

高速複合機用有機感光体の設計技術

木原 彰子 和所 純一 中野 暢彦 下田 嘉英[†]

ドキュメントシステム事業本部 要素技術開発センター

[†]ドキュメントシステム事業本部 ドキュメントシステム事業部

複写機やプリンタ、FAX、それらの複合機は、より美しく・より速いコピーやプリントを提供するべく、技術開発競争が繰り広げられています。その中で、当社は、2007年、最上位機種MX-M1100を発売しました。ここでは、その最上位機種に搭載された高速複合機用有機感光体(図1)の開発において活用した当社独自の「電荷輸送材料の分子設計技術」と「ロングライフ設計技術」について紹介します。

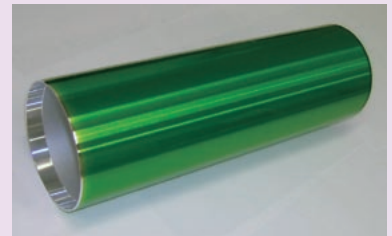


図1 MX-M1100用有機感光体ドラム

1 はじめに

今や複写機、プリンタ、FAX、及びそれらの複合機は、ビジネスシーンに欠かせないオフィス機器となっており、その用途はパーソナルユースから業務用、更には印刷のエリアまで拡大し、ますます発展しています。

これらの機器は、その大半が1938年にカールソンによって考案された電子写真方式を用いており、その電子写真プロセス(図2)において画像形成の中核を担っているのが感光体です。

感光体の役割は、その表面に静電潜像を形成することにあります。材料としてはa-Siなどの無機材料も知られていますが、現状は有機材料を用いた有機感光体(OPC: Organic Photoconductor)が主流となっており、感光体全体の99%以上を占めるまでになっています。

そのような有機感光体の中でも最も一般的となっている積層型負帯電感光体を例に光電変換デバイスとしての動作原理を図3に従って説明します。先

ず、感光体表面が負帯電したところに露光($h\nu$)されると、電荷発生層(CGL: Carrier Generation Layer)に一对の電子と正孔が発生します。この内、電子は下引層(UCL: Under Coat Layer)からアルミ基板へ、一方、正孔は電荷輸送層(CTL: Carrier Transport Layer)を移動し表面の電子と中和することによって、感光体表面に静電潜像を形成します。

このような有機感光体も1970年代に実用化された当時は感度や耐久性に多くの課題をかかえていましたが、その

電子写真プロセス

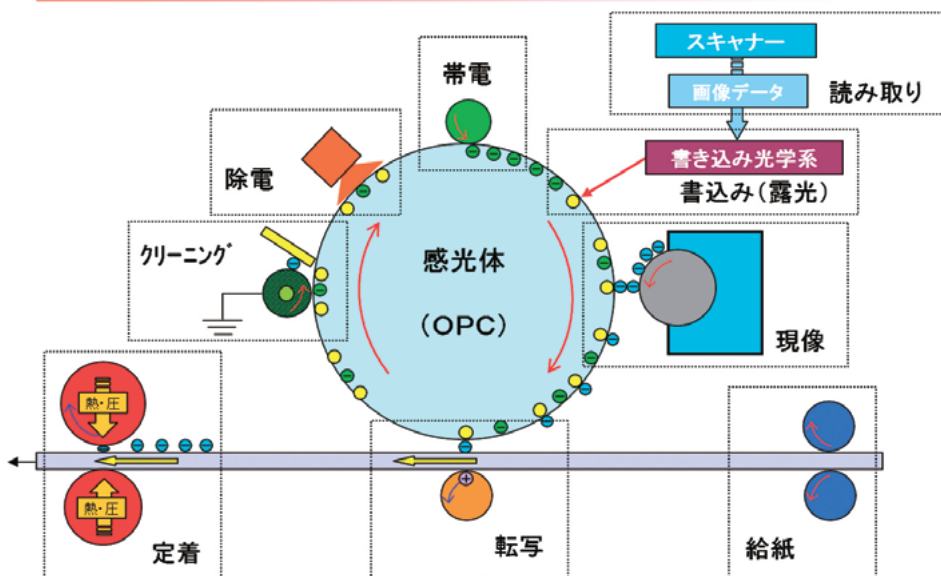


図2 電子写真プロセス概略図 出典：島田知幸, 第61回 日本画像学会技術講習会スライド「OPC感光体の基礎と技術動向」P6(2006)(出典を元に、シャープで図を作成)

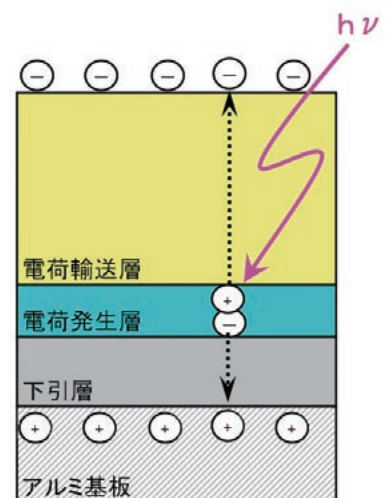


図3 積層型負帯電有機感光体のデバイス構成及び動作概略

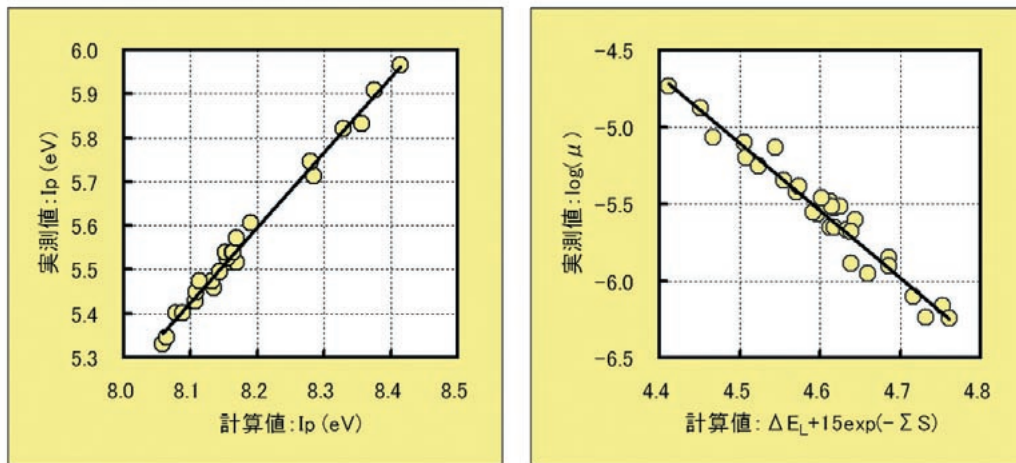


図4 イオン化ポテンシャル (Ip) と移動度 (μ) の分子シミュレーション計算結果と実測値の相関関係

後の技術革新にて飛躍的にその性能を向上してきました。今回は、毎分110枚という高速コピー、プリントを実現した当社高速複合機MX-M1100用有機感光体開発に活用した分子設計及びロングライフ設計技術に関して技術解説していきます。

2 電荷輸送材料の分子設計

積層型有機感光体の性能は、露光によって電荷発生層中に発生した一对の電子と正孔から、電荷輸送層が①如何に効率的に正孔を受け取り(電荷注入効率)、②如何に早く表面に運ぶか(電荷移動度)によって決まってきます。それらの電荷輸送層の性能を決めているのが電荷輸送材料(CTM: Carrier Transport Material)です。電荷輸送材料のイオン化ポテンシャル(Ip)は前記①電荷注入効率に大きく影響し、その正孔移動度(μ)が前記②電荷移動度を決めています。これら、感光体性能を決めているイオン化ポテンシャル(Ip)と正孔移動度(μ)を分子軌道法計算に基づくシミュレーションによって予測できる技術を開発しました。その分子シミュレーション技術を今回開発した高速複合機用有機感光体に採用している電荷輸送材料の分子設計に活用しています。

具体的には、図4に示した分子軌道法計算によって求められた計算値と実際の実測値との良好な相関関係から、数百種の候補CTMについて予測されるイオン化ポテンシャルと移動度を求め、目標物性を満足する10種程度の候補に絞り込みました。次に、これらの候補CTMを実際に合成し、種々の電子写真特性を評価することにより、当社独自の高性能電荷輸送材料を開発しました。

このように、当社独自の分子設計シミュレーション技術は、実際の電荷輸送材料分子の試作合成回数を劇的に減らし、新規な高性能電荷輸送材料の開発期間を大幅に短縮できるだけでなく、開発コストの圧縮やそれに伴う環境負荷低減にも寄与できるオンリーワン技術です。

3 ロングライフ設計

高速複合機用有機感光体開発において、その最表面にある電荷輸送層に求められる重要な性能として、電荷輸送性能の他にもう一つロングライフ化(耐久性)が挙げられます。

ロングライフ化と言っても、単に①膜削れし難い(耐摩耗性)だけではなく、②キズの付き難さ(耐キズ性)も重要な性能です。これらの2つの性能を達成するため、それら性能と電荷輸送

層の膜物性との相関関係を見出し、設計指標として活用しました。

(1) 耐摩耗性設計

感光体は、電子写真プロセスの中で様々な機械的ストレスを受けて膜減り(磨耗)していきます。例えば、現像部における現像剤との摺擦、転写部における転写材との摺擦、クリーニング部におけるクリーニングブレード(ヘラ状のゴム部材)との摺擦などです。

これらの物理的な接触に起因する磨耗を個々に分解して実際の複合機を使った耐刷試験を行うには、多大なコストと時間を要します。そこで、電荷輸送層の膜減り量と相関関係が見出せる物性値を探した結果、図5に示したように弾性仕事率にある程度の相関関係があることを見出し、耐摩耗性設計における指標としました。

弾性仕事率とは、物体にかけられた応力に対して、その応力を取り除いたときにどれだけ緩和できるかを示しており、値が大きいほど応力緩和能力が高くなります。つまり、電子写真プロセス中で受ける機械的ストレスに対して、それを永久歪として残らないような電荷輸送層の処方とすることが耐摩耗性向上に必要な要件と言えます。具体的には、電荷輸送層を構成する材料

ロングライフ化設計技術

電荷輸送層の弾性仕事率が大きいほど、電荷輸送層の膜減り量は小さくなる。

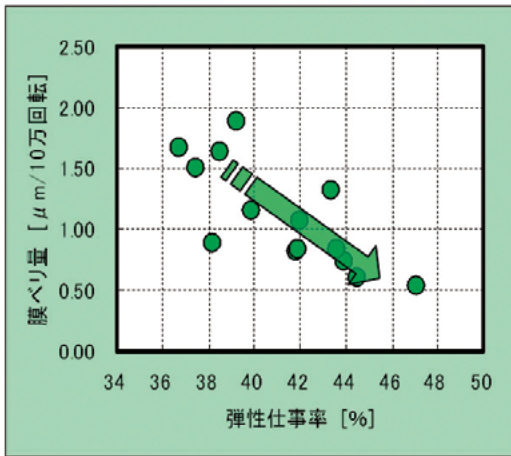


図5 弾性仕事率と膜べり量との相関

電荷輸送層の表面自由エネルギーが小さいほど、電荷輸送層はキズがつき難くなる。

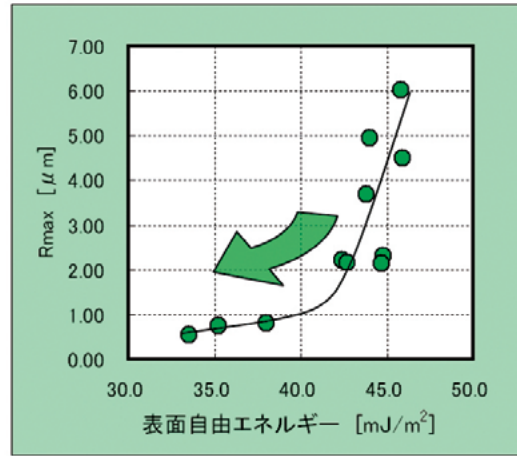


図6 表面自由エネルギーと紙粉キズ (Rmax)

選択において、前記電荷輸送材料と組み合わせる樹脂材料の構造や配合比率を最適化しています。

(2) 耐キズ性設計

次に、ロングライフ化設計において、もう一つ重要な耐キズ性設計について説明します。

感光体は、前述の通り電子写真プロセス中で様々な機械的ストレスを受けます。その際、膜減りするだけでなく、同時にキズが付いてしまいます。そのキズに対して有効な物性値として、表面自由エネルギー (γ) を見出しました。図6に、表面自由エネルギー (γ) と感光体表面に付くキズの深さを表す

最大粗度 (Rmax) との相関関係を示します。

表面自由エネルギー (γ) とは、物体表面の濡れ性に依存する物性値であり、その値が小さいほど表面滑り性が良好となります。具体的には、電荷輸送層表面の表面自由エネルギーを小さくするため、電荷輸送層を構成する樹脂の構造にシロキサン系の修飾基を導入したポリカーボネート樹脂を採用しました。

4 おわりに

当社高速複合機MX-M1100用有機感光体は、これらの設計技術を活用し

て、感光体ライフ：100万枚を達成しました。

又、これら感光体としての耐久性と電荷輸送層の物性値とを相関付けたロングライフ化設計技術は、開発期間における期間短縮やコスト低減だけにとどまらず、生産負荷の低減や市場における廃棄物削減、更にはメンテナンス頻度削減に伴うユーザのトータルコスト負担軽減に至るまで、製品ライフサイクル全般に亘る総合的な環境負荷低減と省資源化に貢献しています。

今後も、更なる新規オンリーワン技術開発によるより一層の社会貢献を目指して鋭意つとめて参ります。