

捺染用インクジェットプリントシステム

Inkjet Printing System for Textiles

加藤 久人*

Hisato KATO

五井 克典*

Katsunori GOI

中嶋 尚子*

Naoko NAKAJIMA

要旨

布帛にプリントする捺染工程では従来のスクリーン捺染に比較して、短納期で少量多品種が可能なインクジェット捺染が近年用いられるようになった。布帛にインクジェットプリントする場合、紙用インクジェットプリント技術に加えて人体に対する安全性や洗濯しても色落ちしないなどの布帛固有の特質を考慮したインクジェット技術が必要である。また射出安定性を確保するため反応捺染インク、酸性捺染インクにおける染料の溶解性向上や再析出制御、さらに分散捺染インクにおける染料の沈降制御や結晶成長防止が不可欠である。本報ではこれら上記技術の取り組みと今後の見通しについて紹介する。

Abstract

In recent years, inkjet textile printing is being employed, which enables us to respond to quick delivery and various kinds of small amount of order, comparing to traditional screen textile printing. Inkjet textile printing should comply with specific demands, such as safeness to human body and wash-fastness, in addition to conventional inkjet printing technology. In reactive and acid ink, improvement of dye solubility and anti-precipitation measure are crucial. And sedimentation control and preventive measure for crystal-growth are indispensable in dispersed dye ink. In this report, we would like to discuss how to tackle above-mentioned technical issues and future prospects.

1 はじめに

インクジェットプリントシステムは、さまざまな被記録媒体に適應できる利点があり、装置やランニングコストが低廉であることから産業用途にも広く展開されてきている。特に、捺染（布帛へのプリント）分野においては、Fig.1 に示すように、無製版システムであるという利点を生かし、短納期化、小ロット対応、グラデーションや写真のような多階調プリントなど、従来捺染では実現が困難な課題を解決できる手段として期待されてきた。近年、インクジェットプリンタの信頼性が高くなり、デザイン工程でのプリント柄のデジタル化が進んでデジタルプリントとの整合がよくなったこと、さらに市場の要求が、より生産力があり環境負荷の少ないものへと移ってきたことなどから、本格生産への活用段階にきている。

当社での捺染用インクジェットシステムとしては、Fig.2 のように、'98年より、インクジェット捺染システムNassenger KS-1600を発売し、'04年に本格的な生産機としてNassenger Vを展開し、'09年にはFig.3 のNassenger VIIが予定されており、スクリーン捺染などの従来捺染レベルのプリント速度領域に近づいてきている。

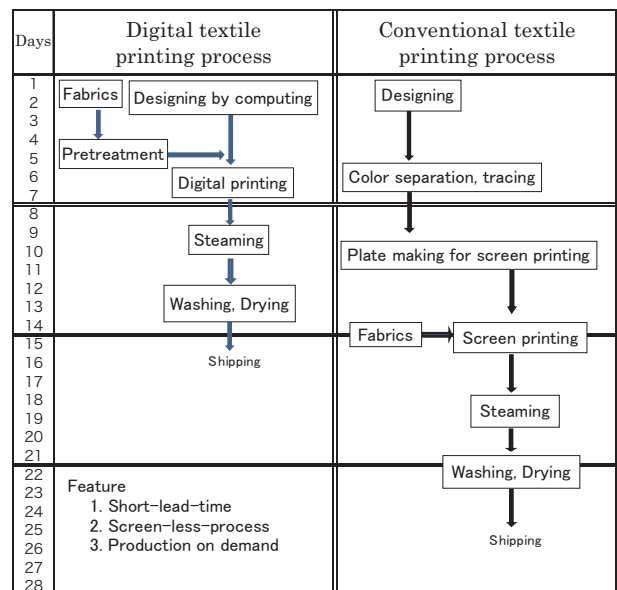


Fig.1 Feature of digital textile printing process

* コニカミノルタIJ(株) 開発統括部 第1開発部

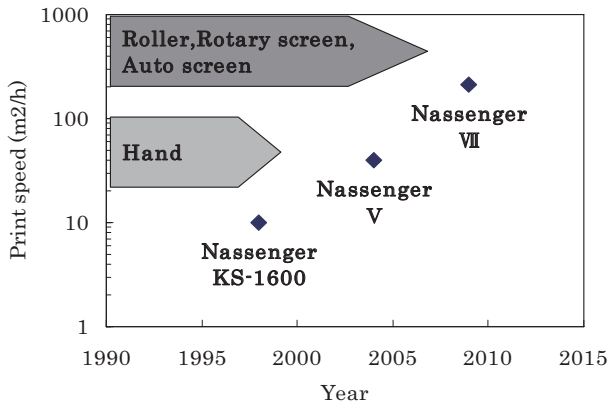


Fig.2 Printer speed



Fig.3 Nassenger VII

捺染用インクジェットプリンタの高速化については、インクジェットヘッドの多ノズル化や1色当たりのヘッド数増ならびに高速駆動により実現されたものであり、さらにプリンタの信頼性・安定性向上のために、射出状況の自動検知やインク供給時の脱気装置などが採用されている。

2 捺染用IJプリント技術の特徴

インクジェットプリント技術を用いた捺染方式における特徴を以下に解説する。

2.1 多種、多様な布帛がプリント対象

プリント対象となる布帛は、糸の種類、太さ、撚り、織り方・編み方の組み合わせが無限に近く考えられ、実際に身の回りの様々な捺染商品を見ると、衣服はもちろんのことスカーフのような薄手の素材からタオルやカーペットの厚手の素材、水着、カーシートなど非常に多く商品に使用されている。当社のプリンタにおいても多様な布帛にプリントできるように広幅（1600mm）での布搬送精度を確保し、最適なプリント条件を得られるように設計されている。

2.2 布帛の種類ごとにインク（染料種）が異なる

布帛（繊維）種によって反応する染料種が異なるため、

Table 1 Types of fabric and inks

	Cotton/Linen /Rayon	Silk/Nylon /Wool	Polyester /Acetate
Reactive dyestuff	◎	○	
Acid dyestuff		◎	
Disperse dyestuff			◎
Pigment	○	○	○

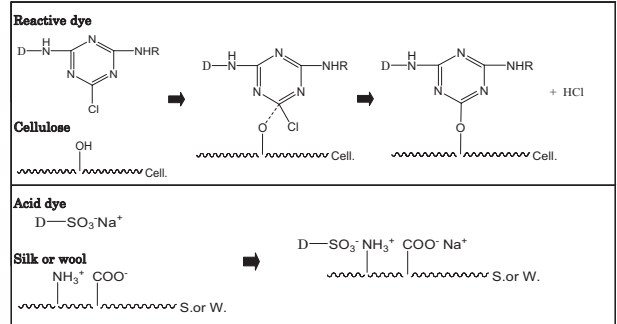


Fig.4 Reaction scheme

Table 1 のように繊維の種類によって最適な染料種のインクを選択する必要がある。

反応性染料は、綿やレーヨンなどのセルロース繊維に適しており、インクジェットプリントにおいては、インクの保存安定性からモノクロトリアジン系の染料が用いられている。一般的に、反応性染料は、アルカリ条件下で繊維に対して共有結合することで染着しているため、水素結合で染着する直接染料より堅牢性に優れ、発色部分と反応部分が機能分離されているので良好な色相が得られる。さらに、絹、ウールなどへの染着にも応用されている。

酸性染料は、絹、ナイロンおよびウールなどのアミノ酸系繊維に適しており、酸性染料が有するアニオン性基（スルホ基など）が、アミノ酸のカチオン性基（4級アンモニウム塩）とイオン結合することで染着している。染料の分子量は比較的小さく色相は鮮明であるが、堅牢性が不足する染料がある。そのため、酸性染料として分子中に配位結合した金属を有している化合物もあり、繊維中のアミノ基、カルボキシル基と金属原子との配位結合も寄与させ、高い堅牢性を得ている。

Fig.4 は、上述した反応性染料と酸性染料の反応スキームを示したものである。

分散染料は、反応性染料や酸性染料のような水溶性染料ではなく油溶性染料であり、水に微分散されて用いられている。ポリエステルのような疎水的な繊維に適しており、布帛へ物理的に拡散し、主に疎水-疎水ファンデルワールス力によって染着している。

顔料捺染は、バインダーを用いて繊維表面に固着するものであり、繊維に染着していないので、摩擦堅牢性の確保が難しく、風合いのような手触り性を劣化させる原因となる。しかし、布帛種の制約があまりなく、染着のための後処理が簡便なので、環境面からも技術開発が行われている状況である。

2.3 繊維製品の要求品質

繊維製品に関しては、製造、人間、使用、廃棄処理という4つの分野のエコロジーから構成されているテキスタイルエコロジーという概念があり、その中には、エコテックス規格という世界的に統一された試験・認証システムがある。エコテックス規格100においては、製品用途に応じて4つに製品分類された規格値が決められており、繊維の全加工段階での原料、半製品、最終製品に適用されている。

特に、身体に触れるものが数多くある衣料用途に使用されるプリントには、安全性が要求されるのはもちろんであるが、洗濯、汗、日光および摩擦に対する堅牢性ならびに風合いと呼ばれる手触り性や色の裏抜け性等の特有の品質がある。

2.4 前処理、後処理の必要性

さらに、捺染用インクジェットプリント技術では、従来捺染と大きく違い前処理が必要である。従来捺染では、色材を捺染糊に混合したものをスクリーン捺染することが一般的であり、捺染糊は、色材の浸透性を制御し有効に付着させるための糊剤と染着に必要な助剤が配合されているが、従来捺染用インクは粘度が高く、そのままではインクジェットプリントに用いることができない。そこで、インクジェットプリントにおいては、色材成分をインクに、ほかの機能材料成分をあらかじめ布帛に前処理することにより成り立っている。

前処理は、インクジェット専用紙のコート層と同様な考え方で、インク保持と浸透性制御を目的に後処理での染料の定着性を確保するための材料などが加えられている。反応性染料インクの反応に必要なアルカリもインク安定性の観点から前処理剤中に添加されている。

前処理の効果の一例として、Fig.5 に前処理による文字品質の違いを示す。通常、布帛は、繊維を束にした糸を縦糸と横糸に用いて編むことで作られており、前処理なしの布帛に印字されたインクは、糸中の繊維に沿った縦横方向の滲みが発生し、文字品位が劣化してしまう(Blank)。しかし、布帛に前処理を行うことにより、縦横のインクの滲みが抑制され、文字品位が保たれていることがわかる。

また、捺染用プリントは紙用プリントと異なり、染料は繊維中にしっかりと固着させる必要があるため、後処理と呼ばれる従来捺染方式同様の加熱・加湿などによる染料定着(発色処理)がおこなわれて、その後、未定着染料などを除去する洗浄処理が必要であり、後処理による染着性もプリント品位に影響する。

このように捺染インクジェットプリントの場合、前後処理を含めてプリント性能が決まるので、染色工程の設計を含めたインク、プリント技術が必要とされている。

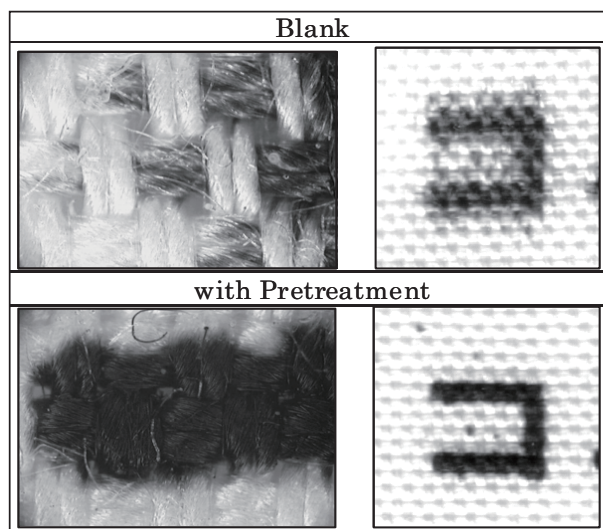


Fig.5 Effects of pre-treatment

3 捺染用IJインク技術のポイント

捺染用インクジェットプリントシステムを達成している技術の一つとして、インク技術があげられる。

捺染用インクジェットインクは、ホームユースに使用されている紙用プリンタインクを基本としているが、捺染用インクとして特別に設計された部分があり、その技術ポイントについて以下に解説する。

3.1 色材(染料)の選択

前述したように、捺染用インクは使用する布帛種に適した染料種のインクが準備されている。従来捺染に用いられている色材は数千種に及び、版分けした十数版の版ごとに数種の色材を配合して用いている。捺染用インクジェットインクでは、従来捺染に見劣りしない色再現域を確保するために、YMCKの基本色に加え、Orange, Blue, Redなどの特色を加えたインクをインクセットとして用いている場合が多く、さらに、プリント後に発色工程による布帛への染着が必要であることから、インクセット内の各色の染着率や染着速度を揃えておく必要がある。また、製品用途から繊維製品として堅牢性を満足する色材を選択しなくてはならない。

色材の安全性については、染色用に使用されている染料には安全性に問題がある染料もあり、染料化合物そのものだけでなく、その挟雑物や反応中間体などに問題がある場合もあり、染料原料・製法・精製を含めてクリアする必要がある。

Table 2 Results of Ames test

	N: Negative				
	Yellow	Magenta	Cyan	Black	Special color
Disperse dye ink	N	N	N	N	N
Reactive dye ink	N	N	N	N	N
Acid dye ink	N	N	N	N	N

当社においては、Table 2 に示したように、全てのインクにおいて変異原性が陰性であるインクが用いられている。特に、インク種の中では、分散染料インクと酸性Black染料インクにおいて、安全性に問題のない染料を用いたインク開発を行ってきた。

3.2 色材の高濃度化でのIJインク性能の確保

捺染用インクジェットでは、布帛にプリントできるインク量が制限された中で、布帛を表面だけでなく深さ方向にも染着させる必要がある。さらに、プリントした染料も100%染着されないのが（通常染着効率=60-95%）ホームユース用のインクに比べ、2-3倍の染料濃度のインクが必要である。

色材の高濃度化により、インクジェットインクとしての射出安定性とインク保存安定性を確保することは捺染用インクジェットインク技術の大きなポイントとなっている。

捺染用インクジェットインクにはその形態から分類すると、均一系インクと分散系インクに分ける事ができ、それぞれの形態に分けて以下に解説する。

3.2.1 均一系インク（反応性、酸性インク）

反応性染料や酸性染料はスルホン酸基が導入されており、インク中で溶解された形で存在する。染料を高濃度化した際には、使用する染料の溶解性を確保し、析出性を抑えることが課題となる。

通常、インクジェットインクでは、ヘッドのノズル先端でのインクの乾燥性を抑えることを目的にグリセリンやグリコール類などの水溶性有機溶剤を加えることでヘッドの射出安定性が確保されている。捺染用インクにおいては、プリント性能から使用したい染料が決められており、通常の水溶性溶剤だけでは射出安定性が不十分となる場合がある。そのために染料と親和性の高い溶解助剤を添加することで乾燥析出を抑える工夫を行ったり、染料の析出を抑制するためにインク中の無機塩濃度をコントロールすることを行っている。

Fig.6 は横軸に温度をとり、温度によるインク粘度の関係を表したものである。通常のインクジェットインクでは、プリンタの使用温度環境条件範囲内においては、曲線Aのように温度勾配が安定している必要があるが、染料の高濃度化により、曲線Bのように低温時に異常な増粘を生じる場合がある。このようなインクの場合、ノズル先端などでインクが濃縮された際に染料の析出が起こったり、プリンタの使用温度環境により射出できなくなるなどの原因から、長時間の安定なプリントが困難になることがわかった。曲線Bのインクでも、無機塩濃度のコントロールや溶解助剤を加えることにより、曲線Aのインクにすることが可能であることがわかり、染料の高濃度化と射出安定性を両立させることができた。

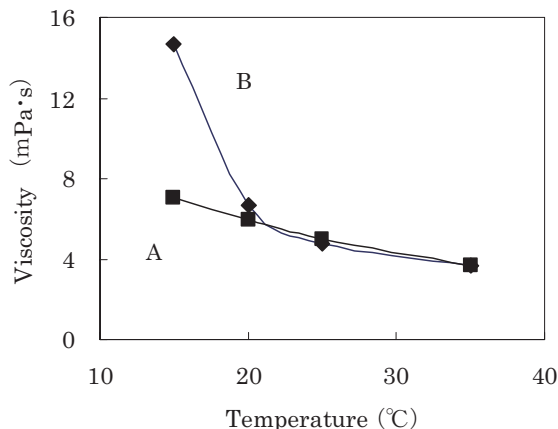


Fig.6 Relationship between viscosity and temperature

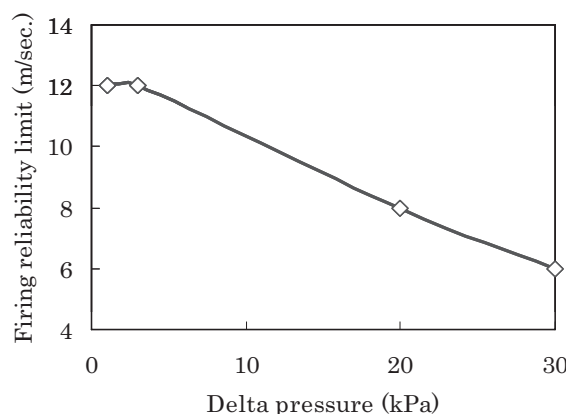


Fig.7 Firing reliability of acid dye ink¹⁾

また、均一系インクであっても、インクのろ過条件を変えた試料を用意し、特定のフィルターを通した時のろ過時の圧力上昇値と射出安定性の指標の一つである安定射出速度限界との関係を測定し、インクのろ過時の圧力上昇が高いと安定射出速度限界が低下することが報告されている (Fig.7)¹⁾。この関係より、ろ過圧上昇の原因であるインク中の析出物や未溶解物による微小粒子が射出安定性の妨げになることがわかった。

3.2.2 分散系インク（分散、顔料インク）

分散染料や顔料の場合には、水に溶解しないのでインク中で分散させた形態を有している。インクジェットインクは低粘度であり、長期にわたりプリント性能を維持するためにはインクの分散安定性向上が課題である。

分散安定性の指標として、インクの沈降特性が重要な課題であり、沈降特性の悪いインクでは、プリント物の色変化を引き起こしたり、射出不良を起こす。Fig.8 は、横軸に相対的な遠心分離強度をとり、縦軸には、沈降性の指標として、遠心分離後のインク上層部（1割）の吸光度を遠心前の吸光度の値で割った数字を表している。Fig.8 のKMインクは、分散染料と親和性の高い高分子分散剤や分散助剤を使用したインクであり、他社製品イン

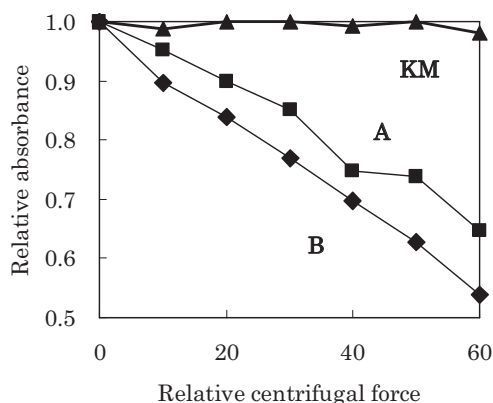


Fig.8 Sedimentation properties of three inks²⁾

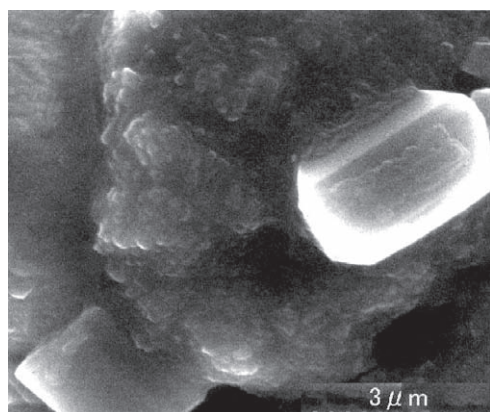


Fig.9 Crystal-growth of disperse dye

クであるAやBのインクと違い、分散体が沈降することのない分散安定性に優れた分散インクであることが報告されている²⁾。

さらに、染料濃度を高めると粒子間相互作用が増して非ニュートン流体となりやすく、インクジェットの出射において、間欠吐出での速度低下を引き起こし安定射出不可能になることが判り、インクとしてニュートン流体になるように分散処方を変更することで良好な射出安定性を達成することも報告している²⁾。

また、分散染料はインクジェットインクとしては捺染用途だけに用いられている油溶性染料であり、加熱により物理的にポリエステルに染着する必要がある。そのため分子量は比較的小さく、顔料とは異なり、インク中に添加する水溶性溶剤などに溶解しやすい性質を持っている。そのため、インクジェット用に微細粒子にまで分散された分散染料インクでは、インクの長期保存により、インク中で分散染料が溶解し、再結晶する。Fig.9は、数ヶ月間保存した状態のインク中の分散染料をSEM写真撮影したものであるが、分散された染料の中に、ミクロンオーダーの大きな染料結晶が生じていることがわかる。このような結晶がインク中に存在すると、射出安定性を劣化させることも分散染料インクの大きな課題となる。

この課題については、分散染料に合わせて、使用する

水溶性溶剤、分散剤および添加剤の種類や量に注意が必要で、さらに分散条件を適切に選定することで解決している。

4 市場と使われ方

付加価値画像形成技術としての捺染用インクジェットプリントは、一言でいうなら、「布上に、平面で表現できるものなら何でもそのままプリントできる」という内容から、布を用いた様々な市場での実用化がされてきており、更なる発展が期待されている。

現在実用化されている分野について紹介すると、先ず第1の市場としては、ゲーム分野があげられる。一般には、アパレルとかファッションと言ったほうが分かりやすい業界であり、衣服はもちろん、スカーフ、ハンカチ、ネクタイ、かばんなどに至るものまで用いられており、国内だけでなく海外ではイタリアファッション産業で広く普及している。

次に、ホームファニッシングと言われる分野があり、カーテン、寝具、インテリア、壁紙などにインクジェット捺染が用いられている。その他にはスポーツウエア、水着、着物、タオル、傘、カーシートなどの分野でのユーザー事例がある。

さらには、Tシャツプリントやサインディスプレイとしてフラッグ&バナー用途の旗やのぼり、横断幕、懸垂幕などにも広く普及している。

5 まとめ

インクジェット捺染は従来のスクリーン捺染と比較して、インク使用量、廃棄物排出の軽減が可能で環境にやさしい技術として使用が拡大しつつある。また、プリントスピードもこの10年で10倍以上早くなり、従来捺染レベルに近づきつつあり、今後、さらにより広い用途、範囲への適用が期待されている。

技術的にも、従来の染色技法を取り入れて機能化する試みや、顔料インクによる布帛の前後処理軽減などの様々な試みが行われており、技術革新がさらに進んでいくものと考えられる。

●参考文献

- 1) 工藤 圭, 森本仁士, 川島保彦: テキスタイル用インクジェットインクの信頼性向上技術, 日本写真学会誌年次大会講演要旨集 69, Supplement, 46-47 (2006)
- 2) 森本仁士, 高木利也, 川島保彦: インクジェット捺染用分散染料インクの開発, KONICA MINOLTA Tech. Rep. Vol. 1, 151-154 (2004)

●出典

本稿は日本画像学会誌第48巻第4号(2009) p.285からの転載である。本稿の著作権は日本画像学会が有する。