

이 보고서는 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해 발간한 보고서입니다.

혁신성장품목분석보고서

 YouTube 요약 영상 보러가기

# 스마트 섬유

차세대 디바이스로 급속 성장 중인 스마트 섬유

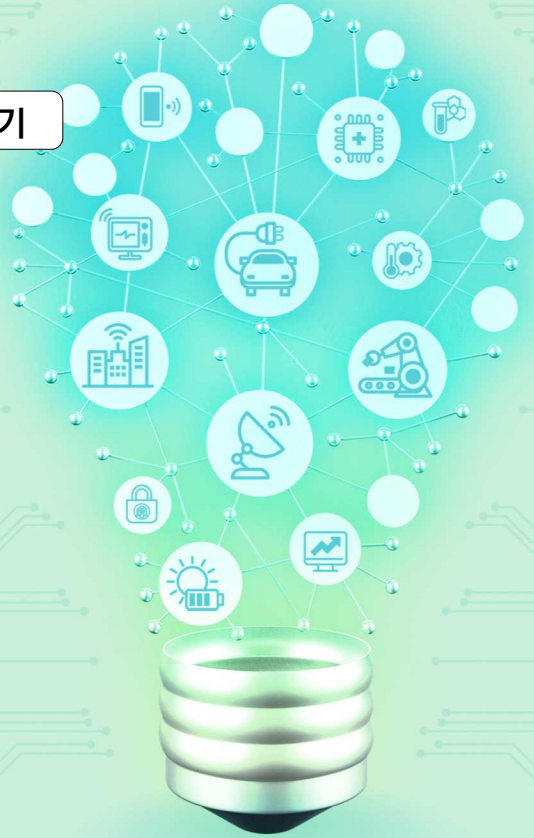
요약

배경기술분석

심층기술분석

산업동향분석

주요기업분석



작성기관

NICE평가정보(주)

작성자

원주혜 연구원

- 본 보고서는 「코스닥 시장 활성화를 통한 자본시장 혁신방안」의 일환으로 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해, 한국거래소와 한국예탁결제원의 후원을 받아 한국IR협의회가 기술신용평가기관에 발주하여 작성한 것입니다.
- 본 보고서는 투자 의사결정을 위한 참고용으로만 제공되는 것이므로, 투자자 자신의 판단과 책임하에 종목선택이나 투자시기에 대한 최종 결정을 하시기 바랍니다. 따라서 본 보고서를 활용한 어떠한 의사결정에 대해서도 본회와 작성기관은 일체의 책임을 지지 않습니다.
- 본 보고서의 요약영상은 유튜브로도 시청 가능하며, 영상편집 일정에 따라 현재 시점에서 미게재 상태일 수 있습니다.
- 카카오톡에서 “한국IR협의회” 채널을 추가하시면 매주 보고서 발간 소식을 안내 받으실 수 있습니다.
- 본 보고서에 대한 자세한 문의는 작성기관(TEL.02-2124-6822)으로 연락하여 주시기 바랍니다.

# 스마트 섬유

## 미래 성장 동력 산업으로 주목받는 스마트 섬유

### ■ 다양한 산업과 연계되는 스마트 섬유 산업

스마트 섬유는 섬유소재가 지닌 고유의 특성을 유지하면서 주위 환경이나 소재 내부의 자극에 대한 감지·반응 시스템을 갖춘 고기능성 섬유를 의미한다. 스마트 섬유는 제품에 따라 전자·에너지 소자 기반 섬유, 자극 반응형 섬유, 환경 응답형 섬유, 패션·의류·생활용 섬유 등으로 분류할 수 있으며, 기반 소재의 개발과 함께 ICT와의 융·복합화가 활발히 이뤄지고 있다. 최근 전자 및 나노기술의 발달로 다양한 기능을 지닌 각종 전자기기의 개발이 이루어지고 있어 신체를 이용한 전자기기와의 직접적인 커뮤니케이션에 대한 요구가 증가하게 되었고, 이에 따라 스마트 섬유의 필요성이 대두되고 있다.

### ■ 신성장 동력으로서 스마트 섬유 적용 분야 확장 전망

세계 스마트 섬유 시장은 2017년 22.4억 달러 규모로 성장하였으며, 2022년에는 60.8억 달러의 시장규모를 형성할 것으로 전망된다. 국내의 경우 2017년 792억 원 규모의 시장을 형성하였고, 2022년에는 2,531억 원의 시장규모를 형성할 것으로 전망된다. 전자기기의 소형화 및 전자부품의 제조 단가 하락, 이로 인한 첨단기능의 스마트 섬유 시장에서의 수요증대가 향후 시장을 견인할 것으로 예상된다.

용도별로는 아웃도어 시장의 확대와 함께 스포츠·피트니스, 의류·패션 분야에서 먼저 수요시장이 형성되고 있다. 그러나 인구 고령화와 건강에 대한 인식 증대로 인해, 향후에는 의료·헬스케어 분야의 시장이 가장 큰 비중을 차지할 것으로 전망된다.

### ■ 과점기업이 없이 경쟁이 활발한 스마트 섬유 시장

스마트 섬유 시장은 지속해서 새로운 기술이 등장하고, 어느 한 기업이 시장 전체를 좌우하는 과점기업이 없는 경쟁이 활발한 시장형태를 보인다. 또한, 스마트 섬유는 글로벌 대기업보다 스타트업의 혁신적인 시도에 의해 주도되고 있다. 대부분의 기초소재 산업은 국내 업체와 해외 선진 업체의 기술 격차가 상당한 수준이나, 스마트 섬유의 경우 2000년대부터 본격적으로 개발되기 시작한 신산업 분야로서, 국내 업체의 기술 수준은 선진국과 비교 시 격차가 크지 않은 것으로 분석된다.

스마트 섬유 시장에 참여하고 있는 대표적인 해외 업체로는 Dupont(미국), Sensoria(미국), Toray(일본), Teijin Frontier(일본), Hexoskin(캐나다), OMsigna(캐나다) 등이 있으며, 국내 업체로는 코오롱글로벌, 블랙야크, 케이투코리아, 알파클로, 벤텍스, 케이원텍스, 아모그린텍, 광일섬유, 광림섬유, 영풍필텍스 등이 파악된다.

## I. 배경기술분석

### 소재, IT, 배터리 기술이 융합된 스마트 섬유

스마트 섬유는 전도성 섬유 제조 기술, ICT(Information and Communication Technologies) 등 다수의 기술이 요구되는 고기능성 섬유를 의미한다.

#### ■ 입을 수 있는 전자기기, 스마트 섬유

스마트 섬유는 섬유소재가 지닌 고유의 화학적·물리적 특성(신축성, 구김 복원성, 유연성 등)을 유지하면서 주위 환경이나 소재 내부의 자극에 대한 감지 및 반응 시스템(전기·광 신호의 생산, 저장, 전달 등)을 갖춘 고기능성 섬유를 의미한다.

초기의 스마트 섬유가 환경대응 또는 자기감응 기능을 가진 섬유를 의미했다면, 현재는 미래지향적 기술을 기반으로 기존 섬유에서 발전한 고기능성 섬유를 포괄하는 넓은 개념으로 이해되고 있다. 스마트 섬유는 자극에 대한 정보를 수집, 기억하고 환경 및 조건에 적합하도록 자율적으로 응답·대응할 수 있는 자율응답·환경적응형 섬유로, 특수 소재나 초소형 컴퓨터 칩을 사용해 전기신호나 데이터를 교환하고 외부 기기와 연결하여 다양한 기능을 수행할 수 있다[그림 1].

[그림 1] 스마트 섬유의 활용



\*출처: Polo, Nike, Levi's & Google

스마트 섬유는 소재 자체가 갖는 능동적이며, 적극적인 기능을 활용한다는 관점에서 단순히 물성만이 개량된 기존의 기능성 섬유와 차별성이 있다. 일반적으로 스마트 섬유의 기반 소재로는 전도성 섬유 및 발광 섬유 등이 활용되며, 기반 소재의 개발과 함께 ICT와 융·복합화가 이루어진 스마트 섬유의 개발이 활발히 진행되고 있다.

## ■ 다양한 요소기술이 포함된 스마트 섬유

스마트 섬유는 큰 구조적 변형에도 발생하는 변형률이 매우 낮고, 섬유 소재의 조립에 따른 손상 저항성이 뛰어난 특징을 가지고 있다. 현재 세계적으로 다양한 형태의 스마트 섬유가 개발되고 있으며, 이들은 발전 단계에 따라 크게 수동형 스마트 섬유, 능동형 스마트 섬유, 활성 스마트 섬유로 나눌 수 있다.

수동형 스마트 섬유는 센서에 기초하여 사용자에게 대한 감지 기능이 적용된 기술이고, 능동형 스마트 섬유는 액추에이터(Actuator)와 센서가 통합되어 환경에의 자극에 반응하는 기술이다. 활성 스마트 섬유는 주어진 상황에 자신의 동작을 감지하여 반응하고 적응하는 기술로 가장 진보된 형태지만 아직은 연구개발 단계에 있으며, 현재 대부분의 스마트 섬유는 수동형과 능동형 제품이다.

스마트 섬유를 구성하는 핵심 요소기술로는 전도성 섬유, 발광 섬유 등의 중간재 제조 기술과 발열·온도조절, 생체신호 모니터링, 안전 보호·헬스케어, 인포테인먼트 등의 ICT 융합으로 분류할 수 있다[표 1].

[표 1] 스마트 섬유의 핵심 요소기술

분류	요소기술	설명
전도성 섬유	전도사 제조 기술	전도성 섬유에 전력을 제공하거나, 전기적 신호를 전달하는 기능을 가능하게 하는 핵심 소재인 전도사를 제조하는 기술
	전도성 직물·편물 제조 기술	전도사를 제직 또는 편직함으로써 2D 형태의 전도성 섬유를 제조하는 기술
	전도성 물질 후가공 기술	전도사를 직접 사용하지 않고 일반적인 섬유 위에 전도성 물질을 코팅 또는 인쇄하여 전도성 섬유를 제조하는 기술
발광 섬유	광섬유 직물 제조 기술	광섬유를 통해 빛이 이동할 때 광섬유의 측면에서 나타나는 발광 효과를 이용한 직물 제조 기술
	LED 부착 직물 제조 기술	LED 칩을 섬유에 부착하여 발광 섬유를 제조하는 기술로, 이질감, 착용감 저하, 접촉 불량, 세탁 등의 문제가 있음
ICT 융합	발열·온도조절	텍스타일형 면상 발열체의 유연성을 이용해 어떤 형상에서도 효율적인 가열 효과를 제공하는 기술
	생체신호 모니터링	스트레인 센서, 정전용량 센서 등을 이용해 심전도, 근육 활동량 등의 생체신호를 감지하는 기술
	안전보호·헬스케어	위급상황에서 착용자의 생명을 보호하고 안전을 도모하기 위한 융합 기술

\*출처: NICE평가정보



■ 기술 및 용도에 적합한 스마트 의류제품 개발 진행 중

스마트 섬유는 기술 및 용도에 따라 온도조절, 신체 보호, 위치 인식, 발광응용 등으로 분류할 수 있으며, 제품에 따라 전자·에너지 소자 기반 섬유, 자극 반응형 섬유, 환경 응답형 섬유, 패션·의류·생활용 섬유 등으로 분류할 수 있다[표 2].

[표 2] 스마트 섬유의 제품별 분류 및 요소기술

	제품별 분류	요소기술
스마트 섬유	전자·에너지 소자 기반 섬유	<ul style="list-style-type: none"> <li>복합광 전자섬유 기술</li> <li>박막 태양전지 섬유화 기술</li> <li>발광소자 섬유화 기술</li> <li>전자섬유 구현을 위한 전극 기술</li> <li>전도성 고분자의 전자섬유화 기술</li> <li>에너지 수확 및 저장 기술</li> </ul>
	자극 반응형 섬유	<ul style="list-style-type: none"> <li>자극 감응형 센서 및 액추에이터 기술</li> <li>비접촉식 바이오 센서 기술</li> <li>형상기억 스마트 PET 섬유 기술</li> </ul>
	환경 응답형 섬유	<ul style="list-style-type: none"> <li>생체기능 융합 섬유 기술: 자발성, 자기 세정 등</li> <li>PCM 적용 섬유 소재 기술: 상전이 물질 등</li> <li>지능형 온도조절 기술</li> </ul>
	패션·의류·생활용 섬유	<ul style="list-style-type: none"> <li>센서 기반의 지능형 미디어 의류</li> <li>유비쿼터스형 섬유 기술</li> <li>다방향 송수신을 위한 라이프 미디어 섬유 기술</li> <li>인텔리전트 기능 의류 기술</li> </ul>

\*출처: 중소기업 전략기술로드맵(2019), NICE평가정보 재가공

스마트 섬유는 휘어지는 휴대용 디스플레이 기능, 생체 변화를 감지하여 질병의 유무를 판단해 주는 기능, 바이러스의 접촉을 알려줄 수 있는 바이오센서 기능 등을 비롯해 입는 컴퓨터의 구현까지 다양한 분야에 적용할 수 있다. 예를 들어 유-헬스케어(U-Health Care), 인체통신망(Body Area Network) 등의 유비쿼터스(Ubiquitous) 기술을 이용하여 인체에 부착되어 있는 센서를 통해 일상생활 중에 실시간으로 신체 상태를 모니터링하는 의료 서비스가 가능하다.

이처럼 다양한 섬유 기술을 기반으로 스마트 섬유로 이루어진 의류패션 제품의 개발이 이루어지고 있으며, 가장 활발하게 연구가 진행되는 분야는 스마트 의류이다. 스마트 의류는 첨단 섬유 소재 기술과 ICT가 융합된 고기능성 의류로, 생체신호감지, 데이터 전송, 스마트폰 제어 등 다양한 기능을 수행할 수 있는 제품으로, 웨어러블 디바이스에 해당하나 스마트 워치나 밴드 등에 비해 소비자 인지도 및 상용화 수준이 다소 낮은 편이다. 또한, 기존 제품에 스마트 웨어러블 기술을 접목하는 과정에서 배터리의 수명 및 유연성, 세탁 가능 여부, 신축성 및 심미성 저하 등의 기술 극복이 필요하다.

## II. 심층기술분석

### 전도성 섬유 제조와 ICT 융합 중심의 기술 개발이 활발히 진행 중

스마트 섬유의 핵심 기술은 전도성 섬유의 제조와 사용 목적에 적합한 ICT 융합 기술이며, 향후 차세대 지능형 섬유 및 고효율 통신기술 등의 개발로 이어질 전망이다.

스마트 섬유를 구현하는 데 다양한 요소기술이 필요하나, 이 중에서도 전도성 섬유가 가장 핵심적인 기술로 파악되어, 해당 기술 분야에 대해 심층적으로 분석하고자 한다.

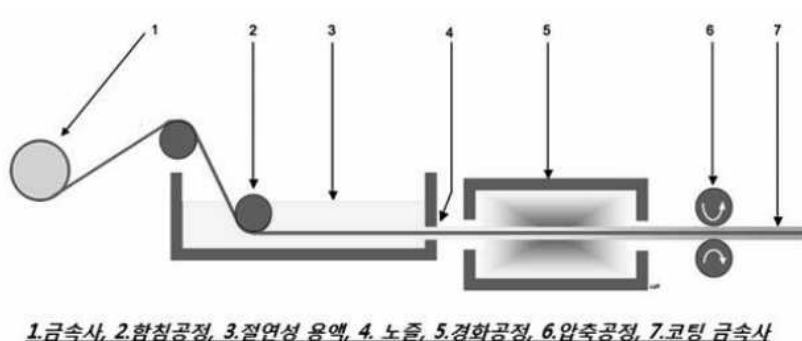
스마트 섬유의 기반 소재인 전도성 섬유는 전기저항을 낮춘 섬유로, 금속 반도체, 카본블랙 및 금속산화물 등의 재료를 사용하여 제조한다. 전도성 섬유의 전기적 특성은 스마트 섬유 응용기술의 기본이 되며, 각 섬유가 지닌 전기 비저항 및 물리·화학적 특성에 따라 여러 가지 기능성 제품에 적용이 가능하다. 이러한 전도성 섬유를 제조하는 데 필요한 핵심 기술로는 전도성 원사(전도사) 제조 기술, 전도성 직물·편물 제조 기술, 전도성 물질 후가공 기술 등이 있다.

#### ■ 전도사 제조 기술

전도사는 전도성 섬유 제품에서 전력을 제공하거나 전기적 입·출력 신호를 전달하는 기능을 수행하는 핵심 소재이다. 전자기기에서 전선 혹은 회로가 하는 역할을 섬유에서는 더욱 유연하고 착용감이 우수한 전도사가 대체할 수 있다. 대부분 전도사는 주로 세 가지 방법에 따라 제조되는데, 1) 금속 와이어를 사용하는 방법, 2) 일반 고분자 섬유에 전도성 물질을 함유시키거나 코팅하는 방법, 3) 전도성을 가진 고분자 섬유를 활용하는 방법이다.

금속 와이어를 이용하여 만든 전도사의 경우 대표적으로는 스테인리스 스틸(Stainless Steel) 방적사, 금속 필라멘트 합연사 등이 있다. 스테인리스 스틸 방적사는 전도성이 우수할 뿐 아니라 강도와 기계력에 대한 내구성이 커서 봉제용으로도 적합하다. 그러나 보통 금속 와이어로 만든 전도사는 신축성 저하와 봉제 시 끊어짐 등의 문제가 발생할 수 있다. 구리와 같은 금속 필라멘트 합연사의 경우에는 사용된 금속의 종류와 노출 여부에 따라 제품의 물성이 달라지며 산화로 인한 내구성 저하 등의 문제가 발생할 수 있다[그림 2].

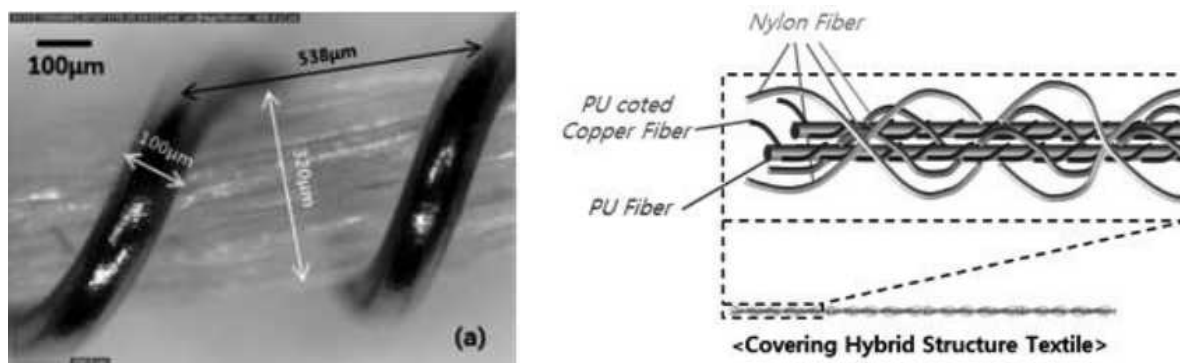
[그림 2] 절연 코팅 구리사 제조 공정 모식도



\*출처: 국내 ICT 융합 스마트 섬유 제품화 동향(2018), 한국섬유수출입조합

일반 고분자 섬유에 전도성 물질을 결합하는 경우는 용융 방사 시 전도성 입자를 첨가하거나 원사 겉면에 전도성 물질을 도금 혹은 코팅하는 것이 대표적이다. 특히 은, 금, 구리, 니켈 등을 나일론이나 PET(Polyethylene Terephthalate), PP(Polypropylene), PU(Polyurethane) 등의 일반 원사에 증착한 전도사 제품은 현재 시장성이 가장 우수하며 다양한 전도성 섬유 제품에 활용되고 있다[그림 3].

[그림 3] PU 심사를 코팅 구리사로 커버한 전도성 섬유



\*출처: 국내 ICT 융합 스마트 섬유 제품화 동향(2018), 한국섬유수출입조합

또한, 전도성 고분자의 활용에 관한 관심도 점차 증가하고 있다. 대표적으로 폴리피롤(Polypyrrole), 폴리아닐린(Polyaniline)이 있으며, 이들 고분자를 용융 방사하거나 혹은 일반 원사에 코팅함으로써 전도사를 생산할 수 있다. 금속을 활용한 전도사에 비해 크랙(Crack)이나 부러짐(Breaking) 등에 대한 염려가 적어 안정적으로 전도성이 구현되며, 가공성과 비용 측면에서도 우수한 장점이 있다.

## ■ 전도사 직물 및 편물 제조 기술

전도사를 제직 또는 편직함으로써 판상(2D)의 전도성 직물 또는 편물을 제조할 수 있다. 전도성을 지닌 직물 또는 편물은 전기적 신호 감지(Sensing), 에너지 수확(Energy Harvesting), 커넥팅(Connecting) 등의 기능 구현을 가능하게 한다.

제직 공정은 가장 오래된 원단 제조 기술로, 빠르고 경제적이며, 조직의 변형을 통해 다양한 구조의 직물형 전도성 섬유를 만들 수 있다. 편물형 전도성 섬유는 편직 공정에서 요구되는 전도사의 물성이 제직 대비 까다로워서 더 늦게 개발되었으나, 편물의 우수한 신축성과 착용성으로 인하여 현재에는 편물형 전도성 섬유가 활발히 개발되고 있다. 또한, 자카드 편직기로 회로 디자인에 따라 원하는 위치에 전도사가 삽입된 편직물도 제작할 수 있게 되었다[그림 3].

직물 또는 편물형 전도성 섬유가 스마트 섬유 제품에 활용되기 위해서는 온도 등의 환경 변화에 저항성을 가져야 하며, 마찰 등에 대한 내구성과 제품 용도에 적합한 전기적·물리적 기능 발현이 확인되어야 한다. 또한, 반복되는 굽힘과 신장에도 일정한 성능을 유지할 수 있도록 형태 회복과 성능 발현에 대해서 낮은 히스테리시스(Hysteresis)가 요구된다.

[그림 4] 편물형 전도성 섬유



\*출처: 광일섬유

## ■ 전도성 물질 후가공 기술

전도사를 직접 사용하지 않고 일반적인 섬유 위에 전도성 물질을 코팅 또는 인쇄하는 후가공의 방법으로 전도성 섬유를 제조할 수 있다. 최근에는 전도성 용액과 후가공 기술의 발전으로, 신축성과 유연성을 갖는 다양한 원단에 전도성 물질을 코팅한 제품이 출시되고 있다. 다만, 은 나노와이어, 탄소나노튜브 등의 전도성 첨가제를 코팅액에 포함하여 전도성을 부여할 경우, 전도성 저하, 물성 저하 등의 단점이 발생하기 때문에, 근래에는 여러 가지 물성을 지닌 전도성 물질을 혼합하여 각 물질의 장점을 동시에 구현할 수 있는 복합 전도성 용액을 코팅 수지로 사용하는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 또한, 디지털 스크린 인쇄 기기를 이용하여 전도성 페이스트(Paste)를 섬유 위에 직접 인쇄하는 방법이 있는데, 이 방법은 전도성 섬유의 구현이 비교적 간편하고 빠르다는 장점이 있다.

## ■ ICT 융합 기술

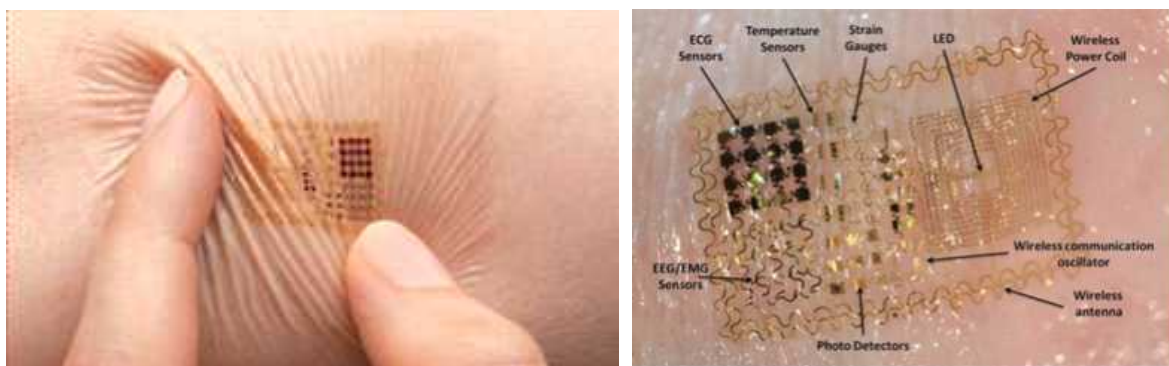
스마트 섬유는 전도성 섬유를 기반으로 ICT와 융합된 형태의 제품군으로 다양하게 확장되고 있으며, 기존의 ICT 제품을 스마트 섬유로 대체 가능도록 하는 융·복합 기술도 개발되고 있다.

의료·헬스케어용 스마트 섬유는 운동선수나 환자, 일반 수요자들의 생체신호를 모니터링하는 섬유로, 분석 모니터링 기술, 생체신호 추출기술, 플렉서블(Flexible) 배터리 기술이 중요한 요소기술이다. 분석 모니터링 기술은 바이오 센서를 통해 심장박동, 호흡 등의 생체신호를 감지하여 이를 전송하고 외부로부터의 자극에 능동적으로 대처하는 기술로, 전도성 섬유 기술과 융합하여 의료, 헬스케어, 재난 및 위급한 환경에서 사용이 가능한 스마트 섬유를 제조할 수 있다.

생체신호 추출기술은 사람의 자율신경계 활동에 의해 나타나는 생체신호로부터 인간의 감성을 추론하기 위해 피부 전기전도도(GSR; Galvanic Skin Response), 피부 온도(SKT; Skin Temperature), 심전도(ECG; Electrocardiogram), 뇌파(EEG; Electroencephalogram), 근전도(EMG; Electromyogram) 등의 신호를 감지하고, 변화를 종합적으로 분석하는 생체신호 처리 기술이다. 미국의 스타트업 MC10이 개발 중인 바이오 스탬프(BioStamp®)는 반창고나 스티커 문신처럼 피부에 붙여 몸의 상태를 모니터링할 수 있게 해주는 기술로, ECG 센서, EEG/EMG 센서 등을 통해 신체 변화를 모니터링하고, 수집된 데이터는 스마트폰을 통해 클라우드로 전송되어 분석이 이루어지게 된다 [그림 5].



[그림 5] 생체신호 추출기술을 활용한 BioStamp®



\*출처: MC10

안전·보안용 스마트 섬유에서는 발한량 측정, 온·습도 측정, 발열·온도조절, 화학 가스 탐지, 위치 인식 기술 등이 핵심 요소기술이다. 보안업체, 운송업체, 경찰, 소방관의 근무복에 착용자의 안전성을 제고하기 위해 특정부위(발, 손목, 가슴, 머리 등)에 EL(Electronic Luminance)기술을 접목시켜 착용자의 위치를 제공하거나, 바이오 센서를 삽입해 심장박동, 호흡 등의 생체신호를 감지하고, 이를 전송하고 외부로부터의 자극에 능동적으로 대처하는 것이 가능하다.

최근에는 스마트 섬유에 무선으로 별도의 연료나 비용을 들이지 않고 에너지를 공급하기 위하여 인체의 활동에서 발생하는 운동 에너지를 수확하여 전기 에너지로 변환시키는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이를 위해서는 섬유와 혼용하여 옷감으로 제작할 수 있고, 인체의 관절 부위, 허리, 복부 등 인장·수축 동작이 반복되어 에너지 수확 및 감지가 가능한 부위에서 강한 내구성을 가질 수 있는 직물 형태의 에너지 수확 소자와 센서에 대한 설계가 필요하다.

또한, 미래에는 에너지 수확 소자, 안테나, 에너지 저장장치 등을 모두 유연하고 신축성이 뛰어나 섬유 소재로 구현함으로써, 착용자가 별도의 에너지원 없이 자체적으로 전기를 생성·저장하고, 통신까지 할 수 있는 ICT 융합 스마트 섬유의 개발이 가능할 것으로 예상된다[그림 6].

[그림 6] 국내 ICT 융합 섬유 기술 개발 로드맵

ICT 융합 섬유	ICT 융합 섬유의 개발 및 양산			
	2020년	2021년	2022년	최종 목표
전도성 섬유, 직물 제조의 원사 제조 기술	[Progress bar from 2020 to 2021]			차세대 지능형 섬유 개발
전도성 섬유/ 직물 제조의 제직 및 편직물 제조 기술	[Progress bar from 2020 to 2021]			
전도성 코팅	[Progress bar from 2021 to 2022]			신호측정 및 분석기술 개발
발열, 온도 조절 기술	[Progress bar from 2020 to 2021]			
생체 신호 모니터링 기술	[Progress bar from 2021 to 2022]			고효율 통신기술 개발
안전보호 헬스케어 기술	[Progress bar from 2021 to 2022]			
전자섬유(E-Textile)기술	[Progress bar from 2020 to 2022]			데이터처리 기술 개발
인포테인먼트 기술	[Progress bar from 2021 to 2022]			

\*출처: 중소기업 전략기술로드맵(2019), NICE평가정보 재가공

### Ⅲ. 산업동향분석

#### 스마트 섬유 시장은 초기 형성단계나, 향후 급성장이 전망되는 산업

의류패션, 스포츠, 의료, 군용 산업을 중심으로 스마트 섬유의 수요가 증가할 것으로 예상되며, 적용 산업 범위의 확대는 스마트 섬유 시장의 성장 속도를 더욱 촉진할 것으로 전망된다.

#### ■ 스마트 섬유 산업의 구조 및 특징

섬유 산업은 ICT와 융합·발전하면서 기능성 향상과 활용성의 확장 등을 통해 고부가가치 산업으로 성장하고 있으며, 패러다임이 초연결, 스마트로 변화하면서 ICT 융합 스마트 섬유가 미래 산업의 지형을 바꿀 분야로 급부상하고 있다. 왜냐하면 차세대 웨어러블 디바이스(Wearable Devices)는 부드럽고 곡선인 인체에 적합하도록 연성이 뛰어난 새로운 재료를 요구하고 있으며, 섬유는 이러한 소재 특성을 만족시키기 때문이다. 현재 스마트 섬유는 시장 형성 초기 단계지만, 웨어러블 디바이스 분야를 포함한 다양한 전방산업의 성장 동력으로 주목받고 있다.

전통적으로 섬유 산업은 전·후방 파급효과가 높고, 생산, 고용, 업체 수 비중이 높은 핵심 산업이다. 국내 섬유 기술은 미국, 일본 등 선진국 수준으로 발전되어 기능성 섬유, 나노섬유, 슈퍼섬유, 스마트 섬유 등 다양한 분야에서 두각을 나타내고 있다. 산업구조를 분석해 보면, 후방산업은 스마트 섬유 제조에 사용되는 주요 재료 및 기계인 원사, 제·편직물, 염료, 센서(Sensor), 편직기, 방사기 등이 주를 이루고, 전방산업에는 스마트 섬유의 주요 활용 분야인 헬스케어(Health Care), 스포츠 및 피트니스(Fitness), 안전·보안 산업 등이 있다[표 3].

[표 3] 스마트 섬유의 전·후방 연관 산업구조

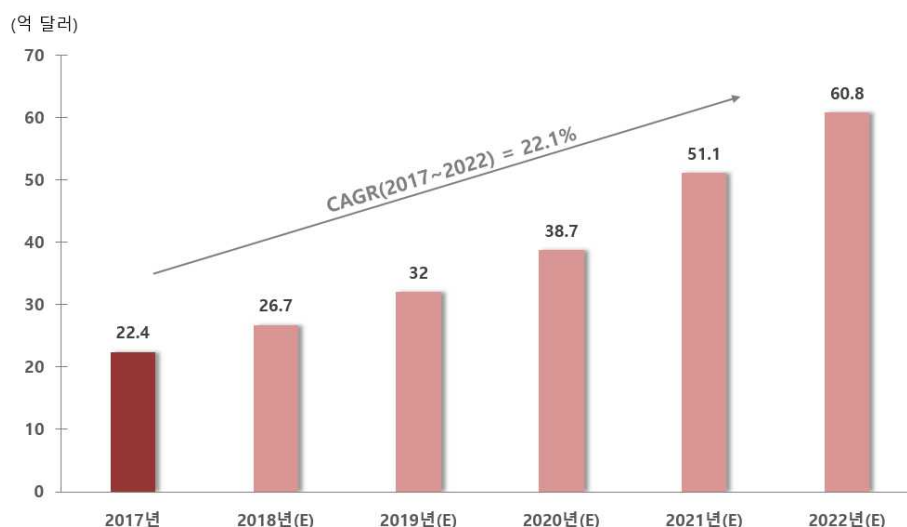
후방산업	스마트 섬유 산업	전방산업
<ul style="list-style-type: none"> <li>원사, 섬유 제직 및 가공</li> <li>모노머, 첨가제, 방사유, 염료, 조제, 가공제 등 섬유 가공 화학제품</li> <li>섬유기계 산업</li> <li>센서 소자 및 반도체 제조</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전도사제조기술</li> <li>섬유 기반 감지기술</li> <li>임베딩 기술</li> <li>유무선 전달기술, 신호 변환 기술, 분석 및 모니터링 기술</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>섬유·의류패션산업</li> <li>엔터테인먼트</li> <li>스포츠 및 피트니스 산업</li> <li>자동차산업</li> <li>의료산업</li> <li>군용 산업</li> </ul>
		

\*출처: 업계자료 종합, NICE평가정보 재가공

## ■ 세계 시장현황

2018년 Mordor Intelligence에서 발간한 ‘Smart Fabrics Market’에 따르면, 세계 스마트 섬유 시장은 2017년 22.4억 달러 규모로 파악되며, 2017년 이후 연평균 22.1% 성장하여 2022년에는 60.8억 달러의 시장규모를 형성할 것으로 전망된다. 형태별로는 2017년 기준 수동형(Passive) 스마트 섬유가 8.2억 달러, 능동형(Active) 스마트 섬유가 8.9억 달러, 활성(Ultra) 스마트 섬유가 5.3억 달러로 파악된다. 전자기기의 소형화 및 전자부품의 제조 단가 하락, 이로 인한 첨단기능의 스마트 섬유 시장에서의 수요증대가 향후 시장을 견인할 것으로 예상된다[그림 7].

[그림 7] 세계 스마트 섬유 시장규모



\*출처: Mordor Intelligence(2018), 중소기업 전략기술로드맵(2019), NICE평가정보 재가공

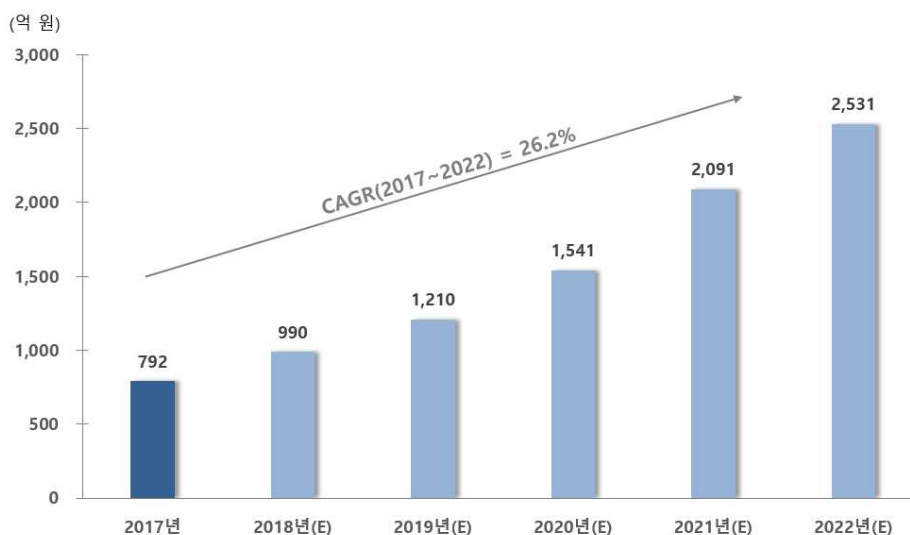
미국의 스마트 섬유 산업은 웨어러블 디바이스뿐만 아니라, 해당 범위를 넘어서 환경산업, 방위산업 등 다양한 분야로 확장되고 있다. 또한, 군수, 의료 등의 특수용도 중심으로 스마트 섬유가 생산되고 있으며, 정부 주도의 방위산업 관련 개발실적을 기업과 공유하면서 제품개발이 급격히 진행되고 있다.

한편, 중국, 인도의 업체들은 낮은 노동비용과 빠른 기술성장을 기반으로 유럽의 스마트 섬유제조 비용을 저감할 수 있는 허브(Hub)로서의 역할을 담당하고 있다. 특히 중국에서는 웨어러블 인포테인먼트(Infotainment)의 수요가 급증하고 있으며, 섬유제조 기술에 선진 스마트 의류 기술을 접목할 기회를 모색하고 있다.

## ■ 국내 시장현황

국내의 경우 2017년 792억 원 규모에서 연평균 26.17% 성장하여 2022년에는 2,531억 원의 시장규모를 형성할 것으로 전망된다. 아웃도어 시장의 확대와 함께 스포츠·피트니스용 시장을 중심으로 수요가 확대되어 가는 추세이며, 스마트워치, 스마트폰과 연계된 상품의 수요가 급격히 증가함에 따라 향후에도 높은 성장률이 지속될 것으로 전망된다[그림 8]

[그림 8] 국내 스마트 섬유 시장규모



\*출처: Mordor Intelligence(2018), 중소기업 전략기술로드맵(2019), NICE평가정보 재가공

스마트 섬유는 패션, 의료·헬스케어 분야, 군사·방위를 비롯한 특수용도 분야 등 산업 및 최종 소비자 전반에 적용될 것으로 전망되며, 향후 스마트 섬유 기술이 성숙기에 접어들면 새로운 활용 분야의 수직적 시장 창출이 가능할 것으로 예상된다.

특히, 인구 고령화와 건강에 대한 인식 증대는 입을 것만으로 건강상태를 측정할 수 있는 의료·헬스케어용 스마트 섬유의 수요를 촉진할 것으로 전망된다. 현재는 스포츠·피트니스, 의류·패션 분야에서 먼저 수요시장이 형성되고 있으나, 향후에는 의료·헬스케어 분야가 가장 큰 시장을 차지할 것으로 전망된다. 다만, 기존 서비스 대비 높은 가격으로 인해 특수한 성능에 대한 소비자 인식이 확대되는 데 일정 기간이 필요할 것으로 판단된다.

## ■ 과점기업이 없는 경쟁이 활발한 시장형태

현재 스마트 섬유 시장은 지속해서 새로운 기술이 등장하고, 어느 한 기업이 시장 전체를 좌우하는 과점기업이 없는 경쟁이 활발한 시장형태를 보인다. 다만, 스포츠 및 헬스케어 등 특정 분야와 직업군 내 소수에 의해 한정적으로 활용되고 있는 상황으로, 지속적인 성장을 위해서는 수요층 확대와 시장성 확보가 관건이다.

군사·소방·안전 관련 특수용도 스마트 섬유 시장의 경우 고기능성 및 강력한 내구성이 요구되는 고도의 기술집약적 분야로 R&D 투자 규모와 리스크가 크기 때문에 국내뿐만 아니라 미국, 유럽, 일본 등 세계적으로 정부 주도하에 군(軍), 연구소, 대학교 등에서 연구개발이 집중적으로 진행되고 있다.

국내 시장은 기능성을 중시하는 아웃도어 브랜드의 발열 의류 중심으로 스마트 섬유 상용화가 본격화 되었고, 더 나아가 스마트 섬유의 제품화 및 고도화를 위해 패션과 IT업계 간, 완제품 제조기업과 원천기술 개발기업 간 협력이 활발히 요구되는 시점이며, 섬유로서의 가치 창출과 동시에 향후 데이터 플랫폼으로서 활용 방안을 모색해야 한다.



## IV. 주요기업분석

### 스마트 섬유 산업은 섬유, 전자, 배터리 제조업 등 다양한 기업이 참여 중

스마트 섬유 산업은 국내·외 많은 업체에서 스마트 웨어러블 관련 제품을 출시하고 있지만, 선두 주자가 없는 상황이다. 현재 세계적인 스마트 섬유의 선도 기업은 미국의 Dupont, 일본의 Teijin Frontier 등이 있으며, ICT 융합 섬유와 관련된 원천기술을 확보하여 세계 시장을 선도하고 있다.

#### ■ 해외 주요업체 현황

스마트 섬유 산업 내 해외 업체로는 Dupont(미국), Sensoria(미국), Cyrcadia Health(미국), SIREN CARE(미국), Teijin Frontier(일본), Toray(일본), Toyobo(일본), AI SILK(일본), SVT(대만), Hexoskin(캐나다), OMsigna(캐나다), WARMX(독일), Alpha-Fit(독일) 등이 있으며, 이 외에도 다수의 기업이 시장에 참여하고 있다.

스마트 섬유 산업은 글로벌 대기업보다 스타트업의 혁신적인 시도에 의해 주도되고 있다. 특히, 스마트 섬유 제품이 가장 활발하게 등장하고 있는 스포츠·피트니스 분야의 경우 Nike, Adidas 등의 글로벌 브랜드보다 Athos, OMsignal, Hexoskin, Sensoria 등의 스타트업이 다양한 제품군으로 시장 성장을 주도하고 있는 것으로 파악된다.

[미국/Dupont] Dupont은 1802년 설립되어 미국 델라웨어주 월밍턴에 본사를 둔 세계 최고의 화학회사로, 2017년 Dow Chemical과 합병하여 DowDupont Inc.를 발족하였다. Dupont은 2018년 전도성 잉크를 이용해 인쇄(Printing) 방식으로 제조할 수 있는 스마트 섬유 Intexar™를 개발하였으며, Fitness, Heat, Health 3개의 제품군으로 상용화 하였다.

대표적으로 Dupont의 Intexar™ Fitness는 생체 인식을 기반으로 신체 활동을 모니터링하며 심장박동, 호흡수, 형태인식 및 근육긴장과 같은 중요한 생체 인식 데이터를 일반적인 직물을 통해 수집할 수 있게 한 스마트 의류이다. 이 기술은 표준 의류 제조공정에 적용하여 직물에 직접 전도성 잉크를 인쇄하기 때문에 디자인 및 설계가 용이하며, 신축성과 내구성이 우수한 장점이 있다. 또한, 100회 이상의 세탁 이후에도 반복적인 스트레칭이나 모니터링 성능에는 변함이 없는 것으로 파악된다[그림 9].

[그림 9] Dupont의 스마트 의류 Intexar™ Fitness



\*출처: Dupont

[일본/Teijin Frontier] Teijin Frontier는 섬유, 의류 등의 제품을 개발·생산하는 Teijin 그룹의 자회사로 일본 오사카에 본사를 두고 있다. Teijin Frontier가 개발한 NANOFRONT™는 세계 최초의 700nm 초미세 폴리에스테르 섬유로, 표면적이 기존 섬유 대비 수십 배에 달하며 우수한 흡수성, 반투명성, 미끄럼 방지 특성, 열 차단 특성을 갖고 있다.

Teijin Frontier는 2019년 1월 고기능성 NANOFRONT™ 섬유에 움직임을 감지하는 센서를 융합해 다양한 생체신호를 수집하고 전송이 가능한 스마트 의류 2종(Coaching Wear, Vital Sensing Wear)을 출시하였다. Coaching Wear는 착용자의 실제 움직임과 이상적인 움직임 간의 차이를 시각화하는 알고리즘을 구현한 제품으로, 스포츠 기술을 향상시킬 수 있으며, 신체 재활을 받는 사람들에게 적용 시 효과적인 코칭이 가능한 것으로 파악된다. Vital Sensing Wear는 생체 감지 기술을 통해 심박수, 심장의 전기적 활동 수준 등을 측정함으로써, 스포츠 활동 중 착용자의 위험을 예측할 수 있고, 운동능력 향상에 도움을 줄 수 있다[그림 10].

[그림 10] Teijin Frontier의 스마트 Coaching Wear



\*출처: Teijin Frontier

[대만/SVT] SVT(Sousveillance Technology)는 Aurum International Overseas Limited(영국)와 Canyon Circuit Technology(중국)가 2015년 합작하여 설립한 벤처기업이다. SVT는 인쇄, 에칭(Etching) 등에 대한 전문기술을 두 기업으로부터 전수 받아, 의류, 의료, 자동차 등에 적용 가능한 스마트 섬유를 개발하고 있다.

SVT는 현재 신축성 있는 전도성 회로 기술을 활용한 스포츠 의류 분야를 선도하고 있는데, TPU(Thermoplastic Polyurethane) 필름, 열 전도성 잉크와 같은 물질을 유연한 소재에 인쇄하여 회로를 섬유 원단에 직접 통합시키고 있다. SVT는 전통적인 인쇄 방법으로 회로를 제조하므로, 최종 스마트 섬유가 얇고 가벼우며, 100% 이상의 신축(Stretching) 시에도 결함이 없고, 100회 이상 세탁하여도 특성 변화가 크지 않은 것으로 파악된다[그림 11].

[그림 11] SVT의 스마트 섬유 및 적용 제품



\*출처: SVT

## ■ 국내 주요업체 현황

스마트 섬유는 2000년대부터 본격적으로 개발되기 시작한 신산업 분야로서, 국내 업체의 기술 수준은 선진국과 비교 시 격차가 크지 않은 것으로 분석된다. 미국, 유럽, 일본 등과 마찬가지로 국내 정부도 ‘소재·부품산업 산업기술 R&BD 전략’, ‘정보통신산업 산업융합 원천 R&D 전략’ 등을 통해 섬유와 ICT의 융합 분야에 지속해서 투자해왔다.

스마트 섬유 시장에 참여하고 있는 대표적인 국내 업체로는 코오롱글로벌텍, 아모그린텍, 톱텍, 블랙야크, 케이투코리아, 알파클로, 벤텍스, 케이원텍스, 벤투스솔루션, 광일섬유, 광림섬유, 영풍필텍스, 피에스솔루션 등이 파악된다[표 4].

[표 4] 국내 주요 생산업체 현황

구분	관련 기술	업체
전도성 섬유	전도사 기술	효성, 에스테크, 아진일렉트론, 한일합섬, 남광섬유, 케이원텍스, 벤투스솔루션, 광림섬유 등
	제·편직물	코오롱글로벌텍, 영풍필텍스, 웰테크글로벌, 풍전티티, 신흥섬유, 송이실업, 광일섬유, 에스엔티, 디엘에스, 알파클로, 벤텍스, 휴비스, <b>톱텍</b> , 하나일렉콤, 한일합섬
헬스케어용	생체신호추출기술	데상트코리아, 피에스솔루션, 블랙야크, 케이투코리아, 코오롱인더스트리, 알파클로, 삼성물산 패션부문, 와이에이치에이, 신영와코루, 한국전자통신연구원, 전자부품연구원, 엘바이오 등
안전보안용	발열·발한양 측정기술	코오롱, 한국전자통신연구원, 레드페이스 등
	발광기술 (디스플레이)	코오롱, SKC, 한국패션산업연구원, 한국생산기술연구원, 한국전자통신연구원 등
전자기기용	인터랙티브 기술	삼성전자, 코오롱, 한국전자통신연구원, 전자부품연구원 등
배터리	플렉서블 배터리기술	LG화학, 삼성SDI, <b>아모그린텍</b> , 한국전자통신연구원 등

\*볼드 및 밑줄 친 기업은 코스닥 기업임

\*출처: NICE평가정보

**[코오롱글로벌텍]** 코오롱글로벌텍은 1987년 설립된 비상장 기업으로, 전도성 고분자를 섬유 위에 직접 적용해 전기를 통하게 해 원하는 온도로 자유롭게 열을 발생시키는 발열 스마트 섬유 ‘HeaTex’를 개발하고 의류, 장갑, 방석, 매트 등에 적용하였다. ‘HeaTex’는 인체의 체온과 외부 기온 등을 감지하고 온도를 스스로 조절하는 디바이스를 포함하고 있다. 발열은 배터리의 전원공급으로 이루어지고 35~50℃ 수준의 발열이 가능하다.

또한, 코오롱글로벌텍은 기존의 발열 스마트 섬유 'HeaTex' 기술에 더하여 아웃도어 활동 중 조난에 대비할 수 있는 다양한 안전장치들이 접목된 'Life Tech' 을 출시하였다. 'Life Tech' 는 발열 기능뿐만 아니라, 영상 촬영이 가능한 블랙박스, 모스 부호로 신호전달이 가능한 LED, GPS 기능을 포함하고 있다. 따라서 조난 시 이러한 기능들을 통해 조난 신호를 보낼 수 있으며, 의류에 부착된 윈드 터빈은 풍력을 이용해 자가발전이 가능해서 생존과 안전에 도움을 줄 수 있다[그림 12].

[그림 12] 코오롱글로벌텍의 HeaTex 및 적용 제품(Life Tech Jacket)



\*출처: 코오롱글로벌텍, 코오롱인더스트리

[블랙야크] 블랙야크는 1990년 설립된 비상장 기업으로, 2015년부터 스마트 의류 야크온(YAK ON) 시리즈를 선보이고 있다. '야크온 H' 는 의류 내에 세탁이 가능한 발열 섬유를 내장하고, 온도제어 디바이스와 스마트폰 어플리케이션을 통해 의류 내부의 온도 및 습도를 제어하는 시스템이다. '야크온 H' 는 유럽 최대 스포츠 아웃도어 박람회인 ISPO에서 2016년 글로벌 황금상 등 11개 부문에서 수상하며 세계 시장에서 주목을 받았다.

'야크온 H' 의 온도제어 디바이스는 탈부착의 편의성과 세탁을 고려하여 마그네틱 커넥터로 손쉽게 탈착할 수 있으며, 디바이스에는 발열 섬유에 전원을 공급하는 배터리와 온·습도 센서가 내장되어 있다. '야크온 H' 는 착용자의 선택 단계에 따라서 의류 내 원하는 온도 및 습도 설정이 가능하고, 설정 범위에서 온·습도가 벗어나면 자동 조절 기능을 통해 쾌적한 상태를 유지할 수 있도록 설계되었다.

블랙야크의 '야크온 P' 는 운동 시 착용자의 신체 정보를 추적하여 보다 안전하고 효율적인 운동을 돕는 스마트 의류 시스템이다. '야크온 P' 에는 의류 안쪽에 있는 은사로 구성된 편물형 텍스타일 센서가 ECG 신호를 감지함으로써 심박수를 측정한다. 그리고 연결된 디바이스는 착용자의 심박수를 통신 모듈을 통해 스마트폰으로 전송하여 착용자에게 알린다. 또한, '야크온 P' 전용 어플리케이션은 수신한 심박정보로 착용자의 운동량, 운동거리, 운동시간 등을 계산하여 적정 운동을 통한 건강관리가 가능하도록 운동 효과를 모니터링 할 수 있다[그림 13].



[그림 13] 블랙야크의 스마트 섬유가 적용된 야크온 시리즈

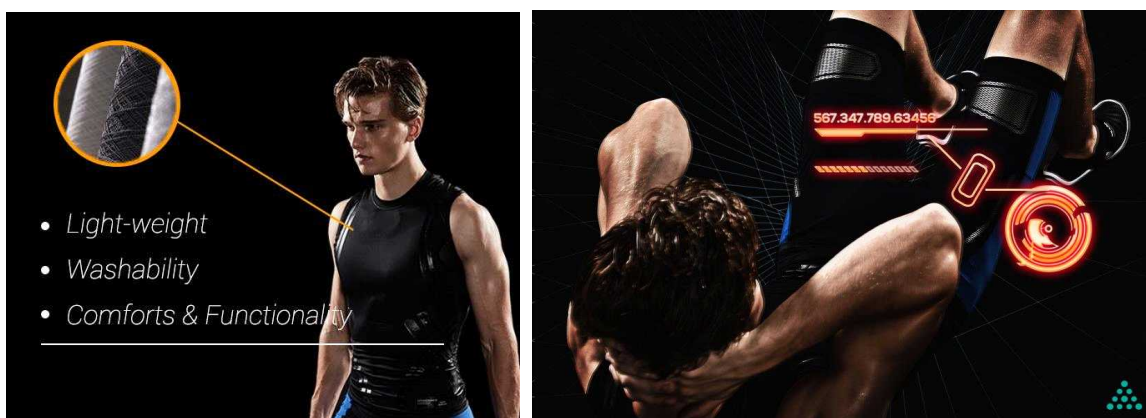


\*출처: 블랙야크

[알파클로] 알파클로는 2016년 설립된 비상장 기업으로, 스트레인(Strain) 센서를 의류에 적용하여 근육의 팽창도로부터 운동량을 측정하는 스마트 의류를 개발하였다. 신축성의 폴리우레탄 혼방 원단을 전도성 나노 카본 용액에 함침하여 텍스타일 스트레인 센서를 제작하고, 신장 시 코팅된 카본 나노 입자의 거리 변화에 따른 저항값을 통해 신장률을 계산하였다. 그리고 개발된 스트레인 센서를 피트니스 의류 내 근육 팽창도를 측정하고자 하는 부위에 삽입하여 봉제하고, 봉제선을 따라 삽입된 전도사를 통해 디바이스로 신호 값이 전달되도록 제품을 설계하였다.

알파클로의 스마트 의류 제품은 세탁이 가능하고, 필름 등이 의류 내 부착될 필요가 없으므로 이물감이 전혀 없으며 착용감이 우수한 장점이 있다. ECG 측정 방식이 아닌 근육 팽창도를 통해 근육 활동량을 측정한다는 점이 타 유사 기능의 제품과 차별되는 부분이다. 전용 애플리케이션은 근육 사용량, 부위별 균형 정도, 운동 목표에 따른 달성 정도 등을 가시화하여 스마트폰으로 전달함으로써 착용자 스스로도 보다 정확하고 효율적인 운동을 할 수 있도록 돕는다[그림 14].

[그림 14] 알파클로의 스트레인 센서가 적용된 스마트 의류



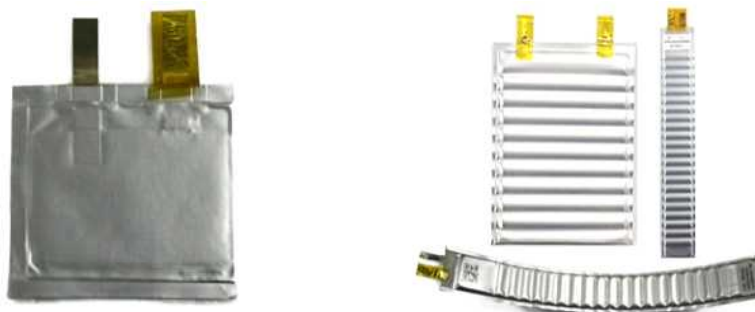
\*출처: 알파클로

■ 스마트 섬유 시장 내 국내 코스닥 기업 현황

[아모그린텍] 아모그린텍은 아모그룹의 소재 전문 관계사로, 나노 소재를 활용한 전기차, 5세대 통신(5G), 에너지저장 시스템(ESS), 차세대 IT 분야의 부품을 연구, 개발하는 기업이다. 2004년 아모센스로 설립하여 2010년 현재의 상호로 변경되었으며, 2019년 코스닥 시장에 상장되었다. 현재 사업부문은 첨단소재(고효율 자성 소재, 방열 및 나노 멤브레인 소재)와 기능성 소재 부품(FPCB, Flexible Battery), 환경에너지(ESS)로 구분된다.

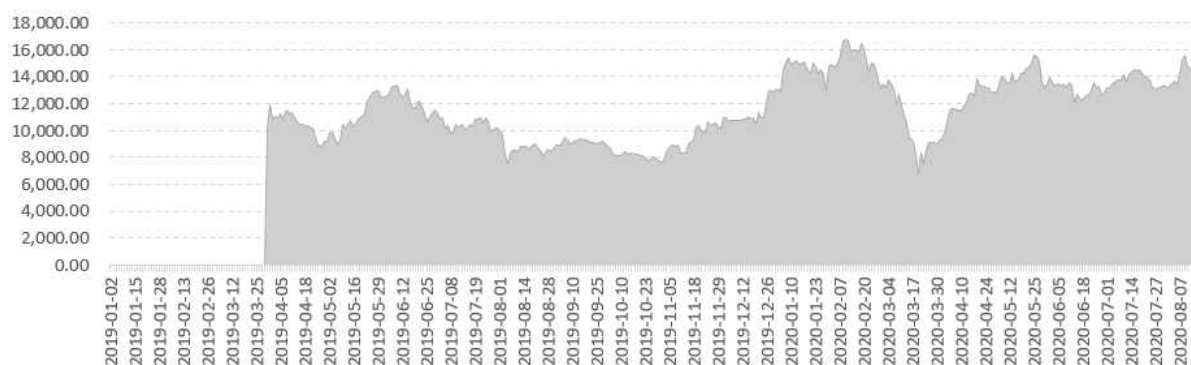
아모그린텍은 스마트 섬유와 밀접한 플렉서블 배터리의 양산화에 성공하였으며, 웨어러블 디바이스, 의료기기에 활용할 수 있다. 해당 제품은 최대 2,000mAh의 고용량화를 구현함과 동시에 최대 24cm 길이까지 제작이 가능하며, 자체 개발된 특수 분리막을 통해 구조적 안정성을 확보하였다[그림 15].

[그림 15] 아모그린텍의 초박형(좌) 및 플렉서블 배터리(우)



\*출처: 아모그린텍

[그림 16] 아모그린텍 주가추이(2019년~2020년 8월) 및 주요 재무현황/분석(개별)



(단위: %)	2017년	2018년	2019년
매출액증가율	59.04	-23.62	9.85
매출액영업이익률	1.54	-3.68	2.80
매출액순이익률	-4.79	-4.64	1.84
부채비율	1055.40	3185.53	132.35

**재무 분석**

- \* 방열 소재와 나노 멤브레인 소재의 판매 호조, FPCB의 수주 지속, ESS의 수주 증가로 전년 대비 매출 규모 확대.
- \* 매출 증가에 따른 원가구조 개선으로 영업이익 전년 대비 흑자전환, 외환 수지 저하에도 순이익 역시 전년 대비 흑자전환.

\*출처: Kisvalue, NICE평가정보 재가공

[**특택**] 특택은 1992년 특택 엔지니어링으로 개업 후 1996년 특택 법인기업으로 전환하였으며, 2009년 9월 코스닥에 상장되었다. 2013년 12월, 나노섬유 기반 전자재료기술을 통해 2020년 한국산업을 100대 기술에 선정되었다. 주요 사업 부문은 FA(Factory Automation)사업, 나노섬유사업, 태양광 설비 사업으로 구분되며, 물류시스템, 장비시스템의 FA사업 부문을 통해 대부분의 매출이 발생하고 있다.

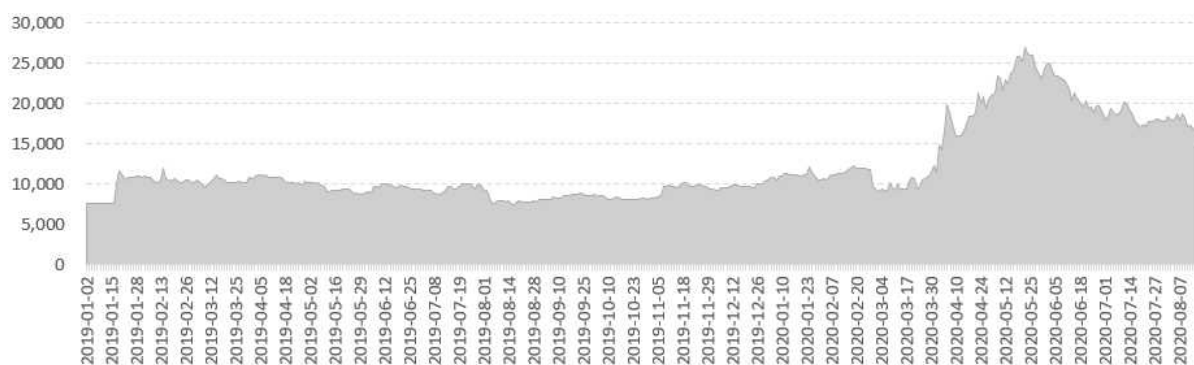
특택의 나노섬유 관련 사업 분야는 나노섬유 제조설비, 분리막, 아웃도어 섬유로 구분되어있다. 특히, 자체 개발된 전자파 차폐용 박막 원단을 기재로 사용한 전도성 테이프 원단은 2014년부터 삼성 무선사업부에 납품을 시작하였으며, 삼성전자의 갤럭시시리즈에 현재까지 적용되고 있다. 또한, 중국시장을 중심으로 전자파 차폐 소재용 전도성 원단의 수요가 점진적으로 증가하고 있다[그림 17].

[그림 17] 특택의 나노섬유 관련 사업 분야



\*출처: 특택

[그림 18] 특택 주가추이(2019년~2020년 8월) 및 주요 재무현황/분석(연결)



(단위: %)	2017년	2018년	2019년
매출액증가율	189.9	-72.9	-45.9
매출액영업이익률	18.6	2.7	-3.9
매출액순이익률	13.1	5.7	0.1
부채비율	35.9	14.2	31.9

**재무 분석**

- \* 나노섬유 소재가 적용된 여성용 위생용품 판매 시작하였으나, 주력 공장자동화 부문과 ESS 부문의 수주 부진으로 전년 대비 큰 폭의 매출 감소.
- \* 반도체 및 디스플레이 산업을 중심으로 투자 회복세가 기대되나, 글로벌 경기침체 및 자동차, 가전산업의 부진 등으로 매출 회복세는 제한적으로 전망됨.

\*출처: Kisvalue, NICE평가정보 재가공