

## 6T 접목 차별화 섬유소재

변성원, 임대영

한국생산기술연구원 신섬유기술본부 산업용섬유팀

### 1. 6T에 대한 이해

최근 21세기 국가발전전략의 일환으로 탄생한 미래 신기술 6T라는 용어는 미래 사회경제와 생활방식을 주도적으로 변화시킬 것으로 예상되는 첨단유망 신기술인 IT(정보기술), BT(생명공학기술), NT(나노기술), ET(환경기술), ST(우주항공기술), CT(문화기술)의 6개 신기술을 말하는 것으로 현재 과학기술산업계 뿐만 아니라 범국가적인 관심을 끌고 있다. 이러한 6T의 특징을 아래에 요약하여 나타내었다.

**IT(Information Technology, 정보기술)** : 정보를 생성, 도출, 가공, 전송, 저장하는 모든 유통과정에서 필요한 기술

- 21세기 정보화 사회에 필수적인 기술일 뿐만 아니라, 기술의 부가가치 및 사회·경제적 파급효과가 매우 커서 산업적으로 중요
- 향후 10년간 신기술로서 세계시장을 주도할 것으로 전망
- 경쟁력 유지와 원천기술 확보를 통한 정보기술의 자립을 위한 노력 필요

**BT(Biotechnology, 생명공학기술)** : 생명현상을 일으키는 생체나 생체유래물질 또는 생물학적 시스템을 이용하여 산업적으로 유용한 제품을 제조하거나 공정을 개선하기 위한 기술

- 무병장수와 식량문제의 해결 등 삶의 질 향상에 필수적인 기술로 21세기에 고부가가치의 신산업을 창출할 가능성이 매우 높음
- 2010년경부터 IT에 이어 차세대 신산업 창출의 원동력이 될 것으로 예측
- Platform 기술에 중점을 두고 벤처기업의 역량 강화를 통한 기술개발 필요

**NT(Nanotechnology, 나노기술)** : 물질을 원자·분자크기의 수준( $10^9\text{m}$ )에서 조작·분석하고 이를 제어할 수 있는 과학과 기술을 총칭

- 과학기술의 새로운 영역을 창출하거나 기존 제품의 고성능화에 필요한 기술로, IT, BT와 함께 21세기의 신산업 혁명을 주도할 핵심 기술
- 나노기술은 국제적으로 아직 개발초기 단계이고 IT, BT의 기반이 되고 있는 등 기술적·산업적 파급효과가 매우 큼
- IT, BT, ET 관련 신산업 등 거의 모든 산업에 필요한 핵심요소기술

**ET(Environment Technology, 환경기술)** : 환경오염을 저감, 예방, 복원하는 기술로 환경제어기술, 청정기술, 에너지기술 및 해양환경기술을 포함

- 쾌적한 삶에 대한 욕구의 증대, 환경기준의 설정을 통한 새로운 무역규제의 등장 등 환경관련 수요가 증대

Table 1. 세계 국가들의 미래핵심 기술개발 전략

| 국 가 | 내 용   |
|-----|---|
| 미 국 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과학기술하부구조 구축, 창의적 인력 양성 및 기술혁신 환경조성 등 기술혁신능력 증대를 목표로 하는 정책에 중점</li> <li>○ 경제가 어려운데도 불구하고 연구개발예산은 지속적으로 확대                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 예산 : '01년 853억 달러 ⇒ '02년 953억 달러(기초, IT, BT, NT에 집중)</li> <li>- 「21세기 연구기금」 : '99년 370억 달러 ⇒ '00년 380억 달러 ⇒ '01년 429억 달러 ⇒ '02년 479억 달러</li> </ul> </li> </ul>   |
| 일 본 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과학기술회의의 종합계획부회에서 수립, 추진</li> <li>○ 제2차 과학기술기본계획('01~'05) 기간동안 IT, BT, 환경, 재료(NT) 등에 24조엔(GDP의 1%, 1차 계획의 17조엔보다 41% 증액) 투자                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 향후 50년간 노벨상 수상자 30명 배출 목표</li> </ul> </li> <li>○ 정보화, 고령화, 환경문제에 대응하기 위해 밀레니엄 프로젝트 추진                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- IT, BT, ET 분야에 집중투자</li> </ul> </li> <li>○ 15개 연구기관을 산업기술 종합연구소로 통합하고, 2003년부터 모든 국립대학을 독립 행정 법인화하는 등 과학기술 혁신시스템을 개편</li> </ul> |
| EU  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제6차 Framework Programme('02-'06) 추진</li> <li>○ 역내 연구개발활동의 분절성 및 비일관성 극복을 위해 자원의 이동성 증진, 개방적 연구환경 조성 등을 목표로 유럽 단일연구공간 추진</li> <li>○ IT, BT, NT, ST 등에 총 175억 유로를 집중투입                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 특히, NT 분야에 '03년부터 3년간 13억 유로(약 1조 5천억원) 투자</li> </ul> </li> </ul>  |
| 중 국 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 10차 5개년 발전계획('01-'05)으로 12개 첨단기술 육성 추진</li> <li>○ IT(5개 기술), 교통(3개), BT(2개), 에너지(2개) 분야에 집중</li> </ul>   |
| 한 국 | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과학기술기본계획('02-'06) 수립 및 추진(2002)</li> <li>○ 6T(IT, BT, NT, ET, ST, CT) 분야에 집중</li> <li>○ 향후 10년간 약 35조원 이상의 정부연구개발비 투자</li> </ul>   |

- 지구 차원에서 환경문제 해결방안 모색을 위해 그린라운드가 현실화 될 것으로 예상되는 등 향후 환경기술은 급격하게 발전될 전망
- 투자의 확대와 함께 제도·정책적인 지원, R&D 기반 확충이 시급

**ST(Space Technology, 우주항공기술) :** 위성체, 발사체, 항공기 등의 개발과 관련된 복합기술

- 전자, 반도체, 컴퓨터, 소재 등 관련 첨단기술을 요소로 하는 시스템 기술로 기술개발 결과가 타 분야에 미치는 파급효과가 매우 큰 종합기술
- 국내의 관련된 기술분야의 수준을 높이는 데 기여할 수 있는 반면 선진국의 기술장벽과 산업수준이 높아 산업화와 관련된 신기술 개발을 육성할 필요가 있음

- IT, NT 등 각 산업분야의 첨단기술을 주도해 나갈 미래유망 핵심기술 분야

**CT(Culture Technology, 문화기술) :** 디지털미디어에 기반한 첨단 문화예술산업을 발전시키기 위한 기술을 총칭

- 인터넷의 활성화와 디지털기술의 발전으로 디지털 콘텐츠의 수요 급증
- 향후 고부가가치 산업으로 성장 가능성이 큰 디지털 미디어에 기반한 첨단 문화예술 산업을 발전시키는데 필수적인 기술
- 기술·지식 집약산업으로 우리 민족의 창의력을 극대화할 수 있는 기술

현재 세계 각국은 이러한 미래유망기술 선점을 통한 과학기술력 및 산업 경쟁력 제고를 위해 치열

한 경쟁 중에 있다. 이러한 상황에서 2000년 12월 발표된 향후 5년간('02~'06)의 과학기술발전목표와 추진전략을 제시한 범부처적인 정부계획인 「국가과학기술기본계획」이 제9차 국가과학기술위원회(위원장: 대통령)에서 수립되었다. 이 계획의 핵심은 미래 과학기술 및 산업분야에서 세계 선진국으로 도약하는 것을 목표로 미래 유망 신기술의 선택적 집중개발과 섬유산업과 같은 전통주력산업에 이러한 신기술을 접목하고 핵심기술을 개발하는 것을 전략적으로 추진한다는 것이다.

Table 1에는 미국, 일본, EU 및 중국 등과 같은 세계 주요 국가들에서 추진 중인 미래핵심기술 개발 전략들을 우리나라의 경우와 비교하여 나타내었다. 대부분의 국가에서 IT, BT, NT, ET, ST에 집중하는 전략을 세우고 있는 실정이며, 특히 우리나라의 경우는 선진국들과는 달리 CT 분야를 추가하여 투자, 육성하는 전략을 갖추고 있는 것이 특징이다. 이러한 미래핵심기술 개발 프로그램의 면면을 살펴보면 Table 1과 같다.

미래의 기술사회는 6T 기술이 개별적으로 독자적인 영역을 구축해가는 사회라기 보다는 이러한 기술들이 서로 융합하여 시너지효과를 발휘하는 방향(Fusion Technology)으로 발전해 나갈 것으로 예상된다(Figure 1).

예를 들면 IT기술은 타분야와의 융합이 급속히

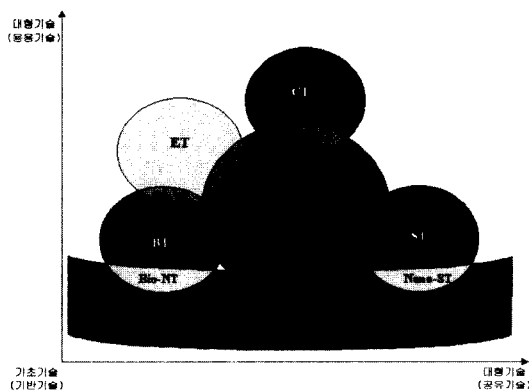


Figure 1. 기술 유형에 따른 6T의 융합화(Fusion화) 현상.

진화되어 BT, NT, CT 등의 기술발전을 주도할 기반기술이 될 것이며, Bio-NT, Bio-ET, Nano-IT, Nano-ST, Info-CT, Info-ST, Info-ET 등의 융합기술이 향후 중요한 분야로 대두할 것으로 보인다. BT는 IT 이후의 미래선도기술로서 식량문제 해결, 무병장수 등 응용분야가 넓고 경제사회 전 분야의 모습을 바꿀 수 있는 핵심기술로 부각될 것이며, NT는 물리·화학 등 기초기술을 바탕으로 미래 기술혁신을 주도할 기반핵심기술이 될 것으로 전망된다.

이러한 신기술들은 우리 생활 전반에 걸쳐 영향을 미치게 될 것이며, 이러한 신기술들로 인하여 우리의 생활 자체가 변화될 것으로 예상된다. 그러나 이러한 신기술들은 그 자체로 독립적인 산업군으로 전개되기 보다는 주로 기존에 거대한 시장을 형성하고 있는 산업들 즉, 자동차, 전기·전자, 반도체, 기계, 항공, 금속, 화학, 섬유산업, 요업, 의업, 건축·토목업, 농업, 임업, 축산업, 수산업 등과 같은 전통산업과 접목되어 신기술의 용도가 발휘될 수 있을 때야 비로서 그 중요성과 활용성이 부각된다고 할 수 있다.

따라서 이러한 6T 신기술은 기존 전통산업과 더불어 접목될 수 밖에 없으며 기존 전통산업이 존재하지 않는다면 그 중요성과 파급효과는 극히 미미하다고 할 수 밖에 없다. 그러므로 6T 신기술은 현재 가장 활성화되어 있는 산업에서 우선적으로 가장 큰 영향을 발휘할 것으로 예상되며, 특히 기존 산업중에서도 6T 신기술 전체가 전부 영향을 미칠 수 있는 섬유산업 분야에서 그 진가가 여실히 발휘될 것으로 판단되며 역으로 기존 섬유기술의 6T 신기술에의 기여 또한 막대하다.

Table 2. 세계 섬유류 수요전망(단위 : 천톤)

| 소재별  | 2000년  | 2005년  | 2010년  | 연평균 증가율(%) |
|------|--------|--------|--------|------------|
| 천연섬유 | 21,247 | 22,991 | 24,590 | 1.6        |
| 화학섬유 | 31,893 | 39,845 | 49,202 | 4.4        |
| 합계   | 53,140 | 62,836 | 73,792 | 3.3        |

\* 자료 : PCI(Petro Chemical Institute), 2002.

Table 3. 주요 국별 석유 1인당 소비량 현황과 전망

| 구분          |      | 미국   | 일본   | 서유럽  | 동구  | 중국   | 기타 | 계    |
|-------------|------|------|------|------|-----|------|----|------|
| 소비량<br>(천톤) | 2000 | 36.6 | 21.3 | 20.9 | 4.9 | 8.9  | -  | 8.7  |
|             | 2005 | 41.5 | 20.3 | 21.6 | 5.5 | 10.8 | -  | 9.7  |
|             | 2010 | 45.1 | 23.9 | 23.4 | 6.6 | 12.4 | -  | 10.8 |

\* 자료 : PCI(Petro Chemical Institute), 2002.

Table 4. 주요 국별, 소재별 석유 소비량 현황과 전망(단위 : 천톤)

| 지역별 | 2000년    |          |        | 2005년    |          |        | 2010년    |          |        |
|-----|----------|----------|--------|----------|----------|--------|----------|----------|--------|
|     | 천연<br>석유 | 화학<br>석유 | 합계     | 천연<br>석유 | 화학<br>석유 | 합계     | 천연<br>석유 | 화학<br>석유 | 합계     |
| 미국  | 4,916    | 6,328    | 11,244 | 5,501    | 7,187    | 12,688 | 6,019    | 7,872    | 13,891 |
| 일본  | 1,110    | 1,591    | 2,701  | 979      | 1,604    | 2,583  | 1,120    | 1,922    | 3,042  |
| 서유럽 | 2,918    | 5,388    | 8,306  | 3,038    | 5,647    | 8,685  | 3,020    | 6,508    | 9,528  |
| 동구  | 1,032    | 1,091    | 2,123  | 1,070    | 1,375    | 2,445  | 1,168    | 1,777    | 2,945  |
| 중국  | 3,771    | 7,584    | 11,355 | 3,891    | 10,344   | 14,235 | 3,711    | 13,196   | 16,907 |
| 기타  | 7,500    | 9,911    | 17,411 | 8,512    | 13,688   | 22,200 | 9,552    | 17,927   | 46,313 |
| 계   | 21,247   | 31,893   | 53,140 | 22,991   | 39,845   | 62,836 | 24,590   | 49,202   | 73,792 |

\* 자료 : PCI(Petro Chemical Institute), 2002.

그러면 석유산업과 같은 전통산업이 어떻게 6T와 연계, 접목될 것인가? 이것은 석유산업의 기술발전 방향 및 석유기술 선진국들인 미국, 일본, 서유럽 등의 최근 기술개발 동향을 살펴봄으로써 그 실체를 확인할 수 있다.

## 2. 세계 석유산업의 시장 동향 및 전망

세계 석유시장 규모는 인구증가 및 소비증대·라이프스타일 변화 등에 따라 2000년 53,140천톤이었으며, 소재별 비중은 화학석유가 천연석유를 약 1.5배 상회하고 있다. 세계 석유류의 수요는 2010년까지 년 평균 3.3%의 증가를 기록하여 2000년 대비 약 1.4배 증가한 73,792천톤에 달할 것으로 전망된다. 석유류의 수요 증가는 자원의 제약 등으로 인하여 천연석유보다는 화학석유가 성장을 주도하여, 2010년에는 화학석유가 천연석유의 2배인 49,200 천톤에 달할 것으로 예상된다.

지역별 석유수요는 기존 주시장인 미국이나 서유럽보다는 높은 경제 성장률이 예상되는 중국, 동유럽 및 기타 지역의 증가세가 훨씬 높을 것으로 예상되며 1인당 석유 소비량은 지역별 및 선·후진국 간 차이가 크며, 현재 중국, 동구 지역은 미국에 비해 각각 1/4과 1/7의 수준에 불과하기 때문에 향후 석유 수요의 증가는 이들과 남미, 동남아 국가가 주도할 것으로 전망된다.

소재별, 지역별 석유수요 전망을 보면 천연석유는 미국을 제외하면 그다지 증가세를 보이지 않을 것으로 예상되나, 화석은 '00년 대비 '10년의 소비는 미국 24%, 일본 13%, 서유럽 15%, 동구 39%, 중국 49%, 기타 지역이 166%의 성장이 예상되고 있어, 개도국의 화석 수요 성장률이 선진국에 비해 훨씬 높을 것으로 전망된다.

향후 한국의 석유산업은 지속적인 성장을 위해 석유수요증가가 기대되고 있는 지역에 시장 선점을 위한 거점 확보 등의 대비가 필요할 것으로 판단된다.

**Table 5.** 세계 주요국가의 섬유부분별 소비비중 (2000년)

| 국가 부문 | 산업용섬유 | 의류용섬유 |
|-------|-------|-------|
| 한국    | 20%   | 80%   |
| 일본    | 69%   | 31%   |
| 미국    | 70%   | 30%   |
| 유럽    | 60%   | 40%   |

\* 자료 : 일본화학섬유협회, 2002 (한국의 경우는 생산비중임).

**Table 6.** 세계 지역별 산업용 섬유의 소비 전망

(단위 : 천톤)

| 지역  | 년도 | 2000   | 2005   | 2010   | 성장률(%) |
|-----|----|--------|--------|--------|--------|
| 미국  |    | 5,031  | 5,777  | 6,821  | 3.6    |
| 유럽  |    | 4,162  | 4,773  | 5,577  | 3.4    |
| 아시아 |    | 6,963  | 8,504  | 10,645 | 5.3    |
| 기타  |    | 558    | 628    | 730    | 3.1    |
| 합계  |    | 16,714 | 19,683 | 23,774 | 4.2    |

\* 자료 : DRA(David Rigby Associates) Report, 2002.

**Table 7.** 섬유 소재별 산업용 섬유의 소비 전망

(단위 : 천톤)

| 소재별       | 년도 | 2000   | 2005   | 2010   | 성장률(%) |
|-----------|----|--------|--------|--------|--------|
| 천연섬유      |    | 3,465  | 3,842  | 4,451  | 2.8    |
| 화학/ 무기 섬유 |    | 13,249 | 15,840 | 19,323 | 4.6    |
| 합계        |    | 16,714 | 19,683 | 23,774 | 4.2    |

\* 자료 : DRA Report, 2002.

한편 산업자재의 경량화, 고기능화, 다양화 등에 따라 산업용 섬유의 용도가 확대되고 있어 산업용 섬유의 고도 성장이 예상되고 있으며 선진국의 경우 산업용 섬유는 섬유의 최종용도 소비기준으로 그 비중이 40%를 넘어서고 있으며, 수년 내 50% 이상으로 증가될 것으로 예측하나 개도국의 경우 생산량 기준으로 그 수치가 거의 10% 미만으로 극히 저조한 실정이며 우리나라의 경우 20% 수준으로 나타나고 있다.

세계 산업용 섬유의 소비량은 2010년까지 연간 약 4% 이상의 성장률을 나타낼 것으로 추정되며, 2010년의 소비량은 물량면에서는 약 2,400만톤, 금액으로는 약 1,400억불을 훨씬 상회할 것으로 전망

되고 있는데, 대부분의 산업용 섬유는 고가의 원료를 사용하고, 고도의 기술을 도입함으로써 물량 면보다는 금액 면에서 더 빠른 성장이 예상된다.

'00년 현재 세계 산업용 섬유의 소비를 지역별로 살펴보면 미국, 서유럽 그리고 일본이 전체 산업용 섬유시장의 약 65%를 점유하였으나, 아시아권의 중국의 비중이 커짐에 따라 2005년경에는 60% 정도로 감소될 것으로 전망된다.

산업용 섬유의 소재는 주로 화학섬유이며 이 소재의 향후 증가율이 높게 예상되며, 제품 형태와 그 소비량을 기준으로 볼 때는 현재까지 직물형태의 소비량이 가장 크나 2003년-2004년을 기점으로 부직포형태가 1위를 차지할 것으로 전망되고 있다.

현재 섬유산업은 이와 같이 거대 시장을 형성하고 있으며 향후 지속적인 성장이 예상되고 있어 6T 신기술 도입에 의한 고부가가치 창출 및 신용도 개발이 필수적으로 요구되고 있으며, 특히 향후 전체계적으로 수요가 급격히 증가할 것으로 예상되는 산업용 섬유분야에서 6T 신기술 접목 고기능성/고성능 신섬유소재의 등장이 급격히 전개될 것으로 예상된다.

### 3. 섬유산업의 기술발전 방향

세계의 섬유산업은 원료가 되는 소재의 개발과 상업화에 따라 점진적으로 발전해 왔으며, 소비자의 니즈 역시 점차 변화되어오고 있다. 1960년대 이전까지는 범용 섬유고분자 출현으로 대량생산과 가격하락의 풍요의 시대를 거치면서 섬유산업은 발전하였으며, 1970년대를 거치면서 하이테크 산업의 발전과 더불어 고기능, 고성능화, 고감성화 등의 요구가 절실해져 왔으며, 이에 발맞춰 탄소섬유, 중공사 등과 같은 섬유 신소재의 출현은 섬유산업의 발달에 지대한 공헌을 하고 있다(Figure 2).

Tatsuya Hongu는 그의 저서 「High-Tech Fibers」에서 21세기 섬유는 크게 생활자재용도와 산업자재용도로 개발이 진행될 것이라고 전망하였다. 특히

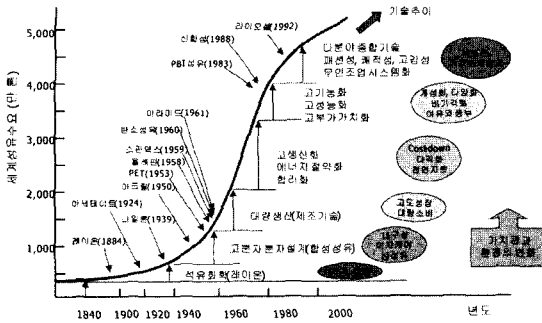


Figure 2. 세계 섬유산업의 역사와 소비자 니즈의 변화.

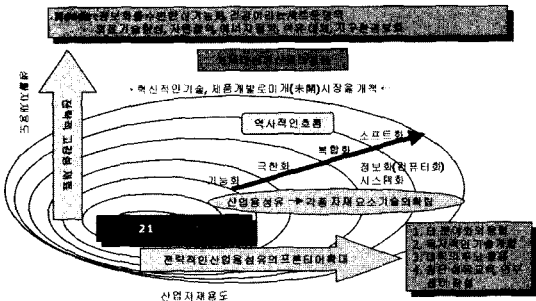


Figure 3. 21세기 섬유산업의 기술개발 방향.

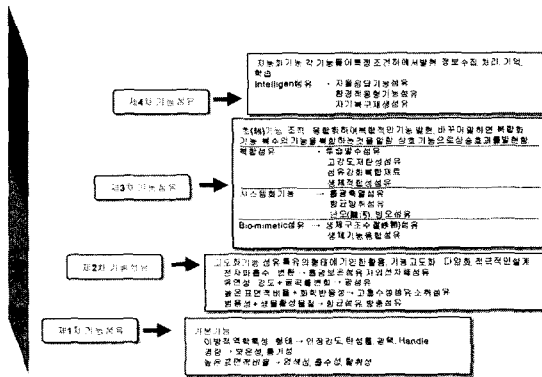


Figure 4. 차원 기능성 섬유의 개발 흐름도

생활자재용도로는 고감성 소재의 개발과 함께, 그리고 산업자재용도로는 각종 요소기술의 융합을 통한 고기능, 고성능화의 방향으로 흘러갈 것이라고 전망하고 있다.

기술개발 면에서 보면 20세기가 1차원 단순한 기

본기능에서 2차원의 고도화 기능 발현 단계로 넘어가는 단계였다면, 21세기는 초기능 및 지식화 기능을 지향하는 3차원, 4차원 기술의 개발을 지향하며 발전해나갈 것이다. 따라서 차세대 섬유소재는 특성상 고기능화, 고성능화, 고감성화 등에 대한 요구가 끊임없이 제기될 것이며, 연구개발의 초점도 여기에 맞추어 질 것이다.

이러한 고기능화, 고성능화, 고감성화의 니즈에 따라 개발되고 있거나 이미 시장에 출시되어 사용되고 있는 각종 섬유의 신규용도를 Figure 5에 나타내었다. 이 그림은 University of New South Wales의 Department of Textile Technology에서 작성한 "Technical Textiles Wheel"로서 새로운 미래 섬유세계를 보여주고 있다.

이렇게 다양한 용도로 사용되고 있는 각종 섬유소재들을 칭하는 용어들도 그만큼 다양한데, 「Technical Textile」, 「Industrial Textile」, 「Engineering Textile」, 「High-tech Textile」, 「High Performance Textile」 등이 바로 그것이다. 이러한 다양한 용어들이 함축하고 있는 바로 그것이 전장에서 말했던 6T인 것이다. 이러한 개발 및 용도분야는 6T 신기술이 도입될 수 밖에 없는 영역이므로 바로 섬유산업에서 신기술의 위력이 여실히 드러날 것으로 예상되며, 특히 고기능성과 고성능이 강조되는 산업용 섬유분야에서는 그 신기술의 전개폭이 매우 클 것으로 예상되

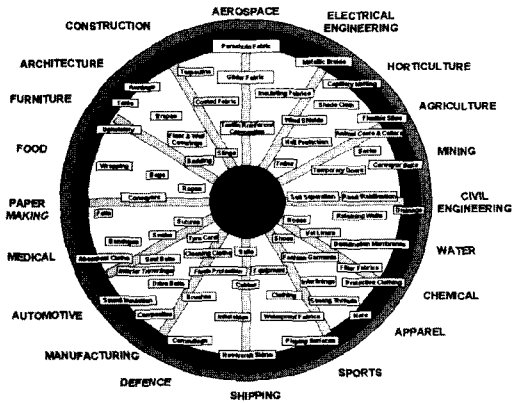


Figure 5. Technical Textiles Wheel.

Table 8. 다양한 산업용섬유의 용도와 6T의 연관성

| 항목      | End-Use Segment   | 관련 기술              |
|---------|---|--------------------|
| 농업용     | Cover, Protection, Collection/Fishing/Tying   | BT, ET             |
| 건축용     | Display/Textile Construction/Building Components, Protection, Reinforcements                      | IT, ET, ST         |
| 의류/부자재용 | Clothing/Shoe Components/Insulation, Structure/Sewing Products                                    | IT, NT, CT         |
| 토목용     | Drainage/Soil Reinforcement/Erosion Control/Linings, Stabilization, Separation                    | BT, ET, ST         |
| 가정용     | Carpet Components/Furniture Components/Cleaning, Filtration/Tickings/Composites                   | IT, ET, CT         |
| 공업용     | Filtration/MRGs/Cleaning/Lifting, Gaskets/Optical Components, Pulling/Electrical Components/Seals | IT, BT, NT, ET, ST |
| 의료용     | Cleaning/Coverstock(Hygiene)/Wound-care(Medical)/Protection/Optical Components                    | IT, BT, NT         |
| 운송용     | MRGs/Safety/Trim, Insulation/Floor Covering/ Protection/Composites/Optical Components             | IT, ET, ST         |
| 포장용     | Bulk Packaging/Disposable/Tying   | ET, BT             |
| 보호용     | Particulate Protection/Chemical Protection/Flame Retardant/Cut Resistant/Outdoor Use              | IT, NT, ST         |
| 스포츠용    | Luggage Components/Sports Equipments/Camping Equipments   | IT, CT, ST         |
| 환경용     | Filtration/Stabilization, Separation, Drainage/Insulation   | IT, NT, ET, BT     |

며 신기술이 꽃필 수 있는 터전으로 판단된다.

#### 4. 6T 접목 차별화 섬유소재

현재 섬유분야의 다양한 용도와 6T 신기술 분야의 연계성을 Table 8에 나타내 보았다.

##### 4.1. IT용 섬유소재

IT 분야에서 섬유산업은 정보의 전달 및 저장, 보호기능용 핵심소재의 공급역할을 담당하고 있으며 환경조건에 지적으로 응답하고 기능을 발현하는 능력을 갖는 인텔리전트 섬유분야에서는 IT 기술을 활용하고 있다. 예를 들면 정보전달용 광섬유, 전도성 섬유, 대전성섬유, 초전도섬유, 자성섬유 등과 정보 및 기능보호용 전자파 차폐 섬유 등이 있으며, 환경 정보를 자체 센싱하고 그에 따라 자체 응답하여 기능을 발휘하는 인텔리전트 섬유 등을 들 수 있다.

고도의 첨단 기술 집약적인 IT 산업의 요소기술로 개발되고 있는 “광통신 기술” 부분에서 핵심소재로 사용되고 있는 플라스틱 광섬유(Plastic Optical Fiber, POF)는 국부적으로 데이터 및 신호의 송·

수신이 이루어지는 고성능 자동차 산업, 컴퓨터 산업, 우주항공산업, Intelligent 건축산업, 의료기기 산업, OA, HA(Home Automation) 산업 및 공정자동화 기술분야 등의 발전에 핵심이 되는 첨단 산업용 섬유소재로서 대표적인 IT 접목 섬유소재이다.

POF는 1968년 미국 Du Pont사에서 최초로 PMMA POF가 개발된 이래 많은 발전이 있어 왔는데, GI-type과 SI-type POF는 미국에서 최초로 개발되었으나 현재는 일본이 주도하고 있다. 특히 일본 Keio 대학의 Koike 교수팀이 1980년대 초반부터 GI-POF 제조에 관한 새로운 기술들을 연속적으로 발표하면서 선도적인 역할을 하고 있다. 현재 광통신용 POF의 개발 및 상업화 업체는 주로 일본을 중심으로 POF consortium이 형성되어 있으며, PMMA계 SI-type은 Mitsubishi Rayon사를 중심으로 가정용 LAN 등의 용도로 개발되고 있으며, 미국에서는 Boston Optical Fiber사에서 일부 제품을 생산중에 있다. 2000년에는 미국의 Lucent Technology사가 전불소계 고분자인 Cytop(일본 Asahi Glass사 생산)을 이용하여 11 Gbps의 광대역력을 갖는 GI-POF를 개발하였다. 일본 및 미국을 중심으

Table 9. POF의 응용 분야

| 응용분야   |     | 적용 분야 또는 내용  |
|--------|-----|--|
| 데이터 통신 | 가정  | A/V, 컴퓨터, 가전 제품, 보안시스템 등<br>- 모든 가정기기의 중앙컴퓨터를 통한 인터 페이스화로 자동화  |
|        | 사무실 | A/V, 컴퓨터, 복사기, FAX, 사무자동화 등<br>- 사무용 기기의 자동화 및 복합화 체계 구축   |
|        | 산업  | 공정자동화, 전력, 산업장비 등<br>- 장비와 통제실 간의 신속한 신호전달<br>- 자동 모니터링 및 공정 자동화   |
|        | 수송  | 열차, 항공기, 자동차, 선박 등<br>- 자동 운항시스템 운용 및 각종 차량제어 신호전송<br>- 선박내 엔진과 통제실 통신신호 전송<br>- 항공기내의 A/V 정보 신호 전달용<br>- 운송기내의 internet system용 |
|        | 의료  | 모니터, NMR, CT 등 화상처리장치<br>- 모니터와 통제 패널 사이의 신호전달<br>- 내부신호 전송  |
|        | LAN | 배선<br>- Network herb에서 사무실 및 단말기까지의 연결   |
| 조명, 싸인 |     | - 교통신호 표지판, 표시판, 태양광 전송 system<br>- 주택, 다리, 건축물 등의 옥내의 장식용<br>- 차량, 산업기계 등의 판넬용  |

Table 10. 각 국별 광섬유관련 시장 동향

| 국가               | 시장 규모      | 목표 년도 | 비고                                       |
|------------------|------------|-------|--|
| 일본 <sup>1)</sup> | 59 억엔      | 1996  | 19만 km                                   |
|                  | 240 억엔     | 2005  | 800만 km                                  |
| 미국 <sup>2)</sup> | 4.5B US \$ | 2004  | Home with digital entertainment networks |
|                  | 700M US \$ | 1998  | Home networks                            |
|                  | 1 B US \$  | 2002  |  |
|                  | 12M US \$  | 2002  |  |
| 한국 <sup>3)</sup> | 1000 억원    | 2005  | Home network 분야의 성장                      |

1) 97 광산업예측편람, 일본 Fuji Chimera Research Institute, Inc. pp.55-56, 1997.

2) Park Associates, 1999; International Data Corp.

3) POF 시장동향, 산업기술정책연구소, 1995.

로 한 선진국들에서는 POF를 차세대 광통신시대의 핵심 부품으로 인식하고 1990년대부터 이에 대한 연구·개발 투자로 다가오는 초고속 정보통신시대에 대한 만반의 준비를 하고 있는 실정이다.

#### 4.2. BT 접목 섬유소재

BT 기술은 생명공학을 이용한 천연섬유 제조 및 생체 인공장기용 섬유개발, 및 효소이용 공정개발 등의 분야에서 섬유산업과 접목되고 있다. 예를 들면 인공생체기능의 발현을 위한 섬유소재로서는 에

너지교환·저장기능의 운동기능섬유(Chemomechanical Reaction), 광열변환기능섬유, 인공효소(Synzyme) 섬유, 생체제어섬유, 혈액정화섬유 등과 자기성장·수복·복제기능에서는 흡수성 봉합사, 흡수성 창상 커버, 성장기능섬유, 세포고정화 항체용 섬유 등을 들 수 있으며, 생명공학을 이용한 생산기술분야에서는 유전자조작 셀룰로오스섬유, 천연 colored cotton, 신당질계셀룰로오스섬유, 초수퍼셀룰로오스 섬유, 견고차구조모방섬유(천연 colored silk), 콜라겐섬유, 키틴/키토산섬유, spider silk, 해양다당섬유 등이 있다. 또한 효소를 이용한 울, 면, 합성섬유의 가공기술 및 청정공정기술 등은 BT를 섬유산업에 접목시킨 예라고 할 수 있다.

대표적인 BT 접목 섬유소재로서는 chitin/chitosan 섬유소재를 들 수 있다. 21세기 biotechnology의 전구물질로 인식되어 새롭게 접근하고 있는 천연고분자물질인 chitin/chitosan의 특성을 활용하는 여러 응용분야중에서 chitin/chitosan이 갖는 탁월한 인체친화성과 상처치유능을 발현시킬 수 있는 chitin/chitosan으로부터 제조되는 wound healing, wound dressing, wound ointment는 기존의 합성고분자로부터 제조되는 제품과 비교할 때 극히 우수한 장점들이 제시



될 수 있다. chitin/chitosan이 적용된 제품은 기존의 제품에 비해서 인체적합성이 우수하기 때문에 상처 자체의 치료효과가 월등함은 물론이고 부수적으로 합성고분자로부터 제조되는 wound healing이 보여 줄 수 없는 유해 chemical과 중금속 흡착능이 커서 제독효과를 발휘할 수 있으며, 생화학전에서 발생하는 상처는 단순한 창상, 자상, 화상의 치료와는 달리 피부에 부착된 유해 물질을 효과적으로 제거해야만 상처가 치유될 수 있는데 chitin/chitosan으로부터 제조되는 wound healing은 치료와 제독작용을 동시에 발휘할 수 있다. chitin/chitosan이 갖는 다양한 기능성을 특화시켜 발현하기 위해서는 먼저 chitin/chitosan이 사용되는 제품의 사용처를 고려할 때 생체적합성을 갖는 biomedical grade의 고순도 chitin/chitosan으로 원료가 특성화되어야 되고, 특성화된 biomedical grade chitin/chitosan이 기존에 주로 사용되어온 물질과의 친화성과 복합된 wound dressing 제품이 요구하는 성능과 기능이 발현되는 지에 대한 구체적인 연구개발이 필요하다.

chitin/chitosan을 이용한 wound healing용 wound dressing 제품은 biomedical grade의 고순도 키틴/키토산이 발현할 수 있는 wound healing 특성이 구체화되는 새로운 항균기능의 폐쇄성 드레싱재 개발은 물론 PU foam 및 PU film 내에 함유되어 있는 수용성 키틴/키토산의 서방기술(DDS)의 확보와 추가적으로 wound healing에 관련된 additive(예, 약제, 성장인자 등)의 서방기술 확보 등을 통해 지금까지 고부가가치 chitin/chitosan 생산기술의 미완성으로 medical 분야의 응용이 불가능한 점을 타파하기 위한 연구개발이 활발히 추진되고 있다. 이러한 연구는 창상 치유의 개념이 건조드레싱 개념(거즈 등을 사용)에서 습윤 드레싱 개념(폐쇄성 드레싱재를 사용)으로 전환하고 있는 시점에서 창상환자와 처치 의사의 습윤드레싱 처치 기술의 확보와 발전으로 연계될 것으로 기대되며, 향후 거즈를 대체하는 새로운 개념의 폐쇄성 드레싱재는 드레싱 교환기간이 거즈를 사용하는 경우에 비하여 수배에서 십수배

이상 길기 때문에 환자 및 의사의 처치 수고가 획기적으로 개선되고, 환자의 병원 등 이동에 따른 시간소모 및 경제적 소모를 최소화할 수 있으며, 군수용으로도 적합한 제품이 개발되면 화생방 상황에서 발생하는 위급한 환자를 야전에서 신속하게 처리하여 작전의 위해요소를 제거할 수 있는 기술로 활용이 가능하며, 군 작전 수행에 있어, 부상에 따른 의사 처치가 기존의 거즈를 상용하는 것보다 길어지는 점과 항균기능의 추가에 따른 감염의 가능성이 대폭 감소되는 점에 따라 작전의 기동성 및 수월성이 획기적인 개선이 기대된다. 환자의 입장에서 상처 치유가 신속하게 이루어지고, 항균성이 확보됨에 따라 긴급처치와 자가처치가 수월해지게 되고, 의사의 입장에서는 처치시간을 대폭 줄일 수 있기 때문에 많은 환자들을 소수의 의사들이 효율적으로 신속하게 처치할 수가 있는 이점도 예상될 수 있다.

미국 유수의 consulting사의 예측에 의하면 chitin/chitosan 산업은 21세기에는 medical 응용분야를 제외하고 여타 응용분야는 경쟁력이 완전히 소실되고 군수응용분야 및 health care 분야만이 경쟁력을 유지할 것으로 예측하고 있으며 금후 세계 시장규모는 20억불이상으로 예상된다.

### 4.3. NT 접목 섬유소재

섬유산업에서 NT 신기술은 크게 세가지 방향으로 접목될 수 있는데, 첫째로는 섬유 평균 직경이 수 ~ 수백 nm의 초극세 나노섬유의 제조기술 개발이 있으며, 두번째로는 나노 스케일의 첨가제 개발을 통해 섬유제조 및 가공공정에 이용하는 기술, 세번째로는 섬유 및 섬유집합체에 나노단위의 가공을 행하는 것으로 구분될 수 있다.

electrostatic spinning 혹은 electrospinning 기술은 1934년 A. Formhals가 출원한 유전성 액체의 표면에서 정전하를 발현시킴으로써 Taylor cone의 정점에서 연속상의 필라멘트를 형성하는 특허가 최초이다. 이 방법에 의해 얻어진 필라멘트는 전위차내 구

배에 따라 가속이 붙어 접지된 장치 위에 집적되어 부직포 형상의 배향이 거의 되지 않은 상태였다. 최근에 Akron 대학의 D. H. Reneker와 그 동료들은 많은 종류의 합성고분자들이 electrical-driven flow에 의해 방사가 가능하다는 사실을 밝혀냈으며, 50  $\mu\text{m}$  정도의 직경을 갖는 섬유를 방사한 결과를 보고하였다. 1980년대초 L. Larrondo 등은 PE와 PP를 용융상태에서 electrospinning하는 기술을 선보이기도 하였다. Akron 대학의 연구그룹에서는 electrospinning 원리를 “spraying”이라 불리는 전기적인 불안정성에 의해 토출된 유체가 여러 개의 더 작은 stream으로 갈라지는 현상으로 추정하고 있다. 1998년 S. B. Warner 등은 이러한 가정을 시각적으로 관찰하기 위해서 고속사진기술을 도입하였는데, 방사과정 중의 전기적인 불안정성이 대부분의 경우 또 다른 극세 필라멘트의 생성원리를 내포하고 있는 “Euler buckling instability”와 실제로 닮았다는 사실을 밝혀냈다. electro-hydrodynamics 분야는 electrostatic spraying 기술에서 볼 수 있듯이 Newtonian liquid를 해석하기 위해 생겨난 학문인

데, 합성섬유의 electrospinning 과정 중에 발생하는 점탄성을 갖는 분출(viscoelastic jet) 현상에 대한 electro-hydrodynamics에 관해서는 현재까지 거의 알려진 바가 없는 실정이다. electro spinning에 대한 연구개발은 학계와 산업계 등에서 연구가 활발히 진행되고 있다.

미국 출원 특허를 기준으로 살펴볼 경우 가장 많이 차지하는 기술이 나노섬유 집합체를 응용하는 기술인데, 의료 및 생체재료 분야(USP 6165212, USP 5910168, USP 5866217, USP 5476507 등)에 수십 건의 특허가 출원되어 있으며, 복합재료(USP 6265333), 멤브레인(USP 5387621, USP 5229045) 등이 알려지고 있다. electrospinning process 및 장비에 관한 기술은 거의 발전이 없는 상황인데, 튜브형 제품 제조방법(USP 5024789, USP 4323525), collector(USP 4842405), 방사 전극노즐(USP 4468922), 고압 압출방사장치(USP 4266918) 등이 알려지고 있어 가까운 장래에 본격 상업화가 진행될 것으로 판단된다. electrospinning에 사용되는 용매의 경우는 사용하는 고분자의 종류에 따라 달라

Table 11. Electrostatic spinning이 가능한 고분자/용매 시스템

| 고분자                               | 용매                                       | 고분자                 | 용매                                       |
|-----------------------------------|--|---------------------|--|
| Polyimides                        | Phenol                                   | Nylon               | Formic acid                              |
| Polyamic acid                     | m-cresol                                 | Polyaniline         | Sulfuric acid                            |
| Polyetherimide                    | Methylene chloride                       | DNA                 | Water                                    |
| Nylon 6 & Nylon 66                | Formic Acid                              | PHBV                | Chloroform                               |
| Polyaramid                        | Sulfuric acid                            | Polyethylene oxide  | Water & Water/ethanol                    |
| Poly- $\gamma$ -benzyl-glutamate  | Dimethylformamide                        | PEN                 | Trifluoroacetic acid/<br>dichloromethane |
| Poly(p-phenylene terephthalamide) | Sulfuric acid                            | PBT                 | Trifluoroacetic acid/<br>dichloromethane |
| Polybenzimidazole                 | Dimethylacetamide                        | SBR                 | THF                                      |
| Ultem 1000 (Polyether imide)      | Chloroform                               | Shell's Kraton(SBS) | THF/DMF or Chloroform/DMF                |
| Nylon 6-co-Polyimide              | Formic acid                              | Polystyrene         | Toluene/DMF                              |
| PET-co-PEN                        | Trifluoroacetic acid/<br>dichloromethane | Polyacrylonitrile   | DMF or DMAC                              |
| Polyacrylonitrile                 | Dimethylformamide                        | Mesophase Pitch     | Melt spinning                            |
| PET                               | Trifluoroacetic acid/<br>dichloromethane | Polyvinyl chloride  | THF/DMF                                  |
| Polypropylene                     | Melt in vacuum                           | Polyvinyl alcohol   | Water                                    |

지며, 대표적인 고분자/용매 시스템을 Table 11에 나타내었다(USP 6265333).

electrospinning에 대한 연구는 현재 전세계적으로 미국을 중심으로 급속도로 진행되고 있는데, 1998년부터 시작된 University of Massachusetts Dartmouth(UMD)와 Massachusetts Institute of Technology(MIT)의 연구자들이 주축으로 수행하고 있는 National Textile Center의 electrospinning 관련 project[M98-01]와 US Army Soldier Systems Center(Natick)의 project가 대표적인 것이다.

현재 국내에서도 2001년 산업자원부의 “차세대 기술개발사업”으로 한양대학교를 주축으로 한국생산기술연구원, 한국과학기술원 및 기업들이 참여하여 다양한 특성의 나노섬유를 개발하는 대형연구프로젝트가 진행중에 있다.

이러한 나노 섬유소재들은 환경산업용 초고정밀 여과재, 전기·전자산업용 소재, 의료용 생체재료, 고성능 첨단복합재료(ACM) 등의 용도로 다방면에서 활용될 수 있을 것으로 예상되며 그 활용을 위한 연구 또한 활발히 진행되고 있다.

NT를 이용한 기능성 직물의 경우 최근 일본에서는 땀냄새를 제거하는 성능이 뛰어난 폴리에스터 직물에 대해 발표를 했다. 이 직물은 직물을 구성하는 폴리에스터 섬유 표면에 나노오더로 제어된 바인더로 소취제를 접착시킨, 이른바 나노기술을 이용하는 것이다. 지금까지는 직물에 소취기능을 부가시킬 때 주로 냄새 성분을 발생시키는 균활동을 억제하는 항균방취기술이나 발생한 냄새를 분해 또는 흡착시키는 소취기술이 이용되었다. 그러나 항균방취기술은 균에 직접 작용시킬 필요가 있어 속옷 등의 인체에 직접 닿는 의류에만 제한되었고 냄새를 분해하는 소취기술의 경우 분해속도가 늦어 속효성면에 문제가 있었다. 흡착소취기술의 경우 직물의 감촉을 크게 경화시키고 내구성을 떨어뜨려 한정된 용도에만 사용되었다. 일본에서는 땀에 의한 냄새 중 약 90%를 차지하는 산성냄새성분을 소취타겟으로 설정, 앞서 말한 문제점을 해결한 땀냄새 제거

폴리에스터 직물을 개발한 것이다. 이 제품은 폴리에스터 직물을 구성하는 섬유 하나 하나의 표면에 소취제를 접착시킬 때 나노오더로 제어된 바인더(접착)기술을 사용했다. 이는 바인더가 지닌 소수성을 이용해 적절한 소취기능 가공공정을 시행, 섬유 표면에 균일하게 나노오더의 바인더 피복을 형성시켜 섬유와 소취제를 접착시키는 기술이다. 기존기술은 바인더 피막을 얇게 형성시키는 것이 어려워 소취제와 섬유뿐만 아니라 섬유와 섬유끼리도 접착되는 문제가 발생했다. 이 때문에 소취제가 바인더에 묻히게 되어 소취성능이 떨어지거나 섬유간의 바인더가 박리되어 내구성이 떨어지고 직물이 경화되는 문제가 있었다. 그러나 이번에 개발된 기술을 이용하면 최소한의 바인더로 소취제와 섬유만을 접착시킬 수가 있어 높은 소취성과 내구성을 지니게 되고 직물의 경화도 최대한 억제할 수 있게 되는 것이다.

또한, 일본에서는 작년에 항산화작용이 있는 비타민 E 유도체 배합에 성공한 후 최근 높은 보습성과 피부 윤택효과를 기대할 수 있는 나노테크놀로지 섬유를 발표하고 있다. 이 나노테크놀로지 섬유는 노화방지를 지향하는 여성을 위해 항산화작용이 있는 비타민 E 유도체를 함유하는 유분층과 수분층을 나노사이즈로 샌드위치 구조로 중첩한 액정제 가공을 섬유에 응용한 것으로, 적당한 수분을 피부에 부여해 높은 보습성과 아름다운 피부효과 등의 노화방지효과를 기대할 수 있으며, 블라우스와 T셔츠에는 UV cut 가공을 부여해 자외선에 의한 피부노화 방지효과를 동시에 발현할 수 있다.

#### 4.4. ET 접목 섬유소재

21세기 인류가 당면하고 있는 4대 문제점은 인구, 에너지/자원, 식량, 환경 등으로 판단되는데 그 중 지구환경문제는 20세기 공업화에 의한 대량생산, 대량소비, 대량폐기의 문제로 금세기를 비롯하여 향후 급격한 악화가 우려되고 있다. 특히, 섬유산업은 현재 전 공정에 걸쳐 황산화물(SO<sub>x</sub>), 질소

<水分層と油分(脂質)層のナノサイズのサンドイッチ構造>

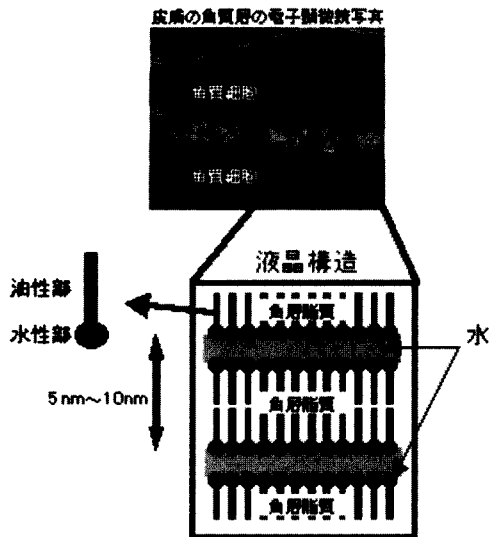


Figure 6. 수분층과 유분층의 나노크기의 샌드위치 구조.

산화물(NO<sub>x</sub>) 등을 비롯한 대기오염 및 수질오염 물질의 발생이 많은 산업으로 환경에 많은 부하를 제공하는 것으로 알려져 있고 따라서, 세계적인 Green Round의 확대에 따라 ET 신기술을 이용한 섬유산업의 환경친화적 청정생산기술의 연구개발은 매우 시급하고 중요한 실정이다.

섬유산업에서 ET 신기술은 다양하게 이용될 수 있는데, 우선 몇가지 유형으로 나누어 볼 수 있다. 첫째로는 모든 제조업에서 적용될 수 있듯이 환경부담을 주지 않거나 절감하는 섬유산업에서의 ET를 이용한 생산방법 및 공정의 혁신을 들 수 있으며, 두번째로는 배출되는 오염물을 환경에 무해하게 처리하는 방법을 생각할 수 있다.

생산방법 측면에서는 현재 선진국에서 무역장벽의 도구로 사용할 움직임을 보이고 있는 환경규제에 관한 유럽의 에코라벨 100(제품내의 특정 화학약품 규제), 1000(생산공정에서의 특정 화학약품 사용규제) 등을 들 수 있는데 이는 섬유산업에 직접적인 영향을 미칠 것으로 예상되며 현재 이에 대한 대비가 국내에서도 활발히 진행되고 있다.

환경정화적인 측면에서 살펴보면 섬유소재는 매우 핵심적인 소재로 기여하고 있다. 즉 오염물의 정화에 가장 많이 보편적으로 활용되는 filtration 분야에서 섬유소재는 필수적인 핵심소재로서의 위치를 차지하고 있으며, filtration 분야는 ET 기술에서 매우 중요하다.

필터는 대개 매트릭스 혹은 미세 섬유 덩어리로 구성되어 있으며 필터의 응용분야에서 원하는 크기의 입자를 제거할 수 있을 정도로 충분히 작은 공

Table 12. 산업별 폐수발생량, 방류량 및 오염부하량 현황(1998년)

| 구분     | 폐수 부하<br>(천m <sup>3</sup> /일) |       | BOD 부하량<br>(kg/일) |        | 산업별 비중(%) |       |         |       |
|--------|-------------------------------|-------|-------------------|--------|-----------|-------|---------|-------|
|        | 발생량                           | 방류량   | 처리 전              | 처리 후   | 폐수 부하     |       | BOD 부하량 |       |
|        |                               |       |                   |        | 발생량       | 방류량   | 처리전     | 처리후   |
| 합 계    | 4,067                         | 2,614 | 2,629,077         | 97,257 | 100.0     | 100.0 | 100.0   | 100.0 |
| 섬유     | 556                           | 511   | 360,664           | 4,387  | 13.7      | 19.5  | 13.7    | 4.5   |
| 산업화학   | 226                           | 198   | 212,107           | 7,806  | 5.5       | 7.6   | 8.1     | 8.0   |
| 기타화학   | 208                           | 200   | 86,754            | 3,144  | 5.1       | 7.6   | 3.3     | 3.2   |
| 1차금속제조 | 683                           | 148   | 107,723           | 2,502  | 16.8      | 5.7   | 4.1     | 2.6   |
| 가공금속   | 279                           | 243   | 24,975            | 2,189  | 6.9       | 9.3   | 0.9     | 2.3   |
| 석유정제   | 107                           | 68    | 26,937            | 2,904  | 2.6       | 2.6   | 1.0     | 3.0   |
| 피혁     | 54                            | 57    | 21,374            | 1,123  | 1.3       | 2.1   | 0.8     | 1.2   |
| 식품     | 244                           | 223   | 107,329           | 4,361  | 6.0       | 8.5   | 4.1     | 4.5   |
| 수산물판매  | 7                             | 7     | 411,067           | 10,131 | 0.2       | 0.3   | 15.6    | 10.4  |
| 제지·담배  | 760                           | 403   | 382,846           | 28,186 | 18.7      | 15.4  | 14.6    | 29.0  |
| 비금속광물  | 280                           | 126   | 683,729           | 23,046 | 6.9       | 4.8   | 26.0    | 23.7  |

\*자료 : 환경백서(환경청, 1999).

Table 13. 섬유 제조과정에서의 오염발생 현황

| Process             | Air emissions   | Waste water  | Residual wastes   |
|---------------------|---|--|---|
| Fiber preparation   | little or no  | little or no   | fiber waste; packaging waste and hard waste   |
| Yarn spinning       | little or no  | little or no   | packaging wastes; sized yarn; fiber waste; cleaning and processing waste  |
| Slashing/sizing     | VOCs  | BOD; COD; metal; cleaning waste, sizes   | fiber lint; yarn waste; packaging waste; unused starch-based sizes.   |
| Weaving             | little or no  | little or no   | packaging waste; fiber scraps; offspec fabric; used oil   |
| Knitting            | little or no  | little or no   | packaging waste; fiber scraps; offspec fabric   |
| Tufting             | little or no  | little or no   | packaging waste; fiber scraps; offspec fabric   |
| Desizing            | VOC from glycol ethers  | BOD from water-soluble size; synthetic size; lubricants; biocides; antistatic compounds  | packaging waste; fiber lint; yarn waste; cleaning materials; cleaning and maintenance wastes containing solvent |
| Scouring            | VOCs from glycol ethers and scouring solvents   | disinfectants and insecticide residues; NaOH; detergent, fat; oils, pectin; wax; knitting lubricants; spin finishes; spent solvent                 | little or no  |
| Bleaching           | little or no  | hydrogen peroxide, sodium silicate or organic stabilizer; high pH  | little or no  |
| Singeing            | small amounts of gases from the burners   | little or no   | little or no  |
| Mercerizing         | little or no  | high pH; NaOH  | little or no  |
| Heat setting        | volatilization of spin finish agents applied during synthetic fiber manufacture, VOCs               | little or no   | little or no  |
| Dyeing              |   | metals; salt; surfactants; toxics; organic processing assistants; cationic materials; color; BOD; COD; sulfide; acidity/alkalinity; spent solvents | little or no  |
| Printing            | solvent, acetic acid from drying and curing oven emissions; combustion gases; particulate matter    | suspended solids; urea; solvent; color; metals; heat; BOD; foam  | little or no  |
| Finishing           | VOCs; contaminants in purchased chemical; formaldehyde vapors; combustion gases; particulate matter | BOD; COD; suspended solids; toxics; spent solvents   | fabric scraps and trimmings; packaging waste  |
| Product fabrication | little or no  | little or no   | fabric scraps   |

Table 14. 환경용 필터의 분류표

|                                   |                 |                                     |  |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------------------------|--|
| 에어필터<br>(Air filter)              | 공조용 및 클린룸용      | 저성능 필터                              |  |
|                                   |                 | 중성능 필터 (pocket, cell type)          |  |
|                                   |                 | 고성능 HEPA 필터 (separator, pleat type) |  |
|                                   |                 | 고성능 ULPA 필터                         |  |
|                                   | 가전용             | 에어컨 필터                              |  |
|                                   |                 | 공기청정기용 필터                           |  |
|                                   |                 | 전기청소기용 필터                           |  |
| 마스크용 필터 (방진마스크, 메디칼마스크, 크린룸용 마스크) |                 |                                     |  |
| 집진용 필터 (bag type, cartridge type) |                 |                                     |  |
| 자동차용                              | 엔진에어크리너 필터      |                                     |  |
|                                   | 차실내 필터 (캐빈에어필터) |                                     |  |
| 액체필터<br>(Liquid filter)           | 심층여과            | 금속소결체                               | 일반필터<br>정밀여과필터<br>한외여과필터<br>나노여과필터<br>역삼투막필터 |
|                                   |                 | 활성탄 적층체                             |  |
|                                   |                 | 부직포 적층 type                         |  |
|                                   |                 | 사권(wind) type                       |  |
|                                   |                 | 수지 바인더 적층 type                      |  |
|                                   |                 | 수지 다공체 type                         |  |
|                                   | 표면여과            | 다공성 평판형                             |  |
|                                   |                 | 다공성 관형                              |  |
|                                   |                 | 다공성 중공사형                            |  |
|                                   |                 | 습식여지                                |  |
|                                   |                 | 건식 부직포                              |  |
|                                   |                 | mesh                                |  |
|                                   |                 |                                     |  |

극 혹은 두꺼운 두께를 유지하여 섬유간의 간격을 좁혀서 원하는 효율을 얻도록 구성되어 있으며 이를 적용하는 응용분야에 따라 패널, 주름 카트리지, 디스크 등의 적당한 형태로 제작되어 사용된다. 에어 필터는 필터성능에 따라 전처리 필터(prefilter), 중성능 필터, 고성능 HEPA 필터, 초고성능 ULPA 필터 등으로 분류된다. 즉, prefilter는 외기처리 혹은 중성능필터의 전처리용으로서 사용되며 중성능 필터는 고성능 HEPA 필터의 전처리 필터로 사용되거나 공조용 최종 필터로 사용된다. HEPA 필터는 클래스 100~10만 이상의 클린룸의 최종 필터로 주로 사용되며 이보다 고효율의 ULPA 필터는 초반 도체 핵심공정의 고정정 클래스 유지목적으로 사용된다. 전형적인 에어필터시장은 공조시장이며 그중 증가하는 시장으로서 HEPA와 ULPA를 사용하는 제약산업, 마이크로 일렉트로닉스산업, 생물공학산업, 자동차산업 등으로 확대되고 있다. 산업용 필터

는 복합화력 발전소의 gas-turbine용 air filter, 연마, 절삭 등 산업용 공작기계의 filter류, dry cleaning용 filter류 및 compressor용 filter류, 자동차용 필터류와 같이 기계류의 원활한 작동에 필수적인 불순물 제거가 주요 기능이다.

필터여재는 산업분야에서 대기나 유체중의 입자를 제거하는 용도로 널리 사용되므로 보다 높은 효율의 필터를 요구하는 산업계의 요망에 따라 유체중의 더 작은 입자를 제거할 수 있는 더 작은 섬유 크기를 갖는 섬유여재에 대한 연구가 크게 요구되고 있어 ET 분야는 6T 신기술의 NT 분야와의 매우 밀접히 연관되어 발전해 나갈 것으로 예상된다.

#### 4.5. ST 접목 섬유소재

ST 신기술 분야는 기초과학 및 응용과학이 모두 집합되는 총체적 종합기술분야로서 20세기 종합과학의 꽃이라고 일컬어지던 자동차산업에 이어 21세

기에는 보다 첨단的高性能 및 고기능성, 그리고 신뢰성이 요구되는 항공우주산업이 그 역할을 대신하게 될 것으로 예상된다. 섬유소재는 고내열, 고강도, 경량화를 요구하는 이러한 ST 분야의 필수적인 핵심소재로 고내열성 섬유, 고강도/고경량 섬유강화복합재료 등이 활용되고 있다.

섬유강화 복합재료는 크게 두가지로 구분되는데 ① Advanced Composite Materials (ACM) : 탄소섬유나 아라미드 섬유와 같은 하이테크 원사를 기반으로 한 섬유구조물을 전체의 70% 이상 함유한 것으로 이 때 사용한 원사는 완제품의 전체적인 기계적 성질을 결정하게 된다, ② Fiber Reinforced Plastics(FRP) : 원사의 함유량이 평균적으로 30% 이하인 것으로 대표적인 것인 유리섬유강화 플라스틱(GRP)이 있으며, 이 경우의 원사는 주로 수지 매트릭스의 물성을 개질하는 역할을 한다. 또 직물, 부직포, wound filament yarn과 같은 섬유제품을 강화용도로 사용하는 것도 복합재료로 포함된다.

섬유강화 구조 복합재료와 직물강화 구조 복합재료의 시장은 산업용섬유 부문 중에서 가장 빠른 속도로 성장해 가는 부문의 하나이다. 복합재료 부문에 사용되는 산업용 섬유는 1997년 현재 금액기준으로 볼 때 전 세계적으로 60억\$에 달하며, 이 섬유를 바탕으로 제조한 섬유복합재료의 가치는 원재료의 수배에 달하는 고부가가치 분야이다.

세계 복합재료 시장은 1985년~2005년 사이에 물량 기준으로 연평균 약 9.5%의 성장을, 금액 기준

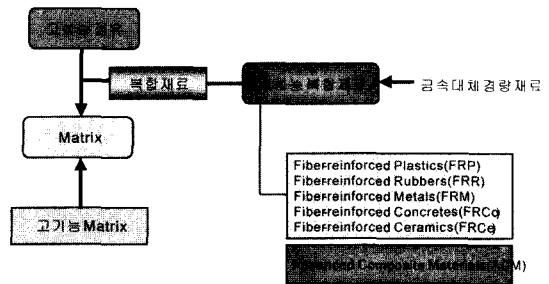


Figure 7. 고성능 섬유소재를 이용한 첨단복합재료(ACM) 제조공정.

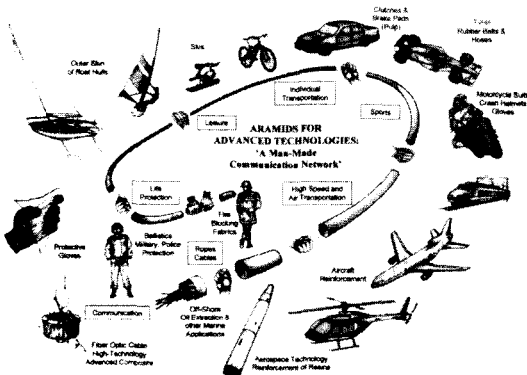
으로는 연평균 10.7%의 고속성장을 할 전망이다. 특히 운송용과, 스포츠용의 성장이 눈에 띈다. 수요량 측면에서 보면 산업자재용과 운송용이 가장 큰 비중을 차지하고 있는데, 2000년의 경우 물량 기준으로 각각 37.7%, 37.4%에 달하며, 금액 기준으로는 36.7%, 42.7%에 달한 것으로 추정된다. 지역별로는 1995년~2005년 사이에 유럽과 남미가 물량 기준으로 각각 11.5%, 10.1%의 급성장이 기대가 되며, 금액 기준으로 보면 유럽 중에서 동유럽과 남미가 12.0%, 10.6%의 성장할 전망이다. 복합재료의 지역별, 용도별 사용 비중을 살펴보면 미국의 경우는 운송용이 32%, 건축용이 30%, 산업자재 및 농업용이 18%를 차지하고 있다. 유럽의 경우 역시 미국과 그 경향이 유사한데, 운송용이 33%, 건축용이 31%, 산업자재 및 농업용이 14%를 차지하고 있다. 반면에 아시아는 전기·전자용이 32%, 건축용이 30%, 운송용이 17%로 사뭇 다른 양상을 보이

Table 15. 세계 복합재료의 용도별 수요량 추이(단위 : 천톤)

| 용도 \ 년도 | 1985 | 1990  | 1995  | 2000  | 2005  | 연평균 성장률(%) |         |
|---------|------|-------|-------|-------|-------|------------|---------|
|         |      |       |       |       |       | '85-'95    | '95-'05 |
| 건축용 섬유  | 141  | 181   | 214   | 265   | 336   | 4.3        | 4.6     |
| 가정용 섬유  | 44   | 89    | 99    | 126   | 159   | 8.5        | 4.8     |
| 공업용 부문  | 381  | 510   | 586   | 742   | 973   | 4.4        | 5.2     |
| 운송용 부문  | 284  | 443   | 521   | 736   | 976   | 6.2        | 6.5     |
| 스포츠 부문  | 37   | 65    | 71    | 99    | 138   | 6.9        | 6.9     |
| 총 계     | 887  | 1,288 | 1,492 | 1,968 | 2,581 | 5.3        | 5.6     |

Table 16. 세계 복합재료의 지역별 수요량 추이(단위 : 천톤)

| 지역   | 년도 | 1985 | 1990  | 1995  | 2000  | 2005  | 연평균 성장률(%) |         |
|------|----|------|-------|-------|-------|-------|------------|---------|
|      |    |      |       |       |       |       | '85-'95    | '95-'05 |
| 서유럽  |    | 258  | 429   | 446   | 561   | 715   | 5.6        | 11.5    |
| 동유럽  |    | 29   | 43    | 29    | 48    | 85    | -0.1       | 11.5    |
| 미국   |    | 410  | 497   | 590   | 706   | 855   | 3.7        | 3.8     |
| 남미   |    | 13   | 21    | 31    | 54    | 81    | 8.8        | 10.1    |
| 아시아  |    | 151  | 249   | 310   | 454   | 628   | 7.5        | 7.3     |
| 남양주  |    | 10   | 15    | 19    | 25    | 33    | 6.2        | 5.7     |
| 기타지역 |    | 15   | 34    | 68    | 118   | 185   | 16.4       | 10.6    |
| 총계   |    | 887  | 1,288 | 1,492 | 1,968 | 2,581 | 15.3       | 5.6     |



2.12 Applications of para-aramid fibres.

Figure 8. 아라미드 섬유 강화 첨단복합재료의 용도개발 전개.

고 있다. 이러한 차이는 산업의 발달 구조와 밀접한 관계를 맺고 있는 것으로 판단된다.

Figure 8에는 대표적인 하이테크 섬유인 아라미드 섬유를 이용한 첨단복합재료의 용도개발 전개 현황을 나타내었다. ST를 활용하는 이러한 복합재료는 항공우주산업만이 아니라 가정용, 농업용, 전기·전자산업용, 수송용, 건축용, 산업자재용 등 산업 전반에 걸쳐 활용된다.

ST 신기술에 활용될 고내열, 고강도용 섬유소재에는 탄소섬유, 유리섬유, SiC 섬유 등 다양한 극한 성능을 발휘하는 다양한 고성능 섬유소재들이 있다. 유리섬유는 복합재료 보강용뿐만 아니라 마찰제 라이닝, 천장재, 건축재료와 같은 용도로도 널리 사용

되는 소재로서 1995년에 전 세계적으로 230만톤(43억\$에 해당)이 보강용으로 사용되었으며, 이 중에서 FRP에 사용된 것은 150만톤(29억\$에 해당)이다. 이 수치는 탄소섬유가 복합재료 보강용으로 9천톤 정도 사용된 것과 비교되는 수치이며, 이외에도 아라미드와 같은 하이테크섬유가 사용되고 있다. SiC fiber의 경우에는 power generation용으로 10억불 정도의 시장이 형성되어 있는 것을 비롯하여 우주항공산업과 기타 고도산업용으로 수요가 창출되어지고 있으나 아직까지 민수용 제품이 개발되지 못한 관계로 시장이 협소하다.

이러한 고성능 섬유소재들은 ST 신기술의 발달에 크게 기여할 것으로 예상되며 또한 ST의 발달과 더불어 지속적인 발전을 거듭해 나갈 것으로 판단된다.

#### 4.6. CT 접목 섬유소재

우리민족은 반만년 역사를 자랑하는 문화민족으로서 우리 고유의 한복을 비롯한 의생활은 세계적으로도 그 예술적 가치를 인정받고 있는 자랑스런 문화이다. CT 분야에서 섬유패션은 매우 중요한 표현 가치를 갖고 있어 우리 고유의 섬유패션 문화를 계승 발전시키는 것은 문화적인 측면에서만 아니라 산업적으로도 매우 중요한 일이며 세계 어디에 내놓아도 충분한 상품가치를 갖는다고 할 수 있다. 따라서 섬유패션산업은 그 자체로 CT 분야와 매우



밀접한 연관관계를 갖는다고 할 수 있다.

21세기 현대사회는 디지털 인터넷 문화가 창성하는 신문화 사회가 될 것으로 예상되며 우리나라는 인터넷 세계 최강국으로서 신문화를 창출할 수 있고 창출해야만 하는 중요한 역할을 담당하게 될 것으로 판단된다. 이러한 신문화를 표현하는 하나의 수단으로서 섬유패션은 매우 유용하며 그 실질적인 파급효과 또한 엄청날 것으로 예상된다.

따라서 신문화를 표현할 수 있는 신섬유패션을 창출하고 그를 위한 신섬유소재의 개발에 전력을 기울여 이를 우리나라의 산업발달로 연계시켜 나가야 할 것으로 생각된다. 최근 신세대를 중심으로 자신을 표현하는 방법으로서 자기만의 패션을 추구하는 흐름이 강하게 드러나고 있으며 이는 전세계적으로 공통적인 현상으로 파악되므로 이러한 흐름에 맞는 독특한 패션, 예를 들면 사이버 패션, 신전통 패션 및 기능 패션 등을 창조해 나가는 노력이 절실히 요구되어지며 이의 창조폭을 넓힐 수 있는 신소재의 개발에 전력을 기울여야 할 것으로 판단된다. 이를 위해 섬유패션산업에서는 산·학·연·문화계가 총집결하여 공동 협력해서 신문화를 창출하는 신규 모델 케이스 구성이 필요하다고 생각된다.

### 5. 결 론

현재 강조되고 있는 6T 신기술은 앞장에서도 언급했듯이 그 독자적으로 신산업을 형성하여 발전한 다기 보다는 기존 전통산업의 터전하에서 그 기술이 활용되어 공동 성장할 때 그 의미와 파급효과가 크다고 할 것이다. 앞에서 살펴보았듯이 21세기 과학기술과 학문들은 그 분야간 경계가 없어지고 있으며 서로 융합되고 보완되지 않으면 어떤 성과를 도출할 수 없는 상황이 전개되고 있다. 따라서 6T로 분류되어 있는 신기술들은 각각의 영역으로 구분되어 있는 것이 아니고, 서로 복잡하게 얽혀있어 그 영역의 분간이 어려운 상황이며, 또한 이러한 신기술들은 기존 전통기술들과도 밀접하게 연관되어

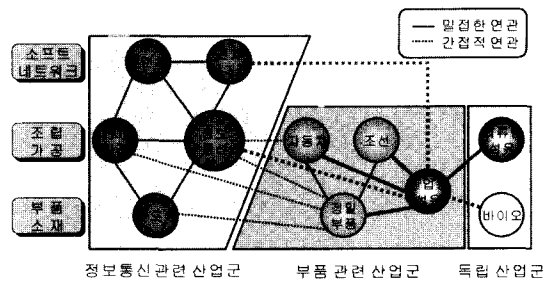


Figure 9. 21세기 한국의 9대 주력산업과 섬유산업.

뮬여 융화되어야만 한다.

섬유패션산업은 우리나라의 미래 주력기술인 6T가 주도할 각종 미래 유망산업에 중요한 부품, 소재를 제공하는 기간산업으로서 중요한 역할을 하게 될 것이며, 더 나아가서는 이러한 6T 기술이 섬유산업에 접목되어 만개함으로써 한 단계 업그레이드되어 우리나라가 선진국을 추월하여 산업 4강으로 향하는 비전을 제시하게 될 것으로 판단된다.

섬유패션산업을 비롯한 기존 전통산업들은 새로운 6T 신기술을 적극적으로 수용하여 새로운 도약의 발판으로 삼아나가는 노력을 꾸준히 행하여야 할 것으로 판단되며, 특히 섬유패션산업에서는 지금까지 언급되었던 바와 같이 이를 선도적으로 수행할 수 밖에 없는 상황을 인지하고 미래 신기술 6T가 성공적으로 정착 발전하는 산업 모형을 만들어 나가야 할 것으로 판단된다.

### 참고문헌

1. 「과학기술기본계획(2002~2006)」, 재정경제부 외 17개 부처 (2001. 12).
2. "High-tech Fibers", T. Hongu, 日刊工業新聞社, 1999.
3. 산업용섬유 기술혁신전략에 관한 보고서, 산업자원부(2000).
4. Technical Textiles and Industrial Nonwovens: World Market Forecasts to 2010, David Rigby Associates(2002).
5. <http://www.sci-news.co.jp/news/form.htm>, 2000년 6월 23일.
6. "Medical Textiles", Proceedings of the International Conference, pp.24-25, August, Bolton, UK, 1999.
7. "Bioactive Fibers and Polymers"(J. Vincent Edwards and T. L. Vigo Eds.), ACS Symposium Series 792, Oxford University Press, 2001.

8. 극한성능 차세대 산업용 섬유기술 개발에 관한 산업분석, 산업자원부(2001).
9. 분자제어기법을 이용한 산업용 하이테크섬유 기술개발에 관한 산업분석, 산업자원부(2002).
10. 2002 Worldwide Markets for Optical Fiber and Fiberoptic Cable: Market Developments and Forecast, KMI Research (2002).
11. 'Manmade Fibers Fuel Growth of Nonwovens', *International Fiber Journal*, **16**, 1(2001).
12. "Study Examines Nonwovens' Past And Future", *Nonwovens Industry*, April(2002).
13. *World Textile Fibers: Cellulosic & Noncellulosic*, The Freedonia Group(2002).
14. "The World Technical Textile Industry and Its Market: Prospects to 2005", David Rigby Associates, 1997.
15. "Smart Fibres, Fabrics and Clothing", CRC, Xiaoming Tao, 2001.
16. "新纖維科學", 次世代纖維科學調查研究委員會.

약 령



변성원

1987. 한양대 섬유공학과 졸업  
1989. 한양대 대학원 섬유공학과(석사)  
1995. 한양대 대학원 섬유공학과(박사)  
1995. 12-현재. 한국생산기술연구원 신섬유기술본부 산업용섬유팀 팀장 수석연구원 (330-825) 충남 천안시 입장면 홍천리 35-3  
전화: 041)5898-567, Fax: 041)5898-250  
e-mail: byunsw@kitech.re.kr



임대영

1990. 한양대 섬유공학과 졸업  
1992. 한양대 대학원 섬유공학과(석사)  
1995. 한양대 대학원 섬유공학과(박사)  
1995. 9-2000. 6. 삼양그룹 삼양제맥스연구소 근무  
2002. 7-현재. 한국생산기술연구원 신섬유기술본부 산업용섬유팀 선임연구원