

을 둘러싸는 물질은 빛을 흡수, 전자들을 만들고, 기동들은 그 전자들을 전기 회로로 전송한다. 이러한 방식은 2가지 방법으로 효율을 증가시킨다. 가깝게 채워진 기동들은 그들간에 빛을 붙잡아서, 주변 물질들이 더 많이 흡수하는 것을 돕는다. 또한, 전자들은 기동들을 통하여 매우 짧은 거리를 이동하기 때문에, 전하트랩에 잡힐 가능성이 더 적다. 이는 보다 낮은 품질, 저가의 물질을 사용할 수 있다는 것을 의미한다고 Javey는 말한다.

“이것은 유연하고 접을 수 있는 고효율 태양전지 가공을 위해 다양한 연질 기반을 이용한 가공된 나노물질들을 통합하는데 있어 흥미로운 진보”라고 Georgia Tech의 재료공학 교수인 Zhong Lin Wang은 말한다. 그러나, 이러한 셀은 실리콘, 텔루화 카드뮴, 그리고 다른 물질들로 만들어진 박막 연질 셀들과 경쟁해야 할 것이라고 Golden의 National Renewable Energy Laboratory에서 나노 태양 전지를 연구하는 물리화학자인 Authur Nozik은 말한다. 새로운 셀의 유연성보다는, 그는 “강조점이 저비용일지도 모른다”고 말한다.

당분간 연구원들은 셀 효율을 향상시킬 수 있는 물질들을 연구하고 있다. 가령, 꼭대기 구리-금 층은 단지 50% 투명하다. 그 위에 떨어지는 모든 빛이 통과한다면, 셀의 효율은 두 배가 될 수 있다고 Javey는 말한다. 연구원들은 인듐 산화물과 같이 투명 전도 물질들로 셀을 만들 계획이다. “단순히 꼭대기 접점 물질을 개량하거나 교체함으로써, 최소 2배 향상시킬 수 있는 중요한 여지가 있다”고 그는 말한다.

또한, 연구원들은 기동들과 기동 주위 물질을 위해 다른 반도체 물질을 시도하려고 한다. Javey는 가공 공정이 광범위한 반도체들과 호환되고 다른 조합이 효율성을 올릴 수 있다고 말한다.

카드뮴의 유독성 이슈를 고려할 때, 다른 반도체 물질을 시도하는 것은 또한 중요할 수 있다고 Berkeley의 Yang은 지적한다. 그럼에도 불구하고, “구조는 지속적으로 연구할 수 있는 가장 중요한 물질이다. 이 논문의 이름다음은 구조가 얼마나 잘 동작할지에 대한 데모”라고 그는 말한다.

(Nature Materials, DOI: 10.1038/NMAT2493, 2009)

전도성 고분자를 활용한 인공 신경전달 시스템

스웨덴 카롤린스카 연구소(Karolinska Institutet)와 링코핑 대학교(Linköping University) 연구팀이 신경전달물질(neurotransmitters)을 이용한 신경세포로의 신호 전달이 가능한 인공 신경 세포를 개발하고 있으며 최근 연구결과를 Nature Materials 온라인 판에 발표하였다. 현재 신경계에 신호를 주기 위해서는 전기적 자극을 주는 방식이 사용되고 있다. 예를 들면 인공 달팽이관을 외과적 방법으로 내이(inner ear)의 달팽이관에 이식하고, 전극은 뇌에 직접 자극을 전달하도록 사용된다. 이 방법의 문제점은 전극 주변의 모든 세포 형(cell types)들이 활성화된다는 것이며, 이로 인한 부작용이 발생한다. 이번 연구를 진행한 연구팀은 이와는 달리 전도성 고분자인 PEDOT을 사용해서 새로운 형태의 “전달 전극(delivery electrode)”을 만들었다(그림 5). 이 전극은 직접 전기적 자극을 전달하는 것이 아니라 뇌세포가 실제 신호전달에 사용하는 신경전달물질을 방출시키는 역할을 한다. 이 방법의 장점은 주위 세포 중 특정 신경전달물질에 대한 수용체를 가지고 있는 세포만 자극할 수 있다는 것이다.

연구팀은 이번에 발표한 논문에서 전달 전극을 이용해서 기니아 피그(guinea pigs) 뇌의 청각 기능을 조절할 수 있음을 보여주었다.

Barbara Canlon 교수와 함께 이번 연구를 주도한 Agneta Richter-Dahlfors 교수는 이렇게 정확한 양의 신경전달물질을 전달할 수 있다면, 다양한 신경 질환에서 나타나는 신호 전달 체계상의 문제점 치료에 새로운 가능성을 제공할 수 있다고 설명했다. 연구팀은 체내에 이식할 수 있는 조그만 크기의 장치개발을 계속할 계획이다. 이런 장치가 개발된다면 환자 치료를 위해서 신경전달물질을 원하는 주기로 방출하도록 프로그램 하는 것도 가능할 것이다. 이미 청각, 간질 및 파킨슨병을 대상으로 하는 연구 프로젝트가 진행중이다.

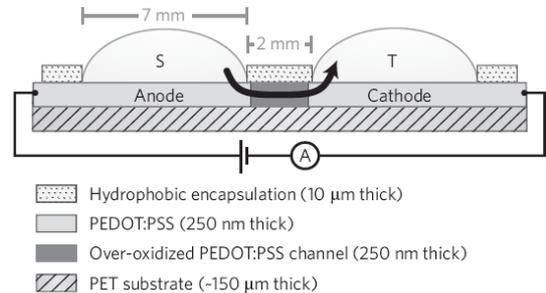


그림 5. 전도성 고분자를 활용한 전달전극의 구조.

연구팀은 이번 논문에서 시험관 조건(*in vitro*) 및 생체 조건(*in vivo*)에서 정밀하게 신경전달물질을 방출할 수 있는 유기 전자 장치의 개발을 보여주었으며, 전기적 신호를 신경전달물질로 전파시킨다는 점에서 신경 시냅스(synapse)를 모방했다고 볼 수 있다. 다양한 세포군 중에 특정 신경 세포만을 자극함을 보여주기 위해 말초청각계(peripheral auditory system)를 이용한 실험이 이루어졌으며, 물질전달은 고분자 필름을 통한 전기이동에 의해 이루어졌다.

(Nature Materials, June, 2009)

전기활성고분자를 적용한 해파리 로봇

전남대학교 오일권 교수 연구팀은 최근 살아 있는 해파리의 독특한 움직임과 곡선 모양을 모방하여 해파리 로봇을 만들었다. 연구원들의 설명에 따르면, 전기활성고분자(EAP, electro-active polymers)의 발전은 해파리 로봇의 생체모방 수영 움직임을 가능하게 하였다. 전기활성고분자 중의 하나인 이온 고분자 금속 복합물(IMPC, ionic polymer metal composites)은 낮은 전압 하에 큰 휨(bending)을 나타내는 생물학적 근육처럼 행동하는 액추에이터를 만드는데 사용된다. 이러한 근육 재료는 생체모방 로봇에 소형, 높은 동력 효율, 제어 가능한 조종, 무소음 운동과 같은 몇 가지 장점을 부여한다. 본 연구에서, 연구원들은 살아있는 해파리의 종(bell, 반구체 모양의 상단 부분)을 모방하기 위해 재료를 영구적으로 구부리는데, 본 재료를 사용하였다.



그림 6. 살아있는 해파리(왼쪽)와 전기활성고분자로 만들어진 해파리 로봇(오른쪽). 두 해파리는 종 부분을 수축시켜 움직인다.

살아 있는 해파리는 지름이 몇 인치에서 7피트 이상까지 다양하다. 모든 해파리는 비슷하고 간단한 수영 메커니즘을 사용한다. 해파리의 종(bell) 부분을 수축시켜서, 입과 촉수 가까이에서 더 작은 통로를 통해 물을 내뿜어, 종 부분 아래의 공간을 감소시킨다. 이러한 동작은 해파리가 부분적으로 수직 움직임을 제어할 수 있게 해준다. 해파리가 감광성(photosensitive)이고 낮에 더 깊은 물을 선호하기 때문에, 이러한 능력이 중요하다. 비록 살아있는 해파리가 수직으로 이동할 수 있지만, 수동적으로 해파리는 수평 움직임을 위해 해류, 파도, 바람에 의지한다.

살아있는 해파리의 움직임에 대한 이전의 연구에서 해파리의 근육이 공진율(resonant frequency)을 수축하기 위해 종 부분에 힘을 가하면, 움직임에 더 낮은 에너지가 사용된다는 것이 발견되었다. 본 연구에서, 연구원들은 자연적인 파동(pulse)과 살아있는 해파리의 회복 프로세스를 모방하였다. 그들은 생물에서 영감을 받은 주기적인 입력 신호를 통해 해파리 로봇이 위쪽으로의 큰 부유 속도(floating velocity)를 얻을 수 있다는 것을 발견하였다.

종합적으로 본 연구는 이온 고분자 금속 복합물(IPMC) 액추에이터의 곡선 모양이 살아있는 해파리의 움직임을 모방한 해파리 로봇을 만드는데 사용될 수 있다는 것을 보여주었다. 오일린 교수는 향후 자가동력 액추에이터와 센서, 자동 조종 시스템을 통합한 인공 생체모방 해파리 로봇을 개발할 계획이라고 부연하였다.

(*Smart Mater. Struct.*, **18**, 085002 (2009))

유기촉매에 의한 광학이성질체 제조

지난 수십 년 동안 유기촉매(organocatalysis)는 비대칭 합성(asymmetric synthesis), 전이금속의 보충(transition metal), 효소-촉매 반응 등에 있어서 중요한 도구가 되어왔다. 그러나, 아직도 이러한 방법을 이용하여 이성질체적으로 순수한 많은 키랄성 화합물을 제조하는 것은 쉬운 일이 아니다. 예를 들어, 광화학 반응 활성화(photochemical activation)를 포함하는 반응들은 여전히 풀리지 않는 문제로 남아 있다.

이러한 상황에서, 뮌헨공과대학(Munich Technical University)의 Thorsten Bach와 동료 연구자들은 거울상이성질화(enantioselective) [2+2] 고리화첨가반응(cycloaddition)에서의 높은 에너지를 이용하여 빛을 얻을 수 있는 키랄성 유기촉매(organocatalyst)를 개발했다. 연구팀은 이를 위해 기질 분자들과 수소 결합 복합체(hydrogen-bonded complex)를 형성할 수 있는 키랄성 잔톤(xanthone) 촉매를 준비했다. UV를 쬐임으로써, 잔톤(xanthone) 잔기들은 선택적으로 활성화되었고, 결합된 분자들에서 트리플렛 에너지 전달(triplet energy transfer)이 일어났다. 기질의 이러한 조절된 활성을 통해 적은 양의 촉매를 이용하여 높은 수율, 이성질체화된 고리화부산물(cycloadduct)들이 얻어졌다. 이들 촉매들은 여러 실험을 통해 거울상이성질화(enantioselective)된 광화학반응(photochemical reaction)을 위한 효과적인 증감제(sensitizer)와 이를 수행하기 위해 필요한 여러 필요 물질을 만들어냈다. 이 실험에서 잔톤(xanthone)은 기질 분자보다는 서로 다른 과정에서 빛을 흡수함으로써 촉매에 의한 선택적인 활성이 가능하게 했다.

촉매-기질 복합체(catalyst-substrate complex)는 빠르게 형성되고, 큰 분자들의 트리플렛 에너지 전달이 작은 분자들 사이에서의 그 과정에 비해 더욱 빠르게 일어났다. 이러한 현상은 분자들의 거울상의 위치에 있는 것들의 분리를 가능하게 만들었다.

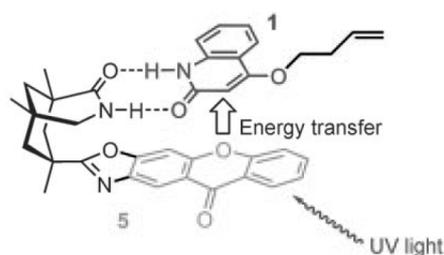


그림 7. 유기촉매를 만드는 데 있어서 UV빛을 쬐임으로써, 잔톤(xanthone) 잔기들은 선택적으로 활성화됨.

(*Angew. Chem. Int. Ed.*, **48**, 1 (2009))

아크릴 지지체를 이용한 고분자 지지 촉매

노르웨이 오슬로 대학의 Tore Hansen 연구팀이 유기촉매(organo-catalysis)로 사용될 수 있도록 프롤린(proline) 및 유도체를 포함하는 고분자 구슬(bead)을 제조하는 보다 효율적인 방법을 개발했다. 이 방법은 공업적으로 필요한 대량의 촉매를 만드는데 사용될 수 있을 것으로 보인다. 키랄성(chiral compound) 아미노산인 프롤린은 비대칭 반응, 즉 순수한 거울상이성질체를 얻는 반응에 사용되는 유용한 유기 촉매이다. 특히, 화학 및 제약업계에 중요한 알돌(aldehydes)의 합성에 유용하다. 한편, 고체 지지된(solid-supported) 프롤린의 촉매 활성이 더 높다는 것이 이미 알려져 있다.

Tore Hansen에 의하면 촉매를 고분자 지지체에 붙이는 것은 새로운 개념은 아니다. 하지만, 이들은 이전에 사용되지 않던 새로운 방법을 사용해서 촉매를 붙였으며, 이들이 개발한 방법은 더 효과적이고, 고체 촉매의 양을 늘리는 것이 쉽기 때문에 많은 양의 촉매를 만드는 것도 가능하다고 한다.

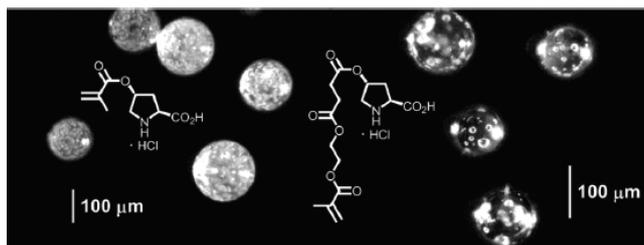


그림 8. 프롤린과 프롤린아미이드를 가지는 아크릴 고분자 구슬을 대량으로 제조하는 방법.

Hansen 연구팀의 새로운 방법은 기존에 고분자 지지를 합성하기 위해 사용되었던 스티렌(styrene)을 이용한 반응에서 탈피하여 아크릴을 이용하는 방법을 사용한 것이다. Hansen은 스티렌은 소수성이기 때문에 비극성 유기 용매에서 잘 작용한다는 점을 지적하며, 하지만 아크릴을 이용하면, 고분자 지지체를 소수성 환경뿐만이 아니라 물에서 팽창하게 만드는 것도 가능하다고 한다. 고분자 지지체가 팽창하면 반응물이 고분자 구슬에 들어있는 반응 위치에 더 잘 도달할 수 있다. 영국 브리스톨 대학교(University of Bristol)의 유기화학자인 Carmen Galan은 프롤린을 이용한 유기촉매에 아크릴 화학을 도입한 것은 새로운 접근 방법이라며, Hansen 연구팀이 개발한 방법론은 상당히 확고한 것으로서 다른 촉매나 반응에도 사용될 수 있을 것이라고 한다.

유기촉매를 만드는 새로운 방법은 두 단계로 이루어져 있다. 첫 번째 단계에서는 하이드록시프롤린(hydroxyproline)으로부터 프롤린메타