

전통한지 표면 및 단면의 현미경적 관찰

윤승락[†]

접수일(2015년 11월 4일), 수정일(2015년 12월 4일), 채택일(2015년 12월 6일)

Microscopic Observation of Surface and Cross Section of Korean Traditional Paper-Hanji

Seung-Lak Yoon[†]

Received November 4, 2015; Received in revised form December 4, 2015; Accepted December 6, 2015

ABSTRACT

To investigate fiber orientation of Korean traditional paper, Hanji, the fiber arrangements on the surface and cross section of Hanji were observed by scanning electron microscope (SEM). The surface observation showed that the fibers of traditional paper were arranged in vertical and horizontal directions, and those of ssangbal sheet forming were arranged more in vertical direction. The fibers of machine made Hanji and copying paper were usually arranged in vertical direction. As for the observation of cross section of traditional paper, fibers arranged in horizontal direction tended to be increased with the increase of thicknesses. The thick traditional paper have cracks in the middle part of structural section of paper. They were larger in cross section in horizontal direction than in vertical direction. The horizontal arrangement of traditional paper seemed to be about 8% to 14% higher to the vertical arrangement, which is very lower to other papers.

Keywords: Hanji, Korean traditional paper, surface, section, microscopic observation, fiber orientation, vertical and horizontal directions

• 경남과학기술대학교 인테리어재료공학과(Dept. of Interior Materials Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju, 52725, Korea)

† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: slyoon@gntech.ac.kr

1. 서론

종이는 중국의 채륜에 의해 발명되었고 한반도에 전파되었다. 처음에는 중국의 제지방법을 모방하다가 원료는 닥나무 인피섬유를 사용하였고, 흘림뜨기(외발뜨기)로 초지되어 중국의 선지(宣紙), 일본의 화지(和紙)와 비교할 수 없는 우수한 종이로 제조되었다. 천 년 전(751년 제조 추정)에 만들어진 국보 제 126호의 무구정광대다라리경이 그것을 증명해주고 있다.

한지, 선지, 화지는 초지방법이 다르기 때문에 차별화된다. 한지는 완전 흘림뜨기(외발뜨기), 화지는 반흘림뜨기(쌍발뜨기), 선지는 가둠뜨기의 초지방법을 사용하고 있다. 이 초지방법은 시트에 섬유가 퇴적 되는 과정의 차이로 섬유 배향이 다른 종이로 제조된다. 전보¹⁾에서는 전통한지의 중, 횡방향의 섬유 배열의 방향성을 구명하기 위하여 수록지, 기계지에 대한 물리적, 강도적 성질에 대해서도 검토하였다. 외발뜨기의 전통한지, 쌍발뜨기의 수록한지의 중, 횡 방향의 방향별 열단장과 인열지수의 강도적 성질은 다르게 나타났다. 방향별 강도적 성질에 대한 통계처리에서 전통한지, 쌍발뜨기의 수록한지, 기계한지, 복사용지, 신문용지 모두 95% 유의 수준에서 방향별 인장강도는 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 전통한지의 섬유 배향에 대하여 현미경을 이용하여 관찰할 필요가 있다고 생각된다.

펄프, 제지분야에 현미경을 이용하여 섬유^{2,3)} 및 고해된 섬유⁴⁾의 관찰은 광학현미경과 전자현미경이 사용되었고, 자외선현미경으로는 섬유의 탈리그닌⁵⁾이 구명되었다. 종이 단면의 현미경적 관찰은 도공층^{6,7)} 분석에 전자현미경이 이용되고 있다.

본 연구는 전통한지의 섬유 방향성을 구명하기 위해 주사전자현미경을 이용하여 전통한지의 표면과 단면의 섬유 배열에 대하여 관찰, 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

공시재료는 Table 1에서와 같이 평량이 다른 전통한지(외발뜨기, 흘림뜨기) 3종을 사용하였다. 전통한지와 비교하기 위해 수록한지(쌍발뜨기) 1종, 기계한지 1종, 복사용지를 공시재료로 사용하였다. 우리나라 전통기법인 외발뜨기로 제조된 한지는 재료(닥섬유, 황촉규) 및 모

든 제조공정(외발뜨기, 목판건조, 합지 등)이 전통적인 방법에 의해 제조된 전통한지이다. 전통한지 3종은 모두 합지로 제조되었다.

쌍발뜨기에 의해 제조된 수록한지는 닥섬유, 황촉규, 목판건조 등의 제조공정으로 만들어졌다. 기계한지는 단면에 의해 초지되었다. 복사용지는 시중에 판매되는 복사용지를 사용하였다. 각 공시재료의 평량 및 두께는 Table 1과 같다.

Table 1. Basic weights of papers

Paper	Basic weight (g/m ²)	Thickness (mm)
Korean traditional paper-Hanji (Owangbal sheet forming)	26.8	0.08
	37.2	0.11
	59.5	0.18
Hand made Hanji (Ssangbal sheet forming)	41.1	0.10
Machine made Hanji	39.7	0.09
Copying paper	75.0	0.10

2.2 실험 방법

2.2.1 종이 표면 관찰

전계방사형 주사전자현미경(FE-SEM, JEOL JSM-6701F)을 이용하여 전통한지(37.2 g/m²), 쌍발뜨기 수록한지, 기계한지, 복사용지 등 각 종이의 표면을 관찰, 분석하였다. 분석 전 각 종이 시료의 표면들은 플라티늄으로 코팅하였으며, 전계방사형 주사전자현미경에서 가압전압 10 kV, 작업거리 8 mm로 촬영하였다.

2.2.2 종이 단면 관찰

종이의 단면은 전계방사형 주사전자현미경을 이용하여 전통한지 3종(26.8 g/m², 37.2 g/m², 59.5 g/m²), 쌍발뜨기 수록한지, 기계한지, 복사용지에 대하여 관찰하였다. 전통한지와 쌍발뜨기 수록한지는 중(세로방향, vertical direction, VD), 길이가 짧은 방향을 횡(가로방향, horizontal direction, HD) 방향으로 하였다. 기계한지, 복사용지는 기계방향(machine direction, MD), 횡방향(cross direction, CD)에서 관찰하였다. 분석 전 각 종이 시료의 전단면은 단면 연마기(IB-09020CP)를 이용하여 아르콘 빔으로 절단하고, 그 단면을 플라티늄으로 코팅하여 전계방사형 주사전자현미경에서 가압전압 10 kV, 작업거리 8 mm로 촬영하였다.

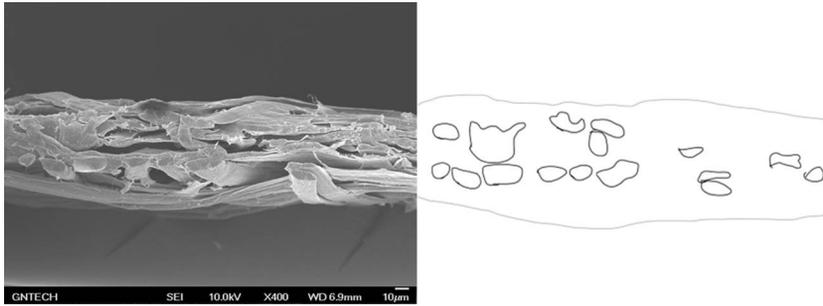


Fig. 1. Scanning electron micrography and mimic of paper section.

종이의 단면에서 섬유가 절단되어 횡단면이 보이는 섬유의 숫자로 부터 종 방향과 횡 방향의 비를 계산하기 위해 Fig. 1과 같이 현미경 사진을 모식도로 만들어 그 수를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 종이 표면

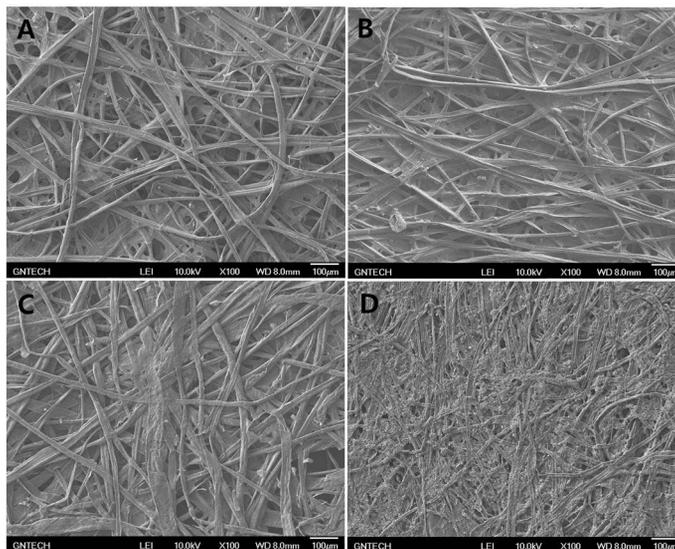
FE-SEM을 이용하여 전통한지(37.2 g/m²), 쌍발뜨기 수록한지, 기계한지, 복사용지의 표면 분석을 통해 종이 표면의 섬유 배향성을 관찰, 분석하였다.

Fig. 2는 100 배율, Fig. 3은 500 배율에서 관찰된 것

이다. Fig. 2에서 볼 수 있듯이 전통한지(A, 외발뜨기, 흘림뜨기)는 섬유가 종, 횡 방향으로 배열되어 있다. 쌍발뜨기 수록한지(B)는 섬유가 종 방향보다 횡 방향을 많이 배열되어 있는 것을 알 수 있다. 기계한지(C)와 복사용지(D)는 대부분 종 방향으로 섬유가 배열되어 있다. 기계지는 섬유 퇴적방법에 따라 과도한 섬유 배향으로 강한 배향성을 나타낸다.

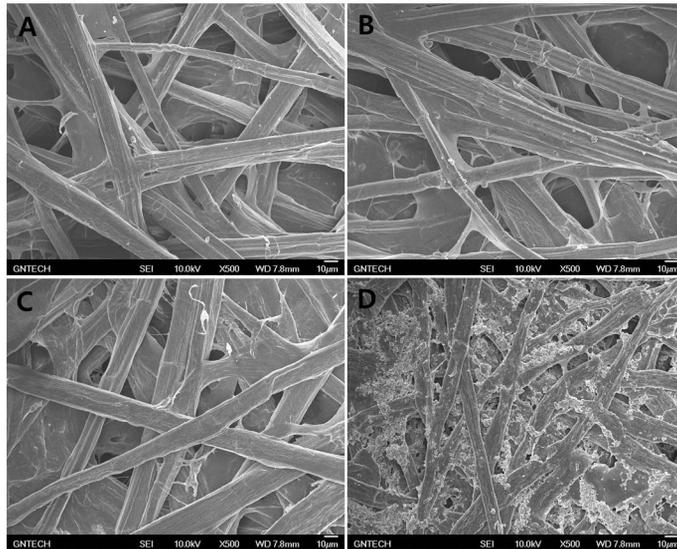
Fig. 3에서 전통한지(A)는 표층섬유와 내층섬유가 종, 횡 방향으로 퇴적되어 있는 것이 관찰되었다. 쌍발뜨기 수록한지(B)는 표층 및 내층의 섬유 모두 횡 방향으로 퇴적되어 있다. 기계한지(C)와 복사용지(D)는 종 방향으로 대부분의 섬유가 퇴적되어 있는 것을 알 수 있다.

이와 같이 섬유의 배향성이 다른 것은 초지 방법이 다



A: Owangbal sheet forming Hanji, B: Ssangbal sheet forming Hanji, C: Machine made Hanji, D: Copying paper

Fig. 2. Scanning electron micrography (×100) of paper surface.



A: Owngbal sheet forming Hanji, B: Ssangbal sheet forming Hanji,
C: Machine made Hanji, D: Copying paper

Fig. 3. Scanning electron micrography ($\times 500$) of paper surface.

르기 때문이다. 전통한지(A)⁸⁾는 발틀을 잡고 앞 물을 떠서 뒤로 흘러버린 다음 옆 물을 떠서 흘러버리는 동작을 오른쪽, 왼쪽 반복하여 초지한다. 쌍발뜨기 수륙한지(B)⁸⁾는 지료액을 발틀로 떠올려 앞, 뒤로 흔들면 발의 축 사이로 물이 여과되어 초지발 위에 섬유가 엉켜 지층이 형성되며 일정한 두께가 형성되면 지료액을 뒷쪽으로 버리는 방법으로 초지한다. 기계한지(C)와 복사용지(D)는 초지기 망의 주행속도에 의해 섬유가 망의 주행방법으로 배열된다. 이와 같이 초지 방법에 따라 각 종이 시료들은 고유한 섬유 배향성들을 가지기 때문에 각 종이 시료의 물성이 달라질 수 있다. 더불어 주사전자현미경을 이용한 표면 분석을 통해 각 한지의 초지 기법을 추정하는 것이 가능하다.

3.2 종이 단면

3.2.1 전통한지

전통한지의 단면은 평량 26.8 g/m^2 , 37.2 g/m^2 , 59.5 g/m^2 의 3종에 대하여 관찰하였다. Fig. 4는 평량 26.8 g/m^2 의 전통한지, Fig. 5는 평량 37.2 g/m^2 의 전통한지, Fig. 6은 평량 59.5 g/m^2 의 전통한지 단면 사진이다.

Fig. 4의 전통한지 종 방향의 횡단면에서 보는 섬유 수와 전통한지 횡 방향의 횡단면에서 보이는 섬유 수는 양 방향에서 비슷하게 관찰되었다. Fig. 5에서 전통한지 종

방향의 횡단면에서 보는 섬유와 전통한지 횡 방향의 횡단면에서 보이는 섬유의 수는 종 방향보다 횡 방향이 많게 관찰되었다. Fig. 6에서 또한 Fig. 5의 경우와 마찬가지로 전통한지 종 방향보다 횡 방향의 횡단면에서 보이는 섬유의 수가 더 많게 관찰되었으며, Fig. 5의 경우보다 그 차이가 보다 높았다.

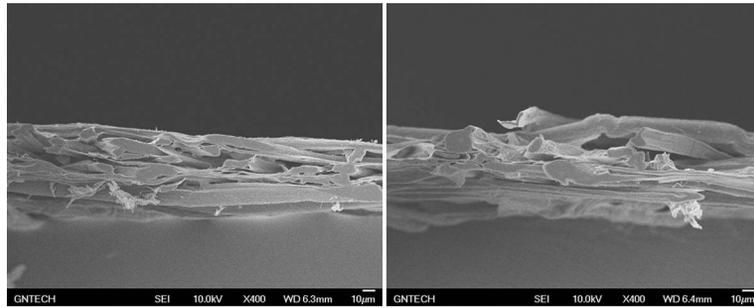
전통한지의 평량이 증가할수록 즉 전통한지의 두께가 두꺼워질수록 횡 방향으로 배열된 섬유가 증가되었다.

3.2.2 쌍발뜨기 수륙한지

Fig. 7은 쌍발뜨기 수륙한지의 단면이다. 수륙한지 종 방향에서 보이는 섬유와 횡방향의 횡단면에서 보이는 섬유의 수는 종 방향이 많게 관찰되었다. 이것은 지틀에 지료액을 올려놓고 앞뒤로 흔들어 지층을 형성하기 때문에 종 방향으로 배열된 섬유가 많다고 생각된다.

3.2.3 기계한지, 복사용지

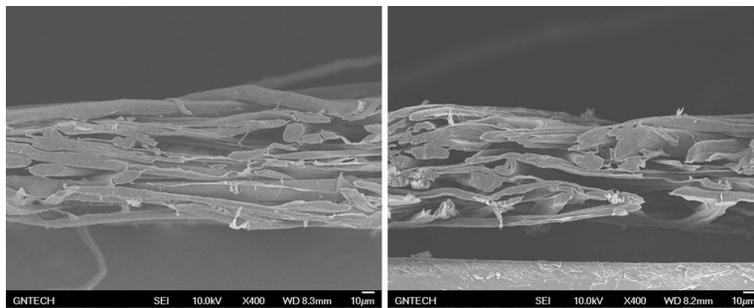
Fig. 8은 기계한지, Fig. 9는 복사용지의 MD, CD 단면의 현미경 사진이다. 기계한지와 복사용지는 초지기 때문에 제조되기 때문에 MD로 대부분 섬유가 배열된다. Fig. 8(기계한지), Fig. 9(복사용지)에서 MD 방향의 횡단면에서 보이는 섬유의 수가 CD보다 많게 관찰되고 있다.



Vertical direction

Horizontal direction

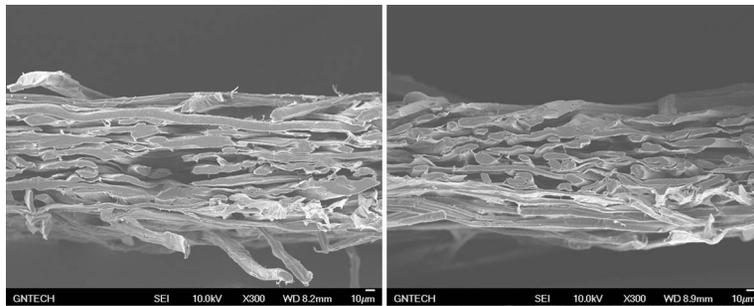
Fig. 4. Scanning electron micrography of Owangbal sheet forming Hanji (26.8 g/m²) section.



Vertical direction

Horizontal direction

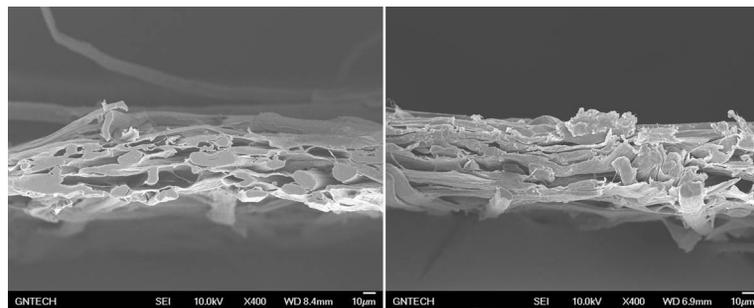
Fig. 5. Scanning electron micrography of Owangbal sheet forming Hanji (37.2 g/m²) section.



Vertical direction

Horizontal direction

Fig. 6. Scanning electron micrography of Owangbal sheet forming Hanji (59.5 g/m²) section.



Vertical direction

Horizontal direction

Fig. 7. Scanning electron micrography of Ssangbal sheet forming Hanji section.

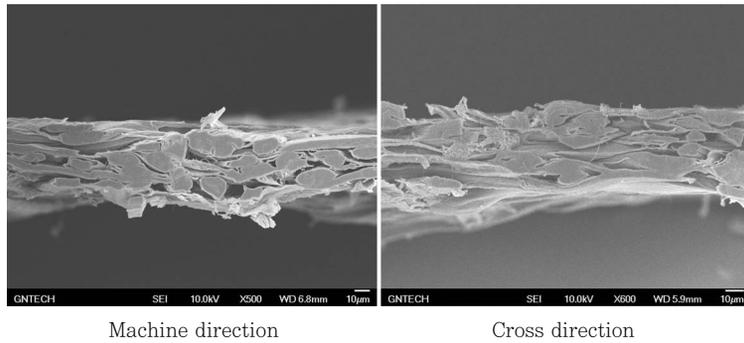


Fig. 8. Scanning electron micrography of machine made Hanji section.

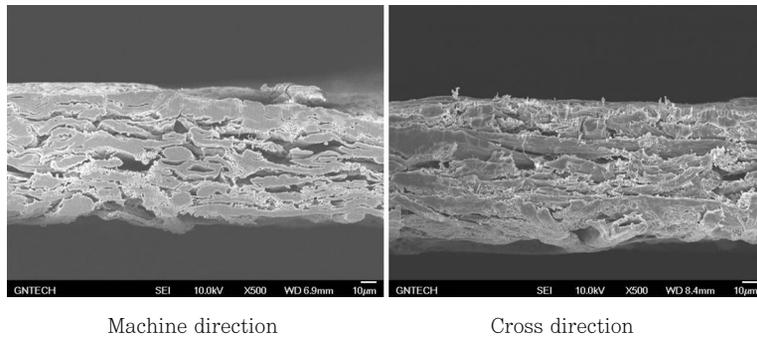


Fig. 9. Scanning electron micrography of copying paper section.

3.3 전통한지의 지층 구조

전통한지의 초지방법에서 선지 및 화지와 차별화되는 것은 습지 2매를 합지하는 것이다. 앞 물을 떠서 뒤로 버리고 하는 과정에서 앞면은 두께가 두껍고, 뒷면은 상대적으로 두께가 낮다.

앞, 뒷면의 두께를 같이하기 위해 먼저 제조된 습지에 다음 제조된 습지를 반대 방향으로 덮어 쉬워 2장을 합치는 것이다. 이렇게 형성된 지층을 전통한지(59.5 g/m²)의 단면(Fig. 10)에서 관찰하였다.

Fig. 10 중, 횡 방향 단면에서 화살 표시된 부분과 같

이 일직선으로 틈이 보이고 있다. 이와 같은 틈은 상, 하의 두 습지가 합지되는 과정에서 생긴 것으로 추정되고 있다. 이런 현상은 홀지로 제조되는 쌍발뜨기 수륙한지(Fig. 8)에서는 발견되지 않았다. 한편 종이 두께가 얇은 Figs. 4, 5에서는 그 틈이 확실히 관찰되지 않았고, 두께가 두꺼워진 지층에서 나타났다. 그리고 종 방향의 단면보다 횡 방향의 단면에서 틈이 큰 것이 관찰되었다.

틈이 생긴 것은 도침 공정에 의해 지층 조직을 치밀하게 할 수 있으며 그 공정에 의해 여러 기능성을 부여시켜 여러 용도로 사용되고 있다.

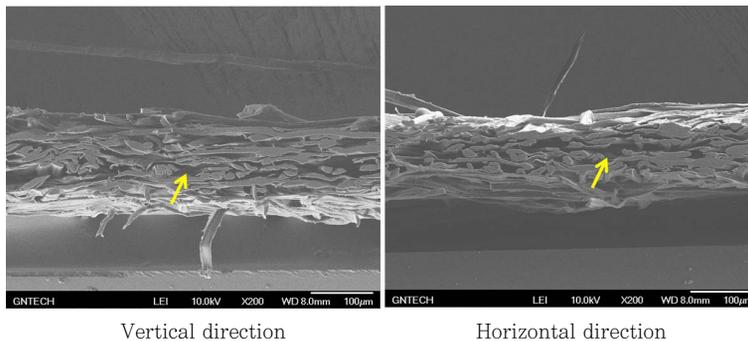


Fig. 10. Structure of Owangbal sheet forming Hanji (59.5 g/m²) section.

3.4 방향별 섬유 배열 비율

종이의 표면, 단층에서 섬유 배열 상태로 종, 횡 방향 및 MD, CD의 섬유 배열에 대하여 관찰되었다. 육안적 관찰로도 각 종이의 섬유 배향성을 분석할 수 있지만 Fig. 1에서와 같이 현미경 사진으로부터 모식도를 만들어 섬유 횡단면이 보이는 섬유의 비율을 방향별로 분석한 결과는 Table 2와 같다.

전통한지는 종, 횡 방향별 섬유 배열의 비율은 종 방향보다 횡 방향 배열이 약 8-14% 정도 높다. 두께가 두꺼워질수록 그 비율이 높아 졌다. 이것은 평량이 높을수록 좌, 우로 물질하는 횡수가 많아지기 때문으로 추정된다.

쌍발뜨기 수록한지는 종 방향으로 배열된 섬유가 62%로 횡 방향에 대하여 매우 높은 편이고, 전통한지에 비해 섬유의 배향성이 높다고 할 수 있다.

기계한지와 복사용지는 Fig. 2에서 보는바와 같이 대부분의 섬유가 MD로 배열된 것을 알 수 있다. 기계한지의 섬유배열은 73%가 MD로 배열되어 있고, 복사용지는 79%가 MD로 배열되어 있다.

전통한지는 전보¹⁾에서 방향별 강도적 성질에 대한 통계 처리에서 방향별 인장강도의 차이를 통해 종, 횡 방향의 섬유 배향성이 다름을 확인하였지만 전통한지의 섬유 배향성은 타 종이에 비해 매우 작았다. Han 등²⁾은 Image analysis에 의한 한지와 화지의 섬유 배향성 연구에서 한지는 섬유 배열 강도가 낮은 무배향성이라 보고하였다.

Table 2. Fiber array ratio of papers

Papers		VD:HD (%)	MD:CD (%)
Owangbal sheet forming Hanji	26.8 g/m ²	46:54	
	37.2 g/m ²	48:52	
	59.5 g/m ²	43:57	
Ssangbal sheet forming Hanji		62:38	
Machine made Hanji			73:27
Copying paper			79:21

VD: vertical direction, HD: horizontal direction, MD: machine direction, CD: Cross direction.

4. 결론

전통한지의 종, 횡방향의 섬유 배향성을 구명하기 위하여 표면과 단면의 섬유 배열에 대하여 주사전자현미경

으로 관찰한 결과는 다음과 같다.

1. 전통한지의 표면은 섬유가 종, 횡 방향으로 배열되어 있고, 쌍발뜨기 수록한지는 횡 방향보다 종 방향으로 섬유가 배열되어 있다. 기계한지와 복사용지는 대부분 종 방향으로 섬유가 배열되어 있다.
2. 종이 단면 관찰에서 전통한지는 두께가 두꺼워질수록 횡 방향으로 배열된 섬유가 증가되었다.
3. 두께가 두꺼운 전통한지는 지층의 중간부분에 일직선으로 틈이 발생되고, 종 방향의 단면에서보다 횡 방향의 단면에서 틈이 큰 것이 관찰되었다.
4. 전통한지의 종, 횡 방향별 섬유 배열의 비율은 종 방향보다 횡 방향 배열이 약 8-14% 정도 높고, 쌍발뜨기 수록한지는 종 방향으로 배열된 섬유가 62%이다. 기계한지의 섬유배열은 73%가 MD로 배열되어 있고, 복사용지는 79%가 MD로 배열되어 있다. 전통한지의 섬유 배향성은 타 종이에 비해 매우 적은 편이다.

사 사

“이 논문은 2015년도 경남과학기술대학교 대학회계 연구비 지원에 의하여 연구되었음”

Literature Cited

1. Yoon, S. L. and Ra, J. B., Orientation properties of Korean traditional paper-Hanji, Journal of Korea TAPPI 45(3):52-58 (2013).
2. Yoon, S. L., Microscopic observation of kenaf by optical and scanning electron microscope, Journal of Korea TAPPI 41(2):47-54 (2009).
3. Chio, K. H., Kim, A. R., Seo, J. H., and Cho, B.-U., Analysis on morphological characteristic of the alkali-swollen fiber using SEM, Proceeding of Fall Conference of the Korea TAPPI, p. 82 (2015).
4. Kojima, Y., Yoon, S. L., Kayama, T., Horino, M., and Takata, M., A study of production of CTMP from hardwood, Part 2. Morphological change of bisulfite-pretreated CTMP during

- refining stages, Japan TAPPI 42(4):52-66 (1988).
5. Kojima, Y., Yoon, S. L., and Kayama, T., De-lignification from the cell wall of wood fibers with ozone, Mokuzai Gakkaishi 43(8):697-701 (1988).
 6. Kim, C. H., Yoon, H. J., and Lee, H. L., Preparation of cross-sectional specimen for high resolution observation of coating structure and visualization of styrene/butadiene latex binder, Journal of Korea TAPPI 44(4):16-24 (2012).
 7. Sin, H. S. and Yoon, S. L., Properties of terra alba wallpaper, Proceeding of Fall Conference of the Korea TAPPI, p. 87 (2015).
 8. Jeon, C., Understanding, A Publishing Hangeul, pp. 273-288 (2012).
 9. Han, Y. H., Enomae, T., and Isogai, A., The study of Hanji and Washi fiber orientation using image analysis, Proceeding of Fall Conference of the Korea TAPPI, pp. 89-96 (2006).