

# 弱溶剤可溶1液常温 反応硬化型エポキシ 樹脂塗料

Mild Solvent Thinnable One-pack  
Crosslinkable Epoxy Resin Paint



技術開発本部  
第5部  
安達良光  
Yoshimitsu  
ADACHI



技術開発本部  
第5部  
松田光司  
Koji  
MATSUDA

## 1. はじめに

近年、地球環境に対する意識が高まり、技術革新は環境対策への配慮なしではあり得ない状況になっている。

塗料および塗装にかかわる環境問題としては、VOC（揮発性有機化合物）、有害重金属、発癌性物質、産業廃棄物、臭気などがあり、これらの問題に対する取り組みが行われている。

このような状況の中で、鋼構造物の防食塗装分野においては、塗料品質を油性・フタル酸樹脂系塗料からエポキシ樹脂塗料やポリウレタン樹脂塗料などの2液形の常温反応硬化型塗料を組み合わせた長期耐久性を有する塗装システムに変更することで、有害重金属のフリー化や塗り替え周期の長期化によるトータル的なVOC排出量の低減に貢献してきた。さらに、この長期耐久性システムの防食機能に關与しているエポキシ樹脂塗料自体の環境対応としては、主に①ハイソリッド化、②無溶剤化、③水性化などの方策が取り入れられ、塗料中のVOCの低減（有機溶剤の低減）が計られている。

当社もこのような塗料・塗装にかかわる環境問題への取り組みの中の一つとして、「産業廃棄物の低減化」という視点から2液常温反応硬化型塗料の1液化の開発を行ってきた。荷姿を2パッケージ（主剤と硬化剤）から1パッケージにすることによる廃缶量の減少および、ポットライフフリー化による塗料の使用残の低減化を可能にする1液常温反応硬化型エポキシ樹脂塗料「アルテクトNB」の製品化に成功し、上市を行った。

本稿ではさらに、塗装時の作業、周囲環境への配慮、さらには塗装時に発生する塗膜トラブルの防止という新たな視点に立ち、ミネラルスピリット等の比較的臭気のマイルドな溶剤（以下、本稿では弱溶剤と呼ぶ）を使用した弱溶剤可溶1液常温反応硬化型エポキシ樹脂塗料の開発について報告する。

## 2. 開発の背景

### 2.1 1液化のメリット

2液の常温反応硬化型エポキシ樹脂塗料は優れた防食性を有しているが、

- ① 2液（主剤と硬化剤）を使用直前に混合する必要がある
- ② 決められた混合比を正確に遵守しないと、十分な塗膜性能が得られない
- ③ 2液混合後はポットライフ（可使用時間）の制限時間内で塗装を終えなければならない
- ④ 使用残の塗料は廃棄しなければならない（産業廃棄物が比較的多い）

など、汎用的なさび止め塗料である油性・フタル酸樹脂系さび止め塗料に比べると扱い難さを有していた。

当社は、冒頭にも述べた産業廃棄物への配慮という視点から、2液形エポキシ樹脂塗料の1液化を計り、1液常温反応硬化型エポキシ樹脂塗料を上市した。これにより

- 1) 荷姿が2パッケージ（主剤と硬化剤）から1パッケージになり、産業廃棄物を低減できる
  - 2) 1液形なので2液形のように決められた混合比で計量混合する必要がなく、取り扱いが容易になり、ミスを防止できる
  - 3) ポットライフフリーのため扱いやすい
  - 4) 使用残の塗料は蓋をして保管すれば再使用ができる（廃棄しなければならない塗料が比較的少ない）
- など、2液形エポキシ樹脂塗料では得ることのできないメリットを確立することができた。

### 2.2 弱溶剤化のメリット

しかしながら、この1液常温反応硬化型エポキシ樹脂塗料は従来の2液形エポキシ樹脂塗料と同様にトルエン、キシレン、メチルイソブチルケトン等に代表されるような溶解力が強く、臭気の比較的強い溶剤（以下、本稿では強溶剤と呼ぶ）を主に使用しているため、

- ① 塗装作業時の臭気の問題  
 ② 塗り替え塗装時、溶解力の強い溶剤が旧塗膜を侵し、旧塗膜の種類や劣化状態によっては旧塗膜の浮き(リフティング)の現象が生じる場合がある

など、従来の2液形エポキシ樹脂塗料と同様の課題を有していた。

一方、汎用的なさび止め塗料である油性・フタル酸樹脂系さび止め塗料は溶剤としてミネラルスピリット等の溶解力の低い弱溶剤を使用していることから、性能面での問題は残るものの上記のような2液形エポキシ樹脂塗料の有する課題はほとんど生じない。このことから、1液常温反応硬化型エポキシ樹脂塗料の弱溶剤化を行うことは残された課題を解決する最良の方法と考えられる。

表1に当社の常温反応硬化型エポキシ樹脂塗料の製品体系を示した。

表1 当社の常温反応硬化型エポキシ樹脂塗料の製品体系の一例

|      | 2液系       | 1液系     |
|------|-----------|---------|
| 強溶剤系 | エスコNB     | アルテクトNB |
| 弱溶剤系 | エスコNBマイルド | 開発品     |

当社は、強溶剤系の2液形変性エポキシ樹脂塗料「エスコNB」および強溶剤系で反応硬化型の1液形エポキシ樹脂塗料である「アルテクトNB」、弱溶剤系で2液形エポキシ樹脂塗料である「エスコNBマイルド」をすでに上市した。本稿で報告する開発品は、弱溶剤可溶の1液常温反応硬化型エポキシ樹脂塗料である。

### 3. 塗料技術の開発

#### 3.1.1 液化の技術

2液常温反応硬化型エポキシ樹脂塗料の1液化技術は図1に示したように、硬化剤の官能基を化学的にマスキングする技法を利用したものである。ポリアミン系硬化剤の活性水素をケトンでケチミン化し不活性化することで、エポキシ樹脂と混合しても密閉容器中では反応・増粘・硬化することなく1液で安定に存在させることが可能となった。しかし、ひとたび塗装されると、ケチミン硬化剤が大気中並びに被塗物表面の微量水分と速やかに反応して、活性な1級アミン官能基が再生し、配合されているエポキシ樹脂と反応・硬化し、強靱な3次元網目構造塗膜を形成する<sup>1)2)</sup>。

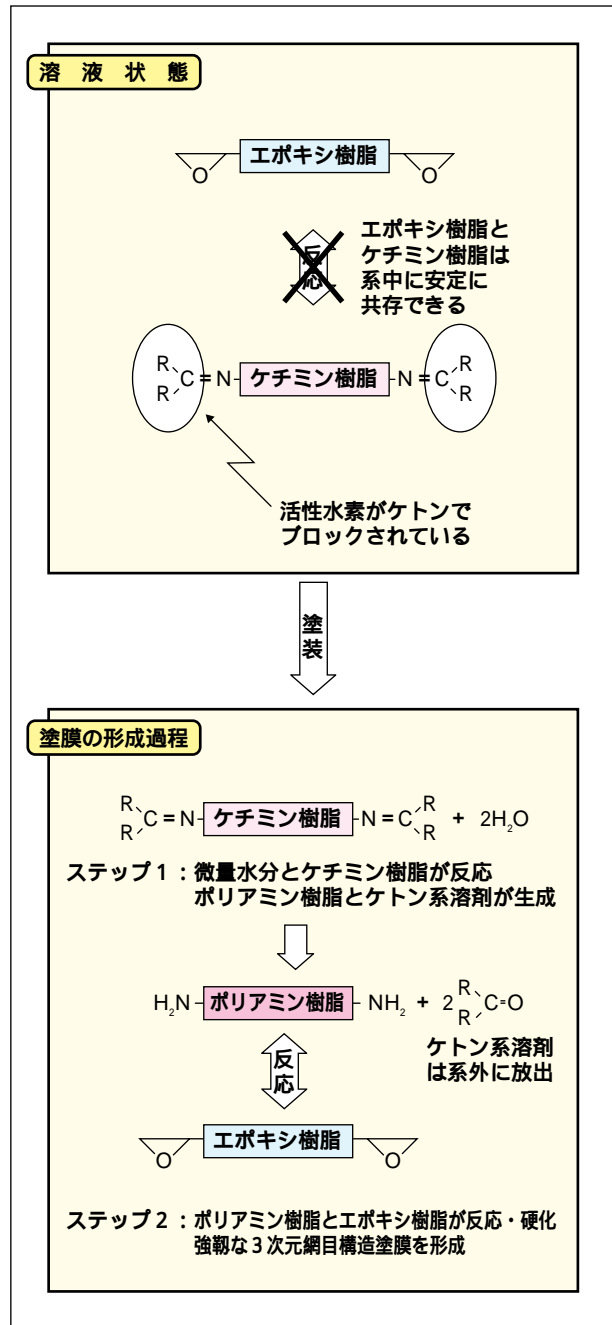


図1 1液化のケミストリー概念図

#### 3.2 弱溶剤化の技術

1液常温反応硬化型エポキシ樹脂塗料に使用するエポキシ樹脂および硬化剤は、貯蔵安定性、旧塗膜に対する塗装適性などの観点から、弱溶剤で無限希釈できるものを選択することが好ましい。

##### 3.2.1 弱溶剤に溶解するエポキシ樹脂

常温反応硬化型エポキシ樹脂塗料に使われるエポキシ樹脂は、通常トルエン、キシレン、メチルイソブチルケトン等に代表されるような溶解力が強くSP値の高い溶剤により溶解されており、ミネラルスピリットのような溶解力が弱くSP値の低

表2 弱溶剤に溶解するエポキシ樹脂<sup>(\*)3)</sup>

| 樹脂組成                            | 弱溶剤 <sup>(注1)</sup> での希釈性 <sup>(注2)</sup> | 硬化剤混合後の貯蔵安定性 <sup>(注3)</sup> |
|---------------------------------|---|------------------------------|
| アルキルフェノールのエポキシ化物                |   |                              |
| BPA型エポキシ/ダイマー酸 <sup>(注4)</sup>  |   | ×                            |
| BPA型エポキシ/アルキルフェノール/モノカルボン酸      |   |                              |
| BPA型エポキシ/モノカルボン酸                |   |                              |
| BPA型エポキシ/ダイマー酸/アクリルポリマーアダクト     |   |                              |
| BPA型エポキシ/アルキルフェノール/アクリルポリマーアダクト |   |                              |

(注1) 脂肪族系/芳香族系 = 1/1 (wt%)

(注2) 希釈性

：無限希釈可能、：固形分30%まで希釈可能

(注3) 貯蔵性 (硬化剤：脂肪族ポリアミンのケチミン/エポキシアダクト、クリヤー試験)

40 ×7日貯蔵：良好：白濁 ×：ゲル化

(注4) BPA：ビスフェノールA

表3 弱溶剤に溶解するアミン系硬化剤

| 樹脂組成                   | 弱溶剤 <sup>(注1)</sup> での希釈性 <sup>(注2)</sup> | エポキシ樹脂混合後の貯蔵安定性 <sup>(注3)</sup> |
|------------------------|---|---------------------------------|
| 脂肪族ポリアミンのケチミン          |   |                                 |
| 脂肪族ポリアミンのケチミン/エポキシアダクト |   |                                 |
| ポリアミドアミンのケチミン          |   | ×                               |
| ポリアミドアミンのケチミン/エポキシアダクト |   |                                 |

(注1) 脂肪族系/芳香族系 = 1/1 (wt%)

(注2) 希釈性

：無限希釈可能、：固形分30%まで希釈可能

(注3) 貯蔵性 (エポキシ樹脂：アルキルフェノールのエポキシ化物、クリヤー試験)

40 ×7日貯蔵：良好：白濁 ×：ゲル化

い溶剤にはほとんど溶解しない。このため、弱溶剤に溶解させるべく種々のエポキシ樹脂変性検討が行われている。表2<sup>3)</sup>に弱溶剤に溶解するエポキシ樹脂の概要を示した。エポキシ樹脂に弱溶剤に親和性の強い脂肪族骨格を導入することで弱溶剤への溶解性を付与している。

### 3.2.2 弱溶剤に溶解する硬化剤

一般的に、常温反応硬化型エポキシ樹脂塗料に使用する硬化剤は、安全衛生性の面からエポキシアダクト化物やポリアミドアミンなどを使用するため、エポキシ樹脂と同様にトルエン、キシレン、メチルイソブチルケトン等の強溶剤には容易に溶解するが、弱溶剤には溶解しにくい。表3に弱溶剤に溶解する硬化剤の概要を示した。硬化剤は1液化を実現するため弱溶剤可溶のケチミンを採用した。

### 3.2.3 旧塗膜のリフティング防止

塗り替え時に発生することがある脆弱な旧塗膜のリフティングはエポキシ樹脂系塗料の溶剤の組成と特性によるところが大きいと考えられる。そこで、溶剤種による脆弱塗膜のリフティングの違いを確認した。図2にその試験方法とリフティング発生状態を示した。離型紙上に油性・フタル酸樹脂系の塗膜を作成した。そこへカットを入れることにより、素材との付着性が劣化して塗料・溶剤の浸透しやすい旧塗膜の状態を模した。この塗膜上に各種の溶剤を滴下してリフティングの状態を評価した。その結果を図3に示した。炭化水素系溶剤では芳香族含有量が少なく(脂肪族含有量が多く)SP値が低いほど、リフティングの発生が少ないことを確認した。また、溶剤の刺激臭も芳香族含有量と関連する傾向があることを確認した。以上のことから、開発品は脂肪族系溶剤を多く含有する弱溶剤系溶剤で設計することを基本とした。

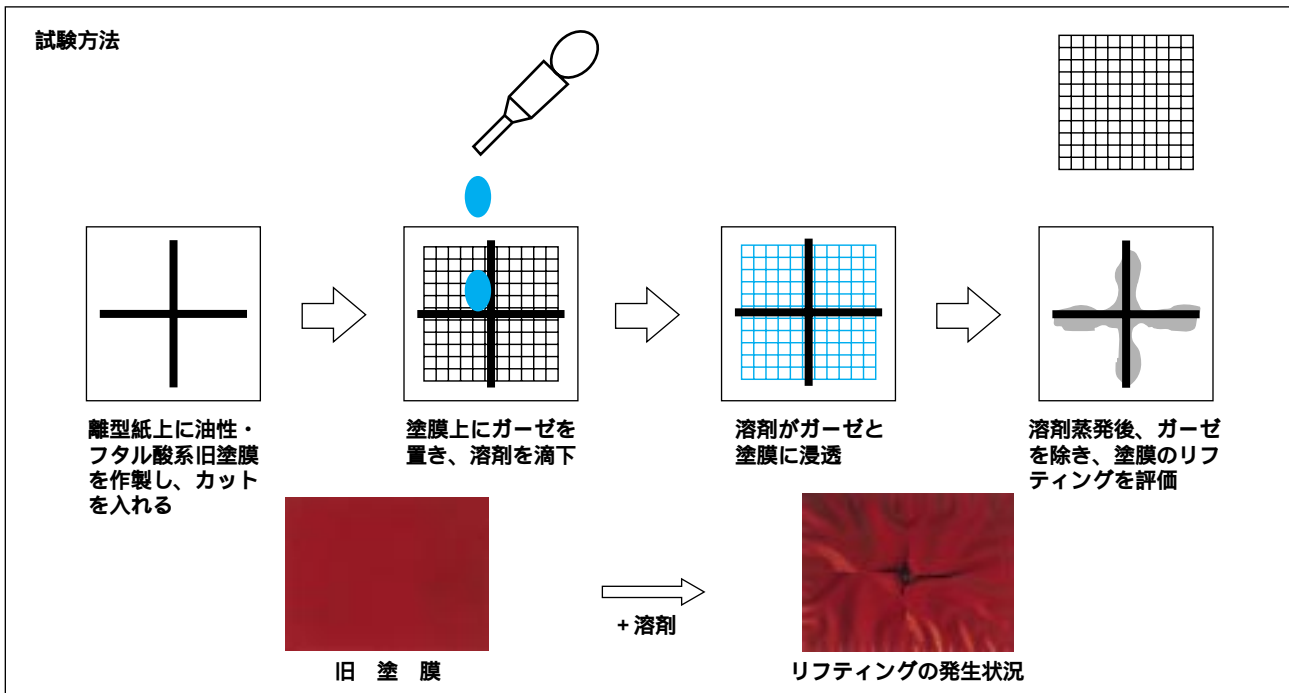


図2 溶剤による塗膜のリフティング再現試験方法

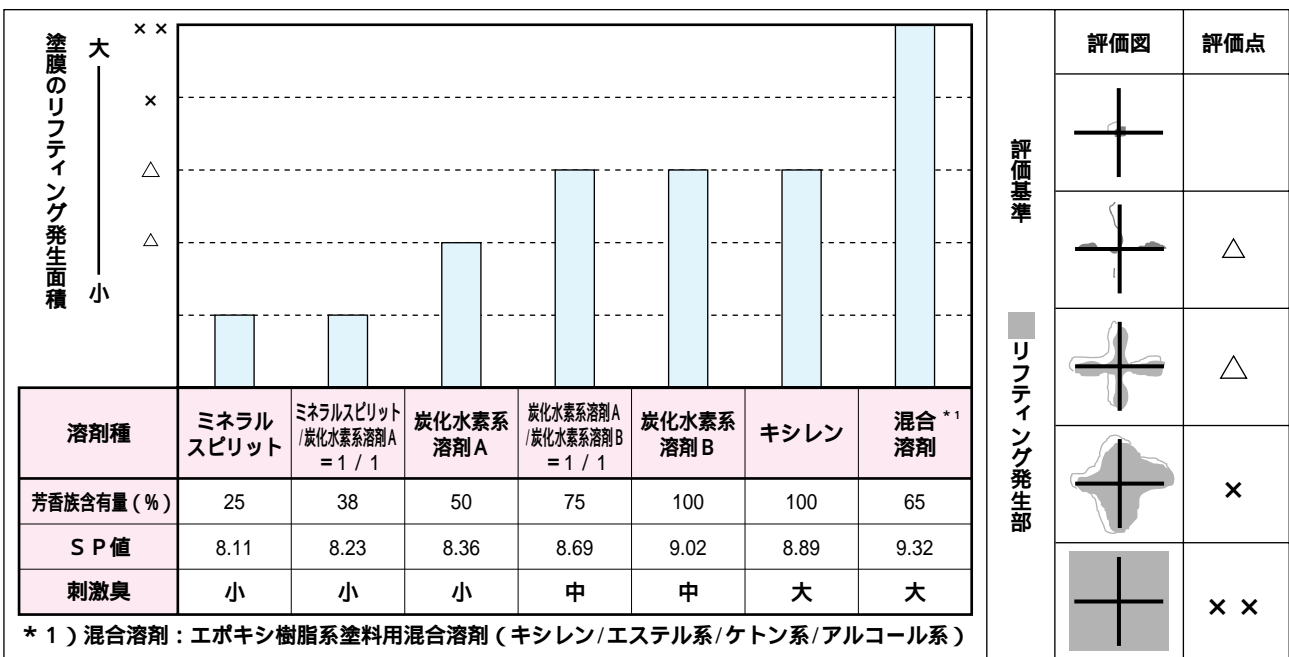


図3 溶剤によるリフティング評価結果<sup>3)</sup>

## 4. 開発品の性能

### 4.1 貯蔵安定性

図4に貯蔵試験の結果を示した。2液形エポキシ樹脂塗料は主剤と硬化剤を混合した後は可使時間の制約を受けるが、本開発品および強溶剤1液形エポキシ樹脂塗料「アルテクトNB」は前述したようにポリアミン系硬化剤がケトンでマスクされた潜在性硬化剤ケチミンを使用しているために、塗料中でエポキシ樹脂と安定に共存でき良好な貯蔵安定性を示す。

### 4.2 防食性

写真1に海浜地区6ヶ月のばくろ防食性の結果を示した。本開発品は従来の2液形エポキシ樹脂塗料と同様に強靱な3次元網目構造塗膜を形成するため、エポキシ樹脂さび止め塗料の標準品として普及している強溶剤系2液形変性エポキシ樹脂塗料「エスコNB」強溶剤系1液常温反応硬化型エポキシ樹脂塗料「アルテクトNB」弱溶剤系2液形エポキシ樹脂塗料「エスコNBマイルド」と同等以上の防食性を示した。












|   |                   | 弱溶剤 1 液形<br>本開発品  | 弱溶剤 2 液形<br>エスコNBマイルド   | 強溶剤 1 液形<br>アルテクトNB  | 強溶剤 2 液形<br>エスコNB   | 他社弱溶剤 2 液形  |
|---|-------------------|---|---|--|---|---|
| さ<br>び<br>鋼<br>板                          | 下塗2回(40) × 2回(40) |    |    |    |    |    |
|   | 下塗1回(40) × 1回(40) |   |   |  |   |   |
| 黒<br>皮<br>鋼<br>板                          | 下塗2回(40) × 2回(40) |   |   |   |   |   |
|   | 下塗1回(40) × 1回(40) |   |   |  |   |   |
| サ<br>ン<br>ド<br>ブ<br>ラ<br>ス<br>ト<br>鋼<br>板 | 下塗2回(40) × 2回(40) |  |  |  |  |  |
|   | 下塗1回(40) × 1回(40) |   |   |  |   |   |

写真1 ばくろ防食性



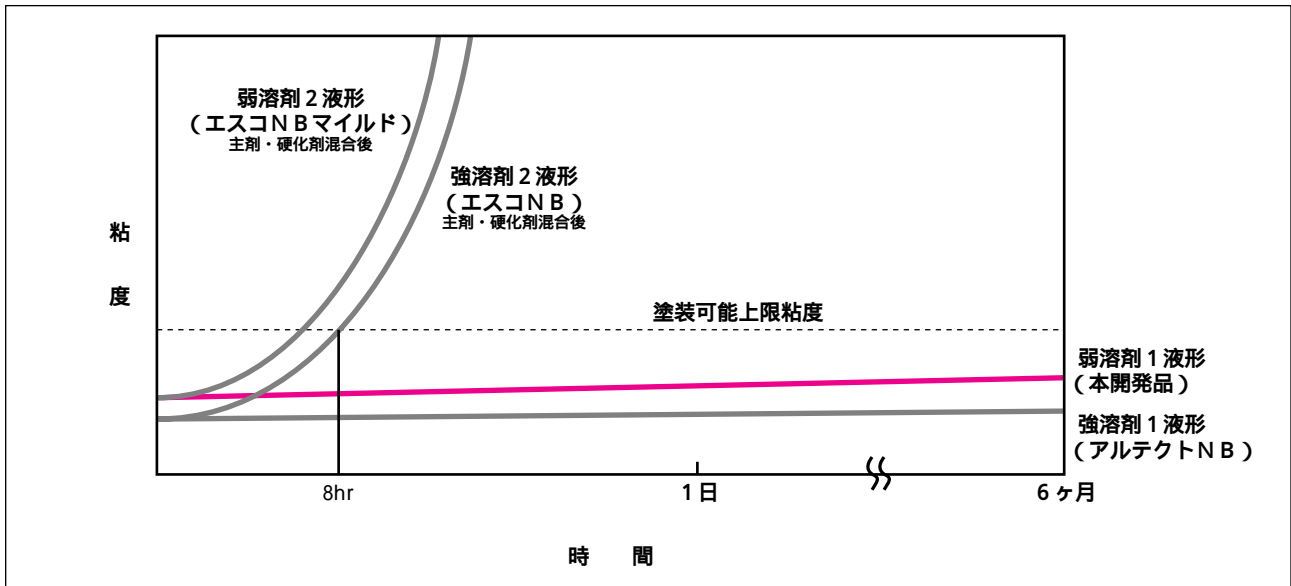


図4 貯蔵安定性と可使時間

4.3 脆弱塗面適性と臭気対策

図5に示した方法で塗料種による脆弱塗膜のリフティングの違いを確認した。旧塗膜上に各種下塗り塗料を塗り重ねた時の塗膜のリフティング状態を写真2に示した。開発品および弱溶剤2液形塗料を塗り重ねた場合、リフティングはカット部周辺にのみわずかに生じたのに対し、強溶剤系の1液形と2液形、および他社製弱溶剤系の2液形塗料を塗り重ねた場合、塗り重ね部分全面にわたりリフティングが発生した。開発品の脆弱塗面適性が優れているのは、その溶剤組成が脂肪族系の弱溶剤を使用していること、および塗膜に微弾性を付与して乾燥時の収縮応力を緩和させたことによるものと考えられる。また、リフティングがカット部周辺のみわずかに生じた試験板の上に強溶剤系上塗を塗り重ねてもリフティングの程度は強溶剤系上塗を塗装する前の状態とほとんど変わらず、開発品および弱溶剤系2液形エポキシ樹脂塗料によるシール効果が得られていることを確認した。

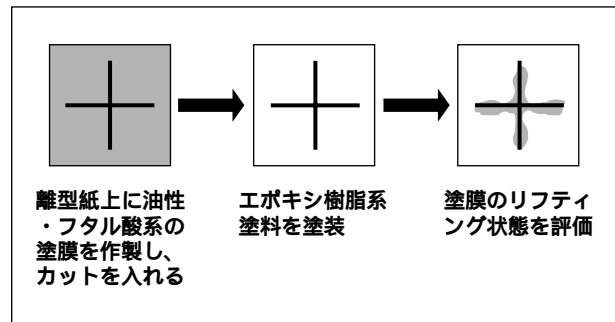


図5 脆弱塗面適性の試験方法

また、開発品は弱溶剤を使用しているため、従来の強溶剤系のエポキシ樹脂塗料に比べ刺激臭も著しく少ない。

4.4 各種塗料との塗装仕様適性

表4に各種塗料との塗装仕様適性を調べた結果を示した。本開発品は既存の鋼構造物・建築用塗料との塗り重ね適性に優れ、幅広い塗装仕様を組むことができる。

| 弱溶剤 1液形<br>本開発品     | 弱溶剤 2液形<br>エスコNBマイルド | 強溶剤 1液形<br>アルテクトNB | 強溶剤 2液形<br>エスコNB | 他社弱溶剤 2液形 | 油性・フタル酸樹脂系<br>SDシアナミドサビナイト |
|---------------------|----------------------|--------------------|------------------|-----------|----------------------------|
|                     |                      |                    |                  |           |                            |
| カット部周辺が<br>少しリフティング | カット部周辺が<br>少しリフティング  | 全面リフティング           | 全面リフティング         | 全面リフティング  | カット部周辺が<br>少しリフティング        |

写真2 脆弱塗面適性の試験結果

表4 塗装仕様適性

| 塗 装 仕 様          |                |                    | 外 観 | 耐水層間付着性 |
|------------------|----------------|--------------------|-----|---------|
| 下塗               | 中塗             | 上塗                 |     |         |
| 本<br>開<br>発<br>品 | フタル酸樹脂系中塗塗料    | フタル酸樹脂系上塗塗料        |     |         |
|                  | 塩化ゴム系中塗塗料      | 塩化ゴム系上塗塗料          |     |         |
|                  | 1液型アクリル樹脂系中塗塗料 | 1液型アクリル樹脂系上塗塗料     |     |         |
|                  | エポキシ樹脂系中塗塗料    | ポリウレタン樹脂系上塗塗料      |     |         |
|                  |                | ポリウレタン樹脂系上塗塗料×2回塗り |     |         |

外観：20 で1 day 1 coat、刷毛塗り後の外観

耐水層間付着性

開発品 —— 中塗塗装 —— 上塗塗装 —— 上水浸漬2日 —— クロスカット・テープ付着性試験  
1日及び7日乾燥 1日乾燥 7日乾燥

#### 4.5 規格適性

表5に示したように開発品はJIS K 5551-1991エポキシ樹脂塗料2種下塗塗料の規格の品質要求に適合し、鋼構造物の長期防せいに用いるエポキシ樹脂塗料として基本的な諸性能を有している。

#### 5. 標準塗装仕様

表6に示したように上塗りには汚れ防止機能を備えた1液形特殊変性アクリル樹脂塗料「セラテクトAC上塗」を用いることにより、弱溶剤可溶オール1液形塗装システムを組むこ

表5 JIS K 5551-1991 エポキシ樹脂塗料 2種 下塗塗料への適合性

| 項 目        | 要求条件                          | 試験結果 |
|------------|-------------------------------|------|
| 容器の中での状態   | かき混ぜたとき堅い塊がなくて一様になること         |      |
| 混合性        | 均等に混合すること                     |      |
| 分散度        | 40 以下                         |      |
| 乾燥時間       | 半硬化乾燥、16時間以内                  |      |
| 塗装作業性      | 塗装作業に支障がないこと                  |      |
| 塗膜の外観      | 塗膜の外観が正常であること                 |      |
| ポットライフ     | 5時間以上                         |      |
| たるみ性       | すきま200 でたるみがないこと              |      |
| 上塗適合性      | 上塗りに支障がないこと                   |      |
| 耐衝撃性       | 500、300 の条件で割れ・はがれができないこと     |      |
| 付着性        | 碁盤目テープ法により8点以上                |      |
| 耐アルカリ性     | 5%水酸化ナトリウム溶液に168時間浸漬して異常がないこと |      |
| 耐揮発油性      | 試験用揮発油に48時間浸漬して異常がないこと        |      |
| 耐塩水噴霧性     | 192時間の塩水噴霧試験に耐えること            |      |
| 混合塗料中の加熱残分 | 60%以上                         |      |
| エポキシ樹脂の定性  | エポキシ樹脂を含むこと                   |      |
| 耐候性        | 2年間の試験でさび・膨れ・割れ・はがれがないこと      | 試験中  |

: 適合

表6 標準塗装仕様

弱溶剤形アクリル仕上げ（弱溶剤可溶オール1液システム）

| 工 程 | 塗料名       | 標準膜厚<br>( ) | 塗装間隔 |     |
|-----|-----------|-------------|------|-----|
|     |           |             | Min  | Max |
| 下塗  | 本開発品      | 40          | 16H  | 3M  |
| 中塗  | セラテクトAC中塗 | 35          | 4H   | 1M  |
| 上塗  | セラテクトAC上塗 | 30          |      |     |

弱溶剤形ポリウレタン仕上げ（オール弱溶剤システム）

| 工 程   | 塗料名    | 標準膜厚<br>( ) | 塗装間隔 |     |
|-------|--------|-------------|------|-----|
|       |        |             | Min  | Max |
| 下塗    | 本開発品   | 40          | 16H  | 3M  |
| 上塗1層目 | セラMレタン | 25          | 4H   | 7D  |
| 上塗2層目 | セラMレタン | 25          |      |     |

強溶剤形ポリウレタン仕上げ

| 工 程 | 塗料名      | 標準膜厚<br>( ) | 塗装間隔 |     |
|-----|----------|-------------|------|-----|
|     |          |             | Min  | Max |
| 下塗  | 本開発品     | 40          | 16H  | 3M  |
| 中塗  | セラテクトU中塗 | 35          | 16H  | 10D |
| 上塗  | セラテクトU   | 30          |      |     |

とができ、また弱溶剤系2液形ポリウレタン樹脂塗料「セラMレタン」および低汚染タイプの強溶剤系2液形ポリウレタン樹脂塗料「セラテクトU」との塗装システムを組むことも可能である。

## 6. あとがき

本稿で概説した弱溶剤可溶1液反応硬化型エポキシ樹脂塗料は、既存の2液形エポキシ樹脂塗料の優れた塗膜性能・防食性を損なうことなく、環境対策、廃棄物処理、取り扱い易さ、旧塗膜への塗装適用範囲の拡大という観点から塗料の1液化と弱溶剤（ミネラルスピリット）への可溶化を実現したものである。

現在、この塗料の市場展開を鋭意進めているところであるが、今後もさらに拡大してゆく塗り替え市場において、特に有用な製品であると期待される。

## 引用文献

- 1) 関西ペイント(株)特開 平8-2 17859
- 2) 浜村寿弘: JETI, 43 [14], p.36 ~ 39 (1995)
- 3) 中野 正: エポキシ樹脂技術協会 第22回公開技術講座講演要旨, p.44 ~ 54 (1998)