

## 한국 섬유기업의 스마트섬유 개발 동향 -대구경북지역 업체를 대상으로-

유화숙<sup>†</sup> · 박광희<sup>\*</sup>

울산대학교 의류학전공, \*계명대학교 패션마케팅학과

### Examination of Development State of Smart Fiber in Korean Textile Industry -Focused on Companies in Daegu/North Gyeongsang Province-

Hwasook Yoo<sup>†</sup> · Kwanghee Park<sup>\*</sup>

Dept. of Clothing & Textiles, University of Ulsan

\*Dept. of Fashion Marketing, Keimyung University

(2007. 3. 8. 접수)

#### Abstract

The purpose of this study was to examine the development trend of smart fiber by textile companies in Daegu/North Gyeongsang Province. This examination includes the development fields of smart fiber, investment size, information sources and the use degree of those, research-related infrastructure, relationship between companies' characteristics and their interests in smart fiber. Research data were collected by a survey. The definition and classification(4 areas and 12 development products) of smart fiber followed ones of Smart Fiber Technology Roadmap by the Ministry of Commerce, Industry and Energy. Data were analyzed using SPSS 11.0 program for frequency, means, t-test, and  $\chi^2$ -test. Among respondents, the numbers of dying and finish companies and export traders were the highest. It revealed that 19.6% of companies were developing smart fibers. Within 12 development products, vapor permeable/waterproof fiber showed to be most being developed, while medical fiber for human has not been developed and wasn't made an investment plan for developing. It was discovered that the biggest problem of smart fiber development was the lack of experts and the best outcome of smart fiber development was preoccupation of future market. It showed that companies got information from textile fairs but didn't often use information sources. The companies appeared to have a weak intention about research of smart fiber. The more important a company considered functionality of textile products and the more innovative and stabler the company was, the higher interest in smart fiber companies had. It was concluded that textile companies in Daegu/North Gyeongsang Province were aware of the importance of smart fiber development but they were not strongly interested in it and not enthusiastic in taking action on it.

**Key words:** Development trend of smart fiber, Development fields, Investment size, Information sources, Companies' interests in smart fiber; 스마트섬유 개발 동향, 개발 분야, 투자규모, 정보원, 스마트섬유에 대한 관심

---

<sup>†</sup>Corresponding author

E-mail: uhwas@hanmail.net

본 논문은 2006년도 울산대학교 교내연구비 지원에 의하여 작성되었음.

## I. 서 론

1960년대 이후 한국의 최대 무역흑자를 내는 성장 동력원이었던 섬유산업은 개발도상국의 추격, 국내 여건악화 및 국제 무역환경 변화 등으로 인해 어려움을 겪고 있어 R&D 투자의 효율성 극대와 경쟁력을 강화하여 미래 섬유시장에 능동적으로 대처하는 것이 필요한 상태이다. 또한 미래 소비자들은 언제 어디서나 인간에게 편리성을 제공하고 신체에 적합한 의복을 갖고자 할 것이므로 섬유기업들은 이러한 제품을 개발해야 하는 상황에 처해 있다. 이와 같은 상황의 해결책으로 여러 방안들이 제시되고 있으며 스마트섬유도 그 해답 중의 하나이다.

스마트섬유란 환경대응 또는 자기감응기능을 갖춘 다기능성 섬유로 생활수준이 향상된 미래 섬유시장에서는 인간의 욕구변화에 대응하는 스마트섬유가 수요를 주도해 나갈 것으로 예상된다. 따라서 현재 스마트섬유에 대한 개발동향을 분석하고 섬유기업의 관심정도를 파악하여 미래 섬유시장에서의 경쟁력 강화를 위한 방안을 모색하는 것이 필요하다.

한국의 섬유기업이 스마트섬유를 개발해야 하는 이유는 다음과 같다. 첫째, 미래 인간생활환경이 유비쿼터스 환경으로 변화할 것이기 때문이다. 이러한 환경에서는 언제, 어디서나 인간의 편리성 추구가 가장 중요하므로 스스로 외부환경에 대응하여 인간에게 편리성을 제공할 수 있는 스마트섬유는 미래 의복의 필수적인 소재가 될 것이다. 둘째, 중국을 비롯한 후발개도국의 저가제품과 차별화를 이루기 위해 우리는 기술집약적인 제품을 생산해야 할 상황에 놓여있다. 이런 관점에서 소재생산에서부터 전자모듈과의 인터페이스 및 정보통신용 의복을 제작할 수 있는 종합적인 설계기술이 필요한 스마트섬유는 이들 저가품과 차별화되어 중국 및 후발국가와의 경쟁에서 우위에 설 수 있도록 해줄 것이다. 셋째, 한국의 IT 산업은 선진국 못지않게 발달해 있고 스마트섬유를 개발하기 위한 관련 부분의 기술수준이 높아 이를 개발할 수 있는 여건이 조성되어 있다고 볼 수 있다. 넷째, 한국의 섬유산업은 세계적인 경기침체 속에서도 흑자를 거둬 만큼 경쟁력이 있고 관련 산업인프라도 구축되어 있으며 새로운 것을 할 수 있을 만큼 축적된 기술이 많다고 생각한다. 다섯째, 타 산업에 비해 고효과가 커 많은 사람이 이 분야에 종사하는 만큼 이 분야에서의 발전과 성과는 국민에게 큰 영향을 미칠 것이므로

로 이 분야를 발전시키는 것이 중요하다고 본다.

현재 다양한 스마트섬유가 개발 중에 있고 스마트 섬유시장도 형성되어 가고 있으며 신속하고 정확한 정보는 시장에서의 성공 여부를 결정할 것이므로 이들이 사용하는 정보원을 알아보고 정보원의 활용정도를 파악하는 것이 필요하다고 본다. 또한, 수요증가가 예상되는 스마트섬유를 통한 섬유산업의 고부가가치화를 위해서는 연구개발투자 확충 및 인력, 설비 자본의 확보가 시급하므로 연구관련 부분에 대한 조사도 실시되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 섬유기업들의 스마트섬유 개발 여부 및 투자규모 등 개발 현황을 분석하며, 스마트섬유 정보원의 종류와 활용 정도, 스마트섬유 관련 연구인프라를 알아보고 미래 스마트섬유 시장 선점을 위해 회사가 갖고 있어야 할 특성을 찾아보고자 스마트섬유에 대한 관심과 회사특성간의 관련성을 파악하였다.

## II. 이론적 배경

### 1. 한국 섬유산업과 스마트섬유 로드맵

국내 산업계에서 차지하는 섬유산업의 비중 및 성장가능성을 감안하면 섬유기업의 고부가가치화와 사업구조전환은 국가 경제적 측면에서 매우 중요한 문제이다. 그러므로 산업자원부는 2000년 12월 ‘국가과학기술 기본 계획’을 발표하면서 섬유산업을 핵심기간산업으로 규정하였다. 이 계획의 핵심은 미래 과학기술 및 산업분야에서 세계선진국으로 도약하는 것을 목표로 미래 유망 신기술의 선택적 집중개발과 섬유산업과 같은 전통 주력산업에 이러한 신기술을 접목하고 핵심기술을 개발하는 것을 전략적으로 추진한다는 것이었다(변성원, 임대영, 2003). 따라서 정부는 섬유산업이 2013년에는 나노섬유 및 인텔리전트 섬유 등 첨단기술이 가미된 섬유를 주력품으로 갖는 선진국형 산업구조로 변모되며, 세계 섬유기술과 패션트렌드를 선도하는 섬유패션대국이 될 것이라는 비전을 제시하기도 하였다. 이를 좀 더 구체적으로 표현하기 위해 2003년에 산업용 섬유, 기능성 염색가공, 패션디자인분야를 섬유패션산업의 차세대 성장동력으로 선정하여 발표하였으며(산업자원부, 2003), 스마트섬유 산업기술로드맵을 작성해 발표하였다.

2004년에는 스마트섬유는 흔히 컴퓨터와 전자장비

등 디지털 기술을 의류에 접목시키는 것을 말하지만 산업기술로드맵은 정부가 섬유산업 발전을 위해 육성하려는 고부가가치 섬유를 상당부분 포함시켰다. 이에 산업자원부(2004)는 스마트섬유를 환경대응 또는 자기감응기능을 갖춘 섬유라고 좁은 의미에서 정의할 수 있으나 이러한 다기능성 섬유제품을 구성하는 섬유제조기술, 중간제품을 만드는 방적 등의 섬유 공정기술 및 최종제품을 만드는 섬유제품 제조화기술을 포함하는 넓은 의미로 정의하였다. 그러므로 산업기술로드맵은 현재 성장하고 있는 제품시장, 선진국의 기술적 무역장벽이 있는 제품분야, 향후 성장률이 높고 미래지향적인 제품개발의 필요성 등을 고려하여 크게 4가지 분야인 ‘스포츠/레저 섬유분야’, ‘메디칼/헬스케어(medical/ healthcare) 섬유분야’, ‘환경용 섬유분야’, ‘디지털(digital) 섬유분야’를 선정하였고 그에 대한 총 12개 대상제품군으로 나누어 각각의 기술개발 과제를 선정하였다. 스포츠/레저 섬유분야는 세컨드기능 섬유제품, 고투습/초발수 기능 섬유제품, 수퍼탄성 섬유제품 등의 기술개발 과제를 선정하였고 메디칼/헬스케어 섬유분야는 인체적합성 메디컬 섬유제품, 생체친화성 위생 섬유제품, 자연친화적 생분해 섬유제품과 관련된 기술개발을 포함하며 환경용 섬유분야는 복합기능 필터용 섬유제품, 차폐/흡수용 섬유제품, 환경정화 및 개선용 섬유제품을 포함한다. 디지털 섬유분야는 인텔리전트 기능 섬유제품과 디지털 섬유제품 시스템 및 인체신호전달용 섬유제품 개발에 초점을 맞추었다. 이처럼 12개 기술개발 과제와 총 47개 핵심기술을 도출해 각각의 향후 비전, 기술개발 시나리오 및 추진방향 등을 제시하였다.

## 2. 스마트섬유와 제품

스마트섬유라는 용어를 자주 접하지만 인텔리전트 섬유 또는 디지털 섬유 등 여러 용어들이 함께 사용되어 그 범위와 정의가 뚜렷하지 않다. 이에 산업자원부(2004)에서 스마트섬유를 정의하고 스포츠/레저용 섬유, 메디칼/헬스케어 섬유, 환경용 섬유, 디지털 섬유로 그 범위를 한정하였다. 그와 관련된 제품들을 살펴보면 다음과 같다.

스포츠/레저 섬유분야에서는 열과 수분의 적절한 조절에 의해 착용자가 편안함을 느끼게 하는 소재를 개발하는 것이 목적이다. 열적인 측면에서의 쾌적감을 얻기 위해서 축열보온소재의 연구가 진행 중이며 특

히 상변이물질(PCM)을 이용한 소재개발이 한창이다(박영철, 2005; 장승욱, 2004). 수분을 통한 쾌적감 측면에서는 흡한 속건 섬유 개발에 박차를 가하고 있는데 이 분야는 일본이 많이 앞서 있으며 미국에서는 조스 에이뱅크로디어스, 패컨네이블사 등에서 스마트 섬유를 이용한 정장을 선보이고 있다(김대우, 2005). 우리나라에서도 여러 소재가 개발 시판되고 있으며 그 대표적인 것이 효성의 ‘에어로쿨’, 코오롱의 ‘쿨론’이다. 또한 고투습/초발수 섬유와 고탄성섬유도 이 분야에서 개발해야 할 섬유로, 코오롱은 2007년까지 뛰어난 방수성과 항온성을 지닌 ‘바이오프로텍션’ 섬유를 개발할 계획으로 알려져 있다(김규성, 2005).

두 번째로 메디칼/헬스케어 섬유분야는 생명공학을 이용한 천연섬유제조, 생체인공장기용 섬유 및 효소 이용방법 등이 개발되고 있다. 생명공학을 이용한 분야에서는 유전자조작 셀룰로오스 섬유, 콜라겐 섬유, 키틴/기토산 섬유 등이 자연친화적 생분해 섬유제품으로 개발되고 있거나 개발되었다. 또 다른 제품개발군으로 항균성 섬유, 스킨케어섬유기술, 생체친화성 가공기술 등을 이용한 생체친화성 위생섬유제품군이 있다. 예를 들어 스킨케어섬유의 경우, 식품, 화장품 분야에서 스킨케어의 효능이 입증된 천연물질을 기능성 가공제로서 사용하는데(최태수, 2004), 이를 이용하여 새한에서 타박상이나 화상 등의 치료를 촉진시켜주는 ‘비타민 섬유’를 내놓기도 하였다(김찬희, 2004). 또한, 조직재건섬유, 뼈대체 섬유복합재료, 상처치료 섬유 등의 인공생체기능의 발현을 위한 인체적합성 메디칼 섬유가 개발되고 있으며, 그 한 예로 SK 케미칼에서 상처치료용 소재로 습윤드레싱을 개발하고 있다(한남근 외, 2004).

환경용 섬유분야에서는 복합기능 필터용 섬유, 환경정화 및 개선용 섬유, 차폐/흡수용 섬유 등을 대표적인 스마트섬유로 보고 있다. 21세기 인류가 당면한 문제 중의 하나가 환경인데 섬유산업은 전 공정에 걸쳐 황산화물, 질소산화물 등을 비롯한 대기오염물질 및 폐수로 인한 수질오염물질로 인해 환경유해 산업으로 분류되고 있다. 더욱이 세계 그린라운드(Green Round)의 확대에 따라 청정생산기술 개발과 배출되는 오염물을 환경에 무해하게 처리하는 방법을 생각해 내야 한다. 따라서 섬유산업에서도 환경에 무해한 섬유를 개발해야 함과 동시에 오염물을 깨끗하게 처리하는 환경정화 및 개선용 섬유연구가 이루어지고 있으며 오염물의 정화에 가장 많이 활용되는 필터와

차폐/흡수용 섬유에 대한 연구도 진행 중이다.

마지막으로 디지털 의류분야에서는 전도성섬유와 탄소섬유를 이용한 섬유집적회로를 만들어 넣은 전자 의류가 2003년 테크텍스타일 심포지움에 소개된 바 있으며, 광섬유를 자카드 직물에 넣어 제작하고 여기에 유기 발광 다이오드를 조합시켜 다양한 디스플레이를 할 수 있도록 한 의복도 발표되었다. 조지아텍에서는 광섬유와 센서를 이용하여 착용자의 신체상태에 대한 데이터를 수집하고 컨트롤러에 의해 송신함으로써 원격지에서 착용자 상태를 파악할 수 있는 GTWM(Georgia Tech Wearable Motherboard)를 개발하였다(Park et al., 1998; Rajamanickam et al., 1999). 또한 Vivo Metrics사의 데이터처리 기억기능을 가진 셔츠인 'Life Shirts', 듀폰의 '전자옷감(electronic-textile)'과 'Aracon', 볼덴밀스의 '폴라텍' 등도 있다(허의원, 2003).

스마트섬유 시장이 아직은 완성된 형태를 갖고 있지 않으며 전 세계 시장규모도 극히 미미하나 최근 세계시장의 동향으로 볼 때나 20세기 이후 소비자들이 변함없이 추구해 온 섬유제품의 속성이 기능성이었다는 것을 볼 때(손성근, 2004) 스마트섬유의 기능성은 미래 섬유제품이 갖는 고부가가치의 키워드일 것으로 추측된다.

따라서 현재 세계 각국은 미래 유망기술 선점을 통한 과학기술력 및 산업경쟁력 제고를 위해 치열한 경쟁 중에 있다(변성원, 임대영, 2003). 미국, 일본, 유럽연합 및 중국에서도 산학연관이 합동하여 프로젝트들을 수행중이며, 이러한 프로젝트의 결과 스마트웨어 상용화에 성공한 사례들도 많다(이주현, 2004). 우리나라에서도 대기업을 중심으로 새로운 섬유들이 개발되고 있으며 대기업 못지않은 기술력을 가진 몇몇 중소기업들도 새로운 섬유를 개발하여 시장에 출시하고 있는 상태이다.

### III. 연구방법 및 절차

대구경북지역에 소재한 섬유기업 300개를 대상으로 스마트섬유의 개발 및 투자여부, 정보원 활용 정도, 연구인프라 현황 및 스마트섬유에 대한 관심과 기업특성간의 관련성을 알아보기로 2006년 4월부터 9월에 걸쳐 300부의 설문지를 배부한 결과 100부가 회수되었으며 이 가운데 무성의한 응답을 한 설문지를 제외한 97부의 설문지가 분석에 사용되었다.

본 논문에서 사용된 스마트섬유는 산업자원부(2004)의 스마트섬유기술로드맵과 대구전략산업기획단(2005)의 정의에 따른 것으로 환경대응 또는 자기감응기능을 갖춘 섬유로 이러한 다기능성 섬유제품을 구성하는 제조기술, 중간제품을 만드는 방직, 제직 등의 섬유공정기술 및 섬유제품화기술을 포함한다. 본 설문지 구성에 있어서 산업자원부의 기술로드맵에 제시된 스마트섬유의 제품/기술 분류에 따라 스마트섬유를 4개 분야(스포츠/레저 섬유, 메디칼/헬스케어 섬유, 환경용 섬유, 디지털 섬유)로 분류하고 각 분야별 하부 섬유제품에 대해 각각 연간 개발 건수, 연간 투자규모 및 향후 개발 계획인 경우 투자규모에 대한 개방형 질문(3문항)이 설문문항에 포함되었다.

이외에도 스마트섬유에 대한 관심 및 개발에 관한 5문항, 스마트섬유와 관련된 정보 활용 정도를 묻는 8문항, 스마트섬유 개발시 예상되는 문제에 관한 10문항 그리고 조사업체의 수익률, 매출성장률과 같은 성과에 관한 8문항은 6점 Likert 척도로 측정되었다. 조사대상자가 근무하고 있는 기업의 업종, 업무영역, 주요 판매지역, 연혁, 매출액, 근무인원, 연구개발비, 연구인력 비율, 기술협력 대상, 연간 기술협력 건수, 연구개발 부서의 유무, 외부의뢰 여부, 의뢰기관 등에 관한 질문 그리고 스마트섬유의 파급효과에 관한 5문항이 포함되었다.

자료분석을 위해서 SPSS 프로그램을 사용하였으며 업종, 업무영역, 주요 판매지역 등 조사대상자가 근무하고 있는 기업에 대한 특성 및 스마트섬유에 대한 관심 및 개발, 정보원 활용정도, 스마트섬유 개발의 문제점을 파악하기 위하여 빈도와 평균을 산출하였다. 스마트섬유에 대한 관심의 정도에 따라 업종과 업무영역별 차이 검정을 위해서  $\chi^2$  검정을 실시하였고 연혁, 매출액, 수익률, 매출성장률, 시장점유율, 사업성과, 신제품 개발 및 신제품도입의 차이를 알아보기 위해서 t검정을 실시하였다.

### IV. 연구결과 및 해석

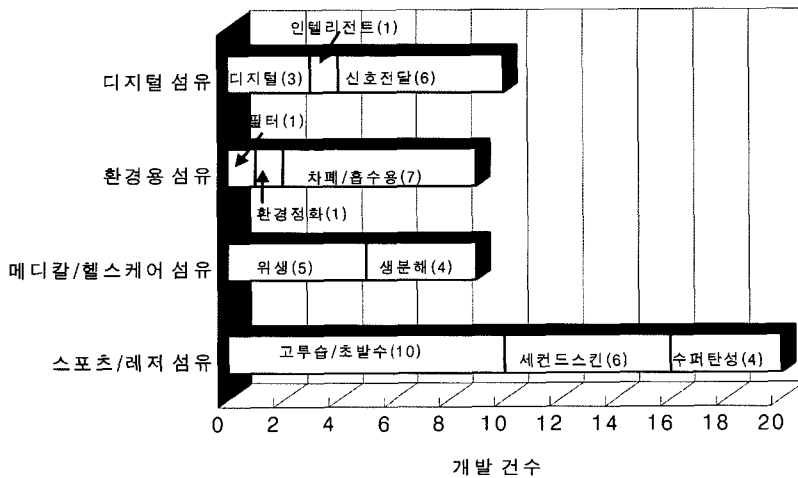
#### 1. 조사대상업체의 특성

조사대상자들이 근무하는 업체의 특성을 복수 응답하도록 하여 살펴본 결과<표 1> 먼저 업종의 경우 염색가공업체와 수출전문업체가 가장 많았으며, 제직전문업체, 원사업체, 제직준비업체 등의 순으로 나

<표 1> 조사대상업체의 특성(복수응답)

(단위: %)

업종	구성비	업무영역	구성비	생산제품의 주요 판매지역	구성비
원사업체	11.3	수출업체	45.4	국내	53.6
제직준비업체	10.3	내수시장 위한 제품생산	40.2	미국	46.4
제직전문업체	35.1	임가공/하청	32.0	유럽	40.2
염색가공업체	37.1	자사브랜드제조	16.5	일본	30.9
수출전문업체	37.1	OEM 생산	16.5	중국	23.7
기타	8.2	수입업체	6.2	중남미	18.6
		기타	5.2	중동	18.6
				기타	7.2



<그림 1> 분야별 스마트섬유 제품개발

타났다. 업무영역을 살펴보면 주업무가 수출인 업체가 가장 많았으며 내수시장을 위한 제품생산, 임가공/하청, 자사브랜드제조, OEM 생산, 수입, 기타 순으로 나타났고 생산제품의 주요 판매지역은 국내가 가장 많았으며 미국, 유럽, 일본 등의 순이었다.

업체의 설립기간은 1년에서 49년까지 분포되어 있는 것으로 나타났으며 종업원 수는 2명에서부터 많게는 1200명인 것으로 나타났다. 종업원 수 20명 이하의 업체는 조사업체의 45.5%로 나타났고 21~50명 이하의 업체가 23.3%, 51명~100명 이하의 업체가 20.8%, 101명 이상인 업체는 10.4%인 것으로 나타났다. 조사대상업체의 연간 매출액은 1억~1000억원으로 나타났으며 10억 이하가 17.1%, 10~20억원 이하가 15.8%, 51~100억원 이하가 21.4%, 101억 이상이 30%였으며 나머지는 무응답이었다.

2. 스마트섬유 개발 수준

1) 개발건수 및 투자 규모

스마트섬유 개발 건수에 관한 응답에 따르면 97개 업체 가운데 19개 업체(19.6%)가 스마트섬유 제품을 개발하고 있는 것으로 나타나 스마트섬유 개발에 대한 참여가 저조한 것으로 나타났다. 구체적으로 살펴보면<그림 1>, 스포츠/레저 섬유분야는 모두 20건으로 고무습/초발수 섬유제품을 개발하는 업체가 10업체, 세컨드스킨 기능 섬유제품개발은 6업체, 수퍼탄성 섬유제품은 4업체에서 개발한다고 응답하였다. 메디칼/헬스케어 섬유제품부분에서는 생체친화성 위생섬유제품 5업체, 자연친화적 생분해 섬유제품을 4업체에서 개발하는 것으로 밝혀졌다. 환경용 섬유제품을 개발하는 경우에는 차폐/흡수용 섬유제품 7업체, 환경정화 및 개선용 섬유제품 1업체, 복합기능 필터용 섬유제품

<표 2> 섬유패션업체당 스마트섬유 개발분야 수 (단위: 개)

개발분야	1	2	3	4	5
업체수	4	6	6	1	2

1업체로 모두 9업체가 개발에 참여하고 있는 것으로 나타났다. 디지털 섬유제품분야에서는 모두 10업체로 인체신호전달 섬유제품 6업체, 디지털 섬유제품 3업체, 인텔리전트 기능 섬유제품을 1업체가 개발하고 있었다. 따라서 12개 대상제품군 중 고투습/초발수 섬유제품을 개발한 업체의 수가 가장 많았고 인체적합성 메디칼 섬유제품에 대한 개발은 한 건도 없는 것으로 나타났다.

또한 12개 제품군 가운데 몇 개를 개발하고 있는지 물어본 결과<표 2> 하나의 제품군을 개발하고 있는 업체가 네 업체, 둘 또는 세 개의 제품군을 개발하고 있는 업체가 각각 여섯 업체, 네 개의 제품군을 개발하는 업체는 한 개였고, 개발 제품군이 다섯 개인 곳이 두 업체로 나타나 대체로 업체당 둘 또는 세 분야를 동시에 개발하고 있는 것으로 나타났다. 위와 같은 결과로 볼 때 아직까지 스마트섬유에 대한 개발은 활성화되지 않은 것으로 보이며 개발되고 있는 대상제품군도 편중되어 스포츠/레저분야에서는 개발이 활발하게 일어나고 있으나 다른 분야에서는 상대적으로 저조하며 몇 개 제품군에서는 개발 업체가 극히 적어 앞으로는 더 많은 업체가 개발에 참여하고 모든 분야에서 개발이 이루어질 수 있도록 해야 할 것이다.

스마트섬유 제품개발을 위한 투자액수를 살펴보면

<표 3> 스포츠/레저 섬유의 경우 5천만원~1억원으로 답했으며 메디칼/헬스케어 섬유에서는 5천만원~4억원을 투자하고 있다고 하였다. 환경용 섬유에서는 2천만원~3억원 정도에서 투자가 이루어지는 것으로 나타났고 디지털 섬유의 경우에는 2천만~5억원에 이르는 것으로 나타났다. 이 결과를 종합해볼 때 스마트섬유 제품 당 투자규모는 2천만원에서 5억원에 이르는 것을 알 수 있다.

향후 스마트섬유 개발을 위한 투자계획에 관한 내용에서도 개발 제품군에 따라 차이가 있으나 5천만~5억 정도를 투자할 계획이라고 응답하여 현재 투자 규모와 유사한 투자를 계획하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 복합기능 필터용 섬유제품, 환경정화 및 개선용 섬유제품, 수퍼탄성 섬유제품, 인체적합성 메디칼 섬유제품의 경우 향후 투자계획이 없는 것으로 나타났다. 전체적으로 본다면 디지털 섬유분야에 대한 투자는 그 분야에 속한 전 제품개발군에 투자가 되고 있고 미래에도 투자계획이 세워져 있는 것으로 나타났으며 스포츠/레저 섬유분야도 모두 현재 투자도 되고 있고 수퍼탄성을 제외한 제품군의 경우 미래 투자계획도 있는 것으로 나타났다. 상대적으로 메디칼/헬스케어 섬유분야와 환경용 섬유분야에서는 투자가 이루어지고 있지 않거나 미래 투자계획이 없는 경우도 있어 투자가 잘 이루어지고 있지 않은 것을 알 수 있다. 개발 제품별로 보면 자연친화적 생분해 섬유제품이 현재 그리고 앞으로도 투자할 계획이 상대적으로 가장 높은 것으로 나타나 셀룰로오스계 섬유, PLA 섬유기술, 효소분해가공기술, 키틴키토산 섬유,

<표 3> 스마트섬유에 대한 투자액수와 투자계획

(단위: 원)

분 야	제품개발군	투자액수	미래 투자계획
스포츠/레저 섬유	고투습초발수	5천만~1억	5천만~2억
	세컨드스킨	1억	2억
	수퍼탄성	5천만원	
메디칼/헬스케어 섬유	인체적합성 메디칼 섬유제품		
	생체친화성 위생섬유제품	5천만~4억	1억
	자연친화적 생분해 섬유제품	1억~4억	2억~5억
환경용 섬유	복합기능 필터용 섬유제품	3억	
	차폐/흡수용 섬유제품	2천만~5천만	1억
	환경정화 및 개선용 섬유제품	5천만	
디지털 섬유	인텔리전트기능 섬유제품	5천만	1억
	디지털 섬유제품시스템	2천만~5억	5천만
	인체신호전달용 섬유제품	2천만~2억	5천만

단백질 섬유, 수용성 섬유에 관련된 기술에 대구경북 업체들의 관심이 높은 것을 알 수 있었다. 이에 반해 인체적합성 섬유제품에 대한 투자는 이루어지지 않고 있으며 앞으로도 투자계획이 없다고 하였는데, 현재, 녹십자와 같은 의료 관련 회사나 텍산메드텍사, 바이오랜드사 등의 벤처기업들이 이 분야의 제품을 개발 판매하고 있다. 이 분야의 경우 의학, 생명공학 등의 기술이 섬유기술과 융합되어야 개발 가능한데 이와 같은 기술이 수도권에 주로 집중되어있어 그와 같은 기술에 대한 많은 정보를 갖지 못해 상대적으로 투자에 대한 관심이 낮은 것으로 생각된다. 그러나 조직의 기능을 대신하는 인공물질로써 섬유고분자 재료가 부상하고 있고 미래 보건의료분야에서 그 수요가 급격히 증가될 것으로 예상되므로 이 분야는 투자 가치가 있다. 슈퍼탄성섬유의 경우 스포츠/레저 의복에 신축성을 부여하기 위해 필수적이나 염색성과 공정시 발생하는 환경문제로 인한 어려움이 있으므로 이를 해결하기 위한 투자가 필요하고 필터용 섬유와 환경정화 및 개선용 섬유의 경우에도 염색 관련 업체가 많은 대구경북지역의 특색에 맞춰 지속적인 투자가 이루어져야 할 것이다. 2004년도에 발표한 산업자원부 보고서에 따르면 고무섬/초발수 및 흡습속건성 섬유제품군과 같은 국내의 스포츠/레저 섬유제품은 어느 수준에 이르렀고 메디칼/헬스케어 섬유와 환경용 섬유는 일부 개발되고 있으나 이에 대한 투자가 미흡한 실정이며, 디지털 섬유의 경우 시범사업 단계로 각 부속물들을 개별적으로 연구하고 있다고 하였

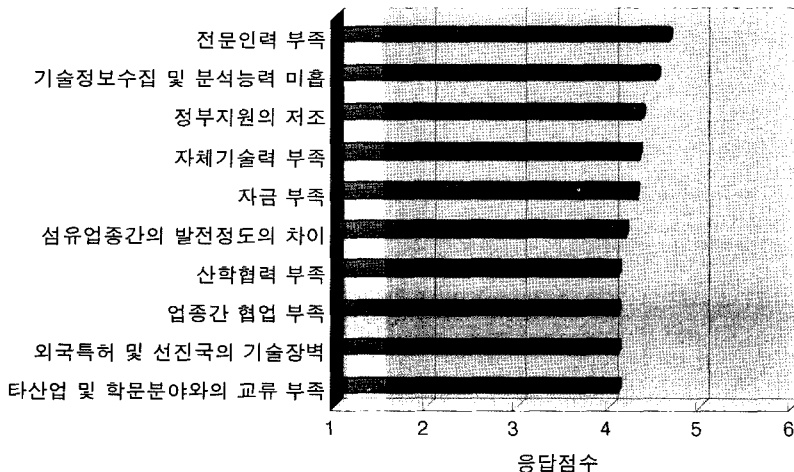
는데 본 연구결과에서도 그와 같은 경향을 볼 수 있었다.

2) 스마트섬유 개발시 예상되는 어려움

스마트섬유 개발시 예상되는 문제<그림 2>에 있어서는 전문인력 부족이 가장 많이 지적되었으며 기술정보수집 및 분석능력 미흡, 정부지원의 저조, 자체기술력 부족, 자금 부족 등의 순으로 나타났다. 따라서 기술정보수집과 분석능력을 갖춘 전문인력 양성이 시급하며 이를 통한 기술력 향상이 우선시 되어야 할 것이다. 이러한 결과는 대구경북지역의 섬유업체들이 연구과제 수행시 개발자금 부족과 함께 전문기술인력 부족을 가장 큰 애로사항으로 지적한 결과(대구 전략사업기획단, 2005)와 유사한 결과이다.

3) 스마트섬유 개발의 파급효과와 정부지원

스마트섬유 개발의 파급효과로 가장 중요하다고 생각하는 것은 미래 시장선점(41.9%)이었으며 장기적인 비전확보(27.5%), 기술특허획득(14.5%), 매출증대(14.5%), 기업이미지제고(1.6%) 순으로 나타났다. 조사대상자들은 스마트섬유에 대한 정부지원에 대해서는 약간 낮게(6점 척도에서 3.07) 평가하였다. 조사대상자들은 미래 섬유시장에 있어서 스마트섬유의 비중이 높을 것으로 예상하여 이를 선점함으로써 섬유시장 점유율을 확보하는 것을 중시하나 스마트섬유 개발에 대한 정부지원은 아직 미흡하다고 생각하는 것을 알 수 있었다.



<그림 2> 스마트섬유 개발시 예상되는 어려움

**3. 스마트섬유에 관한 정보원과 활용 정도**

스마트섬유 정보원에 관한 질문에서 조사업체들은 전시회(3.0)에서 가장 많이 정보를 얻는 것으로 나타났으며 연구소(2.69), 전문지(2.67), 동종기업(2.60), 학교 및 교수(2.55), 공공기관(2.47), 공급업체(2.45), 고객(2.45) 순으로 낮게 나타났다. 그러므로, 섬유업체들은 스마트섬유에 대한 정보를 전시회에서 소개된 신제품을 통해서 가장 많이 획득하나 그 이외에도 연구소, 전문지, 동종기업 등으로부터 정보를 획득하는 것으로 나타나 한 정보원에 편향되지 않고 다양한 정보원으로부터 정보를 얻는 것을 알 수 있었다. 그러나 그 활용도는 매우 낮은 것으로 나타났다.

**4. 스마트섬유 연구현황**

스마트섬유와 관련된 연구소 및 연구개발 부서를 갖고 있는 업체는 97업체 중 12업체였으며 연구인력은 1~15명 사이이고 평균인원은 3.85명인 것으로 나타나 스마트섬유 연구개발에 대해 섬유업체가 중시하는 정도는 낮은 것으로 생각된다. 또한 연구를 외부에 의뢰하고 있는 업체는 7업체였으며 의뢰하는 곳을 복수응답하게 하여 물어본 결과, 연구소(7.2%)에 가장 많이 의뢰하는 것으로 나타났고 타섬유업체(5.2%), 대학(3.1%), 협회 및 관련기관(1%) 순으로 낮게 나타났다.

연구개발비로 지출된 비용의 경우<표 4> 매출액의 2~5%를 사용하는 업체가 가장 많았으며 1% 미만인 업체, 매출액의 5~10%인 업체, 10% 이상인 업체 순으로 나타나 매출액에 대한 연구개발비의 비율도 낮은 것으로 나타났다. 연구인력비율의 경우 총 근무인력의 1% 미만인 업체가 가장 비중이 높았고, 5~10%인 업체, 2~4%인 업체 등의 순으로 나타나 연구인력이 적은 것을 알 수 있었다.

기술협력처로 연구소를 활용하는 업체가 전체 조사대상자 중에서 47.4%로 가장 많았으며 관련 기업, 대학교, 정부기관, 고객, 기타 순으로 나타나 연구소로부터의 기술협력을 상대적으로 많이 받는 것으로 볼 수 있다. 또한 기술협력 건수는 1~50건이며 평균 건수는 7.3건으로 나타났다.

**5. 섬유업체 특성과 스마트섬유에 대한 관심**

미래 스마트섬유 시장 선점을 위해 섬유업체들이 갖고 있어야 할 특성을 파악하기위해 스마트섬유에 대한 관심과 섬유업체특성간의 관련성을 파악하였다. 먼저 스마트섬유에 대한 섬유업체들의 관심을 알아보기 위해서 스마트섬유에 대해 들어본 경험과 관심, 스마트섬유가 미래 섬유산업의 주력품목이라는 것에 대한 동의 정도의 합계를 산출한 결과 4점에서 24점의 값이 나타났다. 이에 대한 중앙값이 15점으로 나타나, 이 값을 중심으로 두 집단으로 분류하여 스마트섬유에 대해 관심이 낮은 집단과 높은 집단으로 명명하였다. 이 두 집단에 따른 업종별, 업무영역별 차이를 알아보기 위해서  $\chi^2$ 검정을 실시하였으며, 연혁, 매출액, 수익률, 매출성장률, 시장점유율, 사업성과, 신제품 개발 및 신제조방법 도입의 차이를 알아보기 위해서 t검정을 실시하였다.

그 결과는 <표 5>와 같다. 업종과 업무영역의 경우 복수응답 자료이었기에 각 업종과 업무영역마다  $\chi^2$  검정을 실시하였으며, 우선 업종의 경우 제직준비업체, 제직전문업체, 염색가공업체, 수출전문업체의 경우 유의한 차이가 없는 것으로 나타났지만 원사업체의 경우 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 즉, 원사업체여부와 스마트섬유에 대한 관심 정도간에 관련성을 검토한 결과 원사업체라고 응답한 경우 스마트섬유에 대한 관심이 높은 것을 알 수 있었다. 업무

<표 4> 스마트섬유 연구현황

매출액대비 연구비	비율(%)	총근무인원대 연구인력비율	비율(%)	기술협력처 (복수응답)	비율(%)
1% 미만	32.5	0%	13.8	연구소	47.4
		1% 미만	27.5	관련기업	38.1
2~5%	35.0	2~4%	22.5	대학교	18.6
5~10%	21.3	5~10%	23.8	정부기관	15.5
10% 이상	11.2	11~20%	6.2	고객	11.3
		21% 이상	6.2	기타	5.1



<표 5> 스마트섬유에 대한 관심 정도에 따른 차이분석 결과

	스마트섬유에 대한 관심 정도		t 값
	낮은 집단	높은 집단	
연혁	13.72	12.03	0.78
매출액	225.22억원	117.56억원	0.80
수익률	3.23	3.60	-1.46
매출성장률	3.23	3.80	-2.17*
시장점유율	3.49	3.51	-0.12
사업성과	3.35	3.91	-2.28*
신제품 개발	3.20	4.00	-2.74*
신제조방법 도입	2.88	3.94	-3.69**

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$

영역별 차이를 알아본 결과에서도, OEM 생산, 임가공/하청, 내수, 수출, 수입의 경우 두 집단의 차이가 유의하지 않은 것으로 나타난 반면 자사브랜드 제조의 경우 자사브랜드 제조인지 아닌지에 따라 스마트섬유에 대한 관심이 높은 집단과 낮은 집단간에 관련성을 검토한 결과 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 업무영역이 자사브랜드 제조인 경우 스마트섬유에 대한 관심의 정도가 높은 것으로 나타났다.

두 집단에 따른 자사의 매출성장률과 사업성과에 대한 평가에서는 관심이 높은 집단과 낮은 집단간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 다시 말해서 스마트섬유에 대한 관심이 높은 집단이 낮은 집단보다 자사의 매출성장률과 사업성과가 높다고 응답하였다. 두 집단에 따른 신제품 개발과 신제조방법 도입에 따른 차이를 조사한 결과에서도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 스마트섬유에 대한 관심이 높은 집단이 낮은 집단에 비해 신제품 개발과 신제조방법 도입을 더 많이 하는 것으로 평가하였다.

그러나 업체의 연혁, 매출액, 수익률, 시장점유율에서는 스마트섬유에 대한 관심이 높은 집단이 낮은 집단에 비해 연혁이 약간 짧고 매출액이 적으며, 수익률과 시장점유율이 높다고 하였으나 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

위 결과를 종합해보면, 다른 업종에 비해 원사업체가 스마트섬유에 대한 관심이 높고 자사브랜드 제조의 경우 OEM 생산이나 임가공업체보다 관심이 높은 것을 알 수 있었다. 또한 관심이 높을수록 자사의 매출성장률, 사업성과를 높게 평가한 업체가 많았으며 신제품 개발과 신제조방법 도입도 더 활발한 것으로

평가하였다. 현재 스마트섬유는 개발 초기이므로 원사단계에서 개발이 이루어지고 있는 것이 대부분이므로 원사업체가 스마트섬유에 관심이 더 높은 것으로 추측된다. 원사단계에서의 개발이 어느 정도 완성되면 제직, 염색가공 나아가 의복제작과 관련된 스마트기술이 개발될 것이다. 자사브랜드 제조업체의 경우 관심이 높은 것은 OEM 생산이나 임가공/하청업체보다 제품의 기능성이 회사의 이미지나 경제적 측면에서 더욱 중요하기 때문인 것으로 생각된다. 또한, 매출성장률, 사업성과, 신제품 개발과 신제조방법 도입에서 유의적인 차이가 있는 것으로 보아 회사가 새로운 것에 대해 쉽게 도전할 만큼 혁신적이고 이러한 도전에 응할 수 있는 경제적 안정과 구조적 안정을 이룬 회사의 경우 스마트섬유에 대한 관심이 높은 것으로 생각된다. 또한 이러한 회사들의 스마트섬유에 대한 높은 관심은 스마트 개발의 자극제로 작용하여 다른 업체에 비해 스마트섬유를 더 빨리 개발할 것으로 추측된다. 결국 이러한 회사들이 미래 스마트섬유 시장을 선점할 것으로 보이며 미래 스마트섬유 시장에서 기업이 경쟁력을 갖기 위해서는 기능성 추구, 높은 혁신성, 경제적 구조적 안정성을 갖추어야 할 것으로 나타났다.

## V. 요약 및 제언

미래 사회는 의복에 더 나은 기능성을 요구할 것이며 이러한 요구에 부응할 수 있는 스마트섬유는 미래 시장에서 주도적 역할을 할 것으로 기대되므로 한국 섬유산업은 이에 대한 대비가 필요하다. 따라서 본 연구는 섬유산업의 스마트섬유에 대한 개발 수준, 연구동향, 관심 정도 등을 파악하여 현재 섬유산업의 전체적인 개발 동향을 파악하고 앞으로의 이에 대한 준비에 도움이 되는 정보를 제공하고자 실시되었다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

스마트섬유 개발 건수를 분석한 결과 조사된 업체의 19.6%가 다양한 제품을 개발하고 있는 것으로 나타났다. 현재 투자규모와 향후 투자규모는 그다지 높지 않은 것으로 나타났다. 고투습/초발수 섬유제품, 세컨드스킨 섬유제품 및 자연친화적 생분해 섬유제품과 디지털 섬유제품분야에 대한 개발이 활성화되어 있으며 향후 개발계획도 상대적으로 높으나 다른 분야에 대한 개발은 저조한 편이며 특히 인체적합성 메디칼 섬유제품에 대한 개발 및 투자는 현재도 앞으

로도 없는 것으로 나타났다. 그러나 인체적합성 섬유의 경우 인체구조 및 기능과 관련된 치료, 질병예방, 완화등의 작용을 하는 보건의료용 물품에 사용되어 경제적 효과가 상당히 클 것이며, 미래 투자계획이 없는 슈퍼탄성 섬유, 환경정화 및 개선용 제품과 필터용 섬유의 경우에도 스포츠/레저분야와 환경분야에서 반드시 개발되어야 할 섬유들이므로 정부 및 관련 업계의 적극적인 홍보 및 지원과 고분자공학, 생명공학등 관련 분야의 협력으로 섬유업체들에게 이 분야에 대한 개발의 필요성을 인식시키고 업체들이 개발에 참여할 수 있는 여건이 조성되도록 해야 할 것이다.

스마트섬유 개발시 예상되는 가장 큰 문제는 전문 인력 부족으로 응답하여 인력수급문제가 생산직 뿐만 아니라 전문직에서도 기업들의 가장 큰 애로사항임을 다시 한번 확인할 수 있었다. 스마트섬유 개발의 가장 큰 효과로는 미래 시장 선점이라고 답변하여 제품판매가 활성화되어 있지 않지만 앞으로 섬유업체에게 스마트섬유 시장의 확보는 매우 중요하며 장기적으로 볼 때 시장이 크게 성장할 것으로 기대하고 있는 것을 알 수 있었다. 그러나 스마트섬유 개발에 대한 정부지원은 낮은 것으로 평가하여 정부의 지원이 증가되어야 한다고 보고 있다. 이는 스마트섬유 개발에 드는 비용이 큰 반면 아직 시장성이 낮아 장기적인 투자가 필요하지만 대부분의 섬유업체가 중소기업이므로 개발을 위해서는 상당부분 정부의 지원에 의지할 수밖에 없기 때문에 나온 결과로 생각된다.

스마트섬유에 관한 정보는 주로 전시회를 통해 확보하나 그 활용 정도는 낮은 것으로 나타났다. 스마트섬유 개발을 위한 연구소 또는 연구 부서를 가지고 있는 업체의 비중은 12.4%이며 평균 연구인력은 3.85명이고 외부기관을 활용하고 있는 업체는 7.2%로 나타났다 연구개발비의 경우 매출액의 2~5%를 지출하는 업체의 비중이 가장 높았으며 연구인력비율도 총 근무인력의 1% 미만인 업체의 비중이 가장 높게 나타나 스마트섬유 개발에 대한 노력이 그다지 크지 않은 것을 알 수 있었다. 이는 대구경북지역 섬유업체들의 신제품 개발 부족, 인력 부족, 자금 부족의 측면이 그대로 반영된 결과이다.

스마트섬유에 대한 관심 정도에 따라 두 집단으로 분류하여 섬유업체의 특성과 스마트섬유에 대한 관심간의 관련성을 알아본 결과, 업종의 경우 원사업체가 그리고 업무영역의 경우 자사브랜드 제조업체가 스마트섬유에 대한 관심이 더 높은 것으로 나타났다.

또한 매출성장률, 사업성과, 신제품 개발 및 신제조방법 도입에 있어서 스마트섬유에 대한 관심이 높은 집단이 낮은 집단에 비해 그들이 속한 업체의 매출성장률, 사업성과를 높게 평가하였고 신제품 개발 정도 및 신제조방법 도입에 있어서 다른 업체들에 비해 더 활발하다고 답변하였다. 이 결과로 보아 스마트섬유에 대해 관심을 보이는 업체는 자사브랜드를 갖고 제품을 제조하는 업체와 같이 제품의 기능성이 시장선점에 주요할 것으로 생각하는 업체이거나 혁신적인 마인드를 갖고 있는 업체들인 것을 알 수 있었다. 또한 그와 같은 특성의 업체들이 스마트섬유에 대한 관심이 높아 앞으로의 미래 섬유시장을 선점할 것으로 예측되므로 기능성 중시, 혁신적 마인드, 경제적 구조적 안정성이 미래 스마트섬유 시장 선점을 위한 기업의 특성일 것으로 생각한다.

본 자료는 대구경북지역에 소재한 섬유업체를 대상으로 수집하였으나 일부에 해당되는 97업체의 자료만을 확보하여 분석한 결과이기 때문에 이러한 결과를 확대 해석하는 데는 신중을 기해야 할 것이다. 그러나 대구경북지역에 소재한 섬유업체들이 스마트섬유 개발에 대한 관심이 낮으며 이에 대한 개발의 필요성은 인지하고 있으나 이에 대한 자구책을 확보하는 데는 매우 미온적인 것으로 나타나 앞으로 섬유업체들의 좀 더 다각적인 노력이 기울어져야 한다는 시급성과 필요성을 파악하는데 이 자료가 도움을 줄 것으로 생각한다.

정부나 학계, 대기업 중심으로 스마트섬유에 관한 연구들이 실시되고 있고 이에 대한 인식도 폭넓게 이루어지고 있는데 반해 실제로 이와 같은 개발의 중추적 역할을 하고 개발된 제품의 상품화에 누구보다 기여도가 클 대구경북지역 업체들의 스마트섬유에 대한 무관심은 이들을 기술사각지대에 빠트릴 것이고 이는 결국 한국섬유산업발전엔 큰 걸림돌이 될 것이다. 따라서 대구경북지역의 섬유업체들이 스마트 개발에 적극 참여하여 미래 시장에 대한 준비를 할 수 있는 방안을 마련해야 하는데, 그러한 방안 중의 하나가 정부, 학계, 섬유업계의 단합과 교류를 통한 네트워크 확립이라고 본다.

섬유산업발전엔 큰 축인 세 부분간의 네트워크는 상호간의 이해를 돕고 실제로 스마트섬유 발전엔 필요한 것과 중요한 것이 무엇인지를 파악하는데 큰 도움이 될 것이다. 또한 이러한 세 부분은 스마트섬유 개발에 필요한 역할을 수행해야 한다. 정부는 적극적

으로 스마트섬유 개발에 대한 의지표명과 함께 중소기업 중심의 개발 프로젝트를 후원할 수 있는 프로그램을 개발해야 할 것으로 생각한다. 특히 수도권과 다른 대구경북지역의 산업적 성격을 규정하여 지역적 특성에 맞는 스마트섬유 개발 프로그램을 고려해야 할 것이다. 예를 들어, 염색가공업체와 제직 전문업체가 많으므로 환경용 섬유분야에 대한 개발에 특히 업계에서 관심이 많을 것이라는 것과 의복제조의 중간단계라 볼 수 있는 염색가공과 제직업종이 많으므로 의복제조의 중간단계와 관련된 스마트기술에 대한 고려도 있어야 할 것이다. 학계는 업체를 대상으로 한 기술세미나나 설명회 등을 상시로 개최하여 수도권에 몰려있는 기술력의 이전을 도모해야 할 것이다. 스마트섬유 개발은 섬유기술과 스마트성을 부여하기 위한 생명공학 또는 전자공학 등 타분야 기술의 융합이 필수적이므로 타분야 기술과 섬유기술과의 잦은 교류는 대구섬유업체들의 스마트섬유에 대한 관심을 증가시킬 것이고 개발에 필요한 기술적 접근들이 이루어져 스마트섬유 개발이 구체화될 것으로 생각한다. 마지막으로 섬유업계는 기술 중심의 클러스터를 형성하여야 할 것으로 생각한다. 기업이 독자적으로 기술개발을 하기보다는 관련 기술을 공유하면서 공정간의 상호연관성을 갖고 기술개발을 하는 것이 최종제품의 경쟁력을 증가시킬 것이다. 따라서 업체들은 타업체 또는 타업종과의 신기술 접목을 통해 기술혁신을 이루고 자주 업계동향에 대해 주시하는 것이 필요하다. 특히 스마트섬유 클러스터 안에서도 제품화 하고자하는 부분별로 세분화하고 구체적인 목표기술을 설정하여 세부기술 중심의 모임이 결성되어야 한다고 본다.

## 참고문헌

- 김규성. (2005, 2. 15). IT 소재결합 '스마트섬유'. *파이낸셜뉴스*. 자료검색일 2005, 12. 13, 자료출처 <http://www.fnnews.com>
- 김대우. (2005, 7. 28). 땀 안나는 스마트 남성 정장 미서 불타. *헤럴드경제*. 자료검색일 2005, 11. 19, 자료출처 <http://www.heraldm.com>
- 김찬희. (2004, 8. 23). 에필로그-웃, 메이드 인 코리아. *국민일보*. 자료검색일 2006, 1. 6, 자료출처 <http://www.kukinews.com>
- 대구전략사업기획단. (2005). *Regional technology road map*. 대구: 대구전략사업기획단.
- 박영철. (2005, 8. 31). "SF 영화가 현실오" 첨단기술을 입는다. *주간조선*. 자료검색일 2005, 11. 23, 자료출처 <http://weekly.chosun.com>
- 변성원, 임대영. (2003). 6T 접목 차별화 섬유소재. *섬유기술과 산업*, 7(1), 1-18.
- 산업자원부. (2003, 6. 5). 섬유패션산업의 차세대 성장동력 지원계획. *산업자원부*. 자료검색일 2005, 12. 15, 자료출처 <http://www.mocie.go.kr>
- 산업자원부. (2004). *산업기술로드맵-스마트 섬유*. 서울: 산업자원부.
- 손성균. (2004). 최근 디지털 섬유제품 개발 동향. *섬유기술과 산업*, 8(1), 51-62.
- 이주현. (2004) 일상생활용 디지털 의류. *섬유기술과 산업*, 8(1), 11-18.
- 장승욱. (2004). PCM용 온도감응 섬유소재. *섬유기술과 산업*, 8(3), 257-265.
- 최태수. (2004). 스킨케어소재. *섬유기술과 산업*, 8(2), 110-119.
- 한남근, 한승만, 김익수. (2004). 상처치료용 소재. *섬유기술과 산업*, 8(2), 172-182.
- 허의원. (2003, 2. 10). 스마트섬유 상용화. *ETNEWS전자신문*. 자료검색일 2005, 11. 18, 자료출처 <http://www.etnews.co.kr>
- Park, S., Gopalsamy, C., Rajamanickam R., & Jayaraman S. (1998). A structured methodology for the design and development of textile structures in a concurrent engineering environment. *J. Textile Inst.*, 89(3), 44-62.
- Rajamanickam, R., Park, S., & Jayaraman, S. (1999). The wearable motherboard TM: An Information infrastructure or sensate liner for medical applications. *Studies in Health Technology and Informatics*, IOS Press, 62, 252-258.