

# 光照射에 의한 韓紙의 變質에 대하여

韓成熙, 文煥皙, 李奎植

## 目 次

1. 序 言	3. 結果 및 考察
2. 實驗方法	3-1. 坪量, 두께 및 密屠
2-1. 試料의 前處理	3-2. 光照射에 의한 變質
2-2. 坪量, 두께 및 密屠 測定	3-3. 濕度變化에 의한 變質
2-3. 引張強度 및 伸張率 測定	4. 要 約
2-4. 酸化度 測定	參考文獻

## 1. 序 言

書畫類 典籍類와 같은 紙類文化財의 材質은 오랜기간 保存管理 되는 동안 각종 要因에 의해 損傷되고 있으며 損傷程度는 保存環境, 材質의 構成原料(紙纖維의 組成), 첨가제의 종류 등에 따라 달라진다.

일반적으로 韓紙와 같은 手抄紙는 洋紙에 비해 cellulose의 純度가 높으며 정련된 cellulose는 光의 吸收特性이 거의 없으므로 빛에 대해서는 비교적 安定한 편이므로 保存壽命이 긴 편이다.

종이의 壽命이 어느 程度인가를 究明하는 것은 매우 어려운 問題로 간단히 推定 할 수는 없다. 實例로 1966年 佛國寺 釋迦塔에서 發見된 西紀 750年頃의 “無垢淨光大陀羅泥經”은 약 1200여년이 경과되었어도 비교적 상태가 양호한 반면 圓書館이나 保管庫에 소장되어 있는 일부 典籍類는 100년도 채 경과되지 않았는데도 材質이 부스러지는 등 심하게 損傷되어 있는 경우도 있으므로 종이의 保存에 있어서 종이의 壽命은 保存環境內 損傷要因과 密接한 關係가 있음을 알 수 있다.

紙類文化財의 材質을 損傷시키는 要因으로는 光線, 溫濕度, 製紙時 添加物質 그리고 保存環境內 大氣汚染物과 加害生物(微生物과 昆蟲) 등을 들 수 있다.

紙類文化財의 保存에 있어서 材質의 損傷이 紙纖維 自體에서 招來된 것인가 혹은 添加物과의 相互作用에 由來된 것인가를 명확히 하는 것은 매우 重要하다.

一般的으로 紙纖維 自體 損傷은 主로 水分에 의한 팽창·수축으로 인한 構造變化, 水溶性 成分의 溶出, 材質의 加水分解 그리고 空氣中の 산소, 이산화질소,

아황산가스, 탄산가스 등을 용해하여 紙纖維의 水分이 酸性液으로 變하여 材質을 침식하는 化學的 損傷이 主要因이며 이러한 損傷은 溫度가 높아질수록 촉진된다. 또한 순수한 cellulose는 비교적 빛에는 安定한 편이나 종이에 含有된 lignin, 기타 木材成分中 低分子物質 등은 빛에 대한 강한 吸收特性을 갖고 있어 radical을 形成하기 쉬운 것이 많다. 종이에 빛이 照射되면 이러한 것들은 발기하여 生成된 radical로 인하여 纖維間 또는 纖維內 結合을 유지하고 있는 hemicellulose의 붕괴를 招來하고 變質基를 形成하여 材質弱化의 原因이 된다.

따라서 本橋에서는 書畫나 畫道用으로 市販되고 있는 畫仙紙를 試料로 하여 光線 및 濕度에 의한 紙纖維 自體의 損傷度를 測定하였기에 그 結果를 報告하고자 한다.

## 2. 實驗方法

### 2-1. 試料의 前處理

畫仙紙를 KSM7012의 規定에 의거하여 절단하여 試料로 使用하였으며 光線에 의한 變化를 조사하기 위하여 4주간 동안 자외선조사, 자연광조사 그리고 형광등 조사를 實施하여 1주마다 sampling하였으며 濕度에 의한 損傷度 變化를 조사하기 위하여 濕度調節試藥으로 濕度を 55%, 63%, 70%, 75%, 84% 그리고 95%로 調節하여 4주간 방치하면서 1주 간격으로 sampling하였다.

### 2-2. 坪量, 두께 및 密度 測定

坪量은 KSM7013 規定에 의거 測定하였으며 전 질량의 0.25%의 정밀도로 坪量하고 시험편 재단은 規格화된 型板(0.1m × 0.1m)을 사용하여 1m<sup>2</sup>당 무게(g)로 환산하여 유효숫자 4자리로 표시하였다. 測定은 sartorius mechanical balance(Model 2442)를 사용하였다.

두께는 KSM7021 規定에 의거 소수점이하 3자리까지 나타내었다.

밀도는 일정용적에 대한 무게 즉 겉보기 비중을 말하며 기측정한 坪량값을 이용하여 다음 식에 의해 유효숫자 2자리까지 나타내었다.

$$D = \frac{W}{T \times 100}$$

D : 밀도 (g / cm<sup>3</sup>)

T : 두께 (mm)

W : 坪량 (g / m<sup>2</sup>)

### 2-3. 引張強度 및 伸張率 測定

引張強度는 KSM7014의 規定에 의거 測定하였으며 종이집게거리는 100mm로 하여 試料의 접힌부위, 주름부위 등은 피하고 정확하게 가로 및 세로방향으로

幅 15.0 ± 0.1mm로 재단하여 예비실험하여 인장강도가 큰 가로방향의 변화만을測定하였다. 測定은 Universal Test Machine(Instron Model 4204, load cell speed 7.5mm/min)을 사용하였다.

伸張率은 KSM7015의 規定에 의거 測定하였으며 引張強度 測定時 試驗片이 절단될때까지 表示한 最大引張과 變形된 量을 백분율로 나타낸 값 즉 試驗片의 伸張率과 荷重을 가하기 前의 집게 사이의 길이와의 비율을 백분율로 표시한 값이다.

#### 2-4. 酸化度 測定

酸化度 測定은 KSM7029의 規定에 의거 PH meter(lonpack Medel IP-101, 섀택시스템사)를 使用하여 測定하였다.

### 3. 結果 및 考察

#### 3-1. 坪量, 두께 및 密度

試料 12枚의 坪量, 두께 및 密度를 測定한 結果 동일한 sheet이면서도 測定 部位마다 약간의 差異를 나타내고 있었으며 각 측정값은 Table 1에서 보는 바와 同이다. 이와 같은 坪量과 두께의 差異는 製紙地域의 使用原料 및 手抄時 製紙 技術에 基因된 것으로 사료된다.

#### 3-2. 光照射에 의한 變質

光照射에 의한 紙質의 直接的인 損傷度를 測定하기 위하여 引張強度와 伸張 率을 測定하였고 二次的인 反應效果를 測定하기 위하여 酸化度を 측정한 結果는 Table 2와 같다.

酸化度 測定은 引張強度와 伸張率 測定이 완료된 후에 行하였다.

Table 2. The changes of Tensile Strength, Strain and Acidity on the Wha-Sun-Ji illuminated by the light source.

light week	U V			SUN			Fluorescent		
	TS (N)	S (%)	pH	TS (N)	S (%)	pH	TS (N)	S (%)	pH
0	17.1	2.09	7.7	17.1	2.09	7.7	17.1	2.09	7.7
1	16.7	2.07	7.2	15.8	2.66	7.2	15.6	2.46	7.2
2	11.3	1.65	7.2	15.5	2.12	7.2	17.0	2.02	7.1
3	11.5	2.03	7.1	14.3	2.38	7.1	12.2	2.30	7.0
4	10.3	1.69	7.1	14.6	2.39	7.2	14.3	2.33	7.0

Table 2에서 보는 바와 같이 光照射에 의한 引張强度와 伸張率은 UV照射, 자연광照射 그리고 형광등조사 순으로 減少하였으며 특히 UV照射時 2주째부터 급격하게 減少한 반면 자연광과 형광등 조사에서는 완만한 감소를 나타내 광선 중 紫外線이 紙質에 가장 影響을 미치고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 종이의 두께에 따라 차이가 있을 수 있으나 주로 紙纖維 結合을 維持하고 있는 hemicellulose가 光照射로 인하여 分解되기 때문인 것으로 사료된다.

이차적 반응결과 발생한 紙質은 酸化度を 測定한 결과, 酸化도는 서서히 酸性化하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 光照射에 의해 紙纖維 結合을 維持하고 있는 hemicellulose가 分解되어 纖維結合이 붕괴되면서 유리된 수소결합에 같이 坪量은 25.00~34.76(g/cm<sup>2</sup>), 두께 0.077~0.106mm 그리고 密度는 0.29~0.38(g/m<sup>3</sup>)의 범위에 있으며 평균값은 坪量 29.74(g/m<sup>2</sup>), 두께 0.091mm 그리고 密度 0.33(g/m<sup>3</sup>)이었다.

일반적으로 종이의 坪량이 클수록 두께는 두꺼워지거나 坪량과 두께가 종이

의 質을 좌우하는 요소로서 규정할 수 없으나 밀도와 연관성이 있으므로 평균적 차이를 최소화할 필요성이 있다.

本 實驗에서 나타난 結果(Table 1)를 金(1975)등, 吳와 崔(1986), 李(1987)가 報告한 結果와 비교하면 坪量에 있어서 金等은  $30\text{g}/\text{m}^2$ , 吳와 崔는  $42.80\sim 58.53\text{g}/\text{m}^2$  그리고 李는  $18.3\sim 47.9\text{g}/\text{m}^2$ 로 報告하였으며 本 實驗結果인  $25\sim 34.76\text{g}/\text{m}^2$ 은 金과 李의 結果와 近似하였지만 吳等의 結果보다는 다소 낮았다. 두께에 있어서 本 實驗結果인  $0.077\sim 0.106\text{mm}$ 는 吳와 崔의  $0.057\sim 0.014\text{mm}$ , 金등의  $0.065\sim 0.070\text{mm}$ 보다는 다소 두꺼운 편이나 李의  $0.101\sim 0.166\text{mm}$ 보다는 약간 얇은 공기중에 존재 해 있는 각종 유해가스가 용해된 수분이 결합함으로써 酸化度가 減少된 것으로 사료된다.

Table 1. Basis weight, Thickness & Density of Wha-Sun-Ji

Sample	Weight( $g/m^2$ )	Thickness (mm)	Density( $g/cm^3$ )
1	32.04	0.106	0.30
2	34.76	0.091	0.38
3	33.16	0.091	0.36
4	34.48	0.117	0.29
5	29.56	0.089	0.33
6	29.20	0.095	0.31
7	27.16	0.091	0.30
8	29.60	0.092	0.32
9	28.08	0.080	0.35
10	26.16	0.084	0.31
11	27.68	0.080	0.35
12	25.00	0.077	0.32
Mean	29.74	0.091	0.33

3-3 . 濕度變化에 의한變質

光照射에 의한 引張強度 伸張率 그리고 酸化度の 減少가 濕度變化의 影響을 받는지에 대해 調査한 結果는 Table 3과 같다.

Humi- dity week	55 %			63 %			70 %			75 %			84 %			95 %		
	TS (N)	S (%)	pH	TS (N)	S (%)	pH	TS (N)	S (%)	pH	TS (N)	S (%)	pH	TS (N)	S (%)	pH	TS (N)	S (%)	pH
0	17.1	2.09	7.7	17.1	2.09	7.7	17.1	2.09	7.7	17.1	2.09	7.7	17.1	2.09	7.7	17.1	2.09	7.7
1	13.8	2.12	7.3	12.4	2.02	6.9	13.3	2.46	8.2	15.5	2.46	7.4	16.1	2.67	7.4	14.9	2.82	7.4
2	15.4	2.12	7.4	15.4	2.12	6.8	16.5	2.36	8.0	16.7	2.45	7.4	17.1	2.70	7.4	15.7	2.88	7.6
3	13.0	2.37	7.4	11.1	2.14	7.1	13.3	2.44	7.9	13.4	2.45	7.3	13.9	2.57	7.4	13.1	2.74	7.8
4	15.6	2.01	7.3	14.5	1.89	7.2	16.2	2.07	8.2	18.5	2.36	7.1	18.4	2.42	7.3	16.7	2.30	7.8

Table 3에서 보는 바와 같이 引張強度는 濕度の 狀態와 관련없이 첫째주에는 감소하였고 2주째에는 증가하였으며 3주째에는 감소하였고 4주째에는 다시 증가하여 韓紙에 있어서 濕度高低에 의한 引張強度의 減少要因은 發見할 수 없었다.

伸張率에 있어서는 相對濕度 63%에서는 약간 減少하였으나 기타 濕度에서는 증가하였다. 이것은 종이의 강도가 대부분 纖維間 結合에 의존하기 때문에 纖維間 結合 사이에 水分分子가 들어가 결합이 느슨해졌기 때문인 것으로 사료된다.

酸化度에 있어서는 濕度高低에 의한 酸化率 要因을 發見할 수 없었다.

이상의 結果로부터 韓紙의 變質은 濕度の 高低에 의존하기 보다는 주로 保存環境內 光線 그리고 空氣中 汚染狀態에 의존하고 있음을 알 수 있다. 그러나 濕도가 높으면 虫菌의 發生으로 인하여 材質의 損傷 또는 分解, 대사산물이나 분비색소에 의해 紙表面의 汚染, 착색 등의 생물학적 피해가 발생하게 된다.

#### 4. 要 約

시중에서 판매되고 있는 畫仙紙에 있어서 光線에 의한 變質을 調査한 結果는 다음과 같다.

- 1) 시판되고 있는 韓紙는 坪量과 두께가 달라 變質程度에 差異가 있었다.
- 2) 光線中 紫外線이 紙質의 引張強度, 伸張率 그리고 酸化率을 가장 크게 減少시켜 紙質損傷의 主要因이었다.
- 3) 濕度の 高低에 의한 引張強度, 伸張率 그리고 酸化率의 變化에는 有意性이 없었다.

이상의 結果로부터 韓紙의 變質度는 주로 紫外線量과 保存環境內의 汚染度에 따라 달라지며 단지 濕度の 高低에 의해서는 거의 影響을 받지 않는 것으로 사료된다.

#### 參 考 文 獻

1. 金錫禧(1975) 朝鮮王朝末期의 地方製紙業에 關한 一考, 釜山大學校論文集, 人文·社會科學篇, 217~233.
2. 吳成龍·崔種萬(1986), 韓紙의 特性發展에 關한 研究, 第 32回 全國科學展覽

會 化學部分, 1~42.

3. 李命器(1987), 畫仙紙에 대한 特性調査分析, 圓光大學校 農學碩士學位論文.
4. 한국제지공업연합회(1986), 濕氣에 의한 종이의 강도변호, 제지계, 7, 39~48.
5. 馬淵久夫(1987), 保存科學概論, 文化財の 保存と 修復, 東京國立文化財研究所, 6~8