

プリンタ用有機感光体

Organic Photoconductors for Printers

池田 豊 IKEDA Yutaka

小林 広高 KOBAYASHI Hirotaka

田中 靖 TANAKA Yasushi

情報処理の高度化に対応するため、電子写真プリンタには、印刷の高度化、高精細化、低コスト化、省エネルギー化などのさまざまな要求がある。これに対応した機器の小型化やメンテナンスフリー化などが求められている。富士電機では、これらの要望に応えるため豊富なラインアップの感光体を開発・製造し、市場展開を行っている。例えば、負帯電型プリンタ用感光体では、感度領域や印字速度、寿命などにも幅広い対応が可能であり、正帯電型プリンタ用有機感光体では、低・中感度対応の単層型に加えて、高感度化した積層型を市場に展開している。

To match the advancement of information processing, electrophotographic printers are expected to meet numerous demands for sophistication, high definition, cost reduction, energy efficiency, and so on. Moreover, consumers want equipment that can satisfy these demands whilst also being compact and maintenance-free. To meet such demands, Fuji Electric is developing, manufacturing, and marketing a rich lineup of photoconductors. For example, photoconductors for negative-charge type printers are capable of meeting a wide range of requirements, such as sensitivity region, printing speed, and service life; and as for organic photoconductors (OPCs) for positive-charge type printers, in addition to single-layer type photoconductors with low or medium sensitivity, we are expanding the market to include multi-layer type OPCs with higher sensitivity.

1 まえがき

近年のITの進展に伴い、電子写真プリンタの用途はパーソナルユースからビジネスユースまで拡大を続けている。情報処理の高速化に対応した印刷の高速化、情報の多様化に対応したカラー化、高精細化、さらには情報処理コストの低減と省エネルギー（省エネ）化の要求があり、これに対応した装置の小型化、メンテナンスフリー化、プリントコストの削減がいっそう求められてきている。電子写真における帯電、現像、転写、定着のプロセスごとに、多様な技術が生まれ、発展してきている。

富士電機では、お客さまごとの電子写真プリンタの仕様に対応するため、負帯電型および正帯電型の有機感光体（OPC：Organic Photoconductor）のラインアップを充実させつつ市場展開を行っている。本稿では、プリンタ用有機感光体の製品の概要とその特徴について述べる。

2 プリンタ用負帯電型 OPC（タイプ 8）

2.1 製品の概要

負帯電型 OPC の層構成を図 1 に示す。さまざまな露光量に対応できるように、電荷発生層（CGL：Charge Generation Layer）の特性を調整した、タイプ 8A（低感度）、タイプ 8B（中感度）およびタイプ 8C（高感度）の 3 タイプの製品系列を用意している。材料の選定および膜厚制御を行うことにより、表 1 に示すとおり -100 V 到達露光量で $0.15 \sim 0.80 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ という低感度から高感度までの調整が可能である。

図 2 にタイプ 8A、タイプ 8B およびタイプ 8C の代表的な分光感度特性を示す。いずれのタイプも 600～800 nm の波長領域でほぼ一般的な LD

（レーザダイオード）や LED（発光ダイオード）光源に適合している。

これらのタイプの OPC に用いられる CGL に各種電荷輸送層（CTL：Charge Transport Layer）を組み合わせることにより、低速機から高速機までさまざまなプロセスに適合する OPC の供給が可能である。

富士電機の OPC は、独自の導電性基体加工技術や成膜技術により外径 20～262 mm まで、長さ 236～1,000 mm の生産が可能であり、A4 ページプリンタから A0 プロッタまで幅広く製品を展開している。

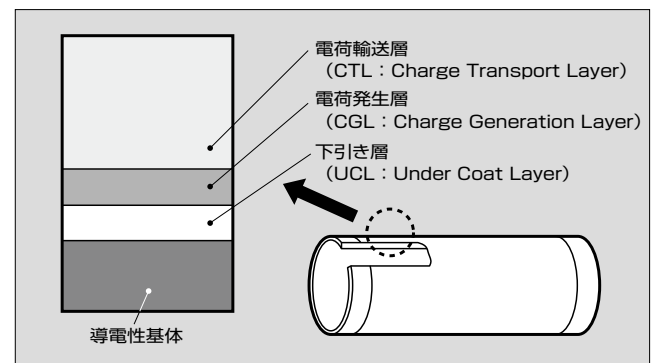


図 1 負帯電型 OPC の層構成

表 1 プリンタ用負帯電型 OPC 製品の概要

タイプ	感度*（-100V到達露光量）
タイプ8A（低感度）	0.60～0.80 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$
タイプ8B（中感度）	0.40～0.60 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$
タイプ8C（高感度）	0.15～0.40 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$

*感度：-600Vから-100Vに減衰するのに必要な露光量

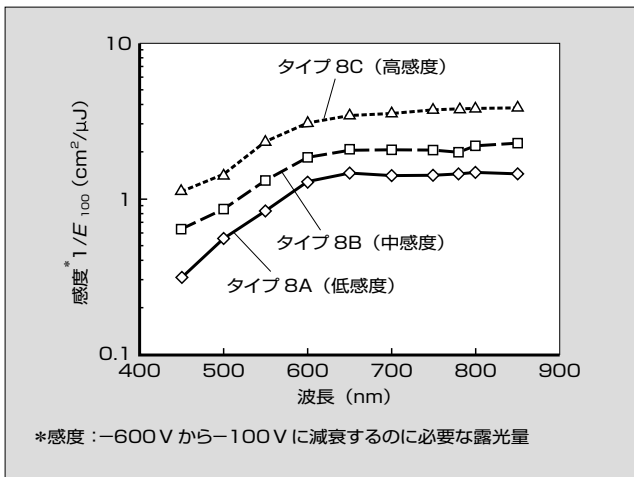


図2 負帯電型 OPC の分光感度特性

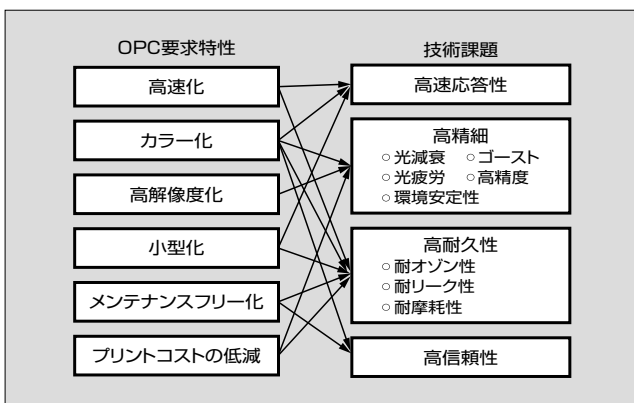


図3 OPC 要求特性と技術課題

2.2 技術課題と対応

プリンタ用 OPC に要求される高速化、カラー化、高解像度化、小型化、メンテナンスフリー化、プリントコストの低減という六つの特性を実現するための四つの技術課題を図3に示す。各技術課題の詳細と富士電機の対応を述べる。

(1) 高速応答性

小径の OPC (直径 20 ~ 30 mm) で A4 縦送り 35枚/分以上の高速機の一般的プロセス配置に適合させるためには、露光-現像間時間が 50 ms 以下の領域まで一様な露光部電位となる応答性が必要である。富士電機では、移動度が $2 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$ という高速対応の電荷輸送材料 (CTM: Charge Transport Material) を実用化している。さらなる高速化対応として、 $8 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$ という高移動度の材料の開発も完了している。

図4に、負帯電型 OPC の光応答性を示す。いずれの環境条件下においても安定した電位を示しており、露光-現像間時間が 30 ms レベルでも実用可能な特性を持っている。

(2) 高精細性

カラー化・高解像度化が進むプリンタあるいは複合機用 OPC には、いっそうの色再現性やハーフトーンの濃度階調再現性が要求され、各種マシンプロセスに最適な光

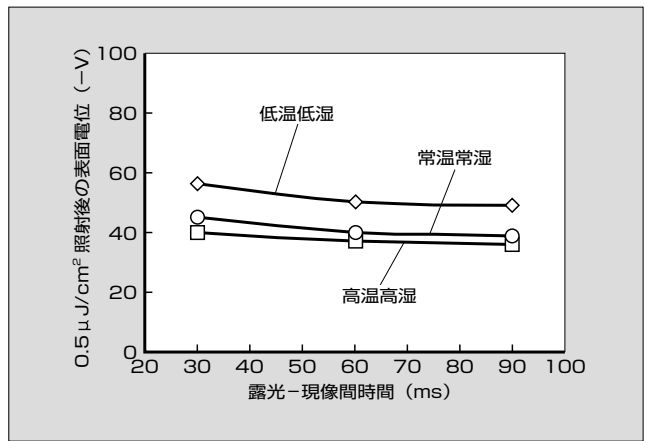


図4 負帯電型 OPC の光応答性

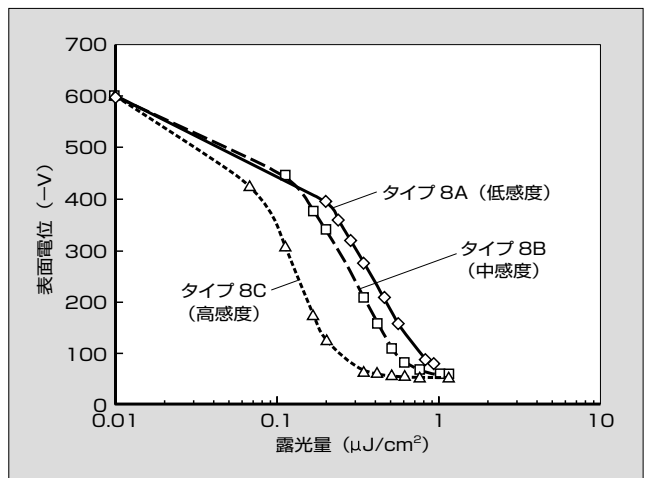


図5 負帯電型 OPC の光減衰特性

減衰特性を持つ OPC の開発・製品化を行っている。図5に、OPC のタイプ別光減衰特性の一例を示す。この特性は、CTM の電荷移動性能に加えて各層間での電荷注入性に大きく依存するため、下引き層 (UCL: Under Coat Layer), CGL および CTL の組合せにより調整することができる。また、高画質の要求には、横方向の電荷拡散の少ない CTM を開発して対応している。細線再現性が高いため、トナーの消費量が少なくプリントコストの低減に貢献している。

プリンタの高画質化が進むにつれ、OPC 表面の微小な電位差が印字濃淡差として画像に再現されやすくなってきている。感光層の膜厚の均一性に加え、転写部の逆極性印加や連続露光部の残留電位上昇に対して影響を受けにくい OPC が望まれている。負帯電型 OPC では、UCL や CGL, CTL の各機能層に使用する材料の新規開発および最適化を行うことにより、電位差の低減を図っている。

一般的な使用では、カートリッジ交換のタイミングあるいは紙詰まりの際に、OPC が室内灯や太陽光にさらされる可能性がある。このような光曝露 (ばくろ) の影響が少ない OPC が求められ、CGL および CTL を適切に組み合わせることにより、蛍光灯などの室内光にさらされても画質への影響が少ない OPC を実用化している。

4色を重ね合わせるカラープリンタには、色ずれを防止するためモノクロプリンタよりも高い寸法精度が要求される。富士電機は、こうしたカラープリンタに適用可能な振れ精度 30 μm 以下、真直度 20 μm 以下の OPC 用素管加工技術を持っており、高精度樹脂フランジとの組合せにより、高精度 OPC の供給体制を整えている。

初期画質を維持するためには、どのような使用条件においても耐刷による特性変化の少ない OPC が望ましい。直径 24 mm の OPC を搭載する市販の接触帯電方式のレーザープリンタにおいて、低温低湿環境 (10℃, 20%RH)、常温常湿環境 (25℃, 50%RH)、高温高湿環境 (32℃, 80%RH) 条件下で、それぞれ A4 縦送り 16,000 枚の耐刷試験を行い、2,000 枚ごとに表面電位を測定した結果を図 6 に示す。いずれの環境においても大きな電位変化は認められず良好な特性を示している。

(3) 高耐久性対応技術⁽²⁾

プリンタに内蔵される帯電器からは、一般にオゾンが発生する。OPC にオゾンなどに対する耐ガス性能を付与するため、さまざまな酸化防止剤を添加している。通常、添加量を多くすると、オゾンや酸性ガスに対する耐性は向上するが、残留電位の上昇など電気特性に悪影響を及ぼす。劣化の少ない CTM の開発と、電気特性への影響が少ない独自の添加剤の開発により、耐ガス性能を確保している。

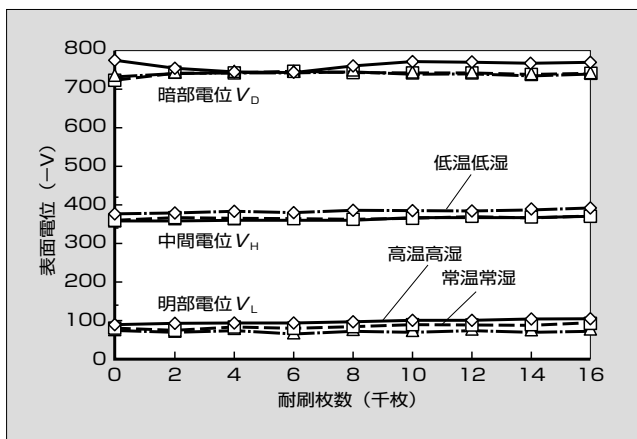


図 6 負帯電型 OPC の環境耐刷時電位安定性

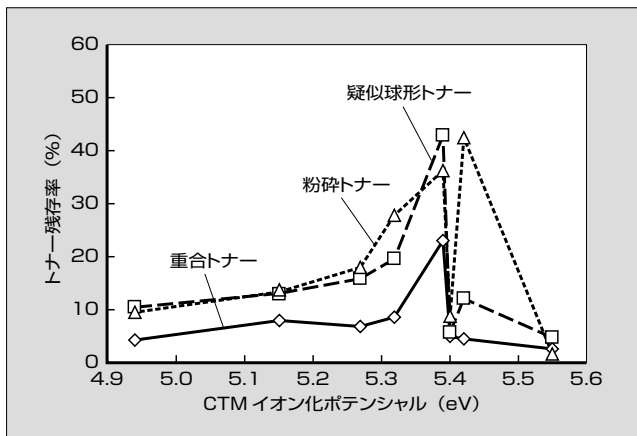


図 7 トナー残存率の CTM 依存性

中低速分野のプリンタでは、接触帯電方式が主流となっている。非接触帯電方式であるスコロトロン帯電と比較して UCL の耐リーク性が強く求められている。そのため、光干渉抑制機能を兼ね備えた UCL を市場に投入して以来、耐リーク性および環境安定性の向上を継続的に進めている。現在では、下引き層である陽極酸化皮膜と同等の耐リーク性を持ち、かつ環境安定性に優れた UCL を製品に適用するとともに、CGL, CTL も含めた総合的な性能向上を図っている。

OPC の寿命は、現像系や紙、クリーニングブレードなどの接触部材との摩耗によって決定される。耐摩耗性に優れ、かつ潤滑性を持つ樹脂の独自開発を行い、装置プロセスに合わせて適切な配合を行うことで、各種プロセスに最適な OPC を提供している。

画質向上のため、トナーの細粒径化と粉碎トナーから重合トナーへの切り替えが進んだことにより、OPC 表面へのトナー付着力が強くなっている。これを抑える必要があり、各種トナーに合わせた最適な OPC の開発を進めるために、トナー残存率を用いてトナー付着力を評価する手法を独自に開発した。図 7 に示すように、CTM イオン化ポテンシャル^(注)と各種トナーのトナー残存率に相関関係があることを明らかにし、これにより、各種トナーにマッチした最適な材料の選定を可能にした。

(4) 高信頼性

OPC は、さまざまな環境下で安定した特性を維持すること、および機械的・化学的ストレスに対して安定であることが望まれている。

材料開発段階から独自の検査項目を設定して開発を進めるとともに、製品ごとに長期保管特性を含めた信頼性評価を実施することにより、信頼性の高い OPC 製品を開発し、生産している。

③ プリンタ用正帯電型 OPC (タイプ 11, タイプ 12)

3.1 製品の概要

正帯電型 OPC を搭載したプリンタは、一般的な負帯電型 OPC のプリンタよりも画質の高解像度化に有利であるという特徴があり、需要が伸びている。さらに、帯電器からのオゾンの発生が少ないので、環境対策としても優れている。

また、プリンタ側の露光レーザーのエネルギー消費を低く抑えることができるので、OPC の高感度化には強い要望がある。しかしながら、負帯電型に比べて、要求特性を満たす正帯電型 OPC の材料設計の裕度が低く、実現が難しいという課題があった。

富士電機では、独自の計算化学技術や有機合成化学技術により正帯電用 CTM を開発し、正帯電型 OPC (タイプ

〈注〉イオン化ポテンシャル：原子または分子から電子を取り去るのに要するエネルギーをいう。

表2 プリンタ用正帯電型 OPC 製品の概要

タイプ	特徴	推奨マシン (ppm*)	耐刷寿命 (千枚/A4間欠, $\phi 30$ 換算)
タイプ11A	低速型	~ 12	20
タイプ11B	中速型	10 ~ 18	30
タイプ11C	中・高速型	12 ~ 24	140
タイプ11D	高速型	30 ~	200
タイプ12	高速・高耐刷型	35 ~	250 ($\phi 120$ にてA4連続換算) 100万枚まで使用可能

*ppm : page per minute

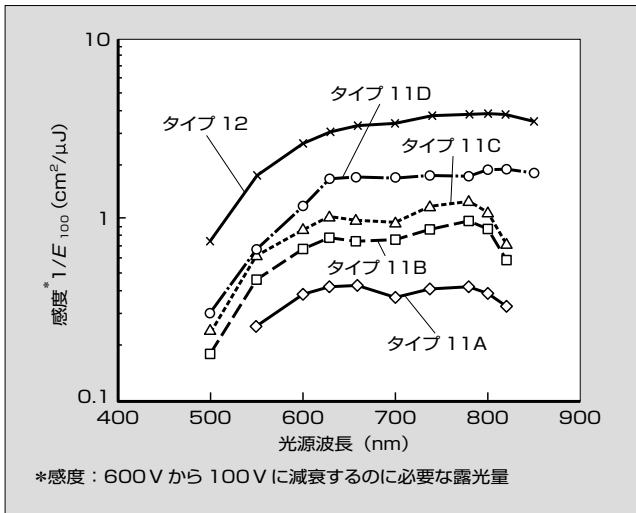


図8 正帯電型 OPC の分光感度特性

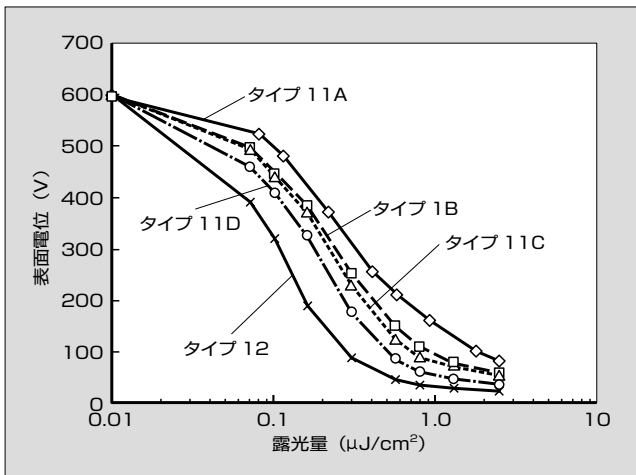


図9 正帯電型 OPC の光減衰特性 (PIDC)

12) に適用することにより高感度化を実現し、市場への製品展開を進めている。

表2 に正帯電型 OPC タイプ11 およびタイプ12 の製品系列を、図8 にその分光感度特性を示す。いずれの正帯電型 OPC も 600 ~ 800 nm の波長領域でほぼ様な感度を持っており、一般的な LD や LED 光源に適合している。また、図9 に示すように、帯電 600 V を 300 V に光減衰させるのに必要な露光量としての半減衰露光量が、0.12

表3 タイプ12 の課題と材料系の特徴

課題	材料系
高感度化	CGM : 量子効率の向上
高速応答	HTM : 正孔移動度の向上 ETM : 電子移動度の向上 正孔・電子輸送バランスの最適化
高強度	樹脂バインダー : ガラス転移温度の向上 表面硬度の向上

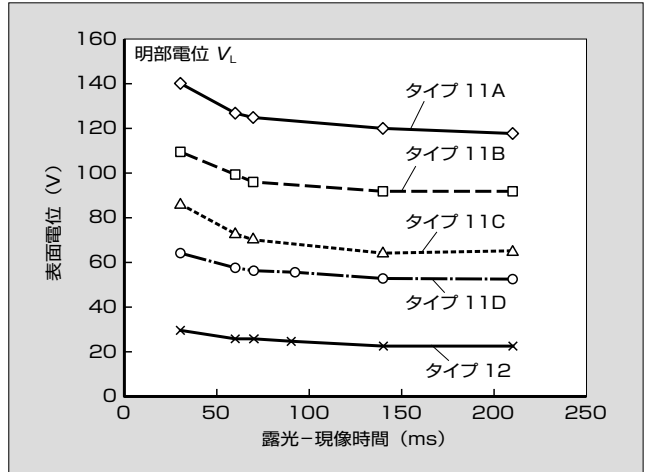


図10 正帯電型 OPC の光応答性

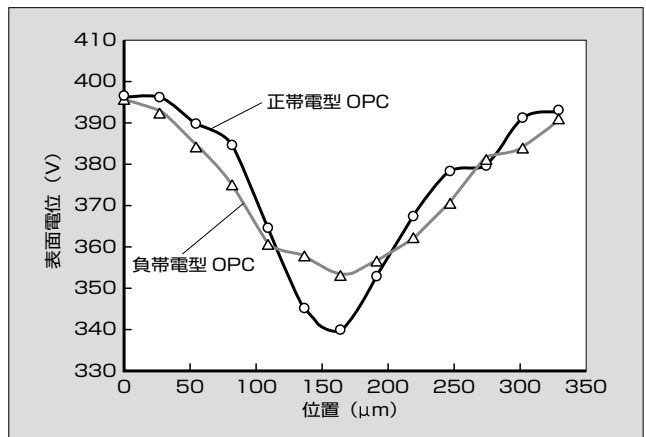


図11 1ドット露光による静電潜像比較

~ 0.386 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ の幅広い範囲の感度のタイプを取りそろえ、低速 (15枚/分以下) から高速 (35枚/分以上) までのプリンタに対応している。特に新たに開発したタイプ12は、表3 に示す各機能材料の性能向上により高感度化を実現し、露光レーザーの消費エネルギーを約 30% 削減している。

3.2 技術課題と対応

正帯電型 OPC の技術課題に対する富士電機の対応を述べる。

(1) 高速応答性

図10 に、正帯電型 OPC の光応答性を示す。いずれの正帯電型 OPC も露光 - 現像間時間 75 ms でも機器に適用できる。特に、タイプ11D およびタイプ12 は露光後 30 ms においても明部電位の上昇が少なく、より露光 - 現

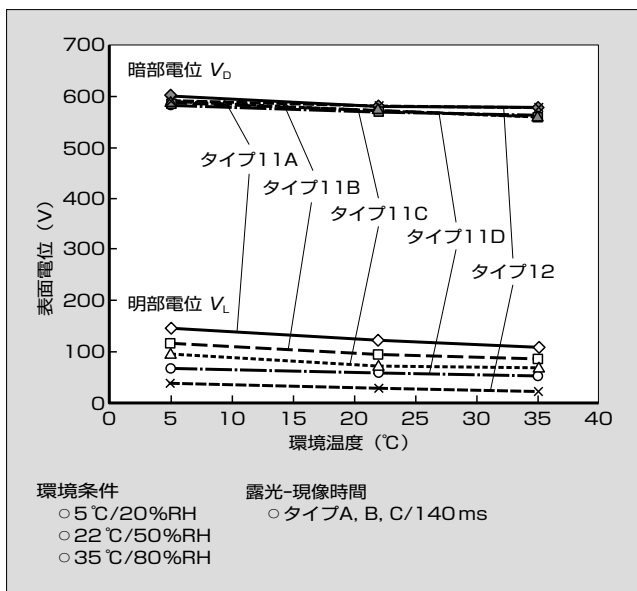


図 12 正帯電型 OPC の明部電位 V_L ・暗部電位 V_D の環境依存性

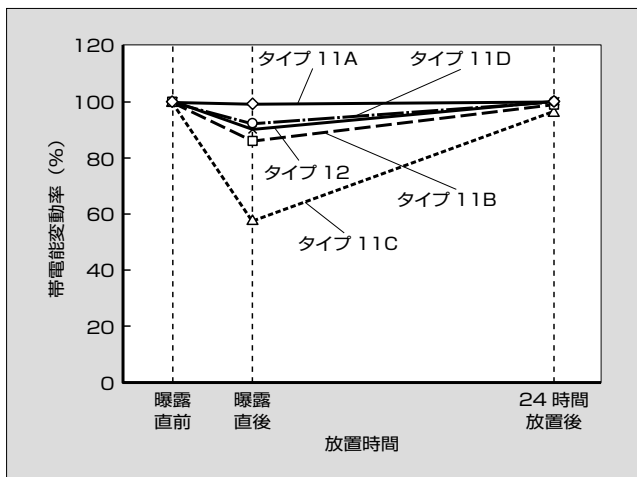


図 13 正帯電型 OPC のオゾン耐性

像間時間の短い小型高速機に適用できる。

(2) 高精細性

正帯電型 OPC は、露光光吸収とそれに続く電荷発生が OPC 表面近傍で起こるため、感光層内での露光光や電荷の散乱・拡散が少なく、高解像度化に適している。図 11 に、1 ドット露光書込み部分の静電潜像の測定結果を示す。正帯電型 OPC は切り込みが鋭く、解像性能の高さが分かる。

残像現象（ゴースト）に関しては、電荷発生量と正負電荷輸送バランスの最適化調整によりゴーストの原因である感光層内残留電荷を最少化し、耐刷の初期から寿命まで、ハーフトーン画質の均一性を高めた。

光疲労特性は、いずれのタイプも 1,000lx で 10 分間の光照射による暗部電位の変化量は小さく、照射後の時間経過による回復も早い。

図 12 に、明部電位 V_L および暗部電位 V_D の環境特性を示す。いずれの正帯電型 OPC も低温低湿（5℃、20%RH）～高温高湿（35℃、80%RH）の温湿度範囲で暗

表 4 信頼性試験による特性変化

試験項目	試験条件	試験前後特性変動値	
		暗部電位変動率	明部電位変動率
高温放置	45℃：1,000時間	<±5%	<±10%
高温高湿放置	35℃、90%RH：1,000時間	<±5%	<±10%
ヒートサイクル (10サイクル) ①～⑤	① -20℃：1時間 ② 常温常湿：0.5時間 ③ 45℃：1時間 ④ -20℃：1時間 ⑤ 常温常湿：0.5時間	<±5%	<±10%
ローラ 汚染試験	ローラ材質： NBR、ウレタンゴム、 シリコンゴム 50℃、90%RH：250時間	なし	なし 画像障害なし

部電位、明部電位ともに安定していて、環境変動が小さい。

(3) 高耐刷性

図 13 に示すように、いずれの正帯電型 OPC も濃度 5ppm のオゾン雰囲気にて 30 分間曝露した直後は一時的に帯電率が低下するものの、24 時間の室温放置で初期の帯電率まで回復する。特に、タイプ 11A、11D およびタイプ 12 はオゾンに対する耐性が高く、曝露直後の帯電率低下も少ない。

タイプ 12 は、長寿命が要求される複写機の耐刷性評価で、明部電位、暗部電位ともに安定かつ画像欠陥もなく、約 25 万枚の高耐刷寿命を持つ。

(4) 高信頼性

表 4 に、各種信頼性試験による特性変化を示す。いずれの試験項目においても、明部電位変動率が 5% 以下、明部電位変動率が 10% 以下と信頼性が高い。

特に、ローラ汚染試験においては、アクリロニトリルブタジエンゴム (NBR)、ウレタンゴム、シリコンゴムなどからなるローラをそれぞれ感光体に圧接し、50℃、90%RH の環境下で 250 時間放置しても、感光層のクラック発生や感光体特性変化が起きないことを確認した。

4 あとがき

電子写真方式の出力機器は、今後ますます高速化・多機能化・高品質化・低価格化が進み、感光体に要求される性能もより多岐にわたっていく。

今後も化学技術・感光体技術を活用し、かつ発展させ、さまざまな情報出力ニーズに応えた感光体の提供を通じて、環境保全への社会的責任にも取り組みながら、より豊かな社会の実現に貢献していく所存である。

参考文献

(1) 森田啓一ほか. プリンタ用有機感光体. 富士時報. 2010, vol.83, no.4, p.291-296.
 (2) 人見美也子ほか. 有機感光体とトナーの付着評価技とトナー付着に対する電荷輸送層の影響について. 日本画像学会. Imaging Conference JAPAN2007Fall Meeting. 2007, p.35-38.

- (3) 上野芳弘, 会沢宏一. 電子写真におけるシミュレーション・計測技術, 日本画像学会2003年度シンポジウム. 2003, p.40-46.



池田 豊

有機感光体の開発・設計に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部光半導体事業部感光体部課長。



小林 広高

有機感光体の開発・設計に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部光半導体事業部感光体部。



田中 靖

有機感光体の開発・設計に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部光半導体事業部感光体部。





*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。