

コニカミノルタ乳化重合凝集法デジタルトナー HDの開発

Development of KONICA MINOLTA HD (High Definition) Digital Toner

Produced by Emulsion Polymerization and Coagulation Method

山之内 貴生*

Yamanouchi, Takao

要旨

デジタルトナー HD (DT-HD) は、乳化重合凝集法を用いたデジタルトナー 2000 (DT-2000) を進化させたフルカラー用トナーである。特徴は、形状制御手法の最適化によって、表面平滑性と球形化度を高めながら高いクリーニング性を有する設計によって高品位な出力画像を得ることを可能としたこと、またDT-2000に対し、20°Cの定着温度低減化を達成したことである。これらの技術革新によって、DT-HDを搭載した機種は市場で高い評価を得ている。POD市場をターゲットとしたbizhub PRO C6500においては、優れた色再現性、高画質、高信頼性ならびに印刷用コート紙、極厚紙に代表される多種多様な紙種に対応することに貢献している。また、オフィス市場をターゲットとしたbizhub C451/C550においては、低消費電力化の達成に貢献している。ここでは、DT-HDの特性と開発した技術を解説する。

Abstract

Digital Toner HD(DT-HD) is a toner for full color that evolved Digital Toner 2000 (DT-2000) produced by emulsion polymerization and coagulation method. A characteristic is that enabled that we get a high image quality by a design having the high cleaning characteristic while raising surface smoothness and spheronization degree by optimization of the shape control technique, to have achieved fixing temperature reduction of 20°C for DT-2000. The model that carried DT-HD by these innovation gets high evaluation in the market. Superior color reproductivity is high-resolution and, in bizhub PRO C6500 which makes a POD market a target, contributes to a thing corresponding to high reliability and the various paper class represented by coated paper for print, thick paper. Additionally, in bizhub C451/C550 which makes an office market a target, we contribute to the achievement of the energy-saving. Here, I comment on a characteristic of DT-HD and the technology that we developed.

*コニカミノルタビジネステクノロジー株式会社
化成事業本部 化成開発センター 第2開発部
本論文は、日本画像学会誌第46巻第4号(2007)から転載

1 はじめに

近年、電子写真方式出力機器は、高速化と省エネ化における技術革新が進み、フルカラー分野においても適用市場が拡大している。一つは、印刷分野への進出であり、いわゆる少部数、数千枚以下/ロットを対象とするPOD (Print on Demand) 分野への導入が進んでいる。この分野では、従来以上に、付加価値の高い出力画像が求められている。特に、競合するオフセット印刷に対抗していくためには、適用メディア(紙種)を印刷用コート紙や極厚紙など従来は対象外としてきた領域まで拡大することが強く要求されるとともに、ハーフトーン画質の向上が重要である。もう一つは、オフィス用高速MFP (Multi Functional Peripheral) のフルカラー化である。近年のフルカラーページプリンタおよび、オフィス用MFPカラー機の浸透に伴い、フルカラー画像によるビジネス資料作成が特別なことではなくなり、より高速かつ省電力設計である商品の市場ニーズが高まっている。コニカミノルタでは、このような市場の状況に対応すべく、2001年に第一世代の乳化重合凝集法トナーであるデジタルトナー 2000 (以下DT-2000) を展開してきた^{1,2)}。

本報告では、印刷分野へのさらなる浸透と高速化対応への出力機器の技術革新に対応して、更なる進化を遂げた第二世代の乳化重合凝集法トナーであるデジタルトナー HD (以下DT-HD) の高画質化および低温定着化へのアプローチと到達性能について報告する。

2 製造法と特徴

DT-HDの製造法は、水系媒体中で乳化重合法により樹脂粒子を合成、別途分散した着色剤分散液とを塩による緩慢凝集法を利用した塩析と加熱による粒子間の融着にてトナーを形成するものである。

この製造法の模式図をFig. 1に示す。まず、着色剤を界面活性剤水溶液中で分散を行う。一方、界面活性剤水溶液に重合開始剤、モノマーを加え、乳化重合による樹脂エマルジョン(重合ラテックス)を生成する。この着色剤分散液と樹脂エマルジョン(重合ラテックス)を混合した後、凝集剤を添加、加熱攪拌条件化で粒径・粒度分布を制御しながら緩慢凝集を行い、所望の粒径まで成

長させる。さらに加熱攪拌することで微粒子間の融着および形状制御を行い、任意の粒径・形状の粒子を形成する。得られた粒子分散液を濾過・洗浄・乾燥し、トナー粒子を生成する。

Fig. 2に会合工程反応の一例を示す。この反応工程は、粒径成長反応と形状制御反応に機能分離されていることが特徴であり、反応初期に粒径を成長させ、目的の粒径で停止した後、形状制御反応を行うものである。ラズベリー状の異形から真球状までの広範囲にわたり任意の形状に制御することが可能である。

また、Fig. 3にSEM観察による形状ならびに粒度分布を示す。粒子表面は平滑で着色剤等の表面露出は観察されない。これは、重合ラテックスと顔料粒子の凝集性を調整し緩慢凝集を行う独自の技術によるものであり、トナー粒子中に顔料粒子を完全に内包した構造をとることを可能とする。また、この緩慢凝集法をもちいることによって、シャープな粒度分布も実現している。

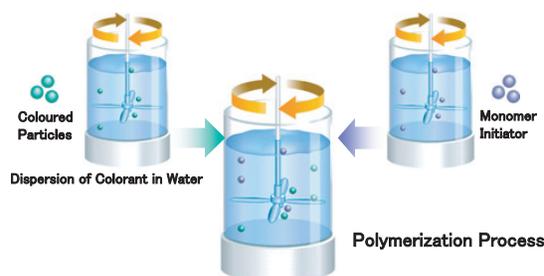


Fig.1 Production scheme of Digital Toner HD.

Coagulation and Fusion among Particles

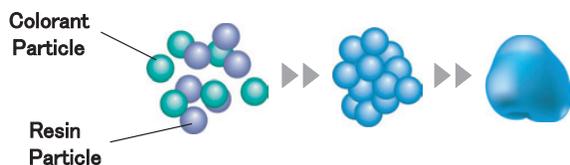


Fig.2 Shape control and time course of coagulation reaction.

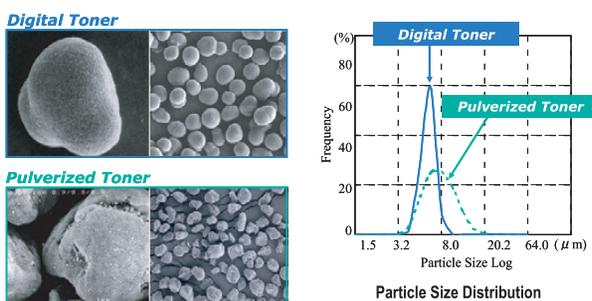


Fig.3 Characteristic of Digital Toner HD.

3 高画質化

3.1 色再現性の向上

～顔料粒子均一配置技術～

色再現性の向上のためには、トナー中の顔料粒子のマイクロ分散性を上げることが求められる。顔料のマイクロ分散技術については、粉碎法トナーでは、マスターバッチ分散や混練プロセスにおける機械的なシェア付与といった手法が確立されている。一方、水中で粒子形成を行う製造法においては、凝集顔料粒子のマイクロ分散を維持しつつ、重合ラテックス粒子に均一に分散配置する技術確立が大きな課題として認識されている。

Fig. 4にDT-HDマゼンタトナーにおける顔料分散状態 (TEM観察写真) を示す。観察は、固体差の影響を考慮し、任意の重量のトナーを圧力成型し、厚さ180nmにスライスする手法を用いた。DT-HDでは、重合ラテックス粒子と数10～数100nmに微細分散した顔料分散液中の顔料粒子の緩慢凝集制御の最適化によって、顔料粒子の急凝集によるミクロンサイズの粗大分散粒子形成を抑制し、均一な分散を実現した。

この結果、Fig. 5に示すように、印刷画像における標準的な色域を示すJapanColorに対して、ブルー、グリーン、レッドの二次色も含めて十分な色再現領域を実現した。

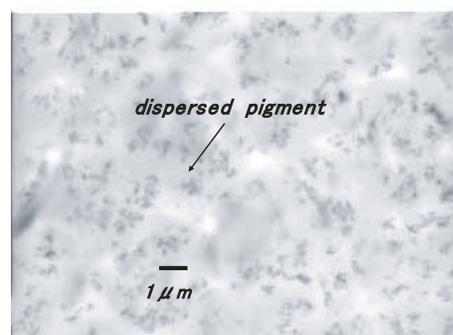


Fig.4 TEM photograph of DT-HD magenta toner.

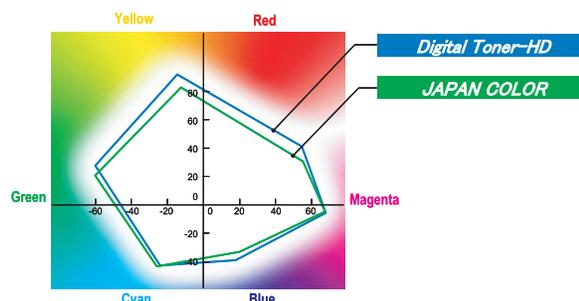


Fig.5 A wider color gamut for dazzling output quality.

3. 2 ハーフトーン粒状性の向上

～形状分布二極化技術によるクリーニング性と画質の両立～

高画質化を実現するには、中間転写プロセスにおける転写マージンの拡大が必要であり、トナー形状としては、真球状に可能な限り近づけることが望まれている。先に述べたように、乳化重合会合法の形状制御は、ラズベリー状～真球状の範囲で任意に制御できることが特徴であるが、形状指標とクリーニング性との関係は、基本的に相反する関係にあり、真球状に近い形状の適用には、クリーニング性の向上が課題であった。

クリーニングに最適な形状を検討した結果、Fig. 6に示すように、より真球状に近い粒子群に、少量の異形粒子を混在させる形状分布の二極化によって、クリーニング性能向上と転写性向上の両立が実現することを見出した。しかしながら、2種類の形状のトナーをブレンドすることは、ロット間の不安定さの増大といったリスクならびに製造設備投資が必要となり、現実的ではない。

DT-HDでは、乳化重合会合法の優れた形状制御性の改良によって、ワンショットの凝集反応で、二極化形状分布を実現することを可能とした。この結果、クリーニング性と転写性の向上の両立を可能とした。

Fig. 7に、形状および転写画像とクリーニング性の関係を示す。また、Fig. 8にハーフトーン粒状性を示す。

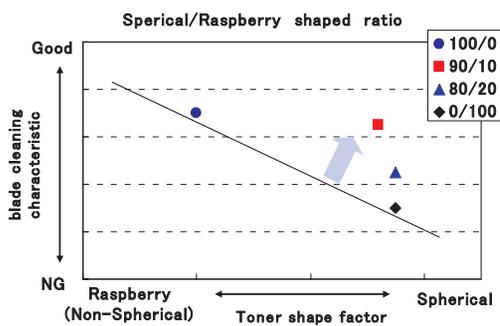


Fig.6 Relationship between the spherical/raspberry shaped ratio and the blade cleaning characteristic.

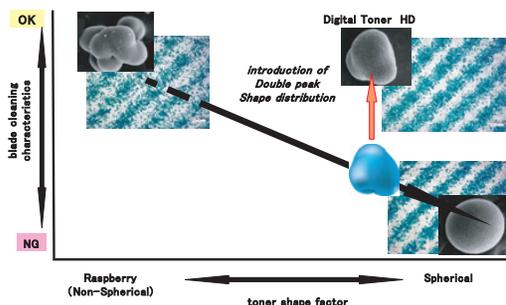


Fig.7 Half tone graininess and blade cleaning-related coexistence.

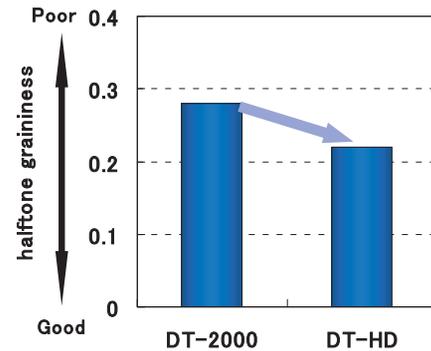


Fig.8 Half tone graininess.

4 低温定着性能の向上

4. 1 樹脂設計

従来の乳化重合凝集法における設計コンセプトは、重合ラテックスの樹脂組成最適化によるTg設計と分子量設計をベースとし、必要に応じてシェル（カプセル化）設計を組み合わせる手法により、粘弾性設計の最適化を図るというものである。従来のコンセプトにおける低温定着化の限界は、トレードオフ関係にある耐熱性の低下にあった。耐熱性の悪化は、機内温度の制約、排紙部ドキュメントオフセット軽減のための冷却ファン設置といったマシン設計への影響、また低温輸送による環境負荷増大といった種々の問題を抱えるリスクが生じる。

DT-HDの開発では、低温定着化と耐熱性の両立を目指し、次の2つの技術を採用した。①新たに採用した低融点ワックスの低温域での染み出し速度の向上による低温オフセット発生温度の低減。②数種の異なる官能基設計を有する重合ラテックスをブレンドし、内部凝集力を高める樹脂層を表面近傍に形成し、かつ低Tg設計樹脂層をトナー中心部に集めることで耐熱性のリスクを軽減する。

これらの技術によって、低温オフセット発生温度から高温オフセット発生温度間の定着オペレーションウィンドウを狭めることなく、DT-2000に対して20℃の低温定着化を達成するとともに、耐熱性の確保を実現した。

Fig. 9に定着オペレーションウィンドウを示す。また、Fig.10に従来コンセプトにおける定着性と耐熱性のトレードオフ関係とDT-HDトナーの実力を示す。

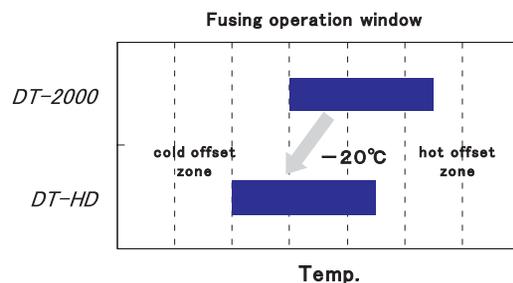


Fig.9 Fusing operation window.

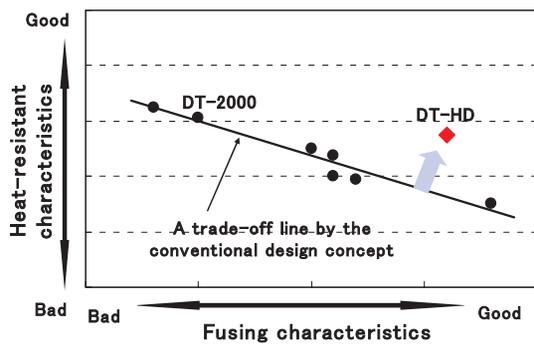


Fig.10 Relationship between fusing characteristics and Heat-resistant characteristics.

4. 2 POD市場向けbizhub PRO C6500における紙種適用範囲の拡大への寄与 ～新規低融点ワックスの採用～

DT-HDでは、前述の低温オフセット性能向上、薄紙分離性の向上ならびに印刷用コート紙における光沢ノイズ軽減の3つの技術課題を解決すべく新規な低融点ワックスを採用した。

薄紙分離性については、従来、電子写真出力機器での対象とできていなかった新聞折込みチラシのような薄紙コート紙の市場ニーズが背景にあり、より低温で表面に染み出すことが重要である。

また、印刷用コート紙の光沢ノイズは、トナーに内包されたワックスが定着通過後に冷却される際の結晶化サイズの不安定性によって生じる現象である³⁾。ワックスは、定着通過後、紙とともに搬送され、結晶化温度に達すると固化して画像上に薄い皮膜を形成する。ワックスが固化する前に、搬送経路の部材に接触すると、接触した部分の温度は自然空冷されている他の部分に比べて急冷されることになる。ワックスの結晶サイズは、急冷された部分では小さく、徐冷された部分では大きくなる。また、結晶サイズが大きいほど形成される皮膜の表面平滑性が高くなる。このようなメカニズムにより、ワックスが固化する前に部材に接触した部分が光沢の差として見えることがあり、印刷用グロスコート紙では、わずかな光沢差が光沢ノイズとして認識できるため、画像品位を低下させる原因となる。解決のために、低融点化とあわせて、冷却時の結晶成長サイズに着目し、急冷した場合と徐冷した場合のサイズ差を小さくする技術を導入した。

これらの技術課題に十分対応しうるワックスの選択によって、DT-HDは、一般印刷用コート紙等の従来適用が困難であった紙種への対応を可能とすることに貢献している。

4. 3 省エネルギー化

低温定着化の実現により、省エネルギー化への多大な貢献を実現した。

Fig.11にFCT (First Copy Time) 比較を示す。DT-HDを搭載したbizhub C451 (フルカラー 35ppm/モノクロ45ppm) は、同クラスの従来機に対し、約1/2低減を実現、また上位クラスのbizhub C650 (フルカラー 50ppm/モノクロ65ppm) においても同等の性能を達成している。

また、Fig.12に国際エナジースタープログラムにおける標準消費電力指標値であるTEC値を示す。DT-2000を搭載したbizhub Pro C500に対して、DT-HDを搭載したbizhub C650では、約75%の低減を達成している。

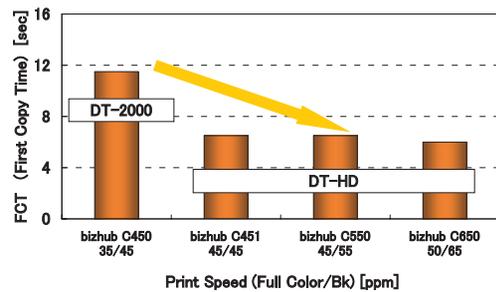


Fig.11 Comparison first copy time.

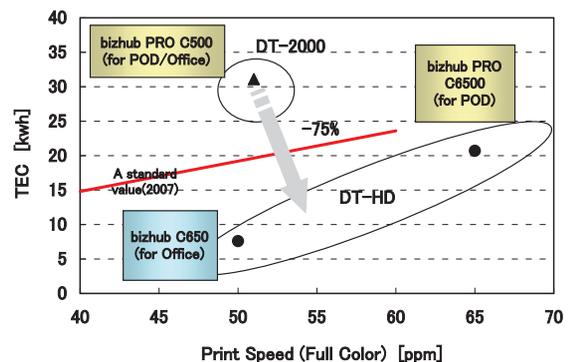


Fig.12 A reduction effect of the consumption electricity.

5 環境対応

Fig.13に、DT-HDと粉砕トナーの環境への影響を比較するLCA (Life Cycle Assessment) 調査結果を示す。粉砕トナーに対し、乳化会合凝集法のDT-HDトナーはCO₂の約3割削減、SO_x、NO_xの約4割削減を実現した環境適合性の高い製造法である。

LCAは、製品の原材料調達から製造・製品使用・廃棄に至るLife Cycle全体にわたる環境負荷の評価手法である。系の簡略化のために重合から乾燥までのトナー母体製造工程を評価の対象としている。

DT-HDでは、第一世代のDT-2000に対して、生産効

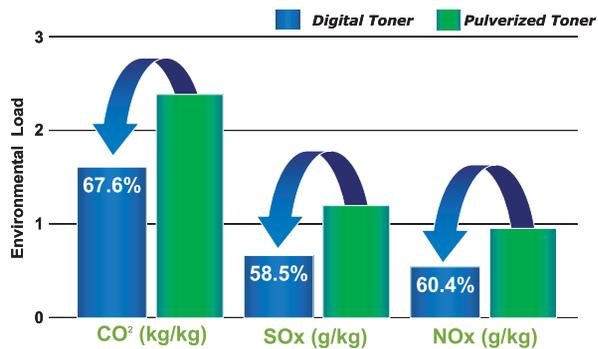


Fig.13 A reduction effect of LCA.

率の向上を図り、さらなる環境負荷の低減を達成している。具体的には、水資源の有効利用への配慮の観点から、後処理工程、特に洗浄工程における使用水量の削減を重要な課題と位置づけ、検討を進めてきた。Fig.14に示すように、界面活性剤、凝集塩といった処方因子の検討ならびに生産技術の革新により、DT-2000に対し、75%の水量削減を実現した。

また、生産工場においては、原材料収率99%超の実現によるゼロエミッション（廃棄物削減）化への寄与ならびにエネルギー効率の高いコ・ジェネレーションシステムの導入によるCO₂削減を実現している。

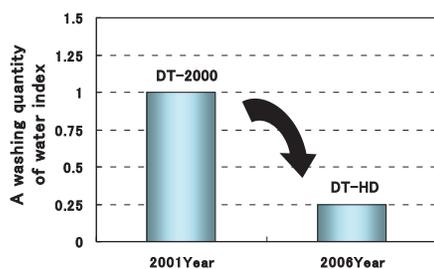


Fig.14 Quantity of the water reduction in the washing process.

6 まとめ

DT-HDは、乳化重合会合法製造スキームの特徴を維持、発展させることによって、さらなる高画質化と低温定着化を実現した。

乳化重合会合法のポテンシャルは高く、今後もさらなる高機能化が期待されるものであり、形状コントロール技術ならびにさらなる低温定着化技術の改良をすすめている。また、電子写真エンジンプロセス開発チームとの連携により、これまでの電子写真エンジン出力画像の枠を超えたインパクトのある画像の提供、ならびに省エネルギー化への更なる貢献を果たすことによって、市場のお客様に喜ばれる製品開発ができると考えている。

●参考文献

- 1) 大柴知美, 山之内貴生, 河野誠式, 白勢明三:「重合トナー “Digital Toner 2000” の電子写真特性」 KONICA Tech. Rep., 13 (2000)
- 2) 神山幹夫:「乳化会合型重合トナー コニカミノルタデジタルトナー」日本画像学会誌 第43巻 第1号
- 3) 市原美幸:「KONICA MINOLTA bizhubPro C6500におけるコート紙対応技術」日本画像学会誌 第45巻 第6号