

UV ワイドフォーマットインクジェットシステム 「Acuity LED 1600」の開発

佐藤 武彦*, 可知 泰彦*, 眞田 和男*, 新居 欣三*

Development of the Wide-Format UV Inkjet System “Acuity LED 1600”

Takehiko SATO*, Yasuhiko KACHI*, Kazuo SANADA*, and Yoshimitsu ARAI*

Abstract

“Acuity LED 1600” is a newly developed wide-format inkjet printing system, which has class-leading high productivity and excellent image quality for billboard or display application. New technologies including recently developed high-speed printing head, fast-curing UV-LED ink and proprietary-design LED light source achieves good print quality and wide-ranging expression by using color and transparent ink. Here, we report some unique features adopted in this printing press, which can be realized through FUJIFILM group’s own technologies in materials, ink, print heads, light source control, image processing and analysis.

1. はじめに

大型ポスターや店頭POP、ウィンドウディスプレイなどの製作で使用するワイドフォーマットインクジェットプリンターの新ラインアップとして、クラス最高 $20\text{m}^2/\text{時}^{*1}$ の高生産性と高画質を両立した、UVインク対応の「Acuity LED 1600」を開発した (Fig. 1)。



Fig. 1 Acuity LED 1600 printer.

Acuity LED 1600は、富士フィルムのファインケミカル技術や画像処理技術、米国のFUJIFILM Dimatix社 (フジフィルムダイマティックス社、以下FDMX社と表記) のヘッド技術と、英国のFUJIFILM Speciality Ink Systems社 (フジフィルムスペシャリティインクシステムズ社、以下FSIS社と表記) のインク技術など、富士フィルムグループの技術を結集させて開発した。

※1：UV-LED光源を使用する64インチ幅以下のローラー搬送方式ワイドフォーマットインクジェットプリンターにおいて。

2. ワイドフォーマット市場の特質

ワイドフォーマットプリンターは、一般的には24インチ (61cm) 幅以上の印字が可能なプリンターと定義されている。44インチ (111.7cm) ~ 64インチ (162.5cm) 幅のプリンターが主流であるが、最大で197インチ (500cm) 幅まで印字できるものもある^{1), 2)}。プリンターは、その印字幅、インク種、印字速度、印字方式により多岐にわたり、ターゲットとしている市場に合わせて最適な技術を組み合わせたプリンターが各社からラインアップされている。

近年、大型ポスターや店頭POPなど製作物の小ロット化・短納期化・グラフィカルデザインの増加などを背景に、印刷工程のデジタル化が進展し、ワイドフォーマットインクジェットプリンターを使った印刷市場が拡大している。その中でも、揮発性有機化合物 (VOC) を含まず、速乾性にも優れ、紙や種々のプラスチック等の幅広い基材へ印刷適性がある、UVインクジェットプリンターの導入が進んでいる。

UVインクジェットプリンターは、20世紀末に登場し、速乾性という特長を生かせる高生産性のハイエンド市場

本誌投稿論文 (受理2011年11月25日)

*富士フィルム (株) R&D 統括本部
アドバンスト マーキング研究所
〒258-8577 神奈川県足柄上郡開成町牛島577

*Advanced Marking Research Laboratories
Research & Development Management Headquarters
FUJIFILM Corporation
Ushijima, Kaisei-machi, Ashigarakami-gun, Kanagawa
258-8577, Japan

から導入が進んできた。特に欧米では、サイングラフィックス分野で、短納期・小部数印刷対応のため、マルチカラースクリーン印刷機を高生産型のUVインクジェットプリンターで置き換える動きが進んできた。この分野ではフラットベッドタイプのプリンターが主流であり、Inca社の最高速機Onsetでは、1色あたり144個のFDMX社製プリントヘッドを搭載することで約650m²/時の生産性を達成している。

一方、約10～25m²/時の生産性で価格を抑えたエントリークラスのUVインクジェットプリンターが各社から販売されている。これらのプリンターは、1色あたりのプリントヘッド数が1～2個のため、高生産性は得られないが、最小液滴サイズを10plレベル以下に抑え、かつ滴サイズを可変にするマルチドロップヘッドを搭載しており、高画質を特長とするものが多い。

3. 当システムの狙い

Acuity LED 1600は、上述のエントリークラスにおいてLEDをUV硬化光源に用いて高生産性と高画質とを両立させることを目標に掲げ、開発した。

3.1 LED化

従来のUVインクジェットプリンターのUV硬化光源は、高出力で高生産に適したメタルハライドランプや高圧水銀灯が主流である。近年、一般の照明用途で長寿命・低消費電力の点から、LED照明が急速に普及しているなか、印刷インクのUV硬化用光源ユニットの実用化が進んでいる。UV-LEDランプは、メタルハライドランプなどと比較して小型で発熱量が少なく、熱に弱い基材（薄膜フィルム等）におけるUV硬化に適している。ピーク波長は、365nm、385nmあるいは395nmなどであり、遠紫外線成分を含まないため、オゾン臭を発生しない等の利点がある。

UV定着光源の選択：LED化のメリット

- ①消費エネルギー
従来のメタルハライドランプの約1/4（約0.5kW）。
- ②ランプ寿命
メタルハライドランプ（約500～1,000h）に対して、UV-LEDは10,000h以上。
- ③瞬間的なON/OFFが容易
必要な時間のみ照射することで、消費エネルギーを抑えつつ、実際のランプ寿命を延ばすことが可能。メタルハライドのランプユニットにあるメカニカルシャッター機構が不要となる。
- ④ランプユニットが軽量・コンパクト
キャリッジ重量やキャリッジを担持する筐体構造への負荷を低減できる。
- ⑤発熱
メタルハライド光源ユニットに比べて、基材表面での発熱が少ないため、薄手のプラスチック基材の熱変形が少ない。

3.2 粒状性

滑らかな色調表現を実現するために、シアン・マゼンタ・イエロー・ブラック・ライトシアン・ライトマゼンタの6色のカラーインクを使用し、さらにプリントの表現力を広げるために白およびクリアインクを搭載。新開発のFDMX社製のマルチドロップヘッドとライトシアン、ライトマゼンタの使用により、粒状性を向上させている（Fig. 2）。



Fig. 2 Grain fineness.

3.3 軽量リジッド基材への対応

ロールタイプに加え、13mm厚までのリジッド基材やシートタイプの基材の印刷に対応している。

4. Acuity LED 1600の技術

Acuity LED 1600は、高感度インクを安定的に吐出させ、高い位置精度で着弾させるFast Accurate Marking技術により、クラス最高20m²/時の高生産性が可能となるためエンドユーザーの短納期ニーズに応えることができる。さらに、UV露光条件を印刷ジョブに合わせて最適に制御できるIntelligent Curing Control技術を新たに開発した（Fig. 3）。

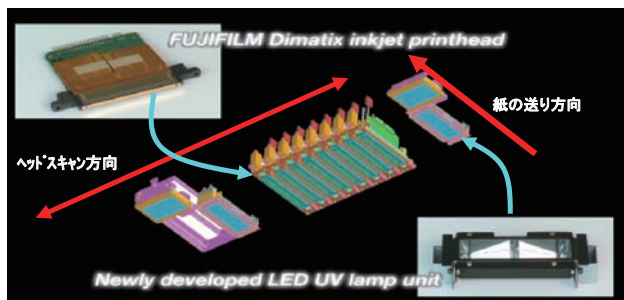


Fig. 3 Layout of Print Heads and UV-LED Lamp Unit, Worm's Eye View.

4.1 Fast Accurate Marking 技術

インク吐出の直進性に優れた新開発の高速ピエゾヘッドと高感度UVインクを搭載し、高生産性と高い着弾位置精度を両立したマーキングシステム技術である。

4.1.1 ヘッド

新開発のFDMX社製Q-classヘッド (Fig. 4) は一列に256個のノズルがあり、印刷幅は6.48cmである。Acuity LED 1600システムでは、1色に1つのヘッドを搭載し、UVインクを高い駆動周波数で吐出し、高精度に着弾させるFast Accurate Marking技術により、クラス最高20m²/時の高生産性を実現。ユーザーの短納期ニーズに応えることができる。Q-classヘッドは、スキヤニング用に設計された、高性能で耐久性に優れ、信頼性の高いドロップオンデマンド方式の産業用プリントヘッドである (Fig. 5)。

液体インターフェースとして2つのポートを持っているため、インクの交換や洗浄液のフラッシング手順のとき、液を供給する多岐管 (manifold) のフラッシングを容易に行なうことができる。

Q-classプリントヘッドは、複数のプリントヘッドを狭いスペースに実装する必要がある、走査アプリケーション用に設計されており、下方にインク吐出するプリントヘッドで、液体インターフェースと電気的接続を上部に配していることを特徴としている。このため、プリントヘッドの主走査方向の厚みは8mm (取り付けベゼル部) と薄く、コンパクトに実装することができる。上述の軽量UV-LEDユニットと組み合わせることで、8色の

ヘッドとランプとから構成されるキャリッジ部を小型化し、スキヤニング速度の高速化を達成している。

4.1.2 インク

インクは、乾燥性に優れ、即時加工できる紫外線硬化型インク (以下UVインクと表記する) を採用している。ワイドフォーマット印刷に用いられるインクは、揮発性溶剤を用い、加熱で乾燥させる溶剤インクと反応性モノマーを用い、紫外線で重合させ固化させるUVインクに大別される。UVインクの重合方式は、フリーラジカル型とカチオン型が研究されてきたが、現在はフリーラジカル型が主流であり、Acuity LED 1600を含めた当社のUVインク製品にも採用されている。溶剤インクに対するフリーラジカル型UVインクの特長は、①紫外線照射により瞬時に固化するため、印刷後から後加工までの溶剤除去時間が不要 (溶剤インクの場合は、印刷物のカットやラミネートの後加工に供する前に約1日かけて塗膜中の残留溶剤を蒸発させる必要がある)、②揮発性の有機化合物を含まないことによる環境負荷の軽減があげられる。

一般的なUVインクの基本組成は、光重合開始剤、反応性モノマー、樹脂、顔料、顔料分散剤および添加剤 (安定化剤、界面活性剤など) である (Table 1)³⁾。

Acuity LED 1600では、UV-LED光源で高生産性を達成するために、①近紫外光に感度領域を拡大させた光重合開始剤と②酸素重合阻害の影響を受けにくく表面硬化性に優れたモノマー処方技術を組み合わせた高感度インクを新たに開発した。

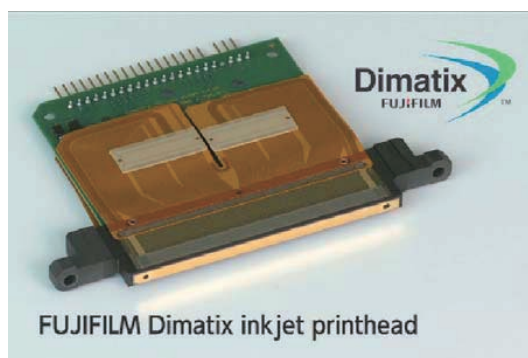


Fig. 4 Newly Developed Q-class Printing Head.

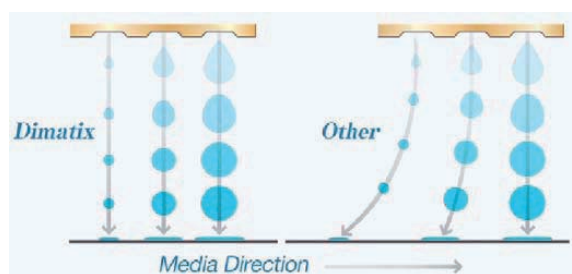


Fig. 5 Linearity.

Table 1 Composition of UV Inkjet Ink.

UVインク組成	フリーラジカル型		一般的な添加量
	成分	説明	
モノマー	モノマー	アクリレート、ビニルエーテル等のラジカル系モノマー	60-90%
オリゴマー	オリゴマー	膜質改良、粘度調整	<10%
添加剤	添加剤	安定化剤、界面活性剤等	<2%
光重合開始剤	光重合開始剤	UV照射によりラジカルを発生	5-15%
顔料	顔料	カラー用：有機顔料 白：酸化チタン顔料	1.5-5%
顔料分散剤	顔料分散剤	カラー顔料には塩基性分散剤、白用の酸化チタン顔料には酸性分散剤を使用	0.2-2%

Fig. 6は、当社のメタルハライド光源用の開始系の分光吸収スペクトルとAcuity LED 1600用インクの開始系の吸収との比較である。インクの色再現性への影響を防ぐために、可視光領域（400nm以上）の吸収を抑えつつ、LED光源の発光ピークの波長に対応した感度領域を得ている。

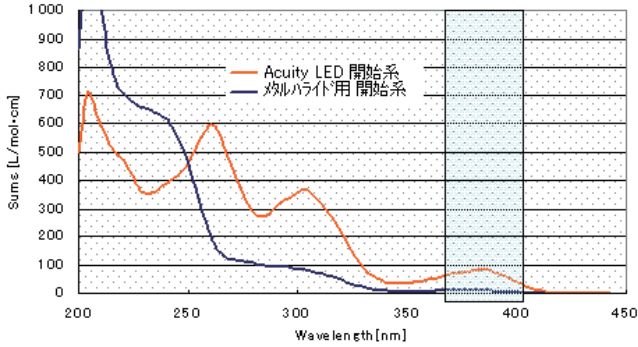


Fig. 6 Absorbance Results with Photoinitiator System.

モノマーに関しては、一般に分子中の反応性基が複数ある多官能モノマーを使用すれば硬化性は向上するが、硬化膜の柔軟性が低下するため、Acuity LED 1600のようなロール基材用途には適さない。

本システムでは、延伸性や密着性に優れた単官能モノマーを主体とし、塗膜表面のタック性（べたつき）に優れた組成を開発することでロール対応の高感度インクを達成した。

4.2 Intelligent Curing Control 技術

小型でスイッチングが容易なUV-LED光源の特長を活かし、新設計のランプユニットでインクの硬化速度を制御することにより、①塩ビ系基材へのインク密着性の向上や②露光条件が異なるカラー・クリアインクの2層同時印刷を実現した。

4.2.1 ランプワーク

従来のUVワイドフォーマットプリンターは、着弾干渉を防ぐためにヘッドの真横にランプを配し、マルチパス印刷の1パス目から最終パスまで一定のUV強度で着弾直後のインクを露光するのが一般的である（Fig. 7a）。

メタルハライドランプや水銀灯は、高出力で高速印字に適している反面、立ち上げ時の出力安定化に時間がかかり、プリンターの待機中も発光させておく必要があった。照度の経時変化も大きく、安定した光量制御が困難であった⁴⁾。

Acuity LED 1600では、着弾干渉を防ぐピンング露光部と完全硬化させるキュアリング部のUV照射領域を設け、着弾滴の濡れ広がりや塩ビ系基材への浸透促進のために最小限のピンング露光をほどこす方式を採用している（Fig. 7b）。

屋内外の垂幕広告で使用される塩ビ系バナー基材へのインク密着性を大幅に向上させており、印刷物の施工および掲示における耐久性を強化している。Fig. 8は、塩ビ系バナーに印刷した画面の中央部を接着テープで剥離試験した後の状態であり、Acuity LED 1600は優れた密着強度を達成していることを確認した。

Conventional Printer

Acuity LED 1600

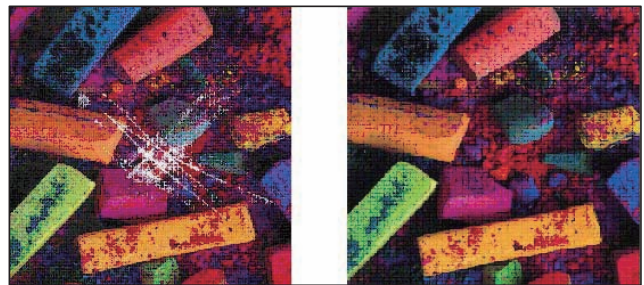


Fig. 8 Adhesion to PVC Banner material.

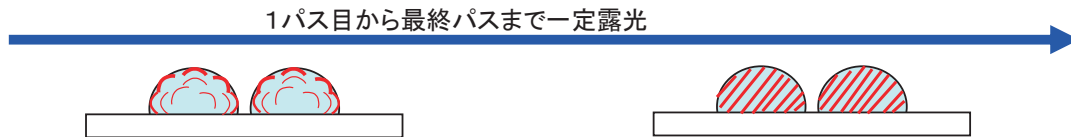


Fig. 7a Conventional Curing Process.

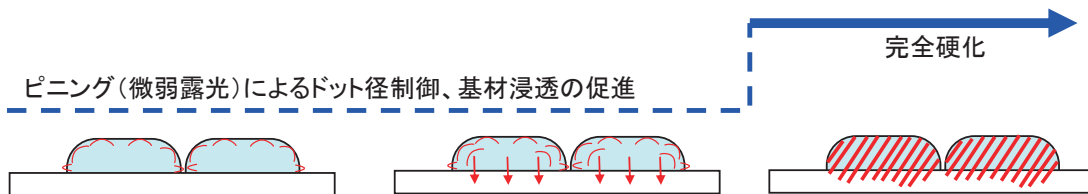


Fig. 7b Curing Process in Color Printing with Acuity LED 1600.

4.2.2 多層同時印刷

Acuity LED 1600は、クリアインクを搭載しており、オンデマンドで全面光沢仕上げからワンポイントのグロス効果を施すことができ、プリント表現の幅を広げることができる。しかしながら、クリアインクで平滑面を得るためには着弾滴の濡れ広がり時間を確保するためにランプの照射タイミングをカラー印刷よりも遅らせる必要があり、従来のランプワーク技術では1回のジョブ中に複数の照射条件を同時に実行することが困難であった。ヘッドをカラー印刷する上流側とクリアを吐出する下流側の2領域で分割動作させ、ランプもカラー着弾滴をピンングする上流側とクリア着弾滴をレベリングさせる下流側（ランプOFF）とに分け、最後にキュアリングランプ部で層全体を完全硬化させる方式を開発した（Fig. 9）。この方式の実現のためには、コンパクトでON/OFFの切り替えが速いLED光源の採用がキーポイントであった。

これによって露光条件が異なるカラー印刷とクリア仕上げを基材ロールの巻き戻しなしで処理することが可能となった。シート印刷も1回通しでカラーとクリア印刷を同時に行なうことにより、位置ずれのない高品位な仕上がりが得られる。

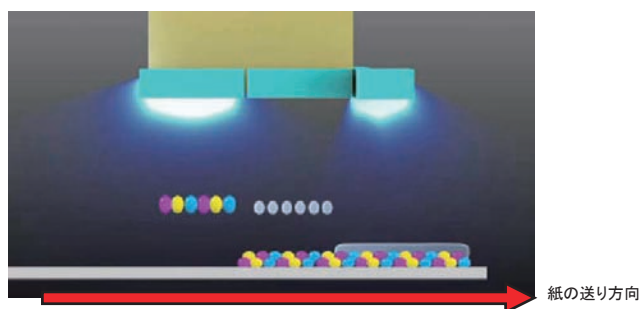


Fig. 9 Curing Process for “Color + Clear” Printing Mode, Side View.

上記のキュアリングランプ部は、着弾直後にUV照射可能なランプ配置もとれる構造になっており、着弾時から十分なUV強度を必要とするカラーと白の多層同時印刷にも対応している。

5. 結び

UVインクジェット方式は、高速印刷性の利点を活かし、サイングラフィック分野を中心に拡大を続けている。オンデマンド・非接触で基材に着弾したインクが瞬時に固化するという特長を活かし、サイングラフィック以外にもさまざまな分野への展開が進んでいくものと思われる。それを支える技術として、素材・インク・プリントヘッド・打滴制御・ランプワークの各要素を融合した技術革新に継続的に取り組んでいく予定である。

参考文献

- 1) 笠井清資. 日本印刷学会誌. **45** (6), p.602-608 (2008).
- 2) 相原孝夫. 日本印刷学会誌. **47** (3), p.153-157 (2010).
- 3) 西尾吉広. 最新UV硬化実用便覧. 技術情報協会, 2005, p.369.
- 4) UV硬化プロセスの最適化2. 東京, サイエンス&テクノロジー, 2010.

(本報告中にある“Acuity”は富士フイルム（株）により商標登録出願中です。)