

コニカ創業120周年を記念し、複写機開発の歴史を探る

The History of Konica Plain Paper Copiers in Celebration of Konica's 120th Anniversary

江田 研一* 編

Koda, Kenichi

In 1970, Konica introduced Japan's first Plain Paper Copier, U-Bix480, and also introduced the most reliable long sale machine, U-BixV in 1978.

Konica has made tremendous strides in the creation of plain paper copiers and supplies such as photoconductors and developers.

The following article surveys the highlights of this history of innovation.

まえがき

1993年はコニカ創業120周年に当たる、これを記念して、電子写真複写機の分野で、われわれの先人が、厳しい競争の中で、それぞれ、独自の技術を確認しつつ商品開発してきたが、ここに、技術開発を中心に、コニカにおける電子複写機の歴史を纏め、特集することとした。

1938年 C.F. Carlson が乾式の物理的画像作成法である電子写真の基本プロセスを発明し、その実験に成功してから55年になる。また、日本で、この電子写真が注目を集め研究が始められたのは1950年代の半ばからで、すでに、35年以上を経過した。この間、電子写真複写技術は小型・軽量化、高信頼性化、高速化、多機能化、カラー化、デジタル化、複合化を推進し、情報化時代のニーズに対応しながら、着実に複写機市場を拡大していった。

電子写真技術が持っている優れた性質とニーズに柔軟に対応できる技術開発が用途をも拡大していった。

コニカにおける電子写真複写機の技術開発の動向を、この複写機の心臓部である感光体の変遷に着目して、時代の流れに沿って、整理した。

この報文集は次の8つの章に分けることができる。

1. 創業期 (1955年～1970年) 2. 酸化亜鉛感光体複写機 (1971年～1979年) 3. U-Bix V (1978年) 4. セレンドラム複写機 (1978年～現在) 5. OPC感光体複写機 (1984年～現在) 6. カラーデジタル複写機 (1988年～現在) 7. 感光体 8. 現像剤

これらの章でふれる機種は限定されるので、他社の代表的な機種を含めて、技術競争の背景を明らかにするために表1を作成した。1987年10月コニカと社名変更した。この報文中の機種はそれ以前についてはU-Bixをそれ以後のものはU-BIXで表した。

コニカはU-Bix480、U-Bix V等ヒット商品を世に送り出している。この伝統を受け継ぐために、この報文集を

参考とされることを期待する。

1 コニカにおける電子写真複写技術の創生期

コニカにおける、電子写真技術開発は、1955年に手がつけられた。当時は、米国ゼロックス社が、誕生して間もなくであり、ここからは、セレンを塗布した感光板に電荷を載せる帯電部、カメラ装置の露光部、カスケード現像部及び熱炉式定着部からなる全部手操作で行なう複写装置が発売され、国内でも一商社が輸入販売を行い、大手企業で、主にオフセットマスター紙へ、転写トナー像を作り、オフセット印刷用に使われ始めていた。当時の迅速複写法としては、綺麗なコピーを作るのにかなりの技能を要求する銀塩写真技術による拡散転写法が主流であったから、この電子写真技術による複写法は、複写や軽便印刷分野では、かなり画期的なものとして、また、かなりの将来発展性を秘めた技術として映った。特に、写真技術者には、革新的写真技術に成るものか否かについて興味津津たるものを感じさせた。まして、写真会社であるコニカとしては、電子写真技術の写真事業分野における発展性を知ることが重要課題であったので、電子写真技術の可能性を探索するとともに、事業化をも考慮して技術検討が始められた。この時代は、最新の海外特許・文献の入手は容易ではなく、エレクトロファックス技術についても、RCA東京研究所で、RCA Reviewを写させて貰い、実際の電子写真技術を知った。技術展開については、当時、写真フィルムのベースには、摩擦によってかなり大きな電荷を帯電し易いセルロイドが主として用いられており、この帯電電荷の放電に伴って生じるスタチックマーク(リヒテンベルグマーク)が問題視されていた関係上、コニカでは、これの帯電防止を目的に、静電気の研究がなされていて、静電気の性質や、静電気を目で見えるためのダストフィギュア法等についての知見や経験をえていたことも幸いして、技術検討を行なうのに何等の抵抗もなかった。といっても、6KVからの高

*総合企画室

Table 1 The history of Konica plain paper copiers and other companies' main products

年	技術開発及び商品	視点	機種・他社名	特徴
1960	RCAとEF式複写機の技術契約	電子写真工業化のための開発部設置	ゼロックス 914	ハロイド・ゼロックス社レンタル開始
1961	コニファックス SA416RP, A435RP等 発表	EF方式マイクロリタープリンター		
1963	コニファックス EX B5	伝票用卓上EF式複写機	オートファックスAF-3(東芝)	乾式電子写真複写機(ZnO)
1964			ゼロックス 2400	A4毎分40枚のコンソール型高速機(ローラ定着、ADF)
1967	コニファックス ST-7 発売 コニファックス EX-J 発売	オフィス用卓上EF式複写機 輸送業者向け大型EF式複写機		
1971	U-Bix480 発売	同産初の間接式乾式電子写真複写機で高画質・低コピーコストで好評、酸化亜鉛マスター、磁気ブラシ現像、オイルレス定着採用	ゼロックス 3600 (富士ゼロックス)	A4毎分60枚のコンソール型高速機、ソーター装備可能
1972	U-Bix600W	縮小機構(1段)がついた10枚機、最大原稿サイズ(A3)	ゼロックス 2200 NP-L7 (キヤノン)	A4毎分5枚の世界最小のデスクトップ機 A4毎分30枚のリクドライ機
1973	U-Bix800	国内向け13枚機、コピーカウンターがメカ式から電子式に変更	NPカラー(キヤノン)	多層転写方式
1974	U-Bix101 U-Bix2000R	U-Bix初のカセット方式、手押し給紙、原稿移動型の8枚機の小容量軽量機 同産最高速PPC20枚機 2段給紙コンソール型、ロール状酸化亜鉛マスター、オイルレス熱ロール定着	ゼロックス 9200 SF-710(シャープ) EG-101(ミノルタ)	A4毎分120枚の拡大・縮小、コート紙キャリア、ゴムロール定着搭載超高速機 A4毎分8枚の低速PPC(酸化亜鉛感光体) A4毎分10枚のTESI式低速機(PANA型OPC搭載)
1975	U-Bix800S	U-Bix800の普及型機	DT-1200(リコー) Ekta Print 100, 150(EK)	A4毎分20枚のリクドライ中速機 初のマイコン制御コンソール型高速機
1976	U-Bix1500	15枚(A4)機、2段給紙、酸化亜鉛マスター耐久性(2.5倍向上)	NP-5100(キヤノン) 電子コピスター 900(ミタ)	A4毎分20枚のNP方式中速機(トナーリサイクル機能) 圧力定着、1成分現像低速機
1977	U-Bix2000RIII	U-Bix2000Rの改良でA3コピー機	SF-730(シャープ) NP-X(キヤノン)	A4毎分12枚のCOMA現像、低温定着機、酸化亜鉛 A4毎分130枚の世界最高速リテンション機
1978	U-BixV	A4毎分15枚のデスクトップ型小型機、コニカで最初にセンドラム及びマイクロコンピュータを搭載。	ND-2 レーザープリンタ(ジーンズ) ゼロックス 6500CGP	大型高速レーザープリンタ 多色レーザープリンタ
1979	U-BixT U-BixW	A4毎分9枚の薄型軽量機、高耐久酸化亜鉛マスター、絶対性・成分トナー、熱ローラー定着採用 A4毎分35枚の高速機、センドラム搭載	NP-200J(キヤノン) P-500(リコー) EP-310(ミノルタ) LBP-10(キヤノン)	A4毎分20枚のジャンピングDMT現像中速機 A4毎分8枚のOPC、セルフアレンス搭載低速機 A4毎分12枚のマイクロローニング現像低速機 小型半導体レーザープリンタ
1980	U-BixV3R U-BixWSA	A4毎分30枚のデスクトップ型中型機、2段階縮小 U-BixWの改良機、コニカ最初のADF、ソーター装備のシステム機	EP-710(ミノルタ) FP-3000(松下)	A4毎分30枚の拡大・縮小光学系搭載中速機 A4毎分30枚の中速機
1981	U-Bix3000	A4毎分30枚のデスクトップ型中型機、コート紙キャリア 二成分現像剤採用の高画質機	NP-400RE(キヤノン) レオドライ 3504(東芝)	A4毎分40枚の拡大・縮小光学系搭載中速機 A4毎分13枚の自動露光調整機能付き低速機
1982	U-Bix4500 U-Bix3300MR	A4毎分45枚のデスクトップ型高速システム機、コート紙キャリア 二成分現像剤採用の高画質機 A4毎分33枚のデスクトップ型中型高画質機、4段給紙、拡大・縮小機能を持ち、ソーターとSDF(オプション)	PC-20(キヤノン) ゼロックス 1075 Ekta Print 250(EK)	A4毎分8枚の卓上小型機(OPC)、ドラムカートリッジ、モノカラー A4毎分70枚のOPCベルト、RDH搭載高速システム機 A4毎分120枚のマイクロローニング送紙、自動両面、RADF、自動製本機能、OPCベルト搭載のデュプリケーター
1983	U-Bix2500MR	A4毎分25枚の中速フルシステム機、拡大・縮小機能、自動給紙選択機能(APS)、ADF、ソーター付き	EP-450(ミノルタ) FT-8010(リコー)	ズーム光学系搭載中高速機 A4毎分60枚のOPCベルト、自動両面、高速機
1984	U-Bix1200 U-Bix5000	コニカ初のOPCドラムを搭載した2分割型軽量・小型A4毎分12枚の原稿台移動型DIMA現像、セルフアレンス光学系 A4毎分50枚のコンソール型高速フルシステム機、簡易操作メッセージディスプレイ、ADF(A2)、APS、ズーム	EP-350Z(ミノルタ) SF-8200(シャープ) NP-7550(キヤノン)	A4毎分15枚の正帯電OPC、ズーム搭載低速機 A4毎分2枚のOPC、ズーム搭載不定形原稿入力機 A4毎分50枚の、a-Si、ズーム搭載高速機
1985	U-Bix1810MR U-Bix2812MR U-Bix4012MR	この3機種はズーム光学系を搭載したMRシリーズで、それぞれA4毎分18枚、28枚、40枚の中・高速機 自動両面(ADU)、ADF、ソーター、大容量トナー装備のフルシステム	FAT-100(松下) レオドライ 4121(東芝) コピージャック(ブラス)	エディター機能搭載低速機 A4毎分14枚のツインカラー、ズーム搭載低速機 サーマル方式携帯型複写機
1986	コニカ カラー-7 U-Bix1550MR U-Bix5500	ダイレクトボジカラーペーパーを使用したコンソール型フルカラー複写機、A4毎時90枚のA3機、拡大・縮小機能付き A4毎分15枚のズーム光学系を搭載した低速機 マスク・トリム機能、4色モノカラー A4毎分55枚のコンソール型高速フルシステム機、両面原稿の連続自動両面コピー機能、RADF、ADU	CLC1(キヤノン) FC-3(キヤノン) フジゼロックス 5270	A4毎分5枚のOPC、ズーム搭載カラーレーザー複写機 A4毎分6枚のOPC搭載軽量小型機 A4毎分37枚のズーム搭載自動スタート中速機
1987	コニカ U-BIX2022 コニカ U-BIX5070	A4毎分22枚のズーム光学系を搭載した中速機、RADF、RADU、ソーター、エディター(オプション)、ツインカラー機能 A4毎分70枚のコンソール型高速フルシステム機、両面原稿の連続自動両面コピー機能、ADU、RADF	フジゼロックス 5026 SFT-Z123(三洋) イメージオ 320F(リコー) EP-490Z(ミノルタ)	A4毎分28枚のズーム搭載フロントローディング中速機 A4毎分33枚のズーム、エディティングICカード搭載中速機 A4毎分20枚のOPC搭載、ファクシミリ、デジタルPPC複合機 A4毎分30枚のサイマルカラー方式フルカラー複写機
1988	コニカ U-BIX5170 コニカ 8010	A4毎分70枚のコンソール型高速フルシステム機、両面原稿の連続自動両面コピー機能、ADU標準装備、RDH自動ステアブル、パンチ機能、自動製本 単色A4毎分11枚、3色毎分3枚のカラーデジタル複写機、色消去、色変換、マスクトリム機能 ズーム縦・横独立変倍、OPC搭載	Z-30(シャープ) NP-8580(キヤノン) NP-4835(キヤノン) フジゼロックスEC10 PIXEL PRO	A4毎分5枚のOPC搭載携帯用複写機 A4毎分82枚のズーム、RADF、a-Si搭載高速機 A4毎分35枚のOPC搭載、デジタル書き込みアナログPPC 感熱転写デジタルカラープリンタ パブルジェット方式デジタルフルカラー複写機
1989	コニカ U-BIX2025 コニカ U-BIX4060	A4毎分25枚のOPC搭載小型多機能機 A4毎分60枚のコンソール型高速フルシステム機、ジョブメモリー機能、データ収集機能、自動両面コピー機能(RADF、ADU)、ソーター	DC-1605(ミタ) Able 3010(フジゼロックス) ARTAGE 5330 CX-7500	A4毎分16枚の正帯電単層OPC搭載低速機 A4毎分11枚のズーム、FAX機能搭載PPC A4毎分24枚のズーム、OPC搭載多重現像方式アナログフルカラー複写機 A4毎分22枚のOPC搭載多重転写方式アナログフルカラー複写機
1990	コニカ U-BIX4045 コニカ 9028	A4毎分45枚のOPC搭載中速多機能機、フロントローディング 単色A4毎分28枚、フルカラー毎分6.5枚のカラーデジタル複写機 色変換、マスクトリム機能 RADF、ソーター搭載可能	FC-1(キヤノン) FP-1670(松下) NP-9800(キヤノン) FP-C1(松下)	A4毎分6枚のSURF定着搭載軽量・小型機 A4毎分16枚のAI画像コントロール機能搭載低速機 A4毎分85枚のファジー理論で高画質再現機能搭載高速機 多重転写方式デジタルフルカラー複写機
1991	コニカ U-BIX1520 コニカ U-BIX2028	A4毎分20枚のOPC搭載低速多機能機、フロントローディング A4毎分28枚のOPC搭載中速多機能機、フロントローディング	SFT-Z80(三洋電機) Vivace200(フジゼロックス)	A4毎分12枚のファジートナーコントロール機能搭載低速機 A4毎分20枚の前面給紙の低騒音機
1992	コニカ U-BIX5082	A4毎分82枚の最高速多機能機		

圧電源を入手することは簡単ではなく、当初の実験は、ウイムスハースト起電器を用いて感光体の帯電を行った。検討実験は、特許の使用条件も緩く、実験も手軽に行える、1954年にRCAから発表された「エレクトロファックス」法による酸化亜鉛感光紙を用いる方法によって進められた。酸化亜鉛感光液の調整にはボールミルを用い、手引きによって紙面に塗布したり、ピーカー内でトナー樹脂を混練したりして材料を作成した。このようなブリミティブな実験を経て、複写機を試作する計画を立てるに至った。この時代は、研究者が必要とする文献等は、自社に無い場合はカメラと接写装置を持って、学校や研究機関などへ赴き、マイクロフィルムに撮って帰り、現像して印画紙に焼き付けて読むのが通例であり、これにかなりの時間を費やしていた。そこで、初めての試作複写機は、電子写真技術としては先行的なネガポジ法の文献引き伸ばし複写機を作ることとして、引き伸ばし機を用い、磁気刷毛現像法によって酸化亜鉛感光紙上にコピーを作る自動複写機を作成した。(Fig.1-1) これは、1959年秋の国産経営機械展に出展され、5日間の会期を通じて実演した唯一の国産試作複写機として注目を集めた。ここにおいて、1960年に複写機の商品化が企画され、エレクトロファックス法による、種々の複写機を開発するための組織が発足した。併行して、電子写真法の画像形成に関する開発研究も進められた。

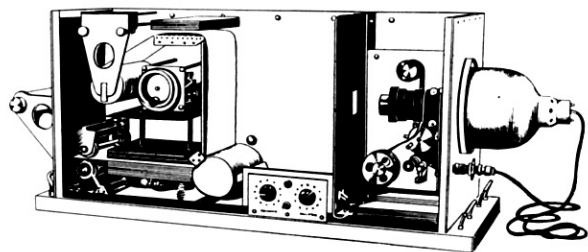


Fig.1-1 Konifax experimental model

1.1 複写機の商品開発

マイクロフィルムによる文書管理が盛んであったことから先の試作複写機を基にしてマイクロリーダープリンターが作られた。また、定着器を別体とした、回転ドラムに感光紙を張りつけて複写を行なうポジポジ式の簡易型複写機 (Fig.1-2) も製作された。これらは、コニファックス (KONIFAX) なる商品名の下にマイクロリーダープリンター (A4・35RP、A3・35RP) とポジポジ式の複写機 (A400L、B400L) として1962年に販売された。この他、定着器内臓の、輸送会社向けの伝票複写装置 (EXB5) 等が特注品として作成された。そして、これらに用いられる感光紙や現像剤の開発生産も行なわれ、感度が高く、且つ白色感のある感光紙にするため、酸化亜鉛自体の増感や増感色素等についての開発及びかぶりが少なく、濃

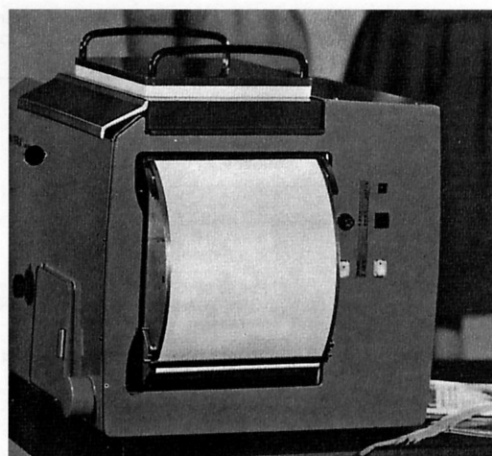


Fig.1-2 Konifax Copiers in 1962

度が高くそして寿命の長い現像剤や現像法を求めての開発と生産が行なわれた。しかし、次第に特許抵触の問題も薄らいできた。そして、時代は、PPC: Plain Paper Copier (普通紙複写機) へ推移の機運となり、これを先取りする形で、PPCの開発に力を入れることとなり、CPC: Coated Paper Copierの開発は1968年に他社に先駆けて終止符が打たれた。

1.2 電子写真技術の各種応用性の探求

この期間における、複写機の開発と併行して行なわれた電子写真技術開発のいくつかを紹介する。

1) 電子写真のネガポジ現像技術。

一般には、電子写真は直接ポジポジ現像が出来るのが、銀塩写真と違った特徴である。しかし、感光体と磁気刷毛現像器の間に偏倚電圧を印加することによって、露光され電荷を失った部分に、見かけの潜像電位を作り、ここにトナーを付着させて、ネガポジ像にすることが出来ることを見出した。(これは、後に先願のあることが判った。)そして、先に述べた、ネガフィルムからの複写機を作成したが、酸化亜鉛感光層を塗布して作成した感光紙の基紙が乾燥して電気抵抗が高くなると、うまく偏倚電圧が掛からず、また、高湿度下で、抵抗が極端に下がると偏倚電圧が効きすぎて、かぶりの多い画像になってしまうので、偏倚電圧を与える方法として、感光紙支持体に若干のグリセリン等を与えて乾燥時における高抵抗化を防ぐとともに、感光紙の背面に置かれる電極をアルミニウムとし、この表面をアルマイト化し、染料を含浸させることにより安全抵抗を持った電極を作り、必要以上の電流が流れるのを防止して常に安定した画像をうるようにした。

2) ハーフトーンの再現。

電子写真のネガポジ式画像作成法による、マイクロリーダープリンターを発表したところ、ユーザーから、人物ネガフィルムから迅速簡単にポジに焼き付ける装置の開発依頼がなされた。確かに、文字画像は簡単にネガポ

ジ再生ができるが、ハーフトーンのある画像の再現は、酸化亜鉛感光体のガンマが立っていることだけでなく、潜像特性や現像に起因する再現性の問題において綺麗な画質で再現することは困難であった。そこで、印刷製版技術において用いられている、連続階調のある画像から網画像にする、いわゆる面積階調画像に変換するためのコンタクトスクリーン法を試した。ガラススクリーンと呼ばれている市松模様のスクリーンを酸化亜鉛感光紙の上に置き、この上からネガ像を投影する方法によると、再現性のある綺麗な網画像が得られた。そこで、このようなコンタクトスクリーンフィルムを作り、これを取り付けた装置を作成して、依頼に応えた。

3) オフセット印刷化

エレクトロファックス感光層は、親水性の酸化亜鉛が約80%を占めており、多孔性で、水の保有性も可成りあるが、親油性の樹脂トナー画像を持った、エレクトロファックス複写物は、トナー像を転写したオフセットマスター紙同様にはオフセット印刷出来ない。そこで、通常の「エッチ液」より親水化率の高いものを作って、酸化亜鉛層を強力に親水化する必要が生じた。「エッチ液」についての技術というものは確立されておらず、経験技術のものであったので、特許では、チオシアン酸塩主体のもの有効性が提案されたりしていたが、試行錯誤の上、ニッケル及びクロムの水溶性磷酸塩が有効であることを見出し、これを主体とする「エッチ液」を作り6000枚以上の耐印刷性を得ることができた。また、ここでは、感光層が多孔性で水を透してしまい、感光紙の基紙と感光層の接着を弱め、感光層が印刷中に剥離してしまうので、温水可溶性のアルデヒド澱粉を用いて基紙表面に接着性のよい導電性の防水層を設けることで耐久性を確保する技術を開発した。

この他、この期間には、カールソン法以外の種々の電子写真プロセスが各社より発表された。中でも銀塩写真の代替になるような技術については積極的に検討をした。例えば、新規電子写真プロセスとして、光導電体を塗布した金属網を使って静電記録紙上に潜像を作り、湿式現像によるハーフトーンを持ったカラー写真の再現法 (Photoconductive Screen Process) や、同方法の応用である2色カラー乾式複写機の試作。また、静電記録紙に電場と光像を同時に作用させて潜像を作るTESI法の一形態である方法 (SALE process: Simultaneous Application of Light Image and Electric Field) や Thermo Plastic Recording法、さらに、X線フィルム診断に代わる可能性を秘めた、簡単、迅速にポジ画像ができる Electro Radiography法等々の試作をし、銀塩写真技術との比較において、画質の向上と安定化や装置の信頼性向上化、コスト低減化を考慮して電子写真技術の将来発展予測を行った。その他、各電子写真プロセス技術並びに種々の

材料についての幅広い研究も行なわれ、今日では当然の技術となっているものや改良を求めて検討が続けられている技術等の開発研究がなされた。

1.3 あとがき

以上のようにして、RCA社との契約における、エレクトロファックス技術を元にしたコニファックス複写機並びに種々の電子写真技術の開発が行なわれてきた。この期間を通じて、電子写真複写機の開発には、機械や電気や化学技術をもって設計に入る以前に、プロセス技術と称される画像作成の根幹をなす物理的な技術を理解することが何よりも重要であり、その上で、これら技術が駆使された設計がなされて、初めて血の通った複写機が生み出されるのだということを会得した。さらに、電子写真とは云え銀塩写真技術と深い繋がりがあることも認識した。このCPCに次いでPPCユービックスが開発、発売されることになったが、これには、コニファックス時代に培った上述の電子写真技術が大きく貢献した。

2 酸化亜鉛感光体複写機の開発

2.1 U-Bix480の発表

コニカ最初のPPC U-Bix480は、1970年ビジネスショーで発表、1971年1月に発売されたが、国産技術による最初の間接式乾式電子写真複写機として、また、優美な画質さらに、コピーコストが従来半額という低価格が大きな反響をよんだ。当時のPPCは、感光体の現像にカスケード方式を用いることが主流であり、タイプライターや印刷文字などの線画像に対応するものであった。酸化亜鉛感光体と磁気ブラシ現像方式を採用したこの機械はB4毎分8枚の複写速度で階調画像やベタ黒、すなわち写真や鉛筆による手書き文字を複写できることが大きな長特であった。機械の構造の概略をFig.2-1に示す。黒猫の原画が黒猫にコピーできるというセールス・トークが大ヒットしたなど、今から考えると今昔の感にたえない。また、このU-Bix480の開発はゼロックス特許をいかに回避するかのも戦いでもあった。シート状の酸化亜鉛感光体がマス

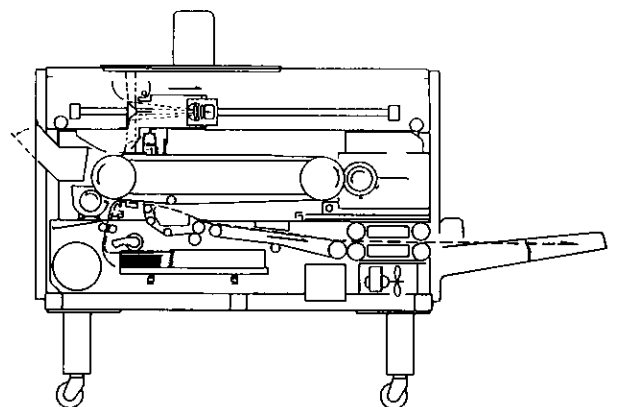


Fig.2-1 Internal configuration of U-Bix480

ターキャリッジの両面に取りつけられた独自の構造になっている。光学系は露光用ハロゲンランプ、Vミラーと屋根型プリズム付レンズで構成されている。帯電極も光学系と一体で動き、原稿の走査と同時に感光体の帯電、露光が行われる。走査が完了するとマスターキャリッジが回転し、現像、転写、分離、クリーニングなど一連のプロセスが行われる。分離はサクシオンヘッドの揺動により、クリーニングはクリーニングランプとファーブラシで行われている。定着は非接触の熱板式を用いている。

2.2 酸化亜鉛感光体とプロセスの改善

酸化亜鉛感光体は他の感光体に比べて、安価で且つ現像性が良いため画質に優れているという長所を持っている。しかし、耐刷性が低い。数百回以上のコピーに耐える感光体としてPPCに使用したのはコニカが最初であった。従って、複写機開発に当たって、酸化亜鉛感光体をいかにうまく使いこなすか、いかに耐久性を延ばすかに懸命な努力が、下記の課題に払われた。

- 1) 感光体：バインダー樹脂（膜強度）、増感色素（耐オゾン劣化）の選択、カレンダーかけ、被覆層等の検討
- 2) コロナ放電時発生するオゾンによる酸化を防ぐためのイオン風のコントロール
- 3) 現像ブラシの軟らかな穂立て
- 4) クリーニング用ファーブラシの毛、人造繊維の選択、回転数、吸気量等の選定

酸化亜鉛感光体の表面強度、平滑度とキズ、トナーフィルム防止の観点よりブラシクリーニングが選ばれた。

U-Bix480以降酸化亜鉛感光体を用いて10機種ほどの複写機が、各種の技術を盛り込んで世に送り出された。その代表的なものとしてU-Bix2000R、U-Bix Tについて記述する。

2.3 U-Bix2000R

本機はロイヤルタイプライター社の要望に基づいて開発に着手され、基本仕様とデザインをロイヤル社が担当した。A4又はB4毎分20枚の複写速度、操作性に重点がおかれ、月間15,000~20,000コピーの顧客を目標に開発された。(Fig.2-2参照) 重要な技術開発を以下に述べる。

1) 酸化亜鉛マスターの自動交換機能を内蔵

感光体ドラムに、一面1,000コピー耐用の感光体22面分（内2面は予備）のマスターロールを装填、1,000コピー毎に自動的に巻き上げることにより、20,000コピーの感光体寿命を達成した。マスターはポリエステルフィルム上にアルミニウムをラミネートし、その上に酸化亜鉛を分散したバインダー樹脂感光層を塗布したシートである。

2) オイルレス熱ローラー定着の採用

開発当初の計画はシリコンオイルを塗布する方式でスタートしたが、途中でオイルレス熱定着の開発に変更し、

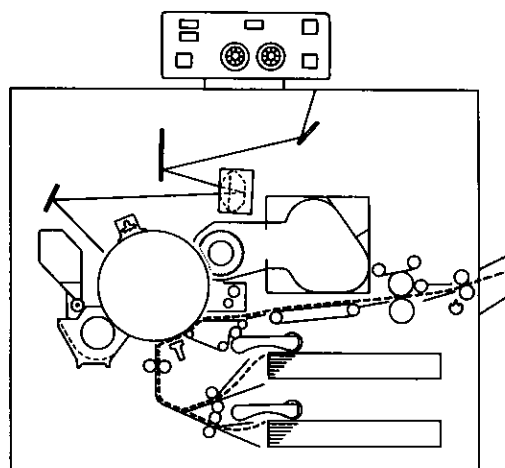


Fig.2-2 Internal configuration of U-Bix2000R

新規トナーの開発に成功した。トナーとしては定着部での必要な粘度、粘弾性を確保するための樹脂の分子量分布、オフセット防止のための離型剤の添加等、試作、評価の繰り返しが続いた。定着ユニットとしてはローラー材料（シリコンゴム、テフロン）、クリーニングウェブ（ポリアミドイミド不織布）、分離爪（ポリイミド）、ボールベアリングのフッ素系耐熱グリース等現在では通常の材料も当時は実用化が初めてのためテスト努力が続いた。

3) 現像剤トナー濃度コントローラーの採用

開発途中で、安定した画質を得るためには現像剤中のトナー濃度の安定をはかることが必須であるとの観点から、急遽開発に踏みきり採用した。現像器の中でネサガラスのリングを回転し、それに付着したトナーの濃度を光学的に検知し、トナー補給信号を出すやり方である。

4) 段ムラ対策に苦戦

光学系の原稿走査と感光体ドラム回転の同期不完全によるものであり、当時は経験も浅く、解析ツールも不十分で、開発当初から発売まで解決に大きなエネルギーを費やした。

2.4 U-Bix T

コニカにとって最初の絶縁性磁性トナー（DMT：Dielectric Magnetic Toner）を用いた一成分現像方式の複写機で、月間500~2,000コピー程度の顧客を目標に開発した普及型PPCである。(Fig.2-3参照) 重量50kgは当時最軽量の機械であった。普及機として、いかに電子写真

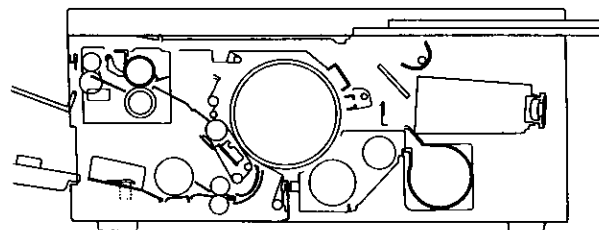


Fig.2-3 Internal configuration of U-BixT

プロセスを省略できるか、また、サービスフリーにどこまで出来るかという観点から開発された。

1) 一成分絶縁性磁性トナーは、いわゆるトナー成分にマグネタイトを含有させたもので、現像剤からキャリアが不要になり、PMサイクルから現像剤寿命を切り離すことができたという点で画期的なものであった。

2) 現像デバイスとしては、一成分トナーに安定した摩擦帯電を与え、トナー層厚を通常のドクターブレードで規制できるような構成にするために生産を考慮した苦心の設計がなされた。

3) 感光体は酸化亜鉛と色素を高分子材料でカプセル化することにより長寿命化をはかった。次の4) とあわせ2,500コピーの耐用となり、また、容易にその交換を行える構造になっている。

4) クリーニングとトナーの回収は現像ブラシで行う方式をとり、デバイスの省略をはかった。(ドラム2回転で1コピーサイクル)

2.5 セレン感光体へ移行

酸化亜鉛感光体のメリットを生かして評価を得たU-Bix複写機も、PPCの普及とともに要望される画質の安定維持、メンテナンスフリー(耐刷性)、コピーの高速化(感度)、高湿時の画像安定(耐湿性)を改善、実現してゆくためにセレン感光体を採用することになった。

3 U-BixVの開発

1978年、高信頼性のU-BixVを発売した。故障の少ない、安定した性能が市場で高い評価を受け、ロングセラーとなりV2、V3とシリーズ化された。

1991年7月、米国ルイジアナ州ニューオーリンズで開催された事務機ショー(NOMDA SHOW)で、今日の複写機事業に多大な貢献をした商品並びに功労者に対し、第1回の「複写機殿堂」表彰が行われた。この中で、ROYAL社のRBC115(国内名称U-Bix V)は、業界を代表す

る信頼性の高い機械として、今日の信頼性尺度の基礎を築いたとの評価をえて、複写機殿堂入りの栄誉を受け、KANSASCITYのNOMDA歴史博物館に展示されることになった。

これを機会に、開発当時を振り返り、市場動向、開発のポイントと狙い、採用技術等について述べてみたい。

3.1 当時の市場動向と競合機種

1970年に国産電子写真複写機の出荷が始まったが、当時の複写機は性能の割に大型で高価であった。このような状況下で、キヤノン社、リコー社より発表された液体現像剤による湿式PPCが、小型化、品質価格面で高い評価を受け、電子写真の普及に大きく寄与した。1970年代半ばから後半にかけては、湿式PPCの時代であったといつてよいだろう。

当時の有力競合メーカーの、開発状況につき簡単にふれてみたい。

1) 富士ゼロックス社

1962年日本で初めて、自動化された乾式PPC、FX-914を発表した。その後1970年代半ばにかけて、中・高速機を続々と発表しているが、特に高速機FX-9200(毎分120枚)は、われわれにとって驚きであった。富士ゼロックス社初の独自開発による、当時世界最小のFX-2200は1972年に発表された。紙送りにチェーンデリバリー方式を採用し、技術的にもユニークであった。1976年に発表された、FX-3103は機械構造をクラムシエルにした最初の商品であり、U-BixVの開発にいろいろと、ヒントを与えてくれた。

2) キヤノン社

独自のNP方式を採用した国産初の乾式PPC、NP-1100を1970年に発表した。その後1972年に発表したリクドライ方式のNP-L7は、電子写真複写機の市場拡大に大きく寄与した。湿式PPCではあるが、バランスのとれた商品であった。一方、乾式PPC、NP-1200(毎分12枚)、NP-5000(毎分22枚)はすでに発売されていたが、NP-L7ほど市場での活発な動きはなかったようである。

3) リコー社

1972年リコー社初の電子写真複写機、PPC900が発表された。しかし、1975年発表のDT-1200をぬきには語れない。後にU-BixVと並び評され、品質、価格の両面で高い評価を受けてPPC分野のトップシェアを獲得した。湿式PPCではあったが、小型でシンプルにまとめられた機械であって、U-BixVの開発当時最大のライバル商品との意識を持っていた。なお乾式PPCについては、その後1970年代後半まで発表されていない。

4) その他の競合メーカー

ミノルタ、東芝、シャープ、コピア、各社の乾式PPC市場への参入は数年遅れの1974年からである。1970年代後半にかけて各社それほど、活発な動きはなかった。

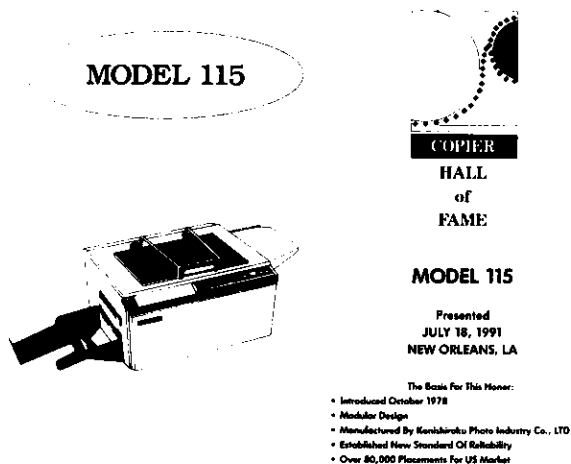


Fig.3-1 RBC 115 had the honor of being the first to be inducted into the Copier Hall of Fame

3.2 U-Bix V開発のポイントと狙い。

1) 設計方針

お客様に『いつでも、手軽に、美しい画像を、安く提供する』ことを商品コンセプトとして

(1) 高信頼性の確保

(2) 低価格化（販売、サービスを含むトータルコストの削減）

を設計方針に掲げた。

当時の電子写真技術のレベル、並びにわれわれの保有する技術力からすると、大きな困難が伴うものと思われたが、われわれは、この目標達成に向けて、多くの未知の新しい技術開発に挑戦することになった。

2) ポイントとなる技術手段

(1) オンデマンド感光体の採用

小径120φドラム状感光体（セレンテルル）の採用による機械の小型化と、プロセススピード（122mm/s）を低く抑えることにより信頼性の向上を図った。

(2) ユニット化

市場でのサービス性の向上と、製造工程での組立工数、調整工数の低減を図った。このユニット化の思想はその後のU-Bix商品群に受継がれている。

(3) マイクロコンピュータの採用

従来のカム及びマイクロスイッチとリレー等による制御からワンチップIC制御に変えた。パルスエンコーダー制御の採用により大巾な信頼性の向上と、部品点数削減によるコストダウンが達成できた。

(4) 紙の水平搬送

給紙から排紙まで無理のない水平搬送を採用して、紙搬送の信頼性向上を狙った。万一ジャムが発生しても、上述ユニット化との関連で簡単に、ユーザーが処理できる構造とした。

(5) 本体骨格の溶接一体構造

板金溶接一体構造の採用により、軽量化を図りながら装置全体の剛性を上げることができた。結果として機械全体の信頼性確保に寄与し、その堅牢性については、市場にて実証済みである。

(6) オイルレス熱ローラー定着の採用

当時の卓上型普及機の定着は、コスト面から、熱板ないしは赤外ヒータータイプが主流であったが、信頼性と安全性の面から、熱ローラー定着を採用した。徹底したVA・VE活動を重ね、大巾なコストダウンに成功した。

(7) 使用材料の選定

軽量化、コストダウンのため、従来多量に使用されていたアルミダイカストの使用を廃止、樹脂化の徹底と同時に、板金加工にも多くの工夫を凝らした。

(8) 使い勝手の改善

ウォームアップ時間は当時の乾式PPCの中では最短

の2分を達成したほか、操作部の入力手段としてテンキー方式を採用し、使い勝手の向上を図った。

以上開発の基本ポリシーにつき列挙したが、個々の電子写真プロセスの採用技術については次項で述べる。

3.3 採用技術

当時U-Bixシリーズの採用技術の大前提は乾式PPCであり、酸化亜鉛感光体を用いた乾式PPCを市場に送り出していた。しかし、故障せず安価に良い画質を容易に得るためには、将来の発展性に少なからず困難が予想され、「信頼性の向上」の標榜のもとに感光体をセレンドラムに変更する決断をした。このことは単に感光体の材料を変更するだけの意味にとどまらず、材料の特性を余すこと無く引き出すプロセス技術の変更は勿論のこと、機構設計技術や電子制御技術に多大な影響をもたらした。そのため、30件以上の当社にとって初めて採用する技術に挑戦せねばならなかった。その中には、国内初、あるいは世界初の技術も数多く含まれていた。当時は電子写真技術の黎明期であり、感光体一つをとっても、各社各様の技術を有していたし、また、競合機同士切磋琢磨していたことも事実ではあったが、これほど多くの新技術に挑戦したことは開発過程における大英断であった。

1) なぜセレンドラムを採用したか

まず、感光体の長寿命化が実現できた。従来のU-Bixシリーズで用いていた酸化亜鉛感光体の1,000コピーに比べ、60,000コピーが実現できた。感度は、当時セレン系感光体としては国内に類を見ない高感度であり、白色蛍光灯光源での半減露光量は約1 luxsecであった。セレンドラムは製造上、シームレス感光体が容易に得られるため、制御にオンデマンド方式を採用することができ、これにより複写機の小型化や制御の容易化が実現できた。従来機のU-Bix2000Rに比較して、感光体径で230mmφ→120mmφ、プロセススピードで240mm/s(20cpm)→122mm/s(15cpm)に低減することができた。なお、セレンドラム開発と生産は富士電気(株)の努力によって達成された。

2) ドラム周辺プロセスの新技術の紹介

セレンドラムの採用により、いわゆるドラム周辺プロセスは、従来機に比べ採用技術に大きな変更もたらされた。小型コトロンを用いた定電流型電源による帯電、転写。高圧交流放電による非接触静電分離方式。省電力と温度上昇抑制を目的とした白色蛍光灯による像露光等を揚げる事ができる。また、セレンドラムが滑面感光体であることを利用して、ブレードクリーニング技術を採用することができた。これにより従来のファープラシクリーニングに比べ小型化、低騒音化、低コスト化が実現できた。反面、滑面感光体のため、現像性が従来の酸化亜鉛感光体に比べて劣る面を、現像幅を拡大するレーザーマグネット現像方式を新たに開発し、弱点をカバーした。

3) 徹底した給送信頼性の向上

給送信頼性を上げるため、水平搬送方式を採用した。これに付随して、現像剤の位置が当時の常識を覆すほど上方に、感光体のほぼ水平の位置に設定された。これは新たに現像剤やトナーの飛散防止技術が織り込まれたことを意味している。また、コピー紙の補給を容易化するための給紙カセット方式の先鞭をつけた。

4) 新たなる制御技術を目指して

今日では常識になっているマイコン技術やオールソリッドステート回路を搭載し、本格的に市場に登場した極めて最初期の複写機の一つであった。4ビット1チップマイコン (NEC μ PD-546) を搭載し、従来機種でのカムやリレーをなくすことができた。そして他社より木目細かいプロセス制御が可能となった。また、従来多用されたリレーをソリッドステート化することで、リレーの開閉音がなくなったばかりでなく、制御素子の信頼性が飛躍的に向上した。蛍光灯の光量安定化技術も、当社初めての試みであった。蛍光灯をインバーター制御し、さらに常時フィラメントに微小電流を流すことで、点灯の立ち上がりを安定化することができた。トナー濃度を制御するためのパッチ方式を国内で初めて開発した。これは、画像域外のドラム上に、一定濃度のパッチ画像を作成し、この1次画像濃度をフォトセンサーで計測する方法である。今日、現像剤のインダクタンスを計測する方法と双壁を成している。従来機に採用されていたネサガラスを用いた光学方式のトナー濃度検出方法に比べ、部品点数が極めて少なく、装置の信頼性を上げることができ、また、1次画像濃度を監視して、感光体や現像剤の特性が変化しても画像濃度を一定に保てることができた。さらにこのフォトセンサーを用いて、感光体へのコピー紙巻き付きジャムを検知する制御も兼ねさせた。トナー補給警告については、当時の技術ではトナーホッパー内のトナー検知の確実な方法が確立されておらず、装着されていない場合がほとんどであったが、今日ではどの複写機にも着いているピエゾ素子による検知方法を、世界で初めて開発した。

5) その他の新しい素子や補助材料の開発

複写機内の吸湿防止のため、ヒーターを設置したが、ニクロム線ヒーターに代わり正特性サーミスタを採用した。自己温度制御素子のため、温度制御が不要であり、安全性が高い利点を持っており、今日の機内ヒーターのほとんどがこの素子を採用している。また、セレンドラムの性能を維持するため、幾つかの補助材料としてセッティングパウダー、リファイナー、ドラム清掃布等が開発された。

6) 生産技術への波及効果

セレンドラムの合否判定と、初期電位調整のため、ヘリカルスキャン方式のドラム検査機を、富士電気(株)

と共同開発した。また、この初期電位を市場で容易に調整できるメンテナンスツールを開発し、複写機の電流調整により、所望の感光体表面電位を得るシステムを確立した。前項ですでに述べた機構設計でのユニット構造は、新たな組み立てラインの導入をもたらしたことを付記しておく。

3.4 成功の要因

以上記憶のうすれるなか、当時を振り返ったが、U-Bix Vの成功はどのように達成できたのであろうか。

その1つは、開発姿勢が基本に忠実であったこと。今一つは、PTリーダーのもと開発担当者一人一人が、目標達成のため最後まで執念を持ち続け得たことではないかと思う。U-Bix Vで開発された基本技術は、その後改良を重ねながら、今日迄延々と受継がれていることは、われわれ関係者にとってはこの上ない喜びである。また、本寄稿が、今後の商品開発の一助となれば、幸いである。

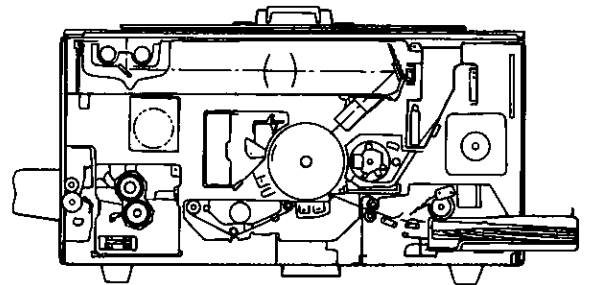


Fig.3-2 Internal configuration of U-Bix V

4 セレン系感光体中・高速複写機の開発

コニカ複写機の発展は1971年に国産初のPPCであるU-Bix 480からスタートし今日に至っている。この間、採用技術は感光体や現像剤は言うに及ばず、とりわけ電子部品の著しい時代的進歩に影響され変化してきた。

このような観点でみると、中・高速機の幕開けは1982年に発売されたU-Bix4500である。

4.1 U-Bix4500

当時(1980年代初め)は、セレン系感光体では毎分40枚まで、ミラー移動式光学系でもやはり毎分40枚までがコピー速度の実用限界であろうと一般に言われていた。

そんな時代に、U-Bix4500は中・高速母体機の位置づけで、感光体にハードセレンドラムを採用し、ミラー移動式光学系では最高速の毎分45枚、デスクトップ形式の小型化構造を設定した。さらに、大サイズの高速化のためにA3縦送りとした。この技術は単に大サイズのコピー生産性を向上させただけでなく、後述する姉妹機であるU-Bix 5000(毎分50枚)においてA2コピーを実現させ、他社機との大きな差別化機能として評価されることになった。

現像剤についていえば、高画質化のためにスーパーホ

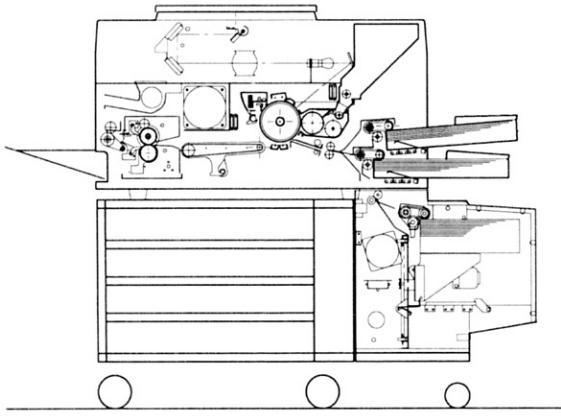


Fig. 4-1 Internal configuration of U-Bix4500



Fig. 4-2 U-Bix5500

ールキャリアが開発され、また省資源化のためにトナーリサイクル方式の採用を決断し、低温定着が可能な流動性の良い新規トナーの開発も併せ行われた。

今日では当たり前の機能であるが、APS：Automatic Paper Selector(自動給紙選択機能)、AMS：Automatic Magnification Selector(自動倍率選択機能)、EE：Electric Eye(自動濃度選択機能)とADF：Automatic Document Feeder(自動原稿送り装置)、ソーター等新しい時代のオフィスワークを先取りした機能が開発された。

「電子の目、APSを持った多機能高速機がいま2段階縮小機能を備えて登場。」がU-Bix4500のキャッチフレーズである。

フォトセンサーを初め各種センサー技術の進歩とその導入により、飛躍的にコピーの自動化が進められ、いくつかの国産初、世界初の機能を織り込んだ製品となった。

複写機はまだ市場での保守、点検作業を必要としている。サービス性向上は顧客優先の第一条件であり、メンテナンス対象機能に付いては、全てユニット化して調整、清掃、交換等の保守性を向上させた。機械コストは若干高くなるが、トータルコストを考えれば当然のことと判断した。

4.2 U-Bix5000シリーズ

U-Bix4500の開発思想と基盤技術の基本的部分を継承しU-Bix5000は1984年に発売された。特筆すべき技術の変化はDCサーボモーターとそれを支える制御技術の採用にあると言える。これにより、きめ細かな制御が可能となり高速化や高機能化を比較的容易に実現できるようになった。100分の1秒も無駄に出来ない高速機の開発には必要不可欠な技術であった。

またU-Bix4500より一段とユーザーフレンドリーに、メンテナビリティに、そして何よりも信頼性確保に力点が置かれ開発された。操作部に初めてメッセージディスプレイを採用したこと、原稿をプラテンの上に置くだけで原稿サイズが判別出来る静止型APSや、コピー生産性を落さずに原稿濃度を検知するリアルタイムEEの搭載、

A2コピーの実現は他社に先駆けた技術であった。

また、給紙ユニット、排紙ユニットが機外に簡単に引き出せる構造はジャム処理の容易性とメンテナンスのやり易さを考慮したものである。

ADU：Automatic Duplexing Unit(自動両面コピーユニット)はU-Bix5000で市場オプションとして開発され、以降標準装備の機能となった。

さらに、10%のスピードアップと両面原稿対応型ADFと自動両面ユニットを搭載し、両面原稿を両面コピーする完全自動化を実現したのがU-Bix5500である。コニカ初の業界に先駆けての自動コピーマシンである。

4.3 U-BIX5070シリーズ

市場においても予想通りの機能、性能を發揮し好評を得たU-Bix5000のシリーズ後継機として、さらに機能の充実とコピー生産性の向上による事務の効率化を追求したU-BIX5070、5170(共に毎分70枚)へと展開した。

5070シリーズの特徴はA4毎分70枚の高速性と、トータルパワー(コピー生産性、コピー前後処理の自動化)を徹底的に追求した製品として位置づけられる。近年最大のセールスポイントであるフロントローディング方式を採用し、大量給紙(3ウエイ4,500枚)と多彩なコピーワークに、パワフルに対応した。また、製本機能に必須な章分けのためのインターシート機能を搭載し、文字通り

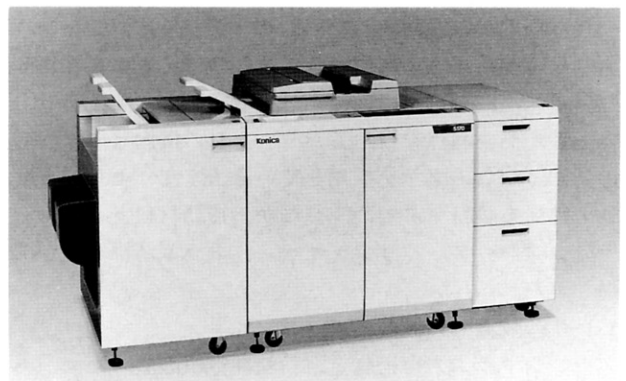


Fig. 4-3 U-Bix5170

自動印刷・製本機の領域を意識した開発であった。

特にU-BIX5170に搭載したRDH：Recycle Document Handler（循環式原稿送り装置）とFIN（ステイプルとパンチの製本化装置）はいずれも国産初であった。

サービス性の面での進歩は、U-Bix4500ではPM30,000コピー毎、機械寿命1,000,000コピーであったのに対し5070シリーズではPM100,000コピー毎、機械寿命3,000,000コピーと大幅に増大し、お客様の不便さをより改善できた。さらに、5076（毎分76枚）、5082（毎分82枚）へとより高速化と高生産性が進められている。

4.4 今後への対応

これまで述べてきたようにコニカ中・高速機の母体機ともいえるU-Bix4500、5000には最近複写機業界でも特に注目されてきた高コピー生産性、省スペース、省資源設計、オフィス環境対応設計等の設計思想は開発の構想段階から明確に位置づけられ、かつ織り込まれた技術は形態こそ革新的に変更がなされたが、その基盤技術は的確に受け継がれ、10年以上も根幹をなしてきている。

このように、開発は根幹となる技術を共有しつつ、常に多様化するニーズにより早く対応し、コスト競争力を維持し、環境問題へいち早く対応しながら進められた。

これらの技術を集大成すべく新たな高速機の開発に向けて、環境保護への対応、オフィス環境と人間との適合性を図るための機能の充実とコピー生産性向上による事務の効率化を目指して製品開発が進められている。常に使う立場に立った構想と技術への関わりが製品開発を担っている。「信頼のコピー」を維持しさらに発展させるためには更なる給送の信頼性、高画質、高生産性、操作の容易性の追求が今後も永遠の課題であると考えられる。

5 低・中速機の開発（OPC系感光体）

'80年代に入ると、複写機、特に普及機では、小型化、メンテナンスフリー化、低コスト化の動きが急速に進展した。この動向にいち早く注目し、耐熱性、取扱いの容易性、無公害性、材料開発の自由度が大きいことなどの利点を有するOPC系感光体の採用が進められた。最近では、セレン系感光体を凌ぐ高感度で高耐久性を有するOPCも開発され、普及機用から中・高速機用としても採用を進めている。近年、特に環境保護への対応が重要な開発課題であるがまさにOPCは「環境にやさしい」感光体として受け入れられており、更なる特性改善や高耐久化が要望されている。

5.1 U-Bix1200

OPCの適用は'84年に発売したU-Bix1200に始まる。この複写機は、一成分現像剤を採用し、低価格、小型化、メンテナンスフリー化を狙いとして、B4サイズから名刺までコピーができ、毎分12枚（A4）のコピー速度を持つ本格派普及機である。（Fig.5-1）

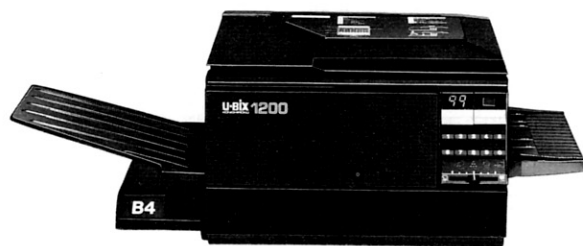


Fig.5-1 U-Bix1200

メンテナンスフリー化を実現しやすく、かつ、小型化に適し耐久性もある感光体としてOPCが選択された。耐用は10,000コピーである。メンテナンス、サービスの容易化と小型化、高画質化を狙いとして、スコロトロン帯電極、クリーニング、OPCドラムを一体型のカートリッジ交換方式とし、現像には、従来のU-BixTに採用された一成分磁性トナーを耐湿面、画質面で大幅に改良した絶縁性一成分磁性トナーを、光学には、セルフォックレンズアレイを採用し、徹底した小型化とメンテナンス容易化を図った。また、クラムシェル構造をコニカで初めて採用し、ジャム処理の容易化も図られた。

5.2 U-Bix1550MR

低・中速機にOPCを本格的に適用を開始した最初の機械が、'86年に発売されたU-Bix1550MRである（Fig.5-2）。従来のコニカの低・中速機は、セレン系感光体ドラムを採用していたが、ドラムの結晶化という基本的な問題をかかえていた。また、複写機業界では、低・中速機での小型化、メンテナンスフリー化、低コスト化、そして多機能化への気運が高まりつつあった。このような社内外の動向の中で、OPCを感光体とし、絶縁性キャリアを用いた二成分現像剤採用による複写機U-Bix1550MRを発売した。ドラムの耐用は20,000コピーである。本機は一般的なオフィス用複写機として、A3サイズから葉書までコピーができ、最も需要の多い毎分15枚（A4）のコピー速度に加え、3段階の固定倍率と65%～155%までのズーム変倍、EE機能、マスク、トリム機能といった多機

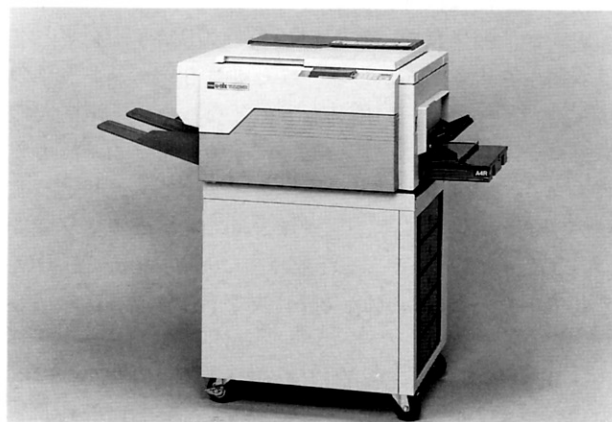


Fig.5-2 U-Bix1550MR

能を有し、モノカラー（4色）コピーも可能な、コンパクトな複写機である。

メンテナンス、サービスの容易化は、OPCの前述した利点を活用して、U-Bix1200の思想を継承し、スコロトン帯電極、クリーニング、OPCドラムを一体型カートリッジ方式とし、現像器はトナー補給一体型の構成とした。その結果、従来機と比べても大幅なコンパクト化が図られた。

この思想は、'87年発売のU-BIX1012（ドラム耐用30,000コピー）、'88年発売のU-BIX1017（ドラム耐用60,000コピー）、'89年発売のU-BIX2025（ドラム耐用60,000コピー）へと続いた。

5.3 U-BIX4045

現在OPC感光体を使用した当社の最高速機は、U-BIX4045である（Fig.5-3）。この機械はコピー速度が毎分45枚（A4）で中級機のなかでも高速の複写機であり、OPC感光体の耐久も100,000コピーまで延びている。この性能はコピー速度、耐久性ともにセレン感光体を使用した場合を凌ぐものであり、近年、各分野にて環境への配慮が強く叫ばれているなかで、販売台数の多い低・中級機において感光体をOPC化できたことは画期的なことである。

U-BIX4045シリーズ（U-BIX2028、3035、4045）は、はじめに毎分35枚のスピードを持つU-BIX3035の開発からスタートした。従来、このクラスではセレン感光体を使用され、PMサイクル20,000コピー、ドラム耐用60,000コピーの性能であったがU-BIX4045へのシリーズ化を考慮し、PMサイクル50,000コピー、ドラム耐用100,000コピーの目標が立てられた。また、将来の高速機への発展を考え、機械の基本性能としては50～55枚のスピードを狙えることが条件とされた。ほかにも、競合他社機に比べ世界最軽量で最コンパクト、高信頼性の達成、高画質の実現といった目標が掲げられた。

これらの目標を達成するためにU-BIX3035では、感光体、現像剤、機械構成のすべてが新設計となった。感光体では新たに高感度、高耐久のOPC感光体が開発され、現像剤では高現像性、高耐久のキャリアート、小粒径のトナーが開発された。その結果、目標のPMサイクルとドラム耐用を得ることができ、また画質もハーフトーンの再現性と世代コピーに優れたものとなった。機械構成ではフロントローディング給紙、6枚ミラー光学系が採用され、コンパクトな機械と、オフィスの中でも違和感のないデザインが実現できた。機械重量でも従来の複写機では2kg/cpmが下限であったものを1.69kg/cpm（U-BIX4045にいたっては1.34kg/cpm）まで下げることに成功した。

U-BIX4045はU-BIX3035との部品共通化率が60%以上の目標でスタートしたが、結果としては90%以上の部品を共通に使用することができた。毎分10枚のスピードア



Fig.5-3 Konica U-Bix4045AF
[DB301(2段PFU,ADU付)、ソーター(ST-206)付]

ップであったが、光学モーターのパワーアップ、ミラーの反射率の向上、および定着ローラー、ランプ等定着ユニットの変更で対応することができた。さらにU-BIX3035にはないメモリーカードの採用、各種サービスデータの収集などの機能を織り込み、操作性、サービス性を向上している。

Fig.5-4に当社のOPC感光体使用機種を発売年ごとに示した。1989年以降急速に高速化、高耐久化されていることが判る。現在はU-BIX4045の技術をベースに当初の計画どおり毎分55枚の高速機がOPC感光体で開発されている。近い将来さらに高速の複写機でもOPC感光体を採用すべく努力しているところである。

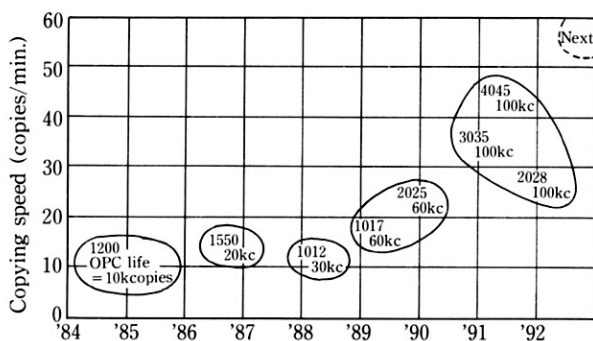


Fig.5-4 Increase of copying speed and OPC life

6 カラーデジタル複写機の開発

1984年ごろから、次世代の主流技術がどのような方向に行くかという調査検討や議論が続けられていた。その中で一致した見方は、電子技術、OA機器、情報伝達等の変化の中で、キーになるものはデジタル技術であろうということであった。

そこで、次のような方向づけがされた。

1) 技術の現状分析

電子写真は高解像力、高速化に適している。モノク

ロではアナログ技術の方が低価格である。
 スキャナー、画像処理にメモリーを使用するのはコスト的に不利である。

2) 市場及び商品動向

ディスプレイ及びソフトのカラー化は進んでいるが、カラー複写技術が遅れており、カラーオリジナル作成が普及していない。

3) 今後の成長の条件

カラー需要喚起により、カラー化時代の先取りが重要である。

4) コニカの特徴

電子写真技術をベースに展開する。

以上のような背景の中にあって、次のような選択を1985年初頭に提案をした。

(1) 第1ステップ

電子写真エンジンの低価格化を前提として、その技術を武器に……

- 1) カラーデジタルコピーの開発。
- 2) G4高速ファクシミリに参入。

(2) 第2ステップ

1) カラーレスキャナー及びカラープリンターを軸として既存システムや商品のカラー化を狙う。

6.1 製品開発の歴史

1) コニカ8010

オフィス文書のカラー化の進んでいない中で、「使い易い複写機を提供し、オフィスカラー市場を創出する」という命題で開発されたのが、コニカ8010 (COLORBIT) である。市場が定まらない状況下にあっては、明確な商品コンセプトを設定、市場をリードしていく必要があり、次のような狙い目をおいた。

- (1) オフィス文書の98.5%が黒、赤、青で構成されており、この3色が表現できる。
- (2) 大部分を占める黒文字が忠実に再現できる。
- (3) 圧倒的割合を占める黒文字を簡単にカラー文字に転換できる。
- (4) オフィス用として受け入れられるため、従来の複写機と仕様上 (価格、大きさ) 大きな差がない。

以上のような狙いのもとに、コニカ8010は、1988年9月に発売された。新規技術有効性が、実際に立証され、後のデジタル機の展開の基礎になったばかりではなく、カラー複写機に対する市場の期待、使い方、問題点等が実際に把握された。

2) コニカ8028

コニカ8010が早期市場参入、短期決戦を指向した商品であるのに比べて、その次に開発されたコニカ8028は本格的に“オフィス情報に付加価値を与えるPPC”として企画された。そのためには、

- (1) できるだけ通常複写機の機能性能を備えていること

- (2) 機械及びコピーコストともに従来機の延長で考えられるもの

- (3) ユニークな機能性能をもち、販売チャンネルの活性化につながるもの…

ということで開発途中において何度か見直しがされながら、1990年2月に製品化された。

3) コニカ9028

市場の動きから、また、担当技術者の間からもフルカラー機に対する要望が強くなり、1987年ごろから開発に着手したが、当時はまだ、乗越えるべき技術ハードルが高く、4色現像器は備えたものの、フルカラーではなくマルチカラーという表現をしていたし、スピードも毎分15枚で企画されていた。その後、世の中の変化と技術水準が上がったこともあり、フルカラー、毎分28枚を実現したという経緯を経て、1990年末に当社初のデジタルフルカラー複写機として発売された。商品の狙いは、従来のデジタルカラー複写機のものが踏襲されていたが、それらに加えて“黒再現を含む高画質の追求”がつけ加えられた。とにかく、当社におけるデジタルフルカラー技術の歴史的なスタートと言えるものであった。

6.2 新規技術の開発

1) 画像読み取り

原稿のカラー情報を電子信号に置き換えるためには、いろいろな方法があるが、ラインメモリーを持たずに、リアルタイムで作像をするために、色分解プリズムを用いる方法をとった。入って来た光をプリズムで分解し、1ライン5000画素のCCDに入射させるもので、3色カラーは2分解、フルカラーは3分解して色信号を取り出している。このCCDの取付要求精度は非常に高いもので、接着時の固着精度、自己発熱による位置ズレともに、0.5µm以下のものである。これを達成するためコンピューターと連動した15軸の自動位置決め装置が開発された。

Table 6-1 Our copier specification of Digital color

	8010	8028	9028
Type	Desk-top	Console	as follows
Platen	Fixed	as follows	as follows
Copy size	B4	A3	A3
Copy speed	Mono color	11cpm	28cpm
	color	3cpm	9cpm
Resolution	400dpi	as follows	as follows
Developer color	Black, Red, Blue	as follows	Black, Red, Blue, Magenta, Cyan, Green, Yellow
Special function	•Color conversion by marker	•as follows •Mono color reversal •Lateral/vertical magnification changing •ACS	•as follows
		•Photo mode	•Screen pattern

2) 画像処理

3色機の場合は、分離された赤光とシアン光が、電気信号に変換され、シェーディング補正（白色で全画素を補正）、AD変換処理後、テーブルルックアップ方式により、赤、青、黒、白の4色信号に変換される。この際、色データと濃度データに分離される。そのあとゴースト補正、MTF補正、多値化処理（5階調、または64階調）され、記録部のレーザ駆動回路に送出される。また、色データを基に原稿上のマーカーで指定された閉領域が検出され領域内で各種の処理（色変換等）が可能になる。フルカラー機の場合は、レッド、グリーン、ブルーの光信号を各種処理をへて、イエロー（Y）、マゼンタ（M）、シアン（C）、ブラックとしてレーザ出力に変換される。この際、トナーの上にトナーを重ねて色を作るため、マスキング補正、KNC補正、下色除去が行われ、ルックアップテーブルのメモリ容量は、3色機の128倍の2MBが必要となる。また、モアレを出来るだけ少なくするため、文字と写真のモードを分けるフィルター処理を行っている。このプロセスでは、鮮明な黒を得るため、黒単独で現像されるが、これもY・M・Cが重なった部分を均一に黒にするのではなく、濃度に応じてその置換率を変えている。

3) KNCプロセス

カラー複写機を構成するにあたって、他にはないKNC（Konica New Color）プロセスを採用した。これは、中心に配置した感光体の周囲に、スコロトロン帯電器、レーザ露光装置、3個（赤、青、黒）または、4個（Y・M・C、黒）の現像器、転写分離装置、クリーニング装置を配している。感光体一回転毎に、帯電、像露光、非接触反転現像からなる工程を4回繰り返したあと、一括し転写する、多重転写式を採用している、感光体上に残ったトナーは、画像形成中解除されているクリーニングブレードが当接されることにより除去される。この構成は、他の方法に比べ小型化が図られること、各画像間の位置合わせが容易なこと等の利点がある。この技術を実用化するには、いくつかの課題がある。

(1) トナー像の上からの帯電と露光

前に付着したトナーによって、レーザ光の感光体への照射量、表面電位の変化量は変わるが、トナーがない時に類似した挙動が現出するように、諸条件を制御する。

(2) 非接触現像法

すでに現像された画像を損傷したり混色が発生しないような薄層の安定形成、（トナーのみ選択的に現像）、現像ギャップの維持、最適現像条件の維持等が必要になる。

6.3 資材

1) 感光体

新規電荷ブロッキング層（CBL：Charge Blocking Layer）

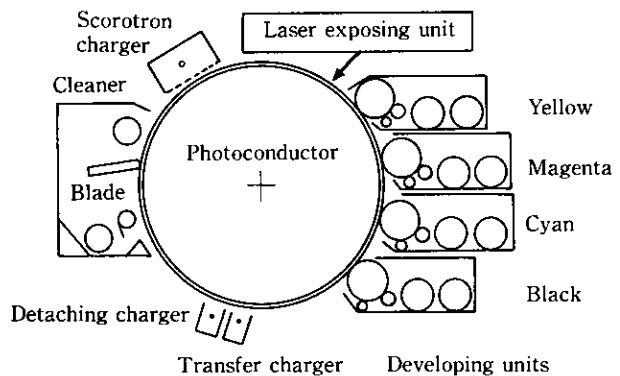


Fig. 6-1 Schematic diagram of printer

の採用による微視的な帯電電位の均一化を図った。このCBLの機能は、基体からの正孔の注入を基体とCBL界面で阻止し、電荷発生層中で生成した電荷を速やかに基体へ通過させるものである。この新規CBLの採用により、従来のOPCに比べ、繰り返し使用による帯電電位及び残留電位の変化量を半分以下にすることができ、画質の安定化が実現できた。

2) 現像剤（トナー及びキャリア）

トナーとキャリア、トナーと感光体間の物理的付着力の軽減を目的に、トナーに大粒径の外部添加剤を採用し現像性、転写性ともに大幅に向上させることができた。耐久性の向上に対しては、キャリアへのトナースペントを抑制する目的で、トナーに耐衝撃性に優れたバインダーを採用、従来のバインダーに比して薄層形成部でのトナー微粉の発生率を約1/2に抑制できた。また、キャリアに小径、低磁化キャリアを採用することで、総合的にキャリアへのトナースペント量を従来の半分にすることが可能となった。

●参考文献

- 1) 伊藤国雄：Konica Tech. Rep.,2, (1989)
- 2) 田村,板谷,松縄：電子写真学会誌,28, (1989)

7 感光体の開発

C.F.Carlson¹⁾が、1938年に行った最初の乾式電子写真法の実験では、金属板の上に作られた熔融硫黄の層が感光板として用いられた。しかし、その後、1944年からBattelle Memorial Instituteで行われた開発では、Bixby²⁾等の発明をへて、無定型セレンを用いた感光板が主として研究の対象となった。そして、これらの開発成果を結集した最初の電子写真複写機、914Xerox Copierにはよく知られているように、蒸着セレン層を持った感光ドラムが搭載された。時代を下って、1970年にIBMが販売をはじめたIBM Copier Iでは有機感光層をコーティングした感光体が用いられ、早くもその後の主流となる感光体の二大技

術が出そろった。

これとは別に、RCAのYoungとGreig³⁾が1954年に発表した“エレクトロファックス”は、Carlsonの方法のモディフィケーションであったが、Charles Bruning社、American Photocopy Equipment社、SCM社等が商品化を果たした。この技術は感光体そのものを出力媒体に使うことから、「普通紙複写」が次第に盛んになる時流に取り残され、1970年代にはほとんど姿を消してしまっただけであるが、その後の感光体技術に「酸化亜鉛感光体」を遺したという点で無視できない影響をもっている。

7.1 酸化亜鉛感光体

さて、当社の乾式電子写真技術は、最初にエレクトロファックス方式の商品化を行ったために、感光体として酸化亜鉛、バインダー型を採用してスタートすることになった。無機半導性粉末の樹脂分散型感光体共通の欠点として、疲労現象が大きく、機械的強度も充分ではなく、当初U-Bix480に搭載された酸化亜鉛感光体は、二面のシート状感光体を装填して、あわせて僅か400コピーの耐用をもつにとどまった。さらに、後継のU-Bixにも、しだいに耐用を向上した酸化亜鉛感光体が搭載され、酸化亜鉛感光体の実用技術はさながら当社の独壇場の観さえ呈したのであるが、そのなかでも金字塔と目されるのが社内でCLMと呼称する超高耐久酸化亜鉛感光体である。⁴⁾この感光体に用いられた技術を要約するとつぎのとうりである。

1) 増感に用いる色素、ここではローズベンガルを酸化亜鉛粒子表面に強く結合する。そのために、従来常用されてきたローズベンガル・2Na塩に替えて、これを強酸分解して得られるローズベンガル酸RB(OH)COOHを用

いる。一方、酸化亜鉛粒子は充分加熱乾燥して物理吸着水を取り除いておいて、表面の塩基性水酸基を露出せしめておき、ローズベンガル酸をこれに対して強く造塩結合させる。理論結合量に近づくに連れ、吸光波長の強いブルーシフトが起こる。

2) 色素増感済みの酸化亜鉛表面に、なお残存する化学吸着水による-OHをアンカーとして、シリコンウレタン樹脂、乃至シリコンエポキシ樹脂をグラフトしてカプセル化する。重合体カプセルはこのあと熱と架橋剤で架橋して強度を向上する。

こうして得られる感光体は、従来型酸化亜鉛感光体に比べて、光への暴露によっても退色が起こりにくく、また、従来酸化亜鉛感光体の動作に必須とされた帯電雰囲気中のオゾンがなくても、高い帯電能を示す (Fig.7-1) ことから、従来のように、帯電器周辺でオゾン濃度を高く維持する必要がない。かくして、1979年、U-BixTに2500コピー耐久のシート感光体として実装される酸化亜鉛感光体が完成したのであるが、酸化亜鉛感光体でこれを越える耐久性はその後にも公になってはいない。

7.2 セレン系感光体

酸化亜鉛についてU-Bixに実装されたのはセレンテルル合金でなる感光体であって、その嚆矢はU-BixVである。これより後のU-Bixではただ一つの例外(1987年発売のLP-3005レーザービームプリンター)を除いてドラム形状のセレン合金、または、OPC感光体が採用されることになる。

最初のセレンテルル感光体はFig.7-2 (a) に示すような、

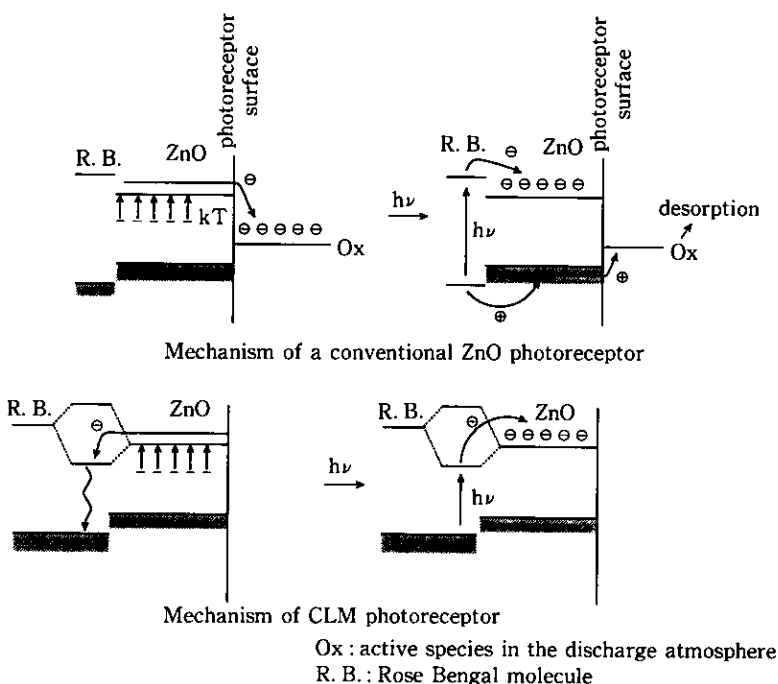


Fig.7-1 Comparison between conventional and CLM zinc oxide photoreceptors

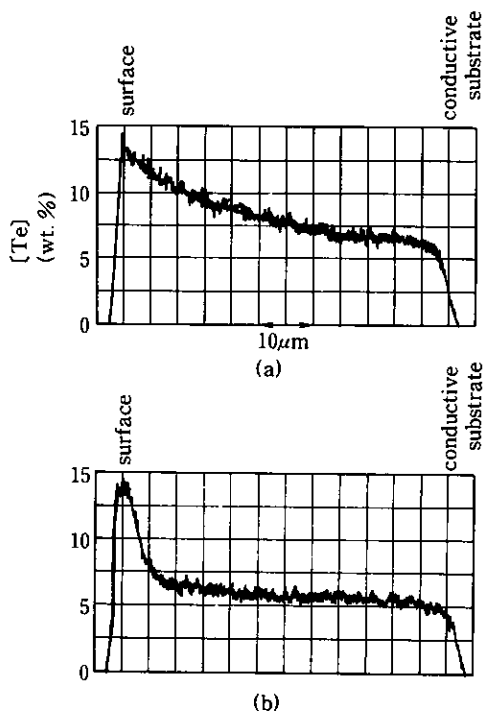


Fig.7-2 Two types of selenium-tellurium photoreceptor; tellurium concentration profiles across the photosensitive layer

感光層の基板側から表面へ向かって、単調に層内のテルル濃度が増加するタイプのものであった。セレンテルル合金融液の蒸発表面の組成がバルク組成と同一になるような設計の蒸発器を用いた場合に、セレンテルル合金系の単蒸留の曲線として与えられるプロフィールである。このような感光体では最表面に急峻なテルル濃度の立ち上がりがあり、光吸収層である最表面から基板側へ向かう正孔に対して大きな輸送バリアが形成されており、そのためかなり大きな残留電位が現れる。これに対して、当社が1982年に本格的に生産開始したセレンテルル感光体は、それまでの処方残留電位の高さを解消し、しかも、比較的高い使用温度でも高い受容電位を維持する同図 (b) のようなテルル濃度プロフィールの感光体であった。これは平坦で高い濃度のテルルを含有し、従って高い感度を示す外層と、やはり平坦だが低い濃度のテルルを含有する内層からなる処方であって、内外層のテルル濃度の落差は (a) の場合に較べて小さいので、正孔輸送のバリアの高さによる残留電位はより小さくなる。また、全感光層を通じてのテルル濃度の総和を低くするように内層のテルル濃度を低く抑えてあるので、高温での熱励起キャリア密度も小さく、高い受容電位を示すものである。

さて、セレンテルル感光体は当初は30,000コピー、後には80,000コピーの耐用を満すようになる。動作光量もCLMの8~11lx・secに比べて4.8lx・secにまで向上し、「高耐久化、高感度化」という感光体開発の二大テーマはここに極みを迎えたかに思われた。

しかしながら、このようなセレンテルル感光体は一つの致命的な欠陥を持っていた。それは、電子写真感光体が、その後加速度的に進展したPPCエンジンの小型化の流れの中で、露光、定着装置といった発熱部分との物理的距離を保証されにくくなり、次第にこれらからの熱の影響を大きく受けるようになり、無定型状態で機能するセレンテルル感光体がPPC機内で熱の影響を受けて結晶化してしまうことが、この感光体の耐用を極めて不安定なものにしたからである。Fig.7-3はこの間の事情を説明している。ここには、かなり初期のU-Bix1600とU-Bix3300の実質的耐久コピー数(40°Cでの値)とテルルを15%含有する感光体材料の示す結晶化速度の温度変化の様子が示されている。セレンテルル感光体のPPCエンジンの中での耐用がわずかに20~30時間であるという事実は、他の電気、電子機器類と比較して驚くべきことではあるが、さらに、この耐用は機内温度が10°C上昇すると半減することが理解される。いわば、セレンテルル感光体の耐用は、その結晶劣化にいたる短い時間内にすばやく何枚の複写を行えるかによって決まるのである。

このようなセレンテルル感光体の耐久性を補う方法としては砒素のような五族元素を加えて感光層に架橋結合

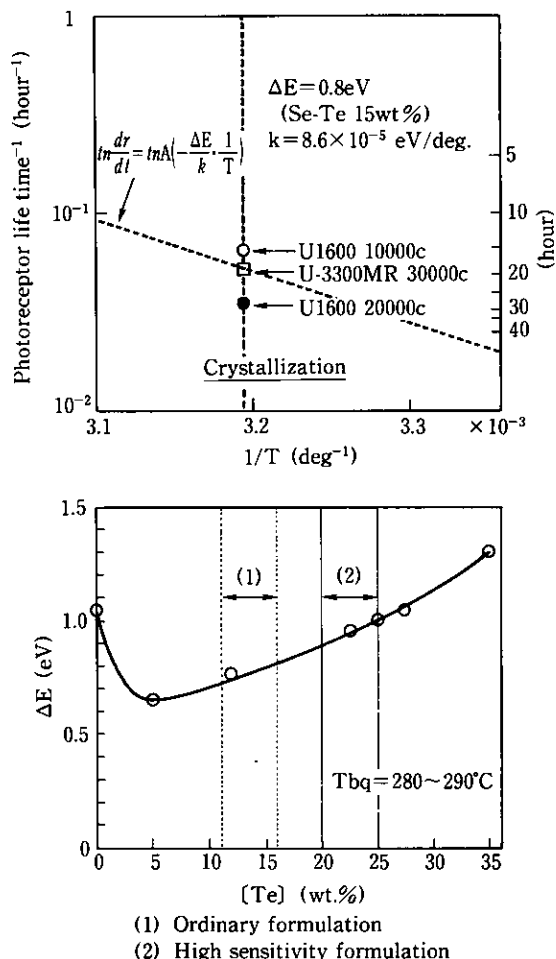


Fig.7-3 Durability of the Se-Te photoreceptor in copier machines

を導入し、分子運動を妨げて結晶化を防止することが行われる。事実、U-BixにあってはU-Bix3300以降の高速機には現在にいたるまでAs₂Se₃合金でなる感光体がいわれている。しかしながら、当時、まさにOPC感光体が、ようやく初歩的な諸問題を解決しつつあった時期でもあり、セレンテルル感光体は急速に中・高速機の主力感光体の地位をOPCに譲っていった。折から高画質化のためにソフト現像(すなわち、従来の鉄粉キャリアに替えてフェライトキャリアを使い、また、現像器と感光体とのギャップを広くとるなど)の傾向が強まり、セレン感光体の表面に発生する結晶核を現像器による摺擦で除去することが困難になりつつあったことが、この事態の進行を早めた。

7.3 OPC感光体

OPC感光体を当社が最初に実用化したのは1984年発売のU-Bix1200においてである。動作感度は6.2lx・sec、耐用は15,000コピーであったが、世界的にみてもキヤノン社が1982年秋に上市したOPCに次ぐドラム型OPCであり、キヤノン社のものが耐用わずか2000コピーであったことと較べると、初めての高感度、高耐久のドラム型OPC⁵⁾で

あった。また、シート型OPCを加えても、国内ではリコー社が1981年に上市したFT-4700（耐用10,000コピー）が先行しただけである。その後、当社のOPCはFig.7-4に示した如く感度と耐久性を着々と向上しつつある。このようなOPCの高性能化に与って力あったのは、当社の非晶質バインダーと酸化防止剤に関する技術⁶⁾、ならびにスチリルトリフェニルアミン系キャリア輸送物質⁷⁾についての技術である。非晶質のビスフェノールZポリカーボネートは、CTM：(Charge Transfer Material)のバインダーに用いると強靱なキャリア輸送層を与え、しかも、オゾン透過性が低いので、感光体内層、特に下層のCGL：(Charge Generating Layer)をオゾン劣化から保護する。これに各種の酸化防止剤を併用すると、感光体の劣化を大幅に低減することが可能である。また、スチリルトリフェニルアミン誘導体は高電界域で $10^{-5} \text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{sec}$ に及ぶ高い正孔輸送能を示す⁸⁾ことが明かとなってきている。このような高速度化、高耐久化の技術の成功によって、OPCは次第に適用上限の複写速度を上げており、これまでの As_2Se_3 ないし、a-Si感光体に代わって、毎分50枚を超えるPPCエンジンにドラム型OPCが採用されるのはそれほど先のことではない。

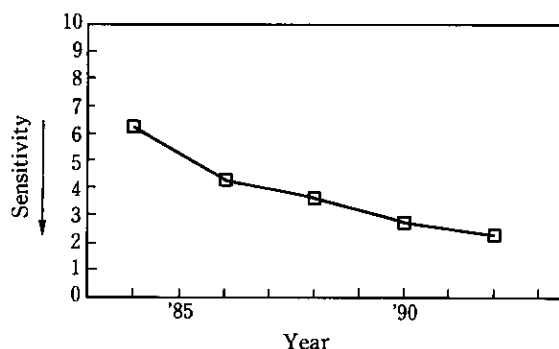
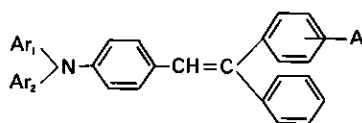


Fig. 7-4 Sensitivity transition of Konica OPC

●参考文献

- 1) C.F.Carlson, USP2, 221, 776
- 2) W.E.Bixby, USP2, 970, 906
- 3) C.J.Young, H.G.Greig : RCA Review, 15, 471 (1954)
- 4) 野守他：特開昭55-117152, 55-89845, 55-106459, 55-106460, 55-106461, 55-106462など
- 5) 野守他：特開昭57-67934, 57-148750
- 6) 野守他：特開昭60-172044; 武居, 坂井：特開平01-118137
- 7) 木下, 後藤：特開昭58-65440



- 8) 野守他：“有機EL素子開発戦略”, (サイエンス・フォーラム刊), (1992)

8 現像剤の開発

U-Bix用現像剤はU-Bix480の発売以来、高画質、高耐久、高信頼性をめざして、トナーバインダーを中心に研究開発が行なわれ、種々の新規技術に基づき普及機から高速機向けまで、幅広く製品化されてきた。

8.1 二成分現像剤

1971年、国産初のPPCである乾式複写機U-Bix480が発売された。二成分磁気ブラシ現像法を採用した、毎分8枚のマシンの誕生である。トナーはエポキシ樹脂をメインバインダーに、カーボンブラック、荷電制御剤より構成され、キャリアは酸化処理鉄粉よりなる耐刷性4800コピーの現像剤が搭載された。トナー技術は採用するプロセス技術、実装される感光体との関連で開発されることが多く、特にプロセス技術では現像方式、定着方式によるところが非常に大きい。当時は、非接触定着方式として赤外線ランプ方式、オープン方式、接触方式として熱効率の高い熱ロール定着方式、圧力定着方式と、各社各様の技術を採用していた。上述の非接触定着方式は、熱効率及び安全性が低い等の欠点はあるものの、ウォームアップタイムが短い、コピー品質が良い等の利点があり、U-Bix480には赤外線方式に比べるとより安全な、オープン方式が採用された。これに伴い、バインダー樹脂は、低分子量でシャープメルトタイプのエポキシ樹脂が採用された。

続いて、大きな技術変換をへて採用されたのが、スチレンアクリル系樹脂である。1974年、当時国産最高速度機であるU-Bix2000R（毎分20枚機）への採用であった。定着技術は低中速機から高速機は熱ロール定着方式、低速機は圧力定着方式と二極化されていた時代であった。但し、上市された複写機の熱ロール定着方式全てが、トナーの定着ロールへのオフセット防止のため、離型剤として低粘度のシリコンオイルを供給する付随機能を有したものであった。このため構造が複雑になり機械が大型化し、コスト高となる。シリコンオイルの蒸気が機内を汚染し、信頼性を損ねる。画質の光沢度が強すぎ、コピー品位が低下する等の欠点を有していた。

これらの欠点を排除するために、トナーに離型性を付与することを考えた¹⁾。Fig.8-1に示すように、トナーと転写紙との付着力(接着力)をF_{tp}、トナー層間の付着力(凝集力)をF_t、トナーと定着ロールとの付着力をF_{Tt}とし、定着がすみやかに行われる温度領域を、F_{tp}が十分に大きく、かつF_t>F_{Tt}の成り立つ範囲と考えた。この考えに基づき、熔融状態でもF_tをバランスよく確保する目的で、バインダー樹脂のゴム状弾性域を拡大するために、分子量分布を拡大し、さらに、F_{Tt}を極力低減させる目的で、トナーバインダーと非相溶でしかも低分子量で低粘度のポリオレフィンワックスの、トナーへの添加を図った²⁾³⁾。

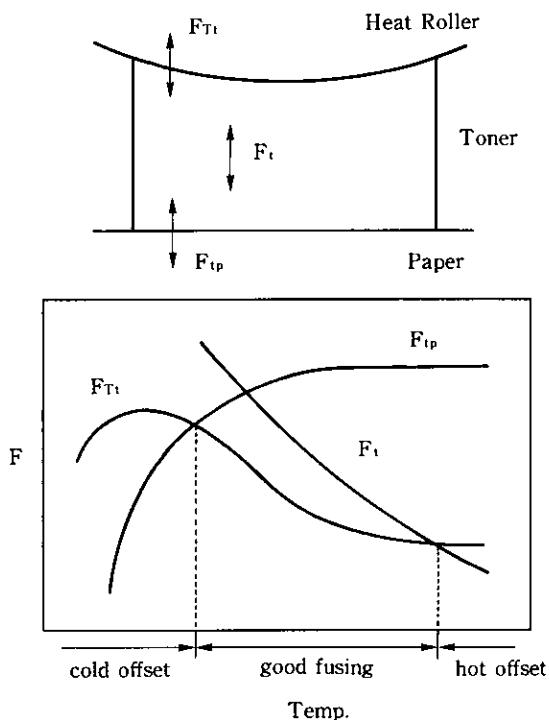


Fig. 8-1 Conditions to be satisfied with Heat-Roll-Fusing

これによりFig.8-2に示すように、トナーの理想的な粘弾性プロフィールを見いだした。

この技術は、1979年発売のU-Bix T、1984年発売のU-Bix 1200の一成系トナーにも適用され、さらには、バインダー種は異なるものの、以後発売されるU-Bix全製品に採用されるに至った。ちなみに、現在ほとんど全ての競合他社が技術思想を継承している。

先に記述したように、トナー技術は感光体の採用技術と並行して進歩することが多い。1970年代後半まで、当社はn型の半導体特性を有する酸化亜鉛感光体が主流であったが、耐刷性の点で難があり、P型の半導体特性を有するセレン感光体の開発に努力が注がれた。セレン感光体の場合、酸化亜鉛とは違って正極性に帯電されるため、トナーは負に荷電制御される必要が生じる。かくしてバインダー樹脂に自己負帯電性を付与すべく、ポリエステル樹脂に着目した⁴⁾。このタイプは、主鎖にリジッドな構造単位を有し、さらに多官能性のモノマー単位の導入により三次元架橋構造を持たせた熱安定性の高い樹脂である。また、構造中に電子吸引性のカルボニル基を多く有しているため、非常に負帯電性が高く、荷電制御剤の導入なしで処方化を可能とさせた。あわせて自己架橋性を有していることから、定着ロール上にクリーニングローラーを装備するだけで定着装置の信頼性が確保でき、装置の簡素化にも貢献した。こうして1981年、競合他社に先がけ、世界で初めてポリエステルバインダーがU-Bix3000に採用された。以後、セレン感光体実装のマシンには全て採用されることとなった。このポリエステルバインダ

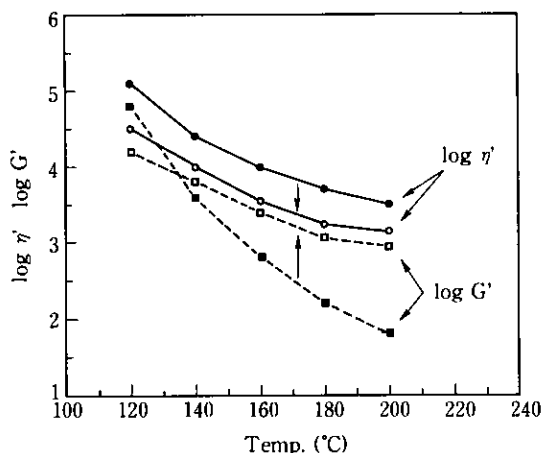


Fig. 8-2 Rheological properties required for oilless fusing

ーは、構造上溶解度パラメーター (SP値) が大きく、離型剤の選択範囲を広げることをも可能とした。従って、スチレンアクリル樹脂では効果の得られない、ポリオレフィンよりも低融点でしかも低粘度のワックスの採用を可能とし、定着の高速化に大いに役だっている⁵⁾。1990年に上市されたデジタルフルカラー機コニカ9028にも、現像部での信頼性を確保するため、一部構造を変えて採用された⁶⁾。このように、当社でのポリエステル樹脂技術は、トナー技術の根幹として位置づけられるものとなっている。近年、競合他社においても多くの会社が、高速機にポリエステルバインダーを採用するに至っている。

上記したポリエステル樹脂の開発と、時を同じくした1980年代前半、市場では高画質、特に文字品質の向上の要求が高まっていた。Fig.8-3,4にトナーの平均粒径と、画像の解像度及び世代コピーにおける線幅の変化の関係を示す⁷⁾。明らかに、トナーの小径化により文字品質が大幅に向上することがわかる。こうして業界に先駆けて1982年、U-Bix1600MRにすでに開発を終了したコートッドキャリア (スーパーボールキャリア) とともに平均径9μmのトナーを採用することで、まさしく優美を実現した。

「高画質、高耐久」という現像剤開発の2大テーマは

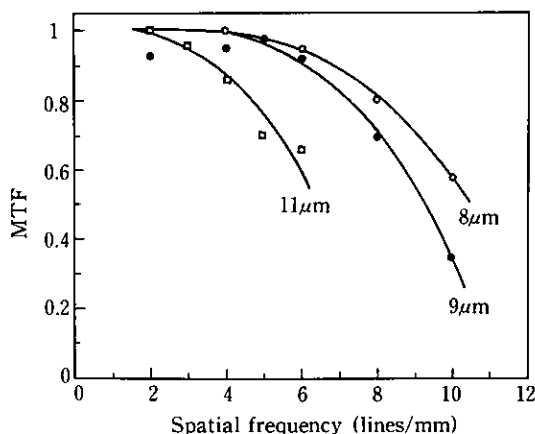


Fig. 8-3 MTF Curves

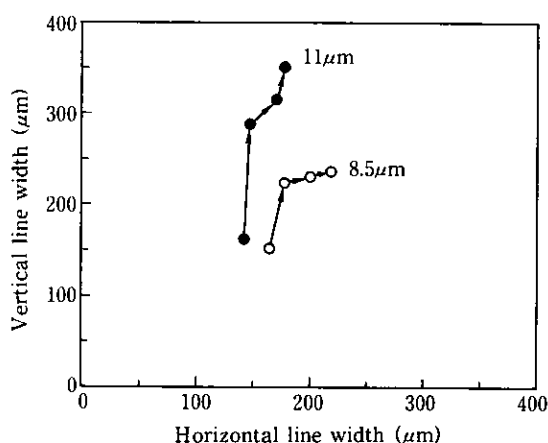


Fig. 8-4 Change of vertical and horizontal line width in copy generation

この時より始まり、キャリアについては、1984年発売のU-BIX5000にフェライトコアを採用することで、また、トナーについては、更なる小径化技術の採用で高画質化と10万コピーの耐刷性を確保するに至った。当社でOPC感光体がはじめて実装されたのが、1984年発売のU-Bix1200においてである。以後、低・中速機にはOPC感光体が主流となり、1986年発売のU-Bix1550以降、二成分磁気ブラシ法が採用された。当時、フッ素樹脂コーティングキャリアと、熱安定性に優れたポリエステルトナーで現像剤技術を開発し搭載したが、前述の如くポリエステル樹脂は負帯電性が強く、荷電制御性、信頼性の点で欠点を有していた。そのためスチレンアクリル樹脂の正帯電性に着目し、熱的安定性についてはイオン架橋構造を導入⁶⁾することで、ポリエステル樹脂と同等の特性を確保できる技術を開発した。本技術は1990年発売のU-BIX3035に採用され、大幅な高画質化、高耐久化を実現した⁷⁾。

8.2 一成分現像剤

一成分現像方式は、トナー濃度コントロールシステム及び現像器内の攪拌装置が不要であり、低コストかつ、コンパクトな現像器設計が可能という利点を生かし、低速機(含プリンター)を中心に様々な現像方式が実用化されている。当社においては、同種トナー間での相互摩擦帯電によるトナー(Dielectric Magnetic Toner)⁸⁾を開発し、1979年発売のU-Bix Tに搭載した。このトナーはコンベンショナルなスリーブ回転の接触現像方式においても、かぶりが無く高画像濃度が得られるように、磁気束縛力と帯電量を制御している。磁気束縛力は磁性体の種類及び含有量を制御し、帯電量はトナー添加剤とトナー表面の改質によって制御している。このトナーの表面改質は熱エネルギーを用いて行ない、磁性体を実質的に表面露出させ、磁性体とその他の組成物の相互摩擦を行なわしめることにより、トナーの帯電量を制御可能としている。さらに、トナーの球形化による流動性の向上も、トナー帯電量の向上に有効となっている。この技術は、

耐環境性の向上及びトナーの微粒化(15μm→11μm)による画質向上を経て、1984年発売のOPC感光体を用いマグネットとスリーブの両回転現像方式を採用したU-Bix1200に適用され、その後1985年発売のLP-3010、1988年発売のLP3005、1990年発売のLP3015、3110等の小型レーザービームプリンターへと適用範囲を拡大している¹⁰⁾。

8.3 今後の課題

電子写真技術はプリンター、ファクシミリへと適用範囲が拡大されているが、今後、その動きがさらに広がってゆくなか、デジタル化、カラー化技術の発展が予想される。現像剤もこの動向に対応し、カラー現像剤等の高画質化、高信頼化がますます要求され、また、近年の環境問題に対する取り組みが世界的に高まるなか、低温定着化など環境にやさしい現像剤技術が要求されるものと思われる。

●参考文献

- 1) 友野他：電子写真, 第37回研究討論会, P.4
- 2) 特開昭50-134652
- 3) 特開昭49-65231
- 4) 特開昭57-37353
- 5) M.Uchida et al : The proceedings of Is & T's 5th International Congress on Advances in Non Impact Printing technologies, 739(1990)
- 6) 小林義彰他：Japan Hardcopy'91論文集, 33(1991)
- 7) 白勢明三他：Konica Tech.Rep., 5, 116(1992)
- 8) USP4, 883, 734
- 9) 特開昭51-26046
- 10) 山崎弘他：Japan Hardcopy'89論文集, 33(1989)

9 特集を終わるに当たって

この特集は、最初に触れたように、コニカにおける電子写真複写機の研究開始から今日に至る開発の歴史を纏めたもので、多くのそれぞれの開発担当責任者に分担執筆して頂いた。ここに感謝を込めて、それぞれの章の執筆者を紹介する。

1. コニカにおける電子写真複写技術の創生期
元 U-Bix 事業部 企画室長 清宮 龍文
2. 酸化亜鉛感光体複写機の開発
旧 生産技術研究所 所長 山田 豊
3. U-Bix Vの開発
情報機器販売事業本部長 岩居 文雄
情報機器事業本部 第二開発センター部長 野坂 功
4. セレン系感光体中・高速複写機の開発
情報機器事業本部 第二開発センター長 坂口 洋文
5. 低・中速機の開発(OPC系感光体)
情報機器事業本部 第二開発センター長 坂口 洋文
6. カラーデジタル複写機の開発
旧 情報機器事業本部 第三開発センター長 片倉 紘
7. 感光体の開発
情報機器事業本部 第一開発センター部長 野守 弘之
8. 現像剤の開発
情報機器事業本部 機器開発統括部長 友野 信