

「大学発ニューテクノロジー研究開発・ベンチャー技術」

No.9 自動走査吸液計：商業印刷用紙及びインクジェット用紙の液体吸収速度計評価

東京大学大学院農学生命科学研究科

江前敏晴[†]

1. はじめに

商業印刷およびインクジェット記録においてインキやインクジェット用インクの紙への吸収挙動は印刷品質に大きな影響を及ぼす。したがって、インキや、そのモデル物質である水及びオイルの紙への吸収速度を測定することは非常に重要である。しかし、吸油・吸水速度は紙の種類によっては非常に高速であり、その速度を正確に測定することは困難である。

従来から行われてきた吸水・吸油速度測定の実験方法の1つに、ステキヒト法¹⁾およびコップ法²⁾に代表されるサイズ度測定法やクレム法³⁾がある。ステキヒト法では、水が表面から裏面へ透過する（正確には両面から同時に浸透し紙層内部で接触する）までの時間を測定し、コップ法は液体との接触時間数秒～5分程度の間に吸収する液体量を測定する。またクレム法では5分間での毛管吸収による吸い上げ高さを測定する。いずれも接触時間が数秒程度以上の場合の吸水速度及び吸液量を測定する方法であるので、印刷やインクジェット記録が関与する吸液時間である数ms～1s程度の範囲よりはるかに長い時間を対象としている。

液体を紙面に滴下して、液滴が紙への吸収によって無くなるまでの時間を測定する吸水及び吸油度試験もあるが、目視による測定では吸収時間が数秒程度以上でないと十分高い精度が得られない。接触角変化も表面での濡れの程度を示すが、吸水速度を測定することはできず、投影面積の減少速度から吸水速度を推定することもできるが、紙の表面粗さの影響を受けやすい。

1960年代に、吸水量の時間変化を正確に測定する装置が発明された⁴⁾。ブリストー装置と呼ばれ、短時間での液体吸収量の測定法として、紙パルプ技術協会（Japan Tappi）の標準法⁵⁾となっている。図1に示すように、固定された液体ヘッドがホイール周囲に巻かれた紙面を走査し、紙面上のすべての位置に対して同一の条件で水を浸透させることができ、紙と水との接

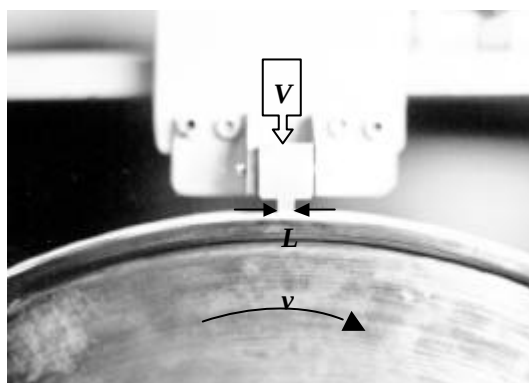


図1 オリジナルのブリストー装置

[†] 東京大学 大学院農学生命科学研究科 生物材料科学専攻 製紙科学研究室 助手

〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1 Tel/Fax 03-5841-5270

e-mail enomae@psl.fpa.u-tokyo.ac.jp

触時間をきわめて短時間まで正確に計算できる。液体は水のほかあらゆる液体が使用できる。水の場合はマラカイトグリーン、ブリリアントグリーンなどの染料で染色し、図 2 に示すように蒸発後もトレース長が測定できるようにする。接触時間は液体が供給されるヘッドの開口部長さ（走査方向）を L （通常 1 mm）、ブリストーホイールの周速 v から L/v として求められる。また液体がなくなるまで走査したあと紙試料に残ったトレース長を D 、トレース幅を w （通常 15 mm）とすると、充填した液体の体積 V から、 V/Dw が液体の単位面積あたりの浸透量となる。ブリストーホイールの周速 v を数段階に変えて V/Dw をプロットすると接触時間に対する液体転移量を知ることができる。サイズ紙のブリストーの吸水曲線は、一般に図 3 に示すようにな

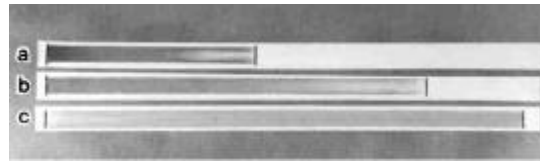


図 2 ブリストー法による水のトレース

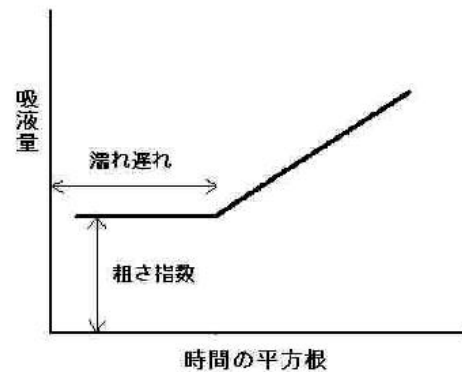


図 3 サイズ紙のブリストー曲線

る。表面が濡れるのに要する（接触角が 90° 未満になるまでの）時間があり、これは濡れ時間又は濡れ遅れと呼ばれる。その後時間の平方根に比例した吸収挙動を示す。濡れ時間を示す領域の縦軸（吸水量）の量は、濡れに関係なく表面のくぼみを占める水の体積と相関があることが知られており、粗さ指数と呼ばれる。しかし、実際には濡れ時間と呼ばれる水平な領域が現れないことも多く、濡れ時間の存在自体が論争の対象となっている。

2. 自動走査吸液計の開発とその特徴

上記のブリストー装置は、一本の吸液曲線を得るのに時間がかかるという欠点があった。8 レベルの接触時間（速度）に対し、それぞれ 3 回ずつ走査を行うと合計 24 回の走査回数となり、サイズ度の高い紙ではゆっくりホイールを回転させるので 2~3 時間を要する。また、短い接触時間では 400mm 程度の長い試験片を必要とし A4 サイズ程度の紙では接触時間の短いところでの試験を行うことができなかった。これらの問題を解決したのが、今回紹介させて頂く自動走査吸液計である。図 4 に装置の概観を示す。開発の経緯の詳細については、論文^{6,7)}を参照されたい。本装置では、紙の試料を円盤の周囲面ではなく円形の側面に置き、らせん状に走査することにより、1 回の走査距離を非常に長くできること、走査を続けながら



図 4 自動走査吸液計

走査速度（接触時間）を自由に替えられるので、試料を取り替える必要がないこと、吸液量を直読できること、など従来の装置にはない利点がある。このことによって、従来の装置で 2～3 時間を要した測定を、A5 サイズの試料が 1 枚あれば 10 分程度で終わらせることを可能にした。水の転移量はヘッドに連結したガラスの毛細管の中にできるメニスカスの移動量を赤外センサで追跡しながら測定するので、水に染料を入れる必要がなく、また紙面上にできるトレース長を測定する必要もない。また図 5 に示すように液体供給を 2 つのシリンジを使って行うため、水量センサ側ではないホイール側に印刷インキ用のオイルやインクジェット記録用のインクに置き換えることができるので、水と混じりあう速度が速くなければ、どのような液体でも測定が可能である。

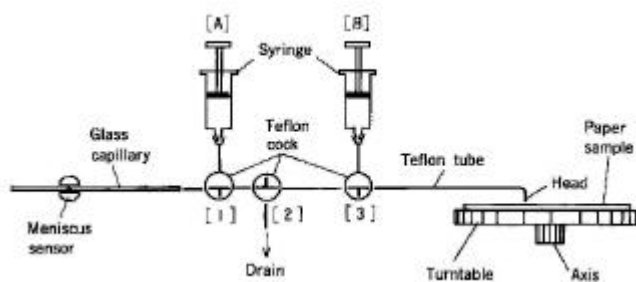


図 5 自動走査吸液計の液体供給機構と測定原理

3. 自動走査吸液計による測定結果

写真画質のインクジェット専用紙 3 種について、インクジェット用のインクタンクの中から採取したシアンインクを装置の給液ヘッド側に入れて、吸インク速度を測定した。比較及び装置の再現性を見るために、コピー用紙を試料として、脱塩水を用いた吸水速度も併せて測定した。さらに、インクジェット用紙をオフセット印刷用の塗工紙及びコピー用紙とも比較した。使用した試料と液体を表 1 にまとめる。

表 1 吸液速度測定に用いた紙及び液体の種類

試料名	種類	液体
試料 1	写真画質専用紙市販品（A 社製）	インクジェット用シアンインク
試料 2	写真画質専用紙試作品（A 社製）	インクジェット用シアンインク
試料 3	写真画質専用紙市販品（B 社製）	インクジェット用シアンインク
コピー用紙 1	非塗工市販紙	水
IJ 用紙	高画質専用紙市販品	水
IJ フィルム	写真画質専用フィルム市販品	水
アート紙	オフセット印刷用厚手塗工紙	水
コピー用紙 2	非塗工市販紙	水

図 6 は、3 種のインクジェット用紙に対するインクジェット用シアンインクの吸収速度を示す。横軸は液体と紙が接触していた時間（ms）の平方根である。平方根をとってあるのは、Lucas-Washburn の式より液体の吸収量は時間の平方根に比例することがわかっているからである。

この測定では、インクと紙が接触後約 10ms 経過した時点以降の吸収量を記録した。これより短い時間では、インクが完全に紙に転移しないためである。試料 1 及び 2 では、このような初期の急激な吸収が約 $9 \text{ ms}^{1/2}$ (81 ms に相当) の間に起こっているのに比べ、試料 3 は約 $5 \text{ ms}^{1/2}$ (25 ms に相当) までの短い時間の間に、すなわち、もっと急激なインクの吸収が起こっていることがわかった。この急激な吸収段階で転移するインキ量は、どの試料も約 25 mL/m^2 であった。これは、インクジェット塗工層の塗工量は同程度であり、インク許容量がどの試料も同程度で

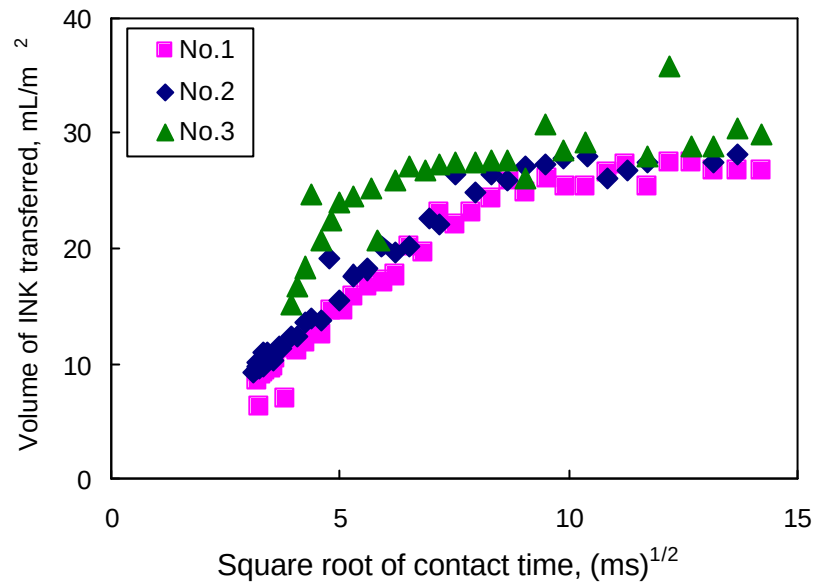


図 6 インクジェット用紙の初期インク吸収速度

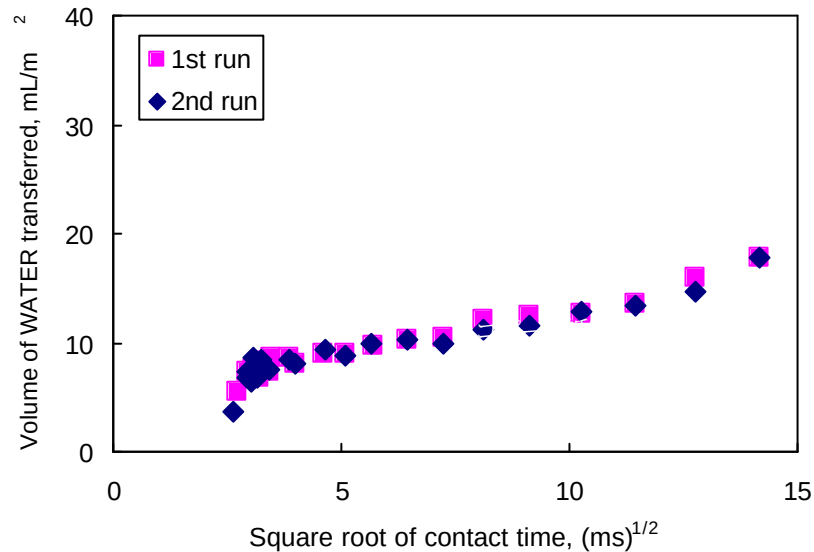


図 7 コピー用紙 1 での初期吸水速度の再現性

あることを意味している。原紙部分はフィルム又はレジコート紙であるため吸水せず、水の転移量はこのレベルで一定となる。結局、異なる点は吸収速度だけであることがわかった。

実際にこの 3 種のインクジェット用紙に印字してみると、印字品質の最も高いものは試料 3 であった。吸水速度の速さは、表面での横への広がりを抑え、ドット径と印字濃度を維持するという意味で、高精細な画像の形成を可能にする条件であると考えられる。

なお、コピー用紙に水を吸収させたときの挙動を図 7 に示す。同種のコピー用紙について同一条件で 2 回の測定を行ったが、再現性が非常に高いことがわかった。インクジェット

インクにはアルコール類が数%配合されており、水だけよりも吸収が速いという要素があるにしろ、インクジェット塗工層がないと初期の吸収が非常に遅いことがわかる。

図 8 は、インクジェット専用紙とオフセット用塗工紙の吸水速度の比較である。インクジェット専用紙はフィルムタイプにせよ原紙タイプにせよ、非常に吸水速度が速いことが

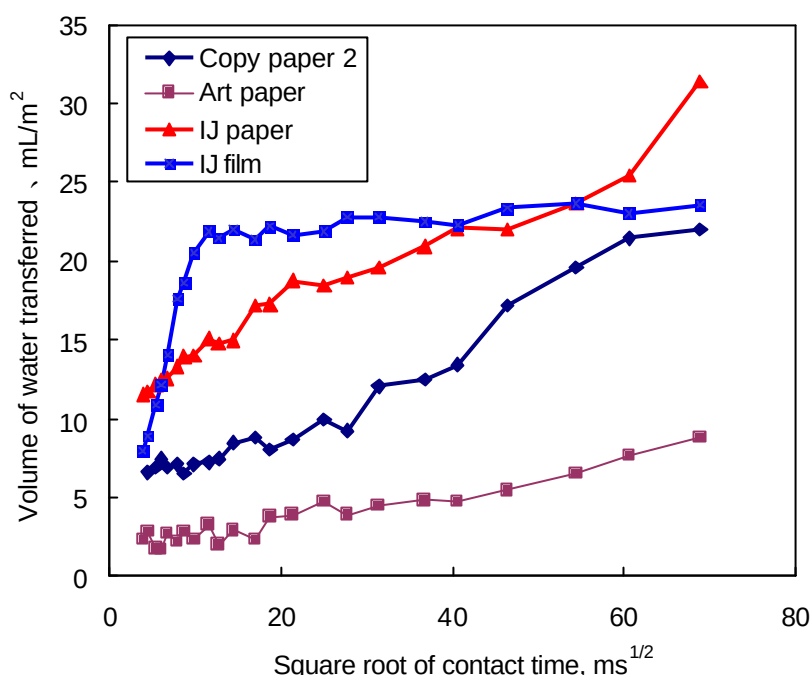


図 8 各種塗工紙及び PPC 用紙 2 の吸水速度比較

わかる。アート紙では、オフセットでそれほど速い吸水速度は必要としないために、測定結果も遅い吸水速度を示すことがわかる。また、コピー用紙と比較して粗さ指数が低く表面の平滑性が高いことを反映した結果となっている。

4. 自動走査吸液計の入手方法など

本装置は、既に市販されており、興味のある方は次の代理店までお問い合わせ願いたい。

熊谷理機工業株式会社 〒176-0012 東京都練馬区豊玉北 3-2-4

Tel: 03-3994-0111

Fax: 03-3994-0520

e-mail: tester@krk-kumagai.co.jp

- 1) JIS P 8122:1976 “紙のステキヒト・サイズ度試験方法”(2004 年に改正予定)
- 2) JIS P 8140:1998 “紙及び板紙 - 吸水度試験方法 - コップ法”
- 3) JIS P 8141:1996 “紙及び板紙のクレム法による吸水度試験方法”(2004 年に改正予定)
- 4) Bristow, J. A., Svensk Papperstidn. 70(19), 623-629(1967)
- 5) JAPAN TAPPI 紙パルプ試験方法 No.51:2000, “紙及び板紙 - 液体吸収性試験方法 - ブリストー法”
- 6) 空閑重則, 片岡裕史, 江前敏晴, 尾鍋史彦, “動的走査吸液計の開発と応用”, 紙パ技協誌 48, 730-734 (1994)
- 7) 片岡裕史, 空閑重則, 尾鍋史彦, “動的走査吸液計による紙の吸液特性の解析(1) 坪量、ウェットプレスあるいはカレンダーリングの影響”, 紙パ技協誌 49, 951-955 (1995)