



CONSERVATION STUDIES 29

# 유기질 문화재 복원재료의 재질안정성에 대한 연구

*The study on stability of restoration material of organic artifact*

정선영 · 정소영 · 정선화 · 서진호

## 유기질 문화재 복원재료의 재질안정성에 대한 연구

*The study on stability of restoration material of organic artifact*

정선영 · 정소영 · 정선화 · 서진호 (국립문화재연구소 보존과학연구실)

Jeong Seon-Young · Jeong So-Young · Jeong Seon-Hwa · Seo Jin-Ho  
(National Research Institute of Cultural Heritage)

### <Abstract>

Hanji among paper, which is material for support of the organic artifact such as painting and Thangkas, is given as much importance as the original material in the conservation treatment of artifacts. This lining paper can go through physical and chemical deterioration due to its organic nature, and inflict serious damage to the original materials of the artifact. There is a lot of difficulty in keeping continuous production of the paper mulberry fiber based on lining paper due to a short supply of raw material and discontinuation of traditional method. Also restoration and conservation treatment is done by relying only on the knowledge and skill of few experts without any recognized manual based on scientific analysis.

In this study, we evaluated the stability of lining paper which is used to support organic artifact. As the result of experiments, this lining paper was made from mulberry tree in Korea and produced by means of oebal method, but was not treated by starch in its surface.

## I. 서론

종이는 기록용지, 신문용지 등 정보 전달의 역할 외에도 포장지, 화장지등으로 일상생활에서 다양한 용도로 쓰이며 과불이나 회화 등 다양한 종이문화재의 지지층을 구성하는 역할로도 사용되고 있다. 지류문화재는 셀룰로오스로 이루어진 종이나 비단과 같은 유기물로서 열화에 약한 특성을 지니고 있다. 또한 지류문화재는 주위환경에 따라 열화 시 물리적·화학적 변화를 동반할 수 있기 때문에 원재료에 대한 탐색이 어렵고, 이런 손상을 방지하거나 예방하기 위하여 종이 특히 한지를 사용하고 있으나, 복원처리 시 원재료와 다른 재료를 사용할 경우 더 심각한 손상을 유발할 수 있다.

문화재의 손상에 있어 가장 중요한 것은 환경관리를 통한 손상에 대한 예방이겠으나, 이미 손상되어 보존처리가 필요한 문화재에 있어서 중요한 점은 보존처리 시 사용되는 방법 및 재료의 선택일 것이다. 현재 복원처리 시 사용되는 재료, 처리기술등은 일반적으로 국내 몇몇 처리 전문가 각각의 개인적 경험에 따라 적용되며, 주관적일 수 있다는 단점을 지니고 있고, 각각의 복원재료에 대한 비교분석 및 재질안정성, 유물과의 적합성에 대한 연구는 미흡한 상태이다. 또한 복원기술에 대한 연구는 각각의 문화재 재질에 따라 이뤄져야 하기 때문에 특정한 표준법을 정립하기 어려우며, 일정한 지침이 마련되어있지 않기 때문에 복원처리가 필요한 경우, 문화재에 배접 혹은 지지층으로 사용되는 종이의 공급이 지속적이고 일관적이지 못하여 적시에 보원처리가 이뤄지지 못하는 상황도 발생한다.

현재 과불 및 회화의 경우 손상상태 및 보관상태 등의 관리현황에 대한 기초조사 차원의 연구가 이뤄진 바 있으며, 일부 과불에 있어서 향후 보존처리 방안이 제시되고 있으나 과불의 유지 및 보수재료로 사용되고 있는 배접지에 대한 정확한 분석 데이터가 없는 것이 현재 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기존에 사용되어 왔던 다양한 복원용지에 대한 원료 식별 및 성분분석을 통하여 각 시대별 사용 원료를 파악하고, 복원처리로 인하여 문화재에 발생할 수 있는 불필요한 손상을 예방하고 또한 복원용지에 대한 비교분석을 통하여 문화재 각 재질에 적합한 복원용지를 찾아 궁극적으로 유기질 문화재의 보존처리에 대한 지침 제시 및 유기질 문화재의 손상을 예방하고자 한다. 또한 향후 유기질 문화재에 대한 복원처리에 활용하기 위하여 현재 사용되고 있는 복원용지에 대한 재료안정성을 평가함으로써 각 유물에 적합한 복원용지를 찾고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 분석 재료

#### (1) 배접지 시료 수집

배접지의 시료 수집은 주요 사찰 내에 소장중인 괘불탱의 보수처리 일정에 따라 천은사 괘불과 선석사 괘불 배접지를 고창문화재연구소로 채취하였다.

각각의 특징으로는 천은사구배접지 내쪽은 두꺼운 이합지였고, 군데군데 곰팡이를 확인하였다. 천은사구배접지 외쪽은 배접지를 이어 붙여 크기 확장한 것을 알 수 있었으며, 유물에 접한 부분으로 추정되는 곳에는 안료의 흔적이 보였다. 홀지·겹지로 이루어져있고, 역시 곰팡이피해가 확인되었다. 선석사구배접지 내쪽은 외쪽보다 상당히 양호한 지질의 형태를 보였고, 곰팡이 포자가 거의 보이지 않았으나 지합이 불균일하였으며, 홀지·겹지 모두 확인되었다. 선석사구배접지 외쪽의 경우 인피섬유 이외에 짙은 갈색의 이물질이 도포된 종이시료가 발견되었고, 대체로 이합지였으며 곰팡이 피해, 불에 그을린 듯한 흔적도 관찰되었다.

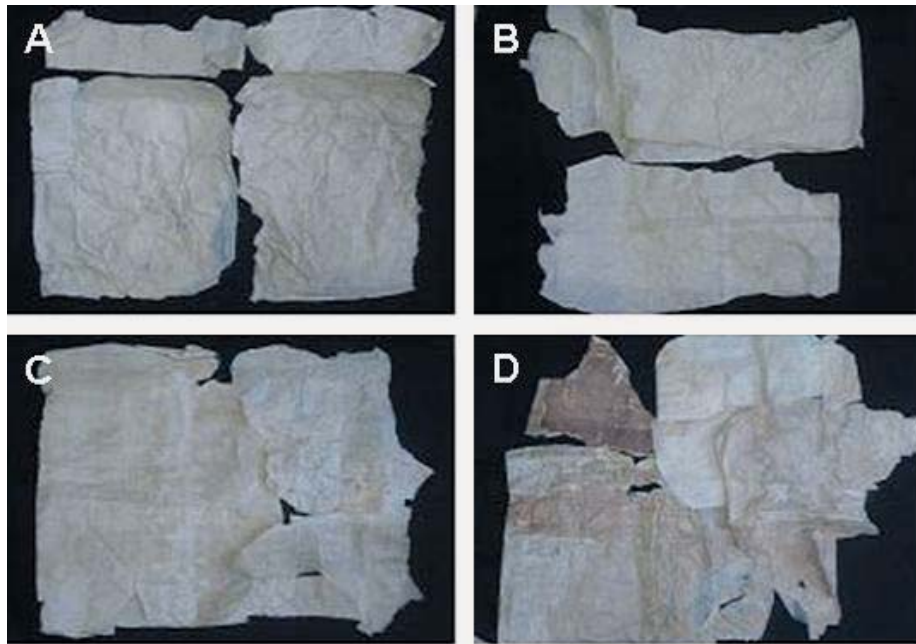


Figure 1. lining paper ( A: Cheoneunsa lining paper inside, B: Cheoneunsa lining paper outside, C: Seonseoksa lining paper inside, D: Seonseoksa lining paper outside)

## 2. 실험 방법

### (1) 배접지의 형태학적 특성 분석

#### ① 배접지의 섬유식별

배접지를 잘게 찢어, 50ml의 비이커에 넣은 후 100℃의 물로 30분간 끓여 해리하였다. 해리된 섬유를 safranin으로 염색한 후 광학현미경(Image analysis) 장치로 100개씩의 섬유를 측정·평균하여, 섬유의 형태적 특징을 관찰하였다.

#### ② 배접지의 정색반응 관찰

##### 가. 염색액의 조제

###### • C stain

A용액 20ml, B용액 10ml 및 C용액 10ml를 잘 혼합하여 혼합액을 만든 다음, D용액 12.5ml를 가하고, 12~24시간 방치 후 상등액을 채취하여 C-stain을 제조하였다. A용액은  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  40g을 증류수 100ml에 용해시켜 28℃에서 비중 1.15의 용액을 제조하였고, B용액은  $\text{CaCl}_2$  100g을 증류수 150ml에 용해시켜 28℃에서 비중 1.36의 용액을 제조하였다. C용액은  $\text{ZnCl}_2$  50g을 증류수 25ml에 용해시켜 28℃에서 비중 1.80의 용액을 제조하였고, D용액은 KI 0.90g과  $\text{I}_2$  0.65g을 증류수 50ml에 용해시켜 요오드 요오드화칼륨 용액을 제조하였다.

###### • Herzberg stain

A용액 25ml에 B용액 전체를 가하여 잘 혼합하고, 12~24시간 방치한 다음, 상등액을 채취하여 Herzberg stain을 제조하였다. A용액은  $\text{ZnCl}_2$  50g을 증류수 25ml에 용해시켜 28℃에서 비중 1.80의 용액을 제조하였고, B용액은 KI 5.25g과  $\text{I}_2$  0.2 5g을 증류수 12.5ml에 용해하였다.

###### • Wilson's stain

$\text{I}_2$  1.5g과  $\text{CdCl}_2$  70g을 증류수 100ml에 넣고 43℃로 가열하여 용해시킨 것에 증류수 180ml, 37% 포름알데하이드(HCHO) 15ml, 질산칼륨( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) 140g, 염화카드뮴( $\text{CdCl}_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$ ) 40g을 가하여 Wilson's stain을 제조하였다.

##### 나. 섬유의 정색반응 관찰

배접지를 물에 끓여 해리한 후 섬유를 슬라이드 글라스에 올려 각각의 염색액을 2~3방울 떨어뜨린 다음, 커버글라스로 덮고 1~2분간 방치한 후 현미경을 사용하여 정색상태를 관찰하였다.

(2) 배접지의 물리·화학적 특성분석

① 점도 측정

종이의 점도 측정은 오스왈드 점도법 (TAPPI Standard T 230 om-99)에 따라 측정하였다.

② 물리적 강도 측정

배접지의 물리적강도는 TAPPI Standard T 402 om-88에 따라  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , 상대습도  $50 \pm 2\%$ 로 조절된 항온·항습실에서 24시간 전처리 후 TAPPI Standard T 423 om-86(MIT Schopper type)에 따라 내절도를 측정하였고, 인열강도는 TAPPI Standard T 220 om-88, 인장강도는 TAPPI Standard T 494 om-88, 파열강도는 TAPPI Standard T 807 om-99 에 따라 측정하였다.

(3) 배접지의 구조적 특성 분석

① 시료의 전처리

1×1cm 크기의 종이 샘플을 취하여, 15분간 감압을 실시한 다음, 1ℓ의 증류수에 0.01g의 acridine orange를 용해한 형광염료 용액에 약 10분동안 침적시킨 후, CLSM 관찰을 위한 슬라이드를 제작하였다.

② CLSM 측정

CLSM이란 “공초점레이저주사현미경”으로 공초점(Confocal) 광원이 되는 레이저에서 시료의 초점과 맞지 않는 빛은 제거하고 초점과 일치하는 빛만 쓴다는 뜻이다. 공초점 레이저 주사현미경을 사용하여 증류수에 침윤시킨 섬유 단면화상을 관찰하였다. CLSM 영상분석법을 통하여 각 배율에 따라서 100×에서는 섬유의 orientation을 확인하고, 200×에서는 지층에 있어 두께방향으로의 구조적인 특징을 파악하였으며, 400×에서는 배접지 원료로 사용된 닥나무 인피섬유의 형태학적인 특징을 확인하고 제조공정상 유입되는 유사원료의 혼입여부 등을 확인할 수 있었다.

### Ⅲ. 실험결과

#### 1. 배접지의 형태학적 특성 분석 결과

##### (1) 배접지의 섬유식별 결과

Image analysis 장치로 100개의 섬유를 측정하였으며, 각각의 섬유장, 섬유폭 등에 대한 결과를 Table 1에 나타내었다. 또한 형태에 따른 원료 섬유의 식별결과를 Figure 2에 나타내었다. 측정결과 모든시료가 국산닥의 평균값인 섬유장 8.7mm(3.0~16.5mm), 섬유폭 22.5 $\mu$ m(14.0~41.0 $\mu$ m) 범위에 포함되었다. 닥나무 섬유 끝은 대체적으로 둥글고 섬유표면은 매끄러운 편이며, 가장 중요한 식별인자로서 섬유주의를 감싸는 투명막이 존재하였고, 섬유에 마디(cross-marking)가 존재하였다. 따라서 천은사, 선석사 괘불 배접지에 따른 섬유식별 결과 국산닥임이 판별되었다.

Table 1. Fiber length and width of lining paper

Fiber length					
	mulberry	Cheoneunsa lining paper inside	Cheoneunsa lining paper outside	Seonseoksa lining paper inside	Seonseoksa lining paper outside
Average	8.7	7.7	8.4	9.2	9.5
Maximum	3.0	17.4	16.3	18.4	16.6
Minimum	16.5	4.5	4.9	4.8	4.5
Fiber width					
	mulberry	Cheoneunsa lining paper inside	Cheoneunsa lining paper outside	Seonseoksa lining paper inside	Seonseoksa lining paper outside
Average	22.5	15.9	14.9	13.7	16.6
Maximum	14.0	24.5	26.2	22.1	27.2
Minimum	41.0	8.4	8.8	6.0	8.6

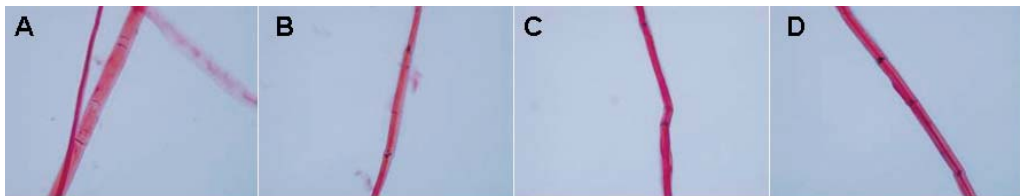


Figure 2. Micrographs of lining paper ( A: Cheoneunsa lining paper inside, B: Cheoneunsa lining paper outside, C: Seonseoksa lining paper inside, D: Seonseoksa lining paper outside)

(2) 배접지의 정색반응 관찰 결과

배접지의 정색반응 관찰 결과를 Figure 3~6에 나타내었다. 관찰 결과 C-stain에서 탁한 갈색으로 나타났고, Herzberg에서는 보라색으로 나타났으며, Wilson's stain에서는 갈색으로 나타남으로써 전형적인 닥나무의 정색반응 형태가 관찰되었다.

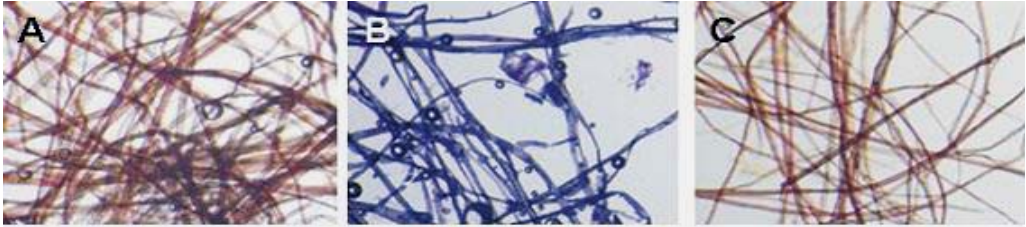


Figure 3. Colorations of Cheoneunsa lining paper inside by stains ( A : C-stain, B : Herzberg, C : Wilson's stain)



Figure 4. Colorations of Cheoneunsa lining paper outside by stains ( A : C-stain, B : Herzberg, C : Wilson's stain)

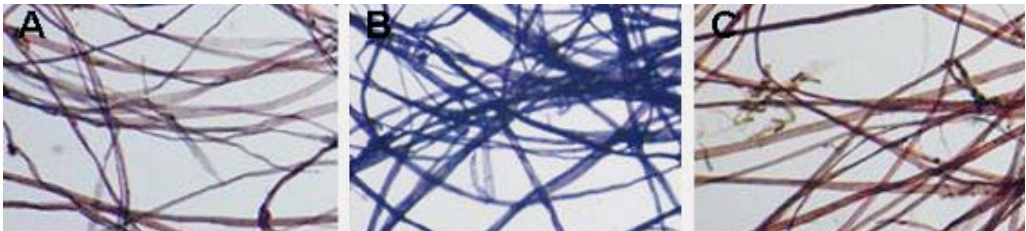


Figure 5. Colorations of Seonseoksa lining paper inside by stains ( A : C-stain, B : Herzberg, C : Wilson's stain)



Figure 6. Colorations of Seonseoksa lining paper outside by stains ( A : C-stain, B : Herzberg, C : Wilson's stain)



## 2. 배접지의 물리·화학적 특성 결과

### (1) 점도 측정 결과

배접지 섬유의 대부분은 셀룰로오스로 이루어져 있는데 고분자로서의 셀룰로오스가 열적·기계적 화학적인 처리를 받으면 분자쇄가 절단되며, 점도는 저해된다. 점도도 물리적 성질과 동일하게 바깥쪽이 환경적으로 더 영향을 많이 받으면서 안쪽보다 더 열화가 진행된 것으로 보인다. 그 결과를 Figure 7에 나타내었다.

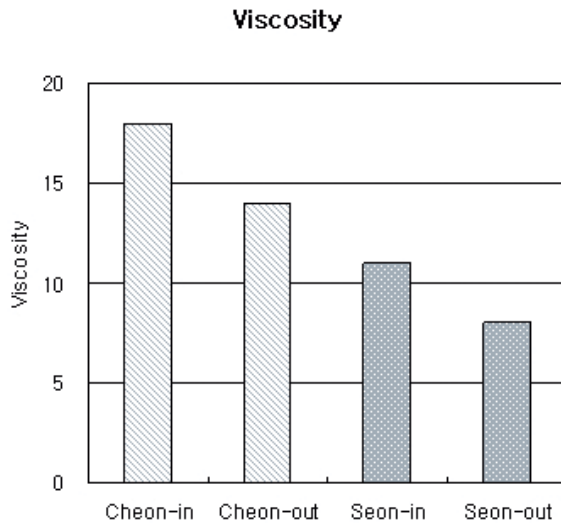


Figure 7. Viscosity of lining paper ( Cheon-in: Cheoneunsa lining paper inside, Cheon-out: Cheoneunsa lining paper outside, Seon-in: Seonseoksa lining paper inside, Seon-out: Seonseoksa lining paper outside )

### (2) 물리적강도 측정 결과

물리적 강도로써 인장강도와 인열강도, 내절도, 파열강도를 실험하였다 그 결과 전체적으로 안쪽보다 바깥쪽의 배접지가 더 손상되었음을 알 수 있다. 바깥쪽 배접지가 주위환경의 영향을 더 많이 접촉하게 되고, 이에 따라 열화의 정도가 더 심한 것으로 볼 수 있다. 또한 안쪽과 바깥쪽의 열화정도를 비교하였을 때 각각의 배접지를 여러겹으로 붙이면서 처리하여 한 종으로 이루어져 있는 것과는 달리 안쪽의 열화정도가 더 낮은 것으로 볼 수 있다.

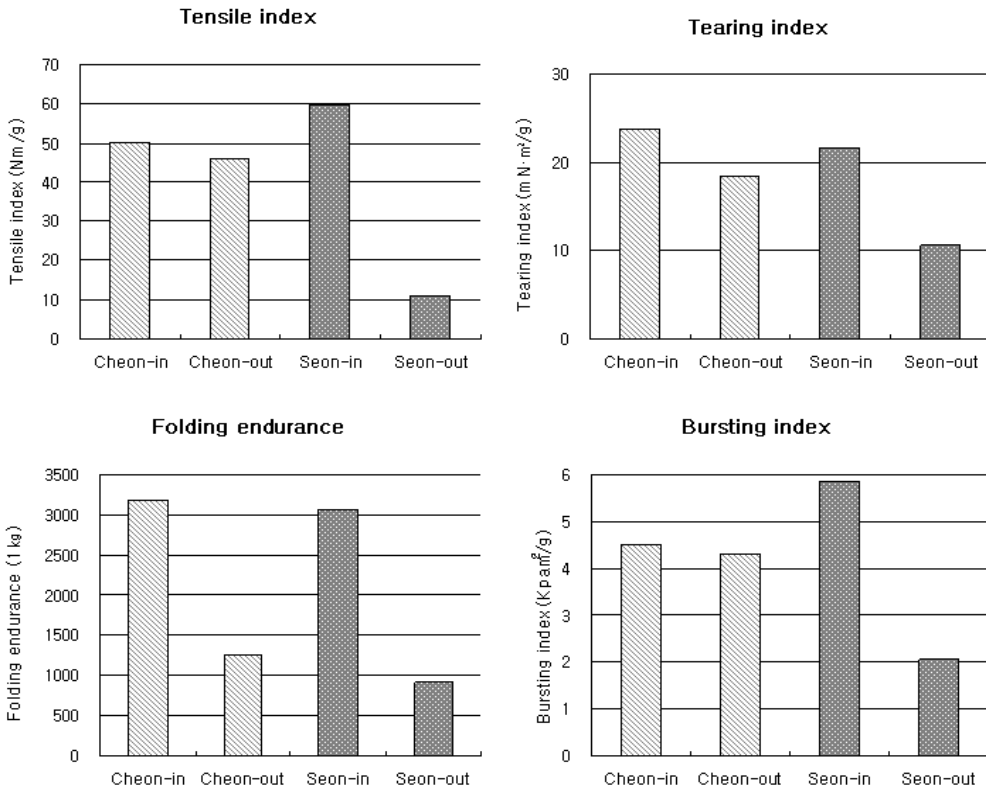
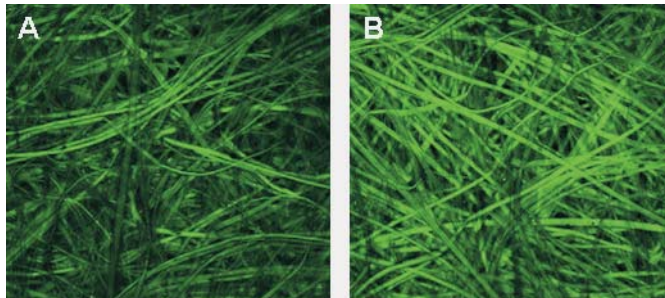


Figure 8. Physical properties of lining paper ( Cheon-in: Cheoneunsa lining paper inside, Cheon-out: Cheoneunsa lining paper outside, Seon-in: Seonseksa lining paper inside, Seon-out: Seonseksa lining paper outside )

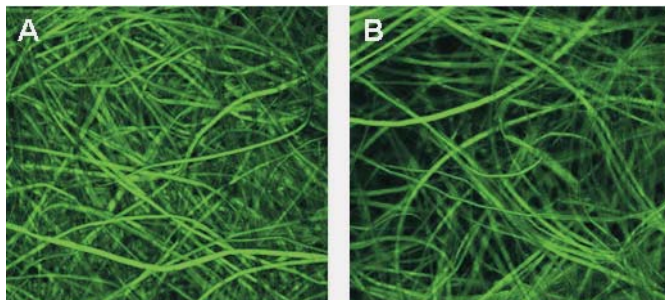
### 3. 배접지의 구조적 특성 결과

#### (1) CLSM을 이용한 배접지의 관찰(100×)

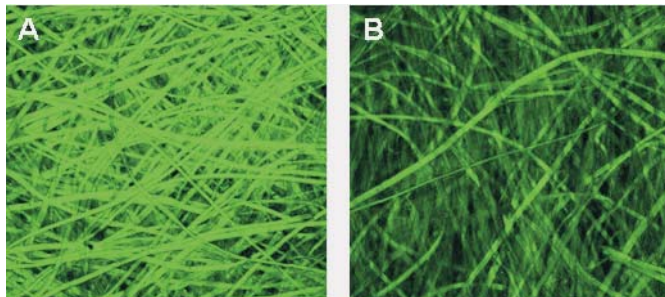
다음에 나타낸 Figure 9은 CLSM을 이용하여 두께방향으로 scanning한 배접지의 영상을 100×로 관찰하여 집약적으로 한 면에 나타낸 그림이다. 이는 종이를 상부로부터 일정한 간격(2 $\mu$ m)으로 sectioning하여 점점 깊이 들어가 섬유들이 보이지 않을 때까지 촬영한 것으로 이러한 영상들은 섬유의 방향성을 예측하고 또한 섬유분포지수를 산출함에 있어 각각의 layer에서 나타나는 섬유의 면적을 계산할 때 사용하게 된다. 모든 시료에 있어 배접지의 앞면과 뒷면의 배향성을 확인할 결과 전통한지 초지법인 흘림뜨기에 의한 이방성을 확인할 수 있었으며, 외발 초지법으로 초지하였음을 알 수 있었다.



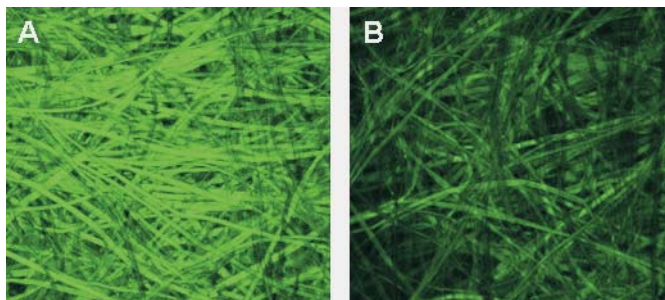
Cheoneunsa lining paper inside(100×) ( A: front B: back)



Cheoneunsa lining paper outside(100×) ( A: front B: back)



Seonseoksa lining paper inside(100×) ( A: front B: back)

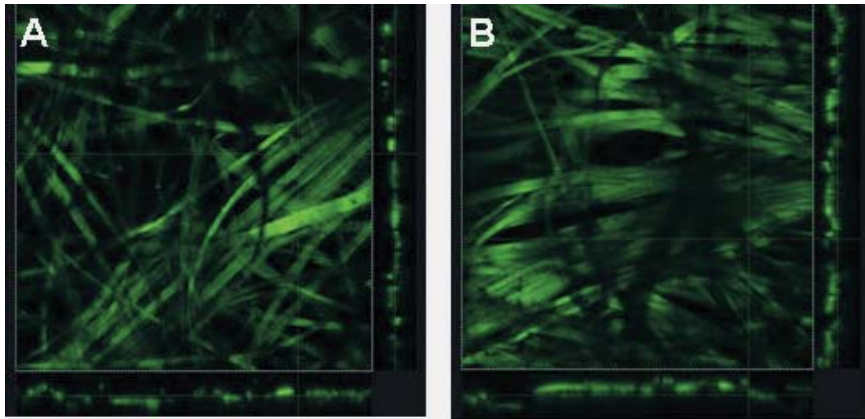


Seonseoksa lining paper outside(100×) ( A: front B: back)

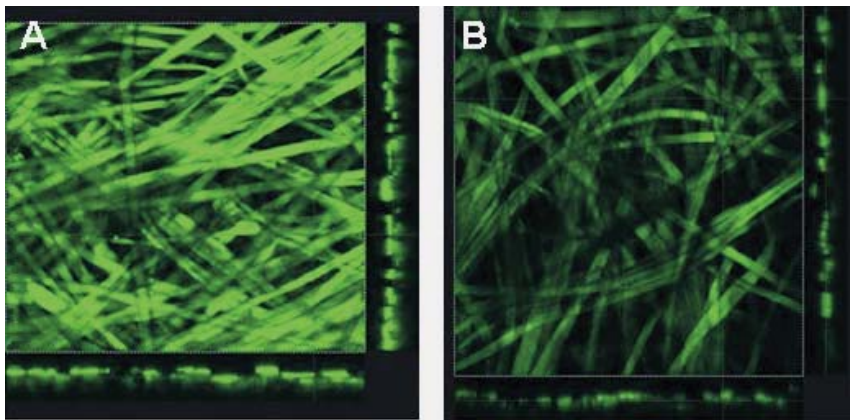
Figure 9. CLSM image of Hanjis I (×100)

(2) CLSM을 이용한 배접지의 관찰(200×)

Figure 10은 배접지 시료로부터 얻어진 x, y 및 z면에서의 누적된 영상들을 한 화면에 나타낸 것이다. 아래쪽과 오른쪽의 검고 낮은 영상들은 시트의 z-방향을 scanning하여 얻은 영상들이다. 그림에서 보는 바와 같이 모든 배접지 영상에서 가로, 세로 균일한 섬유분포도를 확인할 수 있었으나 결합력에 있어서 공극들이 다소 관찰되었으며 큰 결합력을 보이지 않았다. 이는 흘림뜨기식 제조법으로 초지한 배접지 특유의 지층구조를 전분 및 도침처리로 보강시키지 않아 공극간 치밀한 결합력을 보이지 않은 것으로 판단된다. 배접지 종류에 따라서는 모두 유사한 경향을 나타냈다.



Cheoneunsa lining paper(200×) ( A: inside B: outside)

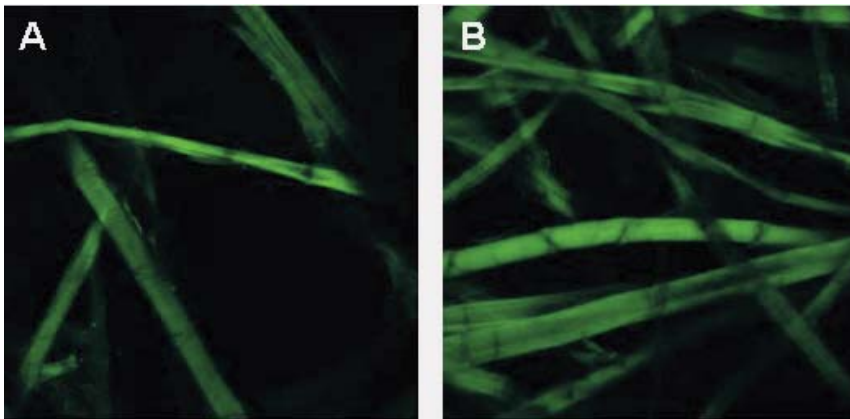


Seonseoksa lining paper(200×) ( A: inside B: outside)

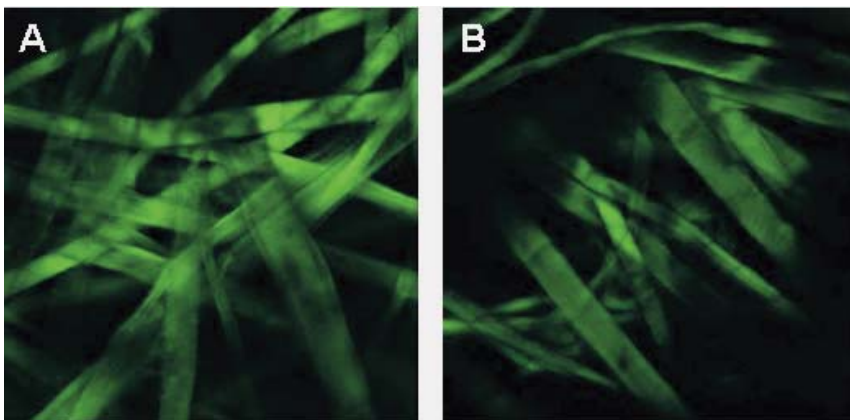
Figure 10. CLSM image of HanjisII(200×)

## (3) CLSM을 이용한 배접지의 관찰(400×)

Figure 11은 CLSM을 활용하여 400×에서 배접지의 닥나무 인피섬유 특성들을 나타낸 영상들이다. 앞의 결과 중 「배접지의 정색반응 관찰결과」에서 섬유의 정색반응을 통하여 선석사배접지와 천은사배접지의 모든 시료들이 자색에서 회색으로의 전형적인 닥나무의 정색을 나타냈듯이, Figure 11의 영상에서도 닥나무 인피섬유에서만 확인할 수 있는 transparent membrane, dislocation, cross-marking 등이 자세히 관찰되었다.



Cheoneunsa lining paper(400×) (A: inside B: outside)



Seonseoksa lining paper(400×) (A: inside B: outside)

Figure 11. CLSM image of HanjisIII(400×)

#### IV. 결 론

1. 배접지의 섬유식별 결과 섬유장, 섬유폭이 국산단의 범위에 포함되었으며, 섬유의 끝이 대체적으로 둥글고 투명막, 마디(cross-marking)의 존재 등으로 국산단임을 확인할 수 있었다.
2. 정색반응 관찰 결과 천은사, 선석사구 배접지 모두 C-stain에서 탁한 갈색으로 나타났고, Herzberg에서는 보라색으로 나타났으며, Wilson's stain에서는 갈색으로 나타남으로써 전형적인 닥나무의 정색반응을 나타냈다.
3. 천은사·선석사구배접지를 각각 내외로 물리·화학적 강도를 비교하였을 때 바깥쪽이 환경적인 요인으로 인해 열화가 더욱 진행되었음을 알 수 있었다.
4. CLSM을 이용하여 다양한 배율로 구배접지의 구조적 특징을 분석한 결과 선석사 및 천은사 구배접지 모두 닥섬유를 이용하여 전통 배접지 흘림뜨기를 하였고 전분도침가공처리하는 하지 않은 것으로 관찰되었다.

#### 〈참고문헌〉

1. 서영범 등, 2005, 「한국 양서의 보존처리방안 및 사례」, 한국펄프·종이공학회 추계학술 발표논문집, 11, p.112~119.
2. 박지선, 1996, 「絹本繪畫 보존수리에 있어서의 문제점 -배접지-」, 보존과학회지, Vol.5 No.2 p.57~64.
3. 천주현 등, 「지류문화재의 보존처리」, Conservation Science in Museum Vol.3, p.21~27.
4. 노기춘, 2004, 「古文獻의 保存處理에 관한 事例研究」, 한국도서관정보학회지, Vol.35 No.3.
5. 장영훈, 2002, 「셀룰라아제에 의한 지류 문화재의 분해」, 한국생물공학회지, Vol.17 No.6.
6. 천주현, 2004, 「습식크리닝에 의한 紙類文化財의 물성변화에 관한 연구」, 용인대학교.