

재하는 천연의 HDL과 그 크기와 표면 구성이 유사하다. 본 연구를 주도한 노스웨스턴대학의 Chad A. Mirkin 교수는 ‘콜레스테롤을 흡수하는 스폰지 같은 역할을 하는 이 나노소재는 콜레스테롤을 낮춰주는 훌륭한 의약품이 될 가능성이 있다’고 설명하였다. 이번에 새로 개발한 합성 HDL이 콜레스테롤을 낮춰주고 부작용을 최소화한 의약품 개발에 새로운 길을 열어줄 것으로 연구진들은 기대하고 있다. 노스웨스턴대학 연구진이 합성한 HDL은 금 나노입자를 중심으로 주위를 지질(lipid)로 둘러싸고 그 위에 APOA1이라는 단백질을 부착하였다. APOA1은 자연적으로 생성되는 HDL의 주요 구성 단백질이다. 이렇게 합성된 금 나노입자 기반의 HDL은 약 18 nm 크기로 천연의 HDL과 비슷한 크기이다. 콜레스테롤은 우리 세포에서 필수적인 성분 중 하나이지만 만성적으로 과량 존재할 경우 생체내 혈관에서 서로 뭉쳐서 혈액의 흐름을 방해해 치명적인 질병을 야기할 수 있다. 그러나, HDL이 있을 경우는 이야기가 달라진다. HDL은 콜레스테롤을 간으로 수송하여 죽상동맥경화증(atherosclerosis)을 막아주는 역할을 한다. 이번 연구성과는 노스웨스턴대학의 화학과와 약학과의 공동 연구로 향후 개발된 합성 HDL의 생체 적용을 위한 연구와 콜레스테롤과 결합하는 특성 평가에 주안점을 둘 것이라고 한다.

(*J. Am. Chem. Soc.*, January 2009)

카드뮴을 포함하지 않는 고효율 형광발광 바이오 표식용 나노입자

일본 산업기술종합연구소(AIST) 광파제어 디바이스그룹의 무라세 노리오(村瀬至生) 연구원 등은 물에 분산되어 장기간 안정적이며 형광발광 효율이 높은(적색에서 68%) 인화인듐(InP) 나노 입자 개발에 성공했다. 이 나노 입자는 InP를 핵으로 외층이 황화아연(ZnS)으로 피복된 InP/ZnS 코어셸형 구조로 되어 있다. 반응 조건을 제어함으로써 ZnS 피복을 두껍게 하여 발광 효율 및 화학적 안정성을 향상시켰다. 동시에 나노입자표면에 유황을 포함하는 계면활성제를 결합시켜 바이오 응용에 필수가 되는 물분산성을 부여했다. 지금까지 연구용 배양 세포 등의 생체 내 미량물질의 양이나 분포 및 움직임을 관찰하기 위한 형광성 나노 입자로서 ZnS가 피복된 셀레늄카드뮴(CdSe)이나, 황화카드뮴(CdS)이 피복된 텔루륨카드뮴(CdTe) 등이 이용되었다. 이들도 물분산성을 적용할 수는 있지만 카드뮴에 의한 세포사(細胞死)를 야기하기 때문에 응용 범위가 한정되었다.

이번 연구로 개발된 나노 입자는 지금까지의 카드뮴 함유 나노 입자에 비해 보다 넓은 범위에서 응용될 것으로 기대된다.

암치료에 적용이 가능한 나노기술기반의 약물전달 버블 개발

암으로 투병하고 있는 이들에겐 생명유지의 불안뿐만 아니라 약물 치료방법들의 견디기 힘든 부작용으로도 많은 고통을 겪고 있다. 최근 텔아비브대학의 연구진이 개발한 나노기술기반의 약물전달 버블기술은 이러한 암치료의 고통을 경감시켜줄 전망이다. 암을 치료할 수 있는 약물을 암세포에만 전달하고, 이를 통해 정상세포가 받게 되는 손상을 최소화하여 부작용을 줄이고 암치료 효율을 높일 수 있다는 것이다.

새로운 약물전달 기술을 개발한 텔아비브 대학의 Rimona Margalit 교수는 “아주 작은 크기의 버블에 치료용 약물을 함입시켜 암세포가 자라는 부위로 약물을 효율적으로 이동시키는 방법을 고안해내었다.

나노기술기반의 버블은 암치료 이외에도 당뇨, 관절염, 다양한 전염성 질환 등에도 적용이 가능하여 그 활용범위가 넓다”고 연구성과를 설명하였다.

(*J. Control. Release*, December 2008)

현존하는 최고의 표면적을 갖는 나노다공성 물질

미시간 대학의 화학과 조교수 Adam Matzger가 주도한 연구팀은 지금까지 개발된 어떤 다공성 물질보다도 표면적을 상당히 높은 나노 다공성 물질을 개발하였다. 표면적은 촉매의 활성에서부터 물의 무독성화 및 탄화수소의 정제에 이르기까지 다양한 분야에 영향을 미칠 수 있는 중요하고도 본질적인 성질이다. 수 년 전까지 다공성 물질의 표면적 상한선은 3,000 m²/g으로 여겨졌었다. 2004년 Matzger가 포함된 미시간대학의 연구팀은 MOF-177이라고 알려진 물질을 개발하면서 새로운 기록을 남겼다. MOF-177은 새로운 종류의 재료인 금속-유기 복합소재(metal-organic frameworks)로, 금속의 중심체가 유기화합물에 의해 연결된 구조로 되어 있다. 1 g의 MOF-177은 풋볼 경기장 크기의 표면적을 갖는다. 이 한계를 극복하는데 어려웠지만, 연구팀은 새로운 물질인 UCMC-2(University of Michigan Crystalline Material-2)를 개발하였고, 이것은 5,000 m²/g 이라는 놀라운 표면적을 갖는 물질이었다.

연구팀은 새로운 물질을 생산해 내기 위해서 배위공중합(coordination copolymerization)이라는 방법을 이용하였다. 이전에도 유사한 물질인 UCMC-1을 만들기 위해 동일한 기법을 사용한 적이 있다. 원료의 다른 조합을 통해, 연구팀은 UCMC-2에 도달할 수 있었으며, 이는 다양한 크기의 공간을 가지면서도 UCMC-1에는 있는 채널을 갖고 있지 않는다. 다량의 수소를 촘촘하게 저장할 수 있는 새로운 재료의 필요성이 대두되는 시점에서, 다공성 물질의 표면적 향상은 저장 용량의 증대로 이어질 것이라는 기대를 낳고 있다. 그러나, UCMC-2의 수소저장능력은 높으면서도 현재 동일한 부류의 재료보다 높지는 않은 것으로 보아, 수소저장에 단지 표면적만이 중요한 인자가 아님을 시사하고 있다.

(*J. Am. Chem. Soc.*, March 2009)

정렬된 폴리머 어레이를 만드는 톱니 모양의 사파이어

차세대 마이크로전자장치를 위해서 나노크기 구성요소를 잘 정렬된 고밀도 어레이로 만드는 것은 쉬운 일이 아니지만 매사추세츠 주립대학(University of Massachusetts Amherst)과 캘리포니아 대학(University of California Berkeley) 연구진은 이것을 쉽게 할 수 있다는 것을 증명했다. 이 새로운 기술은 상업적으로 사용되고 있는 사파이어 웨이퍼 표면 위에 블록 공중합체(block copolymer)의 박막을 층으로 만드는 것이다. 이것은 균일한 톱날 모양의 패턴 속으로 폴리머 원자를 재배열시킨다. 이 프로세스는 거의 결함이 없는 높게 패터닝된 대면적 박막과 조밀한 나노구조를 만든다. 이 기술은 전자 장치의 데이터 저장 용량을 매우 향상시킬 수 있을 것이라고 연구진은 말했다. 이 연구는 블록 공중합체의 박막에서 분자들이 표면 위로 분산될 때 정렬된 패턴 속에 자기 조립한다는 사실을 이용했다. 이 프로세스의 유일한 문제는 범위가 증가함에 따라 정렬이 깨지는 것이다.

연구진은 상업적으로 사용하는 “miscut” 사파이어 결정 표면 위에

공중합체 박막을 층으로 만들어서 이 문제를 극복했다. 결정을 24시간 동안 1,300 °C와 1,500 °C 사이에서 가열할 때 이 결정 표면은 톱니 모양의 매우 정렬된 패턴으로 재조직되었고 이 패턴은 블록 공중합체의 자기 조립을 이끌었다. 이 기술을 사용해서 연구진은 3 nm의 작은 크기를 가진 나노 구성요소들이 포함된 $3 \times 3 \text{ cm}^2$ 이상에서 거의 결함이 없는 어레이를 만드는데 성공했다. 이것은 이전에 얻을 수 있었던 데이터 밀도보다 15 배 더 큰 것이다. 연구진은 이 연구에는 사파이어가 사용되었지만 실리콘 같은 단일 결정의 기존 물질들도 자기 조립을 인도하는데 사용될 수 있다고 설명했다.

(*Science*, February 2009)

살아있는 세포 내의 단백질 구조 및 거동을 관찰에 성공

일본의 독립행정법인 과학기술진흥기구(JST)는 기초연구사업의 일환으로 교토대학의 시라카와(白川 昌宏) 교수 및 슈토대학도쿄의 이토(伊藤 隆) 교수 등이 이끄는 연구팀이 살아있는 상태의 세포 내 단백질의 구조 및 움직임을 연구하는 새로운 방법을 개발하였다고 2009년 3월 5일자 보도를 통하여 발표했다. 지금까지 사람을 비롯한 고등생물의 살아있는 세포 내에서 단백질의 입체 구조와 작용 기작을 세밀히 관찰할 수 있는 방법은 없었으며, 이 대신 E. coli나 특정 동물 세포를 이용해 단백질의 발현계를 만든 후에 분리 정제하거나, 천연으로부터 직접 분리 정제한 단백질들을 이용하는 경우가 대부분이었다.

위 연구그룹은 “in-cell NMR spectroscopy”라는 새로운 방법을 이용하여 세계 최초로 원핵 세포(E. coli) 및 진핵 세포(HeLa cell line)를 대상으로 세포 내에 존재하는 단백질들의 입체구조를 정밀하게 결

정하는 것에 성공했다. 또한, 세포 내 단백질의 입체구조를 비롯한 작용 기작을 조사하는 방법도 개발하여 세포 내에서 약제가 단백질에 결합하는 모습은 물론 단백질이 세포 내에서 불안정화하게 되는 것을 최초로 밝혀내었다. 앞선 연구를 통해서 2006년에 시라카와 교수는 미국의 하버드대학의 연구그룹과 더불어 아프리카 손톱 개구리(Xenopus laevis)의 난모 세포를 이용하여 in-cell NMR을 이용한 결과를 보고한 바 있다. 이번 연구에서는 Thermus thermophilus HB8의 중금속 결합 단백질인 TTH1718을 E. coli를 이용하여 과발현시킨 것과 더불어 사람 세포주인 HeLa cell을 이용하여 FKBP12 단백질을 과발현시킨 후 각각 단백질의 3차원 구조 분석 및 세포 내에서의 거동 및 약제과의 상호작용에 대한 연구 결과를 2편의 논문으로 나누어 발표했다.

이번의 연구성과는 지금까지 미지의 세계였던 세포 내에서의 단백질의 구조 및 거동의 해석에 대한 연구에 기여함으로써 지금과는 다른 전혀 새로운 연구 분야가 개척될 것으로 기대되며, 이번에 개발된 연구법을 사용함으로써 세포 내 단백질을 표적으로 한 치료제의 설계 등을 비롯한 알츠하이머병과 같은 단백질의 변성에 의해 야기되는 질병의 발병 기작 해명 및 치료에도 크게 기여할 것으로 예상된다.

(*Nature*, March 2009)

본 기술뉴스는 한국과학기술정보연구원(KISTI)의 글로벌동향브리핑(GB) 및 나노위클리(Nano Weekly)에서 발췌, 정리하였습니다.

<충남대학교 양성윤, e-mail: sungyun@cnu.ac.kr>