

전략품목 현황분석

슈퍼섬유

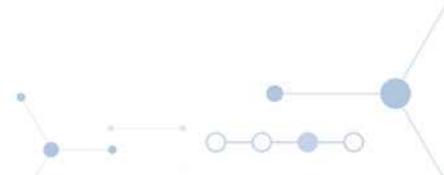


CONTENTS

■ 전략품목

■ 슈퍼섬유

1. 개요	6
2. 동향 조사 분석	12
3. 특허 동향	27
4. 전략품목 기술로드맵	37



슈퍼섬유

전략품목 정의 및 범위

- 슈퍼섬유는 나일론, 폴리에스터, 아크릴 등의 범용 합성섬유보다 월등히 우수한 인장강도(20g/d 이상)와 탄성률(500g/d 이상)의 고강도·고탄성 및 내열성의 특성을 지닌 섬유로 정의함
- 슈퍼섬유는 무기계 섬유인 탄소섬유 및 광물섬유와 유기계 섬유인 아라미드, 초고분자량 폴리에틸렌(UHMWPE), 폴리페닐렌벤조비스옥사졸(PBO) 섬유 등이 있으며 각종 산업의 소재부품 용도로 사용범위가 지속적으로 확대되고 있음

전략품목 관련 동향

◎ 시장전망 및 제품 동향

- (시장전망) '21년 1,748억 달러였던 고성능 섬유 세계시장 규모는 '26년 2,362억 달러로 증가할 것으로 전망됨
- (제품동향) 산업분야에 사용되는 핵심 소재로서 에너지·환경·안전 등 산업혁신이 진행됨에 따라 신규 수요가 급증하고 있으며, 기술집약적인 성격이 강하며 우리나라의 경우 후발국 입장에서 추격하고 있는 상황임

◎ 기술개발 및 플레이어 동향

- (기술동향) 미국, 일본, EU의 세계적 섬유회사들이 수십년간 꾸준히 기술개발과 전략적 투자를 통해 시장의 진입장벽을 강화하고 있으며 한국의 경우 아라미드, 탄소, 초고분자량 PE 섬유는 시장진입 단계, 폴리케톤, PBO 섬유 등은 연구개발 단계임
- (플레이어) DuPont(미), Toray(일), DSM-Toyobo(일), Teijin(일), Zoltek(미) 효성(한), 코오롱(한)
- (중소기업) 태광산업(한), 동양제강(한), 삼일방직(한), 티에이케이텍스타일(한) 등

◎ 핵심기술

- 고강도, 고탄성, 고내열성 섬유 제조 기술
- 섬유강화 복합소재 제조 기술
- 난연/내열 융복합사 제조 기술 및 원단 제조 기술

중소기업 기술개발 전략

- 개발된 소재를 이용하여 제직기술이나 복합재료 성형기술, 후가공 기술, 제품화 기술 개발을 통해 물성을 향상시키고 특성을 차별화하여 용도를 다양화하는 전략 수립 필요
- 고강도, 고탄성, 내열성 섬유는 다양한 산업에서 사용되기 때문에 용도에 맞게 보다 세부적인 기술 개발과 함께 신뢰성 확보 필요
- 자원절약, 탄소저감 및 기후변화 대응기술 등에 적용이 가능한 핵심 산업 제품으로서 미래 대응 기술이 적용된 기술개발 전략 필요

1. 개요

가. 정의 및 필요성

(1) 정의

- 슈퍼섬유는 나일론, 폴리에스터, 아크릴 등의 범용 합성섬유보다 월등히 우수한 인장강도(tenacity 20g/d 이상)와 탄성률(500g/d 이상)의 고강도·고탄성 및 내열성의 특성을 지닌 섬유를 지칭함

[섬유 분야에서 슈퍼섬유]



* 출처 : 자체 작성

[슈퍼섬유의 범위]



* 출처 : 자체 작성

- 슈퍼섬유에는 탄소섬유와 아라미드, 초고분자량 폴리에틸렌(UHMWPE), 폴리 페닐렌벤조비스 옥사졸(PBO) 섬유, 유리 섬유, 실리카 섬유, 세라믹 섬유, 그리고 고온에서도 안정적인 기타 유기 섬유 등이 있으며 우수한 물성으로 인해 각종 산업분야에서 사용되는 핵심소재에 사용 범위가 지속적으로 확대되고 있음

[슈퍼섬유의 강도]



* 출처 : 한국일보, 탄소섬유 1mm²에 700kg 자동차도 매달 수 있어요, 2020

- 슈퍼섬유는 섬유 분야에서 기능성을 부여하기 위한 전략품목으로, 슈퍼섬유 개발을 통해 섬유산업 고부가가치화가 가능할 것으로 전망됨

[섬유 품목로드맵 내 슈퍼섬유]



* 출처: 자체작성

(2) 필요성

- 고강도, 고 탄성률 및 고내열성의 슈퍼섬유는 에너지·환경·안전 등 산업소재 분야로의 적용성이 높아 핵심 소재로써 수요가 확대되고 있음
 - 탄소섬유는 비중이 1.8g/cm^3 내외로 철의 7.8g/cm^3 에 비해 약 1/4 수준으로 가볍고, 인장강도를 비중으로 나눈 비 강도는 철의 10배, 비 탄성률은 철의 7배 수준임. 이러한 특성으로 자동차 내외장재, 노트북 등의 전자제품과 항공·우주분야, 스포츠용품 등에 적용 중
 - 아라미드섬유는 고강력, 고탄성 및 내열성 등의 특성으로 방탄복, 소방복, 스포츠용품 및 타이어코드 등에 적용 중
 - 내열·난연성 섬유는 고유한 특성으로 인해 민간, 군사 및 산업 분야에서 광범위한 응용 전망을 가지고 있으며 자동차, 기차 및 항공기용 난연 직물뿐만 아니라 항공 우주 난연성 복합 재료에도 사용할 수 있음
- 슈퍼섬유는 가치사슬 상 다운스트림으로 갈수록 부가가치가 높아지며, 원재료의 10배 이상 부가가치 창출이 가능함
 - 원사의 가치 자체가 고가일 뿐만 아니라, 중간재에서 최종재까지 부가가치를 함께 증대시키는 효과
 - 탄소섬유 19~80\$/kg, PBO 섬유 110~165\$/kg ⇔ 일반 폴리에스터 3~4\$/kg
- 슈퍼섬유는 IT·ST(우주기술)과 ET(환경기술) 등 첨단기술과의 융합 및 다양한 용도 확장으로 전후방 산업의 한계 극복과 발전에 영향을 줄 수 있을 뿐만 아니라 방호복, 타이어코드 및 스포츠용품 등으로 응용범위를 넓힐 수 있음
 - 섬유산업의 고도화를 통한 경쟁력 확보뿐만 아니라, 차세대 성장동력산업 및 우주·방위산업 등 국방력 증강에도 중요
 - 아라미드섬유는 나일론섬유에 비해 가격이 다소 비싸나 고강력, 고탄성, 내열성이 높아 방탄복 및 소방복 등에 활용 가능
- 최근, 포스트 코로나 시대를 앞두고 대표적인 내열, 난연 섬유 소재인 아라미드 소재의 쓰임새는 점점 늘고 있는 추세임
 - 코로나-19 팬데믹 이후 나타난 비대면 흐름으로 5G 통신 인프라 수요가 늘고 있는데 광케이블 보강재로 쓰이는 아라미드 수요도 같이 늘고 있음
 - 전기차 보급 속도가 빨라지면서 자동차 경량화를 위한 내부 보강재와 타이어 보강재 소재에 아라미드가 사용돼 수요가 더욱 늘고 있는 추세
- 슈퍼섬유 제조기술은 기술이전 기피 대상으로 미국, 일본 등 선진국들의 경우 슈퍼섬유에 대해 수출 승인 품목으로 지정하여 후발국가로의 기술유출을 통제하고 있으며, 분야별 Top3 기업이 시장점유율 70% 이상을 차지하고 있음
 - 우리나라의 경우 아라미드, 탄소, 초고분자량 PE 섬유는 시장진입 단계, PPS, 폴리케톤, PBO 섬유 등은 연구개발 단계임
 - 기술 선진국들의 전략적·정치적 공급 조절 시 국내 산업에 피해가 우려됨

나. 범위 및 분류

(1) 가치사슬

- 슈퍼섬유의 경우 자동차, 항공기, 풍력블레이드, 토목 등과 같은 산업용 소재로서 사용 용도가 확대됨에 따라 가치사슬 전 산업 분야에서 생산량 및 판매량이 증가할 것으로 예상됨
 - 전방산업은 탄소섬유에 에폭시 수지 등을 함침한 프리프레그 및 UD직물과 이를 이용한 항공·우주·철도·자동차 내외장재와 드론, 로봇과 같은 신산업 등에 활용 가능하여 연간 생산량 및 판매량에 기여할 것으로 예상되며, 아라미드섬유의 경우 방탄복 및 소방복 등의 제품화가 판매량에 기여할 것으로 예상
 - 후방산업은 탄소섬유, 아라미드섬유, 초고분자량 PE섬유 등에 사용되는 유기 소재 등 관련 원자재 및 주변 소재들이 주류를 이루며, 고강력, 고탄성률 섬유 제조를 위한 제반 제조공정 및 제조장비 시장 또한 활발할 것으로 예상

[슈퍼섬유 품목 산업구조]

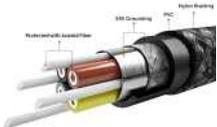
후방산업	슈퍼섬유	전방산업
Acrylonitrile, p-phenylene diamine, telephthaloyl chloride, Diaminoresorcinol Hydrochloride 염 등의 고분자 수지 원료	탄소섬유, 아라미드섬유 초고분자량 PE섬유 PBO 섬유, 폴리아릴레이트섬유 실리카 섬유, 세라믹 섬유	탄소섬유 강화플라스틱, 프리프레그, 방탄헬멧, 방탄복, 방화복, 항공·우주·선박·자동차 내외장재, 타이어, 스포츠용품 등

* 출처: 자체작성

(2) 용도별 분류

- 고강도, 고탄성 및 고내열성을 가지는 슈퍼섬유는 섬유 종류에 따라 다양한 용도로 활용됨

[용도별 분류]

용도	내용			
탄소섬유	<ul style="list-style-type: none"> • 자동차 차체 • 풍력발전기 날개 • 항공기 등 			
para-아라미드	<ul style="list-style-type: none"> • 광케이블 • 브레이크 패드 • 방탄복 등 			
초고분자량 PE 섬유	<ul style="list-style-type: none"> • 로프 • 안전장갑 • 방탄헬멧 등 			
PBO 섬유	<ul style="list-style-type: none"> • 로프 • 스포츠용품 • 안전복 등 			

* 출처: 자체작성

- 슈퍼섬유의 경우 소재에 따라 무기계 섬유인 탄소섬유와 유기계 섬유인 아라미드, 초고분자량 PE 섬유, 폴리페닐렌벤조비스옥사졸(PBO) 섬유 등으로 분류 가능

[고성능 섬유의 소재별 물성 및 특성]

분류	강도(g/d)	탄성율(g/d) 신도(%)	우수 특성
PAN계 탄소섬유	20~62	2,600~7,900 신도 : 0.5~2.4	내부식성, 불연성, 열·전기전도성 등
Para계 아라미드	22~26	460~1,100 신도 : 2.4~4.4	내마모성, 내절창성, 전기절연성 등
초고분자량 PE 섬유	30~35	1,400~2,000 신도 : 3	저비중, 내마모성, 내절창성 등
PBO 섬유	42	1,300~2,000 신도 : 3.5	내열성, 내약품성 등
폴리아릴레이트 섬유	25	700	내충격성, 치수안정성 등

* 출처 : 한국섬유산업연합회, 산업용 섬유, 섬유의 미래를 그리다, 재가공

- PAN계 탄소섬유 : 폴리아크릴로니트릴(PAN)계 섬유를 1,000℃ 이상의 고온에서 열처리하여 탄소성분이 90% 이상인 섬유

- 1971년 Toray에서 세계 최초로 PAN계 탄소섬유 Torayca를 공업적 규모로 생산
 - PAN계 섬유를 200~300℃ 산화·환원하는 내염화 공정을 거친 후 불활성가스 중 1,000~2,000℃에서 탄화시켜 탄화사를 얻고, 탄화사를 다시 2,000~3,000℃의 고온에서 흑연화하여 표면 처리한 다음 사이징제를 부여하여 제조함
 - PAN계 탄소섬유는 다른 소재에 비해 비강도(강도/밀도)와 비탄성율(탄성율/밀도)이 높아 주로 수지를 매트릭스로 한 복합재료인 탄소섬유강화 플라스틱(CFRP)으로 활용되고 있음

- Para계 아라미드 : 방향족 고리 사이에 Amide결합 (-NHCO-)이 para형으로 85% 이상 결합한 분자구조를 가지는 섬유

- 1965년 DuPont에서 파라계 아라미드 섬유를 개발하여 1972년 상표명 'Kevlar'로 생산 판매를 시작하였으며, 1986년에는 네덜란드 AKZO사가 'Twaron'을, 1987년에는 Teijin이 공중합형 아라미드 섬유인 'Technora'의 생산판매를 시작함
 - 아라미드는 황산과 같은 강산에 용해된 poly(p-phenylene terephthalamide)(PPTA) 액정 용액을 방사원액으로 하여 기적습식방사(Dry-jet Wet Spinning)를 통해 제조함

- 초고분자량 PE 섬유 : 보통의 폴리에틸렌보다 분자량이 매우 크고 고도로 배향된 폴리에틸렌 섬유

- 1979년 네덜란드의 DSM이 세계 최초로 특허를 등록한 후 겔 방사법으로 제조한 상품명 'Dyneema'를 1990년부터 생산하였으며, 1984년 일본의 Toyobo가 DSM의 특허를 기반으로 기술제휴 협약을 체결하고 공동 개발에 참여하여 1988년 같은 상품명인 'Dyneema'로 출시함
 - 초고분자량 PE섬유는 분자량이 100만을 넘는 초고분자량의 고분자를 준희박 용액 농도에서 균일하게 용해한 후, 방사구금으로 압출하여 냉각, 결정화하고 이렇게 얻어진 겔상의 반연신사에서 용제를 제거하며 고배율 연신을 하여 제조함

- 초고분자량 PE섬유는 단위 밀도당 강도가 강철의 10배이며, 비중이 1.0 이하($0.97 \sim 0.98\text{g/cm}^3$)로 고분자 섬유 중 가장 가볍고 강도 및 내충격성, 내후성, 내약품성 등이 뛰어나 내충격성을 활용한 방탄재나 해양용 요트 및 항공기의 내장재 등에 사용됨

PBO 섬유 : 헤테로고리계 방향족 고분자(Heterocyclic aromatic polymer)로부터 제조하는 섬유

- 1991년 Dow Chemicals사와 일본의 Toyobo사가 공동으로 PBO 섬유인 'Zylon'을 세계 최초로 개발함
- PBO는 Diaminoresorcinol Hydrochloride 염과 Terephthalic Acid를 Polyphosphoric Acid 용액 중에서 Phosphoric Anhydride를 촉매로 용액 중합하여 제조되며, 얻어진 PBO 방사 원액은 유방성 액정고분자 용액으로서 기계습식방사와 열처리를 최적으로 조합하여 제조함

세라믹 섬유

- 대부분 1000°C 이상에서 사용이 가능한 내열성 섬유로써, 비결정이 아닌 다결정 구조를 가진 것이 특징
- 내열성 세라믹 섬유는 대부분 고온에서 단열을 목적으로 하거나 특수한 복합재료를 생성하기 위해 사용되지만, 매우 고가이기 때문에 소량만이 생산되며 항공분야 등 특정 용도로 사용

유리 섬유

- 무기섬유로써 배향되거나 결정이 존재하지 않으며, 단열재로써 가정용으로는 솜 형태, 산업용으로는 매트나 직물 형태로 사용, 회로에서부터 보트의 외피까지 보강용 열가소성 재료로 널리 사용, 이외에도 고온용 필터에도 사용



2. 동향 조사 분석

가. 시장 분석

◎ 글로벌 업체에 주도되는 시장

- 일본의 시장조사 전문기업 후지경제에 따르면 글로벌 PAN계 탄소섬유 시장은 2021년 85,790톤에서 연평균 10%의 지속적인 성장을 통해 2035년에는 327,430톤 규모에 달할 것으로 전망
 - 탄소섬유 글로벌 시장 전망 규모는 2021년 기준 풍력발전 블레이드가 39%로 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 그 뒤로 △우주·항공 15% △스포츠·레저 12% △자동차 7%를 차지
 - 일본 3社(Toray, Mitubishi Rayon, Toho Tenax)가 전체 시장의 약 60% 점유
 - (자동차) SGL(독일), Toray, Toho Tenax(일본), Cytec(미국) 등의 기업이 BMW, GM, Volkswagen, Ford, Chrysler, Toyota 등에 공급하면서 독일, 일본 미국 기업이 장악
 - 각국의 연비 및 CO₂ 규제 강화 및 그린에너지 이슈로 인하여 경량화를 목적으로 특히 BMW의 경우 세계 최초로 양산형 차량 차체에 CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastics, 탄소섬유 강화플라스틱)를 적용하여 전기차 모델인 i3, i8 시리즈의 기존 중량 대비 17% 감소하여 연비 개선
 - (항공) Toray, Toho Tenax, Mitsubishi Rayon(일본), Hexcel, Cytec(미국) 등은 Boeing社, Airbus社에 공급하면서 일본과 미국 기업이 시장을 장악(Boeing 787 동체 부분에 탄소섬유를 적용하여 기존 무게 134톤 대비 9%인 12톤을 감소시켜 연비 개선)
- p-Aramid는 듀폰(미국), 테이진(일본), 코오롱인더스트리(한국)가 세계시장 점유
- 초고분자량 PE는 국외 시장에서는 DSM(네덜란드), 하니웰(미국), 도요보(일본)가 글로벌 시장을 주도
 - 국내의 경우 휴비스와 동양제강이 연간 500톤을 생산하고 있으며, 세계시장 17,000톤의 3% 수준임
 - 국내시장에서 DSM, 동양제강, 중국산 등이 공급경쟁 중이며, 시장점유율은 DSM(17%), 동양제강(10%), 하니웰(3%), 중국산(30%), 기타(40%) 점유
 - 초고분자량 PE의 경우 각종 로프, 어망, 낚시줄, 장갑, 헬멧 등의 보호용구, 스포츠 용품, 콘크리트 보강용 섬유로 사용

◎ 적용 분야의 확대

- 슈퍼섬유는 기술혁신에 의한 성능 향상으로 고부가가치 창출이 가능하고, 금속, 세라믹, 플라스틱을 대체하며 신수요 창출
 - 슈퍼섬유 소재는 특성 및 소재, 제조, 화학구조 등에 의해 분류할 수 있으나, 주로 특성별 분류에 따라 산업적 용도로 활용되고 있으며, 현재 기술적으로 가장 진보되어 있는 고성능 섬유는 크게 고강도, 고탄성, 고내열성 항목으로 분류

- 고감성의 섬유와는 달리 슈퍼섬유는 산업용 섬유를 기반으로 자동차, 항공·우주, 정보통신, 생물공학, 환경산업 등 5T(IT, BT, NT, ET, ST)의 핵심소재로 사용되어 기존의 소재를 대체, 보완 가능한 소재
- 국내 환경용, 토목·건축용, 의료·위생용 섬유가 향후 수요증가 주도 전망

□ 자동차, 철도차량, 선박, 항공 우주산업분야에 사용되는 모든 종류의 섬유 및 복합 재료를 수송용 산업 섬유로 분류

- (자동차) 시트커버, 안전벨트 웨빙, 타이어코드, 트럭커버, 헤드라이너, 트렁크 커버링, 에어백, 인슐레이션 펠트, 선바이저, 각종 필터류, 자동차 내외장 등
- (기계) 반도체, 디스플레이 패널, 광케이블, 공작기계 등 금속을 대체하는 품목으로 고강도, 고탄성 재료 사용
- (철도) 시트커버, 커튼, 바닥재, 가구용 표피재, 각종 필터류, 기차 외장 및 구조재용 복합재료
- (선박) 팽창식 구명보트, 구명조끼, 세일(sails), 각종 필터류, 선박 내외장 및 구조재용 복합재료 등
- (항공) 항공기용 탈출 슬라이드, 각종 필터류 등
- (의료 및 위생) 봉합사, 인공혈관, 인공근육, 보호대 등
- (스포츠) 공, 골프샤프트, 라켓, 스키, 낚시대 등 레저용품
- (환경) 오염방지막, 오일펜스, 어망, 낚시줄, 유흡착제
- (토목용) 지반보강재, 드레인보드, 차수막 등
- 소재 측면에서 볼 때 Polyamide, Polyester, Acylic Polypropylene, Polyethylene이 주로 사용 되고 있으나, Aramid, Carbon Fiber 등 고성능 섬유 적용 사례가 늘어나고 있음

◎ 정책적 지원 강화

□ 내연기관차 판매 금지 동향으로 인해 수소차, 전기차의 생산에서 탄소섬유를 이용한 경량화

- (노르웨이) 2025년부터 내연기관 차량 판매 금지 법안 합의(2016.6)
- (영국) 2040년부터 휘발유 및 경유 차량의 판매를 금지하는 정책 발표(2017.7)
- (프랑스) 2040년부터 내연기관 차량의 판매를 금지하는 정책 발표(2017.7)
- (일본) 경량 자동차용 탄소섬유 복합재 개발-NEDO Project
- (중국) 신에너지 차량 개발과 대기오염 완화를 위해 화석연료 자동차의 생산 판매를 중단하기 위한 계획을 마련 중
- (한국) 한국판 그린뉴딜정책으로 친환경·저탄소 등 그린경제로의 전환을 가속화

□ 5G 통신망 구축을 위한 아라미드를 이용한 5G 광케이블 구축

- (EU) 5G 통신망 구축 협정문 체결 27개국 국경 없이 협력
- (미국) 5G 아이폰 출시 앞서 버라이즌 5G 네트워크 확대 구축 박차
- (한국) 한국판 디지털 뉴딜 정책으로 ICT를 기반으로 디지털 초격차를 확대

(1) 세계시장

- 2021년 1,748억 달러였던 고성능 섬유 세계시장 규모는 2026년 2,362억 달러로 증가할 것으로 전망됨

- 2020년부터 2026년까지의 연평균 성장률은 6.20%로 전망

[세계 고성능 섬유 시장규모 및 전망]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	CAGR ('20~'26)
세계시장	164,600	174,800	185,700	197,200	209,400	222,400	236,189	6.20

* 출처 : Technical Textile Market Forecast to 2025, Markets And Markets, 2021.02

- p-Aramid 섬유의 세계 시장 규모는 2021년 28억 달러에서 연평균 3.2%의 증가율로 2026년에 33억 달러로 증가할 것으로 전망됨

[p-Aramid 섬유의 세계 시장규모]

(단위 : 백만 달러, %)

구분	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	CAGR ('20~'26)
세계시장	2,734	2,821	2,911	3,005	3,101	3,200	3,302	3.2

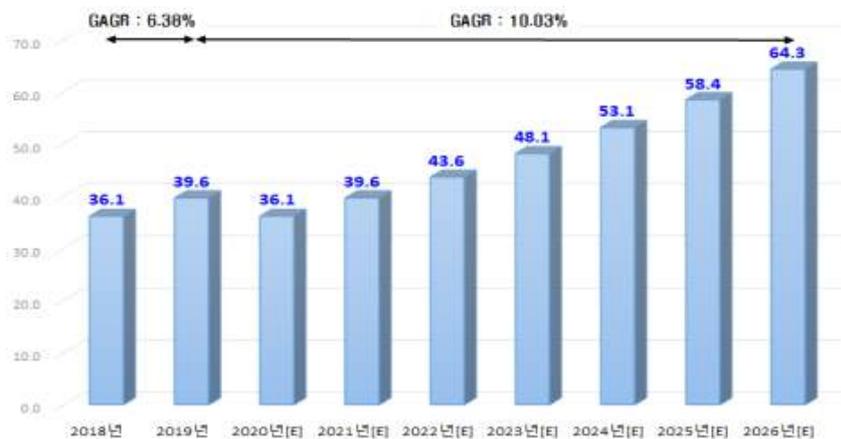
* 출처 : Technical Textile Market Forecast to 2025, Markets And Markets, 2021.02

- Technavio의 'Global Carbon Fiber Market 2020-2024'에 따르면, 세계 탄소섬유 시장은 2018년 26.1억 달러에서 2019년 39.6억 달러 규모로 성장하였으며, 향후 연평균 10.03%로 성장해 2026년에는 64.3억 달러의 시장규모를 형성할 것으로 전망됨

- 세계 탄소섬유 시장의 전방산업별 시장 비중은 항공우주·방위산업 부문이 58.67%, 스포츠·레저용품 제조부문이 9.98%, 풍력발전 산업부문이 7.93%, 자동차 부문이 6.47%를 차지함

[세계 탄소섬유 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 달러)



* 출처 : Technavio(2020), Global Carbon Fiber Market 2020-2024, NICE평가정보

(2) 국내시장

- 슈퍼섬유의 국내 시장 규모는 2021년 9조 5,477억 원에서 2026년 10조 5,414억 원으로 연평균 2.0%의 증가율을 기록할 것으로 예상

[국내 고성능 섬유 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원, %)

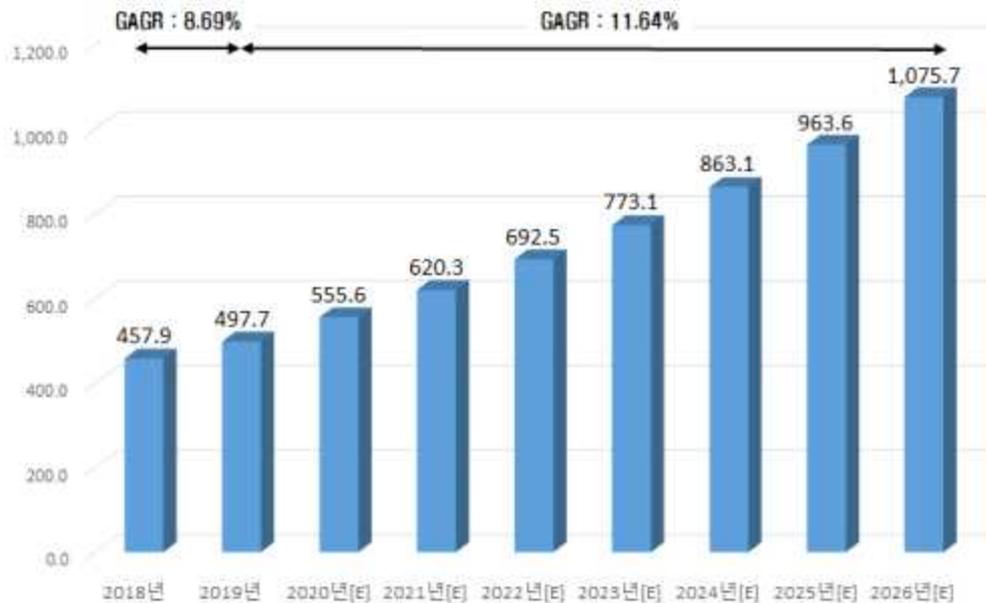
구분	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	CAGR ('20~'26)
국내시장	93,605	95,477	97,386	99,334	101,321	103,347	105,414	2.0

* 출처 : Verified Market Research, 2020, IP Next, 2020, KSIA 2021 자료를 재구성하여 추산

- Technavio의 'Global Carbon Fiber Market 2020-2024'에 따르면 국내 탄소섬유 시장은 2018년 457.9억 원에서 2019년 497.7억 원 규모로 성장했으며, 향후 연평균 11.64%의 성장률을 보여 2026년에는 1,075.7억 원의 시장규모를 형성할 것으로 전망됨
 - 스포츠·레저, 자동차, 항공우주 산업을 중심으로 수요가 꾸준히 증가할 것으로 예상되며, 차량 경량화, 소재 산업 경쟁력 확보를 위한 정부의 각종 연구·개발 지원 사업의 증가는 탄소섬유 시장 성장에 긍정적인 요소로 작용할 것으로 예상됨

[국내 탄소섬유 시장규모 및 전망]

(단위 : 억 원)



* 출처 : Technavio(2020), Global Carbon Fiber Market 2020-2024, NICE평가정보

나. 기술개발 동향 분석

기술경쟁력

- 슈퍼섬유는 미국이 최고기술국으로 평가되었으며, 우리나라는 최고기술국 대비 81.1%의 기술 수준을 보유하고 있으며, 최고기술국과의 기술격차는 1.5년으로 분석
- 중소기업의 기술경쟁력은 최고기술국 대비 68.0%, 기술격차는 2.5년으로 평가
- 일본(90.2%)>EU(83.4%)>한국(81.1%)>중국(76.1) 순으로 평가

기술수명주기(TCT)¹⁾

- 슈퍼섬유는 8.39의 기술수명주기를 지닌 것으로 파악

(1) 기술개발 이슈

◎ 탄소섬유 기술개발 동향

- 탄소섬유는 정부 차원의 소재 원천기술 및 제조기술 개발에 관한 지원이 적극적이고 다양한 산업 적용을 위한 물성 향상 및 Cost 절감을 위한 연구개발이 활발히 진행 중

- 해외 탄소섬유 제조업체로는 일본 Toray, Toho Tenax, Mitsubishi Rayon이 세계 탄소섬유 수요의 절반가량 공급하고 있으며, 이 외에 Hexcel, Cytec, Zoltek, Quantum Composites, Formosa Plastics, Frotafil Fibers 등이 세계 탄소섬유 시장을 점유
- 보편적으로 사용되고 있는 탄소섬유는 T300과 T700급이며, Toray(일본)과 Hexcel(미국)은 인장강도 6GPa 이상, 인장탄성률 600GPa 이상의 우주항공·국방용으로 초고강도 탄소섬유 개발 및 출시함
- Toray의 경우 일본 NEDO(New Energy and Industrial Technology Developmet Oraganization)의 혁신탄소섬유 기반 기술개발 프로젝트 참여
- Mitsubishi Rayon은 북미 시장의 탄소섬유 사업 확대를 위해 탄소섬유 소재부품 설계/제조 기업인 Gemini의 인수를 결정 후 열경화성 프리프레그의 성형공법 기술개발
- Hexcel은 폭스바겐의 전기자동차용 외장재를 개발하기 위하여 미국 드레스덴 대학교와 공동연구 진행을 통해 금속 기반의 고강도 CFRP 제품 개발
- 최근 가격 민감도가 높은 분야의 대량 수요 시장을 타겟으로 저가 탄소섬유 개발에 주력
- 미국 Rice 대학 Matteo Pasquali 연구팀이 개발한 탄소나노튜브는 Du pont의 Kevlar보다 강도가 뛰어나고, 전도성은 구리의 80% 수준인 미터당 10.9백만 지멘스에 달해 10백만 지멘스를 능가한 최초의 탄소나노튜브 사례를 보여줌. 연구팀은 친환경 저비용 생산방식을 목표로 성능을 강화시켜 의학과 항공우주분야에 적용될 것으로 보임
- 탄소섬유 복합소재(CFRP)는 인체와의 생체적합도가 높고 조직세포에 대한 자극이 낮으며, 독성과 발암성분이 없어 X-ray 촬영대, 인공뼈·인공관절, 의수·의족, 휠체어 등 의료기기 및 인공 생체조직으로 연구 및 사용되고 있음

1) 기술수명주기(TCT, Technical Cycle Time): 특허 출원연도와 인용한 특허들의 출원연도 차이의 중앙값을 통해 기술 변화속도 및 기술의 경제적 수명을 예측

◎ p-Aramid 기술개발 동향

- p-Aramid 분야에서 한국, 미국, 유럽에서의 출원인수와 출원건수 모두 감소하는 성숙기의 동향을 보이고 있으나 최근에는 중국의 급격한 출원 증가세로 인해 전 세계 출원은 지속적으로 성장. 한국의 경우 상대적으로 선진국의 기술을 추격하는 양상
 - Du Pont, Teijin Aramid, Teijin Twaron, Teijin Techno Product, Teijin, 코오롱인더스트리 순으로 p-Aramid 특허 출원 건수 확보
 - Teijin Aramid사는 강도 향상에 대하여 출원한 이래 최근에는 기능성 섬유에 대하여 출원을 하고 있으며, 다층 레이어(Multi-layers)구조의 강화 복합재료, 난연성 섬유 복합체 제조기술, 고강도 섬유 복합소재 및 가공기술에 대한 기술개발이 가능할 것으로 보임
 - 중국의 p-Aramid 시장진입으로 제품의 Cost Down 목적으로 NMP(n-methyl- 2-pyrrolidone) 용매를 이용한 직접 방사 기술 및 NMP(n-methyl- 2-pyrrolidone)에 용해 가능한 중합체 개발이 제품의 가격 경쟁력을 높일 수 있는 핵심 수단으로 판단됨
 - 한국의 경우 코오롱인더스트리와 효성 등 항공기, 광섬유, 타이어코드, 고무보강재, 방탄, 방호복 등 기존 용도의 영역확대와 신규 용도개발을 위한 대응으로 p-Aramid 사업을 강화하고 있음
 - 네덜란드 기업 Teijin Aramid는 '18년부터 재생가능한 바이오 기반 소재로 만든 아라미드 섬유를 개발하고자 파트너들과 협력해왔으며, BioBTX의 기존 Twaron을 바이오 소재를 사용한 생산방식으로 만들려는 파일럿 프로그램에 참여해 생산이 가능하다는 결론을 입증함
 - 국내 기업 백일은 파라 아라미드와 옥시-펜(Oxi-PAN)계 탄화섬유를 혼합해 산업용 로봇 단열 커버 섬유소재를 개발했으며, 로봇의 반복운동으로 인한 커버의 파손을 최소화하고 내열성과 전기적 안정성이 탁월함이 입증됨

◎ UHMWPE 기술개발 동향

- UHMWPE의 경우 DSM IP ASSET, HONEWELL INTERNATIONAL. 과 같은 글로벌 대기업들이 본 분야의 특허를 대부분 독점. 이들의 특허들은 원천성, 시장지배력이 높은 반면 한국 기업들은 선진 기업들의 기술적 영향을 받고 있으나 최근에는 기능성 섬유 위주로 특허 출원
 - 세계 UHMWPE 섬유 시장규모 8,000억원, 국내시장 규모는 400억 원 규모(DSM-Toyobo 세계시장의 80% 점유 Honeywell 15% 점유)
 - 중국의 경우 섬유산업 육성정책에 따라 Sinopec Yizheng Chemical Fibres 등이 가격 경쟁력을 바탕으로 국내, 세계시장을 확대해가고 있으나, 품질 측면에서 선진 기업의 기술경쟁력을 갖추고 있지 않은 것으로 평가
 - 국내 방호, 군수용이 연간 12톤 수준 방탄복 생산기업 10개 정도가 제품을 가공하여 수출, 낚시대 10톤, 수술용 봉합사 시장 연간 10톤 규모 각각 형성. 국내시장의 경우 로프용보다 안전장갑용 성장률이 높을 것으로 예상
 - 미국과 네덜란드의 합병회사인 FibrXL은 최초의 바이오 기반 UHMWPE섬유인 Bio-based Dyneema®을 공급하고 있으며, 높은 강도와 절단 및 내마모성이 뛰어나고, 화학 물질과 UV에 대한 내성이 높아 낚시줄에서 중간비 분야까지 다양하게 응용이 가능함

◎ PBO 섬유 기술개발 동향

- PBO 섬유 분야의 경우 일본, 미국에서 출원인수와 출원 건수가 최근 감소하는 모습을 보이고 있으며, 중국의 급격한 출원 증가세에도 불구하고 전 세계 출원이 소폭 감소하는 모습을 나타냄
 - Sumimoto bakelite, Toyobo, Dow chemical, Hitachi cemical DuPont, Fujifilm, E. I. DuPont, Toray, 제일모직, 삼성SDI 순으로 PBO 섬유 특허 출원 건수 확보
 - Toyobo가 소량(연 300톤) 생산하며 글로벌 시장을 주도하고 있고, 향후 PBO 섬유가 *p*-Aramid 섬유를 상당량 대체해 향후 세계시장 수요가 연간 약 10,000톤 이상 될 것으로 전망
 - 미국에서 PBO 섬유를 방탄조끼에 적용하였으나 습도, 열, 빛에 의한 경시변화로 방탄성능이 떨어져 미국 NIJ(National Institute of Justice)는 PBO 섬유에 대한 방탄소재 부적합 판정을 내렸고, Toyobo가 손해배상금을 지불하고 철수
 - PBO 섬유는 섬유 축방향의 인장 탄성률과 전단 탄성률의 비가 무려 200:1로서 압축강도가 약한 것이 가장 큰 단점이므로, 열처리 공정을 통해 배향도 및 결정의 완성도를 개선함으로써 압축강도를 개선하는 것이 가장 중요한 기술개발 방향임
 - PBO 분자구조 내 hexafluoroisopropylidene 또는 ether기 등의 유연한 구조 도입을 통한 압축강도 개선 및 제조 시 Cost down을 위한 공정 개발 등이 필요함
 - Toyobo의 PBO 섬유 Zylon은 높은 인장 강도와 밀도를 가지고 있으며, 용융 온도는 650°C로 130~136°C 사이에서 분해되는 유사한 강도의 UHMWPE 섬유보다 더 높은 온도를 견딜 수 있음

(2) 생태계 기술동향

◎ 해외 플레이어 동향

□ DuPont(미국)

- 듀폰은 미국의 화학 관련 기업으로 다양한 산업과 협력해 탄환 및 절단 보호용 DuPont™ Kevlar® 아라미드 섬유, 화재 대비 DuPont™ Nomex® 내염섬유, 다목적성과 자유로운 디자인을 제공하는 DuPont Sorona® 친환경 섬유, 통기성과 차단 기능을 제공하는 DuPont™ Tyvek®, 화학적 보호를 제공하는 DuPont™ 등의 고성능 소재를 제공하고 있음
- 강력한 내충격성 덕에 군사용 용도로 폭넓게 사용되며 생명을 지켜야하는 내충격 장비, 시설에 주요 보강재로도 사용
- '21년 출시한 Kevlar XP K520은 +45°/-45° 방향의 섬유 층으로 구성되어 있어, 적은 수의 층으로 방탄복에 대한 표준 탄도 위협을 해결하는 데 필요한 저지력을 제공하므로 설계에 비해 노동 및 재료 비용이 절감됨
- 실, 스테이플, 펄프, 직물 등의 형태로 단독 생산은 물론 다른 고분자 물질과 결합하여 보강재로 사용되고, 항공기 타이어 등 엄청난 내구성을 요구하는 산업 보강재로도 사용

□ Toray(일본)

- Toray는 일본의 화학 회사로 합성섬유·플라스틱을 시작으로 하는 화학 제품이나 정보 관련 소재를 취급하고 있음
- Toray 제품군은 나일론, 폴리에스테르 및 아크릴 등 세 가지 주요 그룹의 합성 섬유가 포함되어 있으며, Toray는 원사와 원면에서 직물과 의복에 이르기까지 광범위한 제품을 제공하고 있음
- 제품의 응용 분야는 의류에서 차량 에어백, 안전벨트 및 백 필터를 포함한 산업 소재까지 다양함
- 탄소섬유 분야에서 부동의 세계 1위(탄소섬유 점유율 28%, 연간 생산량 42,600톤)
- Boeing社 B787 동체 제작 및 자동차, 첨단 산업에 적용하고 있음

□ Lanxess(독일)

- 독일 기업 Lanxess의 Tepex Dynalite는 연속섬유강화 열가소성 플라스틱 복합소재로 대형 통합부품을 경량화해 생산하는 데 사용되며, 가볍고 비틀림 강성이 높음
- 메르세데스-벤츠 S-Class 고급 세단 하부 48V 내장 배터리를 수용하는 하우징(housing)에 Tepex dynalite 복합소재를 공급
- 차량이 충돌할 때 배터리 하우징이 손상되지 않도록 보장하고, 하중 구획이 잘 갖추고 있어 물과 배터리 전해질과 같은 유체의 인설과 퇴적을 방지할 수 있음

□ Nokian Tyres(핀란드)

- 핀란드의 타이어 업체 Nokian Tyres는 '21년 1월 아라미드 섬유 보강재가 적용된 신제품 Nokian Tyres One을 출시

- Nokian Tyres One은 내구성이 강한 아라미드 소재로 아스팔트 도로의 포트홀(Pot Hole) 등 도로 사고에 직면했을 때, 펑크가 발생할 확률이 20% 이상 적다는 결론을 도출함
- 군사, 항공우주 등에 적용되는 수준의 아라미드 섬유를 트럭 타이어에 적용해 사이드 월(Side wall), 트레드(Tread), 벨트(Belt) 부분의 강도와 내구성을 강화하는 데 사용함

□ DSM-Toyobo(일본)

- 일본의 Toyobo사는 DSM사의 특허를 기반으로 하는 기술제휴 협약을 체결하여 공동 개발에 참여
- Dyneema® 브랜드로 연 9,200톤(전체 생산량의 80%차지)하는 고기능성 슈퍼섬유(UHMWPE) 시장 점유
- 연간 Toyobo 3,200톤 DSM 6,000톤 생산
- 국지전의 형태로 빈번하게 발생하고 있는 테러 등으로 안전에 대한 인식이 급격히 고조되면서 Dyneema 수요 증가

□ Zoltek(미국)

- Zoltek은 미국의 소재 회사로 다양한 응용 분야에서 상용 탄소 섬유의 개발, 제조 및 마케팅 진행하고 있음
- 주요 고객은 풍력 에너지, 대체 에너지, 경량 자동차, 건설 및 인프라, 석유 탐사 부문
- 탄소섬유 시장 점유율(11%)
- 상표명 Panex® 상업용 탄소 등급 탄소 섬유 상업화
- Panex®은 풍력 터빈 산업에서 지배적인 소재이며 자동차, 압력 용기, 해양 시추 및 기타 산업 응용 분야의 선두 위치

□ Teijin(일본)

- Teijin은 일본의 섬유회사로 현재 탄소섬유 시장 점유율(12%). 아라미드 섬유 시장 점유율(40%) 차지하고 있음
- 2000년 12월 Acordis社로부터 Twaron® 사업 인수, 독자 개발한 Technora® 병행 판매 전개 후 p-Aramid 시장은 Dupont과 Teijin의 지배 체제
- Teijin Limited는 Teijin의 인 난연제(phosphorus firement) FCX-210과 섬유 및 수지용 폴리머를 결합한 새로운 마스터배치(Masterbatch) 난연제를 개발함

◎ 국내 플레이어 동향

□ 효성

- 효성첨단소재는 정부의 그린뉴딜 정책에 힘입어 2028년까지 1조 원을 투자해 전주 탄소섬유 공장 에서 연간 2만 4,000톤 생산량 확대 계획
- 효성중공업은 탄소섬유를 적용해 만든 액화수소용기를 이용하여 전국의 약 40%의 수소차 충전소를 건립 및 독일 린데그룹과 합작으로 울산공장에 3천억 원을 투자해 세계 최대 규모의 액화수소 공장을 2022년까지 완공 계획
- 국제 방위산업 전시회 ‘밀리폴 파리 2021’에 참가해 선보인 아라미드 섬유 ‘알렉스’(ALKEX®)가 적용된 경량화 방탄복·방탄 헬멧은 기존 제품 대비 군인들과 경찰들의 기동성을 대폭 향상시킬 수 있음
- 알렉스는 파라계 아미드로 강철보다 5배 강한 강도와 섭씨 500도가 넘는 고온에서도 견디는 고기능 슈퍼 섬유로 방위 산업뿐만 아니라 광케이블의 보강재, 자동차용 호스 및 벨트, 타이어보강재, 건축용 보강재 등 다양한 산업에서 사용되고 있음
- 효성첨단소재가 자체 개발한 탄소섬유 ‘탄섬’(TANSOME®)은 철보다 강도는 10배 강하고 무게는 25%에 불과해 자동차 경량화의 핵심소재로 사용되고 있으며, 차량 경량화에 따른 연비향상으로 탄소 배출 저감에 기여하고 있음. 또한, 항공기 내·외장재, 토목건축, 전선심재, 골프채, 낚시대, 라켓 등 다양한 제품에도 활용이 가능함
- 인장강도 6.4GPa, 탄성률 295GPa 이상 수준의 ‘H3065(T-1000급)’ 초고강도 탄소섬유 개발에 성공, 일본, 미국에 이은 세계 3번째 개발로 탄소소재 선진국 계기 마련
- '22년 친환경 정책에 따른 압축천연가스(CNG), 수소 등 고압용기 및 태양광 단열재 등 글로벌 탄소 섬유 수요 증가에 따라 전주공장 탄소섬유 생산라인 증설에 778억 투자
- '21년 이후 매년 약 37% 생산능력이 증가하는 증설을 진행 중이며, 증설 완료 이후 '21년 700억 원 수준의 탄소섬유 매출액은 4000억 원 중반 수준으로 늘어날 것으로 전망
- '25년까지 383억 원 투자로 중국 장쑤성에 탄소섬유 생산·판매법인 설립을 계획

□ 코오롱

- 코오롱인더스트리는 p-Aramid 생산량을 2020년 7,500톤까지 확대(단일 품목 2000억 이상 매출)
- 2018년 코오롱인더스트리 구미 아라미드 생산공장 50% 증설 추진
- 5G 광케이블 내부에 있는 광섬유를 보강하는 소재 p-Aramid 생산라인 추가 증설 계획
- 주로 방탄복이나 보호복, 광케이블, 타이어 보강재, 마찰재 등 사용
- 아라미드를 차세대 주력 상품으로 낙점해 7500톤 수준인 현재 생산능력을 '23년 3분기까지 1만 5,000톤으로 확대할 계획이며, 이를 위해 경북 구미 공장에 2,369억을 투자함
- '22년 2,400억 원을 투자해 아라미드 생산능력을 현재 연 7,500톤에서 내년까지 1만 5,000톤으로 2배 늘리는 '더블업(Double-Up)' 증설을 추진하며, 증설 완료 시 '24년 이후 아라미드 사업 영역이 익 기여도가 35%까지 높아질 것으로 예상

□ 휴비스

- 휴비스는 국내 최초로 400℃의 고온에서도 녹지 않는 메타 아라미드(Meta One®) 개발에 성공하여 상업 생산
- 국내 최초 PPS 섬유 제타원 개발에 성공하였고, '18년 일본 도레이를 넘어 글로벌 1위 PPS 섬유 업체가 됨
- '22년 PET 소재를 기반으로 폼 형태로 제작되어 경량성, 단열성이 뛰어나고 완충 특성을 갖는 발포 소재인 에코펫 공개
- '20년부터 한국섬유개발연구원과 국일제지(株)와의 협업을 통해 슈퍼섬유 전기절연지 개발 중이며, '23년 사업화 단계로 나아가는 것을 목표로 함
- 2018년 세계 시장 점유율 5위 진입, 연간 5,000만 달러 수익
- Meta One®은 특수소방복, 안전복, 산업용 필터 등에 사용되는 소재

□ 한국카본

- 프리프레그, 탄소섬유 직물, 복합소재를 생산하고 있음. 1984년 국내 최초로 탄소섬유를 수입하여 낫시대 제조업체에 탄소섬유 프리프레그를 공급했으며, 현재는 기계부품, 자전거, 자동차 루프, 산업용 롤, 골프채 샤프트 등을 공급하고 있음
- 한국카본은 국내에서 유일하게 항공기용 바닥재 제품을 생산하고 있음

□ SK케미칼

- 1990년대부터 프리프레스 사업을 시작하였으며, 2012년 일본의 Misubishi Rayon과 업무협약을 맺고 탄소섬유 사업을 확대하고 있음. 현재 울산과 중국 청도 공장에서 프리프레그를 생산하고 있음
- SK케미칼은 프리프레그 경화 속도를 1시간에서 3분으로 줄이는 '압축성형용 급속경화 프리프레그' 기술을 확보하고 있음
- '22년 코폴리에스터 생산 능력을 2030년까지 50% 이상 확대할 것을 밝혔고 국내 최초 해외에 코폴리에스터 공장을 건설할 계획을 공식화
- '30년까지 그린 소재 관련 매출을 2조 6,000억까지 늘리고 소재 개발 및 인프라 구축 등에 1조 원 이상을 투자할 계획

◎ 국내 중소·중견기업

□ 태광산업

- 2015년부터 연 1,000톤 규모의 파라계 아라미드 섬유 상업생산을 시작 후 단섬유, 방적사, 직물의 제품 기술 확보
- 아라미드 섬유는 중량이 강철의 20%에 불과하지만 강도는 5배이고 내열성이 우수한 신소재
- 우주항공, 방위산업(방탄/방호), 산업용 보강재(광케이블, 로프), 소방/안전 분야. 타이어코드, 호스 및 벨트 보강재, 내장재 등 수요가 확대

- '21년 1,450억을 투자해 연산 3,500톤 규모로 울산 화섬공장 아라미드 증설. '25년 증설이 완료되면 태광산업의 아라미드 생산량은 현재 1,500톤에서 5,000톤까지 늘어날 것으로 예상

□ 동양제강

- 동양제강 자체 개발한 원료수지를 이용해 강도 40g/d 이상의 고탄성PE 슈퍼섬유 제조 성공
- 슈퍼섬유인 아라미드계 케블라 섬유보다 35% 낮은 비중, 수분 흡수율이 낮은 UHMWPE 섬유 제조의 대량 생산체제를 구축
- UHMWPE 섬유는 국내에서 용도분야의 90% 이상이 선박용과 어구용 로프로 사용
- 국내 해양용 로프 시장은 와이어로프와 섬유로프가 6:4 정도의 구성이 되어 있으며, 국내 기업의 UHMWPE 섬유생산과 로프 기술개발로 인해 점차 섬유로프가 와이어로프 시장 잠식

□ KIST

- '22년 UNIST와 공동연구를 통해 저가 고분자를 활용한 탄소나노튜브를 기반으로 탄소섬유 제조원가를 크게 낮출 수 있는 초고강도·고탄성 탄소나노튜브 복합 탄소섬유 저가 공정기술 개발



다. 국내 연구개발 기관 및 동향

(1) 연구개발 기관

[슈퍼섬유 주요 연구조직 현황]

기관	연구분야
한국섬유개발연구원	<ul style="list-style-type: none"> 고탄성 방향족 폴리에스터, 폴리페닐렌설파이드, 초고분자량 PE, 고성능 유기섬유, 고강도 고탄성률 내화학성 고내열, 경량화, 초고분자량 폴리에틸렌, 로프, 탄성고무, 슈퍼 섬유 탄화섬유, 파라 아라미드, 섬유 원단, 높은 내열성
울산과학기술원	<ul style="list-style-type: none"> 고분자재료, 탄소나노물질, 나노복합섬유, 고인성, 미세구조, 다기능성
영남대학교	<ul style="list-style-type: none"> 셀룰로오스, 탄소섬유, 섬유강화복합재료, 습식방사
한양대학교	<ul style="list-style-type: none"> 그래핀, 탄성섬유, 비틀림
단국대학교	<ul style="list-style-type: none"> 그래핀, 탄성섬유, 비틀림
한국과학기술연구원	<ul style="list-style-type: none"> 탄소섬유, 탄소섬유 복합소재, 코팅, 탄소섬유강화플라스틱
한국섬유기계융합연구원	<ul style="list-style-type: none"> CFRP, GFRP 복합소재 및 생산설비

(2) 기관 기술개발 동향

한국섬유개발연구원

- 산업통상자원부, 고성능 유기섬유 강화소재 개발 과제(2020~2024) 추진
- Pilot 공정에서의 신규 고탄성 방향족 폴리에스터(MLCP) 수지의 용융 거동 기초 연구 및 상용화 액정 섬유를 적용한 토목건축용 복합재 제조
- 해양수산부, 해양 부유구조물용 신장률 250% 이상의 탄성 로프 연구 개발 과제(2018~2019) 추진
- 탄성고무에 슈퍼섬유를 결합하여 최대한의 신장률과 인장력을 가지고, 부유(浮游) 해양구조물과 해저의 정해진 위치에 고정되어 있는 구조물을 연결하는 로프와 계류부품을 개발
- 중소벤처기업부, 지역특화산업육성사업 과제 추진
- 탄화섬유와 파라 아라미드를 혼합해 산업로봇용 커버 섬유소재를 개발했으며, 로봇의 반복 운동으로 인한 커버의 파손을 최소화하고, 내열성과 전기적 안정성이 탁월함

울산과학기술원

- 과학기술정보통신부, 초고인성 다기능성 고분자/탄소나노복합 섬유 개발 연구 과제(2016~2019) 추진
- 범용 고분자가 아닌 고성능의 고분자를 탄소나노튜브나 그래핀과 같은 탄소나노물질에 그래프팅법을 통해 직접 합성하여 높은 기계적 물성과 기능성을 지니는 고분자/탄소나노 복합 섬유를 개발

□ 영남대학교

- 과학기술정보통신부, 고강도 셀룰로오스계 탄소섬유 제조 및 이를 이용한 섬유강화복합재료 제조에 관한 연구 과제(2019~2022) 추진
- 목재 기반의 고강도 셀룰로오스 장섬유를 제조하고, 이를 프리커서로 이용하여 기존 PAN계 탄소섬유를 대체할 수 있는 셀룰로오스계 탄소섬유를 제조

□ 한양대학교, 단국대학교

- 교육부·한국연구재단 중점연구소지원과제, 과학기술정보통신부 중견연구 과제, 한국연구재단 생애 첫 연구 과제 추진
- 비틀림 특성이 우수한 그래핀 탄성 섬유 개발해 우수한 비틀림 특성이 요구되는 인공근육이나 센서 등이나 높은 전단강도를 필요로 하는 자동차, 항공, 기계, 건축 재료 등의 강도 향상을 위한 연구에 기여할 것으로 보임

□ 한국과학기술연구원

- 과학기술정보통신부 지원으로 한국과학기술연구원 기관고유사업과 유타주립대의 지원을 받아 수행
- 열에 약한 탄소섬유 복합소재를 100~150℃에서 코팅해 500℃가 넘는 고온에서 사용할 수 있도록 하는 열차폐 코팅 기술을 개발
- 알루미늄 입자와 본드를 이용해 스펀지와 같이 구멍이 있는 세라믹 판을 만들고, 진공 수지 이송 성형법으로 탄소섬유 복합소재를 제작해 세라믹 판이 열을 막아주고, 미세한 구멍에 액상 수지가 들어가면서 탄소섬유 복합소재와 물리적으로 연결돼 고온에서도 탄소섬유강화플라스틱과 높은 접착력을 갖게 됨

□ 한국섬유기계융합연구원

- 산업통상자원부, 고부가가치 선체제작을 위한 50% 생산성 향상 섬유강화 복합재 자동적층 기술개발(2015~2021) 추진
- 저가용 범용 탄소섬유 개발 및 열가소성 복합재 성형/시험 설비 개발
- 중소벤처기업부, 지역특화산업육성사업 과제 추진
- 5축/5층의 열가소성 프리프레그 생산시스템 설계 및 생산공정 기술 확보/열경화성 고분자 수지의 첨가제, 개시제, 경화제 등 경화 변수에 따른 Curing kinetics 규명을 통한 공정조건 최적화

◎ 국내 슈퍼섬유 관련 선행연구 사례

[국내 선행연구(정부/민간)]

수행기관	연구명(과제명)	연도	주요내용 및 성과
한국섬유 개발연구원	고성능 유기섬유 강화소재 개발	2020~ 2024	<ul style="list-style-type: none"> Pilot 공정에서의 신규 고탄성 방향족 폴리에스터(MLCP) 수지의 용융 거동 기초 연구 및 상용화 액정 섬유를 적용한 토목건축용 복합재 제조기술 기초연구 Lab. Scale Sheath/Core형 PPS/PET 복합방사기술 및 선진사를 이용한 PPS Scrim 제직, 복합부직포 공정 기초연구
한국섬유 개발연구원	해양 부유구조물용 신장률 250% 이상의 탄성 로프 연구 개발	2018~ 2019	<ul style="list-style-type: none"> 탄성고무에 슈퍼섬유(아라미드섬유, 초고분자량 폴리에틸렌 섬유, 탄소 섬유 등)를 결합하여 최대한의 신장률과 인장력을 가지고, 부유(浮游) 해양구조물과 해저의 정해진 위치에 고정되어있는 구조물을 연결하는 로프와 계류부품을 개발
울산과학 기술원	초고인성 다기능성 고분자/탄소나노복합 섬유 개발 연구	2016~ 2019	<ul style="list-style-type: none"> 범용고분자가 아닌 고성능의 고분자를 탄소나노튜브나 그래핀과 같은 탄소나노물질에 그래프팅법을 통해 직접 합성하여 높은 기계적 물성과 기능을 지니는 고분자/탄소나노 복합 섬유를 개발
영남대학교	고강도 셀룰로오스계 탄소섬유 제조 및 이를 이용한 섬유강화복합재료 제조에 관한 연구	2019~ 2022	<ul style="list-style-type: none"> 목재 기반의 고강도 셀룰로오스 장섬유를 제조하고, 이를 프리커서로 이용하여 기존 PAN계 탄소섬유를 대체할 수 있는 셀룰로오스계 탄소섬유를 제조 기계적 물성이 우수하고 가격경쟁력을 갖춘 탄소섬유강화복합재료의 제조에 관한 연구를 진행
디에스알(주)	슈퍼섬유를 이용한 Offshore 심해저 Lifting Assembly(1/8경량화 섬유체인, 권상중량 5배) 개발	2018~ 2022	<ul style="list-style-type: none"> 고강도 합성섬유 체인용 소재선정 고강도 합성섬유 체인용 코팅원사 강도 및 마모저항성 평가 고강도 합성섬유 체인 마찰강도 평가방법론 정립
세양폴리머주 식회사	고강력 열방성 액정 폴리에스터 섬유개발	2016~ 2021	<ul style="list-style-type: none"> 고강도 용융방사용 액정 폴리에스터 레진 물성의 최적화 섬유용 열방성 액정 폴리에스터 레진의 Scale-up 공정성 확보
주식회사 에이피씨엠	초내열성 준불연 융복합 섬유사 개발	2021~ 2022	<ul style="list-style-type: none"> 1000℃ 의 온도에서도 물리적 성질과 형태 안정성 및 내구성이 우수하고 불연성을 가지는 내열성 불연 융복합재봉사 및 이를 이용한 복합직물의 개발

* 출처: 자체작성

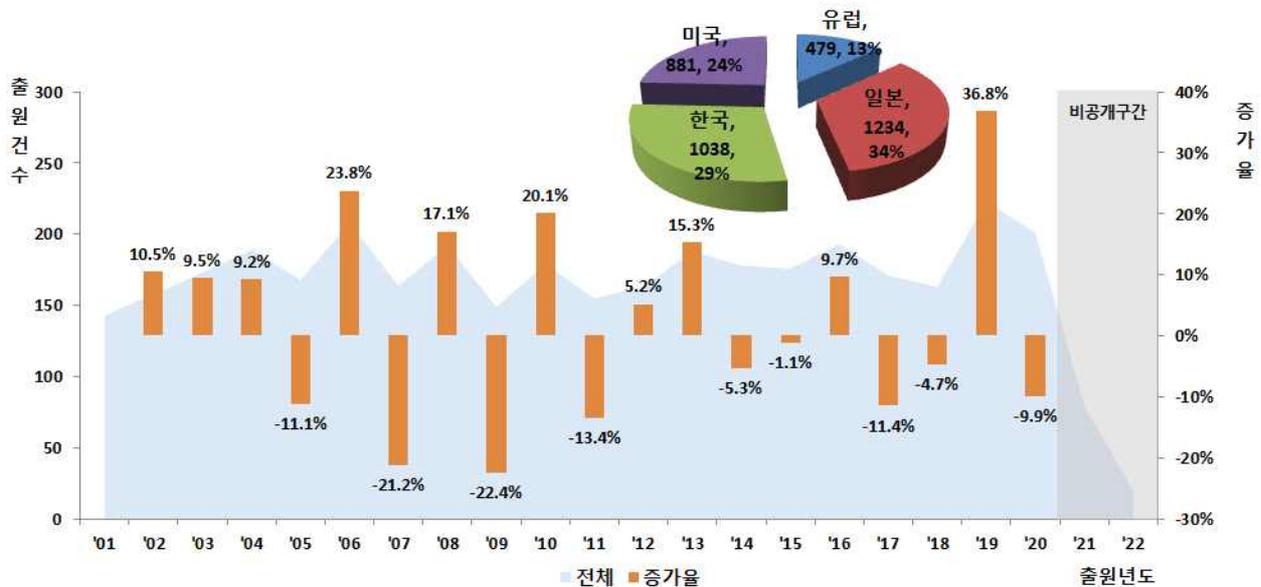
3. 특허 동향

가. 특허동향 분석

(1) 특허 증가율

- 과거부터 최근까지 해당품목에 대한 특허기술 출원의 양적 트렌드 분석을 통해 해당품목의 기술개발 동향 파악²⁾
- 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 국가별 특허기술 출원 점유율 분석을 통해 해당품목을 선도하는 국가 파악

연도별 출원증가율

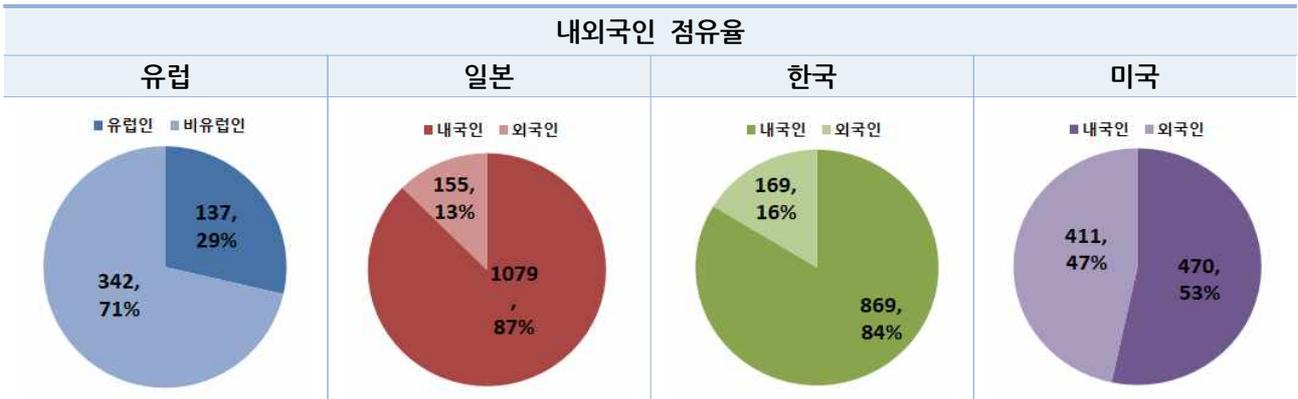


- 슈퍼섬유는 지난 20년(2001년~2020)간 증감을 반복하며 출원 활동이 꾸준히 진행되고 있으며, 최근 출원이 소폭 증가하고 있는 것으로 나타남
- 국가별 출원 비중을 살펴보면 일본이 전체의 34%의 출원 비중을 차지하고 있으며, 한국 29%, 미국 24%, 유럽 13% 순으로 나타나 국가 간 출원 비중이 비슷함
- 일본, 한국, 미국의 출원 비중이 비슷한 걸로 보아 주요국 모두에서 연구개발이 활발한 것으로 판단됨

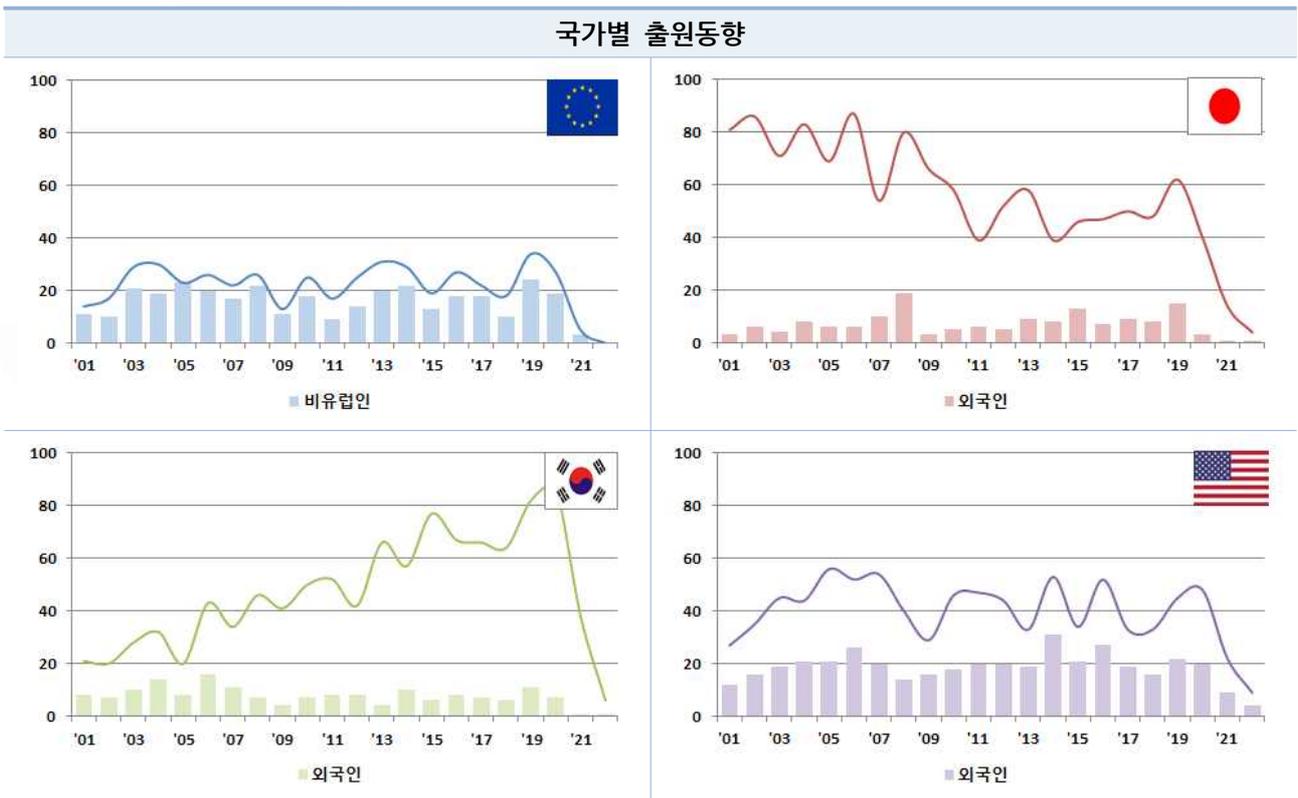
2) 특허출원 후 1년 6개월 경과 후 데이터가 공개되는 특허제도의 특성상, 2021년과 2022년에는 실제 출원이 이루어졌으나 아직 공개되지 않은 미공개데이터의 존재로 유효데이터가 적게 나타날 수 있음에 유의해야 함

(2) 특허 점유율

- 과거부터 최근까지의 국가별 특허기술 출원의 양적 트렌드를 비교하여 타 국가 대비 국내의 기술적 위치 파악
- 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 국가별 내·외국인의 출원분포를 파악하여 해당 국가 내 국외기술의 유입상황 및 국외기술에 대한 의존도 여부, 자국 기술력 등을 유추



- 슈퍼섬유 품목에 있어, 일본, 한국, 미국은 내국인의 점유율이 각각 87%, 84%, 53%로 내국인에 의한 특허활동이 활발하며, 유럽은 외국인의 점유율이 71%로 외국인에 의한 특허활동이 우세한 것으로 분석됨
- 슈퍼섬유 품목에 있어 일본과 한국의 기술자립도가 높은 것으로 평가되며, 유럽은 외국인 비율이 상대적으로 높은 것으로 나타나 유럽 시장을 겨냥한 외국인들의 출원이 증가한 것으로 분석됨



- 지난 20년간 주요국 한국과, 일본은 내국인에 의해 출원이 다수 진행되었으며, 특히 한국은 최근 연도로 접어들수록 내국인의 출원이 증가함. 미국과 유럽은 출원 초기부터 최근까지 외국인의 출원이 타국가 대비 많이 나타나고 있음

(3) 특허 영향력

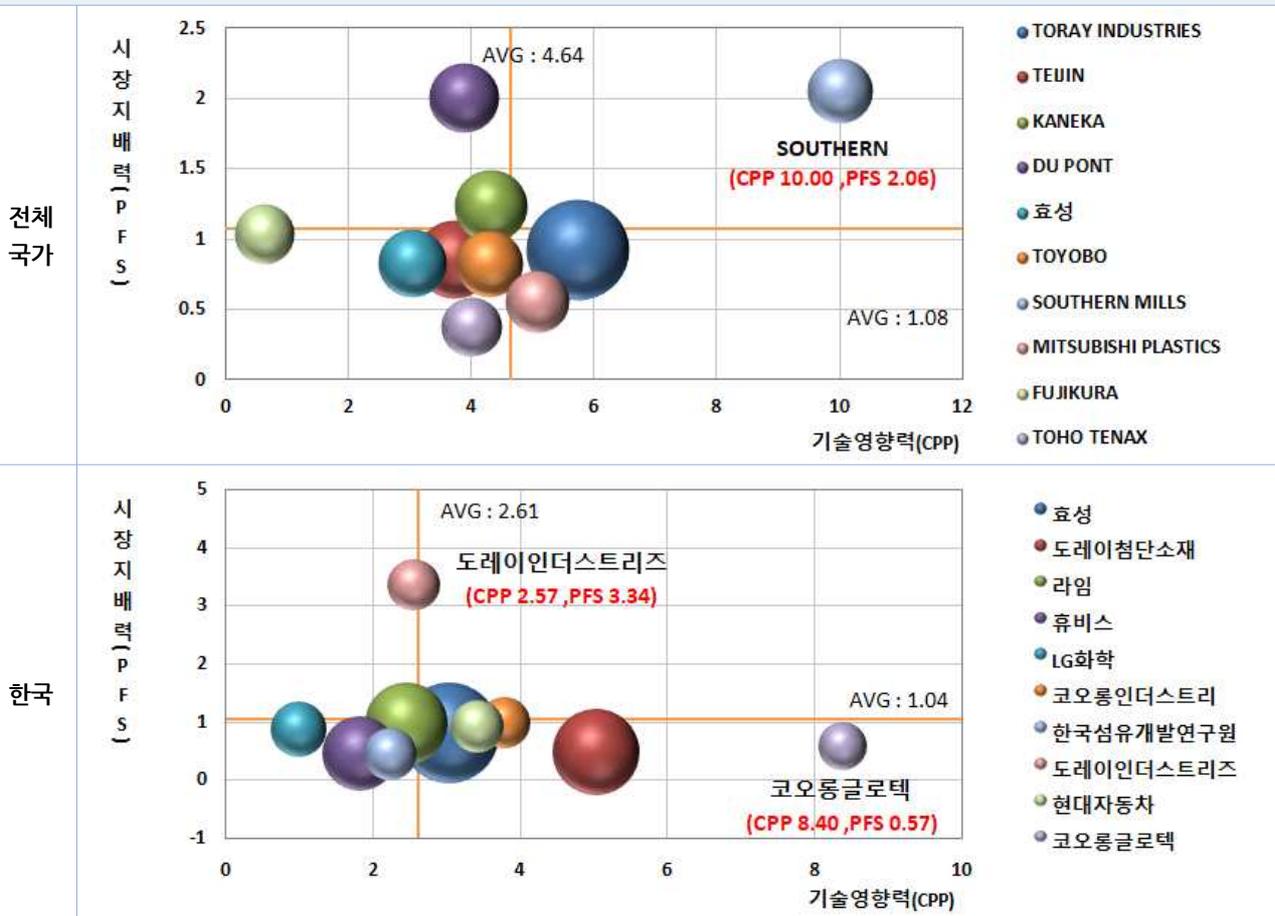
- 기술영향력(CPP) 지수는 특정 등록특허가 다른 특허들에 의해 인용된 횟수를 나타내며, 특허권자의 입장에서 이 값이 클수록 질적 수준이 높은 핵심특허 또는 원천특허를 많이 보유하고 있을 가능성이 높다고 판단

* CPP = 특정 주체의 등록특허의 피인용 횟수 / 해당 주체의 등록특허 수

- 시장지배력(PFS) 지수는 출원인 국적별 패밀리국가수를 분석하는 것으로, 해당품목에서 글로벌 시장을 타겟팅한 출원인이 누구인지 파악 가능

* PFS = 특정 주체의 평균 패밀리 국가수 / 전체평균 패밀리 국가수

주요출원인 IP 경쟁력(기술성 vs 시장성)



- 슈퍼섬유 품목에 대한 주요출원인들의 IP 경쟁력 분석결과, 전체 국가에서 기술영향력 및 시장확보력이 모두 높은 출원인은 SOUTHERN MILLS가 있으며, 한국에서 기술영향력이 높은 출원인은 코오롱글로텍, 시장확보력이 높은 출원인은 도레이인더스트리즈로 나타남

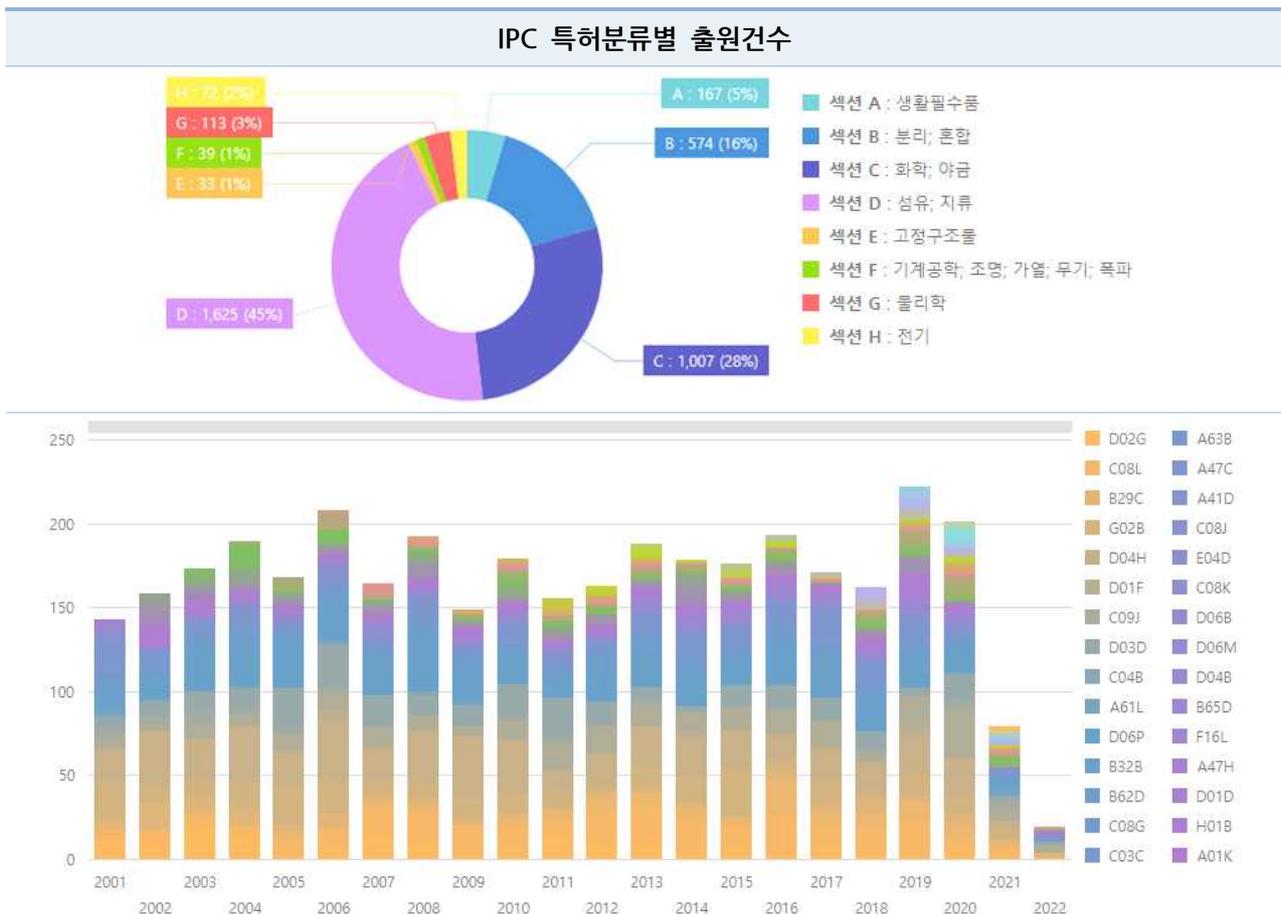
(전체) SOUTHERN MILLS : 기술영향력(CPP) 10.00 / 시장확보력(PFS) 2.06

(한국) 코오롱글로텍 : 기술영향력(CPP) 8.40 / 도레이인더스트리즈 : 시장확보력(PFS) 3.34

(2) 기술 현황 분석

- 전 세계적으로 통용되고 있는 국제특허분류를 통해 해당품목의 기술현황 및 집중기술 분야를 확인할 수 있으며, 연도별 기술현황 변화추이를 확인함으로써 해당품목에 대한 기술변화 트렌드 변화를 유추

* IPC(International Patent Classification) : 국제특허분류



- 슈퍼섬유 품목은 섹션 D 섬유;지류 기술분야의 비중이 가장 높은 것으로 나타났으며, 그중에서도 섬유, 가연사, 사, 직물, 우모 또는 이와같은 재료로부터 제조된 섬유제품의 처리(D06M) 기술분야에서 집중 연구개발되고 있는 것으로 분석됨
- 연도별 기술현황 변화추이를 보았을 때, 최근에는 (B01D) 기술분야인 ‘물리적, 화학적 분리’ 관련 분야와 (A41D) 기술분야인 ‘겂옷; 보호복; 부속품’ 관련 분야에서 출원이 진행된 것으로 나타남

IPC - Sub Class	출원건수
• (B01D) 물리적, 화학적 분리	357
• (A62B) 인명구조용의 기구, 장치 또는 방법	155
• (A41D) 겂옷; 보호복; 부속품	133
• (D06M) 섬유, 가연사, 사, 직물, 우모 또는 이와같은 재료로부터 제조된 섬유제품의 처리	88
• (C08J) 마무리; 일반적 혼합 방법	20

(3) 기술 집중력 분석

- 주요출원인에 의한 특허점유율을 분석하여 기술집중력(시장 독과점 수준)을 판단하는 것으로, 특허동향조사에서는 통상 CR4를 사용하며, CRn값이 0에 가까울수록 시장 독과점 수준이 낮은 것을 의미하고, CR4 값이 40에서 60일 경우(CR1 지수는 50 이상일 경우, CR2 또는 CR3 지수는 75 이상일 경우) 시장의 독과점 수준이 높은 것으로 해석됨

* CRn(집중률지수, Concentration Ratio n) = (1위 출원인의 특허점유율) + ... + (n위 출원인의 특허점유율)

주요 출원인 집중력	주요출원인	출원건수	특허점유율	CRn	n
	TORAY INDUSTRIES	145	4.0	4	
	TEIJIN	83	2.3	6	
	DU PONT	83	2.3	9	
	KANEKA	76	2.1	11	4
	효성	68	1.9	13	
	TOYOBO	65	1.8	14	
	SOUTHERN MILLS	63	1.7	16	
	mitsubishi PLASTICS	53	1.5	18	
	FUJIKURA	52	1.4	19	
	TOHO TENAX	50	1.4	20	
	전체	3,632	100%	CR4 = 11	
국내시장 중소기업 집중력	출원인 구분	출원건수	특허점유율	CRn	n
	중소기업(개인)	473	45.6	45.57	중소기업
	대기업	266	25.6		
	연구기관/대학	131	12.6		
	기타(외국인)	168	16.2		
	전체	1,038	100%	CR중소기업 = 45.57	

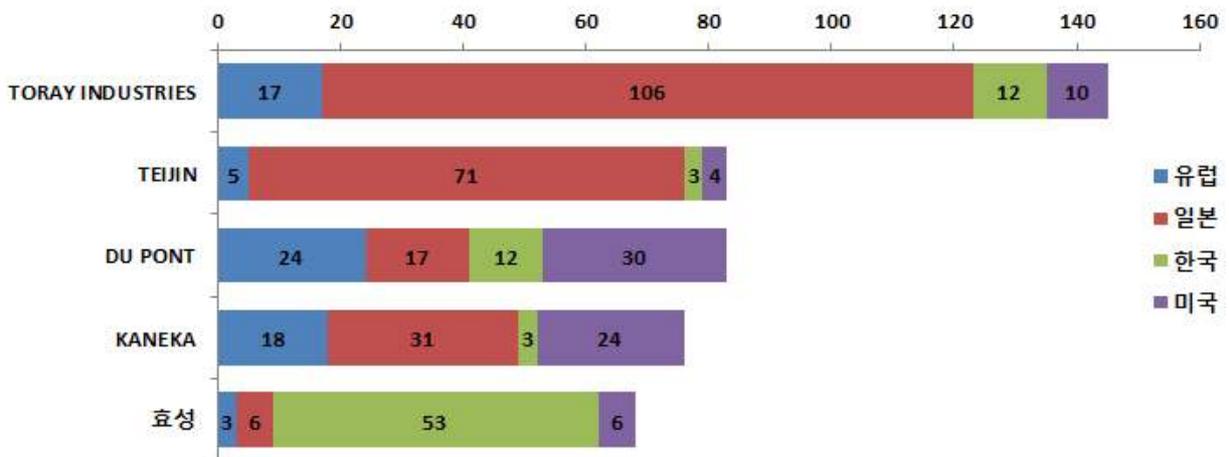
- 슈퍼섬유 품목에 대한 시장관점의 기술독점 집중률 지수(CRn) 분석결과, 상위 4개 기업의 시장점유율이 11로, 주요출원인에 의한 독과점 정도는 현재까지는 심하지는 않은 것으로 분석됨
- 국내시장에 있어서 중소기업의 특허점유율은 45.57로, 슈퍼섬유 품목에서 중소기업의 점유율은 높지 않은 것으로 분석되고, 대기업(25.6) 및 외국인(16.2)의 출원점유율이 높게 나타나고 있어, 국내시장에서 중소기업의 진입장벽은 타 품목 대비 상대적으로 높을 것으로 판단됨

다. 주요 출원인 분석

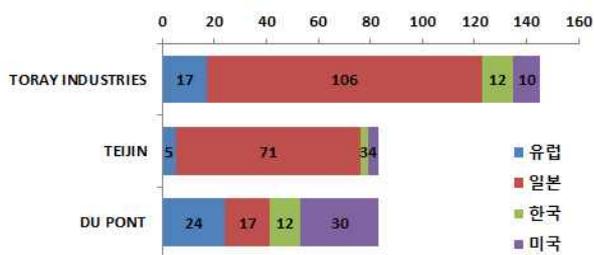
(1) 주요 출원인 동향

- 주요출원인을 기준으로, 해당품목에 대해 기술개발을 주도하고 있는 기관 및 기업을 파악하고, 한국(KIPO), 미국(USPTO), 일본(JPO), 유럽(EPO) 국가별 출원현황 분석을 통해 주요출원인들이 고려하고 있는 주요시장국이 어디인지 예측하여 거시적 관점의 향후 트렌드를 전망
- 타 국가 대비 국내 기관 및 기업의 출원 활동 현황 및 수준을 파악하여 연구개발에 있어 비중 있는 사전 파악이 필요한 기관 및 기업 제시

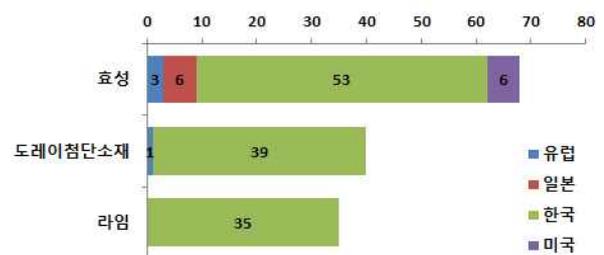
전체 주요출원인 동향



해외 주요 출원인



국내 주요 출원인



- 슈퍼섬유 품목의 전체 주요출원인 Top 5를 살펴보면, 일본, 미국, 한국 국적의 출원인이 포함되어 있는 것으로 나타나며, 특히 일본 출원인에 의해 기술개발이 주도되고 있는 것으로 나타남
- 슈퍼섬유 품목 관련 국내 주요 출원인으로 효성, 도레이첨단소재, 라임이 도출되었으며, 효성은 국내뿐만 아니라 미국, 일본 및 유럽에도 출원을 진행한 것으로 나타남
- 슈퍼섬유 품목은 상위 출원인의 독과점 형태가 나타나고 있지 않지만, 대기업과 외국인의 출원점유율이 타 품목대비 상대적으로 높아 중소기업의 진입장벽은 타 품목 대비 상대적으로 높을 것으로 판단됨

주요 키워드 및 주요특허 분석



- 열가소성 수지, 난연성 직물, 섬유 다발, 폴리에스테르 섬유, 열가소성 탄소 전구체, 섬유 제품, Carbon Fiber, 탄소섬유 전구체 섬유, 난연 섬유, Heat Resistant Fabric

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
US 7395654 (2002.08.01.)	Reinforcing composite yarn and production therefor	높은 기계적 강도와 높은 탄성률을 가지는 섬유	22	9
JP 4342871 (2003.08.12.)	극세 탄소섬유 및 그 제조 방법	고강도 고탄성률의 탄소섬유	17	1
JP 6072538 (2012.12.28.)	고필링성 내열 직물	고필링성 내열 직물	17	1

- TEIJIN은 슈퍼섬유 품목과 관련하여 Top 2 출원인으로, 일본 위주로 출원을 진행하였으며, 고강도 고탄성률 섬유 관련 기술에 대한 기술력이 높은 것으로 조사됨

주요 키워드 및 주요특허 분석



- Diaminodiphenyl Sulfone, Polymeric Fiber, Fabric Yarn Component, Polymeric Staple Fiber, Staple Fiber, Fabric Composite, Flame Retardant Fabric, Flame Retardant, Fire Blocking Fabric, Flame Resistant Fiber

등록번호 (출원일)	명칭	기술적용분야	IP 경쟁력	
			피인용 문헌수	패밀리 국가수
US 6989194 (2003.12.16.)	Flame retardant fabric	난연성 직물	42	10
US 6840288 (2002.06.06.)	Fire-retardant fabric with improved tear, cut, and abrasion resistance	내인열성, 내절단성 및 내마모성이 개선된 난연성 직물	32	8
KR 10-1215713 (2005.03.21.)	내열성 및 난연성 흡경 직물 및 이를 포함하는 열 및 화염에 대한 보호 의류	내열성 및 난연성 직물	10	10

- DU PONT는 슈퍼섬유 품목과 관련하여 Top 3 출원인으로, 한국, 미국, 일본, 유럽에 출원을 진행하였으며, 내열성 및 난연성 직물 관련 기술에 대한 기술력이 높은 것으로 조사됨

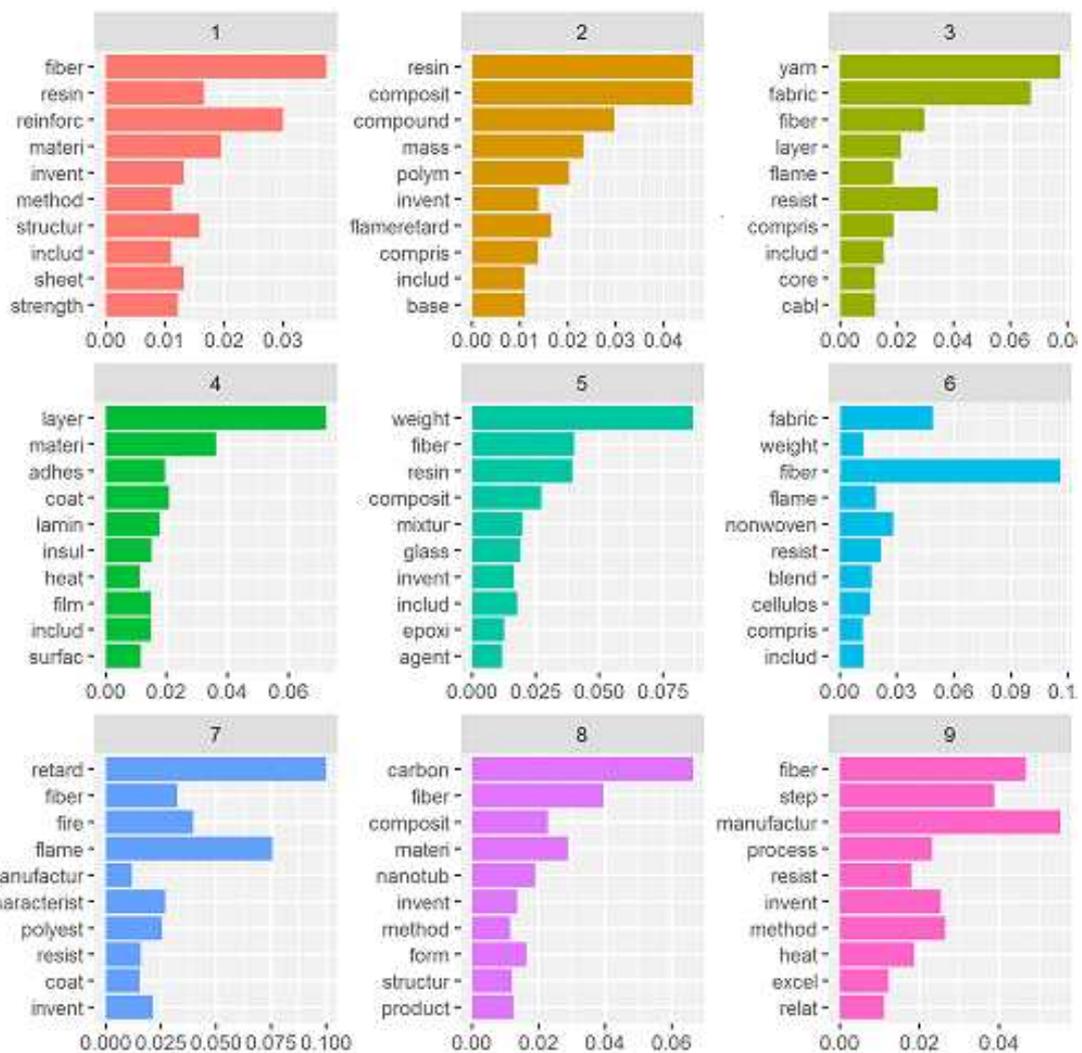
4. 전략품목 기술로드맵

가. 핵심기술

(1) 요소기술 도출

◎ 특허 키워드 클러스터링 기반 요소기술 후보도출

[슈퍼섬유 토픽 클러스터링 결과]



* 출처: 자체작성

[LDA 클러스터링 기반 요소기술 후보도출]

No.	상위 키워드	대표적 관련 특허	요소기술 후보
클러스터 01	carbon fiber strength reinforce surface	<ul style="list-style-type: none"> METAL/CFRP COMPOSITE STRUCTURE, AND ITS MANUFACTURING METHOD AND APPARATUS Method of producing high strength elongated products containing carbon nanotubes 	탄소섬유 강화제품 제조기술
클러스터 02	yarn strength carbon steel alloy	<ul style="list-style-type: none"> HIGH STRENGTH / CORROSION-RESISTANT, AUSTENITIC STAINLESS STEEL WITH CARBON - NITROGEN COMPLEX ADDITIVE, AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME PROCESSES FOR PRODUCING CARBON FIBER PRECURSOR 	고강도 탄소 섬유 처리 기술
클러스터 03	fiber carbon cloth intension yarn	<ul style="list-style-type: none"> Method of manufacturing para-aramid fiber with high strength Fabric for Military Combat Uniform with Excellent Camouflage and Moisture Permeability 	고강도 파라 아라미드 섬유 제조 기술
클러스터 04	fiber carbon polyethylene intension strength	<ul style="list-style-type: none"> Ultra-high molecular weight polyethylene (uhmwpe)/inorganic nanocomposite material and high performance fiber manufacturing method thereof Method for preparing polyolefin polymer for fiber production 	고강도 폴리에틸렌 섬유 제조 기술
클러스터 05	fiber fabric strength resin reinforce	<ul style="list-style-type: none"> Knuckle using laminated carbon fiber NORMAL PRESSURE CATION DYEABLE POLYESTER AND FIBER 	고탄성 탄소 섬유 제조 기술
클러스터 06	composite compound flame retard fiber	<ul style="list-style-type: none"> Flame Retardant Synthetic Fiber and Flame Retardant Textile Product Using the Same Aqueous dispersion of polyurethane resin, flame-retardant polyester fiber using the same, and method for producing said fiber 	난연성 합성섬유 제조방법
클러스터 07	fiber yarn resist heat heat resistance	<ul style="list-style-type: none"> Composition adiabatic fiber with composition adiabatic fiber yarn of heat-resistant, cold-resistant and manufacturing method thereof Manufacturing Method Of Aramid Fused Composite Flame Retardant Fiber 	융복합 난연/내열 복합사 및 원단 제조방법
클러스터 08	resin fiber composite polyester retard	<ul style="list-style-type: none"> Noninflammable Sea-island Type Microfiber Having Good Touch Fire resistant glass fiber 	기능성 난연사 및 이를 이용한 제품
클러스터 09	material fire non combustible fiber retard	<ul style="list-style-type: none"> METHOD FOR MANUFACTURING OF FIRE RETARDANT INTERIOR MATERIAL BY USING WASTE PAPER AND COTTON Fabrication of functional lightweight wood fiber insulation and its flame retardant treatment 	난연 섬유기반 복합재를 이용한 내장재 제조방법

* 출처: 자체작성

◎ 특허 분류체계 기반 요소기술 후보도출

[IPC 분류체계에 기반 요소기술 후보도출]

IPC 기술트리		
(서브클래스) 내용	(메인그룹) 내용	요소기술 후보
(D01F) 인조필라멘트, 사, 섬유, 강모, 또는 리본의 제조에 있어서 화학적 특징을 가지는 것	(D01F-009/22) 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile)로부터 되는 것	폴리아크릴로니트릴(PAN)계 탄소섬유 제조 기술
	(D01F-006/18) 불포화니트릴의 중합체, 예. 폴리아크릴로니트릴, 폴리비닐리덴시아니드로 부터 되는 것	고강도, 고탄성 탄소섬유를 얻기 위한 전구체 섬유 제조 기술
	(D01F-009/12) 탄소 필라멘트; 그 제조에 특히 적합한 장치	고강도, 고탄성 탄소 섬유 제조 기술
	(D01F-006/04) 폴리올레핀으로 부터 되는 것	고강도, 고탄성 폴리에틸렌 섬유 제조 기술
(D02G) 섬유, 필라멘트, 가연사 또는 사의 권축처리; 사 또는 가연사	(D02G-003/00) 사 또는 가연사	내열, 난연성 셀룰로오스 섬유
	(D02G-003/04) 상이한 재료로 되는 성분을 함유하고 있는 혼방사 또는 기타 사나 가연사	난연성 섬유 복합체
	(D02G-003/44) 사용목적에 특징이 있는 사 또는 가연사	내열, 난연성 직물 및 의류 제조방법

* 출처: 자체작성

◎ 최종 요소기술 도출

- 기술·시장 분석, 기술수요, 기술(특허)분석, 전문가 추천을 바탕으로 요소기술 후보 도출
- 요소기술 후보를 대상으로, 전문가를 통해 기술의 범위, 요소기술 간 중복성 등을
조정·검토하여 최종 요소기술 확정

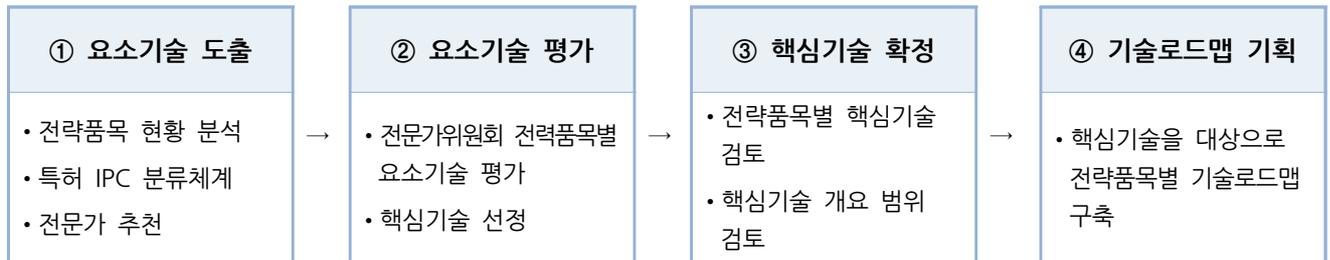
[슈퍼섬유 요소기술 도출]

요소기술	출처
고강도, 고탄성 탄소섬유를 얻기 위한 전구체 섬유 제조 기술	IPC 기술체계
고강도, 고탄성 폴리아미드 수지 조성물 제조 기술	IPC 기술체계
고강도, 고탄성 탄소 섬유 제조 기술	특허 클러스터링, IPC 기술체계
난연성 합성섬유 제조방법	특허 클러스터링
기능성 난연사 및 이를 이용한 제품	특허 클러스터링
난연 섬유기반 복합재를 이용한 내장재 제조방법	특허 클러스터링
고강도, 고탄성, 고내열성 섬유 제조 기술	전문가추천, IPC 기술체계
섬유강화 복합소재 제조 기술	전문가추천
난연/내열 융복합사 제조 기술 및 원단 제조 기술	전문가추천, 특허 클러스터링

(2) 핵심기술 선정 및 기술로드맵 기획 절차

- 특허 분석을 통한 요소기술과 기술수요와 기술시장분석을 기반으로 한 요소기술, 전문가 추천 요소기술 등을 종합하여 요소기술을 도출한 후, 전문가위원회의 평가과정 및 검토/보완을 거쳐 핵심기술 확정
- 핵심기술 선정 지표: 기술개발 시급성, 기술개발 파급성, 기술의 중요성 및 중소기업 적합성

[핵심기술 선정 및 기술로드맵 기획 프로세스]



(3) 핵심기술 리스트

[슈퍼섬유 핵심기술]

핵심기술	개요
고강도, 고탄성, 고내열성 섬유 제조 기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 범용 합성섬유보다 월등히 우수한 인장강도(20g/d 이상) 및 탄성률(500g/d 이상)과 고내열성의 성능을 지니는 섬유를 이용하여 제직, 코팅, 함침, 적층 등 다양한 공정을 통하여 고기능성의 섬유를 제조하는 기술
섬유강화 복합소재 제조 기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기계적 물성이 우수한 섬유강화 복합소재 제조 기술
난연/내열 융복합사 제조 기술 및 원단 제조 기술	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 난연/내열 시너지 효과를 발휘할 수 있는 융복합사를 제조할 수 있는 기술과 이를 원단으로 개발하기 위한 제/편직 및 가공기술

나. 기술개발 로드맵

(1) 중기 기술개발 로드맵

[슈퍼섬유 기술개발 로드맵]

핵심기술	고강도, 고탄성 및 고내열성의 슈퍼섬유를 개발함으로써 자원절약, 탄소 저감 및 기후변화 대응기술 등 미래 대응기술이 적용된 산업제품 개발			
	'23년	'24년	'25년	최종 목표
고강도, 고탄성, 고내열성 섬유 제조 기술				고강도, 고탄성, 고내열성의 유·무기섬유 제조
섬유강화 복합소재 제조 기술				인장강도 및 인장탄성율이 우수한 복합재 제조
난연/내열 용복합사 제조 기술 및 원단 제조 기술				난연/내열성 우수한 용복합섬유 제조

* 출처: 자체작성

(2) 기술개발 목표

- 최종 중소기업 기술로드맵은 기술/시장 니즈, 연차별 개발계획, 최종목표 등을 제시함으로써 중소기업의 기술개발 방향성을 제시

[슈퍼섬유 핵심기술 연구목표]

핵심기술	기술 요구사항	연차별 개발목표			최종목표	연계 R&D 유형
		1년차	2년차	3년차		
고강도, 고탄성, 고내열성 섬유 제조 기술	고강도 고탄성 내열성	35cN/dtex 4% 15cal/cm ² 이상	40cN/dtex 5% 20cal/cm ² 이상	45cN/dtex 6% 25cal/cm ² 이상	고강도, 고탄성, 고내열성의 유·무기섬유 제조	상용화 기술혁신
섬유강화 복합소재 제조 기술	인장강도 인장탄성율	1,000MPa 35GPa	1,000MPa 40GPa	1,100MPa 50GPa (T300+PA6)	인장강도 및 인장탄성율이 우수한 복합재 제조	상용화 기술혁신
난연/내열 용복합사 제조 기술 및 원단 제조 기술	열방호 (spaced) 화상예측	5cal/cm ² 35sec.이하	6cal/cm ² 30sec.이하	7cal/cm ² 25sec.이하	난연/내열성 우수한 용복합섬유 제조	기술혁신

다. 중소기업 기술개발 전략

- 중소기업에서 아라미드나 탄소섬유, 초고분자량 폴리에틸렌 섬유 등 소재를 개발하는 것은 현실적으로 어려운 상황이며, 중소기업에서는 개발된 소재를 이용하여 제직기술이나 복합재료 성형기술, 후가공기술, 제품화기술 개발을 통해서 물성을 향상시키고 특성을 차별화하여 용도를 다양화하는 전략을 수립할 필요가 있음
- 고강도, 고탄성 섬유, 일명 슈퍼섬유 관련 기술은 최근 국내 기술이 상당히 성장하였지만, 아직 세계적인 수준에는 못 미치는 수준이며, 시장 또한 세계시장에서 차지하는 비중이 미미하므로, 신규 국내 시장의 확대와 더불어 해외시장에 진출할 수 있는 전략 수립 필요
- 고강력, 고탄성을 섬유에 필수적인 복합소재용 수지는 원료, 합성 및 배합기술, 복합재료 제조기술과 밀접한 관련이 있으며, 해외 기술 도입시 비용과 관련 기술개발에 따른 경쟁력 저하가 우려되므로 국산화 및 성능개선이 지속적으로 이루어질 필요성이 있음
 - 섬유제조, 복합재료 가공기술과 더불어 섬유강화 복합소재용 수지 제조기술 개발이 진행될 경우 제품 차별화, 대외 경쟁력 강화가 가능함
- 자원절약, 탄소저감 및 기후변화 대응기술 등에 적용이 가능한 핵심 산업 제품으로서 미래 대응 기술이 적용된 기술개발 전략이 필요함
- 보다 과학적이고 개관적인 목표관리에 의해 제품의 신뢰성을 높일 수 있는 체계적 관리와 소재에서 제품까지 일괄 패키지형 연구개발이 필요함
- 중소기업에서는 원천기술 개발보다 다양한 내열섬유의 복합화 또는 난연성 후가공 기술 개발에 중점을 둘 필요가 있음