bizhub PRO C6500を支える電子写真プロセス技術

高速高画質と用紙対応性能向上技術

High-Speed, High-Image-Quality, and High Paper Applicability Technologies for bizhub PRO C6500

宮坂　裕＊　夫馬宏史＊＊　浜田純一＊＊　酒向峰行＊
Miyasaka, Yutaka　Fuma, Hiroshi　Hamada, Junichi　Sako, Mineyuki

要旨

我々はプロダクション市場向けの高速デジタルカラーMFP（Multi Function Peripherals）として，bizhub PRO C6500を市場投入した。本製品では，高速，高画質，高耐久及び用紙対応性能向上を達成するために，現像プロセス技術と定着プロセス技術を新規開発した。

現像プロセス技術では，逆転現像の採用と，供給，回収機能を完全に分離した独自の攪拌構成を開発することで，高速化に対応し，小径キャリアの実用化による高画質化，現像駆動制御の見直しによる画質の高安定化，キャッチ極の廃止による現像駆動トルクの低減等による高耐久化を実現した。定着プロセス技術としては印刷用塗工紙を使いこなす上での課題であるペーパーブリスタとトナーブリスタを，加圧ローラの温度を冷却するための手段を採用することで対応するとともに，光沢段差についても前記冷却手段の採用により対応した。

Abstract

The bizhub PRO C6500 is a Konica Minolta's flagship digital color MFP for production printing. To achieve high speed, high print quality, high durability and improved paper applicability, these newly-developed process technologies were incorporated.

In the development process, a reverse rotation developing method and a unique mixing system with separate functions of supplying and recovering developer, were introduced to achieve a high speed process. Small diameter carrier was utilized to enhance image quality. Revised development drive control technology ensured stable image quality. Durability of the developer was increased via a reduction of developing drive torque by eliminating a magnetic catch pole.

In the fixing process, a cooling system for the pressure roller was employed to prevent paper blistering and toner blister that had been concerns in coated paper printing. A problem of stepped glossiness difference was also resolved via the cooling system.

＊コニカミノルタビジネステクノロジーズ㈱
機器開発本部　機器第１開発センター　第12開発部
＊＊コニカミノルタビジネステクノロジーズ㈱
機器開発本部　画像技術開発部

1　はじめに

近年，オフィス向け複合機・プリンタ市場においてはカラー化が浸透しつつあり，各社とも，より高速の製品を市場に投入してきている。プリント・オン・デマンド市場（以下POD市場と記す）におけるカラー電子写真機器の高速化の傾向はオフィス同様に進展しつつある。我々は2003年に51枚機であるコニカミノルタ8050（以下KM8050と記す）を市場投入することでカラーPOD市場に参入した。2005年にはその後継機であるbizhub PRO C500を市場投入し，2006年９月に65枚機であるbizhub PRO C6500（以下C6500と記す）を市場投入した。

カラーPOD市場から要求される項目として，高画質，高耐久が挙げられる。高画質に関しては出力物がお客様の売買の対象となるためであり，高耐久に関してはメンテナンスの回数を少なくすることで，製品のダウンタイムを少なくすることができ，結果として，出力物の生産性を高くすることができるためである。

また，用紙対応性能，特に印刷用塗工紙への対応が求められる。既存の印刷用塗工紙は，この領域で主たる技術であるオフセット印刷機で最良の結果が得られるよう設計されている。電子写真に適した特性を持たせた電子写真用塗工紙も開発・発売されているが，印刷用塗工紙に比べ高価格で，品種も限られている。既存の印刷用塗工紙を使いこなすことは，この領域で市場に受け入れられる上で欠かせない技術である。

C6500の電子写真プロセス技術の開発にあたっては，コンパクトな構成を維持するためにベースエンジンはbizhub PRO C500とし，高速化とカラーPOD市場から要求される高画質，高耐久，及び用紙対応性能向上を図るため，現像プロセスと定着プロセスについて新規技術を開発した。以下，その技術について紹介する。

2　bizhub PRO C6500のエンジン構成と電子写真プロセスの概略

C6500のエンジン構成は**Fig. 1**に見られるようにKM8050からのエンジン構成を踏襲した縦型タンデム方式[1)]を採用した。

作像プロセスを概説する。**Fig. 1**で，垂直方向に張架し

た中間転写ベルトの右側面に沿って，上からYellow，Magenta，Cyan，Blackの画像形成を行なうための感光体および電子写真作像デバイスが配置される。個々の感光体上で帯電・露光・現像プロセスを経て単色トナー像が形成され，一次転写工程で中間転写ベルト上に各色のトナー像が順次重ね合わされる。二次転写部で用紙上にベルト上のトナー像が一括転写され定着装置に至った後，定着装置から受ける熱と圧力によって用紙上にトナー像が溶融固定化することでカラー画像が得られる。また感光体上の一次転写残トナー及び中間転写ベルト上の二次転写残トナーはそれぞれクリーニング部で回収，清掃される。

①スキャナユニット
②露光ユニット
③感光体ドラム
④現像装置
⑤帯電ユニット
⑥感光体クリーニングユニット
⑦2次転写ローラー
⑧1次転写ローラー
⑨中間転写ベルト
⑩ベルトクリーニングユニット
⑪定着装置
⑫自動両面ユニット
⑬給紙トレイ
⑭手差しトレイ

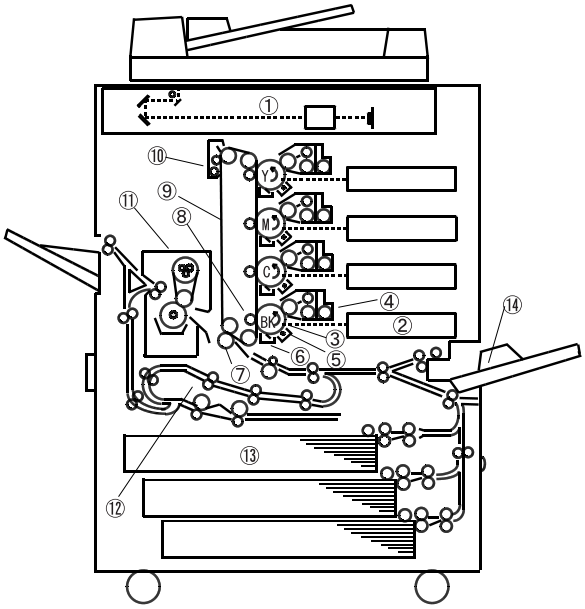


Fig.1 Process unit layout of bizhub PRO C6500

3 現像プロセス技術

3．1 現像装置の基本構成

C6500の現像装置の基本構成をFig. 2に示す。本装置は主に現像部，回収部，供給部，攪拌部から構成される。現像部は，高速化，高画質化を図るため，二成分逆転現像方式[2)]を採用した。回収部，供給部，攪拌部は，当社独自の新攪拌構成をとることで，高速化，高安定化，高耐久化を実現した。以下，課題別に採用技術を説明する。

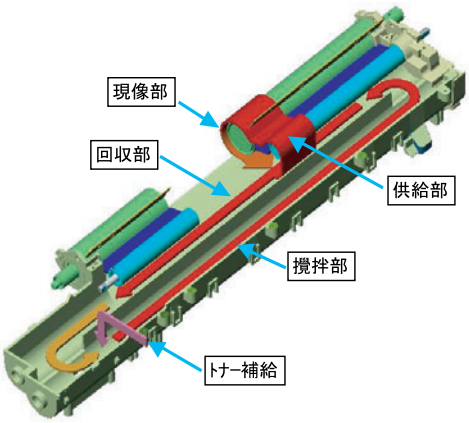
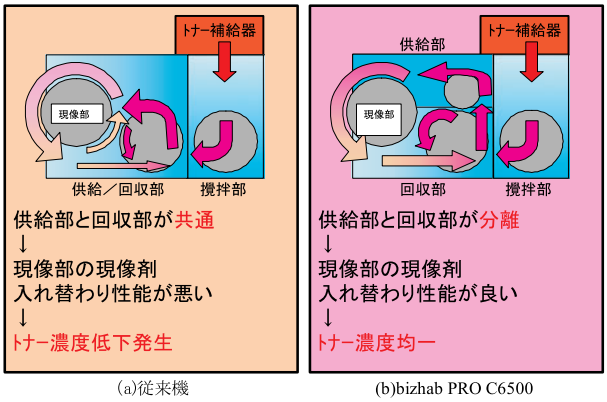


Fig.2 Perspective view of the development unit

3．2 高速化対応

高速化対応に当たって従来の二成分正転現像方式では後述する高耐久，高画質，高安定性のための小粒径キャリアの採用やキャリアコーティングの厚膜化によって現像性の不足や，背景部電位に対するかぶり/キャリア付着のOW（オペレーションウィンドウ）が確保できないといった課題が発生した。これらの課題を解決するために，C6500では現像部の回転方向が感光体ドラムの回転方向と逆方向に回転する逆転現像方式を採用し現像性の向上を図った。かぶり/キャリア付着のOWに対しては，磁気ブラシを感光体と軽接触する条件に設定すると共に，マグネットローラの現像磁極近辺の磁束密度分布設計を見直すことにより磁気吸引力を従来機の約2倍までアップさせることにより，従来機以上の性能を確保した。

高速化に伴い，Fig. 3(a)に示されるような，従来一般的に用いられている攪拌搬送構成では，現像部の回収/供給部と対向する領域での現像剤入れ替わり性能（現像部で現像に使用された現像剤を回収部に回収し，供給部から現像部に均一なトナー濃度の現像剤を供給する性能で，劣る場合，印字履歴が後続する画像に濃度むらとなって現れる）が大幅に低下する結果となったため，Fig. 3(b)に示される供給部と回収部を完全に機能分離させた構成とした。



(a)従来機　(b)bizhab PRO C6500

Fig.3 Difference of developer flow in between the development unit (a) conventional and (b) bizhub PRO C6500

詳細な断面図をFig. 4に示す。回収部上方位置に設置された供給部は，回収部の現像剤を搬送するための機能を有した現像剤搬送ローラが現像部から離れた位置に設置されていて，現像剤搬送ローラ回りを含んだ供給部の現像剤量が環境や現像剤履歴（耐久，休止等）によって大きく変動しないように供給部の各構成要素（現像剤搬送ローラ，現像剤搬送ガイド部材，供給部上ガイド部材等）で囲むように構成したことが特徴である。

上記で説明した攪拌構成とすることで高速化においても常に安定した現像剤入れ替わり性能を確保することができ，さらに現像部の磁極設計，攪拌部及び回収部の現像剤軸方向搬送性，供給部断面形状，トナー濃度制御等の最適化によってページ内の画像濃度均一性を確保することができた。

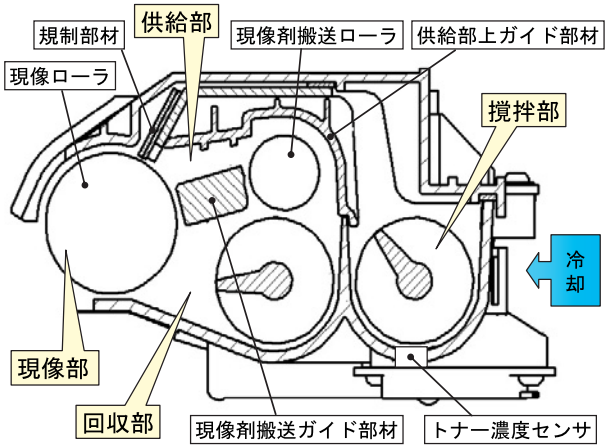


Fig.4 Cross section of the development unit

高速化でのもう一つの課題は，現像装置の高速駆動による現像剤温度上昇である。現像装置内の現像剤は規制，攪拌，搬送時に機械的ストレスを受けるが，現像剤の温度上昇が現像剤のストレスによる劣化を促進するため，一般に画像荒れ・トナー凝集・現像剤凝集といった問題が発生しやすくなる。これらの課題を解決するために，後述する現像装置自身の自己発熱温度の低減と現像装置自体を直接冷却する冷却構成の採用，さらに現像装置以外の発熱源（定着装置，給紙反転経路部）からの影響をできるだけ小さくするエアフロー設計を行うことで，最終的に従来機並の現像剤温度上昇に抑えることができた。

3．3　高画質化，高安定性化

C6500では逆転現像方式を採用したことで，従来の正転現像方式の課題であったハーフトーン画像内の高濃度ソリッド部周辺が白く抜けやすいといった問題（リードオフ）を改善した。またハーフトーンの粒状性，濃度の均一性といった画質を向上するために，C6500では小粒径化キャリアを採用し，前述したように現像磁極近傍の磁気吸引力を高めることで，小粒径キャリアの弱点であるキャリア付着を起こすことなく実用化することができた。

トナー消費，トナー補給の極端に少ないプリント動作が長い間続いた場合（低カバレッジ状態），ハーフトーンの粒状性，濃度の均一性といった画質の低下が一般的に発生しやすい。Fig. 5に示すように，従来機KM8050の現像駆動制御方法では，連続プリント時と間欠プリント時とで１プリント当たりの駆動時間に大きな差が生じていて，比較的に低カバレッジ状態となりやすい間欠プリント時やオプション動作時の画質安定性に影響を及ぼしていたが，C6500では間欠プリント時や多様なオプション動作時に対しても連続プリント時と同等の安定性を確保する現像駆動制御方法を採用した。また新しい現像駆動制御方法に対応したトナー補給制御方法に変更することで動作モードの影響を受けない安定したトナー濃度コントロールを確保した。

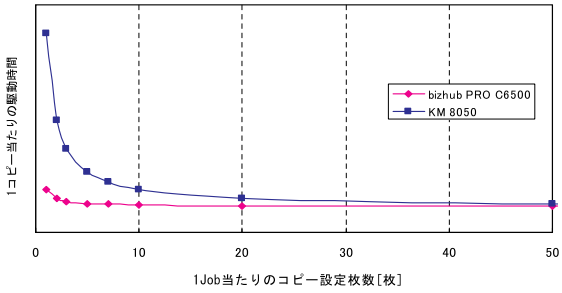


Fig.5 Driving time of the development unit per single print

Fig. 6に，各色の平均カバレッジが0.5%のA4原稿で，１ページプリントの間欠ジョブを計5000枚出力した時のモノクロハーフトーン画像を比較して示す。C6500は従来機KM8050に比べて低カバレッジ状態が続いた時のハーフトーン均一性がより安定している。

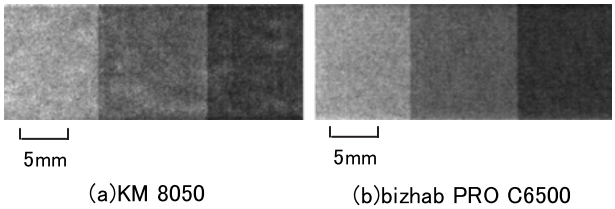


Fig.6 Photographs of gray scales printed by (a) KM 8050 and (b) bizhub PRO C6500 after a 5000- page low coverage print test

3．4　高耐久化

二成分現像装置において現像剤が最もストレスを受ける部分は，一般に現像部の現像ローラ上で，規制部材との対向部を含み，規制部材より現像ローラの回転方向上流側で，供給部から供給された現像剤を磁力で保持する規制部領域と考えられ，その規制部領域の磁場によって拘束される現像剤量が多いほど高いストレスが発生す

る。従来機では現像部に安定した現像剤を供給するために規制部材に対向する規制極より回転方向上流側にキャッチ極を設けており，そのキャッチ極と規制極のつくる磁場に拘束される現像剤量が多いことから現像部の駆動トルクが大きくなり，キャリアコーティング層の減耗が早く，かつキャリアへのトナースペントや外添剤移行が大きくなるといった課題があった。

C6500ではコーティング層を厚膜化したキャリアを採用し，現像装置側からも現像剤へのストレスを低減する対策を実施した。前述したように現像部への現像剤供給は機能分離された供給部の設置により安定した現像剤供給が可能となり，上記キャッチ極を廃止してそのキャッチ極の代替え機能となる現像剤搬送ガイド部材を，現像ローラと現像剤搬送ローラ間に適正な位置関係と形状で設置した。その結果，現像部への安定した現像剤供給を維持した状態で現像部の駆動トルクはキャッチ極がある場合に比べて約37%低減，現像装置全体の駆動トルクとしても約15%低減した。これによりキャリアコーティング層の膜厚減耗速度をKM8050に比べて約33%低減することができた。また上記現像トルクの低減により現像装置自身の自己発熱温度も約３℃低減することができトナースペントや外添剤移行も抑制することができた。

現像剤の耐久限界を決める上で重要な判断基準となるトナー飛散性能や堆積トナー落下による画像汚れに対しては，飛散ダクト構成および吸引量の見直しや飛散トナー回収部の回収能力アップ（約８倍）等によるシステム全体の性能を大幅に改良することで信頼性を向上させた。

以上の対策により，C6500は，KM8050に比べて２倍の現像剤耐久性を確保することができた。

4　定着プロセス技術

4．1　定着装置構成

Fig. 7 にC6500に搭載した定着装置の概略断面図を示す。基本的な構成は，オフィス市場で実績のあるコニカミノルタカラー複合機と同じであり，これを高速対応させるとともに，印刷用塗工紙対応性能を向上させる改良を加えた。

定着ベルトは，基体・弾性層・高離型表層からなる３層構造としている。ハロゲンヒータを内蔵した加熱ローラと，ゴム層を形成した定着ローラに定着ベルトを掛け回し，圧着解除可能な加圧ローラとの間に定着ニップを形成している。

4．2　ペーパーブリスタとトナーブリスタ

定着に関する特性として，オフィスなど電子写真方式で従来用いられてきた非塗工紙と，印刷用塗工紙で最も大きな差は，塗工層の有無による通気性の大小である。

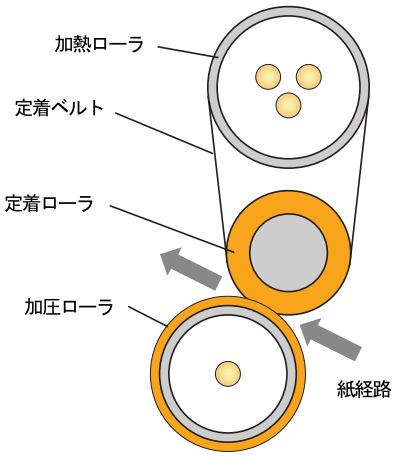


Fig.7 Fixing unit of bizhub PRO C6500

塗工紙は，基材となる原紙の両側もしくは片側に顔料と接着剤からなる塗工層を形成し，高い平滑性を得ている。非塗工紙と比べるとより高光沢の紙が主だが，意図的に平滑性を下げて低光沢としたマット紙もある。

原紙の繊維には重量比で数%の水分が吸着しており，定着装置で加熱されることにより気化する。定着ニップで発生した塗工紙原紙内の水蒸気は，原紙内に充満した後，定着ニップを出て圧力が下がると，原紙と塗工層の接着を剥がしながら，塗工層を押し上げる。塗工層は水ぶくれ状に膨らみ，**Fig. 8** に示すような「ペーパーブリスタ」と呼ばれる現象を起こす。

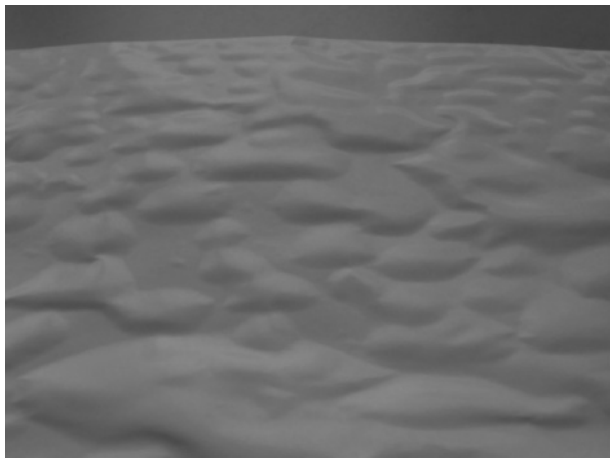


Fig.8 Paper blister

非塗工紙は，繊維の間の隙間から水蒸気が逃げるが，印刷用塗工紙では，塗工層が原紙で発生した水蒸気の逃げ道を塞いでしまう。電子写真用塗工紙は，塗工層の透気度を高くして，水蒸気を逃がしている。

Fig. 9 は，ベタ画像部顕微鏡写真で，トナー層中の気泡を示している。この写真では，反射光を除去しているためトナー層表面状態がわからなくなっているが，気泡がある位置の表面は，気泡によって盛り上がっており，気泡が破裂してできた窪みとともに，トナー表面に凹凸を

作っている。光沢のないざらざらした画像になり，これを「トナーブリスタ」と呼んでいる。

これは，塗工層や未定着トナー中の水分，未定着トナー層中の空気が，トナーの溶融に伴いトナー層中で気泡を形成したものと考えられる。この気泡が塗工層と定着ベルトに閉じこめられ，定着ニップを出た後，トナー層表面を持ち上げたり，破裂したりする。

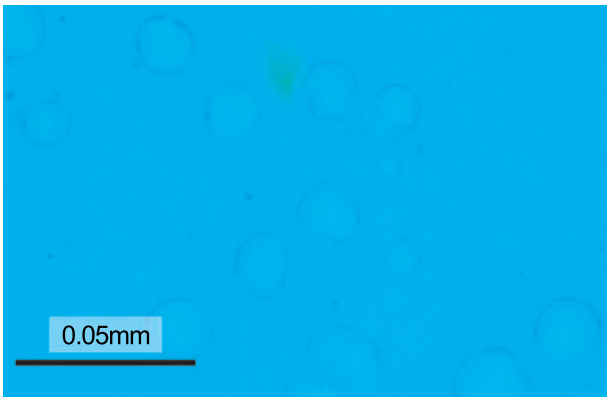


Fig.9 Toner blister

4．3　ペーパーブリスタの抑制

Fig.10は，ペーパーブリスタの定着ベルト温度・加圧ローラ温度依存性を示す。定着ベルト・加圧ローラいずれの温度にも依存していることがわかる。

一般に定着強度や光沢度は，画像面側部材（この場合定着ベルト）の温度に大きく依存する。このことから，定着ベルト温度を高めに設定し，かわりに加圧ローラ温度を低くすることで，定着強度や高光沢を保ちながら，ペーパーブリスタを防止できることがわかる。

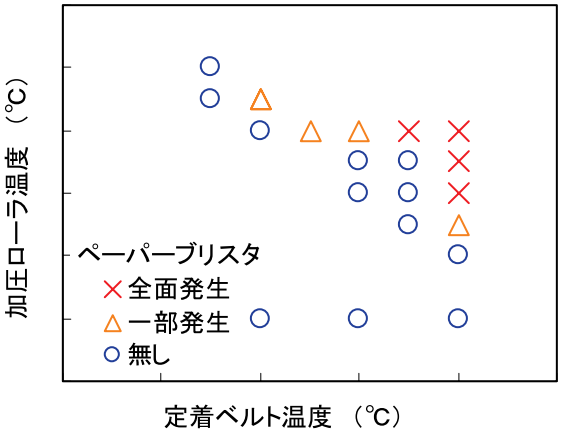


Fig.10 Dependence of paper blister on temperature of the fixing belt and the pressure roller (85g/m² coated paper)

4．4　トナーブリスタの抑制

Fig.11に，印刷用塗工紙における定着ベルト温度と加圧ローラ温度に対するコールドオフセットとトナーブリスタの発生有無の関係を示す。図の右上の領域でトナーブリスタが発生し，左下の領域でコールドオフセットが発生した。

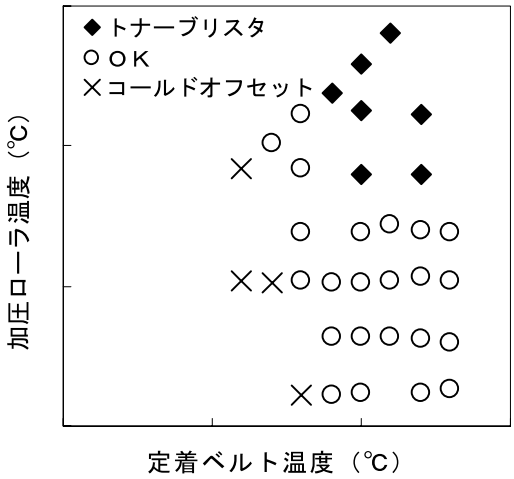


Fig.11 Dependence of toner blister and cold offset defect on temperature of the fixing belt and the pressure roller (127g/m² coated paper)

紙種や紙斤量によって，温度の値そのものは異なるが，コールドオフセットやトナーブリスタの発生有無とベルト温度/加圧ローラ温度への依存性は同様の傾向を示した。

加圧ローラ温度を低く保てば，トナーブリスタを抑制できることがわかる。

4．5　光沢段差

Fig.12は，A3紙連続通紙を，加圧ローラ温度が定着ベルトより約10℃低い温度で開始したときの定着ニップ前の定着ベルト温度推移を示す。

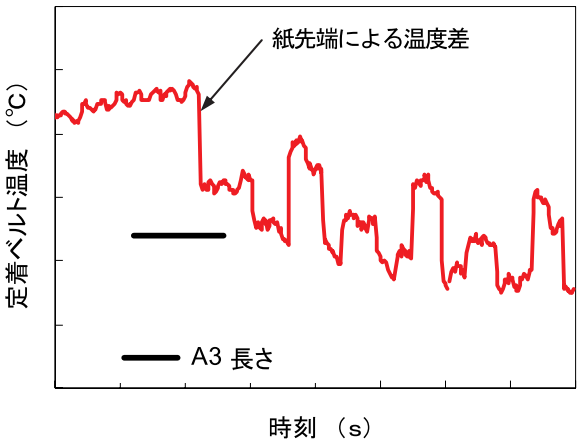


Fig.12 Time dependence of the fixing belt temperature at the position　just before the fixing nip during an A3 size multiple prints test(128g/m² paper)

時間軸は定着ベルトの移動距離に相当し，定着ベルトを展開したときの温度分布とみなすと，太い横線は通紙された１枚めが接触する位置を示す。定着ニップを出た後，１枚めの紙先端が接触したベルト位置では，その前方のベルトが加圧ローラと接触した領域と，後方の紙と接触した領域の間で温度差が生じた。その温度差は加熱ローラとの接触によって完全には解消せず，１回転して定着ニップに戻ってくる。その位置はA3サイズで，先端から2/3ほどにあたり，ベタ画像があると「光沢段差」として認められた。

Fig.13は，現在上市されている代表的な電子写真カラー出力装置の定着システムにおけるベルト温度もしくはローラ温度と光沢度の関係を示す。

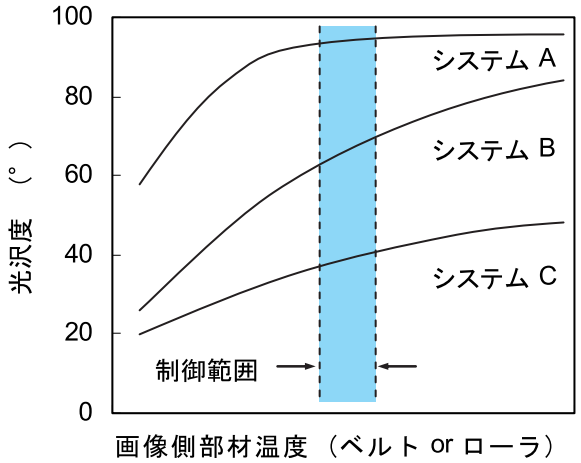


Fig.13 Dependence of glossiness on temperature of fixing devices; comparison among differently targeted systems of EP color systems A (photo-like gloss), B (offset-like gloss) and C (office quality)

写真に近い高光沢出力のシステムＡ，オフィス文書に近い比較的低光沢なシステムＣに対し，塗工紙光沢に近いオフセットライクな出力を得ようとすると，システムＢのように光沢の温度依存性が大きくなる。本機はシステムＢに相当する出力特性であり，制御温度前後で温度が変化したときの光沢度変化は，システムＡ，Ｃに比べるとより大きい。(図中のハッチング)

光沢段差の原因は，紙温度と加圧ローラの温度差であり，加圧ローラ温度を低く，すなわち紙との温度差を小さくすれば，抑制できる。

４．６　外部加圧ローラ温度上昇

ペーパーブリスタ・トナーブリスタ・光沢段差いずれも，防止・抑制するには，加圧ローラ温度を低く保つことが有効である。連続通紙時にはベルトと加圧ローラが，紙と紙の間で接触するため，加圧ローラが設定温度を超えて，さらに上昇することがある。

加圧ローラの熱の出入りは，定着ベルトとの接触による加熱と，紙との接触による冷却の差分で決まる。すなわち，加圧ローラ飽和温度は，紙間比率（連続通紙時に，定着ニップ内に紙がない時間の割合。仮にロール紙を通せば０，通紙しないで圧着回転させれば１）と紙の斤量に依存する。

Fig.14は，定着ベルト温度を所定の値に制御したときの紙間比率と，加圧ローラ飽和温度とベルト制御温度の差の関係を示す。**Fig.14**は，通紙せずに圧着させたまま回転させれば，約20℃差まで温度上昇することを示している。連続通紙時の紙間比率は通常0.2～0.25であり，低斤量紙でも70℃差程度までの温度上昇であった。

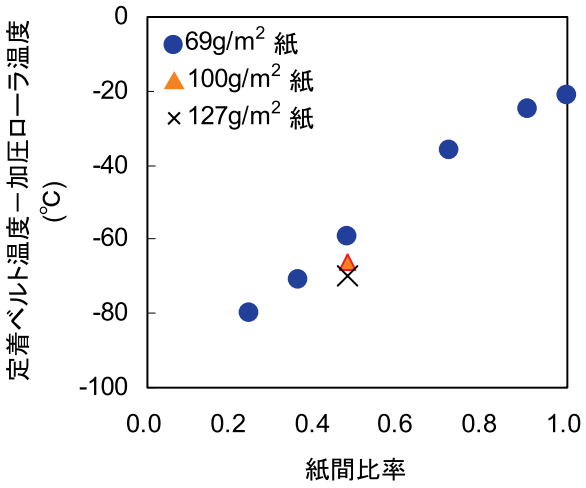


Fig.14 Dependence of saturated temperature of pressure roller on paper interval ratio during continuous paper feeding test

製本などの後処理工程選択時や，小サイズ紙使用時には，もっと紙間比率が高くなる場合があり，加圧ローラ飽和温度はさらに高くなった。

４．７　外部加圧ローラ冷却

加圧ローラを所定の温度に保つため，加圧ローラにハロゲンランプヒータを内蔵するとともに，機外から取り込んだ空気を芯金内部に通して冷却を行っている。**Fig.15**に冷却機構の概略を示す。

機械前扉のルーバー付き開口から，機外の空気を取り込み，定着駆動系を迂回して，ローラ一端の芯金開口部から芯金内部に吹き込み，芯金から熱を奪った空気を排出用ダクトを介して，機外に排出している。外気吸入用ファンは定着ユニットに搭載し，排出は本体排気ファンと共用している。外気吸入用ファンは，加圧ローラ温度を検知して制御している。

本機構の採用により，連続通紙時の加圧ローラ温度上昇を抑制し，紙間比率の高いモードにおいてもブリスタや光沢段差を改善することができた。

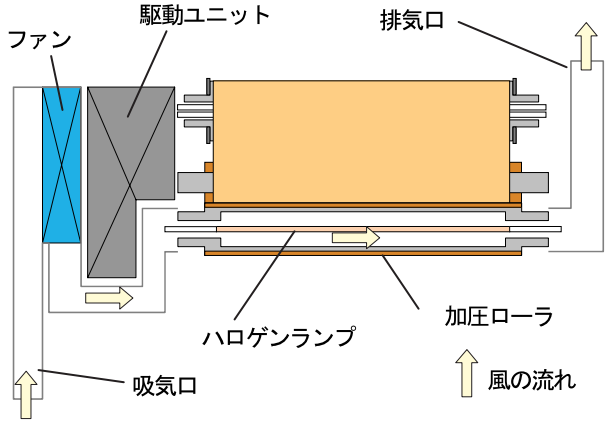


Fig.15 Cooling system of the fixing unit

5 まとめ

現像プロセス技術では，逆転現像の採用と，供給，回収機能を完全に分離した独自の攪拌構成を開発することで，高速化に対応し，小径キャリアの実用化による高画質化，現像駆動制御の見直しによる画質の高安定化，キャッチ極の廃止による現像駆動トルクの低減等による高耐久化を実現した。定着プロセス技術としては印刷用塗工紙を使いこなす上での課題であるペーパーブリスタとトナーブリスタを，加圧ローラを冷却する手段を採用することで対応するとともに，光沢段差についても前記冷却手段の採用により対応した。

これらの電子写真プロセスの新規開発技術の搭載を通じて，bizhub PRO C6500を市場投入することができた。

今後のカラーPOD市場においては，さらなる高速高画質化，用紙対応性能の向上が求められるが，今後ともお客様に喜ばれる技術の開発に取り組んで行きたいと考える。

6 謝辞

bizhub PRO C6500の電子写真プロセスは上述した技術のみならず，多くの関係者の数々のアイデアの実現によって成り立っていると考えております。

これまで本装置の電子写真プロセスの構築に携わってこられた機器開発本部の方々，化成品事業本部の方々，品質保証統括部の方々，生産本部の方々に，この場をお借りして深く感謝致します。

● **参考文献**

1）片柳秀敏，宮坂裕，西田聡，三保広晃，KONICA MINOLTA Tech. Rep., Vol. **1**，p65,（2004）
2）伊藤昇，井口善之，服部好弘，高井隆幸，KONICA MINOLTA Tech. Rep., Vol. **2**，p59,（2005）