

# 感光体の現状と展望

## Photoconductors: Current Status and Future Outlook

成田 満 Mitsuru Narita

大日方 孝 Takashi Obinata

エネルギー・環境の観点から、電子写真の分野でも省エネルギー（省エネ）化が求められている。電子写真方式のプリンタや複写機の今後の伸長率は、約8%が見込まれている。これに伴い、電子写真技術のキーデバイスとしての感光体も同様な伸長率が見込まれている。富士電機は、OPCの生産拠点を中国・深圳地区に統合して、全世界の需要に対応している。また、省エネを追求した正帯電積層型を新たに加え、五つの製品系列（負帯電型のプリンタ用、アナログ複写機用、デジタル複写機用および正帯電型でプリンタ用の単層型と積層型）をそろえ、省エネと地球環境にやさしい製品を提供している。

From the perspectives of energy and the environment, energy savings is also needed in the field of electrophotography. The market for electrophotography-based printers and copiers is forecast to grow at an annual rate of approximately 8%. Accordingly, that same growth rate is also forecast for photoconductors, which are key electrophotographic devices. Fuji Electric is consolidating its OPC production facilities in Shenzhen, China in order to meet worldwide demand. Also, newly adding positive electrification multi layer-type photoconductors for greater energy savings, Fuji Electric offers five lines of photoconductor products, i.e., negative electrification type photoconductors for printers, analog copiers and digital copiers, and monolayer type and multi layer-layer type positive electrification photoconductors for printers, and delivers products that are well suited for energy savings and that are friendly to the global environment.

### 1 まえがき

IT技術の進展と新興国の台頭などにより、世界中から多くの人々が情報ネットワークにアクセスし、パソコン、携帯電話、そのほかのネットワーク機器、さらにプリンタやデジタル複写機の稼働台数は飛躍的に増大している。それらの機器がエネルギーを消費することにより地球環境に大きな負荷となることが懸念され、情報機器の分野でも省エネルギー（省エネ）化が強く求められている。

富士電機はこうした状況に対し、人と環境にやさしい存在でありたいと考え、地球温暖化の防止、循環型社会の形成、生物多様性の確保など地球社会との調和を実現するため、“エネルギー・環境”事業を通して社会に貢献する企業を目指している。

感光体事業においても地球環境にやさしい省エネ型感光体製品を開発し、プリンタ、複写機などの電子写真装置の省エネ化に貢献している。

本稿では、これらのプリンタ、複写機の市場動向を解説し、また電子写真技術のキーデバイスとしての感光体について、最新の省エネ対応技術および製品を紹介し、富士電機の地球環境に対する感光体の展望を述べる。

### 2 プリンタ、複写機の市場動向

文字や画像情報を表示する手段として、ソフトコピー（ディスプレイ表示）とハードコピー（印刷表示）がある。

ソフトコピーは、液晶ディスプレイや有機ELディスプレイに代表されるように技術の進歩が目覚ましく、今後ますます普及していくと予想される。

一方、ハードコピーは、その媒体として紙の消費が伴う。2009年、NIP25（IS&T's NIP25: Imaging Science

& Technology's 25th International Conference on Digital Printing Technologies）の基調講演で、A4両面プリントした場合とパソコン画面で5分間かけてA4相当文書を読んだ場合とでは、二酸化炭素排出量は同等であると報告されている<sup>(1)</sup>。紙の生産は長い歴史がある。製造の際の省エネは進んでいて、今後も軽量で利便性の高い媒体であることが生かされ、継続利用されていくものと考えられる。

コンピュータの出力装置においてハードコピー方式は、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とに分類できる。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という特徴を持つ。一方、電子写真方式はランニングコストが安く、スピーディー、普通紙対応という特徴を持つ。

図1は、各方式のカラーハードコピー機器市場の出荷金額推移

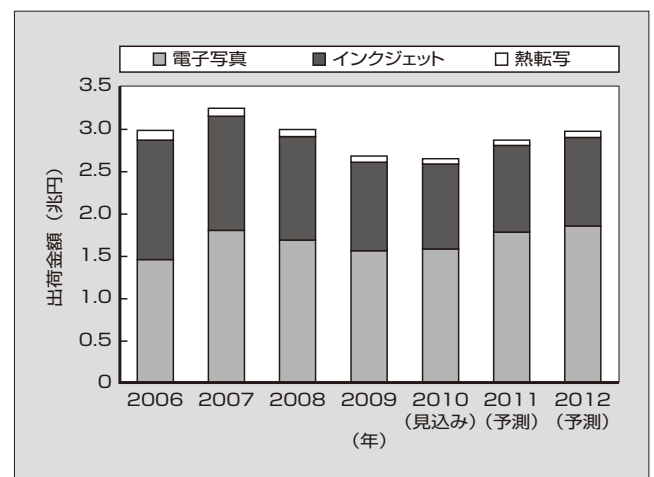


図1 ワールドワイドにおけるカラーハードコピー機器の出荷金額推移

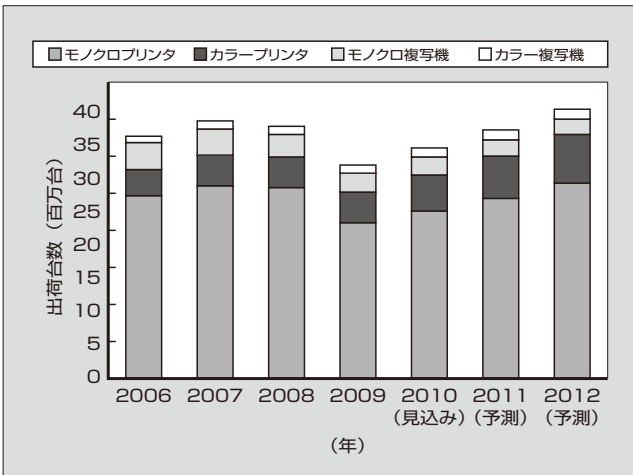


図2 ワールドワイドにおける電子写真機器の出荷台数推移

額推移を示したものである。<sup>(2)</sup>2011年には、カラーハードコピー全体で約8%の対前年成長率が予想されている。この中で、カラープリンタ、カラー複写機の伸長により約13%の大きな伸びが予想される電子写真方式は、今後も進展していくものと予測される。

### 3 電子写真の動向

電子写真方式のプリンタおよび複写機の出荷台数推移を図2に示す。リーマンショックの翌年の2009年は対前年15%減の29百万台と大きく低下した。その後、新興国や中国などの回復した市場に対して各メーカーがその各国の仕様に合致する製品を投入する努力をしたため、2010年以降、全世界の成長率は対前年比8%増加している。文書による表現の多様性や高度化により、電子写真方式のカラー化はここ数年増加傾向にあり、対前年約16~17%の成長率が見込まれる。また、プロダクションプリントへの拡大として軽印刷分野に進展している。

技術的な動向としては、地球環境対応として省エネタイプのプリンタ、複写機などの電子写真装置が開発されようとしている。特に、全体の電力の約60%を消費するトナーを紙に定着する工程の省エネ化には、各メーカーは積極的に取り組んでいる。例えば、熱ヒータ定着からIH（電磁誘導加熱）を利用したベルト定着にして、予熱がなくてもすぐに稼働できるようにし、待機時の消費電力を大幅に削減している。また、定着温度を低くした低温定着トナーを開発し展開している。このような電子写真動向に対応した感光体の技術動向は、回転トルク低減に寄与することや低温化した定着トナーでもフィルミングしにくい高潤滑、高耐久性の確保に向かっている。富士電機は、環境型高性能感光体をいち早く開発し、製品化に取り組んでいる。

#### 3.1 プリンタ

図2に示すように、2011年のモノクロプリンタの出荷台数が対前年5%の増加であるのに対し、カラープリンタは対前年16%と急激な増加が予想されている。今後もカ

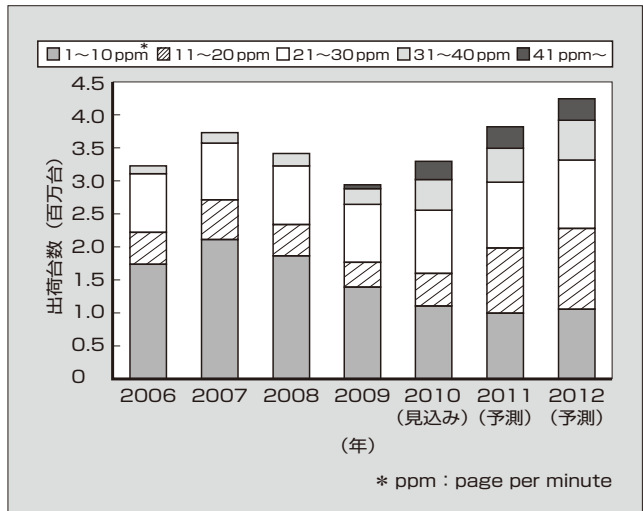


図3 ワールドワイドにおけるカラーレーザープリンタの速度別出荷台数推移

ラープリンタの出荷台数は高成長を続けていくものと予測される。

図3に、カラーレーザープリンタの速度別出荷台数推移を示す。図3から分かるように、カラープリンタは出力スピードが10枚/分（ppm：page per minute）以下の低速分野ではほとんど増加せず、2010年からは11ppm以上のプリンタが主流になると予測されている。低速機では1本の感光体で順に4色を印刷する方式（4サイクル方式）を採用するのに対し、中高速機では4本の感光ドラムを直列に配して、おのおのの感光ドラムが1色ずつ印刷する方式（タンデム方式）が主流になると考えられる。

カラープリンタ用感光体に求められる特性として、画質、特に高解像度と色再現性を実現するのに必要な安定した光減衰特性が挙げられる。特にタンデム方式では、4色の色ずれを抑制するために、感光体に高い寸法精度が要求される。

プリンタ分野におけるもう一つの動きは、軽印刷分野への進展である。電子写真技術の高度化に伴い、電子写真方式は印刷分野にまで拡大し、特にトナー定着方法や印刷用紙も高度化し印刷画像と同等の段階まできている。軽印刷分野に適用される感光体は、高解像度、高耐久性が求められており、本特集のデジタル複写機用感光体や潜像評価技術の論文で詳細を述べる。

#### 3.2 複写機

複写機分野においても、省エネ化やデジタル化が進行している。図4に、複写機の出荷台数推移を示す。全体の出荷台数は減少傾向を示しているが、カラー複写機は増加傾向にある。図5に、このカラー複写機のコピースピード別出荷台数推移を示す。コピースピードが21枚/分（cpm：copy per minute）以上の中高速機が堅調な伸びを示しているのに対し、20cpm以下は減少傾向にある。また、51cpm以上の複写機は増加傾向にある。特に、省エネ化に力を入れ、定着部分の改良として熱定着からIH定

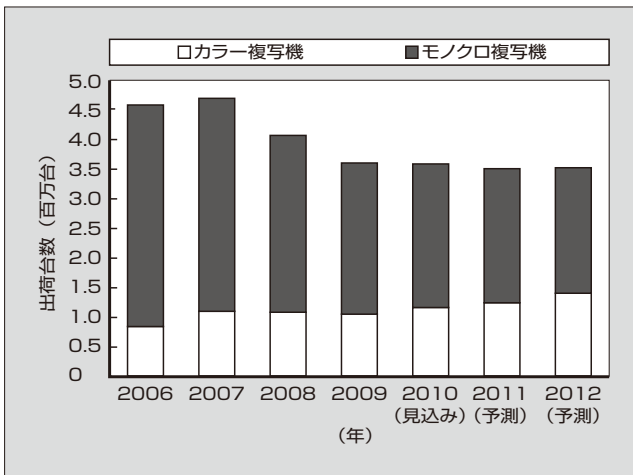


図4 ワールドワイドにおける複写機の出荷台数推移

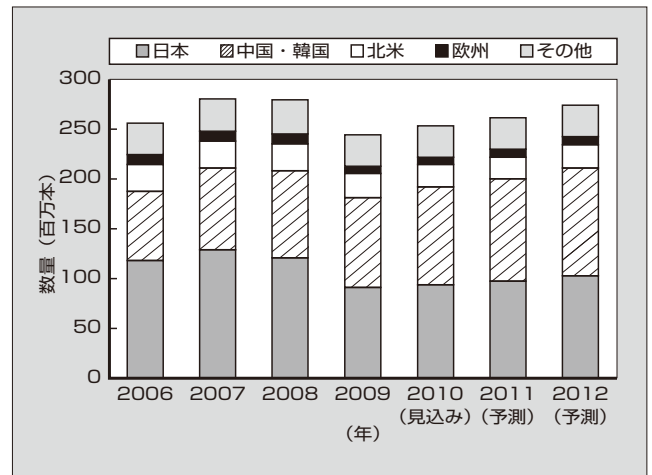


図6 ワールドワイドにおける有機感光体の地域別生産本数推移

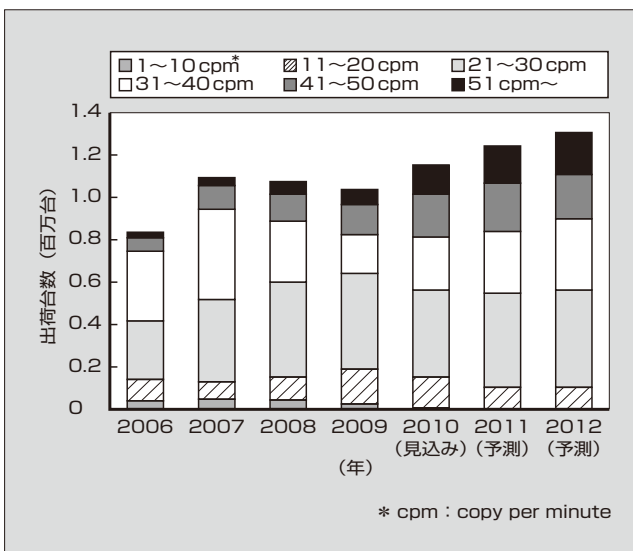


図5 ワールドワイドにおけるカラー複写機のコピースピード別市場推移

表1 有機感光体 (OPC) の製品系列

種類	特徴		用途
	帯電極性	層構成	
タイプ8	負帯電	積層型	プリンタ, ファクシミリ, 多機能機
タイプ9	負帯電	積層型	アナログ複写機
タイプ10	負帯電	積層型	デジタル複写機, 多機能機, 軽印刷
タイプ11	正帯電	単層型	プリンタ, ファクシミリ, 多機能機
タイプ12	正帯電	積層型	プリンタ, ファクシミリ, 多機能機, 軽印刷

よびアフリカなどの地域 (BRICs, VISTA) で需要が拡大すると予測される。感光体を用いる電子写真方式の装置では、モノクロの低価格かつコンパクトなプリンタが多くの需要を獲得していく。また、その国の特質に合致した製品なども必要である。例えば、中国では日本に比べて表面性の粗い中国特有の用紙に対応できる内部機構を持ったプリンタが必要である。

着へ変えるとともに、トナーに定着温度を下げた低温定着トナーを採用することが多くなってきている。

複写機用感光体に求められる特性としては、高速応答性、耐熱性とともにグラフィック画像における中間調を再現するための階調性など、複写機のプロセスに適合した光減衰特性の実現が求められる。

### 3.3 感光体

電子写真方式のプリンタ、複写機に用いられる感光体には、有機感光体 (OPC: Organic Photoconductor)、セレン感光体、アモルファスシリコン感光体などがある。

全生産量の99.6%がOPCである。図6はOPCの地域別生産本数推移を示したものである。リーマンショック後、2009年は日本での生産量が約25%と大きく低下し、中国・韓国の両国で生産している生産数とほぼ同数となった。その後経済も安定し、年率約8%と堅調な伸びを示している。また消費地としては、現状では北米・西欧が多くを占めている。今後は、東欧、ロシア、中国、アジア、南米お

## 4 富士電機の製品概要

富士電機は、1973年にセレン感光体、1988年にOPCをそれぞれ製品化し、販売を開始した。そして電子写真技術の急速な進歩に迅速、柔軟に対応し、プリンタや複写機などのキーデバイスであるOPCとその周辺装置の開発、生産から販売まで世界規模で事業展開している。

国内のほか、米国、中国と三つの生産拠点を持っていたが、2006年前半には中国の深圳地区に生産統合し、世界の需要に効率的に対応している。

富士電機 (深圳) 社は、マグスリーブ、トナーカートリッジをはじめ各種周辺製品の生産拠点でもある。多くのプリンタメーカー、複写機メーカーが中国を含むアジア地区で、装置の組立を行っている現在、中国でのOPCおよびその周辺部材の生産は大きな利便性を提供している。

### 4.1 有機感光体 (OPC)

富士電機では、多様化する顧客の要望に応えるため体制

特集2

を整え、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 OPC を製品化している。

表1に OPC の製品系列を示す。

#### (1) プリンタ用 OPC (タイプ8)

一般的なプリンタ用 OPC としては、タイプ8を製品化しており、低速機や高速機に至るまで幅広い電位応答性や感度範囲に対応可能なラインアップをそろえている。特に、有機材料（電荷発生材料、電荷輸送材料など）については、コンピュータによる分子設計技術をはじめ豊富な材料設計技術、材料を塗布液化する分散技術、そして OPC に仕上げるコーティング技術の開発に継続的に取り組んでいる。カラープリンタで要求されている高解像度、カラー画像再現性など顧客の要望に幅広く応えることができる。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、OPC の潜像形成機構の解明を研究し、感光体の特性と解像度の関係を明らかにし、日本画像学会のベストポスター賞を受賞した。<sup>(4),(5)</sup>

省エネ型電子写真装置に対応する OPC として、トナー消費量の低減を狙った。感光体とトナーの付着力に着目し、感光体とトナーの両面から各種物性モデルを提案した。<sup>(6),(7)</sup>

また、ドラムの寸法精度についても、素管加工技術の高度化や駆動用歯車の高精度設計により、優れた回転安定性を実現している。

#### (2) 複写機用 OPC (タイプ9, タイプ10)

アナログ複写機用としてタイプ9, デジタル用複写機用としてタイプ10の2系統の感光体を製品化している。

複写機用として特に要求される、高速応答性や高耐刷性、階調性を満足する製品をそろえている。さらに新材料の開発、設計により、いっそうの特性改善を進めている。特にデジタル複写機用は、長寿命、電位安定性が強く要求されるため、OPC バインダー材料の分子設計技術や電位安定のための各種添加剤技術により、高性能な OPC を製品化している。

#### (3) 正帯電型 OPC (タイプ11, タイプ12)

負帯電方式に適合した OPC の製品系列の拡大と並行して、富士電機では、高画質化が容易に実現できる可能性が高く、また環境面でのオゾン発生量を低減可能な正帯電方式 OPC の開発に取り組んできた。この OPC の実現には、高い移動度を持つ電子輸送材料の開発が不可欠である。富士電機は独自の材料合成に成功し、1999年その製品化を実現した。よく知られているように、正帯電型 OPC はコロナ放電による帯電プロセスを用いてもオゾン発生が少なく、また光吸収と電荷発生が表面で起きるため、高解像度化が可能であるという特徴を持っている。

さらに2009年には、レーザ光源の省エネ化としての積層正帯電型 OPC を業界で始めて開発した。単層に比べて高感度化、応答性、環境安定性が高く、今後の地球環境型 OPC として貢献できる。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の展開を進めるとともに、高速機への適用範囲を広げつつある。

## 4.2 周辺製品

長年培った電子写真プロセス技術を基に、OPC を中心に帯電部、現像部、クリーニング部を一体としたプロセスシミュレータを使って、現像スリーブなどの周辺製品の開発設計を行っている。さらに、現像部に用いる現像スリーブは、OPC 用素管加工技術の高度化、微細な表面加工技術および薄膜コーティング技術の高度化により、モノクロプリンタ、カラープリンタの両方に採用された。

## 5 あとがき

電子写真技術はインターネットの発達により、デジタル、カラーの普及が飛躍的に拡大しつつある。OPC に期待される性能は、より鮮明な画像と高い耐久性のほか、省エネルギーな OPC として地球環境対応がますます高くなってきている。

富士電機はこうした市場要求に応えるため、材料設計技術、製品化技術、生産技術の高度化へ挑戦し、お客さまにとって魅力ある商品を開発している。今後も富士電機グループの総力を結集して技術力の強化を図り、お客さまのニーズに対応した、高性能で業界最高品質の製品とサービスを提供していく所存である。

## 参考文献

- (1) Hirakura, Koji. 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. 2010年版・全方式カラー &モノクロプリンタ・MFPのワールドワイドにおけるモデル別販売状況、消耗品市場と将来分析. 2010.
- (3) データ・サプライ. 感光体市場展望. 2010年版感光体マーケット総覧.
- (4) Aizawa, K. et al. A Study of 1-dot Latent Image Potential. IS&T's NIP17 International Conference on Digital Printing Technologies. 2001, p.572-575.
- (5) 会沢宏一ほか. “静電解析技術の検討”. 日本画像学会. Imaging Conference JAPAN 2008 Fall Meeting. 2008, p.33-36.
- (6) 会沢宏一ほか. “静電気力顕微鏡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.
- (7) 人見美也子ほか. “有機感光体とトナーの付着評価技術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 JAPAN 2007 Fall Meeting. 2007, p.35-38.



**成田 満**

電子写真用感光体の開発・設計に従事。現在、富士電機システムズ株式会社半導体事業本部感光体統括部開発部長。日本画像学会会員。



**大日方 孝**

電子写真用感光体の開発・設計に従事。現在、富士電機システムズ株式会社半導体事業本部感光体統括部長。





\*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。