

V-2 EA-Eco トナーの開発

(採用機種：700 Digital Color Press)

二宮正伸、大門克己

富士ゼロックス株式会社・画形材開発本部・化成品開発部

1. はじめに

近年のパソコンの高性能化及びネットワークの普及に伴い、情報ネットワークシステムの出力機として、電子写真方式のデジタルカラー複合機及びカラープリンターが急速に普及している。この普及の一因として、1980年代後半からのデジタル化技術の進歩に伴う、電子写真プリントシステムの高画質化が挙げられる。

特に写真画像に関しては、階調補正と色補正とが可能になったことで、階調性、粒状性、色再現性が大きく改善されており、電子写真プリントシステムは一部の印刷市場へ提供されるまでになってきた。

印刷市場への電子写真プリントシステム本格提供を実現するためには、プリントシステムとして、更なる画質改善(フルカラー画質に関しては高級印刷、銀塩写真に近い高画質品位)と、プリントの高速化による生産性の向上が必要であり、これを具現化する手段としてトナーには益々の小粒径化(高画質対応)と低温定着性改善(高生産性対応)が求められている。

トナーの更なる小粒径化に関して、従来の混練・粉碎トナー製法を用いるとトナー小粒径化に伴い粉碎エネルギーが著しく増大することが知られている。更に混練・粉碎製法では、狙いの粒度域のトナーを選択的に得る必要があるため、分級工程が必要となり、分級による得率低下が発生し環境負荷の観点で悪影響を及ぼすことが知られている。

またトナーの低温定着性改善に関しては、Fig. 1に見られるように、発売されているトナーの最低定着温度のトレンドは横ばいであり、トナー低温定着特性改善に大きな進展は見られない。このような状況の下、高生産性対応技術として、複数の定着機を有する電子写真プリントシステムの開発がなされている¹⁾。

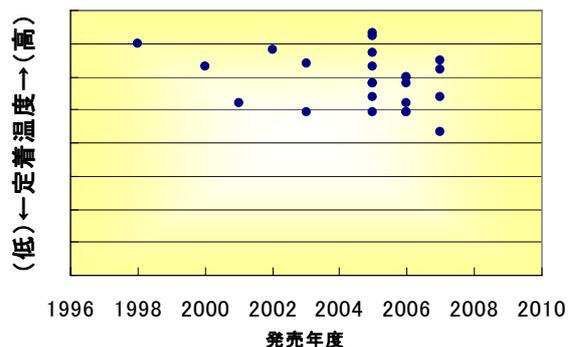


Fig. 1 各社オイルレストナーの最低定着温度推移

一方近年では、地球温暖化問題、エネルギーや資源の枯渇問題を背景に、改正省エネ法によるオフィスへの省エネ規制対象拡大やエネルギースタープログラムの認定基準値厳格化等の社会的な環境保護対策/規制が強まっている。また前述のように、電子写真方式プリンターの普及に伴い、プリンターの使用に伴う総消費電力量や、使用されるトナーの総消費量は増え続けており、これらを市場に提供する企業に対しては、サステナビリティ社会形成への貢献として、製品製造時、使用時を問わず省資源/省エネルギー化による環境負荷低減活動が求められている。

既に電子写真プリントシステムの環境負荷(消費電力)の約70%は定着システムで消費されることが知られている²⁾。これは定着システムとして熱定着方式が採用されており、定着装置の加熱に多くの電力が消費されるためである。この消費電力の課題に対して各社は定着装置の改良で省エネルギー化を推進^{2)~4)}している。しかしながら、前述のようにトナー低温定着特性改善の観点での省エネルギー化アプローチに大きな進展は見られない (Fig. 1)。

このような状況において、トナーに対しては、①高画質化のためのトナーの小粒径化及び狭粒度分布化、②トナー生産時の環境負荷低減、③生産性向上/消費電力低減のための更なる低温定着性改善、等の特性が求められる。

これまで富士ゼロックスでは、従来のトナー製法(混練・粉碎製法)に比べてトナー製造過程における消費電力量が少なく、小粒径トナー作成に適している新製法：EA製法を開発してきた^{5)~9)}。

2. EA (Emulsion Aggregation) 製法の特徴

EA製法によるトナーの特徴は、①低環境負荷における小粒径、狭粒度分布の実現、②トナー製造時の環境負荷の低減、③使用時の環境負荷低減(トナー消費量減/回収量減)を実現する形状制御自由度の拡大、が挙げられる。

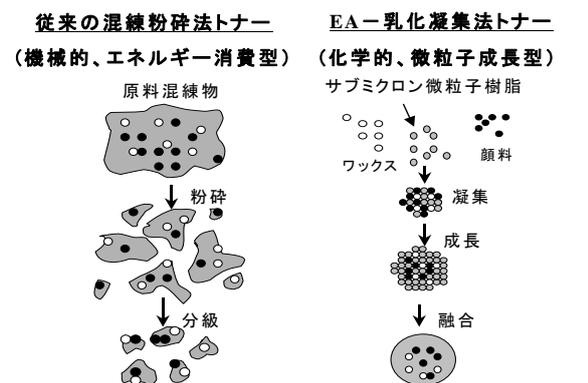


Fig.2 EA vs 従来製法トナー 製造方法イメージ図

粉碎製法が原料混練物を粉碎して小粒径化していく製法であるのに対し、EA製法はサブミクロンの原材料粒子を凝集、成長させる製法であるため、トナーの小粒径化、狭粒度分布化に対して有利である (Fig. 2)。また一般的には、粉碎製法ではトナー小粒径化に伴い粉碎エネルギーが著しく増大するため、小粒径トナーを製造する場合には消費電力の観点で環境負荷が大きくなる。さらに、粉碎後のトナーの粒度分布は広く、数回の分級操作が行われることが多い。分級操作を行うと所望粒径以外のトナーが産業廃棄物となり排出される場合もある。

対するEA製法は、製造に要するエネルギーが粒径には殆ど依存しないこと、分級工程が必要ないことから、少ない環境負荷で小粒径化/狭粒度分布化が達成でき (Fig. 3)、粉碎製法と比較して製造時CO2排出量を約35%削減できている (Fig. 4)。

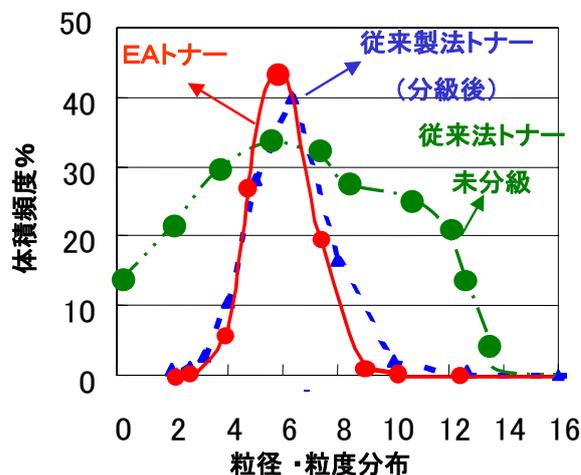


Fig.3 EA vs 従来製法トナー粒径分布比較

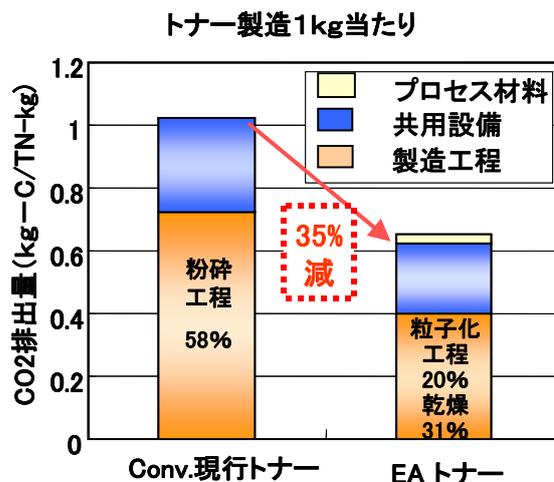


Fig.4 EA vs 従来製法トナーCO2排出量比較

また、粉碎製法トナーは、機械的な力で粉碎しトナーを形作るため、形状係数 (ML2/A) は150前後で、形状の制御は困難である。これに対し、EA製法では、融合工程の条件を制御する事により、トナーの形状係数は、ほぼ球形の120から不定形の150前後まで形状を任意に制御することができる (Fig. 5)。

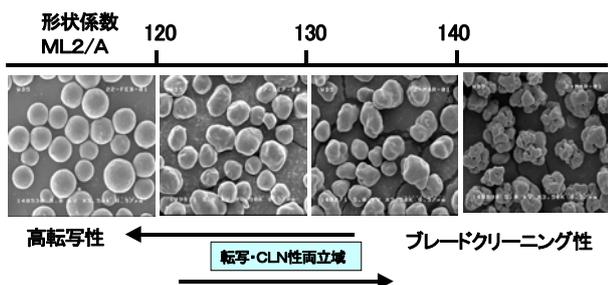


Fig. 5 EA 製法のトナー形状制御性

トナーの形状は現像性、転写性の観点からは球形が、ブレードによるクリーニング性の観点からは不定形が望ましい。EA トナーはシステムに適合した形状を選択することで、高転写効率と安定したクリーニング性能を高次元で両立することに成功しており、トナー消費量低減や廃トナーの削減へ寄与している (Fig. 6)。

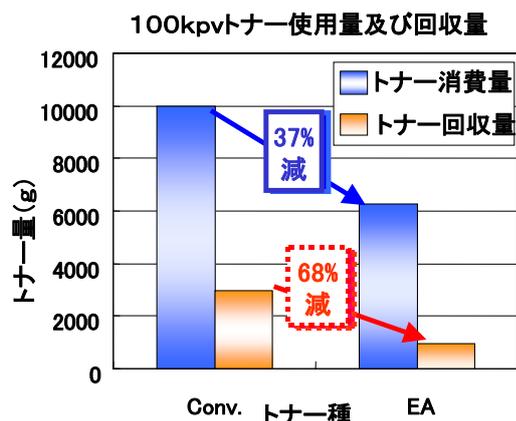


Fig. 6 EA vs 従来製法 トナー消費量/回収量比較

3. EA-Eco トナーの狙いと低温定着設計

上述のように我々は、環境/エネルギー問題に対応しつつ、高画質化/高信頼化のためEA 製法を探究、トナーの小粒子径化/形状分布の改善を行い、トナー生産時の環境負荷低減とトナー消費量抑制を実現してきた。次のステップとして我々は、トナー生産時の環境負荷が少ないEA 製法を深化させつつ、トナー消費時の環境負荷低減 (消費電力削減) を具現化する Ecology なトナーの開発を狙いとした。具体的には、更なる低温定着可能なEA-Eco トナーの開発である。

低温定着化のためには、一般的にトナー樹脂のガラ

ス転移点や軟化点を下げる方法が考えられるが、これではブロッキング温度やホットオフセット発生温度が低下し、低温定着性能との両立が困難である。

そこで我々は、新開発のシャープメルトポリエステルを用い、トナーの温度に対する粘度変化を、従来トナーから大きく変える設計とした (Fig. 7)。

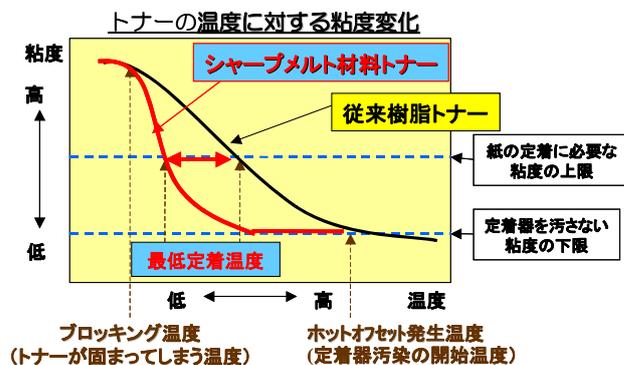


Fig. 7 EA-Eco vs 従来トナー粘度比較

また、材料設計とEA 製法の改良により、シャープメルトポリエステルをトナー中に最適配置させることで、ブロッキングやホットオフセットを防止しつつ、低温定着機能発現可能なトナー構造 (Fig. 8) にした。

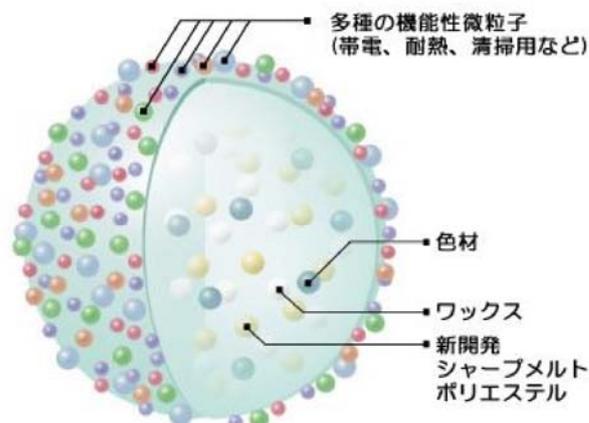


Fig. 8 EA-Eco トナー構造模式図

トナーのさらなる低温定着化は、電力削減のみならず、同じ電力でのプリント高速化 (生産性向上) が可能であり、印刷市場への本格展開が期待できる。しかしながら、電子写真プリントシステムの印刷市場への本格展開には画質、特に印刷画像相当の画像グロス再現性が必要であった。

画像グロスに関して、印刷画像の場合、インクによ

る着色層は用紙表面に沿って薄く形成されている。このような画像構造では、着色層の表面や内部での光散乱が小さく、用紙のグロスに対応した画像グロスを示す。一方、電子写真システムの場合、着色層は、用紙表面にトナーが溶融堆積した状態で形成され高い。よって、トナー層の溶融むらや表面状態(平滑性等)により、トナー層固有の光散乱が生じ、用紙グロスに対する画像グロス依存性が小さくなる。特にオイルレス定着トナーの場合、ホットオフセット特性や用紙と定着部材との剥離性を確保するため、溶融時のトナー粘度が高目に設計されており、結果的に高光沢紙に画像を形成しても、用紙のグロスに対して画像のグロスが低く、沈んだ画像になってしまっていた。

この課題に対して、新開発のシャープメルトポリエステルの特性を活かし、トナーの粘度を低くすることで平滑なトナー着色層を形成し、トナー層固有の光散乱を低減することで、画像グロスの用紙のグロス追従性を向上させた。さらにホットオフセット特性や剥離性の確保のためワックス融点/粘度の最適化を実施し、従来にない低温定着特性と実用レベルのホットオフセット特性の両立を実現した。

4. 新開発 EA-Eco トナーの性能

4-1 EA-Eco トナーの低温定着性

Fig. 9 には EA-Eco トナーとともに、オイルレストナーの最低定着温度を示した。新開発の「シャープメルトポリエステル」の採用により、従来タイプのトナーより低温域でトナーの溶融粘度が低下する。従来のトナーより約 20℃定着温度を下げる事ができている。

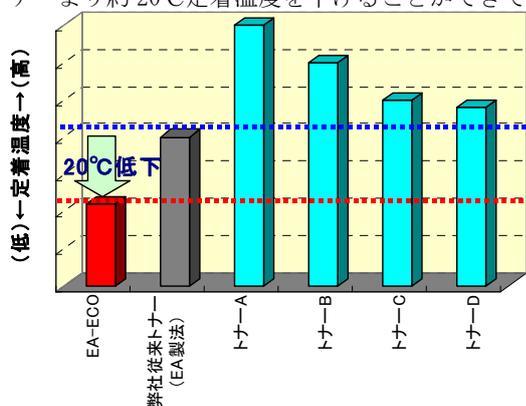


Fig. 9 EA-Eco vs 従来トナー最低定着温度比較

4-2 EA-Eco トナーの生産性への寄与

低温定着化設計によりトナー溶融に必要なエネルギーが少なくなるため、同じ消費電力量下ではプリントの生産性向上が可能である。弊社 700 Digital Color Press において EA-Eco トナーと従来トナーの生産性を用紙別に比較した (Fig. 10)。坪量 100gsm 以下の非コート紙の生産性は約 42%、坪量 105 から 175gsm までの非コート紙の生産性は約 184%の向上が可能となった。更に、従来では定着が困難であった坪量 300gsm の厚紙の定着も可能にした。

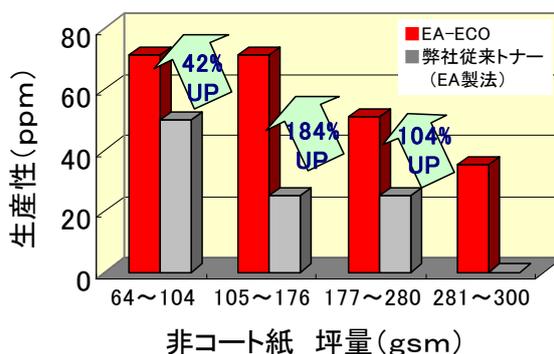


Fig. 10 EA-Eco vs 従来トナー生産性比較

4-3 EA-Eco トナーのCO₂削減への寄与

EA-Eco トナーと市販トナー、そしてこれまで弊社製品でもっとも環境負荷の少ない従来EAトナーの定着時の使用電力比 (光沢モード) を、CO₂排出量比に換算して比較した (Fig. 11)。EA-Eco トナーはこれまでのトナーと比較し、40~60%の消費電力を削減でき、世界的課題であるCO₂削減に対して、大きな貢献が期待できる。

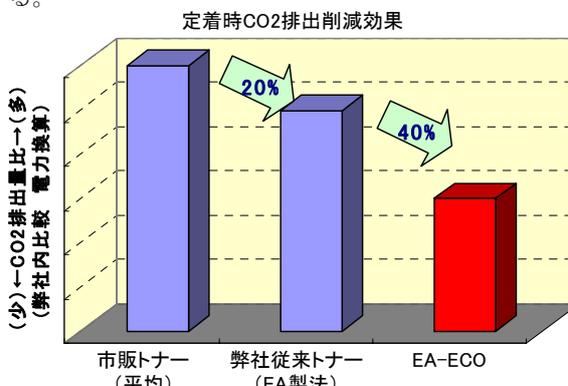


Fig. 11 EA-Eco vs 従来トナー定着排出CO₂比較

4-2 EA-Eco トナーの光沢性

「EA-Eco トナー」は、従来トナーよりも溶融粘度を大きく低下させる設計となっており、より高いグロスの画像が形成できる。一方、樹脂を含めたトナー粘弾性設計最適化で、オイルレストナーでありながら用紙グロスに近い画像グロス再現性を達成している。(Fig12)。

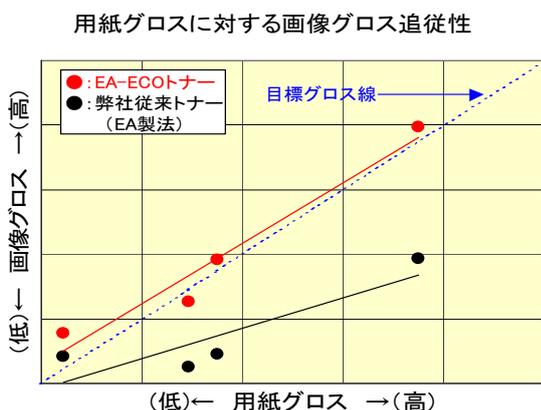


Fig.12 EA-Eco vs 従来トナーの画像グロスの用紙グロス追従性比較

5. まとめと今後の展望

EA-Eco トナーはトナー製造時及び使用時の環境負荷低減に加え、高グロス化、高生産性を目指して開発を進め、以下の成果を得た。

低環境負荷

- トナー製造時のエネルギー: 約 35%低減
- トナー使用時のエネルギー: 約 40~60%低減
- トナー使用量: 約 37%削減、回収トナー量: 約 68%削減

高生産性

消費電力を増やすことなくドキュメント生産性を向上

高画質化

画像グロスの用紙グロス追従性向上による、
画像光沢制御範囲の向上

一方で、トナーの技術課題はまだ残されている。環境負荷低減に関して、消費エネルギー面では、EA-Eco トナー以上の消費エネルギー低減化が、廃棄物削減面では、廃トナーレス化に加え、用紙再生の容易性にも目を向けた開発が必要であろう。グリーン面では生分

解性、バイオマス材料の適用化検討も課題である。一方で市場ニーズへの対応面では、更なる高画質化/信頼性アップ、また高速化/高機能化に加え、コストダウン施策も重要である。

これらの課題解決はトナー単独でなし得るものではない。今後はよりマーキングシステムと一体化した研究開発を進め、一つ一つの改善技術を地道に取り入れる事によって、結果的に市場でのお客様の満足を勝ち得、プリンティング市場の拡大、トナーマーキング技術の進展につなげていければと考えている。

参考文献

- 1) 太田, "imagePRES C7000 における高速、高画質化技術" 2007 ビジネス機器関連技術調査報告書
- 2) 香川、前田、山地、朝倉、難波、木田、
"外部ベルト加熱定着システムの開発"
2006 ビジネス機器関連技術調査報告書
- 3) 内田, "カラーオンデマンド定着技術"
2006 ビジネス機器関連技術調査報告書
- 4) 清水, "高速カラー電子写真方式における省エネ定着技術" 2007 ビジネス機器関連技術調査報告書
- 5) 松村、鈴木、石山, "高画質オイルレスカラーを実現するEAトナー(乳化重合凝集法トナー)の開発"
富士ゼロックステクニカルレポート, No14. 2002
- 6) 鈴木、石山、松村、石田、
"環境負荷低減型新製法 EAトナーの開発"
エコデザイン 2002 ジャパンシンポジウム
- 7) 鈴木 "市販ケミカルトナーの分類、構成と将来展望"
2003 年第3回日本画像学会技術研究会
- 8) 松村、鈴木、石山、赤木、百武, "高画質と低環境負荷を両立した乳化重合凝集法トナー(EAトナー)の技術開発, 日本画像学会誌, vol42(4), P24
- 9) 鈴木, "EA-HGトナーの開発"
2004 年度事務機器関連技術調査報告書

禁 無 断 転 載

2008年度「ビジネス機器関連技術調査報告書」“V-2”部

発行 2009年3月

社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会 (JBMIA)

技術委員会 技術調査小委員会

〒105-0003 東京都港区西新橋三丁目25番33号 NP 御成門ビル

電話 03-5472-1101(代表) / FAX 03-5472-2511