

# 슈퍼소재 융합제품에 대한 국내·외 연구동향

박성민, 복진선<sup>2</sup>, 신우영<sup>3</sup>, 김상욱, 조대현<sup>2</sup>

한국염색기술연구소, <sup>2</sup>한국섬유개발연구원, <sup>3</sup>한국산업기술평가관리원

## 1. 서론

일본과 미국 등 선진 합섬 메이커를 보유하고 있는 나라들은 중국 등 후발 개도국의 추격을 의식하여 압도적인 기술격차와 경쟁력을 지니고 있는 탄소섬유, 아라미드 섬유, PBO 섬유 등 슈퍼 섬유와 최근 환경문제로 주목을 받고 있는 폴리알릴레이트 섬유, PTT 섬유 등 고기능성 섬유 분야에 대한 투자와 연구분야 확대에 박차를 가하고 있다. 한 예로, PAN(폴리아크릴로니트릴)계 탄소섬유는 일본이 전세계의 약 70% 이상의 생산능력을 보유하고 있으며, 슈퍼섬유에서도 약 40% 정도의 시장을 점유하고 있다. 최근 폴리에스터를 중심으로 한 기존 의류용 섬유의 경쟁력이 상대적으로 싼 단가의 중국 등 개발도상국에 밀려 점차 설 자리를 잃어감에 따라, 선진국들은 기술면에서의 개발에 집중하고 있다. 이에 따라 본고에서는 아라미드 및 초고분자량폴리에틸렌(UHMWPE)를 중심으로 한 국내의 슈퍼섬유 융합제품산업화 사업 및 기타 국내외의 연구개발동향을 위주로 최근의 현황과 향후 전망을 살펴보고자 한다.

### 1.1. 슈퍼섬유 및 소재의 정의

슈퍼섬유를 정의할 때는 잘 끊어지지 않고 잘 늘어나지도 않는다는 의미에서 어느 수준 이상의 강도와 탄성률을 동

시에 만족하는 섬유라고 정의한다. 슈퍼섬유란 현재 섬유기술과 실용적인 목표를 감안해볼 때 ① 강도가 20 g/den 이상(900 m의 섬유중량이 1 g일 때 1데니어, d로 표기, 2 g이면 2d), ② 탄성율은 500 g/den 이상으로 ①과 ②를 동시에 만족하는 재료를 슈퍼섬유라고 부르며, 이미 10년 전부터 그러한 섬유는 등장하였다.

데니어(denier) 단위를 대신하여 GPa (Giga Pascal)으로도 표현되는데, 이때는 ① 강도가 2.2 GPa 이상, ② 탄성율은 55 GPa 이상의 역학물성을 동시에 만족하는 섬유를 슈퍼섬유라고 부르고 있다. 슈퍼섬유는 늘어날 수 있는 한계치(신장률)가 원래 길이의 2~4% 정도이기 때문에 강도의 값은 탄성률 값의 대충 2~4% 정도의 값을 갖는다.

이와 마찬가지로 슈퍼소재란 일반 섬유가 갖는 경량성, 유연성, 내구성 기능에 새로운 기능(고강력, 고내열성, 내화학성)을 부여하여 종래에 없는 새로운 성능을 발휘 하는 고성능 신섬유 소재를 지칭한다.

슈퍼섬유 소재는 지식정보 첨단사회로 접어들면서 IT, BT, NT, ET, ST 등 전방위산업의 필수 부품 소재로 수요가 지속적으로 증대되고 있는 극한성능을 갖는 소재로 우주·항공, 전자·반도체, 자동차, 조선·해양, 토목·건축, 생물·바이오 환경·에너지, 나노, 광학, 군사, 스포츠·레저 등 각종 산업의 핵심 부품 소재로 사용되고 있다.

Table 1. 섬유의 강도 및 탄성률 비교

섬유의 종류	강도		탄성률		신장률 %	밀도 g/cm <sup>3</sup>	용점/분해온도 °C	
	g/d	GPa	g/d	GPa				
슈퍼섬유	파라아라미드	22~26	2.8	500~1100	109	2.4~4.4	1.45	500~560
	UHMWPE	30	3.5	1400	110	3.5	0.97	150
	PBO	42	5.8	1300	280	2.5~3.5	1.56	650
	탄소섬유	14~70	3.5	1000~5850	230	0.2~2.4	2.4~3.1	300~340
기타	강철선	3.9	2.5~2.8	290	160~200	1.4	7.8	1150~1500
	폴리에스터	9	1.1	125	15	25	1.38	260

출처 : <http://www.intexa.com>, 가공기술(일본), 34(9), p.557(1999)

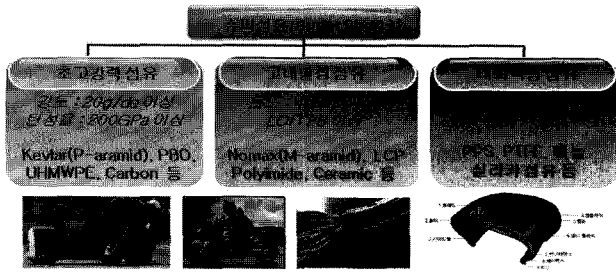


Figure 1. 슈퍼섬유의 범위.

Table 2. 현재 상용화 되고 있는 주요 슈퍼섬유

	고강도	고내열성	내화학성	나노 (극세)
주요 소재	아라미드 섬유, 초고분자량 PE 섬유, PBO 섬유, 유리섬유, 탄소섬유	노멕스 섬유, 폴소 섬유, 폴리이미드 섬유, 알루미늄 섬유	PPS 섬유, 페놀섬유, 황성탄섬유, 실리카섬유	탄소나노섬유, CNT 섬유, 전기방사 섬유, 초극세 섬유

## 2. 본론

### 2.1. 슈퍼섬유의 해외 기술개발 동향

고성능 슈퍼섬유의 강도는 이론적으로 달성할 수 있는 수치의 10% 정도에 불과하며, 탄성률의 경우 50~70% 수준이므로, 고강도 및 고탄성률을 실현하기 위해 액정방사 및 겔방사 기술 또한 연구개발 중이다

산업용섬유 소재는 지식, 환경, 건강을 기본으로 둔 IT, BT,

Table 4. 세계 슈퍼섬유 연구개발 분야

구분	세부 항목	예
heterocyclic계 슈퍼섬유	sulfur-controlled 슈퍼섬유(SCSF)	PPS계 슈퍼섬유
	nitrogen-controlled 슈퍼섬유(NCSF)	PBO계, PBI계, PI계 슈퍼섬유
network화 된 고밀도 슈퍼섬유	carbon-based 슈퍼섬유(CBSF)	meso-phase pitch 탄소섬유계 슈퍼섬유
	phosphorus계 슈퍼섬유(PSF)	phosphate계 슈퍼섬유
	silicone계 슈퍼섬유(SSF)	silicon carbide계 슈퍼섬유
liquid crystal계 슈퍼섬유	lyotropic LC계 슈퍼섬유(LLCSF)	para-aramid계 슈퍼섬유
	thermotropic LC계 슈퍼섬유(TLCSF)	polyarylate계 슈퍼섬유
초거대 linear계 슈퍼섬유	fully extended chain 계 슈퍼섬유(FECSF)	PVA계 슈퍼섬유
	linear crystal계 슈퍼섬유(LCSF)	UHMWPE계 슈퍼섬유

ET, NT, CT, ST 산업 등의 21세기 신산업 분야에 필수적인 소재 및 부품으로 그 용도가 확대되고, 또한 시너지 효과가 매우 클 것으로 예상되어 이러한 분야에 대한 융합기술(fusion technology) 개발이 취약하므로 향후 지속적인 연구개발이 필요하다.

Table 3. 해외 주요국의 하이테크 섬유소재 기술개발 현황

구분	제품/기술명	개발 단계	개발 내용	개발주체
고성능 하이테크 섬유	방재기능 섬유	상용화	- 지반구조물 보강기능용 섬유 - 사면보강 및 침식방지용 섬유 - 연약지반개량용 섬유 - 보조차수기능용 섬유	Naue GmbH(독) Tenax(이태리) Presto(캐나다) CETCO사(미)
	슈퍼섬유	상용화	- 고강도, 고탄성 섬유 - 고내열성 섬유 - 고내화학성 섬유 - 고성능 복합재료	Du Pont(미) Toray(일) Teijin(일) Lenzing(오)
	나노섬유	Pilot	- 나노섬유 제조 기술 - 나노섬유 양산화 기술 - 나노섬유 하이브리드 기술 - 나노섬유 제품화 기술	Du Pont(미) e-spin(미) Freudenberg(독) Donaldson(미)
	엔지니어링 섬유	상용화	- 생산공정용 고성능 섬유 - 분리/여과용 고기능 섬유 - 보강용 엔지니어링 섬유	Albany(미) 3M(미) Kuraray(일)

고성능 슈퍼섬유 중 NCSF, CBSF, PSF, TL CSF 등은 현재 기술 태동기에 해당하며, 나머지 슈퍼섬유들의 경우는 선진국에서도 기술성장기 초기단계 수준에 머무르고 있다.

## 2.2. 주요국의 슈퍼섬유 기술개발 동향

### 2.2.1. 미국

미국은 산업의 침체에도 불구하고 산업용 섬유산업은 슈퍼섬유와 고강력 섬유로 이루어진 타이어 코드를 주축으로 2002년 수요기준으로 볼 때 전체 섬유산업에서 약 70%의 비중을 점유하고 있으며, 연평균 3.5%의 신장세를 보이고 있다.

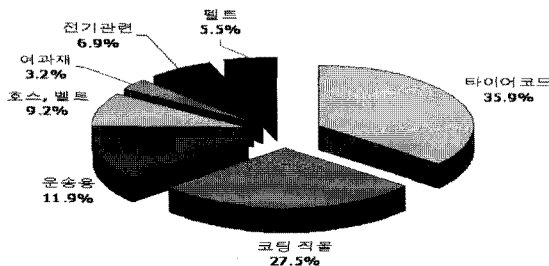


Figure 2. 미국 산업용 섬유의 제품 구성비.

최근에는 아라미드 섬유, 초고분자량 폴리에틸렌 섬유, PPS 섬유, 폴리이미드 섬유, 고성능 탄소섬유 등과 같은 슈퍼섬유를 기반으로 융합기술 첨단소재를 개발하여 항공우주용, 전자재료용, 토목·건축용, 스포츠용, 군수용 등의 고성능, 고기능의 산업용섬유 소재 및 부품으로 응용하는 신기술 시장이 확대되고 있다.

Table 5. 미국 Dupont사의 파라 아라미드섬유 현황

Commercial Products of Kevlar Aramid Fiber	
Filament form	-KEVLAR 29,49,68,100, 119, 129, 149.
Kevlar 29	- Representative, Rubber Reinforcing, Personal protection vests, Reinforcement for hard armor, helmets, Spall Panels, electronic housing protection
Kevlar 49	- High modulus type, Composite, marine sporting goods, and aerospace applications
Kevlar 68	- Medium type between 29 and 49
Kevlar 100	- Colored Kevlar, Gloves, Protective Apparel
Kevlar 119	- High durable, Tire, V-belt, Hose, C-belt
Kevlar 129	- High tenacity type, Ballistic vest, Rope, Tire
Kevlar 149	- Ultra high modulus type, Composite, Rope
Staple Form	- Spun yarn -Felt, Nonwoven-Magnetic Card
Pulp Form	- Fibrillized, Brake, Clutch. Gasket: Containing water by 35, 50%
Chopped fiber	-6-13 mm, Clutch facing

더욱이 Dupont사의 아라미드 섬유는 1970년대에는 우주항공 소재, 타이어코드, 방호복(방탄조끼, 소방복, 전투복) 등의 용도로 전개되었으며, 이후 1980년대에는 소형, 경량화 제품, 1990년대에는 가정용 안전상품, 2000년 들어서는 정보통신용 소재 등의 용도가 개발되었고, 이러한 용도개발에 따라 아라미드 섬유도 더욱 다양화되고 있다.

1990년 이후 개발된 kevlar HP는 표면이 보다 smooth하게 가공될 수 있는 특징으로 스포츠용 섬유, 이후 출시된 kevlar-correctional은 칼 등에 찔리지 않는 특성을 가지고, kevlar-protera는 경량성, 유연성, 진동감쇄성 등을 보다 향상시킨 방탄조끼용 섬유이며, 최근에는 휴대폰에 사용되는 전자부품의 고밀도 실장을 가능케 하는 수지다층기판에 kevlar가 사용되기 시작해 대규모 수요처가 될 것으로 예상하고 있다.

### 2.2.2. 일본

일본은 슈퍼섬유를 중심으로 한 산업용섬유 소재 분야의 기술이 세계 최고 수준으로 새로운 고성능 슈퍼섬유 제조기술의 독점 국가로 인정되고 있으며, 전자, 통신, 자동차, 항공, 우주, 기계, 방탄, 방호, 방재, 건축분야의 빠른 발전과 함께 산업용 섬유의 새로운 용도가 지속적으로 생겨나 고성능, 고기능성 산업용섬유 소재의 성장이 두드러지고 있다.

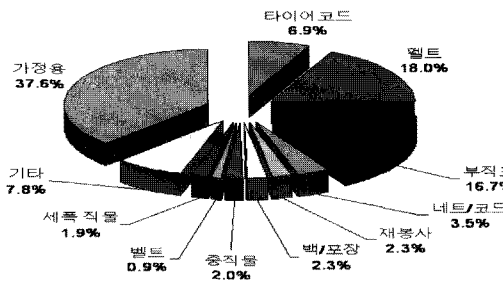


Figure 3. 일본 산업용 섬유의 제품 구성비.

고성능 슈퍼섬유의 개발과 더불어 나일론, 폴리에스터 등 기존 섬유의 고강도화 기술개발로 자동차, 항공, 해양 분야 등 산업자재용의 소비량이 매년 꾸준히 증가하고 있다.

데이진의 섬유사업에서는 아라미드 섬유, 탄소섬유 등 슈퍼섬유를 중심으로 항공기나 자동차 산업 등에서 세계 수요에 대응하고 있으며, global excellence 획득을 위해 투명, 공평, 혁신을 추진, 세계기업으로 부상하고 있다. 데이진의 슈퍼섬유를 주축으로 한 산업용 섬유소재의 성장전략으로 슈퍼섬유 군에 아라미드 섬유, 탄소섬유, 그리고 바이오 내열성 SC-PLA 섬유를 추가했다.

- 아라미드 섬유는 연 8% 성장률, 탄소섬유는 14~15% 성장과 품질, cost, 용도개발에 집중하고 있으며, 아라미드와 같은 슈퍼섬유는 한 국가에서 사용하는 물량에 한계가 있어 현지 생산도 중요하지만 마케팅과 철저한 A/S로 대응해 나갈 필요가 있다.
- 아라미드 섬유는 자동차 및 안전기능관련 분야에서 순조로운 확대를 보여 '08년말부터 「Twaron」의 증가이 순차적으로 추진되고 있다.

2.2.3. 독일

2002년 기준으로 독일의 산업용 섬유 시장은 100억 불에 달하며, 섬유업계 중 산업용 섬유 관련업계는 대략 1,000여 개에 달하며, 이 가운데 300여 업체가 원사에서 완제품에 이르기까지 산업용 섬유 및 관련 부품제조에 종사하고 있다.

독일의 경우 산업용섬유 소재의 비중은 68%에 달하고, 2002년 한해에 1,010,000톤의 섬유 원사가 사용되었는데, 이중 화섬의 비중은 74%를 차지하였으며, 섬유산업 중에서도 산업용 섬유소재가 가장 역동적이고 전망이 밝은 부문으로 인정받고 있다.

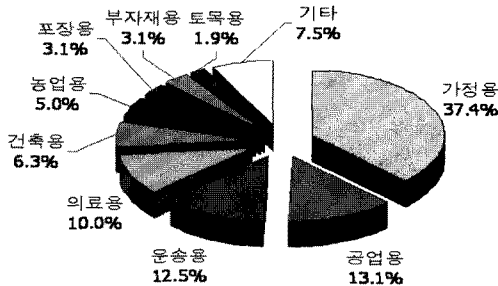


Figure 4. 독일 산업용 섬유의 제품 구성비.

특히, 파라 아라미드섬유(네덜란드 Teijin Twaron), UHMWPE 섬유(DSM dyneema)를 비롯한 고강도 폴리에스터 섬유, 폴리아미드 섬유, 산업용 아크릴 섬유, 고강력 비스코스 섬유, 아세테이트 섬유, lyocell 섬유, 유리섬유 등 산업용 섬유산업에 중요한 위치를 차지하는 각종 섬유 소재들이 생산되기 때문에 산업용섬유 소재산업은 화섬산업에 매우 중요한 역할을 하고 있다.

산업용섬유 소재의 최대 소비부문은 자동차 산업이고, 건축자재산업, 고무산업, 화학 및 플라스틱산업이 그 뒤를 따르고, 이 5개 산업부문이 차지하는 비중이 83%에 달하고 있으며, 향후 가장 전망이 밝은 부문은 자동차, 의료, 환경 및 포장관련 용도일 것으로 전망하고 있다.

2.3. 선진국의 R&D 지원 정책

2.3.1. 선진국의 R&D 정책 현황

2.3.1.1. 미국 현황

우주·항공, 의료 등 첨단소재 분야를 중점 육성하는 한편 신속대응(quick response) 시스템으로 상품기획과 생산체제 간 연동을 통해 원료에서 최종제품에 이르는 소요기간을 단축했다.

미국은 융합기술이 삶의 질을 향상시킬 수 있는 기술로 인식하고 각 분야간 융복합 연구개발에 집중하고 있으며, 2005년부터 국립과학재단, 에너지부, 국방부 등이 연간 1,300억 달러를 투자, 융합기술 개발 프로젝트를 진행 중이다.



Figure 5. 세계 각국의 신섬유 개발전략.

미국 섬유산업의 주요 R&D 사업은 섬유관련 대학으로 구성된 컨소시움이 1992년 공동으로 수립한 NTC(National Textile Center)에서 매년 미국 상무성의 지원을 받아 (1,000만불/년 규모) 산업계에서 향후 필요한 기초 선형개발 과제를 공모하여 수행하는 것이 특징으로 우리나라도 벤치마킹의 필요성이 요구된다.

- ① 화학섬유소재(섬유화학 및 가공기술 등의 개발), ② 제조(섬유 및 텍스타일 제조기술 개발), ③ 섬유재료(천연 및 합성고분자 및 섬유 개발), ④ 매니지먼트 시스템(제품 설계, 생산 및 유통 시스템 등의 개발)의 4개 분야로 구분하여 2009년도 현재 총 43건의 과제가 추진 중이다.

\* 연도별 추진과제 : '05 (77건)→'06 (76건)→'07 (67건) →'08 (51건)→'09 (43건)

NTC 주도형 신섬유 부문의 주요 R&D 개발사업 내용은 Table 6과 같다.

Table 6. NTC 주도형 신섬유 부문의 주요 R&D 개발사업

분야	과제명	주관기관
화학섬유소재	단백질을 선택적 흡착하는 분자 흔적 섬유 개발	Clemson 대학
	이산화 티탄을 이용한 방호복용 복합 미다공막 개발	Cornell 대학
	유해물질 자기 제거 텍스타일 개발	Auburn 대학
섬유제조	전자전달 능력을 갖춘 강화 직물 개발	Auburn 대학
	PP/PLA 해도섬유를 이용한 향료 삽입형 직물개발	Philadelphia 대학
	생물학적 패턴의 직물표면에 직접 기재 기술개발	Clemson 대학
	초음파 제트 분사법에 의한 초극세 필라멘트 개발	Georgia Tech
	전기 에너지 회수를 위한 압전섬유 및 직물 개발	Georgia Tech
	형광 섬유를 이용한 나노직물의 구조 해석	U. Mass Dartmouth
	포이송 비에 영향을 미치는 요소와 텍스타일 구조·성능 분석	U. Mass Dartmouth
	청색레이저를 사용한 접착제와 의료용 삼차원 텍스타일 개발	U. Mass Dartmouth
	벽지용 환경 적합성 직물개발(하우스 증후군 대책)	Philadelphia 대학
	셀룰로스/대두 단백질의 환경 친화형 복합재료 개발	Cornell 대학
	초음파 원자간력 현미경법에 의한 고분자 유동분석	Cornell 대학
	단섬유를 이용한 섬유강화 구조체 개발	U. Mass Dartmouth
	에어필터용 바이옱리액터(bioreactor) 여과재 개발	U. Mass Dartmouth
	섬유재료	효과적인 생물학적/화학적 방호용 직물 개발
생체 모방에 의한 기능성 섬유 개발		U. CalDavis 대학
계층적으로 설계된 도전 탄소 섬유 개발		Georgia Tech
생분해성 시클로텍스티린에 의한 직물개질 기술개발		NC State 대학
젖음 응답성을 겸비한 알긴산 나노 섬유 개발		Clemson 대학
셀룰로오스계 나노섬유를 이용한 바이오센서 개발		Cornell 대학
탄소나노튜브를 이용한 발광용 직물형 전극개발		U. Mass Dartmouth
원자간력 현미경을 이용한 섬유의 표면취화 거동 연구		U. Mass Dartmouth
섬유시스템	리튬 이온 배터리용 복합 나노섬유 개발	NC State 대학
	인공 근육용 액추에이터 개발	NC State 대학
	삼차원 인체 계측 기술을 이용할 어패럴용 적합분석 장치 개발	Cornell 대학
	섬유 리사이클 시스템 연구	NC State 대학

2.3.1.2. 일본 현황

장기적인 경기침체로 의류 및 직물분야가 붕괴되고 신소재 및 화섬 등 일부 분야만이 강점을 가지게 되자 일본 섬유산업의 재활성화를 도모하기 위하여 '03년 7월에 일본 정부는 '섬유 비전'을 책정하여 일본 섬유산업의 과제와 앞으로 지향할 방향을 제시했다.

동 비전은 중소기업체의 자립사업에 중심축을 둔 ① 구조개혁, ② 기술개발, ③ 인재육성, ④ 수출진흥 등의 실천시책을 중점과제로 2007년에 종료되었다.

advanced textile cluster와 같은 value chain을 만들어 총체적 부가가치 창출을 유도하고 화섬업체 간에도 특성화를 유

도하여, Kuraray는 nylon을, Toray는 polyester를, Teijin은 N/P 복합사를 집중적으로 개발하고 있다.

기존의 연구개발에 기반을 두고 융합기술을 통해 신산업을 창출하는 목적이 강하며, 단기간의 실용화에 초점을 맞춘 제조기술을 바탕으로 융합기술 상용화 전략을 수립하고 있다.

2007년 5월, 일본 총무성은 경쟁력 저하의 원인이 국가 차원의 종합전략 부재에서 기인한다는 판단 하에 '국제경쟁력 강화 프로그램' 발표했다.

경제산업성 신에너지·산업기술종합개발기구(NEDO)는 원천기술부터 상용화 기술까지 연구개발을 위한 로드맵을 수립하였으며 섬유산업도 기존의 섬유와는 차별화되는 고기능·

고성능 섬유, 타 산업과의 융합기술, 소재 특성을 고도화하는 섬유복합재료(가공) 기술, 섬유 본질의 특성을 살리며 천연 소재를 모방하여 새로운 기능을 부여하는 기술 개발을 위한 로드맵 수립했다.

동 로드맵은 material security(환경·에너지 대응) 분야, 탄소섬유(이동체) 분야, 건설·IT·생활자재 분야로 구분하여 수립하였으며 분야별 기술개발 과제는 다음과 같다.

① material security(환경·에너지 대응) 분야

- 바이오매스로부터의 모노머, 폴리머 제조기술 및 섬유화 기술
- PLA 섬유의 역학특성, 내열성, 염색성 내후성 향상기술
- PLA 섬유의 폴리머 원가절감 기술
- Recycle을 위한 소재별 섬유 분리기술, LCA(life cycle assessment)에 기초한 recycle 기술
- 범용섬유의 고성능화 및 고강력 섬유기술
- 고효율 분리기술, bio ethanol 분리 및 공정개발

② 탄소섬유(이동체) 분야

- 저환경 부하 탄소섬유 제조기술(고효율 제조기술, 탈석 유원료에 의한 섬유제조 기술)
- 탄소섬유 계면특성 정밀제어기술(역학특성, 성형가공성 향상 기술)

- 소재화 기술(중간재 개발, 가공용이성, 성형용이성 소재개발, 고정밀도 소재개발, 원가절감, 단시간화, 에너지절약, 작업공간 최소화)
- 소재가공(구조화) 기술(접착, 접합, 분리, 보수, 표면처리기술)
- 고효율 구조화 설계 기술, 평가·유지 기술
- recycle 기술(LCA, recycle 기술, 사회시스템 확립)

③ 건설·IT·생활자재 분야

- super biomimetics를 응용한 초기능 나노섬유 제조기술 개발
- 고강도 섬유, 매트릭스 접착기술(고인성 콘크리트 개발 포함)
- 의류용 고기능 섬유의 응용기술

결국 일본 섬유산업은 의류부문의 경우 고기능성, 패션성을 강화한 차별화 전략으로 발전시키며, 산업용 부문은 타 업종과의 융합 및 섬유의 고부가 가치화, 고강도 초경량화, 가공성의 극대화 등을 통해 자동차, 항공, 전기·전자, 정보통신산업 등 최첨단 산업의 소재를 제공하는 산업으로 발전시키고자 노력하고 있다.

2.3.1.3. 유럽 현황

Table 7. 신섬유 부문의 주요 R&D 사업내용

과제 (국가명)	주관기관	사업기간	사업비 (유로)	사업내용
독일 IMAC-PRO	EADS DEUTSCHLAND GMBH	'08~' 11(3년)	5백 만	항공용 탄소섬유 강화 플라스틱(CFRP) 개발
벨기에 BIOTIC	GENT 대학	'08~' 10(2년)	0.22백 만	의료, 안전분야의 기능성 바이오 섬유개발
스페인 DEPHOTEX	FUNDACION PRIVADA CETEMMSA	'08~' 11(3년)	3.13백 만	전도성 섬유를 활용 광전지 및 태양전지 섬유 개발
벨기에 SYSTEX	GENT 대학	'08~' 11(3년)	0.8백 만	e-textile 및 웨어러블 마이크로시스템개발 및 통합시스템 구축
이탈리아 NAPOLYNET	CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE	'08~' 11(3년)	1.2백 만	EU내 나노 고분자 기술의 통합클러스터구축
벨기에 BIOAGROTEX	CENTEXBEL 연구소	'08~' 12(4년)	3.13백 만	재생가능한 자원 및 생분해성을 이용한 농업용 섬유개발
스페인 NATEX	AIMPLAS	'08~' 12(3년6개월)	3.1백 만	천연섬유를 이용한 고강도 바이오 섬유 개발
스웨덴 NOTEREFIGA	SWEREA IVF AB	'09~' 12(4년)	2.89백 만	상전이물질(PCM)을 이용한 온도조절 섬유 및 제품개발
이탈리아 FLY-BAG	D' APPOLONIA SPA	'08~' 11(2년)	2.18백 만	다층구조형 강화섬유를 사용하여 폭발물로부터 비행기 보호용 컨테이너 개발
영국 MICROFLEX	SOUTHAMPTON 대학	'08~' 12(4년)	5.43백 만	자극 및 반응을 감지하는 스마트 섬유 개발

EU는 연구개발 투자 확대를 통한 산업 경쟁력 강화를 위해 1984년부터 FP(framework program) 프로젝트를 시행하였으며 현재 2007년부터 7차 FP 프로젝트를 수행 중(2007~2013)에 있다.

- FP7 프로그램은 EU 회원국내의 연구개발자원의 효율적 활용, 연구개발투자의 확대, 산업경쟁력 강화, 국제네트워크 강화 등을 통해 유럽의 연구개발 환경을 혁신하기 위한 포괄적 공동 연구개발 프로그램

- 바이오기술(BT), 정보통신기술(ICT), 나노기술(NT) 분야에 집중적으로 투자하고 있으며 생활 환경 및 주변시장의 변화에 따라 신섬유 분야에 대한 원천기술 개발에 많은 노력을 기울이고 있는 실정

독일은 산업용 섬유개발과 이에 대한 제품화 기술을 집중적으로 개발하여 특정 제품군에 대하여 전문화 및 특성화로 최고품질의 제품생산을 추구하고 있으며, 하노버, 뒤셀도르프 등에서 국제적인 대형전시회를 개최하여 바이어 유치에 최선을 다하고 있다.

이탈리아는 소기업 중심의 네트워크 전략을 펴고 있다. 이의 일환으로 섬유산지를 중심으로 기업간 파트너십을 형성시켜 자기 완결형 산지, 즉 자체적인 기획·생산·마케팅 기능을 보유한 산지형 cluster 형성을 유도하고 있으며, 세계적으로 인지도가 높은 국제적인 섬유·패션 전시회를 개최하여 홍보에 힘을 쏟고 있다.

유럽 융합기술은 유럽 특성에 맞는 연구개발 활동을 추진하면서 유럽 통합적인 R&D 체제로 전환 중이며 2005년 EU에서는 '디지털 경제를 위한 새로운 5개년 정보화 전략'인 i2010를 발표했다.

### 2.3.2. 슈퍼섬유 정부지원 사례 및 성과

후염이 가능한 Kevlar-F, 도레이 합섬 클라스터·아라미드 섬유분과회 고기능소재 개발그룹에 참가한 산에쓰, 創和텍스타일, 小松(코마쯔)정련의 3개사가 후염이 가능한 p-aramid Kevlar 장섬유를 개발하였다. p-aramid 섬유는 일반적으로 결정성이 높기 때문에 고강도, 고탄성율로 내열성, 내약품성, 내마모성에 우수한 특징이 있어 방탄복과 방호복, 내절창용 장갑 등에 사용되고 있으나, 결정성이 높아 염고 염색 내부에 들어가기 어렵고 착이나 방사 직후에 염색이 가능해도 후염은 극히 곤란하다. 그러나 kevlar 장섬유에 대해 결정성이 높은 부분의 결정성을 완화시켜 염료가 들어가기 쉬운 특수사 가공을 행하고 창화텍스타일이 고도제직을, 그리고 소송정련이 특화된 염색가공을 행함으로써 이를 해결하였다.

東洋紡(도요보)의 초경량 내절창성 PE 섬유. 가볍고 내절창성을 갖는 용융 방사식 고강력 폴리에틸렌 섬유(tsunoooga), 경량성과 내절창성은 p-aramid 섬유와 나일론 섬유의 2배에 이르고, 빛과 물에 대해 우수한 내구성도 나타낸다. 내약품성도 우수하고 원착이 가능해 다양한 색으로 착색 가능하다.

아라미드 에어젯트 방사 펄프 제조: 제인Twaron. 제인Twaron 사(네덜란드)가 아라미드섬유를 직접 에어젯트와 응집제로 방사함으로써 아라미드펄프를 생산할 수 있는 기술을 개발해 2007 techtextile에서 소개하였다. jet spun은 강력한 격리성과 균일성 및 분산성이 좋고 성형성과 절단성이 우수해 박막 폐이퍼 제조가 가능한 것이 특징으로 friction paper와 절연지 및 차음재, 단열재 등의 용도에 적용이 가능할 것으로 예상된다. 그밖에 제인은 아라미드섬유를 특수 약품을 처리함으로써 타이어 트랜드 부분 복합재료로 들어가 고무의 내부 손상을 저감하고 발열을 억제, 타이어의 내구수명을 20% 향상시키고 주행 저항도 20%나 저감시킬 수 있어서 연비를 3~5% 정도 절감할 수 있다.

초미세 p-계 아라미드 powder 개발: 제인. 일본의 제인(테이진)이 초미세 파라계 아라미드 파우더를 개발하였다. 고기능 수지와 특히 불소수지의 filler 용도로의 전개가 기대되는 이 파우더는 유기 filler로서는 세계 최초로 평균입경 5 μm에

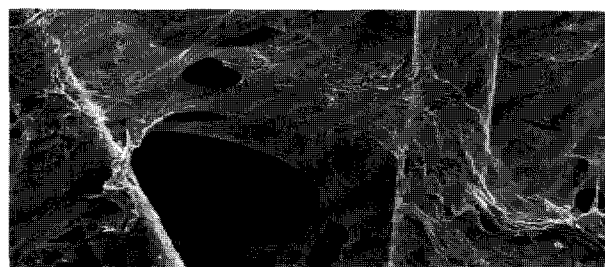


Figure 6. twaron pulp 미세구조.

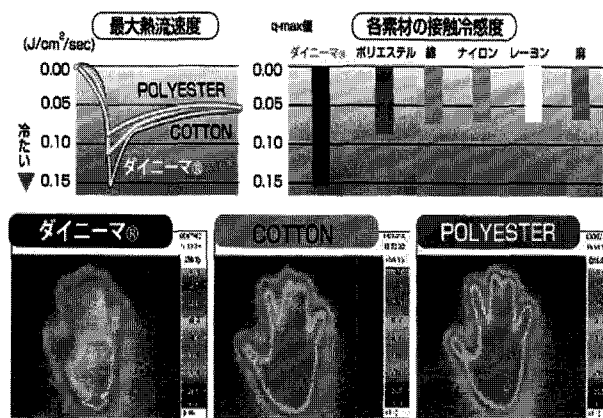


Figure 7. ICEMAX의 냉감효과.

서 50 $\mu$ m까지 다양한 크기로 제조가 가능하다.

초강력 슈퍼섬유 PE를 사용한 냉감소재 「ICEMAX」, 도요보가 초강력 슈퍼섬유인 PE 소재 「Dyneema」와 특수섬유와의 조합에 의해 개발한 고 냉감소재, Dyneema는 일반 범용소재에 비해 4배의 열전도율을 나타내고 있다.

특수 섬유사와의 조합에 의한 신소재 ICEMAX는 실험결과 타 범용소재에 비해 2배 이상의 열전도율을 보이는 것으로 나타나고 있다. 착용 시 열전도율이 빨라 열을 빨리 확산함으로써 청량감을 얻을 수 있는 있다.

고성능 튜블러 펠트: AMBIC(주), 암빅(주)의 튜블러 펠트는 seamless 원통상의 나들편칭 부직포로 일반적으로 롤 부직포를 제조하는 방법인 부직포 적층을 압착가공하거나 또는 면상 부직포를 잇거나 spiral 구조로 말아서 제조하지 않기 때문에 촌법안정성이 좋고 장착성과 유기관리가 우수한 것이 특징. 원재료를 유기재료와 무기재료를 임의로 사용할 수 있어서 강도와 내열성, 내약품성 등의 특성을 충분히 발휘시킬 수 있다. 또 두께와 내경, 중량, 길이 등의 설계도 자유로워 다양한 용도로의 전개가 가능하며, 쿠션성과 보액성, 연마성, 흡수성 등 다양한 요구에 대응할 수 있다.

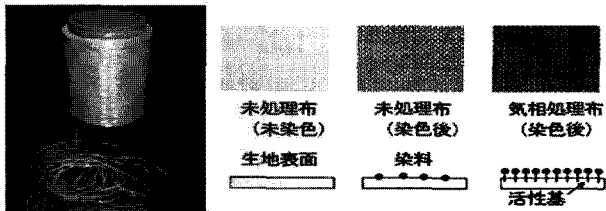


Figure 8. 염색성 아라미드 화이버 모식도.

아라미드 섬유의 표면처리에 의한 염색성 향상기술. 일본의 石川(이시가와)현공업시험장에서는 아라미드 섬유 표면을 고 반응성 halogen 가스 등을 포함하는 기상에서 아라미드 섬유적물을 표면 개질함으로써 염색성을 향상시킬 수 있는 기술을 개발하였다. 아라미드 섬유표면은 기상반응으로 활성기가 형성됨으로써 염색성이 향상되는 것으로, 이 기술을 이용하면 향후 아라미드 섬유의 용대확대와 각종 기능성 섬유제품 개발에도 도움이 될 것으로 예상하고 있다.

m-aramid 기반 내열내화 시트: 제진, 아키레스 NI제인상사의 자회사인 帝健(테이켄)과 아켈레스는 최근 메타형 아라미드섬유와 중공 세라믹 비즈를 사용한 「고 내열내화시트」, 고르(高爐), 전노(電爐), 초자(硝子) 메이커내 로전(爐前), 주조(鑄造), 용해(溶解) 작업 시의 방호복용 생지. m-aramid 섬유 「테이진 코-넥스」를 기반으로 소재 표면에 평균입경

0.01~300  $\mu$ m의 중공 세라믹 비즈를 함유하는 고무 층을 적층한 것으로 중공 세라믹 비즈는 내열성이 우수할 뿐 아니라 중공구조가 단열층으로 기능, 열전도를 억제. 겉 표면에 알루미늄나 층을 적층함으로써 열반사성을 향상시켰다. 이로서 기존 알루미늄나 생지에 비해 내열성이 8배 이상, 단열성은 2배 이상 향상되었고 유연성은 기존제품과 동일하다.

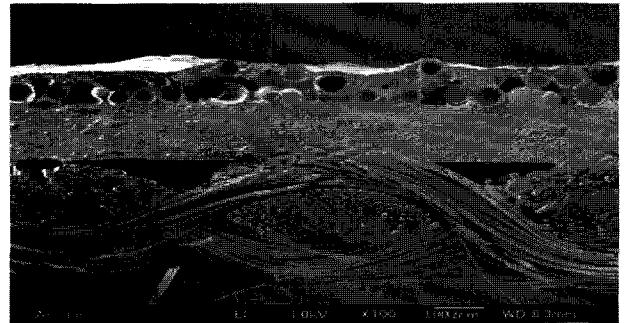


Figure 9. 내열 내화시트 단면.

## 2.4. 국내 슈퍼섬유 산업 동향

### 2.4.1. 국내 슈퍼섬유의 산업 현황

현재 국내 섬유 기술수준으로는 원료생산이 어려운 특수섬유류는 미국 등 섬유기술 선진국으로부터 수입에 의존하고 있으며, 점차 그 수요가 증가하고 있다.

국내 슈퍼섬유 시장은 아직 형성 초기 단계 수준으로 일부 대량 생산되는 초기의 슈퍼섬유소재인 PAN계 탄소섬유나 PVA 섬유 등이 주로 시장을 형성하고 있는 실정이다. PBO 섬유, 아라미드섬유, UHMWPE 섬유 등 세계적으로 생산되는 슈퍼섬유의 경우 대부분은 원사상태로 소량이 수입되고 있으며, 제품화하여 해외로 역수출 되거나 내수시장에 사용되고 있다. PPS, PI, 유방성 액정과 같은 슈퍼섬유는 세계적으로도

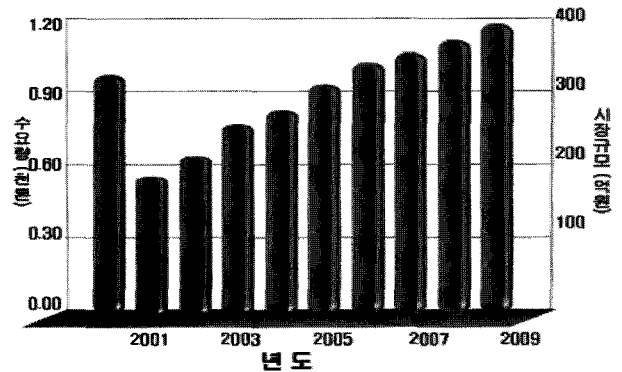


Figure 10. 국내 아라미드섬유 수요 현황.



현재 연구개발이 진행되고 있는 소재로 2011년경에 가면 일부 제품들이 산업화되어 시장을 형성하기 시작할 것으로 판단되며, 국내 산업용 섬유산업의 발달과 더불어 선진국의 제품 수입이 크게 증가할 것으로 전망된다.

파라 아라미드섬유는 코오롱이 년산 2,000톤 생산 중에 있으며 2014년까지 년산 10,000톤 규모로 증산할 계획이다. 메타 아라미드 섬유는 휴비스가 년 300톤 규모의 pilot를 가동하고 있고, UHMWPE 섬유는 동양제강이 년 20톤 규모의 시험생산 중에 있다.

아라미드 섬유의 국내 수요는 2004년 850톤이었고, 2008년 1,100톤에서 2009년에는 약 1,200톤에 달할 것으로 보고되고 있다.

2001년 실시된 「극한성능 차세대 산업용 섬유 기술개발에 관한 산업분석」 보고서에 따르면 1999년의 국내 산업용 슈퍼섬유 시장은 금액 기준으로 약 4,600만 불에 달하고 있으며, 2005년에 약 25,000만 불, 2010년에는 약 68,000만 불로 급격한 증가를 보일 것으로 전망하고 있다.

Table 8. 국내 슈퍼/고기능 산업용 섬유의 시장 현황 및 전망

산업용 슈퍼섬유 종류	수요 (만\$)		
	1999년	2005년	2010년
PPS계 섬유	-	500	1,000
PBO계 섬유	200	500	1,000
PBI계 섬유	-	200	500
PI계 섬유	-	200	500
Meso-phase pitch계 탄소섬유	-	5,000	10,000
phosphate계 섬유	-	50	200
Silicon carbide계 섬유	65	100	200
Aramid계 섬유	※4,020	10,000	20,000
Polyarylate계 섬유	300	2,000	5,000
PVA계 섬유	-	5,000	15,000
UHMWPE계 섬유	250	1,800	15,000
합 계	4,635	25,350	68,400

소득 수준 향상에 따라 가정용 등 인테리어용뿐만 아니라 산업의 다양화, 전문화에 따라 자동차, 건설·토목, 항공·우주 분야 등에 필요한 고강력, 고내열성, 고탄성 등 특수 기능의 소재와 지구환경 보호용 고기능 섬유재료의 수요가 확대될 것으로 예상된다. 이러한 성장세를 따를 경우 2010년에는 전체 섬유산업 총 생산액(약 50조 원, 전량치)의 40%에 해당하는 약 20조 원 (200억 불 환율 1 불=1,000원 기준) 규모의 생산액을 갖는 산업으로 급성장할 것으로 전망된다.

#### 2.4.2. 국내 슈퍼섬유의 기술개발 동향

1979년 (주)코오롱과 KAIST의 공동연구를 통하여 1982년 실험실에서 lyotropic LC계 pulp 개발하고 특허를 출원한 이후, 정부로부터 공업기반기술 조성자금과 산업화기술과제 개발자금을 받아 10여 년 동안 상업화 연구를 수행하였으며, 1995년 pulp 제조공정 기술을 확립한 바 있다. 하지만 선진 개발업체의 사업진입 방해와 가격덤핑, 시장선점등 사업화에 큰 어려움을 겪은 후 2005년부터 상업화를 전개하고 있다.

한편, kevlar나 twaron 등의 PPTA 섬유는 100% 황산과 같은 강한 무기산을 용매로 사용하기 때문에 환경문제 및 제조 공정상에서 많은 문제점을 내포하고 있다. 따라서 기존의 고강도 고탄성 아라미드 섬유 제조 시의 이런 문제점을 해결하고, 차세대 신기술로서 절실히 요구되는 것은 극성 유기용매 중에서 액정을 형성하고 이로부터 고강도 고탄성률의 섬유를 제조할 수 있는 새로운 아라미드 중합체를 개발하는 것이다. 이러한 목적으로 경북대에서 중합체 직접액정방사도 가능한 단량체 연구를 수행하여 미국발명특허(USP 5,728,799 (1998))를 획득한 바 있으며, 현재에도 이에 관한 연구를 수행하고 있는 국내 유일한 연구기관이다. 현재 인장강도 30 g/d(3.8 Gpa), 인장탄성률 1100 g/d(140 Gpa) 이상의 고강도 및 고탄성률을 겸비한 제3세대 고성능 아라미드 섬유 poly(2-cyano-1,4-phenylenetere phthalamide, CYPPTA)의 제조에 관한 기술을 확보하고 있다.

아라미드란 지방족 폴리아미드(aliphatic polyamide)의 대표적인 nylon과 대별되는 용어로서, 1971년 방향족 폴리아미드 섬유를 최초로 개발한 미국 Dupont사에 의해 제안된 후, 1974년 미국 연방통상위원회로부터 받아들여진 방향족 폴리아미드의 일반적인 표현이다. 용어상의 정확한 의미는 "85% 이상의 아미드기(CO-NH)가 두 개의 방향족 고리에 직접 연결된 합성 폴리아미드로부터 제조된 섬유"로 규정하고 있다. 아라미드 섬유는 크게 메타계와 파라계로 구분되며, 메타계는 내열성이 필요한 소재에, 파라계는 강도가 필요한 소재에 각각 사용되고 있다. 특히, 파라계 아라미드 섬유는 인장강도 20 g/d 이상, 인장탄성률 500-1,000 g/d 정도의 고강력을 갖고 있을 뿐만 아니라, 분해온도 400 °C 이상의 고내열성과 -160 °C에서도 섬유의 특성을 유지하는 우수한 내한성, 절연성, 그리고 내약품성을 나타내는 첨단 슈퍼소재이다.

아라미드 섬유는 nylon의 개발 이후 고분자계에서 가장 획기적인 발명으로 받아들여지고 있다. 일반적인 유기섬유와는 다른 우수한 성질을 바탕으로 최초의 상업화 이후, 원사 및 직물을 비롯하여 부직포, uni-directional laminating fabric,

staple fiber 등의 형태로 크게 섬유보강고무복합재료 등의 각종 복합재료, 로프, 케이블, 방탄방호용과 같은 산업자재의 용도로 자동차, 우주항공, 정보통신, 국방 등 다양한 관련 산업 분야에서 사용이 확대되고 있는 고부가 소재이다.

파라 아라미드섬유는 Dupont Kevlar®, Teijin Aramid Twaron®에 이어 국내에서는 1982년 KAIST와 코오롱이 공동으로 연구를 추진한 결과 실험실에서 유방성 액정계 섬유 펄프를 개발하였고, 1983년에는 미국에 특허로 등록되면서 그 기술을 인정받은 바 있다. 이후 코오롱과 KAIST가 정부로부터 공업기반기술 조성자금과 산업화기술과제 개발자금을 받아 10여 년 동안 상업화 연구를 추진해 왔으며, 그 동안 여러 번의 실패와 공정의 수정을 거쳐 1995년에 pilot-scale의 유방성 액정계 섬유 펄프 제조 공정기술을 확립한 바 있다. 2005년에 Heracron®이라는 상품명으로 상업적인 규모의 생산을 개시하고 있다. 이에 비해 메타계 아라미드는 강도와 탄성률은 폴리에스터와 비교될 정도로 낮은 수준이지만, 우수한 내열성, 난연성 및 전기절연성 등을 가지며 고온 여과재료, 절연지 및 방호복 등에 폭넓게 사용되고 있다.

- 코오롱 파라아라미드 헤라크론 850D, 1000D, 1500D의 필라멘트 양산
- 효성 파라아라미드 1000D, 1500D의 필라멘트 양산
- 웅진 메타아라미드 시 생산 중
- 휴비스 메타아라미드 시 생산 중

코오롱은 1974년 아라미드섬유 기초연구를 시작으로 2005년 scale up, 2009년에는 2,000톤을 생산하였으며, 2010년 현재 방사 5,000톤 규모이며, 2013년 10,000톤 규모로 확대할 계획임. 방탄용, 자동차·선박용 마찰재용, 광케이블, 보강재 용도로 아라미드 생산하고 있다. 840~3,000 데니어까지 다양한 품목에 대한 수용이 가능하며, 물성적인 면에서도 고강도 제품이외에도 stable chip, 펄프, 광케이블 등 다양한 아라미드섬유를 생산하고 있다. 방탄시장은 국내시장 2,000톤으로 예상했지만, 폴리에틸렌섬유로 인하여 국내시장 진입 어려움이 있으며, 대부분 해외 방탄시장, 경량화 아라미드섬유 개발 또는 폴리에틸렌 하이브리드를 개발하여 국내 시장진입 시도를 계획 중에 있으며 대량생산으로 인해 가격이 많이 낮아졌다.

효성은 2003년 파라 아라미드섬유 개발을 시작하였으며, 2009년 8월 시장에 소개되었다. '알렉스(ALKEX)'라는 브랜드의 고강도 파라 아라미드섬유를 생산하고 있으며, 2010년 현재 1,000톤 규모의 아라미드 공장을 건설하고 상업생산을

진행하고 있다. 2011년에 5,000톤 규모로 추가증설을 계획 중이며, 기술 수준을 레벨업하여 2014년까지 5,000톤 규모를 목표로 하고 있다.

웅진케미칼은 2008년부터 메타 아라미드섬유 개발을 시작하여 2010년 현재 3년제 메인 생산을 2단계로 나누어 진행하고 있다. 1단계는 준양산 생산으로 450톤 규모로 시운전 단계이며, 2010년 11월에 제품이 출시될 예정이다. 2단계는 3,000톤 규모로 2011년에 본격적으로 준비하여 2012년에 3,000톤 규모를 생산할 계획이다. 메타 아라미드 페이퍼를 주력하여 사업 설비도 준비 단계에 있다. 2012년 페이퍼 기준 1,500톤 규모로 공장을 준비하는 것이 목표이고, 2012년에 Fiber 3,000톤, 페이퍼 1,500톤을 양산하는 것이 웅진케미칼의 전체적인 로드맵이다.

휴비스는 2009년부터 메타 아라미드섬유 생산 설비를 구축하기 시작하였다. 1차 타깃은 보호복과 산업용 필터로 현재 증합설비는 3톤 규모, 방사설비는 160톤 규모로 아직은 낮은 단계의 생산성을 가지고 있으나, 현재 설비를 증설하여 2011년 상반기 500톤 규모로 양산하는 것을 계획하고 있다.

동양제강은 2003년 초고분자량폴리에틸렌 개발을 시작하였으며, 2010년 7월에 원사공장을 신축하였다. 현재 500~1500 denier 제품을 생산하고 있으며, 다이아 SK65를 타겟 제품으로 제품개발 및 양산을 진행하고 있다. 주요 용도는 해양용으로 많이 사용되고 있는 로프, 산업용 안전 장갑, 보호장구, 레저용 등 크게 네 부분을 생각하고 있다. 향후 개발 계획은 2011년에 200-300데니어 제품을 생산하고, 최종적으로 50 데니어 제품 생산을 목표로 하고 있다. 2011년 400톤 규모 생산예정이며, 2015년까지 1000톤을 생산할 계획이다.

#### 2.4.2.1. 슈퍼소재 융합제품 산업화 사업

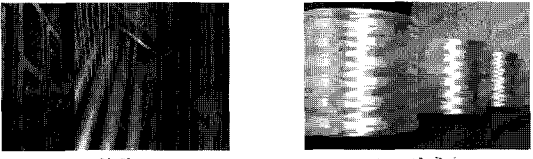
- 사업기간 : 5년 (2010-2014)
- 소요예산 : 1,404억 원/5년 (국비 882억 원, 시비 166억 원, 민자 356억 원)
- 주요사업 : 2대 분야 4개 사업
- 사업목적 : 화섬 위주의 섬유산업을 슈퍼소재와 융합기술제품 중심의 첨단산업으로 전환, 지역 섬유산업의 지속성장 발판 마련. 지역 섬유산업의 신성장동력 발굴사업으로 지역 발전에 기여. 신산업 창출로 지역 생산, 매출 증대 및 신규 고용 창출에 기여. 슈퍼소재와 융합제품을 동시에 개발함으로써 사업의 완성도를 높이고 파급 효과를 극대화하며 구축된 인프라를 이용하여 기업의 투자 및 업종 전환을 용이하게 목적으로 하고 있다.

Table 9. 슈퍼소재융합제품 산업화 사업


구분	분야	주요 사업	비고
기술개발	슈퍼섬유소재	슈퍼섬유 소재개발사업 -아라미드(P,M), 초고분자량 PE 섬유 등	소재기술
	융합제품	슈퍼소재 융합제품화 기술개발 사업 -슈퍼소재 기능성융합제품 기술개발 [운수용산업(자동차, 조선, 항공, 철도), 특수소재산업(extreme textile)]	융합제품 기술
	기반기술	슈퍼섬유 융합화 기반 기술개발사업 -슈퍼섬유와 기능성 섬유 융합화 -고차가공기술 개발	기반기술
기반구축	연구개발기반	융합연구센터 및 테스트베드 구축사업 -소재·복합·융합제품 연구	연구센터

2.4.2.1.1. 2010년도 슈퍼소재융합제품산업화사업 추진과제(14과제)

Table 10. 2010년도 슈퍼소재융합제품 산업화 사업 세부내용(기술개발)

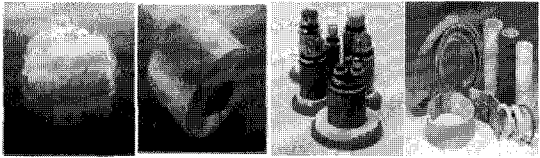
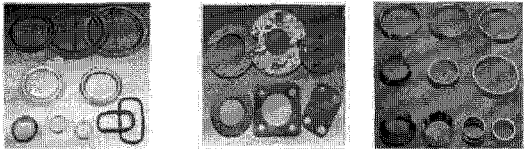
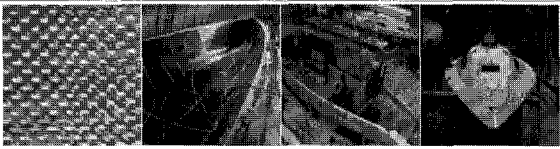
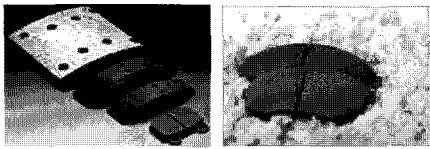

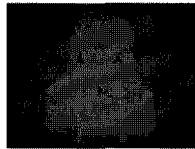
과제명	주요 내용
① UHMWPE 세섬화 기술 개발 (슈퍼소재기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· UHMWPE 섬유 세섬화 기술개발 (50~150테니아, 200~300테니아)</li> </ul>  <p>&lt;방사&gt;                      &lt;400d 원사&gt;</p>
② 메타아라미드를 이용한 내열지 개발 (슈퍼소재기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 고내열성 아라미드 펄스 소재 및 paper 제조기술 개발</li> <li>· 고밀도-절연성 paper 제조를 위한 요소기술 및 양산공정 확립</li> <li>· 용도 맞춤형 복합기능성 paper 제조</li> </ul>  <p>&lt;습식방사 및 cutting 설비&gt;                      &lt;floc&gt;</p>
③ 자동차 내장용 초경량 3D 하이브리드 섬유제품 개발 (융합제품화기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 자동차 내장용 복합 부직포 개발</li> <li>· 용도적합형 자동차 내장재 성형기술 개발</li> </ul>  <p>&lt;Sunshade Plate&gt;                      &lt;Headliner&gt;</p>
④ 고성능 MRG 용 hybrid cord 제품 개발 (융합제품화기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· hybrid cord 연사 및 제작 구조 개발</li> <li>· hybrid cord dipping 및 열처리 기술 개발</li> <li>· hybrid cord 적용 호스 제품 및 hybrid cord 적용 타이어 제품 개발</li> </ul>  <p>&lt;hybrid cord 적용예시&gt;</p>
⑤ 고내열성 슈퍼소재를 적용한 산업용 용접 안전작업복 개발 (융합제품화기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 고내열성 슈퍼소재 개발 및 고내열성 슈퍼소재가 적용된 직물 개발</li> <li>· 내열성 보강용 부직포 개발 및 고내열성 실리콘 코팅기술 개발</li> <li>· 인체공학적 봉제 패턴 개발</li> </ul>  <p>&lt;산업용 용접 안전작업복 적용예시&gt;</p>

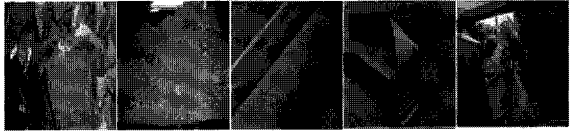


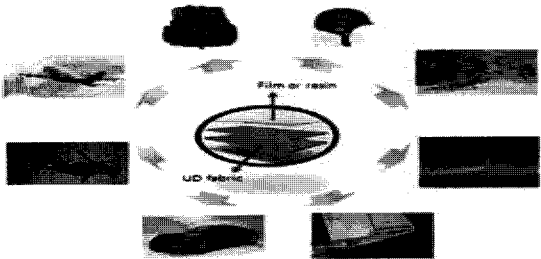
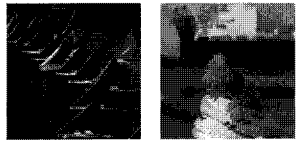
과 제 명	주 요 내 용
⑥ 슈퍼소재 복합 방적사 개발 (융합제품화기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 슈퍼섬유소재 sheath-core 이중 구조 복합사</li> <li>· 슈퍼 섬유소재를 이용한 anti-pilling air jet 방적사 개발</li> <li>· 개발 복합방적사를 이용한 제품 개발 : 의류용(보호복), 산업용(보강용섬유)</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p style="text-align: center;">〈아라미드 복합 방적사 적용예시〉</p>
⑦ 슈퍼 섬유를 이용한 hybrid 내진 보강 FRP 제품 개발 (융합제품화기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 맞춤형 슈퍼섬유 원사 &amp; 제직 &amp; 코팅기술개발</li> <li>· 난연수지개발, 저온 속경화 수지 개발, 성능평가</li> <li>· 하이브리드 소재 프리프레그(primpregnated materials) 제조기술개발</li> <li>· RTM, 진공성형 적용 형상 다양화 및 슈퍼섬유 내진 보강재 성능평가 기술 개발</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p style="text-align: center;">〈아라미드 시트 및 내진보강 적용예시〉</p>
⑧ 고내열·고내구성 산업용 belt 직물 개발 (융합제품화기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 두께 4 mm, 폭 2,000 mm 제직, 두께 4 mm, 폭 3,000 mm 제직</li> <li>· 알루미늄 압출라인용 세폭 벨트 직물 개발</li> <li>· 내열성 및 내구성 증대를 위한 수치처리 기술 개발</li> <li>· 섬유, 피혁 설비 등의 기타용 도용 벨트 개발</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">〈belt 제품 예시〉</p>
⑨ 슈퍼소재 및 고강력 소재를 이용한 무황변, 고성능 크루즈 요트급 sailing cloth 소재 국산화 및 제품화 기술개발 (융합제품화기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 고강력 폴리에스터 소재 및 슈퍼소재 직물을 이용한 제직기술개발</li> <li>· 직물의 내구성 강화를 위한 차별화된 후가공 소기술 개발</li> <li>· 요트세일의 설계 및 봉제기술 개발</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p style="text-align: center;">                     &lt;코팅기 개조중&gt;   &lt;개발품 Sample&gt;   &lt;SEM 단면사진&gt;                 </p>
⑩ 차세대 군 특수 피복을 위한 슈퍼섬유 융합제품 개발 (융합제품화기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 슈퍼섬유소재의 staple fiber화 기술개발</li> <li>· 슈퍼섬유소재의 전처리 기술개발</li> <li>· 슈퍼섬유소재의 염색 (침염, 날염)기술개발</li> <li>· 슈퍼섬유의 후가공 기술개발</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">〈군용 특수피복 적용 예시〉</p>
⑪ 산업자재보강용 2D 및 3D구조의 fabrication 기술개발 (기반기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 레노조직의 2D 구조 고강력 스크림 직물 형성기술</li> <li>· 다중조직의 3D 구조형 spacer 편성기술 개발</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p style="text-align: center;">                     &lt;산업 벨트용 레노직물&gt;   &lt;spacer fabric&gt;                 </p>
⑫ 아라미드 장섬유의 에어 가공사 및 hybrid yarn 개발 (기반기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 파라 아라미드 장섬유 소재의 ATY 가공기술</li> <li>· 파라 아라미드 장섬유 및 고강력 소재와의 hybrid yarn 가공기술</li> <li>· 최종 용도 전개를 통한 성능 분석 및 평가</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p style="text-align: center;">                     &lt;아라미드 필라멘트&gt;   &lt;아라미드 ATY 가공사&gt;   &lt;고무뎀 보강재용&gt;                 </p>
⑬ 슈퍼섬유 융복합 염색 가공 기술개발 (기반기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 슈퍼섬유소재 [아라미드, UHMWPE]의 염색 가공기술개발</li> <li>· 슈퍼섬유소재 후가공기술개발</li> <li>· 슈퍼섬유소재 날염기술개발</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <p style="text-align: center;">                     &lt;UV 및 plasma를 이용한 표면개질&gt;   &lt;날염기술&gt;                 </p>

과제명	주요내용
⑭ 슈퍼섬유 기능성 코팅 기술 개발 (기반기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 파라 및 메타형 아라미드, UHMWPE 등의 슈퍼섬유와 glass fiber, 고강력 PET사의 하이브리드 제작</li> <li>· 환경친화적 코팅을 접목한 다양한 기능성, 내구성 부여</li> <li>· 막구조용 친환경 코팅제, 가공제 및 최적의 코팅기술공정 개발</li> </ul>  <p style="text-align: right;">〈슈퍼섬유 코팅기술 적용 예시〉</p>

2.4.2.1.2. 2011년도 슈퍼소재융합제품산업화사업 추진과제(기획 중)

Table 11. 2011년도 슈퍼소재융합제품 산업화사업 세부내용(기술개발·기획 중)

과제명	주요내용
① 부직포용 태섬도 아라미드 단섬유 개발 (슈퍼소재기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 파라 아라미드 태섬도 단섬유 개발</li> </ul>  <p style="text-align: right;">〈파라아라미드 태섬도 단섬유 적용 예시〉</p>
② 슈퍼섬유를 이용한 고성능 실링재 개발 (융합제품화기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 개스킷별 요구특성 분석을 통한 최적 제작 구조 개발</li> <li>· 고탄성 고무계 바인더 배합 기술개발</li> <li>· 개스킷 신뢰성 평가기술 개발</li> </ul>  <p style="text-align: right;">〈개발제품 예시〉</p>
③ 슈퍼섬유 소재를 이용한 경량화 선체 개발 (융합제품화기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 선박용 하이브리드 섬유 직조기술개발</li> <li>· 하이브리드 섬유기반 선체 구조용 보재 설계기술개발</li> <li>· 아라미드 하이브리드 섬유를 이용한 선체 구조용 제품 개발</li> <li>· 진공성형 공법을 적용한 시제선 개발</li> </ul>  <p style="text-align: right;">〈개발제품 예시〉</p>
④ 환경친화형 고성능 마찰재 개발 (융합제품화기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 마찰재용 아라미드 섬유개발</li> <li>- 피브릴, 섬유장, 표면적 조절 기술개발</li> <li>· 환경친화형 고성능 마찰재 개발</li> <li>- 아라미드 섬유 복합화 기술개발</li> <li>- 내마모성 및 마찰계수 향상 기술개발</li> </ul>  <p style="text-align: right;">〈개발제품 예시〉</p>
⑤ 슈퍼섬유 소재를 이용한 구조보강용 융합제품 개발 (융합제품화기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 슈퍼섬유 융복합 구조보강용 직물 개발</li> <li>· 슈퍼섬유 융복합화를 통한 구조보강용 제품 개발</li> <li>- 구조보강용 제품류, 보(girder), 기둥(column) 등의 제조 및 성능평가, 슈퍼섬유를 이용한 구조보강 공법확립</li> </ul>  <p style="text-align: right;">〈개발제품 예시〉</p>
⑥ 슈퍼섬유 소재 융복합화를 통한 부력방탄복 개발 (융합제품화기술개발사업)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 슈퍼소재 제작/편직 기술 및 가공기술 개발</li> <li>· 가공조건에 따른 형태 및 성능 최적조건 확립</li> <li>· 방탄성과 부력성 및 내구성을 가지며 기능성을 개선한 슈퍼소재 부력방탄복 제품 개발</li> </ul>  <p style="text-align: right;">〈개발제품 예시〉</p>

과 제 명	주 요 내 용
<p>⑦ 슈퍼섬유 재활용 소재를 이용한 응용제품 개발 (융합제품화기술개발사업)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 습식 또는 건식 슈퍼소재 오염물 제거 기술개발</li> <li>· 그라인딩 및 커팅 기술 및 방직사 제조 기술개발</li> <li>· 재활용 슈퍼소재 제직 및 편성기술 개발</li> </ul>  <p style="text-align: center;">〈개발제품 예시〉</p>
<p>⑧ 수처리용 고성능 슈퍼섬유 여재 개발 (융합제품화기술개발사업)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 초고밀도, 고강력 복합소재의 차별화 제직 및 가공기술</li> <li>- 이종세섬도 섬유 초고밀도 복합형 제직기술</li> <li>- 내막오염성향상, 여과효율향상을 위한 표면 처리기술</li> <li>· 여과효율 및 내구성이 향상된 고성능 여과모듈 및 수처리 적용 기술</li> </ul>  <p style="text-align: center;">〈개발제품 예시〉</p>
<p>⑨ 슈퍼섬유 소재를 이용한 경량 리프팅 슬링 개발 (융합제품화기술개발사업)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 고하중물 운반용 steel wire 대체 슈퍼섬유 rope sling 개발</li> <li>- 태 데니어 슈퍼섬유소재 사집속화 기술 및 로프화 기술개발</li> <li>· 고강력 경량 슈퍼섬유 belt sling 개발</li> <li>- 고강력 슈퍼섬유소재의 고밀도 세폭제직기술</li> <li>- eye 및 eye protector 설계 제조기술개발</li> </ul>  <p style="text-align: center;">〈개발제품 예시〉</p>
<p>⑩ 슈퍼섬유소재의 일방향 (UD) sheet 요소기술개발 (기본기술개발사업)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· UD소재 요소기술 발굴 및 database 구축</li> <li>- UD 공정/원료인자간의 상관성 분석, UD fabrication 특성 분석</li> <li>· UD fabrication 연구개발 환경구축</li> <li>- 요소기술 database 및 산학연 network 구축</li> </ul>  <p style="text-align: center;">〈개발제품 예시〉</p>
<p>⑪ 슈퍼섬유 소재의 내후성 증진 가공기술 개발 (기본기술개발사업)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 내광성 향상을 위한 금속산화물 나노소재합성 및 슈퍼섬유 표면 나노코팅기술</li> <li>· 자외선 조사 등에 의한 광화학반응을 이용한 표면 및 내부가교에 의해 내크리프성 향상 기술</li> </ul>  <p style="text-align: center;">〈개발제품 예시〉</p>

### 3. 결론

슈퍼소재를 사용한 제품들은 그 용도가 안전 및 무기류와 연관성이 높은 경우가 많아 수입 수출이 까다롭다. 원료 및 제조방법에 있어 많은 특허로 기술을 보호받고 있기 때문에 당분간 이들 상품에 대한 우리의 무역역조는 해결이 어려울 것으로 판단이 되고 있다. 국내에서는 코오롱이 아라미드를 개발하여 슈퍼소재 생산의 단초를 마련하였으나, 제품으로 전개되는 용도 개발이 병행되지 않아 30년이 지난 현재까지도

개발 단계를 벗어나지 못하고 있다. 따라서 국가적 차원에서 슈퍼소재의 국산화 양산화를 앞당기고 중소기업 중심의 슈퍼소재융합제품 생산 기반을 확충하는 등의 섬유산업의 신성장을 위한 국가적인 차원에서의 노력이 절대적으로 필요하다.

슈퍼소재융합제품분야는 산업용 섬유 분야에서도 부가가치 및 성장 가능성이 가장 높은 분야이면서도 우리의 강점인 세계 최고 수준의 화섬 가공기술을 이용할 경우 선진국과의 기술격차 극복이 가능하여 전략적인 차원에서 섬유산업의 활성화에 크게 기여할 것이라 생각된다. 슈퍼소재융합제품 분

아는 전 세계적으로 아직까지 연구개발의 여지가 많고 세계 시장이 급속히 팽창하고 있기 때문에 이에 따른 적극적인 개발이 절실한 것으로 생각된다.

· 박성민

2007-2009. 한국염색기술연구소 시험분석팀장  
 2010. 한국염색기술연구소 신사업추진팀장  
 2011. 경북대학교 섬유시스템공학과 박사  
 현재. ILAC-MRA KOLAS 국제공인인증시험소 기술책임자  
 Tel : 053-350-3861 / Fax : 053-350-3869  
 e-mail : aububa@dyetec.or.kr

· 복진선

1989. 충남대학교 섬유공학과 졸업  
 1995. 충남대학교 대학원 섬유공학과(석사)  
 2001. 충남대학교 대학원 섬유공학과(박사)  
 1989-1991. 충남방직(주) 근무  
 1991-현재. 한국섬유개발연구원 재직 중

· 신우영

2002. 부산대학교 섬유공학과 졸업  
 2004. 부산대학교 대학원 섬유공학과(석사)  
 2004-2008. (주)효성 근무  
 2008-현재. 한국산업기술평가관리원 재직 중

· 김상욱

1990. 서울대학교 섬유공학과(박사수료)  
 1984-1995. (주)새한 기술연구소 섬유연구실 과장  
 1995-2000. BASF KOREA 염료부 이사  
 2000-2007. DYSTAR KOREA  
 2007-현재. 한국염색기술연구소 신사업본부 본부장

· 조대현

1982. 영남대학교 섬유공학과 졸업  
 1987. 영남대학교 대학원 섬유공학과(석사)  
 1997. 영남대학교 대학원 섬유공학과(박사)  
 1997-2000. (주)코오롱 기술연구소 재직  
 2000-2003. 대구광역시 밀라노프로젝트 섬유보좌관  
 2003-현재. 한국섬유개발연구원 재직 중