

鉄道車両・産業機械・鋼製建具向け塗料の市場動向

Market Trend of Paint for Rolling Stock and Machinery

車両産機・プラスチック塗料事業部
車両産機テクニカルサポートグループ
車両産機チーム

Rolling Stock, Machinery & Plastic Coatings Dept.
Rolling Stock & Machinery Coatings Technical Support Group
Rolling Stock & Machinery Coatings Team



行森 靖高
Yasutaka YUKIMORI



栗本 彰人
Akihito KURIMOTO



入江 達也
Tatsuya IRIE

1. はじめに

18世紀後半の産業革命以降、鉄鋼製品は様々なものに姿かたちを変え、輸送、鉱業、製造、建築などの産業の近代化に貢献してきた。そしてそれらを腐食から護り、陰で支えてきたのが塗料である。石油製品を原料とした塗料が実用化されて100年以上が経ち、塗料の主な目的である防錆性や耐候性が向上していくと同時に、さらなる高意匠性や高機能性など、塗料に求められる役割も増えていった。一方で、塗料に含まれる鉛やクロムといった有害物質による環境汚染や、有機溶剤による人体への影響なども無視できなくなり、これからの商品開発を左右する重要な要素となっている。

本報では、「鉄道車両」、「産業機械」、「鋼製建具」において、それぞれの分野で使用される塗料の特長や昨今の市場動向について報告する。

2. 鉄道車両向け塗料

2.1 デザインとしての鉄道車両への塗装

鉄道車両は自動車と同じように色やつや、模様がつけられ、幅広いデザインのもの流通している。また、その使用用途に合わせた構体素材と要求デザインに合わせた意匠付与が要求されている。

通勤車両の構体は耐久性の高いステンレスが主流となっており、腐食しにくいと、塗装よりもメンテナンス性の良いフィルムの使用が多くなっている。

一方で、通勤車両とは異なり、新幹線や特急車両は軽量化を目的としたアルミ構体が主流となり、そのデザインは、鮮烈で高級感のある塗色が求められている。具体的にはメタリック、パールといった自動車に求められるような高意匠が要求されている。これらの例を挙げると、ゴールドメタリック色としてJR九州の「或る列車」、小田急電鉄の新型ロマンスカー「70000形GSE」(2019年鉄道友の会「ブルーリボン賞」受賞)があり、車両外板用上塗塗料として当社のアクリル・ウレタン樹脂系塗料「Vトップ車輛用ゴールド」が採用されている。

このように、現代の鉄道車両では塗膜性能はもとよりバラエティー豊かなデザインが増え、より美しさを求める傾向にある。



図1 JR九州「或る列車」



図2 小田急電鉄新型ロマンスカー「70000形GSE」

最近では特急車両のデザインについては、鉄道業界外の建築デザイナー、カーデザイナーなどが起用され、デザインの幅が広がっている。西武鉄道の001系新型特急車両「Laview」は、いままでに見たことのない新しい車両を目指して、デザインコンセプトのひとつ「都市や自然の中でやわらかく風景に溶け込む特急」を実現できる塗料として、「メタリック」や「パール」ではなく、「金属調」塗料のスーパーブライトNo.2000が採用された。ここでは、鉄道車両への「金属調」塗料スーパーブライトNo.2000の塗装について紹介する。



図3 西武鉄道001系新型特急車両「Laview」

2.2 メタリック塗料と金属調塗料のちがい

2.2.1 メタリック塗料

メタリック塗料には、粉碎アルミニウム顔料という、純度の高いアルミを粉碎・研磨し非常に薄い鱗片状に加工されたアルミフレーク顔料を含んでおり、角度によって反射光強度が異なる塗膜を形成することができる。このアルミフレークがいわゆる「粒子感」を表現し、メタリック感と呼ばれる意匠性を表現することができる。

2.2.2 金属調塗料

金属調塗料とは、一般的なメタリック塗料とは異なり、「粒子感」を感じさせない微粒子のアルミを平滑に並べることで、その塗膜表面を光で反射させ、鏡のように人や物を映すことを特長とする。当社の金属調塗料

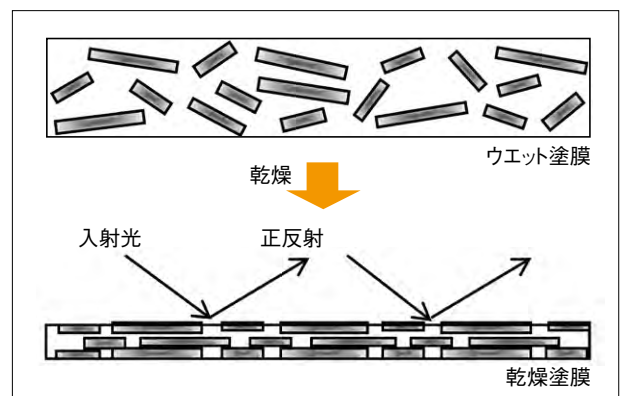


図4 体積収縮によるアルミ配向性向上の機構

スーパーブライトNo.2000は、フィルム上に蒸着され形成されたアルミニウム膜をはく離・粉碎した特殊な蒸着アルミニウム顔料が含まれている。非常に薄膜で輝度が高いこの蒸着アルミニウム顔料を使用することで得られる鏡面仕上げの輝きが特長である。また、アルミの配向性を良好にするために、体積収縮率が高い樹脂を選択し、塗膜表面の乾燥性を速くすることが重要である。

2.3 鉄道車両向け金属調塗装への挑戦

2.3.1 鉄道車両向け金属調塗装の課題

本来スーパーブライトNo.2000は、自動車部品向けとして設計されたものであり、その意匠性については内外装共に高く評価されている。しかし、鉄道車両のような大型被塗物に対する塗装には十分な検討が進んでいなかった。スーパーブライトNo.2000は、環境条件(温度・湿度)の影響を受けやすい傾向にあり、低温度の条件では密着不良を引き起こし、高湿度の条件では白化(ブラッシング)を引き起こすおそれがある。自動車部品など小型被塗物の塗装ラインでは温湿度の管理が可能であるが、鉄道車両塗装では温湿度が調整できるブースはなく、加温ブース程度しかない。そのため、塗装環境によってどのような影響が出るか、どの条件であれば正常に塗装可能であるかを確認する必要があった。

また、スーパーブライトNo.2000の特長として、速い乾燥性がある。小型被塗物では、塗装ストロークが狭く塗り重ねのインターバルが短いためダストむらが生じにくい。大型被塗物の場合、塗装ストロークが長く、より塗り重ねのインターバルが長い。そのため、塗膜の乾燥が速くダストむらが生じやすい。そのため、大型被塗物向けにダストむらが生じない塗装方法の最適化を行う必要があった。

2.3.2 塗装温度・湿度環境の確立

大型被塗物に塗装する際に様々な温度・湿度環境下において、最良の仕上がり外観を得るための条件を表1に示す。

表1により、低温条件(橙)では密着不良が発生し、高湿度条件(黄)では、白化(ブラッシング)が発生する。○

表1 温度・湿度条件作業性マップ

湿度	温度							
	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃	40℃
90%RH	×	×	×	×	×	×	×	×
80%RH	×	×	×	×	×	×	×	×
70%RH	×	×	○	○	○	×	×	×
60%RH	×	×	○	○	○	○	○	×
50%RH	×	×	○	○	○	○	○	○
40%RH	×	×	○	○	○	○	○	○
30%RH	×	×	○	○	○	○	○	○

○ 作業性、仕上り外観問題なし
 × 高湿度領域(黄)については、ブラッシングが発生し、仕上り外観不良。
 低温領域(橙)については、低温の為、塗料中の溶剤が抜けきらず、密着不良。

に該当する温度・湿度環境下では、塗装作業性に問題はなく、鉄道車両塗装時のように温湿度が調整できないブースでも塗装可能である。

2.3.3 大型被塗物時の塗装方法の最適化

大型被塗物に塗装する場合にダストむらを防ぐ方法として、塗りむらにならない程度の適度なウエット感が必要である。そのため、塗り重ねインターバルの長い大型被塗物時は、小型被塗物塗装時よりも、被塗物とスプレーガンの距離を近づけ、かつスプレーガンのスピードを遅くすることで、大型被塗物でも適度なウエット感を保たせることで可能となる。

表1の温度・湿度作業性マップの条件で、かつ上記塗装方法を順守することで、鉄道車両のような大型被塗物でも小型被塗物時と変わらない金属調の外観を得ることができる。

2.4 鉄道車両向け金属調塗装のまとめ

以上のことから、適切な温度・湿度条件を順守し、適切な塗装方法で塗装することによって、小型被塗物向けと考えていたスーパーブライトNo.2000は、鉄道車両のような大型被塗物に対しても良好な外観を得ることが可能となった。

今回、鉄道車両への金属調塗装の実績より、一層バラエティー豊かなデザインが要望される鉄道車両に対し、当社は高意匠性塗料を提案することによって貢献できると考える。

3. 産業機械向け塗料

3.1 産業機械向け塗料の特徴

産業機械とは、クレーンやパワーショベルのような土木、建設、輸送用の機械や、製造現場で使用される工作機械などの総称である。従来は塗料としてはアルキドラッカー系塗料やフタル酸樹脂系塗料が広く一般的に使用され、耐候性や耐食性などの外観よりも、塗装作業性やコストが重視される傾向にあった。

しかし近年、建設、輸送機械などの高性能、高品質化に伴い、製品外観においても高耐食・高耐候性が求められるようになり、高性能な二液のウレタン樹脂系塗料やエポキシ樹脂系塗料が使用されるようになってきた。

また近年、日本の労働安全衛生法施行令や特定化学物質障害予防規則(特化則)などの改正に加えて、中国では改正中華人民共和国大気汚染防止法が施工されるなど、世界的にVOC(Volatile Organic Compounds:揮発性有機化合物)の削減が進められており、産業機械向け塗料の水性化や粉体化、特化則対応形塗料による環境対応が課題となっている。

3.2 環境対応形塗料

当社も特化則対応商品として、上塗塗料には耐候性に優れたアクリル・ウレタン樹脂系塗料「Vトップ車輛用ゴールド」を商品化しており、鉄道車両分野だけでなく産業機械分野においても各種実績を持っている。そして今回、特化則対応の下塗塗料として「コスモレックス#1200F」を開発、上市した。

表2 塗料性状・塗膜性能比較結果

試験項目	コスモレックス#1200F グレー					コスモレックス#1000T グレー				
	ダル鋼板	亜鉛めっき鋼板 ペンタイト	アルミ A5052	アルミ A6061	ステンレス SUS304	ダル鋼板	亜鉛めっき鋼板 ペンタイト	アルミ A5052	アルミ A6061	ステンレス SUS304
試験板膜厚 プライマー	30μm					30μm				
上塗り	30μm(Vトップ車輛用ゴールド)					30μm(Vトップ車輛用ゴールド)				
初期付着性	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100
耐湿240H後付着性	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	99/100	100/100	99/100	100/100	100/100
耐湿360H後付着性	—	100/100	100/100	100/100	100/100	—	100/100	100/100 線はく離	100/100	100/100
塩水噴霧試験 240H後さび幅 全幅(mm)	0.4	0	0	0	0	0.4	0	0	0	0
ふくれ幅 片側(mm)	0.5	0.3	0	0.3	0	1.0	0.4	0.4	0.4	0
塩水噴霧試験 360H後さび幅 全幅(mm)	—	0	0	0	0	—	0	0	0	0
ふくれ幅 片側(mm)	—	0.4	0	0.3	0	—	0.4	0.4	0.4	0
折り曲げ試験φ6mm	割れなし	割れなし	割れなし	割れなし	割れなし	割れなし	割れなし	割れなし	割れなし	割れなし
標準膜厚	20~60μm					30~50μm				
乾燥時間 (20℃)	指触乾燥:5~10分、半乾燥:15~20分					指触乾燥:10~15分、半乾燥:20~25分				
塗色ラインナップ	グレー					赤さび、グレー、ライトグレー、白				
専用シンナー	コスモレックス#1200Fシンナー					コスモレックス#1000シンナー				

3.3 コスモレックス#1200F

「コスモレックス#1200F」は、一液変性エポキシ樹脂系下塗塗料「コスモレックス#1000T」の特化則対応品である。従来のコスモレックス#1000Tと同様に鉄部材のみだけでなく、アルミやステンレスのような非鉄金属に対しても優れた密着性、耐食性を有し、同等の塗装作業性を有している。

表2にコスモレックス#1200Fと#1000Tとの塗料性状・塗膜性能比較結果を、図5に塩水噴霧試験240時間後の試験板写真を示す。



図5 塩水噴霧試験240時間比較性能図

3.4 建設機械・産業機械向け塗料のまとめ

世界的なVOC削減や環境対応の動きに対し、当社も特化則対応として、耐食性に優れた一液変性エポキシ樹脂系下塗塗料「コスモレックス#1200F」と、耐候性に優れたアクリル・ウレタン樹脂系上塗塗料「Vトップ車輛用ゴールド」の組み合わせによる塗装仕様を確立した。現在、産業機械分野への特化則対応形塗装仕様としての展開を行っている。

4. 鋼製建具向け塗料

4.1 鋼製建具向け塗料の規格

ドアやシャッター、サッシといった建築用資材は、総称として鋼製建具と呼ばれている。これらは建物の構造や強度、安全性にとって重要であり、さびなどの腐食から護るため塗料には性能基準が定められている。国土交通省の定める「公共建築工事標準仕様書」では、自治体運営の体育館やホール、学校施設の建設においては、工事に使用される材料や機材などの標準的な仕様が示されている。

このうち鋼製建具向けの塗料としては、これまで「JIS K 5629 鉛酸カルシウムさび止めペイント」の塗装仕様が制定されていた。しかしこの塗料には有害物質である鉛由来原料が含まれており、平成28年12月にこの規格は廃止となった。その代替として一般社団法人 日本塗料工業会が定める、「JPMS28 一液変性エポキシ樹脂さび止めペイント」の規格が新たに制定された。図6に鋼製建具の一例を示す。



図6 鋼製建具(サッシ枠)

4.2 JPMS28規格への対応

JPMS28規格に対応するため、鉛酸カルシウムさび止めペイントから一液変性エポキシ樹脂さび止めペイントへの切り替え検討を行った。当初、実績のあるコスモレックス#1000T(以下、コスモ#1000Tと記す)をベースに検討を行ったが、以下の問題点が発生した。

- ①鋼製建具メーカーでは、塗装後直ぐに屋外で保管する場合があります、屋外保管中に降雨にさらされると図7のような雨ジミが発生した。これはウォータースポットと呼ばれ、乾燥が不十分な塗膜と水が接触することで起こる白化現象である。原因として塗膜中の樹脂成分が水分により変質し白化することが挙げられる。
- ②一液変性エポキシ樹脂さび止めペイントは、従来の鉛酸カルシウムさび止めペイントよりも膜厚が付きにくく、その結果、規定膜厚 $30\mu\text{m}$ に達するための塗装回数が増えることになった。原因として、鉛酸カルシウムさび止めペイントの塗料固形分が70%以上であるのに対して、コスモ#1000Tは50%前後しかなく、塗装1回当たりの膜厚が薄くなる傾向があった。

そこで、ウォータースポット性の改良とさらなるハイソリッド化を達成するための改良が必要となった。

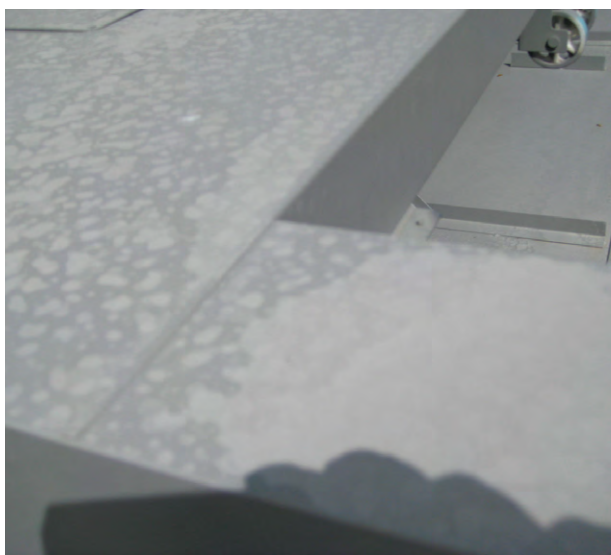


図7 ウォータースポット

4.3 「コスモレックスサッシ用プライマーβ HS」の開発

この問題を解決するため開発されたのが「コスモレックスサッシ用プライマーβ HS」(以下、サッシ用β HSと記す)である。本製品は、JPMS28に規定される要求性能をすべて満たしており、コスモ#1000Tと比較しても遜色ない塗膜性能を持つことを確認している。また、さらなる速乾性を持たせたことで、ウォータースポット性や耐ブロッキング性なども従来品と比べて向上し、一度に塗布できる膜厚も鉛酸カルシウムさび止めペイントと同等であることを確認している。

以降、各性能評価の結果を解説する。

4.4 ウォータースポット性の向上

ウォータースポット性の評価方法は下記の通り。

- ①エアスプレーにてブリキ板に規定膜厚を塗装し、常温で1時間乾燥させる。
- ②塗膜上にイオン交換水を1.0ml滴下し、蒸発防止のためポリカップを被せて18時間放置する。
- ③規定時間後ポリカップを外して水分をふき取り、塗膜表面の白化の程度を確認する。

図8に、コスモ#1000Tとサッシ用β HSのウォータースポット性評価の結果を示す。コスモ#1000Tはスポット跡がはっきりとわかるほど白化しているのに対して、サッシ用β HSではそれが見られない。

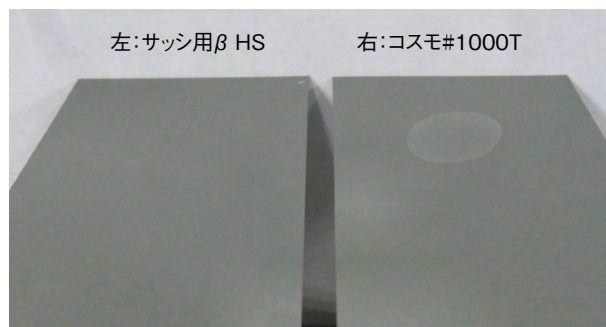


図8 ウォータースポット性評価結果

一液変性エポキシ樹脂を耐水性の高いものに変更したほか、高い顔料濃度によって乾燥性が向上し、乾燥途中の水による影響を抑えたことが白化の抑制につながっていると考えられる。

4.5 ハイソリッド化と塗装作業性の向上

コスモ#1000Tに比べて塗料中の顔料濃度を増加させたほか、メイン樹脂の粘度を低いものに変更したため内部溶剂量を少なくすることが可能となった。これにより塗料固形分は70%まで大幅に増加した。また塗装時の適正希釈率も減少しており塗着固形分の増加に貢献している。図9はサッシ用β HSとコスモ#1000Tを同様に塗装した場合の膜厚の推移を示している。このグラフから、サッシ用β HSの塗装回数当たりの膜厚が従来品に比べて大幅に増加していることがわかる。これらによって膜厚確保に要する塗装時間を短縮できるためユーザーにとって非常にメリットがある。

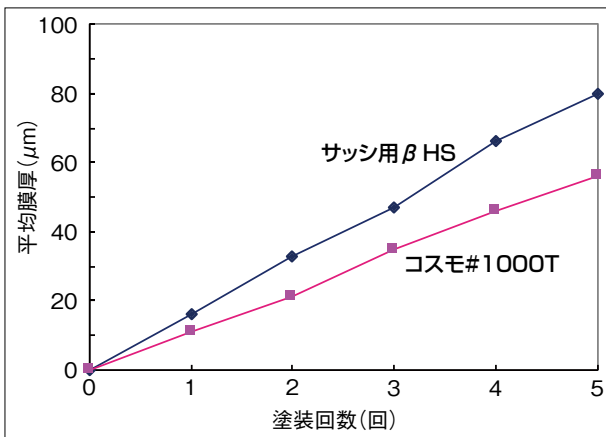


図9 塗装回数と合計塗装膜厚

4.6 耐ブロッキング性の向上

鋼製建具の多くは大型かつ重量物であり、ユーザーによっては敷地内のスペース確保のため塗装後十分な乾燥時間をおかずに塗装物を積み上げる場合がある。この時、圧力のかかる箇所の塗膜どうしが固着し跡がつく場合があり、この現象をブロッキングと呼ぶ。

表3は耐ブロッキング性を評価したものである。試験方法は下記の通り。

- ① エアスプレーにて100×100×0.3mmのブリキ板に規定膜厚を塗装し、常温で30分間乾燥させる。
- ② 塗面どうしを重ね合わせて平滑な台の上に置き、荷重が均一になるよう厚みのある鉄板の上から20kgの荷重を30分間掛ける。
- ③ 規定時間後おもりを取り除き、塗板どうしをはがして固着や跡残りを確認する。

結果、規定膜厚の30μmではどちらも跡残りは見られないが、膜厚が増えていくほど塗膜のはく離が大きくなるコスモ#1000Tに比べ、サッシ用β HSははがれの程度が少ない。これは、サッシ用β HSの高い顔料濃度、高沸点溶剤の含有量を極力少なくしたことにより、残存溶剤が減少し、ブロッキング性の向上へとつながった。

表3 耐ブロッキング性評価

膜厚	30μm	45μm	60μm
コスモレックス #1000T			
コスモレックス サッシ用 プライマーβ HS			

表4 JPMS28規格試験および独自規格試験一覧

	項目	項目	コスモ #1000T	サッシ用βHS
JPMS28 試験規格	容器の中の状態	かき混ぜたとき、堅い塊がなく一様になる(JIS K 5600-1-1 4.1.2 a)	○	○
	塗装作業性	はけ塗り作業に支障を感じない(JIS K 5600-1-1 4.2.3 a 一回塗りの場合による)	○	○
	表面乾燥性	100μmのアプリケーションで塗装し、8時間後に表面乾燥している(JIS K 5600 3-2)	○	○
	塗膜の外観	塗装48時間後の外観が見本に比べて大差ないこと(JIS K 5600 1-1 4.4)	○	○
	上塗り適合性	プライマー塗装後、合成樹脂調合ペイント1種白(JIS K 5516)を塗り重ね、作業に支障なく塗膜に外観異常が見られない。	○	○
	付着安定性	キセノンウェザーメーター(JIS K 5600 7-7、サイクルA)60時間照射後、JIS K 5516に規定する合成樹脂調合ペイント1種白を1回塗り重ね、16時間乾燥させる。再度キセノンウェザーメーターによる同条件の暴露を行ったのち、JIS K 5600 6-1により24時間没水後取り出し乾燥させる。その後クロスカットテープ剥離試験を行う。	○	○
	耐塩水性	クロスカットを施した塗板を23℃塩水(3%)に96時間浸漬し、さび、われ、はがれ等の異常がないこと。	○	○
	付着性	耐塩水性が終わった試験片について、直ちにクロスカット部のテープ剥離試験を行う。はがれ1.5mm以内。	○	○
	屋外暴露耐候性	12ヶ月の屋外暴露を行い、ふくれ、はがれ及びわれのないこと(JIS K 5600-7-6)	○	○
独自規格	塩水噴霧試験	5%塩水、35±1℃、95%RH、240時間実施後、クロスカット部テープ剥離実施(JIS K5600-7-1)	○	○
	パテ適合性	プライマー塗装後、ポリパテによるパテ付けを行い、ちぢみ等の外観異常が見られない。	○	○
	ウォータースポット性	プライマー塗装1時間後、塗膜表面に純水1mlを滴下し、蒸発防止のためポリカップを被せて放置。18時間経過後水滴をふき取り外観を確認。	×	○
	耐沸騰水性	沸騰水98℃×1時間浸漬し、24時間乾燥後基盤目テープ剥離試験実施。	○	○
	ブロッキング性	100×100×0.3mmのブリキ板にプライマーを塗装し、30分後0.2kg/cm ² の荷重を30分掛ける	×	○
	貯蔵安定性	50℃×1カ月貯安実施し、著しい粘度変化や堅い塊が無く一様になること。	○	○

4.7 鋼製建具向け塗料のまとめ

表4にコスモ#1000Tを比較としたサッシ用β HSのJPMS28規格試験および独自規格試験結果を示す。

サッシ用β HSは、コスモ#1000Tにあったウォータースポット性、塗装作業性の問題について大きく改善された商品であり、今後広く市場に展開していく。

5. おわりに

鉄道車両、産業機械、鋼製建具の3つの業界の動向と当社の塗料開発について紹介した。

1) 鉄道車両においては、新幹線や特急車両が鮮烈

で高級感のあるデザインが求められ、当社では新たに金属調塗料「スーパーブライトNo.2000」を鉄道車両に展開した。

2) 産業機械においては、環境対応が求められており、当社でも環境対応形のECO商品として、特化則対応かつトルエン・キシレンを含まない下塗塗料「コスモレックス#1200F」を展開した。

3) 鋼製建具においては、「JPMS28 一液変性エポキシ樹脂さび止めペイント」規格が採用され、当社ではその規格に適合した塗料のハイソリッド化を行い、塗装作業性や速乾性を大幅に向上させた「コスモレックスサッシ用βプライマー HS」を開発した。

今後も車輛産機業界の動向に注視し、商品の開発に取り組んでいく。