



## 한국화학연구원

### 1. 새로운 항암제 개발을 위한 국내 최초 '에텍(ATTEC)'플랫폼 기술 개발

- 전 세계적으로 주목받는 TPD 기술의 일종인 에텍(ATTEC) 플랫폼 기술 개발 및 유효 물질 도출
- 공동연구 기업 찾아 인터뷰 포럼서 소개 ... 향후 다양한 항암제 및 희귀질환 치료제 개발 계획
- 한국화학연구원(원장: 이영국)은 기존 표적 항암제로 치료할 수 없는 암을 치료하기 위한 '에텍(ATTEC, AuTophagosome-TEthering Compound)' 플랫폼 기술을 개발했다. 연구원은 연구결과를 5일 '인터비즈 바이오 파트너링&투자 포럼'\*에서 소개해, 다양한 항암제 개발을 위한 공동연구 기업을 찾는다.

\* 국내 제약·바이오·벤처·스타트업기업, 출연연, 대학, 보건의료관련기관 등이 보유하고 있는 유망기술 등에 대해 실수요자와의 기술이전, 라이선싱, 공동연구, 투자유치 등을 통한 실용화 연계 가능성을 높여 기술 확산 및 상업화를 촉진하기 위한 포럼(주최 : 인터비즈 바이오 파트너링&투자포럼 조직위원회, 주관 : 한국대학기술이전협회, 한국발명진흥회, 한국보건산업진흥원, 한국산업기술평가관리원, 한국생명공학연구원, 한국연구소기술이전협회, 한국특허기술진흥원, 한국특허전략개발원, 한국화학연구원, 순천향대학교, 과학기술사업화진흥원, 대구경북첨단의료산업진흥재단, 첨단의료바이오연구원, 한국신약개발연구조합)

- 암 등의 질병 유발 및 활성화와 관련이 있는 여러 가지 단백질 중 기존 표적 항암제나 치료제로 치료할 수 없는 질병 단백질의 비중이 높은 편이다. 따라서 이를 치료하기 위한 새로운 기술의 필요성이 널리 알려져 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 가운데 최근 타겟 단백질 분해 기술

### 질병 관련 단백질

기존의 저분자 약물이  
저해 가능한 단백질

**13%**

약물표적으로  
적합하지 않은 단백질  
**25%**



기존 약물로 저해가 불가능한

**"UNDRUGGABLE"** 단백질

**62%**

인 ‘TPD\* 기술’이 전세계적으로 주목받고 있다.

\* Targeted Protein Degradation

- 사람은 대략 30~60조 개의 세포로 이루어져 있으며, 이 세포 안에 다양한 기능을 가진 단백질들이 상호작용하며 생명현상이 일어나간다. 세포 내 단백질은 끊임없이 새로 생기고 없어지기를 반복하는데, 쓸데없는 단백질이 생기면 인체는 여러 시스템을 통해 이를 분해한다. 이러한 인체 내 단백질 분해 시스템은 크게 ‘프로테아좀’과 ‘리소좀’ 기전으로 나눌 수 있는데, 이를 이용해서 치료제를 개발하는 것을 ‘TPD 기술’이라고 한다.

- ‘TPD 기술’에는 ‘프로테아좀’ 기전을 이용한 ‘프로탁’(PROTAC, Proteolysis Targeting Chimera) 기술과 ‘리소좀’ 기전을 이용한 ‘에텍’(ATTEC) 기술 등이 있다. ‘프로탁’ 기술은 치료제 다수가 임상 진행 중에 있지만 크기가 큰 단백질은 분해할 수 없다는 한계가 있다. ‘리소좀-오토파지’ 시스템을 이용한 기술은 ‘프로탁’이 분해할 수 없는 큰 물질까지 분해할 수 있어 ‘프로탁’을 보완할 수 있는 기술로 떠오르고 있다. 관련 연구가 2016년 노벨생리의학상을 받는 등 세계적인 관심도가 높은 상황이다.

\* 쓸모없거나 손상된 단백질이 생기면 그 주위를 동그랗게 싸는 막이 생기고, ‘리소좀’이라는 단백질이 막 안으로 들어와 손상된 단백질을 분해하는 생체 시스템

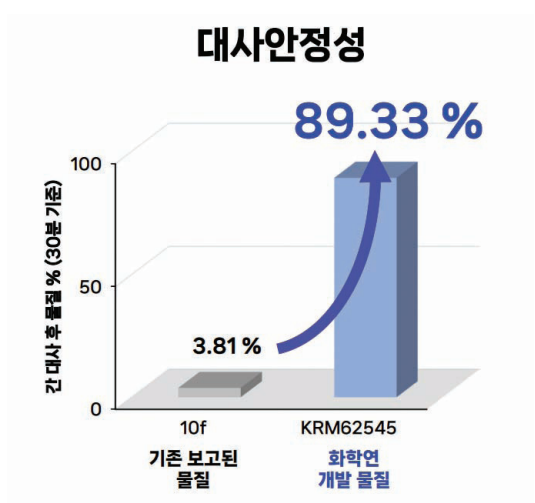
- 화학연 김성환 · 정광령 · 김도연 · 이규명 박사 연구팀은 이러한 ‘리소좀-오토파지’ 시스템을 이용한 기술의 한 종류인 ‘에텍

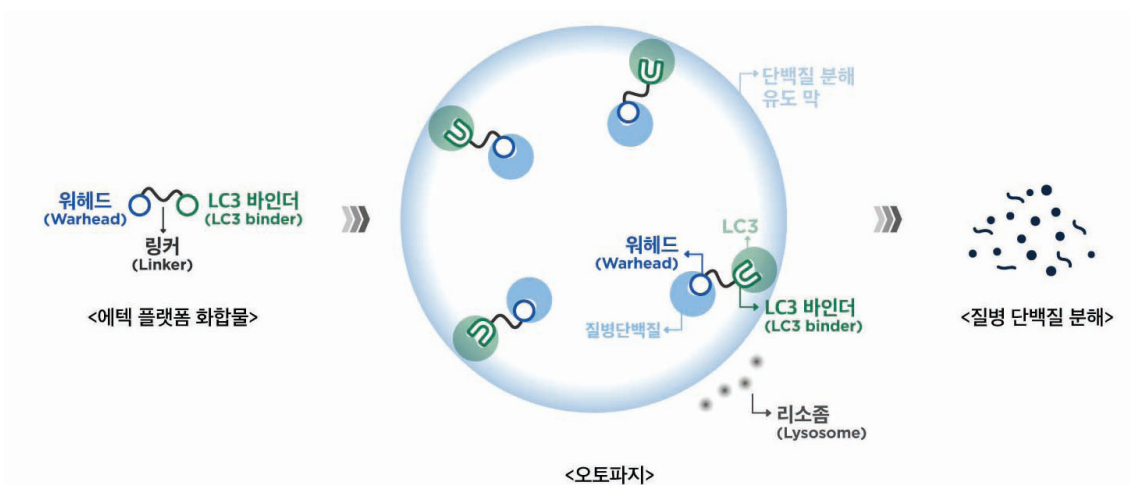
(ATTEC)‘ 기술의 가치와 가능성에 주목하여 2020년부터 ‘에텍’ 기술을 연구하기 시작한 끝에, 2023년 새로운 ‘에텍’ 플랫폼 기술을 개발했다.

- 기존에 알려진 ‘에텍’ 기술을 활용한 항암 타깃 화합물은 간에서 대부분 분해되어 약물로 살아남은 비중이 3.81%로 대사안정성\*이 매우 낮다. 이는 세포에서만 증명이 가능한 수준으로, 생체 내 실험을 거쳐 약으로 이어지기에는 무리가 있었다. 따라서 대사안정성을 극대화하면서, 생체 내 실험이 가능한 기술을 개발하는 것이 관건이었다.

\* 대사안정성(microsomal stability)은 신약개발의 핵심 지표 중 하나다. 사람에게 투여되는 약물은 간에서 대사가 이루어져 간이 약물을 분해하는데, 이를 얼마나 잘 피해 혈액에 약물로 존재할 수 있는지 알려주는 지표다.

- 이에 화학연 연구팀은 새로운 ‘에텍’ 플랫폼 기술을 개발해 대사안정성을 높였다. 연구팀이 개발한 ‘에텍’ 플랫폼을 활용하면, 대





사 안정성이 90%에 육박해 체내에서 약물로서의 역할을 할 수 있는 물질을 개발할 수 있다.

- 에텍 플랫폼은 세 가지 부분으로 구성되어 있다. 질병 유발 단백질에 결합하는 부분인 ①'워헤드'(Warhead), 단백질 분해 유도 막의 안쪽 단백질에 결합되는 부분인 ② 'LC3 바인더'(LC3 binder), 그리고 이 둘을 연결하는 ③'링커'(Linker)다.

• 이 중 LC3 바인더는 개발이 어려워 현재 알려진 것이 수 중에 불과하다. 연구팀은 화학연만의 LC3 바인더를 확보해 새로운 에텍 플랫폼을 국내 최초로 구축했다. 이를 통해 항암효과를 가지면서 생체 내 실험이 가능한 수준으로 대사안정성을 끌어올린 화합물을 도출했다.

• 체내에 '에텍' 플랫폼 기술로 합성된 치료제가 들어가면, 질병 단백질과 약의 워헤드 부분이 결합하고, 분해 유도 막을 구성하는 LC3 단백질과 'LC3 바인더'가 결합하여, 리소좀-오토파지 기전의 분해 유도 막 안으

로 질병 단백질을 넣어준다. 환자의 경우 질병 단백질이 자연적으로 없어지지 않기 때문에, 이렇게 체내의 '리소좀-오토파지' 시스템을 활용할 수 있는 약으로 질병 단백질을 분해하는 것이다.

- 본 플랫폼 기술은 다양한 질병 치료제 개발에 적용할 수 있다. 질병 종류에 따라 워헤드 부분만 바꿔서 합성하면 된다. 연구팀은 현재 본 플랫폼을 활용해 전립선암 치료제 유효물질을 도출했으며, 특허 출원 후 항암제 외에도 희귀질환 치료제 등 다양한 질병 치료제로 개발할 계획이다.

□ 화학연 이영국 원장은 "이번 성과는 2019년 처음 논문에 보고된 리소좀-오토파지 활용 에텍 기술의 가능성을 선제적으로 파악하여 국내에서 처음 소개하는 연구결과로, 향후 본 플랫폼을 통해 신규 항암제와 희귀질환 치료제 등 다양한 질병치료제를 개발할 수 있기를 기대한다."고 말했다.

- 연구팀은 후속 연구로 개발 화합물 (KRM62545)을 이용한 동물 유효성 평가



실험 및 선도물질 개발을 위해 국가신약개발과제 등을 준비하고 있다. 향후 기술의 성숙도를 높여 5년 이내에 '에텍' 기술로 임상에 진입한 후보물질을 개발할 계획이다.

- 이번 연구는 한국화학연구원 기본사업의 지원을 받아 수행됐다.

## 2. 기존 대비 2배 이상 향상된 세계 최고 성능의 CO<sub>2</sub> 전환용 음이온교환막 소재 기술 개발

- 이산화탄소를 일산화탄소로 전환하는 전기화학공정의 핵심 소재인 고성능 고내구성 음이온교환막 개발
- 과학기술 분야 국제학술지 ACS Energy Letters 2023년 4월호 논문 게재
- 탄소중립 및 기후변화의 해결 방법 중 하나로 이산화탄소의 활용 기술이 주목받고 있는 가운데, 국내 연구진이 세계 최고 성능과 내구성을 확보한 전기화학적 이산화탄소 전환용 음이온교환막 소재 기술을 개발했다.
- 한국화학연구원(원장 이영국) 이장용 박사 연구팀과 한국과학기술연구원(원장 윤석진) 원다혜·이웅 박사 연구팀은 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)를 유용한 화학 원료인 일산화탄소(CO)로 전환하기 위한 전기화학 공정 핵심 소재의 성능과 내구성을 기존 해외 소재 대비 월등히 향상시켰다.
- 연구팀이 개발한 음이온교환막 소재는 향후 전기화학적 이산화탄소 전환 공정의 상용화를 앞당길 수 있을 것으로 기대된다.

또한 유사한 전기화학 장치인 수전해, 연료전지 등에도 폭넓게 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

- 일산화탄소는 알코올, 플라스틱 등 다양한 화학제품의 기초물질로서, 중요한 산업원료이다. 따라서 기후변화의 주요 원인으로 손꼽히는 이산화탄소를 유용한 자원인 일산화탄소로 전환하기 위한 여러 기술이 개발되고 있다.
- 그 중 전기화학적 전환 공정은 에너지를 적게 소비하고 공정이 간단하여 차세대 CCU\* 기술로 주목받아, 관련 상용화 연구가 활발하게 이루어지고 있다.

\* 이산화탄소 포집 및 활용(Carbon Capture and Utilization)

- 전기화학적 이산화탄소 전환 공정의 상용화를 위해서는 공정을 이루고 있는 '음극 소재', '양극 소재', '음이온교환막 소재\*'의 성능이 모두 좋아야 하지만, 그중 음이온교환막 소재는 기술적 난이도가 높아 연구개발이 더디게 이루어져 공정의 상용화에 걸림돌이 되어왔다.

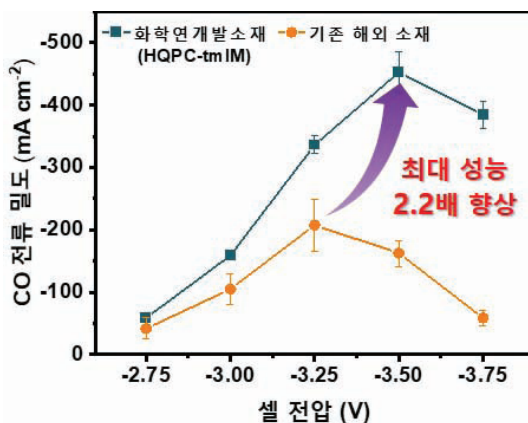
\* 음극의 이온을 양극으로 이동시키는 전해질

- 특히 음이온교환막은 첫째로 음극의 음이온을 양극으로 잘 이동시키는 ▲성능이 좋아야 하고, 둘째로 공정에 적용했을 때 고온에서 안정적으로 오래 버틸 수 있는 ▲내구성이 좋아야 한다. 그러나 이러한 특성을 모두 만족시키는 소재 개발이 어려운 실정이었다.
- 현재 연구용으로 쓰이는 음이온교환막은 전량 해외 수입에 의존하는데, 열에 취약하



여 내구성이 떨어지고, 이온전도가 낮아 성능도 좋지 않다. 그럼에도 불구하고 소재 개발의 기술적 난이도가 높아 이를 뛰어넘는 소재가 개발되지 못했다.

- 이에 공동연구팀은 분자량을 키우는 기술을 적용해 튼튼한 ‘폴리카바졸계’ 고분자 소재를 만들고, 여기에 음이온이 잘 통과하는 화학적 특성을 부여해, 성능과 내구성이 모두 좋은 전기화학적 이산화탄소 전환용 음이온교환막을 국내 최초로 개발했다.
- 일반적으로 고분자 소재는 분자량이 클수록, 즉 사슬처럼 반복적으로 연결된 분자 덩어리가 클수록 내구성이 좋다. 이를 ‘고분자량화 기술’이라고 하는데, 연구팀은 화학연만의 특허 보유 기술을 통해 음이온교환막의 소재를 튼튼하게 만들었다. 실험결과, 기존 소재가 열적 안정성이 낮아 상온에서만 구동하는 것과 달리, 신규 개발 소재는 60℃의 구동 조건에서도 150시간 동안 안정적으로 작동할 수 있었다.
- 또한 연구팀은 고분자 소재에 유연한 나뭇가지 형태의 화학구조를 가진 ‘테트라메틸이미다졸륨기’를 도입해, 음극에서 반응 결과물로 생성된 수산화음이온(OH<sup>-</sup>)이 양극으로 잘 이동할 수 있도록 했다. 이를 통해 소재의 핵심 성능인 이온전도도를 향상시켰다.
- 개발 소재는 기존 해외 소재보다 2배 이상 향상된 일산화탄소 생산 성능을 기록하였다. 동일 조건(1KW 스택\*, 1일)에서 기존 소재를 적용하면 하루에 최대 약 1.6kg의



▲ 기존 해외 소재와 신규 개발 소재의 전류밀도 그래프. 전류밀도는 일산화탄소 전환 성능, 즉 동일 에너지를 썼을 때 일산화탄소가 일산화탄소로 얼마나 많이 전환되느냐를 나타낸다. 그래프에서 모든 전압 값에서 전류밀도가 기존 해외 소재보다 화학연 개발 소재가 최대 2.2배 더 높은 것을 보여준다.

일산화탄소를 생산할 수 있는 반면에, 화학연 개발 소재를 공정에 적용하면 하루에 최대 약 3.6kg의 일산화탄소를 최종 생산할 수 있다.

\* 1kw의 전기를 활용하는 전환공정 장치

- 또한 신규 개발 소재와 기존 상용소재가 적용된 장치를 컴퓨터 시뮬레이션으로 각각 확인하여, 실제 실험 결과를 이론적으로 규명할 수 있었다. 이를 통해 이산화탄소 전환 성능 향상을 위한 음이온교환막의 핵심 설계 요건을 명확하게 이론화했다.
- 한국화학연구원 이영국 원장은 “이번 기술 개발로 선진국과의 에너지 분야 핵심 전해질 소재 기술 격차를 줄일 수 있을 뿐 아니라, 향후 유관 기업과의 기술이전 및 상용화 추진을 통해 차세대 CCU 혁신 기술 개발의 지렛대가 되기를 기대한다.”고 말했다.



- 이번 연구결과는 과학기술 분야 국제학술지 'ACS Energy Letters' (IF: 22.0) 2023년 4월호에 발표되었다.
- 한편 본 연구는 한국화학연구원과 과학기술정보통신부 '유용물질 생산을 위한 Carbon to X 기술개발사업'의 지원을 통해 수행됐다.

### 3. 효율과 대면적화 두 마리 토끼 동시에 잡은 태양전지 반사방지 코팅 소재 기술 개발

- 빛 투과율 높여 태양전지 효율 향상시키는 대면적화 코팅 기술 개발, 향후 차량용 디스플레이 등 응용 기대
- 과학기술 분야 국제학술지 Advanced Functional Materials 2023년 6월호 표지 논문 게재
- 태양전지, 디스플레이 등에 쓰이는 반사방지 코팅 소재 시장이 빠르게 성장하고 있는 가운데, 빛을 잘 투과시켜 기존보다 태양전지 효율을 높이면서 대면적으로도 제조할 수 있는 새로운 코팅 소재가 개발됐다.
- 한국화학연구원(원장 이영국) 이상진 박사, UNIST(총장 이용훈) 김진영 교수 공동 연구팀이 개발한 새로운 태양전지용 반사방지 코팅 소재는 향후 다양한 종류의 태양전지에 상용화될 수 있으며, 태양전지 외에도 스마트폰, 컴퓨터 등의 첨단 디스플레이의 빛 반사 방지 코팅 소재로 다양하게 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

□ 태양전지는 빛 에너지를 전기 에너지로 바꾸주는 원리로 구동된다. 따라서 반사되지 않고 투과되는 빛의 양이 많을수록 태양전지의 효율이 높아진다. 그러므로 태양전지의 반사 방지 코팅 필름은 전체 빛 투과율을 높여 태양전지의 효율을 높일 수 있는 중요한 소재다. 그러나 지금까지 투과율을 높이면서 대면적화가 가능한 반사 방지 코팅 소재를 만들기 어려워 주로 코팅 대신 특정 필름을 제조해 기판 위에 추가로 붙여야 하는 복잡한 공정을 거쳐야 했다.

□ 반사 방지 코팅 소재는 대부분 박막 형태의 아주 얇은 필름이다. 원재료 덩어리로부터 얇은 필름을 만들기 위해 상용화 과정에서 '스퍼터링\*'이라는 공정을 활용한다.

\* 스퍼터링(Sputtering) : 진공 상태에서 전기를 통해 에너지를 갖는 양이온을 원재료(음극)에 충돌시키는데, 이때 원재료의 원자 또는 분자가 튀어나와 아주 얇은 막 형태로 주위에 부착되는 공정

• 스퍼터링 공정은 전기를 사용하므로 전기가 잘 통하지 않는 재료는 상용화에 적합하지 않다. 반사 방지를 위해서는 빛의 굴절률\*이 낮은 소재가 필요한데, 이러한 소재들은 대부분 전기가 잘 통하지 않는다. 이 문제를 해결하기 위해 스퍼터링 공정에 고주파 전원을 도입해 코팅할 수 있지만, 고주파 방식은 넓은 공간에 높은 에너지를 균일하게 주입하기 힘들어서 대면적 양산 코팅 공정에 적용하기가 매우 어렵다.

\* 굴절률은 물질에서의 빛의 속도 차이를 나타내는데 낮은 굴절율을 가지는 재료(대표적으로 유리, 1.5 수준) 위에 높은 굴절율을 가지는 재료를 코팅하면 반사가



증가하는 효과가 나타난다. 따라서, 유리를 기판으로 사용하는 기기들은 유리보다 훨씬 낮은 굴절율 (1.4 이하)을 가지는 재료로 코팅해야 반사방지 효과가 우수하게 나타난다.

- 따라서 ▲굴절율이 낮아 빛 투과율을 향상 시키면서도 ▲스퍼터링 공정을 활용해 대면적으로 만들 수 있는 두 가지 상충된 속성을 동시에 만족하는 코팅 소재가 개발된 적이 없다.
- 이에 연구팀은 불소 고분자 소재에 전도성 첨가제를 주입한 방식으로, ▲태양전지 효율을 높이면서 ▲대면적 상용화도 가능한 새로운 코팅 소재 기술을 개발했다.
- 연구팀은 빛 투과율이 높고 굴절률이 매우 낮은 소재로 불소 고분자 소재를 선택했다. 여기에 전기를 통하게 하기 위해 전도성 물질인 탄소나노튜브\*를 첨가해 새로운 코팅 소재를 만들었다. 이 소재는 상용화에 걸림

돌이 되었던 고주파 스퍼터링 방식이 전혀 필요 없고 일반 스퍼터링 방식을 사용하기 때문에 대면적으로 코팅 필름을 쉽게 제조할 수 있다.

\* 탄소나노튜브 : 원통형 모양의 나노 구조를 지니는 탄소의 형태. 전기 전도 특성이 우수하다.

- 또한 연구팀은 코팅 과정에서 코팅 소재 속의 불소 물질이 태양전지에 도핑되면 전지의 효율 향상에 도움이 된다는 것을 발견했다. 연구팀은 스퍼터링 공정에서 비스듬히 기울여 코팅해, 코팅 소재 속의 불소 물질이 태양전지의 전하수송층\*에 일부 스며들게 했다. 실험 결과, 태양전지의 전하 이동도가 코팅 전보다 45% 향상된 것으로 나타났다. 또한 새로운 코팅 소재는 발수 성능이 좋아 비가 오면 태양전지 표면을 스스로 깨끗하게 세척하는 효과도 가지고 있다.



▲ [그림] 화학연의 반사방지 코팅을 적용한 필름은 기존 필름에 비해 바닥의 글자가 선명하게 보이는 효과를 나타낸다(좌). 화학연 롤투를 장비로 제작된 코팅소재의 투명도(우)



\* Electron Transport Layer, ETL, 페로브스카이트 태양 전지를 이루고 있는 소재 층 중 하나로, 빛에 의해 생성된 전기를 수송하는 역할을 한다.

- 개발된 코팅 소재를 페로브스카이트 태양 전지에 적용해 테스트한 결과, 유리 기판의 가시광선 영역에서 평균 빛 투과율이 3.2%p 높아졌으며, 최종 태양전지의 효율은 적용 전 24.17%에서 적용 후 25.30% 효율로 1.13%p가 증가한 것으로 나타났다. 태양전지 효율은 0.1%p를 올리기 위해서도 전세계적으로 많은 연구가 진행되고 있기 때문에 유의미한 결과로 볼 수 있다.
- 연구팀은 본 기술에 대한 국내외 특허를 바탕으로, 보유 중인 스퍼터링 공정 장비와 롤 투롤 장비를 통해 필름 폭이 700mm인 파일럿 스케일 수준의 롤투롤 연속 코팅 소재 시범 제조 기술을 확보했다. 후속 연구를 통해, 현재 대기업에서 실제로 생산하고 있는 필름 규모의 3m(10G급) 폭의 디스플레이 코팅 공정에도 적용이 가능하다.
- 이번 연구결과는 과학기술 분야 국제 학술지 ‘어드밴스드 펄서널 머티리얼즈 (Advanced Functional Materials (IF: 19))’ 6월호 표지논문\*으로 게재됐다.

\* 논문명 : Highly Improved Photocurrent Density and Efficiency of Perovskite Solar Cells via Inclined Fluorine Sputtering Process, Adv. Func. Mater. 2023, 33, 2301033(비스듬한 불소 스퍼터링 공정에 의한 페로브스카이트 태양전지의 광전류 밀도와 효율 특성 향상)

- 화학연 이영국 원장은 “반사 방지 코팅 소재 시장이 빠르게 커지고 있지만 국내 기술이 매우 부족한 상황에서, 이번 기술은 태양전지를 비롯한 차량용 디스플레이 등

첨단 디스플레이 코팅 소재로도 응용 가능해 국내 첨단 소재 기술 발전에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.”라고 말했다.

- 한편 본 연구는 한국화학연구원 기본사업, 산업통상자원부 소재부품기술개발사업의 지원을 받아 수행됐다.

#### 4. 국가전략기술 이차전지 초격차 기술 확보를 위한 정부출연연구기관 업무협약(MOU) 체결

- 한국화학연구원, 한국에너지기술연구원, 한국전기연구원, 한국과학기술연구원, 기관 간 차세대 이차전지 분야 출연(연) 역할 수행 및 연구 협력 활성화 추진
- 현재 이차전지에 대한 각국의 공급망 확보 및 기술 선점 경쟁이 점차 심화되는 가운데, 국가 과학기술 발전을 책임지는 ‘정부출연연구기관’ 4개 기관이 이차전지 초격차 기술 확보를 위한 업무협약(MOU)을 체결했다.
- 8월 29일(화) 오전 11시, 대전 한국화학연구원 디딤돌플라자에서, 차세대 이차전지 분야 4개 정부출연연구기관인 한국화학연구원(원장 이영국), 한국에너지기술연구원(원장 이창근), 한국전기연구원(원장 김남균), 한국과학기술연구원(원장 윤석진)의 기관장 및 주요 관계자 등 10여 명이 참여한 가운데 업무협약식이 개최되었다.
- 이날 업무협약식을 계기로, 향후 4개 기관은 차세대 이차전지 분야와 관련된 출연연의 역할을 확대하고 기관 간 연구를 활성화



하여, 이차전지 초격차 기술 확보 기반을 마련할 계획이다.

- 정부는 올해 ‘국가전략기술 육성에 관한 특별법’ 제정을 통해 이차전지를 포함한 전략 기술 육성에 필요한 제도적 기반을 마련하였고, 민·관 전문가로 구성된 국가전략기술 특별위원회에서 이차전지 분야 세부 중점기술을 도출하였다.
- 또한 과학기술정보통신부 주관으로 국가전략기술 포럼을 개최하여 이차전지 분야 전문가들과 산·학·연·관 협업 방안 논의 및 이차전지 관련 연구를 수행하는 4개 출연연(화학연, 에너지연, 전기연, KIST)의 연구 현황 공유 등도 이뤄진 바 있다.
- 이번 협약은 올해 정부가 추진한 이차전지 분야 제도적 지원 기반 마련 및 산·학·연·관 협업 방안 논의 등의 노력들과 연계하여, 기관 간 전략적인 역할 수행 및 상호 협력을 강화하기 위해 추진되었다.
- 4개 출연연은 차세대 이차전지 분야 역할 확대를 위해 기관별 고유 기술을 기반으로 공동협력 의제를 발굴하고, 연구 협력 활성화를 위해 기관 간 연구 정보·성과 현황의 적극적 공유 및 융합연구사업 수행을 위해 협력할 계획이다.
- 업무협약식을 마치고, 오후 1시부터는 각 기관별 주요 연구진이 모여 기관 간 융합연구 추진 등을 논의하는 자리가 이어져, 차세대 이차전지 혁신 소재 및 플랫폼 요소 기술 확보를 위한 협력 방안을 모색하였다.
- 4개 기관은 이차전지 연구개발 분야에서 전 주기(소재, 셀, 모듈, 시스템)에 걸친 공통

기반 기술과 함께 기관별 고유의 기술 역량을 보유하고 있어, 이번 협약이 ‘이차전지 초격차 기술 확보’라는 공동 목표에 도달하기 위한 기술적 공백 해소 및 시너지 창출에 도움이 될 것으로 기대된다.

- 화학연 이영국 원장은 “전 세계적으로 중요한 이차전지 분야에서 출연연의 역량을 결집하고 서로 보완하여, 국민들이 실질적으로 필요로 하는 기술을 개발하는 모범사례가 되길 기대한다.”라고 말했다.

## 5. 한국화학연구원, 창립 제47주년 기념 행사 개최

- 이영국 원장 “기후변화, 에너지 및 식량 위기 등에 대응하는 화학 기술 개발을 통해 화학산업 발전 및 경쟁력 제고 역할 수행”
- 화학(연) 창립 기념 포상 13개 단체, 83명 시상 등
- 한국화학연구원(원장 이영국)은 9월 1일 (목) 오전 10시 30분 창립 제47주년 기념 행사를 행정동 강당에서 개최했다.
- 한국화학연구원 이영국 원장은 이날 기념사에서 “올해는 대덕연구개발특구가 출범 50주년이자, 화학연도 창립 47주년으로 50주년을 향해 달려가고 있는 의미있는 해이다.”라고 말하며, 올해 창립기념일을 화학연이 국내를 넘어 세계 최고의 글로벌 연구기관으로 도약하기 위한 계기가 되도록 기관 차원의 적극적인 노력을 당부했다.
- 이를 위해 연구원은 정부에서 중점적으로



추진하고 있는 12대 국가전략기술 확보와 전 인류적 과제인 ‘탄소중립’ 실현을 위한 수소 및 CCU 원천기술 개발 등을 위한 정책 추진을 통해 글로벌 경쟁력을 확보할 것이라 말했다.

- 국가전략기술 확보를 위해서는 원장 직속 조직인 ‘국가전략기술추진단’을 신설하여, 연구원의 주요 연구 분야와 밀접한 연관이 있는 ‘이차전지’, ‘수소’, ‘반도체 · 디스플레이’ 및 ‘첨단바이오’ 분야의 연구역량 확보를 위한 전략 수립을 추진하는 체계를 구축할 계획을 밝혔다.
- 특히, 최근 이차전지 분야 초격차 기술 확보를 위해 화학연을 포함한 4개 정부출연연구기관 간의 업무협약(MOU)을 체결하였다. 이를 통해 화학연이 강점인 분야의 기술로드맵 및 연구 협력 전략을 마련하고, 기관 간 연구를 활성화하는 등 지속적으로 협업하여, 이차전지 초격차 기술 확보 기반을 마련할 계획이다.
- 또한 정부의 2050 탄소중립추진전략에 따른 ‘탄소중립’ 실현을 위해 원장 직속의 ‘탄소중립전략센터’를 두고 국가 탄소중립 정책 수립 지원 및 이에 따른 연구원의 탄소중립 정책 · 전략을 동기화할 예정이라고 말했다.
- 화학연은 이와 관련하여 올해 말 여수에 ‘탄소중립화학공정실증센터 촉매제조 실증시설’을 1차로 완공할 것이며, 내년 말에는 CCU 실증시설 등을 완공할 계획이다. 본 실증센터는 국내 최초의 탄소중립 분야 실증전문 조직으로 다양한 탄소중립 원천기

술이 상용화로 이어져 2050년 국가 탄소중립 달성에 크게 기여할 수 있을 것으로 전망한다.

- 아울러 ▲‘화학소재 · 물질 실증화 평가센터’, ‘화학소재부품 상생기술협력센터’ 등 국가 화학소재 · 부품 연구개발 성과 확산 및 기술협력의 주요 인프라 구축, ▲경영철학 및 전략을 바탕으로 한 기관 운영 계획 수립, ▲기본사업 개편과 연계한 조직 개편을 통한 유연하고 효율적인 기관 운영 기반 마련, ▲산 · 학 · 연 및 글로벌 협력에 대한 정부 정책 및 기관 운영계획을 반영한 국내외 공동연구와 인력교류 활성화, ▲안전 생활화를 통한 우리나라에서 가장 안전한 직장 만들기 등을 모든 구성원이 합심하여 이룩해 나가자고 말했다.
- 마지막으로, “‘위기(危機)’라는 단어에서 ‘위(危, 위태로움)’를 ‘기(機, 기회)’로 바꿀 주체는 바로 지난 47년간 연구원을 발전시켜온 모든 구성원”이라고 격려하며, 구성원 모두의 역량과 잠재력을 한데 모아 세계적인 성과를 창출하고, 대 · 내외적인 협력 활성화를 통해 우리 연구원을 세계 우수 연구원과 어깨를 나란히 하는, 세계 최고의 연구원으로 만들어 나가기를 촉구하였다.
- 한편, 화학연은 매년 창립기념식에 우수한 단체와 개인에게 포상을 실시하는데, 올해는 가장 우수한 단체를 선정하는 ‘연구대상’에 ‘친환경신물질연구센터’가, 가장 우수한 성과를 도출한 연구자에게 수여하는 ‘올해의 KRICT인상’에는 ‘전남중 책임연구원’이 선정되었다. 이외에도 12개 단체 및 82



명에게 창립기념 포상을 실시하였다.

- 창립기념 행사가 종료된 후 역대 창립기념 포상 수여 단체 및 개인의 사기 진작 및 자긍심을 고취하기 위해 ‘명예의 전당’ 현판 수여식을 개최하였다.

## 6. 공기 중 악취가스 검출과 물 속의 미세 오염물질 분해 모두 가능한 고성능 환경 센서 개발

- 기존 대비 전력소모를 줄이고 수중 미세 화합물의 효율적 분해도 가능한 고성능 센서 소재 개발
- Journal of Materials Chemistry A 2023년 9월호 표지 논문 게재
- 우리나라에서 간혹 사망자가 발생하는 유해가스 누출 사고 및 최근 해외의 종이빨대에서 유해물질이 검출된 연구 결과 등으로 인해 유해가스·물질에 대한 우려와 관심이 커지는 가운데, 국내 연구진이 고성능 환경 센서 기술을 개발했다.
- 한국화학연구원(원장 이영국) 조동휘·이정오 박사 연구팀, 한국과학기술연구원(원장 윤석진) 장지수 박사 공동 연구팀은 최근 발표된 연구 논문을 통해, 상온에서 낮은 전력 소모로 ▲공기 중에 누출될 수 있는 유해가스인 황화수소\* 검출과, ▲폐수 속 염료 등 오염 물질의 분해에 모두 적용 가능한 ‘광촉매 특성을 갖는 금속산화물 반도체 가스 센서’ 개발에 성공했다고 밝혔다.

\* 황화수소 : 달걀 썩는 냄새가 특징인 유해가스로, 축사 또는 화장실 옆 정화조 등에서 누출된 황화수소에 고

농도 중독 시 신경마비나 사망 위험 존재

- 이번 기술 개발로 환경 센서 핵심 소재가 유해가스 감지, 오염물질 저감 등 다양한 용도로 제품화되는데 기여할 수 있을 것으로 전망된다.
- 가스 센서 기술은 다양한 방식이 있는데, 그 중 반도체식 기술은 주로 금속산화물인 센서 소재가 어떤 가스와 반응할 때 전기적 특성이 변화하는 원리를 이용한다. 이 방식은 유해가스에 대한 높은 민감도, 빠른 반응속도, 양산성 등의 우수한 장점이 있다.
- 다만 가스가 활발히 반응하기 위해서는 센서 소재를 수백 ℃까지 히터로 가열하는 활성화 과정이 필요한데, 이때 ▲「많은 전력이 소모된다는 단점과, 높은 온도에서는 ▲「모든 가스가 반응해서 특정 가스만 선별하기 어렵다는 필연적인 한계가 있었다.
- 이에 공동 연구팀은 ▲낮은 전력으로도 작동되는 센서 소재 제작을 위해 히터 가열 방식이 아닌 「빛」을 통해 열을 발생시키는 ‘광활성화’ 방식을 적용하고, ▲특정 가스에만 반응하도록 「4가지 성분이 포함된 나노 촉매」를 센서 표면에 균일하게 합성함으로써 문제를 해결했다.
- 연구팀은 금속산화물의 일종인 이산화티타늄을 센서 재료로 삼고 우선 「전력 효율을 높이기 위해, 첨단 나노 반도체 기술을 이용해 빛이 최대한 잘 흡수될 수 있는 규칙적인 정렬 형태의 ‘3차원 나노-셸 구조’\*를 만들었다. 이 구조에선 기존보다 전력 소모가 1/100 정도인 mW 수준의 빛을 집중시키



는 것만으로 높은 열이 발생하여, 히터를 통한 가열이 없어도 센서 소재 활성화가 가능했다.

\* 3차원 나노-셀 구조 : 조개껍데기처럼 얇은 반구 형태(셀 구조)를 매우 작게(나노 단위로) 만들되, 평면(2차원)이 아닌 입체(3차원)적으로 쌓아놓은 모습

- 그리고 「특정 가스만 선별적으로 감지하기 위해, 센서 소재 표면에 「특정 가스에 반응하는 금속 나노 촉매」를 합성했다. 이 때 나노 촉매를 이루는 원소가 다양할수록 여러 종류의 가스 중에서 특정 가스만 선택적으로 반응하는데 더 유리해진다. 이는 인터넷에서 검색 조건을 여러 개 설정할수록 정확성이 높아지는 방식과 유사하다고 볼 수 있다. 이번 연구에서는 ‘백금, 팔라듐, 니켈, 코발트’의 4가지 원소를 첨가하자 유해가스 중 ‘황화수소’만 선택적으로 잘 반응했다.
- 이렇게 이산화티타늄 센서 소재 표면에 나노 촉매를 합성하는 과정에도 앞서 제작했던 빛을 잘 흡수하는 ‘3차원 나노-셀 구조’가 활용됐다. 센서 표면에 나노 촉매로 바뀔 금속이온 재료를 넓게 펼친 후 강한 빛을 짧게 집중시키면, ‘3차원 나노-셀 구조’ 덕분에 1,200도 가까이 급격히 온도가 상승하며 이산화티타늄 센서 소재 표면에 나노 촉매가 균일하게 합성되는 원리도 규명한 것이다.

- 한편, 연구팀은 해당 센서가 갖는 또 다른 특징으로서, 수중에서 오염 물질을 줄일 수 있다는 결과도 검증하였다. 센서의 재료로 쓰인 이산화티타늄은 광촉매\*로 활용

되는 대표적인 화합물로서, 수중이나 대기 중 오염물질을 광촉매로 분해할 때 많이 다뤄지는 소재이다.

\* 광촉매 : 빛을 받아들여 화학 반응을 촉진시키는 물질

- 이번 연구에서 활용된 이산화티타늄은 그 표면에 나노 촉매가 합성된 상태에서도 효율적인 광촉매 특성을 보였다. 연구 결과 특히 물 속에 극미량으로 존재하는 염료나 PFOA\* 등 미세 오염 물질을 0.18mg/cm<sup>2</sup>의 소형 센서 소재로도 분해\*\*할 수 있었다.

\* PFOA : 코팅프라이펜, 종이컵 등에 코팅 용도로 활용되나, 자연적으로는 잘 분해되지 않아 인체에 축적 시 질병 유발 가능성이 있는 유해물질

\*\* 염료 분해 : 0.01mM (10-5mol/L) 수준을 광촉매 반응으로 5시간 만에 72% 분해  
PFOA 분해 : 0.2mM (2×10-4mol/L) 수준을 광촉매 반응으로 12시간 만에 42.5% 분해

- 기존의 기술은 분말 형태의 광촉매를 오염수에 투입·반응시킨 후 전량 회수가 어려워 광촉매의 양이 줄어드는 단점이 있는 반면, 이번 기술은 소형화된 환경 센서를 오염수에 넣었다가 꺼내면 건조 후 재활용할 수 있어 효율적으로 오염물질 저감이 가능한 장점이 있다.
- 이번 기술 개발로, 환경 센서 관련 기업과의 적극적인 협업을 통해 실내·외 환경질 모니터링 뿐만 아니라, 필요에 따라 해당 오염원을 저감시키는 핵심기술로써 사용자의 삶의 질 개선에 크게 기여할 수 있을 것으로 전망된다.
- 화학연 이영국 원장은 “이번 연구를 통해 개발한 기술은 황화수소 탐지 및 수중의 오염물질 분해 등 국민의 건강한 삶을 위



한 기술로서, 앞으로 추가적인 연구를 통해 다양한 유해가스, 유해물질에도 적용될 수 있는 플랫폼 기술이 될 것으로 기대한다.”라고 말했다.

- 이번 연구결과는 재료화학 분야의 권위적인 국제학술지인 ‘Journal of Materials Chemistry A(IF : 11.9)’ 2023년 9월호 표지 논문으로 선정됐다.
- 또한 이번 연구는 한국화학연구원 기본사업, 다부처공동사업의 지원을 받아 수행됐다.

## 7. 화학연, 2023년 국가연구개발 우수성과 100선 3건 선정

- 폐폴리스타이렌(스티로폼) 화학적 재활용 촉매 공정 기술(황동원 박사팀)
- 암모니아에서 저비용으로 수소 생산이 가능한 촉매 기술(채호정 박사팀)
- 원하는 바이오원료만 추출 가능한 인공세포 개발 관련 합성생물학 기술(이주영 박사팀)
- 한국화학연구원(원장 이영국)에서 개발한 탄소중립, 수소, 첨단 바이오 관련 기술이 과학기술정보통신부가 발표한 ‘2023년 국가연구개발 우수성과 100선’ 중 에너지·환경 분야와 생명해양 분야 성과로 총 3개 선정됐다.
- 2023년 국가연구개발 우수성과 100선에 선정된 화학연 기술은 ‘폐폴리스타이렌(스티로폼) 재활용 관련 촉매 기술(황동원 박사팀)’, ‘암모니아에서 저비용으로 수소 생산이 가능한 촉매 기술(채호정 박사팀)’, ‘원하는 바이오원료만 쉽게 생산·추출할 수 있

는 인공세포 개발 관련 합성생물학 기술(이주영 박사팀)’이다.

\* 폐폴리스타이렌 연속식 해중합 촉매 공정 기술(이전 및 사업화(황동원 박사팀))

\* 암모니아로부터 고효율 수소 생산 촉매 기술(채호정 박사팀)

\* 합성생물학 기반 On-demand, All-in-one 기능을 탑재한 신개념 인공세포 첨단화 기술 개발(이주영 박사팀)

- 3개의 우수성과 중에서 ‘폐폴리스타이렌 재활용 관련 기술’은 일반 국민이 투표한 10개의 ‘사회문제해결성과’ 중 하나로 뽑혀, 국민에게 유용하다고 체감되는 기술로서 관심을 끌었다. 나머지 2개의 기술도 12대 국가전략기술 중 ‘수소’와 ‘첨단바이오(합성생물학)’ 분야의 기술로서, 화학연은 다양한 분야에서 우리나라의 미래 경쟁력 강화에 기여하고 있다는 모습을 이번 기회에 다시 보여주었다.

- 첫 번째로 에너지·환경 분야에서 선정된 화학연 황동원 박사팀 연구성과는 사용 후 폐기되는 폐폴리스타이렌(스티로폼)을 화학적으로 재활용하는 과정에서 저가의 친환경적인 촉매를 활용했다. 기존 방식에 비해 낮은 온도에서 분해하고 스타이렌 원료를 연속 생산 가능한 장점이 있다. 해당 기술은 2022년 8월 롯데케미칼(주)에 기술이전되어, 현재 실증화 및 사업화를 위한 공동연구를 진행 중이며, 폐플라스틱 오염 저감과 화학산업의 탄소중립 목표 달성에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.
- 두 번째로 에너지·환경 분야에서 선정된 화학연 채호정 박사팀 연구성과는 암모니아로부터 저비용으로 수소를 생산해내



는 촉매 공정 기술로서, 기존의 비싼 귀금속 촉매 대신 저렴한 비귀금속 소재를 활용하면서 암모니아 분해 공정의 효율을 높인 기술이다. 향후 높은 온도의 열원 공급이 가능한 제철, 시멘트 등의 산업공정과 연계한 수소 생산 응용 공정 개발이 이뤄질 것으로 기대되고 있다. 관련 기술은 2022년 2월 응용촉매 B-환경(Applied Catalysis B-Environmental)에 논문이 게재되었다.

- 마지막으로 생명해양 분야에서 선정된 화학연 이주영 박사팀 연구성과는 인공세포 속 특정 바이오원료가 세포 밖으로 자동으로 분비되도록 신호 시스템을 인공적으로 설계하는 합성생물학 기술이다. 기존의 방식은 세포 속 바이오원료를 얻기 위해 세포 파괴·분해·특정 원료 추출 등 복잡한 공정이 필요한데 비해, 관련 성과는 한번에

(one-step) 세포 속 바이오원료를 원하는 경로로 자동으로 수송하여 세포 밖으로 분비할 수 있는 세계 최초·최고의 기술이다. 향후 다양한 인공세포 속 여러 바이오 원료를 추출하는 미생물 세포 공장에 활용하는 플랫폼 기술로서 바이오 산업 발전의 가속화에 기여할 것으로 전망되고 있다. 해당 성과는 2022년 5월 네이처 커뮤니케이션즈(Nature Communications)에 논문이 게재되었다.

- 한국화학연구원은 Chemistry for Us(우리를 위한 화학), Chemistry for EARTH(지구를 위한 화학) 비전 아래, 탄소자원화, 첨단 화학소재, 의약바이오, 미래융합화학 연구분야 등에서 국가 화학산업을 선도하는 미래 원천 기술을 개발하고 있다.