

# 탄소나노튜브 사업화 진전 가속된다

정윤지

탄소나노튜브(이하 CNT)는 우수한 기계적 강도, 열/전기 전도성 덕분에 미래 소재 후보로 거론되어 왔다. 2000년대 초, 다수의 기업들이 관심을 갖고 CNT 사업을 시작했으나 시장 성장이 지연되면서 일부 기업들은 사업에서 철수하기도 했다. 그런데 최근 공급, 수요 측면의 이슈들이 해결되면서 사업화가 진전되고 있다. 다양한 생산 공정이 등장하면서 대량 생산 기술이 발전하고 규모의 경제 효과로 가격이 낮아지고 있다. 또한 수요 산업의 기술 발전에 따라 소재에 요구하는 물성 수준이 높아지면서 복합재료, 전지재료 등 수요처가 확대되고 있다.

이러한 상황 속에서 기업들은 CNT 사업 경쟁력 강화에 집중하고 있다. 고객 니즈에 대응하기 위해 다양한 CNT 제품을 출시하거나, 특정 영역에 역량을 집중해 기술을 선도하고 있다. 화학 기업들은 기존 제품 포트폴리오에 CNT 기술을 적용해 차별적 경쟁력 확보에 주력하고 있다. 향후 시장 상황 호전에 따라 신규 기업의 참여도 증가할 것으로 예상된다. 앞으로 CNT 시장 성장은 양호할 것으로 전망되지만 그래핀, 셀룰로오스 나노섬유 등 차세대 신소재들과의 경쟁을 피할 수 없을 것으로 보인다.

CNT 기업들은 선발자로서의 우위를 극대화하기 위해 공정 혁신을 통한 코스트 절감, 고객 가치를 제고하는 어플리케이션 선점, 수요 기업과의 협업을 통한 신용도 발굴 등의 노력이 필요할 것으로 보인다.

미래 세상을 이끌어갈 소재는 무엇일까? 여러 후보들이 제시되어 온 가운데, 탄소나노튜브(Carbon Nanotubes, 이하 CNT)도 유력 후보로 거론되어 왔다. CNT는 1991년 일본 전기회사 NEC(Nippon Electric Company) 부설 연구소의 이지마 스미오(Sumio Iijima) 박사가 매우 작은 크기의 탄소 구조체를 연구하던 중 발견했다. 이 물질은 탄소 원자들이 육각형을 이루며 연결된 튜브 형태로 직경은 수 나노미터, 길이는 수십 나노미터에서 수 마이크로미터에 불과했다. 철에 비해 높은 강도, 다이아몬드와 비슷한 높은 열전도도, 구리와 비슷한 높은 전기전도도를 가진다는 점이 밝혀지면서 사람들의 관심이 빠르게 집중됐다.

2000년대 초, 다수의 기업들이 CNT 사업에 뛰어들었다. 글로벌 화학기업 Bayer, Mitsubishi Chemical, Arkema 등이 CNT 개발, 생산 계획을 발표했고 Nanocyl과 같은 전문 업체들도 등장했다. 하지만 2010년대 중반에 접어들자 기업들은 투자를 축소하고, 일부는 사업에서 철수했다. 대표적인 사례로 Bayer이 있다. 2005년 CNT 사업을 시작한 Bayer은 2010년에 2천만 유로를 투자해 당시 글로벌 최대 규모인 연산 200톤의 CNT 공장을 설립하기도 했다. 하지만 2013년 사업에서 철수했다. 당시 CEO였던 Patrick Thomas는 CNT 사업은 적용 분야가 매우 파편화되어 있고, Bayer의 핵심 제품과 겹치는 부분이 작아 상용화 시키기 어려울 것이라 판단했다고 말했다.

전세계 생산 능력은 2005년 연 100톤에서 2011년 약 2,500톤 수준으로 증가했다가 이후 2,000톤 수준에서 몇 년간 유지된 것으로 추정된다. 초기 기대와 달리 CNT 시장은 크게 성장하지 못한 것이다. 시장 성장 부진의 원인으로 낮은 생산성, 높은 가격 등 공급 측면의 이슈와 더불어 대형 수요처 부재라는 문제도 동시에 지적되었다. 그런데 최근 이러한 문제들이 시차를 두고 점차 개선되면서 사업이 활성화될 조짐이 나타나고 있다.

## 생산 이슈 해결을 통한 양산 단계 진입

새롭게 발견된 물질이 소재로 자리 잡기 위해서는 대량생산 기술 개발이 필수적이다. CNT 생산 방법으로 전기 방전법, 레이저 증착법, 열분해법 등이 등장했고 CVD<sup>1</sup> 공정과 기상합성법<sup>2</sup>이 개발되면서 대량생산의 가능성을 열었다. 공정에 따라 생산되는 CNT의 두께, 길이 등의 특성이 달라지기 때문에 기업들은 각자 원하는 물성을 구현

1 Chemical Vapor Deposition(화학기상증착법): 촉매가 증착되어 있는 기판에 높은 온도에서 탄소가 포함된 가스를 투입해 탄소나노튜브를 제조하는 방법

2 Vapor Phase Growth: 기판 없이 촉매 입자와 반응 기체를 반응기 안으로 주입시켜 기상에서 직접 합성시키는 방법

하기에 용이한 공정을 채택하고 발전시켜 왔다. 그중 CCVD<sup>3</sup>는 대량생산에 적합해 최근에는 다수의 기업들이 이 공정을 채용하고 있다. 현재도 기업들은 계속해서 생산 비용을 낮추는 공정을 연구하고 있다.

생산량이 늘어나면서 규모의 경제 효과로 가격도 낮아지고 있다. 산업 초기 \$5,000/kg 이상이었던 다중벽 CNT<sup>4</sup>는 현재 \$50/kg~\$100/kg 수준이며 향후 2025년에는 \$20/kg~\$30/kg 수준으로 낮아질 전망이다. 단일벽 CNT<sup>5</sup>의 경우, 다중벽에 비해 가격이 매우 높지만 이 또한 낮아질 것으로 예상되고 있다. 단일벽 전문 업체인 OCSiAl은 단일벽 CNT 가격으로 \$2,000/kg을 제시하기도 했다. CNT 업계 관계자는 현재 시장의 가장 큰 이슈는 높은 CNT 가격이라고 지적했다. 다만, 설비투자비, R&D 비용 등의 고정비 비중이 높은 상황이기 때문에 생산량이 늘어나면 점차 해결 될 것이라고 전망했다.

아직 양산화 과정에서 해결이 필요한 과제들이 남아 있다. CNT는 단독으로 사용되 기보다 다른 재료와 복합화하여 사용하는 경우가 많은데 섞이면 응집되는 경향이 있어, 분산성을 높이고 분산된 상태를 안정화시키는 기술이 필요하다. 또한 CNT는 생산 과정에서 촉매, 비결정성 탄소 등의 불순물이 남고, 타겟 물성을 구현하는 구조로 균일하게 생산하기가 쉽지 않다는 문제점이 있다. 이에 촉매, 공정 조건 등을 조정해 최적의 물성을 가진 구조를 고순도로 대량생산하는 방법, 효과적인 정제/분리 방법 등이 연구되고 있다. 이러한 이슈들에 대해 학계와 기업들이 지속적으로 기술 개발 노력을 기울여왔고 다수의 개선된 사례가 있기 때문에 계속해서 생산성이 향상될 것으로 보인다.

## 수요처 확대를 통한 사업화 진전

CNT의 수요처를 찾으려는 노력은 초기부터 계속되어 왔지만, 2000년대에는 높은 가격을 감당하면서까지 적용이 필요한 어플리케이션이 많지 않았다. 수요산업에서 요구하는 소재의 강도, 열/전기 전도도 등은 기존 플라스틱, 금속 소재로도 어느 정도 충족할 수 있었던 것이다. 그런데 최근 반도체, 에너지, 디스플레이 산업의 기술 진보가 진행되면서 뛰어난 물성을 가진 소재에 대한 요구가 늘어났다. 투명/플렉서블 디스플레이, 초고용량 배터리, 차세대 반도체 등의 혁신이 진행되면서 기존 소재의 물성을 뛰어 넘는, CNT 수준의 성능이 필요한 어플리케이션이 늘어나기 시작한 것이다.

3 Catalytic Chemical Vapor Deposition

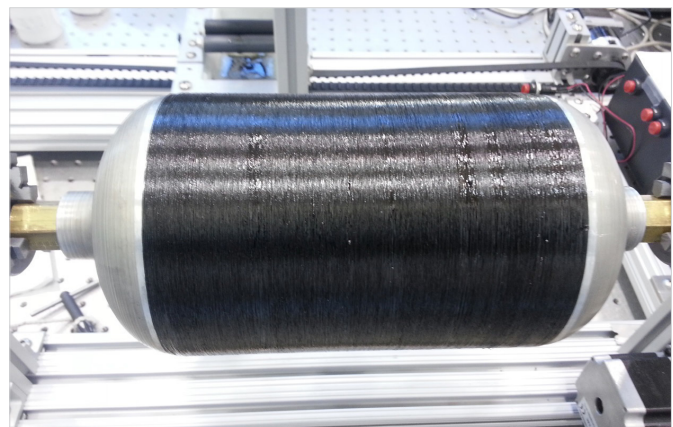
4 다중벽 CNT(Multi-walled Carbon Nanotube): 탄소원자로 구성된 튜브가 여러 겹으로 겹쳐진 형태의 CNT

5 단일벽 CNT(Single-walled Carbon Nanotube): 탄소원자로 구성된 벽이 하나인, hollow의 튜브를 의미. 다중벽 CNT에 비해 열/전기 전도성이 높음.

현재 가장 큰 수요처는 복합소재이다. 고분자 등의 주재료에 CNT를 복합화하면 인장강도와 탄성률이 높고, 열/전기 전도성 등의 특성을 가진 복합소재를 만들 수 있다. 시장 초기에는 고강도 구조용 복합재를 만드는 연구가 활발히 진행됐다. 실제로 테니스라켓, 자전거 프레임, 골프채 헤드, 골프공 등 스포츠 용품에 적용된 사례가 있다. 국내 업체 CNT솔루션은 골프용품 제조 업체 볼빅과 함께 CNT를 적용한 내구성 높은 골프공을 판매하고 있다. 골프공 내부 고무에 CNT를 분산시켜 만든 것으로 일반 골프공에 비해 타격 횟수를 2~3배 더 늘릴 수 있다고 한다. 또한 2016년 NASA는 CNT 방적사(Yarn)로 CNT 강화 복합소재 기반 압력용기(Composite overwrapped pressure vessel<sup>6</sup>)를 제작해 비행 테스트를 시도했다. NASA는 컴퓨터 모델링을 통해 CNT 복합재료를 적용하면 전체 운반체(Vehicle) 무게가 30% 감소된다는 사실을 확인하기도 했다.

CNT는 전기전도성이 있어 전자파 차폐(EMI<sup>7</sup>), 정전기 방지(ESD<sup>8</sup>) 소재가 될 수 있다. 최근 다양한 휴대 전자기기가 등장하고 전자기기 사용 시간이 늘어나면서 전자제품의 성능 향상, 인체 유해성 예방 등을 위한 전자파 차폐 소재의 중요성이 증대되고, 이에 CNT 적용도 늘어나는 추세이다. 현재는 반도체/전자부품 운반용 트레이, 케이블, 주유 호스, 전자기기용 패키징, 자동차 정전도장, 전도성 실리콘 등에 적용되고 있다. 추가적으로 TV 베젤, 타이어, 진공청소기 흡입구 등에도 적용을 시도하고 있어 쓰임새는 더욱 확대될 것으로 보인다.

뿐만 아니라 CNT는 열전도성이 뛰어나 발열/방열 소재로도 개발이 활발하다. 특히 자동차 관련 방열 소재 분야에서 고분자 복합소재에 대한 수요가 증가하고 있다. 방열 복합소재는 주로 고분자 소재에 열전도성이 높은 탄소, 세라믹 등의 필러를 충전해 만든다. 탄소계 필러는 그래파이트, 탄소섬유, 다이아몬드, CNT, 그래핀 순으로 열전도성이 높아지고, 현재는 경제성 이슈로 상대적으로 저렴한 그래파이트가 가장 많이 사용되고 있다. CNT는 소량 첨가로도 높은 열전도율을 구현할 수 있어 향후 적용이 확대될 것으로 예상되고 있다. 지난해 Fujitsu는 CNT 방열시트를 개발했으며 2020년 상용화를 목표로 하고 있다. 내열성, 열전도성이 높아 차량용 반도체나 차세대 고성능 컴퓨팅, 통신 장비 등의 방열시트에 적용 가능할 것으로 예상된다.



1 CNT 강화 복합소재로 만든 압력용기

자료 : NASA

6 로켓 추진을 위한 압축 가스를 담는 구조 부품

7 Electro-Magnetic Interference Shielding

8 Electro-Static Discharge

향후 가장 빠른 성장이 예상되는 분야는 전지재료이다. 음극재료, 도전제(Conductive Additives)로 CNT를 사용하기 위한 시도가 진행되고 있다. 기존 흑연 기반의 음극은 에너지 용량 확대가 제한적이기 때문에 이를 극복하기 위해 CNT 적용 연구가 진행되고 있다. 또한 전지 전극의 전도성을 높이는 도전제에는 현재 주로 카본블랙이 쓰이고 있는데 CNT로 대체하거나 CNT를 섞어서 사용하면 전지의 에너지 밀도를 높일 수 있다. 2017년 LG전자 노트북 ‘그램(Gram)’에 CNT가 적용된 전지가 채용되기도 했다. 기존 제품 대비 사용 시간이 늘어나는 효과가 있는 것으로 나타났다.

그 밖에도 고감응형 센서, 트랜지스터, 헬스케어 분야 등으로의 적용 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 2016년 말 IBM은 CNT 기반 마이크로칩 개발을 발표하기도 했다. 앞으로도 CNT 적용 연구가 계속해서 진행된다면 CNT는 기존 제품의 성능을 개선시키는 역할을 넘어 완전히 새로운 제품의 탄생을 가능케 할 것이다.

## 기업들, 경쟁력 강화에 집중

시장 초기 다수의 기업들이 참여했다가 시장 성장에 대한 의문으로 일부 기업들이 철수했지만, 남은 기업들은 생산 이슈를 해결함과 동시에 수요처를 확대하기 위한 노력을 기울여왔다. 이 과정에서 가능성을 엿본 기업들은 각자의 특성에 맞는 사업 모델, 전문 사업 영역을 찾아가려는 시도를 진행 중이다.

먼저, 기업들은 고객 니즈에 대응하기 위해 다양한 CNT 기반 제품 및 솔루션을 출시하고 있다. 2002년 설립된 벨기에의 Nanocyl은 2009년 연 400톤 규모로 CNT 공장을 증설하고 상업 스케일로 생산해왔다. 다중벽 CNT를 다양한 그레이드와 형태로 판매하는데, PA, PP, PC, ABS 등 레진별 마스터배치, 고무 컴파운드, 분산제 등을 갖추고 있다. 고객에게 다양한 솔루션을 제공하는데 주력하므로 전자/자동차 대전방지재료, 고분자 구조강화제, 전지재료 등 CNT가 적용될 수 있는 대부분의 수요 산업에 관심을 갖고 소재를 개발하고 있다. 프랑스 스페셜티 화학기업 Arkema는 2002년부터 CNT 연구개발을 시작해 현재 분산성을 높여 적은 양으로도 정전기 방지 특성 구현이 가능한 마스터배치를 판매하고 있다. 이들은 바이오 기반 원료로 CNT를 생산하는 등 친환경적으로 사업에 접근하고 있다.

특정 어플리케이션에 집중하는 사례도 있다. 일본 화학기업 Showa Denko는 일찍부터 전지라는 특정 어플리케이션에 집중해왔다. 1996년부터 VGCF<sup>9</sup> 생산 설비를 구축

9 Vapor Grown Carbon Nanofiber(기상 성장 탄소나노섬유): CNT보다 두껍고 튜브보다 섬유 형태에 가까우나, CNT와 특성 및 용도가 유사해 0세대 CNT로 불림. 다중벽 CNT와 유사.

해 리튬이온전지 첨가제로 판매하기 시작했다. 이후 고무/레진 복합소재, 전극 대체 등을 시도했으나, 최근에는 다시 전지 도전재에 집중하고 있다. 전지의 장수명화, 고용량화를 위해 최근에는 VGCF-카본블랙-CNT 복합 도전재도 개발하고 있다.

화학 기업들은 기존에 생산하고 있는 소재에 CNT를 적용해 강도, 정전기 방지 등의 특성을 구현한 복합소재를 출시하고 있다. 최근 미국 화학기업인 Huntsman은 CNT 생산 업체인 Nanocomp Technologies를 인수했다. Nanocomp Technologies는 NASA가 2016년 목성 궤도 진입을 성공시킨 Juno에 CNT 기반 정전기 방지 소재를 공급한 업체이다. Huntsman은 에폭시, 폴리우레탄 등 고기능 소재 포트폴리오에 CNT 기술을 접목시켜 복사 가열(Radiative heating), 전기 전도성, 부식 방지 등의 특성을 지닌 복합재를 개발할 계획이다.

신규 기업들의 참여도 활발하다. 중국 정부의 나노 소재에 대한 정책적 지원 하에 다수의 중국 기업들이 CNT 시장에 참여하고 있다. 대표적으로 CNano Technology는 2010년부터 전지용 CNT 제품을 출시했으며 현재 연 500톤 수준의 생산능력을 확보하고 있다. Timesnano는 700톤 수준의 생산능력을 확보하고 있으며,<sup>10</sup> 파우더, 섬유, 필름 등 다양한 CNT 제품을 생산하고 있다.

## 주요 CNT 기업 개요

2

분류	기업(국가)	생산능력 (톤/year)	주요제품	주요 응용분야	동향
화학 업체	Arkema(프)	400	다중벽	복합소재(자동차, 전자), 코팅, 전지재료 등	특수 화학 제품 및 첨단 소재 제조 업체로 '02년 CNT 개발 - '06년 파일럿 가동, '11년 상업용 플랜트 가동 시작
	LG화학(한)	400	다중벽	전지재료, 복합소재	'11년 R&D 시작해 '14년부터 컴파운드 및 전지용 제품 개발 - '17년 양산 시작
	Showa Denko(일)	300	다중벽	전지재료	'82년부터 연구 시작하고 '96년 VGCF 생산설비 구축 - '04년 복합재료용 생산 시작했으나 최근에는 전지용에 집중
	Toray Industries(일)	1.5	이중벽	전도성 투명필름	2000년대 초반부터 단일벽 CNT 합성 연구 시작 - '14년 CNT를 적용한 반도체 재료(박막 트랜지스터) 개발
전문 업체	CNano Technology(중)	500	다중벽	전지재료, 복합소재	'09년 베이징 생산 설비를 연산 500톤 급으로 확장 - 본사는 미국 캘리포니아, 생산 거점은 중국
	Nanocyl S.A(벨)	400	다중벽	복합소재(대전방지용, 구조용), 전지재료 등	'02년 대학연구소에서 Spin off된 전문 CNT 업체 - '05년 첫 상용화, '10년 양산 설비 구축 - 현재 직원수 40명, 매출 \$4Mn. 추정
	OCSiA(러)	60	단일벽	복합 소재	'09년 러시아에 설립(본사 룩셈부르크)… '14년 1톤 생산 - '17년, 8천만 유로 규모의 룩셈부르크 공장(250톤/year) 투자 계획 발표… '20년 생산개시 목표 - 매출 \$2.5Mn.('16) 추정
	Cheap Tubes, Inc.(미)	20	단일벽, 다중벽	복합소재, 전지재료 등	'05년 설립되어 CNT뿐만 아니라 그래핀, 풀러렌, 나노와이어 등 다양한 탄소나노소재 생산 및 판매

자료 : 각 사 홈페이지, News clipping, Future markets(2014) 등 참조

10 Timesnano 홈페이지 참조







대부분의 참여 기업들에 있어 CNT 사업은 아직까지 매출, 손익 측면에서 규모있게 육성되지 못하고 있는 것이 현실이다. 이 기업들은 당장의 수익보다는 가격 경쟁력 확보, 용도 개발 등 경쟁력 강화에 주력하면서 본격적인 시장 성장에 대비하고 있는 것으로 보인다. 이 때문에 향후 시장 상황이 호전된다면 신규 기업의 참여는 더욱 증가할 수 있을 것으로 예상된다.

## 향후 성장 전망은 양호하나 타 소재와의 경쟁 불가피

수요처 확대와 생산 기술의 발전에 따라 향후 CNT 시장은 성장이 예상된다. 현재 글로벌 시장 규모는 약 1,000~1,500톤 수준으로, 성장률은 2022년까지 연평균 8%~20% 범위로 전망되고 있다.<sup>11</sup>

하지만 향후 시장 성장을 낙관적으로 볼 수만은 없는 상황이다. 경쟁 소재들도 빠르게 발전하고 있기 때문이다. CNT 발견 전후로 나노기술이 빠르게 발전하면서, 그래핀(Graphene), 나노 와이어(Nano wire), 셀룰로오스 나노섬유(Cellulose Nanofiber, 이하 CNF)와 같은 소재들이 등장했다. 그래핀, 풀러렌(Fullerene) 등의

유망 나노소재 비교				
	풀러렌	CNT	그래핀	CNF
<b>구조</b>	 <p>탄소 원자(C) 60개가 축구공 모양 결합 • 지름: 1nm</p>	 <p>C 6개가 육각형을 이룬 튜브 구조체 • 직경: 0.3~50nm • 길이: 수십nm~수µm</p>	 <p>C 6개가 육각형을 이룬, 원자 한 개 두께의 얇은 막 • 두께: 0.2nm</p>	 <p>나무 등 식물 원료로 만든 나노 섬유 • 직경: 3~4nm</p>
<b>기술</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- '85년, 흑연 조각에 레이저를 쏘아 발생한 그을음에서 발견</li> <li>- 아직 연구 단계로 대량생산 불가</li> <li>• 속의 빈 공간에 물질을 집어넣기도 하고, 탄소 하나를 질소 등으로 교체하는 연구 진행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- '91년, 일본 NEC 이치마 박사 풀러렌 연구 중 발견</li> <li>- 전세계적으로 대량합성 활발... 상용화 근접</li> <li>• 고품질 대량생산기술, 분산 기술 등 기술적 한계 존재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- '04년, 흑연으로부터 최초 분리</li> <li>- 대량생산 기술 미비로 샘플용 원소재 등 초기 시장 형성 단계</li> <li>• 그래핀 플레이크, CVD 그래핀 등 합성 방법에 따라 특성 차이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 도쿄대 농학생명과학과 이소 아키라 교수 등에 의해 개발</li> <li>• 목재를 mm로 파쇄, 펄프로 만들어 1um의 목재섬유화... 특수 촉매에 통과해 제조</li> </ul>
<b>응용</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구 진행 중</li> <li>• 트랜지스터, 광전소자, 고분자 다이아몬드 박막 제조, 신약 개발 등의 분야에 응용 가능할 것으로 예상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 복합재료, 전자재료로 적용</li> <li>• 디스플레이 소재, 수소저장, 연료전지용 소재, 투명 전도 필름 등에 적용 연구 중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 반도체 실리콘 대체 용도 등 연구 진행 중</li> <li>• 복합재료, 방열소재, 전자파 차폐, 투명전극, 차세대 반도체 소자, 에너지용 전극 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고강도 복합소재</li> <li>- 투과성을 활용한 식품, 디스플레이 필름/시트</li> <li>- 중점제, 분산제 등 화장품, 식품의 기능성 첨가제</li> </ul>
<b>기업</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mitsubishi Corporation와 Showa Denko가 전략적 파트너십 구축 ('13)</li> <li>• 풀러렌 상업화를 위한 공동 연구 진행할 계획</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CNT 전문기업, 화학기업 등이 소재, 중간재 판매</li> <li>• (전문) Nanocyl, CNano Technology, OCSIAl</li> <li>• (화학) Arkema, Showa Denko, Huntsman, LG화학 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 그래핀 전문 기업 중심으로 연구용 그래핀 소재, 필름, 잉크소재 판매</li> <li>• Angston materials, XG Sciences, Vorbeck materials 등</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일본 제지/화학 기업들 중심으로 개발 및 수요 분야 확대 중</li> <li>• (제지) Nippon paper, Daio paper, Chuetsu Pulp&amp;Paper</li> <li>• (화학) Asahi Kasei Chemical, Dai-ichi Kogyo Seiyaku</li> <li>• (인쇄) DNP, Toppan painting</li> </ul>

11 업계 관계자, Analyst report, Future markets(2014), Yano research institute(2015), Marketsandmarkets(2017) 등

탄소계 나노소재는 공통적으로 탄소 원자간의 결합으로 이루어져 CNT와 비슷한 성질을 갖고 있기 때문에 CNT와 유사한 수요처들에 대해 적용 연구가 진행 되어 왔다.

특히 그래핀과 CNF 관련 기술이 매우 빠르게 발전하고 있다. 중국은 풍부한 흑연을 활용하는 측면에서 그래핀을 미래 유망 소재로 보고 정부 차원에서 대규모 자원을 투입해 기술 개발 가속화를 추진하고 있다. 또한 신소재 산업을 선도해왔던 일본에서는 최근 제지기업들을 중심으로 CNF의 어플리케이션을 전략적으로 확대하려는 움직임이 나타나고 있다.

다양한 수요처가 요구하는 모든 특성을 한번에 만족시키는 만능 소재를 만들기는 쉽지 않다. 따라서 향후에는 어플리케이션별 요구 특성에 따라 가장 적합한 소재만 살아남거나, CNT-은나노와이어, CNT-그래핀과 같이 최적의 물성, 가격을 갖춘 하이브리드 소재가 자리를 차지할 것으로 보인다.

## 차별성 강화를 통한 시장 선점 노력 필요

지금까지 CNT 생산 기업들은 수요처를 찾기 위해 노력해왔고 한편에서 수요 기업들은 여러 소재를 적용해보며 최종 제품의 성능을 극대화 시킬 최적의 소재를 찾아왔다. 그 과정에서 CNT가 줄 수 있는 가치와 한계는 어느 정도 검증된 것으로 보인다. 수요 확대에서 나타나는 기회와 타 소재의 위협이 공존하는 현재의 상황에서, CNT 기업들은 경쟁 소재와의 차별성 확보 및 적극적인 시장 개척을 통해 선발자로서의 우위를 극대화하기 위해 다음과 같은 노력을 가속해야 할 것으로 보인다.

먼저, 생산 공정 혁신을 통한 코스트 절감 노력이 지속적으로 이루어져야 한다. 지난해 OCSIAI은 2020년 생산 개시를 목표로 8천만 유로 규모의 CNT 250톤 공장 투자 계획을 발표했다. 이들은 천연가스 원료로 코스트 경쟁력을 확보하고 대량 생산을 통해 가격을 공격적으로 낮추는 시도를 진행하고 있다. 기업들은 저가 원료 활용, 촉매/공정 개발, 생산 규모 확대 등의 노력을 통해 가격을 낮춰 소재 적용 진입장벽을 낮추고 수익성을 확보해야 한다. 추가적으로 고품질, 고순도의 균일한 CNT를 생산하는 기술도 지속적으로 발전시킬 필요가 있다.

다음으로 고객 관점의 페인 포인트(Pain Point) 해결을 위한 어플리케이션 선점을 통해 고객 가치를 높여야 한다. Dow Chemical 출신 과학자들이 만든 Molecular Rebar Design과 SABIC은 2015년에 합작사 Black Diamond Structures를 설립했다. 이들은 CNT를 균일한 크기의 개별 튜브로 분리해 리튬이온전지에 잘 섞여 효과를 최대화하는 기술을 개발했다. 그리고 기계적 물성과 전기 전도성을 높일 수 있는



최적의 구조를 지닌 CNT를 용액 형태로 판매한다. 고객이 CNT에 대해 우려하는 부분을 해소한다는 점을 강조하는 방식으로 마케팅하고 있다. 나노소재의 인체에 대한 안전성에 대한 논란이 완벽하게 해결되지 않고 있다는 점에서 안전성 강화도 하나의 차별화 요인이 될 수 있다. 최종 소비자가 안심할 수 있도록 지속적인 검증 과정을 통해 접근하는 노력이 필요하다.

마지막으로 수요 기업과의 협업을 통해 새로운 용도 발굴이 계속되어야 할 것이다. 일본 화학기업 Zeon은 지난해 일본 산업기술총합연구소<sup>12</sup>, Sunarrow와 함께 CNT 복합재료연구센터 설립 계획을 발표했다. Sunarrow는 자동차 부품, 의료용 제품, 전자기기 부품 등을 만드는 가공회사이다. 연구센터에서는 CNT의 특징점을 살린 복합재료를 적용한 상품 개발, 마스터배치 생산, 시장 개척 등을 공동으로 수행할 계획이다. 수요 산업이 가진 문제를 해결한다는 화학 산업 본연의 역할을 수행하기 위해서는 수요 기업과의 직접적인 협력을 통해 니즈를 파악하는 것이 무엇보다 중요하다.

신소재가 개발되어 상업화되기까지는 오랜 시간이 소요된다. 일례로 탄소섬유는 1959년부터 개발이 시작되었지만 2000년대에 들어서면서부터 항공기, 풍력 터빈 블레이드 등에 대규모로 적용되기 시작했다. 미래의 소재로만 여겨지던 CNT는 성장 초기 단계이기는 하지만 점차 현실의 소재가 되어가고 있다. 많은 소재가 상업화의 문턱을 넘지 못하고 사라진다는 점에서 현재까지 CNT 시장의 성과는 긍정적으로 평가할 수 있다. 그렇지만 본격적 성장 단계에 진입하기 위해서는 아직 남아있는 많은 과제들이 해결되어야 할 것이다. CNT가 상업화의 난관과 치열한 혁신소재와의 경쟁을 이겨내고 대표적인 미래 소재로 성장할지에 대해 다시금 주목이 필요한 시점이다. [www.lgeri.com](http://www.lgeri.com)

12 The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology(AIST)



본 보고서에 게재된 내용이 LG경제연구원의 공식 견해는 아닙니다. 본 보고서의 내용을 인용할 경우 출처를 명시하시기 바랍니다.