UDC 681.62.063.3 : 667.622.3 : 772.93 : 681.6

プリンタ用有機感光体

寺崎　成史(てらさき　せいし)　　伊藤　成通(いとう　しげみち)　　浅村　　淳(あさむら　あつし)

1　まえがき

電子写真方式を用いたデスクトップ形ページプリンタは，インパクトドットプリンタに比較して高速，低騒音で高い解像度の印字が可能であるという利点から伸長を続けている。特にローエンドページプリンタは急激な低価格化により設置台数が急増しており，近年は機能の拡充も急ピッチで進んでいるため，さらなる伸長が期待される。ミドルクラスのページプリンタは，LAN に対応したインタフェースの充実や処理速度の高速化が著しい。同時にページ記述言語の高度化と相まって，DTP や CAD に対応しうるフォントの拡充や印字の高解像化が進んでおり，この動きはローエンドページプリンタにも波及している。これらのプリンタにはユーザーによる交換が可能な感光体ユニットやトナーユニットが採用されており，メンテナンスに際しての利便が図られている。感光体には取扱いが容易で価格が低廉であることから，有機感光体が採用される例がほとんどである。

プリンタの商品構成が拡大し，低照度光源を搭載したローエンド機や，グラフィックとラインの混在データを高速処理するプリンタの登場により，有機感光体には高い光感度と信頼性が要求されてきている。またプリンタの機能が増加し，印字内容が表現力を増すにつれ，感光体には新たな印字プロセスへの整合と緻密（ちみつ）で明りょうな印字再現が要求される。富士電機ではこれらの要求を満たすプリンタ用有機感光体タイプ８Ｂを開発したので，以下にその概要を紹介する。

2　製品の概要

図１にタイプ８Ｂ感光体の構造を示す。導電性基体にはアルミニウム合金円筒を用い，その表面にはレーザ光の干渉による印字障害の発生を防止するために特殊な切削加工を施している。絶縁層には，アルミニウムの陽極酸化膜，あるいは樹脂膜を採用している。電荷発生層（CGL：Carrier Generation Layer）は電荷発生顔料とバインダ樹脂

図１　タイプ８Ｂ感光体の構造

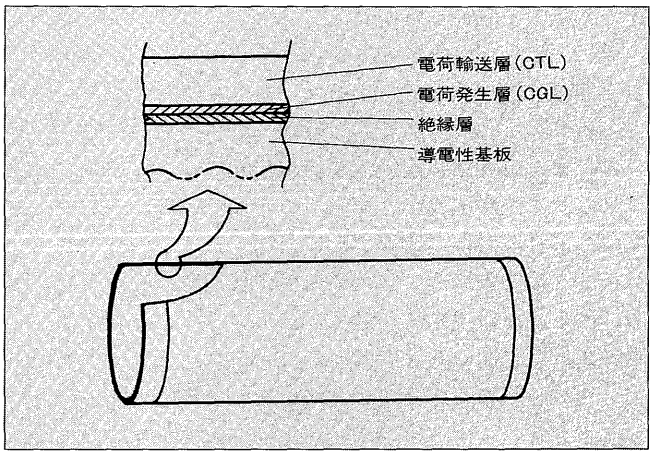
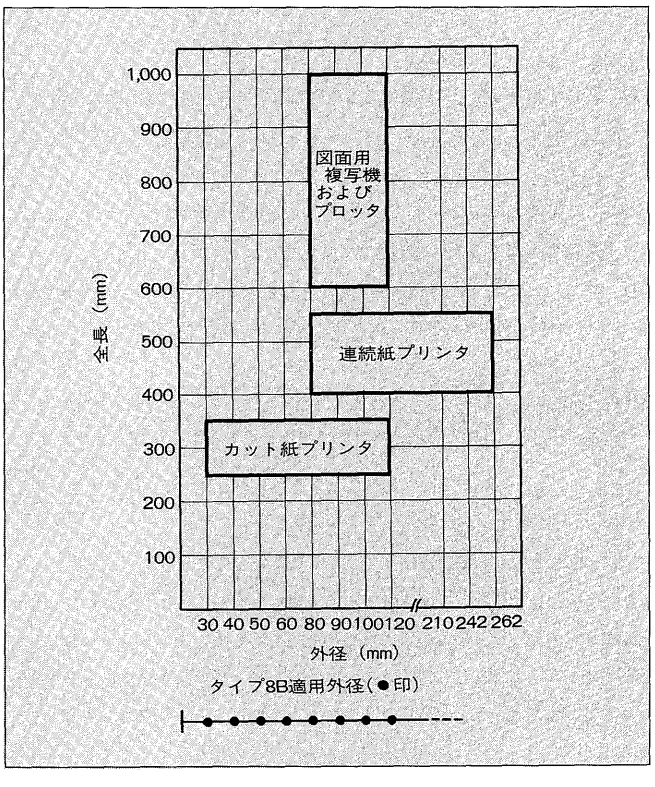


図２　タイプ８Ｂ感光体供給可能寸法

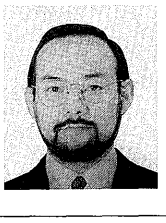


寺崎　成史

昭和63年入社。有機感光体の開発・設計に従事。現在，松本機器製作所感光体部。

伊藤　成通

昭和58年入社。セレン感光体および有機感光体の開発・設計に従事。現在，松本機器製作所感光体部。



浅村　　淳

昭和57年入社。セレン感光体および有機感光体の開発・設計に従事。現在，松本機器製作所感光体部課長補佐。

からなる。電荷輸送層（CTL：Carrier Transport Layer）は電荷輸送材料（CTM：Carrier Transport Material）とバインダ樹脂を主成分とし，そのほかに潤滑剤，劣化防止剤，着色剤などを添加している。これらの膜は浸漬塗布法を用いて所定の膜厚に形成している。

感光体の形状は，搭載される機種の印字速度と用紙形状によりほぼ決定される。**図2**にタイプ8B感光体の供給可能形状を示す。富士電機では，電子写真式プロッタやディジタルPPCを含むほとんどのプリンタに対応できる感光体の開発供給体制を整えている。

3 製品の特徴

プリンタ用有機感光体への要求品質には，プリンタのクラスによる差がほとんどない。ローエンド機に低照度光源が用いられた場合に要求される高い光感度は，高速処理を行うミドルクラス機において要求される光感度と同等である。また，小径感光体を搭載した小形ローエンド機でも，感光体単位表面積あたりの通紙ストレスは大量印字処理を行うミドルクラス機と同等であり，感光体には高い耐久性が要求される。さらに，新たな電子写真プロセスの採用による印字品質の高度化は，プリンタのクラスによらず進捗（ちょく）が著しい。このため感光体は，個々に異なった要求品質を有する電子写真プロセスに整合しなければならない。これらの要求に対応したタイプ8B感光体の特長は以下のとおりである。

(1) 高機能有機光導電材料の開発により露光波長によらず高い感度を実現するとともに，広い感度調整裕度を有している。

(2) 耐摩耗性に優れた樹脂材料と高機能有機光導電材料との複合化により，長寿命を実現している。

(3) セレン系感光体開発により培われたプロセス評価技術と有機材料操作技術により，各種の印字プロセスに対して高い適合性を実現している。

(4) 製品安全の見地から，十分な安全性が確認された化学材料のみを使用した製品となっている。

3.1 高感度化

プリンタの光源としてLEDを用いる場合，発光出力のばらつきを印字上に再現させないために，高感度の感光体を使用して光量のばらつきを補完する例が多い。また，高解像度プリンタでは露光光束が細く，感光体表面への露光エネルギーが少なくなるため，高感度の感光体が要求される。

感光体の感度は，CGL中でのキャリヤ発生効率，CGLからCTLへのキャリヤ注入効率，およびCTL中でのキャリヤ移動度により決定される。高感度の実現にあたってタイプ8B感光体では，キャリヤ発生効率の高いフタロシアニン系電荷発生材料（CGM：Carrier Generation Material）を適切な粒径に調整してバインダ樹脂中に均一に分散させるとともに，キャリヤ移動度の大きいヒドラゾン誘導体CTMを採用している。キャリヤ注入効率の向上にあたっては，CGMとCTMのイオン化ポテンシャルの整合に配慮している。

表1 静的電位特性

暗減衰率		半減衰露光量		5 μJ/cm^{2}後残留電位
1秒後	5秒後	波長660nm	波長780nm	
5%以下	10%以下	0.25～0.6 (μJ/cm^2)	0.25～0.6 (μJ/cm^2)	−50V以下

図3 分光感度特性

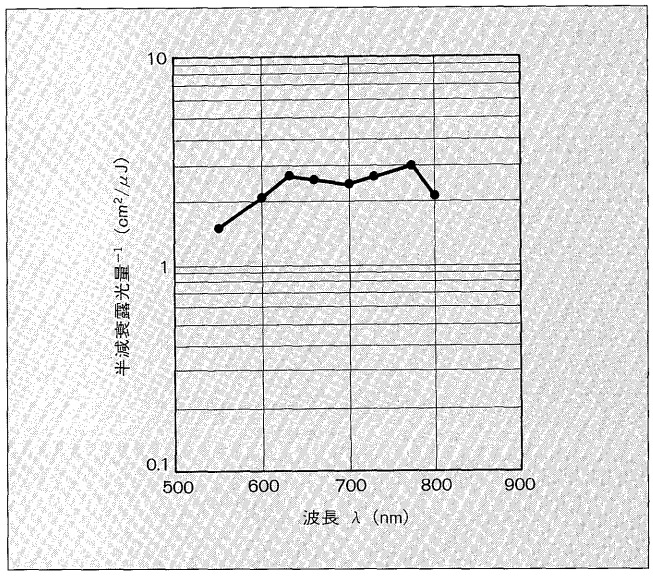


図4 動的電位特性

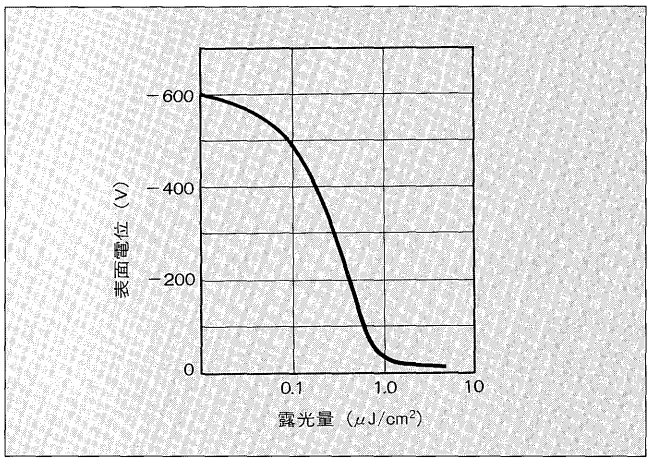


表1にタイプ8B感光体の代表的な静的電位特性を示す。半減衰露光量に示した感度は0.25 μJ/cm^{2}を達成している。この感度の感光体であれば，低照度のLEDアレイを光源に用いたプリンタにおいても均一な印字濃度を確保できるとともに，400dpiの中速プリンタにも搭載が可能である。

また高感度でありながら電位の暗減衰率が低いため，低速プロセスにおいて帯電系から現像系に至る時間が長い場合でも安定した暗部電位を保持することができる。

図3に分光感度特性を示す。プリンタの光源としては一般に波長が650nmから730nmのLED，あるいは780nm近傍のLDが用いられるが，それらのすべての波長帯域に

図5　光応答特性

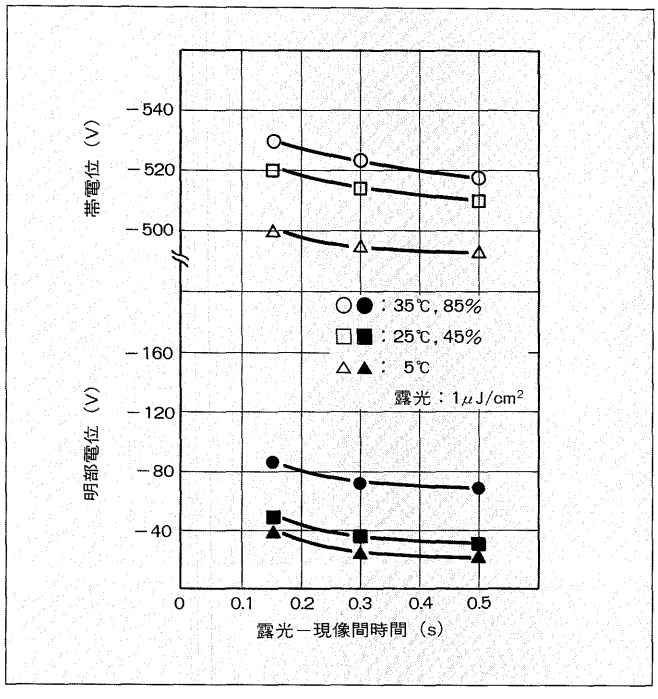


図6　連続印字による膜摩耗

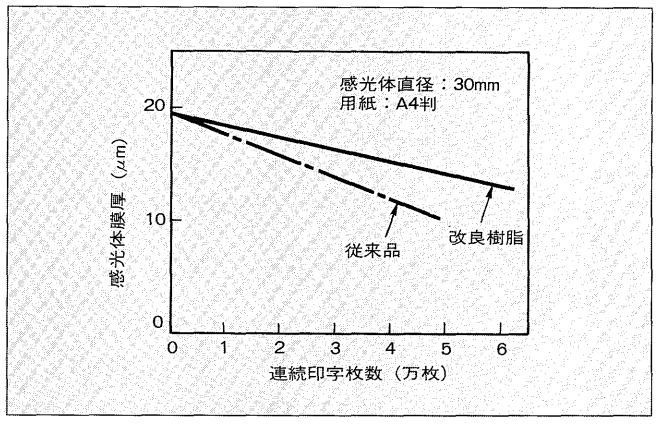


表2　オゾン暴露による特性変化

項　目	帯電能 (V/μA)	暗減衰率 (%)	半減衰露光量 (μJ/cm²)	残留電位 (V)
放置前	69.8	1.2	0.43	−22
放置後	70.7	1.4	0.41	−39

放置条件：オゾン濃度＝9 ppm，暴露時間＝3.5時間

おいて汎色性に富んだ感度特性を示している。

高解像度のプリンタに搭載される感光体は，露光部と非露光部との境界域できれの良い静電潜像を形成し，トナーのにじみによる解像障害を防止する必要がある。個々の露光光束の横断面の強度は通常ガウス分布となっているため，印字部端のシャープネスは，光束強度断面の電位変換値および適用される現像特性によって決定される。**図4**にタイプ8B感光体の動的電位特性（光減衰特性）を示す。中間照度領域での減衰が速いため，例えば1ドットラインおきに露光オンオフを繰り返すようなパターンにおいても，微細な静電潜像が明りょうに形成される。このため，細線再現性に優れた印字を得ることができる。

高速印字を行うプリンタでは，感光体の線速度も早くなり，感光体の被露光部が現像系に到達するまでの時間が短くなる。露光された感光体が所定の明部電位まで減衰する応答時間は，感光体に使用する材料のキャリヤ移動速度によって決定される。タイプ8B感光体では，キャリヤ移動度が約$1\times10^{-5}cm^2/V\cdot s$の高移動度CTMを使用して光応答性を向上させている。**図5**にタイプ8B感光体の光応答特性を示す。露光－現像時間が0.15秒という高速プロセス条件においても十分な光減衰応答性を示すとともに，環境の変動による明部電位変動幅も非常に少なくなっている。これにより30～40枚/分クラスのプリンタにおいても十分なコントラスト電位を得ることができるとともに，環境変動に対しても安定した動作を維持することができる。

3.2　長寿命化

感光体の寿命は，物理的なストレスに起因した表面の摩耗や傷，トナーや異物の付着などによる機械的特性の劣化や，電気的，化学的なストレスに起因した膜構成物質の構造変化による電気特性の劣化により決定される。

機械的特性の劣化に対しては，CTLのバインダ樹脂に耐摩耗性の優れた材料を採用している。**図6**にタイプ8B感光体の連続印字中の膜摩耗を示す。バインダ樹脂の改良により，膜摩耗量が約30%向上していることが分かる。

プリンタ内では帯電器からオゾンが発生するため，感光体の膜構成物質に対して構造変化を引き起こす可能性がある。この対策としてタイプ8B感光体ではCTL中に酸化防止剤を添加することにより，材料構造の変化とそれに起因した電気特性の劣化を防止している。**表2**に高濃度のオゾン中に暴露した感光体の特性変化を示す。放置前後において静電特性の差がほとんどないことが分かる。

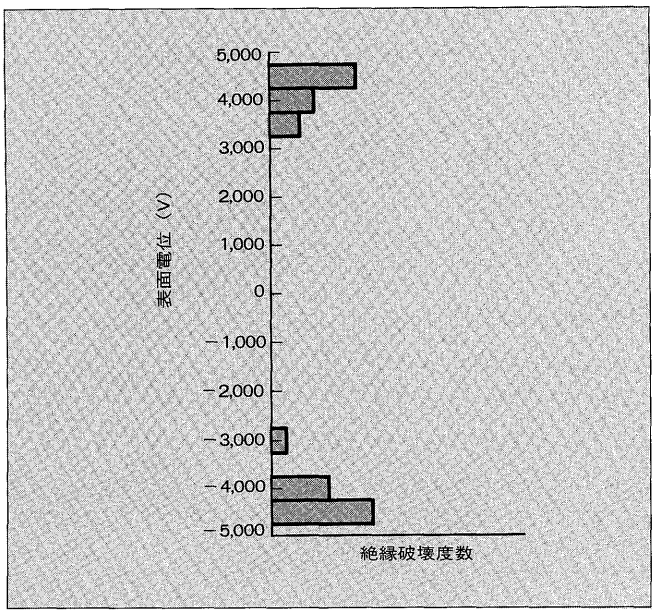
しかしながら，酸化防止剤を添加していても長期にわたる使用において，感光体表面がわずかながら劣化することは免れえない。ところが，その劣化部分は上述した若干量の膜摩耗により常時研削されながら正常表面に更新されるため，諸特性の劣化は最小に抑制されている。すなわち，長期使用時の物質構造変化による電気特性の劣化を防止するためには，機械的な摩耗を積極的に利用して総合的な長寿命化を図っている。

3.3　プロセス適合性

電子写真プロセスは，帯電系，露光系，現像系，転写分離系，クリーニング系，除電系からなり，それぞれのプロセスが幾つかの方式を有している。プリンタはこれらのサブプロセスを組み合わせて出来上がっているが，選択される個々の方式によって感光体に対する要求品質は異なってくる。

帯電系には従来，スコロトロン方式が多用されているが，近年はオゾン発生が少ないという利点から，接触帯電方式が注目されている。この方式は電圧を印加した導電性部材を直接感光体表面に押し当てて帯電させるものであるため，

図7　絶縁耐圧特性



感光体表面に欠陥が存在するとそこに電流が集中して絶縁破壊が発生する恐れがある。感光体の欠陥は印字欠陥にも直結するため，タイプ8B感光体では機能材料に対する高度な精製はもとより，塗布装置設計の最適化により精密な成膜を実現している。**図7**に絶縁耐圧特性を示す。表面電位が±2,500V以下であれば，絶縁破壊は発生しない。通常のプリンタにおける表面電位は±1,500V以下であるため，この結果は感光体が十分な絶縁破壊耐量を有していることを示している。

現像系は，現像剤やトナーの構成状態から1成分系と2成分系に大別されるとともに，現像電界付与方法や現像領域へのトナー搬送方法との組合せによって，多くの現像システムが実用に供されている。また，プリンタの場合，静電潜像の顕像化方法として感光体上で電荷の除去された部分に帯電部と同極性のトナーを付着させる反転現像方式が多用される。現像系の高度化にあたっては，感光体と現像剤の両者が協調して明りょうな細線再現性とソリッド部濃度の確保を両立させる必要がある。感光体側からみると，おのおのの現像系における現像特性によって最適な暗部電位，明部電位，中間域電位が決定されるため，光減衰特性を最適値に整合させる必要がある。タイプ8B感光体は，感度調整裕度が大きいうえに電荷輸送材料の選択によって光減衰特性を調整することも可能であるため，種々の現像系への適合設計に際して高い自由度を有している。

表3　主な信頼性試験結果

項　目	条　件	結　果
高温放置試験	60℃ 60%RH 1,000時間	画像・電気特性に異常なし
高湿放置試験	40℃ 90%RH 1,000時間	画像・電気特性に異常なし
低温放置試験	−20℃ 1,000時間	画像・電気特性に異常なし
ヒートサイクル試験	−20℃ 1時間↔45℃ 1時間×5サイクル	画像・電気特性に異常なし

クリーニング系にも種々の方式があるが，ミドルクラスまでの機器ではほとんどがブレードクリーニング方式を採用している。この方式は，弾性ゴムブレードを感光体表面に接触させて余剰トナーをかきとるものであるため，トナーのクリーニング効率を高めるためには，ブレードと感光体の間の摩擦を低減する必要がある。このためにタイプ8B感光体では，膜中に潤滑剤を添加してブレードによるスクレーパ効果を安定させている。なお，この措置は，感光体の長寿命化に対しても多大な効果を有している。

3.4　信頼性

ページプリンタは今や身近なハードコピーツールとして多様な事務環境の中で使用されている。また，プリンタの主要市場が北米，欧州であることから，有機感光体には輸送，保管環境を勘案した高い耐環境性が要求される。**表3**に主な耐環境性試験結果を示す。

4　あとがき

従来，サービスマンによる定期的なメンテナンスが不可欠であった電子写真プリンタは，有機感光体の高性能化とユニット化技術によって，ユーザーによるほとんどすべての消耗品交換が可能になった。これが契機となり，印字機能の拡充と相まって電子写真プリンタは大幅な伸長を遂げてきた。近年の処理情報量の増大，および情報通信の底辺拡大は，今後とも電子写真プリンタにより多くの機能を求めてくるものと考える。富士電機は，一層の進化を遂げるであろう電子写真プリンタに対応するべく，さらに高機能，高品質，かつ高信頼性を有する有機感光体を開発してゆく所存である。

＊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。