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）

1　まえがき

近年のデジタル化，カラー化，ネットワーク化の進展に伴い，プリンタ，複写機，ファクシミリなどの出力機器は，非常に情報量の多い原稿・データを扱うようになった。このような市場動向に伴い，電子写真応用出力機器の主要部品である感光体に要求される機能・品質は年々高度なものとなっている。富士電機ではこれらの要望に応えるため，各種ニーズに適した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，市場展開を行っている。本稿では，それら製品の概要とその特徴について紹介する。

2　製品の概要

2.1　負帯電型 OPC

負帯電型 OPC の層構成は**図 1** に示すように，アルミニウム製の導電性基体上に正電荷のブロッキングおよび露光光の干渉防止を目的とした，樹脂層から成る下引き層（UCL：Under Coat Layer）の上に，電荷発生層（CGL：Charge Generation Layer）および電荷輸送層（CTL：Charge Transport Layer）を順次積層した機能分離型構造になっている。

CGL は電荷発生材料（CGM：Charge Generation Material）と樹脂バインダで構成され，LD（Laser Diode）や LED（Light Emitting Diode）などの露光光により電荷発生機能を持っている。また，CTL は電荷輸送材料（CTM：Charge Transport Material）と樹脂バインダとから構成され，CGL で発生した電荷を CTL 表面まで輸送する機能を有する。

富士電機ではさまざまな露光光量に対応できるよう，CGM 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意している。5 種の CGL 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－100 V 到達露光感度で 0.20 ～ 1.50 μJ/cm^2 という広範囲の感度調整が可能である。

図 1　負帯電型 OPC の層構成

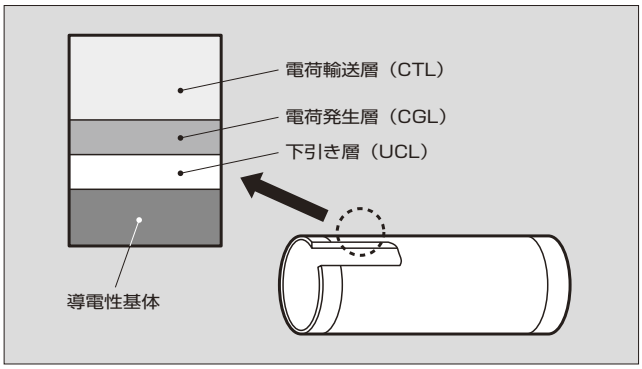
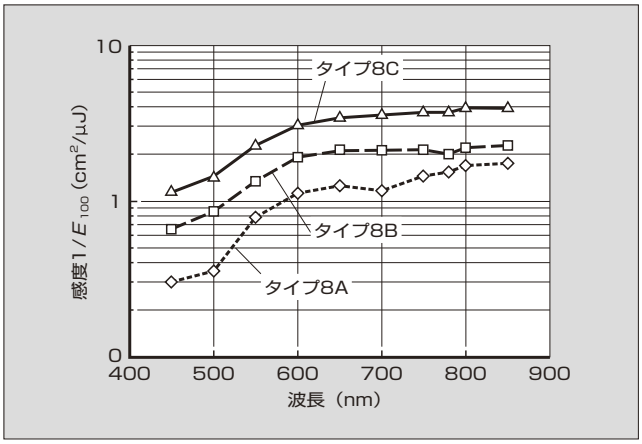


表 1　製品の概要

呼　称	区　分	感　度（－100 V到達露光量）
タイプ8A（低感度）	8A-02	0.80～1.50 μJ/cm^2
	8A-15	0.70～1.20 μJ/cm^2
タイプ8B（中感度）	8B-16	0.50～0.80 μJ/cm^2
	8B-10	0.40～0.60 μJ/cm^2
タイプ8C（高感度）	8C-03	0.20～0.40 μJ/cm^2

＊感度は－600 Vから－100 V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情報デバイス事業本部画像デバイス事業部開発部課長。

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情報デバイス事業本部画像デバイス事業部開発部課長補佐。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情報デバイス事業本部画像デバイス事業部開発部課長補佐。

図 2 に低感度・中感度・高感度タイプおのおのの代表的な分光感度特性を示す。いずれのタイプも 600 nm から 800 nm まで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 光源に適合する特性を持っている。

これらの CGL に各種 CTM を組み合わせることにより，15枚/分以下の低速機から 35枚/分以上の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。

2. 2　正帯電型 OPC

従来の負帯電積層型 OPC に比べ，単一の感光層で電荷発生と電荷輸送の両機能を担い，帯電電位をプラスとする正帯電単層型 OPC は次のような特徴を持つ。

(1)　帯電時のオゾン発生量が少なく，オゾン対策負担が軽くなるため，機器をより小型・低価格にできる。

(2)　単層構造により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，露光光や電荷の散乱・拡散が少なく，より高解像度にできる。

一方で正帯電用の 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。

図 3 に正帯電単層型 OPC の層構成と動作原理を示す。アルミニウム管などの導電性基体上に，樹脂などから成る UCL を設け，CGM，CTM の一種である正孔輸送材料（HTM：Hole Transport Material）および電子輸送材料（ETM：Electron Transport Material），樹脂などから成る単層感光層を形成した構造である。

表 2 に正帯電単層型 OPC の製品系列を，**図 4** 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 も分光感度特性は光波長 600 nm 以上でほぼ平坦（へいたん）であり，LD，LED などの光源に適合している。また，**図 5** のとおり半減衰露光量 0.15 ～ 0.38 μJ/cm^2 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，ファクシミリ，複写機などに対応している。特にタイプ 11D は近年の高感度高速化機に適用でき，**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

図 3　正帯電単層型 OPC の層構成と材料

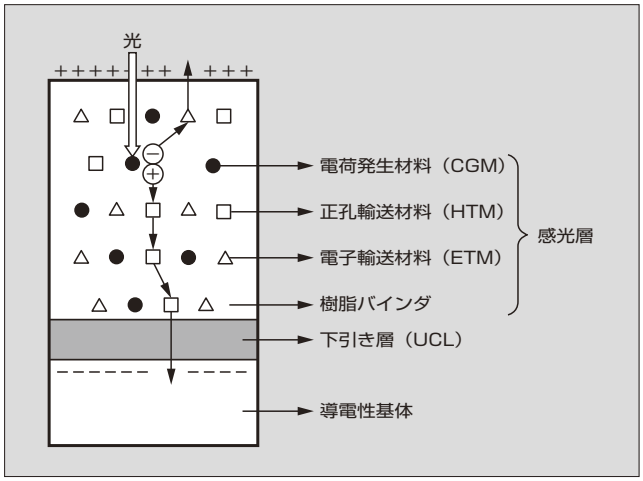


図 4　正帯電型 OPC の分光感度特性

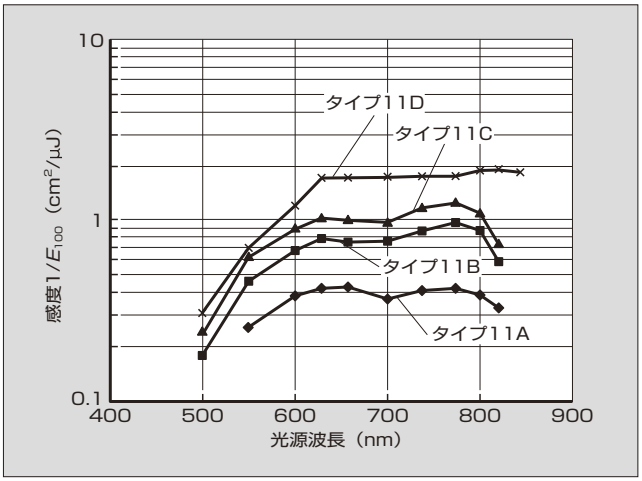


図 5　正帯電型 OPC の光減衰特性（PIDC）

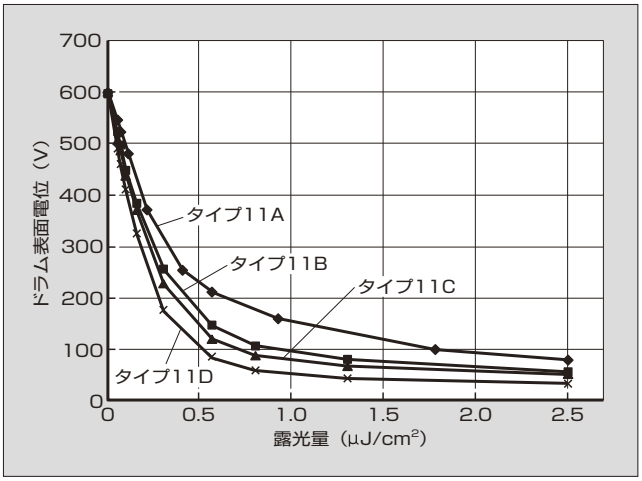


表 2　正帯電型OPC製品の概要

呼　称	特　徴	推奨マシン（枚/分）	耐刷寿命（A4間欠，外径30 mm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（外形120 mmにてA4連続換算 100万枚まで使用可能）

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→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）

性の向上を図っている。

正帯電型および負帯電型 OPC は，外径 24 mm から 262 mm まで，長さ 236 mm から 1,000 mm まで生産しており，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。

3　負帯電型 OPC 製品の特徴

電子写真方式のプリンタやファクシミリ用の OPC には小型化，カラー化，高速化，メンテナンスフリー化という四つの要求特性に適合する性能を有することが必要である。具体的には**図 6** に示すような技術課題に分類される。以下，負帯電型 OPC 製品について，それぞれの項目ごとに特徴を記載する。

3.1　高速応答性

直径 24 mm の OPC で A4 縦 30 枚/分以上の高速機に適合させるためには，プロセス配置にもよるが露光－現像間時間が 60 ms 以下の領域まで一様な光応答性が必要となる。これに対応して，富士電機では 2×10^{-5} cm^2/V･s という高速対応の CTM を実用化している。さらに，将来的な高速化対応として 8×10^{-5} cm^2/V･s という高移動度を有する材料開発も完了している。

図 7 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。CTM のキャリヤ移動度超高速品「SH」を使用した場合には露光－現像間時間が 40 ms まで実用可能な特性を持っている。

図 6　OPC 要求特性と技術課題

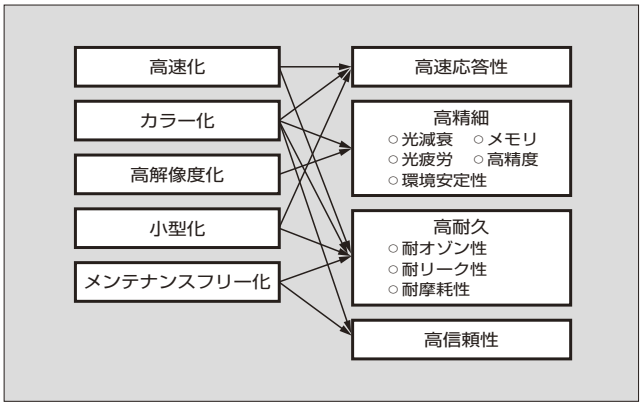
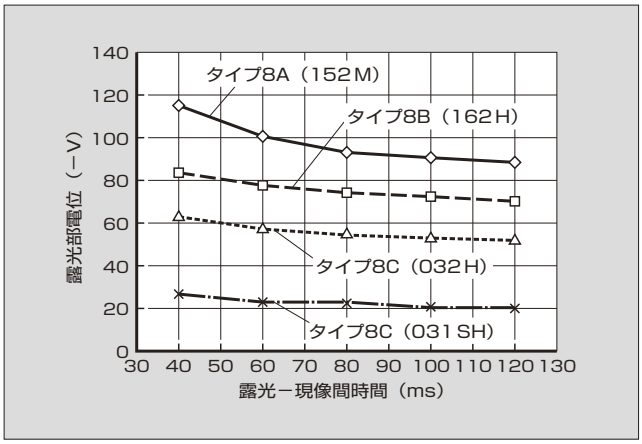


図 7　負帯電型 OPC の光応答性



3.2　高精細性

(1)　光減衰特性

プリント機能とコピー機能を有する複合機（MFP：Multifunction Peripheral）では，デジタル普通紙複写機用 OPC と同様，ハーフトーンの濃度階調再現性が要求される。また，プリンタにおいてもカラーあるいは 1,200 dpi（dot per inch）以上への高解像度モノクロプリンタについては，トナーの微細化や LD 発光の細かな制御が行われるなど周辺プロセスの高度化が進んでおり，従来以上にグラフィック画質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有する OPC の開発・製品化を行っている。

図 8 に OPC のタイプ別光減衰特性の一例を示す。この特性は CGL から CTL への電荷注入性に大きく依存するため，CGL と CTL の組合せにより調整することができる。

(2)　ハーフトーン電位均一性

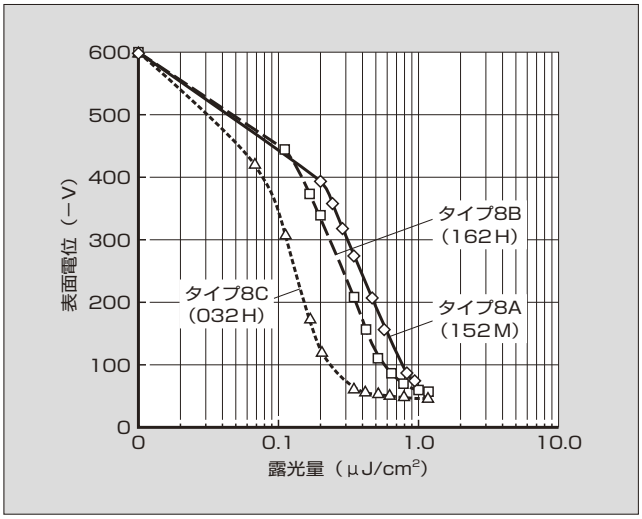
プリンタの高画質化が進むにつれ，OPC 表面の微小な電位差が印字濃淡差として画像に再現されやすくなってきており，転写部の逆極性印加や連続露光部の残留電位上昇に対して影響を受け難い OPC が望まれている。富士電機では UCL，CGL，CTL 各機能層に使用される材料の新規開発および最適化を行うことにより電位差の低減を図っている。

(3)　光疲労抑制

プリンタは複写機と異なり OPC を含めた消耗部品をユニット化してユーザーが交換するシステムが一般的である。これらの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

図 8　光減衰特性



響が少ないOPCを実用化している。

(4)　寸法精度

4色を重ね合わせるカラープリンタには，色ずれ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。富士電機では，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用素管および樹脂フランジの供給体制を整えている。

(5)　環境安定性

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プリンタにて，常温常湿環境（N/N：25℃ 50 %RH），低温低湿環境（L/L：10℃ 20 %RH），高温高湿環境（H/H：32℃ 80 %RH）にて，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9**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。

3.3　高耐久対応技術

(1)　酸性ガス耐性

プリンタに使用される帯電器からは一般にオゾンが発生することから，OPCには耐ガス性能が必要とされる。

OPCにはさまざまな酸化防止剤が用いられているが，通常，添加量を多くすると酸性ガス耐性は向上する一方，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，電気特性への影響の少ない独自酸化防止剤を開発し，酸性ガス耐性を確保している。

(2)　耐リーク性向上

中低速分野のプリンタ，MFP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。今回新たに開発したUCLは，陽極酸化皮膜（ALM）と同等の耐リーク性を有し，かつ環境安定性に優れた性能を持っている。

(3)　耐摩耗性

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きず，トナーや紙粉などのOPC表面への付着（フィルミング）などによって決まる。OPCに対しては当接部材やプロセス設計と適合させるべく低摩耗，高硬度，低フィルミングなどの性能が求められる。

富士電機で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，プロセスに併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。

3.4　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，開発し，生産している。

4　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製品の特徴を記載する。

4.1　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までの機器に適用できる。特にタイプ11Dは露光後30 ms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。

図9　負帯電型OPCの環境耐刷時電位安定性

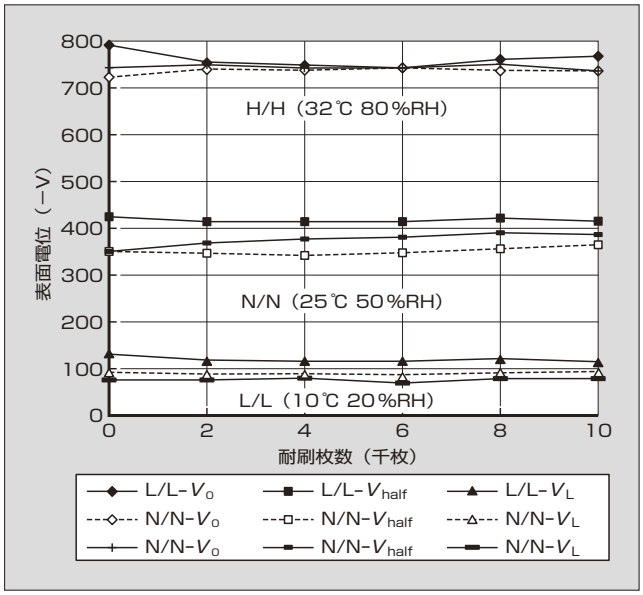


図10　正帯電型OPCの光応答性

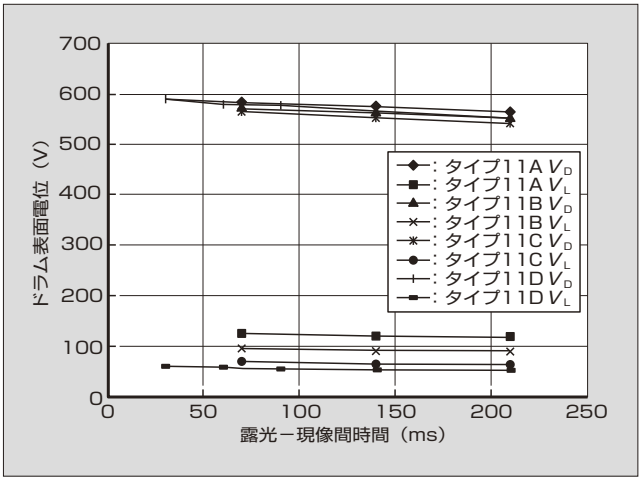


図11　正帯電型OPCの明部電位（V_L）・暗部電位（V_D）の環境依存性

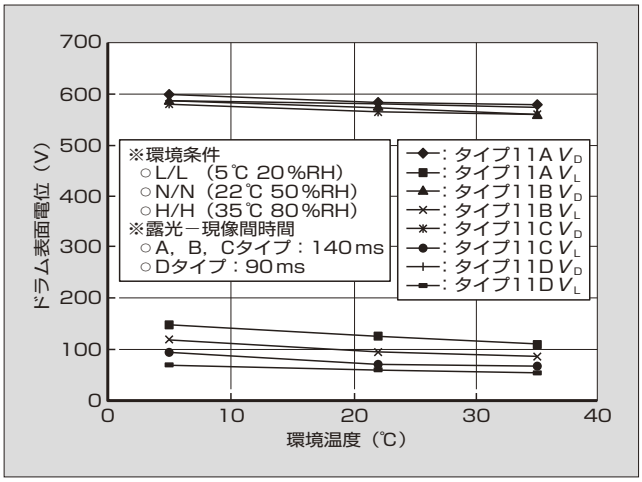


表4　正帯電型OPCの信頼性試験による特性変化

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℃下：1,000時間	＜±5%	＜±10%
高温高湿放置	35℃ 90%RH下：1,000時間	＜±5%	＜±10%
ヒートサイクル（10サイクル）	−20℃：1時間→ 常温常湿：0.5時間→ 45℃：1時間→ 常温常湿：0.5時間→ −20℃：1時間	＜±5%	＜±10%
ローラ汚染試験	ローラ材質：NBR，ウレタンゴム，シリコーンゴム 50℃ 90%RH下：250時間	なし	なし
		画像障害なし	

4.2　高精細性

正帯電単層型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。

UCLとの組合せ調整にてハーフトーン電位の均一性を高め，メモリ欠陥をさらに抑制した。

光疲労特性はいずれのタイプも1,000 lx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。

4.3　高耐久対応技術

いずれの正帯電型OPCも5枚/分，30分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。

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。

4.4　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，明部電位変動率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，シリコー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立した。

5　あとがき

電子写真方式のプリンタは今後ますます高速・多機能・高品質化が進んでいき，感光体に要求される性能もより高度化し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かつ発展させ，高度化する情報出力ニーズにマッチした高性能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)　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.

(2)　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.

(3)　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.

e-Front runners

＊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。