

ターペン可溶ウレタン 変性上塗下塗兼用塗料 「パワーMレタンEX」の開発

“POWER M RETAN EX”, Turpentine Soluble
Polyurethane Modified Coating with
Integrated Function of Primer and Topcoat



汎用塗料本部
建築技術開発部
永吉沙希
Saki
Nagayoshi



汎用塗料本部
建築技術開発部
尾崎 透
Toru
Ozaki



CM 研究所
松田英樹
Hideki
Matsuda

1. はじめに

近年、様々な業界で環境問題の改善に貢献できる製品や省エネ・省コストを目的とした商品が開発・販売されている。省資源化を目的とした建物の長寿命化を進めるにあたり、塗料に対してはメンテナンスに適した材料への要求が高くなっている^{1), 2)}。弊社では、このような要求に応えるもののひとつとして上塗下塗兼用塗料³⁾である「パワーMレタン」を長らく販売し、市場での好評価を得てきた。この「パワーMレタン」は、優れた防食性と耐候性を有し、鉄部一般仕様（さび止め～上塗り2回の計3回塗装）での性能を少ない塗り回数（本品2回塗装）で発揮するものであり、工程数の削減、即ち、省コスト化を目的とした商品である。今回、従来品「パワーMレタン」の設計を見直し、さらに塗装作業性・仕上がり性を向上させた「パワーMレタンEX」を開発したので、本報にて特長と開発した技術を紹介する。

2. 「パワーMレタンEX」の特長

「パワーMレタンEX」は、耐候性・環境遮断性および付着性に優れたウレタン樹脂に特殊な防錆顔料を適用することにより、下塗りの防食性と上塗りの耐候性を両立させた2液型のターペン可溶ウレタン変性上塗下塗兼用塗料である。塗装仕様を表1に示す。屋内・屋外の主に鉄扉・手摺・階段などの鉄部に幅広く適用することができる。さらに亜鉛メッキなどの非鉄部位への適用も可能となっている。

3. 機能目標と改良

3.1 機能目標

「パワーMレタンEX」は、従来品「パワーMレタン」の耐候性・防食性に加え、特に低温（10℃以下）における塗膜の架橋性や現場での調色性といった塗装作業性や仕上がり性を弱溶剤ウレタン樹脂系上塗り塗料と同等とすることを目標とした。

3.2 改良手法

3.2.1 塗装作業性・仕上がり性の改良

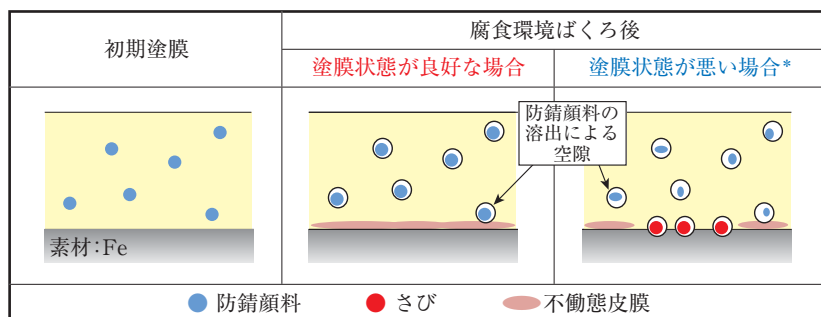
塗装作業性・仕上がり性における従来品「パワーMレタン」（エポキシアミン架橋系）の潜在的課題は、低温時（10℃以下）の塗り重ね（2回目の塗装）でにじみ・ちぢみなどを発生する場合があったこと、及びカラーペーストを用いた調色ができなかったことにある。これら課題を解決するため、弊社で実績のある上塗り塗料の設計技術を参考に、ウレタン架橋系を採用することとした。

3.2.2 防食性の改良

ウレタン架橋系でエポキシアミン架橋系と同等の環境遮断性と被塗物に対する付着性をもたせることとした。そのために、疎水性モノマー及び架橋官能基を増量することで、従来の一般的なウレタン樹脂に比較して腐食因子（酸素、水など）に対する遮断性を向上させた新たなウレタン樹脂を設計した。さらに特殊な付着付与剤を導入すること、

表1 推奨塗装仕様

工程	塗料名と処置	標準所要量 (kg / m ² / 回)	塗装間隔 (23℃)	希釈率 (%)	塗装方法
素地調整	劣化している塗膜はケレン工具で除去する。さびは電動工具やサンドペーパーなどを用いて除去し、被塗装面を清掃する。素地調整露出部は変性エポキシ樹脂下塗を用いて補修塗りを行う。				
1回目	パワーMレタンEX 塗料用シンナーA	0.12 ~ 0.13	4時間以上 7日以内	2 ~ 8	ローラー ハケ
2回目	パワーMレタンEX 塗料用シンナーA	0.12 ~ 0.13	—	2 ~ 8	ローラー ハケ



*塗膜の付着性・環境遮断性が劣る場合、防錆顔料の溶出量が多すぎる場合、防錆顔料の不動態形成能力が劣る場合など

図1 不動態皮膜形成・防食イメージ

及び塗膜の Tg (ガラス転移温度) の最適化を図ることで素地への付着性を大きく向上させた。

さらに長期防食性を付与するため、最適な防錆顔料の適用が重要である。その際におけるキー技術は、防錆顔料が溶出する際に塗膜に過度な空隙を発生させず、少量の溶出で不動態皮膜を形成し金属素地の腐食を抑制する特長を持つ防錆顔料を開発・適用することである。この塗膜特性と防食性に関するイメージを図1に示す。

4. 性能

4.1 塗膜特性と防食性

表2に「パワーMレタンEX」仕様と従来品「パワーMレタン」の塗膜の環境遮断性等の結果を示す。水蒸気透過性、酸素透過係数は従来品と同等レベルであり、また吸水量はほぼゼロで塗膜自体に水が保持され難いことが確認された。ウレタン架橋を採用することにより、従来品と比較して塗膜中に残存する極性官能基が効果的に低減されたためと考えている。

新たに適用した特殊防錆顔料の特徴として、表3に5%塩化ナトリウム水溶液に対する防錆顔料の溶解量を示す。「パワーMレタンEX」に用いた防錆顔料の溶解量は代表的な防錆顔料であるストロンチウムクロメートや従来用いて

きたものと比較して少ない。図2に、この防錆顔料溶解液に浸漬した銅板の塩化ナトリウム水溶液中における分極特性⁴⁾を示す。「パワーMレタンEX」に適用した防錆顔料溶解液に浸漬した銅板は、他と比較してアノード分極特性が強く抑制されている。従って、防錆成分が鉄表面をアノード溶解しにくい状態(不動態状態)に変質させていることがわかる。

表3 顔料の溶解量 (in 5%NaClaq.)

顔料種	溶解量 (μg/ml)
パワーMレタンEX適用特殊防錆顔料	104
防錆顔料A	340
ストロンチウムクロメート	1710

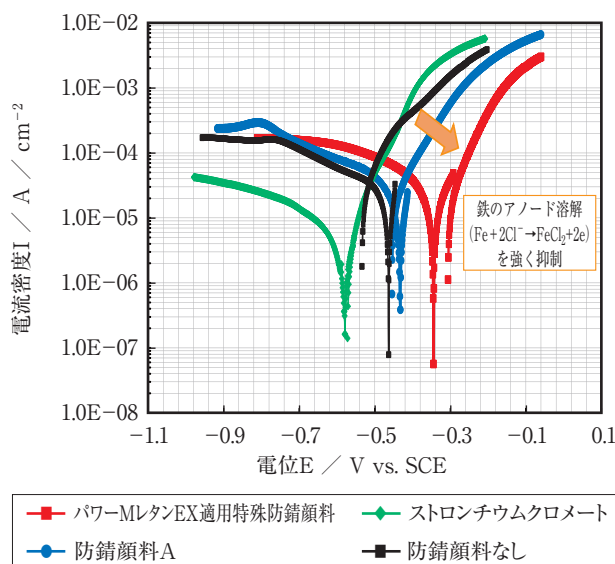


図2 防錆顔料溶解液にて処理した冷間圧延鋼板の分極特性 (in 5%NaClaq.、大気開放)

表2 塗膜の環境遮断性

	透水性 (ml/日)	40℃ 1日浸漬後の吸水量 (g/m²)			水蒸気透過性 (g/m²・日)	酸素透過係数 (×10 ⁻¹¹ cm³(STP)cm/cm²sec・cmHg)
		水	塩水	アルカリ水		
パワーMレタンEX	0.03	1	0	0	100	15~17
従来品パワーMレタン	0.04	48	8	45	115	19~21
弱溶剤エポキシ樹脂系錆止め	0.02	1	1	9	36	4~6

◆吸水量: 40 mm×70 mmの剥離した塗膜 (約0.35 g) を各水溶液に浸漬、40℃静置後の湿潤塗膜重量増から計算。

- ・水: 脱イオン水
- ・塩水: 3%塩化ナトリウム水溶液
- ・アルカリ水: 0.5%水酸化ナトリウム水溶液

◆水蒸気透過性: 70 mlのマヨネーズ瓶に20 gの水分測定用塩化カルシウムを入れ、剥離した塗膜 (膜厚約55 μm) を蓋の部分に接着させる。接着後、40℃×90%に静置、1日おきに重量の変化を測定。

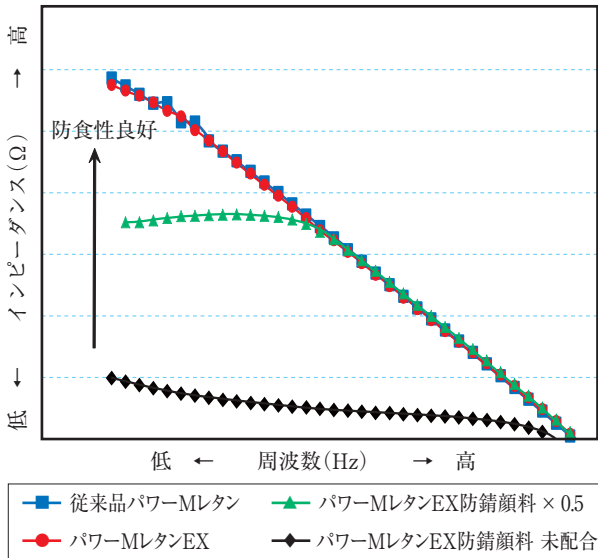


図3 複合サイクル試験実施後における電気化学インピーダンスの比較

鋼板塗装サンプルについて「パワー-MレタンEX」の防錆顔料添加量を変動したときのJIS K5674で規定される複合サイクル腐食試験(100サイクル)実施後において、塗膜外観が正常である一般部の電気化学インピーダンス^{5)、6)}(塗膜下腐食度)の解析結果を図3に示す。防錆顔料を減量するとインピーダンス(電気化学的腐食抵抗値)が低下したことから、防錆顔料は添加量に応じて有効に塗膜下における腐食抑制に寄与していたことがわかる。また同様の複合サイクル腐食試験後の外観比較を図4に示す。JIS規格の36サイクルからさらに100サイクルまで延長しても、従来塗装系と同等の防食性を発揮している。以上のように優れた特性をもつ本防錆顔料技術は、亜鉛めっき鋼板上においても有効であることが確認できており、今後幅広い用途への展開が期待される。

図5に弊社海浜ばくろ試験場(図6、写真1)における屋外ばくろ試験(傾斜0°1年)結果を示す。離岸距離が50m前後となる強腐食環境におけるばくろ試験において、複合サイクル腐食試験と同様に従来塗装系と同等の防食性を有することが実証されている。今後更なる長期防食性を確認していくとともに、「パワー-MレタンEX」に関する優れた防食技術及びその特性については別の機会にまた報告したいと考えている。

鉄部一般仕様	弱溶剤ウレタン樹脂上塗	パワー-MレタンEX
上塗 2回 下塗 1回	上塗 2回 下塗 1回	上塗 2回 下塗 1回
3回塗り 弱溶剤1液変性エポキシ樹脂下塗 35 μm 弱溶剤ウレタン樹脂上塗 30 μm 弱溶剤ウレタン樹脂上塗 30 μm	2回塗り 弱溶剤ウレタン樹脂上塗 35 μm 弱溶剤ウレタン樹脂上塗 35 μm	2回塗り パワー-MレタンEX 35 μm パワー-MレタンEX 35 μm
一般部 ○良好	一般部 膨れあり	一般部 ○良好

(注1) カット部を囲む線は、塗膜が膨れている部分を示している。内側の黒い線が36サイクル、外側の赤い線が100サイクル終了時の結果。
 (注2) JIS-K5674サイクル腐食試験の評価基準を以下に示す。36サイクル終了時点で、カット部周辺の膨れが2mm以下であること。また一般面にさびおよび剥がれを認めないこと。

図4 JIS-K5674 複合サイクル腐食試験実施後の外観比較

鉄部一般仕様	弱溶剤ウレタン樹脂上塗	パワー-MレタンEX
上塗 2回 下塗 1回	上塗 2回 下塗 1回	上塗 2回 下塗 1回
3回塗り 弱溶剤1液変性エポキシ樹脂下塗 35 μm 弱溶剤ウレタン樹脂上塗 30 μm 弱溶剤ウレタン樹脂上塗 30 μm	2回塗り 弱溶剤ウレタン樹脂上塗 35 μm 弱溶剤ウレタン樹脂上塗 35 μm	2回塗り パワー-MレタンEX 35 μm パワー-MレタンEX 35 μm
一般部 ○良好	一般部 さび、膨れあり	一般部 ○良好

図5 海浜ばくろ試験場 屋外ばくろ試験(傾斜0°1年)後の外観比較

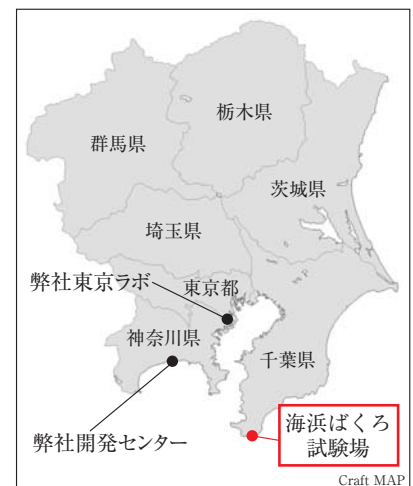


図6 弊社ラボ及び海浜ばくろ試験場の所在



写真1 弊社海浜ばくろ試験場の様子

4.2 耐候性

図7にJIS K5600 7-7に規定されるキセノンランプ式促進耐候性試験結果を示す。「パワーMレタンEX」は弱溶剤ウレタン樹脂系上塗り塗料と同等の耐候性を有する。これは、新規に開発したウレタン樹脂の優れた硬化特性と、溶出量の少ない特殊な防錆顔料の適用により、塗膜から防錆顔料が溶出することによって生じる空隙ができ難い特性が有効に作用したものと考えている。

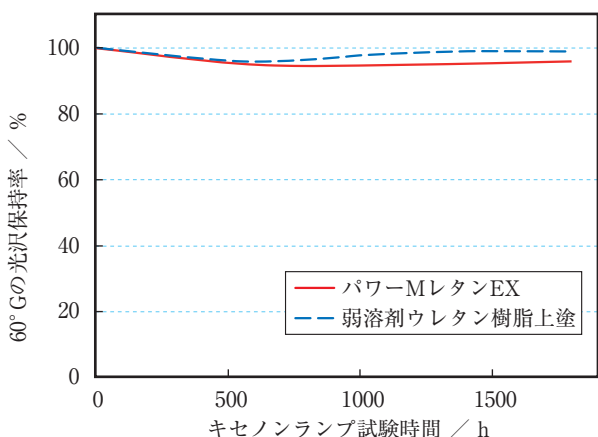


図7 JIS-K5600-7-7 キセノンランプ式促進耐候性試験による比較

4.3 塗装作業性・仕上がり性

従来品「パワーMレタン」の低温(10℃以下)塗り重ね(2回目の塗装)におけるにじみ・ちぢみ発生に対する潜在的懸念点は、先述したような架橋性が優れるウレタン樹脂を新規開発することによって解決した。図8に塗装後の養生温度及び日数とキシレン溶剤抽出残分(塗膜の硬化性)の関係を示す。従来品と比較して室温(23℃)、低温(5℃)ともに塗膜の硬化性が向上している。本技術によって、鉄扉や手摺などの手が触れる部位での皮脂による塗膜軟化現象⁷⁾についても同時に改良することができた。

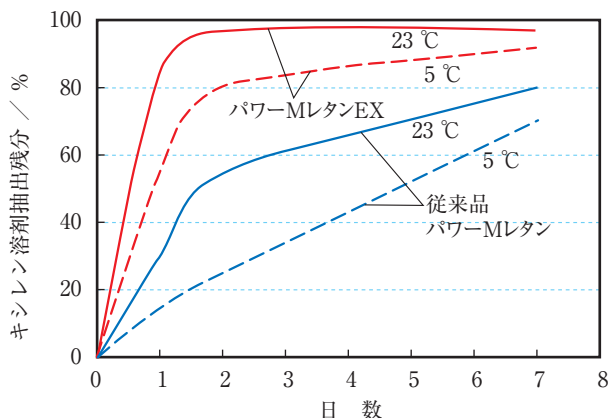


図8 塗装後の養生温度及び日数と溶剤抽出残分(塗膜の硬化性)との関係

図9に塗料に与えるせん断速度(シアレート)に対する粘性挙動を示す。「パワーMレタンEX」は高シアレート時には低粘度に、低シアレート時には高粘度となるように設計したことにより、一般的な上塗り塗料のように塗りやすく、かつタレ難く滑らかな仕上がり肌を形成できる塗料となっている。また「パワーMレタンEX」はこの塗料粘性特性によって、より高い防食性を得るための膜厚を確保するのに必要な「厚塗り性」を兼ね備えている。さらに弱溶剤の塗料用シンナーで希釈するため脆弱な旧塗膜を溶かすことなく、臭気もマイルドで作業しやすい塗料である。性能試験結果一覧を表4に示す。

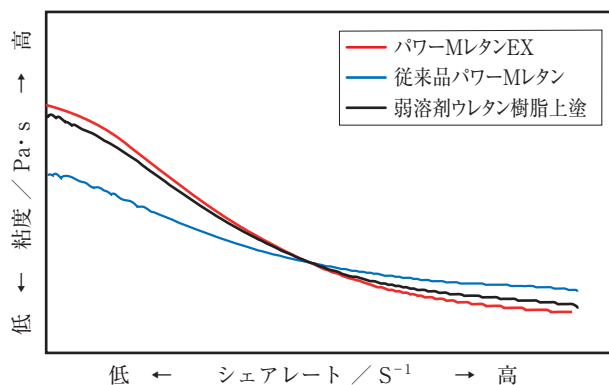


図9 塗料に与えるせん断速度(シアレート)に対する粘度挙動の比較

5. まとめ

「パワーMレタンEX」は上塗り塗兼用塗料であり、一般的な塗装では3工程・2品種のところを2工程・1品種で済ませることが可能となるため、塗料の在庫品種の削減、塗装コストの低減が可能となる。また塗装回数が削減されることによる塗装時のVOC排出低減が期待できる。さらにホルムアルデヒド放散等級区分「F☆☆☆☆」であり、鉛・クロムフリーの環境に配慮した塗料である。表5にUR都市機構の『保全工事共通仕様書 機材及び工法の品質判定基準仕様登録集平成23年版』⁸⁾第1章機材編の“3. 錆止め兼用ウレタン樹脂ペイント塗り(UE)”の性能試験結果一覧を示す。「パワーMレタンEX」はUE規格を満たす塗料でもある。

今後も塗装の効率性や安全性、環境対応への追及は止むことなく、さらに高水準な段階に進んでいくものと思われる。本稿で紹介した「パワーMレタンEX」が新設・塗り替え塗装の分野において幅広く採用されることを期待するとともに、技術のさらなる向上に努め、より高性能でかつ安価な塗料を提供できるよう一層の努力を重ねていきたい。

表4 性能試験結果一覧

項 目		試験期間	目 標 値	パワーMレタンEX	従来品 パワーMレタン
防 食 性	海浜ばくろ	18ヶ月	18ヶ月でカット部のさび・膨れ幅が20 mm以下、一般部にさびがなく、傾斜塗りで50 μm以上で錆がないこと。	○	○
	代用試験： 海浜地区ばくろ*1)	6ヶ月	6ヶ月でカット部のさび・膨れ幅が10 mm以下、一般部にさびがなく、傾斜塗りで30 μm以上で錆がないこと。	○	○
	ソルトスプレー	240時間	240時間でカット部のさび・膨れ幅15 mm以下で、一般面にさびの発生がないこと。	○	○
	複合サイクル	36サイクル	36サイクルでカット部のさび・膨れ幅2 mm以下で、一般面にさび・はがれを認めない。(JIS K5674)	○	○
耐 候 性	ばくろ 耐候性	亜熱帯地区ばくろ*2)	塗色白：12ヶ月で白亜化2以下	○	○
		代用試験： H ₂ O ₂ キセノン	塗色白：256時間で白亜化2以下	○	○
	促進耐候性	キセノン	1200時間で60°GのGR80 %以上	○	○
汎 用 性	刷毛、ローラー作業性		刷毛、ローラーでの塗装が問題ないこと。	○	△
	塗り重ねによるにじみ		塗装間隔16時間で再溶解せず、1層目からのにじみがないこと。	○	△
	共通ペースト適性		カラーペーストによる調色で調色性に異常がないこと。	○	△

*1) 弊社 千葉県房総市 千倉試験場

*2) 弊社 鹿児島県奄美群島 沖永良部試験場

表5 UR都市機構 UE*性能試験結果一覧

試験項目	結 果	判定基準	試験方法	
塗装作業性	塗装作業に支障がない。	塗装作業に支障がないこと。	試験番号01	
塗膜の外観	むら・しわ・へこみ・はじき・つぶ等がなく、塗膜の外観が正常である。	むら・しわ・へこみ・はじき・つぶ等がなく、塗膜の外観が正常であること。	試験番号02	
耐衝撃性	衝撃的変形による塗膜のひび割れ・はがれを認めない。	試験片3枚中2枚以上に衝撃的変形による塗膜のひび割れ・はがれを認めないこと。	試験番号03	
ポットライフ	規定時間後に使用できる。	規定時間後に使用できること。	試験番号04	
複合サイクルテスト	36サイクルでフレ・はがれがない。試験片の周辺10 mm以上及びカット部より両端2 mm以上のさびを認めない。	36サイクルでフレ・はがれがないこと。試験片の周辺10 mm以上及びカット部より両端2 mm以上さびないこと。	試験番号05	
促進耐候性 (500時間)	塗膜状態	見本品に比べて異常が少ない。	試験片3枚中2枚以上に見本品に比べて異常の少ないこと。	
	付着性	分類0		試験番号06
	光沢保持率	96 %		
	白亜化度	等級0		
鏡面光沢度(60°)	83	70以上	試験番号07	

* UR都市機構『保全工事共通仕様書 機材及び工法の品質判定基準仕様登録集平成23年版』

第1章 機材編 3.錆止め兼用ウレタン樹脂ペイント塗り(UE)

参考文献

- 1) 特集 戸建住宅のメンテナンス技術：塗装工学、**46** [3] (2011)
- 2) 特集 塗装システムのメンテナンス：工業塗装、[226] (2010)
- 3) 飯田眞司、松本康幸、野田純生：塗料の研究、**133**、41-47 (1999)
- 4) 原 義則、中井 昇：塗料の研究、**142**、2-8 (2004)
- 5) 水流 徹：電気化学および工業物理化学、**64** [7]、805-810 (1996)
- 6) 水流 徹、浅利満頼、春山志郎：金属表面技術、**39** [1]、2-9 (1988)
- 7) 松木弘泰、中村皇紀、牧野賢一：塗料の研究、**153**、20-23 (2011)
- 8) UR 都市機構：保全工事共通仕様書 機材及び工法の品質判定基準仕様登録集平成23年版、(2011)