

## 초지법에 따른 한지의 물성비교

최태호<sup>†</sup> · 조남석 · 최인호 · 정택상\*

(2001년 8월 20일 접수; 2001년 12월 10일 채택)

## Comparison of Physical Properties of Hanjis Made by Different Sheet Forming Processes

Tae-Ho Choi<sup>†</sup>, Nam-Seok Cho, In-Ho Choi, and Teak-Sang Jeong\*

(Received on August 20, 2001; Accepted on December 10, 2001)

### ABSTRACT

Korean traditional paper (Hanji) making technology has adopted two kinds of sheet forming processes, which called "Oebal-choji" and "Ssangbal-choji."

The sheet forming process of Oebal-choji is an original method developed in Korea. At first, paper stock is dipped onto the mold and flow away in the forward direction. Then, paper stock is scooped again and rhythmically rocked from side to side, this work is repeated several times. Through this operation the fibers intertwine and paper layers are formed.

Ssangbal-choji is almost same as the Nagashizuki, which used in Japan. In this method, paper stock is scooped onto the mold and rhythmically rocked backwards and forwards several times, the water drains slowly through the bamboo screen and then sheet is formed.

Tamezuki method is used in Japan and China. This is a method in which the mold is dipped into the paper stock once and left to drain. In the Ssangbal-choji and Nagashizuki methods, the most of excess solution is cast out while in the Tamezuki all of it is allowed to drain through the mold.

This study was carried out to investigate the physical properties of the Hanjis that were made by Oebal-choji, Ssangbal-choji, Nagashizuki, and Tamezuki sheet forming processes.

The results were as follows;

Physical properties of the Oebal-choji Hanji were better than those of Ssangbal-choji, Nagashizuki, and Tamezuki. Oebal-choji Hanji made little difference of paper strength between MD and CD, but Ssangbal-choji and Nagashizuki Hanjis made wide difference. And there are no difference of paper strength between MD and CD on the Tamezuki Hanji.

• 충북대학교 농과대학 산림과학부(School of Forest Resources, College of Agriculture, Chungbuk National University, Cheongju 360-763, Korea).

\* 한국교원대학교 중합교육연수원(Training Center for Inservice Education, Korea National University of Education, Cheongju 361-791, Korea).

† 주저자(Corresponding author): e-mail: tchoi@trut.cbnu.ac.kr

On the confocal laser scanning microscopy (CLSM) observation of the Hanjis, Oebal-choji made well crossed fiber orientation than those of other sheet forming processes.

*Keywords: Hanji, Oebal-choji, Ssangbal-choji, Nagashizuki, Tamezuki, CLSM*

## 1. 서론

우리 나라는 중국에 비견할 수 있는 오랜 제지 역사를 가지고 있을 뿐만 아니라, 오히려 중국을 능가하는 우수한 제지술을 보유하고 있었다. 그러나 역사적인 혼돈과 근대에 들어 서구 문물의 빠른 유입으로 인하여 세계 어디에 내놓아도 손색이 없었던 우리 조상들의 이러한 문화 유산들은 쇠락하여 간신히 그 명맥을 유지해 오고 있으며, 그중의 하나가 전통한지이다.

한지는 삼국시대부터 조선 후기 양지가 도입되기 전까지는 우리의 생활 속에서는 흔히 볼 수 있었던 필수품이었지만, 생활양식의 변화와 생산의 기계화 및 대량생산의 어려움으로 인해 서화용 이외에 건축 내장재 및 공예용 등 극히 제한된 분야에서만 사용되어져 왔다. 그러나 최근 들어 생활수준의 향상과 전통문화에 대한 관심의 고조로 한지의 수요가 조금씩 회복되고 있으며, 기존의 용도 외에 고부가가치 산업을 위한 신소재로서의 활용 또한 모색되고 있다.

한지의 초지법에는 전통적인 외발뜨기법과 개량형이라고 할 수 있는 쌍발뜨기법이 있다. 먼저 외발뜨기는 발틀 위에 초지발을 놓고 앞물을 떠서 뒤로 버리는 "앞물질"과 좌우로 흔들며 물을 버리는 "옆물질"이 복합된 초지법이다. 이런 과정을 반복하므로써 섬유 배향이 서로 교차되는 지층이 형성되어 제조된 한지의 강도는 다른 초지법으로 제조한 종이의 강도보다 높다고 알려져 있다.<sup>1,2)</sup> 쌍발뜨기는 상하 두 개의 발틀 사이에 초지발을 놓고 초지하므로 흘림뜨기와 가둠뜨기가 복합된 형태의 초지법이라 할 수 있다. 초지시 주로 "앞물질"만을 하므로 섬유의 배향이 일정하고 강도는 외발뜨기에 비해 떨어진다.

우리 나라의 두 가지 초지법 모두 지료를 흘려 보내면서 초지하는 흘림뜨기라 할 수 있으며, 특히 외발뜨기는 세계 유일의 우리 나라만의 초지법이다. 이것과 대비되는 방법으로 지료가 새어 나가지 않도록 고안된 발틀을 사용하여 지료를 흘려 보내지 않고 가두어서 초지하는 방법을 가둠뜨기라 할 수 있다. 이러한 초지법은 일본의 가둠뜨기법과 중국 및 동아시아 일부지역에서 사용하고 있는 초지법이 여기에 속한다.

한지는 분명 세계적인 상품으로서의 가치를 가지고 있으며 우리의 소중한 문화 유산이다. 그러나 우리의

한지 초지법에 대한 체계적인 조사나 연구가 아직은 제대로 이루어지지 않은 편이다. 따라서 본 연구에서는 한지에 대한 체계적이고 구체적인 특성 구명 연구의 일환으로, 우리 나라의 외발뜨기와 쌍발뜨기, 일본식 흘림뜨기 및 가둠뜨기 초지법으로 제조한 한지를 이용하여 각각의 섬유 배향 특성과 이에 따른 물성을 비교 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

#### 2.1.1 닥펄프

메밀대를 태운 잿물을 이용하여 닥 백피를 전통적인 방법으로 자숙한 닥펄프를 사용하였다.

#### 2.1.2 분산제

초지용 분산제로 polyacrylamide(PAM: 중립상사)를 사용하였다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 한지의 제조

외발뜨기 및 쌍발뜨기는 전통적인 초지법을 이용하였으며, 가둠뜨기 및 일본식 흘림뜨기는 특수제작 초지기 및 일본식 초지기를 사용하였으며, 한지의 평량이 31~36 g/m<sup>2</sup>이 되도록 초지하였다. 이때 분산제의 농도는 0.003%가 되도록 하였으며, 제조된 습지는 압착 탈수를 거쳐 스테인리스 스틸 판에 붙이고, 60℃로 조절된 열풍 항온 건조기에서 5시간 건조하였다.

#### 2.2.2 한지의 물성 측정

겉보기 밀도 및 평량은 TAPPI Test Methods T 220 sp-96 및 T 410 om-98에 의거하여 측정하였으

며, 백색도, 불투명도, 비산란계수 및 비흡수계수는 T 519 om-96, T 525 om-92 및 T 425 om-86에 의거하여 측정하였다. 인장강도, 인열강도, 파열강도, 내절도는 T 494 om-96, T 414 om-98, T 403 om-97, T 511 om-96에 의거하여 측정하였다.

### 2.2.3 한지의 CLSM 관찰

증류수 1ℓ 에 Acridine orange 0.01 g을 용해한 형광염료 용액에 1 × 1 cm 크기의 한지 시료를 15분간 침지시킨 후 CLSM 관찰용 슬라이드를 제작하고, Bio-Rad MRC-1024 confocal laser scanning microscope를 이용하여 시료를 관찰하였다. 관찰된 횡단면 및 Z-방향의 화상은 ×200 배율로 저장하였다. 스캐닝 속도는 보통으로 하고, Kalman collection 필터 적용하여, 2 μm 간격으로 Z-방향 스캐닝을 하였다. Krypton과 Argon laser power, iris, gain, black level 값 등은 최상의 화상을 얻을 수 있도록 조정하였다.

CLSM 화상의 3D 재구성은 Z-방향으로 스캐닝하여 얻은 CLSM 화상을 Confocal Assistant(Ver. 4.02, Todd Clark Brejle) 프로그램으로 재조합하여 3D 모델화 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 초지법이 한지의 물성에 미치는 영향

외발뜨기(Oe-bal-choji), 쌍발뜨기(Ssangbal-choji), 흘림뜨기(Nagashizuki) 및 가둠뜨기

(Tamezuki) 초지법으로 제조한 각각의 한지의 물성을 분석한 결과를 Table 1에 나타내었다.

#### 3.1.1 평량 및 밀도

각각의 초지법으로 제조한 한지의 평량 평균은 외발뜨기 35.73 g/m<sup>2</sup>, 쌍발뜨기 38.09g/m<sup>2</sup>, 일본식 흘림뜨기 33.86 g/m<sup>2</sup> 및 가둠뜨기 30.84 g/m<sup>2</sup>로 나타났다. 이들 한지의 평량에 다소 차이가 있는 것은 일반 양지 초지와는 달리 수록지인 관계로 정확하게 동일 평량의 한지를 제조하는 것이 매우 곤란하기 때문이다.

제조된 한지의 밀도를 측정된 결과, 외발뜨기 및 쌍발뜨기 한지의 밀도는 평균 0.29 g/cm<sup>3</sup>으로 동일한 값을 나타냈으나, 일본식 흘림뜨기 및 가둠뜨기로 제조한 한지의 밀도는 0.21 g/cm<sup>3</sup> 및 0.22 g/cm<sup>3</sup>로 외발뜨기 및 쌍발뜨기로 제조한 한지에 비하여 다소 낮게 나타났다. 이와 같이 일본식 흘림뜨기 및 가둠뜨기로 제조한 한지의 밀도가 낮은 이유는 초지시 물질의 영향 때문이라 사료된다. 특히 외발뜨기의 경우 지료를 가두지 않고 흘려 보내면서 초지를 함으로써 하나의 섬유층이 교대로 적층되어 치밀한 구조를 이루는 반면, 일본식 흘림뜨기 및 가둠뜨기의 경우는 퍼올린 지료를 흘려 보내지 않고 발틀 속에 가두어 초지함으로써 치밀한 섬유층의 적층이 불가능하기 때문으로 여겨진다. 이러한 결과는 CLSM에 의한 한지의 관찰에서도 확인할 수 있었다.

#### 3.1.2 광학적 특성

각 한지의 백색도를 측정된 결과 외발뜨기 46.08%, 쌍발뜨기 60.92%, 일본식 흘림뜨기 64.67% 및 가둠

Table 1. Physical properties of Hanjis

Sheet forming process	Oe-bal-choji		Ssangbal-choji		Nagashizuki		Tamezuki
	MD	CD	MD	CD	MD	CD	
Basis weight (g/m <sup>2</sup> )	35.70	-	38.10	-	33.90	-	30.80
Apparent density (g/cm <sup>3</sup> )	0.29	-	0.29	-	0.21	-	0.22
Brightness (Hunter %)	46.10	-	60.90	-	64.70	-	64.10
Opacity (%)	68.30	-	59.70	-	62.70	-	57.70
Light scattering coefficient (m <sup>2</sup> /kg)	27.67	-	31.00	-	30.48	-	28.85
Light absorption coefficient (m <sup>2</sup> /kg)	13.50	-	8.66	-	10.33	-	9.27
Burst index (kPa · m <sup>2</sup> /g)	4.53	-	1.73	-	2.88	-	3.90
Tear index (mN · m <sup>2</sup> /g)	72.24	66.83	19.20	25.38	25.94	58.12	46.82
Breaking length (km)	7.10	7.40	4.25	2.10	7.24	2.59	4.17
MIT folding endurance (times)	629.80	1,047.80	39.30	7.20	226.60	5.20	26.70

뜨기 64.09%로 나타났다. 동일한 원료를 사용하였음에도 불구하고 쌍발뜨기, 일본식 홀림뜨기 및 가둠뜨기 한지의 백색도가 외발뜨기 한지보다 높게 나타났다. 이것은 제일 먼저 제조된 외발뜨기보다 쌍발뜨기, 일본식 홀림뜨기 및 가둠뜨기가 시차를 두고 나중에 실시된 관계로, 젖은 상태로 보관 중이던 닥펄프에 산소 및 자외선에 의한 천연표백과 외발뜨기시에 불충분하였던 잔존 중해페액의 용출이 진행되었기 때문에 백색도가 향상된 것<sup>3)</sup>으로 사료된다.

각 한지의 불투명도는 백색도와 반대로 백색도가 가장 낮았던 외발뜨기가 가장 높게 나타났으며, 백색도가 높았던 초지법의 한지들은 낮은 값을 나타냈다. 따라서 원료 펄프의 백색도는 한지의 불투명도와 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다.

제조된 종이의 비산란계수를 측정함으로써 그 종이의 지함 정도를 추정할 수 있다. 비산란계수는 종이의 표면에서 빛이 산란되는 정도를 나타내는 것으로, 지층 중에 섬유가 고르게 분포되어 지함이 양호할수록 그 수치가 낮게 나타난다.<sup>4,5)</sup> 외발뜨기 한지의 비산란계수가 27.67 m<sup>2</sup>/kg로 가장 낮게 나타났는데 이것은 초지시 지층이 잘 교차되게 홀림뜨기를 함으로써 치밀하고 양호한 지함을 형성했기 때문이라 사료된다. 반면 밀도가 낮았던 가둠뜨기 한지가 28.85 m<sup>2</sup>/kg의 낮은 값을 나타낸 것은 홀림뜨기하지 않고 지료를 가두어 증력에 의한 자연탈수를 함으로써 섬유의 배향성이 없어지고 공극이 증가했기 때문이라 사료된다. 쌍발뜨기 및 일본식 홀림뜨기 한지의 비산란계수가 31 m<sup>2</sup>/kg 및 30.48 m<sup>2</sup>/kg로 높게 나타난 것은 초지시 지료를 가두어 한 방향으로만 물질을 함으로써 섬유가 물질 방향으로 잘 배향되었기 때문으로 사료된다. 한지의 CLSM 관찰결과에서도 이러한 사실을 알 수 있었다.

각 초지법으로 제조한 한지의 비흡수계수를 측정된 결과, 외발뜨기 한지 13.50 m<sup>2</sup>/kg, 일본식 홀림뜨기 한지 10.33 m<sup>2</sup>/kg, 가둠뜨기 한지 9.27 m<sup>2</sup>/kg, 쌍발뜨기 한지 8.66 m<sup>2</sup>/kg의 순으로 나타났다.

### 3.1.3 강도적 특성

일반적으로 종이의 인열강도는 섬유장이 길면 길수록 강하며, 고해가 진행되어 섬유간 결합면적이 증가되어 최적면적을 초과하게 되면 인장강도나 파열강도와는 달리 인열강도는 저하된다. 보편적으로 MD보다 CD의 인열강도가 높은 경향을 나타낸다.

각각의 초지법으로 제조한 한지의 인열강도 측정 결과를 Fig. 1에 나타내었다.

외발뜨기로 제조한 한지의 인열지수는 MD가 72.24 mN · m<sup>2</sup>/g, CD가 66.83 mN · m<sup>2</sup>/g으로 쌍발뜨기 한지의 19.20 mN · m<sup>2</sup>/g(MD) 및 25.38 mN · m<sup>2</sup>/g(CD), 일본식 홀림뜨기 한지의 25.94 mN · m<sup>2</sup>/g(MD) 및 58.12 mN · m<sup>2</sup>/g(CD), 가둠뜨기 한지의 46.82 mN · m<sup>2</sup>/g보다 양방향 모두 매우 높게 나타났다. 이것은 자연 탈수에 의해 지층이 형성되는 가둠뜨기나 자연 탈수 및 물질의 복합작용에 의해 지층이 형성되는 쌍발뜨기 및 일본식 홀림뜨기와는 달리, 외발뜨기 한지의 지층은 오직 물질에 의해 수많은 얇은 섬유층들이 교차 적층되어 형성되기 때문이라 사료된다.

일반적으로 종이의 인열강도는 CD가 MD보다 높은 경향을 보이며, 이러한 경향은 쌍발뜨기 한지 및 일본식 홀림뜨기 한지에서도 동일하게 나타났다. 그러나 외발뜨기 한지는 MD가 CD보다 높게 나타났는데, 이것은 "앞물질" 만으로 초지가 이루어지는 쌍발뜨기 및 일본식 홀림뜨기와는 달리 외발뜨기는 초지시 "앞물질

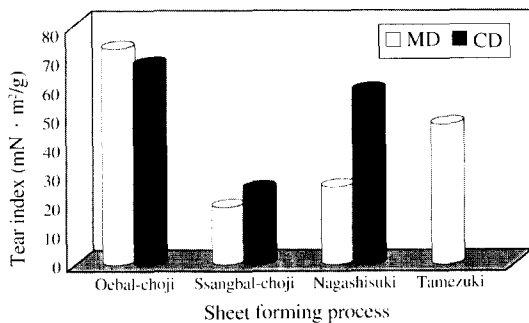


Fig. 1. Relationship between sheet forming methods and tear index.

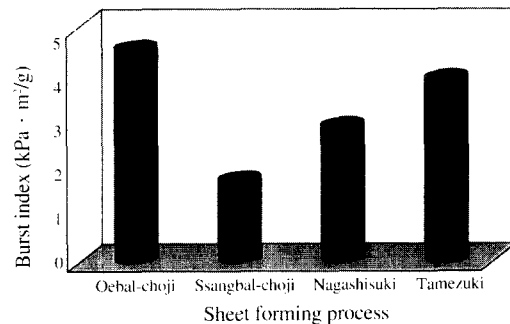


Fig. 2. Relationship between sheet forming methods and burst index.

질"보다 "옆물질"을 많이 하는 관계로 CD의 섬유배열이 증가되기 때문이라 사료된다. 일본식 흘림뜨기 한지의 경우 방향에 따른 인열강도의 차이가 크게 나타났는데, 이는 다른 한지보다 섬유의 배향성이 뚜렷함에 기인된 것이라 할 수 있다. 가둬뜨기 한지의 경우는 물질을 하지 않고 자연 탈수를 하므로 섬유가 무배향성인 관계로 방향에 따른 강도를 구분하지 않았다.

종이의 파열강도는 섬유장과 섬유간 결합이 깊이 관여하는 강도로서 닥펄프와 같이 길고 질긴 섬유로부터는 밀도가 낮고 파열강도가 높은 종이 제조된다.

각각의 초지법으로 제조한 한지의 파열지수를 Fig. 2에 나타내었다.

외발뜨기 한지의 파열지수는 4.53 kPa·m<sup>2</sup>/g으로 쌍발뜨기 한지의 1.73 kPa·m<sup>2</sup>/g, 일본식 흘림뜨기 한지의 2.88 kPa·m<sup>2</sup>/g 및 가둬뜨기 한지의 3.90 kPa·m<sup>2</sup>/g보다 높은 강도 값을 나타냈다. 특히 파열지수의 경우 섬유의 방향성이 적은 외발뜨기 한지와 방향성이 없는 가둬뜨기 한지가 다른 한지보다 높게 나타났다. 따라서 파열강도는 제조된 종이 중의 섬유배향과 매우 밀접한 관련이 있으며, 파열강도가 높은 종이를 제조하기 위해서는 섬유의 배향성을 최대한 줄이는 것이 바람직하다고 사료된다.

열단장은 단섬유의 강도, 섬유장, 지합 및 섬유간 결합의 양과 질에 의하여 크게 영향을 받으며 종이의 인장강도의 지표로 쓰인다.

외발뜨기 한지의 열단장은 MD가 7.10 km, CD가 7.40 km로 쌍발뜨기 한지의 4.25 km(MD) 및 2.10 km(CD), 일본식 흘림뜨기 한지의 7.24 km(MD) 및 2.59 km(CD), 가둬뜨기 한지의 4.17 km보다 높게 나타났다. 가둬뜨기를 제외한 나머지 한지에서는 MD와 CD간에 강도 차가 나타났으며, 섬유의 배향성이 적었던 외발뜨기 한지는 방향에 따른 강도의 차이도 적은

것으로 나타났다. 섬유의 배향성이 뚜렷한 쌍발뜨기 및 일본식 흘림뜨기 한지는 MD와 CD간의 강도 차이가 크게 나타났으며, MD가 CD보다 높은 강도 값을 나타냈다. 각 한지의 열단장은 Fig. 3에 나타내었다.

내절도는 종이의 접힘에 대한 저항, 내구성을 나타내는 것으로 고해가 증가할수록, 평량이 높을수록 증가하며, 펄프의 종류와 지합에 영향을 받는다.

외발뜨기 한지의 내절도는 MD가 629.8회, CD가 1,047.8회로 쌍발뜨기 한지의 39.3회(MD) 및 7.2회(CD), 일본식 흘림뜨기 한지의 226.6회(MD) 및 5.2회(CD), 가둬뜨기 한지의 26.7회보다 월등히 높게 나타났다. 섬유의 배향성이 뚜렷했던 쌍발뜨기 및 일본식 흘림뜨기 한지는 MD 및 CD간의 내절도 차이가 현저하였으며, MD가 CD보다 높은 값을 나타낸 반면, 외발뜨기 한지는 다른 한지와는 달리 CD 방향의 강도가 높게 나타났다. 이는 한지 초지시 "옆물질"의 횡수가 "앞물질"의 횡수보다 많은 외발뜨기 한지의 특성 때문이라 사료된다.

각각의 한지의 내절도를 Fig. 4에 나타내었다.

### 3.2 한지의 CLSM 관찰결과

각각의 초지법으로 제조한 한지의 섬유배향 상태를 알아보기 위해 CLSM을 이용, 각 한지를 두께방향으로 스캐닝하여 얻은 2차원 화상을 Confocal assistant 프로그램을 사용하여 섬유의 배향 상태를 입체적으로 재구성하였다. 이렇게 재구성한 각 한지의 3D 화상을 Fig. 5 및 Fig. 6에 나타내었다.

Fig. 5의 왼쪽 이미지에서 볼 수 있는 바와 같이 외발뜨기로 제조한 한지는 물질의 횡수만큼 단섬유층이 교차되게 적층되어 지층을 형성하고 있는 반면, Fig.

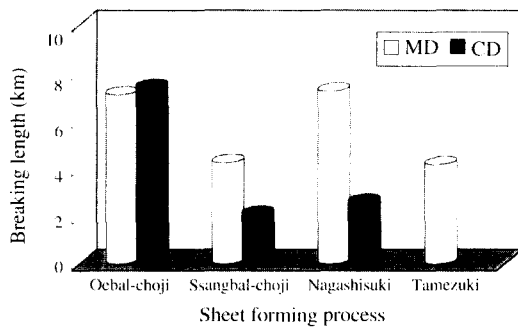


Fig. 3. Relationship between sheet forming methods and breaking length.

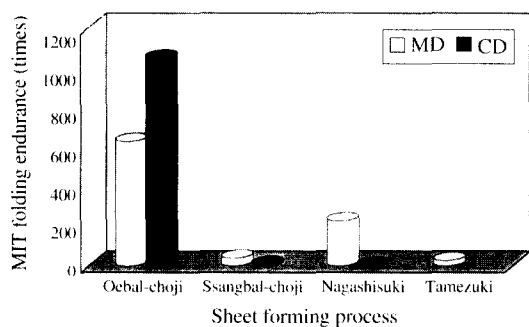


Fig. 4. Relationship between sheet forming methods and folding endurance.

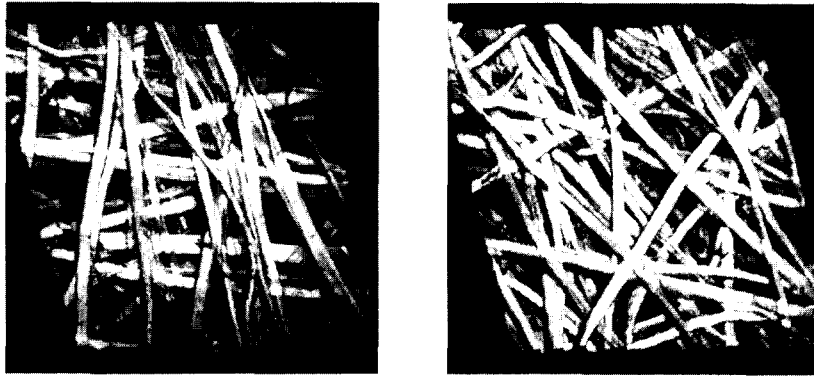


Fig. 5. 3D images of the Oebal-choji (left) and Ssangbal-choji (right) Hanji.

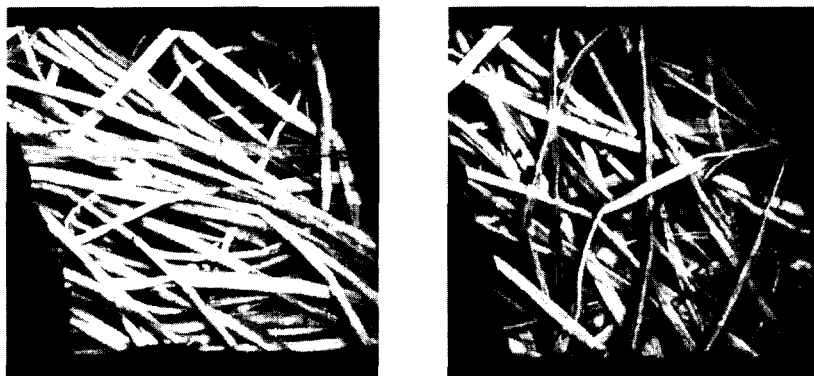


Fig. 6. 3D images of the Nagashizuki (left) and Tamezuki (right) Hanji.

5의 오른쪽 쌍발뜨기 및 Fig. 6의 왼쪽 일본식 흘림뜨기 한지는 대다수의 섬유들이 한쪽방향(MD)으로 배향되어 지층을 형성하고 있는 것을 관찰할 수 있었다. Fig. 6의 오른쪽 이미지인 가둠뜨기 한지는 제조시 물질을 하지 않고 자연 탈수를 하는 관계로 무배향성의 단섬유들이 상하로 서로 얽혀 지층을 형성하고 있는 것을 알 수 있었다.

외발뜨기로 제조한 한지가 다른 초지법으로 제조한 한지들에 비하여 월등히 높은 강도와 MD 및 CD간의 강도차가 적었던 이유는 그림에서 볼 수 있는 것과 같이 "앞물질"과 "옆물질"의 효과로 단섬유층이 교차되게 잘 적층된 구조를 가지기 때문이라 사료된다. 쌍발뜨기 및 일본식 흘림뜨기로 제조한 한지가 MD 및 CD간의 강도차가 컸던 것은 초지시 물질이 한 방향으로만 이루어지는 관계로 그림에서 볼 수 있듯이 섬유들이 한 방향으로 배향된 지층구조를 가졌기 때문으로 사료된다. 한편 물질을 하지 않고 자연 탈수하여 제조한 가둠뜨기 한지의 강도가 쌍발초지 및 일본식 흘림

뜨기 한지보다 비교적 높게 나타난 것은 그림에서 보는 바와 같이 섬유의 배향성이 없는 지층구조를 가지기 때문으로 사료된다. 따라서 한지의 강도를 향상시키기 위해서는 초지시 섬유의 배향성을 최대한으로 줄이는 방향으로 물질을 하는 것이 무엇보다 중요하다고 하겠다.

#### 4. 결론

본 연구는 현재 한지의 초지법으로 이용되고 있는 외발뜨기, 쌍발뜨기, 일본식 흘림뜨기 및 가둠뜨기로 초지된 한지의 물성을 구명하기 위하여 각각의 초지법으로 제조된 한지에 대하여 물리적, 광학적, 강도적 성질을 비교분석하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 비산란계수 값에 의거 한지의 지합을 평가한 결과, 외발뜨기로 제조한 한지가 가장 낮은 값을 나타내

- 어 다른 초지법으로 제조된 한지에 비하여 우수한 것으로 나타났다.
2. 초지법에 따른 한지의 강도를 분석한 결과, 외발뜨기로 제조한 한지가 쌍발뜨기, 일본식 흘림뜨기 및 가둠뜨기로 제조한 한지보다 월등히 우수하였다. 특히 불질을 하지 않고 자연 탈수하여 지층을 형성한 가둠뜨기 한지의 강도가 쌍발뜨기 및 일본식 흘림뜨기보다 비교적 높게 나타났는데 이것은 섬유유무배향성에 기인된 것으로 사료된다.
  3. MD 및 CD에 따른 한지의 물성차는 쌍발뜨기 및 일본식 흘림뜨기로 제조한 한지가 현저하였고, 외발뜨기는 적었으며 가둠뜨기는 섬유유무배향성으로 차이가 없었다. 외발뜨기로 제조한 한지의 MD 및 CD의 강도 값이 쌍발뜨기 및 일본식 흘림뜨기로 초지한 한지의 MD, CD 강도 값과 반대 경향을 나타내는 것은 “옆불질”이 주를 이루는 외발뜨기와 “앞물질”이 주를 이루는 쌍발뜨기 및 일본식 흘림뜨기의 물질의 차이에 의한 것이다.
  4. 각각의 초지법으로 제조된 한지를 CLSM을 이용하여 관찰한 결과, 외발뜨기 한지는 불질의 방향과 횡수만큼 섬유층이 잘 교차된 지층을 형성하고 있는 반면, 쌍발뜨기 및 일본식 흘림뜨기 한지는 물질방

향으로 섬유의 배향이 뚜렷한 지층을 형성하고 있었다. 한편, 가둠뜨기 한지는 섬유유무배향성이 없는 지층구조를 하고 있었다.

5. 따라서 한지의 강도 향상을 위한 초지법으로는 외발뜨기와 같이 초지시 섬유유무배향성을 최소화 하는 불질법의 채용이 바람직하다고 제안할 수 있다.

## 인 용 문 헌

1. 鄭善英, 조선초기 冊紙에 관한 연구 - 서적의 간행연대 추정을 위한 試圖 -, 연세대학교 석사학위논문 (1985).
2. 卍亨均, 한국전통기술의 국제화에 관한 연구 - 한지분야 -, 한국과학재단 최종보고서 (1995).
3. 紙パルプ技術協會, 和紙の製造・板紙の抄造, 紙パルプ技術協會, 東京, pp. 38-41 (1985).
4. 최태호, 닥나무를 이용한 새로운 전통한지의 제조, 충북대학교 박사학위논문 (1994).
5. 이일로, 지료 조성에 따른 뽕나무 한지의 지합 특성, 충북대학교 석사학위논문 (2000).