

이 보고서는 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해 발간한 보고서입니다.

혁신성장품목분석보고서

 YouTube 요약 영상 보러가기

나노섬유

전기방사 대량생산 공정 확보를 통한 본격적인 상용화 진입

요약

배경기술분석

심층기술분석

산업동향분석

주요기업분석



작성기관

NICE평가정보(주)

작성자

선임연구원 김연재

- 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)로 연락하여 주시기 바랍니다.

나노섬유

전기방사 대량생산 공정 확보를 통한 본격적인 상용화 진입

■ 1900년대 초 확립된 전기방사 기술을 기반으로 2000년대 대량생산화 성공

나노섬유를 제조하는 핵심기술인 전기방사 기술은 1795년 고전압하의 전기장에서 물방울이 전하되어 미세한 필라멘트를 방출하는 현상을 바탕으로 이론적 토대가 마련되었으며, 1930년 특허가 출원되기도 하였으나 1900년대 후반에서야 본격적인 상용화 연구가 시작되었다.

2000년 이후 방사공정의 다변화로 고분자 나노섬유의 대량생산 체계를 구축하였으며, 현재 가정용 및 산업용 필터와 부직포 제품에 본격적으로 상용화되기 시작하였다. 국내의 경우 2010년대 초반에 나노섬유 제조설비를 확립하여 본격적인 시장이 형성되었다.

■ 초미세먼지와 코로나19 바이러스 확산에 따른 필터용 나노섬유 소재 부각

최근 $2.5\mu\text{m}$ 이하의 지름을 갖는 초미세먼지와 80~100nm의 크기를 갖는 코로나19 바이러스가 이슈가 되면서 마스크 시장과 공기청정기 시장이 크게 성장하였으며, 필터 제조기술 수요가 크게 증가하였다. 현재 주로 이용되고 있는 멜트블로운(MB) 필터는 마이크로미터의 크기를 갖는 부직포로 정전기를 부여하여 미세먼지를 차단하는 방식이나 공기 중 바이러스 차단에 한계가 있다. 반면 100nm급의 나노섬유는 조직이 치밀하고 다공성으로 초미세먼지와 바이러스 등의 물리적인 차단에도 큰 효과를 가진다.

전기방사는 무방향성 방사로 부직포 나노섬유 제조만 가능했으나 최근 집진판의 개선을 통해 격자구조를 가지는 나노섬유 제조공정이 개발되었으며, 이를 통해 견고한 구조의 나노섬유 제조가 가능해졌으며, 세탁이 가능한 미세먼지 차단용 마스크, 아웃도어 섬유용 기능성 의류 등 다양한 분야로의 적용이 확대될 것으로 전망된다.

■ 다양한 소재 적용을 통한 고부가가치 산업분야 확대 전망

고분자 나노섬유의 열처리를 통한 환원 기술과 전기방사가 가능한 액적 개발을 통해 고분자 외에 탄소, 금속, 금속산화물 및 세라믹, 유리 등 다양한 소재로 구성된 나노섬유 제작이 가능하며, 이를 통해 슈퍼커패시터, 2차전지 전극, 연료전지 전극, 투명전극 등 에너지 및 전자산업에 고부가가치 소재로 활용될 것으로 보인다.

한편 기상성장 등 Bottom-up 방식의 나노섬유 제조기술을 바탕으로 전기방사 기술보다 우수한 성능의 제품 제조가 가능하며, 현재 생산성 향상과 제조비용 절감에 대한 기술개발에 주력하고 있다.

I. 배경기술분석

높은 비표면적과 다공성으로 기능성 섬유 및 에너지/전자 소재로 활용

나노섬유는 1 μ m 이하의 초미세 섬유로 높은 비표면적과 다공성을 바탕으로 생활용 및 산업용 필터로 활용되고 있으며, 의류 등 기능성 섬유와 전극 소재로의 활용성이 확대되고 있음.

1. 산업 생태계 분석(정의, 구조 및 특징)

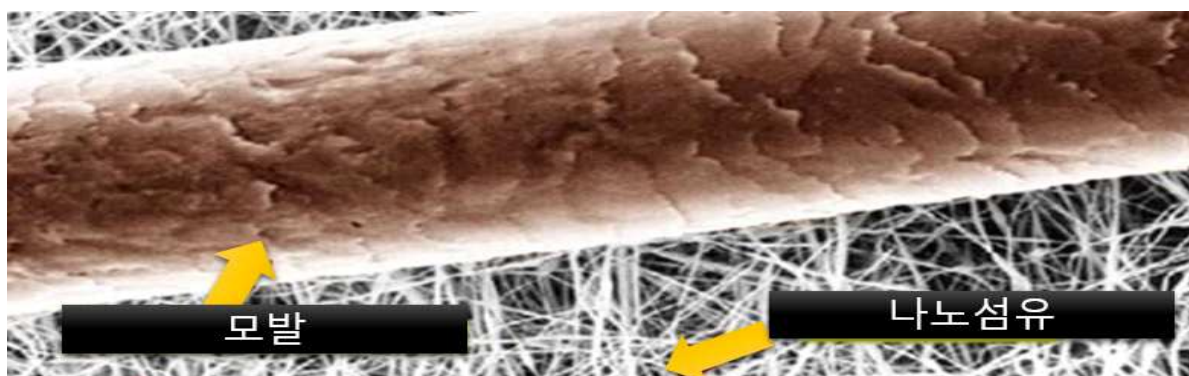
■ 모발 굵기의 100분의 1보다 작은 초미세섬유

나노미터(nm)는 1m의 10억분의 1에 해당하는 길이의 단위로 10⁻⁹m로 표현된다. DNA의 크기가 3~4nm이며, 코로나바이러스의 크기가 80~100nm의 수준으로 육안으로 구분할 수 없는 초미세 영역이다. 가시광선의 파장이 400~700nm 수준으로 100nm 이하의 물질은 일반 광학 현미경으로도 관찰이 쉽지 않아 일반적으로 주사전자현미경(SEM)과 투과전자현미경(TEM) 등 장비를 이용해야 관찰할 수 있다.

나노 크기의 물질을 합성 및 조립, 제어하는 기술을 나노기술이라고 하며 1981년대 주사터널링 현미경(STM)의 발명과 1998년 미국 국가나노기술개발계획 발표를 기점으로 본격적으로 연구가 진행되었다. 나노기술은 어느 한 영역의 기술을 의미하는 것은 아니며 기계, 소재, 전자, 화학, 바이오 등 다양한 기술 분야에서 개발되고 있는 소재기술의 연구 트렌드 중 하나이다. 나노 소재기술의 대부분이 2000년 이후에 개발되었으며, 수명 주기상 도입기 또는 성장기에 있다.

나노섬유는 나노소재기술 중 하나로 섬유의 직경이 나노미터 사이즈인 초미세섬유로 정의된다. 일반적인 머리카락의 굵기인 100 μ m의 1/100 보다 작은 수준이며, 초미세면지(2.5 μ m)보다도 작은 수준이다. 일반 합성섬유를 나노미터 직경의 크기로 제작하는 고분자나노섬유 외에도 탄소섬유로 제작하는 탄소나노섬유가 있으며, 유리나노섬유, 세라믹나노섬유, 금속나노섬유 등 다양한 나노섬유가 존재한다.

[그림1] 나노섬유의 크기 비교

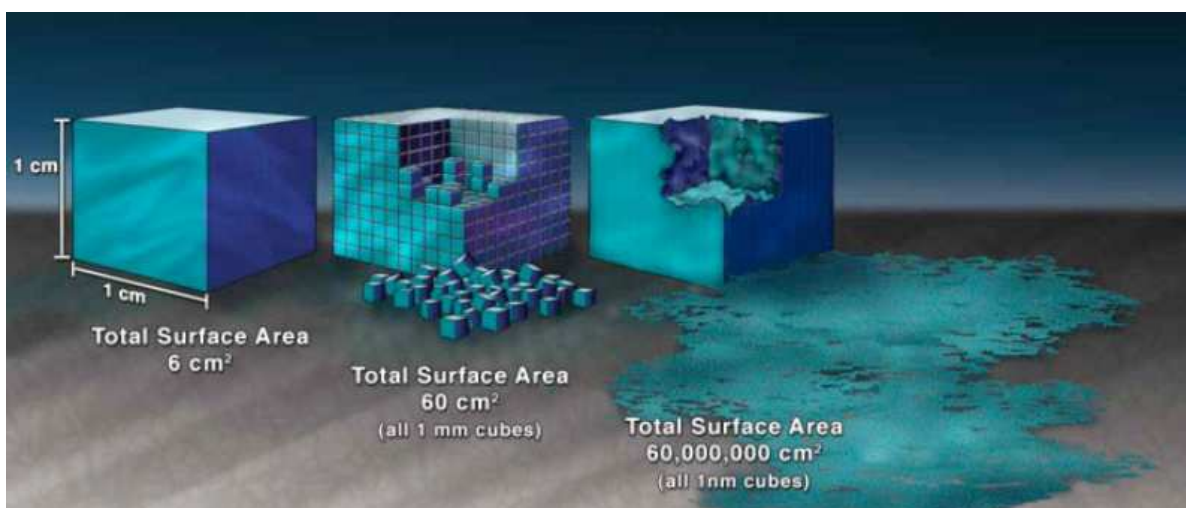


*출처: Nanofibers In Pharmaceuticals-A Review(2012)

■ 높은 비표면적과 낮은 밀도로 다양한 산업 분야에 활용

나노소재는 벌크물질(Bulk Materials)과 같은 구조라 하더라도 부피 대비 표면적의 비가 매우 크다. 실제로 부피가 1cm³인 물질이 1nm³로 모두 분해될 경우 입체의 표면적은 1,000만 배가 증가하게 되며, 이러한 특징으로 인해 동일 소재와는 다른 전기적, 광학적, 자기적, 화학적 성질들을 가진다. 이러한 점을 바탕으로 기존 기술 분야의 한계를 뛰어넘고 다양한 기능성을 가지는 제품을 개발할 가능성을 제공한다.

[그림 2] 입체 모형이 나노구조로 변화할 때 나타나는 표면적 증가



*출처: United States National Nanotechnology Initiative 홈페이지(www.nano.gov, Nanotechnology101)

나노섬유는 단위 부피당 표면적이 넓고 섬유 내부에 미세기공이 균일하게 분포되어 있어 전반적으로 밀도가 낮은 편이다. 이러한 특성으로 인해 초경량, 고강도, 생체적합성 등 다양한 기능을 가지게 된다. 이를 활용하여 필터뿐 아니라 아웃도어 등 기능성 의류에도 적용할 수 있으며 의료소재 분야, 신재생에너지 및 에너지 저장 소재 등에 응용될 수 있는 등 기존 섬유기술과 비교하여 타 산업 분야로의 확장성이 넓은 편이다.

2. 주요 산업 이슈

■ 고분자 나노섬유 위주의 상용화 연구 진전

합성수지(고분자)제의 나노섬유는 미세한 직경으로 인한 차단 효과와 섬유 내부의 미세기공으로 인해 초미세먼지 및 황사, 바이러스 차단용 필터로 제작되고 있으며, 의류용 소재 및 의료용 섬유 분야로도 이용될 수 있다. 초미세 전기방사 나노섬유 제조기술은 2000년 이전에도 기술이 확립되어 있었으나 생산성 문제로 본격적인 상용화 개발은 2000년대 초부터 시작되었으며, 2010년대부터 필터제품을 중심으로 본격적으로 상용화되기 시작하였다.

최근에는 코로나19의 바이러스 확산으로 인해 바이러스 제거를 위한 필터용 나노섬유 기술이 이슈가 되고 있다. 면 마스크 등 직물제 마스크의 경우 직물 사이의 공간으로 인해 차단성능이 낮아 바이러스나 비말 등이 투과될 확률이 매우 높다. KF80 및 KF94 마스크 등 식약처에서 인증 받은 마스크는 대부분 멜트블로운(Melt Blown) 공정을 통해 제조된 마이크로 섬유 부직

포에 정전기를 부여한 MB필터를 마스크 내부에 적용하는 방식이다. 미세먼지나 황사에 대한 차단성능은 우수하지만, 물리적으로 공기 중의 바이러스(10~200nm)가 투과할 수 있는 공간이 존재하며, 높은 습도나 비 등으로 인해 정전기가 사라지면 차단성능은 크게 감소한다. 최근 판매되고 있는 나노필터 섬유 마스크는 물리적으로 미세물질이 통과할 공간이 작아 비말이나 공기 중 바이러스 차단효과가 높다. 다만 KF인증을 받기 위해서는 현재 식약처의 안전성 검증에 대한 기준마련이 남아 있어 시일이 걸릴 전망이다.

[그림 3] 고분자 나노섬유 상용화 분야



*출처: (주)라임 홈페이지(limenano.co.kr), NICE평가정보 재가공

마스크 분야 이외에도 차량용 공기필터와 공기청정기의 공기필터는 이미 일부 상용화되고 있으며, 그 범위가 확대되고 있다. 이외에도 플랜트 및 환경정화 등 산업용에 적용하고 있는 가스 및 수처리 필터, 기능성 섬유, 화장용 마스크, 방충망, 의료용 섬유, 2차전지 분리막 등에서도 적용이 확대되고 있다.

■ 다양한 소재의 나노섬유화를 통한 신제품 개발 주력

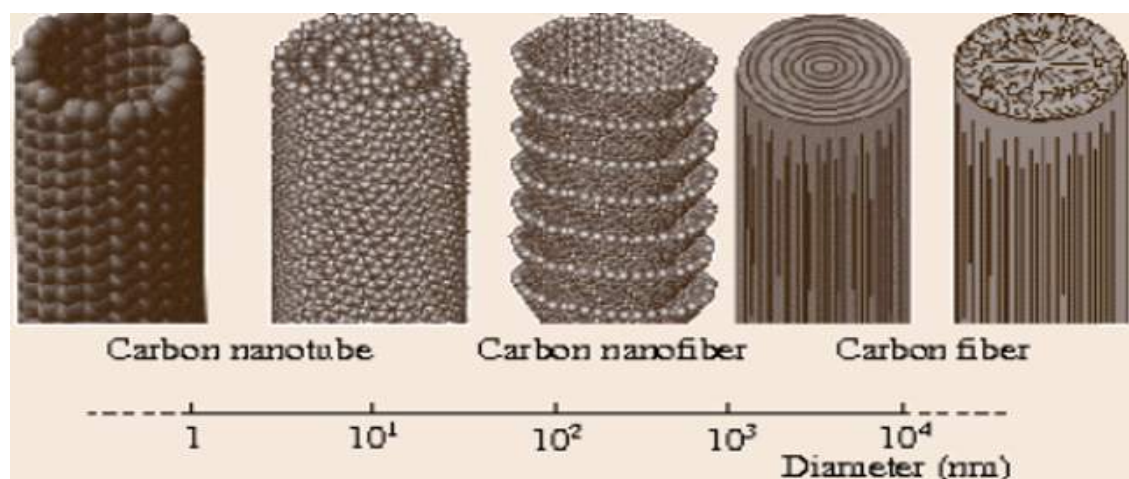
탄소나노섬유(Carbon nanofiber)는 전기방사와 기상성장 공정이 개발되어 있으며, 전자 및 에너지 산업 분야로 연구가 진전되고 있다. 전기방사 공정은 전기방사를 통해 고분자 섬유를 제작하여 이를 탄화하는 공정으로 전기방사를 제외하면 기존 탄소섬유 공정과 동일하게 진행된다. 한편 기상성장 공정은 기체 상태의 탄소(또는 탄소화합물)를 챔버 내에서 물리적, 화학적 반응을 통해 고체 섬유 형상으로 성장시키는 공정이다. 이렇게 제조된 탄소나노섬유는 탄소함량이 100%에 가까우며, 탄소나노튜브(Carbon nanotube)가 길게 연장된 구조와 유사하여 기계적, 전기적 성능이 매우 뛰어나다.

나노 크기의 직경을 갖는 탄소섬유는 기존 탄소섬유의 직경인 약 5~20 μ m의 최대 100분의 1 수준인 5~200nm의 수준으로 매우 미세하다. 전기방사 공정으로 제조된 탄소섬유는 탄소의

비중이 90% 이상으로 전도성이 우수하여 다양한 전자소재로 적용할 수 있다. 주로 슈퍼커패시터와 연료전지, 리튬이온전지의 전극으로 적용될 수 있으며, 촉매를 지지하는 지지체와 가스 흡착제 등으로 적용할 수 있다.

한편 기상성장 공정에서는 우수한 기계적 성능을 이용하여 강화 복합재료와 리튬이온전지의 충전제 등 전기전도성 향상을 위한 소재로 적용할 수 있다. 다만 제조비용이 많이 들고 시간이 오래 걸리기 때문에 상용화가 쉽지 않으며, 현재는 이러한 문제를 극복하기 위한 연구개발이 활발히 진행되고 있다.

[그림 4] 직경에 따른 탄소나노섬유 구조



*출처: Springer Handbook of Nanomaterials(2017)

세라믹나노섬유는 주로 실리카나 알루미나 섬유를 나노 크기로 제작한 것으로 일반 세라믹 섬유 크기인 2~4 μ m보다 최대 100분의 1의 직경을 갖는다. 주로 금속촉매 담지용이나 전기차 배터리 커버용으로의 적용에 관한 연구가 진행되고 있다. 금속산화물 나노섬유를 이용한 고감도 가스센서와 구리 나노섬유를 이용한 투명전극, 유리 나노섬유를 이용한 치과 및 정형외과용 소재, 목재에서 추출한 셀룰로오스 나노섬유를 이용한 복합재료 및 고강도 소재 등 다양한 소재를 활용한 나노섬유 제조 및 적용 연구가 진행되고 있으나 기업 차원에서 본격적인 상용화를 진행하기에는 시간이 다소 소요될 것으로 보인다.

Ⅱ. 심층기술분석

전기방사 대량생산 시스템의 상용화로 나노섬유 산업 확대

전기방사는 액적에 고압의 전기장을 부여하여 방사하는 공정으로 10~100nm대의 나노섬유 부직포 제조가 가능하며, 집진판의 개선을 통해 격자구조의 나노섬유가 상용화 되었음.

1. 핵심기술 및 개발동향

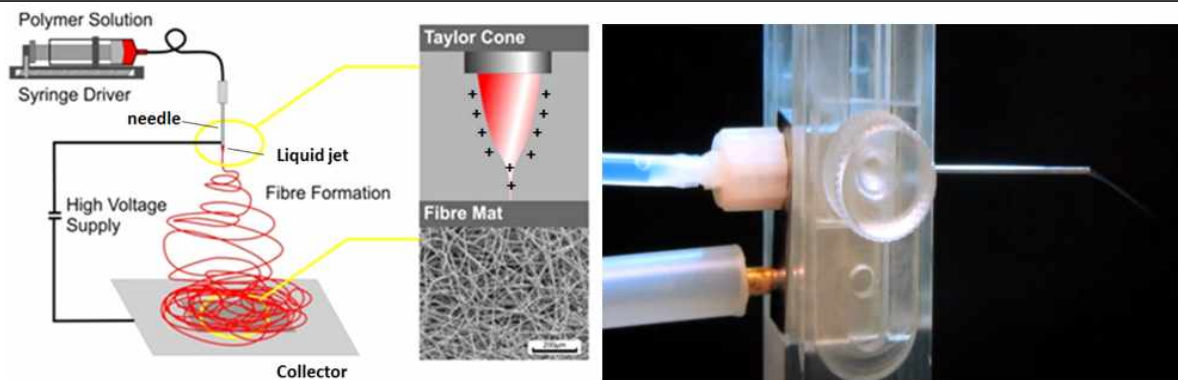
가. 핵심 요소기술

■ 전기방사를 통한 나노섬유 제조공정

섬유는 굵기별로 일반섬유, 극세섬유, 초극세섬유, 나노섬유 등으로 구분된다. 극세섬유의 기준은 1데니어(denier) 이하로 정의되는데 원사 1g으로 9,000m의 실을 만들었을 때의 굵기를 뜻하며, 실제 크기는 약 11 μ m이다. 극세섬유는 0.1~1데니어로 그 크기는 3.5~10 μ m로, 거미줄과 유사한 수준이다. 초극세섬유는 0.01~0.1데니어로 1~3.5 μ m이며, 나노섬유는 그 이하로 나노미터 수준의 직경을 가지는 섬유를 뜻한다. 마이크로 크기의 화학섬유사는 고분자 물질을 용융한 후 이를 노즐을 통해 압출하는 방사 공정(Spinning)으로 제작한다. 그러나 노즐이 작아질수록 압출에 한계가 있어 나노섬유를 제작하기 위해서는 특수공정이 요구된다.

전기방사(Electrospinning) 공정은 초미세섬유 및 나노섬유 제작의 핵심 공정 중 하나로 이미 1930년 미국에 특허가 출원된 이력이 있으며, 그 이전부터 이론이 수립되어 있었으나 2000년 이후 나노기술의 확대 및 적용제품 수요로 인해 본격적으로 상용화되기 시작하였다. 전기방사 공법은 용융 및 용해된 액체 상태에서 노즐을 통해 방사되는 부분은 동일하나 고압의 전기장을 통해 액적(액체 방울)을 전하 시키는 부분에서 차이가 있다.

[그림 5] 전기방사 공정 개요도와 실제 방사 장면



*출처: LG화학 기술원(전기방사와 이를 이용한 나노섬유상 구조, 2011), Canal Divulgacion(Electrospinning Technique)

전기방사 공정에서 노즐 끝에서 생기는 액적에 최대 30kV의 고전압을 인가하여 전기장을 형성시키면 액적에 전하가 축적하게 되며, Taylor Cone 이라고 불리는 원뿔 형상으로 변

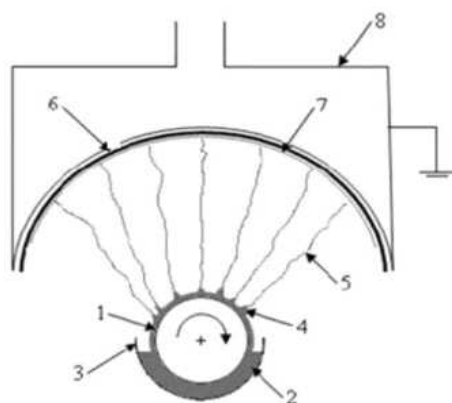
하게 된다. 액적 내에서 어느 정도 전하가 모이면 Taylor Cone의 끝에서 용액이 분사되며, 응고하면서 반대편의 집진판에 모인다. Taylor Cone의 끝에서 분사되는 고분자의 직경은 매우 미세하며, 전압과 분사 속도 조절을 통해 $2\mu\text{m}$ 이하의 직경을 갖는 섬유를 제작할 수 있다.

■ 전기방사 대량생산화로 나노섬유 필터 상용화 앞당겨

전기방사 공법은 용융이 가능한 다양한 고분자 용액을 재료로 이용할 수 있으며, 전압과 용액의 주입 속도 등을 통해 그 두께를 자유자재로 조절할 수 있다. 해당 공정은 최대 9nm 수준의 직경을 가지는 섬유를 제작한 사례도 보고되었으나 일반적으로 100nm 급의 부직포형 나노섬유를 얻는 데 효과적이다.

다만 전기방사 공법의 최대 단점은 생산속도 대비 비용이다. 노즐 하나에 시간당 0.1g 의 나노섬유 생산이 산술적으로 가능하며, 고압의 전압을 걸어야 하므로 그만큼 비용도 많이 들어 대량생산화에 걸림돌이 된다. 이를 해결하기 위해 최근에는 하나의 전기장에 다양한 노즐을 설치하는 Multi-needle 전기방사 공법과 노즐 없이 용액을 액적화 하여 방사하는 Needleless 전기방사, 다수의 나선형 탐침봉을 활용한 Syringless 전기방사 공법이 개발되고 있다.

[그림 6] 전기방사 대량 생산을 위한 Needleless 전기방사 공정



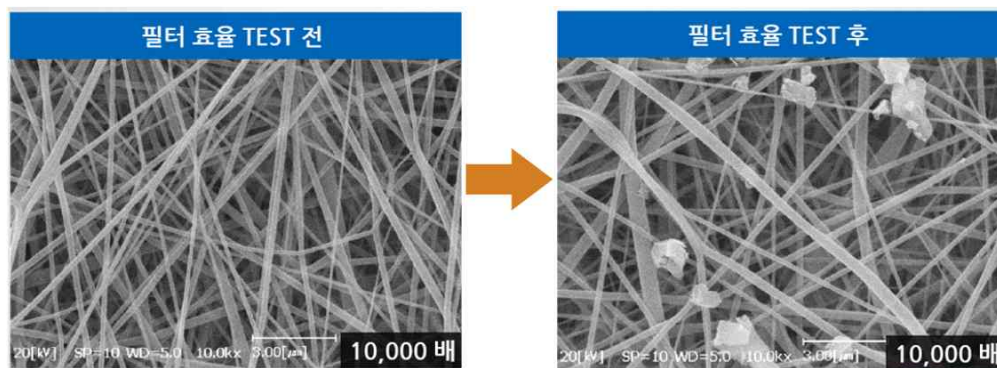
* 출처: 한국섬유개발연구원(전기방사와 나노파이버, 2018)

■ 코로나19 바이러스 확산으로 나노섬유 필터 마스크 출시 확대

이처럼 낮은 생산효율에도 불구하고 매우 우수한 성능을 가지는 부직포 제조가 가능한 장점 때문에 최근 연구소뿐 아니라 기업 중심으로 대량생산화에 관한 연구가 진행되고 있다. 특히 최근에 코로나19 바이러스 확산과 함께 전기방사를 활용한 나노섬유 제조공정과 나노필터에 대한 특허가 증가하고 있으며, 나노섬유 필터를 활용한 마스크가 잇따라 출시되고 있다.

코스닥 상장사인 레몬의 전기방사 나노필터는 약 $100\sim 200\text{nm}$ 의 수준으로 $1\mu\text{m}$ 이하의 미세 먼지도 효과적으로 차단할 수 있는 기능을 제공하고 있다. 다만 식약처에서 나노필터에 대한 안정성, 유효성 검증 기준을 새로 제시해야 하는 문제가 있어 나노섬유 필터 마스크의 식약처 인증에는 일정 시일이 걸릴 것으로 전망된다.

[그림 7] 나노섬유 필터를 적용한 섬유의 필터 효과



*출처: (주)레몬 홈페이지(www.lemonano.co.kr)

기존 멜트블로우(MB) 필터 마스크는 용융 및 방사 후 정전기를 부여하여 초미세먼지를 잡는 방법으로 제조된다. 용융방사 공정이기 때문에 나노필터에 비해 직경이 크고 정전기를 잃으면 미세먼지 및 바이러스의 통과가 쉽고 숨쉬기가 쉽지 않다는 단점이 있다. 그러나 나노필터의 경우 섬유 내 다수의 hole이 형성되어 있고 통기성이 높아 숨쉬기가 편한 장점이 있다.

이처럼 전기방사를 활용한 나노섬유 제조기술은 간단한 원리와 간단한 설비구조, 우수한 제품 생산 등 많은 장점이 있으나 대량생산화에 따른 기술적 진입장벽이 존재해 왔다. 최근 전기방사 대량생산화 기술의 진보로 인해 나노섬유를 적용한 부직포 제품이 증가하고 있다. 이러한 부직포 제품은 마스크 이외에도 공기청정기 필터와 에어컨 필터 등 공기정화 부문에도 적용할 수 있으며, 오일필터, 수처리필터 등 분야에도 적용 가능성을 보여 자동차, 가전, 환경 분야에 널리 적용될 것으로 보인다.

■ 방향성을 가지는 나노섬유 개발을 통해 고분자 나노섬유의 적용 확대

최근까지 상용화되고 있는 나노섬유는 섬유의 형성이 불규칙하기 때문에 부직포의 용도로만 이용됐으나 최근에는 집진판(Collector)의 형식을 다변화하여 방향성을 가지는 섬유 제조기술이 활발히 진행되고 있다. 이를 통해 정렬된 형태의 나노섬유 제조가 가능해졌으며, 직교 형태로 제작하여 더욱 향상된 필터 성능과 의류용 기능성 섬유 제작도 가능해졌다. 기존 방향성이 없는 부직포 형태의 섬유는 세탁 시 구조가 손쉽게 변형되어 재사용이 어려운 문제가 있으나 방향성을 갖는 나노섬유는 직교 형태로 제작할 시 구조가 견고하여 세탁이 가능한 장점이 있다. 이를 통해 최근 알코올로 세탁이 가능한 나노섬유 마스크를 개발하여 상용화를 추진하고 있다. 이처럼 최근 전기방사 공정의 개선을 통해 나노섬유 제조영역은 의복과 의료용 섬유 등으로 다변화될 것으로 보인다. 나노섬유를 이용한 옷감은 우수한 통기성을 가질 뿐 아니라 방수기능이 뛰어나 옷감 내부로 오염물질이 잘 스며들지 않으면서도 수분 배출능력은 우수하다. 현재는 스포츠용 의복과 방호복 등에 적용되고 있으며, 향후 일반 의류나 운동화 등 대량생산화에 따른 적용 범위는 확대될 것으로 보인다. 향후 나노섬유의 흡착 특성과 세포생체재료 인식 특성을 활용하여 자동으로 디자인이 바뀌고 생체정보를 인식하고 나타낼 수 있는 등 BT, IT융합기술로의 발전도 기대된다.

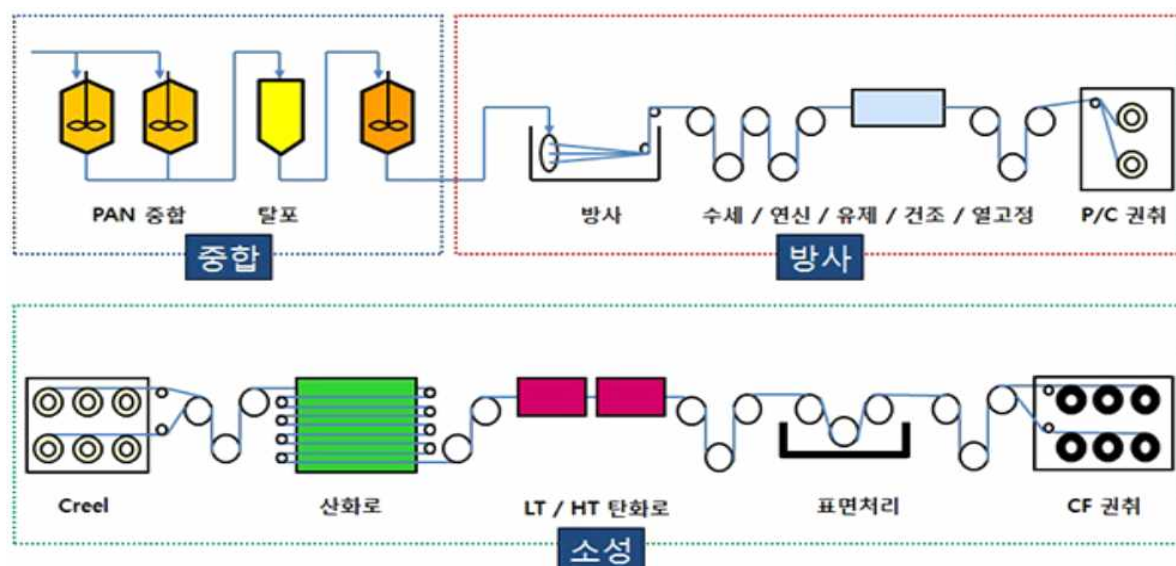
나. 발전 방향 및 개발 트렌드

■ 전기방사를 통한 탄소나노섬유 대량생산화 기대

나노섬유는 기존 개발되었던 전기방사 공정의 대량생산화 개발을 바탕으로 고분자 분야에서 양산화가 앞당겨지고 있으며, 많은 기업이 상용화에 참여하고 있다. 그러나 고분자 이외의 나노섬유 소재의 영역에서는 상용화 사례가 적으며, 연구기관 및 대기업 차원에서 지속해서 연구를 수행하고 있다. 한편 탄소나노섬유는 기존 전기방사 공정을 이용하여 제조할 수 있으며, 이를 적용한 관련 특허들도 다수 출원되어 있어 대량생산화 가능성이 커지고 있다.

탄소섬유는 탄소가 92% 이상 차지하는 섬유로 용융온도가 약 3,000도이기 때문에 그 자체로 용융방사가 어렵다. 그러나 아크릴 등 기존 고분자 섬유를 섬유로 방사하여 열처리한 후 불활성 가스 분위기에서 산소, 수소, 질소 등의 분자를 제거하는 탄화공정을 통해 제조할 수 있다. 탄소나노섬유 전기방사 공정을 통해 고분자 나노섬유를 추출한 후 안정화 및 탄화공정을 통해 탄소 이외의 분자를 제거하여 얻을 수 있다. 즉, 기존 탄소섬유 제조공정에 전기방사 공정만 변형하면 된다. 이렇게 제작된 나노섬유는 흑연 구조로 이루어져 있어 전기전도도 및 열전도도가 우수하며, 강도가 높은 장점이 있어 전자 및 에너지 소재로의 적용에 관한 연구가 진행되고 있다.

[그림 8] 탄소섬유 제조공정

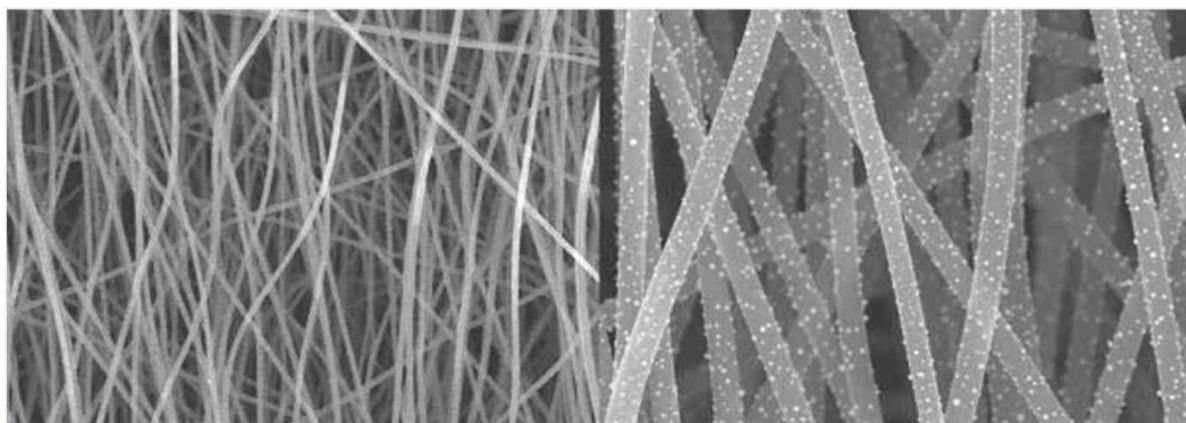


* 출처: ㈜효성 블로그(blog.hyosung.com, 탄소섬유는 어떻게 '미래산업의 쌀'이 되었나, 2019)

탄소나노섬유 적용에 있어 가장 연구가 활발한 분야는 슈퍼커패시터 등 전극 재료 분야이다. 커패시터는 2개의 도체판 사이에 전기가 흐르지 않는 절연체로 구성되어 있으며, 두 도체판에 서로 다른 전하(양극과 음극)를 유도해 인력에 의해 두 전하를 고정하는 장치이다. 커패시터의 용량을 크게 증가시키면 에너지 저장장치로 활용할 수 있다. 이러한 커패시터의 전극에는 주로 탄소가 이용되며, 이를 탄소나노섬유로 적용할 경우 비표면적이 극대화되어 전기전도도가 향상되고 축전량이 증가하며, 전극 내 저항이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 탄소나노섬유는 백금촉매 담지체로 연료전지 분야에도 적용할 수 있다. 연료전지는 산

소와 수소의 결합을 통해 에너지를 발생하고 부산물로 물을 발생시키는 친환경 에너지 발생장치로 현재 수소차, 연료전지발전 등에 상용화되고 있다. 백금은 전극 내에서 산소와 수소의 결합에 대한 촉매로 작용하고 있으며, 탄소섬유 전극에 나노 분말로 부착되어 있다. 만약 전극의 탄소섬유를 매우 미세한 크기로 제작하게 되면 비표면적이 증가하여 매우 많은 양의 백금 입자 부착이 가능하다. 또한 탄소나노섬유의 소수성과 높은 전기전도도로 전극 내부에 물이 넘치는 현상을 방지할 수 있는 기능이 발견되었다.

[그림 9] 백금촉매가 담지된 탄소나노섬유



*출처: 아모그린텍 특허(10-0914991), 백금족 금속 입자가 부산된 탄소 또는 흑연화 나노섬유 및 그 제조방법

■ 다양한 소재의 나노섬유와 새로운 공정 개발을 통해 전자 및 에너지산업에 기여

탄소섬유 제조공정과 마찬가지로 전구체 용액을 활용하여 금속 및 금속산화물 소재의 나노섬유도 제작할 수 있다. 즉, 금속 화합물 용액을 전기방사를 통해 섬유로 제작하고 열처리를 통해 환원하는 방식으로 전기방사 공정을 더욱 폭넓게 적용할 수 있을 것으로 보인다. 전기방사 이외의 공정으로는 고체 물질을 기화한 뒤 선형으로 증착시키는 화학기상증착법(CVD), 플라즈마기상증착법(PVD)이 있으며, 매우 우수한 결정의 소재를 제조할 수 있으나 제조비용이 비싸고 생산속도가 느려 이를 극복하기 위한 연구를 수행하고 있다.

나노섬유는 기존의 고분자 합성섬유라는 틀에서 벗어나 다양한 소재로 제조할 수 있으며 전자, 섬유, 바이오, 에너지 이외에도 매우 많은 산업 분야에서 적용 가능성을 보인다. 살펴본 바와 같이 최근 나노섬유 기술분야는 전기방사 공정의 대량생산화가 가능해 필터와 기능성 섬유 분야에서 본격적인 상용화가 이루어지고 있다. 이러한 점을 감안 시 단기적으로는 고분자 섬유 분야에서 나노섬유가 차지하는 비중이 커질 것으로 전망된다. 장기적으로는 고분자 외 탄소섬유, 금속, 세라믹 등 분야에서 대량생산화 및 생산비용 절감과 관련된 괄목할만한 연구성과를 이룰 것으로 보이며, 전자 및 에너지 분야의 기술 성장에 크게 기여할 수 있을 것으로 보인다.

Ⅲ. 산업동향분석

나노섬유의 대량생산화를 통해 기능성 고분자 섬유 시장을 중심으로 성장

2000년대 이후 국내 및 해외기업에 전기방사 대량생산 설비가 구축되었으며, 최근 초미세면지 및 바이러스 필터용 섬유 소재로 시장 수요가 확대되고 있음.

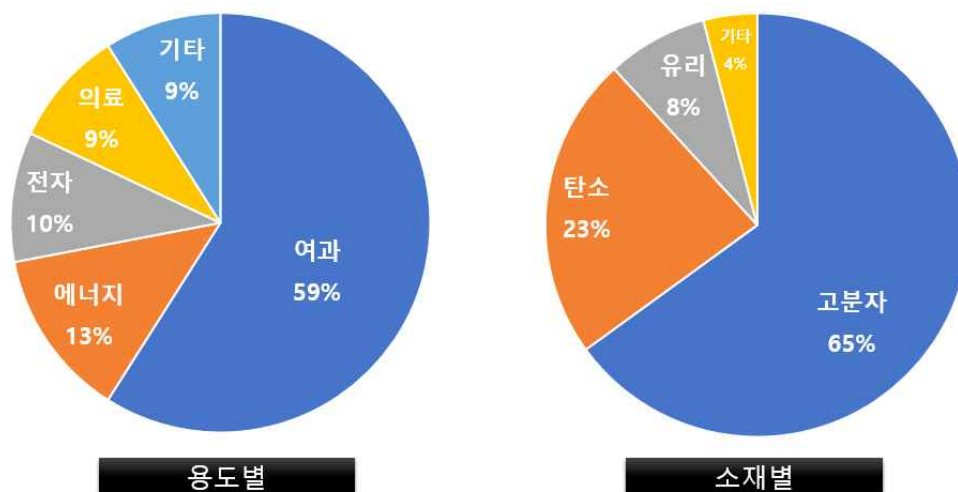
1. 산업동향 전망

가. 산업트렌드 및 성장 전망

■ 고분자 필터 소재가 나노섬유 시장을 견인

2000년대 초 고분자 나노섬유 대량생산화 기술의 상용화로 나노섬유 시장은 눈에 띄게 성장하기 시작하였다. 나노섬유 시장은 부직포 필터제품 일부를 시작으로 시장이 형성되어 있으며, 최근 격자구조 나노섬유 제조기술 개발로 기능성 의류, 의료용 섬유 등 시장으로 확대되고 있다. 향후 상용화 기술의 개발과 제조비용 절감에 따라 섬유시장을 잠식할 수 있을 것으로 보인다.

[그림 10] 용도별 및 소재별 나노섬유 비중



*출처: Technavio(Global Nanofiber Market 2017), NICE평가정보 재가공

고분자 나노섬유 대량생산 및 상용화 기술의 발전으로 필터용 나노섬유 시장은 전체 나노섬유 시장 중에서 가장 큰 부분을 차지하게 되었다. 2017년 Technavio의 Global Nanofiber Market 자료에 따르면 2016년 세계 나노섬유 시장은 6억 501만 달러로 추정되고 있으며, 그 중 59%가 필터 관련 제품으로 조사되었다. 이외에도 에너지용 나노섬유가 13%로 두 번째 규모이며, 전자제품 및 의료용이 뒤를 따르고 있다.

또한 소재별로는 고분자 나노섬유 시장이 전체의 65%이며, 고분자 다음으로 상용화가 본격적으로 진행 중인 탄소나노섬유 소재가 전체의 23%로 1.4억 달러 규모로 파악된다. 2016년 당시

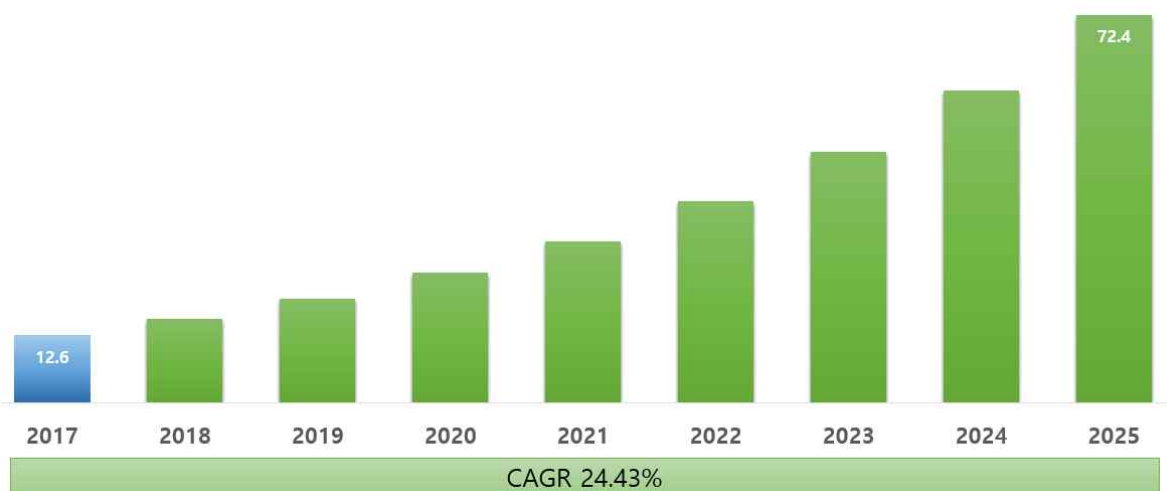
금속 및 세라믹 분야의 나노섬유 시장은 전자 및 에너지 산업 분야에 적합성에 관한 연구 비중이 높아 시장 비중이 매우 작은 수치이며, 소폭 성장한 것으로 전망되나 현재까지 적합성 및 대량생산화에 관한 연구가 지속되고 있어 상용화에는 많은 시간이 걸릴 것으로 전망된다.

나. 국내·외 시장규모

■ 세계: 2017년 12.6억 달러에서 연평균 24.43% 성장, 2025년 72.4억 달러 전망

시장조사기관인 Research and Markets에 따르면 전세계 나노섬유 시장은 2017년 12.6억 달러로 약 1조 5천억 원 규모로 추산되며, 2018년부터 꾸준히 성장하여 2025년까지 7.24억 달러로 2017년 대비 약 5.7배 증가할 것으로 추산되고 있다. 최근 나노섬유 분야는 고분자 섬유 분야에서 성장동력을 확보하였으며, 향후 전자분야, 의료분야로 성장동력이 확대될 수 있으므로 5조 원 이상의 시장규모를 달성할 가능성이 충분하다.

[그림 11] 세계 나노섬유 시장 전망 (단위: 억 달러)

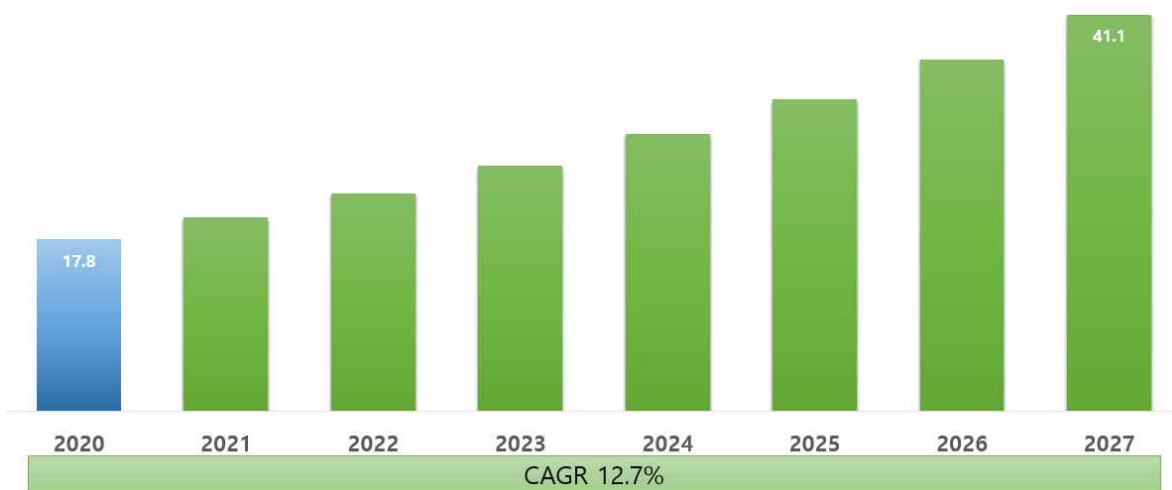


*출처: Research and Markets(Nanofiber Market to 2025), NICE평가정보 재가공

특히 2020년 코로나19의 영향으로 바이러스 필터 마스크와 공기청정기 등 가정용 필터제품에 대한 나노섬유제품 시장수요가 큰 폭으로 증가할 것으로 전망된다. ChinaTechCity에 따르면 중국의 자동차 제조사인 창안자동차는 2020년 4월 100nm급의 나노섬유를 활용한 공기필터를 개발하여 CN95인증을 받았으며, 글로벌 부직포 제조업체인 Hollingsworth&Vose와 미국의 Midwest Textiles사는 바이러스 필터링 기능이 있는 홈메이드 나노웹 마스크를 개발하여 판매하고 있다.

이렇듯 국내뿐 아니라 중국, 미국 등 해외 다수의 기업에서 바이러스 필터링 관련 제품이 판매되고 있으며, 나노섬유의 시장 성장에 매우 긍정적인 영향을 줄 것으로 보인다. ReportandData에 따르면 최근 바이러스 필터제품 시장은 2020년부터 연간 12.7% 꾸준히 성장하여 2017년 약 41.1억 달러의 규모를 가질 것으로 전망되고 있다. 이를 역산하면 2020년 세계 바이러스 필터제품 시장규모는 약 17.8억 달러로 한화 2조 원 규모로 추정된다.

[그림 12] 세계 바이러스 필터 제품 시장 현황 및 전망(억 달러)

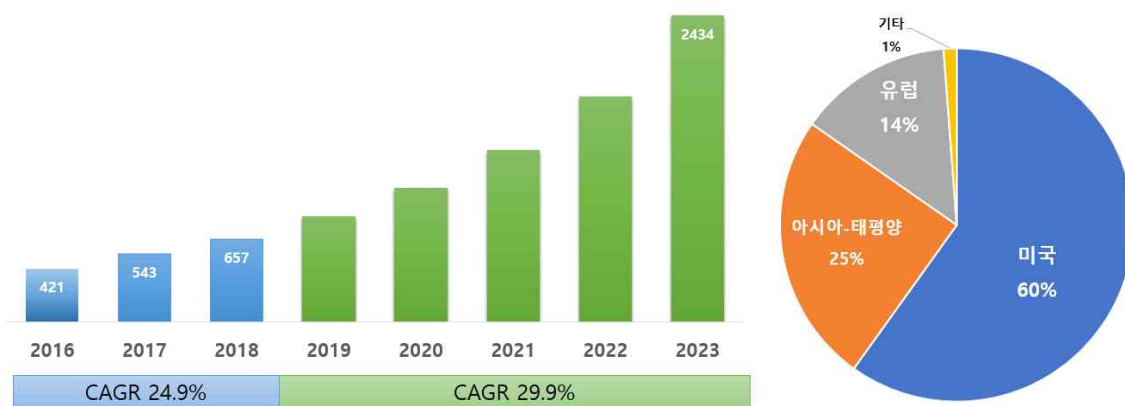


*출처: ReportandData (Virus Filtration Market 2020), NICE평가정보 재가공

■ 국내: 2018년 657억 원에서 연평균 29.9% 성장, 2023년 2,434억 원 전망

2019년 TechNavio자료에 따르면 2018년 국내 나노섬유 시장은 657억 원 수준으로 시장 형성이 활성화 되어있지 않은 상태이다. 다만 2019년 이후 평균 29.94%로 꾸준히 성장하여 2020년에는 1천억 원을 돌파할 것으로 전망된다. 미국, 일본, 호주, 중국, 캐나다, 프랑스가 나노섬유 주요 제조국가로 선진국을 중심으로 형성되어 있으며, 2016년 기준 미국의 시장 비중이 전체의 60%로 대부분을 차지하고 있다. 이외에도 아시아-태평양 지역이 24.8%, 유럽지역이 13.1%로 나타났으며, 향후 아시아-태평양 지역을 중심으로 증가할 전망이다.

[그림 13] 국내 나노섬유 시장 규모 및 전망과 지역별 나노섬유 시장비중 (단위: 억 원)



*출처: Technavio(Global Nanofiber Market 2017, 2019), NICE평가정보 재가공

IV. 주요기업분석

국내 코스닥 기업은 가정용 제품 상용화와 전자소재 응용기술 확보 중

초미세먼지와 코로나19의 확산으로 나노섬유 필터 마스크를 본격적으로 출시하고 있는 한편, 전자 및 에너지 분야 등 고부가가치 부품 적용을 위해 지속적으로 연구 추진 중

1. 해외 주요업체 동향

■ 해외: Ahlstrom-Munksjo, Asahi Kasei, Toray, Espin Technologies

[Ahlstrom-Munksjo]

Ahlstrom-Munksjo는 핀란드에 본사를 둔 섬유 기반 제품을 제조하는 글로벌 기업으로 테코페이퍼, 필터, 이형 라이너, 연마제, 부직포, 전기용지, 유리섬유, 라벨링, 테이프, 의료용 섬유재료 등 제품을 제조하고 있다. 국내에서는 (주)한국알스트롬몽쇼 법인을 운영하고 있으며, 크린앤사이언스와 함께 국내 자동차용 필터, 공기청정기 필터 시장을 양분하고 있다. 2000년대부터 전기방사 나노섬유 제조라인을 자체적으로 설비 구축하여 필터를 제작하고 있다.

[Asahi Kasei]

Asahi Kasei는 일본의 지주사로 화학, 섬유, 주택, 건축재, 전자, 의약품, 의료 등 다양한 사업을 영위하고 있다. 특히 섬유 사업군에서는 마스크팩 시트 등 화장품용 섬유, 의료용 섬유, 식품용 섬유(티백 등) 등을 제조하고 있으며, 해당 사업군에서 나노섬유를 개발, 생산하고 있다.

[Toray]

Toray는 일본의 화학회사로 합성섬유, 플라스틱 소재를 제조하고 있으며, 다양한 합성섬유 외에도 기능성 섬유, 타이어코드, 정보보안소재, 탄소섬유, 나노섬유 등 제품을 제조하고 있다. 2000년대부터 나노섬유를 개발하여 2006년부터 나일론 기반의 나노섬유를 생산하였으며, 20~700nm급의 다양한 크기와 원형, 육각, 삼각형의 다양한 단면형상의 나노섬유를 생산할 수 있는 기술을 보유하고 있다.

[Espin Technologies]

Espin Technologies는 미국 테네시주에 본사를 두고 있는 나노섬유 전문 제조업체로 공기필터, 탄소나노필터, 마스크, 와이퍼, 나노섬유 의류, 의료섬유(창상치료제, 약물전달치료) 등을 나노섬유로 제작하여 판매 중에 있음.

2. 국내 코스닥기업 현황

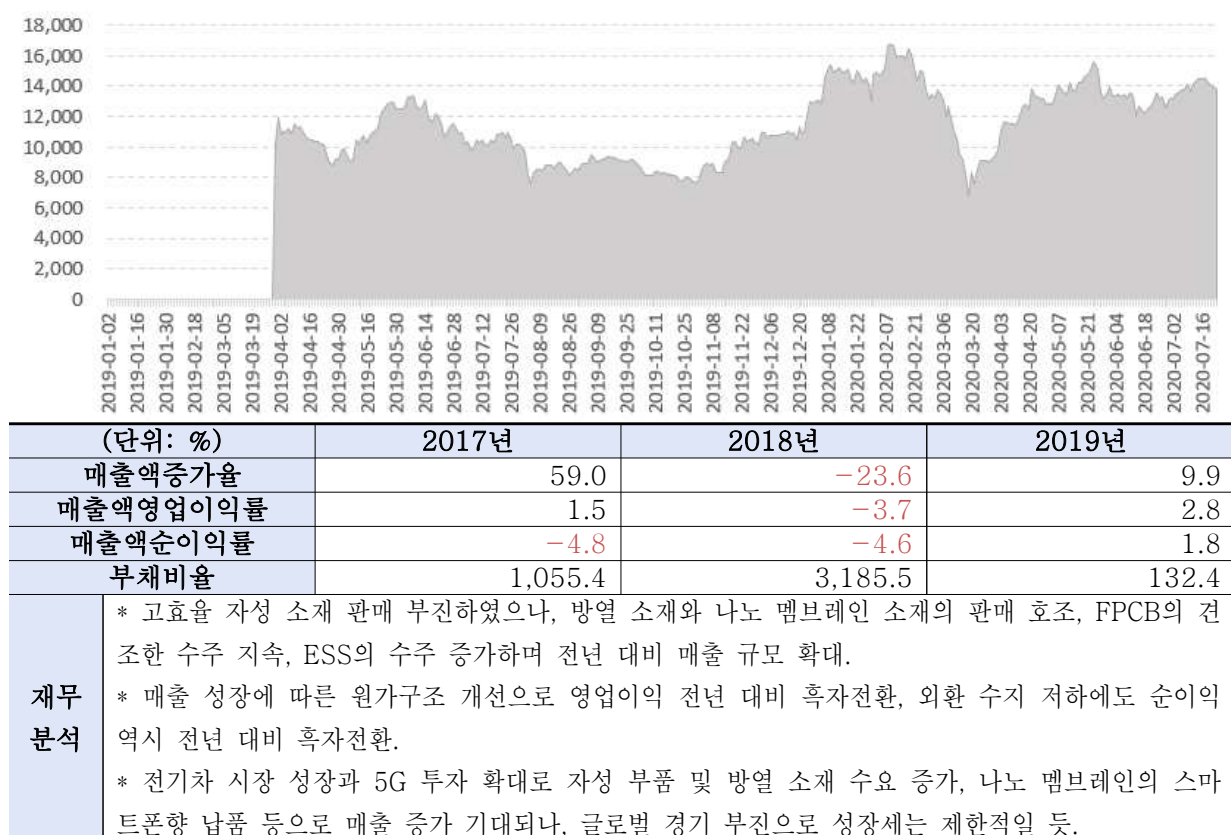
■ 국내: 아모그린텍, 웰크론, 톱텍, 레몬, 나노캠텍

[아모그린텍]

아모그린텍은 아모그룹의 관계사로 소재 사업을 주력으로 담당하고 있으며, 2019년 기술특례제도를 활용하여 코스닥에 상장하였다. 전기자동차의 고효율 자성 부품인 인덕터 코어를 제조하여 테슬라에 납품하고 있으며, 방열 및 나노 멤브레인 소재 등 첨단소재 사업부와 FPCB 및 플렉시블 배터리 등 기능성 소재 사업부, ESS 등 환경에너지 사업부를 영위하고 있다.

전기방사를 이용한 나노섬유 필터를 개발하여 아웃도어용 기능성 섬유, 2차전지 분리막, 고기능성 필터 등에 적용한 사례가 있으며, 독자적인 나노섬유 전기방사 생산 시스템을 구축하고 있다. 이외에도 탄소나노섬유 관련 연구를 수행하여 특허를 등록하는 등 다양한 소재 차원의 나노섬유 연구개발이 이루어지고 있다.

[그림 14] 아모그린텍 주가추이(2019년~2020년 7월) 및 주요 재무현황/분석(개별)

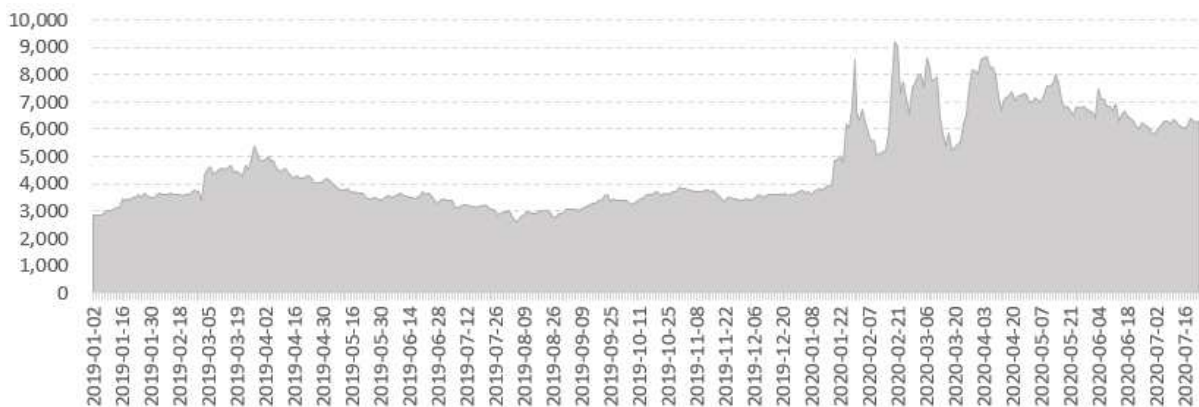


[웰크론]

웰크론은 섬유제품 제조업체로 2003년 코스닥에 상장하였다. 극세사로 제조된 침구 및 청소용품 등 고기능성 생활용품류의 제조, 판매업을 영위하고 있으며, 제2공장 신축을 통해 ULPA필터를 생산, 판매하고 있다. 위생용품 등 제조 비중이 높은 업체로 웰크론헬스케어, 플랜트 설비 제조업체인 웰크론한텍, 건축서비스 동원건축소사무소 등을 종속회사로 보유하고 있다. 주력품목인 고기능성 청소용품은 내수보다는 수출 위주로 영업 활동을 전개하고 있으며, 극세사 클리너는 세계적으로 경쟁력이 뛰어난 제품으로 인정받고 있다.

나노섬유의 주요 제조공정인 전기방사 공정이 아닌 기존 펠트블로우(MB) 공정을 이용하여 약 800nm급의 나노섬유를 제작할 수 있는 기술을 보유하고 있으며, 2018년에 나노섬유 필터 부직포 설비를 증설하여 최대 300nm급의 미세먼지 입자를 99.7% 여과하는 성능의 제품을 제조하고 있다.

[그림 15] 웰크론 주가추이(2019년~2020년 7월) 및 주요 재무현황/분석(연결)



(단위: %)	2017년	2018년	2019년
매출액증가율	50.6	4.3	-0.7
매출액영업이익률	1.5	2.6	0.7
매출액순이익률	-1.7	1.6	-6.1
부채비율	154.9	147.1	151.9

재무 분석

- * 방위사업의 군 방탄판 수주로 신사업 매출 증가에도 리빙사업의 부진 및 당기 중 매각 처리된 종속회사인 웰크론강원, 제주그린과위의 실적악화로 전년 대비 매출 소폭 감소하였음.
- * 원가율 상승 및 판관비 증가 등으로 전년 대비 영업이익률 저하되었으며, 무형자산손상차손 등의 기타 영업 외 수지 저하로 당기순이익 적자 전환하였음.
- * 코로나19 확산으로 마스크 필터로 사용되는 펠트블로우(MB) 부직포 생산설비 증설을 추진할 예정이며, 방산사업 및 화장품, 생리대 등의 사업확대로 성장세 이어질 전망이다.

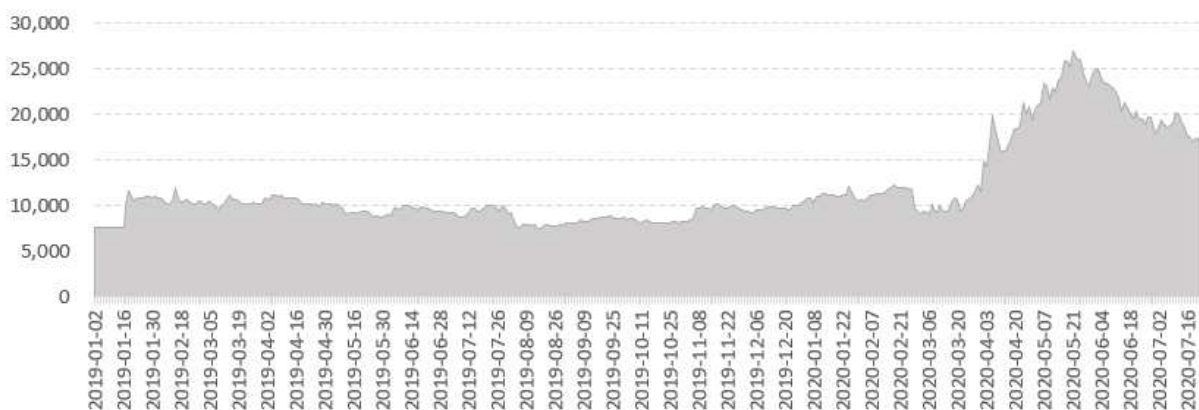
*출처: Kisvalue, NICE평가정보 재가공

[특택]

특택은 2009년 코스닥에 상장한 기업으로 공장자동화(FA) 설비 제조업과 태양광 모듈 제조업을 영위하고 있으며, 경북 구미시에 본사 및 공장을, 충남 아산시에 공장을 두고 있다. 디스플레이(FPD), 자동차, 반도체 등의 공장자동화(FA) 설비를 생산하여 삼성디스플레이, 삼성전자, BOE 등에 납품하고 있다. 주요 사업부문은 FA사업, 나노사업, 태양광사업으로 구분되며, 물류시스템, 장비시스템의 FA사업 부문을 통해 대부분의 매출이 발생하고 있다.

자회사로 나노소재 및 섬유 제조업체인 레몬을 보유하고 있으며, 2017년 레몬의 경쟁사인 나노섬유 제조업체 에프티이엔이를 2019년 160억원에 인수하여 사명을 라임으로 변경하였다. 두 자회사는 전기방사 공정을 적용한 나노섬유를 제작하고 있으며, 2020년 코로나19 바이러스의 확산 이후 나노필터 마스크 설비를 증설하여 제품을 출시, 판매하고 있다.

[그림 16] 특택 주가추이(2019년~2020년 7월) 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

- * 나노 멤브레인 소재가 적용된 여성용 위생용품 판매 시작하였으나, 주력 공장자동화 부문과 ESS 부문의 수주 부진으로 전년 대비 큰 폭의 매출 감소.
- * 원가율 하락하였으나 큰 폭의 매출 감소에 따른 판관비 부담의 확대로 영업이익 전년 대비 적자 전환, 법인세 감소에도 순이익률도 전년 대비 하락.
- * 반도체 및 디스플레이 산업을 중심으로 투자 회복세가 기대되나, 글로벌 경기침체 및 자동차, 가전산업의 부진 등으로 매출 회복세는 제한적일 듯.

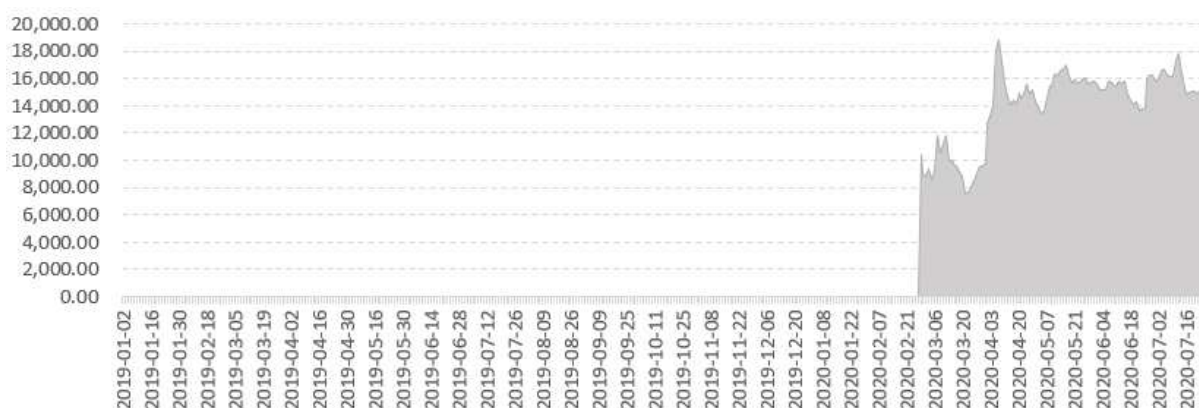
*출처: Kisvalue, NICE평가정보 재가공

[레몬]

레몬은 토탉의 자회사로 2012년 10월 전자파 차폐 소재의 생산, 판매 등을 목적으로 토탉에이치엔에스로 설립되었으며 2017년 레몬으로 사명 전환 뒤 2020년 2월 기술특례제도를 활용하여 상장하였다. 현재 주력제품은 나노 PET 섬유를 적용한 부직포 제품이며, 이외에도 박막 PET을 이용한 전자파 차폐 필름, 아크릴 및 실리콘 등 점착소재, EMI차폐/방열부품 제조사업을 영위하고 있다.

2013년부터 전기방사 자동생산설비를 도입하여 대량생산체계를 구축하였으며, 독자적인 설비로 100nm급의 나노섬유를 개발, 마스크 및 위생용품, 아웃도어 의류 등 다양한 섬유분야에 적용하여 판매하고 있다. 특히 2020년 코로나19 이후 나노섬유가 적용된 에어퀵 마스크를 직접 출시하여 판매하고 있다.

[그림 17] 레몬 주가추이(2019년~2020년 7월) 및 주요 재무현황/분석(개별)



(단위: %)	2017년	2018년	2019년
매출액증가율	2000.7	-22.1	57.9
매출액영업이익률	16.5	-1.0	-15.8
매출액순이익률	21.5	-7.6	-18.7
부채비율	1031.3	38.9	419.5

재무 분석

- * 나노 관련 매출 증가 및 복합방열부품, PCB 관련 부품 등의 수출 발생, 내수판매 호조 등으로 전년 대비 외형 규모 확대되었음.
- * 매출 증가에도 과도한 원가 및 전력비, 감가상각비, 외주가공비 등의 판관비 증가로 전년 대비 영업손실 폭 확대되었으며, 금융 수지 저하로 당기순손실 폭 확대.
- * 미국 노스페이스에 나노섬유 독점 공급 및 마스크 생산을 통한 성장세 기대되며, 수익성 역시 외형 성장세 대비 고정비 부담 줄어 상승할 듯.

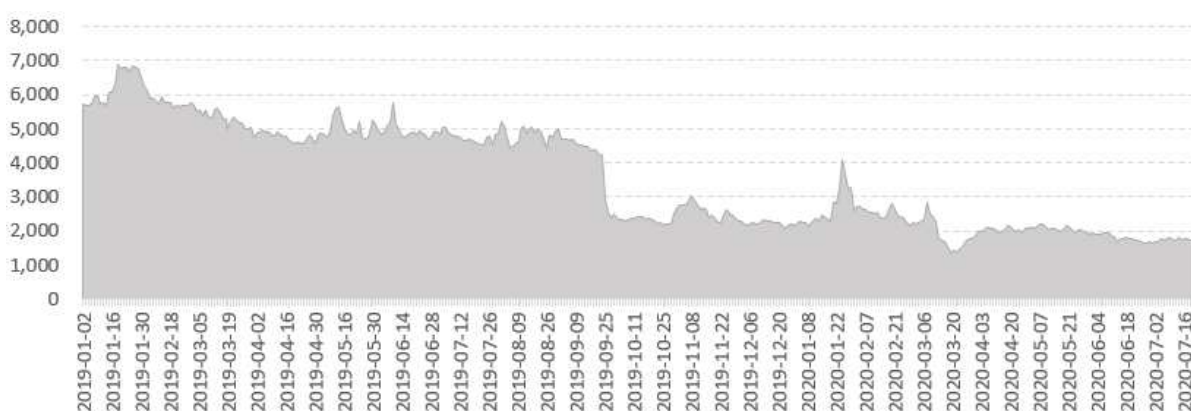
*출처: Kisvalue, NICE평가정보 재가공

[나노캠텍]

나노캠텍은 1999년 설립되어 2007년 상장된 정밀화학 관련 나노신소재 제조업체로 나노신소재를 이용한 LCD셀 그라스 보호막 제조업을 주력사업으로 영위하고 있다. 주요 취급 제품은 도전성 플라스틱 시트(Nanos), 기능성 필름(Nanof), 진공성형 튜레이(NanoPak) 등이며, 주요 고객사는 삼성전자, 삼성디스플레이 등이다. 2018년 상반기 중 제천국제여행사 및 세대국제여행사 지분을 인수하여 여행업을 공동으로 영위하는 등 신산업 진출을 모색하고 있다.

주력사업이었던 도전성 소재 사업은 나노섬유와는 관련이 적으나 2019년부터 나노섬유제품 제조업체인 비상장사 엔투셀과 공동으로 나노섬유 필터 마스크 사업에 진출하였으며, 브레스실버 브랜드 제품을 생산하고 있다.

[그림 18] 나노캠텍 주가추이(2019년~2020년 7월) 및 주요 재무현황/분석



(단위: %)	2017년	2018년	2019년
매출액증가율	7.0	-16.9	0.5
매출액영업이익률	-7.6	11.6	17.4
매출액순이익률	-14.3	2.4	-34.3
부채비율	34.3	64.7	22.5

재무 분석

- * 국내 저성장 기조로 LCD셀 보호막, 도전성 소재 등의 제품부문은 부진하나, 여행사업 및 위생용품 등의 매출 시현으로 외형은 전년 대비 정체된 수준을 시현 하였음.
- * 매출 증가 및 원가율 개선으로 전년 대비 영업이익률 상승하였으나, 기타 영업 외 수지 저하 및 법인세 비용증가로 당기순이익은 적자 전환함.
- * 코로나19 영향으로 주요 거래처에 LCD셀 보호막 등의 판매가 위축될 전망이며, 수익성 역시 고 정비 부담으로 회복세 전환은 어려울 듯.

*출처: Kisvalue, NICE평가정보 재가공