塗料の現状と将来 — 塗装前処理と関連して —

吉 田 豊 彦*

Present Situation and Future of Coatings
— In Relation with Pretreatment —

Toyohiko YOSHIDA*

塗料・塗装における前処理の意義、効果、塗料工業の現状、今後の課題について記した。前処理各論は本稿では述べなかったが、被塗物、塗料とよくマッチした処理でなければならない。

1. 塗料と塗装

塗料の歴史は、アルタミラ、ラスコーの岩くつ壁画の時代まで遡ることができる。この時代、用いられた材料は、物体の表面に、色のある粉末とそれを固着させるバインダーだけである。文書に書かれたものでは、ノアの箱舟（旧約聖書、創世記）がある。これになると、明らかに、保護機能が目的である。

日本でも、漆という優れた保護機能をもつ素材が用いられて、考古学的に重要な物品を今日まで残すことができたのは、漆のおかげである場合が多い。後世、漆工の技術は、高度に洗練され精緻を極めた工芸品となった。保護と美化という2大機能を備えた多層系である。

現代に至って、塗装は上記機能の他に、いくつかの特殊機能を果たすことが要求されるようになる。例えば、船舶や水中構造物には水中の動植物が付着することを防止、抑制する塗料、電気部品には電磁波を遮断したり、吸収したりする塗料、ガラスの破損、飛散を防止する塗料、夜間の視認性を高くする再帰反射性塗料、すべりにくくする

ためのすべり止め塗料、着氷防止塗料、ポスターなどがはりつかないようにしたはり紙防止塗料、など、枚挙にいとまがない位である。

このように多様な、そしてますます高性能化する塗料が、その期待される機能を果たすためには、塗装という工程を経なければならない。そしてこの機能が発揮できるような塗膜になるか否かは、塗装の適否にかかっている。塗装とは、unit process ではなく、被塗物表面の準備、塗料を塗装に適する状態に調整することから始まって、幾層かの塗膜を形成させるための、塗付、乾燥、後処理の繰返しを含むシステム全体をいう。

2. 塗装と下地処理

下地処理とは、被塗物の表面を、塗装に適した状態にするための処理である。塗膜が、その期待される機能を十分に発揮するには、最低限、被塗物の表面によく付着していて、少々の、外部からの作用、例えば機械的な力を加えられたり、水や塩類や酸、アルカリなどの物質と接触したりしても、容易にはがれないものであることが必要である。

塗料が、被塗物に付着しているのは、（一部、被塗物と塗膜の間に化学結合ができていているような、例外的な場合を除いては）被塗物表面の分子と、塗膜の分子の間の分子間力による。分子間の力は両分子の間の距離の6乗に逆比例するような、ごく近距離でのみ働く力であるから、被塗物と塗膜の間に、異物質が介在するようなことがあってはならない。だから、被塗物表面から異物質を取り除くことが下地処理の第一である。

* 元職業訓練大学校 教授 工博

(自宅：〒247 神奈川県鎌倉市玉縄5-20-12, ☎0467-45-2925)

(20-12, Tawanawa 5-chome, Kamakura-shi, Kanagawa 247)

図1 鉄鋼表面のエッチングプライマー塗膜の構造

次に、被塗物表面と、塗膜の間の分子間力が十分働くように、両者の親和性を高めることも必要である。プラスチックの塗装に当たって、酸液による処理、紫外線照射、ガス炎処理、プラズマ処理、表面グラフト化、などの処理を行うことがあるのは、プラスチックの低極性表面に、これらの処理によって極性基を導入し、それによって塗膜分子の親和性を大きくしようとするにはほかならない。

塗膜は一般に、連続した樹脂膜である。それによって、外界の水、酸素、塩類など、被塗物特に金属に対して腐食作用のある物質を遮断し、さびの発生、成長を抑制する。しかし、塗膜はポリマーの皮膜である以上、微量ではあっても、水も酸素もイオンも、長時間かければ少しは浸透してくることは止むを得ない。さびの発生、成長を抑制するためには、透過性をできるだけ少なくするとか、(鉄の場合には)鉄よりもイオン化傾向の大きい例えば亜鉛で、鉄の電気化学的腐食を抑えるとか、鉄の表面が不動態化するようなイオンを生成するような顔料を加えておくとか、いろいろな方法が用いられ、これらの機能をもつようにした塗料は一般にさび止め塗料とよばれている。しかし、実際の性能から考えればさび抑制塗料とでもよぶ方が正しいだろう。(余談になるが、既にさびのある面に塗装する場合、さびをよく落してから塗る、というのは常識である。塗膜化にさびがあれば、浸透圧が上昇して水をよび、さびが成長する。糸さびの成長のメカニズムを考えれば、このことはよく理解できる。さびをよく落す手間を省いて、いい加減にしておいて、その上に塗料を塗って見えなくしてしまうような塗装はさび止め塗装とは言えない。私はそのような塗装をさび隠し塗装と

よぶ。)

前記のようないわゆるさび止め塗料を塗っても、被塗物表面の活性が強く、塗膜を透過した水分、酸素、塩類などですぐさびができるようでは十分な効果が挙げられない。被塗物表面がさびにくい方がよいにきまっている。しかし、さびにくいからと言って、例えばステンレス鋼は、高価でもあるし、塗膜の付着性は余りよくない。鋼表面のリン酸塩化成処理はこの点で有効である。

リン酸化処理は、生成したHopeite, Phosphophylliteの微結晶の集合体のために、鋼本体への外界からの腐食原因物質の接触を遮断することで、被塗物表面の耐食性を増す。この微結晶の集りであることは、塗料を塗装した際に、塗膜の有効付着面積を多くし、付着性の向上に役立つだろう。しかし、どの程度、塗液が化成処理層に流入して、アンカー効果をもたらしているかについては、まだ明らかにされていない。

塗膜の付着は、被塗物表面と、塗膜との間の分子間力によると記したが、分子間力(van der Waals力)の強さはたかだか1 kcal/mol程度である。共有結合は50~200 kcal/molで、その大きさは、分子間力とは比較にならない位大きい。

被塗物表面と、塗膜の間に化学結合があれば、付着力はずっと強くなる。その例が、ウォッシュプライマーである。この塗料(JISでは、エッチングプライマーとよんでいる-JIS K 5633)、ウォッシュプライマーは商品名である。エッチングプライマーの英語名として、JIS K 5500塗料用語には、etching primer, pretreatment primer、と記している。後者は直訳すれば前処理プライマーである)は、鉄鋼表面に対するリン酸、

図2 エポキシ樹脂と金属との結合

クロム酸の表面効果と、金属面とリン酸、クロム酸がつくる化成表面が、この塗料の塗膜主要素であるポリビニルブチラルとの中に錯化合物を作ることによって、強い付着を生じる（図1）。分子間力の中、強い結合力をもつのは水素結合であるが、エポキシ樹脂が金属によく付着するのは、金属表面の吸着水との間に、水素結合を生成することによるとされている（図2）。

先に、塗装に先立って、金属表面のさびをよく除去しておくことが必要であると記したが、これは言うは易く、行ふに難いことで、さびの完全除去はたやすいことではない。さび面と、化学結合を生じるように、キレート化する能力をもった塗料もある。その効果については、まだ、定説となっていないが、これも下地処理能力をもった塗料と言える。

3. 前処理の方法

前処理は、塗装の一工程として、被塗物表面に施すものである。被塗物表面の性質、塗料及び、塗料の種類、条件、などとマッチしなければ、十分な効果は期待できない。前処理の方法の各論はここでは述べないが、サンドイッチ工程であることを強調しておく。

4. 塗料の現状

日本の塗料生産量は、昭和61年は 182万トンに

達している。極めに大ざっぱに計算して塗液厚さ 50μm で1回塗りすれば 330万ヘクタールを塗ることができる。これは日本の全耕地面積の約60％に当たる。この塗料の需要構造は表1のようになっている。塗料の成分別分類では表2のようである。この表で明らかなように、塗料の1／2は、溶剤系の合成樹脂塗料で、その中でも使用量の増加率が高いのは、ウレタン系、エポキシ系などである（表3）。のび率のトップは粉体塗料であるが、生産量自体は低い。

反対に減少傾向は、

	指数
油性	44
ラッカー	87
アルキド系さび止め	86
ビニル樹脂系	84

などである。

次に技術面での変化、進歩をみてみよう。これを論ずるに当たって、お断りしておかなければならないのは、日本の業界では、特に工業塗装分野では、メーカーとユーザーとの緊密な関係の下に、研究、開発が進められていて、部外者には、その最先端の状況は容易にうかがい知ることができないということである。したがって、以下に記すことは、かなり主観と編見に基づく部分が多いということを予めお断りしておこう。

性能面での高度化、研究手段の精密化、要求性能の特殊化などが注目される。

表面分析技術の発達によって、塗膜の組成、構

表1 塗料の需要構造

建物	29.2%
建築資材	5.5
構造物	5.3
船 舶	5.2
鉄道車両	0.5
道路車両	13.2
新車	5.6
補修	5.2
電気機械	4.3
機 械	7.2
金属製品	6.6
木工製品	2.3
家庭用	1.6
輸 出	4.6
道路標示	5.5
その他	

造などが解明されつつある。塗膜は元来、複合体で、均一系ではない。その成分、例えば、顔料や添加剤も塗膜の中に均一に分散しているわけではない。このことは既に20年以上も前から指摘されていたけれども、最近はもっと細かく、原子団の動きもとらえられている。ポリマーブレンドである塗膜の相分離を逆手にとって新しい塗膜形成をさせている例もある。

塗装方法も併用しての、このような例の1つにエッジ部の防錆力の改善がある。鋭角ないし直角の端部に塗料を塗れば、表面張力のために、角の部分の膜厚は薄くなる。これを防止して、端部も十分な膜厚を保つようにした電着塗料が開発され

表3 生産量増加の指数 ベスト10
(昭和55年を100とする)

順位	指数	塗料品種
1	163	粉体塗料
2	152	ウレタン系
3	138	エポキシ樹脂系
3	138	無機質塗料
4	133	電気絶縁
5	132	エマルション
6	130	水溶性樹脂系
7	122	アミノアルキド系
8	121	アクリル系
9	104	不飽和ポリエステル系
10	103	その他の塗料

表2 塗料の品種別生産量 (単位：千トン：1,000 ton)

塗 料 品 種			昭和61年（1986年） 数 量
油 性			25
ラ ッ カ ー			45
電 気 絶 縁			36
合 成 樹 脂 塗 料	溶 剤 系	樹脂系 アルカ ワニス・エナメル・調合	142
		さび止	79
		アミノ・アルキド樹脂系	149
		ビニル樹脂系	37
		アクリル樹脂系	119
		エポキシ樹脂系	88
		ウレタン樹脂系	73
		不飽和ポリエステル樹脂系	24
		塩化ゴム系	17
		船底塗料	21
	その他の溶剤系	65	
	小 計		814
	水 系	エマルション系	202
		水溶性樹脂系	118
小 計		320	
無 溶 剤 系	粉 体 塗 料	13	
	トラフィックペイント	90	
	小 計	103	
	合 計	1,237	
無 機 質 塗 料			9
そ の 他 の 塗 料			66
シ ン ナ ー			375
関 連 製 品			30
総 合 計			1,823

た。焼付時の流動特性の変化を巧に利用した例である。

特殊機能性塗料が注目されているが、まだ実使用量は低い。しかし、莫大な実績をもつものに、磁性記憶材料塗料がある。カセットテープ、ビデオテープ、コンピューターのディスク、など、形態は正に塗料である。フェライトのような比較的分散しにくい顔料をよく分散させ、均一に塗付し、しかも顔料をよく配向させるという技術は、かえって塗料・塗装専門の立場からは学ばなければならないことが、たくさんありそうである。

製品の高度化の要求は、意匠性の面にも現れていて、その例の1つとしては、コーテッド・マイカの使用による真珠様の、干渉色を示す塗料を挙げることができよう。これらの導入、シェアの増大に伴って、塗料の評価、判定の方法が考えられなければならないだろう。評価のレベルが高度になると、従来の機器では間に合わなくなる。高光沢面のツヤの評価に、鮮映性が用いられるのはその例である。それと共に、評価の要因が複雑であるために、官能検査によらなければならないような項目も、今後の研究の興味深い対象となろう。

あまりにはん煩になることをおそれて、細かくは記さなかったけれど、塗料についても、塗装についても、研究すべきこと、わからないこと、わかっていないこと、ばかりである。量と質との発

展を支えるには、基礎の把握によるということを痛感している。

5. 塗料の未来

現在の塗料工業は、ずい分進歩したとはいえ、まだこれから解決しなければならない問題も少なくない。しかし一方、問題があるということは、解決すればプラスになることである。塗料のように、使用しやすくて、その効果の大きいものは、もっと用いられる場があるだろう。省資源、省エネルギー、低公害化、という、今では大分古臭くなってしまった言葉も、もっと称えられてよいモットーである。

保護機能の高度化→耐久性、重防食、

特殊機能の活用

そのために、研究開発能力の向上と共に、他の領域の進歩を貧欲にとり入れて行くことに、活路が見出されるだろう。

参考として、大藪権昭氏が挙げた今後の課題を項目だけ記す。

- (1) 被塗物材料の変遷と多様化
- (2) 塗装による官能的品質の向上
- (3) 省力を達成するための塗装手段の改良
- (4) 信頼性の向上
- (5) 環境浄化と塗装環境の安全衛生