

새로운 레이온 섬유 “enVix®”

김익수[†] · 안종수¹

1885년 런던 발명가 전시회에서 영국의 Joseph Swan이 니트로셀룰로오스로부터 얻은 재생 셀룰로오스 섬유제품을 발표하였다. 그 후 6년 만인 1891년 프랑스의 Hilaire de Chardonnet이 최초로 인조섬유 제사장치를 발명하여 하루 100파운드의 니트로셀룰로오스로부터 재생한 레이온 섬유를 공업화하였다[1]. 니트로셀룰로오스가 쉽게 인화되어 폭발하는 사고가 빈번하게 발생하자 곧 이어 큐프라 및 비스코스 레이온으로 제조방법이 전환되어 1898년 독일의 Vereinigte Glanzstoff Fabriken사가 큐프라 레이온을, 1904년 영국의 Courtaulds사가 비스코스 레이온 섬유를 상업화하였다[1]. 비스코스 레이온에 대한 Courtaulds사의 거듭된 설비개량과 제조원가 절감으로 큐프라 레이온은 가격 경쟁력을 잃게 되었고 이후 지금까지 재생 셀룰로오스 섬유는 비스코스 레이온이 주도하게 되었다[2]. 비스코스 레이온은 100년을 넘게 의류용 섬유에서 산업자재 용도까지 매우 다양한 제품이 개발되어 애용되었으며, 1960년대 합성섬유가 널리 소개될 때까지 아세테이트 섬유와 함께 인조섬유의 전성기를 구가하였다. 비스코스 레이온 섬유의 대표적인 특성은 다음과 같다[3].

- ① 양모에 가까운 높은 흡습성과 친수성.
- ② 깊고 선명한 발색성.
- ③ 軟化/용융되지 않는 열 안정성.
- ④ 연소할 때 유독 가스의 발생이 없다.
- ⑤ 제전성이 매우 좋다.
- ⑥ 생분해성이 우수하다.

⑦ 탄성회복률이 낮으며, 습윤시 쉽게 팽윤하며 강력저하가 크다.

⑧ 굴곡강성이 낮고 비중이 높아 부드럽고 드레이프성이 우수하다.

레이온 섬유는 방사원액을 제조하는 방법에 따라 크게 비스코스 레이온, 큐프라 레이온, 리오셀 등 3가지로 구분할 수 있다. 재생 셀룰로오스 섬유의 거의 대부분이라 할 수 있는 연생산 1,850천톤이 비스코스법으로 제조되고 있는데[4], 중합도 및 물성에 따라 비스코스 레이온, 고강력 레이온, 고 습윤강력 레이온 등 다양한 상품들이 나오고 있다. Bemberg라는 상품명으로 잘 알려진 큐프라 레이온은 물성과 염색성이 균일하지만 제조 원가가 높고 주로 장섬유 형태로 일본이 18천톤/년 이태리가 4천톤/년을 생산하고 있다[4]. 직접용매법으로 만드는 리오셀(Acordis의 Tencel, Lenzing의 Lyocell)은 1990년대에 들어서야 단섬유가 상업화 되어 2000년 기준 약 60천톤이 생산되었으며 용도개발이 활발하게 진행되고 있다[4].

레이온섬유의 생산량은 Figure 1에 나타난 바와 같이 1970년대 중반부터 점차 감소하는 추세이다[4]. Figure 2의 지역별 생산 추이를 보면 러시아를 포함한 동유럽은 1990년대에 들어 정치적 변동으로 인해 생산량이 급격히 줄었고, 서유럽, 미국, 일본은 꾸준히 감소하고 있다. 그러나 Figure 3과 같이 아시아 지역의 중국, 인도네시아, 인도, 대만, 태국 등에서 중심으로 단섬유를 중심으로 두드러지게 생산량이 증가하였다[4]. 이러한 경향은 아시아 지역의 역동적인 경제

A Novel Rayon Fiber “enVix®”/Ik Soo Kim[†] and Jong Soo Ahn¹

SK케미칼(주) 화학연구소 enVix R&D팀 수석연구원, (440-745) 경기도 수원시 장안구 정자동 600, Phone: 031)240-8410, Fax: 031)247-4194, e-mail: iskim@skchemicals.com

¹SK케미칼(주) 화학연구소 enVix® R&D팀

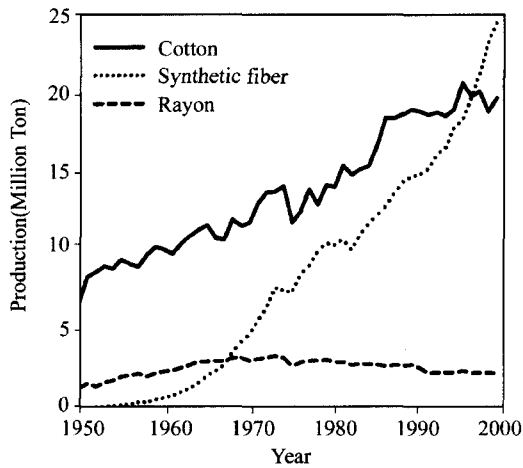


Figure 1. 세계 섬유 생산량.

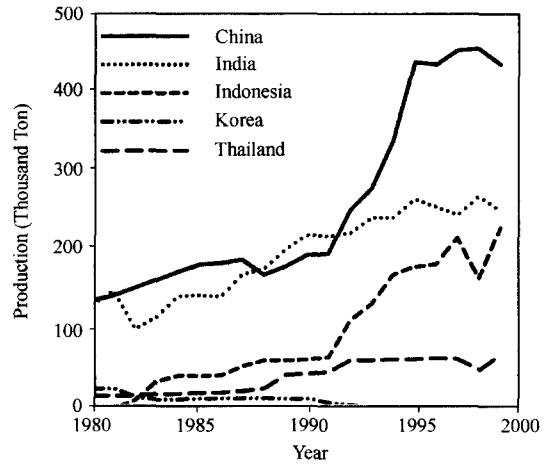


Figure 3. 일본을 제외한 아시아 지역의 레이온 생산량.

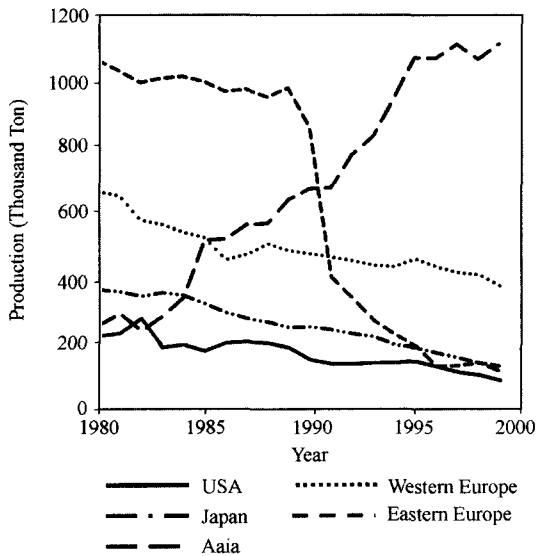


Figure 2. 지역별 레이온 생산.

발전에 따라 섬유제조 산업의 중심 축이 개도국으로 이동하는 것과 일치하고 있다. 즉, 1980년을 정점으로 선진국들은 레이온 생산 규모와 개발에 대한 투자보다 새로운 산업분야로의 진출이 늘어 점차 노후화된 레이온 생산설비를 줄이고 있고, 신흥 개도국들은 반대로 자국의 섬유 소비량 증가 및 경제개발 계획의 일환으로 증설하고 있는 추세이다. 특히 중국은 내수 섬유 소비량 증가 예측을 기초로 레이온을 정책산업으로 육성하

고 있어[5], 1991년부터 비스코스 레이온 생산이 급격히 증가하여 1999년 장섬유 34천톤, 단섬유 398천톤을 생산하였다[4]. 인도네시아는 1982년 생산설비를 구축한 이래 1999년 단섬유 225천톤을 생산하여 인도, 대만과 함께 레이온 섬유의 주요 공급처가 되었다[4]. 한국은 국내 유일의 레이온 제조 업체였던 원진레이온(주)가 1980년 장섬유 10천톤, 단섬유 15천톤을 생산하였으나 이후 경쟁력 약화로 1983년 단섬유 사업을 포기했고, 더하여 산업재해 분쟁으로 장섬유 사업마저 1992년 3천톤을 끝으로 1993년 폐업하였다[4]. 일본의 비스코스 레이온 생산량은 1970년의 429천톤에서 1999년 94천톤으로 감소하였다[4,6]. 미국은 1970년 1,143천톤에서 1999년 183천톤, 서유럽은 1975년 658천톤에서 1999년 416천톤, 동유럽은 1978년 1,080천톤에서 1999년 127천톤으로 감소하였다[4]. 이러한 추세의 원인을 살펴보면 1970년대부터 폴리에스테르, 나일론, 아크릴 등이 활발히 레이온을 대체하였고, 1985년 들어 아시아 지역의 레이온 섬유 생산능력이 크게 증가함에 따라 경쟁이 격화 되었으며, 1990년부터 동유럽의 레이온 산업은 정치 사회적 변동으로 인해 생산 기반이 붕괴되었으며, 선진국을 중심으로 이황화탄소 배출에 대한 사회적 규제가 강화됨에 따라 생산규모가 빠르게 줄어들었다[4]. 2000년 들어 합성섬유로의 대체 및 공해방지와 산업안전

비용 증가가 더욱 커지고 있어 선진국에서 레이온 섬유 제조업을 경영하기가 갈수록 곤란하게 되어, Acordis 그룹의 Enka rayon사는 연산 12천톤의 독일 Kelsterbach 공장과 함께 네덜란드 Ede 공장중 8천톤의 구식 생산라인을 철거하였고, 프랑스, 그리스, 스페인 등에서도 10천톤이 줄었다[4,5]. 2001년 일본에서는 쿠라레, 아사히카세이, 도요보, 도호레이온이 철수하면서 레이온 장섬유 20천톤과 단섬유 42천톤이 감소하였다[5,7]. 오늘날 일본의 재생 셀룰로오스 섬유는 큐프라 레이온의 아사히카세이와, 비스코스 레이온의 후지보, 오미켄시, 다이와보 등 4개사로 축소되었다. 이렇듯 비스코스 레이온 분야에서 기술과 상품을 선도하던 업체들이 경쟁력 약화와 환경규제로 인한 비용 증가로 사업을 축소하고 있는 가운데 NMMO(N-methyl morpholine N-oxide) 용제를 이용한 직접용매법으로 제조하는 리오셀이 1980년대 공정개발을 거쳐 1990년대 들어 본격적으로 사업화 되기 시작하였다[8]. 2000년 기준으로 리오셀의 생산 설비 규모는 Acordis가 86천톤, Lenzing이 20천톤 등 합계 106천톤이나 판매량은 약 60천톤 수준으로 초기 예상과 달리 수요 증가가 더디게 진행되고 있다[4].

1999년 세계적으로 약 1,930천톤의 레이온섬유가 생산되어 40억US\$이 거래되었으며 Birla Group(인도, 인도네시아, 태국), Lenzing Fiber(오스트리아, 인도네시아, 미국), Acordis Group(네덜란드, 독일, 미국, 영국), Formosa(대만) 등 상위 4개사가 30%를 공급하고 있다[4]. 섬유제품의 주요 수출국인 한국은 1999년 62천톤, 257백만 US\$의 레이온 섬유를 수입하여 단섬유는 방적사 직편물에, 장섬유는 안감, 블라우스, 자수직물, 환편직에 주로 쓰였다[9].

인건사로 불리던 비스코스 레이온 장섬유와 관련하여 SK케미칼(주)은 재단하기 전에 물에 빨아 다림질하여 미리 줄이는 불편함이 없는 안감을 1954년에 개발하여 "닭 표" 브랜드로 내수시장에서 호평 받아 수입 직물을 대체하였고, 1962년 초 한국 인건사 직물로는 처음으로 홍콩에 10만 야드를 수출하였다[10]. 그 후 40년이 지난 2002

년 새로운 제조방법과 물성의 재생 셀룰로오스 장섬유를 개발하여 "enVix[®]"라는 상품명으로 미국과 유럽에 수출을 시작하고 있다. 이하 레이온 장섬유와 비교하면서 enVix[®] 섬유에 대해 소개하고자 한다.

1. 레이온 장섬유

2000년 의류용 레이온 장섬유 생산량은 전체 레이온의 약 13%인 253천톤에 달한다[4]. 2000~2001년 들어 서유럽과 일본에서 레이온 생산설비가 축소됨에 따라 2002년 의류용 레이온 장섬유 생산량은 210천톤으로 예상된다. 1999년 국내에 수입된 레이온 장섬유는 32천톤으로 약 144백만 US\$이다[9].

의류용 소재로서 레이온 장섬유는 다른 인조섬유와 비교하여 실크 섬유에 가장 가까이 다가가 있고, 착용감이 뛰어나며 아름답다. 높은 흡습성, dry한 촉감, 깊고 밝은 색상, 광택, 드레이프성, 부드러움 등 레이온은 여성용 의류 분야에서 요구하는 많은 장점들을 갖추고 있다. 그럼에도 불구하고 의류 분야에서 타 섬유 소재에 비해 소비량이 적은 것은 다음과 같은 제약들이 있기 때문이다. 첫째, 제품가격이 합섬이나 면제품에 비해 상대적으로 높아 시장이 작다. 둘째, 정장 및 casual의 걸감 용도로 쓰기에는 레이온 섬유가 너무 feminine하고 형태안정성이 취약하다. 따라서 교직, 교연, 혼섬 등의 방법으로 타 섬유 소재와 혼용하여 레이온의 장점을 발현시키면서 단점을 보완하고 있다. 셋째, 높은 수준의 제직, 제편, 염색 가공 및 생산관리 기술이 요구됨으로 적절한 제품을 공급할 수 있는 supply chain을 구축하기 어렵다. 넷째, 방사과정에서 피할 수 없이 나타나는 매듭과 염착 차이로 인해 균일한 레이온 섬유 제품을 얻기가 어렵다. 준비에서 제직 제편까지 lot 및 층별관리를 엄격히 하지 않으면 물성 차이로 인한 barre, 위단, 상하색차, 양면색차 등의 결점들이 나오기 쉽다[3]. 다섯째, 염색가공 공정에서 구김이 잘 들어가고 열고정이 되지 않으며 습윤강도와 탄성회복률이 낮아 잔류 변형이 쉽게

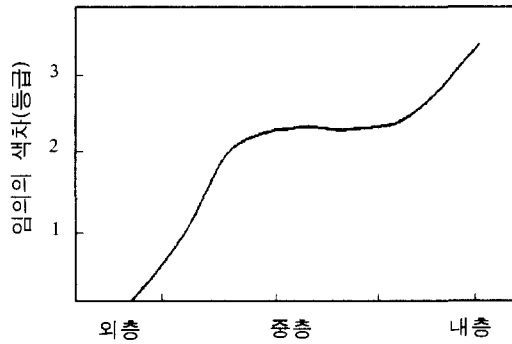


Figure 4. cake내 층별 레이온 장섬유의 염착 차이.

일어난다[11]. 이러한 단점들로 인해 구김이 없고 균일하며 barre가 없는 침염 유채색 제품을 만들기 어려워 상품의 다양성과 거래량이 제한되기도 한다. Figure 4는 품질편차가 작다고 알려진 아사히카세이 레이온의 cake내 층별 염착차를 예시하였다[12]. 외층에서 내층으로 갈수록 염착이 높아지므로 층별관리가 필요하다. 연속방사법에 의한 레이온 장섬유는 2001년 아사히카세이가 비스코스 레이온 사업을 포기함에 따라 Acordis 그룹의 Enka Rayon에서만 연간 약 7천톤을 생산하고 있다. 비교적 매듭이 적고 균일성이 높은 연속방사 레이온 원사를 사용하여 준비, 제직, 제편에서 사장(絲長)이나 내외층을 엄격히 관리하여도 100% 레이온 직편물의 결점 점수는 일반적인 폴리에스테르나 나일론에 비해 현저히 높다.

큐프라 레이온은 제조시 응고와 재생공정이 분리되어 있어 비스코스 레이온과 다르게 skin, core층이 없고, 세섬사 제조가 가능하며, 물성이 균일하여 사층에 따른 염착 불균일 문제가 거의 없다. 원사 단면이 원형이기 때문에 광택감이 뛰어나고, 집속성이 좋아 무연사 직편물이 가능한 장점들을 가지고 있다[13]. 반면에 용매로 쓰이는 수산화구리의 가격이 비싸고 회수율이 낮아 큐프라 레이온의 가격은 비스코스에 비해 품목에 따라서는 2배 정도 비싸다. 이 때문에 품질 균일성이 요구되는 특정 용도나 목적에 주로 사용한다. 아사히카세이가 29천톤/년, 이태리 Bemberg SpA가 3천톤/년의 생산설비를 갖추고 있으나 1999년 수급량은 18.5천톤으로 의류용 레이온 장섬유 생

섬유기술과 산업, 제 6 권 제 1/2 호, 2002년

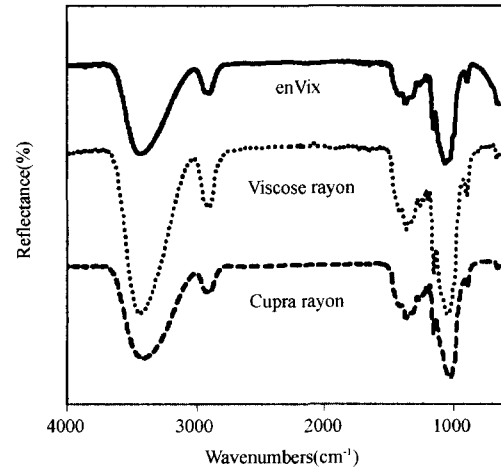


Figure 5. 레이온과 enVix® 섬유의 IR Spectra.

산량의 7.3%를 차지하고 있다[4]. 한국에 수입되는 대부분의 큐프라 레이온은 고급 안감 직물에 쓰이고 있다.

세계적으로 상품과 산업에 있어 환경을 중시하는 패러다임 아래 선진국의 비스코스 생산설비는 수익성이 떨어져 규모가 축소되고 있다. 그에 따라 재생 셀룰로오스 섬유의 친환경 제조기술 개발에 많은 연구들이 진행되고 있다. 그중 Akzo Nobel사가 1962년부터 개발하기 시작하여 1976년과 1980년에 2건의 기본 특허를 획득한 NMMO/water 직접용매법 재생 셀룰로오스 섬유 리오셀은 중요한 기술적 진보라 할 수 있다[8]. 리오셀 장섬유는 pilot 개발 단계로 아직 상품화되지 않았다. SK케미칼은 아세테이트 섬유 및 직편물 제품사업을 기반으로 하여 2000년 1월부터 친환경 공법의 재생 셀룰로오스 섬유를 개발하기 시작하여 물질 및 제조방법에 관한 특허 출원과 함께 금년부터 enVix®라는 상품명으로 시제품을 제시하는 단계에 이르렀다.

2. enVix의 제조

2.1. 제조방법

Figure 6에 비스코스와 enVix® 섬유의 제조 개략도를 예시하였다. 비스코스 레이온의 일반적인

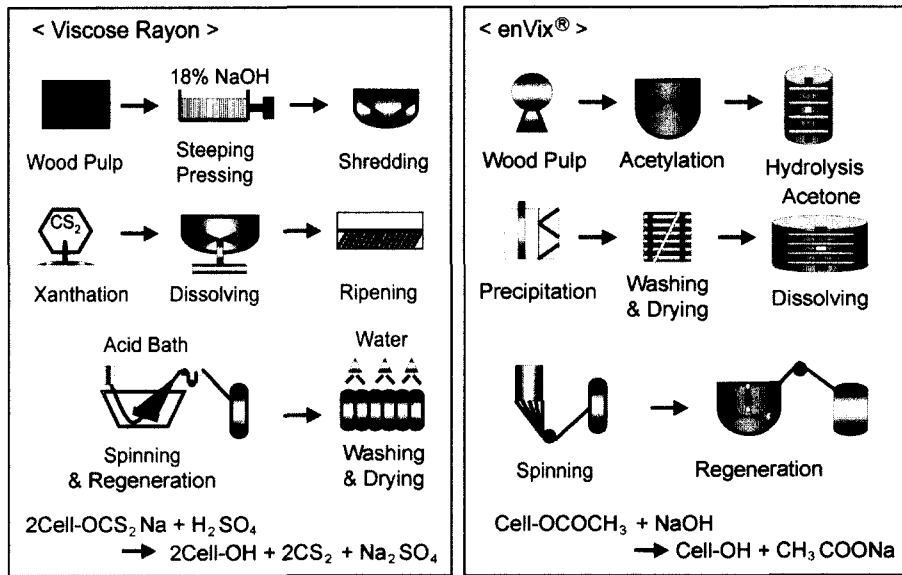


Figure 6. 비스코스 레이온과 enVix® 섬유의 제조 공정도.

제조 방법은 다음과 같다. α-셀룰로오스 함량이 92% 이상인 목재 펄프를 수산화나트륨 수용액에 침지하여 알칼리 셀룰로오스로 만든 후 가수분해하여 분자량을 낮추어 점도를 조정하고 이황화탄소를 반응시켜 셀룰로오스 크산테이트 나트륨을 만든다. 비스코스 레이온 섬유의 중간체인 셀룰로오스 크산테이트를 수산화나트륨 수용액에 용해하여 여과하고 숙성하여 방사용액을 준비한다. 이 방사용액을 황산 수용액 중에 습식방사하여 재생 셀룰로오스 섬유를 만든 후 정련, 표백, 중화, 건조하여 레이온 섬유를 제조한다. 방사용액의 준비, 응고/재생, 정련 등의 공정들이 물성과 염착 균일성에 미치는 영향이 크다. 대부분 정련부터 batch 방식이지만 연속방사법은 후공정 단계를 지체 없이 진행시켜 cone 내외층의 염착 불균일을 최소화시키고 매듭을 1~2개/kg로 줄였다[12].

enVix®는 셀룰로오스 아세테이트를 탈초산화하여 재생 셀룰로오스를 만든다. 이러한 방법으로 얻은 재생 셀룰로오스 섬유를 비스코스 레이온, 큐프라 레이온, 리오셀과 구분하기 위해 아세테이트 레이온이라 하자. 아세테이트 레이온 섬유에 관해서는 미국 Celanese사가 1949년 개발한 타이어코드 용도의 Fortisan® 섬유가 있다. For-

tisan®은 아세테이트 섬유를 고온 스팀 box에서 분당 8 m 속도로 2배 이상 연신하여 cheese 상태로 감은 뒤 수산화나트륨 수용액으로 탈초산화하여 만든다[14]. Celanese사는 1950년대 초까지 Fortisan® 시제품을 제공하였으나 고강력 레이온에 비해 가격경쟁력을 확보하지 못해 사업을 포기하였다. 1985년부터 미쓰비시 레이온사가 아세테이트 레이온 개발을 시도하였으나 실용적인 물성을 획득하지 못해 실패한 것으로 조사되었다.

아세테이트 레이온 enVix®는 습식방사의 비스코스 레이온에 비해 염색성이 균일하고, 매듭이 없으며, 반응공정이 안전하고, 다양한 섬유제품을 얻을 수 있다. 이것은 건식방사로 제조된 아세테이트의 균일성을 유지하면서 실용적인 물성을 얻을 수 있도록 탈초산화 반응을 제어하는 기술을 개발하였기 때문에 가능하였다. Figure 5의 적외선 분광 분석으로부터 enVix®는 출발물질인 아세테이트가 완벽하게 탈초산화 되어 비스코스 레이온과 동일한 화학결합을 나타내고 있음을 알 수 있다.

2.2. 제조원가

Table 1에 비스코스와 enVix® 섬유를 생산하는

Table 1. 비스코스 레이온과 enVix[®] 섬유의 제조 원단위(kg/kg fiber)

	Rayon	enVix [®]
Wood pulp	1.08	1.06
Sodium hydroxide	0.62	0.62
Carbon disulfide	0.31	
Sulfuric acid	1.05	
Zinc sulfate	0.50	
Acetic acid		0.99
Acetone		0.08
Fiber finish	0.01	0.03
Sodium sulfate	-0.55	
Sodium acetate		-0.88

데 필요한 물질 원단위를 나타내었다[4,15]. 기존 비스코스 레이온과 비교하여 enVix[®] 섬유의 물질 원단위는 목재펄프와 수산화나트륨의 소요량은 비슷하지만 그의 원부재료 원단위는 매우 적다. 특히 초산과 수산화나트륨은 초산나트륨으로 대부분 회수하여 분산염색의 완충용액으로 재활용할 수 있기 때문에 실제 소요되는 원부재료는 방사 과정에서 증발되거나 아세테이트 섬유에 함유되어 빠져나가는 아세톤 밖에 없다. 그러나 아세테이트 플레이크 및 섬유를 만드는 에너지 비용이 비스코스 보다 커서 전체적으로 enVix[®]와 비스코스 레이온의 변동 제조원가는 유사할 것으로 추정된다. 그러나 이황화탄소의 가격과 환경안전 투자비가 점차 상승하고 있으므로 비스코스 레이온의 제조원가는 시간이 갈수록 높아질 것으로 예상된다[16].

제품화 단계의 제조 비용차이를 추정해 보면, 제직 및 편직에서 비스코스 레이온은 위단이나 barre 결점을 줄이기 위해 층별관리를 실시하기 때문에 불가피하게 손실이 발생하고, 매듭으로 인해 구멍이나 당김 줄 등의 불량 발생하지만 enVix[®]는 그러한 원가 상승 요인이 없다. 또한 염색공에서 enVix[®]는 위단, 양변색차, 상하색차가 적어 완제품의 검사 합격률과 정장 출하율이 높다.

따라서 목재펄프에서 섬유소재를 제조하는데 까지 고정비 부분이 비스코스 레이온과 유사하다면 의류용 직편물 완제품까지의 제조원가는 비스

코스에 비해 enVix[®] 섬유가 다소 저렴하며, 쿠프라 레이온에 비해서는 가격 경쟁력이 클 것으로 판단된다.

2.3. 환 경

비스코스 레이온의 가장 큰 단점은 제조 과정에서 유독성 물질인 이황화탄소를 배출하여 환경문제를 발생하는 것이다. 반응에 투입된 이황화탄소의 약 30~35%를 회수하여 재사용하고 있으나 나머지 65%가 넘는 양은 황 화합물로 변환되거나 이황화탄소로 배출된다[4]. 이황화탄소는 인화성이 높고 피부나 호흡기로 인체에 흡수되면 매우 유독하여 신경조직과 뇌에 치명적인 손상을 준다. 우리나라는 이러한 이황화탄소의 산업재해로 1993년 이후 비스코스 레이온을 제조하고 있지 않다. 이황화탄소의 회수율 향상과 공해방지 및 산업안전에 대한 투자 금액은 2000년 들어 환경안전 규제에 비례하여 서유럽, 미국, 일본지역에서 크게 증가하고 있다.

반면에 enVix[®] 섬유는 Table 1의 제조 원단위 비교에서와 같이 목재 펄프에서 아세테이트 레이온의 제조까지 원부재료의 대부분을 회수하여 재사용하기 때문에 비스코스법에 비해 폐수나 대기중으로 배출하는 폐기물의 양이 대단히 적다. 또한 생분해성에 관하여 SK케미칼(주) 수원공장의 폐수처리장에서 사용하는 균주로 측정한 결과 enVix[®]가 비스코스 레이온에 비해 초기 분해속도가 빨랐다. 다양한 균주에 대한 생분해 특성을 조사하고 있으며 지중 매립에 의한 비교 값도 얻을 예정이다. 지금까지 나타난 결과로 볼 때 enVix[®] 섬유는 제조 과정에서 환경부담이 작고, 기존 레이온과 같이 생분해성이 우수하며, 셀룰로오스 섬유이므로 연소가스가 무해함으로 환경 친화성이 뛰어난 섬유이다.

1999년 세계 섬유 생산량 57백만톤중 50%에 가까운 약 25백만톤이 석유 등의 화석연료로부터 만든 합성섬유이다[17]. 석유자원의 고갈 시점에 대해서는 이미 오래 전부터 여러 예측이 있었으나 앞으로 50년 이내에는 위기가 닥칠 것이라는 데에는 일치하고 있으며, 이에 대한 대안으로 셀

Table 2. 레이온 및 enVix® 섬유의 물성

항 목		Viscose rayon	Cupra rayon	enVix®
인장강도 (g/de)	표준상태	1.55	2.63	1.27
	습윤상태	0.65	1.56	0.51
	건습강도비(%)	42	59	40
루프강도(g/de)		2.52	4.16	2.07
매듭강도(g/de)		1.62	1.96	1.12
신도(%)	표준상태	15.3	13.2	35
	습윤상태	21.5	32.2	42
3% 신장 탄성률(%)		68	65	67
초기 인장 저항도 (g/de)		59	67	38
비중		1.50	1.50	1.50
물 팽윤도(%)		85	100	89
수분율(%, 20 °C, 65% R.H)		12	12	13
중합도		200	400	170

룰로오스 자원을 공통적으로 제시하고 있다 [18,19]. 뿐만 아니라 난분해성인 합성섬유의 폐기물 처리 부담으로 합성섬유의 제조원가 상승이 현실적인 문제로 다가오고 있다. 자연계에서 매년 약 800억톤이 생산되는 셀룰로오스 중에 0.25%인 연간 약 2억톤을 펄프로 이용하고 있다 [18,19]. 막대한 양의 셀룰로오스 자원은 화석원료의 고갈에 대비할 수 있는 유일한 재료라 할 수 있으므로 이의 활용 방법에 대한 연구개발이 시급하다고 할 수 있다. 최근 카길다우사가 상업 생산을 시작한 옥수수 전분으로 제조한 poly lactic acid는 이러한 요구에 부합하는 매우 획기적인 섬유소재이다. 이와 함께 목재 펄프에서 시작하는 enVix®는 재생 셀룰로오스 섬유를 얻는 과정이 단순하고, 원부재료의 물질 활용도가 높으며, 제조공정이 안전하고 환경부담이 작아 미래 섬유산업의 변화에 부응하는 셀룰로오스의 이용 방법이 될 것으로 생각된다.

3. enVix®의 물리/화학적 특성

레이온 섬유는 중합도, 배향도 및 결정화도에 따라 물성이 크게 달라지며 이를 통해 기계적인 물성, 염색성, 흡습성, 팽윤거동, 탄성 및 촉감을 조절한다. 또한 skin층의 두께, 형태 및 섬유 단

면을 다양화시켜 부가적인 특성을 얻기도 한다. 차별화 레이온 섬유의 대부분은 단섬유이며 장섬유는 품목이 단순하다. enVix® 섬유는 아세테이트 섬유를 탈초산화 하는 과정에서 섬유고분자의 배향, 결정화도, 결정구조, 강도, 신도, 인장저항도, 잔류변형률 등을 제어함으로 다양한 물성 발현이 가능하다. 더욱이 습식방사의 비스코스 레이온에 비해 건식방사의 아세테이트 섬유는 이형 단면, 세섬, 표면이형 등 차별화 품목들이 다양하므로 이를 활용하여 다채로운 enVix® 섬유를 만들 수 있다.

Table 2 및 Figure 7에 아사히카세이의 비스코스와 큐프라 레이온, SK케미칼의 enVix® 섬유에 대한 물성과 단면사진을 나타내었다. enVix® 섬유는 아세테이트의 단면 모양을 그대로 유지하고 있으므로 Figure 7과 같이 다양한 이형단면사와 세섬사의 제조가 가능함을 볼 수 있다. enVix®는 원료인 아세테이트에 비해 인장 건강도 및 신도가 모두 30% 정도 향상되었다. 이는 레이온 섬유에 비해 낮지만 실용성에는 문제가 없는 수준이다. 드레이프성을 결정하는 주요 물성인 비중은 enVix®가 1.50으로 기존 레이온 섬유와 같다. 인장 탄성률은 enVix® 섬유가 레이온에 비해 2/3 수준으로 낮아 직편물의 부드러움과 드레이프성이 상대적으로 우수함을 유추할 수 있다. 수분

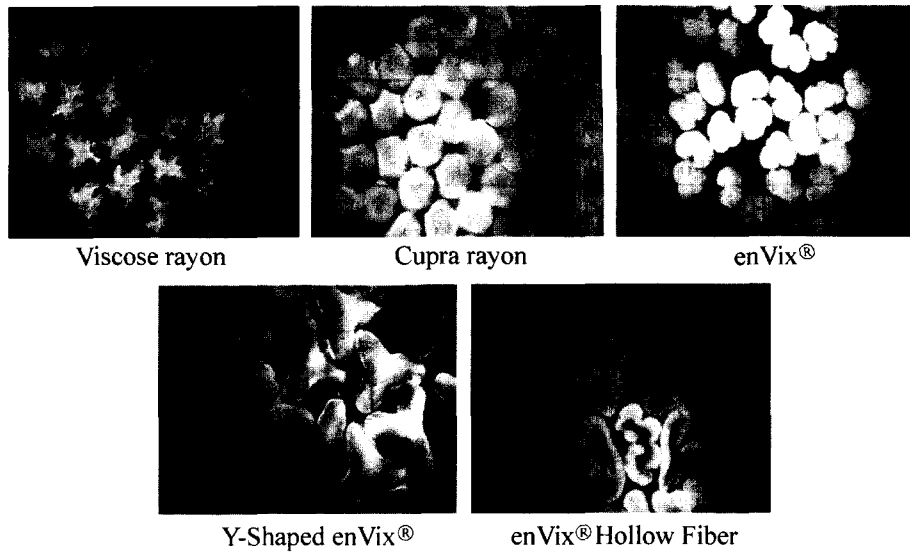


Figure 7. 레이온 및 enVix® 섬유의 단면.

율은 enVix®가 기존 레이온 섬유들에 비해 1%가 높은 13%로 착용하였을 때 뛰어난 흡한성과 dry한 촉감이 기대된다. 반면에 enVix® 섬유의 중합도는 아세테이트 중합도 180에서 약간 떨어진 170으로 탈초산화 반응에서 분자량 저하가 발생했음을 시사하고 있다. Table 2에서 습윤상태에서의 물성 값을 보면 enVix® 섬유는 레이온에 비해 신도가 높고 강도가 낮아 염색가공에서 세심한 주의가 필요함을 알 수 있다. 또한 enVix® 섬유의 물 팽윤도는 기존 레이온과 유사하게 높아 착용시 물방울에 의한 이완 결점, 즉 수적 현상이 일어날 수 있음을 시사하고 있다.

enVix® 섬유는 Figure 8의 광각 X선 산란 분석 결과에서 알 수 있듯 기존 재생 셀룰로오스 섬유와 다른 결정구조를 가지고 있다. 일반적으로 레이온 섬유는 cellulose II 결정구조를 갖는데 비해 [20] enVix®는 cellulose II와 IV 결정이 혼재된 구조를 보이고 있다. 즉 enVix® 섬유는 2θ 값 12.2° 와 20.0° 에서 cellulose II의 (101)과 (10 $\bar{1}$)면의 특성 회절 피크와 함께, 15.6° 에서 cellulose IV의 (101) 및 (10 $\bar{1}$)면의 피크가 나타나며, 22.0° 부근에서 cellulose II의 (002)면 회절과 cellulose IV의 (002)면 회절이 부가된 피크를 보이고 있다. 각 결

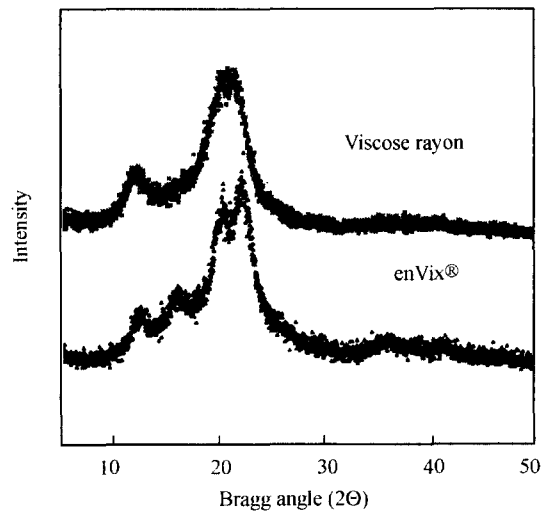


Figure 8. 레이온과 enVix® 섬유의 WAXD 분석.

정 성분의 구성비, 크기, 배향도 및 결정화도에 대한 연구는 진행중에 있으나 비중법으로 구한 개략적인 결정화도는 비스코스 레이온과 유사한 30%~34%일 것으로 보인다. cellulose IV 결정에 관해서는 비스코스 레이온을 260°C 의 질소 분위기나 270°C 의 글리세롤에서 열처리하면 cellulose II 결정이 격자 변환을 일으켜 cellulose IV가 되는

Table 3. 레이온 및 enVix® 안감직물의 규격

	구성섬유	폭, 위사 밀도, 중량	조직
Cupra rayon	경사 50 de/30 fil 위사 75 de/45 fil	44.5 inch, 92 picks, 64 g/yd	Plain
enVix®	경사 50 de/20 fil 위사 80 de/33 fil	44.5 inch, 86 pick, 64 g/yd	Plain

것으로 알려져 있다[21]. 또한 타이어코드에 쓰이는 고강력 레이온 섬유도 제사 과정에서 습열 연신에 의해 cellulose IV가 일부 형성된다[20-23]. cellulose IV 결정은 cellulose II에 비해 비중이 약간 크고 흡습성이 떨어진다는 점 외에 섬유 물성에 미치는 영향에 관하여 연구 보고가 거의 없다[22,24]. 이 분야와 염색성 평가에 대해 SK케미칼은 산학 합동연구를 진행하고 있다.

기존 재생 셀룰로오스 섬유와 enVix® 섬유의 촉감 및 냉온감을 살펴보기 위해 가장 일반적인 안감직물을 만들어 비교하였다(Table 3). Figure 9의 KES-FB 태 측정 결과를 보면 enVix®는 큐프라 레이온에 비해 Koshi 값만 다소 낮고 Hari, Shari, Fukurami, Shinayakasa 등 기본 태 값들은 유사하였다. 단편적인 실험 값으로 전체를 예측하기 곤란한 점이 있으나 enVix®는 기존 레이온 섬유와 유사한 태를 나타낼 것으로 보인다. 향후 다양한 조직과 규격의 직물로 비스코스 레이온과 enVix® 섬유를 비교할 예정이다. 냉온감을 KES-FB 7으로 비교한 결과 enVix® 섬유가 0.408 J/cm · sec, 큐프라 레이온이 0.395 J/cm · sec로 유사한 열전도율 값을 얻었다. 일반적으로 냉온

감에 있어 비스코스 레이온은 차갑고, 큐프라 레이온은 따뜻하다고 알려져 있다. 그러므로 enVix® 섬유는 비스코스 레이온과 달리 큐프라 레이온에 가까운 따뜻한 촉감을 나타낸다.

4. enVix®의 염색가공

비스코스 레이온과 비교하여 enVix® 섬유의 가장 큰 장점은 침염에서 섬유소재의 물성 편차로부터 발생하는 barre가 거의 없다는 것이다. 시중

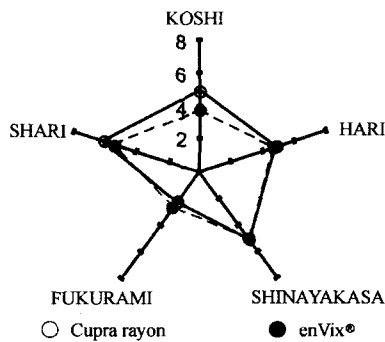
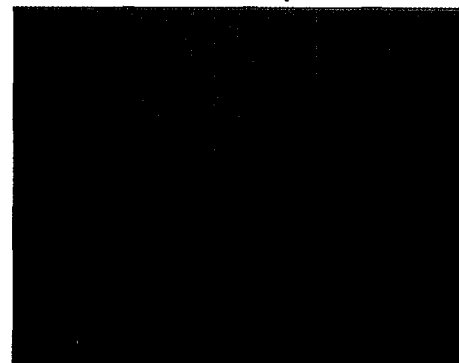


Figure 9. 레이온과 enVix® 섬유의 KES-FB 태평가.



Viscose rayon



enVix®

Figure 10. 레이온 및 enVix® 섬유의 균염성.

에서 입수한 일반적인 품목의 비스코스 레이온과 enVix[®] 섬유로 만든 interlock 환편물을 반응성 염료로 염색한 결과인 Figure 10을 보면 비스코스 레이온은 심한 barre 현상이 나타나는데 비해 enVix[®]는 우수한 균염성을 보이고 있다. 그러므로 기존 레이온 섬유와 다르게 enVix[®] 섬유로 다양한 유채색 침염 제품을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

MCT type의 C.I. Reactive Blue 71(Procion Turquoise H-A) 염료를 사용하여 염색성을 평가한 결과 Figure 11에서와 같이 비스코스 레이온보다 enVix[®] 섬유의 색 농도가 진하게 나왔다. 이러한 높은 build up 특성은 enVix[®] 섬유가 비스코스 레이온에 비해 고착률은 비슷하지만 흡진율이 대단히 높아서 나타난 것으로 밝혀 졌다. DCT 및 vinylsulfone type의 반응성 염료도 정도의 차이는 있으나 enVix[®] 섬유가 비스코스 레이온에 비해 흡진율과 색농도가 높았다. 중성염의 최적량은 enVix[®]가 비스코스 레이온에 비해 약간 낮았으며 고착에 필요한 알칼리 양은 유사하였다. 액량비 의존성은 염료에 따라 차이가 있지만 enVix[®] 섬유가 비스코스 레이온에 비해 작았다. 따라서 enVix[®] 섬유는 기존 레이온에 비해 염료 흡진율이 높고 황산나트륨과 같은 중성염의

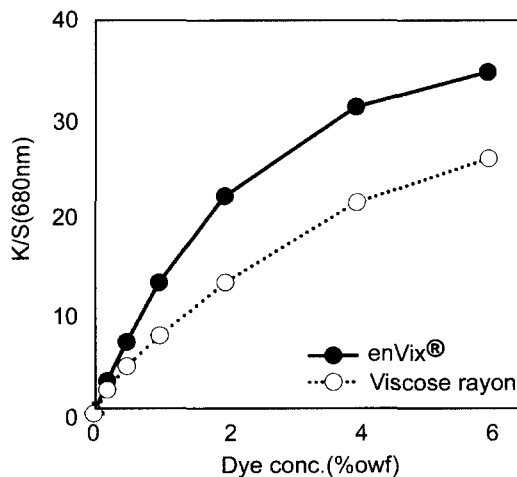


Figure 11. C.I. Reactive Blue 71의 레이온 및 enVix[®] 섬유에 대한 build up 거동.

섬유기술과 산업, 제 6 권 제 1/2 호, 2002년

소요량이 적어 염색비용 절감이 기대되며, 액량비 의존성이 작아 염색 재현성이 우수할 것으로 추정된다. 이러한 경향은 날염성 실험에서도 동일하게 나타났는데 enVix[®] 섬유가 비스코스 레이온에 비해 동일 염료 농도에서 색 농도가 높을 뿐만 아니라 침예성과 선명성이 매우 뛰어났다. 이와 같은 enVix[®] 섬유의 염색 및 날염에 대한 새로운 특성들은 재생 셀룰로오스 섬유의 상품개발과 수요확대에 좋은 장점으로 기여할 것이다.

반면에 습윤시 기계적 강도가 낮고 신도가 높아 직편물의 밀도와 중량 등 규격 관리를 위해 가급적 비스코스 레이온에 비해 저장력으로 enVix[®] 섬유를 다루어야 한다. 공정중 구김 발생 정도는 두 섬유가 유사한 경향을 보였다. 그 외 직편물 완제품에서 보이는 재생 셀룰로오스 섬유의 공통적인 결점인 수적 현상, 구김, 세탁수축 등을 방지하기 위해 enVix[®] 섬유에 DP 가공 및 발수가공을 시행하는 것이 바람직하다. 또한 상품에 따라서는 비스코스 레이온과 동일하게 sanforizing기, felt calender, comfit 등을 사용하여 태를 향상시키는 것이 좋다.

5. enVix[®] 섬유의 용도와 향후 전망

이상과 같이 enVix[®] 섬유는 기존 레이온과는 다른 성질과 장점을 가지고 있어 의류용 섬유로서 다양한 상품 개발이 기대된다. 원료인 아세테이트 장섬유가 기존 습식방사 방식의 레이온에 비해 물성 균일성이 우수하고 차별화 상품이 많기 때문에 이형단면사, 세섬사 등의 다양하고도 균일한 enVix[®] 섬유를 얻을 수 있다. 이러한 물성이 균일한 차별화 enVix[®] 섬유를 사용하여 기존 레이온과 다른 태와 기능성을 가진 섬유제품을 만들 수 있어 새로운 용도 및 수요 창출이 가능할 것이다.

특히 준비, 제직, 염색가공에서 cake나 cone에 감긴 내외층 섬유의 염착차로 인해 비스코스 레이온의 침염 색상이 대부분 black이었으나, enVix[®] 섬유는 균염성이 뛰어나 다양한 용도의 유채색 직편물을 제조할 수 있다. enVix[®] 섬유가

표면에 부상하는 조직의 교직 및 교편물이 가능하게 되어 이를 활용한 새로운 질감과 광택을 갖는 다양한 걸감을 소비자에게 제공할 수 있을 것이다. 이제까지 레이온 장섬유 직물이 블라우스 및 안감 등에 주로 채용되었는데 비해 enVix[®] 섬유는 이와 함께 lingerie, suit, jacket, 바지, skirt, coat 등 안감에서 걸감까지 폭 넓은 용도로 활용될 수 있을 것이다. 편물에서도 다양한 색상의 상품이 가능함에 따라 enVix[®] 단독이나 spandex 또는 합성섬유와 혼용하여 inner wear, top, dress, skirt 등에 수요 확대를 도모할 수 있는 상품기획이 가능하게 되었다. 또한 날염 무늬의 침예성과 선명성을 활용하여 고부가가치 날염 상품 개발이 기대된다.

섬유산업에 있어 환경 친화성 제조방법과 소재 섬유의 생분해성에 대해 지속적으로 요구가 높아지고 있다. 또한 선진국을 중심으로 환경규제가 엄격해지는 추세에 따라 생산공정에서 배출되는 공해물질의 제거 및 방지비용이 증가하고 있다. 이황화탄소, 황산아연, 황화나트륨 등의 유독성 물질에 대한 회수재활용 및 공해방지 시스템 투자 비용이 증가하여 비스코스 레이온의 제조원가가 점차 높아지고 있다. 이로 인해 앞서 기술한 바와 같이 선진국의 비스코스 레이온 산업은 수익성이 떨어져 규모가 축소되고 있는 현실이다. 그러나 enVix[®] 섬유는 비스코스 레이온의 제조과정에서 발생하는 심각한 환경문제가 없고, 배출되는 물질도 회수되어 재활용된다. 제조공정이 안전하고 생분해성인 재생 셀룰로오스 섬유 enVix[®]는 환경을 우선하는 사회적 변화와 요구에 적합할 뿐만 아니라 비스코스 레이온에 대한 비교우위의 물성들로 상품개발이 유망할 것으로 기대한다. 또한 머지 않은 미래에 당면할 석유자원의 부족과 합성섬유의 위기에 선택될 수 있는 셀룰로오스 섬유의 제조방법이 되기를 희망한다.

참고문헌

1. J. Dyer and G. C. Daul in “Handbook of Fiber Science and Technology, Vol. IV: Fiber Chemistry” (M. Lewin and E. M. Pearce Eds.), pp.910-915, Marcel Dekker, New York, 1985.
2. D. C. Coleman, “Courtaulds, Vol. II: Rayon”, pp.61-75, Oxford Univ. Press, London, 1969.
3. H. Hama, “ニューレーヨンの實際知識”, pp.53-61, 繊維社, 大阪, 1994.
4. (a) S. Marash, F. Dubois, and Y. Sakuma, “CEH Marketing Research Report: Rayon and Lyocell Fibers”, SRI International, Tokyo, 2001. (b) 일본화학섬유협회, “纖維ハンドブック 1995”, 일본화학섬유협회 자료분포회, Tokyo, 1995.
5. T. Keitaro, “レーヨンフィラメントの動向”, 化纖月報, 38(2), pp.14-16(2001).
6. 山崎 義一, “ニューレーヨンの實際知識”, p.30, 繊維社, 大阪, 1994.
7. 荒井 邦太郎, “レーヨンフィラメントの動向”, 化纖月報, 38(2), pp.10-13(2001).
8. D. Ward, “Lyocell Fibers Make Slow but Steady Progress”, *International Fiber J.*, 16(3), pp.58-61(2001).
9. “한국경제연감”, p.340, 한국경제인연합회, 2000.
10. 이진희, “한국경영사학회 연구총서, Vol. 2: SK그룹 최종현 연구”(이진희외 편집), pp.132-137, 한국경영사학회, 서울, 2001.
11. K. Kikuo, “ニューレーヨンの實際知識”, pp.121-167, 繊維社, 大阪, 1994.
12. 旭化成工業(株), (株)クラレ, ユニチカ(株), “レーヨンフィラメント絲の加工技術指導書”, pp.16-44, 1992.
13. 金子 昌司, “ニューレーヨンの實際知識”, pp.43-52, 繊維社, 大阪, 1994.
14. USP, 2,053,766.
15. K. Shariq, E. Anderson, and T. Sasano, “CEH Marketing Research Report: Cellulose Acetate and Triacetate Fibers”, SRI International, Tokyo, 1997.
16. J. Lacson and Y. Sakuma, “CEH Data Summary: Carbon Disulfide”, SRI International, Tokyo, 2001.
17. 山崎 義一, “圖で見る最近の化學纖維の生産動向”, 日本纖維學會誌, 57(5), pp.20-21(2001).
18. 堀井 文敬, “セルロース系新産業の創生に向けて”, 日本纖維學會誌, 57(5), pp.13-16(2001).
19. 松本 孝芳, “セルロース研究の新展開に向けて”, 日本纖維學會誌, 57(5), pp.17-19(2001).
20. A. M. Hindeleh and D. J. Johnson, “Crystallinity and Crystallite Size Measurement in Cellulose Fiber: 2. Viscose Rayon”, *Polymer*, 15, pp.697-705(1974).

21. Y. Tsuda and S. Mukoyama, "The Formation of Cellulose IV in the Viscose Spinning", *Bull. Chem. Soc. Japan*, **30**, pp.718-720(1967).
22. A. K. Kulshreshtha, "2-A Review of the Literature on the Formation of Cellulose IV, Its Structure, and Its Significance in the Technology of Rayon Manufacture", *J. Text. Inst.*, **88**, pp.13-18(1979).
23. H. Krassig, "Structure Investigations on Cellulose Fiber Using Infrared Spectroscopy and X-ray Diffraction", *Applied Polymer Symposium*, No.28, pp.777-790, John Wiley & Sons, New York, 1976.
24. T. Yurugi and T. Ogihara, "セルロース II, IV 轉移", *日本工業化學雜誌*, **63**, pp.1457-1461(1960).