解説 (テーマ／やさしい塗料物性)

色材, 69 [7], 463-471 (1996)

第10章 特殊機能性塗料

木下啓吾*・坪田 実**・池本栄嗣*

はじめに

いろいろな物体表面に塗って形成される塗膜は、既述したようにその美粧と保護の2大機能をもつが、これに加えてニーズに応じた特別な機能を備えた塗料を特殊機能性塗料と呼び、区別する。塗料は関連産業の成長に恩恵を受けながら伸びてきたが、その産業の空洞化や円高による国際的なコスト競争などを考えると、今後は大きな伸びはかなり難しい状況にある。各塗料メーカーは、これらの状況をふまえて特殊機能性塗料の開発によって新規需要の喚起に意欲的にとり組んでいる。その結果、筆者は、上市される新製品に人類の知恵の無限性と尊さに頭の下がる思いがする。今後、新機能性塗料用原料の開発に加速され、また工夫によって、ますます新製品の数は増大していくであろう。これらの機能性塗料の種類については、すでに第1章で記載したが、本稿では、筆者らの経験も含めて、多くの特殊機能性の情報から興味ある一部を紹介する。

1. 特殊機能性塗料の具体例

1.1 遮熱断熱塗料

我々が夏の日中にトタン屋根の小屋に入ったとき、その室内の温度は到底長時間耐え得るものではなからう。

屋外に駐車された車の内部の温度からも想像できる。これは、日光の赤外部の吸収による表面温度の異状な上昇にともなう室内への熱伝播によるものである。実際に製造工場内の環境で温度上昇による不快感が、作業の能率低下やミスを引き起こすこともある。この問題を解決

するために断熱建材として、発泡プラスチック材などを貼りつける手法が広くとられているが、これをより簡易になしうる遮熱断熱塗料が開発され実用化されている。その手法はいろいろあるが、筆者の経験するメカニズムを紹介する。塗料は弾性に富むアクリルエマルジョン系であり、塗料中にはスペースシャトルの断熱タイルに使用されるセラミック材よりなる真空バブルが配合され、ローラーやエアレススプレーで塗装され、形成した塗膜厚 300~700 μ (塗布量 600~1,400 g/m²) は図-1のようにバブルが最密充填された構造を持つ。

その太陽光線の反射率を他の屋根と比較すると表-1のように、82.3%と圧倒的に大きい。さらに真空バブルの排列により塗膜は表面温度の伝導を少なくする。遮熱断熱塗料の未塗装および塗装の鉄板につき代替太陽光として赤外ランプを照射したときの経時的な表面および裏面温度の変化を図-2に示す。断熱効果がよく現れており、塗装表面、裏面での温度差が極めて小さくなっている。

塗装は、いろいろな素材(トタン、スレート、鉄、プラスチックなど)に応じた仕様により行われる。塗膜の比重は1.2と軽く、約80%の伸長率のゴム弾性であり屋外用として13年以上の耐久性の実績がある。防水性および雨音などの消音性も兼ね備える特殊機能性塗料

図-1 遮熱断熱塗料の成分と機能

平成 8. 6. 11 受理

Introduction to Understand Physical Properties of Coatings (X) The Special Functional Paint

Keigo K INOSHITA, Minoru T SUBOTA and Eiji IKEMOTO

*長島特殊塗料(株) 埼玉県八潮市南後谷 123 (〒340)

**職業能力開発大学校 神奈川県相模原市橋本台 4-1-1 (〒229)

表-1 各種屋根の太陽光反射率

屋根の種類	反 射 率
黒色屋根	5.0%
灰色屋根	15.0%
白色屋根	55.0%
アルミニウム塗装屋根	36.4%
遮熱断熱塗料 白塗装屋根	82.3%

※反射率測定は、バックマン 5240 スペクトルフォトメーターを用いて測定。

測定条件

項 目	条 件
鉄板の厚さ	0.3×90×230mm
遮熱断熱塗料の塗膜厚	屋根用白色 約700 μ
光源	太陽光の代替として125Wの赤外線ランプを使用
照射距離	15cm
照射時間	5, 10, 15, 20及び25分間
測定部位	表面及び表面温度

図-2 遮熱断熱塗料の効果例

で、倉庫、ビル、サイロ、タンクなどに使用される省エネ型塗料である。

1.2 消臭塗料

人は五感（視覚、聴覚、臭覚、味覚、触覚）により日常生活を送っている。この五感に強く刺激を受けた場合、ストレスを残す。この不快な現象を少しでも軽減しようと努力する。実際に鉄道車両や航空機および駅などでは禁煙場所の範囲は広がり、また一般家庭生活でもトイレやペットおよび生ゴミなどの悪臭軽減などの要望も大きい。

一般にニオイの正体は、その発生源から空中に拡散する平均 0.75 Å の粒子であり、これが鼻腔に入り臭覚に刺激を与え、電気信号に変換され感ずるものである。

日常出会うニオイの発生源は、つぎの4大化合物に分類される。

- (1) アンモニア（窒素化合物）：トイレ・動物小屋
- (2) トリメチルアミン（窒素化合物）：魚の腐敗臭
- (3) 硫化水素（硫黄化合物）：卵の腐敗臭・温泉臭
- (4) メルカプタン（硫黄化合物）：野菜の腐敗臭

消臭塗料は、消臭剤として

- (1) 悪臭源の吸着速度が速い。
- (2) 悪臭源の吸着容量が大きい。
- (3) 吸着した悪臭源を化学分解能により無臭化合物に分解する。

たとえば、

塗膜は、外気の循環が容易になるよう多孔質に作られている。

消臭塗料の塗装は、一般建築用エマルジョン塗料と大差なく、用途として病室、観光バス、スーパーマーケットの調理室、駅のトイレ、ビルディングのゴミ集積室などの壁、天井面に塗装し、有効な消臭能を数年以上持続する。表-2 に実際の効果例を示す。

1.3 低汚染型、防藻、防カビ塗料など

建築物の外壁塗装面が、その汚れが目立ちやすい雨すじ汚れの防止に各関連塗料メーカーはいろいろな工夫を行っている。この技術的な方法として、塗膜表面を親水化し、油汚れがつきにくく、雨水で容易に流れ落ちるという理論が主流のようである。その防汚性の概念を図-3¹⁾に示す。一般に水性アクリルシリコンエマル

表-2 実際に駅トイレに消臭塗料を塗装した場合の効果

測定悪臭源	塗装前	塗装後
ア　ン　モ　ニ　ア	2.2	0.3
ア　ミ　ン　類	5.0	0.8
メチルメルカプタン	±	—

※表中数字の単位は, p.p.m

図-4 低汚染型アクリル・シリコン塗料の屋外暴露結果²⁾ (大阪府摂津市南面 30°)

ション中に親水基を粒子表面にグラフトあるいは共重合させることにより親水性表面が維持できるようなのである。

図-4²⁾に低汚染型アクリルエマルジョン塗料の汚染性を他系の塗料と比較した結果を示す。

一方、外壁の汚染にカビや藻が発生原因になる場合も多い。醸造工場、食品製造工場、製薬所、有機溶剤貯蔵タンク、浴室などはカビによる被害が大きく、カビからの胞子などには、ゼンソク、皮膚病を引き起こしたり、発がん性物質を分泌するものもあるという。外壁などに使用される塗料は一般に水性エマルジョン系が多く、塗膜中に含まれる水可溶性セルロースなどカビや藻類の成長の栄養源となる。塗面に発生したカビはいろいろな酵素を分泌し有機酸を生じ塗膜をおかし、ついには被塗物の機能低下にも及ぶ。これらに対する対策として一般に

塗膜中に防藻、防カビ剤の配合が行われる。これらの薬剤には、次の性質が必要である。

- (1) 毒性が少ない。
- (2) 広い抗菌スペクトルをもつ。
- (3) 長期間、水に溶け出さない。
- (4) 塗料中の成分と反応せず安定である。
- (5) 塗膜の物性を害さない。

筆者らの経験する防藻、防カビ剤の効力の例を示す。薬剤として有機窒素硫黄化合物およびトリアジン化合物よりなるものである。これをエマルジョン塗料中に1%配合し、塗膜をABS板上に調整した。塗膜試料を直径3cmのポンチを用いて打抜き試片とする。

試験方法 I 防カビ試験

- (1) 滅菌シャーレに塗料用 JIS 試験培地 (Z2911) を流し込み固化させる。
- (2) 試片を培地の中央に貼り付ける。
- (3) 供試菌を散布する。供試菌は次の混合菌よりなる。
 - *Aspergillus niger* IFO 6342
 - *Penicillium funiculosum* IFO 6345
 - *Cladosporium cladosporioides* IFO 6348
 - *Aureobasidium pullulans* IFO 6353
 - *Gliocladium virens* IFO 6355
 上記5種類の混合菌 (JIS Z2911)
- (4) 28±2°Cの恒温器中で7日間培養し、供試菌の生育状態を観察する。

II 防藻試験

- (1) 滅菌シャーレに藻用寒天培地を流し込み固化する。
- (2) 試片を培地の中央に貼り付ける。
- (3) 屋外スレートより分離した藻を散布する。
- (4) 25±2°Cの人工気象器中で4週間培養し、藻の生育状態を観察する。

結果を図-5および図-6に示す。図中 A は薬剤を配合したもの、B は配合してない塗膜についてであり、その効果が顕著に示されている。

防藻、防カビ用の薬剤はその種類も極めて多く、その選択と併用により効果を工夫されている。低汚染型の塗料と共に、外観を長期間清浄に保持する特殊機能性塗料で建築用に広く活用されている。

1.4 感性型塗料—ソフトタッチ塗料³⁾

従来の塗料は、美観と保護の見地から強靱な塗膜に設計されてきている。ソフトタッチ塗料は、いろいろな素

図-5 防カビ，防藻剤の効果（その1）

- A. 薬剤含有塗膜
B. 薬剤なし塗膜

図-6 防カビ，防藻剤の効果（その2）

- A. 薬剤含有塗膜
B. 薬剤なし塗膜

材表面に塗装したとき，その美粧と保護能力に加えて人間の視覚や触覚性の感性にソフト感と快適性とよい風合いをあたえる塗料である。快適感とは不快感のない物であり，手が触れたときに快適感があると多くの人が判断したものは風合いがよいとされている。ソフトタッチ感をあたえる塗膜は，

- (1) ドライ感，ウェット感。
- (2) ベルベット調，スエード調。
- (3) ゴム調，皮革調，人間肌調。
- (4) ヌメリ感，ツルツル感。

などである。

この系の塗料は，バインダーとしてゴム弾性に富む軟質ポリウレタン樹脂系に真球のアクリルあるいはポリウレタンビーズ，または皮革の粉末（コラーゲン）をよく分散した系よりなり，次の特長がある。

- (1) ソフトフィーリングの仕上がり。
- (2) 無光沢な塗膜の仕上がり。

図-7 一般の艶消し塗料とソフトタッチ塗料の光反射性の比較

(3) 耐傷付き性。

にすぐれる。

真球ビーズによる塗膜の凹凸感から，図-7³⁾に示すように一般のつや消し塗膜よりもさらにつやを消すことができる。その用途は表-3³⁾のように広範囲である。対象素材は，プラスチック，金属および木材などがあり，その表面の感触を作りかえることのできる機能性塗料である。

1.5 真空蒸着用塗料

真空蒸着は，プラスチック素材に金属感を与えたり，金属表面を高反射性の鏡面にしたり，また表面を導電性に改質する技術的な手段である。他の塗装方法では到底この外観を得られるものでない。この工程は図-8に示すものであり，アンカー層，アルミニウム蒸着層（真空蒸着装置による）およびトップコート層よりなる。すなわちこの工程の補助的に使用される塗料類は外観上の特殊機能性塗料である。アンカー層は，次の役割りをもつ。

(1) 素材表面の平滑化

たとえば一見平滑にみえるプラスチック素材の表面を粗度計で測定すると図-9のように $Ra=1.02\mu m$ の粗さをもつ。この表面に直接蒸着した場合，鏡面が得られず目的を達し得ない。アンカー層の塗装は，その粗部を埋めて金属的な仕上がりを得るためである。

(2) アルミニウム蒸着層の付着性向上

プラスチック素材の低エネルギー表面に直接蒸着しても，蒸着層はよく付着しない。より高エネルギー表面であるアンカー層は素材と蒸着層を定着させる役割をする。

トップコート層は

- (1) 蒸着層の保護
- (2) デザインのニーズに応じて，染料着色することにより，シルバーから金色，その他の色のニーズに応じた外観をあたえる。

さらに工夫して，アンカー層に艶消しを使用すると無

表-3 ソフトタッチ塗料の用途³⁾

分 野	製 品	期待特性
自 動 車	インストルメントパネル, メータークラスター, ドアトリム, ドアパネル, コンソールボックス他	高 級 感 安全性 (防眩性) 耐 傷 付 性
電 気 機 器	テレビ, VTR, ビデオディスク, 照明器具, オーディオ機器	高 級 感 耐 傷 付 性
家庭用機器 事務用機器 業務用機器	楽器, 机, イス, 書庫, 飾り棚, ロッカー, スチール, キャビネット, OA 機器, 複写機	快 適 性 無 反 射 質 感
建 材	内壁 間仕切り, 天井パネル	快 適 性 無 反 射 質 感
日 用 雑 貨	カメラ, 時計, 各種小物ケース, 革製品	高 級 感 新 デ ザ イン 手 ざ わ り

図-8 真空蒸着仕上げ工程例

図-9 プラスチック素材の表面粗度例 (×5,000)
Ra=1.02 μm

光沢の仕上げとなり, リンクル塗膜を使用するとメロンの表面のような特有な外観をあたえる。表-4にプラスチック製玩具の真空蒸着工程例を示す。現在においては, 極めて高性能の真空蒸着仕上げには, アンカー層およびトップコート層ともに紫外線硬化型の塗料が使用されている。真空蒸着は, 自動車部品, 家庭用品, 雑貨, 金属反射鏡など幅広く利用されている。

工程中, 特に注意すべきはアンカー層の乾燥不足である。この場合, トップコート層塗装の際にその溶剤でアンカー層がおかされたり, あるいは経時的にまたは蒸着

直後に虹ないしくもりの現象の発生をともなうこともある。

図-10にその機構を模式的に示す。

1.6 ハードコート剤

プラスチック素材の表面は柔らかく外部の作用によって傷つきやすい。ハードコート剤は, 一般に紫外線硬化型の透明塗料でプラスチック素材の表面に塗装され, 表面を傷付きにくい状態に改質する機能性塗料でその用途は図-11に示すように極めて広範囲に及ぶ。たとえばポリカーボネート素材よりなる自動車用ヘッドランプについて, ハードコート剤はユーザーの仕様にもよるが, 耐摩耗性の他に, 冷熱サイクル, 耐水性, 耐熱性などすぐれた一般塗料物性を兼ね備えていなければならない。

ポリカーボネート素材そのものの耐候性は良い部類に属するものでなく, ハードコート剤塗膜中に紫外線吸収剤および酸化防止剤を配合するのが一般的な方法である。

ハードコート剤の未塗装および塗装したポリカーボネート材への表面改質の状態を表-5に示す。

特に表面硬度, 耐摩耗性および耐溶剤性が大幅に改質される一方, 塗膜自体も素材によく付着する設計であり硬い塗膜であるのに, 経時的な劣化が少ないことを示している。

1.7 サビ面用プライマー

一般に, 鉄鋼構造物の塗装前素地調整でその清浄度の程度により, 1種ケレンより4種ケレンに区別される。

表-4 プラスチック製玩具類の真空蒸着例

No.	工 程	使用塗料とその処理	塗装方法	塗 膜 厚	備 考
1	素 地 調 整	特に汚れの烈しいときは洗浄工程を行う。			素材は HiPS が多い。又低分子物質等の表面ブリード物を除去する必要がある。
2	アンカー塗装	ウレタン化油系樹脂ワニス 100 " " シンナー 30~4 60°C×60分間乾燥	スプレー 塗装法	8~10 μ	特に玩具用としてこの系が使用されるのは、素材のよごれに敏感でないのと肉持感による。
3	蒸 着	真空蒸着装置により行う。 アルミニウムを一般に金属として使用される。		0.1~0.5 μ	10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁶ Hg-torr
4	トップコート	透明着色トップコートラッカー 100 シンナー 50~60	スプレー 塗装法	3~5 μ	金色の場合は黄透明。 塗料, その他, ブルー, グリーン ピンク, 黒などニーズに応ずる。
5	乾 燥	セッティング 10分後 40~50°C×10分間

図-10 虹ないしくもりを発生した場合

現在、この工数のかかる素地調整の程度を軽減し、浮きサビを除去した程度で塗装し防サビ性を発揮する下塗りプライマーには、キレート結合の生成による方法や、サビと塗膜中のイソシアネート基との反応による方法など多くの方法が開発されている。ここでは、プライマーとして使用する塗料のバインダー骨核がポリサルファイド(-S-S-)をもつエポキシ樹脂によるサビ面プライマー⁴⁾を紹介する。

ポリサルファイド結合はループを形成し、その硫黄原子はサビ成分である α -含水酸化鉄(α -FeOOH)の酸素原子との間に化学的吸着作用を行い、サビの進行を防止する機構を持つ。

(化学結合で固体表面に吸着する現象であり、物理吸着に比較して吸着力は強い)

これらの機構によるサビ面プライマーの実際の海浜地区での暴露結果は、表-6⁴⁾のようであり、筆者自体もその有効性を確認している。

1.8 長残光性蓄光塗料⁵⁾

本塗料は、最近いろいろな文献や展示会で紹介されているので御存知の方も多と思われる。従来の蓄光性顔料(りん光体)が硫化亜鉛 ZnS に付活剤として銅 Cu を含むものであったのに、長残光性の蓄光性顔料はストロンチウムアルミネート(SrAl_2O_4)に付活剤としてユーロビウム デスプロシウムまたはネオジウムを含むもので、従来の蓄光性顔料に比較して次の特長を持つ。

- (1) 放射性物質を含まないが一晩中光る。
- (2) 残光輝度が 10 倍も明るく、しかも残光時間が 10 倍長い。
- (3) 照射する光が強い程よく光る。
- (4) 励起する光の波長が 250~400nm と広い。
- (5) 耐候性にすぐれ屋外でも使用できる。
- (6) 有害物質を含まず、地球環境にやさしい。

図-11 ハードコーティングの応用分野

表-5 ポリカーボネートへのハードコート材の改質効果

塗膜厚 8—10 μm

試験項目	試験方法 条件	ポリカーボネート	
		ハードコート処理	未処理
鉛筆硬度	JIS K-5400 (1 kg 荷重)	2 H	B
テーパー磨耗		ΔH^* , 1.9	
1 kg 100回転	ASTM D-1044	(ヘイズ)	ΔH 39
スチールウール	#000 500g/cm ²	ΔH 0	ΔH 68
磨耗	ラビング100往復	(ヘイズ)	
付着性	基盤目セロテープ剥離	100/100	—
耐熱性	130°C×74hrs	異常無し (3)	異常無し
耐水性	50°C 温水×240hrs	"	"
ヒートショック	80°C×3 hrs～-40°C×3 hrs	"	"
	50サイクル, 90% R. H	"	"
ソルトスプレー			
耐湿性	50°C 98% RH×240hrs	"	"
耐酸性	0.1N% H ₂ SO ₄ 20°C×24hrs	"	"
耐アルカリ性	0.1N% 苛性ソーダ 20°C×24hrs	"	"
耐溶剤性	エタノール	異常無し	異常無し
(スポットテスト)	アセトン	"	溶解
	トルエン	"	"
	酢酸エチル	"	"
	ガソリン	"	クラック
	ブレーキオイル	"	異常無し
	エンジンオイル	"	"
耐候性	QUV 500hrs	異常無し	
	サンシャインウエザオメータ	異常無し	
	1000hrs		

* 磨耗試験後のくもりを、ヘイズメーターで測定したときの変化

表-6 サビ面プライマーの性能（海浜に6カ月暴露）⁴⁾

塗料の種類	ケレン状態	塗膜厚 μm	外観評価		密着性 評価
			クロスカット周り	その他の塗膜部分	
サビ面プライマー 塗膜厚 100 μ	錆び無し	50	0	0	10
	2 種	50	2—M	0	8
	3 種	50	2—M	0	6
	3 種	100	0	0	8
一般エポキシ 樹脂プライマー 塗膜厚 100 μ	錆び無し	50	0	0	10
	2 種	50	カット部分錆びが出ている 4—S～M	4—S～M	6
	3 種	50	交点部分欠損 3—M	錆びが析出 3—M	0
	3 種	100	交点部分欠損 2—M 交点部分欠損	2—M	0

〔ふくれ点数基準〕

（左側の数字はふくれの量を示す）

- 0 → 無い
1 → 僅か
2 → 少し
3 → 多い
4 → 大量

（右側の英字部分はふくれの大きさを示す）

S→Small, 小さい
M→Moderate, 中程度
L→Large, 大きい

〔密着性評価点数基準〕

評価 点数	
10	切り傷1本ごとが、細くて両側が滑らかで、切り傷の交点と正方形の1目1目に剥がれがない。
8	切り傷の交点にわずかな剥がれがあって、正方形の1目1目に剥がれがなく、欠損部の面積は全正方形面積の5%以内。
6	切り傷の両側と交点とに剥がれがあって、欠損部の面積は全正方形面積の5～15%。
4	切り傷による剥がれの幅は4点より広く、欠損部の面積は全正方形面積の35～65%。
2	剥がれの面積は全正方形面積の65%以上。

などとされている。

筆者らの経験によれば、これらの顔料の分散方法と粒度分布の制御、沈降の防止、下塗りを白色として適正なプライマーの選択、発光に最適な塗膜厚と含有夜光顔料の調整により、その特長が十分に引き出されるようである。

1.9 雪氷固着防止剤⁶⁾

安全保持の面で、寒冷地で有効な雪氷固着防止剤が開発されている。北洋で活躍する船舶など甲板、マストなどに固着した雪氷が船の重心を狂わせ転覆させたり作業員の滑落など極めて危険な状態をもたらす。その他凍結した氷は多くのトラブルを発生する。紹介されている雪氷固着防止剤の機能とメカニズム⁶⁾は、図-12⁶⁾によるも

図-12 雪氷固着防止剤の機能とメカニズム⁶⁾

のといわれる。物体の表面に固着した雪氷にわずかな衝撃を加えることにより容易に除去できる。この固着防止材を使用した道路標識は、冬期寒冷圏においても、雪氷

表-7 雪氷固着防止剤の用途⁶⁾

分野	対象
船舶	レーダー・舷灯・ブリッジ・救命装置
航空機	翼・カーゴ・ドレイン
海上構造物	リグ（プラットフォーム）・ブイ
鉄道	車両下面・軌道スラブ・パンタグラフ
通信	パラボラアンテナ・テレビアンテナ・レーダー
冷凍	冷凍バン・パイプ・アイスボックス・ファン

が脱落し、鮮明に標示の目的な果たす。その用途は表-7⁶⁾のようである。極めて巧みに配慮された機能性塗料である。

1.10 その他

現在、塗料メーカーにより上市されている特殊機能性塗料は極めて多い。たとえば、自己研磨型船底防汚用塗料、病院内で新たに病気に感染するのを防ぐ院内感染対策用塗料、帯電防止塗料、はつ水性塗料、セラミック系超耐熱塗料、結露防止塗料および路面標示用塗料など限りがなく、本稿で網羅することは不可能である。これらについては、“工業材料、最新塗料・塗装技術ガイド”

4月号（1996）を参照されんことをおすすめしたい。

まとめ

約2年間にわたり、“やさしい塗料物性”について執筆させていただいた。特殊機能性塗料は、それぞれの対象とする素材に必要な塗膜物性を維持しながら、特殊機能性を発揮しなければならない。変化するニーズに応じて今後、新しい特殊機能性塗料が、つぎつぎと開発されていくであろう。したがって、塗料技術者の1人して、常にシーズを蓄えニーズに応じうる研鑽が極めて大切と痛感するものである。

参 考 文 献

- 1) 築山文俊；最新塗料，塗装技術ガイド，4，(1996) p.96，日刊工業新聞社
- 2) 安藤直民；最新塗料，塗装技術ガイド，4，(1996) p.90，日刊工業新聞社
- 3) 皆川昶夫；プラスチックのコーティング技術総覧，p.195，(1989)，(株)産業技術サービスセンター
- 4) 東レチオコール(株)，カタログ
- 5) 村上義彦；工業塗装 No.132，p.56
新夜光塗料，“N 夜光”(1995)，(株)塗料報知新聞社
- 6) 関西ペイント(株)，機能性材料小冊子，拡・脱，超，離 p.16-17.