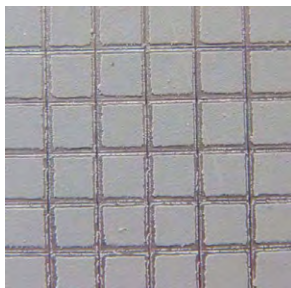


図6 水性さび止め塗料塗装7日後付着性評価結果

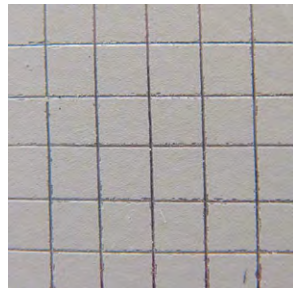


図7 油性さび止め塗料塗装7日後付着性評価結果

3.2.2 スパッタ付着防止剤の付着性への影響

水性さび止め塗料と油性さび止め塗料で、スパッタ付着防止剤に対する適用性が異なる原因究明を試みた。

図8に示す付着性評価後の塗膜片を観察した。水性さび止め塗料の塗膜裏面にはスパッタ付着防止剤が確認できる。つまり、水性さび止め塗料とスパッタ付着防止剤が馴染んでおらず、塗料が部材へ達していないことがわかる。一方、油性さび止め塗料では、塗料成分がスパッタ付着防止剤に浸透し、鋼材素地に達して付着性を確保すると考えられる。スパッタ付着防止剤上に水性さび止め塗料と油性さび止め塗料を滴下すると、図9に示す状態となる。水性さび止め塗料の接触角を算出すると59.5°であった。一方、油性さび止め塗料は42.3°であり、水性さび止め塗料よりもスパッタ付着防止剤に対して濡れやすいことがわかる。したがって、スパッタ付着防止剤への濡れ性や浸透性が、さび止め塗料の付着性へ影響したと考えられる。

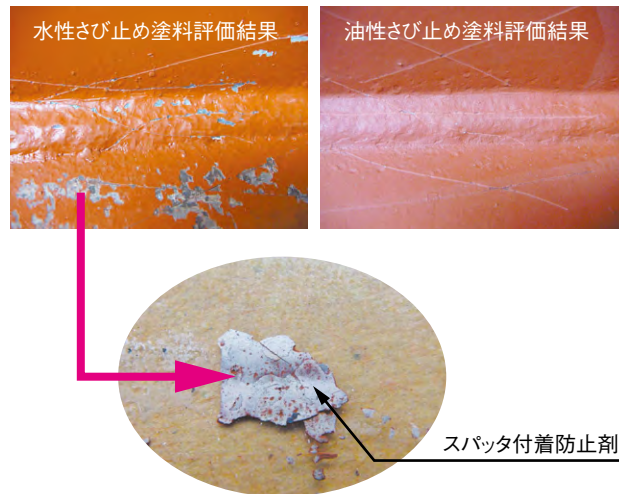


図8 スパッタ付着防止剤が残存する隅肉溶接部に対する付着性

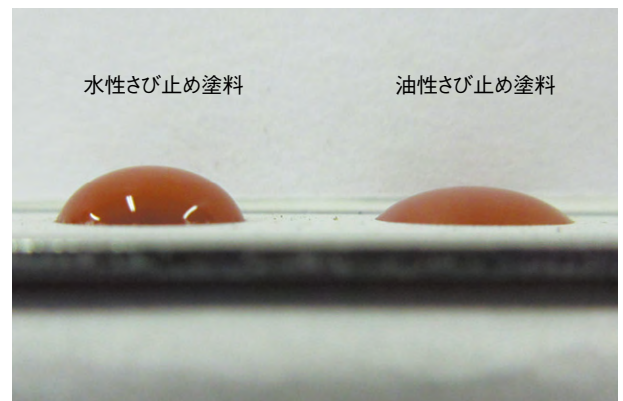


図9 スパッタ付着防止剤へのさび止め塗料の滴下

3.3 接触媒質の残存量の影響

3.3.1 接触媒質上の付着性評価

接触媒質上にさび止め塗料を塗装した際の付着性の評価結果を表6に示す。水性さび止め塗料は、接触媒質の塗布量が増加しても塗装後の時間が経過すれば、十分な付着性を示している。接触媒質の塗布量を28g/m²とした場合の塗装7日後における塗膜の付着状態を図10に示す。一方、油性さび止め塗料は、接触媒質の塗布量が増えると、塗装7日後においても図11に示すように付着性を十分に確保することが困難である。

表6 接触媒質上の付着性評価結果

塗料	接触媒質 塗布量 (g/m ²)	塗装3日後 付着性分類	塗装7日後 付着性分類
水性さび止め塗料	4	1	0
	10	1	0
	28	2	0
油性さび止め塗料	4	0	0
	10	0	0
	28	3	3

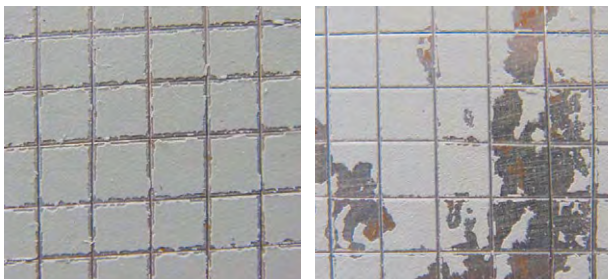


図10 水性さび止め塗料 塗装7日後付着性評価結果
 図11 油性さび止め塗料 塗装7日後付着性評価結果

3.3.2 接触媒質の付着性への影響

水性さび止め塗料と油性さび止め塗料で、接触媒質に対する適用性が異なる原因究明を試みた。

図12に示す付着性評価後の塗膜片を観察した。油性さび止め塗料の塗膜はく離面と部材に接触媒質が付着していることを確認した。水性さび止め塗料の溶媒である水と、油性さび止め塗料の溶媒であるミネラルスピリットを接触媒質と混合すると図13に示す状態となる。接触媒質は水と相溶し、ミネラルスピリットとは相溶しない。つまり、水性さび止め塗料は接触媒質と相溶し部材へ達することで付着性を示すが、油性さび止め塗料は十分に相溶していないため、塗膜と鋼材表面の界面に接触媒質が滞留して付着阻害因子となり、はく離が生じたと考えられる。

水性さび止め塗料では付着性を確保したものの、接触媒質の過剰な残存は乾燥遅延、塗膜性能の低下を引き起こすため、従来通りの除去が必要である。

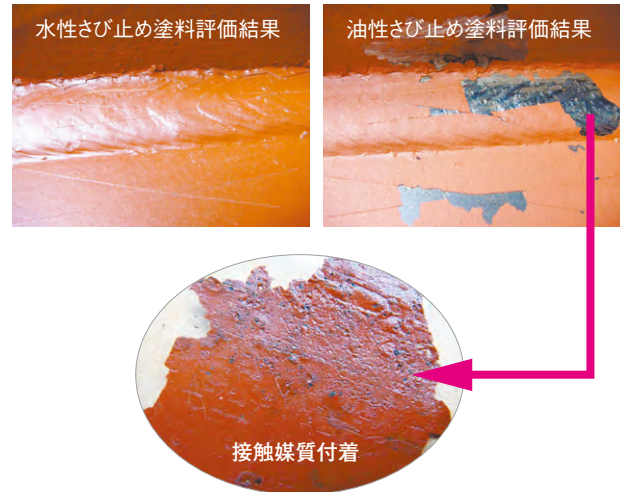


図12 接触媒質が残存する隅肉溶接部に対する付着性

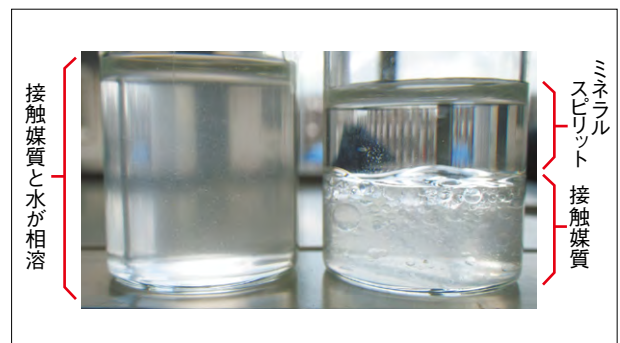


図13 水、ミネラルスピリットと接触媒質の混合

3.4 発錆促進剤の残存量の影響

3.4.1 発錆促進剤塗布面の付着性と防食性評価

発錆促進剤を塗布し、表面が発錆している鋼材にさび止め塗料を塗装した際の付着性と防食性の評価結果を図14に示す。油性さび止め塗料は、発錆促進剤によるさびが残存していても十分な付着性を確保している。一方、水性さび止め塗料は、素地調整を施すことで安定した付着性を示しているが、素地調整を施していない場合は、点線に示すさびの凝集破壊による塗膜のはがれが認められた。また、発錆促進剤が塗布された試験片の防食性を評価した結果、さび止め塗料の種類に関係なく発錆することを確認した。

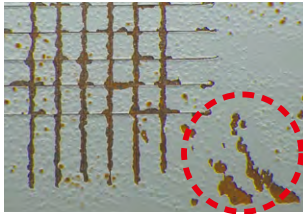
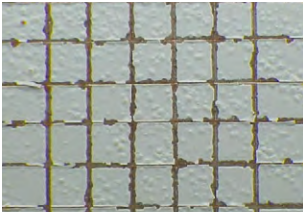
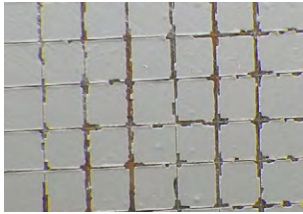


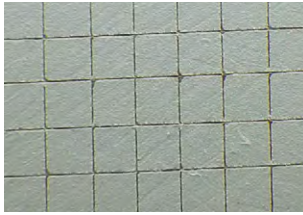
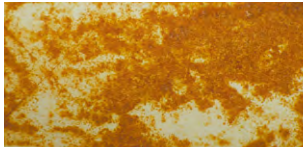


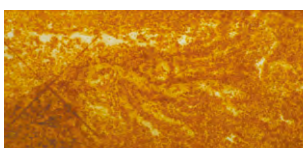


		素地調整	無処理	不織布研磨	ディスクサンダー
付着性評価結果	水性さび止め塗料				
	油性さび止め塗料				
防食性評価結果	水性さび止め塗料				
	油性さび止め塗料				

図14 発錆促進剤上の評価結果

3.4.2 発錆促進剤の影響

水性さび止め塗料と油性さび止め塗料で、発錆促進剤による発錆鋼材面に対する適用性が異なる原因究明を試みた。

水性さび止め塗料の溶媒である水と、油性さび止め塗料の溶媒であるミネラルスピリットの発錆鋼材面に対する接触角測定結果を図15に示す。水は接触角が 21.7° であるのに対して、ミネラルスピリットの接触角は 0° である。溶媒がさび面に濡れやすい油性さび止め塗料は、さび層中に浸透して、鋼材素地に塗料が達することで付着性が確保される。濡れ性の劣る水性さび止め塗料は、さび層中への浸透も劣り、付着性が劣る結果となったと考えられる。したがって、高力ボルト接合部に対して発錆促進剤を塗布する際には、必要箇所に必要最小限の塗布量とすることが、耐久性上重要である。また、さび止め塗料を塗装する面に発錆促進剤が付着した場合には、直

ちにふき取る必要があり、発錆した場合にはさびを除去する必要がある。

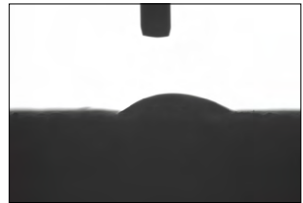

溶媒	接触角	
	θ ($^\circ$)	写真
水	21.7	
ミネラルスピリット	0	

図15 発錆鋼材面に対する接触角

5. まとめ

今回検討した、鉄骨製作時に塗布される材料が水性さび止め塗料の付着性や防食性に与える影響を以下にまとめる。

- 1) スパッタ付着防止剤が残存した鋼材面に水性さび止め塗料を塗装した場合、塗布面への塗料の浸透性が低いことにより付着性が低下する。残存量の許容幅が油性さび止め塗料と比べて狭いため、入念な素地調整が重要となる。
- 2) 接触媒質が残存した鋼材面に水性さび止め塗料を塗装した場合、水と接触媒質の相溶性により油性さび止め塗料よりも残存量の許容幅はある。ただし、接触媒質の残存はさび止め塗料の乾燥遅延、塗膜性能の低下の原因となるため、従来通りの除去が必要である。
- 3) 発錆促進剤により多量に発錆した鋼材面に水性さび止め塗料を塗装した場合、油性さび止め塗料と同様に塗膜性能の低下を早期に引き起こす。

6. 今後の展開

今回の評価により、水性さび止め塗料と油性さび止め塗料では、塗布材料の種類によって適用性が異なることがわかった。それぞれの材料の特性を十分に理解し、使用することが重要である。鉄骨製造工場においては塗装前の素地調整の軽減が求められているため、さらに適用幅の広い水性さび止め塗料の開発を進めたいと考えている。

謝 辞

本実験の監修をしていただいた、ものづくり大学の近藤名誉教授と本実験にご協力いただいた、(株)ムラヤマの村山社長、早坂技師長に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 桑原幹雄, 近藤照夫: 日本建築仕上学会2013年度大会学術研究発表論文集 P209-212 (2013)
- 2) 増田清人, 近藤照夫, 桑原幹雄: 日本建築仕上学会2014年度大会学術研究発表論文集 P167-170(2014)

塗装現場における耐火塗料の着色化による 施工品質の確保

Coloration of Fireproof Paint in the Coating Construction Site

建築塗料部門
建築・構造物塗料事業部
構造物マーケティンググループ
Coating Business Division,
Protective & Decorative Coatings Department,
Protective Coatings Marketing Group



桑原 幹雄
Mikio KUWAHARA

要 旨

火災による鋼材温度の上昇を抑制するため、構造鉄骨には耐火被覆が必要とされ、近年では耐火塗料も適用されている。耐火塗料の施工には、所定の塗膜厚になるまで同色の耐火塗料を現場で塗り重ねることが必要であり、視認性が劣ることから塗り忘れや塗り漏れが発生し、施工品質の低下を招くことがある。

本報では、耐火塗料を施工現場で容易に着色できる材料を検討し、耐火塗料の塗り重ねによる付着性評価を実施し、さらには劣化促進試験を実施し、その後、耐火塗膜の発泡性状に異常が無いことを確認した。耐火塗料の着色化による施工品質については、土木鋼構造物の耐火塗料の施工において、塗り漏れと塗膜厚の変動を評価し、その有効性を確認した。

Abstract

To control the increase in the temperature of steel materials during a fire, steel structures require fireproofing protections; recently, fireproof paints have been used for fireproof-

ing. The coating of a steel frame at construction sites involves the application of a fireproof paint of the same color as the steel structure until the coated film is of a predetermined thickness. However, the difficulty in confirming the thickness visually results in insufficient or incomplete painting in some cases, which may lead to deterioration of the construction quality.

In this study, we investigated materials that can easily color fireproof paints at construction sites, evaluated the adhesive property of these coatings by re-painting the fireproof paints, and conducted an accelerated deterioration test to confirm that the foaming characteristics of the fireproof paint films were suitable. To assess the construction quality of the colored fireproof paints, we evaluated the changes in the fireproof paint thickness caused by incomplete painting during the construction of the civil engineering steel structures, and confirmed the effectiveness of the coatings.

1. はじめに

耐火塗料の施工では、所定の膜厚になるまで数回の塗り重ねが必要であるが、同色の耐火塗料の塗り重ねは、視認性が劣ることから膜厚不足などの施工品質の低下を招くことがある。

図1は、暗所での耐火塗料三層目の施工であるが、下地である二層目との判別がしにくい。塗装直後は、塗れ肌の光による反射で判別可能であるが、休憩時間などで作業を中断した場合には、表面乾燥が進み、塗り重ねた境界がわかりにくくなる。

本報では、耐火塗料を施工現場で容易に着色できる材料を検討し、耐火塗料の塗り重ねによる層間付着性、下塗りと耐火塗料との付着性、耐火塗料と上塗りとの付着性を評価した上で、促進劣化試験を実施した後で試験体を加熱し、耐火塗膜の発泡性状に異常が無いことを確認した。

耐火塗料の着色化による施工品質について、建築基準法が適用されない土木鋼構造物の耐火塗料の施工において、塗り漏れと塗膜厚の変動を評価し、その有効性が確認できたので報告する¹⁾。



図1 耐火塗料の塗装状況

2. 実験方法

2.1 素地鋼板

実験的な評価に用いた素地鋼板は、JIS G 3101に規定されるSS400(150×70×t3.2mm)であり、素地調整にはグリッドブラストを適用した。

耐火塗料の施工では、下塗りまでは鉄骨製作工場で行われているため、2.3で示す下塗りを50 μ m施した。

2.2 耐火塗料の着色化

近年の塗料製造方法では、生産の効率化を図るため、共通カラーベースの手法が導入され、溶解調色によって多品種少量生産にも対応している。カラーベースは、各色相の顔料を必要最小限の樹脂、溶剤および顔料分散剤の中に高濃度で分散している。様々な塗料に適用するために設計され、塗料とカラーベースの溶剤種が同系統であれば、基本的に塗料に対して悪影響はないとされている。

本報では、少量のアクリル樹脂、顔料分散剤、溶剤であるキシレンおよび着色顔料を用いて各色相のカラーベースを作製し、耐火塗料に対して0.1wt%相当量を添加した。

2.3 塗料および塗装

耐火被覆材料には、主要溶剤をキシレンとするアクリル樹脂系の発泡性耐火塗料を用いた。

下塗りのエポキシ樹脂塗料には、JIS K 5551に規定される構造物用さび止めペイントA種、中塗りおよび上塗りには、JIS K 5659構造物用耐候性塗料に規定される中塗塗料と上塗塗料(3級)を用いた。

表1に示す2種類の仕様(標準仕様と耐火塗料を着色した検討仕様)を素地鋼板に刷毛塗りした。塗装が完了した後に、温度23°C、相対湿度50%RHの環境で7日間乾燥して、試験体とした。

表1 塗装仕様

工程	標準仕様	検討仕様
下塗り	JIS K 5551 A種	JIS K 5551 A種
耐火	耐火塗料(標準)	耐火塗料(着色化)
	耐火塗料(標準)	耐火塗料(標準)
	耐火塗料(標準)	耐火塗料(着色化)
	耐火塗料(標準)	耐火塗料(標準)
	耐火塗料(標準)	耐火塗料(着色化)
中塗り	JIS K 5659 3級	JIS K 5659 3級
上塗り	JIS K 5659 3級	JIS K 5659 3級

2.4 試験体の促進劣化試験

施工中の結露や降雨などを想定して、表2に示すような条件で促進劣化試験を第1段階から順次実施した。最終段階後ではカッターナイフで素地に達するクロスカットを施し、セロテープはく離による塗膜付着性を評価した。

表2 促進劣化試験の条件

段階	評価項目	試験条件	試験期間
第1	耐水性	水道水に浸漬	21日間
第2	凍結融解性	-20°C・14時間 23°C・10時間 /1サイクル	21サイクル (21日間)
第3	サイクル 腐食試験	JIS K 5600-7-9 塩水噴霧・0.5h(30°C) →湿潤・1.5h(30°C)→ 熱風乾燥・2h(50°C)→ 温風乾燥・2h(30°C)/ 1サイクル	84サイクル (21日間)

2.5 試験体の加熱試験と評価

促進劣化試験が終了した試験体を小型電気炉で加熱した。常温(約20°C)から10°C/分の昇温速度で加熱していき、600°Cに達した後、その温度を10分間保持して、加熱試験を終了した。

加熱試験後における試験体の表面および側面の状態を目視観察して、標準仕様と検討仕様(着色化)の発泡性状を比較した。

2.6 塗装現場での施工品質の評価

実際の土木鋼構造物で耐火塗料を塗装する現場において、実験内容を明らかにせず、塗装技能工による施

工を行い、施工性を評価した。

着色作業性は、カラーベースを塗料に添加して、通常の攪拌時間の範囲内で均一に着色化できるか否かを確認した。

着色後の耐火塗料の視認性は、標準仕様の耐火塗膜に、青色あるいは微黄色に着色した耐火塗料を夜間工事で塗り重ねて確認した。

塗り漏れについては、高力ボルト摩擦接合部のボルトに刷毛塗りした後の状態を評価した。

塗膜厚のバラツキは、各種部材に対するローラーあるいは刷毛塗り後の塗膜厚を測定して、その変動を評価した。目標塗膜厚を500 μ mに設定し、耐火塗料を1回当たりの乾燥塗膜厚125 μ mで塗布して、4回目の塗装が終了した後に塗膜厚を測定した。塗膜厚の測定は、予め10箇所を定めて、1測定箇所直線上に10mm間隔で10点測定し、その平均値と標準偏差を求めた。

3. 結果と考察

3.1 着色による耐火塗料の視認性

各種色相のカラーベースを耐火塗料に添加し手で攪拌して、着色していない耐火塗膜に塗り重ねた結果を図2に示す。

夜間工事を想定した投光器による照明状態においても青色が明瞭であると判断され、以降の実験では青色のカラーベースを用いて着色した。



図2 着色した耐火塗料の視認性



3.2 促進劣化試験後の状態

促進劣化試験を終了した後の表面状態を表3に示し、着色した耐火塗料で作製した試験体の付着性試験

後の状態を図3に示す。

2種類の塗装仕様において、塗膜の膨れ、割れ、はがれなどは認められなかった。また、塗膜の付着性も、十分に確保されていることがわかった。

表3 促進劣化試験後の状態

塗装仕様	標準仕様	検討仕様
試験後の表面状態		

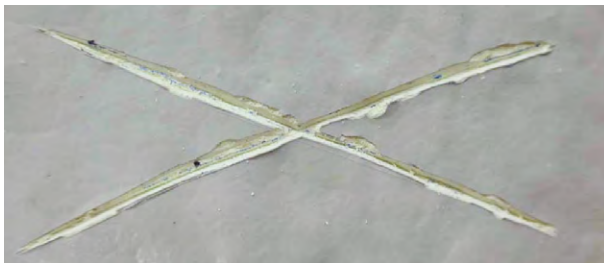

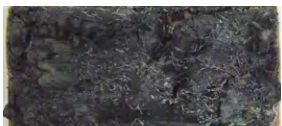




図3 付着性試験後の状態

3.3 加熱後の発泡状態

促進劣化試験が終了した後に、加熱された塗膜の発泡性状を表4に示す。

表4 加熱後の発泡状態

仕様	観察面	加熱後の発泡状態
標準仕様	側面	
	表面	
	側面	
検討仕様	表面	

2種類の塗装仕様において、同等の発泡性状を示していると判断される。

3.4 塗装現場における施工品質の確認

3.4.1 着色作業性

25kgの耐火塗料が入ったペール缶を開け、青色カラーベースを25g添加して、電動攪拌機で攪拌した結果、図4に示すように通常作業に支障はなく、均一な着色が可能とわかった。



図4 塗装現場での着色作業

3.4.2 着色耐火塗料の視認性

標準の耐火塗料を塗装した翌日に、青色に着色した耐火塗料を塗装した状態を図5に示す。

夜間工事においても、視認性は良好であると判断される。



図5 着色した耐火塗料の視認性

3.4.3 塗り漏れの確認

図6に示すボルト接合部分において、青色に着色した耐火塗料あるいは微黄色に着色した耐火塗料を刷毛塗りした際に、塗り漏れしたボルトの個数を表5に示す。

青色に着色した耐火塗料による塗り重ねでは、視認性が良好であるため、図7に示すように小さな塗り漏れに留まっている。一方、微黄色に着色した耐火塗料による塗り重ねでは、下地と近似色であるため、図8に示すように大きな塗り漏れが見られた。図では、塗り漏れ部分を点線で囲んで示した。

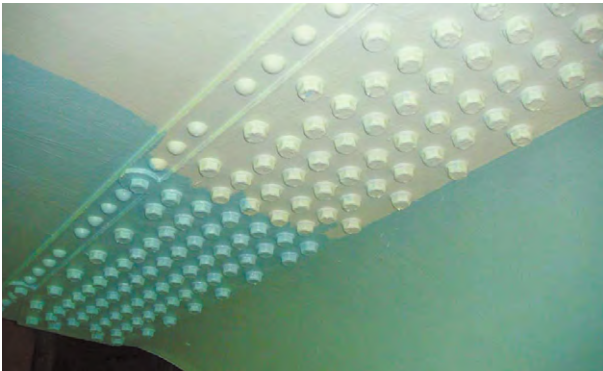


図6 ボルト接合部分での塗り漏れの確認

表5 ボルト接合部分の塗り漏れ

着色の種類	塗り漏れの数	
	塗り漏れ面積 1cm ² 以下	塗り漏れ面積 1cm ² 以上
青色着色 耐火塗料	3	0
微黄色着色 耐火塗料	9	4

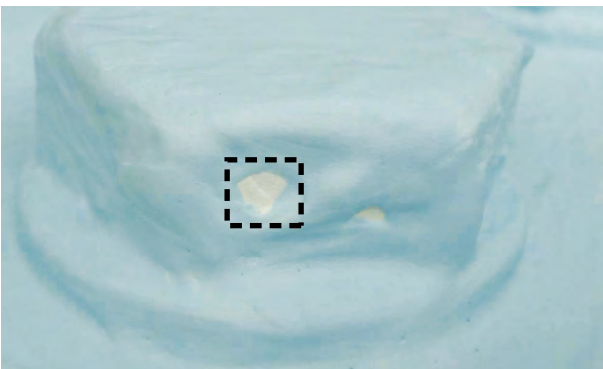


図7 青色に着色した耐火塗料の塗り漏れ



図8 微黄色に着色した耐火塗料の塗り漏れ

3.4.4 塗膜厚の変動

図9に示す各種部材において、塗膜厚を測定した結果を表6に示す。



図9 塗膜厚の測定対象部材

表6 塗膜厚の測定結果

測定対象	ガセットプレート		ブレース		水平材	
	有り	無し	有り	無し	有り	無し
耐火塗料着色	有り	無し	有り	無し	有り	無し
最小値(μm)	412	593	404	416	395	269
最大値(μm)	577	915	593	685	521	489
平均値(μm)	504	768	501	506	453	387
標準偏差(μm)	48	115	59	78	39	68
変動係数	0.09	0.15	0.12	0.15	0.09	0.17

目標塗膜厚:500μm

ガセットプレートでは、着色した耐火塗料の平均値が目標塗膜厚を満たしており、着色しない場合は過大な

塗膜厚になった。当該部分は重ね塗りによって厚膜になりやすい傾向があり、耐火塗料を着色することによって、過剰な塗り重ねを抑制できると考えられる。

ブレースでは、中央部付近の側面で測定しており、耐火塗料の着色には関係なく、平均値ではほぼ目標塗膜厚を確保した。当該部分は塗装対象の面積が小さく、塗装作業性も良好であるため、施工品質を確保しやすいと考えられる。

水平材では中央部付近の下面を測定しており、耐火塗料の着色に関係なく、測定結果の平均値が目標塗膜厚を満たさなかった。当該部分は下面であるため、塗料が付着し難く塗装作業性が劣ると考えられる。特に着色していない場合には、平均値が目標塗膜厚の77%程度となっている。塗装作業における塗り忘れも推定され、着色した場合には視認性が良好になることから、未だ不十分ではあるが、施工品質の向上が期待できる。

4. まとめ

耐火塗料の着色化による作業性、塗膜性能および施工品質を検討した結果から、以下のことがいえる。

- 1) 溶剤が同系統の共通カラーベースを添加することにより、耐火塗料は容易に着色が可能である。
- 2) 着色した耐火塗料は、下塗り、層間、上塗りに対して、十分な塗膜付着性を確保できる。
- 3) 着色した耐火塗料は、加熱による発泡性状に異常は認められない。
- 4) 塗装現場における耐火塗料の着色化は、作業に支障をきたすことなく、実施可能である。
- 5) 青色に着色した耐火塗料は、夜間工事における施工においても視認性が良好である。
- 6) 着色耐火塗料は視認性が向上して、ボルト接合部における塗り漏れ抑制を期待できる。
- 7) 耐火塗料の着色化は、過剰膜厚や塗膜厚不足を防ぐ効果があり、施工品質の向上が期待できる。

参考文献

- 1) 桑原幹雄, 近藤照夫: 塗装現場における耐火塗料の着色化による施工品質の確保 日本建築仕上学会 2014年度大会学術講演研究発表論文集 P147-150(2014)

謝 辞

本検討を進めるにあたり、終始適切な助言、細部にわたる御指導をいただいたものづくり大学の近藤照夫名誉教授に感謝の意を表します。

建造物における温度上昇抑制技術 「高日射反射率塗料」

Decreasing Temperature of Building by
Painting High Solar Reflectant Paint

塗料事業部門 建築・構造物塗料事業部
建築塗料テクニカルサポートグループ
Coating Business Division,
Protective & Decorative Coatings Department,
Decorative Coatings Technical Support Group



櫻田 将至
Masashi SAKURADA

1. はじめに

塗料の目的には大きく分けて3つあり、被塗物の保護、美観の提供に加えて、塗膜に機能を付与することである。古来において美観の提供に加えて機能を付与した例としては、木造船の撥水材料として用いた記録があるが、この時代には、展色剤（樹脂）と顔料を練った単純な塗料が用いられていた。現在でも用いられている油を主成分とする塗料の基礎ができたのは14、15世紀だと言われている。さらに、産業の発展と共に合成樹脂（エポキシ、アクリル、ウレタン、シリコン、ふっ素樹脂など）が開発され、塗料の耐久性・耐候性が飛躍的に進歩したこともあり、塗料の担う機能も光学的機能、化学的機能、物理的機能など多岐にわたるようになった。

現在、地球規模で深刻な問題とされている地球温暖化は、人為起源の温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性が高いとの報告がある¹⁾。なかでも、人間の産業活動に伴って排出される二酸化炭素の影響は大きく、二酸化炭素の排出量を削減することが急務とされる。

一方、都市部においては、地球温暖化に加えて建造物の太陽熱吸収によって起きるヒートアイランド現象が問題となっている。太陽光を受けることによって温度上昇および蓄熱した建造物が、周辺の外気温度を上昇させることがヒートアイランド現象の原因と考えられ、特に

夜間に熱放出をして熱帯夜を引き起こす。また、蓄熱した建築物は室内への熱流入によって室内温度が高くなることから、冷房などの過剰運転を引き起こす原因となる。従って、太陽光を受けることによる建造物の温度上昇および蓄熱を抑制することは、ヒートアイランド現象の緩和と同時に空調負荷を低減することを可能とする。これらのことから、冷房などの過剰運転を抑制することで二酸化炭素の排出量を削減でき、地球温暖化の抑制にも繋がるとの期待も高まっている。

日本においては、ヒートアイランド現象を緩和させるために様々な技術が適用され、検証が行われている。そのなかで、建造物表面や地表面の被覆改善方法として高日射反射率塗料の塗装などによる改善が注目されている²⁾。高日射反射率塗料については、建造物表面の日射反射性を高くすることで建造物の温度上昇および蓄熱を抑制することができる。これらのことから、高日射反射率塗料を建造物表面に塗装することで、建造物の温度上昇および蓄熱を抑制し、ヒートアイランド現象の緩和が可能であると考えられている。

高日射反射率塗料と呼ばれる塗料の原形は、石油備蓄タンクなどの表面に塗られた白色塗料やアルミ塗料であると考えられている。太陽光の放射エネルギー分布は、可視光線領域および近赤外線領域に各50%程

度あることから、可視光線領域の反射性を高めること、すなわち、塗膜を白色にすることは温度上昇を抑制する手法としては理にかなった方法である。こうしたなかで、当社においては1998年頃から塗膜の反射性をより高めること、断熱性および放射性を高めて建造物の温度上昇の抑制、また、室内への熱の移動を少なくすることを検討してきた。反射性が最も高いことを条件に検討を開始したことから、開発当初は白色を基調とした塗料に関連する材料開発を行った^{3~4)}。しかし、一般的な白色の塗料でも比較的高い反射性が得られること、美観を提供することも目的とした塗料の世界において、カラーバリエーションが無い目立った普及には繋がらなかった。その後、2000年代に入るとカラーバリエーションの要望が増え、塗膜に色付けするために可視光領域の反射性を一部犠牲にして、色相に関係しない近赤外線領域で反射性を高めた開発を進め現在に至る⁵⁾。なお、建造物内部への熱を伝えにくくする断熱性、熱を放射する放射性についても検討が行われ、建造物の温度上昇を抑制する技術を確認していった。

本報では、建造物の温度上昇抑制の機構とその評価結果について解説する。

2. 温度上昇抑制に関する性能

太陽光と黒体の放射エネルギー分布を図1に示す。

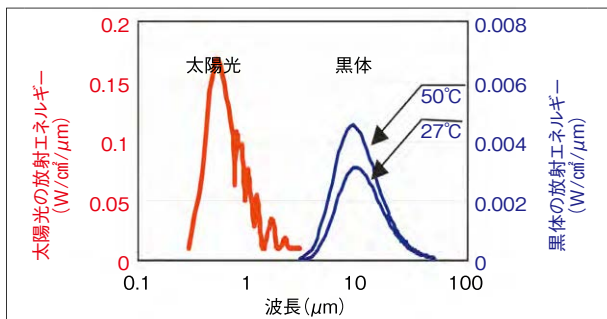


図1 太陽光および黒体の分光放射エネルギー分布

太陽光は0.5 μm 近傍の波長をピークとする放射エネルギー分布をもち、27 $^{\circ}\text{C}$ から50 $^{\circ}\text{C}$ 程度の黒体は10 μm 近傍の波長をピークとする放射エネルギー分布を持つ

ている。

したがって、太陽光の分光放射エネルギーが分布している波長領域では反射率が高く、10 μm 近傍の波長では放射性の高い塗膜にすることにより、建造物の温度上昇を抑制できる塗膜を形成できると考えられる。また、断熱性は、一般的に熱抵抗値の高い材料を用いることが重要となり、熱抵抗値が「素材の厚さ／素材の熱伝導率」で表される。断熱性の良い塗料にするには熱伝導率が低く、塗膜を厚く塗装することができるように設計する必要がある。

高日射反射率塗料では、上塗り層には可視光線および近赤外線を反射する性能や熱の放射性などの性能を付与し、中塗り層には、塗膜の熱伝導率を低くし、膜厚を厚くできる塗料設計にすることで、一般的な塗膜より反射性、放射性、断熱性に優れた塗装仕様にする事ができる。

それぞれの性能に関する評価方法および結果を示す。

2.1 反射性

反射性の評価手法としては分光反射率測定があり、塗膜の反射性を知るためには有用な手段である。しかし、複数の塗膜を比較し、反射性を把握するには必ずしも使いやすい指標とはいえない。そこで、一般的には塗膜の分光反射率に対して日射の分光エネルギーの重み付けをした値である日射反射率を用いて反射性を評価している。2008年に「JIS K 5602:2008塗膜の日射反射率の求め方」が制定されたが、これは建築窓ガラス用フィルムのJIS規格(日射反射率算出方法を定める内容)などを参考にして作られたものである。当社においては、1998年の開発当初より、建築窓ガラス用フィルムのJIS規格を用いて評価を行い、分光反射率の測定において重要となる標準板についてはPTFE(ポリテトラフルオロエチレン)を導入している。PTFEは、一般的な標準板である硫酸バリウムよりも近赤外線領域での経時変化が少なく、高日射反射率塗料の評価に優れている。このことは、JIS制定化のなかでデータ公開し、JIS K 5602:2008のなかにも標準板としてPTFEを使用することが明記されている。

高日射反射率塗料および一般塗料の分光反射率を

測定し、日射反射率を算出した結果を表1に示す。全ての色において、高日射反射率塗料は日射反射性の高い顔料を用いていることから、一般塗料と比べて日射反射率が高いことが確認された。

表1 日射反射率一覧

白色		青色系濃彩色	
高日射反射率塗料	一般塗料	高日射反射率塗料	一般塗料
90.1%	82.9%	43.6%	12.7%
赤さび色系濃彩色		緑色系濃彩色	
高日射反射率塗料	一般塗料	高日射反射率塗料	一般塗料
50.1%	14.2%	40.7%	9.4%
黄褐色系濃彩色		黒色	
高日射反射率塗料	一般塗料	高日射反射率塗料	一般塗料
54.7%	19.9%	36.2%	1.9%

2.2 放射性

波長 $10\mu\text{m}$ 近傍の放射率は、高日射反射率塗料と白色亜鉛鉄板のいずれもが約90%であるのに対して、一般的な屋根用塗料は約50%であり、高日射反射率塗料が、一般的な屋根用塗料と比較し放射性に優れていることが確認されている。

2.3 断熱性

鉄面(厚さ=5mm)に高日射反射率塗料を塗装し、塗装膜厚を変えた時の熱抵抗値を表2に示す。この結果から、高日射反射率塗料(中塗り)の塗装によって、熱抵抗値を高くすることができることが確認された。ただし、現地塗装での膜厚は、塗装作業性や仕上がりを考慮すると0.1mm程度が理想的であり、このことから塗料で熱抵抗値を高くするには限界があると考えられる。

3. 温度測定実験

一般的に、高日射反射率塗料の性能評価は、太陽光の下に塗料を塗装した試験体を設置し、試験体の表面や裏面などの温度を測定することで温度低下を把握している。しかし、より確実に高日射反射率塗料の温度低下を把握するためには、実際の建築物に塗装を行い検証する必要がある。塗装後の塗膜は、汚染などの影響を受け日射反射率が低下し、温度低下の幅も塗装直後より低下することが懸念される。そのため、高日射反射率塗料の塗装による温度低下の持続性を把握することは重要である。また、高日射反射率塗料は夏季の温度低下が目されがちだが、屋根面からの熱流入量減少は空調負荷の増加に繋がることも考えられるため、冬季の温度低下を把握したうえで塗装することは重要である。

これらの実験結果は2012年にDNTコーティング技報で報告しており、今回は、実験で得られた結果の要約のみ報告する。

3.1 温度測定実験のまとめ

東京都内ビル屋上に設置してある、ほぼ同一形状・寸法の鉄筋コンクリート造機械室2棟について、屋根面に高日射反射率塗料の塗装した棟と塗装していない棟の比較で、塗装2年後までの夏季における温度測定と温度低下の持続性、塗装4ヶ月後の冬季における温度測定の結果から得られたことを要約すると以下の通りである。

①夏季および冬季共に、高日射反射率塗料の塗装による屋根コンクリートスラブ外面・内面および天井面

表2 塗装仕様別の熱抵抗値

	鉄		下塗り		中塗り		上塗り		熱抵抗値 ($\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$)
	熱伝導率 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	厚さ (mm)	熱伝導率 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	厚さ (mm)	熱伝導率 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	厚さ (mm)	熱伝導率 ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	厚さ (mm)	
無塗装	80.2	5.00	—	—	—	—	—	—	6.2×10^{-5}
塗装仕様①	80.2	5.00	0.43	0.05	0.18	0.10	0.27	0.06	9.6×10^{-4}
塗装仕様②	80.2	5.00	0.43	0.05	0.18	0.20	0.27	0.06	1.5×10^{-3}

で温度低下が確認された。

②温度低下幅は部位により変化し、屋根コンクリートスラブ外面・内面温度では大きく、天井面ではコンクリートスラブの温度変化に比べると小さい。天井面の場合、冬季における温度低下は日中および日没後の数時間に限られる。

③塗装後2年を経ても高日射反射率塗料の塗布による温度低下が確認された。時間経過に伴う温度低下の変化や、塗膜の色彩測定値と温度低下との関係については、明確な傾向は認められなかった。

④暖房に要するエネルギーよりも冷房に要するエネルギーの方が大きいことを考慮すると、高日射反射率塗料の塗装はエネルギー消費量の削減に繋がるものと考えられる。

4. 塗装実績

開発開始から1年後の1999年には電力会社配電盤において採用され、配電盤内部への温度負荷低減に効果的であることが確認された。2000年にはアスファルト舗装路面への適用、DIY、病院や製菓工場への適用など、様々な分野への適用に加えて、幅広い素地適性、沖縄から北海道まで様々な地域での採用がある。最近では、冷凍倉庫や地球シミュレータ(海洋研究開発機構)格納建屋への塗装も行っており、著名な物件での塗装実績も増えてきている。

5. 総括

高日射反射率塗料については、温度上昇抑制に関わる性能毎の結果より、一般塗料と比較しても塗膜物性面での優位性が確認できた。また、温度測定結果から温度低下の持続性も期待できる。今後は、光反射性に加え、熱放射性、断熱性に関する研究、開発および市場展開を行い、建築物におけるエネルギー負荷低減を可能とする塗料開発を続けて行く。

【用語に関する説明】

当社においては開発当初より反射性、放射性、断熱性を付与した塗料として遮熱塗料といった名称を用いてきた。一方、高日射反射率塗料は、最近、グリーン購入法、JIS名称などに使用されている用語であることから本報においては高日射反射率塗料を用いる。

参考文献

- 1) 気候変動に関する政府間パネル(IPCC) 第4次評価報告書統合報告書(2007)
- 2) 光本和宏:高反射率塗料・保水性建材のヒートアイランド現象緩和効果調査.,月刊リフォーム, Vol.21, No.9, p.19-23(2004)
- 3) 二階堂稔,寺内 伸,水野民雄他:光の高反射・熱の高放射塗料の研究.,日本建築学会梗概集 A-1.,p339-340, 1998年
- 4) 二階堂稔,寺内 伸,水野民雄他,光の高反射・熱の高放射塗料の開発.,日本建築学会梗概集A-1, p.625-626, 1999年
- 5) 櫻田将至,遮熱塗料の開発と応用.,日本太陽エネルギー学会, Vol.32, No.3, p.30-33(2006)

カレントインタラプタ法を用いた塗膜寿命予測

Forecasting Technique of a Paint Film Durability Using the Current Interrupter Method of Electrochemical Measurements



技術開発部門
研究部 研究第一グループ
防食技術チーム
Technical Development Division.
Research Department, Research Group 1
Protective Coatings Technology Team

岩瀬 嘉之
Yoshiyuki IWASE

1. はじめに

国内の社会資本の劣化が進行し、安心・安全を脅かす鋼構造物の増加が問題視されている。それに伴い適切な維持管理の重要性が改めて認識されるようになってきた。鋼構造物の腐食対策には、各種腐食環境に応じ塗装、電気防食、金属めっきや金属被覆など適切な方法が適用され、その中でも防食塗装は、最も経済的で効果の高い腐食対策として、幅広い分野で使用されている。防食塗装が施された多くの鋼構造物の劣化判定は、塗膜外観の変状を目視で評価する方法が一般的である。しかし、目視で発錆箇所を確認した時点で塗膜下鋼材の腐食は進行していることになり、建設当初の鋼構造物の耐力を取り戻すことは困難で、高価な修繕になってしまう。そのような被害を未然に防ぐ予防保全に加え、ライフサイクルコスト(LCC)を低減するためには、発錆を未然に予測し、発錆前の適切な時期に塗り替え塗装することが重要となってくる。本報では、ISO 13129に認定されている電気化学的測定手法の一つであるカレントインタラプタ法の原理と適用事例、ならびにカレントインタラプタ法による塗膜寿命予測を組み込んだ「DNT塗膜診断システム」について紹介する。

2. 電気化学的測定手法

鋼構造物の防食塗膜は、様々な腐食環境下で様々な劣化過程をとるため、一義的な現象で説明することは困難であり、そのため鋼材の腐食に至る時期の予測は極めて困難である。

防食塗膜の劣化を判定する方法には塗膜外観、付着性の評価や電気化学的測定手法などがある。塗膜外観や付着性の評価は簡便であることから汎用的に採用されており、評価時点での塗膜劣化程度や鋼材腐食程度を判断するには適切かつ重要である。一方、電気化学的測定手法は評価時点での塗膜劣化、鋼材腐食の評価のみならず、鋼材腐食の開始時期、すなわち防食塗膜による防食寿命予測が可能な技術として注目されている。

2.1 電気化学的測定手法の種類と特長

鋼材の腐食反応は電気化学的反応に基づくものであることから、鋼材の電気化学的特性の評価は、腐食反応の機構や腐食速度の情報を得るための有効な手段である。塗装鋼の場合も同様で、塗膜を透過して鋼材界面に達した水や酸素が塗膜下鋼材腐食に及ぼす影響の評価に電気化学的評価法は効果的である。

各種電気化学的測定法の特長を検討し、表1にまとめた¹⁾。各々の測定法には塗膜の劣化程度により、得意

とする測定範囲がある。当社では健全塗膜に近い状態から劣化過程まで広い範囲の塗膜下腐食測定が可能なカレントインタラプタ法を塗装鋼に適用してきた^{2~7)}。

表1 塗装鋼の電気化学的測定の特長

方法	測定法	メリット	デメリット
直流法	直流塗膜抵抗測定法	・測定が簡単 ・高抵抗塗膜が測定できる	測定情報が少ない
	カレントインタラプタ法	・測定が短時間 ・高抵抗塗膜の測定ができる(塗膜抵抗、分極抵抗などの電気化学的パラメータの測定ができる)	
交流法	交流インピーダンス法(現場測定用)	・測定が短時間 ・塗膜のインピーダンスを測定する(測定周波数100Hz~1kHz) ・現場測定が可能	高抵抗塗膜の測定に限界がある
	ACケミカルインピーダンス法	・高抵抗塗膜のインピーダンスが測定できる ・塗装鋼の塗膜下腐食測定ができる(塗膜抵抗、分極抵抗などの電気化学的パラメータの測定ができる) 現在盛んに塗装鋼を対象にした研究がされている	測定が比較的長時間かかる(測定周波数0.01Hz~60kHz)

なお、カレントインタラプタ法は2012年にISO 13129 (Paints and varnishes. Electrochemical measurement of the protection provided to steel by paint coatings. Current interrupter technique, relaxation voltammetry technique and DC transient measurements)に認定された手法であり、その原理を以下に説明する。

2.2 カレントインタラプタ法

2.2.1 カレントインタラプタ法の原理

カレントインタラプタ法とは、測定セルに微小な定電流パルスを印加したときの試料電極の分極過渡現象を測定し、塗装鋼の塗膜下鋼材の分極抵抗、電気二重層容量(分極容量)のパラメーターを求めるものである⁸⁾。塗膜下鋼材界面の接着力低下、さびの発生は分極抵抗の低下となって現れるので、分極抵抗を測定することにより塗膜下鋼材腐食の進行を知ることができる。

塗装鋼の等価回路を簡略化して図1に示す。ここで R_s は溶液抵抗を示し、 C_f 、 R_f は塗膜の容量と抵抗を、

C_{dl} 、 R_e は塗膜下鋼材面の電気二重層容量(分極容量)と分極抵抗を示す。これらが直列回路を形成しているとして、その結果、時定数 τ に顕著な差が存在すれば、塗膜と塗膜下鋼材面の分極現象を分離することが可能になる。一般には溶液抵抗は数十 Ω 以下であり、また塗膜回路では容量が約 $10^{-9} \sim 10^{-10}F$ 、抵抗が $10^6 \sim 10^7\Omega$ であるから、塗膜の時定数 τ_f (容量 C_f と抵抗 R_f の積)は約1msec程度となる。一方、塗膜下鋼材表面の時定数 τ_e は10sec程度であり、両者の時定数の間には顕著な差異が生じている。この現象を微小定電流の印加、切断時の分極曲線として図2に示すと、両者の時定数は明らかに差があることから、塗膜の分極現象を除去して、塗膜下鋼材面の分極現象を測定することが可能である。

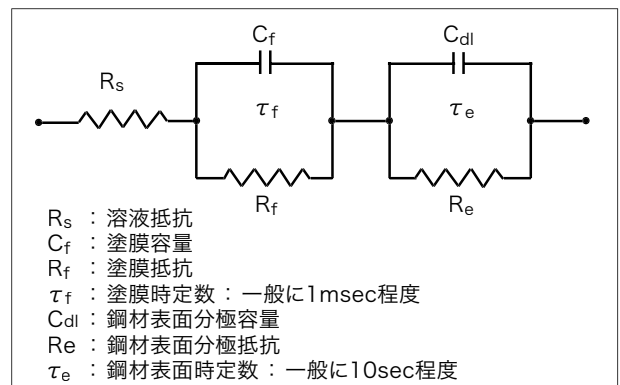


図1 塗装鋼の等価回路

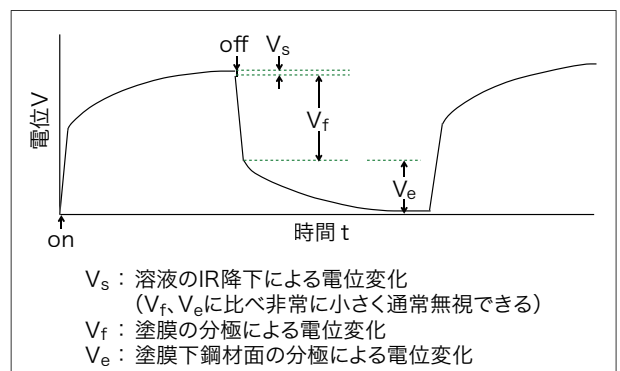


図2 定電流パルス印加、切断時の分極曲線

2.2.2 塗膜の分極

塗膜の分極現象における電位 V と電流 i の関係は、定電流印加の際の分極現象では、次の式で表される。

$$i = i_{Rf} + i_{Cf} = V_f / R_f + C_f (dv/dt) \quad (1)$$

したがって、

$$V = iR_f (1 - e^{-t/\tau_f}) \quad (2)$$

ここに、 $\tau_f = R_f C_f$

電流切断時の電位減衰は

$$V = iR_f e^{-t/\tau_f} \quad (3)$$

ここに、 $\tau_f = C_f R_f$

したがって、

$$\log V = \log iR_f - t/2.3\tau_f \quad (4)$$

となる。

式(4)をグラフにプロットすると図3となり、ここから時定数 τ_f 、塗膜容量 C_f と塗膜抵抗 R_f を求めることができる。

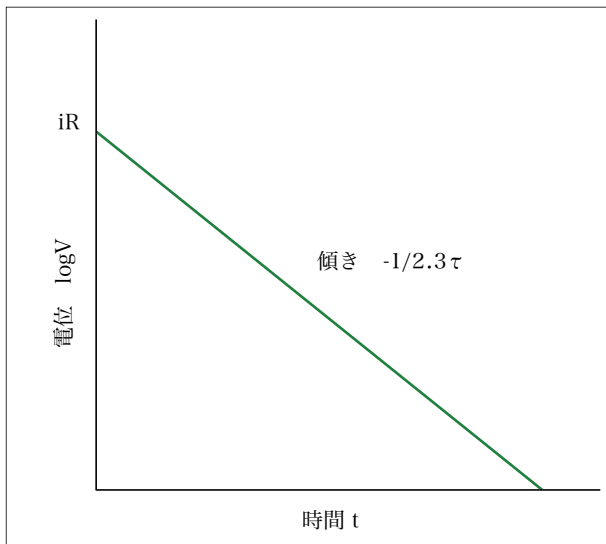


図3 電位と時間の関係

2.2.3 塗膜下鋼材面の分極

塗膜下鋼材面では、定電流印加時に電解液を介して電極反応、すなわち腐食反応が起こる。このとき、 $O_x + ne \rightleftharpoons R_{ed}$ なる酸化還元系の電極反応の電位と電流の関係は、電極表面の反応種の濃度が、沖合濃度と平衡になっているとき、ファラデー電流 i_f は、

$$i_f = i_0 [\exp(-\alpha nF\eta/RT) - \exp\{(1-\alpha)nF\eta/RT\}] \quad (5)$$

で表される。ここで、 i_0 :交換電流密度、 α :遷移係数、 n :反応電子数、 F :ファラデー定数、 R :気体定数、 T :絶対温度、 η :過電圧を示している。

ただし式(5)は、電解開始直後や電子移動反応抵抗がきわめて大きい場合に適用できるものであり、一般には電解が進むにつれて電極界面に反応種の濃度勾配ができるので、電流と電位の関係は

$$i_f = i_0 [(C_0/C_0^*) \exp(-\alpha nF\eta/RT) - (C_R/C_R^*) \exp\{(1-\alpha)nF\eta/RT\}] \quad (6)$$

で表される。ここで、 C_0 、 C_R は電極上の O_x および Red の濃度を示す。

ここでは、低電流密度を短時間印加することにより、電極界面の反応種の温度勾配の発生を極力除去したこと、またこの式の単純化を図り、その取り扱いを容易にする意図から、式(5)をもって論じる。

定電流印加の際、

$$i = C_{dl} (d\eta/dt) + i_0 [\exp(\alpha nF\eta/RT) - \exp\{(1-\alpha)nF\eta/RT\}] \quad (7)$$

$i) nF\eta/RT \ll 1$ のとき ($\eta \leq 10\text{mV}$)

式(7)の指数関数を展開して近似すると、 $0 < \alpha < 1$ であるから

$$\begin{aligned} i &= C_{dl} (d\eta/dt) + i_0 [(1 + \alpha nF\eta/RT) - \{1 - (1-\alpha)nF\eta/RT\}] \\ &= C_{dl} (d\eta/dt) + i_0 nF\eta/RT \end{aligned} \quad (8)$$

式(8)の微分方程式を解いて

$$\eta = (i/i_0) (RT/nF) \{1 - \exp(-t/\tau)\} \quad (9)$$

ここに

$$\tau = C_{dl} RT/nFi_0 = CR_e \quad (10)$$

$$R_e = RT/nFi_0 \quad (11)$$

$$i_0 = RT/R_e nF \quad (12)$$

$$C_{dl} = \tau/R_e \quad (13)$$

tが非常に小さい場合は

$$i = C_{dl} [d\eta/dt]_{t=0} \quad (14)$$

また、式(9)は式(4)と同様に扱うことができるので、図3のグラフから時定数 τ および分極抵抗 R_e が求まり、分極容量 C_{dl} が算出される。 RT/nF が既知であれば、 i_0 すなわち腐食速度も求めることができる。

ii) $nF\eta/RT \gg 1$ のとき

アノード分極の場合はカソード電流が無視できるので

$$i = C_{dl} (d\eta/dt) + i_0 \exp(\alpha nF\eta/dt) \quad (15)$$

電流切断の際の減衰は $i=0$ とおけるので

$$C_{dl} (d\eta/dt) = -i_0 \exp(\alpha nF\eta/dt)$$

この微分方程式を解くと

$$t = (CRT/i_0 \alpha nF) \exp(-\alpha nF\eta/RT) \quad (16)$$

したがって、

$$\eta = (-RT/\alpha nF) \ln t + (RT/\alpha nF) \ln (CRT/i_0 \alpha nF) \quad (17)$$

となり、図4の η -log tの関係からターフェル係数が求まる。

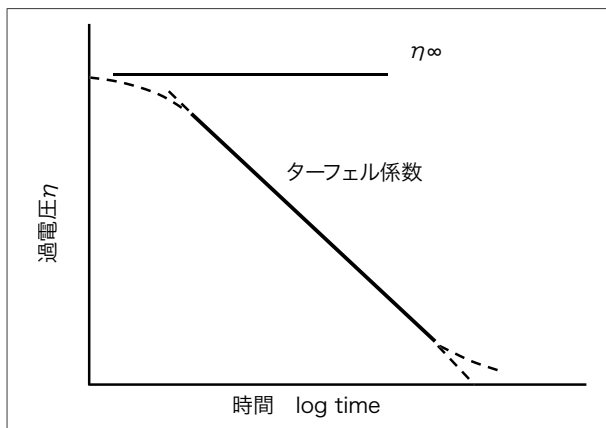


図4 電位減衰における電位と時間の相関

得られたターフェル係数と分極抵抗 R_e とから、スターンの式(式(18))より腐食速度が決まる。

$$i_{corr.} = b_a \cdot b_c / 2.3R_e (b_a + b_c) \quad (18)$$

ただし、式(18)は過電圧 $\eta < 10\text{mV}$ の範囲で成立する。ここに、

$$b_a = 2.3RT/\alpha nF \quad (19)$$

$$b_c = 2.3RT/(1-\alpha)nF \quad (20)$$

2.3 カレントインタラプタ法の検証例

2.3.1 さびの発生と腐食電流および分極抵抗の相関

佐藤らはアクリル塗膜のさびのレイティングNo.と腐食電流の相関および腐食電流とカレントインタラプタ法で測定した分極抵抗の相関を検討した⁸⁾。図5・図6は、目視でさびが認められなかった塗装鋼の腐食電流は $10^{-2}\mu\text{A}$ 以下であり、その値は分極抵抗が $5.5 \times 10^6 \Omega$ 以上に相当するとした。塗膜下でさびが発生するかどうか腐食の程度の判断は、分極抵抗値として $5.5 \times 10^6 \Omega$ が境界線と考えられる。

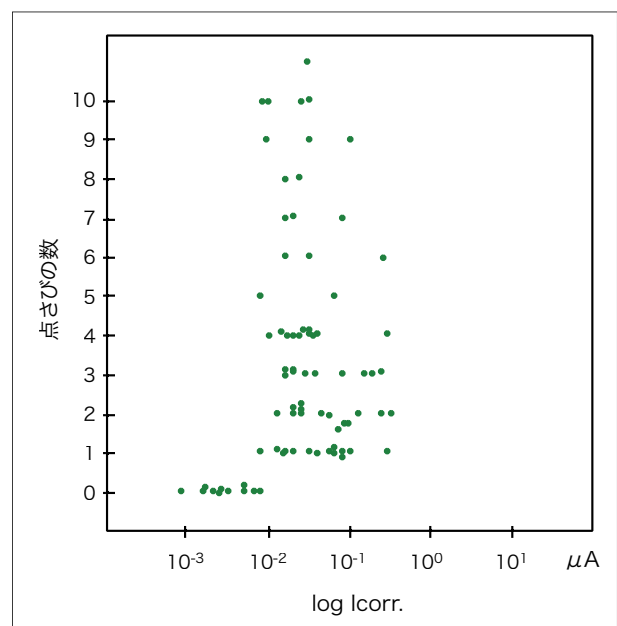


図5 発生さびと腐食電流の関係⁹⁾

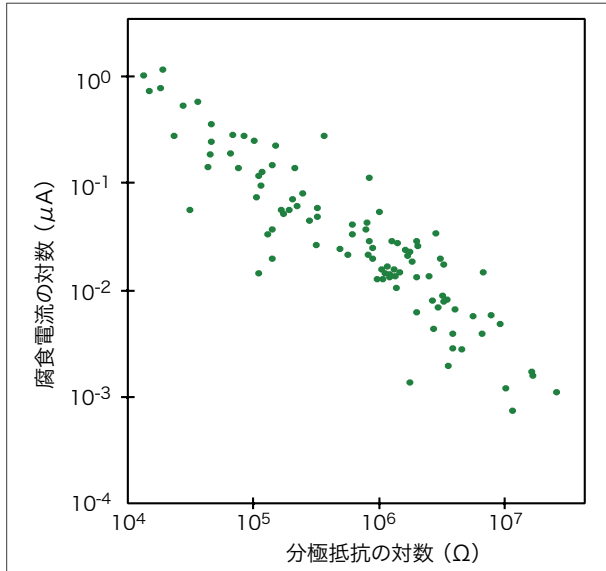


図6 3%食塩水中の塗装鋼板の分極抵抗と腐食電流の関係⁹⁾

また、著者らは、ポリウレタン樹脂塗装系で塗装した試験片を腐食環境の異なる海岸地域、田園地域で暴露試験を実施し、外観変状(さび評点: ASTM D601-01のさび面積率)とカレントインタラプタ法による分極抵抗値との関係について確認した。約51ヵ月間、暴露試験に供した塗装試験片の分極抵抗値は、目視による塗膜外観の発錆より早い段階で、塗膜劣化および塗膜下腐食の進行を把握することができたとしている⁹⁾。

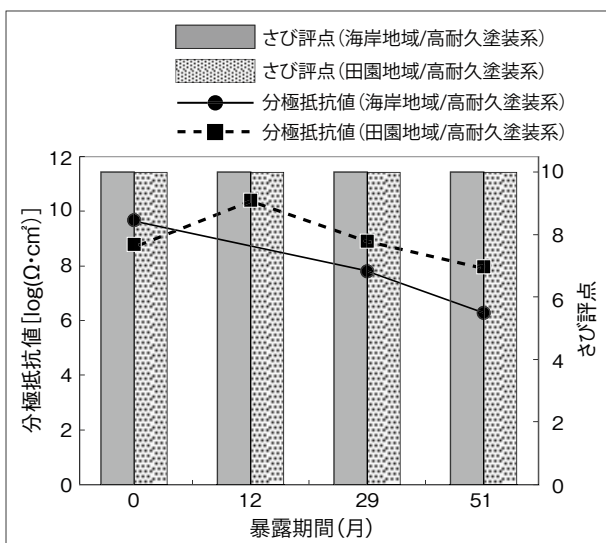


図7 分極抵抗値と塗膜外観のさび評点

以上の結果より、塗膜下腐食とカレントインタラプタ法で測定した分極抵抗値には大きな相関があり、塗装鋼の耐久性評価および劣化判断に効果的であると考えられる。

2.3.2 塗膜の膜厚が防食性に及ぼす影響

塗膜を厚く塗れば一般的に防食性を長期発揮することは周知である。永井らはカレントインタラプタ法を用いて下塗り塗膜の膜厚と分極抵抗値の関係を検討した¹⁰⁾。図8から、膜厚が60 μm 以下では分極抵抗値の低下が著しく、100 μm 以上、特に150 μm 塗装すると長期間高抵抗値を維持していることがわかる。

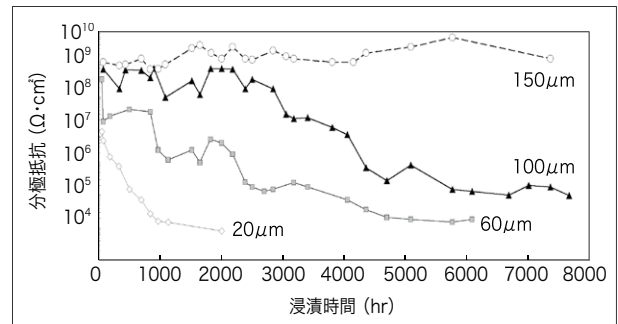


図8 3%食塩水浸漬における各種膜厚の分極抵抗経時変化

3. DNT塗膜診断システム

当社では、多種の塗装仕様で塗装した試験片を様々な腐食環境下で暴露試験を実施し、カレントインタラプタ法による電気化学的測定の結果を蓄積してきた。その膨大な結果から、ある時点での点測定でも、塗膜および塗膜下鋼材表面の劣化の程度を経年で示すことを可能にした。すなわち、鋼構造物の防食塗膜の寿命予測を可能としている。

カレントインタラプタ法による電気化学的測定手法を組み込んだ「DNT塗膜診断システム」は、塗膜健全度および塗膜下鋼材の腐食状況から塗り替えの時期を判定でき、最適な塗装仕様を提案することで鋼構造物の安全性の確保や計画的な維持管理、ひいてはライフサイクルコスト(LCC)の低減に役立てることを目的とし

ている。
 そのフローを図9、ならびに概要を以下に示す。

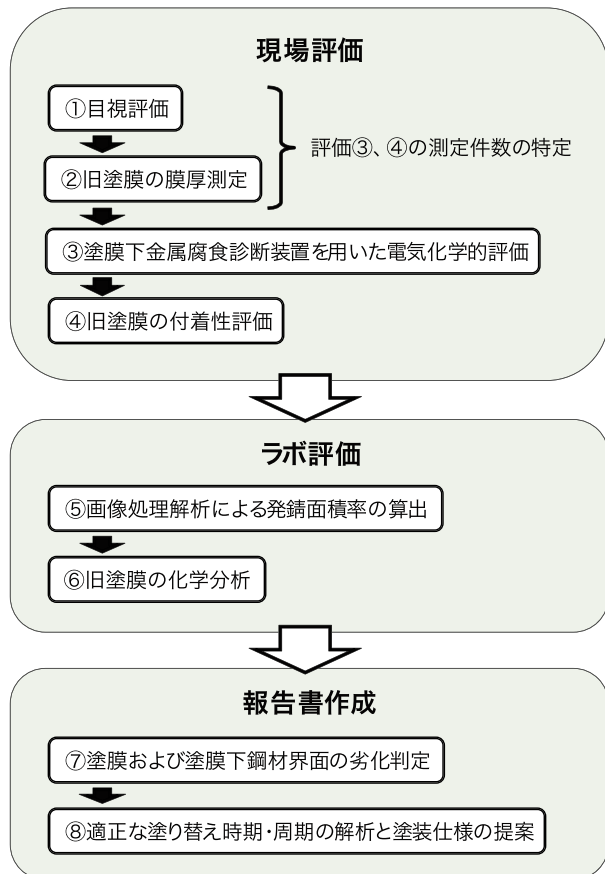


図9 『DNT塗膜診断システム』のフロー

①目視評価

塗膜外観の目視による評価は、構造物全体の劣化を把握することができるため、重要な調査である。その結果から、診断対象となる鋼構造物における塗膜劣化や鋼材腐食している部位を見出し、次に説明する現場評価を実施する部位の特定や測定件数を決定する。目視評価はさび・はがれ・割れの程度を数値化することを基本に塗膜表層の劣化程度を判定するが、要望に応じて膨れ・白亜化・変退色の測定を追加する。

②旧塗膜の膜厚測定

塗り替えが繰り返されると、膜厚は厚くなっていく。塗り替え時に旧塗膜を除去しないことが原因であるが、旧塗膜の除去には大きな費用を伴うため、塗り替え時における活膜は残す場合が多い。膜厚が過剰に厚くなる

と、塗膜内に過度な応力の発生によるはく離や、カレントインタラプタ法による電気化学的測定において異常値の原因に繋がる。旧塗膜の膜厚測定は不可欠な項目としている。

③塗膜下金属腐食診断装置(図10参照)を用いた電気化学的評価

ISO 13129で認定されたカレントインタラプタ法を採用した塗膜下金属腐食診断装置(国内特許取得)を用いた電気化学的測定によって、塗膜抵抗と塗膜容量、塗膜下鋼材表面の分極抵抗と電気二重層容量(分極容量)が代表的な値として得られる。

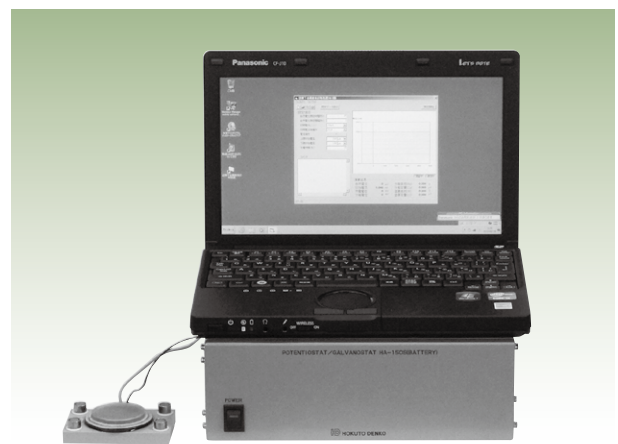


図10 塗膜下金属腐食診断装置

図11は、カレントインタラプタ法による電気化学的測定を実施した診断日の分極抵抗値と、これまで蓄積してきた劣化曲線を組み込むことで、塗り替え時期は診断日以降3~5年と推定したものである。

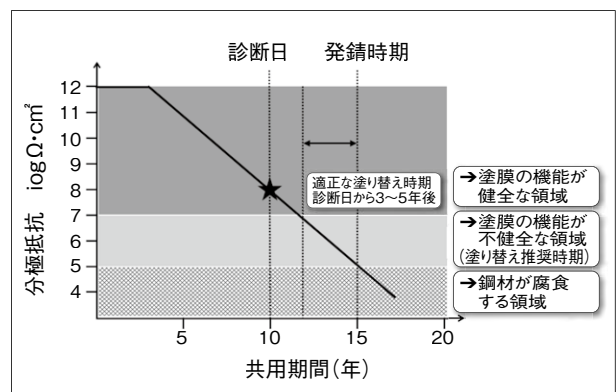


図11 分極抵抗値による劣化曲線例

④旧塗膜の付着性評価

塗膜と鋼材の付着力、塗膜間の層間付着力および各塗膜の凝集力は、新設当時と比較すると経年劣化する傾向にある。付着力が低下すると弱い衝撃でも塗膜は簡単にはく離し、塗り替え塗装が繰り返されると、経年による付着力の低下だけではなく、劣化塗膜の上に新規な塗料を塗装することで応力が発生し、その応力により付着力が限界に達することでも塗膜ははく離する。付着性の評価は塗膜の劣化を診断する上で重要な項目の一つになるとともに、目視評価では確認できない塗膜下の鋼材腐食を発見することにもつながる重要な評価方法である。

⑤画像処理解析による発錆面積の算出

目視による発錆面積の算出は、個人や経験により差が生じやすく、また、さびの大きさや頻度を表現しにくい。そこで、高解像度のデジタルカメラで評価対象となる部位を撮影し、コンピューターを用いた画像処理による正確な発錆面積率、ならびに可視化を実施している(図12参照)。

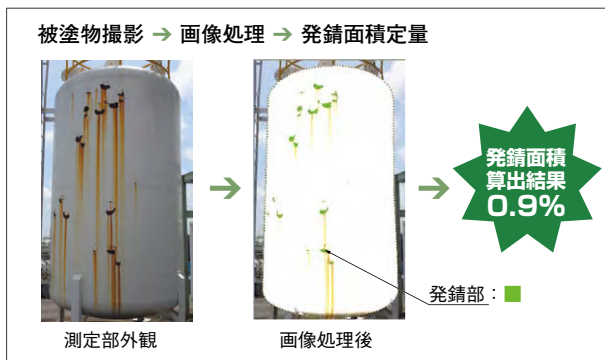


図12 画像処理解析による発錆面積率の算出

⑥旧塗膜の化学分析

旧塗膜によっては塗り重ねができない塗装仕様があり確認が必要となる。塗装履歴が不明確な場合には、診断対象の塗膜の一部を採取して、顕微鏡を用いた塗膜の断面観察による過去の塗装回数および赤外顕微鏡(FT-IR)を用いた塗膜の樹脂分析により、塗装履歴を明確にすることも重要である。

⑦塗膜および塗膜下鋼材界面の劣化評価

これらの結果を基に、現状の劣化状況を部位ごとに

数値化し、報告書に記載する。

⑧適正な塗り替え時期・周期の解析と塗り替え塗装仕様の提案

数値化した劣化状況を独自開発した診断ソフトに入力することで、防食塗膜の寿命予測に加え、LCCを考慮した最適な塗り替え時期や周期を解析する。その解析結果から、塗り替え時の素地調整のグレードおよび要望に合った経済性、環境対応や高耐久性などの各種塗装仕様が選定できるようになっている。

4. まとめ

カレントインタラプタ法を適用することで、塗膜および塗膜下鋼材界面の劣化を数値化することができるようになり、鋼材が腐食する前に塗膜寿命を予測し適切な塗り替え時期を推定することができるようになった。さらに従来の調査方法を加えることで、LCCの低減を可能とする部位の特定や塗り替え塗装仕様を提案することを述べてきた。『DNT塗膜診断システム』の活用によりLCCの低減だけではなく、安心・安全の観点からも被害を未然に防ぐ予防保全につながる。既にプラントの鋼構造物、集合住宅の鋼製設備、橋梁や高架橋などで実績があり、本システムは維持管理に活用していただけると考える。

なお、本報は色材協会誌に「塗膜診断による鋼構造物の維持管理」¹¹⁾として著者が発表したものを元に、加筆修正した内容であることをお断りしておく。

参考文献

- 1) 田邊弘往: 表面技術, 45, 1009 (1994)
 - 2) 田邊弘往、多記 徹、永井昌憲:
DNTコーティング技報、1, 13 (2001)
 - 3) 松本剛司、永井昌憲:
DNTコーティング技報、5, 17 (2005)
 - 4) 永井昌憲、山本基弘:
DNTコーティング技報、9, 3 (2009)
 - 5) 鎌田由佳、里 隆幸、田辺知浩:
DNTコーティング技報、10, 23 (2010)
 - 6) 相澤 匡、森田さやか、岩瀬嘉之:
DNTコーティング技報、11, 19 (2011)
 - 7) 堀田裕貴、森田さやか:
DNTコーティング技報、14, 8 (2014)
 - 8) 佐藤 靖、星野 稔、田邊弘往:
防食技術, 28, 524 (1979)
 - 9) 岩瀬嘉之、増田清人、河合 登:
第62回材料と環境討論会2015講演集(2015)
 - 10) 関根 功、湯浅 真、田中和也、塘 健夫、
小泉文人、織田信貞、田邊弘往、永井昌憲:
J.Jpn.Soc.Colour Mater., 67, 424 (1994)
 - 11) 岩瀬嘉之:
J.Jpn.Soc.Colour Mater., 88, 85(2015)
-

塗料用エマルジョンとその動向

Emulsion Polymers for Paints and its Recent Trend



技術開発部門
研究部 研究第2グループ
Technical Development Division,
Research Department, Research Group 2

坂口 真哉
Shinya SAKAGUCHI

1. はじめに

エマルジョン、ラテックス、デイスパーション、マイクロスフェアなど様々な名称で呼ばれる水性樹脂分散体は、塗料、接着剤を始め紙加工剤、繊維加工剤など様々な分野に使用され、一大化学産業に成長して久しい。世界的に見ても、全液状樹脂市場25,717,000t(2012年実績)に対し、5,262,000tと水性樹脂分散体が実に20%を占めている¹⁾。

特に、塗料用途のアクリルおよびアクリル・スチレン系エマルジョン(以下総称してアクリル系エマルジョンと略す)は中国をはじめアジア地域での需要の伸びが著しく、世界の市場を牽引している。

そこで本報では、水性樹脂分散体であるアクリル系エマルジョンの製造安定性、塗料に用いる際の各安定性、塗装・塗膜形成において注視すべき各特性を紹介すると共に、塗料業界における近年のエマルジョン塗料開発傾向について述べる²⁻⁴⁾。

表1 アクリル系エマルジョンの地域別市場動向

地域	販売数量(t)	2012年伸び率実績
日本	168,000	~1%
中国、アジア、インド	447,000	6~8%
アメリカ	410,000	1~2%
ヨーロッパ	522,000	1~2%
その他	83,000	4~5%
合計	1,630,000	3.2%

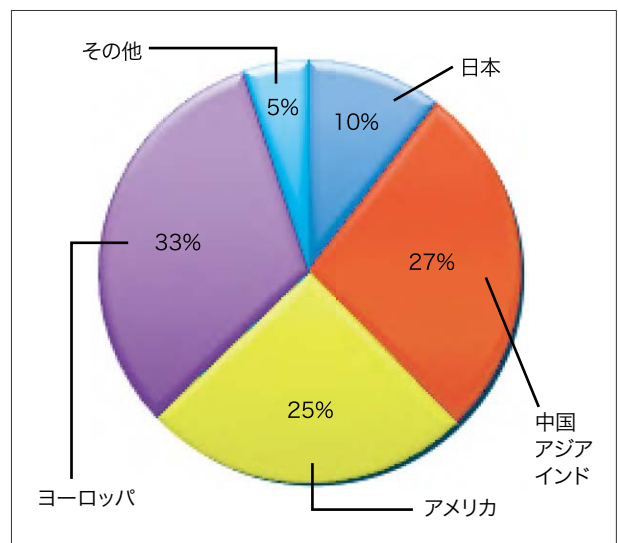


図1 アクリル系エマルジョンの販売数量構成比率

2. 塗料用エマルジョンに要求される機能

塗料用エマルジョンに要求される機能は、大きく分けて3つの状態によってそれぞれ異なる。

- ①エマルジョン製造時に要求される機能
- ②エマルジョン塗料として要求される機能
- ③塗膜として要求される機能

2.1 エマルジョン製造時に要求される機能

エマルジョン製造時に主に要求される性能は、「安定性」にある。

アクリル系エマルジョンは、乳化剤の存在下においてアクリルモノマーを乳化重合法によって製造するのが一般的である。有機溶媒中で合成した後、強制乳化法や転送乳化法によって得る方法もあるが、乳化重合法で得られたポリマーは分子量が大きいこと、未反応で残るモノマー量が少ないこと、さらに脱溶剤工程が不要など製造コスト面からのメリットも大きい。一方、乳化重合法のデメリットとしては、「重合時の不安定さ」が挙げられる。

乳化重合法では、アクリルモノマーの反応に伴う粒子の成長過程において、粒子表面の界面活性剤が不足するために、反応系内における粒子の総表面積を小さくしようと粒子同士が不規則に“合一”を繰り返す。この合一の際に、数ミクロン～数センチメートルのアクリルの“凝集物”が発生する。また、反応系内は攪拌により、機械的せん断力がかかり、粒子同士の衝突や攪拌翼・反応釜壁面に粒子が衝突することで不安定化し、同様に“凝集物”が発生する。

特に塗料や接着剤に使用されるエマルジョンは、乾燥速度を早くする、塗布量を制御するなどの目的で、比較的高固形分濃度、具体的には $50 \pm 10 \text{wt}\%$ で提供されるのが一般的であり、この高い樹脂固形分濃度が、粒子同士の衝突確率をさらに高いものとし、結果的に重合時の安定性をはじめ、後述する各種安定性を低下させる遠因ともなっている。

この意図しない凝集物の大半は活用方法がなく、産業廃棄物として廃棄しているのが現状である。凝集物

が多く発生するような反応系は均質な製品供給の面からも弊害となるため、設計およびスケールアップ検討段階で配合および反応工程を調整し凝集物の発生量が極少となる設計が必要となる。20L反応釜および攪拌翼に付着した凝集物の例を図2, 3で示す。

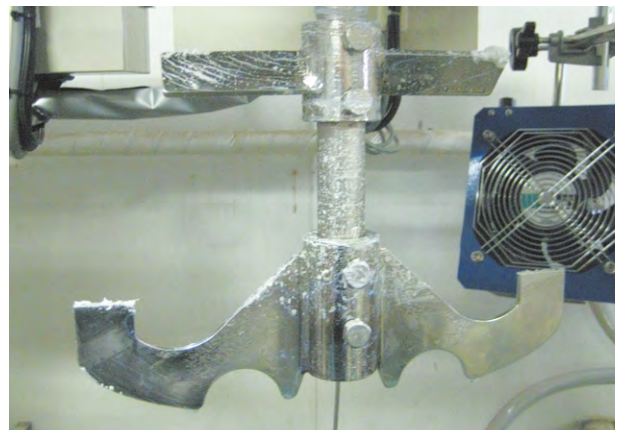


図2 攪拌翼に付着した凝集物



図3 反応釜壁面に付着した凝集物

エマルジョンの取り扱いについては、屋内保管を明記している製品が多い。これは夏季/冬季の温度の影響を受けやすく、安定性の低いエマルジョンでは、温度の上昇と共に増大するブラウン運動により粒子同士が衝突することで、粒子が凝集・沈殿する場合がある。また、低温時は水晶の形成により粒子が寄せ集められ凝集する場合があるため、高温時・低温時での凝集粒子の有無の確認および、粘度変化を一定範囲内でおさまるよう設計する必要がある。さらに、多官能モノマーや、シリコン変性による架橋性エマルジョンの場合には、最低造膜温度 (Minimum Film Forming Temperature

;MFT)が貯蔵の前後によって大きく変動することがあるため、安定域に達するまで加温熟成を行うなどの処理が必要となる。

2.2 エマルジョン塗料として要求される機能

塗料として要求される機能は大別すると「安定性」と、「塗装適性」の二つが挙げられる。「安定性」は、「機械的安定性」「化学的安定性」などが挙げられる。もうひとつの「塗装適性」は、その塗料の用途によっても異なるが、「成膜性」「基材への濡れ性」「レベリング性」および「耐チェック性」が共通の要求機能である。さらに、「消泡性」もエマルジョン系塗料には大きな課題であるが、塗料の粘弾性との相関性が、既報のDNTコーティング技報No.2 P6～9、およびDNTコーティング技報No.3 P2～5で示されていることから本稿では割愛する^{5～6)}。

2.2.1 各種安定性

上記の「機械的安定性」とは、顔料とエマルジョンを混合するにあたって、エマルジョン粒子は強い機械的せん断力を受ける。粒子に大きな運動エネルギーが付与されると、粒子は粒子間ポテンシャルエネルギー障壁を乗り越えて接触、融着することで凝集物となる。顔料を含まないクリアー塗料であっても、ロールコーターや、ポンプなどの塗装器具によるせ

ん断力、圧力などによって凝集物が発生する恐れがある。この凝集物に至るまでの耐性が機械的安定性である。

そのため塗料用エマルジョンは「機械的安定性」を考慮した設計が必要であり、確認手段の一つとして、マロン式機械的安定性試験 (ISO 35:1989) が多用されている。

次に記載した「化学的安定性」とは、電解質に対するエマルジョンの耐性を化学的安定性と呼ぶ(被塗物からの影響に対する安定性の場合、「基材の混和安定性」とも呼ばれる)。塗料は大きく分類して、「顔料」「樹脂」「添加剤」「溶媒」の組み合わせであるが、顔料や添加剤には水溶性電解質が多く含まれている場合が多く、塗料製造・貯蔵時において「化学的安定性」が悪いエマルジョンでは凝集が生じる。あるいは、セメントや石膏などのアルカリ塩を多く含む基材に塗装すると、塗料系内に基材からの電解質が溶け出し、エマルジョンは塩析と呼ばれる現象を起こし、一時的な粘度上昇、さらには塗料系全体が凝固する。

このエマルジョンの塩析現象は、水中の塩濃度上昇に伴い、後述するStern電位の低下と電気二重層の圧縮により、粒子間の相互作用ポテンシャルエネルギーが低下または消失することにより凝集が生じる。さらに、混和する電解質がCa²⁺など多価金属塩の場合は、粒子間で擬似的な架橋構造を形成することで凝集することが多いため、多量の多価金属塩が混和する状況は避けなければならない。

塗料で要求される代表的な「安定性」として、機械的安定性と化学的安定性を解説したが、ほかにも熱的安定性、およびエマルジョンに特異な成膜助剤混和安定性なども要求される。これら水性樹脂分散体および、水性樹脂分散体を用いた塗料で要求される安定性は、総じて「分散安定性」と論じてよいが、後述する塗膜の性能とのバランスから安定化できる限界があり、塗料配合および製造工程の面からも機械的安定性や、化学的安定性を付与する設計が必要となる。

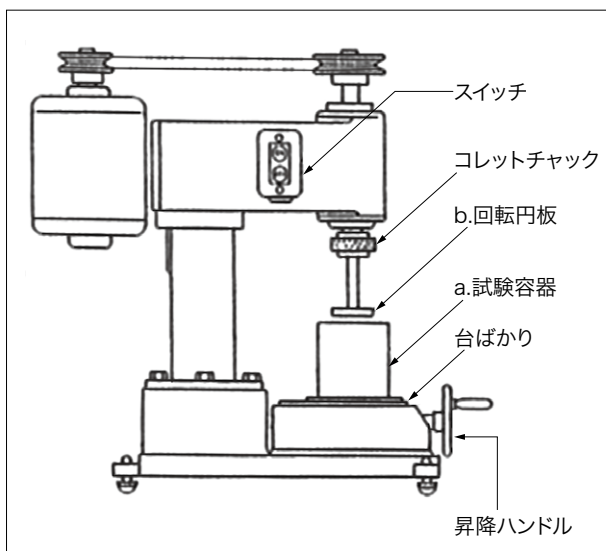


図4 マロン式機械的安定性試験機

2.2.2 エマルジョンの安定化機構

エマルジョンの安定性は、粒子表面の吸着保護層による立体反発と、粒子表面の電位による静電反発のどちらかまたは、両方の組み合わせにより安定性を得ている。

立体反発は、ノニオン性乳化剤や水溶性高分子、エマルジョン粒子表面の水和層から得ることができる。これらは、立体効果、水和効果、弾力性によって分散の安定性に寄与しており、水素結合を引き離すほどの温度(乳化剤の曇点)以上の熱が加えられる場合や、乳化剤を押しつけるほどの強い力がかからない限り、強固な保護層を形成することができる。

一方、静電反発は、アニオン性乳化剤、カルボキシル基やスルホキシ基含有モノマーを共重合し、さらに中和することで、粒子表面に電気二重層を形成され得られる。これは、DLVO(Derjaguin-Landau-Verwey-Overbeek)理論により、Stern電位の高さや電気二重層の厚さによって分散の安定性に寄与していることが知られている。よって、反対電荷を持つ金属イオンなどが混入すると界面電位の中和現象によってStern電位の低下、電気二重層の圧縮が起り、分散安定性を低下さ

せることとなる²⁾。

そのため、塗料用エマルジョンの重合には機械的安定性や熱的安定性に強いアニオン性乳化剤を主として使用し、化学的安定性が強く求められる用途の場合には、ノニオン性乳化剤や水溶性高分子の吸着保護層の形成を補助的に使用することが有効である。

アニオン性乳化剤を使用するときのノウハウのひとつとして、鎖長の長いものと短いものを組み合わせるとより強固な保護層を形成することができるため好ましい。

表2に、特定のアクリルモノマー組成におけるアニオン性乳化剤の種類を組み合わせた際の例を示した。

Sample1,2,3,4を比較した際、鎖長の異なるアニオン性乳化剤を併用することで機械的安定性をはじめ、貯蔵安定性も大きく改善していることが判る。

これは、同一鎖長のアニオン性乳化剤だけで構成した場合、同一粒子表面上の末端のアニオン性官能基が乳化剤同士で斥力が働き、エマルジョン粒子の単位表面積あたりに吸着できる量が制限されるためである。一方、鎖長の異なるアニオン性乳化剤を組み合わせるとより乳化剤同士の斥力が低減され緻密な保護層を形成できたと考えられる。

表2 エマルジョン合成例

		Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4
アニオン性 乳化剤	B(EO平均付加モル数8)	1.0%		0.5%	0.5%
	B'(EO平均付加モル数7)				0.5%
	C(EO平均付加モル数13)		1.0%	0.5%	
ノニオン性乳化剤(HLB17)		4.0%	4.0%	2.0%	2.0%
粒子径(nm)		113	143	125	110
重合時の安定性		0.10%	0.26%	0.11%	0.07%
成膜助剤投入後の機械的安定性		—	—	0.9%	2.0%
成膜助剤投入後の貯蔵安定性(40°C*3日)		凝集	凝集	異常なし	凝集

※表中の(%)は、モノマーに対する重量比

※EO:エチレンオキサイド

※HLB:Hydrophile-Lipophile Balance(親水親油バランス)

※アニオン性乳化剤B, B'は疎水基の骨格が異なる

※粒子径:動的光散乱法(大塚電子)による

※重合時の安定性:発生した凝集物量/モノマー総量×100で算出

※機械的安定性:マロン試験によって発生した凝集物量/試験体の樹脂固形分総量×100で算出

2.2.3 塗装適性—成膜性

エマルジョン塗料で要求されるもう一つの機能は「塗装適性」である。用途によってその条件は大きく変わるが、エマルジョン特有の要求性能として、まず成膜性が挙げられる。溶媒が揮発すれば膜が形成される溶解形ワニスに対し、エマルジョンなどの水性樹脂分散体は特異な成膜機構を経て連続した膜を形成する。後述する塗膜としての耐水性や機械的強度は、この連続膜の形成条件に著しく依存するため、膜形成プロセスを理解することは非常に重要である。

エマルジョンの膜形成プロセスは、水の蒸発とともに以下の3段階を経て連続した膜を形成することができる。

- ・充填プロセス：エマルジョン粒子が相互に近接して最密状態に充填される
- ・融着プロセス：粒子表面の保護層が破壊され、露出したポリマー粒子同士の接触により変形・融着が起こる
- ・拡散プロセス：融着粒子間のポリマー鎖自由末端の相互拡散が進行して、より均質な膜を形成する

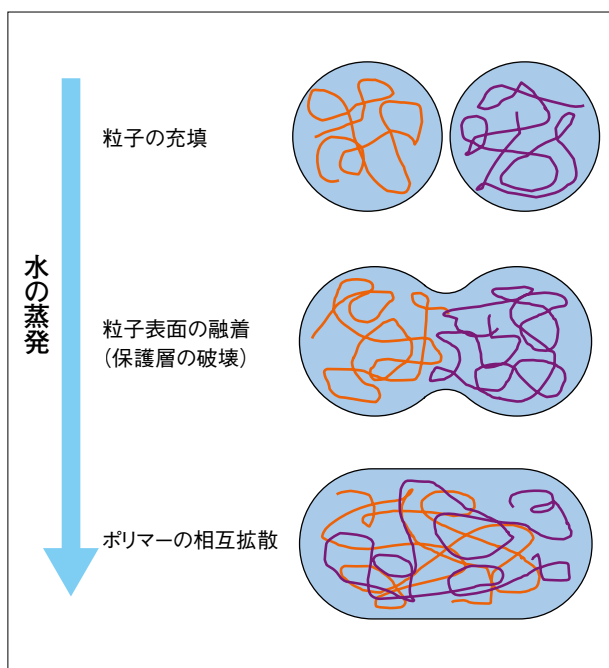


図5 エマルジョンの膜形成プロセス

前述の融着プロセスにおいて、乾燥時の温度がMFTを下回る場合、粒子の変形・融着はおこらず乾燥粉末になるにすぎない。なお、MFT近辺の温度で乾燥させた場合、連続した膜を形成することができるが、これは融着プロセスまでとなり、拡散プロセスには至らない。そのため得られた膜の機械的強度は低く、ポリマー本来の性能を十分に発揮することはできない。また、拡散プロセスは膜形成後も徐々に進行することができ、例えば膜形成直後に比べ、形成後1週間経過した膜では機械的強度(引っ張り試験による降伏、破断強度)が向上する場合が多い。これは、乾燥不十分による含水の影響や、残存成膜助剤の影響だけではなく、ポリマーの拡散プロセスが進行した影響も大きい。そのため、より早い時間で目的の物性に到達せしめるためには、ポリマー設計による内部可塑化または、成膜助剤による外部可塑化によって拡散プロセスを加速させる必要がある。

さらに、この膜形成プロセスにおいても「分散安定性」は重要な因子となっており、安定性の悪いエマルジョンは充填プロセスにおいて、最密充填に至る前に不規則な粒子間凝集を起こすことから、後述する耐チェック性や、膜の機械的強度の低下となりうる。

2.2.4 塗装適性—耐チェック性

チェックとは塗料や接着剤などの業界独特の用語である。一見した現象は塗膜の割れであるが、一般的な概念としての割れとは異なり、下の素地まで達しないものをチェックまたはマッドクラックとも呼ぶ。



図6 ガラス板上でチェックした塗膜

このチェック現象についての詳細は、DNTコーティング技報No.5 P12~16『水系エマルジョン塗料のチェックとレオロジー挙動の関係』を再読いただくとして、要点をまとめると、膜形成プロセスの充填プロセスにおいて、粒子間相互作用が強く働き、エマルジョンの偏析(密度差)が生じる。さらに水の蒸発による体積収縮により粒子間相互作用が強大となり流動性を失うため、内部応力が緩和できずにチェックが発生する⁷⁾。

このチェック現象を起こさせないためには、

- 1) 優れた分散安定性を有するエマルジョン粒子に設計する
- 2) 塗膜表面と塗膜内部の乾燥速度差を低減することなどが挙げられる。

1)の具体的な手法は、粒子の充填プロセスにおいて、エマルジョン粒子が最密充填に至る直前まで部分凝集を起こさせないように、乳化剤などによる立体反発や静電反発を利用した“分散安定性に優れる”エマルジョンに設計することである。

また2)について、塗膜厚が増大すればするほど、乾燥過程において塗膜表面とその内部による樹脂固形分の濃度差が発生する。言い換えれば、同じ塗料であっても厚く塗装すればチェックの現象が発生しやすくなる。そのため、薄く複数回に分けて塗装することが望まれるが、塗料設計としても高沸点の有機溶剤や水素結合点の多いポリオールなどを塗料化配合に添加することで、塗膜表面とその内部の乾燥速度差を低減し、チェック性を改善することができる。

2.3 塗膜として要求される性能

塗膜として要求される性能の最たるものは、塗膜の耐久性であろう。その用途によって、より掘り下げた要求項目「耐候性」「耐水性」「耐アルカリ性」「耐凍害性」「機械的強度」など数多くあるが、これらはエマルジョンに限った要求項目ではなく、塗料用樹脂に普遍的に要求される機能である。そこでエマルジョン特有の欠点から要求される機能である、「耐吸水白化性」について述べる。

この吸水白化現象は、エマルジョンの膜形成プロセ

スの中で、融着プロセスに至る過程において、最密充填の空隙部分に寄せ集められた乳化剤などの親水性成分が吸水し、ほとんど吸水しないポリマー部分と吸水した空隙部分の屈折率の差であり、吸水した水分が再乾燥した後は親水性成分が洗い流されて、寄せ集められていた空間が文字通り空隙(Void)となり、空気とポリマーの屈折率差から白化となる現象である。近年は反応性乳化剤の開発によって、乳化剤組成の偏在化が大幅に軽減されている。しかし、表面硬度の向上や素地への密着性改良を目的にコアシェル構造を含む多層構造化エマルジョンや、複数のエマルジョンをブレンドする技術が確立するに至り、前述の空隙とは異なる白化現象が確認されている。これは、均一組成によるエマルジョン粒子と異なり、多層構造エマルジョンは各部位によって、吸水量が異なり、空隙ではなく水分の有無による屈折率差から白化として確認される。一方塗膜においてマクロで見て均一に吸水するのであれば白化現象は起こりにくい。極論すると水溶性樹脂は透明であるが、一つの膜の中に吸水量の異なるポリマー部位が複数存在することによって、屈折率に差が生じやすく白化現象となる。耐候性についても同様の現象が起こる。均一に塗膜が劣化、崩壊していくのであれば表面の光沢などへの影響は限定的であるが、規則的または不規則に並んだ複数のポリマー骨格の耐候性レベルが極々微小な差であっても表面に凹凸が発生し、光沢低下が起こりやすくなる。これらを解決するためには、ポリマーの拡散プロセスを進め膜の均質化を図る、多層構造粒子の境目を相互に相溶するような構造に設計することが必要である。

3. 塗料業界における近年のエマルジョン開発の傾向

塗料用エマルジョンについては、現状コモディティー化がかなり進んでいる状況である。コモディティー化脱却の起爆剤として期待されたリビングラジカル重合による精密重合技術についても、エマルジョン粒子が充填

されて塗膜となる塗料用途としては特長的な機能につながりにくく目立った成果が得られていない。

その中で、エマルジョン塗料メーカーおよびエマルジョンメーカーが独自技術を深化させて進めているのが、

- 1) 超高耐候性(ポストふっ素樹脂)
- 2) 低汚染性(塗膜表面の親水化技術など)
- 3) 新規架橋系(または新規硬化剤)

であろう。

耐候性のさらなるアップは樹脂開発において永遠のテーマではあるが、ふっ素樹脂よりも低コストで同等以上の耐候性が目指すべき到達点の一つであると思われる。

また、塗料の美観という大きな機能を維持させるべく、一般建築から大型構造物、公共インフラまで塗料の低汚染機能が強く求められている。この解決手段として近年は塗膜表面をシリコンや水溶性ポリマーなどで親水化し、雨水で塗膜表面の汚染物質を洗い流す「セルフクリーニング」によって解決をしている。しかし、塗膜の親水化は、同時に耐水性の低下ひいては耐候性の低下などを引き起こすことから、各社独自の耐水性と表面の親水化(低汚染性)の開発を続けている。

新規架橋系は、塗膜の表面硬度などの強靱性を得るために、新規な架橋剤の開発を進めている樹脂メーカーも多い。

4. おわりに

環境負荷や人体への悪影響の観点から、世界中で化学物質および取扱い企業に対し、より厳密な管理を要求する傾向が強まっている。日本でも2016年6月に労働安全衛生法が改正施行され、化学物質のリスクアセスメントが義務付けられたことは記憶に新しい。はじめの章で水性樹脂分散体は、世界の市場の20%を占めていると記載した。それ以外の80%が全て環境負荷が大きいわけではないが、エマルジョンは今後、環境負荷低減ならびに取扱者の健康障害防止に有効であり、市場が拡大していくと予測される。当社は引き続きエマルジョンの研究開発を進め、自然、社会生活のすべてに配慮したクリーンな商品を提案していきたい。

参考文献

- 1) 2014年 液状樹脂市場の展望とグローバル戦略 (富士経済)
- 2) 高分子ラテックスの化学 室井宗一 (高分子刊行会)
- 3) 機能性エマルジョンの技術と評価 (シーエムシー出版)
- 4) 高分子微粒子の技術と応用(シーエムシー出版)
- 5) 佐野秀二、大柴雅紀、石原真興, DNTコーティング技報 No.2 P6~9(2002)
- 6) 佐野秀二、大柴雅紀、石原 真興, DNTコーティング技報 No.3 P2~5(2003)
- 7) 前田浩志、佐野秀二, DNTコーティング技報 No.5 P12~16(2005)

キャラクターペインティング用「テクアートカラー」

" TECH ART COLOR " for the Character Painting

シンロイヒ株式会社
技術部
SINLOIHI CO.,LTD.
Technical Division



小泉 典子
Noriko KOIZUMI



石川 仁史
Satoshi ISHIKAWA



宮川 有司
Yuji MIYAGAWA

1. はじめに

近年日本では数多くのテーマパーク、アミューズメント施設が建設されている。これらの施設では、建設時の新しい建物や無機質なプラスチック成形物を、その施設の趣旨に合った時代背景や古くレトロな仕上げとするために特殊な手法を用いて塗装している。このような塗装方法はキャラクターペインティングと呼ばれる。

キャラクターペインティングは、欧米では以前より用いられていたが、日本でも2000年代前半に大型テーマパークを建設する際に様々な場面で使用され始め、アミューズメント施設や一般住宅などにも多く広まったと言われている。一般的な塗料は「素材の保護」「美観」「特殊機能付与」などを目的としているが、キャラクターペインティングは、保護目的などとは逆行してムラが出るような塗装や、あえて下塗りが見えるように隠ぺい性を悪くして塗装を行う手法である。今回は、このキャラクターペインティングの特長ある塗装方法や塗装道具などの塗装システムを紹介する。

2. キャラクターペイティング

2.1 キャラクターペイティングとは

キャラクターペインティングの歴史は古く、16世紀ごろと言われている。

キャラクターペインティングのための塗装テクニックを「ペイントフィニッシュ」と言う。このペイントフィニッシュには、エイジング、フォー・フィニッシュ、トロンブルイユといった3種類の技法がある。

①エイジング

時代を思わせる古めかしさ、使い込まれた感じ、天候による風化などを表現する方法。

例えば金属、木材などの天候による風化や劣化を表現する手法。

②フォー・フィニッシュ

別名フェイクペインティング、ヨーロッパで長い歴史を持つ装飾技法で石目、木目の模様を模倣する擬似塗装の総称。例えば大理石を描く疑似手法。

③トロンブルイユ

平面状に描かれている絵を立体的に見せるだまし絵のこと。



図1 コンクリート壁面 レンガ塗装(シンロイヒ(株)構内)
使用されている技法:エイジング、フォー・フィニッシュ



図2 ラ チッタデッラ(川崎市商業施設)
使用されている技法:エイジング、トロンプレイユ

2.2 キャラクターペイティングに用いる技法と道具

前述したようにキャラクターペインティングには多くの技法(ペイントフィニッシュ)が用いられ、それぞれ特長ある道具が使われている。ペイントフィニッシュの中には水性塗料を標準の倍以上の水(またはクリヤー)で

希釈した塗料を用いたり、塗装した塗料を拭き取ったりまた、水を吹きかけ流してしまうなどがある。ペイントフィニッシュの代表例を以下に説明する。

・ウォッシュ

塗料を水やクリヤーで50%以上に希釈し、刷毛で塗装したり、塗装した後に霧吹きで水を吹き付けて色をぼかす技法。

この技法で創り出される塗装表面の風合いは、ただ単に一色を平坦に塗った場合と比べ、とても味わい深い仕上がりとなる。

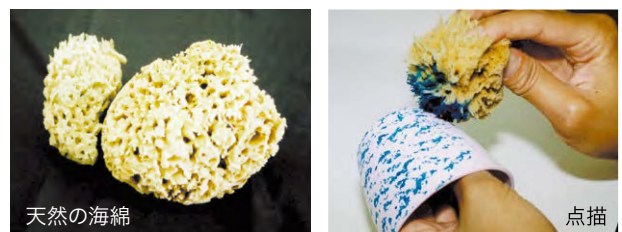


1. 塗料を刷毛で塗る 2. 塗装した部分に水をかける

図3 ウォッシュ

・スポンジング

天然の海綿やスポンジに含ませた塗料を点描したり、拭き取ったりすることで様々なパターンを創る技法。この技法では天然の海綿を使用することにより単一でない表現を創り出すことが可能となる。



天然の海綿

点描



仕上がり

図4 スポンジング

・スパッターリング

適度に希釈した塗料を含ませた刷毛で手首のスナップを利かせながら塗装面に塗料を飛ばし、細やかな斑点を創る技法。

この技法では擬岩や石目を創り出すことが可能となる。



刷毛

仕上がり

図5 スパッターリング

・ドラッキング

下地塗装を施し、上塗りにクリアーで薄めた塗料を均一に塗装後、硬めの刷毛で線状の跡を残しながら木目模様を創る技法。

この技法では木目模様を描く際の柾目を表現することが可能となる。



刷毛

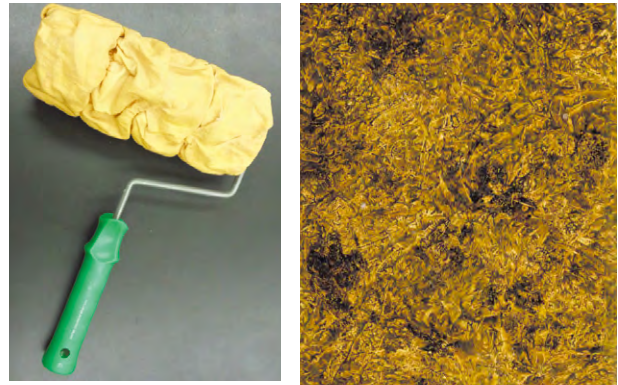
仕上がり

図6 ドラッキング

・ラギング

ラグと呼ばれる布を使って塗装する技法。

この技法では、上地塗装を施し乾燥前にラグを軽く叩きながら模様をつけていく。ラグのシワで様々な模様を創ることが可能となる。



ラグを使ったローラー

仕上がり

図7 ラギング

以上の技法をいくつも用いることにより、図8の仕上がりのような擬岩を創ることができる。



図8 擬岩塗装 (左: 塗装前、右: 塗装後)

3. キャラクターペインティングに 用いられる塗料

3.1 キャラクターペインティング用塗料

2000年代前半、日本で大型テーマパークを建設する際にキャラクターペインティング用塗料の要求があった。しかし蛍光顔料メーカーであるシンロイヒ(株)で唯一の一般色屋外用途塗料「OLカラー」では、キャラクターペインティング特有の要求性能が満たせなかったため不採用となった。そこでキャラクターペインティングに特化した塗料「AGペイント」の開発を行った。

3.2 AGペイント

「OLカラー」が採用されなかった大きな理由として、アースカラーの耐候性、色わかれ性や貯蔵安定性など

が挙げられ、大幅な配合の見直しを行った。特に耐候性は重要な課題であり、耐候性改良に注力した。

・耐候性

エマルジョン樹脂の見直し

18色全ての色相で顔料の見直し(無機・有機、色の鮮明さ)

・色わかれ性、安定性

顔料の分散度、添加剤の見直し

3.3 改良品評価

耐候性を改良したAGペイントと他社(A社:海外品、B社:国内品)のキャラクターペインティング用塗料のサンシャインカーボンアーク灯式耐候性試験(以降はSWOMと記載)による試験前後の色差 ΔE を図9と図10に示す。

図9のベタ塗りの色差 ΔE は他社とあまり大きな差はないが、優位性がみられた。キャラクターペインティングの技法でよく用いられ、膜厚が非常に薄くなる図10のウォッシュでは、特に有機系の色相で他社より色差 ΔE が良い結果となった。

また、色わかれ性も改良されたことで、一部のテーマパークに採用されることとなった。

3.4 エイジングの塗装仕様

表1にペイントフィニッシュの代表的なエイジング塗装仕様例を示す。

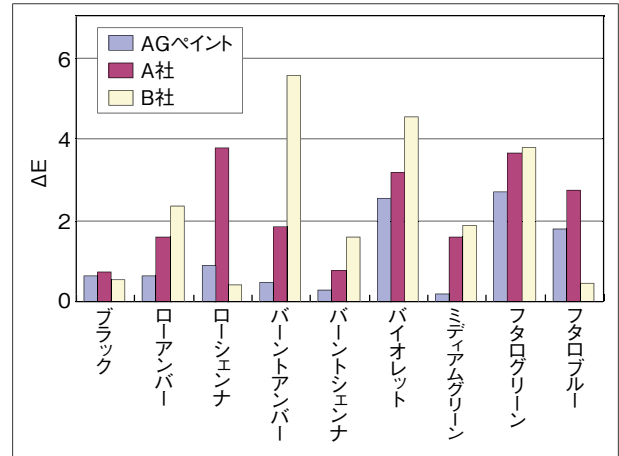


図9 ベタ塗りでのSWOM1000時間試験前後の各社色差比較

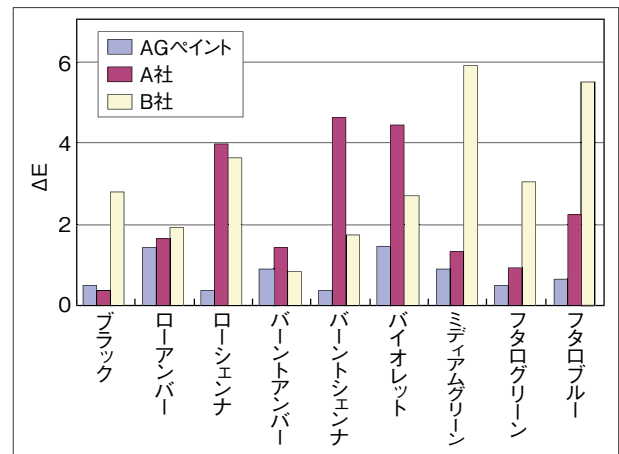


図10 ウォッシュでのSWOM1000時間試験前後の各社色差比較

表1 エイジング塗装仕様例(素地:コンクリート)

工程	商品名	塗回数	色相	希釈率(重量比)	塗装方法	標準使用量(kg/m ² /回)	塗装間隔(20°C)
素地調整	ゴミ、油脂などの付着物をサンドペーパー、ウエス、シンナーなどで除去し、乾燥した清浄な面とする。						乾燥後
シーラー	コンクリートシーラーW	1	透明ブルー	無希釈	刷毛 ローラー エアレス	0.10~0.12	2時間以上
ベースコート	テクアートカラー	2	指定色	0~10%	刷毛 ローラー エアレス	0.14~0.16	2時間以上
エイジング	テクアートカラー	1~2	指定色	40~60%	刷毛 ローラー	0.08~0.10	2時間以上
				90~110%	噴霧器		
クワイヤー	テクアートカラークワイヤー	1	つや有り つや消し	5~10%	刷毛 ローラー	0.10~0.13	2時間以上
				10~20%	エアレス		

4. テーマパーク以外への展開

AGペイントは、その後さらなる改良を加え、「テクアートカラー」として20色の色揃えで(図11)2007年にリニューアル発売した。JAPAN DIY SHOW などの展示会や東急ハンズで、ガーデニング用植木鉢へのスポンジングや木目を特殊な道具を使って簡単に描く実演を行った。その他にも外壁をレンガ模様に描いたり、FRPに様々な技法で塗装し擬岩を創るデモンストレーションも好評で、建築塗装分野などだけでなく一般ユーザーへも拡販が進んでいる。

5. おわりに

現在テクアートカラーは、テーマパークやアミューズメント施設ばかりでなく、一般住宅、店舗などのモルタル造形物に付加価値をつけるためにも多く用いられている。また、テーマパーク施設の塗装を経験した方々の口コミによりユーザーが増え、さらに近年のDIYブームの影響で女性を中心に新たなユーザーが徐々に増えている。

今後も一般塗装だけではなく特徴があるキャラクターペインティングの要求は増えると思われる、テクアートカラーの需要も高まると考えられる。

謝 辞

資料をご提供いただきましたムーススタジオ株式会社
 代表取締役 齋藤 睦様に心から感謝いたします。



図11 テクアートカラー色見本帳

粉体塗料の特長と市場動向

Characteristic and Market Trend of the Powder Coating



塗料事業部門 金属焼付塗料事業部
テクニカルサポートグループ
Coating Business Division,
Metal Baking Coatings Department,
Technical Support Group

心光 秀忠
Hidetada SHIMMITSU

1. はじめに

近年、VOC(Volatile Organic Compounds:揮発性有機化合物)排出抑制などによる環境保全や労働安全衛生法施行令労働安全衛生規則などが改正・施行され、GHS(Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals:化学品の分類および表示に関する世界調和システム)の表示など、人への健康を配慮した高品質な塗料提供が当たり前となってきた。このような状況下、特に環境配慮の観点から有機溶剤を含まない粉体塗料は水系塗料とともに、今最も注目されている塗料である。

粉体塗料は文字通り、粉体状の塗料であり、従来の溶剤形塗料にはない数々の特長を持った、人と地球に優しい焼付形塗料である。

本報では、このように注目されている粉体塗料の特長を中心に概論を述べ、今後の粉体塗料市場についての動向について解説する。

2. 粉体塗料の特長

一般的な粉体塗料の長所について下記の通り述べる。

<環境に優しく比較的安全>

- ・有機溶剤を使用しないので、大気汚染(VOC対策)、水質汚濁防止になり、人体への影響が無い。
- ・乾式の塗装ブースが使用できるため、水質汚濁やスラッジなど産業廃棄物の削減が可能。

<安定した高い品質>

- ・溶剤形塗料と比較して塗装機の自動化が容易で、塗装トラブルが少ない。
- ・塗装環境(温度・湿度)の影響を受けにくい。
- ・物理性能、耐食性、耐薬品性などに優れた強靱な塗膜性能を有する。

<経済的>

- ・塗装時、被塗物に付着しなかった塗料は、回収して再利用できるので塗料の有効使用率が高い。
- ・溶剤形塗料とは塗膜形成過程が異なるため、セッティングスペースが不要で高温短時間焼付が可能。そのため、省スペース・コンパクトにした塗装設備を設置できる。
- ・厚膜塗装が容易なため、溶剤形塗料のように何回も塗り重ねる必要がなく、塗装・焼付工程が少ない。

一方で、粉体であるが故、溶剤形塗料とは異なった短所もある。一般的な粉体塗料の短所を下記に示す。

- ・焼付温度が比較的高温で、塗装基材にも制約がある。塗装時の使用エネルギーが比較的高い。

- ・薄膜仕上げに限度がある(30 μ m以上必要)。
- ・ライン塗装での色替えに時間がかかる。
- ・複雑な工程や調色などに工数がかかるため、塗料の生産納期が長い。

これらの短所(課題)を克服していくことで、用途が広がり、さらなる粉体塗料市場の拡大を見込むことができる。

3. 粉体塗料の種類

粉体塗料は表1に示すように、大きく「熱可塑性」と「熱硬化性」の2種類に分けられる。前者は、塗装時に220 $^{\circ}$ C以上の温度で基材に付着している粉体塗料を溶融後、冷却固化して塗膜にするタイプであり、後者は熱により架橋反応させて塗膜にするタイプである。一般的に、前者は樹脂メーカーが、後者は塗料メーカーが提供している。

表1 粉体塗料の種類

粉体塗料の種類	具体例
熱可塑性粉体塗料	塩ビ粉体塗料 ポリエチレン粉体塗料 ナイロン粉体塗料
熱硬化性粉体塗料	エポキシ系粉体塗料 エポキシポリエステル系粉体塗料 ポリエステル系粉体塗料 ふっ素樹脂系粉体塗料

塗料メーカーが提供している熱硬化性粉体塗料について樹脂別に解説する。

3.1 エポキシ系粉体塗料

エポキシ系粉体塗料は、一般的にビスフェノールA型固形エポキシ樹脂を、ジシアンジアミドなどのアミン類や酸無水物およびフェノール樹脂などで反応硬化させるものである。本塗料樹脂系の特長として、優れた防食性、密着性および耐薬品性が挙げられる。しかし、耐候性が劣るため、埋設管の内外面や自動車の足回り部品など、紫外線の影響が少ない金属製品に使用されている。

3.2 エポキシポリエステル系粉体塗料

海外では「ハイブリッド粉体」と称されている粉体塗料で、エポキシ樹脂と酸末端ポリエステル樹脂を触媒下で反応させる。用途として、外観に優れたつや消し塗膜が形成できるため、意匠性を求める分野への使用が多い。しかし、エポキシ樹脂を使用しているため、前述同様耐候性に劣り、屋内用の鋼製家具や家電製品を中心に使用されている。

3.3 ポリエステル系粉体塗料

硬化剤の種類として、①ブロックイソシアネート、②TGIC(トリグリシジルイソシアヌレート)もしくは③HAA(β -ヒドロキシルキルアミド)を使用している粉体塗料であり、現在、日本国内では①ブロックイソシアネートを硬化剤としたタイプ(ウレタン硬化形)が主流である。しかし、(1)焼付工程で、硬化剤中のブロック剤が炉内に飛散してヤニや煙が発生する(2)硬化剤自体のブロック解離温度(反応開始温度)が170 $^{\circ}$ C前後と比較的高温を要するなどの課題がある。

そのため、160 $^{\circ}$ C前後で硬化し、飛散物質が水蒸気である③HAAへの転換が進んでいる。

硬化剤として②TGICを使用している粉体塗料は、日本国内では約1%であるが、欧州では長年使用されてきた。しかし、TGIC自体に皮膚への刺激(かぶれ)の危険性があるため、③HAAへの転換が進んでいる。

3.4 ふっ素樹脂系粉体塗料

溶剤形ふっ素樹脂塗料と同様に長期耐候性に優れ、建築物のLCC(ライフサイクルコスト)の削減および環境対応形塗料として現在注目の粉体塗料であるが、硬化剤はブロックイソシアネートを使用しており、ポリエステル樹脂系と類似の課題を有している。

その他、塗膜物性(密着性など)を向上した、ふっ素樹脂とポリエステル樹脂の両方を配合した「ふっ素樹脂/ポリエステルハイブリッド形粉体塗料」が開発、実用化され、近年注目されている。

4. 粉体塗料の製造方法

粉体塗料の製造方法は溶剤形塗料とは全く異なる。当然ではあるが、液状ではなく固体(粉体)であるため、溶剤形塗料の製造設備とは全く異なる専用の製造機械が使用されている。

現在、最も一般的な熔融混練法による製造方法の概略を図1に示し、個々の製造工程について解説する。

①原料の仕込み

樹脂・硬化剤・顔料・添加剤などを秤量し仕込む。

②予備混合

固体原料を高速攪拌機で予備混合し、各原料粒子の大きさを揃え、均一に分散する。この時、塗料の発色性がほぼ決定される。

③熔融混練

均一に混合された粉末状の原料を、熔融混練機(エクストルーダー)へ投入し、加熱(100~120°C)・加圧し、熔融状態で混練し、成分を均一に分散させる。

④冷却

熔融状態の半製品を冷却コンベア上(冷却ロール、冷却ベルト)でシート状に冷却固化する。

⑤粗粉碎

シート状に固化した半製品をクラッシャ(粗粉碎機)でペレット状(5~10mm)に粗粉碎する。

⑥微粉碎

ピンミルやハンマーミルなどの粉碎機で、ペレット状の

半製品を最適粒度へ微粉碎化する。

⑦分級

微粉碎された粉体塗料をサイクロンおよび分級機(振動ふるいなど)を用い、一定の粒度範囲(粒度分布)にそろえる。

⑧充填梱包

分級された粉体塗料を定められた梱包資材へ充填梱包し、製品として出荷する。

なお、倉庫内での保管・輸送時も高温・多湿状態では、粉体塗料粉末同士の融着・固着によりブロッキングが生じるため、冷却保管(30°C以下)が必須となる。

また、粉体塗料の調色は、一般的な液状塗料の様に調色原色を用いて混合調色する生産システムとは異なり、①原料の仕込み、②予備混合の時点で調色工程を完了させる必要があるため、前述したように工数がかかる。

5. 粉体塗料の塗装方法

粉体塗装は、工場ラインなどで行われる焼付形の工業塗装であり、屋内での塗装、焼付および成膜が基本である。粉体塗料の代表的な塗装方法は「吹き付け法」と「浸漬法」に分けられる。本報では、その中で最も代表的な2種類の静電吹き付け法(コロナ帯電式塗装法、摩擦帯電式(トリボ)塗装法)および流動浸漬塗装法についてそれぞれ解説する。

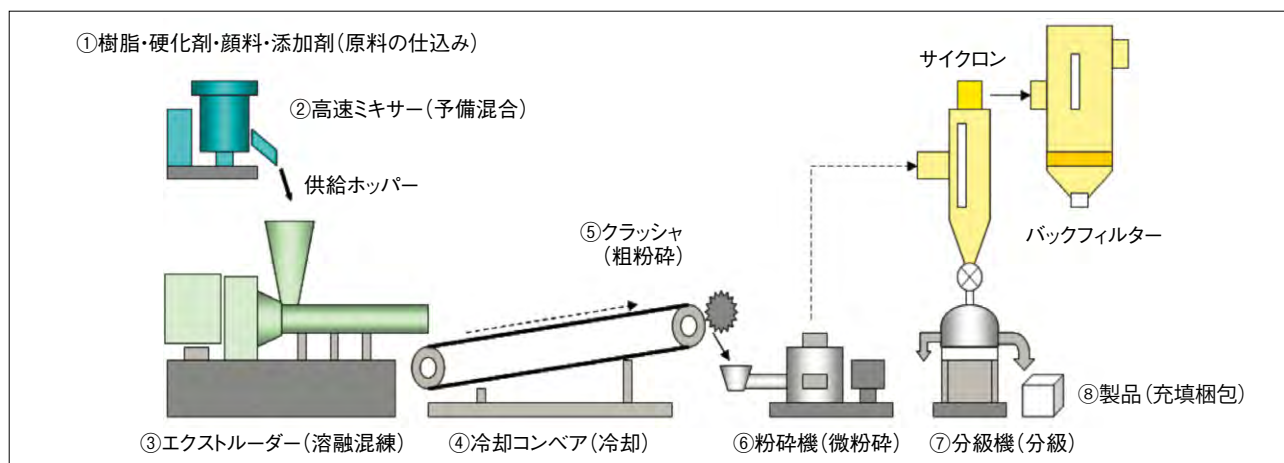


図1 粉体塗料の一般的な製造工程

5.1 コロナ帯電式塗装法

塗装機先端に高電圧(通常-50~-100kV)に印加したコロナピンで、ガン先から吐出する粉体塗料粒子を強制荷電(マイナス荷電)させ、アースされた被塗物へ電氣的に付着させた後、加熱して成膜させる塗装方法である(図2)。

この塗装方法は塗装ガンの構造が簡単で塗着効率がが高く、安定した膜厚も得られることから最も普及している塗装法である。これまで、本塗装方法の欠点として、凹部入り込み不良(ファラデーケージ効果)や静電反発(逆電離現象)があったが、状況に応じて荷電電流制御できる技術や塗装機のノズル形状の検討により、改善されつつある。

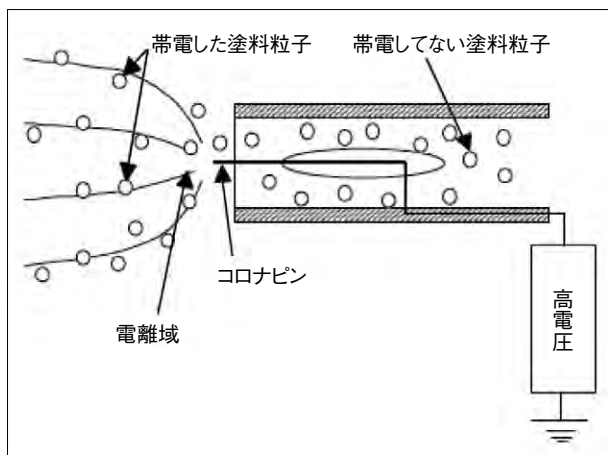


図2 コロナ帯電塗装法の構造

5.2 摩擦帯電式(トリボ)塗装法

本塗装方式は、コロナ帯電式塗装法のように、高電圧発生機やコロナピンを使用せず、塗装機内部の樹脂内壁とそこを通過する塗料粒子の接触摩擦で起こる電荷移動で塗料粒子を帯電させる(図3)。被塗物への塗着後は、コロナ帯電式塗装法と同様に加熱し溶解成膜させる。本塗装方法の特長は、コロナ帯電式塗装法のように静電界やフリーイオンが発生しないため凹部への塗着性が良く、複雑形状品への塗装や薄膜高外観を要求される用途に適している。

一方で、摩擦帯電しにくい塗料には不適である上、高温多湿な日本においては湿度の影響を受けやすいため

汎用性に劣るという欠点がある。

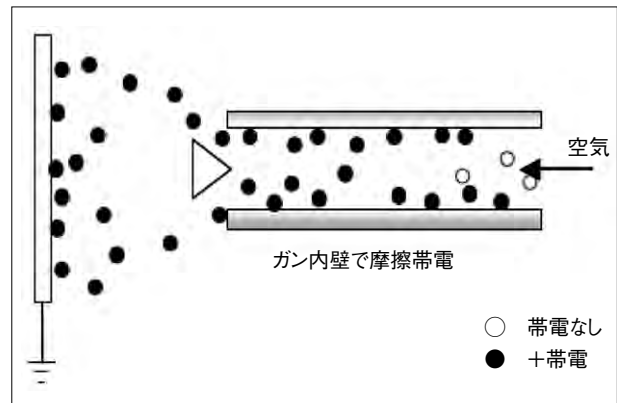


図3 摩擦帯電(トリボ)塗装法の構造

5.3 流動浸漬塗装法

底部に多孔板を持った流動タンク内に粉体塗料を入れ、エアーを下から吹き込み塗料を流動化させる。流動中のタンク内に予熱された被塗物を浸漬することで塗着させ、そのまま成膜させる塗装方法である(図4)。

予熱・流動浸漬塗装のため、被塗物の形状や大きさ・板厚などに制約を受けるが、200~1000μm程度の厚膜塗装が容易にできるため、水道用部品などの重防食分野で採用されている。

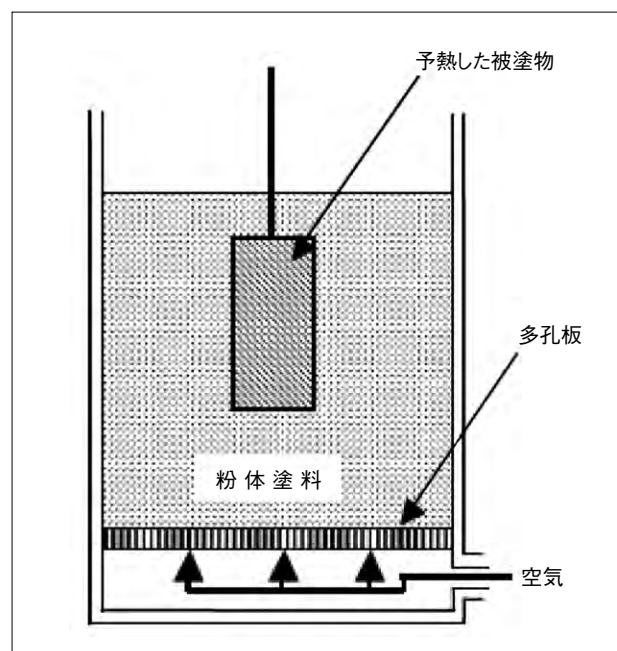


図4 流動浸漬塗装法の構造

6. 機能性粉体塗料

粉体塗料の適用分野の拡大に伴い、優れた機能性を持った粉体塗料も開発されている。主なものについて下記に示す。

6.1 低温硬化粉体塗料(LBシリーズ)

粉体塗料は一般的に溶剤形塗料よりも高温焼付けが必要であるため、より低温硬化を目指した粉体塗料が研究開発されている。

代表例としては、エポキシポリエステル系粉体塗料(140°C×20分(被塗物温度×保持時間))、ポリエステルウレタン系粉体塗料およびポリエステルHAA系粉体塗料(160°C×20分)が挙げられる。

6.2 抑発泡性粉体塗料(GFシリーズ)

どぶ漬亜鉛めっき鋼板やダイキャストおよび溶射板など、焼付塗装では発泡しやすい素材に対して開発されたもので、上記素材分野での適用が行われている。

6.3 エッジカバー性粉体塗料(ECシリーズ)

素材端面やバリ、角部分に対し、塗膜カバー性を飛躍的に向上させた粉体塗料で、1コートでエッジ部の被覆を向上させ防錆性に優れた塗膜を形成する。図5に

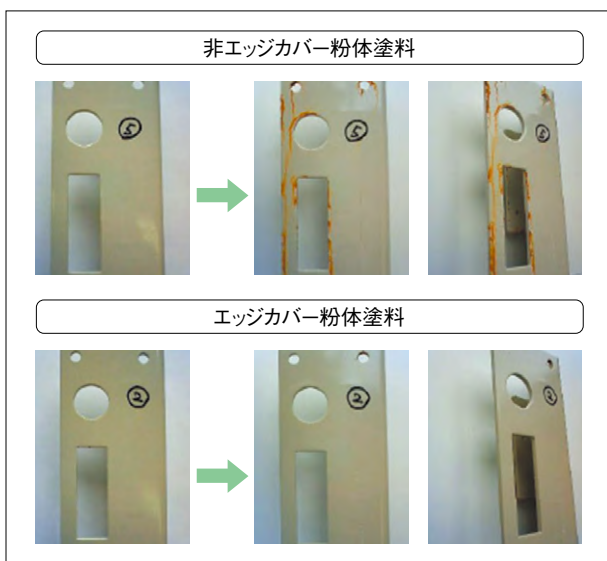


図5 エッジカバー性粉体塗料の発錆試験結果

示すように、耐中性塩水噴霧試験で基材エッジ部からの発錆を抑制することができる。

6.4 ボンディングメタリック粉体塗料

金属調塗膜が得られるメタリック粉体塗料製造方法としては、大きく分けて「ドライブレンド方法」と「ボンディング方法」がある。

前者は、ベース塗料となる粉体塗料と光輝顔料(アルミ顔料など)を単に混ぜ合わせただけであり、後者は、ベース塗料となる粉体塗料に光輝顔料を接着剤や熱により貼り付けた方法である。

ドライブレンド方法は安価であるが、静電塗装時に帯電特性の違いから、ベース塗料と光輝顔料の被塗物への塗着量が異なるため、未塗着の回収粉はベース塗料と光輝顔料の混合比が新粉と異なっている。よって回収粉使用時の仕上がり外観が、新粉使用時と大きく異なってしまうという欠点がある。

一方、ボンディング方法はその欠点をベース塗料に光輝顔料を貼り付ける技術で克服し、回収粉使用時も仕上がり外観に影響しない。

7. 粉体塗料の市場および今後の動向

粉体塗料が日本に紹介され40年以上が経過し、表2に示すように様々な分野にて使用されている。約20年前に耐食性を考慮したエポキシ系粉体塗料が自動車部品や水道管などに採用され、その5年後には屋内美装品を意識した分野(鋼製家具や家電製品など)へ適用が広まった。

そのさらに約5年後には、高耐候性ポリエステル系粉体塗料が開発され、ガードレールや信号機、自動販売機などへ採用された。その後、焼付温度の低温化が検討され、建機・産機などのように耐候性と肉厚部材への焼付けが必要とされる分野への適用が拡大していった。

さらに、より耐候性の必要なビル建材(カーテンウォール)分野への適用が本格化し、その本命として、ふっ素樹脂系粉体塗料が挙がっている。その期待対応年数

表2 粉体塗料の使用分野

使用分野	使用例
建築・建材	フェンス、門扉、手摺り、面格子、住宅鉄骨、シャッター、カーテンウォール、パーテーション、雨樋金具、鉄筋バー
電気・通信	レンジ、レンジフード、エアコン、冷蔵庫、洗濯機、暖房機、ミシン、冷凍ショーケース、照明器具、配電盤、発電機、モーター、電話機
自動車・車輛	ボディ、ワイパー、スプリング、ホイール、ブレーキドラム、ブレーキパッド、オイルフィルター、エンジンブロック、ルーフレール、ドライブシャフト、トラック荷台部分、電車内装ポール類
道路資材	ガードレール、ガードパイプ、橋梁手摺り、欄干、標識用ポール、信号機
水道・ガス資材	鋼管、鋳鉄管、異形管、ニップル、仕切弁、継ぎ手、ガス給湯器、水栓金具
鋼製家具	机、椅子、陳列棚、書架、ロッカー、業務用ワゴン、ベッド
建機・産機	パワーショベル、フォークリフト、FA機器、工作機械、ポンプ、農業機械
その他	医療機器、現像機、精密機器、IT機器、事務機、消火器、ガーデニング用品

は20年以上になり、粉体塗装もLCCを意識した超耐久性塗装仕様の時代がいよいよ始まると思われる。

日本国内での粉体塗料の出荷数量は2005年に3万t/年を超え、2015年は4.4万t/年に至っている。このように粉体塗料は溶剤形塗料の伸びを上回って僅かずつではあるが確実に伸びてきており、全塗料に対する割合は3.5%となっている(経済産業省統計調べ)。

一方、海外に目を向けると、欧州においては多くの国々が隣接しているというその地域性による環境保全意識から、高い成長率で伸び、全塗料に対する粉体塗料の割合は約4%強となっている。特にイタリアでは全塗料中約9%が粉体塗料である。

また、アジアにおいては2000年頃からの中国やインドなどの著しい成長の影響を受け、ここ20年で20倍の数量まで成長し、世界の粉体塗料消費の49%は既にアジアが占めている(2012年、PCI:北米パウダーコー

ティング協会調べ)。一部ではビル建材へのふっ素樹脂系粉体塗料の塗装も実施されており、日本の最新動向と極東地区動向がほぼ同じ動きとなってきた傾向がある。

8. おわりに

また、今後広がり契機となりそうなのが、2020年に開催される東京オリンピック・パラリンピックの関連施設への採用で、大規模施設の外装の塗装仕様に粉体塗料が候補に挙がっている。

この傾向は今後益々強くなると考えられ、粉体塗装もグローバル化がさらに進むものと考えられる。

参考文献

- 1) 塗料報知新聞社:粉体塗装技術要覧
第4版(日本パウダーコーティング協同組合)
- 2) (社)色材協会:第54回塗料入門講座講演集
(粉体塗料のはなし)
- 3) 日本パウダーコーティング協同組合ホームページ

新商品紹介-1

New Products

高性能水性シーラー
「マイティー万能水性シーラー」Waterborne High Performance Sealer
「Mighty Banno Susei Sealer」塗料事業部門
建築・構造物塗料事業部

「マイティー万能水性シーラー」は、溶剤形シーラーに匹敵する素地適性を水性で実現。コンクリート、モルタルなどの無機系素地をはじめ、木部、非鉄金属、住宅役物用FRPに適用でき、さらに鉄部にも塗装可能な防錆性を付与した商品である。

特長

- 無機系素地から非鉄金属、FRPまで付着する幅広い素地適性
- 防錆性を付与しているため、鉄部への適用も可能
- 旧塗膜の適性幅が広く、付着しにくい無機・光触媒コーティングの外壁材にも適用可能
- 脆弱な素材・旧塗膜の含浸補強性能に優れる
- 低VOCで低臭気
- 旧塗膜のリフティングの心配がない

用途

- 新設—無機系素材、金属系素材
- 塗り替え—建築物内外装、屋根

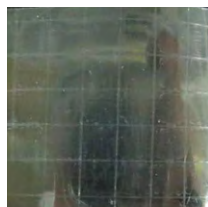
素地・旧塗膜適性の各種試験結果

1. 耐水性(23℃脱イオン水 7日間浸漬) 各素地適性・旧塗膜適性がある。

【素材:フレキシブルボード】



素材側

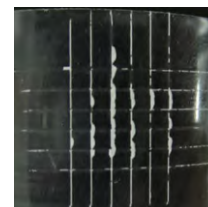


テープ側

【素材:カラートタン】



素材側



テープ側

【素材:アルミニウム】

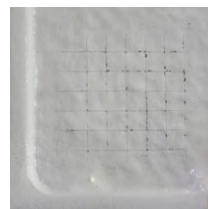


素材側



テープ側

【素材:アクリルシリコン仕上げサイディング材】



素材側



テープ側

2. 防錆性 (複合サイクル試験 36サイクル)

【マイティー万能水性シーラー 白】



【防錆性を有さない水性シーラー 白】



適用可能な素地

色相	無機系素材							サイディングボード				金属系素材				樹脂素材		各種木材⑦		
	コンクリート・モルタル	けい酸カルシウム板①	ALC②	プラスチックボード	押出成形板	新生屋根	GRC・PC板	磁器タイル・ホーロー	通常塗装板	ふっ素塗装板	無機系コーティング	光触媒コーティング③	鉄部	カラーコートタン④	アルミニウム	電気亜鉛めっき鋼板⑤	ガルバリウム鋼板		硬質塩ビ樹脂	FRP⑥
白	○	×	○	○	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
クリアー	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	△	×	×	○	×	○	○	○	○

①けい酸カルシウム板へ塗装する場合、1回塗装し、研磨を行った後、2回目の塗装を行うと仕上がり外観が向上します。②ALC板は、弾性フィラー・袖元5号Sなど、下地調整材で巣穴を埋めた後、塗装を行って下さい。③光触媒コーティングへのクリアーは塗装可能ですが、紫外線透過の面から、白を推奨します。④新品のカラーコートタンには塗装しないで下さい。⑤溶融亜鉛めっきには塗装しないで下さい。⑥FRPは硬質材のみです。FRP防水材には塗装しないで下さい。⑦新設木材は、ヤニを削り取り、電気ゴテ焼を行った後、溶剤で拭き取ってから塗装を行って下さい。

代表的な推奨上塗塗料

	塗料名
弱溶剤形	・DNTシリコンスマイルクリーン ・DNTウレタンスマイルクリーン ・リフレッシュシリコンEXTRA ・Vフロン#200スマイル
水系	・水性リフレッシュシリコン ・エコクールアクアSi ・DNTビューシリーズ ・ハイライトシリーズ ・水性ビルデッキシリーズ

標準塗装仕様

工程		商品名	塗装方法	希釈率(%) (重量比)	塗装回数	標準使用量 (kg / m ² / 回)	塗装間隔 (20℃)
1	素地 ごしらえ	無機 金属	ワイヤブラシやサンドペーパーなどを用いて、汚れや付着物を除去する。				
	下地調整	無機 金属	サンドペーパーや電動工具などを用いて、目粗し及び汚れや付着物を除去する。				
2	下塗り	マイティー万能水性シーラー 白 (又は)	刷毛・ローラー	0~10	1~2※1	0.10~0.12	4時間以上※3
			エアレス	0~20		0.12~0.15	
		マイティー万能水性シーラー クリアー	刷毛・ローラー	0~10	1~2※2	0.10~0.12	
			エアレス	0~20		0.12~0.15	
3	完全水系上塗り仕様	【新生屋根】 水性リフレッシュシリコン 【外壁・鉄部】 DNT ビューシリコン 【遮熱】 エコクールアクアSi	各種上塗塗料の塗装基準に準ずる。				
	弱溶剤系上塗り仕様	【新生屋根】 リフレッシュシリコンEXTRA 【外壁・鉄部】 DNT シリコンスマイルクリーン 【遮熱】 エコクールマイルドSi					

※1 さびの発生が著しい場合は、素地調整後、下塗りを2回塗装して下さい。

※2 吸い込みが激しい素地の場合は、下塗りを2回塗装して下さい。

※3 上塗塗料が弱溶剤系の場合の塗装間隔は、16時間以上です。

塗布形素地調整軽減剤 「サビシャット」

Application-type Surface Preparation Agent
「SABI SHUT」

塗料事業部門
建築・構造物塗料事業部

防食塗装を施すうえで最も重要な素地調整は、「削る」という作業により粉塵や騒音などの課題があり、また労力も大きい。これらを軽減したいという要望のもと、人と環境に優しい工法が求められている。当社ではそれらの要求に応え、これまでの物理的な素地調整法を不要ないしは軽減できる塗布形素地調整軽減剤「サビシャット」を提案している。

国土交通省の新技术登録情報システム(NETIS)において、平成27年度の推奨技術として選定された本商品の有用性を紹介する。

特長

1. 粉塵や騒音発生を低減

清掃ケレン程度の素地調整で、従来の2種ケレンと同等以上の下地を形成

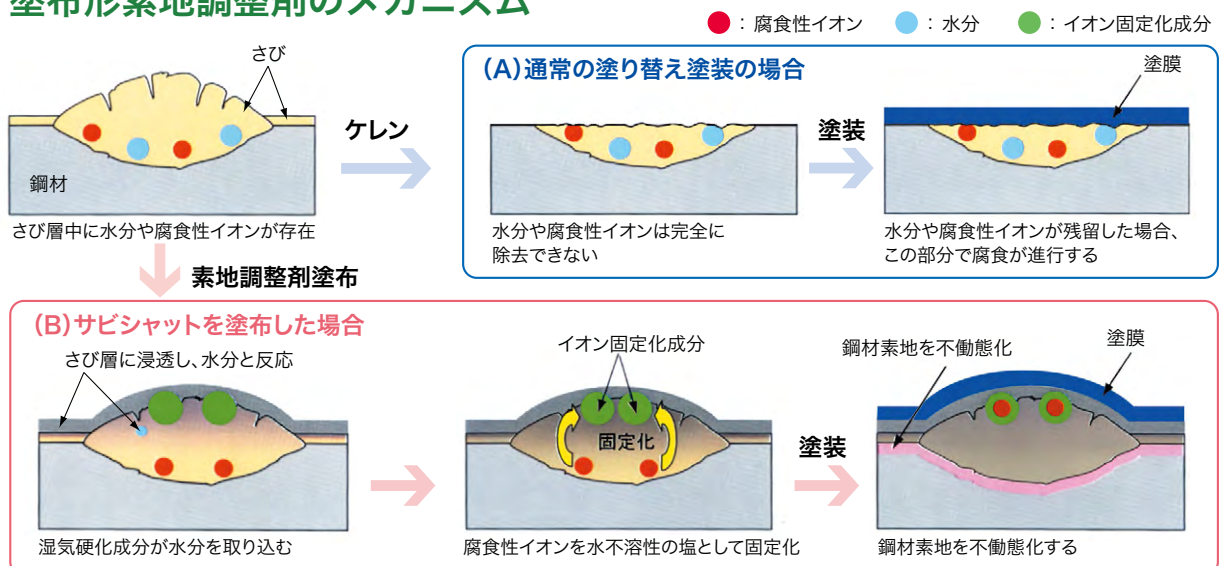
2. 高い信頼性

- 国土交通省の新技术情報提供システム(NETIS)に登録されている
- 1000件以上の採用実績がある

3. NETIS平成27年度推奨技術に選定

推奨技術を活用することで、工事成績評定点の更なる加点対象となる

塗布形素地調整剤のメカニズム



推奨適用箇所

- 素地調整困難箇所
 (ボルト継手部、溶接部、桁端部、狭陰部など)
- 環境上の制約場所
 (火花を発生できない化学工場、病院周辺など)



サビシャットの効果(防錆性の向上)

さび鋼板を条件①～③で作成し、塩水噴霧試験2500時間の防錆性試験を行った結果、②のサビシャットを塗布した場合、防錆性の向上が確認できる。

	条件①	条件②	条件③
素地調整	ISO-St3	清掃ケレン	清掃ケレン
素地調整剤	—	サビシャット(0.10kg/m ²)	—
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料(50μm)		
評価結果 (塩水噴霧試験 2500時間)			
	一般部：発錆なし	一般部：発錆なし	一般部：著しい発錆
	カット部：膨れなし	カット部：膨れなし	カット部：著しい膨れ

性状

項目		内容			
容姿		二液性			
色相		乳褐色			
密度 (23℃)	塗料	1.08			
	揮発分	0.87			
加熱残分		55%			
乾燥時間	温度	5℃	20℃	30℃	
	指触	2時間	1.5時間	1時間	
	半硬化	5時間	3時間	2時間	

塗布基準

項目		内容			
下地処理		4種ケレン(浮きさび・塵埃・付着物などをマジクロン・ダスター刷毛・皮スキなどで除去する。)			
塗布方法	塗布方法	刷毛・ローラー			
	標準使用量	0.10kg/m ² /回			
	標準膜厚	—			
塗装間隔	温度	5℃	20℃	30℃	
	最小	5時間	3時間	2時間	
	最大	3日	3日	3日	

塗装仕様例(省工程仕様)

工程	商品名	標準使用量 (kg/m ² /回)	標準膜厚 (μm/回)	塗装間隔 (20℃)
素地調整	4種ケレン(清掃ケレン) (浮きさび・塵埃・付着物などをマジクロン・ダスター刷毛・皮スキなどで除去する。)			4時間以内
素地調整剤	サビシャット	0.10	—	3時間以上 3日以内
補修	Vグラン下塗	(0.15)	(50)	4時間以上 1ヶ月以内
下塗り	Vグラン下塗	0.15	50	4時間以上 1ヶ月以内
上塗り	Vシリコンスーパー	0.24	80	—

新商品紹介-3

New Products

環境対応焼付形アクリル樹脂塗料 標準焼付タイプ「NEWアクローゼ」 低温焼付タイプ「NEWアクローゼLB」

Environment-Friendly Baking Acrylic Resin Paint

「NEW ACLOSE」Medium Temperature Type

「NEW ACLOSE LB」Low Temperature Type

塗料事業部門
金属焼付塗料事業部

近年、特定化学物質障害予防規則(以下、特化則)の改正が行われるなど、塗料・塗装を取り巻く環境では厳しい化学物質の管理が求められている。

このような背景から、最新の特化則に対応するとともに、ハイソリッド化や塗着効率を高めることで、さらなる環境対応へと進化させた焼付形アクリル樹脂塗料「NEWアクローゼ」を上市した。

特長

環境対応商品

特定化学物質使用量の報告が不要(H27.11.1改正内容)

- ハイソリッド、ホルムアルデヒド放散等級『F☆☆☆☆』相当
- 非トルエン、キシレン

抜群の塗装作業性

アクローゼ#6000(従来品)と比較し、

- 静電塗装適正に優れる
- 塗着効率が良く、膜厚付与性が高い

高級な仕上がり外観

- 肉持ち感に優れ、高級な仕上がり

商品体系

NEWアクローゼ	NEWアクローゼLB
標準(中温)焼付タイプ	低温焼付タイプ

塗装作業性

静電塗装適正の向上・ハイソリッド化により塗着効率に優れ、タレにくくなっているため、従来品と比較し塗装作業性が優れている。

塗料名	NEWアクローゼ	アクローゼ#6000(従来品)
タレ限界膜厚	42 μ m(dry)	30 μ m(dry)
	<p>厚(50μm) ← 膜厚 → 薄(20μm)</p>	<p>厚(50μm) ← 膜厚 → 薄(20μm)</p>

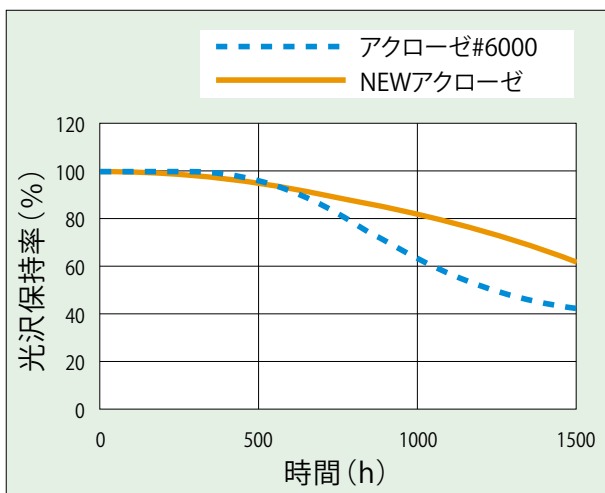
塗膜性能例

試験項目		NEWアクローゼ	NEWアクローゼLB
塗装工程		1コート1ベーク	
素材		SPCC-SD (りん酸亜鉛処理鋼板)	
塗装 (エアスプレー)	標準膜厚	20~30 μ m	20~30 μ m
塗色		白	
セッティング		10分以上 (室温)	
標準焼付温度 (被塗物表面温度)		150 $^{\circ}$ C \times 20分	130 $^{\circ}$ C \times 20分
鏡面光沢度 (60 $^{\circ}$) [*]		85以上	85以上
耐カッピング性 [*]		5mm以上	4mm以上
引っかき硬度 (鉛筆法) [*]		2H	2H
付着性 (クロスカット法) [*]		分類1以下	分類1以下
耐液体性 [*]	耐アルカリ性 5%炭酸ソーダ 40 $^{\circ}$ C	48時間異常なし	48時間異常なし
	耐酸性 5%硫酸 23 $^{\circ}$ C	48時間異常なし	48時間異常なし
耐中性塩水噴霧性 [*]	5%食塩水噴霧 35 $^{\circ}$ C	240時間異常なし	240時間異常なし
耐湿性 (連続結露法) [*] 50 $^{\circ}$ C 95%RH以上		240時間異常なし	240時間異常なし
促進耐候性 サンシャインカーボンアーク灯式耐候性試験		600時間 異常なし	600時間 異常なし

* JIS K-5600

促進耐候性試験結果

上記「塗膜性能例」記載条件で作製した塗装板を用いて促進耐候性試験(サンシャインカーボンアーク灯式耐候性試験)を実施した結果、従来品と比較して良好な試験結果が得られている。



耐中性塩水噴霧性試験結果

「塗膜性能例」記載条件で作製した塗装板を用いて耐中性塩水噴霧性試験を実施した結果、従来品と比較して耐食性において良好な結果を示している。



新商品紹介-4

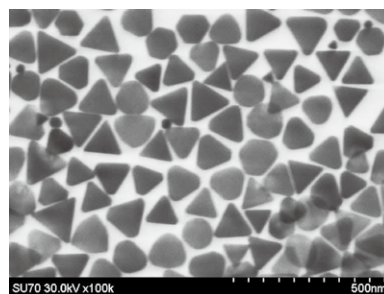
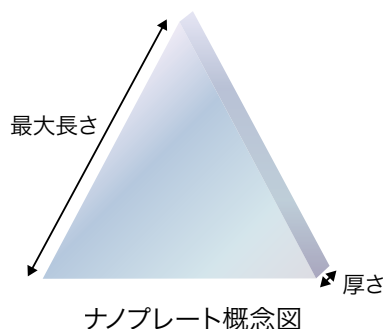
New Products

貴金属ナノプレート水分散液 「Au-WPLCシリーズ」「Ag-WSシリーズ」

Noble Metal Nanoplates Dispersion
「Au-WPLC Series」「Ag-WS Series」

スペシャリティ事業部門
新事業創出室

自由電子を持つ貴金属(金や銀)のナノ粒子は、自由電子に由来する局在表面プラズモン共鳴(Localized Surface Plasmon Resonance: LSPR)という光学的特性を示し、特定の光と相互作用して鮮やかに着色する性質を持つ。また、貴金属ナノプレートのLSPRは、粒子サイズとアスペクト比(最大長さ/厚さ)により、調整することができる。アスペクト比が大きくなると、LSPRに由来する吸収は可視領域から近赤外領域へと長波長側にシフトする。



銀ナノプレートの電子顕微鏡写真

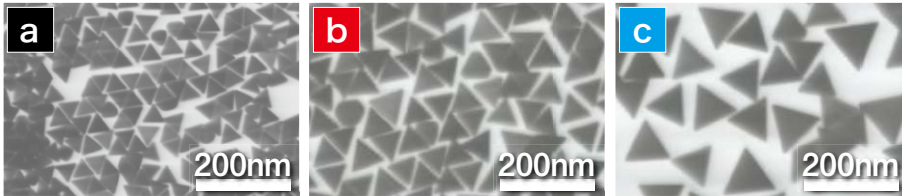
商品体系と特長

商品名	特長
金ナノプレート水分散液 「Au-WPLCシリーズ」	<ol style="list-style-type: none"> 鮮やかな青色 600~700nmのLSPRによりシャープな吸収スペクトルを示し、鮮やかな青色を呈する 高い安定性 金由来の高い化学的安定性
銀ナノプレート水分散液 「Ag-WSシリーズ」	<ol style="list-style-type: none"> 吸収波長域を幅広く調整可能 可視領域から近赤外域の幅広い波長域において、シャープな吸収スペクトルを示し、鮮やかに呈色する マルチカラー対応の新規色材 LSPRで再現した三原色(シアン:C、マゼンタ:M、イエロー:Y)を組み合わせることでマルチカラー対応が可能

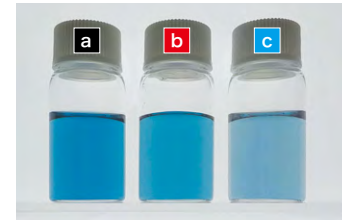
用途

色材、検査キット用呈色材

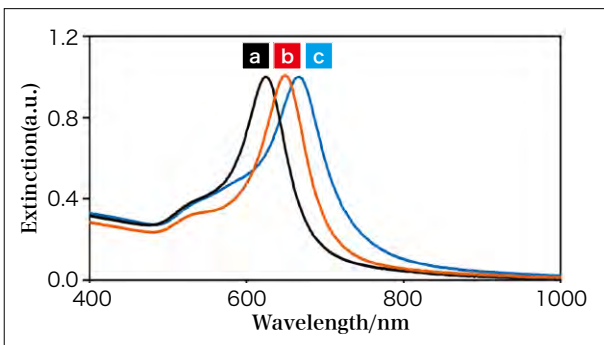
金ナノプレート水分散液「Au-WPLCシリーズ」



金ナノプレートの電子顕微鏡写真
(平面部平均長さa:40nm、b:65nm、c:100nm)

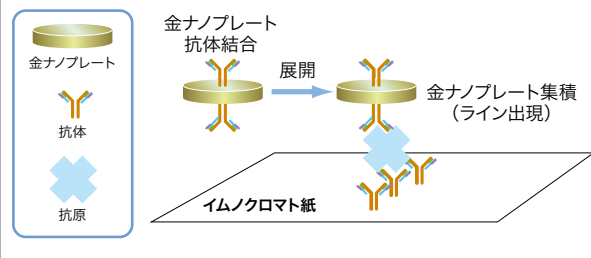


水分散液の色調



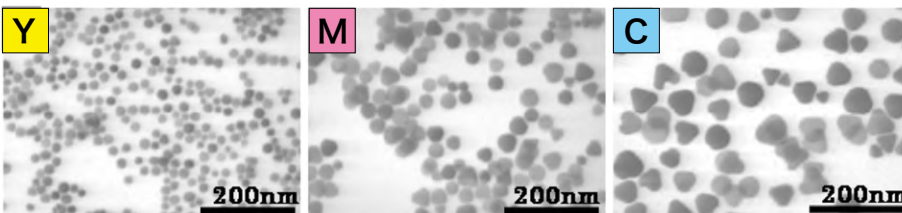
金ナノプレート水分散液の分光特性
(620nm~680nmの領域で最大吸収波長を示す)

イムノクロマト試験概略図

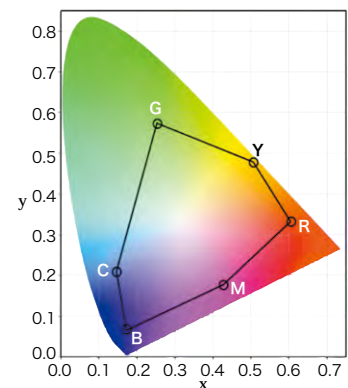


金ナノプレートを検査キット用呈色材とした、
イムノクロマト試験の概略図

銀ナノプレート水分散液「Ag-WSシリーズ」



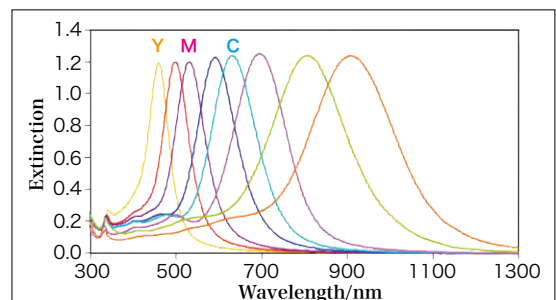
電子顕微鏡写真
(平面部平均長さY:20nm、M:30nm、C:50nm)



水分散液のCIE1931xy色度図



水分散液の外観
(R、B、G、BLは混合液。
R:Y&M、B:M&C、G:Y&C、BL:Y&M&C)



銀ナノプレート水分散液の分光特性

学協会研究発表・技術講演・論文投稿者名と発表タイトル(2015.7～2016.6)

大日本塗料は各種学協会に参加し、積極的に研究発表を行っています。
ここに2015年7月から2016年6月までの主な講演・発表内容を紹介します。

投稿リスト 2015年7月～2016年6月

(発行順)

氏名	発表テーマ	発表先/投稿紙名	団体・協会・新聞・出版
佐野 秀二	防食塗装システムに関する国際規格の紹介	「色材協会誌」2015年8月号	(一社)色材協会
岩瀬 嘉之	住宅環境における塗装鋼板の耐食性	住宅環境における腐食分科会総覧II	(公社)腐食防食学会
山内 健一郎	橋梁	月刊技術誌「防錆管理」 2015年10月号	(一社)日本防錆技術協会
北川 将司	ポリエステルとふっ素樹脂からなる混合粉体塗膜の耐久性評価	「塗装工学」2015年10月号	日本塗装技術協会
堀田 裕貴	カレントインタラプタ法による屋外暴露塗膜の耐久性評価	月刊「塗装技術」2015年12月号	(株)理工出版社
松本 剛司	重防食塗料システムの長期耐久性と水性重防食塗料の応用展開	月刊誌「JETI」2015年12月号	(株)ジェティ
堀田 裕貴	耐候性鋼用保護性さび形成促進処理剤	月刊「配管技術」2016年2月号	日本工業出版(株)
木口 忠広	二層分離形粉体塗料の開発	「塗装工学」2016年2月号	日本塗装技術協会
木口 忠広	二層分離形粉体塗料の開発	月刊技術誌「防錆管理」 2016年3月号	(一社)日本防錆技術協会
溝口 大剛 宮澤 雄太	異方性貴金属ナノ粒子の合成と応用	「色材協会誌」2016年4月号	(一社)色材協会
増田 清人	防錆・防食塗料の開発動向と今後の展開	月刊「塗装技術」 2016年5月号 別冊	(株)理工出版社
清水 悠平	塗膜形成過程における施工条件が防食性に及ぼす影響	月刊誌「JETI」2016年6月号	(株)ジェティ

口頭発表リスト 2015年7月～2016年6月

(発表順)

氏名	発表テーマ	発表先/投稿紙名	団体・協会・新聞・出版
岩瀬 嘉之	高付着塩分量の耐候性鋼材素地面における腐食性イオン固定化剤入り有機ジンクリッチペイントの有効性評価	防錆防食技術発表大会	(一社)日本防錆技術協会
吉岡 環	環境色彩とグッド・ペインティング・カラー	環境色彩提案セミナー	(一社)日本塗料工業会
宮脇 ひろみ	グッド・ペインティング・カラー 改修部門最優秀賞「里美大橋のカラープランニング」	環境色彩提案セミナー	(一社)日本塗料工業会
楠戸 博貴 桑原 幹雄	水系さび止め塗料を塗装した鉄骨の屋外暴露1年後の上塗り適正	日本建築学会大会 学術講演会	(一社)日本建築学会
桑原 幹雄	水系塗料で塗り替えした機械式駐車設備の外観評価	日本建築学会大会 学術講演会	(一社)日本建築学会
北川 将司	アルミニウム顔料を混合した二層分離形粉体塗膜の耐候性評価	日本建築学会大会 学術講演会	(一社)日本建築学会
田邊 康孝 宮下 剛	ステンレス鋼用塗料	第8回腐食防食セミナー	(公社)腐食防食学会
木口 忠広	二層分離粉体塗料の開発	2015年度色材研究発表大会 技術賞受賞講演	(一社)色材協会
木口 忠広	二層分離形複合樹脂粉体塗料とアルミニウム顔料を混合した硬化塗膜の耐候性評価	日本建築仕上学会大会 2015年大会	(一社)日本建築仕上学会
北川 将司	二層分離形複合樹脂粉体塗料の信号機枠材に対する適用性評価	日本建築仕上学会大会 2015年大会	(一社)日本建築仕上学会
岩瀬 嘉之	各種鋼橋防食工の補修塗装に関する検討(3)	第38回鉄構塗装技術討論会	(一社)日本鋼構造協会
岩瀬 嘉之	DEGRADATION OF COATING SYSTEMS EXPOSED AT TROPICAL ATMOSPHERIC STATIONS	2ND INTERNATIONAL WORKSHOP ON CORROSION AND PROTECTION OF MATERIALS	INSTITUTE FOR TROPICAL TECHNOLOGY
岩瀬 嘉之 増田 清人	塗膜の劣化判定における電気化学的手法の有効性の評価	第62回材料と環境討論会	(公社)腐食防食学会
増田 清人 堀田 裕貴 佐野 秀二 岩瀬 嘉之 田邊 弘往	Weathering resistance of environmental friendly protective coating systems exposed at tropical sites.	CORCON	NACE
櫻田 将至	高日射反射率塗料の最新動向について	表面技術協会 第133回講演大会	(一社)表面技術協会
宮澤 雄太	診断薬用微粒子: マルチカラー金属ナノ粒子の新たな展開	MEDTEC JAPAN 2016 最新技術フォーラム	MEDTEC

DNT 大日本塗料株式会社

本社 ☎06-6466-6661 〒554-0012 大阪市此花区西九条6-1-124
 大阪事業所 ☎06-6466-6661 〒554-0012 大阪市此花区西九条6-1-124
 那須事業所 ☎0287-29-1611 〒324-8516 大田原市下石上1382-12
 小牧事業所 ☎0568-72-4141 〒485-8516 小牧市大字三ッ淵字西ノ門878
 相模製造所 ☎046-246-1361 〒243-0801 厚木市上依知1043
 滋賀製造所 ☎0748-77-5428 〒520-3114 滋賀県湖南市石部口3-3-1
 東京営業本部 ☎03-5710-4501 〒144-0052 東京都大田区蒲田5-13-23(TOKYU REIT 蒲田ビル)

●東日本販売部

東京営業所 ☎03-5710-4501 〒144-0052 東京都大田区蒲田5-13-23(TOKYU REIT 蒲田ビル)
 札幌営業所 ☎011-822-1661 〒003-0012 札幌市白石区中央二条1-5-1
 仙台営業所 ☎022-236-1020 〒983-0034 仙台市宮城野区扇町5-6-20
 北関東営業所 ☎0285-24-0123 〒323-0025 小山市城山町2-10-14(日光堂ビル)
 埼玉営業所 ☎048-601-0711 〒330-0843 さいたま市大宮区吉敷町4-261-1
 新潟営業所 ☎025-244-7890 〒950-0912 新潟市中央区南笹口1-1-54(日生南笹口ビル)
 千葉営業所 ☎043-225-1721 〒260-0015 千葉市中央区富士見2-7-5(富士見ハイネスビル)
 神奈川営業所 ☎046-246-1362 〒243-0801 厚木市上依知1043
 静岡営業所 ☎054-254-5341 〒420-0857 静岡市葵区御幸町8(静岡三菱ビル)

●西日本販売部

大阪営業所 ☎06-6466-6618 〒554-0012 大阪市此花区西九条6-1-124
 名古屋営業所 ☎052-332-1701 〒460-0022 名古屋市中区金山1-12-14(金山総合ビル)
 富山営業所 ☎076-451-9470 〒930-0997 富山市新庄北町5-1
 京滋営業所 ☎075-595-7761 〒607-8085 京都市山科区竹鼻ノ前町46-1(三井生命京都山科ビル)
 神戸営業所 ☎078-362-0091 〒650-0025 神戸市中央区相生町1-2-1(東成ビル)
 岡山営業所 ☎086-255-0151 〒700-0034 岡山市北区高柳東町13-5
 広島営業所 ☎082-286-2811 〒732-0802 広島市南区大州3-4-1
 高松営業所 ☎087-869-2585 〒761-8075 高松市多肥下町1511-1(サンフラワー通り東ビルIビル)
 福岡営業所 ☎092-938-8222 〒811-2317 福岡県糟屋郡粕屋町長者原東3-10-5
 長崎営業所 ☎095-824-3457 〒850-0033 長崎市万才町3-4(長崎ビル)

●フリーダイヤル

塗料相談室フリーダイヤル 0120-98-1716 いーないる

ハロービュー事務局フリーダイヤル 0120-95-8616 ハローーいる

<http://www.dnt.co.jp/>

●表紙について

DNT及びDEVELOP(開発する)の「D」に未来の光をイメージしてデザインしました。

DNTコーティング技報 No.16

- 発行日 2016年10月10日
- 発行人 小島 英嗣
- 発行 大日本塗料株式会社 管理本部 総務部
- 編集 同 技術開発部門 技術企画室
TEL 06-6466-6644

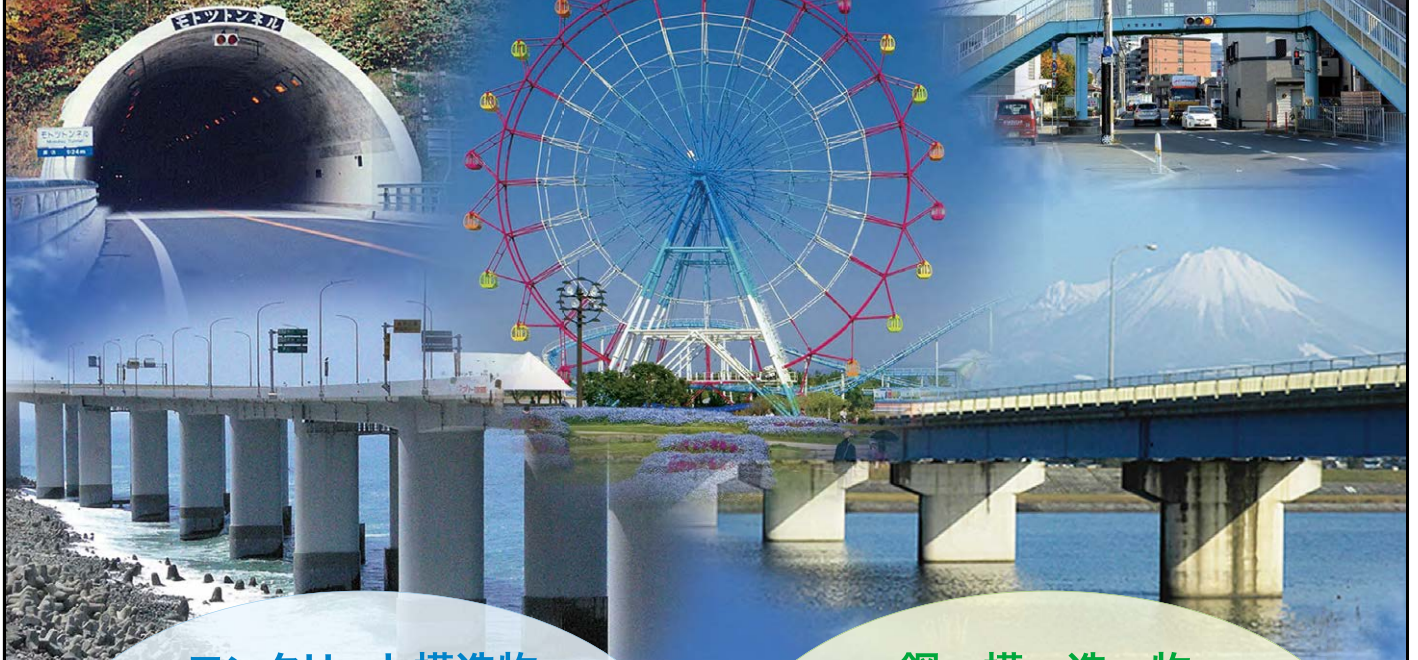
禁無断転載

DNT重防食塗料

NETIS 登録

(国土交通省 新技術情報提供システム)

商品シリーズ



コンクリート構造物

NETIS 登録番号 CG-120004-A

浸透性吸水防止システム
シラン・シロキサン系表面含浸材



レジノーク Type1

NETIS 登録番号 CB-120014-A

水性無機系コンクリート片はく落防止システム

VFRM-トンネル内装システム

NETIS 登録番号 KT-120079-A

多機能付与形コンクリート保護



レジガード SD 工法

鋼構造物

NETIS登録番号 KT-060143-VE

さびを固めて安定化

特許商品

塗布形素地調整軽減剤

サビシャット

平成27年度

推奨技術

新技術活用システム検討会議
(国土交通省)

NETIS 登録番号 KK-130038-A

防食下地(ジンクリッチペイント)から上塗りまで、
すべて水性

DNT水性重防食システム

水性ポリウレタンシステム

水性ふっ素システム

NETIS 登録番号 CG-150007-A

環境に優しい超耐久性塗装システム

VフロンHBシリーズ

厚膜形ふっ素樹脂塗料

超耐候性

環境対応

省工程

厚膜性



・・・彩りに優しさをそえて・・・
未来へつなぐ

DNT

DAI NIPPON TORYO

大日本塗料株式会社

●大阪 ☎06-6466-6626 ●東京 ☎03-5710-4502
●名古屋 ☎052-332-1701 <http://www.dnt.co.jp/>
塗料相談室フリーダイヤル 0120-98-1716

DNT

DAI NIPPON TORYO

大日本塗料株式会社

<http://www.dnt.co.jp/>



地球環境への負荷軽減のために、
植物油インキを使用しています。