4回転方式小型カラーレーザープリンターにおけるオゾンレス印写プロセスの開発

Development of Ozone-less Imaging Process for 4 Cycle A4 Size Color Laser Printer

島田　昭*　　若松　和博**
Akira SHIMADA　　Kazuhiro WAKAMATSU

要　　旨

近年，オフィスでのカラー環境進展に伴い，カラーレーザープリンターの市場は急速に拡大し，さらなる小型・低価格化，高速化，メンテナンスフリー化，環境に対する配慮などへのニーズが高まっている．これらの要求に応えるために，新しいオゾンレス印写プロセス技術を開発して，フルカラー印刷速度が8頁/分，モノクロ印刷速度が31頁/分の高速印刷が可能で，かつ環境に優しい電子写真を用いた4回転方式の小型カラーレーザープリンターを製品化した．開発したオゾンレス印写プロセスの主要技術は，次の通りである．

(1) 均一帯電を可能とする帯電ブラシと除電ローラを組み合わせたDual Charger方式

(2) 用紙の曲げ剛性により中間転写ベルトから多種用紙を確実に剥離させる中間転写方式

(3) トナーの離型性に優れた中間転写ベルトの表面コート層

ABSTRACT

The market of the color laser printer is expanding rapidly due to progressing usage of color documents in the office. Recently, needs for further small size, low price, speed-up, and maintenance-free printer have been risen each year. In order to satisfy these demands, a new ozone-less printing process is developed for the four-cycle A4 size color laser printer which uses electrophotography method. This printer is able to print a full-color image at a speed of 8 pages per minutes and a black and white image at a speed of 31 pages per minute. One of the main features of this printer is user and environment friendliness. There are three main technologies for developing the ozone-less process.

(1) Dual Charger method, a combination of a charging brush and a discharging roller, has been adopted for uniform charging.

(2) Intermediate transfer method, obtaining peeling force from bend rigidity of the paper itself, has been used to surely peel off most kinds of paper at the transfer region.

(3) Surface coat layer on the intermediate transfer belt, that has an excellent toner transfer efficiency, has been developed.

* リコープリンティングシステムズ（株） 開発センター
Reserach and Development Center, Ricoh Printing Systems, Ltd.
** リコープリンティングシステムズ（株） 第二開発設計本部
Design and Development Division II , Ricoh Printing Systems, Ltd.

1. 背景と目的

近年，オフィスでのカラー環境の進展に伴い，カラーレーザープリンターの市場は急速に拡大している．従来から当社で製品化してきた4回転方式のA4小型カラーレーザープリンタ「IPSiO 2000」「IPSiO 2200」は，Fig.1に示すような構成で，①有機感光体（OPC）ベルトを中間転写ドラムに接触させ，従動で中間転写ドラムを回転させる簡単な構成で高精度な色重ねを実現していること，②当社独自の非磁性一成分逆転現像方式を用い，小型・低価格，多種用紙対応，消耗品交換の容易性を実現したことに特徴がある[1), 2), 3), 4)]．今回，この特徴に加え，さらなる小型・低価格化，高速化，メンテナンスフリー化，環境に対する配慮などのユーザーの要求に応える新しい機種「CX-2500」を開発した．「CX-2500」の構成をFig.2に，主な仕様を従来機種と比較してTable 1に示す．

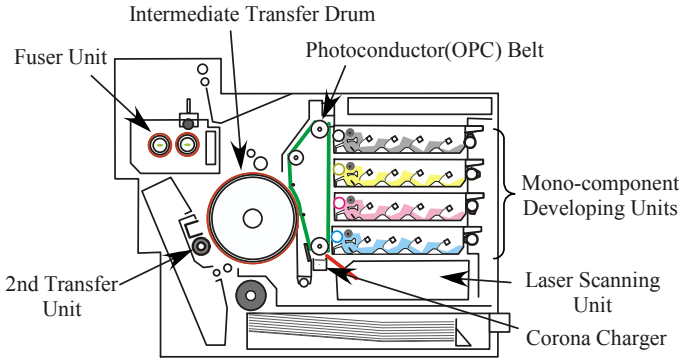


Fig.1 Basic structure of A4 size color laser printers of IPSiO 2000 and IPSiO 2200.

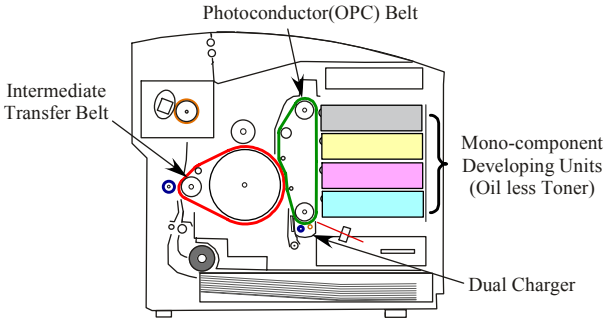


Fig.2 Basic structure of newly developed A4 size color laser printer CX-2500.

Table 1 Specifications of A4 size color laser printers.

Items		IPSiO 2000	IPSiO 2200	CX-2500 (Newly Developed)
Exposure		Diode Laser		
Development		Non-magnetic Mono-component Developing(Contact Method)		
Intermediate		Drum		Belt
Fusing		Heat Roll(Oil Coated)		Belt(Oil less)
Print Speed	Monochrome	16PPM	24PPM	31PPM
	Full Color	4PPM	6PPM	8PPM
Process Speed		100mm/s	150mm/s	200mm/s
Print Density		600dpi		
Paper Size		A4,letter～	A4,letter～	A4,letter～
Machine Size (D×W×H)		500×490×388(mm)	520×500×410(mm)	420×480×385(mm)

*PPM:pages per mimute

「CX-2500」では，特に環境に優しいオゾンレスを実現するために，①均一帯電を可能とする帯電ブラシと除電ローラを組み合わせたDual Charger方式，②用紙の曲げ剛性により中間転写ベルトから多種用紙を確実に剥離させる曲率剥離方式，③トナーの離型性に優れた中間転写ベルトの表面コート層を開発した．

2. 技術

当社の4回転方式A4小型カラーレーザープリンタで，オゾンの排出がないオゾンレス印写プロセスを実現させるためには，次のような技術課題があった．

(1) 継ぎ目のある感光体ベルトに適した接触帯電方式：従来，感光体ベルトの帯電工程は，非接触方式であるコロナ放電方式を用いていた．オゾンレスを達成させるためには，継ぎ目のある感光体ベルトに適した接触帯電方式の開発が必要であった．

(2) 用紙の曲率剥離：オゾンレスを実現させるためには，帯電工程のほか，もう一つのオゾン発生源である用紙剥離用のAC除電器を省く必要がある．用紙の剛性だけで用紙を中間転写体から剥離させるためには，剥離部の曲率を大きくする必要がある．従来からの機種の特徴であった中間転写従動方式を活かし，かつこの曲率剥離を実現させるためには，中間転写体をFig.2のように大径ローラ（直径104mm）と小径ローラ（直径30mm）に中間転写ベルトを巻き付けた構成でベルトを搬送させる方式の開発が必要であった．この方式にお

ける最も重要な課題は，この様な構成で中間転写ベルトをいかに安定に搬送させるかであった．

(3) トナーの剥離性に優れた表面コート層：カラーレーザープリンタの場合，複数色のトナー層が重なり合うため，上記(2)を実現し，さらに転写のマージンをあげるためには，トナーの中間転写ベルトからの剥離性を高めることが必要である．そのためには，耐久性，抵抗値，離型性の優れた表面コート層の開発が必要であった．

3. Dual Charger

3-1 感光体ベルトにおける接触帯電の課題

帯電工程でオゾンレスを実現するためには，従来から用いていたコロナ帯電をオゾンの発生の無い接触帯電方式に置き換える必要がある．接触帯電には，一般的にDCまたはDCにACを重畳させた電圧を帯電ローラに印加して感光体を帯電させる帯電ローラが用いられる[5]．ところが，継ぎ目のある感光体ベルトにこの帯電ローラ方式を用いると，継ぎ目部分に残ったトナーが帯電ローラを汚して，帯電むらを発生させる．この問題を解決する一つの方法として，帯電ローラを帯電ブラシに置き換えることが考えられる．しかし，帯電ブラシを用いた接触帯電の場合，特に10℃，20%RHのような低湿環境下で，Fig.3のようにハーフトーン画像に白点が発生することや帯電ブラシの刷毛目による帯電むらが発生するなどの問題があった．

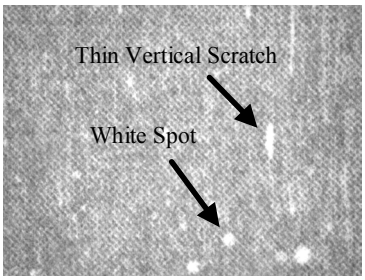


Fig.3 Printout images of half tone pattern with brush charger under the ambient condition of 10℃, 20%RH.

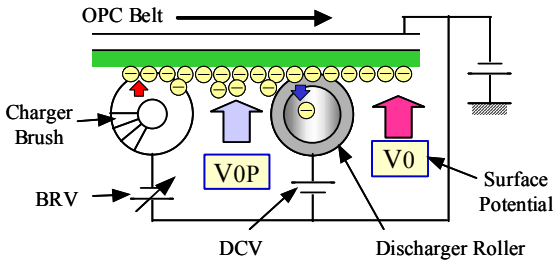


Fig.4 Structure of dual charger method.

これら問題の解決策として，Fig.4のような帯電ブラシと除電ローラを組み合わせたDual Charger方式を開発した．ここでは，接触帯電における異常帯電現象の解析とDual Charger方式の原理について検討する．

3-2 接触帯電における異常帯電現象の解析

接触帯電における異常帯電現象を解析するためには，接触帯電部材の電気抵抗と電荷移動，放電による電荷移動，さらに感光体の移動に伴う空隙の変化を考慮する必要がある[6),7)]．ここでは，接触帯電の過程をFig.5のようなモデルを考え，次のような手順で数値解析を行った．

(a) 電位分布計算

微小領域において，電位分布を求める．この場合，各部の電位は，接触帯電部材，空隙，感光体を1次元に配列した回路モデルで計算する．

(b) 各層界面間の電荷移動計算

各接点間の電位差と電気抵抗から電荷移動量を求め，各接点の電位を補正する．

(c) 空隙部の放電による電荷移動計算

上記(a)で求めた電位分布に対して，空隙の電位差V_gがPaschenの放電則に従う以下の式から計算される電位差以上になった場合，規定の電位以下となるように感光体と接触帯電部材の表面に正負の電荷を与える[6)]．

V_g=312+6.2×Z　Z:空隙層厚さ[μm]，但しZ>8μm

(d) 移動処理

上記(a)～(c)をプロセス速度と各接点間の距離によって決まる規定の時間繰り返し計算した後，各接点の電荷を回転方向下流側に移動させる．

最上流にある接点が最下流に到達するまで上記(a)～(d)を繰り返し計算し，各接点の電位と電荷密度を得る．

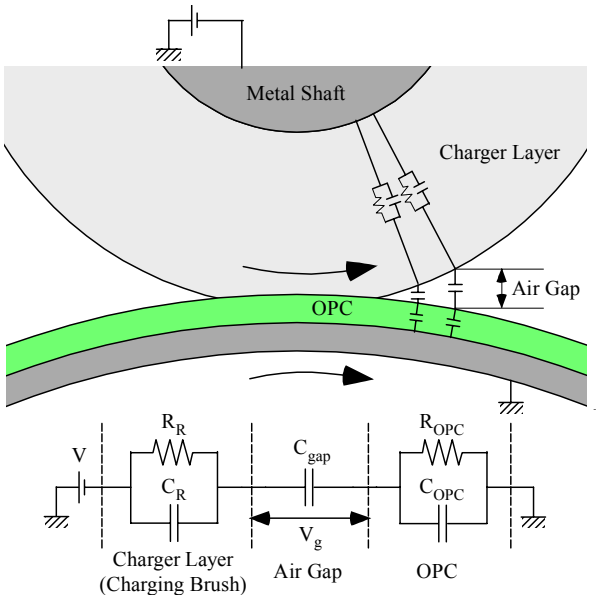


Fig.5　Calculation model for contact charging.

Fig.6に，接触帯電部材の体積抵抗と帯電電位の関係についての計算した結果と実験結果を示す．計算結果では感光体の表面電位は，接触帯電部材の体積抵抗が$1\times10^6\,\Omega$cm以下では一定の値を示すが，抵抗が高くなるにつれて電位は上昇する．この電位上昇は，$5\times10^7\,\Omega$cm付近にピークがあり，さらに高抵抗になると，電位は急激に低下する．この電位上昇は，実際の実験結果でもその傾向が現れている．但し，この電位が上昇する領域の帯電電位は，不安定であった．

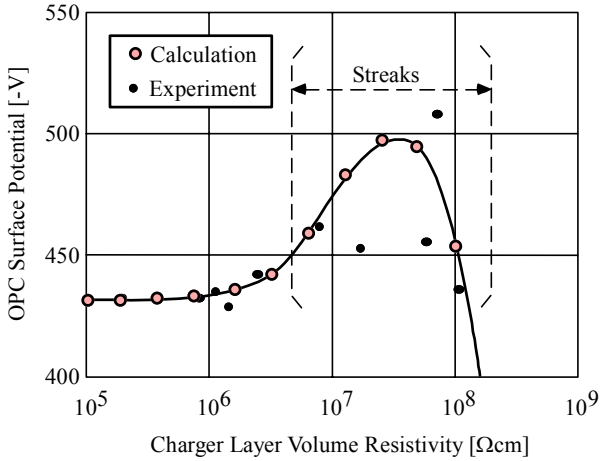


Fig.6　Surface potential vs. elastic layer volume resistance (V=-1000[V]).

また，Fig.6中でStreaksと記載した領域は，この帯電電位が上昇し不安定な領域に対応し，実画像ではFig.3のような放電むらによる異常画像が発生した領域である．

そこで，接触帯電部材の体積抵抗が$1\times10^6\,\Omega$cmの場合と$5\times10^7\,\Omega$cmの場合において，感光体（OPC）との接触近傍で帯電部の電位，空隙間電位差，表面電荷密度分布がどのように変化するかを解析した．その結果をFig.7に示す．Fig.7の上段は，接触帯電部材の表面とOPC表面の電位の変化である．Fig.7の中段は，接触帯電部材の表面とOPC表面の空隙間の電位差で，この電位差が図中のPaschenカーブ以上になったところで放電が発生し，電荷の授受がなされる．Fig.7の下段は，その結果として得られる接触帯電部材の表面およびOPC表面の電荷密度である．

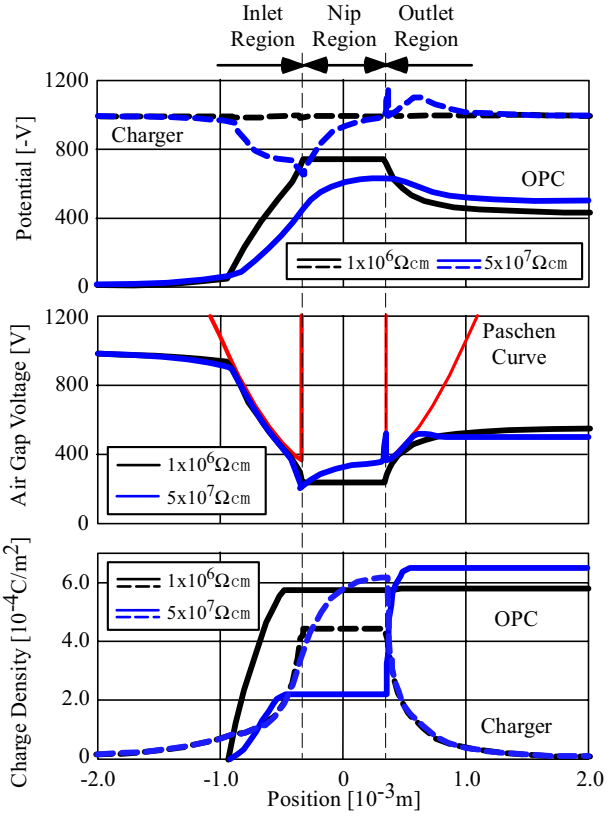


Fig.7　Distribution of Potential, air gap voltage and surface charge density (V=-1000[V]).

Fig.7の中段および下段の結果から，接触帯電部材の体積抵抗が低い場合は，ニップの入口部で発生する放電で感光体への電荷移動が完了し，ニップ出口では放電が殆ど発生しないことがわかる．これに対して，接触帯電部材の体積抵抗が高い場合は，接触帯電部材の抵抗が高いためにニップの入口部で十分に電荷がOPC側に供給できなく，その不足分を補うためにニップ出口部で放電が発生し，急激な電荷の授受が起こっている．このことは，接触帯電部材の体積抵抗が高い場合，ニップ出口部分で起こる急激な放電が，異常帯電の原因になっていることを意味している．これが，帯電ブラシ方式において，低湿環境下などで発生する帯電むらの発生メカニズムである．

3-3　Dual Charger方式の帯電メカニズム

ここで，Dual Charger方式の帯電メカニズムについて検討する．Fig.8は，除電ローラに印加する電圧（DCV）をパラメータとして，Dual Charger方式における帯電ブラシの印加電圧（BRV）と感光体の表面電位の関係を調べた結果である．この結果から，感光体の表面電位は帯電ブラシに印加した電圧に従って上昇するが，除電ローラ後の表面電位は除電ローラに印加する電圧でほぼ一定にできることがわかる．この現象を模式的にFig.9に示す[6]．Dual Charger方式は，帯電ブラシによって発生する異常帯電や刷毛目による表面電位のむらもこの除電工程により除去でき，感光体上の帯電を均一化することができる．その結果，Dual Charger方式は，低湿環境下でも帯電むらがなく，良好な画像が得られる．

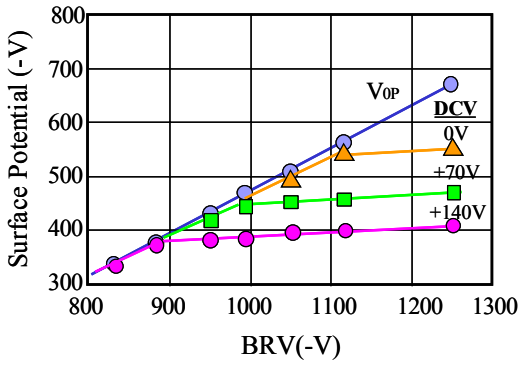


Fig.8　Relationship between BRV and surface potential.

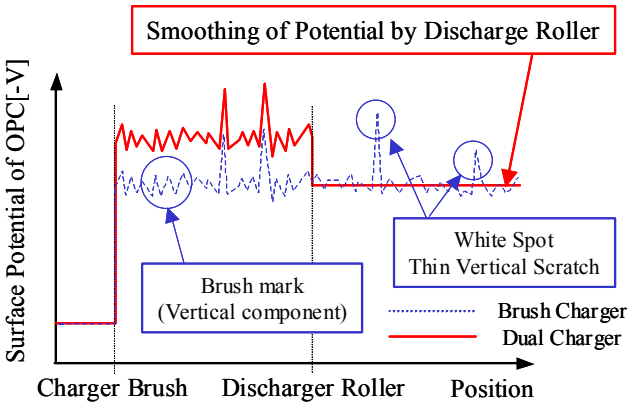


Fig.9　Surface potential in dual charger process.

4. 中間転写ベルトの従動搬送

本開発機のように中間転写ベルトを大径ローラと小径ローラに巻き付けた構成で，中間転写ベルトを感光体ベルトで安定に従動搬送させるためには，①中間転写ベルトが受ける負荷変動に対して十分な駆動力を確保すること，②中間転写ベルトを長寿命で安定に搬送するための張架力の設定が課題となる[8]．

4-1　中間転写ベルトの駆動力

開発機の感光体ベルトユニットおよび中間転写ベルトユニットの構成をFig.10に示す．感光体ベルトは2本の張架ローラと1本の駆動ローラ，さらに2本の中間転写体との接触を補助するローラの間に張架され，下側に設けた駆動ローラで駆動される．中間転写ベルトは，大径ローラ，小径ローラ，テンションローラで張架され，感光体ベルトと接触するニップ部で発生する静電気力と機械的な摩擦力によって駆動される．中間転写ベルトの搬送は，Fig.10に示すようにクリーニングローラの接触，第2転写ローラの接触，大径ローラの駆動等の負荷を受ける．中間転写ベルトを安定に搬送させるためには，これら負荷の変動に対して駆動力を十分に大きく設定することが必要である．

駆動力と負荷の比を変えて，中間転写ベルトのスリップ率（感光体と中間転写ベルトの速度差の比）を調べた結果をFig.11に示す．

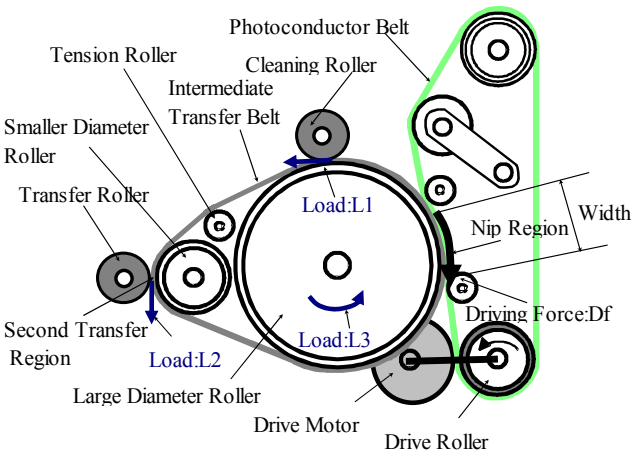


Fig.10 Schematic diagram of belt units.

Fig.11の結果から，駆動力と負荷の比を6以下にすると急激に中間転写ベルトのスリップ率が増えることがわかる．このスリップ率が増える現象は，中間転写ベルトの速度が負荷の変動を受けやすくなっていることを意味している．本方式の場合，スリップ率が一定ならば中間転写ベルトの速度は変動しないため，速度変動による色重ね時の色ずれは発生しない．本検討から，本開発機の条件では駆動力と負荷の比を7以上に設定することにより，スリップ率を本方式の安定点である0.01%付近にすることができ，中間転写ベルトを安定した速度で従動搬送できることがわかった．

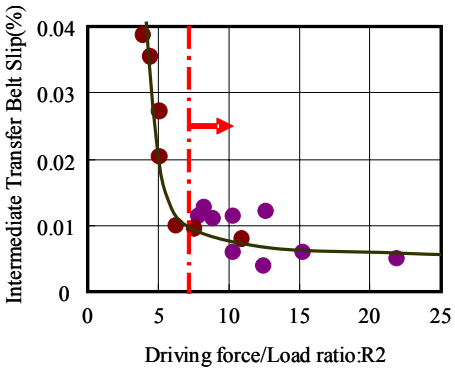


Fig.11 Relationship between driving force/load ratio and slip.

次に，中間転写ベルトの駆動力について検討する．前述したように，本方式では，感光体ベルトと中間転写ベルトが接触するニップ部で発生する静電気力（約60%）と機械的な摩擦力（約40%）によって，中間転写ベルトの駆動力が決まる[8]．Fig.12は，ニップ幅と駆動力の関係を調べた結果である．本実験は，約50Nで張架した感光体ベルトユニットを中間転写ベルトに押し付け，ニップ幅を変化させて測定した．また，感光体ベルトには，－400Vの転写バイアス電圧を印加し，中間転写ベルトのローラ類はすべてアース電位とした．Fig.12の結果から，ニップ幅を20mm以上にすれば，安定した速度で従動搬送できる8N以上の駆動力が得られることがわかった．

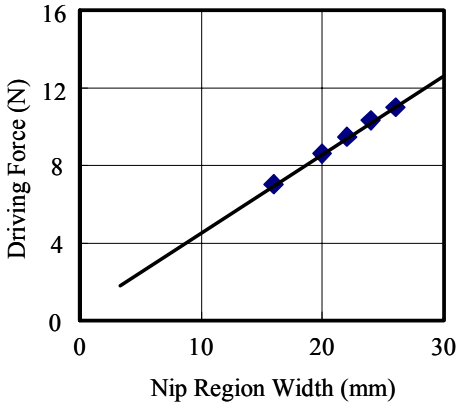


Fig.12 Relationship between nip region width and driving force.

4-2 中間転写ベルトの張架力

中間転写ベルトの安定な搬送と寿命を両立させるためには，中間転写ベルトの張架力の設定が重要なポイントになる．張架力が弱いとベルトのバタツキが発生して搬送が不安定になる．一方，張架力を強くすると，ベルトの寄り力が強くなり，ベルト端部でのクラックが発生しやすくなり，中間転写ベルトの寿命を短くする．

Fig.13は，中間転写ベルトの張架力を変えて，ベルトの寿命を調べた結果である．この結果から，結果のバラツキはあるが，中間転写ベルトの張架力を上げると確実にベルトの寿命は短くなることがわかる．中間転写ベルトの寿命として1000k回転以上を確保する場合，中間転写ベルトの張架力を27N以下にしなければならないことがわかった．

中間転写ベルトは，一般的には複数本の小径ローラで張架して用いられる．このような構成で，ベルトを安定に搬送させるためには，比較的大きな張架力が必要である．ところが，本方式のように大径ローラと小径ローラとの間に中間転写ベルトを張架させ，感光体ベルトで従動搬送させる場合，大きな張架力は必要としない．この点で，本方式は中間転写

ベルトの長寿命化に有利である．

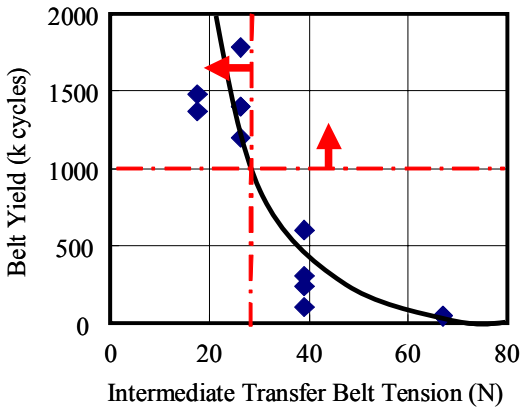


Fig.13 Relationship between belt tension and belt yield.

5. 中間転写ベルトの表面コート層

中間転写ベルトのトナーに対する離型性の向上は，装置構成の簡易化，高効率の転写による高画質化を実現させるために，重要である．中間転写ドラムを用いた当社の従来機種では，アルミ製のドラムの上に巻き付けたNBRゴムの表面を独自のフッ素樹脂でコートして，90%以上の転写効率を確保していた[1), 3)]．オイルレル定着対応のワックスを含有させたトナーを用いる本開発機においても，高画質を得るために従来機種と同様に，第2転写の転写効率は90%以上を確保する必要があった．そこで，本開発機に用いるポリカーボネート製の中間転写ベルトに適した表面コート層を開発することにした．

中間転写ベルトの表面コート層としては，耐久性，抵抗値，離型性が重要な因子となる．塗膜ベースの樹脂は，①基材との密着性が良いこと，②塗膜柔軟性が良いこと，③抵抗値が環境によって変わらないことが要求される．このことを考慮し，①SP値（溶解度パラメータ）が基材のポリカーボネートの値に近いこと，②曲げ弾性率が基材のポリカーボネートの値より小さいこと，③吸湿性がないことを条件に各種樹脂を検討して，ビニル樹脂を選定した[9)]．抵抗調整剤としては，樹脂への溶解性，導電安定性を考慮して，有機リン系抵抗調整剤を選んだ．

中間転写ベルトの表面に開発した有機リン系抵抗調整剤を混ぜたビニル樹脂を塗布して転写特性を調べた．その結果をFig.14に示す．この結果から，何もコートしない転写ベルトの転写効率が最大で80%前後であるに対して，有機リン系抵抗調整剤を混ぜたビニル樹脂をベルト表面に塗布したものは最大で85%の転写効率が得られた．しかし，この転写効率は，90%以上の目標値に対してまだ十分なものではなかった．

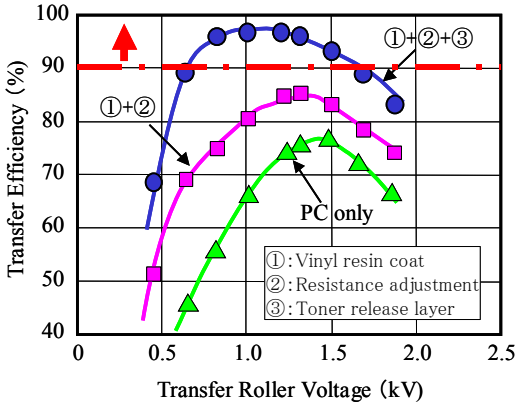


Fig.14 Transfer efficiency vs. transfer roller voltage.

さらにトナーの転写性を高めるために，Fig.15のようにシリカ粒子を散布したトナー剥離層を設けることにした．その結果，転写効率はFig.14に示すように最大で95%を越え，さらに転写効率90%の高い領域を大幅に広げられることがわかった．以上の検討から最終的に，中間転写ベルトの表面層として，有機リン系抵抗調整剤を混ぜたビニル樹脂をベース層として，さらにその表面にシリカ粒子を散布したトナー剥離層を設ける構成とした．

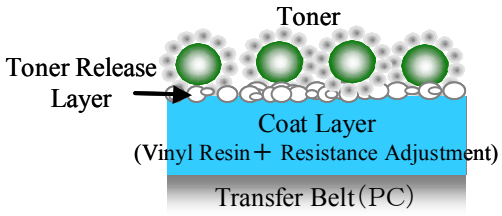


Fig.15 Structure of coat layer on intermediate transfer belt.

6. まとめ

電子写真を用いた4回転方式のA4小型カラーレーザープリンターに適した新しいオゾンレス印写プロセスを開発し，以下のことを明らかにした.

(1) 帯電ブラシと除電ローラを組み合わせたDual Charger方式により，低湿環境下でも均一な帯電を可能にした.

(2) 大径ローラと小径ローラ間に中間転写ベルトを張架した構成により，従来の従動方式を活かし，かつ用紙の曲げ剛性により中間転写ベルトから用紙を剥離させる方式を開発するとともに，本方式に適した駆動力，張架力の条件を明らかにした.

(3) 有機リン系抵抗調整剤を混ぜたビニル樹脂をベース層として，さらにその表面にシリカ粒子を散布したトナー剥離層を設けることにより，耐久性と離型性に優れた中間転写ベルトの表面コート層を開発した.

以上の開発により，ユーザーと環境に優しい製品を実現させることができた．今後も，このような取り組みを強化して，ユーザーに喜ばれる製品の開発を進めていく予定である.

参考文献

1) 島田昭: 2001年日本画像学会シンポジウム論文集, (2001), p.1.

2) T. Miyasaka, A. Shimada, M. Saito: Pan-Pacific Imaging Conference /Japan Hardcopy 98, (1998), p.265.

3) A.Shimada, T.Miyasaka, M.Saito: Proceedings of 3rd International Conference on Imaging Science and Hardcopy, (1998), p.137.

4) 島田昭: 1999年日本画像学会シンポジウム論文集, (1999), p.9.

5) 電子写真学編: 電子写真技術の基礎と応用，コロナ社, (1988).

6) M. Yamamoto, et al.: Proceedings of IS&T NIP20, (2004), p.12.

7) 門永雅史: Ricoh Technical Report, 30 (2004), p.68.

8) S. Oohara:Proceedings of Japan Hard Copy 2001, (2001), p.257.

9) 材料技術研究協会編: プラスチックのコーティング技術総覧，産業技術サービスセンター, (1989).