

과피성, 비독성을 겸비하는 것으로 밝혀졌다. 특히 홍합유래 밀봉제는 투관침에 의한 구멍을 밀봉하여 내용물의 유출을 막고 인장강도 테스트를 견뎌냈다.”고 연구진은 말했다. 의료용 순간접착제란 넓은 의미로는 반창고로 대표되는 접착제로부터 의료용구의 포장, 외과용 점·접착제 및 지혈제 등을 포함한다. 좁은 의미로는 피부, 혈관, 소화기, 성형외과 등 의료분야에 직접적으로 사용되는 접착제를 의미한다. 따라서 의료용 순간접착제는 피부에 접촉하는 관계로 생체적합성이 요구되며, 생체 내에서 독성과 위해성이 없어야 한다. 또한 생분해성이 고 지혈효과가 있어야 하며, 수분이 있는 곳에서도 순간적으로 접착이 종결될 수 있고, 생체의 치유가 방해되지 않아야 한다. 현재 실용화되고 있는 의료용 접착소재로는 시아노아크릴레이트(cyanoacrylate)계, 피브린 글루(fibrin glue)계, 젤라틴 글루계, 폴리우레탄계 등이 있지만, 생체모방공학(biomimetics) 학자들은 홍합이나 게코 도마뱀 등의 접착성질을 이용하여 수술부위 등을 봉합하는 새로운 기술을 개발하고 있다. 지금까지 많은 연구자들이 홍합의 접착단백질에 대한 선행연구결과를 발표했지만, 이번 연구는 홍합의 접착단백질을 생체막의 손상 치료에 실제로 사용해 보고 그 결과(접착력, 독성, 생체적합성)를 기존의 의료용 접착제와 비교 평가하였다는데 있다.
<출처: *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, **202**, 85 (2010)>

세계 최고 성능의 전자현미경을 구현하는 고성능 전자원 개발

물질·재료연구기구(NIMS) 재료 신뢰성평가(萌芽)연구소 1차원 나노재료그룹의 Jie Tang 그룹리더 및 Zhang Han 연구원은 란탄붕화물(LaB₆) 나노와이어의 표면청정화기술과 결정제어 기술을 확립하는데 성공하였으며, 이로써 전자현미경의 성능을 비약적으로 향상시킬 것으로 기대되는 란탄붕화물의 실용화에 길이 열리게 되었다.

현재의 전자현미경에서는 바늘상의 텅스텐(W) 끝부분에서 방출된 전자를 고전압에 의해 가속화하고, 그것을 이용한 전자선을 통해 확대상을 얻었다. 전자원을 더욱 장수명화시키면서 동시에 보다 높은 분해능을 실현하기 위해서는 전압에 의해 전자원으로부터 직접 전자를 끌어내는 ‘전계방사형(電界放射型)’으로 해서 보다 목적에 적합한 재료를 개발하는 것이 요구되어 왔는데 이 재료의 대표적인 예가 LaB₆이다. NIMS는 먼저 미국 노스캐롤라이나대학과의 공동 연구로 LaB₆ 나노와이어를 제작하는데 성공하여 기술로서 확립해 놓았다. 이는 특수한 환경에서 나노와이어를 자연스럽게 성장시키는 방법(화학기상법)이다. 이 나노와이어를 전자원으로서 실용화하기 위해서는 특성의 안정화가 필수적이기 때문에, 표면의 청정화와 표면의 구조, 즉 결정면의 제어가 필요하다.

이번 개발에서는 전계증발(電界蒸發)에 의해 나노와이어 표면을 청정화하는데 성공했다. 이로써 전자원의 고휘도 방사를 위해 필수적인 불순물 제거가 가능하게 되었다. 또, 화학기상법의 최적화에 의해 자연성장된 나노와이어의 결정 방향·결정면을 제어하는 데도 성공했다. 본 기술의 확립을 통해 LaB₆ 나노와이어를 전자원으로 이용하여 최적의 결정면을 얻는 것이 가능해진 것이다.

본 개발 성과에 의해 종래의 성능을 대폭 능가하는 전계방사 전자원 실용화에 필요한 과제를 해결할 수 있었다. LaB₆ 전계방사형 전자원을 이용한 전자현미경이 실용화되면, 전자현미경 등의 계측·분석 장치의 성능을 한 단계 향상시켜, 보다 선명한 이미지나 원소

식별 능력을 얻을 수 있다. 또, 전자선묘화 장치나 의료용 X선 장치 등의 성능이 향상되는 외에, 나노기술의 연구 수준과 연구 효율도 대거 향상될 것으로 기대된다. 연구진은 향후 민간 기업과의 공동 연구 개발에 의해 실용화·제품화를 진행할 예정이다. 본 성과는 과학기술 진흥기구(JST) 산학이노베이션가속사업 ‘첨단계측 분석기술·기기 개발’ 프로그램의 「나노구조제어 LaB₆ 차세대 전계방사 전자총의 개발」의 일환으로 얻어졌다.

<출처: *Nano Letters*, **10**, 3539 (2010)>

천연물로부터 가스 저장용 금속유기 골격체 제조

설탕 한 숟가락, 소금 약간, 알코올 몇 방울—이것들이 바로 새로운 타입의 견고한 나노다공성 금속유기 골격체 제조에 사용되는 재료들이다. 여기서 사용된 설탕은 일반 설탕이 아니라 바이오재생 옥수수 전분으로부터 제조한 감마-사이클로덱스트린(γ -cyclodextrin)이다.

미국 노스웨스턴대학(Northwestern University)의 Fraser Stoddart 교수 연구팀과 UCLA 및 영국의 세인트앤드류스대학(University of St. Andrews) 과학자들이 *Angewandte Chemie* 저널에 발표한 바에 따르면, 이 간단한 재료들이 재생 가능한 천연 소재로 만든 새로운 종류의 생체적합 다공성 결정의 기반이 될 것이라고 한다.

금속-유기 골격체(metal organic frameworks, MOF)는 높은 규칙성을 가진 격자형 결정이다. 격자의 꼭지점은 전이금속(예, 구리, 아연, 니켈, 코발트 등) 복합체이며, 꼭지점 사이는 유기분자로 연결되어 있다. MOF는 자신의 기공 내에 수소나 이산화탄소와 같은 가스를 저장할 수 있다. 또한, 물질의 분리, 촉매반응 또는 신체내의 목표지향 약물전달 등에도 사용될 수 있다. 기존에 알려진 대부분의 MOF는 석유화학계 빌딩블록 화합물로 제조되었다. 반면에 Stoddart 연구팀은 천연물로부터 MOF를 합성하는데 성공했다.

“천연물 유래의 빌딩블록은 일반적으로 비대칭 구조라는 문제점을 가지고 있다. 이로 인해 높은 규칙성을 가진 다공성 골격체로 이들을 결정화시키는 것이 매우 어렵다.”고 Stoddart 교수는 말한다. 감마-사이클로덱스트린이 이 문제점에 대한 해결책을 제시했다. 이 화합물은 8개의 비대칭 글루코스가 고리 형태로 배열되어 대칭 구조를 띠고 있다. 미국과 일본 등 많은 국가에서는 사이클로덱스트린을 식품첨가제로 사용하고 있다. 골격체의 두 번째 성분은 알칼리금속 염이다. 이에 적합한 후보물질로는 바로 일반 식염(염화나트륨), 식염대체물질인 염화칼륨 또는 방부제로 널리 사용되는 벤조산칼륨(potassium benzoate) 등이 있다.

이들 성분을 물에 용해시킨 후, 알코올로 증기 확산하여 결정화시켰다. 곡식으로부터 제조한 알코올과 같이 시판되는 재료를 이용할 수도 있다. “이들 재료는 모두 저렴하게 구입할 수 있는 고품질, 식품용의 고순도 물질들이다.”라고 Stoddart가 말했다. 제조된 결정체는 6개의 감마-사이클로덱스트린 분자가 칼륨 이온에 의해 3차원으로 연결된 입방체로 이루어진다. 이 정육면체는 완벽히 배열되어, 쉽게 접근이 가능한 기공을 가진 다공성 골격체를 형성한다. “이러한 분자 배열은 기존에는 알려진 바가 없다. 기공의 부피가 전체 골격체의 54%를 차지한다.”라고 Stoddart 교수가 언급했다. 다공성소재에 있어서는 특히 이례적으로, 골격체를 물에 녹이면 그 구성 성분으로 완전히 분해되었다가 알코올로 다시 결정화시킬 수 있다. 이렇게 함

으로써 분해된 골격체를 쉽게 재활용 또는 재생할 수 있다.” 라고 Stoddart는 말한다.

<출처: *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2010; 49:
DOI: 10.1002/anie.201002343>

크기, 형상 및 조성이 정교히 제어된 완벽한 나노큐브 제조

항균 양말에서부터 의료용 영상과 전자 소자 등 다양한 분야에 이르기까지 나노입자 활용에 대한 관심이 증가되고 있고, 이들 나노입자의 환경, 보건 및 안전성에 대한 이해의 필요성 또한 높아지고 있는 상황이다. 미국의 국립표준기술연구원(NIST) 연구진들이 나노결정을 간단히 제조할 수 있는 공정을 개발하였으며, 이 나노결정을 활용하여 나노입자가 주위 환경과 상호작용하는데 영향을 미치는 특정 물리적, 화학적 특성연구가 가능하게 되었다.

나노입자는 동일한 소재의 벌크물질과는 다른 거동을 보이므로, 어떻게 이 나노입자가 생물학적 시스템에 영향을 미치는지를 이해하기 위해서는 새로운 시험방법이 개발되어야 한다. 독성학자들은 나노입자를 생물학적 시스템에 도입하는 방법으로 나노입자에 의해 야기되는 위험요소를 결정하고 그 효과를 모니터링 한다. 그러나 이 방법은 제조과정에서 크기, 형상 및 조성이 정교하게 제어되고 특성이 측정된 나노입자 대조군을 사용하고 있지 않다.

NIST 연구진은 최근 *Angewandte Chemie* 논문에서 금-구리 합금 나노결정의 크기, 형상 및 조성을 조절할 수 있는 1단계 공정을 발표했다. 연구진은 이 공정을 적용하여 세포벽 두께의 절반 정도이고 DNA와 거의 같은 크기인 3.4 nm의 완벽한 정육면체 형태의 나노큐브를 제조했다.

금과 구리 전구체를 다른 화학물질과 혼합하고 가열하여, 높은 결정성과 균질성을 가진 완벽한 나노큐브가 높은 수율로 제조되었다. 생성과정을 연구하기 위해 시료를 1시간, 1.5시간, 5시간 및 24시간 대별로 채취하여 측정된 결과, 균일한 크기의 완벽한 나노큐브 제조를 위해서는 5시간이 필요하다는 것을 알았다. 원료 용액 중의 각 화학물질의 비율과 반응시간을 조절함으로써, 나노큐브의 크기, 형상 및 조성을 정교하게 조절할 수 있었다. 이 공정은 나노큐브 내의 구리와 금 원소의 비율을 3:1 또는 1:3으로 제어할 수 있는 유일한 기술이다.

“이 공정은 매우 간단하며, 우리가 알기로는 5 nm 이하의 금 함유 나노큐브 제조를 위해 합성화학, 즉 “상향식”기술을 적용한 첫 번째 사례이다. 금 원자의 이동성 때문에 10 nm 이하의 나노큐브 제조는 매우 어렵다.”라고 NIST 방문연구원인 Yonglin Liu와 함께 연구한 NIST 물리학자 Angela R. Hight Walker가 말했다. 이 같이 NIST가 개발한 나노큐브제조공정을 통해 독성학자들은 나노큐브의 특성들 중 하나를 체계적으로 바꿔가면서 그러한 변화가 생물학적 반응에 어떠한 영향을 미치는지를 관찰할 수 있게 될 것으로 보인다. 이 합성 방법과 결과로서의 고품질 나노큐브는 태양전지와 같은 다른 분야에도 적용할 수 있다. “이제까지는 고품질 시료를 대량으로 생산할 수 없었지만, 이제는 가능하게 되었다.”라고 Liu가 말했다. 완벽한 정육면체 모양의 나노큐브는 기존에 알려진 나노큐브와는 확실히 다르다. 모서리가 절단되거나 둥글지 않고 뾰족하고 날카롭기 때문에, 훨씬 높은 화학반응성을 나타내어 촉매반응에 유용하다. 예를 들어 화학반응의 개시나 촉진을 위해 나노큐브가 사용될 수 있다.

<출처: *Angew. Chem. Int. Ed.*, **49**, 6781 (2010)>

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

<대구가톨릭대학교 김영진, e-mail : yjkim@cu.ac.kr>