

3	5/6・(金)	江前	自動走査吸液計による紙の吸水速度の評価
---	---------	----	---------------------

指導教員 江前敏晴（生物材料工学分野 環境材料科学研究室）

集合: 2D 棟 110 実験場所: 2D110 及び総合研究棟 A618

1. 総論

紙を構成するセルロースは親水性であるので、パルプのみで作った紙は非常によく水を吸う。しかし印刷や筆記などに用いる紙は吸水性を適度な状態にする必要があるので、必ずにじみ止めの薬品（サイズ剤）を加えてある。たとえば、オフセット印刷などではインクと同時に湿し水と呼ばれる水が紙に転移するのでこの湿し水が適度な速さで吸収されないと次のインキがのらない。又インクジェット用紙は、横方向にインキが拡がってしまうとにじんでしまうので、インクの吸収速度が速い方が、にじみが少なく、印字品質がよくなる。このように水の吸収性は重要な紙の印刷適性の 1 つであり、サイズ度（はっ水性）を正確に評価し制御することは、紙の品質管理上非常に重要である。

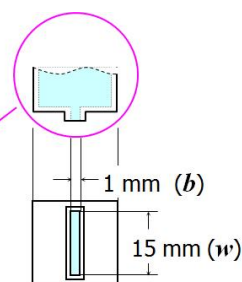
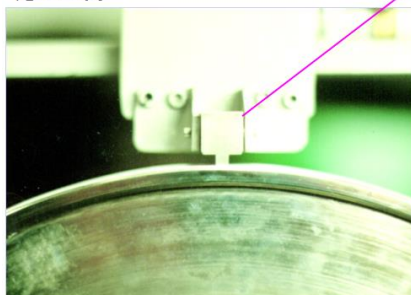
サイズ度の簡便な評価法としてはステキヒト法、コップ法などがあるが、これらは長時間水と接触する間の紙の吸水性を評価するものである。印刷に近い状態で、紙の表面付近の、水と接触直後の短時間における吸水量を測定する方法としてブリストー法がある。本実験ではこれをさらに改良した自動走査吸液計で初期吸水速度の測定を行う。

1-1 ブリストー法

水と接触直後の短時間における吸水量を測定する方法として「ブリストー法」が考案された。図 1 にブリストー装置の給液ヘッドとホイールの周囲に張り付けられた試料を示す。この方法では小さな開口部をもつ容器に一定量の液体 V を入れ、開口部を紙面に接触させながら一定の速度 v で動かし、液体が転移した部分の面積 wL を測る。開口部の長さ b （走査する方向に平行の寸法）を走査速度 v で割ったものが接触時間 t になるので、ミリ秒オーダーの非常に短時間での挙動を知ることができる。

■ブリストー装置

一定量の液体を入れたヘッドを、速度可変で紙面上で走査する。短時間での吸液速度が測定できる。



■ 接触時間	$t = b / v$
走査速度	v
スリット幅	b
■ 液体転移量	$V_t = V / (wL)$
液体の体積	V
スリット長さ	w
トレース長	L

図 1 吸液速度を測定するブリストー装置

ブリストー法はユニークで強力な解析法であるが、次のような欠点がある：

- 測定点 1 つごとに試験片を用意して液体塗布走査を行い、帯の長さを測るので、1 組の吸液曲線（ブリストープロット）を得るのに手間がかかる。
- 揮発性液体や高粘度液体では測定が困難。
- 塗布の状態が不均一になり誤差を生じやすい。

1-2 自動走査吸液計

これらを解決するため、同じ原理でありながら測定方式を抜本的に改良した装置「自動走査吸液計」（Automatic scanning absorptometer; ASA）が開発された。図 2 に自動走

査吸液計の外観と吸水量を測定するセンサーを示す。本実験では ASA を用いていくつかの紙試料で水の吸収挙動を調べる。

2. 実験

試料： 4 種の紙（コピー用紙、オフセット印刷用上質紙、インクジェット用塗工紙① High grade、② Super High grade）

試験液体： 0.1% トルイジンブルー水溶液（希薄なためこの吸収挙動は水と同じとみなしてよい。軌跡を観察するために色を着けている）。

装置： 自動走査吸液計（熊谷理機製）

2-1 吸水性測定試験

- (1) A4 サイズの各試料を試験機のステージに載せ磁石で固定する。
- (2) プログラム上でファイル名、走査速度を決める。通常は強サイズ紙（はっ水性が強い紙）モードで行う。
- (3) ガラス管に十分液体が満たされていることを確認して走査を開始する。
- (4) データファイルからブリストーのプロットを書く。
- (5) データファイルには、数行の実験条件のあと（無視）、接触時間(ms)、吸水量(g/m^2)のデータが約 20 組記録されている。このデータはあとで <http://www.enomae.com/> の左側メニュー「学生実験」に載せるのでダウンロードすること。
- (6) グラフを作成するときは、紙の表裏で別のグラフを作る。同じ紙の同じ面について複数の曲線を 1 つのグラフに書くこと。

2-2 解析

多孔質体への液体の浸透量は 1 次近似として接触時間の平方根に比例することが知られており、Lucas-Washburn の式（次式）が成り立つ。この式から横軸に紙と水の接触時間の平方根（ダウンロードしたデータから自分で平方根を求める。セルに必要な関数を入力する。）を取り、縦軸に単位面積当たり吸収されて液体の量を取ると直線となる。

■ 自動走査吸液計

（らせん走査ブリストー装置）

一定量の液体を入れたヘッドを、速度可変で紙面上で走査する。短時間での吸液速度が測定できる。



自動走査吸液計

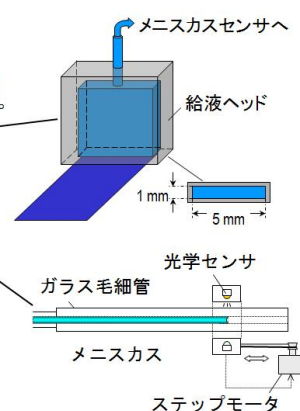


図 2 改良型ブリストー装置である自動走査吸液計

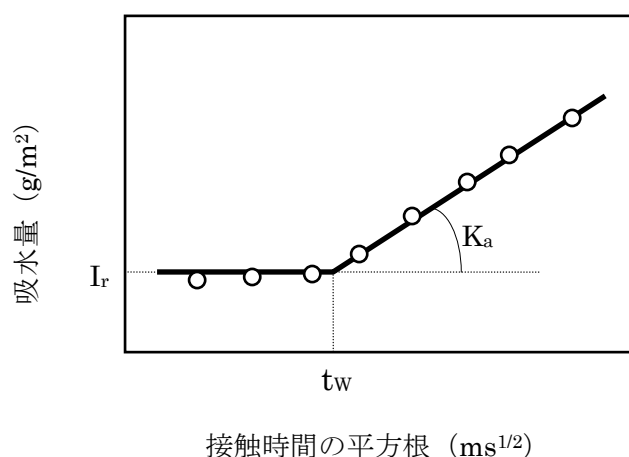


図 3 ブリストー装置から得られる吸液曲線

$$h = \sqrt{\frac{\gamma r t \cos \theta}{2\eta}}$$

γ : 表面張力 r : 毛管半径 t : 接触時間
 θ : 接触角 η : 液体の粘度

しかし、水が紙に吸収する場合は、繊維が膨潤（膨らんで体積が増すこと）したり、サイズ効果により接触角が変化したり（大から小へ）するのでサイズ紙の場合次のような変化を示すのが一般的である。

図を参照する。ブリストープロットでの直線的な上昇部の傾きを「吸収係数」（ K_a ）という。これが真の浸透過程に相当する。

強サイズ紙に水が浸透する場合には、この挙動が現れるまでに一定の遅れがある。これを「濡れ時間」（あるいは「濡れ遅れ」）（ t_w ）という。実際にはこの濡れ時間に相当する部分ははっきりとした水平な直線にならないことも多いので、ほぼ水平と思われる部分を目分量で決めてよい。表面に凹凸があるとそれを埋めるのに必要な液体量は接触時間が非常に短い時も常に転移量として現れ、全体が縦軸方向にシフトする。この高さを「粗さ指数」（ I_r ）という。この実験で使用するインクジェット用紙や膨潤性のある試料では、初期に極めて速い吸収が起こるので濡れ時間が現れないことが多い。

3. 考察

実験データから以上の3つの量をそれぞれの紙について求め、その意義を考察すること。ただし、濡れ時間が読み取れないものは「濡れ時間はない」としてよい。