顔料講座 (第7講)

UDC 667. 622

(色材, 55 [12] 883-893. 1982)

塗 料 用 顔 料

稲 村 健*・品 田 登*

1. は じ め に

顔料講座 (第7講) として塗料用顔料について述べるが, すでに第1講~第6講で個々の顔料の化学組成や構造, 製造方法などについては詳しく述べられているので本講では塗料の概要, 塗料用顔料の種類, 塗料用顔料としての具備条件, 実用試験方法, 問題点および顔料に対する要望事項などについて述べることにする。

2. 塗 料 の 概 要

2.1 塗料の定義

塗料とは, 流動状態で物の表面にひろげると薄い膜となり, 固化して所期の性能をもつ膜となり, 連続してその面をおおうものをいう。

所期の性能とはつぎの各項の一つまたは二つ以上をいう。

- (1) 物体の保護: 防湿・さび止・防食・耐油・耐薬品など
- (2) 外観や形状の変化: 色・光沢の変化, 美装・標識・平滑化・平坦性・立体化など
- (3) (1)または(2)以外: 熱・電気などの伝導性の調節, 生物の付着防止, 殺菌, 音波またはその他の波動の発散・反射・吸収, 色による温度の指示, ワレによるヒズミの分布の検出など

2.2 塗料の構成

塗料の構成を示せばつぎのとおりである。

①塗膜形成要素……塗膜の主成分となる物質をいう。

通常プレポリマーである。

②塗膜形成副要素……塗膜の性能を向上させる目的で加える物質をいう。可塑剤・硬化剤・皮張り防止剤・増粘剤・流動調節剤・分散剤・防腐および防かび剤・紫外線吸収剤・光安定剤などで, 配合量としては少量である。

③顔 料……………実用塗料の大部分はエナメルであり, 顔料を除外して塗料の性質を論じることはいできない。塗料に顔料を配合する目的は着色・隠ぺい力など塗膜に光学的特性を与えるだけでなく, 塗膜を機械的に補強し, 耐久性や防食性を与えたり塗料の諸物性(流動性, 硬さ, 伸び, 付着性など)の向上に役立つ。

④溶 剤……………塗料を塗りひろげるときに流動性を増進して塗りやすくする目的で使用し, 塗料には含まれるが塗料の乾燥過程で蒸発し去って, 形成された塗膜の中には存在しなくなる物質(各種有機溶剤や水)をいう。

3. 塗料用顔料の種類

塗料用に使用されている顔料の種類は非常に多い。大別すれば無機顔料と有機顔料の二種類となる。

昭和 57.7.27 受理
Pigment for Coatings
Takeshi INAMURA & Noboru SHINADA

* 関西ペイント(株)技術研究所
平塚市東八幡 4-17-1 (〒254)

表-1 塗 料 用 無 機 顔 料 (色別)

色 別	顔 料 名	塗 料 の 市 場 分 野 別				
		般 用	工 業 用	防 食 用	自 動 車 用	プ レ コ ー ト メ タ ル、用
白	リン酸亜塩			○		
	リン酸カリウム			○		
	リン酸アルミニウム			○		
黒	カーボンブラック	○	○	○	○	○
	松 煙		○		○	
	黒 鉛	○	○	○	○	○
	鉄 黒	○	○	○		
黄	黄 鉛	○	○	○	○	○
	合成酸化鉄黄	○	○	○	○	○
	透明ベンガラ黄		○		○	
	ニッケルチタンエロー		○		○	○
	クロムチタンエロー				○	○
	ジंकクロメート			○		
	ストロンチウムクロメート		○	○	○	
赤	ベンガラ	○	○	○	○	○
	透明ベンガラ赤		○		○	
	四三酸化鉛 (鉛丹)	○	○	○		
	クロムバーミリオン	○	○	○		○
	亜酸化銅			○		
	塩基性クロム酸塩			○		
	鉛シアナミド			○		
緑	クロムグリーン	○	○			
	酸化クロム		○			
青	紺 青	○	○			
	群 青	○				
	コバルトブルー	○	○	○	○	
紫	紫ベンガラ	○	○	○		○
	マンガン紫	○				
	コバルト紫	○				
(体 質 顔 料)	炭酸カルシウム	○	○	○		
	硫酸バリウム	○	○	○	○	
	タ ル ク	○	○	○	○	
	ク レ ー	○	○	○	○	
	ホワイトカーボン	○	○	○		
	石 こ う	○				
(金 属 粉 顔 料)	アルミニウム粉	○	○	○	○	
	ブロンズ粉	○	○			
	亜酸化塩粉			○		
	亜 鉛 末			○		
(そ の 他)	パール顔料 (チタンコーティング マイカ)		○		○	

表-2 塗 料 用 有 機 顔 料 (化学構造別)

* C. I Pig. Name	化 学 構 造 別	塗 料 市 場 分 野 別				
		般 用	工 業 用	防 食 用	自動車用	プ レ コ ー ト メ タ ル 用
PR-3	モノアゾ系	○	○			
PR-5	モノアゾ系	○	○		○	
PR-48	モノアゾ系	○	○			
PR-58	モノアゾ系	○				
PR-63	モノアゾ系	○				
PR-112	モノアゾ系	○	○			
PR-214	縮合アゾ系		○		○	
PR-242	縮合アゾ系		○		○	
PY-1	モノアゾ系	○				
PY-3	モノアゾ系	○				
PY-83	モノアゾ系	○	○			
PY-93	縮合アゾ系		○		○	
PY-97	モノアゾ系	○	○			
PY-116	モノアゾ系		○			
PY-117	金属錯塩アゾ系				○	
PY-129	金属錯塩アゾ系				○	
PY-151	ベンジイミダゾロン系		○		○	○
PY-154	ベンジイミダゾロン系		○		○	○
PY-156	ベンジイミダゾロン系		○		○	○
PG-10	金属錯塩アゾ系				○	
PO-36	ベンジイミダゾロン系		○		○	○
PB-15	銅フタロシアニン	○	○		○	○
PB-16	銅フリーフタロシアニン				○	
PG-7	塩素化銅フタロシアニン	○	○		○	○
PG-36	高ハロゲン化銅フタロシアニン				○	○
PV-19	キナクリドン系		○		○	○
PV-122	キナクリドン系		○		○	○
PR-202	キナクリドン系				○	○
PR-206	キナクリドン系				○	○
PR-207	キナクリドン系				○	○
PO-49	キナクリドン系				○	
PV-23	ジオキサジン系		○		○	
PY-109	イソインドリノン系		○		○	○
PY-110	イソインドリノン系		○		○	○
PY-139	イソインドリン系		○			
PR-216	ピランスロン系				○	
PR-68	ジブロムアンザンスロン系				○	
PB-60	インダンスロン系				○	○
PY-108	アンスラビリミジン系		○		○	
PY-24	フラバンスロン系				○	
PO-43	ペリノン系				○	
PR-88	チオインジゴ系		○		○	
PR-190	ペリレン系 (レッド)				○	
PR-149	ペリレン系 (オレンジ)				○	
PR-179	ペリレン系 (マルーン)				○	
PR-224	ペリレン系 (レッド)				○	
PY-138	キノフタロン系				○	

* PR: Pigment Red, PY: Pigment Yellow, PO: Pigment Orange
PG: Pigment Green, PB: Pigment Blue, PV: Pigment Violet

無機顔料は天然産または合成によって作られる無機化合物であって、一般に隠ぺい力が大きく、熱や光に対して安定で、変色しがたい。またコストも比較的安価なものが多い。

有機顔料は一般に隠ぺい力、耐光性、耐溶剤性、耐熱性などが無機顔料より劣っているものが多い。しかし、色が鮮明で着色力が高いため、鮮明な色を要求する場合に用いられる。コストは無機顔料に比べて高価なものが多い。

通常、塗料用に使用されている主な顔料の種類を表-1 (無機顔料)、表-2 (有機顔料) に示した。表-1 の無機顔料については色別、表-2 の有機顔料については化学構造別に分類し、その主な使途先を塗料の市場分野別で示した。

特に表-2、塗料用有機顔料について考察すれば、顔料の化学構造によっておよその使途先が決ってしまうといえる。すなわち、耐熱性、耐溶剤性、耐候性などに弱点をもつアゾ系顔料ではその主な使途先は一般塗料 (建築、鉄構用など) ないしは一般工業用塗料に限られてしまう。しかし、アゾ系の範ちゅうにあっても、上記の諸耐性が優れている金属錯塩系、縮合アゾ系、ベンジイミダゾロン系の顔料は特に耐候性を要求される自動車塗料用として使用されている顔料もある。

一方、高級有機顔料に分類されるキナクリドン系、イソインドリノン系、ピランスロン系、ジブロムアンザンズロン系、インダンスレン系、アンストラビリミジン系、フラバンスロン系、ペリレン・ペリノン系、キノフタロン系の各顔料の主な使途先は自動車塗料用であり、一部はプレコートメタル用塗料の分野においても使用されているのが現状といえよう。

3.1 加工顔料

塗料用顔料の多くは粉体顔料として供給されるのが普通である。塗料における顔料の本質的機能は着色を目的としているが、この使用目的を合理的にするために加工顔料の形態で供給されているものもある。これらの加工の目的は

- 1) 顔料のビヒクル中への良い分散状態を効率よくよく達成させる。
 - 2) 良い分散状態を与えることによって顔料の着色能力を向上させる。
 - 3) 不均一な分散を防ぐことにより、不利な凝集 (Aggregation) を防ぐ。
 - 4) 顔料粉末の飛散・損失・汚染を防ぐことにより作業能率を向上させる。
- などの点が挙げられよう。

3.1.1 ペーストカラー

粉体顔料を塗料用ビヒクルを用いペースト状にしたものでこの場合、一般的には塗料メーカー指定のビヒクルが用いられることが多い。特に分散性不良の顔料が対象となり、顔料メーカーにおいて特殊な分散機によってペースト加工される。ペースト中のおよその顔料分は 20~50% である。その他、“Flushing” によってペースト加工されたものもある。

3.1.2 マスターバッチカラー

主に熱可塑性樹脂用として顔料、樹脂、必要に応じて可塑剤を加え十分に混練したもので、顔料がきわめて微細に分散されている。チップ状、板状、ペレット状のものがあ、顔料分はおよそ 20~60% である。塗料用では主に NC ラッカー・エナメル、アクリルラッカー・エナメル用として使用されている。

3.1.3 ドライカラー

顔料を分散剤等で処理した粉末状の加工顔料で主に樹脂着色材として使用されている。

4. 塗料用顔料として具備すべき特性

塗料用顔料に要求される性能は塗料の種類、用法、使用目的によって異なり、実際の使用に当たってはそれぞれに適応した顔料を選択することが重要である。

顔料の一般特性である色、着色力、吸油量、水分、水可溶分、pH、比重なども重要な特性であるけれど実用面からみて特につぎの諸性能にすぐれていることが必要となる。

4.1 分散性 (レオロジー的問題)

顔料はビヒクル中に分散して使用されるものであるからツブレ、分散性の良いことが必須条件となる。分散性の良し悪しは製品の色調、鮮明さ、着色力、ツヤなどに著しい影響を与える。顔料を分散する際、ビヒクルに対する「ヌレ」がよく均一に分散し、安定した懸濁系を保つものが良い。分散性の良否は、顔料の製造条件による粒子の形、大きさ、表面状態、化学構造、極性、電荷などによりほとんど決まってしまう。しかしながら同一条件で作られた顔料でもビヒクルの種類、添加剤の種類や使用の有無および分散方式の差などにより異なった結果を生ずることがあるので、塗料ごとに検討する必要がある。その他、顔料が塗料に与えるレオロジー的問題として、流動性 (粘性)、floculation、沈降、色分れなどの各種の性質・現象が着目されなければならない。流動性の問題は分散作業性、塗装作業などに直接関係があるし、塗料の貯蔵中の顔料沈降、色分れ、粘度変化などはその性能に直接ひびく問題である。

4.2 耐候(光)性

顔料の耐候(光)性は分散性と同様に最も重要な特性である。特に屋外用塗料にあっては自動車塗料に代表されるように苛酷な耐候(光)性が要求されている。

顔料の耐候(光)性は一般に着色塗膜の変退色の程度で評価されるが、このほかに塗膜の白亜化、顔料の影響によるツヤの消失、塗膜のワレ、フクレ、ハガレなども評価の対象となる。着色塗膜中における顔料の劣化原因を個々の顔料についてつかむことは困難である。劣化原因としては光酸化、光還元、結晶構造の変化、加水分解など種々の要因が影響し合って劣化が進むものと考えられている。同一顔料にあってはふん囲気により耐候(光)性にかなり差を生じる場合がある。顔料濃度がかなり高い場合には、たとえ着色層の表面部分の顔料が劣化しても、内部層の劣化していない顔料のために、それほど目立たない場合もある。また顔料の単位面積または単位体積当たりの受ける光エネルギーが少なくなり、劣化もあまり進まないと考えられる。顔料濃度が低いと、この逆の理由により劣化が進む。

酸化チタンや金属アルミニウムのような不透明で反射率の大きい顔料との共存状態では、着色層の表面部分における顔料粒子の受ける光エネルギーは、入射光、反射散乱光の両者を受け、劣化度が顕著に現われてくる。

酸化チタンや金属アルミニウムのような隠ぺい力、反射率の高い顔料と着色顔料の共存状態では、劣化による退色促進または退色を顕著に示すが、このことは逆に退色を保護する組合せもある。たとえば、二種類の顔料を混合して着色した場合、一種類の顔料は耐候性も強く、また紫外線吸収能力が大きいものであり、他の顔料は耐候性がそれほど強くなくとも、これの劣化をおさえることが予想することができる。これは耐候性の弱い顔料に紫外線吸収剤を混合したのと同じような理由である。塗膜の耐候性はビヒクルの種類や顔料の組合せなどによっても大きく異なるので、塗料ごとに実用試験をおこない確認することが必要である。

4.3 耐熱性

焼付塗料用の顔料には耐熱性が必要である。焼付温度は通常は 80~100°C, 120~160°C が標準であるが乾燥時間の短縮、塗膜強度の改善を目的としさらに高温で使用されることが多い。表-3 に高温焼付塗料の代表例として粉体塗料・プレコートメタル用塗料の標準的焼付条件を示した。これらに用いられる顔料は高温処理によって変退色せず、塗膜表面のツヤの消失や顔料のブルーミング、ブロンジングなどの欠陥を生じないことが必要である。加熱による変退色は顔料自体の化学的变化、結晶構

表-3 高温焼付塗料の乾燥条件

樹 脂 の タ イ プ		乾燥条件* (標準)	
		温度(°C)	時間(分)
粉体塗料	エポキシ樹脂系	170~180	20
	アクリル樹脂系	160	20
	ポリエステル樹脂系	170~180 200	20 5
プレコートメタル用塗料	アミノアルキド樹脂系	230	1
	オイルフリーポリエステル樹脂系	230	1
	プラスチック樹脂系	210	1.2
	エポキシ樹脂系	200	0.5
	アクリル樹脂系	230	1
	シリコン変性樹脂系	240~250	1
	ポリビニリデンフルオリド樹脂系	250	1
	アクリルエマルション系	230	1

* プレコートメタル用塗料の焼付条件は素地金属の温度で示した。実際のふん囲気温度はさらに 50°C 程度高くなる。

造の変化、ビヒクルとの化学反応に起因するほか顔料粒子の分散状態の変化や顔料の昇華などもこの原因になることがある。高温焼付塗料用の顔料としては、無機顔料の多くはその目的に適うものである。有機顔料ではアゾ系顔料の多くは耐熱性に弱点があり使用制限を受ける。従ってフタロシアニン系および高級有機顔料に分類されるキナクリドン系、イソインドリノン系、ピランスロン系、チオインジゴ系、ジブロムアンザンズロン系、インダンスロン系、アンスラビリミジン系、フラパンスロン系、ベリレン・ベリノン系などの顔料に限られてしまう。

4.4 耐溶性および耐ブリード性

塗料構成要素である溶剤、可塑剤あるいはビヒクルに溶解またはしん色する顔料を用いた塗料の塗面に他の色、たとえば白色の塗料を上塗りすると下地の色にじみでて上塗の色を汚す。ことに焼付乾燥するときはこのにじみが著しく出ることが多い。

耐溶性は無機顔料ではほとんど問題でなく、有機顔料がこの対象となる。顔料の耐溶性は本質的にその化学構造に起因する。アゾ系に属する顔料は程度の差こそあれ耐溶性は劣っている。モノアゾ系顔料は一般に耐溶性は弱く、不溶性アゾ系顔料では親油性の基が顔料の骨格分子についているために、また低分子量であるためブリードの傾向がある。一般にモノアゾ系顔料は、分子量が約 400~800 であり、この程度では十分な耐溶性があるとはいいがたい。アントラキノン系、チオイン

ジゴ系、ペリレン系、ジオキサジン系などの顔料では分子量が1,500であり、このような高分子になると耐溶剤性は良好となる。その他の改良方法としては親水基の導入により、親油性を減少させ耐溶剤性を改良する方法がおこなわれている。

溶剤型塗料の場合、使用されている溶剤の種類によってもブリードの程度は大きく異なってくる。塗料用に使用されている溶剤の種類を大分類で示せば、脂肪族炭化水素、芳香族石油ナフサ、芳香族炭化水素、アルコール、エーテルアルコール、醋酸エステル、エーテルエステル、ケトン系などであり、幾つかの溶剤の組合せで使用する。

4.5 耐薬品性 (耐酸・耐アルカリ)

1) 耐酸性 塩基性顔料は、塗料中の遊離酸と反応して、塗料の粘度を上昇させゲル化を起こさせることもあるが、塗料中の遊離酸は普通弱有機酸であるから多くの顔料はほとんど侵されない。特に耐酸性を要求されるのは耐酸塗料、重車輛用塗料 (塗装面にしゅう酸などの酸性洗浄剤で清掃されるため)、および硬化剤として無機酸を添加するような塗料の場合である。

2) 耐アルカリ性 水性塗料、エマルション塗料、コンクリート用塗料、洗濯機用塗料などに使われる顔料は耐アルカリ性が要求される。自動車用塗料でも車体の洗浄に石けん、アルカリ洗剤を使うので、塗料中の顔料は耐アルカリ性にすぐれることが望まれる。

4.6 耐水性

顔料の定義からして顔料は水に侵されないことが必要である。耐水性不良の顔料が塗膜中に存在すると水や湿気によって塗膜の強度を低下せしめる。その結果、塗膜にフレクを生じさせたり、ハク離するなどの塗膜欠陥が生じる。この場合、顔料中に含まれる不純物 (たとえば顔料製造時の水洗不足などによる水可溶性の無機塩類あるいは水可溶性の表面处理成分など) が塗膜欠陥に大きく寄与していることがある。

4.7 耐ブロンズ性

塗面に見られるブロンズ現象は顔料が関係する表面現象であり、塗料の場合には嫌われる現象の一つとなっている。ブロンズ現象の実際的な定義としては、着色塗膜の表面などで、その表面の色が内部の色と異なるような表面の呈色様相で、見る角度によってその外観が異なる現象であり、普通、黄、赤、緑味が物体色の補色関係にあるものをいう。普通の見方で観察すると、鏡面反射的に光を当てて観察される色とが異なるような表面色の状態であるともいえる。

実際問題としては、少なくとも exposure bronzing

と masstone bronzing との二つのブロンズ現象が挙げられる。exposure bronzing は一般に長期パクロした適当な、または高濃度のブロンズ顔料を含む塗膜に、また masstone bronzing はきわめて高濃度のブロンズ顔料を含む塗膜に見られる。ここでブロンズ顔料とは金属面に見られるような効果を示すフタロシアニンブルー、紺青、ペリレン系マ alun などの顔料をいう。ブロンズ顔料はスペクトルの最大吸収域で非常に高い屈折率を持ち、顔料の表面から波長と同じくらいの深さのところまで光を完全に吸収してしまい、吸収された光は共鳴と同じ過程によって再放射される。

表面反射については図-1 に示すようにフタロシアニンブルーはスペクトル中の青い光 (450 nm) は吸収しないではほとんど透過し、ごくわずかしき反射しない。赤い光 (650 nm) に対しては金属のように挙動し、光が塗膜表面に入射するときでも反射は青い光にくらべて多く、明らかに表面反射が認められる。

ブロンズ現象は、ほとんどどんなビヒクルおよび塗装系でも生じるという理由から、ほとんど普遍的な対策を提案することはむずかしい。しかし、exposure bronzing および masstone bronzing は普通の光学的原因によって発生するので、表面反射光を測定するなどの手段によってブロンズ現象を評価することは可能と思われる。

R. Johnston-Feller ら^{7,13,14)}は鏡面反射光を含めて、または除いて測定し得る積分球方式を用いる装置がブロンズ現象を評価するのに有用であると報告している。すなわち、このような装置を用いることによって、一つは

図-1 フタロシアニンブルーの正反射⁶⁾

鏡面反射率を含めた全反射率, 他は鏡面反射率を除いた拡散反射率を測定し, それらの反射率の差を算出することによってブロンズ現象を間接的に評価している。

ブロンズ現象は界面の屈折率の差が大きいときに著しく現われる。この差は空気と顔料との界面で最大となる。したがって, 著しく顔料濃度が高い場合とか, バクロによって顔料が表面に遊離して空気と接する場合にはブロンズ現象が現われる。ブロンズ顔料を使用する場合は, 顔料のビヒクルに対する“スレ”を良くして, 空気との界面をなくし, 表面への顔料の移行を防ぐか, 他の顔料を混ぜて顔料濃度を下げるか, またはビヒクルの配合比を増して顔料濃度を下げるなどの対策が有効となる。

4.8 無毒・無公害性

顔料は無毒・無公害であることが必要である。化学物質は発がん性や各種障害の事実が究明されるにつれ, 無毒化, 無公害化への要望が高まり, それを法律で規制する方向になってきた。顔料中にはカドミウム, 水銀, 鉛, クロムなどの重金属を含むものがあり, これらの毒性が問題視されている。塗料用顔料では特にカドミウム, 水銀を含む顔料については早期に使用禁止の措置がとられ, 鉛, クロムを含む顔料についても用途別に自主規制ないしは使用しない方向での代替検討が続けられている。さび止効果のある顔料は鉛化合物やクロム酸塩化合物がほとんどであり, これに代る低公害防食顔料として, リン酸塩, ホウ酸塩, モリブデン酸塩, などのオキシ酸型のインヒビターを含む系統と, アルカリ土類金属や亜鉛などの金属酸化物を含む系統が開発されている。これらの新しい防食顔料にはそれぞれ特有の防食機構や特徴があり, 従来の防食顔料とは異なる適性処方も必要となる。しかし, まだその性質や長短が十分に把握されているとはいえず, 今後も応用研究は引き続き必要である。したがって現行の鉛, クロムを含む顔料の使用やその産業廃棄物の処理に際しては, 物質のもつ毒性に関する正しい知識をもち, かつ決められている法規(特定化学物質等障害予防規則, 廃棄物の処理及び清掃に関する法律など)を十分遵守することが大切である。

5. 塗料用顔料の実用試験方法

塗料用顔料の品質評価をする際の一般特性および実用試験方法について述べるが紙数の都合上, ここでは上塗塗料用の着色顔料を対象としてその一例を参考に示す。

5.1 第一次(一般特性)試験

塗料用顔料として使用し得るか否かの判断と実際の適用設計に当たっての基礎的な技術データを得る目的で,

まず顔料の一般特性について測定をおこなう。一般特性項目と試験方法の概略は表-4 のとおりである。

表-4 の着色力の測定方法については, JIS K 5101-1978, 5 項の標準見本顔料とサンプル顔料との比較で評価するのが一般的である。この方法では比較する顔料同士の色あるいは着色力の差が僅少な場合が多く, 色が大きく異なる別種の顔料との着色力を比較するには適当な方法とはいえない。着色顔料の価値の一つに着色力の大小があり, 着色力を絶対値評価することは有意義である。そのために“色濃度による着色力の評価”が有効な方法となる。

P. Rabe⁽¹⁾ は DIN 6164 (DIN 表色系) を基礎とした色濃度式を発表した。

$$\theta = 10 - (1.2 D/9)S + 1.06 D \quad (1)$$

ここに

θ = 色濃度を表示する値

D = DIN 6164 による暗度

S = DIN 6164 による飽和度

DIN 6164 はドイツ工業規格で決められた色の表示方法で, マンセル表色系と同じように色票も作られており, また感覚的に等歩度間隔をもたせるように作られた表色系である。飽和度はマンセル表色系の彩度(Chroma)に相当し, 暗度は明度(Value)に相当するものである。この P. Rabe の θ (色の濃さ) は暗度 D と飽和度 S の両者の相関関係により決まるものであるとの考えに基づいている。また JIS K 4003 “標準染色濃度” では $\theta = 7.5$ は中彩色を示す色濃度, $\theta = 6.0$ は淡彩色を示す色濃度と規定している。

実際の測定に当たっては着色顔料と白顔料(チタン白)の組合せで色濃度が淡彩色($\theta = 6.0$)となるようなエナメルを作成し, 得られた塗膜について CIE 表色系の明度(Y)および色座標 x, y を算出する。これらの値を基にして DIN 表色系の S (飽和度) および D (暗度) への変換をおこなう。 S への変換は DIN 色度図により求め, D への変換は式(2)による。

$$D = 10 - 6.1723 \log (40.7 Y/A_0 + 1) \quad (2)$$

ここに

D = DIN 表色系の暗度

Y = CIE 表色系による明度

A_0 = その色度点の色において理論的に得られる最高明度

Rabe の色濃度式による θ 値の計算はあらかじめプログラミングされた電子計算機によりおこなうと便利である。着色力の表示方法は淡彩色($\theta = 6.0$)にするために必要な着色顔料 1.0 重量部に対するチタン白の重量部で

表-4 顔料の一般特性項目と試験方法

項 目		試 験 方 法 の 概 略
1	色	実際塗膜について分光光度計で測色。原色とうすめ色の双方について実施。
2	着 色 力	同じ色濃度にするために必要な着色顔料1gr. に対するチタン白の gr. 数で評価。
3	吸 油 量	* JIS K 5101-1978. 19項に準じる。
4	水 分	JIS K 5101-1978. 21項に準じる。
5	水 溶 分	JIS K 5101-1978. 22項に準じる。
6	pH	JIS K 5101-1978. 24項に準じる。
7	比 重	JIS K 5101-1978. 17項に準じる。
8	耐 熱 性	100℃/30分
		140℃/30分
		180℃/30分
		200℃/30分
9	耐 薬 品 性	5 % NaOH
		5 % H ₂ SO ₄
10	耐 溶 剤 性	脂肪族炭化水素
		芳香族石油ナフサ
		芳香族炭化水素
		ア ル コ ー ル
		エーテルアルコール
11	粒子の大きさと形	電子顕微鏡（透過型または走査型）による観察。粒度分布は遠心沈降電位法などによる。
12	比 表 面 積	BET法による。
13	赤外吸収スペクトル	赤外分光光度計による赤外吸収波長の測定。主に有機顔料に適用する。
14	X 線 回 折	X線回折装置による。回折図形から定性、強度から定量、定性をおこなう。
15	荷電状態（活性度）	ρ 電位の測定（電気泳動法、沈降電位法）
16	表面処理成分	IR, GPC, などによる顔料の表面処理成分の定性、定量。
17	重金属の分析（毒性）	Cd, Hg, As, Pb, Cr などの重金属の分析。通常の機器分析による。

* JIS K 5101-1978. は“顔料一般試験方法”

表示する。したがってチタン白の重量部が多いほど着色力大きいことを示す。表-5, 表-6 に代表的な顔料についての測定結果を示した。

5.2 第二次実用試験

第一次試験の顔料一般特性の測定結果を参考として、第二次の実用試験を実施する。塗料用顔料としての適否は塗料の種類、用法および使用目的によって異なってくる。したがって、それぞれの塗料について実用試験を実施し、適性評価する必要がある。実用試験の手順を塗料化（顔料分散）→塗料性状に関する試験→塗膜性能に関

する試験の各項に分け、試験方法の概略とチェックポイントについて述べることにする。参考に塗膜形成要素から分類した塗料の種類を表-7 に示した。

5.2.1 塗料化（顔料分散）

（１）ビヒクルの選定 塗料の種類、用法、および使用目的に応じたビヒクルを選定する。

（２）分散機種を選定 実験室スケールでは一般にペイントシェーカーが使用されているが、必要に応じてボールミル、サンドミル、高速デスパーなどを使用する。

（３）分散配合の決定 顔料／樹脂の比率は、顔料の

表-5 色濃度法で求めた有機顔料の着色力

CI Fig. Name	顔 料 名	着色力	CI Fig. Name	顔 料 名	着色力
PR- 5	アゾ系 赤 A	5.62	PY- 24	フラバンスロ系 A	9.33
PR-170	アゾ系 赤 B	10.23	PY-108	アンスラビリミジン系 A	5.37
PR-122	キナクリドン系 赤 A	7.07	PY-109	イソインドリノン系 A	4.57
PV- 19	キナクリドン系 赤 B	5.24	PY-110	イソインドリノン系 B	5.37
PR-168	ジプロムアンザンスロン	3.31	PY-139	イソインドリン系 黄 A	14.45
PR-177	アンスラキノ系 赤 A	18.19	PY-129	金属錯塩アゾ系 黄 A	10.23
PR- 88	チオインジゴ系 A	5.75	PG- 7	フタロシアニングリーン A	21.87
PR- 88	チオインジゴ系 B	7.14	PG- 36	フタロシアニングリーン B	23.44
PR-190	ペリレン系 赤 A	9.33	PB-15:1	フタロシアニンブルー A	14.79
PR-179	ペリレン系 マルーン A	10.47	PB-15:4	フタロシアニンブルー B	17.37
PO- 83	アゾ系オレンジ A	5.01	PB- 60	インダンスロンブルー A	10.00
PY- 83	アゾ系 黄 A	14.12	PV- 23	ジオキサジンバイオレット	15.84
PY- 97	アゾ系 黄 B	6.60			

表-6 色濃度法で求めた無機顔料の着色力

CI Fig. Name	顔 料 名	着色力	CI Fig. Name	顔 料 名	着色力
PR-101	紫ベンガラ A	0.93	PY- 34	クロムエロー G (A)	1.73
PR-101	赤口ベンガラ A	1.23	PY- 34	クロムエロー 5G (A)	1.99
PR-101	黄口ベンガラ A	2.45	PY- 34	クロムエロー 10G (A)	1.31
PR-101	透明ベンガラ 赤 A	4.07	PR-104	モリブデートオレンジ A	1.00
PY- 42	透明ベンガラ 黄 A	0.17	-	ニッケルチタンエロー A	0.17
PY- 42	黄色酸化鉄 A	1.73	-	クロムチタンエロー A	0.67

表-7 塗 料 の 分 類

塗 膜 形 成 要 素 別 分 類	
油性ペイント	ビニル樹脂塗料
油性エナメル	アクリル樹脂塗料
フェノール又はマレイン酸樹脂塗料	ポリエステル樹脂塗料
アルキド樹脂塗料	エポキシ樹脂塗料
アミノアルキド樹脂塗料	ポリウレタン樹脂塗料
尿素樹脂塗料	シリコーン樹脂塗料
酒精塗料	(エマルジョン塗料)
ラッカー	(水溶性樹脂塗料) など

種類, 分散樹脂の種類, 希釈剤の種類, 分散機種などによって異なる。基本的には分散樹脂による顔料のフローポイントをベースとして決定する。

(4) 顔料濃度 顔料濃度が塗料の性状, 塗膜性能に与える影響を調べるために標準顔料濃度(顔料の色や種類によって一定ではない)以外にいくつかの濃度水準を設定する。

(5) 分散性のチェック 分散性の評価は分散時間に

対する色の発現性(色濃度), 粒度分布(粒度計), 光沢(光沢計)などの各項をチェックして評価する。

5.2.2 塗料性状に関する試験

(1) 粘度(流動性) 顔料が塗料の粘膜(流動性)に与える影響を調べる。測定方法は種々あるが, B型粘度計, フォードカップ粘度計, ブリ速度測定装置などによるのが一般的である。

(2) 貯蔵安定性 原色エナメルおよび混色エナメルについて, 常温, 加温時での貯蔵安定性を調べる。顔料に関連する貯蔵中の粘度変化, 顔料沈降, 凝集による色分け, ブツの発生, および変色などをチェック。貯蔵期間は 3~6 カ月。

5.2.3 塗膜性能に関する試験

(1) 塗膜の外観 塗膜の平滑性, オレンジピール, ハジキ, 色, 鮮映性などについて目視評価および計測評価をおこなう。

(2) 光沢(グロス) 塗膜の鏡面反射率を測定する。(60°, 20° グロス)

(3) 隠ぺい力 白黒隠ぺい力試験紙に一定の膜厚で塗装, 膜厚に対するコントラスト比で評価する。実際の

な方法としては白黒隠べい力試験紙に塗料を塗り重ね、目視で白黒の境界が見えなくなったときの乾燥膜厚を測定し、完全隠べい膜厚とする。

(4) 耐熱性 焼付乾燥型塗料では、塗料の種類別に決められた標準焼付条件で乾燥塗膜を作成し、別途に過度の焼付乾燥した塗膜との変退色をチェックする。評価は目視および色差 (ΔE) による。

(5) 耐薬品性 耐酸、耐アルカリ性の要求度合は塗料の使用目的によって異なる。一般的には 5% NaOH, 5% H_2SO_4 を塗膜に滴下し、常温あるいは加温して一定時間放置する。しかるのちに塗膜の変退色を目視および色差 (ΔE) で評価する。

(6) 耐水(湿)性 顔料による塗膜の水および湿度に対する影響を調べる。乾燥塗膜を耐水性では常温あるいは加温した水中に浸せき、耐湿性では 50°C のプラスチックボックス中に一定時間置き、塗膜のフクレ、ハガレ、白化、クモリなどを目視によって評価する。

(7) 耐ブリード性 原色エナメルと同種の白エナメルを塗り重ね、白塗膜へのブリードの程度を目視あるいは色差 (ΔE) によって評価する。

5.2.4 耐候性に関する試験

顔料は一般的にチタン白など白顔料でうすめると耐候性(主に退色)が低下することが知られている。耐候性を試験するための試料作成に際しては、full shade(原色)以外に白顔料でうすめ、濃彩、中彩、淡彩の各色を作り試験するのが普通である。うすめる方法として白顔料の量で規定するのと、色の濃度(5.1 参照)で規定するのと二種類がある。一般的には前者が用いられているが、実用的には後者が合理的であり、特にヨーロッパの顔料メーカーの間では定着している。

塗料における耐候性の試験は実際の屋外ばくろによる方法が最優先される。促進耐候試験機(サンシャインウエザオメーター、デューサイクルウエザオメーター、QUV テスターなど)による試験では、特に顔料の変退色の評価には屋外ばくろとの相関にとぼしい点が指摘されている。耐候性の評価は一定のばくろ期間経過ごとに特に顔料による塗膜の変退色が重点にチェックされる。変退色の評価は目視および色差 (ΔE) で評価しているのが普通である。その他のチェック項目としては光沢保持性、塗膜のフクレ、ハガレ、ワレ、白亜化、ブロンジングなどが対象となる。屋外ばくろの期間は 1~2 カ年が普通であるが、塗料の種類や用途によってはさらに長期間のばくろが必要となる。ばくろ地についても塗料の使用目的によって市街地区、海浜地区、山岳地区、亜熱帯地区などが選ばれる。

6. 塗料用顔料の問題点と要望事項など

6.1 省資源型塗料に対応する顔料の開発

資源の有限性に対する認識が一般社会に浸透し、塗料においても省資源、省エネルギー化が論じられ資源の節約ないしその有効利用がさげばれその対策が検討されている。現在、この目的に適合する可能性のある材料系統としては、高固型分型塗料、水希釈性塗料、粉体塗料の三種類があげられる。これらの新規塗料は低溶剤含有性の塗料であり、特に顔料のビヒクルに対する分散の挙動は従来の溶剤型塗料とは大きく異なってくる。したがってこれらのビヒクルに適合した顔料への改良または新規開発が望まれる。

6.2 低公害顔料の開発

カドミウム、水銀、ひ素など有害性のある重金属を含む顔料は塗料では使用できない。また鉛化合物やクロム酸塩化合物系顔料の代替対策が進められているが性能面、コスト面から即代替はむずかしい状況にある。今後の新規開発に当たっては無毒性、無公害であることが必要である。

6.3 色の多様化に対応した顔料の開発

自動車の車体外板色に見るように、塗色数は年々、増加の傾向にあり個性的な色が多く出現してきた。トーン(明度と彩度)の推移をみてもブリリアント、ビビッドなど鮮明な色合が増加し、これに対応できる顔料の品揃えが必要となってくる。いうまでもなく自動車塗料用の顔料にあっては、塗膜の鮮映性や耐候性などが特に重要視されるため既存顔料の分散性および耐候性の一層の改良と新規顔料の開発が望まれる。

7. お わ り に

塗料用顔料について顔料の種類、具備すべき特性、実用試験方法、問題点と要望事項などについて大筋を述べてきた。紙数の関係もあり、上塗塗料用の着色顔料を対象とした内容に終始してしまった点をお詫びする。

参 考 文 献

- 1) 日本顔料技術協会:「最新顔料便覧」, 改訂増補(1977)
- 2) 桑田 勉:「新しい工業材料の科学」, 有機顔料(1968)
- 3) 河嶋千尋:「新しい工業材料の科学」, 無機顔料(1968)
- 4) 第 23 回塗料入門講座テキスト, 色材ほか(1981)
- 5) 第 23 回顔料入門講座テキスト, 色材ほか(1981)
- 6) Juerger, H. Braun: *Official Digest*, 37 [491], 1623 (1965)

- 7) D. Osmer : *Modern Paint Coatings*, 71 [4], 43 (1981)
- 8) 蓮沼 宏: “光沢”, コロナ社 (1960)
- 9) 鰐淵武雄: 色材, 38 [5], 231 (1965)
- 10) 大倉 研: 色料, 46 [2], 41 (1973)
- 11) 住友化学工業(株): “工業測色学”
- 12) JIS K5101-1978 “顔料一般試験方法”
- 13) Ruth Johnston-Feller and Dennis Osmer : *J. Coating Technol.*, 51, 650, 37 (1979)
- 14) Ruth Johnston-Feller and Dennis Osmer : *J. Coating Technol.*, 49, 625, 25 (1979)

刊行物紹介

塗 替 え 工 事

高橋孝治, 大澤茂樹 共著
B5判, 128頁, 2,500円
1982年7月10日初版
井上書院 刊

先に紹介(色材, 55 [7] (1982))した「吹付工事」(深沢 明, 小俣一夫, 高橋孝治)と同様, 本書も建築図書専門出版社である井上書院のワンポイント=建築技術シリーズの1冊である。このシリーズには1979年に出版された 松永 正・高橋孝治共著「建築の塗料と塗装」があり, これで建築塗装関係の本は3冊になった。

「建築の塗料と塗装」「吹付工事」が新設建築物の内装・外装に重点が置かれているのに対し, 本書は表題通り塗替え工事専門書である。

本書のまえがきに「建築物の塗装は, 美装を中心とする適用が主であったが, 最近では塗膜での保護機能を求めることによって, 建築物本体の耐久性の向上と新しい機能を付加させるように変化している。この傾向をより明確にしているのが, 塗替え工事の確立である。(中略)

本書は, この塗替え工事において, 各塗料メーカーをはじめ, 各部門より出されている仕様書等をまとめるとい形で, 内容的には, 塗替え工事などの時期に行えば最適なのかの提案から, 塗替え工法を素地別に分類し, 旧塗膜の劣化, 劣化程度の判断と処理方法, 塗替え時の

下塗り等を中心に示し, 適合する塗替え塗装系の種類とその選択のポイントをわかりやすくまとめている。」と執筆の目的・方針を述べている。

日本経済の低成長期に入って, 新築塗装はやや少なくなって来たものの, 高度成長期を含め, 過去に建てられた建築物の塗替え需要は今後益々多くなるであろう。そのような意味で本書は時宜を得た発刊といえよう。

〔内 容〕

1. 塗替えの調査
劣化度の設定, 劣化度調査方法, 各種素地に対する保護機能の低下と劣化度。
2. 塗替え工法
金属系素地に対する塗替え工法, 無機質系素地に対する塗替え工法, 本部素地に対する塗替え工法, 特殊部位・箇所および特殊材料に対する塗替え工法, 塗替え工事における事故と対策。
3. 素地の処置
防水(止水)に関する処置, ぜい弱部に関する処置。
4. 下地の処置
汚れ付着物の処置, 旧塗膜の処置, 下地ごしらえ。
5. 塗替え工事の計画と管理
塗替え工事の実施, 施工計画と管理, 安全計画, 仮設計画。
6. 塗替え工事の実施例
見積り例, 施工例。

(太田)