

과학기술계 NEWS

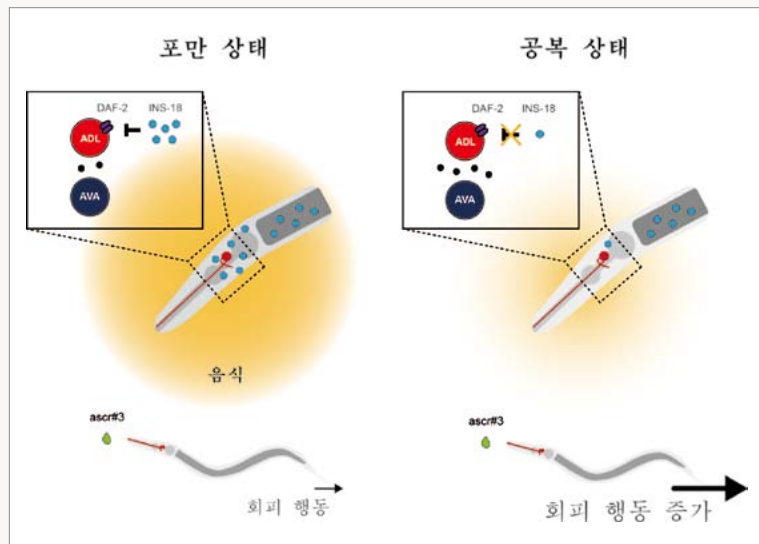
배고플 때 감각이 민감해지는 원인 규명

DGIST 뇌·인지과학전공 김규형 교수팀이 동물이 배가 고프거나 포만감을 느낄 때 행동 변화가 나타나는 메커니즘을 규명했다.

공복 상태의 동물은 감각기관이 평소보다 예민해져 음식을 찾는 행동 등 특정 행동의 빈도가 증가하고 결국 생존 능력 증가로 이어진다. 이처럼 배고픔이나 포만감을 느끼는 섭식 상태는 동물의 행동 변화를 일으키는 중요한 요인이지만, 감각기관 내 어떠한 신경전달물질이 동물의 행동 변화를 일으키는지 구체적으로 알려지지 않았다.

김규형 교수팀은 신경계가 비교적 간단하고 신경회로 구조가 밝혀진 예쁜꼬마선충을 이용했다. 예쁜꼬마선충이 특정 페로몬(*ascr#3*)을 감지할 때 회피행동을 보이는 특성을 응용, 포만 상태와 공복 상태가 행동 변화를 이끌어내는 메커니즘을 규명하는 데 성공했다.

김 교수팀은 우선 예쁜꼬마선충의 ‘페로몬(*ascr#3*) 회피행동’이 공복 상태에서 증가하는 사실을 발견했다. 이때, ‘인슐린 수용체(DAF-2)’가 페로몬을 감지하는 감각신경에서 하부 연합 신경으로 전달되는 신경전달물질량을 조절하며 회피행동이 증가하는 과정에 영향을 주는 것을 함께 밝혀냈다.



▲ 섭식 상태에서의 페로몬 행동 변화에 관련된 신경 회로 작동 메커니즘

더 나아가, 선충에서 인슐린과 유사한 작용을 하는 인슐린 유사 펩타이드(INS-18)가 예쁜꼬마선충의 장에서 분비되어 페로몬 감지 감각신경의 인슐린 유사 수용체(DAF-2)의 기능을 제어하는 역할을 하는 것을 확인하였다. 이때, 공복 여부에 따라 인슐린 유사 펩타이드(INS-18)가 분비되는 양이 조절돼 동물의 행동 변화에 영향을 준다는 것도 추가로 확인했다.

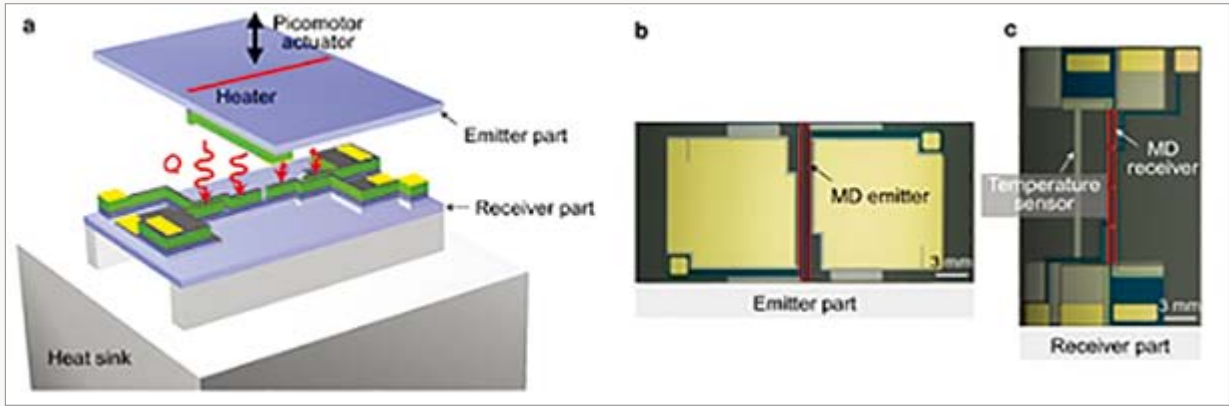
인슐린 분비가 감각신경의 시냅스 전달을 조절한다는 연구 결과를 응용하면 당뇨병과 같은 인슐린 관련 대사 증후군 환자들의 초기 단계에서 발견되는 감각기관 이상 증상의 원인 규명 연구와 치료에 한 걸음 더 나아갈 것으로 기대된다.

김규형 교수는 “섭식 상태는 동물의 여러 감각기관에 영향을 주며 행동 변화를 유도하지만 어떠한 메커니즘으로 진행되는지 규명되지 않았다”며 “이번 연구는 동물의 섭식 상태와 감각신경 사이 상호작용이 어떤 방식으로 동물의 생존 능력을 증가시키는지 밝혀낼 수 있었던 좋은 기회였다”고 말했다.

금속-유전체 간 근접장 복사열전달량 제어 기술 개발

KAIST 기계공학과 이봉재 교수와 이승섭 교수 연구팀이 금속-유전체 다층구조 사이의 근접장 복사열전달량을 측정하고 제어하는 데 성공했다. 연구팀의 복사열전달 제어 기술은 차세대 반도체 패키징과 열광전지, 열관리 시스템 등에 적용 가능하고 폐열의 재사용을 통한 에너지 절감, 사물인터넷 센서의 지속적 전력 공급원 등에 응용 가능할 것으로 기대된다.

최근 나노기술의 발전으로 다양한 물질 사이의 근접장 복사열전달을 규명하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 나노구조에서 발생하는 표면 플라즈몬 커플링을 이용하면



▲ 근접장 복사열전달 측정 3차원 개념도와 개발한 장치

두 물체 사이의 근접장 복사열전달량을 크게 향상시킬 수 있을 뿐 아니라 파장에 따른 복사열전달 제어가 가능해진다. 이런 이유로 박막, 다층나노구조, 나노와이어 등 나노구조를 도입한 근접장 복사열전달 적용 장치에 대한 이론 연구가 계속 진행되고 있다. 그러나 현재까지 대부분의 연구는 등방성(等方性) 물질 사이의 근접장 복사열전달만을 측정하는 데 초점이 맞춰졌다.

두 물체 사이의 거리가 나노미터 단위일 때 물체 사이의 복사열전달은 거리가 가까워질수록 매우 크게 증가한다. 그 값은 복사열전달량의 이론적인 최댓값이라 여겨졌던 흑체 복사열전달량보다 1천 배에서 1만 배 이상 커질 수 있다. 이 현상을 근접장 복사열전달이라고 한다.

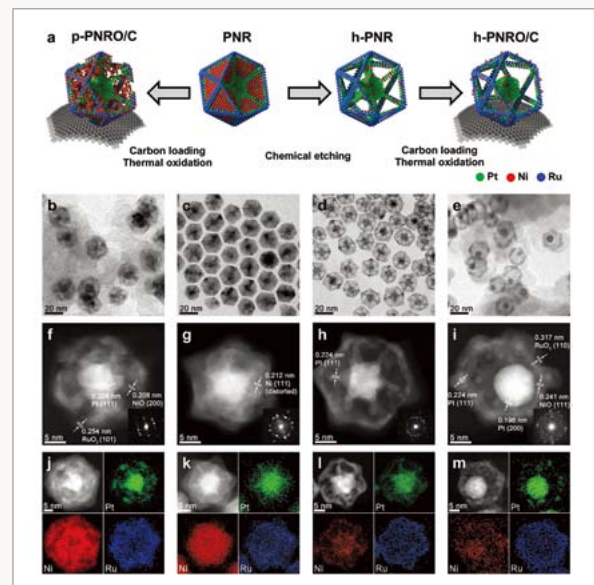
이봉재, 이승섭 교수 공동 연구팀은 커스텀 MEMS 장치 통합 플랫폼과 3축 위치 나노 제어 시스템을 이용해 금속-유전체 다층 나노구조 사이의 진공 거리에 따른 근접장 복사열전달량을 최초로 측정하는 데 성공했다. 금속-유전체 다층 나노구조는 일정한 두께를 갖는 금속과 유전체가 반복적으로 쌓인 구조를 말한다. 금속-유전체 단일 층 쌍을 단위 셀이라 부르며 단위 셀에서 금속층이 차지하는 두께의 비율을 충전인자라 한다.

연구팀은 다층 나노구조의 충전인자와 단위 셀 개수의 변화에 따른 근접장 복사열전달량 측정 결과를 통해 표면 플라즈몬 폴라리톤 커플링으로 근접장 복사열전달량을 크게 향상시켰으며, 나아가 열전달의 파장별 제어가 가능함을 증명했다.

수소 생성 위한 친환경·고성능 촉매 개발

환경오염 없이 수소 연료를 생산할 수 있는 고성능 나노 입자 촉매가 개발됐다. 물을 분해해 수소를 얻는 친환경적인 방법에서 생산 효율을 높일 수 있는 기술이다.

주상훈 UNIST 에너지 및 화학공학부 교수팀은 한국기초과학지원연구원(KBSI) 오아람-백현석 박사팀, 고려대학교 이광렬 교수팀과 함께 물을 분해해 수소를 생산하는 과정에서 효율을 높이는 새로운 고성능 전극(電極) 촉매를 개발했다. 기존에 활용되던 전극 촉매의 높은 가격과 낮은 내구성을 극복할 방법으로 기대되고 있다.



▲ PNR 촉매의 합성 모식도와 투과전자현미경으로 관찰한 모습

과학기술계 NEWS

공동연구진이 개발한 새로운 촉매는 백금(Pt)-니켈(Ni)-루테튬(Ru)을 사용해 합성한 물질로, 기존 '이리듐(Ir)-백금(Pt) 촉매'에 비해 촉매 활성도가 15배 좋다. 또 10시간 이상 장기 구동해도 90% 이상 성능을 유지해, 같은 시간 동안 이리듐-백금 촉매를 사용했을 때(40% 성능 유지)보다 안정성 면에서 훨씬 뛰어났다.

백금-니켈-루테튬 촉매(PNR)는 가운데 백금을 루테튬이 뼈대를 이루고 둘러싸고 있는데, 속이 빈 '코어-셸(Core-Shell) 구조'라고 보면 된다. PNR 촉매를 합성할 때는 백금과 니켈, 루테튬이 함께 쓰여 속이 꽉 찬 모습인데, 화학처리를 통해 니켈 부분이 깎여 나가면서 속이 빈 구조가 된다. PNR 입자 중심에 있는 백금과 바깥쪽 뼈대인 루테튬은 그대로 있으면서 니켈이 듬성듬성 석인 모습이다.

주상훈 교수는 "기존 이리듐-백금 촉매의 내구성을 새로운 PNR 구조가 보완하게 됐다"며 "전기화학실험을 통해 각 원소들을 조합하면서 최적의 효율을 보이는 나노입자를 합성해낼 수 있었다"고 설명했다.

이번 연구에서 촉매 합성은 고려대학교 연구팀이 맡았고, 주상훈 교수팀은 전기화학실험을 통해 촉매의 특성을 파악했다. KBSI 연구팀은 촉매 합성과 나노 입자의

구조 분석도 진행했다. 구조 분석에는 KBSI 서울센터에 있는 이중수차보정투과전자현미경이 활용됐다. 이 장비는 공간 분해능이 60피코미터(picometer, 1pm은 1조 분의 1m)에 달해 나노 입자의 구조와 성분비를 효과적으로 분석할 수 있게 도와준다.

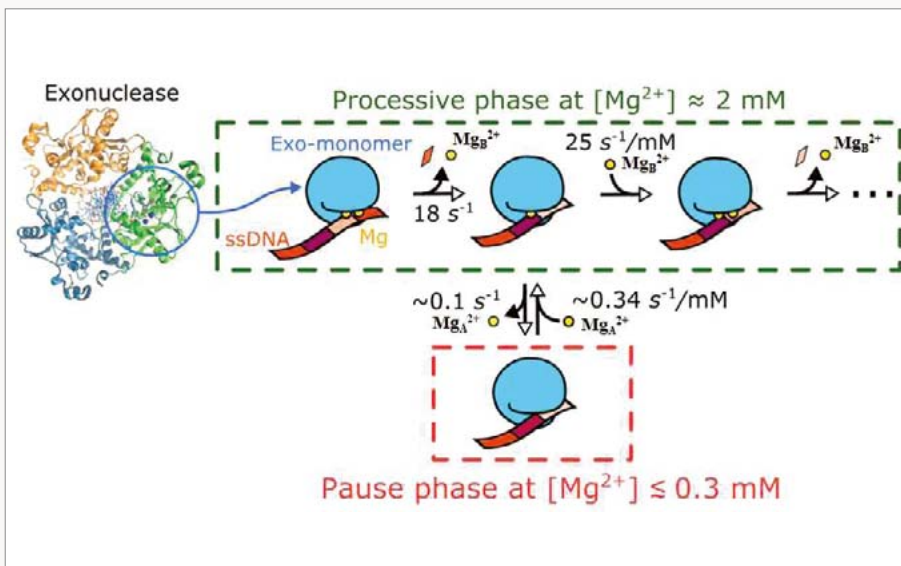
주상훈 교수는 "이광렬 교수팀과 5년 넘게 협업하면서 고성능 촉매 개발을 위해 손발을 맞추고 있다"며 "앞으로도 새로운 촉매의 활성과 안정성 향상의 원리를 규명하는 연구를 계속 진행할 예정"이라고 밝혔다.

마그네슘 이온이 유전자-분해효소의 기능을 역동적으로 조절하는 작동기전 규명

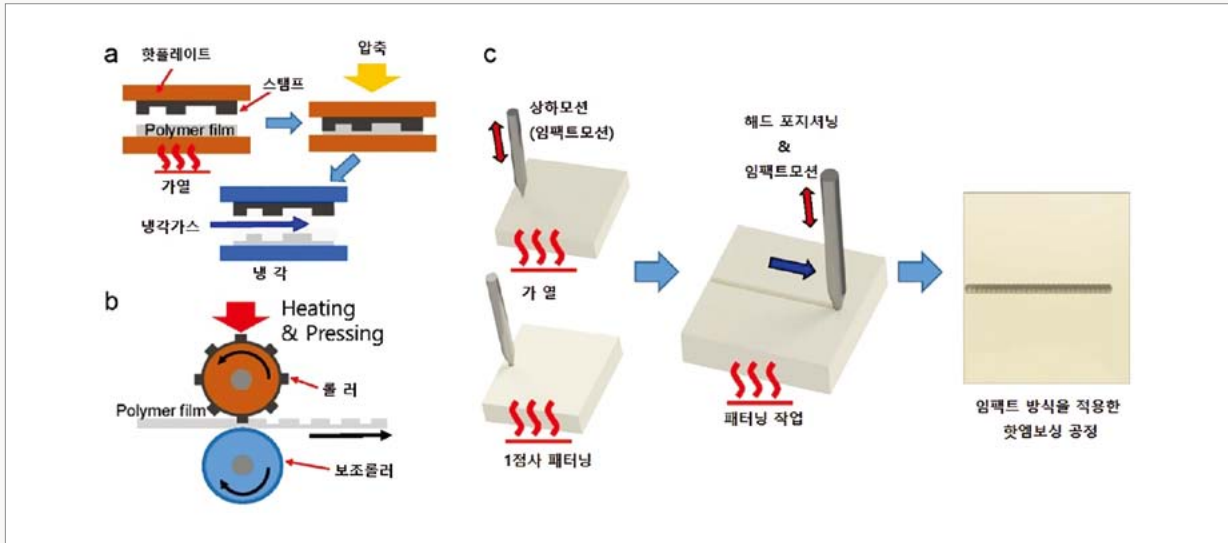
GIST 생명과학부 이광록 교수 연구팀이 고등과학원 현창봉 교수팀과 공동으로 단일분자 형광 이미징 기술과 컴퓨터 분자 동적 시뮬레이션을 이용해 효소기능에 필수적인 인자(Cofactor)인 마그네슘 금속이온이 유전자 가수분해효소를 어떻게 활성화시키는지 전 과정을 실시간으로 관찰하여 효소 작동기전을 밝히는 데 성공했다.

우리 몸의 필수 미네랄인 마그네슘은 효소의 활성 부위에 결합함으로써 효소들을 활성화시킨다. 마그네슘(Mg^{2+})은 세포 내 많은 효소들의 활성화전에 필수적인 양이온이다.

특히 마그네슘은 유전자인 DNA가 손상되었을 때 이를 고칠 수 있도록 효소들과 결합하여 유전자를 자르거나 붙이는 데 사용된다. 이 과정이 잘못되면 유전병이나 암과 같은 질병이 발생하는 것으로 알려졌다. 하지만 세포 내 마그네슘의 농도에 따라 효소에 붙고 떨어지는데 서로 다른 정도의 결합과 해리가 효소의 기능 및 활성에 어떠한 영향을 주는지 밝혀지지 않았다.



▲ 효소의 활성 부위에 결합한 두 개의 마그네슘(Mg_A^{2+} 와 Mg_B^{2+})이 그들의 비대칭적인 열역학적 안정성 때문에 효소의 반응 속도와 반응 형태가 다르게 나타남을 표현한 모식도



▲ 제안된 임팩트 방식 핫엠보싱 공정기술의 모식도

이광록 교수 공동 연구팀은 이번 연구에서 두 개의 마그네슘 이온이 효소 활성을 어떻게 촉진하는지와 효소와 마그네슘 이온의 결합이 전반적인 효소 활성에 어떻게 영향을 주는지를 이해하기 위해 모델 시스템으로 유전자 분해 효소(λ -exonuclease)를 사용하였고, 단일분자 형광 관찰 기술(single molecule-FRET)과 컴퓨터 분자 시뮬레이션(Molecular Dynamics simulation)을 이용하였다.

이광록 교수는 “이번 연구를 통해 두 개의 마그네슘(MgA^{2+} 와 MgB^{2+})이 효소의 활성 부위에 비슷한 열역학적 결합상수로 결합하지만, 비대칭적인 안정성 때문에 두 개의 마그네슘이 최대 200배 차이로 서로 다른 비대칭 속도 결합과 해리를 함으로써 효소의 활성이 극대화됨을 밝혔다”고 설명했다.

전자제품 회로 공정의 경제성과 효율성을 잡다

DGIST는 로봇공학전공 윤동원 교수팀이 전자제품 필수부품인 폴리머 기판에 미세 회로패턴을 자유롭게 각인할 수 있는 새로운 공정기술을 개발했다.

유연한 폴리머 기판 위에 나노·마이크로미터(nm, μ m)의 미세 회로패턴을 각인하는 데 쓰이는 ‘핫엠보싱 공정기술’은 낮은 단가로 정밀한 패턴을 대량각인 하는데 사용하는 기술이다. 그러나 패턴을 찍어내는 스탬프 위에 미리 각인한

회로패턴만 각인이 가능하고 패턴 변경 시 고가의 스탬프 전체를 변경해야 하는 단점이 있었다.

윤동원 교수팀은 기존 공정의 단점을 극복한 새로운 공정 방식 개발에 성공했다. 먼저 전자기장 이론을 적용, 핫엠보싱 공정에 필요한 수십 메가파스칼(MPa)의 압력을 필름에 가할 수 있는 전자기 구동기를 개발했다. 그 후 핫플레이트 등 가열 기구를 이용해 가열된 필름 위 원하는 위치에 구동기를 고정해 패턴을 각인할 수 있는 정밀 위치 제어 시스템을 성공적으로 개발해 새로운 공정기술을 완성했다.

새로운 기술을 사용해 수십~수백 마이크로미터(μ m) 크기의 미세 회로패턴을 원하는 위치에 원하는 형상으로 각인할 수 있게 돼 패턴 변경으로 발생하는 추가 비용과 시간을 절감할 수 있게 된다. 또한, 기존의 공정 장비와 함께 사용할 수 있을 만큼 장비 호환성도 높아 향후 관련 공정 분야에 널리 활용될 것으로 기대된다.

윤동원 교수는 “이번에 개발한 공정기술은 추가교체 없이 원하는 미세 회로패턴을 유연한 폴리머 전자 기판에 자유롭게 각인할 수 있어 기존 공정보다 경제적이고 효율적인 패턴 각인 작업이 가능하다”며 “앞으로 해당 공정기술을 반도체, 유연전자 소자 등 전자 및 디스플레이 산업 등 다양한 분야에서 활용할 수 있도록 후속연구를 계속해서 진행할 것”이라고 말했다.