

(4) EA-HG トナー

鈴木千秋

富士ゼロックス株式会社・技術開発本部化成品開発部・グループ長

1. はじめに

近年の急速なパソコン、ネットワーク化の普及により、Document の市場要求はカラー化、高画質、オンデマンドへと移行している。Document の中でもフルカラー写真画質に関しては高級印刷、銀塩写真に近い高画質品位が望まれており、各社システムは勿論のこと印字品質を左右するカラートナーの開発が積極的に行われている。特に高精細な画像出力としては潜像を忠実に作像する必要がある、トナーとしては益々小粒径が進み、忠実再現を狙った活動が加速されている。

また、カラー生産性向上の強い要求により、マーキングシステムは四サイクル方式から各色毎に現像機、XERO ユニットを直列配置したタンデム方式が主流になりつつある。これはタンデム方式の課題としていた高精度カラーレジストレーション、現像機、XERO スペース確保、コスト低減が現像、転写、定着、クリーニング技術の向上及び XERO 小型化、信頼性向上、部材コスト低減により大きく改善されたことによるものである。更に近年では高画質、高生産性と共に環境への配慮が要求されている。特に「エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法）」に代表されるように消費エネルギー低減は必須である。

2. 新製法への転換の必要性

上述の電子写真への要求に基づき、カラー汎用化に向けてのトナー制御技術に置き換えると図 1. のように表される。今後の高機能付与を考慮した場合、トナーの設計自由度を高めることは極めて重要であるが、従来の混練粉砕法では粒径、形状、構造、材料選択の観点で制御限界を有している。そこで、我々は上記制御自由度を高めるために、従来の混練粉砕法から新製法

(EA：乳化凝集法) へと転換する必要があった。

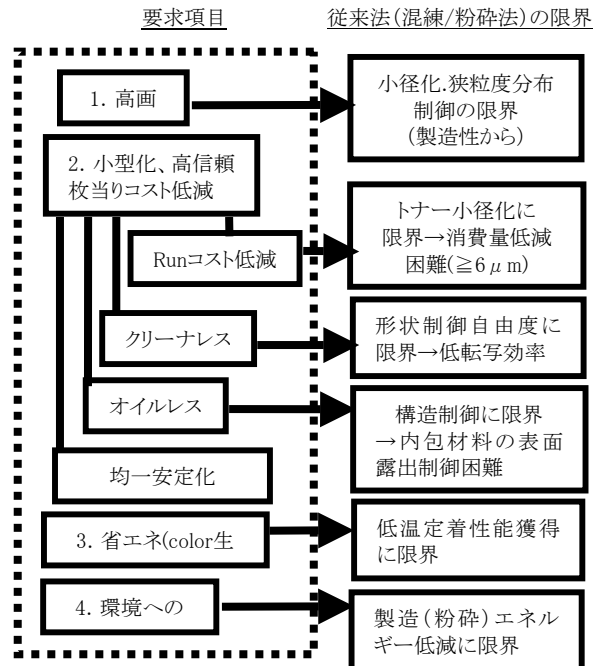


図1.電子写真要求とトナー技術(従来法トナーの限界)

3. 新製法 EA：乳化凝集法トナーの特徴

図 2. に混練粉砕法と EA:乳化凝集法の比較を示す。

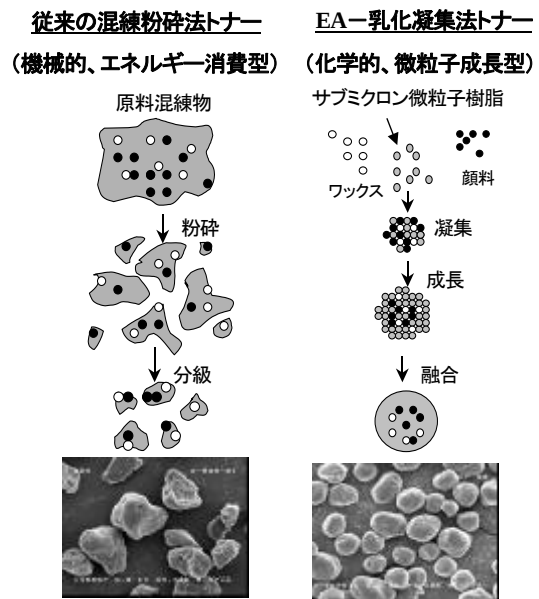


図 2. 製法比較 (混練粉砕法・EA：乳化凝集法)

新製法 EA：乳化凝集法（EA 法と略す/トナーは EA トナーと略す）の特徴として、

1. 小粒径、狭粒度分布獲得が容易であり、その効果として①トナー消費量の低減、②高画質を達成することが可能となる。
2. 形状制御自由度が高く、システムに適合した形状を自由に制御することが可能となり、マシンの特徴を最大限に引き出すことができる。
3. コア/シェル構造制御により、低粘度ワックス、顔料等を内包でき、帯電、粉体特性の基本性能、システム適合性の要求機能を分離した制御が可能となる。
4. 環境に優しい製造プロセスの実現により、省エネルギー生産が可能となり、従来の混練粉碎法に比較し、CO₂発生量を約 35%削減することができる。

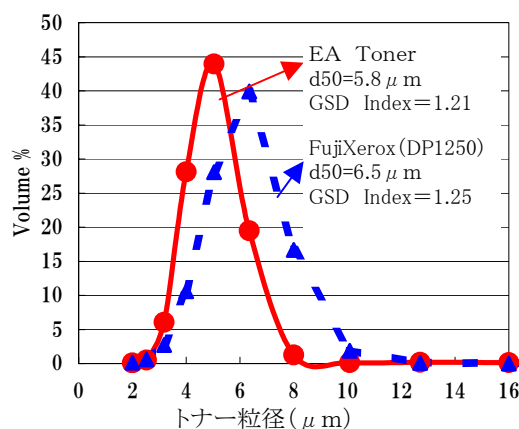


図3.トナー粒径、粒度分布比較

図 3. にEAトナー及び混練粉碎トナーの粒径、粒度分布を示す。EAトナーは分級すること無しに 5.8 μm、粒度分布：GSD Index = $(D84/D16)^{1/2} = 1.21$ と狭粒度分布を得ることができ、図 4、図 5 に示すようにトナー消費量を約 37%削減することが可能となった。

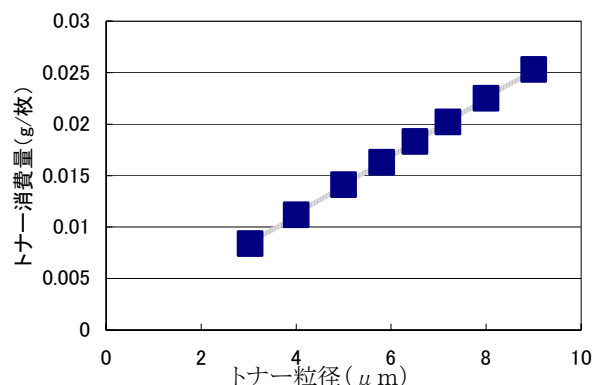


図4.トナー粒径と消費量(A4@5%)の関係

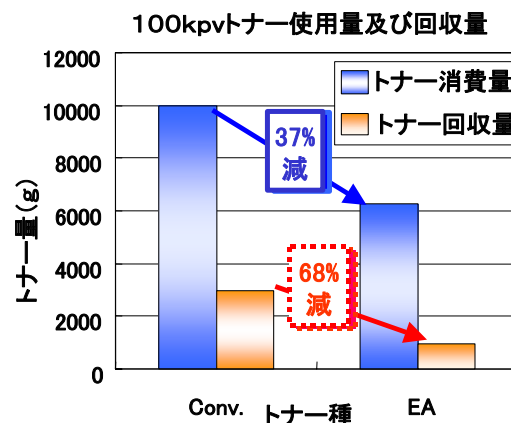


図 5. トナー消費量

また、EA 法の特徴である小粒径、狭粒度分布、均一形状トナー及びトナー表面への高機能外添材料の採用により、高く安定した現像性、転写性を獲得し、用紙を選ばずスクリーン構造の劣化が少なく、ガラスキを感じさせない滑らかな階調再現、忠実再現、高画質を達成した。（図 6）

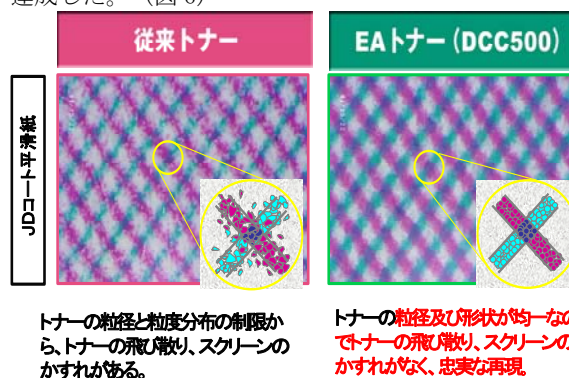


図 6. EA、従来トナーの忠実再現画質比較

次に EA トナーは形状制御自由度が高いことが特徴として挙げられる。形状は、凝集粒子を合一する際の温度、時間、PH により自由に制御可能である。（図 7）

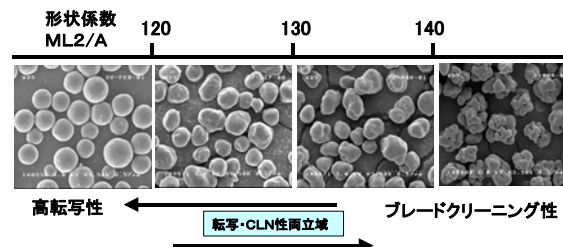


図 7. EA 法によるトナー形状制御

形状は球形トナーが現像性、転写性の点では有利であるが、ブレードクリーニング信頼性の点では不定形に比べ劣るものである。マシンの特徴を最大限に発現させるべく、システム適性を考慮したトナー形状制御

が重要である。

次に EA トナーの特徴として、コアシェル構造による機能分離設計を可能としたことである。(図 8.)

具体的には顔料の化学構造により帯電レベルが異なり、また顔料のトナー表面露出と化学構造から色間による帯電レベル差が大きくなってしまう。このような問題に対して、EA 法によるコアシェル構造を形成することにより、顔料を内包することができ、帯電に寄与するトナー最表面はシェル材料で構成され、内包する顔料種の影響を受け難く帯電の色間差を軽減できることとなる。

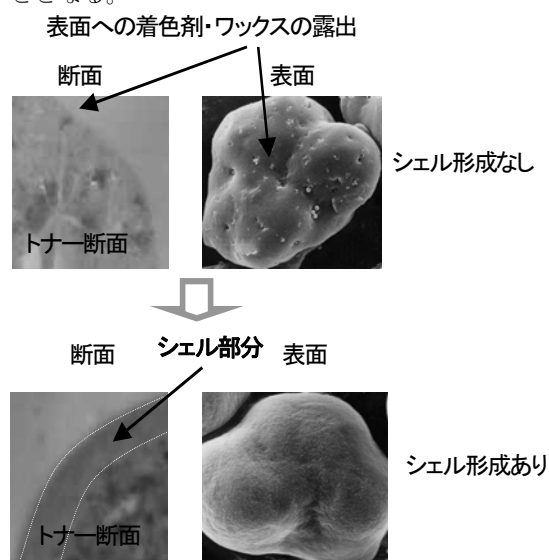


図 8. シェル形成有無によるトナー内部、表面構造

次に環境を考慮した取り組みであるが、EA法は小粒径トナー生産時のCO₂排出量削減(約 35%削減: 対混練、粉碎法)が可能となっている。従来、混練粉碎法は粉碎エネルギーが最も高く、小粒径トナーを作成するためには多くのエネルギーを消費する事となる。EA法はサブミクロン粒子の凝集、成長、合一により、トナー粒子を作成するために、消費エネルギーは殆どトナー粒径に依存しない。即ち、小粒径トナーを作成する上では最もエネルギー消費削減に有利な手法と考える。

4. EA-HG トナー設計の狙い

我々が EA-HG 開発に着手した狙いは、前述の EA 法の特徴を踏襲し、更なる高画質(色再現性の拡大、高 Gloss、高 PE 値)、カラー生産性向上、高信頼性を達成するためである。具体的には Green、Red の二次色の

色域拡大、およびカラー生産性に影響を及ぼす定着工程での用紙剥離性と画像 Gloss、OHP 透過性の指標である PE 値の両立である。

一般的にカラー画像はトナーパイルハイトが高いため定着後の用紙剥離性が低下し、紙詰まり、画質欠損あるいはホットオフセットを引き起こしてしまう。特にオイルレス定着システムにおいては、用紙剥離性及びホットオフセットはトナー離型能力と凝集力に左右されるため、低粘度ワックスの添加量増量とトナーレオロジーアップが必須となってしまう。そのため、上記 Gloss、PE 値が犠牲になってしまうことが多い。更に、高生産性を考慮した場合、定着工程に画像が留まる時間が短くなり、受ける熱エネルギーが少なくなる。その結果として離型剤のトナー表面へのブリード、トナーの熱溶融が低下し、高 Gloss 画像、高 PE 値の発現が益々厳しいものと成る。

5. EA-HG トナー設計

まず、画質課題である Gloss、HOT、PE 値、剥離性向上に関して、制御因子である樹脂分子量、凝集剤、ワックス量、内部添加剤の最適化が重要であるものの、HOT と Gloss は相反関係にあり、単なる添加量、材料種では制御しきれない。(表 1.において、制御因子に関しては上段が多い(高い、長い)、下段が少ない(低い、短い)を示し、矢印は有利な方向性を示す。)

表 1. トナー特性と制御因子一覧

		特性値			
		PE値	Gloss	HOT	剥離
制御因子 ↑ 抜粋	凝集剤量	↘	↘	↗	↗
	内部添加剤量			↗	↘
	凝集条件(時間・温度)	↘	↘	↗	↘
	Wax量	↘	↘		↗
	樹脂分子量 Mw	↘	↘	↗	↗
	顔料種		↘	↘	↘

一例をあげると、樹脂分子量 Mw を高い方向で制御すると、HOT と剥離に有利であるものの、PE 値、Gloss に関しては不利な方向に寄与する。

図 9. に Gloss と HOT の関係を示すが、上記制御因子の添加量、時間、分子量の最適化だけでは、同一相関

線上を動かだけであり、両立には材料、ハード上のブレークスルーが必要であることを示唆している。

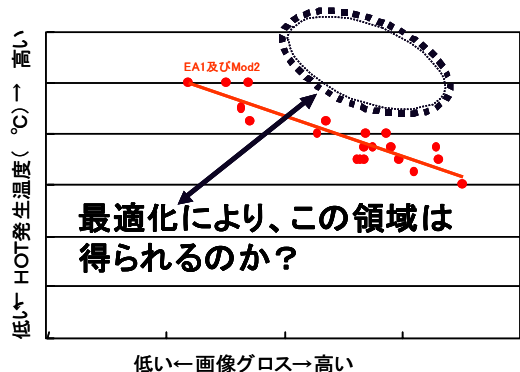


図 9. HOT (ホットオフセット) と画像 Gloss の関係
上記結果を受けて、高 Gloss、広 Latitude 設計空間を得るために、機能材料であるワックス種、量、凝集剤量、内部添加剤量の最適化とケミカルプロセスの精密制御、コア材料中の素材分散制御を行った。(図 10.)

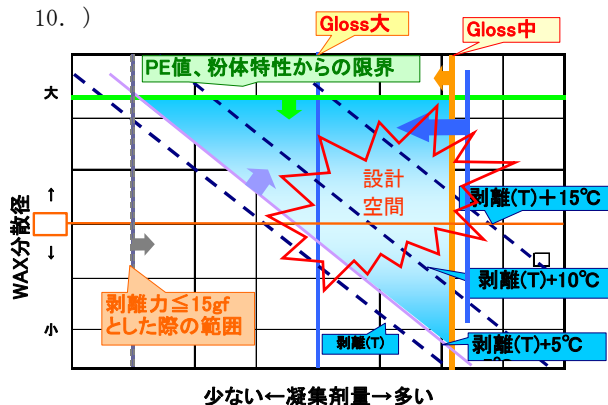


図 10. 画質、定着性両立に関しての設計空間
トナーの粘弾性、ワックス種、量の最適化および、ワックスの精密分散制御により、画質、定着特性の設計空間を広げることが可能とし、オイルレスカラーの課題であった用紙剥離性改善、ホットオフセット向上と画像 Gloss の両立を得た。(図 11.)

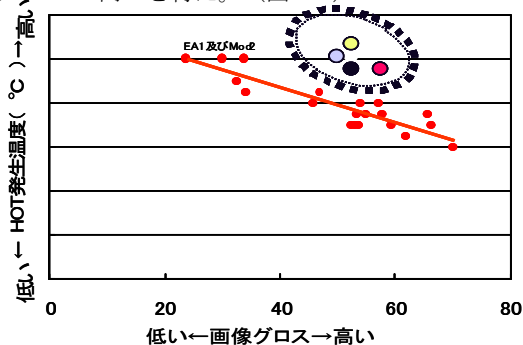


図 11. HOT (ホットオフセット) と画像 Gloss の関係

また Green、Red の二次色の色域拡大においては、上記トナー粘弾性の最適化と色材の一部変更及び顔料の最適化により二次色（特に赤）の再現性を改善し、高画質化、色再現性の拡大を実現している。また、この技術により、カラー生産性アップにおいても、従来同等以上の色域、画像 Gloss を獲得した。同様にワックス内包カラートナーの課題であった OHP 透過性 (PE 値) を大きく改善した。

5. EA-HG トナー改善効果

EA-HG の EA1 に比べての改善点を以下に示す。

まずトナーの粘弾性最適化制御により、従来の EA トナーに比べ溶けやすく、画像表面の平滑性を可能とし、グロス感のある鮮やかな発色を達成している。

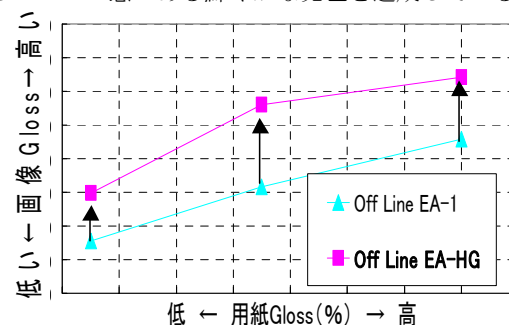


図 12. Gloss 評価結果 (用紙と画像 Gloss の関係)
上記は同一条件での EA1 トナーと EA-HG トナーの Gloss 評価結果を示す。従来どおり、ビジネス文書(低 Gloss 用紙)ではギラツキのない画像を提供し、写真分野では紙に応じた Gloss を発現する。(図 12.)

次に色材の一部変更及び顔料量の最適化、またトナー粘弾性制御により二次色(特に赤、緑)の再現性を改善し、高画質化、色再現性の拡大を実現している。(図 13.)

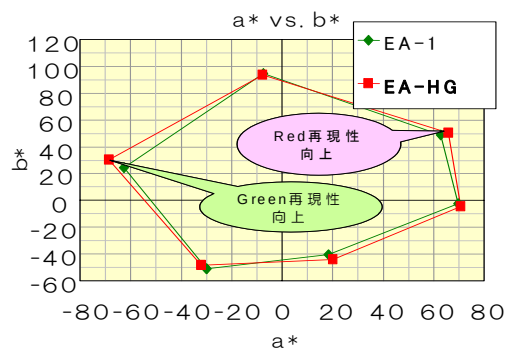


図 13. EA1 及び EA-HG 色域(a* vs. b*)

また、OHP 画質は、OHP シート上のトナー画像を透過する光の量を現す PE 値(Projection Efficiency)で表現される。OHP 透過性はワックス分散内包カラートナーの課題であったが、トナーの粘弾性制御とワックス分散径の最適化により、同一評価条件下で EA-HG トナーは EA1 トナーに比べ著しく改善されている。(図 14.)

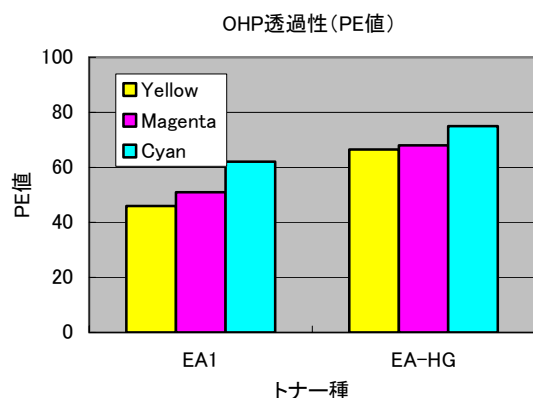


図 14. OHP 透過性 (PE 値) 比較結果

更に、トナー粒径設計(小粒径且つ狭粒度分布、均一形状トナー)およびトナー表面への高機能外添材料の採用により①高く安定した現像性、転写性を獲得及び②用紙の表面凹凸の影響を受けずトナーの飛び散り、スクリーンのかすれが少ない忠実再現を達成した。特に EA1 に比べトナーが溶けやすいことから、表面凹凸を有する普通紙上でもスクリーンの再現は明瞭である。(図 15.)

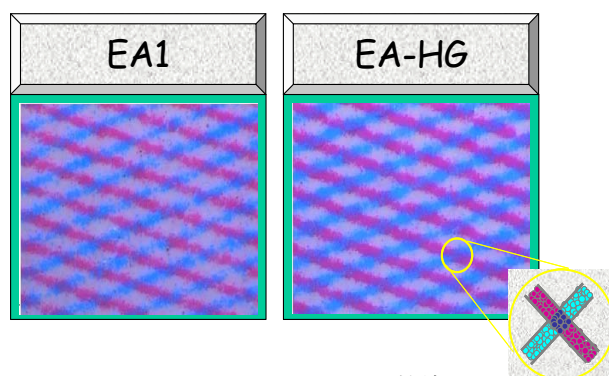


図 15. スクリーン再現性比較結果

6. まとめ

EA-HG は高画質、カラードキュメント高生産性を実現し、高信頼性獲得を目的に開発を進め以下の成果を得た。

高画質の課題に関しては、色剤の一部変更とトナーの粘弾性最適化制御、トナー粒径設計(小粒径且つ狭粒度

分布、均一形状トナー)及びトナー表面への高機能外添材料の採用により実現することが可能となった。

一方、高生産課題を改善するためには、定着性の向上と定着後 Fuser Roll からの用紙剥離性能を向上することが重要であり、EA-HG トナーでは新規ワックスを採用し、ケミカルプロセス(顔料、ワックス、そして乳化重合樹脂粒子とそれら個々の材料を水溶液中で凝集、成長、更に加熱させ粒子を形成する過程)をより最適なものにするにより、トナーコア中の分散構造の均一化を実現し、定着時の用紙剥離性能向上を獲得した。またその結果、カラーおよびモノクロにおいて高生産性を実現し、更には、トナー母粒子の上述の改善に加え、トナー外添剤の種類とその添加量の最適化及びキャリアコート剤の変更を行うことにより、帯電、現像、転写、クリーニングに関して安定性能を獲得し、XERO、定着のサブシステム適性を考慮したインタラクション課題を著しく軽減できる現像剤開発に成功した。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 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
- 4) 石山 “新製法トナーの特徴と将来展望”2002 年第 4 回日本画像学会・静電気学会ジョイントシンポジウム
- 5) 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,