

『4단계 BK21사업』 혁신인재 양성사업(신산업 분야)

교육연구단 자체평가보고서

접수번호	5120200413838									
신청분야	에너지신산업/신재생에너지						단위	지역		
학술연구분야 분류코드	구분	관련분야			관련분야			관련분야		
		중분류	소분류		중분류	소분류		중분류	소분류	
	분류명	재료공학	재료공정		고분자공학	기능성고분자		기계공학	에너지 및 동력공학	
	비중(%)	40%			40%			20%		
교육연구단명	국문) 에너지융합기술교육연구단 영문) Education and Research Division for Energy Convergence Technology									
교육연구단장명	소속	부산대학교 나노과학기술대학(원) 나노에너지공학과(부)								
	직위	학과장								
	성명	국문	장준경			전화	051-510-3983			
						팩스	051-514-2358			
						이동전화	010-9580-6503			
영문		Jang Joon Kyung			E-mail	jkjang@pusan.ac.kr				
연차별 총 사업비 (백만원)	구분	1차년도 (2019-21.2)	2차년도 (21.3-22.2)	3차년도 (22.3-23.2)	4차년도 (23.3-24.2)	5차년도 (24.3-25.2)	6차년도 (25.3-26.2)			
	국고지원금	222	504	509	614	732	613			
총 사업기간	2020.9.1~ 2027.8.31.(84개월)									
자체평가 대상기간	2024.9.1~ 2025.8.31.(12개월)									
본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21』 사업 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다.										
작성자	교육연구단장					장 준 경 (인)				
확인자	부산대학교 산학협력단장					강 정 은 (인)				

〈자체평가 보고서 요약문〉

중심어	신재생에너지	나노융합기술	화학소재
	동남권 융복합 에너지 연구허브	기초응용 융복합	학제간 융복합
	에너지 생산	에너지 저장	에너지 신산업
교육연구단의 비전과 목표	● 본 사업단은 대학원 나노에너지공학과와 화학소재학과의 연합하여 출범한 에너지융합기술 융합전공과정을 기반으로 하고 있음. ● 에너지융합기술 교육연구단은 학문 간 융합을 기반으로 한 신재생에너지 융합기술 특성화 교육커리큘럼을 도입함. 에너지 생산/저장 기술 및 이를 활용한 소규모 에너지 모듈 응용 독립전원 기술 교육을 수행하고 있음. 이를 통해 동남권 지역의 에너지 신산업 성장을 주도할 수 있는 창의적인 융복합형 혁신인재 양성을 목표로 함. ● 나노에너지공학 분야 전공 교수진과 화학소재 분야 전공 교수진의 전문성을 바탕으로 신재생에너지 융합기술 특성화 교육커리큘럼을 구축하여 운영하였음. 학사-석사-박사 과정 간 유연한 연계를 통한 우수한 대학원생 조기 확보 및 일관성 있는 에너지융합기술 특성화 교육 실시로 12명의 석사, 3명의 박사 인력을 배출함. ● 학문 간 융합(기초과학+공학) 및 분야 간 융합(소재+소자+시스템)을 통해 에너지 소재, 소자, 생산/저장, 응용 시스템을 아우르는 국내 유일의 융복합 에너지 기술 특성화 연구기관으로 위상을 정립하고, 학문 분야 상위 10% 논문 12편을 포함 총 57편의 우수 논문 출판하였음. ● 지식재산권 출원 및 등록, 산업체 연구비 수주, 기술이전 등의 우수한 산학협력 성과를 달성하였음. 프로젝트 LAB운영, 예비 창업교육과 창업지원 프로그램을 통해 현장맞춤형 교육과 산학연계를 강화함.		
교육역량 영역	● 본 교육연구단은 기후 변화와 에너지 문제에 대응하기 위해 신재생에너지 분야의 융복합 교육을 강화하고, 다학제적 전문지식과 실용적 기술을 겸비한 인재 양성을 목표로 하고 있으며 이를 위해 두 개의 전공의 교수진이 융합하여 에너지융합기술의 교육과정을 현재까지 잘 운영하고 있음. 특히 기초과학과 공학 간 통합 교육을 통해 에너지 생산·저장·응용 기술을 포괄하는 교육체계를 확립하고 있음. ● 5차년도 교육과정 운영 성과로는 신규 교과목 개설, 배터리·에너지 소재 등 핵심 기술 중심의 교육과정을 운영하고 있으며 10개 이상 비교과 프로그램(세미나, 창업교육, 프로젝트 Lab 등)에 많은 대학원생이 참여하여 교과외에 습득할 수 있는 지식을 함양할 수 있게 운영하고 있음. ● 산업체 전문가가 참여하는 콜로퀴엄, 다수의 산학협력 사업을 추진하며 대학원생들의 견문을 넓힐 수 있는 기회를 제공하고 있음. 이는 산학연계형 교육을 강화하는 것으로 실용성을 증대시키는 방향으로 교육역량을 강화하고 있음. 프로젝트 Lab·창업교육 연계로 현장맞춤형 실무교육도 강화하고 있음. ● 또한, 학사-석사 연계 및 석사-박사 연계 교육체계가 잘 구축되어 있고 최근에 많은 학생들이 연계과정을 통해서 본 교육 연구단의 혜택을 받게 됨으로써 일관된 전공 심화 및 조기인재 확보를 실현하고 있음. 이는 재적 대학원생의 증가로 이어지고 있음. ● 장학금·RA·TA 지원 확대: 사업비 약 80%를 인력양성에 투입하고, 대학원혁신사업과 연계해 지원체계를 확립해 가고 있음. ● 또한, 참여 대학원생들의 견문을 넓혀주기 위해 국내외 학술활동 지원을 강화하고 있음. 해외연수(EPFL 등), 국제학회 발표, 펠로우십·우수논문상 등 연구성과 보상 제도 등을 운영하여 참여 대학원생들의 적극적인 참여를 유도하고 있음.		
연구역량 영역	● 본 교육연구단은 5차년도 융복합 연구 수행의 결과로 우수 논문을 57편 (참여교수간 중복 포함) 게재하였음. Advanced Energy Materials, Chemical Engineering Journal, Small 등의 양질의 논문을 에너지융합기술 관련 융복합 결과로 보고 하였음. 특히, 참여교수 1인당 4.38편의 논문을 작성하였음. ● 에너지융합기술 교육연구단은 질적 평가 기준 강화와 인센티브 차등 지급(교수 13명 1,500만원, 대학원생 45명 3,300만원)을 통해 연구역량을 제고하고, 융합 연구 인프라 구축과 후속 지원을 통해 창업·사업화 모델 발굴을 추진하고 있음. ● 본 교육연구단은 3건 이상의 국제 공동연구 체계를 구축하고 해외 우수 연구진과 협력을 확대하였으며, 향후 University of Minnesota, University of Hong Kong 등과의 네트워크를 심화하여 차세대 에너지 소재·소자 분야 국제 공동연구 성과를 확산하였음.		
산학협력 영역	● 산학협력 영역에서는 R&D과제 수주, 지역(외) 산업체 기술자문 및 대학원 교육에 계획대비 우수한 실적으로 성과를 보임. ● 5차년도 산업체 연구비 수주실적은 총 9개의 기업으로부터 연구비 401백만원을 수주하였		

	고, 지자체로부터 200백만원을 지원받아 총 601백만원으로 계획대비 300% 초과 달성함. ● 5차년도 연구비 수주 실적 외 산업체 기술관련 실적으로는 등록특허 11건 (출원 31건), 기술 및 노하우 이전 2건 (총 30백만원)이 있음. ● 본 연구단의 산학협력위원회에서는 지역 기술 개발에 기여하기 위해 부산 지자체 및 산업체가 함께하는 워크숍, 전략포럼등을 지속적으로 개최/참여하여 교류활동을 가지고 있음. ● 참여대학원생들의 취창업을 위해 최신허랜드 분석 추이를 지속적으로 파악할 수 있는 웹 페이지를 상시 운영하고 있으며, 산업체 팀장 임원급 연사를 초청한 기술세미나를 통해 학생들에게 산업체 기술 트렌드와 취업과 관련된 정보를 수집할 수 있는 기회를 제공함. ● 참여교원이 수행하고 있는 기업과제에 참여하는 학생들의 경우 과제 수행 중 기업공동워크숍과 같은 행사 또는 미팅에 참여함으로써 산업체 기술트렌드를 간접적으로 체험함. ● 학생들의 취창업에 도움이 되는 창업교육 및 기업 애로기술을 해결하는 연구회 지원등 다양한 분야에서 학생들을 지원함.
향후 계획	● 교육역량 영역에서는 우수인력 유치, 에너지융합기술 분야에 맞는 교육을 위해 다각적 노력을 하였고 이를 통해 대학원생들의 학문적 성취도가 상승하고 있고, 우수한 연구 인력의 확보가 이루어지고 있음. 코로나 시기와 연구비 문제 등으로 인하여 위축되었던 학술활동, 외국 대학원생 유치 등의 문제를 해결하기 위해서 노력하고자 함. 또한, 코로나 이후 대면 활동에 대한 필요성이 커지면서 비대면 수업 등에 대한 수요가 바뀌고 있음. 현재 대학원 본부에서 AI 활용에 대한 교육 강화를 추진하고 있는데 이를 적극적으로 반영하여 본 교육연구단에서도 참여대학원생들의 AI 역량 강화를 위해서 노력해야할 것으로 판단됨. ● 연구역량 영역에서는 참여 대학원생들이 교육연구단의 지원을 통해 우수한 국내외 학술지에 연구 성과를 게재하고, 다양한 글로벌 연구 및 학술 활동을 수행하였음. 향후 하버드대학교, 프라운호퍼연구소 등과의 국제 공동연구를 확대하여 보다 높은 수준의 국제 협력 논문을 지속적으로 발표할 예정임. 이를 위해 인센티브 제도와 해외 교류 프로그램을 강화하고, 우수 신진 연구인력에 대한 지원을 확대하여 에너지 분야의 연구 성과 창출과 관련 산업으로의 인재 진출을 적극 장려할 계획임. ● 산학협력 영역에서는 지역 에너지 생산/저장 부분 소재/소자/시스템 및 응용 관련 산학협력 영역에서는 참여교원/학생의 적극적인 산업체 교류활동으로 산업체 R&D연구비 수주와 특허/기술이전 실적을 달성하였으며 4차년도 대비 기술세미나와 같은 비교과 교육활동도 활발하게 수행함. 6차년도는 5차년도의 실적을 바탕으로 신입생 유치와 재학생 취창업에 도움을 줄 수 있는 교육 및 연구활동을 활성화 하고자 함.

1. 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

성명	한글	영문
장준경	장준경	Joonkyung Jang
소속기관	부산대학교대학교 나노과학기술대학(원) 나노에너지공학과(부)	

▶ 교육연구단장의 교육 역량

- 장준경 단장은 2단계 (2006-2012), 3단계 (2013년-2020), 4단계 BK21 사업 (2021-현재)에 걸쳐 19년간 BK 교육연구단의 참여 교수로 풍부한 교육 경험을 쌓아왔음.
- 장준경 단장은 창의적이고 탁월한 교육 및 학생 지도를 인정받아 2021년 “부산대학교 교육자상”을 수상함.
- 장준경 단장은 2022년도 부산대학교 대학원 교과과정 전면 개편 작업에 위원으로 주도적으로 참여함.
- 장준경 단장은 2022-2023년 대한화학회 출판위원회 위원장으로 봉사하며 화학관련 출판물 온라인 간행을 통해 화학 관련 교육에 봉사하였음.
- 2015년 부산대학교의 “나노소재공학과”와 “나노응용공학과”를 통합하여 “나노에너지공학과” 신설을 주도하여 신재생에너지 분야의 융합 교육에 매진하였음.
- 장준경 단장은 2012년부터 “첨단 사이언스 교육 허브 개발 사업”을 통해 계산화학 소프트웨어의 국산화와 온라인 교육 콘텐츠 개발하는 전국적인 계산화학 네트워크에 적극적으로 참여하고 있음.

▶ 에너지융합기술 교육연구단장의 연구 역량

- 장준경 단장은 2023년부터 “유무기 할라이드 페로브스카이트 구조동역학 연구실” 기초연구실의 연구책임자이며 2021년부터 중견 연구자 과제 “수화층의 분자 구조 동역학 연구” 등 총 5개의 에너지 관련 정부과제를 수행하고 있음.
- 장준경 단장은 이론/계산 화학 방법을 통해 신재생에너지 관련 화합물, 촉매, 및 재료 설계 방법에 대한 연구를 다년간 수행하여 SCI 논문 185편, 단행본 3편, 시뮬레이션 방법에 관한 특허 등록 3건, 특허 출원 2건이 있음.
- 장준경 단장은 물리화학 분야 학문적 업적을 인정받아 대한화학회로부터 입재물리화학상 (2020년), 학술진보상 (2018년), 신국조 학술상 (2016년), 젊은 물리화학자상 (2010년)을 수상함.
- 장준경 단장은 2021년부터 2024년까지 연구재단 자연과학단 화학분야 전문위원 (RB)으로 활동하였음.
- 미국 노스웨스턴대 (2009년)와 캘리포니아 주립대-버클리 (2016년), 일본 분자과학연구소 (2008년)에서 총 2년 4개월 동안 방문 교수를 역임하면서 국제 공동연구 경험을 쌓았음.

▶ 교육연구단장의 행정 역량

- 현 부산대학교 대학원 나노융합기술학과의 학과장으로 대학원 학사를 지휘하고 있으며 2012년 3월부터 2년간 부산대학교 나노소재공학과 학과장, 대학원 나노융합기술학과 학과장을 역임하여 행정업무 경험을 쌓았음.
- 장준경 단장은 2025년 현재 대한화학회 물리화학분과회 회장으로 역임하고 있으며 2022-2023년 대한화학회 출판위원회 위원장으로서 학회 행정 능력도 쌓았음.

- 2012년-2014년 “나노기반 고효율시스템” 특성화 사업단장을 수행하였으며, 2020-2022년 부산대학교 교양교육원 운영위원, 2012-2014년 부산대학교 입학전형위원회 위원, 2008년 부산대학교 도서관 운영위원, 2011년과 2015년에는 부산대학교 슈퍼컴퓨팅 센터 운영위원으로 다양한 행정 활동을 하였음.

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
에너지융합기술 융합전공	2024년 2학기	16명	13	81.25	0	13	13
	2025년 1학기	16명	13	81.25	0	13	13

<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	윤진환	2024년 2학기	전출	타교 이직	
2	안성일	2025년 1학기	-	참여 제외	
3	김정민	2025년 1학기	전임	신규 임용	

<표 1-3> 교육연구단 참여교수 지도학생 현황 (단위: 명, %)

신청학과 (부)	기준학기	대학원생 수											
		석사			박사			석·박사 통합39.75			계		
		전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)
에너지융합 기술융합전 공	2024년 2학기	33	29	87.87	15	15	100	16	16	100	64	60	93.75
	2025년 1학기	29	23	79.31	18	16	88.88	15	14	93.33	62	53	85.48
참여교수 대 참여학생 비율													

<표 1-4> 교육연구단(팀) 신진연구인력 채용 현황

대학원 학과(부)	학기	신진연구인력	비고
에너지융합기술교육연구단	2024년 1학기	1명	
	2024년 2학기	1명	
	2025년 1학기	2명	

▶ 참여교수 전·출입 현황

- 2024년 9월 1일자 윤진환 교수 타교 전출,
- 2025년 3월 1일자 안성일교수를 참여제외하고 2025년 3월 14일자 김정민 신입교수를 참여교수로 진입시킴.
- 참여교수 14명에서 13명으로 연구단 운영중이며 2025년 2학기 참여교수 증원 예정
- 참여대학원생 2024년 2학기 60명, 2025년 1학기 53명으로 운영중이며 참여교수 전출로 인한 학생 감소가 다소 있었음.
- 신진연구인력의 경우 2024년 1명 채용, 2025년 2명의 박사를 임용함.

2. 교육연구단의 비전 및 목표 달성정도

▶ 교육연구단의 비전 및 목표(교육, 연구, 국제화 등) 대비 실적

- 에너지융합기술 교육연구단은 신재생에너지 분야 신산업 육성을 위한 에너지 융복합 혁신 인재 양성을 비전으로 설정함. 이를 위해 다학제를 기반으로 신재생에너지 융합기술 특성화 교육커리큘럼을 구성하여 관련분야 고급 인력을 양성하는 것을 목표로 함. 에너지 생산/저장 기술 및 소규모 에너지 모듈 응용 독립전원 기술 개발 등을 위한 교육 프로그램을 운영하였음.
- 동남권 지역 신재생에너지 R&D를 선도하는 혁신 인재 양성을 목표로 “에너지융합기술” 융합전공 과정에 혁신적인 커리큘럼을 도입하였음. 다양한 에너지 생산/저장 기술 관련 기초 학문과 소재/소자/시스템 관련 응용 기술의 융복합을 통한 특성화 교육을 시행함. 학생들에게 다양한 선택지를 제공하기 위해서 에너지 관련 교과목을 추가 편성하였음.
- 본 교육연구단 시작과 함께 진행된 여러 교육, 연구, 국제화 프로그램을 지속적으로 발전시켜 왔으며, 본부에서 진행하는 많은 비교과 프로그램에 적극적으로 참여하고 있음. 참여 교원들의 꾸준한 노력으로 학사-석사 연계 과정으로 대학원으로 진학하는 학생이 지속적으로 증가하는 추세임. 이는 본 교육연구단의 운영 수월성이 우수한 지역 인재의 선점으로 나타난 결과로 판단됨.
- 설정한 사업단 운영 목표를 종합적으로 잘 달성하였으며, 교육, 연구, 국제화, 산학협력에 있어 각각 다음의 대표 성과를 도출하였음.
 - ▶ **교육**: 에너지 소자, 에너지 생산/저장, 에너지 응용 시스템 기반의 나노에너지공학 분야 전공 교수진과 유기 소재, 무기 소재, 계산 화학 기반의 화학·소재 분야 전공 교수진의 전문성을 바탕으로 신재생에너지 융합기술 특성화 교육커리큘럼을 구축하여 운영하였음. 교육 구조혁신을 위한 온라인 교육 콘텐츠 2건을 제작하였으며, 개인맞춤형 커리큘럼 트리를 구성하여 학생 개인별 맞춤형 교육을 시행하였음. 각 연구실에서 관심 분야의 최신 연구 동향을 조사하여 사업단의 홈페이지에 57건 가량 공유함. 또한, 지난 5차년도(2024.09~2025.08) 기간동안 113명의 연인원 대학원생을 확보하고, 2025년 2월 졸업 10명의 석사, 2명의 박사를 배출함.
 - ▶ **연구**: 에너지 분야에서 양적, 질적으로 우수한 성과를 달성하였음. SUSMAT (JCR 2024 기준 상위 1.96%), Advanced Materials (2.17%), Advanced Energy Materials (2.61%), Journal of Energy Chemistry (2.67%), ACS Sensors (3.6%), Chemical Engineering Journal (3.61%) 등의 상위 5% 이내 논문을 비롯하여 우수 연구 논문을 모두 57편 게재하였음. 사업단 내 융복합 연구 장려를 통해 논문 질 향상을 위한 지속적인 노력을 수행하고 있음.
 - ▶ **국제화**: 국제학회 참여 및 국외 장단기 연수 지원을 통해 참여대학원생의 국제 연구 역량을 제고하였음. 참여대학원생의 국외 학술대회 발표 17건, University of California, Ming Chi University of Technology에 단기 연수 2건 및 Ecole Polytechnique Federale de Lausanne에 장기 연수 1건을 지원함. 참여교수들의 위원회 활동, 초청 강연, 좌장 수행, 국제공동연구 등을 통해 본 교육연구단의 국제화 역량을 강화하였음. 8건의 해외석학 초청 강연을 진행하고, 해외 연구기관과 MOU 3건을 체결함.
 - ▶ **산학협력**: 연구 성과의 실용화와 지역 산학거점으로서의 발전을 위해 다양한 산학협력 활동을 수행하여, 국내외 특허 출원 31건, 등록 11건의 지식재산권 확보하였음. 9건의 산업체 연구과제와 1건의 지자체 연구과제를 수행하여, 601,229 천원(지자체 200,000 천원 포함)의 연구비를 수주함. 또한, 5건의 기술이전을 통해 약 30,000 천원의 기술료 수입을 확보하였음. 프로젝트 LAB운영, 예비 창업교육과 창업지원 프로그램을 통해 학생 창업을 장려하고 지원하였음.

▶ 신청서에 작성된 저명대학 벤치마킹 대상과의 비교 분석

- 해외 선진국들은 기후 변화, 에너지 고갈 등에 대응하여 전통적 학문 분야 대신 융합 교육을 통해

신재생에너지 관련 대학원 교육을 하고 있음. 영국 뉴캐슬대학교는 신재생에너지 기술 개발을 위한 연구 및 인력 양성 프로그램인 “ReNU (Renewable Energy Northeast Universities)” 프로젝트를 영국 북동부 지역의 주요 대학과 협력하여 수행함. 스위스 로잔연방공대(EPFL)는 Institute of Chemical Sciences and Engineering(ISIC)을 설치하여 신소재를 이용한 고효율 에너지 변환 기술을 연구하고 있음.

- 본 연구단 소속의 이택호 교수가 벤치마크 대학인 University of Oxford 화학과의 James Durrant, Ji-Seon Kim 등의 교수들과 교류하며 연구 인력 양성, 신재생에너지 연구 등의 시스템을 견학하는 기회를 가졌음. 전공과 관계없이 교육과 연구를 활발하게 연계하고, 우수 연구 결과를 벤처 아이템으로 연결하는 등의 시스템에 대해 차후 사업단 운영에 벤치마크하고자 함.
- 이에 따라 구축된 에너지융합기술교육연구단은 선진국 저명대학을 벤치마크하여 다양한 교육, 연구, 산학협력 프로그램을 운영하고 있음. 구체적인 벤치마크 대학과의 비교 분석 결과는 다음 표에 정리되었음.

벤치마크 대학		에너지융합기술교육연구단
University of Oxford, Oxford PV	영국 옥스퍼드 대학교는 Henry J. Snaith 교수의 페로브스카이트 태양전지 기술을 지원하기 위하여 2010년 Oxford PV라는 회사를 세워 현재 유럽연합으로부터 3천만 파운드, 영국 정부로부터 천오백 파운드의 펀딩을 유치함. Oxford PV는 현재 독일 브란덴부르크에 공장을 세우고 본격적인 양산에 돌입하여 제품 판매를 시작함.	지자체 및 산업체 연구비의 수주와 협력체계 강화를 통해 에너지 신기술 관련 동남권 허브 구축을 위해 지속적인 노력을 기울이고자 함.
		교육/연구뿐만 아니라 활발한 산학협력을 통해 관련 기업의 애로사항을 해결하고, 대학 기술의 사업화를 위한 다각도의 프로그램을 개발하고 운영하고자 함.
University of Michigan, Energy Institute	학부생 펠로우쉽 제도: 10주간 학부생과 대학원생 위주의 에너지 그룹을 운영하며 4,000 USD를 받으며 이차전지 소재 연구, 분석 등에 참여함. 에너지 전문 연구기관을 통해 산업에 이차전지 연구/개발에 즉각적으로 투입될 수 있는 에너지 전문 인력을 양성하고 있음.	현장 중심형 교육/연구를 통해 현장 맞춤형 인력을 양성하고 연구 성과의 실증화를 위해, 산업체 연계 프로젝트 Lab 등의 교육/산학 프로그램을 개설함.
		참여대학원생들에게 연구장학금을 지원하며, 장학금을 받지 못하는 학생들에게는 대학원혁신 사업으로 RA, TA 제도를 통해 장학금을 지급함. 4차년도부터 본 대학 출신 대학원 신입생에게 등록비를 지원함.
University California, Irvine	기계공학, 화학공학학부 및 대학원 과정에서 연료전지 특화 과목으로 연소와 연료전지공학, 연료전지 기초와 기술 등의 과목 등 다양한 수업을 제공하고 있으며, 1998년에 연료전지 전문연구소인 National Fuel Cell Research Center를 설립하여 연료전지 전문 인력 양성 및 연구를 주도하고 있음.	다전공 분야의 학과 간 연합을 통해 신설된 에너지융합기술 융합전공과정을 바탕으로, 에너지 분야의 기초과학과 응용공학의 학문 간 융합을 기반으로 하는 연구 및 교육의 수행함.
		에너지 분야 특성화된 교육을 위해 에너지융합기술특론 1, 2 과목을 운영 중임. 교원의 전공에 맞춰 에너지 기초/소재/소자 과목의 교과목을 개설하여 융합 교육을 시행함.

● **교육연구단의 비전 및 목표 달성을 위한 애로사항 등 기술**

- 전체적으로 원활하게 5차년도 사업이 운영되었고, 설정한 목표가 달성되었음. 대학원생들과 참여교수들이 적극적으로 프로그램에 참여하고 실적을 도출할 수 있도록, 인센티브 확대 및 차등 지급 등의 운영 방안 개선을 고려하고자 함.

II

교육역량 영역

□ **교육역량 대표 우수성과**

● **교육연구단 교육역량 우수 성과**

- 참여 대학원생 실적: 각 연구실에서 지난 1년간 (2024.09.01.~현재) 지난 4년과 같이 우수한 연구 활동을 이어가고 있음.
- 참여대학원생 참여 논문 현황(중복제외, 주저자 및 기타저자 포함)

	1차년도 (2020.9.1.~2021.8.31.)	2차년도 (2021.9.1.~2022.8.31.)	3차년도 (2022.9.1.~2023.8.31.)	4차년도 (2023.9.1.~2024.8.31.)	5차년도 (2024.9.1.~2025.8.31.)
5%이내 논문	4편	7편	1편	11편	6편
20%이내 논문	12편	9편	12편	12편	15편
전체 논문 (국내외 학술지 전체)	19편	34편	31편	35편	39편

- 참여대학원생 학술대회 발표 현황 (주저자 및 기타저자 포함)

	1차년도 (2020.9.1.~2021.8.31.)	2차년도 (2021.9.1.~2022.8.31.)	3차년도 (2022.9.1.~2023.8.31.)	4차년도 (2023.9.1.~2024.8.31.)	5차년도 (2024.9.1.~2025.8.31.)
국내 학술대회 발표	15건	30건	32건	24건	13건
국외 학술대회 발표	14건	20건	12건	16건	17건
전체 학술대회 발표 건수	29건	50건	44건	40건	30건

- 5차년도 기간 (2024.09.01.~2025.08.31.)동안 총 8회의 걸쳐 석박사 학생들은 Small Talk 강의 이후 학부생들과 점심 식사를 같이 하며 연구에 대한 논의 등을 진행하였음. 성과평가로 자체평가보고서를 작성하지 않은 4차년도는 10건의 Small Talk를 진행함.

일정	발표자	주제	사진
2023.09.20	김지수	Introduction to Biomedical Imaging	

2023.10.25	조채용	이차전지 인력양성사업 소개 및 산업동향	
2023.11.01	고대철	Manufacturing of Multi-Material Mixed and Lightweight Automotive Body	
2023.11.08	강미정	Careers advice from scientists in industry	
2024.03.13	김지수	의료영상기술 소개	
2024.03.29	송우진	Post 학부과정 나의 진로는..	
2024.04.03	엄태중	레이저 광학분야 전문가는 왜!, 얼마나! 필요한가?	
2024.05.08	김재호	차세대 이차전지를 위한 재료 설계	
2024.05.22	김규정	남극에서의 광바이오 연구	
2024.05.29	고대철	친환경 자동차 부품의 경량화를 위한 CAE활용	

2024.09.25	박근태	지식재산 전반적 내용 및 관련분야 취업	
2024.10.02	김지수	반도체 공정장비 관련 분야 취업 및 초음파영상을 이용한 비파괴 검사	
2024.11.06	강준희	인공지능 소재 연구의 현재와 미래	
2024.11.13	이형우	에이스의 길-탄소소재와 함께하는 도전	
2024.11.20	이휘돈	컬러변조 레이저를 이용한 다양한 측정	
2024.11.27	김규정	해양과 환경 연구를 위한 광학	
2025.05.19	이동윤	참여대학원생 간담회	
2025.05.29		나노에너지 캠프	

- 또한, 참여 교수의 연구실 별로 소속 대학원생들이 매주 자신이 흥미롭게 보고 있는 연구에서 공유하고자 하는 것들을 발췌하여 간략히 정리해서 정보를 공유하는 일을 진행하고 있으며 지난 4개년 (2020.09~2024.08) 기간 동안 125건의 동향분석 탑재되었으며 이번 5차년도 (2024.09~2025.08) 에는 57건 의 최신 연구 동향 등이 탑재되었음.

2025학년도 1학기 강의 CQI 보고서

교과목번호	EC6800779	교과목명	고급전자기학	분반	110	학점	3.0
담당교수	황윤희	개설학과	에너지융합기술융합전공	이수구분	융합전공(대학원)	개설학년	전학년

□ 학생수강 소감요약

전자기학은 기초과목으로 다양한 분야에서 중요한 물리적 개념으로 작용하는 전자기파에 대한 기초지식 함양이 목적이나 학생들이 응용과목으로 오해하는 것을 발견하였음. 이러한 오해를 방지하기 위해 과목의 특성에 대한 설명을 좀 더 구체적으로 할 계획

□ 평가방법

평가관련요구사항 등록을 위한 코드 : 0, 평가관련요구사항 등록을 위한 코드 : 0

□ 이번 학기 강의에 대한 성찰 및 강의개선 계획

전자기학은 기초과목으로 다양한 분야에서 중요한 물리적 개념으로 작용하는 전자기파에 대한 기초지식 함양이 목적이나 학생들이 응용과목으로 오해하는 것을 발견하였음. 이러한 오해를 방지하기 위해 과목의 특성에 대한 설명을 좀 더 구체적으로 할 계획

2025학년도 1학기 강의 CQI 보고서

교과목번호	EC7600052	교과목명	에너지융합기술특론(I)	분반	110	학점	3.0
담당교수	이택호	개설학과	에너지융합기술융합전공	이수구분	융합전공(대학원)	개설학년	전학년

□ 학생수강 소감요약

교수님의 강의자료가 공부하는데 도움이 되었습니다., 한 학기동안 고생많으셨습니다 교수님!, 한학기동안 감사합니다.

□ 평가방법

평가관련요구사항 등록을 위한 코드 : 0, 평가관련요구사항 등록을 위한 코드 : 0

□ 이번 학기 강의에 대한 성찰 및 강의개선 계획

본 강의는 에너지 관련 분야 대학원 학생들에게 전자 소자 관련 지식 함양을 목표로 계획됨. 국제 수준의 연구자 양성 및 외국인 학생들을 위해 영어 강의로 진행함. 대학원 강의임을 고려하여 연구와의 연계성을 강화하여 일부 학생들이 따라오지 못하고 이탈하는 경우가 없도록 개선하고자 함.

○ 5차년도에도 계속해서 연구단이 참여하고 있는 대학원혁신 사업 참여 현황

[대학원 혁신 사업 참여 현황표(비교과 포함)]

사업명	프로그램명	1차년도(2020.9)	2차년도(2021)	3차년도(2022)	4차년도(2023)	5차년도(2024)	6차년도(2025)
국제 공동연구 지원사업			장준경(서지연)			서지연	서지연
Fellowship		김재영, 김예지, 남정석	김민수, 이수범, 이원희, 김예지, 박지현, 최세용, 김보경	고연정, 유기용	김나영, 김주은, 이우람, 장민수	유진수	박지현, 이정근, 최진영
Innovation Course		디마할아벤, 예르코잔 아만젤디노바, 이우진, 김예지, 기원근, 조수진, 남정석, 김준형, 사셈바예바야나, 김보경	김예지, 장민수, 이우람, 이우진, 시셈바예바야나, 디마할아벤	고연정		최진영, 나원주	김나영
신임교수지원사업		박민준, 전일		서지연			
우수박사 수료생지원			이유진				
우수논문상		이마니쿠스마베타트하야	이유진			김선주	
Living Lab			오진우교수님방				
PNU-Star 선정			우재영			김선주	
RA			김재영, 피트리아게아	강동주, 피트리아게아	1학기 강보경, 박정빈, 최세용, 2학기유원환,단진,최세용,엘레스타포토리,김예지,이정근,장민수,조영수	1학기 페브리오라 나빌라, 아네티타, 바시르알돌, 조세용, 김나영, 쿠르만올사스, 최수영, 2학기김예지,아베베울라크,바시르알돌,런지파,박정빈,나원주	1학기 장민수, 바시르알돌, 런지파, 나원주, 김민수, 김형빈, 2학기김신영,정채린,런지파,이정근,카말에이차,가르시아아만다
TA					2학기 아흐메트자노브누르 사림	1학기 디마할 아벤, 2학기디마할아벤	1학기 신가흔, 2학기강민승
석박사학습튜터링			2021-1 조영수, 김성민, 오승훈, 김영권, 2021-2우재영,김성민,오승훈,김영권	2022-1우재영, 김성민, 오승훈, 김영권, 2022-2김예지,이일현,김나영	장민수, 김예지, 우재영, 김주은, 전민주	1학기 김주은, 송동현, 최진영, 2학기강정빈,최지원, 김주은	1학기 김주은, 강성빈, 김형빈
PNU-Star Fellowship				우재영			
대학원혁신 심사위원					황윤희, 이동윤		김종만
국제공동연구참여신청							김선주
신입생 장학금지원사업						김민승, 강성빈, 김나영, 김주은, 송동현, 차브라보티 사림, 송동현, 윤혜선, 이리형, 전민주, 정경호, 다원주	
학부생 Bridge장학금					한승욱, 강민승, 송무근,	김현우, 신가흔, 양예원, 윤혜선, 이소윤, 정경호	
2024년 Graduate Pre-Strat 운영						우재영외 2명	
비교과 프로그램	[1차 유시민 작가] 연구성과 도출을 위한 석학초청			2022-1 전민주			
	영어논문작성법			2022-1 디마할 아벤			
	마음을 치유하는 캘리그래피			2022-1 강보경			
	작가와 함께하는 북클럽 코로나19			2022-1 우재영, 김영권, 김성민			
	연구성과 도출을 위한 연구특강		2021-1 이수범, 전민주, 2021-2이수범,우재영,이유진				
	2022-상반기 후기공무전			2022-1 우재영			
	국내학술대회 경비원 프로그램			2022-2 김예지, 김나영, 나원주, 우재영, 장민수, 장민수, 조영수			
	PNU 감성코칭			2022-1 강보경			
	PNU 대학원생 연구성과 교류회			2022-2 고연정		유진수, 나원주	

PNU-융합성과 포럼		2021-2 김예지, 이유진				
계열별 논문캠프			2022-2 김주은		최지원, 유진수	
고전읽기&독서토론		2021-2 우채영, 홍준규, 김영권	2022-1 우채영, 김성민, 김영권			2025-1 조영수, 김영권, 박지성
국제학술지 논문교정료 지원		2021-1 이상수	2022-2 전민주			
영문학술발표&커뮤니케이션 스킬업 기초		2021-2 유기용			2024-2 런치파, 김예지,	
협업을 위한 마인드셋			2022-2 강동주			
논문완전정복					생명과학-김나영, 김주은 이공자연-김나영,이소 윤	
저자와의 만남					김주은	
연구력 지표 이행과 도서관 100% 활용법					김주은, 고성원, 신원지	김유리, 나원주, 바시르압둘, 김민수, 김주은, 김형빈
대학원생을 위한 학술적 글쓰기 특강						이운환
도서관 이용 교육					2024-2 바시르압둘	2025-1 김주은
생성형 AI 활용 강의 자료 제작					왕정아, 김유리, 김영권, 엘레스타 루트리, 김예지, 런치파	
생성형 AI로 똑똑하게 연구하기						런치파, 바시르압둘, 김나영, 김민수, 김형빈, 권동건
슬기로운 연구생활: 소통과 질서관리 특강					김민수, 김형빈	
2024-2학기 대학원생 학술논문 작성을 위한 ChatGPT&AI 활용법					2024-2 박정빈, 런치파	
ChatGPT&AI 활용법 특강(기초/심화)					박지한, 김영권, 김주은, 김성빈	
퍼스널브랜딩 특강						김주은

- 참여 교수 실적: k-mooc 박민준교수의 K-MOOC 강좌 “알기 쉬운 이차전지 이야기”를 개설하여 학부생부터 산업체 종사자까지 폭넓은 수요층을 대상으로 차세대 이차전지의 원리와 산업 동향을 체계적으로 교육하였음. 해당 강좌는 높은 학습 만족도와 교육적 파급효과를 인정받아 K-MOOC 블루리본 강좌로 선정되었으며, 이는 이차전지 분야 교육 콘텐츠의 혁신성과 대중적 활용 가치를 동시에 입증한 성과로 평가됨.

▶ 교육구조/커리큘럼 혁신

- e-learning (비교과 영역) & e-class (교과영역)의 학점화는 여러 가지 이슈로 인해서 활성화 되진 않았지만 참여 교수진이 진행하는 강의의 영상을 온라인에 업로드 하거나 실시간 강의를 진행하고 있어 점차적으로 활성화의 기반을 다지는 추세로 판단됨. 다음은 5차년 기간동안 진행된 실적 사항들임. 이외에 학생들의 연구 및 기업 대응 능력을 키우기 위한 프로젝트 랩 또한 꾸준히 진행하고 있음.
 - ▶ 오진우교수: 나노에너지공학과 학부 EES 융합전공 : 에너지와 지식 재산 라이선싱(ENERGY AND INTELLECTUAL PROPERTY) 온라인 강의 진행
 - ▶ 서지연교수: 전국 첨단공유대학 CO-WEEK ACADEMY 대형 강의 진행
 - ▶ 1차년도 BK 진행 당시 연구단 및 대학원혁신에서 추진하고자 했던 비교과 관련 강의 등은 이제 자리를 잡아 연구단 내에서 카운트하기 어려울 정도로 많은 학생들이 참가하고 있으며 비교과 마일리지 등을 쌓고 있으며 연구단의 참여 학생들이 자발적으로 부산대 내의 많은 비교과를 참여하고 있음.
 - ▶ 프로젝트 랩은 4~5차년도 기간동안 3건이 진행됨. (이동운교수-(주)엠엔에스아이, 서지연교수-ChoseLab, 박민준교수-한국엘에프피 업체와 진행)
 - ▶ 대학원혁신에서 제공하는 비교과 프로그램 중 26개 이상의 비교과 프로그램에 참여대학원생들이 참여함(위 표 참고)
 - ▶ 또한, 본 교육연구단에서 추진하고 있는 신기술-신산업 동향 분석 관련 활동도 꾸준히 진행되고 있음: 1) 이택호 교수 리뷰 논문 1건-Organic semiconductor bulk heterojunctions for solar-to-chemical conversion: recent advances and challenges; 2) 서지연교수 리뷰 논문 2건

-Eco-friendly Fabrication of Perovskite Solar Cells: From Material Engineering to Recycling, Sustainable Recycling of Perovskite Solar Cells: Green Solvent-Based Recovery of ITO Substrates 이 있으며; 3) 참여대학원생들은 홈페이지 자료실에 5차년도 57건을 탑재함.

1. 교육과정 구성 및 운영

1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

- 교육연구단의 현 교육과정과 학사관리 장단점을 포함하여, 신청서에 명시되어 있는 대학원 교육과정과 학사관리 운영계획 대비 최근 1년간(2024.9.1.~2025.8.31.)의 실적
- 에너지융합기술 특론 1 (에너지 생산 등에 관한 기초 교육)과 에너지융합기술 특론 2 (에너지 생산 저장 및 응용 교육) 과목을 신설하여 신입생들이 반드시 이수해야 하는 것으로 운영을 시작하였으나 최근 수요를 반영하여 지난 3차년 자체평가보고서에 명시한 대로 2023년 2학기부터 시행하기로 한 교과목 대체로 에너지융합기술특론(II)를 배터리과학 및 기술특론로 대체하여 편성하고 에너지융합기술특론(I)은 유지하면서 이차전지나노소재특론을 추가로 융합전공 교과목으로 추가 편성함.

	에너지융합기술 융합전공 개설	참여학과 개설(전공인정과목)	
		나노융합기술학과	화학소재학과
2차년도 과목 개설	21년 2학기 에너지융합기술특론(II) 나노표면분광학특론 스마트환경센서공학특론 22년 1학기 재료물성분석특론	21년 2학기 바이오에너지특론 논문연구 8 개 분반 22년 1학기 초미세가공 나노전자소자특론 논문연구 10 개 분반	21년 2학기 고급물리화학 저차원탄소화학 논문연구 5개 분반 22년 1학기 신소재연구동향 고분자구조 및 물성 무기박막소재화학 논문연구 4개 분반
3차년도 과목 개설	22년 2학기 에너지융합기술특론(III) 고급열통계역학 스마트환경센서공학특론 23년 1학기 에너지융합기술특론(I) 고급전자기학 이차전지나노소재특론 재료물성분석특론	22년 2학기 바이오에너지특론 트라이볼로지특론 논문연구 10 개 분반 23년 1학기 초미세가공 논문연구 8 개 분반	22년 2학기 고분자합성세미나 무기복합소재세미나 논문연구 3개 분반 23년 1학기 고급무기화학 신소재연구동향 논문연구 3개 분반
4차년도 과목 개설	23년 2학기 고급열통계역학 스마트환경센서공학특론 에너지재료공학특론 배터리과학및기술특론 24년 1학기 고급전자기학 전산나노과학 이차전지나노소재특론 탄소소재합성및분석특론 에너지융합기술특론(I)	23년 2학기 트라이볼로지특론 나노에너지하베스팅 논문연구 10분반 24년 1학기 논문연구 9분반	23년 2학기 태양전지특론 저차원탄소화학 논문연구 2분반 24년 1학기 무기박막소재화학 논문연구 4분반
5차년도 과목 개설	24년 2학기 박막재료공정 고급열통계역학 하이브리드에너지공학특론	24년 2학기 트라이볼로지특론 나노에너지하베스팅 논문연구 11분반	24년 2학기 고급전자소자 무기복합소재세미나 논문연구 3분반

	배터리과학및기술특론 25년 1학기 에너지재료상변태 고급전자기학 이차전지나노소재특론 에너지공학특론 에너지융합기술특론(I)	25년 1학기 논문연구 9분반	25년 1학기 논문연구 3분반
--	--	----------------------------	----------------------------

- 비교과 영역에 대한 교육 강화: 4차년도부터 산학협력 전문가 초청세미나를 꾸준히 진행하고 있으며 5차년도에는 8건을 진행함. 이에 많은 학생의 참여를 독려하기 위하여 연구단 참여율로 체크하여 인센티브에 반영하고 있음.
- 커리큘럼 트리 만들기(학생지도 개인 카드): 지도교수와 학생 간의 상담을 통하여 진로에 맞는 교과목을 설정하고 이에 맞게 수강하게 하는 교과목 코칭을 이어나가고 있음.

개인 맞춤형 커리큘럼 구성 계획서

학과	나노융합기술학과	학생명	최정현	학번(학위과정)	20249815
연구주제: Improving PEC efficiency by enhancing light capture from laser patterning of Cu ₂ O film					
과목명		연구주제와의 연관성			검인
2학년 1학기	1. 초거분자 2. 에너지융합기술특론 I 3. 전산 나노 과학	유기화학과 에너지융합기술특론 I: 전산 나노과학을 통해 전하 구조와 분자 수준의 반응 원리, 그리고 양자역학 방정식 도출, 2차원 나노 구조 특성을 바탕으로 이러한 특성을 통해 Cu ₂ O 광 양자재료와 광전류를 발생시키는 과정을 이해하고, 광안극/전해질 계면에서 일어나는 전하 이동 현상을 분석하는 것에 도움이 됨			
	1. 광기초 소개 2. 배터리과학 및 기술특론	광기초 소개와 배터리과학 및 기술특론을 통해 빛과 물질 상호작용과 한국 내 차세대 광전자소재에 대한 이해를 할 수 있게 되었음. 이는 Cu ₂ O 광양자 재료의 패시너를 적용해 광전류를 강화하고, PEC 시스템 내에서 전기화학적 반응을 높여주는 연구에 도움이 됨			
	1. 에너지재료 상변태 2. 논문연구 3. 연구 윤리 및 연구윤리	에너지재료 상변태 과학에서 광전 구조와 광전자가 전하의 특성 및 광전 효율에 미치는 영향을 바탕으로 이를 통해 Cu ₂ O가 광전자의 구조나 광전 계면에서 구조적으로 패시너를 패시너로 만들기 위해 광전 특성을 이해할 수 있게 되었음. 또한 논문연구 과정을 통해 연구 윤리, 데이터 처리, 결과 정리와 논문작성을 할 수 있었고, 연구 윤리 및 연구윤리 과정에서 연구 윤리, 데이터 처리와 결과정리를 제대로 습득함			
3학년 1학기	1. 논문연구	논문연구를 진행하면서 광전 특성에 대한 전기화학 이론적 지식과 실험적 경험을 토대로 Cu ₂ O 광전극의 패시너 패시너 효과를 PEC 효율 향상으로 연결하는 결과를 얻었음			
	특이사항				

위 학생의 교육 커리큘럼은 학생의 연구 주제와 연관성이 있게 잘 구성되어있다고 인정됩니다.

에너지융합기술교육연구단장 :



개인 맞춤형 커리큘럼 구성 계획서

학과	나노융합기술학과	학생명	김도희	학번(학위과정)	20229802 (석사학위 과정과정)
연구주제: 빛도 열광수 이온(DPT)을 이용한 전자 재료의 물질 분석 및 제어					
과목명		연구주제와의 연관성			검인
24년 1학기	1. 고급전자기학 2. 고분자화학 3. 전산나노과학	고급전자기학: 전자기학의 원리, 전자기파의 전파, 전자기파의 흡수, 전자기파의 방출 등을 통해 DPT를 만든 전하 구조와 결합에 물성 분석에 활용 고분자화학: 고분자의 구조와 결합에 물성 분석에 활용 전산나노과학: 전하 구조와 결합에 물성 분석에 활용			
24년 2학기	1. 핵재료공학 2. 나노에너지소재공학 3. 논문연구	MOXVD/MBE 등 핵반응로에서의 용액-조성 등의 패시너를 이해하고, DPT 제작과 실험을 연결해 제작			
25년 1학기	1. 논문연구 2. 융합수학기초	인형대수·수치해석 등 수치해석: Kohn-Sham, Poisson-Schrodinger, RTE, Fermi Golden rule 등의 방정식을 구현하고, 컴퓨터를 이용한 수치해석			
25년 2학기	1. 논문연구 2. 융합수학기초	전자-광자 상호작용, 핵자론/광자론 이론을 바탕으로 DPT 전자 구조로부터 광전-열광-광전 등 광학 물성 예측 및 설계, 최적 광전 특성을 예측하고, 실험			
특이사항					

위 학생의 교육 커리큘럼은 학생의 연구 주제와 연관성이 있게 잘 구성되어있다고 인정됩니다.

에너지융합기술교육연구단장 :



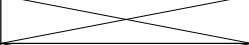
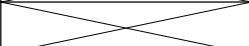
- 당초 계획 대비 실적 분석을 통해 향후 추진계획
 - 본 교육연구단에 새롭게 참여하는 교원 및 신입교원이 임용됨에 따라 에너지 관련 대학원 교과목을 더 풍성하게 구성할 수 있게 되었음. 5차년도 이후 에너지소재분석특론, 기능성나노소재특론(김재호 교수), 에너지촉매공학, 인공지능데이터분석(강준희 교수), 그리고 수소에너지특론, 세라믹 재료특론(박유세 교수)을 구성하여 참여대학원생들에게 지식 함양의 기회를 제공할 계획임.

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)	2024년 2학기	29	15	16	60
	2025년 1학기	23	16	14	53
	계	52	31	30	113

배출 (졸업생)	2025년 2월 졸업	10	2		12
	2025년 8월 졸업	1	1		2
	계	11	3		14

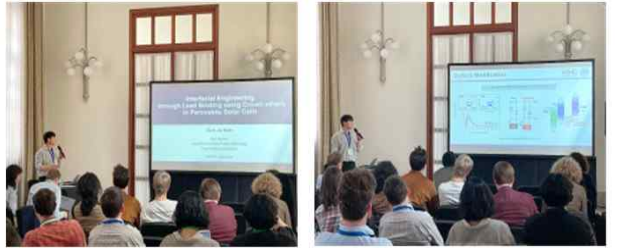
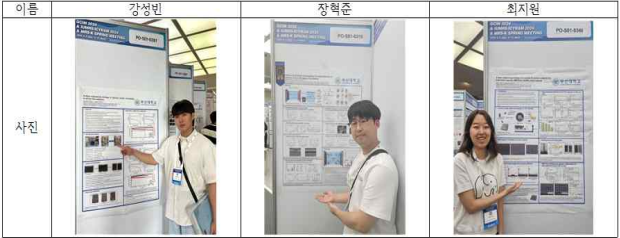
2.2 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

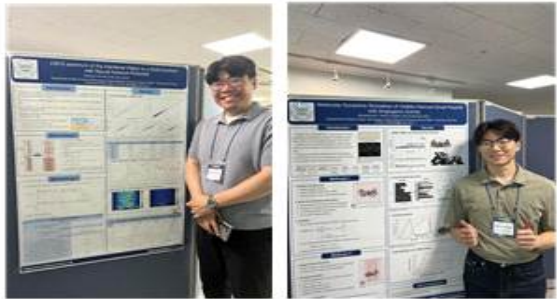
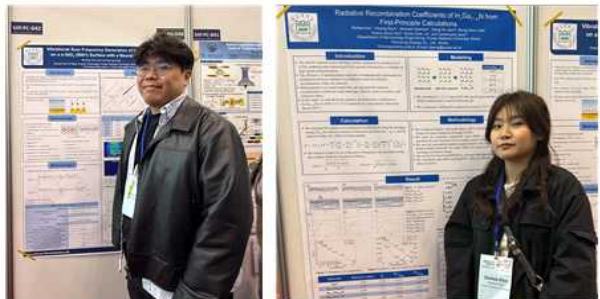
● 우수대학원생확보를 위한 지원 실적

- 지원대학원생 외 참여대학원생도 장학금의 혜택을 받을 수 있도록 대학원혁신사업으로 RA/TA로 장학금을 지원하기 위하여 추천하여 진행함.
- 우수 논문상을 추천하여 우수 논문에 대한 포상을 진행함-5차년도 김선주 참여대학원생 PNU-우수 논문상 수상.
- 국제 공동연구 연수에 추천하여 해외 공동연구를 진행함-현재 김선주(석박통합과정)이 파견되어 스위스에서 연구 중임.
- 연구단의 참여와 개인 실적에 따라 매월 지급되는 장학금 외에 인센티브를 지급함.

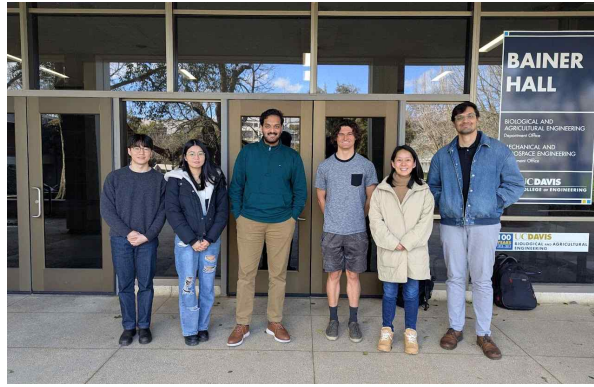
● 참여대학원생의 국제 연구 역량 강화 실적

- 참여대학원생들의 국제학회 및 국제연수 등을 지원하여 국제 연구 역량 강화에 힘쓰고 있음.
- 국제학회 지원(4차~5차년도 지원 내용)

날짜	학회명	사진
20230830~0902	2023 KJF국제 전자 및 포토닉스용 유기재료 학술대회(KJF-JCOMEP 2023)	
20240513~15	Hybrid & Organic Photovoltaics(HOPV24)	
20240608~12	GCIM2024	이름 강성빈 장혁준 최지원 사진 

20240708~12	International Workshop on New Advances in Theoretical and Computational Molecular Sciences for Complex and Quantum Process(TMCQ2024)	 <포스터 발표 사진 (좌) 최세용, (우) 김재영>
20240820~23	IMID2024	
2020306~10	2025 Chemistry National Meeting	 <포스터 발표 사진 (좌) 최세용, (우) 김도희>
20250615~19	GCIM2025	 김민석 왕정아

○ 국제 장단기 연수 지원 - 장준경교수 연구실 김재영학생은 해외 대학 연구실 방문 / Enhanced ensemble method 중 gaussian accelerated MD(GaMD), 및 weighted ensemble (WE) method와 같은 방법론에 대한 연수로 단기연수 진행(University of California, Davis Prof. Surl-Hee Ahn 연구실, 2025.02.11.~2025.02.15., California, Davis)



▶ 참여대학원과 학부생의 연계 프로그램 실적

- 5차년도 기간 (2024.09.01.~2025.08.31.) 동안 총 8회의 걸쳐 석박사 학생들은 Small Talk 강의 이후 학부생들과 점심 식사를 같이 하며 연구에 대한 논의 등을 진행하였음. 성과평가로 자체평가보고서를 작성하지 않은 4차년도는 10건의 Small Talk를 진행함. 추후 대학원생 주도적인 프로그램으로 자리매김할 수 있도록 지도.

일정	지도교수	주제	사진
2024.09.25	박근태	지식 재산 전반적 내용 및 관련분야 취업	
2024.10.02	김지수	반도체 공정장비 관련분야 취업 및 초음파 영상을 이용한 비파괴 검사	
2024.11.06	강준희	인공 지능 소재 연구의 현재와 미래	
2024.11.13	이형우	에이스의 길-탄소 소재와 함께하는 도전	
2024.11.20	이휘돈	컬러 변조 레이저를 이용한 다양한 측정	

2024.11.27	김규정	해양과 환경 연구를 위한 광학	
2025.05.19	이동윤	참여대학원생 간담회	
2025.05.29	참여 교수, 석박학생도 우미, 학부 생	나노에너지 캠프	

2.3 대학원생 학술 활동 지원 계획

신청서에 명시된 대학원생 학술 활동 지원 계획 대비 실적

- ▶ **대학원 핵심역량 강화를 위한 Matrix 시스템 적극 참여:** 대학원 본부에서 추진하는 프로그램을 적극적으로 홍보하여 참여를 유도하고 있으며 약 26개 이상의 비교과 프로그램에 참여대학원생들이 참여하고 있음.

사업명	프로그램명	1차년도(2020.9)	2차년도(2021)	3차년도(2022)	4차년도(2023)	5차년도(2024)	6차년도(2025)
비교과 프로그램	[1차_유시민 작가] 연구성과 도출을 위한 석학초청			2022-1 현민주			
	영어논문작성법			2022-1 디마탈 아벤			
	마음을 지유하는 캘리그래피			2022-1 강보경			
	작가와 함께하는 북클럽 코로나19			2022-1 우재영, 김영민, 김성민			
	연구성과 도출을 위한 연구특강		2021-1 이수범, 현민주 2021-2 이수범, 우재영, 이윤진				
	2022-상반기 후기동문전			2022-1 우재영			
	국내학술대회 경비원 프로그램			2022-2 강여진, 김나영, 박원정, 우재영, 장영호, 장민수, 조영수			
	PNU 강성포럼			2022-2 강보경			
	PNU 대학원생 연구성과 교류회			2022-2 고연정	유진수, 나원주		
	PNU-총합성과 포럼		2021-2 김예지, 이윤진				
	계열별 논문캠프			2022-2 김주은		최지현, 유진수	
	고전읽기&독서포럼		2021-2 우재영, 홍순규, 김영민	2022-1 우재영, 김성민, 김영민			2025-1 조영수, 김영민, 박지성
	국제학술지 논문고정료 지원		2021-1 이상수	2022-2 현민주			
	영문학술발표&커뮤니케이션 스칼라십 기호		2021-2 유기용			2024-2 현지파, 김예지	
	협업을 위한 마인드셋			2022-2 강동주			
	논문발행장부					생명과학-김나영, 김주은, 이윤자영, 김나영, 이소은, 김주은	
	저자와의 만남					김주은, 고성원, 신형지	김유리, 나원주, 배시트양, 김민수, 김주은, 김형빈
	연구력 지표 이해와 도서관 100% 활용법					김주은, 고성원, 신형지	김유리, 나원주, 배시트양, 김민수, 김주은, 김형빈
	대학원생을 위한 학술적 글쓰기 특강						이윤환
	도서관 이용 교육					2024-2 배시트양	2025-1 김주은
	생성형 AI 활용 강의 자료 제작					왕정아, 김유리, 김영민, 엘레스타, 루트리, 김예지, 현지파	
	생성형 AI로 북북하게 연구하기						현지파, 배시트양, 김나영, 김민수, 김형빈, 권동경
	슬기로운 연구생활! 소중과 갈등관리 특강					김민수, 김형빈	
	2024-2학기 대학원생 학술논문 작성을 위한 챗 GPT&AI 활용법					2024-2 박정민, 현지파	
	챗GPT&AI 활용법 특강(기초/심화)					박지현, 김영민, 김주은, 김성민	
	퍼스널브랜딩 특강						김주은

- ▶ **장학제도를 정비하여 고무적인 연구 분위기 조성:** 2023년 3월부터 BK 장학금이 일괄 인상되면서 참여대학원생들이 더 안정적으로 연구를 할 수 있게 되었으며, BK 지원대학원생이 아닌 경우 대학원혁신의 다른 장학금 제도를 이용하여 우리 연구단 참여대학원생들이 많은 혜택을 누릴 수 있도록 추천하고 있음. 매 학기 RA 6명을 추천, TA 1명 추천하고 있으며, 학·석 연계 신입생등록금 지원 등 최대한 수혜가 많이 될 수 있게 분배하고 있음.

❶ SCI급 저널 논문게재 및 국내외 특허 출원/등록, BK사업 참여도에 따라 참여대학원생을 대상으로 월 지급 장학금 외에 인센티브 지급: 2025년 2월 참여대학원생 인센티브 45명에게 33,100 천원을 실적에 따라 지급함.

❷ 국내외 학회 지원 및 연수 프로그램을 개발: 국제학회 2회 6명 지원, 장단기 해외연수 1회 1명 지원, 국내 세미나 개최 3회 지원, 국내 학술대회 6회 지원(아래 표들은 기본 연구단 지원비로 지원한 실적만 리스트로 작성하되 국제 장단기 연수의 경우는 교수의 개인 연구비 또는 재단 사업으로 진행하는 경우도 리스트에 삽입함.)

○ 참여대학원생의 대학원혁신 지원 사업 참여 현황

사업명	프로그램명	1차년도(2020.9)	2차년도(2021)	3차년도(2022)	4차년도(2023)	5차년도(2024)	6차년도(2025)
국제공동연구지원사업			장준경(서지연)			서지연	서지연
Fellowship		김재영, 김예지, 남정석	김민수, 이수범, 이원현, 김예지, 박지현, 최세용, 김보경	고연정, 유기용	김나영, 김주은, 이우람, 장민수	유진수	박지현, 이정근, 최진영
Innovation Course		디마랄아벤, 예르크잔 아만, 겐디노바, 이유진, 김예지, 기원근, 조수진, 남정석, 김준혁, 사셈바예바야나, 김보경	김예지, 장민수, 이원현, 이우진, 사셈바예바야나, 디마랄아벤	고연정		최진영, 나원주	김나영
신임교수지원사업		박민준, 전일		서지연			
우수박사 수료생지원			이유진				
우수논문상		이마니쿠스마베타뜨하야	이유진			김선주	
Living Lab			오진우교수님방				
PNU-Star 선정			우재영			김선주	
RA			김재영, 피트리아게아	강동주, 피트리아게아	1학기 강보경, 박정빈, 최세용, 2학기 울켈탄단, 최세용, 엘레스타두트리, 김예지, 이정근, 장민수, 조영수	1학기 페브리오라 나빌라, 아난티타, 바시르압둘, 조세용, 김나영, 쿠르만올지스, 최수연, 2학기 김예지, 아베바엘라크, 바시르압둘, 런치파, 박정빈, 나원주	1학기 장민수, 바시르압둘, 런치파, 나원주, 김민수, 김형민, 2학기 김진영, 정채린, 런치파, 이정근, 칸알예이사, 가르시아아만다
TA					2학기 아흐메트차노브누르 사립	1학기 디미탈 아벤	1학기 신가흔, 2학기 강민중
석박사학습튜터링			2021-1 조영수, 김성민, 오승훈, 김영권, 2021-2 우재영, 김성민, 오승훈, 김영권	2022-1 우재영, 김성민, 오승훈, 김영권, 2022-2 김예지, 이원현, 김나영	장민수, 김예지, 우재영, 김주은, 전민수	1학기 김주은, 송동현, 최지연, 2학기 강성빈, 최지연, 김주은	1학기 김주은, 강성빈, 김형민
PNU-Star Fellowship				우재영			
대학원혁신 심사위원					황윤희, 이동윤		김종만
국제공동연구참여선정							김선주
신입생 장학금지원사업						강민수, 강성빈, 김도희, 김민중, 김나영, 김원준, 김현우, 차크라보티, 시탈, 송동현, 윤혜선, 이태형, 전명진, 정경호, 나원주	
학부생 Bridge장학금					한승욱, 김민수, 송무근	김현우, 신가흔, 양예원, 윤혜선, 이소윤, 정경호	
2024년 Graduate Pre-Strat 운영						우재영외 2명	

○ 국제학회 지원 리스트

연번	날짜	주최	학회명	참가자명
1	20250306~0310	Taiwan Theoretical and Computational Molecular Sciences Association (T2CoMSA)	2025 Chemistry National Meeting	김도희, 최세용
2	20250615~0619	한국재료학회	Global Conference on Innovation Materials 2025	김다은, 강성빈, 김채림, 왕징야

○ 국내 세미나 개최 리스트

연번	연제	소속/강사명	날짜
1	Sunlight-driven Seawater Splitting of Perovskite Oxynitrides	전남대 서정숙교수	20241104
2	기후 위기 시대의 대기환경	국립순천대 박성훈교수	20250522

3	환기를 환기하자; 탄소중립을 위한 외기 처리의 중요성	㈜나옴 권순박 대표이사	20250523
---	-------------------------------	--------------	----------

○ 국제 장단기 연수 지원 리스트

장단기 구분	국가	일시	참가자	내용	재원
단기	미국	2025.02.11.~2025.02.15.	김재영	University of California, Davis Prof. Surl-Hee Ahn 연구실 방문/Enhanced ensemble method 중 gaussian accelerated MD(GaMD), 및 weighted ensemble (WE) method와 같은 방법론에 대한 연수	BK 사업비
단기	대만	2025.07.02.~2025.09.14.	권동건	대만 명칭대학교 연구실 방문 / Non-fullerene ETL로서 NDI 기반 thermal evaporation 연구 수행, 증착 공정을 통한 박막 특성 분석 및 계면 안정성·전자 수송 특성 평가	서지연 교수 개인연구과제
장기	스위스	2025.02.27.~2026.02.26.	김선주	Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL), 스위스, Prof. Michael Gratzel 연구실 방문 / 페로브스카이트 태양전지 연구 동향 파악 및 LaFeO3 기반 페로브스카이트 박막의 전기적 특성 분석으로 차세대 센서 응용을 위한 플랫폼 연구	한국연구재단 국제공동연구 연수지원사업

○ 해외석학 초빙 세미나 리스트

세미나명	강사	강의 제목	날짜
해외석학 초빙	Joyanta Kumar Saha	Revealing conducting organic polymers' interaction with cyanogen halides: DFT insights for enhanced gas sensing applications	20240920
해외석학 초빙	Mohammad abdul matin	Boron Nitride Fullerene: Smart Nanocarrier for Drug Delivery	20241004
해외석학 초빙	Freitag Marina	연료 감응형 태양전지(DSSC)와 사물 인터넷 (IoT)용 실내 태양전지 기술의 진도 및 응용 사례 발표	20250109
해외석학초빙	Elizabeth Gibson	재생 에너지 소재, 태양 연료 및 순환 화학 경제와 관련 연구	20250109
해외석학 초빙	HABER AHMAD MIAN	TRANSITION METALS DECORATED ZINC OXIDE NANOCAGE FOR SENSING AND REDUCTION OF TOXIC ATMOSPHERIC GASES INTO USEFUL BYPRODUCTS	20250319
해외석학 초빙	Joyanta Kumar Saha	Interactions of waterborne polyurethane with dihydroxybenzeneisomers and derivatives of melamine	20250326
해외석학 초빙	Guosheng Shao	Graphene: structure, doping, production and applications	20250522
해외석학 초빙	Richard Pacalaj	Understanding Non-Geminate Recombination Kinetics in Application Targeted Organic Photovoltaics	20250707

○ 국내학회 참가 지원 리스트

연번	날짜	주최	학회명	참가자명
1	20241016~18	대한화학회	제134회 대한화학회 학술발표회, 총회 및 기기전시회	김유리, 최수영
2	20250224~27	한국LED광전자학회	제13회 한국 LED 광전자학회 학술대회	김유리
3	20250307~09	T ² CoMSA	2025 Chemistry National Meeting	김도희, 최세용
4	20250416~18.	한국고분자학회	2025 춘계학술대회	김유리, 나원주, 최수영
5	20250616~18	한국재료학회	Global Conference on Innovation Materials 2025	강성빈, 김다은, 김채림, 왕징야
6	20250618~20	한국전기전자재료학회	2025 하계학술대회	나원주

- “Small Talk” 확대, “I-Lab(Innovation Lab)” 구성 등 대학원생 주도의 교육 프로그램 개발: 5차년도 기간(2024.09.01.~2025.08.31.) 총 8회의 걸쳐 석박사 학생들은 Small Talk 강의 이후 학부생들과 점심 식사를 같이하며 연구에 대한 논의 등을 진행하였음. 성과평가로 자체평가보고서를 작성하지 않은 4차년도는 10건의 Small Talk를 진행함. 추후 대학원생 주도적인 프로그램으로 자리매김할 수 있도록 지도.

일정	지도교수	주제	사진
2024.09.25	박근태	지식 재산 전반적 내용 및 관련분야 취업	
2024.10.02	김지수	반도체 공정장비 관련분야 취업 및 초음파영상을 이용한 비파괴 검사	
2024.11.06	강준희	인공 지능 소재 연구의 현재와 미래	
2024.11.13	이형우	에이스의 길-탄소 소재와 함께하는 도전	
2024.11.20	이휘돈	컬러 변조 레이저를 이용한 다양한 측정	
2024.11.27	김규정	해양과 환경 연구를 위한 광학	
2025.05.19	이동윤	참여대학원생 간담회	

2025.05.29		나노에너지 캠프	
------------	--	----------	--

▶ 당초 계획 대비 실적 분석을 통해 향후 추진계획
 ○ 본 교육연구단에서 계획했던 참여 대학원생들에 대한 학술 지원 활동은 잘 진행되고 있다고 판단됨. 향후 2년 동안 참여대학원생들의 연구를 알릴 수 있는 학술 활동에 적극적인 참여가 가능하도록 참여 교수진과 긴밀히 협력하여 지원할 예정임.

2.4 참여대학원생 취(창)업의 질적 우수성

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

구 분		졸업 및 취(창)업 현황 (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				
2024년 8월 졸업	석사	3	2			1	1	66.6
	박사	2				2	1	
2025년 2월 졸업	석사	10				10	4	50
	박사	2				2	2	

- ▶ 2024년 8월 석사 졸업자 3명 중 2명 진학 1명 취업, 박사 졸업자 2명 모두 외국인으로 2명 중 1명은 취업, 1명은 미정임, 석사 취업자 이우람 졸업생은 울춘화학(주)에 취업하였음. 울춘화학은 전기차(EV) 및 에너지저장장치(ESS)용 파우치형 리튬이온 배터리에 적용되는 핵심 소재를 개발 및 생산하는 기업으로, 본 사업단의 목표와 높은 연관성을 지님. 특히 LG에너지솔루션 등 주요 배터리 기업에 파우치 필름을 공급하고 있으며, 배터리 소재 국산화에도 크게 기여하고 있음. 이우람 졸업생은 E-소재 개발팀에서 파우치 필름 접착제 개발에 참여 중이며, 석사 과정에서 습득한 연구 경험을 잘 활용하고 있음. 장마오 박사 졸업생은 중국 Gotion High Tech로 취업함. 장마오 박사는 본 사업단의 지원을 받아 반도체화합물 구조체 합성 및 이를 에너지 저장 장치에 응용하는 연구로 10편의 SCI급 저널을 발표하였으며 다양한 학회에서 본인의 연구를 발표하였음. 이러한 연구 성과가 인정되어 졸업 후 중국의 전기차 배터리 업체인 Gotion High Tech (고선 하이테크)에 취업하였음. 고선 하이테크는 중국 전기차 배터리 업체로써 리튬인산철 (LFP) 배터리를 주력 생산하며 공장용 에너지 저장 장치 등을 생산하는 기업으로 독일 폭스바겐사가 최대 주주인 회사임. 최근 초고속 충전 기술을 선보였으며 기존 배터리보다 40% 이상 에너지 밀도가 높은 배터리를 선보이는 등 혁신적인 기술을 선보이며 미래 모빌리티 시장을 선도하는 우수한 기업임. 김나영, 이정근 석사 졸업생은 부산대 동(同) 대학원 박사과정으로 진학하여 연구를 이어가고 있음.
- ▶ 2025년 2월 석사 졸업자 10명중 2명 취업, 박사 졸업자 2명중 2명이 모두 취업함, 박사 졸업자 김예지, 우채영 박사들은 전공과 일치하는 연구원직으로 HirC 연구원과 에너지융합기술연구소에서 연구를 진행중임. 한승욱 석사 졸업생은 AI 기반 대사체학 분석과 환경 모니터링을 포함한 바이오소재 연구를 통해 탁월한 융합적 연구 역량을 보여주었으며, 체계적인 성과 축적과 실용화 경험을 통해 학문적 탐구와 산업적 응용에서 모두 경쟁력을 입증함. 이러한 연구 역량은 포유동물 모방 후각센서 및 휴머노이드 후각 디스플레이 기술 개발과 긴밀히 연계됨. 글로벌 선도 연구센터(IRC) - 휴머노이드 후각디스플레이센터(HI_{RC}) 연구원으로서의 센터 연구지향점이 전공과 부합함. 또한 같은 연구소 김예지 박사 졸업생은 액츄에이팅되는 바이오 소재를 활용한 가스 센서와 분광학 기반 가스 센서 기술 분야에서 우수한 연구 역량을 보유하고 있으며, 이러한 연구 역량은 포유동물을 모방한 휴머노이드 후각 구현을 위한 핵심 요소기술임. 글로벌 선도 연구센터(IRC) - 휴머노이드

드 후각디스플레이센터(HI_{RC}) 연구원으로 근무하고 있으며, HI_{RC}가 지향하는 선도 기술과 전공 일치도가 매우 높음. 특히, 바이오 가스 센서 연구 수행 경험을 기반으로 HI_{RC}에서 우수한 연구 성과를 도출할 수 있을 것으로 기대됨. 조보현 석사졸업생은 폴리머 합성을 주요 연구로하였는데 한국소재융합연구원으로 취업함으로써 전공과 일치하는 연구원으로 취업하게 되어 매우 적합함 취업 사례라고 생각함.. 장혁준 석사졸업생은 아연-망간 레독스 흐름전지 연구인 “Revisiting Membrane-Free Zn-Mn Redox Flow Batteries: An Innovative Universal Aspartic Acid Additive for Superior Stability”에 주저자로 참여하여 Wiley에서 발행하는 Advanced Energy Materials (IF, JCR 상위 2.61%)에 연구결과를 보고하였으며, 본 연구는 고가의 이온교환막을 제거한 차세대 레독스 흐름전지를 제시하고, 천연 아미노산 첨가제를 활용하여 장수명·고안정성을 달성한 혁신적 성과로 평가됨. 또한 장혁준 학생은 본 연구 성과를 바탕으로 LG에너지솔루션에 취업하여 산업적 경쟁력을 발휘하고 있음.

▶ 우리 연구단의 참여대학원생들은 본인들의 전공과 맞는 연구원 및 기업으로의 취업이 진행되고 있는바 취업의 질이 우수하다고 판단됨.

출입시기		연번	성명	취득학위	6) 취·창업 등 정보 구분	7) 세부 취업/진학 정보				비고
연도	기준월					7-1) (취창업 시) 취업연월 (진학시) 입학연월	7-2) (취창업 시)회사명 (진학시)대학명	7-3) (취창업자 만 작성) 전공일치 여부	7-4) (취창업자 만 작성) 연구직 여부	
2024	8월	42	이우람	석사	취업	20241209	울존화학주요표장공장	○	○	
2024	8월	43	김나영	석사	국내진학	20250301	부산대 진학	○	○	
2024	8월	44	이정근	석사	국내진학	20250301	부산대 진학	○	○	
2024	8월	45	장 마오	박사	취업	20241126	Gotion High Tech	○	○	a battery company in China
2024	8월	46	이마니쿠스마베타프하야	박사	기타					
2025	2월	47	강지현	석사	기타					
2025	2월	48	박정빈	석사	기타					
2025	2월	49	응원 탄 단	석사	취업	20250301	HI@C 연구원	○	○	
2025	2월	50	홍원 티 민 투	석사	기타					
2025	2월	52	장혁준	석사	취업	20250301	LG에너지솔루션	○	○	
2025	2월	53	조보현	석사	취업	20250201	한국소재융합연구원	○	○	
2025	2월	54	최지원	석사	기타					
2025	2월	55	한승욱	석사	취업	20250301	HI@C 연구원	○	○	
2025	2월	56	한두호	석사	기타					
2025	2월	57	한정석	석사	기타					
2025	2월	58	우채영	박사	취업	20250301	에너지융합기술연구소	○	○	박사후연구원
2025	2월	59	김예지	박사	취업	20250301	HI@C 연구원	○	○	박사후연구원

3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

① 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성

- 본 교육연구단 소속 대학원생이 참여한 논문 중에서 해당 연구분야별 상위 5% 이의 논문 6편내 (주저자4편, 기타저자 2편)을 발표하였음. (Chemical Engineering Journal (3.61% 1편), JOURNAL OF ENERGY CHEMISTRY (3.43%, 1편), Advanced Energy Materials(3.24%, 2편), SUSMAT(4.13% 1편), ADVANCED MATERIALS(2.17%, 1편))
- 대학원생들의 대표 연구 실적은 참여교수의 연구 실적과 연계되며 참여교수들의 우수 연구들이 학생들의 우수 논문으로 연결됨. 더 좋은 연구들이 진행될 수 있도록 연구단의 적극적인 지원이 필요하다고 판단됨.
- 상위 5% 논문의 우수성 기술
 - ▶ 박민준 교수팀의 최진영*, 장혁준, 박지한, 한두호 학생이 참여한 “Progress and challenges in engineering the atomic structure of oxygen electrocatalysts for zinc-air batteries” 논문은 Chemical Engineering Journal, 2024.10.01.에 발표된 논문으로 JCR 2024년 기준 상위 3.61%임. 본 연구는 차세대 아연-공기전지의 전해액 및 촉매 개발 동향에 대한 종합적 가이드를 제시한 연구로 평가됨.
 - ▶ 조재용 교수팀의 천홍, 강민승, 고성원 학생이 참여한 “Enhanced Li storage of pure crystalline-C60 and TiNb2O7-nanostructure composite for Li-ion battery anodes” 논문은 JOURNAL OF ENERGY CHEMISTRY, 2024.10.01.에 발표된 논문으로 모두 기타 저자이지만 JCR 2024년 기준 상위 3.43%임. 순수 결정질 C60과 TiNb₂O₇ 나노구조 복합체를 리튬이온 배터리 음극에 적용하여, 높은 리튬 저장 용량과 빠

른 전하 이동, 구조 안정성을 동시에 확보함으로써 고성능·장수명 음극 소재 개발에 기여하는 점이 우수성임.

- ▶ 서지연 교수팀의 Thanh-Danh Nguyen*, Sun-Ju Kim, Gyeong-Ho Jeong 학생이 참여한 “Tailor-Made Buffer Materials: Advancing Uniformity and Stability in Perovskite Solar Cells” 논문은 Advanced Energy Materials, 2025.03.25.에 발표된 논문으로 JCR 2024년 기준 상위 3.24임. 맞춤형 버퍼 소재를 페로브스카이트 태양전지에 적용하여 계면 균일성과 소자 안정성을 향상하고, 전하 이동 효율을 최적화함으로써 고효율·장수명 페로브스카이트 소자 개발에 기여하는 점이 우수성임.
- ▶ 이형우 교수팀의 졸업생 이일현*, 우채영 학생이 참여한 “Advanced Facial Mask Using Roll-to-Roll Processed Superhydrophobic Vertically Aligned Carbon Nanotubes for Enhanced Antiviral Effects and Reusability” 논문은 SUSMAT, 2025.04.01.에 발표된 논문으로 JCR 2024년 기준 상위 4.13%임. 롤투롤 공정을 통해 제작된 VACNT 마스크의 항바이러스 효과(최대 99.8% 불활성화), 우수한 투습성·호흡 용이성, 기계적 내구성(1만 회 이상 굽힘 유지), 그리고 습도 감지 및 재사용 가능성을 규명한 혁신적 연구로 평가됨.
- ▶ 박민준 교수팀의 장혁준, 한두호, 최진영 학생이 참여한 “Revisiting Membrane-Free Zn-Mn Redox Flow Batteries: An Innovative Universal Aspartic Acid Additive for Superior Stability” 논문은 ADVANCED ENERGY MATERIALS, 2025.05.06.에 발표된 논문으로 JCR 2024 기준 상위 3.24%임. 본 연구는 고가의 멤브레인을 제거하고 천연 아미노산 첨가제를 도입하여 안정성과 성능을 동시에 향상한 혁신적 성과로 평가됨.
- ▶ 서지연 교수팀의 Olzhas Kurman, SunJu Kim 학생이 참여한 “Photochromic Control in Hybrid Perovskite Photovoltaics” 논문은 ADVANCED MATERIALS, 2025.05.19.에 발표된 논문으로 모두 기타 저자이지만 JCR 2024년 기준 상위 2.17%임. 광반응성(photochromic) 소재를 하이브리드 페로브스카이트 태양전지에 적용하여 빛 조건에 따른 전자 구조 및 광 흡수 특성을 조절, 전력 변환 효율과 장기 안정성을 동시에 향상하며 스마트·적응형 광전 소자 개발에 기여하는 점이 우수성임.

○ 참여대학원생 참여 논문 현황(중복 제외, 주저자 및 기타 저자 포함)

	1차년도 (2020.9.1.~2021. 8.31.)	2차년도 (2021.9.1.~2022. 8.31.)	3차년도 (2022.9.1.~2023. 8.31.)	4차년도 (2023.9.1.~2024. 8.31.)	5차년도 (2024.9.1.~2025. 8.31.)
5%이내 논문	4편	7편	1편	11편	6편
20%이내 논문	12편	9편	12편	12편	15편
전체 논문 (국내외 학술지 전체)	19편	34편	31편	35편	39편

▶ 당초 계획 대비 실적 분석을 통해 향후 추진계획

- 상위 5% 이상의 우수한 논문은 4차년도에 비해 줄었으나 1~3차년도에 비해서는 좋은 성과를 내고 있다고 판단됨. 또한, 상위 20% 이상의 우수 논문은 증가하였음을 알 수 있음. 향후에는 그동안 게재된 논문들이 얼마나 많이 인용되고 있는지도 파악하여 참여 교수와 대학원생들에게 연구의 우수성을 제고할 수 있도록 독려하고 지원할 계획임.

② 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

- 학술대회에도 적극적으로 참가하여 5차년도에 28건의 발표를 진행하였고 **1편의 우수발표상을 수상**함. 참여 교수의 진출로 인한 학술대회 실적 다소 감소 현상을 보임.
- ▶ 진성호 교수 연구실 Elesta Prisca Putri 학생은 2025년 한국고분자학회 춘계학술대회(20250417)에 참가하여 “Stretchable piezoelectric BaTiO₃ composite hydrogel for artificial skin” 제목의 포스터 발표로 **우수 논문 발표상을 받음**. 신축성·압전성·고감도·자가발전·생체친화적 인공피부 구현함에 우수성이 있음.
- ▶ 박민준 교수 연구실 정채린 학생은 GCIM 2025 학회(20250615~19)에서 “A laser Patterning strategy of Al current collector for high-areal-capacity NCM 811 thick acthode” 제목의 구두발표로 **Best Oral Presentaion Award 수상**
- ▶ 박민준 교수 연구실 김주은 학생은 GCIM 2025 학회(20250615~19)에서 “Dual-Mode Current Collector by

Lithiophilic Nanointerface for Advanced Li Metal Batteries” 제목의 포스터 발표로 **Best Poster Award 수상**

- ▶ 서지연 교수 연구실의 정정호 학생은 2024년 한국고분자학회 추계학술대회(202561001)에 참가하여 “Enhancing Performance of Perovskite Solar Cells using Naphthalene Di-imide Derivative” 를 포스터 발표하였으며 전자 수송 향상·재결합 억제·효율·안정성을 강화한 페로브스카이트 태양전지에 대한 연구로 우수성이 있음.
- ▶ 이택호 교수 연구실의 나원주 학생은 2024 KCS (대한화학회)134회 General Meeting & Exhibition에 참가하여 “Development of Efficient and Stable Organic Photoelectrochemical Devices by Introducing Multifunctional Interlayers” 제목으로 포스터 발표함. 다기능 인터레이어로 전하수송·계면안정·내구성 강화한 고효율 유기 광전기화학 소자로서의 우수성이 있음.
- ▶ 황윤희 교수 연구실의 Dimaral Aben 학생은 Nano Convergence Conference 2025(NCC 2025)학회에 참여하여 “Electric output performance analysis of metal-semiconductor sliding-mode DC-TENG” 에 대한 연구를 구두 발표함. DC형 마찰 전기 발전기에 대한 연구로 금속·반도체 접합으로 출력 향상·안정성이 우수함.
- ▶ 이택호 교수 연구실의 김유리 학생은 제13회 한국 LED 광전자학회 학술대회에 참가하여 “유기 광검출기의 효과적인 압전류 억제를 위한 활성층 모폴로지 제어” 라는 제목으로 구두 발표함. 이 연구는 모폴로지 제어로 압전류 억제, 고감도·정확도·안정성 향상에 대한 우수성이 있음.
- ▶ 장준경 교수 연구실의 김도희 학생은 제146차 대한화학회 물리화학 분과 여름 심포지엄에 참가하여 “First-Principles Study of Composition Effects on Al_xGa_{1-x}N/GaN Heterointerface Properties” 에 대한 포스터 발표를 함. 조성 변화에 따른 AlGa_xN/GaN 계면 특성 규명, 소자 성능·설계 최적화 기여하는 연구임.

○ 참여대학원생 학술대회 발표 현황 (주저자 및 기타 저자 포함)

	1차년도 (2020.9.1.~2021.8.31.)	2차년도 (2021.9.1.~2022.8.31.)	3차년도 (2022.9.1.~2023.8.31.)	4차년도 (2023.9.1.~2024.8.31.)	5차년도 (2024.9.1.~2025.8.31.)
국내 학술대회 발표	15건	30건	32건	24건	13건
국외 학술대회 발표	14건	20건	12건	16건	17건
전체 학술대회 발표 건수	29건	50건	44건	40건	30건

▶ 당초 계획 대비 실적 분석을 통해 향후 추진계획

- 5차년도에 학회 실적이 다소 부진함은 참여 교수의 전출 및 국내의 연구비 상황이 좋지 못한 관계로 학술 활동이 위축되었던 영향도 있는 것으로 파악하고 있음. 향후 연구비 상황이 개선될 것으로 판단되기 때문에 다음 연도에는 예년 수준을 회복할 것으로 기대하고 있음. 본 교육연구단은 이러한 공백기를 잘 지낼 수 있게 참여 교수진들과 참여대학원생들이 국내외 학회 활동을 지원해 나갈 예정이다.

③ 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

- 참여 대학원생 연차별 특허(취·등록합계) 건수-아래 특허 우수성은 일부만 작성

	1차년도 (2020.9.1.~2021.8.31.)	2차년도 (2021.9.1.~2022.8.31.)	3차년도 (2022.9.1.~2023.8.31.)	4차년도 (2023.9.1.~2024.8.31.)	5차년도 (2024.9.1.~2025.08.31.)
국내특허	1건	5건	2건	8건	21건
국제특허	-	-	1건	-	-
합 계	1건	5건	3건	8건	21건

- ▶ 이형우 교수 연구실 우채영, 김영권 학생은 탄소나노섬유 건식방사 연속 제조방법 및 이를 위한 제조장치에 대한 특허를 등록하였으며 본 특허는 탄소나노섬유를 연속 건식방사 방식으로 제조할 수 있는 독창적인 공정과 장치를 제안하여 기존 제조 기술의 한계를 극복한 사례임. 다수의 CNT 포레스트를 정밀하게 배열하고 회전·이송 메커니즘을 결합함으로써 섬유의 밀도·두께·균일성을 향상시켰으며, 이에 따라 기계적·전기적 성능 개

선과 대량 생산성 확보를 동시에 달성함. 또한 표면 거칠기 편차가 줄어들어 후속 공정인 표면 기능화 및 균일 코팅이 용이해 산업적 활용 가능성과 파급력이 높은 기술로 평가됨(특허등록번호 10-2736102, 2024년11월26일)

▶ 오진우 교수 연구실 장민수 학생은 알부민을 포함하는 플라즈모닉 구조체 제조방법 및 이의 제조방법, 제조된 플라즈모닉 구조체, 폴리비닐피롤리돈을 포함하는 플라즈모닉 구조체, 이의 제조방법 및 이를 이용한 대사산물 진단센서에 대한 특허를 각각 출원하였으며 알부민을 포함한 플라즈모닉 구조체 특허는 친환경적·생체적합적 소재 활용으로 안정성과 기능성을 강화하며, 고감도 바이오센싱 및 의료진단 응용 가능성을 높인 혁신성이 우수함, 또한 제조된 플라즈모닉 구조체, 폴리비닐피롤리돈을 포함하는 플라즈모닉 구조체, 이의 제조방법 및 이를 이용한 대사산물 진단센서 특허는 플라즈모닉 구조체에 폴리비닐피롤리돈을 도입해 안정성과 재현성을 향상시키고, 이를 활용한 대사산물 진단센서로 고감도·정확한 생체분석이 가능해 의료·바이오 진단 활용성이 뛰어남(각 특허출원번호 10-2024-0200560, 10-2024-0200546, 2024년 12월 30일)

▶ 박민준 교수 연구실 장혁준 학생은 * “격막 없는 셀 스택을 포함하는 레독스 흐름 전지” *에 대한 특허(출원번호 10-2024-0157830, 출원일 2024년 11월 8일)를 출원하였으며, 본 특허는 고가의 이온교환막을 제거하여 시스템 비용을 절감하면서도 장기 안정성을 확보할 수 있는 혁신적 레독스 흐름전지 기술로 평가됨. 이는 차세대 대용량 에너지저장장치(ESS)의 상용화 가능성을 높이는 원천기술임(특허출원번호 10-2024-0157830, 2024년 11월 8일)

▶ 박민준 교수 연구실 김주은, 최지원 학생은 * “레이저 패터닝을 이용한 집전체의 제조 방법, 이에 의해 제조된 집전체와 수계 바인더를 포함하는 전극 및 전극을 포함하는 리튬 이차 전지” *에 대한 특허(출원번호 10-2025-0048431, 출원일 2025년 4월 14일)를 출원하였으며, 본 특허는 친환경 수계 바인더 적용과 레이저 기반 집전체 제조 공정을 결합함으로써 전극의 접착력 및 전기화학적 성능을 동시에 향상시키는 기술로 평가됨. 이는 고안전성·친환경 리튬이차전지 제조를 위한 핵심 기반 기술임(특허출원번호 10-2025-0048431, 2025년 4월 14일)

▶ 서지연교수 연구실 정경호, 최경천 학생은 마이크로 패터닝을 이용한 저반사 고투과 태양전지 패널용 전면 필름에 대한 특허를 출원하였으며, 이 특허는 태양전지 패널 전면에 마이크로 패터닝된 필름을 적용하여 자외선 영역에서 발생하는 반사를 효과적으로 줄이는 동시에 입사광 투과율은 기존 수준을 유지할 수 있는 기술임. 이를 통해 빛공해 문제를 완화하면서도 태양전지 효율 저하를 최소화할 수 있으며, 특히 대규모 태양광 발전 설비에서 에너지 생산성 향상과 환경적 부정 영향 감소라는 이중 효과를 기대할 수 있음. 따라서 본 기술은 기능적·환경적 측면에서 모두 우수성이 높은 발명임(특허출원번호 10-2024-0195809, 2024년 12월 24일)

▶ 서지연교수연구실 정경호학생은 박막 태양전지 모듈 서브셀의 광전기화학적 분석 시스템과 방법에 대한 특허를 출원하였으며, 이 특허는 박막 태양전지 모듈을 구성하는 서브셀의 광전기화학적 특성을 독립적으로 분석할 수 있는 시스템과 방법을 제안한 것으로, 기존 연구가 모듈 전체 성능에만 집중된 한계를 극복함. 서브셀 단위에서 전류-전압 특성, 임피던스, 최대전력점 등을 정밀하게 측정할 수 있어 결함이나 성능 편차를 조기에 파악할 수 있으며, 이는 모듈의 품질 관리와 장기 안정성 확보에 중요한 역할을 함. 또한 대면적 모듈의 상용화 과정에서 생산 공정 최적화와 신뢰성 평가에 직접적으로 기여할 수 있어 학문적·산업적 가치가 높은 발명임(특허출원번호 10-2025-0011014, 2025년 1월 24일)

▶ 김수형교수 연구실 BASYIR ABDUL 학생은 고안정성 PCMO 복합체 및 이를 포함하는 고체추진제 및 이들의 제조 방법에 대한 특허를 출원하였으며 폴리머/탄소물질/테르밈(PCMO) 복합체 분말의 제조 및 점화 시 특성을 제어하는 기술로, 테르밈 복합체의 안전성과 둔감성을 높이면서도 폭발력과 에너지 방출 성능을 향상시킴. 이는 신개념 고에너지 물질 제조에 관한 원천기술로서 광열에너지 기술 분야에 폭넓게 응용 가능하며, 특히 고체추진제 분야로의 확장 잠재력도 커 파급 효과가 매우 클 것으로 기대됨(특허출원번호 10-2024-0201165, 2024년 12월 30일)

▶ 당초 계획 대비 실적 분석을 통해 향후 추진계획

- 학술 활동의 위축에 비하면 참여 대학원생의 특허 실적은 5차년도에 많이 늘어났음. 이는 그동안의 연구 성과들을 특허로 출원한 것으로 보이며 또한 이는 본 교육연구단이 그동안 학생들의 안정적인 연구를 지원한 결과라고 생각됨. 앞으로도 꾸준히 참여대학원생들이 연구에 차질이 생기지 않도록 지도를 계속해 나갈 예정임.

4. 신진연구인력 현황 및 실적

▶ 신진연구인력 연차별 채용 현황

	1차년도 (2020.9.1.~2021.2. 29.)	2차년도 (2021.3.1.~2022.2. 28.)	3차년도 (2022.3.1.~2023.2. 28.)	4차년도 (2023.3.1.~2024.2. 29.)	5차년도 (2024.3.1.~2025.2. 28.)	6차년도 (2025.3.1.~2026.2. 28.)	7차 년도	8차 년도
인원수	1	1	2	1	1	2	-	-

▶ 신진연구인력의 연구 활동을 위한 교육연구단의 지원 실적

- 2024년 응유엔타인미언박사, 2025년 변기상, 트란홍난 박사를 신진연구인력으로 채용하여 연 3600만원의 인건비를 지원하며, 연구를 진행하고 있음.
- 응유엔타인미언 박사는 2024년 3월 1일부터 2025년 2월까지 인건비를 지원받았으며, 해당 기간 동안 SERS(표면증강라만산란) 기반 바이오센서를 활용한 질병 진단 연구를 진행하였음. M13 박테리오파지와 금 나노입자를 이용한 자가조립 기반 클러스터 SERS 플랫폼을 개발하고, 혈액 및 타액 시료를 활용하여 유방암 및 신경퇴행성 질환(파킨슨병, 알츠하이머병) 조기 진단 가능성을 검증하였습니다. 또한, 기계학습(CNN)을 적용하여 데이터 분석을 수행하고 진단 정확도를 향상하는 연구임. 이에 성과는 아래 3건의 논문을 게재함.

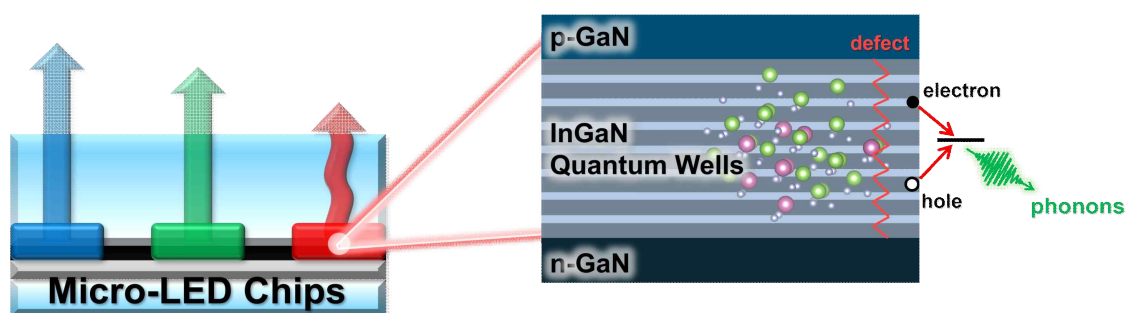
1. Nguyen, T. M., et al. Microcapillary-Derived Plasmonic-Enhanced Cluster through Self-Assembly Process for Breast Cancer Diagnosis, ACS Sensors, 2025, 10(4), 2589-2597.

2. Nguyen, T. M., et al. Identification of Gas Mixture Components with Multichannel Hierarchical Analysis of Time-Resolved Hyperspectral Data, ACS Sensors, 2025, 10(4), 3003-3012.

3. Nguyen, T. M., et al. Helical Hybrid Nanostructure Based on Chiral M13 Bacteriophage via Evaporation-Induced Three-Dimensional Process, Nanomaterials, 2024, 14(14), 1208.

- 변기상 신진연구원은 2025년 3월~현재까지 인건비를 지원받고 있으며, 연구원의 ‘발광 다이오드의 전자-정공 재결합에 관한 제일원리 연구’의 가능성을 인정받고 한국연구재단의 ‘2025년도 이공분야 학술연구지원사업’을 통해 3년간 총액 210,000 천원의 연구과제 지원을 받게 됨.

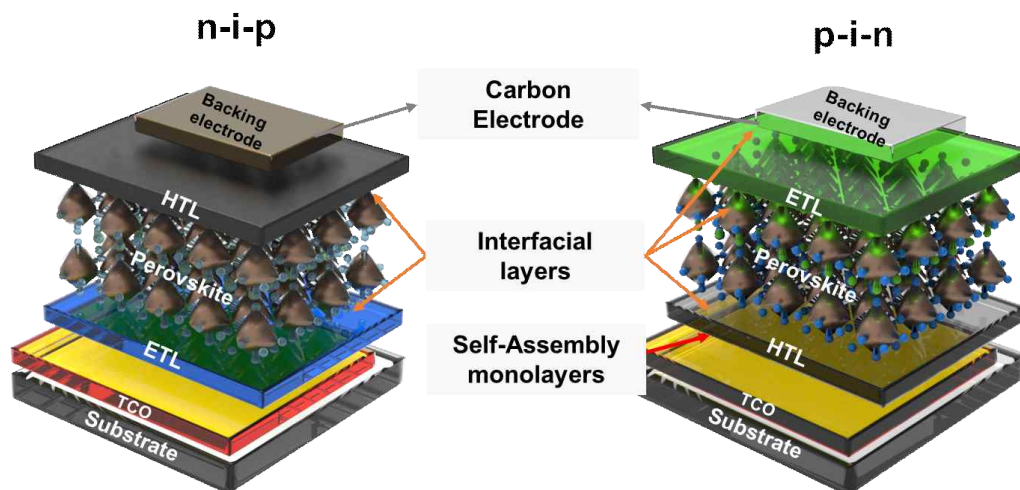
위 과제는 LED의 전자-정공 재결합에 의한 발광 메커니즘을 분석하는 연구로 차세대 microLED의 효율 개선을 위한 정량적 분석과 가이드라인을 제시하는 연구임.



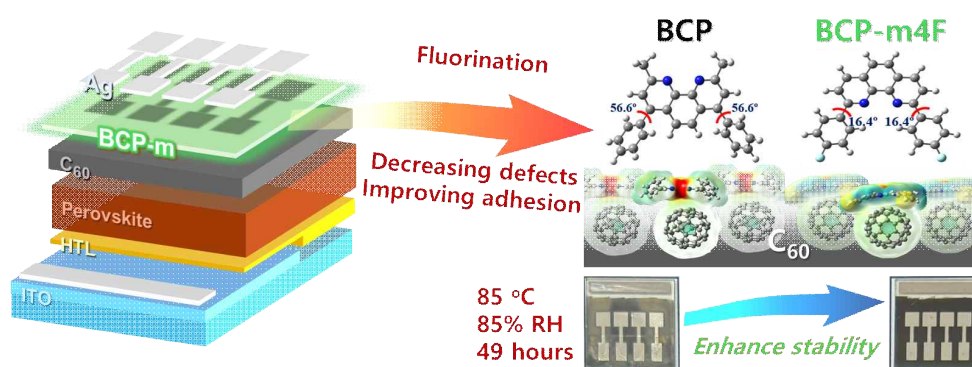
[Micro-LED에서 전자-정공 재결합에 결함이 미치는 영향을 분석하는 본 연구의 접근법]

또한 ‘리튬이온 이차전지 양극재 선별을 위한 양자 알고리즘 개발’ 연구에 참여하여 범밀도 함수론으로 설계 및 스크리닝하는 리튬이온 배터리 양극재의 한계를 양자컴퓨팅을 활용해 극복하는 연구를 수행 중임.

- 트란홍난 박사도 2025년 3월 1일부터 2026년 2월까지 인건비 지원 받으며 페로브스카이트 태양전지연구를 진행하고 있음. 이와 관련하여 페로브스카이트 태양전지의 전하 수송층에 대한 리뷰 논문이 Advanced Materials Interfaces에 게재됨.(Jo, Y., Tran, H. N., Lee, H. W., & Seo, J. Y. (2025). Strategy for Improving Stability and Power Conversion Efficiency in Perovskite Solar



현재는 ChemSusChem에 게재될 BCP 유도체에 관한 논문 “Site-Selective Fluorination of BCP Derivatives for Enhanced Performance and Stability in Perovskite Solar Cells” 이 ChemSusChem에 게재 승인됨(20250922)



▶ 당초 계획 대비 실적 분석을 통해 향후 추진계획

- 신진연구인력이 각종 학회 등에 대한 참여를 확대할 수 있도록 재정적으로 지원할 예정임.

5. 참여 교수의 교육역량 대표실적

▶ 참여 교수 대표 교육활동 실적

- 오진우교수 나노에너지공학과 학부 EES 융합전공 에너지와지식재산라이센싱(ENERGY AND INTELLECTUAL PROPERTY) 온라인 강의 진행
- 서지연교수 전국 첨단공유대학 CO-WEEK ACADEMY 대형 강의 진행
- 신산업-신기술 동향 분석 리뷰논문- 오진우교수 리뷰 논문- Recent progress of gas sensors toward olfactory display development, 이택호: 리뷰 논문 Organic semiconductor bulk heterojunctions for solar-to-chemical conversion: recent advances and challenges, 서지연: 리뷰 논문 Eco-friendly Fabrication of Perovskite Solar Cells: From Material Engineering to Recycling, 서지연: 리뷰 논문 Sustainable Recycling of Perovskite Solar Cells: Green Solvent-Based Recovery of ITO Substrates
- 오진우교수 부산대 AI 디지털테크 UIC 사업 산업체 디지털 전환 R&E 연구 및 산업 고도화를 위한

글로벌 인프라 구축(산학기획부단장)

- 박민준 교수 K-MOOC 우수 강의 선정되어 이차전지 산업에 대한 이해를 높이고 관련 학생의 이차전지 분야 접근성을 높이기 위해 알기 쉬운 이차전지 이야기, 알기 쉬운 이차전지 제조 공정 두 개의 온라인 교과목을 개발하여 운영하고 있음.
- 대학원 CQI(교과목 강의 개선) 강의 중간평가를 실시해서 피드백을 바탕으로 수업 개선에 활용하고 있음.

2024학년도 2학기 강의 CQI 보고서

교과목번호	교과목명	분반	110	학점	3.0
담당교수	김수형	개설학과	에너지융합기술융합전공	이수구분	융합전공(대학원)
		개설학년	전학년		

□ 학생수강 소감요약

김수형 교수님의 강의는 학부생 때에도, 대학원생 때에도 정말 체계적임을 느낍니다. 과제는 다소 많을 수 있으나 학부생 때와는 다르게 조금 더 폭 넓은 시각에서 다양하게 접근할 수 있는 기회가 된 것 같습니다. 다양한 시청각 자료가 제공되어 학습에 있어 효과적이며, 유일하게 조금 개선되었으면 하는 부분은 조금 더 최신 형태의 연구 자료들이 활용되면 좋을 것 같다는 것입니다.

□ 평가방법

평가관련요구사항 등록을 위한 코드 : 0, 평가관련요구사항 등록을 위한 코드 : 0

□ 이번 학기 강의에 대한 성찰 및 강의개선 계획

대학원생들의 적극적인 강의 참여를 위한 플립드 러닝을 수행하였고, 학생들의 반응은 좋았던 것으로 판단됩니다. 강의동영상을 시청하고 각 동영상에 대한 질문지를 제공함으로써 동영상에 대한 몰입도를 높이고 내용 이해를 도운 것 같다. 학생들의 요구에서 더욱 최신자료 요청이 있어 이점을 반영하여 추후에는 더욱 업그레이드 된 강의내용을 제공하고자 한다.

2025학년도 1학기 강의 CQI 보고서

교과목번호	교과목명	분반	110	학점	3.0
담당교수	이택호	개설학과	에너지융합기술융합전공	이수구분	융합전공(대학원)
		개설학년	전학년		

□ 학생수강 소감요약

교수님의 강의자료가 공부하는데 도움이 되었습니다., 한 학기동안 고생많으셨습니다 교수님! 한학기동안 감사합니다.

□ 평가방법

평가관련요구사항 등록을 위한 코드 : 0, 평가관련요구사항 등록을 위한 코드 : 0

□ 이번 학기 강의에 대한 성찰 및 강의개선 계획

본 강의는 에너지 관련 분야 대학원 학생들에게 전자 소자 관련 지식 함양을 목표로 계획됨. 국제 수준의 연구자 양성 및 외국인 학생들을 위해 영어 강의로 진행됨. 대학원 강의임을 고려하여 연구와의 연계성을 강화하여 일부 학생들이 따라오지 못하고 이탈하는 경우가 없도록 개선하고자 함.

- 교수 학습 지원센터에서 교수 학습프로그램 이수해서 교육역량에 재고하고 있음.

폭력 예방 교육(인권센터)	아동학대 예방 교육	긴급복지 신고 의무자	사회적 장애인식개선 교육	청렴 교육 (이해충돌 방지법)	질병관리청 감염병 교육	교수업적평가 교수 프로그램
PLATO 지정 강좌~12.30까지				부산대학교 나라배움터(pusanac.nhi.go.kr)~12.30까지	PLATO-지정 강좌-교수 프로그램 ~'25.2.28까지	

☞ 위 표는 교수 필수 이수 과목임.

- 그 외 참여 교수들의 지원에 힘입어 참여대학원생들이 각종 학술대회 참석 및 연수 등을 진행하고 있으며 이를 통해 참여대학원생들의 연구 역량이 강화되고 있다고 판단됨.

6. 교육의 국제화 전략

① 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

- 현재 교류 협정은 오진우교수 존스홉킨스 대학 MOU 체결(20250728), 대만 MCUT 공동 심포지엄 (기술교류, 공동학위 체결), BMG(일본) MOU 체결(20250111), 산동형광바이오유한회사 MOU 체결 (20250626),



MEMORANDUM OF UNDERSTANDING



Between
BMG Inc.,
Japan
And
Humanoid offactory display Innovation research Center,
Republic of Korea

Preamble

This Memorandum of Understanding (MOU) is hereby established by and between BMG Inc., located in Kyoto, Japan, and Humanoid offactory display Innovation research Center (HIC) of Pusan National University, located in Busan, South Korea. The purpose of this MOU is to promote cooperation in research and industry between the two groups.

Article 1: Purpose and Scope of Cooperation
The parties, recognizing the mutual benefits derived from the interchange and collaboration in academic and industry-related activities, agree to develop a cooperative program encompassing the following areas:
a) Exchange of faculty, students, and other staff;
b) Performance of joint research activities;
c) Exchange of information pertaining to industry Cooperation collaborations;
d) Technology transfer and commercialization initiatives;
e) Support for business incubation; and
f) Engagement in other Research and Industry Cooperation activities as mutually agreed upon.

Article 2: Financial Responsibilities

All financial obligations associated with specific programs or activities undertaken pursuant to this MOU shall be subject to mutual discussion and agreement by the parties prior to their initiation. BMG Inc. is willing to provide 1,000,000 Yen (JPY) in financial support to HIC annually, and the date, period, and specific support method will be discussed

Article 3: Duration, Modification, and Termination

This MOU shall take effect upon signing by authorized representatives of both parties and shall remain in force for a period of ten (10) years from the date of the last signature. It is understood that this MOU may be amended or modified only through the written mutual consent of both parties. Either party may terminate this MOU by providing a written notice within one (1) year of the other party.

Article 4: Validity of the Memorandum

This memorandum is executed in two original copies in the English language, each of which shall be considered equally valid and binding upon the parties.

Signatures

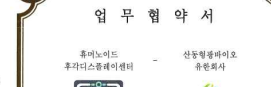
Yuki Goto
Senior Executive Director
of BMG Inc.

Prof. Ju-Woo Oh
Dean of Humanoid offactory display
Innovation research Center

Date: 2025.1.11.

Date: 2025.1.11.

업무협약서



Humanoid offactory display Innovation research Center (HIC)
Pusan National University
Busan, Republic of Korea

업무협약서

한중 양국 과학기술 교류와 산업 협력을 촉진하고, 글로벌 연구개발을 통해 세계를 선도하는 과학기술 경쟁력 확보 및 기술 활용을 위해 부산대학교 휴머니티스쿨과 휴이원 테크놀로지(주)가 상호 협력 관계를 맺기로 합의하였다. 본 협약을 체결한 후 양 기관은 상호 협력 관계를 강화하고, 공동 연구개발을 추진하며, 기술 교류를 위한 다양한 사업을 추진할 예정이다.

제1조 【목적】 본 협약의 목적은 한중 양국 과학기술 교류와 산업 협력을 촉진하고, 글로벌 연구개발을 통해 세계를 선도하는 과학기술 경쟁력 확보 및 기술 활용을 위해 부산대학교 휴머니티스쿨과 휴이원 테크놀로지(주)가 상호 협력 관계를 맺기로 합의하였다.

제2조 【협력분야】 양 기관은 상호 협력을 통해 다음과 같은 사업을 추진할 예정이다.

1. (공동연구) 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술 분야의 연구개발을 지원하고, 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술을 부산대학교 휴머니티스쿨에 소개하고, 공동 연구개발을 추진할 예정이다.

2. (인력양성) 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술을 부산대학교 휴머니티스쿨에 소개하고, 공동 연구개발을 추진할 예정이다.

3. (기술교류) 양 기관은 상호 협력을 통해 다음과 같은 사업을 추진할 예정이다.

4. (공동연구) 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술 분야의 연구개발을 지원하고, 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술을 부산대학교 휴머니티스쿨에 소개하고, 공동 연구개발을 추진할 예정이다.

5. (인력양성) 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술을 부산대학교 휴머니티스쿨에 소개하고, 공동 연구개발을 추진할 예정이다.

6. (기술교류) 양 기관은 상호 협력을 통해 다음과 같은 사업을 추진할 예정이다.

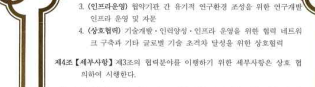
7. (공동연구) 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술 분야의 연구개발을 지원하고, 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술을 부산대학교 휴머니티스쿨에 소개하고, 공동 연구개발을 추진할 예정이다.

8. (인력양성) 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술을 부산대학교 휴머니티스쿨에 소개하고, 공동 연구개발을 추진할 예정이다.

9. (기술교류) 양 기관은 상호 협력을 통해 다음과 같은 사업을 추진할 예정이다.

10. (공동연구) 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술 분야의 연구개발을 지원하고, 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술을 부산대학교 휴머니티스쿨에 소개하고, 공동 연구개발을 추진할 예정이다.

업무협약서



Humanoid offactory display Innovation research Center (HIC)
Pusan National University
Busan, Republic of Korea

업무협약서

한중 양국 과학기술 교류와 산업 협력을 촉진하고, 글로벌 연구개발을 통해 세계를 선도하는 과학기술 경쟁력 확보 및 기술 활용을 위해 부산대학교 휴머니티스쿨과 휴이원 테크놀로지(주)가 상호 협력 관계를 맺기로 합의하였다. 본 협약을 체결한 후 양 기관은 상호 협력 관계를 강화하고, 공동 연구개발을 추진하며, 기술 교류를 위한 다양한 사업을 추진할 예정이다.

제1조 【목적】 본 협약의 목적은 한중 양국 과학기술 교류와 산업 협력을 촉진하고, 글로벌 연구개발을 통해 세계를 선도하는 과학기술 경쟁력 확보 및 기술 활용을 위해 부산대학교 휴머니티스쿨과 휴이원 테크놀로지(주)가 상호 협력 관계를 맺기로 합의하였다.

제2조 【협력분야】 양 기관은 상호 협력을 통해 다음과 같은 사업을 추진할 예정이다.

1. (공동연구) 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술 분야의 연구개발을 지원하고, 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술을 부산대학교 휴머니티스쿨에 소개하고, 공동 연구개발을 추진할 예정이다.

2. (인력양성) 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술을 부산대학교 휴머니티스쿨에 소개하고, 공동 연구개발을 추진할 예정이다.

3. (기술교류) 양 기관은 상호 협력을 통해 다음과 같은 사업을 추진할 예정이다.

4. (공동연구) 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술 분야의 연구개발을 지원하고, 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술을 부산대학교 휴머니티스쿨에 소개하고, 공동 연구개발을 추진할 예정이다.

5. (인력양성) 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술을 부산대학교 휴머니티스쿨에 소개하고, 공동 연구개발을 추진할 예정이다.

6. (기술교류) 양 기관은 상호 협력을 통해 다음과 같은 사업을 추진할 예정이다.

7. (공동연구) 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술 분야의 연구개발을 지원하고, 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술을 부산대학교 휴머니티스쿨에 소개하고, 공동 연구개발을 추진할 예정이다.

8. (인력양성) 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술을 부산대학교 휴머니티스쿨에 소개하고, 공동 연구개발을 추진할 예정이다.

9. (기술교류) 양 기관은 상호 협력을 통해 다음과 같은 사업을 추진할 예정이다.

10. (공동연구) 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술 분야의 연구개발을 지원하고, 휴이원 테크놀로지(주)의 인공지능 및 로봇 기술을 부산대학교 휴머니티스쿨에 소개하고, 공동 연구개발을 추진할 예정이다.

- 오진우교수 부산대 기술지수센터 연계하여 중국 옌타이 현지 베이스 캠프 행사 참여, 2025 부산국제금융포럼 '부산벤처 미래비전과 부산시의 역할' 관련 세션 진행



- 진성호교수는 2025.07.28~30. 해외 석학 초청세미나 및 자문 (ZUO QUAN JIANG(Soochow University/홍콩)하였으며, 2025.07.17. 태양전지 관련 연구자 초청세미나 (Seth Hubbard(Rochester Institute of Technology/미국)에 다녀옴.
- 오진우교수 Nanokorea 2025 국제학술대회 초청 강연 (<http://nanokorea-conference.or.kr/download/program/TS09T5.pdf>)
- 오진우교수 fpi16 symposium 국제 학술대회 초청 강연 (16th International Symposium of Functional π -Electron Systems)
- 서지연교수 2025.01 RSC Energy Sector Next Generation Materials for Solar Photovoltaics 2025 심포지엄 초청 강연

(<https://www.rsc.org/events/detail/79956/rsc-energy-sector-next-generation-materials-for-solar-photovoltaics-2025>)

- 해외석학 초청세미나를 8회에 걸쳐 개최함.

세미나명	강사	강의제목	날짜
해외석학 초빙	Joyanta Kumar Saha	Revealing conducting organic polymers' interaction with cyanogen halides: DFT insights for enhanced gas sensing applications	20240920
해외석학 초빙	Mohammad abdul matin	Boron Nitride Fullerene: Smart Nanocarrier for Drug Delivery	20241004
해외석학 초빙	Freitag Marina	연료 감응형 태양전지(DSSC)와 사물 인터넷 (IoT)용 실내 태양전지 기술의 진도 및 응용 사례 발표	20250109
해외석학 초빙	Elizabeth Gibson	재생 에너지 소재, 태양 연료 및 순환 화학 경제와 관련 연구	20250109
해외석학 초빙	HABER AHMAD MIAN	TRANSITION METALS DECORATED ZINC OXIDE NANOCAGE FOR SENSING AND REDUCTION OF TOXIC ATMOSPHERIC GASES INTO USEFUL BYPRODUCTS	20250319
해외석학 초빙	Joyanta Kumar Saha	Interactions of waterborne polyurethane with dihydroxybenzeneisomers and derivatives of melamine	20250326
해외석학 초빙	Guosheng Shao	Graphene: structure, doping, production and applications	20250522
해외석학 초빙	Richard Pacalaj	Understanding Non-Geminate Recombination Kinetics in Application Targeted Organic Photovoltaics	20250707

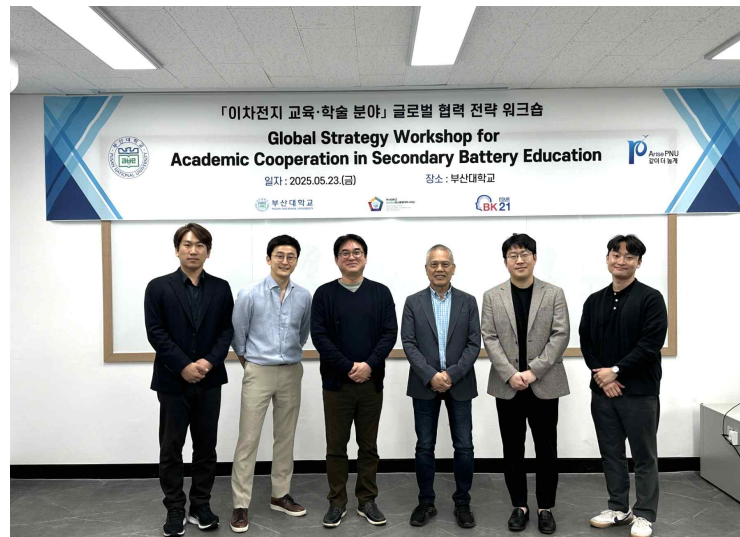
- 계획상의 우수 외국인 학생 유치 전략을 기반으로 외국인 학생 수를 2028년 30명 이상 유치할 계획이 있으며 현재 외국인 재학생 수는 2025학년도 1학기 기준으로 15명임(4차년도 1학기 기준 18명, 학·석 연계 과정으로 학부생 내국인 학생의 입학이 느는 데에 비해 외국인 학생이 많이 늘지 않음.)

- 외국 기관과의 교류 실적

- ▶ 2024년 10월 17일 IRC Newcastle university Marina 교수 MOU/밀양 나노 피아 부산대 Marina교수 공동 워크숍(오진우 서지연) 개최. 2024년 10월 7일 대만 명칭대 서지연교수 세미나 개최.
- ▶ 2025년 5월 19일 미국 퍼듀대학 기계공학과 학부생 20여 명 및 Martin Jeon 교수 등 일행 부산대 이차전지 랩, 파워반도체센터, V-space 등 투어 및 이차전지 포함 에너지 분야 공동연구 (김수형, 박민준 교수) 협의
- ▶ 2025년 7월 25일 독일 프라운호퍼 운송학 박사 부산대 초청하여 “이차전지의 업사이클링 연구”에 관한 세미나 개최 및 이차전지 소재/소자/시스템/재활용 분야 공동연구 (김수형, 박민준, 김재호 교수) 협의
- ▶ 2025년 9월 5일 제주도에서 부산대-프라운호퍼 연구교류회(독일 측 참석자: Dr. Peter Dold, Dr. Elizabeth von Hauff 등 7여 명, 부산대 측 참석자: 김수형교수, 박상후교수 등 7여명) 개최하였고, 나노과학기술대의 다양한 연구 분야를 소개(김수형 교수 발표)하고 나노대와 프라운호퍼 간의 나노소재/센서/에너지 분야 국제 공동연구 제안
- ▶ 2025년 9월 10일 일본 나고야대 관계자 부산대 방문하여 나노과학기술대 학부와 대학원 교육 및 연구 현황 소개 및 미래 부산대-나고야대 산학연 공동연구 및 MOU 협의 (나노 대 측 참가자: 김수형, 김준협 교수 등)
- ▶ 장준경 교수팀은 중국 National Center for Nanoscience and Technology of China의 Xingfa Gao 교수와 나노-바이오 머신러닝 공동연구를 진행하고 있으며, 2025년 8월 중국 베이징에서 개최된 ChinaNano 2025의 keynote 강연을 하였음.
- ▶ 장준경 교수팀은 방글라데시 다카 대학교의 Mohammad Matin 교수팀과 나노 약물 전달체 계산 화학 설계를 공동으로 연구하여 2024년 11월 J. Molecular Liquids (vol. 414, p. 125999)에 공동연구

구 논문을 발표하였음.

- ▶ 장준경 교수팀은 중국 Suzhou 대학교의 Mengdi Zhao 교수팀과 생체 모방 접착제 연구를 공동으로 진행하여 2025년 2월(vol. 58, p. 105847)에 Surfaces and Interfaces 저널에 논문을 발표하였음.
- ▶ 장준경 교수팀은 파키스탄 Peshawar 대학교의 Shabeer Mian 교수팀과 산화아연 나노입자를 이용한 대기 오염 개선 연구를 진행하여 2025년 7월(vol. 339, p. 130648)에 Mater. Chem. Phys. 저널에 공동 논문으로 발표하였음.
- ▶ 이동윤 교수팀은 미국 Columbia University, Department of Mechanical Engineering의 Jeffrey W. Kysar 교수와 오랫동안 실험해 왔던 연구를 마무리 짓기 위해서 소통하며 공동연구를 진행하였고 2025년 6월에 결과물을 출판하였음. 이후 후속 연구를 계획하고 있음.
- ▶ 황윤희 교수팀은 홍콩 홍콩대학교(The University of Hong Kong)의 Dong-Myeong Shin 교수와 DC Nanogenerator 관련 실험 공동연구를 진행하고 있으며 2026년 서울 성균관대학교에서 개최되는 NGPT 국제학술대회에 연구 결과를 공동으로 발표할 계획임.
- ▶ 황윤희 교수팀은 카자흐스탄 나자르바예프 대학(Nazarbayev University)의 Timur Sh. Ataeva 교수와 태양광 물분해(Solar water splitting)관련 실험 공동연구를 진행하고 있음.
- ▶ 황윤희/김종만 교수팀은 홍콩 홍콩대학교(The University of Hong Kong)의 Dong-Myeong Shin 교수와 Triboelectric Nanogenerator 의 Triboelectricity 관련 실험 공동연구를 진행하고 있음.
- ▶ 박민준 교수님은 2025년 5월 23일 Wiley 저널의 편집장인 Shao 박사를 초청하여 Energy and Environmental Materials 저널의 투고 및 게재를 위한 공동 협의를 진행하였고, 최근 이차전지 분야 논문이 Accept 되어 출판 예정임.

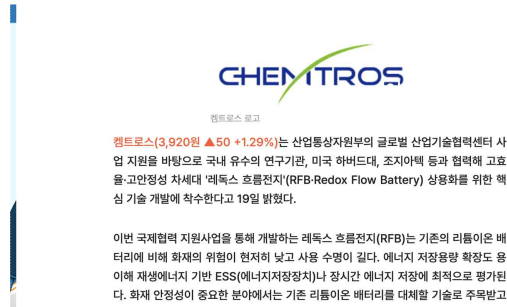


- ▶ 박민준 교수팀은 하버드대학과 조지아텍이 참여하는 국제 협력 과제(2024. 12. 01 ~ 2027. 11. 30 (36개월, 총 60억 원)에 선정되어 차세대 이차전지 분야 공동연구를 진행하고 있으며, 정기적인 온라인 회의를 통해 해외 교류를 활발히 진행하고 있음.

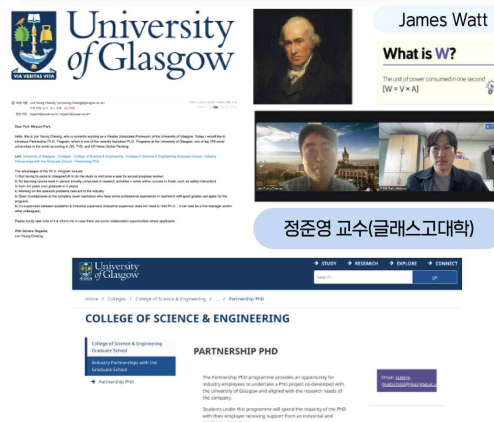


켄트로스, 레드스 흐름전지 개발 국제협력 정부과제 주관 기관 선정

현행정 기자 2025.08.19 14:00



- ▶ 박민준 교수팀은 2025년 4월 26일 글래스고대학 정준영 교수와의 협의를 통해 기업-대학을 연계한 파트너십 PhD 과정에 대해 협의를 진행하였고, 부산대와 지역기업이 공동으로 운영할 수 있는 학위 과정을 추진 중임.



- ▶ 박민준 교수팀은 2025년 6월 19일 교토대와 연구 협력을 위해 황진광 교수를 초청하여 공동연구에 대한 협의를 진행하였고, 2026년 1월 교토대를 방문하여 학생들과 함께 공동 세미나를 개최할 예정임.



- ▶ 이택호 교수는 2025년 7월 7일 Imperial College London의 Richard Pacalaj 박사를 초청하여 태양전지를 주제로 세미나를 개최함.
- ▶ 이택호 교수팀은 2024년 12월 11일 영국 Imperial College London의 James Durrant 교수팀과 유기태양전지 관련 공동 논문을 JACS에 게재함.

▶ 당초 계획 대비 실적 분석을 통해 향후 추진계획

- 본 교육연구단의 참여 교수들은 현재 다양한 국외 연구소와 대학 간의 활발한 교류를 진행하고 있음. 향후 이러한 교류의 가시적인 성과가 나타나게 되면 본 교육연구단이 계획했던 국제화 부분은 초과 달성이 가능할 것으로 보이며 연구단 차원에서 적극적인 지원을 할 계획임,

- 앞서 언급한 국제적인 교류가 활발히 이루어지면 외국인 학생 유치에도 긍정적인 것으로 판단되며 남은 기간 동안 더 많은 외국인 학생 및 자국 학생을 유치할 수 있도록 최선을 다할 것임.
- 신산업/신재생에너지 해외학자에 대한 활용 및 적극적 유치를 위하여 외국 연구소와 대학 간 교류를 통한 결과로 기대해 볼 수 있음.

② 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

- 아래는 5차년도 기간동안 대학원생이 국제 공동연구를 진행했거나 하고 있는 사항을 작성하였으며 향후 해외 공동연구 실적은 더 늘어날 것으로 판단됨.
- 장준경 교수팀의 김재영 학생은 2025년 2월 12일부터 14일까지 미국 University of California, Davis에서 분자동역학 시뮬레이션 강화 샘플링 방법 중 weighted ensemble methods 및 parallelized Gaussian accelerated MD에 대한 연수를 진행함.
- 서지연 교수팀의 김선주 학생은 2025년 2월 27일부터 2026년 2월 26일까지 한국연구재단의 지원을 받아 1년간 스위스 로잔연방공과대학교에서 “계면 제어 기술을 통한 n-i-p 구조 페로브스카이트 태양광 모듈의 발전”에 대한 국제공동연수를 진행하고 있음.
- 서지연 교수팀의 김종민, 최경천 학생은 2024년 7월 27일~9월 22일까지 스위스 프리부르대학교 (University of Fribourg, University de Fribourg)에서 유연 페로브스카이트의 소자 제작의 기반을 다지고 기초 실험 및 소자 안정성 데이터 취합을 위한 연구를 진행함. 최경천 학생은 작년에 이어 2025년 11월 18일부터 2026년 2월 12일까지 투르쿠대학에서 연수가 예정됨.
- 서지연 교수팀의 Olzhas Kurman과 권동건 석사과정생은 대만 명치과학기술대학 Shun-Wei Liu 교수 연구실에 2025년 4월부터 9월까지 대만 측에 지원받아 방문 연구를 수행함.
- 황윤희 교수 연구실의 Dr.Arkzhan Yamangeldivova, Dimaral Aben은 홍콩의 홍콩대학교(The University of Hong Kong)의 D.M. Shin 교수 연구실과 나노발전기의 출력향상 및 동작원리에 대한 연구를 수행하여 **Advanced Materials Interfaces**, **11**, **2300727** (2024 Jan), 및 **Journal of Electronic Materials**, **54**, **1816~1827**(2025 Jan)에 논문을 발표함.
- 황윤희 교수 연구실의 Nursalim Akhmetzhanov 학생은 카자흐스탄 나자르바예브 대학(Nazarbaev University)의 Timur Sh. Atabaeve 교수와의 태양광 물분해(Solar Water Splitting)연구를 통해 **Materials**, **17**, **04259**(2024 Aug)에 논문을 발표함.
- 장준경 교수팀의 김재영 학생은 중국 쑤저우 과학기술대학 Mengdi Zhao 교수 연구팀과 홍합 단백질의 다양한 표면에 대한 흡착 메커니즘 연구를 수행 중이며, 최근 연구 성과를 “Distinct Mechanisms for the Underwater Adhesions of Pvfp-5 β and Mfp-5: A Comparative All-Atom Molecular Dynamics Study” **Surfaces and Interfaces** 58P(2025) 105847 논문으로 발표함.
- ▶ 당초 계획 대비 실적 분석을 통해 향후 추진계획
- 5차년도 현시점에서는 아직 많은 실적이 나오지는 않았지만 앞서 기술한 바와 같이 다양한 교류 활동이 진행되고 있으므로 학생들이 참여하는 국제 교류도 많이 늘어날 것으로 판단됨. 또한, 본 교육연구단 차원에서 향후 각종 해외연수 및 실험 등이 이루어질 수 있도록 더 많은 노력을 기할 것임.

□ 연구역량 대표 우수성과

- ▶ 교육연구단 연구역량(참여교수 논문실적, 특허실적, 연구비 수주실적 등) 대표 우수 성과에 대해서 작성
- 박민준 교수팀은 2024년 12월부터 2027년 11월까지(36개월, 총연구비 60억 원) **하버드대학교 및 조지아공과대학교와 함께하는 국제 공동연구 과제에 선정**되어 차세대 이차전지 분야의 원천 기술 확보를 위한 연구를 수행하고 있음. 정기적인 온라인 회의 및 연구 교류를 통해 해외 우수 연구진과의 협력 체계를 공고히 함으로써 국제적 연구 경쟁력을 강화하고 있음.
 - 박민준 교수팀의 장혁준, 한두호, 최진영 학생이 참여한 “Revisiting Membrane-Free Zn-Mn Redox Flow Batteries: An Innovative Universal Aspartic Acid Additive for Superior Stability” 논문은 **Advanced Energy Materials** (2025.05.06.)에 발표되었으며, JCR 2024 기준 상위 3.24%에 해당함. 본 연구는 고가의 멤브레인을 제거한 차세대 레독스 흐름 전지를 제안하고, 천연 아미노산 첨가제를 도입하여 전지의 안정성과 성능을 동시에 향상한 혁신적 성과로 평가됨.
 - 서지연 교수팀의 Thanh-Danh Nguyen, Sun-Ju Kim, Gyeong-Ho Jeong 학생*이 참여한 “Tailor-Made Buffer Materials: Advancing Uniformity and Stability in Perovskite Solar Cells” 논문은 **Advanced Energy Materials** (2025.03.25.)에 발표되었으며, JCR 2024 기준 상위 3.24%에 해당함. 본 연구는 맞춤형 버퍼 소재를 페로브스카이트 태양전지에 적용하여 계면 균일성과 소자 안정성을 개선하고 전하 이동 효율을 최적화함으로써 고효율·장수명 소자 개발에 기여한 점에서 우수성이 인정됨.
 - 박민준 교수팀의 최진영, 장혁준, 박지한, 한두호 학생이 참여한 “Progress and challenges in engineering the atomic structure of oxygen electrocatalysts for zinc-air batteries” 논문은 **Chemical Engineering Journal** (2024.10.01.)에 발표되었으며, JCR 2024 기준 상위 3.61%에 해당함. 본 연구는 차세대 아연-공기전지의 산소 전기 촉매 설계와 전해액 개발 동향을 종합적으로 분석하고 향후 연구 방향을 제시함으로써 학문적·산업적 발전 가능성을 동시에 제시한 성과임.
 - 이형우 교수팀의 오진우, 송명관, 김영권, 우채영 연구자가 참여한 “All-Dry Fabricated Core-Sheath Carbon Nanotube Yarn Electrode for Fiber-Shaped Dye-Sensitized Solar Cells” 논문은 **Small Structures** (2025.07.30.)에 발표되었으며, JCR 2024 기준 상위 6.54%에 해당함. 본 연구는 전량 건식 공정을 통해 백금(Pt) 전극을 대체할 수 있는 코어-시스 구조 탄소나노튜브 섬유 전극을 개발하고, 이를 적용한 섬유형 염료감응 태양전지가 기존 Pt 기반 전극 대비 43% 이상 향상된 효율과 450회 이상의 반복 굽힘 후에도 80% 이상의 성능을 유지하는 탁월한 내구성을 보여준 점에서 우수성이 인정됨.
 - 박민준 교수팀은 **현대자동차와의 산학협력 연구과제**에 선정되어, P2형 층상구조 양극재의 고전압 구동 시 발생하는 구조 불안정성과 음이온 산화환원 반응의 낮은 가역성을 극복하기 위한 연구를 수행하고 있음. 특히 Mn-rich P2형 소재에 이중 금속 도핑과 표면 엔지니어링 기법을 적용하여 TM-O 결합을 강화하고 계면 안정성을 향상시키는 전략을 제시하였음. 이를 통해 고전압 영역에서도 전해질 분해와 격자 산소 방출을 억제하고, 장기 사이클 안정성을 확보하는 성과를 달성하였음.

1. 참여교수 연구역량

1.1 중앙정부 및 해외기관 연구비 수주 실적

〈표 3-1〉 자체평가 대상 기간(2024.9.1.~2025.8.31.) 이공계열 참여교수 1인당 중앙정부 및 해외기관 연구비 수주 실적

항 목	수주액(천 원)		
	3년간(2021.9.1.~2024.8.31.) 실적	최근 1년간 (2024.9.1.~2025.8.31.) 실적	비고
중앙 정부 연구비 수주 총입금액	23,279,844	12,488,376	
해외기관(산업체 제외) 연구비 수주 총 (환산) 입금액	0	0	
이공계열 참여교수 수	13.5	13	
1인당 총연구비 수주액	1,724,432	960,644	

1.2 연구업적물

① 참여교수 연구업적물의 우수성

▶ 정량적핵심지표

- 5차년도 논문실적은 다소 이전 연차에 비해 감소한 것은 기존 교수의 전출로 인한 논문 수 감소의 영향이 있음. 6차년도는 새로 진입하는 교수로 인하여 실적 증가 예상.

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도	5차년도
논문 편수	68	62	74	62	57
참여교수1인당 논문	4.86	4.43	5.29	4.6	4.38
IF	406.255	491.9	511.3	538.8	446.8
ES	5.99356	7.85612	8.6849	6.23108	5.56716
논문 한 편당 IF	5.97	7.93	6.9	8.69	7.84
논문 한 편당 ES	0.08814	0.12671	0.11736	0.1005	0.09767
참여교수 1인당 IF	29.019	35.136	36.52	39.9	34.37
참여교수 1인당 ES	0.42811	0.56115	0.62035	0.46156	0.42824
상위 5% 논문(주저자/교신)	1	13	8	11	7
상위 10% 논문(주저자/교신)	3	2	4	5	5
상위 20% 논문(주저자/교신)	15	8	15	7	11

- 부산대 도서관에서 자체 제공하는 정보 값에 따라 IF와 ES의 값을 실적으로 넣었음.

▶ 연구의 질적 향상 정량적 목표

[단계적 연구 질적 향상 목표]

항목	최근5년(2020년8월까지)	1단계 (1-3차년도)	2단계 (4-8차년도)
논문 1편당 환산보정 IF	0.19	0.20	0.22
참여교수 1인당 연평균 환산보정 IF 합	1.12	1.17	1.29
논문 1편당 환산보정 ES	0.34	0.36	0.39
참여교수 1인당 연평균 환산보정 ES 합	2.04	2.14	2.35

- 환산점수를 제공받지 못하여 진입당시 목표로 향상치 확인 어려움. 자체 부산대 도서관 자료를 활용.

▶ 주요연구실적

- 본 교육연구단은 5차년도 융복합 연구 수행의 결과로 우수 논문을 57편 (참여교수간 중복은 1건으로 봄) 게재하였음. 지난 연차에 비하여 참여교수의 전출로 인하여 다소 논문수가 감소함. 그럼에도 상위 5% 이내 논문 10편 게재됨(주저자(교신) 7편, 기타 저자 3편)
- 상위 5% 논문에 대한 우수성(주저자)

저자	논문제목	저널명	게재일	우수성	JCR 상위
박민준	Progress and challenges in engineering the atomic structure of oxygen electrocatalysts for zinc-air batteries	CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL	20241001	Zn-공기전지용 산소 전기촉매의 원자 구조 제어 연구를 종합, 성능 향상 메커니즘과 설계 전략을 제시하며 향후 난제와 발전 방향을 제안한 점이 우수함.	3.61%
서지연, 장준경	Tailor-Made Buffer Materials: Advancing Uniformity and Stability in Perovskite Solar Cells	ADVANCED ENERGY MATERIALS	20241113	맞춤형 버퍼 소재를 활용해 페로브스카이트 태양전지의 계면 균일성과 구조 안정성을 크게 향상시키며, 장기 신뢰성과 효율 제고 전략을 제시한 점이 우수함.	2.61%
오진우	Point-of-Care-Testing NO3-N Detection Technology with Selected Transition-Metal-Based Colorimetric Sensor Arrays	ACS SENSORS	20250202	전이금속 기반 색변화 센서 어레이를 활용해 NO3-N을 신속·정확히 검출하는 현장진단기술을 제시, 간편성·민감도·실용성을 동시에 강화한 점이 우수함.	3.60%
오진우	Identification of Gas Mixture Components with Multichannel Hierarchical Analysis of Time-Resolved Hyperspectral Data	ACS SENSORS	20250324	시간분해 초분광 데이터를 다채널 계층 분석하여 혼합가스 성분을 정밀 식별, 높은 분해능·정확도 분석 효율을 확보한 혁신적 접근이 우수함.	3.60%
이형우	Advanced Facial Mask Using Roll-to-Roll Processed Superhydrophobic Vertically Aligned Carbon Nanotubes for Enhanced Antiviral Effects and Reusability	SUSMAT	20250401	롤투롤 공정으로 제조한 초소수성 수직배열 탄소나노튜브를 적용해 마스크의 항바이러스 효과와 재사용성을 크게 향상시킨 혁신성이 우수함.	1.96%
오진우	Microcapillary-Derived Plasmonic-Enhanced Cluster through the Self-Assembly Process for Breast Cancer Diagnosis	ACS SENSORS	20250425	마이크로캐필러리 기반 자가조립으로 형성된 플라즈모닉 클러스터를 활용해 유방암 진단의 민감도와 정확도를 높인 혁신적 바이오센서 접근이 우수함.	3.60%
박민준	Revisiting Membrane-Free Zn-Mn Redox Flow Batteries: An Innovative Universal Aspartic Acid Additive for Superior Stability	ADVANCED ENERGY MATERIALS	20250506	아스파르트산 첨가제를 도입해 무막 Zn-Mn 레독스 흐름전지의 전해질 안정성과 수명 효율을 크게 향상시킨 혁신적이고 범용적인 접근이 우수함.	2.61%

- 9월부터 신규로 강준희, 박유세, 김재호 교수가 참여하게 되었고, 우수한 연구 실적을 바탕으로 질적 목표 향상에 기여할 것으로 보임.

▶ 연구역량강화

- 에너지융합기술 교육연구단은 참여교수 1인당 연평균 보정 논문편수 등 연구역량 강화를 위해 질 평가 기준 강화, 후속 지원강화, 인센티브 차등 지급 기준을 마련하고 있으며, 융합 연구 관련 인프라 구축 및 운영을 통해 연구 전담 분위기를 조성하고 있음.
- 참여연구원 실적에 따른 질적 평가 기준을 확립하여 질적 및 참여도의 평가에 따라 인센티브를 차등 지급하였음. 예를 들어, 참여교수 13명의 실적을 분석하여 총 1,500만원 내에서 실적별로 인센티브를 지급함. 참여대학원생 45명에게 3,300만 원 지급함.

- 우수 연구 결과에 대해 후속 지원을 강화하여 창업 및 사업화 모델 발굴을 위해 행정과 재정적으로 창업 지원을 목표로 하고 있으며 우수한 연구 결과를 발굴하고 지원하여 1단계 종료 시점에는 사업화 모델을 정립하고 창업 분위기를 도모할 예정임.

▶ 참여대학원생 지원

- 5차년도 기간 내 국내 및 국제학회 지원 실적

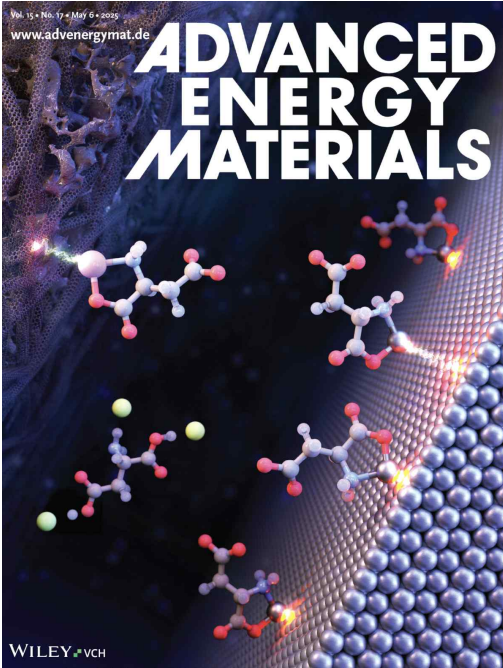
연번	날짜	주최	학회명	참가자명
1	20241016~18	대한화학회	제134회 대한화학회 학술발표회, 총회 및 기기전시회	김유리, 최수영
2	20250224~27	한국LED광전자학회	제13회 한국 LED 광전자학회 학술대회	김유리
3	20250307~09	T ² CoMSA	2025 Chemistry National Meeting	김도희, 최세용
4	20250416~18	한국고분자학회	2025 춘계학술대회	김유리, 나원주, 최수영
5	20250616~18	한국재료학회	Global Conference on Innovation Materials 2025	강성빈, 김다은, 김채림, 왕징야
6	20250618~20	한국전기전자재료학회	2025 하계학술대회	나원주

- 우수성과에 대한 인센티브를 5차년도에도 지원할 계획이며 축적된 대학원생 논문에 대한 평가자료를 확보하여 인센티브를 지급 예정(2026.02월 예정)
- 융합대학원 입학에 희망하는 학부생들이 참여하는 연구프로그램 구성하여 BK 소속 대학원과 연계된 프로그램을 운영하고 있음.

▶ 박사후연구원 및 신진교수 지원

- 신진연구인력인 응유엔타인미언박사(2024.03.01.~2025.02.28.)에게 년 4200만원과 변기상, 트란홍난박사(2025.03.01.~현재)에게 신진연구인력 인건비로 각 년 3900만원을 지원하고 있음(총 약 1억 원 인건비 지원)

② 연구의 수월성을 대표하는 연구업적물 (2024.9.1.~2025.8.31.)

연 번	대표연구업적물 설명
1	“Revisiting Membrane-Free Zn-Mn Redox Flow Batteries: An Innovative Universal Aspartic Acid Additive for Superior Stability”, ADVANCED ENERGY MATERIALS, 2025.05.06. JCR 2024 기준 상위 3.24%. Main Cover 선정  RESEARCH ARTICLE Revisiting Membrane-Free Zn-Mn Redox Flow Batteries: An Innovative Universal Aspartic Acid Additive for Superior Stability Hyeokjun Jang, Mu Geun Son, Duho Han, Jinyeong Choi, Jin Hong Lee, Pilgun Oh,* Joannee Kang,* and Minjoon Park* An all-aqueous membrane-free Zn-Mn redox flow battery utilizing deposition chemistry can be an excellent alternative to conventional aqueous redox flow batteries for reducing costs and improving stability. In the neutral/mildly acidic electrolyte environment of aqueous Zn-Mn redox flow batteries, the anode still suffers from issues such as zinc dendrite growth and corrosion, while the cathode struggles with poor reversibility. The same issues arise in membrane-free Zn-Mn redox flow batteries that use a combined electrolyte, where both anolyte and catholyte are combined. Therefore, it is possible to simultaneously address the issues of both the anode and cathode by using a single additive in the combined electrolyte. Here, aspartic acid is introduced as a universal additive for an all-aqueous membrane-free Zn-Mn redox flow battery in the combined electrolyte, aspartic acid bonded to the Zn anode surface, Zn^{2+} ions, and Mn^{2+} ions, resolving almost all the side reactions. Impressively, membrane-free Zn-Mn redox flow battery with aspartic acid demonstrated remarkable cycling stability of 300 cycles at an areal capacity of 10 mAh cm^{-2}. A new efficient strategy is proposed for controlling overall side reactions by the simple addition of a single additive in the integrated electrolyte with this report. 1. Introduction Global energy demand is increasing, and with the expansion of renewable energy sources,^[1] there is a growing need for cost-efficient and sustainable energy storage systems.^[2] Among various electrochemical storage technologies, redox flow batteries have attracted significant attention due to their environmental friendliness and safety.^[3] In particular, vanadium redox flow batteries are considered a highly suitable technology for large-scale energy storage systems.^[4] In this system, two electrolytes with different valence states are stored in external tanks and circulated to the porous electrodes as needed, allowing the energy storage capacity to be easily adjusted. However, the universal application in the battery field is constrained by the high cost of vanadium elements.^[5] Consequently, researchers are actively pursuing the development of cost-effective redox flow batteries that replace vanadium ions with alternative active materials.^[6] Recently, Zn and Mn have emerged as promising alternatives to vanadium in redox flow batteries.^[7] Their natural abundance significantly reduces material costs,^[8] which enhances the environmental sustainability of the system. Zn redox couple offers a high theoretical capacity,^[9] while Mn redox couple provides high operating H. Jang, D. Han, J. Choi, M. Park Research Center of Energy Convergence Technology Pusan National University Busan-daehak-ro 4090-gil 2, Gumsong-gu, Busan 46241, Republic of Korea E-mail: mjpark@pusan.ac.kr H. Jang, M. G. Son, D. Han, J. Choi, J. Kang, M. Park Department of Nano Fusion Technology Pusan National University Busan-daehak-ro 4090-gil 2, Gumsong-gu, Busan 46241, Republic of Korea E-mail: j.kang@pusan.ac.kr J. H. Lee School of Chemical Engineering Pusan National University Busan-daehak-ro 4090-gil 2, Gumsong-gu, Busan 46241, Republic of Korea E-mail: jhlee@pusan.ac.kr P. Oh Department of Smart Green Technology Engineering Pusan National University Busan 46241, Republic of Korea E-mail: poh@pusan.ac.kr J. Kang, M. Park Department of Nanoenergy Engineering Pusan National University 10, Busan-daehak-ro 4090-gil 2, Gumsong-gu, Busan 46241, Republic of Korea The ORCID identification number(s) for the author(s) of this article can be found under https://doi.org/10.1002/aem.20250621 © 2025 The Author(s). Advanced Energy Materials published by Wiley-VCH GmbH. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. DOI: 10.1002/aem.20250621 Adv. Energy Mater. 2025, 15, 250621 250621 (1 of 13) © 2025 The Author(s). Advanced Energy Materials published by Wiley-VCH GmbH 본 연구에서는 격막이 없는 Zn-Mn 레독스 흐름전지(MF-ZMFB, membrane-free Zn-Mn redox flow battery)를 제안하고, 전해질에 아스파르트산(aspartic acid)을 첨가하는 방식을 도입하여 안정성과 수명을 크게 향상시켰음. 일반적으로 격막(membrane)을 제거하면 양전해질과 음전해질이 혼합되어 반응 간섭이 생기고 성능 저하가 우려됨. 본 연구는 이를 극복하기 위해 양쪽 전극 반응 계열 모두에 대해 아스파르트산이 착물화(chelation), 수소결합(hydrogen bonding), 흡착(adsorption) 등의 작용을 하며 반응 균형을 유지토록 설계함. 전지 구조적으로는 3D 프린팅 방식으로 분리 채널(separating channel)을 설계하여 전해질 흐름을 조절하였고, 아연 금속 전극과 탄소 펠트 전극 간의 물리적 분리를 확보함. 성능 면에서, 아스파르트산 첨가 시스템은 10 mAh/cm^2 의 면적 용량(areal capacity)에서 300회 이상의 안정적 충방전을 달성하였고, 이는 기존 격막 없는 Zn-Mn 흐름전지 중에서는 매우 우수한 순환 안정성임을 보였음. 또한 Coulombic 효율, 에너지 효율, 전하 보존률(charge retention) 측면에서도 우수한 결과를 보였으며, 대규모 에너지 저장 시스템(ESS) 적용 가능성을 시사함. 본 연구는 격막 제거와 비용 절감이라는 구조적 혁신과, 천연 유기 첨가제를 통한 전해질 안정화라는 조합을 통해 격막 없는 Zn-Mn 흐름전지의 수명과 성능 모두를 진일보시킨 기술적 돌파구임.

“Tailor-Made Buffer Materials: Advancing Uniformity and Stability in Perovskite Solar Cells” *Advanced Energy Materials*, 2025.03.25. JCR 2024 기준 상위 3.24.

RESEARCH ARTICLE

ADVANCED
ENERGY
MATERIALS
www.advenenergmat.de

ADVANCED
SCIENCE NEWS
www.advancedsciencenews.com

ADVANCED
ENERGY
MATERIALS
www.advenenergmat.de

Tailor-Made Buffer Materials: Advancing Uniformity and Stability in Perovskite Solar Cells

Thanh-Danh Nguyen, Doyeong Yeo, Ramesh Kumar Chitumalla, Sun-Ju Kim, Gyeong-Ho Jeong, Dong-Gun Kwon, Joonkyung Jang,* In Hwan Jung,* and Ji-Youn Seo*

Along with the growing popularity of the p-i-n structure, bathocuproine (BCP) is increasingly recognized as a crucial buffer layer between the electron transport layer and electrode with the role of mitigating Schottky contact and enhancing performance. However, the chemical structure and role of its functional groups have not been thoroughly elucidated. This study introduces a novel modification of BCP in perovskite solar cells (PSCs) by altering functional groups to optimize their geometrical molecular structures and electronic properties. The substitution of aromatic phenyl and tolyl groups to 2,9-position on the BCP is highly effective in increasing the planarity of the conjugated backbone and protecting the reactive nitrogen atoms of the phenanthroline core, thereby improving charge transport and device stability. Experimental analyses, including electrostatic force microscopy, impedance spectroscopy, and photoluminescence, reveal that the modified BCP significantly enhances charge transport, reduces recombination losses, and markedly improves the structural stability of PSCs, leading to prolonged device lifetimes. The findings highlight the potential of structurally optimized BCP derivatives as a critical component in advancing high-efficiency and durable PSCs.

and technologies that prevent electronic recombination at the interfaces.^[1,2] The significance of interface contacts in PSCs can't be overstated, as they profoundly shape the overall performance and efficiency of the device. These interfaces, existing between different layers within the perovskite solar cell structure, exert a critical influence on charge carrier transport, recombination, and extraction – pivotal processes governing the transformation of sunlight into electricity. The perovskite layer, acting as the active layer, initiates the generation of electron-hole pairs. Subsequently, these charge carriers navigate through the electron transport layer (ETL) and the hole transport layer (HTL), ultimately migrating toward the electrode. However, the emergence of a Schottky barrier at the interface between the ETL and the electrode impedes the free movement of electrons,^[3] necessitating the introduction of a buffer layer like Ti(s8-hydroxyquinolato) aluminum oxide (Alq3),^[4] and bathocuproine (BCP)^[5] to mitigate this barrier. In which, BCP is gaining popularity in PSCs due to its ease of application through solution coating or thermal evaporation methods^[6] and its ability to deliver high-performance. Thus, BCP is often used as a buffer layer between the ETL layer and the electrode, crucial for facilitating ohmic contact and reducing interfacial charge recombination.^[1] Additionally, it acts as a barrier, preventing the inter-diffusion of harmful species into the perovskite absorber and inhibiting the egress of degradation products.^[7]

1. Introduction

Recently, perovskite solar cells (PSCs) have reported efficiencies exceeding 26% for single-junction devices, bringing them closer to commercialization, thanks to the efforts of many researchers. The most significant contributions have come from the development of techniques for forming high-crystallinity perovskite layers, advancements in electron and hole transport materials,

However, despite the excellent electrical properties of BCP, its biggest drawback is that it easily reacts with moisture and oxygen, leading to reduced device long-term stability when exposed to air during the fabrication process or for use.^[8,11] Research aimed at replacing high-performance BCP has been limited so far. Naphthalene dimide-based molecules were reported to replace the BCP buffer layer, but their highest power conversion efficiency (PCE) of 14.25% was much lower than the control BCP device (15.57%).^[12] The polymeric ETL containing BCP was also reported to enhance electron transport as well as hole-blocking properties in the p-i-n PSCs,^[13] but it is only suitable for the solution process. The blending of BCP and small molecules with a large dipole moment

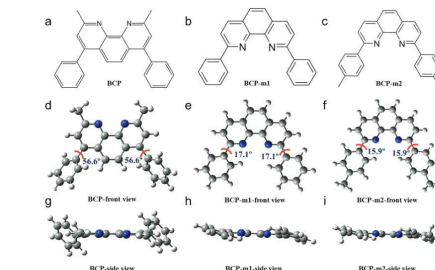
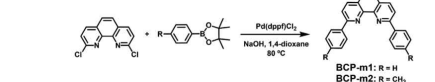


Figure 1. a–f) 3D chemical structures of BCP, BCP-m1, and BCP-m2. DFT-optimized 3D geometries, including d–f) front and g–i) side views, are shown to illustrate molecular conformations and dihedral angles. Hydrogen, carbon, and nitrogen atoms are represented by white, gray, and blue spheres, respectively.

and BCP-m2 exhibited quite a planar backbone structure. This strongly supported that BCP-m1 and BCP-m2 can have efficient π -conjugation and π - π intermolecular stacking, which is in good agreement with their absorption behavior. The increased planarity of BCP-m1 and BCP-m2 compared to BCP contributes to a more compact molecular structure, which can enhance stability. Moreover, while the nitrogen atoms on the control BCP are quite exposed to the air, the nitrogen atoms on BCP-m1 and BCP-m2 are significantly shielded by the bulky phenyl and tolyl groups, respectively. In the comparison between BCP-m1 and BCP-m2, it is observed that BCP-m2, which has tolyl groups, is in a more shielded environment. Consequently, BCP-m2 is expected to suppress the reactivity of phenanthroline most effectively, allowing for more stable operation within the device.

The optical bandgaps (E_g^{opt}) of the BCP and synthesized BCP molecules were calculated from the absorption onset wavelength

of the film states, with BCP, BCP-m1, and BCP-m2 having values of 3.81, 3.10, and 3.23 eV, respectively. The highest occupied molecular orbital (HOMO) and lowest occupied molecular orbital (LUMO) energy levels of the BCP and synthesized BCP molecules were estimated through cyclic voltammetry (CV) with oxidation (E_{ox}) and reduction onset (E_{red}) potentials, as shown in Figure S5b (Supporting Information). The E_g values of BCP, BCP-m1, and BCP-m2 were 1.79, 1.63, and 1.52 eV, respectively, which correspond to HOMO energy levels (E_{HOMO}) of -6.14, -5.99 and -5.88 eV, respectively. The E_g values of BCP, BCP-m1, and BCP-m2 were -0.86, -0.82, and -0.81 V, and the corresponding LUMO energy levels (E_{LUMO}) were -3.49, -3.54 and -3.54 eV, respectively. The calculated electrochemical bandgap (E_g^{ec}) of BCP, BCP-m1, and BCP-m2 were 2.65, 2.45, and 2.34 eV, respectively. The bandgap of the buffer molecules was decreased in the order of BCP > BCP-m1 > BCP-m2, which is



Scheme 1. Synthetic routes of BCP-m1 and BCP-m2.

T.-D. Nguyen, R. K. Chitumalla, S.-J. Kim, G.-H. Jeong, D.-G. Kwon, J. Jang, J.-Y. Seo
Department of Nano Fusion Technology
Pusan National University
Busan 46241, Republic of Korea
E-mail: jjang@pusan.ac.kr; jyseo@pusan.ac.kr
D. Yeo, I. H. Jung
Department of Organic and Nano Engineering and Human-Tech Convergence Program
222 Wangsimni-ro, Seongdong-gu, Seoul 04763, Republic of Korea
E-mail: inhyung@hanyang.ac.kr

The ORCID identification number(s) for the author(s) of this article can be found under <https://doi.org/10.1002/aenm.202403633>

Adv. Energy Mater. 2025, 15, 2403633

2403633 (1 of 8)

© 2024 Wiley-VCH GmbH

Adv. Energy Mater. 2025, 15, 2403633

2403633 (3 of 8)

© 2024 Wiley-VCH GmbH

이 연구에서는 페로브스카이트 태양전지(perovskite solar cells, PSCs)의 버퍼층(buffer layer)에 주목하여, 기존의 BCP (bathocuproine) 계열 버퍼 물질을 기능 그룹 변형이나 구조 최적화를 통해 계면 균일성(uniformity) 및 장기 안정성(stability)을 크게 개선하는 전략을 제안함. 구체적으로, 기능성 그룹(예: 친전자성/친핵성 치환기 등)을 버퍼 물질에 도입하여 분자 간 상호작용 및 계면 정합성(interfacial compatibility)을 개선하였고, 이로 인해 페로브스카이트 층과 전자 수송층(electron transport layer, ETL) 또는 전하 수송층(charge transport layers) 간의 계면 전하 이동 저항을 낮춤. 실험 결과, 이러한 최적화된 버퍼층을 도입한 PSC는 초기 광전 변환효율(PCE) 유지율이 기존 대비 향상되었고, 장시간 작동 시 안정성 또한 유의미하게 개선됨. 예컨대, 계면 균일성 향상으로 결함 밀도 감소, 전하 재결합 억제 등이 성능 향상 요인으로 지목됨. 또한 본 논문은 다양한 구조적/화학적 변형을 통한 버퍼층 설계가 PSC 성능에 미치는 영향을 실험적으로 비교 분석하였으며, 실제 적용 가능한 소재 조합을 제안함. 본 연구는 페로브스카이트 태양전지의 상호 계면 불균일성 문제를 해결하고, 장수명 특성을 확보하기 위한 버퍼층 설계 전략을 제시한 기술적으로 의미 있는 성과임.

“Progress and challenges in engineering the atomic structure of oxygen electrocatalysts for zinc-air batteries” **Chemical Engineering Journal**, 2024.10.01. JCR 2024 기준 상위 3.61%.

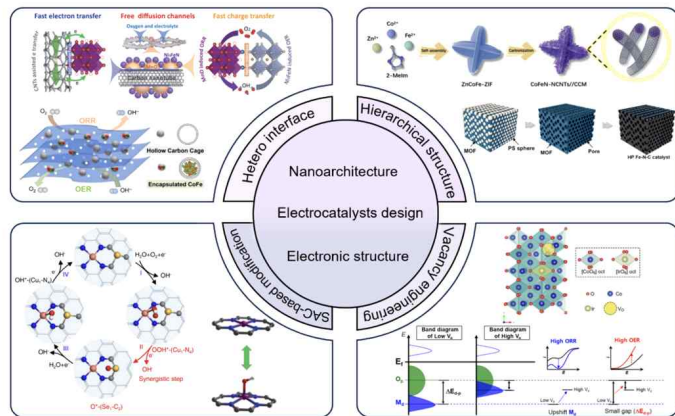
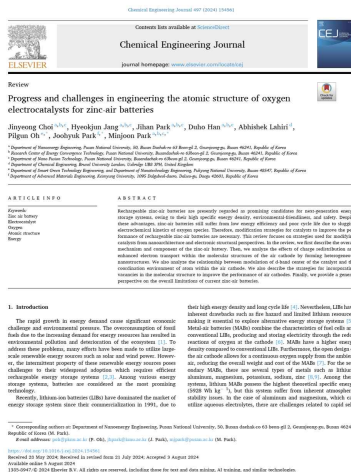


Fig. 1. Schematic of the electrocatalyst design for the rechargeable zinc-air battery.

이 논문은 Zn-공기전지(zinc-air battery, ZAB)에 사용되는 산소 전기촉매(oxygen electrocatalyst)의 원자 수준 구조 설계 전략과 그에 따른 성능 향상 및 한계 요인을 종합적으로 다룬 논문임. 먼저 Zn-공기전지의 기본 작동 원리를 정리하고, 산소 환원 반응(ORR, oxygen reduction reaction)과 산소 발생 반응(OER, oxygen evolution reaction)에 대한 촉매 설계 관점에서의 주요 이슈를 제시함. 특히, 화학적 국부 연성과 s(r) 분석법 등을 활용하여 산화환원 반응 초기 단계의 전자 구조 변화를 해석하는 방법론도 제안됨. 또한 본 연구는 다양한 문헌 사례들을 비교하면서, 현재까지의 산소 전기촉매 개발에서 남아 있는 도전 과제들(예: 내구성, 전류 밀도, 전극 안정성, 비용 등)을 명확히 제시하고, 향후 연구 방향(예: 단일자 촉매, 비금속 촉매, 하이브리드 구조 등)에 대한 제언을 담고 있음. 이처럼 본 논문은 Zn-공기전지의 핵심 구성 요소인 산소 전기촉매의 원자 수준 설계 전략을 체계적으로 정리하고, 연구자들에게 향후 발전 가능성과 한계 인지를 돕는 참고자료로서 중요한 역할을 함.

2. 연구의 국제화 현황

① 참여교수의 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

▶ 정량적 핵심지표

[외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 정량적 목표 (누적치)]

항목	1단계 (1-3차년도)	2단계 (4-8차년도)
해외 기관과의 공동연구 수행 실적 (건)	7	20
해외 석학 초청 세미나 개최 수 (건)	3	10
교수 해외 연수 및 파견 수 (명)	3	5

○ 2단계(4-8)로 넘어오면서 국제화 실적 누적치를 상회하여 목표 달성할 수 있을 것으로 예상함.

○ 해외석학초청세미나 5차년도 8건으로 2단계(4-8) 목표치 10건을 4-5차년도 기간동안 이미 달성.

세미나명	강사	강의제목	날짜
해외석학초빙	Joyanta Kumar Saha	Revealing conducting organic polymers' interaction with cyanogen halides: DFT insights for enhanced gas sensing applications	20240920
해외석학초빙	Mohammad abdul matin	Boron Nitride Fullerene: Smart Nanocarrier for Drug Delivery	20241004
해외석학초빙	Freitag Marina	연료 감응형 태양전지(DSSC)와 사물 인터넷 (IoT)용 실내 태양전지 기술의 진도 및 응용 사례 발표	20250109

해외석학초빙	Elizabeth Gibson	재생 에너지 소재, 태양 연료 및 순환 화학 경제와 관련 연구	20250109
해외석학초빙	SHABEER AHMAD MIAN	TRANSITION METALS DECORATED ZINC OXIDE NANOCAGE FOR SENSING AND REDUCTION OF TOXIC ATMOSPHERIC GASES INTO USEFUL BYPRODUCTS	20250319
해외석학초빙	Joyanta Kumar Saha	Interactions of waterborne polyurethane with dihydroxybenzeneisomers and derivatives of melamine	20250326
해외석학초빙	Guosheng Shao	Graphene: structure, doping, production and applications	20250522
해외석학초빙	Richard Pacalaj	Understanding Non-Geminate Recombination Kinetics in Application Targeted Organic Photovoltaics	20250707

- 교수 해외 연수 및 파견은 목표치 미달. 앞으로 남은 2년 동안 교수 해외연수 및 파견을 늘릴 수 있도록 해야 함.

▶ 참여교수의 국제화 활동

- 이동윤 교수는 Columbia University의 Jeffrey W. Kysar 교수와 공동연구를 수행하여 Extreme Mechanics Letters (2025)에 공동 논문을 게재함으로써 나노스케일 금속 재료의 기계적 거동에 관한 국제적 연구 성과를 창출하였음.
- 장준경 교수는 Peshawar University, Suzhou University of Science and Technology, Dhaka University 소속 석학들과 협력하여 Mater. Chem. Phys., Surf. Interfaces, J. Molecular Liquids 등에 연이어 국제 공동연구 논문을 발표함으로써, 대기 오염 저감, 생체 물질 접착 메커니즘, 약물 전달용 나노소재 등 첨단 연구 분야에서 국제 협력을 선도하였음.
- 오진우 교수는 독일 Paderborn University의 Vasanthann Devaraj 교수와 협력하여 J. Chem. Phys. 및 CLEO Europe Conference Proceedings에 관련 연구를 발표함으로써, 나노 플라즈모닉스 분야에서 국제 공동연구 성과를 확산하였음.
- 현재 교류 협정은 오진우교수 존스홉킨스 대학 MOU 체결(20250728), 대만 MCUT 공동 심포지엄 (기술교류, 공동학위 체결), BMG(일본) MOU 체결(20250111), 산동형광바이오유한회사 MOU 체결 (20250626),



MEMORANDUM OF UNDERSTANDING
Between
BMG Inc.,
Japan
And
HIC
Humanoid offitory display
Innovation research Center,
Republic of Korea

Preamble
This Memorandum of Understanding (MOU) is hereby established by and between BMG Inc., located in Kyoto, Japan, and Humanoid offitory display Innovation research Center (HIC) of Pusan National University, located in Busan, South Korea. The purpose of this MOU is to promote cooperation in research and industry between the two groups.

Article 1: Purpose and Scope of Cooperation
The parties, recognizing the mutual benefits derived from the interchange and collaboration in academic and industry-related activities, agree to develop a cooperative program encompassing the following areas:
a) Exchange of faculty, students, and other staff;
b) Performance of joint research activities;
c) Exchange of information pertaining to industry cooperation collaborations;
d) Technology transfer and commercialization initiatives;
e) Support for business incubation; and
f) Engagement in other Research and Industry Cooperation activities as mutually agreed upon.

Article 2: Financial Responsibilities
All financial obligations associated with specific programs or activities undertaken pursuant to this MOU shall be subject to mutual discussion and agreement by the parties prior to their initiation. BMG Inc. is willing to provide 1,000,000 Yen (JPY) in financial support to HIC annually, and the date, period, and specific support method will be discussed.

Article 3: Duration, Modification, and Termination
This MOU shall take effect upon signing by authorized representatives of both parties and shall remain in force for a period of ten (10) years from the date of the last signature. It is understood that this MOU may be amended or modified only through the written mutual consent of both parties. Either party may terminate this MOU by providing a six (6) month written notice to the other party.

Article 4: Validity of the Memorandum
This memorandum is executed in two original copies in the English language, each of which shall be considered equally valid and binding upon the parties.

Signatures

Yuki Goto
Senior Executive Director
of BMG Inc.

Prof. Joo-Wook Oh
Dean of Humanoid offitory display
Innovation research Center

Date: 2025. 1. 11.

Date: 2025. 1. 11.

업무협약서

후지노리드 - 산동할플라이오
후지다스플래이센터 - 출판회사

HIC

한중 양국의 과학기술 교류와 산업 협력을 촉진하고, 글로벌 연구를 통해 세계를 선도하는 과학기술 경쟁력 확보 및 기술 활용을 위해 부산대학교 후지노리드 후지다스플래이센터와 산동할플라이오 출판회사(이하 "협약기관"이라 함)는 상호협력 협력의 기회 양자간의 과학기술 혁신, 정보, 모든 산학인 협력의 확대 다음과 같이 업무협약을 체결한다.

제1조 【목적】 본 협약은 협약기관 간 유기적인 협력체제를 구축함으로써 세계를 선도하는 과학기술 경쟁력 확보 및 기술 활용 기회를 확대하는데 목적이 있다.

제2조 【기본원칙】 협약기관은 본 협약의 효율적인 수행과 원활한 추진을 위하여 토대적인 차원에서 협력한다.

제3조 【협력분야】 협약기관은 제1조의 목적을 달성하기 위하여 다음 각 조의 일시에 대하여 상호 적극적으로 협력한다.
1. (기술개발) 후지노리드 후지다스플래이 및 (중국 기관의 해당 분야) 관련 핵심기술 개발-기술개발-사업화 지원
2. (인력양성) 협약기관 내 전문성을 갖춘 인력의 양성과 R&D 관련인력 교류 및 공동연구 관련 인력양성 및 교류 체계 강화

3. (인프라지원) 협약기관 간 유기적 연구환경 조성을 위한 연구개발 인프라 지원 및 지원
4. (상호협력) 기술개발-인력양성-인프라 운영을 위한 협력 네트워크 구축자 기술 교류 및 기술 교류와 협력을 위한 상호협력
제4조 【세부사항】 제3조의 협력분야를 이행하기 위한 세부사항은 상호 협의하여 시행한다.

제5조 【비밀유지】 양 기관은 상호교류를 통하여 취득한 기밀 사항 및 정보를 사전 동의 없이 공개하지 아니한다.

제6조 【협약기간】 본 협약의 당사자는 협약을 추진함에 있어 각 당사자의 권리를 존중하고 상호 조율적으로 협력을 원칙으로 하며, 협약 기간은 서명일로부터 10년으로 한다. 필요한 경우 상호 협의하여 그 기간을 연장 또는 단축할 수 있다.

제7조 【해지】 본 협약의 해지에 있어 의의가 있거나 협약사에서 정해진 이의사항 중 협약 이행을 위하여 필요한 사항에 대해서는 상호 협의하여 결정한다.

본 협약이 체결을 증명하기 위하여 협약이 2부 작성되어 서명하고 각 1부씩 보관하여 협약사항을 증명하는 사항이다.

2025년 08월 29일

후지노리드
후지다스플래이센터
대표이사
오진우

산동할플라이오
대표이사
정지영

- 진성호교수는 2025.07.28.~30. 해외 석학 초청세미나 및 자문 (ZUO QUAN JIANG(Soochow University/홍콩)하였으며, 2025.07.17. 태양전지 관련 연구자 초청세미나 (Seth Hubbard(Rochester Institute of Technology/미국)에 다녀옴.
- 오진우교수 Nanokorea 2025 국제학술대회 초청 강연
(<http://nanokorea-conference.or.kr/download/program/TS09T5.pdf>)
- 오진우교수 fpil6 symposium 국제 학술대회 초청 강연 (16th International Symposium of Functional π -Electron Systems)
- 서지연교수 2025.01 RSC Energy Sector Next Generation Materials for Solar Photovoltaics 2025 심포지엄 초청 강연
(<https://www.rsc.org/events/detail/79956/rsc-energy-sector-next-generation-materials-for-solar-photovoltaics-2025>)
- 이외에도 참여교수들은 국제학술대회 발표와 해외 연구자 교류를 통해 국제 네트워크를 확대하였으며, 이러한 활동은 당초 계획된 국제화 목표를 초과 달성하는 성과로 이어졌음. 특히 국제 공동연구 논문 발표와 해외 석학과의 연계 활동은 차세대 소재 및 에너지 소자의 융합 연구 역량을 국제적으로 인정받는 계기가 되었음.
- ▶ 당초 계획 대비 실적 분석을 통해 향후 추진계획
 - 따라서 본 교육연구단은 국제 공동연구, 해외 학술대회 참여, 학술지 논문게재 등 다각적 활동을 통해 국제적 위상을 제고하였으며, 향후에도 University of Minnesota, University of Hong Kong, Nagoya University 등과의 심화 협력을 통해 국제화 성과를 지속적으로 확산할 계획임.

② 국제 공동연구 실적

1) <표 3-6> 자체평가 대상기간(2024.9.1.-2025.8.31.) 국제 공동연구 실적

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단 참여교수	국외 공동연구자			

1	이동윤	Jeffrey W. Kysar	미국/Columbia University	미국 Columbia University Jeffrey W. Kysar 교수와 공동연구를 통해 국제 학술지 Extreme Mechanics Letters 에 논문을 발표하였음. “Brittle fracture of ultrathin gold nanosheets induced by local phase change and energy dissipation”, Extreme Mechanics Letters, 77, 102323 (2025)	DOI: 10.1016/j.eml.2025.102323
2	장준경	Shabeer Ahmad Mian	파키스탄/University of Peshawar	파키스탄 Peshawar 대학교의 Shabeer Mian 교수팀과 산화아연 나노입자를 이용한 대기 오염 개선 연구를 진행하여 Mater. Chem. Phys. 저널에 공동 논문으로 발표하였음. Environmental Carbonaceous Aerosols Conversion into Methanol using a Zinc-decorated ZnO Nanocage“, S. Ahmad, S. A. Mian*, A. Hussain, E. Ahmed, M. S. Khan, G. Rahman, JJ*, Mater. Chem. Phys., 2025.07	https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2025.130648
3	장준경	Mengdi Zhao	중국/Suzhou University of Science and Technology	중국 Suzhou University of Science and Technology의 Mengdi Zhao 교수팀과 생체 모방 접착제 연구를 공동으로 진행하여 Surfaces and Interfaces 저널에 논문을 발표하였음 “Distinct Mechanisms for the Underwater Adhesions of Pvp-5 β and Mfp-5: A Comparative All-Atom Molecular Dynamics Study“, M. Zhao, J. Kim, C. Guo*, JJ*, Surf. Interfaces, 2025.02.	https://doi.org/10.1016/j.surfin.2025.105847
4	장준경	Mohammad A. Matin	방글라데시/Dhaka University	방글라데시 Dhaka 대학교의 Mohammad Matin 교수팀과 나노 약물 전달체 계산화학 설계를 공동으로 연구하여 J. Molecular Liquids에 공동 연구 논문을 발표하였음. “Exploring the Interaction of Cu-Modified B12N12 Nanocages for Favipiravir Drug Delivery using Density Functional Theory Study“, A. M. Mohammad*, K. S. Joyanta, D. Tapas, JJ, J. Mol. Liq, 2024.11.	https://doi.org/10.1016/j.molliq.2024.125999
5	오진우	Vasanthan Devaraj	독일/Paderborn University	독일 Paderborn University의 Vasanthan Devaraj와의 공동 연구를 통해 아래 논문을 발표하였음. “Self-assembly of isolated plasmonic dimers with sub-5 nm gaps on a metallic mirror”	10.1039/D4NH00546E
6	오진우	Vasanthan Devaraj	독일/Paderborn University	독일 Paderborn University의 Vasanthan Devaraj와의 공동 연구를 통해 아래 논문을 발표하였음. “Dynamic and Reversible Plasmonic Nanogaps From Isolated Dimer Nanoparticles via Self-Assembly”	10.1109/CLEO/Europe-EQEC65582.2025.11109762
7	이택호	James Durrant	영국/Imperial College London	영국 Imperial College London의 James Durrant 교수와 공동연구를 통해 국제 화학분야의 학술지 Journal of the American Chemical Society에 논문을 발표하였음. “Activationless Charge Transfer Drives Photocurrent Generation in Organic Photovoltaic Blends Independent of Energetic Offset“ J. Am. Chem. Soc., 2024.12	DOI: 10.1021/jacs.4c11114

8	서지연	Jovana V. Milić	스위스/ Adolphe Merkle Institute, Universit y of Fribourg	스위스 Adolphe Merkle Institute, University of Fribourg의 Jovana V. Milić 교수와 공동연구를 통해 학술지 Chemical Engineering Journal에 논문을 발표하였음. “Perfluoroarene-Based 2D/3D Perovskite Solar Cells” ACS Appl. Energy Mater., 2025. 08	https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.164371
9	서지연	Jovana V. Milić	스위스/ Adolphe Merkle Institute, Universit y of Fribourg	스위스 Adolphe Merkle Institute, University of Fribourg의 Jovana V. Milić 교수와 공동연구를 통해 학술지 ACS Applied Energy Materials에 논문을 발표하였음. “Air-processed flexible perovskite solar cells with superior mechanical reliability and humidity resistance enabled by stepwise interfacial engineering” ACS Appl. Energy Mater., 2025. 06	https://doi.org/10.1021/acsaem.4c01710
10	서지연	Jovana V. Milić	스위스/ Adolphe Merkle Institute, Universit y of Fribourg	스위스 Adolphe Merkle Institute, University of Fribourg의 Jovana V. Milić 교수와 공동연구를 통해 학술지 Advanced Energy & Sustainability Research에 논문을 발표하였음. “Perfluoroarene-Based Tin Halide Perovskite Photovoltaics” Adv. Energy Sustain. Res., 2025. 4	https://doi.org/10.1002/aesr.202500028
11	서지연	Jovana V. Milić	스위스/ Adolphe Merkle Institute, Universit y of Fribourg	스위스 Adolphe Merkle Institute, University of Fribourg의 Jovana V. Milić 교수와 공동연구를 통해 학술지 Advanced Materials에 논문을 발표하였음. “Photochromic Control in Hybrid Perovskite Photovoltaics” Adv. Mater., 2025. 03	https://doi.org/10.1002/adma.202420143
12	서지연	Jovana V. Milić	스위스/ Adolphe Merkle Institute, Universit y of Fribourg	스위스 Adolphe Merkle Institute, University of Fribourg의 Jovana V. Milić 교수와 공동연구를 통해 학술지 Advanced Science에 논문을 발표하였음. “From Chalcogen Bonding to S- π Interactions in Hybrid Perovskite Photovoltaics” Adv. Sci., 2024. 08	https://doi.org/10.1002/advs.202405622

13	서지연	Kevin Sivula	스위스/ École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	스위스 École Polytechnique Fédérale de Lausanne(EPFL)의 Kevin Sivula 교수와 공동연구를 통해 국제 화학분야의 학술지 Journal of Energy Chemistry에 논문을 발표하였음. “Interfacial engineering through lead binding using crown ethers in perovskite solar cells” J. Energy Chem., 2024. 02	https://doi.org/10.1016/j.jechem.2024.01.042
14	서지연	Michael Grätzel	스위스/ École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	스위스 École Polytechnique Fédérale de Lausanne(EPFL)의 Michael Grätzel 교수와 공동연구를 통해 국제 화학분야 학술지 ACS Energy Letters에 논문을 발표하였음. “Methylammonium Nitrate-Mediated Crystal Growth and Defect Passivation in Lead Halide Perovskite Solar Cells” ACS Energy Lett., 2024. 04	https://doi.org/10.1021/acsenergylett.4c00154
15	서지연	Kevin Sivula	스위스/ École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)	스위스 École Polytechnique Fédérale de Lausanne(EPFL)의 Kevin Sivula 교수와 공동연구를 통해 국제 화학분야의 학술지 Journal of Materials Chemistry A에 논문을 발표하였음. “Interfacial engineering through lead binding using crown ethers in perovskite solar cells” J. Energy Chem., 2024. 02	https://doi.org/10.1039/D4TA01741B

③ 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

[외국 대학 및 연구기관과의 구체적 연구자 교류 계획]		
연도	상대 기관	연차별 활동계획
1차 년도	U. of Hong Kong, Jiangxi Normal U., U. of Banja Luka, Nagoya U., Nazarbayev U. 등	▶ 교육연구단 내 국제 공동연구 지원팀 구성 및 융합연구 모델 구축 ▶ 국제 공동연구 기반 구축 및 계획 수립 ▶ 세미나 개최 (1건 이상 계획) 및 기 구축 네트워크 기반 공동 연구 수행 (2건 이상 계획)
2차 년도	U. of Minnesota, U. of Calgary, Osaka U., U. of Hong Kong, Nazarbayev U. 등	▶ 국제 공동연구 기반 구축 및 계획 수립 (융합 연구 3건 이상 계획) ▶ 에너지 소재 에어로졸 합성, 3D printing 분야 등 상대국 교수 초청 세미나 개최 (1건 이상 계획) ▶ 참여교수 상대국 방문 세미나 개최
3차 년도	U. of Oklahoma, U. of Hong Kong, Jiangxi Normal U., Hamad Bin Khalifa U. 등	▶ 대학원생 해외 기관 파견: 에너지 소재 합성 및 응용 소자 기술 공동 연구 수행 (융합 연구 활성화 및 3건 이상의 공동 연구 수행 계획) ▶ 국제 공동 융합 연구 수행: 학회 발표 및 융합 논문 게재 ▶ CNTs, 바이러스 합성/응용 분야 등 상대국 교수 초청 세미나 개최 (1건 이상 계획) ▶ 국제 융합 연구 결과 기반 기업 연계를 통한 국제 산학 네트워크 구축
4차 년도	U. of Minnesota, U. of Calgary, UC Berkely, Osaka U., Nazarbayev U. 등	▶ 대학원생 해외 기관 파견: 에너지 소재 합성 및 응용 소자 기술 공동 연구 수행 (융합 연구 활성화 및 3건 이상의 공동 연구 수행 계획) ▶ 국제 공동 융합 연구 수행: 학회 발표 및 융합 논문 게재 ▶ 태양전지, 신축성 소자 응용 분야 등 상대국 교수 초청 세미나 개최 (1건 이상 계획) ▶ 나노카본 분야 등 신소재 관련 국제학회 공동개최 및 국내 유치 시도
5차 년도	U. of Minnesota, U. of Hong Kong, Hamad Bin Khalifa U., U. of Banja Luka, Nagoya U. 등	▶ 참여 교수 및 대학원생 상대국 기관 방문, 세미나 개최 및 공동 연구 협의 (3건 이상의 공동 연구 체계 구축 및 활성화 계획) ▶ 태양광 소자 설계 및 제작 분야 상대국 교수 및 유관 분야 해외 석학 초청 세미나 개최 (1건 이상 계획) ▶ 에너지 원천 소재, 소자 및 응용 시스템 분야 국제 공동연구 결과 학회 발표 및 논문 게재
6차 년도	U. of Calgary, U. of Oklahoma, U. of Hong Kong, Nagoya U., Aalto U. 등	▶ 참여 교수 및 대학원생 상대국 기관 방문, 세미나 개최 및 공동 연구 협의 (3건 이상의 공동 연구 체계 구축 및 활성화 계획) ▶ CNTs 및 에너지 소재 적용 기술 관련 창업 논의를 위한 상대국 교수 초청 프로젝트 미팅 및 세미나 개최 (2건 이상 계획) ▶ 대학원생 상호 파견 추진 및 공동 연구 네트워크 강화
7차 년도	U. of Minnesota, UC Berkely, U. of Oklahoma, Aalto U., Nazarbayev U. 등	▶ 국제 공동연구 네트워크 기반 융합 연구 성과 확산 (3건 이상의 공동연구 수행 및 학회발표/논문/특허 등 실적 향상 계획) ▶ 상대국 교수 및 연구원 초청 연합 세미나 개최 (2건 이상 계획) 및 국제 네트워크 강화 ▶ 국제 공동연구 과제 창출을 위한 아이디어 공유 및 확산
8차 년도	U. of Hong Kong, Osaka U., Jiangxi Normal U., Hamad Bin Khalifa U., U. of Banja Luka 등	▶ 1건 이상 국제 공동연구 수행 및 질적 우수 연구 실적 확보 계획 (논문/특허) ▶ 국제 공동연구 네트워크 연속성 확보를 위한 국제 공동연구 과제 추진 (초청 세미나 1건 이상 계획 포함)

[해외 기관 및 연구자 교류 실적]

세미나명	강사	강의제목	날짜	비고
해외석학초빙	Joyanta Kumar Saha	Revealing conducting organic polymers' interaction with cyanogen halides: DFT insights for enhanced gas sensing applications	20240920	Jagannath University
해외석학초빙	Mohammad abdul matin	Boron Nitride Fullerene: Smart Nanocarrier for Drug Delivery	20241004	Dhaka University
해외석학초빙	Freitag Marina	연료 감응형 태양전지(DSSC)와 사물 인터넷(IoT)용 실내 태양전지 기술의 진도 및 응용 사례 발표	20250109	Newcastle University, UK
해외석학초빙	Elizabeth Gibson	재생 에너지 소재, 태양 연료 및 순환 화학 경제와 관련 연구	20250109	Newcastle University, UK
해외석학초빙	SHABEER AHMAD MIAN	TRANSITION METALS DECORATED ZINC OXIDE NANOCAGE FOR SENSING AND REDUCTION OF TOXIC ATMOSPHERIC GASES INTO USEFUL BYPRODUCTS	20250319	Univ. of Peshawar
해외석학초빙	Joyanta Kumar Saha	Interactions of waterborne polyurethane with dihydroxybenzeneisomers and derivatives of melamine	20250326	Jagannath University
해외석학초빙	Guosheng Shao	Graphene: structure, doping, production and applications	20250522	Zhengzhou University
해외석학초빙	Richard Pacalaj	Understanding Non-Geminate Recombination Kinetics in Application Targeted Organic Photovoltaics	20250707	Imperial College London

▶ 5차년도 동안 교육연구단은 당초 계획에 따라 해외 대학 및 연구기관과의 활발한 연구자 교류를 추진하였음.

- University of Newcastle, University of Peshawar, Zhengzhou University, Imperial College London, Jagannath University, Dhaka University 등과의 협력 활동을 통해 총 8건 해외 석학 초청 세미나가 개최되었으며, 이는 태양광 소자 설계 및 제작, 에너지 원천 소재 및 응용 시스템 분야의 최신 연구 성과와 동향을 공유하는 장이 되었음.
- 또한 참여 교수와 대학원생들은 해외 석학과의 직접적인 교류를 통해 공동연구의 방향성을 협의하였으며, 일부는 국제 공동연구로 이어져 학회 발표 및 논문게재 성과로 발전하였음. 특히, 연료 감응형 태양전지(DSSC), 그래핀 도핑 및 구조 제어, 비게미네이트 재결합 반응 속도론 등과 같은 첨단 연구 주제에 대해 심도 있는 논의가 이루어짐으로써, 국제 공동연구의 기반을 강화할 수 있었음.
- 2025년 5월 23일 교내 공동실험실습관에서 “이차전지 교육·학술 분야 글로벌 협력 전략 워크숍(Global Strategy Workshop for Academic Cooperation in Secondary Battery Education)”을 개최하였음. 본 워크숍은 해외 석학 초청 특강과 연구·교육 협력 논의를 통해 국제 협력 네트워크를 확대하는 계기가 되었음. 특히 정저우대학 Guosheng Shao 교수와 부산대 교수진이 참석하여 이차전지 분야의 글로벌 교육 및 연구 협력 방안을 심도 있게 논의하였으며, 향후 국제 공동연구 및 인재 교류 활성화에 기여할 것으로 기대됨.

○ 국제 교류 실적

연번	참여교수	기간	내용
1	서지연	2024년 10월 07일	대만 명칭대 서지연교수 세미나 개최.
2	오진우 서지연	2024년 10월 17일	IRC newcastle university Marina 교수 MOU/밀양나노피아 부산대 Marina교수 공동워크샵
3	장준경	2024년 11월	방글라데시 다카 대학교의 Mohammad Matin 교수팀과 나노 약물 전달체 계산화학 설계를 공동으로 연구하여 2024년 11월 J. Molecular Liquids (vol. 414, p. 125999)에 공동연구 논문을 발표하였음.
4	박민준	2024년 12월 1일 ~ 2027년 11월 30일	하버드대학과 조지아텍이 참여하는 국제 협력 과제(2024. 12. 01~2027. 11. 30 (36개월, 총 60억 원)에 선정되어 차세대 이차전지 분야 공동연구를 진행하고 있으며, 정기적인 온라인 회의를 통해 해외 교류를 활발히 진행하고 있음.
5	서지연	2025년 1월 16일	영국 런던의 RSC Energy Sector 주최 Next Generation Materials for Solar Photovoltaics 2025 심포지엄 (2025년 1월 16일, Burlington House, London)에서 해외 연사 초청으로 발표 하였음.
6	장준경	2025년 2월	중국 Suzhou 대학교의 Mengdi Zhao 교수팀과 생체 모방 접착제 연구를 공동으로 진행하여 2025년 2월(vol. 58, p. 105847)에 Surfaces and Interfaces 저널에 논문을 발표하였음.
7	박민준	2025년 4월 26일	글래스고대학 정준영 교수와의 협의를 통해 기업-대학을 연계한 파트너십 PhD 과정에 대해 협의를 진행하였고, 부산대와 지역기업이 공동으로 운영할 수 있는 학위 과정을 추진 중임.
8	박민준	2025년 5월 19일	미국 퍼듀대학 기계공학과 학부생 20여 명 및 Martin Jeon 교수 등 일행, 부산대 이차전지 랩, 파워반도체센터, V-space 등 투어 및 이차전지 포함 에너지 분야 공동연구
9	박민준	2025년 5월 23일	Wiley 저널의 편집장인 Shao 박사를 초청하여 Energy and Environmental Materials 저널의 투고 및 게재를 위한 공동 협의를 진행하였고, 최근 이차전지 분야 논문이 Accept되어 출판 예정임.
10	서지연	2025년 6월 02일	스위스 Zurich University of Applied Sciences(ZHAW)와 KIAT 산하 과제 한스 국제 공동 연구 과제(태양전지 봉지재 개발)와 관련하여 공동 워크샵
11	서지연	2025년 6월 03일	스위스 Solaronix사를 방문하여 한스 국제 공동 과제(태양전지 봉지재 개발)와 관련된 패키징 기술에 대해 논의하고 협력.
12	이동윤	2025년 6월	미국 Columbia University, Department of Mechanical Engineering의 Jeffrey W. Kysar 교수와 오랫동안 실험 해왔던 연구를 마무리 짓기 위해서 소통하며 공동연구를 진행하였고 2025년 6월에 결과물을 출판하였음. 이후 후속

			연구를 계획하고 있음.
13	박민준	2025년 6월 19일	일본, 교토대와 연구 협력을 위해 황진광 교수를 초청하여 공동연구에 대한 협의를 진행하였고, 2026년 1월 교토대를 방문하여 학생들과 함께 공동 세미나를 개최할 예정임.
14	김수형, 박민준, 김재호	2025년 7월 25일	독일 프라운호퍼 윤송학 박사 부산대 초청하여 “이차전지의 업사이클링 연구”에 관한 세미나 개최 및 이차전지 소재/소자/시스템/재활용 분야 공동연구
15	장준경	2025년 7월	파키스탄 Peshawar 대학교의 Shabeer Mian 교수팀과 산화아연 나노입자를 이용한 대기 오염 개선 연구를 진행하여 2025년 7월(vol. 339, p. 130648)에 Mater. Chem. Phys. 저널에 공동 논문으로 발표하였음.
16	장준경	2025년 8월	중국 National Center for Nanoscience and Technology of China의 Xingfa Gao 교수와 나노-바이오 머신러닝 공동연구를 진행하고 있으며, 2025년 8월 중국 베이징에서 개최된 ChinaNano 2025의 keynote 강연을 하였음.
17	김수형	2025년 9월 05일	제주도에서 부산대-프라운호퍼 연구교류회(독일 측 참석자: Dr. Peter Dold, Dr. Elizabeth von Hauff 등 7여 명, 부산대 측 참석자: 김수형교수, 박상후교수 등 7여 명) 개최하였고, 나노과학기술대의 다양한 연구 분야를 소개(김수형 교수 발표)하고 나노대와 프라운호퍼 간의 나노소재/센서/에너지 분야 국제공동연구 제안
18	김수형	2025년 9월 10일	일본 나고야대 관계자 부산대 방문하여 나노과학기술대 학부 및 대학원 교육 및 연구 현황 소개 및 미래 부산대-나고야대 산학연 공동연구 및 MOU 협의
19	황윤희		홍콩, 홍콩대학교(The University of Hong Kong)의 Dong-Myeong Shin 교수와 DC Nanogenerator 관련 실험 공동연구를 진행하고 있으며 2026년 서울 성균관대학교에서 개최되는 NGPT 국제학술대회에 연구 결과를 공동으로 발표할 계획임.
20	황윤희		카자흐스탄, 나자르바예브 대학(Nazarbayev University)의 Timur Sh. Ataeva교수와 태양광 물분해(Solar water splitting)관련 실험 공동연구를 진행하고 있음.
21	황윤희,김종만		홍콩, 홍콩대학교(The University of Hong Kong)의 Dong-Myeong Shin 교수와 Triboelectric Nanogenerator 의 Triboelectricity 관련 실험 공동연구를 진행하고 있음

▶ 당초 계획 대비 실적 분석을 통해 향후 추진계획

- 이와 같은 활동을 통해 본 교육연구단은 당초 목표한 3건 이상의 공동연구 체계 구축을 달성하였으며, 해외 우수 연구진과의 협업을 확대하는 성과를 거두었음. 향후에는 University of Minnesota, University of Hong Kong, Hamad Bin Khalifa University, University of Banja Luka, Nagoya University 등과의 네트워크를 심화하여, 차세대 에너지 소재·소자 연구에서 국제 공동연구의 성과를 논문 및 학회 발표로 확산시킬 계획임.

IV

산학협력 영역

□ 산학협력 대표 우수성과

▶ 본교육연구단 산학협력 5차년(2024.9.1.~2025.8.31.)도 대표 우수성과

[연차별 산업체 R&D 수주 계획]

항 목	연도별 목표							
	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차
건수	2	2	3	3	3	4	4	2
수주액 (백만원)	100	100	150	150	150	200	200	100

- 교육연구단은 5차년도 9개의 기업과 공동연구를 수행함에 있어 연구비 401백만원의 연구비를 수주하였고, 지자체 연구비 200백만 원을 포함하여 총 601백만 원으로 계획 대비 약 300% 초과 달성하였음.
- 대표적인 산업체 과제 수주는 다음과 같음. (입금일 기준 수주 금액으로 작성)
 - ▶ (과제책임)오진우, (참여)이형우, 서지연교수는 글로벌선도연구센터지원사업 휴머노이드 후각디스플레이센터 과제로 105백만원을 수주함(국고 제외)
 - ▶ 이형우교수는 엘지전자(주)와 소형가전 에너지 효율 개선 민간용역 과제로 132백만원을 수주함(1~2차년 합계)
 - ▶ 박민준교수 현재자동차, 지엠피, 피에로컴피니와 그리고 조채용교수는 에스앤이노 주식회사, 이동윤교수는 엠엔에스아이 주식회사와 이차전지관련 과제로 총 272백만원을 수주함(1~2차년 합계)
 - ▶ 장준경교수는 삼성디스플레이와 계산과학으로 물성연구를 위해 154백만원을 수주함(1~2차년 합계)

▶ 에너지융합기술 산학협력위원회 운영

- 부산시-지역 산업체와 지산학 복합체 지속적 운영
 - ▶ 교육단은 에너지 분야에서 지산학 복합체를 조직하고 지역기업과 협력하여 지역 에로 기술 해결, 지역경제 발전을 위해 정기적인 운영위원회 워크숍 등 개최 또는 참여하여 지자체와 지역기업과 협력함.



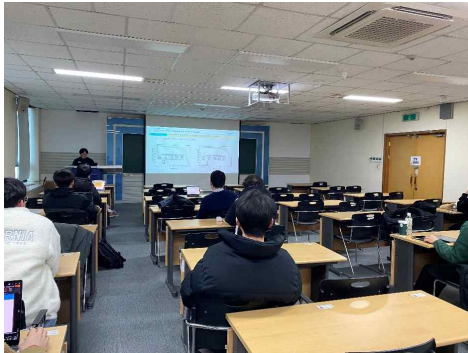
[부산시 이차전지 기술 산업 육성 전략 포럼]

- 에너지 신산업 분야에 대한 시장 및 국내·외 트렌드 추이 파악 제시를 목표로 사업단 홈페이지에 기술 동향 자료 사이트 운영함.

	2	20241018	반도체기술 및 플라즈마 장비 동향	SEMES (박완재 박사)	
	3	20241101	Sputtering기술 소개	H&Iruja (유환규 대표)	
	4	20241108	초음파를 활용한 반도체 웨이퍼 내부 결함 검사 기술	MiT (김주호 상무)	
	5	20241129	Semiconductor Device & Dry Etch Technology	ICD (신태호 부사장)	
	6	20241206	반도체장비사에서 사용하는 RF & 플라즈마 기술동향	TEL (이래일 박사)	
	7	20250711	Enabling Nanoscale Advances	파크시스템스 (김상준 팀장)	
	8	20250808	반도체산업의 이해와 반도체 공정용 플라즈마 시뮬레이션	KWT솔루션 (서광원대표이사)	
대학	1	20250109	연료 감응형 태양전지(DSSC)와 사물 인터넷 (IoT)용 실내 태양전지 기술의 진도 및 응용 사례 발표	Newcastle University,UK (Freitag Marina)	
	2	20250109	재생 에너지 소재, 태양 연료 및 순환 화학 경제와 관련 연구	Newcastle University,UK (Elizabeth Gibson)	

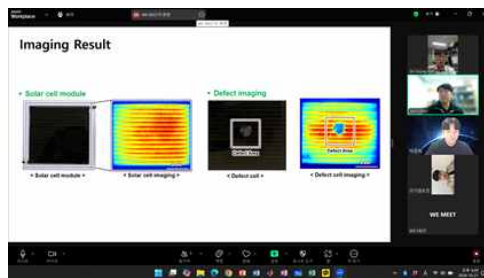
○ 교수별 산업체 기술교류회

- ▶ 서지연 교수팀 - 2024년 10월 24일 부산대(서지연, 김효정), 전북대(나석인, 강재욱), 서울과기대(박일규), KEPRI(한국전력연구원) 과 2024년 12월 20일 부산대(서지연, 김효정), 전북대(나석인), EPFL(염준호) 참석하여 교류회 진행.



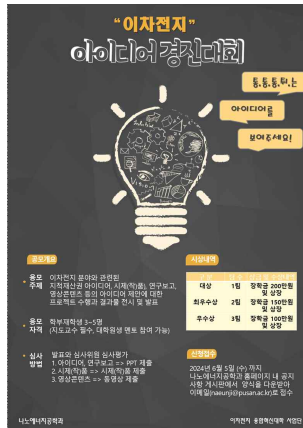
- ▶ 박민준 교수는 2025년 8월 13일 선재하이테크 이병준 대표가 방문하여 RISE 산학협력 이차전지 과제 관련 협의를 진행하였고, 기술이전을 추진하기로 함.
- ▶ 박민준 교수는 2025년 7월 15일 이차전지 연구개발특구 협력 기업인 한국 엘에프피와 ESS용 이차전지 연구개발에 대한 협의를 진행함.

- WE-Meet 프로젝트 - 2024년 9월~12월까지 교육단 참여교원과 참여학부생을 대상으로 산업체와 연계한 기업 주도형 PBL교과를 운영함(2024.09.01.~12.31.). 참여학생팀 3개 팀 중 1개 팀이 COSS 총괄협의회 회장상을 수상함.



[WE-Meet 프로젝트 운영]

- 산학프로젝트 경진대회 - 2024년 11월 4일 이차전지 아이디어 경진대회를 개최함.



[부산대학교 이차전지 아이디어 경진대회]

○ 기술 세미나

- ▶ 이차전지 기술 세미나 - 박민준 교수는 6월 18일 부산항 컨벤션 센터에서 부산대 기술지주 주최로 교류회가 진행되었으며 박민준 교수가 출원한 특허 관련 기술 교류 세미나를 진행함.
- ▶ 박민준 교수는 2025년 4월 25일 서울에서 개최된 (주)삼성E&S 주관 세미나에 참석하여 차세대 이차전지인 레독스 흐름 전지에 대한 세미나를 진행함.
- ▶ 박민준 교수는 2024년 11월 13일 익산 (주)한솔케미컬 이차전지 연구소에 방문하여 직원들을 대상으로 리튬금속전지에 대한 세미나를 진행함.
- ▶ 박민준 교수는 2024년 10월 24일 충북 제천에서 진행한 이차전지 기술 교류회에 참석하여 이차전지 제조 공정에 대한 세미나를 진행함.
- ▶ 이차전지 산학 공동과제 - 박민준 교수는 2025년 6월 11일 현대자동차와 진행하는 산 학협력과제 관련 기술교류회를 진행하였고 나트륨 이온 전지 양극 개발 동향에 대해 교류함.
- ▶ 이차전지 기술이전 - 박민준 교수는 2025년 5월 29일 박민준 교수는 항만 공사에 납품되는 직원용 셀터에 장착되는 ESS용 이차전지 관련 특허 및 기술 동향에 대한 기술 교류회를 (주)타스와 진행함.
- ▶ 이차전지 기술 자문 - 박민준 교수는 2025년 2월 24일 창원 전기연구원 및 삼성SDI 연구소 인원과 차세대 레독스 흐름 전지 기술에 관한 기술 자문을 진행함.
- ▶ 이차전지 기업 방문 - 박민준 교수는 2025년 1월 8일 이천의 이차전지 시험평가 업체에 방문하여 기술 교류를 진행함.
- ▶ 이차전지 기업 자문 - 박민준 교수는 삼성 SDI 연구소 인원의 부산대 방문에 맞춰 차세대 금속-공기 전지에 관한 기술 자문을 진행하였고, 산업통상자원부 과제를 기획함.

▶ 참여 대학원생들의 취·창업 활성화 실적

○ 참여대학원생 참여 실적

- ▶ 나노소자공정 실습세미나 - 2025년 1월 교육단 참여학부생을 대상으로 나노과학기술 분야의 노광, 에칭, 확산, 박막 공정장비에 관한 기술 세미나를 시행함(2025.01.22.~24.).

나노소자공정실습

2025.02.03(월) ~ 05(수)
강원도 춘천시 한림대학교 나노융합캠프

참가대상: 부산대학교 EES 융합전공을 이수하고자 하는 학부 재학생
신청기간: ~2025.01.12(월)
신청방법: 포스터 내 QR 코드를 통해 신청
교육내용: 나노공정기술 분야에 대한 이론, 실습, 최신 장비 소개 등 현장에 대한 실제
산업현장에서 사용되는 장비에 대한 이해를 위하여 원리를 탐구하고 사용할 수
있도록 함

세부일정	시간	내용
1차	09:00~10:00	이론: 나노소자공정실습 소개
	10:00~11:00	이론: 나노소자공정실습 소개
	11:00~12:00	이론: 나노소자공정실습 소개
	12:00~13:00	이론: 나노소자공정실습 소개
2차	09:00~10:00	이론: 나노소자공정실습 소개
	10:00~11:00	이론: 나노소자공정실습 소개
	11:00~12:00	이론: 나노소자공정실습 소개
	12:00~13:00	이론: 나노소자공정실습 소개
3차	09:00~10:00	이론: 나노소자공정실습 소개
	10:00~11:00	이론: 나노소자공정실습 소개
	11:00~12:00	이론: 나노소자공정실습 소개
	12:00~13:00	이론: 나노소자공정실습 소개



[나노소자공정 윈터캠프 개최]

- ▶ 에너지신산업/에코업 연합 기술세미나 1회차 - 2025년 1월 교육단 참여 대학원생과 학부생을 대상으로 에너지신산업과 에코업 관련 현장 견학과 관련 장비에 대한 기술세미나를 시행함 (2025.01.13.~15.).

**2024 E-Sync(Energy-ECO Sync Company)
에너지플러스 에코 캠프 참가자 모집**

모집기간: ~ 12.23(월)
운영기간: 25.1.13(월) ~ 15(수) / 2박 3일
운영주관: 협단분야 혁신융합대학사업 에너지신산업 및 에코업
교육장소: 부산반도 생태환경원, 영광 한빛 원전, 한국해상풍력, 한전 컨퍼런스홀 등
교육대상: 혁신융합대학사업 소속 학생 및 인솔자 45명 내외
신청기간: 모집장소 내 추첨한 신청
*신청하기: 에너지신산업 및 에코업 분야에 관심 있는 학생 및 인솔자
교육일정

일정	장소	내용
12.23(월)	부산반도 생태환경원	에너지신산업 및 에코업 소개
12.24(화)	영광 한빛 원전	원전 견학 및 안전교육
12.25(수)	한국해상풍력	해상풍력 견학 및 안전교육
12.26(목)	한전 컨퍼런스홀	에너지신산업 및 에코업 소개
12.27(금)	한전 컨퍼런스홀	에너지신산업 및 에코업 소개
12.28(토)	한전 컨퍼런스홀	에너지신산업 및 에코업 소개
12.29(일)	한전 컨퍼런스홀	에너지신산업 및 에코업 소개
12.30(월)	한전 컨퍼런스홀	에너지신산업 및 에코업 소개
12.31(화)	한전 컨퍼런스홀	에너지신산업 및 에코업 소개

교육내용: 에너지 및 탄소중립 관련 기관 견학, 생태 교육
신청방법: 우측 QR 스캔 후 신청서 작성



[에너지 플러스 에코 캠프 개최]

- ▶ 에너지신산업 기술세미나 - 2025년 7월 교육단 참여대학원생과 참여학부생을 대상으로 해외 석학을 초청하여 관련 분야에 태양광 관련 세미나를 개최함(2025.07.07.~08.).



[태양광을 활용한 페로브스카이트(유기태양전지, 수전해) 강연 개최]

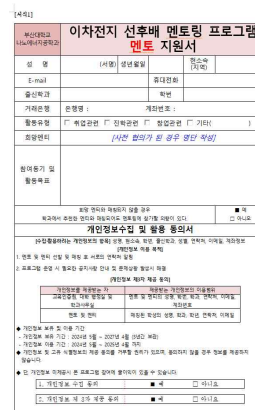
- ▶ 에코업/에너지신산업 연합 기술세미나 2회차 - 2025년 7월 교육단 참여학부생을 대상으로 에너지신산업과 에코업 관련 현장견학과 장비에 대한 기술세미나를 시행함(2025.07.08.~11.).



▶ 에너지신산업 연합 기술세미나 3회차 - 2025년 7월 교육단 참여교원과 대학원생이 참여학부생을 대상으로 에너지신산업 관련 장비에 대한 기술세미나를 시행함(2025.07.28.~31.).

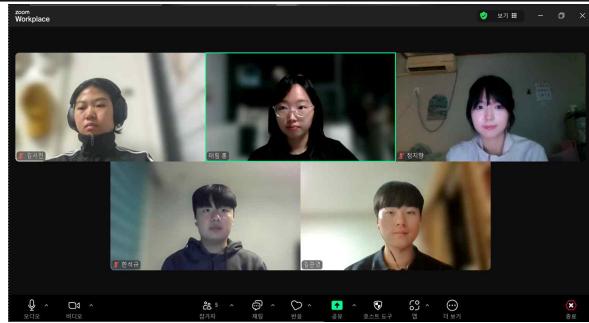


○ 이차전지분야 선후배 멘토링 - 2024년 6월~10월(5개월간) 기업에 취업한 선배와 후배간의 멘토링 진행함.



졸업생 번호 성명 : ○○○ (서명)

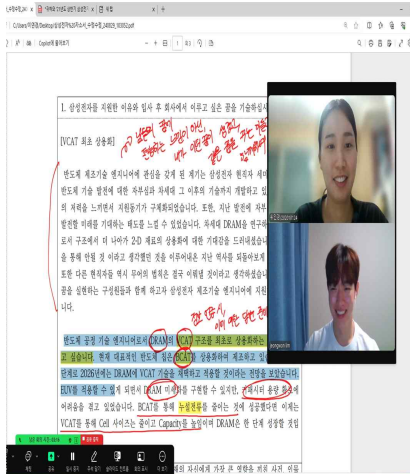
지원서 견본



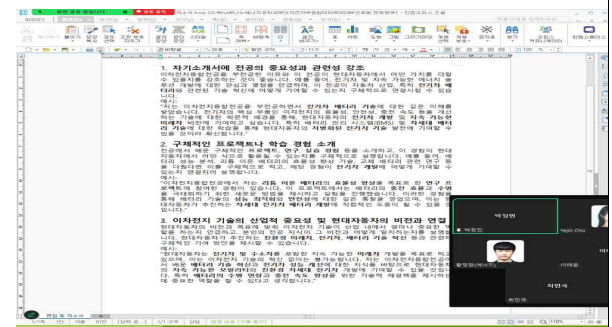
멘토링 활동



멘토링 활동



멘토링 활동



멘토링 활동

- 이차전지 분야 졸업생 초청 특강- 2024년 5월 30일 기업에 취업한 선배들을 초청하여 대학생 및 취업성공까지의 준비과정을 공유하고 전공관련 분야 산업계 동향을 파악하며, 빠르게 변하는 채용 시장에 효과적으로 대응하기 위한 준비를 모색함.(4차년도 진행)

내용	시간	비고	
졸업생 초청특강	14:50~15:00	인사말: 이동운 학과장님	
	15:00~16:00	연사: 박형규 (POSCO)	ZOOM
	16:00~17:00	연사: 전현모 (SK하이닉스)	ZOOM
	17:00~18:00	연사: 김준성 (POSTECH)	대면
	18:00~19:00	연사: 박철규 (엘앤에프)	대면

1. 참여교수 산학협력 역량

1.1 연구비 수주 실적

〈표 4-1〉 자체평가 대상기간(2024.9.1.-2025.8.31.) 이공계열 참여교수 1인당 국내외 산업체 및 지자체 연구비 수주 실적

항 목	수주액(천원)		
	3년간(2021.9.1.~2024.8.31.) 실적	최근 1년간 (2024.9.1.~2025.8.31.) 실적	비고
국내외 산업체 연구비 수주 총 입금액	1,212,481	401,229	
지자체 연구비 수주 총 입금액	164,954	200,000	
이공계열 참여교수 수	13.5	13	
1인당 총 연구비 수주액	102,032	46,248	

1.2 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

- ▶ 본 교육연구단의 5차년도 에너지기술 관련 특허 수는 통록 11건 출원 31건으로 총 42건임.(1차년도 18건, 2차년도 25건, 3차년도 15건) 특허건이 다수인 관계로 일부만 작성함.
- 조채용 교수는 리튬이온전지의 안정성을 높이기 위한 BTC/FA 기반 난연성 전해질 조성물 및 제조 방법에 관한 기술을 국내 특허로 출원함.
- 오진우 교수는 다양한 센서 및 진단 기술 분야에서 다수의 특허를 확보함. GHB 색 센서 및 변색 키트, 과일 선별용 색 센서, 중금속 색 센서 등 변색 기반 센싱 기술을 등록하였으며, M13 멀티컬 러센서를 활용한 당뇨병 및 합병증 진단 방법, 3D 상부 구조 기반 대사산물 프로파일링을 통한 녹 내장 진단, 알부민 및 PVP 기반 플라즈모닉 구조체 제조 및 이를 이용한 대사산물 진단 센서, 전 이 금속 기반 비색 센서 및 현장 진단 기술 등을 국내 특허로 출원함. 또한 표시 장치 관련 기술 을 국제 특허로 등록하여 센서·디스플레이 융합 분야로 연구를 확장함.
- 박민준 교수는 차세대 전지 및 재활용 기술을 중심으로, 격막 없는 셀 스택을 포함하는 레독스 흐 림 전지, 초박형 리튬 금속 음극의 초고속 제조 기술 및 이를 활용한 리튬이차전지, 레독스 플로우 전지를 통한 폐배터리 양극재 재활용 방법에 대한 국내 특허를 출원함.
- 김수형 교수는 추진제 기술을 중심으로, 고 안정성 PCMO 복합체를 포함하는 고체추진제 제조 방 법을 국내에 출원하였으며, 나노 고에너지 물질 복합체 기반의 고체추진제 제조 기술을 국제 특허 로 등록함.
- 서지연 교수는 광소자 및 태양전지 응용을 위한 기술로, 양이온·음이온 포획용 화합물과 마이크 로 패터닝을 활용한 저반사·고투과 태양전지 패널용 전면 필름을 국내 특허로 출원함.
- 안성일 교수는 정밀 분석 및 첨단 교통 분야에 적용 가능한 기술로, 시료의 수평 방향 대물렌즈 이동이 가능한 라만 프로브와 하이퍼루프용 진공압 누출 탐지 시스템에 관한 국내 특허를 등록함.
- 이형우 교수는 에너지 및 나노소재 응용을 위해 탄소나노섬유 건식방사 연속 제조 방법 및 장치를 개발하여 국내 특허를 등록함.
- 이동운 교수는 전자소재 분야에서 폴리머-구리 계면 밀착력이 향상된 인쇄회로기판 제조 방법을 국내 특허로 출원함.

- 진성호 교수는 차세대 유기 발광 소자 분야에서 활용 가능한 신규 화합물과 이를 포함하는 조성물 및 유기 발광 소자 관련 기술을 국내 특허로 등록함.
- ▶ 본 교육연구단의 5차년도 에너지기술 관련 기술이전 건수는 5건이며, **특허 기술이전 3건, Know-how 기술이전 2건 총 30,000 천원 수주함.**
- 오진우 교수는 자가 치유성 화학물질 감지 센서 기술을 (주)그린에코세이프(서울, 중소기업)에 특허 관련 기술을 이전함.
- 박민준 교수는 LFP 셀 역설계 및 열화 상태 진단을 위한 셀해제 분석 및 셀재제조 기술을 (주)한국 엘에프피(부산, 중소기업)에 특허관련 기술을 이전함.
- 진성호 교수는 태양전지 수명 예측 및 광변환 효율 개선 기술을 (주)선진환경(부산, 중소기업)에 특허관련 기술을 이전함.
- 김종만 교수는 자가 세정형 렌즈 기판을 이용한 고출력 태양광 발전시스템 기술을 (주)코리아오션텍(부산, 중소기업)에 특허관련 기술을 이전함.
- 장준경 교수는 계산화학을 이용한 황색 염료 구조 설계 기술을 (주)필로스톤(부산, 중소기업)에 독점 실시권 형태로 Know-how관련 기술을 이전함.
- 이외에도 조채용교수는 에스앤이노와 이차전지 분야 공동연구 및 인재양성 등을 위한 산학협력을 체결함.



1.3 산학협력을 통한 (지역)산업문제 해결 실적의 우수성

<표 4-3> 자체평가 대상기간(2024.9.1.-2025.8.31.) 참여교수 (지역)산업문제 해결 대표실적

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	(지역)산업문제
	실적의 적합성과 우수성			
1	김수형	10121472	연료 및 대체에너지	에너지소재 개발
	(주)엠케이는 각종 금속 및 금속산화제 분말을 전통적인 가스아토마이저 기술을 기반으로 생산하여 다양한 2~3차 가공업체에 공급해 왔으나, 최근 자체적인 분말 생산 기술력을 바탕으로 다양한 산업 공정에서 효과적으로 열에너지 및 압력을 발생시킬 수 있는 다기능성 복합체 분말을 생산하고자 함. 하지만, 새로운 분야에 대한 기술력 및 현장 경험 부족으로 인해 한계에 부딪히게 됨. 이에 수차례에 걸친 공동연구 협의를 통해 가스상 에어로졸 공정을 이용하여 금속과 금속산화제 복합체 분말을 효과적으로 생성하는 기술을 소개하였고, 이들의 다양한 점화/연소/폭발/추진 등의 특성 결과들을 다수 제시하였으며, 이러한 기능성 복합체 분말을 적용함으로써 발생하는 열에너지 및 압력을 응용한 파이로테크닉스(pyrotechnics) 분야에 대해 기초 공동연구를 함께 수행함으로써 어려움에 직면했던 현장 문제에 대한 해결책을 찾을 수 있는 가능성을 찾음.			
2	장준경	10135563	계산화학	염료 구조 설계
	이색성 염료를 도핑한 PDLC 필름은 스마트 윈도우, 전기자동차 윈도우 및 선루프, 디스플레이, 염료감응 태양전지 등에 적용할 수 있음. (주) 필로스톤은 Black Color 구현을 위해 기 개발된 적색(Magenta), 청색(Cyan) 염료 외에 흡수파장이 470~520nm 범위의 황색(Yellow) 염료의 구조 선정하고자 함. 이에 장준경 교수는 계산화학 시뮬레이션과 인공지능을 통한 목표 구조 선정 연구를 진행함.			
3	박민준	11123036	이차전지	LFP 각형셀 분석
	(주) 한국엘에프피와 연구 개발 특구 과제를 진행하고 있으며, ESS용 LFP셀에 사용되는 각형 셀에 대한 분석 및 평가를 진행하여 품질력 강화 및 안전성 확보를 위한 데이터를 제공함. 특히, 사용후 이차전지 극판을 활용한 코인셀 및 파우치셀 제작을 통해 재활용을 통한 셀 재사용에 대한 연구 개발을 진행하고 있음.			
4	박민준	11123036	이차전지	CNT 분산액 개발
	(주) 선재하이테크와 RISE 산학 협력과제를 진행 중이며 개발중인 실리콘 음극용 SWCNT에 대한 기초 물성 평가 및 셀 데이터 확보를 위한 연구 개발을 진행하였음. 추가적으로 건식 전극 및 무음극 리튬금속 전지 제작을 위해 CNT 분산액을 및 CNT 파우더를 제공 받아 셀 제작 및 성능 검증에 대한 데이터를 제공하였음.			
5	박민준	11123036	이차전지	수계 양극 바인더 개발
	(주) NBTS와 산학콜라보 과제를 진행중이며 ESS용 30Ah급 파우치셀 제작을 위해 친환경 수계 바인더를 개발하고 있으며, 기존 공정에서 사용되는 유해물질인 NMP를 대체한 새로운 공정에 대한 데이터를 제공함.			
6	서지연	10961402	태양전지	BIPV태양전지 개발
	(주)엘파워는 부산대학교 산학협력단 지주 벤처회사이며 태양전지를 연구개발하는 회사임. 서지연교수는 기존의 건물일체형 태양전지의 반사로 인한 빛공해 문제를 해결하기 위해 (주)엘파워에 아미크로패터닝 기법을 이용한 저반사 코팅 기술을 이전하기로 함.			

2. 산학 간 인적/물적 교류

2.1 산학 간 인적/물적 교류 실적과 계획

▶ 산업현장 애로기술 해결을 위한 프로젝트 Lab 운영 실적

[연차별 프로젝트 Lab 운영 계획 및 실적]

항 목		연도별 목표							
		1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	8년차
프로젝트 Lab. 운영 계획	건수	1	2	2	2	3	3	3	1
프로젝트 Lab. 운영 실적	건수	1	2	1	1	2	-	-	-

- 산업현장에서 필요로 하고 해결하고자 하는 애로 기술에 대해 에너지융합기술 교육연구단 전문가의 보유 및 해결 기술을 제시함으로써 산학공동협력 프로젝트 Lab을 구성하여 위와 같이 5차년도 2건으로 지원 예산 총 400만 원을 참여 교원에게 지원하여 운영하여 계획 대비 목표 미달성하였으나 향후 6~8년 차까지 목표치 이상으로 프로젝트 Lab 운영 예정
- ▶ 이동윤교수는 지역기업 (주)엠엔에스아이와 “황화물계 화합물의 구조 제어”를 위한 프로젝트랩을 운영함(4차년도 1건)
- ▶ 박민준교수는 한국엘에프와 “LFP 셀 역설계 및 열화 상태 진단/재제조 기술을 적용한 10kw급 ESS용 배터리 팩 상용화”를 위한 프로젝트랩을 운영함(2024년 11월~2025년2월)
- ▶ 서지연교수는 지역기업 (주)엘파워와 저반사용 건물일체형 태양전지 코팅재 개발을 위해 프로젝트랩을 운영함.(2025년 8월)

▶ 산업체 R&D 수주 실적

[연차별 산업체 R&D 수주 계획 및 실적]

항 목	연도별 목표							
	1년차(6개월)	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차(6개월)	7년차	8년차
계획 건수	2	2	3	3	3	4	4	2
계획 수주액 (백만원)	100	100	150	150	150	200	200	100
실적 건수	2	7	10	11	11	6	-	-
실적 수주액 (백만원)	81	317	331	545	310	151	-	-

- 교육연구단은 5차년도 9개의 기업과 공동연구를 수행함에 있어 연구비 401백만원의 연구비를 수주하였고, 지자체 연구비 200백만원을 포함하여 총 601백만원으로 계획 대비 약300% 초과 달성하였음(위 표 중 5년차와 6년차 각 6개월씩 포함됨-계획서상의 연차 구분과 자체평가보고서 연차 구분기간이 상이 하여 차이가 있음.)
- 연구주제로는 지역 및 지역 외 에너지 및 응용 관련 산업체와의 공동연구과제 수행을 통해 현장 애로기술을 해결하고자 관련 산업체에서 R&D 과제를 수주 또는 산업체와 함께 공동연구과제를 아래와 같이 운영함.
- ▶ (과제책임)오진우, (참여)이형우, 서지연교수는 글로벌선도연구센터지원사업 휴머노이드 후각디스플레이센터 과제로 105백만원을 수주함(국고제외)
- ▶ 이형우교수는 엘지전자(주)와 소형가전 에너지 효율 개선 민간용역 과제로 132백만원을 수주함(1~2차년 합계)
- ▶ 박민준교수 현재자동차, 지애플, 피에로컴피니와 그리고 조채용교수는 에스앤이노 주식회사, 이동윤교수는 엠엔에스아이 주식회사와 이차전지관련 과제로 총 272백만원을 수주함(1~2차년합계)
- ▶ 장준경교수는 삼성디스플레이와 계산과학으로 물성연구를 위해 154백만원을 수주함(1~2차년 합계)

▶ **향후 계획수립**

- 지역 에너지 생산/저장 부분 소재/소자/시스템 및 응용 관련 산업체와 보다 활발하게 공동연구과제 수행 또는 기술자문을 통해 지역기업의 애로기술을 해결하고 지역경제 발전을 도모하여, 참여 대학원생 취창업을 기대함.

▶ **산학공동 교과/비교과 교육과정 운영 활성화 방안**

- 참여 기업 또는 지역내외 기업과 함께 에너지융합기술 연구단 대학원 교과, 비교과 과목 강의 개발과 교과목 개발을 활성화 하고자 함.
- 대학원 신입생 유치를 위해 참여 대학원생이 함께 참여하고 운영하는 다양한 비교과 (아이디어경진대회, 캡스톤디자인 등) 프로그램을 활성화 하고자 함.