

防食塗料のトレンド

Trend of Paints for Steel Structures



技術開発部門 研究部
Technical Development Division
Research Development department
Research Group1

為 信一郎
Shinichiro TAME

1. はじめに

様々な社会インフラや鋼構造物を美しく永く護るのが防食塗料に最も求められる機能である。また、近年の環境問題に対する関心から、塗料一般には、より環境負荷の低い商品への要求が高まってきているが、防食塗料もその例外ではない。従って、近年の防食塗料は「美しく永く護る」機能を有しながら、同時にその機能を損なわず環境負荷低減へ貢献できる商品の開発が望まれている。

防食塗料における環境負荷低減の方向は、使用している鉛系原料、およびVOC (Volatile Organic Compounds 揮発性有機化合物)の削減であるが、鉛系原料については、多くの鉛系着色顔料や添加剤等が非鉛系へ代替が進んでいることや、2008年のJIS統廃合で多くの鉛系さび止め塗料の規格が廃止されたことによる需要減少により、一定の成果が得られている。一方、VOC削減に関しても現場での塗装が主である防食塗料分野でも進んできており、その手法としては①「無溶剤化」②「水性化」③「低溶剤化」および防食塗料の機能である④「高耐久化」等が挙げられる。

本報では、防食塗料のVOC対策という側面から見た塗料種別毎に、最近の防食塗料の動きを纏めた。

2. 無溶剤形塗料

無溶剤形塗料は重防食塗料の分野では馴染みが深く、エポキシ樹脂系塗料とウレタンエラストマーが既に実用化され長年の実績がある。これらは無溶剤形塗料の長所である①有機溶剤中毒や火災の危険性が低いこと、②1回の塗装で「数百 μm ～数 mm 」という超厚膜塗装が可能であること、という特徴を生かし、共同溝内や箱桁内面等といった閉所での塗装や、没水環境における重防食仕様用途で使用されている。代表例として2種の無溶剤形塗料について性状値を表1に示す。

無溶剤形エポキシ樹脂塗料の構成としては、樹脂成分として分子量の低い常温で液状のエポキシ樹脂を主剤に、同じく常温で液状のアミン類を硬化剤として使用している。また補助要素として主剤にグリシジル基を有する低分子の反応性希釈剤や、ベンジルアルコールを代表とする高級アルコール等の非反応性希釈剤を配合し、塗料性状の調整を行っているのが一般的である。しかしながら、例えばベンジルアルコールは2.7Paと著しく低い値であるが蒸気圧を持つ¹⁾ため、揮発性有機溶剤と判断されることもあるので注意が必要である。

短所としては、①高粘度であり厚膜塗装が可能であるが、シンナーによる粘度調整ができず作業性に制限が生じること、②ポットライフが短く、大面積をスプレーで塗装するためには専用の2液混合形塗装機が必要

表1 無溶剤形塗料の例

商品名	エポニックスWP-NS	カイザー 351
一般名	無溶剤形エポキシ樹脂塗料	ウレタンエラストマー被覆材
容姿	2液性	2液性
色相	グレー、ブルー	黒
加熱残分	97%	98%以上
主剤：硬化剤比 (容量比)	2：1	3.5：1
標準膜厚	300 μ m	2000～2500 μ m
塗装方法	専用2液混合 ホットエアレススプレー	専用2液混合 ホットエアレススプレー
指触乾燥時間 (20 $^{\circ}$ C)	4時間	30分
危険物表示	指定可燃物	指定可燃物
	指定可燃物	第4類第4石油類
用途	水道管内面、鋼製水槽等	海洋鋼構造物、鋼管外面等
備考	標準膜厚150 μ mの手 塗りタイプもある (エポニックスWP-NS ローラー用)	専用プライマーが 必要

なこと、③低分子の樹脂を用いるため、人によってはかぶれを起こしやすいこと等があり、環境負荷低減効果が期待できるにも拘わらず使用される領域が限定されていた。近年コンピュータ制御による比較的安価でコンパクトな2液混合形塗装機が市場に登場してきたこと等もあり、用途によっては無溶剤形の特徴を生かした需要拡大の可能性がある。その例として、最近溶剤形塗料から無溶剤形塗料へと方向を転換しつつある、水道鋼管内面用塗料分野について挙げておきたい。

水道鋼管内面では従来タールエポキシ樹脂塗料が使用されてきていたが、衛生性の観点から1989年にJWWA K 135「水道用液状エポキシ樹脂塗料塗装方法」が制定され、溶剤形エポキシ樹脂塗料に転換されて近年まで続いてきた。最近、水道用塗料に含有されるトルエン等の溶剤臭が問題となり、2007年のJWWA K 135改正時には「塗膜は、塗膜性能および通水後の水質、特に臭気を考慮して、工場出荷までに十分乾燥しなければならない」との文言が加わった。常温乾燥ではこの条件を満たすのに長期の養生期間が必要となって大きな障害となるため、それを解決するために無溶剤形エポキシ樹脂塗料が使用されるようになった。特に問題となったのは、現地で溶接によって水道用

鋼管を接合する際、手塗りの無溶剤形塗料では作業性の点から塗膜性能にばらつきを生ずることにあつたが、この部分の素地調整にロータリ式下地処理工具を用いてSSPC-SP11の等級に仕上げ、さらに溶剤形プライマーを用いることにより回避した。規格自体は2004年にJWWA K 157「水道用無溶剤形エポキシ樹脂塗料塗装方法」が設定されていたが、先のK 135の改正を受ける形で2008年にK 157も改正されて鋼製水槽内面も水道用無溶剤形塗料の適用範囲とし、さらに2010年の改正では現場溶接部の素地調整を記載する等、より最新の検討結果を盛り込んだ内容となっている。

3. 水性塗料

水は塗料に使用している一般的な有機溶剤と比べ、揮発速度が遅く表面張力が高いという特徴がある²⁾。水と有機溶剤の物理特性について表2に示す。そのため、水を媒体とする水性塗料ではVOC低減効果が大きいものの、①シンナー組成によって乾燥性・作業性の調節ができない、②乾燥が溶剤形と比較して遅く、高湿度下では乾燥不良・白化等の不具合を生じやすい、③素地の状態に敏感で十分な素地調整が必要である等、場合によっては避け難い欠点がある。工場において塗装条件が管理できる、例えば被塗物の加温が可能な場合では、防食塗料の水性化はこれらの欠点が回避できるため先行して行われているケースもあるが、現場での塗装が主である分野においても適用できる水性塗料の開発が進められており、今後本格的な普及が見込める。

表2 水と有機溶剤の物理特性

物理的特性	水	キシレン	ブタノール
沸点($^{\circ}$ C)	100	134	118
蒸発潜熱(cal/g)	540	83	139
表面張力(mN/m)	73	30	26
誘電率(25 $^{\circ}$ C)	78.4	2.6	17.5
溶解パラメーター	23.5	8.8	11.3

表3 水性重防食塗装塗り替え仕様例

工 程	塗料系(商品名)	標準膜厚 (μm)	標準使用量 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{回}$)	VOC量 (g/m^2)
			(刷毛塗り)	
素地調整	ブラスト処理 (ISO Sa2 1/2)			
下塗第一層	水性厚膜形エポキシ樹脂ジソクリッチペイント(水性ゼッタールEP-2HB)	37.5	235	12
下塗第二層	水性厚膜形エポキシ樹脂ジソクリッチペイント(水性ゼッタールEP-2HB)	37.5	235	12
下塗第三層	水性変性エポキシ樹脂下塗塗料(水性エポオール)	60	260	18
下塗第四層	水性変性エポキシ樹脂下塗塗料(水性エポオール)	60	260	18
中塗り	水性エポキシ樹脂中塗塗料(水性エポニックス中塗)	30	130	9
上塗り	水性ふっ素樹脂塗料上塗(水性VフロンH上塗)	30	130	2
合計				71

一般さび止めの分野では、2008年のJIS改正により「水を主要な揮発成分とする」さび止め塗料として、JIS K 5621「一般用さび止めペイント」4種およびJIS K 5674「鉛・クロムフリーさび止めペイント」2種が追加された。現状では、各塗料メーカーから規格に該当した水性さび止め塗料が出揃うまでには至っていないが、当社では両規格を指向した水性さび止め塗料2品目「水性グリーンポーセイ建築用」「水性グリーンポーセイ速乾」を今年度上期に上市し、今後の市場の要求に対応していく。

一方、より厳しい塗膜性能が求められる重防食の分野についても各社開発を進めている。媒体である水自体を腐食要因として作用させないことは言うまでもなく、①現場での塗装にあたり、降雨・結露により塗膜の溶解が生じない様に実用的な範疇に乾燥性を納めること、②防食塗料として必要な塗膜性能を有することが必要なこと等の課題を克服し、当社では先行して有機ジソクリッチペイントから下塗塗料～中塗塗料～上塗塗料に至るまでの2液水性重防食塗装システムも上市した。塗装仕様の例を表3に示す。

先述した様に、有機溶剤と比べ水は特異な性質を有する。水性防食塗料を屋外で使用する場合には、溶剤系と違った以下の様な注意が必要である。

- ①施工時、その直後および乾燥時には、水分・湿度の影響を受けやすいので、天候・養生方法に留意が必要であること。
- ②素地の状態、特に油分に影響を受けやすく、十分な素地調整が必要であること。

③部材温度が高ければ刷毛塗り塗装性が悪くなる、特に被塗物温度が50℃以上の場合には配慮が必要であること。

④使用に当たっては動力攪拌機等を用いて十分に攪拌すること。

今後の水性塗料の展開には、これらの注意点が必要であることを塗装業者様および施主様にも納得して頂いておくことが重要なポイントとなる。

4. 低溶剤形塗料

低溶剤形塗料は「ハイソリッド形塗料」と呼ばれることもある。「低溶剤形塗料」の定義は曖昧であるが、(社)日本塗料工業会の定めた「低VOC塗料(溶剤形)」の定義がひとつの指標となる。これによれば「溶剤形塗料で塗料中のVOC含有量が30重量%以下の塗料」となっている³⁾。

通常低溶剤形塗料は、従来の溶剤形塗料をベースにしながら樹脂や変性剤の特性を生かし、溶剤含有量の低減を指向して開発されたものである。その他に、無溶剤形塗料から作業性改善等の理由により数%程度の溶剤を含んだ「微溶剤形塗料」とも称されるものもあるが、これは無溶剤形塗料からその短所を克服すべく検討されたものであり、その特徴も無溶剤形塗料に近いものなので、通常低溶剤形塗料とは分けて考える必要がある。

低溶剤形塗料の特徴としては、可使時間・塗装作業

表4 低溶剤形塗料の例

商品名	Vシリコンスーパー	エポオール#65HS	エポオール#65HS-W
一般名	弱溶剤厚膜形シリコン変性 (エポキシ樹脂系上下兼用塗料)	変性エポキシ樹脂塗料 (変性脂肪族ポリアミン硬化形)	変性エポキシ樹脂塗料 (イソシアネート硬化形)
容姿	2液性	2液性	2液性
色相	白、淡彩色	黒、ライトグレー	黒、ライトグレー
VOC含有量	8%	20%	20%
指触乾燥時間(20℃)	3時間	2時間	1時間
可使時間(20℃)	3時間	4時間	2時間
塗装方法	刷毛塗り・エアレス塗装	刷毛塗り・エアレス塗装	刷毛塗り・エアレス塗装
希釈率(エアレス塗装)	0～10%	0～10%	0～10%
標準膜厚(エアレス塗装)	80μm	250μm	250μm
標準使用量(エアレス塗装)	0.25kg/㎡	0.94kg/㎡	0.94kg/㎡
標準膜厚・標準使用量時の VOC(塗料のみの値)	20g/㎡	188g/㎡	188g/㎡
用途	プラント設備の塗り替え等	海洋鋼構造物、水輸送鋼管内面等	

性等が従来形塗料と比べ大きな差がなく、2液混合形塗装機等の特別な塗装機器も不要で、取り扱いが従来形塗料と大きな差異がないことにある。従って市場への導入は容易であるが、その反面環境負荷低減効果は上述の無溶剤化・水性化と比べて低く、従来形塗料と同じように、低溶剤という特徴に加え、さらに商品自体の差別化をどうするかが重要である。

当社製品における低溶剤形塗料の例を表4に示す。シリコン変性エポキシ樹脂塗料「Vシリコンスーパー」は、①VOC含有量が標準で8%と日塗工規準を大きく上回っているのみならず、②弱溶剤形であり、希釈・洗浄も一般の塗料用シンナーで行えること、③厚膜タイプであり、かつ防食性と耐候性を有することから、下塗り・上塗り兼用若しくは中塗り・上塗り兼用塗料として適用することができ、塗装工程の短縮が可能になること等の特徴を持つ。

高い防食性が求められる箇所では2液のエポキシ樹脂系塗料が用いられるが、この分野における低溶剤形塗料として「エポオール#65HS」およびその低温タイプである「エポオール#65HS-W」を上市している。こ

れらはVOC含有量が20%と日塗工規準を上回るものであるが、従来形塗料と同等の作業性を有し、没水環境での使用においてタールエポキシ樹脂塗料並の塗膜性能が期待できる⁴⁾。この分野ではさらにVOC量の低減を目指した製品開発が続けられている。

5. 高耐久性塗料

重防食塗装の耐久性は、下塗りから上塗りまで機能の異なる塗料を組み合わせ、塗装システム(塗装系)とすることにより確保されている。また被塗物のライフサイクルは、適切な塗り替えを経ることによってその延長が見込まれる。新設および塗り替え時における塗装システムを高耐久化し塗り替え周期を延長することは、VOC削減による環境負荷低減にも繋がる。

高耐久性塗料の代表はふっ素樹脂塗料であり、当社では「Vフロン」シリーズとして商品化している。その技術をベースに、鋼構造物用途として高耐久化を指向した製品が「VフロンHB」「VフロンHBクリーンスマイ

ル」である。従来のふっ素樹脂塗料上塗の標準膜厚が25 μm であるのに対し、55 μm と厚膜塗装を可能にすることにより中塗り工程を省略し、その相当膜厚を耐久性の高いふっ素樹脂塗料上塗で補うことにより、塗装システムとしての高耐久性を実現している。表5に厚膜形ふっ素樹脂塗料を使用した高耐久・省工程提案塗

装仕様を示す。

重防食塗料において、一般に中塗塗料はエポキシ樹脂塗料が適用される。エポキシ樹脂塗料の塗膜消耗速度を10 $\mu\text{m}/\text{年}$ 、ふっ素樹脂塗料の塗膜消耗速度を0.5 $\mu\text{m}/\text{年}$ ⁵⁾、中塗膜厚を30 μm 、上塗膜厚を25 μm とした場合、単純に計算すると60年相当の寿命延長が

表5 高耐久性塗料による省工程提案仕様例

工程	新設(工場塗装)							
	従来仕様				提案仕様			
	塗料系(商品名)	標準膜厚(μm)	標準使用量(g/m^2)	VOC量(g/m^2)	塗料系(商品名)	標準膜厚(μm)	標準使用量(g/m^2)	VOC量(g/m^2)
素地調整	プラスト処理ISO Sa2 1/2				プラスト処理ISO Sa2 1/2			
下塗り	無機ジंकリッチペイント(ゼッターOL-HB)	75	600	120	無機ジंकリッチペイント(ゼッターOL-HB)	75	600	120
ミストコート	ミストコート(エポニックス#30下塗HB)	-	160	51	ミストコート(エポニックス#30下塗HB)	-	160	51
下塗り	エポキシ樹脂塗料下塗(エポニックス#30下塗HB)	120	540	173	エポキシ樹脂塗料下塗(エポニックス#30下塗HB)	120	540	173
中塗り	ふっ素樹脂塗料用中塗(Vフロン#100中塗)	30	170	54	ふっ素樹脂塗料上塗(VフロンHB)	55	253	86
上塗り	ふっ素樹脂塗料上塗(Vフロン#100上塗)	25	140	50				
	合計	250	-	449	合計	250	-	430
工程	塗り替え							
	従来仕様				提案仕様			
	塗料系(商品名)	標準膜厚(μm)	標準使用量(g/m^2)	VOC量(g/m^2)	塗料系(商品名)	標準膜厚(μm)	標準使用量(g/m^2)	VOC量(g/m^2)
素地調整	3種ケレン				3種ケレン			
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗(エポオールスマイル)	60	200	56	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗(エポオールHBスマイル)	120	400	92
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗(エポオールスマイル)	60	200	56				
中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗(Vフロン#100Hスマイル中塗)	30	140	42	ふっ素樹脂塗料上塗(VフロンHBクリーンスマイル)	55	180	58
上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗(Vフロン#100Hスマイル上塗)	25	120	44				
	合計	175	-	198	合計	175	-	150

- ・標準使用量は 鋼道路橋塗装・防食便覧(VフロンHB、VフロンHBクリーンスマイルを除く)の値を採用した。(新設：スプレー塗装、塗り替え：刷毛塗り)
- ・VOC量は塗料のみでの計算値。

可能となる。仮に被塗物のライフサイクルが100年、従来仕様の塗り替え周期を20年、提案仕様に変えることにより塗り替え周期が5年延長されて25年とし、表5の数値を用いて生涯VOC排出量を算出する(希釈シンナー分は含まず)と、従来仕様では1241g/m²、提案

仕様では880g/m²となり、VOC削減量は361g/m²、削減率は約30%となる。

高耐久化を目指した防食塗料の開発はVOC排出量低減にも寄与し、市場要請にも応え得る方向性であると言える。

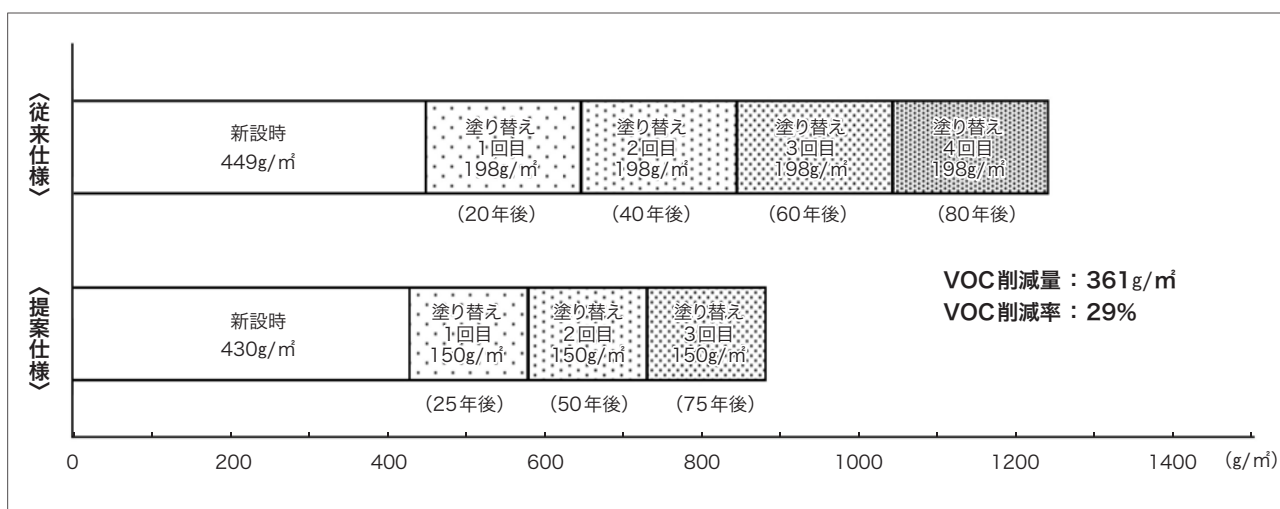


図1 生涯VOC排出量(g/m²)

6. 終わりに

社会インフラに対する投資は、新しい設備の建設よりも既存の設備をメンテナンスする方向へと情勢が変化しており、それによってLCC(ライフサイクルコスト)に貢献できる防食塗料の重要性は増してきている。今後の防食塗料はこの様な期待に従い、なおかつ環境負荷低減にも貢献できるものの開発を進めて行く様一層の努力を続けていきたい。

参考文献

- 1) 社団法人日本塗料工業会：MSDS用物質データベース(塗料用)第5版 平19年5月
- 2) 荻田見次、藤川浩司：DNTコーティング技報No9, p21 (2009)
- 3) 社団法人日本塗料工業会：低VOC塗料自主表示ガイドライン「低VOC塗料(溶剤形)」(2006)
- 4) 鎌田由佳、里隆幸、田辺知浩：DNTコーティング技報No10,p23-27(2010)
- 5) 社団法人日本塗料工業会：重防食ガイドブック 第3版,p164(2007)