

工業市場向け「環境対応」の最新塗料について

The Latest Coatings of “For Environment Protection” for an Industrial Market



工業塗料本部
(現 日本化工塗料㈱)
大西和彦
Kazuhiko
Ohnishi

総説・解説

1. はじめに

工業用分野は自動車、汎用(建築・防食)、船舶以外の極めて多岐にわたる市場分野である。図1に工業用分野の概要を示す。被塗物としては産業機械、大型車両、建材、電気機器、金属2次製品及び外装建材の非金属製品、飲料缶など極めて多分野にわたる。また、適用される塗料の形態も溶剤型塗料、水性塗料、電着塗料、粉体塗料、UV塗料等と極めて多い。

近年、環境保護への取り組み、例えばVOC規制、PRTRの法制化、ISO14000の認証取得と、REACH、GHSなど環境保護に対する意識の高まりが大きい。表1に今まで『塗料の研究』で環境問題に関して解説された項目を示す。それぞれの詳細については、それらを参考にして頂きたい。

そのような背景のもとで工業用分野も環境対応塗料技術の重要性が高まっており、VOC対策としてはハイソリッド塗料、水性塗料¹⁾、粉体塗料²⁾への移行が進んでいる。また、製品の安全性からクロムフリー化、RoHS・ELV規制対応、ホルムアルデヒド対応、さらに低温化、省エネ型対応、植物由来の澱粉塗料^{3)、4)}など各種の環境に対して優しい塗料の製品化を推進している。

表1 環境問題に関する主な規制

法規・法令	塗料の研究
大気汚染防止法	127,129号
ISO14001環境マネジメントシステム	128号
廃棄物処理法	130号
地球温暖化対策推進法	131号
省エネ法	131号
PRTR (環境汚染物質排出・移動登録)	132,133号
LCA (ライフサイクルアセスメント)	138,139号
環境会計	139号
土壌汚染対策法	140号
大気汚染防止法改正	143号
ELV指令 & RoHS指令	146号
GHS	147号
REACH規制	149号

本報告では、鋼製家具、家電、配電盤、農業機械、建設機械、産業機械、外装建材、飲料缶などをとりあげ、一般的な工業用分野での市場動向と弊社の各分野での代表的な最新の環境対応製品とその技術の概要について報告する。

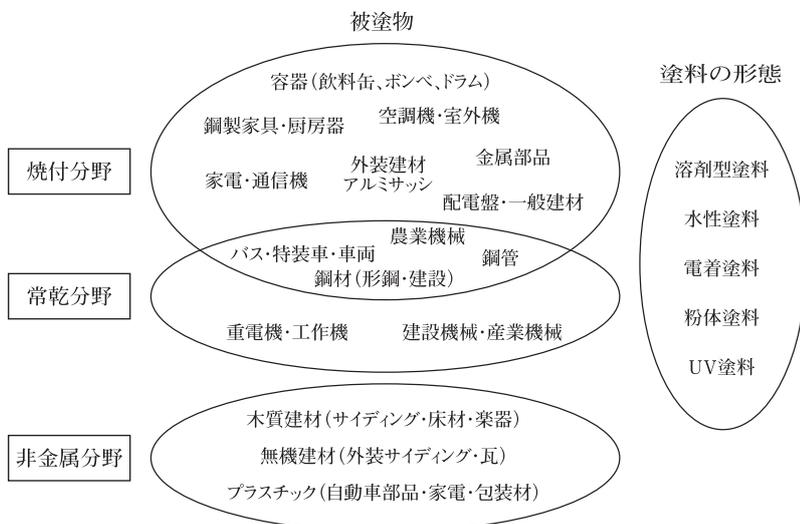


図1 工業用分野

2. 工業用分野の市場動向

2.1 鋼製家具

鋼製家具分野では素材の厚さが1mm前後と薄く、生産性も考慮し焼付型塗料が以前から使用されている。製品は、デスクやキャビネット、ロッカーなど主に屋内で使用されるものと、物置のような屋外で使用されるものに大別される。焼付型アミノアルキド樹脂塗料を1コートで塗装する方法が従来から行われ、現在でも最も一般的な仕様となっている。塗膜に求められる性能は、溶剤型塗料のJIS K5651「アミノアルキド樹脂塗料」に規定された品質を基本として、各社が独自の規格を

追加している。

ただし、昭和40年代の大気汚染に対する問題意識の高まりから、例えば大阪府では、一定規模以上の塗装施設では溶剤型塗料の使用が難しくなった。そのため、溶剤型塗料から水性塗料への転換が早くから進んでいる。また、「PRTR法」や2006年4月より施行された「大気汚染防止法の一部改正」によってその動きはさらに加速しており、水性塗料や電着塗料、粉体塗料などの脱溶剤型塗料への動きは活発になっており、採用するメーカーも増えつつある。しかし、水性塗料、粉体塗料、電着塗料の場合でも従来の溶剤型塗料と同等の塗色対応と管理、塗装作業性、つや消し、コスト等のパフォーマンスが要求される。

最近では、従来の溶剤型塗料においてはホルムアルデヒドに対する意識の高まりから低ホルマリン化要求、すなわちシックハウス対策としての塗料のF☆☆☆☆化が要求されてきている⁵⁾。

2.2 家電

家電製品に使用される塗装鋼板は、成形した後に表面処理、塗装・焼付を行う方法（ポストコート方式）と、前もって塗装された鋼板を成形加工した後に組み立てる方法（プレコート方式）に大別できる。

ポストコート方式では、需要家（電機メーカー）で塗装・焼付が行われており、用いられる塗料は溶剤型塗料の場合、下塗りとしてエポキシ樹脂系塗料が、上塗りにはアクリル樹脂系やアルキド樹脂系塗料が、2コート2ベークで使用されている。粉体塗料の場合は、主にポリエステル樹脂系塗料が1コート1ベーク（厚膜）で使用されており、塗装はいずれも静電塗装で行われている。

一方、プレコート方式では、鋼板メーカーで専用の塗装ラインにて塗装・焼付が行われており、塗装された鋼板をPre Coat Metal（以下PCMと略す）と呼んでいる。

プレコート方式は、連続塗装した平板をプレス成形して製品として組み立てるため、その合理性だけでなく、塗装環境面でも有利なシステムとして発展を遂げてきた。さらに近年は、加工性と耐候性、及び耐汚染性などの機能を両立する技術が開発されているが、このような機能性向上により、特に家電製品のプレコート化が確実に進んでいる。プレコート鋼板が適用される用途が拡大するに伴い、さらなる高機能化（加工性と硬度、耐汚染性、耐候性）、高意匠化（マット、チヂミ、パール、メタリック仕上げ）が要求されるようになってきた。さらに耐食性の観点から、六価クロムを含む表面処理ならびに下塗り塗料には六価クロム化合物を含むクロム系防錆顔料が使用されているが、環境保護の観点から六価クロムを含まないクロムフリー塗料の要求も自然の流れになってきている。

また、家電用プラスチックの塗装に関しては、従来の石油由来から植物由来の澱粉塗料が採用されるようになってきている^{3), 4)}。

2.3 配電盤

配電盤は重電機器分野に分類されるが、一般的な工場向けの汎用品から化学工場、大型プラント内の設置まで幅広い用途に使用されている。そのために、一般屋内環境以外に、屋外曝露、塩害、薬品環境など様々な環境に設置されることになる。塗装仕様も、従来からの高膜厚化に加え、高耐食性、高耐候性、高耐薬品性などの色々な機能付与が要求されるようになってきた。汎用向けの薄板製品は大量生産が可能であるライン塗装が適している焼付塗料が用いられており、プラント仕様や特殊環境で使用される場合の多い厚板大型製品は常乾塗料が一般的に使用されている。

しかし、最近では、大型小型、板厚に関係なく、生産性の点からライン塗装が主となる傾向があり、下塗りはカチオン電着塗料、上塗りも厚膜可能で、VOC対応から粉体塗料の採用も増えてきた。

現在では、下塗りがカチオン電着塗料で、上塗りがポリエステル粉体塗料となる仕様が最も多くなっている。この仕様は塗膜トータルでの耐久性が向上することと、従来の各単膜でもなかなか達成できない端面防食を2コートで向上させることができ、優れた性能を発揮できる仕様である。さらに塗装工程の短縮、省エネを目的として電着・粉体塗料のW/W塗装システムも採用されるようになってきた。ただ、耐薬品性の厳しい環境や大型配電盤や色対応が必要な通信機器・発電機などに対しては、上塗りは強制乾燥型の2液ウレタン樹脂塗料が多く使用されている。今後、環境保護の観点から水性塗料、粉体塗料の展開がさらに活発化することが予想される。

2.4 農業機械

農業機械分野では、ここ10年、耐食性・仕上り性改良を目的に下塗りに電着塗装が導入されて久しい。上塗りに関しては、大型・乗用型の普及により仕上り性について自動車並みの要求に対し検討が行われている。最近では、PRTR法の施行により、重金属含有顔料の代替が進んでいる。下塗りはカチオン電着塗料、上塗りは低温焼付の溶剤型塗料が主な標準的な塗装仕様である。近年、上塗り塗料としては環境対応からやはりハイソリッド塗料、水性塗料、粉体塗料などが検討され始めている。

2.5 建設機械、産業機械

塗料としては常温乾燥型及び強制乾燥型が主として使用されている。塗装仕様として下塗りは常乾アルキド樹脂系塗料、上塗りは2液ウレタン樹脂塗料が代表的に使用されている。従来は組み立て後に塗装を行う完成車塗装が主流であったが、最近では塗装後に組み立てを行う部品塗装が多くなりつつある。これにより防錆面では複雑形状が故の塗り残し部位からの発錆にも改善されるようになった。また、塗装工程の短縮を目的として、厚塗り1コート2液ウレタン樹脂塗料の採用が増えている。

さらには、大型ゆえに常温乾燥型塗料に限定されていた

塗料選定が、強制乾燥型塗料や焼付硬化型塗料へと選択肢が拡がり、2液型ウレタン樹脂塗料や環境対応を考慮してカチオン電着塗料や粉体塗料、水性塗料に変わりつつある。

2.6 外装建材

外装建材用途としては、代表的なものにカーテンウォール、アルミサッシ、ガードレール、フェンス、窯業サイディング、金属屋根材、金属サイディングなどがある。ビル用カーテンウォールは低汚染性の機能を持つ高耐候性のフッ素樹脂塗料などが塗装されている。最近ではヨーロッパでの実績もあることから国内においても粉体の適用が検討されている。また、アルミサッシは海外では主に粉体塗料が使用されているが、日本では従来からアクリル系の電着塗料が主として塗装されている。フェンス、ガードレールは主に粉体塗料などが塗装されている。また、近年では機能として防汚性能が要求されるようになってきており開発が進んでいる。窯業サイディングは水性（エマルジョン）塗料が主流であるが、用途により溶剤型塗料も使用されており、最近では環境面からさらなる水性化が要求されるようになってきている。また、金属屋根材とか金属サイディングには主にPCMが用いられており⁶⁾、高機能化（遮熱性、耐汚染性、高耐候性、高耐食性）及び環境対応からクロムフリー化の要求が高まっている。

2.7 飲料缶

飲料缶の内面には、内容物の風味の保持や内容物による金属素材の腐食防止などのために、また外面には、金属素材の腐食防止や美的商品価値を高めるなどのために塗料が塗装されている。

形状で大別すると、缶体と上蓋の2つのパーツから構成される2ピース缶（主にビール・炭酸飲料などが充填される）と、缶胴と上・地の蓋部分の3つから構成される3ピース缶（主にコーヒー飲料などが充填される）に分けられる。

最近では、缶用金属素材にポリエステルフィルムをラミネートする方式の缶も増加しており、従来の塗装缶の缶胴部位がラミネート方式に移行されているものの、依然塗装缶も多く生産されている。

塗料としては環境問題、省資源・省エネルギー対策から、従来の溶剤型塗料以外に主に水性塗料が¹⁾、その他としてはエネルギー線硬化型塗料、ハイソリッド塗料などの塗料が使用されているが、さらなる使い易さと機能性向上、コストパフォーマンスが求められている。

3. 工業用分野の開発動向と製品開発

以上述べてきた工業用分野市場あるいはユーザーからのニーズは、環境対応や経済性に限らず、多項目にわたる複合された機能を目指すものが多い。図2に示すように、大きく環境対応、経済性、商品力向上の3つに大別できる。

弊社でも、以上のような市場の動向に対して色々な環境対応の新製品の開発を精力的に進めている。

図3に弊社の最近開発した塗料形態別の代表的な環境対応製品の概要を示す。

本報告では、以下の「環境対応」の最新塗料について順を追って報告する。

- (1) 重金属フリー、PRTR対応製品の「クリーンアミラック」
- (2) ホルムアルデヒド放散量の低減塗料の「アシム」
- (3) 溶剤型ハイソリッド1コートウレタン塗料の「MFコート300」
- (4) 水性2液ウレタン上塗り塗料の「アスカレタン」
- (5) 低温硬化型PRTRフリー 対応ポリエステル粉体塗料の「EV8000シリーズ」
- (6) 省エネ操業運転の可能なエコ電着塗料の「エレクロンKG400EC、KG500EC」
- (7) クロム系防錆顔料を使用していない安全性の高いクロムフリー PCM塗料の「KPカラー 8200系プライマー」

3.1 「クリーンアミラック」

環境対応型アミノアルキド樹脂塗料の「クリーンアミラック」は、従来の「アミラック」の重金属フリー、PRTR対応製品である。長年の工業市場で培ったアミラック製品の塗料設計技術・樹脂設計技術を適用している。さらに本製品の特徴は、RoHS、ELV規制対応として、対象6物質（Cd、Hg、

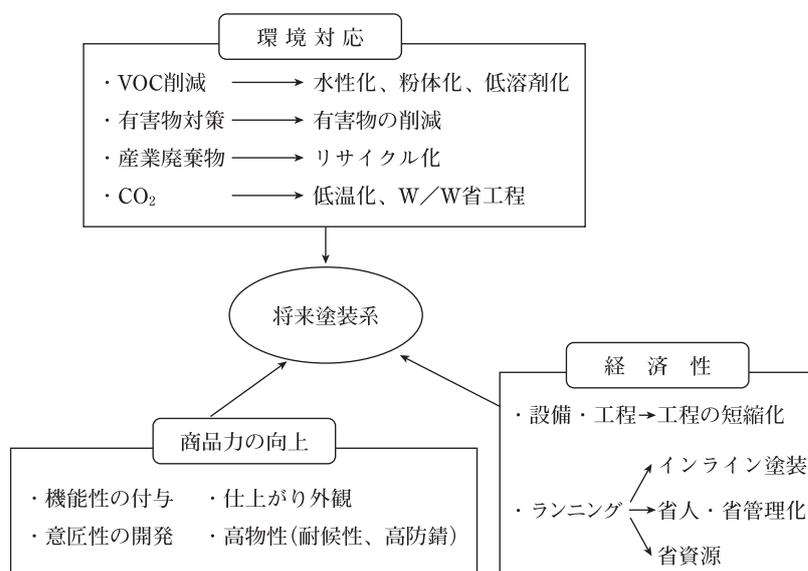


図2 工業用分野の将来塗装系

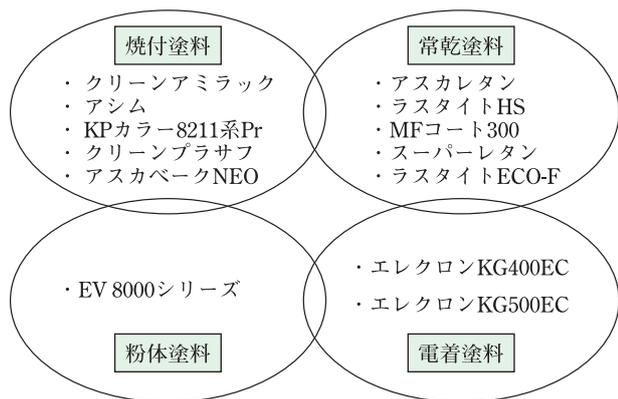


図3 最新の環境対応製品

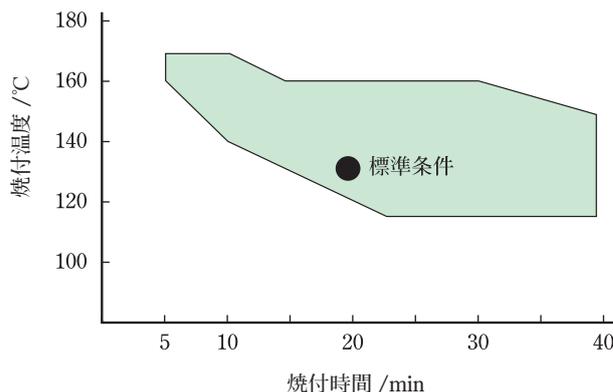


図4 「クリーンアミラック」の焼付適用範囲

Pb、Cr⁶⁺、PBB、PBDE) を含んでいない。また、塗料製造工程・調色工程においても囲い込み製造とする事で、工程での混入要因も排除してあり、RoHS、ELV規制に対応した『環境品質宣言書』が発行可能である。

同時にPRTR対象物質であるキシレン等の含有量は塗色により異なるが、淡彩色では表2に示すとおり大幅削減している製品である。

表3、図4に示すように極めて①焼付温度巾が広く、②塗膜物性が良好なバランスの取れたエコ製品である。現在、鋼製家具その他各種用途での焼付上塗り塗料としての用途に使用されており、今後さらなる拡大が期待される。

表2 淡彩色でのPRTR対象物質含有量(%)

	PRTR対象物質	現行アミラック1000	クリーンアミラック
淡彩色	キシレン	10.0~11.0	0.15~0.80
	エチルベンゼン	8.9~9.8	0.13~0.70

*色により含有量が異なる(濃色ほど増加)。製品のラベル、MSDSに表示。

3.2 「アシム」

3.2.1 特徴

溶剤型の特殊変性ポリエステル・アミノ樹脂塗料の「アシム」は、ホルムアルデヒド放出量の低減を達成した室内向け用途の環境対応製品である。製品名はAnti・Sick・House・Ideal・Material に由来する。架橋システムとしては従来のメラミン架橋を維持したままであり、塗膜性能・作業性に関しては従来の製品の性能を維持している。

製品の特徴としては、

①塗膜からのホルムアルデヒド放出量が少ない。

改正建築基準法が2003年7月に施行されてから、建築内装向け、現場施工タイプの塗料は、ホルムアルデヒドの放出量にFスターの等級を設定し、使用面積の制限を設けた⁵⁾。

マーク表示なし : 使用禁止

F☆☆ : 使用面積制限有り(F☆☆☆☆より使用面積は少なくなる)

F☆☆☆☆ : 使用面積制限有り

F☆☆☆☆☆ : 使用面積制限なし

表3 「クリーンアミラック」の塗膜性能

素 材 表面処理		SPCC (冷間圧延鋼板) リン酸亜鉛系化成処理 (PB3140)		試験条件
塗 装 系	プライマー	な し		
	中塗	な し		
	上塗	塗料名 膜厚 乾燥条件	クリーンアミラック淡彩色 25~35 μm 130℃×20分	エアスプレー 素材温度
塗 膜 性 能	鏡面光沢	90以上		60度
	鉛筆引っかき値	H以上		ヤブレ
	付着性	100/100		1mm碁盤目
	耐衝撃性	40cm(異常なし)		デュボン式1/2インチ500g
	耐水性	異常なし(72時間)		40℃上水
	耐塩水噴霧性	外観 クロスカット部	異常なし(72時間) 3mm以下	5% NaCl 35℃ セロテープ剥離巾
	耐酸性	異常なし		3% H ₂ SO ₄ 24時間
	耐アルカリ性	異常なし		3% Na ₂ CO ₃ 24時間
耐溶剤性	異常なし		揮発油2号20℃ 24時間	
促進耐候性	外観 光沢保持率	異常なし 90%以上	キセノンウェザオメーター 400時間	

従来の常識ではメラミンを硬化剤として使用した焼付塗料では、メラミンすなわちホルムアルデヒドであるため、ホルムアルデヒド放散量F☆☆☆☆レベルを達成する事は難しいと考えられていたが、「アシム」は図5に示すようにF☆☆☆☆を達成し、日塗検証明書第08030号を取得した。

- ②塗膜からの臭気が少ない。
- ③PRT R対象物質を大幅削減。
- ④白系塗色での焼付時の耐黄変性にも優れている。

など今までメラミン硬化系で達成がなし得なかった塗膜性能を発揮する。

また、焼付適用範囲を図6に示す。

「アシム」はホルムアルデヒドの発生を塗料設計、樹脂設計、ホルムアルデヒド捕捉制御技術を適用し、その低減を達成している。

以下順を追ってホルムアルデヒド発生及びメカニズムと開発のキーポイントを記述する。

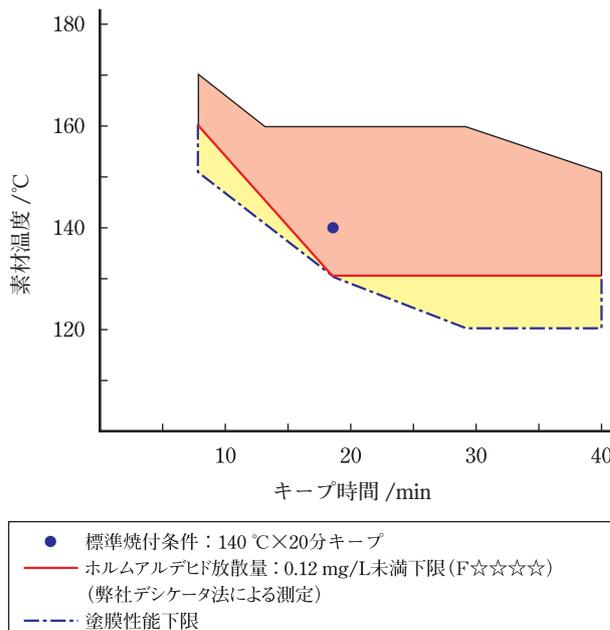


図6 「アシム」の焼付適用範囲

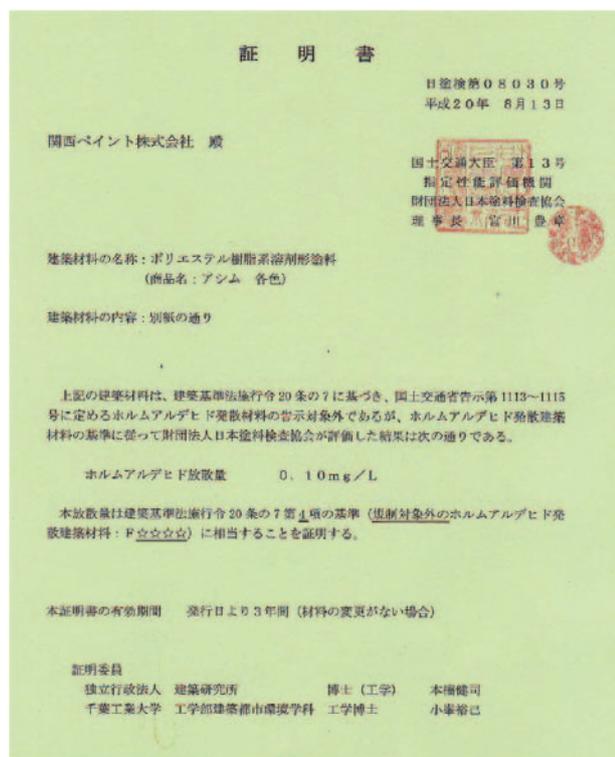
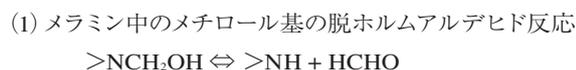


図5 F☆☆☆☆証明書

3.2.2 開発のポイント

ホルムアルデヒドの発生には、焼付時に発生するケースと焼付後に徐々に放散されるケースがある。

①焼付時のメラミン樹脂の反応により、ホルムアルデヒドが発生する。一般的には

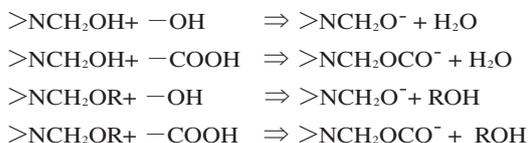


(2)メラミンの自己縮合反応(メチレン化反応)



の反応過程でホルムアルデヒドを発生する。

しかし、反応理論上では、以下の反応式のように基体樹脂とメラミン樹脂が完全に反応すれば、ホルムアルデヒドは発生しない。



②焼付後も、図7に示すようにホルムアルデヒドが塗膜中から徐々に放散されるのは、基体樹脂(アルキド樹脂)の脂肪酸成分の酸化重合により、徐々に生成される事も考えられる。

以上のホルムアルデヒド発生機構の考察から、図8のホルムアルデヒド低減の要因と単位技術に示すように基体アルキド樹脂の脂肪酸フリー化、メラミン樹脂のホルムアルデヒド低減、基体樹脂とメラミン樹脂の反応性アップ、強靱な塗膜形成によるホルムアルデヒド捕捉を開発のキーポイントに塗料化検討を行い、今までにないメラミン架橋でF☆☆☆☆相当のホルムアルデヒド放散量低減を達成している。今後の電気機器・空調設備・鋼製家具・屋内建材など室内金属製品への展開が期待される。

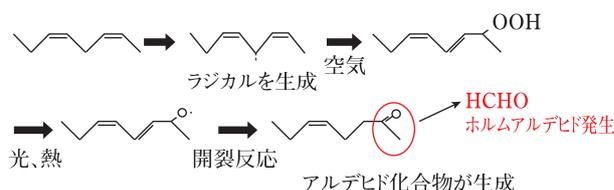


図7 酸化重合によるホルムアルデヒド生成

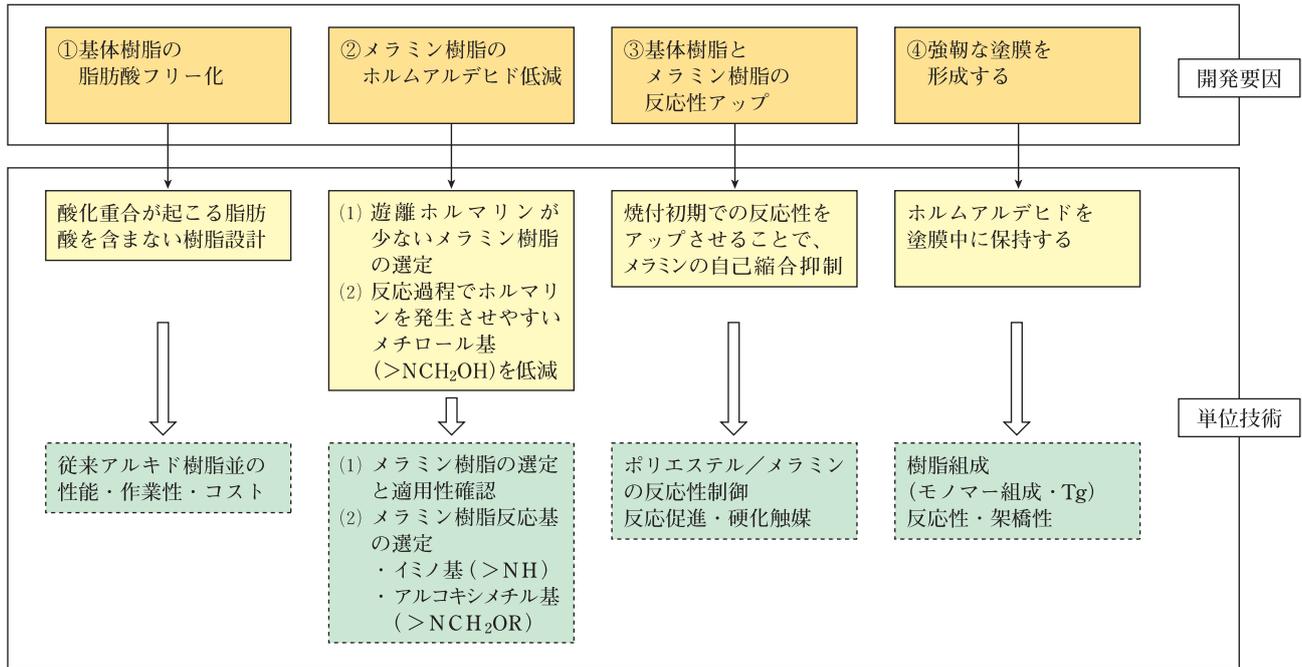


図8 「アシム」の開発におけるホルムアルデヒド低減の開発要因と単位技術

3.3 「MFコート300」

「MFコート300」は、アクリルポリオールと無黄変イソシアネートを主成分とした溶剤型の1コート厚塗り2液型ポリウレタン樹脂塗料であり、環境対策と生産性の両立をコンセプトに開発した製品である。

その特徴は、

- ①塗装時の固形分が70～75wt%であり、ハイソリッドで塗装が可能であるため有機溶剤排出量の削減に効果がある。
- ②プラスト部品などに対して1コート厚塗り塗装が可能であり、従来の2コート(プライマー/上塗り)仕様から1コート仕様化が可能であり、工程短縮に効果がある。

従来のハイソリッド化手法としては、基体樹脂の低分子量化により粘度を下げる事で、塗装粘度の上昇をある程度抑え、固形分アップを図ってきたが、反面、作業性の低下(タレ低下・泡巻きこみ)が生じ、市場展開の阻害要因となっていた。本製品では塗装の時には微粒化が良好で泡の巻きこみが発生しにくく、塗着した後のセッティング時では、粘度が上昇しタレを抑制できるような流動特性を付与することで作業性の問題点を改良した。その結果、耐タレ性と厚塗り塗装性を確保し、従来塗料では困難であったハイソリッド化と1コート化の両立を達成した。「MFコート300」の流動特性を図9に示す。

塗膜性能も表4に示すように良好であり、すでに本製品への切替えが進んでいるユーザーもある。特に、建設機械分野においては、VOC削減及び生産性向上製品として良好な評価が得られている。今後のさらなる拡大を期待したい。

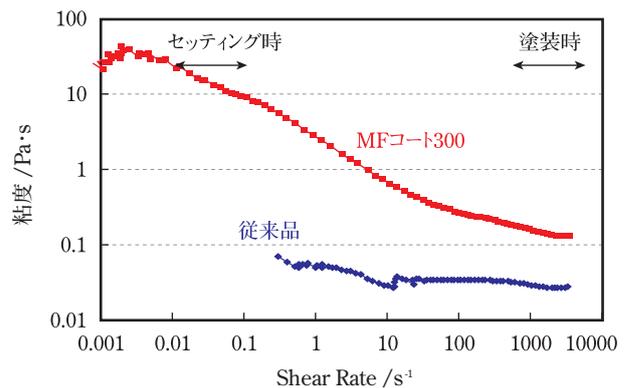


図9 「MFコート300」の流動特性比較

3.4 「アスカレタン」

各分野で水性塗料が市場展開されているが、塗装する材質、板厚、塗膜の要求性能など仕様が多岐にわたる建設機械・産業機械市場では、塗装品質が塗装環境の影響を受けやすいことから、実用性のある水性塗料の導入が遅れている。

その中でも水性2液型アクリルウレタン樹脂塗料「アスカレタン」は、2006年に産業機械分野の上塗りとして、日本で初めてオンラインした。

本製品は、水性化を図るとともに実用塗装作業性を付加し、塗膜性能も溶剤型2液ウレタン樹脂塗料同等以上の品質をもっている(図10)。

特徴としては、①従来溶剤型2液ウレタン樹脂塗料と同等以上の各種塗膜性能、仕上がり性を有している。②2液の混合性が良好であり、ポットライフも4時間以上を確保できる。③塗装作業性も比較的高粘度で塗装でき、タレ、ワキが良好

表4 「MFコート300」の塗膜性能

素 材 表面処理		SPCCブライト銅板 #320ペーパー研磨～溶剤脱脂		試験条件	
塗 装 系	プライマー	な し			
	中塗	な し			
	上塗	塗料名	MFコート300		
		膜厚	80～100 μm		
	乾燥条件	80℃×30分～20℃×7日			
塗 膜 性 能	鏡面光沢	85	60度		
	鉛筆引っかき値	H	ヤブレ		
	付着性	100/100	2mm基盤目		
	耐衝撃性	30cm(異常なし)	デュボン式1/2インチ500g		
	耐水性	異常なし(48時間)	20℃上水		
	耐湿性	異常なし(48時間)	50℃、98%RH		
	耐塩水噴霧性	カット部 フクレ巾	0～3mm以下	SST×144時間	
	耐揮発油性	異常なし	揮発油1号20℃4時間		
	耐寒性	異常なし	-60℃×5時間		
	耐チップング性	異常なし	グラベロ試験機 6号砕石3kg 圧力 0.3MPa		
促進耐候性	外観 光沢保持率	異常なし 96%	SWOM 500時間		

で膜厚が60μm以上である。④環境対応として、硬化剤混合時のトータル溶剤量が10%以下となっている。

組成的には親水疎水複合型アクリルエマルジョンと水分散型イソシアネートの2液混合系である。アクリルエマルジョンの特徴としては、エマルジョンの安定性と硬化剤であるポリイソシアネートとの相溶性を向上させるために、エマルジョン表層部の親水性や反応性を調整した。また、硬化剤にも独自の工夫を行い、塗装ガンのガン先混合性や洗浄性を向上させるだけでなく、アクリルポリオールとの反応効率やポットライフ延長、さらには、塗膜の仕上がり性も向上させている。

VOC削減効果について表5に試算結果を示すが、本製品のライン導入においては、色替え等で使用する洗浄溶剤も水へ変更できることから、試算以上の削減率も見込まれる。

今後、「アスカレタン」は、現状で溶剤型2液ウレタン上塗りが使用されている建設機械、産業機械や特殊車両の分野での市場展開が期待できる。また、昨今の市場低迷の中で、ラインの工程短縮として、ワンコート化の要求が多くなっている。この流れは溶剤型2液ウレタン樹脂塗料がワンコート化されつつあるのと同様である。現在、各需要家において、塗装試験や認定作業が進められている。

3.5 「EV8000シリーズ」

日本では屋内外の耐候性が必要な用途には一般的にポリエステル樹脂（以下PEと略す）粉体塗料が使用されている。PE粉体塗料は、その大部分がε-カプロラクタムでブロックされたイソシアネートによる硬化（以下BNCOと略す）系である。しかしながら、ブロック剤が外れる温度が高いことから塗料の焼付温度は一般に180℃程度と高くなり、また、ブロック剤であるε-カプロラクタムはPRTR法に指定さ

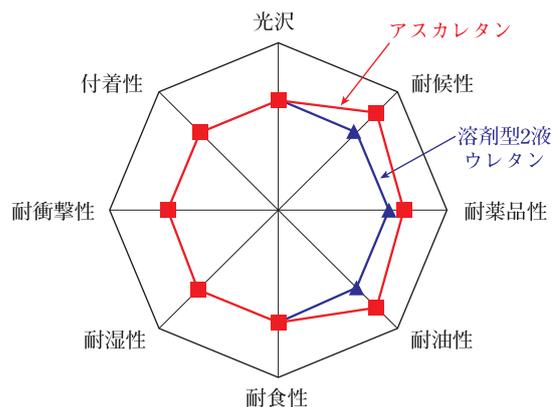


図10 「アスカレタン」の塗膜性能

表5 「アスカレタン」におけるVOC削減効果

	<開発品> 水性2液型	<従来品> 溶剤2液型
塗 装 N V	約50%	約40%
溶 剤 量	約10%	約60%
塗 布 量 (10 μm換算)	30 g/m ²	32 g/m ²
溶剤排出量 (10 μm換算)	3 g/m ² (30 g/m ² ×10%)	19.2 g/m ² (32 g/m ² ×60%)

↓
削減率 84%

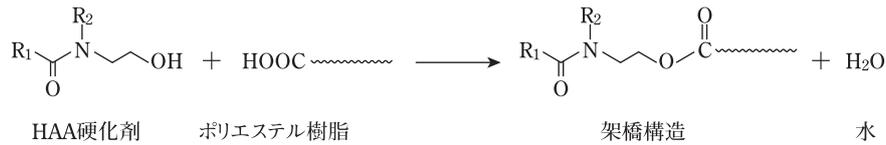


図11 HAA硬化剤の反応

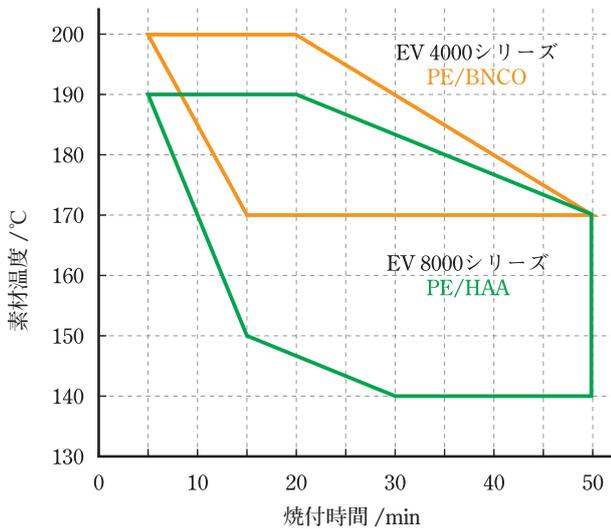


図12 焼付適用範囲

れた第一種指定化学物質に該当し、さらにはラインの潜在的なヤニの発生原因になっている。

他方、160℃程度でも硬化するトリグリシジルイソシアヌレート (TGIC) 硬化型のPE粉体塗料も一部で生産されているが、この硬化剤は「変異原生物質」に相当することから安全性に問題がある。そこで、以前より次世代の新架橋PE粉体塗料の製品が望まれていた。

今回開発した粉体塗料「エバクラッド8000シリーズ」は硬化剤としてβ-ヒドロキシアールキアミド(以下HAAと略す)を使用しているPE粉体塗料である。

特徴としては、

- (1) 硬化反応副生成物は「水」だけであり、PRTRフリーであり、より環境にやさしい粉体塗料である。図11にHAA硬化剤の反応を示す。
- (2) 焼付温度は、150～160℃とこれまでのBNCO硬化剤の焼付硬化温度180℃から20～30℃の低温化を達成している(図12)。
- (3) 高湿度下に塗膜がさらされた後の密着性等の塗膜性能も良好である。

等の長所を持つ世界で初めての低温硬化型PE粉体塗料である。

「エバクラッド8000シリーズ」の開発のポイントは、今までのHAAでの課題であった水負荷後の付着性向上を塗料配合技術で向上させ、同時にPEに独自に工夫を行いその最適化により、高架橋密度、低温硬化性を達成しており、従

来のε-カプロラクタムでブロックされたBNCO硬化剤によるPE粉体塗料と同等以上の塗膜性能を発揮することを可能にした。図13にそのトータルパフォーマンスを示す。

一般的なHAA硬化型PE粉体塗料は、欧州をはじめ世界各地ですでに使用されているが、鉄素材上の耐食性や温水や高湿度下に塗膜がさらされた後の密着性が、特に低温での硬化塗膜の場合に劣るといった問題を抱えており、国内ではまだ特殊な用途しか展開されていなかった。本開発品はそのような課題を改良した製品でありVOCの対応が急がれる昨今、工業分野での今後の各種用途への幅広い展開が期待される。

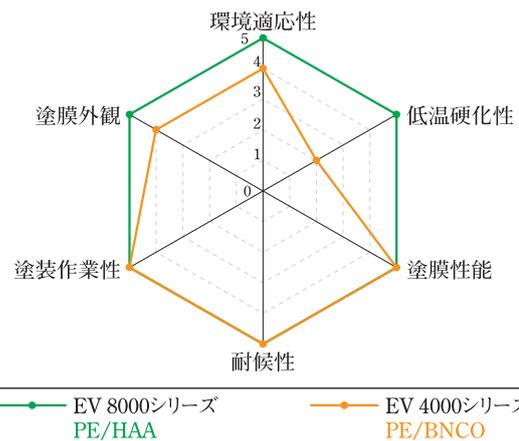


図13 「EV 8000シリーズ」の性能

3.6 エコ電着塗料

電着塗料においても、鉛フリー化に代表される有害物質削減等の様々な取り組みを行い、環境負荷低減型材質の開発、市場展開に取り組んでいる。今回、新たな環境対応の提案として、ランニングに必要な電力量を大幅に削減し、資源の有効利用に貢献できるエコ電着塗料を開発、製品化した。

従来から、電着塗料は水に比べ比重の大きい顔料を含有するため、電着浴の循環を停止すると顔料が沈降し易く再分散も困難な事から、ラインでは循環を停止できないという問題があった。弊社では、本課題を解決すべく、図14に示すように弊社独自の凝集防止技術を見出し、粒子同士の凝集が起こりにくく、沈降物のハードケーキングを防ぎソフトな状態を保ち、再分散性が良好で、かつ現行同等の塗膜性能を有する塗料化技術を開発し、製品化(「エレクトロンKG 400 EC」: 黒、「エレクトロンKG 500 EC」: 淡色系)した。

■顔料粒子の凝集防止助剤を適用

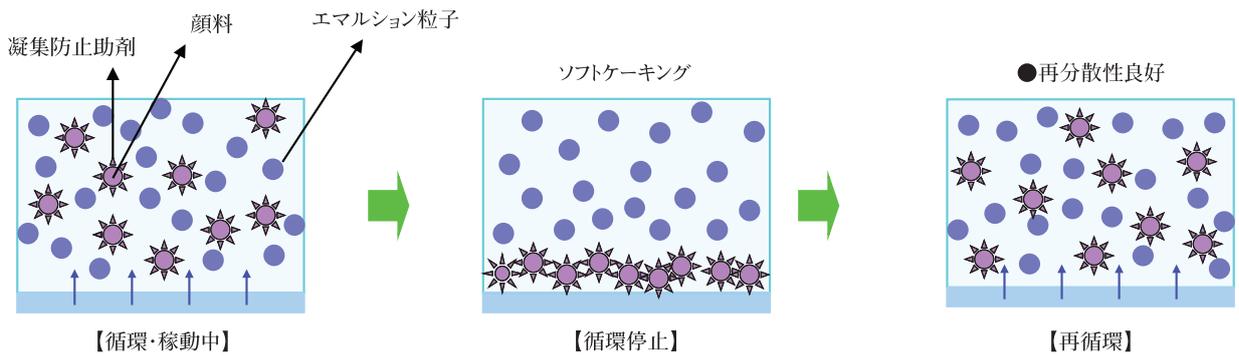


図14 エコ電着塗料のイメージ

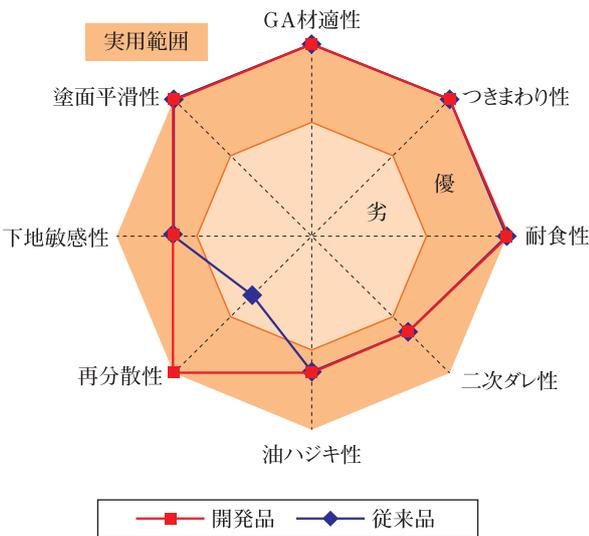
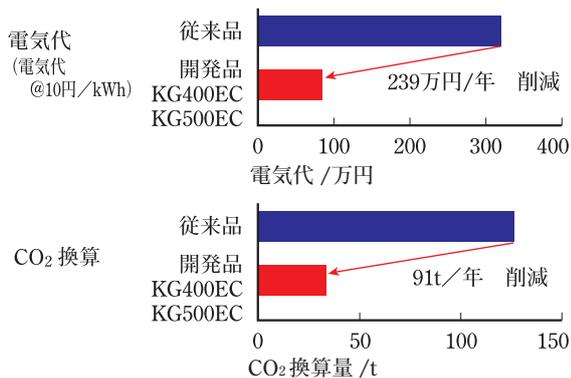


図15 エコ電着塗料の作業性及び塗膜性能



ライン条件 稼働時間：10時間/日 稼働日数：240日/年	タンクサイズ：50t 循環ポンプ：15kW×2基 UFポンプ：7.5kW×1基
-------------------------------------	---

図16 循環停止運転による効果額の試算

主な特徴としては、

- (1) 長期休暇時の攪拌停止後の沈降物がソフトで、かつ再攪拌後現行品より少ないこと
- (2) 再攪拌の際、沈降物が容易に分散し塗膜への付着が速やかに収束すること
- (3) 塗膜性能、作業性が現行と同等であること

である。

図15に従来品と開発品の作業性及び塗膜性能の比較を示す。従来品と同等の種々作業性及び塗膜性能を保持しつつ、再分散性を向上させた設計となっている。また、図16にモデルラインの循環停止による効果試算を示す。設備は、50t電着槽、ポンプ15KW×2基、UFポンプ7.5KW×1基で、稼働は10時間/日、240日/年稼働で循環停止の場合、電気代として最大239万円/年また、CO₂換算で91t/年の削減が見込めることになる。この塗料を使用することにより、電力消費として資源の有効利用に貢献できることが期待できる。すでに本製品は、工業ラインにおいて展開を開始しており、長期休暇の循環停止にも対応できることが実証されている。

3.7 クロムフリー下塗り塗料

PCM鋼板は、亜鉛あるいは亜鉛-アルミ合金でメッキされた鋼板に、図17に示すように下塗り塗膜ならびに上塗り塗膜から構成される2コート2ベークの仕様が一般的である。薄膜での耐食性(耐久性)を保持するため、エポキシ樹脂系の下塗りには六価クロムを含有した防錆顔料を配合した塗料が従来から使用されてきている。しかし、近年の環境対応の必要性から、クロム含有系の防錆顔料を使用せずに長期の耐食性を持たせる塗料の要求が高まっており、弊社でも長年技術開発を進めてきた。クロムフリー化の開発ポイントとその製品について説明する。

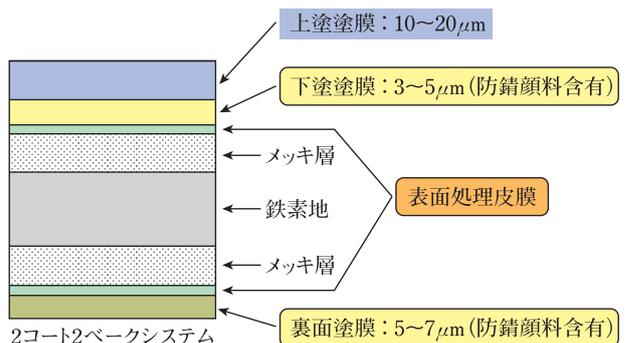
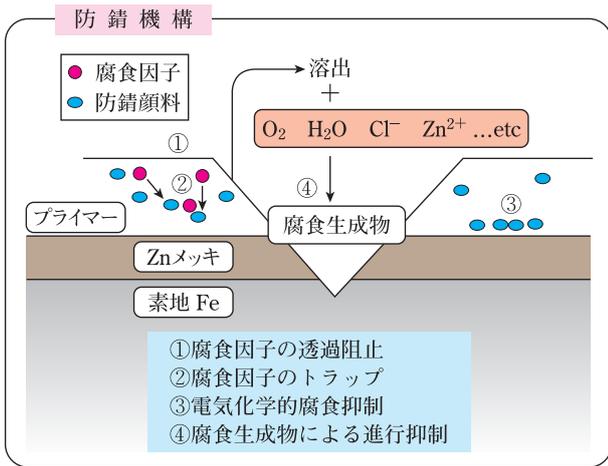


図17 PCM鋼板の構成



クロメートの効果

- (1) 不動態皮膜形成性が高い (OH基と水素結合を形成)
- (2) 電気化学的作用により腐食速度を抑制
- (3) FeやZn、Alに対しても防錆力を発揮する (腐食抑制効果あり)
- (4) 電解質イオン(Clイオン)を含んだ水や純水への溶解性があり、長く持続する
- (5) 中広いpH領域においても溶解性を有する

図18 防錆機構とクロメートの効果

3.7.1 開発ポイント

図18に防錆機構とクロム防錆顔料の効果について示すが、その防錆機構から考えてもクロメートの防錆力は高い。そこで①腐食イオンを含む水などの透過の阻止能(バリアー機能)の向上、②付着性(素地密着性)の向上、③防錆イオンを効果的にメッキ界面に供給し、不動態皮膜を形成する能力を向上させることが、クロムフリー化の開発ポイントとなる。

弊社としては図19に示すように防錆顔料の選択ならびにその溶出コントロールや樹脂組成をポイントとして、開発及びその製品化の工夫を進めてきている。以下、用途別の現状を図20に示す。

3.7.2 家電用

屋内のオーディオ、冷蔵庫、洗濯機など、またエアコン室外機、屋外給湯器など家電用途に関しては、EUの「RoHS指令」対応と各家電製品メーカーのグリーン調達の実行が促され、図20に示すように2005年にはすべてクロムフリー化になった。弊社製品の「KP8115Pr」、「KP8642Pr」などが使用されており、クロムフリー化対応は終えている。一方、極めて長期の耐久性が要求されている屋外建材用途でのノンクロム化が次の主要な課題となってきている。

3.7.3 屋外建材用

屋外建材用途では長期の耐久性が必要であり、さまざまな環境での耐食性が現行クロム防錆顔料使用系と遜色ないことが求められている。前述の開発ポイントで説明したように防錆顔料面ならびに樹脂面などからの開発・改良を進めるとともに、同時に屋外でのバクロ耐久性の評価も行ってきており、屋外建材用クロムフリーの下塗りが開発できた。

① ノンクロム防錆顔料：Zn、Alに対する防錆性、不動態皮膜形成能はクロム系に及ばない。
→ 溶出特性のコントロール、pH調整作用を有するノンクロム防錆顔料を開発

② ノンクロム防錆顔料だけでは防錆力を十分発揮できない。
→ 樹脂面等からの工夫が必要

③ 付着性(素地密着性)の向上、腐食イオンを含む水などの透過の阻止能(バリアー機能)の向上ならびに防錆イオンを効率的にメッキ界面に供給、不動態皮膜形成能を向上させる。

④ GL材の端面部耐食性は、表面の耐食性のみならず、裏面側の耐食性も影響する。

図19 クロムフリー化設計の考え方

用途	要求性能			弊社製品名	重要性能
	耐食性	硬度(キズ)	加工性(ノック)		
屋内	オーディオ	△		KP8115Pr (ポリエステル系)	加工部密着性
	VTR	SST:120H	F		
屋外	冷蔵庫	○		KP8642Pr (ポリエステル系)	カット耐食性 (フクレ、錆)
	洗濯機	SST:240~500H	F~H		
屋外	エアコン室外機	◎		ノンクロムプライマー-No9 (ポリエステル系)	端面部耐食性 (フクレ、錆)
	屋外給湯器	SST:750H	F~H		

*屋外給湯器:エポキシ系の適用もあり

クロムフリー

- 家電用途 (素材: GL材) → 屋内での長期耐久性の持続が重要
- 建材用途 (素材: GL材) → エポキシ系が主流

加工部耐食性
端面部耐食性

さらなる向上

次世代品バクロ評価中

図20 クロムフリープライマー適用例

表6 建材用クロムフリープライマーの塗膜性能

組 成		現行クロム品 エポキシ系	クロムフリー品 エポキシ系
一般性能	光沢	60℃	6
	鉛筆硬度	破壊	3H
	耐溶剤性	MEK Rubbing	100回<
	Scratch	10円 荷重2kg	3+
一次物性	折り曲げ(テープ)	2T/4T	5/5
	衝撃(テープ)	凹/凸	5/5
二次物性 (沸水2H)	塗面外観		○
	折り曲げ(テープ)		5/5
	衝撃(テープ)		5/5
耐食性 CCT (JASO 100サイクル)	平面部		○
	クロスカット部		○
	4T加工部		○△
	端面部	上バリ	1mm
耐食性 SST (1000H)	平面部		○
	クロスカット部		○
	4T加工部		○-
	端面部	上バリ	3mm
耐湿性 BBT (1000H)	平面部		○
	クロスカット部		○
	4T加工部		○
	端面部	上バリ	0mm
屋外曝露 沖永良部3年	2T部		○
	端面部(上/下バリ)フレ幅(mm)	0~1/0~0.6	0~1.4/0~1

	クロム Pr仕様	クロムフリー-Pr仕様
素 材	0.35 mmGL材	
処 理	クロム処理	ノンクロム処理
裏 面	クロム系	ノンクロム系
下塗り	クロム系	ノンクロム系
上塗り	KP1573 低光沢 (塗色グレー)	

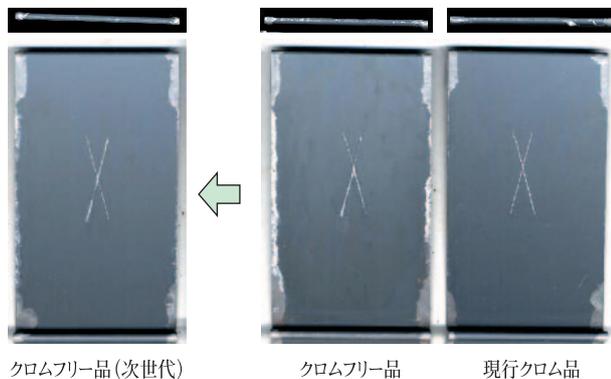
焼付

下塗り	MT200±5℃×25秒	5±1μm
上塗り	MT220±5℃×35秒	15±1μm
裏 面	MT220±5℃×35秒	6±1μm

JIS K 5600-7-9:2006 サイクルA (JASO法)		
塩水噴霧	→	乾燥
→		→
35±1℃ 2時間	60±1℃ 4時間	50±1℃ 2時間
	20~30%RH	95%RH以上

屋外建材用途に開発してきたクロムフリー下塗り塗料の「KP 8211 プライマー」の現状の性能を表6に示す。ほぼ現行のクロムタイプと遜色がない性能レベルである。

ただ、現行のクロムタイプより若干端面耐食で劣る点があり、さらに現行クロム系防錆顔料使用系と同等以上の性能を確保するために鋭意開発を進めており、現行クロムタイプ品と全く同等かそれ以上の耐食性を有することが確認できている。そのクロムフリー次世代品の耐食性例を図21に示す。今後の実用展開に期待がもてる。



上塗り：KP1573低光沢グレー

図21 屋外クロムフリー品の耐食性 JASO 100サイクル

4. おわりに

工業用塗料分野の市場動向と開発動向及び「環境対応」の最新塗料について紹介してきたが、工業用分野の非常に広い範囲をカバーするために様々な塗料、塗装系が適用されており、色々な塗料技術が利用されていることの理解が頂ければ幸いである。

最近、環境保護の高まりから生じた排出権取引、環境税、カーボンニュートラル、カーボンオフセット、カーボンフットプリントなど環境保護に関する用語が多く目立つようになってきている。そのような社会全体での意識の高まりの中で工業分野として「環境対応」の新しい塗料を上市することは塗料会社の使命だと思われる。またその時に紹介させていただく機会があれば幸いである。

参考文献

- 1) 猪股敬司：塗料の研究、**139**、32-39 (2002)
- 2) 大西和彦：塗料の研究、**136**、17-26 (2001)
- 3) 藤林俊生、大西和彦：塗料の研究、**147**、45-50 (2007)
- 4) 梅澤憲一、石野隆造、川村力：塗料の研究、**148**、42-45 (2007)
- 5) 中尾忠弘：塗料の研究、**141**、21-26 (2003)
- 6) 松本幹男、福留和美：塗料の研究、**145**、38-41 (2006)