

http://www.enomae.com/lectures/2016DigitalCuration_enomae.pdf

デジタルキュレーション

えのまえ としはる
担当/江前敏晴

GE72402 情報学群 秋学期C
1月14日(木) 6限(16:45-18:00) 7A202

「デジタルキュレーション」で扱う内容

- ▶ **記録遺産を構成する材料**
石、岩(洞窟)、金属、革、木材、布、**紙**、フィルム(プラスチック)、ディスク(光磁気)、DNA、石英
- ▶ **紙とは-定義**
“植物などの繊維を水に分散させて、すき上げ、薄く平らにして、乾燥させたもの”

デジタルキュレーション 目次

番号	項目
1	紙の科学
2	紙文化財保存科学
3	紙分析科学
4	古文書材料学
5	紙の劣化と図書館の保存管理

講義の情報

- ▶ 「デジタルキュレーション」ウェブサイト
▶ <http://www.enomae.com/>
→ 講義資料
(講義終了後に配布資料のファイルをアップロード予定)
- ▶ 江前のメールアドレス
t@enomae.com レポート提出先・質問等

紙の起源

- ▶ 紙は、一説には蔡倫なる人物が紀元105年頃に発明したと言われているが、実際には製紙法の改良、製紙法の確立者である。
- ▶ 当時蔡倫が紙作りに用いたには、麻のボロきれや、樹皮、漁網(ぎょうもう)などであった。



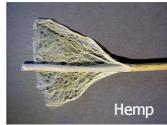
蔡倫



製紙-繊維原料

▶ 麻 (大麻・亜麻)

- ▶ 大麻 (Cannabis) は古代より中国・日本で布や網の材料。亜麻 (Linen) はヨーロッパで使用された。繊維は強靱で処理に手間。



▶ ポロ

- ▶ 布のリサイクル。元の原料は麻。綿は産業革命期から。絹は書写材料として紙よりも古い歴史。屑は製紙原料。

▶ その他韌皮繊維 (麻も韌皮繊維である)

- ▶ コウゾ、ガンビ、ミツマタ

製紙-繊維原料

▶ 葉

- ▶ Treang treeの葉
Sastra (記録文書)の原料

▶ 木材

- ▶ 大量供給が可能

▶ ケナフ

- ▶ 麻の一種。森林保護のために利用が進められたが、現在では保護効果無し、とする見解。

▶ プラスチック

- ▶ ユボ。ポリプロピレンの合成紙。電子ペーパーのベース？



印刷技術の起源

グーテンベルグ

(1395年頃～1468年)

1445年頃に印刷機を発明した。

- ▶ 鉛合金の活字
- ▶ アマニオイルを煮詰めた油性インク
- ▶ 農作物用絞りにヒントを得た木製印刷用プレス機

書籍 (印刷物) の大量生産を可能にし、印刷業者及び読者にとっても経済性、実用性に優れた技術となった。



Johannes Gutenberg



Movable type

42行聖書を印刷し刊行

- ▶ グーテンベルグは180部の聖書 (42行聖書) を印刷し刊行した。
- ▶ 現代印刷技術の原型

▶ 紙との関係

- ▶ 紙の需要増大
- ▶ 紙の大量生産技術の発展
- ▶ 製紙原料としての木材利用開始
- ▶ 連続抄紙機の開発



日本の古い印刷物

- ▶ 藤原仲麻呂の乱後の764年 (奈良時代) に孝謙天皇が国家安泰を願い、「無垢浄光陀羅尼経」を100万枚印刷させ、これを木製の三重小塔100万基の中にそれぞれ納めて、法隆寺や東大寺など十大寺に分置した



世界最古の印刷物

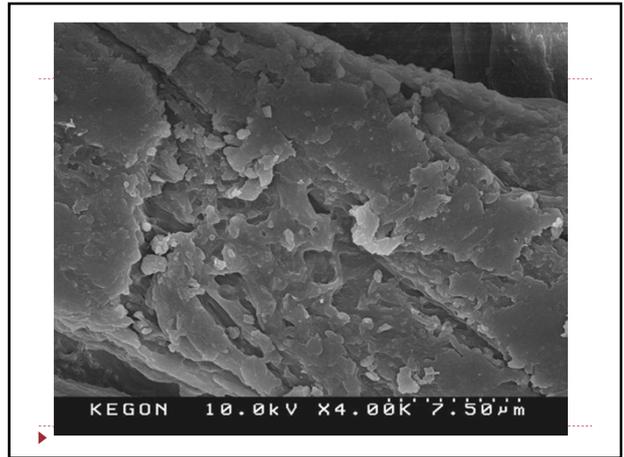
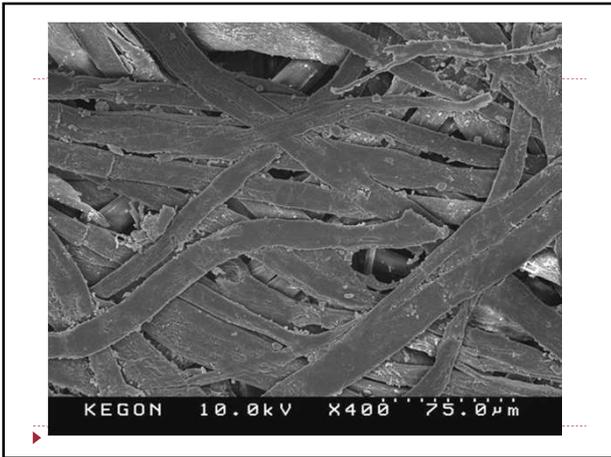
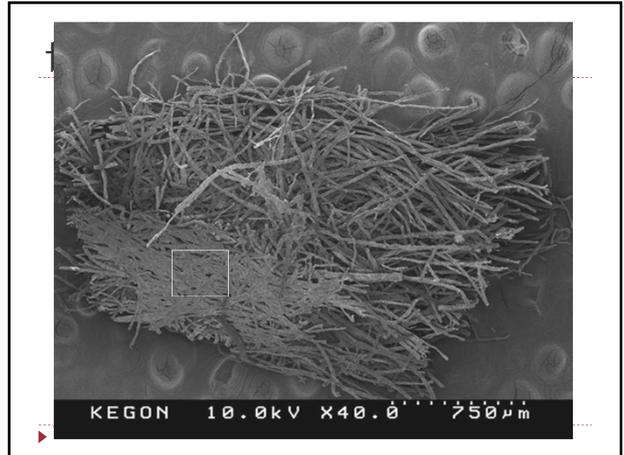
- ▶ 1966年に新羅 (韓国) 慶州の仏国寺の釈迦塔で見つかった無垢浄光陀羅尼経。釈迦塔創建の751年の印刷とされている。



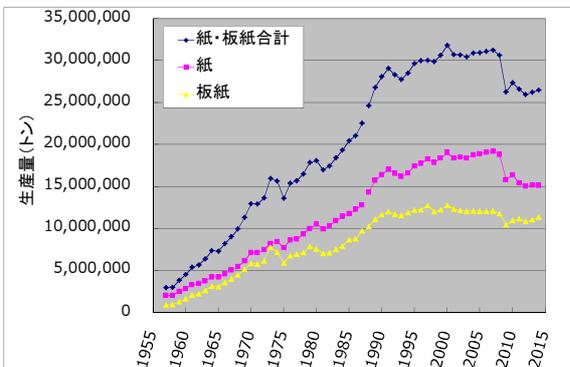
世界最古の印刷物

の紙と同時代の紙

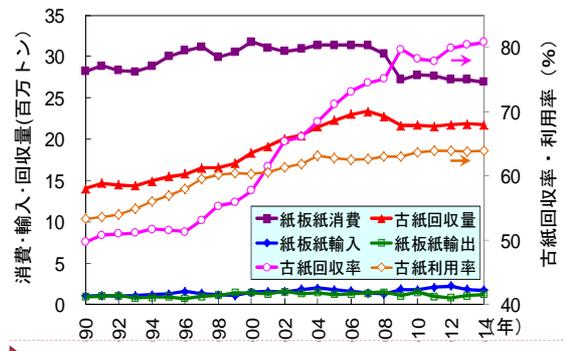
▶755年に新羅時代の華嚴経が書かれた紙



製紙産業の状況



古紙回収率と古紙利用率の推移



木材の組織 - プナ材の細胞

広葉樹材組織の組成	
道管	20%
木繊維	60%
軸方向柔細胞	10%
放射組織	10%

図 43 プナ材を構成する細胞
 a, b: 道管要素 (×100), c: 年輪の終わりに近くの中径の道管要素 (×100),
 d: 軸方向柔細胞 (矢印指すところ) (×100), e, f: 繊維 (矢印指すところ) (×100),
 g: 真正木繊維 (×100), h, i, j: 放射組織 (×200), h: 方形細胞, i, j: 平形細胞, k: 放射組織中の木質細胞。

繊維の長さと大きさ

針葉樹仮道管
 広葉樹木繊維
 広葉樹道管

1 mm

化学パルプ - 樹種による繊維形態の違い

針葉樹パルプ繊維
 広葉樹パルプ繊維

コピー用紙 (広葉樹パルプ繊維からなる)

木材の成分 - 主要3成分の比率

化学成分	おおよその比率 (%)		漂白クラフトパルプ
	針葉樹	広葉樹	
セルロース	45	45	40%
ヘミセルロース	25	30	10%
リグニン	25	20	2%
その他 テルペン 樹脂酸 脂肪酸 など	2 - 8		その他 5%

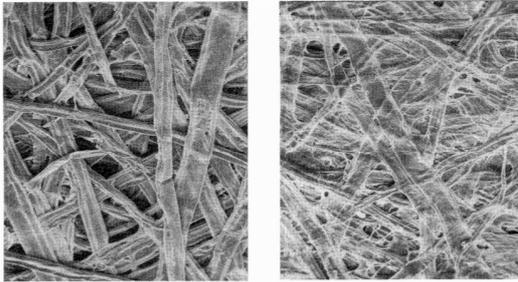
クラフト法による広葉樹材 (パルプ) 組成の変化

紙の製造工程概略

森林 → チップ → 蒸解 → 漂白 → パルプ → ワイヤ → プレス → 乾燥 → 塗工 → カンレダ

ホルンダーピーターの発明(1670) なぎなたピーター (和紙)

叩解 - パルプシート(紙)の表面写真



(A) 未叩解 (B) 叩解処理後

- 叩解により繊維及びシートはどう変化したか？
- 高密度化、繊維間の結合が増えて強度向上

まとめ

- 紙の定義は、“植物などの繊維を (B) に分散させて、すき上げ、薄く平らにして、(C) させたもの”
- 文化財の紙に含まれていそうな繊維原料の種類は何か？ (D)、(E)、(F)、(G)、(H)、(I)
- 紙に含まれる繊維以外の細胞は何か？ (J)、(K) など
- 叩解はなぜ行うか？
紙の (L) を上げるため

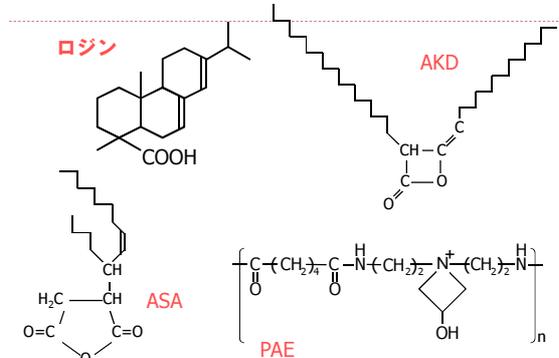
試料調成 - 薬品添加

- 紙の品質制御
 - サイズ剤-撥(はっ)水性の制御
 - 填料-白色度・不透明度の向上
 - 紙力剤
 - 染料・蛍光増白剤
- 紙の生産性制御
 - 凝集剤(アラムなど)-微細繊維・填料・サイズ剤の歩留まり向上
 - 防腐剤

薬品 - サイズ剤・填料

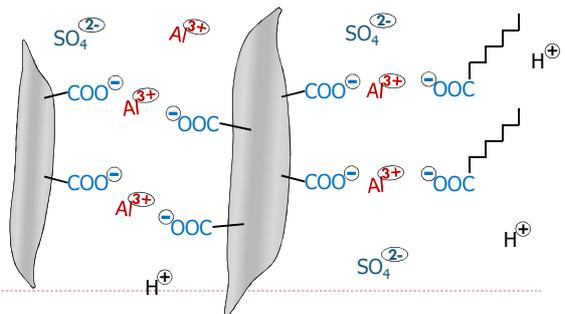
	酸性紙	中性紙	和紙
サイズ剤	ロジン (アビエチン酸)	アルキルケテンダイマー (AKD)、 アルケニル無水コハク酸 (ASA)	膠(にかわ・ゼラチン)
歩留まり向上剤 (定着剤)	硫酸アルミニウム(アラム)→劣化の原因	カチオン性高分子	明礬(ミョウバン・硫酸カリウムアルミニウム)
填料	クレー、二酸化チタン、タルク等	炭酸カルシウム、二酸化チタン等	泥(クレー)、米粉
抄紙pH	4.5~5.5	7.5~8.5	?

薬品 - サイズ剤・填料



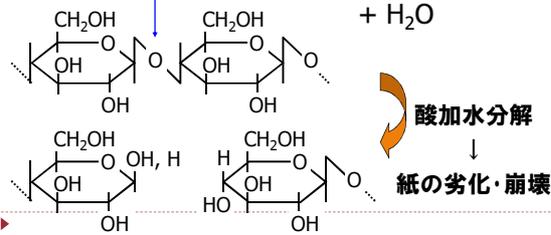
薬品 - サイズ剤・填料

- 歩留まり向上の役割-サイズ剤の吸着、繊維の凝集



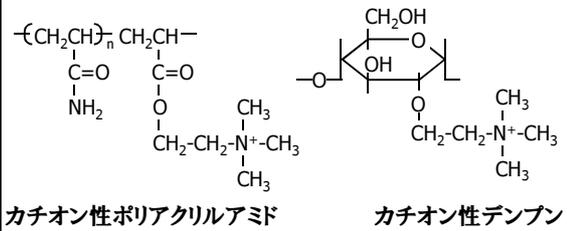
薬品 - 酸性紙の劣化

硫酸アルミニウム(アラム)→劣化の原因



薬品 - サイズ剤・填料(2)

	酸性紙	中性紙	和紙
紙力剤	カチオン性ポリ アクリルアミド	カチオン性デンプン	?



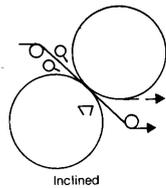
カチオン性ポリアクリルアミド

カチオン性デンプン

抄紙 - サイズプレス

サイジング

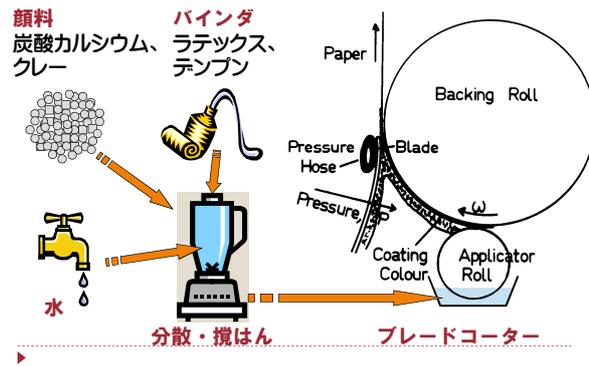
- ▶ 内添サイズ-パルプ懸濁液に添加
- ▶ 外添(又は表面)サイズ



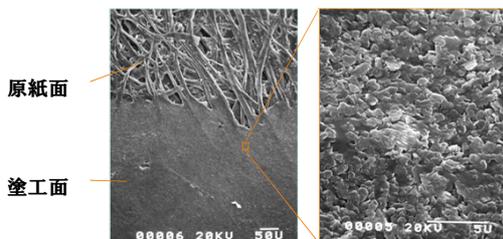
表面サイジング(サイズプレス)とは

- ▶ **デンプン**などの物質を塗布し、フィルム化することにより水などの液体に対する耐性を紙に与える処理を意味する。
- ▶ デンプンの他、カルボキシメチルセルロース、ポリビニルアルコール、ポリアクリルアミド(PAM)、スチレンアクリル酸系ポリマーなど。疎水性は強くない。

顔料塗工とは



塗工紙表面-走査型電子顕微鏡写真



- 平滑性、白色度、不透明度、光沢の向上、液体浸透の制御などを目的とする。

まとめ2

- ▶ 紙に添加される繊維以外の成分とその役割を挙げなさい。

添加剤	役割
サイズ剤	紙に (M) を与える。吸水速度を制御。
(N) 向上剤	繊維やサイズ剤を紙に多く残す。
紙力(増強)剤	紙に強度を与える。乾燥及び (O) 紙力剤。
表面サイズ剤	印刷用紙に (P) を塗布。ピッキング防止。
塗工用顔料	(Q) を塗工。白色度が向上。
塗工用接着剤	(P)、デンプンなど

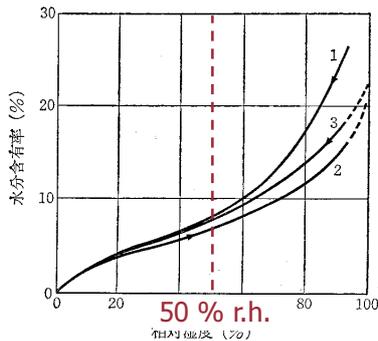
紙の構造を表す基本物性

- 調湿条件
- 構造を表す基本物性
- 表面化学特性
- 吸液特性
- 力学特性
- 光学特性 など

調湿及び試験環境条件

- ▶ **温度23 °C 相対湿度50%**
- ▶ 紙の物性は温度依存性はほとんどなく、湿度依存性が強い
- ▶ ただし、温度が10°C以上変わると引張(ひっぱり)強度などに有意な差が現れる。

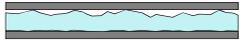
調湿及び試験環境条件



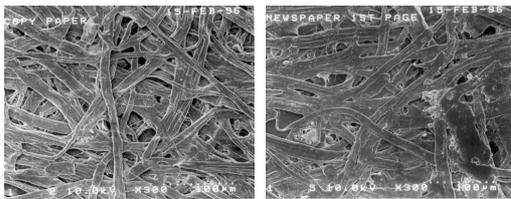
- ▶ **ヒステリシス**
- ▶ **平衡含水率の1/2まで乾燥させてから吸湿し試験を行う**
- ▶ **含水率は結晶化度に影響される**

図 98 亜硫酸パルプシートの水分取着等温線 (Seborg, C. O. et al, 1938)

紙の構造-基本物性

- ▶ **坪量(g/m²)**
 - ▶ 23°C 50%RHにおける1m²あたりの質量(g)
 - ▶ 105°Cで恒量となるまで乾燥すると絶乾坪量
- ▶ **厚さ**

 - ▶ 2つの平行な円形加圧面で挟む構造のマイクロメータを使い、100kPaの加圧下で測定
 - ▶ バルク厚さ(10枚重ね)と単一シート厚さ
 - ▶ 表面の凹凸も含めた厚さであるので厚めに測定される。

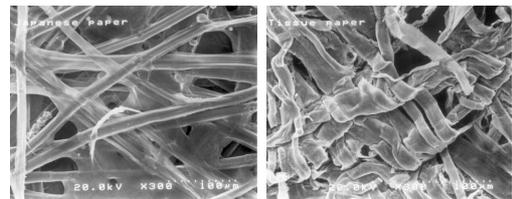
紙の構造-走査型電子顕微鏡写真①



コピー用紙

新聞用紙

紙の構造-走査型電子顕微鏡写真②



和紙

ティッシュペーパー

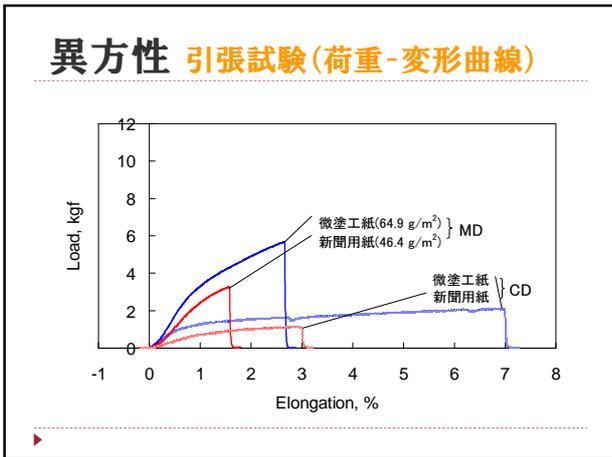
紙の表面化学特性-接触角

■羊皮紙と紙の吸水速度の比較

羊皮紙 紙(中質紙)

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



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。

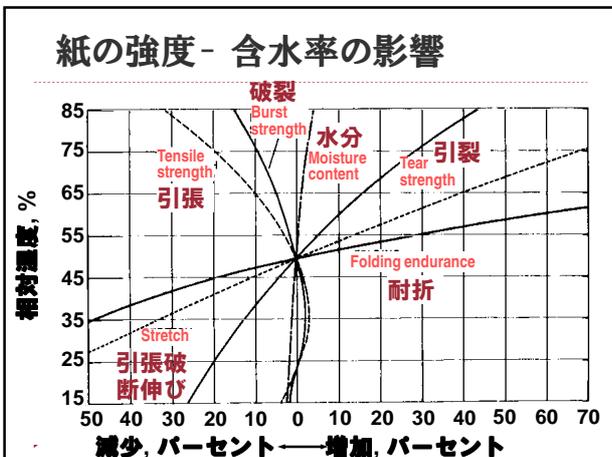
▶ その常用対数の平均値を計算し、その真数(ISO耐折回数)を求める。

▶ 繊維長が長いと耐折強度が上がる。

120° 120°

1kgf

MT耐折試験機



2. 紙文化財保存科学


University of Tsukuba
 筑波大学

水害被災した印刷用紙の 塩水保存と塩の影響

(筑波大学 生命環境科学研究科)
 タンチラ プンヤピバット、中川 明子、江前 敏晴

背景

✓ 水害被災した紙文書類に**カビが繁殖**



カビの害

- 文字の判読困難(着色)
- 異臭、健康被害
- 美術的価値の喪失
- 劣化

✓ 対処法

- 吸い取り紙による吸水と風乾
- 真空凍結乾燥

 }.... **すぐに実行困難**

簡便な処置として、塩水に浸漬しておく緊急保存法を提案

研究のきっかけ (アラーの奇跡)

2004年スマトラ島沖地震による大津波

✓ 土地台帳16トンが水没



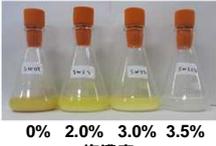

✓ 濡れたまま高温高湿の熱帯で、2カ月以上カビが繁殖せず
 ✓ 洗浄・真空凍結乾燥処理で、97%が変形や固着なく復元

高い塩濃度によるカビ抑制効果の確認
 新しい保存技術へ応用

Trichoderma reesei を用いた定量的な菌繁殖試験

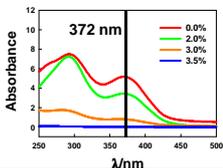
実験

- 微結晶セルロース
- 塩濃度を変化させたWood培地(液体)
 ↳ 人工海水塩、NaCl, KCl, MgCl₂, CaCl₂
- *Trichoderma reesei* (1.0×10⁹胞子数/L)



0% 2.0% 3.0% 3.5%
塩濃度

成長時に黄色の代謝物質を分泌
黄色の濃度 = 菌の成長量

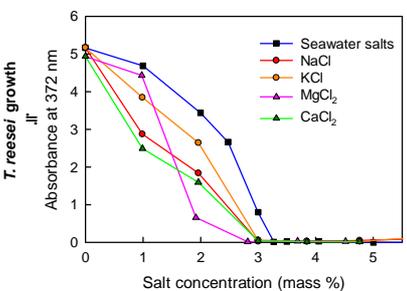


372 nm

37 °C、150 min⁻¹ で 9 日間振とう培養

Trichoderma reesei を用いた定量的な菌繁殖試験

結果



✓ *Trichoderma reesei* は塩濃度3.2%以上で成長抑制
 ✓ 海水の他に、NaCl水溶液が保存塩水として適用可能
 ✓ 菌の繁殖が抑制された理由は、主に塩水の浸透圧効果

紙に生える代表的な3種の好気性菌繁殖試験

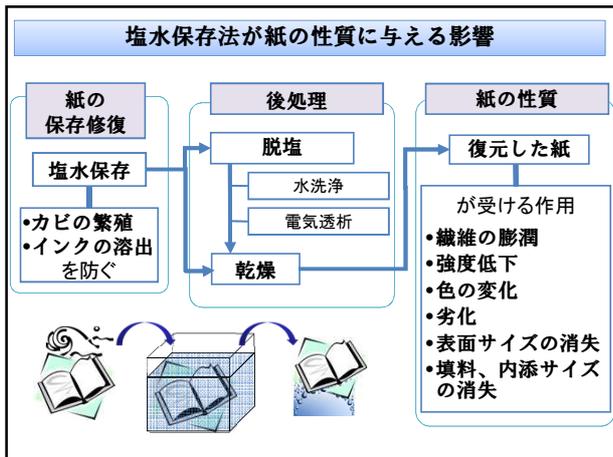
実験

- コピー用紙
- 人工海水塩で塩濃度を変化させたWood培地(液体)

25 °Cで7日間培養

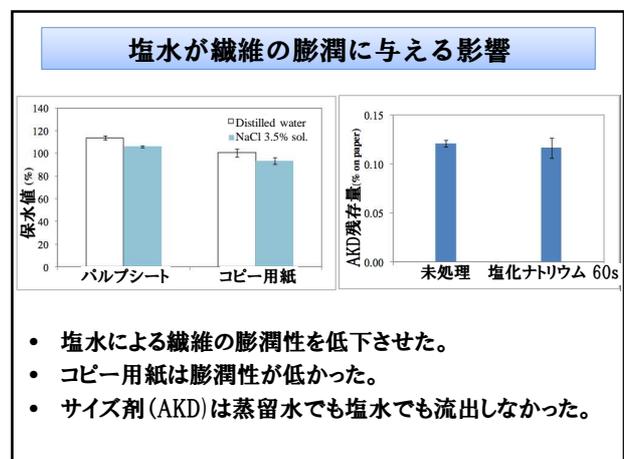
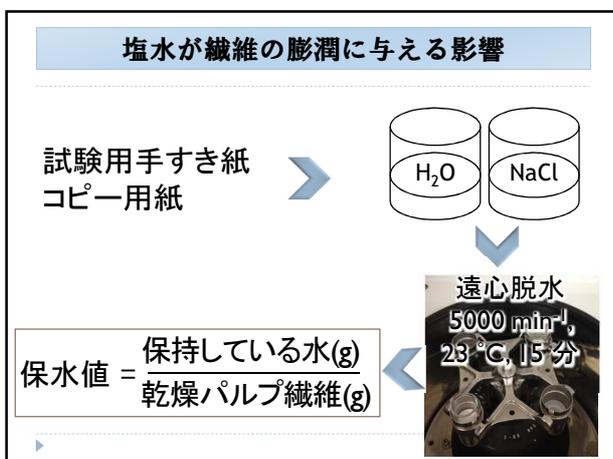
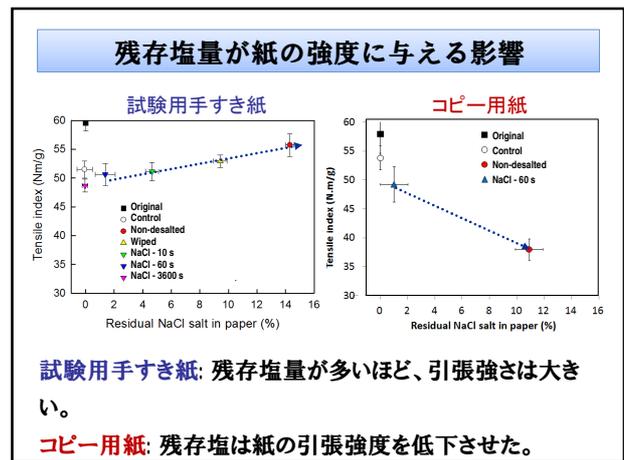
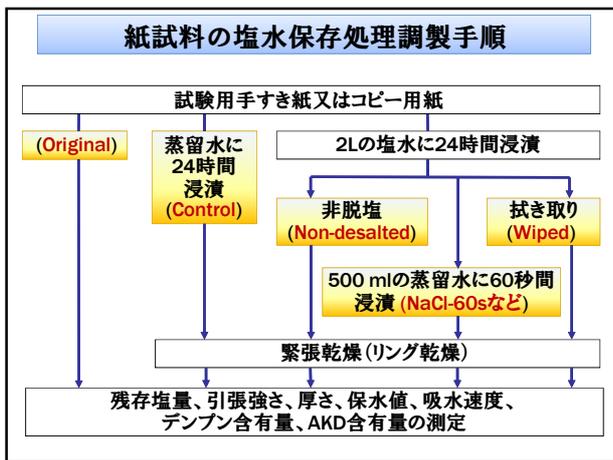
結果

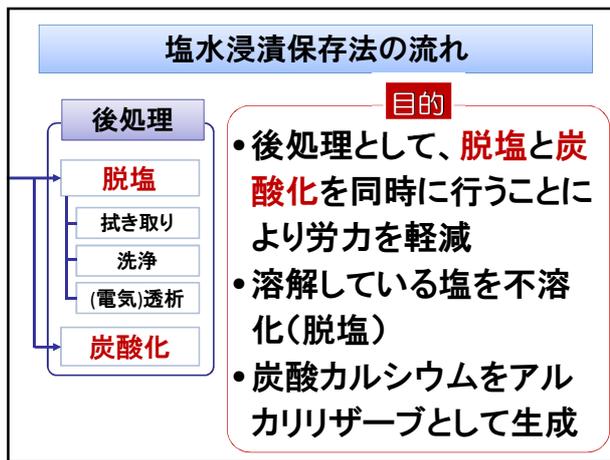
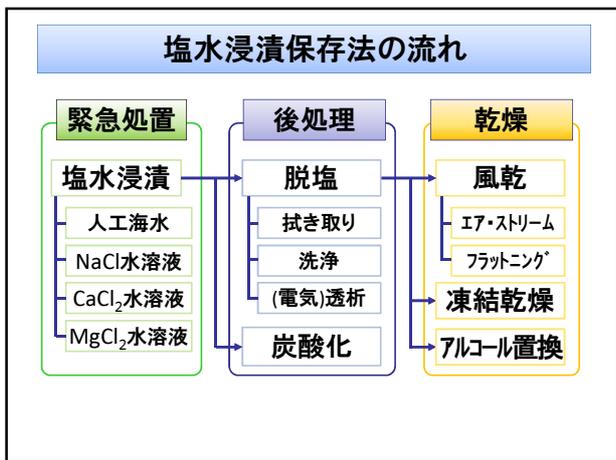
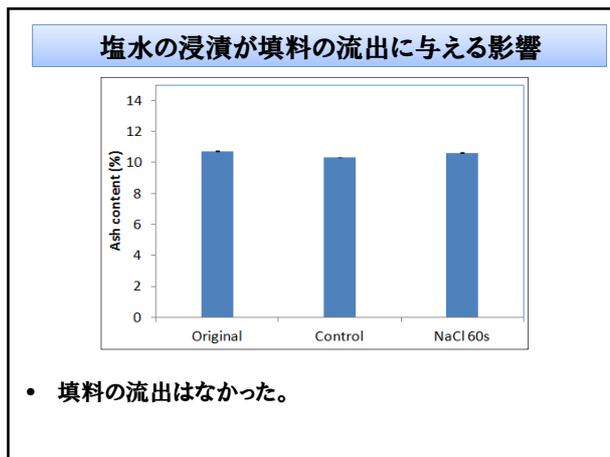
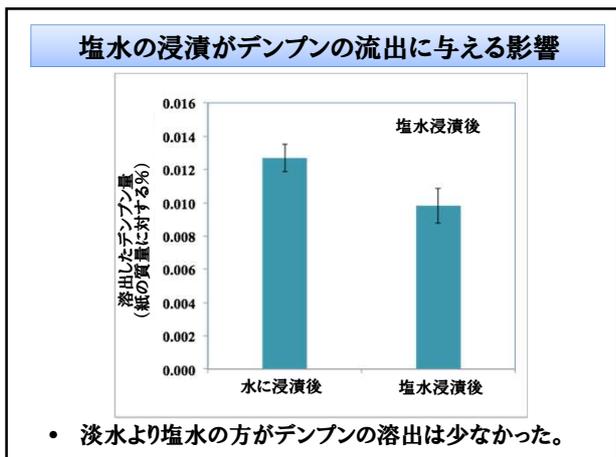
<i>Trichoderma reesei</i>				
<i>Aspergillus terreus</i>				
<i>Aureobasidium pullulans</i> (耐塩性菌)				
	0%	2.0%	3.0%	3.5%
	塩濃度			



材料

- 紙試料
 - コピー用紙 (サイズ剤、填料、テンブン)
 - 市販の印刷筆記用紙 (Fine PPC, 紀州製紙)
 - A4判, 70 g/m²
 - 試験用手すき紙 (パルプ繊維のみ)
 - 広葉樹漂白クラフトパルプシート
 - PFIミルで5,000回叩解
 - 60 g/m²
- 塩溶液
 - 3.5% (m/m) NaCl 水溶液





脱塩と炭酸カルシウムの生成

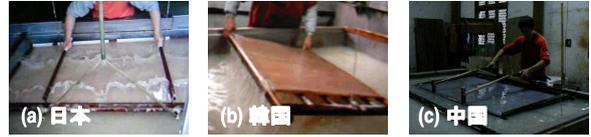
$$\text{CaCl}_2(l) + 2\text{NH}_4\text{HCO}_3(l) \rightarrow \text{CaCO}_3(s) + 2\text{NH}_4\text{Cl}(l) + \text{CO}_2(l) + \text{H}_2\text{O}(l)$$

- 炭酸水素アンモニウムの添加で炭酸カルシウム生成

3. 紙分析科学

古文書料紙の繊維の並びが 解き明かすもの

伝統的抄紙技法



抄紙の際の箕桁の動き

Screen actions - Japan



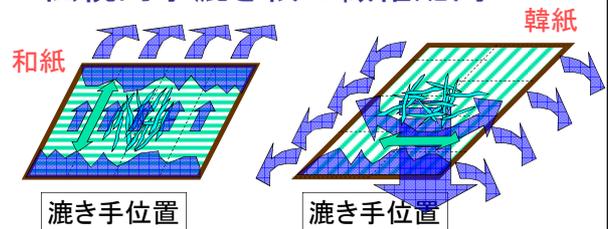
Screen actions - Korea



Screen actions - China



伝統的手漉き紙の繊維配向



- 紙料の流れが繊維配向に反映される
- 繊維配向がわかれば漉き方が推測できる
- 時代や産地の推定

研究の目的

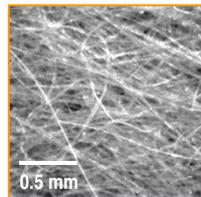
- 繊維配向の度合い(配向度)と角度を求め、和紙及び韓紙の紙漉き工程に由来する特徴を抽出すること。
- 実際の紙文化財で繊維配向を測定し、当時の抄紙技術を推定する。
- 修復紙の選択や設計に必要な情報とすること。
- 史実解釈の一助とすること。

古文書料紙表面の写真撮影



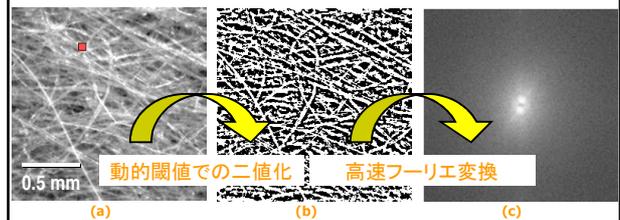
繊維配向を求める手順

- デジタル顕微鏡による紙表面の写真撮影
 - $1.7 \times 1.7 \text{ mm}^2$
- フーリエ変換画像処理
 - 繊維の配向度と配向角度の決定



配向度と配向角度

- 実際の計算例

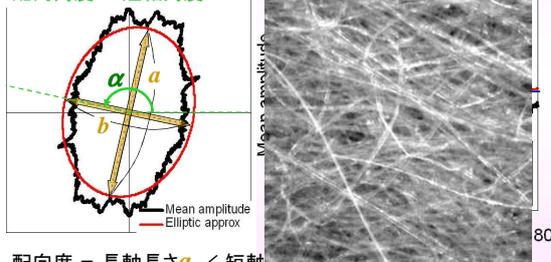


紙表面の光学顕微鏡写真 (a), 二値化画像 (b) 及びパワースペクトル (c)

配向度と配向角度

- 実際の計算例

配向角度 = 短軸角度



配向度 = 長軸長さ a / 短軸長さ b

フーリエ変換画像処理法を応用

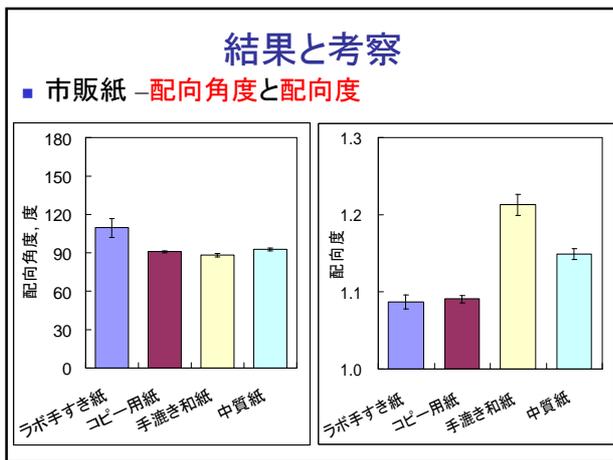
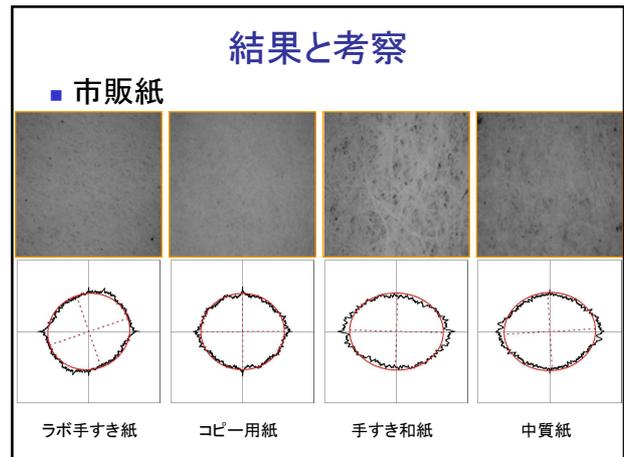
実際の色々な紙で表面の顕微鏡写真を撮影し、繊維配向を調べてみた...

実験 – 試料

- 市販紙

紙	坪量, g/m ²
試験用ラボ手すき紙	69.7
コピー用紙	67.4
手すき和紙(便箋用)	48.9
中質紙	51.5
- モデル手漉き紙
- 伝統技術による手すき紙

韓紙	和紙
■ Uiryeong-k	■ Yoshi-j
■ Uiryeong-j	
■ Zangji-k	



試料 (1)

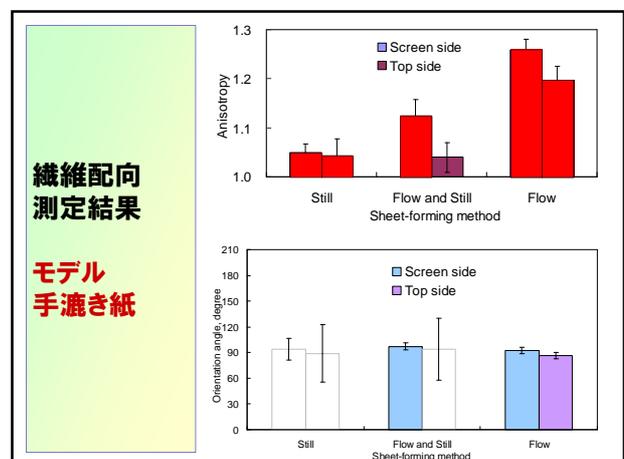
- モデル手漉き紙

叩解したコウゾ繊維／ネリを添加

- 溜め漉き(全層を1度に)
- 流し漉き(1,2層目とも)
- 1層目を流し漉き、2層目を溜め漉き

紙表面写真の撮影条件

装置	デジタル顕微鏡DG-2、スカラー(株)	
倍率	100倍	
画素サイズ	1024×1024	
視野サイズ	1.7×1.7 mm ²	
画像数	モデル手漉き紙 3種各1枚	表裏各10画像 /枚



結果(1) モデル手漉き紙

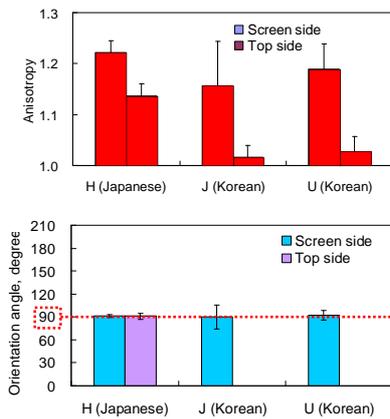
- 流れのある側だけ繊維が配向した。
- 配向度は、簀肌面の方が捨水面より必ず大きかった。
⇒ 簀肌面/捨水面の判別が可能

試料(2)

- 現代の和紙と韓紙
 - 和紙 H 美濃紙
 - 韓紙 J Gapeong 地区製造
 - 韓紙 U Uiryeong 地区製造

繊維配向測定結果

現代の和紙と韓紙の比較



結果(2) 現代の和紙と韓紙

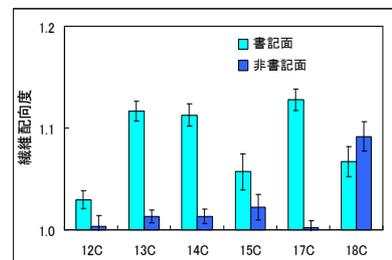
- 和紙は 流し漉きの繊維配向パターンを示した。
- 韓紙は 流し漉き+溜め漉きの繊維配向パターンを示した。

試料(3)

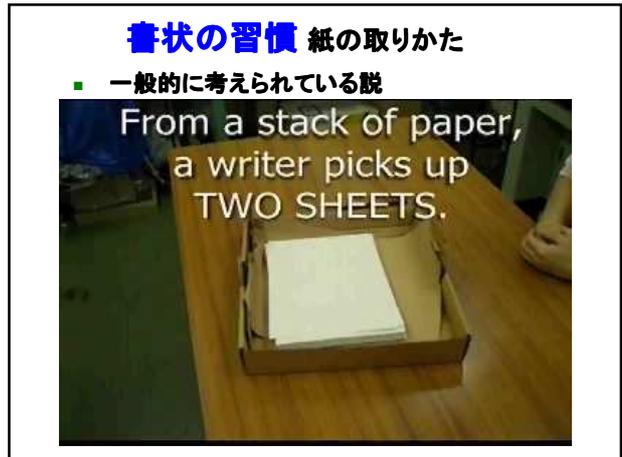
- 古文書料紙
 - 島津家文書 (13- 17世紀)
 - 韓国の古文書(11-16世紀) ホアン美術館及び個人所蔵
 - 東寺文書(12-18世紀)
 - 上杉家文書(14-16世紀)
 - 大徳寺文書 (13- 17世紀)

繊維配向測定結果

東寺文書



- 書記面として必ずしも簀肌面が選択されたとは限らない。
- 12世紀の紙だけは溜め漉きのパターン



書状の習慣 表裏の区別

- 簀の上では
 - 簀肌面 ⇔ 捨水面
 - 繊維配向で区別が可能
- 干し板では
 - 板目面 ⇔ 刷毛目面
 - 板目面の方が平滑
 - 通常、簀肌面が板目面となる
- 書状を書くときは
 - 書記面 ⇔ 非書記面
 - 1枚目の平滑な方の面を書記面として選ぶ

書状の習慣 大徳寺文書の調査

文書#	1枚目		2枚目		裏紙の取り方
	書記面	非書記面	書記面	書記面	
174	1.02刷毛目	1.04刷毛目	1.18刷毛目	1.08刷毛目	2枚取り
196	1.08刷毛目	1.12刷毛目	1.08刷毛目	1.17刷毛目	2枚取り
205	1.16刷毛目	1.15刷毛目	1.16刷毛目	1.05刷毛目	2枚取り
206	1.22刷毛目	1.08刷毛目	1.16刷毛目	1.10刷毛目	2枚取り
224	1.16刷毛目	1.12刷毛目	1.22刷毛目	1.13刷毛目	2枚取り
247-1	1.14刷毛目	1.20刷毛目	1.16刷毛目	1.19刷毛目	2枚取り
253	1.16刷毛目	1.06刷毛目	1.16刷毛目	1.06刷毛目	2枚取り
253	1.16刷毛目	1.06刷毛目	1.21刷毛目	1.10刷毛目	2枚取り
419-1	1.21刷毛目	1.12刷毛目	1.21刷毛目	1.13刷毛目	2枚取り
469-1	1.07板目	1.26刷毛目	1.26刷毛目	1.09	2枚取り
535-1	1.09	1.19	1.27	1.10	2枚取り
549-1	1.31刷毛目	1.15刷毛目	1.33刷毛目	1.14刷毛目	2枚取り
566-1	1.24刷毛目	1.13刷毛目	1.23刷毛目	1.15刷毛目	2枚取り
593-1	1.21	1.09	1.27	1.07	2枚取り
788-1	1.22	1.17刷毛目	1.17刷毛目	1.09	1枚は裏返し
1509-1	1.19刷毛目	1.14刷毛目	1.22刷毛目	1.12板目	1枚は裏返し
1543-1	1.06刷毛目	1.22	1.19	1.07	2枚取り
1557-1	1.19	1.10刷毛目	1.17	1.08	1枚は裏返し

- 重ねたままの2枚取り
- 1枚を裏返して重ねる - 17%
- 捨水面を干し板に当てて乾燥 - 22%

4. 古文書材料学

中世古文書に使用された料紙の顕微鏡画像のデータベース化と非繊維含有物の分析

(筑波大学生命科学環境研究科) ○江前敏晴
 (法務省法務史料展示室) 佐藤円香
 (東京大学史料編纂所) 保立道久、久留島典子、金子拓、高島晶彦、山口悟史

和紙の分類(産地による分類)

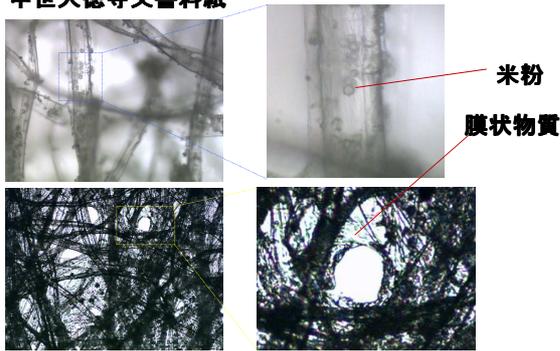
- 越前和紙—福井県越前市(旧今立町)
- 土佐和紙—高知県の町、土佐市
- 美濃紙(みのがみ)—岐阜県美濃市
生漉き(添加剤なし、繊維のみ)
- 名塩紙(なじおがみ)—兵庫県西宮市名塩
泥を添加した紙、間似合い紙
- ...

和紙の分類(含有非繊維物質による分類)

1. 蘭紙(純繊維紙=繊維だけ)
繊維をよく漂白し、不純物のない最上質の紙
2. 糊紙(米粉のデンプン粒子含有)
米粉を添加した紙
3. 生漉紙(柔細胞を含む)
楮茎内から分離した非繊維物質である柔細胞を多く含み、米糊を添加していない紙
4. 雑紙
それ以外の紙

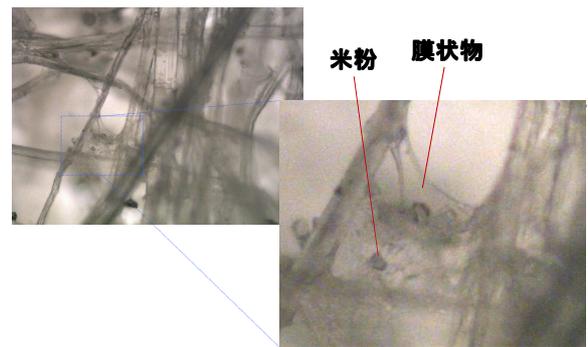
和紙に含まれる非繊維物質

● 中世大徳寺文書料紙



和紙に含まれる非繊維物質

● 中世大徳寺文書料紙



和紙に含まれる非繊維物質 中世大徳寺文書料紙(1)

番号	文書名	デンプン/膜状物	判断紙種	澱粉
165	檢非違使庁下文	○	糊厚紙	○
168	妙法院宮尊澄法親王請文	×	引合	×
171	新田義貞寄進状	○	糊檀紙	○
172	光厳上皇院宣	○	糊檀紙	○
173	光厳上皇院宣	○	△	○
190	足利義隆御判御教書	○	杉原白薄	○
191	足利義隆書状	○	杉原白薄	○
192	足利義隆安塔御判御教書	△	△	×
204	足利義隆安塔御判御教書	×	強杉原	×
219	宗臨祠堂銭北海取次状	×	引合(簧肌)	×
229	室町幕府奉行人奉書	○	糊奉書	○
248	佐々木<六角>定頼奉行人連署禁制	×	引合(簧肌)	×
257	佐々木<六角>定頼奉行人連署禁制	×	○	×
258	佐々木<六角>定頼奉行人某禁制	×	引合(簧肌)	×
263	丹下盛知・安見宗房連署禁制	×	三椏?	×
266	伝庵宗器書状	×	三椏?	×
320	伏見上皇院宣	○	糊厚紙	○
331	權大納言典侍局議状	×	?	×△

和紙に含まれる非繊維物質 中世大徳寺文書料紙(2)

番号	文書名	デンプン/膜状物	判断紙種	澱粉
366	花山院覚円寄進状	×	引合(中)	×
373	彈正親王<邦省>庁申文	×	糊厚紙	○
476	左衛門尉助行施行状	○	糊厚紙	○
477	信濃国宣	○	糊厚紙	○
481	雑断決断所際	○	糊厚紙	○
549	足利義晴御内書	○	糊奉書	○
566	勤修寺尹豊書状	○	糊奉書	○
570	佐々木定頼書状	○	糊奉書	○
649	信濃伴野莊并下総葛西御厨相承次第	×	引合	×
650	信濃伴野莊諏訪社神田相伝系図	×	引合(並)	×
734	沙弥善忠<土岐頼康>書状	○	杉原白薄	○
1374	清松寺恵玄安塔状	×	引合(中)	×
1431	尼そしやう<北畠親子>敷地寄進状	×	引合(並)	×
1798	天塚宗球寄進状	×	引合(簧肌)	×
(中略)				
3058	足利義満安塔御判御教書	×	強杉原	×
3062	入道式部卿宮<久明>令旨	○	糊厚紙	○
3081	土岐満貞寄進状	△	○	×部分

和紙に含まれる非繊維物質

● 現代美濃紙の製造工程

和紙製造工程

煮熟(蒸解) → 灰汁出し → 塵取り → 打解(叩解) → 紙出し

● 柔細胞
● ネリ
● 米粉
こめこ
● 填料
てんりょう

ネリ(分散剤) → 紙漉き → 压榨(プレス) → 乾燥

協力: 長谷川和紙工房

非繊維物質の混入段階

1. 植物生育(生合成)段階
(繊維—セルロース)
柔細胞—デンプン、ヘミセルロース
無機物—シュウ酸カルシウム、シリカ
2. 煮熟工程
木灰—水酸化カルシウム、炭酸ナトリウム
3. 紙料調成(繊維懸濁液調成)工程
ネリ—ウロン酸
無機物—泥、炭酸カルシウム

柔細胞—デンプン、ヘミセルロース

柔細胞

煮熟後の繊維

偏光

0.1 mm

非繊維物質の混入段階

1. 植物生育(生合成)段階
(繊維—セルロース)
柔細胞—デンプン、ヘミセルロース
無機物—シュウ酸カルシウム、シリカ
2. 煮熟工程
木灰—水酸化カルシウム、炭酸ナトリウム
3. 紙料調成(繊維懸濁液調成)工程
ネリ—ウロン酸
無機物—泥、炭酸カルシウム

無機物—シュウ酸カルシウム、シリカ

煮熟後の繊維

シュウ酸カルシウム

偏光

0.1 mm

膜状物質は何か？

1. 植物生育(生合成)段階
(繊維—セルロース)
柔細胞—デンプン、ヘミセルロース
無機物—シュウ酸カルシウム、シリカ
2. 煮熟工程
木灰—水酸化カルシウム、炭酸ナトリウム
3. 紙料調成(繊維懸濁液調成)工程
ネリ—ウロン酸
無機物—泥、炭酸カルシウム

和紙に含まれる非繊維物質

● 現代美濃紙の膜状物質の由来推定

	紙出し無し(柔細胞有り)	紙出し有り(柔細胞無し)
ネリ有り		
ネリ無し		

結論と今後の予定

1. 膜状物は、コウゾ等の皮に含まれる柔細胞が紙打ち工程中に破裂し、乾燥工程でフィルム状になったものと考えられる。
2. 柔細胞がそのまま残っている場合は、細胞核も残っていると考えられDNA分析により、樹種の同定が可能かもしれない。
3. 無機物の元素分析から添加した無機物の産地を同定し、過去の紙製品の取引を推測する。

5. 紙の劣化と図書館の保存管理

漢籍の経年酸性化と曝書による非酸性化

筑波大学
望月有希子、江前敏晴

日本印刷学会第134回研究発表会 2015年11月20日

漢籍の経年酸性化

■ 慶應義塾大学所蔵書籍の料紙pH値 (1600～1911年刊行)

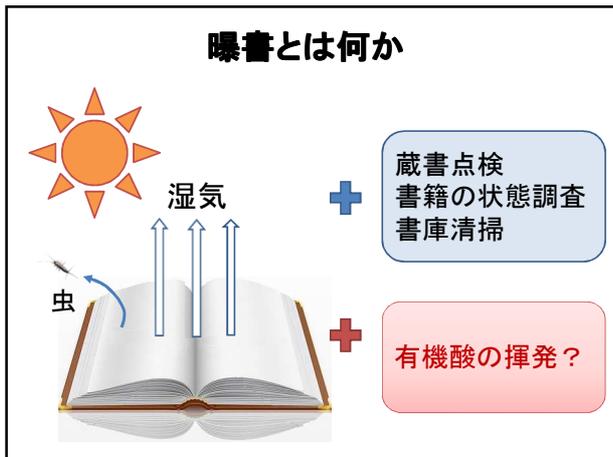
漢籍(1470)		和書(119)		洋書(237)		
竹紙 (842)	宣紙 (538)	パルプ紙 (90)	楮紙 (112)	パルプ紙 (7)	非木材紙 (168)	パルプ紙 (69)
4.0	5.3	3.8	5.8	4.0	5.3	4.4

- (木材)パルプ紙は、硫酸アルミニウムにより酸性化が進行している。
- 自然劣化により竹紙の酸性化が進行している。
 - 有機酸(ギ酸、酢酸、乳酸など)の生成

■ 慶應義塾大学所蔵書籍の料紙pH値 (1600～1911年刊行)

漢籍(1470)		和書(119)		洋書(237)		
竹紙 (842)	宣紙 (538)	パルプ紙 (90)	楮紙 (112)	パルプ紙 (7)	非木材紙 (168)	パルプ紙 (69)
4.0	5.3	3.8	5.8	4.0	5.3	4.4

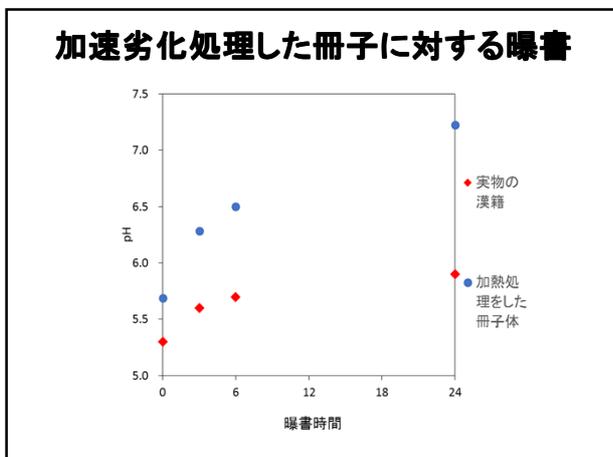
- (木材)パルプ紙は、硫酸アルミニウムにより酸性化が進行している。
- 自然劣化により竹紙の酸性化が進行している。
 - 有機酸(ギ酸、酢酸、乳酸など)の生成



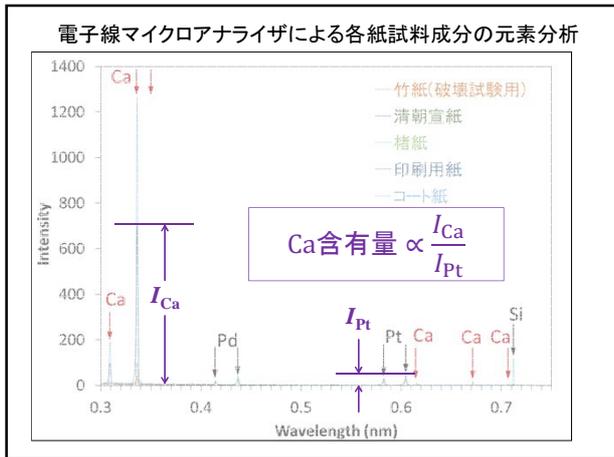
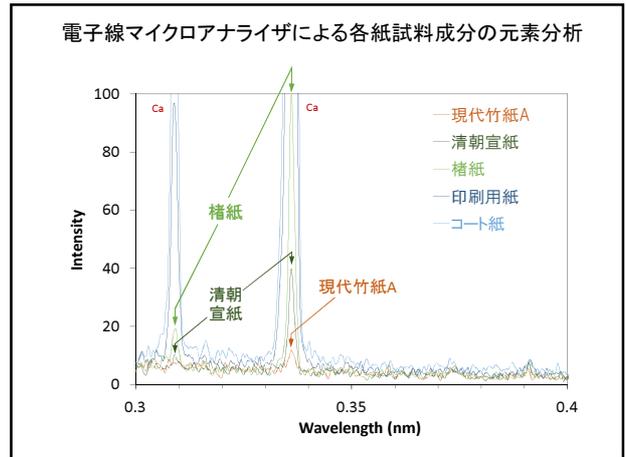
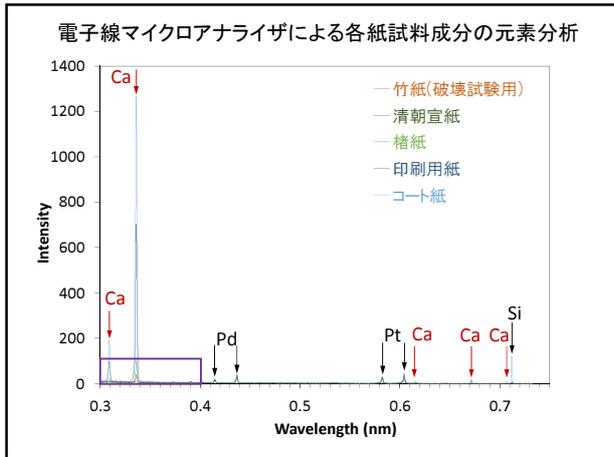
- ### 曝書の歴史と現状
- 奈良時代から社寺、公家、武家の屋敷で実施
 - 明治、大正期の図書館でも和紙、唐紙が使用された和装の書籍を対象に実施
 - 他の東アジアでも曝書の記録あり
-
- 足利文庫、宮内庁書陵部、社寺など古典籍資料を多く所蔵する機関で受け継がれている
 - 図書館等多くの機関でほとんど行われていない
 - 明治10年代和装本の製造が減少した
 - 明治末期に虫害処理として燻蒸処理が導入された

- ### 目的
- 図書館に所蔵されている実際の漢籍に対し、曝書によって非酸性化させる(pH値を上昇させる)効果があるのかを検証する。
 - 竹紙は、なぜ経年劣化によりpHが低下しやすいのかを含有物質から明らかにする。

- ### 加速劣化処理した冊子に対する曝書
- 曝書の手順
 - 加熱(105°C 72時間)
 - 曝書(25°C 60%RH) →
 - pH、(耐折強さの測定)
 - 曝書の条件
 - 曝書時間の長さ
 - 曝書中の送風の有無
-
- 曝書時の冊子の置き方



- ### 目的
- 図書館に所蔵されている実際の漢籍に対し、曝書によって非酸性化させる(pH値を上昇させる)効果があるのかを検証する。
 - 竹紙は、なぜ経年劣化によりpHが低下しやすいのかを含有物質から明らかにする。

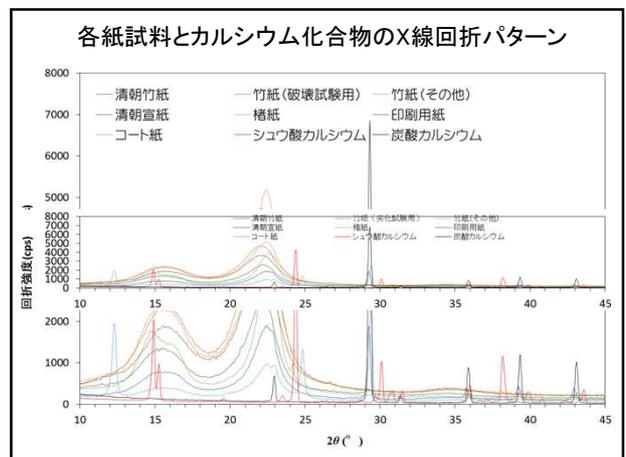
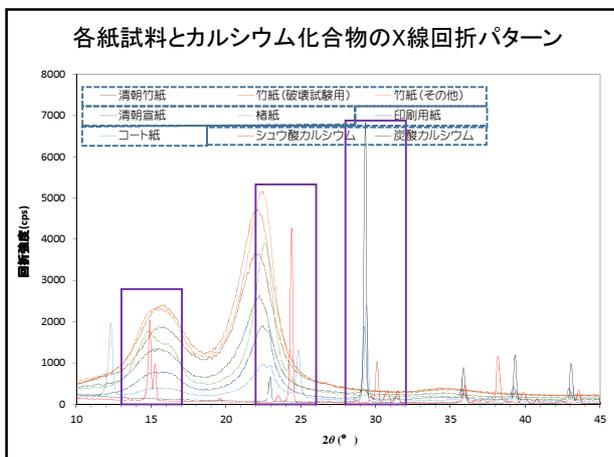


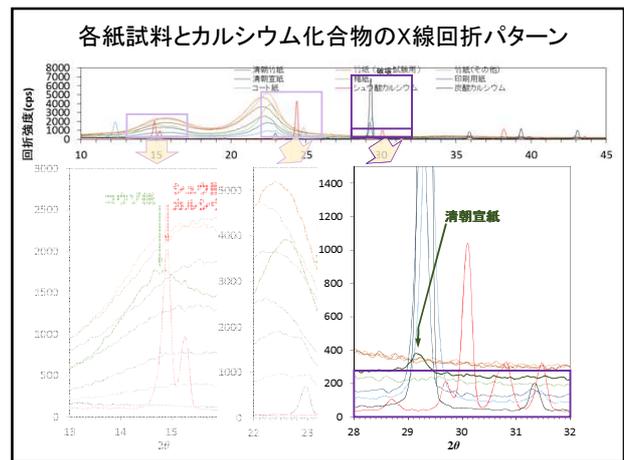
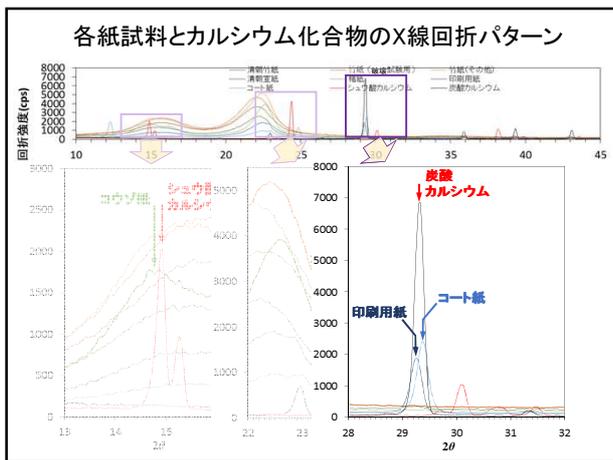
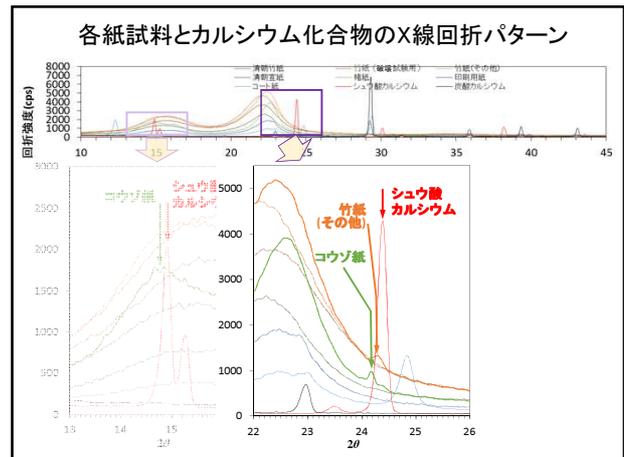
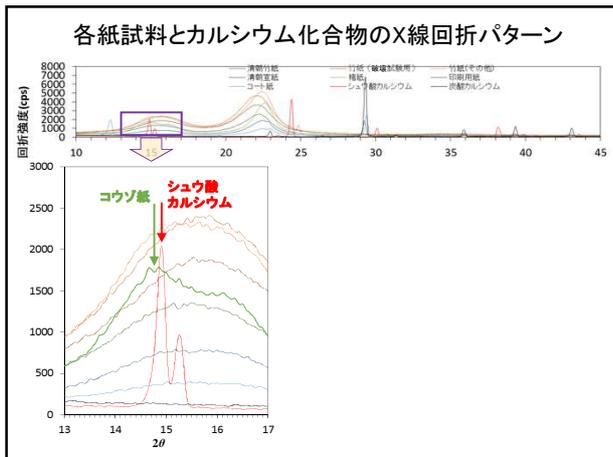
電子線マイクロアナライザによる各紙試料成分の元素分析

印刷用紙を100とするカルシウム含有率

試料	比率(%)
清朝竹紙	2.1
竹紙(破壊試験用)	2.4
清朝宣紙	9.1
楮紙	17.3
印刷用紙	100
コート紙	153.5

- カルシウム化合物の種類
 - 炭酸カルシウム
 - シュウ酸カルシウム





各紙試料とカルシウム化合物のX線回折パターン (まとめ)

- コウゾ紙及び一部の竹紙にシュウ酸カルシウムが含まれていた。
- 竹紙は発酵により解繊するため、カルシウム分が少なく、酸性化しやすい。
- 清朝宣紙に炭酸カルシウムが含まれていた。残存する木灰(酸化カルシウム及び水酸化カルシウム)が年月を経て変化したと考えられる。

レポート

- ① スライド26の穴埋め
 (B) ~ (L) に当てはまる用語を書きなさい。
- ② 感想文
 この講義で面白いと思ったこと、考えたことなどを自由に書きなさい。(400~600字)

①及び②を書いて、添付ファイルで、江前<t@enomae.com>に送付して下さい。1月22日(金)までに必着のこと。