

● 2009年千葉大学印刷材料学 抄紙実習 2009/07/27(水)

実施場所：東京大学農学部〔農学部5号館地下1号室〕

抄紙実習テキスト

17:30-19:00

1. 紙を抄く工程

実際の工場で製造される紙の性質とその性質の変え方を理解するために、実験室でパルプから手抄きシートを作り、そのシートの性質を測定する。手抄きシートを作る手順は、実際の製紙工程にできるだけ近くなるようにしてあり、次のような工程である。

パルプ試料→離解→脱水→叩解→希釈→薬品の添加→抄紙→プレス脱水→乾燥

1.1 離解

乾燥したパルプシートを水中で機械的にほぐして1本1本の繊維にする工程である。

1.2 叩解

叩解は製紙工程の中でも重要であり、紙の物性に大きく影響する。パルプ懸濁液にPFIミルを用いて機械的な力を加えることにより、繊維表面を毛羽立たせたり、よく水を吸う性質に変えたりする（フィブリル化）。繊維が柔らかくなると繊維どうしの結合面積が増加し、強い紙になる。

1.3 薬品の添加

実際の紙には性質を変えるために色々な薬品が加えられている。代表的なものは、はつ水性を与え、水の浸透を抑える働きがあるサイズ剤である。今回は、次の薬品を用いる。

サイズ剤： アルキルケテンダイマー（AKD）

助剤： カチオン性高分子（サイズ剤が紙の中に多く残るように加える）

1.4 抄紙、プレス、乾燥

標準手抄き装置を用いて面積 200 cm^2 、坪量（ 1 m^2 当りの絶乾重量をgで表わしたもの）約 60 g/m^2 の手抄きシートを作る。ろ紙をあて、クーチロールで脱水し、さらに油圧プレスで吸水紙に水分を吸収させる。乾燥はドラム式乾燥機を用いる。

2. 紙を作る実験

2.1 試料と器具など

試料： 広葉樹漂白クラフトパルプ

試薬： 約0.1%AKDエマルジョン、約0.1%カチオン性高分子溶液

装置： 標準離解機、PFIミル、標準手抄き装置、油圧プレス機、ドラム式乾燥機、

器具： ポリエチレン製メスシリンダー(2L, 500mL, 100mL)、150メッシュのふるい、ポリエチレン製容器(1L, 2L, 3Lなど)、モーター付攪はん機

2.2 離解操作

(1) 28.8 g のパルプに水を加え少なくとも 3 時間水につけた後、5 分間離解する。

2.3 叩解操作

(1) 離解したパルプをふるいにあげ、手で水を絞ってパルプ濃度 10% にする。

(2) パルプを PFI ミルに入れ、内壁に押し付け、カバーを取り付ける。

(3) 500 回（カウントでは 50）回転させてから、3.6 g（10% パルプ濃度で 36 g であり、シート 3 枚分）を取り出す。残りの分はさらに 4500 回（カウントでは 450）回転させて 5000 回叩解パルプとする。

注意！回転中は非常に危険なので、近寄らないこと。

2.4 薬品の添加操作

(1) 500 回叩解パルプ 3.6 g は、水を加えて 2.4 L とする。薬品は入れない。

(2) 5000 回叩解したパルプのうち 7.2 g 分（10% パルプ濃度で 72 g であり、シート 6 枚分）をポリバケツに入れ、水を加えて 4.8 L とし、パルプ濃度 0.15% にする。

(3) これをよく攪はんしながら、1.6 L（2 枚分）ずつの 3 つ（②、③、④）に分ける。

(4) 添加剤なしのシートは②を抄紙する。

(5) ③にはサイズ剤 A K D を対パルプ 0.05% 添加する。入れるときは、0.1% A K D エマルジョン 1.2 mL を測り取り、パルプ懸濁液に加え、約 1 分間よく混ぜる。

(6) 0.1% カチオン性高分子溶液 0.6 mL を添加し、さらに攪はんする。

(7) ④にはサイズ剤 A K D を対パルプ 0.2% 添加する。入れるときは、0.1% A K D エマルジョン 4.8 mL を測り取り、パルプ懸濁液に加え、約 1 分間よく混ぜる。

(8) 0.1% カチオン性高分子溶液 2.4 mL を添加し、さらに攪はんする。

2.5 抄紙、脱水、プレス操作

(1) シリンダー内に高さ数 cm の水をため、1 リットルのメスシリンダーでパルプ懸濁液（800 mL）を測り取り、シリンダー内に空ける。

(2) シリンダー内部の刻線（網から 35 cm）まで水を満たす。

(3) 多孔板でかき混ぜてから、ボタンを押し、排水する。

(4) 薄いろ紙を網の上のシートに重ね、金属板を載せ、ボタンを押して金属製クーチロールを 5 往復させる。

(5) 薄いろ紙のついたままのシートを別の金属板に張り付ける。

(6) プレス機で、 3.5 kgf/cm^2 の圧力で 5 分間保つ。

2.6 乾燥操作

(1) ドラム乾燥機のカンバス上にろ紙を下側にしてシートを置く。

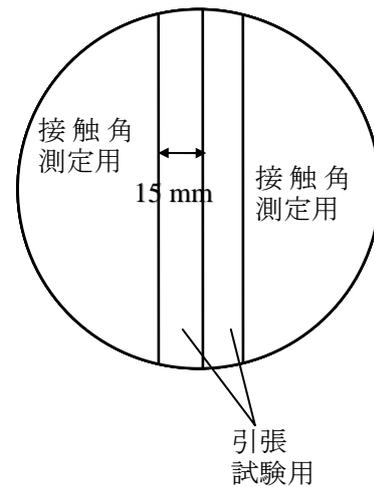
(2) 乾燥した手抄きシートは、恒温室（ 20°C , 65% RH）に置いておく。

3. 紙の性質を測定する実験

3.1 試料の種類

試験の種類は以下の4つである。

試料No.	叩解数	サイズ剤	測定
①	500	なし	引張
②	5000	なし	引張
③	5000	AKD (対パルプ0.05%)	吸水
④	5000	AKD (対パルプ0.2%)	吸水



3.2 引張強度測定

(1)それぞれのシートの質量を測定する。200cm² (0.02m²) なので坪量は次のように計算できる。

$$\text{坪量 (g/m}^2\text{)} = \text{シートの質量(g)} / 0.02 \text{ (m}^2\text{)}$$

(2)試験片を幅15mmとなるように1人2本ずつ切り出す(右上図)。

(3)引張試験機(テンシロン)を使い引張試験を行う。つかみ間の距離は100mmで、引張速度は10mm/分である。

(4)紙が切れたときの荷重つまり破壊荷重(kgf)をメモする。

次の式により破壊荷重とシートの質量から比引張強さを計算する。

比引張強さを比較すれば、坪量とは関係なくシートの強さの比較ができる。

$$\begin{aligned} \text{比引張強さ(N} \cdot \text{m/g)} &= \frac{\text{破壊荷重(kgf)} \times 9.81 \text{ (N/kgf)}}{\text{試験片の幅(mm)} \times 10^{-3} \text{ (m/mm)} \times \text{坪量(g/m}^2\text{)}} \\ &= \frac{\text{破壊荷重(kgf)} \times 9.81 \text{ (N/kgf)}}{15 \text{ (mm)} \times 10^{-3} \text{ (m/mm)} \times \text{シートの質量(g)} \div 0.02 \text{ (m}^2\text{)}} \\ &= \frac{\text{破壊荷重(kgf)}}{\text{シートの質量(g)}} \times 13.08 \text{ (N} \cdot \text{m/kg)} \end{aligned}$$

3.3 動的走査吸液計による吸水速度の測定

(1)シート③と④を使う。各試料を試験機のステージに載せ磁石で固定する。

(2)パソコンで強サイズ紙モードに設定し、走査開始とともに給水ヘッドを紙面に接触させる。

(3)データのプロットは次の通り行う。

多孔性固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。

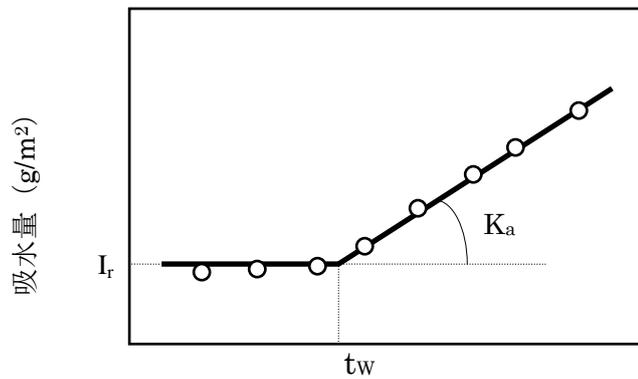
$$h = \sqrt{\frac{\gamma t \cos \theta}{2\eta}}$$

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。



(4) サイズ剤の有無によって吸水速度がどう変わったかを考察する。

接触時間の平方根 ($ms^{1/2}$)

試料No.	質量(g)	厚さ (μm)	平均	坪量 (g/m^2)	破壊荷重 (kgf)	比引張強さ 平均($N \cdot m/g$)	吸水係数 K_a
①	-1						
	-2						
②	-1						
	-2						
③	-1						
	-2						
④	-1						
	-2						