

感光体の現状と展望

Photoconductors: Current Status and Future Outlook

会沢 宏一 AIZAWA Koichi

石井 英行 ISHII Hideyuki

大日方 孝 OBINATA Takashi

① まえがき

インターネット網の整備やデジタル入出力機器の発展に伴いペーパーレス社会が近いといわれているが、いまだに印刷の量は多く、紙の使用量の顕著な減少はみられない。

一方で、デジタル情報機器においても排出物質、主にCO₂の削減が重要であり、情報通信機器分野では省エネルギー（省エネ）化が求められている。

富士電機は、情報出力機器の一分野としての複写機、プリンタ、ファクシミリなどの電子写真装置の心臓部品である感光体^(※1)（図1）を製造・販売している。省エネ型感光体製品、長寿命感光体製品の開発を行い、地球環境にやさしい電子写真装置の発展に貢献している。

本特集では、プリンタや複写機などの電子写真装置の市場動向、ならびにその主要部品である感光体について富士電機の最新の技術開発および製品特性を述べる。



図1 感光体製品の例

② プリンタ、複写機の市場動向

文字・画像情報の表示手段としてソフトコピー（表示）とハードコピー（印刷）が挙げられる。ソフトコピーは液晶ディスプレイや有機ELディスプレイに表示されるデータに代表され、今後ますます普及していくものと考ええる。

一方、ハードコピーはその媒体として紙の消費を伴うが、A4両面に印刷した場合とパソコン画面で5分間かけてA4相当の文書を読んだ場合ではCO₂排出量は同等であるという報告もあり⁽¹⁾、今後も軽量で利便性の高い媒体であることから継続して利用されていくものと考ええる。

コンピュータの出力装置においてハードコピーは、パーソナルユース分野で強いインクジェット方式とオフィスユース分野で強い電子写真方式^(※2)に分類できる。

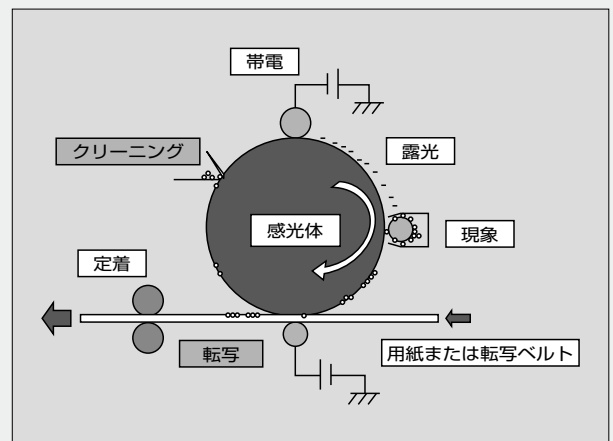


図2 電子写真方式

(※1) 感光体

暗所では絶縁性を示して帯電電荷を保持し、光照射により電荷が減衰する特徴を持っている。電子写真方式の帯電、露光、現象、転写、クリーニングの工程に携わる重要な要素である。材料設計の自由度が高い有機物をを用い、塗布方式で製造可能な有機感光体が主流である。

(※2) 電子写真方式

静電気や光導電性などの電気現象を利用し、可視光や赤外光などの光像から感光体上に電気潜像を形成する方式の総称である。帯電・露光・現象・転写・定着の工程を含むプロセスにより普通紙などの媒体上にトナー像を印刷する複写機やプリンタなどが知られている。

インクジェット方式は装置価格が安く、カラー対応、インクジェット専用紙による高画質化ができるという特徴を持つ。

図2に示す電子写真方式は、Chester F. Carlson によって1938年に文書複写用に発明された技術である。70年以上経った現在でも、プリンタ、デジタル複写機、オンデマンド印刷分野で文書、写真、画像などの出力に用いられている。最近では、カラー化、高解像度化、高耐久化に向けた技術開発が進められ、消費市場では、パーソナルユースの増大を背景に、小型化・低価格化の要求が強くなっている。

図3は各印字方式の出荷台数を示したものであり、インクジェット方式が年率4%程度の対前年成長率にとどまっているのに対して、電子写真方式は約8%と高いレベルを維持すると予想している。

図4は各印字方式の出荷金額を示したものであり、金額ベースの成長率は低く装置単体の低価格化が進んでいることが明らかである。

3 電子写真の動向

電子写真装置も他の電子デバイスと同様に、2008年のリーマンショックによる出荷台数の大幅減から安定した成長率にまで回復しているが、金額で示される市場規模は閉塞（へいそく）感がある。

図5に印字方式別の装置の平均価格を示す。これは出荷金額（図4）を出荷台数（図3）で割った平均価格である⁽²⁾。

図6に電子写真方式における用途別の装置の平均価格を示す。カラーデジタル複写機（DPPC）、モノクロ複写機（PPC）が高価格である。しかし、カラーDPPC、カラーレーザープリンタ（LP）などのカラー機は価格競争が激しく、価格下落が急激に進んでいることが分かる。

地域別売上に注目すると、図7に示すように、欧州、北米地域の売上規模に迫る勢いで拡大するのがその他

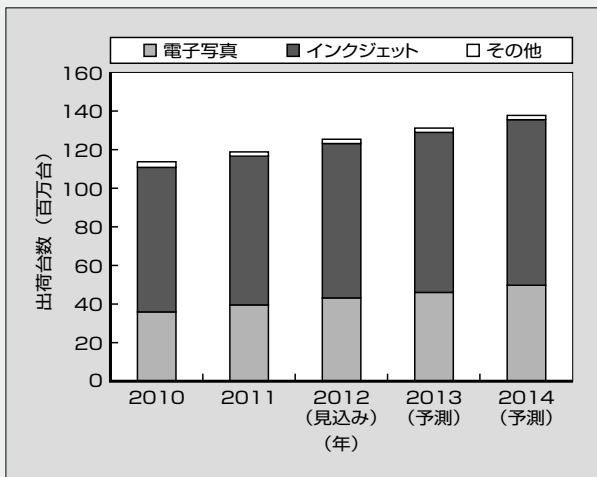


図3 印字方式別出荷台数

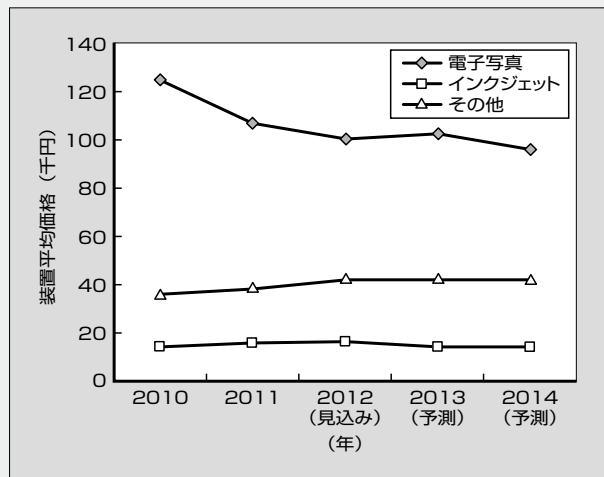


図5 印字方式別の装置平均価格

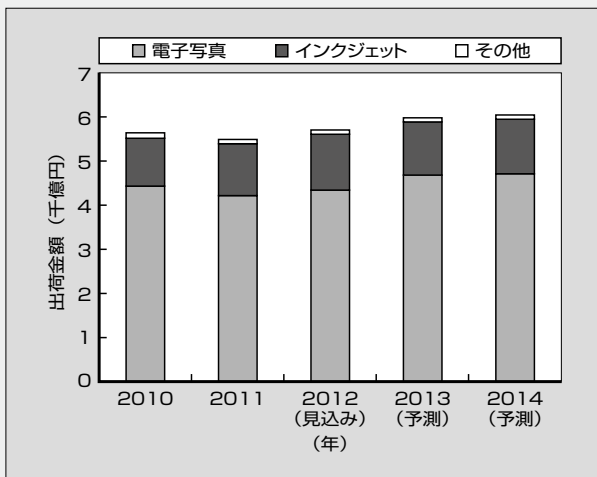


図4 印字方式別出荷金額

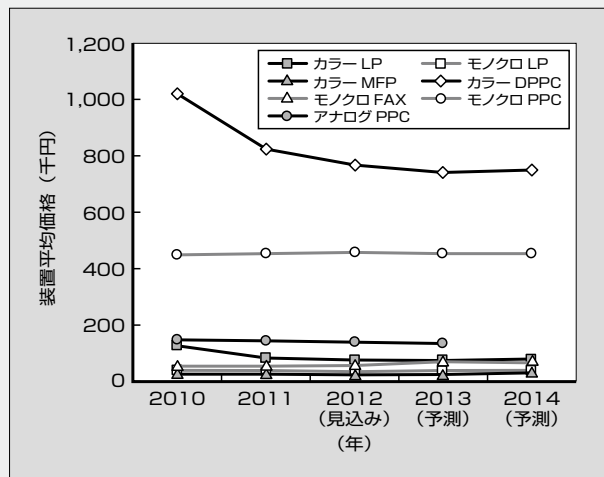


図6 電子写真装置の用途別の装置平均価格

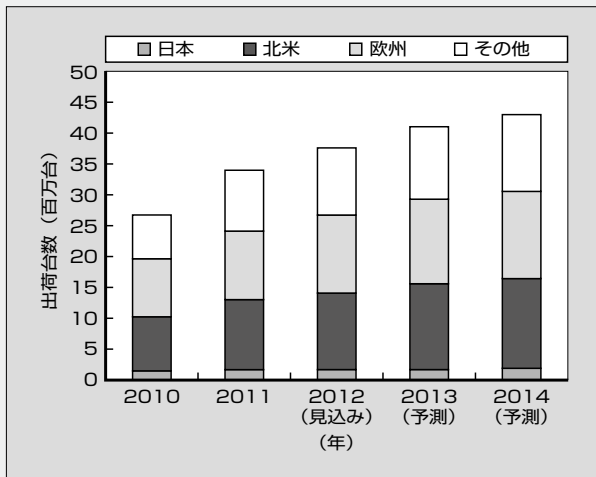


図7 電子写真装置の地域別出荷台数

の地域、すなわち中国を中心としたアジア、南米、東欧、ロシアなど向けである。これらの地域ではモノクロ複写機やプリンタの需要が見込まれている。

一方で、日本、北米、欧州では、プロダクションプリントなどの多品種少量プリントに適した装置の増加が予測されている。

3.1 プリンタの動向

電子写真方式のモノクロプリンタ、カラープリンタの出荷台数動向を図8に示す。モノクロプリンタは年率7%の成長率ではあるが、生産規模は大きく、今後も主要製品として拡大基調にある。カラープリンタは

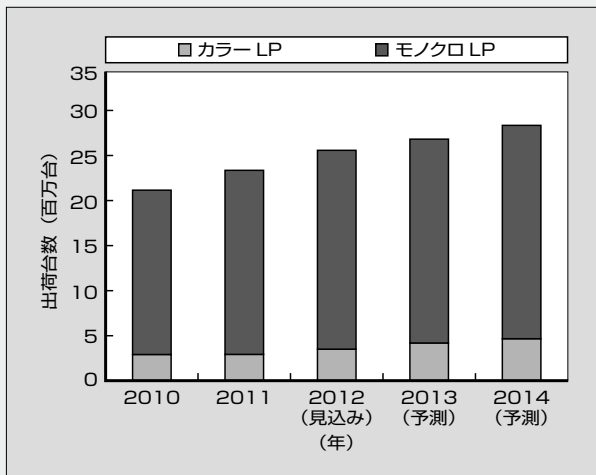


図8 プリンタの出荷台数

生産台数は少ないが、毎年12%と高い成長率を示すと予測されている。

カラープリンタでは低速機の増加は緩やかであり、中高速機 [11 ppm (page per minute) 以上] が主流になると予測される。低速機では1本の感光ドラムで順に4色を印刷する方式(4サイクル方式)が採用されるのに対し、中高速機では4本の感光ドラムを直列に配し、各感光ドラムが1色ずつ印刷するタンデム方式が多く採用される。

カラープリンタ用感光体には、安定した解像度や色再現性を示すことが要求される。また、タンデム方式特有の要求特性として、色ずれ抑制のために高精度の色重ね技術が必要であり、感光体には高い寸法精度が要求される。

3.2 複写機の動向

複写機分野においても省エネ化やデジタル化が進んでいる。高速の複写機はオフィスでの設置も多く、省エネ化が重要である。高熱を利用するトナーの用紙への定着工程を改良するためのIH定着技術の採用や、定着温度を下げるための低融点トナーの採用などが多くなっている。

複写機用感光体には、高速化に伴う高速応答性、長寿命化に向けた高耐刷性ならびにグラフィック画像の中間調再現のための露光・現像条件に適合した光減衰特性^(※3)の実現が求められている。

4 富士電機の製品および開発動向

富士電機は、1973年にセレン感光体、1988年に有機感光体(OPC)をそれぞれ製品化し、販売を開始した。電子写真技術の急速な進歩に伴う市場からの要求に対応したプリンタ用および複写機用感光体の開発、生産、販売を世界規模で展開している。2005年に、日本国内、米国、中国の三つの生産拠点を中国・深圳地区に統合し、効率的な生産と迅速な顧客対応を実現している。

また、マグネットスリーブ、トナーカートリッジをはじめ各種周辺機器の生産も行っており、多くのプリンタメーカーや複写機メーカーが中国などのアジアの幅広い地域で装置生産を行っている現状に対応して、中国での感光体およびその周辺機器部材の生産で大き

(※3)光減衰特性

帯電した感光体に光を照射したときに、表面電位が減衰することを光減衰と呼ぶ。光照射により発生するキャリアの量やキャリアの表面への移動速度により電位減衰速度が異なる。感光体の機能を表すために重要な特性である。

な利便性を提供している。

富士電機では、多様化する顧客の要求に応えるための体制を整えており、鮮明な画像を得るために、プリンタや複写機の光源の波長に適合する各種感光体を製品化している。

4.1 プリンタ用 OPC

プリンタは当初、大型コンピュータの出力装置としての用途に限られていたが、その後小型化され、パーソナルユース化が進んだ。その結果、トナー一体タイプの OPC カートリッジが主体となった。このため、小型・低価格化を目的とし、比較的寿命の短い OPC が要求されるようになった。

富士電機では、プリンタ用に負帯電型 OPC^(*)4)として、タイプ 8A (低感度) からタイプ 8B (中感度)、タイプ 8C (高感度) を製品化している。これらにより、低速機から高速機に至る範囲に対応可能なラインアップをそろえている (279 ページ “プリンタ用有機感光体” 参照)。

また、最近ではカラープリンタが普及したことから、高解像度やカラー画像再現性などの要求が高度化しており、これに応える必要がある。

富士電機ではカラー化や写真画質対応による画像の高解像度化のために、感光体の潜像^(*)5) 電位測定装置の開発や潜像形成機構解析の研究を続け、感光体特性・材料物性と解像度の関係を明らかにしてきた^{(3)~(7)} (289 ページ “有機感光体の評価技術” 参照)。

一方で、省エネ型電子写真装置用の感光体として、装置全体の消費電力の 70% 以上を占める定着工程の低温化に必要な低融点トナーに対応した OPC の開発や、トナー消費量が少ない環境型 OPC の開発も進めている。この中で、トナーと OPC との付着力に着目して、感光体側とトナー側の両側面から各種物性を提案した⁽⁸⁾。さらに、ドラムの寸法精度についても、素管加工技術の高度化や感光体駆動歯車の高精度設計技術の開発を進めている。

4.2 複写機用 OPC

複写機は以前からオフィスを中心に設置が進んでおり、多くはサービスマンによる定期的メンテナンスや部品交換を行う方式が主流である。このため、感光体を含めた各部品には交換頻度を低減するために長寿命

が要求され、装置価格も 3 章で述べたようにプリンタより高くなっている。

富士電機は、アナログ複写機用に負帯電型 OPC として、タイプ 9 を製品化している。近年の主流であるデジタル複写機用に、タイプ 10A (低感度)、タイプ 10B (中感度)、タイプ 10C (高感度) を製品化している。

複写機用として特に要求される高速応答性、高耐刷性、光減衰特性を満足する製品をそろえるため、新材料の開発や新規層設計による高機能特性の実現を進めている。

デジタル複写機用 OPC では、長寿命と電位安定性が強く要求されるため、バインダー樹脂材料の分子設計技術^{(9), (10)} や耐久性向上および長寿命化技術の開発を進め、高性能感光体を製品化している (285 ページ “複写機用有機感光体” 参照)。

4.3 正帯電型 OPC^(*)4)

負帯電方式では、コロナ帯電方式の帯電機構によるオゾンの発生量を低減する必要があるが、正帯電方式は、コロナ帯電方式を用いてもオゾン発生量を極めて小さくでき、環境への負荷低減が可能である。

正帯電型 OPC では、光吸収と電荷発生が表面近傍で起こると考えられる。富士電機は、電荷の横方向の移動が生じにくく高解像度化が可能であることを独自の潜像評価技術によって明らかにし^{(3), (4)}、正帯電型感光体の開発に取り組んで製品化を果たした。タイプ 11A (低速型)、タイプ 11B (中速型)、タイプ 11C (中・高速型)、タイプ 11D (高速型) があり、多くのモデルに搭載されている。

また、いっそう高感度な正帯電型 OPC として、タイプ 12 を開発し、露光工程で用いられるレーザ光源の省エネ化に寄与している。これまでのタイプ 11 系統に比べて、高感度化、高応答性、高い環境安定性を持った製品である。

これらの特長を生かして、モノクロプリンタ、カラープリンタおよびオンデマンドプリンタへ展開を図るとともに、高速機へと適用範囲を拡大していく (279 ページ “プリンタ用有機感光体” 参照)。

4.4 有機材料開発

これまでに述べてきた各種 OPC の開発に先立って、

(*4) 負帯電型 OPC, 正帯電型 OPC

有機材料を感光層材料に用いた感光体を、有機感光体 (OPC: Organic Photoconductor) という。帯電工程における帯電電位が、負の場合を負帯電型 OPC、正の場合を正帯電型 OPC と呼ぶ。

(*5) 潜像

帯電した感光体に、画像に対応した光を露光することにより、感光体上に形成される電荷パターンのことである。トナーが定着する前の段階で目に見えないことから潜像と呼ばれ、印字の諧調性、解像度などを左右する。

各層に適用される有機材料を開発することが重要である。

富士電機では、有機材料の設計技術、材料を塗布液とする溶解技術、分散技術、安定化技術、ならびにOPCとしてのコーティング技術の開発に継続的に取り組んでいる。

材料設計では材料物性値と膜摩耗量などの感光体特性の相関を解明し、分子シミュレーションによる特定の物性を実現する材料開発を行っている。各機能層の設計においては、材料選定に加え塗布液として実用化するための評価方法、設計技術を開発してきた（274ページ“有機感光体材料技術”参照）。

5 あとがき

電子写真分野では、高精細画像を得るための技術開発とともに、省エネルギー化に向けた取組みが加速している。

富士電機は市場要求に応えるために、材料設計技術、製品設計技術および生産技術の高度化を進めている。その中で、新規材料開発でのシミュレーション技術による開発期間の短縮や、評価技術の開発による評価資源の削減を図っていく。

今後の世界規模での電子写真装置の拡大を念頭に置き、消費する地域に適した使用条件と製品仕様を追求し、顧客ニーズに適応する製品を提供していく所存である。

参考文献

- (1) Hirakura, K. Environmental Strategy of Japanese Digital Printing Industry. IS&T's NIP25 International Conference on Digital Printing Technologies. 2009, p.5.
- (2) インターウォッチ, 2011年版全プリンタ全MFP市場分析レポート.
- (3) 竹嶋基浩, 会沢宏一. 1ドット潜像電位の評価. 日本画像学会Japan Hardcopy. 2001, p.281-284.
- (4) Aizawa, K. et al. A study of 1-dot latent image potential. Proceeding of NIP17 International Conference on Digital Printing Technologies. 2001, p.572-575.
- (5) 会沢宏一ほか. 1ドット潜像電位評価技術. 富士時報.

2004, vol.77, no.4, p.299-304.

- (6) 会沢宏一ほか. 潜像解析技術の検討. 日本画像学会. Imaging Conference JAPAN 2008 Fall Meeting. 2008, p.33-36.
- (7) 会沢宏一ほか. 静電気力顕微鏡法による潜像解析技術の検討. 日本画像学会. Imaging Conference JAPAN 2009 Fall Meeting. 2009, p.29-32.
- (8) 人見美也子ほか. “有機感光体とトナーの付着評価とトナー付着に対する電荷輸送層の影響について”. 日本画像学会. Imaging Conference JAPAN2007Fall Meeting. 2007, p.35-38.
- (9) 人見美也子ほか. 「粗視化分子動力学を用いたポリマー界面におけるガラス転移温度の解析」. 高分子学会 第20回ポリマー材料フォーラム 2011.
- (10) 人見美也子. “粗視化モデルによるポリカーボネートの密度の評価”. 社団法人新化学発展協会先端化学技術部会コンピュータケミストリー分科会高分子ワークショップ 2010.
- (11) 会沢宏一. “感光体の耐久性向上・長寿命化に向けた取り組み” 株式会社情報機構. 有機デバイス・材料の耐久性向上および長寿命化技術2011. p.170-179.



会沢 宏一

アモルファスシリコン感光体、有機感光体、感光体評価技術の開発に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部光半導体事業部感光体部開発担当部長。日本画像学会会員、応用物理学会会員。



石井 英行

電子写真用感光体の営業に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部光半導体事業部感光体部長。



大日方 孝

電子写真用感光体の開発・設計に従事。現在、富士電機株式会社電子デバイス事業本部光半導体事業部部長。





*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。