特殊紙 特集

電子計算機用原紙

藤井 光雄

1. はじめに

電子計算機はもちろん、各種の電子機器において、入力関係および出力関係において各種の紙が媒体としていろいろの形態において用いられている。ことに出力関係で得られた情報や画像の表示については種々の方法があり、陰極線管とか、液晶などによるディスプレイも進歩してきたが、なんといっても紙に記録した二次元可視像という形態において、情報を固定したいという要求が圧倒的に多いことは容易に理解される。

いつでも希望する時に容易に肉眼で直に見ることができ、保存や取り扱いが簡単であり、多数の複写も容易で、いろいろの意味において必要かつ便利なものである。

陰極線管などによる表示との違いは、電話による情報入手と手紙による情報入手の差といってよいであろう。あるいはソフトコピーとハードコピーの違いである。

さて情報や指令の入力あるいは出力関係に利用されている記録の原理や方法については種類も多く、また目的も多種多様であって、記録紙などに対する要求を総括することはできないが、取り扱いが簡単であること、迅速性が大きいこと、安価であること、鮮明であることとか解像力のよいことや階調性なども要求されることがあり、さらに化学的安定性、物理的強度など長期保存性に関する要求などは共通のものといってよいであろう。

電子機器技術者が入力や出力関係において紙を利用しようと考えたことは、極めて自然であり、当然なことといえる。このことは歴史的には古いことであるが、今から10年以上前のことと考えると、その当時は電子機器技術者と製紙技術者とは互いに別世界に居住していて、小さな窓を通して、接触していたといっ

てであろう。

電気関係者は子供のときから、紙を取り扱った知識と経験から、紙の性質を想定して発注し、製紙関係者は教科書の知識によりコンピューターや各種機器を想像して、最適と信ずる紙を供給したのである。

このため相互の知識不足に原因する故障やクレームの発生は一つの歴史的経過とみることができる。このような経過を経て近年では、技術者相互の間の隔壁には大きな窓が開かれ、急速な進歩がみられるようになってきた。しかし隔壁が完全に取り払われたというのは、差し控えなければならないというのが現状であろう。敢えていうならば、現在においても小さな孔を通して連絡していて、いたずらに時間を空費している場合も認められるのである。

このようなことは、現在でも製紙技術者と化学や物理の専門家、あるいは高分子技術者などの間にも、企業間企業内においても存在することを残念ながら指摘しなければならない。

これは企業機密やノウハウ、特許などが介在するので止むを得ないともいえるが、こればかりではない。

紙がコンピューターなどの機器に使用される理由は容易に首肯することができるが、今後の発展を考えると、その真相を追求し、明確な資料を得る必要がある。

紙がどのような役割りを受け持っているかということとは重要である。これは簡単には解析することは困難であり、いろいろの研究が進んでいる現時点においても、今後の研究に期待しなければならないことが多い。

とに角紙の役割りを大別すると、紙自身が全部受け持っている場合と、担体とか保持体あるいは補強材ともいうべき役目で、主役の補佐といった役割りを受け持っている場合とに2大別することができる。もちろんこのように完全に2分割することは無理で、主役と脇役との担当割合はいろいろであるという方が正しいであろう。完全に一方的と考えられるものは少ない。

ここではコンピューター、その他電子機器用記録紙に関する入出力エネルギー、エネルギー変換や固定可視化などについては報告や解説は多く発表されているので、

*Base Paper for the Recording System of
Computer*

MITSUO FUJII

Tokushu Paper Mfg. Co., Ltd.

Sunto-Gun, Shizuoka Pref. Japan.

特種製紙株式会社

慶応義塾大学工学部応用化学科、名誉教授(工博)

なるべく屋上屋を重ねることを避けて、一つの観点から眺めてみたいと思う。

記録紙はいうまでもなく記録面が重要であり、ここに欠陥があれば使いものにならないが、その他に多くの問題があるのである。すなわち装置の機構、記録前後の取り扱いや処理などの点から記録紙は多くの関門を通り、いろいろ矛盾する要求にも対応して商品として完成するのである。たとえば磁気記録用紙は、同時にクレジットカードや乗車用定期券としての性能を満足しなければならない場合があり、OCR用紙は場合によっては郵便はがきとして使用可能でなければならないのである。

以下コンピューター用をはじめ、電子機器用の入力および出力に関係する若干の紙製品について、一部のものを解説してみることとする。

2. 記録用原紙について

記録用紙の原紙については当然各種の要求があり、これらが満足されなければならないが、これらを一括して取りまとめることはできない。記録方式、記録機器、その他に大差があるからである。

いうまでもなくJISなどに規定されているような通常の試験項目に合格することが必要である。この項目の種類や数値については慎重な打ち合わせによって決定されるものである。たとえば坪量、厚さ、緊度、引張り強度、伸度、引裂度、耐折度、表面強度、内接強度、耐摩耗性、通気度、平滑度、サイズ度、白色度、透明度、寸法安定性、カール性、含水率、吸液性、印刷適性など多数のものが通常の試験項目として挙げられる。さらに必要に応じて電気抵抗値、誘電率、帯電性、絶縁性などいろいろの項目が加えられ、測定方法も独自の工夫を要するものもある。またコストパフォーマンスの向上にも役立つ必要がある。

要するに試験項目や試験方法には全く制限はないのである。しかし試験しなければならない項目や試験方法が発見されていないものが案外多いのではないと思われる。これは今後の研究問題として残されている。すなわち現在未知の測定項目や方法の発見は今後の進歩の原動力となるのである。

さて紙は植物繊維、すなわち天然セルロース繊維を主体として作られるものであるから、基本問題として、セルロース分子とかセルロース繊維に関する理解を必要とする。

たとえばセルロースとは炭水化物であり、6員環のグルコースが脱水縮合した線状ポリマーであって、グルコース単位当たり、3個の水酸基を持つものであること、その他多くの固有の性質が存在することなどである。ま

た天然セルロース繊維は高次の構造や組織をもつものであり、分子構造からみて結晶性に富み、強度が大きく、伸度が少なく、親水性であって、吸湿により太さが若干増大するが、長さの変化は少ないこと、フィブリル構造や層状組織を持つこと、繊維間に水素結合が発生しやすいこととか、必然的に剛性が乾燥状態においては大きいものであることなど、多くの基本的な性質などが列挙することができる。

また若干の基本的数値として、たとえば密度は結合領域は1.6位で、非結晶領域はおよそ1.5未満であって、全体としては1.55~1.6位であること、結晶領域は70%位であり、屈折率は軸方向で1.6(D線)、放射方法で1.53などの例があり、複屈折をするなど光学的ばかりでなく物理的に異方性のものであること、吸湿曲線はシグモイド形であり、ヒステリシスが認められること、ガラス温度は極めて高く200℃以上と推定され熱軟化性がなく、有機溶剤に不溶であること、比熱は0.3(cal/g)位で、可燃性物質であること、電気抵抗値は $2 \times 10^4 \Omega\text{-cm}$ 、絶縁耐力は500 KV/cm、誘電率は2.2(パルプ)などの例があること、などいろいろの測定結果は一応念頭に入れておくべきことであろう。

しかし実際のパルプはセルロース以外の成分も多く、また種類も多いので、このような数値は役立たないともいえる。

さらに紙について考えると、パルプのみで作られている記録用紙は存在しないといってよい。一般的に言えば、湿潤強力剤、サイズ剤などが加えられてあり、さらに填料が添加されている。すなわちパルプに含まれるセルロース以外の有機、無機成分の他に、人為的に添加される高分子電解質あるいは非電解質、無機、有機物質が存在しているのが普通である。

このような紙を原料として使用することについては、注意しなければならないことが多いのである。

またいわゆる樹脂加工紙も使用される場合も少なくないので、これらの紙の性質については、それぞれの場合について十分な検討を行う必要がある。

なおここに注意しなければならないことは、紙というものを考えるとき、空気も重要な成分であるということである。すなわち紙とは繊維と空気との相互分散体であるということである。このことは紙の基本的性質を決定する重要な点であり、電気的性質にも大きな影響を与えるものである。

さらに記録紙は原紙がそのまま記録紙である場合と、この原紙に記録層を形成して、これが主役で、紙は支持体などの脇役を担当する場合などがある。

ここで前者の場合について考えてみる。

記録紙として通常の上質紙とか中級の紙、あるいは一般に市販されている普通の紙がそのまま使用できれば安直であり、便利の上もない。このため普通紙(P, P, plain. paper)使用可能という記録機器が出現したが、この普通紙の意味について問題がないとはいえない。いいかえれば一義的な解釈がないことが問題であるといつてよいであろう。

記録紙が完全に静的に取り扱われることはないといえる。周辺、端末を問わず、またロール巻き、折畳み、裁断のいずれの紙でも必ず移動、移行、相互滑動による相対的変位などが伴う。このために平滑性、帯電性などの条件が満足されなければならないし、摩擦係数や片伸びなどが大きな問題となる。一方もちろん記録の鮮明度などが要され、若干の表面加工などが必要となってくる。このため普通紙ということを幅広く考えることはできないのである。したがってそれが普通紙の範囲に入るとしても、推奨紙とか指定紙などと限定が必要となることがあるのは当然なことともいえる。

後者の紙、すなわち基質あるいは基紙といつてよい紙はその表面に記録層が存在している。この記録層を広く考えると含浸、塗工、積層、あるいは蒸着などによって形成される。一般的にいえば当然、平面性、均一性などが必要であり、さらに印刷性、鉛筆、ボールペンその他のものによる筆記性、あるいは捺印性なども要求される。

基質となる紙は機械的性質や物理的あるいは化学的諸性質が満足されなければならないが、同時に均一性が強く要求される。地合、厚さ、強度、伸度、などの不均一は大きな欠陥となる。またカールについては致命的となることがある。もちろん記録層の塗工性、浸透性、密着性なども重要である。このため記録層と基紙の間にアンダーコートを施すことがある。したがって記録紙はカール防止層、あるいは裏面の加工剤層などを含めると、3あるいは4層などの複数層から形成されることになる場合がある。

これらの層の形成は水系、有機液体系あるいは両者の組合わせによって行われるのが普通であるので、吸液性、寸法安定性などが考慮されなければならない。

また記録紙は入力および出力関係における各種の物理的取り扱いに耐えなければ全く実用性がない。ことに重要なのは記録過程における環境に耐えなければならないことである。

記録を終了したものは、単に通常の印刷した紙と同様に取り扱われる場合もあるが、表紙、各種カード、郵便物、乗車券などとして使用することが目的とされたり、その他のいろいろの力学的処理を受けることが多く、これらに対応する特性を兼ね具えていなければ役に立たない場合

が多くなってきた。

すなわち記録紙は全く内容を異にしたいいくつかの役割りに耐える必要があるのである。このためには一般に相反する性能が必要となる場合が多く、用紙製造上に幾多の制限と困難をもたらすものである。機器の設計、構造にも注意を要する点が少なくない。

要するに入力媒体、出力媒体および記憶媒体の問題と、これに必らず付加しなければならないこととして、媒体の処理、取り扱い、保存、使用などの問題がある。

3. 紙の性質

紙を使用する以上、紙の本質について十分理解していなければならないことは当然であって、これが機器の構造、機能、性能などに直接、あるいは間接に大きな影響を及ぼす。このようなことはあまりにも当然であり、いうまでもないことであるが、実際問題として、種々な困難や故障の発生の原因となっている。さらに記録紙として完成したものは、いわゆる普通紙と称されるものも、帯電防止加工などが施されており、一般的に記録紙はそれぞれの記録方式に従って、種々な物質が塗工その他の方法によって層状となって存在しており、基紙としての原紙の性質と著しく異なる性状を持つものが多い。

入出力関係の記録の理論、機構などについては多くの解説が発表されているが、その若干を並べてみると、通常のタイプライターの如き機構による活字あるいはピンマトリックスによる方法、鉛筆書きやペン書きによる記録、インクジェット方式、記録物質に対する化学的、電気化学的、あるいは放電、静電、磁気、加熱などの作用による記録、あるいはさん孔、せん孔その他の光学的方法など多数の方式を挙げることができる。

一方記録過程において記録紙が受ける物理的、化学的環境作用としては、いろいろなものがある。

たとえば吸湿、脱湿、張力などは一般的であるが、特に百数十度以上の温度に上昇させられる場合や、現象、定着処理などに関係して、水系あるいは有機溶剤系液体中への浸漬される場合などがあり、吸液性が問題となる。このような諸環境におかれた場合、物理的にも化学的にも状態が不変であることが要求されている。

なおここに忘れてはならないこととして記録紙の形態がある。巻取形、平判形、連続伝票の如き折りたたみ形、などがこれであって、さらに送り目が開けられているもの、縦方向あるいは横方向にミシン目が施されているものなどがある。これらが紙の挙動に対して事前予測が困難な不可解な作用を及ぼすことがある。

紙の寸法や厚さ、その他についてはJIS、あるいはJISに準ずる各社の社内規定によって定められており、

注意して抄造するかぎり格別に問題のないことも多い。

しかし紙の本質上限度を越えるのではないかと思われる要求や、矛盾する要求も絶無とはいえない。これらは価格上昇に直結するものといっても差し支えない。

これらについては当然機器製造技術者と製紙技術者において、機器と紙の両面から同時に解決を計らなければならないのである。

ここに重要なことは原紙の状態において、記録紙の記録処理あるいは記録後において発生する諸現象を予測することである。このうちには極めて容易なものや、すでに解決済みのものなどあるが、現時点において、どんな測定をどんな方法で行ったらよいかということが解決していないものが少なくない。また機器の進歩、記録原理の変化、発展は益々困難を増大する傾向を示している。

要するに一瞬といえども立ち止まることは許されないのである。

さて紙の本質あるいは固有の性質については多くのことがすでに明らかにされ、これを念頭において各種紙製品は取り扱われている。また樹脂加工などによって、紙の性質を希望する方向へ移行することが可能であるのでよく行われている。したがって紙の性質を一義的に定めることはできないが、天然セルロース繊維を原料とした紙である以上、その本来の姿が顕在、潜在するのは当然なことである。これを避ける必要のある場合には紙以外の物質に着目する必要がある、実用化されている。

紙の本質の性質については、すでに多くの解説があるが、ここに記録紙に関係があると思われるものの若干を羅列してみよう。

セルロース分子の構造、および繊維に至るまでにみられる天然高分子特有の高次構造はセルロース繊維の親水性、水に対し直径方向の膨潤などが考えられる。いいかえると水に対する寸法安定性に注意を要することになる。また紙の構造や抄紙方式に関連して、紙の抄紙方向とこれに直角方向との間には物性的異方性が存在することになる。厚さ方向(Z方向)についても大体同様ということができる。実際抄造において、紙中に不均一な残留ひずみも潜在することになり、環境条件によっては姿を現わす。

たとえば剛直度は抄紙方向は横方向に対して1.5~2倍、温度に対する寸法安定性は直角方向は3~7倍位となる。

これらは紙の姿勢不良、寸法安定性、カール、波打ちなどの現象の原因となる。

記録紙はその形態が帳票、連続伝票、ワッペン形伝票、いずれを問わず均一な諸物性を持つことが要求されているが、水分に対するカールや波打現象は特に厳しい。

外気の湿度を50~60%と想定すれば、紙の含有率は6~7%とするのが適当である。

このため記録紙の保管、使用に関して、温度や湿度に注意しなければならない。たとえば保管は10~30℃、30~70%RHで行い、使用に際しても同一条件であることなどが指示されている。

吸脱湿には時間を要し、またヒステリシスがある。

湿度差がある場合には、量にもよるが、ならし時間として±10%RH差なら24時間、20%RH差10日間、あるいは±30%RH差なら15日間位が必要である。

紙は基紙としての役目を持つ場合が多いが、塗工したものなどはバイメタルの構造であるため、塗工層の性質により、カールその他の変形を起こす場合がある。カール防止処理や水分含有量調節などにより極力防止しているが、使用する作業室や機器の温湿度にも考慮が必要である。

また単に基紙としての役割のみで、記録現象に全く無縁であるという例は少ない。たとえば図1に電気的現象を利用する場合の等価回路を略示したように、基紙の性質が関係してくることなどはよい例であろう。

図 1

記録紙に要求される諸物性は記録性能以外のものとして基紙にいろいろな要求が、それぞれの場合についてなされている。

もちろんJISなどに定められている諸数値は当然であるが、記録紙であるために、たとえば電気抵抗値、光学的性質(各種波長に対する反射、透過、吸収や白色度など)、さん孔性(孔のクリアカット、刃持ち性など)、図2に示すような試験による腰の強さ(幅Aの値)、あるいは図3に示すようなミシン目部分の盛り上がりの限定、紙面の汚れ、ゴミの存在(OCR用紙、OMR用紙、POS用紙は不透光度、光反射率など指定は当然である)について直径0.1mm以上の異物汚点が250個 1m^2 以下、面積比10/1,000,000以下などの制限がある。元来紙に微小ゴミは避け難いものであるから厳しい条件といえる。抄造に際して光電的に読み取っている。MICR用紙は磁性物質の混入防止に注意しなければならない。ゴミの色についてドロップアウトカラーに類する研究は望まし

図 2

図 3

いことである。

一方すでに述べたように、記録したものの用途、あるいは取り扱いに対して満足されなければならない定期券、クレジットカード、その他の電算機用カード、音声用レコード、銀行通帳、その他各種のものがあるので、それぞれ特有の性能が要求されることになる。

以上要するに紙は多種多様の要求を満足することが必要となるのであるが、電気、機械、化学の各技術者と製紙技術者の緊密な連携によって相互の理解を深め、斯界の進歩に協力しつつあり、同時に未来にも対応しつつあるのである。

甚だ漠然とした説明となったが、それぞれの場合の具体的条件はJIS、あるいは社内規格、仕様書、記録用紙説明書などに詳記してあるので、これらを参照することになる。入出力関係の機構、印刷、印字、記録方式、記録紙の用途など、あまりにも多種多様でありすぎて一括することはむずかしい。

入出力関係に非常に多く紙が使用されているが、これは紙の特性に基づくものであることはいうまでもないが、一方紙が原因となる故障やクレームも少なくない。たとえば、フィードエラー、フィード不良、引っかかり、折りたたみ不良、印字ずれ、印字みだれ、脱字、紙破れなどがある。

これらについては製紙を担当するものにも責任があるが、機器の設計、入出力の際におかれる紙の環境などについても、紙の本質を基礎とした配慮が必要である。折りたたみ伝票は、セルロース分子の構造や繊維の微細構造、紙の構造などに基づく紙が「折り紙」として使用される原理によって作られたものであるから、前述したように折り目の盛り上りが支障となることなどは甚だ矛盾したことといえる。

要するに、これから益々情報の伝達が重視され、国家、企業から個人に至るまで一層の普及が期待される。わが国において特に重視されている漢字情報処理、すなわち漢字プリンタを例として考えると、官公庁における住民、税務、各種料金、諸産業、諸統計、その他行政関係など、企業においては労務、給与関係、各種金銭、手形、在庫、仕入、販売などの管理、あるいは名簿、ダイレクトメールなど限りがなく、医療、証券関係、入学試験、その他無数の使用例があり、同時に記録紙の印刷適性、物理的性質、その他が記録紙や用途に応じて、漢字の複雑性に基づいて相当厳しい条件が要求される。

これらの諸条件については共通のものも若干あるが、多くはそれぞれの方式などに対する個性的のもので、個別対応が必要となってくる。そしてこれらについてはいうまでもなく、経済性が基礎となっていないわけではないのである。

入出力関係などの各種方式の進歩に追従する必要があるのはもちろんであるが、現在実用されている諸機器用のものも、その生命が続く限り、記録紙の供給義務もある。無数といってよい要求や条件、あるいは仕様に対応するには経験、熟練が必要であることはもちろんであるが、これだけでは解決できないことが多くなった。どうしてもこれからは原理、原則に基づいた努力が傾注されなければならないのである。

紙の本質について、藤井(紙パルプ技術, 28, No. 4, 1; 29, No. 1, 1; 29, No. 2, 1 (1978)), その他多数の解説がある。

(昭和54年2月24日受理)