印刷インキ基礎講座(第VIII講)

(色材, 61 [3] 153-160. 1988)

グラビアインキ

丹 田 熙 人*

1. はじめに

グラビアインキは、その印刷方式において

- ① 高速印刷性
- ② ビヒクルの選択範囲が広い
(幅広い原料からインキ設計が可能)
- ③ 多くの被印刷体に使用出来る
- ④ 迫力ある印刷効果がある
- ⑤ 種々の後加工(ラミネーション等)に対する適性がある

等の特徴があり、用途に応じて多数のインキタイプが開発されている。

また、グラビア印刷作業をごく簡素化して述べれば、金属凹版(グラビアシリンダー)を使用し、

プロセスA: シリンダー表面の余分なインキをドクターブレードでかき取り

プロセスB: 被印刷体にインキを転移させる

プロセスC: 乾燥後

プロセスD: 印刷物を巻き取る

という4つのプロセス(図-1)に集約出来る。

この印刷に使用されるインキがグラビアインキである。上記4プロセスは、用途を問わずグラビアインキが必ず通過する基本的なものであり、グラビア印刷をこのようにとらえることは、インキ設計上またコンパターでの管理上非常に重要である。

一方では、インキの品質に対する要求が年々厳しくなっており、かつては、トラブルはインキの接着性、ラミネート強度など物性に関することが主であったが、現在では、印刷適性に係るものが多くなっている。結果としてグラビアインキが具備していなければならない性質が多くなり、新製品の開発や既存製品の改良のために、イ

ンキに関する要求品質項目の正確な把握とその評価の方法が重要となっている。本稿では、グラビアインキ全般について述べてみたい。

2. グラビアインキの組成

グラビアインキは、顔料を分散させた高分子溶液である。その他種々の成分が混合されており、その数は10数種を越えるものもある。

構成は、図-2に示す通りであり、皮膜形成要素と皮膜形成助要素(溶剤)からなる。前者はフィルム等の被印刷体上に固着して印刷皮膜となる。皮膜形成要素は、着色剤である顔料と樹脂および、皮膜性能を向上させるための添加剤との3つに分けることが出来る。

図-1 グラビア印刷の4プロセス

〔氏名〕 たんだ てると

〔現職〕 大日本インキ化学工業株式会社 グラビアインキ技術1グループ主任研究員
〔趣味〕 旅行 ゴルフ
〔経歴〕 昭和47年早稲田大学理工学部応用化学科大学院修士修了

昭和62.11.5 受理

Gravure Ink

Teruto TANDA

* 大日本インキ化学工業株式会社蔵工場
埼玉県蔵市錦町 1-12-19 (〒335)

図-2 グラビインキの構成

それぞれの比率は概略下記の通りである。

		出版用インキ (ロジン系)	包装用インキ (ウレタン系)
顔 体 樹 助 溶	料	5〜12	5〜35
	質	0〜20	0〜5
	顔料	20〜35	10〜20
	脂	0〜2	1〜5
	剤 剤	40〜60	40〜75
		100	100

以下、各要素について述べる。

2.1 顔料

グラビインキに使用される顔料分類を図-3に示す。グラビインキ用の顔料に必要な性質は、色調、着色力、隠ぺい性、分散性、耐水性、耐溶剤性等の基本的なものに加え、用途に応じて耐熱性、耐候性、耐薬品性、衛生性、耐移行性等がある。しかしインキとして最も重要な性質として「分散安定性」「流動性」がある。これらの性質は、グラビ印刷に特有な「版かぶり」「版づまり」に

影響を与えることは周知の事実である。流動性は、顔料の吸油量、粒子の大きさ、形状、樹脂とのぬれ、顔料と樹脂の酸性、塩基性の関係等で左右される。すなわち吸油量の大きな顔料は流動性が悪く、また顔料の表面処理がなされていない場合は一般に粘度は、顔料粒子の大きさに反比例する。顔料の形状に関しては、銅フタロシアニンブルー顔料の場合、針状形のものが柱状形のものより粘度が高く、チキソ性が大きいとの報告がある。

また、顔料のほとんどは表面に化学的な処理が施されている。したがって基本構造が同じでもまったく異なる挙動を示す顔料がある。顔料の表面処理については、顔料メーカーのノウハウに属しており不明な点が多い。しかし処理剤の質と量、および処理の方法は、グラビインキの性能を左右しており今後さらに検討が進むであろう。

2.2 樹脂

グラビインキの皮膜形成要素のうち最も重要なものが樹脂である。樹脂に要求される性能はインキの用途に応じて異なるが、基本的には、グラビ印刷適性に優れること、および被印刷体に対する接着が強固なこと、目的に応じて求められる加工適正が良好なことに集約出来る。

基材に接着させる樹脂の選択幅が広いこと、他の版式と異なり、グラビ印刷では多種類の被印刷体に印刷出来る。有機溶剤、水にかかわらず溶媒に溶けるものは全

図-3 グラビインキ顔料の分類

てグラビアインキの原料として使用出来る可能性があるといっても過言ではない。ただ一つ制約があるとすれば、印刷後すみやかにインキ表面の粘着がなくなり、巻き取り時にブロッキングを生じないことぐらいである。

グラビア印刷の歴史の中で被印刷体とそれに適したインキの樹脂系の間には定着したものがある。その一例は下段の通りである。

次にグラビアインキに用いられる主要な樹脂について簡単に述べる。

2.2.1 天然樹脂

グラビアインキに使用される天然樹脂の代表は、ロジン類である。最も古くから使用された樹脂であり顔料とのぬれ、転移性に優れ紙用グラビアインキのバインダーとして用いられる。樹脂酸（主成分はアビエチン酸）との金属塩である硬化ロジンは、耐ブロッキング性、脱溶剤性が改善されており広く使用されている。またロジンは官能基が多いので多くの樹脂を変性することが可能で、無水マレイン酸との付加物はロジン変性マレイン酸樹脂としてよく知られている。またロジン変性マレイン酸樹脂は、酸価を調整することによりアルカリ成分で水に可溶化することもできるので、このような樹脂は水溶性のグラビアインキの原料として使用されている。

2.2.2 硝化綿

硝化綿（ニトロセルロース）はセルロース $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$ の3個の水酸基のうち約2個がニトロ化された2硝化セルロース $[C_6H_7O_2(OH)(ONO_2)_2]_n$ である。窒素分が10.7~11.5%のL型（またはSS型）と11.8~12.2%のH型（またはRS型）の2タイプがある。前者は希釈溶剤として、アルコール系溶剤を用いる場合に、後者はエステル系、ケトン系溶剤を用いる場合に使用される。他の樹脂との相溶性が良く、顔料とのぬれも良く、ガラス転移点も高く（約60°C）巻き取り時のプロ

ッキングもほとんどない。硝化綿系のグラビアインキは、印刷適性も良く「使いやすいインキ」の代表となっており、普通セロハンおよび紙用のインキとして使用される。インキの原料として使用する場合、皮膜形成の際に残る内部応力が大きいので、適当な可塑剤類の選択が必要であり、他方では微量に存在するカルボキシル基（キレート類との反応を促進することがあるため）に留意する必要がある。

2.2.3 塩化ビニル酢酸ビニル共重合樹脂

一般に塩酢ビ樹脂と呼ばれ、塩化ビニルの強靱性、耐薬品性と酢酸ビニルの可塑性、易溶性を併せもった樹脂である。塩ビと酢ビの共重合モル比を変えることにより種々のものがあり、水酸基やカルボキシル基を含むものもある。この樹脂を使用したインキは、主として塩ビ、ナイロン、ポリエステル、ビニリデンコートフィルム用およびアルミ箔用として使用される。一般にグラビアインキの皮膜は主樹脂が熱可塑性であるため、耐熱性、耐溶剤性、耐薬品性等の物性に限界がある。このような性質を大幅に改善するためジイソシアネートポリマーを使用し、二液型で使用される場合があるが、グラビアインキで二液使用が行われたのは、この塩酢ビ系インキが最初である。

2.2.4 塩素化PP樹脂

アイソタクティックPPを塩素系溶媒に溶解させ、触媒の存在下で塩素化し、トルエンなどで溶媒置換を行ったものである。グラビアインキには分子量が数千~数万で、塩素化度（重量%）が25~65%のものが使用される。塩素化度が高くなるとPPへの密着性は低下し塩化ゴムの性質に似てくる。OPPを基材とした軟包材の場合、塩素化PP系のインキを使用するとアンカー剤なしでPPの押しシラミが可能である。この樹脂の欠点は、顔料とのぬれが悪く、インキの流動性が悪く、かつトル

紙	被印刷体	用途	樹脂系
(A).....	出版.....	包装紙	ロジン系, 塩化ゴム系 石油系
(B).....	建材.....		硝化綿等のセルローズ系
プラスチックフィルム			
塩ビ.....	建材.....		塩酢ビ系
延伸ポリプロピレン (OPP)	軟包材.....		塩素化PP系, ポリアミド+硝化綿系
普通セロファン (PT).....	"		硝化綿系
ビニリデンコートフィルム (Kコートフィルム).....	"		硝化綿+ポリアミド系
ポリエステル (PET), ナイロン (ON).....	"		ウレタン系, 塩酢ビ系
ポリエチレン (PE).....	"		環化ゴム系
無延伸ポリプロピレン (CPP)	"		ポリアミド系
スチレン.....	"		アクリル系

エンが残留しやすいことである。

2.2.5 ウレタン樹脂

通常ジイソシアネート化合物とポリオール化合物および低分子量の鎖伸長剤を用いた重付加反応により得られる。ウレタン樹脂は、多官能基を有すること、および高極性基を有することにより、多くの基材に接着し、かつ、優れた皮膜物性を有することからグラビインキ用樹脂として広く用いられている。ウレタン樹脂を用いたインキは、採着性が良い、印刷物の残留溶剤が少ない、二液反応型とした場合比較的ポットライフが長い、低粘度印刷が可能であり高速印刷に適している等の特長を有している。しかし、一方では、印刷適性上の、圧胴汚れる。ブロッキングしやすい等の欠点を持っているが、現在では、実用上問題のないレベルに達している。ウレタン樹脂の優れた特長を生かす研究が進められており、特に軟包材分野において今後さらに使用されていくであろう。

2.3 添加剤

グラビインキの性能は樹脂および顔料でおおむね決定されるが、さらに性能を向上させるためには添加剤が不可欠である。以下に、添加剤の機能別分類と、その機能を果たすための物質例を示す。

1. 皮膜補強機能 …低分子量の PE, フッ素系ワックス, 脂肪酸アミド
2. 皮膜可塑化機能……種々の可塑剤, 可塑性を有する樹脂
3. 皮膜形成補助機能…静電防止剤, 消泡剤, 酸化防止剤
4. 顔料分散機能……界面活性剤
5. 流動性調整機能……体質顔料

2.4 溶 剤

グラビインキは、印刷インキの中では最も低粘度で使用され、かつ最も乾燥性の速いインキである。この粘度、乾燥を調節するものが有機溶剤である。グラビインキにおける溶剤の役割には次のようなものがある。

- ① 樹脂を溶解し、グラビインキに適した粘度を与

図-5 グラビアシリンダー周辺図

える。

- ② 顔料を湿潤し分散を助ける。
- ③ 被印刷体をぬらし、インキの転移を助ける。

このような役割を持った溶剤も、樹脂の溶解性の程度により下記の3つに分類される。

真溶剤：樹脂を溶解する溶剤。

助溶剤：単独では樹脂を溶解し難いが、真溶剤と併用すれば、溶解力を示す溶剤。

非溶剤：樹脂に対する溶解力はないが、真溶剤、助溶剤と併用すれば、ある量までは樹脂の析出をおこさない溶剤。

グラビインキに配合される溶剤中の真溶剤、助溶剤、非溶剤の比率は印刷適性、印刷されるインキ皮膜の性能に影響をおよぼすため、混合比率は十分検討する必要がある。グラビインキの場合、印刷後の乾燥されたインキ皮膜中に溶剤が残留する事は問題であり、出来る限り少なくするよう検討されており、条件がそろえば溶剤系インキの場合でも残留溶剤が 1 mg/m^2 以下という印刷物も得られる。

3. グラビア印刷機とグラビアシリンダー等

グラビア印刷機の構造の代表例は、図-4 の通りである。グラビインキと関連し、グラビア印刷物の良否を

図-4 フィルム用グラビア印刷機

左右する重要な部分は、グラビアシリンダー周辺であり、ここでは、グラビアシリンダー、ドクターブレード、プレスロール（圧胴）について簡単に述べる。

3.1 グラビアシリンダー

グラビア印刷に用いる版は、鉄芯をベースにした円筒状をしておりグラビアシリンダーと呼ばれる。通常、鉄芯に 2~4 μm のニッケルメッキをし、その上に 80~130 μm の銅メッキが施され、その銅を腐食または彫刻し画線部を形成させ（グラビア製版）、最後にクロムメッキされている。その画線部（凹部）は、スクリーン線に囲まれたグラビアセルであり、多くは1インチ当り150~175の線数である。深度は、1 μm 前後のハイライト部分から 40 μm 前後のソリッド部分まで任意に変化させることが出来る。一般に版は、製版方法により、コンベンショナル版、網グラ版、ヘリオ版に大別される。前者2版は、腐食版であり後者は彫刻版である。セル容積はコンベ版、網グラ版は大きく、ヘリオ版が最も小さい。また腐食版、特にコンベ版は、同一版内の場所により版深のパラツキが出やすいが、セル容積が大きいため力強い印刷物が出来る。一方ヘリオ版は版深のパラツキが少ないが、セル容積が小さいため、ハイライト部の転移が印刷条件、インキの種類によって影響をうけやすい等の傾向がある。

3.2 ドクターブレード

ドクターブレードは、印刷中、グラビアシリンダ上の余分なインキをかき取り、グラビアセル内にインキを押し込む働きをしている。材質は、厚味が 0.15 mm 前後の鋼板であり、先端は鋭く研磨されているが最近では研磨不要のドクターも広く使用されている。ドクターブレードの使い方は、印刷技術者の熟練技能に左右されやすく、印刷会社は個々にノウハウを持っている。

3.3 プレスロール（圧胴）

プレスロールは、グラビアシリンダーに被印刷物を圧着し、セル中のインキを転移させる働きをしている。圧着時の圧は、線圧で 5~20 kg/cm といわれている。

プレスロールに関しては、ゴム硬度、ロールの径、シャフト方向のたわみやすさ、表面の精度、耐溶剤性、印圧に留意すべきである。一般に、表面平滑性の良いプラスチックフィルムでは印圧は軽く、また、厚い紙に高速で印刷する場合には、印圧は大きくする。ゴム硬度、ロール径とインキの転移性の関係については、ハイライト部の場合、ゴム硬度は軟かく、径は小さい方が転移性は良くシャドウ部については、硬度が硬く、径が大きいほど転移性は良いといわれている。これらのことは、ゴムの変形しやすさ、印圧が、シリンダーと被印刷体との接

触面積、接触時間に影響していることを表わしている。

4. グラビアインキの分類

グラビアインキは、その種類の多さよりむしろ、グラビアの用途、対象の広さに特長がある。様々なニーズに対応したインキが作られ、印刷されたものが加工され、消費者に渡るまでの流れは次のようになる。

（包材の場合）

フィルムあるいは用途に対して、インキタイプが1対1に対応していた昔と異なり、現在では多種類のフィルム、多用途に適用出来る汎用インキも出来ている。インキを用途別に分類すると図-6 のようになる。各用途ごとの説明および動向については紙面の都合で割愛する。

5. グラビアインキの技術的アプローチ

グラビアインキに関する技術的アプローチには、次の2つがある。

1. 「正確に把握された要求品質」を評価する技術。
2. 様々な現象が「なぜ」「どうして」起きるのかを追求する技術。

前者は「評価技術」、後者は「基礎技術」といえる。この章では、評価技術の重要性についてと、基礎技術に関するテーマについて述べてみたい。

5.1 評価技術の重要性

インキの品質に対する要求は、年々厳しくなっていることは冒頭に述べた通りである。結果としてユーザーの要求品質が増加し、その項目の代用特性を精度よく表わす技術が重要となる。評価法とは一口にいえば「良いものと悪いものをはっきりと見分けることであり、その結果がユーザーの評価と一致する方法」である。しかし、グラビアインキは、印刷機（細部を比較すると大きな差がある）や、年間を通しての温度、湿度の変化、印刷者の技術力、習慣に至るまで適合しなければ良いインキとはいえず、これらを考えると評価法を確立することは、容易なことではない。インキの評価を実機にたよるだけでなく、平行して、ユーザー評価と十分対応した結果を得ることが出来る、本機以外の機器を使用する評価法を確立することも重要である。確かに、グラビアインキにかかわるいろいろな事象は、多くの要因が絡みあったものが多い。しかし、各事象を支配する要因は必ず存

図-6 グラビインキの分類

在するのであり、それを見出し追求することが重要である。

評価項目は基礎技術におけるテーマ名とは異なり、ほとんどのものは、ユーザーの苦情内容と対応している。グラビア印刷工程における苦情内容には次のようなものがある。

- 版かぶり ○圧胴汚れ ○筋汚れ
- 静電気によるインキ飛び ○泳ぎ
- 転移性不良 ○バックトラッピング
- ガイドロール取られ ○光沢不良

○接着不良 ○臭気が大 ○ブロッキング

これらは、画線部における苦情であるか、非画線部における苦情であるか、また測定によって発見出来る不良であるか否か等の項目に層別することにより対策も立てやすくなる。ここに挙げた苦情は全てグラビインキの評価項目と一致しており、それら进行评估する方法が評価法である。評価法には、相対比較を行うものが多く、数値化出来る方法を模索する必要がある。

5.2 基礎技術に関するテーマ

「グラビインキに関する技術とは何か」という問い

に答えるならば、現象的には、顔料の分散技術に加えて、広範囲な被印刷体への接着と巻き取り時のブロッキングという相反する現象を克服し、グラビア印刷出来る混合体を設計する技術といえる。印刷機にかけられたグラビアインキは冒頭に述べた4つのプロセス(図-1 参照)を通過し印刷されるが各プロセスごとに基礎技術テーマがある。

5.2.1 均質な連続体であるグラビアインキ

グラビアインキは、樹脂溶液に顔料、添加剤等を分散させた混合体であるが、あたかも樹脂が示すような機械的、熱的な性質を示す。そしてこの性質は、混合使用されたそれぞれの原料の性質とは異なっており、新しい別の樹脂的な性質を持った物質となっているかのような挙動を示している。すなわち、グラビアインキのような混合体は、機械的、熱的に独立した非連続的なものでありながら、均一に混合、分散された後は、1つの連続体に変っていると考えられる。この均質な混合体であるグラビアインキの機械的、熱的性質は、グラビアインキの印刷適性、およびラミネート等の後加工適性に大きく関係していると考えられる。

5.2.2 潤滑油としてのグラビアインキ (プロセスA)

グラビアインキをセットすることなしに、ドクターブレードをグラビアシリンダーにあて、シリンダーを回転させればどのようなになるであろうか。シリンダーは熱をもち、大きな音がし、版にはきずが入るであろう。その時グラビアインキが介在すれば、熱、音の発生は止むことになる。この現象は、どのようなことを表わしているのだろうか。すなわち、グラビアインキが潤滑油として機能していることを表わしているのである。このことは、グラビア印刷は常に目に見えない程度のインキ薄膜が「かぶっている」印刷方式ということがいえる。グラビアインキを潤滑油として見た場合、印刷時、ドクターブレードとシリンダー表面との隙間にはさまれたインキはどのような変化を起こすであろうか。一般に液体に圧力が加わると粘度が上昇することは、潤滑油の研究で明らかにされており、次の関係があることが知られている⁸⁾。

$$\eta_P = \eta_0 e^{\alpha P} \quad \begin{cases} \eta_P: \text{圧力 } P \text{ の潤滑油の粘度} \\ \eta_0: \text{大気圧での潤滑油の粘度} \\ \alpha: \text{粘度-圧力係数} \\ P: \text{圧力} \end{cases}$$

ドクターブレードとシリンダーの間を瞬間的にインキが通過する際、圧力によってインキの粘度は上昇し、ドクターをくぐり抜けると元の粘度に戻ると考えられる。大気圧下での粘度が同じでも、加圧下での粘度上昇の大きなインキは「版かぶり」しやすいインキといえるであろう。この事は版「かぶり」の良くないインキの場合、かぶりを取るためドクター圧を大きくしても、「版かぶり」は少しも良くなるからとも想像出来る^{6,7)}。インキ皮膜の低温における動的貯蔵弾性率が大きいものほど版かぶりが悪いことも報告されている⁹⁾。

5.2.3 転移性について (プロセスB)

ドクターブレードで余分なインキがかき取られた後、グラビアセル中のインキは、被印刷体と接触するまでの短時間に蒸発を開始し粘度も上昇する。すなわち、グラビアセル中のインキは、ほとんどニュートン流体の状態から粘弾性を持つ非ニュートン流体に変化する。この変化の程度は、深度の浅いグラビアセル中のインキほど顕著であり、インキ表面の型は凹になる。インキが被印刷体に転移するためには両者が完全に接する必要がある、接した後にセル中のインキが引き出されるのである。結局、転移には、インキと被印刷体との粘着力、インキ自身の凝集力、インキとセルの粘着力の3つのバランスが影響している。その他、転移に関しては、被印刷体表面の状態(凸凹)と表面エネルギー、転移後セル中に残ったインキの溶解性、さらには、インキ表面に凝結する水分の影響などが関係している。

5.2.4 残留溶剤 (プロセスC)

被印刷体にインキが転移した後、インキは乾燥器内で強制的に乾燥させられる。グラビアインキが転移し、レベリングした後、インキ中の溶剤は不要物質となるが、乾燥インキ皮膜中には微量の溶剤が残存してしまう。この残留溶剤は、その量にもよるが、臭気トラブル、包材中の内容物の劣化、印刷物のブロッキングの原因になり得るため、より少ないことが望ましく、いかに少なくするかが大きな課題となる。乾燥時、溶剤がインキ皮膜から離脱するメカニズムは次のように考えられる。樹脂はガラス転移点 (T_g) 以下の温度では硬いガラス状になっている。しかし、加熱されると樹脂の種々のセグメントが運動しはじめる。 T_g を越えるとセグメントの運動ばかりでなく、流動状態へと変化する。このように、分子やセグメントが運動すると分子間の空間が広がり、インキ皮膜中の溶剤は、その空間を通り移動するのである。このことからインキ皮膜の T_g と残留溶剤量には関係があり、 T_g が低いほど残留溶剤量が少ないことが想像出来るが、それは、実験によっても裏付けられている。残

留溶剂量は、 T_g 以外の溶剤の乾燥速度、樹脂と溶剤の親和性にも関係していることを付け加えておく。

5.2.5 巻き取り時のブロッキング (プロセス D)

印刷された被印刷体は巻き取られる。印刷時の加熱や張力により伸ばされた状態で巻け取られているため、印刷物はゆっくりと縮んでゆき、インキ皮膜にかかる圧力は増す。このような状態でインキ皮膜が印刷物の裏面と接着してしまうことがまれに発生する。これがブロッキングであるが、表面がラフな紙の場合よりフラットなプラスチックフィルムの場合に発生するが多い。ブロッキングには、加圧下におけるインキ皮膜の被印刷面への接着性、熱的な変化のしやすさとそれを助長する残留溶剤等が関係している。ブロッキングは印刷が終了した後発生するため、もし発生した場合ロスは多大なものとなるため、インキ設計時、および印刷時最も注意する必要がある。

6. おわりに

以上、グラビアインキの全般について述べてきた。技術的内容については、印刷時の基本的事項にしばったが、そのほか接着、顔料の分散、ラミネート等の後加工についても重要である。それらについては、すでに多くの文献も出されているので参照していただきたい。

グラビアインキは、蒸発乾燥型インキであるため、使

用される溶剤は低沸点有機溶剤が主体である。それゆえ、グラビアインキは宿命的に課題をかかえている。この課題を克服し新しい展開を摸索推進する事もグラビア関係者にとって重要と思われるので最後に課題を記し終りしたい。

- ① 危険物取り扱いに関する課題
- ② 労働衛生上の課題
- ③ 大気汚染上の課題
- ④ 残留溶剤に関する衛生性の課題

参考文献

- 1) 加工技術研究会編：「グラビア印刷便覧」
- 2) 印刷インキ工業連合会編：「印刷インキハンドブック」
- 3) 桜井俊男：「新版潤滑の物理化学」幸書房 (1978)
- 4) 発達史刊行委員会編：グラビア技術発達史
- 5) 松山朝夫：紙とプラスチック, 12 [6], 10~18 (1984)
- 6) 松山朝夫：紙とプラスチック, 13 [1, 2, 3] (1985)
- 7) 松山朝夫：コンバーテック, 13 [4, 6, 8, 11] (1985)
- 8) 渡辺鋼一郎：色材, 60 [8] (1987)
- 9) 小林正秀他：色材研究発表会要旨集 (1987)
- 10) 村井 稔：創立 50 周年記念誌 “情報処理と印刷技術”, 11 (1984)