
新規重合トナーの開発

Development of new polymerization toner

八木 慎一郎*

Shinichiro YAGI

佐々木 文浩*

Fumihito SASAKI

南谷 俊樹*

Toshiki NANYA

江本 茂*

Shigeru EMOTO

霜田 直人*

Naohito SHIMOTA

樋口 博人*

Hiroto HIGUCHI

要 旨

次世代の省エネシステムに柔軟に対応出来、環境に配慮した画期的なトナーを開発した。新規重合トナーはエステル伸長重合法による新規製法トナーである。従来の重合トナーはスチレン-アクリル系の樹脂で構成されているが、新規重合トナーは、ポリエステル樹脂で構成され、オイルレス低温定着性に優れている。エステル伸長重合法はシャープな粒径分布の制御が可能である反面、粒径分布を制御する因子は非常に多く存在する。タグッチメソッドを用いて各因子の条件設定を行った。この結果次の特徴を有するトナーが得られた。

- 1) ポリエステルによる低温定着トナーで省エネの実現
- 2) 小粒径化により高画質化の達成と、従来トナー比40%以上の使用量削減
- 3) トナー形状制御によりブレード方式でのクリーニングシステムの実現
- 4) 製造時の環境負荷（CO₂排出量）を約35%削減

ABSTRACT

Synthesized superior toner with intension of protection of environment is developed aiming energy saving and environment load decreasing. The new polymerization toner is synthesized with new method using ester elongation polymerization. The new polymerization toner is superior to usual polymerization toners in low temperature fixing. It consists of polyester resins, while usual toners consists of styrene-acrylic copolymers. Particle size distribution can be controlled theoretically in the ester elongation polymerization, but it is difficult to fix the optimum condition due to a number of reciprocal factors, so the Taguchi Method is adopted to decide the production conditions. The futures of new polymerization toner is as follows;

- 1) Energy saving by low temperature fixing with polyester resins.
- 2) High image quality and reduction of 40% in toner consumption (the antecedent machine ratio) by super fine toner .
- 3) Superior characteristics in toner cleaning process.
- 4) Reduction of 35% in environmental load (as CO₂ discharge).

* 画像システム事業本部 エンジン開発センター
Engine Development Center, Imaging System Business Group

1. 背景と目的

近年、電子写真方式の複写機はデジタル化、複合化が進み、高画質化への要求がこれまで以上に増大している。そのため、画素再現性向上を目的としたトナーの小粒径化が求められている。また、環境保全に配慮した商品開発が行われ、トナー開発においても、稼働時の省エネのみならず、製造時の環境負荷低減についても取り組んでいる。従来、トナー製造方法としては熔融混練粉碎法（以後、「従来製法」と記述）が主流であったが、小粒径にするほど生産性が低下してしまい、製造コスト上昇、および、製造時の環境負荷が大きくなるといった問題がある。また、従来製法トナーは着色剤、WAX等がトナー表面に露出し易く、キャリア汚染、帯電不良などの問題を引き起こす場合もある。重合トナーは従来製法トナーに対し、小粒径且つシャープな粒径分布制御が比較的容易であり、着色剤およびWAX等を内包する構造制御が可能のため、注目されている。

リコーにおいても重合法の一つである新製法のトナーを開発し、従来製法では達成し得なかった性能を獲得した。本報告は新規重合トナーの概要に関するものである。

2. 技術

2-1 新規重合トナーの特徴と製法

トナーの従来製法はバインダー樹脂、着色剤、WAXなどを加熱熔融・混練し、圧延冷却後、粉碎・分級することでトナーを得るものである。一方、新規重合トナーのエステル伸長重合法は、懸濁重合法、溶解懸濁法と同じく湿式でトナーを製造する製法であり、小粒径・シャープな粒径分布が比較的容易に制御できる。また、材料や工程条件を制御することで着色剤、WAX等を内包する構造制御が可能となり、更には多量の電力を必要とする粉碎・分級の工程が基本的には不要となる。新規重合トナーは低温定着性に寄与する低分子量の樹脂成分の周りを貯蔵安定性に寄与する高分子量の樹脂成分が覆うような構造を有している。（Fig.1）この構造により、低温定着性と貯蔵安定性を両立している。また、小粒径且つシャープな粒径分布と、ブレードクリーニング可能なトナー形状に制御できることが特徴である。

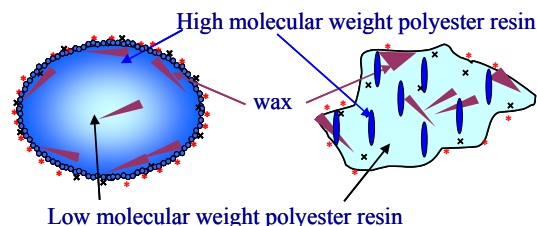


Fig.1 Illustration of new polymerization toner and pulverized toner

新規重合トナーの工程は以下に示すとおり、6つの工程からなる（Fig.2）。

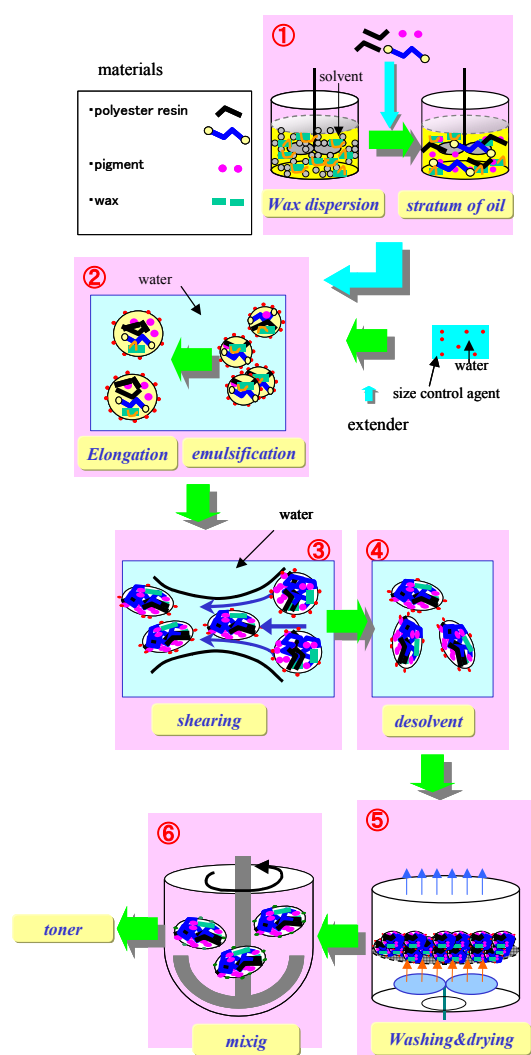


Fig.2 Production scheme of new polymerization toner

①WAX分散・油相作製工程、水相作製工程

WAXおよびポリエステル樹脂、顔料などの原材料を溶媒

中に分散し、油相を作製する。粒子径制御剤および界面活性剤などを純水中に分散し、水相を作製する。

②乳化・収斂工程

油相および水相を混合・乳化させた後、WAXおよびポリエステル樹脂、顔料などが含まれる油滴を作り伸長重合と同時に収斂させてシャープな粒径分布のトナー油滴を作製する。

③異形化工程

粘度調整および剪断力を加えることなどでブレードクリーニングが可能な形状へ変形させる。

④脱溶剤工程

トナー油滴内部に残留する溶媒を除去しトナー粒子を得る。

⑤洗浄・乾燥工程

トナー粒子表面の不純物を洗い流し、表面および内部に存在する水分を蒸発させ、乾燥粉体にする。

⑥外添工程

外添剤を表面に付着させる。

2-2 新規重合トナーの開発

2-2-1 低温定着性

新規重合トナーはQSU技術（スリープモード時電力7W以下、スリープモード状態から10秒で復帰する省エネ技術）に対応できることを開発目標とした。QSU技術とは、使いたい時にすぐ（Quick）に立ち上がる（Start Up）リコー独自の省エネ技術である。この省エネ技術に対応するにはトナーの低温定着化が必要となる。トナーの低温定着性は低分子量の樹脂成分を用いることで達成されるが、副作用としてホットオフセットの悪化、貯蔵安定性の悪化、現像器内でのブロッキングの発生が懸念される。

新規重合トナーの開発においては、低分子량ポリエステル樹脂の分子量を目標とする定着下限温度が得られる範囲に設定し（Fig.3）、伸長反応（エステル伸長重合）によりトナー粘弾性を制御し、ホットオフセットを改善する事により広い温度領域での定着が可能となる。（Fig.4）。

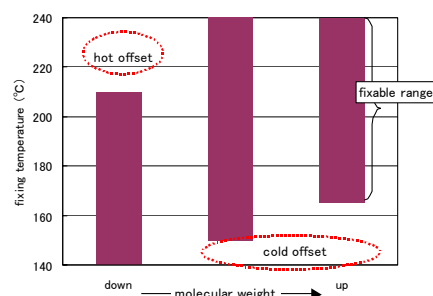


Fig.3 Relationship between fixing temperature and molecular weight of polyester resin

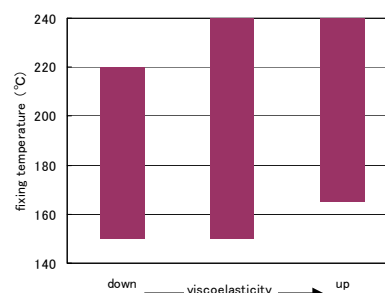


Fig.4 Relationship between fixing temperature and viscoelasticity

さらに、WAXをトナー表層近くに分散させることで、WAXを染み出し易くし、ホットオフセット性を確保している。Fig.5に最適な分散状態を得ている新規重合トナーのTEM断面図を示す。

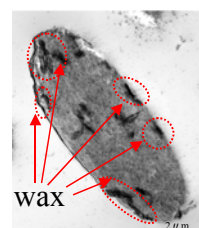
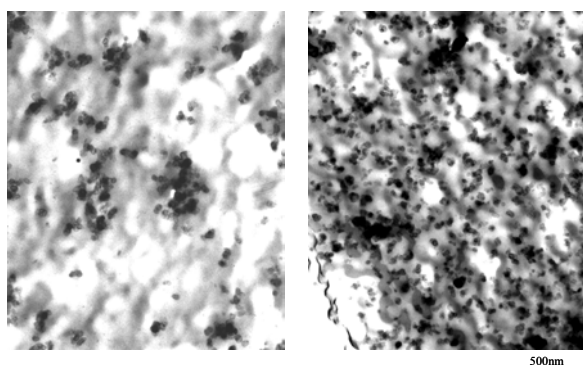


Fig.5 TEM image of new polymerization toner

2-2-2 顔料分散

モノクロトナーの着色剤にはカーボンブラック（以後、「CB」と記述）が用いられるが、一次粒子径が小さいため、粒子間凝集を生じやすく、分散不良を引き起こす。分散不良は着色度を低下させ画像濃度不良を引き起こすだけではなく、トナー粒子毎の体積固有抵抗にばらつきを生じさせ、転写不良、帯電不良を引き起こし、トナー飛散などにより機内汚染の原因ともなる。CBの極性制御および分散剤等を用いるこ

とで、分散性を制御することが可能である。Fig.6にCB分散が良好なトナーと分散が不良なトナーの断面写真を示す。



incomplete dispersion

complete dispersion

Fig.6 TEM image of toners

2-2-3 乳化安定化／粒径制御

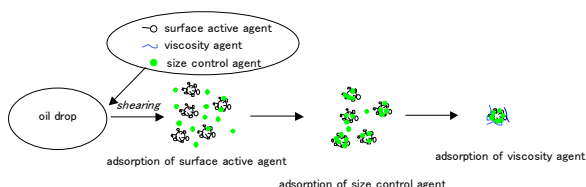


Fig.7 Process of emulsification

新規重合トナーの乳化工程ではFig.7に示すように、油滴（WAXおよび、ポリエステル樹脂、顔料など含む）の合一と油滴への粒子径制御剤の吸着が同時に起こる。粒子径制御剤が油滴へ吸着し、粒子径制御剤の膜が形成されると油滴同士の合一は抑止される。油滴合一と粒子径制御剤の吸着の各速度を制御することにより、目的とする粒径を安定的に得ることが出来る。ただし、これら合一・吸着速度を制御する因子は非常に多く、且つ、乳化工程で主なトナー物性が決定されるので、タグチメソッドを用いて乳化条件の最適化を図った。Table 1にラボ実験で用いた因子および水準を示し、Fig.8に得られた要因効果図を示す。

Table 1 The factors and levels

Factor	level
A	high
	low
B	low
	middle
	high
C	short
	middle
	long
D	low
	middle
	high
E	small
	middle
	large
F	low
	middle
	high
G	low
	middle
	high
H	low
	middle
	high

なお、化学反応系における動的機能窓法を適用し¹⁾、粒径安定性を解析した。因子DおよびEは粒子径制御剤の吸着速度を調整する因子であるが、これが粒径制御の安定性を左右することがわかった。Fig.9に改善前後の粒径分布の変動（乳化初期から後期）を示す。乳化初期から粒径分布が安定していることがわかる。Table 2に確認実験での利得を示す。

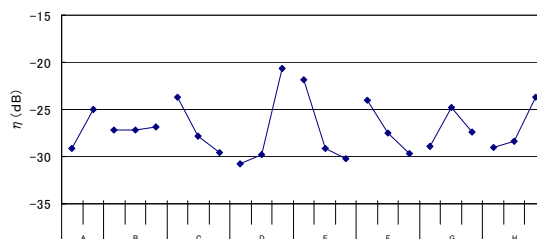


Fig.8 Factor effect

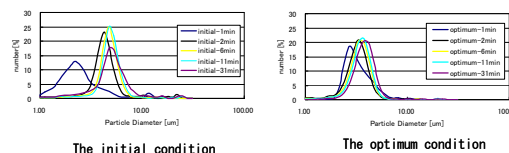


Fig.9 Change of particle size distribution

Table 2 Confirmatory experiment

	value of estimate		value of confirmation	
	η	S	η	S
initial standard	-22.9	-49.0	-26.3	-44.3
optimum conditions	-9.9	-38.0	-1.9	-53.3
gain	13.0	11.0	24.4	-9.0

2-2-4 形状制御

トナー形状はクリーニング性と転写性に影響する。Fig.10に示すように、一般的に形状が丸いトナーであれば、転写性は向上するが、ブレード方式でのクリーニング性は悪化する。トナー形状はシステム設計と深く関連し、ブレードを用いない作像システムであれば、球形状のトナーを用いた方が高転写率を実現できるので望ましい。新規重合トナーではブレード方式のクリーニングに対応できるように、トナー形状を紡錘状に制御することが可能である。トナー形状は異形化工程において、粘度および与える剪断力を制御することで調整することが可能である。

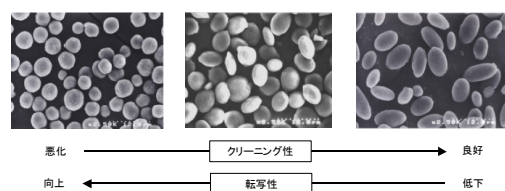


Fig.10 Shape control of new polymerization toner

3. 成果

3-1 低温定着性

新規重合トナーは他社乳化重合合法トナーと比較して10℃ほど定着下限が低く、かつ、従来と同等のホットオフセット性も達成している。定着温度が10℃下がることで最大消費電力で約80Wの省エネ効果が得られる。

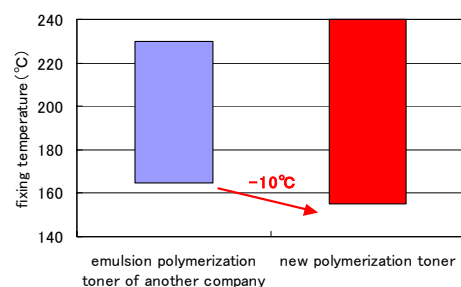


Fig.11 Fusibility of emulsion polymerization toner of another company and new polymerization toner

3-2 小粒径化による高画質化の達成、消費トナー量削減

Fig.12は紙上の細線およびドット再現性を従来製法トナーと比較した拡大写真である。新規重合トナーは従来製法トナーより小粒径、且つ、均一分布に制御することが可能である。(Fig.13) これにより、画像部以外へのトナー散りの少ない忠実な画像再現が可能となる。また、小粒径化により十分な画像濃度を得られるため、トナー層厚を薄くでき、従来製法と比較して約40%の消費量を削減できる。(Fig.14)

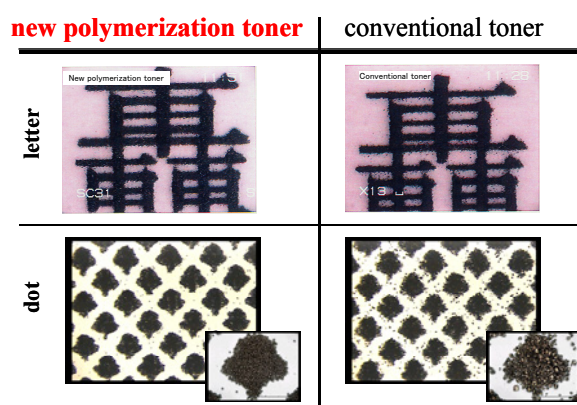


Fig.12 Reproducibility of new polymerization toner and conventional toner

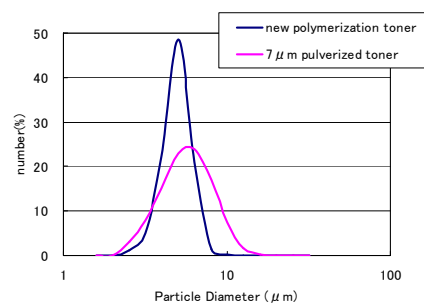


Fig.13 Particle size distribution of new polymerization toner

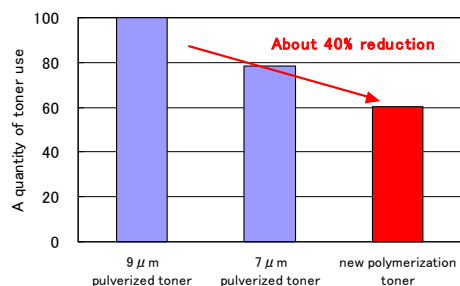


Fig.14 Comparison about toner consumption

3-3 トナー形状制御によるブレード方式でのクリーニングシステムの実現

新規重合トナーはブレード方式でもクリーニング可能な紡錘形状に制御することが可能である。また、クリーニングで回収されたトナーはリサイクルされ、再び現像部へ戻されるといった廃棄トナーレスにも対応可能である。

3-4 製造時の省エネ（CO₂排出低減）

Fig.15には、同一粒径を生産した場合のエステル伸長重合法と従来製法とのCO₂排出量換算値の比較を示す。従来製法を100とした場合、約35%のCO₂排出量削減となり環境負荷の低減が可能である。

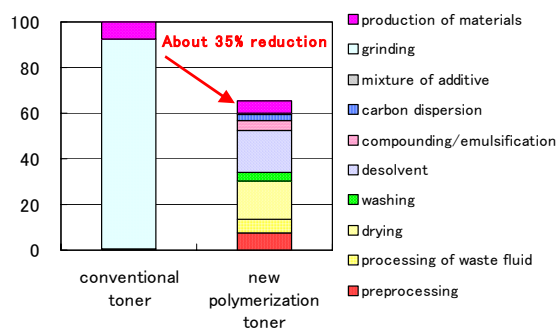


Fig.15 Comparison of conventional toner and new polymerization toner about environment load

今後の展開

上述のように、新規重合トナーには従来製法にはない数多くのメリットがある。今後はカラートナーにおいて高度なレベルに発展させていく必要がある。また、各社とも新製法への転換を加速する中、如何にして環境要求、品質、信頼性、

低コスト化に応えられるかが今後の重要ポイントとなる。

謝辞

新規重合トナーを開発するにあたり、多大なご協力を頂いた三洋化成工業株式会社の関係者各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 田口玄一著：化学・薬学・生物学の技術開発，日本規格協会，(1999)，p.94.