

# 普通紙印刷に適した水性インクジェットインク

A New Water-based Inkjet Ink for Plain Paper Printing

飯島 裕隆\*  
Iijima, Hiroataka

大久保 賢一\*  
Ohkubo, Kenichi

佐々木 邦綱\*  
Sasaki, Kunitsuna

## 要旨

インクジェット印刷は各種インクにより様々な記録媒体に印刷が可能な印刷方式であるが、記録媒体の中では普通紙（印刷用上質紙、電子写真用紙のような特別なインク吸収コート層の無い紙）の使用比率がオフィスユースを中心に突出している。普通紙印刷を目的としたプリンタには、水性インクを使用しているものと油性インクを使用しているものの2種が発売されている。普通紙印刷において水性インクは文字再現性の良さと高い画像濃度、少ないプリントスルーなどの高画質が特長であるが、反面プリント後に紙がカールするという問題がある。一方、油性インクは水性インクの裏返しでありカールは発生しないが、低濃度、プリントスルーが大きいなど低画質であるという問題がある。

我々は紙がカールする機構に立ち返り、インク溶媒について詳細な検討を行った結果、水性インクの特長である高画質を活かし、且つカールの発生を抑える技術を見出した。

## Abstract

Offices have recently seen an increase of inkjet printing on plain paper. Two types of ink have been used for this printing: water-based ink and oil-based ink. However, there is a trade-off between the two. Although water-based ink offers sharp images, it also results in significant curling of plain paper after printing. Conversely, although oil-based ink allows curl to be suppressed, it results in poor image quality with low density. By carefully controlling the ink's absorption into and penetration of plain paper, we developed a new ink that achieves both image quality and curl suppression.

## 1 はじめに

インクジェットプリンタは相対的にプリンタ価格、ランニングコストが安いこと、多様な記録媒体に印刷が可能なことから、家庭、オフィス用途から産業用途に広がりを見せている。プリンタに搭載するインクに着目すると多様な溶媒に対応して、水性インク、油性インク、溶剤インク、UV硬化性インク、ホットメルトインク等各種のインクがある。この中で今回取り上げた普通紙印刷用途のインクとしては水性インク、油性インクの2種が市販のプリンタに搭載されている。

普通紙印刷において、この水性インク、油性インクは相反する性能を示す。つまり、水性インクは滲みの少ないシャープな文字再現性、高い光学濃度、少ないプリントスルーなどの高画質をもたらす。しかしながら、写真やグラフ等、比較的インク使用量の多い図柄を用いると、印刷後に紙がカールしてしまう欠点がある。一方、油性インクでは印刷後のカールの発生は無いが、文字再現性が悪く、光学濃度も低く、またプリントスルーも大きいなど画質が悪いことが欠点である。

特に両面プリントを行う場合には、紙に印刷するインク量が多くなり、画質面とカールの両方を満足するインクはこれまでに無かった。

我々は紙がカールする機構から、紙を構成するセルロース分子間の水素結合に着目し、この水素結合に対するインク成分の影響について鋭意検討した結果、水性インクの高画質を維持しつつ、カール発生の殆どない普通紙プリントが得られる、これまでにない水性インクを見出した。

## 2 実験

### 2.1 プリント作成

市販の水性インクならびに油性インクは該インクを搭載した市販プリンタを用いて、普通紙（コニカミノルタJペーパー）に印刷した。開発インクについてはエプソン社製インクジェットプリンタPX-V6000にインクを詰めて同様の普通紙に対して印刷した。

\* コニカミノルタ IJ (株) 開発統括部 第1開発部

## 2. 2 カール評価

温度23℃、環境湿度50%RHの環境で、A4版の普通紙（コニカミノルタJペーパー）に対してほぼ全面に単色ソリッド画像を印刷した。印刷後、同環境条件の下で印刷面を上にして水平状態で保管した。

保管後、A4版の4辺が水平の台からせり上がった高さを測定した。

## 2. 3 光学濃度測定

ステータスAの濃度測定条件で、印刷面、裏面の濃度を測定した。裏面の光学濃度は表面濃度が1.0であるときの裏面の測定値を用いた。

## 2. 4 紙強度測定

市販のフォースゲージを用いて短冊状に切り出した普通紙試験片の引っ張り破断強度を測定した。

浸潤状態での強度は、試験片の途中をインクあるいは溶媒で浸潤させた状態で測定した。相対強度は、浸潤させていない時の強度に対する相対値とした。

# 3 結果と考察

## 3. 1 インク量とカール

普通紙に対して市販の水溶性インクと油性インクを用いて印刷した場合に発生するカールの大きさについてFig. 1に示した。油性インクはインク量に無関係にカールは発生しない。水性インクは文字だけを印刷するようなインク量の少ない場合にはカールは発生しないが、モノクロ、カラーのグラフィックのようにインク量が増えてくると、甚だしいカールが発生することを示している。このように、インク量の多い図柄でカールが発生することが従来の水性インクの欠点である。

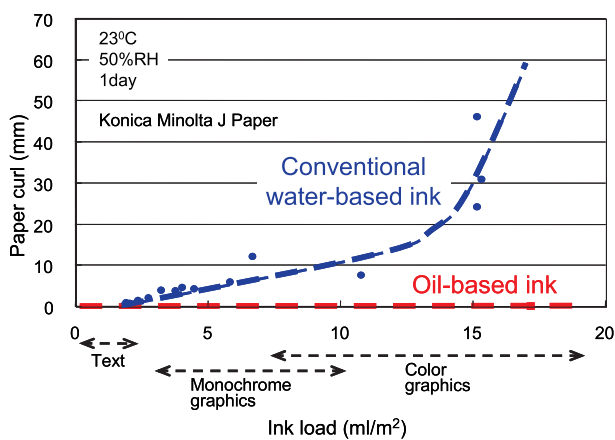


Fig.1 Paper Curls and Ink Load

## 3. 2 紙構造とカール発生機構

カールという課題の解決に対して、われわれは紙の構造とカールの発生機構から考え始めた。

普通紙の表面および断面のSEM写真をFig. 2に示した。紙の繊維が絡み合った構造をしていることが示される。さらに、繊維はFig. 3で示すセルロースが基本構造であり、このセルロース分子同士が水素結合で結びつくことにより、構造を形成し、併せて紙の強度を発現している。

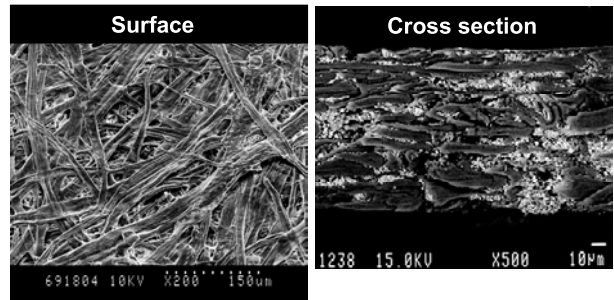


Fig.2 SEM Images of Plain Paper

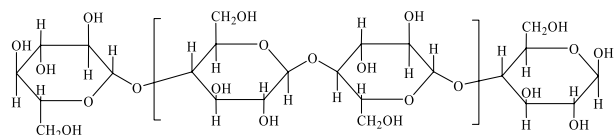


Fig.3 Chemical Structure of Cellulose

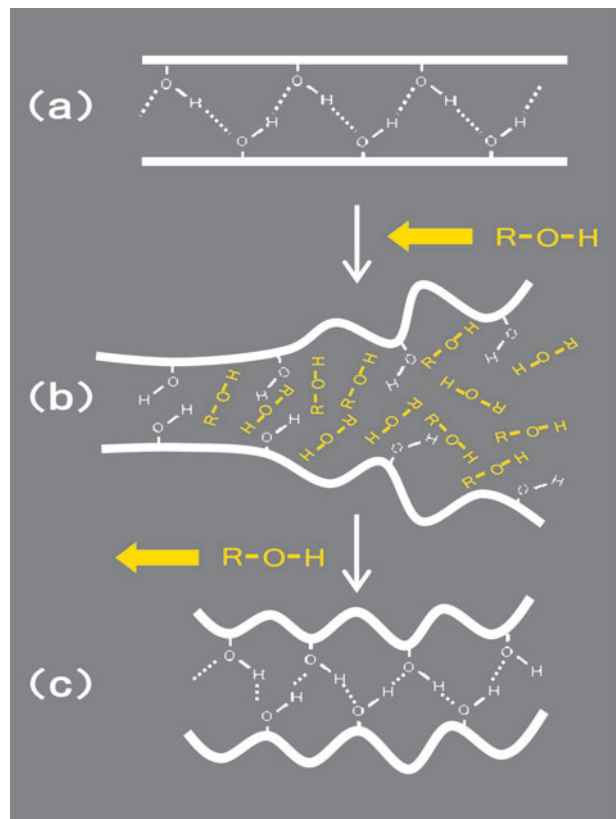


Fig.4 Mechanism of Curl occurrence

Fig. 4 (a)に水素結合によるセルロースの結びつきをモデル化して示した。インク溶媒が紙に浸潤するとFig. 4 (b)のようにセルロース間の結合は切断される。この時に繊維は緩み伸長する。この後に、インク溶媒が乾燥や移動しその場から除去されると、繊維は縮み、且つ切断された水素結合は再び結合する。

紙は製紙される時には圧力が掛かった状態で乾燥され、その形状のまま水素結合を形成することで形状を維持している。これに対して印刷後の乾燥過程では自由な状態で再結合されるため、元々とは異なった位置での水素結合となり形状は復元せず、乾燥後はカールが生じる (Fig. 4 (c))。

このカール発生機構より、水素結合の切断を防止することによりカールを防止することを考えた。ここで、水素結合が切断されると紙強度は低下することから、この考えが正しければ、紙の強度とカールは逆相関すると考えた。

### 3. 3 カールと紙強度の関係

紙強度とカールの関係について、3種類の普通紙に対する相対的な紙強度とカールの関係を各種組成のインクを用いて調べた。この結果をFig. 5に示した。このグラフより2つの重要な事項が読み取れる。第一に、記録前の紙の強度に対して30%以上強度が残存している場合にはいずれの紙においてもカールが発生しない点である。紙の強度を半分程度失ってもカールを防ぐことが可能であり、カール発生には臨界値が存在する。第二に、相対強度30%という臨界値を超えるとカールが発生する。この領域では、相対強度とカール量には相関が見られた。つまり、先程の仮説が正しいことが確認できた。以降、カール発生の指標として紙強度を用いて検討を行った。

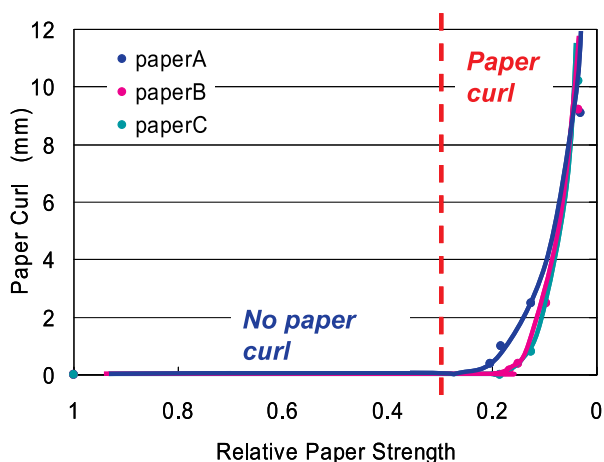


Fig.5 Paper Strength and Paper Curl

### 3. 4 紙強度に対するインク溶媒種の影響

従来の水性インクの組成をTable 1に示した。水と水溶性有機溶剤が組成の大部分を占めることから、水と水溶性有機溶剤についてそれぞれの紙強度への影響を調べた。

Table 1 Components of Water-based ink

	Wt. %
<b>Solvents (water-miscible)</b>	<b>10 ~ 40</b>
<b>Water</b>	<b>60 ~ 100</b>
<b>Colorant</b>	<b>0.5 ~ 12</b>
<b>Surfactant, dispersants, biocides, etc.</b>	<b>~ 5</b>

繰り返しになるが、紙の強度はセルロース間の水素結合に由来している。そこで、各溶剤の水素結合性について着目した。水素結合性を示す指標として水素結合性パラメータを用いるのが良いと考えられるが、ここでは計算により数値を求めることができるlogPを指標に用いた。logPは水とオクタノールの分配から求められる指標であり、化合物の親水性、疎水性の度合いを示す指標として一般的に用いられる。このlogPを横軸にとり、これと紙強度との関係を求め、Fig. 6に示した。

水溶性有機溶剤のlogPと相対紙強度には非常に良い関係が見られ、溶剤の疎水性が高くなるにつれて、相対紙強度は大きくなる。つまり、水素結合の切断が少なくなることが示された。さらに、logPの値がマイナス1という親水的な溶剤でも、溶剤だけの場合にはカール発生の臨界値である相対的な紙強度が0.3よりも大きい。一方で、水に浸された紙はその殆どの強度を失う。つまり、水性

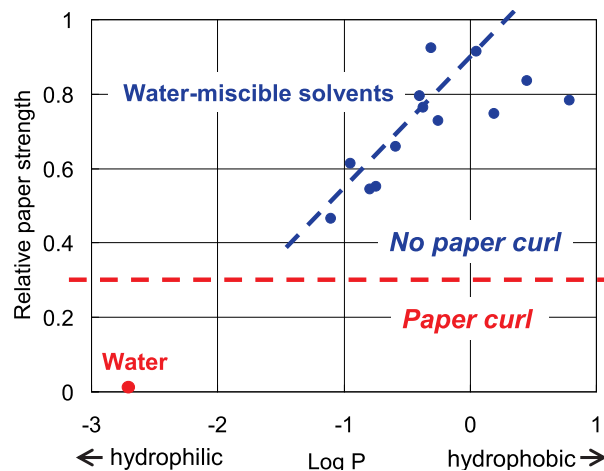


Fig.6 Paper Strength and Solvent Hydrophilicity

インクのカールにおいて、インク組成の中で一番影響が大きいのは水である。

しかしながら、水性インクのプリントが高濃度でプリントスルーが少ないなど高画質である。この高画質の理由もまた水の存在に依るところが大きく、水の含有量に関して画質とカールの間でトレードオフが存在する。

### 3. 5 紙強度、プリントスルーに対する水含有量の影響

水はカールに対しては悪影響を及ぼすが、高画質化に対しては良い影響を及ぼす。インク中の水の含有率に対する相対的な紙強度、およびプリントスルーへの影響をFig. 7に示した。

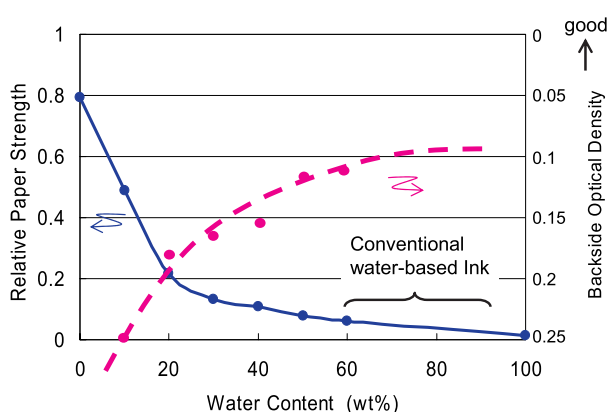


Fig.7 Influence of Water Content

インク中の水含有率が増えるにつれて、紙強度は著しく低下する。紙の強度の大部分は水の含有率が0から30質量%の間で失われる。逆に水の含有率を20質量%以下にすれば、カールを防止するのに必要な紙強度を保つことが可能なことを示している。

またここで、通常的水性インクの水含有率はTable 1で示したように60質量%~95質量%であるので、相対的な

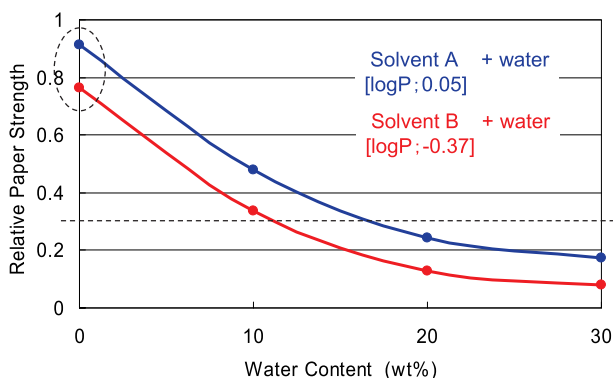


Fig.8 Paper Strength: Maximizing Water Content

紙強度は低く、顕著なカールが発生することを示している。

一方、右側の軸は表面濃度1.0の時の裏面濃度でプリントスルーを表した。この軸は上側が良い性能を示すように軸を反転して表示したので注意していただきたい。プリントスルーは水の含有率が高い程小さくなることが示される。

Fig. 8はFig. 7で示したインク中の水含有率と紙強度の関係について、logP異なる2種類の溶剤と水からなる組成について調べたものである。溶剤自身のlogPはAの方がBよりも大きく、より疎水性が高い。

この疎水性の高い溶剤Aと水からなる組成の方が、親水性の高い溶剤Bと水からなる組成よりも相対的に紙強度が大きい。したがって、同じ紙強度となるときの水含有率について2つの組成を比較した場合、疎水性の高い溶剤Aと水からなる組成の方がより多くの水を含ませることができ、プリントスルーなど画質の面で有利となることを示している。

### 3. 6 開発インクの性能

#### (a)プリント性能

このような考えの下で得られたインクについて、従来の普通紙用水性インク、油性インクとプリント性能を比較した。

総合的な評価として、普通紙(コニカミノルタJペーパー)にプリンタ用標準テストパターン(JEITA IT-3011; 電子情報技術産業協会規格)のJ11-9の画像をプリントした(Fig. 9)。

油性インクではカールの発生はなく良好である。しかし、表面濃度が低く、プリントスルーが大きく、両面印刷で満足いく画像を得ることは難しい。一方、従来の水性インクは、油性インクの逆であり、表面濃度が高く、プリントスルーも小さく、画質は良好であるが、大きなカールの発生が見られた。

これに対して開発した水性インクでは、画質の面では表面濃度が高く、プリントスルーも小さく良好である。さらに油性インクと同様にカールの発生も無い。

続いて、カール、画質各々の性能について、開発したインクと市販の水性インク、油性インクを比較して示す。



Fig.9 普通紙プリント

(b)カール

記録するインク量とカールの関係をFig.10に示した。

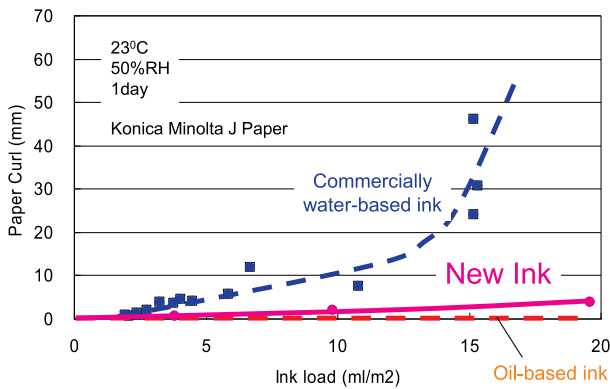


Fig.10 Suppress Paper Curl

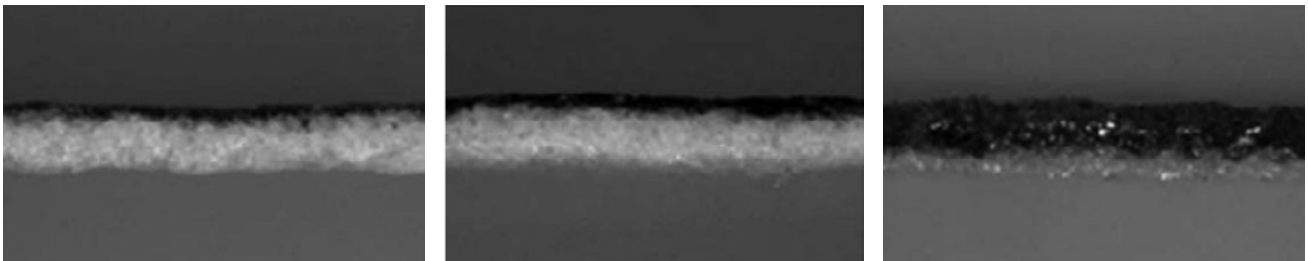
開発した水性インクは15cc/m<sup>2</sup>以上とカラーグラフィック等インク量が多い印刷を行う場合でさえもカールの発生は僅かであることを示している。ねらい通り、油性インクに近いカール性能を示している。

(c)プリントスルー

Fig.11は単色ソリッド画像を普通紙に印刷した時の断面を光学顕微鏡で観察したものである。

(b)の市販水性インクは表面近傍に色材が集中している。一方、(c)の市販油性インクでは、色材の分布が紙内部まで分布しておりプリントスルーが大きいことを示している。

これに対して(a)開発したインクでは、市販の水性インクと同様に色材は紙表面に集中しており、表面濃度が高く、且つプリントスルーが小さいことを示している。



(a) 開発品

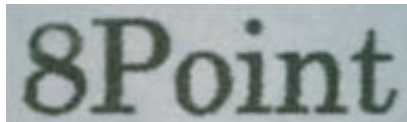
(b) 市販水性インク

(c) 市販油性インク

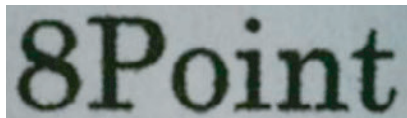
Fig.11 印刷部断面写真 (普通紙)

#### (d)文字品質

普通紙に8Pt文字をプリントした画像をFig.12に示した。



(a) 開発インク



(b) 市販水性インク



(c) 市販油性インク

Fig.12 文字品質

#### (e)トレードオフの解消

続いて、各々のインクについてカールとプリントスルーの性能をFig.13に示した。従来の水性インクと油性インクがカールとプリントスルーの性能に対してトレードオフの関係にあったのに対して、開発した水性インクは、市販の水溶性インクが示す良好なプリントスルーの性能をほぼ維持し、同時に油性インクが示すほとんどカールしないという性能を達成し、従来のトレードオフの関係をブレークスルーすることに成功した。

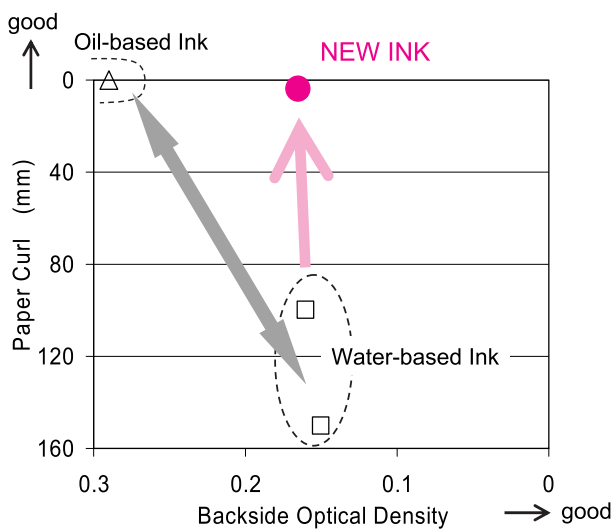


Fig.13 Overcoming trade-offs

## 4 まとめ

以上のように、紙のカール発生機構に基づいた検討により、疎水性の高い水溶性溶剤とインク中の水含有率の最適化を導いた結果、普通紙印刷に対して水性インクの高画質を有し、且つ水性インクでありながら油性インクとほぼ同等のカール性能を示す新しい水性インクを見出すことができた。

#### ●参考文献

- 1) 江前敏晴, 尾鍋史彦, 白田誠人, “紙の液体浸透特性について (第1報) - 有機液体及びエタノール水溶液の浸透 -”, 紙パ技協誌 44 (7), 811 - 820 (1990)
- 2) 江前敏晴, 尾鍋史彦, 白田誠人, “紙の液体浸透特性について (第2報) - 顔料組成及びカレンダーがけがコート紙への液体浸透に与える影響 -”, 紙パ技協誌 45 (2), 285 - 291 (1991)
- 3) Hiroataka Iijima, Atsushi Tomotake and Yasuhiko Kawashima, “A New Water-based Inkjet Ink for Plain Paper Printing”, Proceeding of 22<sup>nd</sup> International Conference on Digital Printing Technologies (NIP22), p201 (2006)