|||||
解 説
|||||

マルチグレイン PS 版の開発と実用化*

榊 博和**・大村 力***・河村 敏孝****

Development and application of pre-sensitized printing plate —MULTIGRAIN*—

Hirokazu SAKAKI**, Tsutomu OHMURA***
and Toshitaka KAWAMURA****

1. はじめに

印刷とは、一般に文字、線、絵などを機械的手段により多数枚複製することを意味する。今日では、印刷されるものは、紙に限らずセロハン、金属箔、ベニヤ、布、ガラスなど空気と水を除くすべてのものに印刷できるようになった。

私たちのまわりで、日常よく目にする印刷物は三大印刷法である凸版印刷法、凹版印刷法、平版印刷法と特殊印刷法（孔版印刷法、ノンインパクト印刷法、静電印刷法など）を含めた四方式で印刷されている。

凸版は、画像部（インキがつくところ）が凸状になり、非画像部（インキがつかないところ）が凹状となって、印刷時、凸部にインキが付着する仕組みになっている。付着したインキは圧力を加えて直接、被印刷体に転写して印刷する。この方式の特徴は、印刷物の濃度（濃さ）が高く、仕上がり画像が力強いことである。私たちが、日常よく使う印鑑がその代表的なものである。凸版とは逆に、画像部が凹部となり、そのへこんだ部分の中にだけインキを入れ、余分な非画像部のインキをかきおとしてしまうのが凹版で、凹部についたインキを圧力により直接、被印刷体に転写するのは凸版と同じである。インキの厚さにより濃淡を表現する関係から色彩や調子が豊かな特徴をもつ反面、版材が高価で割高となる欠点をもっている。アルミ箔と紙とをラミネートした表面への印刷や彫刻凹版などがこの方式の代表例である。特殊印刷法の一つである孔版は、天然・化学繊維でスクリー

ンを作り、インキを通過させるところと通過させないところにより印刷する方式で、謄写印刷法、スクリーン印刷法がよく知られている。孔版印刷法は、他の印刷方式では困難な曲面印刷ができる特徴があるが、この方式の発見が遅れたこともあり、市場規模が小さい。また、特殊印刷法でもあるので他の印刷方式（ノンインパクト印刷等）も含めて以後の説明からは省略する。

2. 平版印刷技術の進歩の歴史

平版は他の印刷方式と異なり、印刷インキ以外に湿し水が使用されて、画像部と非画像部を区別する方式がとられている。凸版印刷方式などを物理的な印刷方式とすれば、平版印刷は物理化学的な方式と言える。

平版印刷のみが必要とする“湿し水”と“インキ”のバランスは印刷結果に種々の影響を与える。そのため、平版の版材には必然的に多くの特性が要求される。

平版印刷の基礎原理は、アロイス・セネフェルダーによって、1789年に発明された。彼は偶然、ある地方で産出する石（石灰岩）に脂肪墨液で画像を描き、硝酸ゴム水溶液で処理すると、画像部が強化されると共に非画像部の水分を保つ性質も大きくなることを発見した。さらに彼は、この石の表面にインキをのせると、非画像部の水分が脂肪性のインキを反発してインキがつかないことに気がついた。この原理を応用して完成したのが石版印刷法で一般にリソグラフ（Lithography）と呼ばれ、わが国でもラベル印刷などに使用されたこともあるが、石のために重いことや、現在のような輪転機に巻けないこ

* 本論文は第23回小山田記念賞受賞講演（63年11月）を成文化したもの。

** 富士写真フィルム㈱（静岡県）。Yoshida-Minami Factory, Fuji Photo Film Co., Ltd. (Haibara-gun, Shizuoka)。

*** 富士写真フィルム㈱（神奈川県）。Ashigara Factory, Fuji Photo Film Co., Ltd. (Minamiashigara-gun, Kanagawa)。

**** 日本軽金属㈱（東京都）。Nippon Light Metal Co., Ltd. (Minato-ku, Tokyo)。

受理日：平成元年3月8日

とから、今日では完全に金属版に代わっている。

版材が石版から金属版になっても、水と油の反発を利用するという平版印刷の原理は変わらず、版材の同一平面上に、この二つの特性を併せ備えていることが求められる。ここで、画像部および非画像部に求められる性能をまとめると、以下のごとくなる。

- 親油性、疎水性の画像部……脂肪性インキを吸着
- 親水性、疎油性の非画像部……脂肪性インキを反発

平版と言えば、オフセット印刷と言われるように、今日ではこのオフセット印刷が平版の主流になっている。この印刷方式は、図1に示すように、版上のインキが一度ブランケット上に「オフ」され、ふたたび、紙上に「セット」されるので「オフセット」印刷と呼ばれる。

上述した印刷方式が時代と共にどのように推移しているのかを調べてみると、図2のようになり、印刷方式における平版の割合が昭和60年には約70%も占め、非常に高くなってきているのが分かる。印刷産業はここ5年間は年率約6.5%の伸びを示し、西暦2000年には15兆円の市場を形成するとの予測⁹⁾が出され、産業、文化のパロメータでもある印刷物は、今後も伸び続けるだろうと予想される。

また、世界のPS版の全需は、1兆3000万m²/年(1986年)であると推定され、支持体であるアルミニウムの重量に換算すると約20万トンにも達している。

そこで、このような伸びを示しているPS版とは一体どんなものかについて以下、述べることにする。

3. P S 版

あらかじめ支持体に感光層を設けたプレートをPS版(Pre-Sensitized printing plateの略)という。このPS版は写真製版法により画像形成され、きわめて精密な化学と物理化学が用いられている。

まず、印刷する版の作成について述べることにする。ここではポジタイプの版作成について述べるがネガタイプもほとんど同じである。

真空引きプリンター内でフィルムとPS版をしっかり密着させ、プリンター上部から紫外線をあてる(図3—焼付け工程)。光のあたった感光層部分は現像処理により除去され、画像が形成される(図3—現像工程)。ポジフィルムに対してポジの画像ができることになる。ポジ型PS版のバインダーと一緒に使われる感光物には、キノンジアジドが用いられる。光のあたった部分にカルボン酸が発生し、このため、アルカリ性現像液に溶けるのでポジ画像が形成される。これとは逆に、光のあたった部分が現像液に不溶となる感光物(ジアゾニウム塩、光架橋型および光重合型のフォトリソマーなど)もよく知られており、ネガ型PS版に用いられている。

図1 平版印刷の原理

4.5%	凹版 14.6%	凹版 12.2%
平版 37.6%	平版 53.6%	平版 70.0%
凸版 57.9%	凸版 31.8%	凸版 17.8%
S. 40年	S. 54年	S. 60年

図2 印刷方式の推移

図3 ポジタイプPS版の画像形成の仕組み

このように形成された印刷版はガム引きされた後、印刷機に取り付けられて印刷されるので、画像部分と非画像部分は上述したインキと水に対する性質が必要となる(図3—印刷工程)。すなわち、画像部分はインキによく濡れ、非画像部分は水によく濡れることが必要となる。

表 1 従来の印刷版の表面構造と印刷特性

Grain		Ball Grain	Brush Grain	Modified Brush Grain	Electrolytic Grain	Electrolytic Grain
砂目モデル					クレーター型	ハニカム型
表面写真
特 性	耐 刷 保水性 汚 れ	○ ○ ×	○ ○—△ △	△ ○—△ △	△ ○ ○	○ ○ △

PS版の支持体は当初は亜鉛が用いられたが、現在ではアルミニウムが一般に用いられている。これは、①親水性、②軽い、③印刷機へ装着しやすい、④寸度安定性、⑤平面性などの性質が他の材料よりも優れているからで、今後ともこのアルミニウムに変わる材料はないと考えられる。

このアルミニウム表面には図3に示したような光化学反応を利用して画像部分を形成するため、支持体と感光層との密着性が大変重要となる。また、平版印刷の原理から分かるように印刷中は、非画像部はたえず水を保持していなければならない。平らな表面だけでは、印刷中に十分な水が保持できずカラー印刷に適さないので、アルミニウム表面には砂目と呼ばれる凹凸が付与されている。さらに、非画像部は水で覆われていないとインキがついて汚れるになるので、水によく濡れる性質（親水性）も重要となる。これに加えて、非画像部は印刷中にブラシケットでこすられ摩耗していくので、耐摩耗性も非画像部に要求されるもう一つの重要な性質となる。

このように沢山の機能が非画像部に要求されるので、アルミニウム支持体表面は、一般に、複雑な表面処理法により高機能性表面にかえている。

こうして作られるPS版に対して、版がえ、損紙等の時間ロスをださずに、良好な印刷物が多数枚印刷できる印刷特性が市場から求められている。この性質を耐刷性と呼ぶ。耐刷力（多数枚印刷できること）を得るには、画像部物質の耐摩耗性のみならず、画像部と支持体界面の密着力が重要な性質となる。

ハイライト部が印刷物上でよく再現できシャドウ部がつかまらない、いわゆるドットゲインが少なく調子再現性

のよい印刷物を得ることも同様に求められている。そのためには、アルミニウム表面に均一な水膜が保持できる必要があり、保水性が重要な特性となる。また、どんなに沢山印刷物がつくれても、不必要な部分にインキがついてしまうと、オシャカになりなんにもならない。このような、不必要な部分にインキがつくことを、汚れ性といい、これを防止することもまた重要なことである。

上述した三つの印刷特性—耐刷性、保水性、汚れ性—はアルミニウム支持体表面形態と密接な関係をもっていることをわれわれは経験的に理解しており、そこで、その形態の特徴と印刷特性との関係について考察した。

一般に用いられるPS版は、表1に示すように種々の形態を持ち、アルミニウム表面の形態と印刷特性とは大きく関係している。そこで、PS版のアルミニウム表面を加工して砂目を作る方法をまとめてみると表2に示すように、表面を化学的にエッチングする方法や機械的に表面を削る方法や電解エッチングによる方法が広く一般に用いられているのがわかる。

機械的に砂目立てする場合は、アルミニウム表面はあたかも土を掘り起こしたように加工され、ほとんど削り取られることなくその形態を変える。そのため、非常に複雑な形態となるが、電気化学的砂目立て法は、表面からアルミニウムを電解的に溶解除去するため比較的シンプルな形態を示す。

電気化学的砂目立て法は、電解コンデンサーに用いられている技術と類似しており、交流エッチング法が一般に用いられる。陰極反応でアルミニウム表面に皮膜を作りこの皮膜が抵抗となるため陽極反応でのアルミニウム溶解は、選択エッチングとなり、その結果、表面に微細

表2 PS版支持体の砂目立て法の分類

砂目立法	化学的砂目立て:	① アルカリエッチング法
		② $\text{NH}_4\text{-HF}_2$ エッチング法
	機械的砂目立て:	① ブラシグレイン法
		② ボールグレイン法
		③ ワイヤグレイン法
		④ サイドブラスト法
		⑤ 液体ホーニング法
	電気化学的砂目立て:	① 硝酸浴電解エッチング法
		② 塩酸浴電解エッチング法

図4 基本3波形への分解と合成

均一なエッチピット（砂目）が形成できる。この砂目形成のためには表面皮膜の生成とその制御が、重要なポイントとなる。

A. J. Dowell²⁾は、Mg, Si, Fe, Zn, Cu, Mn を添加したアルミニウムを用いて、エッチピットの生成は金属間化合物がサイトになることをビデオカメラを利用して明らかにした。また、J. Huang³⁾は、次世代のPS版の表面処理法は100 m/min の高速電解エッチング法になることを予想している。さらに、PS版アルミニウム支持体のエッチピット生成に関する論理的考察も鈴木⁴⁾やA. J. Dowell⁵⁾によって研究されている。

このように砂目立てしたアルミニウム表面には陽極酸化皮膜が設けられる。陽極酸化皮膜は、サッシなどに用いられる場合は5~10 μm 厚が普通であるが、PS版の場合には1 μm 厚前後が普通である。電解溶としては一般に硫酸が用いられ、特殊な用途としてりん酸も実用化されている。この皮膜の性質⁶⁾は、すでによく知られており、PS版のような薄膜では少し違うところがあるが、だいたいその知見が応用できる。酸化皮膜の形態により、耐摩耗性、密着性、現像性などに大きく影響を与えることになる。

4. マルチグレイン PS 版の開発

表1に示した砂目立て法は、それぞれ特長があり、機械的砂目立て法の代表であるボールグレイン法は、職人芸を必要とし、大量生産には適さない。また、ブラシグレイン法は大量生産に向くが印刷特性が不十分である。電解エッチング法は同一形態を再現性よく作るのに難があり、生産安定性に欠ける。

そこで、大量生産に適し、かつ安定な生産方式により、優れた印刷特性を実現する表面処理法の開発が望まれていた。

この問題の解決のために、上述したPS版の表面をそのまま取り扱ったのでは複雑すぎるので、表面形態を図4に示す三つの機能に分解することを考えた。表面形態は、大波、中波、小波の3粗面からなると考え、大波は

表3 サンプルの構造的特徴

	Crater-Grain (Sample A)	Honeycomb-Grain (Sample B)	Multi-Grain (Sample C)
Surface roughness (μm)	0.7	0.3	0.5
Primary wave length (μm)	10	∞	10
Secondary wave length (μm)	∞	3	3
Micro wave length (μm)	0.02	0.02	0.02

10~30 μm 、中波は1~10 μm 、小波は0.01~0.07 μm の波長としてとらえた。

化学的砂目立て法、機械的砂目立て法および電気化学的砂目立て法を組合わせて、トライ&エラーで種々の条件を検討し、表3に示す粗面を作った。サンプルAは大波粗面、サンプルBは中波粗面、サンプルCは大波粗面と中波粗面を有するものである。これらの表面には、一定の小波（陽極酸化膜）を設けた後、ポジタイプの感光層を塗布してPS版を作製した。PS版の表面にフィルムをおき、真空引きしてから密着プリンターで画像露光した。その後、現像、ガム引きし印刷機に取り付け表面形態と前述した三つの印刷特性—耐刷性、汚れ性、保水性—との関係を調べた。

5. 結 果

5.1 耐刷性

耐刷性は、印刷物の画像部の鮮明度が低下しはじめる印刷枚数で表示した。また、印刷の各段階（0, 4, 6, 8, 12万枚印刷）で試料プレートをサンプリングし、支持体上の画像部の残存率を蛍光X線分析を応用し、C-K α 特性X線の強度から下記式により求めた。

$$\text{残存率} = (\text{印刷後の量} / \text{印刷前の量}) \times 100\%$$

図5に示すようにサンプルAは、画像部である感光層が沢山残っているにもかかわらず、耐刷性が劣った。中波粗面を持つサンプルB、Cは画像部の残存率が低い

図5 画像の摩耗進行

表4 汚れ性

試料名	印刷物の よごれ	ブランケット上の インキ代着量	構造モデル
B	○	1.4 g/m ³	
C	○~△	2.2	
A	△	2.6

図6 印刷前後のサンプル断面のSEM像

にもかかわらず耐刷性が優れていた。断面方向からの情報を得るためにミクロトームを用いて切出したサンプル断面の走査型電子顕微鏡写真を図6に示した。境界を明瞭にするため、試料表面は、金を蒸着してから包埋樹脂で固めてウルトラミクロトームで断面を切出した。白い線（蒸着した金）より上側が包埋剤で、下側が感光層である。画像部が多く残っているにもかかわらず耐刷性の低いサンプルAでは感光層が所々取れて、支持体が露出しているところがみられた。アルミニウム支持体の砂目の山の部分の感光層が摩耗、脱落したものと推定され、サンプルAの耐刷力が低い原因は、印刷枚数が増すに従って画像部が支持体より脱落し、インキが付着する面積が少なくなったためと考えられる。

5.2 汚れ性

インキは画像部に100%つくだけではなくごくわずかではあるが、非画像部にも付着する。このことに着目して、ブランケット上に堆積したインキを溶剤で抽出して

その量を、UV吸収法で測定した。

サンプルAが、ブランケット上のインキ量をもっとも多かった。また、サンプルA, B, Cを印刷機に取り付けて印刷し、印刷物上の汚れ程度を官能評価し、その結果を表4にまとめた。印刷は、2種類の湿し水供給方式（モルトン*1ダンピング方式、アルコールダンピング*2方式）について行い、汚れの判定を容易にするため、通常よりタック*3値の低いインキでテストした。ブ

*1 軟らかい、毛羽立った厚織りの綿フランネルのこと。平版印刷機の湿しローラーの上張りに用いる。

*2 平版印刷に欠かせない湿し水を、モルトンをいっさい用いず、太めのローラーにインキと湿し水の両方を同時に与える方式。湿し水にイソプロピルアルコールを加えることからこう呼ばれる。

*3 インキの粘性のことで、インキつぼより出たインキがローラー間で引きちぎられまいとする抵抗力をタックと呼ぶ。アモニ油、ワニスなどをインキに加えるとタック値は低くなる。

図7 表面水の乾燥曲線

ランケット上のインキ付着量が多いサンプルは印刷物でも汚れを発生しやすい。

5.3 保水性

印刷版の保水性を測定する方法は、数多く報告されているが、今回の実験では、印刷機上の水分を直接高感度赤外線吸収検出器で測定する方法を用いた。印刷機からの水分供給を中断すると、時間の経過に従って版上の水は蒸発するので、その速度を測定して保水性の指標とした(図7)。サンプルBは、他のサンプルに比べ約半分しか水の保持能力がなく、すぐに乾いてしまい保水性が著しく劣った。

以上述べたように、耐刷性、汚れ性、保水性の三つの印刷特性と表面形態との関係について調べた結果、PS版支持体としてサンプルC、すなわちマルチグレイン支持体をもっともすぐれていることが分かった。

6. ま と め

PS版の表面形態をどのようにコントロールすれば、印刷特性を最適にできるかということについて一連の基礎実験を行い、粗面化アルミニウム表面の形態と印刷特性とを関係づけ、大波、中波、小波機能を提唱するに至った。

6.1 耐刷性

画像部の摩耗は、比較的早い印刷枚数で急激に生じる。これは、用いた感光材料の物理的性質に起因している。サンプルAは、画像部の残存率が高いにもかかわらず、耐刷枚数は少ない。残存率の低い中波粗面を持つサンプルB、Cは、耐刷枚数が多い。このことから、耐刷力は画像物質の摩耗だけで決まるのではなく、表面の形態により変わり、中波粗面が寄与していることがわかる。中波粗面のない支持体は耐刷力が低く、中波粗面をもつ支持体は耐刷力が高い。言葉を変えて言えば、中波粗面が画像との密着力を向上させ、耐刷力を向上させ

る。

6.2 汚れ性および保水性

ブランケット上に付着するインキが多い支持体は印刷物上でも汚れを発生しやすい。ブランケット上のインキの付着量は、サンプルB、C、Aの順に大きくなった。表面形態から論じれば、波長が長い大波粗面—中波粗面のみの支持体—はインキ汚れが少ない。大波粗面の波長を長くすることがインキ汚れの防止に大変効果的である。反面、水の保持量(保水性)は、サンプルAおよびCは多く、サンプルBは少ない。表面形態から論じれば、波長が長い大波粗面は保水性が低下する。

以上のことをもとにPS版の耐刷力を向上させ、印刷物の汚れを防ぎ、かつ良好な印刷物を得るためには、支持体として用いられるアルミニウム表面にどのような機能を与えるべきかを考察し、大波、中波、小波からなるマルチグレインPS版を開発した。印刷用途に応じて大波、中波、小波の各波形をバランスよく設計することで特徴ある粗面化支持体を作ることが可能となり、「インキが盛れるPS版が欲しい」とか「水/インキバランスのラチチュードの広いPS版が欲しい」などというユーザーニーズに迅速、的確に応え品質の安定したマルチグレインPS版FPS、FPD、FNLを開発することができた。

7. お わ り に

本研究はPS版に適したアルミニウム材料の開発を日本軽金属(株)が、感光材料の開発を富士写真フイルム(株)が分担し工程条件を共同で開発したものである。

PS版は、グラフィックアーツ産業であり、まだまだアーツの領域でしか発達していない。表面の高性能化、高機能化を進めるためにはサイエンスへの発展が不可欠であり、この報告がその一助となれば幸いである。

最後に、マルチグレインPS版の開発と実用化に際し多大なご支援、ご協力を頂きました多数の皆様、および本賞受賞選委員会の皆様に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 2000年の印刷産業ビジョン, 通産省編:(1988), 100.
- 2) A. J. Dowell: *Trans. IMF*, **64** (1986), 85.
- 3) J. Huang: *Proc. Symp. Alum. Surf. Treat. Tech.*, (1986), 2.
- 4) 鈴木敏夫, 林克美: *金属表面技術*, **30** (1979), 541.
- 5) A. J. Dowell: *Trans. IMF*, **57** (1979), 138.
- 6) P. Csokan: *Adv. Corros. Sci. Tech. (USA)*, **7** (1980), 293.