業 界 情 勢

粉 体 塗 料 の 情 況

小林 信機*・小 沢 宏*・鳥居 芳典*

Nobuki KOBAYASHI*, Hiroshi OZAWA* and Yoshinori TORII*

I. は じ め に

粉体塗料は、従来の塗料のイメージとは異なつた全く溶剤を含まない粉末状の塗料であり、大気汚染、水質汚染を生じない無公害塗料として、また最近の石油不足問題を背景に、資源の節約という観点からも、にわかに脚光を浴びてきている。その規模はまだ年産 6,000t 程度に過ぎず、塗料業界全体から見れば微々たるものではあるが、時代の流れに乗つて、ここ数年の間に著しい伸びを示すものと予測されている。

塗料工業において使用される有機溶剤について調べてみると、わが国では年間約 65 万 t が使用されており、この有機溶剤がそのまま大気中に放出されているといわれ、自動車の排気ガスに次いで、塗料溶剤は光化学スモッグの一大発生源であることが明らかにされている。このため、大阪府をはじめとして、東京、神奈川、京都などにおいて、公害防止条例で排出溶剤のきびしい規制を打ち出しており、現行の溶剤型塗料はすでに何らかの対応策なくしては使用できない状態になりつつある。これ

らの対応策としては 表 1 に示すような各種の方法が考えられるが、この中で粉体塗料が無公害塗料として理想的な姿であり、また併せて、作業の省力化、塗膜品質の向上、作業環境の改善なども実現できる点で、きわめて期待されることがうなずける。

II. 粉体塗装の歴史と特徴

プラスチック粉末で物体の表面を被覆しようという発想は、1950 年頃にポリエチレン粉末を火焰溶射法で吹きつけるという検討に始まったといわれる。工業的には 1957 年に Knapsack-Griesheim 社で開発された流動浸漬法の出現により、ポリエチレン、ポリ塩化ビニル、ナイロンなどのプラスチック粉末による金属の被覆が行なわれるようになった。ついで 1962 年にフランスの SA-MES 社において静電粉体スプレー法という画期的な技術が開発され、これによって粉体塗料の本格的な実用化が可能になったといえよう。静電粉体スプレー法の開発は、種々の形態の塗装対象物への粉体塗装の適用を可能にすると同時に、エポキシ樹脂に代表される熱硬化性樹

表 1 塗料溶剤による大気汚染の対応策

対 応 策	環 境 汚 染		対 象	問 題 点
	大 気	水 質		
排気燃焼処理	○～◎	○	焼付塗料	ブースの排気処理困難。 ユーティリティ。残ガス成分。
ハイソリッド塗料	●	○	各 分 野	過渡的暫定手段
溶剤置換塗料	●	○	各 分 野	Rule 66 型規制への暫定対応策
非水デイスパージョン	●	○	自動車メタリック	同 上
水溶性塗料	●～○	△～×	各 分 野	排水中の BOD。電着以外はアミン放出。
水分散塗料	○～◎	△	各 分 野	光沢、薬品性等の塗膜品質。塗装適性。
無溶剤液状塗料	○～◎	◎	船舶塗料等	ボットライフ。塗膜品質。
光硬化塗料	●	◎	合板塗装等	モノマーの処理。着色塗料適用の限界。
電子線硬化塗料	△	◎	合板、プラスチック、カラートタン等	形状の限定。モノマー、オゾンの発生。
粉体塗料	◎	◎	金属焼付全般	色替え。設備更新。

◎ 大いに良好, ○ 良好, ● 改良はされるが不満足, △ やや不良, × 不良

* 三井東圧化学(株)商品技術研究所 ()

* Mitsui Toatsu Chemicals, Inc. Technical Service Laboratory ()

脂を粉体塗料に応用する道を開いたという大きな意義を有していたのである。

静電粉体スプレー法の開発にともない、まず耐蝕性、耐薬品性にすぐれたエポキシ粉体塗料が開発された。わが国では1968年頃から実用化が始まり、現在もなお大きな伸びを示している。ついで、エポキシ粉体の欠点である耐候性を改良したタイプ、すなわちアクリル粉体塗料およびポリエステル粉体塗料の開発が強く要望され、1972年頃から実用化が始まっている。そして現在は、これらアクリルおよびポリエステル粉体塗料の技術改良および用途拡大がひとつの大きな潮流となっている。

このような粉体塗装の歩みをふり返った場合に、その目的は時代とともに移り変わってきているということができよう。当初の目的は、従来の塗料ではとても実現できなかった厚い保護被覆を得る有効な手段として開発がなされたが、現在はその無公害性および資源節約という点に大きな関心が集中し、従来の溶剤型塗料の全面的な代替材料としての機能が要求されているといえる。

ここで粉体塗装の特徴および問題点をまとめてみよう。

1. 特徴

ii) 溶剤を含まないため大気汚染がなく、無公害塗料である。

i) 厚塗りが容易にでき、塗装回数を減らすことによって省力化が可能である。

iii) 塗料の回収再使用が可能であり、経済的に有利である。

iv) 溶剤を用いないので火災の危険性が少ない。

v) 膜厚のコントロールが可能であるため、塗装の自動化が容易である。

vi) 高性能の塗膜が得られる。

2. 問題点

i) 色替えの際の清掃が必要である。

ii) 40 μ 以下の薄膜がむずかしい。

iii) 溶剤型塗料に比べて仕上り面が劣る。

以上の通り、粉体塗装はいくつかの解決すべき問題を

含みながらも、環境汚染の回避、資源節約、省力化といった時代の要求に合致した画期的な技術ということができよう。

III. 各種粉体塗料の特性および用途分野

粉体塗料の基本的な性能は、それに用いられる原料樹脂の性質によって決定される。現在までに開発された樹脂の種類としては、ポリエチレン、ポリ塩化ビニル、ポリアミド(ナイロン11,12など)、ポリエステル、ポリプロピレン、塩素化ポリエーテル、ポリフッ化ビニリデン、エチレン-酢ビ共重合体、エチレン-MMA共重合体、セルロースアセテートブチレートなどの熱可塑性樹脂タイプと、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、ポリエステル樹脂、ウレタン樹脂などの熱硬化性樹脂タイプに大別される。

熱可塑性樹脂タイプは主に流動浸漬法により塗装され、樹脂の種類によっては特殊な性質にすぐれている場合があるが、一般的には、微粉末製造の困難性、被塗物への密着力の不足、あるいは均一な薄膜の塗装が困難であるという共通の欠陥を有している。

それに対して熱硬化性樹脂タイプは、加熱時の架橋網状化反応によって強じん被塗物への密着性にすぐれた塗膜を形成し、かつ経済的に有利な静電粉体スプレー法に適しているという特徴を有している。表2に現在までに実用化されている主な粉体塗料について、その特性および好ましい用途分野を示した。

今後需要が特に伸びていくであろうと予想される熱硬化性粉体塗料のうち、エポキシ系はそのすぐれた防蝕性、耐薬品性、電気特性を生かして、鋼管内外面などの防蝕塗装、電気部品の絶縁用材料として適している。しかし、エポキシ系は耐候性が劣るため、屋内外の装飾用途には適していない。耐候性がすぐれているものとしてアクリル系およびポリエステル系が最近になって実用化されはじめてい。るこれらは耐候性がすぐれているのに加えて、防蝕性も比較的良好で、屋内外の装飾用途に適している。現在のところ、アクリル系の方が性能的に一步

表2 各種粉体塗料の特性と用途例

		価格	機械的性質	耐薬品性	塗膜の厚さ	耐候性	主たる用途例	主な特性
熱硬化型	エポキシ	中	◎	◎	◎	△	鋼管(内外面)・自動車部品、消火器農機具、電機部品	耐蝕性
	アクリル	高	◎	◎	◎	◎	自動車塗り・家電機器、門扉、フェンス	耐候性、機械的性質
	ポリエステル	高	○	○	◎	◎	鋼製家具、書架	耐候性
熱可塑型	ポリエチレン	低	○	◎	×	△	自動車部品、かご類	安価、厚膜
	塩化ビニル	低	◎	◎	△	◎	かご類	厚膜、耐薬品性
	ナイロン	高	◎	◎	○	○	鋼製家具、鋼管	耐薬品性、機械的性質

リードしているが、まだいずれも技術改良が盛んに進められている最中であるので、今後新しい技術の開発によりどのような展開がくりひろげられるか興味深いところである。ポリウレタン系はまだ商品化されていないが、耐溶剤性、耐薬品性、機械的特性などがすぐれていることが予想され、特殊用途向けに使われるものと見られている。

最近の市場の動きとしては、公害規制を背景に、粉体塗料採用の動きがますます活発化しており、特に各大手家電メーカーが真剣な検討を行ないつつある。対象物としてはショーケース、洗たく機、クーラーなどであり、すでに一部採用に踏み切っているところも見られるが、1974年のうちにほとんどの家電メーカーの粉体塗装ラインが動き始めるものと予測される。塗料についてはアクリル系が中心に検討されており、性能的にはほぼ満足なものが開発されている。

同様にアクリル粉体塗料が使用される分野で最も期待されているのは、自動車の上塗りである。現在すでに各自動車メーカーが粉体塗装を行なったモーターカーを走らせており、耐久性テストを繰り返している。問題点として、塗面の仕上がり状態および塗装時の色替えの方法などが残されているが、この1～2年のうちに一部実用化に踏み切る公算が大である。

IV. 粉体塗料の生産量の動向

表3にわが国における1972年、1973年の粉体塗料生産量推定量を、樹脂別および塗装方法別に示した。1973年度の日本の塗料生産見通しは約140万tとされておりその原材料の中では、合成樹脂が約35万t、有機溶剤が約65万t、顔料が約35万tを占めている。このうち粉体塗料に置き代えが不可能ないわゆる焼付塗料は約35万tと推定される。一方、1973年の粉体塗料生産量は表3に示す通り約6,000tと推定されるので、1973年における焼付塗料の中の粉体塗料の占める割合は1.7%になる。

また表3から、1972年から1973年にかけて、従来最大のシェアを保ってきたポリエチレン粉体がエポキシ粉体塗料に追い越され、それとともに、静電スプレー用と流動浸漬用との比率も逆転していることがわかる。さらに、熱硬化性タイプの伸びが圧倒的であり、その中でも特にアクリル粉体塗料の伸びが著しい。焼付塗料の需要構成から判断して、粉体塗料の拡大に伴いアクリル系およびポリエステル系の比率が今後とも増大傾向を示していくことは明白である。熱硬化性ポリエステル粉体塗料は、アクリル粉体塗料と同種の目的で早くから開発が

表3 わが国における粉体塗料生産量(推定量)

	1972年		1973年	
	静電スプレー用	流動浸漬用	静電スプレー用	流動浸漬用
エポキシ(熱硬化タイプ)	1,220 t	450 t	1,820 t	550 t
アクリル(熱硬化タイプ)	320	—	680	—
ポリエステル(熱可塑及び熱硬化タイプ)	350	—	530	—
ポリエチレン(熱可塑タイプ)	—	1,800	—	1,860
ポリ塩化ビニル(熱可塑タイプ)	180	450	200	510
ナイロン(熱可塑タイプ)	—	80	—	150
その他	—	10	—	15
計	2,070	2,790	3,230	3,085
	4,860		6,315	

進められてきたが、まだ品質的な問題点も多く今後の技術改良が待たれ、将来的には有望な粉体塗料といえよう。

図1に各種粉体塗料の成長予測を示したが、1970年代後半には焼付塗料の30%程度の規模にまで成長をと

図1 各種粉体塗料の需要予測

げるであろうともいわれており、その著しい成長の突破口が1973年によく開かれたということができよう。

一方、欧米の状況について簡単にふれてみると、まず北アメリカにおける1971年の粉体塗料生産量は1970年の2万1,000tから2万5,000tに増大しており、その内訳はポリエチレンが最も多く1万2,000t、ついでエポキシが6,500t、ポリ塩化ビニル4,000t、ポリエステル1,500t、ポリアミド500tの順であるとされている。これに対し、ヨーロッパにおける粉体塗料生産量は1970年の1万5,000tから1971年には2万2,500tに増加している。

また1976年の生産量予測は北アメリカで5万t、ヨーロッパで4万tであり、さらに1980年の予想は北アメリカで10万t、ヨーロッパで8万tとされている。同時に、日本における生産量は1976年に1万8,000t、1980年に2万8,000tと予想されており、1980年における全世界の粉体塗料生産量は約21万tとなり、これは工業

塗装市場の約 11% を占めるものであるとされている。

V. 最近の技術の進歩

現在粉体塗料の主流になりつつある熱硬化性粉体塗料に関して、最近の技術の動向を紹介してみよう。

1. エポキシ粉体塗料 エポキシ粉体塗料は熱硬化タイプの中では最も研究の歴史が古く、その技術はほとんど完成の域に達していると判断しても良いであろう。新しい硬化剤の開発により、150°C 焼付という低温速硬化タイプも市場に出回り始めており、残された性能的な問題点はエポキシ樹脂の本質に帰因する耐候性の問題のみであるといっても過言ではない。

最近ではむしろ塗料技術面における進歩が多く、特にアラスカのパイプラインの外面にエポキシ粉体塗装が採用され、巨大な静電粉体スプレー装置を用いて、直径48インチ、全長 600 マイルのパイプに塗装が行なわれたことは、このような大工事に採用されたこと自体、粉体塗装が事実上確固たる地位を確立したことを示しており、重大な意義がある。

また、エポキシ樹脂の特性を生かして、自動車塗装の下塗りに応用する検討が進められており、すでにイタリアの Fiat 社および日本の有力自動車メーカーにおいて部実用化が開始されていることも、新しい技術の進歩で一ある。

2. アクリル粉体塗料 アクリル粉体塗料は、原料であるアクリル樹脂のモノマー組成および架橋剤の選択により、種々の特性を有する塗膜性能を実現させることが可能である。わが国では 1972 年から実用化が始まっており、これは三井東圧化学で開発されたグリシジル官能基を有するアクリル樹脂を多価カルボン酸で架橋させるタイプである。このタイプは現在までに開発された他の架橋形式のものと比較して、性能的に一番バランスがとれていると評価されている。

最近になって、カルボキシル基を有するアクリル樹脂をビスオキサゾリン化合物で架橋させるタイプが、西ドイツの Bayer 社の研究により開発され、ヨーロッパで一部実用化が始まっている。これは性能的にすぐれている点も多いが、まだ問題点が残されており、今後の技術改良が待たれる。

これらのタイプ以外にも、たとえば、ヒドロキシ基を有するアクリル樹脂をメラミン樹脂あるいはブロックイソシアネートなどで架橋させるタイプも研究されており、

一部サンプルが出回り始めている段階である。

アメリカにおいても、アクリル粉体塗料の研究は盛んであるといわれており、Du Pont, GM, Ford などの大手会社が特に自動車の上塗り用を目標にして、精力的な研究を進めているようであるが、その技術的内容はまだ明らかではない。

3. ポリエステル粉体塗料 わが国では 1969 年頃から熱可塑性のポリエステル粉体塗料が市場に出回っているが、これは熱可塑性であるために塗膜性能が十分ではなく、限定された用途にのみ適用可能な品種であるといえよう。

熱硬化性のポリエステル粉体塗料については、アクリル粉体塗料と同様にいろいろな架橋形式が可能であり、欧米および日本においてもかなりの研究が行なわれている。現在までに開発されているものは、ヒドロキシ基を有するポリエステル樹脂に対して架橋剤としてメラミン樹脂、ブロックイソシアネート、または酸無水物などを組み合わせるタイプ、および、ヒドロキシ基とカルボキシル基の両方を有するポリエステル樹脂を自己架橋させるタイプ、および、カルボキシル基を有するポリエステル樹脂をトリグリシジルイソシアヌレートで架橋させるタイプなどである。これらの中で、ブロックイソシアネートを利用したタイプが塗膜性能面ではすぐれているが、焼付時にブロック剤が揮発してくることが欠点であり、実用上好ましくないと考えられる。その他のものはいずれも一長一短であり、ポリエステル粉体塗料に関しては今後の開発が期待される。

VI. むすび

塗料溶剤による環境汚染の問題は、従来は自動車排気ガスの陰にかくれて大きく取り上げられなかったが、年間約 65 万 t もの有機溶剤が大気中にそのまま放出されているという数値を見た時に、誰でも慄然とせざるを得ないであろう。今後きびしい排出規制が施行されていくことは当然のことであるが、規制の有無を問わず、環境汚染の回避に努力を傾けることは、われわれ産業界にたずさわるものの使命であろう。

粉体塗料はまだその歴史も浅く、今後改良していかなければならない問題点が数多く残されているが、時代の要請に応じて無公害塗料の柱となるべく、業界各位の積極的な努力を願ってやまない。

(昭和 48 年 12 月 26 日受理)