正帯電型有機感光体

中村　洋一（なかむら　よういち）　面川　真一（おもかわ　しんいち）　竹嶋　基浩（たけしま　もとひろ）

1　まえがき

近年，プリンタ，複写機，ファクシミリなどの感光体応用機器は，ディジタル化・カラー化・ネットワーク化の進展に伴い，企業向け・個人向けともカラー・高解像度といった従来に比べて情報量が多い原稿・データの取扱いが増加している。

このような市場動向に伴い，感光体にはさらなる高感度高速化・高解像度化・高安定化とともに小型化・低価格化も要求されている。富士電機ではこれらの要求に応えるため，種々の特徴ある有機感光体（OPC：Organic Photoconductor）を製品化してきている。

本稿では，これらの要求に応える製品例として，富士電機独自の化学技術・感光体技術により製品化した正帯電型OPCの概要と特徴について紹介する。

2　正帯電型OPCとは

OPCは感光体表面の電位差を利用して画像を形成するが，原理的には電位は正極性・負極性いずれでも差し支えない。

画像形成電位が正極性であるOPCを正帯電型OPCと呼び，次のような特徴を持つ。

① 電荷発生機能と電荷輸送機能を一つの感光層に持たせる単層構造に設計できる。

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。

③ 単層構造によりOPCの製造工程を削減できるため，より低価格にできる。

④ 正帯電は負帯電に比べて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，OPC応用機器をより小型・低価格にできる。

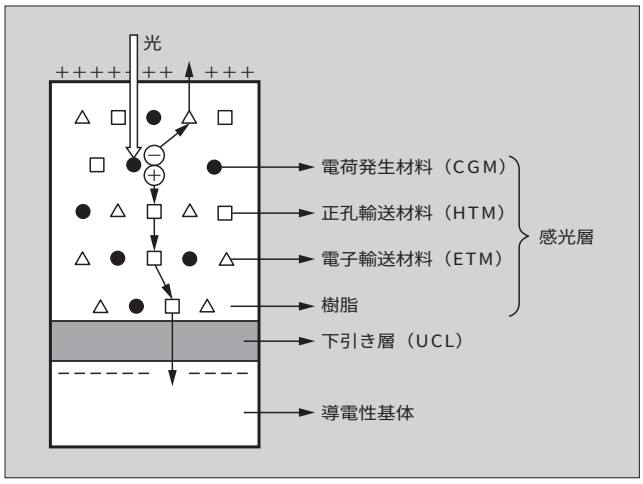
⑤ 帯電時のオゾン発生量が少なくOPCの劣化が少なくなるため，より高安定にできる。

一方で正帯電用の電荷輸送材料（CTM：Charge Transport Material）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1に単層正帯電型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，樹脂などからなる下引き層（UCL：Under Coat Layer）を設け，電荷発生材料（CGM：Charge Generation Material），CTMの一種である正孔輸送材料（HTM：Hole Transport Material），電子輸送材料（ETM：Electron Transport Material），樹脂などからなる単層感光層を形成した構造である。

感光層表面を正極性に帯電させたのち露光すると，CGMで正負両電荷が発生し，正電荷はHTM間を移動してUCLを通り基板に到達する。一方，負電荷はETM間を移動して感光層表面に到達する。これにより感光層表面正電荷が中和され周囲表面との電位差により静電潜像が形成される。この後トナーによる潜像の可視化とトナーの紙への転写・定着を経てプリントが完成する。

図1　単層正帯電型OPCの層構成と材料



中村　洋一

有機電子材料の開発および有機感光体の開発に従事。現在，富士電機画像デバイス(株)材料技術部課長。日本化学会会員。

面川　真一

有機機能材料の開発および有機感光体材料の開発に従事。現在，富士電機画像デバイス(株)材料技術部。

竹嶋　基浩

有機感光体材料の開発に従事。現在，富士電機画像デバイス(株)材料技術部。応用物理学会会員。

3　製品概要

表1に富士電機の単層正帯電型OPCの製品系列を示す。タイプ11Aから11Dまでの4系列により，低速（12枚/分以下）から高速（30枚/分以上）までのOPC応用機器に適用できる。特にタイプ11Dは近年の高感度高速化機器に適用できる。

また，寸法面でも，OPC外径24 mmの小型機種から262 mmの大型機種まで適用できる。

これらの単層正帯電型OPCは，OPC特性について次のような特徴を持つ。

① 高解像度・高階調度が得られる。
② 温湿度環境変動時にも安定している。
③ 光・オゾン暴露時にも安定している。
④ 連続使用時にも安定している。
⑤ OPCに接触する部材からの汚染によるクラックや画像欠陥にも強く安定している。

特にタイプ11Dは，以下と**表2**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いる。

① UCL：機能材料の親水性や電気抵抗を最適化し，温湿度環境変動時の安定性を高めた。
② CGM：不純物の濃度を抑え，感度を高めた。
③ HTM，ETM：不純物の濃度を抑え解像度を高めた。
④ 樹脂：分子構造・分子量を最適化し，OPC特性を維持しつつ耐クラック性を高めた。

個々の機能材料の性能向上に加えて配合比の最適化も行い，感光層内の電荷移動を円滑にしてメモリなどの画像欠陥も抑えた。

このように正帯電型OPCは従来にも増して適用範囲を広げており，正帯電型OPCの適用により，特にカラープリンタ，高速プリンタ，オンデマンド印刷機などのさらなる性能向上が期待される。

表1　製品の概要

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

表2　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→不純物減による量子効率向上
高速応答化	HTM→不純物減による移動度向上 ETM→不純物減による移動度向上
高強度化	樹脂→クリープ・クラック特性改善→表面硬度向上
高耐圧化	UCL→抵抗改良による耐リーク性向上

4　感光体特性

正帯電型OPC製品の代表的なOPC特性について述べる。

(1) 感度特性

図2，**図3**に分光感度特性と光減衰特性（PIDC：Photo Induced Discharge Characteristic）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（Laser Diode），LED（Light Emitting Diode）などの光源を適用できる。また，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いるので，低速機から高速機まで適用できる。

(2) 帯電特性

図4に帯電特性を示す。いずれの正帯電型OPCも0 Vから1,000 Vまで直線的に上昇し，高帯電位においてもリークが起きない。また，ローラやブラシなどによる接触帯電方式においても良好な帯電特性が得られる。

(3) 光応答性

図5に光応答性を示す。いずれの正帯電型OPCも露光

図2　分光感度特性

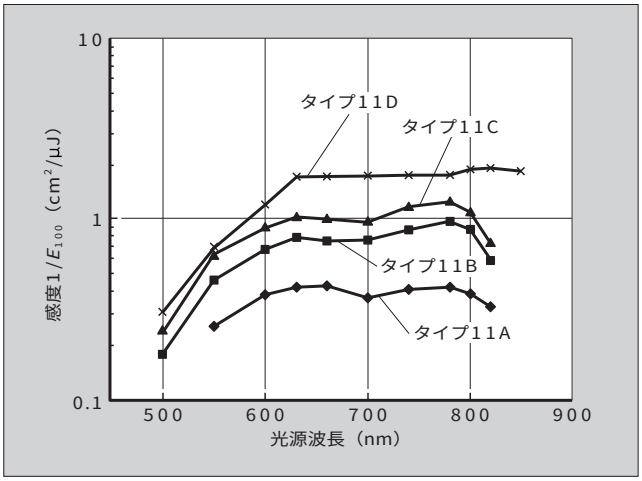


図3　光減衰特性（PIDC）

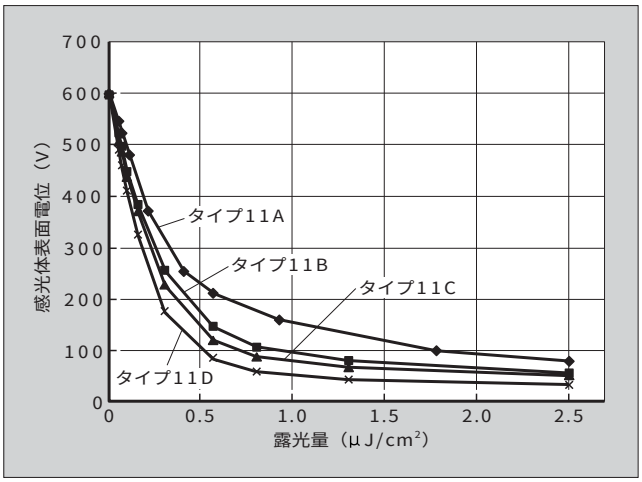


図４　帯電特性

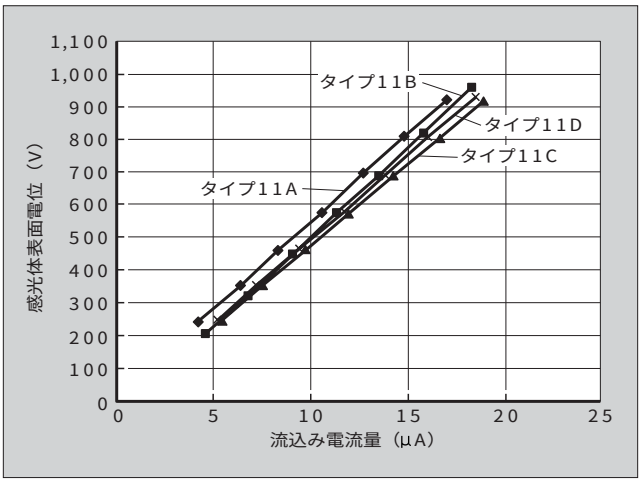


図５　光応答性

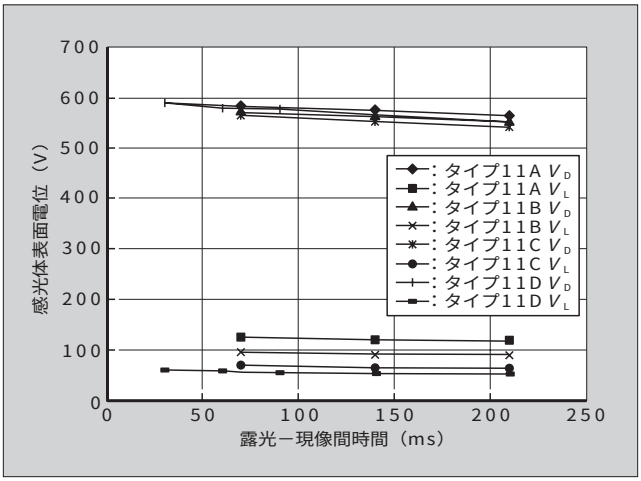


図６　明部電位（V_L）・暗部電位（V_D）の環境特性

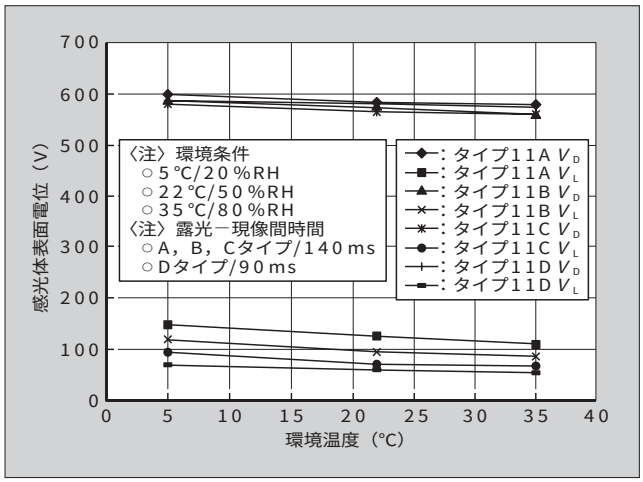
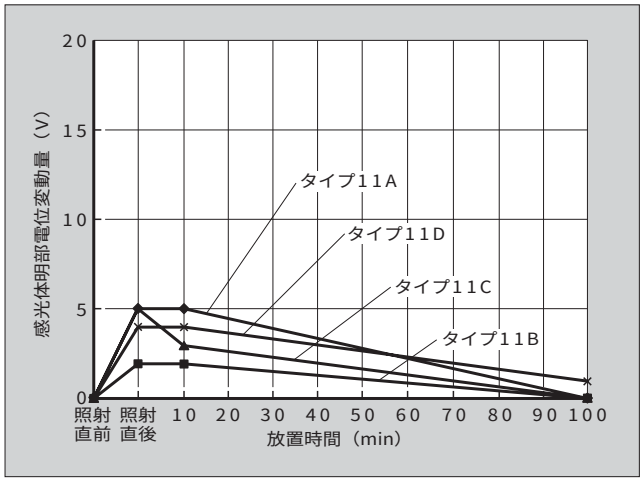


図７　強光疲労特性



後 75 ms まで明部電位は一定の値を示し，露光ー現像間時間 75 ms までの OPC 応用機器に適用できる。

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，より露光ー現像間時間の短い小型高速機に適用できる。

(4)　環境特性

図６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 5 ℃ 20 % RH ～ 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。

(5)　強光疲労特性

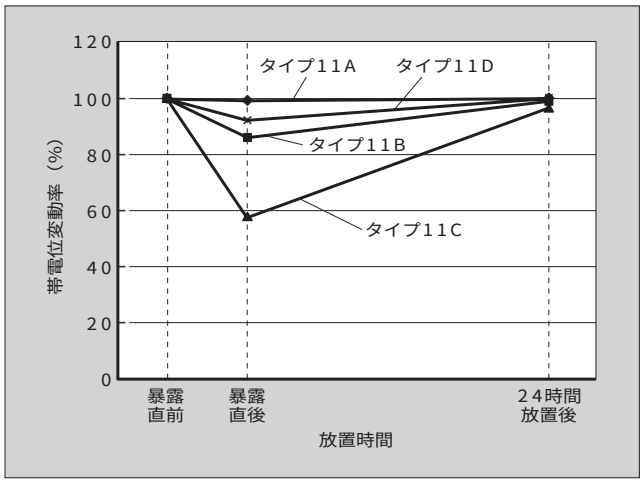
図７に強光疲労特性を示す。いずれの正帯電型 OPC も 1,000 lx 10 分の光照射による暗部電位の変化量は小さく，照射後の時間経過による回復も早い。

(6)　オゾン特性

図８にオゾン暴露後の帯電位変化率を示す。いずれの正帯電型 OPC も 5 ppm 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 時間の室温放置でいずれも初期の帯電位まで回復する。

特にタイプ 11A と 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小さい。

図８　オゾン特性



(7)　耐刷性（タイプ 11D）

図９にタイプ 11D を 2 成分現像方式の OPC 応用機器に搭載して耐刷性評価をした場合の電位変動を示す。タイプ 11D は評価後も明部電位・暗部電位ともに安定でかつ画像欠陥も認められなかった。約 20 万枚の耐刷寿命を実現している。

図９　耐刷性（タイプ 11D）

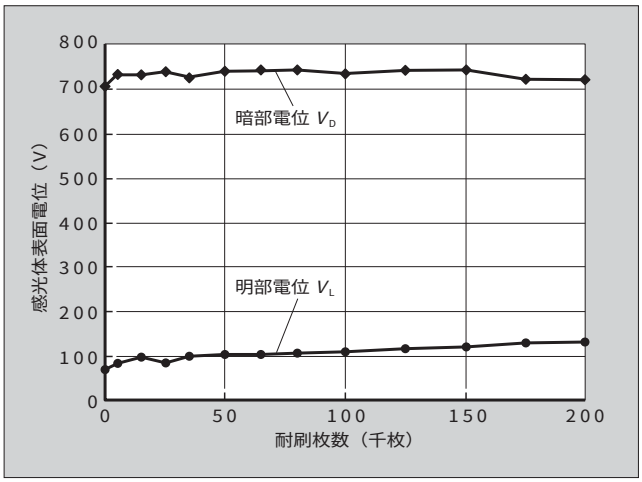


表３　信頼性試験による特性変化

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℃下：1時間→常温常湿下：0.5時間→45℃下：1時間→－20℃下：1時間→常温常湿下：0.5時間	＜±5％	＜±10％
ローラ汚染試験	ローラ材質：NBR/ウレタン/シリコーン 50℃ 90％RH下：250時間	なし	なし
		感光層クラックなし，画像欠陥なし	

(8)　信頼性

表３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暗部電位変動率 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ついては，NBR（アクリロニトリルブタジエンゴム），ウレタン，シリコーン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クラック発生や感光体特性変化を起こさない。

5　あとがき

富士電機では正帯電型 OPC のたゆまない開発を進めてきたが，さらなる高感度・高速な製品系列実現のために，新規有機材料の開発による CGM，CTM の改良を進めている。

また，さらなる高解像度な製品系列実現のために，乾式現像方式に比べてトナー粒径が小さい液体現像方式に適用できる，液体現像方式正帯電型 OPC 材料の開発も進めている。セレン感光体・負帯電型 OPC での液体現像方式適用の実績を活用し，これら技術の蓄積と計算化学技術・有機合成化学技術によりいち早い実現を目指している。

富士電機ではこれらの化学技術・感光体技術などを活用発展させ，カラー・高解像度といった豊かな情報を安定して再現できる正帯電型有機感光体を通じて，より豊かなビジネス・社会に貢献していく所存である。

参考文献

(1)　面川真一ほか．正帯電有機感光体．富士時報．vol.75, no.3, 2002, p.190–193.

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。