

2007年度 国際開発農学演習2

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

<担当日>

7月3日, 7月10日

この講義資料は次のURLからダウンロードできます。

<http://psl.fp.a.u-tokyo.ac.jp/hp/enomae/lectures/Prints4Lectures.htm>

国際開発農学演習2

<江前の担当内容>

1. 紙の製造とLCA(7月3日)
2. おもしろい紙の使い方(7月10日)

1. 紙の製造とLCA

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)などであった。



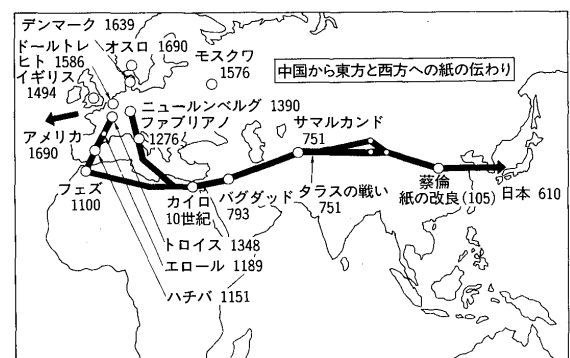
蔡倫

紙の起源

- 紀元前150年頃の世界最古の紙といわれている。
- 前漢時代の地図が書かれていた。



放馬灘(ほうばたん)紙



製紙法の伝播



グーテンベルグ
(1400年頃～1468年頃)

1445年頃に鉛合金の活字とアマニオイルを煮詰めた油性インク、ワイン絞り機にヒントを得た印刷用プレス機を発明した。



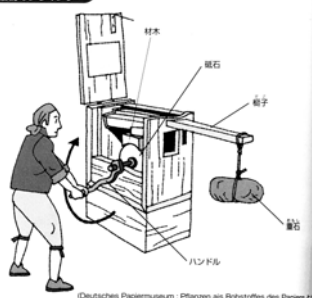
近代製紙産業技術史

1670	ホランダール・ビーターの発明[オランダ]
1719	レオミュールはスズメバチの巣を見て木材から紙ができるはずと学会に提案[フランス]
1798	ルイ・ロベールが長網抄紙機を発明[フランス]
1844	ケラーが碎木パルプを発明[ドイツ]
1851	ワットとバルガスは木材を原料としたソーダパルプを発明
1852	フェルターが碎木機を実用化[ドイツ]
1856	ハーレイは初めて段ボールの特許を取得[イギリス]
1856	ティルマンが亜硫酸パルプ(Ca法)を発明[アメリカ]
1884	ダールがクラフトパルプを発明[ドイツ]
1950	広葉樹材のパルプ化始まる[日本]
1968	サーモメカニカルパルプ(TMP)を開発[スウェーデン]
1977	キノン添加パルプ蒸解法の発明[日本]

機械パルプー碎木パルプ

- 碎木(さいぼく)パルプ＝
GP or SGW ([Stone] Groundwood Pulp)

1845年、ドイツのケラーが作った最初のグラインダー

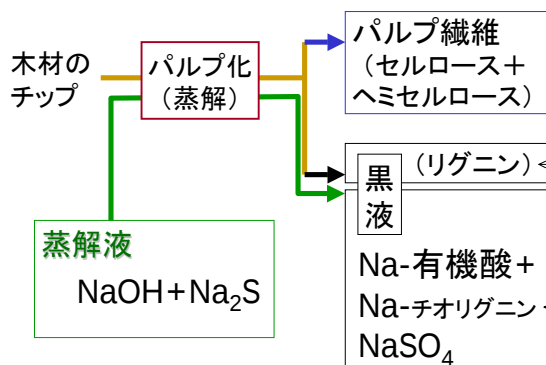


(Deutsches Papiermuseum: Pflanzen als Rohstoffe des Papiers)

紙の製造工程

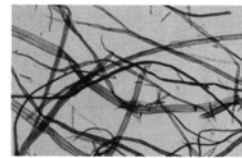


化学パルプークラフトパルプ

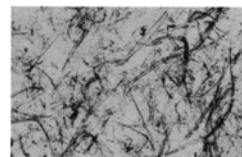


化学パルプークラフトパルプと機械パルプ

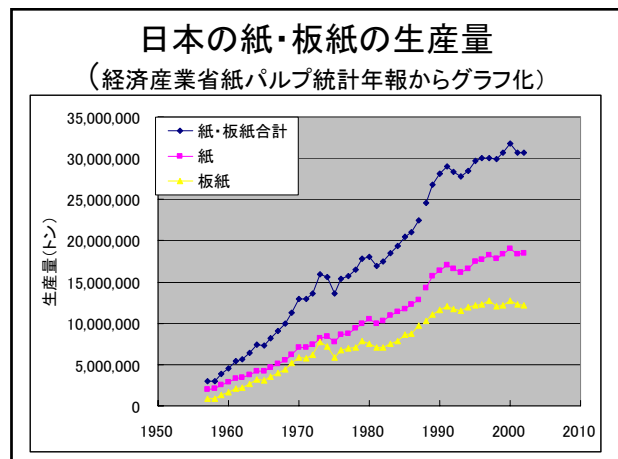
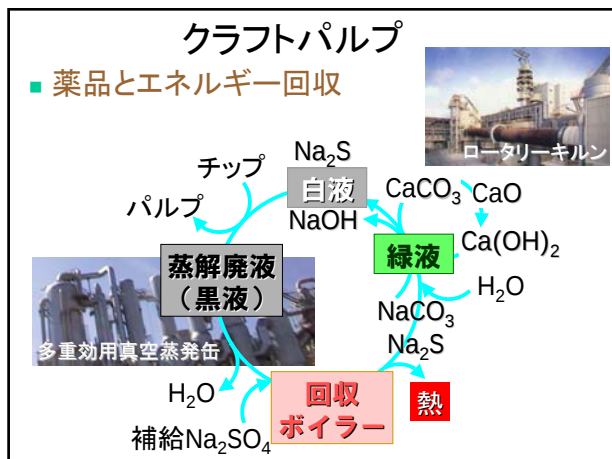
- KPは、機械パルプに比べると、繊維に与えるダメージがはるかに少ないことがわかる。



針葉樹材 クラフトパルプ



機械パルプGP

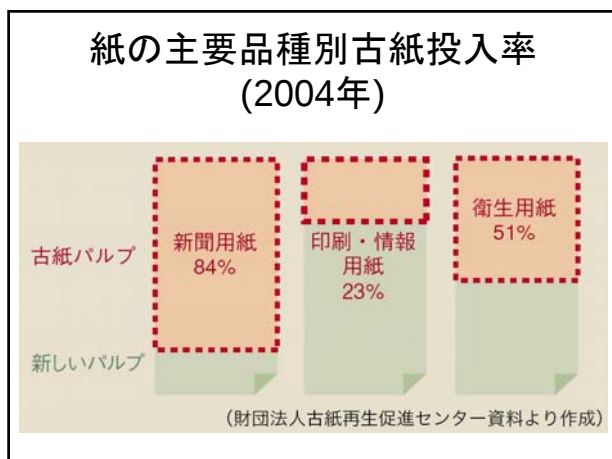
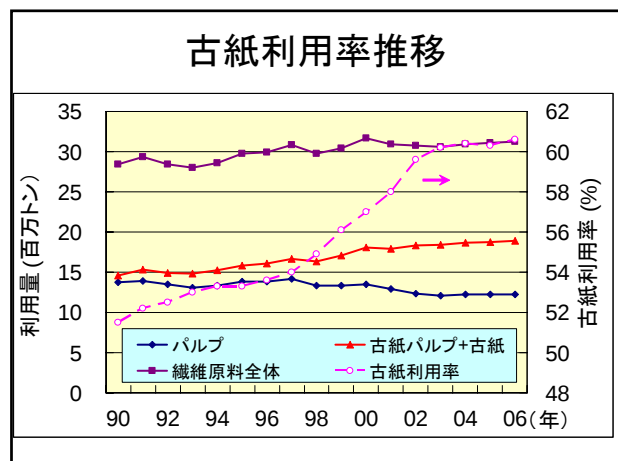


製紙工場

問題(1)

(a) 日本の紙及び板紙の生産量は年間3,100万トンである。製紙連合会によれば、一定以上の規模の製紙工場が全国で109工場ある。これらの工場で全国の生産量の95%を製造しているとする。これら全ての工場には3台ずつ抄紙機があり、年間の稼働日数は全て350日であるとする。これらの抄紙機の1日当たりの平均生産能力は何トンか。

(b) 抄紙機は全て幅5mで坪量64 g/m² (コピー用紙程度)の紙を抄くとする、分速何mの速度で抄くことになるか。

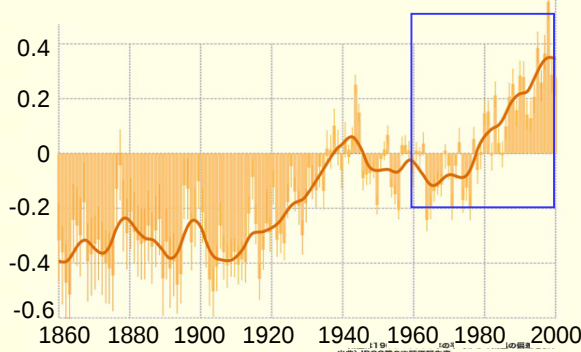


問題(2)

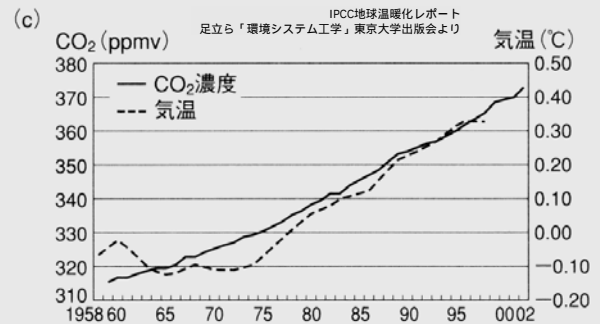
古紙1トンを使用すると、立木(たちき)何本を節約することになるか。次の条件で計算せよ。

古紙1トンから紙850kgができる。1トンの機械パルプを作るのに必要な木材は、2.1 m³。1トンの化学パルプを作るのに必要な木材は、3.6 m³。機械パルプ50% / 化学パルプ50%配合の紙を古紙パルプで代替すると考える。また立木は、直径17cm、高さ8mとする。

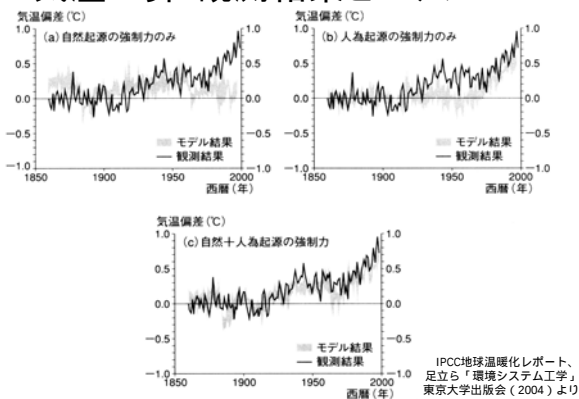
地球温暖化-平均気温の変化 地球全体/過去140年



気温変化と二酸化炭素濃度



気温上昇-観測結果とモデル



紙のLCA(ライフサイクルアセスメント)

木を植えるときから使い終わった紙が廃棄されるまでの、原材料・エネルギー・出される二酸化炭素・廃棄物の量を計算し環境に及ぼす影響を評価

紙のLCA(ライフサイクルアセスメント)

機能単位:

紙1,000kg当たりの数値

システムの境界:

植林→パルプの製造→紙の製造→廃棄

紙のライフサイクルアセスメント

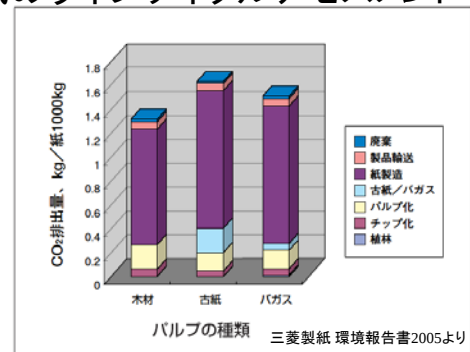
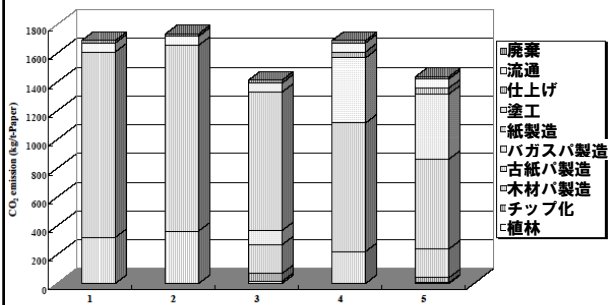


図1: パルプの種類と化石燃料由来の二酸化炭素排出量

紙のライフサイクルアセスメント2(a)



中澤ら, 環境報告書のLCA, 2001頃

紙のライフサイクルアセスメント2(b)

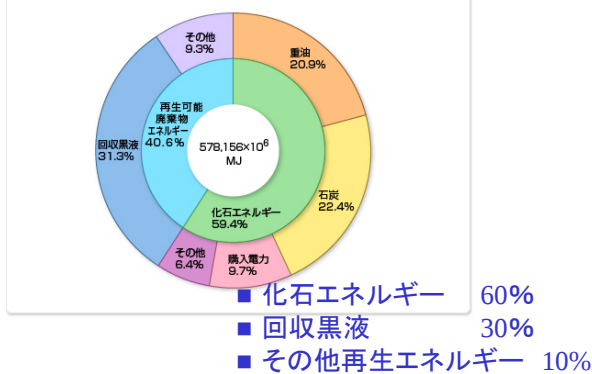
紙#	1	2	3	4	5
塗工の有無	非塗工	非塗工	非塗工	塗工	塗工
白色度(%)	70	80	80	80	80
--- 原料パルプの組成 ---					
木材パルプ(%)	0	0	70	0	100
新聞古紙(%)	50	0	0	50	0
オフィス古紙(%)	50	100	0	50	0
非木材: バガス (%)	0	0	30	0	0

中澤ら, 環境報告書のLCA, 2001頃

問題(3)非塗工紙と塗工紙のCO₂排出量の差はどの紙とどの紙の比較でわかるか。古紙パルプだけ、木材パルプだけを原料とする場合の比較はどうか。

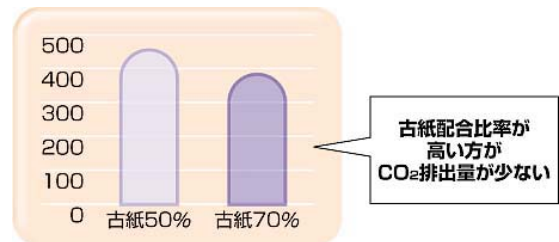
製紙産業のエネルギー源

■製紙産業における使用エネルギーの構成比(2005年度)



北越製紙の取り組み

新聞用紙を1tつくる時の
化石燃料からのCO₂排出量 (Kg-C/紙t)
出典: 紙パ技協誌第55巻 第10号

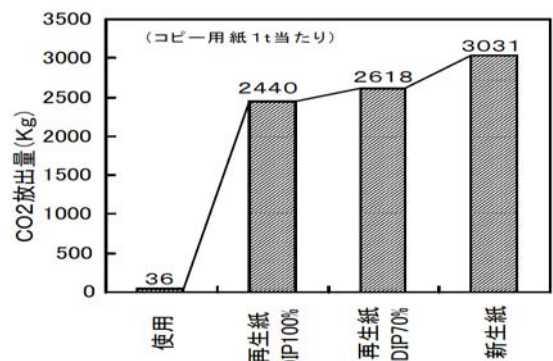


北越製紙の取り組み

上質紙を1tつくる時の
化石燃料からのCO₂排出量 (Kg-C/紙t)
出典: 紙パ技協誌第55巻 第10号



紙のライフサイクルアセスメント3(a)



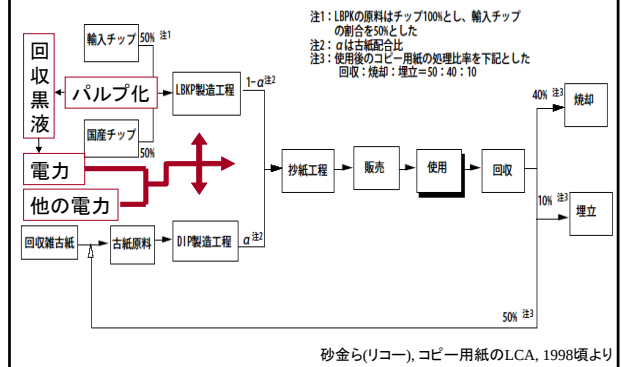
砂金ら(リコー), コピー用紙のLCA, 1998頃より

紙のライフサイクルアセスメント3(b)

紙のライフサイクルアセスメント3(b)									
プロセス	原料調達	パルプ製造	抄紙	販売	使用	回収	埋立	備考	
木質チップ	kg	2544	180						
古紙	kg	339	120						
水	m³	30	41	167					
電力	kWh	38	138	50					
石灰	kg		80						
硫酸	kg		90						
漂白剤	kg		5						
その他	kg		15						
トナー	kg			8.1					
印刷									
回収									
埋立									
合計									
CO ₂	kg	291.4	121.5	387.5					
CH ₄	kg	78.2	25.9	104.2					
NO _x	kg	13.7	70.4	204.4					
SO _x	kg	6.8	2.8	8.5					
その他	kg	30.1	13.8	40.1					
合計									
CO ₂	kg	8.1	3.7	10.8					

砂金ら(リコー), コピー用紙のLCA, 1998頃より

紙のライフサイクルアセスメント3(c)



砂金ら(リコー), コピー用紙のLCA, 1998頃より

環境政策-排出権取引(1)

- 環境への汚染物質の総量を削減すること
- 少ない費用で削減すること

環境基準の設定-----
 排出される汚染物質の量に上限を課す

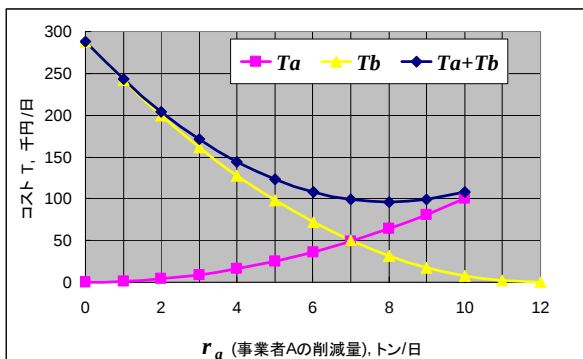
目的:
 総コスト(各事業者のコストの総和)を最小化
 条件:
 総排出量(各事業者の排出量の総和)が上限値を下回る

環境政策-排出権取引(2)

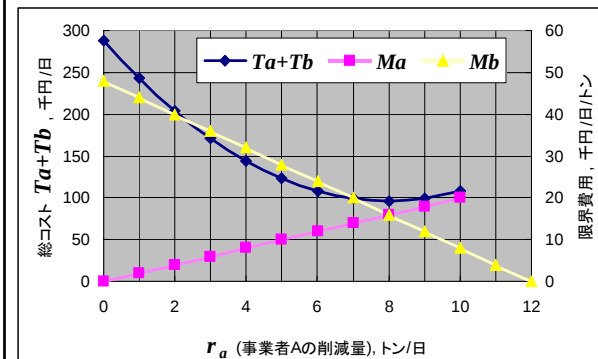
問題(4) ある池に事業者A及びBが汚染物質を排出している。現在、事業者Aの排出量は10(t/日)、Bは20(t/日)とする。水質保全のため池への流入量を4割削減する必要が生じた。汚染物質を無害なものに処理するコストは量の2乗に比例して高くなり、事業者Aでは r^2 (千円/日)、Bでは効率が悪く $2r^2$ (千円/日)かかるとする。どの事業者に対しても一律上限を課すと、総コスト T (千円/日)はいくらか。

足立ら「環境システム工学」東京大学出版会(2004)より

環境政策-排出権取引(3)



環境政策-排出権取引(4)



2. おもしろい紙の使い方 (7月10日)

- パワーポイントその他で準備
- 発表(発表3分、質疑応答2分)