総 説

塗料における新しい機能

萩 原 史 巨

日本油脂（株）戸塚工場（横浜市戸塚区下倉田町 296）

New Functions in Coatings

Fumio HAGIWARA

Totsuka Factory, Nippon Oil & Fats Co.
(296, Simokurata-cho, Totsuka-ku, Yokohama)

はじめに

わが国の塗料生産量は昭和 57 年度において約 157 万 t を記録し、これは米国に次いで世界第 2 位の位置にある。図-1 は 57 年度における塗料需要量の構成比を示しているが、建物、道路車輛、船舶、金属製品などの需要が多く、これらの分野での需要が全体の 60% 近くを占めている。

このような分野で使用されている塗料の役割は、まず第 1 に建物や船などを腐食やさびから守ることであり、それは物体の保護機能と呼ばれる塗料の機能である。塗料の第 2 の役割は、自動車や家具などに色彩やつやを与え生活環境を美しくすることであり、これは美粧機能と称される塗料の機能である。

物体の保護機能と美粧機能は、塗料が基本的に兼ね備えていなければならない主要な機能であるが、科学技術の進歩と共に次々と別の機能に対するニーズが生まれてきた。その結果、言わば第 3 の機能と呼ぶべき新しい機

能を物体の表面に与える塗料が開発されてきている。

現在、いろいろな産業分野で実用化されている、新しい機能をもった塗料の動向を紹介したい。

1 機能性塗料

新しい機能を有する塗料が現れてきた背景を探る意味で、わが国の塗料工業の動きを簡単に振り返ってみる。まず、1960 年代における石油化学の急速な発達で、塗料用材料の様相を大きく変えた。石油化学製品から合成された新しい合成樹脂が数多く登場し、塗料用材料として重要な位置を占めるようになった。また、原油から精製された各種の溶剤類や石油製品から誘導された有機顔料も広く塗料用材料として使用されるようになった。1960 年代は様々な面で塗料の性能が向上し、折からの高度成長期と相まって合成樹脂塗料の需要が大きく伸びた時期である。しかし、1970 年代に入ると公害問題が表面化し、さらに二回にわたる石油ショックから、石油の有限性が強く認識されるようになった。この時期から無公害、省資源、省エネルギーにいかに対応して行かかが、塗料技術開発の主要なテーマとなった。そして、1980 年代を迎えると産業界全体の技術革新の動きが活発となり、塗料周辺やコーティング領域から新しい機能性材料としての塗料のニーズが高まって来た。従来からの保護と美粧という機能の外に、新しい第 3 の機能を付与した塗料が「機能性塗料」と呼ばれ、広い産業分野において注目を集めている。

塗料の新しい機能性について、すでにいくつかの分類^{2)~4)}が紹介されているが、ここでは機能特性を中心として表-1 にまとめた。

塗料は一般に流動性のある液体あるいは固体であり、物体の表面に塗り広げられ、その状態で硬化し塗膜を形成する。すなわち、塗料は塗り広げるための塗装・塗布という操作ののち、硬化という化学変化を経て塗膜とな

図-1 昭和 57 年度 塗料需要量の構成比¹⁾

表-1 塗料における新しい機能と種類

機 能	特 性	塗 料 の 例
機械的機能	摩擦性 非粘着性 非ぬれ性 弾力性	潤滑性塗料 はり紙防止塗料 破瓶防止塗料
化学的機能	吸水性 吸湿性 放湿性 ぬれ性	結露防止塗料 防曇塗料
熱的機能	耐熱性 断熱性 難燃性 感熱性	耐熱塗料 防火塗料 示温塗料
光・放射線機能	光吸収性 放射性 蛍光性 発光性 感光性 蓄光性	光選択吸収塗料 蛍光塗料 発光塗料 蓄光塗料
電気・電子機能	絶縁性 導電性 電磁波遮へい性 電波吸収性 帯電防止性 電界緩和性 磁性	電気絶縁塗料 導電性塗料 電界緩和塗料 磁性塗料
音波機能	吸音性 制振性 遮音性	防音塗料 防振塗料
生体機能	防かび性 防汚性 溶出性	防かび塗料 防汚塗料 水産養殖塗料

る。この過程は、次のように表すことができる。

したがって機能性塗料においても、塗膜の表面あるいは塗膜全体に新しい機能を付与するように塗料を設計する技術が開発されている。表-1 においては、塗膜に作用するいろいろなエネルギーに注目し、塗膜の機能を機械的、化学的、熱的、光・放射線、電気・電子、音波、生体機能の7種類に分類して、おのおのの塗膜特性と塗料の例を示した。

それぞれの具体的な例を紹介することにより、塗料における新しい機能とはどのようなものであるか、明らかにして行きたい。

2 機械的機能

塗膜の表面の摩擦抵抗が小さいこと、表面に液体が接触したときぬれにくいこと、あるいは粘着性が少ないことなどが機械的機能である。

表-2 フッ素樹脂の摩擦係数⁵⁾

フッ素樹脂 (略称)	摩 擦 係 数	
	静 的	動 的
四フッ化エチレン樹脂 (PTFE)	0.02~0.03	0.1~0.2
四フッ化エチレン-六フッ化プロピレン共重合樹脂 (FEP)	0.05~0.06	0.3~0.4
四フッ化エチレン-ペルフロアルキルビニルエーテル共重合樹脂 (PFA)	0.05~0.06	0.2
エチレン-四フッ化エチレン共重合樹脂 (ETFE)	0.4	0.4
三フッ化塩化エチレン樹脂 (PCTFE)	0.23~0.36	0.15~0.34
フッ化ビニリデン樹脂 (PVdF)	0.3	0.14~0.17
フッ化ビニル樹脂 (PVF)	0.3	0.4

潤滑性塗料^{5), 6)}は、塗膜表面の摩擦抵抗が小さいことから潤滑性が得られる。これはフッ素樹脂を主成分とする塗料であり、表-2 に示すように、フッ素樹脂の摩擦係数は非常に小さいので、潤滑性に富んだ塗膜を形成する。フッ素樹脂の中で、とくに四フッ化エチレン樹脂 (PTFE) は種々の用途がある。塗膜表面に潤滑性があるので潤滑油を給油する必要がなく、産業機器、自動車部品、家庭用品などに広く実用化されている。例えば、カメラのシャッターや絞り部品、バルブ部品やボルト、ナット類、製材用丸のこ刃や芝刈機の刃などにフッ素樹脂塗料を塗布し、適度の滑り性を与えている。

はり紙防止塗料⁷⁾は、市街地の電柱、街路燈、歩道橋などはり紙をされては困るようなところへあらかじめ塗装しておき、はり紙をされても簡単に除去できるような強いスリック性 (滑らかさ) をもった塗面を形成する塗料である。都市の美化のために役立つ、非常にユニークな新しい塗料の機能である。

また、破瓶防止塗料は、容量の大きな炭酸飲料のガラス瓶に塗装し、万一瓶が破裂してもガラス破片の飛散を防止できるような弾力性のある塗膜を形成する塗料である。

3 化学的機能

耐水性や耐湿性など水分に対する抵抗力は、本来、塗膜が被塗物を保護するための重要な機能であるが、逆に水分を吸収したり、放出したりする新しい機能をもった塗膜を形成する塗料が開発されている。塗膜の吸水性、吸湿性、放湿性、ぬれ性などが新しい化学的機能である。

結露防止塗料⁸⁾は、気密性が強いところ、通風性が悪いところに塗って、塗膜の吸湿作用と放湿作用によって結露を防ぐことができる塗料である。結露防止塗料の成分は、ケイソウ土、ひる石、炭酸カルシウムなどの無機質と高分子のバインダーとであり、2~3 回塗り重ねて1~2mm の厚い塗膜を造る。食料品工場、医薬品工場、

病院の天井や壁面,あるいは船室,空調ダクト内など非常に広い範囲に施工されている。

防曇性塗料⁹⁾は,窓ガラス,メガネ,レンズ,鏡などが水滴により曇りを生ずるのを防止する塗料である。防曇性塗料の主成分は親水性高分子であり,親水性高分子のもつ吸水性とぬれ性により塗膜に防曇機能が付与される。親水性高分子の一部を橋かけすることによって,塗膜の耐擦傷性や耐水性の向上を計ることができる。また,界面活性剤を塗膜中に含有させ,表面のぬれ性を良くし,多量の水分が付着した場合の防曇性をさらに向上させることも行われている。

4 熱的機能

本質的に塗料は構成成分の多くが有機物であり,完成した塗膜の熱に対する抵抗力は必ずしも強くない。しかし,耐熱性,難燃性,感熱性など熱的な機能を塗膜に与えることも可能となった。

耐熱塗料¹⁰⁾は,製鉄,石油化学,セメント,火力発電,エンジン機器などの分野で多く使用されており,その大半はシリコン樹脂系の塗料である。シリコン系耐熱塗料は,高温におけるシリコン樹脂の分解物と熔融性または焼結性のある無機材料とで構成され,耐熱機能をもった塗膜を形成する。シリコン樹脂は骨格にシロキサン結合をもち,側鎖に有機基をもっており,加熱すると側鎖の有機基が徐々に分解してシロキサンと有機分解物を生成して,耐熱機能をもった塗膜となる。また,300℃以上の高温では,シリコン樹脂だけではなく,無機材料の焼結や熔融による補強効果も耐熱性を強化する。図-2に示すように,シリコン樹脂と無機材料との組み合わせによって塗膜性能が補強される。例えば,メチルフェニルシリコン樹脂に低融点フリットと亜鉛末とを加えて調整した塗料は,600℃において付着性,防食性に優れた塗膜性能を発揮する。

火災の被害をできるだけ防ぐには不燃性建材や難燃性建材を用いることはいうまでもないが,塗料の分野から

図-2 耐熱塗料材料の特性有効温度領域¹⁰⁾

表-3 発泡形防火塗料の成分と作用¹¹⁾

成 分	代表的化合物	作 用
発 泡 剤	メ ラ ミ ン アンモニウム塩 アミノ化合物	熱に合うと分解し,不燃性で毒性の少ないガスを発生する。
炭化層形成剤	糖 類 多価アルコール	高温で溶解し,分解ガスをとり込み発泡層を形成する。
炭化促進難燃剤	リ ン 酸 塩 金 属 酸 化 物	炭化層形成剤の炭化硬化を促進し,分解ガスが無駄なくとり込まれるようにし,同時に炭化層を燃え難くする。
バ イ ン ダ ー	酢ビエマルジョン,その他,水溶性樹脂	塗膜に実用的な物性を付与する。
着 色 剤	各 種 顔 料	塗膜に色彩を与える。

建材の難燃化という機能開発が行われたのが防火塗料である。防火塗料^{11),12)}には発泡形と非発泡形とがある。発泡形は,熱を受けた塗面がもとの塗膜の100~200倍に発泡し建材と火源との間にスポンジ状の炭化層を形成して熱伝導を防ぎ,同時に不燃性ガスを発生して建材の燃焼を遅らせる塗料である。表-3は発泡形防火塗料の成分とその作用であるが,防火機能は発泡層の断熱効果の大小で決まる。また,非発泡形は,熱に対して塗面は発泡することなく,塗膜自体が難燃性あるいは不燃性となる塗料である。難燃性塗料には,ハロゲンを含む有機材料が用いられ,不燃性塗料には無機質バインダーや無機顔料などの不燃材料が使われる。

示温塗料^{13),14)}は,特定の温度で塗膜が明りょうな変色をする塗料であり,温度測定などの目的などに使用されている。示温塗料には,一定温度以上に上昇して変色すると温度下降後も原色に戻らない不可逆性示温塗料と,一度変色しても一定温度以下になると再びもとの色に戻る可逆性示温塗料とがある。固有の温度で顕著な色相変化を起こす物質を示温材として用い,このような機能を塗膜に付与することができる。実用化されている示温材の変色原理には,① 結晶転移,② pH変化,③ 熱分解,④ 固体間の化学反応の4種類があり,①②は可逆性,③④は不可逆性を示す。熱分解形であっても結晶水を放出する物質は,冷却されると再びもとの結晶水をとり込んで

表-4 示温材料の組成と変色原理¹⁴⁾

組 成	変色温度 (°C)	種 類	変色原理
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$ $+\text{SO}_3\text{C}_6\text{H}_4\cdot\text{C}(\text{C}_6\text{H}_4\text{Br}_2\text{OH})_2$	55	可 逆 性	pH 変化
Ag_2HgI_4	50	可 逆 性	結晶転移
$\text{Co}(\text{NO}_3)_2\cdot 2\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4\cdot 10\text{H}_2\text{O}$	75	準可逆性	脱 水
$\text{CuSO}_4\cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2\cdot \text{H}_2\text{O}$	220	不可逆性	熱 分 解
$\text{NiCO}_3 + \text{CaS}$	490	不可逆性	固相反応

復色するものもあり、これを準可逆性物質と呼ぶこともある。示温材の組成と変色原理を表-4に示す。示温塗料は、車輛、航空機、電力設備、電子機器、加熱機器などの産業分野において、温度測定をはじめ、過熱個所の発見、適温指示の標識などの目的に広く利用されている。

5 光・放射線機能

塗料が塗られる対象物は屋外で利用されるものが多く、そのために塗膜は光線に対して耐性が強い。光吸収性、放射性、蛍光性、発光性、蓄光性など、新しい塗膜機能として開発されたのが光・放射線機能である。

太陽エネルギーの有効利用のために太陽熱温水器が広く普及している。太陽熱温水器の集熱板に塗装している光選択吸収塗料¹⁵⁾は、太陽光線を吸収し集熱板からの放射熱をほとんど出さない性質をもった光選択吸収膜を造る。光選択吸収膜は太陽の入射エネルギーを最大限吸収し、その吸収面からの熱放射損失を最小限にするような機能をもった塗膜である。図-3は、光選択吸収膜と一般黒色塗膜、ブラッククロム選択吸収膜の分光反射曲線である。光選択吸収膜は太陽光線の放射スペクトル領域(0.3~2.0 μm)において反射率が低い、すなわち吸収率が高いことを示している。また、物体の熱放射領域(80°C, 3.0~30 μm)においては反射率が高く、従って放射率が低いことがわかる。

図-3 選択吸収膜及び黒色塗膜の分光反射特性¹⁵⁾

蛍光塗料¹⁶⁾は蛍光物質を成分とし、蛍光を発する塗膜になる。蛍光物質は光や放射線など外部からエネルギーの刺激を受けた場合、そのエネルギーを変換し可視光線として放出する機能をもっている。一般に、蛍光塗料に使用される蛍光物質は、プラスチックの微細な粉末を蛍光染料で着色したものが代表的である。蛍光塗料は、看板や危険表示など色彩の鮮明な性質を利用した用途が多い。

発光塗料¹⁷⁾は放射性物質を主成分とし、放射線エネルギーによって常に一定の発光を呈する機能をもった塗膜

を形成する。発光塗料に用いられる放射性物質は、トリチウム(^3H)、炭素-14(^{14}C)、プロメチウム-147(^{147}Pm)、ラジウム-226(^{226}Ra)などである。

また、蓄光塗料¹⁸⁾は太陽光線や電燈などの光を吸収したのち、暗所で数十分間発光する塗膜を造る。光線の吸収—発光—吸収—発光を反復する機能をもっている。例えば、硫化亜鉛を発光体とした蓄光塗料は黄緑色を発し、釣具などに使用されている。

6 電気・電子機能

一般に、塗膜は電気抵抗値が $10^{10}\sim 10^{16}\ \Omega\cdot\text{cm}$ の絶縁体であり、本質的に電気絶縁機能をもっている。

電気絶縁塗料¹⁹⁾はこの絶縁機能を発揮する塗膜を造る塗料であり、電線、コイルの電気絶縁に用いられるもの、あるいは電気機器全体や一部分の絶縁に用いられるもの、など実用範囲は非常に広い。

一方、塗料に金属微粉末やカーボンなどの導電性フィラーを配合することにより、塗膜の電気抵抗値を $10^6\sim 10^{-6}\ \Omega\cdot\text{cm}$ に下げて導電性を得ることができる。このような導電性機能を塗膜に付与する塗料が導電性塗料^{20), 21)}である。導電性塗料の中で、最近とくに注目を集めているのは、電磁波シールド用としての用途である。マイクロ・コンピュータをはじめ、テレビ、VTR、ラジオ、オーディオ機器などの電子機器製品の普及はめざましく、これらの電子機器から発生する高周波パルスによって他の機器にノイズが入り誤作動をする、という電磁波障害の問題が発生している。すでに、1979年、米国連邦通信委員会(FCC)はあらゆる電子機器が放射する10 kHz以上の周波数帯をシールド(遮へい)することを義務づける規制を公示し、大きな話題を呼んでいる。電子機器のプラスチック・ハウジングの内面に導電性塗料を塗布し、ハウジングの電気抵抗値を下げ導電性を与えることにより、電磁波をシールドする技術が開発されている。導電性塗料は、カーボンやグラファイト、あるいは銀やニッケルなどの導電フィラーをバインダーの中に分散した塗料である。図-4は、グラファイト及びニッケルをフィラーとする導電性塗料のシールド効果を測定した例である。シールドというのは、電磁波のエネルギーを吸収、反射し、そのエネルギーが伝わって行くのを妨げることであり、電磁波エネルギーをどの程度減衰させることができるか、がシールド効果である。一般に、減衰度はデシベル(dB)で表され、30~40 dBのシールド効果が得られれば実用性は充分である。また、導電性塗料には帯電防止機能もあり、静電気除去のための用途も広がっている。

電界緩和塗料²²⁾は炭化ケイ素(SiC)の粉末をバインダーに分散させた塗料であり、その塗膜は電界緩和機能を有している。高電圧電気機器の絶縁体表面に塗装し、

図-4 導電性塗料のシールド効果の測定例²⁰⁾

電界が高くなる部位の部分放電や沿面フラッシュオーバーを防止する作用がある。

磁気テープ、ディスク、カードなど磁気記録媒体の発達は著しいが、これらの記録媒体に磁性機能を与えているのが磁性塗料²³⁾である。磁性塗料はプラスチックフィルム、金属、紙などの非磁性基体の上に塗布され磁性塗膜を形成する機能があり、粒径が $1\mu\text{m}$ 以下の超微細磁性粉をバインダー中に均一に分散した塗料である。磁性粉は針状 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ が代表的であり、他に、コバルト被着 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 、針状 CrO_2 、 Fe-Co 合金などが実用化されている。

7 音波機能

吸音による減音効果、あるいは振動減衰による減音効果など防音材料としての機能が、塗膜の音波機能である。

防音塗料²⁴⁾はアスベストやロックウールなどの繊維質をバインダーの中に分散させたものであり、天井や壁面に塗装し、10~20 mm の厚い塗膜を造る。塗膜表面から入射した音波は繊維質のすき間を伝ばし、エネルギーを失い吸音効果を発揮する。

防振塗料²⁴⁾は自動車車体の床裏に塗装する用途が主体であり、アンダーコートとも呼ばれている。アンダーコートは、アスベスト、マイカ、グラファイトなどの充てん材を、アスファルト、ギルソナイト、合成ゴム、塩化ビニルズルなどの各種バインダーの中に分散したものであり、車体の床裏に 10~30 mm の厚さに塗布する。これは車体鋼板の厚さの 20~30 倍の厚い塗膜である。外力で共振を起こしやすい車体鋼板に対して、塗膜層の伸縮により振動エネルギーを吸収する防振効果が与えられる。

8 生体機能

いろいろな環境下におけるかびや海洋動植物に対する特殊な機能として、塗料の生体機能がある。

防かび塗料²⁵⁾は、食料品工場、タバコ工場、冷蔵倉庫、

病院、一般住宅などのかび汚染防止のための塗料である。防かび塗料は非金属系の防かび剤を含んでおり、その塗膜は低毒性でかび抵抗性に優れた機能をもっている。表-5 は JIS-Z-2911 のかび抵抗性試験方法により防かび剤を含んだ塗料と含まない塗料とを試験した例であるが、防かび剤を配合することにより菌糸の発育が認められないことが明らかになっている。塗料に使用する防かび剤は、人体、食品、生物、工業材料に対して無害であるか低毒性であることが必ず条件であり、低濃度でかびや酵母などを殺菌し、発育を阻止する効果が大きくなければならない。

表-5 防かび塗料のかび抵抗性²⁵⁾

塗料の種類	薬 剤	かび抵抗性(注)
水系塗料	ブランク	1
"	防かび剤配合	3
ビニル樹脂塗料	ブランク	1
"	防かび剤配合	3
フタル酸樹脂塗料	ブランク	1
"	防かび剤配合	3

(注) かび抵抗性の表示 (JIS-Z-2911)

表 示	菌 糸 の 発 育
3	試料または試験片の接種した部分に菌糸の発育が認められない。
2	試料または試験片の接種した部分に認められる菌糸の発育部分の面積が、全面積の 1/3 をこえない。
1	試料または試験片の接種した部分に認められる菌糸の発育部分の面積が、全面積の 1/3 をこえる。

省エネルギーの目的から、船舶運行のための燃料節減が重要な課題となっている。その施策のひとつとして船体外板の没水部にセルフポリッシング形防汚塗料²⁶⁾を塗装し、船体外板の表面粗度の増加を妨げ、船体の摩擦抵抗を新造船なみに保持して、燃費節減を計ることが行われている。セルフポリッシング形防汚塗料は、トリアルキルスズアクリレート (TATA) 重合体を主成分としている。TATA 重合体は海中の付着生物に対して殺菌効果があり、種々の環境における分解性、生体内における代謝性などの安全性も確認されている。図-5 は海水中における TATA 重合体の挙動であるが、TATA 重合体を含有する塗膜は微アルカリ性の海水中で加水分解して殺菌部分を放出し、船体の付着生物に対して防汚効果を発揮する。

水産養殖塗料²⁷⁾は、築磯、人工魚礁、藻類養殖ひびなどの養殖基材の表面に塗装し、その塗膜表面から肥料や飼料の栄養分が長期間にわたって溶出して動植物を誘引し、その成長を助ける機能をもっている。沿岸海域における水産資源開発のために、培養形漁業技術のひとつと

図-5 海水中における TATA 重合体の挙動²⁶⁾

して注目されている。

9 今後の塗料の機能

かつて、塗料は家屋や家具に塗って、一時的に素材を保護し美粧を与えるだけの製品に過ぎなかった。「ペンキがはげると」という比喩に象徴されるように、塗料の保護機能も美粧機能もごく一時的なものであり、早晩、塗装の美しさはあせてしまい、塗膜ははげ落ちてしまうもの、というのが一般的な通念であった。塗料は比較的付加価値の低い製品という認識が強かった。しかし、1960年代の高度成長期に塗料工業は大きな技術変革を経て、その使用分野は急速に拡大した。高分子化学、合成化学の発達に次々に新しい塗料原料を生み出し、塗料は化学工業製品としての位置が明確となり、同時に、ファインケミカル製品と見なされるようになった。さらに、1970年～1980年代の安定成長期に、塗料に対し一層高付加価値を求めるニーズから機能性塗料が誕生したといえる。

塗料は、被塗物に塗られて、硬化塗膜となり、その膜は塗面によく付着することが基本的な機能である。機能性塗料は、この基本的な機能の外に特殊な機能を兼ね備えている塗料である。しかし、特殊機能は単にひとつだけの特性ではなく、いくつかの機能を複合的に、あるいは多重的に具備していることが強く求められている。例えば、導電性塗料は単に電気特性をもっているだけではなく、熱に対する抵抗性や腐食に対する耐性を備えている必要があり、電気機能と熱的機能、防食機能とを複合的にもっている塗膜を形成しなければならない。これからは、いわば塗料の多機能化がますます強く求められて来るであろう。

一方、先端技術における機能性素材や層状化合物などの新素材の開発が、急速に進められている。塗料の技術設計の基本は、複数の特徴ある材料をより効果的に混ぜる混合技術である。したがって、塗料の混合技術が機能性素材、層状化合物へと拡大して行くことは大いに期待

されることであり、単なる塗膜としての機能から複合材料としての機能へ発展すると見られる。コーティング材料、ラミネート材料などの塗料周辺領域、あるいは境界領域へ塗料の機能が広がって行く可能性は極めて大きい。

おわりに

素材の保護と美粧という塗料の基本的な機能に対する要求は、非常に高度化し多様化している。塗料に第3、第4の機能を付与することにより、高付加価値製品、ファインケミカル製品としての塗料の位置づけが一層明らかにってきている。

塗料における新しい機能を具体的な例を中心に紹介し、その動向を探った。塗料の固有技術が、さらにこれからどのような関連分野に発展して行くか、十分に注目して行く必要がある。

(昭和 59 年 2 月 14 日受理)

文 献

- 1) 日本塗料工業会編, “日本の塗料工業 '83” (1983)
- 2) 華園繁彌, 塗装技術, **22** (1), 83 (1983)
- 3) 狩野雅史, MOL, **21** (4), 21 (1983)
- 4) 継国英義, 塗装工学, **18**, 452 (1983)
- 5) 吉村達四郎, 塗装技術, **22** (1), 106 (1983)
- 6) 小川年之, 色材, **56**, 318 (1983)
- 7) 山下茂支, 塗装工学, **16**, 135 (1981)
- 8) 山口 猛, 塗装工学, **16**, 133 (1981)
- 9) 住 宏夫, 塗装と塗料, (11), 43 (1981)
- 10) 泉岡登美男, 色材, **52**, 567 (1979)
- 11) 相田浄司, 塗装工学, **16**, 147 (1981)
- 12) 森井良一, 平本光雄, 色材, **52**, 580 (1979)
- 13) 舟山 勉, 塗装工学, **16**, 132 (1981)
- 14) 武内 敏, 色材, **51**, 371 (1978)
- 15) 上田晴宣, 塗装技術, **22** (1), 94 (1983)
- 16) 石田鉄正, 塗装工学, **15**, 102 (1980)
- 17) 村山義彦, 塗装工学, **16**, 146 (1981)
- 18) 石田鉄正, 塗装工学, **16**, 138 (1981)
- 19) 佐藤文彦, 塗装工学, **16**, 143 (1981)
- 20) 庄司泰造, 塗装技術, **22** (1), 101 (1983)
- 21) 志和富士夫, 塗装工学, **16**, 139 (1981)
- 22) 谷 功, 塗装工学, **16**, 141 (1981)
- 23) 柳原重三, 色材, **49**, 612 (1976)
- 24) 和田 功, 塗装工学, **16**, 131 (1981)
- 25) 田村良夫, 平松雄二, 塗装工学, **15**, 285 (1980)
- 26) 土井 浩, 門田 理, 油化学, **30**, 348 (1981)
- 27) 広田信義, 塗装工学, **16**, 150 (1981)