

몇 번이고 재사용 가능한 귀금속 나노촉매 개발

효능의 손실없이 반복해서 재사용이 가능한 귀금속 나노촉매가 한국과학기술연구원 분자인식연구센터 우경자 박사팀과 특성분석센터 안재평 박사 공동 연구진에 의해 개발되어 환경오염을 줄이고, 나노소재의 실용화 가능성이 높아져 막대한 경제적 효과를 나타낼 것으로 기대된다.

나노소재기술이 발전하면서 이러한 나노소재의 기능과 더불어 이를 실용화하는 기술에 대한 관심 또한 높아지고 있다. 하지만 지금까지 나노소재, 특히 나노촉매를 실용화하는데 있어서 가장 큰 걸림돌은 높은 표면 에너지로 인해 나노입자들이 서로 엉겨 붙어 기능적 특성을 상실한다는 점과, 사용 중 유실되거나 사용 후 폐기된 촉매로 인해 환경오염이 야기된다는 것이었다. 따라서 전 세계 연구자들은 이를 해결하기 위해 친환경적인 나노촉매 물질을 집중적으로 개발해왔다.

이 문제들을 동시에 해결하는 방법이 나노소재를 마이크로소재에 접목시켜 복합소재로 만드는 것이다. 자성을 갖는 마이크로소재에 나노소재를 접목하면 회수와 재사용이 용이해지기 때문이다. 이전에는 주로 흡착이나 배위결합으로 복합소재를 제조해온 관계로 거친 반응 환경에서 나노소재가 복합체로부터 떨어져나가는 문제를 해결하지 못했다.

우경자 박사 연구팀은 자성이 있는 마이크로 크기의 소재에 핵과 핵을 떠받치는 기둥을 함께 감싸는 견고한 3차원 구조로 고정된 복합소재를 개발하였다. 나노소재들을 자성 마이크로소재에 접목시켜 복합소재를 만드는데 있어서 관건이 되는 점은 두 가지 소재를 견고하게 결합하여 떨어지지 않게 하는 것이다.

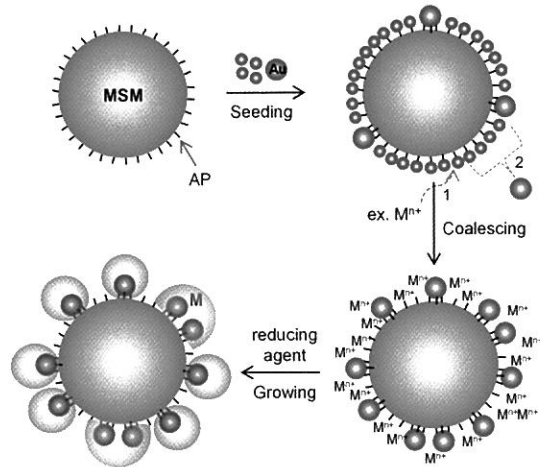
연구팀은 공 모양의 자성을 가진 마이크로소재 표면에 많은 수의 팔을 만들고, 팔 끝에 금으로 된 핵(1~2nm)을 매단 후, 이 핵들을 적정 크기(2~3nm)로 뭉쳐서 일정 간격으로 재배치하였다. 이후 재배치된 핵 뭉치와 이를 받치고 있는 팔을 함께 감싸도록 은 성분을 도포함으로써 견고하게 고정된 3차원 구조의 복합소재를 완성하였다.

고정된 나노입자들의 최종 크기는 3nm에서 20nm까지 제어가 가능하며, 핵과 도포 물질이 서로 다른 성분으로 구성돼 있어 촉매의 효능이 더욱 우수한 것으로 밝혀졌다. 이번 개발된 나노 금/은(속/겉) 복합소재를 촉매 실험에 적용하고 다섯 번을 회수하여 재사용한 결과 나노촉매의 효과가 변함없이 뛰어난 것을 확인했으며, 이후에도 지속적으로 재사용이 가능할 것으로 예측되었다.

또한 이 복합소재는 박테리아와 바이러스 제거에도 효과가 뛰어난 것으로 밝혀져 그린 환경을 구축하는데 큰 도움이 될 것으로 기대된다. 이번 성과는 기초원천 물질과 그 형성 메커니즘을 밝혀낸 것으로, 다른 종류의 귀금속 복합소재에도 확장이 가능하며 산업적 응용성이 높아서 파급효과가 매우 클 것으로 기대되고 있다.

우경자 박사는 "이번 연구를 통해 새로운 구조의 나노복합소재와

생성 메커니즘을 개발해 원천기술 확보 및 산업화의 가능성을 열었다"고 연구의의를 밝혔다.



nAg/Au@MSM (d1~d3)
nAu/Au@MSM (e1~e3)
nPd/Au@MSM (f1~f3)
further growing from 1 to 3

$M^{n+} = Ag^+, Au^{3+}, [Pd^{2+} \& H^+]$

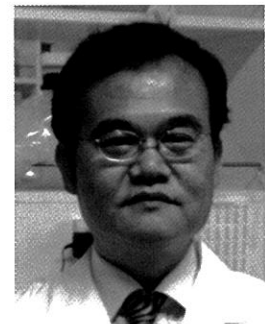
▶ 자성 마이크로소재 표면에 귀금속 나노입자가 견고하게 고정되는 메커니즘을 보여주는 모식도

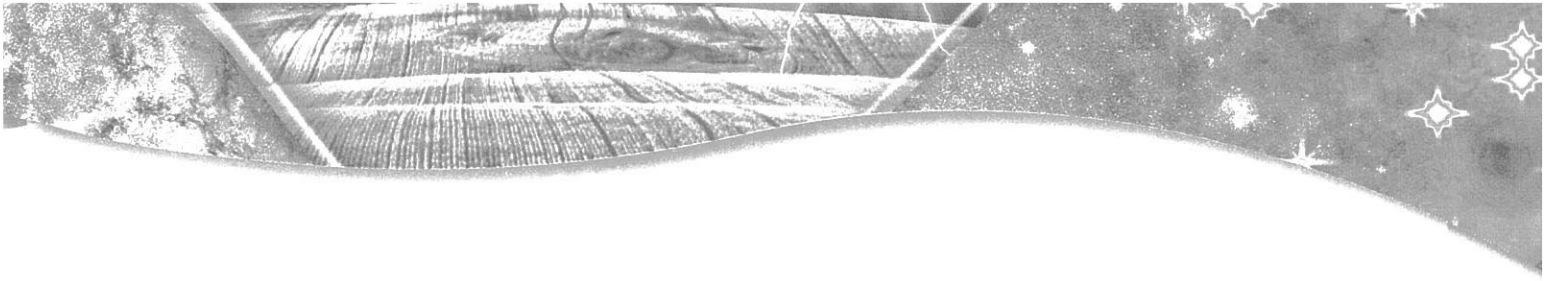
'이달의 과학기술자상' 4월 수상자 서울대 윤홍덕 교수 선정

미래창조과학부와 한국연구재단은 줄기세포의 전분화능과 분화효율에 대한 핵심원리를 밝혀낸 공로로 서울대 윤홍덕 교수(尹鴻惠, 48세)를 '이달의 과학기술자상' 4월 수상자로 선정하였다.

윤 교수는 10년 넘게 후성유전학 분야에서 종양 발생 및 줄기세포 전분화능 조절 메커니즘을 연구해 왔으며, 최근엔 세포 내 영양상태와 후성유전학적 조절 대사 간의 상호 관계를 규명하는 연구성과를 거두었다.

줄기세포는 원하는 모든 종류의 세포로 분화할 수 있어 뇌질환, 당뇨병 및 심장병 등 수많은 난치병을 치료할 수 있는 대안으로 각광 받고 있다. 그러나 줄기세포의 전분화능과 유도만능줄기세포의 형성에 관한 연구는 아직 걸음마 수준으로 실제 치료에 활용되기 위해서는 더 많은 연구가 필요하다.





윤 교수는 체세포를 유도만능줄기세포로 역분화시키는 과정에서, 세포의 영양상태가 분화효율을 크게 좌우하고, 오글루넥당화가 활발할수록 줄기세포의 전분화능과 자기재생능력이 향상된다는 사실을 규명하였다.

윤 교수는 종양 및 줄기세포의 후성유전학이라는 독창적인 연구 분야에서 높은 연구성과를 이루어, 지금까지 과학인용색인(SCI) 저널에 63편의 논문을 게재하였다.

현재까지 발표한 논문들은 Science, Nature Structural & Molecular Biology, Molecular Cell, Cell Stem Cell 등 권위 있는 학술지에 게재되면서, 총피인용 횟수(논문의 질적 수준 평가 척도)가 2천540회를 상회하고 H-index가 25(25회 이상 피인용된 논문이 25편임)에 달하는 등 후성유전학 분야에서 뛰어난 연구 성과물로 인정받고 있다.

윤 교수는 이러한 공로를 인정받아 ▲2005년 대한생화학분자생물학회 '일천 젊은 의과학자상' ▲2006년 교육과학기술부 한국연구재단 우수성과 선정 ▲2007년 대한암연구재단 '김진복 암연구상' ▲2007년 암정복추진연구개발사업 우수성과 선정 ▲2010년 서울대학교병원 '명주원 의학상' ▲2013년 범석학술재단 '범석 학술상' 등을 수상한 바 있다.

윤 교수는 "종양 및 줄기세포 후성유전학은 세계적으로 경쟁이 심한 연구 분야이지만, 주변 분들의 도움과 공동연구원들의 헌신으로 우리 고유의 영역을 개척해 왔다. 앞으로 보다 창의적인 접근으로 글로벌 경쟁에서 앞서나가는 연구를 수행할 것"이라고 수상 소감을 밝혔다.

'이달의 과학기술자상'은 학·연·산에 종사하는 연구개발인력 중 우수한 연구개발성과로 과학기술 발전에 공헌한 사람을 발굴·포상하여 과학기술자의 사기진작 및 대국민 과학기술 마인드를 확산하고자 1997년 4월부터 시상해오고 있으며, 매월 1명씩 선정하여 미래창조과학부 장관상 및 상금을 수여하고 있다.

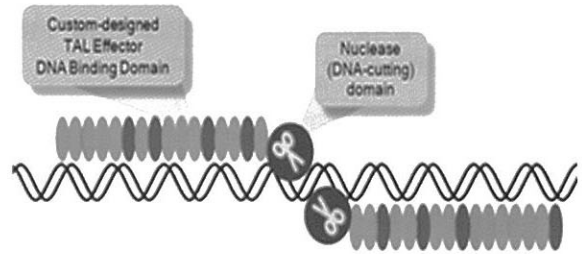
모든 인간 유전자 기능규명을 위한 유전자기위 개발

서울대 김진수 교수와 (주)툰젠 김석중 박사 연구팀이 모든 인간 유전자 각각에 대해 최적화된 유전자기위를 개발해냈다. 단일 종의 유전자 모두에 대해 유전자기위를 생산하기는 처음이다. 각종 질병 관련 유전자 편질을 통해 세포의 변화를 관찰할 수 있어 질병유전자의 이해에 크게 기여할 것으로 기대된다.

인간게놈프로젝트 결과 2만여 개의 인간 유전자 염기서열이 규명되었으나 그 대부분의 기능은 아직 정확히 파악되지 않고 있다. 유전자 기능연구는 질병원인 파악과 생명현상 이해에 필수적이다.

유전자 기능연구를 위해 간섭 RNA(siRNA)를 주로 사용했으나 표적의 유전자에 작용하거나 불완전하게 유전자를 억제하는 단점이

TAL Effector Nucleases (TALENs)



▶ 유전자기위의 일종인 TALEN의 구조. 유전자의 특정 염기서열을 자르기 위해서는 1쌍의 TALEN이 필요하다. DNA 상의 특정 염기서열을 인식할 수 있도록 설계할 수 있는 DNA-binding domain과, 실제로 DNA를 자를 수 있는 nuclease domain으로 이루어져 있다.

있었다. 이를 극복하기 위해 특정 유전자를 절단하여 돌연변이를 일으키는 유전자기위에 대한 연구가 진행돼 왔지만 유전자기위 역시 정확성이 낮아 한계가 있었다.

연구팀은 2만여 개의 나머지 유전자를 손상하지 않으면서 원하는 특정유전자 하나에만 특이적으로 작용하는 유전자기위를 개발하고 이를 이용해 원하는 유전자가 제거된 인간배양세포를 만드는데 성공했다.

연구팀은 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 여러 유전자에서 공통적으로 발견되는 염기서열을 배제하고 각각의 유전자마다 특징적으로 나타나는 고유한 40개 염기로 구성된 유전자기위의 표적서열을 추출해냈다. 이를 통해 원하는 유전자만 정교하게 자를 수 있도록 하여 기존 유전자기위의 정확성을 크게 향상시킨 것이다.

나아가 조립식으로 한 번에 여러 개의 유전자기위를 만들 수 있는 새로운 클로닝 방법을 개발해 2만여 개 유전자에 대한 유전자기위 대량생산에 성공했다. 한편 연구팀은 이번 논문을 포함해 올해에만 유전자기위 관련 논문을 네이처 바이오 테크놀로지에 세 편 연달아 발표해 학계의 주목을 받고 있다.

지난 1월 10일, 김 교수팀과 연세대 이한웅 교수팀은 유전자기위를 이용, 최초로 생쥐의 유전자를 제거한 연구결과를 발표했다. 또한 지난 1월 30일, 김 교수팀은 제3세대 유전자기위인 RNA 유전자기위를 개발해 논문을 발표했다. DNA를 인식하는 단백질을 매번 새로 만들어야 하는 기존 유전자기위와는 달리 유전자제조 과정이 필요없어 보다 빨리 만들 수 있다는 장점이 있다.

김진수 교수는 "이번에 개발된 유전자기위 집합체는 각 인간 유전자의 기능 및 질병의 원인을 연구하는데 핵심적인 소재가 될 것"이라며 "유전자기위 기술은 향후 바이오·의료 관련 분야의 파급성이



큰 신기술로 지속적인 연구개발을 통해 유전자기위 원천기술을 확보하는 것이 매우 중요하다"고 밝혔다.

김석중 연구소장은 "유전자기위를 이용한 유전정보 편집은 유전자 기능연구의 보편적 도구로 발전할 것"이라고 예측하며 "국내외 연구자들이 인간세포 및 동식물에서 자유로운 유전정보 편집을 수행할 수 있도록 유전자기위를 공급할 것"이라고 밝혔다.

제올라이트 촉매 구조형성 과정 규명

POSTECH 화학공학과·환경공학부 홍석봉 교수 주도 하에 박사과정 박민범 씨가 참여한 연구팀이 흡착제, 이온교환제, 석유화학 촉매 등으로 널리 사용되고 있는 대표적인 나노다공성 재료인 제올라이트 촉매의 결정화 과정을 실험적으로 규명해냈다. 제올라이트는 뛰어난 촉매활성으로 인해 석유화학 공정은 물론 합성세제와 농약, 냉매의 흡착제 등으로 널리 사용된다.

이 나노다공성 재료의 결정화는 개별적 구성단위로부터 진행되는 가설이 있었으나 그 형성과정을 기존의 적외선분광법이나 전자현미경으로 알아내기에는 상대적으로 크기가 큰 기본구성단위의 추적이 어려워 한계가 있었다. 제올라이트의 결정화과정을 핵자기공명법을 이용해 실험적으로 명확히 입증한 경우는 이번이 처음이다.

연구팀은 전하밀도 비대칭 합성법을 통해 제올라이트를 구성하는 개별 구성단위의 분자수준에서의 결정화 순서를 알아냄으로써 제올라이트 구조형성 메커니즘을 규명해냈다. 연구에는 가장 잘 알려진 제올라이트 중의 하나인 제올라이트 A(LTA)의 일종인 제올라이트 UZM-9이 이용됐다.

이를 통해 LTA 구조를 형성하는 3가지 기본구성단위(lta-, sod-, d4r-cage)중 가장 큰 구성단위(lta-cage)가 핵생성 과정에서 가장 먼저 형성된다는 사실을 실험적으로 입증했다. 기존 크기가 가장 작은 구성단위(d4r-cage)의 자기조립에 의한 LTA 구조의 형성이론과는 다른 결과다.

합성시 사용한 유기 구조유도물질과 제올라이트 기본구성단위들의 상호작용 차이를 탄소 고체 핵자기공명 분광법과 적외선 분광법 등을 통해 관찰함으로써 결정화 과정에 따른 기본구조를 구별할 수 있었다. 또한 핵형성 및 결정 성장 단계에서의 각 구조유도 물질들의 개별적 역할에 대해 명확한 근거를 제시할 수 있었다.

홍 교수는 "상업적으로 중요한 다른 제올라이트 촉매들의 구조형성을 이해하는데 중요한 단서를 제공할 수 있으며 더 나아가 새로운 물성을 갖는 맞춤형 소재를 디자인하기 위한 선행연구로서 매우 중요한 결과라고 할 수 있다"고 연구의의를 밝혔다.

바로 잡습니다

지난 4월호 특집 I의 '북한의 핵무장과 남북관계 전망' 필자인 고유환 동국대학교 북한학과 교수님의 사진이 잘못 게재되어 발간되었기에 이를 바로 잡습니다.



고유환 동국대학교 북한학과 교수

독자카드 당첨자 : 박이슬(서울시 중구 중림로)