

glia세포에 어떤 영향을 미치는지를 연구하였다. 연구에 따르면, 나노입자는, 짧은 시간 동안에는 세포를 보호할 수 있지만 오랜 시간 배출되면 세포손상의 가능성이 있는 화학물질을 만들도록 세포를 자극시킨다고 한다. University of Rochester의 나노입자 유독성 관련 전문가인 Günter Oberdörster는 이러한 결과들이 실제로 나노입자의 건강유해성을 나타내고 있다고 말하기에는 아직 이르다고 강조했다. 그는 “이것들은 가치있는 결과들이지만 살아있는 유기체에 적용하는 것은 매우 주의를 요한다”고 말했다.

페인트에 사용되는 흰색 염료인 타이타니아는 일반적으로 무독성이다. 이것은 자외선 흡수 능력 때문에 섀크림 제조시 미세한パウ더로 사용되어 왔다. 이 입자는 너무 작아서 투명하므로 피부에 발라도 창백해지지 않는다. 연구원들은 구입한 30 nm 타이타니아를 쥐의 microglia 세포배양기에 첨가하였다. 이 세포들은 침입한 입자를 에워싸고 ROS와 같은 화학물질을 방출하여 그 입자를 과열시킴으로써 뉴런을 보호한다. 그러나 ROS는 주변 세포에도 손상을 입힐 수 있기 때문에 장기적으로는 해로운 결과를 불러올 수 있다. Veronesi팀은 타이타니아 입자들이 microglia에 의해 제거되고 한 시간 이상이 되면 ROS를 방출하여 과열시키는 것을 발견하였다. ROS는 파킨슨이나 알츠하이머 병 같은 신경퇴행성 질환의 중요한 원인으로 생각되기도 하는 산화적 스트레스가 쉽게 일어나게 한다고 한다.

혹자들은 이러한 결과를 걱정하는 것은 너무 이르다고 한다. 어느 누구도 피부에 사용한 나노입자가 어떠한 농도에서 뇌에 영향을 미치는지를 알고 있는 사람은 없다. 쥐 세포에서 보여진 결과는 살아있는 쥐나 인체에는 영향을 끼치지 않을 지도 모른다. 비록 Veronesi팀이 타이타니아 입자가 뉴런의 세포를 죽일 수 있다는 결과를 보았지만, 산화적 스트레스가 뉴런을 손상시킨다는 증거는 없다고 한다.

(News@nature.com, June 16, 2006)

### 탄소나노튜브 유체펌프

일리노이의 Argonne National Lab의 Zeke Insepov팀은 탄소나노튜브의 벽을 따라 진행되는 파동에 의한 연동운동으로 가스가 나노규모의 관에 의해 효과적으로 펌프 될수 있음을 컴퓨터 모델링을 통해 보였다. 이 효과는 연료전지에서 나노튜브가 수소를 저장하고 전달하는 역할로 사용될 수 있음을 보여준다. 유체를 나노규모의 관으로 구동하는 것은 마이크로플루이드스 기술이나 나노인쇄, 약물전달, DNA 분석, 양자계산에 사용될 수 있다. 탄소나노튜브에서 물질이동에 쓰이는 전기적 방법은 예를 들면, 전류를 흘려서 관 안의 갇힌 이온들을 빠져 나오게 하는 것은 이미 실험적으로 증명된 바 있다. 반면에 Argonne 연구팀에 의해 이론적으로 제시된 펌프 운동은 순전히 역학적인 것이다. 연구팀은 수소나 헬륨을 직경 1~2 nm의 탄소나노튜브에 넣고 튜브 반경의 1~5% 정도 되는 진행파로 튜브 벽을 여기시켰다. 길이방향으로 튜브가 주기적으로 수축되고 늘어나는 파동을 Rayleigh 표면파라 부른다. Rayleigh경은 19세기에 Rayleigh파에 의해 원통형 액체기둥이 깨어 있는 듯한 액체방울 형태로 쪼개질 수 있다고 보였다. 이런 파동은 레이저 펄스에 의해 나노튜브 원통의 표면에 야기될 수 있다. 이 모델링 팀에 의하면 가스분자는 높은 속도로 관을 따라 파동의 형태로 움직이고 가스분자끼리 충돌이 거의 없다. 10테라 Hz의 펌프 파동에서 가스 이동속도는 초당 30 km에 도달한다. 탄소나노튜브는 연료전지 기술에서 나노단위의 수소저장 관으로 제안되어 왔다. 만약 이것이 현실화된다면 레이저로 자극된 펌프작용이

저장된 가스를 나오게 하는데 좋은 역할을 할 것이다.

(Nanozone news, August 3, 2006)

### 바이오 나노복합재료를 생성하는 혼성 단백질

자연에 존재하는 실리카 구조물 들은 유기물 성분이 기능성을 나타내고 또 실리카 형성을 돕는 나노복합재료로 구성되어있다. 단백질 유도체의 하나인 실크는 뛰어난 기계적 물성을 가지는 섬유를 생산하기에 적합한 물질이다. 이런 천연재료에 영감을 얻은 미국의 Tufts 대학, 영국의 Nottingham Trent 대학 그리고 미국의 공군 연구소에서는 새로운 생체 모방 혼성 재료를 합성하였다[Proc. Natl. Acad. Sci., USA (2006) doi: 10.1073/pnas.0601096103]. 이들은 새로운 혼성단백질 군이 거미줄과 생체실리카의 속성을 모두 가지도록 설계, 합성하고 분석하였다. 이들은 규조류(clindotheca fusiformis)로 부터 얻은 R5 단백질과 아메리카 무당거미(Nephila clavipes)의 거미줄 성분인 MaSp1 단백질 영역을 융합하였다. MaSp1 단백질은 자기조립과정에서 구조와 형태를 조정하는 역할을 수행한다. 한편 R5 단백질은 저온, 중성인 조건에서 실리카의 침전형성을 촉진한다. 이 새로운 혼성 단백질을 이용한 광물화 과정을 이용하여 0.5~2 μm 직경의 실리카 입자를 포함하는 나노 복합재료를 생산할 수 있었다. 이 혼성단백질을 사용하여 실리카 입자 직경의 분포를 보다 좁게 할수 있다. Tufts의 David. Kaplan은 이 기술이 두 가지 중요성을 가진다고 하였다. 그 하나는 유전공학을 이용하여 보다 고효율 혹은 새로운 물성을 가진 소재를 제조할 수 있는 가능성을 열었고, 다른 하나는 모든 공정이 주어진 조건하에서 물속에서 이루어 진다는 것이다. 게다가 실리카 뿐만 아니라 hydroxyl apatite, TiO<sub>2</sub>나 게르마늄 등도 이 혼성 단백질로 생산해 낼 수 있다.

(Materials Today, July-August, 2006)

### 건물의 냉온방에 사용될 열전 고분자

Active Building Envelope (ABE)라고 불리는 기술의 구체적인 내용이 Denver에서 열린 Solar 2006에서 발표되었다. RPI의 Steven Van Dessel 교수 연구팀은 열전 가열 펌프와 태양광발전 패널을 한데 묶은 ABE 시스템을 이용하여 가열과 냉각에 필요한 비용을 절감할 수 있다고 하였다. 그는 다양한 건물 표면에 ABE 시스템을 부착함으로써 이전의 에어컨과 가열 기구를 대체할 수 있을 것이라고 한다.

NSF가 지원할 Dessel의 다음 프로젝트는 ABE 기술을 보다 경제적으로 실현가능한 저비용 박막 물질로 대체하는 것이다. 만약 성공하면, 박막은 자동차 내부를 가열하거나 냉각시키는 차유리 등과 같은 응용 분야에 사용될 것으로 예측된다.

전류가 열전 가열 펌프를 통과하면 한 쪽은 차가워지고 다른 한 쪽은 뜨거워진다. 한 쪽을 컨테이너 안 그리고 다른 한 쪽을 바깥에 놓음으로써 열전 장치는 컨테이너 안팎으로 열을 왔다갔다하게 할 수 있다. ABE 시스템은 열전소자와 전체 건물을 커버할 수 있는 태양광발전패널과 병합시킨다. 이것이 전기저장 장치와 합쳐지면, 낮 또는 밤 동안 건물을 가열하거나 냉각시킬 수 있을 것이라고 한다.

(EE Times, July 13, 2006)

<광주과학기술원 신소재공학과 박지용, e-mail : jiwoong@gist.ac.kr>