

# Vague

日塗検ニュース  
No.144 2022



一般財団法人 日本塗料検査協会



日塗検 HP の QR コード

目 次

巻頭言

暴露試験のすゝめ ..... 1

試験方法シリーズ

JSCE-K 532 ひび割れ追従性試験に使用する試験基板の検討 ..... 2  
腐食鋼材の標準的な作製方法と評価方法についての検討 ..... 10

技術解説

「塗膜の熱性能－熱流計測法による熱特性測定方法」  
の基礎データの収集 ..... 15  
亜鉛めっき補修材料の屋外暴露10年による劣化挙動 ..... 20

トピックス

ISO便り (TC 35/SC 9 委員会 活動報告) ..... 30

試験設備の紹介

接触角計 (コンタクトアングルメーター) ..... 39

ニュース

JISマーク表示認証業務 ..... 43  
建築基準法に基づく性能評価書の発行 ..... 44  
外部発表 ..... 44  
塗料試験方法研究会 ..... 44  
書籍紹介 ..... 45

業務案内 ..... 46

日塗検ニュースのタイトル“Vague”について

日塗検の信頼性と情報発信がより確かな波動となって、お客様や地域社会に届くようにとの期待をこめて、Vague (フランス語で「波動」を意味する) と名付けております。デザインは向上心と信頼性の波をより大きな波に育てていくことを期待し、一人ひとりの波が重なりながら上昇し発展していく様子を、よりダイナミックな波動で表現したものとなっています。今後とも日塗検ニュースを温かく見守っていただきますようお願いいたします。

## 暴露試験のすゝめ



東京工業大学 環境・社会理工学院  
教授 岩波 光保

筆者と塗料の性能評価の関わりは、筆者が前職の港湾空港技術研究所に勤務していたときに遡る。港湾や海上空港における鋼構造物の長期耐久性確保のためには適切な防食が不可欠であり、その1つの方法が塗装を含む被覆防食である。同研究所は、鹿島灘に面する茨城県波崎に海洋観測栈橋を保有しており、その栈橋の下部工である鋼管杭に様々な防食を施して、1984年以降、海洋環境下における長期暴露試験を継続している。筆者がこの試験に関わったのは、試験開始から20年余が経過した時であり、それまでに得られた長期耐久性に関する貴重なデータの取りまとめに関わる機会を得た。当時、20年という試験期間の長さを目の当たりにして、もちろん感慨深いものがあったが、それから約20年が経過しようとしている今日、改めてその時間の長さが持つ意味の大きさを実感している。

この大変貴重な暴露試験の立ち上げ時から関わり、長期にわたり試験の実施から結果の取りまとめを先導したのは故阿部正美氏である。筆者に関わった暴露開始20年の成果の取りまとめにあたっては多大なるご指導を頂いた。世界でも類のない実環境における長期暴露試験を長年にわたり主体的に継続され、港湾鋼構造物の防食技術の高度化に資する貴重な研究成果を多数創出されたことに改めて敬意を表する次第である。残念ながら、その後お亡くなりになられてしまい、暴露試験の苦労話や防食技術の要点などについてお話す

ることができなくなってしまったことは、筆者にとっては本当に心残りである。故人の遺志を継いで、波崎での暴露試験を可能な限り長く継続し、貴重な現場での長期耐久性に関するデータを蓄積していかなければいけないと決意を新たにすの次第である。

どれだけ研究が進歩しても、新たな先端技術が開発されても、材料の性能評価、特に長期耐久性の評価のためには、実環境での長期にわたる暴露試験のデータは不可欠である。しかし、このような暴露試験は地味であり、すぐに研究成果が開花するものではない。また、試験の担当者には不断の努力と揺るぎない胆力が強く求められる。言うまでもないが、その継続のためには相当の費用も必要である。是非とも、国や研究機関等には、長期にわたる暴露試験は将来への価値ある投資であると考えて、長期的視野に立った支援をお願いしたい。

一方で、塗料を含む材料の長期耐久性の評価のためには、信頼性のある劣化促進試験方法の確立も望まれ、実環境での暴露試験と両輪で研究開発を展開していく必要がある。劣化促進試験方法の検討にあたっては、筆者のバックグラウンドである土木だけでなく、材料、化学、計測などの様々な分野の技術者や研究者がタッグを組むことが必要である。そういう意味で、日本塗料検査協会が今後も中心となって、塗料の性能評価技術の開発と普及に力強く貢献することを期待したい。

## JSCE-K 532 ひび割れ追従性試験に使用する試験基板の検討

一般財団法人 日本塗料検査協会  
西支部 検査部 小手川 弘 樹

### 1. はじめに

社会インフラを構成する代表的な構造物がコンクリート構造物であり、その長寿命化が求められている<sup>1)</sup>。コンクリートの耐久性を高めるための工法の一つが表面被覆工法であり、コンクリート構造物に対して塗装などによって被膜を形成させることで、コンクリート内部への劣化因子（塩化物イオン、水分、酸素、炭酸ガスなど）の侵入を抑制し、コンクリートの剝落を抑制するものとして、幅広く用いられている。近年では特殊な材料が開発され、省工程かつ短時間で高強度の被膜形成を可能とする工法が考案されている。ひび割れ追従性試験は、付着試験と共に表面被覆工法の耐久性を評価するうえで、非常に重要な試験の一つとされており、ゼロスパンテンション試験とも呼ばれている。

ひび割れ追従性試験は、表面被覆材（以下、「被覆材」という。）の伸び性能を確認できると同時に、被覆材と基板との付着性能も同時に確認できることが特徴である。試験方法は、土木学会規準の「表面被覆材のひび割れ追従性試験方法（JSCE-K 532-2013）」<sup>2)</sup>に定められているが、近年は引張強度の大きい被覆材を対象とする機会が増えており、試験中にモルタル基板が被覆材より先に割れてしまう等、測定不能となってしまうケースが多くなってきている。土木学会規準では、被覆完了後28日間以上の養生が定められていることや、促進耐候性試験後の二次物性としてひび割れ追従性試験を行うこともあり、長時間かけて作製した試験体が

測定不能で終わってしまう場合もある。そこで、表面被覆工法の耐久性を評価する際、モルタル基板が破壊されずに安定した状態でひび割れ追従性試験が行える手法について検討を行った。

### 2. 検討の概要

#### 2.1 基板の検討

基板の引張に対する抵抗力（以下、「引張抵抗力」という。）を向上させることを目的として、表-1に示す4種類のモルタル基板を検討した。また、各基板の概念図を図-1に示す。

#### 2.2 基板つかみ部の鋼板補強の検討

モルタル基板の引張抵抗力を高めることを目的に、基板のつかみ部に鋼板を貼り付けた場合の検討を行った。鋼板はSS400 両面サンドブラストを使用した。鋼板の寸法を表-2に示し、鋼板の貼り付けイメージを図-2に示す。

#### 2.3 被覆材の選定

試験中に基板が割れることを想定した被覆材を2種類選定した。また、基板B,C,Dに施した被覆材が、基板Aと同様の結果が得られるかを確認するため、基板が割れずに被覆材が破断することを想定した被覆材を1種類選定した。選定した被覆材の種類を表-3に示す。

表-1 モルタル基板の種類

基板	寸法 (mm)	水セメント比 砂セメント比	被覆範囲 (mm)	備考
基板 A	40 × 120 × 10 (裏面中央部 深さ 5 mm のカット)	50 3	40 × 60	JSCE-K 532-2013 に定められる規定配合の基板
基板 B	40 × 120 × 10 (裏面中央部 深さ 5 mm のカット)	40 2.5	40 × 60	基板 A より高強度と予想される配合比率を変更した基板
基板 C	70 × 150 × 10 (裏面中央部 深さ 5 mm のカット)	50 3	40 × 60	基板 A と同配合の寸法違いの基板
基板 D	70 × 150 × 20 (裏面中央部 深さ 15 mm のカット)	50 3	40 × 60	基板 C よりさらに 10 mm 厚い基板

## 2.4 ひび割れ追従性試験とダンベル状試験体の引張試験との相関性について検討

被覆材の伸び量を測定する試験は、ひび割れ追従性試験以外に、ダンベル状試験体を引っ張る方法がある(以下、「ダンベル引張試験」という)。ひび割れ追従

性試験では測定が困難な被覆材は、ダンベル引張試験での代用の可能性を確認することを目的として、表-3に示す3種類の被覆材のダンベル状試験体を作製し、伸び性能を比較検討した。

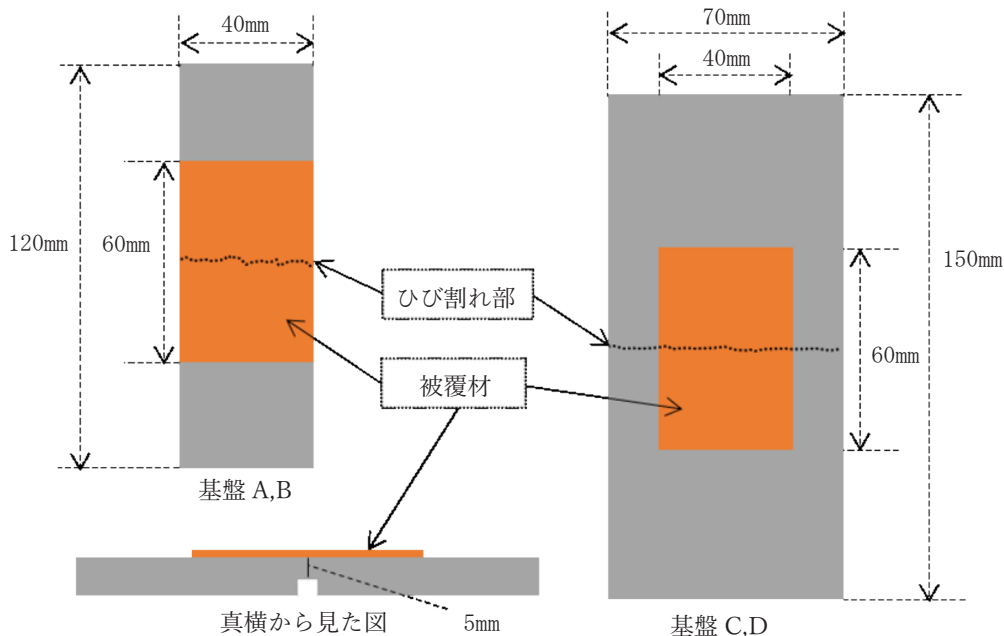


図-1 各基板の概略図

表-2 各基板に対する鋼板の寸法

基板	鋼板の寸法 (mm)
基板 A	表面：40 × 30 × 1.6
基板 B	裏面：40 × 55 × 1.6
基板 C	表面：70 × 45 × 1.6
基板 D	裏面：70 × 70 × 1.6

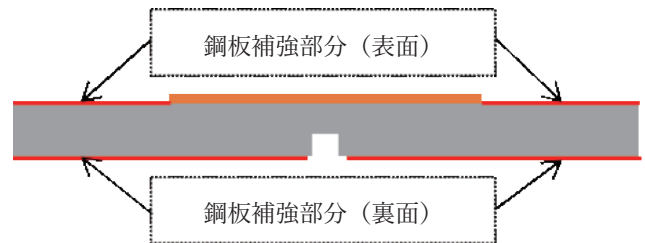


図-2 鋼板の貼り付けイメージ

表-3 被覆材の種類

被覆材	材質	色	選定目的
エポキシ樹脂系	二液型エポキシ樹脂	グレー	試験中に基板が割れることを想定
光硬化シート系	光硬化型ビニルエステル樹脂系 FRP シート (光硬化パテで貼付け)	透明	
ポリウレタン樹脂系	一液型湿気硬化形ポリウレタン樹脂	透明	試験中に基板が割れずに被覆材が破断することを想定

### 3. 試験方法

#### 3.1 ひび割れ追従性試験

##### 3.1.1 基板の作製

JSCE-K 532-2013の基板の作製方法に準じて、各基板中央部のカット部を引っ張りながら割り、2つに切断した後、ステンレス板上で突き合わせて固定したものを基板とした。基板の表面はJIS R 6252に規定するP150 研磨紙を用いて研磨した。

##### 3.1.2 試験体の作製

各被覆材の施工条件を表-4に示す。なお、つかみ部補強用の鋼板を貼り付ける試験体については、各被覆材施工後の養生期間内に、エポキシ樹脂系接着剤を用いて鋼板を貼り付けた。

##### 3.1.3 ひび割れ追従性試験による伸び性能の測定

作製した試験体を精密万能試験機に取り付け、JSCE-K 532-2013に規定される引張速度(5mm/min)で引張り、伸び量及び最大荷重を測定するとともに基板の破壊状況等を記録した。試験時の温度は $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ とした。

基板A、Bと基板C、Dでつかみ部の寸法が異なることから、使用するつかみ治具が異なる。その違いを表-5および写真-1に示す。

#### 3.2 ダンベル引張試験

##### 3.2.1 試験体の作製

JIS K 6251:2017に規定されるダンベル状5号形(図-3参照)の試験体を各被覆材について作製した。なお、作製条件は、ひび割れ追従性試験体の作製条件(表-4)と同様とした。ただし、光硬化シート系については、基板との接着剤の役割を持つ光硬化パテは不要であることから、シート単体で試験した。

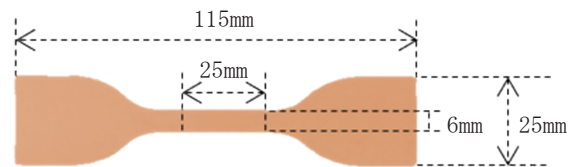


図-3 ダンベル状5号形の寸法

##### 3.2.2 伸び性能の測定

作製した試験体を精密万能試験機に取り付け、ひび割れ追従性試験と同様の引張速度(5mm/min)で引張り、伸び性能を測定した。ダンベルの標線間距離は25mm、つかみ具間距離は80mm、試験時の温度は $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ とした。

表-4 各被覆材の施工条件

被覆材	性状	塗付け量	施工方法	養生期間 ( $23^{\circ}\text{C} \cdot 50\%RH$ )	対象基板
エポキシ樹脂系	2液混合型	2 mm	ヘラ	3日	基板 A,B,C,D
光硬化シート系	シート状 (光硬化パテ: 1液型)	1 mm (シートの厚さ)	※	3日	基板 A,B,C,D
ポリウレタン樹脂系	1液型	$0.5 \text{ kg/m}^2$	刷毛	7日	基板 A,C,D

※光硬化パテをヘラで $0.45 \text{ kg/m}^2$ 塗付けた後、光硬化シートを貼付け、屋外の直射日光下にて30分間静置した。  
(天気: 快晴 屋外温湿度:  $34^{\circ}\text{C}$ , 45%RH)

表-5 つかみ治具の違い

つかみ治具	略称	対象基板
手動式定位置くさび形つかみ具のみ	くさび形	基板 A, B
手動式定位置くさび形つかみ具に4点ボルト締付け形つかみ治具を取り付け	4点ボルト形	基板 C, D



くさび形 4点ボルト形

写真-1 つかみ治具の違い

#### 4. 試験結果

##### 4.1 ひび割れ追従性試験

##### 4.1.1 伸び量の比較結果

ひび割れ追従性試験の結果を表-6に示す。被覆材に着目した場合、エポキシ樹脂系と光硬化シート系については、つかみ部を鋼板補強せずに試験をしたところ、想定どおり基板が割れたため測定不能となった。

そこで、鋼板で補強して試験したところ、エポキシ樹脂系については測定可能となったが、光硬化シート系は引張強度が著しく大きいため、基板が割れて測定不能となった(写真-2～写真-5参照)。ポリウレタン樹脂系については、想定どおり基板が割れることなく測定可能となった。また、鋼板補強の有無にかかわらず、同様の結果が得られたことから、鋼板で補強することが伸び測定に対して悪影響を及ぼさないことが確認できた。

一方、基板に着目した場合、基板C、Dは基板Aと比較すると、被覆面積は全て同じであるにもかか

わらず、被覆材破断時の伸び量が大きくなる傾向が確認された。これは、つかみ治具の違いにより、被覆材の試験位置が引張りの中心軸から外れることによるものではないかと考えられる(写真-6参照)。基板Dは板厚が厚いので、中心軸からより大きく外れるため、伸び量に大きな影響を及ぼしたと考えられる。エポキシ樹脂系については、規格の判定基準による伸び量にも影響を及ぼしていることから、4点ボルト形のつかみ治具の使用の下では、基板Dを用いることは好ましくないと考えられる。

補強の有無で荷重-伸び曲線(以下、「チャート」という。)にも差が生じた(図-4参照)。補強無しの場合、エポキシ樹脂系と光硬化シート系では、基板の割れやつかみ具すべりの影響により、チャートが乱れたのに対して、補強有りの場合はチャートが乱れることなく、安定的な測定結果が得られた。この結果から、高強度の被覆材に対しては、つかみ部を鋼板で補強した方が、より精度の高い結果が得られることが判明した。

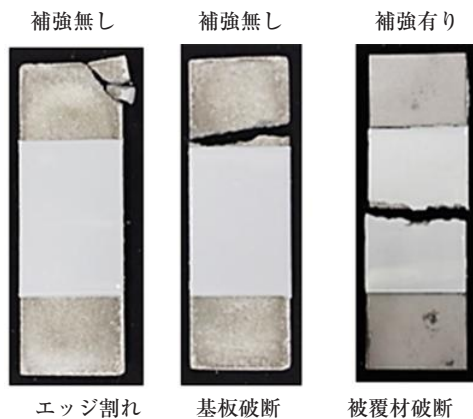


写真-2 試験体の状況 エポキシ樹脂系 (基板 A)

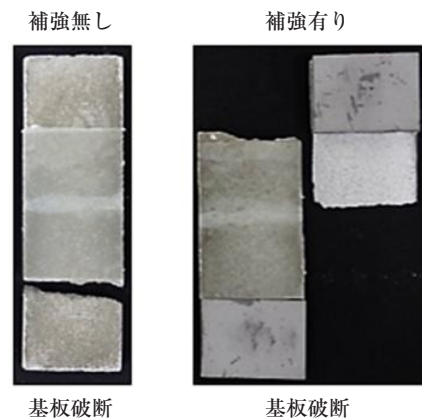


写真-3 試験体の状況 光硬化シート系 (基板 A)

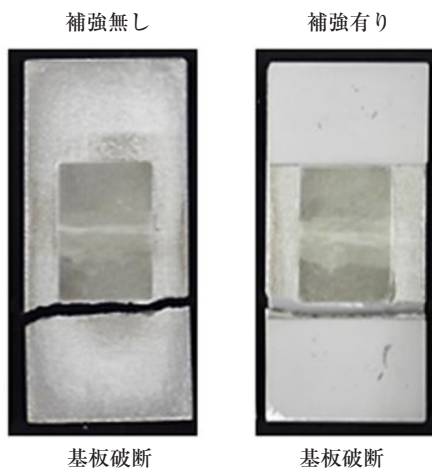


写真-4 試験体の状況 光硬化シート系 (基板 C)

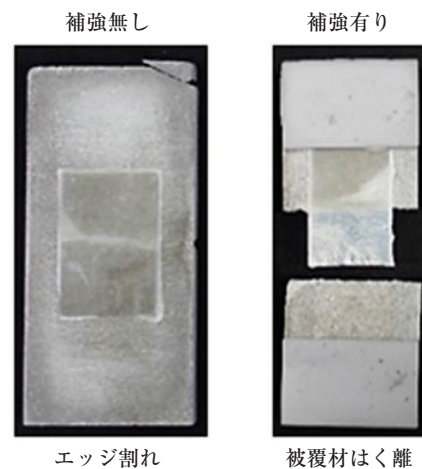


写真-5 試験体の状況 光硬化シート系 (基板 D)

表-6 伸び量の比較結果

被覆材	基板	判定基準による伸び量 (mm) (3体平均値)		目視による被覆材破断開始時の伸び量 (mm) (3体平均値)		伸び測定可否 補強無 ⇒ 有
		鋼板補強無し	鋼板補強有り	鋼板補強無し	鋼板補強有り	
エポキシ樹脂系	基板 A	測定不能 (基板割れ)	0.8 (最大荷重時)	測定不能 (基板割れ)	1.2	× ⇒ ○
	基板 B	測定不能 (基板割れ)	1.1 (最大荷重時)	測定不能 (基板割れ)	1.3	× ⇒ ○
	基板 C	1.4 (2体平均) (最大荷重時) 1体測定不能 (基板割れ)	1.1 (最大荷重時)	1.7 (2体平均) 1体測定不能 (基板割れ)	1.5	× ⇒ ○
	基板 D	1.0 (1体) (最大荷重時) 2体測定不能 (基板割れ)	1.5 (最大荷重時)	1.4 (1体) 2体測定不能 (基板割れ)	1.9	× ⇒ ○
光硬化シート系	基板 A	測定不能 (基板割れ)	測定不能 (基板割れ)	測定不能 (基板割れ)	測定不能 (基板割れ)	× ⇒ ×
	基板 B	測定不能 (基板割れ)	測定不能 (基板割れ)	測定不能 (基板割れ)	測定不能 (基板割れ)	× ⇒ ×
	基板 C	測定不能 (基板割れ)	測定不能 (基板割れ)	測定不能 (基板割れ)	測定不能 (基板割れ)	× ⇒ ×
	基板 D	測定不能 (基板割れ)	測定不能 (被覆材はく離)	測定不能 (基板割れ)	測定不能 (被覆材はく離)	× ⇒ ×
ポリウレタン樹脂系	基板 A	0.3 (最大荷重時)	0.3 (最大荷重時)	1.1	1.3	○ ⇒ ○
	基板 C	0.2 (最大荷重時)	0.2 (最大荷重時)	6.1	3.8	○ ⇒ ○
	基板 D	0.2 (最大荷重時)	0.3 (最大荷重時)	20mm で破断せず (1体は 18.6)	20mm で破断せず (1体は 5.2)	○ ⇒ ○

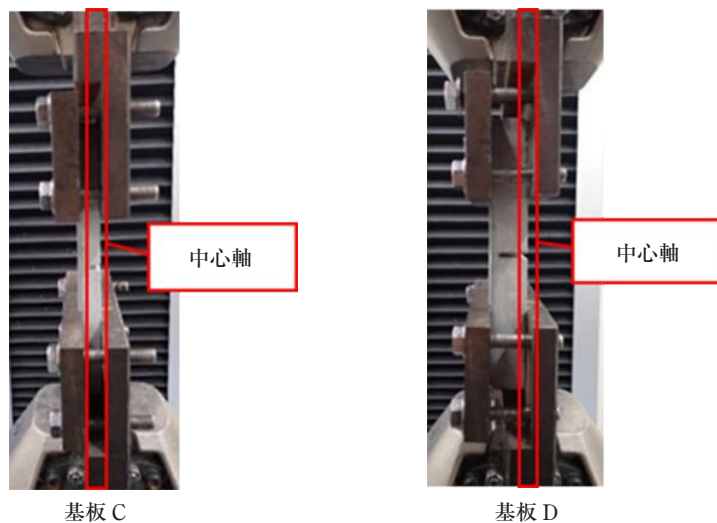


写真-6 引張中心軸からのずれの様子

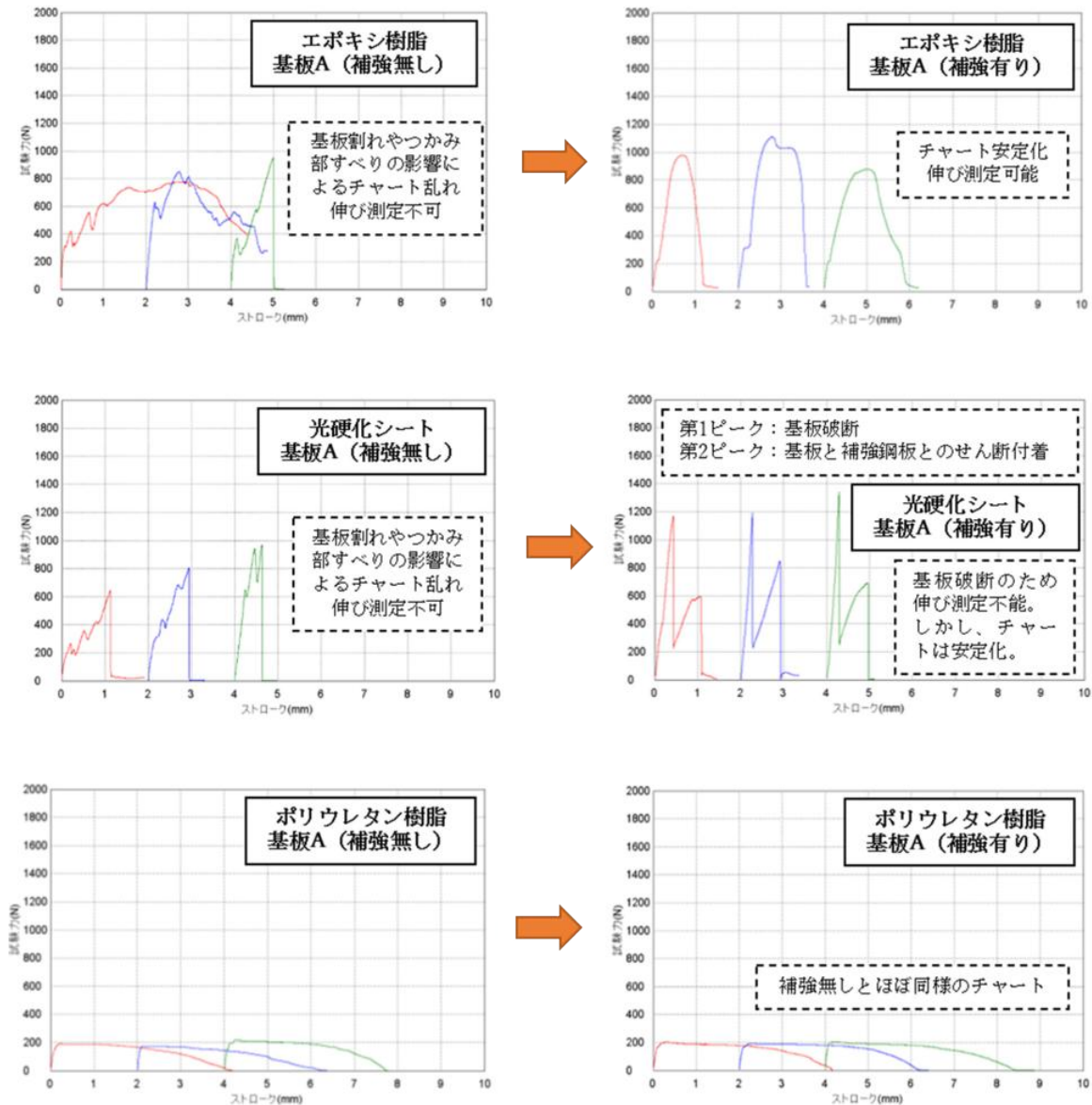


図-4 鋼板補強の有無によるチャートの違い

#### 4.1.2 各基板の引張抵抗倍率の算出

表-6に示す結果のうち、光硬化シート系については引張強度が大きすぎたため、鋼板で補強しても基板が割れてしまったが、最大荷重に着目し、最大荷重比を計算することで、各基板の引張抵抗倍率を算出することができた。その算出結果を表-7に示す。

最大荷重比①は、鋼板補強の有無で引張強度がどの程度向上するかを表す。鋼板で補強することで、1.3～1.6倍程度、引張強度が向上した。引張強度が向上するとともに、図-4でチャートも安定化するの、高強度の被覆材を試験するときは、鋼板で補強することを推奨したい。

最大荷重比②は、基準に定められた通常の基板A（鋼板補強無し）に対して、基板B、C、Dの引張強度の向上度合いを表す。基板Bは、水セメント比や砂セメント比の配合を変えることで高強度化を狙った基板であるが、結果は基板Aとほぼ同程度の強度であった。基板CおよびDは、基板Aと比べて引張強度が大きくなったが、1.2～1.3倍程度に留まった。

最大荷重比③は、基板A（鋼板補強無し）に対して、鋼板補強した基板B、C、Dの引張強度の向上度合いを表す。基板BおよびCは、基板A（鋼板補強有り）とほぼ同程度の引張強度であった。基板D（補強有り）は、光硬化シート系がはく離したため、最大荷重は基板の引張強度を示す数値ではないが、少なく

表-7 各基板の引張抵抗倍率の算出結果

基板	光硬化シート系の最大荷重 (N) (3体平均値)		最大荷重比 ① (注1)	最大荷重比 ② (注2)	最大荷重比 ③ (注3)
	補強無し	補強有り			
基板 A	806	1233	1.5	-	-
基板 B	877	1307	1.5	1.1	1.6
基板 C	955	1239	1.3	1.2	1.5
基板 D	1062	1697	1.6	1.3	2.1

(注1) 最大荷重比①：補強有り / 補強無し

(注2) 最大荷重比②：補強無し / 補強無し (基板 A)

(注3) 最大荷重比③：補強有り / 補強無し (基板 A)

とも 2.1 倍の引張強度の向上が確認された。最大荷重のみに着目した場合、鋼板で補強すれば、板厚が厚いほど基板の引張抵抗力は飛躍的に向上することがわかった。

## 4.2 ダンベル引張試験

### 4.2.1 伸び性能の結果

ダンベル引張試験による伸び性能結果を表-8に示す。光硬化シート系については、ひび割れ追従性試験では測定不能であったが、ダンベル引張試験では伸び量を測定することができた。ダンベル引張試験の伸び量と、表-6に示したひび割れ追従性試験の伸び量とでは、各被覆材でほとんど相関性のない結果となった。特に、ポリウレタン樹脂系については、ダンベル引張試験では大きな伸び性能 (破断時の標線間距離の変位量 25.0mm) を有することがわかったが、ひび割れ追従性試験における伸び値は非常に小さい値 (基板 A の場合、判定基準による伸び量 0.3mm) であった。この原因は二つ考えられる。第一に、伸びの判定基準の違いである。ダンベル引張試験では、被覆材が破断したときの伸び量を伸び値とすることが一般的であるのに対し、ひび割れ追従性試験では、被覆材が破断する前に最大荷重ピークが観測された場合は、その点を伸び値とすること

が JSCE-K 532-2013 の基準で定められている。第二には、試験方法の違いである。ダンベル引張試験は、試験開始時のつかみ間距離 (80mm) の分だけスパンを有した状態で被覆材を引張るのに対し、ひび割れ追従性試験は、ひび割れ部から被覆材が伸びることから、ゼロスパンの状態で行張試験を行うことにある。

### 4.2.2 ダンベル引張試験とひび割れ追従性試験との関連性

ダンベル引張試験における最大荷重 (N/mm<sup>2</sup>) とひび割れ追従性試験 (基板 A) の最大荷重 (N) をグラフ化したものを図-5に示す。ダンベル引張試験は、基板との付着性は全く加味されていない試験であり、ひび割れ追従性試験とは決定的に異なる。したがって、伸び量に着目した場合、ダンベル引張試験による伸び量と、ひび割れ追従性試験による伸び量とを同等とみなすことはできないが、例えば、高強度の被覆材を対象とするひび割れ追従性を測定する場合、ダンベル引張試験における最大荷重 (N/mm<sup>2</sup>) がわかると、ひび割れ追従性試験で伸び測定が可能かどうかの大まかな目安がグラフから検討できるものと考えられる。図-5中に鋼板補強を推奨する領域を示したが、モルタル基板が割れるときの荷重は、

表-8 ダンベル引張試験の伸び性能結果

被覆材	破断時の標線間 距離の変位量 (伸び率)	破断時のつかみ 治具の変位量 (つかみ間の伸び率)	最大荷重時の つかみ治具の 変位量	最大引張強さ
エポキシ樹脂系	0.5 mm (2.0 %)	3.7 mm (4.6 %)	3.7 mm	27.6 N/mm <sup>2</sup>
光硬化シート系	0.2 mm (0.8 %)	1.9 mm (2.4 %)	1.9 mm	50.3 N/mm <sup>2</sup>
ポリウレタン樹脂系	25.0 mm (100.0 %)	41.2 mm (51.5 %)	40.5 mm	13.3 N/mm <sup>2</sup>

個々の試験体でばらつきが大きく、青色と黄色の領域の境界近傍は、基板が割れるか否かの不安定な荷重領域であることから、安全を見越して600Nに設定した。モルタル基板との付着性が担保されていることを条件として、ダンベル引張試験の最大荷重が20N/mm<sup>2</sup>以上であるならば、ひび割れ追従性試験を行うときに、つかみ部を鋼板で補強した方が良いという大まかな目安となりうる。さらに、最大荷重が35N/mm<sup>2</sup>以上であるならば、ひび割れ追従性試験で鋼板補強したとしても測定不能となる可能性が高くなるので、試験を見送るか別の試験方法を考えるなどの判断基準の目安となりうる。ただし、図-5は本試験結果をプロットしたものであり、全ての被覆材に適用できるとは限らない。

### 5. まとめ

- 1) 高強度化を狙った基板Bは、引張抵抗力が基板Aとほとんど変わらなかった。
- 2) 基板CおよびDは、基板Aより引張抵抗力は大きくなった。一方、被覆面積は全て同じであるにもかかわらず、ひび割れ追従性試験における伸び量に差が生じた。これは、つかみ治具の違いと板厚の違いにより、引張りの中心軸がずれたことによるものと考えられる。
- 3) つかみ部分の両面を鋼板で補強した場合、補強無しの場合と比べて引張抵抗力が大きくなり、さらに、チャートの安定化も図れたため、より精度の高い試験が可能となった。
- 4) 鋼板補強無しの場合、伸び測定不能であったものが、鋼板補強することによって、伸び測定が可能となる被覆材が存在することが判明した。ただし、被

覆材の引張強度が大きすぎると、鋼板で補強しても基板が割れて測定不能となった。

- 5) ポリウレタン樹脂系の結果から、鋼板で補強することが伸び測定に対して悪影響を及ぼさないことを確認できた。
- 6) ダンベル引張試験とひび割れ追従性試験の最大荷重の結果から、ひび割れ追従性試験（基板A）で伸び測定が可能となる荷重領域を推定できることが判明した。

### 6. 問題点および今後の課題

- 1) ひび割れ追従性試験における基板Dについて、被覆材の伸び量に対しては悪影響を及ぼす結果となったが、引張抵抗力は基板Aより飛躍的に向上することが確認された。伸び量に対して悪影響を及ぼす原因の一つに、引張りの中心軸のずれを挙げたが、このずれを解消できるつかみ治具を用いれば、伸び量に対しても改善が期待できるのではないかと考える。
- 2) ダンベル引張試験とひび割れ追従性試験の最大荷重の関係グラフ（図-5）を用いることで、試験を行う前に、鋼板補強の有無の判断や試験可否の判断を行えるかを、実際に未知の材料に対して確認する。

### 【参考文献】

- 1) 宮川豊章：コンクリート構造物の長寿命化時代、コンクリート工学、Vol.57, No.5, pp.302-306, 2019
- 2) 公益社団法人 土木学会：2018年制定 コンクリート標準示方書 [規準編]，pp.475-478, 2018-10

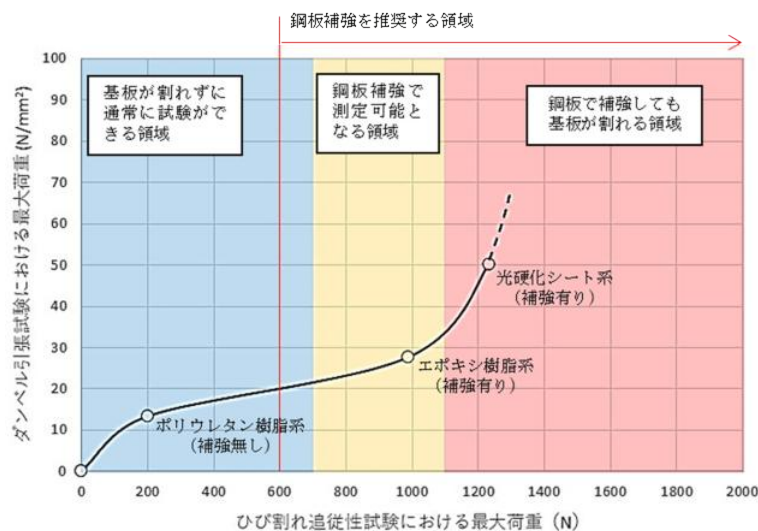


図-5 ひび割れ追従性試験（基板A）における伸び測定可能領域

# 腐食鋼材の標準的な作製方法と 評価方法についての検討

一般財団法人 日本塗料検査協会  
東支部 検査部 関島 竜太

## 1. はじめに

近年、橋梁などの鋼構造物の塗替え需要が増えており、新たな素地調整技術や補修材料などの開発が進められている。これらの補修に係る新技術の適用性を正しく把握するためには、実際の補修時を想定し、腐食劣化した鋼材を試験対象として用いた評価が不可欠となる。しかし、その様な腐食鋼材を作製するための標準的な方法及び評価方法は確立されていない。

## 2. 研究目的

再現性が高く、さびの程度が安定した品質の腐食鋼材試験体は、環境に左右されない促進腐食試験機等による作製が理想であり、かつ、実環境とさびの組成や特性が相関していることが求められる。既往の研究において、鋼材の腐食減耗量に着目し、実環境で腐食させた鋼材と同等の腐食鋼材を作製するため、促進腐食試験条件と試験期間について検討した事例<sup>1)</sup>がある。本研究では、腐食鋼材作製における促進腐食試験条件のさらなる最適化を図るための基礎データの取得を目的とし、腐食減耗量以外の各種特性として外観・さび厚・表面塩分量・腐食鋼材に残存する塩分量（以下、全塩分量）を評価した。

## 3. 研究方法

### 3.1 腐食鋼材の作製

促進腐食試験機による腐食鋼材の作製には SS400 のグリットブラスト鋼板 (ISO Sa2 1/2, 表面粗さ  $50\mu\text{m}Rz_{JIS}$ , 寸法  $150 \times 70 \times 6\text{mm}$ ) を用いた。腐食レベルの異なる腐食鋼材の作製のため、図-1 に示す促進腐食試験条件と試験期間で腐食減耗量が、茨城県つくば市の6か月暴露（腐食減耗量：約  $100\text{g}/\text{m}^2$ ）に相当する軽度腐食させた鋼板（以下、軽度のさび鋼板）及び千葉県銚子市の4年暴露（腐食減耗量：約  $1500\text{g}/\text{m}^2$ ）に相当する重度腐食させた鋼板（以下、重度のさび鋼板）を作製した。

軽度のさび鋼板：

35日間 (JIS K 5600-7-9 サイクル D 腐食試験 2日間 + 乾湿繰返し 33日間)

ただし、塩水噴霧の塩化ナトリウム濃度は、 $10\text{g}/\text{L}$ とする。

重度のさび鋼板：

22日間 (土研式サイクル腐食試験 22日間)

比較用として、実環境でさらされた腐食鋼板には千葉県飯岡市（1年間）及び沖縄県名護市（4年間）で暴露した腐食鋼板を用いた。

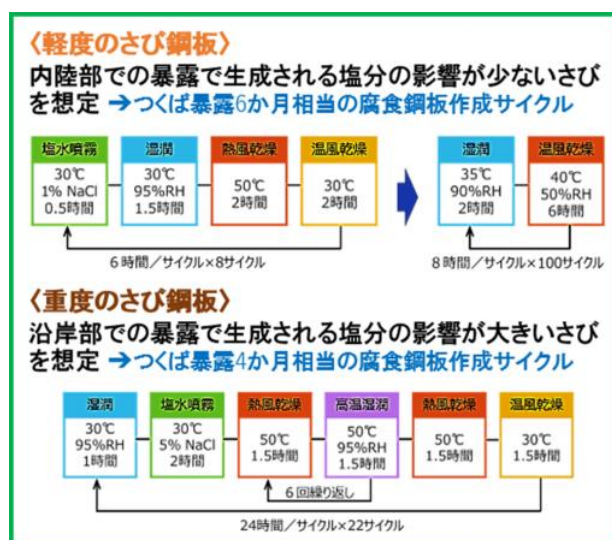


図-1 各種腐食鋼板作製時の促進腐食試験条件

### 3.2 腐食鋼材に含まれる全塩分量の測定方法

腐食鋼材を約  $50 \times 70\text{mm}$  に切り出し、試料とした。JIS Z 2371:2015 塩水噴霧試験方法の附属書 JB (参考) 腐食生成物の除去方法の表 JB. 2- 腐食生成物の電解による除去方法に準じ、くえん酸水素二アンモニウム

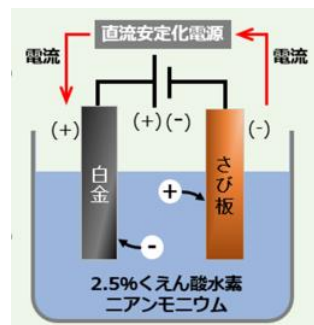


図-2 電解による除去方法の模式図

ム水溶液中で、陽極には白金を用い、試料（腐食鋼板）を陰極処理し、腐食生成物を除去した。腐食生成物の電解による除去方法の模式図の例を図-2に示す。電解後、さび除去液をろ過し、さび除去液に含まれる塩化物イオンをイオンクロマトグラフィーで分析し、求められた塩分（NaCl換算）を全塩分量とした。

### 3.3 さび厚の測定方法

さび厚は、(株)ケット科学研究所製の電磁膜厚計LE-373を使用し、9か所/枚のさび厚を測定し、その平均値を求めた。

### 3.4 表面塩分量の測定方法

表面塩分量は、(株)サンコウ電子研究所製表面塩分計SNA-3000を使用し、測定セルを腐食鋼板に固定し、脱イオン水を注入用シリンジで試験器に注入後、3分間かくはんした直後の電気伝導率から水可溶性塩分濃度を求めた。

## 4. 研究結果

### 4.1 全塩分量の測定結果

#### 4.1.1 全塩分量の測定条件の検討

JIS Z 2371「腐食生成物の電解による除去方法」（以下、JIS法）に規定されている方法（電解液：くえん酸水素二アンモニウム水溶液 100g/L、電解時間：5分、電流密度：100A/m<sup>2</sup>）でさびの除去を行った結果、さびの除去は容易であったが、さび除去後の電解液の粘度の上昇が認められた。この除去液を

ろ過し、イオンクロマトグラフィーで塩化物イオンを測定したところ、塩化物イオン以外のイオンが過剰に検出されたため、この条件では分析に適さないことがわかった。そこで、全塩分量の測定に適切な条件を見出すため、表-1に示すとおり、電解液の濃度・電解時間・電流密度を変えて電解を行い、イオンクロマトグラフィーによる塩化物イオンの測定に適切な条件を見出した。さび除去液の粘度を低下させるため、くえん酸水素二アンモニウム水溶液の濃度を低くしたところ、さびの除去が困難となったため、電解時間を長くし、電流密度を高くすることでさびの除去を試みた。その結果、濃度を2.5g/Lとし、通電時間を90分で行なえば、さびの除去が可能であり、かつ、イオンクロマトグラフィーによる分析も可能となった。なお、電解中は15分間ごとに真鍮ブラシを用いて腐食鋼板のさびを除去し、この操作を繰り返すことにより全てのさびの除去を行っている。以降、この条件でさびを除去し、さび除去液に含まれる全塩分量を求めることとした。

#### 4.1.2 各種腐食鋼板に含まれる全塩分量の測定結果

4.1.1で選定した全塩分量の測定条件で各種腐食鋼板に含まれる全塩分量を測定した結果を表-2に示す。促進腐食試験機で作製した腐食鋼板と実環境で作製した腐食鋼板との全塩分量を比較すると、軽度のさび鋼板の全塩分量は、千葉県飯岡市（1年間）の約5倍、沖縄県名護市（4年間）の約2倍であっ

表-1 全塩分量の測定条件及び電解処理結果

電解液の濃度 (g/L)	電解時間 (分)	電流密度 (mA/m <sup>2</sup> )	電解処理結果
10	5	100	(JIS法) さび除去は可、電解液の粘度が高い。塩化物イオンの分析不可。
5	30	200	さびが若干残る。
5	60	200	さび除去は可、電解液の粘度が高い。塩化物イオンの分析不可。
2.5	60	200	さびが若干残る。
2.5	90	200	さび除去は可、塩化物イオンの分析可。
1	120	200	さび除去は不可。

電解液：くえん酸水素二アンモニウム水溶液      陰極：腐食鋼板      陽極：白金

表-2 各種腐食鋼板のさび厚の測定結果

腐食鋼板作製条件	促進試験機作製		実環境で作製	
	軽度のさび鋼板	重度のさび鋼板	千葉県飯岡市 (1年間)	沖縄県名護市 (4年間)
さび厚 (μm)	105.5	476.7	96.8	94.3

表-3 各種腐食鋼板の全塩分量の測定結果

腐食鋼板作製条件	促進試験機作製		実環境で作製	
	軽度のさび鋼板	重度のさび鋼板	千葉県飯岡市 (1年間)	沖縄県名護市 (4年間)
全塩分量 (mg/m <sup>2</sup> )	4543	112606	950	1944

た。重度のさび鋼板に至っては飯岡の約118倍、名護市の約58倍であった。このことから、促進腐食試験機で作製した腐食鋼板には多量の塩分が含まれることが明らかとなった。

#### 4.2 さび厚の測定結果

各種腐食鋼板のさび厚の測定結果を表-3に示す。「軽度のさび鋼板」のさび厚は飯岡市(1年間)や名護市(4年間)と同程度(約100μm)であった。4.1.2

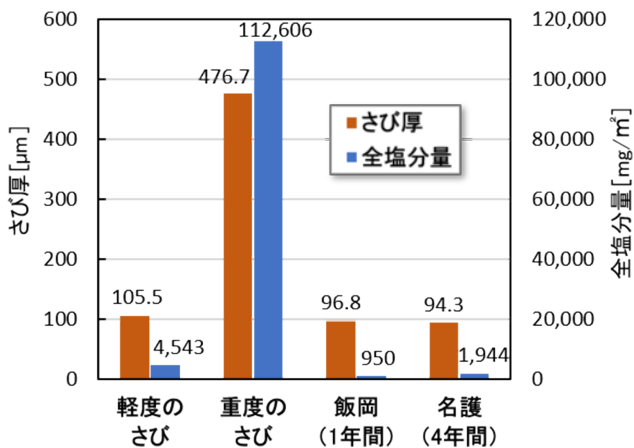


図-3 さび厚と全塩分量の関係

で示した各種腐食鋼板に含まれる全塩分量の測定結果から、促進腐食試験機で作製した腐食鋼板には多量の塩分が含まれていることが判明したが、「軽度のさび鋼板」のさび厚は実環境で作製した腐食鋼板と同程度しかなく、重度のさび鋼板においてもさび厚は約500μm程度であり、さび厚と全塩分量に明確な相関は見出せなかった。このことから、促進試験機で同程度のさび厚になるように腐食鋼板を作製しても、実環境で作製した腐食鋼板より促進試験機で作製した腐食鋼板の方が塩分量は多く、さび厚の増加に対し、全塩分量が指数関数的に増加することがわかった(図-3参照)。一方の実環境で作製した腐食鋼板はさび厚が変わっても塩分量はさほど変化が認められなかった。このことは実環境で作製した腐食鋼板は降雨の影響により塩分が蓄積されなかったと考えられる。

#### 4.3 さび除去後の外観

4.1.1の腐食生成物の除去方法による各種腐食鋼板のさび除去前後の外観写真を図-4に示す。促進腐食試験機及び実環境で腐食させた鋼板のさび除去前の外観に概ね違いは見られなかった。しかし、さびを除去した後の外観は、促進腐食試験機で作製した腐食鋼板は均一で比較的浅い孔食が見られるのに対し、実環境で腐食させた鋼板については、深く、不均一な孔食が確認され、局所的に腐食が進行していることが分かっ

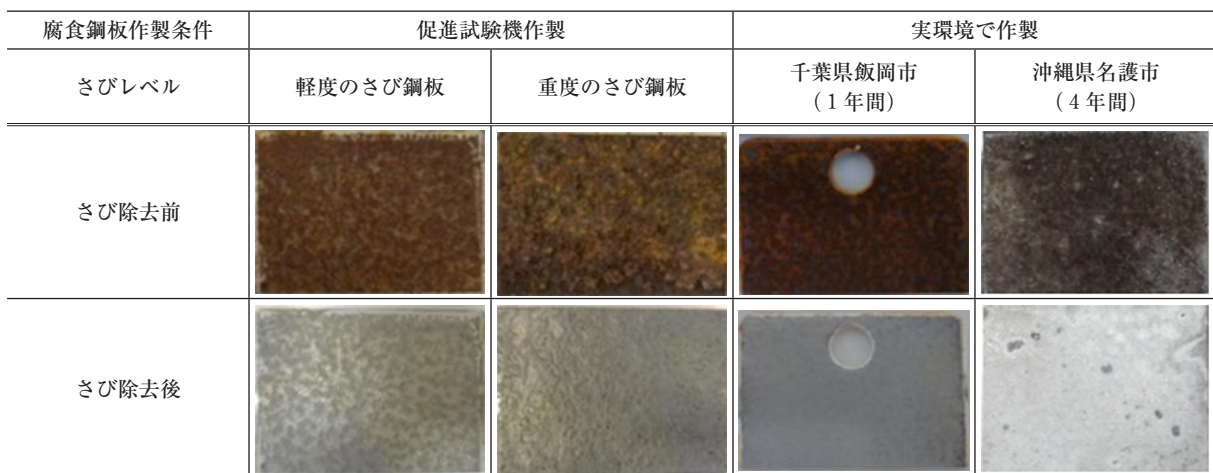


図-4 各種腐食鋼板のさび除去前後の外観

た。4.1.2で示した全塩分量の測定結果から、促進試験機で作製した腐食鋼板の塩分量は多いが、孔食はさほど進んでいないのに対し、実環境で作製した腐食鋼板の塩分濃度は少ないが、孔食は進行していることがわかる。このことから、実環境と同等の腐食鋼板を促進腐食試験機で作製するためには、今回の条件よりも塩化ナトリウム水溶液の濃度を低くし、塩水噴霧工程の時間を短くするなどして塩分の付着量を抑制するとともに、乾湿繰り返しサイクル数を増やすなどして、孔食の進行を促進できるような促進試験条件が望ましいと考えられる。

#### 4.4 表面塩分量と全塩分量の関係性

塗装時に、被塗面に塩分が付着したまま塗装してしまうと、塗膜の耐久性を大きく低下させるおそれがある。このため塗替え塗装の現場では素地調整した鋼材面の品質を管理するため、表面塩分量の測定が行われる場合がある。しかし、表面塩分量の測定で広く用いられている「電気伝導度法」は、原理的に測定対象の表面近傍の塩分しか測定できず、さびの深部に含まれる塩分については適正に評価できていない可能性がある

る。そこで、素地調整後の鋼材面を対象に、電気伝導度法による測定値と、全塩分量の関係について調べた。各種腐食鋼板の素地調整水準を表-4に示し、測定結果を表-5に示す。

測定の結果、「重度のさび鋼板」は、素地調整後においても多くの塩分が残っており、電気伝導度法での表面塩分量の測定はできなかった。一方、「軽度のさび鋼板」に簡易素地調整を施した鋼板の表面塩分量は約1200 mg/m<sup>2</sup>であったのに対し、全塩分量は2倍の2300 mg/m<sup>2</sup>となった。また、沖縄県名護市（4年間）で腐食させた鋼板の表面塩分量は、素地調整後に現場における許容値として用いられることの多い50 mg/m<sup>2</sup>を下回る鋼板も存在したが、全塩分量と表面塩分量の結果はかけ離れており、表面塩分計では測定できない塩分が残存していることがわかった。他の研究例でも報告されているように、塩分は鋼板の表面だけではなく、さびの深部にも水では容易に溶出しない多量の塩分が残存していることが知られており、以上の測定結果は、このことを裏付けるものとなった。今後は、正味の塩分量を適正に評価するために、現場で全塩分量を把握できる技術の確立が必要であると考えて

表-4 各種腐食鋼板の素地調整水準

腐食鋼板作製条件		素地調整の程度				
促進試験機作製	軽度のさび鋼板	素地調整なし	St3	—	簡易	—
	重度のさび鋼板	素地調整なし	St3	St2	簡易	プラスト
実環境で作製	千葉県飯岡市 (1年間)	素地調整なし	—	—	—	—
	沖縄県名護市 (4年間)	素地調整なし	St3	St2	簡易	プラスト

St3: ハンマー+電動工具(ディスク), St2: ハンマー+電動工具(カップワイヤー), 簡易: ハンマー+手工具(ワイヤーブラシ)

表-5 各種腐食鋼板の表面塩分量及び全塩分量測定結果

腐食鋼板作製条件	促進試験機作製								実環境で作製					
	軽度のさび鋼板			重度のさび鋼板					千葉県飯岡市(1年間)	沖縄県名護市(4年間)				
さびレベル	無し	簡易	St3	無し	簡易	St2	St3	プラスト	無し	無し	簡易	St2	St3	プラスト
素地調整程度	無し	簡易	St3	無し	簡易	St2	St3	プラスト	無し	無し	簡易	St2	St3	プラスト
表面塩分量(mg/m <sup>2</sup> )	測定不可	1252	826	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	717	—	55.5	45.3	19.4	110.5	17.9
全塩分量(mg/m <sup>2</sup> )	4543	2318	791	112606	19025	10952	4604	954	950	1944	2152	2299	1606	754

いる。

## 5. 結論

本研究により得られた知見等を以下に示す。

- ・促進腐食試験機を用いることで、実環境で腐食させた鋼板と同程度のさび厚の鋼板を得ることができた。
- ・さび厚や表面塩分量が同程度であっても、全塩分量が大きく異なる場合があるため、腐食鋼板を評価する際には、これを十分に考慮する必要がある。
- ・実環境と同等の腐食鋼板を促進試験機で作製するためには、塩水濃度（％）を低くし、塩水噴霧工程の時間を短くする等をして塩分の付着量を抑制するとともに、乾湿繰り返しサイクル数を増やす等をして、孔食の進行を促進できるような促進試験条件が望ましいと考えられる。

## 6. 謝辞

本報告は国立研究開発法人 土木研究所の交流研究員制度にて、2021年5月～2022年3月に iMaRRC の富山上席研究員のご指導のもと行われました。実験にご協力を頂きました、先端材料資源研究グループの皆様には深く感謝の意を表します。

## 【参考文献】

- 1) 富山禎仁, 百武壮, 西崎到: 素地調整後の鋼材表面性状と塗膜特性に関する基礎的検討, 防錆管理 Vol. 65 No. 6, pp. 200-205, 2021
- 2) 坂本達朗, 山中翔: 塩の影響による腐食した鋼材の塩分測定方法に関する一考察, 土木学会 第73回年次学術講演会講演概要集, pp. 19-20, 2018
- 3) 服部雅史, 広瀬剛: 塗替塗装における素地調整の最適化に関する検討, 防錆管理 Vol. 61 No. 3, pp. 83-91, 2017
- 4) 中島和俊, 落合盛人, 五島孝行, 安波博道, 中野正則: プラスト素地調整における残存塩分除去対策の事例紹介, Structure Painting Vol. 44, pp. 9-15, 2016
- 5) 富山禎仁, 西崎到: 現場塗装時の塩分が鋼道路橋の塗膜性能に及ぼす影響に関する検討, 土木学会 構造工学論文集, Vol. 61A, 2015
- 6) 坂本達朗, 鈴木実, 間々田祥吾: 腐食性の高い環境下に架設された鋼鉄道橋の腐食状態調査, 土木学会 構造工学論文集 Vol. 59A, 2013

# 「塗膜の熱性能－熱流計測法による熱特性測定方法」 の基礎データの収集

一般財団法人 日本塗料検査協会  
東支部 検査部 比留川 伸 司

## 1. はじめに

高日射反射率塗料は発売から20年以上経過した。その間、都市におけるヒートアイランド対策や省エネルギー効果への関心が高まり、徐々にではあるが確実に成長し普及してきている。ところが、一部で市場の成長を妨げている要因がある。その1つとして、経済産業省の調査<sup>1)</sup>によると、一般消費者の遮熱機能を有する塗料に対して認知度が低く、特に、原理や効果が分かりにくいとの結果が報告されている(図-1参照)。

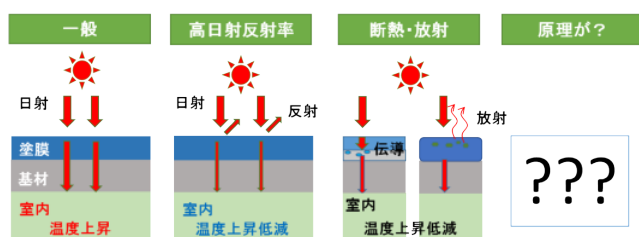


図-1 遮熱機能を有する塗料  
(市場で標榜されている機能も含む)

市場では日射反射やそれ以外の遮熱機能の広告が氾濫し、それが行き過ぎたことにより、逆に一般消費者や建築業界に不信感を抱かせる結果となったとの見方もある。

このような状況の中、遮熱機能を有する塗料の中の高日射反射率塗料の健全な普及を目指して、JIS K 5602「塗膜の日射反射率の求め方」が制定された。このJIS規格に基づいて測定することで、高日射反射タイプの塗料を比較・評価することが可能になった。さらに、塗料の製品規格としてJIS K 5675「屋根用高日射反射率塗料」が制定された。これにより、品質性能も評価することが可能になった。

しかしながら、JIS K 5602では「日射反射率」という相対的な比率を測定しているため、熱エネルギー量への換算が容易でなく、反射タイプ以外の塗料には対応できなかった。

そこで、疑似太陽光源から塗膜を通過して室内側に貫流する熱量を直接測定する方法を(一社)日本塗料工業会(以下「日塗工」という。)並びにスガ試験機株式会

社と共同開発し、2017年11月にJIS K 5603「塗膜の熱性能－熱流計測法による日射吸収率の求め方」が制定された。ここで求められる「塗膜の日射侵入比」を使うことで反射タイプ以外の断熱、放射などの様々な遮熱機能を有する塗料に対しても、日射によって塗膜を通過する熱量として、塗膜の遮熱性能を横並びで比較評価できるようになった。

また、運用面では、日塗工が、「遮熱塗料(屋根用)自主管理基準」を策定し、2018年10月1日より運用を始めた。なお、この自主管理基準では、日塗工の会員/非会員を問わず申請が可能である。登録されている製品については、日塗工のホームページ<sup>2)</sup>で公開されている。経済産業省委託事業である令和3年度省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費(省エネルギー等国際標準開発(国際標準分野(新規対応分野)))のグリーン建材・設備製品に関する国際標準化の取り組みの一つとして「グリーン建材・設備製品の国際標準の提案及び他国提案への対応」としてJIS K 5603(塗膜の熱性能－熱流計測法による日射吸収率の求め方)を基にして、「遮熱塗料(塗膜)の熱流計測法による日射侵入比の求め方」をISOへ新規提案した。国際事務局において規格番号ISO/PWI 9124が付されたうえで、新規提案投票が2021年9月初旬から11月下旬を期限として開始された。これに伴い、主要各国のキーマンに対して賛成投票及びエキスパート派遣の働き掛けを行った。投票の結果、賛成14か国、反対無し(棄権11か国)及びエキスパート登録7か国で新規案件として進めていくことが承認された。

規格化を進めていくと同時に本測定法の有効性をより明確に説明するために基礎データの収集を行っており、令和3年度に(一社)日本建材・住宅設備産業協会や日塗工等とともに断熱塗料を塗装した試験板と押出発泡ポリスチレンフォーム(以下「断熱材」という。)に遮熱塗料を塗装した試験板の日射侵入比を比較した結果について紹介する。

## 2. 目的

以前の研究報告<sup>3)</sup>で図-2に示すように無彩色の塗料については、日射反射率と塗膜の日射侵入比とに高い相

関性があることが分かっている。また、同程度の明度であれば、高明度の白色塗料（N9.5）を除き、一般塗料に比べて遮熱塗料の方が塗膜の日射侵入比が低いことも分かっている。

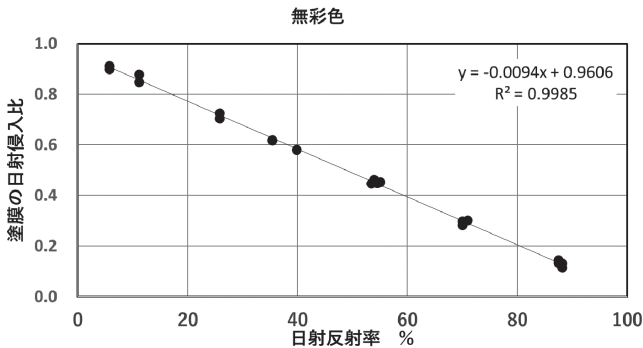


図-2 日射反射率と塗膜の日射侵入比の関係

一方、日射反射率と塗膜の日射侵入比との間に高い相関性があることが分かったので、同一の上塗り塗料を使用し、中塗り塗料に断熱塗料の有り又は無しとして断熱性能の効果を確認する。

### 2.1 断熱塗料の断熱性能の確認手順

- ①塗膜の熱性能測定装置で熱抵抗値が分かっている断熱材を用いて、「見掛けの熱抵抗」を測定することで、断熱性能も正しく測定できることを確認する。  
参考として、JIS A 9521:2022 に基づいた熱抵抗の計算方法を式-1 に示す。

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad \text{式-1}$$

ここで、 R : 熱抵抗 ((m<sup>2</sup>・K)/W)  
d : 断熱材厚さ (m)  
λ : 熱伝導率 (W/(m・K))

- ②製造業者が定める塗装仕様より 4 倍程度の膜厚（約 1.2mm）に塗装した断熱塗料の「見掛けの熱抵抗」を確認する。
- ③断熱塗料を塗装した試験板と断熱材に遮熱塗料を塗装した試験板の日射侵入比を比較する。

### 3. 塗膜の熱性能測定装置の特徴

本測定装置は、日射照射装置、恒温槽及び計測ユニットから構成されている。日射照射装置で射出された光は、光導入窓及びバッフル板を通過し、試験板に照射される。試験板に吸収された熱は、熱流計及び補助板（熱流計と熱抵抗が同等）を移動し、加熱・冷却熱板に吸収される。なお、試験板の両表面の温度差によって通過する熱流束、照射日射熱流束、バッフル板の表

面温度、屋外側空気温度、塗膜の表面温度及び室内側温度の計測は、内蔵されている専用の計測プログラムで自動的に行うシステムになっている。

本試験機の試験装置前面、計測ユニット、試験装置側面及び恒温槽の内部の写真を図-3～図-5 に示す。



図-3 試験装置前面



図-4 計測ユニット

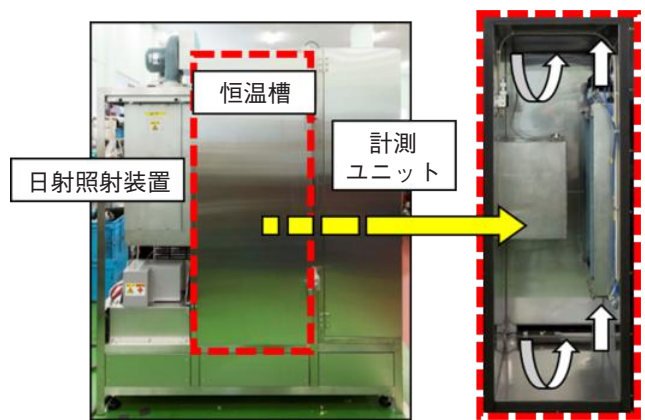


図-5 試験装置側面及び恒温槽の内部

#### 4. 試料

塗料種を一般塗料及び遮熱塗料の2水準とし、塗膜表面の色を無彩色（N10、N40、N80）と有彩色（ブラウン、ライトブルー）の5色とし、基材の種類を黒色塗装したアルミニウム（1mm厚）、断熱材（4mm厚及び7mm厚）の3種類とする。黒色塗装したアルミニウムに遮熱塗料を塗装した試験板（ブラウン）を図-6に示し、断熱材に遮熱塗料を塗装した試験板（ブラウン）を図-7に示す。

#### 5. 試験方法

##### 5.1 試験板の作製

基材に製造業者の定める塗装仕様に準じて塗装し、乾燥したものを試験板とした。試験板に用いる基材は、寸法180mm×180mmとする。ただし、断熱材の見掛けの熱抵抗を測定する試験板については、無塗装とした。



図-6 黒色塗装したアルミニウムに遮熱塗料を塗装した試験板（ブラウン）

#### 5.2 塗膜の特性値

「塗膜の日射侵入比」及び「塗膜の見掛けの熱抵抗」と関係性がある塗膜の特性値について測定した。測定結果の一例として、塗膜表面の色がブラウンの試験板の測色値（塗膜表面の色）を表-1に示し、日射反射率及び修正放射率を表-2に示し、断熱塗料の熱伝導率を表-3に示す。

- (1) 塗膜表面の色
- (2) 日射反射率（全波長域：300～2500nm）
- (3) 修正放射率（以下「放射率」という。）
- (4) 断熱塗料の熱伝導率

##### 5.3 見掛けの熱抵抗の測定

JIS K 5603の附属書D（参考）塗膜の見掛けの熱抵抗に準じ、表-4の測定条件により試験板の両表面の温度差によって通過する熱流束を測定し、見掛けの熱抵抗を求めた。



図-7 断熱材に遮熱塗料を塗装した試験板（ブラウン）

表-1 塗膜表面の色

塗膜表面の色	塗料種	基材	測色		
			$L^*$	$a^*$	$b^*$
ブラウン A	一般塗料	アルミニウム	25.4	11.3	9.4
	一般塗料+断熱塗料 A	アルミニウム	26.1	11.5	9.3
ブラウン B	一般塗料	アルミニウム	24.6	12.7	11.7
		断熱材 4mm	26.9	11.4	10.0
		断熱材 7mm	29.0	10.5	8.9
	高日射反射率塗料	アルミニウム	23.0	12.3	11.0
		断熱材 4mm	25.7	11.2	9.6
		断熱材 7mm	28.1	10.1	8.5

表-2 塗膜の日射反射率及び放射率

塗膜表面の色	塗料種	基材	日射反射率 %			放射率
			全波長域	紫外及び可視波長域	近赤外波長域	
ブラウン A	一般塗料	アルミニウム	8.8	8.9	8.7	0.89
	一般塗料 + 断熱塗料 A	アルミニウム	8.9	9.0	8.8	0.89
ブラウン B	一般塗料	アルミニウム	8.5	8.6	8.5	0.89
		断熱材 4 mm	8.5	8.5	8.5	0.91
		断熱材 7 mm	8.5	8.5	8.5	0.91
	高日射反射率塗料	アルミニウム	24.3	10.1	43.0	0.89
		断熱材 4 mm	28.4	10.1	52.6	0.90
		断熱材 7 mm	27.9	9.9	51.9	0.91

表-3 断熱塗料の熱伝導率

塗料種	熱伝導率 W/(m・K)
断熱塗料 A	0.13
断熱塗料 B	0.18
断熱塗料 C	0.24

表-4 塗膜の見掛けの熱抵抗の測定条件

測定項目		設定値
環境条件	照射日射強度 W/m <sup>2</sup>	0
	屋外側空気温度 °C	23.0 ± 0.5
	室内側温度 °C	43.0 ± 0.5
	屋外側表面熱伝達率 W/(m <sup>2</sup> ・K)	14

#### 5.4 塗膜の日射侵入比の測定

屋外側表面熱伝達率は、実用標準板（測定装置を使用者が検定するとき用いる黒色の標準板）を用いて、JIS K 5603 の附属書 A によって  $14 \pm 1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  に調整する。なお、測定時に用いる屋外側放射表面熱伝達率 ( $h_r$ ) 及び屋外側対流表面熱伝達率 ( $h_{cv}$ ) は、附属書 A によって設定した値とする。

屋外側表面熱伝達率を調整したのち、表-5 の塗膜の日射侵入比の測定条件により、試験板の両表面の温度差によって通過する熱流束を測定し、塗膜の日射侵入比を求める。

表-5 塗膜の日射侵入比の環境条件

測定項目		設定値
環境条件	照射日射強度 W/m <sup>2</sup>	1000
	屋外側空気温度 °C	23.0 ± 0.5
	室内側温度 °C	23.0 ± 0.5
	屋外側表面熱伝達率 W/(m <sup>2</sup> ・K)	14

## 6. 試験結果

### 6.1 見掛けの熱抵抗の比較

断熱材の熱抵抗値と本測定装置で熱流束を測定し、見掛けの熱抵抗値を算出した結果を表-6 に示す。見掛けの熱抵抗値の算出結果から本測定装置で断熱材の熱抵抗値と同等の見掛けの熱抵抗が求められることが分かった。

次に、本測定装置で断熱塗料 A から C の見掛けの熱抵抗値を算出するために熱流束を測定した。断熱塗料の見掛けの熱抵抗を表-7 に示す。塗装仕様の約 4 倍の膜厚である 1.2mm まで塗装した試験板について、見掛けの熱抵抗値を求めたが、すべて測定下限値以下となった。

表-6 断熱材の見掛けの熱抵抗

基材の厚さ mm	熱抵抗 (m <sup>2</sup> ・K)/W	
	実測値	カタログ値
4	0.15	0.14
7	0.19	0.2

表-7 断熱塗料の見掛けの熱抵抗

塗料種	膜厚 mm	見掛けの熱抵抗 (m <sup>2</sup> ・K)/W
断熱塗料 A	1.2	0.01 以下
断熱塗料 B	1.2	0.01 以下
断熱塗料 C	1.2	0.01 以下

### 6.2 断熱塗料（中塗り）と塗装した断熱材の日射侵入比の比較

各基材に一般塗料、断熱塗料及び高日射反射率塗料を塗装した際の「塗膜の日射侵入比」の比較を行った。黒色塗装したアルミニウム板、断熱材の厚さ 4 mm と 7 mm の「塗膜の日射侵入比」の測定結果を表-8 及び表-9 に示す。

表-8 塗膜の日射侵入比（表面の色：ブラウン A）

基材	厚さ	塗膜の日射侵入比	
		一般塗料 膜厚：0.1mm	断熱塗料 A 膜厚：1.2mm
アルミニウム板	1 mm	0.82	0.82

表-9 塗膜の日射侵入比（表面の色：ブラウン B）

基材	基材の厚さ	塗膜の日射侵入比	
		一般塗料	遮熱塗料
アルミニウム板	1 mm	0.95	0.75
断熱材	4 mm	0.15	0.09
	7 mm	0.07	0.05 以下

## 7. まとめ

断熱材の熱抵抗値と「塗膜の熱性能測定装置」で測定した熱流束の結果から算出した「見掛けの熱抵抗値」が同程度であったことから、「見掛けの熱抵抗」を正しく測定できていることが確認できた。断熱塗料の膜厚を約 1.2mm にしても「塗膜の見掛けの熱抵抗値」は、測定下限値以下であった。また、塗膜の熱伝導率と乾燥膜厚から見掛けの熱抵抗値を算出しても、同様の結果となった。すなわち、「塗膜の熱性能測定装置」で塗膜の断熱性能についても測定できると考えられる。

断熱材の上に、一般塗料と高日射反射率塗料を塗装した試験板の「日射侵入比」を比較すると、高日射反射率塗料の方が「日射侵入比」が小さいことが確認できた。このことから、断熱材を使用した基材に対しても高日射反射率塗料を効果が確認できた。

## 8. 今後の課題

本研究において、塗膜における断熱性能を確認するために、断熱塗料の膜厚を 1.2mm にして「塗膜の見掛けの熱抵抗」を求めたが、測定下限値 (0.01 (m<sup>2</sup>・K)/W) 以下の結果となった。そこで、断熱材と同等の厚さまで断熱塗料を塗装し、断熱材の見掛けの熱抵抗と比較する。さらに、測定実績のない塗膜表面の色の「塗膜の日射侵入比」を測定し基礎データを蓄積する。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、塗料を提供していただきました塗料メーカーの方々並びに関係者各位に謝意を表します。

## あとがき

当協会では各種遮熱塗料の熱性能測定試験のご依頼に対し、迅速に対応しております。お気軽にお問い合わせください。

## 【お問い合わせ先】

東支部 TEL：0466-27-1121 FAX：0466-23-1921

## 【参考文献】

- 1) 経済産業省製造産業局素材産業課：平成 28 年度製造基盤技術実態等調査（都市部における暑熱対策・技術と化学産業の貢献可能性に関する調査）報告書，平成 29 年 5 月 19 日
- 2) 一般社団法人 日本塗料工業会 ホームページ：遮熱塗料（屋根用）自主管理，2022 年 6 月現在  
<https://www.toryo.or.jp/jp/anzen/reflect/ref-register/reflect-reg.html>
- 3) 一般財団法人 日本塗料検査協会：塗膜の熱性能－熱流計測法による日射吸収率の求め方～「一般塗料及び遮熱塗料」と塗膜の日射侵入比との関係～，日塗検ニュース，pp.5-10，2017 年 10 月

# 亜鉛めっき補修材料の屋外暴露 10 年による劣化挙動

西日本高速道路株式会社 関西支社 技術計画課 (現 阪神改築事務所)	阪本 眞文
西日本高速道路エンジニアリング関西株式会社 構造技術部	上田 憲寿
西日本高速道路エンジニアリング関西株式会社 構造技術部	石原 佳典
一般財団法人 日本塗料検査協会 技術開発部	為 信一郎
一般財団法人 日本塗料検査協会 西支部検査部	松本 倫毅

## 1. はじめに

現在、高速道路に設置されている防音壁や標識柱などに多くの亜鉛めっき処理(溶融亜鉛めっき、電気亜鉛めっき)された鋼材が使用されている。それらの中には腐食の進行によって部材落下などの事象が起きているものもあり、最適な補修工法が求められている。これに対応するため、西日本高速道路株式会社と西日本高速道路エンジニアリング関西株式会社では2010年より一般財団法人日本塗料検査協会の御前崎暴露場にて、亜鉛めっき鋼板の腐食に対する補修材料の耐久性評価を目的に10年間の暴露試験を行った。6年目の暴露評価結果及び促進腐食試験結果については既に報告しているが<sup>1)</sup>、本報では10年間の劣化挙動の概要について報告する。

## 2. 検討概要

西日本高速道路株式会社では亜鉛めっき面の補修塗装としてZ塗装系<sup>2)</sup>を定めており、赤さびが発生している部位は素地調整1種を施したのち有機ジンクリッチペイントでのタッチアップを含め7回塗りを要求している。Z塗装系を表-1に示す。しかしながら、道路工作物で

このような本格的な補修を行う場合、交通規制等の観点から容易には施工できないことがある。そこで、比較的短時間での施工を目的とした補修材料(以下、簡易補修塗装系という。)を6種選定し、素地の状態・素地調整のレベルを変えて試験片を作製し、海浜地区である御前崎暴露場にて水平暴露に供し、防食性能並びに腐食劣化の挙動を確認した。

## 3. 試験片の作製

### 3.1 塗装系

試験に供した塗装系を表-2に示す。各々について特徴を有しているが、これらはどれも塗り回数が2~3回と少なく、また、合計膜厚も160 $\mu$ m以下であり、Z塗装系と比べると簡易的なものになっている。

### 3.2 試験板

溶融亜鉛めっき鋼板(HDZ-35、300 $\times$ 150 $\times$ 3.2mm)を用いて、表面状態の異なる2種類の試験板を用意した。  
 ・白さび亜鉛めっき鋼板(以下、「W鋼板」という)  
 白さびが発生しているが亜鉛皮膜層が十分残存し

表-1 Z塗装系

工 程	塗料または素地調整程度	標準使用量 (g/m <sup>2</sup> )	標準膜厚 ( $\mu$ m)
前 処 理	赤さびが発生している部位：1種 白さびが多く、赤さびが発生していない部位 ：3種ないしスリーブブラスト (ISO Sa1 程度)	—	—
タッチアップ <sup>°</sup> 1回目	有機ジンクリッチペイント	約 240	30
タッチアップ <sup>°</sup> 2回目	有機ジンクリッチペイント	〃 240	30
下 塗 第1層	亜鉛めっき面用エポキシ樹脂塗料下塗	〃 160	40
下 塗 第2層	変性エポキシ樹脂塗料下塗	〃 200	60
下 塗 第3層	変性エポキシ樹脂塗料下塗	〃 200	60
中 塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	〃 140	30
上 塗	ふっ素樹脂塗料上塗	〃 120	25

表-2 塗装系

記号	塗装系		標準膜厚(μm)		特徴
	材料		各層	合計	
A	下塗り	変性エポキシ樹脂系	50	110	2回塗り。上塗りに劣化亜鉛めっきの外観と違和感の少ないM10系塗料を使用。
	上塗り	厚膜形エポキシ樹脂・M10系	60		
B	下塗り	変性エポキシ樹脂・アルミニウム系	50	150	3回塗り。下塗りに腐食因子の侵入遅延を期待した鱗片状アルミニウムを含有。
	下塗り	変性エポキシ樹脂・アルミニウム系	50		
	上塗り	厚膜形ポリウレタン系	50		
C	下塗り	弱溶剤変性エポキシ樹脂系	60	145	3回塗り。変性エポキシ樹脂系下塗りとポリウレタン系上塗りの標準的な組み合わせ。
	下塗り	弱溶剤変性エポキシ樹脂系	60		
	上塗り	弱溶剤ポリウレタン系	25		
D	下塗り	亜鉛めっき面用エポキシ樹脂系	50	160	3回塗り。下塗りに亜鉛めっき面用下塗りを使用。
	下塗り	弱溶剤変性エポキシ樹脂系	60		
	上塗り	弱溶剤形変性エポキシ・シリコン樹脂系	50		
E	下塗り	弱溶剤厚膜変性エポキシ樹脂系	120	145	下塗りに120μmの厚膜形変性エポキシ樹脂塗料を使用し、2回塗りで145μmを確保。
	上塗り	弱溶剤可溶形ふっ素樹脂系	25		
F	下塗り	劣化亜鉛面用変性エポキシ樹脂系	70	140	2回塗り。上塗り/下塗りに同一系統のものを使用。腐食因子の侵入遅延を期待した鱗片状アルミニウムを含有。
	上塗り	劣化亜鉛面用変性エポキシ樹脂系	70		

ており、「劣化程度の軽い」状態を想定。溶融亜鉛めっき鋼板をJIS K 5600-7-1による塩水噴霧試験機にて促進腐食させ、見本板程度になるまで白さびを発生させた。

- ・赤さび亜鉛めっき鋼板（以下、「R鋼板」という。）  
亜鉛皮膜層が消耗して25～35μm程度残存し赤さびが発生している「劣化程度の重い」状態を想定。溶融亜鉛めっき鋼板を亜鉛めっき皮膜層が25～35μm程度になるまで2%硫酸銅水溶液に浸せきして亜鉛層及び合金層を除去し、その後、JIS K 5600-7-1による塩水噴霧試験機にて促進腐食させ、見本板程度になるまで赤さびを発生させた。

### 3.3 素地調整

W鋼板、R鋼板に対し、グレードの異なる2種類の素地調整を施し、入念なケレンを2種ケレン、簡易的なケレンを3種ケレンとした。

- ・2種ケレン  
ディスクサンダー、ワイヤーホイールなどの動力工具を用い、見本板程度になるまでケレンを行った。
- ・3種ケレン  
不織布研磨材などの手工具を用い、見本板程度になるまでケレンを行った。  
それぞれの見本板を図-1に示す。

## 4. 試験方法

### 4.1 試験片の準備

表-2に示す塗装系にて試験片を作製した。繰り返し数は3とし、作製した各塗装系の試験片を所定の条

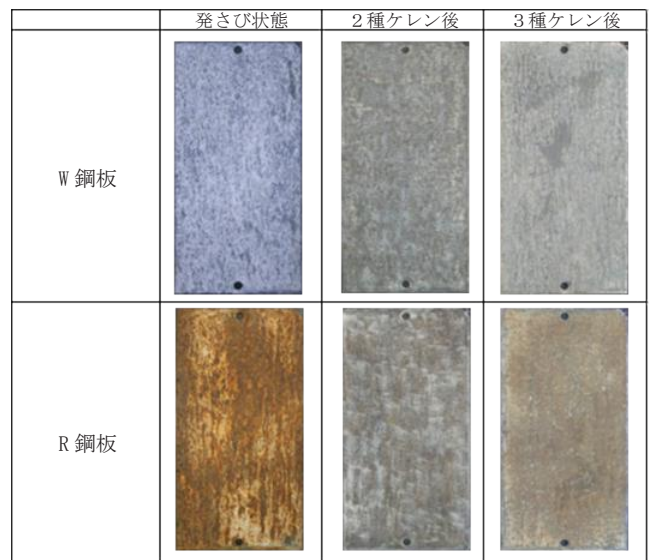
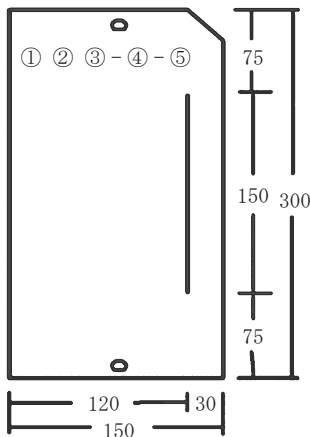


図-1 発錆状態とケレン程度の見本

件で所定の期間乾燥させた後、カッターナイフで素地に達するカットを入れた。なお、各試験片上部に試験片記号を記載している。模式図及び各記号の内容を図-2に示す。

### 4.2 試験項目

屋外暴露試験を「JIS 404-2007 塗料の暴露防錆性試験方法」<sup>3)</sup>に準じて行った。暴露試験片は海浜地区にある一般財団法人日本塗料検査協会 御前崎暴露試験場で水平暴露し、1、2、3、6、8、9、10年経過後に外観観察を行い、JIS K 5600-8-1～8-5に準じて一般部



- ①塗装系の記号、A～F
- ②試験板の種類、W：W鋼板、  
R：R鋼板
- ③屋外暴露試験を表す“W”
- ④素地調整グレード、  
2：2種ケレン、  
3：3種ケレン
- ⑤繰り返し数、1～3

図-2 試験片模式図 及び試験片記号

(カット部分を除く試験面)とカット部に区別して塗膜欠陥(膨れ、さび)の程度を記録した。その結果に基づき換算基準に従って点数化し、評価点とした。評価点は0点を最低点とする10点満点法とし、3枚の平均で示した。一般部の評価点に80%、カット部の評価点に20%の重み付けを行い算出したものを総合評価点とした。一般部に発生した膨れの換算基準を表-3に、さびの換算基準を表-4に示す。塗膜欠陥がさびと膨れの様に混在する場合の評価点は、一番大きな欠陥の評価点を基準点とし、その他の欠陥の評価点を1/2にして減じ基準点に反映させた。カット部の評価は、カット線からの片側最大塗膜欠陥幅(mm)をノギスにより計測し、表-5に従って点数化した。

表-3 膨れの換算基準

密度 大きさ	D 2	D 3	D 4	D 5
S 2	8	6	2 or 4*	0
S 3	6	4	2	0
S 4	4	2	0	0
S 5	2	0	0	0

\* 2：2%未満の膨れ、4：2%以上の膨れに適用  
※膨れがないものは10点とする。

表-4 さびの換算基準

基準等級	評価点
Ri 0 (さびなし)	10
Ri 1	8
Ri 2	6
Ri 3	4
Ri 4	2
Ri 5	0

表-5 カット部の欠陥幅からの換算基準

最大塗膜欠陥幅 (mm)	評価点
0.5 未満	10
0.5 以上～1.0 未満	9
1.0 以上～2.2 未満	8
2.2 以上～3.7 未満	7
3.7 以上～5.7 未満	6
5.7 以上～7.5 未満	5
7.5 以上～9.5 未満	4
9.5 以上～14 未満	3
14 以上～18 未満	2
18 以上～20 未満	1
20 以上	0

## 5. 試験結果

### 5.1 W鋼板での暴露試験結果

各塗装系における経時劣化の代表例を図-3に示す。また、各素地調整・塗装系・評価部位別の評価結果を図-5及び図-6に示す。総合評価点の動きでは、一部の塗装系を除き比較的長期にわたり7点以上の良好な結果を示している。素地調整に関しては、2種ケレンと3種ケレンの間に顕著な差は認められない。

### 5.2 R鋼板での暴露試験結果

各塗装系における経時劣化の代表例を図-4に示す。また、各素地調整・塗装系・評価部位別の評価結果を図-7及び図-8に示す。総合評価点の動きでは、6年経過後まではほぼ経時とともに点数が低下してきており、以降は低位で横ばいである。特にカット部については全ての塗装系で6年後調査の段階で2点以下となっており、劣化が顕著に進んでいることが分かる。素地調整の差を見ると、2種ケレンの方が3種ケレンよりも総合得点が高く、W鋼板との違いを示している。

### 5.3 基板の腐食状態及び素地調整の違いによる挙動

基板・素地調整別に各塗装系の総合評価点を平均し、その経時変化を図-9に示す。

#### 5.3.1 W鋼板を用いた系の特徴

W鋼板を用いた場合の、「経時」「素地調整」「塗装系」を主要因とした分散分析(危険率5%)を実施した。その結果を表-6に示す。「経時」及び「塗装系」で有意性を示し、「経時」に比べ「塗装系」の寄与率が高くなっている。「素地調整」については、有意性は認められなかった。交互作用については「経時×仕様」について有意性が認められる。

W鋼板を用いた塗装系の劣化はR鋼板を用いたものと比較して緩やかに進む。また、W鋼板では2種











































蒸地調整 塗装系	2種ケレン				3種ケレン			
	暴露前	暴露3年後	暴露6年後	暴露10年後	暴露前	暴露3年後	暴露6年後	暴露10年後
A								
B								
C								
D								
E								
F								

図-3 各塗装系における経時劣化の状態例 (W 鋼板)















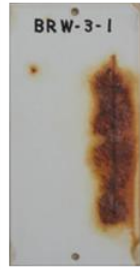
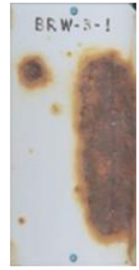
































蒸地調整 塗装系	2種ケレン				3種ケレン			
	暴露前	暴露3年後	暴露6年後	暴露10年後	暴露前	暴露3年後	暴露6年後	暴露10年後
A								
B								
C								
D								
E								
F								

図-4 各塗装系における経時劣化の状態例 (R 鋼板)

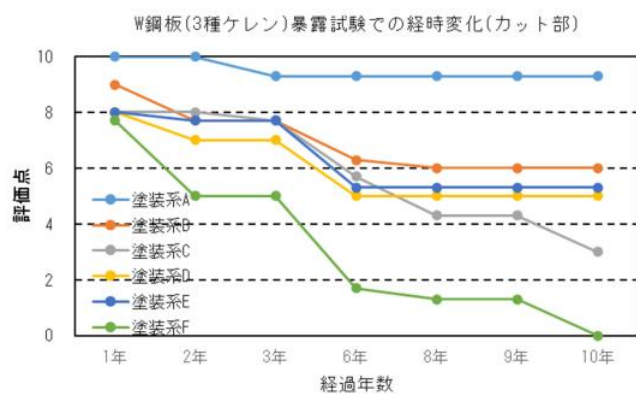
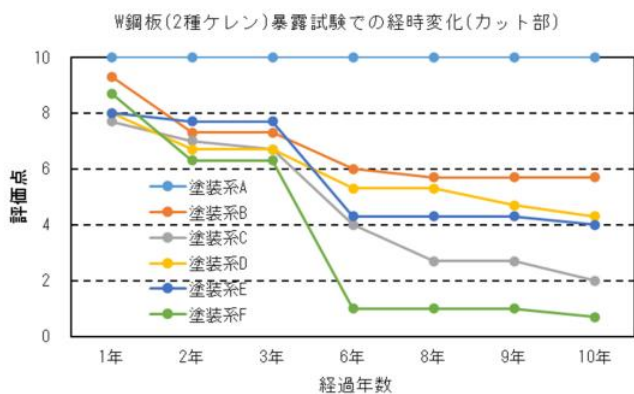
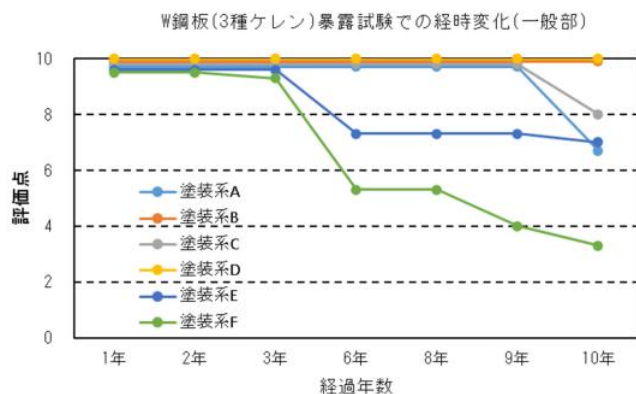
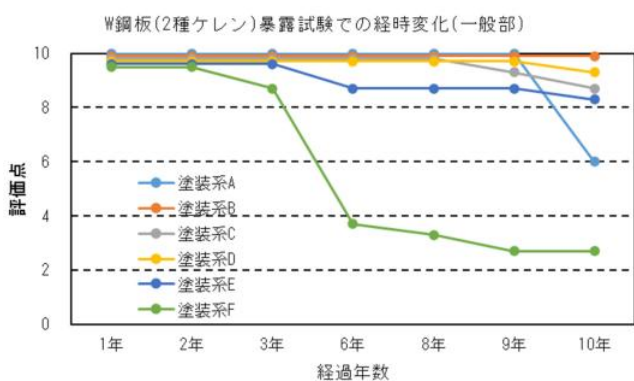
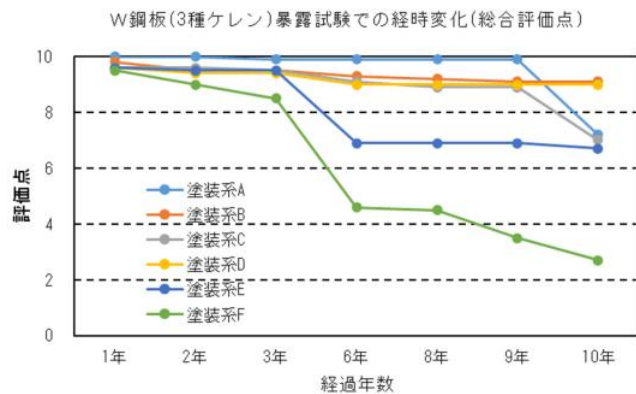
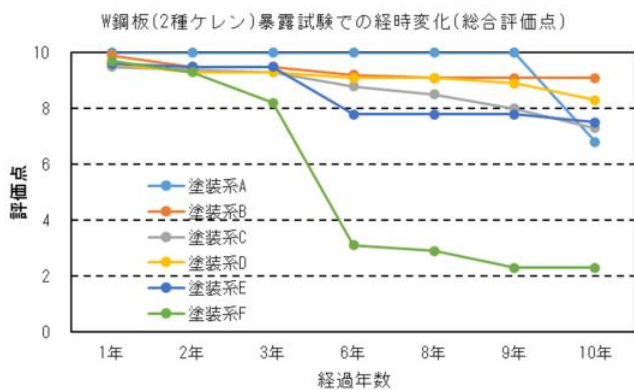


図-5 W鋼板(2種ケレン)での暴露試験の経時変化

図-6 W鋼板(3種ケレン)での暴露試験結果の経時変化

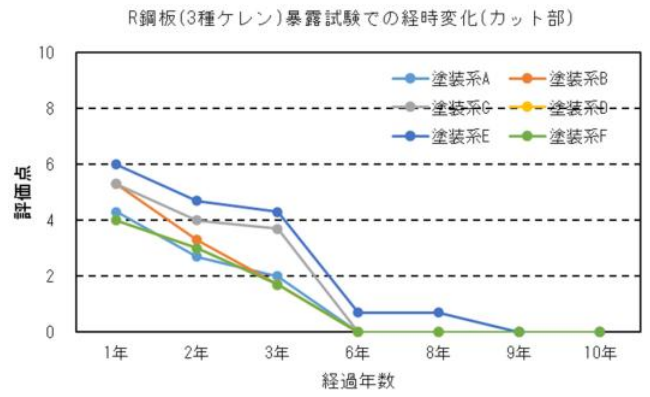
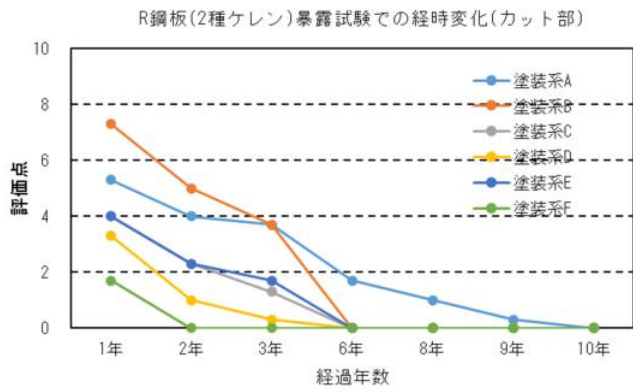
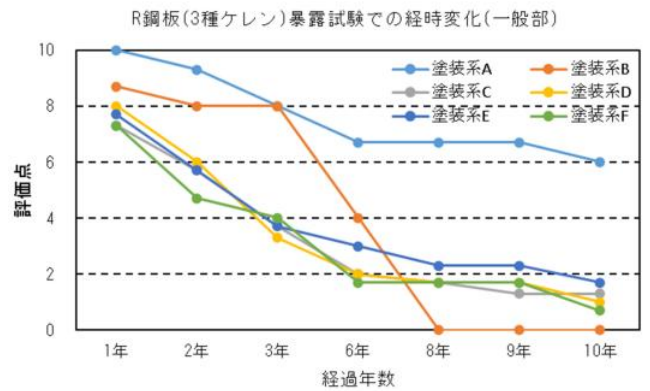
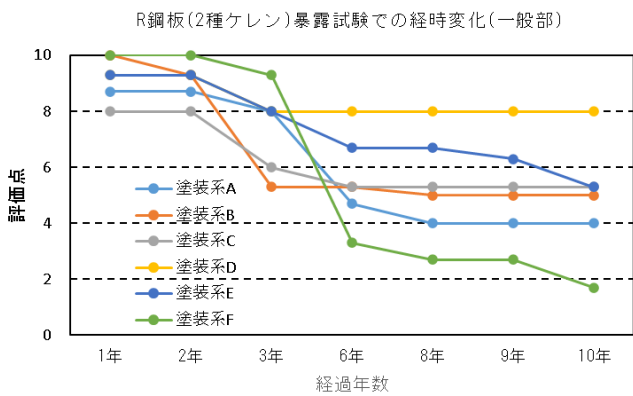
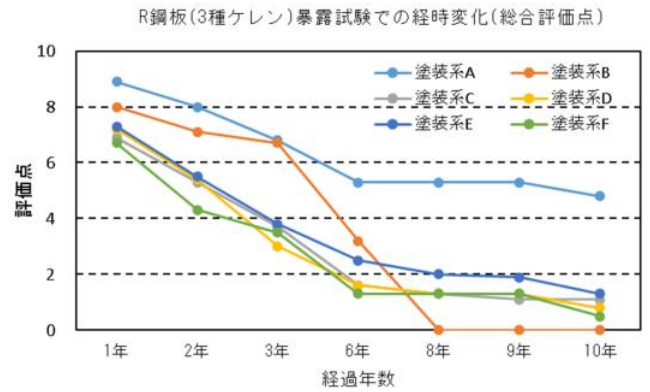
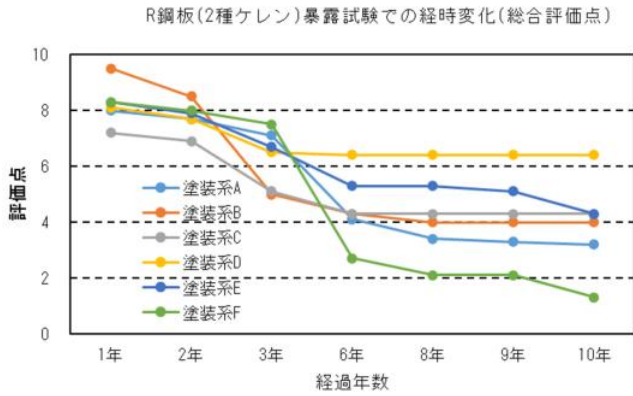


図-7 R鋼板(2種ケレン)での暴露試験の経時変化

図-8 R鋼板(3種ケレン)での暴露試験の経時変化

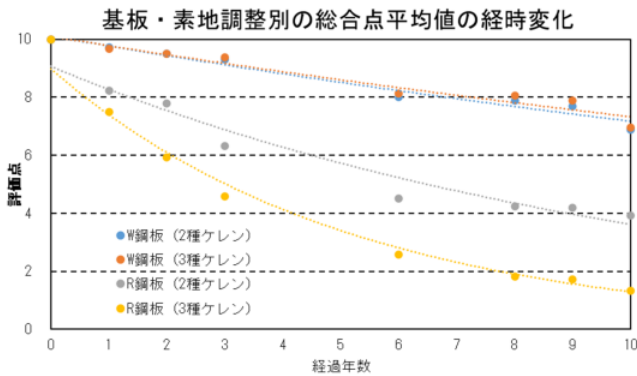


図-9 基板・素地調整別の総合点平均値の経時変化

表-6 W鋼板を用いた系での分散分析結果

要因	分散比 F <sub>o</sub>	F(0.05)	寄与率 (%)
経時	127.0750	2.4205	25.4
素地調整	1.5648	4.1709	
塗装系	271.5223	2.5336	45.5
経時×素地調整	0.2099	2.4205	
経時×塗装系	26.5815	1.8409	25.8
素地調整×仕様	4.6784	2.5336	

ケレンと3種ケレンの劣化曲線はほぼ重なっており、ケレンの程度による差は顕著ではない。図-5及び図-6に示した暴露10年後の状態では、カット部からの著しい赤さびの拡がりは少ない。また、図-3より一般部でも紫外線によると思われる塗膜の消耗が生じている塗装系A、塗装系Fを除き大きな外観変化は認められず、10年という暴露期間を経ても比較的良好な外観を維持している。各塗装系の10年暴露後の総合評価点では、塗装系Fが2種ケレン、3種ケレンともに2点台であったのに対し、その他の塗装系は6.7点以上で、その差が明確である。したがって、以下のことがいえる。

- ①劣化亜鉛めっき鋼板の補修実施時期として、赤さび発生段階 (= R鋼板レベル) よりも白さび発生段階 (= W鋼板レベル) で補修塗装を実施することで劣化傾向は緩やかになり、上塗りに耐候性の良好な塗装系を採用することにより下塗りの機能が維持され、長期の防食性が期待できる。
- ②この段階で補修する場合には、本検討における3種ケレン相当以上の素地調整が必要である。

### 5.3.2 R鋼板を用いた系の特徴

R鋼板を用いた場合の分散分析 (危険率5%) の

結果を表-7に示す。主要因としては、「経時」、「素地調整」、「塗装系」の全てで有意性が認められた。中でも「経時」による寄与率が大半を占めていることがR鋼板での特徴といえる。W鋼板とR鋼板の違いは残存亜鉛めっき層の厚さであり、W鋼板を用いた場合には素地調整の違いにかかわらず防食下地としての亜鉛めっきが有効に働いているが、R鋼板を用いた場合にはその効果が少ないため、より素地調整程度の違いが防食性に反映されたものと考えられる。

表-7 R鋼板を用いた系での分散分析結果

要因	分散比 F <sub>o</sub>	F(0.05)	寄与率 (%)
経時	50.3887	2.4205	56.8
素地調整	76.5135	4.1709	14.5
塗装系	7.2963	2.5336	6.0
経時×素地調整	1.1540	2.4205	
経時×塗装系	0.8138	1.8409	
素地調整×仕様	9.0537	2.5336	7.7

総合点平均の経時変化では、W鋼板を用いた場合に比べて劣化が早く腐食が早期に進むことがわかる。図-7及び図-8から特にカット部に劣化傾向が見られ、屋外暴露6年経過後でほとんどの仕様で評価点が0点になっている。2種ケレンと3種ケレンでは、Aを除く全ての塗装系で2種ケレンの方が3種ケレンよりも総合評価点が高く、3種ケレンは2種ケレンに比べて一般部に欠陥が生じやすい。

各塗装系の10年暴露後の総合評価点では、R鋼板を用いた2種ケレンでは各塗装系の評価点が1.3点 (塗装系F) から6.4点 (塗装系D) までの間に散らばっている。また、3種ケレンでは、塗装系Aの4.8点を除くと、総じて1点台以下に集中している。したがって、簡易補修塗装系では以下のように考える。

- ①劣化亜鉛めっき鋼板が赤さび発生段階 (= R鋼板レベル) で補修を実施しても、白さび発生段階 (= W鋼板レベル) で補修した場合に比べて長期の防錆性は期待できない。
- ②3種ケレンでは一般部も含めて劣化が進行しやすいため、赤さびのある状態での補修は2種ケレンレベルの素地調整が必要である。

### 5.4 塗装系から見た劣化挙動

表-2に本検討で評価に供した各社の塗装系を記載している。各々の塗装系を見ると、下塗りに付着性、耐食性に優れるエポキシ樹脂系又は変性エポキシ樹脂系塗料を使用しているが、上塗りについては塗装系ごとに独自のものを使用している。したがって、個々の

塗装系を検証するにはその特徴を考慮しつつ比較することが必要であるが、ここでは塗装系の特徴を単純に①上塗りの種類、②標準膜厚の合計、③塗り回数と分類した場合に、どのような傾向を示すのかについて屋外暴露10年後での外観の総合評価点数の平均値から比較検討を行った。また、R鋼板を使用した塗装系では劣化が早期に進むため、試験期間の短い屋外暴露3年後の結果も加えた。分類したグループを表-8に示す。上塗りの種類については、塗膜の消耗が生じている塗装系A、塗装系Fにはエポキシ樹脂系塗料が使用されているため、これらをエポキシ系、その他のものを耐候性系として分類した。

表-8 塗装系の分類

分類	上塗りの種類		標準膜厚		塗り回数	
	エポキシ系	耐候性系	145μm以下	150μm以上	2回	3回
塗装系A	○		○		○	
塗装系B		○		○		○
塗装系C		○	○			○
塗装系D		○		○		○
塗装系E		○	○		○	
塗装系F	○		○		○	

#### 5.4.1 上塗りの種類別による比較

今回供試した塗装系の上塗りには、エポキシ樹脂系、ポリウレタン系、ふっ素樹脂系、エポキシ・シリコン樹脂系が使用されている。一般的にエポキシ樹脂は紫外線に対する抵抗性が低いため良好な耐候性が得られない。今回供試した塗装系では、塗装系A、塗装系Fが上塗りにエポキシ樹脂系塗料を使用している。塗装系Aで用いているMIO塗料はヨーロッパでは鋼構造物、特に橋梁に防食性能を兼ねた上塗りとして多く使われている<sup>4)</sup>が日本ではあまり例を

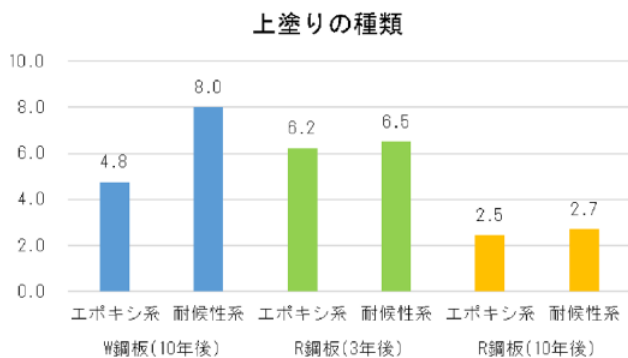


図-10 上塗りの種類別による比較

見ない。また、塗装系Fは腐食因子の浸入遅延を期待したアルミ顔料と耐食性に優れるエポキシ樹脂塗料を厚く塗装して紫外線劣化による膜厚減少のデメリットをカバーしようとした塗装系であると推測する。上塗りの種類をエポキシ系と耐候性系に分類して総合評価点を比較した結果を図-10に示す。

図-10より、W鋼板を用いた塗装系では、明らかに耐候性の良い上塗りを使用したものが評価点が高い。R鋼板を用いた場合は、3年後、10年後とも僅かに耐候性系の評価点が高いが、ほぼ同程度である。

#### 5.4.2 標準膜厚の違いによる比較

今回供試した塗装系の標準膜厚を見ると、110μm(塗装系A)、140μm(塗装系F)、145μm(塗装系C、塗装系E)、150μm(塗装系B)、塗装系D(160μm)となっている。これらを145μm以下と150μm以上の二つのグループに分けて比較を行った。その結果を図-11に示す。

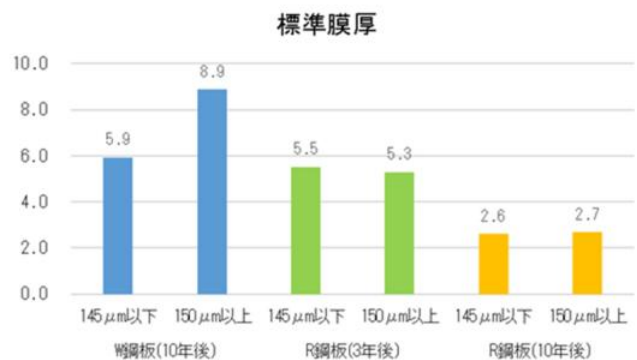


図-11 標準膜厚の違いによる比較

W鋼板を用いた塗装系では膜厚が145μm以下のものよりも150μm以上の方が評価点が高いという結果を示したが、R鋼板を用いた場合は、3年後、10年後とも拮抗した値であり、明確な差は確認できなかった。

#### 5.4.3 塗り回数による比較

塗り回数としては、2回塗り(塗装系A、塗装系E、塗装系F)と3回塗り(塗装系B、塗装系C、塗装系D)の二つのグループに分類した。これら二つのグループについて比較を行った結果を図-12に示す。

W鋼板を用いた塗装系では2回塗りと比べ3回塗りの方が良好な結果となった。R鋼板を用いた塗装系は、3年後は2回塗りがやや良好であるが、10年後は拮抗した値であり明確な差は確認できなかった。

### 塗り回数

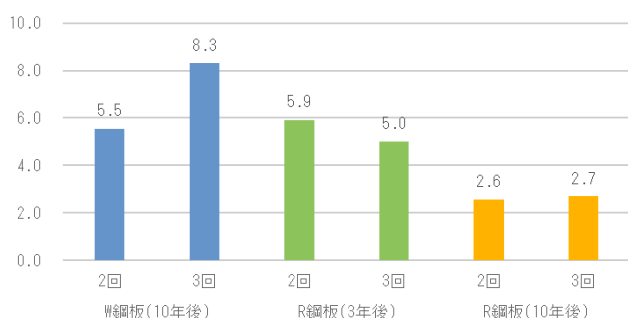


図-12 塗り回数の違いによる比較

5.4.1～5.4.3より、W鋼板を用いた塗装系については①上塗りには耐候性を考慮したものを使用し、②膜厚150 $\mu$ m以上、③塗り回数3回、としたものが優れている傾向が窺える。しかしながら、R鋼板を用いた場合は今回の分類では塗装系別の特徴は掴めなかった。

W鋼板で優れた特徴を持つものに該当する塗装系としては、塗装系B、塗装系Dが挙げられる。図-5及び図-6に示した総合評価結果をみてもこの傾向が妥当であるといえる。また、図-7に示す2種ケレンを施したR鋼板での塗装系B、塗装系Dの総合評価は他の塗装系と比べても特段劣るものではなく、実際に防食工法を適用することを想定した場合、W鋼板の様な状態とR鋼板の様な状態が混在していても、塗装系Bや塗装系Dを用いることが適当である。

## 6. まとめ

今回の検討により、劣化亜鉛めっき鋼板に簡易補修塗装系を適用した場合、亜鉛めっきの劣化程度により簡易補修塗装系の劣化挙動が異なることが分かった。それぞれの特徴は以下のとおりである。

《劣化の程度が白さび発生(=W鋼板)程度の場合》

- 1) 白さび発生程度では防食層としての機能が維持されており、赤さび発生程度と比べ腐食劣化の進行は遅い。
- 2) 素地調整の違いによる劣化挙動の差は認められなかった。
- 3) 簡易補修塗装系の違いによる差が顕著である。

《劣化の程度が赤さび発生(=R鋼板)程度まで進行している場合》

- 4) 白さび発生程度と比べ、腐食は早期に進む。
- 5) 簡易補修を施した場合、素地調整の違いによって劣化挙動に違いが生じる。
- 6) 簡易補修塗装系の違いによる劣化挙動の違いは

あるが、経時による影響の方が大きい。

10年間の屋外暴露試験により実際の亜鉛めっき構造物の挙動の一端を知ることができた。特に亜鉛めっき鋼材の補修時期として、赤さび発生段階ではなく白さび発生段階で補修塗装を実施することにより、より長期の防食性が期待できることが明確になったものと考えられる。この10年の間には、厚膜塗装による省工程塗料の一般化や重防食水性塗料がJIS製品規格に加わるなど防食材料も進化しており、簡易補修もその影響を受けていくものと推測する。しかしながら、今回の検討で得られた知見はそれによって陳腐化することのない貴重なものであり、今後はこれらの知見を簡易補修の選択に活かしていきたいと考える。

### 【参考文献】

- 1) 一般財団法人日本塗料検査協会：亜鉛鉄板の腐食に対する最適な補修材料の評価と選定－屋外暴露6年目の追跡調査－，日塗検ニュース No.139, pp.11-20, 2017
- 2) 東日本高速道路株式会社、中日本高速道路株式会社、西日本高速道路株式会社：構造物施工管理要領，Ⅲ保全編，p.4, 2020
- 3) 東日本高速道路株式会社、中日本高速道路株式会社、西日本高速道路株式会社：NEXCO試験方法第4編 構造関係試験方法，pp.6-9, 2007
- 4) 一般社団法人日本塗料工業会 技術委員会 重防食塗料部会：重防食塗料ガイドブック第5版，pp.54-55, 2020

## ISO 便り (TC 35/SC 9 委員会 活動報告)

ISO/TC 35/SC 9 国内委員会事務局

一般財団法人 日本塗料検査協会

調査研究部 笹谷 悟

## 1. まえがき

2022年のISO/TC 35（ペイント及びワニス専門委員会）の国際会議週間は、6月20日からオランダのマデ（Made）において対面及びオンラインでのハイブリッド形式で開催された。背景には、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が未だに収束していないこと、しかしTC35の主権者側の顔を突き合わせて議論をしたいとの思いの両方を勘案したとの事情があった。

本期間中に全てのワーキンググループ（WG）による個別の会議が開催され、各WG共投票結果を一つずつ丹念に確認し、活発な議論が行われ、今後の活動方針を策定した。これらは上部組織であるSC 9（塗料の一般試験方法分科委員会）において承認決議が行われた。更にその上部組織であるTC35総会では、事業計画の承認決議、各分科会（SC）からの報告、特定案件に対する他の専門委員会（TC）或いは外部組織との連携に関する議論が行われた。

今年日本としては、対面での参加を見送り、オンラインでの参加とした。日本からの各WG、TC 35/SC 9及びTC35総会の参加状況は以下のとおりである。（参加者名：順不同、国内委員会・WGでの役名）

## TC35 国際会議週間

- 6月20日(月) SC 9/WG 16 (粉体塗料) 参加者 8名 (日本2名：藪田主査、笹谷SC9事務局)  
SC 9/WG 30 (硬化前の塗料) 参加者 14名 (日本2名：井賀主査、笹谷SC9事務局)
- 6月21日(火) SC 9/WG 31 (硬化後の塗料) 参加者 23名 (日本6名：宮澤主査、須賀副主査、喜多委員、高橋委員、小野建産協事務局、笹谷SC9事務局)
- 6月22日(水) SC 9/WG 32 (風力発電ローターブレード用塗装システム) 参加者 14名 (日本2名：森本主査、笹谷SC9事務局)  
SC 9/WG 29 (電気化学的試験方法) 参

- 加者 7名 (日本1名：笹谷SC9事務局)
- 6月23日(木) TC 35/SC 9 (塗料の一般試験方法分科委員会) 参加者 22名 (日本3名：加藤SC9委員長、小川TC35事務局、笹谷SC9事務局)
- 6月24日(金) TC 35 総会 (ペイント及びワニス技術専門委員会) 参加者 31名 (日本2名：小川TC35事務局、笹谷SC9事務局)

各WGでの規格開発状況及びSC9での決議内容について、以下に報告する。

## 【参考】略語（開発段階、用語）

PWI：予備業務項目、NP又はNWIP：新規提案、WD：作業原案、CD：委員会原案、DIS：国際規格案、FDIS：最終国際規格案、IS：国際規格、TR：技術報告書、TS：技術仕様書、SR：定期見直し

## 2. TC 35/SC 9/WG 16 粉体塗料

6月20日に開催されたWG16会議の内容、及び開発状況を紹介します。

WG16では粉体塗料の包括的な規格であるISO 8130シリーズの改訂が2015年から開始され、Part 1, 7, 11, 12及び14の改訂が優先的に進められ、2019年には規格の発行が完了している。Part 2, 3, 4, 5, 6, 8及び10の改訂についても2021年に完了し、規格として発行された。現在は以下に紹介するISO 8130-15及びISO 8130-16の開発が進められている。

## 2.1 新規作業事案

- (1) ISO/DIS 8130-15, Coating powders – Part 15: Rheology (粉体塗料—第15部：レオロジー) (対応JIS：なし)
- 粉体塗装プロセスに影響する流動化パラメーターを評価する規格である。2020年から規格開

発が開始され、現在 DIS 投票で承認された段階である。本会議にて DIS 投票時に寄せられたコメントを検討し、修正原案が完成した。規格発行の最終段階へ進めることが合意された。

(2) ISO/DIS 8130-16, Coating powders – Part 16: Density via liquid displacement in a measuring cylinder (粉体塗料—第16部:メスシリンダを用いた液体置換による密度測定)(対応 JIS: なし)

25ml メスシリンダ及び天秤を用い、メスシリンダ中の液体20mlに粉体塗料を加えて25mlとし、増加した5mlの体積に対する質量を測定し、粉体塗料の密度を求める方法を規定している。第3部(液体置換ピクノメータによる密度の測定)を補完する規格になる。本規格案も2020年に提案されたが、エキスパートの参加国要件を満たさず、一旦却下となった。2021年にNPの再投票が行われ、日本からもエキスパート参加登録することにより要件を満たし、新規案件として承認された。現在はDIS投票段階にあり、投票終了後、会議を開催しコメントに基づいた原案の修正を行い、規格発行の最終段階へ進めることが合意された。

## 2.2 新規案件構想

新規案件のアイデアとして委員の一人より、「硬化指標の統一書式化」が挙げられた。

現在は硬化の指標に関して統一した形式が無いので、ユーザー側でデータの比較をしにくいいため、データシートの統一書式化を進めていきたいとのことであった。今後構想をまとめてプレゼンテーションが行われる予定である。

## 3. TC 35/SC 9/WG 29 電気化学的試験方法

6月22日に開催されたWG29会議の内容、及び開発状況を紹介する。

### 3.1 新規作業事案

(1) ISO/NP DTR 5604, Test method for assessment of protection of metal by organic coatings using electrochemical noise measurements (電気化学的ノイズ測定を用いた有機塗膜による金属保護性評価のための試験方法)(対応 JIS: なし)

技術仕様書(TS)としてNP投票が行われたが、エキスパート参加が1カ国しか集まらず、新規提

案として承認されなかった。今回は、提案者の要望で、技術報告書(TR)に変更して発行を目指すことがWGで合意された。内容が技術報告書(TR)の要件を満たすように、表現を変更して原案の作成を継続することが合意された。

### 3.2 塗装サンプルを使用したEIS(電気化学インピーダンススペクトル測定)における国際ラウンドロビント

試験方法の精度を検証するための塗装サンプルを用いたラウンドロビントの最新状況が報告された。30カ所のラボが参加し、24の異なる装置を使用して試験が行われた。科学雑誌に論文として公表された後、ISO 16773-2の次回の改訂時に掲載される予定である。

※ラウンドロビント: Round robin test (複数の試験機関に同一試料を配付して測定を行う評価方法)

### 3.3 定期見直し事案

(1) ISO 16773-4:2017, Electrochemical impedance spectroscopy (EIS) on coated and uncoated metallic specimens — Part 4: Examples of spectra of polymer-coated and uncoated specimens (塗装及び未塗装金属試験体の電気化学的インピーダンス分光法—第4部:高分子膜被覆及び未被覆試験片のスペクトルの例)(対応 JIS: なし)

SR投票においてコメントがなく、内容を確認し“継続”で合意された。

ラウンドロビントの結果が公表された後、ISO 16773-2と共にデータを掲載するために、2年後に早期見直しを行うことが合意された。

## 4. TC 35/SC 9/WG 30 硬化前の塗料の性能

6月20日に開催されたWG30会議の内容、及び開発状況を紹介する。

### 4.1 改訂作業事案

(1) ISO/DIS 2811-1, Paints and varnishes — Determination of density — Part 1: Pycnometer Method (密度の測定 — パート1:ピクノメーター法)(対応 JIS K 5600-2-4:2014)

ドイツから「確かなデータを得るには試験前にサンプルの脱気が必要」との記述を付け加える提

案があり改訂を行っているが、現在 DIS 投票中のため、結果待ちの状態である事が報告された。

#### 4.2 新規作業事案

- (1) ISO/DIS 22553-15, Electrodeposition coatings - Part 15: Permeate residue (電着塗料-第15部:浸透残渣)(対応 JIS:なし)

2020年に新規提案された案件で、DIS投票が終了した。ISO事務局と中国から編集的なコメントのみ寄せられており、FDIS段階をスキップし規格発行へ進めることが合意された。

- (2) ISO/DIS 22553-16, Electrodeposition coatings - Part 16: Pigment-binder ratio (電着塗料-第16部:顔料/バインダー比)(対応 JIS:なし)

第15部同様、DIS投票が終了し、編集的なコメントのみ寄せられており、FDIS段階をスキップし規格発行へ進めることが合意された。

#### 4.3 今後の開発事案

- (1) ISO/PWI 3219-3, -4 & -5, Rheology (レオロジー)(対応 JIS:なし)

- Part 3: Test procedure and examples for the evaluation of results when using rotational and oscillatory rheometry (一第3部:回転及び振動によるレオロジー測定時の試験方法と結果評価の例)

- Part 4: Measurement errors caused by sample and application when using rotational and oscillatory rheometry (一第4部:回転及び振動によるレオロジー測定時のサンプル及びアプリケーションによる測定誤差)

- Part 5: Calibration, adjustment, verification when using rotational and oscillatory rheometry(一第5部:回転及び振動によるレオロジー測定時の校正、調整、検定)

これらの規格事案は、ISO/TC 61(プラスチック技術専門委員会)/SC 5(物理・化学的性質分科委員会)との共同開発としてドイツより提案されているが、まだ準備段階である。2023年にまず第3部を作成し、順次第4部、第5部を作成していく。

#### 4.4 定期見直し事案

投票結果を一つずつ確認し、今後のアクションを決定した。

- (1) ISO 2811-2:2011, Paints and varnishes - Determination of density - Part 2: Immersed body (密度の測定-第2部 おもり浸漬法)(対応 JIS:なし)

投票ではオランダのみ“改訂”であったが具体的な言及がなく“継続”で合意された。ただ議論の中で測定器具のサプライヤーがおらず購入ができないという問題があることが報告された。

- (2) ISO 2811-3:2011, Paints and varnishes - Determination of density - Part 3: Oscillation method (密度の求め方-第3部:振動法)(対応 JIS:なし)

2811-1と同様に、「確かなデータを得るには試験前にサンプルの脱気が必要」との記述を付け加え、“改訂”で合意された。

- (3) ISO 2811-4:2011, Paints and varnishes - Determination of density - Part 4: Pressure cup method (密度の求め方-圧力カップ法)(対応 JIS:なし)

投票ではオランダのみ“改訂”であったが具体的な言及がなく“継続”で合意された。

- (4) ISO 2884-1:1999, Paints and varnishes - Determination of viscosity using rotary viscometers - Part 1: Cone-and-plate viscometer operated at a high rate of shear (回転型粘度測定法-第1部:高シェア域でのコーン・プレート型粘度計)(対応 JIS:なし)

新版のISO 3219-1及び-2で適用されている用語を加え、“改訂”で合意された。また、REACH規則でSDSに求められている“40℃での粘度測定”を加えることができるかどうかを調査する。

- (5) ISO 2884-2:2003, Paints and varnishes - Determination of viscosity using rotary viscometers - Part 2: Disc or ball viscometer operated at a specified speed (回転型粘度測定法-第2部:ディスク或いはボール型軸粘度計)(対応 JIS:なし)

上記ISO 2884-1同様、新版のISO 3219-1及び-2で適用されている用語を加え、“改訂”で合意された。また、REACH規則でSDSに求められている“40℃での粘度測定”を加えることができるかどうかを調査する。

- (6) ISO 16862:2003, Paints and varnishes - Evaluation of sag resistance (タレ性の評価) (対応 JIS: なし)  
特に反対、コメントもなく“継続”で合意された。

#### 4.5 定期見直し事案 (2022年9月投票終了案件)

- (1) ISO 19403-2 to -7, Contact angle (濡れ性 - 接触角) (対応 JIS: なし)  
投票は始まったばかりであるが、TC229 (ナノテクノロジー) から既に多くのコメントが寄せられており、改訂すべきとの意見を受け取っている。TC229 と臨時会議を開催し議論する予定である。

#### 4.6 超疎水塗料

- (1) ISO/DTS 10689, Superhydrophobic surfaces and coatings - Characteristics and performance assessment, prepared by ISO/TC 229/WG 5/PG 7

(超疎水表面と塗料 - 特性と性能の評価)

TC229 (ナノテクノロジー技術専門委員会) の案件であるが、上記 ISO 19403 (濡れ性) と関連性があるため、両技術専門委員会間で臨時会議が開催され以下が合意された。

- ・各技術専門委員会のスコープとその関連するプロジェクトは明確である。
- ・WG レベルのリエゾンを選任する。
- ・リエゾンオフィサーの候補が提案された。
- ・TC35 も PWI TS 10689.2 に関し TC229 コメントを送付する。
- ・両コミッティはスケジュールを守るように努力する。SC9 は他の TC の投票をどのようにハンドリングするかを決定する。

国際会議後に主要メンバーで臨時会議を行い、TC229 から寄せられたコメント及び WG30 の国際エキスパートから寄せられるコメントを確認する。

#### 4.7 今後の案件

- (1) レオロジー  
2 件のレオロジーに関する報告が行われた。  
- Rheological test methods - Part 1: Determination of the yield point - Fundamentals and comparative testing methods (レオロジー試験方法 - 第1部: 降伏点の決定 - 基礎と比較試験法)

- Rheological test methods - Part 2: Thixotropy - Determination of the time-dependent structural change - Fundamentals and interlaboratory test (レオロジー試験法 - 第2部: チクソトロピー - 時間依存性構造変化の測定 - 基礎とラボ間試験)

DIN 規格を流用した原案は作成済みであり、新規提案を行う。

- (2) 水分調節機能

建物の壁材の調湿機能に関する事案であり、ISO/TC163/SC1 (建築環境における熱的性能とエネルギー使用技術専門委員会 / 試験及び測定方法分科委員会) の ISO 24353 をベースに、足りないパラメーターの追加及び、水分バッファ値を決定するための特定の規格を作成することが提案された。TC163 と協力してドイツより新規提案を行う。

#### 5. ISO/TC 35/SC 9/WG 31 硬化後塗料の性能

6月21日に開催された WG31 会議の内容、及び開発状況を紹介する。

##### 5.1 改訂作業事案

- (1) ISO/DIS 1518-1, Paints and varnishes - Determination of scratch resistance - Part 1: Constant-loading method (引っかき抵抗性 - 第1部: 定負荷法) (対応 JIS: K 5600-5-5)

2019年の改訂で2つのスタイラス (針) の追加により、名称の混乱が生じる恐れがあるため、材質と口径からなる新名称を付けた。また各版の新旧対比表を更新している。現在 DIS 投票中であり、結果待ちの状態であることが報告された。

- (2) ISO/DIS 1522, Paints and varnishes - Pendulum damping test (剛体振り子試験) (対応 JIS: なし)

DIS 投票の結果、チェコ、ドイツ、ルーマニア、イギリス、ISO 事務局よりコメントがあり、技術的なコメントについて議論され、原案を改訂し FDIS 投票に進めることが合意された。

- (3) ISO/AWI 4624, Paints and varnishes - Pull-off test for adhesion (付着性: プルオフ法)

硬い基板用のシングルリベット法で、「試験片の組立工程で、基板を変形させてはならない。」

旨の記述を加えている。CD投票をスキップして直接DIS投票に進めることが合意された。

- (4) ISO/AWI 4628-3, Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance — Part 3: Assessment of degree of rusting (塗膜欠陥—サビの等級) (対応 JIS: K 5600-8-3)

スコープが従来の塗装パネルだけではなく、未塗装の金属素材にまで広がった。それに伴い、白錆の定義、評価も追加された。

また、4628 シリーズ全てについて、ISOでは題名は3部構成までと規定されているが、現状は4部構成となっているため変更する。CD投票へ進めることが合意された。

- (5) ISO/DIS 4628-5:2016, Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance — Part 5: Assessment of degree of flaking (塗膜欠陥—はがれの等級) (対応 JIS:5600-8-5)

DIS投票でチェコ、ドイツ、ポルトガル、ウクライナ、ISO事務局よりコメントがあり、いくつかの技術的なコメントについて議論された。原案を改訂しFDIS段階へ進めることが合意された。

- (6) ISO/AWI 4628-10, Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance — Part 10: Assessment of degree of filiform corrosion (塗膜欠陥—糸サビの等級) (対応 JISなし)

糸サビの定義について詳述され、また等級の程度について補足された原案について議論された。CD投票をスキップし、DIS投票に進めることが合意された。

- (7) ISO/DIS 7784-1, Paints and varnishes — Determination of resistance to abrasion — Part 1: Method with abrasive-paper covered wheels and rotating test specimen (耐摩耗性の測定 第1部: 研磨紙及び回転試験片による方法) (対応 JIS: K 5600-5-8:1999)

前版から規格中の図の改訂を行っており、現在

DIS投票中のため、結果待ちの状態であることが報告された。

- (8) ISO/DIS 7784-2, Paints and varnishes — Determination of resistance to abrasion — Part 2: Method with abrasive rubber wheels and rotating test specimen (耐摩耗性の測定—第2部: 摩耗輪及び回転試験片による方法) (対応 JIS: K 5600-5-9:1999)

上記第1部と同様の内容で改訂を行っており、現在DIS投票中のため、結果待ちの状態であることが報告された。

- (9) ISO/DIS 7784-3, Paints and varnishes — Determination of resistance to abrasion — Part 3: Method with abrasive-paper covered wheel and linearly reciprocating test specimen (耐摩耗性の測定—第3部: 研磨紙で覆われたホイールと直線往復試験片による方法) (対応 JIS: K 5600-5-10:1999)

前版から第9箇条 Precision (精度) 中の表の修正を行っており、またDIS投票においてチェコ、フランス、ドイツ、ISO事務局よりコメントがあった。事務局及びプロジェクトリーダーの須賀副主査で確認し、改訂することで合意された。

## 5.2 新規作業事案

- (1) ISO/WD 9124, Paints and varnishes — Thermal performance of paint films — Determination of solar irradiation penetration ratio with heat flow meter (塗膜の熱性能—熱流量計を用いる日射照射侵入比の求め方) (対応 JIS: K 5603:2017)

昨年日本からの新規提案 (NWIP) として登録された案件であり、JIS K 5603 (熱流計測法による日射吸収率の求め方) の国際規格化を目指している。これは経済産業省からの (一社) 日本建材・住宅設備産業協会「グリーン建材・設備製品に関する国際標準化事業」として進めている。

今回のWG31会議において、国際エキスパートへの意見照会でのコメントに対する回答の説明を、プロジェクトリーダーの高橋委員が行い、その結果、CD投票に進めることが合意された。

- (2) ISO/AWI 11998, Paints and varnishes — Determination of wet-scrub resistance and cleanability of coatings (塗膜の耐湿潤摩耗性及び洗浄性) (対応 JIS: K 5600-5-11)

2019年にドイツより改訂提案が出された案件で、現在の進捗状況報告が行われた。今年夏頃ラポ間の結果比較ができる見通しであるとのことであった。

- (3) ISO/DIS 16053, Paints and varnishes — Coating materials and coating systems for exterior wood — Natural weathering test (屋外木材用保護塗料と塗装システム—屋外暴露試験)(対応 JIS: なし。建築工事標準仕様書: JASS18 塗装工事が関連)

ポルトガル、ISO 事務局よりコメントがあり、コミッティマネージャーが確認し、改訂原案を FDIS 投票に進めることが合意された。

- (4) ISO/ ISO/CD 20567-4, Paints and varnishes — Determination of stone chip resistance of coatings — Part 4: Multi-impact test using a small test area (塗膜の耐チップング性—第4部: 小面積による打撃試験)(対応 JIS: なし)

ハンディタイプの装置で鋳鉄グリットを直接車のボディの狭い範囲にも打ち込める。CD 投票で日本より編集的なコメントが1件あったのみであり、DIS 投票に進めることが合意された。

### 5.3 定期見直し事案

#### 5.3.1 改訂となった規格

- (1) ISO 1514:2016, Paints and varnishes — Standard panels for testing (試験用標準試験板)(対応 JIS: K 5600-5-11)

ドイツより「プラスチックの試験板の前処理を付け加える。」とのコメントがあり、“改訂”で合意された。既に WG31 で原案の議論が始まっている。

- (2) ISO 21227-1:2003, Paints and varnishes — Evaluation of defects on coated surfaces using optical imaging — Part 1: General guidance (光学画像による欠陥評価—第1部: 一般指針)(対応 JIS: なし)

ドイツ、オランダよりコメントがあり、本規格は19年間変わっていないが、この間に基本的な技術が変わって来ているため、“改訂”で合意された。

- (3) ISO 21227-4:2008, Paints and varnishes — Evaluation of defects on coated surfaces using optical imaging — Part 4: Evaluation of filiform corrosion (光学画

像による欠陥評価—第4部: 糸サビの評価)(対応 JIS: なし)

第1部と同様、基本的な技術が変わってきているので“改訂”で合意された。

- (4) ISO 4628-6:2011, Paints and varnishes — Evaluation of degradation of coatings — Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance — Part 6: Assessment of degree of chalking by tape method (塗膜欠陥—第6部: 白亜化の等級)(対応 JIS: K 5600-8-6)

フランス、オランダからコメントがあり、また上述の4628シリーズ全てについて、題名を3部構成にする必要があり、“改訂”で合意された。

- (5) ISO 20567-2:2017, Paints and varnishes — Determination of stone-chip resistance of coatings — Part 2: Single-impact test with a guided impact body (耐チップング性—第2部: シングルインパクト試験)(対応 JIS: なし)

ドイツより2件のコメントがあり、“改訂”で合意された。

#### 5.3.2 継続となった規格

- (1) ISO 1519:2011, Paints and varnishes — Bend test(cylindrical mandrel)(耐屈曲性: 円筒形マンドレル法)(対応 JIS: K 5600-5-1)

- (2) ISO 2815:2003, Paints and varnishes — Buchholz indentation test (Buchholz 硬度試験)(対応 JIS: なし)

- (3) ISO 16862:2003, Paints and varnishes — Evaluation of sag resistance (タレ性の評価方法)(対応 JIS: なし)

- (4) ISO 6272-2:2011, Paints and varnishes — Rapid-deformation (impact resistance) tests — Part 2: Falling-weight test, small-area indenter (耐衝撃性—第2部: 小面積用インデーターでの耐おもり落下性)(対応 JIS: なし)

- (5) ISO 20567-1:2017, Paints and varnishes — Determination of stone-chip resistance of coatings — Part 1:

Multi-impact testing (耐チッピング性—第1部:マルチインパクト試験)(対応 JIS:なし)

#### 5.4 今後の開発事案

プラスチックと部品の塗装に関する以下の技術報告書(TR)の発行を考えている。DIN規格/TR 55692シリーズを基に開発を進める予定である。

Coatings on plastics and composites(プラスチックと部品の塗装)

- Part 1: General introduction and terminology (一般的説明と用語)
- Part 2: Weathering (耐候性)
- Part 3: Constant climate and alternating climate tests (一定の気候と代替試験)
- Part 4: Abrasion (摩耗性)
- Part 5: Chemical resistance (耐化学薬品性)
- Part 6: Stone chip resistance (耐チッピング性)

第1部はまだ原案作成中であり、第2部から第4部までは、ドイツより正式に新規提案をする予定である。

#### 6. ISO/TC 35/SC 9/WG 32 風力発電ローターブレードの塗装システム

6月22日に開催されたWG32会議の内容、及び技術仕様書(TS)の開発状況を紹介する。

##### 6.1 新規開発事案

- (1) ISO/PWI TS 19392-4, Paints and varnishes - Coating systems for wind-turbine rotor blades - Part 4: Influence of rain erosion damage on the ice formation on rotor blade coatings (風力発電ローターブレードの塗装システム—第4部:ローターブレード塗装上の氷形成における降雨エロージョンの影響)(対応 JIS:なし)

事案としては残っているが中断中であり進展なし。

- (2) ISO/NP TS 19392-5, Paints and varnishes - Coating systems for wind-turbine rotor blades - Part 5: Measurement of transmittance properties of UV protective coatings (風力発電ローターブレードの塗装システム—第5部:UV保護塗膜の光透過特性の測定)(対応 JIS:なし)

UV及び可視光の透過率の測定方法に関する規

格であり、木材保護塗料の欧州規格案をベースとしている。DTS投票が5月に行われ、賛成10、反対1、棄権14であった。日本からの反対コメントに対し1件ずつ議論を行い、修正原案を完成させた。最終のDTS投票に進めることが合意された。

- (3) ISO/PWI TS 19392-6, Paints and varnishes - Coating systems for wind-turbine rotor blades - Part 6: Determination and evaluation of ice adhesion using centrifuge (風力発電ローターブレードの塗装システム—第6部:遠心分離機を用いた氷付着性の測定と評価)(対応 JIS:なし)

DTS投票が5月に行われ、賛成11、反対0、棄権14であった。ドイツからの追加のコメント2件について議論が行われ、修正原案を完成させた。最終のDTS投票に進めることで合意された。

##### 6.2 新規準備事案

- (1) ISO/PWI TS 19392-7, Paints and varnishes - Coating systems for wind-turbine rotor blades - Part 7: Determination and evaluation of resistance to hail (風力発電ローターブレードの塗装システム—第7部:降雹(ひょう)耐性の測定と評価)(対応 JIS:なし)

初期原案がほぼ完成しているので、意見照会を実施して、結果をタスクグループで議論することが合意された。

- (2) ISO/PWI TS 19392-8, Paints and varnishes - Coating systems for wind-turbine rotor blades - Part 8: Determination and evaluation of resistance to soiling (風力発電ローターブレードの塗装システム—第8部:耐汚染性の測定と評価)(対応 JIS:なし)

初期原案を現在準備中である。今後意見照会を実施して、結果をタスクグループで議論することが合意された。

##### 6.3 今後の開発事案

- (1) イギリスより、ISO/TS 19392-2及び3:2018, Paints and varnishes — Coating systems for wind-turbine rotor blades — Part 2: Determination and evaluation of resistance to rain erosion using rotating arm (風力

発電ローターブレードの塗装システム－第2部：回転アームを用いる降雨エロージョン耐性の測定と評価）、Part 3: Determination and evaluation of resistance to rain erosion using water jet（第3部：ウォータージェットを用いる降雨エロージョン耐性の測定と評価）について、現在試験中の結果に基づいて、改訂したい旨の提案があった。改訂内容は、試験前のサンプルの調整、温湿度、紫外線、塗装条件、保管条件、雨による侵食と経年変化の複合的な影響、試験条件（回転速度と水流）が塗膜の粘弾性特性に及ぼす影響等についてである。

#### 6.4 その他

事務局よりデンマークから「洋上風力発電構造物の塗装に関する新規提案」がSC12、SC14に対して行われるとの情報があった。

### 7. TC 35/SC 9（塗料の一般試験方法）分科委員会

6月23日に開催された会議の内容を紹介する。

#### 7.1 各WG会議からの推奨事項の決議

各WG国際事務局からの会議報告及び各WG会議において合意・推奨された事案に関する決議が行われ、全会一致で全て採択された。

#### 7.2 技術報告書（TR）の運用に関するプレゼンテーションについて

ISO中央事務局より、技術報告書（TR）の発行に関する規定の説明が行われ、運用を厳格化していくことが報告された。

#### 7.3 TC229（ナノテクノロジー技術専門委員会）との協業について

TC35の議長諮問グループに関する案件であり、TC225で規格開発中の超疎水塗料とTC35のWG30に関連の表面張力の測定方法に関して、お互いに重複を避け、協力を行うための会議が行われている。お互いの規格案件に対し、相互にコメントを送付することが合意されている旨の報告があった。

#### 7.4 洋上風力発電に関する報告

デンマークより以下の報告があった。

洋上風力発電構造物の塗装に関し、北欧の産業か

ら急速に世界的に発展し、表面処理、塗装システム、塗装、資格、文書に関する透明性の高い要求事項を持つ国際規格が必要であると考えている。今回、SC12（Preparation of steel substrates before application of paints and related products, 塗料及び関連製品の塗装前の素地調整分科委員会）及びSC14（Protective paint systems for steel structures, 鋼構造物の塗装仕様分科委員会）に対し、新基準を策定するように提案を行っており、TC35全体会議でも説明を行う。

### 8. 今後のTC 35/SC 9会議開催予定

TC35国際会議週間に合わせて、2023年は6月にアメリカで開催される予定である。

### 9. あとがき

今年の国際会議は、対面とオンラインを組み合わせたハイブリッド開催で、オンラインにて参加した。対面で参加してみたいと思う一方、まだまだ新型コロナウイルスが収束しておらず、世界各国から人が集まる会議に参加するのはやはり抵抗がある。ワクチン接種は終了しているものの、感染すれば、隔離を余儀なくされ、周囲へも迷惑を掛けてしまう。発生から既に2年半が経過し、そろそろ世界中で収束し、安心して参加できるようになりたいものである。ただ、最近はオンラインでの会議も比較的頻繁に開催されるようになってきており、インターネットに疎い筆者でも海外の参加者との会議に比較的違和感、抵抗感がなくなってきたと感じている。今回SC9に関する全ての会議に参加したが、洋上風力発電が急速に世界展開されていることを背景にした国際規格化の提案、ナノテクノロジー分野との超疎水型塗料に対する表面張力の測定法の協業、ドイツのDIN規格を基にしたレオロジー関連の規格化、建物の壁材の調湿機能に関する提案等、新しい取り組みのアイデアが積極的に出されてきている。これらは殆どが、SC9単独ではなく、他の委員会と協力して規格化を進めるものである。普段の投票活動ではあまり感じないが、ISOでは連携して物事を進めていく体質や枠組みが確立されているのだと感じた。

また、今回承認されたTC35の事業計画にも「国際標準化の最大の目的は、貿易の技術的障壁を取り除くことにより、財やサービスの交換を容易にすることである。」と記述されているように、各国共、世界でのビジネス展開を目指し、その環境整備の一環として着々と国際規格化を進めようとしているのがヒシヒシと伝わってきて非

常に興味深く、また国際規格の重要性を再認識した。

最後に、夜間の会議にもかかわらず参加いただいた方々をはじめとし、国内委員会で規格案を審議いただいた委員の皆様のご協力を深く感謝すると共に、引き続き本活動へのご支援、ご協力を期待する。



オランダ・マデにおける対面での会議風景

## 接触角計（コンタクトアングルメーター）

一般財団法人 日本塗料検査協会  
東支部 検査部 高木 宣 祥

### 1. はじめに

接触角計（コンタクトアングルメーター）は、固体表面が液体及び気体と接する境界線において液体が固体表面と成す角度（接触角； $\theta$ ）を測定する試験機です。

代表的な試験方法として、「JIS R 3257:1999 基板ガラス表面のぬれ性試験方法」があります。

当協会では、自動車つや出しコーティング剤をはじめとする各種塗料のはっ水性を確認するために接触角測定の依頼を多く受けています。特に近年では、促進耐候性試験（キセノンランプ法又はサンシャインカーボンアーク灯式）の試験前後で接触角の測定を行い、はっ水持続性を確認する試験も実施しています。

当協会で所有する接触角計は、液滴作製から試験片への着滴、接触角の計測までの主要動作の自動化により、個人差なく測定が可能です。図-1に当協会で所有する接触角計の一例を、表-1に接触角計の仕様を示します。

表-1 接触角計の仕様

試験機名	自動接触角計 DMo-602
測定方法	静的接触角、動的接触角（経時変化）、表面・界面張力（懸滴法）、動的前進・後退接触角（拡張/収縮法）
解析方法	$\theta/2$ 法、真円フィット法、楕円フィット法、接線法
最大試料寸法	150 × 150 × 35 mm
最大試料質量	400g

### 2. 測定原理

#### (1) 接触角と表面張力の関係

一般的に固体表面の表面張力が大きいと『ぬれやすく』（図-2）、固体表面の表面張力が小さいと『ぬれにくく』なります（図-3）。

固体表面に液滴を滴下すると、固体の表面張力



図-1 接触角計の外観写真  
(協和界面科学(株)製 DMo-602)

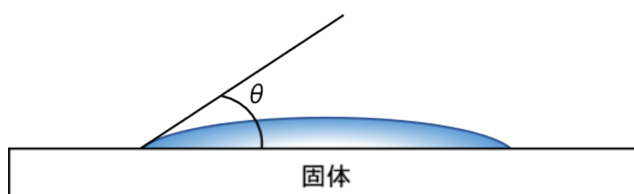


図-2 ぬれやすい（表面張力が大きい）

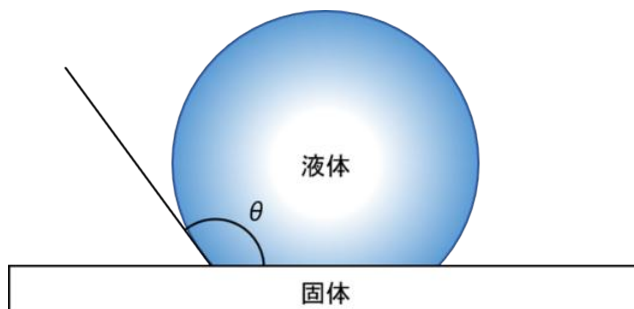


図-3 ぬれにくい（表面張力が小さい）

$\gamma_s$ と液体の表面張力 $\gamma_L$ 、固体と液体の界面張力 $\gamma_{SL}$ のバランスがつり合い、その時の液体と固体面のなす角度が接触角となります(図-4)。

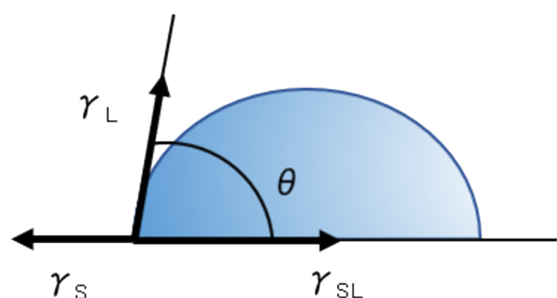


図-4 各成分の表面張力と接触角の関係

この関係は Young の式(式-1)として知られており、接触角が大きいと『ぬれやすく』、接触角が小さいと『ぬれにくく』なることが分かります。

$$\gamma_s = \gamma_L \cdot \cos \theta + \gamma_{SL} \dots \text{式-1}$$

$\theta$  : 接触角

$\gamma_s$  : 固体の表面張力(表面自由エネルギー)

$\gamma_L$  : 液体の表面張力(表面自由エネルギー)

$\gamma_{SL}$  : 固体と液体の界面張力

### (2) $\theta/2$ 法について

当協会では、 $\theta/2$ 法を用いて接触角を求めています。 $\theta/2$ 法の概要を以下に示します。

試験片上に着滴した液体は、自らの表面張力で球形の一部を形成します。このときの液滴の形状から、半径 $r$ 及び高さ $h$ を求めます(図-5)。

ここで、液滴の輪郭が球(円)の一部であれば、幾何の定理により、

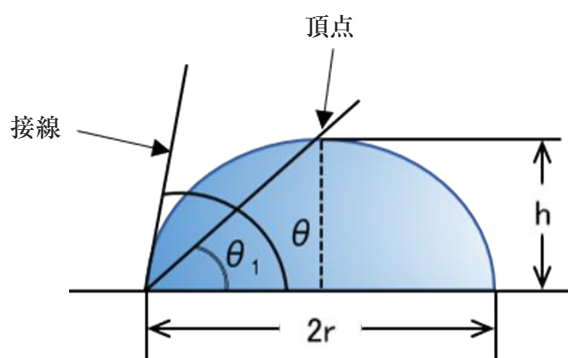


図-5 半径 $r$ 、高さ $h$ 及び接触角の関係

$$\theta = 2\theta_1$$

が成り立ちます。

したがって、半径 $r$ 及び高さ $h$ の値を式-2へ代入して接触角 $\theta$ を求めることができます。

$$\theta = 2\arctan \frac{h}{r} \dots \text{式-2}$$

## 3. 測定例

### (1) フロート板ガラス表面上の接触角の経時変化

フロート板ガラス表面に脱イオン水を滴下させた際の接触角の経時変化を図-6~図-8、また、フロート板ガラスに自動車用つや出しコーティング剤(以下、コーティング剤)を施工した際の接触角の経時変化を図-9~図-11に示します。未施工のフロートガラス板と比較し、コーティング剤施工面に対する接触角は大きくなっており、『ぬれにくく』なっていることが分かります。これは、コーティング剤を施工したことで固体(ガラス)表面の表面張力が小さくなり、はっ水性が増加したことを示します。また、コーティング剤施工面の接触角は、滴下後10分経過後でもはっ水性を維持していることが分かります。

一般的には、接触角が $10^\circ$ 以下で超親水性、 $30^\circ$ 以下で親水性、 $90^\circ$ 以上ではっ水性、 $150^\circ$ 以上で超はっ水性と言われています。

### (2) 促進耐候性試験時間と接触角の関係

ABS樹脂板にコーティング剤を施工した試験片について、JIS K 5600-7-7に規定される促進耐候性

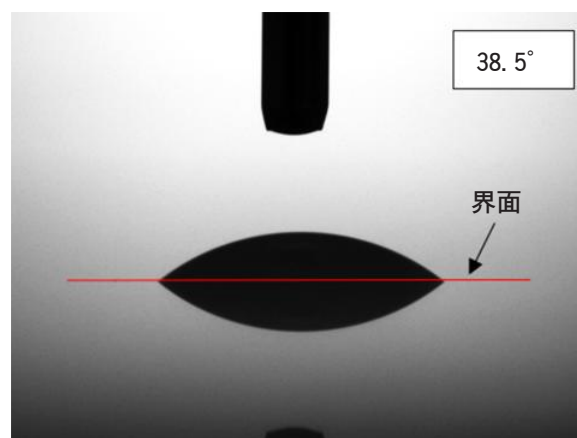


図-6 フロートガラス板表面の接触角(1秒後)

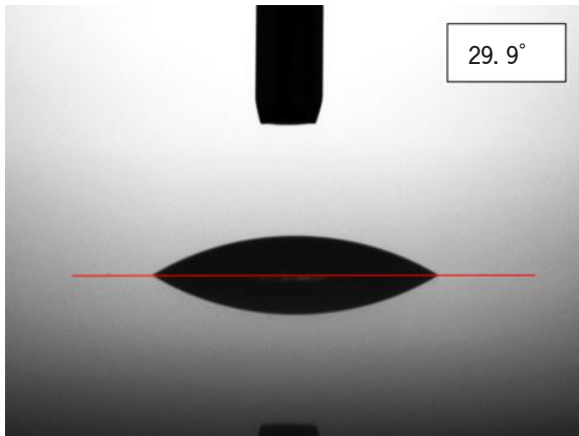


図-7 フロートガラス板表面の接触角（5分後）

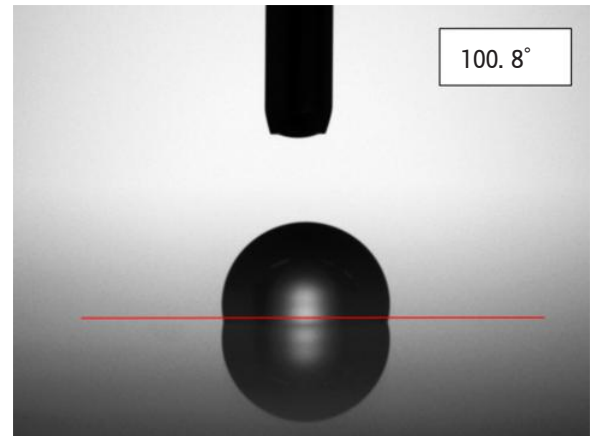


図-10 コーティング剤施工面の接触角（5分後）

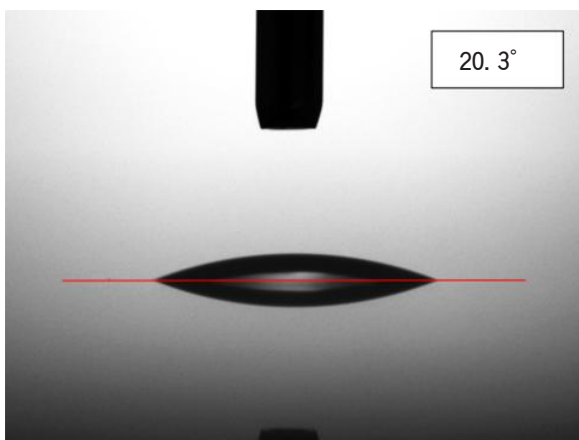


図-8 フロートガラス板表面の接触角（10分後）

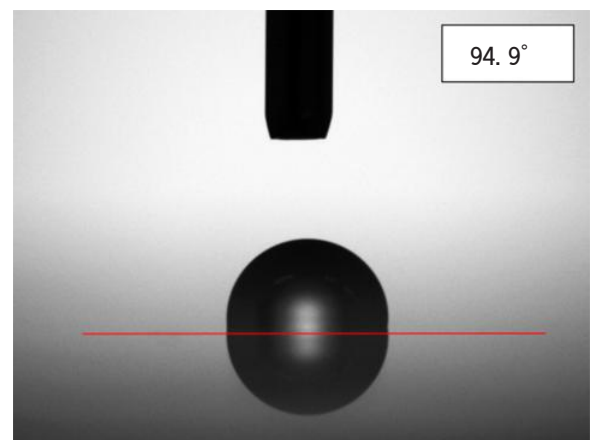


図-11 コーティング剤施工面の接触角（10分後）

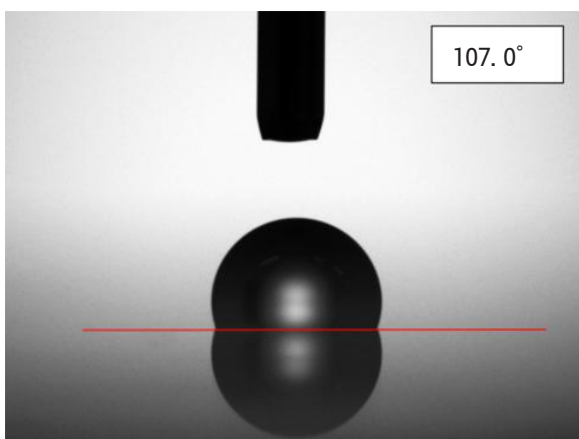


図-9 コーティング剤施工面の接触角（1秒後）

試験（キセノンランプ法）を300時間、600時間及び900時間実施しました。促進耐候性試験前後の試験片表面の接触角を測定することで、コーティング剤の耐久性を調べました。試験結果を図-12に示し

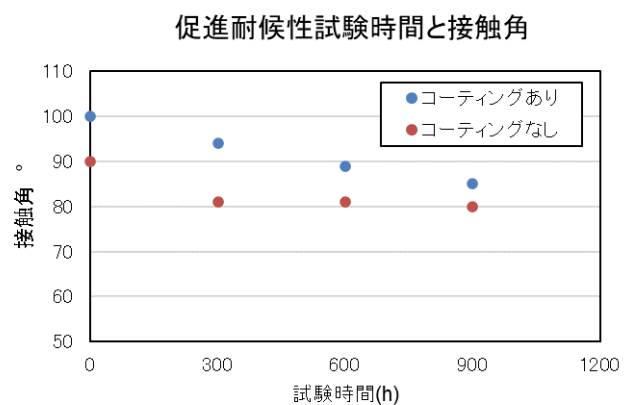


図-12 促進耐候性試験時間と接触角の関係

ます。

コーティング剤を施工した試験片は、300時間の促進耐候性試験を実施した後も、はっ水性を維持していることがわかります。

#### 4. おわりに

当協会の東支部及び西支部は、産業標準化法試験事業者登録制度（JNLA）に定める試験事業者として登録し、試験業務の品質向上と継続的な改善を行うとともに、公平で透明性の高い試験をご提供させていただいております。

本稿でご紹介させていただいた以外の測定モードによる試験も実施できますので、ご相談ください。試験に関するお問い合わせ並びにご用命は、東支部又は西支部の検査部までお願いいたします。

# ニ ュ ー ス

## JIS マーク表示認証業務

- ・当協会が2021年10月1日から2022年10月31日までの間にJIS認証した鋳工業製品は表-1、JIS認証契約を終了した鋳工業製品は表-2、JIS認証を取り消した鋳工業製品は表-3、並びにJISマーク表示の一時停止を請求した鋳工業製品は表-4のとおりです。
- ・産業標準化法に基づいて当協会が行っているJISマーク表示認証業務の内容及び塗料JISに係る認証登録などの最新情報については、当協会のホームページに掲載していますので、下記のURLにてご確認ください。

URL：<https://www.jpia.or.jp>

表-1 2021年10月1日から2022年10月31日までに認証した鋳工業製品

認証番号	認証取得者の名称	認証区分（規格番号）	規格名称	認証契約締結日
JP0521001	水谷ペイント株式会社	JIS K 5663	合成樹脂エマルジョン ペイント及びシーラー	2022年1月20日

表-2 2021年10月1日から2022年10月31日までに契約を終了した鋳工業製品

認証番号	認証取得者の名称	認証区分（規格番号）	規格名称	認証終了日
JP0315002	東日本塗料株式会社	JIS K 5675	屋根用高日射反射率塗料	2021年10月18日
JP0507009	神東塗料株式会社	JIS K 5621	一般用さび止めペイント	2021年10月30日
JP0507021	日本ペイント株式会社	JIS K 5621	一般用さび止めペイント	2022年3月23日

表-3 2021年10月1日から2022年10月31日までに認証を取り消した鋳工業製品

認証番号	認証取得者の名称	認証区分（規格番号）	規格名称	認証取消日
JP0508027	神東塗料株式会社	JIS K 5572	フタル酸樹脂エナメル	2022年7月27日
JP0506004	神東塗料株式会社	JIS K 5674	鉛・クロムフリー さび止めペイント	2022年7月27日

表-4 2021年10月1日から2022年10月31日までにJISマーク表示の一時停止を請求した鋳工業製品

認証番号	認証取得者の名称	認証区分（規格番号）	規格名称	停止請求を行った期日
JP0509006	神東塗料株式会社	JIS K 5551	構造物用さび止めペイント	2022年5月10日
JP0510001	神東塗料株式会社	JIS K 5659	鋼構造物用耐候性塗料	2022年7月27日
JP0307004	神東塗料株式会社	JIS K 5663	合成樹脂エマルジョン ペイント及びシーラー	2022年7月27日

### 建築基準法に基づく性能評価書の発行

- ・建築基準法施行令第20条の7に基づく建築材料の性能評価を終え、当協会が2021年10月1日から2022年10月31日までの間に発行した性能評価書はありませんでした。

### 外部発表

- ・当協会が2021年10月1日から2022年10月31日までの間に外部発表したものは表-5のとおりです。

表-5 外部発表一覧（2021年10月1日～2022年10月31日）

発表題目		発表者	発表先（誌名）	出版／主催者
投稿	塗料検査に関する我が国唯一の第三者機関「(一財)日本塗料検査協会」の試験設備	比留川 伸司	2022年5月 工塗連ニュース	日本工業塗装協同組合 連合会
	ISO 12944-9 サイクル劣化試験と JIS K 5600-7-9 サイクル腐食試験（サイクルD）との比較検証	石塚 敦	防錆管理 Vol. 66, No. 6, 2022	一般社団法人 日本防錆技術協会
	ブラスト処理の違いにより表面状態が異なる鋼材表面に塗装した塗膜での促進耐食性の挙動解明	比留川 伸司	防錆管理 Vol. 66, No. 7, 2022	一般社団法人 日本防錆技術協会
講演	「熱流計測法による塗膜の熱性能試験」の基礎データの収集	比留川 伸司	2022年10月20日 日本建築仕上学会 2022年大会学術講演会 (第33回研究発表会)	日本建築仕上学会
	ブラスト処理の異なる塗装鋼板におけるサイクル腐食試験の影響	比留川 伸司	2022年10月20日 第45回鉄構塗装技術討論会	一般社団法人 日本鋼構造協会
	海浜環境における腐食鋼材の特性評価	関島 竜太	2022年10月20日 第45回鉄構塗装技術討論会	一般社団法人 日本鋼構造協会

### 塗料試験方法研究会

- ・当協会が主宰している当研究会にて2021年10月1日から2022年10月31日までの間に実施した勉強会は表-6のとおりです。

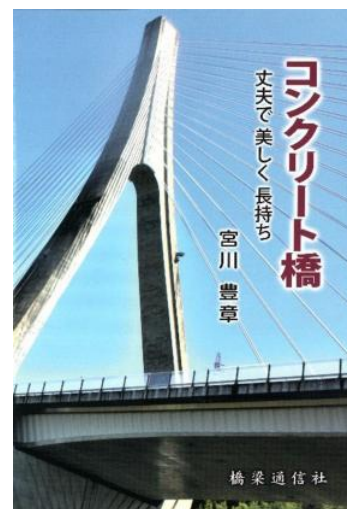
表-6 塗料試験方法研究会 勉強会（2021年10月1日～2022年10月31日）

年月日	勉強会の内容	開催場所	参加者
2021年度 東部会及び西部会 イベント 【中止】	新型コロナウイルス・パンデミックの禍中に鑑み、工場見学会については開催を見送ることとし、講演会についても通常の形式での開催が困難なため、会員へのJIS認証業務説明資料の配付に代えることとした（資料配付済み）。	—	—

### 【書籍紹介】

当協会理事長である、宮川豊章（京都大学特任教授）著「コンクリート橋 丈夫で美しく長持ち」（橋梁通信社刊）が2022年9月1日に発刊されました。

我が国におけるコンクリート構造物、橋梁に対し、「丈夫で美しく長持ち」させるための半世紀にわたる活動について、宮川先生が取り組まれた日本国内の主要な報告書及び基準類の完成までのエピソードを交えながら、技術史的な意義を明確にまとめられた書籍です。



## 業 務 案 内

最新の設備と豊富な実績で、多様なニーズに対応します。

### 試験・検査 品質性能に関する試験・検査

- ・ JIS 規格、団体規格及び外国規格に基づく試験・検査
- ・ 各種基準、法令及び条約などに基づく試験・検査

### 調査・研究 品質性能、試験方法及び評価技術の調査・研究

- ・ 官公庁、各種団体からの委託による調査・研究
- ・ 新規試験方法、評価方法の開発・研究・提案
- ・ 塗料試験方法研究会の主宰

### 標準化 品質性能、試験方法及び評価技術の標準化

- ・ ISO/TC 35 「ペイント及びワニス」 の国内審議団体委員及び ISO/TC 35/SC 9 「塗料の一般試験方法」 の国内審議団体並びに国内事務局
- ・ 塗料・塗膜・塗料用原材料の試験方法、製品などの JIS 原案作成に係る協力

### 認証・評価 法令に基づく認証・認定・評価・証明

- ・ JIS マーク表示制度による製品認証（塗料及び建築用塗膜防水材・仕上塗材・下地調整材）
- ・ 建築材料からのホルムアルデヒド放散に係る性能評価
- ・ 環境保全に関する測定・分析及び計量証明

### その他の業務 試験材料の提供

- ・ 各種塗料・塗膜試験を行う際に必要な標準の材料・器具などの提供

以下の試験材料を①及び③は東・西両支部、②は東支部のみにて販売しています。  
ホームページ（試験材料の案内）の注文用紙に記入し FAX にてご注文ください。

〔試験材料〕

- ① 「引っかかり硬度」試験用検定鉛筆（6 B～6 H / 14 硬度スケール） ￥ 220 （1 本）  
ご注文は 6 本以上（異なる硬度の混合も可）をお願いします。
- ② 「表面乾燥性」試験用バロチニ ￥11,000 （1 セット）
- ③ 「白亜化」測定用テープ ￥ 1,650 （1 箱 50 枚入り）  
（表示価格は送料を含まない税込価格です）

※なお、「隠ぺい力」に使用する JIS 適合品の隠ぺい率試験紙は下記にて販売されています。

日本テストパネル株式会社 (06) 6953-1661 / 太佑機材株式会社 (06) 6727-1121 /  
T P 技研株式会社 (06) 6965-6780

本誌の内容や記事の転載に関するお問い合わせは次ページの東支部（日塗検ニュース事務局）までお願いします。

業務案内の詳細及びニュース欄の公開情報に関しては下記の日本塗料検査協会のホームページにてご覧になれます。また、塗料の試験・検査のご依頼、塗料の試験方法に関する調査研究或いは販売している試験材料などに関するお問い合わせは、電話、FAX又はメールにて下記宛にお願い致します。

## お問い合わせ先

東日本(静岡以東) → 東支部(E-mail: east@jpia.or.jp)  
 西日本(愛知以西) → 西支部(E-mail: west@jpia.or.jp)

### 東支部



#### □ 交通

JR 東海道本線・小田急線

藤沢駅下車

江ノ電バス 8 番のりば

(小田急百貨店前) から発車の全てのバス

渡内中央行、教養センター行などにて 5 分

小塚地下道前下車 徒歩 3 分

### 西支部



#### □ 交通

JR 学研都市線 長尾駅下車

京阪バス 2 番のりばから発車の全てのバス

枚方市駅北口行、樟葉駅行などにて 5 分

既製服団地下車 徒歩 3 分



一般財団法人 **日本塗料検査協会**

ホームページアドレス <https://www.jpia.or.jp/>

本	部	〒150-0013	東京都渋谷区恵比寿3丁目12番8号 東京塗料会館205
東	支	部	〒251-0014 神奈川県藤沢市宮前636番地3 電話 (0466)27-1121 FAX (0466)23-1921
西	支	部	〒573-0164 大阪府枚方市長尾谷町1丁目20番3 電話 (072)866-0600 FAX (072)866-0611



**Japan Paint Inspection and testing Association**