

## 바이오 기반 재료

: 바이오에서 배운다. 바이오를 이용한다. 그리고 그 이상의 재료를 상상한다.

남기태

자연은 규칙적이고 정적으로 보이는 거대함 속에 변화무쌍한 아름다움을 감추고 있으면서 오랫동안 인류에게 관찰의 대상으로 예술적, 과학적 영감을 주고 있다. 무한해 보이는 자연을 우리는 경외롭게 바라보면서도, 동시에 이용하고 정복할 수 있는 자산으로 여기기도 한다. 자연이 만들어낸 재료를 얼마나 효과적으로 이용하는 것이 문화의 수준을 결정짓는 척도였던 시절이 있었다면, 현재는 천연재료보다 훨씬 뛰어난 특성을 지니고 있는 인공적인 재료를 대량으로 합성하고 이를 용이하게 가공하는 것이 목표다. 그런데 최근 들어 과학의 발전과 함께, 생명체가 나노 물질을 생성/정렬하고 이용하는 원리들이 새롭게 밝혀짐에 따라 자연의 분자생물학적인 거동들이 주목 받기 시작했다. 인공합성물을 만들고자 하는 노력이 결과적으로 자연으로 눈을 돌리게 한 것이다. 자연에서 배우고 영감을 받아 바이오와 나노재료 기술을 결합하고자 하는 노력은 지금까지 인류가 상상하지 못했던 기능성 소자 및 재료 개발을 가능하게 할 것이라고 기대된다.

### 1. 바이오 재료

통상적으로 바이오 재료는 의료용 기구 및 소자에 사용되는 재료를 지칭했다. 하지만, 지금은 그 의미가 확장되어, 생명체에서 추출되고 생물학적 활성이 유지되고 있는 재료 또는 단백질과 같은 생체 분자를 구성요소로 사용하는 하이브리드 재료를 포함하기도 한다. 지금보다 훨씬 오래 전부터 바이오 재료를 개발하고자 하는 사람들의 열망이 있었다는 것은 이집트 유물에서도 확인할 수 있다. 2000년에 이집트 고대 도시

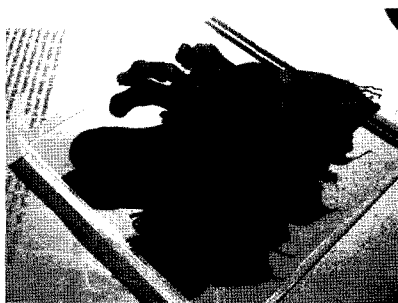
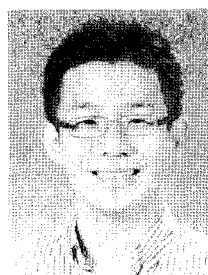


그림 1. Cairo 박물관에 소장된 이집트 유물.<sup>1</sup>

인 테베(Thebes) 근처의 무덤에서, 절단된 엄지발가락을 대체한 것으로 여겨지는 목재 보철이 발견된 것이다(그림 1). 방사성 원소분석에 따르면 기원전 1069년에서 644년 사이에 만들어진 것으로 추정하고 있다. 지금으로부터 약 3000년 전에 생체의 한 부분을 재료로서 대체하려는 노력이 있었다는 것은 놀라운 일이 아닐 수 없다. 지금은 바이오 재료의 영역이 훨씬 다양해져서, 고분자, 세라믹과 금속 등 다양한 재료와 첨단 가공기술들이 이용되고 있다. 상용화된 제품의 숫자 및 종류만 해도 수없이 많을 뿐 아니라, 2000년도 이후 더 크게 증가하는 추세이다. 인공 관절, 인공 뼈, 심장용 스텐트(stent), 보철재료 등이 그 예이다. 더불어 1970년대 분자 생물학의 혁명과 1990년대 이후의 단백질 유전 정보학의 발전으로 인해, 바이오 재료를 디자인하고 이용하는 방법이 있어서 혁명적인 변화의 움직임이 나타나고 있다. 세포 및 조직과 직접적으로 연동하고, 생체 반응을 조절하는 활성 작용기 분자들이 복합적으로 함유된 재료들이 설계되고 만들어지기 시작한 것이다. 한가지 예로서, 초기의 인공 뼈는 생체 친화성이 우수한 세라믹이나 금속재료를 이용하여 뼈를 물리적으로 대체하는 것이 일차적인 용도였다면, 최근에는 뼈 형성 단백질(bone morphogenetic protein) 발현이나, 줄기세포분화를 촉진할 수 있는 것도 중요한 역할로 간주된다. 생화학 기작을 일으키는 합성분자나 바이오 분자들을 포함하고, 효과적인 뼈 세포 재생 및 증식을 가능하게 하는 3D 세포 배양 구조(3D cell culture scaffold)를 지닌 인공 뼈들이 활발하게 연구되고 있고 상용화를 앞두고 있다.

### 2. 바이오 재료의 새로운 도전: 의료용을 넘어서

지금까지 바이오 재료가 대부분 의료용으로 사용되는 재료를 지칭했다

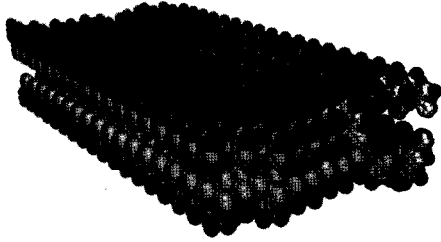


남기태  
 2000 서울대학교 재료공학부(학사)  
 2002 서울대학교 재료공학부(석사)  
 2007 MIT Department of Materials Science and Engineering(박사)  
 2007~2010 Lawrence Berkeley National Laboratory, Molecular Foundry(Post-Doc.)  
 2010~ 현재 서울대학교 재료공학부 조교수

#### Bio-based Nanomaterials Beyond Biological Application

서울대학교 재료공학부(Ki Tae Nam, Department of Materials Science and Engineering, Seoul National University, San 56-1, Kwan Ak Gu, Seoul 151-742, Korea) e-mail: nkitae@snu.ac.kr





**그림 5.** 물 안에서 스스로 정렬된 인공 단백질(peptoid). 두께가 2.7 nm로 얇고 평판 종이형태를 지니고 있다.<sup>4</sup>

찰할 수 있을 정도의 수 백 마이크로미터까지 만들어 낼 수 있었다. 분자 두께의 얇은 종이 형태가 형성된 셈이다. 수 나노 미터의 얇은 평판 물질이 자기 조립(self assembly)되어 만들어진다는 것은 기존의 재료공정에서는 찾아 볼 수 없는 현상이었다. 2차원 나노 구조는 생명체의 세포벽을 이루는 막(멤브레인)과 차세대 전자소자로 각광받고 있는 ‘그래판’ 등이 지니고 있는 형태로 새로운 소재로의 응용가치가 높은 구조이다. 이 연구는 생명체를 이용한 소자나 생명체의 자기조립 현상을 이용한 고성능성 나노 재료, 인공 단백질 등을 개발하는 단서를 제공한 것이다.

#### 4. 결론

바이오를 기반으로 한 재료는 의료용 소자 뿐 아니라 그 외의 영역에서도 다양한 응용 가치를 지닌다. 생명체의 다양한 기능을 재료에 부여할 수 있을 뿐 아니라 생체 신호 및 작용을 조절 하고 감지하는 것에 이용될 수 있다. 이를 위해, 바이오와 재료의 계면과 이들의 상호작용을 이해하는 것은 중요하며 자연계에 존재하는 원리를 배우고 모사하는 것이 그 해결책이 될 수 있다. 이를 통해서, 재료를 설계하고 만드는 방법에서 새로운 패러다임을 제시할 수 있을 것이라고 기대한다.

#### 참고문헌

1. Image from Jon Bodsworth, <http://egyptarchive.co.uk> (copyright free).
2. K. T. Nam, *et al.*, *Science*, **312**, 885 (2006).
3. R. Zuckermann, *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.*, **114**, 10646 (1992).
4. K. T. Nam, *et al.*, *Nature Materials*, **9**, 454 (2010).