インクジェット記録用紙の最近の技術動向

十條製紙(株)中央研究所 小 島 裕

Inkjet Paper

Yutaka Kojima

Jujo Paper Co., Ltd. Central research Laboratory

Inkjet printing system already has the history of more than two decades. But the market has been yet small because of the lack of its reliability and popularity.

Recently, however, it is attracting increasing interest from color printing system developers as one of prospective non-impact systems.

In this article, several important qualities of inkjet papers are briefly discussed. They are good ink absorbency, appropriate dot diameter, dot circularity, high optical density, good color reproduction, good resistance to severe environmental conditions, and good paper feeding qualities.

In recent research, these requirements have been almost solved, and the system will surely be accepted in the market.

1. インクジェット記録の概要

インクジェットは非接触印字、低騒音、カラー記録、簡易性などを主な特徴とする記録方式で、ノンインパクト記録方式の代表的なものである。すでに20年以上の歴史をもつ記録方式であるが、これまで信頼性やメンテナンスに問題が多く国内では感熱記録や熱転写記録ほど普及せず、ユーザーも少なく大きな市場も確保することができなかった。一方、図1^{1,2)}は現時点でのノンインパクト記録方式の性能比較である。インクジェット技術は解像度、カラー記録、コストの点で特に優れたものであることを示されている。そして国内では最近、PPCのフルカラーコピー、カラー静電記録、溶融型や昇華型の熱転写記録、MEAD社が開発したカプセルを利用した圧力現像方式のサイカラーなどを中心とするカラー記録技術が一段と進み、カラー記録に対する認識にも変化がみえはじめ、インクジェット記録方式の優位性も改めて見直されつつあり、更に信頼性やメンテナンスの問題も克服されプリンタの出荷台数も徐々に増えつつあるのが現状である。

インクジェット技術は、インク液体に熱あるいは圧力を加える、または励振させることなどにより、直径数十ミクロン程度の小さいノズルからインクを押しだしインク粒子を形成し飛翔させて、被記録物上に文字

や画像を得るものである。このインクジェット記録技術の特徴を改めてまとめてみると以下になる。

- ① カラー記録が容易である
- ② 非接触印字であり騒音が少ない
- ③ 高精細な画像が得られる
- ④ 高速印字が可能

図1 ノンインパクト記録方式の性能比較

- ⑤ 低ランニングコストである
- ⑥ 被記録物の形状にとらわれない
- ⑦ 普通紙でも印字可能

欠点としては、

- ① 環境条件に弱い、温湿度変化によるインク組成の変化やインクの凝集等
- ② 塵や埃、紙粉、エアなどによるノズル詰まり
- ③ 運搬時などの振動に弱い

これらの欠点も様々な形で克服されつつある。

インクジェット技術をインク粒子化法で分類してみると表1に示すようなオンディマンド型と荷電制御型に大別されるが、図2にはそれぞれ代表的なインクノズルのインク粒子吐出の模式図を示した。オンディマンド型は圧力パルス方式(図2 a)³⁾やサーマルジェット方式(図2 b)³⁾に代表されるように、必要なときにインクを吐出するものであり、小型化、ノズルの高集積化、低価格化などの利点があり各種のプリンタに用いられている。一方、荷電制御型(図2 c)⁴⁾はインク粒子を連続的に噴射し必要な粒子を荷電量によって制御し被記録物に打ち込み、不必要な粒子は回収する、または除去する方法をとっている。高速化、高精細の利点があるが励振、高電圧、インク回収装置などが必要で装置が大型になっている。最近の特有な粒子化方法としてはスパークジェット(固形インク)、熱熔融インクジェット、空電制御型インクジェット(油性

インク)等がみられる。

IJ記録の最も重要な技術要素の一つはインクであり、その優れたカラー記録、安定性、信頼性はインクの特性によって決定される。それ故インクに求められる要求物性は多岐にわたるだけでなくそれぞれの要求レベルが高い。また粒子化の方法によって使用されるインクの種類や物性、インク粒子径、単位面積当りに吐出されるインクの量などが異なっている。

インクについて簡単に要求特性^{5,6)}を並べてみると、

①インクの安定吐出領域や動作温度範囲が広いなどの動作特性、②インクとして記録濃度、色相、速やかな浸透乾燥、耐水性、耐光性などの記録特性、③目詰まりや保存安定性などの信頼性や安全性の点等が問題とされる。IJインクの組成と物性はおおよそ表2に示すようなものである。組成は一般に着色剤として水溶性の酸性染料や直接染料、溶媒として水やアルコール、ポリエチレングライコール等の湿潤剤などで構成される。インクは粒子化方式の違いによりその組成や物性がそれぞれ異なる。オンディマンド型では溶媒として水のほかインク乾燥によるノズル詰まりを防ぐため、湿潤剤エチレングライコール等の溶媒の添加量が多いため粘度がやや高い傾向にあり、またジエタノールアミン等の高沸点の吸湿剤などが含まれる。連続噴射型では溶媒として水の比率が高い、あるいはアルコール類が添加される等の理由からインクの粘度は低い。更

表1 インク粒子化方式の分類とインク・用紙

インク粒子化方式		インク	用紙	メーカー例
連続噴射型	荷電制御型 ① Sweet 型	水性	専用紙	日立製作所, IBM, NTT 沖電気, A.B. ディック
	② Hertz 型	水性	専用紙	APPLICON, ミノルタ
オンディマンド型	空電制御型	油性	(普通紙)	松下技研
	圧力パルス ① Stemme 型	水性	専用紙 普通紙	松下電子部品, 三洋, 富士フイルム シャープ
	② Kyser 型	水性	専用紙 (普通紙)	コニカ セイコーエプソン
	③ Gould 型	水性	専用紙	シーメンス, 日本電気
	サーマルジェット (バブルジェット) 磁性インクジェット 熱熔融インクジェット	水性 磁性 固体	専用紙 普通紙 普通紙 普通紙	HP キヤノン 松下電産 Howtek

注) 専用紙……インクジェット用に開発された特殊紙

普通紙……市販上質紙

図 2 代表的なインク粒子化方式

に荷電調整の目的で電解質等を加えるケースもあるなど、それぞれ粒子化方法にあわせて特徴がある。

インクはこれら機器に対応するだけでなく、最近では IJ 技術の普及の試みとして普通紙対応のインクの開発も進み実用化されている。例えば普通紙に印字可能なインクとしては、pH 13 程度に調製したアルカリ性インク⁷⁾があり、紙に用いられているロジン系サイズ剤の成分がアルカリ条件下で鹸化反応を起こして溶解することを利用したものである。このほか界面活性剤などインク浸透剤を添加して普通紙印字を可能にしたもの数多くみられる。しかしこれらのインクはアルキルケテンダイマーやアルケニル無水コハク酸などの反応性のサイズ剤に対しては効果は少ないものがある。

インク粒子化技術発展の中で、上述したように IJ インクはそれぞれ特有のノズルの粒子化条件、動作特性、安定性などを中心に、また普通紙及び専用記録紙に対応すべく開発されてきた。そして記録紙はこれら粒子化方式、あるいはインク特性に対応して設計されてき

表 2 インクジェットインクの組成と物性

組	着色材	染料、まれに顔料
	溶媒	水、アルコール類
	湿潤剤	グリコール類、グリコールエーテル類 アミド類、ピロリドン類 その他
成	添加剤	結着剤、界面活性剤 酸素吸収剤、防黴剤 物性調整剤、キレート化剤 荷電調節剤 その他
物 性	粘度	1~30 c.p.s
	表面張力	10~60 dyn/cm
	pH	6~13
	比抵抗	$10^{-1} \sim 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$
	比熱	0.5~10 J/gK

たのが、これまでのIJ技術の発展の過程であった。しかし、今後どの粒子化方法が主流となって行くかは、インクジェット記録技術の範疇としてだけでなく、他の記録方式と比較した上で選択されて行くことになる。IJ記録技術が各種プリンタの画像出力機器として汎用化されていくには、高速性、簡便性、小型化、高解像度(ノズルの高集積化)、高画質、メンテナンスフリー、低価格などの数多くの課題が克服されなければならない。

2. インクジェット記録用紙について

インクジェット記録を一般の印刷物として捉えた場合、どんな点が要求されるかを並べてみる。まず第1に画質特性としては、カラーの場合、色鮮明性や色再現性に優れ、見かけの記録濃度が高い、十分な濃度階調性があること等が求められる。第2にインク粒子を記録紙に打ち込んだときに生ずるドットの印字特性の

問題がある。具体的にはドット濃度が高い、インクの流れだし(running)がない、インクの適度な広がり(spread)があり、にじみ(smearing)がないこと、インクの滲み込み(bleeding)がない、インクの跳ね返り(splatter)がないこと等が求められる。第3に記録の保存性、例えば画像の耐水性、耐光性、室内保存性、耐摩擦性である。第4に一般紙質特性として、普通紙である、あるいは普通紙に近いものであることが望まれ、記録紙の搬送性、風合いや手触りなど、筆記性や捺印性など、オフセットなどの印刷適性など様々なものが要求される。

製紙の立場からこれらの特性を満足させるようなインクジェット記録用紙を作り出すことを考えてみると、表3に掲げるような内容が検討されなければならない。すなわち①IJ記録としての記録特性、②主にインクに含まれる染料との関係で生ずる記録保存性について、③用紙のハンドリングないしは搬送性の問題、④一般

表3 インクジェット用紙の要求特性

インクジェット用紙の要求特性		紙として検討する項目
①記録特性	a) インク吸収容量 b) インク吸収速度 c) ドット径、ドット形状 d) 記録濃度 e) プリーディング f) 濃度階調性 g) 画像鮮明性	1) 物理的特性 空隙率、空隙量 表面粗さ、平滑度 空隙形状、透気度 紙の粗さ指数 K_r 、吸収係数 K_a 接触角(動的、静的) 2) 化学的特性 ぬれ、染料親和性 3) 光学的特性 S値、不透明度
②記録保存性	a) 画像耐水性 b) 画像耐光性 c) 画像室内外保存性 d) 用紙保存性(変色退色)	各種添加剤の検討
③搬送性とハンドリング	a) フィードトラブル(般送) b) 給・排紙トラブル c) コックリング(吸収ジワ) d) カール、波打ち e) 紙粉	平滑度、摩擦係数 剛度、曲げ強度、紙のこし 引張強度、引裂強度
④一般紙としての要望点	a) インクの裏抜け b) 印刷適性 c) 筆記性 d) 紙の白さ f) 手触り g) 風合 h) その他	坪量、厚さ サイズ度、表面強度 不透明度、白色度 浸水伸度、寸法安定性(伸び) 水分

用紙としての風合いも含めた紙質特性など四つの項目に分けることができる。

現在使用されているインクジェット記録用紙を分類してみると図3のようなインク吸収形態に分けること

図3 インクジェット記録用紙の分類
インクの吸収状態とドットの形状

ができる。プレーン紙では表面サイズなどでコントロールされた吸収型 (I) と非吸収型 (II) のタイプのもがあり、塗工紙としてはヘビーコート (III) と微塗工 (IV) のものに分けられる。それぞれの性能を図4に示す。以下、本稿ではインクジェット記録用紙の要求特性のなかで重要と思われるインク吸収性、ドット径とドットの真円度、記録濃度、記録保存性、用紙の搬送特性の各点について述べていく。

3. インク吸収性

3.1 インク吸収容量と吸収速度

IJ 記録ではインク液として m^2 当り数 ml から多いもので十数 ml の量がインク受容層に打ち込まれる。記録紙としてはこのインク液を一旦取り込む空隙容積が必要となる。またその印字速度は毎秒数 cm^2 から $300 cm^2$ にも達するものがあり、更に実際のプリンタでは紙押えのペーパーロールなどがありインク乾燥の点から言えば、インクの吸収速度はかなり速いものが求められる。記録紙のインク吸収層を毛細管の集合体とみなすならば、単位面積当り N 本の毛細管が存在し、毛細管の平均細孔径 r 、各毛細管が t 時間後に満たされる毛細管の平均高さを h とすると、単位面積当りに吸収されるインクの堆積 V は、

$$V = N\pi r^2 h \quad \dots\dots(1)$$

で表わされ、空隙率 ϵ と屈曲係数 τ の関係は

$$\epsilon = N\pi r^2 \tau \quad \dots\dots(2)$$

となり、 h に Lucas-Washburn の式を当てはめ、(1)(2)

図4 インクジェット用紙の性能比較

式から V は(3)式で表わすことができる。

$$V = \frac{\varepsilon}{\tau} \left(\frac{r\gamma \cos \theta}{2\eta} \cdot t \right)^{1/2} \quad \dots\dots(3)$$

ここで、 γ ：インクの表面張力、 η ：インクの粘度、 θ ：接触角を表わす。この式から、 r 、 ε をある程度大きくして θ 及び τ を小さくすることにより、一定量のインクを吸収する時間を短くすることが可能になる。 r 、 ε 、 τ はインク受容層の構造に、 γ 、 η はインクの物性に、 θ はインクとインク受容層面の化学的親和性に大きく依存している。

このようなインクの吸収容量及び吸収速度を満足させるには、まずインクが吸収されるべきインク受容層の細孔の空隙量が確保されなければならない。更にパルプ繊維と填料、あるいは填料とバインダーなどで構成される細孔の形状・大きさ、細孔分布とその平均細孔径等が適切な範囲にあることが望まれる。

3.2 紙の表面ぬれとインクの浸透

さらに IJ インクには上述したように水以外にジェチレングライコールや、ポリエチレングライコールなどが湿潤剤として含まれており、これら水との混合溶媒は紙表面の状態や材料によって化学的親和性が異なるため、インク受容層の表面でのぬれや浸透に影響を与える。このような液体の紙表面での吸収や浸透、あるいはぬれについての検討は、例えば Bristow の動的吸収性測定装置による方法や、紙の接触角を顕微鏡やモータードライブカメラ、ビデオ撮影などによって連続的に観察する方法があり、最近数多く発表されてきた。特に Lyne らが Bristow 装置を用いて IJ 記録用紙の評価⁹⁾を行っている。ここでは IJ 用紙を液体の吸収挙動によって、すなわちシリカを中心とするヘビーコート紙のように表面粗さ指数 K_r が大きいタイプと、表面処理のみのプレーンタイプ紙のように吸収係数 K_a が大きいタイプにわけている。岡山らは自動液滴落下装置を用いて一定量の液滴を紙面上に滴下し、接触角の経時変化をモータードライブカメラでとらえ⁹⁾、IJ 記録用のコート紙とプレーン紙とでは接触角の経時変化が異なることを示した。

筆者らも Bristow 装置を用いて IJ 用紙の水転移量を調べてその記録特性を検討した¹⁰⁾。図 5 について補足説明をする、ここではそれぞれ同一原紙を用いて、同一填料/バインダー比、ほぼ同一塗工量での填料の違いによる水転移量の比較を行った。SIL は合成シリカ、SS：合成珪酸アルミノソーダ、PC：沈降法軽質炭酸カルシウム、NC：重質炭酸カルシウム、KAO：カオリンを示す。バインダーはいずれも PVA である。ここで明らかにように合成シリカが他の填料と比較して大き

な水転移量を示している。特に 0.01 秒時の値が大きいことはインクの急速浸透に有効であることが示された。図 6 は合成シリカを用いてバインダーの種類をそれぞれ PVA, STA：酸化澱粉, LAT：SBR ラテックスに変えた場合を示している。ここではバインダーの種類によってつくられる塗工層の構造及び空隙率の差、及び化学的親和性の違いが影響していることがうかがわれる。図 7 は吸収型の IJ 用紙を用いて溶媒(水/PEG)比率を変えた場合の吸収特性である。図中の数字は PEG の比率であり、 K_a だけでなく、 K_r にも影響を与えている。いずれにしても Bristow 装置による液体転

図 5 填料の違いによる水転移量

図 6 バインダーの違いによる水転移量

図7 溶媒比率変化による転移量特性

移量測定により、記録紙のインクに対する吸収特性はある程度定量的に捉えることができる。

4. ドット径とドットの真円度

4.1 ドット径

IJ記録にとってドット径及びドットの真円性がコントロールされていること、更にこれらがドット間においてばらつきが少なく均一であることも重要である。印字されたドット径の大きさや形は、基本的にはプリンタヘッドのノズル径及びインク粒子の飛翔速度に対して相対的に変化するはずであるが、記録紙の表面構造及びインクに対する“ぬれ”によっても変化する。またインクのZ方向への吸収速度によって液滴の横方向への広がりに影響を与え、ドット径が変化する場合がある。例えば、図8のようにIJコート紙においてはインク吸収層の塗布量を変えることによってドット径がコントロールされる。図8ではシリカとバインダーの比率(P/B比)を変えたもの2種類a(P/B=85/15)、b(P/B=60/40)を同一原紙にいくつか塗布量を変えて、各ドット径とドット濃度を測定したものである。塗布量を数g/m²から20g/m²近くまで変えたところドット径の変化は110μ程度であった。これらはコート紙に限らず、スーパーカレンダー処理によってインク受容層の空隙量を変えることによって、また非コート紙でパルプ繊維ベースの記録紙であれば澱粉やPVAなどで表面処理を行ってインクに対する浸透性をコントロールすることなどによって、ドット径をそれぞれ変化させることが可能である。ドット径が常に

図8 塗布量とドット径とドット濃度の関係

コントロールされないと、ドットの重なり状態が変わり、網点面積率や総合反射濃度が変化して十分な中間調が再現できなくなる。

4.2 ドットの真円度

ドットの真円度とは印字されたドットの形が滑らかで、いかに円に近いかを示すが、このドット真円度はインク粒子の衝突速度や紙の表面構造、特に物理的な表面粗さ(Sr)と化学的親和性に依存している。IJ記録の場合、中間調を表現する方法としては、面積階調法と濃度階調法のいずれも使用されるが、各ドットの真円度が低下すると画像全体にノイズが入って画質が低下することがあり、解像度の高いプリンタなどではドットの真円性は重要なファクターである。

ドット真円性の低下の原因には、インク粒子の紙面への衝突際に起こるインクの跳ね返りによるドットのくずれやサテライト粒子の発生などもあるが、記録紙の表面粗さの影響も見られる。触針計による表面粗さとドットの形状係数K1(真円度)にも相関関係がみられる¹⁰⁾。プレーンタイプ(I)、(II)のIJ用紙は不均一に存在する空隙やランダムに交差するパルプ繊維に沿ってインクが流れ易いため真円性は低下する。塗工紙タイプ(III)、(IV)は塗布量やバインダー比率にも依存するが、一般に微粒の填料、例えば軽質炭酸カルシウムや不定形の合成シリカを選択することによって真円性が向上する。しかし塗工紙といっても板状のカオリンや粒径の大きな填料、さらに疎水性のバインダーなどを使用すればインクの均一な浸透が抑えられ、にじみ(Feathering)を生じ真円性が低下するのは当然のことである。

5. 記録濃度

記録濃度(反射濃度)はLambert-Beerの法則から一般に次式で表わされる。

$$D = \log_{10}(I_w/I_B) \quad \cdots\cdots(4)$$

D：記録濃度， I_w ：白紙部の反射光， I_B ：印字部の反射光

さらに網点面積比率と単一ドット濃度と総合反射濃度の関係としては Yule-Nielsen の式があり次式で表わされる。

$$D = -n \times \log(1 - A(1 - \text{antilog}(-Ds/n))) \quad \cdots\cdots(5)$$

Ds：単一ドット濃度，A：網点面積比率，n：ドットゲイン（係数）

n はドット濃度，ドット密度，インク吸収層の厚み，インク特性によって変化するものである。IJ 記録はドット径変調ないしはドット密度変調とドットマトリックスを組み合わせてカラートーンリプロダクションを行っている。いずれにしても特に IJ のフルカラーやマルチカラー記録においては中間調を十分表現する上で，まず単一ドットの光学濃度が高いことが求められる。

典型的な IJ 記録用紙の単一インク粒子の吸収状態のモデルはさきに図 3 で表わした。更に図 9¹¹⁾ には吸収されたインク層の反射の過程を表わした。この定着した IJ インク層の光学濃度は一般の印刷物に於て論じられるクベルカ・ムンクの理論で取り扱うことができる。例えば次式はクベルカ・ムンクの式を簡略化して表面反射率の補正を加えたものである。

$$(K/S)_\lambda = \frac{(1 - R_\lambda)^2}{2(1 - r)(R_\lambda - r)} \quad \cdots\cdots(6)$$

K：吸光係数，S：散乱係数， R_λ ：印字部の反射率，

図 9 インク吸収層における反射の過程

r：インク吸収層の表面反射率

また印字部の光学濃度は次式で与えられる。

$$(K/S)_\lambda = (Kd/Sd)_\lambda + (Ka/Sa)_\lambda \quad \cdots\cdots(7)$$

$(Kd/Sd)_\lambda$ ：インク染料の光学濃度， $(Ka/Sa)_\lambda$ ：インク吸収層の光学濃度

以上のように記録濃度及び色鮮明性，色再現性を向上するには，インク側からは IJ インクに含有する染料そのものの吸光係数を高くすることと，K/S の加成性が成り立つことから染料濃度を高める方法がある。一方インク吸収層としては，吸光係数が大きく散乱係数がより小さくなるように材料，その他を選択することが重要なポイントとなる。

図 10 は吸光係数，散乱係数とドット濃度の関係を示したものである。ここでは填料として軽カル，酸化チタン，合成シリカなどを選び，バインダーは PVA と SBR ラテックスを用いて，各塗料を PET フィルムに 2 g/m² 塗布したシートを得て，IJ 用黒インクを滴下して吸光係数と散乱係数，及びドット濃度を求めたものである。結果は表 4 にも示したように，シリカのように吸光係数が高く散乱係数がより低いものがドット濃度を高くすることを示した。このように吸光係数は材料の選択やバインダー比率が影響を与える。また前出の図 8 の結果では塗布量を増やすことによってドット濃度がある程度高くなっている。これはインクの浸透距離をある程度深くする，すなわち K/S を大きくして反射濃度を高める方法である。

水性 IJ 記録の場合，染料を用いているため発色は減色混合の原理に基づいている。このため画像の鮮明性を得るためには印字された（着色された）インク吸収層の散乱係数が小さい，すなわち透明性が一層高いことが望まれる。ある二つの媒質の境界における屈折率と反射率の関係はフレネルの式で表わされ，さらに吸光係数 k を考慮したものは，

表 4 IJ 塗料の散乱係数，吸光係数とドット濃度

填 料	バイン ダー	散乱係数*	吸光係数*	ドット 濃度
シリカ 1	a	426	8,516	1.70
シリカ 1	b	397	6,568	1.53
シリカ 1	c	632	6,541	1.52
シリカ 1	d	421	8,797	1.84
シリカ 2	d	311	5,527	1.85
酸化チタン	d	983	5,090	0.96
炭カル	d	480	4,011	1.03

*cm²/g

図 10 吸光係数と散乱係数とドット濃度の関係

$$\rho_0 = \{(n_1 - n_2)^2 + k^2\} / \{(n_1 + n_2)^2 + k^2\} \quad \cdots \cdots (8)$$

ρ_0 : 入射角 0 度の反射率, n_1, n_2 : 各媒質の屈折率となる。互いの屈折率が近いものほど反射率が小さいことを示している。ここで前述の填料について、フレネル式から計算した入射角 0 度の反射率と、測定した散乱係数の値を比較してみると良い相関関係を示した。このことからできるだけ反射率を小さくするような材料を選択すれば散乱係数を小さくすることが可能となり、IJ 記録紙に適したものが得られることとなる。

6. 記録画像の保存性

IJ 記録画像に限らず、一般に情報記録画像が受ける物理的或は化学的作用を記録の保存性の立場からみると実に様々なものがある。例えば①太陽光線、紫外線、蛍光灯、可視線等による耐光性、②風雨、雪、湿気、オゾン、酸素等の耐候性、③耐水性、④加熱、加圧、熱処理等による耐熱性あるいは耐昇華性、⑤ NO_x 、 SO_x 、 CO 、 H_2S 、その他化学薬品等の耐薬品性、⑥耐色移行性、⑦耐溶剤性、耐可塑性、⑧耐摩耗性などがある。IJ 記録物の場合、記録紙に定着したインクだけでなく、インク受容層との相互作用による影響も考慮しなければならない。

IJ インクの主な着色剤として使用されている酸性染料ないしは直接染料は、一般の印刷インクに使用される色素顔料に比較し、特に耐光性や耐水性が劣ることが知られている。また染料だけでなく、塗工紙においては、填料として使用されるシリカなども、その活性なシラノール基の影響もあって記録画像の耐光性や耐候性の低下が促進されるようである。

耐光性や耐候性の改善については、より耐光性に優れた染料の合成やインクの改良が進められている。またインク受容層としてはその中に紫外線吸収剤、酸化防止剤、金属酸化物金属塩化合物などの添加、さらには

シリカにアルカリ金属化合物を薄くコーティング¹²⁾したものもを添加する方法などがある。

このほか IJ 記録の保存性の点では、特に耐室内変色性(蛍光灯、空気)、耐可塑性、耐摩擦性などが問題とされる。

記録画像の耐水性

画像耐水性は、記録画像がある程度水等に濡れても染料が流れ出さないことを目的としている。一般にアニオン性の染料(酸性染料、直接染料)に対しインク受容層にカチオン性のポリマーや化合物を適宜添加することによって改善する方法が取られている。インクが記録層に打ち込まれた際、染料とカチオン物質によってコンプレックスが形成され水に不溶となる。しかし、これらカチオン性の化合物は染料とイオンコンプレックスをつくることによって、元来染料が有する鮮明性や色相を変化させてしまうので注意を要する。図 11 は純水中に IJ 用酸性染料(マゼンタ、濃度 2.0×10^{-8})を溶解した可視透過スペクトルに対し、ポリジメチルジアリル 4 級アンモニウム塩ポリマー (0.25%) を加えた際の可視透過スペクトルを示したものである。図 12 はシリカ塗工紙と上述のポリマーを混ぜたシリカ塗工紙に、それぞれマゼンタ染料を滴下して反射スペクトルを測定したものである。いずれも長波長側にシフトしている。透過スペクトルにより色相色調の変化が予測できることを示している。図 13 は極性の異なる溶媒にマゼンタ染料を溶解した際の各透過スペクトルを示す。これらのことから、染料分子やミセルは溶媒あるいはポリマーが取り囲む状態によってミセルは溶媒あるいはポリマーが取り囲む状態によって、染料の凝集状態や染料の有する疎水性基や親水性基の配位のしかたが変化することを示している。また記録紙上

図 11 マゼンタ染料水溶液の可視透過スペクトル
ポリマー添加による影響

図 12 塗工紙上でのマゼンタ染料の反射スペクトル
ポリマー添加による影響

図 13 マゼンタ染料の各種溶媒中の吸収スペクトル

での染料の反射スペクトルの変化は、これら染料固着剤だけでなく、填料、その他の添加剤の影響を受けることを考慮する必要がある。

7. 用紙の搬送特性

情報用紙関連機器においては用紙の給排紙と搬送性の問題は、一つのシステムを設計していく上で重要な課題となる。特に IJ 用紙の場合、汎用の PPC 用紙と違って記録特性を重視して改良されているために、紙の搬送性があまり考慮されないで開発されてきた経緯がある。一般に紙の搬送性の点で検討すべき項目¹³⁾としては、

①摩擦特性、②紙のこし(曲げこわさ)、この二つは紙の搬送系では特に重要である。次に ③カール、これは雰囲気、放置の状態等様々な状況を考慮しなければ

ならない。④表面特性、紙粉に影響する強度、摩擦に関連する平滑性や表面性等の点がある。⑤雰囲気特性、紙水分を含めて繊維配向性、寸法安定性を考慮する必要がある。⑥帯電特性、⑦その他、記録方法特有の問題がある。

IJ 記録用紙としては特に①～⑤の項目が重要な課題であるが、ここでは IJ 記録特有の問題であるコックリング(インク吸収じわ)について述べる。

コックリング

記録紙が多量のインクを連続的に吸収することによって記録紙にインク吸収じわが生ずる。パルプ繊維をベースとする IJ 用紙の場合、この吸収じわによって記録紙の印字汚れ、あるいは給紙トラブルにつながる。用紙の搬送性に支障をきたす問題であるが、ここでは液体の紙への浸透膨潤現象として観察してみる。

この現象はコート層、或はパルプ繊維が大量のインクを吸収することによってそれぞれが膨潤する。これによって記録紙の印字部において、部分的な伸びが生ずるが、多くの場合、印字は部分的でありかつ記録用紙は何等かの形で記録中押さえられているので部分的に応力が生じ、その結果、記録紙の印字部分が不均一にかつ波状にしわが発生したり、時には大きく膨れ上がりヘッドと接触するトラブルとなる。

この現象を捉える方法はいくつかあると思われるが、今回は音響光学偏向素子を用いて、リアルタイムの画像が得られる走査型レーザー顕微鏡(1 LM 11, レーザーテック(株)製)によって記録紙表面に水滴を滴下してモデル的に観察を行った。ここではレーザー顕微鏡により、特にインク受容層の繊維や塗工層の膨潤状態のプロファイルとその滴下前後の変位を読みとることを中心に分析した。当社の代表的な IJ 記録紙 4 種類と PPC 用紙の水滴滴下前のレーザーによる表面粗さプロファイルと、それぞれ約 0.01ml の水滴を滴下し 1 分後の状態を比較した。なお浸透しない水に関しては水取り紙により除いた。図 14 a～c はそのプロファイルの例である。インク吸収型のプレーンタイプ紙(I)は水を吸収することにより大きくプロファイルが変化するが、PPC 用紙や非吸収型のプレーンタイプ紙(II)ではほとんど変化はない。シリカのコート紙(III)では凹凸がやや激しくなりプロファイルに変化がみられる程度である。同時に吸水前後の変位を測定したところ表 5 のようになった。(I)の膨潤率は 27.7%とかなり大きな値を示し、紙厚の変化やコックリングへの影響がうかがわれる。一方(III)でも変位は大きい、プロファイルからみるようにある程度均一に膨れるようである。しかしマクロ的にはコックリングの要因に

a) プレーンタイプ(I)

(上)
水滴
下
前

(下)
水滴
下
後
(1 min)

b) プレーンタイプ(II)

c) 塗工紙(III)の1

(上)
水滴
下
前

(下)
水滴
下
後
(1 min)

d) 塗工紙タイプ(III)の2

図 14 レーザ顕微鏡によるIJ紙表面プロファイル

表 5 IJ 用紙の膨潤変化

タイプ	厚 さ μm	膨潤厚さ $\mu\text{m}^{1)}$	膨潤率 %
(I)	92.8	25.7	27.7
(II)	78.8	4.8	6.1
(III) の 1	97.3	16.2	16.6
(III) の 2	97.3	21.9	22.5
PPC 用紙	88.0	6.7	7.6

注¹⁾ 膨潤厚さは水滴滴下前と滴下後 1 分後の読取り値の差

なり得る現象である。

IJ カラー記録ではインク粒子を重ねて打ち込むため、どうしてもインク量が多くなりコックリング現象が生じる。これは IJ 記録紙の一つの課題である。

8. IJ 技術の最近の動き

カラー記録技術を、カラー複写機を中心とする分野とカラーハードコピー機に分けてみる。前者には電子写真、銀塩写真、サイカラー、IJ、熱転写記録などの記録方式がある。IJ 技術はエレクトロフォトグラフィー（電子写真）などではカバーしにくい手軽な複写機、あるいはまた A1 以上の大型の複写機にと幅

広く応用可能である。後者の分野では IJ、熱転写記録、静電記録、銀塩写真などが中心であるが、この中で IJ はカラーとして鮮明な色彩、解像度、印字速度、コストなど様々な点で優位性をうかがわれ発展が期待されている。IJ 技術は繰り返すようであるが、容易にカラー記録が得られることにある。ここ数年でいくつかの低価格のマルチカラープリンタが販売されてきたが、これらも最近では解像度が 180 dpi 以上となり、画質が一段と向上してきている。昨秋は 400 dpi で A1 用紙が印字可能な大型のバブルジェット方式によるフルカラーコピー機の発売が発表された。更に今年に入ってモノクロではあるが解像度、印字速度、静粛性などの点でレーザー或はドットのページプリンタの性能を上回る IJ プリンタ 2 機種(キャノン、セイコーエプソン)の発売が発表された。例えば IJ 記録を含むいくつかのノンインパクト記録による文字の印字状態を拡大写真で比較してみると次のようになる(図 15)。モノクロの分野でも現在展開されている技術を凌駕する IJ 技術が現れたことは、今後カラー記録の分野でも大いに期待できるものと考ええる。なお終りに掲載した IJ カラー記録画像写真は、カラーインクジェットプリンター IRIS 3024 (荷電制御型、解像度 300 dpi) により当社の塗工紙 FC-3 に出力したものである。印字サンプルは

a) インクジェット
バブルジェット (360 DPI)

b) マグネットグラフィー

c) エレクトロフォトグラフィー
レーザープリンタ (240 DPI)

d) エレクトログラフィー
イオンディポジション

e) 通電熱転写
(240 pel/inch)

(写真で約 30 倍)

図 15 各種ノンインパクトプリンタによる印字状態

丸紅エレクトロニクス(株)からのご協力によるものである。

9. ま と め

以上 IJ 記録用紙の要求物性についていくつかの点から述べてきたが、簡易であることを特徴とする IJ 技術であるが、用紙の側からみると結構複雑な要素が盛り込まれていることがわかる。またここで述べるまでもなく、IJ 用紙についてはすでに様々な分野の方から数多くの報告がなされておりそれらを参考にされたい。

最近の技術動向でもみたように、ここ数年 IJ 機器、インク、用紙とも飛躍的に改善されてきており、また情報処理技術の飛躍的な発展とともに、カラー記録技術全体への再認識も進み、IJ 技術は最初にも述べたような課題が克服されればその優位性がいかに発揮され大きく普及するものと思われる。

参 考 文 献

- 1) W. K. SOBOTKA, Tappi Proceeding I. P. G. A. Conf., 14 (1988)
- 2) 「米カラー複写機市場」電波新聞, 4/8, 12, 13, 1989
- 3) プロダクトファイル, 日経バイト 61(7):239 (1989)
- 4) LYNE, M. B., J. IMAGING TEC. 12(2):80 (1986)
- 5) 太田徳也, 信頼性を左右するインクジェットインクの設計, 日経エレクトロニクス 303 11-8, 148 (1982)
- 6) 太田徳也, インクジェット記録用紙とインク, 第 18 回パルプシンポジウム (繊維学会紙パルプ研究委員会), 36 (1983)
- 7) 大渡章夫, 田中敬子, 林 広子, 竹本清彦, 松崎真, 上條雅則, 第 4 回 NIP シンポジウム論文集 (電子写真学会), 93 (1988)
- 8) LYNE, M. B. AND ASPLER, J. S., Tappi J. 68(5):106 (1985)
- 9) 岡山隆之, 木村重昭, 大江礼三郎: 紙パ技協誌, 39(12), 1157 (1985)
- 10) 小島 裕, 大森隆志, 永井弘一: 第 2 回 NIP シンポジウム論文集 (電子写真学会), 73 (1985)
- 11) 納谷嘉信: 産業色彩学, 176-182, 朝倉書店, (1980)
- 12) 高橋正男, 佐藤悌治, 小川政英: 紙パ技協誌, 42(10), 923 (1988)
- 13) 門屋 卓: 情報記録用紙と紙の物性, 印刷・情報記録研究会講座講演要旨集 (高分子学会), 15 (1987)

カラーインクジェットプリンターIRIS 3024（荷電制御型，解像度 300 dpi）による IJ 塗工紙出力例