

CLSM을 이용한 전통 수묵지의 형태학적 특성 비교

조 중 연[†] · 민 춘 기 · 이 선 호

Comparison of the Morphological Properties of the Traditional Handmade Papers Using CLSM

Jung Yeon Jo[†], Choon Ki Min, and Seon Ho Lee

ABSTRACT

The morphological properties of the traditional handmade papers made in Korea, China and Japan were identified using CLSM(Confocal Laser Scanning Microscope). It was shown that the primary and secondary wall of the Hanji fibers were separated. The lumen of the fibers was not observed. Dochim, a traditional way of Hanji calendering, was turned out to accelerate the separation of the two walls, by which the unique effects of Dochim could be obtained. There were no separation of the two walls in Chinese handmade paper and Japanese handmade paper. Lumen was not observed in Senji fibers but it was observed in Whasi fibers. It was postulated that the morphological properties of the fibers are closely related with the calligraphic writings or drawings properties of handmade papers.

1. 서 론

한국, 중국, 일본에서 제조되고 사용되는 전통 수묵지는 각각 한지, 선지, 화지로 불리우며 그 제조법과 사용원료가 다르고 특성 또한 다른 것으로 알려져 있다. 우리의 한지는 예로부터 우수성을 인정받아 왔으나 현재는 선지나 화지에 비해 시장성이 낮고 품질도 저하한 측면도 있어 이의 연구 개발이 시급하다. 한지의 물성과 발묵성 등에 대해서는 그동안 연구¹⁻³⁾가 진행된 바 있으나 대개 현상적인 측면을 다루었고, 다른 나라의 수묵지와는 비교 실험이 거의 이루어지지 않은 상태이다. 따라서 본 연구에서는 각국 수묵지의 구성 섬유를 1980년대 후반에 등장한 CLSM을 사용하여 해부학적으로 분석하여 이들 특성이 서화 특성에 미치는 영향

을 근본적으로 구명하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구를 위하여 국내외에서 시판되고 있는 한지, 화지, 선지를 현지에서 각각 3종류씩 구입하여 사용하였으며, 그 특성은 Table 1과 같다.

• 본 연구는 교육부 '99 전문대학 재정지원사업(특성화 2영역)의 일환으로 용인송담대학 연구지원금에 의해 수행되었음.
• 용인송담대학 제지공학과
†주저자(Corresponding author): e-mail: jjy@ysc.ac.kr

Table 1. Characteristics of handmade papers of Korea, China and Japan

		Raw Materials	Process	Remarks
Korea	K-A	Paper mulberry 100%	Oebal	Traditional hanji
	K-B	Paper mulberry 100%	Ssangbal	Modified hanji
	K-C	Paper mulberry 100%	Ssangbal	Modified hanji, Dochim
China	C-A	Chinese bast fiber(Cheongdanpi) +straw pulp	Ssangbal	Traditional Chinese handmade paper
	C-B	Chinese bast fiber(Yongsucho) +BSP	Ssangbal	
	C-C	Bamboo +BSP	Ssangbal	
Japan	J-A	Broussonetia kazinoki Sieb. 100%	Ssangbal	
	J-B	Edgeworthia papyrifera Sieb. 100%	Ssangbal	
	J-C	Wikstroemia Sikokiana Franch. et Sav. 100%	Ssangbal	

2.2 실험 방법

본 실험에 사용된 CLSM(Confocal Laser Scanning Microscope)은 서울대학교 농업생명과학대학 농업공동기기센터(NICEM)에 있는 Nikon Microscope가 부착된 Bio-Rad MRC 1024model이다. 광원은 488과 647 nm의 excitation 파장을 갖는 25 mW의 Kr/Ar ion laser였고, 섬유의 횡단면 화상을 얻기 위한 실험에서는 488 nm(BHS set) excitation filter가 이용되었고, 렌즈로는 60×oil immersion Plan Apochromatic objective lens(N. A. 1.4)가 사용되었다. CLSM은 32 Mb Ram과 1.2Gb Hard disk를 갖는 Pentium 150 MHz COMPAQ 컴퓨터에 연결되어 제어되었고, 얻어진 화상은 230 Mb의 optical disk에 저장

되었다. 최종 화상은 Codonics NP 1600 컬러 프린터에 의해 출력되었다.

2.2.1 섬유의 해리

CLSM 관찰에 이용된 시험편은 24시간 동안 물에 침지시킨 후, Disintegrator를 이용하여 75,000 revolution에서 해리하였다.

2.2.2 섬유의 염색 및 관찰

각 섬유의 염색은 다음과 같은 방법으로 실시하였다. 섬유의 횡단면 화상을 얻기 위해서 형광염료인 Acridine Orange를 사용하였다. 이 염료를 1 l의 증류수에 0.01g을 희석하였다. 물에 해리된 상태에 있는 섬유를 100 mesh 와이어상에 거

른 후, 걸러진 섬유를 희석된 형광 염료에 3분 정도 침지시킨다. 염색된 섬유는 다시 100 mesh 와이어 상에서 걸러진 후 과량의 염료를 제거하기 위해 수돗물을 이용하여 와이어상에서 철저히 세척되었다. 형광 염색된 섬유는 슬라이드상에서 건조 전후의 섬유의 횡단면 관찰에 이용되었다.

일회용 스포이드를 이용하여 염색된 섬유를 유리 슬라이드상으로 소량 옮기고 No. 1 cover glass를 덮는다. 이때 Scanning 동안 cover slide가 움직이는 것을 막고, 동시에 섬유의 건조를 막기 위해 매니큐어로 cover slide의 가장자리를 봉한다. 슬라이드 상에 건조된 섬유의 경우, immersion oil을 섬유에 소량 떨어뜨린 후 cover glass를 덮고, 매니큐어를 이용하여 역시 slide의 cover 가장자리를 봉한다. immersion oil은 섬유와 cover glass 사이의 굴절률 차이를 줄여 주기 위해서 mounting medium으로 사용되었다.

관찰 전에 다시 cover glass상에 immersion oil를 떨어뜨린 후 CLSM을 이용하여 원하는 화상을 얻었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 CLSM에 의한 섬유의 분석

3.1.1 한지 A(K-A)

한지 A에 사용된 닥나무의 인피섬유는 이차벽이 상당히 팽윤되어 있으며, 일차벽과 이차벽이 분리된 형태를 띠고 있다(Fig.1). 일부 문헌⁴⁾에는 닥

섬유는 얇은 투명막(Transparent Membrane)으로 감싸져 있고, 그 투명막은 일차벽의 일부라고 보고된 바 있다. 그러나 본 시험결과 투명막이라고 여겨지는 것은 관찰되지 않았다. 특히 일차벽은 이차벽의 둘레를 중심으로 띠를 두르고 있는 듯한 형상을 하고 있다. 그리고 섬유 내강(lumen)은 이차벽의 팽윤으로 Fig. 1에서 보는 바와 같이 내강의 윤곽만이 관찰되었다. 이와 같은 닥섬유의 형태학적 특징으로 인해 한지에 먹물을 적용시켰을 때, 세포벽이 먹물을 다량으로 보유하는 것으로 생각된다.

3.1.2 한지 B(K-B)

Fig. 2에서 볼 수 있는 바와 같이 한지 B의 닥섬유는 한지 A의 닥섬유와는 달리 섬유의 이차벽이 극도로 팽윤되어 일차벽에 접해 있으며, 섬유 내강도 관찰되지 않았다.

3.1.3 한지 C(K-C)

닥나무 섬유가 갖는 독특한 형태를 역시 지니고 있었다. 즉, 섬유벽의 대부분이 팽윤된 형태로 띠고 있어 세포 내강의 형태를 구별하기 힘들고, 이들을 중심으로 섬유 외벽(일차벽)이 분리되어 띠를 두르고 있는 형태를 띠고 있다(Fig. 3). 일차벽과 이차벽이 분리된 구조는 단일 섬유의 표면 구조를 보여 주는 화상에서도 쉽게 관찰할 수 있다(Fig. 4). 팽윤된 이차벽의 크기는 한지 A나 한지 B에 비해 다소 작게 관찰되기는 했지만, 대체로 섬유벽의 팽윤이 비대하게 이루어졌다. 보통 한지 초지

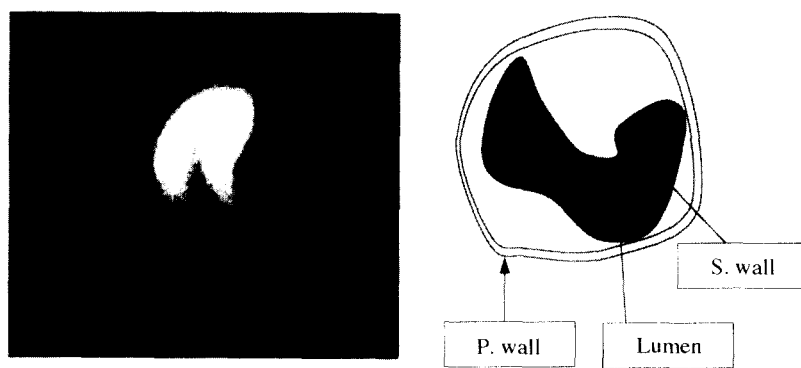


Fig. 1. The cross sectional image & schematic diagram of Hanji A(K-A) fiber by CLSM.

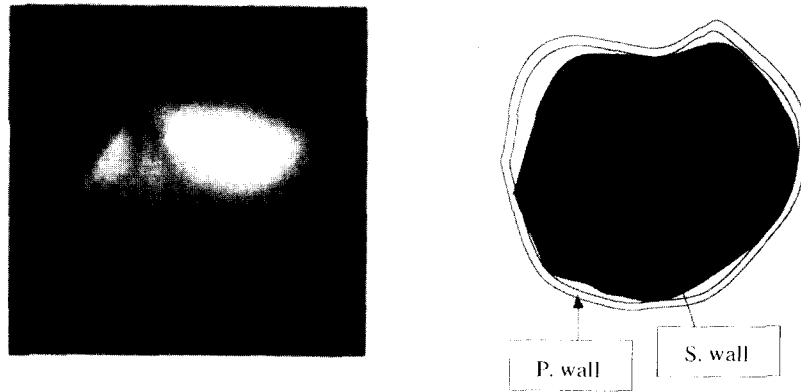


Fig. 2. The cross sectional image & schematic diagram of Hanji B(K-B) fiber by CLSM.

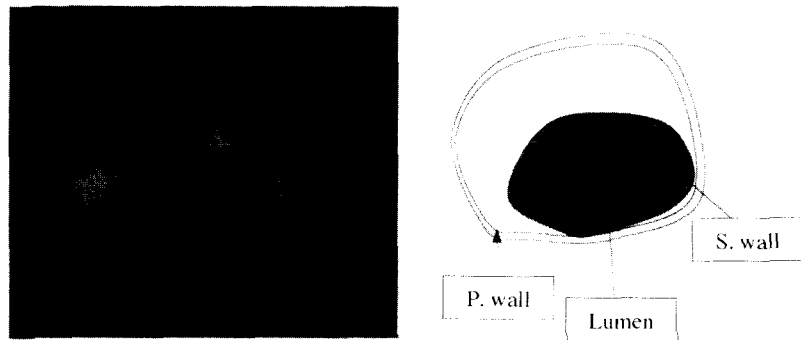


Fig. 3. The cross sectional image & schematic diagram of Hanji C(K-C) fiber by CLSM.

중의 도침 과정 동안 섬유 내벽의 피브릴화가 일어나 물의 흡수를 촉진하는 것으로 알려져 있다. 그러나 도침 과정 후 건조 과정을 거친 섬유는 각질화 기작이 일어나 물에 재함침했을 시 섬유벽의 팽윤을 미도침시보다 다소 저해한 것으로 보인다.

CLSM을 통해 얻어진 닥나무 섬유의 횡단면 섬유를 비교하여 보았을 때, 닥나무 섬유가 물에 함침되었을 때 발생하는 섬유벽의 팽윤이 일반 필프 섬유에 비해 매우 비대해 진다는 사실은 먹물을 적용했을 때 단위 섬유가 먹물(혹은 잉크)을 담고 있는 능력이 필프 섬유에 비해 훨씬 좋다는 사실을 입증하는 증거가 될 것이다.

도침 과정을 거친 한지 C를 구성하는 섬유들의 횡단면으로부터 알 수 있는 사실은 도침을 통해 섬유벽의 유연화가 촉진되어 섬유들 사이의 결합이 촉진되고, 이웃한 섬유들 사이가 거리가 미도침시

보다는 다소 가까워지기 때문에 먹물의 전이 속도를 개선시키는 효과를 가져올 수 있을 것이다. 그러나 섬유벽의 두께와 섬유들 사이의 공극이 도침 과정을 거쳤다고 할지라도 여전히 선지나 화지 섬유에 사용된 것들보다 큰 형태로 유지하고 있기 때문에 먹물의 변질 현상은 크게 일어나지 않고, 오히려 먹물의 농담을 더 개선시킬 수 있는 효과가 있을 것으로 사료된다.

3.1.4 선지 A(C-A)

청단피 섬유와 벗짚 섬유가 혼합된 선지 A의 CLSM 화상과 그 모식도를 Figs. 4, 5, 6에 나타내었다. 청단피 섬유의 횡단면 크기는 벗짚 섬유에 비해 훨씬 더 컸고, 일부 청단피 섬유에서는 섬유 내강으로 보이는 형태가 관찰되었다. 이에 반해

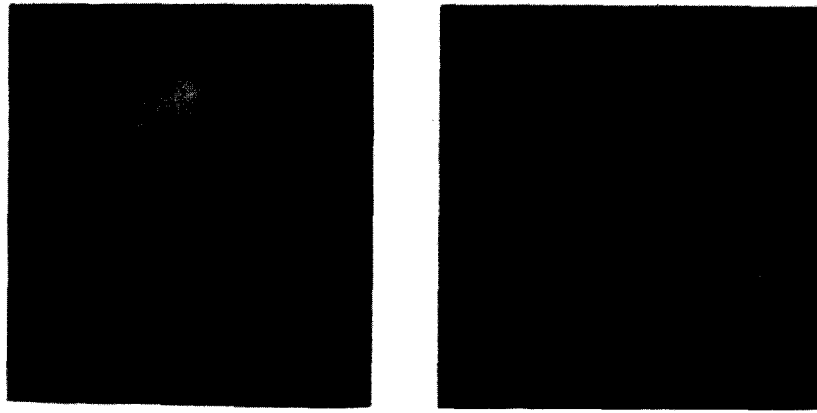


Fig. 4. The cross sectional image of Senji A(C-A) fiber(Cheongdanpi) by CLSM.

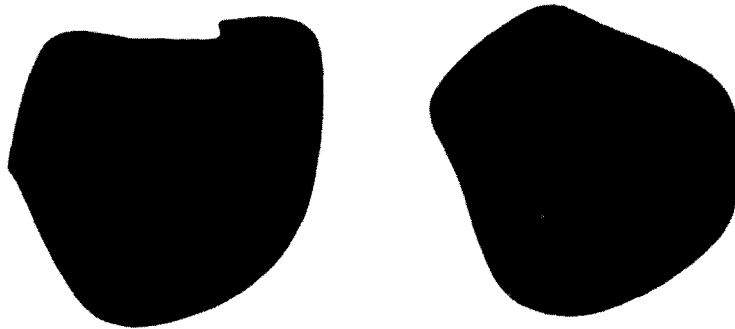


Fig. 5. The schematic diagram of Senji A fiber(Cheongdanpi).

벗짚 섬유의 횡단면은 부정형의 둥근 모양을 띠고 있었고, 횡단면의 전체 크기는 청단피 섬유에 비해

훨씬 작게 관찰되었다. 물에 팽윤된 상태에서 닥나무 섬유(한지 섬유)의 섬유벽 두께를 이들 섬유와



Fig. 6. The cross sectional image of Senji A fiber(straw pulp) by CLSM.

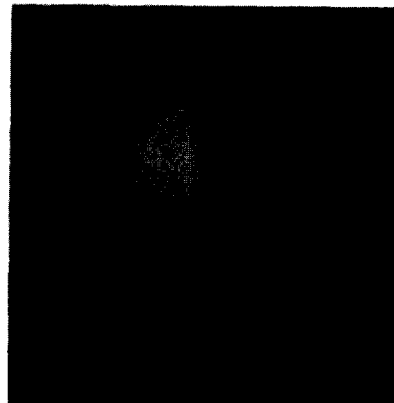


Fig. 7. The cross sectional image of Senji B(C-B) fiber(Yongsucho) by CLSM.

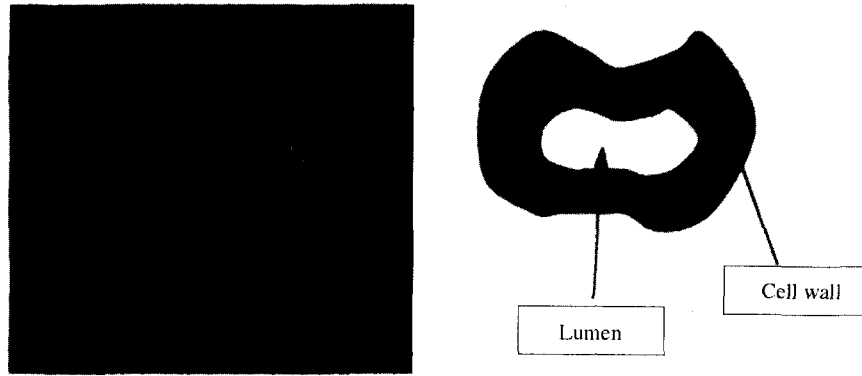


Fig. 8. The cross sectional image & schematic diagram of Senji B fiber(wood pulp) by CLSM.

비교해 보면, 청단피나 벗짚의 섬유벽 두께가 대나무 섬유의 두께보다도 훨씬 작게 관찰되었다. 이러한 결과는 닥섬유가 청단피 섬유 또는 벗짚 섬유보다 먹물을 보유하는 능력이 우수하다는 사실을 뒷받침해 주는 근거가 될 것이다.

3.1.5 선지 B(C-B)

용수초 섬유와 목재 섬유(화학 펄프)의 혼합 섬유로 제조한 선지 B의 CLSM 화상과 그 모식도를 Figs. 7, 8에 나타내었다. 화학 펄프는 세포벽과 섬유 내강 사이가 명확하게 구분되어 있지만, 용수초 섬유는 벗짚 섬유와 같이 섬유 내강의 존재

를 확인하기 어려웠으며, 크기도 목재 섬유에 비해 훨씬 작게 관찰되었다. 용수초 섬유의 횡단면 모양은 타원형, 원형 등 다양한 형태를 지니고 있었다. 선지의 주요 구성 섬유가 세포벽의 크기면에서 작은 용수초 섬유로 구성되어 있기 때문에 먹물을 보유하는 능력이 닥섬유에 비해 많이 떨어질 것으로 사료된다.

3.1.6 선지 C(C-C)

목재 섬유(화학 펄프)와 대나무 섬유의 혼합 섬유로 제조한 선지 C의 CLSM 화상과 그 모식도를 Fig. 9에 나타내었다. 대나무 섬유의 횡단면

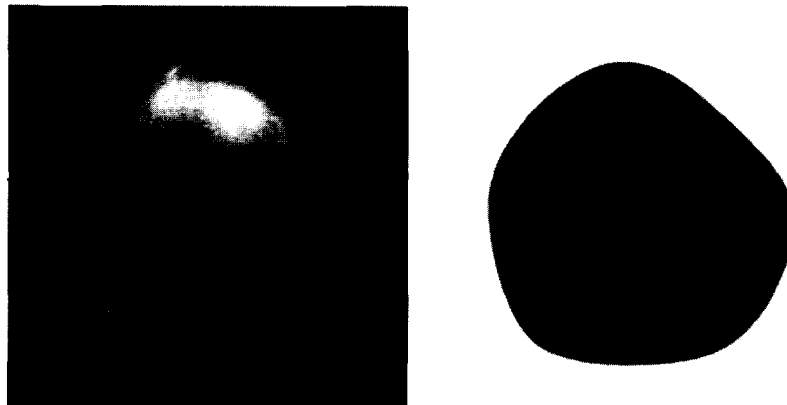


Fig. 9. The cross sectional image & schematic diagram of Senji C(C-C) fiber(bamboo pulp) by CLSM.

구조 역시 목재 섬유와 큰 차이를 보였다. 벗짚 섬유나 용수초 섬유와 유사한 구조를 지니며, 크기도 목재 섬유에 비해 매우 작게 관찰되었다. 따라서 대나무 세포벽의 두께가 닥섬유의 두께보다 작기 때문에 먹물의 보유 능력이 닥섬유에 비해 많이 떨어질 것으로 사료된다.

3. 1.7 화지 A(J-A)

닥섬유를 주원료로 하여 제조한 화지 A는 한지의 닥섬유 구조와 마찬가지로 일차벽과 이차벽이 분리되어 있었고, 이차벽의 팽윤이 크게 진행되어 있었다.

3. 1.8 화지 B(J-B)

삼지 닥나무 인피섬유로 제조한 화지 B의 CLSM 화상과 그 모식도를 Fig. 10, 11에 나타내었다. 삼지 닥섬유의 횡단면 구조는 목재 섬유의 구조와 유사하였다. 그러나 세포벽이 팽윤되었지만 전체적인 횡단면의 크기가 닥섬유에 비해 작아 먹물을 흡수하여 보유하는 능력이 닥섬유에 비해 매우 떨어져서 먹물의 번짐 현상이 가속되는 것으로 판단된다.

3. 1.9 화지 C(J-C)

산닥나무 인피섬유로 제조한 화지 C의 CLSM 화상과 그 모식도를 Fig. 12에 나타내었다. 산닥나무 섬유의 횡단면 구조도 목재 섬유의 구조와

유사하였다. 삼지 닥섬유와 비교할 때 팽윤된 세포벽의 두께가 훨씬 작았다. 이는 섬유 건조시 섬유의 수축을 가속화시켜 종이의 고밀화를 증가시킴을 의미한다. 산닥나무 섬유의 횡단면 크기도 삼지 닥나무 섬유와 마찬가지로 닥섬유에 비해서 매우 작아 먹물의 번짐 현상을 가속화시킬 것으로 사료되었다.

4. 결론

한국, 중국, 일본 수묵지를 구성하고 있는 섬유의 형태학적 특성을 CLSM을 사용하여 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 한지는 일차벽과 이차벽이 분리된 형태를 보였고, 내강은 거의 관찰되지 않았다.
2. 한지 고유의 가공 방법인 도침 처리는 일차벽과 이차벽의 분리를 촉진시켰으며, 이 현상에 의해 도침의 독특한 효과가 나타나는 것으로 판단된다.
3. 선지의 주요 구성 섬유는 모두 일차벽과 이차벽이 분리되지 않았으며, 내강 또한 관찰되지 않았다.
4. 화지의 주요 구성 섬유는 일차벽과 이차벽이 분리되지 않았으며, 내강이 관찰되었다.
5. 한지, 선지, 화지의 구성 섬유는 일차벽과 이차벽의 분리양상과 내강의 존재형태가 달라, 물리적 특성과 흡습성, 발묵성 등의 서화 특성이 근본적으로 다를 것으로 판단된다.



Fig. 10. The cross sectional image of Hwaji B(J-B) fiber by CLSM.

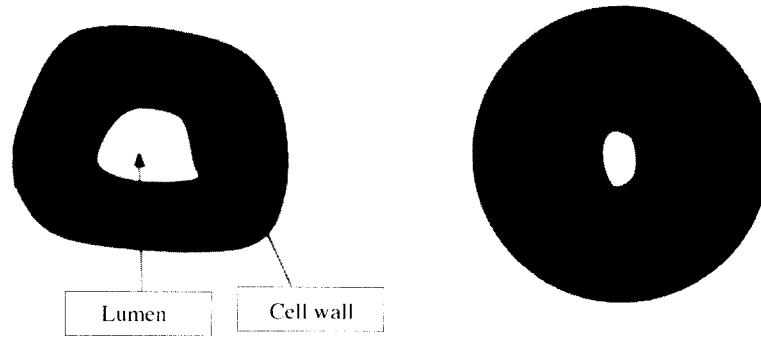


Fig. 11. The schmatic diagram of Hwaji B fiber.

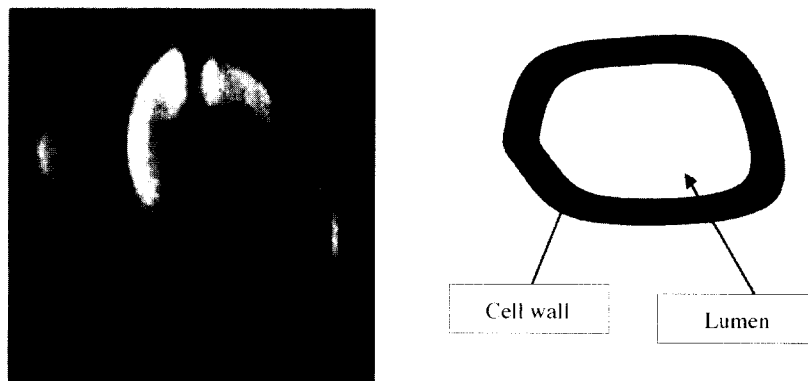


Fig. 12. The cross sectional image & schematic diagram of Hwaji C(J-C) fiber by CLSM.

인용문헌

1. 전철, 김성주, 화선지 개발에 관한 연구(1) -발목현상과 관능시험-, 목재공학 26(1):51 (1998).
2. 전철, 대나무 펄프를 이용한 화선지 개발에 관한 연구, 목재공학(2):43 (1992).
3. 전량, 한지용도에 따른 물성의 표준화 기술 개발에 관한 연구, 통산산업부 중간보고서 (1998).
4. Pfäffli, M. I., Fiber Atlas, Sprirger Verlag, pp. 348- 349 (1994).