

조선왕조실록 복원을 위한 실록 원지의 지질 분석

조병묵, 김형진, 최태호, 엄태진, 정용재

강원대 제지공학과, 국민대 임산공학과, 충북대 산림과학부, 경북대
임산공학과, 국립문화재연구소

Analysis of the paper property for restoration of annals of the Joseon Dynasty

Byoung-Muk Jo, Hyung-Jin Kim, Tae-Ho Choi, Tae-Jin Eom, Yong-Jae Chung

Department of Paper Science and Engineering, Kangwon National Univ.

Department of Forest Products, Kookmin Univ.

School of Forest Resources, Chungbuk National Univ.

Department of Wood Science & Technology, Kyungpook National Univ.

Division of Conservation Science, National Research Institute of Cultural Heritage.

1. 서론

「조선왕조실록」은 국보 151호로 지정된 조선왕조 25대 472년간(1392~1863)의 역사적 사실을 기록한 사료로써 UNESCO 세계문화유산으로 등재된 우리의 귀중한 기록 유물이다.

이 조선왕조실록은 총 1,707권 1187책으로 태조실록부터 명종실록까지의 614본 중 475본이 밀랍처리 되어있는 바 생지본과는 달리 밀랍본의 경우 경화 응고되어 지질이 균열되고 꺾이거나 고착되어 분리가 어려울 뿐 아니라 갈변, 또는 흑변 등이 발견됨은 물론 균류에 의한 실록의 부분 열화도 보고되고 있다. 이러한 밀랍본의 손상은 밀랍의 경화에 따른 종이의 유연성 감소, 산화에 의한 밀랍의 흑화 현상 때문일 것이라는 조사보고가 있다. 따라서 더 이상의 손상을 막고 손상된 밀랍본을 복원하기 위해서는 조선왕조실록 전반에 대한 체계적이고 과학적인 접근이 이루어져야 할 것이다.

이에 본 연구에서는 밀랍본이 비중이 가장 높고 손상 또한 심한 것으로 알려진 정족산본 세종실록을 대상으로 사용 원지의 지질을 분석하고 아울러 밀랍본 편찬에 사용한 밀랍이 특성을 파악코자하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 조사 대상

세종실록은 총 163권 154책으로서 밀랍본이 129책(4,031매), 생지본이 25책(1,202매)으로 되어있다. 분석용 섬유의 밀랍 시료는 실록 표면에서 박리되거나 떨어져 나온 조각을 취하여 공시하였다.

2.2 분석방법

2.2.1 섬유 식별 및 지질 분석

시료 섬유를 C-stain으로 정색반응 시킨 후 Image Analyzer를 이용하여 섬유장 및 섬유폭을 측정하고 닥섬유 특징을 화상으로 분석 하였다.

아울러 SEM(LEO-1530FE)과 CLSM(Bio-Rad)으로 지층의 구조, 섬유 배향 및 도침 여부를 분석하였다.

그리고 충전물의 성분은 요오드 반응을 시켜 확인 하였다.

2.2.2 밀랍의 화학 분석

시료 밀랍을 1mg/ml로 cyclohexane과 혼합한 후 감압 농축한 후 50 μ l의 BSTFA를 투입, 70 $^{\circ}$ C로 30분간 TMS화 하였다. 그리고 여기에 cyclohexane 100~200 μ l를 넣고 재용해 시킨 sample을 GLC(GC-14A, Shimazu)로 분석하였다.

동시에 ATR-IR(Nicolet IR 200)로 밀랍의 FT-IR spectrum을 얻었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 세종실록 원지의 섬유 분석

세종실록에 편찬에 사용된 섬유의 섬유장 및 폭은 길이가 2.0~14.0(8.7)mm, 폭이 16~28(24) μ m로 전형적인 닥나무 섬유의 값을 나타냈으며, 닥나무 인피 섬유의 가장 큰 해부학적 특징인 투명막(Fig. 1)과 cross marking과 dislocation(Fig. 2)의 확인, 그리고 C-stain 정색반응 결과 닥나무 인피섬유의 특성인 자색에서 회색의 정색 반응 확인을 통해 세종실록 원지 제조에는 닥나무 섬유가 이용된 것을 알 수 있었다.

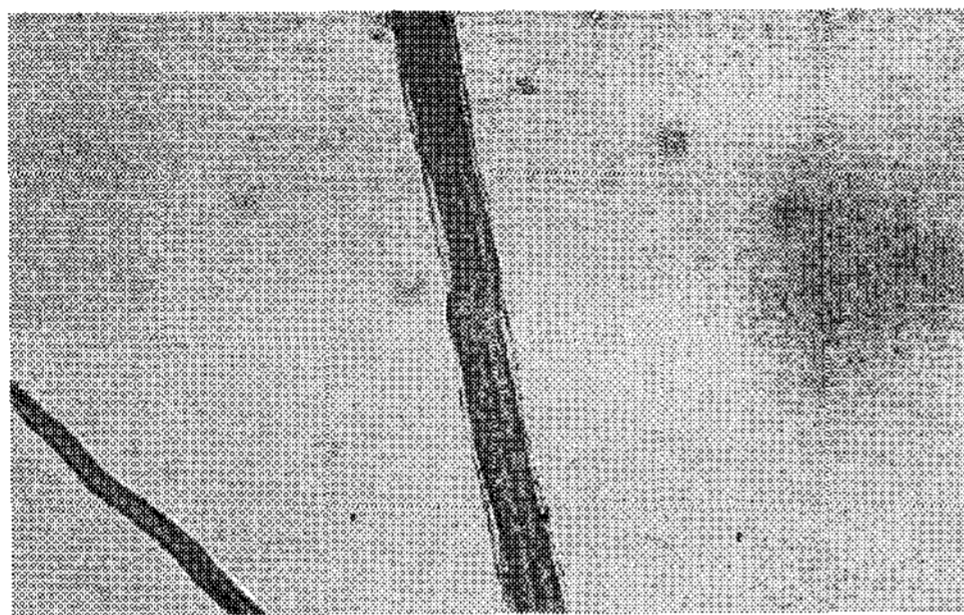


Fig. 1. Transparency film of mulberry bast fibers from the annals of king Sejong.

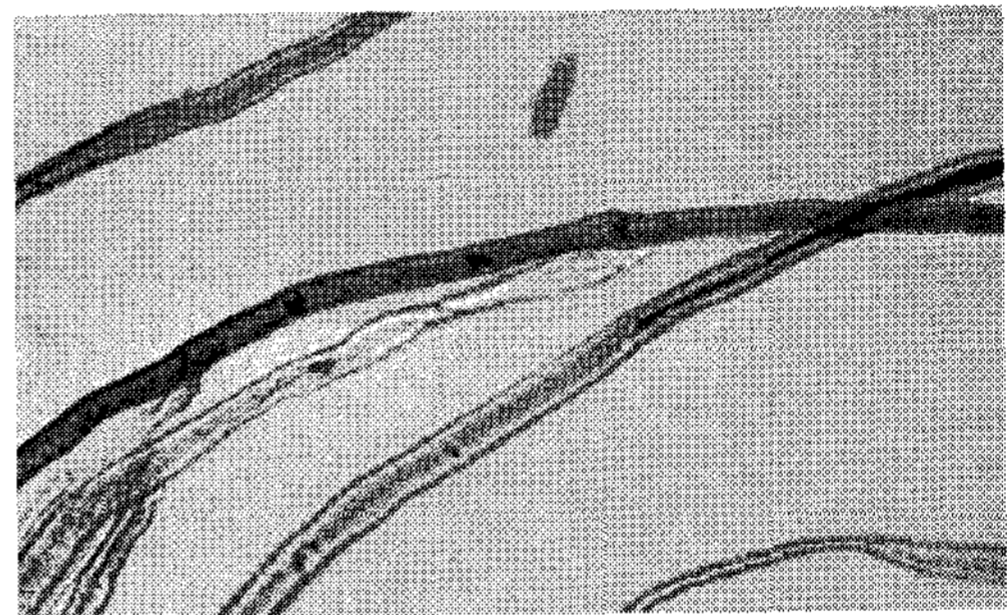


Fig 2. Cross marking and dislocation of mulberry bast fibers from the annals of king Sejong.

3.2 세종실록 원지의 지층 구조 분석

Fig. 3은 실록의 표면 사진으로 표면에 미세 입자가 충전되어 있음을 확인할 수 있었다. 요오드 정색 반응 결과 자색으로 변하는 것을 통하여 전분 계통의 물질임을 확인할 수 있었고, 또한 Fig. 4의 평편한 표면 관찰로 도침 작업이 행해진 것을 알 수 있었다.

Fig. 5 및 6은 세종실록 원지의 이면 관찰 사진으로 표면과는 달리 도침 시 충전물을 사용하지 않은 관계로 공극에 이들이 존재하지 않고 섬유만이 평편하게 된 것을 관찰 할 수 있었다. 아울러 초지 시 사용한 닥풀 등의 구상 전분 입자를 관찰할 수 있었다. 또한 이면의 요오드 발색 반응 결과 적갈색이 나타나 도침 시 충전물은 표면에만 사용하였다는 사실을 확인할 수 있었다.

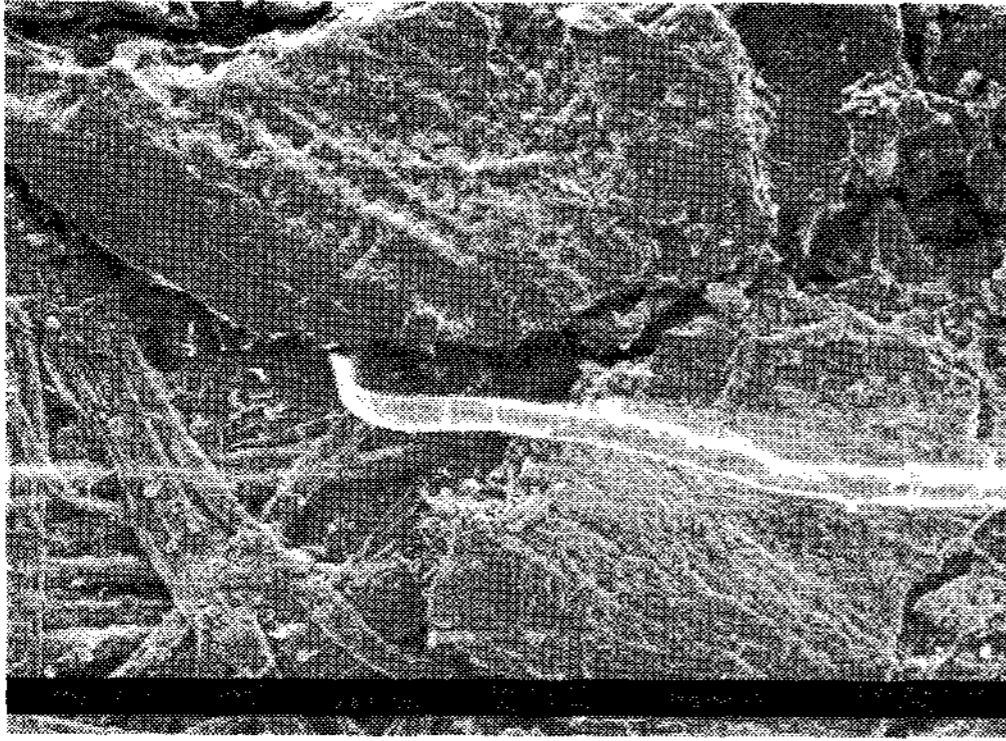


Fig. 3. The SEM image of additives on top sidesheet of the annals of king Sejong. (200X)

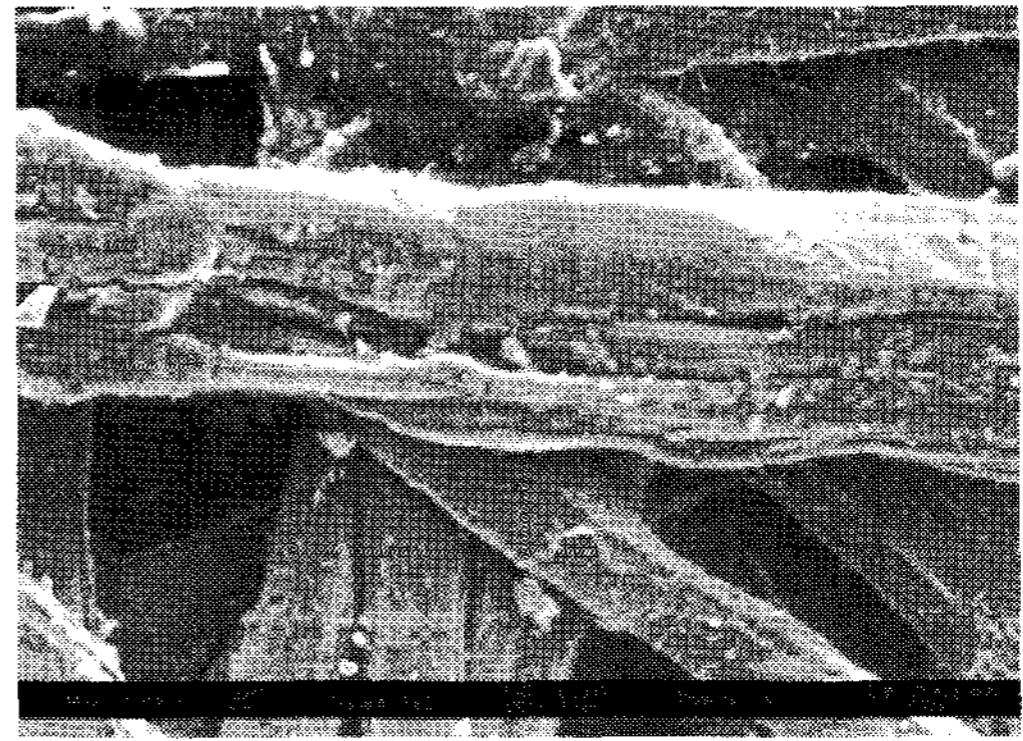


Fig. 4. The SEM image of surface morphology from top side sheet of the annals of king Sejong. (1000X)

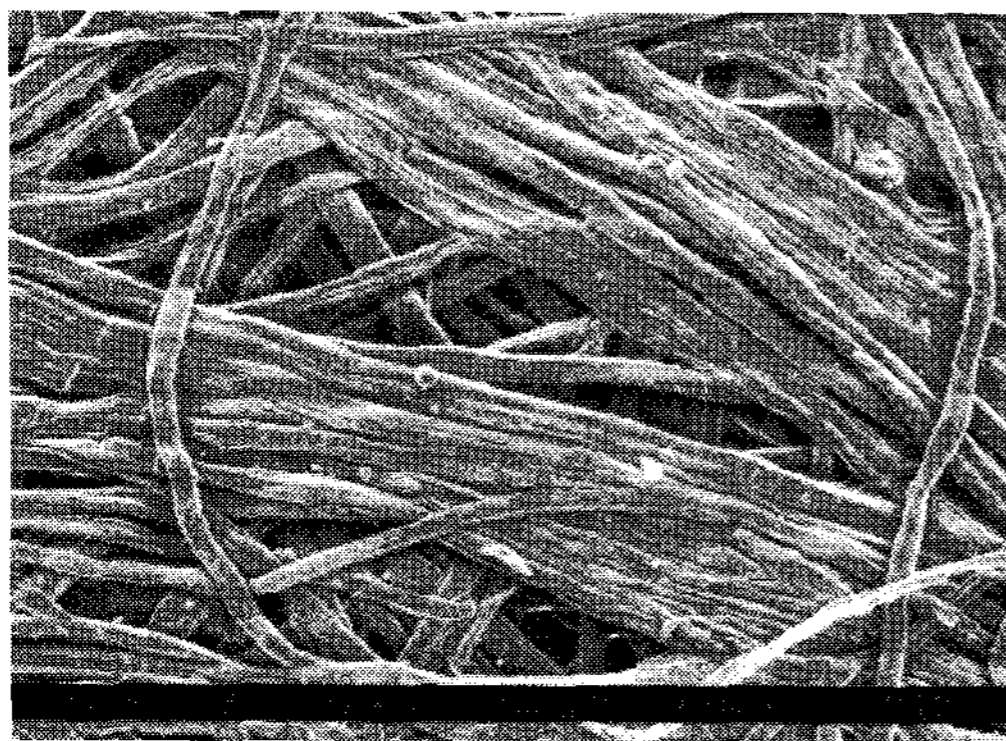


Fig. 5. The SEM image of bottom side of sheet from the annals of king Sejong. (200X)

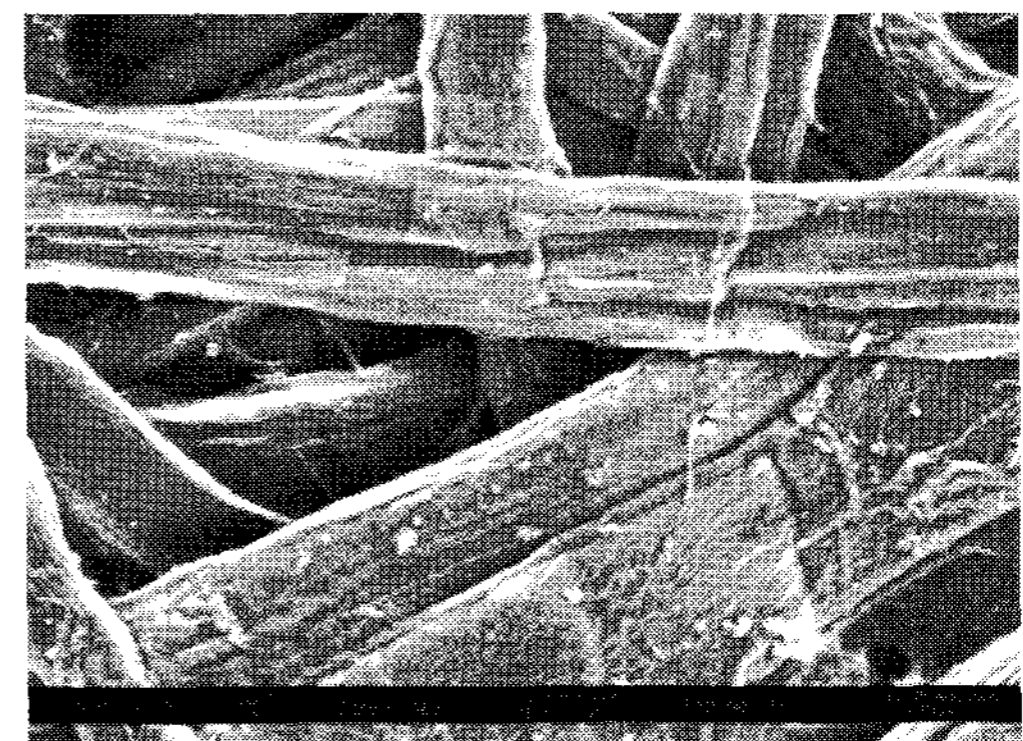


Fig. 6. The SEM image of bottom side of sheet from the annals of king Sejong. (1000X)

Fig. 7은 세종실록 원지의 단면 사진으로 중앙의 황으로 배향된 섬유층을 중심으로 2장의 한지가 접합된 2합지인 것을 확인할 수 있었다. 이것은 세종실록에 사용된 한지의 평량이 일반적인 한지에 비해 매우 높은 값을 나타낸 원인이라 할 수 있다. 현재의 일반적인 전통한지 홀지의 사진(Fig. 8)과 비교해 보면 섬유의 적층 수나 배향면에서 확연히 그 차이를 확인할 수 있다.

Fig 9 및 10의 CLSM 관찰로 한지의 표면과 이면의 입체적 섬유 배향성 차이를 확인할 수 있다.

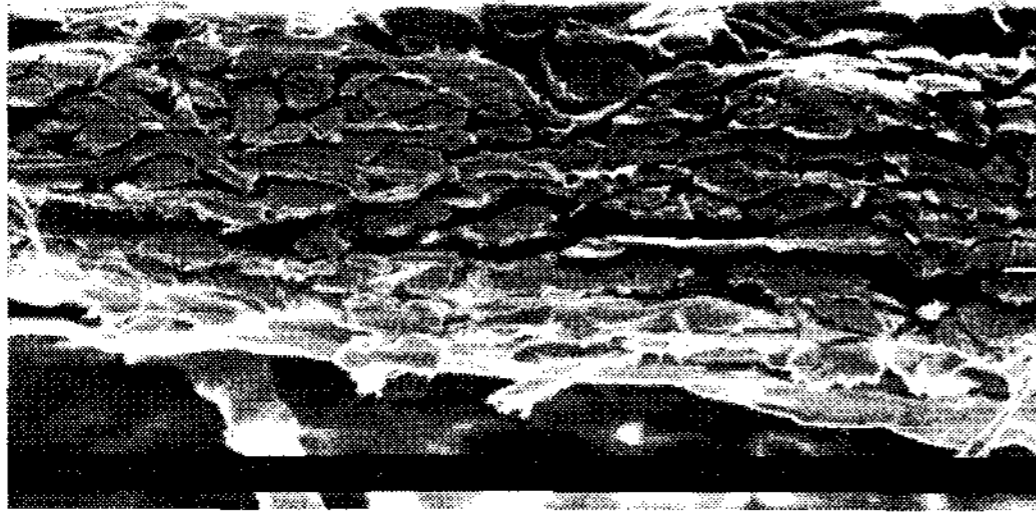


Fig. 7. The SEM image of cross section of sheet from the annals of king Sejong. (350X)

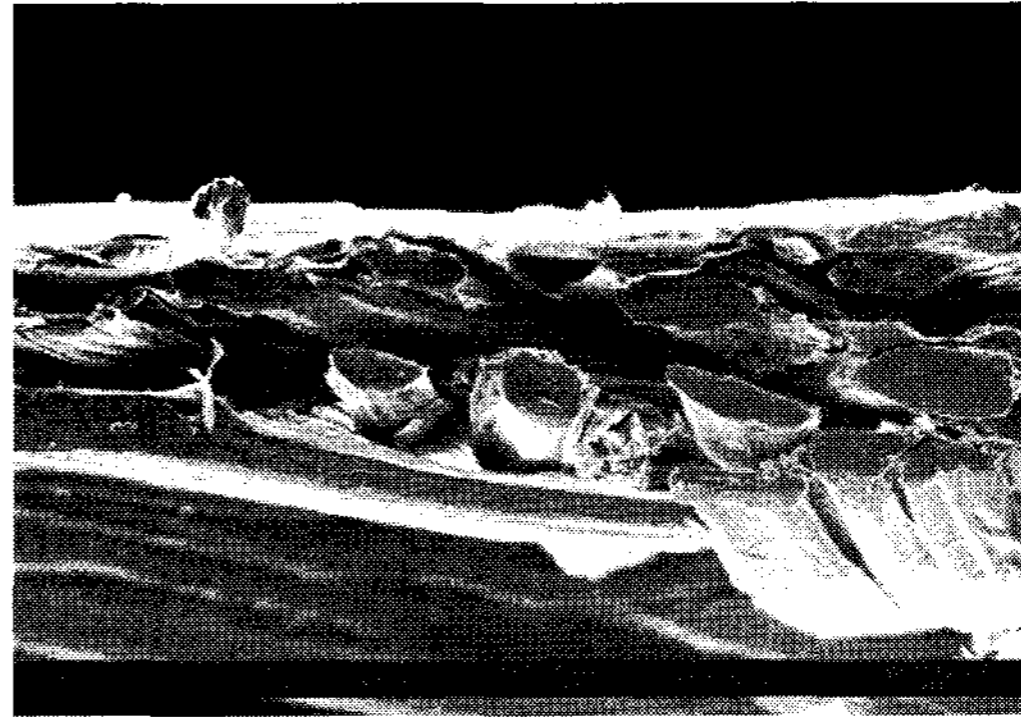


Fig. 8. The SEM image of cross section of sheet from 1 ply of traditional Hanji, (700X)

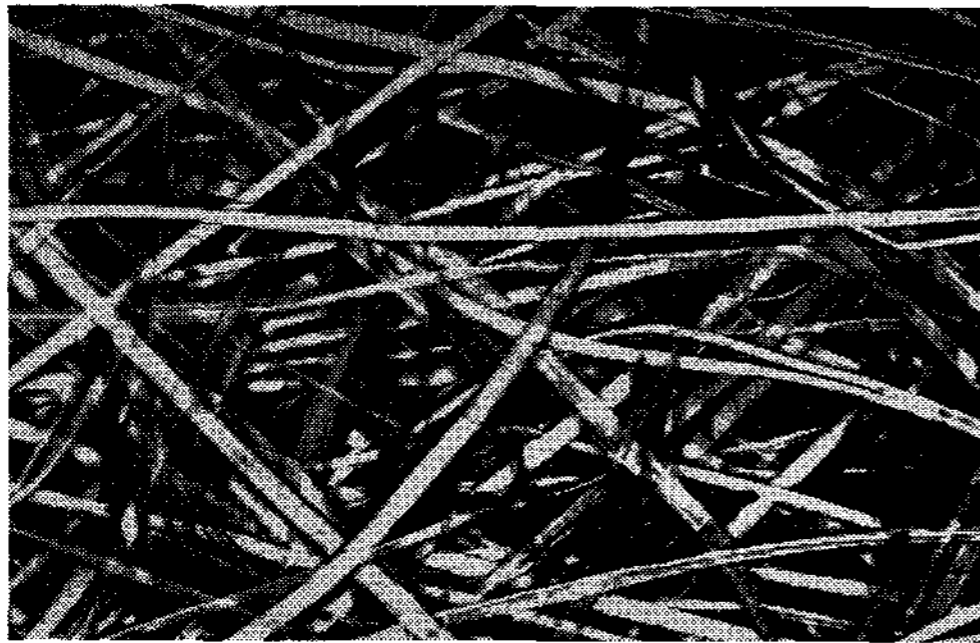


Fig. 9. The CLSM image of top side sheet of the annals of Sejong dynasty(200X)

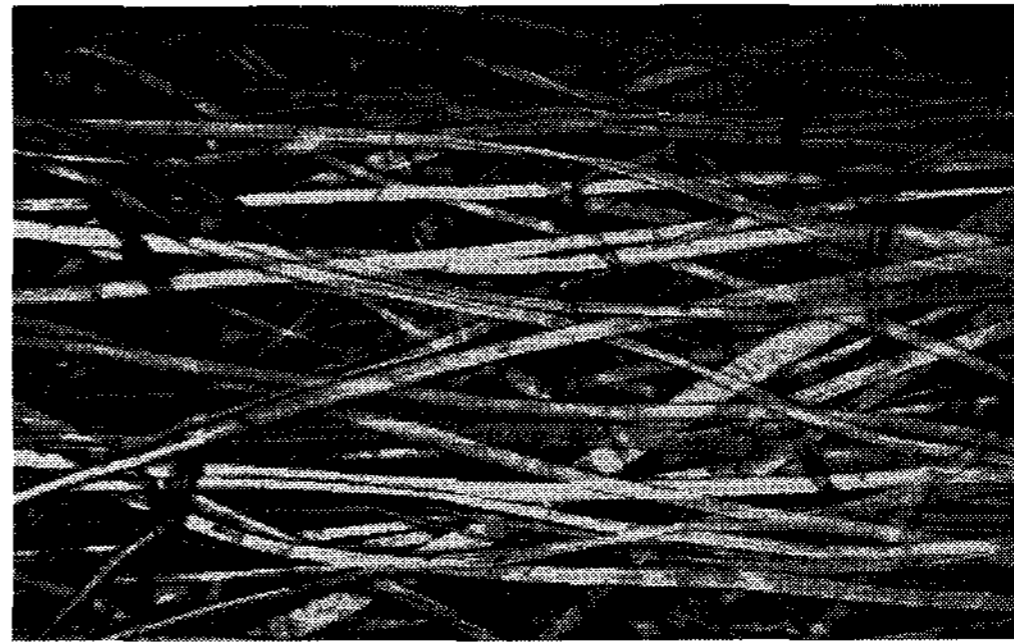


Fig. 10. The CLSM image of bottom side sheet of the annals of Sejong dynasty (200X)

3.3 밀랍의 FT-IR 및 GLC 분석

Fig. 11는 세종실록에 처리된 밀랍의 FT-IR spectrum이다. 154-9 wax를 154-4 wax와 비교해보면 $3200\sim 3500\text{cm}^{-1}$ 사이의 수산기에 유래하는 흡수를 보이고 있으므로 154-4 wax보다 alcohol 류를 많이 함유하고 있는 wax라고 추정 할 수 있다. 반면 백화부분은 수산기 유래의 흡수를 보이지 않고 1730cm^{-1} 전후의 carbonyl에 유래하는 피크가 상대적으로 강해진 것으로 미루어 154-9 wax와 같은 조성의 wax가 산화되어 백화된 것이거나 154-4 wax가 탈수 중합 및 산화에 의하여 백화되는 것으로 추정된다.

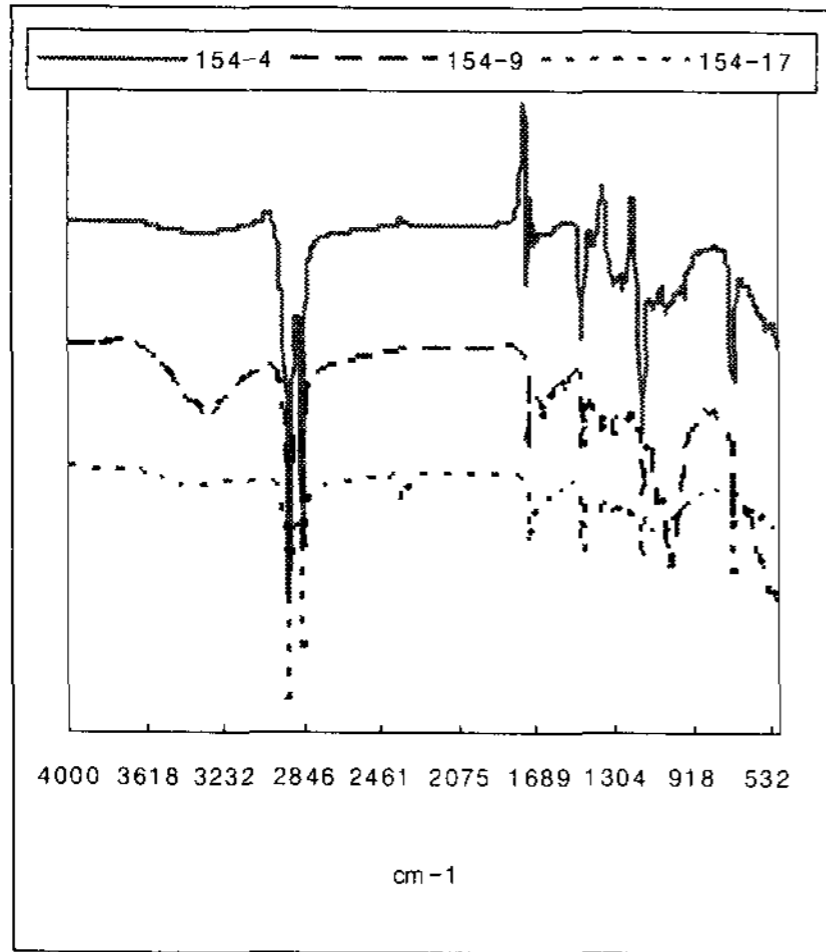


Fig. 11. FT-IR spectra of wax treated volume for the annals of king Sejong.

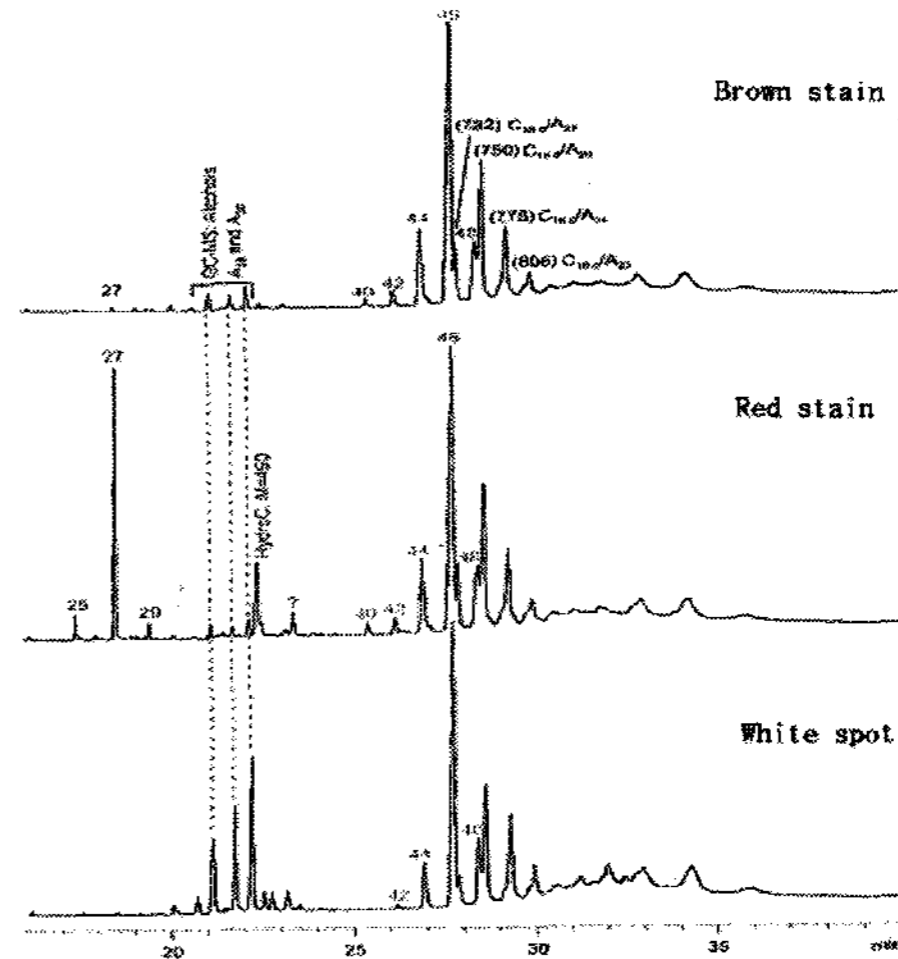


Fig. 12. GLC chromatography of wax from beewax treated annals of king Sejong

Fig 12는 세종실록의 밀랍지로부터 얻은 밀랍시료의 GLC 분석결과이다. 그림 1의 표품과 비교해 볼 때 밀랍지의 갈변 부분은 알칸 화합물이 아닌 소량의 고급 알코올과 탄소 40개 이상의 지방산 에스테르로 구성되어 있으며 특히 지방산의 hydroxy ester 화합물이 증가한 것이 특징이라 할 수 있다. 이는 천연 밀랍이 오랜 시간이 경과하는 동안 분자간 수산기와 carboxyl기의 에스테르 결합의 생성에 기인하는 것으로 추측된다. 적변 부분의 분석결과는 고급 알코올의 상대비가 낮은 점을 제외하고는 갈변 부분과 유사한 결과를 보이고 있다. 따라서 밀랍처리지의 색깔이 갈변, 또는 적변하는 것은 밀랍의 주성분에 기인하기 보다는 다른 원인에 의해 변색의 차이를 보이는 것으로 추정된다. 백화 부위의 분석결과는 흥미롭게도 고급 알코올의 상대비가 높아져 있음을 알 수 있다. 지방산 에스테르 영역의 피크는 큰 차이를 보이지 않는 것으로 미루어 볼 때 백화의 원인은 왁스에 의한 것이 아니라 밀랍 처리할 때 고급 알코올 유래의 물질이 첨가되었거나 밀랍의 에스테르가 가수분해 되어 고급 알코올을 생성하였기 때문으로 추정할 수 있다.

4. 결론

세종실록에 사용된 섬유 분석 결과 섬유장과 폭이 닳나무 섬유와 비슷하였으며 C-stain 정색 반응과 투명막, cross marking, dislocation의 확인을 통해 닳나무 인피

섬유임을 확인 할 수 있었다.

표면 관찰 결과 도침 처리로 의한 높은 밀도의 종이를 제조하였으며, 또한 표면에만 전분 계통의 물질을 첨가하여 도침처리에 적용한 것을 확인 할 수 있었다.

표면과 이면간의 섬유 배향의 차이로 보아 그 당시에 도 물질시 발의 직각 방향으로 섬유를 흘려보내는 흘림뜨기를 행한 것으로 판단되었다.

GLC 분석 결과 변색 밀랍별로 고급알콜과 지방산 에스테르의 구성에 차이가 있음을 알 수 있었고, FT-IR spectra로 부터는 밀랍의 산화 및 수산기의 감소 경향을 추정 할 수 있었다.

참고문헌

1. Byoung-Muk Jo, Hyoung-Jin Kim, The Evaluation and Comparison of Physico-mechanics of Hanji(Korean hand-made Paper), Proceedings of Korean-France Joint Seminar, PP 81-89, (2004).
2. Byoung-Muk Jo, Hyoung-Jin Kim, Yong-Moo Lee, The Quality Evaluation of Korean Traditional Hanji by Different Sheet-making Process, J of Korea TAPPI, Vol 36(5), pp 44-52, (2004).
3. 조병묵, Thermo-accelated aging 처리에 의한 종이의 노화 특성, 응용화학, pp 340-343, (2000).
4. 조병묵, 김형진, 리사이클링에 의한 셀룰로오스 섬유의 hornification 거동, 공업화학회 연구 발표 논문집, (2000).
5. 조병묵, 김형진, 리사이클에 의한 종이시트의 공극구조의 거동, 한국공업화학회 학술발표 논문집, (1998).
6. 최태호, 초지법에 따른 한지의 물성 비교, 펄프종이기술, pp 21-27, (2001).
7. 최태호, 닥나무를 이용한 새로운 전통한지의 제조(제1보), 펄프종이기술, pp 49-59, (1996).
8. 최태호, 닥나무를 이용한 새로운 한지의 제조(제2보), 펄프종이기술, pp 74-84, (1998).
9. 최태호, 닥나무를 이용한 새로운 한지의 제조(제3보), 펄프종이기술, pp 85-95, (1998).