

印刷材料学

2006年6月26日
第10回(第5回江前担当分)

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

江前敏晴
えのみえ としはる

講義の分担

4/ 17	江前	概説	メディアの変遷、生産量、歴史、文献
24	岡山	バルブ	バルブ化ノリサイクル(詳細は未定)
5/ 1	岡山	バルブ	バルブ化ノリサイクル(詳細は未定)
8	岡山	バルブ	バルブ化ノリサイクル(詳細は未定)
15	岡山	バルブ	バルブ化ノリサイクル(詳細は未定)
22	江前	抄紙	叩解、紙料調成、薬品、抄紙、乾燥、カレンダー
29	岡山	バルブ	バルブ化ノリサイクル(詳細は未定)
6/ 5	江前	基礎物性	紙の構造、サイズ度、吸水、吸油特性
12	江前	光学・力学物性	光学特性、力学特性
19	岡山	バルブ	バルブ化ノリサイクル(詳細は未定)
26	江前	光学・力学物性	光学特性、力学特性
7/ 3	岡山	バルブ	バルブ化ノリサイクル(詳細は未定)
10	江前	紙と画像	画像の形成と印字品質評価
24	江前	実習(2回分)	実験1 - 抄紙、実験2 - 物性測定
31	江前		(休講の予定ですが、この日に実習を行うかもしれません)

講義の情報

- 「印刷材料学」のホームページ
<http://psl.fp.a.u-tokyo.ac.jp/hp/enomae/chiba2006/>
- 江前のメールアドレス
enomae@psl.fp.a.u-tokyo.ac.jp

東京大学大学院農学生命科学研究科 2007年度大学院修士・博士課程学生募集

- 生物材料科学専攻 / 製紙科学研究室いつでも見学可能です。
<http://web2.fp.a.u-tokyo.ac.jp/index-j.html>
- 修士課程を受験する人
出願7/14 ~ 20 試験8/21, 22, 29

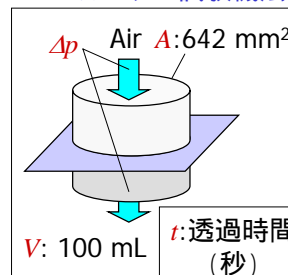
紙の構造と物性

- 紙の物性
 - 構造
 - 力学
 - 光学
 - 液体との相互作用
 - サイズ度
 - 吸水・吸油特性

紙の構造-透気度

測定方法

- ガーレー試験機法



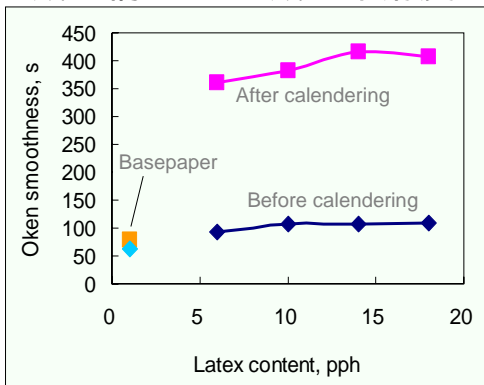
ISO透気度 P [$\mu\text{m}/(\text{Pa}\cdot\text{s})$]

$$P = \frac{V}{1000 \times A \Delta p t}$$

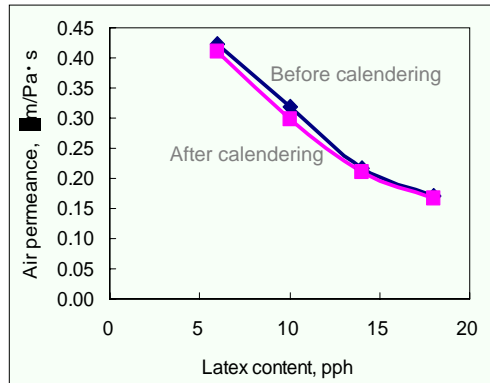
今後は一般化されたISO透気度で表現

t : 透過時間 = 透気抵抗度 (ガーレー) (秒)

紙の構造-塗工紙の平滑度



紙の構造-塗工紙の透気度



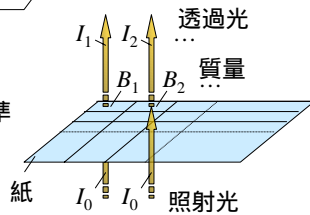
紙の構造-地合(じあい)

■地合

- (定義)地合は、白色光を透過させたときに視覚的に感じられるむら。光学濃度の標準偏差又は変動係数

$$\log\left(\frac{I_0}{I_n}\right)$$

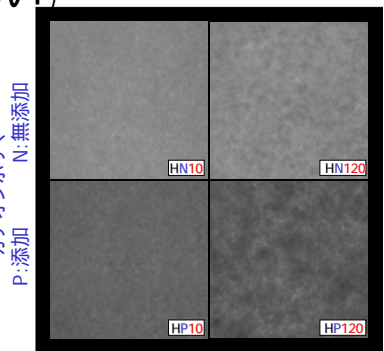
- 局所的な質量分布。局所質量 B_n の標準偏差又は変動係数



紙の構造-地合(じあい)

ろ水までの静置時間
10秒 120秒

- 針葉樹漂白クラフトパルプシートのフラットベッドスキャナの透過光像。
- カチオンポリマーの添加。ろ水までの静置時間の延長によって地合が悪くなる。
- カチオンポリマーは繊維の歩留まりを上げる。



紙の構造-地合(じあい)

- 地合の評価は標準偏差や変動係数でよいのか。

サンプル	HN10	HN120	HP10	HP120	相関係数 r
グレーレベルの平均	45.3	45.6	34.2	32.2	
"の標準偏差	2.1	2.3	1.7	3.0	0.36
光学濃度の標準偏差	0.020	0.022	0.022	0.040	0.64
光学濃度 ² の標準偏差	0.030	0.033	0.038	0.072	0.79
(光学濃度 ² の標準偏差)/坪量, $10^{-3} \text{ m}^2/\text{g}$	47	53	52	95	0.86
主観評価値 (小さいほど地合良)	0.0	3.6	1.4	6.4	

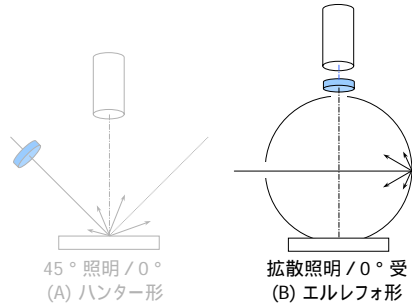
ケンドールの相関係数は、この4種以外にも針葉樹パルプのデータを含む主観評価値と各パラメータとの間の相関を示す。

光学特性

- 拡散照明/0°受光による反射率係数
 - 白色度
 - 不透明度
 - 比散乱係数
 - 色
- 同一の入射角/反射角拡散照明/0°受光による反射率係数
 - 光沢

反射率計

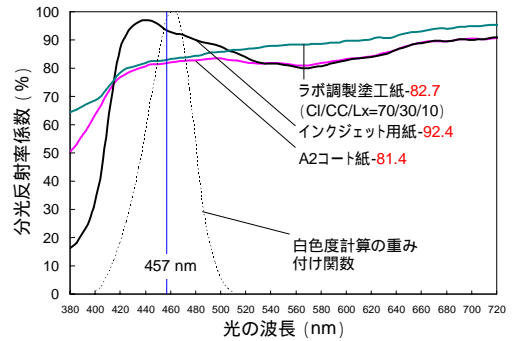
■拡散照明 / 0° 受光の光学系



光学特性を測定する反射率計の構造

分光スペクトルと白色度

■白色度と蛍光増白剤の作用



白色度と不透明度の定義

■白色度

拡散照明光を当て、(試料面に垂直な)0°方向で受光したときの反射光量の、完全拡散反射面によって反射された光量に対して百分率で表した値。このときの試料は 十分不透明なほど厚いか、十分な枚数を重ねるものとする。

■不透明度

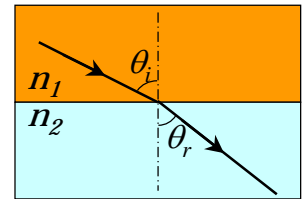
緑色光(560 nm)を使い、黒色筒を裏当てした単一シートの反射率の、無限に厚い(十分な枚数を重ねた)シートの反射率に対する比を百分率で表した値

光の散乱とは-屈折

■スネルの法則

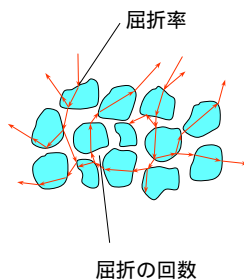
屈折率 n_1 の媒質からの n_2 の媒質へ光が進入するときの屈折

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r} = \frac{n_1}{n_2}$$



光の散乱とは

- 空気と繊維(顔料やラテックス)の間で光の屈折が起き、しかも細かくランダムに配置する無数の空隙のために屈折が不特定の方向に幾重にも起こる。



- 食塩や雪が白く見えるのも同じ現象である。

光の散乱 クベルカ-ムンクの式

- 反射率係数 $R = \frac{1 - R_g(a - b \operatorname{ctgh} bSW)}{a + b \operatorname{ctgh} bSW - R_g}$

- 透過率 $T = \frac{b}{a \sinh bSW + b \cosh bSW}$

$$s = \frac{1}{bW} \operatorname{Arctgh} \frac{1 - aR_0}{bR_0} \quad a = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_\infty} + R_\infty \right) \quad b = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_\infty} - R_\infty \right)$$

【参考】 $\operatorname{ctgh}(x) = \frac{1}{\operatorname{tgh}(x)} = \frac{\cosh(x)}{\sinh(x)} = \frac{(e^x + e^{-x})/2}{(e^x - e^{-x})/2} = \frac{e^x + e^{-x}}{e^x - e^{-x}}$
 $y = \operatorname{ctgh}(x)$ とすると、 $x = \operatorname{Arctgh}(y)$

s : 比散乱係数, R_0 : 単一シート(裏当てあり)反射率係数, R_∞ : 無限積層シート束の反射率計数, R_g : 裏当ての反射率計数, W : 坪量

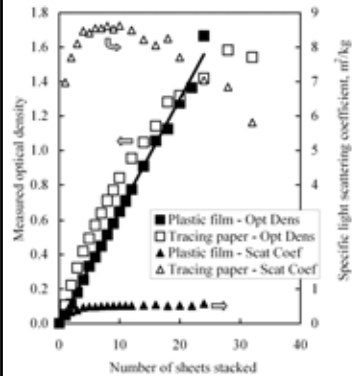
比散乱係数の測定 試料

■ 試料

- 標準フィルム
 - Density Step Tablet
- プラスチックフィルム
 - 厚さ199 μm, 坪量 178 g/m²
- トレーシングペーパー
 - 厚さ41 μm, 坪量 39 g/m²



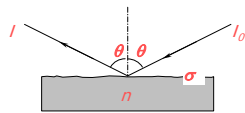
比散乱係数の測定 結果



- 紙とプラスチックの比較
(同程度の透過率)
- 紙
 - 比散乱係数大きい
 - プラスチックフィルム
 - 比散乱係数小さい

光沢 定義

- 紙の場合、75°の入射角で光 I_0 を当て、同じく75°の反射角で反射光 I を検出し、その光の強度の比率 I/I_0 を測定して求める。
- 光沢度の単位は屈折率1.567のガラスの鏡面研磨面に対する75°光沢度を100(%)とする。これは反射率26.46%に相当する。
- 表面平滑性の指標となる。
- カレンダー処理によって光沢が上がる。



光沢 理論

■ 光沢度 $G = \frac{I/I_0}{0.2646} \quad \frac{I}{I_0} = f(\theta, \lambda) \exp \left[- \left(\frac{4\pi\sigma \cos\theta}{\lambda} \right)^2 \right]$

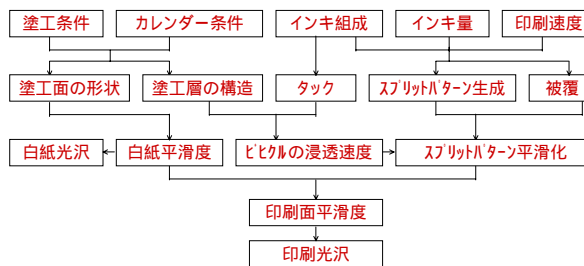
■ フレネル係数

$$f(\theta, \lambda) = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\cos\theta - \sqrt{n(\lambda)^2 - \sin^2\theta}}{\cos\theta + \sqrt{n(\lambda)^2 - \sin^2\theta}} \right)^2 + \left(\frac{n(\lambda)^2 \cos\theta - \sqrt{n(\lambda)^2 - \sin^2\theta}}{n(\lambda)^2 \cos\theta + \sqrt{n(\lambda)^2 - \sin^2\theta}} \right)^2 \right]$$

I : 鏡面反射光強度、 I_0 : 入射光強度、 σ : 表面粗さの標準偏差、 $n(\lambda)$: 波長 λ のおける屈折率

印刷光沢

- 印刷光沢 = 印刷面の光沢 ■ 白紙光沢 = 印刷前の紙の光沢
- 塗工紙での印刷光沢の発現要因



印刷光沢 スプリットパターンの消失

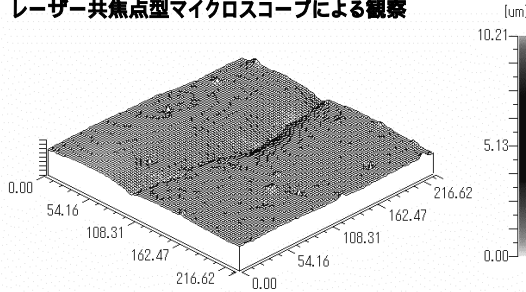
- ニップで生成するスプリットパターンの大きさ
- 溶剤がインキから塗工層に吸収されインキが硬化する速度



A2塗工紙に印刷したときのスプリットパターン消失過程

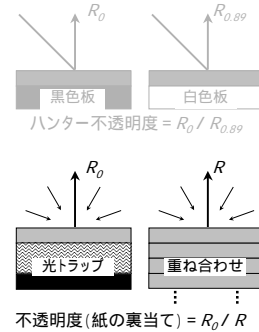
印刷光沢 スプリットパターンの形状

- レーザー共焦点型顕微鏡による観察



不透明度 測定方法

- 従来の試料の置き方と現在の置き方

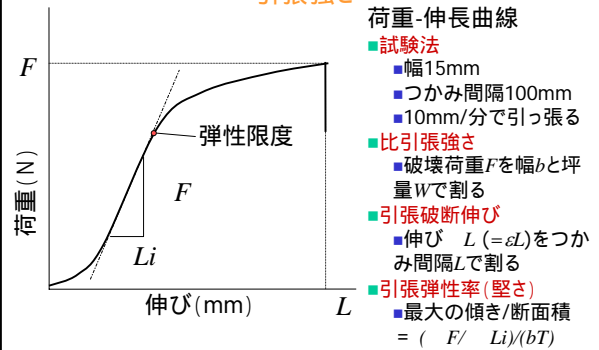


力学特性

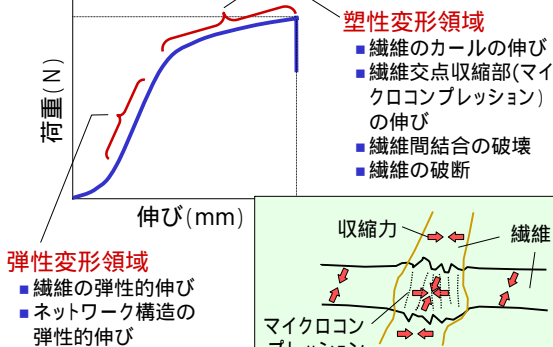
- 引張(ひっぱり)
- 耐折(たいせつ)
- 引裂(ひきさき)
- 曲げこわさ
- 摩擦
- 破裂
- リングクラッシュ圧縮
- ショートスパン圧縮

力学特性

引張強さ



力学特性-引張強さ



力学特性

引張(ひっぱり) 弾性率とポアソン比

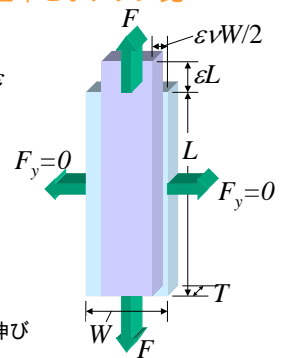
荷重-伸長曲線

引張弾性率 E

$$E = d\sigma / d\epsilon = d\left(\frac{F}{WT}\right) / d\epsilon$$

材料	弾性率 (GPa)
鉄	205.9
銅	122.6
アルミニウム	70.6
ナイロン	1.8 - 5.9
PET	3.9
紙	2 - 20

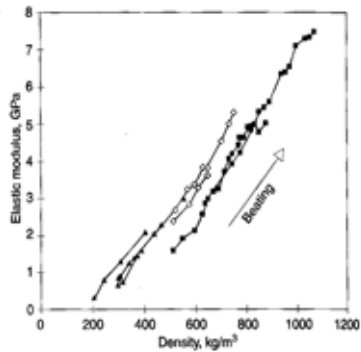
- ポアソン比 ν
 - ν : ポアソン比=引張方向の伸びに対する垂直方向の収縮



弾性率 叩解の影響

- 叩解により密度及び引張弾性率が上がる

- 他の抄紙条件が同じであれば叩解の程度によらず、密度と弾性率に一定の関係がある。

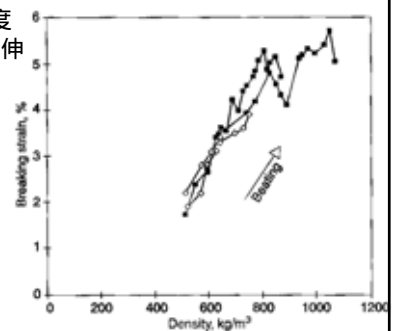


引張破断伸び 叩解の影響

- 叩解により引張破断伸びは一定値まで上がる

- 叩解が進むと密度とともに引張破断伸びも大きくなるが、ある密度に達すると、引張破断伸びは一定となる。

引張破断伸び = 固有の伸び + 乾燥収縮量



紙の異方性 種類と発生原因

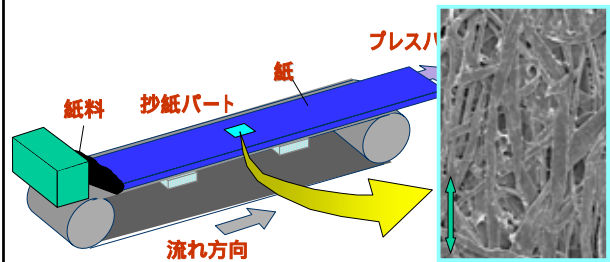
■ 縦方向 (MD) と横方向 (CD)

- スライスでの紙料の流れの中でMDに繊維が配向
- 紙料内での繊維の速度とワイヤーの速度比により配向

■ 面配向

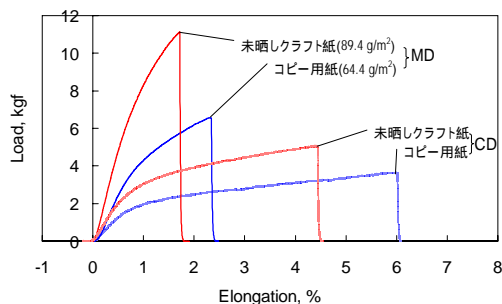
- 繊維がワイヤー面に平行になるように配向

紙の繊維配向とは

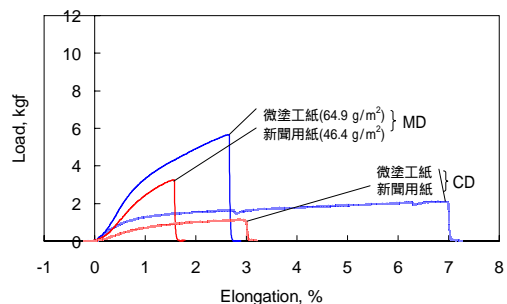


- 強度や伸びなどの異方性 (方向性) が生じる。
- 縦と横では裂けやすさが違う

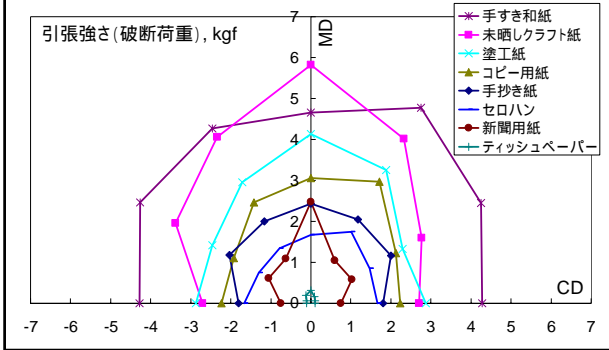
異方性 引張試験 (荷重-変形曲線)



異方性 引張試験 (荷重-変形曲線)



異方性 引張強さ



異方性 引張破断伸び

