

2014年画像電子学会 第42回年次大会（企画セッション）

『高速連帳インクジェット印刷機用メディアの可能性』

Great Promise of the Production Inkjet Media for the High-speed Continuous Feed Inkjet Press

木村 篤樹（三菱製紙株式会社 洋紙事業部 海外営業部）

1. はじめに

産業用インクジェット、あるいはプロダクションインクジェットと言う言葉を聞くようになって早10年ほど経つが、その間に印刷業界を取り巻く世の中はどれくらい変わったのだろうか。印刷方式がオフセットに代表される有版のコンベンショナル方式から、無版のデジタル方式へとシフトが進んではいる。とりわけインクジェット方式は近い将来にオフセットを凌駕するとも言われている。では一体そのような時代はいつ頃訪れるのだろうか。現状は一体どの程度進んでいるのだろうか。そして、今後どのように普及して行くのであろうか。

この問いに答えるには、ハード、インク、メディアの三つの技術の変遷を抜きには語れない。とりわけその実現の鍵を握るのは「紙」であるとも言われている。そこで、本稿では紙メーカーの立場から、メディア側に絞って、その開発経緯、生産技術、最新の事例、及び今後の展望・課題について出来るだけ平易にお話していきたい。

2. 専用紙の必要性

ゲーテンベルグ（独）が活版印刷機を発明したのが、今から五百数十年前の1445年頃と言われている。しかし、普及するには更に二百年ほどの年月が費やされたとも言われている。その後、19世紀末頃に至るまでにエッチング技術やリトグラフィー、グラビア印刷技法などが発明され、20世紀初頭の1904年にルーベル（米）がオフセット印刷機を試作したとされている。今やコンベンショナル方式の主流であるオフセット印刷機もそこから本格的に普及するには、更に50-60年ほどの年月が費やされた。

ここで忘れてはならないのは、その印刷方式・技術に応じて「紙」も進化してきた、と言う事である。つまり「印刷方式（技術）が変われば、印刷用紙も変わる。」と言う事は歴史が証明してきた、と言う事である。

代表的なコンベンショナル印刷方式（活版、グラビア、オフセット）に適した「紙」の特性を簡単に比較すると、活版（凸版）印刷方式にはインキ着肉性（転移性）を上げる為に紙にはある程度の平滑性とクッション性が重要となる。また、適度なインキ吸収性の為に吸油性も求められる。一方、グラビア（凹版）印刷方式には非常に粘性の低い溶剤インキをセルから紙へ転写（着肉）させる為に活版用紙以上に平滑性とクッション性が重要である。また、溶剤インキの浸透性向上の為に吸油性も求められる。そして、オフセット（平版）印刷方式には、適度な吸水性と耐水強度が求められ、ブランケットを介したインキの粘りに耐え得る表面強度が重要となる。また、水が関与する印刷方式なので湿度安定性（寸法安定性）も求められ、更にオフセット輪転機用ではブリストア（火膨れ）対策として、透気性も必要となる。

専用紙は何もコンベンショナル印刷方式のみではない。デジタル印刷方式でも同様に専用紙が必要である。例えば電子写真方式の場合、乾式—即ちコピー機に代表されるドライトナーでは熱カール対策と搬送性が重要である。良く”普通紙”と呼ばれるコピー用紙（PPC）もりっぱな専用紙である。一方、湿式—即ち Indigo press に代表される液体トナーでは事前にプライマー処理をするか、あるいはプライマー処理を必要としない専用コート紙を使う必要がある。

そして、インクジェット印刷では専用紙が必要なのは論を俟たないであろう。では、従来のイン

クジェット用紙と産業用インクジェット用紙とは何処がどう違うのか。これについては次項で詳しく述べて行きたい。

3. 産業インクジェット用紙とは？

インクジェット用紙とは言えば真っ先に写真用や年賀状用を思い浮かべる方が多いだろう。また少し業界的になるとプルーフやポスターなどのワイドフォーマットだろう。しかし、これらグラフィックアーツ分野に使われる所謂インクジェット専用紙と産業用インクジェット用紙は似て非なるもののご理解頂きたい。前者は銀塩写真や高級オフセット印刷物の仕上がりで見紛うほどの品質を求められつまり“画質”が優先される。一方後者は既存の印刷物商材に利用されるので後加工適性が求められつまり“実用性”が優先される。

そこで、我々は産業用インクジェット用紙と呼ばれるには、以下の四つの項目を満たしたものであると定義した。

- (1) 高生産性（低コスト）
- (2) 高速インクジェット適性
- (3) 加工適性
- (4) オフセット紙の風合い

所謂インクジェット専用紙の廉価版ではなく、上記四つの定義を満たす為には、“オフセット用紙にインクジェット適性を付与する”と言うコンセプトが必要で、それに則って完成させたのが“Pore-Arch Technology™”という新技術である。

4. 開発経緯

“Pore-Arch Technology™”によって作り出された産業用インクジェットコート紙“SWORD iJET®”は、高いインク吸収性と発色性に加えインク定着も良く、後加工にも十分に耐え、風合いも既存の A2 オフセットコート紙に近く、様々な商材に利用されている。また世界のハードメーカーの多くから最良の評価を得ており、特に Kodak の Prosper 5000XL による評価システム Paper Rating Program において最高位の Five-Diamond を、また HP の Web Press T-series でも、新規 Media Certification Program の最高位の Three-Star を獲得した。また事実上の標準紙としてハード設計に用いられているケースが多い。

では、ここに至る迄の道程をお話ししましょう。基本構成のアイデアの原点は10数年ほど前に遡り、当時は Kodak の Versamark が全盛の時代で、DM などで使われる多色フォーム用紙（BF 印刷用 A2 コート紙）をオフセットで事前印刷して、住所氏名等の可変情報を染料インクで印刷していたわけだが、乾燥とのバランスで速度が上げられないという不満が一部の顧客にあった。そこである処方方を施し、50m/min しか出せなかったものを 100m/min 以上まで引き上げることが出来た。しかし、当時は生産ロットが纏まらず製品化には至らなかったものの、この発想は実は現在の配合にも活かされている。

その数年後ミヤコシ、大日本スクリーンより相次いでフルカラーインクジェット印刷機が登場し、これを契機に本格的な産業用インクジェットグロスコート紙の開発に着手し始めた。

当時前者は顔料インクから染料インクへ仕様を変更し、速度も 150m/min へと倍増させ、「生産性重視」へと方針を変更したのに対し、後者は顔料インクで「画質重視」を旨とし明確な対立軸（棲み分け）がなされていた。

前者はその結果、既存のトリート紙でフルカラー印刷をするには吸収が追いつかなくなり、その対応の為に当社は“IJ Form PD”という高速フルカラー印刷に適したトリート紙を直ちに開発し、いち早く市場に投入した。このトリート紙については本稿の主旨から外れるので割愛するが、現在国

内に出回っているトリート紙の大半は、この”IJ Form PD”の処方に類似したものとなっている。

一方の后者に対して当社は Truepress Jet520 の顔料インクに的を絞ったグロスコートを開発に注力した。紆余曲折の末、最終的には吸収層と光沢層の2層構造とし、光沢層表面のクラックの量で吸収性と光沢等のバランスを取った。その結果当時としては唯一インクジェット連帳機で印刷出来るグロスコート紙が完成したのである。しかし、コスト面でまだ顧客を満足させるレベルではなく、また Truepress の顔料インクに特化し過ぎたばかりに、市場として日本より大きく且つ進んでいる染料インク主体の米国市場への展開が厳しくなった。更にその後相次いで日欧米各社が投入して来た連帳機には適合性を持たせられなかった。その結果、思いの外数量が伸びずなかなかコストが絞れなかった。

用紙というのは典型的な装置産業で大量に生産しないとコストに転嫁できない（もちろん安価素材を使うのも重要だが）。そこで印刷機の機種、インクの種類を問わず適合性のある紙—“Universal Paper” をコンセプトにした新たなコート紙開発に着手した。まさにこれこそが今日の”SWORD iJET[®]”に至った経緯・契機なのである。

5. メカニズム

なぜオフセット用紙とインクジェット用紙は共有できないのであろうか？

それに答えるには先ずそれぞれに要求される特性、そしてそこから必要とされる素材・配合へと説明していかなければならない。

オフセット用紙に求められるのはオフセット印刷適性である。それには網点の再現性、面強度、サイズ性、インキセツ性、印刷光沢などがある。塗工層内部へのオフセットインキの浸透をある程度抑制して、セツ性と印刷光沢のバランスを取っているのである。

言い換えれば、オフセット印刷用紙は「塗層にインキが浸透しにくい構造設計」になっていると言える。その構造は、顔料(カオリン、炭酸カルシウム、有機顔料、酸化チタン等)、接着剤(SBR Latex、澱粉等)、着色剤(蛍光増白剤、色顔料・染料)、助剤(耐水化剤、滑剤等)を混合した液を原紙に塗布して繊維を被服するのである。

一方インクジェット専用紙に求められるのはインクジェット印刷適性である。それには着弾したインクの dot 径の制御、インク吸収性、インク定着性、発色性などがある。塗工層内部の空隙を多くし、インクの吸収速度と吸収容量を高め、(インク自体がアニオン性なので)塗工層をカチオン化し、インクの定着性を上げているのである。言い換えればインクジェット専用紙は、「塗層にインキが浸透し易く、且つ保持し易い構造設計」になっている。その構造は、顔料(シリカ、アルミナ等)、接着剤(PVA、EVA、ウレタン等)、インク定着剤(カチオン性樹脂、多価金属塩等)、着色剤、助剤(分散剤、架橋剤等)を混合した液を原紙に塗布して繊維を被覆するのである。お気づきのよう

にオフセット用紙とは多くの素材が異なっている。また、この素材の差がコスト構造の差にもなっている。

もしオフセット用紙にインクジェットで印刷すれば、インキは吸収されず塗層表面で隣り合うインク滴同士が混じり合い画質が悪化し、発色性も悪く、また乾燥不良を招き、機内や用紙を汚してしまう。一方インクジェット専用紙をオフセット機で印刷すれば、ブランケット胴が入るや否や塗工層が剥がれてしまうだろう。

それ程迄に印刷方式に応じた用紙の設計と言うのは重要であり、冒頭でも述べた通り、繰り返しになるが五百数十年前にグーテンベルクが活版印刷機を發明して以来、印刷媒体(紙)というのは常にそれらに適合するよう改良され続けられてきた。オフセットに代表されるコンベンショナル方式から、トナー、インクジェットを問わずデジタル方式に至るまで、「印刷方式(技術)が変われば、印刷用紙も変わる」のは歴史で証明されているのである。

したがって、産業用インクジェットと言う新しい技術が登場してきたからには、それに応じた最適な用紙を設計する必要がある。それは漠然とオフセット用紙とインクジェット専用紙の良い所を兼ね備えたモノであることは容易にイメージできるが、現実には多くの問題点をはらんでいる。

真っ先に陥るのは既存のインクジェット専用紙の廉価版である。これはインクジェット適性は通常申し分はないが、搬送性や後加工適性において問題を起こし易い。それに何よりも廉価版といってもオフセット用紙に比べればどんなに安くても3倍以上のコスト構造であろう。これでは全く現実味のない印刷用紙である。

そこで当社はコストを優先し、オフセット用紙+ α 程度のコスト内で連帳機用インクジェット適性が発現すべく、“オフセット用紙にインクジェット適性を付与する”というコンセプトのもと開発を進めて来た。

ポイントは三つ。(1)顔料設計と(2)塗層設計、及び(3)インク定着剤の三つに集約される。

(1) 塗工層の顔料には六方晶系、菱面体、針状、柱状、六角板状、球状など様々な形状がある。その種類、形状、粒子径、粒度分布を最適化することにより、塗工層表面の細孔径や塗工層内の空隙を制御しインク吸収性を高め、また屈折率の制御により特に染料インクの発色性を向上させ、塗工層表面形状の制御により顔料インクの擦過性向上やインク吸収と光沢感のバランスが取られる。

(2) 塗工層自体は強度があるに越したことはないが、通常その場合接着剤の添加量を増やせば良いわけで、それでは折角の最適化した顔料の効果が薄れ、インクが吸収されなくなってしまふ。目安としてはオフセット印刷に耐え得る程度の塗層強度は必要で、接着剤の種類と添加量を制御し、インク吸収性と表面強度とのバランスを取る必要がある。また製本工程において「折り割れ」は重要な項目で、接着剤の制御に加え、塗布量やパルプ種の制御も必要となってくる。

(3) インク定着剤とは文字通りインクを固めて紙面に固着させる薬剤であるが、一般的に染料の定着に効果的なカチオン性樹脂と顔料の定着に効果的な多価金属塩に大別される。一般的な用紙やインクはアニオン性の素材で出来ており、カチオン性を帯びた薬剤と反応することによって凝固するわけだが、印刷物としての定着性向上にはこれらのカチオン剤の種類や添加量を制御することは言うに及ばず、製造面からみてもカチオン剤の選択と添加方法は極めて重要である。製造工程でアニオン素材と反応して凝集してしまうと致命的なトラブルに見舞われてしまう。

したがって、塗液粘度の調整や塗工操作性に留意しなければならない。

以上三つのポイントに則り、素材の選択を図った。インクジェット専用紙で使われるシリカやアルミナ等の顔料は、屈折率が低いため発色性が良く、超微粒子なため比表面積が大きく吸油量も高いのでインク吸収性が良い反面、非常に素材コストが高い。一方オフセット用紙で使われる炭酸カルシウムやカオリン等の顔料は、素材のコストは安い反面、屈折率が高いため発色性が悪く、吸油量が低いのでインク吸収性が悪い。

そこで安価な炭酸カルシウムやカオリンを最適な状態で粒子設計し、高価なシリカやアルミナを使わずとも、高速フルカラーインクジェット適性を持たせることを開発の中心テーマに掲げた。仔細は特許公報に譲るが、顔料インクでの擦過性と染料インクでの発色性を兼ね備え、且つ高速連帳機に適したインク吸収性と、更に高光沢な表面をも兼ね備えるためには、如何にして塗層表面の凹凸を調整し、塗層内部の空隙を多く作り上げるか?! 我々は数多の素材の中から、顔料の種類、形状、粒子径など、様々な観点からトライアンドエラーを繰り返し、そして3.11の被災を乗り越え、ついには新規で安価な顔料を作り上げることに成功し、それらを活用して最適な塗工層が設計できる生産技術をも確立することが出来た! これこそが冒頭に述べた次世代の印刷方式に適合した新技術“Pore-Arch Technology™”である。そしてこの新技術を駆使して世界で初めての“Universal Paper”として世に放ったのが“SWORD iJET[®]4.3”シリーズである。

6. 市場動向・トレンド

さて、ここで国内外の産業用インクジェット印刷市場について概観してみよう。

(1) 北米市場：その規模や進展度において抜きん出ているのは北米である。産業用インクジェット用のコート紙の流通も進んでおり、代表的な所では Appleton Coated と NewPage の 2 社が上げられる。前者は HP の技術を取り込んだ”Utopia IJ Gloss/Dull”を、後者は Kodak と共同開発した”TrueJet Gloss”を上市している。しかし何れも Web Press T-series や Prosper Press の顔料インクに特化した配合のため、扱える顧客が限定されること、また北米の顧客の多くは染料インク仕様であり、更に Web Press や Prosper の顧客でさえ、品質に満足している所が多くはないことも手伝って、多くの顧客がインクジェット連帳機で扱えるグロスコート紙を渴望されている。

ある調査機関の調べでは、産業用インクジェット市場に置けるコート紙の占める割合は 1 割未満で、しかもその多くはマット系と言われている。これは北米市場を持ってしてもコート紙の需要が少ないと言うよりも、むしろ満足するモノがないためにこの程度のシェアしかないと考えべきだろう。

因に当社が”SWORD iJET[®]”で北米展開を始めて 1 年あまり、多くの顧客やハードメーカーへ提供し、殆どの顧客から「高発色性」「高画像再現性」「インスタントドライ」「増速」など非常に高い評価を頂いている。またハードメーカーからも、彼らの顧客への提案や販促物作成のために多くの引き合い頂いている。

商材はデジタルの特長を活かしたダイレクトメール (DM) やトランスプロモ、旅行冊子、出版物への展開が多い。特に販促系では既に高級ブランドでの展開がなされている。

出版系の中でも教科書への展開は非常に活発だが、北米では NASTA^(*)の規約に 800ppi^(*)—つまり 1 inch あたり 400 枚以上の紙が収まるような厚さを規定している—がある。インクジェット用紙で早くからこれに適合していたのは Appleton Coated 社の Utopia Book IJ 45#のみだったが、この銘柄も前述のコート紙と同様に顔料インク仕様なので、教科書印刷の重要が高まるにつれ染料インク仕様の印刷機を所有する多くの北米顧客からは対抗品の登場を渴望されていた。現在では NASTA を意識した銘柄を上市されている北米メーカーもあるが、当社は早い段階から染料・顔料共用の用紙の開発に取組み、今年から本格的に Premier IJ Book 43#(63gsm)として展開中である。

出筋の坪量は、BOND#20(75gsm)の請求書、TEXT60#(89gsm)～70#(105gsm)前後の Trans-Promo、チラシ、カタログ、雑誌と、カバーや Post card に使われる 7pt / 9pt^(*)と称する 200gsm 前後以上の厚物が多い。また出版分野では TEXT45#(67gsm)に拘らず少しでも軽い坪量帯が好まれる。

(2) 欧州市場：規模自体は北米に次ぐ大きな市場で、多国家、多民族、多言語な地域性のため、多品種・小ロットの需要が高く、本来デジタル印刷が最も普及し易い環境ではある。しかし長引く経済の冷え込みの前には、低価格化が進行し、コート紙を利用したハイエンドな商材の需要が減っている。

一方で、乱立する欧州の製紙会社の多くは既にトリート紙を品揃えしており、また産業用インクジェットコート紙を扱うメーカーも限られており、トリート紙の市場は極めて激戦区となっている。

商材は請求書、トランスプロモ、マニュアルなどが主体で、新聞にも力を入れているようだが、普及度はまだハードメーカーの思惑通りにはなっていない模様である。

(3) オセアニア市場：広大なエリアの割には人口が少ないので、市場規模としては小さいが、一部の会社では BPO (Business Process Outsourcing)に力を入れており、海外の請求書も扱っているため思いの外扱い量が多い所がある。また郵政関連企業も扱い量が多い。それ以外は市場規模をそのまま反映している。但し、デジタル印刷化は欧米並みに進んでおり、オフセット機を 1 台も所有していない印刷会社は多い。

商材は、請求書、トランスプロモ、出版分野が主体で、コート紙を使った DM など少なく、まだ発展途上。

国内唯一の製紙会社 **Australian Paper** は非塗工紙専用メーカーのため非塗工紙に対する 5%の関税の壁はあるものの欧米勢の攻勢は少なくない。

(4) アジア市場：東アジア諸国に共通するのは価格が最優先で、コート紙を活用した商材もなければフルカラーの仕事自体が未だ少ない。しかし導入台数は緩やかではあるが着実に増えて来ており 2-3 年後には花開くか。

東南アジアは更に 2 年程遅れている感じである。

(5) 日本国内市場：導入台数は多いものの活用される商材の大半は、請求書類で、DM への需要は非常に高いものの、オフセットによる事前印刷の後、可変情報のみ印刷する旧来の商材が大半で、白紙からフルカラー・フルバリアブルは極めて少ない。これは偏に日本固有の商材—後糊圧着はがき—が足枷となっている。インク吸収を高める程、UV ニスも吸収してしまうので圧着しても剥離強度が発現しないか弱くなる構造上の問題があるからである。

しかし昨今はやりの「見開き A3 シートメール」の場合、糊付の敷居が低くなり今後最も大きな伸びを期待できる商材である。

(6) トレンド：トリート紙を扱うメーカーは非常に多くなって来ているが、更に各社の品揃えも増えてきている。例えば水性顔料インクに特化した銘柄や、逆に水性染料インクに特化した銘柄、更に染顔両用タイプと複数銘柄を抱える所が後を絶たない。これは恐らく市場の要求が次第に強くなって来たことにより、単銘柄だけでは要求を満たす事が出来なくなって来たからだろう。

また、光沢紙の潜在需要は強いもののそれが実際の塗工紙になると価格面で折り合わないケースが少なくない。そこで非塗工紙に強圧でカレンダーをかけて高平滑にして 20%程度の光沢度をだしたタイプが **drupa2012** 以降世界的に流行り出している。これは安価で、多少の光沢感とそこそこの品質が出ればよし、というニッチ?な市場に上手く嵌まったのかも知れない。

7. 今後の展望と課題

品質的には、水性インクに対応する薄物紙の開発が急務である。裏抜け、発色、画質、操作性など課題は多いが、これにより雑誌を含む出版分野、新聞分野への波及は計り知れない。

デジタル印刷が最も進んでいる北米市場ですら、「デジタル印刷市場は熱いが、市場規模は未だ小さい」と総括されている。とは言え「2050年にはインクジェットがオフセットを凌駕するだろう」とは、昨年9月に **Chicago** で開かれた **PRINT'13** の基調講演の席でのロチェスター工科大学名誉教授 **フランク・ロマーノ** 氏の言葉である。また、今年の2月に池袋で開催された **page2014** の講演で **PODi** のジェネラルマネージャー、**デーブ・エルランドソン** 氏は、「インクジェット市場の拡大を妨げる種々問題は、ハードよりも紙側で早く解決するだろう」と述べられた。

紙メーカーの立場では、到底2050年までは待てないが、紙に対する期待値の高さは重々理解しており、これからも真摯に取り組んで行きたい。しかしながら、デジタル印刷は出力された印刷物のよし悪しだけで決まるものではなく、ある一定以上の品質レベルであるならば、むしろその出力されるまでの“仕組み”にこそその特長があるわけで、その特長を活用してこそデジタル印刷が活かされ、**Benefit** に繋がるのである。

逆説的だが、まだまだ印刷品位の高いオフセット印刷の商材がなぜ年々減っているのでしょうか。これではデジタル印刷はオフセット印刷の「画質」を凌駕しない限り、普及しないということになってしまう。しかし需要が減って来ているからこそマスプロでは掘り起こし得ない新たな需要を掘り起こす為にデジタル印刷が必要になってくるわけである。

顧客（発注者）が印刷商材に求めているモノは、本当は何なのだろうか。「良いモノさえ造れば売れる」と言う時代は20世紀で終焉した。実はこれからの時代、「売れる仕組みを創る」コトの方が

大事で、どうしたら今あるモノを売るコトができるか考えて行かねばならない。オフセットでは絶対に出来ないデジタル印刷ならではの”創意工夫した仕掛け”を”見える化”するコトで、発注者、制作者、供給者全てに **Benefit** がもたらせる仕組みを提供するコトが、これからのメーカーの使命だと我々は考えている。

(* 1) NASTA: National Association of State Textbook Administrators

(* 2) ppi: Page Per Inch

(* 3) 7point: 0.007 inches (178 μ m)

9point: 0.009 inches (229 μ m) の紙厚を保証した USPS のルール