

열처리 인공촉진열화가 배점지의 광학적 및 기계적 특성에 미치는 영향

정선화 · 최경화 · 박지희 · 강영석 · 윤경동



Optical & Mechanical Characteristics of Lining Papers by the Artificial Heat Ageing Treatment

정선화*¹ · 최경화** · 박지희** · 강영석** · 윤경동**

Seon-Hwa Jeong*¹ · Kyoung-Hwa Choi** · Ji-Hee Park** · Young-Seok Kang**

Kyoung-Dong Yoon**

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effect of artificial accelerated ageing treatment on the permanence of lining papers produced from Korea and Japan. As time gone by, organic cultural properties are affected by chemical and physical deterioration because of various factors including the conditions of preservation environment and their material properties. In the public historical storage or owned as private collections, are vulnerable to sever amages caused by poor preservation environment as well as by other natural factors. In this study, the deterioration behaviors of lining paper in optical & mechanical properties were discussed. Overall, lining papers produced from Korea showed lower reduction in mechanical strength properties compared to the lining papers produced from Japan.

Keywords : Artificial accelerated ageing treatment, Lining paper, Deterioration, Optical & Mechanical property, Permanence

* 국립문화재연구소 문화재보존과학센터(Cultural Heritage Conservation Science Center, National Research Institute of Cultural Heritage)

** 국립문화재연구소 보존과학연구실(Conservation Science Division, National Research Institute of Cultural Heritage)

¹ Corresponding Author : jeongsh0707@korea.kr

서론

AD 105년 중국 후한시대 채륜에 의해 종이 제조법이 집대성된 이후, 우리나라에는 삼국시대에 그 기술이 전래되어 통일신라시대, 고려시대, 조선시대를 거치면서 다양한 지류유물이 후대에 전해지고 있다. 특히 통일신라시대의 불교 문화의 융성과 함께 불화 및 탕화 등과 같은 회화류 유물 및 경전 등이 전해지고 있고 고려시대 호국정책의 일환으로 제작된 해인사 팔만대장경판에 의한 인쇄기술의 발달을 통해 수많은 전적류 유물들이 전해지고 있다. 그러나 이러한 회화류 및 전적류 등의 지류유물 등은 보존환경 및 취급상의 부주의 등으로 인해 물리적, 광학적, 생물학적 손상 등이 발생하게 되며 그 결과 지류유물에 심각한 영향을 미치게 된다.

이러한 훼손된 지류유물을 보존·복원처리하기 위하여 그 손상정도에 따라 보존처리방법을 달리 적용하고 있는데, 그 중에서도 전통적으로 전해져 내려오는 배접처리에 의해 원형을 최대한 유지하면서 보존성을 향상시키는 방법들이 행해지고 있다.

그러나 이러한 보존처리 방법에는 아직까지 특별한 지침서가 따로 정해져 있지 않고 유물의 손상정도에 따라 소수의 보존처리 전문가의 개인적인 경험에 의해 보존처리 기술을 적용하고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 일본에서 보존처리 용지로 널리 사용되고 있는 일본산 배접지 3종류와 국내의 대표적인 수록한지 공방에서 구입한 국내산 보존용 배접지 4종류를 구입하여 원지의 기본적인 물성을 분석하고 보존성을 평가하기 위하여 고온에 의한 열처리 인공촉진열화 처리를 실시한 후 각각의 배접용 원지에 대한 보존 특성을 비교분석하였다.

재료 및 실험방법

1. 공시재료

공시재료는 국내 수록지 공방에서 생산한 배접지 4종(A, B, C, D)과 일본에서 생산된 기능성 배접지를 포함한 3종의 배접지(E, F, G)를

Table 1. Lining paper samples produced from Korea.

Lining Paper	Pulping Chemical	Papermaking Direction	Lining Paper	Pulping Chemical	Papermaking Direction
A	A-1	Natural ash (Hot pepper stem)	C	C-1	Natural ash (Cotton stem)
	A-2			MD	
	A-3	CD		C-3	Natural ash (Buck wheat stem)
	A-4	Sodium Carbonate		C-4	CD
B	B-1	Natural ash (Hot pepper stem)	D	D-1	Natural ash (Buck wheat stem)
	B-2			MD	
	B-3	CD		D-3	Sodium Carbonate
	B-4	Sodium Carbonate		D-4	CD

※ MD : Machine Direction, CD : Cross Direction

Table 2. Lining paper samples produced from Japan.

Lining Paper		Pulping Chemical	Papermaking Direction	Lining Paper		Pulping Chemical	Papermaking Direction
E	E-1	Natural ash (CaCO ₃ , 厚)	MD	F	F-1	Sodium Carbonate	MD
	E-2		CD		F-2		CD
	E-3	Natural ash (CaCO ₃ , 中)	MD	G	G-1	Sodium Carbonate	MD
	E-4		CD		G-2		CD

※ MD : Machine Direction, CD : Cross Direction

수집하여 분석하였다. 분석에 사용된 배접지는 전통방식으로 초지한 수목지로써 국내산 배접지는 외발뜨기 방식으로, 일본산 배접지는 쌍발뜨기 방식으로 제조되었으며 자숙제로는 육재와 소다회 등을 사용하였고, 그 특성을 Table 1과 Table 2에 나타냈다.

2. 실험방법

(1) 인공열화

건열처리 열화조건으로서 온도를 105℃로 설정하고, 열화처리 시간을 30, 60, 90일로 설정한 후 샘플링 하였다.

(2) 종이의 물성측정

설정된 열화처리 기간 동안 가열 노화 후 물성 측정용 시료를 Tappi Standard에 의거하여 20±1℃, 상대습도 50±2%로 조절된 항온항습실에서 24시간 동안 조습처리 하였다. 평량 및 두께는 각각 ISO 536 및 534에 의거하여 측정 한 다음, 밀도를 구하였다. 광학적 특성은 Tappi Standard 452, 425에 의거하여 백색도와 불투명도를 각각 측정하였다. 물리적 특성으로서 ISO 5626에 의거하여 내절강도를,

ISO 1924에 의거하여 인장강도를 측정하였으며 각 시료 당 10회 반복 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 배접지 원지의 광학적·물리적 특성

Table 3은 공시된 국내 및 일본산 배접지에 대한 원지의 물성을 나타낸 결과이다.

평량과 두께의 경우 기능성 첨가제인 호분을 첨가한 일본산 배접지(E)를 제외하고 국내산 배접지가 일본산 배접지보다 더 높게 나타났으나, 밀도는 전체적으로 0.3g/cm³ 내외로 대체로 유사하게 나타났다. 광학적 성질에 있어 백색도는 국내산 배접지보다 일본산 배접지가 더 높게 나타났으나, 불투명도는 반대의 결과를 나타냈다. 물리적 성질은 내절강도에 있어 전체적으로 국내산 배접지가 일본산 배접지보다 높게 나타났는데, 특히 국내산 배접지 A의 내절강도가 가장 높게 나타났다. 인장강도는 지종별로 다양한 차이를 나타냈으며 특히 국내산 배접지 D와 일본산 배접지 G의 강도가 높게 나타났다.

Table 3. Physical & mechanical properties of lining papers produced from Korea and Japan.

Lining papers	Basis weight, g/m ²	Thickness, mm	Apparent density, g/cm ³	Brightness, %	Opacity, %	Folding endurance, times	Tensile index, Nm/g
A-1	29.0	0.09	0.32	50.82	61.61	686	76.92
A-2						740	93.03
A-3	29.9	0.09	0.33	53.58	66.84	639	75.99
A-4						765	121.16
B-1	33.1	0.12	0.28	47.75	79.12	449	51.94
B-2						326	39.81
B-3	32.0	0.11	0.29	47.24	77.80	787	77.54
B-4						218	59.30
C-1	31.5	0.11	0.29	44.97	80.29	83	89.27
C-2						496	84.26
C-3	28.4	0.09	0.32	40.48	71.89	494	98.06
C-4						389	67.72
D-1	38.0	0.12	0.32	44.54	78.85	485	97.78
D-2						585	100.76
D-3	33.7	0.11	0.31	44.72	80.61	296	100.53
D-4						466	130.95
E-1	42.5	0.12	0.35	64.91	81.98	594	63.67
E-2						32	28.49
E-3	31.5	0.10	0.32	62.92	62.18	583	75.25
E-4						15	28.19
F-1	23.5	0.08	0.29	54.92	62.36	334	71.96
F-2						468	97.19
G-1	23.4	0.08	0.29	60.00	62.36	414	140.85
G-2						584	95.34

2. 건열처리에 의한 열화특성

Table 4는 90일 동안의 건열처리에 따른 공시된 지중별 종이의 물리적 특성을 나타낸 결과이다.

(1) 배접지의 건열처리가 광학적 성질에 미치는 영향

1) 백색도

90일 동안 건열처리에 의해 인공열화한 배접지의 지중별 백색도의 변화를 Figure 1에 나타냈다. 백색도는 전 지중에 걸쳐 열화시간의 경과에 따라 저하되었다.

초기 백색도에 대한 변화율에 있어 90일 경과 후 가장 높은 백색도를 유지하는 배접지는 국내산 B-1이었으며 A-1, A-3, B-3도 초기

백색도가 높았던 일본산 배접지들과 유사한 거동을 나타냈다. 특히 일본산 기능성 배접지는 초기 고백색도에 비해 시간이 경과함에 따라 열화가 진행되어 백색도가 큰 폭으로 낮아짐을 확인할 수 있었다.

Figure 4는 90일 경과 후 견열처리에 따른 불투명도의 변화 결과이다. 불투명도는 종이의 뒤비침 정도를 나타내는 것으로 평량 및 밀도와 밀접한 관련이 있다. 원지의 평량과 밀도가 가

장 높았던 호분을 첨가한 일본산 기능성 배접지인 E-1이 장시간 열화처리를 진행하였음에도 높은 특성을 나타내 보존성이 우수함을 확인할 수 있었으며, 이는 국내산 배접지 D-1과 큰 차이가 없었다. 또한 그 외의 배접지들도 국내산 배접지 A-1은 일본산 배접지 F-1, G-1의 불투명도와 유사하였고 나머지 배접지들은 국내산 배접지가 더 높은 불투명도를 나타내어 국내산 배접지의 보존성이 양호함을 확인할 수 있었다.

Table 4. Physical & mechanical properties of lining papers by dry-heat aging(105 °C) treatment for 90days.

Lining papers	Brightness, %	R. R. of Brightness	Opacity, %	R. R. of Opacity	Folding endurance, times	R. R. of Folding endurance	Tensile index, Nm/g	R. R. of Tensile index
A-1	46.85	7.81	64.59	-4.04	40	94.17	80.70	-4.92
A-2					96	87.03	59.65	35.88
A-3	48.07	10.28	69.44	-3.89	282	55.86	59.35	21.91
A-4					321	58.06	73.19	39.59
B-1	54.45	-14.03	74.16	6.27	218	51.44	40.21	22.58
B-2					342	-4.91	40.21	-1.01
B-3	43.82	7.24	78.06	-0.33	44	94.41	37.56	51.56
B-4					8	96.33	58.69	1.03
C-1	39.65	11.83	77.88	3.00	37	55.29	52.37	41.34
C-2					15	96.97	72.51	13.95
C-3	37.07	8.42	71.09	1.11	14	97.17	58.33	40.51
C-4					86	77.87	54.17	20.01
D-1	38.87	12.73	80.53	-2.13	159	67.20	44.44	54.55
D-2					293	49.91	63.49	36.99
D-3	40.77	8.83	76.86	4.65	101	65.87	96.24	4.26
D-4					276	40.77	119.72	8.58
E-1	50.36	22.42	80.50	1.81	51	91.41	59.61	6.38
E-2					3	90.48	21.96	22.93
E-3	48.96	22.19	69.43	-11.66	186	68.11	59.26	20.19
E-4					5	65.82	23.28	17.42
F-1	46.51	15.31	61.51	1.36	70	79.04	62.41	13.27
F-2					25	94.65	56.74	41.62
G-1	45.95	23.42	64.71	-3.77	111	73.16	111.11	21.12
G-2					64	89.03	74.07	22.31

※ R. R. : Reduction Rate

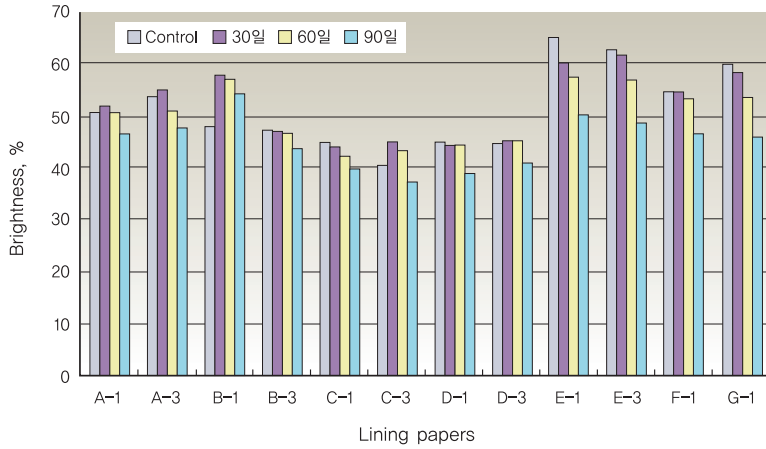


Figure 1. Effect of dry-heat aging treatment(105°C, 90days) of lining papers on brightness.

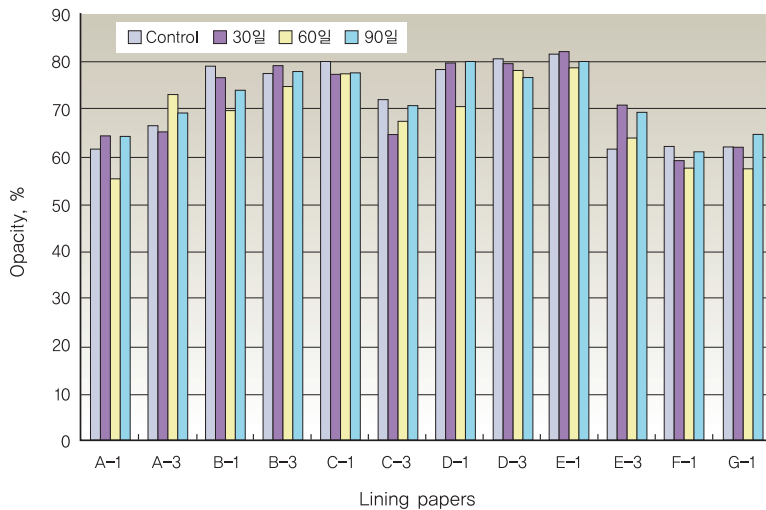


Figure 2. Effect of dry-heat aging treatment(105°C, 90days) of lining papers on opacity.

2) 배접지의 건열처리가 물리적 성질에 미치는 영향

국내외 배접지의 보존 특성을 확인하기 위하여 물리적 성질에 영향을 미치는 내절도와 인장강도 특성을 평가 하였다. Figure 3과 Figure 4는 90일 동안 고온에 의한 열화처리

에 의해 각각의 배접지의 내절강도와 인장강도 변화를 나타낸 것이다.

Figure 3의 내절강도 변화는 90일 열화처리 후 전체적으로 급격한 강도감소를 나타냈으며, 특히 호분을 첨가한 일본산 배접지 중 물질반대방향(CD)의 강도가 전체적으로 매우 낮은

결과를 보였다. 이는 기능성을 부여하기 위하여 첨가한 호분이 강도발현에는 오히려 악영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 국내산 배접지는 자숙제 및 물질방향에 따라 강도 변화율의 뚜렷한 차이가 없었으며, 90일 열화처리 후에도 300회 이상의 내접도를 나타내

는 배접지로는 A-4, B-2 등으로 국내산 배접지의 물리적 강도가 매우 높음을 확인할 수 있었다. 반면 일본산 배접지는 물질방향에 다른 강도 변화가 매우 커서 물질 반대방향으로의 강도감소율이 매우 크게 나타남을 확인할 수 있었다.

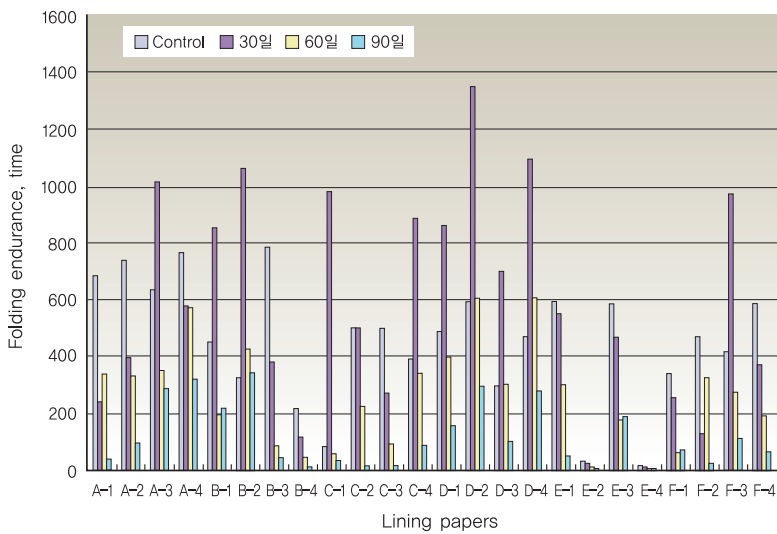


Figure 3. Effect of dry-heat aging(105°C, 90days) on folding endurance.

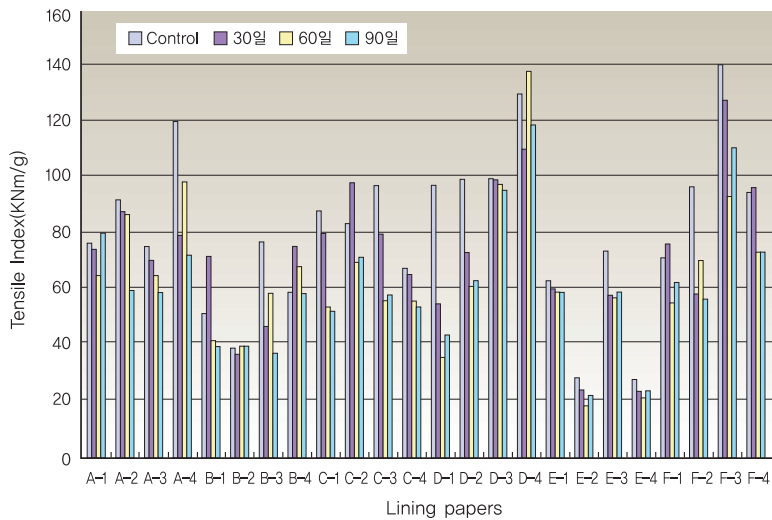


Figure 4. Effect of dry-heat aging(105°C, 90days) on tensile index.

이는 지류유물 보존처리 시 배접지 사용에 있어 가둠뜨기 형식의 쌍발뜨기로 제조한 배접지는 섬유의 배열에 유의하여 사용하여야 함을 알 수 있다. Figure 4의 인장지수의 변화에 있어 Figure 3의 내절도의 변화와 마찬가지로 E-2, E-4 일본산 배접지의 강도 감소가 가장 크게 나타남을 확인할 수 있었는데, 쌍발뜨기식의 물질 반대방향으로의 섬유의 배열과 기능성 첨가제인 호분이 강도에 악영향을 미치고 있음을 확인 할 수 있었다. 전체적으로 국내산 배접지인 D-4가 초기 및 장기간 고온열처리 후 인장지수의 변화율이 가장 적어 보존성이 우수함을 확인할 수 있었다.

결론

국내 및 일본산 배접지의 보존 특성을 평가하기 위하여 105℃ 고온에서 90일 동안 인공촉진열화 처리를 실시한 결과 다음과 같은 연구 결과를 확인할 수 있었다.

원지의 기본적인 물성은 평량과 두께의 경우 제조방법의 차이에 따라 그 수치가 다양하였으며 호분을 첨가한 일본산 배접지인 B를 제외하고 국내산 배접지가 더욱 균일한 결과를 나타냈으며, 백색도는 일본산 배접지가, 불투명도 및 내절도는 국내산 배접지가 높은 특성을 나타냈다.

장기간 건열열화 처리한 배접지별 광학적 특성분석에 있어 초기 백색도는 국내산 배접지보다 높았던 일본산 배접지들이 큰 폭으로 저하되었으며 특히 호분을 첨가한 일본산 배접지

의 백색도 감소가 크게 나타났다. 열화시간 경과 후 가장 높은 백색도를 나타내는 배접지는 B-1으로써 고추대를 지속제로 사용하고 물질 방향에 따라 시료채취하여 분석한 국내산 배접지이다. 불투명도는 초기 평량 및 두께 수치가 가장 높았던 호분을 첨가한 일본산 배접지(E-1)의 불투명도가 가장 높았는데 이는 국내산 배접지인 D-1과 유사하였으며 그 외에 국내산 배접지의 불투명도가 일본산 배접지보다 높게 나타났다.

장기간 건열열화 처리한 배접지별 물리적 특성분석에 있어 내절도의 변화는 국내산 배접지가 매우 우수하였으며 기능성을 부여하기 위하여 호분을 첨가한 일본산 배접지가 강도발현에는 악영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다. 아울러 일본산 배접지는 제조방식에 있어 물질방향과 물질반대방향으로의 내절도 변화율이 크게 나타났다. 인장지수의 변화도 내절도와 유사한 경향을 나타냈고 국내산 배접지인 D-4가 열화처리에 대한 보존성이 가장 우수하였다.

이러한 연구결과는 향후 지류보존처리 시 배접지 선정에 있어 귀중한 자료로 사용될 것으로 기대된다.

사사

본 연구는 문화재청 국립문화재연구소의 지원을 받아 문화재보존기술개발연구(R&D)사업의 일환으로 이루어졌다.

참고문헌

- 박소연 등, 2006, 인공열화방식에 대한 고찰 및 한지 보존성 향상 기술 개발(1), 한국펄프종이공학회 추계학술발표논문집, 323-330.
- 전철, 1996, 수록화지와 한지의 열화적 특성에 관한 연구, 보존과학회지 5(1), 11-19.
- 정선영, 2004, 상지의 보존성에 관한 연구, 한국기록관리학회지 4(2), 1-22.
- 최성근, 2008, 배접된 한지의 인공열화에 의한 보존특성 연구, 중부대학교 인쇄공학과 박사학위 논문.
- 정소영 등, 2009, 국내·외 배접지의 물성 비교 분석, 펄프종이기술 41(3), 60-64.
- 최경화 등, 2009, 육재/소다회 첨가에 따른 국내 배접지의 특성 비교 분석, 펄프종이기술 41(3), 65-69.