

水性重防食塗料の現状と当社の取り組み

Present Situation Future Initiatives of Water-borne Heavy-duty Anticorrosion Coatings

塗料事業部門
構造物塗料事業部
テクニカルサポートグループ
Coating Business Div.
Protective Coatings Dept.
Technical Support Group



山内 健一郎
Kenichiro YAMAUCHI

1. はじめに

大気汚染の主な原因物質の1つとされる揮発性有機化合物(VOC: Volatile Organic Compounds)の排出量削減のために、塗料の水性化、低溶剤化、無溶剤化が検討されている。その中でも、塗料の水性化は火災リスクに対する安全性や作業・周辺環境への環境対策として最も有効な手法である。近年、鋼構造物塗装においても水性塗料の開発、適用性の検討が実施され、実用化が進められており、水性塗料の規格制定や一部の鋼構造物管理団体においては塗装基準への採用といった動きもある。

本報では、鋼構造物塗装に適用する水性塗料(水性重防食塗料)の塗料規格・塗装基準を整理するとともに、当社の取り組みについて紹介する。

2. 水性重防食塗料の規格・基準動向

水性重防食塗料に関する主な塗料規格および塗装基準を表1に示す。なお、水を主な媒体とする塗料に関しては、各塗料規格・塗装基準によってその表記が異なる。本報においては、各規格・基準の記載内容に従い「水性塗料」または「水系塗料」と表記する。

表1 水性重防食塗料に関する主な塗料規格および塗装基準

塗料規格・塗装基準	発行年	発行所	内 容
鋼構造物塗装設計施工指針	2005	公益財団法人 鉄道総合技術研究所	塗り替え塗装系にECO1-7、ECO2-7塗装系を設定 *中塗りおよび上塗り塗料に水系塗料を適用
	2013		新設塗装系にJECO-2塗装系を設定 *中塗りおよび上塗り塗料に水系塗料を適用
鋼道路橋防食便覧	2014	公益財団法人 日本道路協会	付属資料「塗装に関する新技術」に環境に優しい塗装仕様の例(新設塗装系、塗装系)を掲載 *有機ジンクリッチペイント、下塗り、中塗り、上塗り塗料に水性塗料を適用
日本塗料工業会規格JPMS30 鋼構造物用水性さび止めペイント	2016	一般社団法人 日本塗料工業会	鋼構造物用途の下塗り塗料を対象とした水性さび止めペイントの塗料規格
日本塗料工業会規格JPMS31 鋼構造物用水性耐候性塗料	2016	一般社団法人 日本塗料工業会	鋼構造物用途の中塗り、上塗り塗料を対象とした水性耐候性塗料の塗料規格
鋼橋塗装設計施工要領	2017	首都高速道路株式会社	新設塗装系(現場継手部)、塗り替え塗装系に水性塗料を適用した塗装系を設定 *下塗り、中塗り、上塗り塗料に水性塗料を適用

2.1 鋼構造物塗装設計施工指針 (公益財団法人 鉄道総合技術研究所)

2005年に改訂された鋼構造物塗装設計施工指針において、塗り替え時に適用する塗装系(ECO1-7塗装系、ECO2-7塗装系)が設定された。本塗装系は、長期耐久型でLCC(ライフサイクルコスト)の低減が可能であり、中塗りおよび上塗り塗料に水系塗料を用いることで環境負荷を軽減した塗装系である。表2にECO1-7塗装系を示す。

表2 ECO1-7塗装系
(既設構造物／一般外面／塗り替え塗装系)¹⁾

工 程	塗料名	使用量 (g/m ²)	区 分	塗装 間隔
第1層	厚膜形変性エポキシ 樹脂塗料	はけ・ローラー 200 (スプレー240)	補修	24時間 ～7日
第2層	厚膜形変性エポキシ 樹脂塗料	はけ・ローラー 200 (スプレー240)	補修	
第3層	水系エポキシ 樹脂塗料	はけ・ローラー 220 (スプレー260)	全面	24時間 ～7日
第4層	水系ポリウレタン 樹脂塗料上塗	はけ・ローラー 120 (スプレー160)	全面	

さらに、2013年の本指針改訂においては、新設時に適用する塗装系(JECO-2塗装系)が追加されている。JECO-2塗装系においても中塗り塗料、上塗り塗料に水系塗料を採用している。

なお、本指針には、新規採用した各種水系塗料(水系エポキシ樹脂塗料、水系ポリウレタン樹脂塗料用中塗、水系ポリウレタン樹脂塗料上塗)の塗料規格が規定され、いずれの水系塗料も組成中の溶剤含有量は10重量%以下としている。また、塗装後の降雨などによる塗料流れを懸念し、塗料の品質規格には初期耐水性の項目が設定されている。

2.2 鋼道路橋防食便覧 (公益社団法人 日本道路協会)

2006年より実施された独立行政法人土木研究所(現在の国立研究開発法人土木研究所)と塗料メーカー6社の共同研究において、新設塗装、塗り替え塗装について水性塗装系の塗膜性能試験、長期耐久性試験、施工性試験を行い、実用性の総合的評価がなされた²⁾。2010年の本共同研究に関する報告書「鋼構造物塗装のVOC(揮発性有機化合物)削減に関する共同研究報告」によると、各種水性塗料について以下の点が明らかになっている。

水性無機ジンクリッチペイントは、たれ限界や割れ限界が溶剤形無機ジンクリッチペイントと比較して劣り、施工時の湿度条件の影響も受けやすく、膜厚許容幅も狭く、ミストコートを施しても下塗り塗装時に泡が生じやすい傾向にあった。また、水性有機ジンクリッチペイントおよび水性エポキシ樹脂塗料下塗は、たれ限界膜厚が溶剤形と比較すると劣っていた。

以上より、本共同研究報告書においては、水性無機ジンクリッチペイントの適用は困難であると判断し、新設VOC削減暫定水性塗装仕様では溶剤形無機ジンクリッチペイントを適用している。また、水性有機ジンクリッチペイントおよび水性エポキシ樹脂塗料下塗についても、1回あたりの塗付膜厚を水性有機ジンクリッチペイントは37.5 μ m、水性エポキシ樹脂塗料下塗は40 μ mまたは45 μ mとする暫定水性塗装仕様を提案している。

表3には、旧塗膜が一般塗装系の場合の鋼道路橋塗り替えVOC削減暫定水性塗装仕様:素地調整程度1種(VOC削減率90%程度)を示す。本塗装仕様は、2014年に発刊された鋼道路橋防食便覧において、塗装に関する新技術の中で環境に優しい塗装仕様の例として紹介されている。

表3 環境に優しい塗装仕様の例
(一般外面用の塗り替え塗装系)
(素地調整程度1種、スプレー塗装)
(溶剤削減率約90%程度)³⁾

工 程		塗料名	使用量 (g/m ²)	目標 膜厚 (μm)	塗装 間隔
現 場	素地 調整	1種			4時間 以内
	防食 下地	水性有機ジンクリッチ ペイント	300	37.5	1日 ～10日
	防食 下地	水性有機ジンクリッチ ペイント	300	37.5	1日 ～10日
	下塗り	水性エポキシ樹脂塗料 下塗	200	40	1日 ～10日
	下塗り	水性エポキシ樹脂塗料 下塗	200	40	1日 ～10日
	下塗り	水性エポキシ樹脂塗料 下塗	200	40	1日 ～10日
	中塗り	水性ふっ素樹脂塗料用 中塗	170	30	1日 ～10日
	上塗り	水性ふっ素樹脂塗料 上塗	140	25	

2.3 日本塗料工業会規格JPMS30、JPMS31 (一般社団法人 日本塗料工業会)

2016年に、日本塗料工業会規格として鋼構造物用途の水性塗料の規格が制定された。下塗り塗料を対象としたJPMS30(鋼構造物用水性さび止めペイント)と、中塗りおよび上塗り塗料を対象としたJPMS31(鋼構造物用水性耐候性塗料)である。

JPMS30に規定される塗料品質を表4に示す。鋼構造物に適用する重防食塗装を対象とすることから、品質規格はJIS K 5551:2008(構造物用さび止めペイント)の反応硬化形変性エポキシ樹脂塗料のC種1号を基本とし、鋼構造物塗装設計施工指針に記載の水系エポキシ樹脂塗料の品質規格内容も参考にして制定されている。

表4 JPMS30(鋼構造物用さび止めペイント)の
塗料品質⁴⁾

項 目	品 質
容器の中の状態	かき混ぜたとき、堅い塊がなくて一様になる。
低温安定性(-5℃)	変質しない。
半硬化乾燥性	半硬化している。
塗装作業性	支障がない。
塗膜の外観	正常である。
ポットライフ	規定時間後、使用できる。
たるみ性	たるみがない。
上塗り適合性	支障がない。
耐おもり落下性 (デュボン式)	割れおよびはがれがない。
付着性	分類1または分類0。
耐熱性	外観が正常である。試験後の付着性試験で分類2, 分類1または分類0。
サイクル腐食性	さび、膨れ、割れおよびはがれがない。
屋外暴露耐候性	さび、膨れ、割れおよびはがれがない。

JPMS31に規定される塗料品質を表5に示す。品質規格は鋼構造物用の中塗り、上塗り塗料のJIS規格であるJIS K 5659:2008(鋼構造物用耐候性塗料)を基本とし、鋼構造物塗装設計施工指針に記載の水系ポリウレタン樹脂塗料用中塗、水系ポリウレタン樹脂塗料上塗の品質規格内容も参考にして制定されている。

JPMS30、JPMS31はともに水性塗料の規格であることから、JIS K 5674(鉛・クロムフリーさび止めペイント)2種やJIS K 5660:2008(つや有合成樹脂エマルションペイント)などの水を主要な揮発成分とする塗料に規定されている低温安定性(-5℃)が品質規格項目として設定されている。

2018年5月現在、JPMS30、JPMS31については、JIS規格化への検討がなされている。

表5 JPMS31(鋼構造物用耐候性塗料)の塗料品質⁵⁾

項 目		上塗り塗料			中塗り塗料
		1 級	2 級	3 級	
容器の中の状態		かき混ぜたとき、堅い塊がなくて一様になる。			
低温安定性 (-5℃)		変質しない。			
表面乾燥性		表面乾燥する。			
塗膜の外観		正常である。			
ポットライフ		規定時間後、使用できる。			
隠ぺい率 %		白・淡彩は90以上, 鮮明な赤および黄は50以上, その他の色は80以上			
鏡面光沢度 (60度)		70以上			—
上塗り適合性		—			異常がない。
耐屈曲性		折曲げに耐える。			
耐おもり落下性 (デュボン式)		塗膜に割れおよびはがれが生じない。			
層間付着性	I	—			異常がない。
	II	異常がない。			
耐アルカリ性		異常がない。			
耐酸性		異常がない。			
耐湿潤冷熱繰返し性		湿潤冷熱繰返しに耐える。			
加熱残分 %		白・淡彩は40以上, その他の色は30以上			白・淡彩は50以上、 その他の色は 40以上
促進耐候性		照射時間2000時間 の促進耐候性に 耐える。	照射時間1000時間 の促進耐候性に 耐える。	照射時間500時間の 促進耐候性に耐える。	—
屋外暴露耐候性		光沢保持率が60% 以上で白亜化の等級 が1または0	光沢保持率が40% 以上で白亜化の等級 が2, 1または0	光沢保持率が30% 以上で白亜化の等級 が3, 2, 1または0	—

2.4 鋼橋塗装設計施工要領 (首都高速道路株式会社)

2017年の鋼橋塗装設計施工要領の改訂において、水性塗料を採用した塗装系が設定された。本要領では、周辺環境への影響低減、作業環境の改善、地球環境への影響低減(VOC削減)、危険物の削減などの対策として、現場塗装する塗料については、従来の溶剤形塗料でしか品質や機能が確保できない場合を除き、水性塗料を適用した塗装系が採用されている。

水性塗料の適用範囲は、新設塗装系の現場継手部および塗り替え塗装系の下塗り、中塗り、上塗り塗料である。

本要領には、表6に示すような各種水性塗料の塗料規格が規定され、いずれの水性塗料についても揮発性有機溶剂量は10重量%以下、かつ非危険物であることとしている。

一般に水性塗料の乾燥性は、溶剤形塗料と比較して塗装時および塗装直後の温度・湿度影響を大きく受ける。本要領においては、実工事を想定して塗装の可否に関わる気象条件を詳細に規定している。水性エポキシ樹脂塗料、水性エポキシ樹脂塗料中塗りの塗装禁止条件は気温10℃以下、湿度85RH%以上、さらに低温時(5～10℃)については湿度70RH%以下を条件に塗装

できるものとし、気温5℃以下の条件は湿度に関わらず塗装不可としている。

表6 鋼橋塗装設計施工要領に規定の水性塗料規格⁶⁾

規 格	塗料名
SDK W-513	水性エポキシ樹脂塗料
SDK W-522	水性エポキシ樹脂塗料中塗
SDK W-531	水性ポリウレタン樹脂塗料
SDK W-534	水性ふっ素樹脂塗料

3. 当社の取り組み 「DNT水性重防食システム」

当社においては、2012年に水性有機ジンクリッチペイント、水性変性エポキシ樹脂下塗塗料、水性エポキシ樹脂中塗塗料、水性ポリウレタン樹脂上塗塗料、水性ふっ素樹脂上塗塗料を発売し、これらで構成される「DNT水性重防食システム」を市場に提供している。上塗りに水性ポリウレタン樹脂塗料を適用する水性ポリウレタンシステムと、水性ふっ素樹脂塗料を適用する水性ふっ素システムがある。

「DNT水性重防食システム」を構成する防食下地、下塗り、中塗り、上塗り塗料の製品群を表7に、水性ふっ素システムの塗装仕様例を表8に示す。

本塗装システムおよび構成塗料の主な特長を以下に記す。

- ①重防食塗装系を全て水性塗料で設計できる
(ジンクリッチペイント/下塗り/中塗り/上塗り)
- ②反応硬化形塗料であり、溶剤形塗装システムと同等の塗膜性能(防食性、耐候性など)を有する
- ③溶剤形塗装システムと比較して、VOCを大幅に削減できる
- ④非危険物であり、保管数量に制限がない
- ⑤塗料中に有害な重金属(鉛・クロムなど)を含まない

表7 DNT水性重防食システムを構成する塗料

種類	一般名	製品名
防食下地	水性有機ジンクリッチペイント	水性ゼッターEP-2HB
下塗り	水性変性エポキシ樹脂下塗塗料	水性エポオール
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
上塗り	水性ふっ素樹脂上塗塗料	水性Vフロン#100H 上塗
	水性ポリウレタン樹脂上塗塗料	水性Vトップ#100H 上塗

表8 「DNT水性重防食システム」の塗装仕様例(水性ふっ素システム／はけ・ローラー塗り)

工 程	製品名	標準膜厚 (μm /回)	標準使用量 (g/m^2 /回)	塗装間隔 (20℃)
素地調整	ブラスト処理 (ISO Sa2 ½)			4時間以内
防食下地第1層	水性ゼッターEP-2HB	37.5	220	16時間～1ヶ月
防食下地第2層	水性ゼッターEP-2HB	37.5	220	16時間～1ヶ月
下塗り第1層	水性エポオール	60	260	16時間～10日
下塗り第2層	水性エポオール	60	260	16時間～10日
中塗り	水性エポニックス 中塗	30	130	16時間～10日
上塗り	水性Vフロン#100H 上塗	30	130	—

「DNT水性重防食システム」は、有機ジンクリッチペイントについても水性化を達成している。海浜地域などの厳しい腐食環境において長期的に鋼材を腐食から護るためには、鋼材に対して犠牲防食作用を示すジンクリッチペイントの適用が効果的であるが、こうした厳しい腐食環境にオール水性塗装システムを適用することができる。

また、構成塗料は全て反応硬化形塗料であり、主剤、硬化剤にそれぞれ含まれる樹脂同士が反応硬化（架橋）することによって強固な塗膜を形成する。したがって、溶剤形塗装システムと同等の塗膜性能（防食性、耐候性など）を発揮することができる。

さらに、各塗料中の主溶媒および希釈剤が水であることから、既存の溶剤形塗装システムと比較して、新設塗装系では約90%、塗り替え塗装系では約85%のVOCを削減することができる。塗装時の有機溶剤に起因する臭気もほとんどなく、塗装作業環境の大幅な改善ができる。

消防法上、全ての構成塗料が非危険物の取り扱いとなるため、倉庫での保管数量に制限がなくなるとともに、火災に対する安全性の高い材料である。

4. おわりに

鋼構造物塗装における水性塗料の規格・塗装基準の動向を整理するとともに当社の取り組みを紹介した。塗料メーカーにおいては、原材料および塗料配合技術の進歩に伴い、高い耐久性を要求される鋼構造物に適用可能な水性塗料が開発されてきている。首都高速道路株式会社においては実工事での施工実績が積み上げられている。一方で、2018年内に水性重防食塗料のJIS規格化の動きもある。今後の鋼構造物塗装において、安全性や環境対策に有効な水性塗料の普及が期待される。

参考文献

- 1) 公益財団法人 鉄道総合技術研究所：
鋼構造物塗装設計施工指針, p.III-16(2013)
- 2) 独立行政法人 土木研究所, 関西ペイント株式会社,
株式会社トウペ, 神東塗料株式会社, 中国塗料株式
会社, 日本ペイント株式会社, 大日本塗料株式会社：
共同研究報告書整理番号第411号
鋼構造物塗装のVOC(揮発性有機化合物)削減に
関する共同研究報告, pp.III-237-239(2010)
- 3) 公益社団法人 日本道路協会：鋼道路橋防食便覧,
p.II-208(2014)
- 4) 一般社団法人 日本塗料工業会：
鋼構造物用さび止めペイント JPMS30, p.2(2016)
- 5) 一般社団法人 日本塗料工業会：
鋼構造物用耐候性塗料 JPMS31, p.3(2016)
- 6) 首都高速道路株式会社：鋼橋塗装設計施工要領,
p.I-5(2017)