

印刷材料学 (2010年度)

2010年6月14日
第9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
えのまえ としはる

講義の分担

4/ 12	江前	概説・抄紙	メディアの変遷、生産量、歴史、叩解、紙料調成
19	岡山	パルプ	パルプ化／リサイクル(詳細は未定)
26	岡山	パルプ	パルプ化／リサイクル(詳細は未定)
5/ 10	江前	抄紙・物性	薬品、抄紙、乾燥、カレンダー、紙の構造
17	岡山	パルプ	パルプ化／リサイクル(詳細は未定)
24	江前	物性	カレンダー、紙の構造、サイズ度、吸水
31	江前	紙加工	吸油特性塗工の基礎と応用、印刷適性
6/ 7	岡山	パルプ	パルプ化／リサイクル(詳細は未定)
14	江前	画像解析	画像解析を利用した紙の特性評価
21	江前	研究の実際	大学院生による実験の話
28	岡山	パルプ	パルプ化／リサイクル(詳細は未定)
7/ 5	岡山	パルプ	パルプ化／リサイクル(詳細は未定)
12	岡山	パルプ	パルプ化／リサイクル(詳細は未定)
26	江前	抄紙実習	実験1-抄紙、実験2-物性測定(2回分)
8/ 2		(休講)	

印刷材料学の 講義用ホームページ

<http://psl.fp.a.u-tokyo.ac.jp/hp/enomae/chiba2010>

連絡用メールアドレス

enomae@psl.fp.a.u-tokyo.ac.jp (江前敏晴)

- 自分のメールアドレスを江前まで連絡してください。休講や実習の急な案内を出します。

東京大学大学院農学生命科学研究科 2010年度大学院修士・博士課程学生募集 大学院受験ガイダンス日程

- 生物材料科学専攻オープンラボ
 - 2010年6月5日(土) 13:00~15:00
東京大学弥生講堂セイホクギャラリー・アネックス講義室
(東京メトロ南北線東大前)
〒113-8657 東京都文京区弥生1-1-1
Tel 03-5841-8199(江前)
 - <http://www.fp.a.u-tokyo.ac.jp/graduate/index.html>
 - 終了後研究室ツアー
- 修士課程出願7/12~16 試験8/18,19 面接8/27
- この日以外でもいつでも見学可能です。

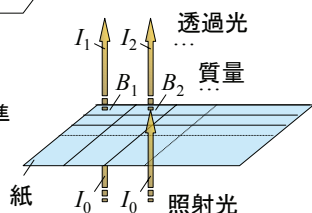
紙の構造-地合(じあい)

■地合

- [定義1]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

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

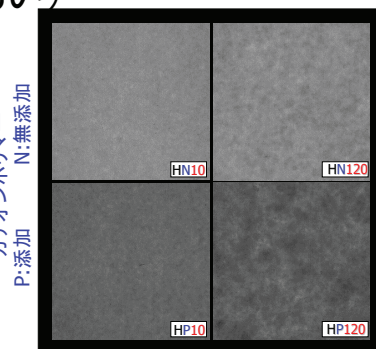
- 局所的な坪量分布。局所質量 B_n の標準偏差又は変動係数



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 <i>r</i>
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 m ² /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	

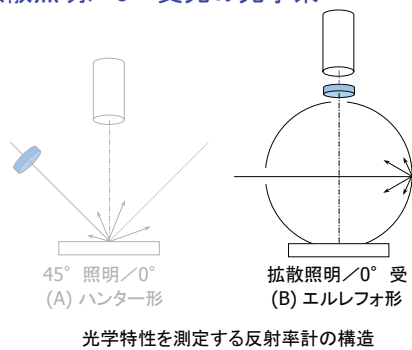
※ ケンドールの相関係数は、この4種以外にも針葉樹パルプのデータを含む主観評価値と各パラメータとの間の相関を示す。

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

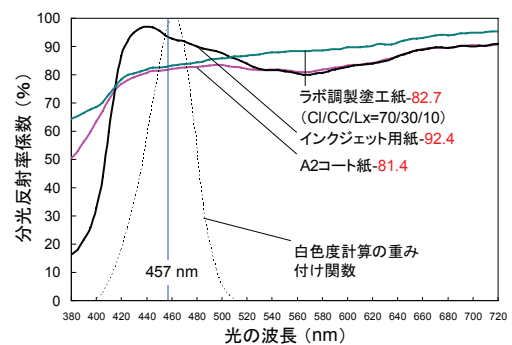
反射率計

■ 拡散照明/0° 受光の光学系



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

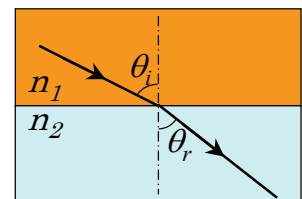
緑色光(560 nm)を使い、黒色筒を裏当てした単一シートの反射率の、無限に厚い(十分な枚数を重ねた)シートの反射率に対する比を百分率で表した値

光の散乱とは-屈折

■ スネルの法則

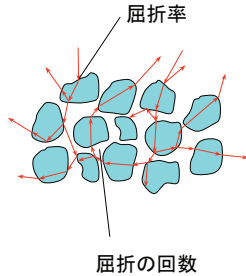
屈折率 n_1 の媒質からの n_2 の媒質へ光が入射するときの屈折

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



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 ケベルカームクの式

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

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

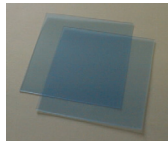
【参考】 $\operatorname{ctgh}(x) = \frac{1}{\operatorname{tgh}(x)} = \frac{\cosh(x)}{\sinh(x)} = \frac{(e^x + e^{-x})/2}{(e^x - e^{-x})/2} = \frac{e^x + e^{-x}}{e^x - e^{-x}}$
 $y = \operatorname{ctgh}(x)$ とすると、 $x = \operatorname{Arctgh}(y)$

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

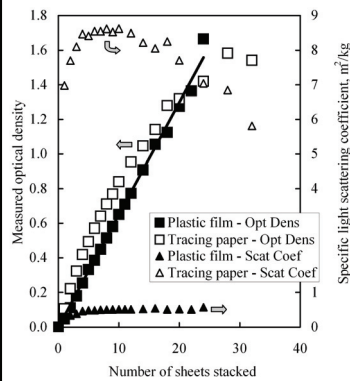
比散乱係数の測定 試料

■ 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



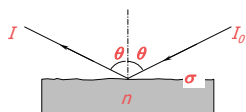
比散乱係数の測定 結果



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。
- カレンダリング処理によって光沢が上がる。



光沢 理論

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

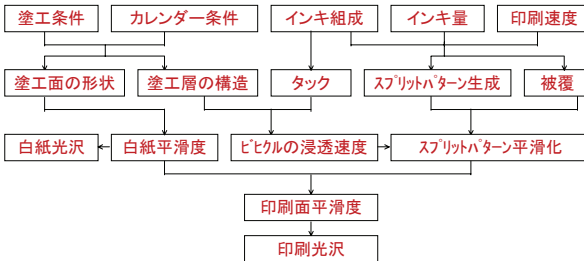
■ フレネル係数

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

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 における屈折率

印刷光沢①

- 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② スプリットパターンの消失

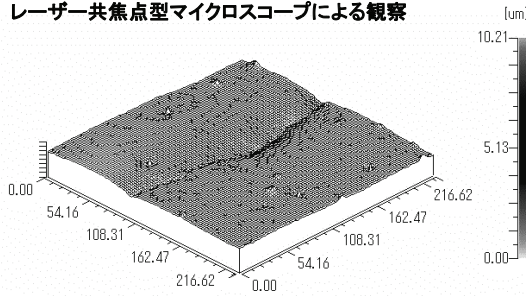
- ニップで生成するスプリットパターンの大きさ
- 溶剤がインキから塗工層に吸収されインキが硬化する速度



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

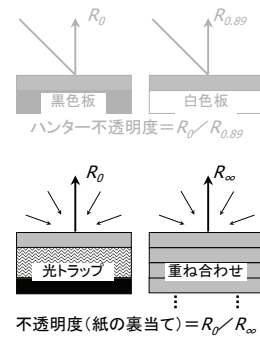
印刷光沢③ スプリットパターンの形状

- 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

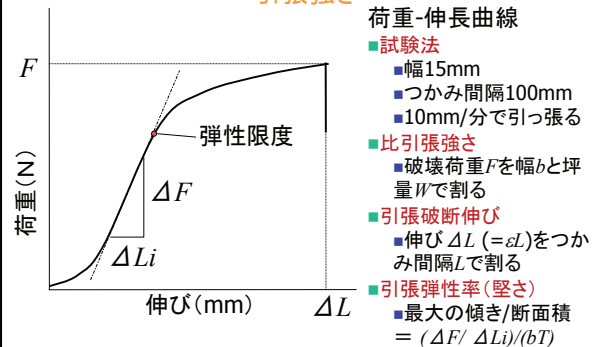


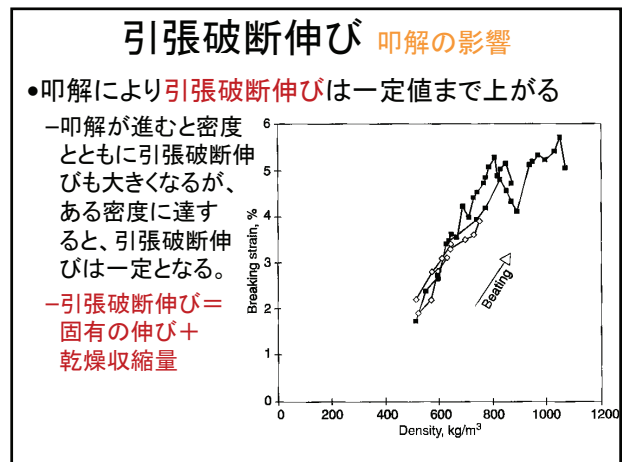
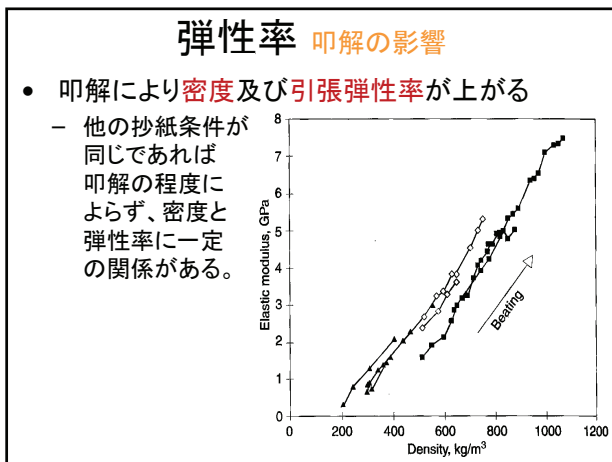
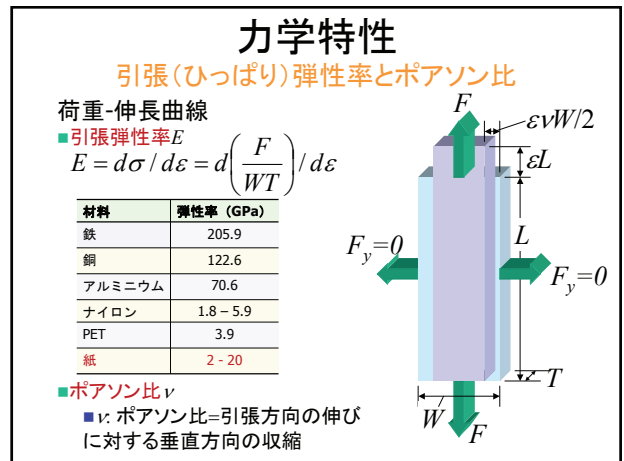
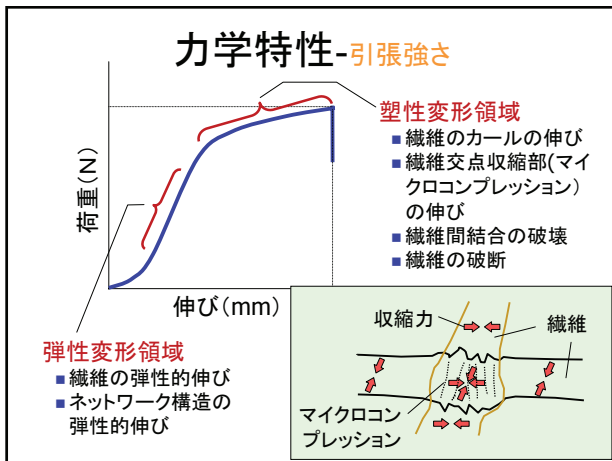
力学特性

- 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

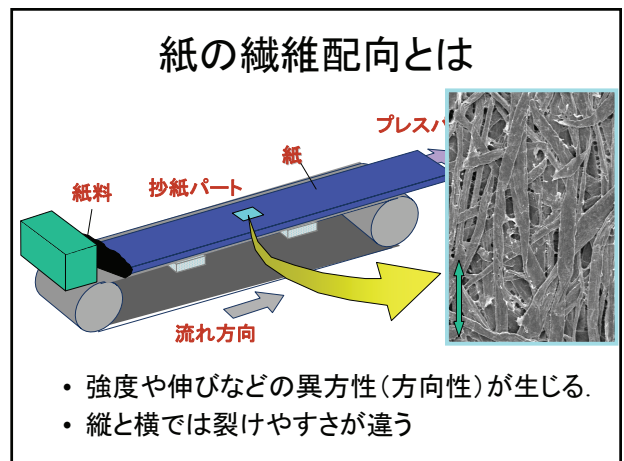
引張強さ



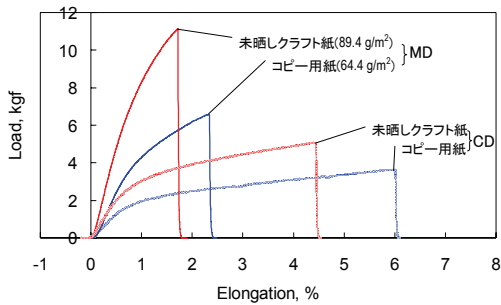


紙の異方性 種類と発生原因

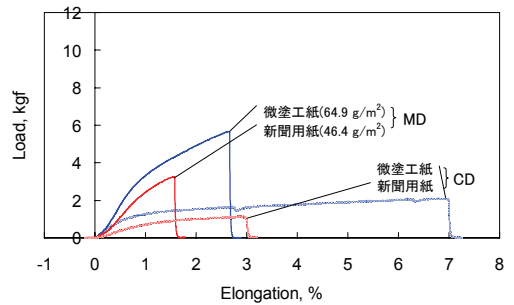
- 縦方向 (MD) と横方向 (CD)
 - スライスでの紙料の流れの中でMDに繊維が配向
 - 紙料内での繊維の速度とワイヤーの速度比により配向
- 面配向
 - 繊維がワイヤー面に平行になるように配向



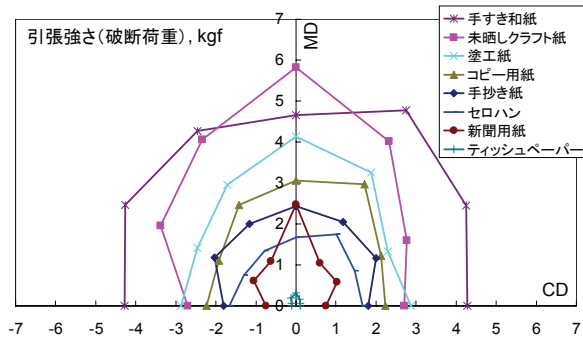
異方性 引張試験(荷重-変形曲線)



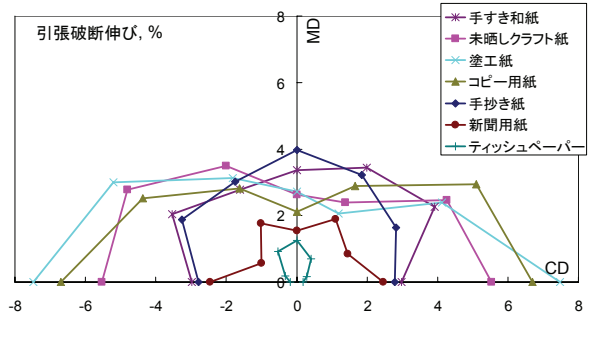
異方性 引張試験(荷重-変形曲線)



異方性 引張強さ

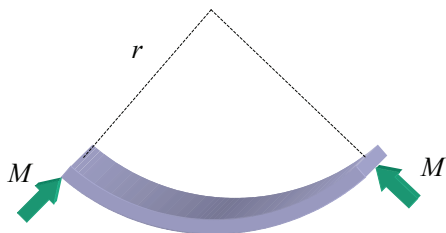


異方性 引張破断伸び



力学特性-曲げこわさ

- 曲げこわさ S は、材料の曲がりにくさを示す。
 $S=Mr$ (M はモーメント、 r は曲率半径)
 $S=EI$ (E はヤング率、 I は断面二次モーメント)

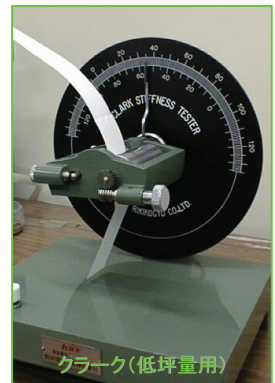


力学特性-曲げこわさ測定器

- クラークこわさ
 - 試験片を挟んで上に向けて支持する。つかみの回転によりある角度で反対側に反り返る。この角度の左右両側での差が90度となるよう、つかみから試験片を張り出す。その張り出し長さ L (cm)の3乗の100分の1をクラークこわさとする。

$$\frac{L^3}{100} \propto \frac{L^3}{203} = \frac{EI}{bW} = \frac{ET^3}{12W}$$

ここで、坪量 W はkg/m²、厚さ T はm、ヤング率 E はPaを単位とする。



力学特性-曲げこわさ測定器

• テーパーこわさ

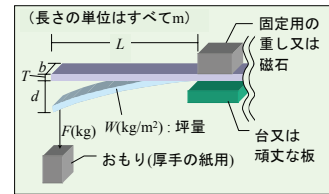
- 幅38mmの試験片を挟んで15° 曲げ、荷重長が50mmとなったときの曲げモーメントを測定。
- この曲げモーメントをこわさ(テーパー)と定義する。



テーパー(主に高坪量用)

力学特性-曲げこわさ

- 片持ち梁の試験片を、15度曲げるのに要する曲げモーメント $S(N \cdot m^2)$ を求める。
- ヤング率 E も評価できる。

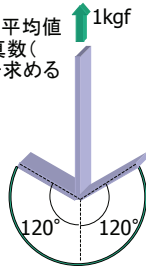


$$S = \left(\frac{WLb}{8} + \frac{F}{3} \right) \frac{L^3}{d} \times 9.81$$

$$S = E \cdot I = E \frac{bT^3}{12} \quad (\text{板状試料の場合})$$

力学特性-耐折強度

- 試験片を左右120°ずつ折り曲げ、破断するまでの往復折曲げ回数を測定する。
- その常用対数の平均値を計算し、その真数(ISO耐折回数)を求める。
- 繊維長が長いと耐折強度が上がる。

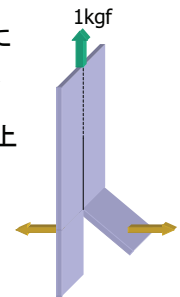


MIT耐折試験機

力学特性-引裂強度

• 引裂強度

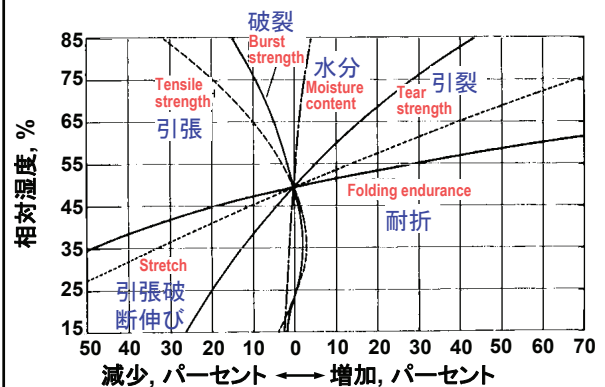
- 切れ目を入れて、90度方向に引き裂くときの仕事を測定し、荷重に換算する。
- 繊維長が長いと耐折強度が上がる。



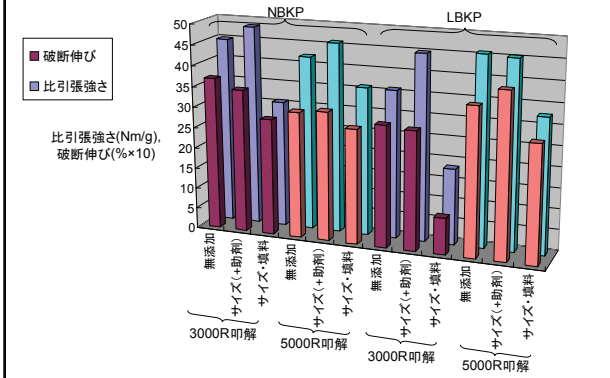
紙の強度発現に影響する因子

- 組成
 - 繊維の長さ・粗度
 - 填料の量と分布
- 抄紙の履歴
 - ウェットプレス
 - 叩解
 - 乾燥時の収縮量
 - 乾湿・温度の履歴
- 紙層構造
 - 地合(ムラ)
 - 方向性(MDとCD)
 - 密度
- 環境
 - 含水率
 - 温度

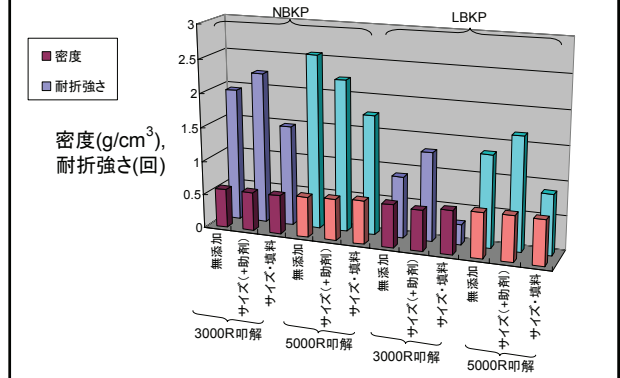
紙の強度-含水率の影響



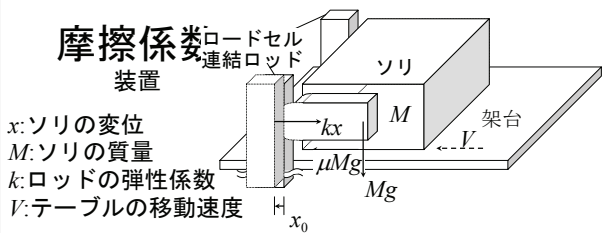
紙の強度 繊維組成、叩解、添加物の影響



紙の強度 繊維組成、叩解、添加物の影響

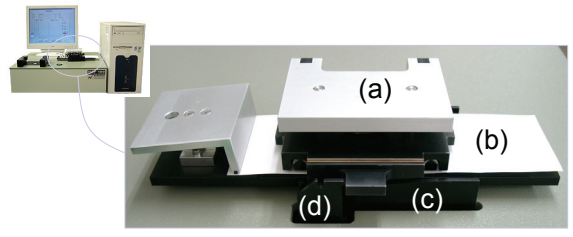


摩擦係数装置



ソリ側試料:	接触部分の面積が $\approx 60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$
架台側試料:	幅 $> 60 \text{ mm}$
鉛直圧力:	2.2 kPa (800 gのおもりに相当)
滑り距離:	25 mm
滑り速度:	0.2 mm/s(静摩擦), 20 mm/s(動摩擦)

力学特性-摩擦係数



摩擦試験機 (野村商事製 NSF-100)
ソリ(a), 架台(b), エレベータ(c), 摩擦力測定ロッド(d)

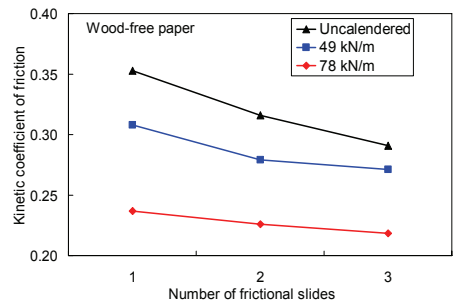
力学特性-摩擦係数 μ

$$\mu = \frac{\bar{F}}{mg}$$

- μ : 静摩擦係数又は動摩擦係数
- \bar{F} : 平均摩擦力
- m : ソリの質量
- g : 重力加速度 = 9.81 m/s²

力学特性-摩擦係数

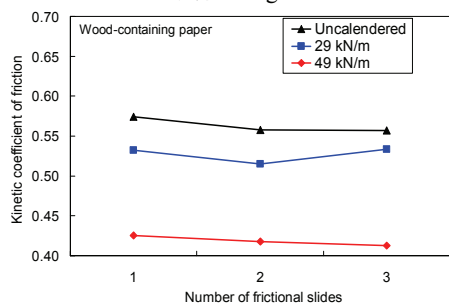
市販上質板紙にさらにカレンダーリング



・ 平滑であるほど動摩擦係数は小さい

力学特性-摩擦係数

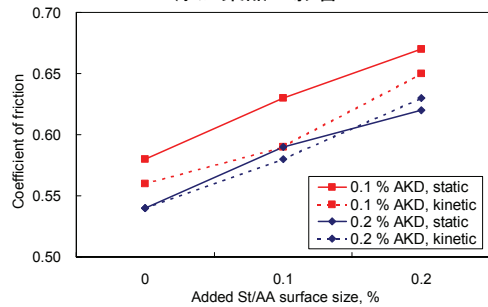
-中質紙 (74 g/m²)



- 上質紙より動摩擦係数大きい
- 摩擦力の変動が大きく、測定中の低下がない。繊維が剛直で変形しにくい。

力学特性-摩擦係数

添加薬品の影響



- AKDは紙を滑りやすくする
- St/AA (スチレン/アクリル酸)+酸化デンプンをサイズプレスし防滑性を付与