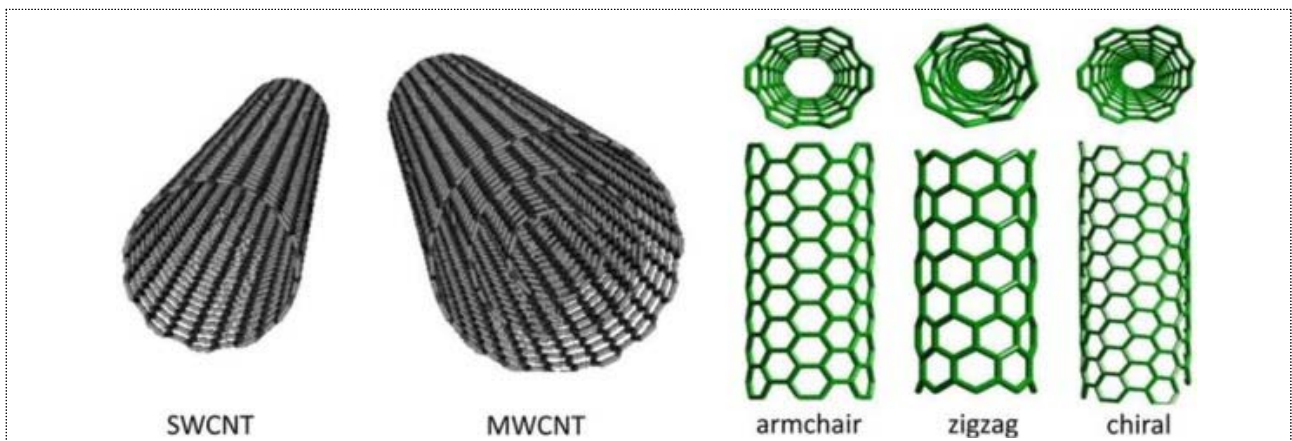


## [7회] 리튬이온전지 CNT 도전재(導電材) 기술 및 시장동향

한국재료연구원 문희성

### 1. 개요

- 탄소나노튜브(이하 CNT)는 탄소 원자로 이뤄진 그물망의 튜브 형태 구조체로서 나노미터의 튜브직경을 가지고 있는 소재
  - 1991년 일본 NEC의 이지마(S. Ijima)가 풀러렌(C<sub>60</sub>) 연구 중 우연히 발견하여 발표함으로써 주목
  - 개략적으로 보면 형태에 따라 홑겹(Single-wall), 두겹(Double-wall), 다중겹(Multi-wall), 그물망의 구조에 따라 암체어(Armchair), 지그재그(Zigzag), 카이랄(Chiral) 등으로 구분되며, 이러한 형태에 따라 금속이나 반도체 특성을 보유
  - 이후 합성법과 응용 가능성을 중심으로 연구가 활발히 이뤄져 왔기에 CNT 합성법, 특성 연구등에 대한 학술적 진보



[그림1] 탄소나노튜브의 형상 및 구조

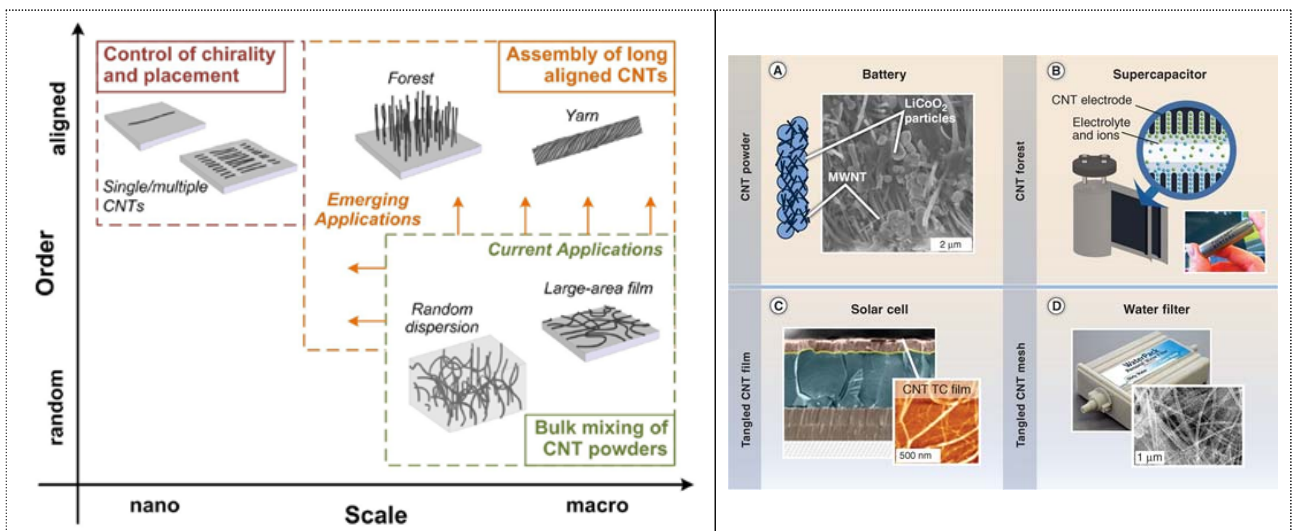
참고: Nano Rev., 4 (2013), p. 1

물성항목	물성치	타 소재와 비교
탄성률	1~2 TPa	강철의 7배
인장강도	30~180 GPa	강철의 100배
전기전도도	6,000 S/cm	구리선의 1,000배
열전도도	6,000 W/m·k	다이아몬드 2배

[표1] 탄소나노튜브의 물성

참고: 주요 탄소소재 동향과 전망, LG경제연구원, 2014

- CNT는 최근 리튬이온전지 전극의 도전재로서 적용되면서 본격 상용화가 예상되면서 주목
  - CNT는 나노소재의 대표적인 유망소재로서 전기전자, 에너지, 환경 등 다양한 분야에 적용될 후보로 주목이 있었으나 여전히 유망
  - 전지의 양극 활물질이 세라믹소재로 분류되기에 전도성이 낮아, 이를 증진키기 위한 첨가제(additive)로서 CNT를 주목



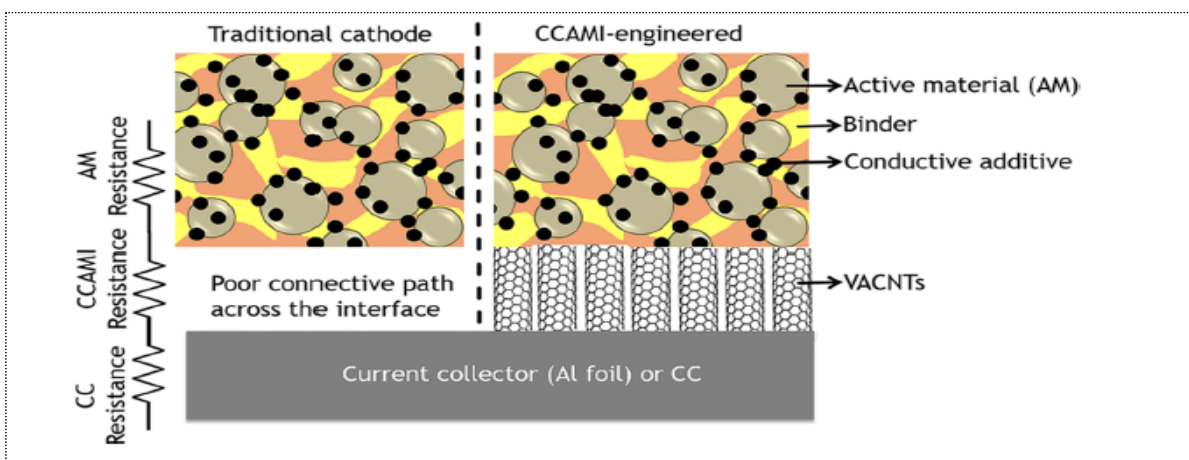
[그림 2] CNT의 현재와 미래 및 에너지/환경 적용분야 예시

(우측) (A)는 배터리 양극 소재용으로 전극용으로 CNT 혼합물을 사용한 사례, (B)는 CNT 기반한 슈퍼 캐패시터의 개념, (C)는 CNT 투명 전극을 사용한 태양전지, (D)는 기능화된 CNT를 사용한 휴대용 수처리 필터 사례

Michael F. L. De Volder et al., SCIENCE, 2013, 339, 535

## 2. 전지 도전재용 CNT 기술 동향

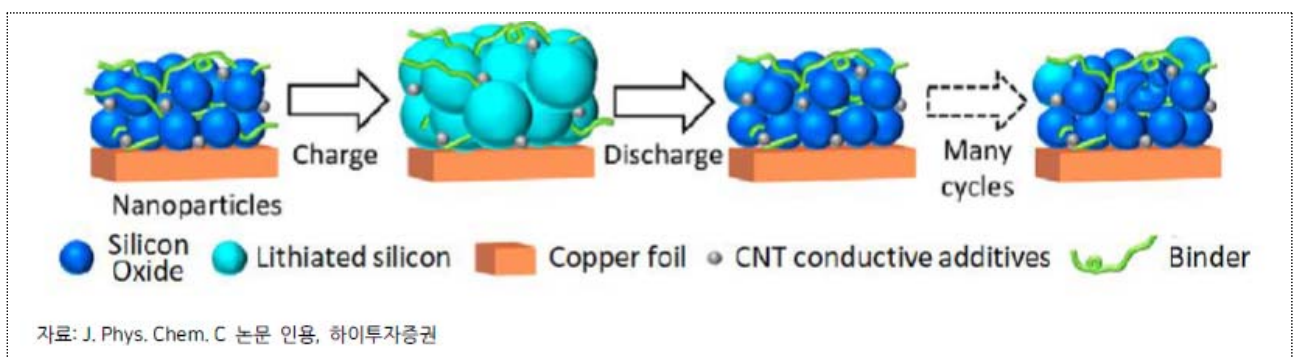
- (전도성 및 저장 용량 향상) CNT는 전지 전극에 적용되어, 기존 카본블랙 대비 30% 사용량을 줄여주는 대신 10% 도전성이 향상되는 특징점을 제공
  - 기존 카본블랙 대비 적은 양을 사용함으로써 동일 부피내 전극 활물질을 추가로 넣을 수 있어(부피당 용량 증가) 전지 성능 향상에 기여



[그림 2] LiB 양극에서의 집전체, 집전체와 활물질간, 활물질간 저항

참고: ACS Omega 2018, 3, 4502–4508

- (안전성 향상) 음극재에서 에너지 용량 향상을 위해 실리콘을 첨가하면서 발생하는 팽창문제도 잡아주는 보완재 역할
  - 2019년 출시된 포르쉐 타이칸의 리튬이온전지 음극에 실리콘(5wt%)과 함께 CNT 도전재가 첨가된 사례가 있고, 파우치형 전지의 경우 더욱 중요한 역할을 할 것으로 기대



자료: J. Phys. Chem. C 논문 인용, 하이투자증권

- 양극재와 음극재에 첨가제로서 적용하는 과정에서 이슈는 CNT의 분산으로 양극재는 유기계 용매, 음극재는 수계 용매 조건에 맞게 Formulation 설계가 필요

### 3. CNT 도전재 시장 및 기업 동향

- 전지 도전재용 CNT 시장은 업계 추정으로는 2019년 3,000톤 규모의 수요가 2024년 13,000톤 규모로 급성장할 것으로 전망
  - 하이투자증권의 예측으로는 CNT 도전재 시장이 매년 216%씩 성장해 오는 2025년에는 2조2000억원까지 커질 것으로 전망
- CNT는 1991년 발견이후 유망소재로서 많은 국내외 화학 및 소재 기업들이 설비 투자 등을 통해 신소재사업으로서 추진했으나 수요 시장의 미성숙 등으로 사업 철수, 매각 등 변화

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
	OCSiAl(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

[표 3] CNT 관련 기업 동향

자료: 정윤지, LG경제연구원(2018) 보고서

- 전지용 CNT 사업에 관심있는 주요 기업은 일본의 Showa denko, 제온, 국내에는 LG화학, 나노신소재, 동진썬미켄 등이 존재

- LG화학은 리튬이온전지사업의 경쟁력 강화를 위해 소재 경쟁력 확보 차원에서 양극재 사업과 함께 CNT 도전재 사업도 적극 추진중
  - \* LG화학 CNT 도전재 매출은 20년 200억원 규모로 예상되며, 여수 공장의 생산 Capa를 기존 500톤 규모에서 1,700톤 규모로 확대중
  
- 나노신소재는 2019년 약 2,500톤 규모에서 2020년 6,500톤 규모로 생산 capa를 확대 중
- 제이오는 2000년대 초반부터 CNT 합성 장치 개발 등을 해온 CNT 유관 기업으로 최근 200톤 규모의 생산Capa 투자
  - \* 제이오는 자체적으로 TW(Thin Wall) CNT를 생산하고 있으며, 이는 MW(Multi-wall) CNT 대비 50% 적은양으로 동일 이상의 특성을 구현
- 국내에 전지 글로벌 Big3가 있기에, 신규 진입 기업들도 향후 늘어날 것으로 예상되며, 반도체 소재 기업인 동진세미켐의 경우 동진스웨덴AB를 설립하여 현지 전지 기업 노스볼트에 CNT 도전재 공급계약을 체결