

〈染色加工技術〉

재인식되어야 할 섬유과학기술의 방향과 역할¹⁻¹⁵⁾

김지주 · 김공주* · 박병기*

낙양직물(주)

*전북대학교 공과대학 섬유공학과

섬유와 인류의 관계는 실로 5,000년이 넘는다. 「섬유」라고 하면 많은 사람들이 「의복」만을 연상한다. 따라서 의복이 왜 그렇게 대단한 기술이며 과학이겠는가 하고 반문하는 사람도 있다. 이는 의복이라는 단순한 개념의 섬유만을 상상하기 때문이다. 장구한 의복의 역사가 곧 섬유의 역사라고 생각하는 것 또한 무리는 아니다. 그런데 최근 우리의 경제부흥에 가장 큰 공헌을 한 산업이 섬유산업이라는 데는 이의가 있을 수 없다. 지금 세계의 섬유산업은 내실 크나큰 변화를 일으키고 있다. 이는 장구한 세월동안 축적되어 온 섬유기술이 새로운 첨단산업을 탄생시키고 새로운 산업분야를 형성시키고 있기 때문이다. 지금 섬유산업은 르네상스를 맞이하고 있다는 것이 현실이며, 섬유기술은 고차원적인 첨단기술시대를 열어가고 있다. 선진제국들은 중요한 테크놀로지의 하나로 신소재공학 기술을 열어가고 있다.

그 예로서 항공, 우주, 해양, 원자력, 토목, 건축 분야 등에서 요구하고 있는 고강도 고탄성의 섬유, 내열, 방염, 내부식성인 즉 내환경성의 섬유, 일렉트로닉스 분야의 도전성, 압전성, 광전성, 방사선 차단성, 흡진성, 도광성의 특수기능섬유, 라이프사이언스분야의 생체적합성, 혈액적합성, 고분리기능성 등과 같은 바이오섬유, 이 모든 것들은 21세기 각 분야의 첨단공학을 실현시키는데 필요불가결한 것들이다.

우리의 의복도 21세기에는 기능에 맞는 고감성, 고기능성 섬유가 아니면 안될 것이다. 지금도 첨단과학에서는 이러한 섬유를 요구 등장시키고 있는 것이 현실이다. 날로 치열한 경쟁이 가속화 되고 있는 첨단과학 분야에서는 심각한 과제로 대두되

고 있다. 이러한 현실 속에서 섬유기술이 그 일역을 담당해야 한다는 것은 자명한 일이다. 이젠 스포츠, 예술까지도 과학의 힘을 빌리지 않으면 안되게 되어 있다. 우리는 지금 정보화시대에 살고 있다. 각 분야에서 사용하고 있는 기구와 가계는 어떠한가 생각해 보자. 즉 우주셔틀, 인공위성, 우주복, 방탄조끼, 헬멧 등에 이르기까지 강하고 가벼운 수퍼섬유가 없다면 어떻게 되겠는가, 수도물을 깨끗하게 하고 맛있게 할 수 있는 여과 정수기의 부포도, 인체에 이로운 식물섬유와 음료섬유도, 연약한 토양을 보강하는데 사용하는 많은 부직포도, 자동차의 방열, 내열, 미관, 경량화, 내충격성인 섬유도, 혈액정화(인공신장), 간염월스 분리를 위한 중공사도, 인공혈관 등 첨단의료분야에서 요구하는 고기능성 섬유가 필요하며, 또 현대 스포츠 용구에서도 고강도, 안전성, 고기능성 섬유가 필요하다. 모두 열거하자면 끝이 없다. 초극세섬유, 인공피혁, 광파이버, 금속섬유 등도 첨단과학분야에서 빼놓을 수 없는 새로운 섬유라는 것을 누구나 다 알고 있다. 선진국이라고 하는 미국, 일본, 독일, 프랑스, 이태리까지도 하나같이 섬유산업의 튼튼한 기반위에서 산업의 부흥과 국가경제를 일으켰다. 지금도 이들 국가들은 섬유산업의 기초를 더욱 튼튼히 하고 국가의 정책으로도 크게 배려하여 많은 연구 투자를 계속하고 있다. 이렇게 하여 첨단기술산업의 일역을 담당하게 하고 있다.

우리도 첨단기술산업의 기초를 올바르게 정립하기 위해서는 범국가적으로 적극적인 배려를 해야 할 것이다. 현재 우리나라의 섬유산업은 참으로 높은 수준에 있다고 할 수 있다. 그러나 세계를 석권하기에는 아직도 미약하다. 그렇지만 세계에 내놓고

국제경쟁을 한번 해볼 수 있는 전략산업도 바로 섬유산업이라고 생각한다. 따라서 우리는 더욱 적극적인 정책과 투자연구를 수행함으로써 제의 경제부흥이나, 첨단소재개발도 섬유기술로 해내야 된다고 생각한다.

참고로 1988년도의 일본경제활동분야 분석통계표를 소개한다(그림 1). 여기서 알 수 있는 바와 같이 첨단산업에 중점을 둔 국가들은 섬유산업을 중시하고 있다. 지금도 제2위는 섬유산업임을 알 수 있다. 우리도 이 섬유산업을 더 발전시켜야 함은 물론이고, 섬유소재첨단공학을 활성화 시켜야 할 것이다. 또 국가적으로는 섬유첨단소재연구원 같은 기관을 만들어 과학기술발전을 가속화 해야되며 국제화의 시대적인 배경하에서 정책을 전개해야 할 것이다. 이러한 중대한 사안을 소홀히 해서도 안되며, 충분한 대비를 하지 않으면 안된다. 지금부터 전개될 새로운 기능성 섬유에 대한 기대는 대단한 것들이다. 이제는 자원을 가진 국가나, 자원을 가공할 수 있는 기술 국가만이 세계를 지배할 수 있다.

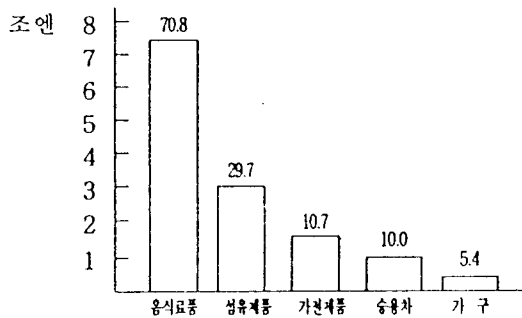


그림 1. 주요상품의 연간 판매금액(1988년도)
(日, 通商産業省 「商業統計 1988年」에 의함).

다음은 섬유에 대한 기초적인 사항을 살펴보고, 그 중요성을 알아보기로 한다.

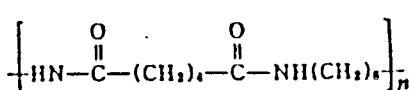
섬유를 구성하는 물질은 탄소섬유, 글라스섬유, 금속섬유 등 특수섬유를 제외하고 모두 유기계의 직쇄상고분자로 되어있으며, 이는 사용범위가 가장 넓은 것 중의 하나이다. 섬유화학의 기초는 고분자화학에서 찾아 볼 수 있다. 섬유를 형성하는 고분자는 수많은 직쇄상고분자들이 섬유의 형성능력을 갖고 있으며 실제 섬유로 사용되는 고분자는 다음과 같은 공통적 특성을 갖고 있다.

- 첫째: 극성기를 갖고 있기 때문에 분자간의 힘이 크고
- 둘째: 분자간의 대칭성이 좋아서 결정성을 갖고
- 셋째: 분자량이 아주 크고 강한 인장강도를 갖고 있다.

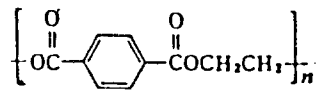
삼대 천연섬유인 면, 견, 양모를 구성하는 천연고분자를 살펴보면 면은 셀룰로오스(Cellulose), 견은 피브로인(Fibroin) 양모는 케라틴(Keratin)으로서, 모두 위의 조건을 만족하고 있다. 그리고 합성고분자로 구성된 삼대 합성섬유인 나일론, 폴리에스테르, 아크릴도 다음과 같이 위의 조건을 만족하고 있음을 알 수 있다.

또 섬유란 그 특성에 따라 의류용과 산업용으로 대별할 수 있다. 적당한 강도, 적당한 유연성이 인체에 잘 어울리는 것은 의류용으로 분류되며 천연섬유의 대부분이 이에 해당된다. 다음 표는 의류용 섬유의 결정화도를 나타낸 것이다(표 1).

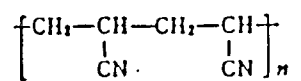
천연섬유는 분자간의 힘이 크고 결정화도가 커서 의류용으로 충분한 성능이 있음을 알 수 있다. 이를 구성하고 있는 고분자쇄도 적당한 유연성과 강도를 갖고 있는 것이 특성이다. 한편 산업용 소재는 섬유가 가늘고 길다고 할 수 있는 일차원적 형



(Nylon)



(Polyester)



(Acryl)

표 1. 대표적인 의류용 섬유의 결정화도

종 류	결 정 화 도 (%)
면	50 ~ 70
라미	40 ~ 60
레이온	30 ~ 50
양모	20 ~ 40
PAN	20 ~ 30
PET	40 ~ 70

상을 갖고 있으며 이 특성을 이용하여 분자를 가급적 길이 방향으로 배열시켜서 길이 방향으로 탄성율이나 강도를 높여준 것이다. 따라서 강직성이 있는 고분자로 이루어 졌다. 고강도, 고탄성을 섬유들도 소재가 되는 고분자의 요건인 분자특성은 의류용 섬유의 기본과 변함은 없다. 그러나 섬유의 형태는 종류에 따라 다른 특징이 있다. 즉 면, 견, 양모 등과 같은 천연섬유는 그의 단면이나, 크기나, 형이 일정치 않으며 섬유의 굵기(섬도)도 모두 다르다. 다음에 섬유의 중요한 성질인 강도와 신도에 대해서 살펴보자. 강도의 SI 단위는 기가파스칼(GPa)이 있으며 gr/d도 옛날부터 사용되어온 단위이다. gr/d는 섬유중량당의 강도 혹은 탄성률을 나타내는 단위이다. 한편 GPa는 섬유의 단면적당의 탄성율을 나타내는 단위이며 이 두 단위와의 관계는

$$1 \text{ GPa} = 10^{10} \text{ dyn/cm}^2 = 1.0197 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

$$1(\text{gr/d}) = \frac{11.3}{\text{밀도}(\text{gr/cm}^3)} \times \text{GPa이 된다}$$

섬유가 갖는 강도란 겨우 수 gr/d 정도이다. Denier는 단위길이 당의 중량이기 때문에 밀도가 다른 것을 비교할 때는 주의할 필요가 있다.

예를 들면 gr/d의 단위를 이용할 때 보통 나일론은 9.5 gr/d이며, 3.5 gr/d이다. 그런데 단위면적당으로 계산할 때는 나일론이 103 kg/mm²이고 강철은 248 kg/mm²이 된다. 이처럼 단위면적당으로 볼 때는 강철이 더 강하다. 보통섬유는 단위면적당 방식으로 계산하면 일반적으로 값이 떨어진다. 최근에 개발된 슈퍼섬유중 하나인 「케블라」는 25 gr/d 이상의 강도를 갖고 있으며, 밀도 1.5 gr/cm³를 써서 계산해보면 단위면적당 강도가 338 kg/mm²이나 된다. 이는 강철보다 훨씬 강한 것이다. 반면에 신도는 섬유를 인장시켜 끊어질 때까지 힘을 가하여, 그 섬유가 늘어난 정도를 신도라 한다.

$$\text{신도}(\%) = \frac{\Delta \ell}{\ell} \times 100$$

(ℓ : 원래의 섬유길이, Δℓ : 늘어난 길이)

많은 섬유가 10% 이상의 신도를 갖고 있다.

표 2. 3대 천연섬유와 3대 합성섬유(의류용)의 섬유성능 비교표

섬유종류	비 중	인장강도(g/d)		건조신도 (%)	young율 (g/d)	신도의 회복율 (%)	흡습도 (%)	내열성
		건 조	습 율					
양 모	1.32	1.0~1.7	0.76~1.67	25~35	11~25	99	16	205°C에서 눌기시작
견	1.33~1.45	3.0~4.0	2.1~2.8	15~25	50~100	54~55	9	275~456°C 에서 연소
면	1.54	3.0~4.9	3.3~6.4	3~7	68~93	74	7	150°C에서 분해
나 일 론	1.14	4.7~6.7	3.9~5.7	38~50	10~	95~100	3.5~5.0	연화점 180°C
폴리에스 테 르	1.38	4.4~5.5	4.4~5.5	40~50	25~45	85~95	0.4~0.5	연화점 238~240°C
아 크 릴	1.14~1.17	2.5~4.6	2.0~4.5	27~48	25~62	90~95	1.2~2.0	연화점 190~240°C

또 Young율도 섬유 역학적 성질 중 중요한 척도이다. Young율 (E)는 탄성율의 일종이며 신장 탄성율이라고도 한다. 어떤 재료에 가해진 단위면적당의 응력(S)과 힘의 방향으로 늘어난 단위당의 신도(ε)과의 비를 나타낸 값(值)으로서 물질 특유의 정의를 내릴 수 있는 단위이다.

이 관계식을 보면 E의 값이 클수록 변형이 어렵다는 것을 뜻한다(표 2).

영율(Young 率)의 공식은 다음과 같다.

$$E = \frac{S}{\epsilon}$$

힘을 가해도 변형이 안되는 재료인가, 되는 재료인가를 판별할 수 있는 것이 곧 Young율이다. 그래서 Young율은 물질의 변형에 중요한 평가기준이 된다. 섬유의 구조를 살펴보면 천연섬유의 특징은 복잡하고 다양한 구조를 하고 있으며, 또한 이를 구성하고 있는 고분자쇄의 일차구조(화학구조)가 상당히 복잡하다. 면의 화학구조는 단순하지만 고차구조가 복잡하고 교묘하다. 길의 고차구조는 비교적 단순하나 화학구조가 복잡하며, 양모는 두가지가 다 복잡한 구조를 하고 있다. 단섬유는 fibril이란 고분자집합체로 구성되어 있는데 이 fibril을 구성하고 있는 기본단위가 micro-fibril이다.

천연섬유는 종류에 따라 또 품종에 따라 심상이나 성질이 다 다른 것이 특징이며, 표 3과 같이 기본구조요소인 micro-fibril의 크기는 큰 차이가 없다.

표 3. 천연섬유의 구조 단위 비교표

	양	모	길	면
Micro-fibril	~80 Å	~100	70~80 Å *	
fibril	2,000 Å (0.2)	1	0.4~0.5m	
단 섬유	20	10**	20	

* elementary micro-fibril이라고도 한다.

** 누에의 실은 약 30μm

합성섬유도 구성하고 있는 기본구조요소는 천연 섬유와 큰 차이가 없다. 대표적인 합성섬유의 고차 model로서 Peterlin model이 있는데 그림 3은 이것을 표시한 것이다. 지름이 약10~20nm인 micro-fibril이 집합하여 fibril(0.1nm)을 형성하고 fibril이

집합하여, 단섬유를 만든다. 한편 합성섬유의 micro-fibril 구조와 모델로서 Hess와 Kiessing의 수술상 미셀구조가 유명하다(그림 3).

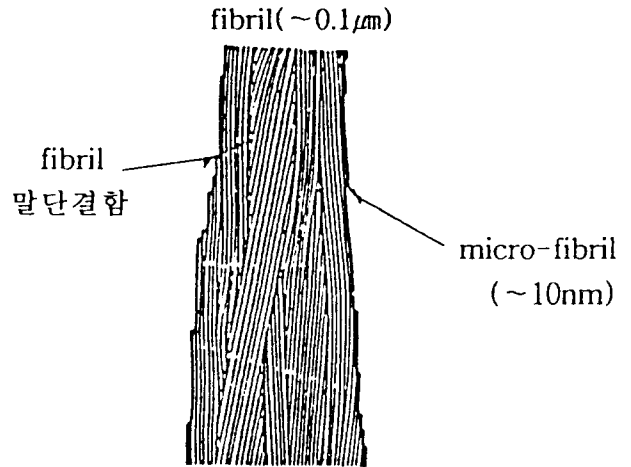


그림 2. Peterlin 섬유구조모델.

(약 10nm 직경의 micro-fibril이 평행으로 집속된 fibril(약 0.1μm경)을 형성하고 fibril의 말단부가 길항 부위가 된다.)

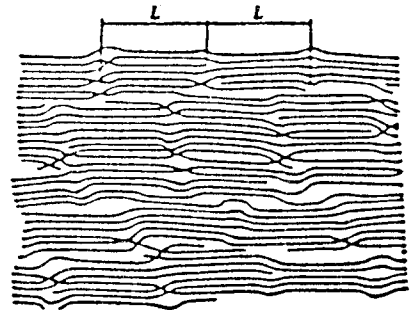


그림 3. Hess-Kiessing의 수술상 미셀모델.
(L : 장주기)

고분자쇄가 규칙적으로 배열되어 있는 곳이 길정영역이고, 불규칙적인 배열이 비길정영역이다. 같은 분자쇄가 길정과 비길정 영역을 관통하는 것이다.

섬유는 고분자쇄가 섬유의 축방향으로 배향한 길정영역과 배향이 흐트러진 비길정 영역으로 되어있으며, 1본의 고분자쇄는 이들의 영역을 몇번이고 반복하여 관통한 모델이다.

그런데 1957년 Keller가 폴리에틸렌의 단결정을 발견했을 때부터 섬유의 고차구조에 관한 관념이 변하게 되었다. 단결정중에는 분자쇄가 10nm 정도로 굽혀져 뭉친구조(folding 구조)를 취하고 있는 것이 밝혀졌기 때문이다. 이 folding 구조가 수술상 미셀구조 보다는 고분자결정의 기본구조라고 생각하게 되었다.

고분자쇄를 갖고 있는 응집상태를 표시한 것이 그림 4이다.

Peterlin이 제시한 folding구조, micro-fibril 구조모델 및 folding 결정구조의 연신에 의한 구조변화를 표시한 것이 그림 5 및 6이다.

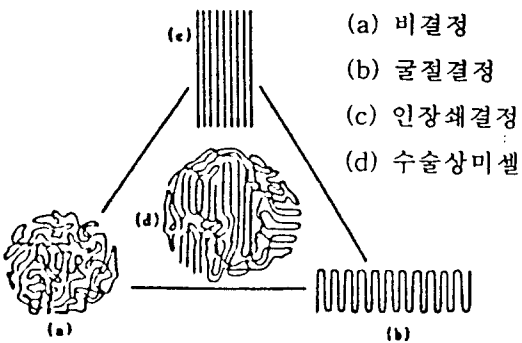


그림 4. 선상고분자의 응집모양.

(B. Wunderlich, *Ber. Bunsenges.*, 74, 772, 1970)

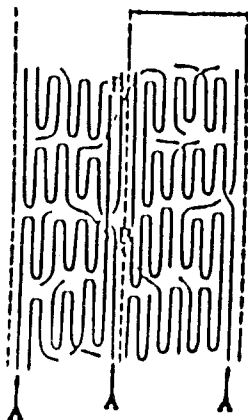


그림 5. 굴절된 micro-fibril 구조 모델.

A는 분자가 굴절되어 평판결정 사이를 연결하고 있는 평판분자, B는 microfibril 사이의 평판분자이다. 분자의 길이는 일정치 않고 대부분의 분자는 곡절되어 역학적 성질로 평판분자의 수가 적어지는 것이 특징이다.

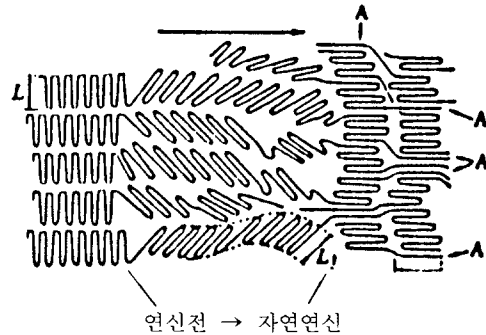


그림 6. 굴절결정의 연신에 의한 구조변화.

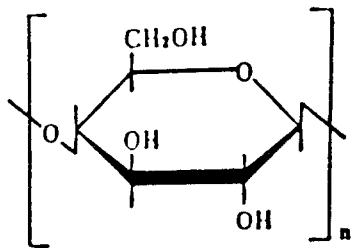
L : 장주기, A : 평판분자

비교적 소수의 분자쇄 만이 비결정영역을 관통한 모델이다. 결정모양을 연결하고 있는 분자쇄를 tie-molecule(타이분자)이라 하고 비결정영역은 이 tie-molecule보다 분자의 끝에 형성되어 있다. 그런데 이와 같은 결정영역으로 되어 있지 않고 중간모양으로 존재하고 있다는 설도 유력하다. 합성섬유의 고차구조는 현재도 많은 논쟁의 대상이 되고 있다. 더 더욱 밝혀야 할 여지가 많이 있다.

다음은 섬유과학의 역사에 대해서 생각해 보자. 섬유과학의 역사는 인류의 역사와 같으며 실로 장구한 세월을 거쳐 발전해 오고 있다고 할 수 있다.

이 섬유과학의 역사를 크게 나누어 본다면 천연섬유의 시대와 합성섬유의 시대로 나누어 볼 수 있다. 그런데 이는 약 100여년 전부터 현재에 이르기까지 아직도 계속 병존하면서 발전되고 있다. 이는 우리 인류가 천연섬유와 유사한 섬유를 우리 인간의 힘으로 만들어 보려는 노력에서 발생되었다. 현재 우리들이 사용하고 있는 무수한 합성섬유는 천연섬유와 유사한 또는 똑 같은 섬유를 만들어 보려는 인간들의 욕망이 100여년에 걸쳐 발전된 결과이다. 이를 우선 생산면에서 살펴보면 합성섬유의 방사속도가 처음에는 아주 보잘것 없었다. 그러나 현재의 방사속도는 1분간에 10km이상이나 되는 어마어마한 속도로 빨라진 것이다. 이는 천연섬유인 견의 경우 토사속도가 1분간에 겨우 1m도 안되며, 양모의 경우를 계산해 보면 그의 성장속도가

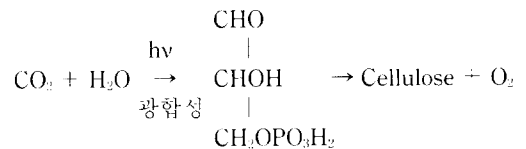
$6 \times 10^{-7} \text{m/min}$ 이라고 하며, 면의 경우는 $8 \times 10^{-7} \text{m/min}$ 정도로서 약 100만분의 1정도밖에 되지 않는다. 그러나 질적인 면에서는 아직도 이에 미치지 못할함이 사실이다. 즉 양적으로는 몇 백만배 대량 생산이 가능하지만 질적인 면에서는 아직도 꿈에 불과하다고 할 수 밖에 없다. 그래서 우리는 천연섬유의 기능성이 인간생활에, 인간의 환경에, 얼마나 적합한 것이며 정교한 것인가를 연구 개발해야함은 물론이고 지금까지 합성섬유가 이복합업적에 대해서도 간단히 정리해 볼 필요가 있다. 즉 강도, 내열성, 탄성을, 내충격적성 등에서는 상당한 발전을 했다. 그러나 아직도 더 무한한 성능이 요구되고 있다. 이는 여러분야의 산업에서 다양한 기능성인 섬유를 요구하는 실정이기 때문이다. 따라서 더욱 연구개발되지 않으면 안된다. 이같은 과제들의 제기는 상당히 시급한 분야가 많다. 현재까지의 합성섬유의 발전은 천연섬유에 가깝게 모방을 하면서 발전되어 왔다. 그러나 지금은 또 다른 세계를 열어가고 있다. 이제는 섬유산업이 타산업을 이끌어주는 역할로 전개되고 있다. 그 이유는 천연섬유가 가질 수 없는 성능과 성질을 증가하는 섬유가 나오고 있기 때문이다. 즉 금속 섬유를 증가하는 고강도, 고탄성을 갖고 있는 수퍼섬유가 있으며, 게다가 최근의 안정담기에 사용하고 있는 초극세섬유, 타월에 이용되고 있는 초흡수성섬유, 소방복에 사용하는 불연성섬유 등이 그 예이다. 한편 천연섬유도 바이오테크놀로지에 의해서 품종을 개량하는 연구가 진행되고 있으며, 견과 같은 것도 큰 성과를 올리고 있을 뿐만 아니라 기타 천연섬유도 많은 기대를 걸고 있는 실정이다. 또 합성섬유분야에는 더욱더 무궁한 여지가 있음을 알려두고 싶다.



다음은 천연섬유의 기초적인 구성에 대해 알아

보자. 천연섬유의 기초적인 구성은 면의 경우 D-글루코스가 β -1,4결합한 직쇄상인 고분자 셀룰로오스로 된 것이며,

이와 동일한 cellulose로 만들어진 섬유로 저마(라미), 황마(슈트), 아마(린렌)등과 같은 각종 마류도 이에 속한다. 섬유의 특징이나 촉감은 동일한 cellulose라 할지라도 그 종류나 품종에 따라 상당히 다른 점이 있다. 이것은 주성분인 cellulose의 함량이 약간씩 다르고 섬유의 조직구성의 특징이 다르기 때문이다. 이 cellulose는 광에너지를 이용하여 이산화탄소 CO_2 를 동화함으로써 유기물을 합성하는 생체반응으로 광합성된 것이며, 이 cellulose는 지구상에서 제일 많이 존재하고 있는 고분자로서 연간 수백억톤이 광합성되고 있다. 그 반응식은 다음과 같다.



(글리셀알데히드 3-인산)

이와 같이 생성된 cellulose는 종자모가 되어 중공단면구조를 하고 있으며, 이 섬유는 80~120회 정도의 꼬임을 갖고 있다(그림 7, 8 참조).

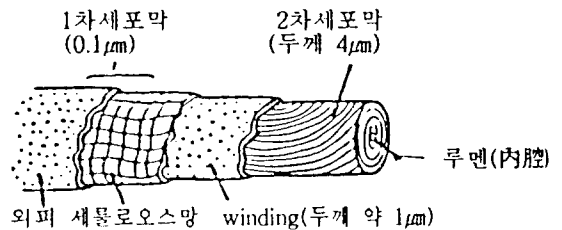


그림 7. 면섬유의 관상구조 및 꼬임구조.



그림 8. 면섬유의 천연꼬임.

이것은 면섬유의 특징인데, 이 때문에 풍부하고

유연성도 있으며, bulky하고, 감촉이 좋다. 또 루멘부분에 함유된 공기에 의해서 보온성과 수분 흡수성이 좋아진다. Cellulose의 화학구조에서도 알 수 있는 바와 같이 염색성과 흡수성이 좋고 상당한 내열성도 있으며, 의료용으로 적당한 성질을 갖고 있다. 동물성섬유인 양모를 살펴보면 세포내부에 이미 섬유가 만들어져 있으며 구성하고 있는 단백질의 화학적 구조뿐만 아니라 그림 9와 같이 섬유의 구조도 복잡 교묘하다. 그림 10은 양모섬유의 단면구조이다.

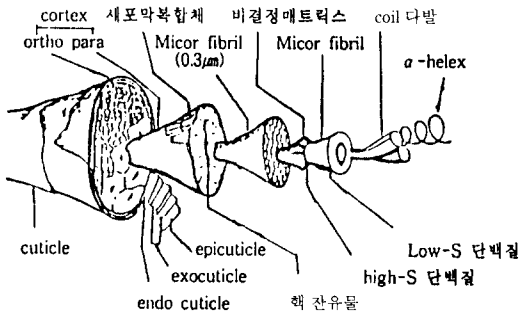


그림 9. 양모섬유의 구조.

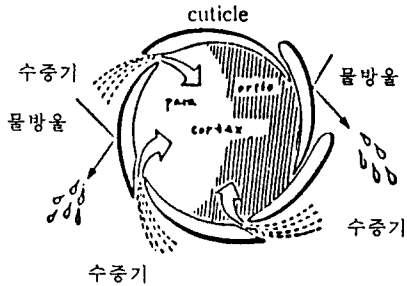


그림 10. 양모섬유의 단면도.

(물을 흡수하고 발수하는 특징을 나타내는 양모섬유의 단면구조)

양모의 친수성 본체(cortex)는 소수성인 cuticle(scale 이라고도 한다) 비늘상 세포로 쌓여있는 구조이다. 양모섬유가 발수성과 흡수성을 모두 갖고 있는 것은 이와 같은 구조를 하고 있기 때문이다.

양모의 권축은 화학적 구조와 다르게 두개의 조직세포가 bilateral(접합) 구조(bilateral 구조)를 하고 있기 때문이다(그림 11).

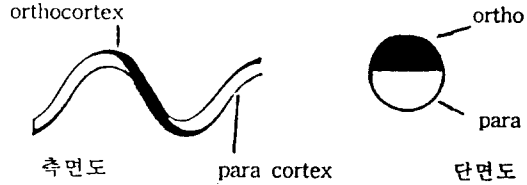
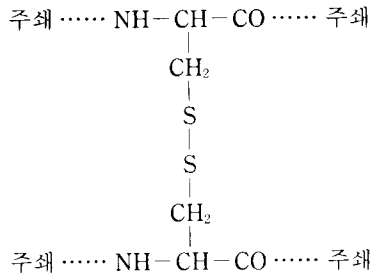


그림 11. 양모섬유의 bilateral 구조의 권축발생 원리도.

Scale이 비늘형태를 하기 있기 때문에 오염되지 않는 천연적 기능이 있지만 섬유가 마찰계수이방성을 갖고 있어서, felt성을 나타내는 원인이 되기도 한다. 이 felt성을 잘 이용한 제품이 피아노 현을 두들기는 햄머클로스이다.

섬유가 아무리 비약적인 발전을 했다 하더라도 「양모를 대신할 수 있는 섬유는 아직 없다」라는 말처럼 양모는 지금도 권축을 지키고 있으며, 이는 복잡교묘하고 다양한 구조를 이루고 있다. 이를 형성하는 단백질은 α-amino산 NH₂CHRCOOH(L형)이 중축합하여 만들어진 고분자이다. 주쇄는 NH₂CHRCO[NHCHRCO]_nNHCHRCOOH의 구조를 갖고 있으며, 그 구조 단위인 NHCHRCO를 amino산기라고 한다. 또 -CONH 결합양식을 peptide 결합(amino 결합)이라고 하며, 단백질의 쇠를 polypeptide쇄라고 한다. 측쇄 R에 의해서 amino산의 종류가 결정되는데 자연에서 약 20여종의 기본 amino산이 이미 발견되었으며, 단백질 속에서 그 배열(일차구조)이 결정된다. Amino산으로 분류된다. 단백질은 amino산 잔기의 화학적 구조로부터 알 수 있듯이 양성전해질이며 양친매성 분자이고, 측쇄를 보면 상당히 복잡한 공중합체라고 할 수 있다. 또 이를 구성하는 단백질은 gelatin으로서 섬유상 단백질이다. 이는 cystine함량이 높고 부분적으로 α-herix 구조를 취하고 있으며, 분자간을 연결하는 cystine 가교 때문에 불용성이 된다.



Gelatin 분자 중의 cystine 결합.

또 섬유상 단백질의 일차구조는 비교적 간단한 반복으로도 규칙적인 구조로 보일 경우가 많다. 양모 gelatin은 많은 amino산으로 구성되어 있으며, 그 배열이 규칙적이지 못하다. 양모에는 hyproline을 제외하고 항상 amino산이 존재한다. 또 양모, 모발 등을 구성하는 gelatin, 건을 구성하는 fibroin, 포유동물의 피부를 구성하는 collagen은 대표적인 섬유상 단백질이다. 섬유상 단백질은 가수분해에 의해서 amino산을 포함한 단순한 단백질이 되며, 물, 염류, 수용액 및 통상적인 유기용액에 녹지않기 때문에 경단백질이라고도 한다. 또 견(絹)은 누에가 만든 단백질을 토사구를 통하여 외부로 방출시켜 만들어진 섬유구조이기 때문에, 면이나 양모에 비해 아주 단순하다. 그러나 견도 섬유의 단면상이나 단백질의 화학적 구조는 복잡하여 견섬유의 독특한 광택, 무게있는 색채, 따뜻한 촉감은 최상이다. 누에는 야잠과 가잠으로 대별한다. 일반적인 누에는 가잠을 의미한다. 이는 fibroin과 sericin 두종의 단백질로 구성되어 있다(표 4).

표 4. 가잠견 단백질의 amino산 조성(mol. %)

Amino산	Fibroin	Sericin
Gly	43.0	8.4
Ala	29.2	4.0
Ser	10.5	33.6
Tyr	5.1	4.4
Asp, Glu	2.5	22.1
Lys, Arg, His	1.1	11.3
Pro	0.5	0.4
Cys	0.03	0.3
기 타	8.07	15.5

1본의 누에실은 2본의 fibroin 섬유를 아교질인 sericin으로 싸서 호부한 것 같은 구조로 되어 있다(그림 12).

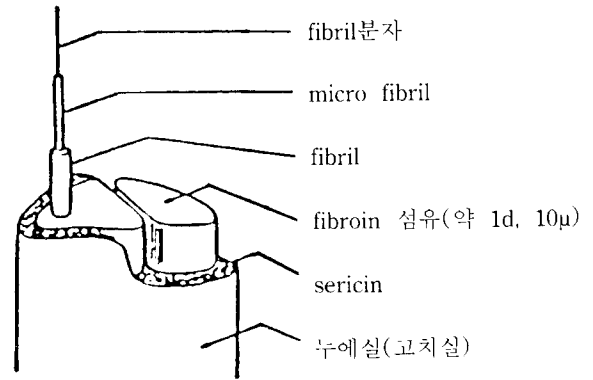


그림 12. 가잠 누에고치실의 세포구조.

누에는 머리를 흔들면서 견섬유를 토출시키기 때문에 삼각형인 단면도 균일하지 않다. 이 1본의 누에실을 몇 본씩 합한 것이 곧 생사(raw silk)인데, 여기서 sericin을 제거한 fibroin 섬유가 곧 견사(絹糸)이다. Fibroin과 sericin의 구성 amino산은 거의 동일하지만 sericin은 친수성 amino산이 많고 열수 등에 녹기 쉬우며 이 sericin의 용해 제거방법에 따라 섬유로서의 성질도 상당한 차이가 생긴다. 견직물의 종류를 방법으로 구별하는 경우가 있다. 견섬유의 특징중 「견명」이 있는데 이는 견섬유 1본1본의 형태나 크기가 아무 미묘하게 다르고 섬유의 단면도 이형(삼각형이면서)이기 때문에 발생한다. 견섬유의 불균일성(random성)도 중요한 역할을 하고 있다.

최근에도 이에 관심을 갖고 활발히 연구하고 있다. Fibroin은 glycine, alanine, serin으로 구성된 amino산 조성이 대부분을 점하고 있으며 결정부분의 일차구조에 gly-ala의 반복구조가 많이 보이는데 이차구조인 sheet형의 β-구조도 하고 있다. 최근 견사를 가수분해하고 탈염해서 그 용액(silk liquid)을 또는 이를 건조분쇄한 분말(silk powder)로 만들어 식용 또는 약용으로 시판하고 있다. 그 효과에 대해서는 임상실험 되어 있으며, 성인병인 뇌졸중이나 뇌일혈 등의 예방에, 콜레스테롤 값의

저하에, 피로회복 등에 효과가 있다고 한다. 1884년에 인조견사(레이온)가, 세계일차대전 후에 아세테이트 섬유가, 1938년에 나일론이 제조되었다. 항상 견과 같은 섬유를 만들어 보려는 인간들의 욕망때문에 지금의 섬유화학 및 고분자화학이 더 발전하게 되었다고 할 수 있다. 양모의 축융에 대한 연구가 발전하여 권축섬유, 콘쥬게이트 섬유, 초극세섬유의 제조에 응용된 것도 주목할만한 일이다. 이처럼 우리의 섬유과학을 인류 첨단과학기술의 주역으로 성장시켜야 한다는 것이 우리의 주장이다.

참 고 문 헌

1. R. S. Asquith, "Chemistry of Natural Protein Fibril", Plenum press, New York and London, pp. 9, 141, 547(1977).
2. D. Richwood, B. D. Hames, "Gel Electrophoresis of proteins", Oxford University press, Oxford, New York, pp. 4, 14(1990).
3. 篠原昭, 白井汪芳, 近田淳雄, 共編, "New Fiber Science", 培風館發行, pp. 5, 11, 23, 29, 35, 47, 161, 165(1990).
4. 高分子學會 高分子 實驗學編集委員會編, "天然高分子", 公立出版(株) pp. 9, 141, 547(1984).
5. 相宅省吾, 村岡雍一郎, 共著, "新纖維原料學", 相川書房, pp. 231, 271~309(1980).
6. 宮本武明, 本宮達也著, "New Fiber Material", 日刊工業新聞社, pp. 2, 8, 11, 23, 24, 30(1994).
7. 纖維學會編, "各種纖維の走査型電顯寫眞集", p. 20(1979).
8. 纖維學會編, "最新の紡糸技術", 高分子刊行會(1992).
9. J. D. Leeder, "Wool-Nature's Wonder Fiber", Australia Textile pub, Belmont(1984).
10. 石崎舜三, 庵原耕一, 藤本和士著, "高分子", 纖維學會編(1989).
11. 纖維學會編, "纖維のはなし", 日刊工業新聞社, pp. 118, 216(1990).
12. 纖維工學刊行委員會編, "纖維工學II", 日本纖維工學會, 55(1983).
13. 鐘紡(株) カタログ, "Nikei New Materials", 1988, 1. 18号.
14. 絹の會, "絹美容", (株)三州社, pp. 20, 30(1993).
15. シルクサイエンス研究會, "シルクの科學", 朝倉書店(1994).