テーマ資料

印刷インキメーカーからみた顔料とその問題点

今 井 敬 義*

1. はじめに

一般経済界の動きは 51 年に入りようやく不況を脱し、景気は上向きに転ずるかにみられていたが、後半に入りその回復基調はくずれ中だるみから本だるみといわれる状態になってきている。印刷インキ分野でもその影響は同じようにうけており、51 年後半から 52 年にかけての伸びの停滞に苦しんでいる。更に内からは人件費、原料費、エネルギー・コスト、公害対策費の圧迫をうけている。一方、製品の広い意味でのパフォーマンスに対する要求はますます厳しさを加えている。このような厳しい環境にあってインキメーカーはその全能力をかけて、真に価値あるものを最低のコストで合理的に作り出し、ユーザーにとどけるべく努力を続けている。その時期に印刷インキの二大素原料の一つである顔料について改めて問題点をとりあげ、その解決について一考するのは価値あることと思われる。すなわち、印刷インキが現在かかえている問題点をとりあげ、その中で顔料が

果たしている役割、どのような顔料がインキメーカーから望まれているかを述べてみたい。インキの問題点については、製造工程上のもの、使用工程上のもの、最終製品になった段階でのものに分けて考える。なおグラビア・インキに関しては本誌に波多野氏の「水性グラビアインキ用顔料」¹⁾があるので省略し、オイル・インキに限定して述べる。

2. 印刷インキの最近の需要動向

印刷インキは大別してオイル・インキとソルベント・インキに分けられる。前者は活版インキ、平版インキで代表されるもので高粘度のペースト状インキである。

後者はグラビア・インキで代表されるもので低粘度の液状インキである。顔料のインキでの需要動向についての大まかな概念をうる目的で印刷インキのここ数年の需要動向を表-1、表-2 に示す。なおインキ中の顔料は有機顔料で 10~20%、無機顔料で 40~60% (オイル・インキ、重量 %) 含有されている。生産量推移では 48 年ま

表-1 印刷インキの生産量推移

年 度 インキ分類	各年度別印刷インキ生産量 (t)				前年生産量を 100 としたときの比率		
	昭和 47 年	昭和 48 年	昭和 49 年	昭和 50 年	昭和 48 年/ 昭和 47 年	昭和 49 年/ 昭和 48 年	昭和 50 年/ 昭和 49 年
凸版インキと 凸版輪転インキ	13,430	14,870	10,284	11,855	110.0	69.5	115.3
ゴム凸版インキ	7,763	8,610	6,387	7,902	110.9	74.2	123.7
平版インキ	40,080	44,711	33,869	37,757	111.6	75.7	111.5
ブリキ板インキ	19,191	23,837	21,282	11,445	124.2	89.2	53.8
グラビアインキ	14,857	15,935	12,221	12,049	107.3	77.7	98.6
特殊グラビアインキ	65,703	72,602	54,159	43,566	110.7	74.5	80.4
その他のインキ (補助剤を含む)	13,348	14,412	10,934	12,582	108.0	75.8	115.1
新聞インキ	31,541	35,362	31,576	32,629	112.1	89.3	103.3
計	205,913	230,354	180,712	169,785	111.9	78.4	94.0

昭和 52.2.17 受理

Pigments: Their Problems from the Standpoint
of Ink Makers
Noriyoshi IMAI

* 東洋インキ製造(株)青戸工場
東京都葛飾区青戸 7-32-1

表-2 印刷インキの出荷金額推移

インキ分類	各年度別印刷インキ出荷金額 (百万円)				前年出荷金額を 100 としたときの比率		
	昭和 47 年	昭和 48 年	昭和 49 年	昭和 50 年	昭和 48 年/ 昭和 47 年	昭和 49 年/ 昭和 48 年	昭和 50 年/ 昭和 49 年
凸版インキと凸版輪転インキ	2,080	2,543	2,753	3,072	122.3	101.2	101.6
ゴム凸版インキ	2,755	3,471	4,213	5,004	126.0	121.4	118.8
平版インキ	17,598	20,964	23,898	29,463	119.1	127.3	123.3
ブリキ板インキ	5,843	7,509	11,485	7,356	128.4	153.1	64.0
グラビアインキ	2,496	3,123	3,222	3,453	125.1	103.2	107.2
特殊グラビアインキ	13,805	16,836	18,399	16,442	122.0	109.9	89.4
その他のインキ (補助剤を含む)	3,900	4,244	4,608	5,698	108.8	108.6	123.7
新聞インキ	2,207	2,654	3,813	4,383	120.2	143.7	114.9
計	50,685	61,339	72,211	74,870	121.0	117.9	103.7

では順調に伸びてきたが石油ショックを機に大幅な減少を示しており、51年に少し回復してきたがまだ49年のレベルによりやく達した程度である。一方インキ出荷金額でみると49年、50年とも出荷金額は対前年比が上昇している。生産量が減少しているのに出荷金額が上昇していることは、とりもなおさず製造コストの著しい上昇を意味している。前述のようにインキ需要そのものが低下している状態にあっては、販売価格が製造コスト・アップに見あった動きをとれるわけもなく、そのコスト・アップについては内部合理化でようやくそのごく一部分を吸収しているに過ぎない。これが現在業界が直面している最大の難問といえよう。需要の喚起、原料価の上昇防止、製造コストを引き下げうる製法、原料の開発が切に望まれるわけである。

3. 製造工程上の問題点

印刷インキの製造方式には大別して2つある。1つは乾燥・粉体顔料をビヒクルに分散させる、いわゆるドライ方式であり、もう1つは顔料水性ペーストから直接インキをうるフラッシング方式である。両者を図示すれば図-1 のようになる。この両方式のそれぞれの工程で顔料が問題になるのは、いずれも分散という点である。

ドライ方式では分散機として2本ロール・ミル、3本ロール・ミル、オープン・ヘッド・ショットミル、密閉型ショット・ミル、コロイドミル、ケディー・ミル、ボール・ミルなどがあるが、それらは対象となるインキの粘度で使い分けられるが、オイル・インキでは3本ロール・ミル、ショット・ミルが普通である。粘度範囲とそれに適する分散機の対応は図-2 のようになる。なおオイル・インキの粘度は、低粘度の新聞インキで10ポイズ前後、高粘度の枚葉オフセット・インキで $10^3 \sim 10^4$ ポイズ前

図-1 ドライ方式とフラッシング方式

後になる（10 Hertz 前後の変形速度のとき）。分散工程では顔料は小さくこわされ、且つその表面はビヒクルでよくぬらされねばならない。そして、このように分散された顔料は分散媒の中に安定に分散状態を保つ必要がある。分散された粒子径は 3μ 以下となっており、その分布状態の一例を示すと図-3 のようになる。このような分散状態をうるのに、たとえば粘度が 10^3 前後の枚葉オフセット・インキを3本ロールで分散させる場合では $0.5 \sim 0.7$ kWh/kg 分散体のエネルギーが必要となる。フラッシング方式は図-1 からわかるように水系顔料スラリーを一旦乾燥粉碎する工程を経ずに、直接 pigment-oil 分散体をうる方式で19世紀末にすでにその技術は生まれている。最初用いられたのは lead white の分散であり、そのため分散工程上の鉛毒が大幅に防止できた

- A: 標準型ディゾルバー
 B: チェンジカンミキサー
 C: 単油高速ディゾルバー
 D: 標準ミキサー
 E: Z-ブレード強力ニーダー
 F: ボーミキサー
 G: プラネタリー型ミキサー
 1: 3-ロールミル
 2: オープンヘッドショットミル
 3: 密閉型ショットミル
 4: コロイドミル
 5: ケディーミル
 6: ボールミル
 7: 2-ロールミル

図-2 ミキサーおよびミルの粘度範囲

図-3 インキ中の顔料粒子の粒度分布

歴史がある。最も単純なフラッシングにおいてはミキサーでビヒクルと顔料・プレス・ケーキを混合カクハンすればよい。顔料がビヒクルの方に、よりぬれやすければ顔料粒子は水相からビヒクル相へと移動する。そして水は自然に顔料/ビヒクル分散体混合物から分離して出てくる。すなわち、まず顔料粒子を分散させている水にビヒクルが乳化する。次いで、ビヒクル/水界面に接した顔料粒子がビヒクル中に移動する。カキマゼつづけるうちにこの移動は完結され、当初顔料の分散媒であった水は顔料粒子から引き離されてしまう。顔料の表面をくるんだビヒクルは粘度が高いため、互いに合体しペースト状となり、水は分離してくる。すなわち o/w エマルジョンから w/o エマルジョンへの転換がおき、次いでそのエマルジョンの分離が行なわれる。分離した水は通常デカンテーションで系外へ出す。しかし、水の分離は完全ではないので通常更に減圧下でカキマゼることにより残りの水も完全にとる。前述のように水相

からビヒクル相に顔料が移動するためには、顔料表面はビヒクルで選択的にぬられねばならない。大部分の有機顔料はその性質をもっているの、そのための助剤は必要としない。しかし、多くの無機顔料は逆に水にぬれやすいので、ビヒクルにぬれやすい表面に変更してやる必要がある。たとえば TiO_2 顔料では Ca-linoleate などで表面処理をする。このようにしてフラッシングは行なわれるが分散・脱水のために必要なエネルギーは前述の枚葉オフセット・インキで 0.1 kWh/kg 以下ときわめて少なく、ドライ方式の $1/5$ 以下ですむ。一方プレス・ケーキから乾燥顔料をうるのに約 0.2 kWhr/kg 顔料のエネルギーが必要なことをあわせ考えると、フラッシング方式がいかに省エネルギーという観点から有意な方式であるかが知られよう。従って乾燥粉体顔料についてはいかに分散、ぬれに要するエネルギーを減少できるかということが問題となる。いわゆる易分散顔料が求められるゆえんである。易分散顔料はもともと一次粒子近くまで微粒子化されており、ビヒクルに自然に分散されるものといえる。粒子径は 1μ 以下で凝集体を作らぬよう表面処理されていなければならない。その表面はまた同時に分散媒によくぬれる性質も同時に有していることが必要である。易分散性とするためには顔料合成後、処理剤を加えて顔料のまわりにそれを沈着させる。その後、処理剤を乾燥させ処理剤でコートされた顔料粒子が部分的に融着し、丁度アメ玉が軽く、くっついたような状態、いわゆる易分散構造となる^{2,3)}。分散媒によくぬれるように表面処理するには、1) コーティングによる方法、2) トポケミカルな方法、3) メカノケミカル反応による方法、4) カプセル化による方法、5) 放射線照射による方法などがある^{4,5)}。コーティング法は界面活性剤、高分子、無機物などで顔料表面を改質する方法である。トポケミカルな方法は表面官能基の改質、非可逆性吸着層上で重合反応を起こさせる方法などである。メカノ・ケミカル反応による方法は粉碎で新しく生まれた活性の高い表面に、モノマーあるいは切断ポリマーをグラフト反応させる方法である。カプセル化による方法は界面重合法、液中硬化被覆法、水溶液からの相分離法、気中懸濁被覆法、スプレー・ドライン法などがある。放射線照射法には、たとえばアルコール浸セキ無機顔料を ^{60}Co で照射することで親油化できると報告されている。このように表面処理をすることで易分散顔料がえられたとしても、そのために多量のエネルギーが必要とされるなら、それは見かけ上の合理化にすぎず、トータルとしてエネルギーの節約はできないわけで、その意味はあまりなくなるので易分散化も少量のエネルギーでできる

ことが望まれる。

更に乾燥粉体顔料はその性質上、粉塵の問題がつきまとう。粉塵については、最近とみにその有害性が認識され、対策が強く求められている。前述の易分散顔料も粉塵を飛散させにくい、更にたとえばフッ樹脂で表面を処理すると丁度くもの巣状に樹脂フィラメントが顔料をとりかこみ粉塵を防ぐ技術も開発されている。

このように粉体乾燥顔料は色々問題が多いのでフラッシングが理想の分散方法のようにみえるが、これも問題がないわけではない。すなわち、フラッシングは水系顔料分散体を用いるがハンドリング、プロセシングの効率の点からできるだけ顔料含有率が高い方がよい。Hilton Davis 社の Sup-R-Con Pig や Chemetron 製品など顔料含有率 50% 以上のものも最近出はじめており、その面での進歩がみられるがまだ一般化していない。この種のものは顔料粒子の凝集がおきないように表面処理が必要である。このようなハイ・ソリッド・プレス・ケーキが求められるのは効率の点だけではない。通常の顔料ペーストはたとえば Diarylide Yellow : 20%, Brilliant Carmine 6B : 20%, Cu-phthalocyanine Blue : 35% 前後の顔料含有率である。これらのペーストは比較的含水量が多いため顔料ペースト中での水の移動がおこり、場所によって顔料含有率が変わることがおきやすい。このことはフラッシングを管理された状態で行なう上で実用上はきわめて重大な問題点となる。それで濃度の均一なペーストに対する要求はユーザーサイドで強く求められている。次にフラッシング時に排出される排水の問題がある。フラッシングが完全に行なわれれば顔料の排水への流出はないわけであるが、必ずしも完全でないケースがある。更に、たとえば Brilliant Carmine 6B でも Ba による完全な顔料化が行なわれていない場合には一部色料の溶出がみられる。このことは顔料を作る立場でも収率の低下など重要な問題として処置されるはずであるが、フラッシング・プロセスでも経験される現象である。いずれも高価な色料を失うわけで大きな損失であるだけでなく、排水の質の低下と、その処理にコストがかかるという二重の損失をもたらす。更に可溶性成分がインキ中に残ると後に述べるインキの性質への悪影響ももたらす。従って顔料化が完全に行なわれ、水可溶性の不純物などの混入のないフラッシングしやすい十分親油性の表面をもった顔料ペーストが望まれる。Diarylide Yellow は加熱によって結晶粒子が成長し不透明化する。オイル・インキでは透明な黄インキが特に重要であり、そのような問題が発生しないようフラッシング・プロセスは他のインキに比べ低温にコントロール

図-4 Brilliant Carmine 6B の発色と加熱条件
(渡辺, 西連寺未発表)

されている。しかしこのことはビヒクル粘度、フラッシュド・ペーストの粘度が高いことになりプロセス上大きなエネルギーを要したり、水相からビヒクル相への顔料の移動がおきにくいなどの問題をひきおこす。従って耐熱性のよい Diarylide Yellow は重要な意味をもつ。一方 Brilliant Carmine 6B 系の顔料はその結晶水を失うことによりオイル・インキのプロセス・インキとして求められる紅の発色をする。この発色と加熱条件の関係の一例を示すと図-4 のようになる。この発色ができるだけ少ないエネルギーでできることが望ましいし、また適度な速さで終点に達することが望まれる。

4. 印刷工程上の問題点

オイル・インキの印刷方式は平版、凸版、凹版に大別されるが今日の日本での主な印刷方式は平版印刷方式である。凸版印刷は書籍、雑誌本文などの文字物、新聞以外はほとんどないといってよい。カタログ、ポスター、書籍、雑誌のカラー物や紙を用いた包装材への印刷の大部分が平版印刷といってよい。また缶づめなどの金属包装材への印刷は平版印刷が主である。新聞の一部も平版オフ輪化されて久しいし、また最近新聞製作の合理化、無公害化からいわゆる CTS 化に伴う動きとして、ダイレクト・リングラフィーといったオフセットではない平版印刷への移行もみられる。凹版印刷は用途が限られ高額紙幣、有価証券などに用いられている。この他に最近静電印刷、インキ・ジェット印刷など⁶⁾も登場してきているが、これらは従来の印刷と全く異質のものであり本稿では省略する。

4.1 インキの転移と顔料

印刷工程で共通して顔料が関係してくる問題は、ビヒクルとのぬれに関連したレオロジカルな性質である。オイル・インキを用いる印刷機の大多数ではいわゆるイン

図-5 オフセット印刷機
インキング機構 (印刷インキ工学, 313)

図-6 インキ壺 (印刷インキ工学, 314)

キ壺の中にインキを入れ、数多くのインキ練りローラーを経て版にインキがつけられるようになっている。

インキはまずインキ壺からスムーズに出てインキング・ローラーに供給されねばならない。インキ壺の構造は図-6 のようなものが多い。インキ出しローラーはゆるやかな回転をしており、壺内のインキは重力とインキ出しローラーの回転の力をうけるだけである。したがってインキがチキソトロピーの大きいもの、降伏値の大きいものであると、ある程度インキが壺から出たあとそのローラーの動きについていかず、インキング・ローラーへのインキ供給が止ってしまう事故がおきる(壺逃げと称する)。この傾向は特に Diarylide Yellow を用いた黄インキでおおきい。Diarylide Yellow では透明なインキが求められるので、粒子径は小さい方向へ向っている(図-7 参照)。そのような顔料は流動性が悪くなる。平行板粘度計で測定すると図-8 のようになる。勾配の小さい、いわゆるショート・フローのインキは壺逃げをおこす。粒子径が小さくなると表面積が大きくなることと、表面自由エネルギーが増大し、粒子のまわりの固定油層が厚みをます。従って流動特性は図-8 の H のようになる。これを防ぐには粒子の結晶状態をよくしたり、結晶の格子欠陥を少なくすることなどによって表面自由

図-7 Diarylide Yellow の粒子径と色調
(印刷インキ工学, 131)

図-8 透明度と流動性 (E. F.: 不透明, G. H.: 透明)

エネルギーを小さくして固定油層の厚みを小さくするとよい。そのような処置をしたものが図-8 の G である。次にインキング・ロールでの転移を考える。顔料とビヒクルのぬれがよくないとビヒクルはその名の通りの顔料を運搬する能力を発揮できず、ローラー残り、版残り、ブランケット残りを発生する。前述のようにオイル・インキの主要印刷方式は平版印刷である。平版印刷は、最近開発されたドライオグラフィーを除いて、親水性表面、親油性表面の選択ぬれの性質を利用して親油性の画線部のみにインキづけを行なう印刷方式である。従って必ず水を用いる。その水は図-5 のような機構で版に与えられるのが普通であるが、この他にダールグレン・システムで代表される、インキに水を乳化させて版面に水を供

給する方式もある。その場合は当然インキに水がよく乳化するが、そうでない普通の給水方式でもインキング・ローラー上での乳化は必ずできる。インキング・ローラー上での乳化量は普通数パーセントであり、乳化の状態の一例を示すと図-9 のようになる。この乳化状態の良否が平版印刷適性を左右する。もし顔料とビヒクルのぬれが不十分で、顔料の極性部分がむき出しになっていると、そこへ乳化した水が吸着する。それが仮に単分子層程度であったとしても、その水膜によって顔料粒子の橋かけがおき、構造粘性が発現する⁷⁾。このことは Zettlemoyer の報告からも裏づけられる。すなわち各種顔料を湿度条件をかえてインキ化したときの粘度、降伏価のデータは表-3 の通りで顔料表面に吸着した水のため顔

料粒子の凝集がおき粘度、降伏価とも明瞭に大きくなっている。更に Harkins と Gans の TiO_2 の水吸着量と分散安定性のデータ⁸⁾もこの考えを支持している(表-4)。

顔料とビヒクルのぬれが悪く、親水性の部分に水が吸着するとエマルションとしてはきわめて安定な状態となり、水は微粒子として分散される。その状態は図-9b の通りである。そして、そのようなインキのレオロジカルな特性は図-10-b のようになる。すなわち顔料とビヒクルのぬれが悪く親水部分に水が吸着して顔料の橋かけがおき構造粘性を発現し、水が分散相として微粒子に安定に分散されると動的粘性率 η' も動的弾性率 G' もともに上昇する。逆に顔料とビヒクルのぬれがよく、親水部分が残存しないと顔料の橋かけはおきず構造粘性の発現は

図-9 インキの乳化状態 (×600)
(嶋井, 未発表)

表-3 顔料の乾・湿とインキのレオロジカル特性

顔 料	R. H	粘度ポイズ	降伏価 ダイン/cm ²
紺 青	ウェット	555	63,000
	ドライ	212	15,000
黄 鉛	ウェット	221	18,500
	ドライ	181	5,800

(印刷インキ工学, p.315)

図-10 乳化によるインキの動的粘弾性率の変化
(梶原, 遠藤未発表)

表-4 オレイン酸ベンゼン溶液中の TiO_2 沈降と水分

粉体の含水率 (%)		沈 降 容 積 (cc/cc TiO_2)				
TiO_2	$C' = 0.0000$	0.00145	0.00498	0.00827	0.00208	0.0490
0.00	20.3	21.5	19.8	6.5	6.1	6.3
0.05	20.6	21.9	21.1	20.8	20.1	20.0
0.25	20.7	22.0	22.1	21.6	21.7	21.5
0.95	22.2	22.1	22.1	21.6	21.8	22.0

表面積: $22.6 \text{ m}^2/\text{cm}^3$

C' : ベンゼン中のオレイン酸の初濃度 (mol/kg)

(印刷インキ工学, p.30)

ない。そして乳化した水は顔料で分散を安定化されることがないので(図-9-a)水滴同志の合をおこし、比較的大きな水粒子として分散するので η' , G' とも値は小さくなる(図-10-a)。この現象はビヒクルと顔料の相互的な関係できまってくるもので顔料だけの責任ではないが、顔料が重要な役割を果たすことはまぎれもない事実で、ビヒクルに合った顔料表面の調整が必要となってくる。

4.2 版の汚れと顔料

次にインキと版との関係について考えてみる。前述のように主要印刷方式である平版印刷では、選択的なぬれ現象を利用して画線部のみにインキづけを行なう。平版の版は研磨した金属面にコロイド感光膜を塗布し、写真的に不溶性の画線を作り、その画線の上に樹脂ラッカーを塗ってインキが付着しやすくなっている(代表的な構成の一つ)。一方非画線部は感光膜を除去して金属面を露出させ、その後アラビアゴムのリン酸溶液で処理する。最近ではアラビアゴムの代りに C.M.C. も用いられている。これらはその分子中のカルボキシル基が金属面に吸着され、ヒドロキシル基が外面に配列された形となっている。そのヒドロキシル基が版面の親水化のもとである。このような版と湿し水を用いて印刷するときにおけるトラブルに浮き汚れと地汚れがある。

浮汚れにはスプレッドイング、ティンティング、ウォッシング、ブリーディングがある。スプレッドイングはインキと水が版面上で接触したとき、インキがうすい膜となって水の表面に拡散する現象である。水の表面張力を γ_w 、インキの表面張力を γ_I 、インキと水の界面張力を $\gamma_{I/W}$ とすると、 $\gamma_w > \gamma_I + \gamma_{I/W}$ のとき発生する。この現象がおきると画線のまわりに着色膜のひろがりがあり、そのためシャープな印刷物がえられなくなる。一般にスプレッドイングがおきにくいように、 γ_w はアルコール、活性剤を入れて下げてあり、理想的な湿し水の表面張力は 36~40 dyne/cm といわれている⁹⁾。インキ自体も、もちろん多くのインキ用原料の界面張力は測定がむずかしいので Benzene 溶液にして測定されており、P. Laroignou の Halftone Printing (p.418) によると表-5 のようになる。すなわち、25% Benzene 溶液で 20 dyne/cm 程度が良い印刷を行なうため必要となっている。ティンティングは上述スプレッドイングで湿し、水の表面に拡散したインキ層が水中へこまかい粒子となって分散され、o/w 型エマルジョンを形成する。それが非画線部に付着して汚れとして認められる現象である。また、インキが正常なら w/o エマルジョンとして印刷機上でふるまうが、適正でないインキでは o/w エマル

表-5 インキおよびインキ原料の水との界面張力*

サ ン プ ル	15%ベンゼン溶液	25%ベンゼン溶液	50%ベンゼン溶液	100%ベンゼン溶液
オフセット黒インキ	21.2	19.6	印刷適性良好	
〃 紅インキ	18.1	19.0	〃	
〃 黒インキ	7.9	7.9	汚れ、版残りあり	
〃 黄インキ	11.5	7.2	〃	
ロジン変性フェノール樹脂	12.3	11.9		
ギルソナイト	20.7	20.3		
長油大豆アルキッド	5.2	5.3		
長油トール油アルキッド	5.8	6.2		
スピンドル油				25.2
キシロール				35.5
生アマニ油			3.6	
熱処理アマニ油			10.3	
吹込アマニ油	10.1	10.2		

(* P. Laroignou : Halftone Printing, 418)

ジョンとなることがある。この場合もティンティング汚れとなる。インキの粘度も大きな役割を果たすが顔料もスプレッドイング、ティンティングに大きな影響を及ぼす。すなわち顔料表面の性質により、 $\gamma_{I/W}$ が著しく低下することがあれば $\gamma_I + \gamma_{I/W} < \gamma_w$ が成立してしまう。次にウォッシングについて説明する。インキ中の顔料が親水性のものであると乳化した場合前述のように顔料間の橋かけをおこし流動性の劣化、エマルジョンの安定化がおきるが、更に著しい場合には水でつつまれた顔料が水相へ容易に移動し、非画線を汚す。これをウォッシングという。顔料の親水性を直さねば処理ができない。

たとえばレーキ顔料では湿し水の成分によっては顔料が可溶化されることがある。これをブリーディングという。これを直すには湿し水の組成をかえることも一方法だが可溶化されぬ顔料であることも必要である。以上が浮き汚れで版の非画線そのものの性質は変っていない。しかし、次に説明する地汚れはインキによって非画線が親油化されることである。すなわち、版の保水層は X-COOH の形でアラビアゴム、C.M.C. などが吸着して親水化されている。一方インキ中には同じような吸着能をもった RCOOH で表わされる脂肪酸、樹脂酸などがある。これが版の非画線部に吸着すれば、その部分は親油性となりインキが付着するようになる。これがグリーシングである。また、顔料の親水性部分の親油化処理などに活性剤が用いられるが、その吸着活性剤がはずれて、親水性部分が非画線に再吸着するとこのグリーシングとなる。

図-11 ウェット・トラッピング

4.3 水棒がらみと顔料

この他に平版印刷では水棒がらみという問題がある。

すなわち、版面にモルトンを巻いたローラー（水棒）を介して給水を行なうのが普通である。その水棒にインキがつくと水の供給が均一でなくなる。これは前述の汚れと同じに考えてよい。非画線部に相当する水棒にインキが付着するもので、ティンティングしたインキが水棒についたり、インキの親水性部分が付着したりして発生する。特に顔料的には活性剤を用いたものがおきやすい。活性剤が顔料から脱吸着して水棒に吸着しインキを呼びよせるわけである。

4.4 インキ転移と顔料

次に被印刷体にインキが移る過程について考えてみよう。高速印刷機で連続印刷を行なうとき第一色目の印刷面が未乾燥の間に第二色目をその上に刷り重ねる。以下同じようにして通常四色まで重ね刷りが行なわれる。このように下色が未乾のまま上色が刷り重ねられることをウェット・トラッピングという。今日的高速印刷機においては、この第一色から第四色までの印刷間隔はそれぞれ1秒以下にもなる。そのような短時間でも良好な上色の下色への乗りが要求されている。そのためには下色のインキはどインキの下地への接着力が大きく、内部凝集力が大きく、且つ上色との付着力が上色のダイナミックな条件下での引き（タックで代表されている）より大でなければならない。さもなければ下色は上色の方へ逆にとられてしまう。Schaefferらによると¹⁰⁾このウェット・トラッピングは運動論的な空洞理論を用いて説明できる。図-11で、インキ皮膜2をもったローラーがインキ皮膜1の上を通過するときまず両皮膜が接触し、次いでその一緒になった皮膜が高いずり応力のもとで分裂される。この分裂の際、空洞の核が発生する。もし組成が同じならばその発生確率は両皮膜について等しい。統計的には空洞の発生数はインキ皮膜の厚みに比例する。一方皮膜の分裂は空洞の発生する位置でおきる。従ってインキ皮膜1が薄く、インキ皮膜2が厚ければ空洞発生は

上のインキ皮膜2でおきトラッピングはよい。また空洞の発生速度はインキ粘度によって大きい影響をうける。通常内部凝集力と粘度は相関関係があるので粘度の大きいインキ皮膜中では分裂をおこしにくい。空洞発生については顔料の影響が大きい。

すなわち顔料は空洞発生の核となる。もしインキ皮膜2の方がインキ皮膜1より顔料充填比が高いと、皮膜分裂の確率はインキ皮膜2の方が高くトラッピングがよいことになる。また皮膜2中の顔料が皮膜1中の顔料よりビヒクルにぬれが悪い場合、やはり空洞の核発生確率は高くなりトラッピングがよくなる（空洞理論の詳細については A. C. Zettlemoyer and W. D. Schaeffer : *N. P. I. R. I. Research Bull.*, [42], 2 (1957) を参照されたい）。しかし顔料とビヒクルとのぬれはこれまで述べたように、よくすることが望ましく、悪くすることはよくない。従ってトラッピングをコントロールするのはもっぱらインキ粘度とインキ皮膜厚みによってなされる。

すなわち、下色のインキはどインキ粘度を高く、またインキ皮膜をうすくして空洞の発生数と発生速度を上の上のインキ皮膜で大きくするようにする。

5. 印刷物としての問題点

4. で印刷工程上の問題点をとりあげたが、次に印刷が終了してからの問題点を述べる。印刷終了後は乾燥し、製品になるわけであるがセット、乾燥、光沢、演色性についてとりあげたい。

乾燥については従来のオイル・インキでは枚葉インキの主要乾燥方式である溶剤浸透、乾性油の酸化重合とヒート・セット・オフ輪で用いられる溶剤の蒸発乾燥を主とする乾燥方式の他に、最近では無公害、省エネルギー、高品質を目的としたUV乾燥方式がある。セットについてはインキからビヒクル中の低分子量成分が被印刷体内部に分離浸透して、インキを半固体に近い状態までもっていく過程と説明できる。インキの浸透は、被印刷体の中の大きな毛細管で急激な吸収がおき（印刷の瞬間に大部分がおきる）、その後、微細毛細管でゆるやかな吸収が行なわれる。その後半の部分がセットの過程である。浸透の理論的な取扱いについては文献を参照されたい^{11,12,13)}。

被印刷体の毛細管の径が顔料粒子より大きいとき、顔料粒子で形成される毛細管系の孔径の方が被印刷体の毛細管径より小さいため毛細管力が被印刷体内部に発生せず、そのためインキ・ビヒクルの浸透は全くおきなくなる。逆に被印刷体の毛細管径に比べ顔料粒子径が大きいとき、顔料系の形作る毛細管系は対抗する毛細管系が被

図-12 インキと紙の毛細管径の分布曲線
(印刷適性 112)

表-6 印刷インキの浸透と顔料¹⁴⁾

用 紙	転移インキ 皮膜 (mm×10 ⁻³)	浸透深さ (mm×10 ⁻³)		分離したビ ビクル
		顔 料	顔 料と ビビクル	
Antique Book	4.5	39	64	25
M. F. Litho	4.1	25	61	36
S. C. Printing	4.5	16	56	40

印刷体に存在することになりインキ・ビビクルの毛細管力に基づく被印刷体への分離・浸透がおきる。両者の大きさ通常一部重なった分布をもつといわれ図-12 のようになっている。顔料粒子径がきわめて細かいインキにあっては、上述の理由によって浸透がおそく従ってセットはおそい。逆に粒子径の大きいインキでは浸透が速くセットは速い。インキの種々の要求性能からは顔料粒子径が小さいことが求められ、セットの速さを求める点からは不都合である。この点は主としてビビクルの面から対策がとられる。非コート紙について上述のことを実験的に確かめた結果が Coupe, Smith によって報告されている¹⁴⁾。その一部を紹介すると表-6 の通りでビビクルと同時に顔料も紙の中に浸透し、その浸透の様子は紙の状態によって大きく異なることがわかる。酸化重合過程での顔料の果たす役割は促進、遅延、無関係の3つに分類できる。促進するものは紺青、黄鉛、モリブデンなど金属を含む無機顔料で、通常のドライヤーと同じ効果によるものである。しかし、これらの多くは現在公害問題からオイル・インキには用いられていない。カーボン・ブラックではドライヤーの吸着で、リン・タングステン酸系顔料ではドライヤー金属との反応でそれを不溶化することで乾燥を遅延させる。その他の大部分の顔料は乾燥に無関係である。一方ヒート・セット・オフ輪印刷で代表される加熱蒸発乾燥には、顔料の影響はほとんどな

図-13 インキ皮膜の U. V. 透過率 (10 μ)
(福村, 未発表)

表-7 インキ色相と 365 nm UV 光の透過率 (10 μ)
(福村, 未発表)

色 相	透 過 率 (%)	色 相	透 過 率 (%)
金 赤	83	藍	12
赤	57	紫	64
紅	68	黒	0
黄	78	白	0

いといつてよい。しかし、UV 乾燥では顔料の影響はきわめて大である (UV 乾燥型インキについては文献を参照されたい¹⁵⁾)。UV 乾燥型インキの乾燥は紫外線によって光重合開始剤がラジカルを発生し、それがひきがねとなっておきるラジカル重合による。ラジカル重合はラジカル・トラップなどによる影響、粘度効果以外は顔料によっては影響をうけない。しかし光重合開始剤の反応に対しては大きな影響を及ぼす。顔料種とそれを用いたインキの UV 透過率は図-13、表-7 の通りである。UV 硬化に対する顔料の影響を UV 吸収の点からみた研究結果が、Wicks and Kuhhirt によって報告されている¹⁶⁾。

- 1) 一波長に対しては一方程式が有効。
- 2) 散乱係数 S_t 、吸収係数 K はフィルム厚みについて一定。
- 3) 顔料粒子はアト・ランダムに分散している。
- 4) 散乱のある場合は内部ラジエーション・フラックスは完全に拡散している。
- 5) エッジ効果は無視できる。
- 6) フィルムの底面は下地と光学的に接している。
- 7) 光重合開始剤の吸収は Beer の法則に従う、という前提で Kubelka-Munk 式を基に顔料配合系での光重合に必要な光重合開始剤による U 吸収を理論的に求めている。それによると次のようになる。

顔料による吸収：高度に吸収性のある顔料は、光重合

図-14 無反射被印刷体上に印刷された皮膜厚みと光重合開始剤による 375 nm 光の吸収率. 1: クリヤー, BE:1%, 2:20 PVC Pigment A, BE:1%, 3: クリヤー, CTX:1.2%, 4: 20 PVC Pigment A, CTX:1.2%, BE:ペンゾイン・エーテル, CTX:2-クロロ・チオ・ザンソン¹⁶⁾

図-15 無反射被印刷体上に印刷された 15 μ の皮膜中の光重合開始剤で吸収される 375 nm 光と、吸収部分の深さ. 1: クリヤー, BE:1%, 2:20 PVC Pigment A, BE:1%, 3: クリヤー, CTX:1.2%, 4:20 PVC Pigment A, CTX:1.2%¹⁶⁾

開始剤による吸収を著しく低下させる。特に皮膜の底部で著しい。このことはカーボン・ブラックが UV 硬化速度を著しく低下させることに対応する^{17,18)}。

顔料による散乱；薄い皮膜のとき、散乱係数の大きい皮膜では顔料がないときより光重合開始剤の吸収は大きくなる。これに反し散乱係数の大きい厚い皮膜では底の方での光重合開始剤による吸収は急激に低下する。これは、たとえば TiO_2 のような顔料を配合した厚い皮膜の完全硬化の上で重要な問題を提起する (図-14, 15)。

皮膜厚み：中程度の膜厚で UV を吸収、散乱する顔料のある場合、底部の 0.1 μ での光重合開始剤による吸収は膜厚のわずかな変化にも大きく影響される。従ってこ

図-16 無反射被印刷体上に印刷された皮膜厚みと底部 0.1 μ で光重合開始剤により吸収される 375 nm 光の吸収率. 1: クリヤー, BE:1%, 2: 20 PVC Pigment A, BE:1%, 3: 20 PVC Pigment A, CTX:1.2%¹⁶⁾

図-17 85%反射被印刷体上に印刷された皮膜の底部 0.1 μ で CTX により吸収される 375 nm 光の吸収率と膜厚. 1: 20 PVC Pigment A, 1.2% CTX, 2: 20 PVC Pigment A, 0.6% CTX¹⁶⁾

のような系での均一な硬化を実現するには膜厚のより厳格な規制が必要 (図-16)。

光重合開始剤濃度：図-17 に示すように皮膜上部での高濃度の光重合開始剤によるスクリーニング効果は、底部の光重合開始剤による吸収を著しく低下させる。光の分散系では任意の膜厚に対して、底部の光重合開始剤による吸収を最大にする最適の光重合開始剤濃度が存在する。

被印刷体による反射：反射性の被印刷体上の顔料配合皮膜の底部での光重合開始剤による吸収が、非反射性の場合より大きいのは反射体上での硬化が速いことに対応する。厚い顔料配合系では、この効果は非常に大きい (図-18)。

以上のように単に UV 吸収の効果だけでなく顔料が UV エネルギーを吸収し、それが開始剤に移動しラジカル

重合に影響を与えることもある。たとえば, Pappas and Kuhhirt の報告によると次の通りである¹⁹⁾。すなわち, 彼らはアクリル・モノマーの光開始重合を顔料の存在下で調べた。顔料は処理, 未処理のアナターゼとルチル型 TiO_2 で開始剤はケトンあるいは染料と H 供与体としてのトリエタノール・アミンである。照射は 366 nm で行った。メチレン・ブルー, エオシン, フルオレノン, ベンジル, アントラキノン, チオザンソンを開始剤すると未処理アナターゼのあるときのみゲル化がおきる。処理アナターゼ, ルチルではゲル化しない。またベンゾフェノン, ザンソンでは顔料があってもゲル化しない。その様子は表-8 に示した通りである。ゲルのできや

図-18 皮膜厚みと底部 0.1μ で光重合開始剤によって吸収される 375 nm 光の吸収率。1: 無反射被印刷体上, BE: 1% クリヤー, 2: 85% 反射被印刷体上, BE: 1% クリヤー, 3: 無反射被印刷体上, CTX: 1.2%, 20 PVC Pigment A, 4: 85% 反射被印刷体上, CTX: 1.2% 20 PVC Pigment A¹⁶⁾

すさと E_T (基底状態と最低励起三重項状態とのエネルギー差) の大きさが対応している。表-9 に顔料と反射率, 透過率, 硬化度との関係を示す。それによると Sb_2O_3 , Pigmentary Potassium Titanate (PKT), ZnS > アナターゼ, ルチル TiO_2 > ZnO の順に硬化度が低くなっていく。 ZnO は隠ぺい力が小さく, UV 域での吸収が大きいため UV 硬化用顔料としてよくない。上述のアナターゼ TiO_2 の特異な効果は次のように考えると説明できる。アナターゼ TiO_2 は 77°K で 540 nm に極大のルミネセンスをもつ²⁰⁾。エネルギー・レベルは 63

表-8¹⁹⁾ Photoinitiated Polymerization in the Presence of Untreated Anatase^a

Initiator ^b	M ^c	OD ^d (366nm)	Minutes ^e	E_T kcal/mol
Methylene blue	1×10^{-5}	1×10^{-2}	20	34
Eosin	4×10^{-5}	3×10^{-2}	20	43
Fluorenone	1×10^{-4}	3×10^{-2}	150 (90) ^g	53
Benzil	2×10^{-5}	8×10^{-4}	80	54
Anthraquinone	2×10^{-6}	2×10^{-3}	120	62
Thioxanthone	4×10^{-6}	1×10^{-2}	180	66
Benzophenone	3×10^{-5}	2×10^{-3}	—	69
Xanthone	5×10^{-4}	1×10^{-2}	—	74

(a) Titanox 1,000 (0.06% by volume) dispersed in 2-hydroxyethylacrylate (HEA). (b) Triethanol amine (TEA) was also present. (c) Molar concentration of initiator. The molar ratio of initiator to TEA was 1:10. (d) Optical density of initiator solution in HEA. (e) Irradiation time for gel particle formation. (f) Triplet excitation energy of the initiators. (g) TiPure LW in place of Titanox 1,000.

表-9¹⁹⁾ UV Curing and Hiding of White-Pigmented Coatings

Pigment	n_p ^a	PVC ^b	X, mils ^c	SX _{550nm} ^d	% R _{366nm} ^e	% T _{366nm} ^f	% Cure ^g	X, mils ^h
ZnO	2.01	20	0.82	0.83	6.5	<0.1	11±2	0.8
Sb_2O_3	2.05	20	0.96	1.1	62	20	94±1	0.9
PKT	2.35	20	0.41	0.72	61	20	92±1	0.5
ZnS	2.37	20	0.34	0.83	57	17	94±1	0.3
Anatase	2.55	10	0.36	0.88	28	2.0	67±4	0.5
Rutile	2.76	10	0.24	0.88	10	0.3	74±4	0.4
PKT	2.35	20	1.0	2.0	64	4.5	83±1	1.1
ZnS	2.37	20	0.81	2.2	59	3.1	87±1	0.9
Anatase	2.55	20	0.43	1.8	26	<0.1	42±3	0.5
Rutile	2.76	10	0.65	2.2	8	<0.1	57±1	0.8

(a) Refractive index of the pigments. (b) Pigment concentration by volume. (c) Thickness of films utilized for optical measurements. (d) $(1-T/T)-0.5$. (e) Diffuse and specular reflectance. (f) Diffuse transmittance. (g) Weight percent of vehicle which was not extractable by acetone in a Soxhlet apparatus after 5-sec irradiation. Average and range of two determinations. (h) Thickness of films utilized in UV curing experiments.

Kcal/mol である。ルチル TiO_2 は 77°K で 850 nm のルミネセンスを示し、エネルギーは 34 Kcal/mol である²¹⁾。このことから、アナターゼは適当な受容体があればエネルギー転移を起こすのに十分なエネルギーと、寿命の励起状態をもちうる。そして励起エネルギーが 60 Kcal/mol 以上の受容体ではエネルギー転移の効率が低下するだろうといえる。このことは表-8 の結果と対応している。ルチル TiO_2 ではエネルギー・レベルが低い (34 Kcal/mol) ので、構造欠陥でのエネルギー消滅がエネルギー転移と拮抗していると思われる。一方、エネルギー転移が効果的に行なわれるためには受容体は顔料表面に吸着されねばならぬが、アナターゼ TiO_2 の表面処理に用いられたアルミナは電子受容部として働き、顔料の電子移動プロセスと競合する²²⁾のでアルミナ処理アナターゼは光重合促進効果がないのだろう。

反応メカニズムは次のように考えられる。

Ketone が光励起アナターゼに化学吸着し電子移動が起こる。ラジカル・アニオン K^{*-} から顔料 hole へ電子が移行し K が励起状態になる。それが水素引ぬきを行ない開始ラジカル $\text{R} \cdot$ ができる。

印刷面の光沢については、印刷後のインキ皮膜の平滑性ととも顔料表面とビヒクルとのぬれが影響をもつ。すなわち印刷過程で皮膜分裂がおき凹凸の激しい皮膜が作られるが、それが平滑な面となるように粘性流動をさせる。そのとき降伏値の大きい流動特性をもつインキでは平滑化がうまく行なわれない。すなわち印刷後降伏値の低い、粘性流動をおこしやすいインキが光沢がよい。そのような流動特性を与える顔料はビヒクルによくぬらされており、構造粘性を示さぬものである必要がある。一方顔料とビヒクルのぬれがよいと先に述べた被印刷体上での樹脂/ビヒクルの分離がおきにくく、そのためむき出しの顔料表面が露出することもなく、厚い樹脂層に顔料表面がおおわれるため光沢のよい皮膜を与える。次にカラー・レプロダクションに対する顔料の影響をみる。前述の高速のオフ輪印刷で特に顕著に現れるが、ウェット・トラッピングの過程で先刷のインキが後刷のプランケット胴に逆転移し、後刷のインキが先刷のインキで汚されることができる。このことは印刷された色の鮮明さを保つ上で好ましくないが避けることのできない問題である。現在普通に行なわれている刷順は墨→紅あるいは藍→藍あるいは紅→黄で光沢の出やすい黄を最終色にし

ている。しかし、この刷順ではきれいな色が後にきており少しでも先の色が後の色に混入するとその汚れはひどい。この問題を解決するには刷順を黄→紅あるいは藍→藍あるいは紅→墨とするとよい。しかしこの場合は光沢が出せない。何故ならばトラッピングをよくするには先刷のインキ皮膜をうすくしなければならぬが画線面積が最も大きく、光沢の出やすいのは黄インキで、その黄インキを最も薄い皮膜で、しかも最下層にしなければならぬからである。このことから従来よりも光沢の出やすい顔料が求められることになる。特に黄顔料に薄い皮膜で高濃度、高光沢となるものが強く望まれる。また紅、藍には更に透明度の高いことが求められる。

む す び

以上印刷インキを作るところから印刷物になるまで、どのような顔料が今求められているかという観点から述べてきた。このあと印刷物としての役目を果たし、処理されるまでの間に耐性の問題とか、安全性の問題、更に廃棄に際し公害の源とならぬことといった要求品質があることも忘れることはできない。しかし、それらについては今回は省略し、最後によりコスト・パフォーマンスのよい顔料をユーザーとしてのインキ・メーカーは切望していることをつけ加えておきたい。

参 考 文 献

- 1) 波多野：色材, 48, 229 (1975)
- 2) J. L. Moilliet and D. A. Plant : *J. O. C. C. A.*, 52, 289 (1969)
- 3) 永野：色材, 45, 493 (1972)
- 4) 小石, 釣谷：分散技術入門, 75 (1977)
- 5) 化学工学協会編：最近の化学工学“特殊粉体技術”, 72 (1975)
- 6) 高分子学会編：新しい印刷材料, 257 (1973)
- 7) 印刷学会出版部：印刷インキ工学, 30 (1969)
- 8) W. D. Harkins, D. M. Gans : *J. Phys. Chem.*, 36, 86 (1932)
- 9) W. H. Banks : Recent developments in Graphic Arts Research, 26 (1971)
- 10) W. D. Schaeffer and A. C. Zettlemoyer : *N. P. I. R. I. Research Bull.*, No. 44, Apr. 1957.
- 11) W. Boyd-Campbell : *Pulp, Paper Inst. Can. Report*, 56 (1945)
- 12) D. Tollenar : *Advances in Printing Sci. Tech.*, 1, Printing Ink, Color, 317 (1961)
- 13) H. H. Stewart et al. : *Kolloid-Z.*, 173, 14 (1960)
- 14) R. R. Coupe, A. H. Smith : *J. O. C. C. A.*, 39 (8), 579 (1956)
- 15) 今井：色材, 48, 298 (1975)
- 16) Z. W. Wicks, Jr. and W. Kuhhirt : *J. Paint Technol.*, 47 [610], 49 (1975)
- 17) J. Vanderhoff : *Radiation Curing*, 1, No. 4, 7

- 18) M. D. Garret : Society of Mechanical Engineers, 2nd International Radiation Curing Conference, paper FC75-344, 1975.
- 19) S. P. Pappas and W. Kuhhirt : *J. Paint Technol.*, 47, [610], 42 (1975)
- 20) N. S. Allen et al. : *J. Polymer Sci.*, Polymer Lett. Ed. 12, 241 (1974)
- 21) R. R. Addis, Jr. et al. : *Appl. Phys. Lett.*, 12, 397 (1968)
- 22) A. G. Vondjidis and W. C. Clark : *Nature*, 198, 278 (1963)

刊行物紹介

防錆塗装とその管理技術

——鉄骨系プレハブ住宅を中心として

通産省住宅産業課
住宅産業品質向上対策委員会編
プレハブ建築協会・
日本防錆技術協会 発行
14.5×20.5cm 261頁 非売品
昭和51年5月発行

昭和36年頃から活動を始めたプレハブ住宅産業は、その後順調な伸びを見せ、昭和49年度には全住宅建築戸数の13%を占めるに至った。本書は通産省内に設けられた住宅産業品質向上対策委員会・防錆部会が作成した防錆塗装管理基準とそれに関するテキストブックである。昭和49年6月に着手し、原稿完成まで1年5か月の日時を要したという。編集者・執筆者および協力者には官庁・大学・協会・住宅会社・塗料会社などから26氏が参加している。

内容的には、まず、次の各章(鉄骨系プレハブ住宅の耐久設計・錆と耐久年数・鉄骨系プレハブ住宅における防錆上の問題点・防錆処理の現状と今後の問題・錆の原因・塗装による防錆法・メッキによる防錆法・鋼材の塗装前処理)の各章にわけて問題点と対策の概要を示し、ついで、現在、プレハブ住宅工場で行われている静電塗装・浸漬塗装・電着塗装・粉体塗装について、それぞれの塗装法の原理、塗料、設備と工程、管理などをまとめ、また、塗膜性能試験と公害対策を記述している。

次に、住宅産業品質管理基準(鉄骨系プレハブ構成部材の防錆塗装管理基準)を塗装前処理・静電塗装・浸漬塗装・電着塗装・粉体塗装・塗膜検査・安全衛生にわけて表にまとめ、最後に、資料編として塗装前処理商品・塗料商品・関連会社名・試験機器・試験機器メーカー・関連団体名にわけ、リストにあげている。

広範囲にわたる事項を要領よくまとめており、この方面の業務にたずさわる塗料・塗装関係の技術者やプレハブ企業内の社内研修用に適当なテキストと言える。

(太田)

断熱工学

杉山幸男・長坂克己共著
樺書店発行
14.5×20.5cm 324頁
1,800円
昭和50年4月15日3刷

熱移動を防止することを、一般に高温では断熱、中温では保温、低温では保冷といい、そのために使用される材料をそれぞれ断熱材、保温材、保冷材とよんでいる。

本書では、これらの区分をせず一括して断熱、断熱材とよんで記述してある。本書の構成は、伝熱理論・材料・材料試験法の三つからなり、各内容は以下のとおりである。

第1編 総論：概説、断熱のための基礎理論、断熱効率および断熱材の厚さ、多孔質固体内の伝熱

第2編 各論：無機質断熱材、化学合成断熱材、動植物質断熱材

第3編 測定法：熱的測定法(温度、熱伝導度、比熱、熱膨張係数)、多孔質固体の構成的性質の測定法(体積と気孔率、細孔分布、表面積)、機械的強さの測定法(圧縮強さ、引張り強さ、曲げ強さ、弾性率、摩耗硬さ)

無機質断熱材あるいは化学合成断熱材には、興味のある材料が多いので、例として以下のものを指摘しておく。

●水練り、ガラス質、鉱物質、キャストブル耐火、耐火断熱レンガ、高温用耐火、炭素質、アルミ箔などの各断熱材

●硬質ウレタンフォーム、ポリスチレンフォーム、プラスチックコルゲートなどの各断熱材

本書は、比較的平易な書き方で記述されているので、読みやすい。また、断熱材という身近な材料がその対象とされていることから、経験的にも理解できるので、大学の学生にも好適な参考書といえる。さらに、本書は、化学工業にたずさわっている研究者や技術者には、必要に応じて参照するのに最適書といえるだろう。

(小石真純)