印刷インキ基礎講座 (第IX講)

色材, 70 [9], 616-623 (1997)

スクリーンインキ概論

高田 直人*

はじめに

スクリーンインキを論ずる切り口は様々あるが、今回は、スクリーンインキ開発者としての立場から、知っているに役に立つこと、スクリーンインキと親しみを持てるようになること、スクリーンインキをうまく使うコツというような観点から、スクリーンインキとスクリーン印刷についてその基本的な部分を広範囲に述べてみることにした。

1. スクリーンインキ（印刷）の位置

インキ消費量からみると、現在は、凸版印刷（フレキソ）、平版印刷（オフセット）、凹版印刷（グラビア）が最も多く使用されている3大印刷方式である。スクリーン印刷はその際立った特徴（具体的には2で述べる）から、印刷業界ではその他の印刷に分類されている（図-1）が、印刷機構が編まれたシルク、ナイロン、テトロン、ステンレスなどの紗の孔からインキを押し出すことから、孔版印刷とも呼ばれている。なお、その他の特殊印刷には最近ポピュラーになっているインキジェット印刷も上げられる。

図-1 代表的印刷方式

2. スクリーンインキ（印刷）の際立った特徴

スクリーンインキ（印刷）には、他のインキ（印刷方式）にはない際立った3つの特徴がある（図-2）。

①「膜厚の大きな印刷塗膜を形成できる」については、凸版、平版での印刷膜厚は通常1～5 μmであり、凹版印刷で厚膜印刷トライしてもせいぜい12～15 μmである。その点スクリーン印刷においては30～100 μmの膜厚を確保することは非常に容易であり、UVスクリーンインキを使用すれば300～400 μmの厚膜印刷も可能となる。このことは、単に見た目の画像の鮮明さ、盛り上がり感、触感が得られるだけではなく、他の機能、例えばエッチング、電気回路、スパーサーなどへの応用が可能な塗膜を形成できたり、また、膜厚が大きい分耐久性、耐候性に優れる色彩情報画像を提供することにも有用である。

②「各種原材料をインキ材料として使用できる」については、簡単な表現をするなら、どんな原材料であろうとスクリーン紗の孔を通るならばそれをインキ原材料として使用できるということである。凸版でも平版でも凹

- ①. 膜厚の大きな印刷塗膜を形成できる。
- ②. 各種原材料をインキ材料として使用できる
- ③. 被印刷体（原反）の形状、サイズ、強度、材質を選ばない

図-2 スクリーンインキの3大特徴

〔氏名〕 たかだ なおと

〔現職〕 帝国インキ製造株式会社研究所
所長代行

〔趣味〕 スキー、音楽演奏

〔経歴〕 昭和 58 年入社、溶剤型スクリーンインキ、UV型スクリーンインキ、水性系スクリーンインキの開発を行いながら現在に至る。

平成 9. 7. 29 受理

Basic of Screen Printing Ink

Naoto TAKADA

帝国インキ製造(株)

東京都荒川区西尾久 8-43-2

版でも多数のローラーを介してインキの転移を制御しているし、平版においては湿し水によって非画像部へのインキ転移を防いでいるため、インキの粘弾性、ローラーとの界面特性に大きな制約が存在し、また、スクリーンインキのように幅広い粘度範囲（3～1000 [P]）も許容されない。したがって、スクリーンインキにおいてはインキ組成として使用可能な原材料が豊富であり、ゆえに適応可能な被印刷体が多く、さらに、種々の機能性インキも設計しやすい。

③「被印刷体（原反）の形状、サイズ、強度、材質を選ばない」については、スクリーンインキは紗の孔からインキをスキージで押し出される簡単な機構であるため、印刷機の選定と印刷機に対して原反を適切にセットすることにより、曲面、ボトル、成形品、厚原反などに自由自在に印刷できる。また、印圧が幅広く調整できるため、壊れやすい原反、伸縮性のある原反にも対応し、さらには、原反表面に多少の凹凸があっても印刷可能である。

3. 主成分系からスクリーンインキの分類

スクリーンインキはその基本となる構成成分系により、溶剤型、水性型、放射線硬化型に大別される。溶剤型インキには、希釈溶剤をいれて粘度調整することのみで使用される1液型と、さらに、硬化剤や反応触媒を添加して架橋、重合を起こさせる2液型がある。1液型においては溶剤が乾燥蒸発することによってセットする蒸発乾燥型と酸化重合や熱での自己架橋反応を利用した加熱焼付型がある。2液型では不飽和ポリエステルやアクリルポリオールにイソシアネートを反応させたり、酸触媒でメラミンを架橋させたりする設計のインキが代表的である。

水性型では、水溶性樹脂を主構成要素にした水溶性型とエマルジョンを主成分とするエマルジョン型がある。水溶性型はスクリーン印刷適性はそこそこ確保できるものの耐水性が極度に悪いという難点があり、エマルジョン型では耐水性はよいが版上安定性が悪いという難点があったが、最近では水性インキの技術も進み、紙用、プラスチック用に実用的なスクリーンインキが開発されてきている。それらは水溶性樹脂とエマルジョンの組み合わせをうまく設計に盛り込んでいるようだ。

放射線硬化型インキには、最近大幅に使用が拡大してきているUV（紫外線）硬化型インキとまだあまり広く実用化されていないEB（電子線）硬化型インキが代

図-3 主成分系でのスクリーンインキの分類

表的である。UV硬化型インキは、印刷前は通常の流動性をもった流体であり、印刷後に紫外線を照射することにより瞬時に硬化塗膜を形成する性質をもったインキであり、無溶剤ゆえの安全性、省エネ、硬化スピードが速いゆえの作業能率性、大型乾燥スペースを必要としないゆえの省スペース、秀れた塗膜物性などにより大いに需要が拡大してきている。特に、溶剤の人体に対する影響から安全性の面で、将来的に溶剤型からUV化、また、水性化が進行する傾向にある。一方、EB型はさらに高能率化を追及するインキであるが、現段階では設備コストの関係で、よほどの量産印刷でないと導入しきれない感がある。また、水性型、UV型のそれぞれの長所を融合させた水性UV型の使用も拡大しつつある。

以上のほかに、昇華転写型、ホットメルト型などの特殊成分系のスクリーンインキもある。

4. スクリーンインキの構成組成（処方設計）

スクリーンインキがどういう構成（処方）であるかのアウトラインを知っておくことは、スクリーンインキと仲良く接するためには重要である。図-4にその概要を示した。それぞれの構成要素が密接にインキの特性、耐性、レオロジーに關与する。樹脂ワニス、希釈剤はもちろん、着色剤においてもその種類、配合比率が大きく特性、耐性、レオロジーに影響する。添加剤は主としてインキ自体の表面張力、被印刷体との界面張力をコントロールするものであるし、界面活性剤は着色剤とワニスとの互れ性向上、水性系インキの流動性調整などに使用されるので、当然、インキの印刷適性、流動性に関与してくる。機能性材料においては、蛍光、蓄光、導電、抗菌、粘着などの機能を色彩情報伝達するインキに付与するものであるが、もちろん、クリーンインキの設計に

構成	型	溶剤型	水性型	水性UV型	UV型	EB型
樹脂ワニス (ビヒクル)		各種樹脂を有機溶剤に溶解させた樹脂溶液	樹脂水溶液やエマルジョン流体	UV樹脂エマルジョンや水溶性UV樹脂	光反応性UV樹脂	光反応性UV樹脂
希釈剤		有機溶剤	水	光反応性モノマー、または、水	光反応性モノマー	光反応性モノマー
着色剤		顔料、染料	顔料、染料	顔料、染料	顔料、染料	顔料、染料
添加剤		消泡、レベリングなどの印刷適性付与剤	消泡、レベリングなどの印刷適性付与剤	消泡、レベリングなどの印刷適性付与剤	消泡、レベリングなどの印刷適性付与剤	消泡、レベリングなどの印刷適性付与剤
機能性付与剤		機能性材料	機能性材料	機能性材料	機能性材料	機能性材料
特殊			界面活性剤	界面活性剤	光開始剤	

図-4 スクリーンインキ群の基本配合

においてはインキの特性、耐性、レオロジーへの影響についても十分考慮されねばならない。

UV インキにおいては、UV が照射されたときに光反応を開始させるために光開始剤の添加が必要であるが、EB インキにおいてはEB エネルギーが十分強力であるため光開始剤の添加の必要はない。この光開始剤の存在は、実は、インキ耐性に与える影響が大きく耐熱性、耐候性にはかなり悪影響を及ぼす。その意味でEB インキは優れた耐性を持つインキの設計の可能性が大きく、今後の照射装置の一般普及が進めばかなり注目されるインキとなり得る。

5. スクリーンインキの製造工程

最初は調合工程である。次の練肉工程で効率良く分散、湿潤を行わせるべく、処方に指示された材料を攪拌容器に仕込み均一に攪拌する。処方上 0.05% レベルの材料調合まで行すが、これが正確でないと後々製品に不都合を生じることになる。

練肉工程では顔料などを 2～12 μm 程度まで、そのインキの製品規格に合わせて粉碎分散させるとともに、顔料とビヒクルをヌレさせ、顔料を樹脂バインダーがまんべんなく包むようにさせる。この段階でインキはツヤやかな流体に変身しインキの原形ができあがる。練肉度が不十分な場合、大きな粒子の存在によりスクリーン版の詰まりを発生させたり、ヌレ性が悪い場合はインキ塗膜の耐摩擦性の劣化を発生させたりする。

調整工程では、後添加でないと不都合な材料（熱、力に弱い材料等）、練肉工程以前に投入すると著しく製造作業性を損なうものなどがこの調整工程で投入される。また、一般には超微量配合材料もこの段階で投入される。調整段階を経たインキは、ここでインキとしての機

図-5 スクリーンインキの製造工程

能を発揮するレベルになる。

検査工程では、練肉度、流動性（粘度、フロー）、色相、印刷仕上り、および、そのインキ個々に設定されている検査項目やユーザーとの取り決めで設定された検査項目について、規格を満足しているかについて入念な検査が行われ、もし、規格から外れていれば原因を調査し修正処置をほどこす。検査に合格したもののみが充填工程へまわされて使用者へ供給されることになる。

6. 用途からみたスクリーンインキの分類

スクリーンインキはその特徴で述べたように応用用途が広い。したがって、どの用途にどのインキが最適かが常に重要な問題となる。基本的にはまずインキが原反に接着するということが最低条件である。その上で、どういう特性、耐性が要求されるかによってさらに最適インキの絞り込みがおこなわれる。したがって、図-6 のマトリックスのどの部分に位置するものが要求をより満足するかを鮮明にすることがインキ選定のポイントである。その意味でマトリックスの数だけスクリーンインキの種類が存在し、常に供給可能であることが理想である。

究極的にいうならば 1 種類のインキで全ての要求特性、耐性が満足されればそれが理想のインキといえるわけであるが世の中にそのようなインキは存在していない。というのは、塗膜硬度と伸び性、耐久性とコストなどお互いに相反する特性要素が多く、例えば PVC 用のインキといっても、安いインキが必要なのか、耐候性が絶対に必要なのか、傷付き耐性が必要なのかなどによっ

原反	特性	汎用	粘度	硬軟性	耐擦性	薬品性	導電性	その他
紙	一般の紙							
	コート紙							
	合成紙							
ブ ラ	P 軟質PVC							
	V 硬質PVC							
	C ステッカー							
	PC							
ス ク リ ン	A 硬質アクリル							
	ク ABS							
	リ AES							
	ル AS							
チ ッ ク	PP 処理品							
	PE 未処理品							
	P 処理品							
	E 未処理品							
金 属 類	T 蒸着品							
	アルミ							
	ステンレス							
	鉄							
特 殊 仕 様 類	金属メッキ							
	セラミック							
	レジスト							
	スクラッチ							
	クリヤー							
	感熱							
	遠赤外線							
類	香料インキ							
	その他機能							

図-6 原反, 用途に対する適合スクリーンインキ

図-7 インキ開発の必要最低条件

てその目的に応じたインキが必要になる。

しかし、このような多種多様な仕様、用途があるにもかかわらず、一般にスクリーンインキメーカーは、それぞれの原反に平均的特性を有する汎用グレードしか通常在庫供給していない。これらは各インキメーカーのカタログに載っているインキ種である。しからば、ある使用者がその用途、特性、性能に応じたインキを適時入手するにはどうしたらよいだろうか。それは、インキメーカーに問い合わせ、要求するのが最も早道である。場合によっては、インキが開発を行ったり、既存汎用品からのアレンジを行ったりすることが必要になる。その時に正確に、最も短時間で目的とするインキを入手するための4つのポイントがある。それは図-7である。

まず、本当の原反は何かを明確にすることである。被

印刷体が紙であっても、オフセット印刷がされた上にスクリーン印刷するのであれば、真の原反はオフセットインキ印刷塗膜となるし、PP ラミをかけた紙であれば、PP が真の原反となる。

つぎに、必要とされる性能、耐性、機能、特性などをできるだけ多く伝えることがポイントとなる。開発終了、印刷テスト OK でこれで終了と思いきや、じつは、煮沸耐性が必要であるとか、50%の伸び特性が必要であるとかを追加情報として伝えるとひどい時にはインキの設計を1からやり直さねばならないケースもでてくる。依頼側にも開発側にも全くもって不利益である。よって、最初のスタート時に細かいことでも全部情報を出しておくことは重要である。

その次に、量産時に使用する印刷機は何かを明示することである。生産できないのでは話にならないのは当たり前であるが、フラット印刷機とシリンダー印刷機ではインキの流動性設計、乾燥硬化性設計が根本から異なってくる。テスト段階（テストに使用した機械）では OK であるが、実機量産試験でアウトではこれも開発やり直しになりお互いの不利益となる。

そして、最終製品、用途についてできる範囲で最大限の情報を提供することである。たとえば、コンピューターのタッチキーに使用するという情報があった場合、インキメーカー独自で、これは、打堅性、汗、手油耐性が必要であることが事前に判定できそれを設計当初から盛り込むことができるからである。すなわち、抜け、モレ、やり直しのない開発改良品の提供につながるわけである。

7. スクリーンインキの耐性、特性スペック

スペックとは「項目+評価方法+合格基準」のことをいうと定義して良いと思う。すなわち、そのインキの物性、耐性の実力を計る物差しの意味は勿論あるが、そのインキ、印刷物が実用上問題ないかどうかを判断する一つの基準として捕らえるのが良いといえる。

スペックには図-8 に示すように、JIS 規格や ISO など公的機関により指針が出されているもの、インキメーカーが独自に開発の目標とするために設定するもの、エンドユーザーからその製品の仕様に必須である事項を指定されたもの、エンドユーザーとインキメーカーが共同開発上協議して決めるものがある。

ここで、少しオーバースペックについて述べておくことにする。より良い製品を作ろうとする考えが行き過ぎ

- *. JIS, ISOなどの公的スペック
- *. インキメーカースペック
- *. エンドユーザースペック
- *. 協議スペック

図-8 スペックの分類

図-9 流動性要素

て、これはその製品にとって過剰スペックではないかと感じることもある。たとえば、屋内使用の製品に耐候性5年とか、裏印刷使用で部品として内部に組み込まれるものに耐摩擦性の厳しい合格値を設けたりする例である。このような場合、実際は実用上適合するインキが有るのに、また、十分開発の可能性があるのに、オーバースペックのためにインキメーカーからインキの提案が出されなかったり、開発を断念されたりする。本当に製品の実用性からみて必要十分なスペックを吟味設定することが効率よく目的とするインキを入手する重要なポイントである。

なお、耐性、物性のスペックの例については、各インキメーカーのインキカタログを参照することが最も分かりやすいと思うゆえここでは省くことにする。

8. スクリーンインキと印刷適性

(1) スクリーンインキ流動性と印刷適性

スクリーンインキの流動性は図-9 に示したように4要素が最も分かりやすく重要である。

*粘度

主に、回転粘度計（写真-1）で評価されるが、抵抗粘度をそのファクターにしている。

*フロー

一般に、スプレッドメーター（写真-2）という測定機が使用されるが、インキの伸びやすさ、広がりやすさを評価する。

*フロー変化度

スプレッドメーターを用い、時間差のフロー変化で評価する方法がある。これは、印刷後のインキが広がりやすさを評価することができる。

*チキソトロピー性

回転粘度計を利用して、たとえば、2回転と60回転の粘度比をもって評価値としたりするが、これは、インキがスクリーン版上では動きやすく印刷され後は動き難

写真-1 回転粘度計

写真-2 スプレッドメーター

いというのが理想なのでその、動状態の粘度と静止状態の粘度を比較するものである。

これらに関して、印刷機械、印刷パターンとの相互関係でどのような流動性が最もよいか、いわゆる、流動性による印刷適性研究は昔から各機関で行われてきたが、

図-10 スクリーン印刷代表機種類

図-11 代表的印刷パターン

手刷り	20~150 [P]	広面積	10~100 [P]
半、全自動のフラット	15~300 [P]	中面積	10~200 [P]
半、全自動の曲面	15~150 [P]	細い文字線	80~500 [P]
ロールソーロール	40~200 [P]	カラー分解	100~200 [P]
ロータリースクリーン	3~90 [P]	厚膜形成	100~500 [P]
高速シンダー	3~100 [P]		

図-12 印刷機種とパターンによるインキ粘度の目安

未だ、系統だった結論というものはないように思う。確かに、スクリーン印刷では、ここに上げた流動性の4要素だけでなく、粘弾性、スクリーン紗とインキの通過時抵抗などの問題も複雑にからんでくるために、なかなか難しい研究分野ではあると思う。

ここで参考までに図-10、-11においてどの位の粘度のスクリーンインキが使用されているか、大まかな目安として図-12に紹介しておく。あくまでも、現在の実状と経験的データの蓄積によって得られているものであり、例外が多々あることはいうまでもない。あくまでも参考データである。

(2) 印刷条件とスクリーンインキの印刷適性

インキの印刷適性とは何だろうか。図-13にその主な

図-13 印刷適性の主要素

項目をまとめた。これまで述べたように、「使用印刷機で印刷できる」、「画線の再現性が良い」、「画線のエッチがシャープ」という要素はインキの流動特性に負うところが多い。また、「ピンホール、ハジキ」、「レベリング」、「シミ、ムラ」は、インキの設計、流動性に関係してくる。これらを総合して印刷を論じては問題点が複雑になりすぎるとも整理しきれない。そこで、ここでは、インキを一つに固定した場合の印刷適性、すなわち、「膜厚が一定」=『膜厚管理』、という点について述べる。この『膜厚管理』こそ最も重要かつ基本であることは、

＊色相の再現性管理

＊物性の一定性管理

＊乾燥硬化工程管理

において印刷膜厚が大きな要素となることから理解できよう。特にUVスクリーンインキでは、この『膜厚管理』が不十分であると、硬化不足による、接着不良や物性低下を引き起こすことが多い。したがって、この、『膜厚管理』のための印刷条件ということが重要な問題となろう。図-14に主な条件を示してみた。

＊版種類と仕様

当然あらいメッシュを使用する方がより大きな膜厚を得られやすいことになるのだが、これは、紗の種類（ステンレス、テトロン、ナイロンなど）、乳剤厚（スクリーン紗上に画像を形成するために塗布される感光乳剤の膜厚）にも影響を受けることを忘れてはならない。

また、メッシュがあらければあらいほど、乳剤厚が厚ければ厚いほど厚盛りにできるというわけではなく、そこにはおのずと限界値が存在する。

＊稀釈率

稀釈するということは、一つは流動特性を変えるとい

図-14 基本的印刷条件

うことであり、一般には、粘度の高い方が膜厚を大きくできる。しかし、粘度が高すぎるとスクリーン版の紗とインキの抵抗が大きくなり、いわゆる、紗抜けが悪い状態となり膜厚は低下していく。このことより、スクリーンインキそれぞれに適正な流動性を持たせるための稀釈剤と稀釈率があるわけで、それを印刷機、印刷パターンにあわせて標準化しておくことも重要である。

*印刷圧力 (スキージ圧力)

圧力が大きいほど版上インキをよくかき取れるので膜厚は小さくなる。ただ、版に厚さがあるため、当然、平衡値にたつ。あまり印刷圧力が強すぎると、版の傷み、画線のくずれを発生するため、膜厚が平衡に達する最少圧力が望ましい。

*スキージ硬度と形状

軟らかくてシャープでないスキージほど、インキをよくかき取れないので膜厚は大きくなる。

*スキージ角度

スキージを寝かせれば、インキをよくかき取れないので膜厚は大きくなる。

*スクリーンギャップ

スクリーンギャップが大きいと、インキ突出量が多くなるので膜厚は大となる。

これらについて、スクリーンインキ、稀釈率、スクリーン版を一定にした場合の印刷機の条件と膜厚に関する実験データがあるので、膜厚コントロールのノウハウとして紹介しておく。これは、「渡辺、甘利：日本印刷学会論文集，22，85，1985」からとったものである。

図-15 は実験装置、図-16 は印刷圧力、スクリーンギャップとインキ転移量の関係、図-17 は印刷速度とインキ転移量の関係、図-18 はスキージ硬度とインキ転移

図-15 スクリーン印刷適性試験機の概要

A: スキージ・ホルダー, B: 荷重, C: スクリーン枠, D: 被印刷体, E: スペーサ, F: 蝶番, G: スライダー, H: プーリ, I: リード・スクリュー, J: スキージ・ゴム

図-16 荷重 (スキージ圧) とインキ転移量の関係 (図中の数字はスペーサ厚さを示す)

図-17 印刷速度によるインキ転移量の変化

図-18 荷重（スキージ圧）とインキ転移量の関係へのスキージ硬度の影響

図-19 荷重（スキージ圧）とインキ転移量の関係へのスキージ角の影響

量の関係、図-19はスキージ角度とインキ転移量の関係を示したものである。勿論インキ、版の種類が変われば実験値も変わってくるが、実験値の傾向は全く同一である。

9. まとめ

スクリーンインキについて、うまく使うための主眼に基本的概要をのべてきたが、まずは、スクリーンインキの最大の特徴を念頭におき、インキ組成による分類、用途による分類、そして、そのインキの持つ耐性、物性からスクリーンインキを最も適切に活用する、または、入手することが第一のポイントであろう。

次に、印刷適性という観点から、インキ流動性、印刷

条件の適正化を行うことがスクリーンインキをうまく活用する第二のポイントである。

これら2つのポイントを把握し実践で役立てるならば、必ずやスクリーンインキはその本領を発揮することは間違いない。

今後は、安全性、高機能、高作業性、高付加価値などの観点から、スクリーンインキは更に成長していくものと確信するものである。

引用文献

- 1) 渡辺綱市郎, 甘利武司: “スクリーン印刷におけるインキ転移” 日本印刷学会論文集, 22, 85 (1985)