



박진희 교수
DGIST 신물질과학전공

이병찬 연구원

신물질과학전공

유기물과 무기물 섞어 스마트 소재로

글 대구=권예슬 기자 | 사진 이서연

세상 만물은 원자로 이뤄졌다. 이들 원자가 뭉쳐 만들어진 화합물은 유기물(탄소에 수소, 산소, 질소가 결합해 만들어진 화합물)과 무기물(유기물이 아닌 화합물)로 나뉜다. 하지만 이들의 성격은 마치 '화성에서 온 남자, 금성에서 온 여자'처럼 너무나 다르다. 박진희 대구경북과학기술원(DGIST) 신물질과학전공 교수는 서로 다른 성질을 갖는 유기물과 무기물이 한데 어우러진 '하이브리드 물질'을 설계하고 있다.

세상에 없던 화합물 만드는 '요리'

"무기물은 열과 마모에 강하지만 합성이 어렵고, 유기물은 기

계적 강도는 낮지만 가공이 쉽습니다. 유기 하이브리드 소재를 합성하면 각각의 장점을 극대화한 신물질들을 만들 수 있지요."

유기물과 무기물은 자연 상태에서는 서로 잘 섞이지 않는다. 기존에는 없던 새로운 기능을 가진 하이브리드 소재를 개발하기 위해서는 이들 재료를 잘 버무리는 일종의 '요리'가 필요하다.

기존에는 유기 고분자에 마이크로미터(μm : $1\mu\text{m}$ 는 100만분의 1m) 수준의 무기물을 첨가하거나, 무기물의 표면을 유기 고분자로 코팅하는 '간단한 요리'로 신소재를 만들었다.

하지만 이들 물질이 완전히 하나의 물질처럼 행동하지 않는다는 한계가 있었다. 박 교수팀은 이런 한계를 뛰어넘은 '금속유기구조체(MOFs)'로 시너지를 극대화할 수 있는 방법을 연구하고 있다.

박 교수는 "박사과정에서 연구를 시작하던 2008년 즈음 금속유기구조체 결정의 아름다운 모습에 매료돼 지금까지 이 분야의 연구를 계속하고 있다"며 "금속유기구조체가 유기물과 무기물의 종류뿐 아니라 이들의 비율, 용매의 종류, 합성 온도 등 설계 조건에 따라 완전히 다른 모습으로 탈바꿈한다는 점도 매력"이라고 말했다.

금속유기구조체는 금속이온과 유기리간드가 배위 결합을 통해 규칙적으로 결합돼 있다. 나노미터 크기의 무수히 많은 기공을 가지고 있어, 지금까지 알려진 다공성 소재 중 표면적이 가장 넓다. 현재 7만 개 가량의 금속유기구조체가 밝혀졌으며, 이 중에는 1g의 표면적이 7000m²로 축구장 면적에 맞먹는 금속유기구조체도 발견됐다.

유해물질 센싱하고, 포집하고, 에너지원으로 전환

박 교수가 이끄는 유기하이브리드연구실은 금속유기구조체의 이런 특성을 활용해 환경 문제를 해결하기 위한 연구를 진행하고 있다. 표면적이 넓다는 특징에 착안한 휘발성 유기화합물(VOCs)을 더 잘 포착하는 센서가 그 예다.

실제로 연구팀은 파우더 형태의 금속유기구조체 센서를 개발하고, 휘발성 유기화합물이 닿는 즉시 색이 변하는 기술을 개발했다. 그 중에서도 클로로포름이 센서에 닿으면 붉은 색이, 아세톤이 있으면 초록색을 띤다. 만약 이 센서를 산업 현장의 벽면 등에 발라둔다면, 위험물질의 누출과 종류를 즉시 알릴 수 있는 기술로 활용할 수 있다.

금속유기구조체의 무수히 많은 기공 속에 유해물질을 포착해 가둬두는 흡착제도 만들 수 있다. 연구진은 방사성 오염을 활용한 실험에서 금속유기구조체로 제작한 흡착제가 기

"꺼진 불도 다시 볼 때, 세상을 놀라게 할 물질이 탄생합니다"

이병찬 DGIST 신물질과학전공 연구원(박사과정·오른쪽에서 세 번째)



설계부터 합성까지 세상에 없던 물질을 만든다는 점이 가장 큰 매력입니다. 때로는 원하던 성질을 가진 물질을 구현하는데 실패하기도 하지만, 그 물질이 충분히 장점을 발휘할 수 있는 쓰임새를 찾았을 때 뿌듯함이 배가 되곤 합니다.

존에 상용화된 흡착제에 비해 동일 중량에서 방사성 물질을 3배 더 흡착한다는 사실을 확인했다. 동시에 흡착되는 방사성 물질의 종류도 더 많았다.

빛에 반응하는 유기리간드와 금속클러스터를 이용해 금속유기구조체를 제작할 경우 이산화탄소 등 환경오염물질을 메탄올이나 메탄 같은 고부가가치 연료로 탈바꿈시키는 광촉매로도 사용할 수 있다.

기존 광촉매는 표면에서만 반응이 일어나지만, 금속유기구조체는 기공 내부에서도 반응이 일어나기 때문에 촉매의 효율을 대폭 높일 수 있다. 더 빠른 속도로 환경오염물질을 연료로 바꿀 수 있다는 의미다. 기존의 산화티타늄(TiO₂) 기반 촉매가 자외선 영역에서만 반응을 일으키는 것과 달리 자외선과 가시광선 모두에서 반응을 일으키는 장점도 있다.

박 교수는 "표면적이 넓은 금속유기구조체의 활용 분야는 무궁무진하다"며 "외부 환경에 따라 화학적 구조와 성질이 변하는 '스마트 금속유기구조체'를 개발해 미래사회의 환경문제를 해결하는 등 사회적으로 유용한 기술을 계속 개발할 계획"이라고 밝혔다. ⑤