

鎌倉淡青会公開セミナー2017@円覚寺

紙 2000年の世界史

(誕生から近代製紙産業の成立まで)

2017年8月29日

飯田清昭

紙 2000年の世界史

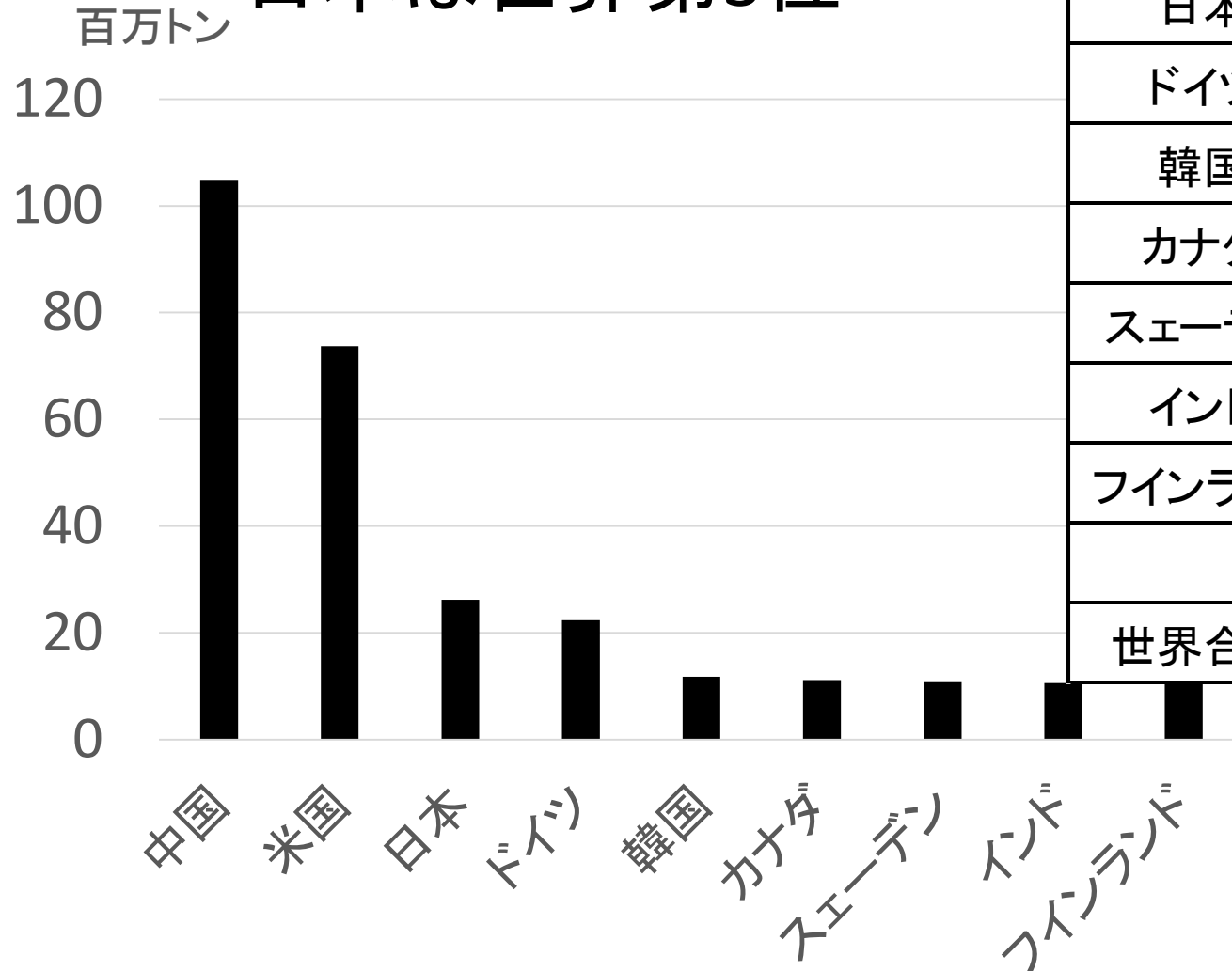
(誕生から近代製紙産業まで)

- 1. 紙とは
- 2. 中国での誕生と普及(文房四宝)
- 3. 日本での改良と文化の成熟
- 4. イスラム世界への伝搬
- 5. ヨーロッパにおけるコストダウン
- 6. 文化・経済と紙
- 7. 近代製紙産業の誕生
- 8. デジタル技術とのかかわり

紙・板紙生産量(2013年)

世界合計:4億トン

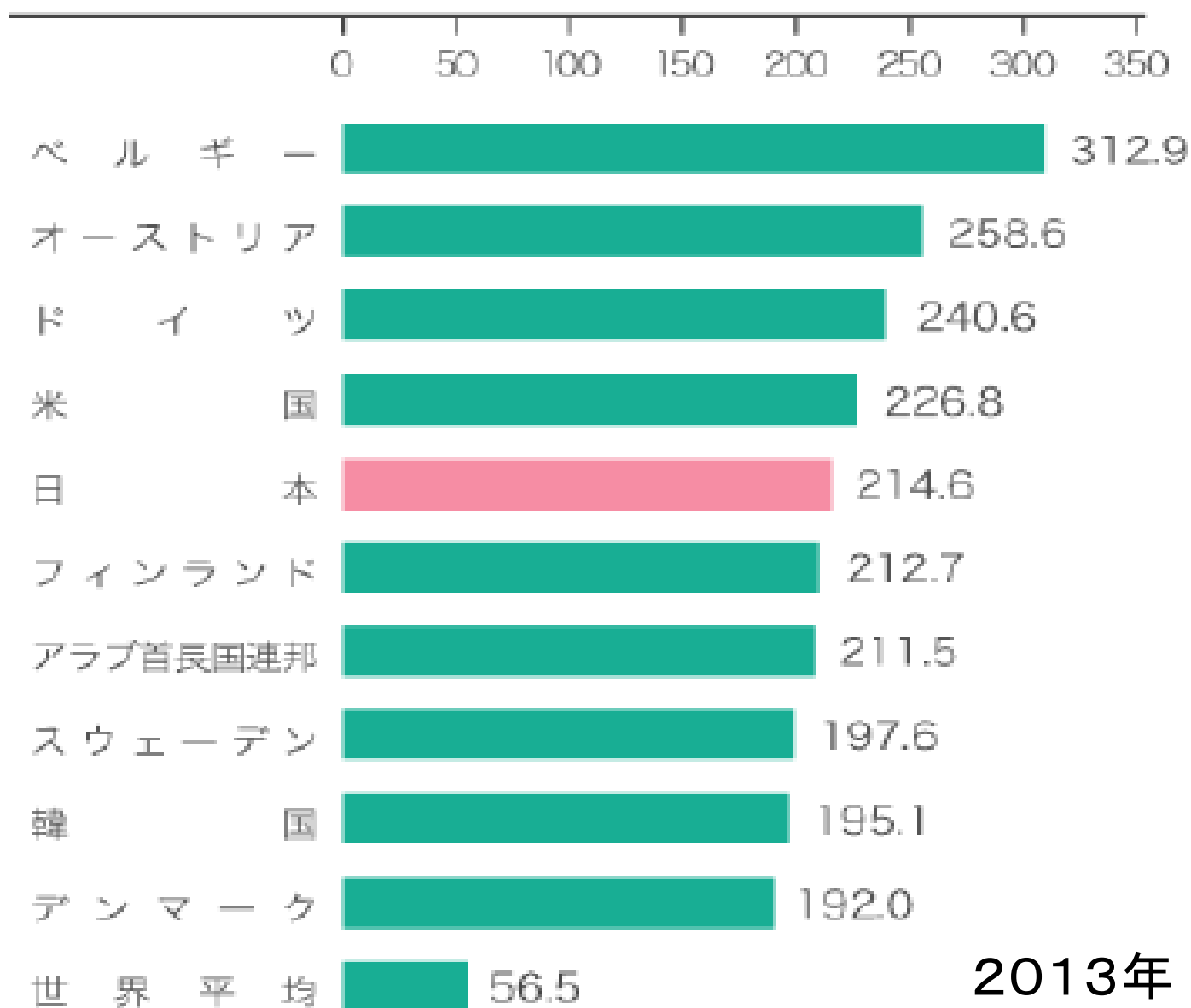
日本は世界第3位



	百万トン
中国	104.7
米国	73.7
日本	26.2
ドイツ	22.4
韓国	11.8
カナダ	11.2
スウェーデン	10.8
インド	10.6
フィンランド	10.6
世界合計	402.6

一人当たり紙・板紙消費量

kg/人



2013年

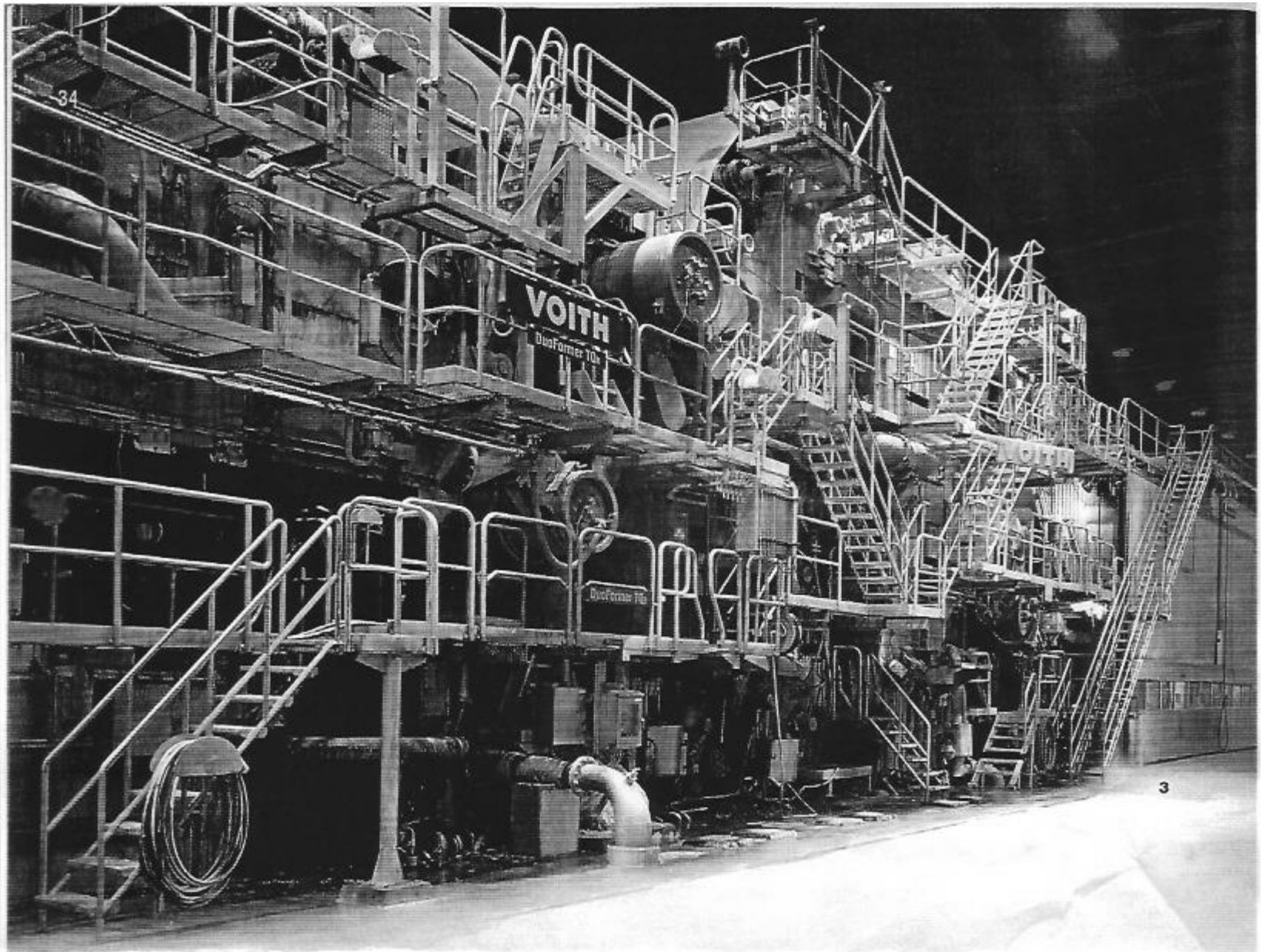
最大級のパルプ製造設備

日産数千トン



メッツオペーパージャ
パン提供

最大級の抄紙機(幅10m、全長150m)

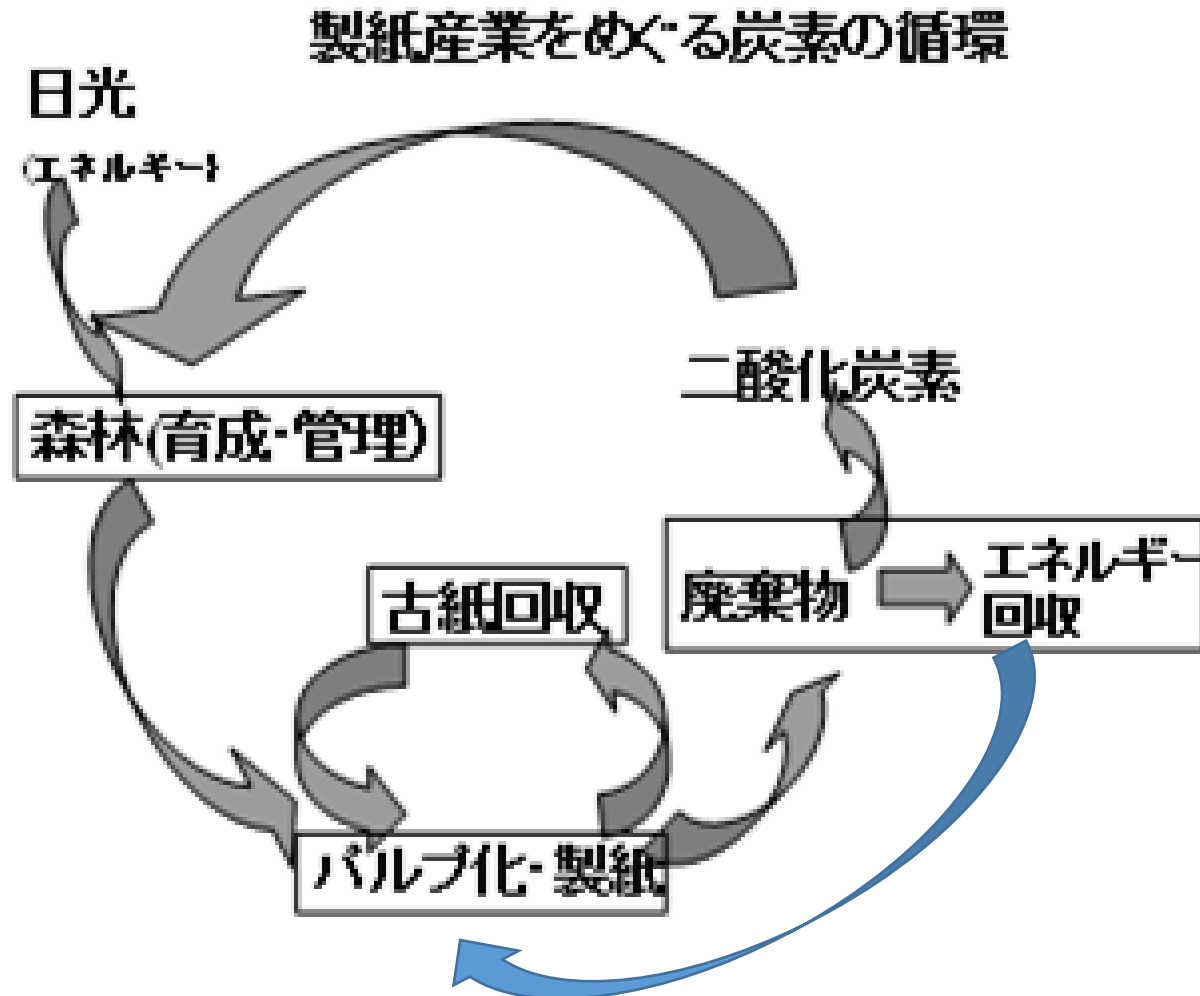


古紙の利用(2013年)

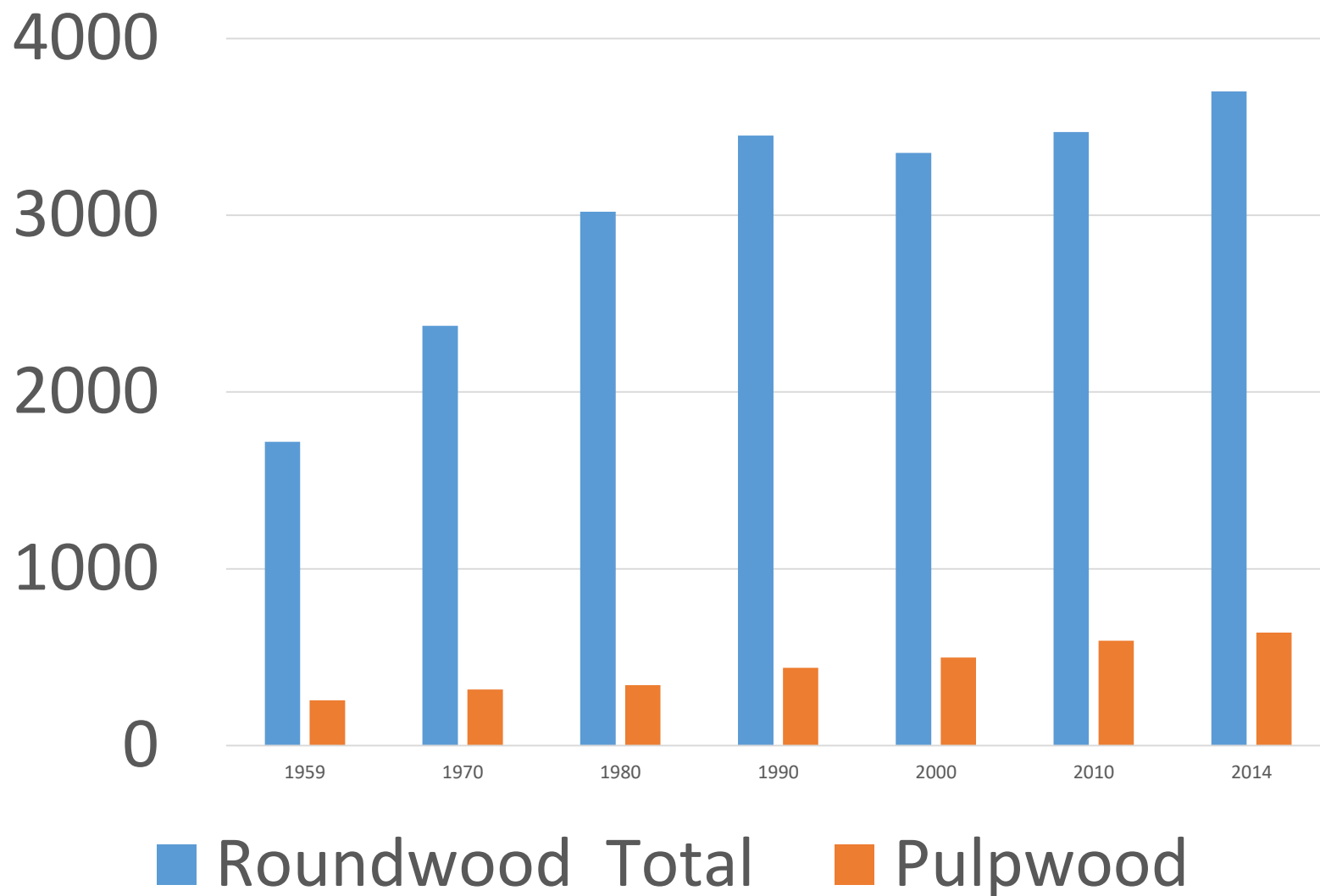
日本では、紙・板紙消費量の80%を回収し、原料としての利用率は紙・板紙生産量の65%にまでなっている。

	回収率(%)	利用率(%)
日本	79.8	64.5
米国	63.8	36.1
ドイツ	78.7	73.6
中国	44.8	71.1
世界平均	57.7	58.4

製紙産業は、二酸化炭素を固定できる持続可能型の大型産業である。



木材消費量 単位:百万M3

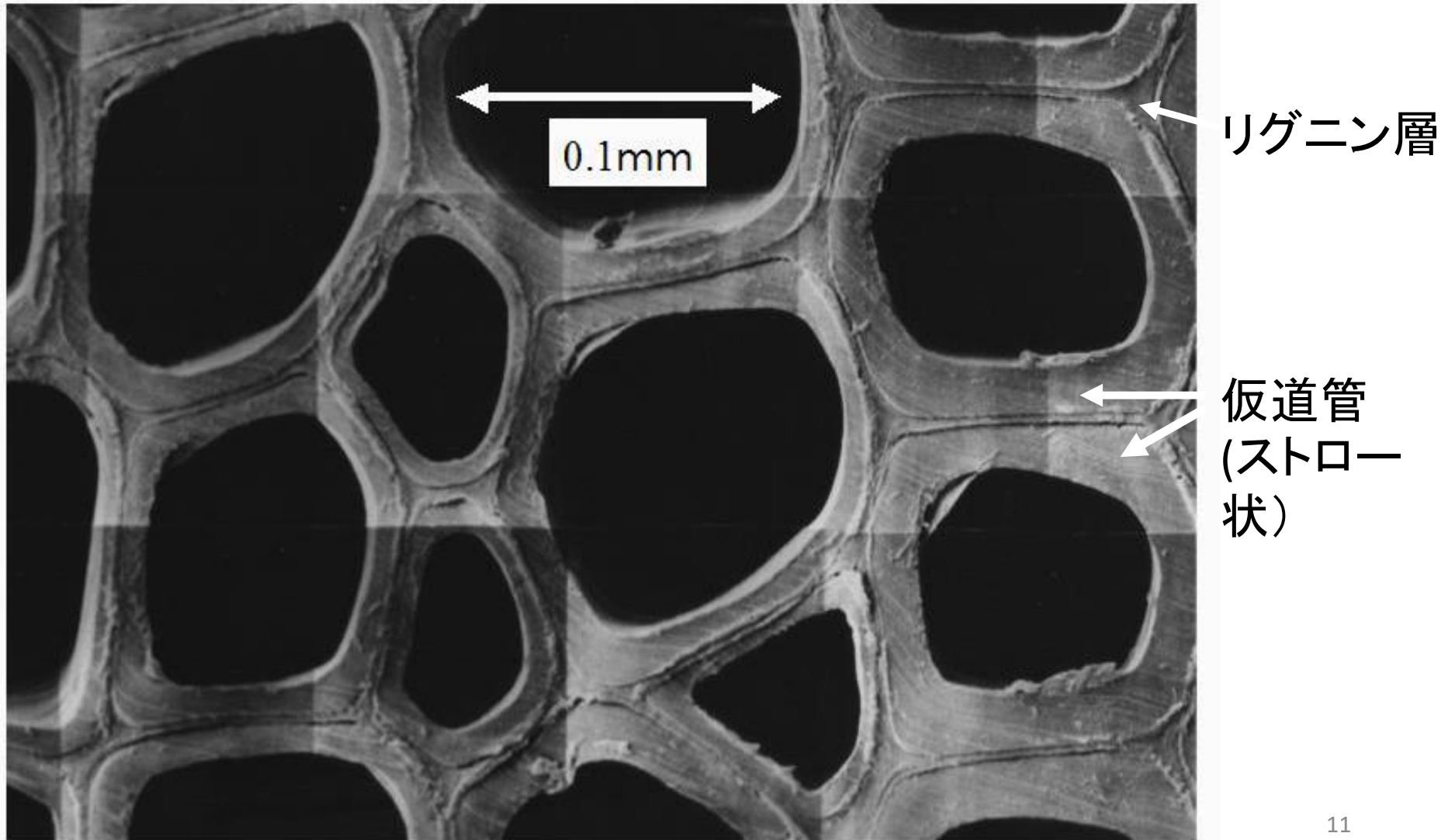


FAO統計2014年

樹木の基本ユニット

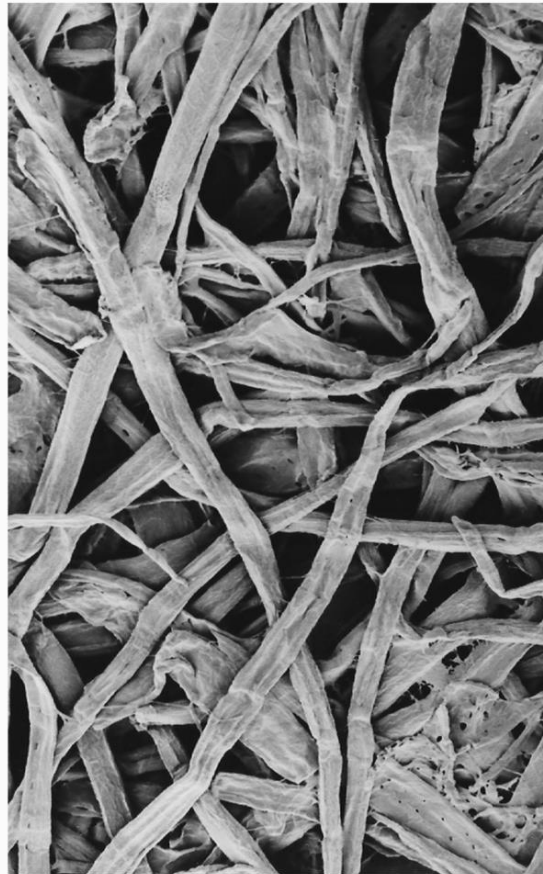
- ジュース等を飲むストローを考える。
- このストローを1万本長さ方向につないだとしてつもなく長いパイプを考える。
- ついでこのパイプの外側に接着剤を塗り、それを1億本束ねたものを考える。
- このストローは、樹木の持っている基本的な構成ユニット(後で説明する繊維あるいはパルプ)の100倍の拡大に相当。
- この巨大なストローの集合体が、径1m、高さ20mの樹木を同じ尺度で拡大したものに相当する。

針葉樹の幹の断面：ストロー状の仮道管(パ
ルプ)がリグニン(接着層)で固定されている。



リグニン(接着層)を薬品で溶出すると
単位ユニットのパルプ(ストローがつぶ
れた状態)がきれいな形で得られる

広葉樹パルプ

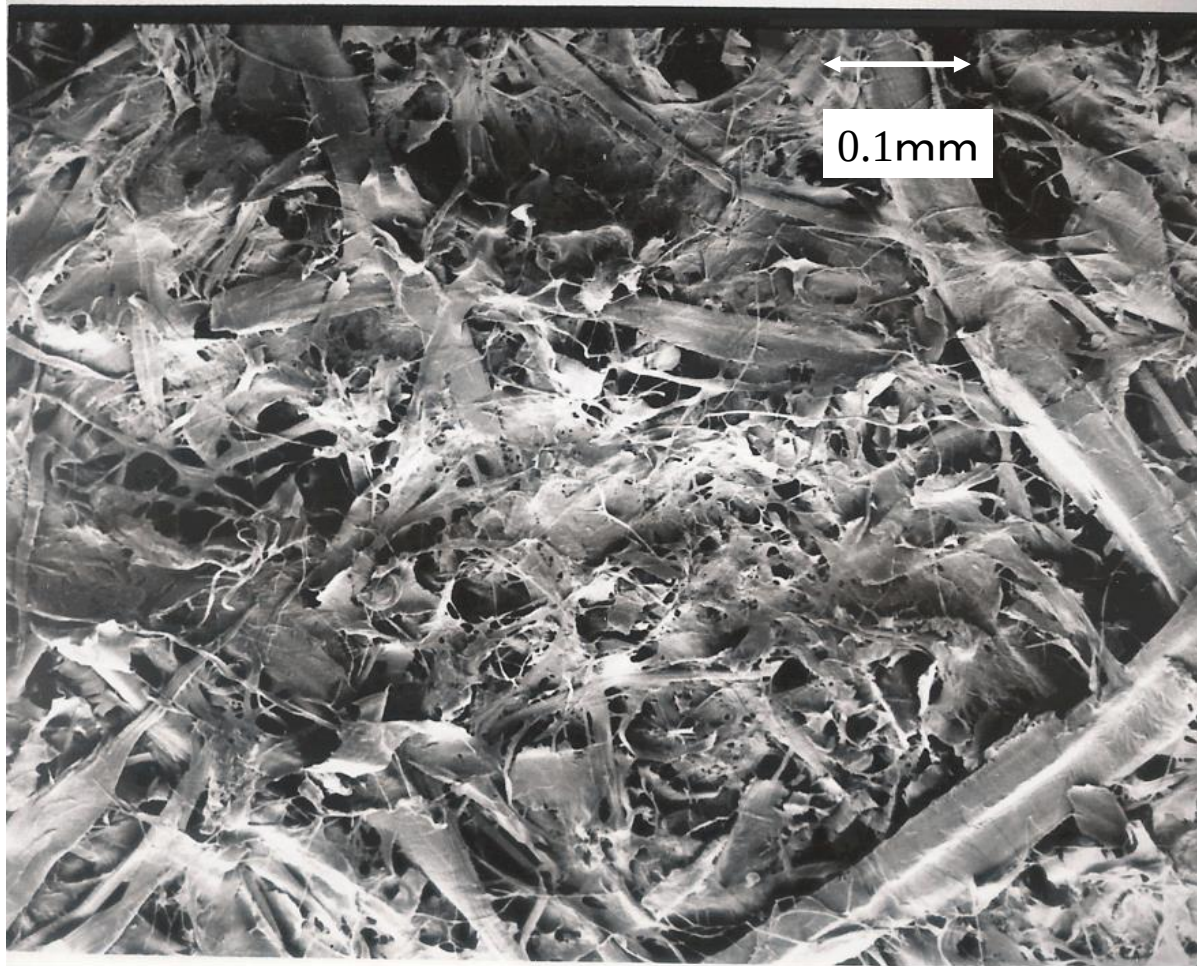


針葉樹パルプ

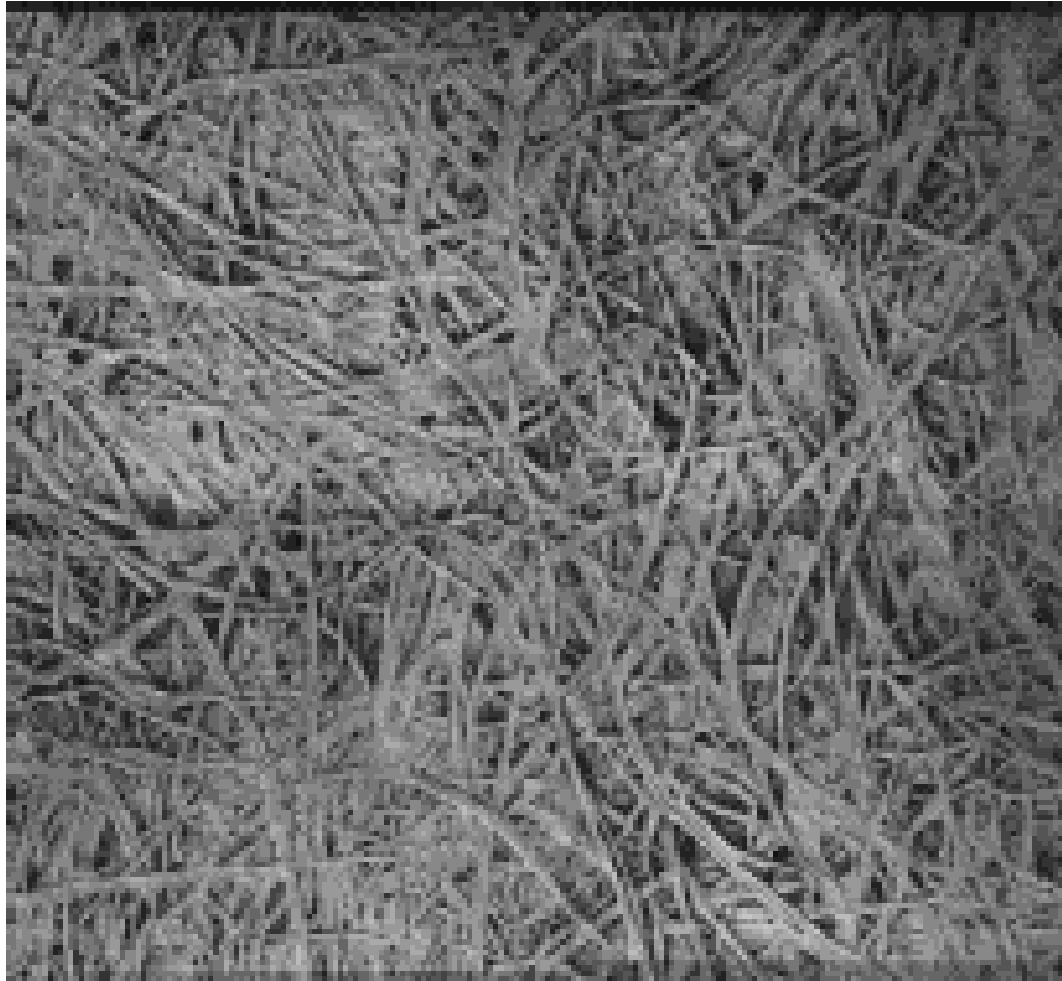


0.05mm

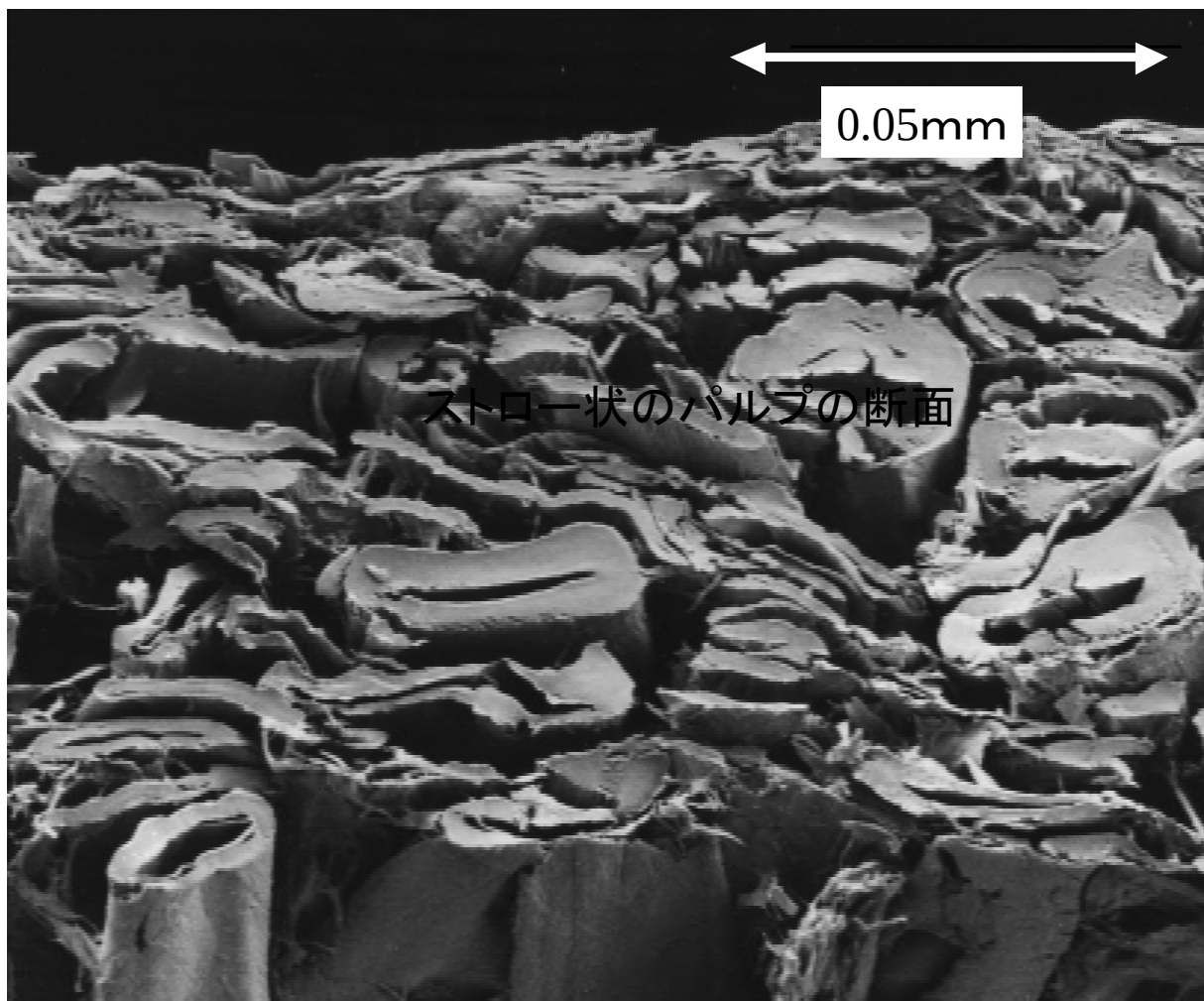
強引に力でひねると、接着層のところで
ばらばらに剥がれる。(機械パルプ)



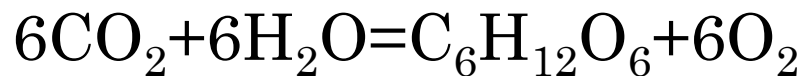
紙の表面(新聞用紙)



紙の断面（新聞用紙）

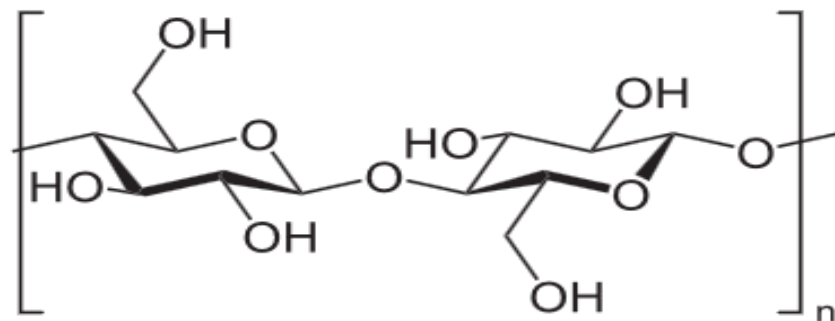
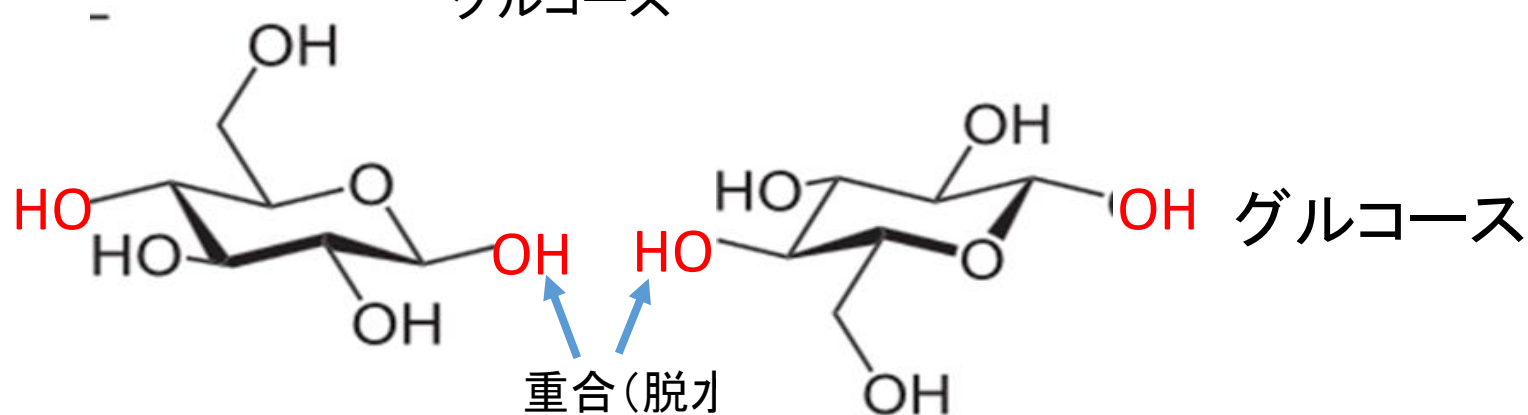


ストロー状のパルプの断面が見える。

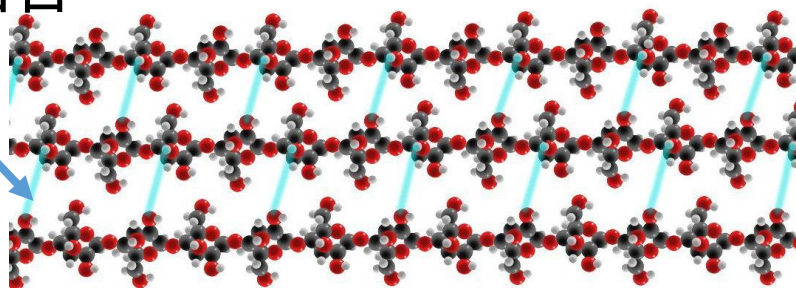


炭素同化作用

グルコース



水素結合



セルロース分子が配向
ミクロファイブリルを形成

マイクロファイブリルの 単位構造

(イメージ図(もっと長い))

3nm

3nm

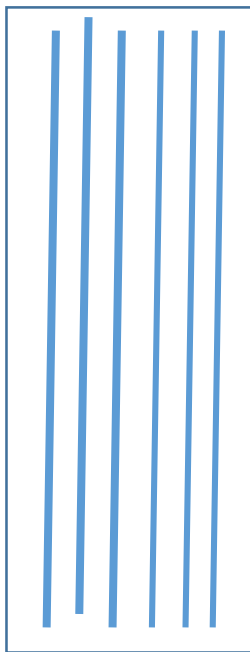
セルロース分子断面

3nm

3nm

セルロース分子36個

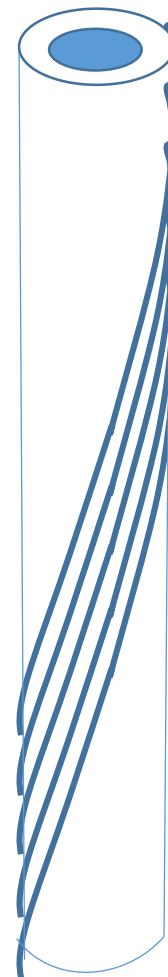
配向しているマイクロファイブリル



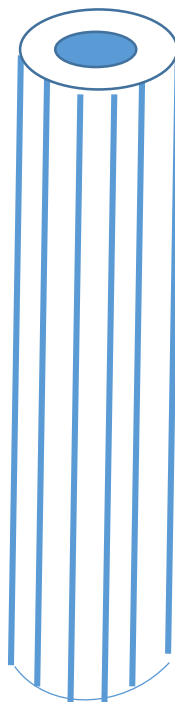
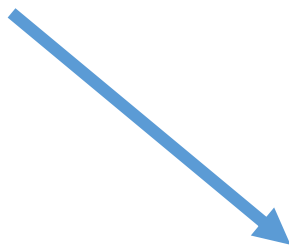
螺旋に巻いていく



強靱である

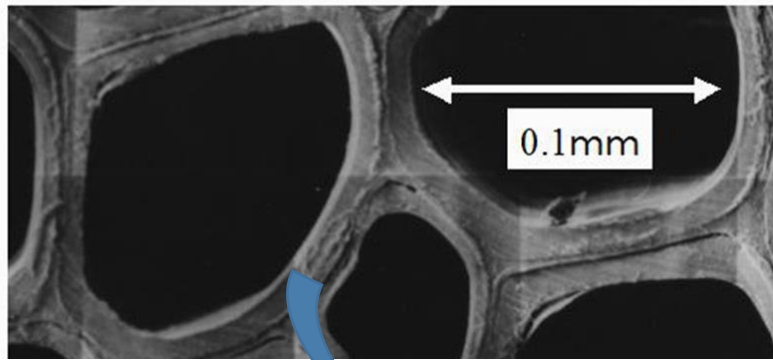


そのまま巻く

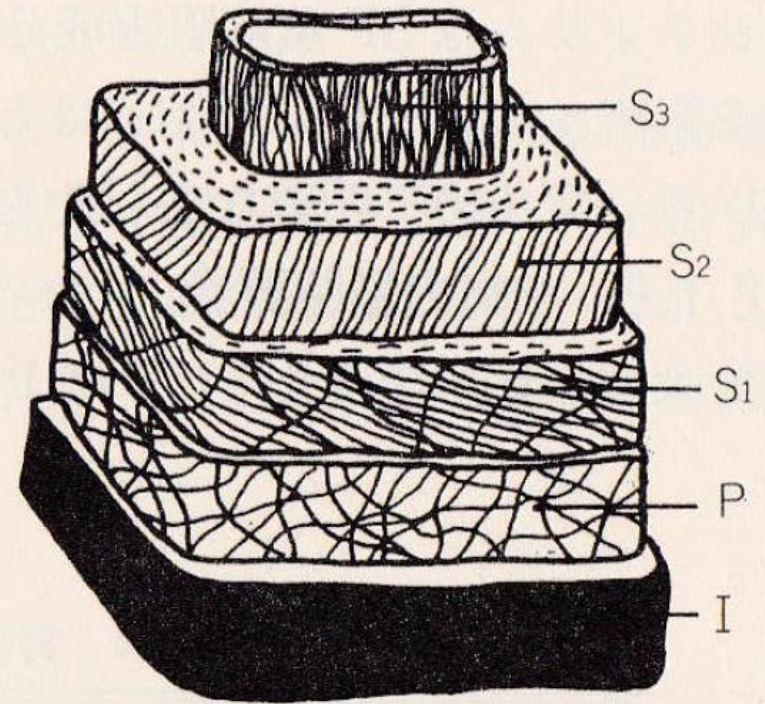


縦に裂けやすい
座屈しやすい

樹木の断面



(パイプユニットの壁面)

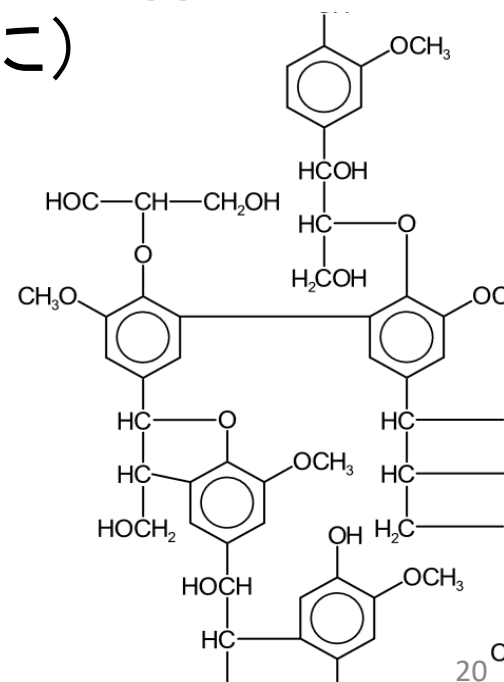
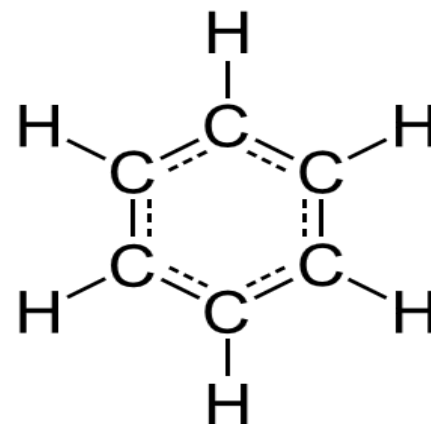


I : 細胞間層	P : 1 次壁
S ₁ : 2 次壁外層	S ₂ : 2 次壁中層
S ₃ : 2 次壁内層	

ミクロファイブリルが配向して層を形
配向角の異なる層が重なって細胞壁を作っている。
非常に強い。

ユニットを接着しているリグニンとは？

- これも、グルコースから作る。
- 基本構造はベンゼン環
- 微生物によって分解されにくい
(セルロース: 容易に水と炭酸ガスに)
- 樹木(植物)が100年立っている
- 堆積すると石炭になる。



紙の強度

- 一本のパルプ自身の強さ
非常に強い。

引っ張り破断強度
10-30g/パルプ1本

- パルプを接着させている結合の強さ
水素結合の数

- 紙の破断では、パルプ自身の破断とパルプ間の接着面で破壊が起きている。

接着強度

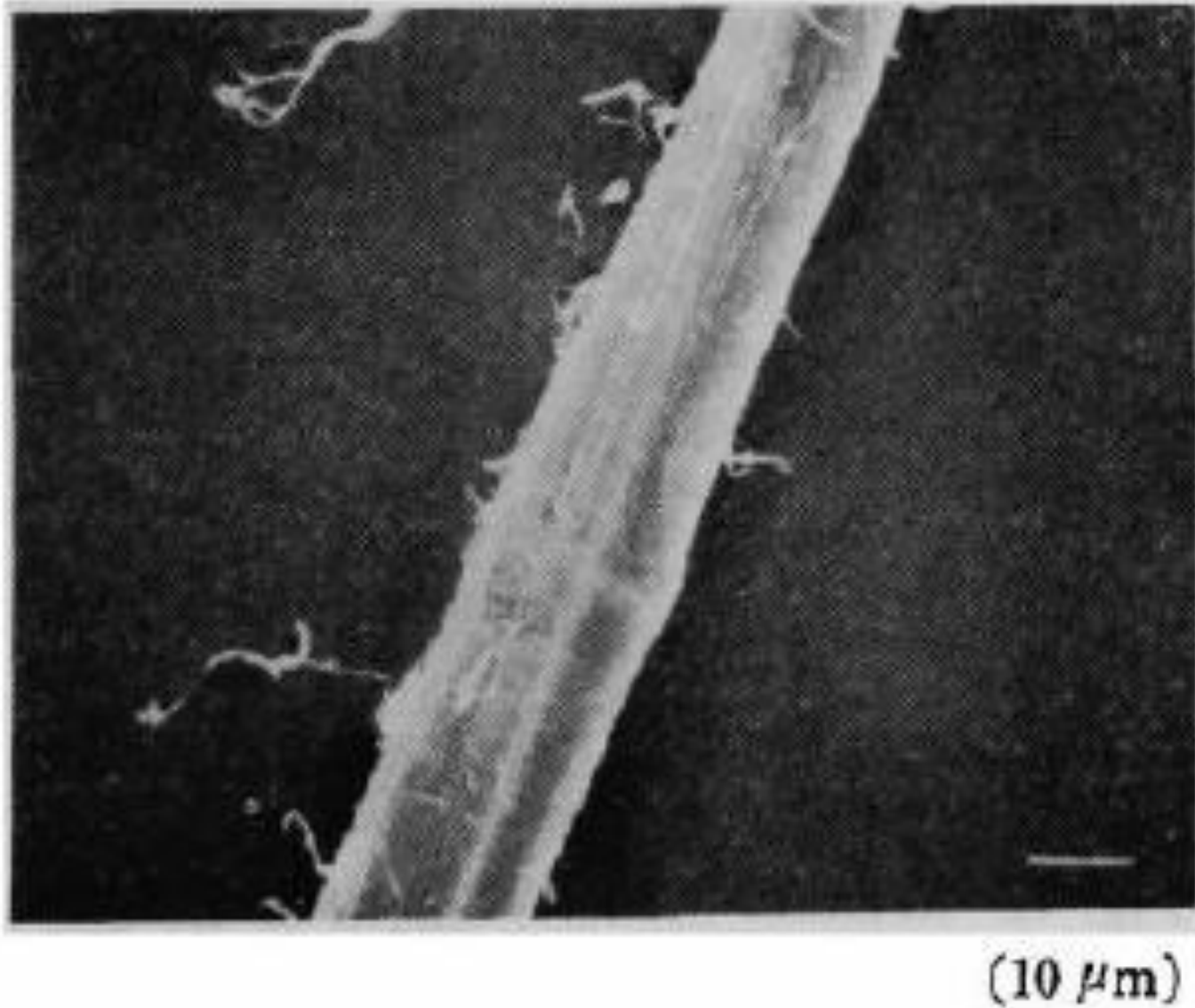
- パルプ表面（セルロース）の水酸基による水素結合
- 乾燥過程で生まれる。
- 濡れると結合が切れ、バラバラになる。（古紙）
- 水素結合ができやすいように、パルプを叩解する。
- 古くは、文字通り、湿ったパルプを木槌で叩いた。
- パルプが柔軟になり、縦割れする（ミクロフィブリル）

水素結合

1. 酸素と水素の間で働く静電氣的な力
2. 化学結合に比べると非常に弱い
3. 水が存在すると切れてしまう

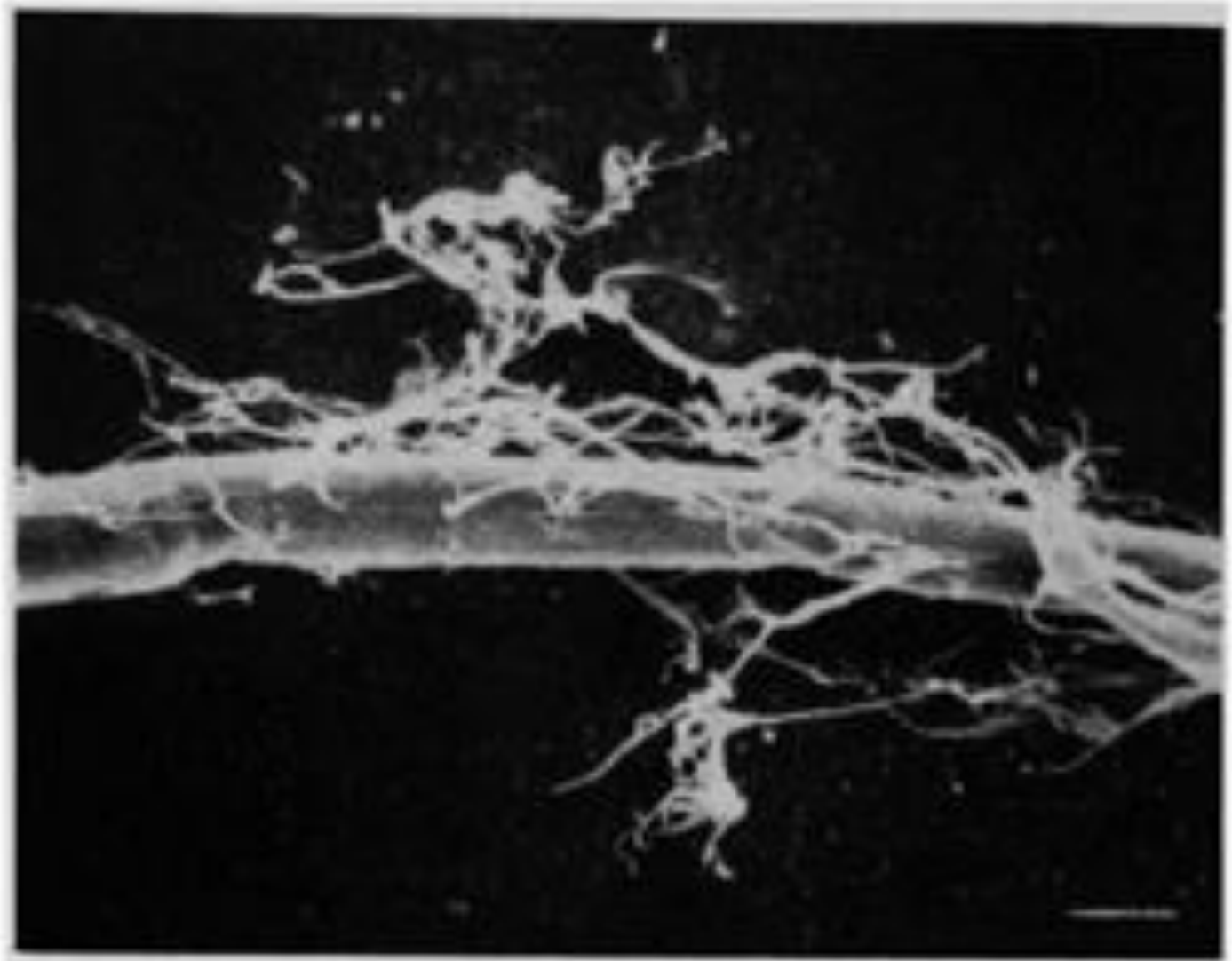
水素結合を作るため、叩解により、ミクロファイブリルをばらばらにする。

亜麻パルプ(未叩解)



原啓志：紙パ技協誌 Vol. 38(1984), No. 11,
p. 1144

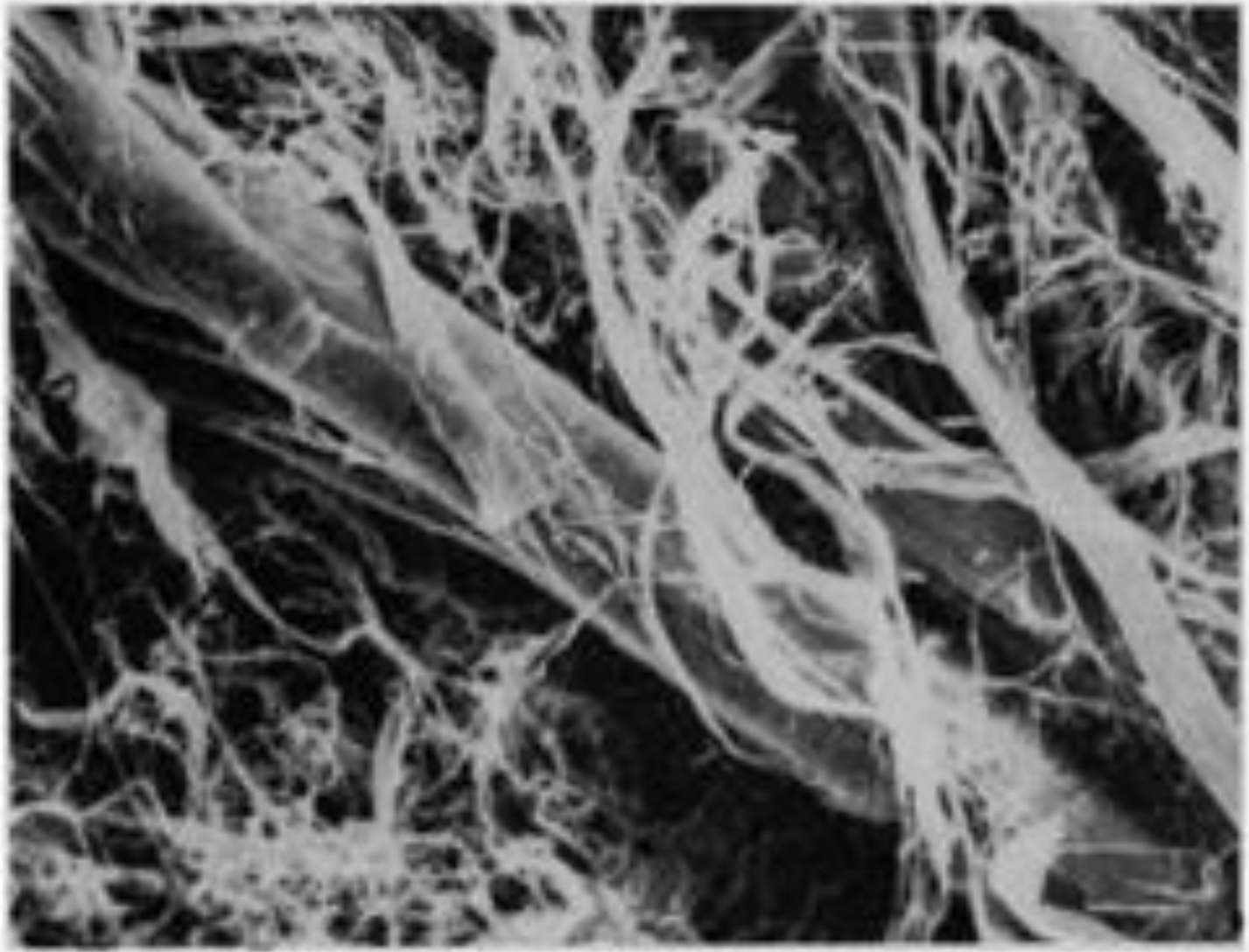
亜麻パルプ(適度の叩解: 叩解度70° SR)



原啓志 : 紙パ技協誌 Vol. 38(1984), No. 11,
p. 1144

(10 μ m)

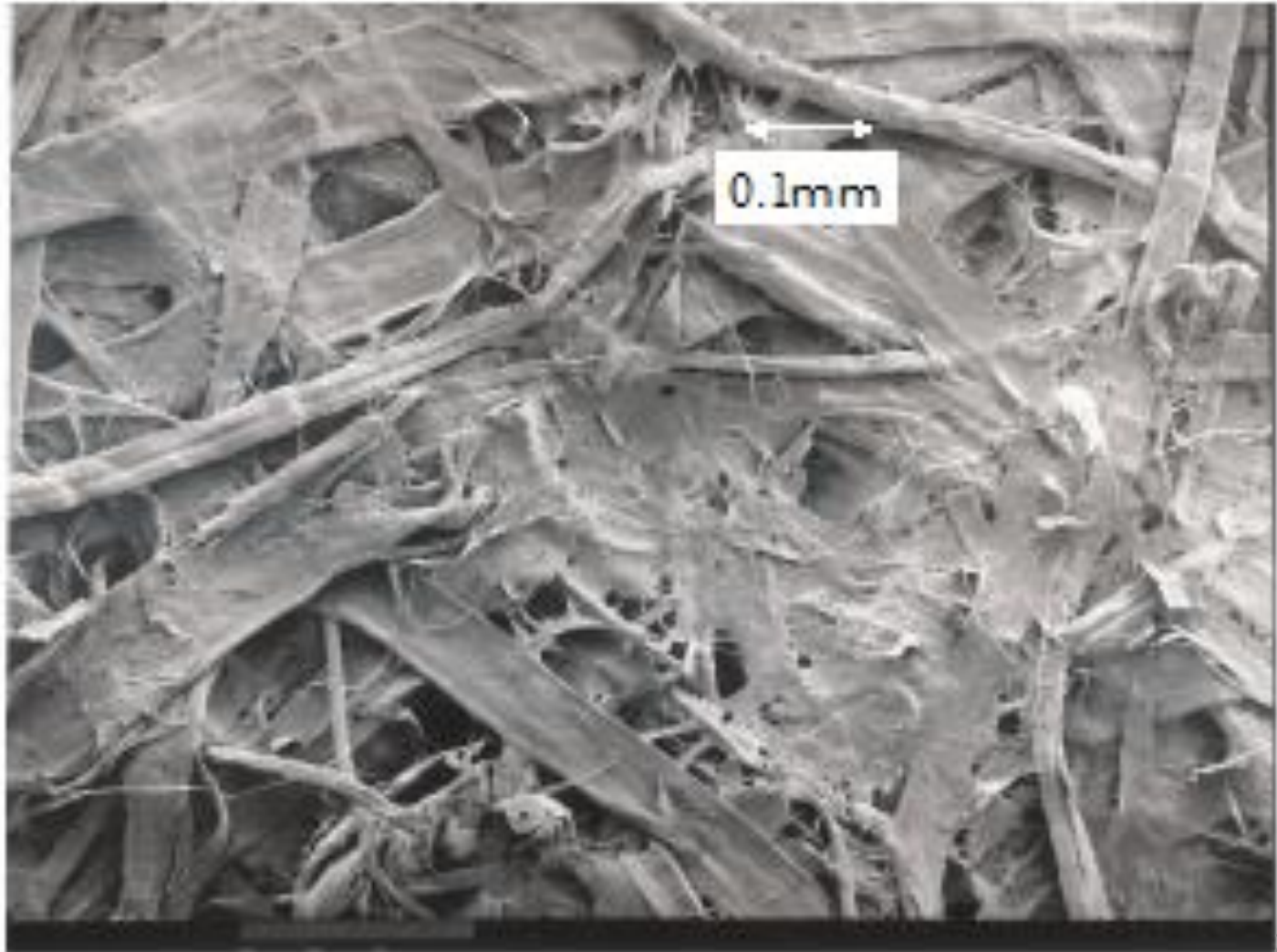
亜麻パルプ(極度の叩解:叩解度90° SR)



原啓志：紙パ技協誌 Vol. 38(1984), No. 11,
p. 1144

(10 μ m)

新聞古紙から得られたパルプ (化学パルプと機械パルプの混合)



紙の不透明度

- 紙の体積の1/2から2/3は空隙
- パルプの表面で光が乱反射
不透明になる
- 光学的に有効な表面積
300-700 cm²/g

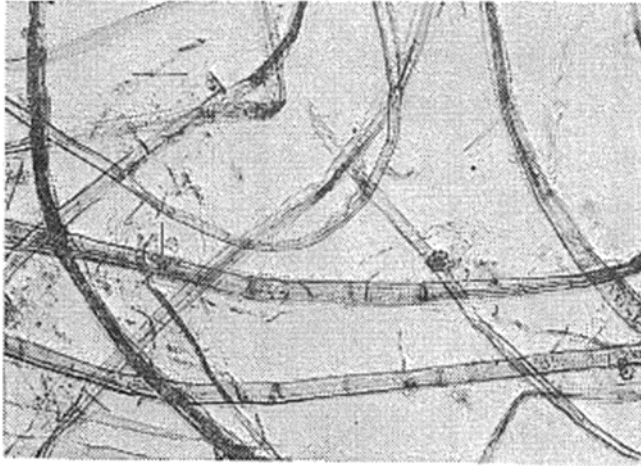


パルプ化法の比較

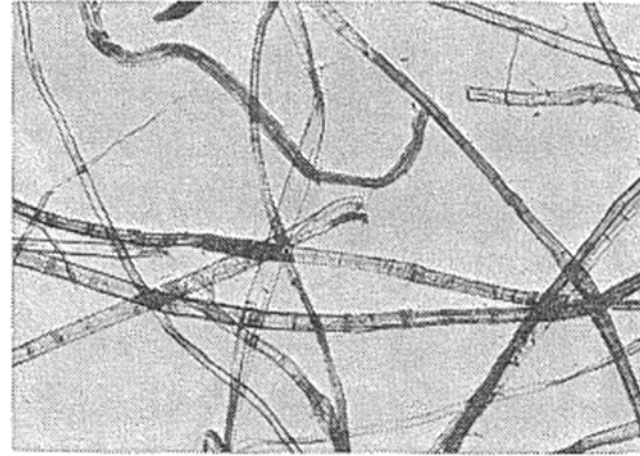
	現代	産業革命以前
温度	高温・高圧	100℃以下
薬品	強アルカリ	木灰(弱アルカリ)
動力	電動機(高馬力)	人力または水車
原料	木材	靱皮繊維(麻、楮)、竹
期間	150年間(近年)	2000年間

	繊維細胞(ユニット構造: パルプ)			柔細胞
	長さ(mm)	幅(μ)	長さ/幅	
楮	3-25	6-31		
三桠	1.2-5.1	4-32	190-372	
大麻	5-55	10-50		なし
亜麻	25-30	12-25	1000-1200	なし
木綿	10-56	10-40	1000-4000	なし
竹	1.5-2.5	11-21		
針葉樹(スプルース)	3.1-3.5	19-50	70-160	
広葉樹(ポプラ)	1.5	20	60	

利用されてきた植物からのパルプ³¹ (同じ倍率)



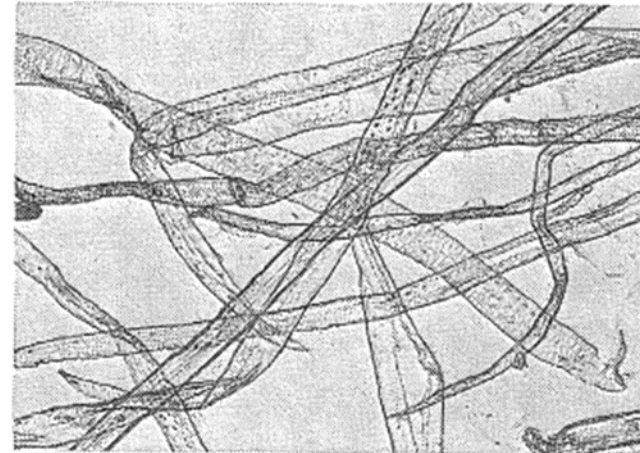
楮パルプ



亜麻パルプ



三桠パルプ



針葉樹パルプ

日本での手漉きの方法

(世界各地のヴァリエーションの一つ)

- 楮を蒸す
- 皮を剥ぐ
- 河で水洗い
- 蒸煮(木灰で数時間)
- 塵を除く
- 叩解(木槌で叩く)
- 手漉き
- 脱水(古くは自然脱水(1昼夜))
- 戸板に貼り付けて乾燥

中国での記録

- 後漢書卷七十八、宦者列伝第六十八、蔡倫伝
- 105年
- 「蔡倫が良い紙を作った(発明したのではない)。」
- 麻、楮、フジ等の韌皮繊維及び麻製品の廃物。大まかに言えば、**麻(大麻)**と楮である。
- 中国にも古い記録がない。製法を記録したものは明代末期(1637年)宋応星による「天工開物」

紙作りの着想は

- 蔡倫より200年ほど先と考えられている。
- 衣類等を水で洗った際に、抜け落ちた糸がすのこに留まったのが着想か？
- したがって、最初の原料はぼろ布

銭存訓(久米康生訳): 中国の紙と印刷の文化史、法政大学出版局(2007年3月9日)

なぜぼろ布(靱皮繊維)がパルプになるか



大麻

- ・内皮を取り出し、細く割き糸状にする
ストロー状の基本ユニット(パルプ:幅0.02mm、長さ数cm)
を縦に繋いだものを束にまとめたイメージ。叩解するとバラバラのパルプになる。

- ・紡いで長い糸に仕上げる

植物の異なった構成レベルでの利用

- 基本ユニットの構成分子のセルロースにまで分割
レーヨン、セロファン
- ミクロファイブリルが数個集まったレベルまで分割
セルロースナノファイバー
- 基本ユニットのパルプにまで分割
紙
- 基本ユニットを縦に繋ぎ束にしたレベルにまで分割
植物繊維(糸)(麻、木綿)
- 構造そのものを利用
建材

楮の利用

- 1世紀頃(蔡倫の時代)紙の使用が増え、3世紀頃から書籍の材料となった。
- この需要増を満たし、かつ、使いやすい原料として楮を見出した。

銭存訓(久米康生訳): 中国の紙と印刷の文化史、法政大学出版局(2007年3月9日)

- 楮は山間部で育ち、農地を取りあわない(日本でも山間地で栽培された)。大麻に比べると大幅に使いやすい(日本における原料の変遷の例で紹介する)。

紙の普及

- 中国社会は大きく発展し、6-8世紀頃には書籍用のみならず多くの日用品が紙で作られる。
- モンゴル帝国では紙幣が流通した。
- 紙が大量に生産されコストが安くなったことから印刷術が発明される(7世紀の中国)。
- 紙は、文房四宝(紙、筆、墨、硯)の一つされ、文化の中心にあった。

銭存訓(久米康生訳): 中国の紙と印刷の文化史、法政大学出版局(2007年3月9日)

竹の利用

- 宋代に入る(10世紀)とますます紙の需要が、原料不足が起きてくる。
- 楮に次いで見出されたのが藤。広く使用され出すが、育ちにくい植物で、乱伐され、唐代(618-907年)には消滅してしまう。
- それに代わるものとして利用され出したのが竹で、これがその後の中国製紙産業を支え、19世紀までの中国社会の文明に寄与した。

竹資源の経済

- 唐代では、竹は生活資材として広く使用されていた。
- 筍は食品として市場に流通していた。
- 数か月の幼竹を紙の生産に使用しだすと原料の取り合いになるか？
- 竹は中国南東部に広く繁殖しており、用途による地域のすみわけが機能していたようで、その成長の速さ故に、藤の二の舞にならずに持続的に供給できた。

Christian Daniels: 17-19世紀福建の竹紙製造技術, Journal of Asian and Africa studies, Nos. 48-49, 1995 p.269

竹パルプの製造(1)

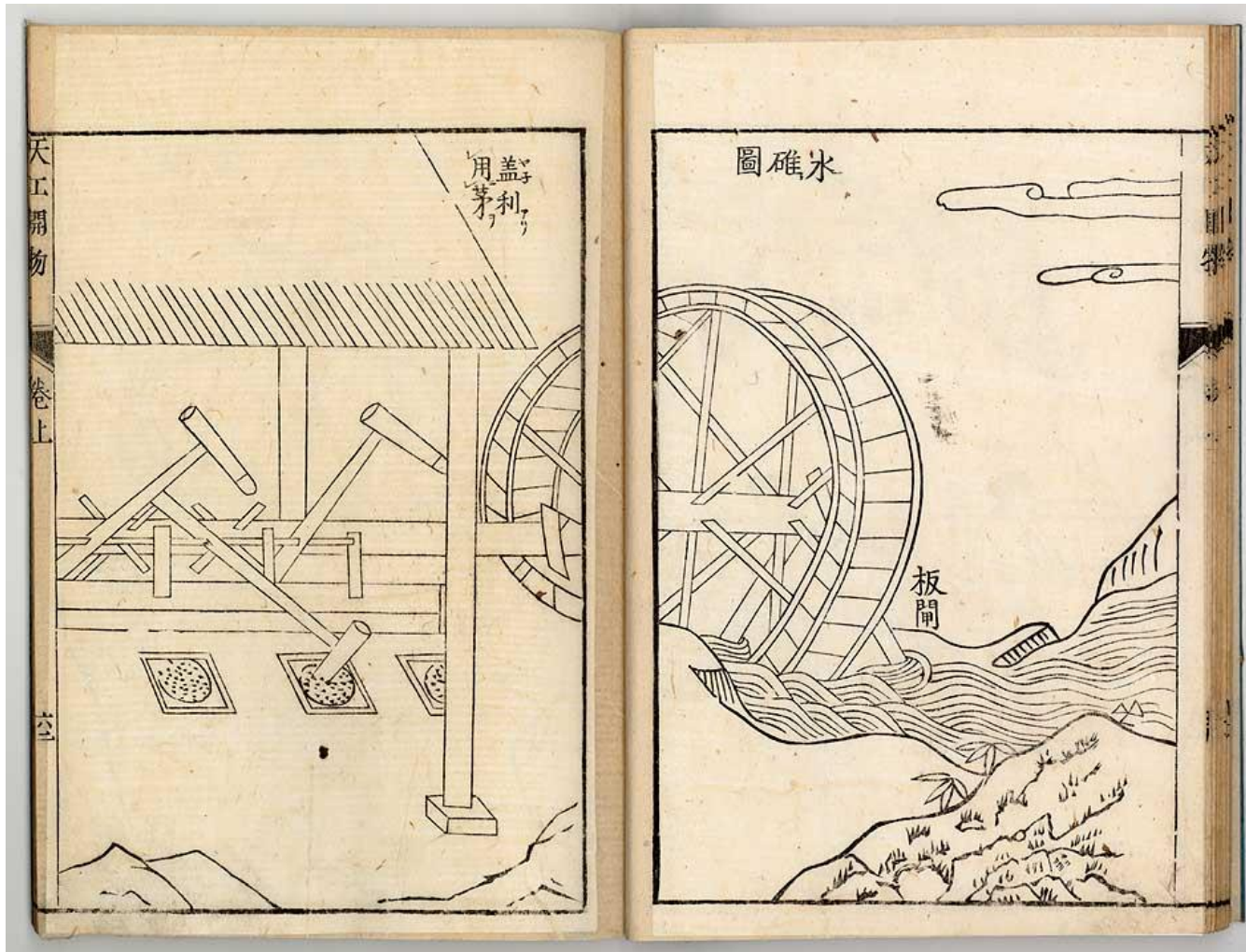
- 割竹
- 水を張ったため池に切断した竹を浸漬 100日
以上
- 叩解(槌で)
- 洗淨(表皮、青皮を除去)
- 煮熟(上質の石灰を加えて) 8日8夜
- 洗淨(石灰を除く)

Christian Daniels: 17-19世紀福建の竹紙製造技術, Journal of Asian and Africa studies, Nos. 48-49, 1995 p.269

竹パルプの製造(2)

- 煮熟(灰汁に付けて煮沸―別の桶に移しさらに灰汁を加えて、冷却したら再度煮して灰汁を加える。竹麻が柔らかくなるまでこの作業を繰り返す。)
10余日
- 叩解(臼、あるいは山地では水碓)唐臼?
- 漉き舟に投入
- 紙漉きに際し、紙薬の汁液と添加する。これは、植物性の樹液(粘剤)である。

水碓 (すいたい)



竹パルプの生産規模

- 杭州で製紙工場一日1000余人が働いていた（1175年）

銭存訓（久米康生訳）：中国の紙と印刷の文化史、法政大学出版局（2007年3月9日）

- すでに家内工業の規模を抜けていた（日本との差）。
- 竹の生産地（中国東南部）で、工場で大量生産された紙（多分コストが安い）は、消費地（中国北部）へ運ばれていった。（物流システムが整備）



中国での技術開発

人口の増加期に技術開発が生まれる。

- 300BC 2千万人
- 100BC 6千万人-----紙の発明 麻のぼろ
- 0AD 2千万人
- 200AD 5.6千万人-----木簡、竹簡に代わる。
蔡倫、楮の利用
- 250AD 2千万人
- 600AD 4.6千万人-----紙の普及
藤の利用と乱伐
- 1000年 6千万人-----印刷の発明 日常生活に広く利用
文房四宝 竹の利用
- 1700年 1億人-----竹紙の普及 経済流通商品
- 1800年 4億人

日本への渡来

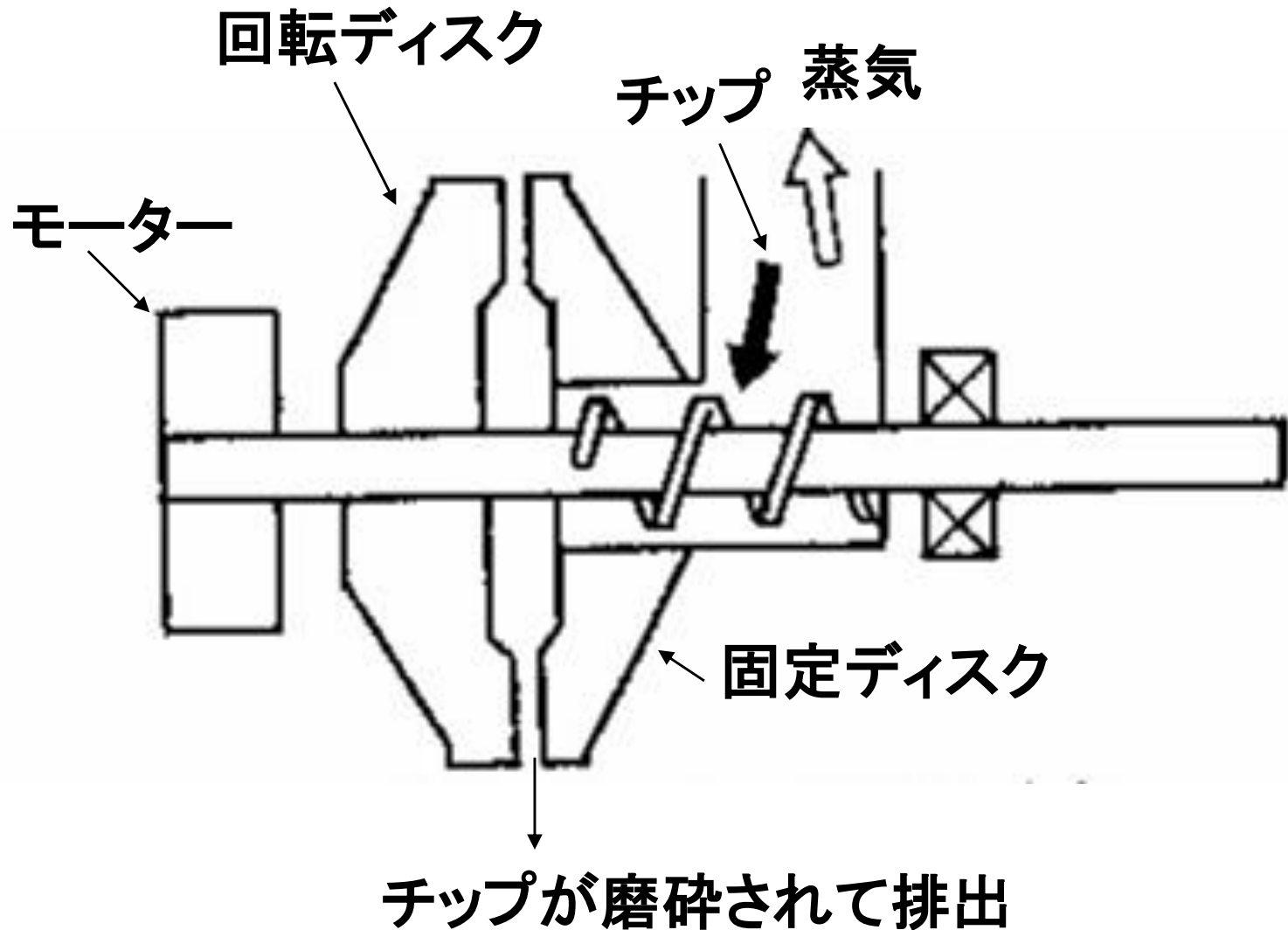
- 610年：高句麗の僧侶曇徴（それより古いであろう）
- 延長5年（927年）「延喜式」巻13の図書寮式 多分200年前の方法を踏襲している
- 製法が記録されているのは世界でも稀である。

手漉きまでの作業量

- 湯山賢一：古代紙料論ノート「延喜式」に見る製紙工程をめぐって
shosoin.kunaicho.go.jp/public/pdf/0323072084.pdf
- 1.8kgの紙（A4コピー用紙約450枚）を得るための人工量
- 叩解が大変な作業。このため日本では楮が主原料となる。

	蒸煮	塵取り	切断	叩解	合計日数
	日・人	日・人	日・人	日・人	日・人
麻(大麻)		3	2.4	24	29.4
楮	0.92	1.92	0.92	4	7.8
ぼろ布			3	24	27

現代の叩解機



エネルギー原単位比較(人vs電動機)

楮

- 7日/1.8kg → 3.8日/kg
- 70W x 8hr/日
= 560W-h/日
- 2130 W-h/kg

- 現代の設備
600 W-h/kg

大麻

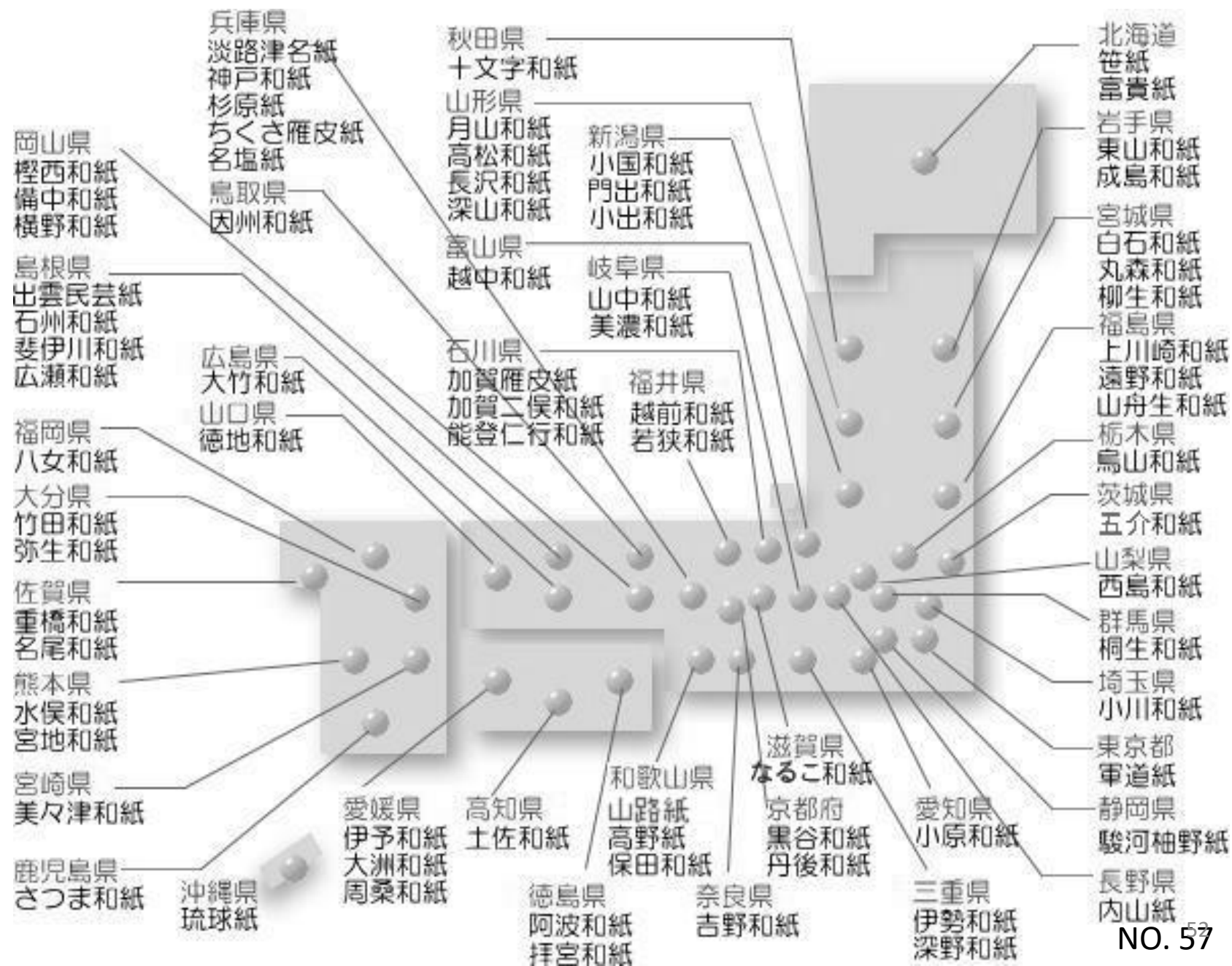
- 30日/1.8kg → 16.7日/kg
- 560W-h/日
- 9350 W-h/kg

- 現代の設備
1500 W-h/kg

鉄製の回転体(現代の設備)は、手作業の叩解に「比べ大きく効率的(省エネルギー)」

日本での生産の特徴

- 正倉院宝物: 様々なバリエーションを持つ楮紙
- 三桮は江戸時代の需要増に対して開発された。
- 江戸時代: 人口がほぼ一定(3千万人)
- 各藩が殖産振興。 全国に紙漉き場が分布
- 家内生産
- 技術の停滞(交流がない)
- 中国、ヨーロッパとの違い



製紙法の伝搬



楼蘭からSamalkandへ

- 敦煌、楼蘭の出土品(3-5世紀): 多くは木簡、**紙は少数**。大麻、亜麻(いずれもぼろ)楮、沈丁花

富谷 至, Hakan Wahlquist, Anna-Grethe Rischel, Staffan Rosen: 流沙出土の文字資料 楼蘭・尼雅出土文書を中心に / (2001/3))

- 751年タラスの戦いで捕虜になった唐兵の紙漉き職人によりSamarkand に伝わった(伝聞)。
- 多分、それより早い。

製紙法の伝搬



Bagdad: 最初の製紙産業

- 794年Bagdad(イラク)に最初の製紙工場。これ以前の記録がない。
- 10世紀には製紙産業が栄えた。
- 原料はリネンのぼろ(亜麻) リネンはこの地域の重要な産業。
- 1258年モンゴルにより破壊され、シリアへ繁栄が移る。
- モンゴル帝国: 統治に紙を積極的、最大限に利用した。

亜麻ーリネンー紙

- 収穫時 100kg
 乾燥後 25kg
 糸 3.6kg
 リネン 2.8kg
 リネン(白) 2.4kg
 紙原料 1.7kg
- 白いリネンを得るのに、膨大な労力と時間
- すでに精製されており、**叩解するだけで紙**(白い)にできる。

リネンを白くする

- 灰汁に30-40時間漬ける。
- よく洗淨して乾かす。
- 調製した灰汁に3-4時間漬ける。(アルカリ処理)
- 取り出して、湿った状態で日光に曝す。これを10-16日繰り返す(Bucking)。(日光漂白)
- サワーミルクに5-6日漬ける(発酵寸前)。(酸洗淨)
- 洗淨後、またBuckingに戻す。
- 白くなるまで繰り返す。

製紙法の伝搬



シリヤからエジプトへ

- Damascus(シリヤ)が11-14世紀では中心となり製紙産業が栄えた。
- 原料はリネン(亜麻)のぼろ
- 1401年Timurの占領で職人がSamarkand へ移住。(Samarkandで製紙が栄える)
- イタリアの輸入紙に敗退。
- シリヤの交流先のエジプトに中心が移る。

エジプトの隆盛と凋落

- シリヤの交流先のエジプトに中心が移り、大量の文書が発掘されている。**15世紀には Book craft**も栄え、大きな市場があった。
- 原料は**リネンのぼろ**。リネンはエジプトの重要な産業
- 16世紀に入り、人口減(ペスト)、ぼろの集荷難(衣類の変化)、イタリアのダンピング等により、中継基地に過ぎなくなる。

製紙法の伝搬



北アフリカへの伝搬

- 羊の飼育が盛んで、14-15世紀まで羊皮紙が用いられた。
- 紙作りは11世紀から始まった。原料はリネンのぼろ。
- 12世紀にはFez(モロッコ)で472のpaper millがあった。
- しかし、14世紀にはヨーロッパの紙を使いだす。

イベリヤ半島への上陸

- 10世紀に交流により伝わる。
- ローマ時代からのリネン(原料)の産地
- 1085年Toledo奪還後、Spanish paper として広がっていく。
- 別に、ギリシャ経由でイタリアにも伝わる。

Jonathan M. Bloom : Paper before print : The history and impact of paper in the Islamic world

製紙法の伝搬



ペルシャ(イラン)での爛熟

- 10世紀頃より製紙が始まる。原料はリネンぼろ。
- **14世紀** モンゴル高官が支援、Isfahanの紙は最高と称えられた。
- あらゆるタイプの紙を製造し、より薄い、よりfineな紙を作った。ペルシャの製本の最盛期(classical moment)であり、calligraphyの全盛期をもたらした。
- 18世紀に入り、インドの紙、19世紀からロシアの紙に押され、消滅した。

紙に手書きされたコーラン

<http://www.asia.si.edu/collections/zoom/F1930.57.jpg>

精緻な手書きである。

イスラム世界の紙

- リネンのぼろを十分に叩解
- 平滑な紙になるが、強度が弱い
- でんぷんを含浸・塗工し、強度を補強し、平滑性をさらに改善。
- ペン書きに耐える表面強度
- 現在の塗工印刷紙に近い。
- 基本的には筆記用途（多様な日本との差）

Samarkand の紙

- Timur帝国の首都として復活。
- 多くの職人を連行してきた(15世紀)。
- Samarkand paper として有名。しかし、18世紀の内戦で技術が消滅。
- 原料は多分木綿(当地の主要な織物)のぼろ
- 叩解は石臼(杵と臼でない)。

[Uzbekistan and Central Asia Tourist Information](http://pagetour.org/wp/mysteries-of-samarkand-paper/)

pagetour.org/wp/mysteries-of-samarkand-paper/

ヨーロッパでの伝播

- 10世紀に交流により、イベリヤ半島に伝わる
- 1085年Toledo奪還後、Spanish paper として広がっていく。
- 別に、ギリシャ経由でイタリアにも伝わる。15世紀にアラブへ輸出（香料との交換貿易）。
- 16-17世紀はフランス、18世紀はオランダが製造技術をリード。
- 19世紀にイギリスが抄紙機を開発。近代製紙産業へ繋がっていく。

製紙法の伝播



フランス:16世紀に栄える	イラク:10世紀	楼蘭:3世紀	日本:6世紀
イタリア:15世紀に栄える	サマルカンド:15世紀に逆輸入		
スペイン:11世紀	シリア:10世紀		
モロッコ:11世紀	ペルシャ:10世紀、15世紀頃全盛		
エジプト:10世紀			

年月をかけてライバル(木簡、羊皮紙、パピルス)を凌駕してきた。

ヨーロッパの製造技術

- 1792年の解説書まで記録なし。
- 技術が秘密とされ、家族に受け継がれていったからと説明されている。
- 原料は初期は大麻とリネンのぼろ。その後、リネンのぼろになる。
- 19世紀末に木材が利用されるまで続く。需要が増えるにつれ、原料のぼろ不足に悩まされた。

(Rag picker)

Tim Barrett: Paper through time, [European Papermaking Techniques 1300–1800, raw materials, fiber,](http://paper.lib.uiowa.edu/european.php)
paper.lib.uiowa.edu/european.php

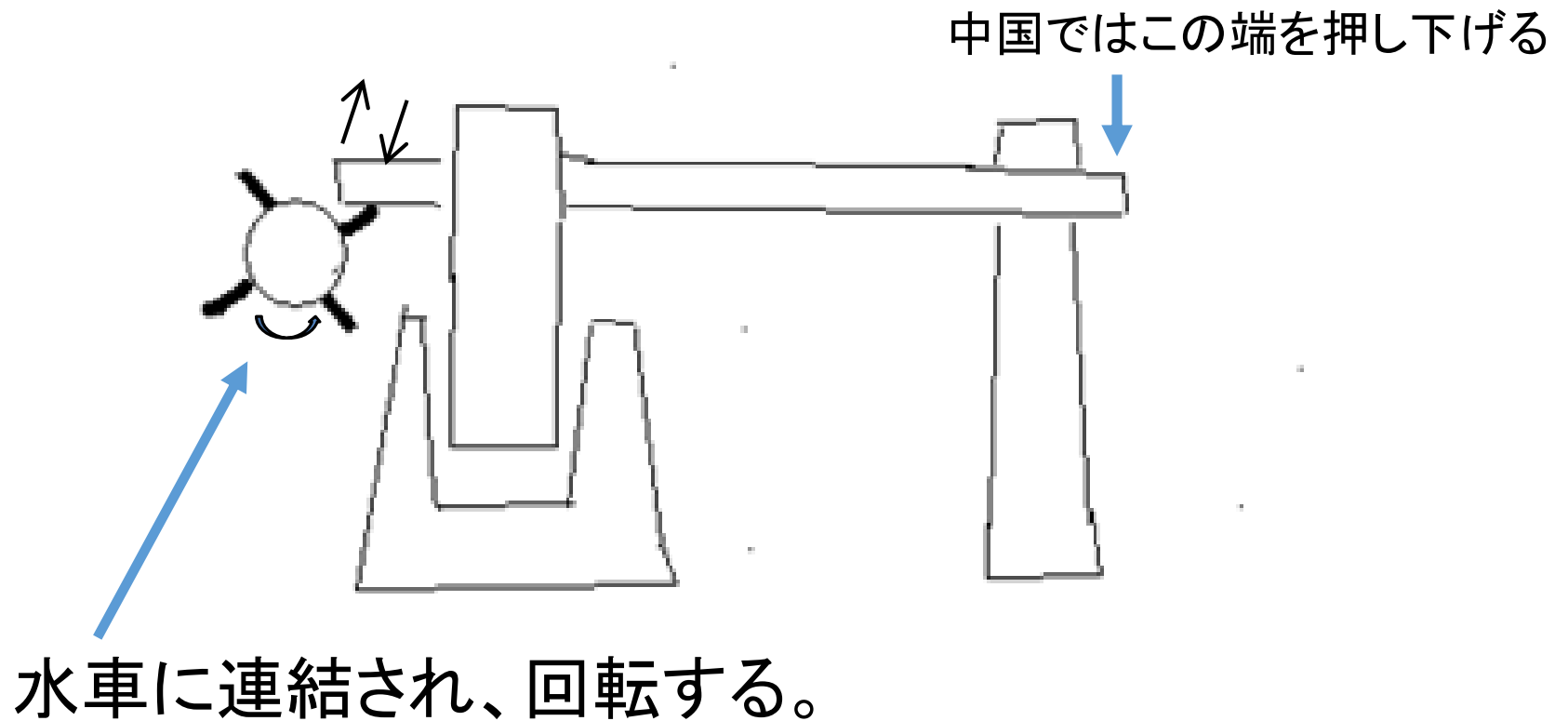
製紙の手順

Tim Barrett: Paper through time, [European Papermaking Techniques 1300–1800, raw materials, fiber,](http://paper.lib.uiowa.edu/european.php)

paper.lib.uiowa.edu/european.php 図参照

- ぼろの選別
- 発酵精錬（給排水の可能な反応槽）
- Stamper（叩解装置） 水車駆動
1バッチの叩解:1-2日 動力:100Hp(75kw)程度？
- 手漉き、脱水プレス作業 3名一組
- 乾燥室 風乾（紙の大きさに注目：規格サイズ）

Stamper のイメージ



手漉きと抄紙機のエネルギー原単位

手漉き

- 2000枚/(3+2)名・10h
- 4g/枚
- 2000枚=8kg
- 70w/名
- 70wx5名x10h
=3500w-h
- 440 w-h/kg

現代の抄紙機

- 600 w-h/kg

• 考察

抄紙機では脱水を減圧で行う。このエネルギーが大きい。

手漉きでは重力(使用エネルギーはゼロ)

製紙工程でのエネルギー原単位 比較

	叩解	抄紙
	W-h/kg	W-h/kg
手作業	2100-9500	440
現在	600-1500	600

生産性の比較

ヨーロッパ

- 工場形態の連続作業
(生産性 大)
- 叩解: 水車
- 圧力脱水
- 風乾
- レターサイズ(規格品)
- 低コスト

日本

- 家内生産
- 叩解: 手作業
- 自然脱水(1昼夜)
- 天日乾燥
- 大判(横長)
- 高コスト

各地域とその社会のニーズへの対応

ヨーロッパ&イスラム

- ペン書き(平滑な表面)
- リネンのぼろを十分に叩解
- ゼラチン含浸(ヨーロッパ)
でんぷん塗工(イスラム)
- 表面を石で磨く
- 規格サイズの紙を製本
- 筆記用

日本

- 毛筆(吸水しやすい表面)
- 楮を長繊維のまま手漉き
- 内添サイズ(塗工せず)
- 打紙
- 巻物、綴じ本
- 多様な用途

地域別製造技術一覧(産業革命以前)

	日本	中国	イスラム地域	ヨーロッパ
生産形態	家内工業	家内工業または工場形態		工場形態(流れ作業)
原料	楮、三桮(江戸期)	大麻(ぼろ)→楮→竹	亜麻(ぼろ)、木綿(ぼろ)	大麻(ぼろ)→亜麻(ぼろ)
蒸煮	蒸煮	蒸煮	なし	なし
叩解	人力	水車	動物、水車	水車
	長繊維のまま	適当に叩解	極度に叩解	十分に叩解
抄紙	流し漉き	流し漉き	ため漉きまたは流し漉き	流し漉き
プレス	自重圧	自重圧	自重圧	加圧プレス
乾燥	緊張乾燥	緊張乾燥	風乾	風乾
後処理	(打紙)	(磨き)	表面加工(炭カル・でんぷん)	ゼラチン含浸ー磨き
大きさ	ほぼ同じ大きさ	大判もある	大判もある	レターサイズ
用途	毛筆、木版印刷、多様な日用品	毛筆、木版印刷、多様な日用品	ペン書き	ペン書き→活版印刷
1800年の生産量(指数)	1	12		17

印刷との出会い グーテンベルグの印刷術

- Gutenberg 1439年頃
- 金属活字の量産
- 油性インクの採用
- スクリュープレス型の木製印刷機
- 実用システムとして大量印刷を可能にした。

ヨハネス・グーテンベルグ, ウィキペディア

写本から印刷本へ

- European output of manuscripts and printed books 500–1800 [File:European Output of Books 500–1800.png](#) [Wikipedia Commons](#) 参照
- 6世紀から18世紀まで、年率1.2–1.5%で出版数が増加
- 15世紀で写本と印刷本が共存、以後印刷本に切りかわる。

ルネサンス：14世紀中期-16世紀中期

- 膨大なギリシャーイスラム文献が多くのヨーロッパの言語に翻訳され、印刷技術の飛躍的な革新によってヨーロッパ全土に普及した。
- 一方、**イスラムは印刷を受け入れなかった。**
- 文化の逆転

ルネサンス、ウィキペディア

宗教改革：1517-1648

- literacy (識字率) と new printing press の勝利 (A media revolution)。
- マルティン・ルターの『95ヶ条の論題』は約2年間で30万部がヨーロッパ中に出回った。
- 1530年までに10,000を超える印刷物 (全体で ten million copies) が知られており、宗教的な印刷物が、ドイツからヨーロッパ全体にあふれた。

啓蒙時代：17世紀後半—18世紀末

- Book industry & Reading revolution
- 本、パンフレット、新聞、雑誌の普及。少数の本を繰り返し読む風習が、以後、手に入る限りの多くの本を読むようになる。
- 大衆向けの安い出版物が出される一方では、上の階級では本を借りることができる制度が生まれた。（多くの階層に出版物が浸透した。）
- Encyclopédieの出版
- イギリス：1790年からの10年間には出版タイトル数が75000冊に急増。

The Age of Enlightenment, Wikipedia

産業革命：18世紀—19世紀

- 印刷物（技術の記録）は技術の伝播に、大きな役割を担った。
- 技術交流会 そのProceedings and Transactionsを出版。
- 製造技術に関する雑誌（Periodicals）の出版
- 百科事典の編纂

Industrial revolution, Wikipedia

- 1904年ドイツの紙パルプ技術雑誌（週刊）の年間ページ数が4500頁

日本の印刷史

- 16世紀後半 朝鮮から銅活字（豊臣秀吉）
- 徳川家康：駿河銅版活字による出版
- キリスト教による持ち込み「キリシタン版」

印刷の歴史（活字から写真植字そしてデジタルへ）、(株)ユービックHP
<http://www.ubique-font.co.jp/>

- しかし、活字でなく**木版印刷**に代わる。
- 漢文の訓点、古典の注釈、振り仮名、挿絵などに木版の方が技術的に対応でき、制作コストはかかるが、増刷ができるので結局安いコストとなった。

橋口侯之介 成蹊大学 日本探求特別講義 B 江戸の特殊な書物事情
http://www.book-seishindo.jp/seikei_tanq/

江戸時代の印刷文化

- 豊かな印刷文化
- 仮名草子、浮世草子、草双紙、黄表紙といった書物が町民たちの間で流行(ヨーロッパの啓蒙時代のreading revolutionを思わせる)。
- 寺子屋の普及とともに、読み書き算盤のできる人々が増え(literacy)、「引札」(チラシ)や「かわら版」(新聞)、「稽古本」(教科書)も、木版印刷の浸透と深い関係がある。
- しかし、江戸時代でも写本が1/3を占めた。

橋口侯之介:江戸の本づくり 第13回 江戸時代の出版統計 その取り方
成蹊大学日本文学科 日本探求特別講義B 2012年後期

- ヨーロッパのような社会改革を起こすことはなかった。
(印刷物のコスト差も一因?)

産業革命のヨーロッパと江戸時代

ヨーロッパ

- 人と物が自由に移動できた。
- 200年かけて、自由な社会制度を作り上げた。
- 科学が社会に根付いてた。

日本

- 人と物の移動が制限されていた。
- ある程度の文化・技術レベルに達していた。
- 明治になり、人と物が自由に動けることにより大発展した。

紙の貢献

- Blossom of mental activity made possible by paper started a new era of civilization (Kremer)
- 紙の上に表現された思い(思想、科学、文学、芸術)が新しい文明を生み出し、社会を変革してきた。
- 産業革命により、誰でもが使える素材となり、社会の変革をさらに加速した。

その他の紙の用途

- 包装材(段ボール、白板)
全使用量の約半分
1920年代のUSAが開発をリード
- Personal use: ティッシュ
- 産業資材(テープ、ラベル等)
- 物流への寄与(段ボール)は、もう一つの大きなテーマ。

19世紀の技術開発

- 1800年代に、ヨーロッパ域内、さらに、アメリカ大陸との間で、自由な技術交流があった。
- 当時のヨーロッパでは諸国が戦争を繰り返していた。その中で、人と物の自由な移動が続いていた。
- 国際的に特許制度が機能し、技術が公開・尊重されることで、技術開発が加速し、より人と物の動きを自由にした。
- 人と物の自由な交流と公正な特許制度は、技術開発の両輪

近代製紙産業の誕生（木材パルプ）

- レオミュール（Réaumur (1683-1757)）
- 典型的な啓蒙時代（Enlightenment）の科学者。地質学から、鉄鋼の製造法の改良、鉱物学、温度計の作成、昆虫の成長、珊瑚が動物であることを証明した。
- 1719年にパリのフランス学士院に以下のコメント
- 「アメリカスズメバチが彼らの巣作りに利用しているように、我々も同じように樹木の種類を得るならば、真っ白の紙を得られるであろう。」
- スズメバチは樹木をかじって、かみ砕いて、巣作りの材料にする。

GPの技術開発(技術開発の一例)

- 100年以上後に、Keller(ドイツ)がRéaumur の文献に興味を持ち、木材を噛み砕く機械(グラインダー)を1844年に開発し、GPを製造した。
- Kellerは資金がなく、特許を売り渡す。引き継いだ VoelterとVoithが、特許を基に設備を世界中(ヨーロッパとアメリカ)に販売。
- 特許が切れると、さらに一斉に世界中で生産が拡大。

サルファイトパルプの技術開発(1)

- Tilghman (USA)は、1866-1869年にかけてサルファイト法の特許をだす。事業化に失敗。
- Ekman (スウェーデン人)が、1871-1879年に改良法を開発、1879年にイギリスへ移住し、1886年に起業。コンサルタントとして、ドイツ、ロシア、イタリア等で工場建設を助けた。後に、工場からの石灰汚染で敗訴し、破産した。
- Mitscherlich (ドイツ人)は1876年にサルファイト法を完成、特許を得る。

サルファイトパルプの技輸開発(2)

- Partington(イギリス人)、Kellner(オーストリア)の特許をイギリスで実用化(1874年)。カナダの製材工場へパルプ生産の技術提供(ライセンス料)。
- Russell(USA)がPartingtonの特許のアメリカの実施権(1887年)、さらに、複雑な特許関係を包括的に入手し、技術改良を加え、企業連合を組み、サルファイト法を独占的に支配。
- サルファイトパルプとGPによる新聞用紙の生産を始める(1900年代初期)。
- 新聞が社会に定着した。

最大級のパルプ製造設備

日産数千トン



メッツオペーパー
パン提供

抄紙機の技術開発

- Louis-Nicolas Robert (1761-1828) : 紙すきの職人組合とごたごたが続くのうんざりし、機械化を考えた(1799年)。特許取得
- 共同出資者のDitoは、イギリスの資金と機械技術力により実用化をはかり、Donkinに制作を託した。
- 裕福な文具商のFourdrinierが特許を買い取り、企業化に取り組む。彼は、これで資産をなくした。
- Donkin は、1851年までに世界中に191台の抄紙機を売ることとなった。
- 自由な技術交流と特許制度が機能した。

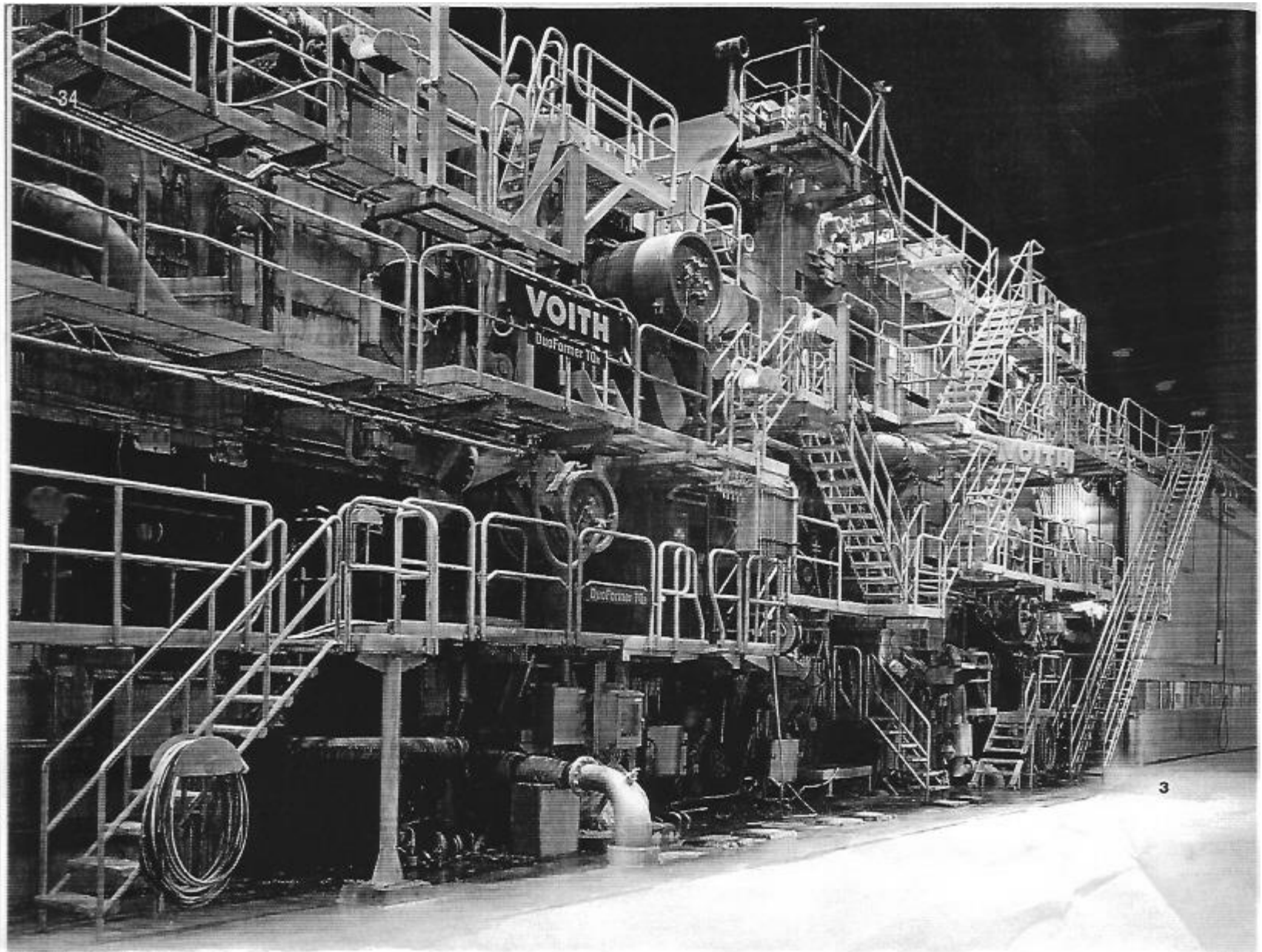
Robertの抄紙機

- ½の模型を「紙の博物館」(東京都北区王子)で見ることができる
- 24インチ幅の紙を2枚作ることができた。手回しである。
- 1799年に特許を申請し、8000フランを払って取得した。

抄紙機の大型・高速化

- 1800年 手漉き
- 70年後(1870年) 現在の抄紙機の基本構造が完成 抄紙機幅2.5m、抄速50m/分
- 100年後(1900年) 抄紙機幅4.0m、抄速180m/分
- 200年後(2000年) 抄紙機幅 10.0m、抄速1500m/分

最大級の抄紙機(幅10m、全長150m)



紙・板紙年間生産量

(赤字は人口、一人当たりGDP より推定)

	1800年 千トン	1900年 千トン	1920年 千トン		2013年 千トン
ヨーロッパ	765	2,000			
アメリカ		870			73,752
中国	540	560			104,691
日本	45	135	255		27,000

(2百万トン) ————— およそ200倍 —————> (4億トン)

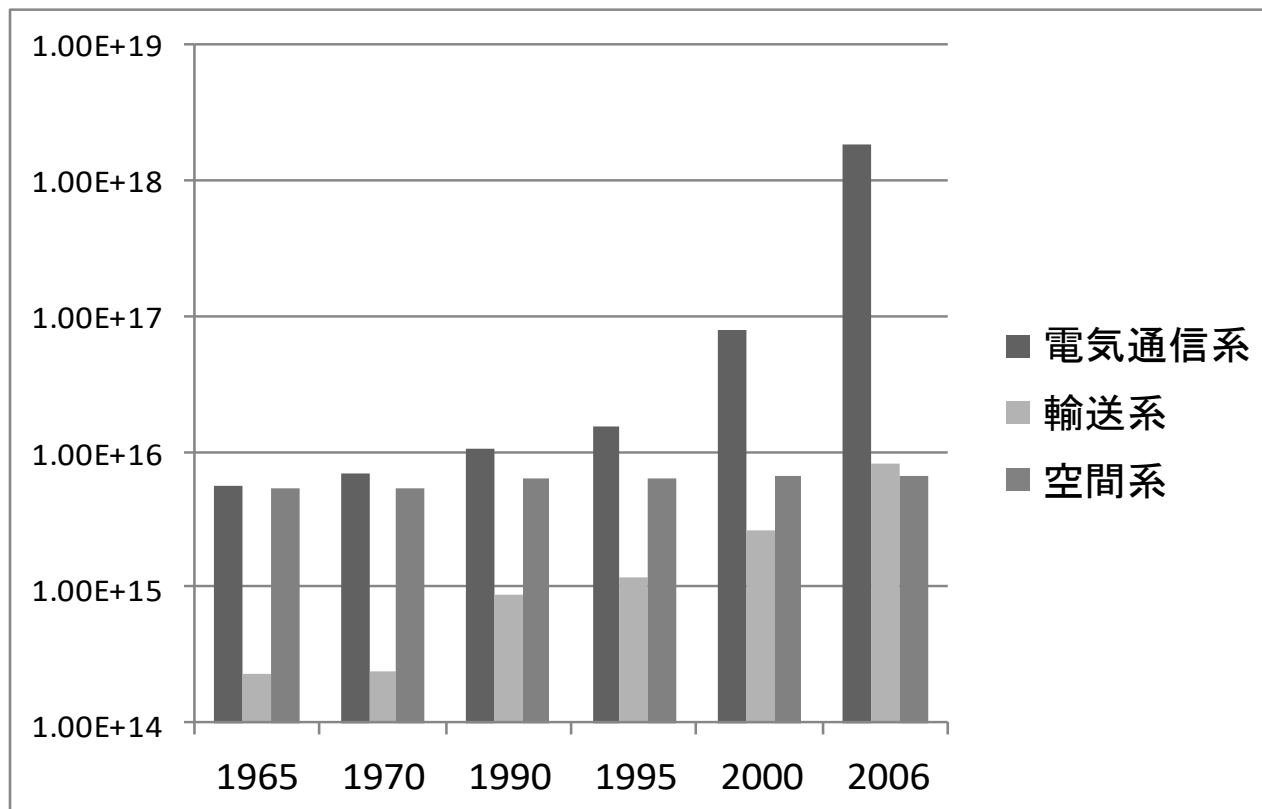
社会の変革を引き起こすのは？

- 歴史的に新しいenergy systemと新しいcommunication system が集中した時に社会の変革が起こる(Jeremy Rifkin)。
- 第1次産業革命(1750-1850年)
蒸気機関と鉄道
- 第2次産業革命(1890-1920年)
電気エネルギーと電信
- 第3次産業革命(進行中)
再生エネルギーとInternet

デジタル社会への移行

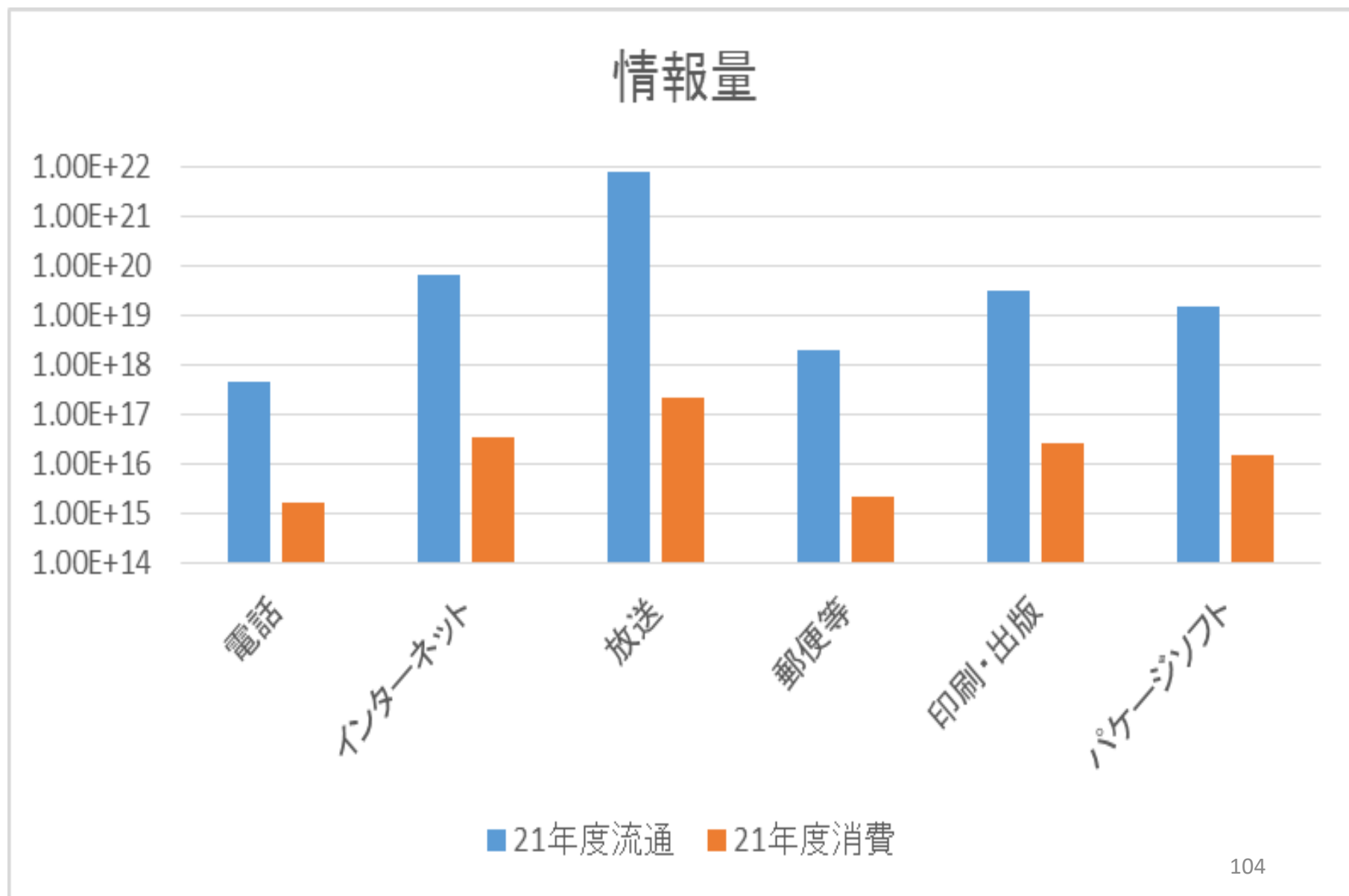
- 輸送・空間系媒体から電波系媒体へ

総務省情報流通センサス 情報消費量(単位:ワード)



総務省情報流通インデックス

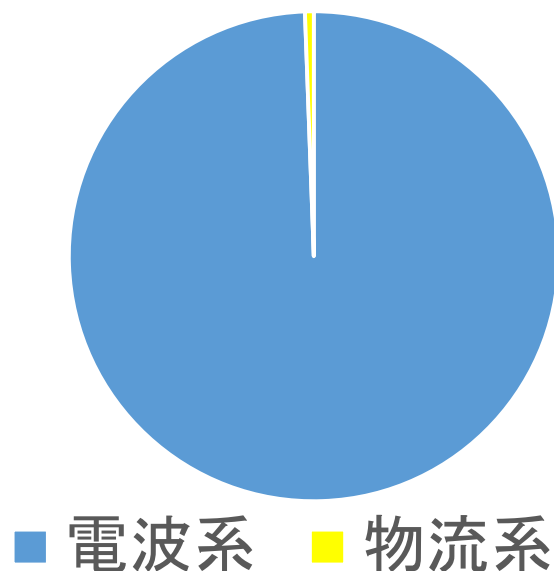
各種情報量を同一の情報単位(ビット)に換算し、集計する。



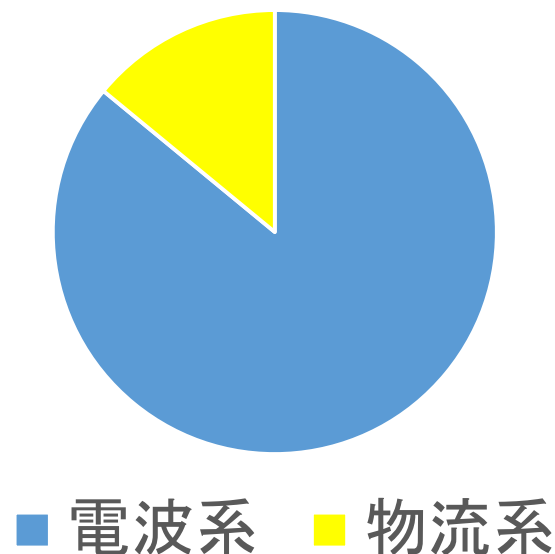
総務省情報流通インデックス

各種情報量を同一の情報単位(ビット)に換算し、集計する。

2009年度流通量

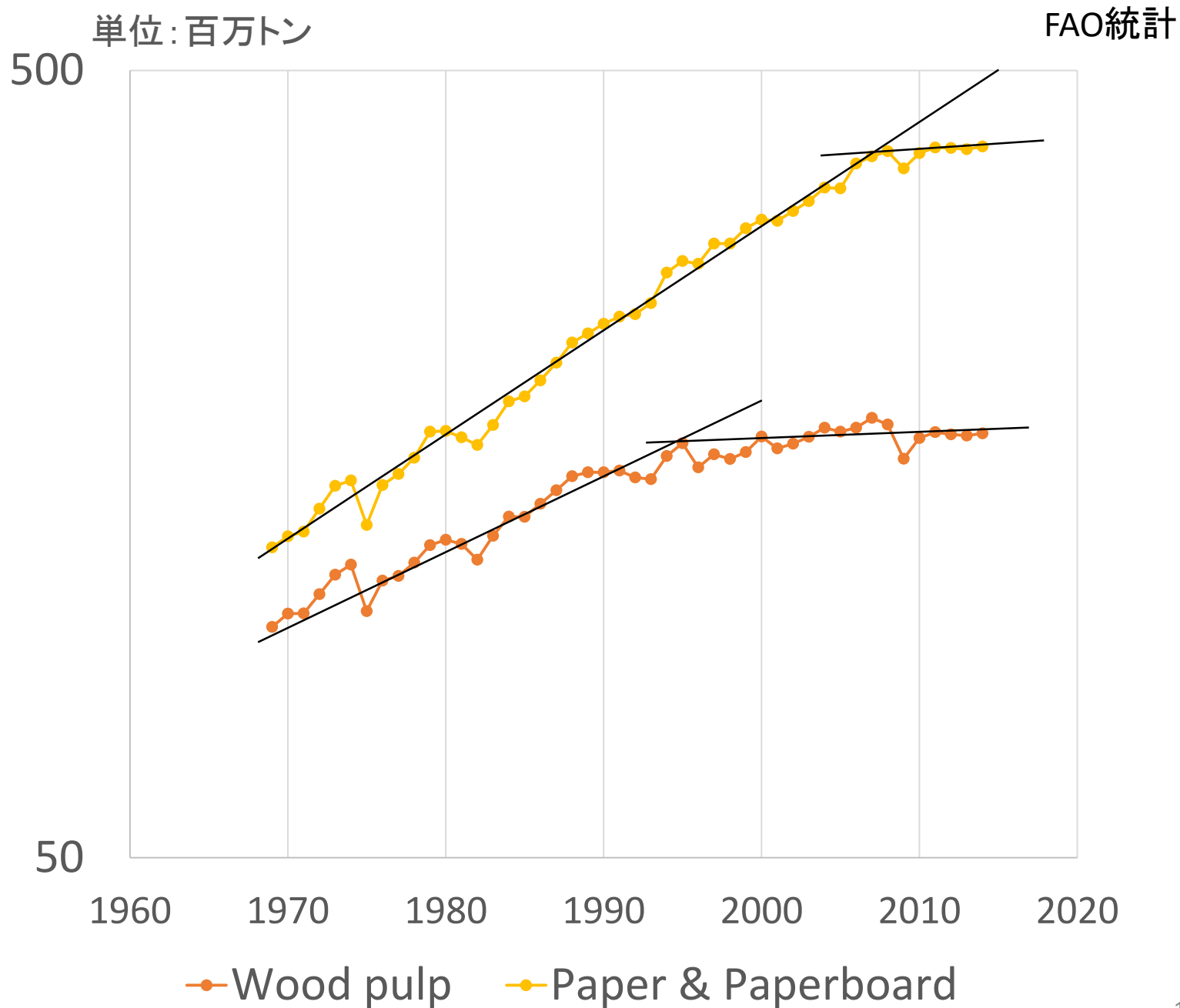


2009年度消費量



電波系: 電話、インターネット、放送

物流系: 郵便、印刷・出版、パッケージソフト



デジタル社会への移行(まとめ)

- 2000年頃を境に、電気・通信系(デジタル)による情報量が急激に増加(10年間で100倍以上)。
- 2005年を境に紙の生産量が頭打ちになる。

ご清聴ありがとうございました。

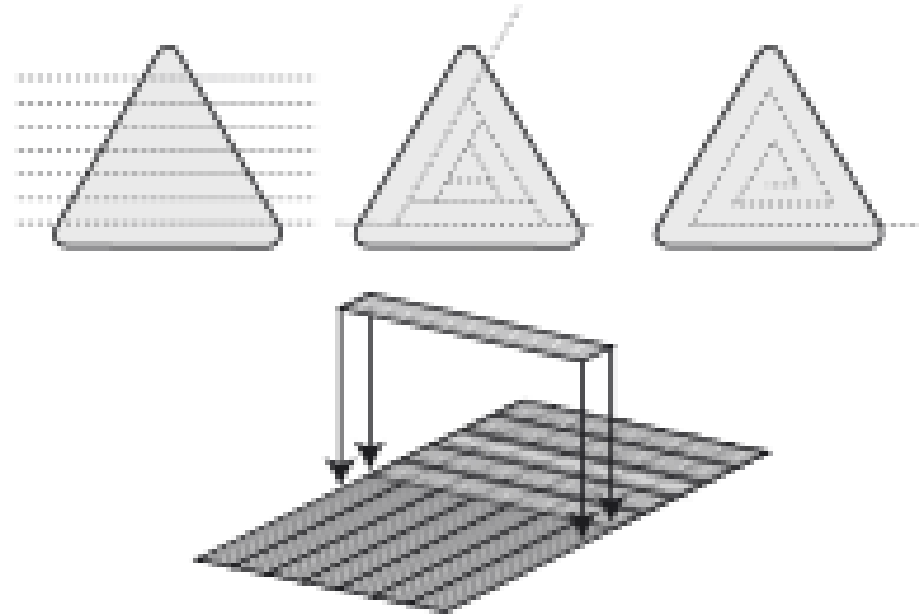
参考文献

- 飯田清昭:新聞用紙製造技術の系統化調査 国立科学博物館(2006年3月)
- 飯田清昭;ぼろから木材パルプへ(前篇) 紙パ技協誌 Vol.67, No, 11, p.84
- 飯田清昭;ぼろから木材パルプへ(後編) 紙パ技協誌 Vol.67, No, 12, p.41
- 飯田清昭:抄紙機における技術開発の歴史(第1部)紙パ技協誌 Vol. 68, No. 4, p.65
- 飯田清昭:抄紙機における技術開発の歴史(第2部)紙パ技協誌 Vol. 68, No. 6, p.38
- 飯田清昭:製紙産業の技術開発史第1回 紙パ技協誌 Vol.68, No. 12, p. 50
- 飯田清昭:製紙産業の技術開発史第2回 紙パ技協誌 Vol.69, No. 2, p. 55
- 飯田清昭:製紙産業の技術開発史第3回 紙パ技協誌 Vol.69, No. 4, p. 66
- 飯田清昭:製紙産業の技術開発史第4回 紙パ技協誌 Vol.69, No. 6, p. 44
- 飯田清昭:製紙産業の技術開発史第5回 紙パ技協誌 Vol.69, No. 8, p. 68
- 飯田清昭:情報用紙製造技術の系統化 国立科学博物館(2012年6月)



Papyrus plant (カヤツリグサ)

パピルスの製法



縦横2層に並べ、湿らせて、ハンマーで叩きつぶしてシートにして、乾燥する。