スクリーン印刷材料

製版材料および製版プロセス

太田 稔*

Material for Screen Printing.
Material for Screen Mask and Process of Making Screen Mask.

Minoru OHTA *

*東京プロセスサービス株式会社研究開発室 (〒229 神奈川県相模原市下九沢1-13)
* Research and Development, Tokyo Process Service Co., Ltd. (1-13, Shimokuzawa, Sagami-hara-shi, Kanagawa 229)

1. スクリーン印刷の歴史

日本で、スクリーン印刷に類似したものが使われ始めたのは、友禅等布に友禅染の模様(柄)を染めるときに型というものを使い始めたのが最初だといわれている。

平安時代、三重県白子山の子安観音寺の僧侶が、植物の葉や花を白布にはさんで槌を打ち、その汁で青、赤、黄といろいろの柄を巧みに染め抜いていた。これが美しく立派であったため、次第に評判となり、手作りでは応じきれなくなったため、和紙に図柄を書き小刀で切り抜いて染める方法を考案したのが、切り型の起こりだといわれている。これが型紙捺染といわれ古くから伝わっている伝統的な技術である。沖縄では紅型とよばれて、今も伝統工芸として生かされている。

また、浮世絵等の木版画による多色刷りの彩色には、合羽版といわれるものが使われていた。この合羽版は、良質の和紙を貼り合わせて、彩色しようとする画を切り抜き、その部分から刷毛で紙や布に塗り込むものである。しかし切り抜きのため、丸等単純な画は切り抜いたままで塗り込めるが、環等のような画は切り抜くとまんなかの円が抜けてしまうの

で、これを支持しておくために「つなぎ」を切り抜きでつけていた。現在でもこのような合羽版型式の版は、木箱や、ダンボール等にマークを印刷する際、ブリキ板を切り抜いてブラシ等でインキを刷り込むという簡単な印刷として使用されている。

しかし複雑な文字、画等で「つなぎ」が入れられない場合には、髪、毛、糸等を「つなぎ」（糸吊りともいう）の支持体として使われるように工夫されたが、支持体としては不完全で安定性のないものであった。また、切り抜いた和紙も刷っているうちに傷んでくるため、柿渋やうるしを塗って補強していた。

日本でのこのような方式をヒントに、1905年イギリス人のサムエル・シモン¹⁾が型(ステンシル=型抜きの意味)を絹網に貼り付けて使う方法を考案し、特許を得た。これが、現在一般に使われている方式である。やがてそれはアメリカに伝えられ、商業印刷(ポスター、看板等)の多色刷りに盛んに使われだし、急速に発展し、再び日本に入ってきたものである。

2. スクリーン製版の歩み

スクリーン製版は孔版の一種である。網目状の布地（スクリーン）を枠に張りつけ、必要とする画像

以外の網目を何らかの方法でふさいだものが版で、そのふさがっていない画像部分の網目からインキを押し出して、被印刷面にインキを転移させ印刷する。

従来この網目には製版用のふるい絹がもっぱら使われていた。このためシルク印刷とか、セリグラフィー（Serigraphy）といわれている。セリとは絹を意味するラテン語で、またドイツ語ではジープドルック（Sieb Druck）ともいい、ジープとはふるいの意味である。

絹（シルク）は天然の動物繊維で、以前はスクリーン製版用の材料の主流として使われていた。スクリーン製版用は絹のなかでも特に糸のそろった良質のものを選んで織っているが、より糸（マルチフィラメント）で所々にコブといわれるつなぎ目があり、また感光剤の酸化反応によって絹がおかされ、自然に版が切れてしまう。このため高テンションの紗張りやシビアな印刷には不向きであるが、逆に糸に毛ばちがあるため感光膜の接着性は良く、間接フィルム等の製版上は適している。

高メッシュでも200メッシュまでしかなく、捺染やカッティング法（立て看板等）等の比較的ラフな画像の印刷に今でも使用されている。

絹に変わって印刷適性の良いスクリーンがナイロンで、絹の特性をもたせた化学繊維である。単糸（モノフィラメント）で弾性があり、高メッシュ（508メッシュ）もあるので、グラフィック関係の網点や成形品の曲面印刷に適しているが、弾性があるため、多色刷りなど印刷の寸法精度を必要とするものには不向きである。

ナイロンの特性である弾性をおさえたスクリーンがポリエステル（テトン）であり、単糸とより糸がある。メッシュは15から420の高メッシュまであり、ステンレスの強度にまで近づけた高精度印刷用のスクリーンが開発されつつある。

従来、絹やナイロンを使用していたスクリーン製版もユーザの要求精度、品質に対応してポリエステルスクリーンからステンレススクリーン、さらには新素材スクリーンへの移行がみられる。

3. スクリーン製版材料

スクリーン製版を形成するための材料は、大別し

てスクリーン、アルミ枠、乳剤の3つに分けられる。

3.1 スクリーン

3.1.1 スクリーンの規格

スクリーンの選定²⁾にあたっては、印刷で求められている条件とスクリーンの規格を照らし合わせ、最適なスクリーンの選択が必要である。

① メッシュ数

スクリーンメッシュは、国内の場合1 inch 中に織り込まれている糸の本数を示し、通常、縦糸、横糸とも同数になっている。外国の場合は1 cmあたりのスクリーンの本数を示している。したがって国産のメッシュに2.54をかけたものが国産表示と同等になる。

② オープニング、紗厚

スクリーンのオープニングは糸と糸の目開きをいい、高メッシュになるほど小さくなる（図1）。

スクリーンのオープニングエリアは、目開きの面積比率をいい、紗厚は、縦糸と横糸の交差している部分の厚さをいう。

③ スクリーンの強伸度

スクリーンの引っ張り強さ（kg）および伸び率（%）をJIS規格による繊維試験で検査し、スクリーンの強伸度として表示される。

④ スクリーンの織り方

スクリーンの織り方には、平織り、綾織り等があり、通常製版には平織りが多く、高メッシュになる

図1. オープニングとオープニングエリア

図2. スクリーンの織り方

と綾織りになる(図2)。

3.1.2 スクリーンの素材

スクリーンの素材は、大きく分けて、絹(シルク)、ナイロン、ポリエステル(テトロン)、ステンレス、その他新素材(ハイメッシュ、 α 、ボルファ等)がある。ここでは絹(シルク)を除いて電気業界で使用されているナイロンから特徴をあげていく。

① ナイロン

ナイロンが戦後に生まれ、絹靴下の代用品になるとともに、スクリーン用シルクの代用品にならないかと考えられていた。しかしスクリーン用としてはあまりにも伸びが大きく、手刷り印刷の場合均一な印刷ができないという欠点があった。当時は6ナイロンで、現在出回っている66ナイロンとは違うものであった。

この66ナイロンにより、スクリーン印刷は急速に発展してきたといってもよいほど、非常に多く使用されるようになった。その特徴は、弾性に富み、伸びがあるうえ、耐薬品性、耐水性があり、摩擦力にも強く、しかも糸の太さが均一であるため、インキの通過性が良いことである。もし印刷物の表面に凹凸がある場合、このスクリーンを使用すると凹凸に追従し良い印刷ができる。欠点としては、弾性がありすぎるため何万枚等の印刷になると伸びが問題となることであり、今日の高寸法精度を要求される製品の作製には向いていない。

② ポリエステル

民生、産業用配線板のスクリーン印刷法によるパターン形成で使用されている代表的なスクリーンがポリエステルである。

ポリエステルの特徴は、低価格であり取り扱いが容易であることがあげられる。寸法精度についても印刷条件等の変更により高精度が得られる。しかし、ポリエステルといっても品質に格差があり、高密度

パターン印刷に使用するのであれば強度や伸びのばらつきの小さいものを使う必要がある。

③ ステンレス

ステンレスは、ポリエステルでは限界と思われるような厳しい寸法精度を要求されるときや、インキの厚みを多くほしいときに使用される。

ステンレスは価格的に高価ではあるが、解像性が良く寸法精度が良いため、高密度スクリーン印刷に使用される率が高い。

ステンレススクリーンはポリエステルと違い、縦糸と横糸の交差形状が異なるため、刷り方向により解像性、寸法精度に違いが生じてくる。そのため使用に際しては、刷り方向等をマニュアルで決定し使用することが必要である。その他、取り扱い上での注意点として、スクリーンに弾性が少ないことから、なにかに当たった場合、その部分がへこんだままで復元しないので気をつけることが大事である。

④ その他新素材

従来のスクリーンとは違い、他の素材等を利用し近年スクリーン印刷用として販売されているものはいくつかあるので紹介する。

・ハイメッシュ

オランダのストーク社の開発によるスクリーン素材で、エレクトロフォーミング製法(電鍍法)により作られた、スクリーン印刷用素材である。

これは織り物でなく、多孔質の金属(Ni)プレートである。メッシュとしては、クリームはんだ用の70メッシュから高密度パターン印刷用の355メッシュまである。

特徴としては、素材がプレートなため、印刷寸法精度が良く、基本的にはフィルム補正なしの設計値そのままで印刷が可能である。

このことから、民生基板については、後工程でのプレスによる座切れ等の不良は解消され、効率化が図れる素材といえる。

また、この素材の伸びないという利点をとれば、印刷機の精度の影響を受けずに高寸法精度基板の印刷が可能である。

・ α スクリーン

大日本スクリーンで開発されたスクリーン素材で、ハイメッシュ同様に、エレクトロフォーミング製法

により作製されたスクリーン印刷用素材である。この素材も Ni を主成分として作られた多孔質金属プレートである。形状としては、通常のスクリーンの織り形状に近い形で糸と糸の交点がない状態となっている。メッシュ数も250から400メッシュまでであるが、大きなサイズがないため主としてハイブリッド IC 関連の用途に使用されている。

・ボルファスクリーン

ユニチカで開発されたスクリーン素材で、アモルファス合金を使用したスクリーン印刷用素材である。

このスクリーンは、糸の素材が非常に堅いため高メッシュの作製ができない。現在あるメッシュは200と209の2種類である。

特徴としては、素材そのものが堅いため伸びないはずであるが、実際に印刷すると伸びが発生する。これは、織り機のほうが素材を生かす織り方ができないからであり今後の課題であるといえる。その他に糸径が細くて紗厚が厚いことから、ペースト等でインキの厚みを必要とするところに多く使用されている。

その他、いろいろなスクリーン素材があるが、一番大事なのは、製品の要求に合ったスクリーンを選択することによって、スクリーン印刷法のトータルのメリットを得られることになる。

参考例として同一条件下において、ポリエステル、ステンレス、ハイメッシュの3素材を使用して印刷を行った寸法精度グラフと強伸度グラフを載せた(図3, 4, 5, 6)。

3.2 アルミ枠

3.2.1 枠強度

アルミ枠の強度も印刷寸法精度に影響を及ぼすの

図3. スクリーンの強伸度グラフ

図4. ポリエステルの伸び

図5. ステンレスの伸び

図6. ハイメッシュの伸び

でおろそかにできない。アルミ枠のサイズ、形状もいろいろ出回っているが、アルミ枠の強度を考えたときに注意しなくてはならないことは、パイプの断面係数である。アルミのムク構造の枠でも、中空構造でも、構造を考慮してやれば曲げ荷重、引っ張り荷重に対する耐力やたわみ量の差はそれほど大きくない。したがって、作業性を考慮するならば中空枠にすべきである。

3.2.2 枠精度

通常のアルミ枠の製造は、アルミ枠の突き合わせティグ溶接を行っている。この方法はとても簡易的で製造コストが安いというメリットがある反面、溶接精度に問題がある。このような方法で作られたアルミ枠にスクリーンを張る場合、紗張り後に枠が歪む可能性があるため、注意する必要がある。

3.2.3 その他

スクリーン印刷の枠は、コストおよび取り扱い上の問題から、アルミが多く使用されている。しかし今日の高密度化により、ゴミの出にくい枠、より強度がある枠等の要求が叫ばれている。それに対応するかのようになり、カーボン枠、表面コート枠等新しいものが出始めているが、定着化はこれからという状態である。

3.3 乳剤

乳剤（感光性樹脂）は、紫外線によって反応し硬化するものであるが、種類が多く分類の仕方もまちまちであり、個々に独自の分け方をしている状態である。ここでは、一般的な分類と成分についてふれる。

3.3.1 重クロム酸塩感光剤

重クロム酸塩³⁾は水溶性の無機感光剤で、紫外線によってクロム酸塩が還元され、そのとき共存する澱粉、カゼイン、卵白などの天然高分子物質や、PVAなどの合成高分子物質の水難溶性化反応が起こるので製版用感光剤として、かつては盛んに使用された。クロム系感光剤は、保存不良、公害などの面から利用率が減少しているが、解像度等優れた感光材料を与え、他の水溶性レジストでは得難い性能をもっており、特にゼラチンやカゼインとの組み合わせは重要である。またPVA + 酢ビエマルジョン + クロム酸塩はTV 蛍光面作製に用いられている。

3.3.2 ジアゾ感光剤

ジアゾ感光剤は、一般的にPVA + 酢ビエマルジョン + ジアゾ樹脂の組み合わせからなる。硬化は、紫外線でジアゾ化合物のジアゾ基が分解したときにできる活性分子が、PVAと架橋反応して水に対して不溶化する。ジアゾ基をもつ化合物は数多いが製版用として用いられるのは、次のようなジアゾ樹脂が最も適している。

ジアゾ樹脂は水溶性で、PVA + 酢ビエマルジョンと混合して感光膜を作り、紫外線照射してジアゾ基を光分解すると水に溶けにくい皮膜が形成される。この感光膜は、クロムを含まないから公害規制も受けることなく、また感光膜として一定の期間、保存できる特性をもっている。このため現在スクリーン版用感光剤として広く用いられている。

3.3.3 ジアゾ樹脂 + 感光性樹脂

一般にスクリーン印刷業界で「樹脂系乳剤」と呼ばれているのがこのタイプである。組成としては、PVA + 酢ビエマルジョン + 感光性樹脂（アクリル系オリゴマー等） + ジアゾ樹脂が一般的である。

このタイプの乳剤は、耐溶剤性に優れ、エッジもシャープなものが得られる。印刷においてもインキ吐出がジアゾ感光剤よりも優れているため、ペースト印刷等にも使用されている。ただし感光性樹脂（アクリルオリゴマー等）のなかには、皮膚刺激性が強いものもあるため、使用に際しては十分注意する必要がある。

3.3.4 感光性樹脂

一般には光重合型の乳剤をさしており、組成としては、PVA + 酢ビエマルジョン + 感光性樹脂となる。光重合型の感光機構は、光を吸収した光重合開始剤がラジカルを発生し、そのラジカルによりプレポリマーが重合と架橋反応を起こし、巨大分子化した構造中に、高分子マトリックスがつつまこまれて光硬化し水不溶になるものと考えられる。

スクリーン印刷業界では一部使用されているが、取り扱い等の問題で多くは使用されていない。

3.3.5 SBQ 基を導入した感光剤

この感光剤は、繊維高分子材料研究所の市村国宏博士によって開発されたもので、その大きな特徴としては、保存安定性に優れ、水溶性であるというこ

とである。現在、国内数社からフィルム等により販売されている。

3.3.6 一般的な成分

成分については、各社ノウハウ的なところが多いが、一般的な乳剤の成分は次の通りである。

乳剤の成分を大きく分けると、主剤、助剤、可塑剤、消泡剤になる。

① 主剤

※ PVA（ポリビニルアルコール）官能性高分子
用途としては、光架橋造膜主剤。

※ PVAc（ポリ酢酸ビニル）非官能性高分子
用途としては、接着および造膜補助剤。

※ アクリル系感光性樹脂 多官能性高分子
用途としては、一般的に造膜補助剤。

② 助剤

重合開始剤（光ラジカル）

③ 可塑剤

皮膜柔軟性（例・ジブチルフタレート）

④ 消泡剤

界面活性剤などが利用されている。

4. スクリーン製版プロセス

4.1 紗張り方法

紗張り方法には、大きく分けて2通りある。

① 1版張り

アルミ枠1版に対して、材料取りしたスクリーン1枚を張る張り方である。アルミ枠の寸法にあわせて各サイズのストレッチャを配置する。この張り方は版内のテンションを均一に揃えやすい。

② 反反張り

この張り方は、スクリーンのロール状態から材料取りを行わず、原反の幅のままある長さにスクリーンを広げて、その中にアルミ枠を2～3版入れて張る方法である。この張り方はスクリーンを有効に使い無駄がないのでコスト面でメリットがあるが、1版ごとのテンションが揃えにくい。

4.2 スクリーンの張り方

スクリーンの張り方には、ノーマル張りとバイアス張りの2種類がある。ノーマル張り、バイアス張りは印刷するパターンによって使い分けなければならない。それは、スクリーン印刷のポイントでもあ

図7. ノーマル張りとバイアス張り

るが、感光膜で形成されたパターン形状とそれを指示するためのスクリーン（紗）とが重なり合うとインキの通過性が悪くなり、転写不良を起こしてしまうからである。糸と糸の間のオープニング面積（抜け面積）を最も多く取れるような、逆にいえばパターンと糸がなるべく平行に重ならないようにバイアス角度も選択しなければならない（図7）。

4.3 コーティング

紗張りされた枠に感光乳剤をコーティングするのであるが、大別すると3種類になる。

① 直接法

この方法は、乳剤をバケツに入れ直接スクリーンに塗布する。塗布方法は、2通りあり、ひとつはウェットオンウェット（押し出し）で一工程（例・印刷面2～3回塗布後、スキージ面2～3回塗布を行う）で設定膜厚に仕上げる方法。もうひとつは、スクリーンを乳剤で目止めを行ったあと、印刷面に乾燥工程を何回か設けて塗布する薄膜多層方法である。塗布、乾燥後、写真を密着し、露光、現像を行う。利点としては、感光膜がスクリーンをはさみ込んでいるため物理的な接着力が大きく、耐刷性に優れている。半面、工程数が多く、手作業であると、均一な膜厚を得るには熟練を要する。機械塗りであれば問題ない。直接法の場合、乳剤の固型分により粘度等が変化し、版膜の表面の凹凸が変わる。そのため、管理をきちんと行わなければ版ごとのばらつきが発生し、印刷時にぎざつき等の問題を起こしやすい状態となる（表1）。

② 直間法

この方法は、PET等のベースフィルムに、乳剤を均一に塗布されたものがあり、これを直接スクリーンへ張りつける。張り方には、水と乳剤の2通りあるが、接着性等を考えると乳剤張りが良い。この利

表 1. 直接法の変動要因

要 因	塗布性良好	塗布性悪	備 考
バケット厚さ	厚 い	薄 い	先端形状にもよる
塗 布 速 度	速 い	遅 い	目止めの場合は逆
バケット押し圧	低 い	高 い	
乳剤固形分量	多 い	少ない	
塗 布 方 法	押し出し法	塗り重ね法

図 8. オープニングの乳剤の欠けと目詰まり

点としては、工程数が少なく、版内の膜厚を均一にすることができるということである。印刷においてもシャープな解像性が得られやすい。ただし版膜が平滑になりすぎた場合、印刷においてかすれが発生するため、張りつけの圧力等により適切な条件をみつけることが大事である。

③ 間接法

PET 等のフィルムベースに乳剤が塗布されてあるフィルムへ写真を密着し、露光、現像して画像を出し終わってから、スクリーンに転写する方法である。利点としては、直間法同様、版内の膜厚が均一にできるということがあげられるが、逆に画像形成後転写するため、寸法に歪みが生じやすい欠点がある。

4.4 露光～現像～検査

一般的な露光算出方法としては、各メーカーよりタブレットが販売されているが正確な露光時間設定は難しい状態である。正確に適正な露光時間設定を行うには、使用プリンタで一定間隔（20～30秒）で段階露光する。その際に、常時点灯型の光源は秒数管理でも問題ないが、瞬時点灯型の光源はあらかじめ予備点灯を行い、ランプを暖めておく必要がある。積算光量計のついたプリンタも同様である。

段階露光が終了した版のオープニング部分の乳剤の欠け状態と抜け状態の変化の確認を行う。露光時間の短い部分から確認するとオープニング部分の乳剤の欠けがなくなるポイントを見つけることができ

印刷面

スクリーン面

図 9. 露光不足状態

る。そのポイントを適性露光の下限とする。さらに露光を与えた版の抜け状態の確認をすると抜け部分がかぶり、目詰まりが発生するポイントがみつかる。そのポイントを適正露光時間の上限とする。したがって適正露光時間は、上限と下限の間となり、上限と下限の時間差がラチチュードとなる（図 8～11）。

適正露光時間が算出された段階で、目的の版を露光するわけであるが、露光の際にはフィルムとの密着状態を十分に確認し作業を進めることが大事である。そうしないと密着不良が起り、目詰まった製版になる可能性が大である。

露光終了後、現像工程に移るが、ここで重要なことは、画像部分の水滴をよく吹き飛ばすことである。十分に拭きとらなかった場合に、水滴が乾燥し水あかとなってスクリーンに絡み付き目詰まりとなる。

乾燥が終了したら、検査を行う。検査はフィルムと画像を合わせ、ピンホールおよび歪みの確認を行う。ピンホールは修正を行い、印刷工程へ進む。

5. まとめ

スクリーン印刷に使用される製版材料は、少しづ

印刷面

スキージ面

図10. 適正露光条件にて製版した状態

印刷面

スキージ面

図11. 膜はがれ状態

つではあるが年々進歩しつづけている。ここ数年だけをとれば、樹脂系の乳剤、また、ハイメッシュ等のスクリーン素材など新しいものが多く開発されてきてはいるが、電子業界の流れの速さには追いついていない状態である。今後、スクリーン素材の開発としては、軽くて強度のある枠、伸びないスクリーン素材、にじみを抑えられる乳剤、溶剤規制による耐水性乳剤等が求められている。

(1990.9.12-受理)

文 献

- 1) 新スクリーン印刷技術全集, 第1巻, セリグラフ社, p.12
- 2) プリント配線板製造技能検定用テキスト, 4, pp.121~132
- 3) 月刊スクリーン印刷, Vol. 84-12, pp.17~18