

高速印刷領域の高画質化と用紙対応力向上を低環境負荷で実現した高速インクジェット・プリンティング・システム

High-Speed High-Quality Inkjet Printing System with Improved Media Flexibility and Low Environmental Impact

荻草 裕治*
Yuji KARIKUSA

阿我田 健一*
Kenichi AGATA

羽橋 尚史**
Hisashi HABASHI

要 旨

商用印刷全体の小ロット多品種化に伴う更なるデジタル印刷の拡大が求められている中で、高速連続用紙インクジェットシステムRICOH Pro VCシリーズでは、オフセットコート紙対応性や生産性の向上を実現し、市場から高い評価を博してきた。この商用印刷市場におけるデジタル化の流れは更に拡大しており、写真印刷などの高画質なアプリケーションにおいても生産性の向上が求められ、高速印刷領域の高画質化が必須である。また、冊子や書籍といった、主に非コート紙で印刷される高画質なアプリケーションへの対応ニーズも拡大しており、更なる用紙対応力の向上が求められている。一方、カーボンニュートラル実現という世界的な目標を達成するため、印刷産業においても消費電力削減といった環境負荷低減は喫緊の課題となっている。しかしながら、従来技術の延長では印刷速度に応じてエネルギー消費が増大してしまうため、これまでと違った発想でのシステム構想が必要であった。本論文では、高速印刷領域の高画質化と用紙対応力向上を低環境負荷で実現したVC70000e搭載の新規先塗りシステムの概要と効果を紹介する。

ABSTRACT

As digital printing is expanding in the commercial printing market with smaller lots and greater variety, the RICOH Pro VC series has improved productivity and supported offset coated paper, gaining market-wide recognition. Given the trend toward digitization in the commercial printing market, there is a growing need for higher image quality in the high-speed printing range, even for high-quality applications such as photo printing. In addition, there is a growing need for high-quality applications on uncoated paper, such as books. At the same time, the printing industry is accelerating its efforts to reduce power consumption in order to achieve carbon neutrality. In response to these requirements, the newly developed VC70000e provides high image quality in the high-speed printing range and improved media flexibility with a novel pre-coating system.

This paper presents an overview of the pre-coating system equipped with the VC70000e, which achieves high speed, high quality, and improved media flexibility with low environmental impact.

* リコーグラフィックコミュニケーションズBU 商品事業統括本部 HPS事業センター
High Productivity Solution Center, Product Business Division, Ricoh Graphic Communications BU

** リコーグラフィックコミュニケーションズBU 商品事業統括本部 技術開発センター
Technology Development Center, Product Business Division, Ricoh Graphic Communications BU

1. 背景と目的

1-1 背景

商用印刷市場においてはオフセット印刷が長年主流となっているが、印刷物を必要な分量だけ随時小ロットで印刷するオンデマンド印刷や、ダイレクトメールの宛名や個人ごとの情報などのデータに基づいて印刷内容を可変するバリエブル印刷に適したデジタル印刷が求められている。中でも、フルカラー印刷を高速で実現可能なインクジェット印刷が注目されており、オフセットtoデジタルを牽引している。

インクジェット印刷においては、水性インク、溶剤インク、UV硬化インク、油性インクといった様々なインクの種類があるが、低コストであると同時に、揮発性有機化合物（VOC）の排出量が少なく、作業環境や環境負荷低減に貢献する水性インクへのニーズが拡大している。

このようなデジタル化拡大に向け、リコーは自社開発の水性インクを搭載した高速連続用紙インクジェット・プリンティング・システム分野で技術革新を続け、これまでに以下のシステムを上市してきた。

2014年9月：RICOH Pro VC60000

2019年3月：RICOH Pro VC70000

以下、各システムの特徴を述べる。

1-1-1 RICOH Pro VC60000

高速インクジェット・プリンティング・システム分野で主流となっているインクジェットコート紙や非コート紙に基幹システム等のデータ印刷を行うトランザクション用途だけでなく、カタログやパンフレット等を含む商用印刷市場全体が、小ロット且つ多品種用紙へのショートラン印刷へとシフトしている中で、オフセットコート紙への印刷対応が求められていた。

VC60000では、トランザクション用途に合わせて開発したType Cインクにおいて、耐候性とオフセットコート紙上の発色性に優れた水性顔料インクを採

用し、画像形成プロセスに対する前処理として着弾したインクの凝集性を向上させるアンダーコート（以降UC）、後処理として印刷した画像の耐擦性を向上させるプロテクターコート（以降PC）及び外部乾燥装置を含めた追加システムを装着することで、最大50mpmでオフセットコート紙への印刷を可能とし、用途ごとの顧客ニーズに合わせた最適システムの提案を可能にした^{1,2)}。

1-1-2 RICOH Pro VC70000

カタログやパンフレットといった主にオフセットコート紙に印刷を行う商用印刷市場において印刷ボリュームの多いアプリケーションでのデジタル化拡大に向け、オフセットコート紙に対する更なる高画質、高生産性が求められる中で、オフセットコート紙対応性を重視して開発したType Dインクは、用紙への濡れ性や速乾性の向上、定着性の改良を行うことで、オフセットコート紙の印刷速度を最大120mpmまで引き上げた³⁾。

また、新規乾燥装置の搭載により、幅広い品種や坪量のオフセットコート紙へ高濃度の画像を出力することを可能とし、生産性向上と色域拡大を実現した⁴⁾。

1-2 目的

これまで述べたように、RICOH Pro VCシリーズではオフセットコート紙対応性や生産性の向上により、デジタル化拡大を実現してきたが、商用印刷全体の小ロット多品種化に伴う更なるデジタル印刷の拡大が求められている中で、様々な顧客要求が挙がっている。

まず、写真印刷などの高画質なアプリケーションにおいてこれまで以上に生産性が要求されており、水性インクジェット印刷で課題となる高速印刷領域の高画質化が必須である。

また、冊子や書籍といった、主に非コート紙で印刷される高画質なアプリケーションへの対応ニーズも拡大しており、更なる用紙対応力向上が求められている。

一方、カーボンニュートラル実現という世界的な目標を達成するため、印刷産業においても消費電力削減といった環境負荷低減は喫緊の課題となっている。しかしながら、従来技術の延長では印刷速度に応じてエネルギー消費が増大してしまうため、これまでと違った発想でのシステム構想が必要であった。本論文では、高速印刷領域の高画質化と用紙対応力向上を低環境負荷で実現したVC70000e搭載の新規先塗りシステムの概要と効果を紹介する。

2. 課題と解決方法

2-1 高速印刷領域の高画質化

オフセットコート紙に水性顔料インクで作像する場合、高速印刷領域の高画質化が課題となる。

Type Dインクを搭載したVC70000においても、100mpm以上の高速印刷領域で写真印刷などの高画質なアプリケーションを印刷する場合、画質改善を求められる場合があった。

これは、印刷速度が速い程、用紙へのKCMY各色の着弾間隔が短くなり（100mpm印刷で0.2s程度）、インクドット間の滲みによる画質悪化が顕著となるためである。Fig. 1にオフセットコート紙に高速で作像する場合に、インクドット間の滲みが発生するプロセスを示す。

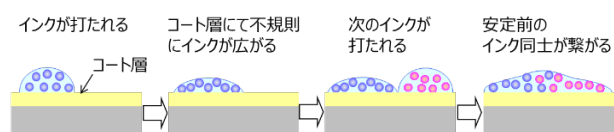


Fig. 1 Ink behavior on coated papers. (w/o UC)

この現象をインクと作像システムのみで対応することは難しいが、用紙に着弾したインクを瞬時に安定化させることが可能なUC液の塗布によって実現可能である。Fig. 2にオフセットコート紙にUC液を塗布し、高速で作像した場合でもインクドット同士が独立するプロセスを示す。

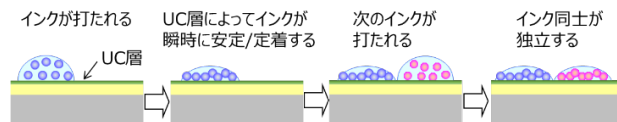


Fig. 2 Ink behavior on coated papers. (w/ UC)

2-2 非コート紙の画質向上

VC70000に搭載したType Dインクは、濡れ広がり性と乾燥性の優位さでオフセットコート紙の高画質化及び高生産性を実現した一方、非コート紙においてはインクが用紙に染み込みやすい特性となるため、発色が低く、輪郭がかすんだ画像となる。Fig. 3に非コート紙に作像する場合に、インク染み込みによる発色低下及び画質悪化が発生するプロセスを示す。

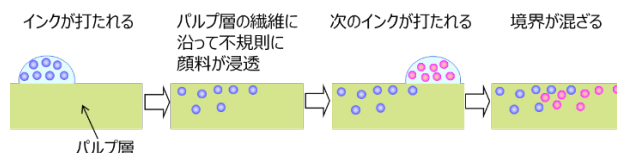


Fig. 3 Ink behavior on uncoated papers. (w/o UC)

そのため、冊子や書籍といった様々なアプリケーションのデジタル化においては、多品種な非コート紙に対する高画質化が求められる場合があった。

これについても、UC液の塗布によってインク顔料成分を用紙表面にとどめることができ、インクの染み込みを抑制することで非コート紙での発色や文字品質の向上、更には薄紙での裏抜けを改善させることが可能である。Fig. 4に非コート紙にUC液を塗布することで発色や画質が向上するプロセスを示す。

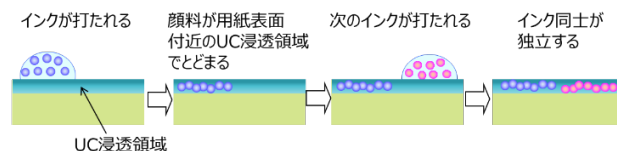


Fig. 4 Ink behavior on uncoated papers. (w/ UC)

2-3 従来システムの課題

VC60000に搭載していた先塗り装置UC8000及びType C UC液で構成されるアンダーコーティングシステムの概要を説明する。

Fig. 5にUC8000の構成を示す。ローラニップ塗布方式を採用した塗布機構でUC液を塗布後、UC8000に実装された乾燥ユニットの加熱ローラに用紙を巻き付けて接触させながら用紙上のUC液を乾燥させ、用紙冷却ユニットで作像システムに影響を与えない一定以下の温度に用紙を冷却した後、作像システムである本体第一エンジンに用紙を送り込む構成である。

尚、印刷速度50mpm以下に対応したシステムとなっている。

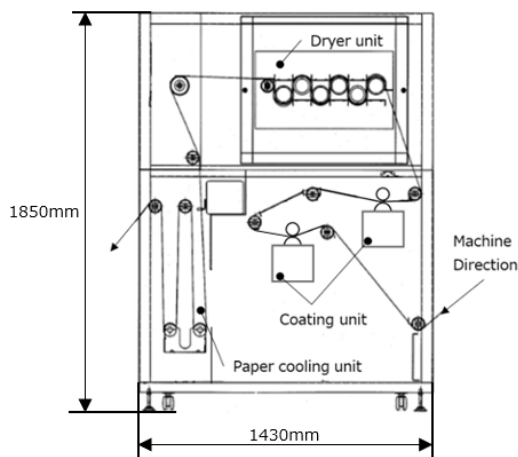


Fig. 5 Configuration of UC8000.

この従来のアンダーコーティングシステムで、VC70000のオフセットコート紙最高印刷速度である120mpmへの対応を検討した。

従来システムにおける、印刷速度に対する塗布量及びシステム許容値をFig. 6に示す。

一般的なローラニップ塗布方式は、塗布機構を構成するローラの回転数が印刷速度に応じて増加し、それに伴い塗布量が増加する。

用紙上のUC液の乾燥を行う条件で許容できる塗布量の上限値をA、インク凝集効果が得られる塗布量の下限値をBで示す。

上限値を超えた場合、画像の定着性が悪化し、ブロッキングなどの異常画像が発生する。

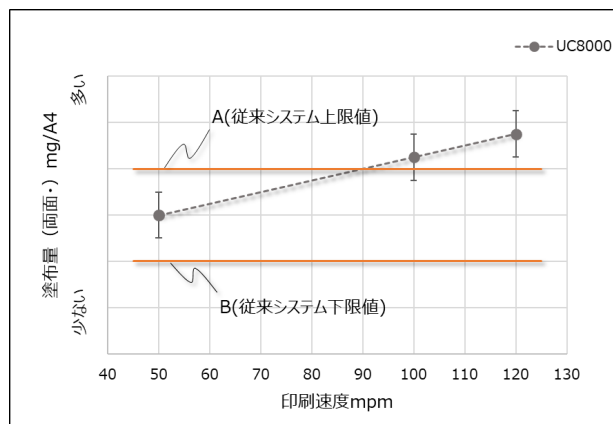


Fig. 6 Relationship between printing speed and UC amount of UC8000.

これを基に、従来システムにおいてオフセットコート紙120mpm対応を検討した結果、用紙上のUC液の乾燥及び用紙の冷却に必要なエネルギーは従来システム比で約4倍と試算され、UC液乾燥及び用紙冷却機構の大型化、消費エネルギーの大幅な増加が避けられなかった。

2-4 解決手段

前項で述べた課題を装置の大型化や消費エネルギーへの転嫁によって解決することは、カーボンニュートラル実現という社会課題解決と顧客事業成長の両立という方向性に逆行するものであり、我々は低環境負荷なシステムによる解決手段を検討した。

そこで、従来システムで必須としていたUC液乾燥及び用紙冷却を不要とする新たなアンダーコーティングシステムを実現する方針とし、システム成立のためのType D UC液及びアンダーコート装置の開発を行った。本項では、そのシステムと技術について説明する。

まず、Fig. 7に、新開発の先塗り装置UC8100の概要を示す。

UC液乾燥及び用紙冷却機構を装着していないため、従来システムで装着していた用紙搬送駆動機構

も不要となり、大幅な省エネだけでなく、省スペース化、省資源化を実現している。

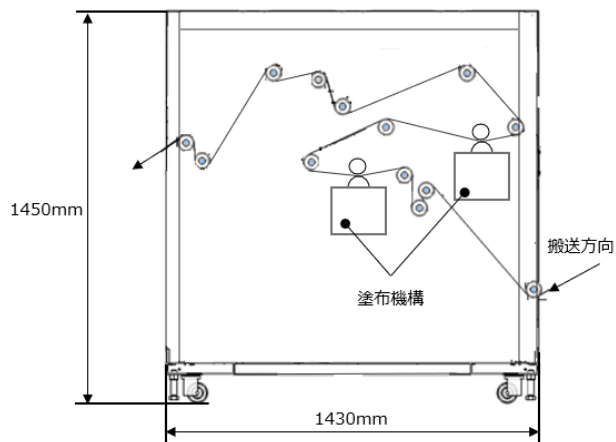


Fig. 7 Configuration of UC8100.

次に、新開発のType D UC液は、UC液乾燥を不要とするシステムに対応するため、溶解性の高い凝集成分を採用することで析出性を抑制した。更に揮発性を促進させたことで乾燥性を向上させた。

Fig. 8に、UC液の乾燥速度を経過時間に対するインク重量変化として示す。

Type C UC液に比べて約1.42倍速く乾燥する、乾燥性に優れたUC液であることが分かる。

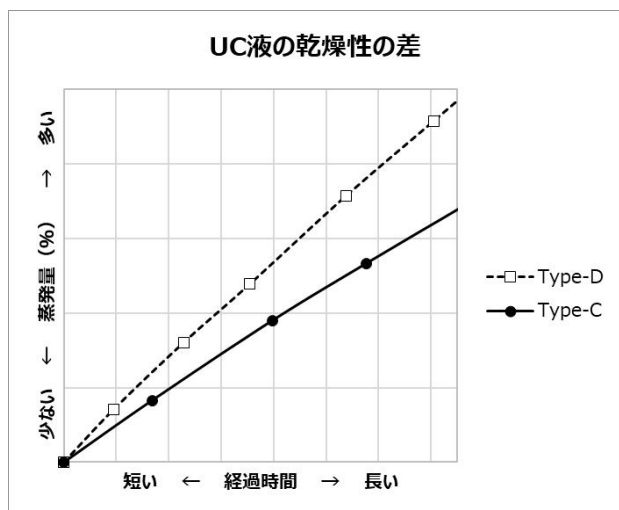


Fig. 8 Drying speed of UC liquid.

Fig. 9に、新システムにおける印刷速度に対する塗布量及びシステム許容値を示す。

尚、Fig. 6で示した従来システムでのUC液乾燥を行う条件での塗布量上限値A、塗布量下限値Bを同様に示している。

新システムにおける、UC液乾燥を行わない条件での塗布量の上限値をCで示す。Type D UC液の乾燥性向上効果により、UC液乾燥不要で、従来システムと同等以上の塗布量上限値となった。

更に、新システムでの塗布量下限値をDで示す。Type D UC液はType Dインクに合わせた凝集成分とその添加量の最適化を行い、Type C UC液に比べインク凝集性を高めたことにより、少ない塗布量でインク凝集効果を得ることが可能である。

以上に加え、従来システムで培ってきたローラ塗布技術の知見を基に、ローラニップ塗布機構で塗布量に影響するパラメータであるUC液の粘度、塗布ローラヤング率、ローラニップ荷重の最適化による塗布量の合わせ込みを行うことで、120mpmの高速印刷領域においてもシステム許容値を満足することが可能となり、UC液乾燥及び用紙冷却機構を不要とするアンダーコーティングシステムの構築を実現した。

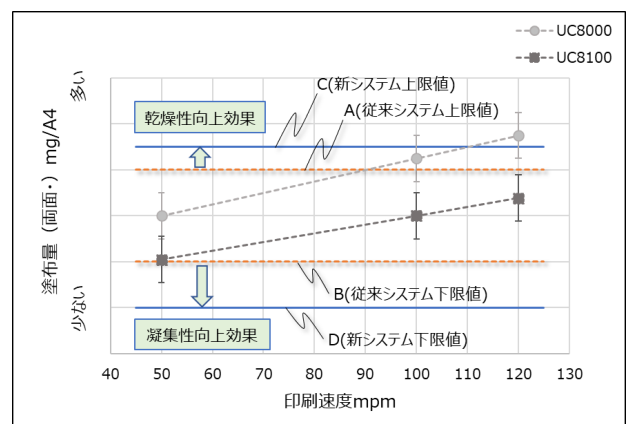


Fig. 9 Relationship between printing speed and UC amount of UC8100.

3. RICOH Pro VC70000e

本稿によるアンダーコーティングシステムを搭載したVC70000eのシステム構成を、Fig. 10に示す。

アンワインダーから巻き出された連続用紙に、本体第一エンジンの上流に配置されたアンダーコート装置UC8100でType D UC液を塗布し、本体第一エンジンの画像形成ユニット内で用紙幅方向に並べられたヘッドアレイからKCMYの4色の水性顔料インクを順次吐出した後、乾燥ユニットによってインクを加熱乾燥させる。ターンバーによって用紙が反転された後、本体第二エンジンの画像形成ユニット及び乾燥ユニットを再度通過して両面印刷が実施され、リワインダーに巻き取られる。

UC8100は、アプリケーションに応じてUC液の塗布有無が切り替え可能となっている。

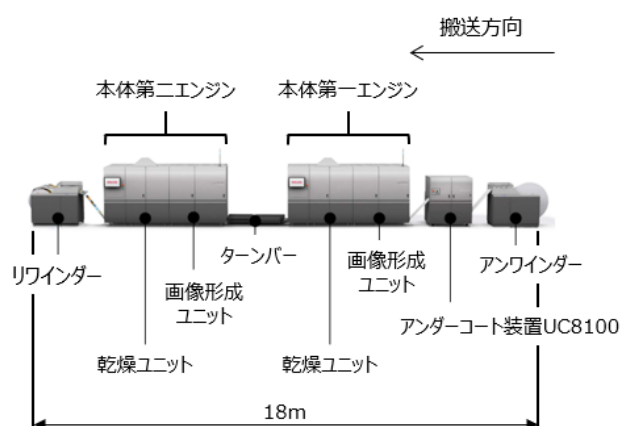


Fig. 10 Configuration of VC70000e.

4. 効果

4-1 高速印刷領域の高画質化

VC70000eの高速印刷領域の高画質化の効果を検証するため、Type D UC液の塗布有・無でのドット形成状態を比較した。

用紙はオフセットコート紙 (OpusGloss235gsm, Sappi) を用いた。

印刷速度は100mpm、解像度は1200×600dpiとし、標準的な条件で印字、乾燥を行った。

Fig. 11に、Visual PRINT Reference Testform -Ugraの画像について、赤枠部のドット形成状態 (画像拡大率30倍) を塗布有・無で並載した。

塗布無に対して、塗布有では特にドットが密集する高階調部でドット同士の混合が大幅に改善していることが確認できた。

これは、UC液の顔料凝集促進効果によるものである。

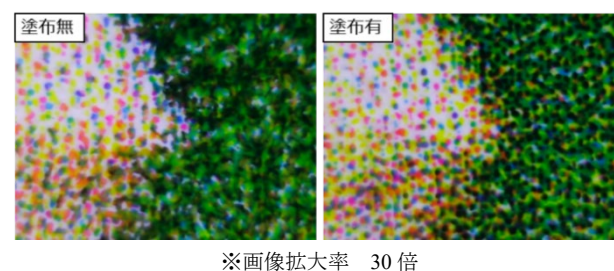
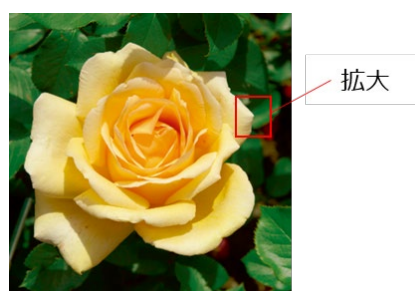


Fig. 11 Effect of UC on offset coated paper.

4-2 非コート紙の画質向上

VC70000eでの非コート紙の画質向上効果を検証するため、テクスチャー紙を用いてType D UC液の塗布有・無での画像品質を比較した。

テクスチャー紙は、用紙の風合いを生かした表面状態であるため、インクの染み込みが不均一になり、水性インクでは画像の濃淡が現れ、高品質な画像を得ることが難しい。

用紙は、ヴァンヌーボV-FS スノーホワイト151gsm (竹尾) を用いた。

印刷速度は50mpm，解像度は1200×1200dpiとし，標準的な条件で印字，乾燥を行った。

Table 1に，Blueベタ画像について，塗布有・無を並載した。

塗布無では画像の濃淡が顕著であるが，塗布有では均一なベタ画像が得られていることが分かる。

Table 2に，明朝体10ptと4ptの白抜き文字について，塗布有・無を並載した。

塗布無では10ptで輪郭が再現できず可読できない。

一方，塗布有では10ptではくっきりとした輪郭となり，高品位な文字が得られていることが分かる。

更に小ptの文字を確認した結果，4ptまで十分な可読性が得られていることが分かる。





Table 3に，Visual PRINT Reference Testform -Ugraの画像について，塗布有・無を並載した。

一般的な写真画像で，Type D UC液の効果によりザラつきや発色性が改善され，高品位な画像が得られていることが分かる。

これらは，UC液の塗布により用紙の表面状態によらずインクの染み込みが均一になることで得られる効果である。

このように，VC70000eでは非コート紙の画像品質が大幅に向上し，紙の質感にこだわった高級感のあるアプリケーションに対応可能である。

Table 1 Effect of UC on uncoated paper. (Blue solid patch)

項目		塗布無	塗布有
Blue ベタ	高 インク 量		
	中 インク 量		

※画像サイズ 縦20mm×横20mm

Table 2 Effect of UC on uncoated paper. (Character)

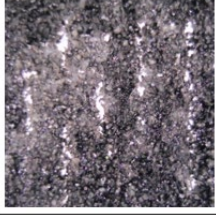

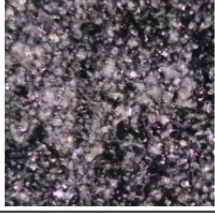

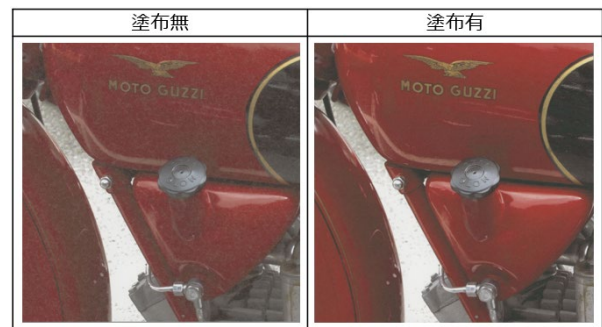
項目		塗布無	塗布有
白抜き文字	10 pt		
	4 pt		

Table 3 Effect of UC on uncoated paper. (Photographic image)



※画像サイズ 縦120mm×横120mm

また，同様のサンプル作成条件で，印刷画像サンプルの色域（Color gamut）を測定した結果をFig. 12に示す。

塗布有（実線）は塗布無（破線）より色域が拡大し，特にマゼンタの色相方向ではISO15339-CRPC6（点線）をほぼカバーすることができた。

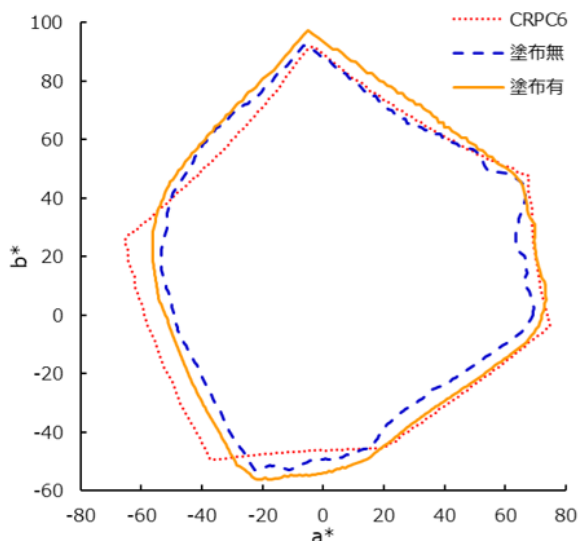


Fig. 12 Effect of UC for gamut on uncoated paper.

4-3 低環境負荷

UC8000とUC8100の消費電力を比較した結果をFig. 13に示す。

UC液乾燥及び用紙冷却機構を必要としないシステムを実現した結果、高速印刷に対応しながらも、UC8000に対して消費電力を97%削減できた。

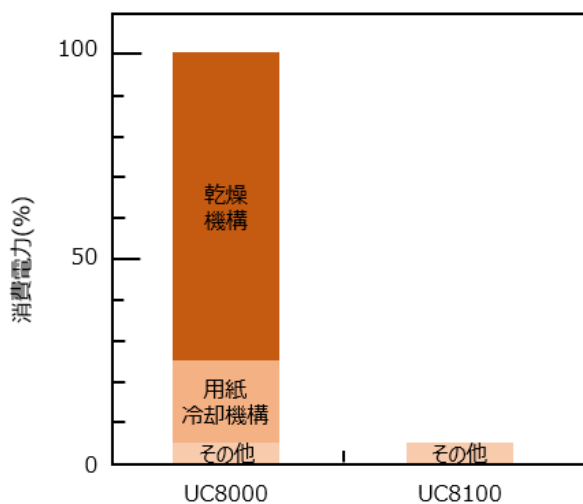


Fig. 13 Power consumption of UC8000 and UC8100.

5. おわりに

以上述べてきたように、リコーでは水性顔料インクを搭載した高速連続用紙インクジェット・プリンティング・システム分野で用紙対応力、高画質、生産性、コスト削減、省エネ化などといった技術革新を続けてきた。

VC70000eで開発した革新的なシステムでは、高速印刷領域の高画質化という生産性の向上、用紙対応力の向上といったデジタル化拡大のための顧客要求に対して、低環境負荷という新たな顧客価値の提供とともに実現した。

これからも、インクジェット・プリンティング・システム分野におけるデジタル化の拡大と、事業を通じた社会課題の解決に取り組み、世の中の役に立つ新しい価値を提供していきたい。

用語解説

• トランザクション用途

本稿におけるトランザクション用途とは、金融業、製造業、流通業、自治体などの事業活動に関わる基幹システムのデータを印刷することである。

個人ごとの異なるデータに対応した、バリアブル印刷が一般的である。

• Type Cインク

RICOH Pro VC60000に搭載される、トランザクション用途向けインク。オフセットコート紙に対応するためには、Type C UC液及びPC液が必要である。

• Type C UC液

RICOH Pro VC60000と併せて使用される先塗り装置UC8000に搭載されるアンダーコート液（UC液）。オフセットコート紙に対応するとき前処理として用いられ、Type Cインクの凝集性を向上させる。

• PC液

RICOH Pro VC60000に搭載されるプロテクターコート液（PC液）。オフセットコート紙に対応するときには後処理として用いられ、印刷した画像の耐擦性を向上させる。

• Type Dインク

RICOH Pro VC60000及びVC70000に搭載されるオフセットコート紙対応インク。発色が良好で、インク単独でオフセットコート紙に対応可能である。

• Type D UC液

RICOH Pro VC70000eで使用される先塗り装置UC8100に搭載されるアンダーコート液（UC液）。高速印刷領域の高画質化と、テクスチャー紙などの様々な用紙に対応するときに用いられる。

• 用紙種類

本稿に記載の用紙種類及びインクジェット印刷適正の概要は下記である。

(1) オフセットコート紙

主にオフセット印刷で用いられる一般的な塗工紙であり、顔料・接着剤・着色剤・助剤を混合した液を原紙に塗工し、繊維を塗工層で被覆することで用紙の平滑性・インキ受理性・光沢等が改善するため、高級な印刷物に適した用紙である。

一方、インクジェット印刷においては、インクの吸収性や乾燥性が劣るため、高画質を得ることが課題となる。

(2) インクジェットコート紙

一般的な塗工紙と同じく原紙に塗工が施されている用紙だが、紙層・塗工層構造が、インク吸収に適正な構造に設計されたものである。優れたインク吸収性により隣り合うインク滴同士が混合しにくく、インクジェット印刷において高品質な画像が得られる。

(3) 非コート紙

原紙に塗工層を施さずに使用する用紙である。安価な粗面紙や、様々な風合いを持つ用紙など、幅広い特徴がある。

インクジェット印刷においては、インクが原紙に吸収されることで発色性の低下などに繋がるため、高画質を得ることが課題となる。

参考文献

- 1) 横濱祐樹ほか: オフセット印刷用コート紙に対応したインクジェットサプライ, *Ricoh Technical Report*, No. 40 (2015).
- 2) 鈴木能成ほか: オフセットコート紙への高品質印刷に対応したインクジェットプリンティングシステム, *Ricoh Technical Report*, No. 42 (2017).
- 3) RICOHグループ: リコーのテクノロジー, オフセットコート紙対応インク, https://jp.ricoh.com/technology/tech/084_ink_for_offset_coated_paper.
- 4) 西村秀明ほか: 高速インクジェットシステムにおける高画質・高生産性の実現～コックリング対応力を向上させた新規乾燥技術の開発～, *Ricoh Technical Report*, No. 44 (2020).