

붙임 1

4단계 BK21사업 자체평가보고서(양식) 과학기술분야 교육연구단(팀)

※ 해당양식은 자체평가보고서 참고용이며 반드시 따를 필요는 없으나, 사업기본계획 및 공고문에 따라 자체평가보고서는 교육연구단(팀)의 필수지표, 영역별 계획대비 성과 등의 내용을 반드시 포함해야 함

『4단계 BK21사업』 미래인재양성사업(과학기술분야) 교육연구단(팀) 자체평가보고서

접수번호	-										
사업 분야	응용	신청분야	화공	단위	지역	구분	교육연구팀				
학술연구분야 분류코드	구분	관련분야		관련분야		관련분야					
		중분류	소분류	중분류	소분류	중분류	소분류				
	분류명	화학공학	에너지변환	화학공학	전기화학	화학공학	화학공정				
	비중(%)	40		40		20					
교육연구 단(팀)명	국문) 에너지 통합 Platform 미래인재 양성사업팀										
	영문) Future talent development team for energy integrated platform										
교육연구 단(팀)장	소 속	전남대학교		공과대학(원)		화학공학과(부)					
	직 위	교수									
	성명	국문	홍창국		전화		062-530-1907				
					팩스		062-530-1819				
		영문	Hong, Chang Kook		이동전화		010-3719-7483				
					E-mail		hongck@jnu.ac.kr				
연차별 총 사업비 (백만원)	구분	1차년도 (2019~21.2)	2차년도 (21.3~22.2)	3차년도 (22.3~23.2)	4차년도 (23.3~24.2)	5차년도 (24.3~25.2)	6차년도 (25.3~26.2)				
		국고지원금					3.88	3.88			
총 사업기간		2024.3.1.-2027.8.31.(84개월)									
자체평가 대상기간		2024.9.1.-2025.8.31.(12개월)									
본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21사업』 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다. 2025년 11월 05일											
작성자	교육연구단(팀)장					홍 창 국 (인)					
확인자	전남대학교 산학협력단장					이 윤 성 (인)					

〈자체평가 보고서 요약문〉

중심어	에너지신산업	탄소중립	수소화
	전기화	미래융합	혁신인재
	창의적 연구	지역 동반성장	국제교류 허브
교육연구단(팀)의 비전과 목표 달성정도	본 교육연구팀은 탄소중립을 목표로 에너지 통합 플랫폼 분야의 교육과 연구를 통해, 미래 에너지 신산업을 이끌 세계적 수준의 글로벌 인재를 양성하고자 함. - 산·학·연·관 협력체계가 결합된 고급 인력양성 모델을 개발하고, 탄소중립을 선도할 고급 기술인력 양성함. 3대 중점 연구분야(탈탄소화, 전기화, 수소화)에서 핵심기술을 개발함. - 세계 최고 수준의 연구 능력과 기술확산체계, 인력양성체계를 바탕으로 지역 및 국제사회 혁신성장을 유도함.		
교육역량 영역 성과	- 대학원생 인력 확보: 27명(2024년 2학기), 30명(2025년 1학기) - 취업의 질적 우수성: 6명의 졸업생 중 6명이 취업(100%) - 연구실적: 논문 8건, 학술대회 발표 25건 중 우수포스터상 3건 - 특허: 특허 2건 - 신진연구인력 확보: 3명 - 대학원 교과목 개설: 6		
연구역량 영역 성과	- 논문: 20건, 평균 IF 10.1, JCR 상위 10% 논문 비율 40%, 상위 3% 논문 비율 20%, 상위 1% 논문 비율 10% - 특허등록: 7건 - 연구비 수주: 총 32억원 - 국제협력 연구: 16건 - 산업·사회 문제 해결 기여: 4건		
달성 성과 요약	- 교육역량 영역: 본 교육연구팀은 2024년 2학기에 석·박사 과정 인력을 27명, 2025년 1학기에 석·박사 과정 인력을 30명을 확보하였고, 지난 1년간 6명의 졸업생 중 6명이 취업해 높은 취업률을 기록함. Ganesan Bala Krishnan 박사와 유연정 박사, Amarnath T. Sivagurunathan 박사는 각각 소듐 이온 배터리 연구와 열화학 촉매 연구, 에너지 저장 및 변환 연구로 한양대와 한국화학연구원, 전남대학교에 박사후연구원으로 임용되었으며, 송정현, 안진영, 정정수 석사는 LG 에너지솔루션, 전남대학교 에너지 융복합 전문 핵심연구지원센터, 케이엔제이에 각각 입사함. 대학원생과 졸업생들은 저명 국제학술지에 8편의 논문을 발표하고 국내외 학술대회에서 3건의 우수포스터발표상을 수상함. 본 교육연구팀은 2024년 2학기과 2025년 1학기에 모두 6개의 교과목을 개설하여 운영하였고, 4건의 해외석학 초청 오프라인 세미나를 진행함. - 연구역량 영역: 본 교육연구팀은 해당 평가 기간 우수한 연구성과를 다수 도출하였으며, 이는 정성적/정량적으로 모두 탁월한 결과를 보였음. 이 중 참여교수의 주도적 기여가 확인된 논문은 총 20건으로, 교육연구팀의 중추적인 역할을 보여줌. 특히, 발표된 논문의 평균 IF 10.1이고, 이 중 40%가 JCR 상위 10%, 20%가 JCR 상위 3%, 10%가 상위 1%에 속해 연구팀의 국제 경쟁력을 나타냄.		

	연구비 수주면에서도 뛰어난 성과를 거두었으며, 경쟁률이 매우 높은 상황에서도 2024년 9월부터 12개월 동안 32억 원의 연구비를 확보하였음. 연구팀은 국제협력 연구 16건을 포함해 4건의 산업 및 사회 문제 해결 프로젝트를 수행함. 국제 공동연구를 통한 학술교류가 활발히 진행되었으며, 미국, 일본, 프랑스, 인도, 독일, 대만 등지의 연구기관 및 대학교와의 협업을 통해 공동 논문 발표뿐만 아니라, 연구자 파견 및 공동 제안서 작성, 공동장비 활용 등이 이루어졌음.
미흡한 부분 / 문제점 제시	• 교육역량 영역: 대학 본부 보직(연구처장)과 연구년 2명으로 개설된 대학원 강의가 6 과목으로 다소 적었으며, 이에 따라 향후 대학원 강의 개설을 증가시킬 필요가 있음. 또한, 참여대학원생의 국제공동연구 참여와 국제학술대회 참가를 적극적으로 권장하여 국제화 프로그램 실적을 높일 필요가 있음. 또한, 참여 교수들의 논문 실적에서 참여대학원생 주저자 논문과 특허 실적의 비중이 낮은 것도 개선이 필요함. • 연구역량 영역: IF 기반 상위 논문 발표 실적을 10% 이상 개선할 필요가 있음. 국제공동연구에서 일부 교수 중심으로 협력이 집중되어 있음. 다양한 국가 및 기관으로의 확장 가능성을 넓히기 위해, 신규 협력 파트너 발굴과 네트워크 다변화가 필요함. 공동연구에서 실제로 파생된 국제 공동 논문 수와 국제 연구비 수주 건수는 아직 한정적임. 등록된 특허 및 산학연계 성과, 사회 문제 해결형 연구성과에 비해 기술이전 실적이 부족함.
차년도 추진계획	-교육역량 영역 비교과 활동 확대를 통한 창의적 융합인재 양성 • 1단계 기반구축 프로그램을 통한 화공 에너지 관련 핵심 분야의 전문지식과 첨단기술의 융합 • CREDIT (Communication, R&D activity, Establishment, Donation, International, Technology skill)기반 비교과 활동을 통한 창의적 융합인재 양성 • 연구 위원회를 구성하여 연구 진행 정도를 체계적으로 모니터링, 참여기업 등과의 Graduate career fair 등을 통한 취업률 향상 • StartUP Bootcamp 및 창업지원금 제도 등을 통한 창업 활동 지원 -연구역량 영역 3대 중점 연구분야 (탈탄소화, 수소화, 전기화) 원천기술 발굴 및 육성 • 사업 기간 확보한 연구팀의 우수성과를 기반으로, 3대 에너지 중점 연구 분야들 (탈탄소화, 수소화, 전기화)에 대해 각각 2개 이상의 핵심연구를 세계적 연구 수준으로 육성 • 전남대학교 산학협력단, RISE 사업 등과 협력하여 광주·전남 지역 주력산업과 연계한 R&D 원천기술 발굴 • 3대 중점 연구 분야에 대한 국내외 우수연구자들을 충원하여, 관련 분야에 대한 경쟁력을 강화 • 대학 본부와 공동으로 해외 우수 신진연구인력(연구교수 및 박사후과정생)을 적극적으로 유치하고, 이를 통해 선진형 연구 그룹으로 체제를 확립

1. 교육연구단(팀)장의 교육·연구·행정 역량

성명	한글	홍창국	영문	Hong, Chang Kook
소속기관	전남대학교 공과대학(원) 화학공학과(부)			

가. 교육연구팀장의 연구역량과 교육·행정 역량

본 교육연구팀장인 홍창국 교수는 전남대학교가 추구하는 연구, 교육, 봉사의 전 영역에서 전남대학교를 대표할 수 있는 명실상부한 최우수 교수라 할 수 있음. 홍 교수는 에너지 소재 분야와 태양전지 분야에서 오랜 기간 연구를 수행하여 우수한 연구역량을 가지고 있으며 활발한 대내외 활동을 하고 있어, 본 교육연구팀의 팀장으로서의 충분한 교육·행정 역량을 가지고 있음.

나. 교육연구팀장의 연구 역량

- 홍창국 교수는 에너지 소재, 태양전지(페로브스카이트 태양전지, 염료감응형 태양전지, 고분자 태양전지), 2차전지(바나듐 플로우 배터리, 수퍼캐퍼시터) 그리고 다양한 고분자 소재 분야의 연구를 수행하고 있음.
- 최근 5년간 약 100여 편의 논문을 출판하였으며, Nature Energy, Advanced Materials, Advanced Energy Materials, Materials Today 등과 같은 유수 학회지에 다수의 논문을 지속적으로 출판하고 있음.
- 연구수행을 통해 한국연구재단 중견연구1-2(2020-2023), 이공분야 대학중점연구소지원사업 참여(2019-2027), 그리고 산업부 전략핵심소재자립화기술개발 등의 정부연구비를 수주하였으며, 현대자동차, 현대EP, 고려엠지(주) 등의 산업체 연구비 등도 수주하였음.
- 특히 홍 교수는 페로브스카이트 태양전지 분야에서 무기 페로브스카이트를 사용하고 장기 안정성을 높이는 연구를 통해 많은 연구실적을 얻었고 이를 이용한 상용화 연구를 시도하고 있으며, 최근에는 새로운 구조의 Phase Heterojunction 구조를 이용하여 태양전지의 효율을 획기적으로 개선하고 텐덤 형태의 태양전지 상용화를 앞당기는 성과를 얻었음.
- 이러한 연구 업적을 평가받아 2018년 과학기술정보통신부 장관 표창과 2021년 전남대학교 학술상 그리고 2022년 한국공업화학회 이녹스 학술상 등을 수상하였음.
- 2017년부터 전남대학교 중소기업산학협력센터 센터장을 맡고 있어 지역 중소기업과의 산학협력과 공동연구, 그리고 기술이전 등에 대한 업무를 수행하고 있으며, 현재 광주지역협의회 회장을 맡고 있고 한국산학연합회 이사로 활동하고 있어서 과학기술, 산업·사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 및 연구에 충분한 역량을 보유하고 있음.

다. 교육연구팀장의 교육·행정 역량

- 본 교육연구팀장은 학내 및 대외에서 다음과 같은 수행 경험과 역량을 보유하고 있어, 본 교육연구팀의 운영과 관리에 적합한 전문성을 갖추고 있음.
- 교내에서는 공과대학 부학장(2016. 8. - 2018. 7.)과 공학교육혁신센터 센터장을 역임하여 공과대학의 교육프로그램과 산학협력 및 기술교류에 관련된 행정업무를 수행하였음.
- 혁신융합대학 및 반도체학과 설치 등의 각종 교내 기획위원회 등에 참여하여 대학의 교육혁신 및 연구분야 경쟁력 향상에 대한 대학의 정책방향에 대한 행정경험을 가지고 있음.

- 교외에서는 한국연구재단 공학단 전문위원(RB) (2021-현재), 산업통상자원부 2023 화학포럼 분과위원장, 그리고 과학기술정보통신부 국가연구개발사업(예타사업)평가 분과위원회 민간위원(2022-현재)으로 위촉되는 등 활발한 대내외 활동을 하고 있음.
- 한국화학공학회, 한국공업화학회, 한국고분자학회 등의 국내 학회에서 다양한 이사와 편집부위원장 등으로 봉사하였으며, 2021년에는 한국화학공학회 제52대 총무이사를 맡아 화학공학 학문의 발전을 위한 학회 전반의 업무를 수행하였음.

2. 대학원 학과(부) 소속 전체 교수 및 참여연구진

<표 1-1> 교육연구단(팀) 대학원 학과(부) 전임 교수 현황 (단위: 명, %)

대학원 학과(부)	학기	전체교수 수	참여교수 수	참여비율(%)	비고
화학공학과	2024년 2학기	27	9	33	
	2025년 1학기	26	9	35	

<표 1-2> 자체평가 대상기간(2024.9.1~2025.8.31.) 교육연구단(팀) 대학원 학과(부) 소속 전임 교수 변동 내역

연번	성명	변동 학기	전출/전입	변동 사유	비고
1					
2					
3					
4					

<표 1-3> 교육연구단(팀) 대학원 학과(부) 대학원생 현황 (단위: 명, %)

대학원 학과(부)	참여 인력 구성	대학원생 수											
		석사			박사			석·박사 통합			계		
		전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)
화학공학과	2024년 2학기	38	11	29	23	8	35	12	8	67	73	27	37
	2025년 1학기	50	19	38	19	5	26	10	6	60	79	30	38
참여교수 대 참여학생 비율					3.2								

2. 교육연구단(팀)의 비전 및 목표 달성정도

2.1. 교육역량 영역 비전 및 목표 달성정도

- 화학공학 분야 세계 최상위권 벤치마킹을 통한 융합형 교육과정으로 구조 개편 [2P-3T-4M: 2 Part(원천기술파트 및 산업응용파트), 3 Track(탈탄소/전기화/수소화) 및 4 Module(기본, 응용, 심화, 연구중심 모듈)]. 2024년 2학기과 2025년 1학기에 6개의 교과목을 개설하여 운영하였고, 매 학기 교과목 개설을 확대해갈 계획임.
- 본 교육연구팀은 2024년 2학기에 석·박사 과정 인력을 27명, 2025년 1학기에 석·박사 과정 인력을 30명을 확보하였고, 지난 1년간 5명의 졸업생 중 5명이 취업해 높은 취업률을 기록함. Ganesan Bala Krishnan 박사와 유연정 박사는 각각 소듐 이온 배터리 연구와 열화학 촉매 연구로 한양대와 한국화학연구원에 박사후연구원으로 임용되었으며, 송정현, 안진영, 정정수 석사는 LG 에너지솔루션, 전남대학교 에너지 융복합 전문 핵심연구지원센터, 케이엔제이에 각각 입사함.
- 대학원생과 졸업생들은 저명 국제학술지에 7편의 논문을 발표하고 국내외 학술대회에서 3건의 우수포스터발표상을 수상함.

- 본 교육연구팀은 2024년 2학기와 2025년 1학기에 4건의 해외석학 초청 오프라인 세미나를 진행함.

2.2. 연구역량 영역 비전 및 목표 달성정도

- 화학공학/에너지 분야의 본 교육연구팀 QS ranking(2023)은 401-420위권이며, 대학알리미 정보 분석에 의하면 정량적 지표들(논문 피인용수, h-index)은 세계 랭킹 250-300위권 대학의 학과보다 우수한 반면, 학계 평판, 졸업생 평판과 같은 정성적 지표들은 타 거점 국립대학에 비해서 현저히 낮은 수준임.
- 본 연구팀은 QS(Quacquarelli Symonds), THE(Times Higher Education), US News의 세계 대학 평가로부터 화학공학 분야 상위 대학으로 선정된 대학들(MIT, University of Cambridge, California Institute of Technology, Stanford University, UC Berkeley)을 벤치마킹 기관으로 정함.
- 벤치마킹 기관의 양적/질적 연구역량을 분석하고, 이를 본 교육연구팀에 적용함으로, 에너지분야 QS ranking 기준 지역 거점 국립대학 1위 달성을 목표로 함.
- 벤치마킹 대학들과 대등한 수준의 연구력 달성을 위한 연구력 양적 성장을 계획하고 있으며, 기술이전 및 연구비 수주를 2023년 수준에서 매년 약 10% 이상 확대하는 것을 목표로 함. 이를 기반으로 적극적인 홍보 및 지원을 통해 학계 및 졸업생 평판 개선을 기대함.

항 목	교육연구팀 및 벤치마킹 대학들의 양적 연구 수준 분석 및 목표	
	연구 양적 수준 분석	연차별/최종 목표
기술이전	• 창업을 주도하고 있는 벤치마킹 대학들은 매년 특히 200-300건을 등록하고 있으며, 이중 약 60% (120-180건) 가량의 기술이 기업으로 이전됨(미국 대학기술관리자협회(AUTM) 데이터 분석). • 전남대의 기술이전 건수는 약 100건으로 국내에서 상위권에 위치하고 있음.	• 본 교육연구팀은 사업 신청 (2023년) 실적 기준 5년간 4건의 기술이전을 달성함. • BK21 사업 종료 시점(2027년)에는 기존 실적 대비 2배 이상 발전시켜 참여교수 1인당 1건 이상 (총 9건)으로 확대시킬 계획임. • 2024년 사업 개시 이후 18개월 동안 1건(기술료 3억)의 기술이전을 완료함. • 앞으로 2년의 기간 동안 8건의 기술 이전을 목표로 하고 있으며, 진행 중인 산업·사회문제 해결 프로젝트(4건)와 산학연계프로그램을 통해 목표 실적 달성이 가능할 것으로 예상됨.
연구비 수주	• 전남대는 2021년 기준 3천개 이상의 과제 선정과 국립대 최초로 연구비 수주 2천억원을 돌파하여 국립대 1위를 기록함. • 국내 사립대를 포함한 전체 대학 가운데 7위에 해당함.	• 사업 신청 (2023년) 실적 기준 본 교육연구팀은 참여교수 1인당 약 5억원의 연구비를 수주하였으며, 이를 매년 10% 이상 성장시켜 1인당 8억원의 연구비 수주를 목표로 함. • 2024년 9월부터 12개월 동안 1인당 3.6억원(총액 32억)의 연구비를 수주함. • 2025 상반기 교육부 집단과제(ERC, RLRC, BRL 등)와 한국에너지기술평가원의 에너지인력양성 사업 등을 지원하여 목표금액을 달성할 계획임.

- 교내/외 창업 프로그램들을 적극 활용하여 학생들의 창업을 지원함으로 창업을 주도하고 있는 벤치마킹 대학들(MIT, University of Cambridge, California Institute of Technology, Stanford University, UC Berkeley)과 근접한 창업 실적을 얻고자 함. 성공적 창업 사례들을 확보하고, 이를 홍보하여 학계 및 졸업생 평판 개선에 기여.

- 본 교육연구팀은 벤치마킹 대학들의 질적 연구 수준(평균 IF 및 JCR 상위 논문 비율)을 분석하고, 각 항목별로 매년 일정 이상의 향상을 통해, 질적으로 우수한 세계적 대표논문 실적을 목표로 함.
- 본 교육연구팀은 사업 신청 당시 (2023년) 기준 5년간 총 366편의 SCI/SCIE 논문을 발표(평균 IF=9.7)했으며, 이 중 JCR 상위 10%의 논문 비율은 42.9%임. 또한 교육연구팀 대표논문(27건)의 질적 수준(평균 IF=20.243, JCR 상위% 비율: 1%이내(22%, 6편/27편), 3%이내(52%, 14편/27편), 5%이내(70%, 19편/27편), 10%이내 (78%, 21편/27편))은 벤치마킹대학들과 비교해도 우수함.
- 본 교육연구팀은 실적기간 (2024년, 6개월) 동안 전체 11건의 저널 논문을 발표함. 11편 논문의 평균 IF 는 11.3이며, 이 중 JCR 상위 10% 논문의 비율은 55%, JCR 상위 3% 논문의 비율은 9%임. JCR 10% 이내 논문의 평균 IF는 14.8이며, 이 중 가장 높은 IF는 24.4임.
- 신청 당시의 실적 대비 전체 논문의 평균 **IF 값은 16% 증가(IF 9.7 → 11.3)**하였으며, **JCR 상위 10% 논문의 비율은 12% 증가(42.9% → 55%)**하였음. 본 연구교육팀의 질적 연구 수준이 BK21 사업 수행 이전과 비교해 단기간 급격히 상승한 것을 확인하였고, 이와 같은 추세를 통해 사업 종료 시점(2027년)이 되면 무난히 대표논문 IF 평균 25 및 JCR 비율 목표를 달성할 수 있을 것으로 생각됨.

항 목	교육연구팀 및 벤치마킹 대학들의 질적 연구 수준 분석 및 목표	
	연구 질적 수준 분석	연차별 목표
평균 IF (Impact Factor)	- 한국과학기술기획평가원이 최근 발간한 자료에 의하면 국내에서 발표한 SCI 논문 수는 전 세계 12위이며, 전년도 대비 약 9% 증가 수치를 보이면서 크게 성장하였음. - 국내 공학 논문 1편당 평균 피인용 횟수 (2.04)는 세계 공학 논문 1편당 평균 피인용 횟수 (2.07)보다 낮음. - 논문의 양은 증가한 반면, 피인용지수와 같은 논문의 질적 수준은 벤치마킹대학들과 차이를 보임.	- 본 교육연구팀의 사업 신청 (2023년) 실적 기준 5년간 참여교수 전체 논문의 IF 평균은 약 10점(전체 논문 편수 366편)이며, 이 중 대표논문 실적의 IF평균은 20점 이상이라는 질적으로 우수한 논문들을 발표하였음. - 이를 바탕으로 매년 5% 이상 증가를 목표로 하여 BK21 종료시점 대표논문 IF 평균 25점 이상을 달성하고자 함. - 실적기간 (2024년 9월-2025년 8월, 12개월) 동안 본 연구팀은 전체 20건의 저널 논문을 발표하였으며, 평균 IF 10.1을 달성함. - 사업 신청 실적 대비 전체 논문의 평균 IF 4% 증가(IF 9.7 → 10.1)하였음.
JCR 상위 논문 비율 (1%, 5%, 10%)	2022년 라이덴랭킹 발표에 따르면, 벤치마킹 대학들의 전체 논문 중 JCR 상위 10%에 해당하는 논문의 비율은 MIT (23.7%), California Institute of Technology (21.5%), Stanford University (21.2%) 임. - 국내대학에서는 UNIST가 13.6%로 1위를 기록했으며, 세계 순위는 200위권에 위치함. - 본 교육연구팀은 전체논문 중 JCR상위 10%에 해당하는 논문의 비율이 42.9%(157 편/전체366편)로 벤치마킹 대학들의 평균 보다 월등히 높음. - JCR 1% 이내의 논문 비율은 UNIST가 대학 평균 1.3%로 국내 대학 중 가장 높은 수치를 기록하였으며, 본 연구팀은 1.9% (7편/전체366편)로 UNIST 대학 평균보다 높은 수치를 기록함.	- 사업 신청 (2023년) 실적 기준 본 연구팀 대표논문(27건)의 질적 지표(JCR 3%이내 비율: 52%, JCR 10%이내 비율: 78%)는 본 연구팀 대표논문의 질적 우수성을 잘 나타냄. - 이를 기반으로 하여 BK21 종료시점 (2027년) 기준 대표 논문의 JCR 3% 및 10%이내 논문 비율을 각각 60% 및 80% 이상으로 증가 및 유지함을 목표로 함. - 실적기간 (2024년 9월-2025년 8월) 동안 발표된 JCR 상위 10% 논문 비율은 40%, 상위 5% 논문 비율은 30%, 상위 1% 논문 비율은 10%임. 10% 이내 논문들의 평균 IF는 16.69 (가장 높은 IF: 31)로 본 연구팀의 질적 우수성을 반영함.

□ 교육역량 대표 우수성과

1. 대학원생 인력양성

2024년 2학기에 석사과정 11명, 박사과정 8명, 석박사통합과정 8명, 2025년 1학기에 석사과정 19명, 박사과정 5명, 석박사통합과정 6명을 확보하였고, 지난 1년간 6명의 졸업생 중 6명이 취업하여 100%의 취업률을 달성함.

-Ganesan Bala Krishnan 박사졸업생은 한양대학교에서 박사후연구원으로 소듐 이온 배터리 성능 향상 연구를 수행하고 있으며, 유연정 박사졸업생은 한국화학연구원에서 박사후연구원으로 열화학 촉매 및 지지체 합성을 위한 연구를 수행 중임. Amarnath T. Sivagurunathan 박사졸업생은 전남대학교에서 박사후연구원으로 에너지 저장 및 변환 연구를 지속하고 있음.

-안진영 석사졸업생은 전남대학교 에너지 융복합 전문 핵심연구지원센터에 입사하여 반도체 제조 시설 장비 관리 및 교육 업무를 수행하고 있으며, 송정현 석사졸업생은 LG 에너지솔루션에 입사하여 리튬 이온 배터리 연구를 수행하고 있음. 정정수 석사졸업생은 케이엔제이에 입사하여 CVD를 활용한 SiC 벌크 성장 연구 및 개발 업무를 수행 중임.

2. 대학원생 연구실적

참여대학원생과 졸업생은 저명 국제학술지에 8편의 연구 논문을 발표하였고, 국내외 학술대회에서 8건의 구두발표와 17건의 포스터 발표를 수행하였으며, 2건의 특허 출원에 기여함.

-고창현 교수 연구실의 윤병선 석박사통합과정생은 메탄 직접 분해 반응에 사용할 촉매에서 지지체 기공의 중요성과 활성물질 담지 위치에 따른 촉매 성능을 비교하여 Applied Surface Science (IF=6.9)에 주저자로 논문을 발표함. 또한, 최성빈 석박사통합과정생은 공침법을 활용하여 메탄 직접 분해 반응의 촉매의 지지체를 합성할 때 촉매의 활성에 영향을 미치는 합성 변수를 제시하여 International Journal of Hydrogen Energy (IF=8.3)에 주저자로 논문을 발표함. 김수지 석사과정생은 바이오가스 유래 CH_4 · CO_2 와 H_2O 를 활용하는 CRM 공정에서 $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 에그셀형 펠렛 촉매를 적용하여 촉매 비활성화의 주된 원인인 코크(coke) 형성을 억제하고 전환·안정성을 향상시키는 연구를 International Journal of Hydrogen Energy (IF=8.3)에 주저자로 발표함.

-한대훈 교수 연구실의 남기영 석사과정생은 중 에멀전 캡슐에 폴리도파민을 코팅시켜, 구조적 불안정성과 비의도적 물질 누출 문제를 해결하여 Scientific Reports (IF=3.9)에 주저자로 논문을 발표함.

-홍창국 교수 연구실의 Pavan M. Kodam 박사과정생은 안정적인 납 아세테이트 매개 CsPbI_2Br 무기 페로브스카이트 태양전지에 대한 연구를 ACS Applied Energy Materials (IF=5.5)에 주저자로 발표함.

-고창현 교수 연구실의 강다빈 석사과정생은 한국화학공학회 2024년도 가을 총회와 한국제올라이트 학회 2025년도 정기학술발표회에서 각각 우수포스터발표상을 수상하였고, 한대훈 교수 연구실의 남기영 석사과정생은 2025 춘계 한국고분자학회에서 우수포스터발표상을 수상함.

-전영시 교수 연구실의 이태규 박사과정생은 이산화탄소 흡착용 펠렛형 다공성 흡착제 및 이의 제조 방법에 대한 특허에 참여하였고, 하준석 교수 연구실의 이기엽 석박사통합과정생은 표면 플라즈마 처리를 통해 기관의 표면이 개질된 산화갈륨 박막 기관 및 이의 제조방법에 대한 특허에 참여함.

3. 참여교수 교육실적

-나노소재합성및공정특론, 전기화학특론, 전지재료특론, 첨단스마트소재가공, 에너지공학, 바이오나노 광소재특론 교과목이 개설되어 운영됨.

-Cornell University의 Nicholas L. Abbott 교수, Virginia Commonwealth University의 정대하 교수, University of California, Santa Barbara의 Glenn H. Fredrickson 교수, University of Hamburg의 Volker Abetz 교수를 초청하여 해외석학 초청 오프라인 세미나를 진행함.

1. 교육과정 구성 및 운영

1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

1) 융합교과과정

- **(단위구분)** 본 대학원의 핵심연구 분야를 에너지 통합 플랫폼으로 특정하고 에너지 소재의 ‘원천기술’과 에너지 공정의 ‘산업응용’ 두 파트로 크게 구분
 - 원천기술 파트 : 기초과학과 원천연구 중심의 에너지 소재 중심
 - 산업응용 파트 : 산업계와 연계 가능한 에너지 공정 중심 교육 및 연구
- **(트랙구분)** 탈탄소, 전기화, 수소화 트랙을 운영하여 심화·응용학습이 가능하도록 함.
- **(모듈구분)** 기본, 심화, 응용, 연구중심 등 총 4단계의 모듈형으로 과목을 구성

2) 모듈별 필수 이수 과목

- 에너지 통합 플랫폼 미래인재 양성을 위하여 트랙별 필수교과를 지정하고 기본모듈은 탈탄소화, 전기화, 수소화 트랙 모두 이수하도록 하며, 나머지 심화, 응용, 융합 모듈은 트랙별 최소학점 이수
 - **(기본모듈)** 에너지 기술, 첨단기술 및 연구력 향상을 위하여 공통으로 총 9과목 편성
 - [공통과목] 나노재료화학, 고분자물리특론, 기능성고분자재료, 기능성다공성소재, 박막제조공정, 유기화학특론, 유기합성특론, 신재생에너지 개론, 양자역학특론 중 선택
 - **(심화모듈)** 트랙별 관련 이론을 보다 심층적으로 학습하기 위하여 트랙별 2과목 편성
 - [탈탄소] 광전자공학, 에너지 소재공학 중 선택
 - [전기화] 전기화학특론, 전기화학에너지전환과저장원론 중 선택
 - [수소화] 광전자기학 특론, 나노소재합성및공정특론 중 선택
 - **(응용모듈)** 에너지 관련 이론 등을 산업 분야에 응용하기 위하여 트랙별 2~3과목 편성
 - [탈탄소] 태양전지소개, 신에너지기술 중 선택
 - [전기화] 연료전지기술, 고급전달현상 및 응용, 전지재료특론 중 선택
 - [수소화] 반도체재료및제조공정, 광촉매특론, 촉매설계화학특론 중 선택
 - **(연구중심 모듈)** 에너지 분야 이론(기본, 심화, 응용)에 첨단기술을 융합하고 에너지 규제 및 정책 개발 및 현장실무능력을 향상하기 위하여 공통으로 총 5과목을 선택
 - [공통과목] 기기분석특론, 캡스톤디자인, 테크니컬라이팅, 연구세미나, 물질특허특론 중 선택
- **(학제 간 융합 교육 및 공동연구)** 교내 연구팀 및 전문 인력과 인공지능 및 빅데이터 등 관련 융합 교과 운영
 - 고분자융합소재공학과, 신소재공학과와의 융합교과 과목 운영
 - 고분자융합소재공학과: 전산및AI활용재료과학, 고분자 전자재료
 - 신소재공학과: 박막소재 및 제조공정, 이차전지소재

3) 교육 과정 이수

- **(석사 과정(24학점))** 기본모듈 6학점, 트랙별 핵심모듈 9학점(심화 또는 응용과정 최소 3학점 필수), 연구중심모듈 3학점 및 트랙 모듈 외 선택 6학점(필수(6-9-3) 선택(6))
- **(박사 과정(36학점))** 기본모듈 6학점, 트랙별 핵심모듈 12학점(심화 또는 응용과정 최소 3학점 필수), 연구중심모듈 6학점 및 트랙 모듈 외 선택 12학점(필수(6-12-6) 선택(12))
- **(석·박사 통합 과정(54학점))** 기본모듈 9학점, 트랙별 핵심모듈 18학점(심화 또는 응용과정 최소 6학점 필수), 연구중심모듈 9학점 및 선택 18학점(필수(9-18-9) 선택(18))

4) 대학원 강의 실적 및 향후 추진계획

- 나노소재합성및공정특론, 전기화학특론, 전지재료특론, 첨단스마트소재가공, 에너지공학, 바이오나노광소재특론 교과목이 개설되어 운영됨
- 대학 본부 보직(연구처장)과 연구년 2명으로 개설 대학원 강의가 6 교과목으로 다소 적었으며, 이에 따라 향후 대학원 개설 강의를 대폭 확장시킬 예정임

1.2 과학기술산업·사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 현황과 구성 및 운영 계획

1) 교육 프로그램 현황

- 광주·전남의 역점 산업 분야인 에너지 분야와 관련된 나노소재합성및공정특론, 전기화학특론, 전지재료특론, 첨단스마트소재가공, 에너지공학, 교과목을 개설하여 운영함
- 향후 산학연 특강 및 국내외 인턴십, 현장실습을 통해 실무능력 강화 기회를 제공하고자 함
- 광주전남지역혁신플랫폼 사업과 연계하여 프로젝트랩을 3건 진행함
 - 쿨링용열전소재합성및평가(2024.8.1.~2024.11.30.)
 - 차세대태양광발전을위한페로브스카이트소재및소자개발(2024.8.19.~2024.11.30.)
 - 리튬배터리를위한연성소재연구(2024.10.1.~2024.11.30.)

2) 프로그램 추진 계획

프로그램명	세부 추진내용	계획
프로젝트랩	○ 프로젝트 내용 : - 대학원생 및 학부생 연구 및 실습 활동 지원 및 기업체 연구원 지도를 통한 현장실무형 교육 - 화공에너지 분야의 심도있는 연구주제를 설정하고 활동을 지원함으로써 탈탄소화, 수소화, 전기화 원천기술에 대한 이해를 높이고 해당 분야 진로 설계	참여인원 25명
산학연계세미나	○ 운영내용 - 에너지 관련 전문가 초청 특강을 통한 산업계 동향 파악 및 현장감 고취 - 참여교수의 인적 네트워크를 활용하여 전문가 풀을 구축하고 참여자 만족도가 높은 우수 강사를 초청하여 참여도 제고 - 태양전지, 연료전지, 이차전지, 수전해 분야 전문가 초청 세미나 개최	참여인원 10명
반도체공정교육	○ 반도체공정교육(1차) - 학부생들의 기초실습실습 기회 제공, 마이크로 패터닝, 초미세박막 진공증착 등 지역 내 반도체 관련 유관 기관 취업을 위한 진공 공정 학습 기회 제공 - photolithography (사진)공정 실습 교육 1. Positive PR과 Negative PR의 광반응 차이와 그로 인한 결과물 형상, 패턴의 측면부 기울기 등 이해 2. Spin Coating RPM 차이에 의한 원심력 변화, 그로 인한 PR의 두께 차이 이해 3. Baking 공정(Soft/PEB/Hard)이 3단계로 구분되는 이유 및 패턴의 Under Cut, Residue 등 이해 4. Aligner 및 Develop공정에서 공정 시간이 최종 결과물 선폭, 모서리, 해상도 등에 어떤 영향을 미치는지에 대한 이해 ○ 반도체공정교육(2차) - Photolithography 공정의 개별 공정 순서와 각 공정 단계별 메커니즘, 유닛공정의 목적, 변수에 따른 공정 품질의 변화 등 이론 교육 진행 - 이론 교육에서 이해한 공정을 실제로 실습해보며 공정 시 안전 및 주의	참여인원 10명

	사항, 이해도 및 숙련도 향상	
현장견학 (전시회·학회참관)	○ 운영내용 - 관련 핵심 수요기업 등을 대상으로 하여 시기 및 인원 조율을 통해 학생들의 산업체 현장 견학 추진 - 화공에너지 소재부품 분야의 미래 설계와 목표설정을 위한 관련 분야 학회 참가 지원 - 한국화학공학회 국제학술대회 참관 및 화학공학 대학생 Festival 참가	-
산학연네트워크	○ 지역 기업/기관 협약 체결 - 수요 기업의 애로사항을 협업체계를 통하여 해결하면서 참여 학생들에게 현장 맞춤교육 제공 ○ 산학협력교류회 - 전남대 화학공학부, 신소재공학부 교수 및 직원, 관련 6개 기업 관계자 등 총 31명 - 에너지, 광기술, 소재부품 관련 기업의 최신 동향 및 기업수요, 애로사항 파악, 상호 협력 방안 논의 - 산학협력 및 인력양성사업을 수행하는 우수기관 방문 및 산학협력 및 인력양성에 관한 자문 및 의견 청취	-

3) 지역 산업체 연계 교육 및 연구 계획

구분	참여기관	협업내용	프로그램
지자체	광주광역시, 전라남도, 영암군, 해남군, 목포시, 고흥군, 영광군, 순천시, 광양시 등	정책 및 산업체정보 공유	- 산업 발전전략 수립
대기업	LG전자, 기아자동차, 포스코 광양제철소, 현대상호중공업, 대한조선, 한국전력공사 등	중소기업 특화기술지원, 교육지원 교육인프라 지원	- 주문조건부 사업화 기술개발 - 대중소기업 동반성장 - 신규재직자 인력양성
중소기업	유에너지, 더블유피, 프라이메텍 탐솔라, (주)대양에너지, 영암풍력발전(주), (주)한국종합설계, (주)원우기술개발, (주)신명건설기술공사, 금광기업(주)	기업체 기술개발 및 현업애로사항 공유, 인력수요제기	- 산학공동 기술개발 - 현업애로기술해결 프로젝트랩 - 취업연계형 교육프로그램 - 중소기업(연구소) 집적화
특성화고 전문대학	한국폴리텍, 목포공고, 전남공고 등	자격증 수요제기, 도제교육 참여기업 Pool 공유	- 재직자 계약학과(3년제, 4년제) - 특성화고 실험실습지원 및 자격증반 운영
연구소	한국해양과학기술원(진도) 풍력시스템 평가센터(영광) 자동차부품연구소, 녹색에너지연구원, 전자부품연구원, 전자통신연구원 등	특허 및 사업화기술 공동활용, R&D 인프라 지원, 전문가 Pool 공유	- 산학연 공동 기술개발 - R&D과제 기획 지원 - 고급기술인력 인턴십 지원 - 창업 및 사업화 지원
지원기관	에너지밸리산학융합원, 한국산업단지공단, 전남테크노파크, 전남대불산학융합원 등	지역 내 지원사업 정보공유 및 활용 방안 제시	- 정책, 행정, 재원 지원
공기업	한국수자원공사(주입담당리단) 한국철도공사(호남본부)	전력에너지 수변전 설비 현장맞춤 교육	- 현장실습 및 인턴제 지원
협회 및 기관	전남경영자총협회, 한국표준협회, 순천상공회의소	학생 취업역량 및 산업인프라지원	- 특강 및 취업처 연계 지원

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.1 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

<표 2-1> 교육연구단(팀) 소속 학과(부) 참여대학원생 확보 및 배출 실적

(단위: 명)

대학원생 확보 및 배출 실적					
실적		석사	박사	석·박사 통합	계
확보 (재학생)	2024년 2학기	11	8	8	27
	2025년 1학기	19	5	6	30
	계	30	13	14	57

배출 (졸업생)	2025년 2월 졸업	2	2		4
	2025년 8월 졸업	1	0		1
	계	3	1		4

2.2 교육연구단(팀)의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

1) 대학원생 확보 및 진학 연계 활성화 전략

가) 본교 학부 졸업생의 대학원 진학 장려

- (연구 참여 프로그램 연계) 학부 3, 4학년을 대상으로 참여교수 실험실에서 수행하고 있는 연구 프로젝트 등에 참여시켜 대학원 입학 동기를 부여
- (참여교수 연구실 인턴십) 학부생 대상 연구실 인턴십(6개월) 프로그램을 운영하여 평소 관심 있는 연구를 직접 수행하고 그 결과를 발표하여 연구 관심도 고취
- 대학 PHF 프로그램 지원 홍보를 통한 우수 인력이 대학원에 입학하여 전폭적 장학제도(석·박사과정 등록금 면제, 생활비 지급, 일정 자격요건 충족 시 전임교원 우선 임용) 수혜가 가능하도록 입학 동기 부여 및 지원 유도
- (대학원생/학부생 멘토/멘티 프로그램) 참여 대학원 학생(1명)과 학부 학생(2~3명)을 한 팀으로 구성하여 대학원 진학에 필요한 정보를 공유하고 대학원에 입학할 수 있는 동기를 부여(활동비 지급)
- (대학원 입학 소개) CNU-EIP Day를 지정하여 교육연구팀장이 직접 3, 4학년 학생들을 대상으로 대학원 과정을 직접 소개하여 대학원 진학을 유도
- (Open Lab 행사) 매년 정기적으로 대학원 연구실 Open Lab을 운영하여, 학부생이 개별 연구실을 직접 방문할 기회를 만들고 대학원 진학에 필요정보 제공
- (Start up 장학금 지원) 졸업 후 곧바로 대학원을 입학하는 학생에게, Start up 장학금을 지급하여 학비 부담을 최소화하며, 대학원 생활에 잘 적응할 수 있도록 지원

나) 타교 학생의 대학원 진학 홍보

- (대학원 홈페이지 운영 및 홍보) 외부 대학 학부생이 대학원 정보를 쉽게 얻을 수 있도록 전남대학교 홈페이지 팝업창 등을 통해 대학원 홍보자료 게시
- (홍보대사 지정 및 홍보) 타교 출신 대학원생을 홍보대사로 지정하여 활동비를 지급하고 출신 학교 우수학생들에게 홍보 및 대학원 진학 장려
- (홍보물 제작 및 게시) 대학원 홍보자료를 제작하여 호남권 대학을 중심으로 게시 및 홍보
- (외부 세미나 홍보) 교육연구팀 교수가 외부 세미나 및 강연 등에 초빙되거나 외부 전문가를 본교에 초대할 경우, 홍보물(기념품 등) 등을 제공하여 대학원 및 교육연구팀 적극 홍보
- (Open Lab 행사) 타교 학생을 대상으로 매년 정기적으로 대학원 연구실 Open Lab을 운영하여, 개별 연구실을 직접 방문할 수 있도록 하여 대학원 진학에 필요한 정보제공

다) 해외우수 연구인력의 대학원생 확보

- (해외 대학 교류 프로그램 활용) 전남대학교와 교류 프로그램을 운영하는 해외 대학과 공동세미나를 개최하여 본 교육연구팀의 대학원 프로그램을 직접 소개하고 대면 인터뷰를 통해 우수 연구인력을 현장에서 확보
- (외국인 연구인력을 통한 직접 홍보) 인도, 파키스탄, 베트남 등 현재 본 교육연구팀에 소속된 외국인 연구인력을 통하여, 출신 국가의 우수한 후배들이 대학원에 진학할 수 있도록 적극적 홍보
- (해외 대학 홈페이지 홍보) 해외 대학교 화학, 화학공학, 신소재 관련 학과 홈페이지, 게시판 등에 본 교육연구팀 대학원 프로그램의 안내문과 영문 홍보자료(PDF 파일)를 업로드
- (‘찾아가는 입학설명회’ 개최) 현재 전남대 대학원에 많이 진학하는 해외 대학의 해당 학과를 대상

으로 교수와 외국인 재학생이 직접 현지를 방문하여 입학설명회 개최 및 홍보 후 우수 인력 확보

라) 학부 학생 및 석사 학생의 진학 연계 전략

- (학/석사 과정 활성화) 학·석사 연계과정 활성화를 위하여 연계과정 진학 시, 수업연한(6학점)을 단축하고, 졸업시험 합격으로 졸업논문을 대체하며, 학부과정을 포함하여 최대 3학기 장학금을 지원
- (석·박사 통합과정 활성화) 석·박사 통합과정 입학에 유도하기 위하여, 수업연한(6학점)을 단축하고, 5학기에 해당하는 시기에 특별장학금을 지원
- (석사 과정생의 박사과정생으로 진학 연계) 우수 석사 과정 대학원생들의 학업 수행에 경제적 어려움이 없도록 기본적으로 안정적인 장학금 지원이 될 수 있도록 하고, 개별 연구 프로젝트를 통해 추가적인 장학금을 지급

2) 우수 대학원생 지원 계획

가) 대학원생 장학금 지원

- (우수입학 장학금) 입학생 중 입학성적 우수자를 대상으로 등록금 및 입학금 전액 지급
- (성적우수 장학금) 등록생의 30% 수준에서 직전 학기 성적 평균 B 이상인 학생을 기본 요건으로, 성적 우수학생들에게 장학금 지급
- (외국인 장학금) 외국인 유학생에게 평균적으로 70-80만원/인/학기 수준 이상의 장학금 지급
- (연구조교(RA) 장학금) 매월 25만원의 장학금 지원
- (연구조교(TA) 장학금) 매월 30만원의 장학금 지원

나) 대학원생 복지제도 지원

- (대학원생 기숙사) 본 교육연구팀에 참여하는 대학원생에게 기숙사 배정 우선권을 부여하여 주거가 안정적인 학업 환경을 보장
- (대학원생 휴식공간 제공) 대학원생의 휴식공간을 별도로 마련하여 자유롭게 토론하고 연구 아이디어를 발굴할 수 있는 분위기를 조성할 수 있도록 지원

다) 글로벌 인재 양성 지원

- (해외 연수 지원) 연간 2명의 대학원생에게 400만원/인의 장기연수를, 연간 20명의 대학원생에게 100만원/인의 단기연수를 지원하여, 해외 우수기관에 대학원생들이 직접 방문하여 국제협력 및 국제공동연구를 진행할 수 있도록 지원
- (영어회화 수강 등 지원) 영어회화 학원비 및 영어시험 접수비 등을 지원하여 영어 실력 향상을 유도
- (어학능력 우수/증진 장학금 지원) 토익, 토플 등 어학 능력 점수가 우수하거나, 이전 어학 능력 점수와 비교하여 괄목할 만한 어학 능력 증진이 있는 것으로 판단되는 학생들을 선발하여 어학 능력 우수/증진 장학금을 지급

라) 취업 및 창업 지원

- (정보교류의 장 마련) 학원생들의 정보교류를 위한 온/오프라인 커뮤니티 운영(온라인 GRC 센터 홈페이지에 ‘나눔방’ 등 개설, 분기별 CNU-EIP Day에 대학원생 간 정보교류 활동 지원, 기업행사 등에서 기업과 대학원생 간 정보교류의 장 마련
- (취업박람회 개최) 지역기업 관계자가 운영하는 홍보부스에서 관심 있는 학생의 상담을 통해 취업을 연계할 수 있는 채용박람회 개최
- (인턴십) 국내·외 관련 기업이나 기관에서 인턴십을 체험할 수 있는 프로그램 운영
- (GRC 센터를 통한 취업 지원) 학생 포트폴리오 관리(Point 포함) 및 기업 1:1 매칭 홍보 및 취업 지

원

- (창업지원) 신산업 창출 및 창업 등을 지원하는 Start-up Bootcamp(아카데미) 운영 및 창업 아이디어 경진대회를 통한 최우수 아이디어(1건)에 대한 사업화 지원

마) 성과확산 지원

- (우수논문 인센티브) JCR 10% 논문을 발표한 주저자 대학원생 1인당 50만 원, 환산 보정 IF 합계가 우수한 대학원생 1인당 50만 원, SCIE 논문 편당 25만 원을 주저자 대학원생에게 인센티브로 지원하고 JCR 10% 저널 표지 및 게재 비용 지원을 추진
- (국내·외 학술대회 참가 지원) 국제학술대회의 경우 연간 1인당 1회 100만 원 기준으로 지원하여 국제 학술대회에서 주저자로서 연구결과를 발표하도록 하고, 국내학술대회의 경우 대학원생에게 20만 원/인씩 지원 추진. 또한, 국내·외 저명 학술대회에서 수상할 경우 성과급을 1인 또는 1팀당 30만 원씩 지급 추진
- (장비 및 교육 프로그램 참여 지원) 대학원생의 연구 활동에서 일반적으로 사용되는 분석 장비 및 분석을 지원하고, 대형 공용 장비들을 효율적으로 활용할 수 있는 교육 프로그램에 적극적으로 참여하도록 지원

바) GRC(Graduate Resource Center) 운영으로 대학원생의 다양한 활동 지원 및 취업 등 연계

- (비교과 활동 안내 및 Point 적립) 교육연구팀 사무실 및 홈페이지 운영으로 창의적 연구 활동, 실무 능력 및 국제화 능력 향상을 위한 다양한 프로그램을 소개하고 활동별 포인트 적립 및 시상(포인트 다수 적립 학생)
- (학생 포트폴리오 관리) 참여 대학원생 대상 개인별 포트폴리오를 만들어 수강과목, 이수 활동, 어학 점수, 자격증 등 학생의 이력을 관리하고 원하는 학생에 한하여 기업 등에 정보제공(1:1 매칭)
- (대학원 활동 지원) 대학원 학생들의 수강 신청, 비교과 활동 참여, 취업, 창업, 경진대회 등 대학원 프로그램 운영 및 행정지원
- (적극 참여 유도) 대학생들의 적극 참여를 유도하기 위해 우수 학생에게는 각종 인센티브 및 혜택을 부여하며, 학생별 포트폴리오를 관리하여 취업 및 창업 등을 지원

2.3 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

〈표 2-2〉 2024년 8월 및 2025년 2월 졸업한 교육연구단(팀) 소속 학과(부) 참여대학원생 취(창)업을 실적(단위: 명, %)

구 분		졸업 및 취(창)업현황 (단위: 명, %)						취창업률(%) (D/C)×100
		졸업자 (G)	비취업자(B)		취(창)업대상자 (C=G-B)	취(창)업자 (D)		
			진학자				입대자	
			국내	국외				
2024년 8월 졸업	석사	1				1	1	100
	박사	1				1	1	
2025년 2월 졸업	석사	2				2	2	100
	박사	2				2	2	

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대학/학과	직장 및 직위
대표 취(창)업 사례의 우수성							
1	안진영 (이상현)	2024.08	석사	화학공학과	Y	동일	에너지융복합전 문핵심연구지원 센터/사원
이상현 교수 연구실 안진영 석사 졸업생은 학위과정 동안 반도체 제조 공정에 대한 전반적인 기술 및 그							

연번	성명	졸업연월	수여 학위 (박사/석사)	학위취득 시 학과(부)명	재학 시 BK21사업 참여 여부 (Y/N)	최종학위 (박사/석사) 및 수여 대학/학과	직장 및 직위
대표 취(창)업 사례의 우수성							
2	Ganesan Bala Krishnan (이윤성)	2024.08	박사	화학공학과	N	동일	한양대학교/ 박사후 연구원
	이윤성 교수 연구실 Ganesan Bala Krishnan 박사과정생은 학위과정 동안 차세대 배터리로 각광받는 소듐 이온 배터리에 사용되는 양극재 성능향상을 위해 Na-rich 및 플루오린 치환 효과에 대해 연구하였으며, 졸업 후 한양대학교 김동원 교수의 전기화학소재연구실에 박사후 연구원으로 취업하여 계속해서 소듐 이온 배터리를 연구중임.						
3	유연정 (지도교수: 고창현)	2025.02	박사	화학공학과	Y	동일	한국화학연구원/ 박사후연구원
	고창현 교수 연구실 유연정 박사 졸업생은 학위과정 동안 Ni/Al ₂ O ₃ 기반 열화학촉매의 메탄 이산화탄소 개질 효율 개선을 목표로 다양한 공학적 기법을 연구하였으며, 성과로 Ni 조성 조절과 Al ₂ O ₃ 지지체 처리 온도 조절 등을 이용한 불균일 촉매 설계 방법 도출을 달성하였음. 이를 통해 열화학촉매의 메탄 이산화탄소 개질 반복 반응에서 여러 반복 반응 동안 촉매 성능을 유지할 수 있는 성과를 이루었음. 유연정 박사졸업생은 2025년 2월 졸업 후 한국화학연구원에 취업하여, 현재 열화학촉매 및 지지체 합성을 위한 실험실에서 전공과 일치하는 연구 및 개발 업무를 수행 중임.						
4	Amarnath T. Sivagurunathan, (지도교수: 김도형)	2025.02	박사	화학공학과	Y	동일	전남대학교/ 박사후연구원
	김도형 교수 연구실 Amarnath T. Sivagurunathan 박사 졸업생은 학위과정 동안 슈퍼커패시터의 양, 음극 소재의 형상을 제어하여 저장 성능을 극대화하는 연구를 수행하였고, 2025년 2월 졸업 후 전남대학교 신소재화학공정 연구실에 박사후연구원으로 취업하여, 현재 에너지 저장, 광촉매 및 물 분해 반응과 연관된 전극개발 연구를 수행하여, 전공과 일치하는 연구 및 개발 업무를 수행 중임.						
5	송정현 (지도교수: 이윤성)	2025.02	석사	화학공학과	Y	동일	LG에너지솔루션/ 연구원
	이윤성 교수 연구실 송정현 석사과정생은 학위과정 동안 리튬이온배터리에 사용되는 신규 산화물계 고체전해질에 대해 연구하였음. 송정현 석사 졸업생은 2025년 2월 졸업 후 LG 에너지솔루션에 취업하여 리튬이온 배터리 연구 및 개발 업무를 수행 중임.						
6	정정수 (지도교수: 하준석)	2025.02	석사	화학공학과	Y	동일	케이엔제이/ 대리
	하준석 교수 연구실 정정수 석사 졸업생은 학위과정 동안 MOCVD를 활용한 산화갈륨 에피택셜 성장 최적화 및 특성 향상을 목표로 다양한 성장 방법을 연구하였으며, 성성장 온도, VI/III ratio 등 산화갈륨 성장 조건에 따른 산화갈륨 에피 특성 분석 및 Nucleation layer를 활용하여 사파이어 기판 상의 이중 에피택셜 산화갈륨 박막 품질 향상을 달성한 것 등이 있음. 이를 통해 산화갈륨 박막의 결정성을 향상시켰으며, 소자 적용 시 성능 향상을 기대할 수 있음. 정정수 석사 졸업생은 2025년 2월 졸업 후 케이엔제이에 취업하여, 현재 CVD를 활용한 SiC 벌크 성장 연구 및 개발 업무를 수행 중임.						

[연번1] 참여교수인 이상현 교수 연구실의 안진영 석사 졸업생은 2024년 8월에 졸업하고 본인의 세부 전공인 나노소재 복합체를 통한 열 관리 전공을 이용하여 2024년 9월부터 핵심연구지원센터에 취업함(에너지 융복합 전문 핵심연구지원센터). 안진영 석사졸업생은 석사과정 내에 반도체 제조 공정에 대한 전반적인 기술에 대한 이해 및 그래핀 복합체를 이용한 방열 소재 제작, 이차원 소재의 계면층을 통한 그래핀 복합체의 열전도도 향상을 통한 고성능 방열 소재 연구를 진행하였음. 그래핀의 이방성을 해결하고자 3차원으로 연결된 그래핀 폼을 적용하였으며, 그래핀과 구리 사이에 계면층으로 Ti를 도입하여 제

작한 그래핀-구리 복합소재는 등방성의 고열전도도에 도달하였음. 2023년도에 진행된 제 30회 한국반도체 학술대회 및 제10회 한국그래핀학회에서 포스터 발표를 수행하였으며, 제 1저자로 Effect of Interfacial Layer Incorporation in Electroplated Copper-Graphene Composites on Thermal Conductivity 제목의 논문을 투고하였음. 학위과정 동안 수행한 반도체 공정에 대한 전반적인 이해를 바탕으로, 핵심 연구지원센터에 취업하여 반도체 제조 및 분석 장비의 전반적인 관리 업무와 함께 반도체 소재 관련 연구 프로젝트를 수행 중임.

[연번2] 참여교수인 이윤성 교수 연구실의 Ganesan Bala Krishnan 박사졸업생은 소듐 이온 배터리의 낮은 에너지 밀도 개선을 위하여 고성능 소듐-리치 산화물(Na-rich layered oxide) 소재를 연구하였으며 소듐 금속 음극을 위한 새로운 전극 재료 설계 전략을 개발하는 연구를 수행하였음. 대표적으로, Na-rich $\text{Na}_x\text{Mn}_{2-x}\text{O}_{1.5}\text{F}_{0.5}$ 와 같은 소듐 양극재 연구에서 구조 내 산소 배위를 플루오린으로 치환하는 것이 사이클 과정 중 격자 내 산소 손실을 줄이며 결정 구조를 안정화하는 데 기여함을 증명하였음. 이 연구는 에너지 밀도와 용량 보존율이 비교적 낮은 소듐 금속 배터리의 용량과 사이클 안정성을 높이는 데 새로운 접근법을 제공하였으며, 특히 Na와 Mn의 높은 결합력을 이용해 전자 밀도를 증가시키는 방법으로 주목받고 있음. 위 박사졸업생은 졸업 후 한양대학교에서 박사후 연구원으로 지속적인 연구를 이어가고 있으며, 그의 연구는 배터리 음극의 전기화학적 성능을 향상시키기 위한 혁신적인 접근 방식으로 산업계에서도 인정받고 있음.

[연번3] 참여교수인 고창현 교수 연구실의 유연정 박사 졸업생은 2025년 2월에 졸업하였으며, 온실가스 저감을 위한 메탄 이산화탄소 개질의 열화학촉매적 접근법에서 높은 성과를 거두었음. 유연정 박사 졸업생의 연구는 높은 온도를 이용한 Al_2O_3 지지체의 물리화학적 특성 조절과 촉매 설계에 중점을 두고 있음. 주요 연구 성과로는 합성 온도 조절을 통한 Al_2O_3 의 상 조절, 입자 크기 조절, 활성물질인 Ni과의 상호작용력 조절 등을 통해 장시간 반응에서의 촉매 안정성과 우수한 효율 달성이 있으며, 특히 2 wt.% 이하의 저함량담지 Ni/ Al_2O_3 촉매는 산화 등의 재생법을 통하여 반복 반응 시험에서도 촉매 활성이 계속하여 유지됨을 밝혀냄. 이를 통하여 높은 촉매 활성과 장시간의 촉매 안정성을 갖는 Ni기반 메탄 이산화탄소 개질 촉매를 합성하였으며, 이러한 연구 성과 덕분에 유연정 박사 졸업생은 졸업 후 한국화학연구원에 박사후연구원으로 취업하여, 연구소 내에서 촉매 지지체 합성 및 지지체 내구성 강화 등 동일 연구 및 개발을 지속하고 있음.

[연번4] 참여교수인 김도형 교수 연구실의 Amarnath T. Sivagurunathan 박사 졸업생은 2025년 2월에 졸업하였으며 슈퍼커패시터 에너지 저장 분야에서 높은 성과를 거두었음. Amarnath T. Sivagurunathan 박사 졸업생의 연구는 주로 양, 음극 소재의 형상을 제어하여 저장성능을 극대화하는 다양한 공학적 접근에 중점을 두고 있음. 주요 연구 성과로는, 에너지 저장 성능을 극대화하기 위한 supercapattery를 제안한 것이며, 졸업 후 전남대학교 산학협력단)에 박사후연구원으로 취업하여, 에너지 저장 및 변환 연구 및 개발을 지속하고 있음.

[연번5] 참여교수인 이윤성 교수 연구실의 송정현 석사 졸업생은 2025년 2월에 졸업하였으며 리튬이온배터리 고체전해질 분야에서 높은 성과를 거두었음. 송정현 석사 졸업생의 연구는 신규 산화물계 고체전해질 개발을 중점적으로 하였음. 주요 연구 성과로는, $\text{Li}_6\text{Ge}_2\text{O}_7$ 와 같은 신규 산화물계 고체전해질에 대한 합성법을 확립하고, 결정 구조 변형을 적용하여 높은 이온전도도와 우수한 공극률을 달성한 것 등이 있으며, 특히 알루미늄을 결정 구조 내 Ge를 Al로 치환하여 전해질 내 이온 이동 저항을 감소시키고, 고체전해질의 상용화 가능성을 제시하였음. 이러한 연구성과 덕분에 송정현 석사 과정생은 졸업 후 엘지에너지솔루션에 연구원으로서 취업하여, 연구소 내에서 리튬이온배터리 연구 및 개발을 지속하고 있음.

[연번6] 참여교수인 하준석 교수 연구실의 정정수 석사 졸업생은 2025년 2월에 졸업하였으며 반도체 소재 에피택셜 성장 분야에서 높은 성과를 거두었음. 정정수 석사 졸업생의 연구는 주로 MOCVD 장비를

활용한 산화갈륨(Ga_2O_3) 에피택셜 성장 최적화 및 산화갈륨 박막 특성 향상 기술에 중점을 두고 있음. 주요 연구 성과로는, 성장 온도, VI/III ratio 등 산화갈륨 성장 조건에 따른 산화갈륨 에피 특성 분석 및 공정 최적화를 통해 사파이어 기판을 활용한 이중 에피택셜 산화갈륨 박막 품질 향상을 달성한 것 등이 있음. 이를 통해 산화갈륨 박막의 결정성을 향상시켰으며, 소자 적용 시 성능 향상을 기대할 수 있음. 이러한 연구 성과 덕분에 정정수 석사 졸업생은 졸업 후 케이엔제이에 취업하여, CVD를 활용한 SiC 벌크 성장 연구 및 개발을 지속하고 있음.

3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

① 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성

연번	최종 학위 (박사/석사)	성명	세부 전공 분야	입학 연월	졸업 연월	실적 구분	저명학술지 논문 상세내용
1	(석박사 통합 과정)	윤병선 (지도교수: 고창현)	화학 공학과	2021.03	-	학술지 논문	윤병선, 윤재량, 정완길, 박관중, 강다빈, 최성빈, 김수지, 김우현, 고창현 Catalytic methane decomposition using Ni supported on mesoporous SiO_2 catalyst: Ni position-dependent carbon yield change Applied Surface Science (IF=6.9) 692, 162731 0169-4332 1 2025 10.1016/j.apsusc.2025.162731
2	(석박사 통합 과정)	최성빈 (지도교수: 고창현)	화학 공학과	2023.03	-	학술지 논문	최성빈, 강다빈, 박관중, 김수지, 김우현, 고창현 Dependence of precipitant addition methods on the structural and catalytic properties of La-Ce mixed oxide support for catalytic methane decomposition International Journal of Hydrogen Energy (IF=8.3) 145, 1108-1117 0360-3199 1 2025 10.1016/j.ijhydene.2025.06.139
3	(석박사 통합 과정)	박관중 (지도교수: 고창현)	화학 공학과	2023.03		학술지 논문	박관중, 김수지, 고창현 Pore-size controlled Ni/ Al_2O_3 catalyst for methane reforming via mechanochemical one-pot synthesis Applied Catalysis A, General (IF=4.8) 706, 120500 0926-860X 1 2025 10.1016/j.apcata.2025.120500
4	(석사 과정)	김수지 (지도교수: 고창현)	화학 공학과	2024.03	2026.02	학술지 논문	김수지, 유연정, 최성빈, 윤병선, 박관중, 강다빈, 고창현 Control of spatial nickel distribution inside pellet catalysts for reforming of biogas with additional steam International Journal of Hydrogen Energy (IF=8.3) 157, 150443 0360-3199 1 2025 10.1016/j.ijhydene.2025.150443
5	박사	Bala	화학	2018.09	2024.08	학술지	Megala Moorthy, Ranjith Thangavel, Bala Krishnan

연번	최종 학위 (박사/석사)	성명	세부 전공 분야	입학 연월	졸업 연월	실적 구분	저명학술지 논문 상세내용
		Krishnan Ganesan (지도교수: 이운성)	공학			논문	Ganesan, Aditi Saha, Seungbum Hong, Yun-Sung Lee Ultra-high areal capacity, ultra-long life, dendrite-free sodium metal anode enabled by antimony-based Na-ion conducting artificial SEI layers Chemical Engineering Journal (IF=13.2) 498, 155234 1385-8947 1 2024 10.1016/j.cej.2024.155234
6	- (석사 과정)	남기영 (지도교수: 한대훈)	화학 공학과	2024.03	-	학술지 논문	Hyojun Lee, Giyeong Nam, Daehoon Han Polydopamine-coated double emulsion capsules for on-demand drug release Scientific Reports (IF=3.9) 15, 31112 2045-2322 1 2025 10.1038/s41598-025-15994-7
7	석사	Pavan M. Kodam (지도교수: 홍창국)	화학 공학과	202003	-	학술지 논문	Pavan M. Kodam, Sawanta S. Mali, Jyoti V. Patil, Ajit S. Mali, Gopal K. Kulkarni, Chang Kook Hong Stable Lead Acetate-Mediated CsPbI ₂ Br Inorganic Perovskite Solar Cells Achieving 1.323 V Open-Circuit Voltage ACS Applied Energy Materials (IF=5.5) 8, 12168-12176 2574-0962 1 2025 10.1021/acsaem.5c01649
8	석사	Murmu Manasi (지도교수: 김도형)	화학 공학과	2021.03	-	학술지 논문	Sangeeta Adhikari, Amarnath T. Sivagurunathan, Manasi Murmu, 김도형 Enhanced Energy Storage Capacity of TiO ₂ Atomic Layered Molybdenum Oxide-Sulfide Negatrode for an Aqueous Ammonium Ion Supercapacitor Korean Journal of Chemical Engineering (IF=2.8) 41, 13 3647-3655 1 2024 doi.org/10.1007/s11814-024-00310-2

[연번1] 윤병선 석·박사통합과정생의 저명학술지 논문 성과는 메탄 직접 분해 반응에 사용할 촉매에서 지지체 기공의 중요성과 활성물질 담지 위치에 따른 촉매 성능을 비교하고 촉매 합성에 중요한 변수와 방법을 제안한 것에 대한 내용임. 메탄 분해 반응은 반응 과정 중 고상 탄소 생성물과 기상 수소가 생성되는 반응으로, 반응 중 촉매 표면에서 생성되는 탄소 생성물이 촉매 활성점을 계속하여 감소시키기 때문에 기존 촉매 반응과 차별화된 접근 방법이 필요함. 이 연구에서는 계면활성제를 첨가한 용융침침법을 이용하여 지지체의 기공을 미리 채우고 활성물질을 지지체의 기공 바깥에 집중적으로 담지하는 방법을 제안함. 일반 용융침침법을 통해 더 균일하게 제조되어 기공 내부에 활성물질이 집중적으로 담지된 촉매보다 계면활성제를 첨가한 용융침침법을 통해 제조한 촉매가 메탄 분해 반응에 더 높은 활성을 보인다는 점을 보여, 용융침침법에서 뿐만이 아닌 다양한 촉매 제조방법을 통해 메탄 분해 반응을 위한

촉매를 제조하더라도, 활성물질을 지지체 기공 외부에 의도적으로 배치해야함을 보여줌. (피인용수=5, IF=6.9, JCR 상위 10.4%)

[연번2] 최성빈 석·박사통합과정생의 저명학술지 논문 성과는 공침법을 활용하여 메탄 직접 분해 반응의 촉매의 지지체를 합성할 때 촉매의 활성에 영향을 미치는 합성 변수를 제시한 것에 대한 내용임. 메탄 촉매 분해(CDM)는 CO₂가 배출되지 않는 청록수소 생산 경로를 제공하며, 이 과정에서 촉매 성능은 니켈(Ni)의 분산도와 금속-지지체 상호작용에 크게 영향을 받음. 침전제 투입 방식(일괄 투입 vs. 점적 투입)이 La-Ce 혼합 산화물 지지체의 구조적 특성과 Ni 기반 촉매의 반응 거동에 미치는 영향을 조사하였음. 점적 투입법은 지지체에 구조적 무질서와 메조기공을 유도하는 반면, 일괄 투입법은 균일한 지지체를 형성함을 확인하였음. 점적 투입으로 합성한 지지체를 활용한 촉매는 니켈 응집과 약한 금속-지지체 상호작용을 보여 약 114 wt%의 탄소 수율을 나타낸 반면, 일괄 투입으로 합성한 지지체를 활용한 촉매는 높은 니켈 분산도와 강한 상호작용으로 약 156 wt%의 탄소 수율을 달성하였음. 이러한 결과는 침전제 투입 방식이 촉매의 구조와 성능을 결정하는 핵심 변수임을 보여주며, 효율적인 CDM 촉매의 대량 합성 및 지속가능한 수소 생산 공정 설계에 중요한 통찰을 제공함. (피인용수=1, IF=8.3, JCR 상위 13.5%)

[연번3] 박관중 석·박사통합과정생의 저명학술지 논문 성과는 금속 Ni(5 wt%)을 알루미늄 지지체에 담지한 촉매를 기계화학적 원판 합성으로 제조하고, 합성 과정에서 물 : 알루미늄 아이소프로폭사이드 물비를 조절하여 기공 크기와 부피를 변환함으로써 메탄 건식 개질(DRM)에서의 성능과 안정성에 미치는 영향을 규명하는 것에 대한 내용임. 탄소중립 전환과 CH₄·CO₂의 효과적 활용이 요구되는 시점에서 고온 가스상 개질 촉매 설계 기술은 큰 주목을 받고있는 항목임. 합성 조건에 따라 기공 구조가 확장되면 초기 활성은 유사하더라도 탈활성의 주된 원인으로 예상되는 코크 침적 거동이 크게 달라지며, 작은 기공을 가진 촉매는 확산 제한으로 반응 후 더 많은 코크가 형성되는 반면, 큰 기공을 가진 촉매에서는 질량전달 향상으로 코크 형성이 유의미하게 억제됨을 확인함. 본 연구는 고온 가스상 반응에서도 기공 구조가 촉매 비활성화에 결정적 역할을 할 수 있음을 보여주며, 기계화학적 원판 합성이 진보된 촉매 설계를 위한 유효한 전략임을 보임. (피인용수=0, IF=4.8, JCR 상위 27 %)

[연번4] 김수지 석사과정생의 저명학술지 논문 성과는 바이오가스 유래 CH₄·CO₂와 H₂O를 활용하는 CRM 공정에서 Ni/Al₂O₃ 에그셸형 펠릿 촉매를 적용하여 촉매 비활성화의 주된 원인인 코크(coke) 형성을 억제하고 전환·안정성을 향상시키는 것에 대한 내용임. 재생에너지 수요 확대와 탄소중립 요구가 심화되는 시점에서 바이오가스 고부가 활용 기술은 큰 주목을 받고있는 항목임. 본 연구는 간소화한 습식 함침(DWI) 방법을 통해 활성 금속(Ni)을 펠릿 외곽에 집중시켜 egg-shell 구조를 구현하였으며, 이 구조는 전체 Ni 분산도는 다소 낮지만 표면 Ni 농도가 높아 반응물 접근성과 저온 환원성이 개선되는 특징을 가짐. 한편, CRM에서는 코크가 후속 운전 과정에서 반응관과 촉매에 큰 손상을 주기 때문에 반드시 억제되어야 함. 본 연구는 Ni/Al₂O₃ 에그셸 촉매 중 2E-T0.1(2 wt.% Ni, 껍질 두께 0.10 mm)이 700 °C에서 CH₄·CO₂ 전환율, 장기 안정성, 코크 저항성 면에서 동종(homo)형 대비 우수함을 보였고, 증기 비율 제어를 통해 H₂가 풍부한 합성가스(H₂/CO) 조성 확보가 가능함을 확인하였음을 보임. (피인용수=0, IF=8.3, JCR 상위 13.5 %)

[연번5] Bala Krishnan Ganesan 박사과정생의 저명학술지 논문 성과는 안티모니(Sb) 기반 나트륨 이온 전도성 인공 SEI 층을 이용한 텐드라이트 프리 Sodium metal anode 개발에 대한 연구임. 본 연구에서는 Na₃SbS₄ 고체전해질을 적용하여 고이온전도성과 높은 기계적 안정성을 갖는 인공 SEI 층을 형성, 텐드라이트 성장을 효과적으로 억제하고 30 mAh cm⁻² 용량과 1100시간 이상의 수명을 달성하였음. 또한 고전압 Na_{1.2}Mn_{0.8}O_{1.5}F_{0.5} 양극과의 우수한 계면 안정성을 확보하여 전고체 나트륨전지의 상용화 가능성을 제시하였음. 본 연구 결과는 Chemical Engineering Journal에 게재되었음. (피인용수=17, IF=13.2, JCR 상위 3.0%)

[연번6] 남기영 석사과정생이 공동 1저자로 참여한 본 논문은 이중 에멀전 캡슐(Double Emulsion Capsule, DEC)에 폴리도파민(Polydopamine, PDA)를 코팅시켜, DEC의 구조적 불안정성과 비의도적 물질 누출(passive leakage) 문제를 해결했음. 또한 PDA의 광열효과를 응용한 on-demand 물질 방출을 달성한 연구임. 본 연구에서는 마이크로유체공학(microfluidics)을 통해 균일한 W/O/W 이중 에멀전을 제작하고, 폴리카프로락톤(PCL)을 셸로 사용하는 고체화 공정을 통해 안정적인 DEC을 구현하였음. 이후 원팟(one-pot) PDA 코팅 공정을 적용하여 셸 표면에 균일한 PDA 층을 형성함으로써, 8일간의 수동 누출률을 약 20% 감소(74% → 56%)시키는 성능을 달성함. 또한 PDA의 광열 특성을 이용해 808 nm 근적외선(NIR) 조사 시 국소 발열을 유도, 셸의 용융 및 파열을 통해 on-demand 물질 방출을 성공적으로 구현하였으며, 3분 내 물질 방출 개시 및 1시간 내 80% 이상 방출이 확인되었음. 이러한 결과는 장기 안정성과 정밀 제어 방출을 동시에 구현한 새로운 물질 전달 플랫폼의 가능성을 제시함. 본 연구 결과는 Scientific Reports에 게재되어, 차세대 에너지 응용 분야를 포함한 다양한 영역에서 활용될 수 있는 지능형 물질 전달 시스템 개발에 기여할 것으로 기대됨. (피인용수=0, IF=3.9, JCR 상위 18%)

[연번7] Pavan M. Kodam 박사과정생의 저명학술지 논문성과는 안정적인 납 아세테이트 매개 CsPbI₂Br 무기 페로브스카이트 태양전지, 1.323V 개방 회로 전압 연구에 대한 내용임. 본 연구에서는 납 아세테이트 첨가제를 사용하여 주변상 CsPbI₂Br (x = 1)을 성공적으로 안정화시킴. Pb(Ac)₂는 결정화 과정을 조절하고 CsPbI₂Br의 광활성 블랙 상을 안정화하는 데 중요한 역할을 함. 전구체 용액에 5% Pb(Ac)₂를 포함 시킴으로써, PCE가 12.33%에서 16.04%로 증가하는 등 장치 성능이 향상됨. 본 연구 결과는 ACS Applied Energy Materials에 게재되어, 태양전지 성능과 더불어 장기 안정성을 향상시킬 수 있을것으로 예상됨. (피인용수=0, IF=5.6, JCR 상위 28.7%)

[연번8] Murmu Manasi 박사과정생의 본 발표에서는 MoO₃/MoS₂ 복합체 위에 TiO₂ 원자층을 형성한 TiO₂/MoS₂/MoO₃ 전극을 합성하여 암모늄 이온의 가역적 저장을 실현하고, 624F/g의 비정전용량과 3000회 후 86%의 안정적 용량 유지율을 달성하였음. 본 연구 결과는 Korean Journal of Chemical Engineering에 게재되었음. (피인용수=7, IF=3.2, JCR 상위 42.9%)

② 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

연번	최종학위 (박사/ 석사)	성명	입학 연월	졸업 연월	발표 형식 (구두, 포스터)	학술대회 발표실적 상세내용
1	- (석박사 통합 과정)	윤병선 (지도교수: 고창현)	2021.03	-	포스터	윤병선, 김찬우, 박관중, 전상구, 고창현
						NiMo-계 촉매를 이용한 페플라스트릭 열분해유 수첨 탈질·탈염 반응
						한국화학공학회 2024년도 가을 총회 및 국제 학술대회
						2024, 부산, 대한민국
2	- (석사 과정)	강다빈 (지도교수: 고창현)	2024.03	-	포스터	강다빈, 윤병선, 유연정, 최성빈, 박관중, 김수지, 윤재량, 전상구, 김우현, 고창현
						공침법을 활용한 복합 산화물 La ₂ O ₃ -CeO ₂ 제조 및 촉매 지지체로 적용
						한국화학공학회 2024년도 가을 총회 및 국제 학술대회 (우수포스터발표상)
						2024, 부산, 대한민국

연번	최종학위 (박사/석사)	성명	입학 연월	졸업 연월	발표 형식 (구두, 포스터)	학술대회 발표실적 상세내용
3	- (석박사 통합 과정)	윤병선 (지도교수: 고창현)	2021.03	-	포스터	윤병선, 김찬우, 박관중, 전상구, 고창현
						니켈과 몰리브데넘이 담지된 중형기공 ZSM-5를 촉매로 이용한 폐플라스틱 열분해유 upcycling 반응 적용
						한국화학공학회 2025년도 봄 총회 및 학술대회
						2025, 대구, 대한민국
4	- (석박사 통합 과정)	윤병선 (지도교수: 고창현)	2021.03	-	포스터	윤병선, 고창현
						Ni-Based Catalyst Screening for Syngas Production via Dry Reforming of Ethane
						20 th Japan-Korea Symposium on Catalysis
						2025, 요나고, 일본
5	- (석박사 통합 과정)	박관중 (지도교수: 고창현)	2023.03		포스터	박관중, 김수지, 고창현
						Pore-size controlled Ni/Al ₂ O ₃ catalyst for methane reforming via mechanochemical one-pot synthesis
						20 th Japan-Korea Symposium on Catalysis
						2025. 05. 20~22., 일본, 요나고
6	- (석박사 통합 과정)	최성빈 (지도교수: 고창현)	2023.03	-	구두	최성빈, 강다빈, 김수지, 박관중, 김영지, 김우현, 고창현
						La ₂ Ce ₂ O ₇ 지지체에서 메탄 분해 반응 촉매 성능 향상을 위한 Ni 입자 크기 제어
						2025 한일촉매 심포지엄
						2025 요나고, 일본
7	- (석사 과정)	강다빈 (지도교수: 고창현)	2025.08	-	포스터	강다빈, 김수지, 전예은, 김민영, 고창현
						수열 합성 온도에 따른 Mesoporous silica/ZSM-5 복합체 구조 변화
						한국제올라이트학회 2025년도 정기학술발표회 (우수 포스터발표상)
						2025 여수, 대한민국
8	- (석박사 통합 과정)	류혜수 (지도교수: 이상현)	2020.03	-	구두	류혜수, 김민진, 최학중, 임형준, 이상현
						화학기상합성법을 이용한 CsPbBr ₃ /GaN 광학 소자의 형성 및 특성
						한국화학공학회 2025년도 봄 총회 및 학술대회
						2025, 대구, 대한민국
9	- (석사 과정)	김민진 (지도교수: 이상현)	2024.09	-	포스터	김민진, 김판주, 김가은, 이은영, 문병준, 박용일, 이상현
						Dilution induced fragmentation of CsCl:Eu ²⁺ nanocrystals and their optical properties

연번	최종학위 (박사/ 석사)	성명	입학 연월	졸업 연월	발표 형식 (구두, 포스터)	학술대회 발표실적 상세내용
						32회 한국반도체학술대회
						2025, 정선, 대한민국
10	- (석사 과정)	김준우 (지도교수: 이상현)	2025.03	-	구두	김준우, 노영준, 류혜수, 김민진, 이상현
						게이트 절연층으로 HfO ₂ 적용한 2차원 나노소재(MoS ₂) FET 소자 특성에 대한 연구
						한국화학공학회 2025년도 봄 총회 및 학술대회
						2025, 대구, 대한민국
11	- (석사 과정)	노영준 (지도교수: 이상현)	2025.03	-	구두	노영준, 남기훈, 김준우, 이상현
						CsPbBr ₃ /그래핀 광센서의 특성에 대한 발표
						한국화학공학회 2025년도 봄 총회 및 학술대회
						2025, 대구, 대한민국
12	- (석박사 통합 과정)	성채원 (지도교수: 하준석)	2020.03	-	포스터	성채원, 허지원, Pratik Mane, Vishal Burungale, 배효정, 하준석
						High-Performance Cu Single-Atom Catalysts (SACs) for Solar Panel-Integrated Carbon Dioxide Reduction Systems
						Electronic Materials and Nanotechnology for Green Environment (ENGE 2024)
						2024.11.24-27, 제주, 대한민국
13	- (석박사 통합 과정)	성채원 (지도교수: 하준석)	2020.03	-	포스터	성채원, Pratik Mane, 허지원, Vishal Burungale, 배효정, 하준석
						Synergistic Enhancement of Water Oxidation in Nanoporous BiVO ₄ via Nickel/Iron Oxyhydroxide Electrocatalysts
						Global Conference on Innovation Materials (GCIM 2025)
						2025.6.15-19, 제주, 대한민국
14	- (석박사 통합 과정)	이기엽 (지도교수: 하준석)	2021.03	-	구두	이기엽, 차안나, 안상현, 문영부, 김명식, 하준석
						Study on the Effects of Pre- and Post-Thermal Treatment in Ga ₂ O ₃ Heteroepitaxial Growth by MOCVD
						제 8회 한국산화갈륨기술연구회 전문학술워크숍
						2025, 부산, 대한민국

연번	최종학위 (박사/ 석사)	성명	입학 연월	졸업 연월	발표 형식 (구두, 포스터)	학술대회 발표실적 상세내용
15	- (석박사 통합 과정)	이기업 (지도교수: 하준석)	2021.03	-	구두	이기업, 차안나, 안상현, 문영부, 김명식, 하준석
						Influence of Plasma Treated Substrates on Ga ₂ O ₃ Epitaxial Growth by MOCVD
						2025 한국결정성장학회 춘계학술대회
						2025, 광주, 대한민국
16	- (석사 과정)	남기영 (지도교수: 한대훈)	2024.03	-	포스터	남기영, 한대훈
						Octopus-Inspired Microneedle Patch with High Tissue Adhesion and Minimal Tissue Damage
						2024 추계 한국고분자학회 (우수논문발표상)
						2024, 부산, 대한민국
17	- (석사 과정)	남기영 (지도교수: 한대훈)	2024.03	-	포스터	남기영, 한대훈
						4D Printing of Shape Memory Polymer-Based Microneedle Patch with Enhanced Adhesion and Minimized Tissue Damage
						2025 춘계 한국고분자학회
						2025, 제주, 대한민국
18	- (석사 과정)	남기영 (지도교수: 한대훈)	2024.03	-	구두	남기영, 한대훈
						4D Printing of Shape Memory Polymer-Based Microneedle Patch with Enhanced Adhesion and Minimized Tissue Damage
						4D Materials Design & Additive Manufacturing Conference (4DMA 2025)
						2025, 싱가포르
19	- (석사 과정)	김준용 (지도교수: 홍창국)	2024.09	-	포스터	김준용, 홍창국
						Coating technology of Silica Aerogel with Hydrophilic Shell
						한국고무학회 2025
						2025, 대구, 대한민국
20	석사	류창석 (지도교수: 홍창국)	2020.09	-	구두	류창석, 홍창국
						Analysis of the Effect of Crosslinking Density for Each Elastic Material on Ammonia Resistance
						한국고무학회 2024
						2024, 부산, 대한민국
21	석사	류창석	2020.09	-	포스터	류창석, 홍창국
						Fatigue Life Prediction According to

연번	최종학위 (박사/ 석사)	성명	입학 연월	졸업 연월	발표 형식 (구두, 포스터)	학술대회 발표실적 상세내용
		(지도교수: 홍창국)				Thermal aging of Vibration Damping Rubber 한국고무학회 2024 2024, 부산, 대한민국
22	석사	류창석 (지도교수: 홍창국)	2020.09	-	포스터	류창석, 홍창국 Analysis of the Correlation between the Degree of Crosslinking Density and the Permanent Compression Set by Elastic Material 한국고무학회 2025 2025, 대구, 대한민국
23	석사	Ajit S. Mali (지도교수: 홍창국)	2021.03	-	포스터	Ajit S. Mali, Sawanta S. Mali, Jyoti V. Patil, Chang Kook Hong Enhancing the efficiency of FA _{0.15} MA _{0.85} PbI ₃ -based perovskite solar cells through antisolvent method 한국공업화학학회 2024 2024, 광주, 대한민국
24	석사	Murmu Manasi (지도교수: 김도형)	2021.03	-	포스터	Manasi Murmu, Sangeeta Adhikari, 김도형 Electrocatalytic performance of NiCo-selenide@Fe-hydroxide electrocatalyst system for oxygen evolution reaction 35th International Symposium on Chemical Engineering 2024, Naha, Japan
25	박사	Amarnath T. Sivagurunathan (지도교수: 김도형)	2021.03	-	포스터	Amarnath T. Sivagurunathan, 김도형 Nanoengineering bulk core with thin shell via atomic layer deposition ensuing sulfide/oxide interfaced negatrod for supercapattery 35th International Symposium on Chemical Engineering 2024, Naha, Japan

[연번1] 고창현 교수 연구실 윤병선 석·박사통합과정 학생은 한국화학공학회 2024년도 가을 총회 및 국제 학술대회에서 폐플라스틱 열분해유의 탈질·탈염 연구에 대한 포스터발표를 수행함. 본 연구에서는 정유공정의 정통적인 접촉분해, 탈질·탈염 촉매인 NiMo 기반 촉매를 이용하여 폐플라스틱 열분해유의 업그레이딩 반응을 진행함. 폐플라스틱 열분해유는 원유에 비하여 넓은 범위의 탄소수와 상당히 높은 질소, 염소를 갖는 feed이며, 이를 처리하기 위해 정통적인 NiMo 촉매의 적용을 연구하는 것은 상당히 중요한 내용임. 본 연구는 Mo 조성에 따라 크게 달라지는 염소, 질소 제거량과 생성물의 탄소수 조성 등

을 제시하며 촉매 중 Mo 함량이 높아질수록 페플라스틱 열분해유의 수점분해에 유리하다는 것을 제시하고 있음.

[연번2] 고창현 교수 연구실 강다빈 석사과정 학생은 한국화학공학회 주관 2024년도 가을 총회 및 국제 학술대회에서 “공침법을 활용한 $\text{La}_2\text{O}_3\text{-CeO}_2$ 복합 산화물 합성 및 지지체로 적용”이라는 주제로 발표하여 우수 포스터 발표상을 수상함. 침전제 투입량, 침전제 투입 방식, 교반 시간, 용매 대비 용질 양의 4가지 변수를 바꿔가며 공침법에서의 합성 변수들이 지지체의 특성에 미치는 영향을 알아보려고 하였음. 최소 0.30 mol 이상의 침전제를 투입해야 원하는 조성대로 지지체가 합성된다는 결과를 얻었음. 또한, 교반 시간이 짧을수록 여과 및 세척 시간이 길어지는 문제가 있었으며 점적 방식으로 침전제를 첨가할 경우 위 아래 농도 구배가 발생하였음. 최적의 합성 조건은 24시간 교반, 침전제를 한 번에 투입하는 방식, 그리고 최소 0.30 mol 이상의 침전제 사용이라는 결론을 도출함. 실험 변수 최적화를 통해 산업적 제조 공정에서의 경제성 및 안정성 확보에 지표가 될 수 있는 성과를 제시함.

[연번3] 고창현 교수 연구실 윤병선 석·박사통합과정 학생은 한국화학공학회 2025년도 봄 총회 및 학술대회에서 페플라스틱 열분해유의 접촉분해 연구에 대한 포스터발표를 수행함. 본 연구에서는 정유공정의 정통적인 접촉분해, 탈질·탈염 촉매인 NiMo 기반 촉매를 채택하였으며 지지체로 정통적인 산촉매인 ZSM-5를 선택하였음. 탄화수소의 접촉분해는 긴 탄소사슬을 갖는 탄화수소를 C-C 결합 끊음을 통하여 짧은 탄소사슬을 갖는 탄화수소를 제조하는 반응으로써, 반응물의 물질전달이 매우 중요한 요인으로 작용하는 특징을 보임. 이를 해결하기 위하여 본 연구는 soft-template 방법을 통해 중형기공을 갖는 ZSM-5를 제조하여 지지체로 사용하는 것을 제안하였음. 그 결과, 수침처리된 반응물에 한하여 중형기공을 갖는 ZSM-5가 더 많은 분율의 paraffin을 생성물에 포함시켰으며 더 짧은 탄소수의 생성물을 나타냈음.

[연번4] 고창현 교수 연구실 윤병선 석·박사통합과정 학생은 20th Japan-Korea Symposium on Catalysis에서 용융합침법을 이용해 Ni계 촉매를 제조하고 이를 에탄 이산화탄소 개질 반응에 적용하여 알칼리 토금속의 조성에 따른 탄소 증착량 변화 연구에 대한 포스터발표를 수행함. 본 연구에서는 비표면적이 높은 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 지지체에 Ni과 알칼리 토금속의 조성을 변화시켜가며 담지시켜 에탄 이산화탄소 개질 반응에 적용하였으며, 500-650°C 사이에서의 반응성과 탄소 증착량을 비교함. 그 결과, 알칼리 토금속의 Ni계 촉매에 대한 첨가는 에탄 이산화탄소 개질 반응에 대하여 더 높은 탄소증착량을 보여주었으며, 결국 더 빠른 차압 상승과 촉매 비활성화의 결과를 나타내었음. 이는 알칼리 토금속 첨가가 촉매 반응의 반응 기작을 변화시켜 에탄의 C-C 결합 끊음을 가속화시키기 때문이라는 것을 GC 분석을 통하여 얻게 되었음.

[연번5] 고창현 교수 연구실 박관중 참여대학원생(학·석사통합과정)은 금속 Ni(5 wt%)을 알루미나 지지체에 담지한 촉매를 기계화학적 원판 합성으로 제조하고, 합성 과정에서 물 : 알루미늄 아이소프로폭사이드 물비를 조절하여 기공 크기와 부피를 변환함으로써 메탄 건식 개질(DRM)에서의 성능과 안정성에 미치는 영향을 규명하는 연구에 대하여 포스터 발표를 수행함. 기상 반응에서 기체의 물질 전달에 큰 영향을 미치는 기공의 크기를 조절하여 더 큰 기공 크기를 가진 촉매에서 탄소 침적이 상대적으로 적게 나타나고 코크로 인해 기공이 줄어드는 메커니즘이 다르다는 사실을 확인하였으며 이는 탄소 침적의 영향이 큰 메탄 건식개질 반응에서의 촉매의 안정성을 크게 향상시킬 수 있는 결과임. 본 연구는 이에 더해 폐수 발생 및 에너지 비용을 크게 절감할 수 있는 기계화학적 합성법으로 고성능의 촉매를 설계할 수 있음을 확인하였음.

[연번6] 고창현 교수 연구실의 최성빈 석·박사통합과정생은 $\text{La}_2\text{Ce}_2\text{O}_7$ 지지체에서 메탄 분해 반응 촉매 성능 향상을 위한 Ni 입자 크기 제어 연구 결과를 발표함. 본 연구에서는 $\text{La}_2\text{Ce}_2\text{O}_7$ 지지체에 Ni을 담지하여 메탄 분해 반응(Catalytic Decomposition of Methane, CDM)에 적용하였으며, 합성 방법과 Ni 담지량이 촉매의 구조와 활성에 미치는 영향을 체계적으로 분석하였음. 공침법(CP)과 담지침전법(DP)으로 합성

된 촉매를 비교한 결과, CP 촉매는 Ni이 지지체 내부에 균일하게 분산되어 구조적 안정성이 높았으나 활성 부위의 노출이 제한되었음. 반면 DP 촉매는 Ni 입자가 주로 표면에 분포하여 반응성이 우수하였으며, 특히 10 wt.% 조건에서 약 30 nm 크기의 입자가 형성되어 가장 높은 탄소 수율을 보였음. Ni 함량이 20 wt.% 이상으로 증가할 경우 입자 응집과 지지체로부터의 탈착이 발생하여 활성과 안정성이 모두 감소하였음. 분석 결과, Ni 입자의 크기와 분포가 촉매의 성능을 결정하는 핵심 인자임을 확인하였으며, 저농도 Ni 담지를 통해 소결과 탄소 침적을 효과적으로 억제할 수 있음을 입증함. 본 연구는 Ni 입자 크기 제어를 통해 구조적 안정성을 보여주었으며, CO₂ 배출이 없는 청정수소 생산 기술인 메탄 분해 반응 촉매 설계에 중요한 방향성을 제시함.

[연번7] 고창현 교수 연구실 강다빈 석사과정생은 2025년도 한국제올라이트학회 총회 및 학술대회에서 “수열 합성 온도에 따른 Mesoporous silica/ZSM-5 복합체 구조 변화”라는 주제로 발표하여 우수 포스터 발표상을 수상함. 수열 합성 온도를 100°C에서 175°C까지 변화시키며 복합체의 결정성, 기공 구조, 산 특성에 미치는 영향을 분석함. 합성 온도가 높아질수록 ZSM-5 결정성이 증가하고 브뤼�스테드 산점의 세기가 높아짐을 확인함. 그러나 175°C에서는 중형 기공이 거의 형성되지 않고 ZSM-5 결정이 노출되는 한계를 보임. 120-145°C 구간이 중형 기공 실리카와 안정적인 ZSM-5 결정성을 동시에 확보할 수 있는 최적 조건이라는 결론을 제시함. 합성 온도가 복합체의 구조적 및 산점 특성을 좌우하는 핵심 변수임을 규명하고, 향후 고체 산 촉매의 확산 효율과 활성 향상에 기여할 수 있는 촉매 설계 지침을 제안하였음.

[연번8] 이상현 교수 연구실 류혜수 석·박사통합과정 학생은 한국화학공학회 2025년도 봄 총회 및 학술대회에서 화학기상증착법을 이용한 CsPbBr₃/GaN 광학 소자의 형성 및 특성 연구에 대한 구두발표를 수행함. 본 연구에서는 화학기상증착(CVD)을 통해 CsPbBr₃/GaN 이중접합 구조의 제작에 대한 연구를 진행함. 페로브스카이트는 우수한 광전자적 특성으로 인해 유망한 광전자 소자 재료로 주목받는 소재로, 높은 열적 안정성과 우수한 전기적·광학적 특성을 가진 GaN과 결합한 CsPbBr₃/GaN 이중접합 구조는 고성능 광전자 응용에 활용될 수 있음. 화학기상증착법의 핵심 변수인 CsBr : PbBr₂ 전구체 비율 및 승온 시간을 최적화하여 이차상 없는 고순도의 CsPbBr₃/GaN 이중접합 구조를 제작하였으며, 다양한 인가 전압에서 안정적인 녹색 전기발광(EL)을 얻었음.

[연번9] 이상현 교수 연구실 김민진 석사 과정 학생은 제32회 한국 반도체 학술대회에서 CsCl:Eu²⁺ 나노 입자의 형성 및 분산에 따른 구조적/광학적 특성 변화에 포스터 발표를 수행함. 본 연구에서는 Pb 원소의 대체 원소로 Eu를 선택해 고온 주입법으로 합성한 다결정 CsCl:Eu²⁺ 나노 입자의 광학적 특성에 대한 연구를 진행함. 또한 회석을 통해 다결정 CsCl:Eu²⁺ 나노결정의 단편화를 관찰함. Pb 원소는 페로브스카이트의 광학적, 전기적 특성과 구조적 안정성에 기여하지만 인체와 환경에 대한 독성 때문에 반드시 대체해야 하는 물질임. 본 연구는 Eu 원소가 기존 납 기반 페로브스카이트의 Pb 원소를 효과적으로 대체하여 410 nm를 중심으로 진한 청색 발광과 4.1%의 높은 PLQY의 우수한 광학적 특성을 보임을 확인하며 나노결정 합성에 있어 새로운 패러다임을 제시함.

[연번10] 이상현 교수 연구실 김준우 석사 과정 학생은 한국화학공학회 2025년도 봄 총회 및 학술대회에서 게이트 절연층으로 HfO₂ 적용한 2차원 나노소재(MoS₂) FET 소자 특성 연구에 대한 구두발표를 수행함. 본 연구에서는 PDMS를 활용한 pick and place 공정을 통해 Ti/Au(5 nm/45 nm) 전극 위에 MoS₂를 전사하여 MoS₂/SiO₂ FET를 제작함. few-layer MoS₂ FET (with 300 nm SiO₂)의 전기적 특성 분석 결과 Electron mobility(μ E): 0.10 cm²/V·s, on/off Current ratio(I_{on}/off): 8.5 × 10⁶, Subthreshold swing(SS): 940 mV/dec를 얻었으며, HfO₂ 5nm를 도입하여 Calculated μ E: 0.50 cm²/V·s, I_{on/off} : 6.93 × 10¹, Subthreshold Swing: 371 mV/dec로 FET 전기적 특성을 향상시킴. 20 nm HfO₂층을 적용한 MoS₂ FET은 5 nm에 비해 온/오프 전류비가 약 10배 향상되었으며, 이러한 연구를 통해 최적화한 HfO₂ 증착 공정은 이후 GAA(게이트-올-어라운드) 구조에 적용 가능할 것으로 기대됨.

[연번11] 이상현 교수 연구실 노영준 석사 과정 학생은 한국화학공학회 2025년도 봄 총회 및 학술대회에

서 CsPbBr₃ 페로브스카이트/그래핀 광센서의 특성 연구에 대한 구두발표를 수행함. 본 연구에서는 그래핀 단일 소자와 CsPbBr₃/그래핀 이중접합 구조를 통해 광과장에 따른 광응답성을 선택적으로 변화시킬 수 있음을 제시하였음. 또한 광응답의 변화에 대한 3가지 메커니즘을 제시 및 해석하였으며, 페로브스카이트의 우수한 광 흡수율로 인해 CsPbBr₃/그래핀 이중 접합 소자의 광 검출 성능이 그래핀 단일 소자보다 증가함을 확인하였음.

[연번12] 하준석 교수 연구실 성채원 석·박사통합과정 학생은 Electronic Materials and Nanotechnology for Green Environment (ENGE 2024)에서 전기화학적 이산화탄소 환원용 구리기반 촉매 제작 연구에 대한 포스터발표를 진행함. 본 연구에서는 구리 단일원자 촉매(Cu-SAC)를 가스 확산 전극(GDE)과 결합함으로써 높은 활성점 노출과 효율적인 전자 전달을 통해 CO₂ 환원 반응을 촉진함. 이 때 단일원자 구조는 모든 금속 원자가 독립적인 활성점으로 작용하여 높은 원자 활용도, 뛰어난 선택성, 우수한 안정성을 제공함으로써 기존 촉매의 한계를 극복할 수 있는 전략으로 사용됨. 그 결과 Faraday 효율과 고부가 가치 탄소생성물에 대한 선택성이 향상됨. 또한 태양광 기반 PV 시스템을 적용하여 지속 가능한 방식으로 CO₂ 전환을 수행함으로써 환경적 이점을 극대화 시킴. 본 연구는 CO₂ 저감을 위한 고효율 전극 플랫폼을 제시할 뿐만 아니라 태양에너지를 활용한 지속가능한 탄소순환 기술 개발에 기여할 것으로 기대됨.

[연번13] 하준석 교수 연구실 성채원 석박사통합과정 학생은 EGlobal Conference on Innovation Materials (GCIM 2025)에서 광전기화학적 물분해용 BiVO₄ 광전극에 대한 연구 결과를 발표함. 본 연구에서는 비용 효율적이고 무독성인 광전극 소재 BiVO₄의 한계인 전자-정공 재결합 문제를 해결하기 위해 Ni 도핑과 FeOOH 산소발생촉매(OECs) 적층을 적용함. BiVO₄ 박막을 SILAR 방법으로 합성한 뒤, Ni을 스핀코팅으로 도핑하고 FeOOH를 광전기증착하여 표면에 고르게 분산시킴으로써 전하 전달 효율과 표면 반응성을 향상시킴. 이러한 촉매 구조는 높은 전자 이동도와 안정성을 부여하여 PEC 성능을 크게 개선시킴. 본 연구는 저비용·저독성 물질을 활용하여 단순하면서도 효과적인 합성 전략을 제시함으로써, 경제성과 환경성을 동시에 확보하여 지속가능한 수소 생산 기술 개발과 차세대 탄소중립 에너지 전환에 기여할 것으로 기대됨.

[연번14] 하준석 교수 연구실 이기엽 석박사통합과정 학생은 제 8회 한국산화갈륨기술연구회 전문학술워크숍에서 산화갈륨 이중 에피택셜 성장에 대한 열처리 전/후공정 연구에 대한 구두 발표를 수행함. 본 연구에서는 사파이어 기판의 열처리 전공정을 통해 기판 평탄도 및 표면 테라스 구조를 제어함으로써 에피 성장한 산화갈륨의 결정, 표면 특성을 향상시켰음. 또한, 사파이어 기판 상에 이중 에피택셜 성장한 산화갈륨의 열처리 후공정을 통해 결정성 향상 및 표면 거칠기 감소 뿐만 아니라 기판으로부터의 Al 확산으로 인한 밴드갭 엔지니어링 기술을 발표하였음. 본 연구는 열처리 전/후공정에 따른 각각의 특성 분석을 통해 산화갈륨 에피 성장에 미치는 영향을 확립하고, 이중 에피택셜 성장에 대한 성장 기술을 제안함으로써 고품위 이중 에피택셜 산화갈륨 성장 기술 개발에 기여하였음.

[연번15] 하준석 교수 연구실 이기엽 석박사통합과정 학생은 2025 한국결정성장학회 춘계학술대회에서 산화갈륨 동중/이중 에피택셜 성장에 대한 기판 플라즈마 표면처리 연구에 대한 구두 발표를 수행함. 본 연구에서는 ICP-RIE를 활용한 플라즈마 표면처리를 통해 베타 산화갈륨 및 사파이어 기판의 표면자유에너지를 증가함으로써 균일한 핵생성 및 2D 성장을 촉진하여 에피 박막의 특성을 향상시켰음. 특히, 동중 에피택셜 성장을 위한 베타 산화갈륨 (001) 기판의 경우 MOCVD를 활용한 에피 성장 시 Ga₂O의 불균일한 탈착으로 인해 계면 변형 및 표면 줄무늬 흠이 발생하는 문제에 대해 해당 기술을 통해 균일한 전구체 흡착 및 Ga₂O 탈착을 유도하여 개선되었음을 확인하며 이에 대한 해결 방안으로 제시하였음. 본 연구는 기판 플라즈마 표면처리에 따라 기판과 에피 박막에 미치는 영향을 확립하고, 에피 박막의 특성 향상을 위한 산화갈륨 성장 기술 개발에 기여하였음.

[연번16, 17, 18] 한대훈 교수 연구실 남기영 석사과정 학생은 4D 프린팅 기반 형상기억고분자(Shape Memory Polymer, SMP)를 활용한 문어 흡판 모사 마이크로니들 패치(Octopus Sucker-Inspired

Microneedle Patch, OS-MN patch) 연구를 주제로 국내외 학술대회에서 총 세 차례 발표를 수행함. 해당 연구는 2024 추계 한국고분자학회 포스터발표로 처음 공개되었으며, 후속 연구를 통해 발전된 결과를 4D Materials Design and Additive Manufacturing (4DMDA) 2025 국제학회(싱가포르)에서 구두 발표를 수행함. 본 연구에서는 문어 흡판 구조의 흡착 원리와 SMP의 형상기억효과(Shape memory effect, SME)를 결합하여, 뒤틀림 없는 수직 탈착이 가능한 4D 프린팅 기반 OS-MN 패치를 구현함. 이러한 구조는 다양한 표면에 안정적으로 부착되면서도 온도 자극을 통해 쉽게 분리될 수 있도록 설계되었음. 본 연구는 기존의 MN 설계의 한계를 극복한 차세대 스마트 패치 플랫폼의 가능성을 제시하였다는 점에서 높은 평가를 받았으며, 이러한 점을 인정받아 2024 추계 한국고분자학회 우수논문발표상을 수상하였음.

[연번19] 홍창국 교수 연구실 김준용 석사과정 학생은 한국고무학회 2025년 춘계학술대회에서 친수성 셀을 가진 실리카 에어로겔 코팅 기술에 대한 포스터 발표를 수행함. 본 연구에서는 초소수성으로 인해 친수성 물질과의 혼화성이 떨어졌던 실리카 에어로겔을 친수성 물질을 표면에 코팅시킴으로써 실리카 에어로겔에 친수성 성질을 부가시켰음. 이러한 배경에는 계면활성제를 이용하여 실리카 에어로겔을 코어로 코팅물질을 쉘로 덮어 코팅시킬 수 있었음, 이러한 결과로, 에어로겔의 기공을 덮지않아 단일 성능을 보존하면서 코팅시킬 수 있음. 본 연구는 실리카 에어로겔의 혼화성을 높여 복합소재 제조에 기여할 것으로 예상됨.

[연번20] 홍창국 교수 연구실의 류창석 박사과정생은 한국고무학회 2024년 추계학술대회 특별세션에서 ‘Analysis of the effect of crosslinking density for each elastic material on ammonia resistance’를 주제로 구두발표를 수행하였음. 본 연구에서는 고농도 액체 암모니아를 연료로 사용하는 선박용 엔진의 안전한 운용을 위한 내암모니아성 고무소재 개발을 목표로 하여, 가스켓 및 호스용 탄성체의 가교밀도를 물리·화학적으로 평가하고, 암모니아 침적 환경에서의 체적 변화와 물성 안정성 간의 상관관계를 규명하였음. 그 결과, 가교밀도의 정밀 제어가 장기 내구성과 화학 저항성 향상에 핵심적임을 확인하였음.

[연번21] 홍창국 교수 연구실의 류창석 박사과정생은 한국고무학회 2024년 추계학술대회에서 ‘Fatigue life prediction according to thermal aging of vibration damping rubber’를 주제로 포스터 발표를 수행하였음. 본 연구에서는 자동차의 승차감과 정숙성 유지에 핵심적인 진동 절연용 부시 고무의 열노화 조건에 따른 기계적·동적 물성 및 가교밀도 변화를 분석하였음. 또한 3차원 덤벨 시편 피로시험과 실제 부시 제품의 이축 피로시험을 통해 피로수명을 평가하고, 그 결과를 기반으로 부시 고무의 수명 예측 모델을 구축하였음. 해당 연구는 자동차용 진동 절연 고무의 장기 내구성 향상과 설계 신뢰성 확보를 위한 기초 자료로 활용될 수 있음.

[연번22] 홍창국 교수 연구실의 류창석 박사과정생은 한국고무학회 2025년 춘계학술대회에서 ‘Analysis of the Correlation between the Degree of Crosslinking Density and the Permanent Compression Set by Elastic Material’을 주제로 포스터 발표를 수행하였음. 지구온난화와 기후 이상 현상에 대응하기 위한 노력의 일환으로 무탄소 대체연료인 액체 암모니아가 차세대 친환경 선박 연료로 주목받고 있으며, 이에 따라 암모니아 연료 공급계의 가스켓 및 호스용 고무소재 개발이 시급한 과제로 대두되고 있음. 본 연구에서는 가교밀도의 정밀 제어를 통해 고농도 액체 암모니아 환경에서의 체적 변화 억제 및 장기 안정성 확보를 목표로 하였으며, 다양한 탄성체의 가교밀도와 물리·화학적 특성 간의 상관관계를 체계적으로 분석하였음. 그 결과, 본 연구는 내암모니아성 고무의 안정적 설계 및 연료공급계 안전성 확보를 위한 기초 자료를 제시하였음.

[연번23] 홍창국 교수 연구실의 Ajit Mali 박사과정생은 추계 한국공업화학회에서 항용매 방법을 통해 $\text{FA}_{0.15}\text{MA}_{0.85}\text{PbI}_3$ -기반 페로브스카이트 태양전지의 효율성 향상에 관한 포스터 발표를 수행함. $\text{FA}_{0.15}\text{MA}_{0.85}\text{PbI}_3$ -페로브스카이트 소재는 매우 안정적인 위상과 낮은 밴드갭(1.59 eV)을 가지고 있어 페로브스카이트 태양전지 소자를 제작하는 데 있어 우수한 안정성과 반복성을 보여줌. 본 연구에서는 방부제 방법을 통해 $\text{FA}_{0.15}\text{MA}_{0.85}\text{PbI}_3$ -기반 PSC의 효율을 향상시키기 위한 포괄적인 접근 방식을 제시하여

FA_{0.15}MA_{0.85}PbI₃- 기반 소자는 전력 변환 효율(PCE) 14.89%, 개방 회로 전압(VOC) 1.002 V, 단락 전류 밀도(JSC) 23.02 mA cm⁻², 64.55% 충전 계수(FF)를 보여주었음. 전반적으로, 연구 결과는 고성능 FA_{0.15}MA_{0.85}PbI₃- 기반 PSC를 실현하는 데 있어 소자 최적화의 중요성을 강조하며 차세대 태양광 기술로 발전할 것으로 예상됨.

[연번24-25] 김도형 교수 연구실 Amarnath T. Sivagurunathan와 Murmu Manasi 박사과정생은 35th International Symposium on Chemical Engineering에서 논문을 발표하였음. Amarnath 박사는 비스무트 황화물은 저비용·무독성이지만 K⁺ 이온 팽창과 낮은 안정성으로 한계가 있는 것을 개선하기 위해 ALD로 TiO₂ 박막을 코팅해 계면 저항과 이온 확산 거리를 줄였으며, 그 결과 RGO/Bi₂S₃/20 nm TiO₂ 전극은 높은 용량과 안정성을 유지함을 밝혀냄. Manasi 박사과정생의 연구에서는 Fe-수산화물로 계면을 조절한 NiCo-selenide@FeOOH 전극을 통해 계면 엔지니어링이 전기화학 성능 향상에 핵심적임을 보여주었음.

③ 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

연번	최종학위 (박사/석사)	성명	입학 연월	실적구분	특허, 기술이전, 창업 등 실적 상세내용
1	석사	이태규 (지도교수 : 전영시)	2021.09	특허	전영시, 이태규, 가지 라피컬 바리, 황현진, 안병현, 서혜원 이산화탄소 흡착용 펠렛형 다공성 흡착제 및 이의 제조방법 대한민국 10-2866407 2025
2	- (석박사통합과정)	이기업 (지도교수 : 하준석)	2021.03	특허	하준석, 차안나, 이기업 표면 플라즈마 처리를 통해 기관의 표면이 개질된 산화갈륨 박막 기관 및 이의 제조방법 대한민국 10-2024-0122220 2024

[연번1] 본 특허는 이산화탄소 흡착용 다공성 흡착제 및 그 제조방법에 관한 기술임. 본 기술은 분자협력적 구조체와 탄소 전구체 간의 수소결합을 활용하여, 반응성 주형(reactive template)으로부터 높은 결정성과 높은 공극률을 동시에 확보한 계층적 다공성 흡착제를 분말이 아닌 펠렛 형태로 제조하는 방법을 제시함. 특히, 전구체 소재를 미리 압축 성형한 상태에서 탄화 공정을 수행할 경우, 분말 형태와는 상이한 열분해 거동(가스 발생 패턴 등)을 나타내며, 그 결과 탄소 결정성과 기공도라는 상충적 지표를 동시에 향상시킬 수 있음. 또한, 본 공정은 기존의 펠렛형 흡착제 제조 방식과 달리 바인더 등 비활성 첨가제를 사용하지 않고도 자립형(self-standing) 흡착제를 제조할 수 있음. 이에 따라 공정 단순화 및 비활성 물질로 인한 흡착 성능 저하 문제를 근본적으로 해소할 수 있음. 아울러, 펠렛 형태의 전구체를 소성함으로써 초미세기공이 효과적으로 발달하여 이산화탄소의 흡착량이 향상됨과 동시에, 메조 및 매크로기공이 함께 형성되어 확산속도를 향상시킬 수 있음. 특히, 펠렛형 흡착제는 형상적 특성상 직접공기포집(Direct Air Capture, DAC) 시스템에서 흔히 발생하는 압력 강하문제로부터 자유로움. 따라서, 본 기술은 직접공기포집 공정에 최적화된 자립형 고성능 다공성 탄소 흡착제의 제조기술을 제시함.

[연번2] 본 특허는 사파이어 기관의 플라즈마 표면처리를 통한 산화갈륨 박막 제조방법에 관한 기술임. 사파이어 기관 표면에 ICP-RIE 플라즈마 처리를 통해 기관의 평탄화 및 표면자유에너지를 증가 등 기관 표면의 계면 특성을 변화시키고 최적화된 표면처리 방법을 제공함으로써 이중 에피택셜 성장된 산화갈륨의 결정성을 향상시키는 기술에 관한 것임. 이때 표면처리에 사용되는 가스로는 아르곤(Ar), 산소(O₂), 메탄(CH₄)이 포함되며, 이를 통해 이중 에피택셜 성장되는 산화물 반도체 소재의 성장 균일성을 제공함. 이를 통해 격자 부정합과 결정 구조의 불일치로 인한 표면 거칠기를 최소화하고, 균일한 산화갈륨 박막

을 성장시켜 고성능 전력 반도체 소자의 제조에 기여할 수 있음.

4. 신진연구인력 현황 및 실적

1) 신진연구인력 확보 현황

연번	성명	직위	기간	비고
1	Venkata Nanda Kishor Babu Adusumalli	박사후 연구원	2020.09~ 현재	• 전남대학교 산학협력단
2	Mane Pratik Vijaysinh	박사후 연구원	2024.02~ 현재	• 전남대학교 산학협력단 • 산업통상자원부 소재부품패키지형사업 (2024.02~2024.12) • 교육부 이공학학술연구기반구축 (2025.03~현재)
3	Gopal K. Kulkarni	박사후 연구원	2024.11~ 현재	• 전남대학교 산학협력단

2) 연구팀 소속 신진연구인력의 실적

[연번1] Venkata Nanda Kishor Babu Adusumalli 박사는 전남대학교 촉매연구소의 박사후 연구원으로서, 란탄족 기반의 나노입자를 이온 및 수분 검출, 위조 방지 등 다양한 분야에 적용하는 연구를 수행하고 있음. 2025년에는 Dyes and Pigments (IF=4.2, JCR 상위 11.3%)에 주저자로 논문을 게재함.

[연번2] Mane Pratik Vijaysinh 박사는 지난 한국산업기술평가관리원의 소재부품기술개발사업부터 참여하여 현재 한국연구재단의 이공학학술연구기반구축사업에 참여 연구원으로 연구를 수행하고 있음. 다양한 전기촉매를 이용하여 이산화탄소 환원 및 물분해 촉매 분야의 연구를 수행하고 있으며, Renewable and Sustainable Energy Reviews (IF=16.3, JCR 상위 2.4%)에 주저자로 논문을 게재함.

[연번3] Gopal K. Kulkarni 박사는 현재 한국연구재단의 중견연구의 연구자로 연구를 수행하고 있음. 다양한 페로브스카이트 태양전지 제조에 대한 연구를 수행하고 있으며, 2025년에는 Solar Energy (IF=6.6, JCR 상위 27.7%)에 주저자로 논문을 게재함.

5. 참여교수의 교육역량 대표실적

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육 관련 대표실적물	DOI번호/ISBN/인터넷 주소 등
참여교수의 교육 관련 대표실적의 우수성					
1	박용일	10918350	화학공학	대학원 교과목 개설	나노소재합성및 공정특론
	- 석사 및 박사 학생을 대상으로 하여 금속 산화물 나노입자, 유기 및 무기 양자점 등 다양한 나노 소재를 소개하고 바이오, 에너지 등 나노 소재가 적용될 수 있는 다양한 응용 분야에 대한 강의를 진행함. - 학생들의 개별 연구분야와 관련된 최신 연구논문들을 직접 발표하고 토론함으로써 강의내용의 이해를 돕고, 논문을 통한 지식 습득과 발표력을 함양하도록 함.				
2	박용일	10918350	화학공학	대학원 교과목 개설	바이오나노광소재특론
	- 석사 및 박사 학생을 대상으로 하여 바이오 광학 연구분야에 대한 기본적인 원리와 다양한 응용사례들을 소개하고, 최신 연구 결과들을 바탕으로 다양한 유기/무기 나노소재에 대한 소개와 합성에				

	대한 내용을 강의함. - 빛과 물질 사이의 상호작용을 이해하기 위한 광학적인 지식을 학습하고, 바이오소재에 나노 기술들을 접목한 선행 연구들을 소개함. - 바이오 이미징에 대한 전반적인 이해를 바탕으로 최신 연구논문에 대한 학생들의 발표 및 토의를 병행함.				
3	이윤성	10090670	이차전지 소재	대학원 교과목 개설	전지재료특론
	- 본 수업은 리튬이차전지의 핵심 소재인 양극활물질을 중심으로, 전지의 성능 향상에 직접적으로 영향을 미치는 소재 설계와 합성 원리를 심층적으로 다루는 전문 강의임. 석·박사 과정 학생들을 대상으로 전기화학적 에너지 저장의 기본 개념부터 소재 개발의 응용 단계까지 폭넓은 지식을 습득하도록 구성되어 있음. - 강의에서는 리튬이차전지용 양극활물질(NCM, LCO, LFP, LMO 등)의 구조적 차이와 이를 기반으로 한 합성 경로, 반응 메커니즘, 조성 제어 전략을 다룸. 특히, 전구체의 선택, 열처리 조건, 입자 형상 및 도핑 원소 조절이 소재의 결정성, 안정성, 전도도에 미치는 영향을 실험 데이터를 통해 분석함으로써, 소재 개발 과정에서 변수 제어 능력을 함양하도록 함. - 더불어, XRD, FE-SEM, BET, EIS 등의 분석 결과를 종합적으로 해석하여 소재의 미세구조와 전기화학적 성능 간의 상관관계를 이해하는 능력을 기름. 학생들은 이를 통해 실험 설계 → 분석 → 결과 피드백 → 개선 전략 제시로 이어지는 연구 수행의 전 과정 관리 역량을 체득할 수 있음. - 본 강의는 단순한 이론 강의를 넘어, 실험적 사고력과 문제 해결 중심의 학습 방식을 적용하여, 차세대 배터리 연구에서 요구되는 소재 개발 및 공정 최적화 전문가로 성장할 수 있는 기반을 마련하도록 설계됨.				
4	전영시	10268108	분리공정	대학원 교과목 개설	전기화학특론
	- 석사 및 박사 학생을 대상으로 하여 전기화학적 에너지저장시스템의 기본 이론들과 실제 적용사례 등을 강의함. - 특히, 차세대 에너지 저장 시스템에 대한 기초이론, 연구 동향과 산업체 응용을 폭넓게 강의함으로써 에너지 저장 시스템 연구분야에 대한 학계의 관심사, 전세계적 연구 진척도나 향후 방향 등을 제시하여 학생들이 연구에 대한 폭넓은 시야를 갖출 수 있도록 교육함. - 연구의 아이디어가 실험 설계로 이어지고, 이를 수행하는 방법론으로 심화되며, 최종적으로 결론에 이르는 과정을 실제 게재된 학술논문을 기반으로 한 자료를 통해 강의하여 학생들이 구체적인 예시를 통해 정확한 방법론으로 연구를 수행할 수 있도록 하는 연구방법론을 교육함.				
5	한대훈	12591028	3D 프린팅 및 스마트 소재	대학원 교과목 개설	첨단스마트소재가공
	- 석사 및 박사 학생을 대상으로 하여 다양한 첨단스마트소재가공의 기본 이론과 방법 등을 강의함. - 첨단 기술을 활용한 스마트 소재 개발에 관련된 최근 연구 동향과 응용 분야를 전반적으로 소개함으로써 첨단 가공 기술의 중요성을 강조하며 학생들의 이해도를 높임. - 강의와 실제 3D 프린팅 실습을 병행하여 학습의 실효성을 높였으며, 학생 주도의 참여 학습을 통해 문제 해결 역량을 강화하고 우수한 교육 성과를 도출함.				
6	홍창국	10086451	기타화학공학	대학원 교과목 개설	에너지공학
	- 미래의 에너지로서 화석 연료를 대체할 수 있으며, 환경오염과 지구 온난화를 유발하지 않는 지속 가능한 신재생 에너지의 생산 및 이용에 관하여 강의함. - 강의를 통해 신재생 에너지에 대한 교양과 전문성을 함양시키고 전공에 대한 시야를 넓일 수 있도록 함				

6. 교육의 국제화 전략

① 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

- 본 교육연구팀은 해외석학 초청 오프라인 세미나를 4건 진행하였고, 이를 통해 참여대학원생들이 해외석학들의 강연을 듣고 질의응답을 하는 등의 경험을 쌓을 수 있도록 함.
- 2024년 11월 13일 Cornell University의 Nicholas L. Abbott 교수를 초청하여 'New Opportunities for Liquid Crystal Science: From Chemical Catalysis to Biological Systems'에 대한 강연을 진행함. 평판 디스플레이 기술로 널리 알려진 액정을 금속 촉매 표면에서의 정렬을 통한 이중 촉매 반응 증폭과

세포 및 식물 소기관의 역학적 거동 제어와 같이 다양한 응용 가능성에 대해 강연함.

- 2025년 5월 30일 Virginia Commonwealth University의 정대하 교수를 초청하여 '3D 프린팅 기반 유연 전자소자와 바이오메디컬 응용'에 대한 강연을 진행함. 3D 프린팅을 활용한 바이오메디컬 및 에너지 디바이스 개발, 유연·신축성 전자소자 및 웨어러블 센서의 원리와 실제 인공 섬모 센서, 전자 피부 등 차세대 건강 모니터링 기술에 대해 소개함.
- 2025년 9월 8일 University of California, Santa Barbara의 Glenn H. Fredrickson 교수를 초청하여 'Predictive Multiscale Modeling of Polymer Formulations'에 대한 강연을 진행함. 분자동역학 시뮬레이션과 엔트로피 기반 모델링을 결합하여 고분자 용융체나 용액의 자기조직 및 상거동을 예측하고, 이를 메조스케일에서 구조와 열역학을 효율적으로 평가하는 계산적 예측 방법에 대해 소개함.
- 2025년 10월 22일 University of Hamburg의 Volker Abetz 교수를 초청하여 'Dynamic Networks: Reprocessable Materials from Small and Large Molecules'에 대한 강연을 진행함. 가역적 공유결합 네트워크인 비트리머(vitrimer)는 화학적 교환반응을 통해 가교밀도를 유지하면서 열가소성과 열경화성의 중간적 성질을 지닌 연성 재료로 활용될 수 있음에 대해 강연함.



Nicholas L. Abbott 교수
(Cornell University)



정대하 교수
(Virginia Commonwealth University)



Glenn H. Fredrickson 교수
(University of California, Santa Barbara)



Volker Abetz 교수
(University of Hamburg)

- 해외석학 초청 세미나 외에도 다양한 교과/비교과 활동을 통하여 학생들이 국제화 역량을 강화하고, 국제 교류, 국제 학회 및 공동 연구 지원을 통하여 충분한 국제 활동 경험을 쌓을 수 있는 기회를 제공할 계획임.

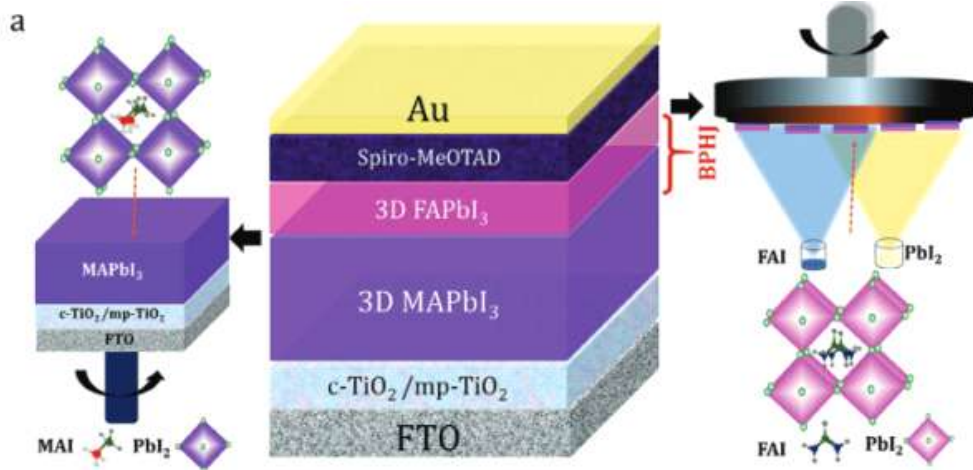
② 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

- 고창현 교수는 헝가리 University of Szeged 대학, HK Ceram Ltd. 기업과 연계하여 난각형 Fe-K기반 펠렛 촉매를 제조하고 이산화탄소 수소화 반응에 적용할 계획임. 이산화탄소 수소화 반응을 통해 합성연료(C5+ 탄화수소)를 고수율로 생산하는 Fe 기반의 고성능 탠덤 촉매를 개발하고자 함. Al_2O_3 지지체에 난각형 구조로 합성하여 촉매 합성의 생산량을 증가시키고자 함. 촉진제 첨가 및 구조 최적화를 통해 역수성전이 반응과 Fisher-Tropsch 복합 반응 환경에서 고효율, 고내구성 촉매 시스템을 구축하고자 함. 기술성숙도(TRL)를 높여 이산화탄소 기반 연료 생산 기술의 상용화 가능성을 제시하는 것을 궁극적 목표로 함. 헝가리-한국 국제 공동연구 과제를 이용하여 헝가리 연구진과의 회의를 통해 합성 기술과 분석 기술을 공유할 계획임.
- 이상현 교수 연구팀은 일본 Tohoku 대학 Shiku 교수 그룹의 SECM 기반 미세 분석 기술을 활용하여 나노 스케일에서 광전기화학 반응 메커니즘을 정밀하게 규명하고자 함. 이를 통해 화합물 반도체와 페로브스카이트의 특성을 이용하여 넓은 파장 영역의 태양광 에너지를 활용할 수 있는 이중접합 형태의 광촉매 구조를 설계하고 구현하고자 함. Tohoku 대학의 Hitoshi Shiku 교수 그룹에서는 SECM을 이용하여 페로브스카이트/반도체 이중접합 구조의 미소 영역 표면에서의 광전기화학적 촉매반응을 확인하기 위한 나노 탐침 제작 및 다양한 모드에서의 분석을 시행할 예정이며, 2026년 1월에 참여대학원생들과 함께 방문연구를 수행할 예정임.

□ 연구역량 대표 우수성과

교육연구단(팀) 연구역량(참여교수 논문실적, 특허실적, 연구비 수주실적 등) 대표 우수 성과에 대해서 작성

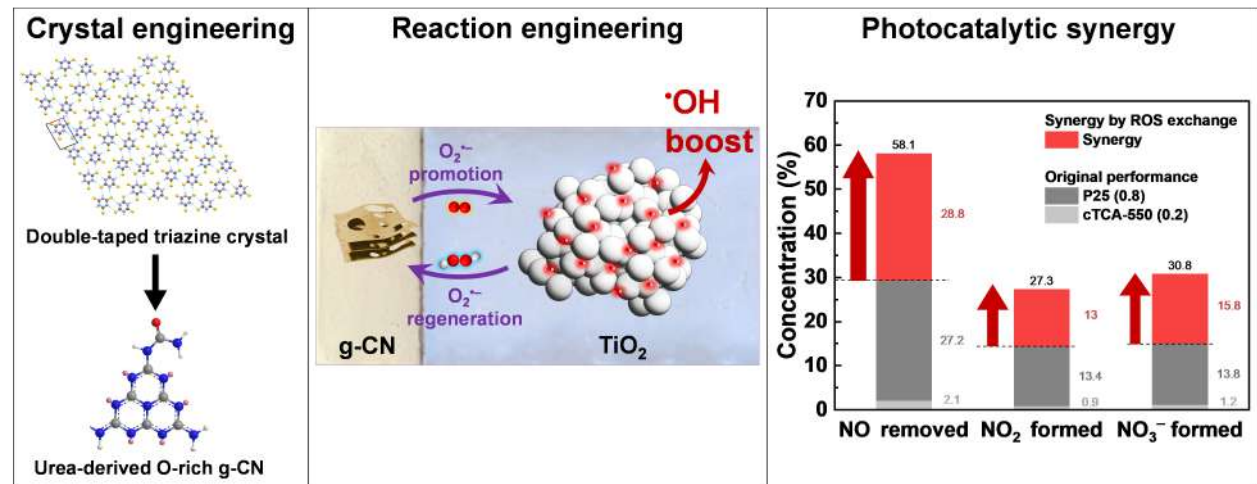
1. 참여교수 논문실적



- 홍창국 교수는 메틸암모늄 기반 페로브스카이트를 이용한 3D/3D 이중 층 이중접합 구조를 설계하여 23%를 초과하는 전력 변환 효율을 달성한 고효율 태양전지를 개발함. 기존 3D 페로브스카이트 태양전지의 효율과 안정성의 한계를 극복하기 위해, 1) 두 개의 상이한 페로브스카이트 층을 적층하여 전하 수송의 비대칭성을 활용하고 결함 억제 및 전하 재결합을 최소화하였고, 2) 하부층은 고온 용액법으로, 상부층은 저온 스핀 코팅 공정으로 증착하여 결정 간 응력을 효과적으로 완화하고 계면의 격자 불일치를 최소화하였으며, 3) 상부층의 결정 방향성 제어와 계면 전자 구조 조절을 통해 전자-정공 분리 및 수송을 촉진시켜 결과적으로 낮은 Voc 손실과 높은 carrier collection efficiency를 실현함.
- 단일 조성 기반 소자에서 이중접합 구조를 활용한 효율 향상은 기존 연구들보다 한층 발전된 형태로 소자 물성 개선에 대한 새로운 설계 원리를 제시함. 결정격자의 strain relaxation 개념을 공정적으로 구현하고, 이로 인한 전하 수송 효율 및 광전자 특성 향상 사례를 명확히 규명하였음. MAPbI3와 같은 단순한 조성으로도 고효율을 달성할 수 있다는 점은 실용화를 위한 조성 최적화 부담을 줄여줄 수 있어 상용화를 위한 재료 선택에 대한 새로운 관점을 제공함.
- 이 기술은 기존 실리콘 태양전지 대비 낮은 제조비용과 고효율을 동시에 추구할 수 있다는 점에서 에너지 산업의 판도를 바꿀 잠재력을 보유하고 있음. 진공증착 기반 공정은 산업계에서 이미 확립된 OLED 및 반도체 생산 기술과 연계가 가능하고, 안정적인 고효율 페로브스카이트 모듈의 상용화 시 에너지 단가의 획기적 절감을 기대할 수 있음. 또, 태양광 산업의 소재 국산화 및 제조 공정 내재화와 연계될 수 있음.
- **관련논문:** J V Patil, S S Mali, C K Hong, Exceeding 23% Efficiency for 3D/3D Bilayer Perovskite Heterojunction MAPbI3/FAPbI3-Based Hybrid Perovskite Solar Cells with Enhanced Stability, *Advanced Functional Materials*, 35(1), 2408721 (2025)

- IF: 19 (JCR 상위 4.5%)

2. 참여교수 특허실적



- 전영시 교수는 기존 멜라민 기반의 탄소 질화물 대신, trithiocyanuric acid로부터 결정 공학적으로 제어된 전구체를 개발하고, 이를 통해 유기물의 구조적 특성과 열분해 경로를 정밀하게 제어하였음. 특히 550도에서 열중합된 cTCA-550은 높은 비표면적과 풍부한 산소 기능기를 보유하면서도 불균일 결정성을 보유한 탄소질화물로, 전자구조와 표면 반응성을 동시에 조율할 수 있음을 증명하였음.
- 단일 소재가 아닌 상용 P25와의 물리적 혼합을 통해, 이중접합 구조가 아닌, 공간적으로 협력하는 이원적 촉매 시스템을 구현하였음. 이는 reactive oxygen species(ROS)의 교환을 통해 각 구성 소재가 서로의 반응을 보완할 수 있는 구조적 특성과 반응동역학을 가짐을 실험적으로 증명하였음.
- 선택적 소거제를 이용한 체계적인 라디칼 억제 실험을 통해 ROS의 기여도를 정량적으로 분석하였고, NO, NO₂의 산화 경로에서 어떤 라디칼이 우세한 지를 규명하였음. 이를 통해 복합계 내에서 ROS의 생성/소멸의 동적 분포와 그에 따른 NO_x 제거 반응의 분화된 경로를 제시하였음.
- 이 연구는 단순한 실험실 환경이 아닌, ISO 22197-1 규격에 기반한 실제 환경 조건 (25도, 50% 상대습도, LED 조명, NO 1 ppm, 공기 중 O₂ 조건 등)에서 테스트를 수행하여, 실용화를 위한 기초 성능 데이터와 반복 재현성을 확보하였다는 점에서도 학문적/실용적 기여도가 높음.
- EPR, 광전기화학 분석, TRPL 등 고급 분석기법을 병행하여 광생성 전하의 수명, 이동성, 분리 효율 등을 종합적으로 분석함으로써 물질 설계-구조-기능 간의 상관관계를 체계적으로 정립하였음. 이는 향후 다양한 복합 광촉매 시스템 설계에 중요한 기초 자료로 활용될 수 있음.
- 이 연구는 결정 공학, 표면 화학, 광촉매 매커니즘 해석, 복합계 시너지 설계 등 여러 핵심 학문 분야를 교차하며, 향후 NO_x 저감 기술의 고도화 뿐만 아니라 다양한 환경 정화 및 촉매 시스템 개발에 응용될 수 있는 중요한 이정표 역할을 함.
- 이 연구는 실내 환경에서의 NO_x 저감을 목적으로 설계되었으며, 이는 미세먼지, 알레르기 유발, 호흡기 질환과 직접적으로 연관된 사회적 건강 문제 해결에 기여함. 특히 현대 사회에서 고농도 NO₂가 실내 공기 중 주요 오염물질로 분류되며, WHO는 이를 2급 발암물질로 지정하고 있음. 본 연구에서 개발된 복합 촉매 시스템은 빛만 있으면 실내에서 지속적으로 작동할 수 있는 무동력 환경정화 기술로, 고령자, 아동, 천식환자 등 민감 계층 보호에 직접적인 영향을 줄 수 있음.
- 전영시 교수는 해당 기술을 통해 등록특허 1건 (10-2730350)을 발명하였음. 본 특허는 전라북도 소재지의 (유)삼신기업과의 공동연구개발을 통해 등록된 특허로 향후 해당 기업으로의 기술이전과 같은 사업화 기대치가 높으며 지역산업에서의 혁신기술력 확보에 도움이 될 것으로 기대됨.

3. 참여교수 연구비 수주실적

연구 지원 센터의 장비 활용 인프라 구축 및 운영



- 우리나라 수출품목 중 반도체 수출 비중은 992억불로 지속적으로 증가하여 최대 수출품목으로 자리 잡음. 이러한 반도체업에서 선진국들은 경쟁 우위를 확보하기 위해 다양한 연구시설 및 인력교육 지원을 시작함. R&D를 통하여 간접적인 인력 양성과 더불어 새로운 계약학과와 같은 실무교육을 위한 계획을 수립하기 위한 연구의 일환으로 본 교육연구단의 하준석 교수는 최근 3년간 아래와 같은 연구비 수주 결과를 창출하여 연구팀의 안정적인 연구 기반을 구축하였음.

- ◇ 대학중점연구소지원사업 [광전자융합기술연구소] (참여, 70.4억원, 2019~2027)
- ◇ 웨어러블 디바이스를 위한 마이크로 섬유-디스플레이 복합소자 연구 (책임, 2.5억원, 2018~2023)
- ◇ MOCVD 장비를 활용한 고품위 Ga₂O₃ 에피성장 기술 개발 (책임, 2.7억원, 2023~2025)
- ◇ 이산화탄소 자원화를 위한 PV/PEC 하이브리드 구조의 질화물계 인공광합성 모듈 개발 (책임, 16.6억원, 2018~2021)
- ◇ 1인치 이상에서 360ppi급 초미세 적층구조 마이크로LED RGB 화소용 광원 제조 기술개발 (책임, 5.1억원, 2021~2024)
- ◇ 반도체 첨단패키징 현장실무형 인재양성 (책임, 24.5억원, 2024~2026)
- ◇ 기초과학연구역량강화사업-핵심연구지원센터조성지원과제-에너지융복합전문핵심연구지원센터 (책임, 40.5억원, 2019~2025)

- 해당 과제를 통해 광·전기화학적 물분해 및 이산화탄소 환원용 전극 개발, 갈륨기반 화합물반도체 성장기술 및 고 결정성 후막 갈륨 화합물 템플릿 제작기술 개발, 2D 재료 합성 및 응용기술 개발 등 다수의 관련 논문 (72건), 특허 (9건), 기술이전 (3건), 학술대회 발표 (53건) 등의 실적을 달성하였음. 뿐만 아니라 연구팀의 연구 역량 강화 및 전문가 양성을 위해 전문 교육센터와 전문 핵심 연구 지원 체계를 구축하였음. 연구에 필요한 장비들을 효율적으로 관리하고, 에너지 반도체 제작 공정 기초·심화실습 교육 및 커리큘럼 제공을 통해 연구팀의 높은 경쟁력 확보를 위해 노력하고 있음. 현재 다양한 국내 주요 연구소 및 기관 연구자들의 협력 네트워크를 통해 다학제적 연구 과제를 성공적으로 수행하고 있으며, 앞으로도 기술 발전 및 학문적 기여를 위한 꾸준한 성과 창출이 예상됨.

1. 참여교수 연구역량

1.1 연구비 수주 실적

<표 3-1> 자체평가 대상기간(2024.9.1.-2025.8.31.) 참여교수 1인당 정부, 산업체, 해외기관 등 연구비 수주 실적

항 목	수주액(천원)		
	3년간(2021.9.1.~2024.8.31.) 실적	최근 1년간 (2024.9.1.~2025.8.31.) 실적	비고
정부 연구비 수주 총 입금액	905,488 (고창현 교수) 750,000 (김도형 교수) 405,398 (박용일 교수) 268,048 (이상현 교수) 936,365 (이윤성 교수) 1,765,000 (전영시 교수) 2,822,600 (하준석 교수) 201,970 (한대훈 교수) 360,090 (홍창국 교수)	669,849 (고창현 교수) 390,000 (김도형 교수) 195,000 (박용일 교수) 150,000 (이상현 교수) 184,565 (이윤성 교수) 100,000 (전영시 교수) 1,162,725 (하준석 교수) 359,775 (홍창국 교수)	
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	220,000 (고창현 교수) 198,000 (이상현 교수) 87,890 (이윤성 교수) 100,000 (한대훈 교수) 207,900 (홍창국 교수)	25,000 (홍창국 교수)	
해외기관 연구비 수주 총 (환산) 입금액	0	0	
1인당 총 연구비 수주액	1,025,417	359,657	
참여교수 수	9	9	

1.2 연구업적물

① 참여교수 연구업적물의 우수성

연번	참여 교수명	연구자등 등록 번호	이공계열/ 인문사회계 열 (간호/보건/ 체육/기타 분야에 한함)	대표 연구 업적물 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용			
						대표연구업적물의 우수성			
1	고창현	10063385	이공계열	촉매화 학공학	학술지 논문	①	Byung Sun Yoon, Jae-Rang Youn, Wan-Gil Jung, Gwan-Joong Park, Da-Bin Kang, Sung-Bin Choi, Su-Ji Kim, Woohyun Kim*, <u>Chang Hyun Ko*</u>		
						②	Catalytic methane decomposition using Ni supported on mesoporous SiO ₂ catalyst: Ni position-dependent carbon yield change		
						③	Applied Surface Science (IF=6.9)		
						④	Volume 692, 162731		
						⑤	0169-4332		
						⑥	1		
						⑦	2025		
						⑧	10.1016/j.apsusc.2025.162731		
	키워드(한글)		메탈상 니켈		니켈 위치		중형기공	수소 생산	청록 수소
	키워드(영문)		Metallic Ni		Ni location		Mesopore	Hydrogen production	Turquoise hydrogen
• 용융합침법으로 SBA-15(중형기공을 갖는 실리카)를 지지체로 한 Ni-계 촉매를 제조하여 메탄 분해 반응에									

	적용하고 촉매 특성을 분석하여 비교 평가함.						
	- 메탈상 니켈의 지지체 표면에서 기공 내외부에서의 위치에 따라 메탄 분해 성능이 크게 변한다는 것을 특성분석을 통하여 확인하였으며, 이는 고상 생성물이 발생하는 메탄 분해 반응의 특성상 기공 내부에 담지된 메탈상 니켈은 반응 시간에 따라 입체적 장애를 겪어 크게 비활성화된다는 결론을 얻음. - 본 연구 논문은 메탄 분해 반응을 위한 촉매 설계를 제안한 것에 대한 실용성을 인정받아 Applied Surface Science (JCR 제공 기준, 2024년 IF:6.9, JCR 상위 10.4%)에 게재되었음.						
2	고창현	10063385	이공계열	촉매화학공학	학술지 논문	① Sung-Bin Choi, Da-Bin Kang, Su-Ji Kim, Gwan-Joong Park, Woohyun Kim*, <u>Chang Hyun Ko</u> *	
						② Dependence of precipitant addition methods on the structural and catalytic properties of La-Ce mixed oxide support for catalytic methane decomposition	
						③ International Journal of Hydrogen Energy (IF=8.3)	
						④ Volme 145, 1108-1117	
						⑤ 0360-3199	
						⑥ 1	
						⑦ 2025	
						⑧ j.ijhydene.2025.06.139	
	키워드(한글)		La-Ce 복합 산화물	메탄 직접 분해	불균일 지지체	금속-지지체 상호작용	침전제 투입 방법
	키워드(영문)		La-Ce mixed oxide support	Catalytic decomposition of methnae	Inhomogeneity support	Metal-support interaction	Precipitant addition method
- 공침법으로 La-Ce 복합 산화물을 합성하면서 교반 시간, 침전제 양, 세척 방법, 침전제 투입 방식을 변수로 설정하여 지지체 및 촉매의 구조적·촉매적 특성을 분석하고 성능을 평가함. - 촉매 성능에 가장 큰 영향을 주는 요인은 침전제 투입 방식을 규명함. 점적 투입 방식으로 침전제를 투입할 경우, 지지체의 구조적 불안정성을 초래하여 니켈 입자의 급격한 응집과 촉매와 지지체의 결합력 저하로 이어졌고, 이로 인해 탄소 수율이 114 wt%에 머물렀음. 반면, 침전제를 한 번에 투입할 경우, 균일한 지지체 형성을 유도하여 니켈 입자의 분산도와 지지체와의 결합력을 향상시켰고, 결과적으로 156 wt%의 높은 탄소 수율을 달성함. - 본 연구 논문은 대량 합성과 상용화 측면에서 공정 안정성, 재현성, 경제성 확보에 중요한 의미를 가진다는 실용성을 인정받아 International Journal of Hydrogen Energy (JCR 제공 기준, 2024년 IF: 8.3, JCR 상위 13.5%)에 게재되었음.							
3	고창현	10063385	이공계열	촉매화학공학	학술지 논문	① Gwan-Joong Park, Su-Ji Kim, <u>Chang Hyun Ko</u> *	
						② Pore-size controlled Ni/Al ₂ O ₃ catalyst for methane reforming via mechanochemical one-pot synthesis	
						③ Applied Catalysis A: General (IF=4.8)	
						④ Volme 706, 120500	
						⑤ 0926-860X	
						⑥ 1	
						⑦ 2025	
						⑧ 10.1016/j.apcata.2025.120500	
	키워드(한글)		기계화학	원팟 합성	메탄 개질	니켈	알루미나
	키워드(영문)		Mechanochemistry	One-pot synthesis	Dry reforming	Nickel	Alumina
- 기계화학적 원팟 합성으로 5 wt.% Ni/Al₂O₃ 촉매를 제조하고, 합성 시 H₂O : AIP 물비를 바꿔 기공 크기·부피를 체계적으로 조절했음. - DRM(700 °C, 100 h) 평가에서 초기 활성은 기공과 무관하게 유사했으나, 탈활성의 주원인인 코크는 기공 구조에 크게 좌우됨: 작은 기공 → 코크 축적↑, 큰 기공 → 물질 전달 개선으로 코크 억제. - 본 연구 논문은 고온 가스상 반응에서도 기공 구조가 촉매 안정성의 핵심 변수임을 입증했으며, 기계화학 원팟 합성이 고급 촉매 설계 전략을 인정받아 Applied Catalysis A, General (JCR 제공 기준, 2024년 IF: 4.8, JCR 상위 27%)에 게재되었음.							
4	고창현	10063385	이공계열	촉매화학공학	학술지 논문	① Su-Ji Kim, Yeon Jeong Yu, Sung-Bin Choi, Byung Sun Yoon, Gwan-Joong Park, Da-Bin Kang, <u>Chang Hyun Ko</u> *	
						② Control of spatial nickel distribution inside pellet	

						catalysts for reforming of biogas with additional steam
						③ International Journal of Hydrogen Energy (IF=8.3)
						④ Volme 157, 150443
						⑤ 0016-2361
						⑥ 1
						⑦ 2025
						⑧ 10.1016/j.ijhydene.2025.150443
						키워드(한글) 바이오가스 복합 개질 에그셸 펠렛 촉매 탄소 침적 저항 Ni 공간적 분포
5	김도형	10056121	이공계열	화학공학	학술지 논문	키워드(영문) Biogas Combined reforming of methane Egg-shell pellet catalyst Coke resistance Spatial nickel distribution
						- 바이오가스의 $\text{CH}_4 \cdot \text{CO}_2$와 H_2O를 활용하는 CRM 공정에서 코크에 의한 촉매 비활성화를 억제하기 위해 $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 에그셸형 펠렛 촉매를 개발하고, 간소화된 DWI(개선 습식 함침) 방법으로 니켈을 펠렛 외곽(겉질 두께 0.10 mm 등)에 선택적으로 분포시켜 표면 Ni 농도를 높이고 반응물 접근성, 저온 환원성을 향상시켰음 - 온도 구간 700-800 °C,에서 평가한 결과, 2E-T0.1(2 wt.% Ni, 0.10 mm)가 동종(homo)형 대비 $\text{CH}_4 \cdot \text{CO}_2$ 전환, 장기 안정성(700 °C, 20 h), 코크 저항성이 가장 우수했으며, 증기 비를 조절하여 H_2-rich 합성가스 (H_2/CO) 조성(예: O/C 1.3에서 $\text{H}_2/\text{CO} \approx 2.0$) 확보가 가능함을 확인했음 - 본 연구 논문은 International Journal of Hydrogen Energy에 게재되었으며 (JCR 제공 기준, 2024년 IF: 8.3, JCR 상위 13.5 % (ELECTROCHEMISTRY)에 게재되었음.
						① Selvaraj Seenivasan, Miyeon Kim, Jeong Woo Han, Do-Heyoung Kim*
						② Minimal doping approach to activate lattice oxygen participation in K_2WO_4 electrocatalysts for oxygen evolution reaction
						③ Applied Catalysis B: Environment and Energy (IF=22.1)
						④ 358, 124423
						⑤
						⑥
6	김도형	10056121	이공계열	화학공학	학술지 논문	⑦ 2024.12
						⑧ https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2024.124423
						키워드(한글) 텅스텐질화물 격자 재구조화 해수전기분해
						키워드(영문) Tungsten nitride Lattice Reconstruction Seawater electrolysis
						- Fe 도핑은 K_2WO_4 전기 촉매에서 산소 공공 형성과 격자 산소 메커니즘을 유도한다는 전기화학적 성능 향상 원인을 규명하였음. - 본 연구 논문은 위와 같은 연구 결과의 우수성을 인정받아 화학공학 분야의 저명한 학술지인 Applied Catalysis B: Environment and Energy (JCR 제공 기준, 2024년 IF: 22.1, JCR 상위 0.9%)에 게재되었음.
						① Selvaraj Seenivasan, Sangeeta Adhikari, Amarnath T Sivagurunathan, Do-Heyoung Kim
						② Supercapatteries: unlocking the potential of battery-supercapacitor fusion
						③ Energy & Environmental Science (IF=31)
7	박용일	10918350	이공계열	나노소재	학술지 논문	④ 18(3)
						⑤ 1054-1095
						⑥
						⑦ 2025.02.07
						⑧ https://doi.org/10.1039/D4EE04348K
						키워드(한글) 슈퍼커패시터 배터리 슈퍼커패시터 융합
						키워드(영문) Supercapatteries Battery Supercapacitor Fusion
						- 이 리뷰에서는 고성능 슈퍼커패시터에서 배터리와 슈퍼커패시터의 특성을 결합할 때의 기술적·제조적 어려움과 실용적 과제, 시장 잠재력 및 응용 분야, 그리고 슈퍼커패시터의 과거·현재·미래 전망을 다루었다 - 본 연구 논문은 리뷰내용의 우수성을 인정받아 화학공학 분야의 저명한 학술지인 Energy & Environmental Science(JCR 제공 기준, 2024년 IF: 31, JCR 상위 0.4%)에 게재되었음.
						① Akash Gupta, Venkata N. K. B. Adusumalli, Song Yeul Lee, Yong Il Park*

						②	Ultrasensitive detection of CO ₃ ²⁻ and PO ₄ ³⁻ ions through forbidden charge transfer-induced luminescence enhancement using NH ₂ -MIL-101 (Fe), and its onsite real-time application in anti-counterfeiting
						③	Sensors and Actuators B: Chemical (IF=7.7)
						④	422, 136564
						⑤	0925-4005
						⑥	1
						⑦	2025
						⑧	https://doi.org/10.1016/j.snb.2024.136564
	키워드(한글)	형광 센서	금속-유기 골격체	탄산염	인산염	위조방지	
	키워드(영문)	Fluorescence sensor	MOF	Carbonate	Phosphate	Anti-counterfeiting	
	- 과잉의 탄산염과 인산염은 인체에 부정적인 영향을 미칠 수 있으며, 위조 상품의 확산은 건강상의 위험과 동시에 경제적 손실을 초래할 수 있음. 본 연구 논문에서는 Fe-MOF를 one-pot 수열합성법으로 합성하여, 탄산염 및 인산염의 농도 변화에 따른 유기 리간드에 의한 발광 변화를 통해 이러한 두 가지 문제를 동시에 해결할 수 있는 형광 센서를 개발하였음. 특히, 본 연구 논문에서 개발된 Fe-MOF 형광 센서는 탄산염과 인산염에 대해 각각 14.13 nM, 131 nM의 낮은 검출한계를 보였으며, 실제 이온 검출 실험을 통해 실용적 적용 가능성을 입증하였음. - 본 연구 논문은 위와 같은 연구 결과의 우수성을 인정받아 기기 및 계측 분야의 저명한 학술지인 Sensors and Actuators B: Chemical (JCR 제공 기준, 2024년 IF: 7.7, JCR 상위 1.9%)에 게재되었음.						
8	박용일	10918350	이공계열	나노소재	학술지 논문	①	Akash Gupta, Biswajit Mahanty, Sang Hyun Lee, Hyeon Jung Yu, Dong-Weon Lee*, <u>Yong Il Park*</u>
						②	Boosting Triboelectric Performance with In Situ Prussian Blue-Decorated MXene Nanocomposites in P(VDF-TrFE) and Nylon-11 Nanofibers for Self-Powered Photodetectors
						③	Small (IF=12.1)
						④	21(32), 2504367
						⑤	1613-6810
						⑥	2
						⑦	2025
						⑧	https://doi.org/10.1002%2Fsmall.202504367
	키워드(한글)	프러시안 블루	맥신	마찰전기 나노발전기	웨어러블		
	키워드(영문)	Prussian blue	MXene	Triboelectric nanogenerator	Wearable		
	- 기존의 P(VDF-TrFE) 기반 마찰전기 나노발전기(TENG)는 비전도성과 낮은 유전상수로 인해 출력 성능이 제한됨. 본 연구 논문에서는 in-situ 성장법을 통해 프러시안 블루 나노입자가 MXene 표면에 균일하게 분산되도록 제어함으로써 전기화학적 활성면적이 증가하였고, 이로 인해 전하 이동 경로가 단축되어 전기적 응답성이 향상됨을 확인하였음. 전하 트래핑 메커니즘 분석 결과, 프러시안 블루의 정전기적 포획 기능이 마찰 계면에서 생성된 전하의 손실을 억제하여 TENG의 성능 및 안정성의 향상을 확인하였음. - 본 연구 논문은 위와 같은 연구 결과의 우수성을 인정받아 재료과학 분야의 저명한 학술지인 Small (JCR 제공 기준, 2024년 IF: 12.1, JCR 상위 7.2%)에 게재되었음.						
9	이상현	10136006	이공계열	나노소재	학술지 논문	①	Jin Yeong Ahn [†] , Hyesu Ryu, Ye-eun Kim, Junwoo Kim, Seog Woo Lee, Ji Eun Lee, Tae-Wook Kim, Hyoung J. Cho, <u>Sang Hyun Lee*</u>
						②	Effect of interfacial layer incorporation in electroplated copper-graphene composites on thermal conductivity
						③	Journal of Alloys and Compounds (IF=6.3)
						④	1021, 179762
						⑤	1873-4669
						⑥	1
						⑦	2025
						⑧	10.1016/j.jallcom.2025.179762
	키워드(한글)	그래핀-금속	계면층	등방성 열전도도	전해도금		

			복합소재				Isotropic thermal conductivity		Electroplating	
	키워드(영문)		Graphene-metal composites		Interlayer					
- 고성능 전자기기에서 발생하는 열을 효율적으로 관리하기 위한 방열 소재가 중요해지고 있음. 그래핀은 매우 뛰어난 열전도 특성(약 5000 W/m²K⁻¹)을 가지나, 평면 방향과 수직 방향 간의 열전도도 차이가 큰 이방성(anisotropy) 문제 및 금속(구리)과의 약한 계면 결합력으로 인한 열 저하 한계를 가짐. 본 연구 논문에서는 3차원 그래핀 폼(GF)을 사용하여 열적 이방성을 해결하고, Ti 계면층을 도입하여 구리(Cu)와의 결합력을 강화함으로써 높은 등방성 열전도도를 갖는 복합소재를 제작하였음. - 본 연구 논문은 위와 같은 연구 결과의 우수성을 인정받아 화학공학 분야의 저명한 학술지인 Journal of Alloys and Compounds (JCR 제공 기준, 2024년 IF: 6.3, JCR 상위 11.3%)에 2025년도에 게재되었음.										
10	이상현	10136006	이공계열	나노소재	학술지 논문	①	Dong Yeong Kim, Hokyun Rho, Eunyoung Lee, Junwoo Kim, Sukang Bae, Tae-Wook Kim* & Sang Hyun Lee*			
						②	Interfacial control for uniformly depositing oxide dielectrics in top-gate graphene field-effect transistors			
						③	Carbon Letters (IF=5.8)			
						④	Volume 35, 2299-2305			
						⑤	2233-4998			
						⑥	1			
						⑦	2025			
						⑧	10.1007/s42823-025-00923-5			
	키워드(한글)		그래핀		유전체		전계 효과 트랜지스터		계면층	
	키워드(영문)		Graphene		Dielectrics		Field-effect transistor		Interfacial layer	
- 그래핀과 같은 2D 소재는 표면이 화학적으로 비활성이므로 그래핀 기반 전자기기는 고성능 소자에 필수적인 고유전율(high-k) 유전체막을 증착하기 어렵다는 큰 한계가 있음. 본 연구 논문에서는 그래핀과 HfO₂ 유전체막 사이에 티타늄(Ti) 금속 계면층을 도입하여, Ti 계면층은 원자층 증착(ALD) 공정 중에 TiO₂로 산화되면서 HfO₂ 유전체막이 매끄럽고 균일하게 증착되도록 함. 이 계면 제어 기술을 통해 상부 게이트(top-gate) 그래핀 트랜지스터의 성능이 극적으로 향상되어, 디락 전압(Dirac voltage) 이동이 0에 가깝게 줄어들고 subthreshold swing 값은 100배(two orders of magnitude)나 감소하였음 - 본 연구 논문은 위와 같은 연구 결과의 우수성을 인정받아 화학공학 분야의 저명한 학술지인 Carbon Letters (JCR 제공 기준, 2024년 IF: 5.8, JCR 상위 23.0%)에 2025년도에 게재되었음.										
11	이상현	10136006	이공계열	나노소재	학술지 논문	①	Hyunjung Lee*, Jung Sun Kwon, Min Hyeok Kim, Hak-Jong Choi, Tae-Wook Kim, Sang Hyun Lee*			
						②	Swift and precise detection of unlabeled pathogens using a nanogap electrode impedimetric sensor facilitated by electrokinetics			
						③	Talanta (IF=6.1)			
						④	Volume 280, 126670			
						⑤	0039-9140			
						⑥	1			
						⑦	2024			
						⑧	10.1016/j.talanta.2024.126670			
	키워드(한글)		나노갭		센서		유전분극		병원체	
	키워드(영문)		Nanogap		Sensor		Dielectrophoresis		Pathogen	
- 인간의 건강과 환경 보호를 위해 다양한 물질을 함유한 시료에서 병원성 세균을 신속하게 검출할 수 있는 고성능의 사용자 친화적 바이오센서에 대한 수요가 증가하고 있음. 본 연구에서는 유전분극(DEP) 메커니즘을 활용하는 나노갭 전극 기반 순수 전기적 임피던스 센서를 제시하였음. 본 나노갭 센서는 분리, 정제 또는 특정 리간드 결합 없이도 완충액 및 음용 우유에서 1~10 세포/분석과 같은 극미량 농도의 병원체를 직접적이고 민감하게 검출할 수 있음. 이는 나노갭 임피던스 센서에서 전기 이중층 효과와 전극 분극을 최소화하여 신호 손실을 줄임으로써 달성함. 또한 낮은 DEP 전압에서도 나노갭 센서는 나노갭 전극 간에 강력한 DEP 힘을 신속히 형성하여 전극 주변 병원체의 공간적 농도를 제어할 수 있음. 이는 나노갭에 정렬된 병원체를 따라 전극 간 신호 전달을 활성화 및 안정화시켜 감도를 높이고 반복 측정 시 오류를 줄임. - 본 연구 논문은 위와 같은 연구 결과의 우수성을 인정받아 화학 분석 분야의 저명한 학술지인 TALANTA (JCR 제공 기준, 2024년 IF: 6.1, JCR 상위 12.2%)에 2024년도에 게재되었음.										
12	이상현	10136006	이공계열	나노소재	학술지 논문	①	Panju Kim, Minjin Kim, Ga-Eun Kim, Eunyoung Lee, Byung Joon Moon, Yong Il Park, Sang Hyun Lee*			
						②	Excitonic properties of deep-blue emitting fragmented			

							CsCl: Eu ²⁺ nanocrystals
						③	Surfaces and Interfaces (IF=6.3)
						④	Volume 54, 1052105
						⑤	2468-0230
						⑥	2
						⑦	2024
						⑧	10.1016/j.surfin.2024.105210
	키워드(한글)	나노결정	광루미네선스	청색발광	포논		
	키워드(영문)	Nanocrystal	Photoluminescence	Blue emission	Phonon		
	- 본 연구에서는 핫 인젝션 법을 통해 다결정 CsCl:Eu²⁺ 나노결정을 성장시킴. CsCl:Eu²⁺ 나노결정은 유기 용매에 분산시켜 수 나노미터 크기의 입자로 분쇄되었으며, 자외선 하에서 강한 진한 청색 발광을 나타냄. 실온에서 410 nm 부근에서 엑시톤 발광이 관찰되었으며, 반폭은 37.8 nm, 광발광 양자 수율은 4.1%였다. 또한 평균 엑시톤 수명은 6.45 ns로 측정됨. 10 K에서 300 K의 온도 범위에서 엑시톤 발광 강도는 점차 감소하는 반면, 피크 위치의 에너지는 온도 상승에 따라 약간 증가하는 것으로 나타남. 이 결과로부터 엑시톤 결합 에너지와 평균 중방향 포논 에너지는 각각 약 29meV와 13meV로 계산되었으며, 이는 유사한 Cs 계열 페로브스카이트의 에너지 계산과 유사한 수준임. 열팽창과 전자-포논 상호작용 또한 온도에 따라 꾸준히 증가했으며, 이 두 현상은 단조로운 청색 이동을 초래하였음. - 본 연구 논문은 위와 같은 연구 결과의 우수성을 인정받아 재료 분야의 국제 학술지인 Surfaces and Interfaces (JCR 제공 기준, 2024년 IF: 6.3, JCR 상위 14.6%)에 2025년도에 게재되었음.						
13	이윤성	10090670	이공계열	이차전지 소재	학술지 논문	①	Manohar Akshay, Shaji Jyothilakshmi, Yun-Sung Lee*, Vanchiappan Aravindan*
						②	CuS modified graphite from spent Li-ion batteries towards building high energy Na-ion capacitors via solvent-co-intercalation process
						③	Chemical Engineering Journal (IF=13.2)
						④	498, 155462
						⑤	1385-8947
						⑥	1
						⑦	2024
						⑧	https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894724069535
	키워드(한글)	소듐-이온 커패시터	그래파이트	공용매 삽입 반응			
	키워드(영문)	Sodium-ion Capacitor	Graphite	Solvent-co-intercalation			
	- 본 연구 논문은 폐리튬이온전지(spent LIBs)로부터 회수한 흑연 전극을 CuS(황화구리)로 변형한 복합체(CuS modified graphite, RG-CS)를 이용하여, 고에너지 · 고안정성 나트륨 이온 커패시터(Na-ion Capacitor, NIC)를 구현한 연구임. 환경오염의 원인이 되는 폐전지를 재활용하면서도 고성능 에너지 저장 장치를 제작할 수 있음을 입증하였음. - 본 연구에서는 수용액 기반 친환경 합성법을 통해 Cu foil과 흑연을 분리하지 않고 CuS-graphite 복합체를 합성하였으며, solvent-co-intercalation(공용매 삽입) 메커니즘을 활용하여 나트륨 이온이 그래파이트 층 사이에 안정적으로 삽입 · 탈리될 수 있도록 설계하였음. 그 결과, 500회 이상 충방전 후에도 113 mAh g⁻¹의 용량과 96% 이상의 쿨롱 효율, 10,000회이상의 장기 사이클 후 85% 이상의 용량 유지율을 달성하였음. - 이를 통해 재활용 소재를 활용한 고성능 나트륨 이온 커패시터의 상용화 가능성을 제시하였으며, 친환경 · 고효율 에너지 저장 기술 발전에 기여함. 본 논문은 화학공학 분야의 국제 저명 학술지 Chemical Engineering Journal (JCR 기준, 2024년 IF: 13.2, 상위 4.5%)에 게재되었음						
14	하준석	10100977	이공계열	전기화학공학	학술지 논문	①	Jiwon Heo, Chaewon Seong, Hyojung Bae, Vishal Burungale, Pratik Mane, Soon Hyung Kang, Jun-Seok Ha*
						②	Suppressing the Catalytic Barriers in Cu ₂ O Electrocatalyst via Cu Electron Transport Interlayer for Enhanced CO ₂ Reduction Efficiency
						③	Journal of Electrochemical Science and Technology (IF=3.0)
						④	16(2), 216-226
						⑤	2352-152X
						⑥	1

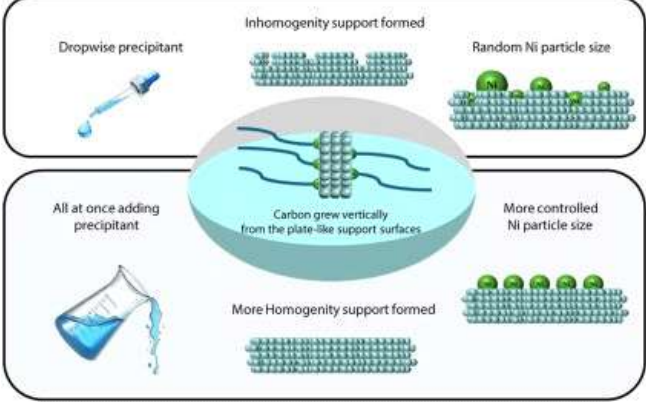
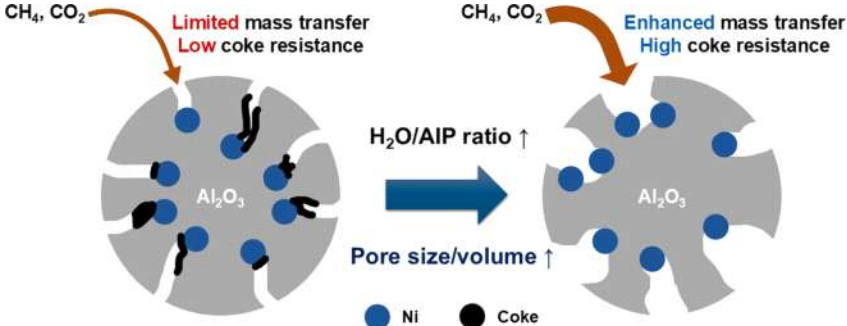
						⑦ 2025
						⑧ https://doi.org/10.33961/jecst.2024.01137
	키워드(한글)	전기화학적 CO ₂ 환원	구리	산화구리	가스확산전극	
	키워드(영문)	Electrochemical CO ₂ reduction	Copper	Copper Oxide	Gas Diffusion Electrode	
	- 본 논문은 Cu₂O 전극의 전자전달 향상을 통한 이산화탄소 환원 효율 제고 연구에 대한 내용임. 본 연구에서는 Cu 중간층(interlayer)을 도입하여 전하이동저항을 감소시키고 활성표면적을 확장함으로써 촉매의 선택도와 안정성을 동시에 개선하였음. 그 결과, 포름산 생성 효율이 크게 향상되고 수소 발생 반응이 억제되었으며, 이는 Cu/Cu₂O 계면의 전자 전달 및 중간체 안정화 효과에 기인한 것임을 규명함. - 본 연구 논문은 화학공학 분야의 저명한 학술지인 Journal of Electrochemical Science and Technology (JCR 제공 기준, 2024년 IF: 3.0, JCR 상위 53.4%)에 게재되었으며, 고효율 CO₂ 전환 촉매 설계 전략 제시에 기여할 것으로 기대됨.					
15	하준석	10100977	이공계열	전기화학공학	학술지 논문	① Pratik Mane Vijaysinh, Vishal Burungale, Hyojung Bae, Chaewon Seong, Jiwon Heo, Sang-Wan Ryu, Soon-Hyung Kang, Jun-Seok Ha*
						② Empowering metal oxide photoanodes via zeolitic imidazolate frameworks for efficient photoelectrochemical water splitting: Current advances and future perspectives
						③ Renewable and Sustainable Energy Reviews (IF=16.3)
						④ 202, 114671
						⑤ 1364-0321
						⑥ 1
						⑦ 2024
						⑧ https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114671
	키워드(한글)	제올라이트 이미다졸레이트 골격체	광전극	물분해	수소발생반응 / 산소발생반응	
	키워드(영문)	Zeolitic imidazolate framework (ZIF)	Photoelectrodes	Water splitting	Hydrogen evolution reaction (HER) / Oxygen evolution reaction (OER)	
	- 본 논문은 ZIF 기반 금속산화물 광전극의 광전기화학적 물분해 효율 향상 연구에 대한 리뷰논문임. 본 리뷰에서는 ZIF-8과 ZIF-67을 TiO₂, BiVO₄, ZnO 등 금속산화물 전극에 도입하여 전하 분리와 산소 발생 반응을 촉진하는 등, 광부식 저항성과 안정성을 향상시킨 연구 사례를 모아 분석하였음. - 이 리뷰는 ZIF를 이용한 광전극 개질 전략을 종합적으로 제시한 리뷰 논문으로, 다양한 연구 사례를 체계적으로 분석함으로써 향후 고효율 PEC 물분해 전극 설계를 위한 방향성과 전략을 제공함. 이에 따라 화학공학 분야의 저명한 학술지인 Renewable and Sustainable Energy Reviews (JCR 제공 기준, 2024년 IF: 16.3, JCR 상위 2.4%)에 게재되었음.					
16	한대훈	12591028	이공계열	기능성 고분자	학술지 논문	① Chen Yang, Yueping Wang, Hyunggyu Kim, Paul Wang, Daehoon Han*, Howon Lee*
						② Shape Memory Polymer-Based Hook-and-Loop Fastener for Robust Bonding and on-Demand Easy Separation
						③ Advanced Engineering Materials (IF=3.3)
						④ 27(13), 2500114
						⑤ 1438-1656
						⑥ 1
						⑦ 2025
						⑧ https://doi.org/10.1002/adem.202500114
	키워드(한글)	3D 프린팅	후크-루프식 체결재	프로젝션 마이크로 스테레오리소그래피	형상 기억 고분자	
	키워드(영문)	3D printing	Hook-and-loop fasteners	Projection microstereolithography	Shape memory polymers	
	기존의 후크-루프 체결재는 높은 분리력이 필요하다는 한계를 지니고 있으나, 본 연구에서는 형상기억고분					

			자(SMP)를 이용하여 온도 조절을 통해 결합 및 분리 강도를 조절할 수 있는 3D 후크-루프 체결재를 구현하였음. SMP 후크 패치는 프로젝션 마이크로 스테레오리소그래피와 몰딩 공정을 통해 미세 후크 배열 형태로 제작되었으며, 상온에서 강한 결합력을 보임. - 가열 시 탈착력이 현저히 감소하여 온도 제어에 따른 손쉬운 분리가 가능하였으며, 분리 과정 중 변형된 후크 구조는 재가열 시 복원되어 반복 사용이 가능함을 확인함. - 본 연구 논문은 위와 같은 연구 결과의 창의성과 우수성을 인정받아 국제 저널인 Advanced Engineering Materials (JCR 제공 기준, 2024년 IF: 3.3, JCR 상위 49.1%)에 게재되었음.			
17	한대훈	12591028	이공계열	고분자 재료	학술지 논문	① Hyojun Lee, Giyeong Nam, <u>Daehoon Han*</u>
						② Polydopamine-coated double emulsion capsules for on-demand drug release with reduced passive leakage
						③ Scientific Reports (IF=3.9)
						④ 15(1), 31112
						⑤ 2045-2322
	키워드(한글)	이중 에멀전 캡슐	약물 방출	미세유체공학	폴리도파민 코팅	수동 누출
	키워드(영문)	Double emulsion capsules	Drug release	Microfluidics	Polydopamine coating	Passive leakage
	키워드(한글)	이중 에멀전 캡슐	약물 방출	미세유체공학	폴리도파민 코팅	수동 누출
18	홍창국	10086451	이공계열	전자/재료공학	학술지 논문	① Jyoti V. Patil, Sawanta S. Mali, Jun Sung Jang, Jin Hyeok Kim*, <u>Chang Kook Hong*</u>
						② Approaching 24% Efficiency in Four-Terminal Perovskite/CZTSSe Tandem Solar Cells Using Diphenylammonium Chloride Additive-Based Wide-Bandgap Perovskite Absorber
						③ Small (IF=12.1)
						④ 21(14), 2501121
						⑤ 1613-6810
	키워드(한글)	페로브스카이트	탠덤	염화디페닐암모늄	와이드 밴드갭	
	키워드(영문)	Perovskite	Tandem	Diphenylammonium Chloride	Wide-Bandgap	
19	홍창국	10086451	이공계열	전자/재료공학	학술지 논문	① Pavan M. Kodam, Sawanta S. Mali, Jyoti V. Patil, Ajit S. Mali, Gopal K. Kulkarni, <u>Chang Kook Hong*</u>
						② Stable Lead Acetate-Mediated CsPbI ₂ Br Inorganic Perovskite Solar Cells Achieving 1.323 V Open-Circuit Voltage

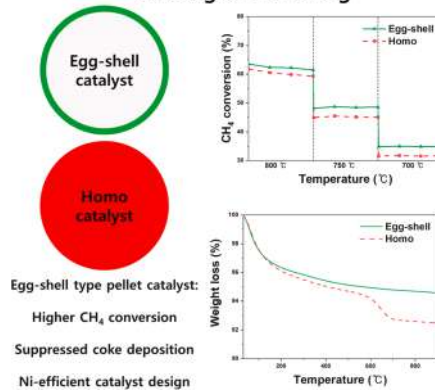
						③ ACS Applied Energy Materials (IF=5.6)
						④ 8, 12168-12176
						⑤ 2574-0962
						⑥ 1
						⑦ 2025
						⑧ 10.1021/acsaem.5c01649
	키워드(한글)	납 아세테이트	무기 페로브스카이트	태양전지	개방회로 전압	
	키워드(영문)	Lead Acetate	Inorganic Perovskite	Solar cell	Open-Circuit Voltage	
	- 안정적인 납 아세테이트 매개 CsPbI₂Br 무기 페로브스카이트 태양전지, 1.323V 개방 회로 전압 연구에 대한 내용임. 본 연구에서는 납 아세테이트 Pb(Ac)₂ 첨가제를 사용하여 주변상 CsPbI₂Br (x = 1)을 성공적으로 안정화시킴. Pb(Ac)₂는 결정화 과정을 조절하고 CsPbI₂Br의 광활성 블랙 상을 안정화하는 데 중요한 역할을 함. 전구체 용액에 5% Pb(Ac)₂를 포함시킴으로써, PCE가 12.33%에서 16.04%로 증가하는 등 장치 성능이 향상됨. - 본 연구 결과는 ACS Applied Energy Materials에 게재되어, 태양전지 성능과 더불어 장기 안정성을 향상시킬 수 있을 것으로 예상됨. (피인용수=0, IF=5.5, JCR 상위 28.7%)					
20	홍창국	10086451	이공계열	전자/재료공정공학	학술지 논문	① Jyoti V. Patil, Sawanta S. Mali, Chang Kook Hong*
						② Exceeding 23% Efficiency for 3D/3D Bilayer Perovskite Heterojunction MAPbI ₃ /FAPbI ₃ -Based Hybrid Perovskite Solar Cells with Enhanced Stability
						③ Advanced Functional Materials (IF=19.0)
						④ 35, 2408721
						⑤ 1616-301X
						⑥ 1
						⑦ 2025
						⑧ 10.1002/adfm.202408721
	키워드(한글)	3D/3D 이중층 페로브스카이트	이중접합	MAPbI ₃ /FAPbI ₃ 기반	하이브리드 태양전지	
	키워드(영문)	3D/3D Bilayer Perovskite	Heterojunction	MAPbI ₃ /FAPbI ₃ -Based	Hybrid Solar Cells	
	- 안정성이 향상된 3D/3D 이중층 페로브스카이트 이중접합 MAPbI₃/FAPbI₃ 기반 하이브리드 페로브스카이트 태양전지의 효율성 향상 연구에 대한 내용임. 본 연구에서는 이중층 3D/3D 메틸암모늄 납 아이오다이드 (MAPbI₃)/포름아미디늄 납 아이오다이드(FAPbI₃) 기반 페로브스카이트 헤테로 접합(BPHJ)의 특성과 성능을 토대로, 두 개의 페로브스카이트 흡수체를 두 개의 전하 수송층 사이에 삽입하여 기능성 장치를 제조했음. - 본 연구 결과는 Advanced Functional Materials에 게재되어, 기존장치에 비해 23.08%의 향상된 PCE를 보여 페로브스카이트 장치의 다양한 환경 조건에서 주변 및 열적 안정성이 향상될 것으로 기대됨(피인용수=12, IF=19.0, JCR 상위 4.5%)					

② 교육연구단(팀)의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물 (최근 1년 2024.9.1.-2025.8.31.)

연번	대표연구업적물 설명
1	$\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_{(s)} + 2\text{H}_{2(g)}$, Methane Decomposition Accessible Ni⁰ location Inaccessible Carbon Yield (wt.%) CNTs Diameter (nm) - 메탄 직접 분해 반응은 고상의 탄소 생성물이 발생하는 반응으로서, 탄소생성물로 인해 반응의 진행에 방해받을 수 있음. - 본 연구에서는 용융침침법으로 활성물질이 지지체 기공의 내/외부에 집중적으로 담지되어있는 촉매를 제조하였고, 이를 통해 지지체 기공의 외부에 담지되어야 촉매 반응성이 높게 유지된다는 것을 보여줌. - 특히, 활성물질이 기공 외부에 담지될 경우 탄소생성물의 graphitic properties가 높아지는 등 추가적인

	이점이 발생하는 것으로 밝혀져 메탄 분해를 위한 적합한 촉매 설계 방법을 제안하였음. - 관련논문: B S Yoon, J R Youn, W G Jung, G J Park, S B Choi, S J Kim, W Kim, C H Ko, Catalytic methane decomposition using Ni supported on mesoporous SiO₂ catalyst: Ni position-dependent carbon yield change, <i>Applied Surface Science</i> 692, 162731 (2025) - IF: 6.9 (JCR 상위 10.4%)
2	 - 메탄 직접 분해(CDM)는 CO₂ 배출 없이 수소와 탄소만 생성되는 친환경 수소 생산 공정으로, 촉매 성능은 지지체 구조에 크게 영향을 받음. - 본 연구에서는 공침법으로 La-Ce 지지체를 합성하고 합성 변수 중 침전제 투입 방식이 촉매 성능에 미치는 영향을 분석하고 평가하였음. - 점적 투입 시 지지체 구조 불안정과 Ni 응집으로 탄소 생성량이 낮았고(114 wt%), 일괄 투입 시 Ni 분산 향상으로 탄소 생성량이 높았으며(156 wt%), 이를 통해 침전제 투입 방식이 고성능 CDM 촉매 대량 합성의 핵심 공정 변수임을 확인하였음. - 관련논문: S B Choi, D B Kang, S J Kim, G J Park, W Kim, C H Ko, Dependence of precipitant addition methods on the structural and catalytic properties of La-Ce mixed oxide support for catalytic methane decomposition. <i>International Journal of Hydrogen Energy</i> 145, 1108-1117 (2025) - IF: 8.3 (JCR 상위 13.5%)
3	 - 본 연구는 5 wt.% Ni/Al₂O₃ 촉매를 기계화학적 원판 합성으로 제조하고, 합성 중 H₂O : AIP 물비를 조절해 기공 크기·부피를 체계적으로 키움. - DRM(700 °C, 100 h)에서 초기 활성화는 유사했지만, 코크 형성은 기공 구조에 크게 좌우되며, 작은 기공은 확산 제한으로 코크의 양이 증가하고, 큰 기공은 물질 전달 개선으로 코크가 억제됨(M-NiAl-3의 코크 2.2 % vs M-NiAl-1의 12.8 % 등)을 확인하였음. - 고온 가스상 반응에서도 기공 구조가 탈활성의 핵심 변수이며, 기계 화학 원판 합성이 안정한 개질 촉매 설계의 유효한 전략임을 확인하였음. - 관련논문: G J Park, S J Kim, C H Ko, Pore-size controlled Ni/Al₂O₃ catalyst for methane reforming via mechanochemical one-pot synthesis, <i>Applied Catalysis A: General</i> 706, 120500 (2025) - IF: 4.8 (JCR 상위 27%)

Control of spatial Ni distribution inside pellet for biogas reforming

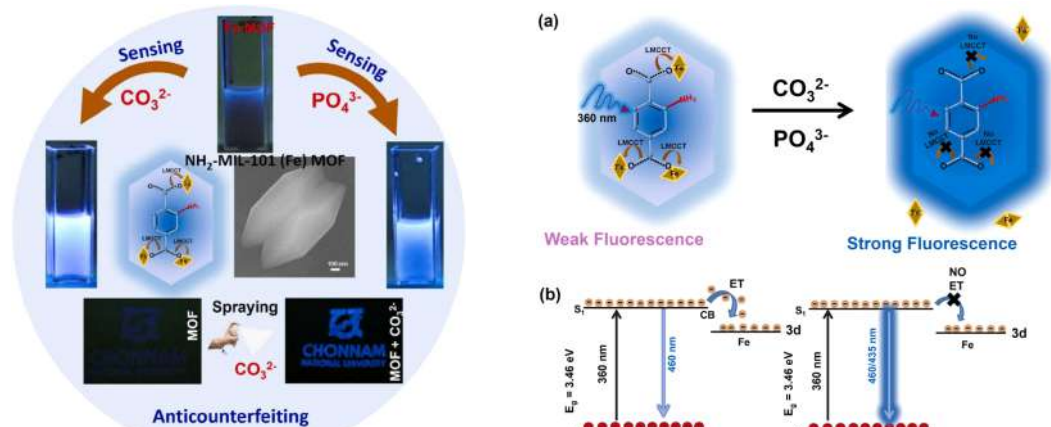


4

- 본 연구는 DWI(개선 습식 함침)로 합성한 Ni/Al₂O₃ 에그셸형 펠릿 촉매가 CRM 공정에서 코크로 인한 Ni 촉매 비활성화를 억제하고 성능·내구성을 향상시킬 수 있음을 보여주었음.
- DWI로 Ni를 펠릿 외곽(겉질 두께 0.10-0.50 mm)에 선택적으로 분포시켜 표면 Ni 농도 증가, 반응물 접근성 개선, 저온 환원성 향상을 달성(분산은 낮아도 효과성 인자 우세)하였음.
- 700-800 °C 평가 및 700 °C 20 h 장시간 평가에서 2E-T_{0.1} (2 wt.% Ni, 0.10 mm)가 CH₄·CO₂ 전환, 장기 안정성, 코크 저항성 모두 homo형 대비 우수함을 확인하였으며, 증기 비(O/C 1.2-1.5) 조절로 H₂-rich 합성가스(H₂/CO ≈ 2.0-2.3) 생산이 가능함을 확인하였음.

- **관련논문:** S J Kim, Y J Yu, S B Choi, B S Yoon, G J Park, D B Kang, C H Ko, Control of spatial nickel distribution inside pellet catalysts for reforming of biogas with additional steam, *International Journal of Hydrogen Energy* 157, 150443 (2025)

- IF: 8.3 (JCR 상위 13.5%)

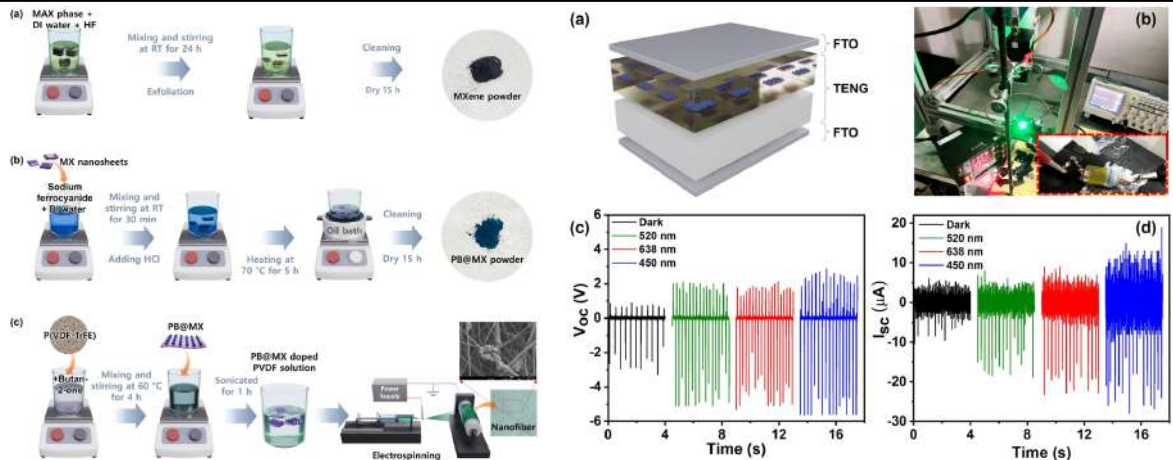


5

- 본 연구에서는 수열 합성법을 통해 2-aminoterephthalic acid와 Fe³⁺ 금속 이온으로 구성된 NH₂-MIL-101(Fe) 금속-유기 골격체(MOF)를 합성하여, 환경 내 유해 이온인 탄산염과 인산염을 검출하는 동시에 위조방지용 발광 잉크로의 활용 가능성을 제시하였음.
- 합성된 Fe-MOF는 리간드-금속 간 전하이동으로 발광이 약하지만, 탄산염 또는 인산염이 존재할 경우 전하이동이 억제되어 리간드 고유의 460 nm 부근 청색 발광이 회복되는 것을 확인하였으며, 이를 통해 전하이동-유도 발광 강화 메커니즘을 규명하였음.
- Fe-MOF 기반 센서는 탄산염에 대해 14.13 nM, 인산염에 대해 131 nM의 낮은 검출한계를 보이며, 기존 MOF 센서 대비 크게 향상된 감도와 선택성을 나타내었음. 특히 FT-IR 및 XRD 분석을 통해 탄산염 및 인산염이 Fe와 리간드 사이의 결합을 약화시켜 MOF 구조가 부분적으로 붕괴되면서 자유 리간드가 용액상으로 해리되며 강한 발광을 나타내는 구조적 변화를 확인하였음.

- **관련논문:** A Gupta, V. N. K. B. Adusumalli, S Y Lee, Y I Park, Ultrasensitive detection of CO₃²⁻ and PO₄³⁻ ions through forbidden charge transfer-induced luminescence enhancement using NH₂-MIL-101(Fe), and its onsite real-time application in anti-counterfeiting. *Sensors and Actuators B: Chemical* 422, 136564 (2025)

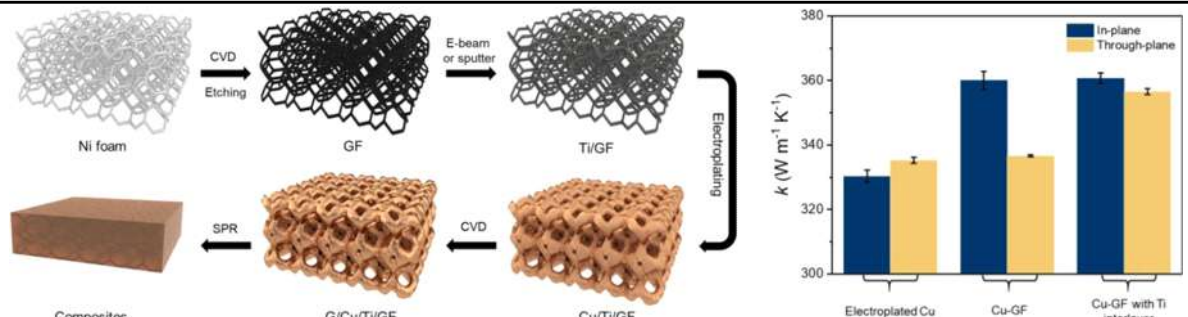
- IF: 7.7 (JCR 상위 1.9%)



- 본 연구에서는 고성능 마찰전기 나노발전기(triboelectric nanogenerator, TENG)의 구현을 위해 in-situ로 합성된 프러시안 블루(prussian blue, PB)- MXene 기반 나노복합체(PB@MXene)를 합성하였으며, 전자 전도성과 표면 전하 포획 능력을 동시에 향상시켜 에너지 수확 효율을 극대화하였음.
- PB@MXene 기반 TENG는 기존 MXene 전극 대비 약 2.5배 높은 출력전압과 향상된 출력전류를 기록하였으며, 이를 통해 소형 전자기기의 구동이 가능한 수준의 전력 밀도가 생성됨을 확인하였음.
- 특히, PB@MXene 복합체는 유연한 고분자 매트릭스 내에서도 우수한 기계적 안정성을 유지하였으며, 10,000회 이상의 반복적인 기계적 변형에서도 성능 저하가 거의 발생하지 않으며, 차세대 웨어러블 에너지 하베스팅 소자 및 자체 구동형 센서 플랫폼으로의 응용 가능성을 제시하였음.

- **관련논문:** A Gupta, B Mahanty, S H Lee, H J Yu, D W Lee, Y I Park, Boosting Triboelectric Performance with In Situ Prussian Blue-Decorated MXene Nanocomposites in P(VDF-TrFE) and Nylon-11 Nanofibers for Self-Powered Photodetectors. *Small* 21(32) 2504367 (2025)

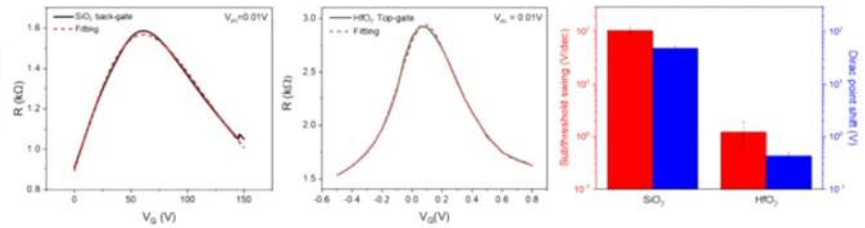
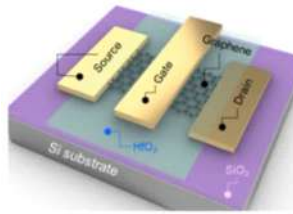
- IF: 12.1 (JCR 상위 7.2%)



- 본 연구는 고성능 전자기기의 효율적인 열 관리를 위한 방열 소재 개발을 목표로, 그래핀의 열적 이방성 및 금속(구리)과의 약한 계면 결합으로 인한 계면 열저항 문제를 해결하여 차세대 고성능 전자기기를 위한 고성능 방열소재를 제작하였음.
- 그래핀의 높은 열적 이방성을 해결하기 위해 니켈 폼을 주형으로 화학기상증착(CVD)을 통해 3차원 그래핀 폼(GF)을 합성하여 등방성 열 경로를 확보하고, 그래핀과 금속(구리)과의 약한 계면 결합을 해결하기 위해 구리(Cu) 전착 전에 초박형 티타늄(Ti) 계면층을 도입하여 그래핀-구리 계면 결합을 강화하는 전략을 제시하였음.
- Ti 계면층이 도입된 3D Cu-GF 복합소재는 그래핀 함량 0.15 vol%의 낮은 충전율에도 불구하고, 순수 전기도금 구리(약 $330\text{--}335\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$) 대비 열전도도가 약 9% 향상된 $361\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ 을 달성함. 특히, 평면 방향 $361\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ 대비 수직 방향 $357\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ 로 열전도도 비가 1.01을 나타내어 거의 완전한 등방성을 구현함. 이러한 성능 향상은 Ti 계면층에 의한 그래핀-구리 계면 접착력 증대와 스파크 플라즈마 소결(SPS)을 통한 내부 기공(<0.2%) 최소화로 계면 및 벌크 열저항을 동시에 해결함.

- **관련논문:** J Y Ahn, H Ryu, Y Kim, J Kim, S W Lee, J E Lee, T W Kim, H J Cho, S H Lee, Effect of interfacial layer incorporation in electroplated copper-graphene composites on thermal conductivity, *Journal of Alloys and Compounds*, 1021, 179762 (2025)

- IF: 6.3 (JCR 상위 11.3%)

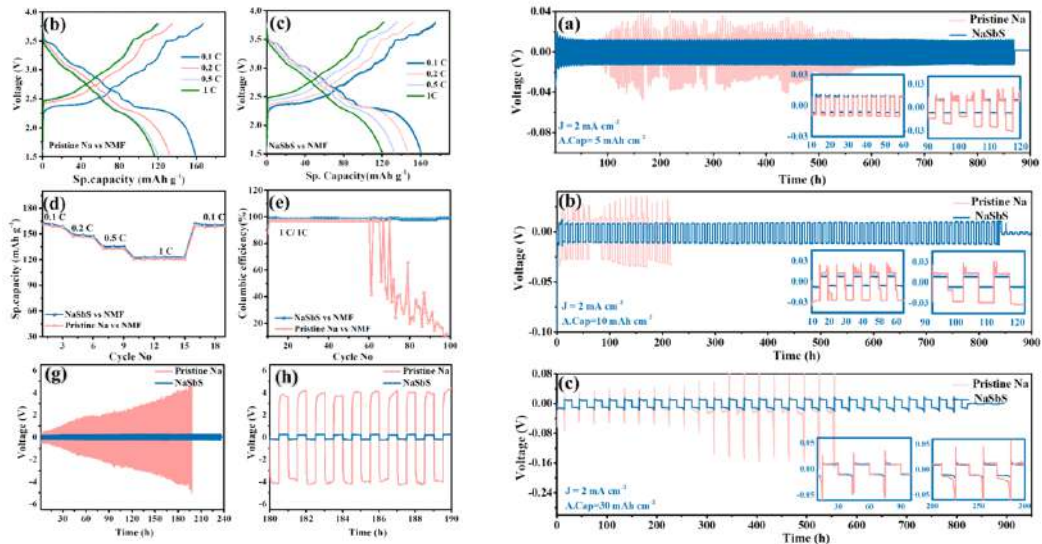


8

- 본 연구에서는 차세대 반도체 소자로 주목받는 그래핀 전계 효과 트랜지스터(FET)를 제작 시 그래핀 표면의 화학적 비활성으로 인해 고유전율(high-k) 유전체막을 원자층 증착(ALD) 방식으로 균일 증착의 한계를 극복하기 위해, 그래핀과 HfO₂ 유전체 사이에 초박형 티타늄(Ti) 금속 계면층을 삽입하는 새로운 방법을 제시함.
- Ti 계면층을 도입한 결과, 그래핀 표면 위에서도 HfO₂ 막이 균일·매끄럽게 형성되었으며 표면 거칠기가 1.769 nm에서 0.257 nm로 감소함. 또한 ALD 공정 중 Ti 계면층이 TiO₂ 로 자발 산화되어 초기 핵생성을 촉진하고 막의 접착력 및 균일도가 향상됨.
- top-gate 소자 성능 평가 결과, 기존 SiO₂ back-gate 대비 Dirac voltage 이동이 약 60 V에서 약 0.1 V로 크게 감소하였으며, subthreshold swing은 106.75 V/dec에서 1.23 V/dec로 약 100배(two orders of magnitude) 개선되어 전력 소모가 크게 감소함.
- 본 연구는 그래핀과 high-k 유전체 간 계면 호환성을 실용적으로 개선하는 방법을 제시하였으며, 본 계면 제어 기술은 표면에 dangling bond가 부족한 기타 이차원(2D) 소재 기반 전자소자에도 폭넓게 적용 가능함.
- **관련논문:** D Y Kim, H Rho, E Lee, J Kim, S Bae, TW Kim, SH Lee, Interfacial control for uniformly depositing oxide dielectrics in top-gate graphene field-effect transistors, *Carbon Letters*, 35, 2299-2305 (2025)

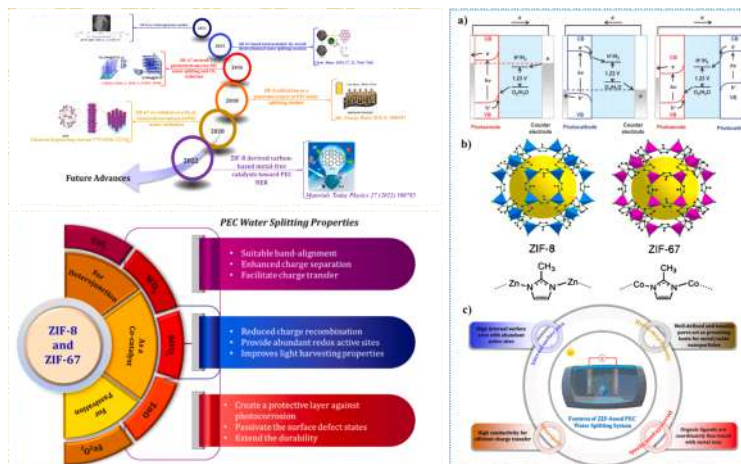
- IF: 5.8 (JCR 상위 23.0%)

9



- 본 연구에서는 안티모니(Sb) 기반 소듐 이온 전도성 인공 고체전해질(SEI) 층을 설계하여, 소듐 메탈의 주요 문제인 덴드라이트 형성과 불안정한 계면 반응을 효과적으로 억제하고자 하였음. 소듐 메탈 표면에 Na₃SbS₄ 기반 인공 SEI 층을 형성하여, 나트륨 이온의 균일한 확산과 안정적인 플레이트잉/스트리핑 거동을 구현함으로써 고이온전도도와 높은 기계적 안정성을 동시에 달성하였음.
- 합성된 Na₃SbS₄ 인공 SEI 층은 소듐 메탈 표면에서 자가환원 반응(in-situ chemical reduction)을 통해 형성되었으며, 30 mAh cm⁻²의 초고용량 및 10 mA cm⁻²의 고전류밀도에서도 덴드라이트 없는 안정적인 장기 수명(1100시간 이상)을 보였음. 또한 Sb₂S₃, SbI₃, SbF₃ 등의 전구체를 활용한 S, I, F 음이온 조절 연구를 통해 계면의 이온전도도 및 기계적 강도 향상 메커니즘을 규명하였음.
- 본 연구는 인공 SEI 층이 Sodium metal anode의 균일한 이온 확산과 전극-전해질 계면 안정화에 기여함을 실험적으로 입증하였으며, 이를 통해 고에너지밀도 전고체소듐전지의 상용화 가능성을 제시함.
- **관련논문:** M Akshay, S Jyothilakshmi, Y S Lee, V Aravindan, CuS modified graphite from spent Li-ion batteries towards building high energy Na-ion capacitors via solvent-co-intercalation

- IF: 13.2 (JCR 상위 3.0%)

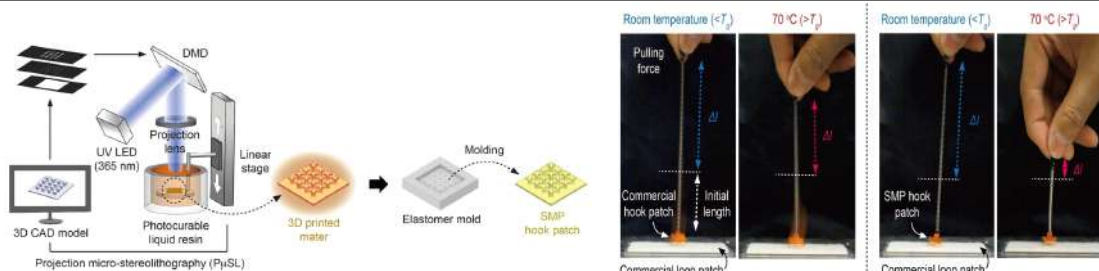


10

- 본 연구는 제올라이트 이미다졸레이트 골격체 (Zeolitic imidazolate framework :ZIF) 기반 금속산화물 광전극의 광전기화학적 물분해 효율 향상 연구에 대한 리뷰논문임. 본 리뷰에서는 PEC 물분해의 기본 원리와 함께 ZIF-8과 ZIF-67을 TiO_2 , WO_3 , BiVO_4 , ZnO , $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 등 다양한 금속산화물 광전극에서 이중접합 재료, 보조촉매(co-catalyst), 다른 촉매 전구체, 패시베이션 층으로 활용된 사례를 체계적으로 다루었음. 또한 ZIF의 구조적 특성과 촉매적 성능, 그리고 광전극 개질에서의 역할을 종합적으로 분석하였음.
- 결과적으로 ZIF-8과 ZIF-67 기반 개질제가 PEC 물분해 분야에서 빠르게 주목받고 있음을 강조하며, 실제 응용을 위해서 실시간 · 고분해능 분석 및 DFT 연구를 통한 반응 메커니즘 규명, 리간드-금속 클러스터 상호작용과 결정 성장 과정에 대한 심층 연구, 기존 촉매와의 경쟁력 확보 등의 과제가 남아 있음을 강조함.
- 본 리뷰는 단순히 기존 연구를 정리하는 수준을 넘어, ZIF-기반 광전극 연구가 앞으로 나아가야 할 방향을 제시하며, 지속가능한 수소 생산 및 차세대 PEC 시스템 개발에 중요한 토대를 마련할 것으로 기대됨. Pratik Mane Vijaysinh, Vishal Burungale, Hyojung Bae, Chaewon Seong, Jiwon Heo, Sang-Wan Ryu, Soon-Hyung Kang, Jun-Seok Ha*

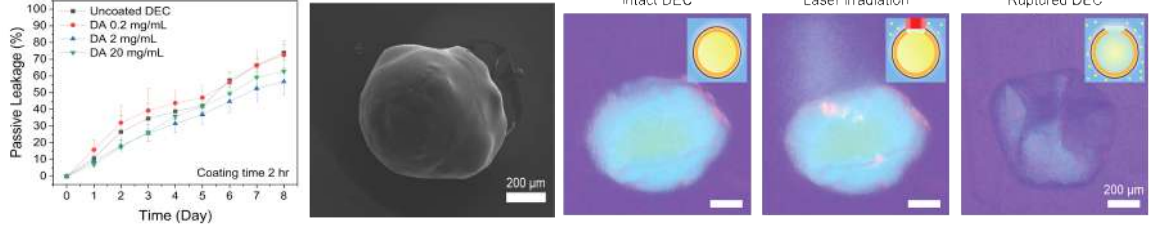
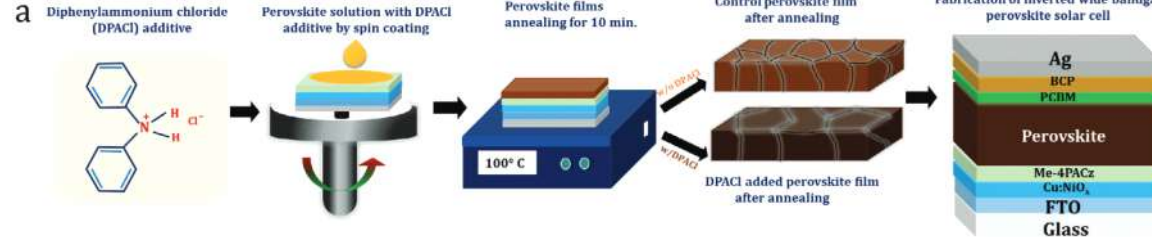
- **관련논문:** P M Vijaysinh, V Burungale, H J Bae, C W Seong, J W Heo, S W Ryu, S H Kang J S Ha, Empowering metal oxide photoanodes via zeolitic imidazolate frameworks for efficient photoelectrochemical water splitting: Current advances and future perspectives, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 202, 114671 (2024)

- IF: 16.3 (JCR 상위 2.4%)



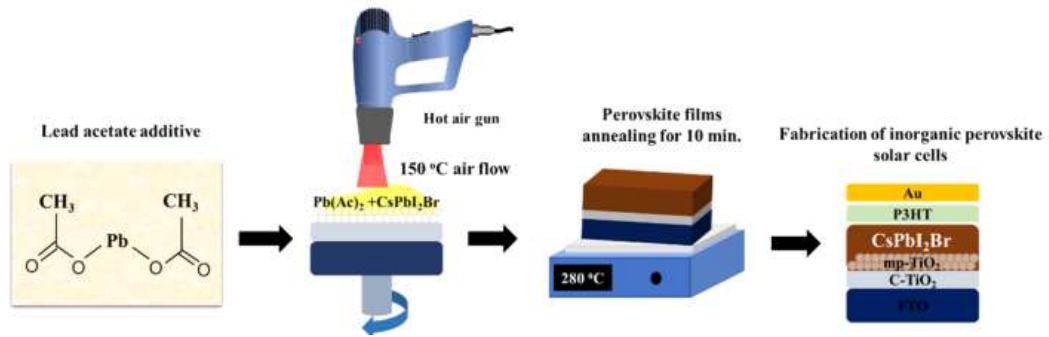
11

- 본 연구에서는 개화식물의 종자 확산 구조에서 영감을 받아, 형상기억고분자(Shape Memory Polymer, SMP) 기반의 3차원 후크 앤 루프(hook-and-loop) 패스너를 개발하였음. 기존 벨크로 방식의 한계인 높은 분리력과 손상 문제를 해결하기 위해, 온도 변화에 따라 결합 강도를 조절할 수 있는 스마트 패스너를 구현하였음.
- Projection microstereolithography(PuSL)을 이용해 고해상도의 마스터를 3D 프린팅하고, 이를 이용해 실리콘 몰드를 제작하였음. 이후 광경화성 SMP 전구체를 주입 · 경화시켜 마이크로 후크 배열을 가진 후크 패치를 제작하였음. 기계적 성능 분석 결과, DMA 측정에서 저장탄성률(storage modulus)은 1.4 GPa (25 °C)에서 2.4 MPa (70 °C)로 약 500배 감소하였고, 유리전이온도(T_g)는 53 °C로 확인되었음. 형상기억 특성은 shape-fixity 98%, shape-recovery 99%로 500회 반복 변형 후에도 성능 저하 없이 안정적인 거동을 보임.

	- 결합·분리 성능 실험에서는 SMP 흑엔루프 패스너는 실온에서 상용 벨크로 수준의 결합력을 보였으나, 70 °C 에서 분리력이 약 20배 감소(상용 벨크로 ≈2배)하였음. 이는 온도 제어에 의한 저소음·저힘 분리(on-demand easy separation)가 가능함을 의미함. 또한 분리 시 발생한 혹의 변형은 가열 시 완전히 복원되어 반복 사용성(reusability)을 확보하였음. - 본 연구는 SMP의 가변 탄성 특성을 결합하여, 결합력 조절이 가능한 차세대 패스너 플랫폼을 제시하였음. 이는 향후 의료기기, 항공우주, 웨어러블, 로봇틱스, 에너지 응용분야 등에서 간편 조립·강한 결합·온디맨드 분리 기능을 동시에 만족시키는 지능형 체결 시스템으로 활용될 수 있음을 보여줌. - 관련논문: C Yang, Y Wang, H Kim, P Wang, D H Han, H W Lee, Shape Memory Polymer-Based Hook-and-Loop Fastener for Robust Bonding and on-Demand Easy Separation, <i>Advanced Engineering Materials</i> 27(13), 2500114 (2025) - IF: 3.3 (JCR 상위 49.1%)
12	 - 본 연구에서는 친수성 및 소수성 약물을 동시에 포집할 수 있는 이중 에멀전 캡슐(Double Emulsion Capsule, DEC)의 구조적 안정성을 강화하고, 비의도적 물질 확산(passive leakage)을 최소화하기 위한 폴리도파민(Polydopamine, PDA) 코팅 전략을 제시함. 또한 PDA의 광열 효과(photothermal effect)를 활용하여 근적외선(NIR) 조사 시 국소적 온도 상승을 유도, 온디맨드(on-demand) 물질 방출 제어가 가능함을 입증함. - PDA 층이 셸 표면에 균일하게 형성되어 확산 경로를 연장함으로써 8일간의 누출률이 약 20 % 감소하였음. 또한, PDA는 근적외선(808 nm)을 흡수하여 열로 변환하며, 국소적 가열로 PCL 셸을 용융시켜 물질 방출을 유도하였음. 조사 시간 5초 만에 온도 88.7 °C에 도달하여 파열이 일어나며, 3 분 내 물질 방출이 개시되었음. - 결과적으로 PDA 코팅은 DEC의 장기 안정성 및 제어 방출 성능을 동시에 향상시키며, 광열 자극 기반의 정밀 물질 전달 플랫폼으로서 높은 잠재력을 보여주었음. 본 연구는 다양한 에너지 응용분야로의 확장이 기대됨. - 관련논문: H J Lee, G Y Nam, D H Han, Polydopamine-coated double emulsion capsules for on-demand drug release with reduced passive leakage, <i>Scientific Reports</i> 15(1), 31112 (2025) - IF: 3.9 (JCR 상위 18.0%)
13	 - 본 연구는 4단자(4-T) 하이브리드 탠덤 태양전지(HTSC) 장치의 성능을 향상시키기 위해 넓은 밴드갭(WBG) 페로브스카이트 층 내에 디페닐암모늄 클로라이드(DPACl)를 첨가제로 통합하는 방법을 탐구함. DPACl 첨가제는 WBG 페로브스카이트 태양전지(PSC)에 체계적으로 최적화되어 활용됨. 여기서 최적의 양의 DPACl 첨가제 e-태양광은 페로브스카이트 films의 품질을 효과적으로 향상시키고, 비방사성 재결합 손실을 줄여 전하 운반자 동역학을 개선함. - 최적화된 2 mg mL⁻¹ DPACl 기반 PSC는 19.66%의 전력 변환 e-태양광 효율(PCE)과 1.172 V의 최고 개방 회로 전압(VOC)을 달성하였음. 또한, WBG 기반 PSC는 좁은 밴드갭(NBG-1.05 eV) 기반 CZTSSe for HTSCs와 함께 4-T 기계적으로 적층된 구조로 통합되어 23.96%의 높은 PCE를 보여줌. - 관련논문: J V Patil, S S Mali, J S Jang, J H Kim, C k Hong, Approaching 24% Efficiency in Four-Terminal Perovskite/CZTSSe Tandem Solar Cells Using Diphenylammonium Chloride Additive-Based Wide-Bandgap Perovskite Absorber, <i>Small</i>, 21(14), 2501121 (2025)

- IF: 12.1 (JCR 상위 7.4%)

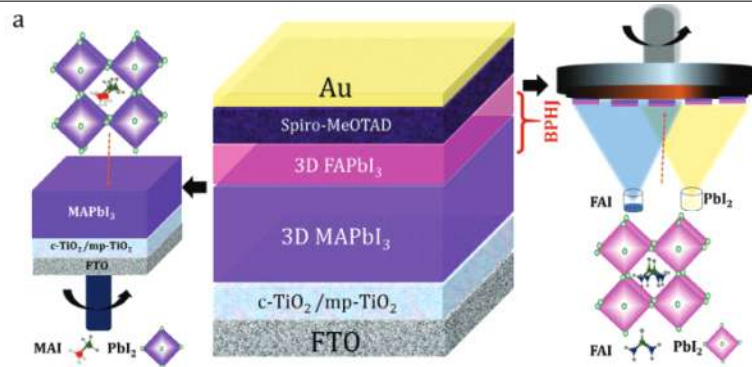
14



- 본 연구에서는 납 아세테이트 $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ 첨가제를 사용하여 주변 상 CsPbI_2Br ($x = 1$)을 성공적으로 안정화시킴. $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ 는 CsPbI_2Br 의 결정화 과정을 조절하고 광활성 블랙 상을 안정화하는 데 중요한 역할을 함. 전구체 용액에 5% $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ 를 첨가함으로써, PCE가 12.33%에서 16.04%로 증가하는 등 장치 성능에서 향상됨. 동시에 개방 회로 전압(VOC)은 1.231 V에서 1.323 V로 증가했으며, 이는 $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ 기반 무기 페로브스카이트 태양전지에 대해 보고된 가장 높은 수치임.
- 페닐트리메틸암모늄 클로라이드(PTACl) 패시베이션의 경우 최대 1.358 V까지 증가함. 이 결과는 Pb-O 표면의 재결합과 형성이 감소했기 때문으로 예상됨. 또한 최적화된 5% $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ 기반 장치는 캡슐화 없이 공기 중 85°C에서 100시간 동안 초기 성능의 90% 이상을 유지하며 우수한 열적 및 주변 안정성을 보여줌.
- **관련논문:** - P M Kodam, S S. Mali, J V Patil, A S. Mali, G K. Kulkarni, C K Hong, Stable Lead Acetate-Mediated CsPbI_2Br Inorganic Perovskite Solar Cells Achieving 1.323 V Open-Circuit Voltage, *ACS Applied Energy Materials* 8(16), 12168 (2025)

- IF: 5.5 (JCR 상위 26.9%)

15

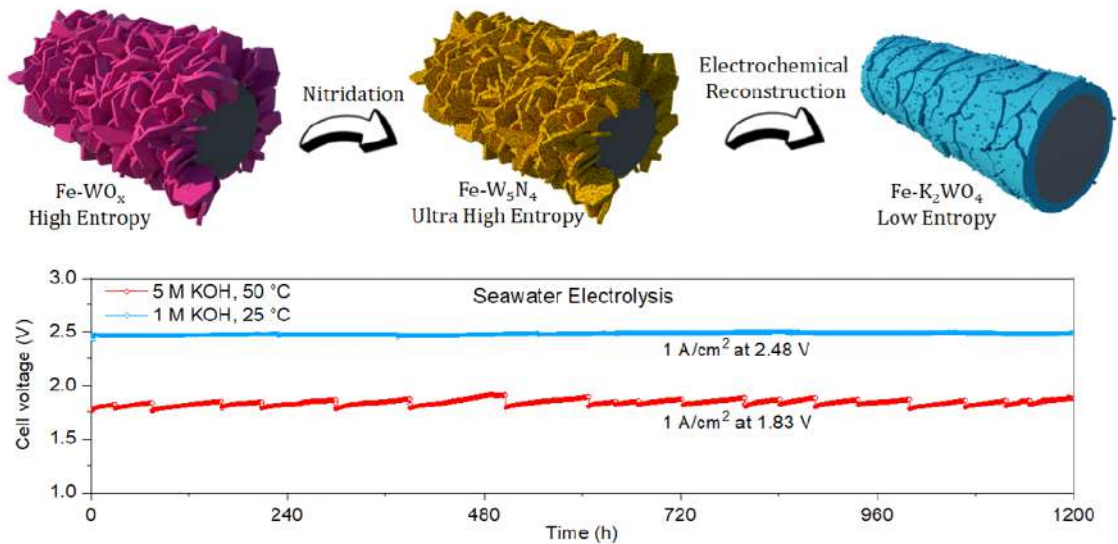


- 본 연구에서는 이중층 3D/3D 메틸암모늄 납 아이오다이드(MAPbI_3)/포름아미디늄 납 아이오다이드(FAPbI_3) 기반 페로브스카이트 헤테로 접합(BPHJ)의 특성과 성능을 연구함. 이중층 구조는 두 개의 전하 수송층(CTL) 사이에 끼워져 기능적인 장치를 만드는 독립적인 구조를 가진 두 개의 페로브스카이트 흡수체로 구성됨. 제조 공정은 제어된 형태와 결정성을 가진 고품질의 MAPbI_3 페로브스카이트 films를 달성하도록 최적화된 후, 열 증발 기법을 통해 FAPbI_3 증착을 사용하여 BPHJ를 형성시킴.
- 최적화된 매개변수를 가진 BPHJ-160 nm 기반 PSC는 단층 기준(20.15%) 장치에 비해 23.08%의 향상된 PCE를 나타냄. 향상된 성능은 헤테로 접합 계면에서의 ff 검출 전하 추출과 유리한 에너지 준위로 인한 전하 재결합 손실 감소에 기인함.
- 본 연구결과를 토대로 BPHJ 기반 페로브스카이트 장치의 장기 안정성은 다양한 환경 조건에서도 지속적인 안정을 유지할 것으로 예상됨.
- **관련논문:** J V Patil, S S Mali, C K Hong, Exceeding 23% Efficiency for 3D/3D Bilayer Perovskite Heterojunction $\text{MAPbI}_3/\text{FAPbI}_3$ -Based Hybrid Perovskite Solar Cells with Enhanced Stability, *Advanced Functional Materials*, 35(1), 2408721 (2025)

- IF: 19.0 (JCR 상위 5%)

16

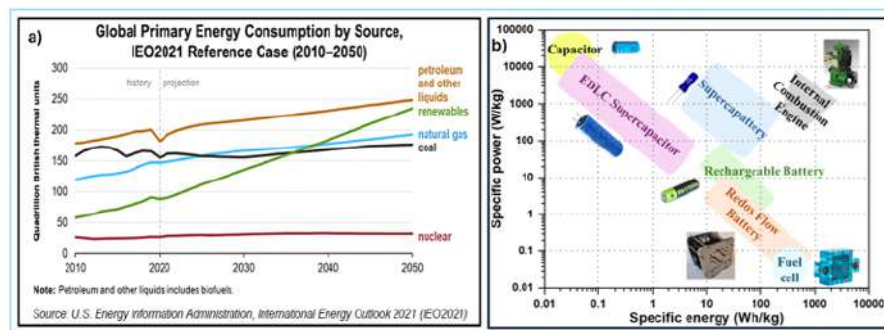
- 이 연구에서는 산소 발생반응(OER) 촉매 개발을 위해 oxygen redox chemistry을 조절하는 새로운 접근법을 제시함. 텅스텐 질화물(W_5N_4) 전구체를 전기화학적으로 재구성하여 안정한 K_2WO_4 활성상을 형성하였고, 소량의 Fe 도핑을 통해 반응 경로를 기존의 흡착물 기반 메커니즘에서 격자 산소 기반 메커니



증으로 전환시켰음. 그 결과, 181 mV의 낮은 과전압에서 10 mA/cm², 1000 시간 이상 안정한 성능을 달성했으며, DFT 계산과 전기화학 분석을 통해 Fe 도핑이 중간 에너지 준위를 생성해 OER 경로를 조절함을 확인하였음.

- **관련논문:** S. Seenivasan, M. Kim, J. W. Han, D. H. Kim, Minimal doping approach to activate lattice oxygen participation in K₂WO₄ electrocatalysts for oxygen evolution reaction, *Applied Catalysis B: Environment and Energy*, 358(5), 124423 (2024)

- IF: 22.1 (JCR 상위 0.9%)



17

(a) Global trends of energy consumption by source. (b) Schematic Ragone plot of EES devices.

- 이 리뷰 논문은 **슈퍼캐패터리(supercapattery)**의 상용화를 앞당기기 위한 미개척 연구 영역을 조명하고, 그 기본 개념과 필요성을 체계적으로 정리함. 특히, 에너지 저장 시스템이 슈퍼캐패터리로 분류되기 위해 요구되는 정성적·정량적 기준을 제시하고, 전극과 전해질의 다양한 조합을 통해 서로 다른 전하 저장 메커니즘을 활용하는 전략을 평가하고, 배터리와 슈퍼캐패터리의 장점을 결합할 때 발생하는 실용적·기술적·제조적 과제를 구체적으로 다루었음. 마지막으로, 슈퍼캐패터리의 시장 잠재력과 응용 분야를 전망하며, 이 리뷰는 슈퍼캐패터리의 과거·현재·미래를 포괄적으로 조망하였음.

- **관련논문:** S. Seenivasan, S. Adhikari, A. Sivagurunathan, D.H. Kim, Supercapatteries: unlocking the potential of battery-supercapacitor fusion, *Energy & Environmental Science* 18 (3), 1054 (2025)

- IF: 31 (JCR 상위 0.4%)

③ 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

<표 3-3> 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

연번	참여교수명	연구자등록번호	업적물 분야	실적 구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용
----	-------	---------	--------	-------	-----------------------

저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성						
1	고창현	10063385	촉매화학공학	특허등록	①	고창현, 전지운, 윤정우, 박은경 /Chang Hyun Ko, Ji Yoon Jeon, Jeong Woo Yun, Eun Gyong PARK
					②	탄소침적 감소를 위해, 금속이온이 치환된 페로브스카이트 금속산화물 촉매 및 이의 제조 방법, 그리고 이를 이용한 메탄 개질 반응 방법/ PREPARATION METHOD FOR A PEROVSKITE METAL OXIDE CATALYST, IN WHICH METAL ION IS SUBSTITUTED
					③	유럽
					④	EP3967395B1
					⑤	2025년
	키워드(한글)	메탄 건식 개질	탄소 침적	페로브스카이트	열적 안정성	온실가스 저감
	키워드(영문)	Dry reforming of methane	Coke deposition	Perovskite	Thermal stability	Mitigation of greenhouse gases
본 특허에서 다룬 물질은 페로브스카이트 기반 촉매로서, 다양한 페로브스카이트 구조 물질(SrTiO ₃ , MgTiO ₃ , CaTiO ₃ 혹은 BaTiO ₃) 중 일부를 메탄 건식 개질에 높은 활성을 보인다고 알려진 니켈, 철 혹은 코발트를 이온 상태로 치환하여 높은 열적 안정성과 탄소 침적 내성을 갖는 특성을 가짐. 이 촉매들을 이용한 반응 결과 50 시간 후에도 초기 반응성이 계속하여 유지되었으며, 반응 후 촉매를 이용한 열중량 분석 결과 촉매에 침적된 탄소는 없는 것으로 확인됨.						
2	고창현	10063385	촉매화학공학	특허등록	①	전남대학교 산학협력단(고창현, 판투안옥, 조의현)
					②	탈수소화 촉매, 이의 제조방법 및 상기 촉매를 이용한 에탄 탈수소화 방법
					③	대한민국
					④	10-2853765
					⑤	2025년
	키워드(한글)	중형기공	아나타제 TiO ₂	탈수소화	에틸렌 제조	
	키워드(영문)	Mesopores	Anatase TiO ₂	Dehydrogenation	Ethylene production	
본 기술은 중형 기공을 가지며 아나타제 상인 TiO ₂ 를 이용하여 갈륨을 포함하는 금속이 담지된 촉매를 합성하는 방법에 관한 것임. 아나타제 상의 TiO ₂ 는 질소흡탈착 분석으로부터 BET 표면적이 150-250 m ² g ⁻¹ 을 가지며, 합성된 촉매의 금속 함량은 1-20 중량%를 갖도록 제조한 뒤, 이를 500-600℃ 온도 사이의 에탄의 탈수소화 반응에 적용하여 반응 성능을 평가한 결과 BET 표면적이 매우 낮은 촉매와 비교하였을 때 매우 높은 에탄 전환율을 나타내었으며, 장기 반응성은 500℃와 550℃에서 2시간동안 활성저하 없이 유지되었음.						
3	이윤성	10090670	이차 전지	특허	①	이윤성, 김영아
					②	고체이온전도체, 이를 포함하는 고체전해질, 이를 포함하는 전고체 리튬 이차전지 제조방법 Solid ion conductor, solid electrolyte containing the same, and method of manufacturing an all-solid lithium secondary battery containing the same
					③	대한민국
					④	10-0178302
					⑤	2024년
	키워드(한글)	리튬이차전지	전고체리튬이차전지	고체전해질	이온전도도	
	키워드(영문)	Lithium-ion battery	All-solid-state lithium-ion battery	Solid electrolyte	Ionic conductivity	

본 특허는 차세대 에너지 저장장치로 주목받는 전고체 리튬이차전지(all-solid-state lithium-ion battery)의 핵심 소재인 고체 전해질(solid electrolyte)의 이온전도도(ionic conductivity)를 향상시키기 위한 기술에 관한 것임. 기존의 LiTaSiO_5 기반 고체 전해질은 낮은 이온전도도와 전극 계면 저항으로 인해 고출력 구현에 한계가 있었으나, 본 발명에서는 지르코늄(Zr^{4+})을 탄탈륨(Ta^{5+}) 자리 일부에 치환(doping)하고 리튬(Li^+)을 과량 첨가함으로써 리튬 이온의 이동 경로를 확장시켜 이온전도성을 크게 향상시켰음. 이 물질은 단사정(monoclinic) 구조를 가지며, 공기 중 고온 소결에도 화학적으로 안정한 특성을 보임. 또한 기계적 볼밀링(mechanical ball-milling)을 이용한 공정 단순화로 제조 효율을 높였으며, 그 결과 최대 $2.01 \times 10^{-5} \text{ S/cm}$ 수준의 높은 이온전도도를 확보하였음. 본 특허에서 제안한 고체이온전도체는 전극과 전해질의 계면저항을 감소시키고, 양극 활물질과의 일체화가 용이하여 고에너지 밀도 및 안정성을 동시에 개선한 차세대 전고체 리튬이차전지용 소재 기술로 활용될 수 있음.						
4	전영시	10268108	촉매화학공학	특허	①	전영시, 칸 타말타신, 이태규, 김홍식, 이종찬/Young-Si Jun, Khan Tamal Tahsin, Tae-Gyu Lee, Hong-Sik Kim, Jong-Chan Lee
					②	질소산화물 저감용 탄소질화물-티탄산화물 복합체 및 이의 제조방법/Carbon nitride-titanium oxide composite for reducing nitrogen oxides and a method for producing the same
					③	대한민국
					④	10-2730350
					⑤	2024년
	키워드(한글)	탄소 질화물	티탄 산화물	질소 산화물	반응성 산소 활성종	원격 시너지
5	키워드(영문)	Carbon nitride	Titanium oxide	Nitrogen oxide	Reactive oxygen species	Remote synergy
	본 특허는 대기 중의 질소산화물을 저감하기 위한 광촉매 소재의 개발과, 광촉매를 활용한 효과적인 질소산화물 저감 시스템의 개발에 대한 기술을 다룸. 특히, 기존 대부분의 연구에서 질소산화물 저감 성능의 향상을 위해 복수의 광촉매를 접합(junction)하는 것을 통해 전자/정공의 이동경로를 조절하여 반응 효율을 높이는데 반해, 본 특허는 별도의 합성방법 없이 단순히 이중의 광촉매를 동일한 공간 상에 배치하는 것만으로 광촉매에서 생성된 반응성 산소 활성종 중 기체상 물질들이 확산되어 다른 광촉매로 이동하는 것이 가능하고, 이 과정을 통해 각 광촉매의 반응속도를 결정하는 단계의 반응속도를 향상시키는 것이 가능함. 특히, 본 특허를 위해 개발한 탄소질화물과 상용 티탄산화물인 P25를 2:8의 질량비율로 물리적 접촉 없이 도포하였을 때, 형광등 하에서 기존 광촉매 일산화질소 저감 성능(각각 약 10%, 33% 저감)을 훨씬 뛰어넘어 질소산화물 저감율이 50%로 향상되며, UV-A 램프를 사용하면 68%의 높은 일산화질소 저감성능과 함께 높은 질산 선택도(75%)를 동시에 달성할 수 있음. 또한, 본 특허는 전라북도 소재지의 (유)삼신키업과의 공동연구개발을 통해 등록된 특허로 향후 해당 기업으로의 기술이전과 같은 사업화 기대치가 높으며 지역산업에서의 혁신기술력 확보에 도움이 될 것으로 기대됨.					
	하준석	10100977	전기화학공학	특허	①	하준석, 성채원, 허지원, 부른계일비샬, 마네 프렉티, 윤재홍
					②	산화구리 기반 삼중 기능성 전기화학 촉매 및 이의 제조 방법
					③	대한민국
					④	10-2025-0104318
					⑤	2025년
	키워드(한글)	산화구리	수소발생반응	산소발생반응	하이드라진 산화반응	층상 이중 산화물
	키워드(영문)	Cu_2O	Hydrogen evolution reaction	Oxygen evolution reaction	Hydrazine oxidation reaction	Layered double hydroxide
	최근 에너지 및 환경 문제의 심화에 따라, 청정하고 지속 가능한 수소 에너지원에 대한 관심이 증가하고 있음. 특히, 알칼리 수전해(alkaline water electrolysis)는 고순도의 수소를 생산할 수 있는 유망한 기술로 평가받고 있으며, 이를 위한 고성능 전기화학 촉매의 개발에 관심이 집중되고있음. 일반적으로는 백금(Pt), 이리듐 산화물(IrO_2)등 귀금속 기반 촉매가 수소 발생 반응(hydrogen evolution reaction, HER) 및 산소 발생 반응(oxygen evolution reaction, OER)을 위해 사용되어 왔으나, 이들은 높은 비용과 낮은 지구상 매장량으로 인해 상용화에 한계가 있음. 이에 따라 본 특허에서는 구리를 이용한 비귀금속 기반의 대체 촉매를 제작함. 추가로 OER 대신 훨씬 낮은 과전압으로 구동되며, 에너지 소비를 대폭 절감할 수 있어, 고효					

	을 전기분해 시스템 구현을 위한 대안으로 주목받고 있는 하이드라진 산화 반응(hydrazine oxidation reaction, HzOR)을 적용하여 최종적으로는 HER, OER, HzOR 모두 촉진할 수 있는 삼중 기능성 촉매를 제공함.					
6	하준석	10100977	전기화학공학	기술이전 (노하우)	①	하준석, 성채원, 허지원, Vishal Burungale
					②	고효율 수소발생반응용 촉매 합성 기술 개발 노하우
					③	(유)삼환
					④	20,000(천원)
					⑤	2024년
	키워드(한글)	산화구리	수소발생반응	산소발생반응	황화	코발트
7	키워드(영문)	Cu ₂ O	Hydrogen evolution reaction	Oxygen evolution reaction	Sulfidation	Co
	탄소중립 달성을 위한 일환으로서 청정한 에너지이며 지속가능한 수소에너지에 대한 관심이 늘어남에 따라 수소 에너지 생성을 위한 전기화학 촉매의 개발에 대한 관심이 높아지고 있음. 수소발생반응에 주로 사용되는 백금 촉매는 귀금속 촉매이기 때문에 이를 지속적으로 사용하기 위해서는 매우 많은 비용이 필요함. 따라서 이를 대체하기 위한 촉매의 개발이 시급함. 따라서 고효율의 수소발생반응용 촉매 합성 기술을 개발하였음. 수소발생반응에서 높은 성능을 보이는 Cu ₂ O 기반 촉매의 합성 방법을 개발 및 최적화하고 최적화된 전기화학적 특성을 확보하였음. 또한 Cu ₂ O 기반 전극의 수소발생효율과 안정성 최적화를 위한 기술로 Cu ₂ O 전극의 황화조건을 확립하였으며 전극의 전기화학적 활성 및 전도성 개선을 위해 코발트를 도입 및 도입 조건을 최적화하였음. 최종적으로는 이에 대한 기술개발 노하우를 (유)삼환에 제공하는 기술이전계약을 체결하였음.					
	홍창국	10086451	전자/재료공정 공학	특허	①	홍창국, 보이테 상그람, 박혜선, 박규환, 조완, 김중혁
					②	친수성 셸을 가진 에어로겔, 그 제조방법 및 상기 친수성 셸을 가진 에어로겔을 포함하는 응용제품/ Aerogel with a hydrophilic shell, a method of manufacturing the same, and an application product including the aerogel with the hydrophilic shell
					③	대한민국
					④	10-2721154
					⑤	2024년
	키워드(한글)	친수성	에어로겔	코어-셸	계면활성제	응용제품
	키워드(영문)	Hydrophilic	Aerogel	Core-shell	Surfactant	Application product
	초소수성 실리카 에어로겔을 계면활성제를 사용하여 실리카 에어로겔을 코어로 하고 코팅물질을 셸로 덮는 기술임. 실리카 에어로겔은 90%이상의 기공률과 0.1g cm ⁻³ 이하의 저밀도로 인해 0.002W.mK의 낮은 열전도율을 보유하고 있어 단열소재로서 각광받고 있음. 하지만 저장용이성을 위해 표면을 초소수성으로 개질하기 때문에 친수성 소재와의 혼화성이 떨어지고 저밀도로 인해 기계적 물성이 매우 취약하다는 단점을 가짐. 이를 보완하기 위해 계면활성제를 사용하여 micell 형성 후 TEOS 혹은 친수성 고분자를 겹으로 코팅시켜 기공구조를 유지하면서 표면에 새로운 성질을 부가시킬 수 있음.					

2. 산업·사회에 대한 기여도

<표 3-5> 최근 1년간 참여교수 산업·사회 문제 해결 기여 실적

연번	실적명	참여교수명	실적 해당 분야	실적 요약
1	페플라스틱 열분해유 자원 재순환을 위한 촉매 개발	고창현	미래/글로벌 대응	- 매립지 부족 문제로 인한 페플라스틱 처리 한계를 극복하고 자원 순환을 촉진하기 위해, 페플라스틱 열분해유의 수침처리에 적용 가능한 니켈-몰리브덴-알루미나(Ni-Mo/Al ₂ O ₃) 촉매를 개발하였음.
			기업현안 해결	- 단순 습식담지법을 활용하여 촉매를 제조함으로써, 복잡한 공정 없이 산업 현장에서 바로 적용 가능한 기술을 확보하였음.

				- 개발된 촉매를 이용한 페플라스틱 열분해유의 수첨탈질 및 수첨탈염 반응에서, 350℃의 반응 온도 조건하에 납사 습식 크래킹 공정의 원료 기준을 만족하는 품질의 열분해유를 얻을 수 있었음. - 본 촉매를 활용하여 수첨처리된 열분해유를 후속 공정의 원료로 사용할 경우, 염소 및 질소 성분으로 인한 공정 장비의 부식 및 수명 단축 문제를 현저히 감소시킬 수 있음을 확인하였음.
			일자리 창출	
2	2차원 소재 기반 GAA형 소자 모델링 및 구조 제어에 따른 소자 특성 연구 (삼성전자)	이상현	기업현안 해결	- FET 소자 기술은 높은 집적화를 통한 소자 성능의 향상을 위해 나노 미터 수준의 스케일링에 집중적인 연구와 개발이 필요 - GAA(Gate-all-around) 구조는 기존 FinFET에 비해 높은 전력 효율, 성능 및 설계 유연성을 가지고 있는 첨단 기술 - 유한요소법(finite element method, FEM)을 이용하여 그래핀 FET 소자 제작을 통해 subthreshold swing에 미치는 영향 분석 - 전남대학교와 삼성전자는 반도체 산학 과제를 통해 GAA-FET 신기술 개발을 위한 연구를 진행함.
3	친환경 리튬이차전지 재활용 테스트베드 구축	이운성	미래/글로벌 대응	- 전기자동차의 보급이 전 세계적으로 확산됨에 따라, 차량에 탑재된 이차전지의 사용 종료 후 폐기량이 빠르게 증가하고 있음. - 이러한 사용후 배터리를 방치하거나 부적절하게 처리할 경우, 화재나 폭발의 위험이 있을 뿐만 아니라, 매립·소각 과정에서 환경오염이 발생할 가능성이 높음. - 반면, 이차전지에 포함된 리튬, 코발트, 니켈 등 희소 금속을 회수하여 재활용한다면, 자원 절약과 함께 배터리 산업의 순환 경제 체계 구축에 크게 기여할 수 있음. - 하지만 재활용 기술의 복잡성과 높은 비용 문제로 인해, 현재 실제로 재활용되는 사용후 배터리는 전체의 5% 이하에 머무르고 있음. - 이에 전남대학교 이운성 교수 연구실은 유가 금속 회수 및 재활용 관련 기술의 최신 연구 동향을 정리·발표하고, 기술 교류 세미나와 포럼을 통해 업계 간 협력의 장을 마련하고 있음. - 아울러 체계적인 교육 프로그램을 통해 전문 인재를 양성함으로써, 이차전지 재활용 산업의 기반을 강화하고 배터리 순환 경제 실현에 기여하고 있음.
			기업현안 해결	
			신규 인력양성 및 재직자 교육	
4	질소산화물 저감용 광촉매 및 이를 활용한 질소산화물 저감 시스템 개발	전영시	미래/글로벌 대응	- 증가하는 가스상 대기오염물질과 입자상 대기오염물질(미세먼지), 이로 인한 생물학적 위험성이 점점 심화되고 있기 때문에, 지속가능한 방법을 통한 대기오염물질의 저감은 공공보건과 삶의 질 개선에 있어 매우 중요함. - 전영시 교수 및 그 연구팀은 (유)삼신기업과의 공동연구개발을 통해 형광등 및 자외선에서 활성을 보이는 비금속 광촉매를 개발하고, 이를 금속산화물 기반 광촉매와 함께 활용하여 질소산화물 저감 효율을 크게 향상시키는 연구성과를 달성함. - 개발된 광촉매는 질소산화물 저감성능이 뛰어나며, 복잡하고 민감한 이종 접합(heterojunction) 방법이 아닌 광촉매 간의 반응성 산소 활성종의 확산을 기반으로 하는 물질 전달을 통해 저감반응의 성능을 크게 향상시킴. - 또한, 이를 ISO 국제표준기반의 성능지표로 달성하였기 때문에 그 성능의 신뢰성이 뛰어나고, 페인트화 등의 방법으로 건축자재로의 활용이 가능해 도로변의 질소산화물 저감을 위한 장치화가 용이함.
			기업현안 해결	
			일자리 창출	

				- 공동연구 개발기관인 (유)삼신기업은 도시시설물과 환경사업을 주 사업분야로 하며, 해당 기술에 대한 관심도가 무척 높아 향후 사업화가 기대됨.
--	--	--	--	--

연번	교육연구팀 참여교수의 산업·사회 문제 해결 기여 실적 설명
1	(고창현 교수님) - 일회용 플라스틱의 편리성으로 인해 매년 플라스틱의 사용량은 증가하고 있으나, 미흡한 처리 방안으로 인해 폐플라스틱은 큰 사회 문제를 야기하고 있음. 폐플라스틱을 처리하기 위한 방안은 크게 물질 재활용, 화학적 재활용, 열적 재활용으로 나뉘는데, 이 중 화학적 재활용은 중합체인 폐플라스틱을 단위체까지 분해하여 원료로서 재활용한다는 점에서 이상적이며 매우 활용도가 높은 방법임. 폐플라스틱의 열분해는 몇 가지 과정을 거치는데, 크게 폐플라스틱의 열분해를 통한 열분해유를 얻는 과정과 열분해유를 탄소수 5-12 사이의 원료인 납사로 만드는 과정, 납사를 naphtha cracking center에 공급해 탄소수 1-4 사이의 원료를 얻는 과정으로 나눌 수 있음. - 납사는 그 자체로는 사용되기 힘들고 naphtha cracking center의 원료로서 사용되는 것이 일반적이기 때문에 원료로서의 스펙을 만족시키는 것이 매우 중요함. 그러나, 폐플라스틱은 사용자의 편리성을 만족시키기 위하여 다양한 이종 원자(heteroatom; metals, nitrogen, chlorine, sulfur 등)가 포함되기 때문에 이를 제거하여 높은 품질의 납사과정이 반드시 필요함. 이 연구에서, 우리는 촉매반응을 이용하여 고압의 수소 기체 조건 하에서 열분해유에 포함된 염소, 질소를 제거하는 반응을 진행함. - 촉매는 정유 공장에서 잘 알려진 촉매인 니켈-몰리브데늄-알루미나 촉매를 사용함. 이 촉매가 매우 열악한 조건에서-불순물 함량이 원료로부터 비롯된 원료에 비해 매우 높고 넓은 탄소수 범위를 가지고 있는-보여주는 촉매적 성능을 확인하고, 특성의 변화에 따라 촉매적 성능이 어떻게 변화하는지 확인하고자함. 그 결과, 니켈-몰리브데늄-알루미나 촉매는 폐플라스틱 열분해유로부터 염소와 질소를 매우 잘 제거하였으며, 제거율은 몰리브데늄 함량의 증가에 따라 상승하였음. 다만, 몰리브데늄이 없이 니켈만 담지된 니켈-알루미나 촉매는 폐플라스틱 열분해유로부터 염소는 잘 제거하였으나 질소를 잘 제거하지 못하였음. - 이는, 염소와 질소가 주로 결합하는 탄소에 따른 것으로 추정됨. 질소는 주로 고리형 탄화수소의 고리 안에서 결합을 이루고 있어 황화 몰리브데늄의 강한 촉매반응에 의해 활성화 되지만, 염소는 주로 직선형 탄화수소와 결합하여 비교적 쉽게 활성화되어 분해되는 것으로 예상됨. 또한, 탈질 반응의 촉매 활성도는 촉매 표면에 존재하는 니켈-몰리브데늄-황 결합과 황화 몰리브데늄의 비율이 높을수록 증가하는 것으로 확인되었음. 이러한 니켈-몰리브데늄-황 결합과 황화 몰리브데늄의 비율은 촉매에 존재하는 몰리브데늄의 함량이 증가할수록 증가하였으며, 몰리브데늄의 함량 증가는 촉매 표면에 황이 침적되는 것을 막는 역할 또한 수행 하였음. - 니켈-몰리브데늄-알루미나 촉매를 이용하여 폐플라스틱 열분해유에 포함된 염소, 질소와 같은 불순물들을 제거할 수 있었음. 이 기술을 통해 사회에서 큰 문제로 대두되고 있는 폐플라스틱 처리 문제와 자원 재순환 문제를 해결할 수 있어 사회 문제 해결에 큰 도움을 줄 것으로 예상됨.
2	(이상현 교수님) - 반도체 소자 기술은 고집적화 및 성능 향상을 위해 나노미터 수준의 스케일링 연구가 지속되고 있음. 무접합 트랜지스터(junctionless transistor)는 3차원 구조에서의 이동도 저하 및 저주파 노이즈를 효과적으로 저감하여 소자의 성능과 신뢰성을 제고할 수 있음. - 게이트-올-어라운드(GAA) 구조는 기존 FinFET 대비 전력 효율, 성능, 설계 유연성이 우수한 첨단 기술로 주목받고 있음. 특히 나노와이어 기반 GAA-FET에서 채널 폭을 시트(nanosheet) 형태로 확장·제어함으로써 구동 전류 및 소자 특성의 최적화가 가능함. - 나노시트 FET의 유력 소재군은 그래핀, MoS₂, WS₂, WSe₂, h-BN 등 원자층 두께의 2차원(2D) 나노물질이며, 이들 소재의 물성은 얇은 두께 특성상 표면·계면 상태에 크게 좌우되어 전하 이동도와 열전달 특성이 결정됨. - 2D 소재는 완전한 공유결합 격자로 인해 표면에 dangling bond가 부재하므로, 균일한 절연층 또는 금속 박막 형성에 한계가 존재함. 따라서 2D 소재 기반 초고집적 소자 구현을 위해서는 표면·계면 특성이 소자 성능에 미치는 영향에 대한 체계적 연구가 필요함. - 본 연구는 유한요소법(FEM)을 활용하여 2D 소재 기반 GAA형 FET를 모델링하고, 이를 토대로 고성능 2D-FET 구현 전략을 수립하였음. 분석 결과, 2D-FET 특성은 채널과 금속/절연층 간 계면 특성에 크게 의존함을 확인하였음. - 그래핀 및 MoS₂ 기반 back-gate/top-gate FET의 실험 결과를 바탕으로 절연층 및 채널 구조 최적화 공정을 수립하였으며, 기존의 적층형(예: BN/MoS₂/BN) 구조에 의존하지 않고 반도체 표준 공정인 원자층증착(ALD)을 적용하여 GAA-FET를 구현하였음. - 2D 소재 전면에 균일한 절연층 및 전극 형성을 위해 ALD 및 박막 증착 공정을 최적화한 결과, SiO₂ back-gate 기반 소자에서 ON/OFF 전류비 10⁶ 이상, subthreshold swing 169 mV/dec의 성능을 달성하였음. - 반도체 소자의 고집적화 수요 증대에 대응하여, 2D 소재/금속 및 절연층과의 접합 특성에 대한 본 연구의 성과를 통해 GAA-FET 구현에 성공하였으며, 향후 상용화 시 국내 반도체 산업 경쟁력 제고에 기여할 것으로 기대됨.
3	(이윤성 교수님)

	- 지속 가능한 탄소중립 사회로의 전환이 전 세계적 과제로 부상함에 따라, 각국은 친환경 모빌리티 확대 정책을 적극 추진하고 있음. 특히 전기자동차(EV)는 이러한 변화의 핵심 동력으로, 국제에너지기구(IEA)에 따르면 전기차 누적 보급 대수는 2030년까지 2억 대를 넘어설 것으로 전망됨. 그러나 전기차 시장의 급성장은 필연적으로 사용후 이차전지의 급격한 증가로 이어지고 있으며, 이들 폐배터리가 적절히 처리되지 않을 경우 화재·폭발 사고 및 중금속 유출로 인한 환경오염 등의 심각한 문제가 발생할 수 있음. - 이차전지는 고가의 리튬(Li), 코발트(Co), 니켈(Ni) 등 희유 금속 자원을 다량 포함하고 있어, 이를 회수·재활용하는 기술은 자원 순환형 산업 체계 구축의 핵심 축으로 평가됨. 그러나 현실적으로는 복잡한 해체 공정, 낮은 경제성, 안전성 문제 등으로 인해 재활용률이 전체의 5% 이하에 머무르고 있음. 이에 따라 효율적이고 친환경적인 재활용 기술 개발, 그리고 이를 실현할 전문 인력의 체계적 양성이 절실히 요구되고 있음. - 특히 우리나라의 이차전지 산업은 세계 시장을 선도하고 있음에도 불구하고, 재활용 분야의 전문 인력은 여전히 부족한 상황임. 따라서 미래형 인재 양성과 기술 고도화를 통해 이차전지 재활용 산업의 지속 가능성과 경쟁력 확보를 위한 노력이 시급히 필요함. - 전남대학교 이윤성 교수 연구실은 이러한 사회적 요구에 부응하여 전라남도 이차전지 재활용 인력 양성의 중심지로 육성하기 위한 다양한 교육·훈련 프로그램을 운영하고 있음. 전 세계적으로 이차전지 재활용 수요가 커지고 있는 가운데, 이윤성 교수 연구실은 현장 중심의 실무형 인재 양성을 목표로, 셀(cell) 제작, 슬러리 제조 등 실습 중심의 오픈랩(Open Lab) 프로그램을 매년 운영하고 있음. 이를 통해 학생들은 이차전지 재활용 공정을 직접 체험하며, 이론과 실무를 결합한 실질적 역량을 강화할 수 있음. - 또한 연구실은 재활용 기술 세미나 및 기술 교류 포럼을 정기적으로 개최하여, 최신 기술 동향과 특허 정보를 공유하고, 산업체·연구기관·전문가·학생 간의 지식 네트워크 형성을 촉진하고 있음. 특히 현업 전문가들의 참여를 통해 현장 중심의 실질적 기술과 노하우가 전수되고 있으며, 학생들에게는 전문가와 직접 교류할 수 있는 네트워킹 기회도 제공됨. - 아울러 이윤성 교수 연구실은 교육의 질적 향상을 위해 재활용 기술 및 특허 동향을 집대성한 교재를 편찬, 수업의 부교재로 활용하고 있음. 해당 교재는 이차전지 핵심 소재 및 재활용 기술의 원리, 공정, 응용 사례를 체계적으로 다루고 있어, 학생들이 전문 인력으로 성장하는 데 실질적인 도움을 주고 있음. - 결과적으로 전남대학교와 이윤성 교수 연구실의 인력 양성 사업은 단순한 교육 차원을 넘어, 재활용 기술의 산업적 확산과 전문 인재 배출을 통한 지속 가능한 산업 생태계 구축을 목표로 하고 있음. 이를 통해 전라남도는 친환경 이차전지 재활용 기술의 핵심 거점 지역으로 성장하고 있으며, 국내외적으로 경쟁력 있는 친환경 산업 클러스터 형성에 기여하고 있음.
4	(전영시 교수님) - 최근 가스상 및 입자상 대기오염물질(미세먼지 등)의 농도가 지속적으로 증가함에 따라, 이로 인한 생물학적 위험성과 건강 피해가 심화되고 있음. 이에 따라, 지속가능하고 비용 효율적인 대기오염물질 저감 기술의 개발은 공공보건과 삶의 질 향상 측면에서 매우 중요한 과제로 인식되고 있음. 특히, 질소산화물(NO_x)은 대표적인 가스상 대기오염물질로서, 초미세먼지(PM2.5)의 주요 전구체이며 주로 운송·교통 부문에서 배출됨. NO_x는 도로변 지역에서 고농도로 존재하며, 인체에 대한 독성 및 2차 오염물질 생성의 주요 원인으로 알려져 있음. 현재 대부분의 내연기관 차량에는 배출가스 정화 장치가 설치되어 있으나, 이러한 장치에서도 생성되는 부산물의 생물학적 영향이 여전히 문제로 지적되고 있다. 이에 정부 차원에서도 NO_x 감축 로드맵과 규제 강화 정책을 마련하여 적극적인 대응을 추진 중임. - 본 참여교수 연구팀은 태양광을 활용한 지속가능한 질소산화물 저감 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 광촉매(photo-catalyst)를 이용하여 대기 중의 NO_x를 광화학 반응으로 질산염(NO_3^-) 형태로 전환시켜 고체화하며, 반응 후에는 단순 세척만으로 재생이 가능하다는 장점이 있음. 따라서 외부 환경에 설치만 해도 지속적·자가구동형 저감 효과를 기대할 수 있는 친환경 기술임. - 기존의 NO_x 광촉매 시스템은 주로 이산화티탄(TiO_2)과 같은 금속산화물 기반 소재를 활용하였으나, TiO_2는 가시광선 활용 효율이 낮고 자외선에만 반응한다는 근본적 한계를 가짐. 이러한 문제를 극복하기 위해 참여교수 연구팀은 가시광 흡수능이 우수한 탄소질화물(graphitic carbon nitride, g-CN) 기반 비금속 광촉매를 새롭게 개발하였음. g-CN은 TiO_2와 상이한 밴드 구조를 가지며, 라디칼 활성종($\text{O}_2^{\cdot-}$, $\cdot\text{OH}$ 등)을 생성하는 광촉매 반응 메커니즘이 근본적으로 다름. 연구팀은 이 두 소재를 단순 물리적 조합 형태로 병용하여, 복잡한 이종접합(heterojunction) 구조 없이도 상호 보완적 광촉매 활성종 생성 시너지를 구현하였음. g-CN에서 발생한 $\text{O}_2^{\cdot-}$은 TiO_2의 산화·환원 반응을 촉진하고, TiO_2에서 생성된 H_2O_2가 다시 g-CN에서 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 생성을 유도함으로써 전하 이용 효율과 전체 광촉매 시스템의 반응속도를 동시에 향상시킴. 이러한 상호작용을 통해, 형광등 또는 자외선 조사하에서 단독 촉매보다 훨씬 우수한 NO_x 제거 성능을 달성하였음. 즉, 본 시스템은 복잡한 접합 공정 없이도 단순 조합만으로 고성능 광촉매 반응을 구현할 수 있음을 증명하였으며, 시스템 복잡성이 낮고 제작비용이 저렴하여 상용화에 유리함. - 본 기술은 도로 및 옥외 인프라 시설물에 적용할 수 있는 대기정화용 코팅·패널 시스템으로 확장 가능하며, 이를 주 사업분야로 하는 (유)삼신기업은 해당 기술의 상용화에 높은 관심을 보이고 있음. 향후 양 기관의 협력을 통해 현장 실증 및 제품화로 이어질 가능성이 높음.

3. 참여교수의 연구의 국제화 현황

① 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

가. 국제학회/학술대회 수상, 초청 강연 및 기조 연설

- 하준석 교수는 2025년 6월 제주에서 개최된 국제 학회인 The 3rd Global Conference of innovation Materials (GCIM2025) & MRS-K Spring Meeting에서 CCIM 2025 Contribution Award를 수상함.
- 하준석 교수는 한국마이크로전자 및 패키징학회 (The Korean Microelectronics and Packaging Society) 에서 탁월한 학술성과를 인정받아 학술상을 수상함. (2025.04.02.)
- 하준석 교수는 과학기술정보통신부로부터 국가연구개발 성과평가 결과 우수 성과 창출, 연구성과 활용, 제도 운영·개선 등에 기여한 공로를 인정받아 “국가연구개발 시설·장비 관리·활용 유공” 분야 장관표창장을 수상함.

나. 국제학회/학술대회 좌장 및 위원회 활동

- 고창현 교수는 일본 요나고에서 개최된 한국화학공학회와 일본 Catalysis Society of Japan가 공동주최하는 국제학회 20th Japan-Korea Symposium on Catalysis의 Program Chair로 활동함(2025.05.19.~2025.05.22.).
- 김도형 교수는 일본 오키나와오에서 개최된 제주에서 개최된 한국화학공학회(KICHE)와 일본 화학공학회가 공동주최하는 국제학회 35th International Symposium on Chemical Engineering에서 Committee member로 활동함(2024.11.29.~2024.12.01)
- 하준석 교수는 2025년 6월 제주에서 개최된 국제 학회인 The 3rd Global Conference of innovation Materials (GCIM2025) & MRS-K Spring Meeting에서 Water Splitting, CO2 Reduction 분야의 Division Chair로 활동함.

다. 국제학술지 활동: 편집위원 등 관련 활동

- 김도형 교수는 2022년부터 현재까지 국제학술지인 Applied Surface Science (Elsevier, IF=6.3)의 Advisory Editorial Board로 활동 중임.
- 김도형 교수는 국제학술지인 미국 세라믹 학회에서 발간하는 Journal of the American Ceramic Society의 MCARE2024 특별호의 guest editor로 활동함 (2024. 8-2025.05)
- 이윤성 교수는 Journal of Industrial and Engineering. Chemistry의 Editor로 2023-2024년까지 활동함. 현재 한국재료학회(Materials Research Society of Korea)의 편집이사 및 광전기화학 재료 분야의 분과위원장으로 활동 중임.

라. 국제학회 발표 실적

- 고창현*, NiMo-계 촉매를 이용한 폐플라스틱 열분해유 수첨 탈질·탈염 반응, 한국화학공학회 2024년도 가을 총회 및 국제 학술대회, 부산, 대한민국 Oct. 16-18. 2024
- 고창현*, 공침법을 활용한 복합 산화물 $\text{La}_2\text{O}_3\text{-CeO}_2$ 제조 및 촉매 지지체로 적용, 부산, 대한민국 Oct. 16-18. 2024
- 고창현*, Ni-Based Catalyst Screening for Syngas Production via Dry Reforming of Ethane, Yonago, Japan May. 19-22. 2025
- 고창현*, Pore-size controlled Ni/ Al_2O_3 catalyst for methane reforming via mechanochemical one-pot synthesis, Yonago, Japan May. 19-22. 2025

② 국제 공동연구 실적

<표 3-6> 최근 1년간 국제 공동연구 실적

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단(팀) 참여교수	국외 공동연구자			
1	박용일	Ruda Lee	Japan/ Kumamoto University	Recent Developments in Near-Infrared-II Luminescence Imaging Using Inorganic Nanoparticles: Semiconductor Quantum Dots and Lanthanide Nanoparticles (2024), Korean Journal of Chemical Engineering, Vol. 41, p.3603-3619	https://doi.org/10.1007/s11814-024-00300-4
2	박용일	Ruda Lee	Japan/ Kumamoto University	Ultrasound-Responsive Lipid Nanoparticles for Targeted Therapy and Controlled Drug Release in Non-Small Cell Lung Cancer (2025), Advanced Therapeutics, Vol.7, Issue 12, p.2400248	https://doi.org/10.1002/adtp.202400248
3	박용일	Ruda Lee	Japan/ Kumamoto University	Zinc Ferrite Nanoparticle with Enhanced Magnetic Attraction for Controlled Drug Delivery and In Vivo Tumor Therapy (2025), Chemical Engineering Journal, Vol. 503, p.158311	https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.158311
4	박용일	Ruda Lee	Japan/ Kumamoto University	Lipopolymerosome-mediated temozolomide delivery for IL13RA2 receptor-positive glioblastoma (2025), Applied Surface Science, Vol 695, p.162843	https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2025.162843
5	이윤성	Vanchiappan Aravindan	India/ Indian Institute of Science Education and Research (IISER)	CuS modified Graphite from spent Li-ion Batteries towards Building high energy Na-ion Capacitors via Solvent-co-Intercalation Process, Vol. 498, p.155462	https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.155462
6	이윤성	Ranjith Thangavel	India/ Indian Institute of Technology , Guwahati	Ultra-high areal capacity, ultra-long life, dendrite-free sodium metal anode enabled by antimony-based Na-ion conducting artificial SEI layers, Vol. 498, p.155234	https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.155234
7	이윤성	R. Kalai Selvan	India/ Bharathiar University	The trifunctional electrocatalytic activity of hierarchical structured porous carbon derived from environmentally malignant Prosopis juliflora, Vol. 17, p.100419	https://doi.org/10.1016/j.cartre.2024.100419
8	이윤성	Vanchiappan Aravindan	India/ Indian Institute of Science Education and Research (IISER)	All-in-All: Dead Lithium-ion battery to active Lithium-ion Capacitor, Vol. 18, Issue 1, p.e-202400449	https://doi.org/10.1002/cssc.202400449
9	이윤성	Vanchiappan Aravindan	India/ Indian Institute of Science Education and Research (IISER)	Mechanically Exfoliated Graphite for Highly Reversible Na-Storage with Carbon Coated Na ₃ V ₂ (PO ₄) ₃ Cathode with Low-Temperature Conditions, Vol. 21, p.2403935	https://doi.org/10.1002/sml.202403935
10	이윤성	Vanchiappan Aravindan	India/ Indian Institute of	Investigation of Zr doping and Electrochemical study on Li _{1-x} Ta _{1-x} Zr _x SiO ₅ (x = 0-0.3) Solid Electrolyte for Lithium-Ion Battery, Vol. 16, Issue	https://doi.org/10.33961/jecst.2024.00773

			Science Education and Research (IISER)	1, p.92	
11	이윤성	Vanchiappan Aravindan	India/ Indian Institute of Science Education and Research (IISER)	In situ transformation of a liquid electrolyte into a solid polymer electrolyte: influence of TMSP in a layered $\text{LiNi}_{0.82}\text{Mn}_{0.12}\text{Al}_{0.06}\text{O}_2$ cathode, Vol. 13, p.13262	https://doi.org/10.1039/D4TA08731C
12	이윤성	Vanchiappan Aravindan	India/ Indian Institute of Science Education and Research (IISER)	Upcycling graphite from spent Li-ion battery with SiO_x via Mechano-chemical Process as next-generation anode for Li-ion capacitors, Vol. 18, p.e-202400822	https://doi.org/10.1002/cssc.202400822
13	이윤성	Ranjith Thangavel	India/ Indian Institute of Technology, Guwahati	Environmental Waste-derived Dual Heteroatom-rich Sustainable Carbon as Anodes for Li- and Na-ion Batteries, Vol. 147, p.461	https://doi.org/10.1016/j.jiec.2024.12.036
14	이윤성	Vanchiappan Aravindan	India/ Indian Institute of Science Education and Research (IISER)	Tailoring the salt concentration in a gel polymer electrolyte to stabilize high-voltage LiCoMnO_4 cathode, Vol. 21, p.2503294	https://doi.org/10.1002/sml.202503594
15	이윤성	Vanchiappan Aravindan	India/ Indian Institute of Science Education and Research (IISER)	Crucial Role of Solvent and Additive During the Transformation of Liquid to Solid Polymer Electrolyte for Stabilizing 4.8 V Class $\text{LiCo}_{0.9}\text{Fe}_{0.1}\text{PO}_4$ Cathode in Anode and Anodeless Assemblies, Vol. 21, p.2503310	https://doi.org/10.1002/sml.202503310
16	한대훈	Chen Yang	USA/ Rutgers University	Shape Memory Polymer-Based Hook-and-Loop Fastener for Robust Bonding and on-Demand Easy Separation (2025), Advanced Engineering Materials, Vol. 27, Issue 13, p.2500114	https://doi.org/10.1002/adem.202500114

③ 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

가. 참여교수의 외국대학 및 연구기관과의 연구자 상호 교류 실적 및 효과

- 김도형 교수는 인도의 Department of Physics, Karpagam Academy of Higher Education의 T. Kavinkumar 교수와 협업하여 Interfacial charge density modulated $\text{Fe}_2\text{P}/\text{MoO}_2$ heterojunction as an efficient bidirectional electrocatalyst towards exceptional electrocatalytic water splitting 결과를 Journal of Alloys and Compounds지 2025년 1월 25일 발표함. Journal of Alloys and Compounds, 1012, 2025, 178468 (<https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2025.178468>)
- 박용일 교수는 일본 Kumamoto University의 Ruda Lee 교수와 한국연구재단의

해외우수과학자유치사업(2022-12-23~2025-02-10)을 통해 다기능성 상향변환 나노입자를 이용한 파킨슨병 진단과 치료에 대한 공동연구를 수행하였으며, 해당 연구의 결과들은 2024년 Korean Journal of Chemical Engineering, Advanced Therapeutics, 2025년 Chemical Engineering Journal, Applied Surface Science에 각각 1편씩 총 4편의 논문을 게재되었음.

- 박용일 교수와 이상현 교수는 이탈리아 Istituto Italiano di Tecnologia의 Mukesh Kumar Thakur 연구원과 Politecnico di Torino의 Ilka Kriegel 교수, 대만 National Taiwan University의 Chi-Te Liang 교수와 National Tsing Hua University의 Wei-Chen Lin 연구원, 독일 Physikalisch-Technische Bundesanstalt의 Dinesh Kumar Patel 연구원과 그래핀 템플릿 기반 프러시안 블루-MXene 나노복합체를 활용하여 향상된 광전류 및 고감도 광대역 광검출을 나타내는 이중 구조 광검출기에 대한 공동연구를 수행하였으며, 해당 연구의 결과는 Journal of Materials Chemistry A에 2025년 9월 자로 게재되었음.
- 이상현 교수는 1년 동안 (2024.9.1. ~ 2025.8.31.) University of Central Florida(UCF)의 Department of Mechanical and Aerospace Engineering 방문연구를 통하여 공동연구 및 국제교류 활성화를 위해 다양한 활동을 수행하였음. 우선 전남대 연구실에서 수행 중인 그래핀-금속 복합소재의 방열소재로서의 응용에 대한 연구 중 열적 특성에 대한 부분에 대하여 Hyoungh Jin Cho 교수 연구실과 공동연구를 수행하였으며, 연구 결과는 Journal of Alloys and Compounds에 게재됨. 또한, 전남대 연구실에서 제작한 나노갭 소자를 Cho 교수 연구실에서 고감도 PFOS 감지를 위한 전기화학 센서로 적용한 실험을 수행하여 기초결과를 얻었으며, 이를 바탕으로 지속적인 공동연구를 수행할 계획임. 이상현 교수가 소속되어 있는 전남대 G-LAMP 사업단과의 연구 및 인적교류를 활성화하기 위해 양해각서(MOU) 추진을 통해 지난 5월 19일 체결을 완료함.
- 이상현 교수는 전남대 연구팀의 소재 설계 및 구현 역량과 Tohoku 대학 Shiku 교수 그룹의 SECM 기반 미세 분석 기술이 결합되어, 나노 스케일에서의 광전기화학 반응 메커니즘을 정밀하게 규명하고자 함. 전남대 연구팀에서는 화합물 반도체와 페로브스카이트의 특성을 이용하여 넓은 파장 영역의 태양광 에너지를 활용할 수 있는 이중접합 형태의 광촉매 구조를 설계하고 구현하고자 함. 한편, Tohoku 대학의 Hitoshi Shiku 교수 그룹에서는 SECM을 이용하여 페로브스카이트/반도체 이중접합 구조의 미소 영역 표면에서의 광전기화학적 촉매반응을 확인하기 위한 나노 탐침 제작 및 다양한 모드에서의 분석을 시행할 예정임. (2026년 1월 7일 ~ 16일, 10일간 방문연구)
- 하준석 교수는 미국의 US Riverside University, Consumer Electronics Show (CES), University of Nevada Las Vegas, Zappos 방문연구(2025.01.04.~2025.01.13.)을 통해 해외 우수 기관과의 교류 활동을 바탕으로 산학협력 등의 노하우를 교류하고 4차산업혁명 시대의 글로벌 네트워크를 확보함. 특히, CES 2025 참관을 통해 광주광역시 CES 참여기업간의 간담회를 개최하여 CES 2025 지원 정책 및 정부·지자체 협력 방안을 논의할 뿐만 아니라 해외 진출을 위한 글로벌 기업지원 프로그램에 대한 MOU를 체결함.
- 한대훈 교수는 미국 Rutgers University의 Chen Yang 연구원, Yueping Wang 연구원, Paul Wang 연구원과 공동연구를 통해 shape memory polymer를 이용한 hook-and-loop fasteners를 개발하였으며, 해당 연구의 결과를 2025년 7월 Advanced Engineering Materials에 게재하였음.

나. 당초 계획대비 실적분석 및 향후 추진계획

- 전남대학교 에너지통합플랫폼 교육연구팀은 전년도에 수립한 국제 공동연구 및 연구자 교류 계획을 바탕으로, 2024년 9월부터 2025년 8월까지 다양한 국가의 우수 연구기관 및 대학과 실질적인 협력 관계를 구축하고 다수의 가시적인 성과를 달성하였음. 당초 계획에서는 KIST-Europe과의 협력을

시작으로 Saarland 대학교, Mint-Campus Alte Schmelz, Scheschkewitz 교수 연구실 등을 거점으로 하는 공동연구 프로그램을 확장하고, 이를 통해 참여 대학원생의 기술 습득, 산업 트렌드 체험, 취창업 역량 강화를 도모하겠다는 방향이 제시되었음. 또한 BK21 사업 외에도 에너지신산업사업단과 대학원 국외연수지원사업, 한국에너지기술평가원 등의 외부 자원을 활용해 실질적인 교류의 기회를 확장하는 것을 목표로 삼았음.

- 올해의 실적은 이러한 계획의 방향성과 매우 밀접하게 부합할 뿐 아니라, 연구 파트너의 지리적·기관적 범위가 훨씬 더 넓어졌다는 점에서 더욱 주목할 함. 김도형 교수는 인도 Karpagam Academy of Higher Education과의 공동연구를 통해 고성능 수전해 촉매에 대한 연구 결과를 국제 저널에 게재하였고, 박용일 교수는 일본 Kumamoto University와의 지속적인 협력을 통해 4편의 논문을 발표하는 등 연구 성과의 양과 질 모두에서 뛰어난 결과를 도출하였음. 특히 박용일·이상현 교수는 이탈리아, 대만, 독일의 연구자들과 협업하여 고감도 광검출 소재에 관한 성과를 국제 상위권 저널에 발표하였으며, 이는 계획 단계에서 제시된 유럽 기반 연구기관 중심의 전략기술 협력 구상을 실질적으로 실현한 사례로 볼 수 있음.
- 이상현 교수는 미국 UCF에서 1년간의 방문연구를 수행하며 열전소재 및 센서 분야에서의 공동연구를 전개하였고, 현지 기관과의 MOU 체결을 통해 후속 교류의 기반을 마련하였음. 또한 하준석 교수는 미국의 CES 2025 참관 및 현장 네트워킹을 통해 지역 기업의 해외 진출과 산학협력 확대를 위한 국제 MOU를 체결하는 등 실질적인 글로벌 연계 확장의 성과도 함께 거두었음. 한대훈 교수는 Rutgers University와 공동으로 스마트 접착 소재를 개발하고, 이를 바탕으로 국제 저널에 성과를 게재하였음.
- 이러한 일련의 성과는 계획 단계에서 제시된 프로그램의 구성 요소를 충실히 실행한 것에 그치지 않고, 새로운 국가 및 연구 파트너와의 협력 채널을 적극적으로 개척하였다는 점에서 전략적 완성도가 높다고 평가됨. 특히 연구자 개별 수준의 협업을 넘어서 다자 간 공동연구, MOU 체결, 후속 제안서 작성 등으로 이어지는 확장성과 지속 가능성 측면에서 매우 우수한 실적이라 할 수 있음. 또한, 참여 대학원생의 연구 참여와 해외 기관 방문 등의 교육 효과도 병행되었으며, 이는 연구역량 강화와 글로벌 경쟁력 확보라는 BK21 사업의 핵심 목표에 기여한 성과로 볼 수 있음.
- 결론적으로, 전년도 계획에 기반한 국제 연구자 교류 및 공동연구 추진 전략은 올해 실적을 통해 성공적으로 구현되었으며, 양적 성과뿐 아니라 질적, 구조적 측면에서도 높은 수준의 목표 달성도를 보여주고 있음. 향후 유럽과 미국 외의 신규 권역 개척 및 학생 주도 연구성과 확대 등의 보완 전략이 추가된다면, 더욱 안정적이고 지속가능한 국제 공동연구 생태계가 형성될 수 있을 것으로 기대됨.

- 본 교육연구팀의 박용일 교수, 전영시 교수와 명지대학교 화학공학과와 나현빈 교수로 3인의 자체평가 평가위원을 구성함.
- 에너지 통합 플랫폼 교육연구팀은 2024년 2학기와 2025년 1학기의 12개월간 다양한 측면에서 성과를 달성하기 위해 노력한 것으로 평가할 수 있음.
- 교육역량 측면에서 본 교육연구팀은 신규 대학원생 인력 확보와 졸업생의 높은 취업률을 통해 화공 에너지 관련 고급 인재를 양성하고 있음. 지난 1년간 6명의 졸업생 중 6명이 취업해 높은 취업률을 기록하였고, 구체적으로 Ganesan Bala Krishnan 박사와 유연정 박사, Amarnath T. Sivagurunathan 박사는 각각 소듐 이온 배터리 연구와 열화학 촉매 연구, 에너지 저장 및 변환 연구로 한양대와 한국화학연구원, 전남대학교에 박사후연구원으로 임용되었으며, 송정현, 안진영, 정정수 석사는 각각 LG 에너지솔루션, 전남대학교 에너지 융복합 전문 핵심연구지원센터, 케이엔제이에 성공적으로 취업하여 질적 우수성을 입증함. 또한, 참여 대학원생들은 저명 학술지에 8편의 논문을 발표하고 학술대회에서 3건의 우수포스터발표상을 수상함으로써 연구의 깊이를 더하고 있으며, 참여대학원생의 2건의 특허 등록 성과는 연구 결과의 실용적 측면을 보여줌.
- 연구역량 측면에서 본 교육연구팀은 질적·양적 성과 모두를 고르게 향상시키는 데 성공하였음. 특히, 연구비 수주 규모는 전년 대비 80% 이상 증가하였으며, 국제협력 연구 건수도 3배 이상 확대되어, 글로벌 공동연구 네트워크의 적극적인 확장을 보여줌. 논문 실적 면에서도 20편으로 전년 대비 82% 증가하였으며, 평균 IF는 소폭 감소하였지만 여전히 10 이상을 유지하고, 상위 3% 및 1%를 포함한 상위권 저널에 꾸준히 게재되고 있는 것으로 나타남. 기술 이전 실적은 올해 보고되지 않았으나, 7건의 특허 등록 실적이 추가되어 기술 실용화 기반을 강화하였음. 반면, 산업·사회문제 해결 기여 실적은 소폭 감소하여, 향후 이를 정량적 기여로 체계화하고 정책적 연계 방안 마련이 필요한 지점임.
- 전체적으로 교육연구팀은 연구논문, 연구비, 국제협력, 기술실용화 측면에서 괄목할 만한 성과 향상을 이루었으며, BK21 사업의 목표인 차세대 융합형 인재 양성과 세계적 수준의 연구집단 육성에 부합하는 실적을 지속적으로 구축하고 있는 것으로 평가됨. 다만, 대학 본부 보직(연구처장)과 연구년 2명으로 개설된 대학원 강의가 다소 적었으며, 이에 따라 향후 대학원 강의 개설을 증가시킬 필요가 있음. 또한, 참여대학원생의 국제공동연구 참여와 국제학술대회 참가를 적극적으로 권장하여 국제화 프로그램 실적을 높일 필요가 있음. 또한, 참여 교수들의 논문 실적에서 참여대학원생 주저자 논문과 특허 실적의 비중이 낮은 것도 개선이 필요함.