

일본 나노섬유 개발의 현황과 전망

한국과학기술정보연구원
전문연구위원 오창섭
(chspoh@reseat.re.kr)

2010년2월17~19일 도쿄에서 'Nanotech 2010'이 개최되었다. 고분자와 카본 나노섬유에 관한 것이 많이 전시되었는데 NEDO는 도쿄공업대학과 참가 11개 기업을 중심으로 수행한 '첨단기능 발현 신구조섬유 부재기반기술의 개발프로젝트(나노섬유 프로젝트)'의 성과를 전시하였는데, 전계 방적장치, 각종 고분자 나노섬유와 카본섬유, 스포츠웨어, 에어필터, 유기라디칼전지, 냄새제거제 등 나노섬유 양산기술과 용도개발에서 크게 발전하였다는 인상을 받았다.

또한 기업은 카본나노튜브(CNT)에 관한 복합재료로 전열재료와 플라스틱 등의 강화재료에 대한 용도개발이 많이 진척되었다. 나노섬유는 머리카락의 1/1000정도의 직경을 가진 섬유상물질인데 나노사이즈섬유와 나노구조섬유로 구분된다. 나노사이즈섬유는 직경이 1nm(10Å)~100nm, 직경에 대한 길이 비(aspect 비)가 100이상인 물질로 정의하지만 경우에 따라서는 직경을 가시광의 파장영역(380~780nm)를 포함하여 1000nm(1μm)까지 확장한다.

나노구조섬유는 직경이 1μm 이상이어도 내부와 표면구조가 나노수준으로 제어되는 섬유를 총칭한다. 공업생산이 가능한 나노섬유의 방적법으로 복합용융방적법, Merutoburo법, CVD법, 전계방적법, 생물에 의한 제조법 등이 있다. 복합용융방적법과 Merutoburo법은 폴리아미드, 폴리에틸렌(PE), 카본 등의 나노섬유제조에 이용되고 CVD법은 CNT제조에 이용된다. 전계방적법은 용매에 용해하는 고분자뿐만 아니라 용해고분자나 무기재료에도 적용할 수 있다. 생물에 의한 제조법은 셀룰로오스 나노섬유 제조에 이용된다.

특히 최근에는 CVD법과 전계방적법에 대한 연구개발이 활발해서 그 용도 개발이 기대되고 있다. 나노섬유는 ①비표면적이 큰 것(초비표면적 효과) ② 사이즈가 나노수준인 것(사이즈 효과) ③분자가 배열로 된 것(초분자배열 효과)과 같은 다양한 특성을 나타내는데 이것을 이용하여 여러 가지 용도로 전개할 수 있다. 예를 들면 흡착제는 비표면적이 크면 우수한 성능을 나타내고 자동차의

엔진플레필터는 사이즈 효과로 발생하는 슬립플로를 이용하여 연비 향상을 위해 기존의 특수차량에 탑재하고 있다.

2차 전지전극에는 카본나노튜브를 부가하여 초분자배열 효과로 발생하는 고전도성을 이용한다. 지금까지는 복합용융방적법과 Merutoburo(Flash방적법 포함)에 한정되어 온 나노섬유의 대량생산기술이 CVD법, 전계방적법, 생물법 등에서도 행해지게 되어 다양한 용도로 이용될 수 있었다. 복합용융방적은 기존부터 일본이 자랑하는 방적법으로 1~3 μ m 정도의 폴리에스터나 나일론의 섬세한 섬유를 방적하였다.

Mikado섬유(주)에서 개발한 '나노프론트'는 직경 700nm 정도의 폴리에스터 나노섬유로 쾌적성이 우수하여 미국 등에서 그 반응이 좋다. 나노섬유프로젝트에서 Mikado 및 Tokyo공대에서 개발하고 있는 복합용융방적을 발전시킨 나노용융분산 방적법은 카본나노섬유를 제조하는 방법으로서 우수하여 CNT와 비교하여 촉매 금속원소가 혼입되지 않기 때문에 현재 유기라디칼전지, 2차 전지, 슈퍼파워 커패시터의 전극에 응용이 시도되고 있다.

Metoburo법은 PE나 PP 등 용융고분자의 부직포를 제조하는 방법에 이용되고 있는데 섬유직경 500nm 정도의 나노섬유 제조까지는 비교적 간단하다. 현재 200nm 정도까지도 가능하지만 실용화되지는 않고, 용융고분자의 나노섬유에서 전계방적법과 경쟁기술이 될 가능성이 있다. CNT에 관해서는 해외에서 연간 1,000톤 규모의 공장건설이 검토되고 있어 대량생산에 돌입하고 있는 것으로 생각된다. 일본 제품의 CNT는 상당히 우수한 품질인 편이고 안정성 시험의 표준물질이 될 가능성이 높다.

카본블랙 대체품으로서 CNT를 복합재료로 사용한 경우 역학적 성질과 전기적 성질에 우수한 성능을 발휘할 수 있어 향후 수요가 기대되고 고품질을 필요로 하는 일본 CNT 제조 산업에서 전지의 전극에 사용될 가능성이 높다. CNT 안정성에 대해 논의는 2009년 6월18일~20일 도쿄공대에서 있는 '국제나노섬유 심포지엄 2009'에서 나노섬유의 안정성에 관한 강연과 Brainstorming이 있어 NIOSH(미국 국립 노동안전위생연구소)의 Castronova 박사는 '카본나노튜브가 제2의 Asbest(석면)는 아니다.'라고 하여 국내외의 큰 주목을 받았다.

유럽 국가들은 위험에 대한 관리를 잘 하면 문제가 없다고 인식하여 CNT를

대량으로 생산을 시행하여 세계주도권을 장악하고 있다. 또한 미국은 과학적 근거가 희박한 CNT의 위험성을 지적한 학술논문을 인정하지 않고 있다. 전계방적법에 대해서는 지금까지 실험실 수준의 장치가 많이 판매되었는데 노즐을 다량으로 이용하여 대형화하는 것을 검토하고 있다.

또한 대량생산을 목적으로 한 장치제조판매가 있었지만 본격적인 공업생산을 하기에는 용량이 부족하다. 본격적인 대형 제조장치의 개발이 가능하지만 노즐의 고성능과 용매회수와 같은 해결하여야 할 문제가 많다. 그래서 NEDO 주도 하에 '나노섬유 프로젝트'가 2006년6월부터 5년 예정으로 전계방적 대형장치 개발과 나노용융분산 방적법의 개발이 수행되고 있다.

이 프로젝트는 전계방적장치의 대형화에 따라 발생하는 문제점을 해결하기 위해 연구개발이 수행되고 있다. 그 결과 지금까지는 없던 고성능노즐과 용매회수 방식이 개발되어 나노섬유의 실용화가 많이 진척되었다. 이들 개발성과를 실용화기술 개발에 적용하여 전지부재, 필터부재, 의료위생부재 등에 관한 연구개발이 행하여지고 있다.

이들의 성과를 'Nanotech 2010'에 전시하였고 이 중 에어필터는 저탄소사회를 실현하기 위한 대단히 좋은 성과를 나타내었고, 나노섬유필터는 나노수준의 미립자를 포집하는데 이용할 수 있는 것으로 알려져 있다. 이상과 같이 나노필터를 이용하면 고기능재료로서 그린이노베이션이나 라이프이노베이션에 크게 기여할 것으로 기대된다.

나노필터는 직경을 나노수준으로 제어할 수 있으면 크기가 마이크로수준인 표면이나 내부구조를 제어할 수 있는 섬유가 될 수 있다. 또한 전계방적기술은 나노코팅이나 패턴기술에도 이용할 수 있어 섬유부재뿐만 아니라 화학용품, 전기 전자용품, 복합재료와 같은 것에 다양하게 이용될 수 있다. Energy Harvesting, 태양전지, 우주개발, 2차 전지, 연료전지 등을 비롯해 전기전자 활용과 식품, 건강, 의료, 환경에도 향후 나노기술의 활용을 기대할 수 있다.

출처 : 谷岡 明彦, "わが國のナノファイバー開発 :現状と今後の展望", 「工業材料(日本)」58(6), 2010, pp18~21

본 분석물은 과학기술진흥기금 및 복권기금의 지원으로 작성되었습니다.