

高画質を達成する MTHG 現像方式

MTHG Developing System to Achieve High Image Quality

伊藤 昇*
Ito, Noboru

井口 善之*
Iguchi, Yoshiyuki

服部 好弘**
Hattori, Yoshihiro

高井 隆幸***
Takai, Takayuki

要旨

磁気ブラシ2成分現像の欠点を補い、高画質を達成する新規2成分MTHG現像方式を開発した。本方式は、磁気ブラシを非接触ないし軽接触にすることにより、スクャベンジングによる画像欠損を無くすることを特徴とする。本方式において、カウンター現像を採用することによりハーフトーン中のリードオフを抑制し、カラーへの展開を図った。また、小径・低磁化キャリアの適用と規制条件最適化により、現像剤への負荷を小さくし、長期に亘る高画質画像の安定化を達成した。

Abstract

For the purpose of achieving high image quality by compensating weakness of two-component magnetic brush development, we have developed a novel two-component MTHG developing system. This system is characterized in that magnetic brush is formed to be in a non-contact state or a light contact state such that image defects caused by the so called scavenging phenomena can be eliminated. In this system, by employing a counter development, lead-off phenomena on halftone images can be refrained. As a result, it makes possible to apply this system to color printing devices. Further, by employing small diameter and low magnetization carrier and by optimizing the regulating conditions of the developer, load or stress on the developer can be minimized. Whereby, we have achieved to improve stability of image reproduction over long periods.

1 はじめに

2成分磁気ブラシ現像方式は、その現像安定性や帯電安定性と高速機までの展開が可能なことから、電子写真機器に広く適用されている。

しかしながらこれまで一般に用いられてきた方式では、Fig. 1に示すスクャベンジングによる画像欠損が問題となっている。スクャベンジングとは、一旦現像を終え

たキャリアの逆電荷が現像トナーを掻きとって不完全な画像にしてしまう現象である。この現象が高画質化に対して障害となっていた。

我々は、これらの課題を解決すべく、MTHG現像方式 (Micro Toning High Grade)¹⁾を開発した。本方式は、画像欠損を引き起こすスクャベンジングの抑止を、安定した現像剤薄層形成により非接触ないし軽接触現像を実現することで達成した。

また2成分現像においてはトナー成分がキャリアに移行して帯電不良を引き起こすスペントと呼ばれる現象がもう一つの大きな課題であった。特にカラートナーは後処理剤を多く処方することから、現像剤寿命がモノクロ機に比べて短い。現像剤のスペントは、低磁化キャリアの採用とそれに合致する条件最適化とで器内での負荷を従来の半分に抑えることで対応し、長寿命化を達成した。

本報では、まずMTHG現像方式の基本となる薄層AC現像条件と搬送技術について、次にカラー化のための現像条件改善と低ストレス化のための規制条件について報告する。

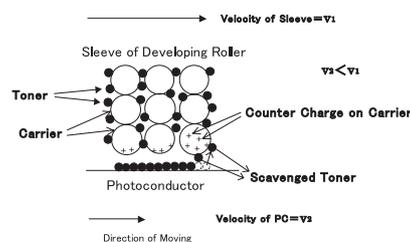


Fig.1 Mechanism of scavenging

2 実験方法

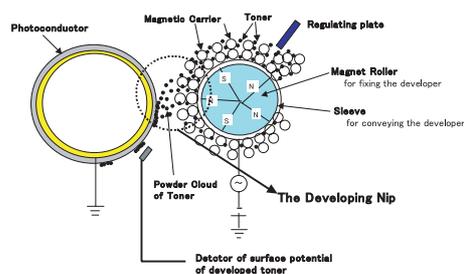


Fig.2 Schematic diagram of MTHG developing system

* コニカミノルタビジネステクノロジーズ(株)
機器開発本部第2開発センター 機器第23開発部
** コニカミノルタビジネステクノロジーズ(株)
機器開発本部第1開発センター 機器第12開発部
*** コニカミノルタビジネステクノロジーズ(株)
機器開発本部第3開発センター 機器第32開発部

本システムの簡単なスキームをFig. 2に示す。現像剤は非接触ないし軽接触状態で、DCおよびACバイアスを重畳し、ジャンピングにより現像する。なお実験は、改造実機（CF900）を中心に行った。現像特性の指標とした現像トナー電位は、表面電位計により、現像後の表面電位を直接測定した。現像トナー量は、現像後感光体上の単位面積当たりのトナーをエア吸引して、重量を測定することにより求めた。現像剤搬送量は、現像ローラ上の単位面積の現像剤をエアで吸引し、重量を測定することにより求めた。耐久実験は、実機（CF900）を改造して実写で確認した。

3 現像システムの基本課題

本システムは冒頭で述べたように、磁気ブラシが接触しないことで画像欠損を防止することが目的の一つであるが、非接触にすることによる課題として次のような項目が予想される²⁾。

- 1) 現像領域の空隙が広がるので、トナークラウドが機内に飛散して機内汚れを引き起こす。
- 2) 高電位のACバイアスが必要なため微小放電を引き起こす。この放電が白斑点ノイズとなる。
- 3) 後述のように小径・低磁化キャリアを適用するためにキャリア付着が生じやすい³⁾。

本章ではこれらの基本課題への取り組みについて述べる。

3.1 トナー飛散

トナー飛散は、エアギャップが存在することで顕著となる。Fig. 3に示すようなエアギャップがあると、浮遊するトナークラウドが、感光体の移動によってそのまま現像ニップ外へ飛散する。従って、このエアギャップの適切な設定が重要となる。

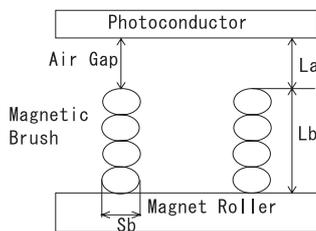


Fig.3 Schematic diagram of developing nip at MTHG developing system
La: Air Gap, Lb: Length of Magnetic Brush

そこでエアギャップ（La）とトナー飛散の関係を求めた。ここで現像ギャップは0.2mmから0.45mm間で、磁気ブラシ高さは0.30mmから0.32mmの間で実験を行っている。トナー飛散量は1000枚の耐刷により飛散するトナーを捕集して測定した。Fig. 4はその結果である。

エアギャップが0.03mmを越えると、急激にトナー飛散が増加する。現像ギャップを0.35mm以下とするならば、磁気ブラシ高さ（Lb）は0.32mmとしなければならない。この値を設定するためには、磁気ブラシ高さを決める搬送量安定化が課題となる。

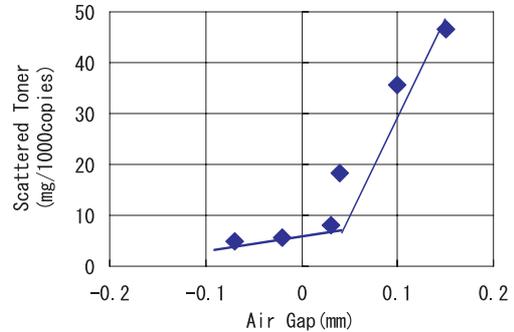


Fig.4 Dependence of air gap on volume of scattered toner

3.2 リークノイズ

リークノイズとは、高電位ACバイアスにより現像ニップにおいて微小放電が発生し、ベタ画像に白斑点が発生する現象である。この微小放電は、磁気ブラシの状態が大きく影響すると考えられる。即ち、なるべく細い磁気ブラシが低く均一に並ぶと、キャリア先端への電荷集中が小さく微小放電が起こりにくいが、太い磁気ブラシでは電荷集中が大きくなり、微小放電が起こりやすいと考えられる。そこで、磁気ブラシ1本当たりの大きさとリークノイズの関係を求めた。Fig. 5にその結果を示す。ACバイアス振幅（以後Vppと略称）が1.8kVまでであれば断面の径が60μm以下では微小放電は起こらない。

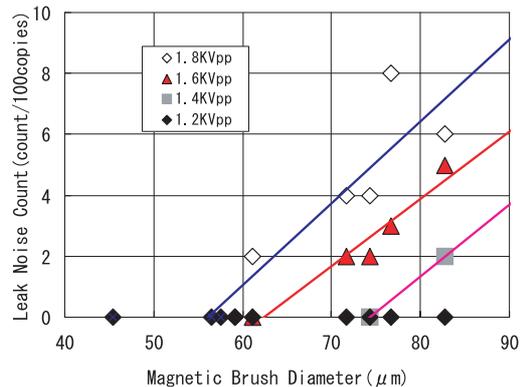


Fig.5 Dependence of magnetic brush diameter on leak noise

3.3 キャリア付着

キャリア付着は、キャリアの電荷と感光体上電荷とのクーロン力に依存するので、キャリア先端と感光体の距離が大きく影響する。この距離は、現像剤搬送量に依存する。そこで搬送量とキャリア付着との関係を調べた。Fig. 6は、現像剤搬送量とキャリア付着発生限界電位の関係を示す。限界電位が大きいかほどキャリア付着は起こり

にくいことを示す。現像剤搬送量が $10\text{mg}/\text{cm}^2$ より少なくなると急激にキャリア附着が改善される。

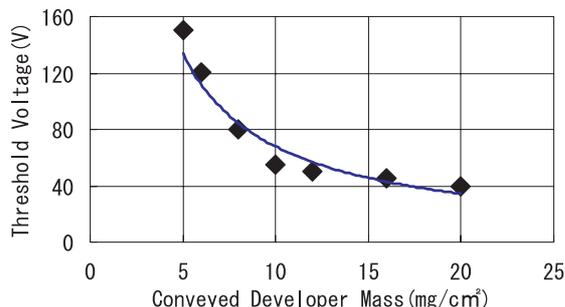


Fig.6 Dependence of conveyed developer mass on carrier adhesion on photoconductor

3. 4 現像ニップにおける磁気ブラシの条件

これらの結果より、現像ニップにおいて前述の課題を解決する磁気ブラシ条件は以下ようになる。

- 磁気ブラシの高さ： 0.32mm
(現像ギャップを 0.35mm として、トナー飛散が増える変曲点の磁気ブラシ高さから算出)
- 磁気ブラシ断面： $60\mu\text{m}$ 以下
(リークしない磁気ブラシ径より算出)
- キャリア附着限界電位： 150V
- 現像剤搬送量： $5\text{mg}/\text{cm}^2$
(磁気ブラシ径と磁気ブラシ高さから算出)

4 磁気ブラシ最適条件達成手段

上述のように、磁気ブラシの状態や搬送量が課題解決のキーワードであることが判明した。この磁気ブラシの状態や搬送量は、キャリア磁気特性と現像剤層規制方法が関与する。

4. 1 キャリア磁気特性

均一で細く低い磁気ブラシを形成するためには、磁氣的凝集が小さい方がよい。一方、磁化が小さいとキャリア附着が発生する。以下の特性を持つキャリアの採用により上述の課題を解決した。

- キャリア粒径： $30\mu\text{m}$
- キャリア磁化： $5 \times 10^{-5} \text{Wb} \cdot \text{m}/\text{kg}$
- これにより先の磁気ブラシ条件を満たす。

4. 2 搬送量制御

上述の現像剤薄層を安定して形勢するためには、規制技術がポイントとなる。そこで、現像剤規制について以下のモデルを基に、検討を行った。規制によって磁気ブラシが切れる部分は、Fig. 7 に示すように磁気ブラシを送り込もうとする搬送力と、引き戻そうとする阻止力とがバランスするところであると考えられる。規制板に磁性

材料を用いた場合、規制部材にも磁界が発生するため、規制領域での磁力分布は非常に複雑である。そこで、有限要素法を用いて、磁力計算を行い、磁気ブラシが切れる点を求めた。

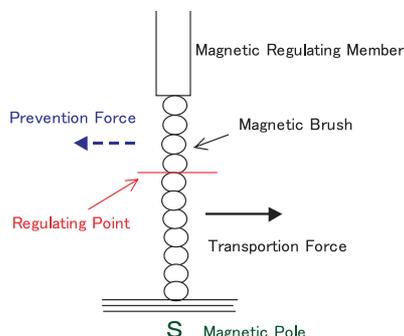


Fig.7 Mechanism of developer regulation

Fig. 8 は、計算に供した規制極における法線方向の磁束密度分布である。2種類の極（シャープ極、ブロード極）に於いて、磁気ブラシが切れる位置が規制板のまわりにもどのように分布するかを、Fig. 9 およびFig.10に示す。この図の中では磁気ブラシが切れる点（搬送力 = 阻止

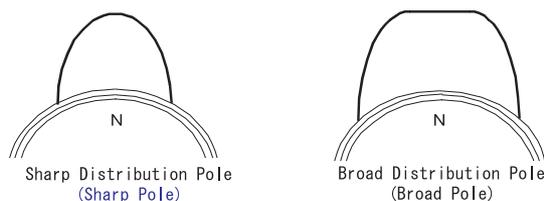


Fig.8 Shape of magnetic pole (left: conventional type, right: new type)

力) を□で示しており、この位置が一番現像ローラ表面に近い点を規制高さとした。

この計算を規制部材が法線方向に、及び磁極が周方向に移動した場合について行った。Fig. 9 およびFig.10は、それぞれ磁束密度分布がシャープな場合とブロードな場合の法線方向の計算結果である。

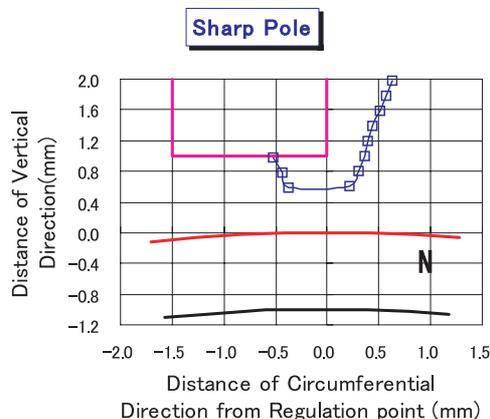


Fig.9 Regulation point in sharp pole

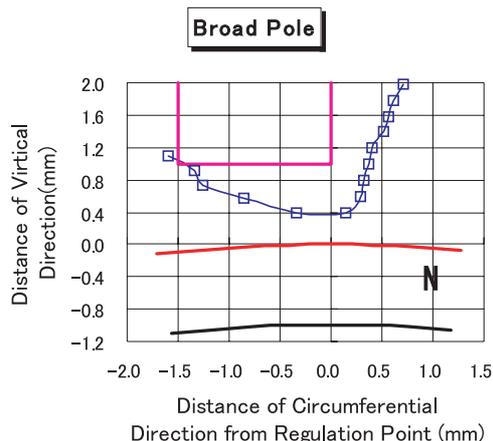


Fig.10 Regulation point in broad pole

Fig. 9 のようなシャープな磁束密度分布の極より、Fig.10ブロードな磁束密度分布の極の方が規制位置の変化が少なく、規制ギャップも大きく取れること分かった。シミュレーションで結果が出たので、実際に実機にて実験を行った。

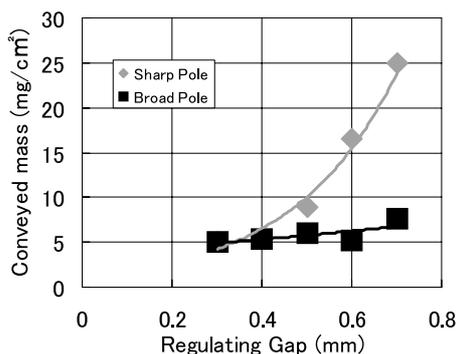


Fig.11 Influence of regulation gap varying to conveyed developer mass

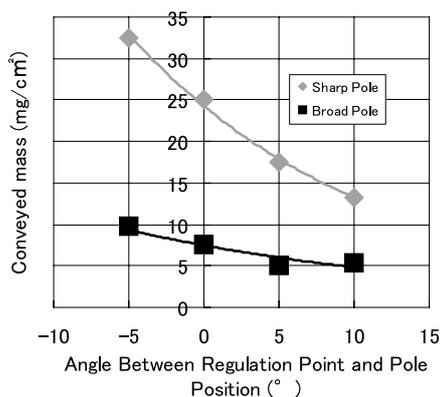


Fig.12 Influence of pole position varying to developer mass conveyed

Fig.11は規制ギャップ変化と搬送量変動の依存性、Fig.12は搬送量の規制位置変化依存性である。ブロード極の方がいずれの変動に対しても搬送量が安定しているこ

とが分かる。

以上の検討により、1ドット再現性や細線再現性が向上し、モノクロMFP：DiALTA350およびその後継機に本技術を搭載した。

5 更なる高品質に向けて

次に、本方式のカラーへの展開を検討した。カラー機においては、以下のような課題解決が必要である⁴⁾。

- 1) ハーフトーン部中のソリッド周辺が白く抜ける (リードオフ、Fig.13)。
- 2) 現像剤の耐久性 (常に初期画像を維持する)。

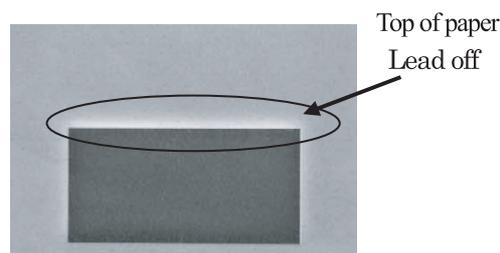


Fig.13 Image of lead off

5.1 画質向上

フォロー方式 (Fig14, right) では、現像ローラと感光体が対向する部分で同一方向へ移動し、画像濃度確保のため現像ローラの周速が感光体の周速よりも早く設定されている。この方式では、高濃度ソリッド画像の前方に位置するハーフトーン画像のトナーが引き戻され、境界領域のハーフトーン画像の濃度が低下する。境界領域での潜像電界が回りこむことが原因であるから、別法としてキャリア抵抗を下げれば回りこみ電界が少なくなり対応可能である。しかしながらキャリア抵抗を低くすると、電荷注入によるキャリア現象を引き起こす。

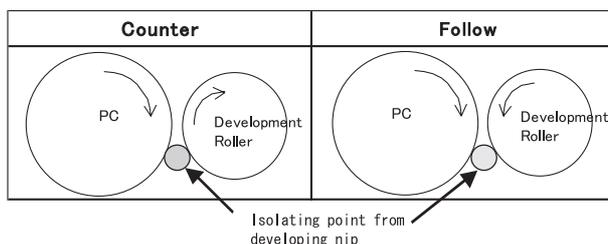


Fig.14 Follow and counter developing system

そこで従来のフォロー方式ではなくカウンター方式 (Fig14, left) を検討した。本方式では画像の離れ際 (Isolating point from developing nip) に、まだ現像を行っていない現像剤が送り込まれるため上述のような引き戻しが起こりにくいと考えられる。接触現象でのカウンター現象⁵⁾は以前より提案されているが、現像領域での攪乱作用により画像乱れやキャリア付着が発生した。

Fig.15は両方式の現像特性（現像電位に対する現像トナー電位依存）である。点線は完全現像の場合のラインである。ここで完全現像とは、現像電位と現像トナー電位とが同じになることと定義する。カウンター方式では、ほぼ完全現像に近い特性を示す。Fig.16は、現像したトナー量を縦軸に取ったものである。現像条件は、現像ギャップ：0.3mm、現像ローラ/感光体周速度比：2、ACバイアスVpp1：6kVである。また、カウンター現像はフォロー現像のように途中で曲がることなく、高い現像性を示す。

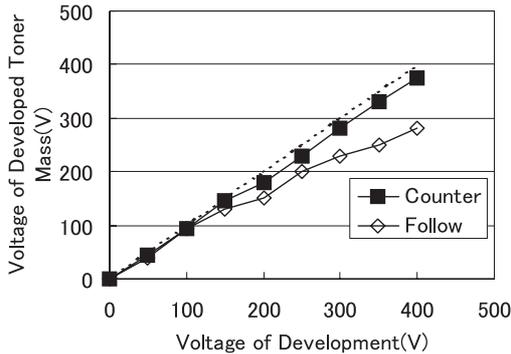


Fig.15 Comparison of developing property between follow and counter developing system (developing toner potential)

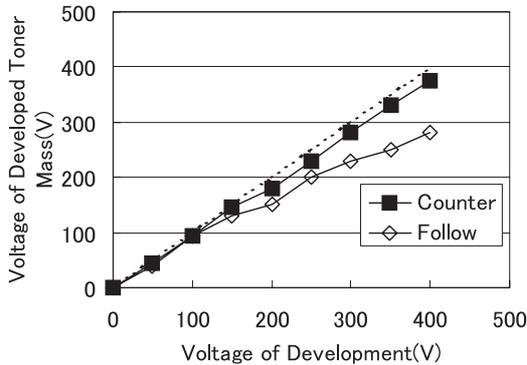


Fig.16 Comparison of developing property between follow and counter developing system (developing toner mass)

このような高い現像性を確立することでリードオフはなくなる⁶⁾。同時に他の画像も向上した。それをTable 1に示す。

Table 1 Image quality on counter developing system

image quality	improvement level
lead off	☆☆☆
noise in dark patch	☆☆☆
noise in half patch	☆
uniformity of density	☆
blur at rear edge of image	☆☆
edge effect and blur at front edge of image	☆☆

評価は目視である。非常に目立つから全く目立たないまでの間を5段階にランク分けし、☆：0～0.5、☆☆：0.5～1.0、☆☆☆：1～1.5とした。リードオフ以外にも、ベタ部のキメ、ハーフトーンの後端部のカスレ・ボケ、先端エッジ効果・ボケ、ハーフトーン部のキメ、濃度ムラが改善される事が確認された。

5. 2 耐久性

カラーではトナーの外添剤の量が多いためキャリアへの外添剤の移行が顕著であり、現像剤寿命が短い。この対策として、キャリア側からは、磁力の低減・表面の低表面エネルギー化などのアプローチがあるが、プロセス側からは現像器の低負荷化がある。Fig.17は各サブシステムの現像剤への負荷を示す。上段は現像剤1gあたりの負荷比率を、下段は現像器全体における各サブシステムの負荷比率を示す。現像サブシステムの中で、規制部が最も負荷が大きいことが分かる。そこで、規制部について検討を行った。

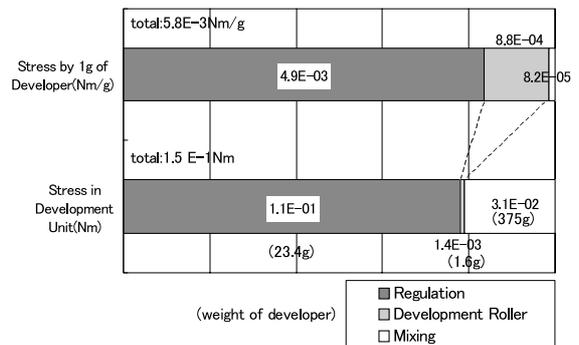


Fig.17 Ratio of strength of stress to developer in each subsystem of developing system

Fig.18に、規制ギャップ一定のもと、規制極磁束密度の異なる現像ローラでのストレスおよび現像剤搬送量を測定した結果を示す。ストレスは、磁束密度との相関が大きく、磁束密度が低ければストレスは小さく、磁束密度が高ければストレスは大きくなる。一方、磁束密度が低いと現像剤搬送量は多く、磁束密度が高いと現像剤搬送量は少なくなる。

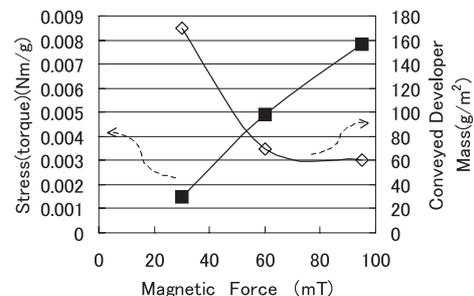


Fig. 18 Dependence of magnetic force on stress to developer and conveying mass of developer

非接触2成分現像に必要な低搬送量を得るには規制極磁束密度を高くしなければならず、劣化を抑える為の低ストレス化、即ち、低磁束密度とは相反する。我々は、規制部磁束密度は従来の1/2程度とし、かつ低搬送量を達成するための規制方法を検討した。

Fig.19に従来(左図)と新規の規制方法(右図)の概略を示す。新規の規制法は、規制部材の上流側に磁性のプレ規制部材を設け、規制ニップ幅を広げる事で、規制力を増し、低搬送量を達成している。

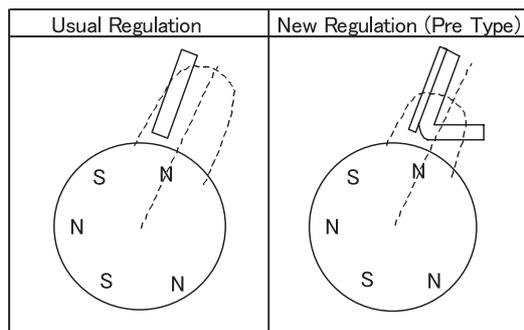


Fig.19 Shape of regulation plate (left: conventional type, right: new type)

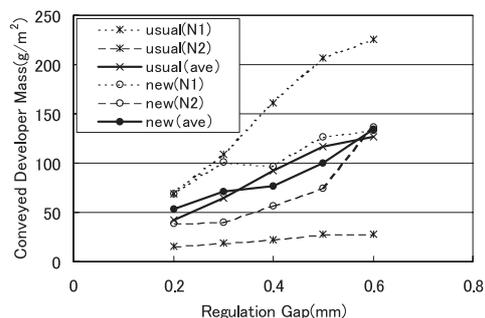


Fig.20 Comparison of conveying mass stability between conventional type and new type regulations

規制方法の差による、現像剤搬送量の変動幅の比較をFig.20に示す。図中、N1は、搬送量が多くなる条件、N2は搬送量が少なくなる条件を、トナー濃度、キャリア磁化、規制溜まり部の現像剤量、磁極位置の設計誤差内で変化させて調合した。プレ規制を設けることで、様々な誤差に対して安定した搬送量を得られる事が分かった。

6 まとめ

2成分現像方式において高画質を図る方策として、現像剤を非接触ないし軽接触で現像するMTHG現像方式が有効であり、その技術確立のためには、1)規制極の磁束密度分布形状、2)低磁化小径キャリアの適用、が必要であることを、モノクロ現像システムにて検証した。カ

ラーへの展開は、MTHG方式カウンター現像で達成した。同時に、長期に亘って画質を維持するためには、低磁力極規制でも搬送量を安定させるため、プレ規制方式が有効であることを検証した。このようにしてカラー高画質の要求に対応できる技術を確立した。

本現像方式は、モノクロMFP、DiALTA350およびその後継機、タンデムフルカラー、DiALTA Color CF3102およびその後継機に搭載されている。今回は中速機において技術確立を行ったが、今後高速化が課題と考える。

●参考文献

- 1) 伊藤 昇. ミノルタMTHG現像方式(採用機種: DiALTAシリーズ Di250, Di350). 1999年度事務機器関連技術調査報告書, 日本事務機工業会編, 2000: 73-75
- 2) 清水 保, 伊藤 昇. 非接触2成分現像による高画質化. Japan Hardcopy '99 Fall Meeting 予稿集, 日本画像学会編, 1999: 18-21
- 3) 古谷 信正, 済川 健, 安東 滋仁, 江連 平和, 勅使川原 亨. 2成分非接触現像における高画質化の検討. Japan Hardcopy '95 予稿集, 日本画像学会編, 1995: 21-24
- 4) 清水 保, 高井 隆幸, 服部 好弘, 井口 善之, 伊藤 昇. 非接触2成分現像による高画質化(2). Japan Hardcopy '03 予稿集, 日本画像学会編, 2003: 49-52
- 5) M. Anzai et Y. Saito. An Improved Toner Flow Model for Dual Component Magnetic Brush Development. J. Imaging Sci. Tech., 40, 1996:354-358
- 6) 服部 好弘. 4色カラー現像のプロセス設計と安定化技術. 電子写真学会誌, 36, 1997: 324-335