

인공 열화방식에 대한 고찰 및 한지 보존성 향상 기술 개발 (1)

박소연¹⁾ · 서영범¹⁾ · 이귀복²⁾ · 신중순³⁾

충남대학교 임산공학과¹⁾, 국립중앙도서관²⁾, 중부대학교 인쇄공학과³⁾

1. 서 론

제지산업의 발전은 많은 일반인에게 문화적 혜택과 정보를 제공하여 근대 문화발전의 증추적 역할뿐만 아니라 종이의 소비량이 문화의 척도를 말하는 문화산업의 지표로 까지 알려져 왔다. 19~20세기에 걸쳐 근대화 촉진의 견인차 역할을 담당한 제지산업은 산업 발전 과정에서 생산 공정의 생략화(폐쇄화)와 신기술 개발 등의 대량 생산화를 추구로 값싼 종이를 제공하여 문화매체로의 중요한 역할을 담당하였지만 많은 문제점을 야기 시켰다. 즉 목재펄프의 생산은 산림자원 침식과 생태계 및 환경파괴의 문제로 등장하였고, 그간 생산된 산성지는 열화붕괴로 50~100년도 되지 않아 훼손되어 문화유산의 전달에 심각한 위기를 직면하고 있다. 특히 19세기 말에 생산된 종이는 열화 속도가 매우 빠른 것으로 드러나, 훼손되고 있는 위기에 직면해 있다. 방대한 문·도서가 문화유산이자 정보자원임을 생각할 때 이를 위한 보존 대책으로서 종이의 열화원인을 파악하여 종이의 열화를 평가하고, 그 특성을 분석하여 보존환경, 소독 탈산 등 보존처리 메커니즘을 통한 최적의 보존관리 방안이 필요한 실정이다. 국내 종이 자료의 훼손 유형은 황변화, 건조화, 산성화, 바스러짐이 대부분이었으며, 그 훼손 유형의 근본적인 원인은 산성용지의 사용과 보존처리 과정의 자연적인 건조화, 산성화에서 기인된 것으로 밝혀졌다. 그러므로 산성화된 종이의 보존처리 및 산성화 예방 방법을 강구하지 않으면 종이자료의 훼손 및 향후 막대한 처리비용을 감당해야 한다.

본 연구에서는 가속 열화를 통한 종이자료를 재질별(한지, 양지)로 구분하여 물성 변화 및 열화 진행 속도를 측정하고, 건조화, 산성화, 강도저하에 대한 예방을 위한 보존처리기술 개발 및 보존성 개선을 하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 실험에 사용한 공시재료는 장지방에서 제조된 전통한지 2종, 현대식 한지 2종, 현재 제지공장에서 생산중인 백상지(수입지, 국내 H사), 코팅지(수입지, 국내 M사), 교과서 용지(국내 P사, 국내 S사), LWC(국내 K사, 수입 잡지)를 제공받아 사용하였다.

Table 1. Properties of Han-Ji

구분	종류	증해방법	표백방법	고해방법	건조방법	평량(g/m ²)	섬유종류
전통 한지	A	육재	일광표백	다방망이	열판	30	국산백닥 100%
	B				목판	35	
현대 한지	A	가성소다	약품표백	칼비터	열판	35	
	B				목판	45	

Table 2. Properties of Printing paper

구분	평량(g/m ²)	제공사
백상지	75	수입지
	75	국내H사
코팅지	80	수입지
	100	국내M사
교과서 용지	70	국내P사
	80	국내S사
LWC	60	국내K사
	45	수입지(인쇄)

2.2 실험방법

2.2.1 물리적 전처리 및 탈산처리

제공받은 각 실험재료는 TAPPI standard T402 om-88에 따라 23±1℃, 상대습도

50±2%로 조절된 항온항습실에서 24시간이상 조습처리를 실시하여 균일한 상태로 유지하였다.

탈산처리방법으로 전통한지에만 일반 증류수(pH 6.5~6.7)에 1회 침지처리를 실시하였고, 마그네슘옥사이드(MgO)를 증류수에 5, 10, 15% 씩 희석하여 탈산수용액으로 제조하여 사용하였다. 이 때 사용된 MgO 첨가량은 실제 종이에 잔류하는 마그네슘옥사이드(MgO)의 양보다 훨씬 적을 것으로 예상된다.

2.2.2 가속열화 후 종이수분 및 pH변화

본 실험은 공시재료를 가속 열화 처리하여 종이자료의 보존환경기준(온도 20±2℃, 습도 50±5%)에서 온·습도를 혼합 적용한 강제열화 조건인 온도 80±2℃, 습도 80±2%RH 처리와 105±2℃ 처리에서 각 재료들의 변화를 측정하였다. 공시재료를 각각 1달, 2달, 3달간 가속 열화 하여 종이내부 수분함량, 종이표면 pH변화를 측정하였다.

2.2.3 가속열화 후 물리적 성질 측정

시간에 따른 가속열화 시에 발생하는 강도의 변화를 측정하였다. 그 중에서 종이의 보존성에 가장 관련이 있다고 판단되는 내절도와 열단장을 측정하였으며, zero-span강도의 변화를 통해 섬유자체의 강도변화를 실험하였다.

인쇄용지와 달리 섬유장이 긴 한지의 경우 지합의 불균일성을 고려하여 가급적 지합이 양호한 부분을 선별하여 측정하였다.

2.2.4 가속열화 후 색상 및 백색도 변화 분석

각 처리조건별 시간 경과에 따른 L*, a*, b* 값을 측정하여 색 계열 변화(색차, ΔE)와 백색도 변화(ΔBrightness)를 통해 각각의 재료들의 열화 정도를 측정하였으며, 상관관계를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 조습 및 탈산처리 평가

전통 한지 경우 증류수와 MgO를 이용하여 조습 및 탈산 처리를 한 결과 80℃, 80% RH조건에서는 MgO 10%이상 첨가할 때 탈산처리 효과가 나타나는 것으로 판단되었고, MgO 처리 시 105℃열화 조건에서는 효과가 없는 것으로 나타났다.

Fig.1. pH variation by accelerated aging time at 80℃,80%RH

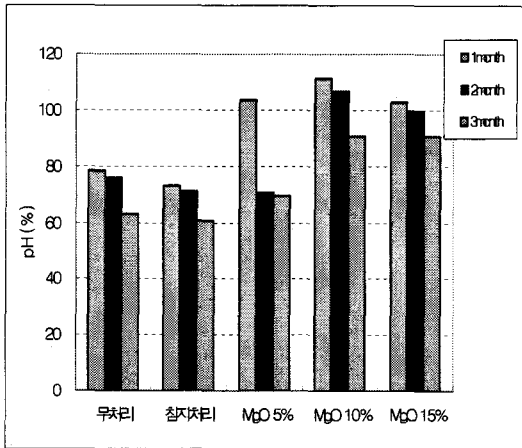
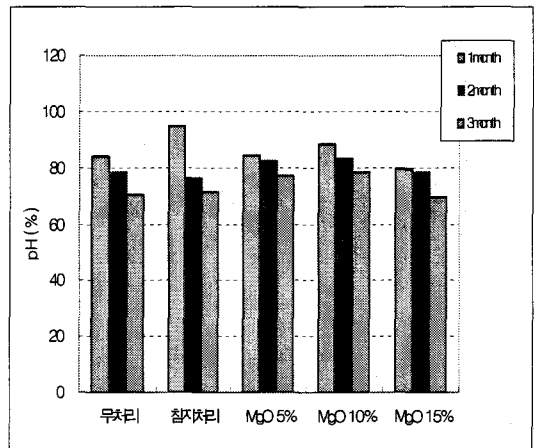


Fig.2. pH variation by accelerated aging time at 105℃



3.2 가속열화를 통한 물리적 강도특성

3.2.1 종이의 내절도 변화

조습 및 탈산 처리된 종이 시편에 대하여 온도 80±2℃, 습도 80±2% RH와 온도 105±2℃에서 각 재료들의 변화를 1달, 2달, 3달간에 걸쳐 강제 열화실험에 대한 지속성 평가를 하였다.

(1) 한지

각 온·습도 조건별 종이의 열화속도를 비교하면 전통한지의 경우 온도 105±2℃에

서 초기열화 후 내절도가 급격하게 감소하고, 온도 80±2℃, 습도 80±2%RH 조건에서는 서서히 열화가 진행되는 것을 확인하였다. 현대식 한지의 내절도는 전통한지보다 내절도 손상속도가 빠른 것으로 보아 가성소다, 약품표백, 고해방법에 의한 영향이 큰 것으로 판단된다.

(2) 인쇄용지

코팅된(교과서용지, 코팅지, LWC)종이를 제외한 백상지는 서서히 열화 되었고, 온도 105±2℃ 조건에서는 초기열화(한 달)후 내절도가 급격하게 감소하였다.

Fig.3. Folding endurance(MD) variation by accelerated aging time at 80℃,80%RH

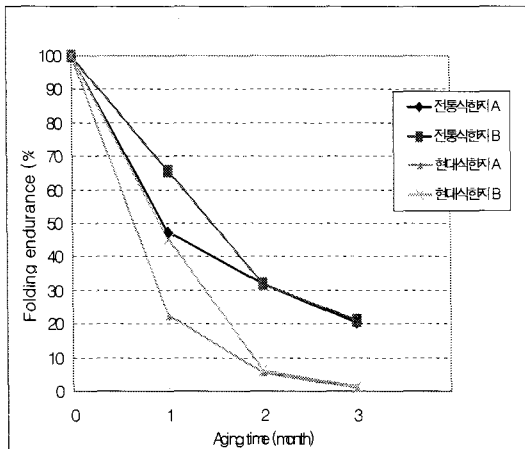


Fig.4. Folding endurance(MD) variation by accelerated aging time at 105℃

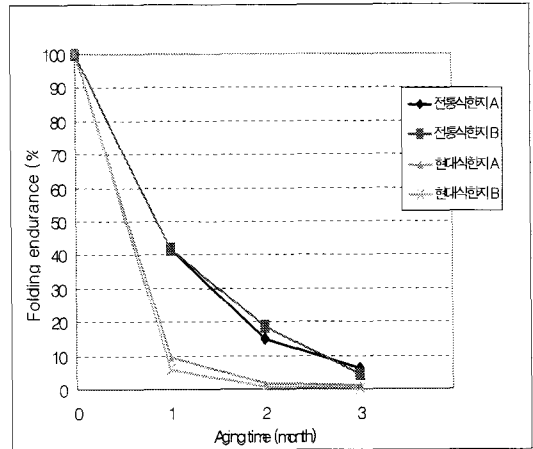


Fig.5. Folding endurance(MD) variation by accelerated aging time at 80°C,80%RH

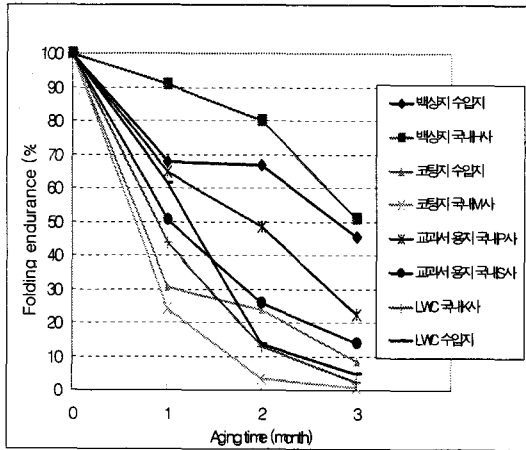
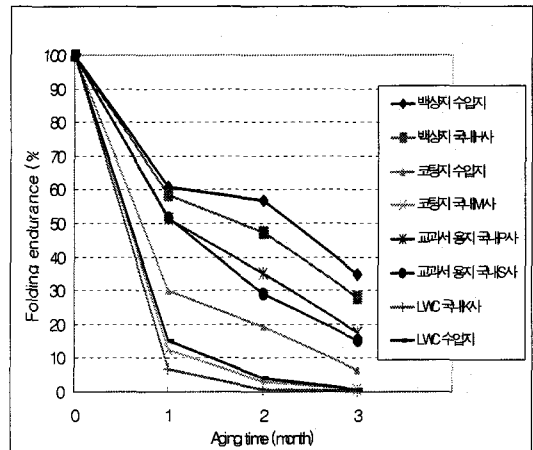


Fig.6. Folding endurance(MD) variation by accelerated aging time at 105°C



3.3 가속열화 후 백색도 변화 분석

(1) 한지

전통한지에서의 백색도 변화는 온도 $80\pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $80\pm 2\%$ 조건에서 20%정도 감소하였고, 온도 $105\pm 2^\circ\text{C}$ 에서는 5~10%의 감소로 보아 온도에 의한 백색도의 저하보다는 습도에 의한 백색도 저하가 더 큰 것으로 판단된다. 현대식 한지의 백색도는 전통한지의 백색도보다 감소폭이 큰 것으로 보아 가성소다와 약품표백의 영향이 큰 것으로 판단된다.

(2) 인쇄용지

백상지보다 코팅된(교과서용지, 코팅지, LVC) 종이의 백색도 감소가 큰 것으로 나타났다. 이것은 코팅된 종이에 함유된 도공 안료성분 등이 열과 습도에 의한 손실로 인해 백색도가 많이 저하된 것으로 짐작된다.

Fig.7. Brightness variation by accelerated aging time at 80°C,80%RH

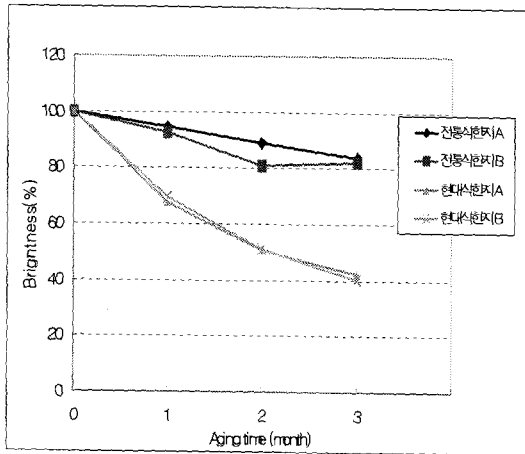


Fig.8. Brightness variation by accelerated aging time at 105°C

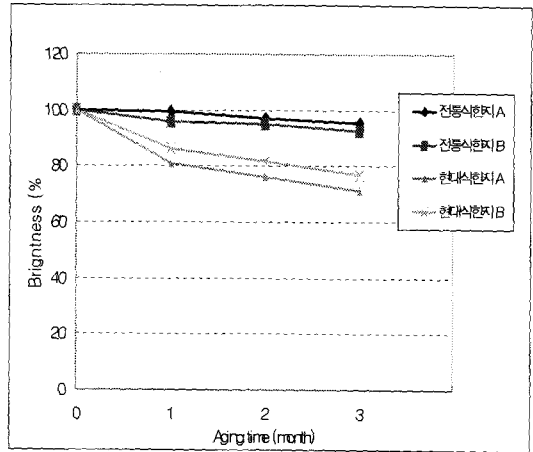


Fig.9. Brightness variation by accelerated aging time at 80°C,80%RH

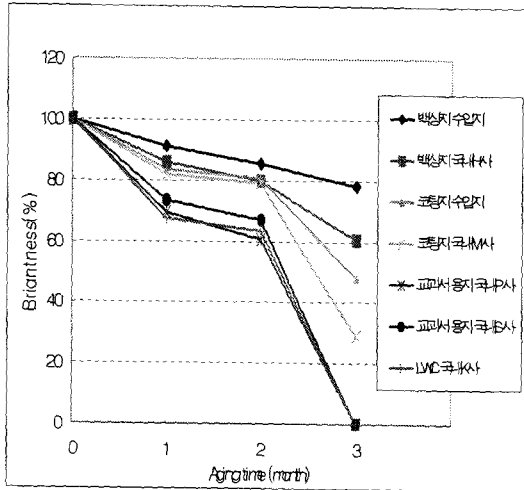
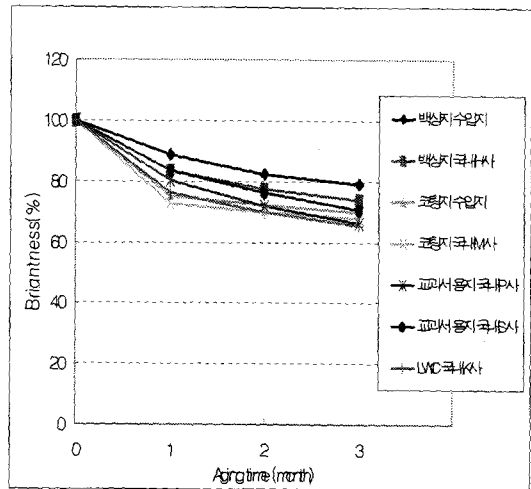


Fig.10. Brightness variation by accelerated aging time at 105°C



4. 결 론

본 연구에서는 가열에 의한 열화($105\pm 2^{\circ}\text{C}$)와 가열·가습에 의한 열화($80^{\circ}\text{C}, 80\%\text{RH}$)를 통해 재질별 종이의 손상정도를 예측할 수 있었다. 온·습도 조건에 따른 재질별 종이의 물리·화학적 지질의 변화양상을 보면 다음과 같다.

1. 내절도의 경우에 있어 한지 및 인쇄용지는 $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ 조건에서 초기열화(1개월)후에 급격히 떨어지는 것을 알 수 있었다. 현대한지는 전통한지에 비해 가성소다와 약품표백, 고해방법의 영향으로 인해 내절도 감소폭이 컸고, 인쇄용지는 펄프함량이 많을수록 열화에 의한 강도저하 폭이 적었다. 이는 종이에 함유된 도공안료 성분이 열과 습도에 의한 손실이 많을 것이라 짐작된다.

2. 백색도의 경우에 있어 한지 및 인쇄용지는 $80\pm 2^{\circ}\text{C}, 80\%\text{RH}$ 조건에서 백색도의 저하가 큰 것으로 보아 온도에 의한 백색도의 저하보다는 습도에 의한 백색도 저하가 더 큰 것으로 판단된다. 현대식 한지의 백색도는 전통한지의 백색도보다 감소폭이 큰 것으로 보아 가성소다와 약품표백에 의한 영향이 큰 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

1. W.J.Barrow, "Physical and chemical properties of book paper 1507-1949 (permanence/durability of the book, VII)", Research laboratory, Richmond, p.41, 43-45(1974).
2. 서영범. 섬유 특성(II). 제10회 제지기술자 정기교육 : 섬유특성과 지료조성 공정에 의한 종이 특성의 변화, (2004) : 25-98.
3. 신종순, 가속 열화에 의한 종이 보존성의 물리·화학적 및 속도론적 연구, 충남대학교 대학원 임학과 박사학위논문, (1991).
4. 사단법인 한국기록보존협회, 문도서류의 물성조사 및 화학처리체계 개발연구, 총무처 정부기록보존소, (1996).