

紙資料の展示 環境

東京文化財研究所

加藤雅人

内容

- 劣化
 - 劣化とは
 - 図書資料の劣化とは
 - 紙の劣化
- 展示環境を考える
 - 理想の環境とは？
 - 熱
 - 水
 - その他、複合的に
- おまけ（？）

劣化

劣化とは

- 言葉の定義

物質が「化学的に」「物理的に」「生物の作用で」変化して、性能や品質が低下して劣ること、実用に耐えなくなること。

- 「劣化」はある意味非科学的

例)

牛乳が特定の菌の作用で変化する⇒ヨーグルト、チーズ

食用飲用+付加価値＝発酵

牛乳が雑菌の作用で変化する⇒腐った牛乳

食用飲用に適さない＝腐敗＝劣化

文化財の場合「使用痕（来歴に由来するもの）」

「古色」などはどう考えるのか？

図書資料の劣化

図書資料の機能・役割、性能

人類の知識・英知の保存・蓄積
知識・英知の共有

- 実用に耐えない：知識を保存共有できない状態
 - 本として形を成していない、存在しない
 - 形はあるが手に取れない
 - 手に取れるがページをめくれない
 - ページをめくれるが、字が読めない
- 機能低下している：読みづらい、取扱いづらい

図書資料の劣化

科学的な表現では

- 取扱いができない

本として活用できない（綴じのはずれ、損壊など）
シートが脆い

強度低下

- 文字などの情報が判別しづらくなる

紙が茶色くなる

文字などが薄くなる、異なる色になる

光学特性の変化

紙の劣化 現象

酸化による構造変化
環構造の開裂

対象となるレベル	紙	繊維	セルロース分子の並び方	セルロース ヘミセルロース リグニン
スケール	マクロ			ミクロ
おきている変化	シート構造	繊維	結晶構造	重合度 化学構造
紙への影響	強度低下 透明度変化	強度低下 透明度変化	強度低下、硬化 透明度変化	強度低下 着色物質の生成 強度低下 着色物質の生成

繊維間結合の開裂
空隙構造の変化

繊維の脆弱化・破壊

非晶化
結晶化???

セルロースの分解

紙の色の話

- 物の色は、物に照明（白色光）が当たったときに

{ 特定の周波数の光のみ反射
 干渉
 選択的散乱 } が起きて色が見える

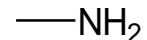
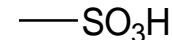
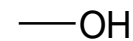
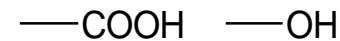
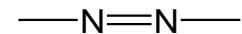
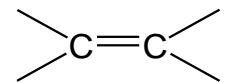
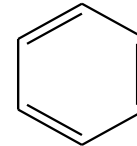
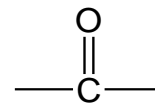
- 物自体に色がある：物質の電子状態

無機物：金属錯体

有機物：発色団（官能基）

- 紙が着色するのは
 - セルロース、ヘミセルロースの着色
 - リグニンの色戻り

発色団(上)と助色団(下)



セルロースの長さ

- セルロースはグルコースが1直線につながった多糖類
- セルロース重合度=グルコースがいくつつながっているか
自然界：2000-25000

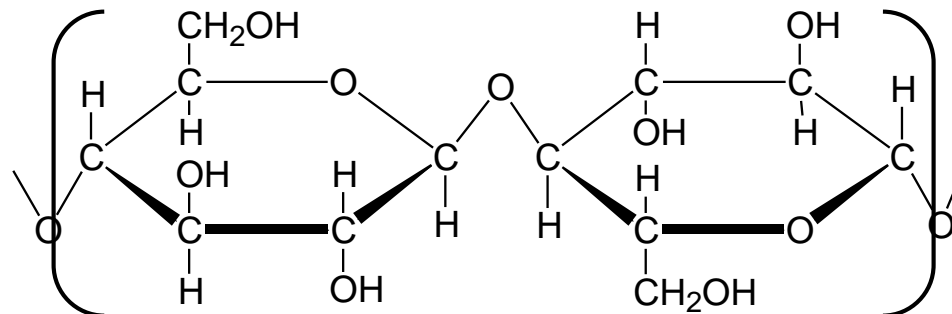
広葉樹8200

広葉樹パルプ800-1200

楮繊維2000-2500

針葉樹8450

針葉樹パルプ1000-1500

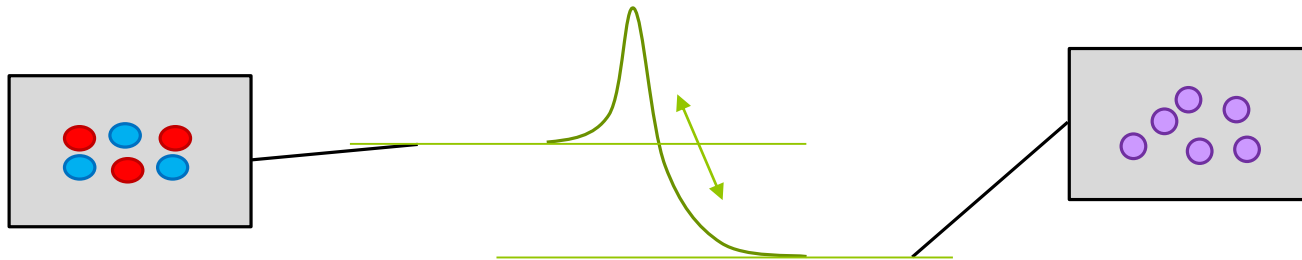


紙の劣化 原因

- 生物：触る、生物が食べて栄養にする、住処にする
セルロースなどの構成成分を分解
代謝物、その他の生成物を出す
- 熱：物性の変化、化学変化の促進
軟化
熱分解
酸化の促進
酸加水分解の促進
- 光：化学変化の促進
酸化の促進

化学変化

- 反応速度
- 化学変化するには山を越える必要がある



- 触媒は山の高さを下げて、越えられるモノの数を増やす
- 熱・光はモノを元気にして、越えられるモノの数を増やす

紙の劣化 原因

- 酸素：反応性の高い元素

セルロースを酸化、環を開裂、セルロース鎖を切る

- 水：反応物となる、酸・アルカリとして働く、溶媒となる
触媒として働く

加水分解を起こす（水がなければ起こらない）

酸・アルカリとしてセルロースを分解する助けとなる

触媒となり酸化を促進する？

何かの溶液を作り反応を起こす

紙の劣化 原因

生物

熱

光

酸素

水

その他

時間

展示環境を考える

紙が劣化しない理想条件

- 時間：全ての変化に必要

時間が0であればどんな環境でも劣化（変化）しない

- 生物

生物がなければ変化しない

- 熱

温度が低いほど化学反応（変化）は遅くなる

- 光

光がなければ光により促進される化学反応（変化）がなくなる

- 酸素

酸素がなければ酸素との反応は起きない

- 水

水がなければ加水分解は起きない

展示を考える

- 必要な要件
 - 人が見ることができる
 - 適切に、できればストレスなく、快適に鑑賞できる
- 展示は劣化を進める⇒0にはならない
 - ダメージをできる限り減らす

光

- 展示環境における照明の要件

人間が展示を（正しく）見ることができる
資料の劣化をできる限り防ぐ

- 照明学会による要件

適度な明るさ

演色性

美術品固有の美しさを強調

グレアが起こらない（光源の正反射が目に入らない、輝度の高い光源が視線の近くにない）

保存の考慮がなされる

目指しているところ：形状・色・テクスチャーまでが分かる。雰囲気を作る

光

- 劣化が進むモノ・コト

主に有機物の化学変化が早くなる

紙資料中ではセルロース、ヘミセルロース、リグニン、染料など

特に注意を要するのは有機物の色材の変色

例) 染料、コンニャク版のインク、ジアゾ複写物

光

- では、保存に考慮した照明とは
 - できる限り暗くする
 - マニユアル的な数字に従うのではなく、作品ごとに照明を設定する
 - 短波長（高周波）は除く
 - 紫外線（UV）は大敵⇒UV対策（吸収剤、吸収フィルム）をする
 - 時間を短くする
 - 劣化は物質に与えられた総エネルギー量に比例する光を弱くできないのであれば、照射時間を短くする（展示期間・時間を限定、人感センサーによるON・OFFなど）

熱

- 展示環境における温度の要件

人間が快適

自然環境で中庸な設定

- 劣化が進むモノ・コト

ほとんどの化学反応が促進する

例えば、

加水分解

酸化 ⇒ 究極的には燃焼

水

- 展示環境における湿度の要件

人間が快適

自然環境で中庸な設定

- 劣化が進むモノ・コト

水との反応

加水分解

物理的変化

寸法、形状（シート、繊維）、柔軟性

⇒強度、光沢・色

水

○ 展示環境における湿度の要件

材質の強度が保たれる

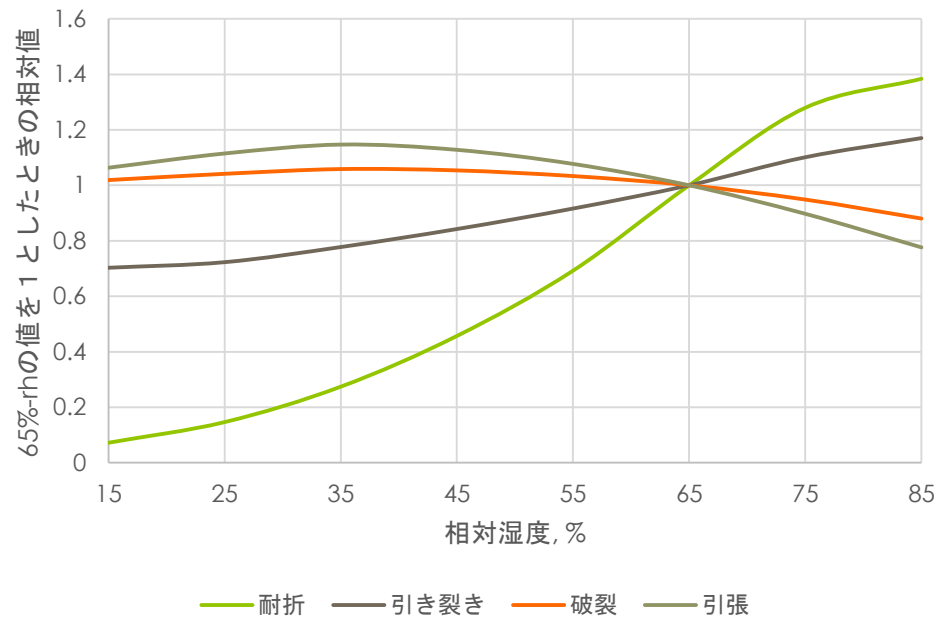


図 相対湿度と紙の強度的性質の関係

大江ら、図99、日本木材学会編、「パルプおよび紙」、文英堂出版、p.195
(1991)からの描き直し。オリジナルはTPPAI(1929)

その他

- 生物（虫、カビ）

付かない

増えない

- ガス（SO_x、NO_x、有機酸、アルデヒド）

入れない

除く

複合的に考える

熱と光

- 赤外線

赤外線は、水分子などに影響を与えて温度を上昇させる

複合的に考える

熱と水

○ 温度・湿度

温度が下がると空間への水の出入りがなくても相対湿度は上昇する ⇒ 結露する可能性がある

温度が上がると空間への水の出入りがなくても相対湿度は下降する ⇒ 乾燥しやすくなる

エアコンの温度調整は、緩やかではなく、ON・OFFがあるので要注意

複合的に考える

熱と水の変化

- 温度湿度変化の繰り返し
 - 物性が変わる ⇒ 角質化
 - 水への応答性は悪くなる
 - 寸法安定性は増す
 - 強（こわ）くなる
- 湿度変化の繰り返し
 - 動かないところを動かすと構造が破壊される
 - ある程度の変化は許容範囲
ただし、許容範囲はその紙次第
⇒ 変化は少ないほど良い
 - 繊維の太さ方向への膨張が大きい
 - 繊維の柔軟性の範囲を超えると結合が切れる
切れた結合は戻らない

変化の回数は少なく、度合いは小さく、速さは遅く

複合的に考える

熱と水の変化

- 結露に注意
 - 冷気が直接金属などに当たると結露しやすい。
エアコンの吹き出し口、風の当たる箇所、外部との境界（窓、出入り口）

複合的に考える

熱、水と生物

- 温度が高いほど虫は活発
- カビは高温高湿が好き

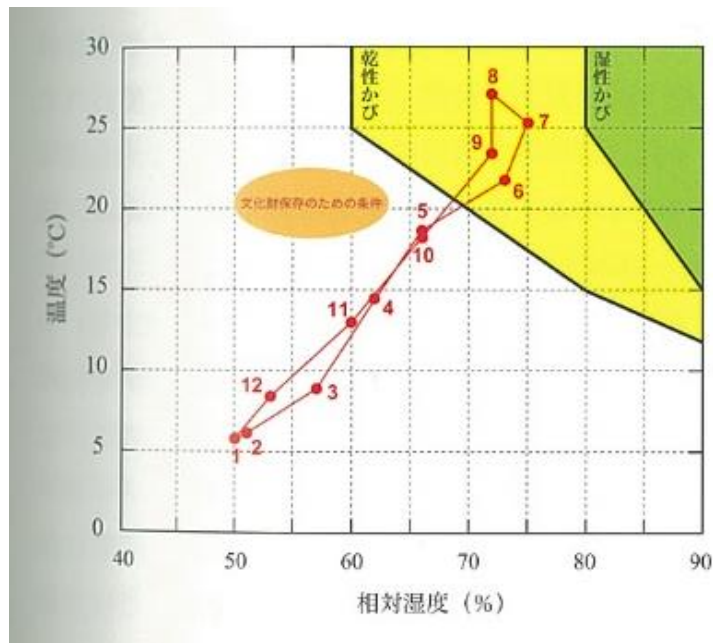


図2 東京のクリモグラフ (気象庁・東京観測所にて1971年から2000年までの各月に観測された温度と相対湿度の平均値)

図 東京のクリモグラフ

東京文化財研究所編、「博物館資料保存論」、東京文化財研究所、p.19 (2011)

まとめ

理想に近づける

展示における意識

- 鑑賞することが第一の目的
- 劣化要因をできる限り減らす

現場でできる対処

- ケースの使用（高級品でなくても良い）
- 調湿剤の使用（ケース）
- 紫外線カット剤・材の使用
単なる飛散防止フィルムでもある程度の効果あり
- 時間の制限