

# 『4단계 BK21사업』 혁신인재 양성사업(신산업 분야)

## 교육연구단 자체평가보고서

접수번호											
신청분야	에너지신산업/신재생에너지					단위		전국			
학술연구분야 분류코드	구분	관련분야		관련분야		관련분야					
		중분류	소분류	중분류	소분류	중분류	소분류				
	분류명	화학	유기화학	화학공학	촉매화학공학	재료공학	세라믹재료				
	비중(%)	40%		30%		30%					
교육연구 단명	국문) 탄소-제로 신재생에너지시스템 사업단 영문) Carbon-zero renewable energy systems research										
교육연구 단장	소 속		아주대학교 에너지시스템학과								
	직 위		교수								
	성명	국문	장혜영	전화							
				팩스		-					
		영문	Hye-Young Jang	이동전화							
		E-mail		hyjang2@ajou.ac.kr							
연차별 총 사업비 (백만원)	구분	1차년도 (2019~212)	2차년도 (213~222)	3차년도 (223~232)	4차년도 (233~242)						
	국고지원금	609	1,293	1,300	1,500						
총 사업기간		2020.9.1.-2027.8.31.(84개월)									
자체평가 대상기간		2022.9.1.-2023.8.31.(12개월)									
<p>본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21』 사업 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다.</p> <p style="text-align: right;">2023년 12월 27일</p>											
작성자	교육연구단장					장 혜 영					
확인자	아주대학교 산학협력단장					김 상					

## 〈자체평가 보고서 요약문〉

중심어	탄소-제로	신재생에너지	수소에너지
	연결지성	초융합	에너지 재활용
	에너지 생산	에너지 저장	에너지 소비
교육연구단의 비전과 목표 달성정도	<p>본 사업단은 4단계 <b>BK21</b> 사업을 통해 <b>탄소-제로 신재생에너지시스템</b> 기반 에너지 신산업 도출을 목표로 세 가지의 중점전략을 아래와 같이 달성함.</p> <p><b>1) 초융합 신재생에너지 연구를 위한 carbon-zero platform 구축:</b> 초융합 신재생 연구 플랫폼 구축은 다양한 학제간 공동 연구비 수주 약 53억 (총 수주 연구비의 56.4%) (기초과학 자율운영 중점연구소지원사업, 고부가 탄소소재와 수소생산 촉매공정개발 및 고선택성 메탄산화체 제조 촉매 개발 (C1 가스 리파이너리 사업), 발전산업의 탄소중립을 위한 청록수소 생산 및 활용 시스템 개발 (Net-Zero 기술혁신개발사업), 고선택도 하이드로카본 업사이클링 연구 등) 과 해외공동연구 28편을 포함한 high impact저널 게재 (mrnIF 90이상 42%) 등임. 연구성과를 산업화에 연계하여 총 12.4억원 규모의 기술이전 실적을 달성하였음.</p> <p><b>2) 연결지성 역량을 갖춘 신재생에너지 인력 양성:</b> 다학제 초융합 인재양성을 목표로 자연과학, 공학, 사회과학 연결지성 융복합 교육체계를 운영하고, 에너지 신산업 수요 대응을 위한 에너지 4대 중점분야 (생산, 저장/분배, 소비, 재활용) 기반 특화된 수소기술 고급트랙과 에너지수확 고급트랙, 양자정보과학트랙을 운영하고 있으며, 현재 많은 학생들이 트랙 이수 중이며 졸업생들 다수가 에너지 관련 기업, 정부출연연구소에 취업하였음. 수소에너지 기술과 양자 과학기술 관련 온라인 지식 공유 플랫폼을 구축하고 콘텐츠를 확보하였음. <b>산학 실무형 인재 양성</b>을 위해 PBL 기반 신재생에너지프로젝트, 에너지산업체 연구실습과목을 정규 교과목으로 개설/운영하였고, 비교과 활동으로 다양한 에너지 기업체 견학을 실시함. <b>글로벌 인재양성</b>을 위해 대학원생의 장/단기 해외연수 지원, 해외입국 신입생 지원사업을 수행하고, 사업단 영문홈페이지, FACEBOOK, YOUTUBE 채널 운영하고 있음.</p> <p><b>3) 기업수요기반 신재생에너지 신산업 도출:</b> 탄소-제로 신재생에너지시스템 기업협업센터 (ICC)내의 산학협력 협의체를 운영하여 기업의 애로기술 해결, 기술이전, 공동교육/연구를 진행함. 탄소중립과 관련된 국내 기업의 ESG 및 RE100화성을 위해 RE100 협의체를 출범하고 탄소중립 기술교류회 진행. 경기도내 고등기술원과 공동연구 기술교류회 진행. 수원시와의 협업으로 수원시 에너지센터 사업, 스마트시티 조성 프로그램 운영.</p>		
교육역량 영역 성과	<p><b>대학원생의 우수 연구 성과:</b> 본 사업단 참여대학원생이 게재한 논문 총 110편 (SCI(E) 103편, 학진등재 3편) 중 48편이 mrnIF 90 이상의 우수 해외 저널에 게재되었음. 국내 및 국제 학회에 적극 참여하여 발표를 수행(총 153건)하였고 19명이 우수 발표상을 수상함. 10건의 국내 특허를 등록함.</p> <p><b>참여교수의 교육 성과:</b> 본 교육연구단은 신재생에너지 기술의 최신 동향을 분석하여 탄소-중립 신재생에너지 기술-신재생에너지기술 최신동향 2023 교재를 출간하였고 (ISBN: 978-89-6894-328-7) 형광화학센서 (ISBN: 978-83916-386-9)를 출간하였음. 양자정보과학 트랙 핵심 교과목인 양자정보 에너지과학 관련 총 <b>9개 교과목 신설</b>하였고, 첨단분야 고급트랙의 <b>온라인 학습자료 구축 제공</b> (수소에너지 생산기술, 양자 과학기술 및 양자컴퓨터 시뮬레이션)하였음.</p> <p><b>교육과정 성과:</b> 자연과학, 공학, 사회과학을 아우르는 다학제 초융합 교육 체계 구축, 융합기초, 융합선택, 심화전공 영역으로 체계화된 교과과정 개설 및 운영 (학과 필수 과목 4개 교과목의 윤강 운영을 통해 <b>융합 교육을 강화</b>), 산업현장 적응력을 키우고 산업계 수요에 유연성 있게 대응할 수 있도록 <b>산학협동 교과과정</b> 운영(신재생에너지프로젝트, 신재생에너지연구실습) 및 산업계 전문가 초청 강연 진행 (신재생에너지세미나, 에너지 신사업 개론), 탄소-제로 신재생에너지 핵심기술분야 트랙별 맞춤형 융·복합 교육 실시를 통해 연구와 교육의 선순환 구조를 추구 (<b>수소기술트랙, 에너지수확트랙, 양자정보과학트랙</b>).</p> <p><b>인력양성 성과:</b> 학·석·박사 전주기 인재양성으로 파란학기 (학부), StAR 프로그램 (학·석사), Energy-BTS/S-class 장학/아주논문상/건강한 연구실 (석·박사) 프로그램 운영을 통해 총 11명 학·석사 진학 포함 2023년 1학기 기준 총 148명의 대학원생 확보 (선정시 대학원생 100명), 학석사과정 진학 11명, 2023년 기준 석박사과정 35명 재학 중. 2023년에 학위취득한 대학원생은 43명으로 LG에너지솔루션, 삼성전자와 같은 에너지 기업에 다수 취업.</p>		

	<p><b>신진연구인력의 우수 연구 성과:</b> 현재 총 8명의 포스닥을 지원하고 있으며 Angewandte Chemie International Edition을 포함하여 총 9건의 우수 학술지 논문 게재. 우수신진 인력의 융복합 연구 및 독립 수행 연구과제 수주 (한국연구재단 과제 3건) 역량 확대.</p> <p><b>국제화 성과:</b> 해외대학과의 공동 워크샵 진행 (Ajou-ETH Zurich 심포지엄, 교토-저장-아주 심포지엄, 아주-치바 공동 심포지엄), 일본 치바대와 대학원 복수학위 제도 협약 완료, 노벨상 수상자 초청 Global Lecture Series와 해외석학 초청 세미나 및 특강 진행. 대학원생의 해외기관과의 공동연구가 적극적으로 진행중이며, 2023년 1학기 University of Chicago and Argonne National Lab.에 학생 장기연수 지원. 학과 해외 객원 교원활용 성과로 공동연구, 공동 학생지도, 학위심사위원 참여, 에너지 여름 학교 등과 같은 비교과 교육활동 등이 있음.</p>
연구역량 영역 성과	<p>탄소-제로 신재생에너지시스템 사업단의 연구역량 질적 향상 목표 <b>mrnIF 90이상 논문 40%이상</b> 달성을 위해 노력 중. mrnIF 90이상 논문은 전체 연구 실적 대비 42% (70편/165편). 게재 논문의 실용화 확보를 위해 특허 출원-등록-기술이전을 연계 추진 중. 국내특허 등록 21건, 국제특허 등록 5건, 기술이전 12.4억원 달성. 사업참여 교수의 <b>(주)하이퍼 머티리얼스 창업</b> (2023.02.10.) 신진, 중견 연구과제 및 에너지기술개발 사업, 산업기술혁신사업 사업 등의 다양한 정부 연구비 수주액은 약 94.3억.</p> <p><b>초융합 에너지 신산업 도출:</b> 핵심 연구 분야에 해당하는 융합 신재생 연구 플랫폼 구축은 다양한 분야의 학제간 공동연구비 수주로 나타남. 총 수주 연구비의 약 56.4%가 공동 연구비로 기초과학 자율운영 중점연구소지원사업, 고부가 탄소소재와 수소생산 촉매공정개발 및 고선택성 메탄산화제 제조 촉매 개발 (C1 가스 리파이너리 사업), 발전산업의 탄소중립을 위한 청록수소 생산 및 활용 시스템 개발 (Net-Zero 기술혁신개발사업), 고선택도 하이드로카본 업사이클링 연구 등의 과제를 수주함. 대형 집단 연구과제 수주를 위한 노력을 지속할 계획임.</p> <p><b>질적 연구 역량 강화:</b> mrnIF 90이상 논문은 전체 연구 실적 대비 42% (70편/165편)으로 연구성과의 질적 향상이 지속적으로 이루어지고 있음. 연구진의 국제 평판도 향상을 위해 해외기관과 국제 공동연구, 공동 심포지엄 개최와 같은 교류를 강화하고 있음. 국제 공동연구 실적이 신청서 제출 시점 5년간 17편 대비 3차년도 28편으로 상승하고 있고, 계획했던 심포지엄을 (Ajou-ETH Zurich Symposium (2022.9), Kyoto-Zhejiang-Ajou Joint Symposium on Energy Science (2022.12), Ajou-Chiba Joint Symposium (2023.2)) 성공적으로 개최하였음. Ajou Energy Valley 구축을 통해 설립한 탄소-제로 신재생에너지 ICC 프로그램을 활용하여 연구성과의 IP 확보, 기술이전, 창업으로 이루어질 수 있었음.</p>
산학협력 영역 결과	<p><b>산학공동 교육과정 운영성과:</b> 교과과목으로 신재생에너지 프로젝트 (<b>학생주도형 문제기반 학습, PBL</b>), 에너지산업 현장실습을 신설 운영하였으며, 산업체 전문가를 수업에 참여시켜 신산업 동향에 대한 정보를 제공함 (에너지신사업개론, 신재생에너지세미나).</p> <p><b>산학협력 연구성과:</b> 최근 1년간 (2020.9.1.-2021.8.31.) 산업체 과제 총 22건, 7.2억원 수주, 지자체 과제 총 5건, 3.4 억원 수주, 기술이전 총 4건, 총 12.4억원 달성, 총 21건의 국내특허, 5건의 국제특허 등록 달성. 사업참여 교수의 <b>(주)하이퍼 머티리얼스 창업</b> (2023.02.10.)</p> <p><b>산학간 인적/물적 교류:</b> Ajou Energy Valley 구축을 목표로 민관과의 긴밀한 협력을 위한 다양한 산학컨소시움을 구성/활동, 탄소-제로 신재생에너지시스템 기업협업센터(ICC) 참여 기업을 43개로 확대하였고 ICC R&amp;D 기술매칭 페어를 개최(2022.12.07.)하였으며, 탄소중립 EXPO (2023.05.25.-27)에 참여하였음. 친환경 수소생산, 태양광신재생에너지, 수소연료전지, K-RE100 산학협력 협의체를 운영하여 산학 교류를 활성화하고 기업애로기술을 해결함. 수원시-아주대 협력 ‘수원시 에너지센터’ 사업으로 ‘2022 지속가능발전 청소년 에너지공간 캠프’를 진행하였고, 탄소-제로 지역 에너지 센터를 설립하여 수원시의 ‘스마트시티-우리집 탄소모니터링 사업’을 수행 중. 신재생에너지 관련 재직자 교육으로 탄소중립과 ESG, RE100 기초 (2023. 04.19), 연료전지과학 심포지엄: 기초와 응용 (2022.08.17), 재생에너지를 이용한 수소 제조 기술 (2022. 11.23), 수소연료전지 창의융합 심포지엄 (2023. 08.02), 핵자기공명분광기 교육을 포함한 6건의 장비교육을 진행하였음.</p>
미흡한 부분 / 문제점 제시	<p>BK21을 통해 대학원이 활성화 되며 참여 대학원생 수가 급격히 증가하였음. 국고만으로 학생 지원이 충분하지 않아 다양한 인력양성 사업과 연구비 수주를 위해 학과 차원의 노력 중.</p> <p>외국 대학원생 유치를 위해 현지 홍보를 진행하려던 사항은 사업단의 영문 홈페이지, SNS, 국제 심포지엄 개최 등을 활용하여 진행함. 보고서에 기술한 바와 같이 내국인, 외국인 포함 대학원생 수가 꾸준히 증가하고 있어, 온라인 홍보로 충분하다고 판단하여 현지 홍보는 진행하지 않음.</p>

**차년도  
추진계획**

사업계획서에 기술한 교육연구단의 비전 달성을 위한 교육, 연구, 산학협력, 국제화 부분의 노력을 지속할 계획임.

- 교육: 산업수요 맞춤형 융합트랙 프로그램을 활발히 운영하고 관련 기관의 학생 취업률 향상을 위한 프로그램 시행. 기업 참여 수업 및 산학협력 프로젝트 활성화.
- 연구: 학제간 공동연구, 국제 공동연구를 활발히 진행하여 논문 성과의 질적 향상 및 영향력 확대를 위해 노력. 산업체와 협업을 위한 인적/물적 교류를 더욱더 확대하여 연구개발 성과를 산업화에 활용할 수 있는 프로그램 개발.
- 국제화: 해외대학 복수학위 프로그램을 홍보 및 실행방안 연구. 해외 석학 초청 특강 및 수업참여 (온라인, 대면) 활성화를 통해 학생들의 국제적 역량 강화

## 1. 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

성명	한글	장혜영	영문	Hye-Young Jang
소속기관	아주대학교 에너지시스템학과			

## 1.1 연구역량

- 사업단장인 장혜영 교수는 2005년 University of Texas at Austin에서 유기화학 분야의 박사학위를 받은 후 California Institute of Technology에서 박사후 과정을 거쳐 2006년 3월부터 아주대학교에 재직해 왔음. 임용 직후부터 2단계, 3단계 BK21사업을 현재까지 참여해오고 있음.
- 촉매를 기반으로 한 친환경 화학 반응 개발을 연구해 왔으며 (h-index 32), 기후변화 대응 C1 가스 활용 (CO, CO<sub>2</sub>) 관련 연구과제 수행 및 논문게재를 지속적으로 해오고 있음. 대표적 수상실적으로 2007년 미국 환경보호청 (EPA)에서 수여하는 Presidential Green Chemistry Challenge Award를 수상하였으며, 2015년 이후 교내의 Ajou Publication Awards를 4년 연속 수상하였음. 대표적 국제 학술활동실적으로 2016년부터 현재까지 ChemistrySelect의 editorial board member, 2021년부터 Catalysts의 editorial board member로 활동하고 있음.
- 기후변화 대응 연구개발 사업인 Korea CCS 2020 사업 (2011~2016), 차세대탄소자원화사업 (2017~2020, 총괄책임자), C1 가스 리파이너리 사업 (2015~2020), Carbon to X사업 (2020~) 수행.
- 신재생 에너지 분야 공동연구는 교육부 주관 중점연구소 지원사업으로 에너지 변환소자 요소기술 연구 (2007~2016)를 수행하였고, 한국에너지기술평가원 주관 차세대 청정연료 고급트랙 (가스화 및 화학적 전환기술 중점, 2015~2020)을 수행.

## 1.2 교육·행정 역량

- 교내 학생 교육과 관련된 교양교육선진화분과위원회 (2011~2012), 비교과교육선진화분과위원회 (2013~2014), 대학교육특성화사업추진운영위원회 (2014) 활동을 하였고, BK21 2단계 사업부터 에너지시스템학과의 대학원 교육에 참여. 학생 교과 교육뿐만 아니라 학생상별위원회 (2013~2015), 대학문화위원회 (2013~2015), 성폭력상담센터운영위원회 (2016), 여대생커리어개발센터운영위원회 (2016) 활동을 통해 다양한 문제에 처한 학생들의 상황을 이해하고 도움을 주는 활동을 수행하였음.
- 교내 연구 관련 위원회인 공동기기운영위원회 (2010~2011), 연구지원위원회(2018~2019) 활동을 통해 교내의 연구 행정에도 관여함.
- 2018년 2학기부터 아주대학교 국제화 사업 <KOICA 석사학위연수> 참여를 통해 제3세계 국가 학생의 에너지 기술 교육 및 석사학위논문 지도를 수행하고 있음.
- 2019년 3월부터 에너지시스템학과 학과장을 맡고 있음.
- 2023년 2월부터 수원시 환경정책위원회 위원으로 활동 중.
- 2023년 4월부터 경기도 탄소중립녹색성장위원회 위원으로 활동 중.
- 2021년 5월부터 RE100 협의체 교육분과 위원장으로 활동 중.

## 2. 대학원 신청학과 소속 전체 교수 및 참여연구진

<표 1-1> 교육연구단 대학원 학과(부) 전임 교수 현황

(단위: 명, %)

신청학과(부)	기준학기	전체교수 수			참여교수 수		
		전임	겸임	계	전임	겸임	계
에너지시스템학과	2022년 2학기	28	3 (중복배속)	31	18	3 (중복배속)	21
	2023년 1학기	26	4 (중복배속)	30	17	4 (중복배속)	21

<표 1-2> 최근 1년간 교육연구단 대학원 학과(부) 소속 전임/겸임 교수 변동 내역

연번	성명	변동 학기	전출/전임	변동 사유	비고
1	이창구	2022년 2학기	전임	중복 배속	신규 참여
2	김석기	2022년 2학기	전임	중복 배속	신규 참여
3	조성범	2023년 1학기	전임	중복 배속	신규 참여
4	신치범	2023년 1학기	전출	면직	
4	곽원진	2023년 1학기	전출	사직	

<표 1-3> 교육연구단 참여교수 지도학생 현황

(단위: 명, %)

신청학과(부)	기준학기	대학원생 수										
		석사			박사			석·박사 통합			계	
		전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여
에너지시스템학과	2022년 2학기	78	76		30	28		31	31		139	135
	2023년 1학기	88	85		30	28		35	35		153	148
참여교수 대 참여학생 비율												

### 2.1 참여 교수 구성 변경 현황

- 교육연구단 참여 인력은 3차년도와 4차년도에 걸쳐 (2022.09.01.-2023.08.31.) 21인임. 에너지 생산, 소비, 재활용 관련 기술의 역량을 보강하기 위해 에너지물리 전공의 서호성, 안영환, 에너지환경 전공의 이창구 교수, 에너지화학 전공의 김석기 교수, 에너지재료 전공의 조성범 교수가 추가되었음. 신치범 교수는 정년퇴직으로 면직되었고, 곽원진 교수는 타 기관으로 이직함. 곽원진, 신치범 교수의 전공 분야는 2023년 신규 채용 전임교원의 사업참여를 통해 보강할 예정 (2023년 3월 임용 예정). 다양한 전공 분야의 21인 교수진들이 본 사업단 4대 중점 분야인 (1) 신재생에너지 ‘생산’, (2) 재생에너지 맞춤형 에너지 ‘저장’, (3) 에너지 ‘소비’ 효율 극대화, (4) 에너지 ‘재활용’에 대하여 세부기술 내용을 담당할 뿐만 아니라 연관성 있는 세부기술 간의 긴밀한 협력 연구를 실시하여 세계 최고 수준의 기술 고도화 및 우수 연구개발 인력을 양성하고 있음. 특히, 각 분야의 대표기술 보유 교수는 각 세부기술에 대한 연구에 대한 리더십을 가지고 연구 방향을 총괄함. 아래에 각 연구 분야별 참여 교수진 및 연구주제를 소개함.



**가. 에너지 생산:** 신재생에너지 분야의 핵심 기술인 태양전지 연구, 수소에너지, 바이오에너지 연구를 통해 청정 친환경 에너지 생산 고효율화에 필요한 기술 개발을 목표로 세부기술 연구를 진행하며 탁월한 논문 성과를 보유했다.

#### • 수소에너지

[대표기술] 태양광-수소 생산용 고성능 광전극 소재 및 광전기화학셀 연구 (조인선, 에너지재료)

- 목표 및 내용: 태양광 물분해 수소생산 및 이산화탄소 화학연료 전환 고성능 광전극 개발을 위해 전산모사기법 및 비평형 열처리 공정에 기반한 새로운 나노소재 합성법을 연계/활용하여 신규 소재군 플랫폼을 구축함과 동시에 실험적 합성/제조를 통해 개발.
- 연구 역량의 우수성: 태양광 물분해 수소생산 소자 제작/평가/개발 및 나노소재 합성기술에 대한 기반기술 구축. (Energy & Environmental Science, Advanced Energy Materials, Nature Communications, Nano Letters, Advanced Functional Materials, Nanoscale 등 다수의 관련 주제 논문 게재).

[세부기술]

- 태양광에너지 활용 광촉매 기반 수소 생산 기술 연구 (김유권, 에너지화학)
- 유기금속 촉매 기반 바이오매스, 유기성폐자원에서부터 수소생산기술 개발 (장혜영, 에너지화학)
- 연료전지용 고순도 수소제조 촉매 및 공정 (박은덕, 에너지화학공학)
- 수소염 기반 수소생산 최적 촉매 개발 및 수소염 재생기술 연구 (류학기, 에너지재료)

#### • 태양에너지

[대표기술] 투명 태양전지 기반 광전 변환 연구 (김유권, 에너지화학)

- 목표 및 내용: 2차원 황화물 기반의 박막 구조 성장을 제어하는 박막 제조 기법을 개발하고 박막의 물성 (광학적 성질, 물리적 성질)을 규명하여 고효율의 투명태양전지를 제조할 수 있는 기술 개발.
- 연구역량의 우수성: 관련 연구 성과를 Advanced Functional Materials (Vol. 28, pp. 1804737), Nano Energy (Vo. 68, pp. 104328) 등에 게재. Adv. Func. Mater. 관련 연구 성과 국내 언론에 게재 (국민일보)

[세부기술]

- 박막 태양전지 집합 최적화 연구 (서형탁, 에너지재료)

- 태양전지용 표면 texturing 연구 (김창구, 에너지화학공학)
- 박막 태양전지 개발 연구 (이상운, 양자정보과학)
- 페로브스카이트 태양전지 소재 개발 연구 (조성범, 에너지재료)
- 박막 태양전지의 광흡수 효율 개선 연구 (이재현, 에너지재료)

#### • 바이오 에너지

- 목표 및 내용: 바이오 매스 및 유기성 폐자원에서부터 생촉매 및 생물 전환 기술을 이용하여 바이오 알코올, 바이오 디젤 생합성 기술 개발.
- 바이오매스 및 유기성 폐자원의 생물 전환 공정을 통한 바이오 연료 및 생분해 플라스틱 생산 기술 개발 (최권영, 에너지환경)

나. 에너지 저장/분배: 차세대 에너지 저장 기술 개발을 목표로 연구를 진행하며 긴밀한 산학협력기반 연구.

#### • 에너지저장

[대표기술] 차세대 리튬 및 포타슘 전지 효율 및 안정성 향상 연구 (곽원진, 에너지화학)

- 목표 및 내용: 리튬 및 포타슘-산소 전지 구동 중 일중항 산소의 공격에 안정적이고, 높은 전기 화학적 안정성을 가지며, 전극-전해질 계면 안정화에 효과가 있는 기능성 전해질 소재 개발 연구.
- 연구 역량의 우수성: 리튬-산소 전지 전해질 촉매 소재 안정성 평가 및 리튬 금속 음극 보호 연구와 관련하여 Energy & Environmental Science (2016), Advanced Energy Materials (2017,2018), Nature Communications (2019)등 20편 이상의 주저자 논문 게재.

[대표기술] 이차전지의 최적 설계 및 상태 예측 모델 개발 (신치범, 에너지화학공학)

- 목표 및 내용: 리튬이온배터리, AGM배터리, VRLA배터리, 듀얼 배터리, 울트라캐퍼시터 등 이차 전지의 노화 현상을 분석하여, 이를 바탕으로 최적 설계 및 정확한 성능과 상태를 예측하는 모델 개발 연구를 진행함.
- 연구 역량의 우수성: 다양한 이차전지의 성능을 예측할 수 있는 모델에 대한 탁월한 연구 역량을 보유하고 있음. (Journal of The Electrochemical Society 165(16) 논문게재, 관련 주제 국책 과제 다수 진행, 한국GM, 현대NGV, LS엠트론과 관련 주제 산학연구 다수 진행)

[세부기술]

- 수소화/탈수소화 반응을 통한 수소 저장용 촉매기술 (박은덕/에너지화학공학, 장혜영/에너지화학)
- 나노복합소재 기반 유연 슈퍼커패시터 요소 소재 기술 (서형탁, 에너지재료)
- 알칼리 토금속 산화물 수화반응 기반 태양열에너지 저장 소재 개발 연구 (류학기, 에너지재료)
- 이차전지 전극 형성 관련 유변 공정 기술: 슬러리 분산성 및 코팅공정 관련 기술 (김주민, 에너지화학공학)
- 차세대 고체 전해질 소재 리튬 이동도 및 안정성 향상 연구 (조성범, 에너지재료)

#### • 에너지AICBM

[대표기술] 양자 센서 및 큐비트 소자의 양자 중첩 상태 특성 예측 및 향상 연구 (서호성, 양자정보과학)

- 목표 및 내용: 고감도 나노스케일 양자 센싱을 위해서 활용되는 고체 점결함 스핀 큐비트의 양자 결맞음 시간을 정확하게 예측할 수 있는 계산 모델을 개발함. 제일원리 계산 방법론과 접목하여 수 ms 이상의 시간 동안 양자 중첩 상태를 유지할 수 있는 새로운 스핀 큐비트 후보 물질 예측 연구 수행.
- 연구 역량의 우수성: 단일 광자 발생원, 양자 결함 기반 스핀 큐비트 특성 예측 연구에 대한 탁월한 역량을 보유함. 2023년 미국물리학회 초청강연을 비롯한 저명 국제 학회 초청 강연 수행. KIST 양자정보연구단 겸직연구원, 양자 대학원 운영위원 및 다수의 양자기술 국책 과제 수행.



Nature comm. (2016), npj Quantum Information (2022), Nature Review Materials (2021), PNAS (2022) 등 양자 정보 분야 최상위 저널 논문 게재. 박사과정 학생 장기 해외연수 파견을 통한 시카고 대학, 위스콘신 메디슨 대학교의 양자정보분야 국제 공동 연구 수행.

[세부기술]

- 양자컴퓨터, 양자에너지, 양자소재 관련 신규 에너지 산업 발굴 (서호성, 안영환 교수, 양자정보과학)
- 빅데이터 기반 에너지 분배기술연구, 신규 신재생에너지 산업 발굴 (Mohit Kumar 교수 (학과 전임교원, 권재원 교수 (겸임교원) 활용 중)

**다. 에너지 소비:** 광전소자 및 저장소재관련 에너지 효율 향상 및 수소 및 이차전지 안전기술 개발을 목표로 세부기술에 대하여 연구를 진행하며 정책기반연구 리더십 보유함.

• **에너지효율**

[대표기술] 고효율 광전소자 연구 (염동일, 양자정보과학)

- 목표 및 내용: 그래핀 및 이차원 반도체 물질과 빛과의 상호작용 극대화를 통한 광전소자 및 광소자의 고효율화 및 경량화 연구를 진행함.
- 연구 역량의 우수성: 이차원 물질 기반 광소자 및 극초단 펄스 레이저 연구에 탁월한 연구 역량을 보유하고 있음. (Nature Communications) 등 논문게재, 중견과제 및 국방과제 2건 등의 관련 주제 과제 수행 중)

[세부기술]

- 고온/고압 화학공정 대체용 신축매기술 (박은덕, 에너지화학공학)
- 에너지 소자 내 전해질, 전극, 분리막 간 계면구조 제어기술 연구 (심태섭, 에너지화학공학)
- 에너지 절감, CO<sub>2</sub> 배출 저감을 위한 고강도 경량 합금 또는 경량 복합재료 개발화 (안병민, 양자정보과학)
- 고효율 광전 변환 유연 소재 및 소재 기술연구 (박지용, 양자정보과학)
- 그래핀 및 그래핀 산화물 강화제 기반 경량 복합소재 개발 (이재현, 양자정보과학)
- 위상부도체의 특이 계면 특성을 활용한 광전소자의 효율화 극대화 연구 (이재현, 에너지재료)

• **안전/센서**

[대표기술] 저에너지 빛을 활용한 분자기반의 고감도 광센서 연구 (김환명, 에너지화학)

- 목표 및 내용: 근적외선과 비선형 광학성질을 나타내는 유기염료를 발굴하고 in situ 분석에 적합한 맞춤형 고감도 광센서 개발.
- 연구 역량의 우수성: 유기 광센서의 고안, 합성 및 응용과 관련한 TRAC-TRENDS IN ANALYTICAL CHEMISTRY (JCR 상위 0.575%) 등의 SCI 논문을 다수 보유하고 있음 (Google scholar *h*-index 59, 2021 스탠포드대학 선정 상위 2% 저자), 국가선도연구실 과제 책임(2011~현재) 및 (주)씨젠, (주)압타바이오, (주)IVIM 등과 산학협력 진행.

[세부기술]

- 수소 합금 촉매 및 산화물 기반 고신뢰성 수소 다중감지센서 기술 개발 (서형탁/류학기, 에너지재료)
- 광결정을 이용한 무대기 전력 비색센서 연구 (심태섭, 에너지화학공학)
- 고감도 광센서, 가스 센서 개발을 위한 소재 설계 및 센싱 플랫폼 개발 (이형우, 양자정보과학)
- 가혹 조건하에서 모델링을 통한 리튬이온배터리의 안전성 연구 (신치범, 에너지화학공학)

**라. 에너지 재활용:** CO<sub>2</sub> 활용 화학적 반응, 저감 소재, 바이오 폐기물 자원화 및 생체조직기반 소재 및 산화물 기반 압전 수확 소자 기술 개발을 목표로 세부기술에 대하여 연구를 진행하며 특허 원천 기술 다수 보유.

## • CO<sub>2</sub> 활용

[대표기술] CO<sub>2</sub> 저감용 CCU 기술 개발 (장혜영, 에너지화학)

- 목표 및 내용: 유기금속기반 촉매 개발을 통해 CO<sub>2</sub>가스의 고부가가치 화학물질 전환
- 연구 역량의 우수성: 유기금속 기반 고효율 촉매 제조 및 분석 기술 보유. (다수의 CCU활용기술을 ACS Sustainable Chem. & Eng.을 포함한 논문 게재, 관련 국내특허, PCT 진행 중.

[세부기술]

- 유기금속 촉매 기반 CO<sub>2</sub> 전환 폴리카보네이트 제조 촉매 기술 개발 (장혜영, 에너지화학)
- 전산모사를 활용한 CO<sub>2</sub> 반응공학 연구 (김석기, 에너지화학공학)
- 미세조류 기반 CO<sub>2</sub> 저감 및 친환경 소재 합성 기술 개발 (이창구, 에너지환경)

## • 에너지 수확

[대표기술] 나노소재를 통한 물, 습기 기반 에너지 수확 구현 (조성범, 에너지재료)

- 목표 및 내용: 자연계에 존재하는 물의 이동, 습기의 분포 등을 다공성 나노소재를 이용하여 양성자이온의 구배를 만들고 이를 이용해 전기에너지를 수확하는 소자를 구현하고 시뮬레이션 모델을 구현하는 연구를 진행
- 연구 역량의 우수성: 에너지 하베스팅과 관련된 모델링 분야에서 독보적인 연구 역량을 보유. (Phys. Rev. Lett. 2023, J. Mater. Chem. A 2023 등의 논문게재, 국책과제 1건 수행)

[세부기술]

- 고종형비 표면 구조물 대면적 제조 기술 연구 (김창구, 에너지화학공학)
- 산화물 초박막 및 멤브레인을 이용한 고효율 압전소자 연구 (이형우, 양자정보과학)
- 물과 마찰을 이용한 에너지 하베스터 모델링 연구 (조성범, 에너지재료)

## 2.2 신입교수 충원

본 사업단은 신입교수 및 신진연구인력이 신에너지 분야의 도전적·창의적 연구를 통해 최적의 연구 시너지 효과를 낼 수 있도록 하여 융합 에너지 시스템 개발에 최적의 인적 구성을 갖추고 명실상부한 세계적인 선도 연구단으로 발전하고자 노력하고 있음. 아래와 같은 중점 전략을 반영하여 우수한 신입교원 충원 계획을 수립하고 진행중임

- 초융합 학문적 신재생에너지 분야 특화된 우수 신입교원 확보
  - 4차 산업혁명에 의해 촉발된 새로운 기술요구에 대응하는 초융합 에너지 교육 체계 정립을 위해 AI 관련 에너지 기술 전문 신입 교원 (학과 연구중점 전임교원, Dr. Mohit Kumar, 1차년도) 1인을 비롯하여 에너지 저장, 재활용 전문 신입교원인 조성범 교수, 김석기 교수 (전임교원, 3차년도) 2인 임용하였음. 신에너지 분야의 신입교원은 다양한 연구 분야의 기존 교원들과 초융합 연구 및 교육 분야의 긴밀한 협력을 진행중임.
  - 4차 AICBM 기반 초융합 연구 및 교육 협력을 위해 전력/신재생에너지 분야 전문인력을 학과 겸임교원으로 임용함. RE-100 협의체 활동 및 산학협력 교과목 운영을 활발히 진행하고 있음 (권재원 박사).
- 친환경 에너지 전환기술 고도화를 위한 우수 신입교원 확보
  - 미래 에너지 산업에서 에너지 고효율화와 대등하게 중요한 기술이 친환경에너지 기술이며 이에 대한 산업 수요는 획기적으로 증가하고 있는 양상임. 이에 본 사업단은 친환경 에너지 전환기술에 대한 전문적 연구 역량 뿐만 아니라 산업적 기술 수요를 연계할 수 있는 우수 신입교원을 확보하고자 하며 구체적으로 2020년 1학기에 에너지 저장 (이차전지 및 배터리) 전문가인 박원진 교수를 임용하

였고, 2020년 2학기 태양광에너지 수확분야 전문가인 유성주 교수를 학과 전임교원으로 임용하였음. 2022년 2학기에 광에너지 전환 및 수질 환경 전문가인 이창구 교수를 학과 전임교수로 임용 하였음. 2023년 2학기에 에너지 저장 분야의 전문가인 박원진 교수의 이직과 신치범 교수의 정년퇴임에 따른 공석은 관련 분야 신입교원 채용을 진행중이며, 2024년 3월 에너지 저장 및 전환 분야의 신입교원을 충원 예정.

- 외국인을 포함한 우수 신입교원 확보를 위한 제도적 기반 및 국제화 실현
  - 에너지 분야 우수연구인력을 교원으로 확보하기 위해 우수 신입 교원 유인을 위한 제도적 방안을 적극적으로 운용하고자 함. 본교는 신입 교원에게 목표와 수준에 따른 신입교원 정착 연구비 지원 제도를 운용하고 있으며 이 제도는 임용 초기에 도전적 연구 수행을 통한 연구력 향상을 가능하도록 하는 것이 목적임. 최근 우수 신입교원 지원 연구비를 혁신적으로 상향 (2019년부터 최대 1억원) 하여 본 사업단의 이형우 교수가 2019년 1억원 지원받음. 사업참여 교원인 염동일 교수와 공동 연구를 진행하고 있는 신진연구자인 Gogurla Narendra 박사와 Vinayak Juvekar박사는 BK신진연구원 재임 중 우수 연구업적을 바탕으로 사업단 연구 교수로 승진하였음. 연구중점 전임교원인 Mohit Kumar 또한 학과의 연구 교육사업의 국제화에 기여할 것으로 기대하고 있음. 이처럼 신입교원과 신진인력의 협력을 통한 에너지분야 우수 전문 연구 인력 배출을 적극적으로 추진할 것이며 우수신입교원의 후보군을 국내에만 국한하지 않고 해외의 우수연구인력까지 확대함으로써 사업단이 외국인 교원을 통한 해외 연구 협력을 적극 추진하여 국제화를 활성화하는 전략을 실행할 것임.

### 2.3 신진연구인력 및 대학원생 현황

#### 가. 신진연구인력 현황

- 해당기간 동안 총 8명의 우수 신진연구인력을 채용하여 지원함. 기본급 3,000천원 (교칙에서 정한 복지혜택 포함) 외 연구 장려금 등의 지원을 통해 안정적이고 자발적인 연구 활동을 지원하였음. 이들은 계약기간 동안 참여 교수진들과 활발한 공동연구를 수행하고 있음. 본 교육연구단은 축적되어 온 노하우를 바탕으로 신진연구인력 프로그램을 확대 및 강화하여 이들의 연구활동을 적극적으로 지원하고 있음.

산정기간	소속학과	성명	국적	전공	참여기간	직위
2022.09.01. ~2023.08.31	에너지시스템학과	채	대한민국	화학공학	2022.09.01~2023.08.31(1년)	박사후 연구원
	에너지시스템학과	A N	이란	화학	2022.09.01~2023.08.31(1년)	박사후 연구원
	에너지시스템학과	B S	인도	화학공학	2022.09.01~2023.02.28(6개월)	박사후 연구원
	에너지시스템학과	D K	방글라데시	재료공학	2022.10.01~2023.08.31(11개월)	박사후 연구원
	에너지시스템학과	P R	인도	환경	2022.10.01~2023.08.31(11개월)	박사후 연구원
	에너지시스템학과	S G	이란	재료공학	2022.12.01~2023.08.31(9개월)	박사후 연구원
	에너지시스템학과	이	대한민국	응용물리	2022.12.02~2023.08.31(9개월)	박사후 연구원
	에너지시스템학과	김	대한민국	화학공학	2023.04.01~2023.08.31(5개월)	박사후 연구원
전체 신진연구인력의 수			8			

나. 대학원생 현황

- 신청서 제출 당시 참여 대학원생은 총 100명이었으나 본 교육연구단 선정 이후 지속적으로 대학원생이 증가하는 추세에 있고, 2023년 1학기에는 총 148명으로 증가하였음. 이는 본 교육연구단의 노력이 유효함을 증빙하는 결과임.

기준학기	석사	박사	석박통합	계
BK-신청시점	64	22	14	100
2021-1학기	68	27	20	115
2021-2학기	72	30	25	127
2022-1학기	82	29	27	138
2022-2학기	76	28	31	135
2023-1학기	85	28	35	148

### 3. 교육연구단의 비전 및 목표 달성정도

#### 탄소-제로 신재생 에너지 에너지 신산업 창출 및 고급 인력 양성



### 3.1 교육연구단의 비전 및 목표(교육, 연구, 국제화 등) 대비 실적

#### [교육 연구단의 비전 및 목표 계획]

#### 가. 교육 비전 및 목표 대비 실적

교육 계획 주요내용
<p>▷ 교육 비전</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>지속 가능 탄소-제로 신재생에너지 시스템을 위한 초융합 연구기반 ‘연결지성’ 역량강화 교육</li> </ul> <p>▷ 교육 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>지속가능한 탄소-제로 신재생에너지 기반사회를 주도할 다학제 초융합 인재 양성</li> <li>자연과학, 공학, 사회과학, AICBM 등의 여러 학문 분야가 융합된 복합학문적 접근과 초융합적 교육을 바탕으로 에너지 신산업 전문 인력 육성</li> <li>탄소-제로 신재생에너지 4대 중점 연구 분야 기반 특화된 신산업 트랙별 융복합 교육 <ul style="list-style-type: none"> <li>I) 신재생에너지 생산 기술, II) 재생에너지 맞춤형 에너지 저장 및 분배 기술, III) 에너지 소비효율 극대화 기술, IV) 에너지 재활용 기술의 4대 중점분야 교육과정 확립</li> </ul> </li> <li>고급트랙 (수소기술, 에너지수확, 양자정보과학 고급트랙) 운영</li> <li>국내외 에너지 전문기관과의 협업을 통한 수요중심 맞춤형 산학 실무형 인재 양성 <ul style="list-style-type: none"> <li>에너지 신산업 분야에 즉각적으로 대응할 수 있는 산학협력 인재 양성</li> </ul> </li> <li>지속적인 국제 교류 및 국제 공동연구를 통한 열려있는 글로벌 에너지 인재 양성 <ul style="list-style-type: none"> <li>국내외 연구기관들과 공동 연구 및 파견 교육을 위한 협력 체결 및 대학원생 실무능력 배양</li> </ul> </li> <li>교과과정 다양화 및 지식공유 (에너지-IT 융합 교육, 온라인 플랫폼 기반 지식 공유)</li> </ul>

## 교육 실적 주요내용

### ▷ 다학제 초융합 인재 양성 실적

- 다학제 초융합 교육: 자연과학, 공학, 사회과학 연결지성 융복합 교육체계 운영
- 에너지 신산업 수요 대응 위한 3개의 일반트랙 및 3개의 고급트랙 개설/운영
  - 일반트랙: 에너지변환시스템, 에너지저장 및 분배시스템, 에너지 소재 및 소자 트랙
  - 고급트랙: 수소기술 고급트랙, 에너지수확 고급트랙, 양자정보과학 고급트랙

### ▷ 수요중심 맞춤형 산학 실무형 인재 양성 노력

- PBL 기반의 신재생에너지프로젝트 과목 개설 (한국전력공사, 세라믹기술원 등 기업 참여)
- 산업체, 연구소 전문 인력의 지도를 받아 수행하는 에너지산업체 연구실습 과목 개설
- 에너지산업-IT 연계를 위한 에너지-DNA 과목 개설/운영: 고에너지효율 인공지능소자개론, 에너지신사업 개론, 양자정보 관련 다수 과목 개설

### ▷ 4대 중점 연구 분야를 기반 특화된 신산업 트랙별 융복합 교육 실적

- 물리학, 화학, 화학공학, 신소재공학, 환경공학, 사회과학 등 다양한 전공 배경의 교수진들을 통한 교육 실시
- 4대 연구분야에 특화된 교육트랙을 설치함으로써 연구와 교육의 선순환 구조를 추구
- 수요중심 전문가 양성을 위한 고급트랙 운영 (수소기술트랙, 에너지수확트랙, 양자정보과학트랙)
  - 수소기술트랙: 수소생산·운송 및 저장, 활용 등 관련 산업 전반에 대한 폭넓은 이해 및 수소 신산업 창출/확산에 기여하는 석박사급 고급인력 양성 목표
  - 에너지수확트랙: 신재생 에너지 중 열전, 압전, 광전 등 고도화된 에너지 수확 기술에 대한 전문성을 가지는 인재양성 목표
  - 양자정보과학트랙: 양자 센싱, 양자 컴퓨팅/시뮬레이터, 양자 통신 등의 양자정보과학기술에 대한 깊은 이해와 전문성을 가지는 박사급 고급 전문인재 양성 목표
- 우수 대학원생 확보/지원 실적
  - StAR (Strategic Academic Recruitment) 프로그램을 통해 우수 성적 대학원생 선정 및 지원 (16명)
  - 박사과정 상위 20% S등급 대학원생 선정 및 지원 (15명), Energy Best Thesis Student (Energy-BTS) Award 수여 (7명)
  - 2021년 2학기 기준 석사과정 81명, 박사과정 43명, 석·박사 통합과정 32명을 확보, 2022년 1학기 기준 석사과정 90명, 박사과정 43명, 석·박사 통합과정 34명을 확보

### ▷ 지속적인 국제 교류 및 국제 공동연구를 통한 글로벌 에너지 인재 양성 노력

- 해외대학과의 공동 워크샵 진행 (Ajou-ETH Zurich 심포지엄, 교토-저장-아주 심포지엄, 아주-치바 공동 심포지엄 시행)
- 일본 치바대와 대학원 공동학위 제도 협약 완료
- 대학원생의 장/단기 해외연수 지원, 해외 공동연구 참여
- Global Lecture Series 운영을 통해 노벨 물리학상 수상자를 포함한 해외 석학 초빙 및 세미나 진행
- 미국, 독일, 싱가포르, 프랑스 등 다양한 해외 연구기관 석학 초청 세미나 운영

### ▷ 온라인 지식 공유 플랫폼 구축 및 콘텐츠 확보

- 수소 에너지 생산기술 관련 온라인 학습자료 제작 및 제공
- 양자 과학기술 및 양자컴퓨터 시뮬레이션 관련 온라인 학습자료 제작 및 제공

## (1) 지속 가능한 탄소-제로 신재생에너지 시스템 다학제 초융합 인재 양성 실적

### • 연결지성 기반 다학제 초융합 교육체계 구축

- 다학제 초융합 교육 (Hyper-convergence): 자연과학, 공학, 사회과학 연결지성 융복합 교육체계 운영
- 수요 중심 맞춤형 교육 (Customized): 신산업 연계 4대 중점 트랙별 맞춤형 교육, 수요중심 고급트랙 운영, 신산업 창출을 위한 에너지-DNA 과목 개설
- 열려있는 글로벌 교육 (Open and Global): 학생주도 문제해결형 PBL, 모듈화된 온라인 open 교육, 에너지 해외석학 특강 상설화 및 지식공유

### • 융합기초, 융합선택, 심화전공 영역으로 체계화된 교과과정 구축 실적

- 본 교육연구단 4대 중점영역을 포괄할 수 있는 교과목으로 구성 및 운영
- 에너지 신산업 수요 대응위한 3개의 일반트랙 및 3개의 고급트랙 개설/운영
- 일반트랙: 에너지변환시스템, 에너지저장 및 분배시스템, 에너지 소재 및 소자 트랙
- 고급트랙: 수소기술 고급트랙, 에너지수확 고급트랙, 양자정보과학 고급트랙
- 석/박사 학위 교과과정을 융합기초, 융합선택 및 심화전공 영역으로 세분화 하여 구성

## (2) 수요중심 맞춤형 산학 실무형 인재 양성 노력

### • 산학협력 수요중심의 교육체계 구축

- PBL 기반의 신재생에너지프로젝트 과목 개설 (한국전력공사, 세라믹기술원 등 4개 기업, 9명 참여)
- 산업체, 연구소 전문인력의 지도를 받아 수행하는 에너지산업체 연구실습 과목 개설 (15명 참여)
- 신재생에너지세미나 수업을 통해 ST Pharm, LG화학 생명과학연구소 등 산업체 연사를 다수 초청

### • 에너지산업-IT 연계를 위한 에너지-DNA 과목 개설/운영

- ‘고에너지효율 인공지능소자개론’, ‘에너지신사업 개론’ 개설 (22년 2학기 개설)
- ‘양자정보물질과 양자정보’, ‘양자정보 소재 및 소자’ 등 양자정보과학 관련 교과목 개설.

## (3) 4대 중점 연구 분야를 기반 특화된 신산업 트랙별 융복합 교육 실적

### • 탄소-제로 신재생에너지 4대 핵심기술분야 트랙별 맞춤형 융·복합 교육 실시

- 물리학, 화학, 화학공학, 신소재공학, 사회과학 등 다양한 전공 배경의 교수진들을 통한 교육 실시
- 4대 연구분야에 특화된 교육트랙을 설치함으로써 연구와 교육의 선순환 구조를 추구
- 일반트랙 및 수요중심 전문가 양성을 위한 고급트랙 운영 (수소기술트랙, 에너지수확트랙, 양자정보과학 트랙)
  - 에너지변환시스템 트랙, 에너지저장 및 분배 트랙, 에너지 소재 및 소자 일반트랙 운영
  - 수소기술트랙: 수소생산·운송 및 저장, 활용 등 관련 산업 전반에 대한 폭넓은 이해 및 수소 신산업 창출/확산에 기여하는 석박사급 고급인력 양성목표, 수소에너지 소재/소자 트랙과 수소에너지 공정트랙이 있으며, 2022년 2학기 및 2023년 1학기에 수소에너지기술 과목은 총 40명의 학생이 수강, 에너지시스템개론 과목은 71명이 수강하였고, ‘에너지공학’, ‘에너지변환공학’ 과목은 2022년 2학기 및 2023년 1학기에 에너지공학 총 27명, 에너지변환공학 16명의 학생이 수강함.
  - 에너지수확트랙: 신재생 에너지 중 열전, 압전, 광전 등 고도화된 에너지 수확 기술에 대한 전문성을 가지는 인재양성 목표, 2022년 2학기 및 2023년 1학기에 선택필수 과목인 에너지시스템개론 과목은 총 70명이 수강하였고 공통필수 과목인 ‘태양전지개론’은 20명이 수강함, 선택필수 과목인 ‘에너지변환공학’은 총 16명이 수강하였으며, 에너지 소재 및 소자는 23년 2학기에 개설하여 현재 교육중
  - 양자정보과학트랙: 양자 센싱, 양자 컴퓨팅/시뮬레이터, 양자 통신 등의 양자정보과학기술에 대한 박사급 고급 전문인재 양성을 목표로 2차년도에 신설됨. 2023년 2학기 ‘양자물질과 양자정보’ 과목을 개설하여 총 10명의 학생이 수강하였고, 현재 5명의 박사과정 학생이 해당 트랙을 이수 중



- 우수 대학원생 확보/지원 실적
- StAR (Strategic Academic Recruitment) 프로그램으로 우수 성적 대학원생 선정 및 지원 (16명)
- 2023년 1학기 기준 석사과정 85명, 박사과정 28명, 석·박사 통합과정 35명, 총 148명을 확보하였으며, 이는 4단계 BK21 사업 신청서 제출 시 계획한 목표 대학원생 인원 (100명)을 크게 상회하는 수치임.
- 학부와 대학원을 연계하는 학·석사 연계과정을 활성화하여 2022년 2학기 10명, 2023년 1학기 1명, 총 11명의 학생이 학·석사 연계과정으로 진학하였음. 이는 2021년 4명의 수치에 비해 크게 증가한 수치임
- 우수 박사과정 상위 20%를 지원하는 최상위 등급 (S등급) 대학원생 선정 및 지원 (2022년 2학기 7명)
- 우수 석·박사 학위논문을 선정, Energy Best Thesis Student (Energy-BTS) Award 수여 (7명)
- 논문 실적이 우수한 학생에게 우수논문상과 장려금을 지급하였으며 지원 인원을 대폭 증가시킴 (49명)
- 신재생에너지프로젝트 우수연구 시상 (9명)

#### (4) 지속적인 국제 교류 및 국제 공동연구를 통한 글로벌 에너지 인재 양성 노력

- 국제화 교육 프로그램 운영을 통한 대학원생의 국제적 연구경쟁력 강화
  - 국제학회 참석 및 발표를 독려하고 해외 출장 경비를 지원하였음 (24명). 대학원생을 포함한 해외 공동연구를 활성화하고 장기해외연수를 지원함. 박사과정의 경우 학위 필수 조건으로 국제학회 발표 1회 이상을 의무화함. 성공적인 국제 교육 프로그램 참여를 위한 영어 교육 강화. 아주대학교 어학교육원과 연계하여 영어 회화 및 중국어 강좌를 제공
  - 노벨상 수상자 강연을 포함하여 총 4건의 Global Lecture Series 특강을 진행하여 교육연구단 학생들에게 강한 동기부여를 제공하고 좀 더 높은 목표를 가질 수 있도록 유도함.
  - 해외 대학 공동 워크숍과 더불어 University of California (미국), University of Hamburg (독일), National University of Singapore (싱가폴), Grenoble High Magnetic Field Laboratory (프랑스), 동경대 (일본) 등 다양한 해외 대학/연구기관 석학을 초청하여 13건의 해외 석학 초청 세미나를 주최하고 교육 및 연구 협력, 인적 교류 프로그램을 지속적으로 발굴하기 위해 노력하였음.
- 해외대학 연계강화를 통한 교육의 국제화 및 외국 대학원생 유치 노력
  - 에너지 변환, 에너지 화학, 소재 및 표면분석 등 신재생 에너지 분야의 전문가들로 이루어진 4명의 해외석학을 신규 겸임교수로 초빙하여, 현재 총 7명의 겸임교수를 임용하였음. 본 사업단 연구팀들은 이러한 해외석학들과의 공동연구를 강화하고 대학원생들의 연구를 공동지도하는 등 다양한 교류를 이어가고 있음.

#### (5) 온라인 지식공유 플랫폼 구축 및 콘텐츠 확보

- 수소 에너지 생산기술 관련 온라인 학습자료 제작 및 제공: <http://h2-energy.ajou.ac.kr/lms/>
- 양자 과학기술 및 양자컴퓨터 시뮬레이션 관련 온라인 학습자료 제작 및 제공: <https://quantumworkforce.kr/>

#### 나. 연구 비전 및 목표 대비 실적

연구 계획 주요내용	
▷ 연구 비전	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초융합 기반 세계적 수준의 탄소-제로 신재생 에너지시스템 연구</li> </ul>
▷ 연구 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초융합 기반 탄소-제로 신재생 에너지 4대 연구 분야 집중 육성</li> <li>• 산·학·연 협업을 통한 AJOU ENERGY VALLEY (아주 에너지 생태계) 구축</li> <li>• 데이터기술 기반 산업체 수요를 반영한 에너지시스템 전문 연구개발 인력 양성 특화 수소에너지, 에너지수확 트랙 개발</li> </ul>



## 연구 실적 주요내용

### ▷ 신재생 에너지 연구 분야 집중 육성 실적

- 연구비 수주액: 다양한 정부 연구 사업에서 3차년도에 신규로 수주한 단독 연구 과제는 60건이고 그 총 액수는 약 94.3억. 총 수주 연구비의 약 56.4%가 공동 연구비로 기초과학 자율운영 중점연구소지원사업, 고부가 탄소소재와 수소생산 촉매공정개발 및 고선택성 메탄산화체 제조 촉매 개발 (C1 가스 리파이너리 사업), 발전산업의 탄소중립을 위한 청록수소 생산 및 활용 시스템 개발 (Net-Zero 기술혁신개발사업), 고선택도 하이드로카본 업사이클링 연구 등의 과제를 수주함.
- 대표적 연구성과인 Nature Nanotechnology 1 편, Advanced Materials 1편, Applied Catalysis B: Environmental 1편, ACS Energy Letters 2편, Matter 1편 Advanced Functional Materials 4편, Nano Energy 1편, Journal of Advanced Ceramics 1편, Chemical Engineering Journal 4편 등을 포함하여 IF 10이상 논문 총 49편 게재 (전체논문의 30%)
- ‘22-23’ 년 사업단 연구실적: SCIE는 163편 출판, 평균 IF: 7.94, 참여교수당 평균 논문 편수: 5.1편
- mrnIF 90이상 논문: 42% (165편 중 70편), mrnIF 75이상 논문: 72% (165편 중 119편).
- 국제공동연구 논문발표 (28편), 해외 국제 초청강연 (4건), 해외 전문가 초청 세미나 (17건)
- 국제적 연구네트워크: 연구소 (DICP, ScopeM\_ETH Zurich, Max Planck Institute), 대학 (지바대, 교토대, 저장대), 기업체 (BASF)
- 해외 석학을 활용한 국제네트워크 구축 (교토대, 치바대, 리켄 이화학연구소, 저장대)

### ▷ AJOU ENERGY VALLEY (아주 에너지 생태계) 구축 실적

- 탄소-제로 신재생에너지시스템 기업협업센터 (ICC) 운영 활성화: 43개 기업 참여
- RE100 협의체 운영활성화: 재직자 교육프로그램 및 RE100협의체 세미나 개최
- 탄소-제로 지역에너지센터(센터장:장혜영) 설립, 수원시와 협력사업 진행
- 산학공동 교육과정 구성/운영 실적: 신재생에너지 프로젝트: 씨젠외 4개 기업 참여, 신재생에너지세미나: 학교, 연구소, 기업 내 전문가를 초빙하여 총 39회 진행, 신재생에너지연구실습: 국립환경과학원 R&D 연구현장 견학 및 실습
- 에너지 산업체 기술교류 및 탐방: 고등기술연구원, 한국지역난방공사 한국남부발전 견학
- 고등기술연구원과 R&D 프로젝트 수행 및 기술이전/사업화 협업 (사업수주, 겸임교원 발령 등)
- 최근 1년간 산업체 과제 총 22건, 7.2 억원 수주, 지자체 과제 총 5건, 3.4 억원 수주
- 최근 1년간 총 4 건, 총 12.4 억원 규모 기술이전 실적
- 최근 1년간 총 21 건의 국내특허, 5 건의 국제특허 등록
- 최근 1년간 1 건의 교원 창업: (주)하이퍼 머티리얼스

### ▷ 에너지시스템 전문 연구개발 인력 양성 프로그램 개발

- 일반트랙 및 수요중심 전문가 양성을 위한 고급트랙 운영 (수소기술트랙 61명, 에너지수확트랙 36명 이수, 양자정보과학트랙 5명 이수)

### (1) 신재생 에너지 4대 연구 분야 집중 육성 실적

- 4대 중점 연구분야 (에너지 생산, 저장/분배, 소비 재활용) 역량 집결, 3년간의 사업수행 기간동안의 산업동향 파악 및 고급인력 양성 확충 분야를 고려하여 양자 정보 에너지 과학분야를 사업단의 연구, 교육 주력분야로 추가함. 수소 기술과 에너지수확 분야와 함께 핵심 융복합 연구 교육 분야로 다양한 프로그램을 진행 중.
- 참여교수들간 공동연구비 수주: 약 53억으로 기초과학 자율운영 중점연구소지원사업, 고부가 탄소소재와 수소생산 촉매공정개발 및 고선택성 메탄산화체 제조 촉매 개발 (C1 가스 리파이너리 사업), 발전산업의 탄소중립을 위한 청록수소 생산 및 활용 시스템 개발 (Net-Zero 기술혁신개발사업), 고선택도 하이드로카본 업사이클링 연구 등의 과제를 수주

- 대표적 연구성과인 Nature Nanotechnology 1 편, Advanced Materials 1편, Applied Catalysis B: Environmental 1편, ACS Energy Letters 2편, Matter 1편 Advanced Functional Materials 4편, Nano Energy 1편, Journal of Advanced Ceramics 1편, Chemical Engineering Journal 4편 등을 포함하여 IF 10이상 논문 총 49편 게재 (전체논문의 30%)
- 연구 그룹 간 정기 교류 및 공동연구비 수주를 통해 융복합 신산업 창출
- ‘22-23’ 년 사업단 연구실적: SCIE는 163편 출판, 평균 IF: 7.94, 참여교수당 평균 논문 편수: 5.1편
- mrnIF 90이상 논문: 42% (165편 중 70편), mrnIF 75이상 논문: 72% (165편 중 119편).
- 해외 국제학회 초청 강연 실적 (4건), 국제 학술지 편집장 및 편집위원 실적 (16건)
- 해외 석학을 활용한 국제네트워크 구축 (교토대, 치바대, 리켄 이화학연구소, 저장대)
- 국제공동연구 논문발표 (28편), 해외 에너지 전문가 초청 세미나 (17건, MIT, Berkeley, Princeton 등)
- 국제적 연구네트워크 확대: 연구소 (DICP, ScopeM\_ETH Zurich, Max Planck Institute of Colloids and Interfaces), 대학 (지바대, 교토대, 저장대), 기업체 (BASF)
- 아주대학교는 2023년 QS 세계대학평가에서 488위 (국내 대학 순위 12위)를 기록해 2022년 531-540위 (40.8%) 대비 40계단 이상 상승하였음. 이는 올해 ‘QS 세계대학평가’에 랭크된 국내 대학 가운데 가장 큰 오름폭 (40계단 상승)임.

## (2) 산·학·연 협업을 통한 AJOU ENERGY VALLEY (아주 에너지 생태계) 구축 실적

- 탄소-제로 신재생에너지시스템 기업협업센터 (ICC) 운영 활성화: 참여기관 43개로 확대
- RE100 협의체 운영 : 본교 LINC+ 사업단과 에너지융합협회와 협력하여 RE100 관련 교육 및 업무 협업, 국내 대학 최초 RE100 교육 인증기관을 목표로 2021년 5월 28일 출범, 3차년도 사업기간 동안 RE100 협의체 세미나 개최 (탄소중립 기술교류회 (2022.11.11.), RE100&탄소중립 기술교류회 (2022.12.19.))
- 수원시-아주대 협력 아주대내 ‘탄소-제로 지역에너지센터’ 운영 활성화:  
수원시 탄소중립 그린도시 사업 수행에 활발히 협력사업 (우리집 탄소 모니터링 사업) 진행 중이며, 2022 지속가능 발전 청소년 에너지 공간 캠프 (2022.09.24.), 지역사회 청소년 대상 지식나눔 및 실험체험 (2023.07.22.), 수원시 탄소중립 그린도시 협력 사업을 주관 및 수행함
- 인문사회 학생들이 이수할 수 있는 ‘탄소중립 에너지기술마이크로 전공’ 신설하여 인문/사회 인력의 탄소-중립 에너지 산업의 융복합 인재 양성 목표를 달성하고자 함
- 산학공동 교육과정 구성/운영 (신재생에너지 프로젝트-씨젠외 4개기업 (9명 수강), 신재생에너지세미나 총 39회 진행
- 신재생에너지연구실습을 통해 국립환경과학원 R&D 연구현장 견학 및 실습 (15명)
- 에너지 산업체 기술교류 및 탐방: 고등기술연구원(40명), 한국지역난방공사 (21명), 한국남부발전 (21명) 견학
- 고등기술연구원과 R&D 프로젝트 수행 및 기술이전/사업화 협업 (사업 수주, 겸임교원 발령 등)
- 수원시-아주대 협력 아주대내 ‘탄소-제로 지역에너지센터’ 운영 활성화:
- 최근 1년간 (2022.9.1.-2023.8.31.) 산업체 과제 총 22건, 7.2 억원 수주, 지자체 과제 총 5건, 3.4 억 원 수주, 기술이전 총 4건, 12.4억원, 국내특허 21건, 국제특허 등록 5건.
- 최근 1년 교원창업 1건: (주)하이퍼 머터리얼스

## (3) 산업체 수요를 반영한 에너지시스템 전문 연구개발 인력 양성 특화 수소에너지, 에너지수확 트랙 개발 및 양자정보과학 트랙 신설

- 일반트랙 및 수요중심 전문가 양성을 위한 고급트랙 운영 (수소기술트랙, 에너지수확트랙, 양자정보과학트랙)
  - 에너지변환시스템 트랙, 에너지저장 및 분배 트랙, 에너지 소재 및 소자 일반트랙 운영
  - 수소기술트랙: 수소생산운송 및 저장, 활용 등 관련 산업 전반에 대한 폭넓은 이해 및 수소 신산업 창출/확산에

기여하는 석박사급 고급인력 양성목표, 수소에너지 소재/소자 트랙과 수소에너지 공정트랙이 있으며, 2022년 2학과와 2023년 1학기에 수소에너지기술 과목은 총 40명, 에너지시스템개론 과목은 71명이 수강하여 매년 변동폭이 거의 없이 학생들의 수요가 큼을 확인함. 수소에너지 공정 트랙의 선택필수인 22년 2학기 ‘에너지공학’은 27명, 23년 1학기의 ‘에너지변환공학’ 과목은 16명의 학생이 수강함.

- 에너지수확트랙: 신재생 에너지 중 열전, 압전, 광전 등 고도화된 에너지 수확 기술에 대한 전문성을 가지는 인재양성 목표, 2022년 2학과와 2023년 1학기에 공통필수 과목인 에너지시스템개론 과목은 총 70명, 태양전지개론은 총 20명이 수강하였고, 선택필수 과목인 에너지소재및소자는 46명, 에너지광학 11명, 에너지변환공학은 16명이 수강함.
- 양자정보과학트랙: 양자 센싱, 양자 컴퓨팅/시뮬레이터, 양자 통신 등의 양자정보과학기술에 대한 박사급 고급 전문인재 양성을 목표로 2차년도에 신설됨. 2022년 2학기 ‘양자물질과 양자정보’ 과목을 개설하여 10명의 학생이 수강하였고, 현재 5인의 박사과정 학생이 해당 트랙을 이수 중이며, 타대학과의 학점교류협약을 통해 총 15개의 공통 전공과목을 수강할 수 있게 제도를 마련

#### 다. 국제화 비전 및 목표 대비 실적

계획 주요내용
<p>▷ 국제화 비전 및 목표</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>융복합 교육의 국제화</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 영어논문작성법, 고급영어프리젠테이션 등 어학능력 향상과 관련된 다양한 프로그램 제공</li> <li>- 박사학위 논문 영어작성 100% 의무화 추진. 석사학위 논문 영어작성비율 50% 이상으로 확대</li> <li>- 대학원 100% 영어강의 및 매학기 우수한 학생 선발을 통한 해외유수기관 장/단기 연수 기회제공</li> <li>- 아주대-저장대-교토대 한-중-일 에너지분야 학술/인적 교류 지속</li> </ul> </li> <li>• <b>신재생에너지 특화/전문 연구의 국제화</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구경쟁력 강화를 위한 해외 공동연구 및 인적교류 확대 및 국제 네트워크 확보</li> <li>- 현재 17개국, 40여개 기관과 공동연구 수행중이며, 향후 국제 공동연구 대상 해외기관 다양화</li> </ul> </li> </ul> <p>계획 및 국제 공동연구 논문/과제 확대</p>

국제화 실적 주요내용
<p>▷ <b>융복합 교육의 국제화</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 논문작성법 강의 개설 (참여대학원생 1회 의무수강): 2022-2학기 19명, 2023-1학기 22명 수강</li> <li>• <b>국제교육센터 연계 외국어 교육</b> (영어논문작성법, 영어논문 Writing Clinic, 공인영어시험 영어강좌, 중국어 강좌) 제공.</li> <li>• 대학원 전공과목 100% 영어강의로 개설</li> </ul> <p>▷ <b>신재생에너지 특화/전문 연구의 국제화</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 아주대-교토대-저장대 에너지과학 워크숍 개최 (22년 12월 9일, 교토대)</li> <li>• 아주대 주최로 스위스 취리히 연방 공과대학교 (ETH)와 온라인 심포지엄 진행 (22년 9월 28일)</li> <li>• 치바대학교, 이화학연구소, 아주대학교 국제 심포지엄 진행 (23년 2월 9일)</li> <li>• 해외 국제학회 초청 강연 실적 (4건)</li> <li>• 해외 대학 초빙교수 임용 실적 (신규 4건, 총 7건)</li> <li>• 국제 학술지 편집장 및 편집위원 실적 (17건)</li> <li>• 해외 연구자와 공동연구실적 (15건)</li> <li>• 해외 석학을 활용한 국제네트워크 구축 및 대학원생 공동지도 (교토대, 치바대, 동경대, 저장대)</li> <li>• 해외 에너지 전문가 초청 세미나 (17건, MIT, UC Berkeley, Princeton, NUS 외)</li> </ul>

### (1) 융복합 교육의 국제화

- 본교 대학원 자체 온라인 강의시스템인 ‘아주Bb’에 ‘논문작성법’ 강의 개설 (참여대학원생 1회 의무수강): 2021-2학기 19명, 2022-1학기 23명 수강
- 글로벌 연구역량 강화를 위해 **국제교육센터 연계 영어 교육** (영어논문작성법, 영어논문 Writing Clinic, 공인영어시험 영어강좌)을 제공하였음.
- 대학원 전공과목은 100% 영어강의로 개설하였음.

### (2) 신재생에너지 특화/전문 연구의 국제화

- 연구경쟁력 강화를 위한 해외 공동연구 및 인적교류 확대 및 국제 네트워크 확보
- 2022년 12월 9일에 교토대학교에서 **아주대-교토대-저장대 공동 워크숍을 개최**하여 Energy Science에 대한 공동 심포지움을 시행함. 중국 저장대학교 15건 (구두 7, 포스터 7건), 일본 교토대 15건 (구두 9, 포스터 6건), 아주대학교 10건 (구두 4, 포스터 6건)의 발표를 진행하였음. 본 교육연구단 소속 교수 5명, 대학원생 8명이 교토대에 방문하여 연구결과를 발표하고 다양한 분야의 해외 과학자와 네트워크를 형성하였음.
- 2023년 2월 **일본 치바대학교에서 아주-치바 공동 심포지움을 시행**함. 본 교육연구단 소속 교수 11명과 대학원생 9명이 리켄연구소와 치바대에 직접 방문하여 심포지움 발표 및 연구 네트워크를 형성하였음. 더불어 최근 **아주-치바 대학원 공동학위 제도 협약을 체결**하여 두 학교 간 학술적 네트워크를 더욱 공고히 하였으며 우수 인력 유치에 큰 도움이 될 것으로 판단됨.
- 2022년 9월 28일 **아주-ETH Zurich 공동 심포지움을 온라인으로 진행**함. 본 교육연구단 소속 교수 2명과 ETH 소속 연구원 1명, KICET 소속 연구원 1명, Paul Scherrer Institute 연구원 1명이 연구결과를 발표하였고 각 기관과 학술 네트워크를 구축하였음.
- 신설한 양자정보과학 고급트랙의 활성화 및 교육연구단의 첨단기술 연구를 촉진하고자 총 4인의 양자정보과학 전문가를 초빙하여 **양자컴퓨터 및 양자물질 콜로кви움을 시행**하였음 (2023.04.11).
- 해외 국제학회 초청 강연 실적 (4건)
- 해외 대학 초빙교수 임용 실적 (신규 4건, 총 7건)
- 국제 학술지 편집장 및 편집위원 실적 (17건)
- 해외 연구자와 공동연구실적 (15건)

### 3.2 저명대학 벤치마킹 대상과의 비교 분석

중점분야	벤치마크 대학	교육연구단 계획/실적
맞춤형 교육트랙	교토대 (일본), MIT, Stanford University (미국)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [분석] 4차 산업 혁명 및 AI 기술 발전에 따라, 미래 사회가 요구하는 신재생에너지의 효율적인 사용 및 분배를 실현할 수 있도록 하는 인재 양성을 위해 AICBM에 기반한 새로운 교과목을 제공함.</li> <li>• [계획] 아주대학교 소프트웨어 학과 및 산업공학과와 공동 수업 개설을 통해 4대 중점 트랙 교육안에 AICBM관련 교과목 강의를 트랙분야 활용성에 맞게 제공하여 참여 대학원생들의 “연결지성” 기반 4차 산업 대응 실무 능력을 향상시키고자 함.</li> </ul>
	[계획대비 실적]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 본 사업단이 지향하고 있는 <b>신재생에너지 4대 중점 분야</b> (에너지 생산, 에너지 저장 및 분배, 에너지 소비, 에너지 재활용)에 대한 <b>맞춤형 교육</b>을 위해 다양한 전공의 전임교원의 풀을 구성하여 교육과정의 충실성과 지속성을 확보함.</li> <li>• 학과 필수 과목에 신재생에너지 4대 중점분야를 포함하여 강의: 에너지시스템개론 (에너지 경제학, 공학 전문가 윤강), 수소에너지 기술 (수소 에너지 생산, 활용 전문가 윤강), 태양전지개론 (응집 실험/이론 및 광학 실험/이론 분야 교원의 융합 강의 제공), 에너지공학 (에너지 생산, 분산 전문가 윤강), 2024년 1학기에는 에너지시스템개론과 수소에너지기술 과목을 과학기술정책 대학원 (아주대 내)</li> </ul>

		<p>와 공동 수업 개선을 통해 수업의 내용과 수강생을 확대 예정.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AICBM관련 교과목 강의 개설: 고에너지효율 인공지능소재개론, 에너지신사업 개론, 을 개설하여 2022년 2학기 운영하였음. 2023년 2학기에 양자 물질과 양자정보 과목 개설 운영 중.</li> <li>• 강의평가 점수는 100점 만점으로 2022년 2학기 14과목 평균 89.5점, 2023년 1학기 16과목 평균 93.18점으로 높은 점수로 평가됨. 해당 점수는 학교 내에 다른 교과목들의 점수보다 높은 수준으로 <b>맞춤형 교육트랙에 대한 학생들의 높은 만족도를 보여줌.</b></li> </ul>
산업 연계형 교육개발	Karlsruhe Institute of Technology (독일)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [분석] 지역적으로 인접한 에너지화학 회사인 BASF와 공동 연구 기관을 설립하여 (KIT/BASF Joint Laboratory BELLA (The Battery and Electrochemistry Laboratory) 2차전지 소재 및 다양한 에너지 분야 연구를 진행하고 있으며, 나아가 졸업생들의 취업도 연계함.</li> <li>• [계획] 다양한 지역 에너지 관련 산업체들과의 MOU 및 공동연구 개발을 시작으로 맞춤형 교육 PBL 교과과정을 시행하여 우수한 인력들이 지역사회에 취업함으로써, 지속적인 상생 체계를 이루는 사업단으로 거듭나고자 함.</li> </ul>
	Ecole Polytechnique (프랑스)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [분석] 석사 학위 2년 차에 연구인턴 제도를 통해 프랑스 및 외국 공립 및 사립연구 기관 혹은 기업에서 연구 인턴을 병행할 수 있으며, 졸업 후 취업 연계함.</li> <li>• [계획] 신재생에너지 프로젝트와 에너지 산업 현장실습 과목을 대학원 교과과정에서도 시행함으로써, 앞서 제시한 현장 실무 문제를 해결하는 데 있어 기업 및 참여 대학원생 모두에게 효율적인 연구개발을 진행할 수 있도록 적극 장려하고자 함.</li> </ul>
	[계획대비 실적]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산업체들과의 공동연구 개발을 위한 맞춤형 교육과정은 <b>정규교과과정 3개 과목</b> (신재생 에너지 프로젝트, 신재생 에너지 세미나, 에너지산업체 연구실습)과 비교과과정 (에너지산업체 기술교류 및 탐방, 실험실 창업지원 교육, 재직자대상 AICBM &amp;전공 심화교육)을 편성하여 운영.</li> <li>• <b>정규교과과정의 경우 총 69명의 대학원생</b>이 후성, 롯데케미칼, 국립환경과학원 등의 기업체와 프로젝트 운영 및 세미나 진행을 통해 <b>다양한 산업 연계형 교육을 체험</b>하였음.</li> <li>• 비교과과정의 경우 에너지 산업체 기술교류 및 탐방을 통해 82명의 대학원생이 참여하였으며, 재직자대상 AICBM &amp; 전공 심화교육을 통해 144명이 교육에 참여함.</li> <li>• 본 교육 연구단의 신재생에너지 4대 중점분야의 맞춤형 교육 (정규 교과 및 비교과)을 통해 2023년 2월과 8월에 배출한 석박사 인력들은 LG에너지솔루션, LG화학, 삼성전자, 한화솔루션, 한화시스템, 애경케미칼, 원익IPS, 한국네슬렌, 샘씨엔에스, 한국표준과학연구원, 한국세라믹기술원, 한국나노기술원, 한국화학연구원, 한국전자기술연구원 등 에너지분야의 우수 대기업, 정부출연연구소에 취업하였음.</li> </ul>
탄소-제로 신재생 에너지 산학협력 시스템 추구	Rheinisch Westfalische Technische Hochschule Aachen (독일)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [분석] 360개 이상의 글로벌 기업의 연구소를 학교에 유치하였으며 19개 연구 클러스터 및 1,400여건 이상의 산학협력 연구를 추진하여 독일의 Industry 4.0을 선도하고 있음.</li> <li>• [계획] 에너지 전문 산학연 산·학·연 기관과의 초융합 연구 협력 체제를 기반으로 Ajou Energy Valley를 구축하여 탄소-제로 신재생 에너지 기술을 주도 하고자 함.</li> </ul>
	[계획대비 실적]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사업단 비전에 제시한 <b>Ajou Energy Valley 구축을 목표로</b> 민관과의 긴밀한 협력을 위한 다양한 산학컨소시움을 구성함. <b>사업단 내 산학협력협의체 구성</b></li> </ul>



		<p>하였으며 연구그룹별 협의체로 친환경 수소생산기술 산학협력 협의체, 수소연료 전지 산학협력 협의체, 태양광 신재생에너지 산학협력 협의체, RE100 협의체를 구성하여 기술교류를 진행하고 있음.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>탄소-제로 신재생에너지시스템 기업협업센터(ICC) 활성화</b> : 신재생에너지관련 산학협력연구 가족기업을 기존 23개에서 43개로 대폭 확대.</li> <li>• <b>RE100 협의체 운영 활성화</b> : 1차년도 출범한 RE100 운영활성화를 위해 신재생에너지 및 RE100/ESG 재직자 교육 프로그램을 운영 및 RE100협의체 세미나 개최.</li> <li>• <b>수원시-아주대 협력 ‘수원시 탄소중립 그린도시’ 사업참여</b> : 수원시와 협업하여 탄소-제로 지역 에너지센터를 운영하고, 수원시 탄소중립 그린도시 협력사업 진행.</li> <li>• 캠퍼스 내 기업 부설 연구소 운영 및 경기도 내 고등기술연구원 공동연구, 교육: (주)압타바이오 기업 부설연구소 운영 중. 고등 기술연구원과 공동 R&amp;D 수행 (산업부 과제 수행), 고등 기술연구원 소속 겸임교원의 강의 참여, 플랜트 엔지니어링 본부 견학</li> <li>• 기업과 산학 과제 수행, 애로기술 해결, 기술이전 성과: 에너지 관련 기업과 다양한 R&amp;D 프로젝트를 수행하여 총 25건의 산학 프로젝트 수행 (현대 엔지비, 삼성전자, LG에너지솔루션, 현대 체철, LG화학 등), 지역기업과 연구 협력 및 애로기술 해결 성과 (대현에스티, 에스제이글로벌, 헥사 솔루션, 캐어 등), 기술이전 총액 12억 4천만원 달성</li> </ul>
<p>목표 지향적 융복합 연구 시스템</p>	<p>Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Science (중국)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• [분석] 에너지/환경/화학/소재를 융합한 다학제 연구기관으로 높은 수준의 연구개발-기술이전-상업화-창업을 연결하는 시스템을 구축하고 있음. ‘One-Three-Five 전략’ 으로 지속가능한 에너지 기술 개발’ 이라는 하나의 주제를 달성하기 위한 유기적 시스템을 구축함.</li> <li>• [계획] ‘지속가능한 탄소-제로 신재생 에너지시스템’ 의 중요 연구 목표를 달성하기 위해 4대 연구 목표 (에너지 생산, 분배, 소비, 재활용)를 기반으로 특화된 에너지 신산업 고급트랙 (수소기술, 에너지수확기술, 추가 신산업 발굴)을 도출하여 연구개발-기술이전-상업화-창업을 연결하는 사업단 연구 시스템을 구축하고자 함.</li> </ul>
	<p>[계획대비 실적]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4대 중점 연구 목표에 기반한 참여교수들의 연구역량을 바탕으로 3차년도에 신규로 수주한 연구 과제는 94.3억원으로 높은 수주 실적을 올림.</li> <li>• 수주 연구비는 4대 중점 연구 목표에 부응하는 과제가 다수이며, <b>학제간 활발한 융합 연구 역량을 바탕으로</b>하고 있음. 대표적인 학제간 융합 연구 수주 실적으로는 이산화탄소 무방출 수소 생산 기술 연구(C1 가스리파이너리 및 산업기술알키미스트프로젝트, 신소재-화학), 고선택도 하이드로카본 업사이클링 연구(기초연구실지원사업,신소재-환경) 등을 들 수 있음.</li> <li>• 특히 사업을 통해 수소 안전 분야에 획기적 전기를 마련할 ‘광범위 수소 농도 검출 전기식 센서’ 를 공동개발해 중견기업 (주)대현에스티로 기술이전에 성공했음. 정액 기술 이전료 12억원과 매출에 따른 로열티를 확보했음. 연구팀은 본 기술을 시제품 모듈화하여 22년 H2MEET 전시회 출품하였고 본 기술이전성과는 중앙일보 대학평가의 우수기술이전사례로 언론보도되었음.</li> </ul>

### 3.3 교육연구단의 비전 및 목표 달성을 위한 주요 애로사항 및 보완사항

본 교육연구단은 신기후체제하의 에너지 문제를 해결하며 에너지 안보의 확보가 가능한 청정하고 고갈되지 않는 탄소-제로 신재생에너지시스템 기반 에너지 신산업 도출을 목표로 교육, 연구, 국제화, 그리고 산학협력의 세부 분야별 비전 및 목표 달성 체계를 수립하였음.

- BK21을 통해 대학원이 활성화 되며 참여 대학원생 수가 급격히 증가하였음. 국고만으로 학생 지원이 충분하지 않아 다양한 인력양성 사업과 연구비 수주를 위해 학과 차원의 노력 중.
- 외국 대학원생 유치를 위해 현지 홍보를 진행하려던 사항은 사업단의 영문 홈페이지, SNS, 국제 심포지엄 개최 등을 활용하여 진행함. 보고서에 기술한 바와 같이 내국인, 외국인 포함 대학원생 수가 꾸준히 증가하고 있어, 온라인 홍보로 충분히 가능하다고 판단하여 현지 홍보는 진행하지 않음.

## □ 교육역량 대표 우수성과

## 가) 참여대학원생 연구실적 대표 우수성과

본 사업단 참여대학원생이 게재한 논문 총 110편 (SCI(E) 103편, ESCI 및 SCOPUS 등재 3편, 학진등재 4편) 중 48편이 mrnIF 90 이상의 우수 해외 저널에 게재되었음. 또한, 다양한 전공 분야 학생들이 국내 및 국제 학회에 적극 참여하여 발표를 수행(총 153건)하였고 다수의 수상 실적을 거둠. 10건의 국내 특허 등록. 참여 대학원생 논문의 대표 우수성과는 아래와 같음.

- 본 교육연구단 참여대학원생인 이한성 및 이한욱 학생은 *Advanced Functional Materials* (IF= 19.0, mrnIF = 96.045, JCR 4.2%)에 출간된 Complementary Functions of Vanadium in Boosting Electrocatalytic Activity of CuCoNiFeMn High-Entropy Alloy for Water Splitting이라는 논문에서 최근 주목받고 있는 고엔트로피합금 소재를 수전해 수소 생산 기술에 적용하여 고효율 및 안정성을 가지는 전기촉매로 사용될 수 있음을 보고하였음. 바나듐 원소가 CuCoNiFeMn 고엔트로피합금에 첨가되었을 때, 표면 활성점 및 밴드구조에 어떤 영향을 미치는지 제일원리계산을 통해 확인하였고, 실험을 통해 고성능 수전해 촉매로 활용될 수 있음을 규명하였음. 향후, 백금(Pt)와 같은 귀금속 촉매를 대신할 신소재 전기촉매 개발에 기여함.
- 본 교육연구단 참여대학원생인 곽건호 석사과정 학생은 *Nano Energy* (IF= 17.6, mrnIF = 95.044, JCR 5.1%)에 출간된 Hybrid photothermal structure based on Cr-MgF<sub>2</sub> solar absorber/PMMA-graphene heat reservoir for enhanced thermoelectric power generation 이라는 논문에서 Cr/MgF<sub>2</sub> 태양열 흡수층과 PMMA-graphene 열저장 층을 활용하여 열전소자의 성능을 확보하였음. 태양열을 직접적으로 전기에너지로 저장 및 변환할 방안에 대해 최초로 제시하여 향후 다양한 방안으로의 적용을 기대함.
- 본 교육연구단 참여대학원생인 야스민 루바야 학생은 *Chemical Engineering Journal* (IF= 15.1, mrnIF = 97.163, JCR 3.2%)에 출간된 A Skin-like Self-healing and stretchable substrate for wearable electronics라는 논문에서 폴리보론실로제인(PBS)과 에코플렉스(Ecoflex)라는 폴리머를 중합하여 고인장의 유연성과 자기치유능력을 지닌 생체친화적 소재 합성에 성공하였고 이를 이용하여 스트레인 센서, 습도 감지 센서, 가스 감지 센서를 구현함. 개발된 소재는 뛰어난 절연성을 가지고 있어, 전극과 유전체를 삽입하여 터치 센서를 구현할 수 있으며 생체 피부와 유사한 소재가 필요로 하는 자가치유성과 고변형성, 광투명성, 수분투습성, 화학적·열적 내구성 등 거의 모든 필요 조건을 갖추고 있어 사물인터넷 센서와 소프트 로봇, 가스와 습도 등을 감지하는 산업 장치 등에 적용이 가능함.
- 본 교육연구단 참여대학원생인 문지윤 박사과정 학생은 *Matter* (IF=18.9, mrnIF=95.335, JCR 4.8%)에 출간된 Layer-engineered atomic-scale spalling of 2D van der Waals crystals이라는 논문에서 1저자로 참여하였음. 본 연구에서는 내부응력이 제어된 은 박막을 2차원 소재 위에 증착하고, 이를 통해 2차원 소재 내 발생하는 균열의 크기와 깊이가 원자 수준에서 제어될 수 있음을 규명한 원자스폴링 (atomic spalling)을 개발하였음. 이를 통해 1층-3층의 2차원 소재를 정밀하게 층수제어하여 대면적으로 박리하였으며, 이는 기존 2차원 소재의 생산법이 지닌 낮은 수율, 불규칙한 층수제어의 한계를 극복할 수 있는 새로운 대안이 될 수 있음.
- 본 교육연구단 참여대학원생인 채주형, 최민영, 손세민 학생은 *Angew. Chem. Int. Ed.* (IF= 16.6, mrnIF = 93.220, JCR 7.0%)에 출간된 Living Cationic Ring-Opening Polymerization of Hetero Diels-Alder Adducts to Give Multifactor-Controlled and Fast-Photodegradable Vinyl Polymers라는 논문에서 비닐 고분자의 다양한 요소를 정밀하게 조절할 수 있는 합성법에 대해 보고하였음. 더 나아가, 합성된 고분자들이 기존 대비 3배 이상 빠른 광분해성을 보이는 것을 발견하였음. 이번 연구 개발 내용이 향후 플라스틱 쓰레기 처리, 포토리소그래피, 멀칭 필름, 바이오 응용 분야 등에 활용될 것으로 전망됨.



- 본 교육연구단 참여대학원생인 Runfa Tan 및 정유재 학생은 *Coordination Chemistry Reviews* (IF= 20.6, mrnIF = 100.0, JCR 1.2%)에 출간된 Recent advances in surface regulation and engineering strategies of photoelectrodes toward enhanced photoelectrochemical water splitting라는 논문에서 태양광-수소 생산 기술에 사용되는 광촉매전극의 표면 처리 및 제어 기술들에 관하여 정리/보고하였음. 태양광-수소 생산특성에 있어서 표면의 중요성, 표면처리 전략 그리고 특성 향상 메커니즘에 대해 살펴보고, single-atom catalysts, quantum dots, MXenes, plasmonic particles, metal-organic frameworks 등 관련 기술에 대해 심도 있게 리뷰하였음. 이는 그린 수소생산을 위한 광전기화학 셀 기술의 효율 향상과 더불어 향후 상업화를 위한 초석기술로 활용될 수 있을 것으로 기대함.
- Materials Research Society (MRS), Photonics West 2023, 25th ISPC25, ENGE 2022, 한국수소및신에너지학회, 한국물리학회, 대한화학회 등 다양한 국제, 국내 학술대회에서 참여 대학원생이 총 154 건의 발표를 수행하였으며 이를 통해 19명의 학생이 우수논문상 등을 수상함.

#### 나) 참여교수 교육 대표성과

- 에너지시스템 학과 대학원생들을 위해 신재생에너지 기술의 최신 동향을 분석하여 **탄소-중립 신재생에너지 기술-신재생에너지기술 최신동향 2023 교재**를 출간하였음 (ISBN: 978-89-6894-328-7). 이 교재는 수소 및 탄소 생산기술, 수소 센서 기술, 오염물질처리를 위한 광촉매 기술, 탄소중립의 중요성 등 폭넓은 에너지 기술의 현황을 다루고 있음. 사업단 소속 김환명 교수는 Vinayak Juvekar박사와 함께 형광화학센서 (ISBN: 978-83916-386-9)를 출간하였음. 이처럼 본 교육연구단 참여교수들의 지속적인 교재 개발을 통해 대학원생들이 심도있는 에너지 관련 지식을 쌓고 해당 분야에 대한 안목을 기르도록 지원함.
- **수소에너지 생산기술 관련 온라인 학습자료**를 제작하여 본 교육연구단 대학원생과 수소연료전지 인력양성사업 소속 학생이 공동으로 수강할 수 있도록 함. 또한, 본 교육연구단과 양자사피엔스 인재양성센터 학생들이 공동 수강할 수 있는 **양자 과학기술 및 양자컴퓨터 시뮬레이션 온라인 학습자료**를 제공함.
- **양자정보 에너지과학 관련 총 9개 교과목 신설** (양자정보과학1 & 2, 양자물질과 양자정보, 열린양자시스템, 양자정보 소재 및 소자, 양자정보 현장실습1 & 2, 양자정보연구, 인공지능 에너지물리학).
- 링크플러스(LINC+) 사업과 연계하여 **인문/사회 전공학생을 위한 신재생에너지 마이크로 전공 트랙** 개설하였고 이와 관련하여 **신규 교과목 “에너지기술전망”**을 개설함.

#### 다) 교육과정, 인력양성 및 국제화 대표성과

- **교육과정**
  - 자연과학, 공학, 사회과학 및 첨단 양자정보과학을 아우르는 **다학제 초융합 교육 체계 구축 및 발전**.
  - 융합기초, 융합선택, 심화전공 영역으로 체계화된 교과과정 운영.
  - 산업현장 적응력을 키우고 산업계 수요에 유연성 있게 대응할 수 있도록 **산학협동 교과과정 운영** (신재생에너지프로젝트, 에너지산업체연구실습, 신재생에너지세미나 등).
  - **신재생에너지 4대 핵심기술 분야에 특화된 교육트랙 운영**을 통해 연구와 교육의 선순환 구조 확립.
  - **수요중심 전문가 양성**을 위한 3종류의 **고급트랙 운영** (수소기술 고급트랙, 에너지수확 고급트랙, 양자정보 과학 고급트랙 (2022년 신설, 2022년 2학기 전공과목 개설 시작))
  - 인공지능 및 양자정보 관련 교과목 신규 개설: 고에너지효율 인공지능소자개론, 양자정보과학 관련 첨단 교과목 개발 (2023년 2학기 개설)
  - 타기관 학점 교류: 본교에 개설되지 않은 수업을 타 학교에서 수강하고 학점 취득, 고려대 (양자측정 및 센싱 1, 양자정보 물리 1, 양자정보 물리학 1), 연세대 (양자컴퓨터 및 시뮬레이션)
  - 수소에너지, 양자정보기술 온라인 교육자료 제공.
  - 연구진도 중간발표회 시행, 졸업요건 강화, 학위 연계과정 (학-석사, 석-박사) 권장을 통한 학위 수여 제도 선진화 및 우수 조기졸업 학생 수 증대.

## • 인력양성

- 학·석·박사 전주기 인재 양성을 위해 파란학기 (학부), StAR 프로그램 (학·석사), Energy-BTS/S-class 장학/아주논문상/건강한 연구실 (석·박사) 프로그램 운영
- StAR 프로그램 (16명 지원), 박사과정 상위 20% S등급 대학원생 선정 및 지원 (7명), Energy Best Thesis Student (Energy-BTS) Award 수여 (7명)
- 대학원 우수논문 시상 (학장상 4명, 대학원장상 1명), 우수논문상 및 인센티브 수여 (연구성과별 차등 지급, 총 49명), 신재생에너지프로젝트 우수연구 시상 (9명) 및 학부 지원 기반 실사구시 장학금 수여
- 해외 입국 외국인 신입생 정착지원금 지원을 통한 외국인 우수인력 유치 촉진
- 리서치펠로우 제도와 연구 파트너 제도를 지속 운영하여 우수 신진연구인력 배출을 추구: Angewandete Chemie International Edition을 포함한 9건의 우수 학술지 논문 게재. 신진연구인력의 독립 연구과제 수주 (한국연구재단 3건)

## • 국제화

- 해외대학과의 공동 워크숍 진행 (Ajou-ETH Zurich 심포지엄, 교토-저장-아주 심포지엄, 아주-치바 공동 심포지엄 시행)
- 일본 치바대와 대학원 공동학위 제도 협약 완료
- Global Lecture Series 운영을 통해 노벨 물리학상 수상자를 포함한 해외 석학 초빙 및 세미나 진행
- 미국, 독일, 싱가포르, 프랑스 등 다양한 해외 연구기관 석학 초청 세미나 운영
- 학과 해외 객원 교원 활용 공동연구, 공동 학생지도, 에너지 여름학교 운영

## 1. 교육과정 구성 및 운영

### 1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

#### 가-1. 교육연구단의 교과과정 구성 및 운영 계획

계획 주요내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연결지성(Connecting Minds) 소양을 갖춘 인재 양성을 위한 다학제 초융합 교육 추진</li> <li>• 융합기초, 융합선택, 심화전공 영역으로 체계화된 교과과정 개발</li> <li>• 실제적 연계성 성과를 갖는 산학협동 교과과정 개발</li> <li>• 교과과정 다양화 및 지식공유 (에너지-IT 융합교육, 온라인 플랫폼 기반 지식 공유)</li> </ul>

#### 가-2. 교육연구단의 교과과정 구성 및 운영 실적

실적 주요내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자연과학, 공학, 사회과학 분야를 아우르는 융복합 교육 체계 개발 및 운영</li> <li>• 융합기초, 융합선택, 심화전공 영역으로 체계화된 교과과정 운영             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교육연구단 4대 중점영역(에너지 생산, 저장/분배, 소비, 재활용)을 고려한 교과목 개설 및 운영</li> <li>- 첨단 과학기술 발전 및 기술 수요를 반영한 교과목 추가 개발. 양자정보분야 교과목 총 9개 (양자정보과학1 &amp; 2, 양자물질과 양자정보, 열린양자시스템, 양자정보 소재 및 소자, 양자정보 현장실습1 &amp; 2, 양자정보연구, 인공지능 에너지물리학) 신설.</li> <li>- 학과 필수 교과목 융합 운영: 에너지시스템 개론 (경제, 정책, 공학 분야 교원 3인 윤강 운영), 수소에너지 기술 (공학, 이학 교원 6인의 융합 운영), 태양전지 개론 (응집 실험/이론 및 광학 실험/이론 분야 교원의 융합 강의 제공), 에너지 공학 (전자공학, 화공 교원 2인 운영)</li> </ul> </li> <li>• 산업현장 적응력을 키우고 산업계 수요에 유연하게 대응할 수 있도록 산학협동 교과과정 운영             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신재생에너지프로젝트: 한국전력공사, 세라믹기술원, 씨젠, 후성 등 4개 기업과 학생중심 PBL 과목 진행</li> </ul> </li> </ul>

- **에너지산업체연구실습**: 국립환경과학원과의 협력으로 산업체 R&D 현장 학습을 진행함.
- **에너지신사업개론**: SK 경영경제연구소 등 산업체의 현장 전문가를 초청하여 특강을 진행함.
- **신재생에너지 세미나**: LG화학 생명과학 연구소의 연구펠로우 초청등과 같은 산업체 전문가를 연사로 초빙하여 강연을 진행함.
- **교과과정 다양화 및 지식공유**
  - 폭넓은 분야의 국내/해외 저명 연사를 초빙하여 Global Lecture Series (총 4회), 해외 석학 초청 세미나 (총 13회), 일반 세미나 수업 (총 39회) 및 23년 여름학교(1회)를 시행함.
  - 에너지산업-IT 연계를 위한 인공지능 관련 융합 교과목 개발, 양자정보과학 교과목 신설 및 운영

### (1) 다학제 초융합 교육체계 구축

- 신재생에너지 분야 혁신 인재 양성 및 연결지성 인재교육을 위해 교육체계를 구축 중이며, 지난 연도에 이어 추가적인 세부 조정을 통해 본 교육연구단의 목표 달성을 위한 교육체계를 최적화함.
- 교육과정 초반부에 ‘에너지시스템개론’ 과 세부 전공별 선택 수강이 가능한 ‘선택필수과목’ 으로 구성된 **융합기초과목**을 운영함. 이를 통해 자연과학, 공학, 사회과학, 양자정보기술 분야를 아우르는 다학제 초융합 (Hyper-convergence) 교육체계를 구축하고자 노력함.
- 첨단 과학기술 발전과 실질적인 기술 수요를 반영하여 신규 교과목을 개발함. 특히, **양자정보 에너지과학** 관련 **총 9개 교과목** 신설하였음 (양자정보과학1 & 2, 양자물질과 양자정보, 열린양자시스템, 양자정보 소재 및 소자, 양자정보 현장실습1 & 2, 양자정보연구, 인공지능 에너지물리학). 최근 2023년 2학기에 **양자물질과 양자정보 과목을 개설하여 총 10명의 대학원생이 수강함**. 본교에 개설되지 않은 양자측정 및 센싱 1, 양자정보물리 1, 양자정보 물리학 1을 고려대와 연세대 **타교 학점교류 프로그램**을 활용하여 대학원생이 수강함.
- 또한, 링크플러스(LINC+) 사업과 연계하여 **인문/사회 전공학생을 위한 신재생에너지 마이크로 전공 트랙** 개설하였고 이와 관련하여 신규 교과목 ‘**에너지기술전망**’ 을 개발함.
- **학과 필수 교과목 중 4개 교과목을 통해 융합 교육을 강화함**. (1) “에너지시스템 개론” 의 경우 경제, 정책, 공학 분야 교원 3인의 윤강을 통해 운영함. (2) “수소에너지 기술” 교과목은 공학, 이학 전공 교원 6인이 융합 교육을 시도함. (3) “태양전지 개론” 의 경우 응집물리 실험/이론 및 광학 실험/이론 분야 교원 4인의 융합 방식 강의를 제공함. (4) “에너지 공학” 교과목은 전자공학과 화학공학 전공 교원 2인이 공동으로 운영하여 융합교육을 강화하기 위해 노력함.
- 신산업 연계 세 가지 고급트랙 운영을 통해 첨단 과학기술 분야 교육을 강화함. 더 나아가 Global Lecture Series 및 에너지 분야 해외석학 세미나 운영을 통해 최신 기술 동향에 발맞춘 에너지 분야 융합 교육의 고도화를 추구함.

### (2) 융합기초, 융합선택, 심화전공 영역으로 체계화된 교과과정 개설

- 본 교육연구단의 4대 중점 영역인 i) 신재생에너지 생산 기술, ii) 재생에너지 맞춤형 에너지 저장 및 분배 기술, iii) 에너지 소비효율 극대화 기술, iv) 에너지 재활용 기술 개발을 목표로 각 중점영역이 요구하는 교육과정을 체계적으로 구축함. 특히 지난 연도에 이어 교과과정 운영의 유연성, 학제 간 통합성, 수요자 중심의 전문 인력 양성을 위하여 석/박사 학위 교과과정을 [1] 융합기초, [2] 융합선택, [3] 심화전공 영역으로 세분화하여 운영 중이며, 새롭게 추가한 양자정보 관련 교과목을 개설하고 운영 중.
- 2년을 주기로 에너지 전주기 분야별 선택필수와 고급트랙 필수과목을 포함하는 순환 교육과정을 설계/개설함으로써 석/박사과정 학생들이 특정 분야에 편중되지 않고 다양한 에너지 관련 분야의 학문을 고르게 학습할 기회를 제공하고 있음.

	1학기	2학기
매학기개설	에너지시스템개론 (전공필수), 신재생에너지연구 I, II (연구)	
매년 개설 혹은 격년 개설 권장	(선택필수) 에너지변환공학, 에너지저장기술, 에너지소재 및 소자, 에너지공학, 에너지경제학	
	(고급트랙필수) 수소에너지기술, 태양전지개론, 양자정보 소재 및 소자 (세미나) 신재생에너지세미나 I, II	
	(트랙별 인증선택) 신재생에너지공학, 나노소자개론, 에너지광학, 나노재료특론, 재료분석학, 박막태양전지공정 및 분석기술	
그 외	에너지산업체 연구실습, 신재생에너지프로젝트, 창업아이디어 및 현장실습 전공별 전공선택필수 교과 1개/연 and 전공선택 교과목 1개/연	

	202(1+2n)년 1학기	202(1+2n)년 2학기	202(2+2n)년 1학기	202(2+2n)년 2학기
전공필수	에너지시스템개론	에너지시스템개론	에너지시스템개론	에너지시스템개론
선택	에너지저장기술	에너지소재 및 소자	수소에너지기술	양자정보 소재 및 소자
인증선택	에너지광학, 나노소자개론	나노재료특론, 재료분석학	나노소자개론, 박막태양전지공정 및 분석기술	나노재료특론, 재료분석학

- **융합기초영역:** 공통 필수과목으로 ‘에너지시스템개론’을 개설하고 모든 학생이 수강하도록 하여 에너지 문제 현안에 대한 지식을 쌓도록 유도함. 융합기초영역 중 선택 필수과목으로서 ‘에너지변환공학’, ‘에너지저장기술’, ‘에너지소재 및 소자’, ‘에너지공학’, ‘에너지경제학’을 개설하고 이 중 최소 한 과목을 수강하도록 하여 향후 고급 학문을 학습하는 데에 맞춤형 기초학문을 습득할 수 있도록 함.
- **융합선택영역:** 신재생에너지 관련 최신 연구 동향을 다루는 ‘신재생에너지세미나’ 교과목을 운영함.
- **심화전공영역:** 신재생에너지의 전주기 과정인 에너지 생산(Production), 저장/분배(Storage/Distribution), 소비(Consumption), 재활용(Recycle)의 영역으로 구분하여 구체적인 연구 분야와 세부 전공에 따라 ‘에너지공정관리’, ‘에너지화학공학’, ‘수소에너지기술’, ‘태양전지개론’ 등을 포함하는 31개의 특화된 과목들을 개설하였음. 또한, 다수의 양자정보과학 교과목을 개설하였고, 23년 2학기 ‘양자물질과 양자정보’를 개설함.

### (3) 산학협력 수요중심의 교과과정 운영

- 긴밀한 산학연계를 위해 지역 신재생에너지 관련 기관과 협약을 통한 애로기술 공유 및 해결을 추진함.
- ‘신재생에너지프로젝트’와 ‘에너지산업체연구실습’의 운영을 통해 본 교육연구단과 MOU를 맺은 에너지 기업 및 연구소의 전문가로부터 애로기술을 청취하고 담당교수 지도하에 학생들의 그룹을 구성하여 주도적으로 해당 문제의 해결책을 모색하는 산업 연계형 교과목을 제공하였음.
- 한국전력공사, 세라믹기술원, 씨젠, 후성 등 총 4개의 기업과 연계하여 당해연도 총 9명의 학생이 ‘신재생에너지 프로젝트’ 과목을 수강하여 자기주도적 학습을 진행하였음.
- 국립환경과학원과 협력하여 ‘에너지산업체연구실습’ 과목을 운영하였으며 당해연도 총 총 15명의 학생이 산업체 현장참여 연구 활동을 진행하였음.
- 신재생에너지세미나 수업에서도 ST Pharm, LG화학 생명과학연구소, 경보제약, 롯데케미칼 청정수소 등의 산업체 연사를 초청하여 세미나를 진행함.
- ‘에너지신사업개론’ 교과목을 통해 SK 경영경제연구소, TotalEnergies Renewables D.G. APAC 등 산업체의 현장 전문가를 초청하여 특강을 진행하였음.

### (4) 해외 연사를 포함한 활발한 연구 세미나 제공

- 학생들에게 신재생에너지 및 다양한 관련분야 과학기술의 실질적 적용 범위와 중요성을 인식시키고자 국내/해외 에너지 관련 분야 연사를 초청하여 총 39회 연구 세미나를 제공함.
- 2010년 노벨물리학상 수상자 (K. S. Novoselov)와 2021년 노벨화학상 수상자 (D. W. C. MacMillan)를 포함한 해외 저명 연사를 초빙하여 Global Lecture Series를 총 4회 시행함.



- 그 외에도 총 13회에 걸쳐 해외 연구기관 소속 석학을 초빙하여 세미나를 시행하였음.
- ETH Zurich 소속 이성식 박사(아주대 에너지시스템학과 겸임 교원)가 2023 Microscopy & Raman Spectroscopy 기초 여름학교를 시행함.
- 미국, 독일, 프랑스, 스위스, 싱가포르, 일본 및 국내 다양한 기관의 연구자를 초빙하여 높은 수준의 세미나 수업을 제공하였으며, 폭넓은 과학기술 분야의 연구자를 초빙함으로써 타 분야 과학기술에 관한 학생들의 노출을 최대화함. 이를 통해 본 교육연구단의 목표인 초융합 교육을 달성하기 위해 노력하였음.

#### (5) 에너지-첨단기술 연계를 위한 인공지능 및 양자정보과학 신규 교과목 개발

- 2022년 2학기 ‘고에너지효율 인공지능소자개론’ 교과목을 신규 개설하여 에너지 소자 분야와 인공지능 기술의 연계 가능성 및 첨단 IT 기술에 관한 지식을 교육함.
- 신설된 양자정보과학 고급트랙을 중심으로 ‘양자정보과학 1’, ‘양자정보과학 2’, ‘양자물질과 양자정보’, ‘열린양자시스템’, ‘양자정보 소재 및 소자’, ‘양자정보 현장실습 1’, ‘양자정보 현장실습 2’, ‘양자정보 연구’, ‘인공지능 에너지물리학’ 등 총 9개의 양자정보 관련 교과목을 신설함. 2023년 2학기 현재 ‘양자물질과 양자정보’ 교과목을 개설하여 10명의 대학원생이 수강하였으며, ‘양자정보 소재 및 소자’ 등의 신규 교과목을 순차적으로 개설할 예정임.
- 본교에 개설되지 않은 양자정보과학 수업을 타 학교에서 수강하고 학점 취득, 고려대 (양자측정 및 센싱 1, 양자정보 물리 1, 양자정보 물리학 1), 연세대 (양자컴퓨터 및 시뮬레이션), 4인의 학생이 학점 취득

#### (6) 첨단분야 온라인 강의 제공

- 수소에너지 생산기술 관련 온라인 학습자료를 제작하여 본 교육연구단 대학원생과 수소연료전지 인력양성사업 소속 학생이 공동으로 수강할 수 있도록 제공하였음 (<http://h2-energy.ajou.ac.kr/lms/>).
- 본 교육연구단 대학원생과 양자정보 인력양성사업 소속 학생들이 공동 수강할 수 있는 양자 과학기술 및 양자컴퓨터 시뮬레이션 관련 온라인 학습자료를 제공하였음 (<https://quantumworkforce.kr/>).

#### (7) 에너지 분야 산업체 견학을 통한 현장경험 제공

- 에너지 관련 산업체 현장 견학을 통해 학생들에게 실질적인 기술 수요와 산업체 현장경험을 제공함.
- 고등기술연구원 플랜트 엔지니어링 본부 견학 (학생 총 39명 참석)
- 한국지역난방공사 동탄지사 수소연료전지발전소 견학 (학생 총 20명 참석)
- 한국남부발전 (신인천빛드림본부, 수소연료전지 발전시설) 견학 (학생 총 21명 참석)

#### (8) 산업체 취업 연계 프로그램 운영을 통한 취업 지도

- 본 교육연구단 소속 석, 박사 및 포스닥 대상으로 23년 2월 ‘포스코 미래기술연구원 설명회 및 채용상담’을 진행하여 학생 및 연구원들에게 산업체 현장 전문가와의 상담 기회를 제공함.
- 본 교육연구단 소속 석사과정 학생을 대상으로 한국다이하잉크 석사과정 취업연계 프로그램을 운영하여 폭넓은 산업체 분야로의 진출을 장려함.

#### 나-1. 트랙별 맞춤형 융·복합 교육을 통한 연구와 교육의 선순환 구조 구축 계획

##### 계획 주요내용

- 탄소-제로 신재생에너지 4대 핵심기술분야 전문혁신인력을 양성할 수 있는 트랙별 맞춤형 융·복합 교육 실시
- 수요중심 전문가 양성을 위한 고급트랙 운영 (수소기술 고급트랙, 에너지수확 고급트랙)
- 초융합 연구주제 도출 및 에너지 신산업창출을 위한 학생 및 교수진 역량개발

## 나-2. 트랙별 맞춤형 융·복합 교육을 통한 연구와 교육의 선순환 구조 구축 실적

### 실적 주요내용

- 탄소-제로 신재생에너지 4대 핵심기술 분야 트랙별 맞춤형 융·복합 교육 실시
  - 4대 핵심기술 분야별 특화된 교육트랙 운영을 통해 연구와 교육의 선순환 구조 확립
  - 에너지변환시스템, 에너지저장 및 분배, 에너지 소재 및 소자로 특화된 일반 트랙 운영
  - 자율적 트랙 설계 및 자기 주도적 교육을 통해 학생의 핵심역량 증진
- 수요중심 전문가 양성을 위한 고급트랙 운영 (수소기술 & 에너지수확 고급트랙 운영 및 2022년도 양자정보과학 고급트랙 신설 완료)
  - 수소기술 고급트랙: 수소생산·운송 및 저장, 활용 등 관련 산업 전반에 대한 폭넓은 이해를 추구하고 수소 신산업 창출 및 확산에 기여할 수 있는 석/박사급 고급인력 양성
  - 에너지수확 고급트랙: 신재생 에너지 중 열전, 압전, 광전 등의 고도화된 에너지 수확 기술에 집중하여 수준 높은 전문인재 양성
  - 양자정보과학 고급트랙: 양자 센싱, 양자 컴퓨팅/시뮬레이터, 양자 통신 등의 양자정보과학에 대한 박사급 고급 전문인재 양성
- 초융합 연구주제 도출 및 에너지 신산업 창출을 위해 학생과 교수진의 동시 역량개발 추구

- 4대 핵심기술과 연관된 폭넓은 범위의 강의를 제공하고 이를 기반으로 트랙을 모듈화함. 이를 통해 학생들이 에너지 분야 핵심역량 강화에 도움이 되는 교육트랙을 자기 주도적으로 설계/선택할 수 있도록 운영하였음.
- 첨단 에너지 신산업 수요에 대응하고자 일반 트랙과 더불어 3개의 고급트랙(수소기술/에너지수확/양자정보과학 고급트랙 개설)을 운영함. 물리학, 화학, 화학공학, 신소재공학, 사회과학 등 다양한 전공 배경의 교수진들이 관련 강의에 참여하였으며, 효율적인 융복합 교육을 실시하기 위해 기존 전공으로 분류되지 않고 연구분야에 특화된 교육트랙을 설계 및 운영하였음.
- 일반트랙은 다음과 같이 에너지변환시스템, 에너지저장 및 분배, 에너지 소재 및 소자 트랙으로 구성하였음.
  - ※ 공통인증필수 (9학점): 에너지시스템개론, 신재생에너지연구 I, II
  - A. 에너지변환시스템 트랙: 에너지 생산, 재활용 및 에너지 공정설계 최적화  
 인증선택 (6학점): 에너지변환공학, 에너지저장기술, 태양전지개론, 에너지경제학  
 심화전공 (6학점): 촉매공학특론, 박막태양전지 공정 및 분석기술, CCS 기술 개론 등 7과목
  - B. 에너지저장 및 분배시스템 트랙: 에너지 저장 재료, 소자 및 에너지 분배시스템 연구  
 인증선택 (6학점): 에너지저장기술, 에너지변환공학, 나노재료특론, 재료분석학  
 심화전공 (6학점): 에너지전기화학, 에너지재료화학, 전력시스템공학, 에너지유기화학 등 8과목
  - C. 에너지 소재 및 소자 트랙: 에너지 저장형 소재/소자, 에너지전환 고효율화 기술  
 인증선택 (6학점): 에너지소재 및 소자, 에너지변환공학, 나노소자개론, 에너지광학  
 심화전공 (6학점): 반도체물리학, 나노재료특론, 레이저광학, 에너지물리학 등 7과목
- 고급트랙은 아래와 같이 수소기술 고급트랙, 에너지수확 고급트랙, 양자정보과학 고급트랙으로 구분하여 운영하였음. 좀 더 구체적인 에너지 기술 연구 분야에 특화된 고급트랙의 운영을 통해 연구와 교육의 선순환 구조를 구축하여 에너지시스템 전체에 대한 지식 함양과 특정 연구 분야의 전문성을 모두 아우르는 교육과정을 마련하였음.

### 1. 수소기술 고급트랙

수소생산·운송 및 저장, 활용 등 관련 산업 전반에 대한 폭넓은 이해를 바탕으로 하며, 전후방 산업과 연계된 AI, Big Data 등 AICBM기술 융합을 통해 수소 신산업 창출 및 확산에 기여하는 석,박사급 고급인력 양성을 목표로 함.

▷ **공통필수과목:** 에너지시스템개론(3학점), 수소에너지기술(3학점)

▷ **수소에너지 소재/소자 트랙**

- 에너지 소재 및 소자(3학점), 에너지 저장기술(3학점), 신재생에너지공학(3학점) 중 2과목 선택 필수
- 전공선택과목 6학점 추가 이수
- 청정연료기술연구Ⅰ(3학점), 청정연료기술연구 Ⅱ(3학점) 이수

▷ **수소에너지 공정 트랙**

- 에너지공학(3학점), 신재생에너지공학(3학점), 에너지변환공학(3학점) 중 2과목 선택 필수
- 전공선택과목 6학점 추가 이수
- 청정연료기술연구Ⅰ(3학점), 청정연료기술연구 Ⅱ(3학점) 이수

- 공통필수인 ‘에너지시스템개론’ 과 더불어 수소에너지 소재/소자 트랙의 선택필수인 ‘에너지소재 및 소자’, ‘신재생에너지공학’ 을 개설하였음. 또한, 최근 큰 주목을 받는 수소 기술에 초점을 둔 ‘수소에너지 기술’ 을 22년 2학기, 23년 1학기 모두 개설하여 많은 학생이 수요 기반 첨단 에너지 기술을 학습할 수 있도록 함.

- 2022년 2학기과 2023년 1학기에 수소에너지기술 과목은 총 40명의 학생이 수강함. 또한, 에너지시스템개론 과목은 71명이 수강하여 매년 변동폭이 거의 없이 학생들의 수요가 큼을 확인함.

- 수소에너지 공정 트랙의 선택필수인 ‘에너지공학’, ‘에너지변환공학’ 과목을 개설하였음. 2022년 2학기 과 2023년 1학기에 에너지공학 총 27명, 에너지변환공학 16명의 학생이 수강함.

▷ **주요 선택과목**

(소재/소자) 에너지전기화학, 에너지재료화학, 재료분석학, 표면화학, 나노소자개론, 에너지물리학, 에너지열역학, 태양전지개론, 청정기술, 고에너지효율 인공지능소자개론 등 14과목

(공정) 수소에너지 공정관련 주요 선택과목: 공정안전관리공학, 에너지화학공학, 열전달특론, 청정연료기술특론, 에너지공정관리, 에너지반응공학, 고에너지효율 인공지능소자개론 등 13과목

## 2. 에너지수확 고급트랙

다양한 신재생 에너지 과학기술 분야 중 빠르게 발전하고 있는 열전, 압전, 광전 등 에너지 수확기술에 집중하여 높은 수준의 전문성을 갖는 고급 인재양성을 목표로 함.

▷ **공통필수과목:** 에너지시스템개론(3학점), 태양전지개론(3학점)

- 박막태양전지공정 및 분석기술(3학점), 에너지소재 및 소자(3학점), 에너지변환공학(3학점) 중 2과목 선택 필수
- 전공선택과목 6학점 추가 이수
- 태양전지기술연구 Ⅰ(3학점), 태양전지기술연구 Ⅱ(3학점) 이수

- 공통필수인 ‘에너지시스템개론’, ‘박막태양전지공정 및 분석기술’ (선택필수) 과목을 개설

- 2022년 2학기과 2023년 1학기에 에너지시스템개론 과목은 총 70명이 수강함.

- 에너지수확 고급트랙에서 선택필수인 ‘에너지변환공학’ 을 개설하여 총 16명이 수강하였으며, ‘에너지소재 및 소자’ 는 23년 2학기에 개설함.

- 공통필수과목인 ‘태양전지개론’ 을 개설하여 총 20명이 수강함.

▷ **주요 선택과목**

에너지 변환 및 저장 특론, 에너지변환공학, 태양전지개론, 에너지고체물리, 고급화합물태양전지공학, 고급광전자공학, 에너지재료화학, 화합물반도체소자, 에너지광학, 반도체공학특론, 고에너지효율 인공지능소자개론 등 14과목

### 3. 양자정보과학 고급트랙

양자 센싱, 양자 컴퓨팅/시뮬레이터, 양자 통신 등의 양자정보 과학기술에 대한 깊은 이해와 전문성을 가지는 박사급 고급 전문 인재 양성을 목표로 함.

▷ **공통필수과목:** 양자정보과학 I (3학점), 양자정보과학 II (3학점)

- 아래 주요선택 과목에 기술되어있는 양자정보 교과목들 중에서 2과목 선택 필수 (6학점)
- 양자정보 현장실습 (3학점) 및 양자정보기술 연구 (3학점) 이수

- 2023년 2학기 ‘양자물질과 양자정보’ 과목을 개설하여 총 10명의 학생이 수강함.

- 현재 총 5인의 박사과정 학생이 해당 트랙을 이수 중이며 양자정보 심화과정 수업을 수강 중. 2023년 1학기 타대학과의 학점 교류 협약을 체결하여 총 15개의 공통 전공과목을 수강할 수 있게 함. 2023년 1학기 고려대 (양자측정 및 센싱 1, 양자정보 물리 1, 양자정보 물리학 1), 연세대 (양자컴퓨터 및 시뮬레이션) 개설과목을 4인의 대학원생이 학점 취득, 또한, 해당 과목은 아주대 대학원생이라면 누구나 학점 교류를 통해 무료로 수강할 수 있도록 오픈함.

▷ **주요 선택과목**

양자 컴퓨팅 및 시뮬레이션 I & II, 양자 센싱 및 측정 I & II, 양자 통신 및 암호 I & II, 고급 양자 알고리즘, 고급 양자정보 이론, 열린 양자 시스템, 양자정보 소재 및 소자, 양자 정보 물질, 양자 광학 등.

#### 다-1. 교육과정의 충실성과 지속성 확보 계획

##### 계획 주요내용

- 강의 충실성을 위한 전임교원 대학원 강의 비율 85% 유지
- CQI 보고서를 활용한 체계적인 강의평가 운영 및 환류시스템 고도화
- 강의 지속성을 위해 구성원 누구나 열람 가능하도록 강의자료 공개

#### 다-2. 교육과정의 충실성과 지속성 확보 실적

##### 실적 주요내용

- 지난 1년간 연구단에서 개설되는 교육과정에 대하여 신재생에너지의 관련 분야 전임교원의 강좌개설비율을 88.1% 수준으로 달성하였으며 이는 지난연도 85.3%에 비해 크게 증가됨.
- CQI 보고서를 활용한 체계적 강의평가 운영 및 환류 시스템 고도화
  - 강의평가를 홈페이지 (<http://nano-energy.ajou.ac.kr>)에 공개하여 수강생, 교수 및 외부인의 열람을 허가함.
  - 강의 중간평가를 실시하여 이후의 수업에 반영하고, 강의 담당 교수가 CQI(Continuous Quality Improvement) 보고서를 작성하여 기말강의 평가를 강의 계획서에 반영하게 함. 이를 통해 학생의 불만 및 요구사항에 대한 보완책을 마련하여 수강생의 높은 강의 만족도를 유지함.
- 강의 지속성을 위해 본교 구성원 누구나 열람 가능하도록 강의자료를 공개함.
  - 아주대 홈페이지의 아주 Black Board (Bb) e-class를 통해 본교 구성원의 강의자료 열람을 허용하였음. 이를 통해 투명하고 지속성 있는 교육과정을 운영함.

#### (1) 전임교원 대학원 강의

- 2022년 1학기 14개 과목, 2023년 1학기 16개 총 30개의 개설된 과목에 대한 전임교원 강의비율이 약 88.1% 수준으로 지난연도 85.3%에 비해 증가된 수치를 달성함.
- 전임교원 강의 비율 유지를 위해 아래와 같이 교육 분야 별 교원 풀을 구성함.

			전임교원	관련과목
신재생 에너지 4대	에너지생산	태양에너지	김창구, 김유권, 안영환, 박지용, 이상운, 조인선	에너지변환공학, 수소에너지기술, 촉매공학특론, 박막태양전지 공정 및 분석기술, 신재생에너지공학 등



중점분야		수소에너지	조인선, 서형탁, 박은덕, 유학기	
		바이오에너지	최권영, 장혜영	
	에너지 저장/분배	에너지저장	신치범, 광원진, 서형탁, 박은덕, 장혜영, 류학기	에너지저장기술, 청정기술, 에너지전기화학, 전력시스템공학, 재료분석학, 인간중심 인공지능개론, 데이터통계, 에너지과학을 위한 기계학습방법론, 고에너지효율 인공지능소자개론, 양자물질과 양자정보, 양자정보 소재 및 소자, 에너지 신사업개론 등.
		에너지 AICBM	Mohit Kumar, 서호성, 에너지시스템학과 겸임교원 (권재원)	
	에너지소비	에너지효율	박은덕, 심태섭, 김주민, 엄동일, 안병민, 김성현	에너지소재 및 소자, 나노소자개론, 에너지광학, 에너지고체물리, 전자재료가공기술, 에너지반응공학 등
		안전/센서	서형탁, Mohit Kumar, 이형우, 이상운, 김환명, 이창구	
	에너지재활용	CO <sub>2</sub> 활용	장혜영, 박은덕, 최권영	에너지경제학, CCS 기술개론, 에너지화학공학 등
		에너지수확	이형우, 김창구, 김석기, 조성범	

- 2022년 2학기, 2023년 1학기에 개설된 모든 교과목에 대한 강의평가를 실시하였고, 평가 결과를 본 사업단 홈페이지 (<http://nano-energy.ajou.ac.kr>)에 공개하여 외부인도 자유롭게 열람할 수 있도록 함. 강의평가를 전면 공개하여 교수들의 강의 질 향상 동기를 유발하고자 노력하였음.
- 강의평가 점수는 100점 만점으로 **2022년 2학기 14과목 평균 89.5점, 2023년 1학기 16과목 평균 93.18점으로 평가됨**. 해당 점수는 본교 내에 다른 교과목들에 비해 상대적으로 높은 수준으로서 본 교육연구단 개설 교과목에 대한 학생들의 높은 만족도를 보여줌. 이는 꾸준히 강의에 대한 불만 및 요구사항을 조사하고 개선함으로써 학생들과의 원활한 소통을 중요시한 노력의 결과라고 판단 됨.

## (2) 강의평가 시스템 강화 및 강의 개선 전략

- 개설 강의의 질 향상을 위해 강의평가를 홈페이지 (<http://nano-energy.ajou.ac.kr>)에 공개하여 수강생과 소속 교수 외에 외부인도 열람 가능하도록 운영하였음.
- 학기 중 강의 중간평가를 실시하여 이후의 수업에 적극 반영하였음. 또한, 과목 별 담당 교수는 CQI(Continuous Quality Improvement) 보고서를 작성하여 기말강의 평가를 다음 학기 강의 계획서에 반영하였으며 학생들의 불만 및 요구사항에 대한 해결책을 마련하여 수강생의 높은 강의 만족도를 유지할 수 있도록 하였음.

## (3) 대학원 강의자료 공개

- 아주대 홈페이지의 아주 Black Board (Bb): e-class를 이용해 대학원 강의자료를 본교 구성원에게 공개하였음. 또한, 수업 공지사항, 과제 및 평가 등의 교육과정을 온라인으로 공개하는 등 투명한 운영을 통해 교육과정의 충실성과 지속성을 확보하기 위해 노력하였음.
- 본 사업단의 강의계획서는 모두 웹사이트([www.ajou.ac.kr](http://www.ajou.ac.kr) 메뉴 중 AIMS)를 통해 학교 구성원 전체에게 100% 공개되었으며 변동사항은 아주 Bb를 통해 모두 사전 공지하였음.
- 일부 과목에 대하여 강의자료를 사업단 홈페이지에 공개하여 외부인도 열람할 수 있도록 운영함.

## 라-1. 학사단위 관리제도 및 학위수여 제도의 선진화 계획

계획 주요내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>합리성과 유연성을 강조한 체계적 학사관리 제도 확립</li> <li>논문지도의 내실화, 졸업요건 및 심사의 강화를 통한 세계적 수준의 전문인력 배출</li> <li>학·석사 연계과정과 석·박사 통합과정 운영을 통한 교과과정의 유연성 확보</li> </ul>

## 라-2. 학사단위 관리제도 및 학위수여 제도의 선진화 실적

실적 주요내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>다학제 초융합 교육연구단 구성을 위해 다양한 전공 배경의 학생을 모집함.</li> <li>다양한 전공 배경의 학생들이 효율적으로 에너지 관련 과학기술을 습득하고 학위과정을 마칠 수 있도록 합리적이고 유연하게 학사관리제도를 운영함.</li> <li>연구진도 중간발표회 시행, 논문지도의 내실화, 졸업요건 및 심사의 강화</li> <li>학·석사 연계과정 및 석·박사 통합과정 신입생 증가</li> </ul>

### (1) 교육연구단 입학전형: 적극적 학생 모집

- 교육연구단의 운영 및 확장을 위해 석사, 박사, 석·박사통합, 학·석사연계 과정 학생을 정시 및 수시모집(총 3차 모집)을 통해 적극적으로 모집함. 또한, 외국인 특례입학 전형을 시행함.
- 교내 학부생 대상 대학원 설명회 진행: 화학과 (2022.10.20. 23명 참석, 2023.05.04. 27명 참석), 화학공학과 (2022.11.22. 55명 참석), 이형우 (2022.11.22. 47명 참석)
- 다학제 초융합 교육연구단 취지에 따라 입학자격을 국내외 4년제 대학 졸업자로서 물리학, 화학, 재료공학, 전자공학 등의 전공자와 더불어 소프트웨어, 산업공학, 사회/경상계열 등의 전공자를 포함시킴.
- 2022년 2학기, 2023년 1학기 다양한 전공의 학생들이 총 71명 입학하여 **다학제 초융합 교육연구단을 구성**하였음. 특히, 학·석사 연계과정 11명, 석·박사 통합과정 1명이 학위 연계과정을 통해 입학하였음.
- 입학전형은 서류 심사와 심층 면접(영어 능력 평가 포함)으로 구성하였으며 그 외 지원 자격은 본교 대학원 규정에 따름. 배출 인력의 역량 강화를 위해 석·박사통합과정은 우수학생 (학점 3.50 이상, 또는 출신교 학과장 추천)에 한해 지원 자격을 부여하였음.

### (2) 지도교수 선정관리 및 학생별 지도위원회 운영

- 입학한 학생의 취득학점, 연구관심분야, 장래희망 등을 수렴하여 1학기 종료 전 개인별 지도교수 배정 계획서를 작성하게 하였음. 대학원장이 이를 검토, 위촉하여 2학기부터 개별 학생 지도를 시작함.
- 학생의 세부 전공 선택 및 학습/연구 지도를 위해 지도위원회를 구성하도록 규정함. 지도위원회는 학생 개인별 지도교수를 포함하여 석사과정 2인 이상, 박사과정 3인 이상의 본 교육연구단 소속 교원으로 구성함.
- 학생의 연구 범위를 확장하고 효율적인 융합연구 촉진을 위해 **지도위원회 구성 시 타 연구 분야 교원 포함을 의무화**하였음.

### (3) 학위청구논문 제출 자격시험 강화 운영

- 학위청구논문 제출을 위한 자격시험을 외국어시험과 종합시험으로 분리하여 시행함.
- 외국어 과목은 영어를 원칙으로 하였으며, 외국 학생의 경우 한국어로 대체 허용하였음. 학생의 국제적 연구 활동 역량을 증진하기 위해 지난 연도에 상향시킨 합격 점수를 유지하였음 (석사 60점 이상, 박사 및 통합과정 80점 이상). 단, 국가공인 외국어능력 시험에서 교육연구단이 정한 기준 이상의 점수를 획득할 시 외국어시험을 면제하였음 (TOEFL: iBT 기준 79, TOEIC: 730, TEPS: 638).
- 종합시험의 경우 시험자격요건 설정을 통해 (18학점 이상 전공학점 취득 및 평점평균 3.5 이상) 학습동기를 고취하며, 전공역량을 집중적으로 강화하기 위해 지도교수가 학생 개별전공에 적합한 과목을 선정하여 맞춤형

종합시험을 시행함. 학위별 시험과목은 석사의 경우 ‘에너지시스템개론’ 과 지도교수가 지정한 1개 과목, 박사의 경우 선택필수 과목 1개와 지도교수 지정 1개 과목으로 함.

- 종합시험 출제위원은 본교 교원 또는 동등 자격 교외인사로 정하였으며, 각 학위과정에서 시험점수 60점 이상을 합격으로 하였음.
- 2차년도 기간동안 종합시험에 응시한 학생 인원은 다음과 같음.

연도-학기	석사과정	박사과정	통합과정
2022-2학기	42명	23명	8명
2023-1학기	54명	18명	14명

#### (4) 석·박사 학위논문 심사 방식

- 학위 교과과정 수료 후 지도교수의 추천을 받은 학생은 학위청구논문을 제출하도록 하였음. 단, 본 교육연구단 소속 교수 3인으로 구성된 위원회의 사전 승인을 거치도록 하였음.
- 논문지도위원회를 구성하여 연구진도 중간발표회를 진행하였음. 연 1회 공개 세미나 방식으로 시행하며 박사학위 지도교수 및 3인 이상의 지도위원이 배석하도록 함. 중간발표회는 개최 1주 전 학과 홈페이지에 공고하였으며, 중간발표회 시행 이후 발표 학생은 제목, 초록, 지도교수 및 지도위원 서명이 필요한 확인서를 제출하도록 하였음. 2022년 2학기 11명의 박사과정 학생이 아래의 주제로 중간발표회를 시행하였으며 현재 수행 중인 연구의 진행 상황 및 추후 방향에 대한 위원회의 피드백을 제공하였음.

발표자	발표일시	지도교수	지도위원	발표제목
M D D	2022.11.15. 15:00	류학기	안병민,조인선	Growth of graphene on sputtered-ruthenium and their application
N K M	2022.11.15. 15:00	박지용	이상운,이재웅	Synthesis of Two-dimensional WSe <sub>2</sub> Flakes Using Salt-assisted Chemical Vapor Deposition
Q L	2022.11.15. 15:00	조인선	안병민, 류학기	Point-defect engineering of nanoporous CuBi <sub>2</sub> O <sub>4</sub> Photocathode via rapid thermal processing for enhanced photoelectrochemical activity
T S	2022.11.15. 15:00	조인선	안병민, 류학기	Layered bismuth copper oxychalcogenides as advanced photothermal materials for efficient interfacial solar desalination
W A	2022.11.15. 15:00	이상운	박지용, 이재웅	Design and fabrication of biomaterial-based electronic and opto-electronic devices
김	2022.11.14. 13:00	심태섭	박은덕,김주민, 황종국	Harnessing Phase Transition Behaviors of Soft Matter for Nanostructure and Interface Engineering
김	2022.11.18. 15:00	김유권	유영동,유성주	Synthesis and Application of Low-Dimensional Composed of Tellurium and Group 6 Element
이	2022.11.17. 15:00	김환명	장혜영,이인환	Development of Two-Photon Photosensitizers and its Application in Photodynamic Therapy to Cancer
이	2022.12.07.	신치범	김창구, 김주민	Modeling Fast Charge Protocol of Lithium-Ion Batteries for Electric Vehicle Applications
이	2022.11.15. 15:00	안병민	조인선, 류학기	Microstructure and alloying behavior of AlSiTiMnFe system lightweight high-entropy alloys with additional elements fabricated via powder metallurgy
전	2022.11.22. 15:00	이형우	안영환, 윤종희	Label-free Identification of bacteria through Terahertz Thermal Curve Analysis

- 박사학위 논문은 영문 작성을 의무화, 석사학위 논문 또한 영문 작성을 권장
- 박사 심사위원 구성 시 2인 이상은 정교수이어야 하며, 전원 박사학위 소지자로 하는 것을 원칙으로 하여 엄정한 심사를 시행함. 에너지 관련 교외 산업체 및 연구소 전문가를 1인 이상 포함하는 것을 권장하여 학생이 현장 전문가의 피드백을 직접 받을 수 있도록 하였음.
- 석사 1회, 박사 2회 이상의 심사를 의무화하며, 각 1회의 공개 발표를 시행하도록 하였음.
- 지난 연도와 마찬가지로 박사졸업 최종 학위심사 평가는 “가” 혹은 “부”로 하였으며, 석사 논문은 심사위원의 2/3, 박사 논문은 4/5 이상이 “가”로 평가하였을 때 합격으로 판정하였음.
- 박사졸업 최종 학위심사의 결과 논문 내용이 불충분하여 연구, 실험의 보완이 필요하다고 판단될 때에는 추가 연구를 명하고 심사를 1회에 한하여 1학기 이상 연기시킬 수 있게 함.

## (5) 기타 학사관리제도 정비

### (5)-1 학위취득 소요기간 장기화 방지제도 운영

- 효율적인 학사관리와 인력양성 선진화를 위해 석사 6년, 박사 10년의 학위취득 의무 제한기한을 두었으며, 석사 5학기, 박사 5년의 권장 제한기한을 지정하여 학위취득 소요기간의 장기화를 방지하였음.
- 우수인력 배출을 활성화하기 위해 제한기한 경과 시 장학지원 중단 및 지도교수 신입생 배정 제한 등의 페널티를 부가하였음.

### (5)-2 학사운영 내규의 제도화 및 학생안내 매뉴얼 제공

- 본 교육연구단의 학사운영 취지에 맞게 개정된 내규를 홈페이지에 공지하였으며 개정된 내규에 부합하여 교육연구단을 운영하고 있음 (<https://www.ajou.ac.kr/nano-energy/index.do>).
- 또한, 내/외국인 학생들을 위한 각종 안내 사항을 담은 정보를 영문 브로셔 및 영문 홍보 동영상을 제작하여 교육연구단 홈페이지에 공개함 ([https://ajou.ac.kr/esr\\_en/intro/introduction-video.do](https://ajou.ac.kr/esr_en/intro/introduction-video.do)).

### (5)-3 학위연계과정 활성화

- 다음과 같이 성적 우수학생을 대상으로 학·석사연계과정과 석·박사통합과정을 운영하여 우수한 인력배출을 촉진하고자 노력하였음.

	지원자격	연계과정 내용	연계과정 혜택
학·석사 연계과정	- 누계 평점평균 3.75 이상 - 학부 지도교수, 주임교수, 대학원 지원학과 학과장 추천자	학사 6(또는 7)학기 + 석사 3학기, 총합 4.5-5년	무시험 특별전형 입학금, 전형료 면제 장학금 우선 배정
석·박사 통합과정	- 본 교육연구단 소속 1학기 이상 이수한 대학원생 - 지도교수 추천자	전공 이수학점 6학점 감 면	석사 논문 심사 면제

- 2023년 1학기 기준 석·박사 통합과정 이수자는 본 교육연구단 소속 대학원생의 약 24% 규모에 해당하며, 대학원생 추가 확보에 발맞추어 연계과정 이수자의 규모 또한 확대, 유지함.
- 성적 우수학생을 대상으로 연계과정 이수를 적극 권장하여 학생별 유연한 교육 프로그램을 제공하고자 하며, 장학금 우선 배정 등의 혜택을 확대하여 연계과정 활성화를 도모하였음.
- 위 활성화의 결과로 2023년 1학기 기준 총 35명의 석박사 통합과정 학생이 본 교육연구단에 참여 중임. 또한, 학·석사 연계과정 활성화를 통해 2022년 2학기 10명, 2023년 1학기 1명의 학생이 학·석사 연계과정에 합격하였으며, 이처럼 우수학생의 학위 연계과정 진학률이 지속적으로 상승세임.

#### (5)-4 학위논문 관리의 선진화

##### • 학위청구 논문 제출자격 관리 강화

배출 인력의 역량을 증진하고자 지난연도 강화한 학위청구 논문 제출자격을 이번에도 유지 운영함. 연구 지도와 별도로 2학기 이상의 논문지도를 의무화하였으며 자격시험(외국어시험, 종합시험)을 모두 합격한 학생에 한해 학위논문 제출을 허용하였음.

- 배출 인력의 연구역량 강화를 위해 박사학위의 경우 SCI급 학술지에 3편 이상 (주저자로 1편 이상) 게재(예정), 또는 2건 이상의 특허를 출원한 자에 한해 학위청구논문 제출자격을 부여함.

##### • 석·박사 학위논문 맞춤형 심사

- 본 교육연구단은 학생의 전공 및 이수 트랙별 맞춤형 심사를 제공하여 배출 인력의 역량 강화와 더불어 본 교육연구단 출신으로서 스스로 자부심을 품도록 유도하였음.
- 맞춤형 심사 시행을 위해 개별 학생의 지도위원회에서 학생 세부 전공과 트랙 이수 현황을 참고하여 석사 3인, 박사 5인 이상의 심사위원을 위촉하게 함.
- 산업체 및 연구소 심사위원 Pool을 구성하고 지도위원회 판단을 통해 1인 이상 초빙을 권장하여 학생들이 해당 분야 최고 전문가로부터 심사를 받았다는 자부심을 느끼게 하고 추후 실질적인 도움을 받을 수 있도록 연계하였음.
- 2022년 광주과학기술원, SEMES, 한국표준과학연구원 양자기술연구소, KAIST, 한국전자기술연구원 등의 산업체 및 연구소 소속 외부 심사위원을 초빙하였고, 학과 해외 객원교원으로 활동중인 토론토메트로폴리탄대학교 황대근 교수를 포함한 학위논문 심사를 진행하였음.

#### 마. 당초 계획 대비 실적 분석

- 융합기초, 융합선택, 심화전공 영역으로 체계화된 다학제 초융합 교과과정을 성공적으로 운영하여 당초 계획에 부합하였으며 이를 더욱 발전시키기 위해 지속적으로 노력 중임. 학과 필수 교과목 (에너지시스템개론, 수소에너지기술, 태양전지개론, 에너지공학)의 윤강 운영을 통해 다양한 전공의 융합교육을 진행함.
- ‘신재생에너지프로젝트’, ‘에너지산업체연구실습’ 등 산업체 연계 PBL 산학협동 교과과정을 성공적으로 운영하였으며 수강생의 수가 증가 추세임.
- 교과과정 다양화 (고에너지효율 인공지능소자개론, 양자물질과 양자정보 등 신규 개설)
- 수소에너지 생산기술, 양자정보 및 양자컴퓨터 시뮬레이션 등 첨단 과학기술 분야 온라인 강좌 제공
- 일반트랙 및 수요중심 전문가 양성을 위한 고급트랙을 성공적으로 운영 중 (수소기술트랙, 에너지수확트랙, 양자정보과학 트랙)
- 전임교원의 강좌개설비율을 기존 목표(85%) 대비 88.1% 수준으로 상회 달성
- 연구진도 중간발표회 지속 운영 및 발표회 규모 증대를 통해 논문지도의 내실화, 졸업요건 및 심사의 강화

## 2. 인력양성 계획 및 지원 방안

### 2.1 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

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

(단위: 명)

대학원생 확보 및 배출 실적					
실적		석사	박사	석·박사 통합	계
확보 (재학생)	2022년 2학기	76	28	31	135
	2023년 1학기	85	28	35	148
	계	161	56	66	283

배출 (졸업생)	2022년 2학기	19	5		24
	2023년 1학기	14	5		19
	계	33	10		43

## 2.2 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

### 가-1. 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

계획 주요내용	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학부 연구교육 강화를 통한 학·석·박사로 이어지는 전주기 인재양성</li> <li>• 해외대학 연계강화를 통한 교육의 국제화 및 외국 대학원생 유치</li> <li>• 연구성과 평가를 통한 다양하고 합리적인 성과-보상 체계 구축</li> <li>• 학술활동 및 생활 지원, 건강한 연구실 문화 정착</li> </ul>	

### 가-2. 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 실적

실적 주요내용	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학부 연구교육 강화를 통한 학·석·박사로 이어지는 전주기 인재양성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- UR (Undergraduate Research), 파란학기제 학부 연구프로그램을 활용.</li> <li>- 학부 대상 에너지 융·복합 트랙을 개설하여 운영.</li> <li>- 학·석사 연계과정 활성화로 우수 학부생 유치 노력 (2022년 2학기 10명, 2023년 1학기 1명 입학)</li> <li>- StAR (Strategic Academic Recruitment) 프로그램 운영을 통해 우수 성적 대학원생 선정 및 지원 (16명)</li> <li>- 2023년 1학기 기준 석사과정 85명, 박사과정 28명, 석·박사 통합과정 35명, 총 148명을 확보하였으며, 이는 4단계 BK21 사업 신청서 제출 시 계획한 목표 대학원생 인원 (100명)을 크게 상회하는 수치임.</li> <li>- 신설 양자정보과학 고급트랙의 활성화 및 우수 학부생 유치를 위해 학부 인턴십 프로그램을 시행.</li> <li>- 아주대 학생설계전공 프로그램에서 20학번 학부생이 “양자정보이론 및 양자컴퓨팅” 전공을 설계하고 본 교육연구단 참여교수인 서호성 교수가 전공설계 위원 및 자문으로 참여함.</li> </ul> </li> <li>• 해외대학 연계강화를 통한 교육의 국제화 및 외국 대학원생 유치 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 학과 영문 홈페이지 업데이트 및 관리</li> <li>- 학과 Facebook과 유튜브 채널에 영문 홍보영상 제작 및 업로드</li> <li>- MOU를 맺은 해외 3개 대학 및 주기적 교류 관계인 교토대, 치바대, 저장대와의 연구인력 교류</li> <li>- 아주대-치바대 대학원과 공동학위 협약 체결</li> </ul> </li> <li>• 연구성과 평가를 통한 다양하고 합리적인 성과-보상 체계 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 우수 박사과정 상위 20%를 지원하는 최상위 등급 (S등급) 대학원생 선정 및 지원 (2022년 2학기 7명)</li> <li>- 우수 석·박사 학위논문을 선정, Energy Best Thesis Student (Energy-BTS) Award 수여 (7명)</li> <li>- 논문 실적이 우수한 학생에게 우수논문상과 장려금을 지급하였으며 지원 인원을 대폭 증가시킴 (49명)</li> <li>- 신재생에너지프로젝트 우수연구 시상 (9명)</li> </ul> </li> <li>• 학술활동 및 생활 지원, 건강한 연구실 문화 정착</li> </ul>	

#### (1) 우수 대학원생 확보

- 학부생의 연구 활동 참여 강화와 대학원 연계를 통해 자연스럽게 대학원 연구 경험을 제공함으로써 우수 대학원생을 확보하고자 노력함. 특히 본교에서 운영하는 UR (Undergraduate Research), 파란학기제와 같은 학부 연구프로그램을 연계하여 학부생들의 연구 참여를 독려하였음.
- 학부와 대학원을 연계하는 학·석사 연계과정을 활성화하여 2022년 2학기 10명, 2023년 1학기 1명, 총 11명의 학생이 학·석사 연계과정으로 진학하였음. 이는 2021년 4명의 수치에 비해 크게 증가



한 수치이며, 본 교육연구단의 우수 대학원생 확보 노력이 효과를 보이기 시작한 것으로 판단 됨. 이처럼 본 교육연구단은 우수 학부생을 박사급 신진연구인력으로 양성하는 전주기 신진인력양성 시스템을 구축하기 위해 노력함. 특히 학위 기간을 소폭 단축하여 교육의 밀도를 높이고 에너지 분야에 관한 학생들의 관심을 높임으로써 우수 학부생의 대학원 진학 결정을 유도하고자 하였음.

- 지난연도 개설한 학부 대상 **에너지 트랙**을 통해 에너지 융·복합 교육을 제공하였음. 이를 LINC+ 사업 캡스톤디자인 과목과 연계(에너지 융복합 특수연구 과목 개설)하여 학부생들의 융·복합 연구 능력을 심화하고 장학금 및 경진대회 비용 지원을 통해 연구 의욕을 고취하였음. 또한, 타 학부 학과들의 협조를 바탕으로 연구수업에 최대한 많은 학부생이 참여할 수 있도록 함으로써 본 교육연구단의 교육이 본인 역량 강화에 도움이 된다는 점을 강조하였음.
- 학부생들의 대학원 진학을 독려하고 우수 대학원생을 확보하기 위해 **StAR (Strategic Academic Recruitment)** 장학 프로그램을 지속 운영함. 전년도 평점을 기준으로 연 1회 2월에 선정하며 이를 학과 게시판에 게시하였음. 2022년 2학기 총 16명의 학생에게 장학금 (각 46만원, 총 736만원)을 지원함 (평균학점 4.0-4.5).
- 이러한 노력을 통해 **2023년 1학기 기준 석사과정 85명, 박사과정 28명, 석·박사 통합과정 35명, 총 148명을 확보하였음**. 본 교육연구단 선정 이후 지속적으로 대학원생이 증가하는 추세에 있고 이는 본 교육연구단의 노력이 유효함을 증빙하는 결과임.
- 또한, 우수 외국 대학원생을 확보하기 위해 MOU를 맺은 해외 3개 대학 및 주기적으로 교류 중인 교토대, 치바대, 저장대들과의 **연구인력 교류**를 통해 외국 대학원생의 본교 진학을 유도하였음.
- 일본 치바대 대학원과 지속적인 협의를 진행하였고, 최근 아주-치바 대학원 **공동학위제도 협약**을 체결하였음. 이를 통해 해외 진출을 목표로 하는 우수 대학원생의 본교 유치를 촉진할 것으로 기대함.
- 신설한 양자정보과학 고급트랙의 활성화하고 학부생의 관심 유도를 통해 우수 학부생을 유치하기 위해 양자정보과학 분야 학부생 인턴십 프로그램을 시행함 (총 6명 참여). 또한, 양자정보 여름학교, 겨울학교, Special summer internship에 관한 정보를 제공하고 참여를 권장하였음. 특별히 이러한 프로그램에 참여하여 공부한 아주대 한재훈 (20학번 소프트웨어학과) 학생이 최근 아주대 학생 설계전공(<https://www.ajou.ac.kr/kr/bachelor/student-design.do>)을 활용하여 “양자정보이론 및 양자 컴퓨팅” 전공을 신설하는 성과로 이어짐. 본 교육연구단 참여교수인 서호성 교수가 전공설계 위원 및 자문으로 참여하였음.

## (2) 우수 대학원생 지원

- 참여 대학원생들의 정량, 정성적 연구지표 및 학점을 기준으로 국고 지원금에 학교내부 장학금을 추가하여 차등 지원하였음. 2023년 3월 기준, 석사과정 학생의 경우에는 학기당 에너지특별장학S (이학 약 742만원, 공학 약 764만원), 에너지우수장학A (이학 656만원, 공학 665만원), 에너지연구장학B (이학 360만원, 공학 392만원)의 3등급으로, 박사과정 학생의 경우에도 재학생 기준 에너지BK 장학S (이학 1,222만원, 공학 1,244만원), 에너지BK장학A (이학 1,073만원, 공학 1,091만원), 에너지 아주장학B (이학 735만원, 공학 775만원)의 3등급으로 지원을 차등화함. 이와 같은 장학제도를 통해 연구와 학업에 대한 관심을 높이도록 유도하였음.
- 우수 연구성과를 도출한 대학원생을 지원하기 위해 **우수논문상(장려금)**을 수여함. 참여 대학원생 간 선의의 연구 경쟁을 유도하기 위해 SCI, 학진등재 논문, 학회 수상, 특허 등록 등의 실적을 바탕으로 우수한 연구성과를 도출한 대학원생을 선정하여 49명의 학생에게 총 1,349만 원의 장려금을 수여함. 이는 2차년도 1,022만원 대비 상향조정된 액수이며 지속적으로 우수학생 대상 지원을 증대시키고 있음. SCI 상위 저널 기준 이한성, 조현호 학생이 각각 주저자 3건을 게재하여 가장 큰 지원을 받았고, 이나현, 이동준 학생이 각각 주저자 2편을 게재하여 다음으로 큰 지원을 받았음. 그 외에 논문 실적 및 수상, 특허(등록) 실적을 포함하여 총 49명의 학생에게 지원금을 차등 지급하였음.

- 이와 별도로 수상 학생에게 자부심을 고취하고 연구에 대한 동기부여를 강화하고자 우수논문상 부분 학장상과 대학원장상을 신설하였음. 2022년 기준 Sial Q. Akbar, Iqbal Shahid, 하성주, 김다슬 학생이 본 상을 수여 받았음.
- 우수한 졸업논문을 작성한 대학원생 지원을 위해 **Energy Best Thesis Student (Energy-BTS) Award**를 수여하였음. 2022년 2학기 졸업 학생 중 우수 논문을 작성한 7명을 선정하여 (박사 3명, 석사 4명) BTS Award를 수여하고 기념품을 증정하였음. 수상자 목록은 다음과 같음.

연번	수상자 성명	전공	과정	졸업논문 제목
1	하	에너지응용물리	박사	Study of nonlinear optical responses in two-dimensional van der Waals materials
2	이	에너지화학공학	박사	Modeling the performance of lithium-ion batteries for electric vehicle and energy storage applications
3	한	에너지재료공학	통합(박사)	Research on optimization of composite materials and sensor devices for hydrogen detection
4	장	에너지응용물리	석사	Atomic Layer Deposition of NbN thin film for next generation DRAM capacitors
5	박	에너지응용화학	석사	Syntheses and Structural Studies of New Two-dimensional Quaternary Chalcogenides, $A_2MPd_3Q_6$ ( $A = Rb, Cs$ ; $M = Zr, Hf$ ; $Q = S, Se$ )
6	박	에너지화학공학	석사	Techno-economic and $CO_2$ reduction analysis of direct dimethyl ether synthesis from the by-product gas of a steelmaking process
7	안	에너지재료공학	석사	The Study of $HfO_2$ - $ZrO_2$ Nanolaminates using Plasma Enhanced Atomic Layer Deposition for Ferroelectric based Memory Device

- **박사과정 성과지표 상위 20% 학생을 최상위 등급(S등급)으로 선정하고 지원함.** 2022년 2학기 7명 (N. T. T. Ha, T. S. Shridharan, 김승일, 김환식, 성주영, 이동준, 이한성)의 학생을 S등급으로 선정하여 지원하였음.
- 해외에서 입국한 외국인 신입생 지원을 위해 **외국인학생 정착지원금을 지급함.** 2022년 2학기 K. A. Soohail 1명, 2023년 1학기 K. S. Abijith, K. P. Anil, M. Gourab, S. Rohit 4명의 대상자를 지원함.
- ‘신재생에너지프로젝트’ 수강자 중 우수연구 발표자로 2023년 1학기 기준 총 9명 (연계기업: 한국전력공사, 씨젠, 후성, 세라믹기술원)의 학생이 수상하였으며 각 학생에게 상금이 지원될 예정임.
- 학부 지원에 기반한 학부생 대상 대학원 입학생에게 실사구시 장학금을 수여하여 우수 대학원생 유치를 촉진하였음.

## 2.3 대학원생 학술활동 지원 계획

### 가-1. 대학원생 학술활동 지원 계획

계획 주요내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 논문작성법, 영어, 정보검색 및 특허 교육의 강화</li> <li>• 산업체 실습 경험 확대</li> <li>• 안전하고 합리적인 건강한 연구실 구축</li> <li>• 우수 연구성과 대학원생들에 대한 보상 강화</li> <li>• 정량, 정성 실적에 기반한 인센티브 제도</li> <li>• 신산업과 연계된 산·학·연 네트워크 구축</li> </ul>



## 가-2. 대학원생 학술활동 지원 실적

실적 주요내용	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 영어논문작성법, 외국어 강좌 등 비교과 교육 시행 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 교내 비교과 교육 프로그램을 이용하여 논문작성법, 연구윤리, 연구노트 등의 비교과 교육을 시행함.</li> <li>- 국제교육센터와 연계하여 어학 강좌 (원어민 영어회화, 한국인 영어회화, 중국어) 제공함.</li> <li>- 대학원 전공과목 100% 영어강의로 개설함.</li> </ul> </li> <li>• 산업체 실습 경험 확대 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대학원생들의 산업체 현장실습 지원 및 산업체 연계강좌 운영</li> <li>- <b>신재생에너지프로젝트</b>: 총 9명의 학생이 한국전력공사, 세라믹기술원, 씨젠, 후성 등 총 4개의 기업과 PBL 학습을 진행함.</li> <li>- <b>에너지산업체연구실습</b>: 국립환경과학원과 협력하여 총 15명의 학생이 산업체 현장참여 실습 진행.</li> </ul> </li> <li>• 건강한 연구실 구축 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실험실 안전교육 수강 의무화, 연구성과 축적 및 관리에 관한 교육 시행</li> <li>- 인권센터 법정필수교육 이수: 폭력예방교육 및 장애인식개선 교육 의무화</li> </ul> </li> <li>• 연구 의욕을 고취하기 위한 성과-보상 프로그램 운영 <ul style="list-style-type: none"> <li>- S 등급 장학제도 운영 (7명 선정), Energy Best Thesis Student Award (7명) 수여</li> <li>- 논문, 특허, 학술대회 발표, 수상실적 바탕의 성과 기반으로 49명에게 인센티브 지급</li> <li>- 우수논문 작성 학생 대상 학장상과 대학원장상 수여</li> </ul> </li> <li>• 신산업과 연계된 산·학·연 네트워크 강화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업체와의 기술교류회 개최, <b>에너지산업체 연구실습 현장견학 (국립환경과학원)</b>, <b>탄소중립 EXPO</b> 참가, <b>산업체를 포함한 ICC 교류회</b> 등 산, 학, 연 네트워크 구축을 위한 기술 교류를 강화함.</li> <li>- <b>탄소중립과 ESG, RE100 기초 재직자 교육</b> (17명 참석, 솔브레인, 한빅솔라를 포함한 14개 기관 참여)</li> <li>- <b>수소연료전지 전문가 교육</b> 온라인 강의자료 탑재, <b>연료전지 심포지엄에 산업체 직무자 참여</b> (2022. 11. 제로테크놀로지, 씨이텍코리아를 비롯한 산업체 직무자 27인 참석), <b>수소연료전지 창의융합형 심포지엄</b> (2023. 08. 씨이엑스, OCI 연구소를 포함한 산업체 직무자 12인 참석).</li> </ul> </li> <li>• 교내·외 학술 네트워크 구축 지원 <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>학생주도 연구성과 공유회</b> 개최 (2023.08.30.)</li> <li>- 교내 정기 세미나, 해외 대학과의 공동 워크숍 (아주대-교토대-저장대 Joint Symposium) 개최 (2022.12.09.)</li> <li>- 아주대-치바대 공동 심포지엄 시행 (2023.02.09)</li> <li>- <b>아주-치바 대학원 공동학위 협약</b> 체결</li> <li>- Ajou-ETH Zurich 공동 심포지엄 개최 (2022.09.28.)</li> <li>- 양자컴퓨터 및 양자물질 콜로кви엄 시행 (2023.04.11)</li> </ul> </li> </ul>	

### (1) 논문작성법 등 기본 교육, 산업체 실습 경험 확대, 건강한 연구실 구축

#### (1)-1 영어논문작성법, 연구윤리, 외국어 등 비교과 교육 강화

- 본교 대학원 온라인 강의 시스템인 아주Bb에 ‘논문작성법’ 강의 개설. 참여 대학원생은 입학 후 2학기 내 1회 이상 수강을 의무화함. 2022-2학기 19명, 2023-1학기 22명의 학생이 논문작성법 강의를 수강하였으며, 이중 총 5명은 영어논문작성법을 수강함. 그 외에 연구윤리 및 연구노트 등에 관한 비교과 교육을 제공하였음. 연구윤리는 2022년 2학기 17명, 2023년 1학기 24명 수강하였고 연구노트의 경우 2022년 2학기 19명, 2023년 1학기 17명 수강하였음.
- 글로벌 연구역량 강화를 위해 아주대학교 **국제교육센터와 연계된 외국어 교육** (원어민 영어회화 및 한국인 영어회화, 중국어 강좌)을 제공함. 또한, 대학원 전공과목을 100% 영어강의로 개설함.

### (1)-2 산업체 실습 경험 확대

- 문제지향적 산학연계를 위해 지역 에너지 관련 기관과 협약을 통한 애로기술 공유/해결을 추진함.
- ‘신재생에너지프로젝트’와 ‘에너지산업체연구실습’ 등의 과목을 통해 본 연구단과 MOU를 맺은 에너지 기업 및 연구소의 전문가로부터 애로기술을 청취하고 담당교수 지도하에 학생들의 그룹을 구성하여 주도적으로 해당 문제의 해결책을 모색하는 산업 연계형 과목을 운영하였음.
- 한국전력공사, 세라믹기술원, 씨젠, 후성 등 총 4개의 기업과 연계하여 당해연도 총 9명의 학생이 ‘신재생에너지프로젝트’ 과목을 수강하여 자기주도적 PBL 학습을 진행하였으며, 국립환경과학원과 협력하여 ‘에너지산업체연구실습’ 과목을 운영하였으며 당해연도 총 15명의 학생이 산업체 현장참여 연구활동을 진행하였음.

### (1)-3 건강한 연구실 구축

- **대학원생 인권보호**를 위해 교내 인권센터, 성평등상담소를 운영하고 모든 참여인력은 연 1회 이상 인권/성평등 교육을 이수하도록 함. 행정업무 경감을 위해 본교 차원에서 행정조교 임용을 지원함.
- **폭력예방교육 및 장애인식개선 교육** 등 인권센터 법정필수교육을 시행함.
- **실험실 안전교육** 수강 의무화. 신입 대학원생은 오프라인으로 그 외는 온라인으로 연 1회 이상 정기안전교육을 이수하도록 함. 또한, 모든 참여인력들의 연구 활동 종사자 보험을 가입하였으며, 연구실별 노출 유해인자를 조사하여 **대학원생의 일반/특수건강검진을 지원**하였음.
- **연구성과의 축적·관리 교육**을 위해 국가과학기술개발원 제공 ‘연구노트 작성과 관리’ 교육을 모든 참여대학원생들이 입학 후 2학기 내 1회 이상 이수하도록 함. 동 기관 제공 ‘연구윤리 특강’은 논문청구 전 석사 1회, 박사 2회 이상 이수하도록 함.
- **연구 외 활동 처우에 대한 기준**을 설정하여 연구활동 시간 및 결과물 제출의 최소 기준을 운영위원회 회의를 통해 마련하였음. 이를 만족할 경우 법령에서 정한 유급/무급 휴가 기준에 준하여 이를 이용할 수 있도록 함.
- 대학원생들에게 연구책임자가 추진 중인 연구의 개요와 비전 설명을 의무화하고 대학원생들이 이를 들었는지 매년 설문조사를 통해 조사하였음.

## (2) 연구 의욕을 고취하기 위한 성과-보상 프로그램 운영

### (2)-1 우수 연구성과 대학원생 보상 강화

- 운영위원회에서 학기별 엄격한 기준으로 우수 학위논문을 선정하여 Energy Best Thesis Student (Energy-BTS) Award를 수여하였음 (7명). 논문 실적이 우수한 학생에게 상장과 장려금을 지급함 (49명).
- 학술지 등급 기준을 만족하는 논문에 대하여 대학원 심사위원회에서 ‘**아주 우수논문상**’을 선정하여 대학원장상, 학장상을 수여함. 2022학년도 S. Q. Akbar 학생이 대학원장상을 수상하였으며 그 외에 4명의 학생이 학장상을 수상함.
- 박사과정 상위 20%를 지원하는 **최상위 등급 (S등급) 대학원생 선정 및 지원 (2022년 2학기 7명)**.

### (2)-2 연구성과에 따른 인센티브 제도

- 매년 논문, 특허, 학술대회 발표, 수상실적 및 발표 논문의 보정 IF, 주저자/발명자 여부 등을 고려하여 질과 양을 모두 고려한 성과실적 지표를 산출함. 이를 기반으로 **인센티브를 지급**하는 성과-보상 프로그램을 운영하였음. 인센티브 지원 규모는 지속적으로 확대할 예정임.
- 매년 게재논문 실적에 따라 상장 및 장려금 지급. 박사취득자 게재논문 실적이 탁월한 경우(NCS 저널 주저자 또는 IF 총합 100이상) 박사후연구원 지원 시 1년 생활비를 지급함.

### (3) 학문후속세대를 위한 네트워크 형성 지원 프로그램

#### (3)-1 신산업과 연계된 산·학·연 네트워크 프로그램

- 관련 분야 산업체 및 산·학·연 네트워크 기반의 기술교류회를 주최하여 현장의 애로기술을 파악하고 함께 해결하는 연구 기회를 창출하고자 노력하였음.
- 국립환경과학원과 협력하여 **에너지산업체 연구실습 현장견학을 시행함**.
- **탄소중립 EXPO (2023. 05.)에 참가하여 6개 대학과 공동으로 부스를 운영함**. 이를 통해 ICC 우수기술 및 시제품 전시에 참가하였음. 또한, EXPO 공동참가 대학 ICC 센터장과 LINC 실무자, **산업체를 포함한 ICC 교류회 (2023. 05. 부산 벡스코)를 개최하여** 재생에너지 분야 ICC를 소개하고 참석자 간 **산학연 네트워크를 구축함**. 더불어 **TIPA 기술교류회 (2023. 05.)** 등을 통해 대학 보유기술 기반 수요기업을 발굴하고 현장 기술상담을 진행하였음.
- **탄소중립과 eSG, RE100 기초 재직자 교육을 시행하였음**. (17명 참석, 솔브레인, 한빛솔라를 포함한 14개 기관 참여)
- 그 밖에 **수소연료전지 전문가 교육** 온라인 강의자료를 제공하였음. 또한, **연료전지 심포지엄에 산업체 직무자 참여** (2022. 11. 제로테크놀로지, 싸이텍코리아를 비롯한 산업체 직무자 27인 참석), **수소연료전지 창의융합형 심포지엄** (2023. 08. 씨이에스, OCI 연구소를 포함한 산업체 직무자 12인 참석) 등을 통해 에너지 분야 신산업과 연계된 산학연 네트워크를 지속적으로 구축하고 강화하기 위해 노력함.

#### (3)-2 교내·외 학술 네트워크 구축 지원

- 교육연구단 구성원을 대상으로 하는 **교내 정기 세미나**를 운영하여 정보 및 연구성과 교류의 장으로 활용하였음.
- 학생 주도의 **연구성과공유회** 시행: 2023.08.30. 대학원생 주도의 성과공유 및 발표회를 진행함. 총 9명의 대학원생이 구두 발표를 진행하고 연구 성과를 함께 논의함.
- 2022년 12월 9일에 교토대학교에서 **아주대-교토대-저장대 공동 워크숍을 개최하여** Energy Science에 대한 공동 심포지엄을 시행함. 중국 저장대학교 15건 (구두 7, 포스터 7건), 일본 교토대 15건 (구두 9, 포스터 6건), 아주대학교 10건 (구두 4, 포스터 6건)의 발표를 진행하였음. 본 교육연구단 소속 교수 5명, 대학원생 8명이 교토대에 방문하여 연구결과를 발표하고 다양한 분야의 해외 과학자와 네트워크를 형성하였음.
- 2023년 2월 **일본 치바대학교에서 아주-치바 공동 심포지엄을 시행함**. 본 교육연구단 소속 교수 11명과 대학원생 9명이 리켄연구소와 치바대에 직접 방문하여 심포지엄 발표 및 연구 네트워크를 형성하였음. 더불어 최근 **아주-치바 대학원 공동학위 제도 협약을 체결하여** 두 학교 간 학술적 네트워크를 더욱 공고히 하였으며 우수 인력 유치에 큰 도움이 될 것으로 판단됨.
- 2022년 9월 28일 **아주-ETH Zurich 공동 심포지엄을 온라인으로 진행함**. 본 교육연구단 소속 교수 2명과 ETH 소속 연구원 1명, KICET 소속 연구원 1명, Paul Scherrer Institute 연구원 1명이 연구결과를 발표하였고 각 기관과 학술 네트워크를 구축하였음.
- 신설한 양자정보과학 고급트랙의 활성화 및 교육연구단의 첨단기술 연구를 촉진하고자 총 4인의 양자정보과학 전문가를 초빙하여 **양자컴퓨터 및 양자물질 콜로кви엄을 시행하였음** (2023.04.11).

#### 나. 당초 계획 대비 실적 분석

- 우수 대학원생 유치 및 지원에 관한 당초 계획이 성공적으로 진행되고 있음.
- 우수 학부생 지원 유도 및 대학원생 연구 의욕 고취를 위해 설립한 StAR 프로그램, Energy-BTS 프로그램 등이 성공적으로 시행되고 있으며 학장상과 대학원장상을 통해 학생들의 도전의식을 고취 시킴으로써 좋은 반응을 얻고 있음.
- 학·석사 연계과정 입학생 수 증가 (2022년 2학기 10명, 2023년 1학기 1명, 작년 대비 대폭 증가)

- 연구교류 협약을 맺은 교토대-저장대 및 치바대와의 학술 네트워크를 강화하였으며, 관련 산업체, 연구소 등과 활발히 기술교류를 시행하였음.

## 2.4 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

구 분		졸업 및 취(창)업현황 (단위: 명, %)						취(창)업률% (D/C)×100
		졸업자 (G)	비취업자(B)			취(창)업대상자 (C=G-B)	취(창)업자 (D)	
			진학자		입대자			
			국내	국외				
2023년 2월 졸업자	석사	19			0	19	13	75%
	박사	5			0	5	5	
2023년 8월 졸업자	석사	14	1		0	13	7	67%
	박사	5			0	5	5	

- 본 사업을 통해 2023년 2월과 2023년 8월에 배출한 석·박사 인력은 총 43명임. 2023년 2월에 24명이 졸업하였고, 2023년 8월에 19명이 졸업하여 2023년 8월 기준 총 43명의 학생이 졸업함. 이 중 30명이 취업함. 취업한 학생들은 LG에너지솔루션 (4명), LG화학 (2명), 삼성전자 (1명), 한화솔루션 (1명), 한화시스템 (1명), 애경케미칼(1명), 원익IPS (1명), 한국넥슬렌 (1명), 썬씨엔에스 (1명) 등 전원 국내 우수 기업 연구직으로 취업하였음. 또한, 한국표준과학연구원 (1명), 한국세라믹기술원 (1명), 한국나노기술원 (1명), 한국화학연구원 (1명), 한국전자기술연구원 (1명) 등 에너지 분야와 밀접한 관련이 있는 정부출연 연구소에도 성공적으로 진출하고 있음.
- 특히 LG에너지솔루션, LG화학, 한화솔루션, 애경케미칼 등 졸업생들이 진출한 다수의 산업체가 실제 에너지 분야와 매우 밀접하게 연관된다는 점에서 본 교육연구단이 추구하는 교육활동과 졸업생들이 달성한 전문 지식이 에너지 분야 산업체의 수요에 적절히 부합한다는 점을 시사함.
- 이처럼 사업단에서 배출한 졸업생들이 국내 우수 기업에 취업함으로써 본 교육연구단의 우수한 교육역량과 경쟁력을 보여주고 있음. 또한 졸업생 취업의 질적 우수성은 향후 대학원생 확보에 긍정적인 역할을 할 것으로 기대함.
- 2023년 2월 기준 취업대상자 24명 중 18명은 취업한 상태이고 6명은 취업 준비 중인 상태임. 기존 졸업생들의 취업 양상을 보면 졸업 후 평균 6개월 내에 대부분 취업에 성공하는 것으로 확인되며 최대 24년 상반기 중으로 대부분 취업에 성공할 것으로 예측함.

## 3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

### ① 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성

참여대학원생 학술지 논문 우수성	
•	최근 1년간 110편의 논문 게재 (SCI급 저널 103편, ESCI 및 SCOPUS 등재 3편, 학진등재 4편)
•	게재 논문 중 48편이 mriIF 90 이상 저널에 게재됨.
•	질적, 양적 지표 모두 1단계 계획 및 지난 연도 성과를 크게 상회하는 성과를 보임.

### 가. 최근 1년간 참여대학원생(졸업생 포함) 국제저명학술지(SCI, SCIE) 논문게재 실적

구분	최근 1년간 실적
논문 총 편수	110
총 참여대학원생 수(재학생+졸업생)	191
1인당 논문 편수	0.58
논문 총 환산편수	36.9
1인당 논문 환산편수	0.193

나. 최근 1년간 참여대학원생(졸업생 포함) 국제저명학술지(SCI, SCIE) 논문 mrnIF (JCR 2021 기준)

구분	최근 1년간 실적
mrnIF 90 이상 논문 편수	48
1인당 mrnIF 90 이상 논문 편수	0.25
mrnIF 90 이상 논문 환산편수	33.0
1인당 mrnIF 90 이상 논문 환산편수	0.17

다. 최근 1년간 참여대학원생(졸업생 포함) 국제저명학술지(SCI, SCIE) 논문 FWCI (2023년 12월 기준)

구분	최근 1년간 실적*
FWCI 3 이상 논문 편수	-
1인당 FWCI 3 이상 논문 편수	-
FWCI 3 이상 논문 환산편수	-
1인당 FWCI 3 이상 논문 환산편수	-

\* 해당 기간에 게재된 논문은 게재기간이 짧아 Scopus에서 확인 불가

라. 참여대학원생 대표연구실적

- Graphene nanopattern as a universal epitaxy platform for single-crystal membrane production and defect reduction, Nature nanotechnology (IF = 38.3, mrnIF = 99.1)
- Picoampere Dark Current and Electro-Opto-Coupled Sub-to-Super-linear Response from Mott-Transition Enabled Infrared Photodetector for Near-Sensor Vision Processing, Advanced Materials (IF = 29.4, mrnIF = 98.1)
- Tailoring Rigid Segments in Dopant-Free Polymeric Hole Transport Materials for Perovskite Quantum Dot Solar Cells, ACS Energy Letters (IF = 22, mrnIF = 96.6)
- High-throughput screening on halide perovskite derivatives and rational design of Cs3LuCl6, ACS Energy Letters (IF = 22, mrnIF = 96.6)
- Acceleration of Singlet Oxygen Evolution by Superoxide Dismutase Mimetics in Lithium-Oxygen Batteries, Advanced Functional Materials (IF = 19, mrnIF = 96.0)
- Complementary Functions of Vanadium in Boosting Electrocatalytic Activity of CuCoNiFeMn High-Entropy Alloy for Water Splitting, Advanced Functional Materials (IF = 19, mrnIF = 96.0)
- Layer-engineered atomic-scale spalling of 2D van der Waals crystals, Matter (IF = 18.9, mrnIF = 95.3)
- Living Cationic Ring-Opening Polymerization of Hetero Diels-Alder Adducts to Give Multifactor-Controlled and Fast-Photodegradable Vinyl Polymers, Angewandte Chemie (IF = 16.6, mrnIF = 93.2)
- Hybrid photothermal structure based on Cr-MgF2 solar absorber/PMMA-graphene heat reservoir for enhanced thermoelectric power generation, Nano Energy (IF = 17.6, mrnIF = 95.0)
- Defect-rich Spinel Ferrites with Improved Charge Collection Properties for Efficient Solar Water Splitting, Journal of Advanced Ceramics (IF = 16.9, mrnIF = 100)
- Chicken Litter-derived Catalyst for Persulfate Activation to Remove Acetaminophen: An Organic-Waste-to-Wealth Strategy, Chemical Engineering Journal (IF = 15.1, mrnIF = 97.2)
- Recent advances in surface regulation and engineering strategies of photoelectrodes toward enhanced photoelectrochemical water splitting, Coordination Chemistry Reviews (IF = 20.6, mrnIF = 100)

#### 마. 사업단 목표 대비 연구성과 달성도

- 본 사업단의 연구 달성 목표
    - mrnIF 90 이상 논문게재 비율: 1단계 35% 이상, 최종단계 40% 이상
    - FWCI 3 이상 논문 비율: 1단계 17% 이상, 최종단계 20% 이상
  - 최근 1년간 달성도
    - mrnIF 90 이상 논문게재 비율: 44%
    - SCI급 저널에 게재한 논문 편 수가 증가하였으며, 양적 지표 뿐 아니라 mrnIF 및 JCR%에서도 분야별 상위권 저널의 논문 편 수가 크게 증가하여 연구성과 달성도가 매우 우수함.
    - 1단계 목표 대비 mrnIF 90 이상 논문게재 비율은 목표치를 상회함.
    - FWCI의 경우 1년 이내 인용 통계로 FWCI 계산 시 부정확성으로 인해 고려하지 않음.
- 향후 몇 년간 데이터가 축적된 후 비교평가 예정임.

#### 바. 향후 추진계획

- **참여대학원생 학술대회 참여 독려 및 지원 강화**
  - 참여대학원생 연구역량 강화를 위해 박사학위 과정의 경우 SCI급 학술지에 3편 이상(주저자로 1편 이상) 게재(예정)인 학생에게 학위청구논문 제출자격을 부여하는 현 제도를 계속 유지함.
  - 매년 학생들의 논문실적을 기반으로 인센티브를 차등 지급하는 현 제도를 유지하되, 지원 규모를 지속적으로 증가시킬 예정임.
  - 학술지 등급 기준을 만족하는 논문에 대하여 대학원 심사위원회에서 일반대학원 우수논문상(A상: 대학원장상(JCR 랭킹 3% 이내 게재 시), B상(JCR 랭킹 10% 이내 게재 시))을 수여함.
  - 박사과정 기준 전체 논문실적 상위 20%에 해당하는 S등급 장학제도를 통해 학생들에게 연구실적에 대한 동기부여를 제공하고, 이를 2년 이상 (또는 학위취득까지 3학기) 유지 시 본 사업단 전임교원 채용 서류심사의 가산점, 외부 추천의 우선권을 부여함.
  - 참여대학원생이 주저자인 논문의 논문교정료 및 논문게재료를 지원함.
- **참여대학원생들의 학술 활동을 지원하는 교육 프로그램 운영**
  - 대학원생들의 학술활동을 지원하기 위하여 교육과정의 일부로서 학술 활동 지원 강의 (논문작성법, 해외석학특강 등)를 제공하고 모든 대학원생에게 수강을 독려함.
- 당초 계획한 최근 1년간 mrnIF 90 이상 논문게재 비율의 최종 목표 40%를 이미 달성하여 향후 이 수치 이상을 계속 유지하고, 더 나아가 45% 이상 초과 달성하는 것을 목표로 함.

### ② 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

#### 참여대학원생 학술대회 실적 우수성

- Materials Research Society (MRS), Photonics West 2023, 25th ISPC25, The 28th North American Catalysis Society Meeting, 49th IUPAC World Chemistry Congress 등 다양한 국제 학술대회에서 연구결과를 발표함.
- 한국물리학회 KPS Meeting, 한국재료학회 추계학술대회, 대한화학회, ENGE 2022, 2022 한국수소및신에너지학회 추계학술대회, 한국진공학회 등 국내 주요 학술대회에 연구결과를 발표함.
- 본 연구단 참여대학원생들은 폭넓은 분야의 국내/국제학회에서 연구결과를 발표하였으며 총 19 명의 학생이 우수 발표상을 수상하였음.

#### 가. 참여대학원생 학술대회 수상 실적

- 본 교육연구단 소속 학생이 MRS, Photonics West, ISPC 등 국제 우수학회를 포함하여 국제학회 총 24건, 국내학회 총 130건의 구두 및 포스터 발표를 수행하였음. 이를 통해 다양한 **국내, 국제 학회**



에서 총 19명의 학생이 수상하였음. 이는 지난 연도 9명에 비해 크게 증가된 수치이며 본 교육연구단 학생들의 성실한 연구활동이 빛을 발한 결과로 판단됨.

- 다음은 본 교육연구단 소속 대학원생의 수상 실적임.
  - 2022 한국고분자학회에서 조영기 학생이 “Engineering Mechanochromic Behaviors of Colloidal Crystal Films by Melt-Shear Assembly of Core-Shell Nanoparticles” 의 주제로 우수논문상을 수상함.
  - 2022년 한국에너지학회에서 양건식 학생이 “Effects of Cu Species on Liquid-Phase Partial Oxidation of Methane with H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> over Cu-Fe/ZSM-5 Catalysts” 제목으로 우수포스터상을 수상하였으며, “액상에서 과산화수소와 Cu-Fe/ZSM-5 촉매를 이용한 메탄의 부분산화반응에서 Cu 영향” 의 제목으로 우수논문상을 수상함.
  - 2022 한국전기화학회에서 김주은 학생이 “Accereration of Reactive Oxygen Species Evolution in Lithium-Oxygen Batteries” 의 제목으로 우수포스터상을 수상함.
  - KPS 70<sup>th</sup> 2022 Fall Meeting에서 전승원 학생이 “테라헤르츠 메타물질 기반 열곡선 분석을 통한 박테리아 및 곰팡이 식별” 제목으로 구두발표 우수발표상을 수상함.
  - ENGE 2022에서 Runfa Tan 학생이 “Flame Activation of Spinel Zinc Ferrite Photoanode with Enhanced Charge Collection Property for Photoelectrochemical Water Splitting” 제목으로 Best Oral Presentation 상을 수상함.
  - ENGE 2022에서 홍서영 학생이 “Synthesis of BiVO<sub>4</sub>/SnO<sub>2</sub> Nanorods-Axial-Heterostructure with Improved Charge Collection Properties for Solar Water-splitting” 제목으로 Best Poster Presentation상을 수상함.
  - KISM 2022에서 전예린 학생이 “Analysis of Ferroelectric and Electric Properties in Hf<sub>1-x</sub>Ti<sub>x</sub>O<sub>2</sub> Deposited by PEALD” 제목으로 KIMS 우수논문상을 수상함.
  - ISNNM 2022에서 이한성 학생이 “Phase Separation Behavior of AlFeMnTiSi<sub>0.75</sub>Cu<sub>x</sub> High Entropy Alloy Fabricated via Powder Metallurgy” 제목으로 Höganäs Korea Best Presentation Award상을 수상함.
  - 제30회 반도체 학술대회에서 조현호 학생이 “Fabrication of Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Power Semiconductor Devices for Extreme Environments Using Aerosol Deposition Method” 제목으로 현장우수포스터상을 수상함.
  - 한국화학공학회에서 오치영 학생이 “Photothermally healable, soft colloidal crystal film showing vivid structural colors” 제목으로 우수구두발표상을 수상함.
  - 한국화학공학회에서 양건식 학생이 “Aqueous-phase partial oxidation of methane over Pd-Fe/ZSM-5 with O<sub>2</sub> in the presence of H<sub>2</sub>” 제목으로 우수포스터상을 수상함.
  - 제131회 대한화학회에서 안주현 학생이 “Large-Area Symmetry-Broken MoSe<sub>2</sub> Synthesized by Flux-Controlled Chemical Vapor Deposition” 제목으로 우수포스터상을 수상함.
  - 제131회 대한화학회에서 김나영 학생이 “Synthesis of Enantioenriched Cyclic Allene Precursors Using Recyclable Chiral Auxiliaries” 제목으로 유기분과 우수포스터상을 수상함.
  - 제131회 대한화학회에서 이미현 학생이 우수포스터상을 수상함.
  - ALTA2023에서 전승원 학생이 “저차원 나노물질을 이용한 테라헤르츠 영역의 ENZ 물질 구현” 제목으로 우수발표상을 수상함.
  - 한국공업화학회에서 박종윤 학생이 “염 주형을 이용한 다공성탄소 제조와 칼륨이온 하이브리드 슈퍼커패시터로의 응용” 제목으로 우수논문상을 수상함.
  - The 19th Korea-Japan Symposium on Catalysis에서 Xu Zhenchao 학생이 “Continuous Selective Partial Oxidation of Methane over Cu-Mordenite with Different Cu Contents” 제목으로 우수포스터상을 수상함.

- 제64회 한국진공학회 동계정기학술대회에서 현상화 학생이 “Synthesis of 200 nm-thick graphitic layer for industrial anti-corrosion application” 제목으로 으뜸포스터발표상을 수상함.

#### 나. 향후 추진계획

- **참여대학원생 학술대회 참여 독려 및 지원 강화**
  - 국내 및 국제 학술대회 발표 연간 1회 이상 권장, 2년에 최소 1회 이상을 의무화함. 특히 학위과정 중 국제 구두발표를 의무화하여 참여대학원생의 국제적 학술활동 장려.
  - 매년 학술대회 수상실적을 평가하여 인센티브 차등지급 기준에 적용함.
  - 학술대회 발표 시 가능한 한 구두발표를 권장하며 타기관 연구자와의 적극적인 교류를 유도함.
  - 학회참가비와 출장비 지원 강화.
  - 참여대학원생이 주저자인 학술대회 구두발표의 학회등록비용 지원.
- **참여대학원생들의 학술활동을 지원하는 교육 프로그램 운영**
  - 대학원생들의 학술활동을 장려하기 위해 교육과정의 일부로서 학술활동 교육 프로그램 (논문작성법, 해외석학특강 등)을 지속적으로 시행할 계획임.
- **최근 1년간 참여대학원생 1인당 학술발표 실적을 1회 이상으로 향상시킴.**

### ③ 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

#### 가. 참여대학원생 국내·해외 특허등록 실적

- 본 교육연구단 소속 학생이 발명자로 포함된 특허 총 10건이 등록되었으며 정보는 아래와 같음.
  - 플라즈마 식각 방법, 2022.09.05 (국내 특허 등록)
  - 지질방울 선택성 이광자 형광 프로브 및 이의 용도, 2022.09.28. (국내 특허 등록)
  - 카르복실에스터라제에 선택적으로 감응하는 이광자 형광 프로브 및 이를 이용한 생체 내 카르복실에스터라제의 정량적 영상화 방법, 2022.10.13. (국내 특허 등록)
  - 이광자 여기에 의해 활성산소종을 생성하는 이광자 염료 및 이의 용도, 2022. 11.16 (국내 특허 등록)
  - 팔라듐 복합체 촉매 및 이를 이용한 폴리케톤 합성 방법, 2023.03.09. (국내 특허 등록)
  - 광전 소자를 구비하는 바이오 센싱 장치, 2023.03.24. (국내 특허 등록)
  - 다공성 활성 탄소의 제작 방법, 계층적 다공성 활성 탄소 및 이를 사용한 슈퍼캐패시터 전극, 2023.04.07 (국내 특허 등록)
  - 투명하고 유연한 전자파 차폐 필름 제조방법, 2023.04.18. (국내 특허 등록)
  - 음식물 쓰레기를 이용한 응집 보조제 제조방법 및 이에 의해 제조된 응집 보조제를 이용한 폐수 처리 방법, 2023.06.01 (국내 특허 등록)
  - 탑 다운 방식을 적용한 2차원 소재의 제조 방법, 2023.07.04 (국내 특허 등록)

#### 나. 향후 추진계획

- **참여대학원생 국내·해외 특허 출원 및 등록 독려 및 지원 강화**
  - 특허실적 확보를 촉진하기 위해 특허 출원비 및 등록비 지원함.
  - 2건 이상 특허를 출원한 학생에게 학위청구논문 제출자격을 부여하여 특허실적을 강화함.
  - 인센티브 차등지급 시 논문과 더불어 특허실적을 평가지표로 중요하게 반영함.
- **참여대학원생들의 학술 활동을 지원하는 교육 프로그램 운영.**
  - 대학원생들의 지적재산권 관련 활동을 지원하기 위하여 지적재산권 관련 교육을 연 1회 이상 실시하고 학생들의 수강을 적극 권장함.

## 4. 신진연구인력 현황 및 실적

### 4.1 우수 신진연구인력 확보 및 지원 계획

#### 주요내용

- 적극적인 홍보활동을 통한 우수 신진연구인력 확보
- 해외 리쿠르팅을 통한 외국인 우수 신진연구인력 확보
- 아주비전 4.0에 맞춘 신진연구인력 지원제도
- 강화된 급여, 복지 제도 시행
- 초연결 융·복합 연구를 통한 우수 연구성과 도출 및 독립 연구자로서 자질 완성 추구

### 4.2. 우수 신진연구인력 확보 및 지원 실적

#### 주요내용

- 적극적인 홍보 활동을 통한 우수 신진연구인력 확보
  - 국내·외 학술대회, 대학 및 학과 웹사이트, 연구원 채용정보 사이트를 활용한 홍보 시행
  - 홍보자료를 통해 교육연구단의 강화된 신진연구인력 지원방안과 담당 업무의 기술을 정확하게 명시함
- 본교 아주비전 4.0에 기반한 신진연구인력 지원제도 활용
  - 아주대 신진연구인력(Post-doc) 지원제도 활용 및 해외 우수 신진연구인력 포함 총 8명의 Post-doc 지원
- 강화된 급여, 복지 제도 시행
  - 급여 인상 (월 300만원) 및 연구성과 심사를 바탕으로 인센티브 제공
- 물리, 화학, 화공, 재료공학을 포함하는 다양한 배경의 우수 신진연구인력을 확보하고 본 교육연구단 내에서의 적극적인 연구활동 지원을 통해 초연결 융·복합 연구 추진 및 독립 수행 연구과제 수주를 통한 신진연구인력의 독립적 역량 증진 추구

#### 가. 우수 신진연구인력 확보를 위한 노력 및 지원

##### (1) 우수 신진연구인력 확보를 위한 적극적인 홍보 활동

- 대학원 학생과 다르게 신진연구인력은 인적 네트워크 활용이 더 강하게 요구됨을 고려하여 국내·외 학술대회, 대학 및 학과 웹사이트, 연구원 채용정보 사이트 등을 활용해 신진연구인력 모집을 적극적으로 홍보하였음. 또한, 본 교육연구단이 구축한 산·학·연 네트워크를 통해 우수한 신진연구인력을 수소문하고 추천을 받는 방법을 함께 활용함.
- 많은 신진연구인력이 초기 구직단계에서 인사 제도, 업무 분장, 급여 및 복지 등의 상세한 정보를 얻기를 희망함. 본 교육연구단은 우수한 신진연구인력 풀 확보를 위해 홍보 게시물에 ‘협의 후 결정’과 같은 불확실한 문구 사용을 지양하고 후술할 본 교육연구단의 강화된 신진연구인력 지원 방안과 담당 업무의 기술을 명시하여 우수 신진연구인력이 본 교육사업단의 장점을 판단하게 함.

##### (2) 외국인 신진연구인력 유치를 위한 온라인 홍보 강화

- 학과 소개를 위한 영문 브로셔 및 영문 홍보 동영상 제작, 학과 유튜브 채널과 Facebook의 지속적 관리를 통해 외국인 연구인력에게 본 교육연구단이 활발히 연구/교육활동을 홍보함.
- 해외 대학들과의 공동워크숍을 적극적으로 추진, 해외 예비 우수신진연구인력과의 접점을 확대함.

##### (3) 본교 지원제도와 연계하여 신진연구인력 지원 강화 추진

- 2019년부터 본교에서 시행하고 있는 아주비전 4.0 신진연구인력(Post-doc) 지원제도를 활용하여 신진연구인력 고용을 위한 인건비를 추가 확보함. 일정 금액 이상 (이공계 1억원, 인사계 5천만원)의 교외과제를 수행하는 전임교원을 대상으로 내부 경쟁을 통해 최대 2천만원까지 인건비를 추가로

지원해주는 제도로 이를 활용하여 국내·외 우수 연구인력 유치를 통한 연구 활성화 촉진 및 연구 경쟁력 강화를 도모하고 있음.

- 점진적으로 수혜 인원을 늘리고 다년 지원이 가능하도록 확대 운영할 방침으로 본 교육연구단 우수 참여교수진의 수혜율 증가가 기대됨. 본 지원제도는 최소 연구실적 요건 (SCI 2편/년 이상)과, 매년 재임용 심사를 통해 연구성과의 양과 질을 모두 담보하는 운영하므로 신진연구인력의 우수성과 도출을 촉진할 것으로 예상함.

#### (4) 강화된 급여, 복지 제도 시행

- 1차년도에 인상된 기본급여(월 300만원)와 더불어 매년 연구성과 심사를 통해 추가 인센티브를 지급하고 국내·외 학술대회 참여 경비를 지원함.
- 아주대학교 **인사규정에 따른 복지혜택**을 부여함. 근로 시간을 준수하고 4대 보험을 지원함(인사규정 기준). 또한 진료비 감면 등의 아주대학부속병원 이용 혜택을 제공함.
- 별도의 사무공간과 집기류를 기본적으로 지원하며 독자적 연구를 수행할 수 있는 연구 공간을 추가로 제공하여 독립적으로 연구를 수행할 수 있는 여건을 제공하기 위해 노력함.

#### (5) 우수 연구성과 도출 및 독립 연구자로서 자질 완성

- 책임교수 외 1명 이상의 **공동 책임교수 지정**하여 신진연구인력이 효율적으로 초연결 융·복합 연구를 수행할 수 있도록 지원함. 또한, 본 교육연구단이 구축한 산·학·연 네트워크를 바탕으로 새로운 연구분야를 개척하고 중요한 연구성과를 도출할 수 있도록 지원함.
- 신진연구인력의 독립수행 연구과제 리스트는 다음과 같음.

신진연구인력	직위	연구과제명	연구기관명	연구비(천원)	연구기간
A N	박사후연구원	유기-광 하이브리드 촉매 개발을 통한 온실가스 저감 기술 개발	한국연구재단	36,000	20220301-20240228
채	박사후연구원	태양광-수소생산을 위한 광전기화학전지/광촉매 탠덤 전지 개발	한국연구재단	62,500	20220301-20230531
채	박사후연구원	태양광을 활용한 광촉매-고분자전해질막 전해 전지 연계 구조를 이용한 수소 생산	한국연구재단	52,500	20230601-20240229

- 우수한 연구성과를 발표한 신진연구인력에게 본교의 전임교원으로 채용될 수 있는 기회를 제공함으로써, 연구성과 도출에 대한 의욕을 고취함. 그 외 **리서치 펠로우 제도**의 활용으로 연구의 연속성과 안정성을 보장하기 위해 노력함.

#### 나. 교육연구단 소속 신진연구인력 확보 및 활용 현황

- 본 교육연구단은 우수 연구성과 창출과 학문후속세대 양성을 위해 주요 인적자원인 신진연구인력의 모집 및 지원을 매우 중요하게 고려하고 있음. 지난 1,2차년도에 이어 우수 신진연구인력을 확보하기 위해 지속적으로 노력하였으며 앞으로도 적극적인 홍보, 지원 확대를 계획하고 있음.
- 3차년도에는 해외 우수 신진연구인력 5명을 포함한 총 8명의 박사후연구원(포스닥)을 채용 및 지원하였음. 기본급 월 300만원을 지급(교칙에 따른 복지혜택 함께 제공)하고 연구장려금 추가지원을 통

해 안정적이고 자발적인 연구활동을 지속할 수 있도록 지원함. 본 교육연구단의 축적되어 온 노하우를 바탕으로 한 연구활동의 적극적인 지원을 통해 신진연구인력들은 계약기간 동안 참여 교수진들과 활발한 공동연구를 수행하고 있음.

- 2차년도 기간동안 연구활동에 참여한 신진연구인력 목록은 다음과 같음.

산정기간	소속대학원학과 (부)	성 명	연구자 등록번호	참여기간 (YYYYMMDD-YYYYMMDD)	총참여 개월수(B)	직위
		한글				
20220901- 20230831	에너지시스템학과	채		20220901-20230831	12	박사후연구원
	에너지시스템학과	A N		20220901-20230831	12	박사후연구원
	에너지시스템학과	B S S		20220901-20230228	6	박사후연구원
	에너지시스템학과	D P K		20221001-20230831	11	박사후연구원
	에너지시스템학과	P R		20221001-20230831	11	박사후연구원
	에너지시스템학과	S G		20221201-20230831	9	박사후연구원
	에너지시스템학과	이		20221202-20230831	9	박사후연구원
	에너지시스템학과	김		20230401-20230831	5	박사후연구원
전체 신진연구인력 수			8			

#### 다. 우수 신진연구인력 지원 실적

- 신진연구인력에 대해 아래와 같이 성과급을 지급함.

	성과급			학회지원금		합계
	연구조교수	박사후연구원	총금액	국외	국내	
2022	-	7명	7명	-	-	-
	-	6,600,000	6,600,000	-	-	6,600,000
합계	-	6,600,000	6,600,000	-	-	6,600,000

### 4.3 우수 신진연구인력 연구 실적

#### 가. 학술지 게재

연 번	논문 제목	게재정보							저자 중 사업단 신진연구 인력
		게재 학술 지명	학 술 지 구 분	ISS N	권	호	쪽	년월 (YYYY MM)	주저자
									성명
1	Monitoring Transformations of Catalytic Active States in Photocathodes Based on MoS <sub>x</sub> Layers on CuInS <sub>2</sub> Using in Operando Raman Spectroscopy	Angew andte Chemi e Interna tional Edition	SCI E	143 3-7 851	62	7	e2022 15227	202212	채
2	Facile fabrication of multifunctional transparent electrodes via spray deposition of indium-tin-oxide nanoparticles	Applie d Surfac e Scienc e	SCI E	016 9-4 332	611		15575 6	202302	김
3	BiVO <sub>4</sub> /Rh-Ci/HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> hetero-/homogeneous dual co-catalyst-decorated photoanode system for photoelectrochemical water oxidation	Journa l of Photoc hemist	SCI E	187 3-2 666	436		11441 4	202303	채

		ry and Photobiology A: Chemistry							
4	Surface modification of CuInS <sub>2</sub> photocathodes with ruthenium co-catalysts for efficient solar water splitting	Applied Surface Science	SCI E	0169-4332	612		155856	202303	채
5	Recent Advances in CuInS <sub>2</sub> -Based Photocathodes for Photoelectrochemical H <sub>2</sub> Evolution	Nanomaterials	SCI E	2079-4991	13	8	1361	202304	채
6	Controlled Bipolar Doping of One-Dimensional van der Waals Nb <sub>2</sub> Pd <sub>3</sub> Se <sub>8</sub>	Nano Letters	SCI E	1530-6984	23	13	6269	202304	S G (공동저자)
7	Nonmetal-Mediated Atomic Spalling of Large-Area Monolayer Transition Metal Dichalcogenide	Small Science	ES CI	2688-4046	3	9	2300033	202306	S G (공동저자)
8	Shape controlled growth of hierarchical Ni <sub>2</sub> Sy on stainless steel by solution processing with enhanced electrochemical energy storage performance	New Journal of Chemistry	SCI E	1144-0546	47		13269	202306	채 (공동저자)
9	Reversible Photomodulation of Two-Dimensional Electron Gas in LaAlO <sub>3</sub> /SrTiO <sub>3</sub> Heterostructures	Nano Letters	SCI E	1530-6984	23	14	6369	202307	이 (공동저자)

#### 나. 학술대회 발표

연번	발표논문 제목	학술대회명	주관기관	년월 (YYYY MM)	개최국가	발표종류 (구두/포스터)	발표자
1	Topological Insulator Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> NPs/2D-WSe <sub>2</sub> Mixed-Dimensional Structure for High-Performance Broadband Photodetectors	62nd Annual Winter Conference of the Korean Vacuum Society	The Korean Vacuum Society	202302	대한민국	구두	S G
2	Gapless linear dispersion in Bi <sub>2</sub> Se <sub>3</sub> nanoparticles for high-performance broadband photodetectors	63rd Annual Summer Conference of the Korean Vacuum Society	The Korean Vacuum Society	202308	대한민국	포스터	S G

#### • 당초 계획 대비 실적 분석

- Angewandte Chemie International Edition (IF = 16.6, mrnIF = 93.2) 등 해외 우수 저널에 논문을 게재하여 우수한 연구실적을 보여주었음.
- 당초 계획한 대로 신진연구인력을 지원하였으며, 우수한 실적이 있을 경우 인센티브 등의 추가지원을 통해 신진연구인력의 동기부여 및 연구성과 향상을 추구하였음.
- 지속적으로 신진연구인력을 유치하고 우수한 연구성과를 도출할 수 있도록 지원할 계획임.



## 5. 참여교수의 교육역량 대표실적

- 본 연구단 참여교수인 박지용, 안영환, 염동일, 이상운, 이형우, 서호성, 서형탁, 이재현, 김석기, 김창구, 박은덕, 김유권, 김환명, 장혜영, 이창구, 최권영 교수는 에너지시스템학과 대학원생들을 위해 신재생에너지 기술의 최신 동향을 분석하고 이를 정리하여 ‘탄소-중립 신재생에너지 기술 - 신재생에너지기술 최신동향 2023’ 교재를 출간하였음 (ISBN: 978-89-6894-328-7). 이 교재는 다양한 기능성 소재, 수소 및 탄소 생산기술, 수소 센서 기술, 오염물질처리를 위한 광촉매 기술, 탄소중립의 중요성 등 폭넓은 에너지 관련 기술 및 최신 연구 동향을 다루고 있음. 사업단 소속 김환명 교수는 Vinayak Juvekar박사와 함께 형광화학센서 (ISBN: 978-83916-386-9)를 출간하였음. 이처럼 지난 연도에 이어 지속적으로 교재 개발/발간 활동을 수행함으로써 대학원생들이 에너지 관련 연구를 수행하는 데에 필요한 맞춤형 전문 지식을 쌓고 해당 분야에 대한 안목을 기를 수 있도록 함.
- 본 교육연구단 대학원생과 수소연료전지 인력양성사업 소속 학생이 공동으로 수강할 수 있는 **수소에너지 생산기술 관련 온라인 학습자료**를 제작하여 제공하였음. 또한, 교육연구단 대학원생과 양자사피언스 인재양성센터 소속 학생들이 공동으로 수강할 수 있는 **양자 과학기술 및 양자컴퓨터 시뮬레이션 관련 온라인 학습자료**를 제공함.
- 양자정보과학과 에너지과학의 융합을 통해 에너지 분야 신산업 창출과 양자정보 융합 전문인력 양성을 위해 “양자정보 에너지과학” 세부전공 및 “양자정보 고급트랙”을 신설하고 관련 프로그램을 개발 및 운영 중. 현재 인력양성사업단과 연계를 통해 참여 대학의 공동 교육과정 개발 및 양자정보 과학 분야 모듈별 교육 체계를 구축 중이며, 심화전공 모듈별 강의 및 교재를 개발 중임.

## 6. 교육의 국제화 전략

### ① 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

#### 1-1. 교육 연구단의 교육 프로그램 국제화 계획

계획 주요내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대학원생의 연구역량을 키우고 국제 경쟁력을 강화하기 위해 <b>국제화 교육 프로그램 구축 및 운영</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대학원생들의 국제학회 참석 및 발표 권장. 해외 우수 대학교/연구소 장·단기 연수 및 파견을 통한 국제 공동연구 추진</li> <li>- 장기연수 프로그램과 연계시켜 외국대학 복수학위 취득을 장려</li> <li>- 해외 교류 대학과의 연례 심포지엄 내 에너지 핵심 분야 튜토리얼 세션 운영</li> <li>- 탄소-제로 신재생에너지 아주 여름학교 개최. 에너지 신산업 연구 분야의 핵심 지식과 최신 국제적 연구 트렌드를 아주 에너지 여름학교에 참여하는 학생들에게 제공</li> </ul> </li> <li>• 국제적 연구 소양을 갖춘 인재 양성을 위해 <b>외국 연구소 및 대학과의 인적 교류 강화 및 확대</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 신재생에너지 연구를 주도하는 여러 해외 대학들과 교육 및 연구협력을 위해 인적 교류 프로그램을 발굴</li> <li>- 에너지 신산업 분야 외국 연구소 및 기업체와의 인적 교류 발굴</li> </ul> </li> <li>• <b>에너지 분야 우수 해외학자 활용</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 정책, 전환, 저장 및 고효율화 분야의 해외 석학을 겸임 교수로 초빙. 공동연구를 강화함과 동시에 대학원생들을 공동지도. 해외석학의 영어 강의를 개설하고 대학원생들의 수강을 장려함.</li> </ul> </li> <li>• 활발한 해외교류 / 연계 사업을 통한 <b>우수 외국인 학생 유치</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 외국인 학생 다양화를 위해 베트남, 중국, 인도, 태국, 말레이시아, 이란 등 여러 나라에서 현지 학생 모집 행사 주최</li> <li>- 본 사업단에서 새롭게 추진할 에너지 여름학교를 통해 해외 대학의 학부과정 학생들을 초청하고 교류 기회를 넓혀 우수한 외국인 대학원 학생 유치에 활용</li> <li>- 본 사업단에서 성공적으로 교육을 받고 연구를 수행한 후 학계로 그리고 산업계로 진출한 졸업생들의 추천을 통해 학생들을 유치하는 방안을 추진</li> <li>- 우수 외국인 학생의 성공적인 정착과 연구를 위해 외국인 대학원생 지원을 세분화하고 체계적으로 관리.</li> </ul> </li> </ul>

## 1-2. 교육연구단의 교육 프로그램 국제화 운영 실적

실적 주요내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>국제화 교육 프로그램 운영</b>을 통한 대학원생의 국제적 연구경쟁력 강화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국제학회 참석 및 발표를 독려하고 해외 출장 경비를 지원하였음. 박사과정의 경우 학위 필수 조건으로 국제학회 발표 1회 이상을 의무화함. 성공적인 국제 교육 프로그램 참여를 위한 영어 교육 강화. 아주대학교 어학교육원과 연계하여 영어 회화 및 중국어 강좌를 제공</li> <li>- 본 교육연구단 박희진 학생이 <b>The University of Chicago</b>에서 <b>1학기 동안 장기 연수를 시행</b>하는 등 해외 대학 장기 연수를 통한 교육의 국제화 및 다양화를 추구함. 2024년 해외 장기연수 2인 계획 중.</li> <li>- ETH Zurich 소속 이성식 박사(아주대 에너지시스템학과 겸임 교원)가 2023 Microscopy &amp; Raman Spectroscopy 기초 여름학교를 시행함 (2023년 8월 22일). 2023년 겨울학교 배상훈 교수 (Washington University in Saint Louis) 12월 26, 28일 시행 예정.</li> <li>- <b>일본 치바대 융합이공학대학원과 공동학위 제도 협약을 체결</b></li> <li>- <b>스위스 취리히 연방 공과대학교 (ETH) 와의 온라인 심포지엄을 아주대학교 주최로 개최</b>하여 영상 시스템과 응용 기술에 대한 이해를 높이고, 학생들이 국제적 네트워크를 형성할 기회를 제공함.</li> <li>- <b>일본 Kyoto 대학, 그리고 중국 저장대학교와의 연례 심포지엄을 Kyoto 대학 주최로 개최</b>하여 긴밀한 협력 관계를 유지하고 학생들에게 국제적 네트워크를 형성할 기회를 제공함.</li> <li>- <b>일본 Chiba 대학과의 공동 심포지엄을 Chiba 대학 주최로 개최</b>하여 긴밀한 연구 교류를 수행하였고, 본 교육연구단 학생들의 발표 참여를 통해 해외 연구자와의 직접적인 교류 기회를 제공함.</li> <li>- <b>일본 Riken 연구소 방문</b>을 통해 에너지 분야의 국제 교류 기관을 확대할 계획.</li> </ul> </li> <li>• <b>외국 연구소 및 대학과의 인적 교류</b>를 통한 국제적 연구 소양을 갖춘 인재 양성을 추구함. <ul style="list-style-type: none"> <li>- 노벨상 수상자 강연을 포함하여 총 4건의 Global Lecture Series 특강을 진행하여 교육연구단 학생들에게 강한 동기부여를 제공하고 좀 더 높은 목표를 가질 수 있도록 유도함.</li> <li>- 해외 대학 공동 워크샵과 더불어 University of California (미국), University of Hamburg (독일), National University of Singapore (싱가폴), Grenoble High Magnetic Field Laboratory (프랑스), 동경대 (일본) 등 다양한 해외 대학/연구기관 석학을 초청하여 13건의 해외 석학 초청 세미나를 주최하고 교육 및 연구 협력, 인적 교류 프로그램을 지속적으로 발굴하기 위해 노력하였음.</li> </ul> </li> <li>• <b>에너지 분야 해외 석학 겸임 교수 초빙 및 활용</b>을 통한 교육 프로그램의 국제화 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 변환, 에너지 화학, 소재 및 표면분석 등 신재생 에너지 분야의 전문가들로 이루어진 4명의 해외석학을 신규 겸임교수로 초빙하여, 현재 총 7명의 겸임교수를 임용하였음. 본 사업단 연구팀들은 이러한 해외석학들과의 공동연구를 강화하고 대학원생들의 연구를 공동지도하는 등 다양한 교류를 이어가고 있음.</li> </ul> </li> <li>• <b>우수 외국인 학생 유치</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 학과 소개 영문 브로셔 및 영문 홍보 동영상 제작.</li> <li>- 학과 유튜브 채널과 Facebook에 해당 홍보 동영상 게시.</li> <li>- 졸업생 네트워크 활용 및 정착지원 강화를 통해 우수 외국인 대학원생 유치.</li> <li>- 우수 외국인 대학원생 지원을 정착, 생활, 장학, 연구 4가지로 세분화하고 체계적으로 관리함.</li> </ul> </li> </ul>

### (1) 국제화 교육 프로그램 구축 및 운영

- 대학원 학생들의 국제적인 연구 소통 역량 및 연구 교류를 강화하기 위해 국제학회 참석 및 발표를 독려하고 이를 지원하였음. 박사과정의 경우 학위 필수 조건으로 국제 학회 발표 1회 이상을 목표로 설정함. 다음 표는 해당연도 참여 대학원생의 국제학회 발표 실적임.

참여 대학원생	발표 제목	학회명	학회 기간
문	Layer-engineered atomic-scale spalling of 2D vDW crystals	2022 EMRS fall meeting	9/19 (2022)
이	Crystal Structure & Ion-Exchange Ability of Li <sup>+</sup> Super-Ionic Conductor, LiTa <sub>2</sub> PO <sub>8</sub>	The 17th Conference of the Asian Crystallographic Association	10/30 (2022)
유	SiO <sub>2</sub> contact hole etching using heptafluoropropyl methyl ether plasmas	AVS 68th International Symposium & Exhibition	11/06 (2022)
진	Lateral Particle Migration in Shear-Thinning Fluid Observed with Versatile Dual-View Optical Microscopy	2022 MRS FALL MEETING & EXHIBIT	11/27 (2022)
전	Temperature-dependent metamaterial sensing for label-free identification of bacteria	photonics west 2023	1/28 (2023)
김	Rapid imaging of second harmonic generation in transition-metal dichalcogenides and in situ monitoring of laser thinning	photonics west 2023	1/28 (2023)
김	Mechanical control of quantum states in lead halide perovskite phonons strongly coupled in THz microcavity	photonics west 2023	1/28 (2023)
이	Toughening mechanisms of nano-particle dispersion strengthening (NDS) on CoCuNiFeMn high entropy alloys with nano-twin fabricated via powder metallurgy.	TMS2023	3/19 (2023)
유	Control of SiO <sub>2</sub> contact-hole etch profiles using low-GWP heptafluoropropyl methyl ether	ISPC 25	5/21 (2023)
양	SiC etching using heptafluoroisopropyl methyl ether plasmas	ISPC 25	5/21 (2023)
전	Cyclic etching of SiO <sub>2</sub> contact holes using heptafluoropropyl methyl ether plasmas	ISPC 25	5/21 (2023)
정	Modeling and Analysis of the Bioethanol-to-Jet Fuel Process	The 27th International Symposium on Chemical Reaction Engineering (ISCRE27)	6/11 (2023)
X Z	Continuous Conversion of Methane into Methanol with Steam over Cu-Mordenite	The 28th North American Catalysis Society Meeting	6/18 (2023)
양	Aqueous-phase partial oxidation of methane over Pd-Fe/ZSM-5 with O <sub>2</sub> in the presence of H <sub>2</sub>	The 28th North American Catalysis Society Meeting	6/18 (2023)
오	An optimized strategy of simultaneous production of hydrogen and carbon by catalytic pyrolysis in molten alloy catalysts	The 28th North American Catalysis Society Meeting	6/18 (2023)
정	Kinetic Modeling for Direct Conversion of CO <sub>2</sub> via Fischer-Tropsch Synthesis	The 28th North American Catalysis Society Meeting	6/18 (2023)
박	The impacts of paramagnetic defects on the NV decoherence in diamond	Gordon Research Conference on Quantum Sensing 2023	7/23~7/28 (2023)
변	Iridium-Catalyzed Intramolecular Transfer Hydrogenation of Glycerol Carbonate	49th IUPAC World Chemistry Congress	8/20 (2023)
이	Ir(NHC)-Catalyzed Dehydrogenative Reactions of Biomass Derivative Ethylene glycol	49th IUPAC World Chemistry Congress	8/20 (2023)
성	Synthesis of Ultra-low Branched Polyglycerol Using Unprotected Glycidol	49th IUPAC World Chemistry Congress	8/20 (2023)
우	Kinetic modeling of oxidative coupling of methane and analysis of promoter influence	EUROPACAT 2023	8/27 (2023)
정	Kinetic Modeling for Hydrogenation via Fischer-Tropsch Synthesis Using K/Fe-Cu-Al Catalysts	EUROPACAT 2023	8/27 (2023)
이	Ammonia decomposition over Ru/Al@Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Catalysts	EUROPACAT 2023	8/27 (2023)
황	Aqueous-phase partial oxidation of methane with hydrogen peroxide over carbon-coated Fe-ZSM-5 catalysts	EUROPACAT 2023	8/27 (2023)

- 대학원생의 성공적인 국제 교육 프로그램 참여를 위해 영어 교육을 강화하고자 노력하였음. 졸업을 위해 영어 성적 제출 혹은 해당 영어수업 수강을 필수로 지정하여 관리함. 영어시험 성적의 경우, 외국어 관련 교내 영어시험을 합격하거나 TOELC, TEPS, IELTS, TOEFL, G-TELP, TOEIC Speaking, OPIc 일정 점수 이상을 취득하는 것을 의무화하였음. 또한, 영어시험 대체과목을 이수하는 선택지를 제공함. 이를 위해 아주대학교 국제교육센터와 연계하여 영어 및 중국어 회화 강좌를 제공하고 있음.
- 전공 소양에 관한 영어 표현의 이해도를 높이고자 대학원 전공과목은 100% 영어강의로 개설하였음.
- 본 교육연구단 소속 박희진 학생이 미국 The University of Chicago의 Prof. Giulia Galli (USA, University of Chicago and Argonne National Lab.)에게 “Decoherence dynamics of diamond spin qubits in paramagnetic defect environment, First-principles code development” 의 내용으로 한 학기 동안 연수 프로그램을 이수함. 이처럼 해외 장기연수를 통해 교육 프로그램의 국제화 및 다양화를 추구함.
- 해외 우수 연구기관과 광학 기술 개발 및 응용을 위한 국제심포지엄을 개최하였음. 22년 9월 28일 아주대학교 개최로 스위스 취리히 연방 공과대학교 (ETH)와 비대면 온라인 심포지엄을 진행하였음. 국제 교류 심포지엄을 통해 아주대 대학원생 및 연구원들이 해외 연구자들과 상호교류할 기회를 제공하고 국제적 연구능력 향상 및 최신 동향을 파악할 수 있는 기회를 제공함.
- 본 교육연구단에서는 해외 우수 연구기관들과 협력하여 에너지 분야 연례 심포지엄을 개최하고 있음. 22년 12월 09일 Kyoto 대학 개최로 일본 Kyoto 대학, 아주대학교, 그리고 중국 저장대학교와의 연례심포지엄을 진행하였음. 이러한 국제 교류 심포지엄을 통해 아주대 대학원생 및 연구원들이 해외 연구자들과 상호교류할 기회를 제공하고 국제적 연구능력을 향상시킬 수 있도록 지원함.
- 또한, 23년 2월 09일 일본 Chiba 대학 개최로 Chiba 대학과 리켄 연구소와 함께 국제 심포지엄을 진행하였음. 국제 교류 심포지엄을 통해 아주대 대학원생 및 연구원들이 구두 및 포스터 발표를 통해 연구를 소개하고 국제적 연구능력을 향상시킬 수 있도록 하였고, 해외 연구자들과 상호교류할 기회를 제공함.

프로그램 명	심포지엄 기간, 장소	참여 인원	아주대 참석자	세부 프로그램
2022 Ajou-ETH Zurich Symposium	2022.09.28. 온라인 개최	28명	- 교수 5명(김주민, 서성은, 심태섭, 장혜영, 황종국) - 대학원생 19명 (김나영, 김자영, 김종식, 김주은, 박지인, 배운재, 오치영, 우진성, 유택현, 이원준, 이지희, 이현옥, 장재연, 조영기, 진대권, 최명수, 최하은, 홍사빈, 홍서영)	발표자 -아주대 교수 2건, -ETH 포스닥 1건, -KICET 포스닥 1건, -Paul Scherrer Institute 포스닥 1건
2022 Kyoto-Zhejiang -Ajou Joint Symposium on Energy Science	2022.12.09. 교토대학교	46명	- 교수 5명(장혜영, 곽원진, 김석기, 이재현, 최권영) - 대학원생 8명(이현옥, 전상진, 박인영, 전재영, 이원준, 이기욱, 문지윤, 신호준)	발표자 -아주대 대학원생 10건(구두 4건, 포스터 6건), -교토대 대학원생 15건(구두 9건, 포스터 6건), -저장대 14건(구두 7건, 포스터 7건)
2023 Ajou-Chiba Joint Symposium	2023.02.09. 치바대학교, 리켄연구소	35명	- 교수 11명(장혜영, 박지용, 서호성, 이재웅, 이형우, 임준원, 염동일, 김주형, 유성주, 김환명, 박성준) - 대학원생 9명(김명건, 최해남, 이상혁, 류재민, 이미현, 최중석, 김다슬, 신동준, 이인호)	발표자 -아주대 교수 7건(구두), 대학원생 9건(포스터), -치바대 교수 6건(구두), 대학원생 9건(포스터)

- 일본 치바대 융합이공학대학원 공동학위 제도 협약
  - 상호 인적 교류를 지속적으로 수행해 오던 치바대와의 논의가 최근 성공적으로 진행되어 **현재 일본 치바대 융합이공학대학원(Graduate School of Integration Science)과 복수학위 개설 협약**(Agreement on double doctoral degree program between graduate school of science and engineering of Chiba University and Graduate School of Ajou University)을 **체결**함.
  - 본 협약은 매년 한, 일 양국 간 교차로 방문하여 공동 심포지엄을 개최하는 등 긴밀한 인적 네트워크를 지속하여 구축해온 결과이며, 이를 통해 해외 대학 학위를 희망하는 우수 대학원생을 유치하고 국제 교류를 활성화함으로써 본 교육연구단의 연구력 강화 및 국제화를 추구하는 데에 큰 도움이 될 것으로 기대함.

## (2) 외국 연구소 및 대학과의 인적 교류

- 신재생에너지 연구를 주도하는 여러 해외 대학들과 교육 및 연구 협력을 위해 인적 교류 프로그램을 발굴하고 운영하고 있음. 현재 코로나-19 상황이 회복되어 실제 방문을 통한 인적 교류가 가능해져 국제 공동연구를 재개하였으며, 기존 온라인 시스템을 활용한 언택트 방법을 통해 해외 연구그룹과 지속적인 소통 중에 있음.
  - 일본 교토대와 2006년 MOU를 체결한 이후 지속적으로 인적 교류를 추진하고 있으며, 코로나-19 상황임에도 매년 시행해 온 아주-저장-교토 공동 심포지엄을 지속적으로 수행하여 인적 교류의 지속성을 추구함.
  - 코로나-19로 인해 일시 중지되었던 아주-치바 국제 공동워크숍을 재개하여 2023년 2월 본 교육연구단 소속 교수와 학생이 치바대를 직접 방문함. 공동 워크숍을 통해 연구 결과 공유 및 공동연구 논의를 시행하였고 2024년 치바대의 방문이 예정되어 있음. 향후 지속적인 인적교류를 수행할 것임.
  - 현재 본 사업단과 인적 교류 및 공동연구를 중인 에너지 분야 선도 연구기관 현황은 다음과 같음.

연구 기관	구분	국가	체결일	연구 분야
Graduate school of advanced integration science, 치바대	대학교	일본	2014/09	Next-generation Batteries, Thermoelectric Energy Harvesting, Data-driven Materials Research
에너지학과, 교토대	대학교	일본	2006/02	Energy policy, fused energy research
Henan Institute of Science and Technology	대학교	중국	2016/06	Fuel Cell and Hydrogen Tech., Hydrocarbon resources, Environmental Monitoring
대련화학물리연구소 (Dalian Institute of Chemical Physics)	연구소	중국	2020/03	Biomass Conversion and Utilization, Solar Energy Conversion, Coal-Replacing-Oil Technologies
Max Planck Institute of Colloids and Interfaces	연구소	독일	2020/03	Department of Colloid Chemistry, Sustainable Solvents for Green Processes, Sustainable Energy
Scientific Center for Optical and Electron Microscopy (ScopeM), ETH Zurich	연구소	스위스	2020/03	Scientific center for optical and electron microscopy, EM imaging
BASF 전자재료 연구소	산업체	독일	2020/03	Chemicals, performance chemicals, catalysts, crude oil and natural gas exploration and production

## (3) 에너지 분야 해외학자 활용

- 4명의 해외석학을 겸임교수로 신규 초빙하여 현재 총 7명의 겸임교수를 임용함. 겸임교수들은 에너지 정책, 전환, 저장 및 고효율화 등 신재생 에너지 분야의 전문가들로 이루어짐. 본 사업단 연구팀들은 이러한 해외석학들과의 공동연구를 강화하고 대학원생들의 연구를 공동지도하는 등 다양한 교류를 이어가고 있음.
- 당해년도 겸임교수의 현황은 다음과 같음.




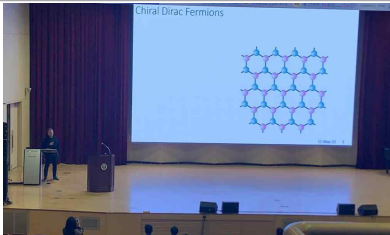
이름	소속	지위	전문분야	활동내용	변동사항
Keiichi Ishihara (2019.09.01. 계약)	Kyoto University, Graduate School of Energy Science	교수	사회-환경 에너지 과학	아주-저장-교토 공동 심포지움 운영	재임용 (~2024.08.31)
Yuan Ping (2020.04.01. 계약)	University of Wisconsin-Madison	교수	에너지 물질 계산 이론	공동 연구 및 학생 지도	재임용 (~2024.03.31)
Takashige Omatsu (2019.09.01. 계약)	Chiba University	교수	포토닉스	아주-치바 심포지엄 운영, 아주대-치바대 복수학위 체결완료	재임용 (~2024.02.28)
Xiang Gao (2023.03.01. 계약)	Zhejiang University, China	교수	에너지공학	아주-저장-교토 공동 심포지움 운영	임용 (~2024.02.29)
김유수 (2023.03.01. 계약)	RIKEN 일본 이화학연구소, 일본	교수	에너지 화학, 표면/계면 분석	리켄 연구소 견학 및 공동연구	임용 (~2024.02.29)
이성식 (2023.03.01. 계약)	ETH Zurich, 스위스	교수	Microscopy & Raman Spectroscopy	공동연구 (공동 논문 게재) 2023년 “Microscopy & Raman Spectroscopy 기초 여름학교” 운영	임용 (~2024.02.29)
황대근 (2023.03.01. 계약)	Toronto Metropolitan University, 캐나다	교수	미세유체소자를 활용한 기능성 소재 제조	에너지 화공 전공 학생 (조영기)의 석사논문 심사, 공동연구	임용 (~2024.02.29)

- 대학원생들의 국제적 연구 동향 파악 및 연구능력 향상을 위해 다양한 분야의 국제 연사를 초청하여 세미나를 열었음. 당해연도는 특히 노벨상 수상자를 포함한 국제적으로 저명한 연사를 아주대학교에 초빙하여 많은 학생들이 관심을 두고 참여하여 성공적으로 세미나를 개최하였음. Global Lecture Series 4건과 그 외 해외 석학 초청 세미나의 자세한 정보는 아래와 같음.

#### <Global Lecture Series>

연사	소속	세미나 날짜	제목	행사 사진
Patrick S. Doyle	MIT	2023.03.29	Microfluidic Particle Factories: Fundamental Discoveries Leading to Startup Companies	
이승욱	UC Berkeley	2023.04.05	Bioinspired Materials and Applications	



David W.C. MacMillan (2021년 노벨 화학상)	Princeton University	2023.04.13	The Development of Organocatalysis, and the Pathway to a Nobel Prize.	
Konstantin S. Novoselov (2010년 노벨 물리학상)	싱가포르국립대학	2023.05.12	Materials for the Future	

### <해외석학 초청 세미나>

연사	소속	세미나 장소	세미나 날짜	제목
박찬승	University of California	에너지센터 311호	2022.09.14	Smart Combustion Technology for CO2 Reduction in Stationary Sectors
김호원	University of Hamburg	원천관 507호	2022.11.01	Hunting for exotic quasiparticle bound states in a conventional superconductor with scanning tunneling microscopy and spectroscopy
이규섭	National University of Singapore	원천관 507호	2022.11.02	THz Charge, Spin, and Magnon Currents in Magnetic Heterostructures
조창우	Grenoble High Magnetic Field Laboratory	원천관 507호	2022.11.04	Extreme Conditions Physics: Low temperature & High magnetic field
손용호	University of Central Florida	연암관 대강당	2023.04.13	Renaissance Engineering with 3D Printing
Vinod Kumar	Indian Institute of Technology Indore	연암관 대강당	2023.04.13	Advances in lightweight metallic materials for aerospace application and associated challenges
이민희	동경대학교	성호관 131호	2023.04.19	Mechanistic study of single-molecule surface reaction induced by unusual vibrational excitation
윤오규	Gilead Sciences	성호관 131	2023.05.24	How Biomarkers and Bioinformatics are used for Drug Development
최태림	ETH Zurich	에너지센터 311호	2023.07.25	Applying New Synthetic Methodologies to Versatile Polymerizations and Self-Assembly Process
이성식	ETH Zurich	서관 303호	2023.08.22	2023 Microscopy & Raman Spectroscopy 기초 여름학교

여운홍	Georgia Institute of Technology	에너지센터 311호	2023.05.12	Soft Biosensors and Bioelectronics for Health Monitoring and Disease Diagnosis
이숙영	Baylor College of Medicine	에너지센터 311호	2023.05.23	Structural studies of mitochondrial chaperones
Jean Charles Ribierre	University of St. Andrews	에너지센터 311호	2023.06.07	Towards new applications of organic semiconductors in organic optoelectronics

#### (4) 우수 외국인 학생 유치 및 지원

- 활발한 해외 교류/연계 사업을 통하여 꾸준히 해외 우수 대학원생을 확보해 왔고 매년 많은 수의 외국인 대학원생이 성공적으로 학업을 수행하고 있음. 본 교육연구단의 오랜 시간에 걸친 에너지 관련 교육/연구 활동을 통해 확보한 졸업생 네트워크를 활용하여 우수 외국인 학생 모집을 적극적으로 시도하고 있으며, 정착지원 사업 확장 등을 통해 외국인 대학원생 유치를 지속적으로 추진하고 있음.
- 당해연도에 본 사업단 대학원 과정에 입학한 우수 외국인 대학원생 현황을 정리함.

학생 이름	소속 연구실 (지도교수)	학위과정 (입학날짜)	학생 유치 방법	정착 지원 내용
K A S	광전자재료연구실 (서형탁)	박사 (2022.09)	외국 학생 네트워크 활용 및 지원자 이메일 교신 + Zoom 인터뷰	초기 생활 정착 및 학교 행정을 랩에서 직접 지원
K S A	분자프로브 및 바이오이미징 연구실 (김환명)	박사 (2023.03)	연구실 홍보 (linkedin) 및 지원자 온라인 상담	- 연구교수 멘토링 - 국가선도연구실(전략연 구)사업 참여 및 인건비지원 - (주)Seegene 산학과제 참여 및 인건비지원
K P A	분자프로브 및 바이오이미징 연구실 (김환명)	박사 (2023.03)	연구실 홍보 (linkedin) 및 지원자 온라인 상담	- 연구교수 멘토링 - 국가선도연구실(전략연 구)사업 참여 및 인건비지원 - (주)Seegene 산학과제 참여 및 인건비지원
M G	광전자재료연구실 (서형탁)	박사 (2023.03)	외국 학생 네트워크 활용 및 지원자 이메일 교신 + Zoom 인터뷰	초기 생활 정착 및 학교 행정을 랩에서 직접 지원
S R	분자프로브 및 바이오이미징 연구실 (김환명)	박사 (2023.03)	연구실 홍보 (linkedin) 및 지원자 온라인 상담	- 연구교수 멘토링 - 국가선도연구실(전략연 구)사업 참여 및 인건비지원 - (주)Seegene 산학과제 참여 및 인건비지원

- 우수 외국 대학원생을 확보하기 위해 MOU를 맺은 해외 대학 및 주기적 교류 관계인 교토대, 치바대, 저장대들과의 연구인력 교류를 통해 외국 대학원생의 본교 진학을 유도하였음.
- 해외 대학들과의 공동 워크숍을 통해 해외 예비 대학원생들과의 접점을 확대함.
- 본교 차원에서 우즈베키스탄 타슈켄트와 사마르칸트를 방문하여 정부 기관 관계자들과 교육협력 방안을 논의한 바 있음. 향후 ‘타슈켄트 아주대’와 연계하여 현지 학생의 본 교육연구단 진학을 유도할 계획임.
- 우수 외국인 대학원생 지원을 아래와 같이 정착, 생활, 장학, 연구 4가지로 세분화하고 체계적으로 관리함.

<b>장학지원</b>	• BK 국고지원금 외에 등록금 감면 장학 혜택을 추가
<b>정착지원</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대외협력처와 아주서비스센터가 함께 전담하는 일원화된 행정지원 체제완비. 빠른 국내 정착을 돕는 one-stop service를 운영.</li> <li>• 정착 및 생활 지원을 위한 한국 대학원생 1:1 멘토 제도 시행.</li> <li>• 외국인 학생 정착을 위한 가이드 북 제작 및 배포.</li> <li>• 정착지원금 지급.</li> </ul>
<b>생활지원</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 외국인 학생 전원에게 기숙사에 우선 입사할 수 있는 혜택 제공</li> <li>• 아주대 어학 교육원에서 진행하는 한국어 강좌 무료 수강 지원.</li> <li>• 외국인 대학원생 Community 활성화를 통해 심리적 소속감 제공.</li> </ul>
<b>학업지원</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 필수 행정 문서의 영문화 등을 통한 외국인 친화적 행정제도 도입.</li> <li>• 사업단의 모든 과목을 100% 영어강의로 개설.</li> <li>• 모든 강의자료 영문으로 제작. 학사운영을 위한 온라인 시스템 (아주Bb) 또한 영문으로 전환.</li> </ul>

## ② 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

### 1-1. 참여대학원생 국제공동연구 계획

계획 주요내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국제공동연구를 준비, 계획, 추진 및 실행으로 세분화해 체계적인 지원을 마련하고 관리.</li> <li>- 공동 연구 준비 및 아이디어 발굴. 국제 교류 사업 확보를 통한 재원 확보, 영어 및 문화 교육, 숙소 마련 및 기타 체제와 관련된 행정 지원, 우수 국제 공동연구 추천 및 포상을 통해 국제 공동연구 촉진</li> <li>• 우수 국제공동연구 성과 시상 및 포상을 통해 국제연구 촉진.</li> </ul>

### 1-2. 참여대학원생 국제공동연구 실적

실적 주요내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 적극적인 국제학회 참석 및 기존 해외 연구자 네트워크 활용 등을 통해 참여 대학원생들의 국제 협력 연구를 활발히 추진하였음.</li> <li>• 코로나 상황에서의 ZOOM 등을 활용한 온라인 회의, 샘플 교환 등의 언택트 방식과 더불어 대면 심포지엄 진행, 국제 공동연구 수행, 국제적 네트워킹을 형성 등을 통해 코로나 상황 이전보다 활발히 국제 공동연구를 지속적으로 시행하기 위해 노력함.</li> </ul>

- 현재 COVID-19에서 회복이 되어 해외 교류가 가능해져 기존의 계획했던 해외 방문 공동연구를 활발히 수행하고, 코로나 상황속에서 활용하였던 온라인 플랫폼을 통해 국제 공동 연구를 지속적으로 수행하고 해외 연구그룹과 협력을 더욱 강화하였음. 다음 표에서 당해년도 진행한 공동연구 내용을 요약함.

연구실 (교수)	연구 참여 대학원생	공동 연구자 (소속)	공동 연구 방법	연구 내용
양자물질 계산이론 연구실 (서호성)	박희진	Prof. Giulia Galli (USA, University of Chicago and Argonne National Lab.)	장기 해외 파견 연구 (2023.01.30.-2024.01.02.)	Decoherence dynamics of diamond spin qubits in paramagnetic defect environment, First-principles code development
양자물질 계산이론 연구실 (서호성)	박태준	Prof. Yuan Ping (USA, University of Wisconsin-Madison)	매주 목요일 ZOOM 온라인 미팅 및 SLACK을 이용한 자료 교환	Theoretical prediction of new spin qubit candidates in ZnO.
나노소자및나노측정연구실 (박지용)	Nguyen Kha Minh	Dr.Nguyen Van Tu (Vietnam, Vietnamese Academy of Science)	Zoom 온라인 미팅 및 시료 교환	Growth of W-based 2D materials and their heterostructures with chemical vapor deposition
미세공정연구실 (김주민)	박지인	Prof. Seung Woo Lee at Georgia Tech (USA)	Prof. Seung Woo Lee, 아주대 방문하여 이차전지 과정 및 전기화학적 특성 분석 노하우 자문	Analysing the edge plane of non-spherical graphite based on the planar elongational flow in a cross-slot microchannel utilizing viscoelastic particle focusing
미세공정연구실 (김주민)	진대권	Prof. Patrick S Doyle at MIT (USA)	Prof. Patrick S Doyle, 아주대 방문하여 Dual-view imaging관련 실험 결과 분석 자문	Dual-view imaging for particle distribution in microchannel
광전자재료연구실 (서형탁)	이영재	Dr. Shankara S. Kalanur (Hydrogen Research Institute, Université du Québec à Trois-Rivières, Canada)	Zoom 온라인 미팅 및 시료 수령 및 분석	Remarkably Low Oxygen Evolution Reaction Overpotentials using Two-Dimensional Ternary Vanadium Compounds
광전자재료연구실 (서형탁)	이영재	Dr. Shankara S. Kalanur (Hydrogen Research Institute, Université du Québec à Trois-Rivières, Canada)	Zoom 온라인 미팅 및 시료 수령 및 분석	Enhanced photoactivity towards bismuth vanadate water splitting through tantalum doping: An experimental and density functional theory study
광전자재료연구실 (서형탁)	Rana Basit Ali	Dr. Shankara S. Kalanur (Hydrogen Research Institute, Université du Québec à Trois-Rivières, Canada)	Zoom 온라인 미팅 및 시료 수령 및 분석	A Synergic Effect of Bi-metallic Layered Hydro-Oxide Cocatalyst on 1-D TiO2 Driven Photoelectrochemical Water Splitting
유기재료연구실 (김환명)	이동준	Prof. Zhihong Liu (China, Hubei University)	Hubei University 방문연구(2023.11.6-11.27)	Light induced ROS generation efficiency of small-molecule based two-photon photosensitizers

연구실 (교수)	연구 참여 대학원생	공동 연구자 (소속)	공동 연구 방법	연구 내용
환경기능성 소재 및 수처리 연구실 (이창구)	이연준	Prof. Pedro J.J. Alvarez (USA, Rice University)	논문작성논의 및 데이터 분석	Facile synthesis of N vacancy g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> using Mg-induced defect on the amine groups for enhanced photocatalytic •OH generation
환경기능성 소재 및 수처리 연구실 (이창구)	이연준	Prof. Mingzhi Huang (China, South China Normal University)	논문작성논의 및 데이터 분석	Degradation of imidacloprid via the activation of peroxymonosulfate and peroxydisulfate using a Fenton-sludge-derived Fe <sup>0</sup> /Fe <sub>3</sub> C composite
에너지/촉매재료 연구실 (조인선)	정유재	Prof. Xiaolin Zheng (USA, Stanford University)	Zoom 미팅 및 시료 배송	광전기화학 수소생산용 광전극 최적화 연구 (논문 출판: Advanced Functional Materials (2022) 2208196, IF:19, JCR%:4.2)
에너지/촉매재료 연구실 (조인선)	황성원/정 유재	Dr. Hyun Soo Han (USA, Stanford University)	Zoom 미팅 및 시료 배송	광전기화학 수전해용 이중접합 나노구조체 개발 (논문 출판: Chemical Engineering Journal, 435 (2022) 135183, IF:15.1, JCR%:3.2)
나노재료 연구실 (이재현)	현상화/황 현식	Dr. Seyed Mehdi Sattari-Esfahlan	Zoom 온라인 미팅 및 시편 분석	저온 비정질 BN 소재 합성 기술 개발 (논문 출판: ACS Appl. Mater. Interfaces (2023) 7274, IF: 9.5, JCR%:15.8)
나노재료 연구실 (이재현)	최준희/M. J. Josline/김 세인	Prof. Ali Esfandiar Prof. Azam Irajizad	Zoom 온라인 미팅 및 연구자 방문 연구	위상절연체의 계면 특성을 활용한 고성능 광전소자 기술 개발 (논문 출판: Materials Today Physics (2023) 101235, IF: 11.5, JCR%:8.4)

## □ 연구역량 대표 우수성과

- 본 사업단은 참여교수들의 연구 역량을 바탕으로 신진, 중견 연구과제 및 에너지기술개발 사업, 석유대체친환경화학기술개발사업, 산업기술혁신사업 사업 등의 다양한 정부 연구 사업에서 3차년도에 신규로 수주한 단독 연구 과제는 60건이고 그 총 액수는 약 94.3억으로 높은 수주 실적을 올림.
- 총 수주 연구비 약 94.3억 중 약 **56.4%**는 **참여교수들의 학제간 활발한 융합 연구** 역량을 바탕으로 미래 핵심 연구 과제를 공동으로 수주한 실적임. 대표적인 학제간 융합 연구 수주 실적으로는 기초과학 자율운영중점연구소지원사업 (물리-화학), 고부가 탄소소재와 수소생산 촉매공정개발 및 고선택성 메탄산화체 제조 촉매 개발(원천-Cl 가스 리파이너리 사업, 화공-화학-신소재), 발전산업의 탄소중립을 위한 청록수소 생산 및 활용 시스템 개발(Net-Zero 기술혁신개발사업, 화학-신소재), 수소연료전지 인력양성사업 (화공-화학-신소재), 고선택도 하이드로카본 업사이클링 연구(기초연구실지원사업, 신소재-환경) 등을 들 수 있으며 에너지 생산 저장/분배 소비 재활용의 4대 핵심 연구 주제에 대한 학제간 긴밀한 협력 연구를 주도하고 있음.
- ‘22-23’ 년 사업단 연구 실적 현황을 종합해 보면 **총 165편(SCI(E)는 163편)의 논문을 발표**하였고, **평균 IF는 7.94(SCI(E)논문 161편에 대한 평균)임**. 이는 지난 BK 4단계 1차년도 총 134편(SCI(E) 130편) IF = 6.91, 2차년도 총 159편(SCI(E) 154편) IF = 8.11에 이어 높은 수치를 유지하고 있음을 나타냄.
- 3차년도 **mrnIF 90이상 논문은 42%** (70편/165편)이고, mrnIF 75이상 논문은 72%(119편)로 분석됨. 2차년도 실적 mrnIF 90이상 논문 42% (64편/154편), 75이상 논문은 75%(116편/154편)에 이어 사업단 제시 **최종 목표치 “mrnIF 90 이상 논문 40%이상” 을 3차년도에도 꾸준히 달성**하고 있음을 나타냄. BK4단계 준비 과정에서 제시한 사업단의 연구역량 목표를 만족하고 높은 질적 수준을 유지하고 있음을 나타냄.
- 대표적 연구 성과로 SCI 권위지인 Nature Nanotechnology 1 편, Advanced Materials 1편, Applied Catalysis B: Environmental 1편, ACS Energy Letters 2편, Matter 1편 Advanced Functional Materials 4편, Nano Energy 1편, Journal of Advanced Ceramics 1편, Chemical Engineering Journal 4편, ACS applied materials & Interface 7편, Small 5 편, Small Methods 1편, Angewandte Chemie 1편, Trac-Trends in Analytical Chemistry 2편, Journal of Materials Chemistry A 2편, Journal of Hazardous Materials 2편, Materials Today Physics 1편, Desalination 1편, Green Chemistry 1편, Journal of Materials Science and Technology 1편, Carbon 1편, Nano Letters 2편, Chemistry of Materials 2편, ACS Applied Materials & Interfaces 4편 포함하여 IF 10 이상의 최우수 논문 총 49편을 3차년도에 게재하였고, 이는 전체 발표 논문 대비 30% (49편/163편)를 차지함.
- 국제 학술지 편집장 및 편집위원 실적 (16 건), 해외 국제학회 초청 강연 실적 (4 건), 해외 대학(중국 Zhejiang대) 초빙교수 임용 실적 (1 건), 국제 전문 학술 도서 저술 실적 (2 건)임.
- 국제 공동연구 실적은 1차년도 14편, 2차년도 26편에 이어, 3차년도 28편으로 **꾸준한 국제 공동연구 확장 연구 역량 확장**세를 보임. 이는 1차년도부터 구축한 국제 공동연구 네트워크가 꾸준히 성장하고 확장되어 나갔다는 것을 의미함. 본 사업단의 4대 중점 영역인 i) 신재생에너지 생산 기술, ii) 재생에너지 맞춤형 에너지 저장 및 분배 기술, iii) 에너지 소비효율 극대화 기술, iv) 에너지 수확 및 온실가스를 활용한 에너지 재활용 기술 개발 분야는 국제적 연구 동향에 부합함을 보여주는 것임.
- 본 사업단은 기존에 계획했던 심포지엄 (Ajou-ETH Zurich Symposium (2022.9), Kyoto-Zhejiang-Ajou Joint Symposium on Energy Science (2022.12), Ajou-Chiba Joint Symposium (2023.2)) 성공적으로 개최하였으며 국제 공동연구 실적 28편, 해외 석학 활용 9회, 초청 세미나 17회 등 활발한 활동을 수행하였음. 이 중에는 세계적 석학인 노벨상 수상자 (David W.C. MacMillan, Konstantin S. Novoselov) 초청 강연 2 회를 개최하여 **연구의 국제적 협력 네트워크를 강화함**.



## 1. 참여교수 연구역량

### 1.1 중앙정부 및 해외기관 연구비 수주 실적

<표 3-1> 최근 1년간(2022.9.1~2023.8.31.) 이공계열 참여교수 1인당 중앙정부 및 해외기관 연구비 수주 실적

항 목	수주액(천 원)		
	3년간(2017.1.1.-2019.12.31.) 실적 (선정평가 보고서 작성내용)	최근 1년간(2022.9.1.~2023.8.31.) 실적	비고
중앙 정부 연구비 수주 총 입금액	14,674,538	9,425,523	
해외기관(산업체 제외) 연구비 수주 총 (환산)입금액	0	0	
이공계열 참여교수 수	14	21.89	
1인당 총 연구비 수주액	1,048,181	430,586	

<표 3-1-1> 최근 1년간(2022.9.1~2023.8.31.) 인문사회계열 참여교수 1인당 중앙정부 및 해외기관 연구비 수주 실적

항 목	수주액(천 원)		
	3년간(2017.1.1.-2019.12.31.) 실적 (선정평가 보고서 작성내용)	최근 1년간(2022.9.1.~2023.8.31.) 실적	비고
중앙 정부 연구비 수주 총 입금액			
해외기관(산업체 제외) 연구비 수주 총 (환산)입금액			
인문사회계열 참여교수 수			
1인당 총 연구비 수주액			

- 본 사업단은 참여교수들의 연구 역량을 바탕으로 신진, 중견 연구과제 및 에너지기술개발 사업, 산업기술혁신 사업 사업 등의 다양한 정부 연구 사업에서 3차년도에 신규로 수주한 단독 연구 과제는 60건이고 그 총 액수는 약 94.3억으로 높은 수주 실적을 올림.
- 총 수주 연구비 약 94.3억 중 약 **54.5%는 참여교수들의 학제간 활발한 융합 연구** 역량을 바탕으로 미래 핵심 연구 과제를 공동으로 수주한 실적임. 대표적인 학제간 융합 연구 수주 실적으로는 기초과학 자율운영 중점연구소지원사업 (물리-화학), 고부가 탄소소재와 수소생산 촉매공정개발 및 고선택성 메탄산화체 제조 촉매 개발 (원천-C1 가스 리파이너리 사업, 화공-화학-신소재), 발전산업의 탄소중립을 위한 청록수소 생산 및 활용 시스템 개발(Net-Zero 기술혁신개발사업, 화학-신소재), 수소연료전지 인력양성사업 (화공-화학-신소재), 고선택도 하이드로카본 업사이클링 연구(기초연구실지원사업, 신소재-환경) 등을 들 수 있으며 에너지 생산 저장/분배 소비 재활용의 4대 핵심 연구 주제에 대한 학제간 긴밀한 협력 연구를 주도하고 있음.

## 1.2 연구업적물

### ① 참여교수 연구업적물의 우수성

#### (1) 선정 당시 연구역량향상 계획



탄소-제로 신재생에너지시스템 사업단의 연구역량 질적 향상 목표 (mrnIF 90이상 논문 40%이상, FWCI 3이상 논문 20%이상, QS 100위권 진입) 달성을 위해 다음 전략으로 연구역량향상을 추진함.

#### (1)-1 초융합 에너지 신산업 도출

- 4대 중점 연구분야 (에너지 생산, 저장/분배, 소비 재활용) 역량 집결, 3년간의 사업수행 기간동안의 산업동향 파악 및 고급인력 양성 확충 분야를 고려하여 양자 정보 에너지 과학분야를 사업단의 연구, 교육 주력분야로 추가함. 수소 기술과 에너지수확 분야와 함께 핵심 융복합 연구 교육 분야로 다양한 프로그램을 진행 중.
- 연구 그룹 간 정기 교류 및 공동연구비 수주를 통해 융복합 신산업 창출

#### (1)-2 질적 연구 역량 강화

국제적 연구네트워크 확대: 연구소 (DICP, ScopeM\_ETH Zurich, Max Planck Institute of Colloids and Interfaces, RIKEN), 대학 (지바대, 교토대, 저장대), 기업체 (BASF)

Ajou Energy Valley구축을 통한 산학협력 체계 구축

융복합 고급 인재 양성 프로그램 활성화: 교과/비교과 트랙 교육, 국제화 역량 강화

#### (2) 선정 당시 계획 대비 실적 비교

제시한 연구역량향상 계획 대비 22-23년 BK21 4단계 3차년 연구 실적 창출 내역은 아래와 같음. 수소 기술, 에너지수확, 양자정보과학 기반 신재생에너지 개발을 핵심 기술로 하여 초융합 연구 전략을 수행 하였음. 사업단 참여교수의 지난 1년간 연구실적 및 대표연구실적을 아래 기술하였음.

구분	사업단 연구역량 질적 향상 목표	15-19년 사업단 연구 실적 현황	20-21년 사업단 연구 실적 현황	21-22년 사업단 연구 실적 현황	22-23년 사업단 연구 실적 현황
평균 IF	미제시	6.24	6.91	8.11	7.94 <sup>a</sup>
mrnIF 지수 90이상 논문 비율 (또는 IF% 상위10% 이내 논문 비율)	1단계 35% 이상 최종단계 40% 이상	mrnIF 90이상 = 31%	mrnIF 90이상 = 51% (IF상위10%이내 = 51% IF상위25%이내 = 78%)	mrnIF 90이상 = 42% (IF상위10%이내 = 40.9% IF상위25%이내 = 75.3%)	mrnIF 90이상 = 42 % <sup>b</sup> (IF상위10%이내 = 41 % IF상위25%이내 = 67 %)
FWCI 3 이상 논문 비율	1단계 17% 이상 최종단계 20% 이상	14%	미제시	미제시 <sup>c</sup>	미제시 <sup>c</sup>
QS랭킹	최종 세계 100위권 진입	국내: 19위 세계: 601-650위 (QS 2020 기준)	국내: 12위 세계: 531-540위 (QS 2022 기준)	국내: 12위 세계: 488위 (QS 2023 기준)	국내: 12위 세계: 488위 (QS 2023 기준)

<sup>a</sup> 22/23년도 개제된 논문에 대해 각각 JCR IF2022을 기준으로 계산함.

<sup>b</sup> 22/23년도 개제된 논문에 대해 JCR mrnIF2022을 기준으로 계산함.

<sup>c</sup> 1년 이내 인용 통계로 FWCI 계산 시 부정확성으로 인해 작성하지 않음. 향후 몇 년간 데이터가 축적된 후 비교평가 예정임.

- 선정평가 당시 연구단이 제시한 연구역량 질적 최종 목표는 mrnIF 90이상 논문 40%이상, FWCI 3이상 논문 20%이상, QS 100위권 진입 달성이었음.

- ‘22-23’ 년 사업단 연구 실적 현황을 종합해보면 **총 165편(SCI(E)는 163편)의 논문을 발표**하였고, 현시점에서 출간 완료된 SCI(E) 논문 163편에 대한 **평균 IF는 7.94** (IF 1이상 SCI(E)논문 161편 평균 IF 8.1)임. 이는 지난 BK 4단계 1차년도 (20-21년) 총 134편(SCI(E)는 130편) IF = 6.91, 2차년도 (21-22년) 총 159편(SCI(E)는 154편) IF = 8.11에 이어 양적으로나 질적으로 꾸준히 성과를 상향 유지하고 있음을 나타냄. **참여교수 당 평균 논문 편수는 7.9 편임** (SCI(E) 165편/21명, 12개월 참여시 1명으로 고려시 3차년도 참여교수 21명).

- SCI(E) 논문 중 **mrnIF 90이상 논문은 전체 연구 실적 대비 42% (70편/165편)이고, mrnIF 75이상 논문은 72% (총119편)**로 분석됨. 2차년도 실적 mrnIF 90이상 논문 42% (64편/154편), 75이상 논문은 75%(116편/154편)에 이어 사업단 제시 최종 목표치 “mrnIF 90 이상 논문 40%이상” 을 3차년도에도 꾸준히 달성하고 있음을 나타냄. BK21 4단계 준비 과정에서 제시한 사업단의 연구역량 향상계획에 부합하는 연구 목표를 만족하고 높은 질적 수준을 유지하고 있음을 나타냄. **사업단 제시 최종 목표치 중 하나인 “mrnIF 90 이상 논문 40%이상 “** 을 1차 년도에 이미 달성하였고, 2차-3차년도에는 논문수의 양적 증가와 함께 목표치 40%를 꾸준히 상회하는 수준을 달성하였음. 지난 BK 3단계 ‘ 15-19년의 평균 수치인 31%과 비교하여 볼 때 10% 이상 상회하는 수치임. 사업단이 **BK4단계에서 10%이상 상향된 높은 목표를 제시하고 이를 달성함**으로써 연구역량의 양적 질적 수준 향상을 위해 상당히 높은 수준의 노력을 이어왔음을 확인할 수 있음.

- 대표적 연구 성과로 세계적인 물리/재료/화학 저널인 Nature Nanotechnology 1 편, Advanced Materials 1편, Applied Catalysis B: Environmental 1편, ACS Energy Letters 2편, Matter 1편 Advanced Functional Materials 4편, Nano Energy 1편, Journal of Advanced Ceramics 1편, Chemical Engineering Journal 4 편, ACS applied materials & Interface 7편, Small 5 편, Small Methods 1편, Angewandte Chemie 1편, Trac-Trends in Analytical Chemistry 2편, Journal of Materials Chemistry A 2편, Journal of Hazardous Materials 2편, Materials Today Physics 1편, Desalination 1편, Green Chemistry 1편, Journal of Materials Science and Technology 1편, Carbon 1편, Nano Letters 2편, Chemistry of Materials 2편, ACS Applied Materials & Interfaces 4편을 포함하여 IF 10 이상의 최우수 논문 총 49편을 3차년도에 게재하였고, 이는 전체 발표 논문 (163편) 대비 30%를 차지함. 이 중 IF 20이상의 세계 최고 수준의 논문도 5편을 차지함. 또한, **IF 상위 10% 이내 논문이 전체 논문의 41%를 차지**하는 등 논문의 질적 수준에 있어서도 높은 수준을 유지하고자 하는 사업단 참여교수들의 노력이 엿보임.

- FWCI 를 활용한 분석은 수행하지 않았음. 이는 지난 1년 이내의 인용 수치에 대한 부정확성에 기인하며, 향후 인용 실적을 토대로 분석을 진행할 예정임.

- 아주대학교는 2023년 QS 세계대학평가에서 488위 (국내 대학 순위 12위)를 기록해 2022년 531-540위 (40.8%) 대비 40계단 이상 상승하였음. 이는 올해 ‘QS 세계대학평가’에 랭크된 국내 대학 가운데 가장 큰 오름폭 (40계단 상승)임. QS 세계대학평가 비중에서 연구 항목이 차지하는 비중인 교원당 논문 피인용수 (20%)을 고려할 때, 본 사업단의 연구 실적 향상이 QS 순위 상승에 공헌하였을 것으로 판단되며 BK연구지원사업의 성과라고 볼 수 있음.

- 아주대학교는 2024년 THE 세계 대학 순위 (THE World University Rankings 2024)’에서 501-600위권에 랭크되었고 이는 지난해 (601-800위권) 대비 100위 이상 점프한 수준으로 국내 종합 대학 가운데에는 9번째로 높은 순위를 유지함. 본 사업단의 꾸준한 노력을 반영한 결과로 볼 수 있음.

### (3) 향후 추진계획

- BK4단계 3년차 연구성과 종합 평가 결과, 선정 당시 제시한 목표치를 상회한 연구 성과를 보여주고 있음. 이는 BK4단계 준비 과정에서 제시한 **초융합 에너지 신산업 도출, 국제 협력 강화, Ajou 벨리 구축 통한 산학협력 연계 활성화, 융복합 고급인력 양성 프로그램 구축 전략**이 순조롭게 진행되고 있음을 의미함.

② 연구의 수월성을 대표하는 연구업적물 (최근 1년(2022.9.1.~2023.8.31.))

연 번	대표연구업적물 설명
1	<p>-논문제목: Crystal Reconstruction of Mo:BiVO<sub>4</sub>: Improved Charge Transport for Efficient Solar Water Splitting (참여교수: 조인선)</p> <p>-Advanced Functional Materials (IF 19.0, JCR 상위 4.2%)</p> <p>-태양광-수소 생산용 BiVO<sub>4</sub> 광전극을 texture 및 high-index facet을 가지도록 설계/합성하고 이를 통해 결정재구조화를 유도하였음. 결정재구조화가 발생한 BiVO<sub>4</sub> 광전극의 경우 입계가 매우 커지고 (수 um), Mo 도핑의 활성화와 더불어 전하이동 효율이 ~100%에 가까운 특성을 나타내었음. 또한 태양광-수소 생산셀에 적용시 장기 안정성도 크게 향상되는 결과를 얻어, 향후 다른 광전극 소재에도 확대적용할 수 있을 것으로 기대함.</p>
2	<p>-논문제목: High-Throughput Screening on Halide Perovskite Derivatives and Rational Design of Cs<sub>3</sub>LuCl (참여교수: 조성범)</p> <p>-ACS Energy Letters (IF: 22.0, JCR 상위 3.6%)</p> <p>-컴퓨터 시뮬레이션과 인공지능을 이용해 모든 3성분계 페로브스카이트 할라이드 물질을 탐색하고 이를 이용해 신물질 Cs<sub>3</sub>LuCl을 발견하고 이를 이용해 고신뢰성 백색 LED를 제작함.</p>
3	<p>-논문제목: Plasma-Enhanced Atomic Layer Deposition Assisted Low-Temperature Synthetic Routes to Rationally Designed Metastable c-Axis Aligned Hexagonal In-Zn-O (참여교수: 조성범)</p> <p>-Chemistry of Materials (IF: 8.6, JCR 상위 18.2%)</p> <p>-컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 준안정상으로 존재하는 InO-ZnO 고용상을 모두 계산하고, 이중 높은 전하이동도를 갖는 소재를 플라즈마 ALD로 구현하여 디스플레이용 소자로 제작함.</p>
4	<p>-논문제목: Tailoring Rigid Segments in Dopant-Free Polymeric Hole Transport Materials for Perovskite Quantum Dot Solar Cells (참여교수: 조성범)</p> <p>-ACS Energy Letters (IF: 22.0, JCR 상위 3.6%)</p> <p>-페로브스카이트 양자점 태양전지를 위해 도핑이 필요없으며 안정적이고 고효율의 새로운 정공 전달 물질을 개발함.</p>
5	<p>-논문제목: Collective Control of Potential-Constrained Oxygen Vacancies in Oxide Heterostructures for Gradual Resistive Switching (참여교수: 이형우)</p> <p>-Small (IF 13.3, JCR 상위 6.6%)</p> <p>-산화물 내 산소공공 결함을 기존 필라멘트 방식이 아닌 평균밀도를 제어하는 새로운 방안을 제시함. 이를 통해 2차원 전자가스 기반 멀티비트 및 아날로그 스위칭 소자를 구현하였으며 뉴로모픽 소자 및 에너지 기술 분야에 적용 가능할 것으로 예상함.</p>
6	<p>-논문제목: Polar Perturbations in Functional Oxide Heterostructures (참여교수: 이형우)</p> <p>-Advanced Functional Materials (IF 19.0, JCR 상위 4.2%)</p> <p>-극성 섭동(Polar perturbation)을 이용한 복합 산화물의 신 물성을 유도에 관한 연구결과. 극성 결함, 흡착물, 구조 비대칭성, 격자변형 등 다양한 방식을 통해 기존 물질이 갖지 않는 새로운 물성 유도가 가능함을 보임.</p>
7	<p>-논문제목: Reversible Photomodulation of Two-Dimensional Electron Gas in LaAlO<sub>3</sub>/SrTiO<sub>3</sub> Heterostructures (참여교수: 이형우)</p> <p>-Nano Letters (IF 10.8, JCR 상위 10.3%)</p> <p>-극성/무극성 산화물 계면에 존재하는 2차원 전자가스를 빛과 물을 이용하여 가역적으로 스위칭한 연구 결과. 투명 박막 구조 및 고 전하밀도 등의 고유 특성으로 인해 다양한 에너지 분야 하드웨어 분야에 접목가능할 것으로 기대함.</p>

8	<p>-논문제목: Single-atom iridium-catalyst-embedded zeolitic imidazolate frameworks for CO<sub>2</sub> and glycerol transformations (참여교수: 장혜영)</p> <p>-Chemistry Materials (IF 8.6, JCR 상위 18.2%)</p> <p>-이산화탄소의 화학적 전환에 극소량의 iridium 금속이 포함된 MOF 촉매를 사용하여 TON (30,000 이상)의 고활성을 관찰하였고, 향후 공정 연구를 통해 대량의 이산화탄소의 전환 기술로 활용 가능함.</p>
9	<p>-논문제목: Ir(tri-N-Heterocyclic carbene)-catalyzed production of hydrogen and Cn acids from ethylene glycol (참여교수: 장혜영)</p> <p>-ACS Sustainable Chemistry &amp; Engineering (IF 8.4, JCR 상위 8.8%)</p> <p>-바이오투 생산 유래 유기알코올인 에틸렌 글리콜로부터 수소 추출에 효과적인 촉매 개발. 촉매 g 시간당 수소 생산량 485 L로 매우 높은 고활성과 빠른 생산성을 보임. 향후 그린 수소 생산 분야에 활용 가능한 기술로 탄소 중립 달성에 기여 할 것으로 기대됨.</p>
10	<p>-논문제목: Enhancement of photocatalytic Cr(VI) reduction using mandarin peel extract as natural sacrificing agent (참여교수: 이창구)</p> <p>-Alexandria Engineering Journal (IF 6.8, JCR 상위 8.3%)</p> <p>-본 연구에서는 수질 오염 물질인 Cr(VI)의 광환원을 위한 광촉매 Cr(VI) 제거 성능을 향상시키기 위한 전자공여체로써 감귤껍질 폐기물 추출물을 사용하였으며, 이는 폐기물과 수처리를 동시에 처리하는 전략으로 활용될 수 있을 것으로 기대됨.</p>
11	<p>-논문제목: Facile synthesis of N vacancy g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> using Mg-induced defect on the amine groups for enhanced photocatalytic •OH generation (참여교수: 이창구)</p> <p>-Journal of Hazardous Materials (IF 13.6, JCR 상위 3.5%)</p> <p>-본 연구에서는 Mg 도핑된 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>의 용매열 후 처리를 통해 N 공극이 풍부한 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 제조를 위한 새로운 전략을 보고하였으며, 광학 및 전자 분석을 통해 광 수확 용량, 전자-정공 분리 및 전하 이동에서 g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>의 광촉매 활성을 향상시키는 N 결함 구조의 역할을 설명함.</p>
12	<p>-논문제목: Removal of perfluorooctanoic acid from water using peroxydisulfate/layered double hydroxide system: Optimization using response surface methodology and artificial neural network (참여교수: 이창구)</p> <p>-Process Safety and Environmental Protection (IF 7.8, JCR 상위 10.2%)</p> <p>-본 연구에서는 층상 이중 수산화물을 퍼옥시디설페이트 활성화를 위한 불균일 촉매로 사용하여 과불화옥탄산 제거를 조사했으며, 반응 표면 방법론과 인공 신경망 이론을 사용한 제거 예측 가능성을 살펴봄으로써 모델링을 통해 운영 프로세스를 최적화할 수 있음을 시사함.</p>
13	<p>-논문제목: Elucidating atomistic mechanisms of the formation of phase-controlled ultrathin MoTe<sub>2</sub> films and lateral hetero-phase MoTe<sub>2</sub> interfaces (참여교수: 서호성)</p> <p>-Surfaces and Interfaces (IF = 6.2, JCR 상위 11.9%)</p> <p>-2차원 MoTe<sub>2</sub> 물질의 평면내 금속-반도체 접합구조를 생성하고 생성 원리 및 계면 전자구조에 대한 원리를 규명함. 추후 MoTe<sub>2</sub> 이중 계면의 화학적, 광학적 특성을 활용한 고효율 전자소자 개발 및 촉매 특성 연구에 기여할 것으로 기대됨.</p>
14	<p>-논문제목 Novel quasi-1D current carrying material: Nb<sub>2</sub>PdS<sub>6</sub> (참여교수: 류학기)</p> <p>-Small (IF 13.3, JCR 상위 6.6%)</p> <p>-1차원 선형 신소재인 Nb<sub>2</sub>PdS<sub>6</sub>의 전류 수송능력을 평가하여 구리보다 우수한 성능을 확보함. 이를 기반으로 다양한 저차원 소자의 배선 소재로 적용가능함을 제시함.</p>



15	<p>-논문제목 Hybrid photothermal structure based on Cr-MgF<sub>2</sub> solar absorber/PMMA-graphene heat reservoir for thermoelectric power generation (참여교수: 류학기)</p> <p>-Nano Energy (IF 17.6, JCR 상위 5.1%)</p> <p>-Cr-MgF<sub>2</sub> 다층과 PMMA-Cargon 복합체를 이용하여 태양열을 직접하고 이를 열전소자에 적용하여 성능을 향상시킨 연구로 태양열 에너지를 활용하는 방안을 제시함.</p>
16	<p>-논문제목: Large-Area Structure-Selective Synthesis of Symmetry-Broken MoSe<sub>2</sub> and Their Broadband Nonlinear Optical Response (참여교수: 염동일)</p> <p>-Advanced Optical Materials (IF 9.0, JCR 상위 9.5%)</p> <p>-Spiral 구조의 대면적 이차원 소재를 합성하였을 경우 발현대는 비선형 광특성이 크게 향상됨을 밝혀내었음. 광대역에 걸친 비선형 광특성을 검증하였으며 향후 비선형 양자광원 발생소자로 활용이 기대됨.</p>
17	<p>-논문제목: Electrically controllable diffractive optical elements fabricated by direct laser writing on a carbon nanotube network film (참여교수: 염동일)</p> <p>-Nanophotonics (IF 7.5, JCR 상위 11.5%)</p> <p>-펄스 레이저 직접 가공방식을 이용하여 카본나노튜브 네트워크 필름 기반의 전기적 제어 가능한 회절광학소자를 개발하였으며 향후 고효율 광전소자 응용이 기대됨.</p>
18	<p>-논문제목: Picoampere Dark Current and Electro-Opto-Coupled Sub-to-Super-linear Response from Mott-Transition Enabled Infrared Photodetector for Near-Sensor Vision Processing (참여교수: 서형탁)</p> <p>-Advanced Materials (IF 32.086, JCR 상위 2.1%)</p> <p>-원자층 증착된 VO<sub>2</sub> 초박막과 Si 접합형태의 Mott 반도체-금속 간 전이현상을 통해 근적외선에 대한 초민감 초저암전류 선형성 광센서를 제작하고 이를 초저전력 인공지능형 이미인인식기술로 구현하였음.</p>
19	<p>-논문제목: Millimeter-range Induced Flexo-Pyrophotronic Effect in Centrosymmetric Heterojunction for Ultrafast Night-Photomonitoring (참여교수: 서형탁)</p> <p>-Advanced Functional Materials (IF 19.924, JCR 상위 4.2%)</p> <p>-TiO<sub>2</sub> 초박막에 형성된 쇼트키 금속 전극 형성을 통해 구현된 다이오드에 국소적 탐침인가를 통해 계면 전자 구조에 대한 플렉소 현상을 유인하여 투명한 반도체에서도 근적외선 감지를 시연하였고 초고속 자가 전력 광감지 기능을 이용하여 자율주행 및 야간투시 기능을 구현하였음.</p>
20	<p>-논문제목: Switchable Polar Nanotexture in Nanolaminates HfO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> for Ultrafast Logic-in-Memory Operations (참여교수: 서형탁)</p> <p>-Small (IF 13.3, JCR 상위 6.6%)</p> <p>-원자층 증착된 HfO<sub>2</sub>-ZrO<sub>2</sub> 나노라미네이트 박막의 나노 도메인기반 강유전성 효과를 구현하여 멀티레벨 스위칭 특성을 가지며 비휘발성 로직 구현이 가능한 소자를 달성함.</p>
21	<p>-논문제목: Plasma atomic layer etching of molybdenum with surface fluorination (참여교수: 김창구)</p> <p>-Applied Surface Science (IF 8.4, JCR 상위 4.8%)</p> <p>-반도체소자의 배선으로 사용되는 Cu 대신 Mo 을 사용하기 위한 Mo 의 원자층 식각을 구현하였으며 향후 반도체소자의 RC 지연을 개선하여 차세대 반도체소자 기능 향상에 기여할 것으로 기대됨.</p>

22	<p>-논문제목: Plasma Atomic Layer Etching of SiO<sub>2</sub> and Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> with Low Global Warming C<sub>4</sub>H<sub>3</sub>F<sub>7</sub>O Isomers (참여교수: 김창구)</p> <p>-ACS Sustainable Chemistry &amp; Engineering (IF 6.7, JCR 상위 9.1%)</p> <p>-전통적인 perfluorocarbon보다 지구온난화지수가 매우 낮은 heptafluoropropyl methyl ether, heptafluoroisopropyl methyl ether, perfluoro propyl carbinol를 사용하여 oxide과 nitride 식각을 구현하였으며 반도체/디스플레이 소자 제조공정에서 배출되는 PFC를 감축하여 탄소중립 목표 도달에 기여할 것으로 기대.</p>
23	<p>-논문제목: Two-photon fluorescent probes for quantitative bio-imaging analysis in live tissues (참여교수: 김환명)</p> <p>-TrAC Trends in Analytical Chemistry (IF 14.908, JCR 상위 0.6%)</p> <p>-미량 금속 이온, 저분자 활성기체 등의 정밀 분석을 통하여 다양한 시스템의 기전을 이해하기 위한 분자 형광프로브의 전반적인 연구에 대하여 이해하기 쉽도록 설명되어 있어 해당 분야에 관심이 있는 연구자와 대학원생들에게 연구개발 지침서로 사용될 수 있을 것으로 기대됨.</p>
24	<p>-논문제목: Recent advances in organelle-specific two-photon small-molecule fluorescent probes for bioanalysis in live tissues (참여교수: 김환명)</p> <p>-TrAC Trends in Analytical Chemistry (IF 14.908, JCR 상위 0.6%)</p> <p>-근적외선과 비선형 광학성질에 기반한 유기 저분자 프로브의 맞춤형 기능을 탑재하는 전략과 위치 선택성을 부여하기 위한 전략을 요약 서술한 총설이며 원하는 환경에 맞는 광센서 및 분자프로브를 설계하는 지침서로 사용될 수 있을 것으로 기대됨.</p>
25	<p>-논문제목: Incorporation of deoxyviolacein functional dye into PHB and cellulose double layered-biodegradable polymer (참여교수: 최권영)</p> <p>-Journal of Polymers and Environments (IF 5.3, JCR 상위 13.4%)</p> <p>-바이오 탄소 자원으로 부터 deoxyviolacein의 기능성 염료를 PHB 생분해 고분자와 동시 생산하는 기술을 개발하여 2중층 생분해 기능성 고분자로 활용한 연구 결과이며, 향후 생분해 고분자 물질 증대 및 생분해 조절 연구에 활용이 기대됨.</p>
26	<p>-논문제목: Recent trends in the modification of polyphenolic compounds using hydroxylation and glycosylation (참여교수: 최권영)</p> <p>-Current Opinion in Biotechnology (IF 7.7, JCR 상위 4.5%)</p> <p>-방향족 폴리페놀 화합물의 위치특이적 수산화 반응 및 당화 반응을 통한 폴리페놀의 생리적 활성 증대, 친수성 성질의 변형 등 최근 해당 분야에 대한 연구 결과들에 대한 리뷰 논문으로, 방향족 물질의 구조변형 연구에 활용이 기대됨.</p>
27	<p>-논문제목: Developed and emerging 1,4-butanediol commercial production strategies: forecasting the current status and future possibility (참여교수: 최권영)</p> <p>-Critical Reviews in Biotechnology (IF 9.0, JCR 상위 8.7%)</p> <p>-바이오 탄소 자원에서부터 생분해 고분자인 PBAT, PBS 합성의 단량체로 활용되는 1,4-butanediol의 생물학적 생산 연구에 대한 최신 연구 리뷰 논문으로 생분해 고분자 단량체 생산 및 바이오 케미컬 생합성 연구에 활용이 기대됨.</p>
28	<p>-논문제목: Synthesis of n-butanol-rich C<sub>3+</sub> alcohols by direct CO<sub>2</sub> hydrogenation over a stable Cu-Co tandem catalyst (참여교수: 김석기)</p> <p>-Applied Catalysis B-Environmental (IF 22.1, JCR 상위 0.9%)</p> <p>-이산화탄소 전환 반응용 코발트-구리 촉매를 이용하여 그동안 합성이 힘들었던 higher alcohol에 대해 높은 수율로 합성을 가능하게 하였으며, 메커니즘에 대한 이해를 통해 향후 다양한 이산화탄소 전환 반응에 활용이 기대됨.</p>

29	<p>-논문제목: Equilibrium shift, poisoning prevention, and selectivity enhancement in catalysis via dehydration of polymeric membranes (참여교수: 김석기)</p> <p>-Nature Communications: (IF 16.6, JCR 상위 7.5%)</p> <p>-화학반응 중 부산물로 생성되는 물을 선택적으로 제거할 수 있는 고분자막-촉매 하이브리드 반응기를 개발, 다양한 촉매반응의 열역학적 한계 수율을 극복하였음. 다양한 수분 생성 반응에 수율 향상을 위한 반응기 설계를 가능하게 함.</p>
30	<p>-논문제목: Benchmarking promoters of Fe/activated carbon catalyst for stable hydrogenation of CO<sub>2</sub> to liquid hydrocarbons (참여교수: 김석기)</p> <p>-Applied Catalysis B-Environmental (IF 22.1, JCR 상위 0.9%)</p> <p>-합성 나프타를 이산화탄소로부터 제조하기 위해 사용되는 철 촉매에 다양한 첨가물을 넣어 그 영향을 관찰하고 촉매 비활성화 원인을 찾아냄. 향후 이산화탄소 전환 반응에 안정적인 촉매로서 기대됨.</p>
31	<p>-논문제목: In-plane mixed-dimensional 2D/2D/1D MoS<sub>2</sub>/MoTe<sub>2</sub>/Mo<sub>6</sub>Te<sub>6</sub> heterostructures for low contact resistance optoelectronics (참여교수: 안영환)</p> <p>-Chemical Engineering Journal: (IF 15.1, JCR 상위 3.2%)</p> <p>-화학기상증착법을 이용하여 새로운 2차원물질 기반 이종결합구조(heterostructure)를 구현하고 고성능 광전소자 제작에 응용함.</p>
32	<p>-논문제목: Catalytic methane pyrolysis for simultaneous production of hydrogen and graphitic carbon using a ceramic sparger in a molten NiSn alloy (참여교수: 김유권)</p> <p>-Carbon: (IF 10.9 JCR 상위 11.3%)</p> <p>-용융촉매를 기반으로 메탄 열분해 전환율을 획기적으로 향상시킬 수 있는 열촉매 분해 반응 기술을 개발하여 고순도 수소와 고부가 탄소를 생산할 수 있음을 보임.</p>
33	<p>-논문제목: Effects of flow history on extensional rheological properties of wormlike micelle solution (참여교수: 김주민)</p> <p>RSC Adv. (IF 3.9, JCR 상위 41.3 %)</p> <p>-이차전지 전극 슬러리의 신장 물성을 측정할 수 있는 장비의 원리 및 proof of concept 제시. 해당 내용은 국내 및 PCT 특허 출원하여, 현재 국내 특허 등록된 상태이며, 해당 연구를 진행한 석사 졸업생은 현재 LG 에너지솔루션(2023년 2월)에 취업하였으며, 관련 장비를 활용하여 LG에너지솔루션의 이차전지 전극 슬러리 및 현대자동차 연료전지 슬러리 연구 수행함.</p>
34	<p>-논문제목: Epitaxial growth of NbN thin films using atomic layer deposition (참여교수: 이상운)</p> <p>-Applied Surface Science : (IF 6.7, JCR 상위 2.4%)</p> <p>-원자층 증착 공정을 이용하여 원자 레벨로 질화물을 정렬시켜 우수한 전극 소재로 개발함. 이러한 소재는 차세대 저전력 반도체 소자 및 인공지능 소자에 활용될 수 있음.</p>
35	<p>-논문제목: A comprehensive review of the prospects for future hydrogen storage in materials-application and outstanding issues (참여교수: 안병민)</p> <p>-International Journal of Energy Research: (IF 4.672, JCR 상위 1.5%)</p> <p>-고엔트로피 합금(high-entropy alloys)을 이용한 고효율 고체 수소저장 메커니즘을 기존 금속 수소화물 저장 기술과 비교하고 최신 연구 동향을 소개함. 최근 개발된 수소저장용 고엔트로피 합금 조성을 비교 분석하고 향후 전망을 제시함.</p>

36	<p>-논문제목: Upcycling of abandoned banner via thermocatalytic process over a MnFeCoNiCu high-entropy alloy catalyst (참여교수: 안병민)</p> <p>-Journal of Hazardous Materials: (IF 14.224, JCR 상위 3.0%)</p> <p>-폴리에스터 폐기물인 배너 폐기물에서 고부가화합물인 프탈릭산을 열화학적으로 회수하는 업사이클링 공정에 고엔트로피 합금 촉매를 활용하는 방법을 최초로 제안함. 전세계적으로 플라스틱 폐기물 발생량이 늘어나고 있어 이를 친환경적으로 처리하는 방법이 전 세계적인 관심사이며, 이러한 폐기물자원화-에너지화는 폐기물 처리뿐만 아니라 탄소중립을 달성하는데도 큰 역할을 할 것으로 기대됨.</p>
37	<p>-논문제목: Acceleration of singlet oxygen evolution by superoxide dismutase mimetics in lithium-oxygen batteries (참여교수: 곽원진)</p> <p>-Advanced Functional Materials (IF: 19.924, JCR 상위 4.2%)</p> <p>-차세대 고에너지밀도 이차전지인 리튬산소전지 내 초과산화물 불균등화효소 모방체의 활용으로 인한 의도하지 않았던 일중항산소 발현을 최초로 발견하고, 이로 인한 전지 내 열화를 증명하였으며, 더 나아가 초과산화물과 일중항산소를 동시에 억제하는 복합 촉매 활용법을 제시함.</p>
38	<p>-논문제목: Liquid metal arene complex for next-generation batteries (참여교수: 곽원진)</p> <p>-Materials Today Energy (IF: 9.3, JCR 상위 16.4%)</p> <p>-알칼리 금속 이온과 Arene 중합체를 활용한 차세대 이차전지 연구에 대한 perspective 논문으로 중합체 합성과 특성에 대한 전반적인 정보를 제공하고, 나아가 이차전지 용 액상 유기전극, lithiation 소스, 재활용 소재로 활용하는 사례에 대한 소개와 함께 개선해야할 문제점과 전망에 대해 제시함.</p>

## 2. 연구의 국제화 현황

### ① 참여교수의 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

주요 내용	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 해외 국제학회 초청 강연 실적 (4 건)</li> <li>• 해외 학회 프로그램 좌장 및 학회 운영위원 실적 (1 건)</li> <li>• 해외 대학(중국 Zhejiang University) 초빙교수 임용 실적 (1 건)</li> <li>• 국제 학술지 편집장 및 편집위원 실적 (16 건)</li> </ul>	

### 가. 초청 강연 실적

연번	사업단 참여교수	학술대회명	개최장소(기간)	강연제목
1	서형탁	KISM 2022	Busan, Korea (22/11/13 ~ 22/11/16)	Precise Spectroscopic Analysis on Ultrathin Oxide Layer and Interfaces for Advanced ICs and Emerging Devices
2	서형탁	KISM 2023	Busan, Korea (23/11/19 ~ 23/11/23)	Frontier Metrology, Diagnosis, and Modeling for Nanoscale IC Integration and Emerging Device Process 세션 조직위원 초청강연: Spectroscopically Resolved Electronic Band Structures of Ultrathin Oxide Layers and Interfaces for Advanced ICs and IGZO-based TFTs

연번	사업단 참여교수	학술대회명	개최장소(기간)	강연제목
3	김환명	7th International Conference on Molecular Sensors & Molecular Logic Gates (MSMLG 2022)	Radisson Blu Hotel, Dublin, Ireland (2022.07.12.-15.)	Two-Photon Probes for In Vivo Imaging and PDT
4	서호성	American Physical Society March Meeting (2023)	Las Vegas, Nevada, USA 2023.03.05. - 2023.03.10	First-principles investigation of optically active quantum defects in hexagonal boron nitride

#### 나. 프로그램 chair 및 committee member 활동

연번	사업단 참여교수	학술대회명	개최장소 (시기)	역할
1	염동일	CLEO-PR 2024 (The 16th Pacific Rim Conference on Lasers and Eletro-optics, <a href="http://www.cleopr2024.org/">http://www.cleopr2024.org/</a> )	인천 (2024. 8.)	Ultrafast and Nonlinear Phenomena 세션 Program chair

#### 다. 초빙교수 임용

- 본 사업단의 사업단장인 장혜영 교수는 중국 Zhejiang University의 해외 초빙교원으로 임용 (2022. 10. 01.- 2024. 12. 31) 되어 온라인 수업을 진행하였음.

#### 라. 국제 학술지 활동

- 사업단 참여 교수들은 SCI 등재지의 editorial board member, editor-in-chief, associate editor, special issue guest editor 등으로 활동하고 있음.

연번	사업단 참여교수	학술지명	역할
1	조인선	Applied Chemical Engineering	Editorial board member
2	장혜영	ChemistrySelect	Editorial board member
3	장혜영	Catalysts	Editorial board member
4	최권영	Journal of Microbiology and Biotechnology	Editor
5	서호성	Frontiers in Quantum Science and Technology	Review Editor
6	염동일	Current Applied Physics	Editorial board member
7	염동일	Journal of the Korean Physical Society	Editorial board member
8	김환명	Smart Molecules	Editorial Board Members
9	김주민	Macromolecular Research	Editor
10	박지용	Journal of the Korean Physical Society	Editor-in-Chief

연번	사업단 참여교수	학술지명	역할
11	안병민	Metals and Materials International	Editor
12	안병민	Metals	Editorial board member
13	안병민	Korean Journal of Metals and Materials	Editorial board member
14	이창구	Applied Sciences	Editorial board member
15	이창구	Water	Guest Editor
16	이창구	Sustainability	Guest Editor

## ② 국제 공동연구 실적

### 1) <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 참여교수	국외 공동연구자			
1	안병민	Man Mohan	인도/Run gta College of Engineeri ng and Technolo gy	“A comprehensive review of the prospects for future hydrogen storage in materials - Application and outstanding issues”, International Journal of Energy Research 2022, 46, 16150-16177.	<a href="https://doi.org/10.1002/er.8322">doi.org/10.1002/er.8322</a>
2	김석기	Chundong Zhang	중국/Nanj ing Tech University	“Active and selective reverse water-gas shift reaction over Pt/Na-Zeolite catalysts”, Journal of CO <sub>2</sub> Utilization, 2022, 66, 102291.	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jcou.2022.102291">doi.org/10.1016/j.jcou.2022.102291</a>
3	안병민	Sheetal Kumar Dewanga	인도/India n Institute of Technolo gy	“A review on high-temperature applicability: A milestone for high entropy alloys”, Engineering Science and Technology, an International Journal 2022, 35, 101211.	<a href="https://doi.org/10.1016/j.estch.2022.101211">doi.org/10.1016/j.estch.2022.101211</a>
4	안병민	Devesh Kumar	인도/India n Institute of Technolo gy	“Enhancing the oxidation resistance of nanocrystalline high-entropy AlCuCrFeMn alloys by the addition of tungsten”, Journal of Materials Research and Technology, 2022, 21, 4960-4968.	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.11.078">doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.11.078</a>
5	김석기	Ruxing Gao	중국/Nanj ing Tech University	“Efficient utilization of CO <sub>2</sub> in power-to-liquids/power-to-gas hybrid processes: An economic-environmental assessment”, Journal of CO <sub>2</sub> Utilization 2023, 68, 102376.	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jcou.2022.102376">doi.org/10.1016/j.jcou.2022.102376</a>



6	이재현	Seyed Mehdi Sattari-Esfahlan	오스트리아/Technische Universität Wien	“Low-Temperature Direct Growth of Amorphous Boron Nitride Films for High-Performance Nanoelectronic Device Applications”, ACS Applied Materials & Interfaces 2023, 15, 5, 7274-7281.	doi.org/10.1021/acsaami.2c18706
7	류학기	Jeremy Levy	미국/University of Pittsburgh	“Mott-Limited Thermopower of Pascal Electron Liquid Phases at the LaAlO <sub>3</sub> /SrTiO <sub>3</sub> Interface”, Physica Status Solidi B 2023, 260, 2200612.	doi.org/10.1002/psb.202200612
8	류학기	Ya Yang	중국/Beijing Institute of Nanoenergy and Nanosystems	“Hybrid photothermal structure based on Cr-MgF <sub>2</sub> solar absorber/PMMA-graphene heat reservoir for enhanced thermoelectric power generation”, Nano Energy 2023, 110, 108352.	doi.org/10.1016/j.nanoen.2023.108352
9	이창구	Soonho Hwang	미국/University of Illinois at Urbana-Champaign	“Stabilization of As-contaminated dredged sediment using Al- and Fe-impregnated food waste biochar”, Journal of Soils and Sediments 2023, 23, 2628-2640.	doi.org/10.1897/IEAM_2007-058.1
10	김유권	Yunfei Wang	중국/Xinxiang University	“Kinetic Evidence for Type-II Heterojunction and Z-Scheme Interactions in g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> /TiO <sub>2</sub> Nanotube-Based Photocatalysts in Photocatalytic Hydrogen Evolution”, ACS Applied Energy Materials, 2023, 6, 5197-5206.	doi.org/10.1021/acsaem.3c00130
11	최권영	Pradeep Kumar	인도/Shoolini University	“Recent Development in Urban Polyhydroxyalkanoates Biorefineries”, ChemBioEngReviews, 2023, 10, 441-461.	doi.org/10.1002/cben.202200045
12	서형탁	Shankara S. Kalanur	캐나다/Université du Québec à Trois-Rivières	“A Synergic Effect of Bi-metallic LayeredHydro-Oxide Cocatalyst on 1-D TiO <sub>2</sub> DrivenPhotoelectrochemical Water Splitting”, Journal of Asian Ceramic Societies, 2023, 11, 424-435.	doi.org/10.1080/21870764.2023.2237358
13	이재현	Jeewan Kim	미국/Washington University in Saint Louis	“Graphene nanopattern as a universal epitaxy platform for single-crystal membrane production and defect reduction”, Nature Nanotechnology 2022, 17, 1054-1059.	doi.org/10.1038/s41565-022-01200-6
14	이재현	Eunjeong Kim	미국/Lawrence Livermore National Laboratory	“Surface Passivation of Layered MoSe <sub>2</sub> via van der Waals Stacking of Amorphous Hydrocarbon”, Small 2022, 18, 2202912.	doi.org/10.1002/smll.202202912

15	박은덕	Rofice Dickson	파키스탄/ Lahore University of Managem ent Sciences (LUMS	“Global transportation of green hydrogen via liquid carriers: economic and environmental sustainability analysis, policy implications, and future directions”, Green Chemistry 2022, 24, 8484-8493.	doi.org/10.1039/D2GC02079C
16	조성범	Km Arti Mishra	인도/Ram a University	“Bandgap analysis of transition-metal dichalcogenide and oxide via machine learning approach”, Journal of Physics and Chemistry of Solids 2022, 171, 110973.	doi.org/10.1016/j.jp cs.2022.110973
17	박지용	Van Tu Nguyen	베트남/Vi etnam Academy of Science and Technolo gy	“Mechanical failures of Two-Dimensional materials on polymer substrates”, Applied Surface Science 2022, 605, 154736.	doi.org/10.1016/j.a psusc.2022.154736
18	조인선	Xiaolin Zheng	미국/Stan ford University	“Crystal Reconstruction of Mo:BiVO <sub>4</sub> : Improved Charge Transport for Efficient Solar Water Splitting”, Advanced Functional Materials 2022, 32, 2208196.	doi.org/10.1002/ad fm.202208196
19	조성범	Ajay Kumar Kushwaha	인도/India n Institute of Technolo gy Indore	“Quantum Floquet spectra of surface and bulk state of topological insulator”, Physica E: Low-dimensional Systems & Nanostructures 2023, 145, 115496.	doi.org/10.1016/j.p hyse.2022.115496
20	이창구	Yong-jin Jung	미국/ State University of New York	“Effect of water filtration infrared-A (wIRA) sauna on inorganic ions excreted through sweat from the human body”, Environmental Science and Pollution Research 2022, 30, 18260-18267.	doi.org/10.1007/s1 1356-022-23437-3
21	서형탁	Shankara S. Kalanur	캐나다/Un iversité du Québec à Trois-Rivi ères	“Remarkably Low Oxygen Evolution Reaction Overpotentials using Two-Dimensional Ternary Vanadium Compounds”, Applied Surface Science 2023, 614, 156236.	doi.org/10.1016/j.a psusc.2022.156236
22	류학기	Sudong Chae	미국/Law rence Berkeley National Laborator y	“Position-Selective Growth of WO <sub>3</sub> Nanosheets for NH <sub>3</sub> Gas Sensors”, Crystal Growth&Design 2023, 23, 3447-3454.	doi.org/10.1021/ac s.cgd.3c00005

23	김환명	Thanh Chung Pham	베트남/ Vietnam Academy of Science and Technology	“Imidazole-carbazole conjugate for two-photon-excited photodynamic therapy and fluorescence bioimaging”, Chemical Communications 2023, 59, 4503-4506.	doi.org/10.1039/D3CC00108C
24	이창규	Pedro J.J. Alvarez	미국/Rice University	“Facile synthesis of N vacancy g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> using Mg-induced defect on the amine groups for enhanced photocatalytic •OH generation”, Journal of Hazardous Materials 2023, 449, 131046.	doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131046
25	이형우	Lingfei Wang	중국 / University of Science and Technology of China	“Polar Perturbations in Functional Oxide Heterostructures”, Advanced Functional Materials 2023, 2302261.	doi.org/10.1002/adfm.202302261
26	서형탁	Bruno G. Pollet	캐나다 / Université du Québec à Trois-Rivières	“Enhanced photoactivity towards bismuth vanadate water splitting through tantalum doping: An experimental and density functional theory study”, Journal of Colloid and Interface Science 2023, 650, 94-104.	doi.org/10.1016/j.jcis.2023.06.187
27	이형우	Jeremy Levy	미국 / University of Pittsburgh	“Surface acoustic wave generation and detection in the quantum paraelectric regime of SrTiO <sub>3</sub> -based heterostructures”, Physical Review B 2023, 108, L041402.	doi.org/10.1103/PhysRevB.108.L041402
28	류학기	Sudong Chae	미국 / Lawrence Berkeley National Laboratory	“One-step synthesis of Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Se microstructures for trace oxygen gas sensor application”, Sensors and Actuators B: Chemical 2023, 394, 134398.	doi.org/10.1016/j.snb.2023.134398

**<신산업분야 국제 공동연구 계획 대비 실적 표>**

국제 공동연구 실적은 2차년도 26편 대비 3차년도 한해 동안 28편으로 실적 상승을 이뤄냄. 이는 계획했던 국제 공동연구 네트워크가 성공적으로 확보되었다는 것을 의미하며, 본 사업단의 4대 중점 영역인 i) 신재생에너지 생산 기술, ii) 재생에너지 맞춤형 에너지 저장 및 분배 기술, iii) 에너지 소비효율 극대화 기술, iv) 에너지 수확 및 온실가스를 활용한 에너지 재활용 기술 개발 분야가 국제적 연구 트렌드에 적합함을 증명하는 것이기도 함. 게다가 4대 중점 분야와 관련하여, 기존 계획 외 국제 공동 연구 실적들을 다수 확보하였으며, 재작년 (1차년도) 및 작년 (2차년도)부터 시작된 공동 연구들은 변경 및 확장되고 있으며 앞으로 국제 공동연구 실적은 더욱 향상될 것으로 기대함.

중점 영역	세부 연구분야	공동 연구 내용	국제 공동 연구팀	참여 교수	달성 여부
에너지 생산	태양전지, 기능성 광-전 소자, 수소 개질 반응/가스화, 수전해 수송 생산, 광화학전지/광촉매 온실가스 저감	고성능 광전기화학촉매 전극	Shankara S. Kalanur 박사 연구팀 (캐나다 Université du Québec à Trois-Rivières)	서형탁	달성
		태양광 수소 생산 광촉매 기술	Xiaolin Zheng 교수 연구팀 (미국 스탠포드대)	조인선	달성
		광전기화학 기반 상온/상압 메탄-to-메탄올 생산 기술	Lili Cai 교수 연구팀 (미국 University of Illinois at Urbana-Champaign)	조인선	진행중
		위상절연체의 계면 특성을 활용한 고성능 광전소자	Ali Esfandiar 교수 연구팀 (이란 Sharif University of Technology)	이재현	진행중
에너지 저장/분배	이차전지, 슈퍼커패시터, Power-To-Gas (P2G), 전력배송, 마이크로 그리드, 빅데이터/인공지능 기반 에너지 분배	계산 이론 개발 및 양자 센싱, 양자 컴퓨팅 개발 응용	Giulia Galli 교수 연구팀 (미국 University of Chicago)	서호성	진행중
		계산 이론 연구 및 양자 메모리 초기화 과정 특성 연구	Yuan Ping 교수 연구팀 (미국 University of Wisconsin-Madison)	서호성	진행중
		마찰전기의 기계화학적 시뮬레이션 기법	Izabela Szlufarska 교수 연구팀 (미국 University of Wisconsin-Madison)	조성범	진행중
		리튬-산소 전지 전해질 및 전해질 촉매의 열화 후 전지 내 거동 가능성에 대한 검증 연구	Peter G. Bruce 교수 연구팀 (영국 옥스퍼드대)	곽원진	달성

에너지 소비	전-광 소자, 경량소재, 저전력소자, 집단 에너지, 친환경/안전 기술	2차원 반도체 물질 및 이종접합구조의 효율적인 성장법	Nguyen Van Tu 박사 연구팀 (베트남 Vietnam Academy of Science)	박지용	진행중
		낮은 절연상수를 가진 비정질 BN 필름의 저온 합성법	Seyed Mehdi Sattari-Esfahlan 박사 연구팀 (오스트리아 Technische Universität Wien)	이재현	달성
		거대고리 화합물의 형태변환에 의한 분자인식 연구와 이들의 광센서 응용	Evgeny A. Kataev 교수 연구팀 (독일 Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg)	김환명	진행중
		저분자 광전자 물질의 구조 개선을 통한 광감각제 활용	Zhihong Liu 교수 연구팀 (중국 Hubei University)	김환명	진행중
		고엔트로피 합금 신규 조성 설계 및 물성 예측	Vinod Kumar 교수 연구팀 (인도 Indian Institute of Technology Indore)	안병민	진행중
에너지 재활용	이산화탄소 활용, 열전 및 압전 기반 에너지 수확 소자	이산화탄소 수소화를 통한 석유대체 화학원료 합성공정	Chundong Zhang 교수 연구팀 (중국 Nanjing Tech University)	김석기	달성
		바이오 탄소 자원에서 생물 촉매 및 생물 전환 기술	Pradeep Kumar 교수 연구팀 (인도 Shoolini University)	최권영	달성
		마찰전기 에너지 수확 소자의 전하거동, 이온거동	Daniele Dini 교수 연구팀 (영국 Imperial College London)	조성범	진행중

### ③ 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

본 사업단은 국제 심포지엄 3건 ① 2022 Ajou-ETH Zurich Symposium on Novel Imaging Systems and Applications, ② 2022 Kyoto-Zhejiang-Ajou Joint Symposium on Energy Science, ③ 2023 Ajou-Chiba Joint Symposium)을 성공적으로 개최하였으며, 국제 공동연구 실적 19건, 해외 석학 활용 7건, 해외전문가 초청 세미나 17회(Global Lecture Series 4회, 해외석학초청 세미나 13회)까지 활발한 활동을 수행하였음. 사업단 구성원들의 향후 국제 연구 계획들을 추진하도록 장려하고 활발한 국제 연구 교류 결과를 확보하여 세계적 연구 경쟁력을 갖추고자 함.

#### 가. 해외 대학과의 공동 심포지엄

##### (1) Ajou-ETH Zurich Symposium

프로그램명	2022 Ajou-ETH Zurich Symposium on Novel Imaging Systems and Applications
심포지엄일자	2022년 9월 28일
장소	zoom 온라인 심포지엄
참여인원	28명
아주대 참여자	교수 5명(김주민, 서성은, 심태섭, 장혜영, 황종국)
	대학원생 19명(김나영, 김자영, 김종식, 김주은, 박지인, 배윤재, 오치영, 우진성, 유탁현, 이원준, 이지희, 이현욱, 장재연, 조영기, 진대권, 최명수, 최하은, 홍사빈, 홍서영)
발표자	아주대 교수 2건, ETH 포스닥 1건, KICET 포스닥 1건, Paul Scherrer Institute 포스닥 1건

- 2022년 9월 28일 아주대 주관 Ajou-ETH Zurich Symposium on Novel Imaging Systems and Applications 온라인 심포지엄에 아주대 교수 5명, 대학원생 19명이 참석하였음.

##### (2) Kyoto-Zhejiang-Ajou Joint Symposium on Energy Science

프로그램명	Kyoto-Zhejiang-Ajou Joint Symposium on Energy Science
심포지엄일자	2022년 12월 9일
장소	교토대학교 & zoom 온라인 심포지엄
참여인원	46명
아주대 참여자	교수 5명(장혜영, 곽원진, 김석기, 이재현, 최권영) 외
	대학원생 8명(이현욱, 전상진, 박인영, 전재영, 이원준, 이기욱, 문지윤, 신호준)
발표자	아주대 대학원생 10건(구두 4건, 포스터 6건), 교토대 대학원생 15건(구두 9건, 포스터 6건), 저장대 14건(구두 7건, 포스터 7건)

- 2017년부터 중국 저장대가 참여하여 Ajou-Kyoto-Zhejiang Joint Symposium on Energy Science로 확대되어 한-중-일 에너지 분야 학술/인적 교류를 지속해 오고 있음. 2022년 12월 9일 교토대 주관 Kyoto-Zhejiang-Ajou Joint Symposium on Energy Science 온라인 심포지엄에 아주대 교수 5명, 대학원생 8명이 참석하였음.



### (3) Ajou-Chiba Joint Symposium

프로그램명	2023 Ajou-Chiba Joint Symposium
심포지엄일자	2023년 2월 9일
장소	치바대학교, 리켄연구소
참여인원	35명
아주대 참여자	교수 11명(장혜영, 박지용, 서호성, 이재웅, 이형우, 임준원, 염동일, 김주형, 유성주, 김환명, 박성준) 외
	대학원생 9명(김명건, 최해남, 이상혁, 류재민, 이미현, 최중석, 김다슬, 신동준, 이인호)
발표자	아주대 교수 7건(구두), 대학원생 9건(포스터), 치바대 교수 6건(구두), 대학원생 9건(포스터)

- 2023년 2월 9일 치바대 주관 Ajou-Chiba Joint Symposium 에 아주대 교수 11명, 대학원생 9명이 참석하였음.

#### 나. 해외 연구자와의 공동연구 실적

연번	해외 연구팀	공동연구 내용	참여교수
1	캐나다 Hydrogen Research Institute, Université du Québec à Trois-Rivières의 Shankara S. Kalanur 박사 연구팀	2차원 바나듐 화합물 조성을 기반으로한 고성능 광전기화학촉매전극에 대한 공동 연구를 수행하였음.	서형탁
2	독일 Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg의 Evgeny A. Kataev 교수 연구팀	거대고리(macrocyclic) 화합물의 형태변환에 의한 분자인식 연구와 이들의 광센서 응용을 위한 공동연구를 수행함.	김환명
3	중국 Hubei University의 Zhihong Liu 교수 연구팀	저분자 광전자 물질의 구조 개선을 통한 광감각제 활용과 이들의 성능 평가에 대한 공동 연구를 수행하여 논문을 제출하였음.	김환명
4	미국 / University of Chicago의 Giulia Galli 교수 연구팀	고체 기반 스핀 큐비트의 양자 동역학 예측을 위한 계산 이론 개발 및 양자 센싱, 양자 컴퓨팅 개발 응용을 위한 공동 연구를 수행함.	서호성
5	미국 / University of Wisconsin-Madison의 Yuan Ping 교수 연구팀	산화물 양자 점결합의 광학적 특성 및 스핀 특성 규명을 위한 계산 이론 연구 및 양자 메모리 초기화 과정 특성 연구에 대한 공동연구를 수행함.	서호성
6	오스트리아 TU Wien의 Seyed Mehdi Sattari-Esfahlan 박사 연구팀	낮은 절연상수를 가진 비정질 BN 필름의 저온 합성법 개발에 관한 공동연구를 수행하였음	이재현
7	이란 Sharif University of Technology의 Ali Esfandiar 교수 연구팀	위상절연체의 계면 특성을 활용한 고성능 광전소자 기술개발에 관한 공동연구를 수행하였음	이재현
8	Rice University의 Pedro J.J. Alvarez 교수 연구팀	Facile synthesis of N vacancy g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> using Mg-induced defect on the amine groups for enhanced photocatalytic •OH generation	이창구

연번	해외 연구팀	공동연구 내용	참여교수
9	South China Normal University의 Mingzhi Huang교수 연구팀	Degradation of imidacloprid via the activation of peroxymonosulfate and peroxydisulfate using a Fenton-sludge-derived Fe0/Fe3C composite	이창구
10	미국 University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC) Lili Cai 교수 연구팀	광전기화학 기반 상온/상압 메탄-to-메탄올 생산 기술 개발 진행 중 (쥬미팅 및 시편 배송을 통한 공동연구)	조인선
11	미국 Stanford University의 Xiaolin Zheng 교수 연구팀	광전기화학 기반 수소생산을 위한 나노구조 광전극 표면 처리 기술 개발 연구를 진행하였음. (관련 논문 12월에 투고 예정)	조인선
12	스위스 ETH Zurich의 ScopeM (Scientific Center of Optical and Electron Microscopy)의 이성식 박사팀	아주대 보유 미세유체 기술 및 ETH 보유 이미징 기술을 융합한 공동 연구 진행. 공동 연구 결과를 정리한 논문 준비 중.	김주민
13	미국 Georgia Tech 이승우 교수 연구팀	아주대 보유 미세 유체 기술과 Georgia Tech보유 배터리 분석 기술을 융합하여 공동 연구 진행. 다양한 학술 대회에 공동 연구 결과 발표. 공동 연구 논문 작성 중	김주민
14	미국 University of Wisconsin-Madison의 Izabela Szlufarska 교수 연구팀	마찰전기의 기계화학적 시뮬레이션 기법에 대해 공동연구를 수행하였음.	조성범
15	영국 Imperial College London의 Daniele Dini 교수 연구팀	마찰전기 에너지 수확 소자의 전하거동, 이온거동에 대해 공동연구를 수행하였음.	조성범
16	베트남/ Vietnam Academy of Science의 Nguyen Van Tu 박사 그룹	2차원 반도체 물질 및 이종접합구조의 효율적인 성장법 개발 공동연구를 수행하였음.	박지용
17	인도 Indian Institute of Technology Indore의 Vinod Kumar 교수 연구팀	머신러닝과 CALPHAD 시뮬레이션을 통한 고엔트로피 합금 신규 조성 설계 및 물성 예측에 관한 공동 연구를 수행하였음.	안병민
18	중국 / Nanjing Tech University의 Chundong Zhang 교수 연구팀	이산화탄소 수소화를 통한 석유대체 화학원료 합성공정에 대한 촉매 개발 및 공정 설계에 대한 공동 연구를 수행하였음	김석기
19	인도 Shoolini University Pradeep Kumar 교수 연구팀	바이오 탄소 자원에서 생물 촉매 및 생물 전환 기술을 이용 PBAT, Indigo biochemical 생산 공동연구 수행.	최권영
20	영국 옥스퍼드대 Peter G. Bruce 교수 연구팀	리튬-산소 전지 전해질 및 전해질 촉매의 열화 후 전지 내 거동 가능성에 대한 검증을 진행하여 산화-환원 촉매의 활성산소 안정성을 바탕으로 한 분류를 최초로 진행함.	곽원진

#### 다. 해외 석학 활용

연번	초빙/재원 교수	활용 내용	기간
1	일본 교토대 에너지학과 Keiichi N. Ishihara 2019.09.01. 계약	교토대와의 협력 프로그램(아주-저장-교토 공동 심포지움)의 중심적 역할을 수행하며 사업단의 국내외 에너지 분야 네트워크 구축에 기여하였음.	재임용 ~2024.08.31

연번	초빙/객원 교수	활용 내용	기간
2	일본 치바대 Takashige Omatsu 2019.09.01. 계약	포토닉스 분야의 세계적인 석학으로서 Chiba University의 대학원 장을 역임하고 있으며, 사업단과 관련 공동연구를 수행하며 활발한 교류를 지속하고 있음. 아주-치바 공동 심포지엄 운영하고, 아주대-치바대 복수학위 체결을 완료하였음.	재임용 ~2024.02.26
3	미국 캘리포니아대학 산타크루즈 Yuan Ping 2020.04.01. 계약	4단계 BK21 사업의 양자정보 에너지 기술 분야의 전문가로 학과의 연구 및 해당 분야의 교육에 중요한 역할을 하고 있음. 향후 학생들의 장단기 해외 연수 및 해외 대학 교류 가능성을 고려하여 재임용을 추천함.	재임용 ~2024.03.31
4	중국 저장대 Xiang Gao 2023.03.01. 계약	금속산화물반도체 (CMOS) 전문가로 Baima Lake Laboratory 및 State Environmental Protection Engineering Center for Coal Fired Air Pollution Control의 Director 임. 아주-저장-교토 공동심포지움 운영.	임용 ~2024.02.29
5	일본 RIKEN 이화학연구소 김유수(Yousoo Kim) 2023.03.01. 계약	에너지 변환/이동 분야의 전문가로 학과 내 강의, 대학원생 공동지도, 공동연구, 리켄 연구소 견학 지도를 수행함.	임용 ~2024.02.29
6	스위스 ETH Zurich 이성식(Sung Sik LEE) 2023.03.01. 계약	2023년 8월 23일에 이성식 박사를 초청하여 ‘2023년 Microscopy & Raman Spectroscopy’ 관련 여름 학교를 진행함.	임용 ~2024.02.29
7	캐나다 Toronto Metropolitan University 황대근(Dae Kun Hwang) 2023.03.01. 계약	2023년 1학기 졸업생인 조영기 학생의 석사 학위 심사위원으로 참여함. 2023년 6월 13일 아주대 방문하여 Dual-view imaging관련 협력 방안 논의	임용 ~2024.02.29

#### 라. 해외 전문가 초청 세미나

##### <Global Lecture Series>

연번	날짜	장소	제목	연사	소속
1	2023.03.29	팔달관 108호	Microfluidic Particle Factories: Fundamental Discoveries Leading to Startup Companies	Patrick S. Doyle	미국 MIT, Department of Chemical Engineering
2	2023.04.05	팔달관 108호	Bioinspired Materials and Applications	이승욱	UC Berkeley, Department of Bioengineering
3	2023.04.13	연암관 대강당	The Development of Organocatalysis, and the Pathway to a Nobel Prize.	David W.C. MacMillan	미국 Princeton University / 2021년 노벨화학상
4	2023.05.12	연암관 대강당	Materials for the Future	Konstantin S. Novoselov	싱가포르국립대학 / 2010년 노벨물리학상

<해외석학 초청 세미나>

연번	날짜	장소	제목	연사	소속
1	2022.09.14	에너지센터 311호	Smart Combustion Technology for CO2 Reduction in Stationary Sectors	박찬승	University of California
2	2022.11.01	원천관 507호	Hunting for exotic quasiparticle bound states in a conventional superconductor with scanning tunneling microscopy and spectroscopy	김호원	독일 University of Hamburg 물리학과
3	2022.11.02	원천관 507호	THz Charge, Spin, and Magnon Currents in Magnetic Heterostructures	이규섭	싱가폴 National University of Singapore, Department of Electrical and Computer Engineering
4	2022.11.04	원천관 507호	Extreme Conditions Physics: Low temperature & High magnetic field	조창우	프랑스 Grenoble High Magnetic Field Laboratory
5	2023.04.19	성호관 131호	Mechanistic study of single-molecule surface reaction induced by unusual vibrational excitation	이민희	동경대학교 응용화학학과
6	2023.05.24	zoom/성호관 131	How Biomarkers and Bioinformatics are used for Drug Development	윤오규	Gilead Sciences
7	2023.07.25	에너지센터 311호	Applying New Synthetic Methodologies to Versatile Polymerizations and Self-Assembly Process	최태림	ETH Zurich
8	2023.08.22	서관 303호	2023 Microscopy & Raman Spectroscopy 기초 여름학교	이성식	ETH Zurich
9	2023.04.13	연암관 대강당	Renaissance Engineering with 3D Printing	손용호	미국 University of Central Florida
10	2023.04.13	연암관 대강당	Advances in lightweight metallic materials for aerospace application and associated challenges	Vinod Kumar	인도 Indian Institute of Technology Indore
11	2023.05.12	에너지센터 311호	Soft Biosensors and Bioelectronics for Health Monitoring and Disease Diagnosis	여운홍	Georgia Institute of Technology
12	2023.05.23	에너지센터 311호	Structural studies of mitochondrial chaperones	이숙영	Baylor College of Medicine
13	2023.06.07	에너지센터 311호	Towards new applications of organic semiconductors in organic optoelectronics	Jean Charles Ribierre	University of St. Andrews (School of Physics and Astronomy)

#### 마. 외국대학 및 연구기관과의 교류 계획

본 사업단의 참여교수 및 학생들은 탄소-제로 에너지 시스템 관련 연구 성과의 확산을 통한 국제적 신뢰와 인지도 향상을 위해 다양한 국제 Conference에 참가하여 해외 대학 및 연구기관과의 연구 성과 교류를 지속적으로 활성화 시킬 예정이며, 기존 계획 수준에 멈추지 않고 지속적으로 확장해 나갈 것임.

- 일본 치바대와는 ‘Ajou-Chiba Joint Symposium’의 이름으로 매년 에너지 분야의 융합기술 교육 및 학술대회가 개최되고 있으며 해당 국제 심포지엄은 지속적으로 진행될 예정임. 2024년 2월 16일 개최 예정.
- 에너지시스템학과에서는 이재현 교수와 국제공동연구를 수행하고 있는 Washington University in Saint Louis (USA)의 배상훈 교수를 초청하여 에너지 소재 기술 관련 학생 대상 특강을 “에너지 겨울학교” 운영을 통해 진행 예정. 12월 26일, 28일 개최 예정.
- University of California at Riverside의 환경, 에너지분야의 연구 센터인 Winston Chung Global Energy Center와 국제 공동 교육 및 연구 수행을 위해 MOU 체결을 위한 논의 진행 중. 2024년 2월 Joint Symposium 개최 예정.
- 서형탁 교수는 캐나다 케백 대학의 Hydrogen research institute의 Shakara S. Kalanur 교수팀과 수전해 및 태양광을 이용한 친환경 수소 생산 기술 개발을 위해 공동연구 및 논문작성을 진행할 계획이며 연구원 상호교류를 진행할 계획임.
- 서형탁 교수는 베트남 호치민 과학기술대학 (Ho Chi Minh City University of Science) 재료공학과의 Le Thai Duy 교수팀과 기능성 센서 분야에 대한 공동연구 및 논문작성을 진행할 계획이며 연구원 상호교류를 진행할 계획임.
- 김환명 교수는 중국 Hubei University의 Zhihong Liu 교수 그룹과 저분자 광전자 물질의 구조 개선을 통한 광감각제 활용과 이들의 성능을 검증하는 연구를 지속할 계획이며 향후 논문을 제출할 계획임.
- 김환명 교수는 독일 Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg의 Evgeny A. Kataev 교수 연구팀과 거대고리(macrocyclic) 화합물의 형태변화에 의한 분자인식 연구와 이들의 광센서 응용을 위한 연구를 지속할 계획이며 향후 논문을 제출할 계획임.
- 서호성 교수는 미국 시카고 대학의 Giulia Galli 교수 연구팀과 다이아몬드 스핀 큐비트의 양자 센싱 및 양자 컴퓨팅 응용 연구를 위해 스핀 동역학을 예측하고 큐비트 성능 향상을 위한 공동 연구를 수행함. 이를 위해 박희진 (석박통합 4년차) 학생이 아주대 BK 및 성균관대 양자정보 연구지원센터의 해외 장기 연수 프로그램 지원을 받아 2023년 1월부터 1년간 시카고 대학 Giulia Galli 교수 연구팀에 방문 학생으로 파견되어 공동 연구를 수행 중. 2024년 본 공동 연구는 한국과학기술원 양자정보연구단, 미국 Chicago Quantum Exchange의 주요 참여 기관인 시카고 대학 및 아르곤 국립 연구소 실험 연구팀이 참여하는 2차원 양자 스핀 환경에 대한 국제공동연구로 확대되어 진행되는 것으로 협의됨.
- 서호성 교수는 아주대 초빙교원이기도 한 미국 University of Wisconsin-Madison 대학의 Yuan Ping 교수 연구팀과 새로운 산화물 양자 결함 탐색 및 2차원 결함 기반 양자 메모리 연구 국제 공동 연구를 수행함. 이를 위해 서호성 교수는 연구년 파견 연구를 Yuan Ping 교수 연구그룹에서 수행 중임. 특히 미공군 연구소가 지원하고 (C-FIRE), 위스콘신-메디슨 대학, University of Washington, Caltech 연구팀이 진행하는 ZnO 양자 결함 탐색 공동 연구에 2023년 7월부터 참여하여 진행 중임. 2024년 1월부터 이재욱 (박사과정 2년차), 박태준 (석박통합 3년차) 학생이 위스콘신-메디슨 대학에서 1년간 해외장기연수를 수행하면서 함께 공동연구를 수행할 예정. 이를 위해 2023년 11월 성균관대 양자정보 연구지원센터의 4차 해외 장기연수 프로그램에 지원해서 최근 선정 확정됨.
- 이재현 교수는 Washington University in Saint Louis의 Sang-Hoon Bae 교수를 초청하여 나노멤브레인 소재 합성 및 적층 기술 및 활용방안을 위한 기술교류회를 2023년 12월 중으로 개최 예정.
- 이창구 교수는 미국 Rice University의 Pedro J.J. Alvarez 교수 연구팀과 TiO<sub>2</sub> 반응 면 선택적인 금속 도핑에 따른 용존 유기오염 물질과의 상호작용 및 오염물질 분해효율에 미치는 영향에 대한 분석 연구를 진행하고 있음.

- 이창구 교수는 미국 Florida Polytechnic University의 Kim Jun 교수와 머신러닝 모델을 활용한 UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 공정의 염색폐수 색도 제거시 운전 인자 최적화 및 기여도 확인에 관한 공동연구를 진행하고 있으며 논문작성을 진행중에 있음.
- 이형우 교수는 미국 위스콘신 주립대학교 Chang-Beom Eom 교수와 지난 연도에 이어 공동연구를 지속 중임. 원자층 수준으로 얇은 두께의 강유전체 산화물 박막 및 프리스텐딩 멤브레인 신소재에 관한 연구를 수행 중이며 해당 신소재를 에너지 수확 기술 분야에 적용할 수 있는 공동연구를 계획 중임.
- 조인선 교수는 미국 University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC) Lili Cai 교수 연구팀과 광전 기화학 기반 상온/상압 메탄-to-메탄올 전환 기술 개발에 대한 공동연구를 수행하고 있음.
- 김주민 교수는 미국 MIT의 Patrick Doyle가 2023년 3월 29일 아주대학교 김주민 교수 연구실을 방문하여 현재 개발 중인 dual-view imaging 시스템에 대해서 논의하고 해석 결과의 완성도를 높일 수 있는 자문을 수행함. 또한 ‘Microfluidics changing the world라는 주제로 세미나를 개최함.
- 김주민 교수는 미국 GeorgiaTech 이승우 교수가 2023년 6월 6일에 아주대를 방문하여 공동 연구 진행 결과를 서로 점검하였으며, 아주대 보유 글로벌 박스 등을 활용하여 코인셀 조립 및 충방전 테스트 등 전기화학적 분석법 등에 대한 노하우에 대한 자문 및 미세유체공학 기술과 배터리 기술을 융합하는 방안에서 논의하고, 진행되는 중인 논문의 완성도를 높여 공동 연구 논문을 출간하기로 함.
- 김주민 교수는 2023년 8월 23일 스위스 ETH Zurich의 ScopeM (Scientific Center of Optical and Electron Microscopy)의 이성식 박사를 초청하여 ‘2023년 Microscopy & Raman Spectroscopy’ 관련 여름 학교를 진행함. 또한 아주대 보유 미세유체 및 ETH Zurich 보유 가시화 기법을 활용한 공동 연구 논문을 진행 중임.
- 김주민 교수는 2023년 6월 13일 캐나다 Toronto Metropolitan University의 황대근 교수가 아주대 김주민 연구실을 방문하여 dual-view imaging 시스템에 대해 의견을 교류하고, 향후 협력 연구를 진행하기로 함.
- 조성범 교수는 영국 Imperial College London의 Daniele Dini 교수 연구팀과 에너지 수확소자에 활용되는 마찰전기의 메커니즘을 규명하기 위한 이론을 개발하기 위해 논의 진행 중임
- 조성범 교수는 중국 리버풀대학교 시안캠퍼스의 최희재 교수 연구팀과 물분해 반도체성 화학촉매에 관련된 새로운 이론을 개발하기 위해 공동연구를 계획중임
- 박지용 교수는 미국 University of Illinois at Urbana-Champaign의 Materials Research Lab의 Julio A. N. T. Soares박사 및 Kathy Walsh 박사와 본 그룹에서 성장한 2차원 물질 및 이중접합구조에서의 나노스케일 광 및 기계적 특성 공동 연구를 계획하고 있음.
- 박지용 교수는 미국 Oregon State University 물리학과 Ethan Minot 교수그룹과 나노물질을 이용한 광전에너지 변환 기작에 대한 연구와 나노전자소자 및 나노광소자 응용가능성 탐색 연구를 계획하고 있음.
- 안병민 교수는 인도 Indian Institute of Technology Indore의 Vinod Kumar 교수 연구팀과 머신러닝을 통한 복잡계 고엔트로피 합금의 물성 예측 공동 연구를 지속하기로 하였으며, 공동 세미나 개최 또는 방문 연구를 통해 상호 교류 활성화를 도모할 계획임.
- 최권영 교수는 인도 Shoolini University의 Pradeep Kumar 교수팀과 바이오매스 기반 바이오 탄소 자원을 이용하여 생물 촉매 및 생물 전환 기술을 통해 PBAT 생분해 고분자 및 bio-dyes/pigments 등 석유계 원료 대체를 위한 친환경 공정 기술 개발 공동 연구를 계획하고 있음.
- 안영환 교수는 영국 Queen Mary University of London의 SaeJune Park교수 그룹과 THz 하이브리드-메타 환경센서 개발을 위한 공동연구를 진행 중이며, 공동논문 작성을 진행 중임.



## □ 산학협력 대표 우수성과

## ❖ 대표적 참여교수 산학협력 성과

- 최근 1년간 (2022.9.1.-2023.8.31.) 산업체 과제 총 22건, 7.2억원 수주, 지자체 과제 총 5건, 3.4억원 수주
- 최근 1년간 (2022.9.1.-2023.8.31.) 총 4건, 총 12.4억원 규모 기술이전실적 달성
- 최근 1년간 (2022.9.1.-2023.8.31.) 총 21건의 국내특허, 5건의 국제특허 등록 달성.
- 서형탁 교수의 기술이전성과는 중앙일보 대학평가의 우수기술이전사례로 언론보도
- 류학기 교수의 창업 (주)하이퍼 머티리얼스

## ❖ 대표적 산학 간 인적/물적 교류 성과

사업단 비전에 제시한 Ajou Energy Valley 구축을 목표로 민관과의 긴밀한 협력을 위한 다양한 산학컨소시엄 구성 및 운영 활성화

- 탄소-제로 신재생에너지시스템 기업협업센터(ICC)의 운영 활성화: 2021년 설립된 ICC 운영을 더욱 활성화시켜 참여기업과 산학공동기술개발 과제 연계 프로젝트 수행, 특허출원 및 노하우 이전 등 다양한 성과를 창출함
- 1차년도 2개 (친환경 수소생산기술 산학협력 협의체, 태양광 신재생에너지 산학협력협의체)였던 산학협력 협의체에서 수소생산, 연료전지, 신재생에너지, RE100 산학협력 협의체 운영 활성화
- 신재생에너지 및 RE100/ESG 재직자 교육 프로그램 운영 및 RE100 협의체 세미나 개최하여 탄소중립 관점에서 최근 에너지 전환과 공급망 재편 동향 및 탄소국경세/RE100/ESG 공급망실사 등의 글로벌 환경규제에 대한 국내 기업들의 경쟁력을 제고하기 위한 대응방안을 논의
- 탄소-제로 지역에너지센터(센터장: 장혜영) 설립: 수원시와 협력하여 ‘탄소중립 그린도시’ 사업 참여
- 지역사회 청소년 대상 프로그램 확대: 지속가능발전 청소년 에너지 공감 캠프 (2022. 09) 및 지식나눔 및 실험체험 (2022.07) 행사
- 고등기술연구원과의 공동연구를 통한 R&D 프로젝트 수행 및 기술이전/사업화 기회 확대

## ❖ 대표적 산학공동 교육과정 구성 및 운영 성과

## &lt;교과과정&gt;

## - 신재생에너지프로젝트 (2학점, P/F)

아주대학교 기업협업센터(ICC) 내 참여중인 기업을 대상으로 애로기술을 청취하고, 학생이 주도적으로 해당 문제를 해결할 수 있는 PBL기반 교과목을 신설하여 수강인원 9 명이 후성 등 총 4개 기관과 함께 참여프로젝트 진행

## - 신재생에너지세미나 (2학점, P/F)

학교 및 연구소, 기업 내 에너지관련분야 전문가들의 초빙강연으로 구성된 ‘신재생에너지세미나’를 운영, 수강인원 45 명이 참여하여, 롯데케미컬을 비롯 총 39회 세미나 진행

## - 신재생에너지현장실습 (1학점, P/F)

산업현장 맞춤형 전문지식 함양을 위한 산업체 현장참여 연구활동 장려를 위한 교과목을 신설, 수강인원 15 명이 국립환경과학원을 현장방문하여 연구실습 진행

- 에너지 인력양성 사업 프로그램 개발: 사회수요 맞춤형 수소에너지 기술 및 양자정보과학 핵심 인력 양성을 위한 트랙 개발 및 운영.

## &lt;비교과과정&gt;

- **에너지산업체 기술교류 및 탐방:** 탄소중립 및 수소에너지 관련 산업체를 학생 총 82명이 탐방하여 시설을 견학하고 현장 연구자들과 간담회 진행
- **재직자대상 교육 :** 탄소중립과 ESG, RE100 기초 (2023. 04.19), 연료전지과학 심포지엄: 기초와 응용 (2022.08.17), 재생에너지를 이용한 수소 제조 기술 (2022. 11.23), 수소연료전지 창의융합 심포지엄 (2023. 08.02)
- **산업체 및 연구소 재직자 및 대학원생 장비 교육**

## 1. 참여교수 산학협력 역량

### 1.1 연구비 수주 실적

<표 4-1> 최근 1년간(2021.9.1.-2022.8.31.) 이공계열 참여교수 1인당 국내외 산업체 및 지자체 연구비 수주 실적

항 목	수주액(천원)		
	3년간(2017.1.1.-2019.12.31.) 실적 (선정평가 보고서 작성내용)	최근 1년간(2022.9.1.-2023.8.31.) 실적	비고
국내외 산업체 연구비 수주 총 입금액	1,329,544.88	729,978	
지자체 연구비 수주 총 입금액	350,000	34,404	
이공계열 참여교수 수	14	21.89	
1인당 총 연구비 수주액	119,967.49	429,998	

### 1.2 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

#### 가. 특허 실적의 우수성

최근 1년간 총 21건의 국내특허 및 5 건의 국제특허를 등록하였음. 아래 등록된 전체 특허를 표시하였음. 해당 실적은 선정 평가 당시 3년간 (2017.1.1.-2019.12.31.) 평균 특허 등록 실적 14 건을 비교하여 현격히 향상된 수준임.

3년간 (2017.1.1.-2019.12.31.) 특허 등록 실적	3년간 (2017.1.1.-2019.12.31.) 특허 등록 실적 평균	최근 1년간 (2022.9.1.-2023.8.31.) 특허 등록 실적
42 건	14 건 / 년	26 건

최근 1년간(2022.9.1.-2023.8.31.) 특허 실적			
참여교수	특허명	등록번호	국가
김주민	신장 유변 물성 측정장치	10-2589333	KR
김창구	플라즈마 식각 방법	10-2441772	KR
김창구	펜타플루오로프로판올(pentafluoropropanol)을 이용한 플라즈마 식각 방법	10-2461689	KR
김창구	저반사 구조물과 이의 제조방법, 이를 포함하는 태양전지 및 광학 필름	11,681,078	US
김창구	서지 흡수 장치의 제조방법	11,764,547	US
김환명	세포 내 지질방울 선택성 이광자 형광 트래커 및 이의 용도	10-2581525	KR
김환명	$\beta$ -갈락토시다아제 검출용 형광프로브 및 이를 이용한 의학적 용도	10-2588397	KR
김환명	지질방울 선택성 이광자 형광 프로브 및 이의 용도	10-2450455	KR
김환명	이광자 여기에 의해 활성산소종을 생성하는 이광자 염료 및 이의 용도	10-2469367	KR
류학기	투명하고 유연한 전자파 차폐 필름 제조방법	10-2524680	KR
박은덕	코어-셸 구조를 갖는 메탄 산화용 촉매, 이의 제조방법 및 이를 이용한 메탄의 산화 방법	7189338	JP
서형탁	광전 소자를 구비하는 바이오 센싱 장치	10-2515325	KR
신치범	전기자동차 리튬이온전지의 리튬 석출을 방지하기 위한 급속 충전 방법	10-2511976	KR
안병민	인공고관절용 비구부품의 고정나사 제거장치	10-2475909	KR
이상운	열전 복합체 및 그 제조방법, 그리고 열전 복합체를 포함하는 열전 소자 및 반도체 소자	10-2508548	KR
이상운	2차원 전자 가스 및 2차원 정공 가스 기반의 열전 소자, 및 그 제조방법	10-2508546	KR
이상운	이성분계 산화물 2DEG 및 2DHG 열전 소자 기반 능동 냉각 장치 및 그 제조방법	10-2597072	KR

이재현	탑 다운 방식을 이용한 2차원 소재의 제조방법	10-2592315	KR
이재현	그래핀 코팅 금속 나노와이어의 제조방법, 이에 의해 제조된 그래핀 코팅 금속 나노와이어를 포함하는 투명전극 및 반도체 소자	10-2547500	KR
이재현	탑 다운 방식을 적용한 2차원 소재의 제조 방법	11,691,880	US
이재현	플라즈마를 이용한 전이금속 디칼코게나이드-그래핀 이중접합 복합체 제조 방법	11,508,576	US
이창구	음식물 쓰레기를 이용한 응집 보조제 제조방법 및 이에 의해 제조된 응집 보조제를 이용한 폐수 처리 방법	10-2540584	KR
장혜영	이산화탄소-에폭사이드 반응 촉매, 이의 제조 방법 및 이를 이용한 폴리머 합성 방법	10-2576776	KR
장혜영	팔라듐 복합체 촉매 및 이를 이용한 폴리케톤 합성 방법	10-2509969	KR
최권영	생분해성 기능성 고분자 및 이의 생합성 방법	10-2492642	KR
최권영	피오멜라닌 생산능을 가지는 재조합 미생물 및 이에 의해 생산된 피오멜라닌	10-2486546	KR

#### 나. 기술이전 실적의 우수성

- 최근 1 년간 총 4 건의 기술이전 실적을 달성하였으며, 기술이전 총액은 12억 4천만원임. 대표적 산학협력 과제 및 기술이전 성과는 아래 나타내었음. 기술이전 액수는 선정 평가 당시 3년간 평균 기술이전 액수 2천8백원 대비 대폭 향상된 수준임.

- 사업 참여 교수 중 서형탁 교수는 수소 안전 분야에 획기적 전기를 마련할 ‘광범위 수소 농도 검출 전기식 센서’를 공동개발해 중견기업 (주)대현에스티로 기술이전에 성공했음. 정액 기술 이전료 12억원과 매출에 따른 로열티를 확보했음. 이전된 기술은 ‘광범위 수소 농도 검출 전기식 센서’로, 이 기술을 기반으로 수소 누설을 감지할 수 있을 뿐 아니라 수소전기차 등에서 실시간으로 수소 농도를 고정밀로 측정할 수 있음. 연구팀은 본 기술을 시제품 모듈화하여 22년 H2MEET 전시회 출품하였고 본 기술이전성과는 중앙일보 대학평가의 우수기술이전사례로 언론보도되었음.

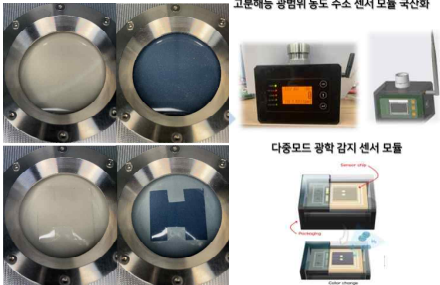

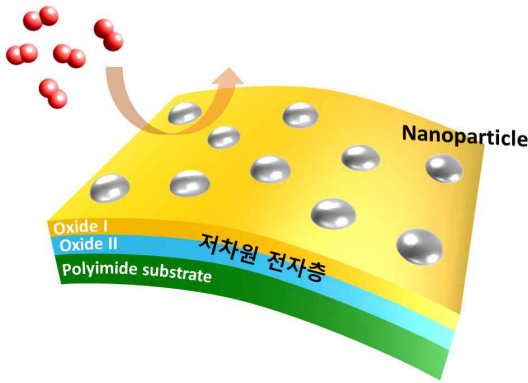
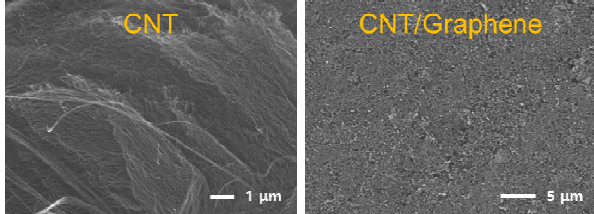
- 김창구 교수는 패치형 ‘2021 산학협력 엑스포’에서 산학협력 유공자로 선정되어 교육부장관 표창을 받았음.

- 이재현 교수는 주식회사 케어와 함께 1차원 그리고 2차원 탄소소재가 혼합된 형태의 3차원 복합소재를 구현하였음. 저온에서 대량으로 합성된 그래핀과 파우더 형태의 탄소나노튜브가 균일하게 혼합되는 조건을 확립함으로써 응집되는 부분이 최소화되었음. 이를 통해 용량과 수명을 증가시킬 수 있는 2차전지 음극재 소재 개발이 가능할 것으로 기대함.

3년간 (2017.1.1.-2019.12.31.) 기술이전 실적	3년간(2017.1.1.-2019.12.31.) 기술이전 실적 평균	최근 1년간 (2022.9.1.-2023.8.31.) 기술이전 실적
12 건	4 건 / 년	4 건
3년간 (2017.1.1.-2019.12.31.) 기술이전 액수	3년간 (2017.1.1.-2019.12.31.) 기술이전 액수 평균	최근 1년간 (2022.9.1.-2023.8.31.) 기술이전 액수
0.85 억원	0.28 억원 / 년	12.4 억원

최근 1년간(2022.9.1.-2023.8.31.) 기술이전 실적			
참여교수	기술명	기업명	기술료
서형탁	광범위 농도의 수소를 검출하는 수소 검출 센서	대현에스티	₩1,200,000,000
이상운	가스센싱기술	헥사솔루션	₩15,000,000
이재현	저온 그래핀 합성 기술	케어	₩15,000,000
김창구	패치형 유연전극 플라즈마	에스제이글로벌	₩10,000,000

아래는 본 사업단 참여 교수들이 기술 이전한 내용들 중에서 대표 사례와 해당 기술을 구현한 사진들임.

서형탁 교수가 기술이전한 광범위 수소 농도 검출 센 변색 센서와 모듈 기술	김창구 교수가 기술 이전한 패치형 유연전극 플라즈마 시스템
 <p>고분해능 광범위 농도 수소 센서 모듈 국산화</p> <p>다중모드 광학 감지 센서 모듈</p>	 <p>플라즈마 시스템      일회용 플라즈마 패치</p>
이상운 교수가 기술 이전한 초박막형 가스 센싱 기술	이재현 교수가 기술 이전한 그래핀을 활용한 탄소나노튜브와/그래핀 복합소재의 표면 SEM 이미지
 <p>Nanoparticle</p> <p>Oxide I</p> <p>Oxide II</p> <p>Polyimide substrate</p> <p>저차원 전자층</p>	 <p>CNT</p> <p>CNT/Graphene</p> <p>1 μm</p> <p>5 μm</p>

#### 다. 교원 창업실적

- 류학기 교수는 (주)하이퍼 머티리얼스를 공동창업하였음. 다양한 세라믹 분말을 이용하여 Aerosol deposition 방법으로 박막을 제조하고 이를 활용하여 다양한 소자를 제작할 수 있는 기판을 제조 판매함.

### 1.3 산학협력을 통한 (지역)산업문제 해결 실적의 우수성

<표 4-3> 최근 1년간(2021.9.1.-2022.8.31.) 참여교수 (지역) 산업문제 해결 대표실적

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	(지역)산업문제
	실적의 적합성과 우수성			
1	서형탁		에너지재료	지역기업과 연구협력
	<p>(주) 대현에스티는 경기도 화성에 위치한 특수 산업용 테이프 전문 중견 업체로 삼성전자 1차 협력사로서 수소 에너지 관련 신시장에 대한 새로운 제품군으로 수소감지센서에 대한 기술을 탐색 중 본 사업단 서형탁 교수가 보유 중인 수소변색센서 관련 기술 IP를 삼성전자 상생협력기술협의체에서 발견하여 공동 기술 평가 후에 21년에 대형기술이전 (기술이전료 13억)을 진행하여 기업체의 수소 시장에 대응 가능한 원천기술을 확보하였고 상용화에 성공하였다. 이러한 성공적 기술이전 및 상용화 경험을 바탕으로 고정밀 광대역 수소농도 센서기술의 필요성을 절감하여 서형탁 교수가 보유한 ‘광범위 수소 농도 검출 전기식 센서’를 22년에 대형기술이전하여 (기술이전료 12억) 공동개발해 수소 모듈화 양산 기술을 확보하였다. 두 기관은 공동개발을 통해 광범위 고정밀 수소농도측정세서 모듈을 국내 최대 수소전시회인 H2MEET에 22-23년 연속 출품하였고 기술의 우수성을 인정받아 다양한 국내외 수소기업체 및 수소자동차와 매출을 발생시키고 또한 신규 공동 기술 적용을 위한 개발을 진행하고 있다.</p>			

	김창구		화학공학	기업애로기술해소
2	경기도 부천에 소재하는 의료기기 및 레이저 치료기 개발 업체인 (주)에스제이글로벌은 김창구 교수 연구팀과 유연전극기반 대기압 플라즈마 시스템 개발을 위한 공동연구 수행. 공동연구의 결과로 (주)에스제이글로벌은 대기압 플라즈마 시스템의 대부분을 차지하는 plasma jet 방식이 아니라 dielectric barrier discharge 방식의 유연전극으로 플라즈마 시스템을 개발하였고 상용화 준비 중.			
	이상운		에너지물리	지역기업과 연구협력
3	(주)핵사솔루션은 원자층 증착 공정을 이용하여 광소자, 전자소자, 센서 소자 등을 개발하는 업체로 초박막형 소자 개발에 주력하고 있음. 이에 원자층 증착 공정 개발 노하우를 가지고 있는 본 연구팀과 협력하고 있음. 본 연구팀에서는 인체에 유해한 가스를 단 시간 내에 검출할 수 있는 초박막형 센서를 개발하였음. 10 nm 정도의 매우 얇은 두께를 가지는 초박막형 센서 소자 개발을 통해 특정 가스를 짧은 시간내에 검출할 수 있음. 이러한 기술에 대한 노하우를 (주)핵사솔루션에 이전하였음 (기술이전명: 가스 센싱 기술)			
	이재현		에너지재료	지역기업과 연구협력
4	(주)캐어는 에너지 환경관련 소재 기술개발 업체로 탄소복합소재를 활용한 고부가가치 음극소재를 발굴하기 위해 본 연구팀과 협업하고 있음. 현재 주로 사용되는 카본 블랙 도전재는 상대적으로 낮은 전기전도도를 가지고 있으며, 입자 형태이기 때문에 부착성이 떨어진다는 단점이 존재함. 탄소나노튜브는 카본블랙 대비 10% 이상 높은 전기전도도를 갖고 있어 도전재 사용량을 줄일 수 있고, 이에 따라 단위 중량 당 활물질의 양을 증가시킬 수 있어 배터리의 용량을 증가시킬 수 있으며, 높은 강도를 갖고 있어 고전압, 고속 충전에 유리함. 하지만, 도전재로 탄소나노튜브를 이용할 시 탄소나노튜브 간의 강한 응집력에 의한 문제, 분산매의 증발 시 표면으로 떠오르는 문제로 인해 활물질과 균일하게 혼합되지 않는 문제점이 있음. 본 연구팀은 “저온 그래핀 합성법”을 활용해 대량의 그래핀 소재를 확보할 수 있는 기술을 개발하였으며, 이 기술을 통해 1차원-2차원 탄소 복합소재를 구현하였으며 향후 고성능 그리고 높은 안정성을 갖는 음극재로 활용될 것으로 기대함.			

## 2. 산학 간 인적/물적 교류

### 2.1 산학 간 인적/물적 교류 실적과 계획

가. 지역 내 산학컨소시엄 허브구축 및 운영: 본 사업단에서는 다양한 신기술 개발 및 신산업 구축을 산업현장인력 교육 및 대학원생 교육/산업체 실습 기반의 사업단 운영을 통해 달성하고자 하였으며, 아래와 같은 전략을 구상한 바 있으며 관련한 진행 사항은 아래와 같음.

연번	당초 계획	계획 대비 실적
1	경기도 지원 연구비 수주 및 사회 맞춤형 연구개발 프로젝트 개발 및 센터 유치 확대	1. 아주대학교 탄소-제로 지역에너지센터 설립, 수원시와 협력사업 진행
2	기업 부설 연구소 유치 확대	1. 기업부설 연구소 1건 (주)압타바이오) 운용 중
3	경기도 내 고등기술연구원과 공동연구를 통한 대형 R&D 프로젝트 수행 및 기술이전/사업화 기회 확대	1. 고등기술연구원과 공동연구 수행 중 2. 고등 기술원 플랜트 엔지니어링 본부를 견학하여 수소에너지 관련 연구를 소개하고 수소 저장 연구시설 견학 (참석인원 39명, 2023.02.21.)
4	스마트 에너지 기업연계 협업센터 내 참여업체 모집을 통한 기술 및 연구교류, 워크샵 개최	1. 탄소-제로 신재생에너지시스템 기업협업센터 (ICC) 운영으로 참여기업과 산학공동기술개발 과제 연계 프로젝트 수행, 특허출원 및 노하우 이전 등 성과 창출 2. 수소생산, 연료전지, 신재생에너지, RE100 산학협력 협의체 운영 활성화



### 〈1〉. 탄소-제로 신재생에너지시스템 기업협업센터(ICC) 운영 활성화

2021년 5월 개소한 탄소-제로 신재생에너지시스템 기업협업센터(ICC) 운영을 활성화하였음. 본 센터는 1차년도에 총 23개 기업이 참여하였음(1차년도: 2021년 5월 ~ 2022년 1월): 1차년도 기간동안 촉매 담체의 기공 구조 제어법 개발 등의 다양한 산학 공동 기술개발 과제를 수행하였음. 2차년도에는 참여 기관이 총 43개로 확대되어 산학협력연구 활성화를 도모하였음. 3차년도에는 기업 연계형 현장실습 및 산학협력 협의체를 운영하여 신재생에너지의 핵심 기술인 수소생산, 수소 연료전지, 태양광 기술, K-RE100 관련 기술교류회를 수행하였으며, 기업의 애로기술자문을 수행함.

#### (1) 탄소-제로 신재생에너지시스템 기업협업센터(ICC) 주요 성과

##### - 다양한 산학협력 협의체 운영

신재생에너지의 핵심 기술인 I) 수소생산, II) 수소 연료전지, III) 태양광 기술, IV) K-RE100 관련 4개의 산학협력협의체 운영하여 8회 이상의 기술교류회 수행.

##### - 산학공동 기술개발과제 수행

애로기술자문 활동으로 (주)새빛캠, 아로마캠, 캐어 등의 참여기업과 40회 이상 자문수행. (주)더웨이브톡  
- 정밀한 빛의 산란 측정을 위한 혼돈과 센서의 최적화 연구, (주)새빛캠-그린 과산화수소 생산기술 개발, (주)핵사슬루션-스마트 센서 소자 개발, (주)캐어-고밀도 탄소나노튜브/그래핀 복합소재 개발 등과 산학공동기술개발과제 수행하여 4건의 기술이전 등의 실적을 달성함. ALL-SET 시제품 제작 프로그램으로 (주)캐어와 초발수 코팅을 위한 그래핀 코팅 용액 주제의 과제를 수행하여 그래핀+구리 코팅 용액 제조 및 초발수 특성의 시제품을 제작함.

##### - 특화분야 교육 프로그램 개발 및 운영

기업 연계형 현장실습을 운영하여 2022년도 총 4인의 학생 현장실습 참여, 참여기업 현장실습을 통해 기업이 필요로 하는 실무역량 경험하였으며, 현장실습 지원센터와의 유기적 협력을 통해 참여기업 발굴, 현장실습과 수업과의 연계를 통해 학생들의 관심 유도하였음. 캠프스톤디자인 수강생(학부과정)은 희망하는 ICC 참여교수 연구실에 배정되어 최소 한 학기 이상 연구활동에 참여하였으며, 특히 출원, 노하우 이전, 기술 이전 등 성과 창출, 각 프로젝트 수행 결과는 학기 말 연구발표회를 통해 평가 및 수상 (112개 교과 목, 참여학생 약 160명)

##### - 기업 및 지자체 협력 행사개최

Net-Zero ICC 공유·협업 확산을 위한 MOU 및 산학공동연구 성과공유회: 7개 대학 간 에너지혁신분야 ICC 협의체 구축을 통한 공유협업 추진 위한 기반 마련. 아주대-숙명여대 2022 ICC R&BD 기술매칭페어: 아주대 및 숙명여대 특화분야 ICC 간 업무협약 체결, 아주대 및 숙명여대 LINC 3.0사업단 및 ICC 소개, 바이오헬스 및 에너지 특화분야 ICC 우수기술 소개 및 현장 기술상담, 사업화 지원기관 지원사업 소개 및 현장상담. 탄소중립 EXPO (2023.05.25.-27)에 참여함.

#### (2) 탄소-제로 신재생에너지시스템 기업협업센터(ICC) 주요 활동 사진, 3차년도 참여 기관 명단, 산학협력협의체 위원회 구성 명단

3차년도 ICC 참여 기관 목록			
1	더웨이브톡	23	Blueleaf Energy
2	라이트브릿지	24	MDxK
3	로켓제로믹스	25	바이오케스트
4	씨엔원	26	서창전기통신
5	씨이에스	27	쓰리빌리언
6	아로마캠	28	에스에프씨
7	압타바이오	29	유씨아이테라퓨틱스



친환경 수소생산기술 산학협력 협의체  
기술교류회(아주대 서관, 2023.1.5.)



K-RE100 협의체 탄소중립기술교류회 (아주대  
에너지센터, 2022.11.11.)

8	에스제이글로벌	30	제이케이글로벌
9	(주)나노스페이스	31	(주)거상
10	(주)미코	32	(주)두산퓨얼셀과워
11	(주)새빛캠	33	(주)비비비
12	(주)신성씨앤티	34	(주)상신화학공업
13	(주)씨이에스	35	(주)수소에너젠
14	(주)이온어스	36	(주)싸이텍코리아
15	(주)지필로스	37	(주)에너토피아
16	천일금속	38	(주)위드텍
17	케빈랩	39	(주)제로시스
18	헥사솔루션	40	해준
19	OCI Power	41	OCS도시건축사사무소
20	차세대융합기술 연구원	42	수원시 환경국
21	한국에너지공단	43	한국에너지기술연구원
22	한국에너지융합협회		

산학협력 협의체 위원회 구성 명단					
연번	협의체명	구분	소속	직급	성명
1	수소연료전지 산학협력 협의체	책임교수	에너지시스템학과	교수	박은덕
2		회장	(주)두산퓨어셀과워	책임연구원	박재현
3		간사	에너지시스템학과	교수	곽원진
4	친환경 수소 생산 기술 산학협력 협의체	책임교수	에너지시스템학과/	교수	서형탁
5		회장	(주) 제로시스	대표	노용규
6		간사	에너지시스템학과	교수	심태섭
7	태양광 신재생에너지 산학협력 협의체	책임교수	에너지시스템학과	교수	이상운
8		회장	헥사솔루션	대표	배덕규
9		간사	에너지시스템학과	교수	김주민
10	RE100 산학협력 협의체	책임교수	에너지시스템학과	교수	김환명
11		회장	한국에너지융합협회	회장	정택중
12		간사	에너지시스템학과	교수	권재원

## <2> K-RE100 협의체 운영

본 사업단에서는 차세대 탄소중립과 관련한 탄소-제로 신재생에너지시스템 구축의 일환으로 국내 기업의 ESG 및 RE100 활성화가 중요하다고 판단, 교내 LINC+ 사업단과 에너지융합협회와 함께 K-RE100 협의체를 구성한 바 있음. RE100 운영 및 활성화를 위해 3차년도 사업기간 동안 RE100 협의체 탄소중립 기술교류회를 2회 개최하였음.

- 2022년 11월 11일, 아주대학교 에너지센터에서 탄소중립 관점에서 최근 에너지 전환과 공급망 재편 동향(아주대 에너지시스템학과 권재원 교수), 수소사회는 언제 올 것인가(SK경영경제연구소 이한규 수석연구원), 탄소국경세/RE100/ESG 공급망실사 등의 글로벌 환경규제에 대한 국내 기업들의 경쟁력을 제고하기 위한 대응방안(김앤장 법률사무소 강성진 변호사)을 논의함.
- 2022년 12월 19일, 아주대학교 에너지센터에서 전주에너지센터 & 전주에너지전환시민포럼과 본교 K-RE100협의체간 RE100 및 탄소중립 추진에 관련한 기술 교류회 진행하여, 수원에너지센터 및 전주에너지센터 각 기관 조직구성, 주요업무 및 추진 현황 공유, 탄소중립/재생에너지 활성화 방안 논의, 탄소중립을 위한 시민과 지자체 참여 방안 논의 진행함



## <3> 고등기술연구원과 공동연구를 통한 R&D 프로젝트 수행 및 기술이전/사업화 기회 확대

본 사업단에서는 고등기술연구원과 지속적인 기술 교류를 통해 공동으로 R&D 프로젝트를 발굴해오고 있으며 대형 R&D 사업을 함께 수행 중임.

- 고등기술연구원과의 공동연구를 위해 인력 교류를 추진해오고 있으며 2022년 고등기술원 소속 김수현 박사를 탄소-제로 신재생에너지시스템 사업단 겸임교원으로 발령한데 이어 2023년 강태진 박사를 동 사업단 겸임교원으로 발령 예정임
- 지속적인 기술교류 노력을 통해 하기와 같은 공동연구 주제를 찾았으며, 특히 수소 및 재생에너지 관련 기술개발을 위해 다양한 방법으로 협업 중임

분야	고등기술연구원 담당자	주제	사업단 담당교수
수소 제조	유영돈	광분해 이용 수소 제조	박은덕
	송형운	플라즈마 이용 수소 제조	박은덕
	류재홍	청록수소(메탄 직접분해 수소) 제조	서형탁, 박은덕
수소 연소	송형운	수소 연소기술	박은덕
수소 전환	강석환	CO <sub>2</sub> 수소화의 메탄올 생산	박은덕
금속 소재	정향철	메탈 3D 프린팅 기술	안병민
		수소저장용 고엔트로피 합금 기술	
희귀금속 소재화 및 재활용	이찬기	금속소재 개발(희소금속 소재화 및 재활용)	안병민

## <4> 아주대학교 탄소-제로 지역에너지센터(센터장: 장혜영) 설립, 수원시와 협력 사업 진행

본 사업단에서는 수원시와 협업하여 지역거점 에너지센터를 운영하는 사업을 수주한 바 있음. 이를 통해 수원시 탄소중립 그린도시 실시설계 및 시행하고 사회전환 프로그램 시행계획 및 추진계획을 작성하는 등 활발히 협력사업 진행 중.

- 2022 지속가능발전 청소년 에너지 공감 캠프 진행 (2022.09.24.)  
6개 기관 (수원시에너지센터, 아주대학교 탄소-제로지역에너지센터, 수원YMCA, 수원YWCA, 수원환경운동센터, 수원지속가능발전협의회) 및 지역 청소년 46명 참여
- 지역사회 청소년 대상 지식나눔 및 실험체험 (2023.07.22)  
8개 기관 (탄소-제로 신재생 에너지시스템사업단, 캠퍼 바이오메디신 교육연구단, Ajou DREAM 인공지능 혁신인재 양성사업단, 수소연료전지 인력양성, SW중심대학사업, SW융합교육원, 기초과학연구소, 과학영재교육원) 및 지역 청소년 56명 참여
- 우리집 탄소모니터링 사업 기반의 수원시 탄소중립 그린도시 협력 사업 진행 중  
2023.02.02.: 아주대 총장, 자연과학대학학과장, 탄소-제로 지역에너지센터장 (장혜영), 수원시장 MOU체결  
2023.02.03.: 수원시 관내 아파트 단지 1999세대의 ‘우리집 탄소모니터링 사업’ 시범운영 1차 사업  
2023.09.21.: 참여기업 (롯데백화점 수원지점, 이학순 베이커리) 업무협약식






### 〈5〉 탄소중립 에너지기술 마이크로 전공 신설

인문사회 학생들이 이수할 수 있는 “탄소중립 에너지기술 마이크로 전공” 신설하여 인문/사회 전공의 학생들에게 탄소-중립 에너지 기술 관련 개론 교과목으로 이루어진 커리큘럼을 제공하여 인문/사회 인력의 탄소-중립 에너지 산업의 융복합 인재 양성 목표를 달성하고자 함. 탄소-중립 에너지 기술이라는 신산업 기반 융복합 교육과정 구축을 통해 산업변화 맞춤형 융합 인재 양성 교육 플랫폼을 구축.



- 교육 목표는 1. 인문/사회 전공 학생들이 이해할 수 있는 탄소-중립 에너지 관련 커리큘럼 구축을 통해 비 이공계 학생들의 마이크로 전공 이수 장벽을 낮추고, 2. 탄소-중립 정책 (LCA, RE100 등), 기업 경영 (ESG경영 등), 신재생에너지 기술 일반에 대한 교육을 통해 인문/사회 학생들의 탄소-중립 에너지 분야의 전문성 강화하며, 3. 에너지 신산업 분야 융복합 인재 양성임.

#### <6> 수소에너지 관련 기업 현장견학 내용 및 사진

고등기술연구원 플랜트엔지니어링 본부 견학		
일시	2023.02.21	
장소	고등기술연구원	
인원	40	
내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고등기술연구원 소개</li> <li>- 수소에너지 관련 연구 소개</li> <li>- 수소저장관련, 수소생산 관련</li> <li>- 연구자와 질의응답</li> <li>- 고등기술연구원 수소저장 연구시설 견학</li> </ul>	
한국지역난방공사 동탄지사 수소연료전지발전소 견학		
일시	2023.02.22	
장소	한국지역난방공사 동탄지사 수소연료전지발전소	
인원	20 (지역난방공사 요청)	
내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국지역난방공사 소개 및</li> <li>- 수소에너지 관련 연구 소개</li> <li>- 수소연료전지발전 담당자와 질의응답</li> <li>- 수소연료전지발전 시설 견학</li> </ul>	
한국남부발전 (신인천빛드림본부) 견학		
일시	2023.02.27	
장소	한국남부발전 신인천빛드림본부	
인원	20 (남부발전 요청)	
내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 한국남부발전 신인천빛드림 본부 소개</li> <li>- 수소연료전지 발전소 소개</li> <li>- 수소연료전지 발전소 담당자와 질의응답</li> <li>- 수소연료전지발전시설 견학</li> </ul>	

**나. 산학협력협의체 구성 및 운영:** 산학연계프로젝트 발굴 및 기술 상업화를 위해 아래와 같이 산학협력협의체를 확대 구성하였고, 이들의 운영을 위한 운영위원회(위원장 : 장혜영 사업단장, 운영위원 : 김주민, 김창구, 심태섭, 황종국, 이상운, 서형탁, 김환명 교수(이상 아주대 에너지시스템대학원)), 기술상용화 위원회(학교위원: 이상운, 김창구, 서형탁, 이재현, 김환명 교수 (이상 아주대 에너지시스템대학원), 기업위원: (주)핵사슬루션 배덕규 대표, (주)천일금속 김완구 대표, (주)라이트브릿지 김종훈 대표)를 당초 계획한 대로 구성한 바 있음. 본 사업단에서 구성된 산학협력체의 3차년도(2022.09.01.-2023.08.31.) 활동 내역은 다음과 같음.

산학협력협의체 구성 및 활동 내용(2022.09.01.-2023.08.31)	
연구 그룹별 협의체 구성	<b>1. 친환경 수소생산기술 산학협력 협의체 구성</b> 책임교수 : 서형탁 교수 참여교수 : 김유권, 박은덕, 김주민 교수(간사) 참여기업 : 라이트브릿지, 지필로스, (주)씨이에스, (주)수소에너지, (주)제로시스, 차세대융합기술원, (주)에이케이글로벌 (3차년도 신규참여)

	<p><b>2. 수소연료전지 산학협력 협의체 구성</b>  책임교수 : 박은덕 교수  참여교수 : 김승주, 황종국 박원진 교수(간사)  참여기업 : 두산퓨어셀과워, 수원시환경국 기후에너지과, 싸이텍코리아, 한국 에너지기술연구원</p> <p><b>3. 태양광 신재생에너지 산학협력 협의체 구성</b>  책임교수 : 이상운 교수  참여교수 : 김창구, 심태섭, 김주민 교수(간사)  참여기업 : 핵사솔루션, 에스제이글로벌, 천일금속</p> <p><b>4. K-RE100 산학협력 협의체 구성</b>  책임교수 : 김환명 교수  참여교수 : 장혜영, 유성주, 권재원 교수(간사)  참여기업 : 한국에너지융합협회, 케빈랩, 해썬, Blueleaf Energy, OCS 도시건축사 사무소, 서창전기통신, 이온어스, OCI Power, 한국에너지기술연구원</p>
<p>산학협력 협의체 활동 내역</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ K-RE100 협의체, 탄소중립 기술교류회 : 에너지 전환과 공급망 재편 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 일시/장소: 2022.11.11.(금), 14:00~17:0, 에너지센터 311호</li> <li>- 세미나 발표 1) 에너지 전환과 글로벌 공급망 재편 (권재원 교수, 아주대 에너지시스템학과), 2) 수소사회는 언제 올 것인가 (이한규 수석연구원, 공학박사, SK경영경제연구소), 3) 주요 국가 탄소국경세 조정(CBAM)법 제정 동향 (강성진 미국변호사, 김·장 법률사무소), 전체 토론 : 국내 기업 영향 및 대응 방안</li> </ul> </li> <li>○ K-RE100 협의체: RE100 &amp; 탄소중립 기술교류회 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 일시/장소: 2022.12.19.(월), 14:00~16:00, 14:00~17:0, 에너지센터 216호</li> <li>- 회의 내용: - 전주에너지센터 &amp; 전주에너지전환시민포럼과 본교 K-RE100협의체간 RE100 및 탄소중립 추진에 관련한 기술 교류</li> </ul> </li> <li>○ 협의사항 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수원에너지센터 및 전주에너지센터 각 기관 조직구성, 주요업무 및 추진 현황 공유. - 탄소중립/재생 에너지 활성화 방안 논의. - 탄소중립을 위한 시민과 지자체 참여 방안 논의 - 전주에너지센터 &amp; 전주에너지전환시민포럼과 본교 K-RE100협의체간 RE100 및 탄소중립 추진에 관련한 기술 교류, - 수원 에너지센터 및 전주에너지센터 각 기관 조직구성, 주요업무 및 추진 현황 공유. - 탄소중립/재생에너지 활성화 방안 논의. - 탄소중립을 위한 시민과 지자체 참여 방안 논의</li> </ul> </li> <li>○ 친환경 수소 생산 기술 산학협력 협의체, 태양광 신재생에너지 산학협력 협의체 공동 주관 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 일시/장소: 2023.01.05., 16:00~10:00; 서관 303호</li> <li>- 회의내용: 한국화학연구원 최우진 센터장님을 초청하여 ‘플라스틱 복합수지의 디지털전환 기술 현황’ 을 주제로 특강을 듣고 수소생산기술/태양광 신재생에너지 관련 산학협력협의체 미팅을 하였음. 이런 기술 개발에 있어서 소재 개발이 중요하기 때문에 관련 연구자들이 소재 개발 이슈에 대한 논의를 진행하였고, 인공지능 기술을 활용하여 소재 특성을 예측하는 방법에 대한 논의를 하였음. 또한 태양광 신재생에너지 협의체의 회장이며 핵사솔루션의 배덕규 대표이사의 자문으로 광학적 분석을 통해 박막 및 소자 특성을 향상시킬 수 있는 방법을 모색하고, 원자층 증착 공정을 이용하여 증착한 기능성 박막 물질의 광흡수 특성에 관한 논의를 하였음.</li> </ul> </li> <li>○ 태양광 신재생에너지 산학협력 협의체 운영위원회 회의 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 일시/장소: 2023.01.26., 14:00~16:00/zoom</li> <li>- 회의내용: - 태양광 산학협력협의체 관련자들이 참석하여 미팅을 함. - 온라인 줌 미팅을 통해 관련 연구자들이 연구한 최신 동향에 대해 공유하는 기술교류회를 가지고 기술 교류를 하였음. - 핵사솔루션, 에스제이글로벌 회사 기술에 대해 교류하는 시간을 가짐. - 향후 협력을 위한 효율적 방안에 대해 논의하였음.</li> </ul> </li> <li>○ 태양광 신재생에너지 산학협력 협의체: 2023 탄소중립 EXPO 기술교류회 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 일시/장소: 2023.05.26.(금), 14:30~19:00; 부산 센텀프리미어 호텔 리버풀/첼시 홀</li> <li>- 회의내용: (1) 6개 대학 탄소중립 분야 ICC 소개. - 각 대학 LINC 3.0 사업단 및 탄소중립 분야 ICC 소개. - 대학 및 기업이 함께 참여 가능한 공동 프로그램(안) 제안. ※ 참여대학: 아주대, 경상국립대, 숙명여대, 창원대, 충남대, 충북대 (2) ICC 참여기업 및 수요기업 기술교류. - EXPO 시제품 전시 및 기술교류회 참석 기업 담당자 참여. - TIPA 주관 기술교류회(기술설명회)를 통해 발굴된 관심기업 담당자 참여. - 기업 소개 및 사업화 애로(기술 수요 포함) 공유 및 해결방안 논의. - 신재생에너지 분야 사업화 추진 관련 교류 추진. (3) 각 대학 ICC 참여 교수 및 실무자 간 사업추진 의견 공유 및 질의응답.</li> </ul> </li> </ul>

**다. 에너지분야 연구기관 간 협력강화:** 본 사업단과 양해각서를 체결한 국내외 연구기관과 산학연 협력 연구체계를 구축하고자 하였음. 국내외 연구기관과 협력을 강화하고, 아주대학교 기업협업센터(ICC)를 중심으로 적극적인 산업체의 기술수요 조사를 통해 새로운 과제 발굴을 포함한 산업체와의 기술교류를

확대시켜 나가고자 하였음.

연번	당초 계획	계획 대비 실적																																				
1	국내외 연구기관과 협력	<p><b>1. 산학협력 공동연구 진행</b> 재생에너지 맞춤형 에너지 저장/분배기술 8건 : LG에너지솔루션 외 에너지 소비효율 극대화 기술 15건 : 삼성전자 외 에너지 재활용 기술 2건 : LG 화학 기타: 삼성전자 외</p> <p><b>2. 산학간 물적/인적교류 진행</b> 기술이전을 통한 물적교류 4건 : (주) 대현에스티 외</p>																																				
2	아주대학교 기업협업센터(ICC)와 협력 통한 산업체와의 기술교류	<p>탄소-제로 신재생에너지시스템 기업협업센터(ICC) 설립 및 활성화(1차년도 23개에서 2차년도이후 43개 참여 기관으로 대폭 확대)</p> <p>(1) 환경 개선: 원천관 102호 및 에너지센터 110호 (2) 표준 현장 실습 실시: (주) 씨이에스 (2인; 2022년: -참여기업 현장실습을 통해 기업이 필요로 하는 실무역량 경험 (3) 캡스톤디자인 운영 실적: 112건 - ICC 연계형 학생-교수 상호작용 연구. - 캡스톤디자인 수강생(학부과정)은 희망하는 ICC 참여교수 연구실에 배정되어 최소 한 학기 이상 연구활동에 참여. - ICC 참여기업과 수행하는 산학공동기술개발 과제 연계 프로젝트를 통해 산학협력 연구수행. - 특허 출원, 노하우 이전, 기술 이전 등 성과 창출. - 각 프로젝트 수행 결과는 학기 말 연구발표회를 통해 평가 및 수상. (4) 애로기술 지도(자문) 실적: 3건</p> <table><tr><th>자문명 (전문자문가명)</th><th>자문내용</th><th>참여기업</th><th>자문 횟수</th></tr><tr><td>이재현</td><td>반도체/vdW 코어/셀 나노소재 확보 및 물성평가 자문</td><td>케어</td><td>15</td></tr><tr><td>김환명</td><td>유기화합물의 제형 조건에서 기술지도</td><td>아로마캡</td><td>15</td></tr><tr><td>김승주</td><td>페 리튬이온이차전지 전극에 정량 분석</td><td>(주)새빛캡</td><td>10</td></tr></table> <p>(5) 산학공동기술개발과제 실적: 1건</p> <table><tr><th>공동기술개발과제명 (연구책임자명)</th><th>관련산업체</th><th>연구비 (참여인원)</th><th>성과물</th></tr><tr><td>그린 과산화수소 생산기술 개발 (유성주)</td><td>(주)새빛캡</td><td>10,000천원 (2명)</td><td>국내특허 1건, 기술이전 5,000천원</td></tr><tr><td>정밀한 빛의 산란 측정을 위한 혼돈과 센서의 최적화 연구 (윤종희)</td><td>(주)더웨이브톡</td><td>15,000천원 (4명)</td><td>기술이전 10,000천원</td></tr><tr><td>스마트 센서 소자 개발 (이상운)</td><td>(주)핵사슬루션</td><td>30,000천원 (4명)</td><td>기술이전 (노하우이전) 15,000천원</td></tr><tr><td>고밀도 탄소나노튜브/그래핀 복합소재 개발 (이재현)</td><td>(주)케어</td><td>30,000천원 (8명)</td><td>기술이전 (노하우이전) 1,500천원</td></tr></table> <p>(6) 특별 초청 세미나 (2023.05.31): 제약 산업 전망과 채용설명</p>	자문명 (전문자문가명)	자문내용	참여기업	자문 횟수	이재현	반도체/vdW 코어/셀 나노소재 확보 및 물성평가 자문	케어	15	김환명	유기화합물의 제형 조건에서 기술지도	아로마캡	15	김승주	페 리튬이온이차전지 전극에 정량 분석	(주)새빛캡	10	공동기술개발과제명 (연구책임자명)	관련산업체	연구비 (참여인원)	성과물	그린 과산화수소 생산기술 개발 (유성주)	(주)새빛캡	10,000천원 (2명)	국내특허 1건, 기술이전 5,000천원	정밀한 빛의 산란 측정을 위한 혼돈과 센서의 최적화 연구 (윤종희)	(주)더웨이브톡	15,000천원 (4명)	기술이전 10,000천원	스마트 센서 소자 개발 (이상운)	(주)핵사슬루션	30,000천원 (4명)	기술이전 (노하우이전) 15,000천원	고밀도 탄소나노튜브/그래핀 복합소재 개발 (이재현)	(주)케어	30,000천원 (8명)	기술이전 (노하우이전) 1,500천원
자문명 (전문자문가명)	자문내용	참여기업	자문 횟수																																			
이재현	반도체/vdW 코어/셀 나노소재 확보 및 물성평가 자문	케어	15																																			
김환명	유기화합물의 제형 조건에서 기술지도	아로마캡	15																																			
김승주	페 리튬이온이차전지 전극에 정량 분석	(주)새빛캡	10																																			
공동기술개발과제명 (연구책임자명)	관련산업체	연구비 (참여인원)	성과물																																			
그린 과산화수소 생산기술 개발 (유성주)	(주)새빛캡	10,000천원 (2명)	국내특허 1건, 기술이전 5,000천원																																			
정밀한 빛의 산란 측정을 위한 혼돈과 센서의 최적화 연구 (윤종희)	(주)더웨이브톡	15,000천원 (4명)	기술이전 10,000천원																																			
스마트 센서 소자 개발 (이상운)	(주)핵사슬루션	30,000천원 (4명)	기술이전 (노하우이전) 15,000천원																																			
고밀도 탄소나노튜브/그래핀 복합소재 개발 (이재현)	(주)케어	30,000천원 (8명)	기술이전 (노하우이전) 1,500천원																																			

#### 라. 에너지분야 연구기관 간 인적/물적 교류

본 사업단에서는 지역 내 대기업 및 중견, 중소기업들과 함께 다양한 형태로 인적/물적 교류를 수행하였음.

다양한 산학공동연구 및 기술자문, 기술이전을 통한 교류실적을 에너지 기술영역에 따라 구분하여 아래 표시하였음.



다. 기업과 산학과제 수행 : 에너지 산학간 인적/물적교류 활성화를 위한 다양한 R&D 프로젝트를 수행하고자 하였으며, 2차년도(2022.09.01.-2023.08.31.) 기간에 25건의 산학 프로젝트를 수행한 바 있음.

구분	기술 영역	산업체 범주	기관명
에너지관련 산학과제 (25건)	재생에너지 맞춤형 에너지 저장/분배기술	대기업 (계열사/외국계 포함)	현대엔지니어링(주), 포스코청암재단, 삼성전 자, 현대오일뱅크, (주)엘지에너지솔루션
		중견/중소기업	(주)에스제이글로벌
	에너지 소비효율 극대화 기술	대기업 (계열사/외국계 포함)	삼성전자, 삼성미래기술육성센터, LG전 자, 포스코청암재단, 현대제철
		중견/중소 기업	(주) 팬옵티스, (주) 나인솔, (주)대현에스티, (주) 씨젠,
기술이전 (4건)	에너지 재활용 기술	대기업	LG화학, 삼성전자
	에너지 소비효율 극대화 기술	중견/중소기업	헥사솔루션, 대현에스티, 케어, 에스제이 글로벌

본 사업단 참여 교수들이 산업체와 진행한 대표적인 산학과제와 진행 사항은 다음과 같음.

연 번	참여 교수	기업명	당초 계획 내용	계획 대비 실적 (비고)
1	곽원진	포 스 코 청 암 재 단	분자 네트워크 간섭을 이용한 차세대 이차전지 친환경 전해액 개발	친환경 전해액 개발관련 과제로 구 체적인 진행 사항은 보안 사항임
2	김유권	삼성전자	친환경 수소 생산을 위한 최적화 조건 검토	친환경 수소 생산을 위한 과제로 구체적인 진행 사항은 보안 사항 임.
3	김주민	LG에너지솔류 션	이차전지 공정기술 개발	이차전지 전극 공정기술 개발로 구체적인 진행 사항은 보안 사항 임.
4	김주민	현대엔지니어링(주)	PEM 수전해용 슬러리의 분산성 향상을 위한 분산 원리 기술	PEM 전극 슬러리 분석 개발 과 제로 구체적인 진행 사항은 보안 사항임.
5	김주민	현대엔지니어링(주)	연료전지 전극슬러리의 물성 확보 를 위한 슬러리 유변물성 특성 파 악	연료전지 전극 슬러리 유변 물성 분석 특성 파악 개발 과제로 구 체적인 진행 사항은 보안 사항임.
6	김창구	(주)에스제이글 로벌	곡면 전극 대기압 플라즈마 방전 고도화	기술이전 1건.
7	김환명	씨젠(주)	신규 장파장 영역의 고성능 형광 재료 개발	고성능 형광 재료 개발 과제로 구체적인 진행 사항은 보안 사항 임.
8	박은덕	현대오일뱅크	암모니아 분해용 촉매 개발을 위 한 기술 용역	암모니아 분해용 촉매 개발 과제 로 구체적인 진행 사항은 보안 사항임.
9	서형탁	삼성전자	High-k 유전막 trap 정밀 분석	Advanced Materials Technologies 논문 출판(표지 논문 선정).
10	서형탁	(주)대현에스티	광범위 수소 농도 센서 고도화 기 술 개발	기술 이전 1건 및 H2MEET 전시 회 출품.

11	서형탁	현대엔지니어링(주)	초저전력 논리회로 구현을 위한 반도체 소자 기술개발	초저전력 논리회로 구현을 위한 반도체 소자 기술개발로 구체적인 진행 사항은 보안 사항임.
12	안영환	(주)팬옵틱스	잔류농약 검출용 실시간 THz 검사법 개발	잔류 농약 검출용 검사법 개발 내용으로 구체적인 진행 사항은 보안 사항임.
13	이상운	(주)나인솔	비정질 소재 기반 투명전극 개발	비정질 투명 전극 제조 기술 개발과제로 구체적인 진행 사항은 보안 사항임.
14	이상운	삼성전자	DRAM용 신조성 전극/유전체 어셈블리	특허 출원 1건.
15	이상운	삼성미래기술육성센터	비 단결정 이종접합 기반 저차원 전자 기체 소자 구현 및 응용	저차원 전자 기체 소자 구현 및 응용관련 개발 과제로 구체적인 진행 사항은 보안 사항임.
16	이상운	삼성전자	저저항 금속 소재 발굴	저저항 금속 소재 발굴 과제로 구체적인 진행 사항은 보안 사항임.
17	이상운	삼성전자	차세대 배선소재용 박막 개발	차세대 배선소재용 박막 개발 과제로 구체적인 진행 사항은 보안 사항임.
18	이상운	산학협동재단	차세대 유연 전극 개발	차세대 유연 전극 개발 과제로 구체적인 진행 사항은 보안 사항임.
19	이재현	LG전자	고출력 급속가열 신열원 소재기술 개발	고출력 급속 가열 신열원 소재기술 개발과제로 구체적인 진행 사항은 보안 사항임.
20	이재현	현대제철	열처리 기반 후판 강재의 자기조립 내산화층 제조기술 개발을 위한 기초연구(2단계)	열처리 기반 후판 강재의 자기조립 내산화층 제조기술 개발을 위한 기초연구과제로 구체적인 진행 사항은 보안 사항임.
21	장혜영	LG화학	바이오매스 유래 젯산 생성용 고효율 균일 촉매 개발	바이오 매스 생성용 균일 촉매 개발 과제로 구체적인 진행 사항은 보안 사항임.
22	조성범	삼성전자	차세대 DRAM gate oxide 및 channel 영역에서 electromechanical coupling 효과 연구	차세대 DRAM gate oxide 개발 등에 과제로 구체적인 진행 사항은 보안 사항임.
23	최권영	삼성전자	신속 바이러스 검출을 위한 디지털 유전자 증폭 assay 개발	디지털 유전자 증폭 assay 개발 과제로 구체적인 진행 사항은 보안 사항임.

**바. 산학공동교육을 통한 학생역량강화:** 대학원생들의 산업체 인턴, 현장실습을 장려하고 산업체 전문가를 통한 교과목 개설 및 운영, 세미나를 통한 최신 연구 동향 파악 및 공동연구 모색과 같은 산학간 인적 교류를 계획하였으며, 계획 대비 수행 내용을 아래 나타내었음.

연번	당초 계획	계획 대비 실적
1	산업체 전문가를 통한 교과목 개설 및 운영	<b>1. 신재생에너지프로젝트 교과목 운영</b> 수강인원 : 9 명 참여기관 : 후성 외 총 4개 기관 <b>2. 신재생에너지 연구실습 교과목 개설</b> 수강인원 : 15 명 참여기관 : 국립환경과학원
2	세미나를 통한 최신 연구 동향 파악 및 공동연구 모색	<b>1. 신재생에너지세미나 교과목 개설</b> 수강인원 : 45 명 세미나 강연 횟수 : 39회 <b>2. 신재생에너지 특강 진행</b> 미국, MIT Patrick S Doyle 교수 (2023.03.29.) Gilead Sciences, 윤오규 박사 (2023.05.24.) ST Pharm, 김성원 박사 (2022.10.14.) SK경영경제연구소, 이한규 박사 (2022.11.09.) TotalEnergies Renewables D.G. APAC, 신인철 박사 (2022.11.09.) LG화학 생명과학연구소, 김영관 박사 (2022.11.30.) 롯데케미칼 이노베이션센터, 최영현 (2022.12.14.) 경보제약 기술연구센터, 김병옥 박사 (2023.05.31) 롯데케미칼 청정수소 PJT, 이민재 박사 (2023.06.09)

**사. 에너지 인력양성 사업 프로그램 개발 및 확대:** 산업체 현장에서 요구하는 맞춤형 교육 및 연구를 강화하기 위해 수소기술 고급트랙 및 양자정보 인력양성 고급트랙을 비롯한 다양한 산업맞춤형 인력양성 고급트랙 신설 및 운영.

### 3. 산학공동 교육과정

#### 3.1 산학공동 교육과정 구성 및 운영

- 본 사업단에서는 본교에서 유치한 LINC+ 및 경기도지역협력연구센터(GRRC), 지역산업맞춤형인력양성 사업과 협업하여 학부생 및 대학원생, 산업체 연구자를 대상으로 심화전공 및 AICBM 전문교육을 지원하고, 이를 통해 연구실 창업지원 및 산학공동연구, 재직자 심화교육을 성공적으로 진행하고자 하였음. 이를 통해 산학공동 교육 및 융합연구를 연계하는 ‘AJOU Energy Valley’를 구성, 세계적인 수준의 신재생에너지시스템 교육 및 연구기관으로 발돋움하는 것을 목표로 함.
- 산학공동 교육과정 구성을 위해 에콜폴리텍, 스탠포드대, KIT, 교토대, 델버른대 에너지학과를 주요 벤치마킹 대상으로 하여 산학공동 교육과정 분석을 통해 학생주도형 교과목을 더욱 강화, ‘신재생에너지프로젝트’ 및 ‘신재생에너지세미나’, ‘신재생에너지 연구실습’ 등 3 개의 교과과정을 신설하고 ‘에너지산업체 기술교류 및 탐방’ 및 ‘재직자대상 AICBM & 전공심화 교육’ 등 2개의 비교과과정을 운영하고자 하였음. 아래 교육과정 운영 성과를 정리하였음.

구분	당초 제안된 교육과정	개설 교육과정	참여 인원	비고
교과 과정	신재생에너지 프로젝트	신재생에너지 프로젝트	9명	-후성 등 총 4개 기업과 프로젝트 진행
	신재생에너지 세미나	신재생에너지 세미나	45명	-롯데케미컬 등 39 회 세미나 진행
	에너지산업 현장실습	신재생에너지 연구실습	15명	-현장방문 통한 실습진행 (국립환경과학원)
비교과 과정	에너지산업체 기술교류 및 탐방	에너지산업체 기술교류 및 탐방	82명	고등기술연구원 견학(40명), 한국지역난방공사 동탄지사 (21명) 및 한국남부발전 (신인천빛드림본부) (21명)
	재직자대상 AICBM & 전공 심화교육	신재생에너지 및 RE100 기초	144명	교육 내용 - 탄소중립과 ESG, RE100 기초 - 연료전지과학 심포지엄: 기초와 응용 - 2022 한국수소신에너지학회 추계학 술대회 (Tutorial: 재생에너지를 이용한 수소 제조기술) - 수소연료전지 창의융합 심포지엄

#### 가. 신재생에너지 프로젝트 (학생주도형 문제기반 학습, PBL)

- 본 교과목은 학생이 주도적으로 해당 문제를 해결할 수 있는 PBL기반 교과목으로, 학생들로 하여금 기업의 애로기술의 창의적인 해결법 탐색을 장려하고자 하였음. 총 9명의 학생이 개인 또는 그룹으로 참가하여 참여기업의 담당자와 학기 내내 소통하며 프로젝트를 진행함(2023.03.01.~2023.08.31.).

순번	성명	세부전공	참여기업	우수 연구 시상자 내역
1	김은서	에너지화학	씨젠	 <p>탄소-제로신재생에너지시스템사업단 <b>신재생에너지프로젝트 우수연구 시상</b></p> <p>✓ 일자   2023.08.31.(목), 13:00 ✓ 시상자(프로젝트 수행기업/기관명) 김은서(씨젠) 이지희(세라믹기술원) 김강석(한국전력공사) 양현석(후성) 전동준(후성) 박민철(씨젠) KARYAPALLATHIL SADASHIVAN ABIJITH(씨젠) KASAR PALLAVI ANIL(씨젠) SAMANTA ROHIT(씨젠)</p>
2	이지희	에너지화학	세라믹기술원	
3	김강석	에너지화학공학	한국전력공사	
4	양현석	에너지화학공학	후성	
5	전동준	에너지화학공학	후성	
6	박민철	에너지화학	씨젠	
7	KARYAPALLA THIL SADA SHIVAN ABIJITH	에너지화학	씨젠	
8	KASAR PALLAVI ANIL	에너지화학	씨젠	
9	SAMANTA ROHIT	에너지화학	씨젠	

#### 나. 신재생에너지세미나

- 본 교과목은 기존 3단계 BK21+ 사업단을 통해 진행되었던 ‘에너지세미나’ 과목을 계승하여 학교 및 연구소, 기업 내 신재생 에너지 관련분야 전문가들의 초빙강연 구성된 ‘신재생에너지세미나’를 운영하였음. 해당 기간 동안 총 39회의 세미나를 진행하였고, 세미나 진행 내역을 아래 표시하였음.

연번	날짜	제목	연사	소속 기관
1	2022.09.14	Operando TEM Investigation on domain dynamics in 2D ferroelectric materials	유효빈	서강대학교
2	2022.09.21	Sustainable Technologies for the Conversion of Biomass-Derived Materials to Value-Added Chemicals	양정운	성균관대학교
3	2022.09.28	연료전지 기초 교육 및 고성능 고내구성 연료전지를 위한 막-전극 접합체 물질구조제어 기술 개발	장세근	국민대학교
4	2022.09.28	박막트랜지스터의 압력 센서 및 아날로그 컴퓨팅 응용	오홍석	숭실대학교
5	2022.10.05	Materials and interface design for high energy density rechargeable batteries : From Li-ion to Solid-State Batteries	정성균	UNIST
6	2022.10.12	Optical structure engineering for thin-film photonics	이명재	서울대학교
7	2022.10.14	Electrooxidative C-H Functionalizations for Sustainable Chemical Transformation	최이삭	충북대학교
8	2022.10.14	올리고머 치료제의 최근 동향	김성원	ST Pharm
9	2022.10.19	Beyond Li-ion batteries: Advanced energy-storage technologies	임희대	KIST
10	2022.10.31	Investigating novel phases of quantum matter via advanced electron spectroscopy	김성현	KAIST
11	2022.11.02	(화학연-가상공학플랫폼) 데이터 · AI · 시뮬레이션을 활용한 소재 · 부품 개발 디지털 전환	명진석	한국화학연구원
12	2022.11.03	Physics in Organic Light-Emitting Diodes: Understanding of Polaron and Exciton Dynamics through Physics and Artificial Intelligence	김재민	성균관대학교
13	2022.11.09	Exploiting Hydrogen Bonding in the Platform of Polyethers	김병수	연세대학교
14	2022.11.09	초현실적인 양자물질 세상	김영국	성균관대학교
15	2022.11.09	수소 사회는 언제 올 것인가?	이한규	SK경영경제연구소
16	2022.11.09	한국의 재생에너지 현황과 RE100	신일철	TotalEnergies Renewables D.G. APAC
17	2022.11.16	포항 가속기 연구소의 X선 자유 전자 레이저를 이용한 초고속 동역학 연구	박재구	포항가속기연구소
18	2022.11.23	Perovskite and Quantum Dot Light-Emitting Diodes for Next-Generation Realistic Displays	조힘찬	KAIST
19	2022.11.30	Research Strategies and Success Stories for Discovering New Drug Candidates	김영관	LG화학
20	2022.12.07	수소 생산 및 활용을 위한 단일 원자 전기화학 촉매 개발	이성규	금오공과대학교
21	2022.12.14	롯데케미컬의 친환경 사업전략	최영현	롯데케미칼
22	2023.03.15	Exploring low-dimensional quantum materials via momentum-resolved microscope	김성현	아주대학교
23	2023.03.22	빛과 시공간적 광결정의 상호작용	민범기	KAIST
24	2023.03.29	Control of quantum emitters and excitons in van der Waals materials	문효원	KIST
25	2023.03.29	Microfluidics Handling Soft Matter	김재정	홍익대학교

26	2023.04.05	나노바이오사이언스 기술 사업화 - 엔데믹시대의 바이오헬스케어 기업의 미래	김소연	고려대학교
27	2023.04.05	Two-Photon Probes for Bioimaging and Therapy	김환명	아주대학교
28	2023.04.05	Excitons and correlated states in moiré heterostructures	백현준	서강대학교
29	2023.04.11	Introduction to superconducting quantum computing	김요셉	한국과학기술 연구원
30	2023.04.11	Pure two-dimensional electron liquid toward quantum applications	김성현	아주대
31	2023.04.11	Solid-state embedded point defect spins for quantum technology	이정현	한국과학기술 연구원
32	2023.04.11	Engineering trapped ions to build a quantum computer	김준기	성균관대학교
33	2023.05.03	Spin-orbitronics in magnetic multilayers	이규준	고려대학교
34	2023.05.10	Physics of Light-emitting Devices from Non-epitaxial Materials	노광동	이화여대
35	2023.05.17	Diamond on the Brain: Quantum diamond magnetometers for imaging neuronal connectivity	오상원	KRISS
36	2023.05.24	2D semiconductor multilayers for ultra-thin nanophotonic platform	공수현	고려대학교
37	2023.05.31	원료의약품 제약 성장과 전망	김병옥	(주)정보제약
38	2023.06.09	롯데케미칼의 친환경 사업 및 R&D 전략	이민재	롯데케미칼
39	2023.07.22	나노, 또 다른 세상	이태권	아주대학교

#### 다. 신재생에너지 연구실습

- 본 교과목은 학생들로 하여금 산업체에서 현장감 있는 연구활동을 병행할 수 있도록 하여 재학생의 산업현장 맞춤형 전문지식을 배양하고 관련 기업의 취업을 유도하고자 하였음. 해당 기간에는 총 15명(에너지시스템학과 소속)의 학생이 참여하여 연구현장을 방문, 연구실습을 진행함.

순번	성명	세부전공	참여기관 및 실습 내용
1	하준호	에너지화학	<p>국립환경과학원 R&amp;D 연구현장 견학 및 실습체험 (2023.06.02.)</p> 
2	MUKKATH JOSEPH JOSLINE	에너지재료	
3	이기욱	에너지화학공학	
4	김은서	에너지화학	
5	김희운	에너지화학	
6	이다영	에너지화학	
7	이지희	에너지화학	
8	김태남	에너지화학공학	
9	김강석	에너지화학공학	
10	양현석	에너지화학공학	
11	전동준	에너지화학공학	
12	박민철	에너지화학	
13	KARYAPALLATHIL SADASHIVA N ABIJITH	에너지화학	
14	KASAR PALLAVI ANIL	에너지화학	
15	SAMANTA ROHIT	에너지화학	



#### 라. 에너지산업체 기술교류 및 탐방

- 본 교육과정은 지역산업 내 에너지산업체 기술교류 및 탐방프로그램 운영하였으며, 많은 학생들이 산업현장을 체험할 수 있는 기회를 제공. 다음은 에너지 산업체 기술 교류 및 탐방 프로그램 실적임.

	행사명	참석자수	진행일시	행사 개요
1	고등기술연구원 플랜트엔지니어링 본부 견학	40명	2023.02.21	<ul style="list-style-type: none"> <li>고등기술연구원 소개 및 수소에너지 관련 연구 소개</li> <li>수소저장관련, 수소생산 관련 연구자와 질의응답</li> <li>고등기술연구원 수소저장 연구시설 견학</li> </ul>
2	한국지역난방공사 동탄지사 수소연료전지발전소 견학	21명	2022.02.22	<ul style="list-style-type: none"> <li>한국지역난방공사 소개 및 수소에너지 관련 연구 소개</li> <li>수소연료전지발전 담당자와 질의응답</li> <li>수소연료전지발전 시설 견학</li> </ul>
3	한국남부발전 (신인천빛드림본부) 견학	21명	2023.02.27	<ul style="list-style-type: none"> <li>한국남부발전 신인천빛드림 본부 소개 및 수소연료전지 발전소 소개</li> <li>수소연료전지 발전소 담당자와 질의응답</li> <li>수소연료전지발전시설 견학</li> </ul>

#### 마. RE100 기초교육 및 RE100관련 산학 협의체 구성

- 본 교육과정은 본 사업단 소속 교수들이 에너지관련 산업체 재직자 및 에너지 분야 진출을 모색 중인 실무자를 대상으로 ‘ESG 및 RE100 기초 교육과정’ 과 연구단의 에너지 심화전공을 결합하여 에너지 산업관련 심화교육을 제공하였음.
- 본교의 지역산업맞춤인력양성사업단과 경기도 지역인적자원개발위원회와 협의하여 총 44개의 지역산업 기업을 대상으로 한 신재생에너지 및 RE100 관련 교육수요조사를 수행, 신재생에너지 및 RE100 기초교육이라는 재직자대상 교육 프로그램을 설계, 2023년 4월 19일 (17명 수료) ‘탄소중립과 ESG, RE100 기초’ 교육 ‘를 진행. 에이치비테크놀로지,글로벌엔지니어링,주식회사 CGO,쿠광폴필먼트서비스, 성호전자(주), 한국알박(주), 한빅솔라(주), (주)아이씨디, (주)바이오나노코리아, 덴탈비전, 피에스케이(주), 솔브레인 주식회사, 서울화인테크(주) 등의 업체 참여. 학과 교수 중 권재원, 장혜영 교수 참여.
- 또한, RE100의 확산을 위해 사업단 참여 교수 및 유관기관 소속자로 구성된 RE100 산학 협의체를 구성하였으며, 해당 협의체의 운영 목적 등은 다음과 같다.

RE100 산학협의체 운영 목적 및 활동 계획	
운영 목적	-RE100(Renewable Energy 100%)은 기업에서 사용되는 전력의 100%를 재생에너지화 하는 글로벌 캠페인 임. - RE100에 가입한 글로벌 기업들이 공급망 업체에 RE100 이행을 요구하면서, 국내 기업체들의 수출 및 거래 제한의 우려가 발생함. -국내 기업들이 RE100에 참여하고 글로벌 경쟁력을 제고시키기 위해 필요한 한국형 RE100, K-RE100의 논의가 필요함. -본 협의체에서 K-RE100의 발전 방향을 위한 논의를 진행하고자 함.
운영방안	-아주대 에너지시스템학과 및 (사)한국에너지융합협회의 협의 회의 추진. - ICC 연계, 공공기관 및 기업체로 구성된 협의체로 확장. -아주대, 공공기관, 기업체 포럼 운영. -산학협력 및 교육 프로그램 운영.
세부 추진계획	-K RE100 협의체 확장 및 발전 방향 논의. - 참여 기관 및 소규모 포럼 및 기술 교류회.
기대효과 및 운영 성과	- 운영위원회, 각 기술분과위원회, 서비스분과위원회, 교육분과위원회 등의 K-RE100 얼라이언스 구성. - 국내 기업들이 RE100에 참여하고 글로벌 경쟁력을 제고시키기 위해 필요한 재생에너지(RE) 조달, 기술 및 인증 기준, 교육, 네트워킹 등을 지원 및 협력할 수 있는 “K-RE100 얼라이언스” 구축.



- 다음은 본 사업단 주관 및 본 사업단 참여 교수가 주도하여 진행한 신재생 에너지 분야 재직자대상 교육 개요로 다수의 참여 기관 및 참석자를 대상으로, 연료 전지 및 재생에너지를 활용한 수소 생산 기술을 주된 내용으로 관련 분야 재직자 혹은 연구자를 대상으로 교육을 실시하였다.

- 105 -

사. 산업체 및 연구소 재직자 및 대학원생 장비 교육 : 본교의 링크사업단, 공동기기센터와 공동으로 지역 산업체, 연구소 재직자 및 교내 대학원생의 장비 교육을 진행

교육일시	교육내용	참여 교육자 현황	교육 내용
2022.09.14.	2022 2 년 학기 핵자기공명분광기 신규 (NMR) 600MHz 사용자 교육	NMR분석업무 관련자 (아주대 대학원생 및 박사후 연구원 8 명)	핵자기공명분광기 측정 (NMR) 600MHz 및 분석 방법 주의 사항
2022.10.17	2022 2학기 핵자기공명분광기 심화 ( N M R ) 600MHz 교육	NMR분석업무 관련자 (아주대 대학원생 5 명)	핵자기공명분광기 측정 (NMR) 600MHz (2D NMR)
2023.03.16.	2022 2 년 학기 핵자기공명분광기 신규 (NMR) 600MHz 사용자 교육	NMR분석업무 관련자 (아주대 대학원생 15 명)	핵자기공명분광기 측정 (NMR) 600MHz 및 분석 방법 주의 사항
2023.03.23.	2023 1학기 핵자기공명분광기 심화 ( N M R ) 600MHz 교육	NMR분석업무 관련자 (아주대 대학원생 5 명)	핵자기공명분광기 측정 (NMR) 600MHz (2D NMR)
2023.5.24.	열분석 공용 장비 교육 (DSC, STA, STA-FTIR)	열분석 분석업무 관련자 (16개사 26명)	최근 각종 플라스틱 소재, 전자 재료 및 배터리 등 다양한 분야의 연구에서 열분석(STA, DSC)분석이 연구개발 및 QC분야에서 자주 사용되고 있으나, 이에 대한 전문교육은 많지 않은 상황임. 그래서 STA와 DSC를 이용한 저온 및 고온에서의 비열 및 열량분석에 대한 교육과 더불어 EGA(Evolved gas analysis) 분석기법에 대한 소개 및 교육을 실시.
2023.7.21.	광학기기 이론 및 실습 교육 (CLSM 등)	광학기기 분석업무 관련자 (8개사 18명)	비파괴분석의 대표적인 광학현미경의 최신 동향인 실체현미경, 레이저현미경 및 실시간 세포관찰에 다양한 분야에서 활용되고 있는 바이오 컨포칼현미경에 대한 기본이론 교육을 진행하였고, 실제 현미경을 설치하여 대략적인 사용법 및 활용분에 대한 교육을 진행.