

超高耐久現像剤の開発

The Creation of the Super MEGA Developer

山崎 弘*
Yamazaki, Hiroshi

田所 肇**
Tadokoro, Hajime

山根 健二**
Yamane, Kenji

小鶴 浩之**
Kozuru, Hiroyuki

Developer life in the toner recycle process is important because it not only determines the maintenance cycle and the copy and print costs of photocopiers and printers, but it also bears on today's growing need to protect the environment. Several key elements of developer life are the resistance of the carrier core, the smoothness of the coating of the high cross-linking silicone resin on the carrier surface, and the size of the additive on the toner surface. By focusing on these key elements, we have created a developer with a developer life of over 1 million copies/prints. This developer, the Super MEGA developer, found in the high speed Sitios 7075, is the subject of this paper.

1 はじめに

近年、電子写真方式複写機はデジタル化が促進され、出荷ベースで2000年には60%を超える高い比率になっている(Fig.1)。

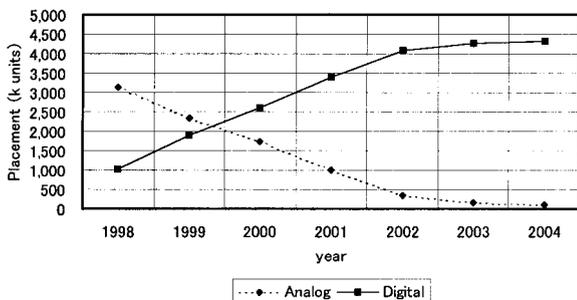


Fig. 1 World PPC placements

北米市場のセグメント別成長率を Table 1 に示す。

Table 1 Growth rate of digital PPC placement in the USA (%)

	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年
Seg. 1	121.2	128.6	122.2	94.5	95.2
Seg. 2	159.4	133.3	125.0	112.0	98.2
Seg. 3	115.5	120.0	112.5	111.1	105.0
Seg. 4	126.8	131.6	120.0	105.0	104.8
Seg. 5	—	166.7	180.0	150.0	140.7
Seg. 6	437.5	200.0	142.9	140.0	121.4

* ODカンパニーサプライ開発統括部 企画グループ
** ODカンパニーサプライ開発統括部 第二開発センター

このように、低速のセグメント(Seg. 1 ~ 3)での成長はこの数年は高いと予想されている。しかし、このセグメントはプリンターとの競合があり、次第に成長が低下していく傾向となっている。

一方、Seg. 5以上(70枚機以上)では2004年まで成長率は40%以上であり安定した成長を保っている。すなわち、シェアの拡大を図るためには、成長の期待できる高速機市場へ差別化した商品を投入することが重要な要素となっている。

一方、この高速デジタル複写機の市場は単なる複写機の市場ではなく、いわゆるネットワーク対応化することにより高速プリンターとしての機能も要求されてくる。この多彩な機能が要求される高速デジタル機として Sitios 7075 の開発がなされた。

2 Sitios 7075 製品概要

Sitios 7075 の開発コンセプトは、

- (1) 70~90ppm のレンジをカバーできる「All in One Copier Printer」
- (2) プリンターとしてネットワークに接続可能な高速デジタル機
- (3) 新規市場を形成することができる POD 市場へ参入できる高耐久性、高信頼性及びランニングコストの実現

があげられている¹⁾。

高耐久、高信頼性を達成し、さらにランニングコストの低減を図るために現像剤の設計思想は以下とした。

- (1) トナーリサイクルシステム適合
- (2) CA 州法対応キャリア使用による易廃棄性の維持
- (3) 100万コピー以上の耐久性

上記コンセプトは高速デジタル機市場では他社の追隨を許さない破格の仕様である。

他社の高速デジタル機における現像剤寿命などの仕様を下記 Table 2 に示す。

Table 2 Technologies and performance of high-end PPC developers

Company	Ricoh	Minolta	Toshiba
Yield	300kc	200kc	400kc
cpm(A4/min)	85cpm	62cm	65cpm
Carrier	Silicone Resin	Resin Dispersed	Silicone Resin
Toner Recycle	Yes	No	No

本報告では上記コンセプトに基づいて開発された超高耐久現像剤の技術について、トナー及びキャリアの両面からその概要を報告する。

3 現像剤設計

3.1 現像剤劣化要因解析

超高耐久現像剤を開発するにあたり、現像剤の劣化要因を分析した。

二成分現像剤の劣化はキャリアとトナーの両面に分けられる。

キャリアの劣化には

トナー成分のキャリア表面への付着による帯電付与能の低下

キャリア膜磨耗による抵抗低下

キャリア表面への外添剤の移行による帯電付与能の低下

をあげることができる。

一方、トナーの劣化は

機械的ストレスでの外添剤埋没によるトナー自体の帯電能及び流動性（混合性）の低下

をあげることができる。

これら課題を解決するため、キャリアとトナーの両面より新規設計を行った。

3.2 キャリア設計

キャリアの基本設計として、被覆樹脂にはトナー成分の付着を抑制するために臨界面張力が低く、且つ硬度の高いシリコン樹脂を採用した。さらに膜自体の減耗を抑制するために架橋構造とした。この構成については以前にテクニカルレポートで報告済み²⁾である。

一方、高速機として超高耐久化を達成するため、高い現像性を維持しつつキャリアの劣化を抑制する必要がある。現像性を高めるためにはキャリア抵抗を比較的低めとする必要がある。被覆樹脂を薄膜化することで低抵抗化することができる。本設計では架橋シリコン樹脂を

使用しているため、キャリアコア自体の影響は少ないと予想された。しかし、架橋シリコン樹脂特有の脆さに起因すると考えられる被覆樹脂の局部的な剥離が発生し、現像初期段階で現像剤としての抵抗低下が発生する問題が発生した。

キャリアコア抵抗が実写での現像剤抵抗自体に与える影響を Fig. 2 に示す。

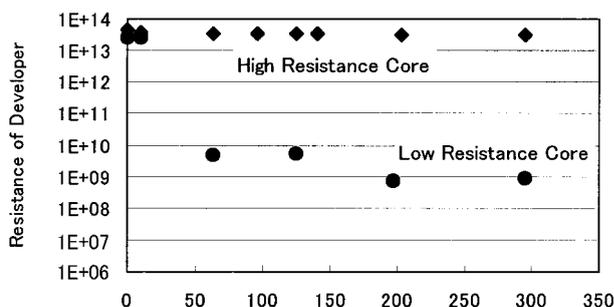


Fig. 2 Developer resistance in copying process

この図に示すように、局部的な剥離によりキャリア自体の抵抗がキャリアコア抵抗まで低下したと推定され、低抵抗のコアを使用した場合にコアの影響が使用に従って表れてしまう。この結果、現像性の変動が起こるため、本現像剤でのコアは高抵抗タイプのものを採用した。

さらに、硬度の高い架橋シリコン樹脂の脆さによる膜の剥離を抑制するため、多層被覆を行うことで皮膜の均一性を向上させた。現像剤抵抗の変化を Fig. 3 に示す。

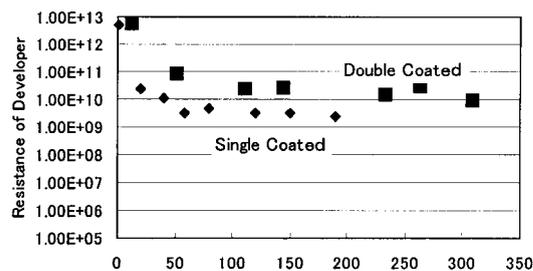


Fig. 3 Developer resistance: single-coated vs. double-coated

この結果に示すように、シングル被覆キャリアに比較して多層被覆キャリアでは抵抗の変動が少なく、安定に推移していることが判る。これは膜自体の均一性に起因しているものと推定される。

さらに、キャリアの膜の剥がれが機械的なストレスで発生することから、そのストレスの影響を少なくするため、平滑性の高い表面性を有するキャリアコアを採用し

ている。

その結果、現像性を維持できる程度の低抵抗化キャリアを使用しているにもかかわらず、膜の剥離の抑制と抵抗維持を達成することができた。

3.3 トナー設計

トナーについては外添剤の埋没を抑制するため、トナーへかかるストレスを極限まで低減すべく、外添剤にその機能付与を行った。

外添剤の主たる機能は流動性の付与にある。流動性のある程度以上とすることで二成分現像剤としてトナーとキャリアの混合性を均一化することができ、帯電性を安定に保つことができる。

流動性をトナーに付与するためには10nm程度の平均粒径を有する小粒径の外添剤（無機微粒子）が必要となる。しかし、この小粒径の外添剤は粒子が小さいため、ズリ応力等のストレスによって容易にトナー表面に埋没してしまい、トナーに対する流動性付与能が低下してしまう。特にトナーリサイクルシステムではクリーニング部で発生するブレードと感光体間のズリ応力やクリーニング部から現像部までの搬送機構による摩擦力等により、外添剤の埋没が進行する。さらに、今回の商品ターゲットは高速デジタル機であり、電子RDHが標準である。この電子RDHはスタックレスであり、片面に定着された用紙をスタックすることなく、再度裏面に印字する方式である。この方式では高速機になるほど片面終了後、裏面への印字までの時間が短くなる。その結果、紙に保持された熱は大気中に放熱されることなく、転写工程に戻される。その結果、感光体表面温度が高くなり、クリーニング部での温度が通常の場合に比較して高くなっていくことが予想された。このため、トナーリサイクルシステムでの流動性低下を極力抑制することが必須となる。

通常の小粒径の流動化剤を外添剤として使用した場合のリサイクルで回収されたトナーの流動性とその繰り返し回数との関係を Fig. 4 に示す。流動性の指標としては安息角の逆数を用いた。安息角は粉体自体の流れ性を示す指標であり、堆積した粉体が形成する角度を表すものである。この逆数を使用することで、数値が大きくなるに従い流動性が高くなることを表現することができる。なお、図に示すリサイクル回数とはその回数が「0」のものは現像していない New の状態のトナーであり、「1」のものはクリーニング部で回収したトナーを示す。「2」のものはクリーニングで回収したトナーを再度現像し、クリーニング部で回収したトナーを示す。

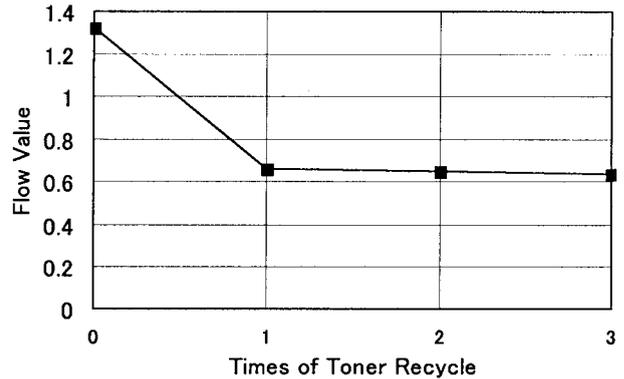


Fig. 4 Flow values of recycled toners

この指数の変化にあるように、リサイクル1回目で大きなストレスが加わり、外添剤の埋没による流動性の低下がすすんでいることがわかる。この流動性の低下は、SEM などによる解析によりリサイクルによる外添剤の埋没が原因と推定された。外添剤の埋没が進むとトナーの表面性が変化し、キャリアとの摩擦帯電性が変動する。その結果、帯電量の低下等の現像剤としての劣化が発生する。

クリーニングの機構及び搬送機構からこのストレスを分析するとズリ応力に集約される。このズリ応力による小粒径外添剤の埋没を抑制するため、大粒径の外添剤を添加することでトナー表面への小粒径外添剤の埋没を抑制することができる。この構成を Fig. 5 に模式図で示した。

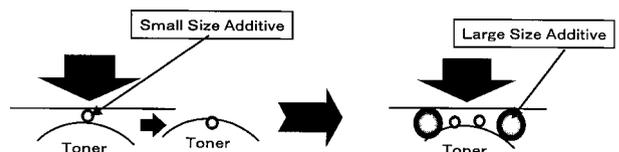


Fig. 5 Effect on stress of large additives on toner surface

小粒径の外添剤(10nm)に対して5倍~20倍の大きさの粒径まで大粒径外添剤の粒径を変化させ、流動性の変化を評価した。その結果を Fig. 6 に示す。

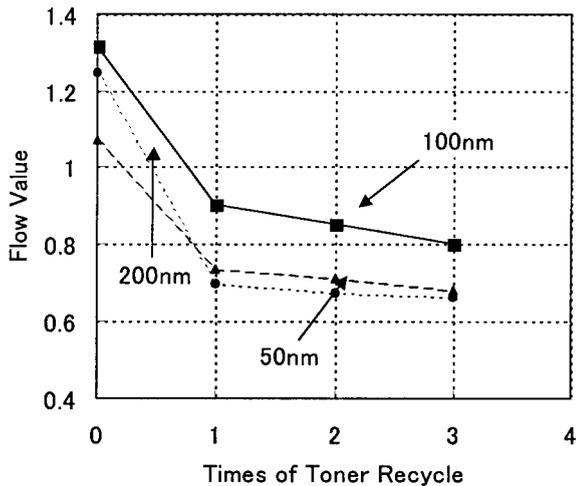


Fig. 6 Flow values of recycled toners with large additives

この Fig. 6 に示す結果の様に、単に埋没抑制のためには大きい粒径の粒子を添加するのではなく、適正な粒径が必要であることがわかる。すなわち、200nm の外添剤はトナー表面に対する付着力が低下し、トナー表面に保持されにくくなるため、小粒径の外添剤へのストレス抑制機能が少ない。そのため、埋没抑制効果が発揮されないものと推定される。一方、50nm の微粒子ではトナー表面への付着性は高いものの、機械的ストレスを防止する機能が少ないため流動性を維持することができない。この点、100nm の粒子ではトナー表面への付着性と機械的ストレスに対する耐性も維持することができ、流動性を安定化することができたものと思われる。

3.4 実写特性

以上の設計を盛り込んだ現像剤を使用した耐久性評価結果を Fig. 7 に示す。

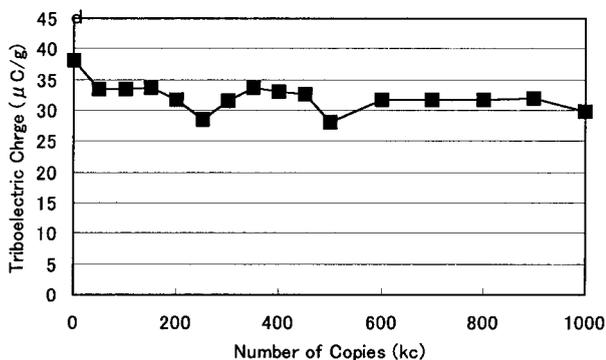


Fig.7 Triboelectric charge of the Super MEGA developer in developer life test

この結果にあるように、100 万枚の印字テストを通じて帯電量は安定に推移しており、現像剤として 100 万コピーの耐久性は確保できた。

4 まとめ

以上の技術は Sitios 7075 用現像剤として上市されている。現時点で他社と耐久性レベルを比較した。

Fig. 8 に US 市場での、Seg.4 以上のデジタル機の現像剤寿命を比較した。

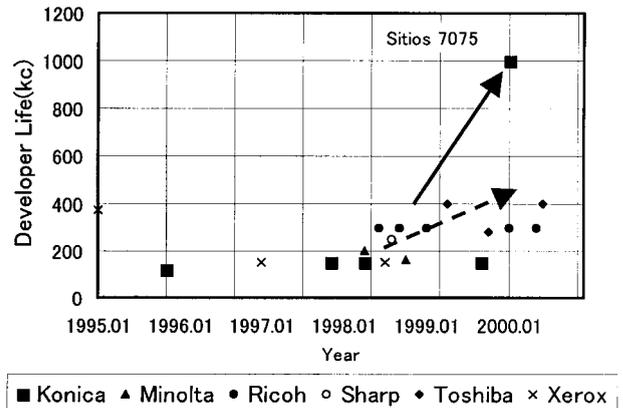


Fig. 8 Developer life of digital PPC (over Seg. 4) in the USA

この耐久性の比較をみても理解できるように、Sitios 7075 の現像剤寿命は他社のトレンドから大きくはずれており、他社を凌駕しており追従を許さないレベルにある。

この超高耐久現像剤を使用することにより、メンテナンスサイクルを長く設定することができるためサービスコストを低減することが可能となる。さらに、現像剤交換サイクルが長いため、一日あたりの使用量の多い POD 市場対応機への適用などが可能となる。

今後この超高耐久化技術を複写機市場から POD や BOD を睨んだ軽印刷市場へ参入する足がかりになればと思う。

5 参考文献

- 1) 桜島浩貴、小松徹、束村慎一、中澤和浩、コニカテクニカルレポート、Vol.13、P.57、(2000)
- 2) 山根健二、丸川雄二、コニカテクニカルレポート、Vol.11、P.99、(1998)