

プリンタ用有機感光体

森田 啓一 (もりた けいいち)

池田 豊 (いけだ ゆたか)

田中 靖 (たなか やすし)

特集2

1 まえがき

近年のIT技術の進展に伴い、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。また、その機能においても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要求に対応した装置の小型化、メンテナンスフリー化がいつそう求められてきている。また、電子写真における帯電、現像、転写、定着の各プロセスにおいても、こうした要求に対応した技術の多様化が進展してきている。

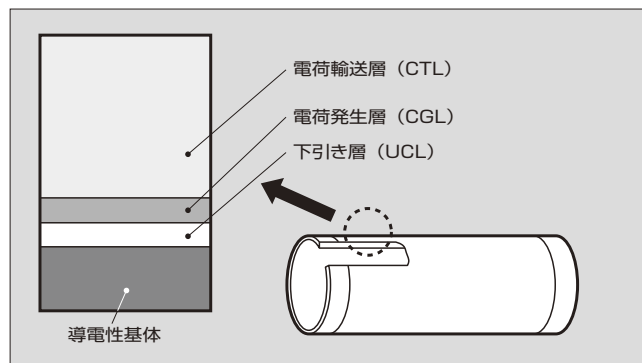
富士電機では電子写真プリンタに要求される性能を実現させるため、負帯電型および正帯電型の有機感光体(OPC: Organic Photoconductor)を開発・製造し、ラインアップを充実させつつ、市場展開を行っている。本稿では、これらの製品の概要とその特徴について紹介する。

2 負帯電型 OPC タイプ 8

2.1 製品の概要

負帯電型 OPC は、図1に示す層構成になっており、富士電機ではさまざまな露光光量に対応できるよう、電荷発生材料(CGM: Charge Generation Material)の特性に対応して低感度・中感度・高感度の3タイプの製品系列を用

図1 負帯電型 OPC の層構成



意している。材料および膜厚制御を行うことにより、表1に示すとおり-100V到達露光感度で0.15~1.50 μJ/cm²という広範囲の感度調整が可能である。

図2に低感度・中感度・高感度タイプの代表的な分光感度特性を示す。いずれのタイプも600~800nmの波長領域でほぼ一般的なLD(レーザーダイオード)やLED(発光ダイオード)光源に適合している。

これらの電荷発生層(CGL: Charge Generation Layer)に各種の電荷輸送層(CTL: Charge Transport Layer)を組み合わせることで、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。

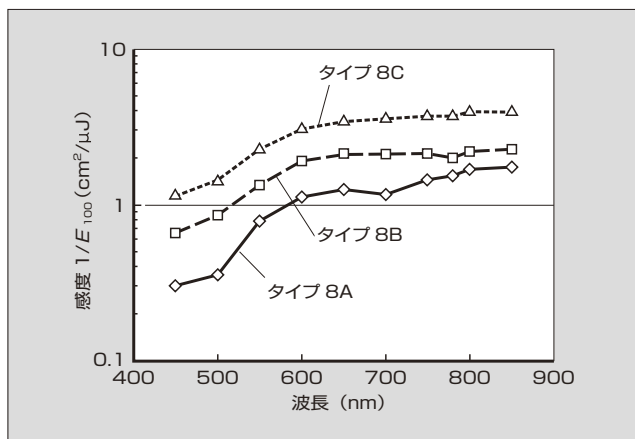
負帯電型および正帯電型 OPC は、富士電機独自の導電性基体加工技術や成膜技術により外径は20~262mm、

表1 負帯電型OPC製品の概要

呼称	感度* (-100V到達露光量)
タイプ8A(低感度)	0.70~1.50 μJ/cm ²
タイプ8B(中感度)	0.40~0.80 μJ/cm ²
タイプ8C(高感度)	0.15~0.40 μJ/cm ²

*感度は-600Vから-100Vに減衰するのに必要な露光量を示す。

図2 負帯電型 OPC の分光感度特性



森田 啓一

有機感光体の開発・設計に従事。現在、富士電機デバイステクノロジー株式会社半導体開発営業本部開発統括部画像デバイス開発部製品技術グループマネージャー。



池田 豊

有機感光体の開発・設計に従事。現在、富士電機デバイステクノロジー株式会社半導体開発営業本部開発統括部画像デバイス開発部製品技術グループチームリーダー。日本画像学会会員。



田中 靖

有機感光体の開発・設計に従事。現在、富士電機デバイステクノロジー株式会社半導体開発営業本部開発統括部画像デバイス開発部。

長さは 236 ~ 1,000mm 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展開を行っている。

2.2 製品の特徴⁽¹⁾

プリンタ用 OPC は高速化、カラー化、高解像度化、小型化、メンテナンスフリー化という五つの要求特性に適合する性能を備えていることが必要である。具体的には図 3 に示すような技術課題に分類される。以下、それぞれの項目ごとに特徴を述べる。

(1) 高速応答性

小径の OPC (直径 20 ~ 30 mm) で A4 縦送り 35枚/分以上の高速機に適合させるためには、一般的プロセス配置では露光-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となる。これに対応して、富士電機では $2 \times 10^{-5} \text{cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{s})$ 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開発も完了している。

図 4 に代表的な CGL/CTL の組合せにおける露光電位の露光-現像間時間依存性を示す。超高速キャリア移動度を持つ CTM を使用したタイプ 8C 「SH」の場合、露光-現像間時間が 40 ms まで実用可能な特性を持っている。

(2) 高精細性

図 3 OPC 要求特性と技術課題

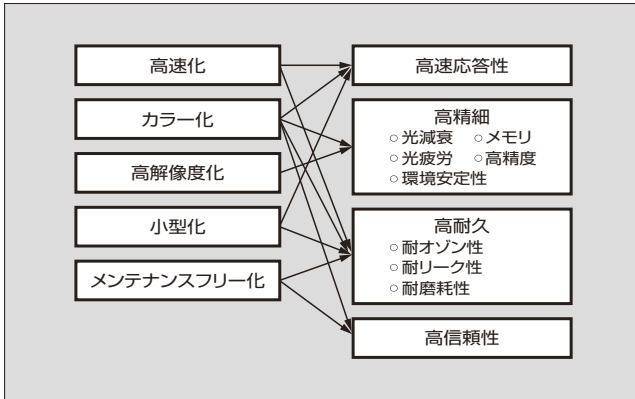
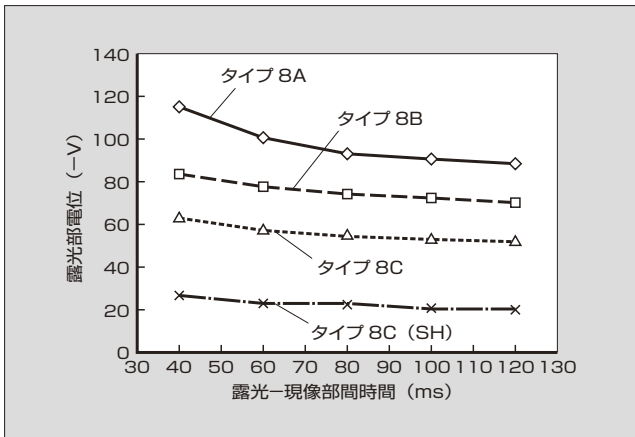


図 4 負帯電型 OPC の光応答性



カラー化・高解像度化が進むプリンタあるいは複合機 (MFP : Multi Function Peripheral) 用 OPC には、よりいっそうのカラー画像の色再現やモノクロ画像の濃度階調再現性が要求される。また、出力される原稿の多彩化に伴い、従来以上に画質の向上が望まれている。富士電機では、各種マシンプロセスに最適な光減衰特性を持った 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、各層間での電荷注入性に大きく依存するため、UCL, CGL および CTL の組合せにより調整することができる。

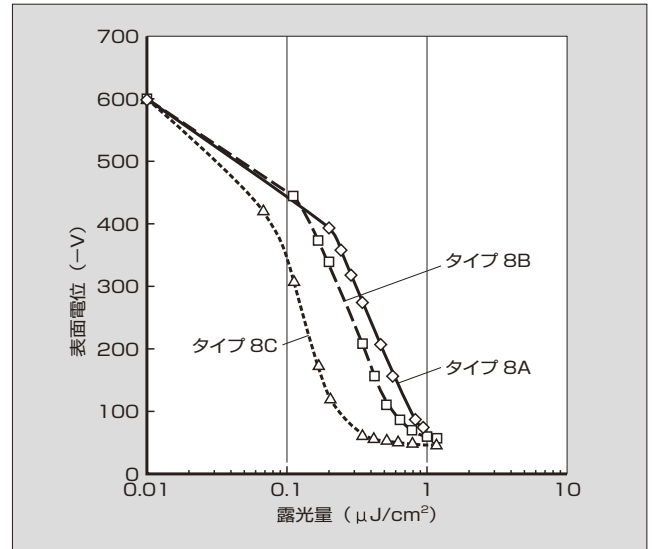
プリンタの高画質化が進むにつれ、OPC 表面の微小な電位差が印字濃淡差として画像に再現されやすくなってきており、感光層膜厚の均一性に加え、転写部の逆極性印加や連続露光部の残留電位上昇に対して影響を受けにくい OPC が望まれている。富士電機では UCL, CGL, CTL 各機能層に使用される材料の新規開発および最適化を行うことにより、電位差の低減を図っている。

一般市場ではカートリッジ交換のタイミングあるいは紙づまりの際に、OPC が室内灯や太陽光にさらされる可能性があるため、このような光暴露の影響が少ない OPC が求められている。富士電機では 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、色ズレ防止のためモノクロプリンタと比較して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 50 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の供給体制を整えている。

初期画質を維持するためには、環境の変化や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て、常温常湿環境 (N/N : 25 °C, 50%RH), 低温低湿環

図 5 負帯電型 OPC の光減衰特性



特集2

境 (L/L : 10℃, 20%RH), 高温高湿環境 (H/H : 32℃, 80%RH) 条件下において, それぞれ A4 縦送り 10,000 枚の耐刷を行い 2,000 枚ごとに電位測定したデータを図 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) 高耐久対応技術

プリンタに使用される帯電器から発生するオゾンや, 雰囲気中にあるその他の活性ガスに対する OPC の耐性が必要である。

OPC にはさまざまな酸化防止剤などの添加剤が用いられている。通常, 添加量を多くすると酸性ガス耐性は向上するが, 残留電位の上昇など電気特性に悪影響を及ぼす。富士電機は劣化の少ない CTM, 電気特性への影響が少ない独自の添加剤を開発し, 酸性ガス耐性を確保している。

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おり, 非接触帯電方式であるスコロトロン帯電と比較して耐リーク性が強く求められている。富士電機では, 1995 年に干渉抑制機能を兼ね備えた UCL を上市以来, 耐リーク性および環境特性向上を目指し開発を進めてきている。現在では, 陽極酸化皮膜と同等の耐リーク性を持っており, かつ環境安定性に優れた UCL を製品展開するとともに, 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による摩耗, 印字障害となるような傷, トナーや紙粉などの OPC 表面への付着 (フィルミング) などによって決まり, 低摩耗, 高硬度, 低フィルミングなどの性能が求められる。富士電機は耐摩耗性に優れた樹脂および潤滑性を持つ樹脂の独自開発を行っており, プロセスに合わせて適切な配合を行うことにより, 各種プロセスに最適な OPC を提供している。

(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, および外的な機械的・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。

富士電機では, 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, 生産している。

③ 正帯電型 OPCタイプ 11

3.1 製品の概要

富士電機は一般の負帯電積層型 OPC に比べ, 画質の高解像度化, 装置のオゾン対策に有利な正帯電型 OPC の製品展開を行っている。

正帯電用の CTM 設計は, 負帯電用に比べて要求特性が得られにくく難しい。富士電機では独自の計算化学技術・有機合成化学技術により正帯電用 CTM を開発し, 感光体技術と組み合わせて正帯電型 OPC を製品化している。

表 2 に正帯電型 OPC タイプ 11 の製品系列を示す。図 7 にタイプ 11A から 11D までの 4 系列の分光感度特性を示す。いずれの正帯電型 OPC も 600 ~ 800 nm の波長領域でほぼ一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 8 のとおり半減衰露光量 0.15 ~ 0.38 μJ/cm² の幅広い範囲の感度を取りそろえており, 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。特にタイプ 11D は表 3 に示すように各機能材料の性能向上により, さらなる OPC 特性の向上を図っており, 強まる高感度高速応答要求に応えることができる。

表 2 正帯電型 OPC 製品の概要

項目	特徴	推奨マシ (枚/分)	耐刷寿命 (A4間欠, 外径30mm換算)
タイプ11A	低速型	~12	2万枚
タイプ11B	中速型	10~18	3万枚
タイプ11C	中・高速型	12~24	14万枚
タイプ11D	高速・高耐刷型	≥30	20万枚 (外径120mmにてA4 連続換算100万枚まで 使用可能)

図 6 負帯電型 OPC の環境耐刷時電位安定性

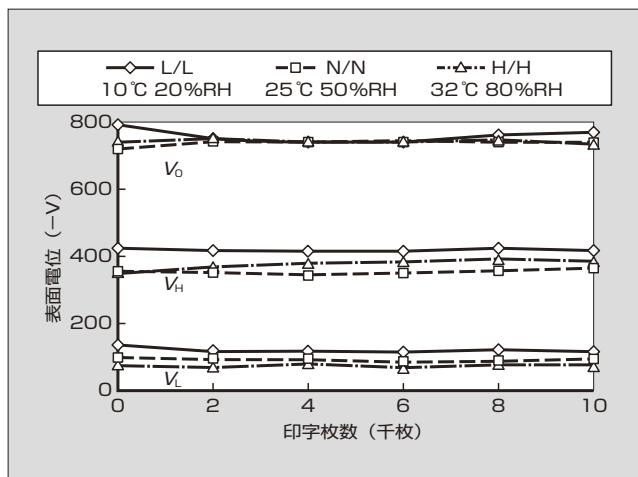
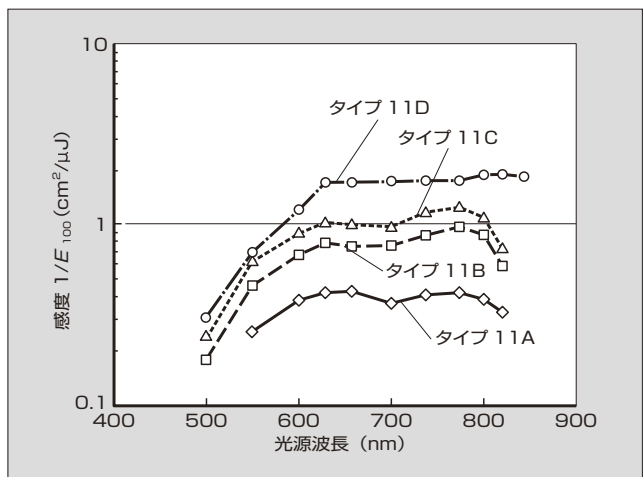


図 7 正帯電型 OPC の分光感度特性



特集

3.2 正帯電型 OPC 製品の特徴

負帯電型 OPC と同様に技術課題に対する正帯電型 OPC 製品の特徴を述べる。

(1) 高速応答性

図 9 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 75ms までの機器に適用できる。特にタイプ 11D は露光後 30ms においても明部電位上昇が少なく、より露光-現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 10 に 1 ドット露光書き込み部分の静電潜像幅の測定結果を示す。負帯電型 OPC には潜像の広がりが見られ、正帯電型 OPC の解像性能の高さが分かる。

残像現象に関しては UCL と GTL の最適化調整にて耐久試験時を含め、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 11 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 L/L (5℃ 20%RH) ~ H/H (35℃ 80%RH) の温湿度範囲で暗部電位、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 8 正帯電型 OPC の光減衰特性 (PIDC)

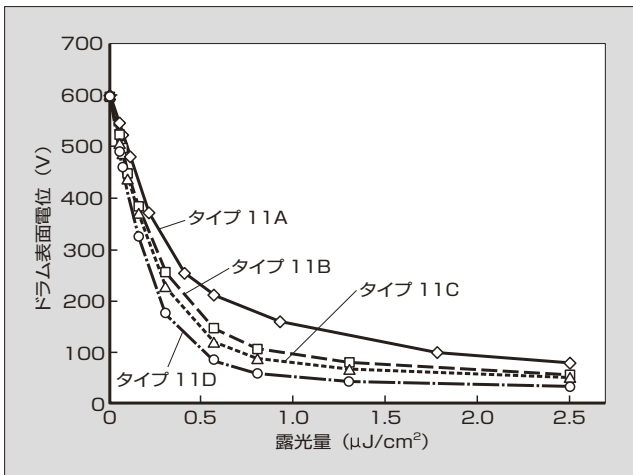


表 3 タイプ 11D の特徴と材料の関係

特徴	材料系の特徴
高感度化	CGM→量子効率アップ
高速応答	HTM→正孔移動度アップ ETM→電子移動度アップ
高強度	樹脂バインダー→ガラス転移温度アップ →表面硬度アップ
耐リーク性	UCL→厚膜化 (導電性制御)

図 12 に示すように、いずれの正帯電型 OPC も濃度 5ppm, 30 分間のオゾン暴露直後は一時的に帯電位が低下するが、24 時間の室温放置で初期の帯電位まで回復する。特にタイプ 11A とタイプ 11D はオゾンに対する耐性が高く、暴露直後の帯電位低下も少ない。

図 9 正帯電型 OPC の光応答性

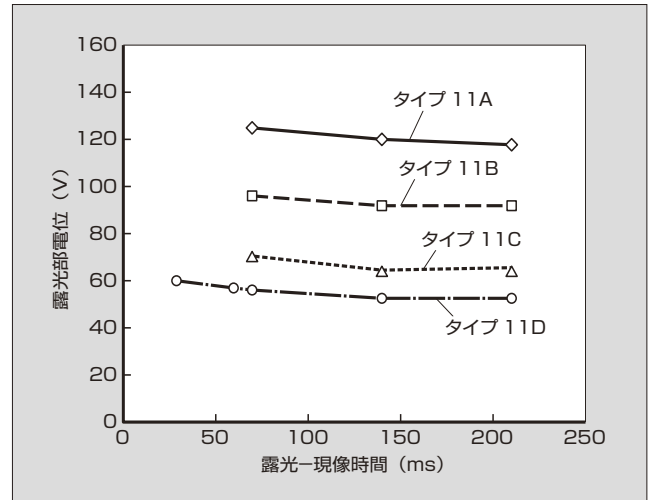


図 10 正帯電型 OPC と負帯電型 OPC の 1 ドット潜像比較

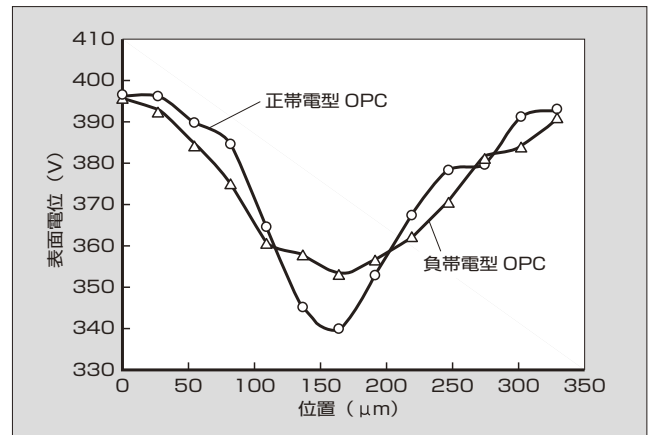


図 11 正帯電型 OPC の明部電位 (V_L)・暗部電位 (V_D) の環境依存性

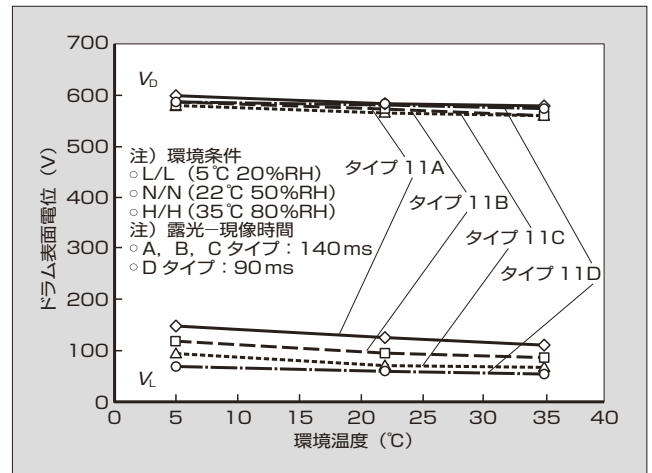
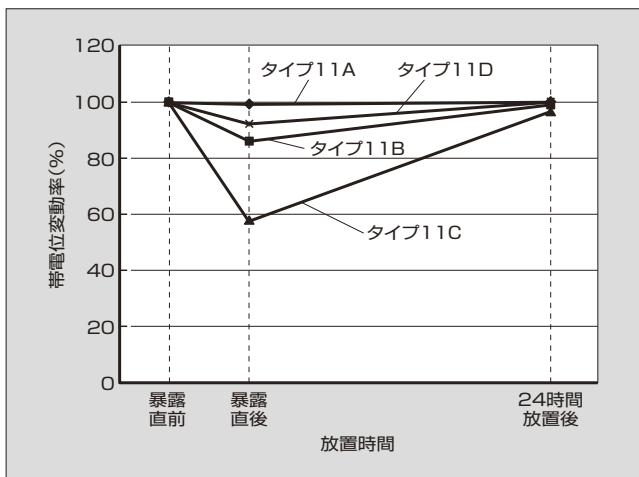


図 12 オゾン特性



タイプ 11D は、2 成分現像方式プリンタでの耐刷性評価で、明部電位、暗部電位ともに安定でかつ画像欠陥も認められず、約 20 万枚の耐刷寿命を持っている。

(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 5% 以下、暗部電位変動率 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成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を起こさない技術を確認した。

4 あとがき

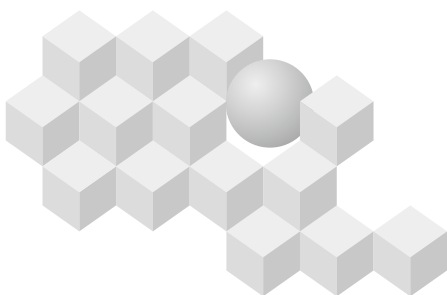
電子写真方式の出力機器は今後ますます高速化・多機能化・高品質化・低価格化が進んでいき、感光体に要求される性能もより多岐にわたっていくものと考えられる。富士電機は今後も化学技術・感光体技術を活用し発展させ、高度化・多様化する情報出力ニーズにマッチした高性能・多種感光体の提供を通じて、より豊かな社会に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 寺崎成史ほか. プリンタ用有機感光体. 富士時報, vol.77, no.4, 2004, p.286-290.
- (2) 中村洋一ほか. 正帯電型有機感光体. 富士時報, vol.77, no.4, 2004, p.295-298.
- (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.

表 4 正帯電型OPC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℃ : 1,000h	<±5%	<±10%
高温高湿放置	35℃, 90%RH : 1,000h	<±5%	<±10%
ヒートサイクル (10サイクル)	-20℃ : 1h→ 常温常湿 : 0.5h→ 45℃ : 1h→ -20℃ : 1h→ 常温常湿 : 0.5h→	<±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 : 250h	なし	なし
		画像障害なし	





*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。