

# DNTコーティング技報

DNT Technical Report on Coatings

No.13

2013年10月発行

DAI NIPPON TORYO

# DNTコーティング技報 No.13

## CONTENTS

- 環境に配慮した革新的な現状課題解決技術を探求し、社会に貢献 …… 1
- 技術報文(Technical Reports)
  1. 送電鉄塔用一液形、1コート仕上げ塗料の開発 …… 2～7  
Development of One-Component and One Finishing Coat for the Transmisson Steel Tower
  2. ポリシロキサン自己支持膜のクラックに対するUV光の影響 …… 8～16  
Effect of Ultraviolet Light Irradiation on Cracking of Polysiloxane Free-standing Films
  3. 油性さび止めペイントの屋外暴露による防錆性評価 …… 17～21  
The Evaluation of Anticorrosive Properties for Oil Based Corrosion Resistance Paint by Weathering Test
- 技術解説(Technical Reviews)
  1. ふっ素樹脂塗料の耐久性と厚膜形ふっ素樹脂塗料 …… 22～27  
Durability of Fluorocarbon Polymer Coating and Design of that High Build Type
  2. 蛍光色のカラーユニバーサルデザイン …… 28～34  
Color Universal Design for Fluorescent Color Application
  3. 水道用塗覆装鋼管の長寿命化への動向 …… 35～40  
Trend to Long Service Life of Coated Steel Pipes for Water Service
  4. 耐チップング性に優れた樹脂クロムめっき用塗装システムの開発 …… 41～45  
Development of Anti-Chipping Coating System for Chrome-Plated Resin Products
- 新商品紹介(New Products)
  1. 塗膜診断・塗り替え仕様選定システム「DNT塗膜診断システム」 …… 46～47  
Coating Film Examination「DNT Original Method for Selection of Coating Maintenance System」
  2. 鉛・クロムフリー水性さび止め塗料「水性グリーンボージェイ 速乾」 …… 48～49  
Waterborne Lead-Free, Chromium-Free Anticorrosion Paint「Susei Green Bosei Quick Drying」
  3. 弱溶剤形二液エポキシ樹脂シーラー  
「マイティー万能エポシーラー」 …… 50～51  
Mild Solvent Thinnable 2-Component Epoxy Resin Sealer「Mighty Banno Epoxy Sealer」
  4. ヤニの出ない屋外用HAA硬化形ポリエステル粉体塗料  
「V-PET#6000SW」 …… 52～53  
Non Fume Exterior HAA Cured Polyester Powder Coating Paint「V-PET#6000SW」
  5. 環境配慮型高性能一液ベースコートシステム  
「Auto D-1 Base HS」「Auto ブレインクリアーEX」 …… 54～55  
Environment-Friendly High Performance One Component Base Coat System「Auto D-1 Base HS」「Auto BRAIN CLEAR EX」
- 学協会発表者名と発表タイトル(2012.10.1～2013.9.30) …… 56～57

## 環境に配慮した革新的な 現状課題解決技術を探求し、社会に貢献



執行役員 技術開発部門副部門長

室内 聖人

DNTコーティング技報No.13の発刊にあたり一言ご挨拶申し上げます。  
本報は発刊より「環境」・「新機能」をキーワードに社会貢献に繋がる新技術の紹介、市場ニーズに即した新商品の紹介を行って参りました。

これらの技術は現在、日本を取り巻く多くの課題の解決に役立つものと考えています。例えば、生活環境の大きな課題として道路、橋、トンネルおよび上下水道等の社会インフラ老朽化や地球環境保護等が挙げられます。社会インフラ老朽化の課題は、社会インフラが一斉に整備された1960年代当時に建設された多くが、それらの耐用年数の50年を越え、補修・更新の時期を迎え老朽化に伴う事故の急増することによるものですが、当社では本課題解決として、各施設への適切な補修材料の開発・提供を科学的なアプローチとして行っています。また、社会インフラ維持管理業務の効率化の一つとして、鋼構造物の塗膜健全度および塗膜下金属の腐食状態を診断する事業を開始し、最適な塗り替え時期や塗装仕様をご提案しています。本手法は、当社が長年研究・開発してきた電気化学的測定法の一つである「カレントインタラプタ法」を用いており、腐食の状態を非破壊で迅速かつ正確に測定できるその信頼性の高さから、平成24年10月に国際基準である「ISO 13129」に認証登録されました。

地球環境保護として当社では、より安全で性能・機能を向上させた水性ジンクリッチペイントから水性上塗塗料までの「水性重防食塗料システム」のご提供も可能としました。また、ライフサイクルコスト(LCC)の考え方を重視し、社会インフラの耐用年数の長期化、維持・管理コストの低減およびトータルVOC削減に繋がる塗料・塗装仕様の開発を長年行っており、これらの活動は本報にて一例を紹介しています。

当社では長期的かつ戦略的視野から基盤技術の構築を行い、本基盤技術に新たなアイデアを駆使した応用技術を用いて、社会が求める様々な新商品開発を全技術員の総力を挙げ取り組んでいく所存です。

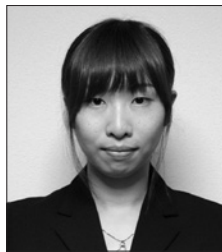
今回発行の「DNTコーティング技報」No.13報につきましては、「地球環境保護・長期耐久性」をキーワードに技術活動および当社新商品の一端を紹介させていただきます。本誌が皆様との交流の場となり、新商品や新たな技術開発に繋がる契機となれば光榮に存じます。

# 送電鉄塔用一液形、1コート仕上げ塗料の開発

Development of One-Component and One Finishing Coat  
for the Transmission Steel Tower

技術開発部門 研究部  
研究第一グループ  
Technical Development Division,  
Research Development Department  
Research Group 1

技術開発部門 開発部  
技術開発第一グループ  
Technical Development Division,  
Technology Development Department  
Technical Development Group 1



鎌田 由佳  
Yuka KAMATA



山内 健一郎  
Kenichiro YAMAUCHI



赤沼 史子  
Fumiko AKANUMA

## 要 旨

送電鉄塔用塗料には、亜鉛めっきに対する付着性や防食性等の基本的な塗膜性能に加えて、低飛散性が求められる。市場ではLCC(ライフサイクルコスト)低減を目的に、省工程や耐久性材料へのニーズも高まっている。

筆者らは、耐久性に優れ、かつ1コート仕上げが可能な送電鉄塔用塗料を開発した。

本開発検討において、適切な防錆顔料を選択することにより、基材界面に防錆皮膜を形成し、長期防食性を達成した。作業性に関しては、塗料の弾性率と擬塑性を制御することで、良好な低飛散性と刷毛作業性の両立に至った。

## Abstract

For the transmission steel tower paint, low-scattering properties are required in addition to the basic coating performance such as adhesion and anticorrosive property to a galvanized steel.

In the market, requirement of process-saving and durable materials are increasing for the purpose of LCC (Life Cycle Cost) reduction.

Now, we developed the transmission steel tower paint, which has been able to put the finishing one coat of excellent durability.

In this examination, we realized and adapted for it by selecting anticorrosive pigment and it forms anti-rust film at interface between substrate and coating film of long term anticorrosion property.

Regarding the workability, it led to the coexistence of low-scattering and good brush application properties with control elastic modulus and pseudoplastic properties of the paint.



## 1. はじめに

送電鉄塔に使用されている亜鉛めっき材は50年の耐久性があるといわれているが、実際は20数年で部分的な腐食が発生するため、10～15年間隔で、表1に示すような塗り替え塗装が行われている。

写真1からもわかるように、送電鉄塔の塗装は高所作業となるため、作業中に落下・飛散した塗料が下部周辺の家屋・自動車・農作物等を汚染し、被害補償のトラブルが発生する場合がある。このため送電鉄塔用塗料には、亜鉛めっきに対する付着性や防食性等の基本的な塗膜性能に加えて、低飛散性が要求される。また、送電鉄塔の塗装においては、十分な素地調整が困難な場合が多く、3～4種ケレン程度の素地調整でも下地との良好な付着性を有することが求められる。

近年、市場においてはLCCの低減を目的に、高耐久性材料の適用や塗装工程の短縮(省工程化)等の動きがある。

こうした背景のもと筆者らは、表2に示した目標性能を有する送電鉄塔用一液形、1コート仕上げ塗料を開発した。本報では、亜鉛めっき面へ塗装した塗膜の耐久性ならびに塗装作業性に関する検討結果を報告する。



写真1 送電鉄塔

表1 送電鉄塔の塗り替え塗装条件

項目	内容
塗り替え周期	10～15年
被塗面	劣化亜鉛めっき 旧塗膜(フタル酸、塩化ゴム系、エポキシ系他)
素地調整	2～4種ケレン 工事によるが、ウエスで汚れを拭き取る程度 (4種ケレン)やマジクロン掛け(3種ケレン)が主流
塗装方法	刷毛 (広域部：筋違、ボルト周り等の細部：目地刷毛)

表2 開発塗料への目標性能

項目		機能・期待効果	目標性能
1	塗料形態	簡易性	一液形
2	塗装工程	省工程	1コート仕上げ
3	溶剤分類	旧塗膜適性、低臭気	弱溶剤形
4	耐久性	LCC低減	良好(亜鉛めっき材、鋼材)
			経時での変色、減耗量が小さいこと
5	作業性	作業効率	刷毛塗り作業に支障がないこと
		作業効率、高所塗装作業	良好
6	歩行性	作業効率	5℃、16時間後に歩行可能なこと
7	消防法分類	持込・保管	指定可燃物

## 2. 実験

### 2.1 供試塗料

開発塗料 : 変性アクリル樹脂系塗料、一液形  
比較塗料1 : エポキシ樹脂系塗料、一液形  
比較塗料2 : 非低飛散性塗料

### 2.2 試験板の作製

寸法150×70×3.2mmの鋼板(一般構造物用圧延鋼材)および亜鉛めっき鋼板(めっき平均付着量=275g/m<sup>2</sup>)の表面を#280のエメリー紙にて研磨、さらにキシレンにて洗浄後、塗料を刷毛塗りで乾燥膜厚60μmとなるように塗装した。試験板は、室温にて7日間養生後、以下の試験に供した。

### 2.3 塗膜の耐久性評価

#### 2.3.1 付着性

JIS K 5600-5-7(ISO 4624)に基づき、アドヒージョン法(DeFelsko、PosiTest AT)により付着性評価を行った。

#### 2.3.2 防食性

試験板下部にクロスカットを施し、図1に示す条件にて、複合サイクル試験に供した。試験後外観観察を行った後、試験板を十分乾燥させ、JIS K 5600-5-7(ISO 4624)に基づき、アドヒージョン法を行った。

また、亜鉛めっき鋼板への付着性効果を実証するため、複合サイクル試験20サイクル後、試験板のカット部周辺の健全部を切り出し、断面切削加工を施した後、SEM-EDX(日立ハイテクノロジーズ、SU-70)を用い、加速電圧5.0KvにてSEM観察、加速電圧15.0Kvにてラインスキャン(収集時間50フレーム)を行った。

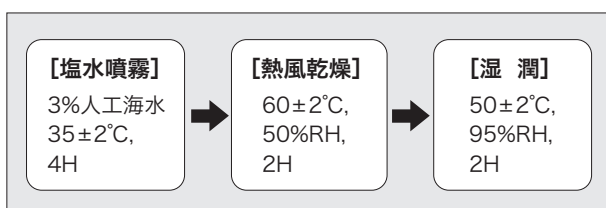


図1 複合サイクル試験条件

### 2.3.3 耐候性

各試験板の屋外暴露試験は、当社の沖縄暴露試験場にて実施した。12ヶ月間暴露した試験板を回収して、白亜化評価(JIS K 5600-8-6)と塗膜の減耗量を計測した。断面観察(KEYENCE社製、VH-Z100)により、シール部との差異を減耗量として算出した。

### 2.4 作業性評価

#### 2.4.1 飛散性の模擬評価

実際の環境を模擬した評価(屋外評価)では、風等の影響を大きく受け、評価毎に条件が変化する。したがって、開発段階においては評価条件を一定にするために、卓上ディスパーを用いた飛散性の模擬評価を行った。

卓上ディスパーの羽根に塗料を規定量含ませた後に、一定速度でディスパーを20秒間回転させて、塗料の飛散量を評価した(写真2)。

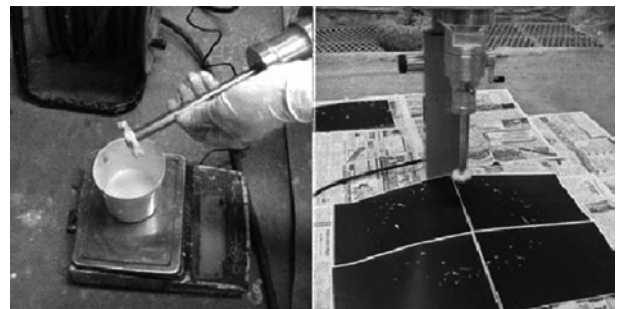


写真2 飛散性の模擬評価風景

#### 2.4.2 刷毛塗り作業性

筋違刷毛(20号)を用いて、L字アングル(等辺山形鋼)に試験塗装を行い、刷毛さばき性、たるみ性、仕上がり外観の評価を行った。

#### 2.4.3 塗料のレオロジー測定

粘弾性測定装置(Anton Paar社製、MCR301)にて、23°C、ズリ速度0.01~1000 1/sにおける粘度のズリ速度依存性を測定した。また、23°C、周波数1Hzにて、歪み0.01~100%の貯蔵弾性率G'の歪み依存性測定を行った。

## 2.5 歩行性(硬化乾燥性)評価

23°C(標準)および5°C(低温)環境下にて、塗料をブリキ板に刷毛塗りし、塗装5時間後および、16時間後に試験板上を歩行して、塗膜の変形状況を観察した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 塗膜の耐久性

複合サイクル試験前後の亜鉛めっき鋼板の付着性評価結果を表3に、断面のSEM観察結果を図2に示す。初期および経時において2.0MPa以上の付着強度を示したことから、開発塗料は、良好な付着性を有することを確認した。SEM観察の結果、基材界面に薄膜が形成され、薄膜部に防錆顔料由来成分(元素AおよびB)が検出されたことにより、防錆皮膜が形成されている

表3 複合サイクル試験前後の溶融亜鉛めっき鋼板の付着性

初期	外観	SEM観察		Ave.
		付着強度 [MPa]	付着強度 [MPa]	
				4.38
		4.01	4.74	
200サイクル後	外観	SEM観察		付着強度 [MPa]
		付着強度 [MPa]	付着強度 [MPa]	
				4.26
			カット部からのハツリ幅:1.5mm	

ことが確認された。このことから、高度な防錆性と付着性が得られると考えられる。なお、鋼板についても同様に防錆皮膜形成が確認されている。

沖縄暴露試験後の白亜化および減耗量計測結果を表4に示す。沖縄暴露6ヶ月後の白亜化評価では、市場実績のある比較塗料1(エポキシ樹脂系、一液形)は等級2であり、塗膜表面の白亜化現象(劣化)が認められたのに対し、開発塗料は等級0であり白亜化現象は全く認められなかった。12ヶ月暴露後の塗膜の減耗量を比較すると、比較塗料1が23 $\mu$ mであるのに対して、開発塗料は5 $\mu$ mであり明らかに少ない。塗膜の減耗量を耐用年数と仮定した場合、比較塗料1の4倍以上の長期耐久性が期待できると考えられる。

表4 沖縄暴露試験後の白亜化および減耗量計測結果

		開発塗料	比較塗料1
白亜化評価	沖縄暴露6ヶ月	 等級 0	 等級 2
	沖縄暴露12ヶ月	 等級 3	 等級 3
減耗量		 5 $\mu$ m	 23 $\mu$ m

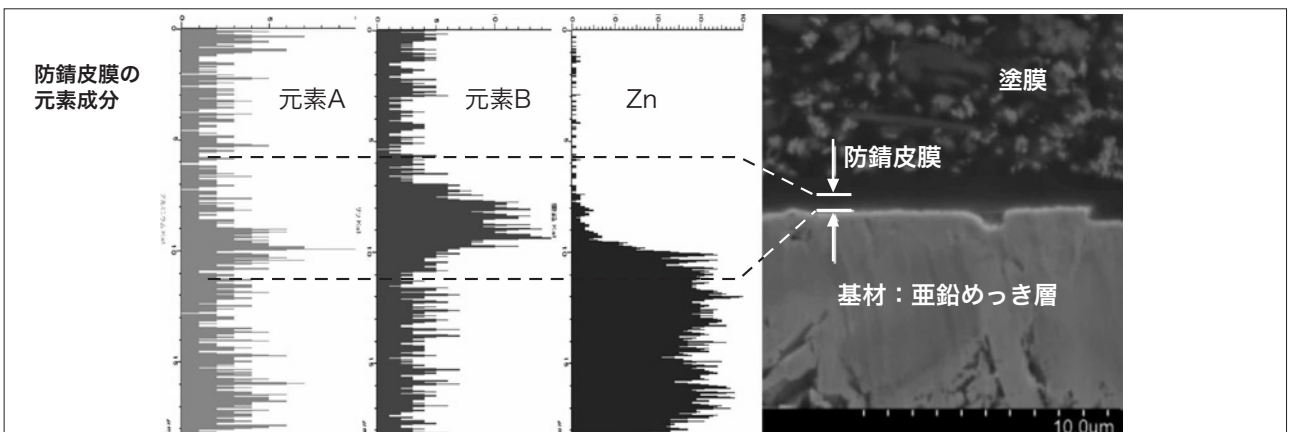


図2 複合サイクル試験後の亜鉛めっき鋼材断面図

### 3.2 作業性

一般に、塗料の飛散は、落下塗料粒子が自然落下に伴う加速度や空気抵抗、風等の外力を受けて微粒化することに起因し、高さおよび風の程度によって、その飛散距離は大きく変化する。粒子の直径の大小により、落下速度の計算式を適宜選択する必要があるが、標準大気中における粒子径の異なる粒子の飛散距離の計算式は次のように簡略化される。<sup>1)</sup>


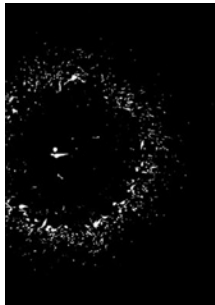
$$X = 100h \cdot Vw / 15 \sqrt{\rho s \cdot Dp}$$

X = 飛散距離 (m)  
h = 高さ (m)  
Vw = 風速 (m/sec)  
 $\rho s$  = 密度 (比重)  
Dp = 飛散粒子径 ( $\mu m$ )

上記の計算式から、飛散する塗料の粒子径が小さくなるほど、飛散距離が遠くに及ぶと考えられる。

飛散性の模擬評価結果を表5に示す。また、表5の結果をもとに計測した飛散塗料の粒径分布を図3に示す。比較塗料2は飛散粒子数が多く、粒子径も小さいことがわかる。一方、開発塗料は飛散粒子数が少ない。今回実施した模擬試験結果は、飛散に関する一般論に一致している。

表5 飛散性の模擬評価結果

	開発塗料	比較塗料2
飛散状態		
飛散量	少ない	多い

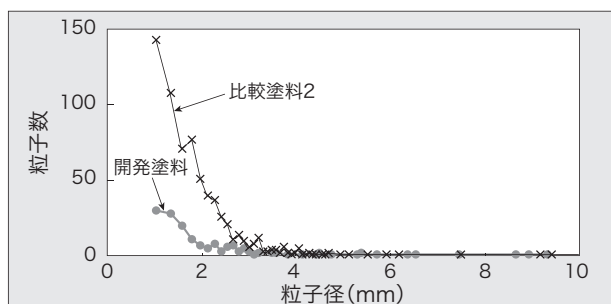


図3 模擬評価により算出した粒径分布図

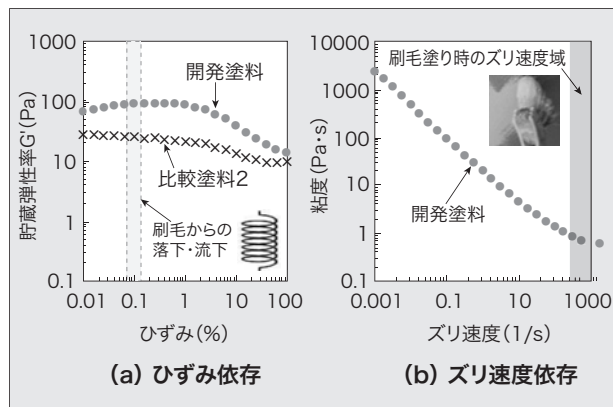


図4 粘弾性測定装置を用いたレオロジー測定結果

粘弾性測定装置を用いたレオロジー測定結果を図4に示す。開発塗料の粘度挙動は、高い貯蔵弾性率G'を有しており、刷毛からの塗料の落下や、被塗物からの余剰塗料の流下、落下が抑制されていると推測される。また、低ズリ速度では高い粘度、高ズリ速度では低い粘度挙動(擬塑性)を示し、塗装時の粘度は低く、塗着後は粘度が高くなり、刷毛からの塗料の落下や塗着余剰塗料の流下・落下が抑えられる、理想的な塗料性状となっていることがわかった。また、塗装作業性評価の結果、刷毛さばき性、たるみ性および仕上がり外観、いずれも良好であった(写真3)。







写真3 作業性評価風景

弾性(刷毛からの落下に対する抵抗や外力に対する抵抗)と擬塑性をコントロールすることにより、低飛散性と塗装作業性を共に満足する塗料が得られた。



表6 歩行可能時間

		開発塗料		比較塗料1	
		5時間	16時間	5時間	16時間
標準 (23°C)	変形	無	無	ほとんど無し	無
	靴跡	ほとんど無し	無	有	ほとんど無し
低温 (5°C)	写真				
		変形	無	無	有
	靴跡	ほとんど無し	ほとんど無し	有	有

### 3.3 歩行性(硬化乾燥性)

表6に歩行性評価結果を示す。特に乾燥性の厳しい低温環境下(5°C)においても、開発塗料は変形なく、僅かに靴跡が残る程度と、高い乾燥性、歩行性を示した。翌日の補修塗装等も可能となり、作業効率の向上に繋がる。

## 4. まとめ

耐久性に優れ、一液形で1コート仕上げ可能な送電鉄塔用塗料を開発した。本開発検討において、以下の知見が得られた。

#### (1) 耐久性

- 適切な防錆顔料を選択することにより、基材界面に防錆皮膜を形成し、この防錆皮膜によって、長期防食性と付着性を達成した。
- 変性アクリル樹脂を用いることにより、市場実績のある塗料(エポキシ樹脂系)と比較して、白亜化および塗膜減耗量の低減化を達成した。

#### (2) 作業性

- 塗料の貯蔵弾性率G'を高く設計することで、塗料の低飛散性を達成した。
- 高ズリ速度で低粘度(擬塑性)の設計とすることで、良好な刷毛作業性を有する塗料を得た。

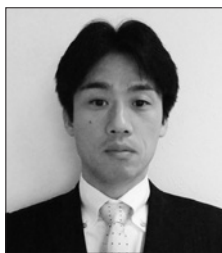
#### 参考文献

- 日本防錆技術協会：塗料飛散低減対策指針 [シリーズI], p.1-2, p.76(1974)

# ポリシロキサン自己支持膜のクラックに対するUV光の影響

Effect of Ultraviolet Light Irradiation on Cracking of Polysiloxane Free-standing Films

塗料事業部門 建材塗料事業部  
テクニカルサポートグループ  
Paint Operating Division,  
Building Materials Coating Department  
Technical Support Group



畠山 忠  
Tadashi HATAKEYAMA

技術開発部門  
研究部  
Technical Development Division,  
Research Development Department



青木 隆一  
Ryuichi AOKI

## 要 旨

一般に、ポリシロキサンを用いたシリコン系塗料は、高耐候性塗料として、幅広く屋外用塗料に用いられているが、シリコン系塗料は、経時でクラックが生じやすいという欠点を有する。

本研究では、分子構造の異なるポリシルセスキオキサンを合成し、それらを用いた各自己支持膜を調製した。各自己支持膜に高圧UV光を照射することにより生じるクラックの発生を顕微FT-IR、NMRおよびTG-DTAを用いた測定により分子構造の変化を確認することができた。この結果に基づき、ポリシルセスキオキサンの構造変化を合成段階、自己支持膜形成段階および高圧UV照射段階で説明するに至ったので報告する。

## Abstract

Silicone paint using polysilsesquioxanes is broadly used generally for the highly weather-resistant paint, but silicone-based coatings have the disadvantage that cracks are likely to occur on aging.

In this study, polysilsesquioxanes having different molecular structure were synthesized, and their polysiloxane free-standing films were prepared. The change of the molecular structure after irradiation of UV light to the polysiloxane free-standing films were characterized by microscopic FT-IR, NMR and TG-DTA analyses. In this paper, characterized, we report the structural change of siloxanes on the synthesis stage, free-standing-film formation stage, and after the irradiation of high-pressure UV light.

## 1. はじめに

昨今シリコン樹脂は、耐熱性だけでなく耐候性や耐汚染性等の点で従来の有機系樹脂よりも優れていることが確認されている。またその分解物による地球環境への負荷が少ないため、塗料分野への利用が広がり、その高耐候性の利点を生かし、住宅や構造物をはじめ多くの屋外向け塗料にシリコン樹脂が使用されている<sup>1)~3)</sup>。

一方でシリコン樹脂塗膜は、長期屋外暴露されることにより、クラックが発生しやすいという欠点を持っている。これは、経時でポリシロキサンの縮合が進行することに起因していると考えられているが、その詳細については解明されていない<sup>4)~6)</sup>。

また、成膜時の縮合過程については多くの研究がなされているが、塗膜の構造変化については解明されていない。

本報は、調製した膜に耐候性劣化のひとつの要因であるUV光を照射し、シリコン樹脂の構造がどのように変化するかを検討したので報告する。

## 2. 実験

### 2.1 試薬の調整

メチルトリメトキシシラン(MTMS)は、東レ・ダウコーニング(株)製の市販品を蒸留してから使用した。

テトラエトキシシラン(TEOS)は、コルコート(株)製の市販品を蒸留してから使用した。

メタノールおよびエタノールは、和光純薬工業(株)製の市販品を常法により精製してから使用した。

6mol/L塩酸およびジブチル錫ジラウレートは、和光純薬工業(株)製の市販品をそのまま使用した。

### 2.2 ポリエトキシシルセスキオキサン(PEOS)の合成およびPEOS自己支持膜の調製

攪拌棒、窒素導入管および窒素排出管を装着した200ml四つ口フラスコに、TEOSを41.666g(0.200mol)とエタノール19.073g(0.414mol)を入れ、氷浴中で冷却した。ここに、150rpmで攪拌しながら水と塩化水素のモル比が $H_2O/TEOS=1.72$ 、 $HCl/TEOS=0.105$ となるように、水3.030gと6mol/Lの塩酸3.835gを加えて10分間攪拌した。氷浴をはずしてから室温で10分間攪拌した後に、窒素流量360ml/minとして80°Cの油浴で4時間攪拌を継続した後、室温まで冷却し30分間放置することによりPEOSの粘性液体を得た。

PEOS自己支持膜の調製は、PEOSの20wt%エタノール溶液8gおよびジブチル錫ジラウレート0.008gをポリメチルペンテン製シャーレに入れ、80°Cで168時間加熱して、PEOS自己支持膜を調製した。

### 2.3 ポリメチルシルセスキオキサン(PMSQ)の合成およびPMSQ自己支持膜の調製

攪拌棒、窒素導入管および窒素排出管を装着した200ml四つ口フラスコに、MTMSを27.425g(0.200mol)とメタノール13.252g(0.414mol)を入れ、氷浴中で冷却した。ここに、150rpmで攪拌しながら水と塩化水素のモル比が $H_2O/MTMS=1.15$ 、 $HCl/MTMS=0.105$ となるように、水1.075gと6mol/Lの塩酸3.835gを加えて、10分間攪拌した。氷浴をはずしてから室温で10分間攪拌した後に、窒素流量360ml/minとして80°Cの油浴で4時間、攪拌を継続した後、室温まで冷却し30分間放置することによりPMSQの粘性液体を得た。

PMSQ自己支持膜の調製は、PMSQの20wt%メタノール溶液8gおよびジブチル錫ジラウレート0.008gをポリメチルペンテン製シャーレに入れ、80°Cで72時間加熱して、PMSQ自己支持膜を調製した。

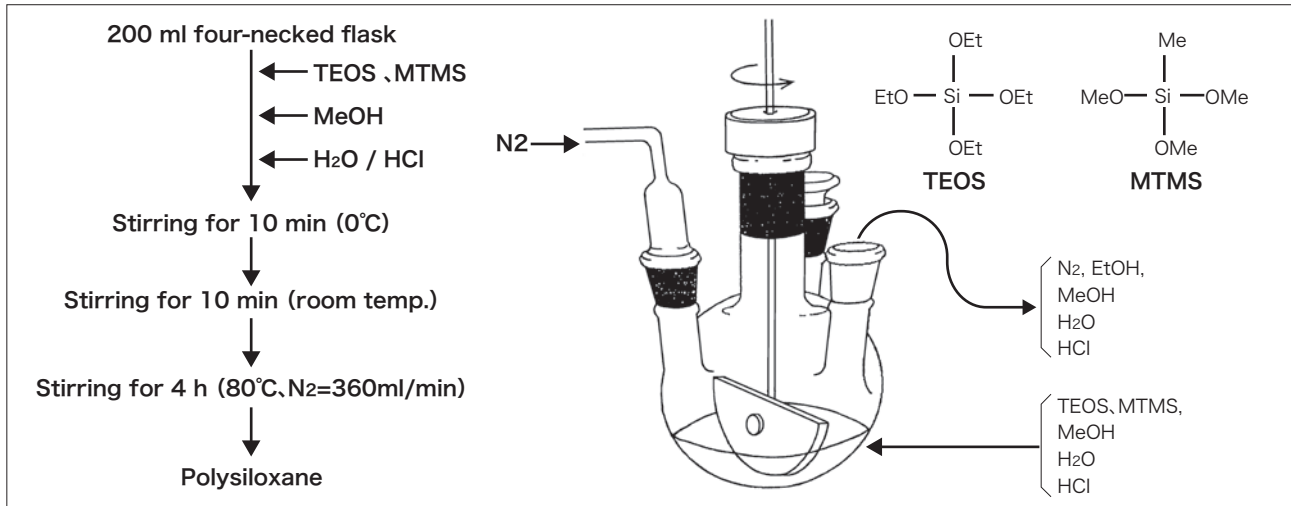


図1 ポリシルセスキオキサン合成方法

## 2.4 ポリメチルシルセスキオキサン/ポリエトキシシルセスキオキサン共重合体(PSQ)の合成およびPSQ自己支持膜の調製

攪拌棒、窒素導入管および窒素排出管を装着した200 ml四つ口フラスコに、MTMSを13.712 g (0.100mol)とTEOSを20.833g (0.100mol)およびエタノール19.073g (0.414mol)を入れ、氷浴中で冷却した。ここに、150rpmで攪拌しながら水と塩化水素のモル比がH<sub>2</sub>O/(MTMS+TEOS)=1.46、HCl/(MTMS+TEOS)=0.105となるように、水1.460gと6mol/Lの塩酸3.835gとを加えて10分間攪拌した。氷浴をはずしてから室温で10分間攪拌した後に、窒素流量360ml/minとして80°Cの油浴で4時間攪拌を継続した後、室温まで冷却し30分間放置することによりPSQの粘性液体を得た。

PSQの20wt%エタノール溶液8gおよびジブチル錫ジラウレート0.008gをポリメチルペンテン製シャーレに入れ、80°Cで48時間加熱して、PSQ自己支持膜を調製した。

各種ポリシルセスキオキサン(PMSQ, PEOS, PSQ)の調製の基本手法と合成装置を図1に示す。

## 2.5 PMSQ/PEOSブレンド自己支持膜(PSQ-Blend)の調製

上記の2.2と2.3により得られたPMSQとPEOSを1/1に混合した後に、その20wt%エタノール溶液8gおよびジブチル錫ジラウレート0.008gをポリメチルペンテン製シャーレに入れ、80°Cで72時間加熱して、PMSQ/PEOSブレンド自己支持膜を調製した。

各種ポリシルセスキオキサン自己支持膜の調製方法の基本手法と得られた各自己支持膜を図2に示す。

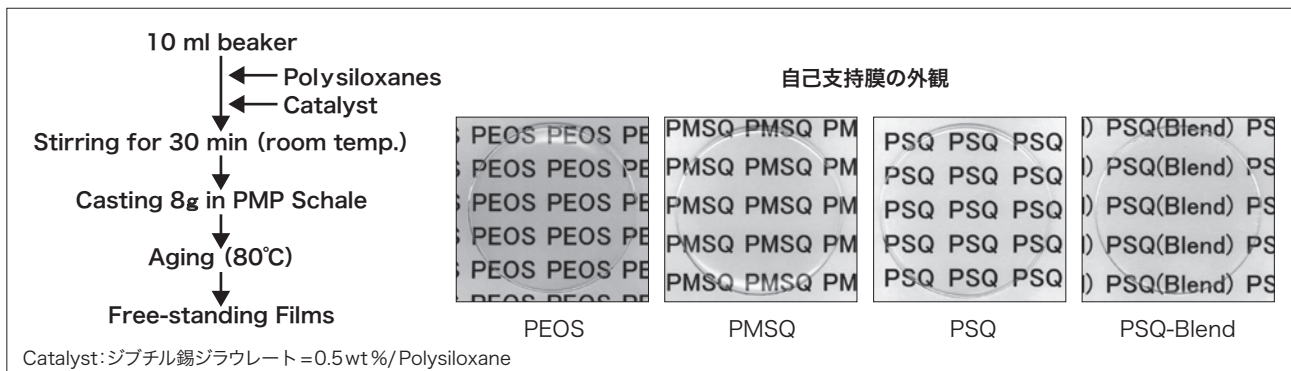


図2 自己支持膜サンプルの作成方法と外観



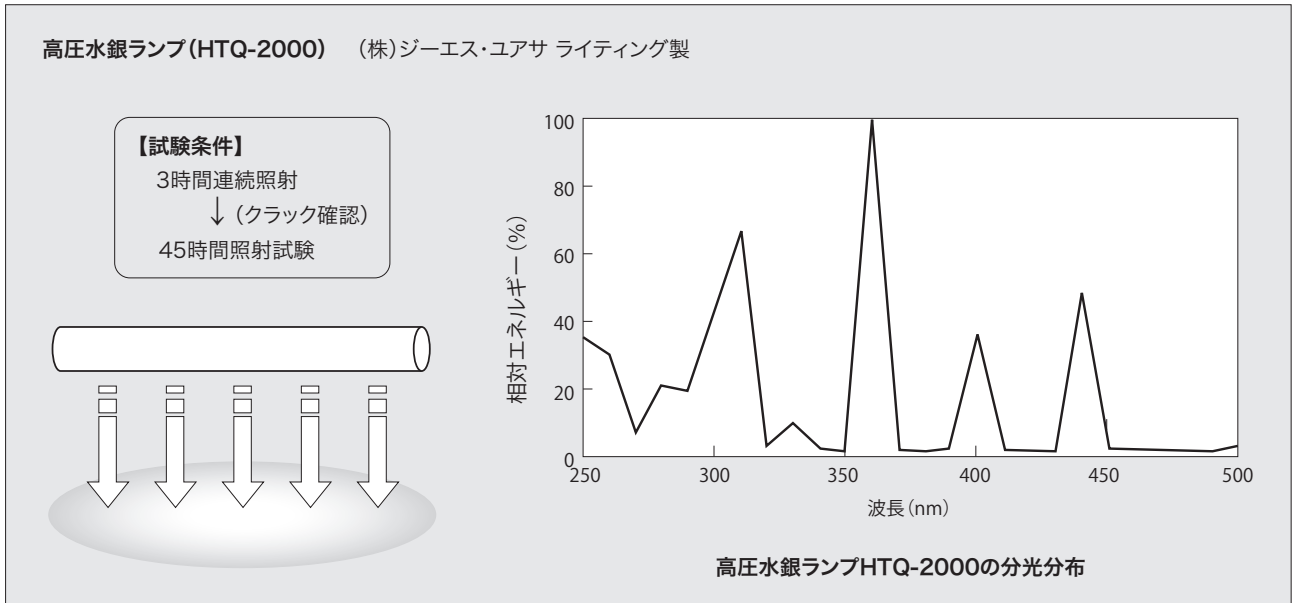


図3 UV照射条件と分光分布

## 2.6 高圧UV照射試験器

高圧UV照射試験器は、(株)ジーエス・ユアサ ライティング製、高圧水銀ランプのHTQ-2000(最大負荷30W/cm)を用いた。UVランプ分光分布を図3に示す。

## 2.7 各種測定機器

ゲル浸透クロマトグラフィー(GPC)は、Polymer Laboratories製5 $\mu$ -Mixed Dを2本直列に連結したカラムを装着した(株)島津製作所製LC-10Ad<sub>vp</sub>送液ポンプ、RID-10A示差屈折率検出器を使用し、THFを移動相として流速1.0ml/minの条件で測定を行った。また、標準物質には市販品の単分散ポリスチレンを用いた。

顕微赤外分光測定(ATR-FTIR)は(株)島津製作所製FTIR-8900/AIM-8800を使用して測定した。

<sup>29</sup>Si核磁気共鳴(NMR)スペクトルは日本電子(株)製JNM-ECP500により、重クロロホルム溶液として測定した。

<sup>29</sup>Si{<sup>1</sup>H}交差分極/マジック角回転核磁気共鳴(CP/MAS NMR)スペクトルは日本電子製JMN ECP-300型を使用して測定した。ポリジメチルシラン((CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Si)<sub>n</sub>、TMS基準で-34.5ppm)を化学シフトの基準と

した。

示差熱-重量分析(DTA-TG)はマックサイエンス(株)製TG-DTA 2020Sを使用し、大気雰囲気下、昇温速度10°C/minとして1400°Cまで測定を行った。

## 3. 結果と考察

### 3.1 各種ポリシルセスキオキサンの合成結果

前述(2.実験)項にて示した各種ポリシルセスキオキサン重合体の原料配合と、得られた重合体の分子量測定結果を表1に示す。

表1 ポリシルセスキオキサンの調製と合成結果

	モノマー組成		H <sub>2</sub> O/Si (mol比)	HCl/Si	M <sub>w</sub> ( $\times 10^3$ )	構造式
	TEOS	MTMS				
PEOS	10		1.72	0.105	9.5	$\text{EtO} \left( \text{Si} \begin{array}{c} \text{OEt} \\   \\ \text{O} \\   \\ \text{OEt} \end{array} \right)_m \text{Et}$
PMSQ		10	1.15	0.105	10.7	$\text{MeO} \left( \text{Si} \begin{array}{c} \text{Me} \\   \\ \text{O} \\   \\ \text{OMe} \end{array} \right)_n \text{Me}$
PSQ	5	5	1.46	0.105	9.3	$\text{EtO} \left( \text{Si} \begin{array}{c} \text{OEt} \\   \\ \text{O} \\   \\ \text{OEt} \end{array} \right)_p \left( \text{Si} \begin{array}{c} \text{Me} \\   \\ \text{O} \\   \\ \text{OMe} \end{array} \right)_q \text{Me}$
PSQ-Blend	PEOS + PMSQ					

表1に示したように、各種ポリシルセスキオキサン重合体は目標とした重量平均分子量10,000にほぼ近似していた。

### 3.2 各種ポリシルセスキオキサンの自己支持膜の調製

前述(2. 実験)項にて示した各種ポリシルセスキオキサン重合体の自己支持膜の調製では、各重合体の組成により自己支持膜形成時間が大きく異なる結果となった。TEOSを原料としたPEOS自己支持膜作成には、MTMSを全て、または一部として用いた重合体の自己支持膜形成時間に比べ、非常に長時間を要する結果となった。この要因としては、エトキシ基はメトキシ基よりも加水分解速度が遅いため縮合度が上がりにくいことが起因していると考えられる。

### 3.3 各種ポリシルセスキオキサン自己支持膜への高圧UV照射時間とクラック発生

高圧UV照射は、3時間単位で行い、45時間まで実施した。各膜にクラックが発生した時点で、高圧UV照射試験を終了した。各自己支持膜のクラック発生時間を図4に、高圧UV照射試験終了後の各種自己支持膜の外観を図5に示す。

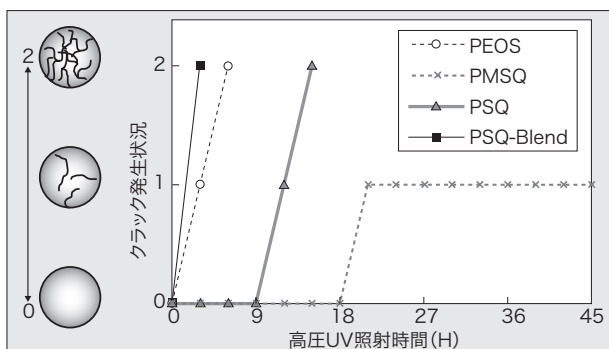


図4 高圧UV照射時間とクラック発生状況の関係

モノマー組成として4官能性(Q構造)のTEOSを用いたPEOS自己支持膜では、3官能性(T構造)のMTMSを用いたPMSQ自己支持膜に比べ明らかにクラック発生時間が早くなっている。これは、Q構造に由来する架橋度の高さと相関しており、架橋度の高い組成ほどクラックが発生しやすい傾向にあるものと考えられる。また、TEOSとMTMSを共重合し合成したPSQ自己支持膜では、高圧UV照射によるクラック発生時間がPEOSと

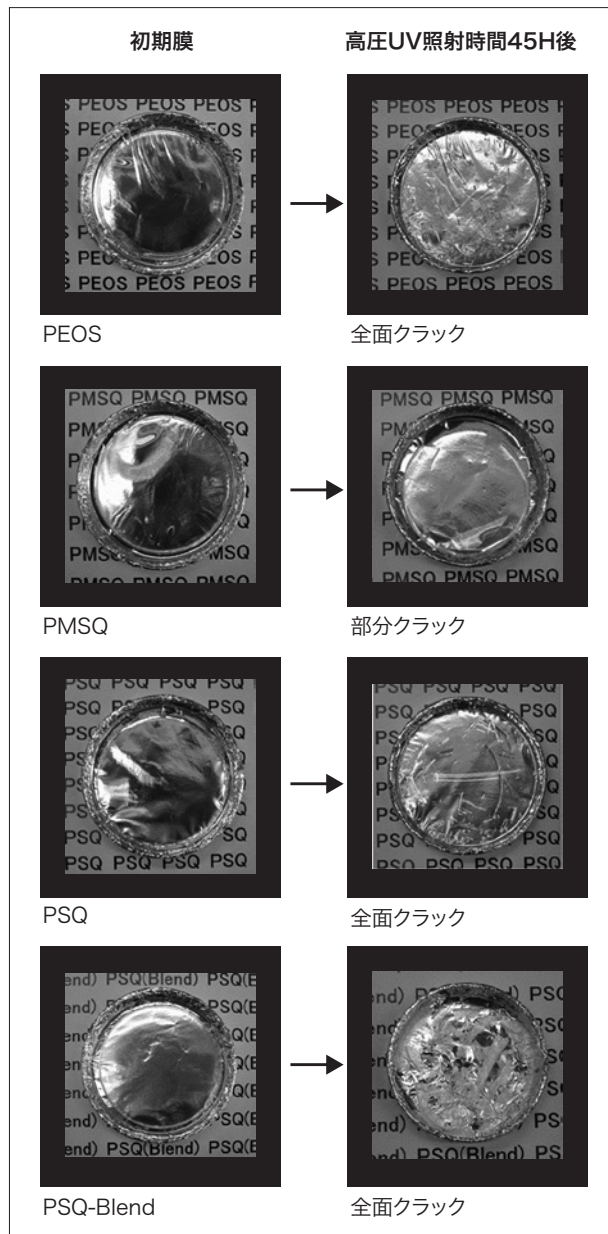


図5 高圧UV照射前後の自己支持膜の外観

PMSQ各自己支持膜でのクラック発生時間の中に位置した。

一方、PEOS/PMSQブレンド(PSQ-Blend)自己支持膜では、高圧UV照射によるクラック発生時間は、PSQ自己支持膜よりも明らかに早く、PEOS自己支持膜よりも早期になった。これはPSQ-Blend自己支持膜は均一性に欠ける膜形成となり、MTMSによる硬化収縮低減が効果的に発現されなかったものと推定される。

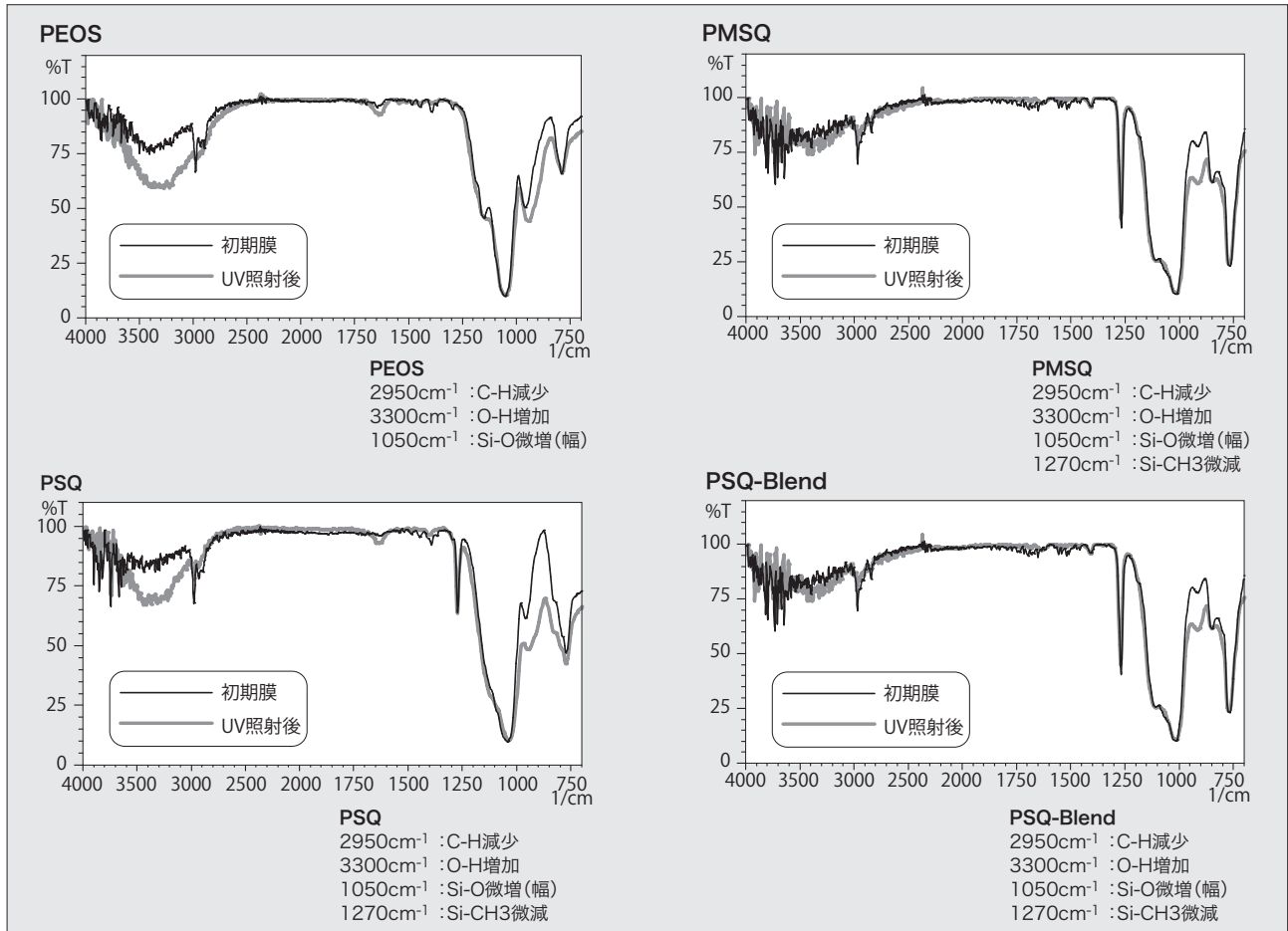


図6 自己支持膜の高圧UV照射の構造変化(ATR-FTIR)

### 3.4 高圧UV照射試験前後での構造変化

#### 3.4.1 ATR-FTIR測定結果

高圧UV照射前後での各種ポリシルセスキオキサン自己支持膜のATR-FTIR測定を行い、結果を図6に示す。

いずれの場合においても、Si-OHの吸収である3300 cm<sup>-1</sup>のピークが大きくなっていること、およびC-Hの吸収である2950cm<sup>-1</sup>のピークが減少していることより、自己単離膜に残存していたアルコキシシリル基が加水分解を生じていることが明らかとなった。一方、Si-Oの吸収である1050cm<sup>-1</sup>の吸収においては微増ではあるが、いずれの場合にも増加していることにより脱水縮合によるSi-O-Siの形成、すなわち架橋度の増加が示唆される。

MTMSを原料に用いている各自己支持膜ではSi-C

の吸収である1260cm<sup>-1</sup>の吸収が僅かではあるが、いずれも減少している。このことより、高圧UV照射条件ではSi-C結合の切断も示唆される。

#### 3.4.2 <sup>29</sup>Si {<sup>1</sup>H}交差分極/マジック角回転核磁気共鳴(CP/MAS NMR)スペクトル測定結果

高圧UV照射前後での各種ポリシルセスキオキサン自己支持膜のCP/MAS NMR測定を行い、測定結果を図7に、ピーク面積変化を表2に示す。

PEOS自己支持膜では高圧UV照射後にQ<sup>2</sup>構造の減少とQ<sup>3</sup>、Q<sup>4</sup>構造の増加がみられ、加水分解ならびに縮合反応が進行したことが確認できる。

PMSQ自己支持膜では、高圧UV照射後にT<sup>2</sup>、T<sup>3</sup>構造の減少とQ<sup>2</sup>、Q<sup>3</sup>構造の形成、増加が認められた。このことは、ATR-FTIR測定結果から示唆されたメチル基

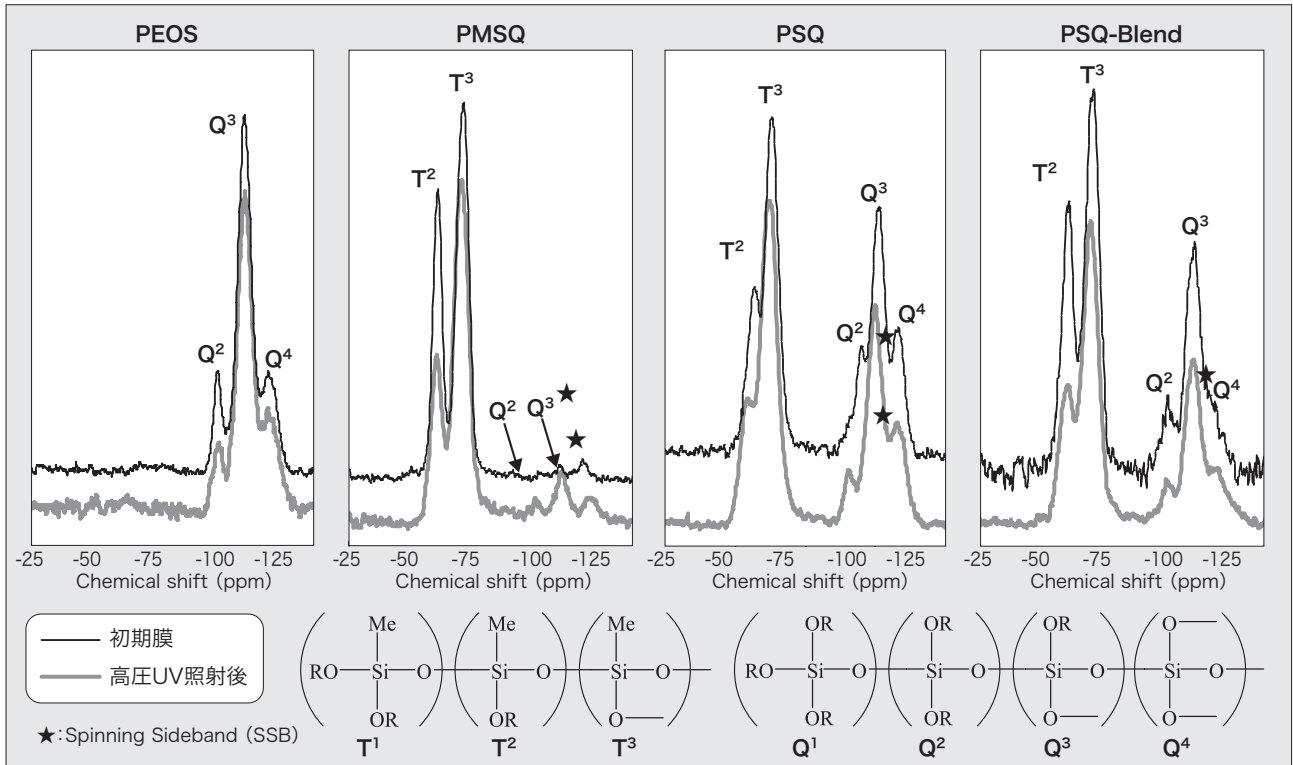


図7 自己支持膜の高圧UV照射前後の<sup>29</sup>Si NMR測定結果

表2 自己支持膜の高圧UV照射前後の<sup>29</sup>Si NMRピーク面積変化

	29Si-NMRピーク面積変化						
	T1	T2	T3	Q1	Q2	Q3	Q4
初期膜比率				0	1	7	2
PEOS UV照射後変化					↘	↗	↗
初期膜比率	0	3	7				
PMSQ UV照射後変化		↓	↘	↗	↑		
初期膜比率	0	1	4	0	1	3	1
PSQ UV照射後変化		↘	↗		↘	↗	↗
初期膜比率	0	2	4	0	1	2	1
PSQ-Blend UV照射後変化		↓	↗		↘	→	↗

の脱離を裏付ける結果となった。

PSQとPSQ-Blend各自己支持膜では、共にT<sup>2</sup>、Q<sup>2</sup>構造の減少とT<sup>3</sup>、Q<sup>3</sup>、Q<sup>4</sup>構造の増加が認められた。PSQとPSQ-Blend各自己支持膜は高圧UV照射により加水分解・縮合反応は同様に進行していると考えられるが、クラック発生時期が大きく異なる要因についてはCP/MAS NMR測定結果からは判明には至らなかった。

### 3.4.3 示差熱-重量分析(DTA-TG)測定結果

高圧UV照射前後での各種ポリシルセスキオキサン自己支持膜のTG-DTAの測定を行い、温度に対する重量残存率を図8、9に示す。

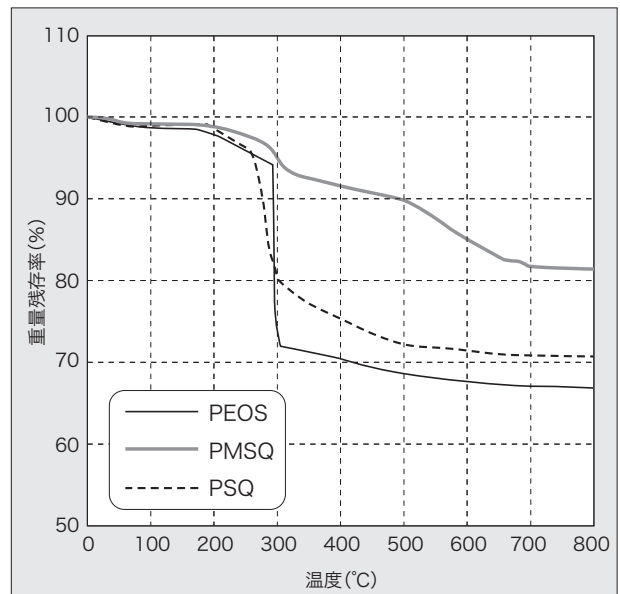


図8 自己支持膜の高圧UV照射前の熱重量残存率



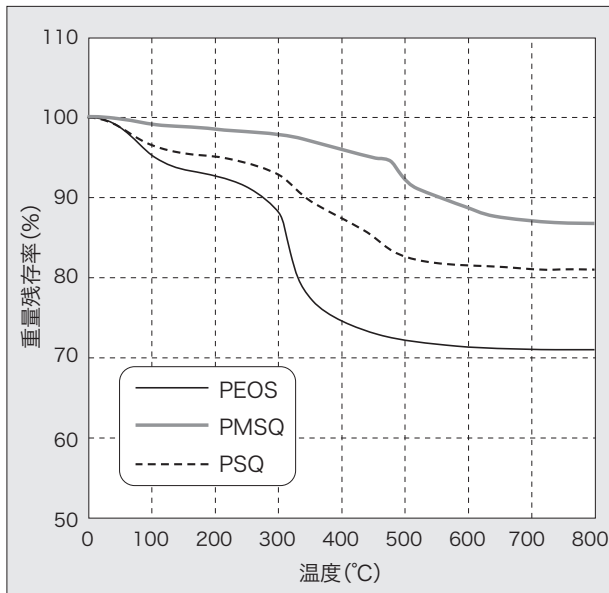


図9 自己支持膜の高圧UV照射後の熱重量残存率

#### 3.4.3.1 初期膜での自己支持膜種類による比較

初期膜での重量残存率はPMSQ>PSQ>PEOS各自己支持膜の順で多くなっていた。PEOS自己支持膜はTEOSの単独加水分解縮合により合成されており、TEOSのエトキシ基の加水分解率が低いこと(300°C付近でのアルコキシ基脱離による重量減少が大きい)、また加水分解後の縮合によるシロキサン形成が少ない(300°C以下での水酸基の脱離・縮合による重量減少が大きい)ことが要因と考えられる。一方、MTMSの単独加水分解縮合により合成されたPMSQ自己支持膜では、多くのメトキシ基は加水分解および縮合に至っていると考えられる。また、470°C以上での重量減少は、ケイ素に結合したメチル基の脱離による重量減少と考えられる。PSQ自己支持膜の300°C付近での重量減少は、PEOSおよびPMSQ各自己支持膜での減量を各々半量合計に近い値を示していた。

#### 3.4.3.2 高圧UV照射後の自己支持膜の構造変化

PEOS自己支持膜では、高圧UV照射によりエトキシ基の脱離が生じていることが、300°C以下での重量減少が多く、300°C付近での重量減少が少ないことにより示唆された。PMSQ自己支持膜では、300°C付近での重量減少がほぼ認められないことにより、メトキシ基

は加水分解を受けており縮合も進んでいると考えられる。また、照射前のサンプルと比較し、470°C以上のケイ素に結合したメチル基の脱離による重量減少は少なくなっていることより、高圧UV照射によりメチル基が脱離されたことを裏付ける結果となった。PSQ自己支持膜ではPEOSおよびPMSQ各自己支持膜の中間的挙動を示した。

## 4. まとめ

各種ポリシルセスキオキサン自己支持膜に高圧UVを照射することにより、主としてアルコキシ基の加水分解および縮合が起こり、アルコキシ基脱離およびシロキサン架橋度が増加する結果、支持膜の収縮に伴い歪みが発生しクラックが生じることが明らかになった。ケイ素に結合したメチル基の脱離も高圧UV照射により生じており、クラック発生の一要因となるが、アルコキシ基脱離による要因に比べればその影響は小さい。すなわち、アルコキシ基が多く残存し、また縮合率が低い支持膜ほどクラックが発生しやすいことが分かった。クラック発生の抑制には分岐度を下げることが効果的であったが、分岐度の異なるポリシルセスキオキサンのブレンドではクラック発生の抑制には至らないことが分かった。

当研究により、クラック発生のキーププロセスと下記に示したことが明らかになった。

- ①高圧UV照射によるクラック発生はPMSQ<PSQ<PEOS(<PSQ-Blend)各自己支持膜の順に早くなる結果を得た。
- ②塗膜への高圧UV照射によるクラックに起因する構造変化は、残存アルコキシ基の加水分解・脱離が最も大きな要因であった。
- ③塗膜への高圧UV照射により、シロキサン縮合反応およびケイ素に結合したメチル基の脱離反応は進行した。
- ④TEOSとMTMSの共重合の効果は、クラック発生を十分に遅延する効果が認められたが、各単独重合物のブレンドではクラック抑制効果は認められなかった。

⑤顕微FT-IR、NMRおよびTG-DTA各測定機器を用いた測定ならびに解析から、構造の違いによる自己支持膜の形成段階と高圧UV照射による構造変化およびそれによるクラック発生機構の解明ができた。

### 謝 辞

本研究の実施にあたり、東京理科大学 理工学部 工業化学科 阿部芳首名誉教授、郡司天博教授ならびに研究室および修了・卒業された方々の多大なご協力に対しまして深く感謝いたします。

### 参考文献

- 1)岡本信吾、疋田淳、大矢博昭：  
1985年度色材研究発表会要旨集, 11(1985)
- 2)田中一：表面技術, 48, 795(1997)
- 3)稲田邦生：塗装技術,1998年10月増刊,  
143(1998)  
大浜宣史：塗装技術,1998年10月増刊,148(1998)  
江見真：塗装技術, 1998年10月増刊, 155(1998)
- 4)青木隆一、畠山忠、佐々木博治：  
DNTコーティング技報No.3, P.6(2003)
- 5)F. W. van. der. Weij : Macromol. Chem., 181,  
2541(1980)
- 6)A.Iwasawa, R.Aoki : Journal of the Japan  
Society Color Material, Vol.76 (2003) P.373

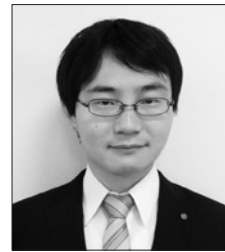
# 油性さび止めペイントの屋外暴露による防錆性評価

The Evaluation of Anticorrosive Properties for Oil Based Corrosion Resistance Paint by Weathering Test

塗料事業部門  
建築・構造物塗料事業部  
構造物テクニカルサポートグループ  
Paint Operating Division,  
Architectural and Protective  
Coatings Department  
Protective Coating Technical Support Group



山本 康人  
Yasuto YAMAMOTO



岡島 友紀  
Tomonori OKAJIMA



桑原 幹雄  
Mikio KUWAHARA

## 要 旨

素地調整程度の異なるさび鋼板を用いて、シアナミド鉛さび止めペイント(JIS K 5625 2種)と鉛・クロムフリーさび止めペイント(JIS K 5674 1種)の防錆性を比較した。海塩粒子や融雪剤等による塩分影響の少ない環境において屋外暴露試験を2年間実施し、外観観察、付着性ならびに鋼材素地の腐食の進行状態を評価した。代表的な塗装仕様(下塗り2層+上塗り2層)で塗り重ねた場合には、素地調整程度に関係なく、いずれも塗膜外観に発錆は認められなかった。また、暴露試験後の塗膜をはく離し、鋼材素地の腐食の進行状態を確認した結果、両塗料の間に優位差は見られなかった。塩分影響の少ない環境におけるJIS K 5625 2種適合塗料とJIS K 5674 1種適合塗料の防錆性は同等であると考えられる。

## Abstract

Using rusting steel plates of base conditioning, we compared rust-prevention between Lead cyanamide anticorrosive paint (JIS K 5625 2 sort) and Lead-free, Chromium-free anticorrosive paints (JIS K 5674 1 sort). We carried them out weathering test with contain little salt under the influence of environment by sea salt grain or melted snow agent for two years, and took a view of appearance on steel bases, evaluated its adhesion and process condition of corrosion. In the case of we applied repeat by under coatings 2 layer and top coatings 2 layer (typical coating specification), it was not breed rust on surface coating without connection in substrate condition either. Since then, we made weathering trial, stripped coatings film and confirmed process condition of corrosion on steel substrates. As a result, there was no advantaged difference between both paints. It was thought that rust-prevention of JIS K 5625 2 sort and JIS K 5674 1 sort is equal with contain little salt under the influence of environment.

## 1. はじめに

日本工業規格(JIS)において、油性系さび止めペイントは、使用しているさび止め顔料の種類により、JIS K 5621 一般用さび止めペイント、JIS K 5623 亜酸化鉛さび止めペイント、JIS K 5625 シアナミド鉛さび止めペイント、JIS K 5629 鉛酸カルシウムさび止めペイント、JIS K 5674 鉛・クロムフリーさび止めペイントの5種類に分類されている。JIS規格に規定される防錆性試験は、さびの発生していない鋼材を試験板に使用しているが、実際の施工現場においては部材を仮置きしている間にさびが発生する場合があります、塗装前に素地調整を行って塗装が施されている。

近年、環境保全や人体への安全性が強く要望され、鉛や六価クロム化合物を配合したさび止めペイントは廃止される動きにある。JIS K 5625 シアナミド鉛さび止めペイントについても廃止が検討されている。本塗料と同等の品質を有し、かつ環境対応形であるJIS K 5674 鉛・クロムフリーさび止めペイントへの置き換えが期待されているが、これまでに実施工に近い条件での両者の性能比較に関する報告はない。

筆者らは、素地調整程度の異なるさび鋼板を用いて、各々にJIS K 5625 適合塗料とJIS K 5674 適合塗料を塗装し、屋外暴露試験を行った。本報では、これらの防錆性を比較評価した結果について報告する。

## 2. 実験




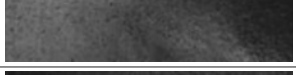


### 2.1 さび鋼板の作製

150×70×3.2mmの一般構造用圧延鋼材SS400 (JIS G 3101)を当社那須事業所(栃木県大田原市)で屋外暴露し、十分に発錆させたさび鋼板を作製した。なお、当社那須事業所の暴露環境は、JIS Z 2381に示される暴露試験の環境区分によると、大気汚染区分による田園地域、海塩区分による内陸環境に区分される。本実験では、飛来塩分や融雪剤による塩分影響の少ないさび鋼板を被塗物とした。

### 2.2 素地調整

建築塗装分野では、素地調整方法にブラスト処理を適用する事例が少ないため、本実験においては動力工具や手工具を用いた素地調整を実施した。表1に素地調整方法と素地調整後の鋼材の表面状態を示す。比較として、未処理のさび鋼板も試験に供した。

表1 素地調整方法と素地調整後の鋼材の表面状態

No	素地調整方法	素地調整後の鋼材の表面状態
1	未処理	
2	手工具 皮スキ(浮き錆除去)	
3	動力工具 一般的なカップブラシ	
4	動力工具 ねじり線のカップブラシ	
5	動力工具 オービタルサンダ (P120ペーパー)	
6	動力工具 ディスクサンダ (粒度P60)	

### 2.3 試験片の作製

本実験に適用した塗装仕様を表2に、試験片の塗装区分を図1に示す。下塗塗料には、JIS K 5625 2種適合塗料とJIS K 5674 1種適合塗料を用いた。これらはともにフタル酸樹脂系の塗料である。上塗塗料にはJIS K 5516 2種に規定される合成樹脂調合ペイントを用いた。塗装は全てエアスプレー塗装で行った。塗装間隔

表2 塗装仕様

工程	膜厚(μm)	塗装仕様1	塗装仕様2
下塗り	1層目	シアナミド鉛さび止めペイント (JIS K 5625 2種)	鉛・クロムフリーさび止めペイント (JIS K 5674 1種)
	2層目	シアナミド鉛さび止めペイント (JIS K 5625 2種)	鉛・クロムフリーさび止めペイント (JIS K 5674 1種)
上塗り	1層目	合成樹脂調合ペイント (JIS K 5516 2種)	合成樹脂調合ペイント (JIS K 5516 2種)
	2層目	合成樹脂調合ペイント (JIS K 5516 2種)	合成樹脂調合ペイント (JIS K 5516 2種)
合計膜厚	120		



は、下塗り1層目と下塗り2層目は24時間、下塗り2層目と上塗り1層目は48時間、上塗り1層目と上塗り2層目は24時間として各層の塗料を塗り重ねて試験片を作製した。

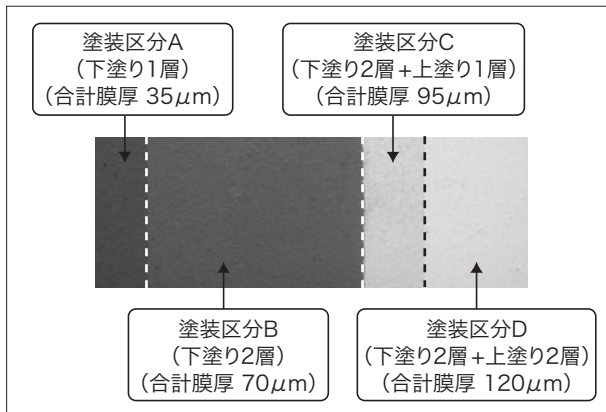


図1 試験片の塗装区分

## 2.4 屋外暴露試験および評価方法

屋外暴露試験は、さび鋼板の作製と同様に、当社那須事業所において水平暴露で2年間実施した。暴露試験片は、6ヶ月毎に目視による外観観察を行った。暴露終了後に回収した試験片は、塗膜表面に付着した粉化物を布片で拭き取り、付着性を評価した。付着性の評価は、塗装区分D(下塗り2層+上塗り2層)の塗膜にカッターナイフで素地に達するX字カットを入れ、セロハンテープによる付着性試験を行った。さらに、ジメチルスルホキシドを用いて塗装区分D(下塗り2層+上塗り2層)の塗膜をはく離除去し、鋼材表面の腐食状態を目視で観察した。なお、試験片の端部から5mm以内の範囲は評価の対象外とした。

表3 屋外暴露試験後の試験片の表面状態

素地調整方法	塗装仕様	評価時期				
		初期	6ヶ月後	12ヶ月後	18ヶ月後	24ヶ月後
未処理	塗装仕様1					
	塗装仕様2					
手工具 皮スキ	塗装仕様1					
	塗装仕様2					
動力工具 一般的な カップブラシ	塗装仕様1					
	塗装仕様2					
動力工具 ねじり線の カップブラシ	塗装仕様1					
	塗装仕様2					
動力工具 オービタルサンダ	塗装仕様1					
	塗装仕様2					
動力工具 ディスクサンダ	塗装仕様1					
	塗装仕様2					

### 3. 結果と考察

#### 3.1 塗膜表面状態

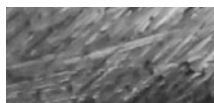

初期および暴露期間中の各評価時期における塗膜外観を表3に示す。

塗装区分A(下塗り1層)の塗膜は、いずれも発錆が多く認められた。これらは膜厚の薄さ(35 $\mu$ m)に起因するものと考えられる。塗装区分B(下塗り2層)の塗膜は、素地調整方法の違いによってさびの発生程度が異なったが、JIS K 5625 2種適合塗料とJIS K 5674 1種適合塗料の両者間には差異は認められなかった。ディスクサンダ処理した試験片は、JIS K 5625 2種適合塗料とJIS K 5674 1種適合塗料ともにさびの発生が少なく、素地調整程度が塗膜の防錆性に影響することが確認された。塗装区分D(下塗り2層 + 上塗り2層)の塗膜は、素地調整方法の違いや下塗り塗料の種類に関係なく、2年間の屋外暴露試験においてさびの発生は認められず、いずれも良好な防錆性を示した。

#### 3.2 鋼材素地面の腐食状況

素地調整方法にディスクサンダを適用した試験片について、塗装区分D(下塗り2層 + 上塗り2層)の塗膜をジメチルスルホキシドによってはく離除去した。塗膜はく離後の鋼材の表面状態を表4に示す。

表4 塗膜はく離後の鋼材の表面状態

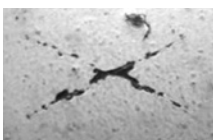
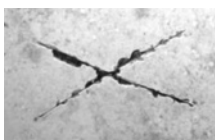
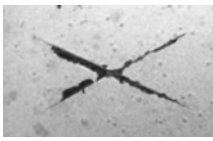
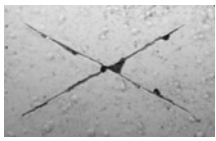
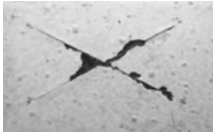
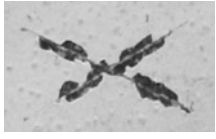
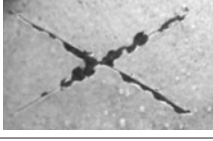

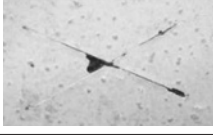

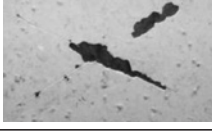
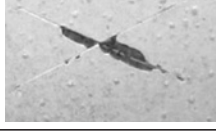
素地調整方法	塗装仕様 1	塗装仕様 2
動力工具 ディスクサンダ		

塗装仕様1、2ともに、屋外暴露2年後においても鋼材表面における腐食の進行は認められなかった。一部に黒い斑点状の孔食が確認されているが、これは素地調整の際に完全に除去しきれなかった残存さびであると考えられる。ただし、塗装区分D(下塗り2層 + 上塗り2層)の塗膜には発錆は認められず、防錆性は確保されているものと判断される。

#### 3.3 塗膜の付着性評価

付着性試験後の塗膜表面の状態を表5に示す。全ての試験片において塗膜のはく離は認められず、良好な付着性を有することが確認された。一部、X字カットに沿って局所的な塗膜はく離が見られたが、これは塗膜にカットを入れた際の機械的損傷によるものであった。

表5 付着性試験後の試験片の表面状態

素地調整方法	塗装仕様1	塗装仕様2
未処理		
手工具 皮スキ		
動力工具 一般的な カップブラシ		
動力工具 ねじり線の カップブラシ		
動力工具 オービタル サンダ		
動力工具 ディスク サンダ		

## 4. まとめ

素地調整程度の異なるさび鋼板を用いて、JIS K 5625 2種適合塗料とJIS K 5674 1種適合塗料の屋外暴露試験を行い、これらの防錆性を比較評価した結果、以下の知見を得た。

- 1) 代表的な塗装仕様(下塗り2層+上塗り2層)において、屋外暴露試験後の塗膜の表面状態および鋼材表面の腐食状態を観察した結果、両塗装系における防錆性は同等であることが確認された。
- 2) 塗装区分B(下塗り2層)の塗膜の表面状態を目視観察した結果、両塗料ともに素地調整程度の違いによって発錆の程度は異なった。十分な素地調整を施すほど塗膜の防錆性は優れており、素地調整の重要性が確認された。なお、塗料種の違いによる防錆性の差異は認められなかった。

## 5. 今後について

今回の実験は塩分影響の少ないさび鋼板を用いた評価であった。鋼材の腐食には塩分が大きく影響すると考えられるため、今後は塩分影響を受けたさび鋼板を用いた検討を予定している。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、清水建設株式会社 関東支部 建築技術部 建築技術グループの方々に多大なご協力をいただきました。

ここに、深く感謝の意を示します。

# ふっ素樹脂塗料の耐久性と厚膜形ふっ素樹脂塗料

Durability of Fluorocarbon Polymer Coating and Design of that High Build Type



技術開発部門 開発部  
技術開発第一グループ  
Technical Development Division,  
Technology Development Department  
Technical Development Group 1

山内 健一郎  
Kenichiro YAMAUCHI

## 1. はじめに

1980年代前半に常温乾燥形ふっ素樹脂塗料が開発され、約30年が経過した。この間、重防食分野においても数多くの塗装実績が積み、現在では、ふっ素樹脂塗料の優れた耐久性は認知されているところである。近年、橋梁・プラント等の鋼構造物の維持管理においては、LCC(ライフサイクルコスト)の低減が求められており、塗装に関しては、耐久性に優れた材料の適用による塗り替え周期の延長や、厚膜形塗料の適用による工程短縮といった取り組みがなされている。

本報では、耐久性に優れた材料として重防食塗装の上塗塗料に適用されているふっ素樹脂塗料および塗装工程の短縮を可能とする、厚膜形ふっ素樹脂塗料について述べる。

## 2. 重防食塗装

重防食塗装系は、一般に防食下地、下塗塗料、中塗塗料、上塗塗料を塗り重ねた複合塗膜(塗装系)で構成されている。図1に基本的な重防食塗装系の塗膜構成を、表1に塗膜各層の役割を示す。

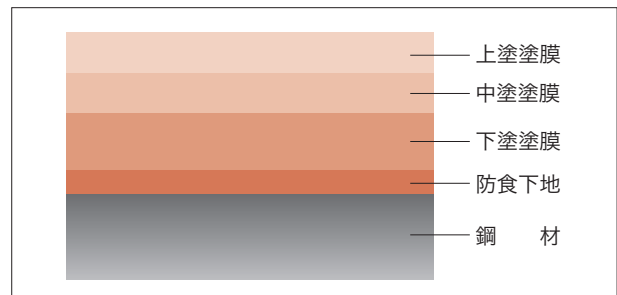


図1 重防食塗装系の塗膜構成

表1 塗膜各層の役割

各層	主な役割
防食下地	鋼材に対する良好な付着性、犠牲防食作用、腐食性物質の遮断によって鋼材の腐食を防ぐ。鋼材面と直接接するので防食に対しての影響が最も大きい。
下塗塗料	防食下地との付着性を確保する。水分や塩類等の腐食性物質の浸透を防ぐ。
中塗塗料	下塗塗料と上塗塗料の付着性を確保する。色相を調整することで、上塗塗料の隠蔽性を補助する。水分や塩類等の腐食性物質の浸透を防ぐ。
上塗塗料	構造物を目的の色彩に着色する。長期間にわたって美観(光沢や色相)を維持する。水分や塩類等の腐食性物質の浸透を防ぐ。



防食下地にはジंकリッチペイントが適用される。塗膜中の亜鉛は鋼材(鉄)よりも卑な電位を示すため、鉄より先にイオンになって鉄の腐食を抑制し、電気化学的に保護する犠牲防食作用を有する。ジंकリッチペイントはこの犠牲防食作用によって、鋼材を腐食から保護する。

重防食塗装系において十分な防食性を維持するためには、防食下地であるジंकリッチペイントの塗膜が健全である必要がある。そのためには、下塗り～上塗りまでの複合塗膜には腐食性物質(酸素、水分、塩分等)を有効に遮断すること、また上塗塗膜においては、紫外線に対する高い耐久性を有し、長期間の暴露においても塗膜の消耗が少ないことが求められる。

### 3. ふっ素樹脂塗料とその耐久性

#### 3.1 ふっ素樹脂の構造と特性

重防食塗装の上塗塗料には、長期にわたって美観を維持するために優れた耐久性(耐候性)が求められる。現在、ふっ素樹脂塗料はポリウレタン樹脂塗料等の他の上塗塗料に比べて、高い耐久性を有する材料であることは公知のことである。これは塗膜劣化に影響を及ぼす外的因子に対して、非常に安定な樹脂構造を有していることに起因している。常温乾燥形塗料用ふっ素樹脂の構造を図2<sup>1)</sup>に、塗膜の劣化に及ぼす環境因子とその作用を表2<sup>2)</sup>に示す。

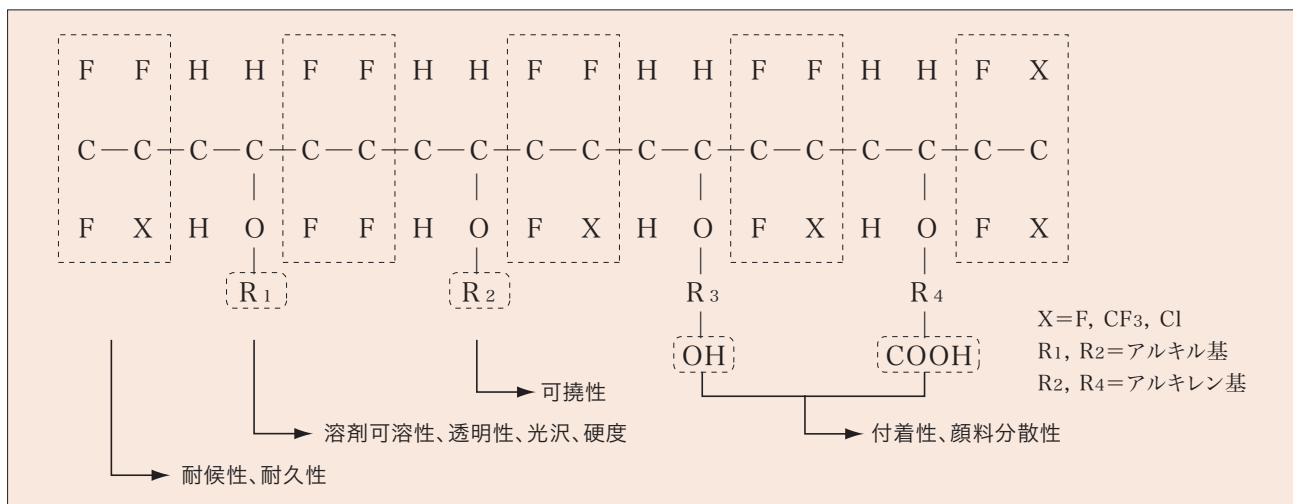


図2 常温乾燥形塗料用ふっ素樹脂の構造

表2 塗膜劣化に及ぼす環境因子の作用

環境因子	現象
太陽光線	紫外線は高いエネルギーを持ち、塗膜のビヒクルポリマーや顔料に吸収される。そのため、ポリマーの結合エネルギーの弱い部分が解離し、励起状態となる。赤外線は熱エネルギーとして働き、この化学変化を促進する。
酸素	ポリマー中の励起された水素と結合し、ポリマーを酸化する。(主鎖の切断や橋かけを生じさせる)
水分	塗膜内部に酸素を運ぶ。塗膜中に浸透し、膨潤させる。被塗面に達し、腐食させる。
熱	冷暖の繰り返しによる疲労劣化。塗膜と素地との熱膨張係数の差が付着低下をもたらす。
亜硫酸ガス硫化水素	紫外線・水によって硫酸となり、樹脂を分解する。Fe(素地)と反応し、Fe <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> の結晶を生成する。
海塩粒子	塗膜の電導性を高め、素地金属の腐食を促進させる。
その他	砂粒・粉塵等の衝突が塗面に傷をつける。微生物はかびを発生させる。

実際には、これらの諸因子が複合的に作用して塗膜劣化が進行するものと考えられているが、特に太陽光線による塗膜劣化は、その波長と塗膜中に存在する有機高分子の結合エネルギーに関係している。一般に有機高分子は、原子や分子同士の結合エネルギーを上回るエネルギーによって化学的な攻撃を受けると、原子や分子同士の結合(あるいは分子鎖)が切れて劣化していく。ふっ素樹脂とポリウレタン樹脂の結合エネルギー

を表3<sup>3)</sup>に示す。

ふっ素樹脂の主鎖結合エネルギーは、自然光の紫外線最大エネルギーよりも大きく、自然光では分解しにくい。これに対して、ポリウレタン樹脂等の化学物質の主鎖結合エネルギーは、自然光の紫外線最大エネルギーより小さく、自然光により切断分解しやすい。このことは、ふっ素樹脂塗料が耐候性に優れる要因の一つである。

表3 主な原子間の結合エネルギー

樹脂種	樹脂の結合エネルギー				自然光の最大UV波長エネルギー (KJ/mol)
	主鎖結合	KJ/mol	主鎖以外の結合	KJ/mol	
ふっ素樹脂	CF <sub>3</sub> -CF <sub>3</sub>	414	F-CF <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	523	411
	CF <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>	424	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> -H	447	
ポリウレタン樹脂	CH <sub>3</sub> -CH <sub>3</sub>	379	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> -H	411	

### 3.2 ふっ素樹脂塗料の耐久性評価

ふっ素樹脂塗料の耐候性をポリウレタン樹脂塗料、塩化ゴム系塗料と比較し、屋外暴露試験にて評価した結果<sup>4)</sup>を紹介する。本暴露試験に供した塗装系を表4に示す。

屋外暴露は静岡県御前崎で実施したものである。本試験における光沢保持率の変化を図3に示す。また、塗膜表面の劣化状態を観察することを目的に、経時での塗膜表面を走査型電子顕微鏡で観察した結果を図4に示す。塗膜表面の変化に伴い、光沢保持率が低下

表4 屋外暴露試験に供した塗装系

工程	ふっ素樹脂塗料塗装系	ポリウレタン樹脂塗料塗装系	塩化ゴム系塗料塗装系
防食下地	無機ジンクリッチペイント (75μm)		
下塗り	エポキシ樹脂塗料下塗り (100μm)	エポキシ樹脂塗料下塗り (100μm)	塩化ゴム系塗料下塗り (35μm×2回)
中塗り	エポキシ樹脂塗料下塗り (50μm)	エポキシ樹脂塗料下塗り (50μm)	塩化ゴム系塗料中塗り (35μm×2回)
上塗り	ふっ素樹脂塗料上塗り (20μm×2回)	ポリウレタン樹脂塗料上塗り (20μm×2回)	塩化ゴム系塗料上塗り (20μm×2回)

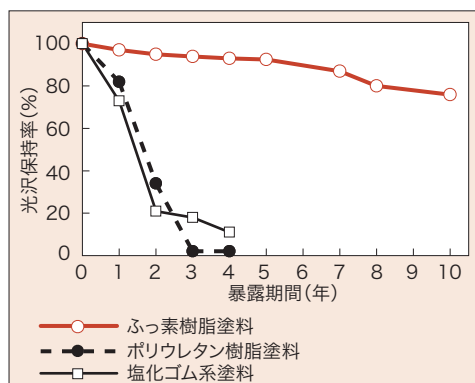


図3 光沢保持率の変化(御前崎暴露)

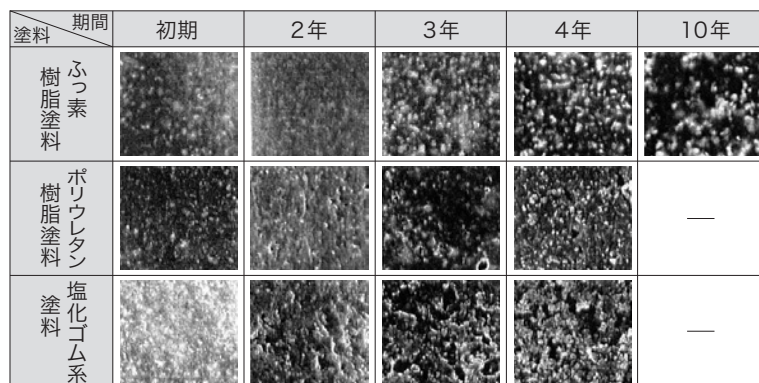


図4 御前崎暴露後のSEM表面観察

10μm

している。塩化ゴム系塗料が2年、ポリウレタン樹脂塗料が3年経過後に塗膜表面の樹脂層が消失し、光沢保持率の著しい低下が認められたのに対して、ふっ素樹脂塗料は10年経過後も塗膜表面に樹脂層が存在し、光沢保持率も高い数値を維持している。

塗膜の耐久性を考える場合、塗膜の消耗速度が重要なポイントになる。一般に暴露環境における塗膜の劣化機構は、次のように考えられている。劣化の第一段階としては、まず塗膜表面層の薄いクリアー膜の樹脂結合が分解し、樹脂が低分子量化したり、クラックを生じることで塗膜光沢の低下が始まる。続いて第二段階として、塗膜中の顔料が抜け出し塗膜表面に微小な穴があき、白亜化(チョーキング)現象を生じて塗膜は消耗していく。塗膜の消耗速度に関する報告としては、長年の暴露試験により、厳しい腐食環境ではエポキシ樹脂塗膜は $10\mu\text{m}/\text{年}$ 、ポリウレタン樹脂上塗塗膜は $2\mu\text{m}/\text{年}$ 、ふっ素樹脂上塗塗膜はポリウレタン樹脂上塗塗膜との光沢保持率の対比や暴露試験塗膜の消耗量を測定した結果から、 $0.5\mu\text{m}/\text{年}$ であるとされている<sup>5)</sup>。

### 3.3 塗膜の光沢(つや)と耐候性

ふっ素樹脂塗料の仕上がり光沢と耐候性に関する検討結果を以下に記す<sup>6)</sup>。図5に、塗膜光沢の異なるふっ素樹脂塗料の促進耐候性試験における光沢保持率の変化を示す。試験はサンシャインウェザーメーターにより10,000時間まで実施した。全つや塗料(初期の60度鏡面光沢度:81)と比較して、初期の60度鏡面光沢度を74, 47に調整した塗料は、いずれも同様の光沢保持率変化を示した。また、初期の60度鏡面光沢度を14に調整した塗料は、これらの塗料よりも若干高い光沢保持率変化を示したが、10,000時間の促進耐候性試験においていずれも良好な光沢保持性を有することが確認された。

以上の結果から、耐候性に優れるふっ素樹脂塗料においては、塗膜光沢の違いによる耐候性への影響は小さいと考えられる。

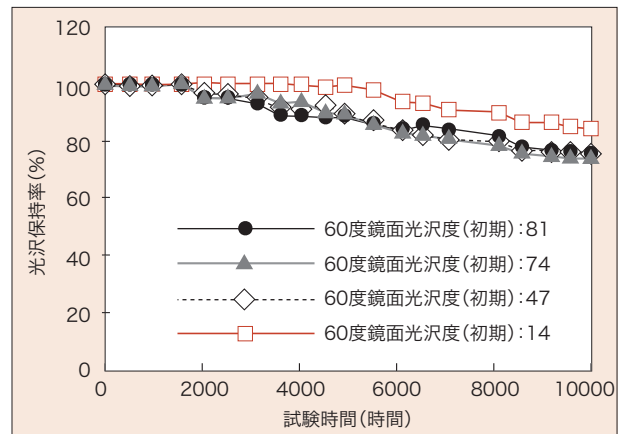


図5 塗膜光沢の異なるふっ素樹脂塗料の促進耐候性試験結果(光沢保持率の変化)

## 4. 厚膜形ふっ素樹脂塗料

ふっ素樹脂塗料を厚膜で塗装することにより、防食下地をより長期間にわたって健全な状態で維持できると考えられる。こうした考えに基づいて、厚膜形ふっ素樹脂塗料が開発されている。図6に厚膜形ふっ素樹脂塗料の促進耐候性試験における光沢保持率の変化を示す。試験はサンシャインウェザーメーターにより実施し、従来のふっ素樹脂塗料と同等の性能を有することが確認されている。なお、厚膜形ふっ素樹脂塗料の耐候性については屋外暴露試験でも確認しており、膜厚の消耗量等、長期耐久性の検証段階にある。

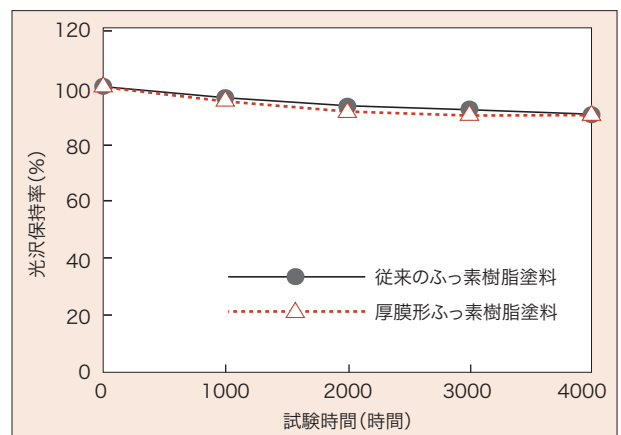


図6 厚膜形ふっ素樹脂塗料の促進耐候性試験結果(光沢保持率の変化)

表5 従来のふっ素樹脂塗装系と厚膜形ふっ素樹脂塗料を適用した塗装系（新設時、スプレー塗装）

		従来のふっ素樹脂塗装系			厚膜形ふっ素樹脂塗料を適用した塗装系		
		塗料名	標準膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	標準使用量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	塗料名	標準膜厚 ( $\mu\text{m}$ )	標準使用量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )
工程	素地調整	プラスト処理ISO Sa2 1/2	—	—	プラスト処理ISO Sa2 1/2	—	—
	防食下地	無機ジンクリッチペイント	75	600	無機ジンクリッチペイント	75	600
	ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗	—	160	エポキシ樹脂塗料下塗	—	160
	下塗り	エポキシ樹脂塗料下塗	120	540	エポキシ樹脂塗料下塗	120	540
	中塗り	ふっ素樹脂塗料用中塗	30	170	厚膜形ふっ素樹脂塗料	55	260
	上塗り	ふっ素樹脂塗料上塗	25	140			
	合計	—	250	1610	—	250	1560
塗装工程数		5工程			4工程		

厚膜形ふっ素樹脂塗料の乾燥膜厚は $55\mu\text{m}$ であるため、従来の重防食塗装における中塗塗装( $30\mu\text{m}$ )、上塗塗装( $25\mu\text{m}$ )という2回の工程を1回に短縮することができる。用途としては、橋梁、プラント等鋼構造物の中塗り・上塗り兼用塗料として用いられる。主に新設塗装時には強溶剤形の厚膜形ふっ素樹脂塗料が、塗り替え塗装時には弱溶剤形の厚膜形ふっ素樹脂塗料が適用される。塗装工程の短縮を特長とする塗料であることから、下塗塗料には厚膜形のエポキシ樹脂塗料が適用される場合が多い。

表5に、新設時における従来のふっ素樹脂塗装系と厚膜形ふっ素樹脂塗料を適用した塗装系を示す。

## 5. ふっ素樹脂塗料の適用事例

上塗塗料に、ふっ素樹脂塗料を用いた重防食塗装系は、国内で数多くの塗装実績が積み重ねられている。代表的な鋼構造物への塗装実績例を表6<sup>7)</sup>に示す。

表6 ふっ素樹脂塗料を適用した重防食塗装系の塗装実績例

完成年	構造物名	所在地
1987	かつしかハーブ橋(主塔)	東京都葛飾区
1991	生月大橋	長崎県平戸市
1993	レインボーブリッジ(主塔)	東京都港区
1994	鶴見つばさ橋	神奈川県横浜市
1997	東京湾アクアライン(橋梁部)	神奈川県川崎市～千葉県木更津市
1998	明石海峡大橋	兵庫県神戸市～淡路市
1999	来島海峡大橋	愛媛県今治市
1999	多々羅大橋	愛媛県今治市～広島県尾道市
2010	東京国際空港D滑走路連絡橋	東京都大田区
2012	東京ゲートブリッジ	東京都江東区
2012	東京スカイツリー	東京都墨田区



## 6. おわりに

重防食塗装系における評価実績をもとに、ふっ素樹脂塗料の優れた耐久性について解説し、塗装系のさらなる高耐久化と工程短縮をもたらす材料である厚膜形ふっ素樹脂塗料を紹介した。

今日、社会インフラの老朽化が改めてクローズアップされ、これらの健全性を確保するための維持管理の重要性が再認識されている。LCC低減への新たな提案材料を市場に発信できるよう、今後も高耐久材料の開発に努めていく。

## 参考文献

- 1) 篠原稔雄：塗装技術, 28[2], pp.71-72 (1989)
- 2) 大田原政彦：工業塗装, 101, 49 (1990)
- 3) 高柳敬志：防錆管理, 54 (12), 453 (2009)
- 4) 中山俊介、永井昌憲、田邊弘往、篠原稔雄：  
第15回防錆防食技術発表大会要旨集,  
p.201 (1995)
- 5) (一社)日本塗料工業会：重防食塗料ガイドブック  
第4版,p.142 (2013)
- 6) 山本基弘、山内健一郎、堀長生、奥田章子：  
日本接着学会誌,47 (9), 369 (2011)
- 7) (一社)日本鋼構造協会：重防食塗装, p.29  
(2012)

# 蛍光色のカラーユニバーサルデザイン

## Color Universal Design for Fluorescent Color Application

大日本塗料株式会社  
カラーセンター  
DAI NIPPON TORYO CO.,LTD.  
Color Center



吉岡 環  
Tamaki YOSHIOKA

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



宮川 有司  
Yuji MIYAGAWA



亀田 英希  
Hideki KAMEDA



小泉 典子  
Noriko KOIZUMI

### 1. はじめに

色の見え方は万人一様ではなく、遺伝子の違いによる色弱(色覚障碍)の人や、白内障等目の疾患の人等、一般の人とは色覚が異なる人が日本国内に約500万人いると言われている。色の組合せや色合い(一部の色調の赤と緑、水色とピンク等)によっては、見分けることができなくなる。それを誰もが識別しやすい配色になるよう配慮し、正確な情報を提供するのが、色のバリアフリー化とも言われる「カラーユニバーサルデザイン」(CUD:Color Universal Design)である。

蛍光顔料メーカーであるシンロイヒ(株)では、東京大学分子細胞生物学研究所 伊藤啓准教授およびNPO法人カラーユニバーサルデザイン機構(CUDO)のご指導とご協力を得て、高鮮鋭な蛍光色の特長を生かしてCUDに貢献できないか検討を行った。

### 2. 色の見え方

色の見え方は様々であり、眼の視神経にある色を感じる錐体と呼ばれる3種類の光センサー(赤系統:L錐体・緑系統:M錐体・青系統:S錐体)の感度により、一般型のC型、L錐体が一般の人とは感度が異なるP型、M錐体が一般の人とは感度が異なるD型等、大別して5種類のタイプがある。図1に色覚のしくみを示す<sup>1)</sup>。表1に5種類の色覚タイプを示す<sup>1)</sup>。

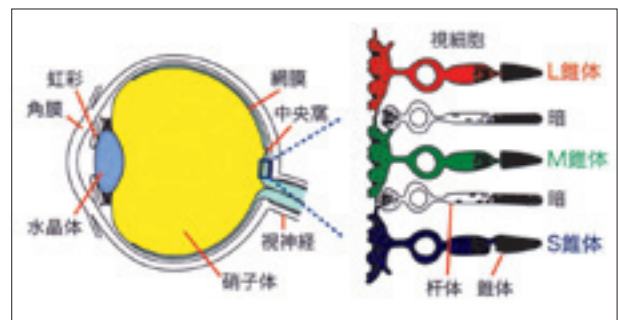


図1 色覚のしくみ

表1 5種類の色覚タイプ

1	C型	赤・緑・青の錐体が揃っている人	約95%
2	P型	赤の錐体の感度が異なる人	約1.5%
3	D型	緑の錐体の感度が異なる人	約3.5%
4	T型	青の錐体の感度が異なる人	約0.001%
5	A型	錐体を持たない人、錐体が一つだけの人	約0.001%

これらの色覚タイプは遺伝する。図2にメンデルの法則の一例を示す<sup>2)</sup>。男性の性染色体XY・女性の性染色体XXのうち、X染色体に含まれる錐体色素の遺伝子が色覚を決める。Xを色弱遺伝子とすると、男性(XY)、女性(XX)で色弱となるが、XXのキャリアーの女性は一般型となる。図2では、色弱の父親(XY)と一般型の母親XXから生まれた男児は、父親のY遺伝子を受け継ぐため一般型XYになるが、女兒の場合は必ず父親の色弱遺伝子Xを引き継ぐためXXのキャリアーとなり、その子が産む男児は1/2の確率で色弱になる。

他にも、老化に伴い目のレンズが黄濁し、青みが欠けて見える白内障(日本で約150万人)や、光センサーの数が減少する緑内障・糖尿病性網膜症等の弱視の人でも色の見え方が変わる。

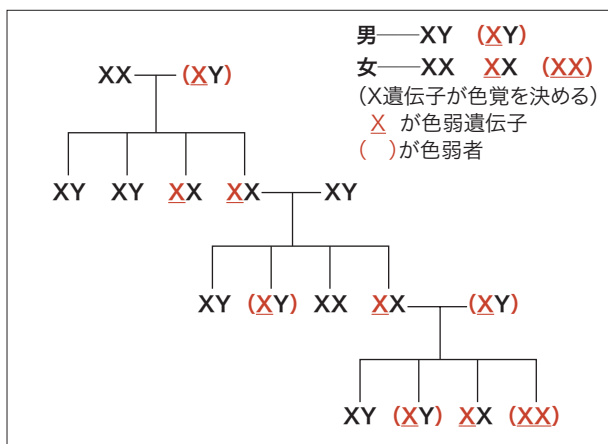


図2 メンデルの法則(一部抜粋)

### 3. カラーユニバーサルデザイン(CUD)とは

#### 3.1 CUDの必要性

従来、白黒表示だった新聞・雑誌・電子機器・案内表示等が、印刷・コンピュータ技術が発展した情報化社会の今日、すべてがカラー化した。しかし色分けによってわかりやすかつつもりが、一般型色覚者を念頭においた配色であったため、色弱の人にとってかえって情報が伝わりにくいという不都合が出てきた。正しく情報が伝わりにくい例として、色分けされた路線図を図3に示す。(図3~5の「D型の人の見え方」は、東洋インキ株式

会社製CUD支援ツール『UDing<sup>®</sup>』使用)他にも、JIS Z 9101における安全色の防火・禁止・停止を意味する「赤」7.5R4/14は、一部の色弱の人には黒く見え、決して目立つ色とは言えないのが実情である。表2に今後CUDが必要となる事例を示す。

我々色彩を扱う塗料メーカーとしても、当然見やすく、使いやすく、わかりやすい配色への配慮が必要となる。

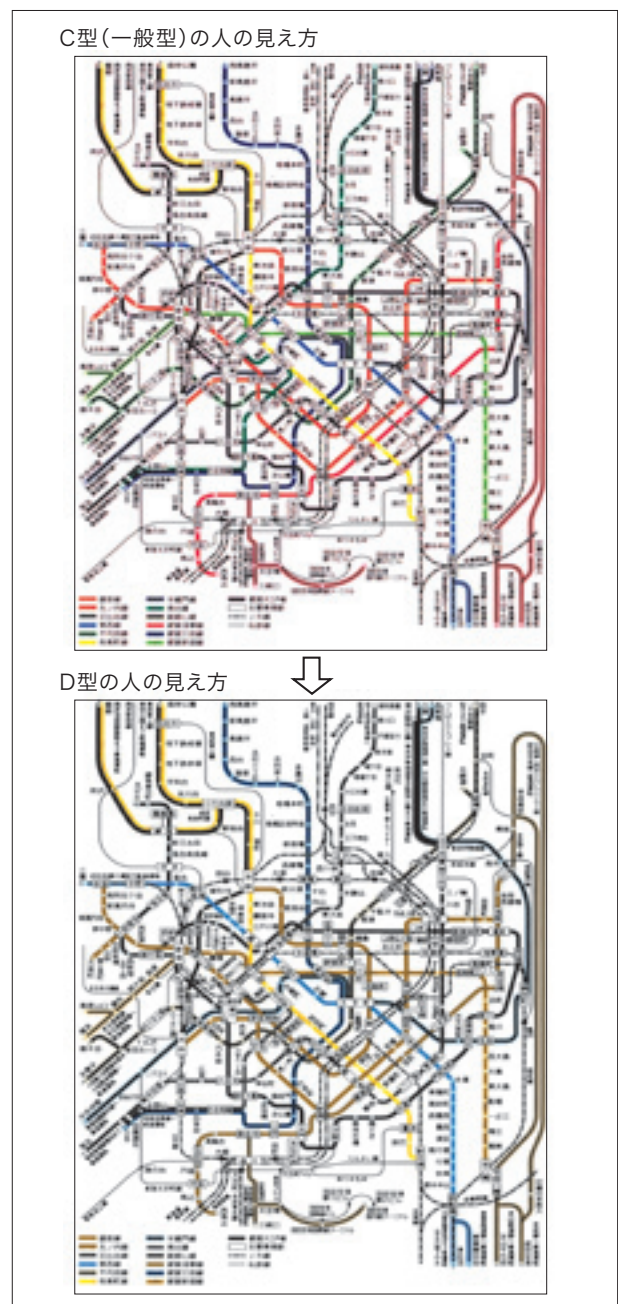


図3 色分けされた路線図

表2 CUDが必要な事例

公共施設	施設案内表示・受付案内・トイレ表示
駅・空港	路線図・誘導表示・電子掲示板
道路	標識・道路情報・区画線・地図・カーナビ
家電	リモコン・操作パネル・表示ランプ
印刷物	新聞・教科書・地図・操作マニュアル
文具	絵の具・色鉛筆・マーカーペン

### 3.2 CUDの最近の動向

徐々にではあるが、家電・出版物・文房具等でもCUDに対応している商品が増えてきている。例えば、交通信号機では「緑」はブルー方向に、「赤」はオレンジ方向にずらしている。また文具メーカーではカラーペンの軸に色名を表記する等(JIS S 6037:2006)色弱の人に

配慮している。

3.1で例にあげた路線図では、一部ではあるが図中へのマークや番号の表示、凡例への色名表示、色合いの微調整等の工夫が見られるようになった。また、最近小中学校の教科書はカラー印刷がほとんどであり、その半数近くがCUDに対応している。さらに平成27年度には、大半がCUDに合格できるよう検証が進められている。

大日本塗料(株)やシンロイヒ(株)のカタログ(図4)等の販促資料においても、色弱の人が識別しやすい配色と、高齢化社会を迎えた今日、弱視の人への配慮から文字の大きさや明度差を大きくして、見やすくするよう心がけている。「DNTカレンダー」(図5)では、弱視の人でも認識しやすい書体や文字の大きさを研究してい



図4 CUD対応したシンロイヒカタログ

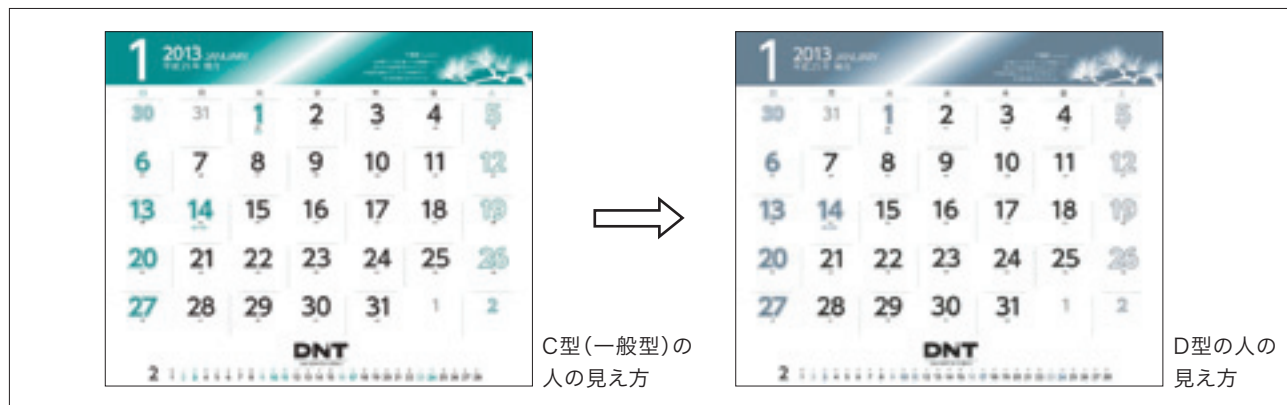


図5 2013年DNTカレンダー



分類	一般名	色見本	日塗工番号	マンセル値 (参考)	分類	一般名	色見本	日塗工番号	マンセル値 (参考)
アクセントカラー (小面積用)	ピンク	F 02-70T (3)	F02-70T	2.5R7/10	ベースカラー (大量積用)	明るいピンク	F 05-60L (3)	F05-60L	5R8/6
	赤	F 38-50V (3)	F08-50V	8.75R5/12		ベージュ	F 19-75L (3)	F19-75L	10YR7.5/6
	茶色	F 09-30L (3)	F09-30L	10R3/6		クリーム	F 25-90H (3)	F25-90H	5Y9/4
	オレンジ	F 15-65X (3)	F15-65X	5YR6.5/14		明るい黄緑	F 32-80P (3)	F32-80P	2.5GY8/8
	黄色	F 27-85V (3)	F27-85V	7.5Y8.5/12		明るい緑	F 42-70H (3)	F42-70H	2.5G7/4
	緑	F 47-60T (3)	F47-60T	7.5G6/10		明るい空色	F 69-80H (3)	F69-80H	10B8/4
	空色	F 69-70P (3)	F69-70P	10B7/8		明るい紫	F 82-70H (3)	F82-70H	2.5P7/4
	青	F 77-40V (3)	F77-40V	7.5PB4/12		無彩色	白	F N-93 (3)	FN-93
	紫	F 89-40T (3)	F89-40T	10P4/10	明るいグレー		F 75-90B (3)	F75-90B	5PB8/1
代替黄	F 27-90P (3)	F27-90P	7.5Y9/8	グレー	F 75-90D (3)		F75-90D	5PB5/2	
鮮やか過ぎる 場合の 代替色	代替緑	F 45-60L (3)	F45-60L	5G6/6	黒	F N-15 (3)	FN-15	N1.5	

図6 日塗工「CUD推奨配色セット」

る他、休日の数字色には平日の黒文字と識別しやすい色彩を選定するとともに縁取りを施す等、識別への便宜を図っている。

### 3.3 日本塗料工業会の取り組み

一般社団法人日本塗料工業会(日塗工)でも、このような社会の動きを受け、2011年発行の「塗料用標準色」F版見本帳に「CUD推奨配色セット」(図6)を掲載した。これはサイン・看板用の配色において、どのような色覚の人にも「比較的等しく認識できる配色例」であり、世界初の試みである。本配色セットは東京大学 伊藤准教授を中心に、日塗工のほかCUDOやDICグループの協力を得て、塗装でも印刷でも適用が可能である<sup>1)</sup>。多様な色覚の人が被験者となり検証テストを実施して作成された。

## 4. 蛍光色のCUD化

### 4.1 蛍光塗料のCUD

日塗工「CUD推奨配色セット」は一般的な塗料での色出しのため、彩度には限界があった。そこでもっと彩度を上げれば、より区別しやすい色になるとの仮説のもと、蛍光塗料を用いての色出しを実施した。

#### 4.1.1 「CUD推奨配色セット」収録色の高彩度化

まず、推奨配色セットの「赤」8.75R5/12(以下CUD赤)、「黄」7.5Y8.5/12(以下CUD黄)、「緑」7.5G6/10(以下CUD緑)、「青」7.5PB4/12(以下CUD青)に、蛍光塗料を混合し彩度を上げた色見本を、以下の設計思想をもとに作成した。図7は色出し調整中の色票類である。

- 「赤」…蛍光レッドにCUD赤を混合するより、少し黄味が強い蛍光スカーレットと混合することで、彩度が高くなり見やすくなる。
- 「黄」…蛍光レモンとCUD黄の混合では、明度が高すぎて白内障の人には白に見えてしまうため、蛍光レモンと蛍光イエローで赤味方向にずらし、山吹色やイチョウの葉の色に近くすることで、白と区別しやすくなる。
- 「緑」…蛍光グリーンは蛍光レモンと一般色緑で調色しているが、黄味に寄った緑は色弱の人には黄色との区別が難しいことから、蛍光レモンとCUD緑との混合で青味方向の7.5G前後のエメラルドグリーン系にすることで、青と区別しやすくなる。
- 「青」…蛍光ブルーとCUD青の混合では彩度の向上効果がないため、蛍光ブルーと蛍光ピンクの混合により赤味方向にずらし、5PB前後にすることで空色と区別がしやすくなる。

最終的な混合比は以下の通り。

- 「赤」 配色セット赤: 蛍光スカーレット 20:80、10:90  
 「黄」 蛍光レモン: 蛍光イエロー 97:3  
 「緑」 配色セット緑: 蛍光レモン 50:50、40:60  
 「青」 蛍光ブルー: 蛍光ピンク 40:60(屋外)、10:90(屋内)



図7 色出し調整中の色票類

上記の結果、一般色に対する蛍光色の混合および蛍光色同士の混合により色相を調整することで、認識しや

すくなることがわかった。

#### 4.1.2 蛍光混合カラーチャート

これまでは蛍光色同士の混色は濁ってきれいな色にならないと言われていたが、一般色に比べ視認性において優位性があると考えられることから、蛍光色の代表色8色(ピンク・レッド・オレンジ・イエロー・レモン・グリーン・ブルー・ホワイト)中の各2色を5~95%の割合で混合し、カラーチャートを作成した(図8)。0~5%での色変化が激しく、蛍光色の特長とも言える鮮やかさが失われるが、それもまた興味深いとのことから、追加で少量添加の混合として1~4%でのカラーチャートを作成。結果、蛍光色混合による濁りはグリーン・ブルーを混合する場合に顕著に起こることがわかった。

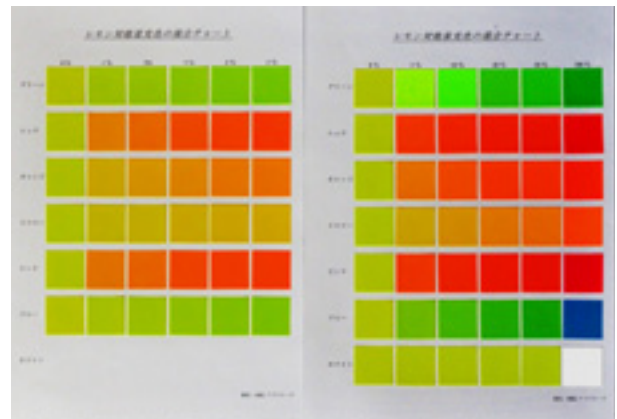


図8 蛍光カラーチャート

#### 4.1.3 蛍光塗料使用による効果

次に、耐候性・コスト面・景観配慮(ぎらぎら感を抑える)等から、蛍光塗料と一般塗料の適正混合比率を検討した。耐候性を考慮し、ヘリポートや消防車輛で使用されている二液アクリルウレタン樹脂蛍光塗料「スーパーミノVトップ」と、一般のウレタン樹脂塗料「Vトップ」を混合した。

結果、蛍光塗料を使用することにより、一般色では出すことが不可能な高彩度となり視認性が改善され、非常に有用であることが判明した。特に「赤」は色が見えにくい夕暮れ時に効果的で、一部消防車に使用されている「スーパーミノVトップ消防朱赤」も区分しやすことが判明した。

## 4.2 蛍光マーカーのCUD

現在蛍光ペンのセット色は、基本5色(ピンク・オレンジ・レモン・グリーン・ブルー)が主流であり、教材等のマーキングとして全世界で使用されている。現在の蛍光マーカーは、一般型(C型)の人は問題なく使い分けことができるが、色弱の人にはピンクとブルーの区別や、グリーンとレモンの区別が難しいこと、明るいレモンが白と紛らわしいことから、マーキングの色の違いに気づかなかつたり、違う色を間違えて塗ってしまったりする事故が起りがちである。

そこで、蛍光マーカーペンの原料である水分散蛍光顔料(シンロイヒカラーベースSFシリーズ)を提供するシンロイヒ(株)では、色材メーカーの立場から蛍光マーカーのCUD化こそが急務と考え、優先して検討することにした。

### 4.2.1 蛍光マーカーの色出し

蛍光ペンのセット色5色の中から、4.2で区別しにくい色として挙げられた「ピンク」「グリーン」「レモン」3色の色出しを行った。

ピンク……ブルーと区別しやすくするため、オレンジとの混合で、赤味方向のサーモンピンク系の色(調色ピンクa)

グリーン…レモンと区別しやすくするため、グリーンと黄味のブルー混合で、青味方向のエメラルドグリーン系の色(調色グリーンabcdef)

レモン……青味のレモンだと白と区別しにくいいため、レモンとオレンジの混合で赤味方向にずらした山吹色系の色(調色レモンabc)

### 4.2.2 蛍光マーカーの検証テスト

現行蛍光マーカー基本5色に加え、4.2.1で色出したピンク・グリーン・レモンがどう見えるか、CUDOの協力を得て、色覚の異なる人10数人での検証テストを行った。

その結果、

配色セットA…

ピンク(調色a)・レモン(現行・調色abc)・  
ブルー(現行)

配色セットB…

レモン(現行・調色abc)・グリーン(調色abcdef)・  
ブルー(現行)

配色セットC…

ピンク(現行)・レモン(現行・調色abc)・  
グリーン(調色abcdef)

上記3種類の配色セットが合格となった。

しかしながら、目標とした現行蛍光マーカーペンの色として最大5色、最低4色セットでの承認は得られなかった。その原因は以下の通りである。

配色セットA…

原因：ピンク(調色a)とグリーン(調色abcdef)  
が区別しにくい

配色セットB…

原因：レモン(現行・調色abc)とオレンジ(現行)  
が区別しにくい

配色セットC…

原因：ピンク(現行)とブルー(現行)が区別しにくい

### 4.2.3 蛍光マーカーの再検証結果

4.2.2の3色組み合わせでは合格となったが、目標とする4色セットの承認を受けるにはP型・D型の人にも区別しやすくするため、濃い目の色にする必要がある。しかし蛍光マーカーペンは、文字の部分に重ねて使用するため、色を濃くすると文字が見にくくなり、蛍光色の特長である明るさが失われる。本来の機能を損なわない限界の色を確認し調色を行い、再度CUDOの協力で検証テストを行った。

その結果、配色セットとしては以下の4色が合格となった。

ピンク…… ピンク100%

レモン…… レモン：オレンジ=9：1 等4点

グリーン… 黄味ブルー：グリーン=7：3 等9点

ブルー…… 赤味ブルー100%

通常はカラーベース40%のところ、ブルーのみ60%と色濃度が高いタイプでの合格となったが、蛍光マーカーペンとしての性能を考えると、他の3色と同等の配合が望ましいと考えられる。今後はブルーベースの濃度アップや、文房具メーカーと蛍光マーカーペンの性能について、調整が必要と考えられる。



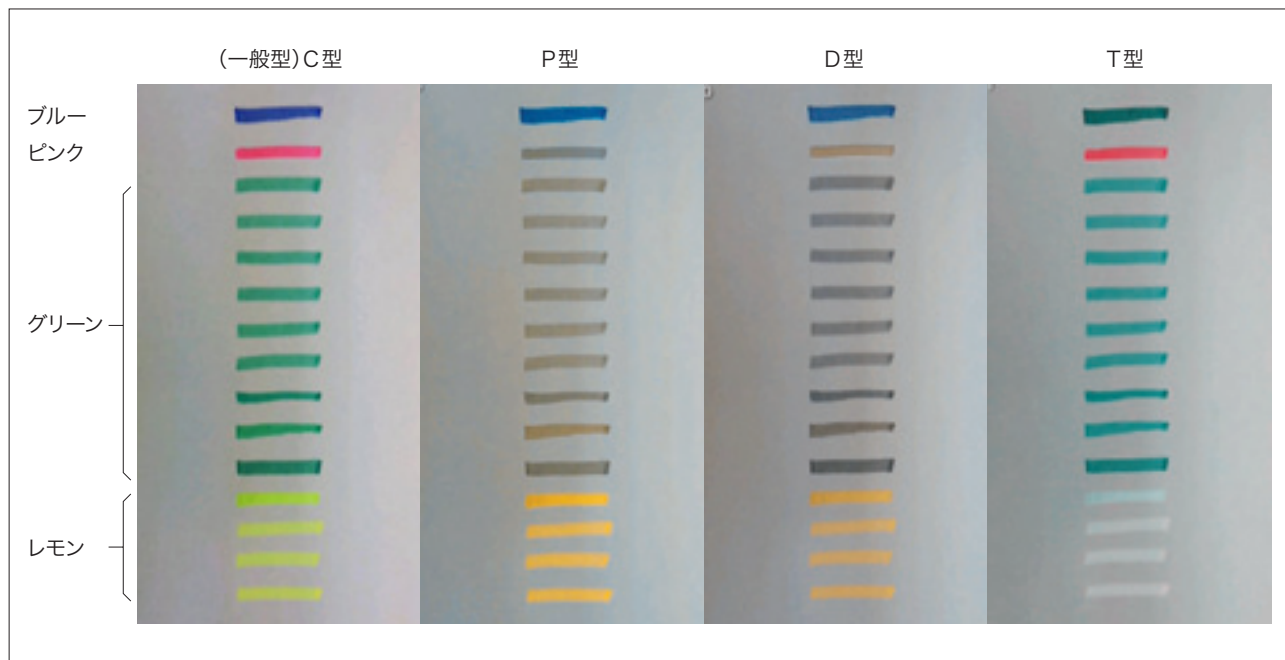


図9 CUD対応蛍光マーカー検証結果

## 5. おわりに

蛍光色は彩度の幅を広げるのでCUD分野で有効であり、今後も研究を続けることで、広い分野での用途展開が可能となることを確信した。

### 5.1 蛍光塗料

一般塗料の「CUD推奨配色セット」は、色域に限界があるため、一部識別しにくい組み合わせがある。蛍光塗料を混合することで、より識別しやすい推奨配色セットを作りあげ、サイン・看板類分野をターゲットに市場を開拓していきたい。

### 5.2 蛍光マーカー

シンロイヒカラーベースSFシリーズの混色により、世界で初めてCUD対応蛍光マーカーペン4色セットとして合格した。今後はこの4色セットを文具メーカーに紹介し、CUDに対応した、CUDO承認蛍光マーカーペンセットとして発売し、社会に貢献していきたい。図10に取得したCUD認証マークを示す。

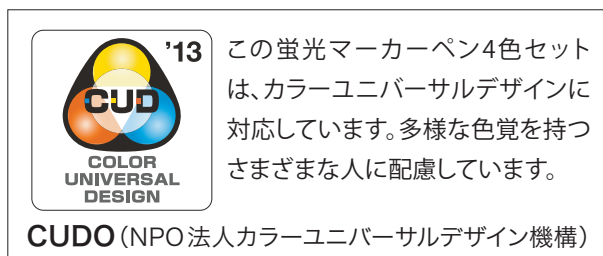


図10 CUD認証マーク

## 謝 辞

蛍光色のCUD化にあたり、適切なアドバイス等多大なご協力をいただきました東京大学 伊藤准教授に、この場を借りて謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 伊藤啓：(一社)日本塗料工業会「彩」, No.28, 12～15p (2010)
- 2) 栗田正樹：色弱の子を持つすべての人へ (北海道新聞社) (2008)



# 水道用塗覆装鋼管の長寿命化への動向

Trend to Long Service Life of Coated Steel Pipes for Water Service



日塗化学(株) 技術部 塗料技術グループ  
NITTO CHEMICAL CO.,LTD  
Paints Research and Development Group

佐々木 徹  
Toru SASAKI

## 1. はじめに

日本は水道普及率97%を超えるが、戦後の高度成長期に布設されたものが多く、これらは水道管の法定耐用年数である40年を超えて使用されていることになる。

一方、水道事業体の管路更新率は、大都市の場合でも毎年1%程度で推移していることから、更新によって布設する管路の耐用年数(寿命)は100年以上が必要になると考えられる。

このことから、水道事業体から寿命100年化への要望が多く寄せられている。そこで、水道用鋼管の外面被覆および内面塗装の長寿命化(目標100年)を図るべく、日本水道鋼管協会(以下WSP)に「水道鋼管長寿命化研究委員会」を設置して、外面被覆・内面塗装のそれぞれについて寿命100年に関する調査・試験検討を行ってきた。この研究委員会は、WSPの技術委員、鉄鋼関連研究者、材料会社等がメンバーとして構成され、日塗化学(株)および大日本塗料(株)も委員として当初より参加してきた。

本報では、「水道鋼管長寿命化研究委員会」の研究成果と、関連する水道用鋼管関連の規格改定内容の概要を報告する。

## 2. 水道用鋼管の外面被覆・内面塗装

今日までの水道用鋼管の外面被覆・内面塗装に関連する規格の変遷を以下に説明する。

### 2.1 水道用鋼管の外面被覆の変遷

水道用鋼管の外面防食被覆は、長年にわたってアスファルト塗覆装、コールタールエナメル塗覆装等によって行われてきたが、これらの塗覆装材料は加熱・溶融して被覆作業を行うため、発生する揮発成分による作業環境問題に対する改善が必要であった。

そこで、作業環境改善に加えて被覆の高品質化を図るため、被覆用プラスチックが開発・実用化されてきた。1985年には、大口径および異形管に適用可能なポリウレタン被覆が日本水道鋼管協会規格WSP 047(ウレタン被覆鋼管)として制定された。その後、既に一部で使用されていたポリエチレン被覆鋼管と併せて、WSP 047(水道用プラスチック被覆鋼管)が制定され、水道用鋼管の外面プラスチック被覆化が進むようになってきた。外面プラスチック被覆は、防食性能、耐衝撃性、鋼管のたわみに対する追従性等、優れた防食被覆として評価されるようになり、使用者である水道事業者およびWSPから(公社)日本水道協会へ規格制定の要請があり、1999年に日本水道協会規格JWWA K 151(水道用ポリウレタン被覆方法)、JWWA K 152(水道用

表1 水道用鋼管の外面被覆規格

区分	規格番号	規格名称	制定	廃止
日本工業規格	JIS G 3491	水道用鋼管アスファルト塗覆装方法	1952年11月	2007年2月
	JIS G 3492	水道用鋼管コールタールエナメル塗覆装方法	1968年 1月	2004年3月
	JIS G 3469	ポリエチレン被覆鋼管	1978年12月	—
	JIS G 3443-3	水輸送用塗覆装鋼管-第3部:外面プラスチック被覆	2007年 2月	—
日本水道協会規格	JWWA G 107	水道用鋼管コールタールエナメル塗装方法	1965年 8月	1968年1月
	JWWA K 151	水道用ポリウレタン被覆方法	1999年 4月	—
	JWWA K 152	水道用ポリエチレン被覆方法	1999年 4月	—
	JWWA K 153	水道用ジョイントコート	1999年 4月	—

ポリエチレン被覆方法)およびJWWA K153(水道用ジョイントコート)が制定された。

さらに、これらのプラスチック被覆は、上水道のみならず下水道、工業用水道、農業用水等の水輸送用鋼管全般に用いられるようになってきたことから、統一的な基準としてJIS G3443-3(水輸送用塗覆装鋼管-第3部:外面プラスチック被覆)が制定された。

水道用鋼管における外面被覆の規格について表1に示す。

## 2.2 水道用鋼管の内面塗装の変遷

水道用鋼管の内面防食塗装は、かつてはアスファルト塗装、コールタールエナメル塗装等によって行われてきたが、タールエポキシ樹脂塗料がJIS K 5664として1972年に制定され、JWWA K 115(水道用タールエポキシ樹脂塗料塗装方法)が1974年に規格化されてからは、水道用鋼管内面用塗装として広く使用されるよう

になる。それ以降、アスファルト塗装およびコールタールエナメル塗装は水道用鋼管内面には使われなくなった。

その後、コールタールを含有せずに衛生性を向上させた溶剤形エポキシ樹脂塗料が、JWWA K 135(水道用液状エポキシ樹脂塗料塗装方法)として1989年に規格化され、これに伴ってJWWA K 115が改正され、タールエポキシ樹脂塗料は上水に接しない面に限って使用されることとされた。

一方、溶剤を含まないことから、溶剤臭がなく、作業環境への影響が少ない無溶剤形エポキシ樹脂塗料が、JWWA K 157(水道用無溶剤形エポキシ樹脂塗料塗装方法)として2004年に規格化された。

これらをもとに、水輸送鋼管全般に適用するJIS G 3443-4(水輸送用塗覆装鋼管-第4部:内面エポキシ樹脂塗料)が制定された。水道用鋼管の内面塗装の規格について表2に示す。

表2 水道用鋼管の内面塗装規格

区分	規格番号	規格名称	制定	廃止
日本工業規格	JIS G 3491	水道用鋼管アスファルト塗覆装方法	1952年11月	注1(1974年5月)
	JIS G 3492	水道用鋼管コールタールエナメル塗覆装方法	1968年 1月	注1(1974年5月)
	JIS G 3443-4	水輸送用塗覆装鋼管-第4部:内面エポキシ樹脂塗装	2007年 2月	—
日本水道協会規格	JWWA G 107	水道用鋼管コールタールエナメル塗装方法	1965年 8月	1968年1月
	JWWA K 115	水道用タールエポキシ樹脂塗料塗装方法	1974年 5月	注2(1989年1月)
	JWWA K 135	水道用液状エポキシ樹脂塗料塗装方法	1989年 8月	—
	JWWA K 157	水道用無溶剤形エポキシ樹脂塗料塗装方法	2004年 3月	—

注1 JWWA K 115の制定・実用化により、水道用内面には使われなくなった。

注2 JWWA K 135の制定・実用化により、上水に接しない面に限って使用することとした。

### 3. 水道用鋼管外面ポリウレタン被覆の耐久性

外面プラスチック被覆のうち、塗料メーカーが供給するポリウレタン被覆(ウレタンエラストマー)の被覆厚みは、2.0mm(+規定なし、-0.5mm)を標準とし、耐衝撃性を必要とする場合は3.0mm(+規定なし、-0.5mm)としている。ポリウレタン被覆は、厚膜被覆が塗装(専用の二液内部混合形塗装機が必要)によって可能であるため、適用形状の自由度が高く、大形管や異形管にも適用される。

#### 3.1 被覆用ポリウレタン配合材料

ポリウレタンを鋼管被覆用とするためには、ポリオール化合物、イソシアネート化合物の他に各種配合材・添加剤(顔料、劣化防止剤、発泡防止剤、触媒等)が構成原料として必要である。ポリウレタン被覆材料の配合例を表3に示す。メインポリオール化合物としては、極性基が少ないヒマシ油系ポリオール又はポリブタジエン系ポリオールが使用される。鎖延長剤・架橋剤としてのサブポリオール化合物は、ウレタン結合間の距離および架橋度を調整し、目的とする耐久性や物性を達成するために重要な材料である。

表3 ポリウレタン被覆材料の組成

材 料		A 社	B 社
主原料	メインポリオール	ヒマシ油系ポリオール	ヒマシ油系ポリオール
	サブポリオール	ヒマシ油変性ポリオール	ヒマシ油変性ポリオール
	イソシアネート	ポリメリックMDI	ポリメリックMDI
添加剤	劣化防止剤	芳香族アミン類	芳香族アミン類
	着色顔料	カーボンブラック	カーボンブラック
	体質顔料	タルク 炭酸カルシウム	炭酸カルシウム
	減粘剤	—	—
	発泡防止剤	ゼオライト	ゼオライト
	ダレ止め剤	アマイドワックス系	有機ベントナイト
	触 媒	有機金属系	有機金属系

#### 3.2 ポリウレタン被覆の長期耐久性

水道用鋼管の外面ポリウレタン被覆の主たる機能は、布設される環境(土壌中、水中・海水中、大気中等)の腐食性物質から鋼管を保護する環境遮断機能が高く、かつ長期にわたって安定(環境の腐食性物質と反応して劣化・損耗がないこと)であることが重要となる。

ポリウレタン被覆の寿命を支配する要因は、

- ①ポリウレタン被覆への水分・酸素透過による鋼面腐食
- ②ポリウレタン被覆の酸化劣化
- ③屋外使用の場合、紫外線劣化

等が挙げられ、これら要因別に寿命推定を行った。

##### 3.2.1 水分・酸素透過による鋼材腐食

ポリウレタン被覆下の鋼面の腐食は、酸素の透過速度に依存するとされており、酸素透過係数からポリウレタン被覆鋼管の腐食量の概算を行った。鋼材の腐食量は、透過した酸素が全て腐食反応で消費されるものとして計算した年間最大腐食推定量の結果を表4に示す。

表4 被覆用ポリウレタンの酸素透過係数と最大腐食推定量(1mm厚み)

被覆材料		被覆用ポリウレタン	
測定温度		15°C	30°C
酸素透過係数	$\times 10^{-16} \text{mol} \cdot \text{m} / \text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$	1.73	3.83
最大腐食推定量	$\mu\text{m} / \text{年}$	1.57	3.47

実際の暴露試験の結果では、透過した酸素が全て腐食反応に消費されるものでなく、被覆が鋼と強く付着し鋼表面積が限定されているうえ、被覆下の鋼表面において極薄い酸化物層が形成され、これが腐食抑制に寄与すると考えられる。実際の腐食速度は、上述の酸素透過係数から算出した最大腐食推定量1/10以下の腐食量であった。

ここで、表4で算出した最大腐食推定量を1/10とした値を実際に想定される最大腐食量として、膜厚と寿命の関係を表5に示す。被覆下の腐食量と寿命の関係は明らかとはされていないが、下地処理(ブラスト処理)による表面粗度が75 $\mu\text{m}$ 程度であることから、鋼材の腐食量が75 $\mu\text{m}$ に達した時点を寿命と推定した。

表5 被覆用ポリウレタンの膜厚と推定寿命

被覆材料		被覆用ポリウレタン	
測定温度		15°C	30°C
最大腐食量 ( $\mu\text{m}/\text{年}$ )	0.3mm厚み	0.523	1.157
	0.5mm厚み	0.314	0.694
	1.0mm厚み	0.157	0.347
推定寿命 (年)	0.3mm厚み	143	65
	0.5mm厚み	239	108
	1.0mm厚み	477	216

3.2.2 ポリウレタンの耐酸化劣化と寿命推定

ポリウレタンの熱酸化劣化は、酸素によって酸化されて性能が低下するもので、これは高温ほど著しい。

ポリウレタンの寿命推定法としては、劣化要因を化学的速度論で加速するための加熱促進が最も有効な方法として用いられている。加熱による促進試験法を用いた場合、最も代表的な寿命推定方法にアレニウス法がある。

そこで、各試験温度(加熱温度)において、一定時間オープン中に保定した後で、常温で引張試験を実施した。引張強度が最大となる時点を、その温度における寿命と設定し、アレニウスプロットから、実使用温度に外挿することで、耐酸化劣化寿命推定評価を実施した。

その結果、ポリウレタンは、50°Cにおいて100年以上の耐酸化劣化寿命を有すると推定される。

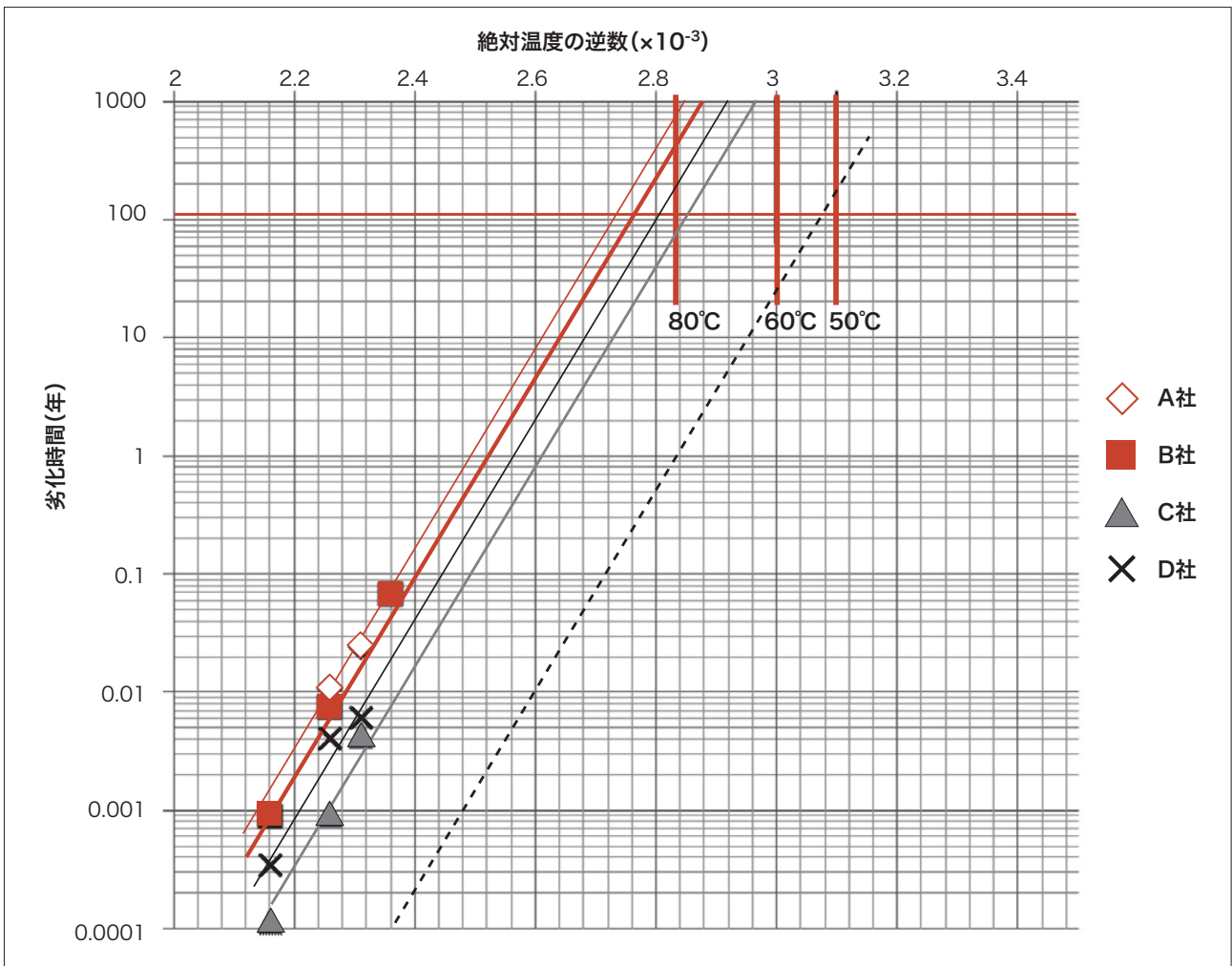


図1 鋼管被覆用ポリウレタンの酸化劣化寿命推定



### 3.2.3 ポリウレタンの耐候性

ポリウレタンは、大気暴露環境に露出状態で置かれた場合、太陽光の紫外線によって被膜の表面からチョーキング(白亜化)が生じ、徐々に塗膜が減少していく。

促進耐候性試験(サンシャインウェザーメーター試験)と膜厚減少量の関係を測定し、促進耐候性試験時間200時間が実暴露の1年間に相当するものとする、ポリウレタンの膜厚減少量は50年間で400 $\mu\text{m}$ となる。したがって、100年間で800 $\mu\text{m}$ の膜厚減少であり、十分な耐候性を有すると言える。なお、ポリウレタン被覆を屋外使用する場合、白亜化を問題としない場合はそのまま使用できるが、景観性を考慮する場合は、耐候性上塗塗料(ふっ素樹脂塗料、ウレタン樹脂塗料等)を塗装することにより景観性を保持できる。

## 4. 水道用内面エポキシ樹脂塗料の耐久性

水道用鋼管の内面は、酸素濃度が低いために塗膜下の腐食は地上部に比較して少ないが、水が塗膜を透過してブリストア(ふくれ)が発生、成長し、ブリストアが破壊した時に大きく鋼材の腐食が発生し始める。そこで、塗膜の耐水透過性を温度勾配試験と湿潤試験で評価した。

温度勾配試験は、水中で塗装鋼板の塗膜側を高温、鋼板側を低温として、水の浸透を促進させてブリストアを発生させる試験であり、温度差が大きいほど促進される。そこで、膜厚および温度差を変化させて試験を実施し、寿命と仮定したブリストア発生面積率50%の時点を求めた。湿潤試験は、塗膜の高湿度条件下における耐久性を評価するものであり、温度70 $^{\circ}\text{C}$ 、湿度100%で試験を実施して同様にブリストア発生面積率50%の時点を求めた。

両試験結果から、各膜厚におけるブリストア発生推定寿命を求め、工場で塗装機にて塗装した塗膜での試験結果を図2に、現場での鋼管継手溶接部に手塗りにて塗装した塗膜での結果を図3に示す。

工場機械塗装については、図2から100年寿命に相

当する膜厚は374 $\mu\text{m}$ であった。また、現場溶接継手部の手塗り塗装については、図3から100年寿命に相当する膜厚は616 $\mu\text{m}$ であった。

水道鋼管の内面塗装は、無溶剤形エポキシ樹脂塗料および液状エポキシ樹脂塗料がある。ここでは、特に無溶剤形エポキシ樹脂塗料について100年寿命という観点から検討してきた結果、内面塗装に必要とされる性能等を表6に示す。ここで、膜厚については、規格化への反映を考慮して安全性を加味した内容とした。

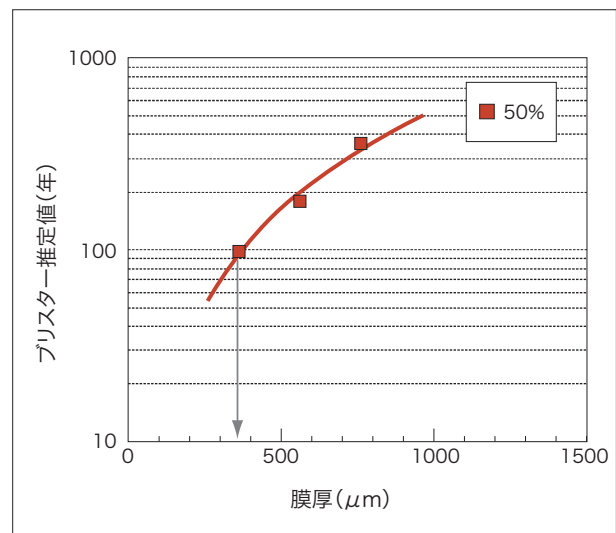


図2 膜厚とブリストア発生推定寿命  
(工場機械塗装)

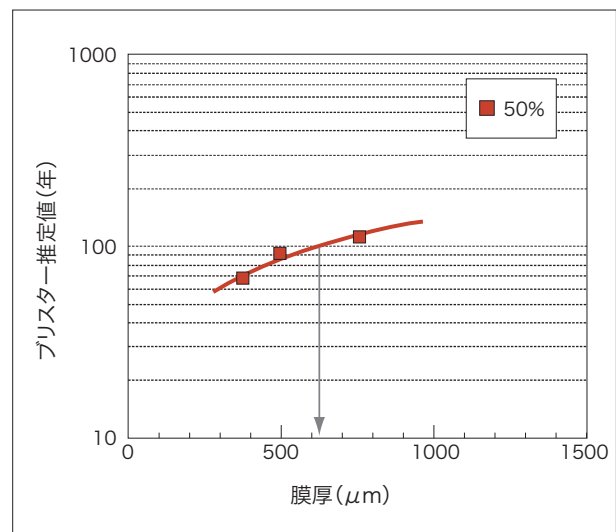


図3 膜厚とブリストア発生推定寿命  
(現場溶接部手塗り塗装)

表6 水道鋼管100年寿命内面無溶剤  
エポキシ樹脂塗料の膜厚

項目		工場塗装	現場溶接部 手塗り塗装
塗装方式		二液内部混合形 塗装機	手塗り (ヘラ塗り)
100年 寿命	必要膜厚	374 $\mu$ m	616 $\mu$ m
	規定膜厚	600 $\mu$ m以上	1000 $\mu$ m以上

## 5. 関連規格の改定概要

本報で紹介した研究委員会の成果として、水道鋼管内外面のWSP規格として、WSP 076-2012(長寿命形水道鋼管用塗覆装材料・塗覆装方法)が2012年9月に制定される運びとなった。水道用鋼管の外表面被覆および内面塗装に関連する規格の制定、改訂の状況を表7に示す。

表7 水道鋼管関係(長寿命形)規格の制定・改正状況

区分	規格番号	規格名称	状況	備考
日本水道鋼管協会規格	WSP 075	長寿命形水道鋼管用無溶剤エポキシ樹脂塗料塗装方法	2012年3月制定 2012年9月改訂	この規格をJWWA K 157(改正済) JIS G 3443-4改正へ反映。
	WSP 076	長寿命形水道鋼管用塗覆装材料・塗覆装方法	2012年9月制定	この規格をJWWA K 151-153、JIS G 3443-1～4改正へ反映。
日本水道協会規格	JWWA K 151	水道用ポリウレタン被覆方法	改正中	JIS G 3443改正案に準拠(原案作成中)
	JWWA K 152	水道用ポリエチレン被覆方法	改正中	JIS G 3443改正案に準拠(原案作成中)
	JWWA K 153	水道用ジョイントコート	改正中	JIS G 3443改正案に準拠(原案作成中)
	JWWA K 157	水道用無溶剤形エポキシ樹脂塗料塗装方法	2013年1月改正	長寿命形の規定を付属書Eに追加、JIS G 3443-4改正へ反映。

## 6. おわりに

水道用鋼管の長寿命化への対応として、外面被覆としてポリウレタン被覆を適用し、内面塗装として水道用無溶剤エポキシ樹脂塗料を厚膜化して適用すれば、100年を超える耐久寿命が推定されることが判明した。この成果を関連する規格等に発展させ、水道施設の長期寿命を支える一助になれば幸いである。

## 参考文献

- 1) 石田雅己、大槻富有彦：防錆管理,56,11, p443-451(2012) 水道鋼管の長寿命化(その1)
- 2) WSP 076-2012  
(長寿命形水道鋼管用塗覆装材料・塗覆装方法)
- 3) WSP 075-2012  
(長寿命形水道鋼管用無溶剤エポキシ樹脂塗料塗装方法)

# 耐チッピング性に優れた樹脂クロムめっき用 塗装システムの開発

Development of Anti-Chipping Coating System  
for Chrome-Plated Resin Products

塗料事業部門  
車輛産機・プラスチック塗料事業部  
自動車・プラスチック テクニカルサポートグループ  
Paint Operating Division,  
Rollingstock,Machinery・Plastic Coating Department  
Plastic Technical Support Group

技術開発部門 開発部  
技術開発第二グループ  
Technical Development Division,  
Technology Development Department  
Technical Development Group2



齋藤 聡  
Satoshi SAITOU



小林 稔幸  
Toshiyuki KOBAYASHI

## 要 旨

乗用車のラジエーターグリル等に見られる、樹脂素材に金属調外観を付与するクロムめっき加工では、その金属調表面にカラークリヤーを塗装することで意匠化を行っている。従来のめっき用塗料では硬度が得られても塗膜が脆く、小石等の衝突による傷(チッピング傷)からの耐候劣化によるめっき素地腐食によるはく離が報告されている。

本報では耐チッピング性および耐候性の向上、カラークリヤー仕様や着色の意匠性を持つ塗装システムの開発を目指した。

従来の1コート仕様から付着性・耐候性・耐チッピング性に対する機能の重点付与を行うため、2コート仕様を選択した。さらに各層に弾性成分を導入することにより、塗膜に衝撃吸収性を持たせ、耐チッピング性を向上させることができた。

## 1. はじめに

ABS樹脂を代表とするプラスチック素材へ金属調意匠を付与するためのクロムめっきを施した部品は、金属部品に比べ軽量で、装飾性やデザイン性に優れている。また、素材表面を金属被覆することでプラスチック素材より耐久性の向上した部品が得られるため、自動車では主にフロントグリルやエンブレム等の装飾部品に採用されている。

クロムめっき上には、金属調の意匠性を高めるためにカラークリヤー塗装が多く行われている。



フロントグリル

図1 クロムめっき部品例

クロムめっき表面はプラスチック素材よりも硬質であるため、塗膜の付着性の確保が難しいが、プラスチック

用塗料に多く用いられるイソシアネート硬化系の塗料より、シロキサン結合を利用したアクリル-シリコン硬化系塗料の方が付着性に優れている。

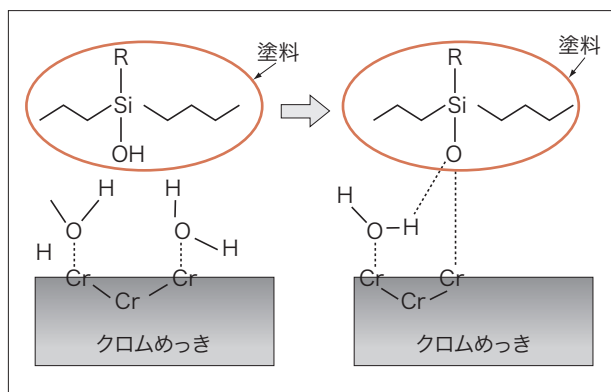


図2 クロムめっき上の付着メカニズム  
(シリコン系塗料)

## 2. 開発の経緯

### 2.1 現行塗料の特長

当社のめっき用塗料であるプラニットSi-CZには、シロキサン結合を利用したアクリル-シリコン硬化系を使用している。アクリル-シリコン硬化系の塗膜は高い塗膜硬度を得られるが、脆いために耐チッピング性に問題があった。

これを改善すべく、柔軟なウレタン鎖を導入し、耐チッピング性を向上させた製品がプラニットSi-CZ-1である。

表1 現行塗料の状況

	第一世代	第二世代
塗料名	プラニット Si-CZ	プラニット Si-CZ-1
塗装仕様	1コート	1コート
硬化反応	アクリル-シリコン	・アクリル-シリコン ・アクリル-ウレタン
塗膜硬度 (鉛筆法)	F	B~HB
耐チッピング性	傷面積：4.3%	傷面積：1.3%

### 2.2 開発の目標

プラニットSi-CZ-1でも①チッピングによる塗膜はく離②寒冷地での融雪剤によるクロムめっきの塩害腐食や耐候劣化による塗膜はく離③高圧洗浄機による素地への水分侵入による塗膜のはく離等が問題となっていた。

これらの問題を解消するために、プラニットSi-CZ-1より高品質で長期の品質維持が可能な、第三世代としての塗装システムの開発を行った。

開発目的として以下の目標を定めた。

- ① 車輻バンパーレベルの耐チッピング性を有すること。
- ② 耐候性を向上させること。
- ③ カラークリヤーや着色可能な意匠性があること。
- ④ 現行塗料同等の乾燥条件で成膜可能であること。

### 2.3 開発コンセプト

従来の1コート仕様から2コート仕様にすることで、アンダーコートでは、主にクロムめっきやトップコートとの付着性と耐チッピング性能の向上を、トップコートには耐候性や耐チッピング性および自己回復機能を持たせ、さらにそれぞれの層に弾性を有する樹脂成分を導入することで、チッピング傷によるはく離を抑制する塗膜を設計した。

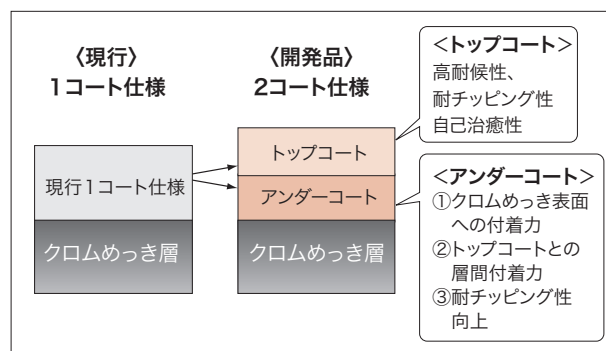


図3 開発コンセプト/塗膜機能の分離



### 3. 耐チッピング性塗装システムの開発

#### 3.1 塗料の設計

アンダーコートには、従来の1コート塗料成分に弾性を有した樹脂成分を導入し、めっき素材への付着性を確保することで耐チッピング性の改良を行った。トップコートについては、塗膜が脆くなりやすいアクリル-シリコン硬化系を除き、軟質性および弾性を有した樹脂を併用し、耐衝撃および弾性を有した塗膜を設計した。

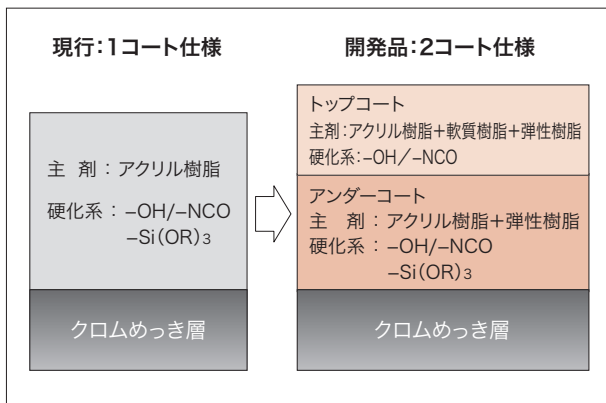


図4 2コート仕様概念図

塗膜に弾性機能を付与することで、従来品(プラニットSi-CZ-1)で発生していたチッピング傷による素地の腐食に伴う塗膜はく離の拡大を抑制し、迅速な塗膜回復によりチッピング傷の拡がりを抑えることが可能となった。

表2 塗装仕様

素 材	ABS	
下 地	クロムめっき	
前処理	エアブロー	
下塗り	開発品アンダーコート	
配 合	主 剤	100
	硬化剤	10
	シンナー	50-60
塗装粘度	(NK#2)	9~10秒/25°C
塗装膜厚	10~15μm	
インターバル	室温 × 10分	
上塗り	開発品トップコート	
配 合	主剤	100
	硬化剤	30
	シンナー	30
塗装粘度	(NK#2)	10~11秒/25°C
塗装膜厚	20~30μm	
セッティング	室温 × 10分	
乾燥条件	70°C×40分 Keep	

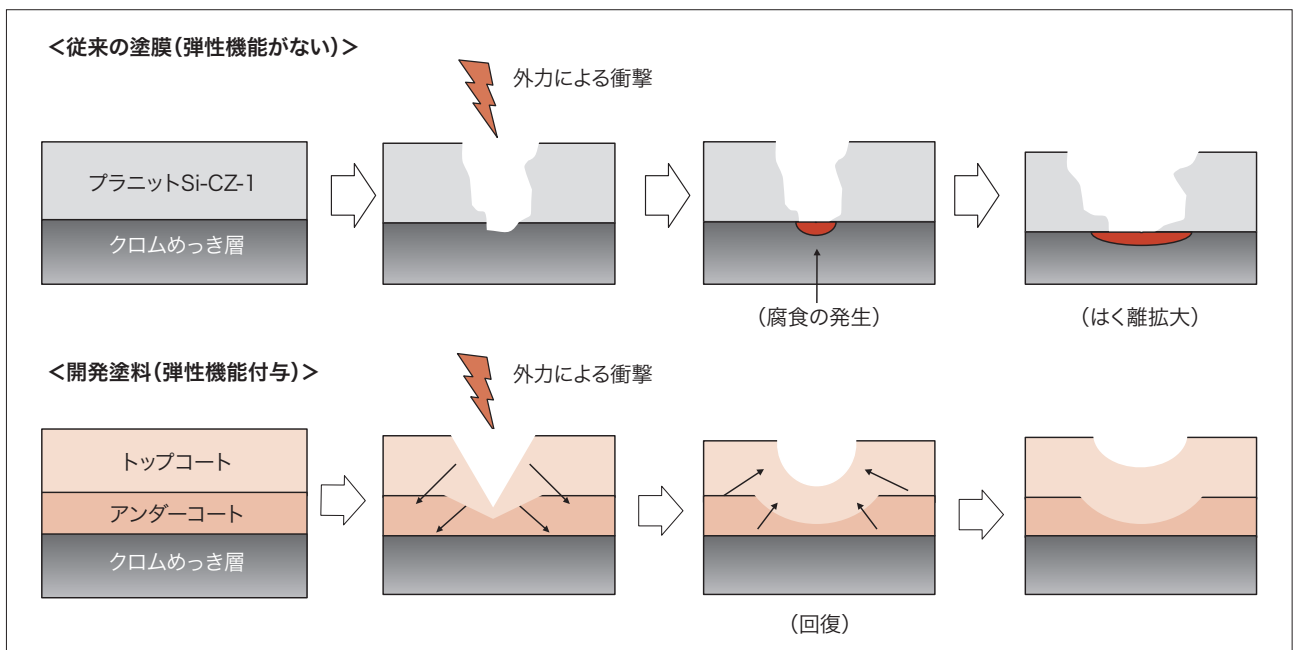


図5 弾性機能を持つ塗膜の特長

### 3.2 耐チップング性の検証

開発した塗料について、耐チップング性の機能を以下のように検証した。

クロムめっき試験板にアンダーコートとトップコートを5、10、15、20、30 $\mu\text{m}$ を組み合わせ、表3に示す条件にてグラベロメーターによるチップング試験を実施した。結果を図6に示す。

表3 グラベロメーター試験条件

装置	グラベロメーター
飛石	7号砕石 100g
試験温度	-20℃
吹付圧力	0.3MPa(3kg/cm <sup>2</sup> )
評価方法	試験表面スキャンによる全面積中の傷面積割合を%で示した

図6の結果より、アンダーコートの膜厚変化は、トップコートの半分であったが、耐チップング性能の変化はトップコートの膜厚変化により著しく変化していたことから、トップコートの膜厚変化による影響より、アンダーコートの膜厚変化が耐チップング性に大きな影響を及ぼしていることがわかった。

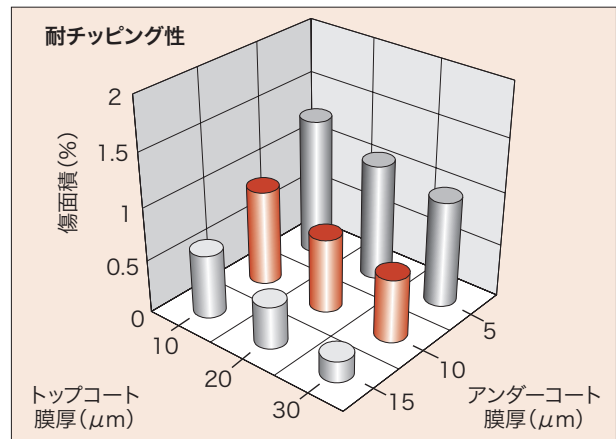


図6 各層の膜厚と耐チップング性の相関

### 3.3 耐候付着性の評価

チップング試験に用いた、膜厚を変化させた試験片による耐候付着性を評価した。サンシャインウェザーメーターによる促進耐候性試験200時間後に、耐温水試験40℃×48時間を行うことを1サイクルとし、サイクル毎の付着性を確認した。表4に示す通り、4サイクルまでは異常がなかったが、総合膜厚が25 $\mu\text{m}$ 以下では、5サイクル以降よりトップコートが薄膜である試験片では凝集破壊によるはく離が見られた。

トップコートの凝集破壊は、アンダーコートとトップコートの総合膜厚が25 $\mu\text{m}$ 以下の試験片で発生している。現状で十分な耐候付着性を得るには、総合膜厚が30 $\mu\text{m}$ 以上必要であるとの結論が得られた。

表4 耐候付着性試験結果

試験No.		A	B	C	D	E	F	G	H	I
塗装膜厚	アンダーコート	5 $\mu\text{m}$	10 $\mu\text{m}$	15 $\mu\text{m}$	5 $\mu\text{m}$	10 $\mu\text{m}$	15 $\mu\text{m}$	5 $\mu\text{m}$	10 $\mu\text{m}$	15 $\mu\text{m}$
	トップコート	10 $\mu\text{m}$	10 $\mu\text{m}$	10 $\mu\text{m}$	20 $\mu\text{m}$	20 $\mu\text{m}$	20 $\mu\text{m}$	30 $\mu\text{m}$	30 $\mu\text{m}$	30 $\mu\text{m}$
	総合膜厚	15 $\mu\text{m}$	20 $\mu\text{m}$	25 $\mu\text{m}$	25 $\mu\text{m}$	30 $\mu\text{m}$	35 $\mu\text{m}$	35 $\mu\text{m}$	40 $\mu\text{m}$	45 $\mu\text{m}$
耐候付着性 (サンシャイン ウェザーメーター 200時間 →耐水48時間 =1サイクル)	1サイクル	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	2サイクル	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	3サイクル	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	4サイクル	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	5サイクル	×	×	×	×	○	○	○	○	○
	6サイクル	×	×	×	×	○	○	○	○	○

○：はく離なし ×：トップコート凝集破壊

### 3.4 塗膜性能評価

アンダーコート5~15 $\mu$ m、トップコート20~30 $\mu$ mの膜厚条件での試験片の塗膜性能試験結果を表5に纏めた。いずれの塗膜性能試験でも既存と同等もしくはそれ以上の性能を示した。

表5 開発塗料(カラークリヤー仕様)の塗膜性能

試験項目	試験条件	試験結果
外観	目視	異常なし
鏡面光沢度	60°	239
付着性	基盤目2mm×100マス	0/100 合格
耐衝撃性	2.94N×20cm	合格
不粘着性	500g荷重 70°C×2時間	合格
耐温水性	40°C×360時間	0/100 合格
耐水変色性	55°C×4時間	$\Delta E=0.40$
耐アルカリ変色性	1/10N-NaOH 55°C×4時間	$\Delta E=0.07$
耐酸変色性	1/10N-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 20°C×24時間	$\Delta E=0.24$
耐揮発油性	n-ヘプタン 20°C×3時間	合格
複合腐食サイクル	60サイクル※	合格
塩水噴霧	240時間	合格
促進耐候性 サンシャイン ウェザーメーター 800時間	外観(目視)	異常なし
	光沢(保持率)	198(83%)
	$\Delta E$	0.62

※ 1サイクル: 塩水噴霧×17時間→乾燥70°C×3時間→塩水浸漬(50°C)×2時間→常温放置×2時間

## 4. まとめ

現行の1コート仕様から2コート仕様にする事で各塗膜に付加する機能を分離し、各層に弾性成分を導入することで塗膜の耐チッピング性が向上した。

現行塗料であるプラニット Si-CZ、プラニット Si-CZ-1と比較した開発品の耐チッピング性能を図7に示す。

開発品は、アンダーコート15 $\mu$ m、トップコート20 $\mu$ mの2コート35 $\mu$ mの塗装で、クロムめっき上でのチッピング傷面積は0.4%であった。現行塗料のプラニット Si-CZ-1 1コート30 $\mu$ m、チッピング傷面積1.3%と比較して、5 $\mu$ mの総合膜厚増加でチッピング傷面積が約1/3に減少した。

一般的な3コート仕様である60 $\mu$ mのバンパー塗装部品とほぼ遜色のない耐チッピング性能を有していた。

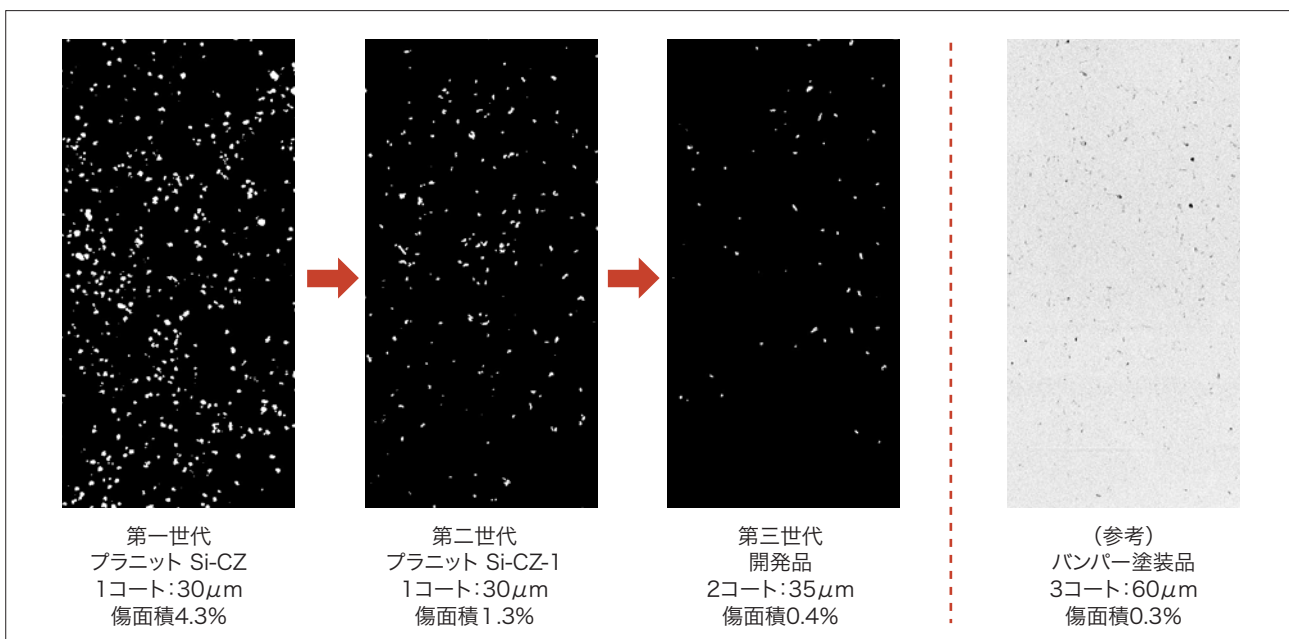


図7 耐チッピング性比較：現行塗料、開発品、バンパー塗装品(参考)

## 新商品紹介-1

New Products

塗膜診断・塗り替え仕様選定システム  
「DNT塗膜診断システム」Coating Film Examination 「DNT Original Method  
for Selection of Coating Maintenance System」塗料事業部門  
建築・構造物塗料事業部

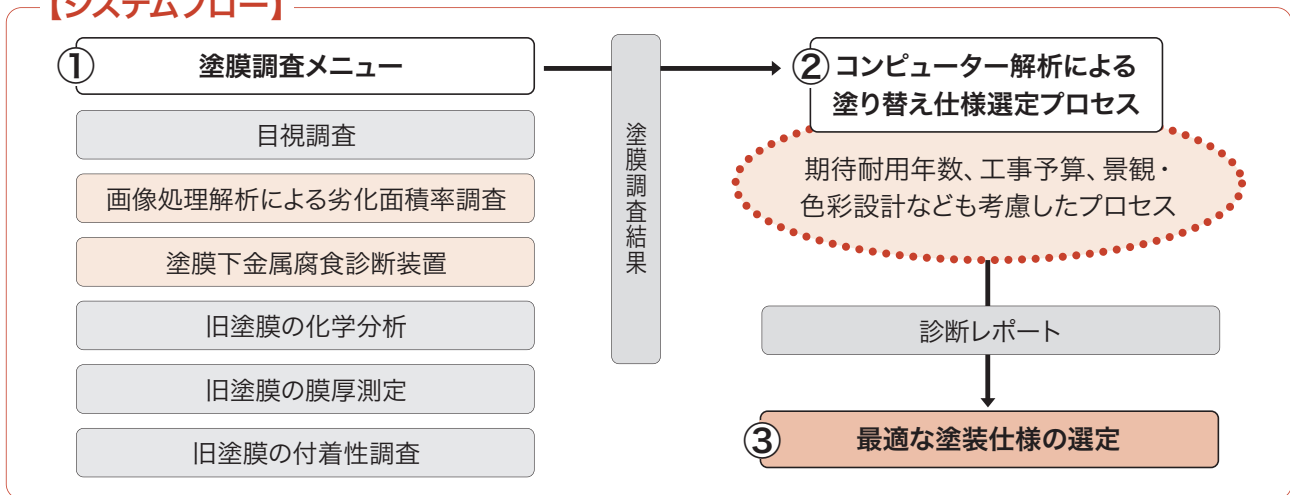
## 独創的な総合塗膜診断システムが、最適な塗り替え仕様を選定

塗膜下金属腐食診断装置：特許3651601

塗膜診断システム：特許5077960

国内では社会資本の劣化が深刻化し、補修や塗り替えの需要が高まってきており、構造物塗料の市場も「新設」から「維持管理」の時代へと移行している。そこで鋼構造物を所有または管理する関係者に対し、LCC(ライフサイクルコスト)を如何に低減できるかを提示すべく、塗膜の劣化を正確に把握でき、残りの寿命も的確に判断できる当社独自の塗膜診断システム『DNT塗膜診断システム』を確立し、事業展開を開始した。

## 【システムフロー】



## システムの特長

- 塗膜下金属腐食診断装置は、ISO 13129で認定されたカレントインタラプタ(CI)法を採用し、測定精度の信頼性が確認されている。
- 塗膜劣化の範囲および劣化度を高精度で診断できるため、塗り替え範囲と時期が判定できる。
- 旧塗膜の種類や膜厚に応じた、適切で経済的な塗り替え仕様を選定できる。

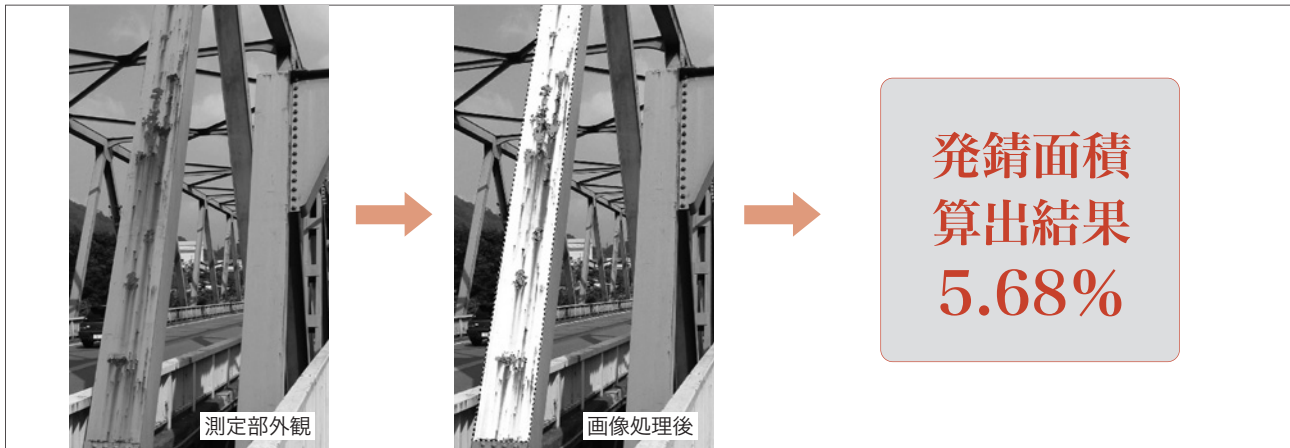
## 適用範囲

- 橋梁
- プラント設備  
(電力、ガス、石油等)



## 画像処理解析による劣化面積率調査

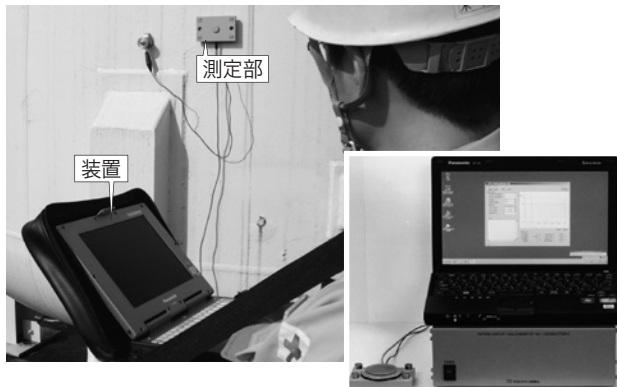
発錆面積を定量化することにより、目視観察結果の精度を向上させる。



## 塗膜下金属腐食診断装置

(ISO 13129認定のCI法を採用、特許3651601を取得)

目視および画像処理調査の結果で“健全”と判断された塗膜下鋼材の腐食状況を診断し、塗り替え範囲を特定する。



### ○ 調査の流れ

- 1) 専用パッドを使って測定部を電解液で浸漬
- 2) 測定の実施(5~15分/点)
- 3) 自然電位、塗膜抵抗・塗膜容量、分極抵抗・分極容量のデータの取得
- 4) データより塗膜下の腐食状況を把握

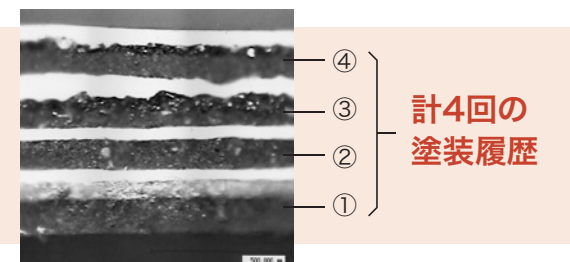
塗膜下金属腐食診断装置

## 旧塗膜の化学分析

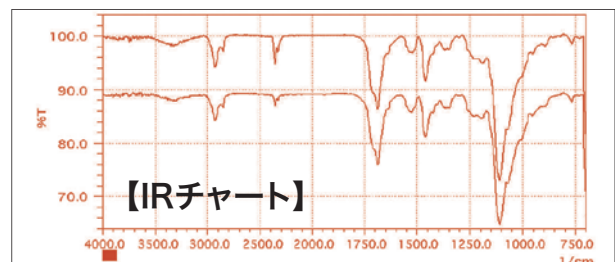
旧塗膜の履歴(種類、回数など)を特定することで、以下の判断材料に反映させる。

- ①適切な素地調整種別の選定 ②適切な塗り替え仕様の選定

1) 旧塗膜断面の観察により、塗装履歴を確認



2) FT-IR(赤外線吸収スペクトル法)などにより、塗膜の樹脂系を特定



# 新商品紹介-2

New Products

## 鉛・クロムフリー水性さび止め塗料 「水性グリーンポーセイ 速乾」

Waterborne Lead-Free, Chromium-Free Anticorrosion Paint  
「Suisei Green Bosei Quick Drying」

塗料事業部門  
建築・構造物塗料事業部

大気汚染防止法の一部改正により、従来比でVOC30%減の関係政省令が出された。塗料分野においては水性塗料での施工が求められ、今後益々の需要増加が見込まれる。

このような背景から、VOCを大幅に削減でき、かつ従来の水性塗料と比較して施工幅の広い水性さび止め塗料「水性グリーンポーセイ 速乾」を上市した。

### 特長

- JIS K 5674 1種(溶剤系)と同等の防食性能を有する
- 溶剤系塗料と比較して、VOCを約80%削減できる
- 従来の水性塗料と比較して、施工幅が広い
- 水性塗料のため、臭気が非常に少ない
- 有害重金属フリーのため、地球に優しい

### 用途

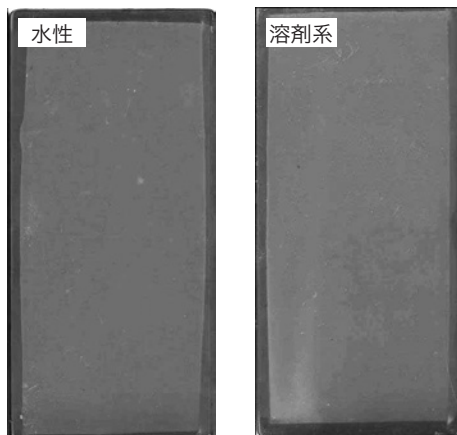
- 建築鉄骨
- 軽量鉄骨 等

### 規格

JASS 18 M-111 適合品

### 防食性

【屋外暴露試験(24ヶ月)】

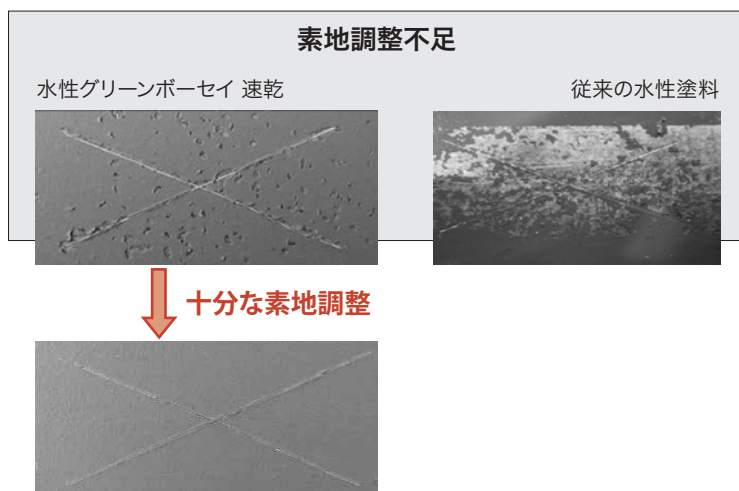


水性グリーンポーセイ  
速乾

グリーンポーセイ  
速乾

溶剤系塗料と同等の防食性を有する

### 付着性



良好な付着性を得るためには、十分な素地調整が必要

## 塗料性状

項目	内容				
容 姿	1液性				
荷 姿	16kg				
色 相	赤さび色、グレー				
光 沢	つや消し				
密 度 (23℃)	塗 料	1.50			
	揮発分	1.00			
粘度(23℃)	94KU				
加熱残分	70%				
乾 燥 時 間	温 度	5℃	10℃	20℃	30℃
	指 触	120分	90分	30分	20分
	半硬化	180分	120分	60分	40分
標準膜厚	35μm				

注) 上記、塗料性状の数値は標準を示すものであり、若干の変動があります。

## 塗装基準

項目	内容				
下地処理	※脱脂処理及び動力工具処理(ISO-St3)				
塗装方法	刷毛・ローラー塗り、エアレス塗装				
希釈剤	水道水				
塗 装 法	塗装方法	刷毛・ローラー	エアレス		
	希釈率	5~10%	5~10%		
	標準使用量	130 g/m <sup>2</sup>	170 g/m <sup>2</sup>		
	標準膜厚	35μm	35μm		
	ウエット管理膜厚	75μm	75μm		
エアレス塗装条件	1次圧0.4~0.5MPa(4~5kg/cm <sup>2</sup> )				
	2次圧12~15MPa(120~150kg/cm <sup>2</sup> )				
	チップNo.163-419				
塗 装 間 隔	温 度	5℃	10℃	20℃	30℃
	最 小	48時間	36時間	24時間	18時間
	最 大	6ヶ月	6ヶ月	6ヶ月	6ヶ月

※ 下地処理は、施工要領書を必ず確認して下さい。

注) 標準使用量は、被塗物の形状その他諸条件により増減します。

## 標準塗装仕様

## 【新設】屋内・屋外鉄部

工程	塗料名	標準使用量 (g/m <sup>2</sup> /回)	標準膜厚 (μm)	塗装間隔 (20℃)	
工場塗装	素地調整	公共建築工事標準仕様書「鉄鋼面の素地ごしらえC種」に従って行う。			
	下塗り第一層	水性グリーンボーセイ 速乾	刷毛・ローラー 130 エアレス 170	35	24時間~6ヶ月
	下塗り第二層	水性グリーンボーセイ 速乾	刷毛・ローラー 130 エアレス 170	35	24時間~6ヶ月
現地塗装	下地調整	現地搬入後、発せい(錆)部や塗膜損傷部は動力工具や手工具にてさびなどを除去する。 (発錆部の除錆度:ISO-St3以上) 健全部は、汚れなどの付着物を除去し清浄にする。			
	補修塗り	鋼材露出面には、工場塗装に準じて「水性グリーンボーセイ 速乾」を塗装する。			
	上塗り第一層	DNTビューシリコン	刷毛・ローラー 100~120 エアレス 140~160	25~30	2時間~1ヶ月
	上塗り第二層	DNTビューシリコン	刷毛・ローラー 100~120 エアレス 140~160	25~30	—

## 新商品紹介-3

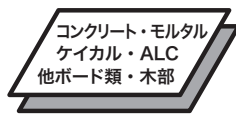
New Products

弱溶剤形二液エポキシ樹脂シーラー  
「マイティー万能エポシーラー」Mild Solvent Thinnable 2-Component Epoxy Resin Sealer  
「Mighty Banno Epoxy Sealer」塗料事業部門  
建築・構造物塗料事業部弱溶剤  
二液形環境に  
やさしい吸い込み  
防止基材  
表面強化安心の  
付着力

リフティング

あらゆる素材に *all 1*

従来 専用シーラー



従来 無機用シーラー



従来 エポキシプライマー

※溶融亜鉛めっきは除く



従来 専用プライマー

マイティー万能エポシーラーは、強溶剤形二液エポキシシーラー「マイティーエポシーラー」よりも臭気を抑制し、水系では対処しきれない素地への対応を可能にした商品。コンクリート・モルタル等の無機系素地のみならず、木部・非鉄金属・住宅建材用FRP等の下塗塗料として幅広く適応できる。

## 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正。
- 表面強化・吸い込み防止性能に優れる。
- 弱溶剤形のため、臭気が少ない。
- 旧塗膜のリフティングの心配がない。
- 弱溶剤形高日射反射率塗料の下塗りとして使用できる(白色)。

## 用途

住宅・ビル・マンション・学校・病院・工場等の  
コンクリート・モルタル内外装・新生屋根・木部・  
アルミニウム・ステンレス・ガルバリウム鋼板・  
住宅建材用FRP樹脂 等



## 適用可能な素地

分類 適用素地 塗料種類	無機系素地										金属系素地					樹脂			
	モルタル・コンクリート	ケイカル板	ALC	プラスチックボード	押出成型版	サイディング材	木部	新生屋根	GRC板	磁器タイル	鉄部	溶融亜鉛めっき	電気亜鉛めっき	カラータタン	アルミニウム	ステンレス	ガルバリウム鋼板	FRP樹脂	硬質塩ビ
マイティー万能エポシーラー 白	◎	◎	○	◎	◎	◎	○	◎	◎	×	△	×	△	△	◎	◎	◎	◎	◎
マイティー万能エポシーラー クリヤー	◎	◎	○	◎	◎	◎	○	◎	◎	×	△	×	△	△	○	○	○	○	○

◎ 最適 ○ 適用可能 △ 条件付き適用可能 × 不適

## 適用可能な上塗塗料

表に示すように各種上塗塗料が適用可能です。

分類	塗料名
強溶剤形	・Vフロン#200クリーン上塗 ・Vフロン#200上塗 ・Vトップ ・ビニローゼ
弱溶剤形	・シリコンルーベン2液 ・ウレタンルーベン ・エコクールマイルドシリーズ ・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 ・Vフロン#200スマイル上塗 ・Vシリコン液スマイルUNI ・Vトップ液スマイルUNI ビルデッキシリーズ ・タイコーペイントDX MAX
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
弾性系	・ダンディニュー ・DNTビューウレタン弾性 ・DNTビューアクリル弾性 ・DNTシリコンスマイルクリーン弾性 ・DNTウレタンスマイルクリーン弾性

## 標準塗装仕様

工程	商品名	塗装方法	希釈率(%)	塗装回数	標準使用量(kg/m <sup>2</sup> /回)	塗装間隔(20°C)	
1 素地調整	新設	無機	ワイヤーブラシやサンドペーパーを用いて、目粗し及び汚れや付着物を除去する。				
		金属	サンドペーパー、電動工具を用いて、目粗し及び汚れや付着物を除去する。				
	塗り替え	無機	ワイヤーブラシやサンドペーパーを用いて、汚れや付着物を除去する。活膜がある場合は目粗しを行う。				
		金属	サンドペーパーや電動工具で目粗し及び汚れや付着物を除去し、油脂分はシンナーを用いて除去する。劣化塗膜・脆弱な塗膜は除去する。				
2 下塗り	マイティー万能エポシーラー 白	刷毛・ローラー	5~10	1~2*	0.10	16時間 ~7日以内	
		エアレス	10~20		0.12		
	マイティー万能エポシーラー クリヤー	刷毛・ローラー	30~50	1~2*	0.10	16時間 ~7日以内	
		エアレス	30~50		0.12		
3 上塗り	各種上塗り	各種上塗りのカタログをご参照下さい。					

※ 吸い込みが著しい素地の場合は、下塗りを2回塗装して下さい。

## 新商品紹介-4

New Products

ヤニの出ない屋外用HAA硬化形  
ポリエステル粉体塗料「V-PET#6000SW」Non Fume Exterior HAA Cured Polyester Powder Coating Paint  
「V-PET#6000SW」塗料事業部門  
金属焼付塗料事業部

ポリエステル粉体塗料は優れた塗膜性能を有することから、鋼製家具や配電盤といった屋内用途から道路資材やフェンスといった屋外用まで幅広い分野で用いられている。

当社は、現行のブロックイソシアネート硬化形粉体塗料に対して、

①低温焼付けが図れ ②焼付け時の反応副生物が無害（微量の水）であるHAA（β-ヒドロキシアールキルアミド）硬化形粉体塗料「V-PET#6000」を上市している。

今回は、カーテンウォール（金属外装建材）分野などの屋外分野での用途を目的にした高耐候性シリーズ「V-PET#6000SW」を新たに紹介する。

## 特長

- 炉内汚染（白煙やヤニ汚染発生）や塗装ラインでの塗膜黄変の抑制  
炉内汚染や塗膜黄変の原因物質であるε-カプロラクタムを含有しない硬化剤（HAA：β-ヒドロキシアールキルアミド）を使用。
- 優れた屋外耐候性  
屋外分野での長期期待耐用年数。

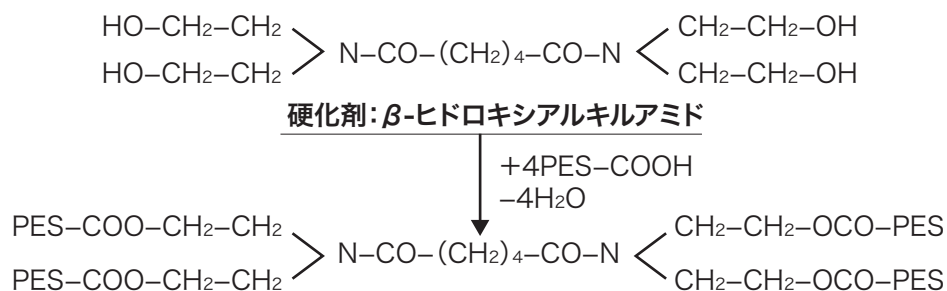
## 用途

- 道路資材やフェンス等の屋外用用途品
- 配電盤や鋼製家具等の屋内用途品
- カーテンウォール（金属外装建材分野）

## 適用素地

- りん酸亜鉛処理およびりん酸鉄処理鋼板上で適応可能（りん酸鉄処理鋼板上では、要事前確認）
- クロメート処理及びアルマイト処理アルミニウム鋼板上で適応可能

## 反応プロセス



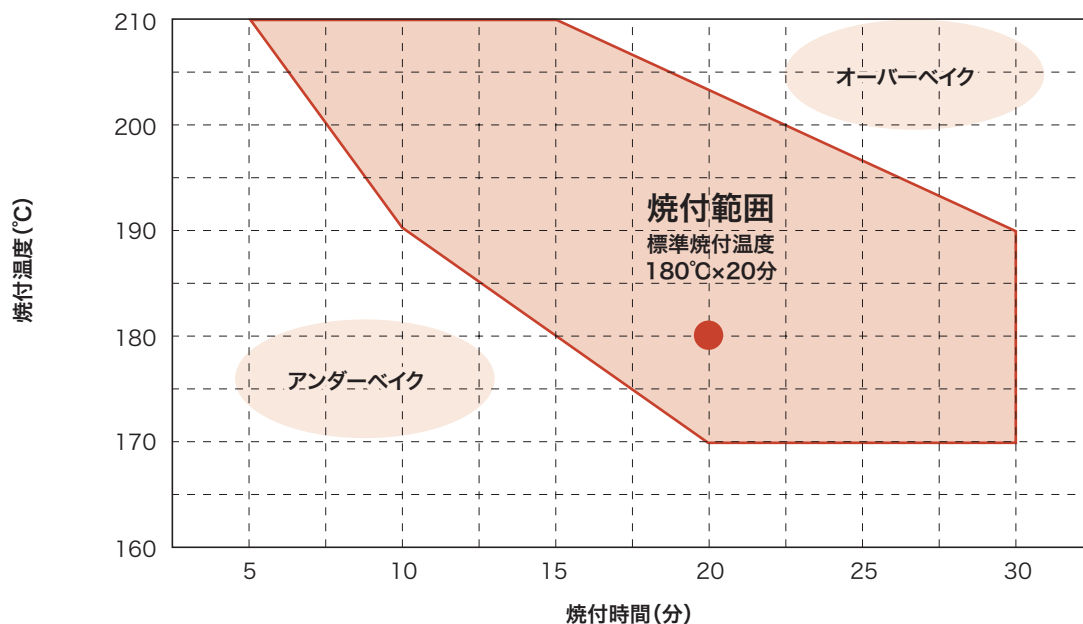
## 塗膜性能

試験項目	試験方法	試験結果
外観	目視評価	良好
鏡面光沢度(60°C)	JIS K 5600-4-7	50以上
塗膜硬度(鉛筆法)	JIS K 5600-5-4	H以上
付着性-1:(クロスカット1mm×100マス)	JIS K 5600-5-6	分類 0
付着性-2:耐沸騰水性(99°C)0.5Hrs	試験後、12Hrs静置 外観および1mm付着性	外観:異常なし 1mm×100マス:分類 0
耐薬品性-1:(耐塩酸性)	10%塩酸溶液を10滴乗せて、15分静置	異常なし
耐薬品性-2:(耐硝酸性)	70%硝酸を1/2入れた50mlガラス瓶上で30分、 60分静置後の色差測定	$\Delta E \leq 5$
耐モルタル性試験	市販のセメントペーストを塗布し、 耐湿環境温度50°Cで24Hrs放置	外観:異常なし
耐湿性:(50°C、95%RH)4000Hrs	JIS K 5600-7-2 外観および1mm付着性	外観:異常なし 1mm×100マス:分類 0
耐中性塩水噴霧性 (35°C、5%NaCl aq.)4000Hrs	JIS K 5600-7-1 外観およびカット部からの膨れ幅測定	外観:異常なし 膨れ幅:0mm
促進耐候性:サンシャインウェザーメーター	1000時間照射	GR% $\geq$ 80%
屋外暴露:沖縄県伊計島	1年間暴露	GR% $\geq$ 80%

★試験板:70×150×0.8mm クロメート処理A1100Pアルミニウム鋼板

★焼付け条件:180°C×20分(被塗物温度)

## 焼付け温度MAP



## 新商品紹介-5

New Products

(トルエン・キシレン・エチルベンゼン・鉛・クロム非含有)

# 環境配慮型高性能一液ベースコートシステム 「Auto D-1 Base HS」「Auto ブレインクリヤーEX」

Environment-Friendly High Performance

One Component Base Coat System

「Auto D-1 Base HS」「Auto BRAIN CLEAR EX」

塗料事業部門

車輛産機・プラスチック塗料事業部

自動車補修チーム

- ★ 地球環境への配慮、美しさと使い良さを追求
- ★ PRTR対象物質非含有
- ★ 一液ベースコート/二液クリヤー仕様および1コートソリッド仕様の両仕様が可能
- ★ 幅広いニーズに応える「エボリューション・エコ・コーティングシステム」

### ● Auto D-1 Base HS

#### 特長

##### 高隠蔽性

Auto D-1 Base(従来品)に比べ、隠蔽性を大幅アップ。

##### 環境対応と 高肉持ち感

良好なシンナー希釈性で希釈シンナー量のダウンと、肉持ち感のアップ。

##### 良好な作業性 と高外観

ベースコート(メタリック、パール)の良好な馴染み性によるボカシ塗装、仕上がり性アップ。

##### 幅広い 使用方法

一液ベースコートシステムでの、1コートソリッド仕上げを実現。

一液ベースコートシステムでの、1コートソリッド仕上げを実現

#### 従来のベースコートシステム

ベースコート仕様

ベースコート専用原色

+

クリヤー

ソリッド仕様

ソリッド専用原色

+

硬化剤

★2つの原色が必要

#### Auto D-1 Base HS

ベースコート用  
/ソリッド用  
を両立した原色

+

クリヤー  
(ベースコート仕様)

硬化剤  
(ソリッド仕様)

★1つの原色で対応可能

### ● Auto ブレインクリヤーEX

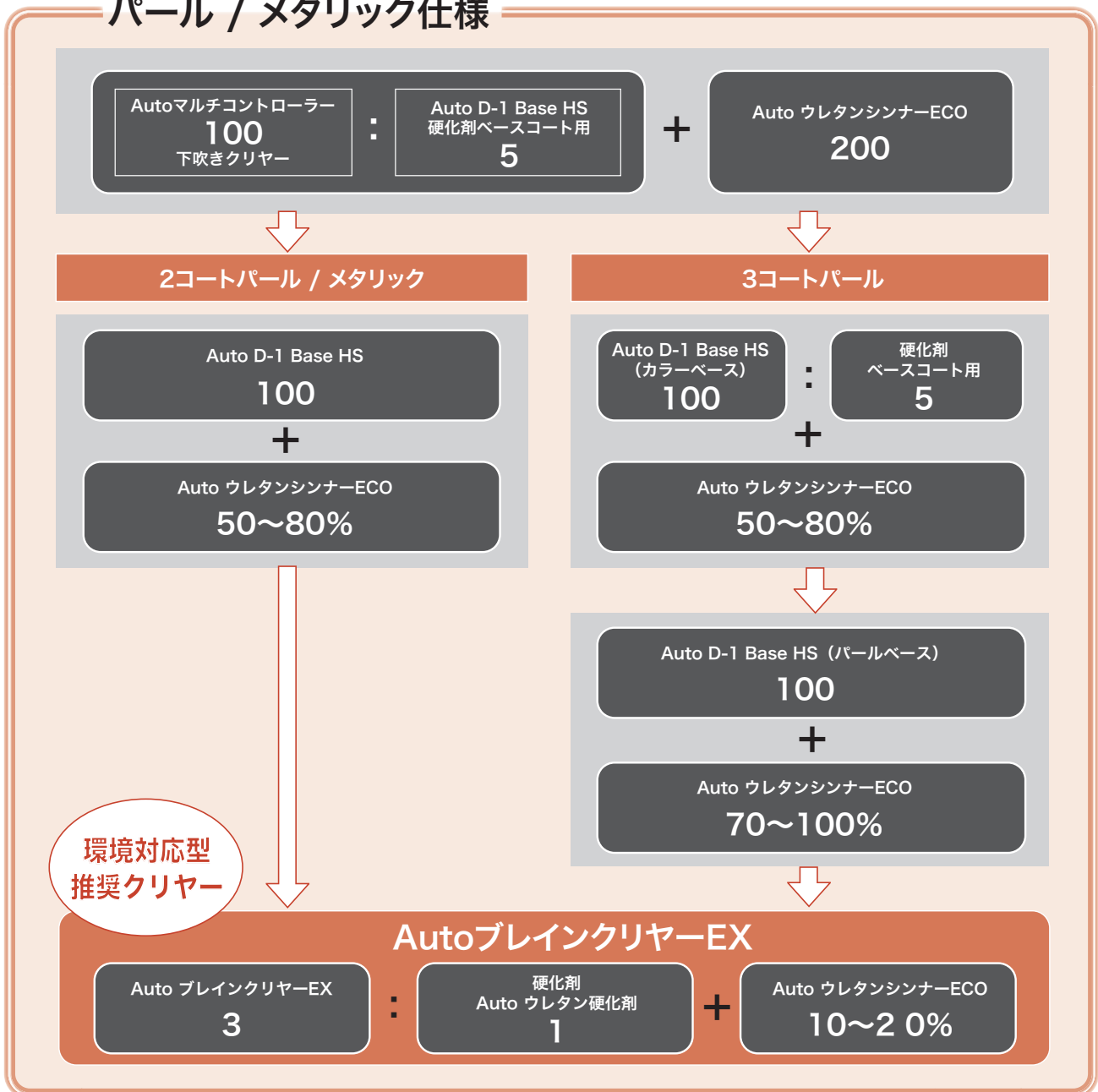
#### 特長

仕上がり性と乾燥性とのバランスを追求した最高級の仕上げ用クリヤー

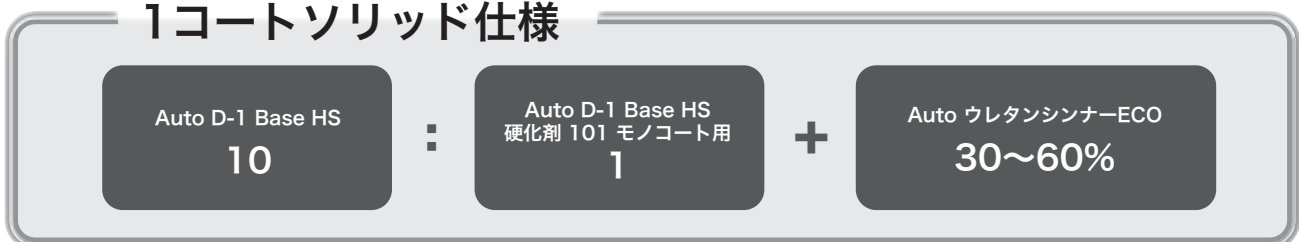
- ① 透明感ある鮮やかな光沢および塗り肌を実現
- ② 各種自動車補修用ベースコート上に塗装できるマルチタイプクリヤー
- ③ 強制乾燥60°C×15分でポリッシュが可能



## 一液ベースコート/クリヤーと1コートソリッドを両立 パール / メタリック仕様



## 1コートソリッド仕様



## 学協会発表者名と発表タイトル(2012.10.1~2013.9.30)

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2012年10月から2013年9月までの主な講演・発表内容を紹介します。

### 投稿リスト 2012年10月~2013年9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
部谷森康親	マグネシウム合金と塗装	月刊「JETI」12月号	(株)ジェティ
櫻田 将至	建築物への高日射反射率塗料の塗装による温度低下の検証	月刊誌「省エネルギー」 2013年3月号	(財)省エネルギーセンター
坂口 真哉 小寺美也子 安斎 康弘 伊ヶ崎孝明	エマルジョン塗料向け低汚染化剤の研究	月刊「JETI」3月号	(株)ジェティ
為 信一郎	防食塗料のトレンド	月刊「JETI」2月号	(株)ジェティ
為 信一郎 青木 隆一 田邊 弘往	防食塗装システムにおける国際規格の動向	「表面技術」64巻3号 (2013年3月号)	(一社)表面技術協会
松本 剛司	水性重防食塗料の開発動向と応用展開	「塗装技術」2013年3月号	(株)理工出版社
高橋 浩二	建築物への高日射反射率塗料の塗装による温度低下の検証	月刊「JETI」6月号	(株)ジェティ

## 口頭発表リスト 2012年10月~2013年9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
岩瀬 嘉之 相澤 匡	塗膜の劣化過程における電気化学計測の有効性の評価	第35回鉄構塗装技術討論会	(一社)日本鋼構造協会
桑原 幹雄	亜鉛めっき鋼材に対する硬化塗膜の付着性評価	日本建築仕上学会2012年大会 学術講演会(第23回研究発表会)	日本建築仕上学会
田邊 弘往	防食塗装システムの耐候性の考察と最近の国際規格の動向	スガウェザリング学術講演会	スガウェザリング財団
部谷森康親	軽金属への塗装と前処理	自動車関連技術講演会「軽量金属材料の耐食・表面処理技術の動向」	産総研コンソーシアム 名古屋工業技術協会
田邊 弘往	防食塗料の長期耐久性と国際規格の動向	表面技術協会 SURTECH技術講演会	(一社)表面技術協会
桑原 幹雄	耐火塗装工事における補修の省工程化	2013年度日本建築学会大会学術講演会/日本建築学会 構造系論文集	(一社)日本建築学会
山本 康人 桑原 幹雄	油性系さび止め塗料の防食性評価	2013年度日本建築学会大会学術講演会/日本建築学会 構造系論文集	(一社)日本建築学会
堀田 裕貴 森田 さやか 為 信一郎	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	一般社団法人 日本防錆技術協会/ 第33回 防錆防食技術発表大会	(一社)日本防錆技術協会
北山 雅彦	鉄道車両の外板用塗料システム	高分子学会 接着と塗装研究会 「鉄道車両・船舶の塗料・接着技術」	(公社)高分子学会

# 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 小牧市三ッ淵字西ノ門878  
 北港事業所 ☎06-6466-6618 〒554-0052 大阪市此花区常吉2-12-7  
 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 〒950-0087 新潟市中央区東大通1-4-1(マルタケビル)  
 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 ☎042-246-1362 〒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 大阪市此花区常吉2-12-7  
 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 京都市山科区竹鼻堂ノ前町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 ☎087-823-5591 〒760-0064 高松市朝日新町7-8  
 福岡営業所 ☎092-938-8222 〒811-2312 福岡県糟屋郡粕屋町大字戸原字ハル142  
 長崎営業所 ☎095-824-3457 〒850-0033 長崎市万才町3-4(長崎ビル)

## ●フリーコール

塗料相談室フリーコール 0088-22-1641 いろいろ

住まいの塗りかえハロービュー事務局 0088-22-8616 ハローイロ

<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.13

●発行日 2013年10月10日

●発行人 江藤 史雄

●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



独創的な総合塗膜下診断システムが

最適な塗り替え仕様を選定

塗膜診断・塗り替え仕様選定システム

# DNT塗膜診断システム

**ISO認定 (ISO 13129)**

カレントインタラプタ(CI)法による  
塗膜下金属腐食診断装置を採用

**特許取得**

塗膜下金属腐食診断装置の特許:特許 3651601  
塗膜診断システムの特許:特許 5077960

社会資本の維持管理の時代を迎えようとしています。構造物管理者からのL.C.C.(ライフサイクルコスト)低減要求に対し、塗り替え塗装費の経済性を高めることを目的に塗膜診断・塗り替え仕様選定システム『DNT塗膜診断システム』を開発しました。

## システムのフロー



**DNT**

DAI NIPPON TORYO

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

**大日本塗料株式会社**

建築・構造物塗料事業部 構造物塗料

大阪 ☎06-6466-6626

東京 ☎03-5710-4502

塗料相談室フリーコール 0088-22-1641

**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。