プリンタ用長寿命有機感光体

宮本　貴仁（みやもと　たかひと）　小川　祐治（おがわ　ゆうじ）　中村　友士（なかむら　ゆうじ）

1　まえがき

近年のオフィスならびにパーソナル環境におけるネットワークの発達に伴い，電子写真方式のプリンタに代表される情報出力機器の市場は拡大の一途をたどっている。ソフトウェア，ハードウェア両面の進展によって，情報出力機器に対しても，より一層の高速度化，高画質化，動作安定化，低価格化，さらにはカラー化や複合機能化が指向されている。これに呼応するため，電子写真方式のプリンタ，ファクシミリ，デジタル複写機および複合機（MFP：Multifunction Peripheral）の主要デバイスである感光体においては，感度特性，環境安定性，信頼性，耐刷特性などの改善がなされてきている。富士電機では，各種ニーズに対応した負帯電型および正帯電型有機感光体（OPC：Organic Photoconductor）を開発・製造している。

本稿では，プリンタ，ファクシミリおよびそれらをベースにしたMFPに搭載される負帯電型OPC製品の概要とその特徴について，環境配慮・低コスト化に直結する長寿命化を中心に紹介する。

2　製品の概要

OPCを使用したプリンタは，その印刷スピードで低速機（～15枚/分），中速機（15～35枚/分），高速機（35枚/分～）に大別できる。富士電機ではこれらのプリンタに対応可能な負帯電型OPCを3タイプ（8A，8B，8C）に分けて開発している。これらの代表的な特性を**表1**に示す。適用感度帯は各タイプで異なり，顧客の要求に適した低感度・中感度・高感度を自由に選択することができる。

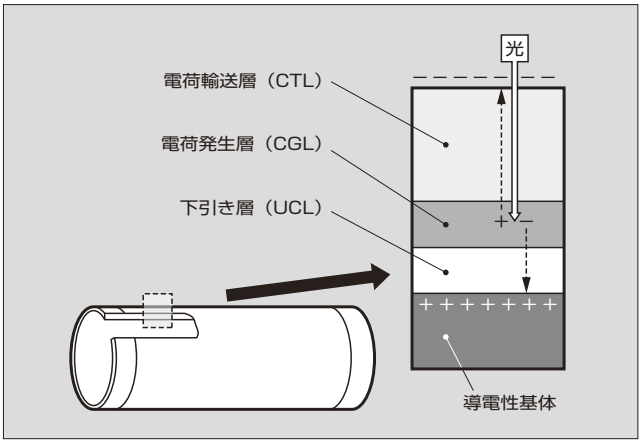
負帯電型OPCの概略構造と動作原理を**図1**に示す。アルミニウムなどの円筒状導電性基体に下引き層（UCL：Under Coat Layer）を塗布し，次に電荷発生層（CGL：Charge Generation Layer）を塗布し，最表面に電荷輸送層（CTL：Charge Transport Layer）を塗布した機能分離型積層OPCである。

形状については，多数そろえており（外径24 mmから262 mmまで，長さ243 mmから1,000 mmまで対応可能），A4ページプリンタからA0プロッタまで幅広く製品開発を行っている。製品の特徴，使用目的の多様化に伴い，プリンタの高速化・高画質化・長寿命化が進んでいる。その中でOPCに求められる特性も多種多様に分岐し，かつ高度化しており，おのおのの要求特性に応えるための材料開発が進められている。

表1　負帯電型OPCの基本特性

項目 / タイプ	適用感度帯 半減衰 露光量 (μJ/cm²)	半減衰 露光量 (μJ/cm²)	暗中帯電 保持率 [5秒後] (%)	残留 電位 (−V)	印字速度 適用領域 (枚/分)
8A（低感度）	0.20～0.60	0.38	98.0	54	～15
8B（中感度）	0.12～0.24	0.18	96.3	23	15～35
8C（高感度）	0.06～0.14	0.08	96.6	8	35～

図1　プリンタ・ファクシミリ・MFP用OPCの層構成と動作原理



3　特　徴

富士電機のOPCは，低・中速から高速に至るまでのプリンタに搭載可能であり，次のような特徴を備えている。

宮本　貴仁

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。

小川　祐治

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拠点再編プロジェクト室。

中村　友士

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。

(1)　高感度
(2)　高応答性
(3)　高環境安定性
(4)　長寿命特性

特に(4)の長寿命特性は，(1)から(3)の項目を使用開始時から終了時まで維持させることがポイントとなるため，すべての特性を包括するものである。

3.1　高感度

電子写真方式のプリンタは，露光光源としてLD（Laser Diode）やLED（Light Emitting Diode）を使用しているため，OPCとして600～800 nmの波長域で感度を有することが要求される。富士電機はこの波長領域で良好な感度特性を示すフタロシアニン顔料を採用している。**図2**に低感度タイプ8A，中感度タイプ8B，そして高感度タイプ8Cの分光感度を示す。**図3**には，光減衰特性を示す。高感度タイプ8Cはタイプ8A，8Bと比較して，それぞれ50％，30％程度高感度になっている。

3.2　高応答性

プリンタは，SOHO（Small Office Home Office）・パーソナル用途の低速機からオフィス・業務用途の高速機まで幅広くラインアップされている。その中で，小径OPCを適用した省スペースかつ高速印刷を指向したプリンタやMFPにおいては，OPCに対しより高い応答性が求められている。

応答性を向上させるためには材料の移動度，各材料間のイオン化ポテンシャルの整合，そして純度がポイントとなる。富士電機では，高応答性を実現するために，高移動度電荷輸送材料（CTM：Charge Transport Material）の研究に取り組み，移動度8×10^{-5} V・s/cm^{2}と高移動度CTMの開発を行った。**図4**に露光後電位の露光－現像間時間依存性を，**図5**にはプリンタ搭載時の現像特性を示す。高移動度CTMを適用した高応答性品は，露光－現像間時間が50 msまで安定している。これは，OPCの外径30 mmでは45（枚/分）以上の高速プロセスにも十分対応するものである。また，画像濃度（黒濃度）も従来品と比

図2　分光感度特性

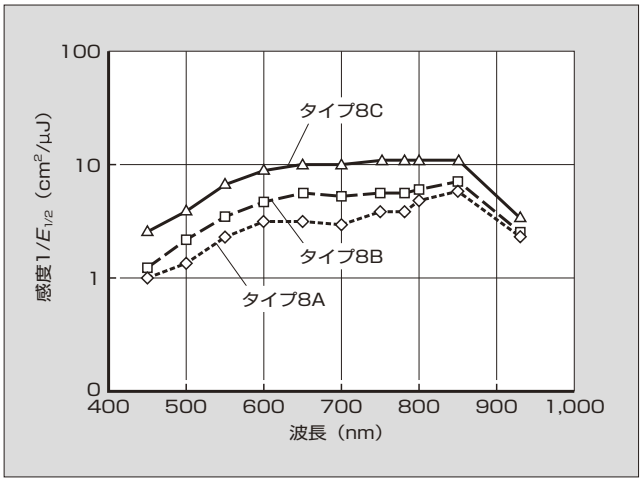


図4　露光－現像間時間依存性（露光後電位）

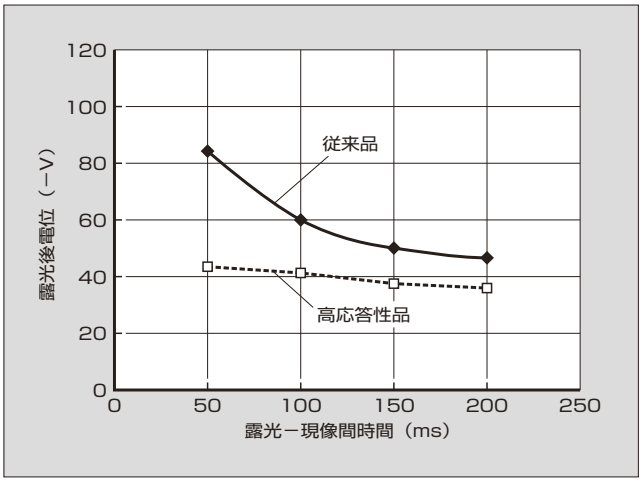


図3　光減衰特性

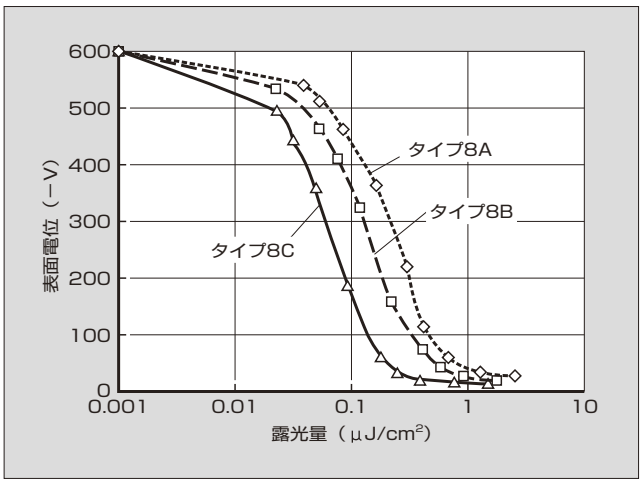


図5　現像特性

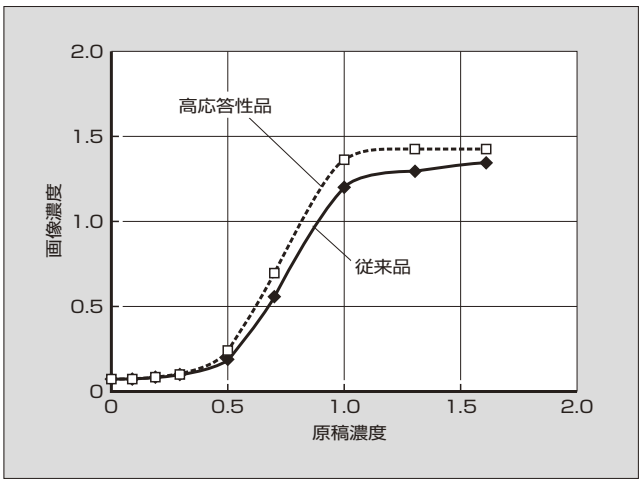
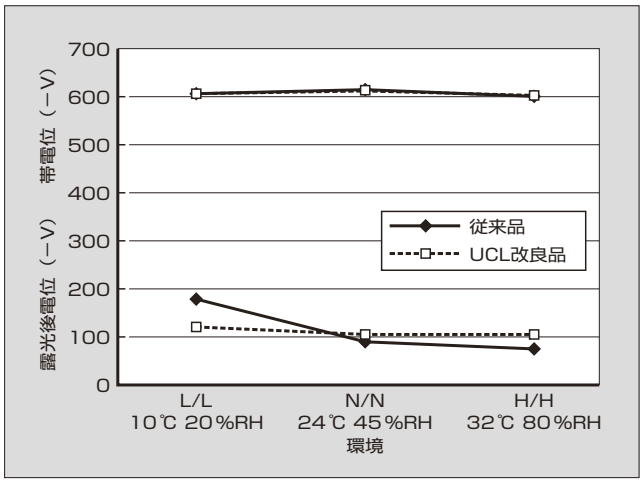


図6　環境電位特性



較して高再現性となっている。

3.3　高環境安定性

プリンタのさまざまな環境での使用に対応するため，OPC の環境安定性が望まれている。富士電機では，UCL のフィラーと樹脂バインダを最適化し，環境による体積抵抗率変動を抑制することで，常温常湿（N/N：24℃ 45%RH），低温低湿（L/L：10℃ 20%RH），高温高湿（H/H：32℃ 80%RH）環境下で OPC の安定性を確保している。**図6** に電位測定データを示す。いずれの環境においても N/N 環境下に対する変動量は小さく良好な特性を有している。

3.4　長寿命特性

社会全体で推進されている「環境に優しい」といった活動は，OA 機器においても例外ではない。プリンタにおいては，環境配慮に加え低コスト化に直結する「長寿命化」が重要視されている。

OPC の寿命を支配する因子は，OPC そのものの特性変化のほか，OPC 周辺消費部材とのマッチング性能などが挙げられ，主として次の三つに大別されている。

(1)　電気特性
　(a)　帯電位の安定性 → 低下により白紙かぶり
　(b)　残留電位の安定性 → 上昇により濃度低下
(2)　機械特性
　(a)　摩耗の低減 → 摩耗によりリーク・白紙かぶり
　(b)　異物付着の抑制 → 付着により黒すじ・白すじ
(3)　トナーマッチング特性
　(a)　トナー消費量の低減

4　特性の改善

4.1　電気特性の改善

OPC は，帯電工程でコロナ放電によって発生するオゾンや，露光工程での光に繰り返し暴露されると，機能材料が化学的変質を起こす。これにより，帯電位低下あるいは残留電位上昇といった電気特性の劣化を引き起こし，濃度低下，白紙かぶりなどの原因となる。

富士電機では，環境および耐刷における，基礎的な OPC 表面電位挙動の加速評価を実現すべく，電位特性シミュレータを導入している。本シミュレータにおいては，N/N 環境だけではなく，L/L，H/H 環境においても電気特性の詳細測定が可能となっている。また OPC に対する

図7　耐刷特性（L/L：10℃ 20%RH）

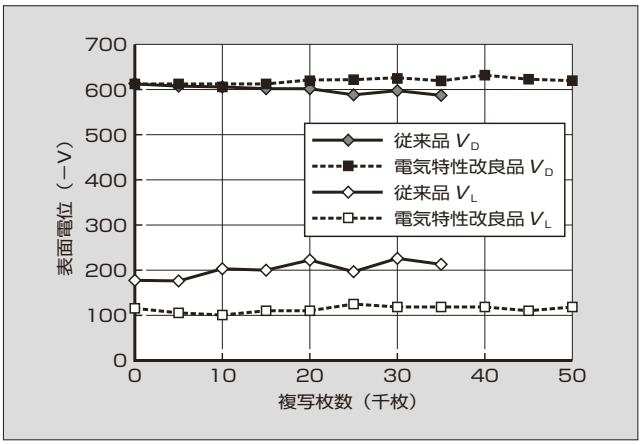


図8　耐刷特性（N/N：24℃ 45%RH）

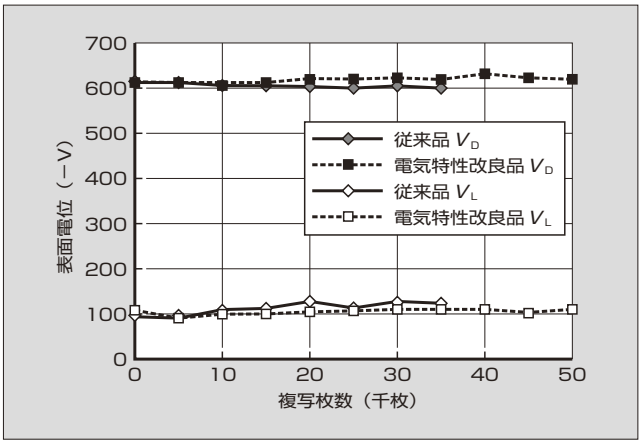
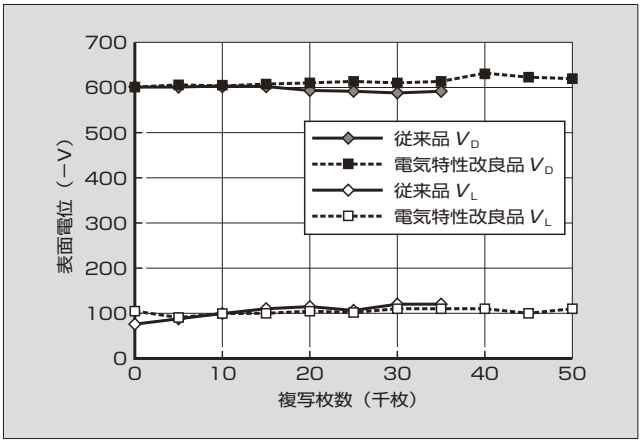


図9　耐刷特性（H/H：32℃ 80%RH）



疲労を連続的に付加することによって，耐刷時に相当する電位挙動の評価を実施することもできる。さらには，各種OPC周辺デバイスを自由に選択できるため，実際のプリンタなどの装置プロセスに即した評価を行うことが可能である。

当該シミュレータによる試験技術と富士電機の材料設計技術を組み合わせることで，帯電位低下および残留電位上昇を抑制するために，感光層中に発生する電気的欠陥を抑制する独自の電荷制御剤を開発し，それを最適配合することによって，さまざまなマシンプロセスにおいても安定的に動作するOPCを提供している。

図7～**9**に，L/L，N/N，H/H各環境下において高速プリンタで評価した際の表面電位の推移を示す。従来品と比較して電気特性改良品は，電位変動が少なく，すなわち画質変化が少ない動作安定性に優れたOPCを実現している。

4.2　機械特性の改善

OPCは，帯電ローラ，トナー，紙，転写ローラ，クリーニングブレードなどとの接触により，感光層の摩耗やトナーや紙粉の異物付着などの物理的・機械的特性の劣化が生じる。これらはマシンプロセスによって，発生の程度は異なるが，CTL中の成分である樹脂バインダの性能に大きく依存している。

富士電機では，短期間で樹脂バインダの性能評価ができる耐刷試験機を導入し，加速評価を進めるとともに，材料設計技術を駆使して，樹脂バインダの性能を大きく向上させることに成功した。

特に，高硬度で，潤滑性に優れた樹脂バインダ材料を開発することにより，膜硬度を向上させながらクリーニングブレードとの摩擦係数を低減させるとともに，樹脂バインダ中にCTMが均一に包括される構造および比率を採用することによって，耐刷中および耐刷後期においてもドラム表面の均一性を保持した。**図10**，**図11**に高速プリンタでの感光層摩耗および耐異物付着の改善を示す。富士電機の改善品は，感光層の摩耗において約30％の向上を実現し，異物付着特性については，印字用紙に出現しないレベル（4以上）を維持することが可能となった。

4.3　トナーマッチング特性の改善

プリンタ，ファクシミリ，MFPにおいて，印刷用紙のほか最も消費量が多い部材がトナーである。トナーの消費量を低減するために，トナーサイドでさまざまな特性改善が行われているが，昨今では装置プロセスにおいて，実際に印刷用紙に搬送するトナー量をコントロールし得るOPCの特性改善に対する期待が高まってきている。

トナー消費量を低減するには，印刷用紙へのトナー搬送量を抑えることが有効である。しかしながら，印刷内容すべてに対してトナー搬送量を抑制してしまうと，1ドットレベルの再現性が損なわれてしまう不具合をもたらす。これは今日の多岐にわたる印刷内容においては看過できない

図10　耐刷特性（摩耗量）

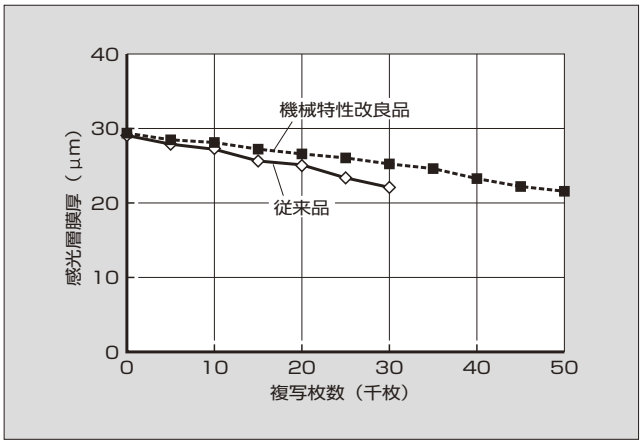


図11　耐刷特性（耐異物付着量）

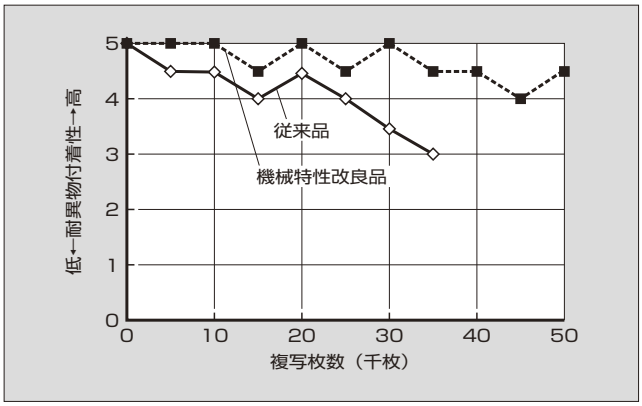
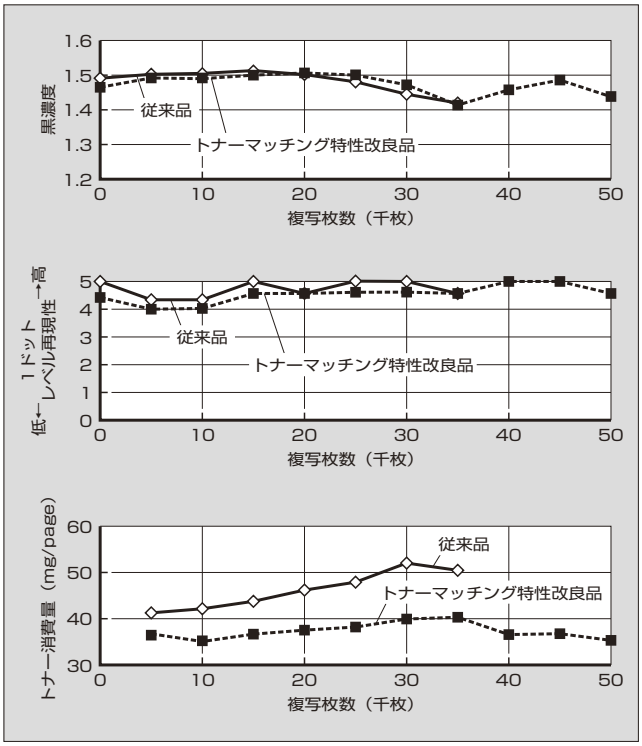


図12　耐刷特性（トナーマッチング性）



項目である。

そのような状況を受け，文字やグラフなどの比較的占有面積が大きい印刷部位においては，過剰トナーの搬送抑制を狙い，1ドットレベルのようなトナー占有面積が微小領域に限られる印刷においては，搬送量の確保を図った。

相反する2項目の両立のために，CTLの移動度およびイオン化ポテンシャルを調整し，さらにはUCL，CGLとの間における整合性を確保して，低露光領域および高露光領域での最適な露光後電位を設定した。**図12**に黒濃度，1ドットレベル再現性およびトナー消費量の特性を示す。改善品は十分な濃度および1ドットレベル再現性を確保しつつトナー消費量を低減し，長寿命化されていることが確認された。

5　あとがき

プリンタ，ファクシミリ，MFP用OPCについて，特に長寿命化を中心に紹介した。

プリンタ市場においては，さらに多機能・高品質化それに高速化が進み，用途・性能ともに複写機（特にデジタルタイプ）との境界がなくなりつつある。それに伴い感光体に要求される性能はますます高度化していくものと考えられる。富士電機は市場のニーズに合わせて要求特性を的確に把握し，環境にも配慮した魅力あるOPCの開発を進めていく所存である。

参考文献

(1)　篠崎美調，宮本貴仁．ディジタル複写機用有機感光体．富士時報．vol.77, no.4, 2004, p.291–294.

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。