

(1) “장쇄(100 mer 이상)”의  $\epsilon$ -폴리리신을 합성할 수 있는 개량형 Pis 구조(100 mer 이상의  $\epsilon$ -폴리리신은 바이오플라스틱의 재료가 될 수 있다)

(2) L-lysine 이외의 아미노산을 폴리머화할 수 있는 개량형 PIs구축

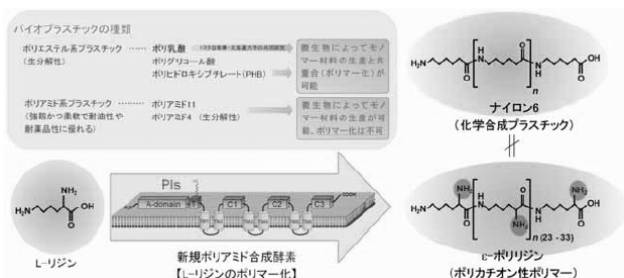


그림 2.  $\epsilon$ -폴리리신 효소의 추출개념도.

<http://app3.infoc.nedo.go.jp/informations/koubo/press/CA/nedopressplace.2008-11-26.1174332432/nedopress.2009-11-10.4316260827/>

## 실리콘 나노와이어를 이용한 리튬이온 배터리 Anode 소재

미국 캘리포니아에 위치한 신생기업인 Amprius사가 리튬이온 배터리(lithium-ion battery) 용도로 새로운 음극(anode) 소재를 판매할 계획이라고 밝혔다. 이 소재를 사용하면 배터리의 에너지 밀도를 높여 더 멀리 주행하는 전기 자동차나, 더 오래 사용할 수 있는 휴대용 전자기기의 개발이 가능해 진다고 한다. Amprius에 따르면 전기 자동차의 경우 현재 200마일 정도의 주행거리를 380마일 정도로 늘리고 노트북 컴퓨터의 경우 현재 4시간 정도의 사용시간을 7시간 정도로 늘리는 것이 가능하다고 한다.

신형 배터리를 개발중인 다른 회사들이 대부분 빠른 충전 및 급가속이 가능하도록 출력(power) 향상에 집중하고 있는 반면에 Amprius는 에너지 밀도를 높여 사용시간을 늘리는데 노력을 기울이고 있다. 배터리의 에너지 저장용량이 커질수록 이를 사용한 장비를 오래 쓸 수 있다. 자동차 회사들이 전기 자동차에 더 많은 관심을 기울이고, 아이폰(iPhone)과 같이 에너지 소모가 큰 휴대용 기기가 나올수록 배터리의 에너지 밀도는 점점 더 중요한 문제가 되어가고 있다.

리튬이온 배터리를 충전하면, 리튬이온이 양극(cathode)으로부터 음극으로 이동하며, 전자는 외부 회로를 통해 이동한다. 전류를 방출하는 과정에서는 이 과정이 거꾸로 진행된다. 실리콘은 현재 음극 소재로 사용되는 탄소류에 비해 더 많은 양의 리튬을 수용할 수 있기 때문에 음극 소재로서 주목받았었다. 실리콘의 이론 최대 에너지 밀도는 탄소의 10배에 달하지만 실리콘을 음극 소재로 사용하는 데는 문제점이 있었는데 쉽게 깨지거나 한 번만 충전을 해도 쉽게 부풀고 금이 가는 등의 현상이 있었기 때문이다. 하지만, 실리콘 나노와이어(nanowire)로 만든 음극은 충/방전을 반복해도 손상이 일어나지 않음이 발견되었다.

Amprius사의 창립자이자 스탠포드대학교 재료공학과의 조교수인 Yi Cui는 올해 가을에 나노구조를 가진 실리콘 음극이 기계적 손상 없이 이론 전하 축적용량(theoretical charge storage capacity)을 달성할 수 있음을 보여주었다. 길고 가는 실리콘 나노와이어로 만들어진 매트(mat)는 쉽게 구부러지기 때문에 충/방전 시에 일어나는 기계적 응력(strain)을 해소시켜 줄 수 있기 때문이었다. 또한, 나노와이어로 만든 매트는 높은 표면적을 가지고 있어 리튬이온과 상호작용

을 일으킬 수 있는 부위도 넓어지는 장점이 있다.

Amprius는 또한 나노와이어의 대량 제조가 가능하도록 제조 공법에 몇 가지 개선을 이루어 냈다고 사업 개발 담당 이사인 Ryan Kottenstette는 밝히고 있다. 나노와이어는 촉매가 코팅된 금속 기판 위에서 기체상태 원료로부터 성장시킨다. 자세한 방법은 밝히지 않았지만, Amprius는 좀더 전도성이 높은 기재를 사용하고 저렴한 촉매를 사용하는 공정이 개발되었다고 밝히고 있다. Cui 교수는 대면적 박편(foil)상에서 더 낮은 재료비로 빠르게 음극을 대량 생산하는 것이 가능하다고 설명하고 있다. Amprius는 자동차 및 전자제품 제조회사들과 협상을 진행하고 있으며, 3월에 첫 번째 벤처 자금 모금을 마쳤다. 이들은 파일럿 제조 설비를 만들기 위한 자금 모금을 내년 여름에 진행할 계획이다.

음극이 아무리 좋아도 배터리의 전체적인 충전 용량을 올리기 위해서는 양극의 개선도 필요하다. 현재 사용되는 양극 소재는 Amprius가 개발중인 음극의 성능에 미치지 못한다. 따라서, Amprius는 초기에는 양극은 두껍게 음극은 얇게 만들어 이 불균형을 해소하려고 한다. 이와 같은 디자인을 사용하면 같은 크기의 일반적인 리튬이온 배터리에 비해 40퍼센트의 용량 증가가 가능할 것으로 예상된다. 에너지 밀도를 더 높이기 위해서는 새로운 양극 소재의 개발이 필요하다.

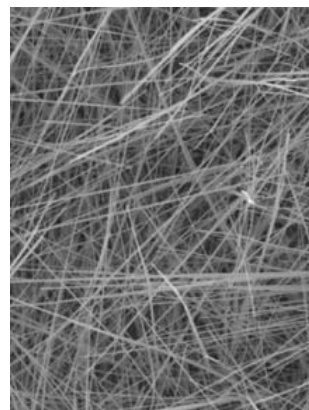


그림 3. 실리콘 나노와이어로 이루어진 매트. 일반적인 리튬이온 배터리의 음극 소재에 비해 10배의 전하를 저장할 수 있다.

<http://www.technologyreview.com/energy/23893/page1/>

## 진동이 연꽃잎이 가지는 소수성의 비밀

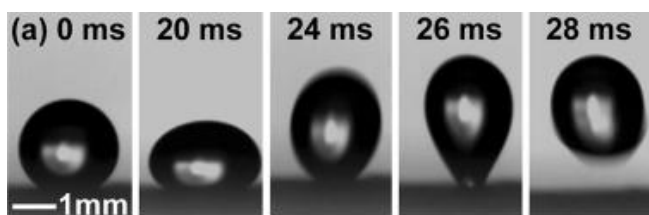
연꽃잎에 왜 물이 묻지 않고 물방울이 튕기는지에 관한 오랜 미스터리가 풀렸다. 이번 연구 결과는 더 나은 자가 정화기능과 낮은 건인력을 갖는 물질을 개발하는데 도움을 줄 것으로 보인다. 10월 26일자 Physical Review Letter에 발표된 논문에서 미국 듀크대학(Duke University)의 기계공학과 교수인 Chuan-Hua Chen은 연꽃잎의 비밀은 줄기가 진동하는데 있다는 것을 알아냈다(“Restoring superhydrophobicity of lotus leaves with vibration-induced dewetting”, PRL, 103, 174502).

연꽃잎의 표면은 구석지고 갈라져있는 자그만한 털들로 이루어져 있다. 과학자들은 이러한 표면의 특이한 텍스처가 연꽃잎이 가지는 초소수성(superhydrophobicity) 또는 방수성(water repellency)에 주요한 이유라고 생각해왔다. 따라서, 과학자들은 연꽃잎을 모방하여 방수성이 뛰어난 표면과 코팅제를 개발해왔다. 하지만, 이렇게 개발된 물질들은 물방울을 튕겨나가게 하는 대신 물방울들이 작고 갈

라진 틈에서 응축되었다. 따라서, 표면은 더욱 접착력이 증가하였다. 또한, 실험실에서의 연구에서는 연꽃잎조차도 응축에 영향을 받았다.

하지만, 자연에서는 지난 밤에 연꽃잎에 맺힌 이슬방울은 그 다음날 아침이면 사라진다. 따라서, 연구진은 자연에서 있는 현상인데 실험실에서 재현하지 못한 게 어떤 것이 있는지 관심을 두었다. 연꽃잎을 생각해 보면 커다란 잎아래에 그에 비해 아주 가는 줄기가 있고 진동이 일어나기에 아주 좋은 환경이다. 따라서, 연구진은 진동 효과가 실험실내의 테스트에서 고려되지 않은 조건이라는 가정하에 값싼 스피커를 구입하여 연꽃잎 밑에 설치하였다. 그 후 잎 위에 물이 응축하게 한 다음 100 Hz의 주파수로 잎이 떨리게 하였다. 고속으로 촬영된 사진을 통해 연구진은 물방울이 진동때문에 연꽃잎에서 튕겨서 떨어져 나가는 것을 관찰하였다. 진동이 물방울과 잎 표면 사이의 부착력을 극복할 수 있는 에너지를 공급한 것이다. 적당한 주파수의 진동을 가해서 물방울을 움푹 파인 곳에서 나오게 한 것이다. 이러한 현상은 자연에서 아주 쉽게 일어나고 연꽃잎은 줄기와 전체적인 구조때문에 이슬을 제거할 수 있는 것이라는 생각이다.

이 진동 효과는 방수 물질을 개발하는데 도움을 줄 것으로 기대되는데 예를 들어 발전소에서 열을 전달하는데 쓰이는 응축관내를 특수한 텍스처와 전류로 인한 진동을 갖게 만든다면 드랙(drag)은 줄어들고 흐름은 증가해서 효율을 높일 수 있을 것이다.



**그림 4.** 80 Hz의 진동하에서 물방울이 튕겨나가는 것을 보여주는 시간대별 사진.

<http://www.nytimes.com/2009/10/27/science/27lotus.html?ref=science&pagewanted=print>

## 거울상이성질체 한 쌍 모두와 동시에 결합하는 효소 발견

특정 화합물의 거울상이성질체 모두와 동시에 결합을 형성하는 특이한 효소가 오스트리아 그라즈기술대학(Graz University of Technology) 로프 브라인bauer(Rolf Breinbauer)와 독일의 막스플랑크 연구소(Max Planck Institute) 볼프 브란켄펠트(Wulf Blankenfeldt) 연구진에 의해 발견되어 학계의 관심이 쏠리고 있다.

효소는 입체 선택성이 매우 높기 때문에 특정 화합물의 거울상이성질체 중 한 가지 거울상이성질체와만 결합을 형성하는 것이 일반적이다. 물론 특정 화합물의 다른 거울상이성질체와도 결합을 형성하는 효소는 드물지만 보고된 예가 있다. 하지만, 이번에 두 연구진이 공동으로 발견한 효소는 특정 화합물의 거울상이성질체 한 쌍 모두와 동시에 결합을 형성하기 때문에 매우 특별하다. 이런 사례는 아직까지 보고된 예가 전무하다.

‘거울상이성질체’란 분자의 입체적 형태가 마치 거울에 비친 모습을 하고 있는 물질을 지칭한다. 사람의 왼손과 오른손처럼 분자의 화학적 조성이나 원자간 연결은 같지만 서로 겹쳐지지 않는 상태의 입체구조를 나타내는 관계의 분자가 바로 거울상이성질체이다. 생명체를 구성하는 기본 물질인 아미노산이나 당 화합물 등은 모두 특정 형태의 거울상이성질체로만 이루어져 있다. 생명체 내에는 무수히 많

은 물질이 존재함에도 불구하고 특정 목적에 맞는 물질에 의해서 매우 복잡한 생화학적 반응이 진행되면서 생명현상이 조직적으로 일어나는 비밀의 열쇠가 바로 여기에서 출발한다. 인간의 눈은 거의 다를 것이 없는 비슷한 분자지만, 대자연의 입장에선 매우 다른 모습으로 두 분자를 인식하는 것이다.

연구진이 발견한 효소는 서로 다른 아미노-사이클로헥센온(amino-cyclohexenone) 분자의 축합반응(condensation)을 유도해서 페나진 전구체(phenazine precursor)를 만들어내는 역할을 한다. 박테리아에서 페나진은 매우 특별한 역할을 수행하는 요긴한 분자이다. 그 중에서도 항균작용을 나타내는 독성 활성산소를 제거하고 철을 환원시켜서 용해도를 높이는 작용은 박테리아에게 매우 중요하다.

두 연구진은 ‘부르크홀데리아 세파시아(burkholderia cepacia)’라는 박테리아에서 발견한 효소의 활성 위치를 찾기 위해 탐침 역할을 하는 화합물의 라세믹 혼합물을 효소의 상호작용을 조사했다. 일반적인 경우 한번에 한 가지 거울상이성질체만이 효소와 결합을 형성하지만 이 효소는 특이하게도 두 거울상이성질체 모두와 동시에 결합을 형성한다는 사실을 발견하게 되었다. 의외의 결과와 마주한 연구진은 놀라지 않을 수 없었을 것이다.

연구진은 효소의 활성을 조사하기 위해 여러 리간드를 합성해 적용했고, 그러던 중 5-브로모-2-(피페리딘-3-일아미노)벤조산[5-bromo-2-(piperidin-3-ylamino)benzoic acid]의 경우 R- 및 S-거울상이성질체 모두와 동시에 결합을 형성한다는 사실을 발견하게 되었다. 하지만, 이 특별한 리간드는 효소의 활성엔 전혀 영향을 주지 않았다. 그래서, 연구진은 이 리간드의 구조를 변형해가면서 효소의 활성 변화를 조사했고, 그 결과 효소의 페나진 합성을 저해할 수 있는 리간드 구조를 찾아냈다. 박테리아의 페나진 합성은 앞서 언급했듯이 박테리아의 병원성 발현과 관련이 높다.

연구진은 이번 발견이 약물 스크리닝이나 소분자(small molecule)와 단백질간 상호작용을 연구하는데 있어 중요한 도구로 사용될 수 있을 것으로 기대하고 있다.

<http://www.rsc.org/chemistryworld/News/2009/November/06110901.asp>

## 염료감응형 태양전지 개발

지구 기온의 변화가 점점 더 분명해짐에 따라 에너지 생산으로부터 온실 가스 발생을 감소시키는 것이 미래 기후 변화를 줄이기 위한 우선 순위가 되어야 한다. 이중 태양에너지는 가장 안정하고 깨끗한 에너지 원이다. 이러한 태양에너지를 효과적으로 사용하는 것은 효율적인 광전기변환 장치를 개발하는 것에 의존한다.

이들 중 염료 감응형 태양전지는 저가격과 간단한 제조공정으로 인해 많이 연구되고 있다. 가장 활발하게 연구된 염료 감응형 태양전지는 빛에 의해 염료의 가장 낮은 빈 오비탈로 여기된 전자가 반도체의 전도대로 모여 양극으로 이동하는 n-type  $\text{TiO}_2$  나노입자 필름을 기반으로 한다.

현재, 산화된 염료는 카운터 전극으로부터 전자를 운반하는 산화환원 종에 의해 환원된다. 그러나, 염료 감응형 태양전지의 가장 높은 변환 효율(11.2%)은 거의 이십여년 동안 변하지 않고 있다. 그러므로, 염료 감응형 태양전지의 구조 혹은 각 구성성분의 특성을 변화시켜(부분적으로 염료와 전자 포집 양극을 연결하는 반도체 층) 전자 이동 에너지벽이나 키네틱스를 최적화하기 위해 더욱 기본적인 연