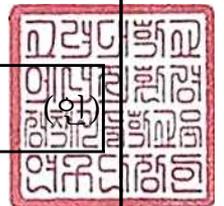


**『4단계 BK21사업』 혁신인재 양성사업(산업·사회 문제 해결 분야)
교육연구단 자체평가보고서**

접수번호							
신청분야	혁신인재양성사업 산업·사회 문제 해결				단위	전국	
학술연구분야 분류코드	구분	관련분야		관련분야		관련분야	
		중분류	소분류	중분류	소분류	중분류	소분류
	분류명	학제간연구		정책학	환경/ 자원정책	화학공학	연소및에너지 지변환공학
비중(%)	50%		25%		25%		
교육 연구단명	국문) 지속가능한 에너지·자원 기술-정책-데이터 융합 교육연구단 영문) Sustainable Energy and Resources: Interdisciplinary approaches linking technology, policy, and data						
교육 연구단장	소속	고려대학교 에너지환경대학원 에너지환경정책기술학과					
	직위	부교수					
	성명	국문	하윤희		전화		
		영문	Yoonhee Ha		팩스		
				이동전화			
				E-mail			
연차별 총 사업비 (백만원)	구분	1차연도 (209~212)	2차연도 (213~222)	3차연도 (223~232)	4차연도 (233~242)		
	국고지원금	246	546	551	673		
총 사업기간	2020.9.1.-2027.8.31.(84개월)						
자체평가 대상기간	2022.9.1.-2023.8.31.(12개월)						
<p>본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21사업』 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다.</p> <p style="text-align: right;">2023년 12월 28일</p>							
작성자	교육연구단장				하윤희 (인)		



〈자체평가 보고서 요약문〉

중심어	지속가능한 발전	에너지-자원 관리	사회문제 해결형 융합인재																																							
	기후변화 대응	기술-정책-데이터 융합	상생 산학 거버넌스																																							
	환경문제 대응	융복합 연구 모델	글로벌 에너지-자원 네트워크																																							
교육연구단의 비전과 목표 달성정도	<ul style="list-style-type: none"> • 본 교육연구단은 “에너지·자원 분야 융합교육 연구모델을 통해 사회문제 해결과 지속가능발전에 기여” 하는 것을 비전으로, “국내 최초 에너지·자원 분야 융합교육 연구기관에서 글로벌 선도기관으로 도약” 하는 것을 목표로 설정함. 이를 위해 본 교육연구단은 교육, 연구, 산학협력, 국제화 및 인프라 부문에서 총 21개 핵심과제를 수립함. • 최근 1년간(2022.09~2023.08) 기 수립한 21개 핵심과제 중 총 20개 과제를 충실하게 이행하여 본 사업단의 목표 및 추진 방안에 잘 부합하여 진행되고 있음. 																																									
교육역량 영역 성과	<ul style="list-style-type: none"> • 교육역량 영역에서는 “에너지·자원 분야에 특화된 차별화된 학제 간 교육을 통해 선지자(visionary) 및 중개자(boundary spanner) 역할을 하며 산업·사회문제 해결에 기여할 수 있는 융합형 인재 양성” 을 위해 총 13개의 핵심과제를 추진하였으며, 지난 1년간의 추진 성과와 향후 계획은 아래와 표와 같음. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">목표달성 여부</th> <th style="text-align: center;">사업단 추진 전략 계획</th> <th style="text-align: center;">성과 및 향후 계획</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>데이터 기반 융복합 교과목 지속적 개발 및 운영</td> <td>데이터 기반으로 한 교과목 신설: 2022년 2학기 저탄소 에너지기술, 2023년 1학기 탄소중립과 녹색기후기술</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>프로젝트 기반 문제해결형 교과목 개발</td> <td>2022년 2학기 ESG 정책과 관련 실무의 이해, 2022년 2학기 기후변화와 R&D, 2022년 2학기 탄소중립개론, 2023년 2학기 에너지환경산업 현장의 이해와 실습</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>시공간 초월 학습방식 도입 및 확대</td> <td>2022년 2학기, 2023학년 2학기 Global Energy Expert Seminar 진행</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>교육 커리큘럼 주기적 평가 통한 개선</td> <td>Advisory Committee와 해당 교수진으로 구성된 TF를 구성하여 주기적 평가 및 개선작업 시행, 자체 학생 만족도 조사 실시</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>융합 우수논문 시상 및 지원</td> <td>Student of the Year를 통해, 매년 5명 내외의 재학생에게 학술장려금 40만원을 지급</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>차세대 커리어 관리</td> <td>전문가 초청세미나 총 10회 개최, 국내외 관계기관 인턴십/산업체 위탁 교육 프로그램 기획 및 운영, 2023년 2학기 3명의 석사과정 학생이 참여</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>KU-KIST 학연제도와 과제참여 통한 교육 기회 확대</td> <td>8명의 학연교수가 임명되었고 3명의 학연 명예교수직이 수여됨</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>융합연구를 위한 공동지도교수 제도 탄력 운영</td> <td>참여교원 외 고려대학교 겸임교원 및 KIST 교원을 공동지도교수로 활용 중</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>석박사 및 재교육형 계약학과 확대 운영</td> <td>탄소중립 특성화 대학원 사업 실시, 기후기술인재 양성센터 사업, 에너지 시스템공학과 운영, 석사학위 연구-실무 투트랙 운영</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">△</td> <td>Advisory Committee, 지역 나눔 Committee, Alumni Committee 운영</td> <td>산학연과 동문으로 구성된 자문위원회 구성. 자문회의 및 지역 나눔 committee의 지역 나눔 행사를 3차 연도 평가 기간 내 개최하지 못했으나 평가 4차 연도 기간인 2023년 9월 이후 모두 개최하였음. Alumni committee 구성은 구축 단계에 있어 향후 이를 완성하고 운영할 계획</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>학부 과정 신설 및 학석사 연계 과정 신설</td> <td>융합에너지공학(학부과정)이 신설됨. 학부생들의 다양한 학술활동 참여가 이루어짐. Grand Challenge 대회, 기술 & 정책 융합세미나에 참여</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>국내외 홍보방안 강화 및 홍보채널 다양화</td> <td>대사관, 에너지 관련 기업 및 공공기관 홍보, 신흥국 에너지 공무원 인력양성 프로그램 네트워크 활용, 해외 각종 회의 및 세미나에 대학원 프로그램 소개</td> </tr> </tbody> </table>			목표달성 여부	사업단 추진 전략 계획	성과 및 향후 계획	○	데이터 기반 융복합 교과목 지속적 개발 및 운영	데이터 기반으로 한 교과목 신설: 2022년 2학기 저탄소 에너지기술, 2023년 1학기 탄소중립과 녹색기후기술	○	프로젝트 기반 문제해결형 교과목 개발	2022년 2학기 ESG 정책과 관련 실무의 이해, 2022년 2학기 기후변화와 R&D, 2022년 2학기 탄소중립개론, 2023년 2학기 에너지환경산업 현장의 이해와 실습	○	시공간 초월 학습방식 도입 및 확대	2022년 2학기, 2023학년 2학기 Global Energy Expert Seminar 진행	○	교육 커리큘럼 주기적 평가 통한 개선	Advisory Committee와 해당 교수진으로 구성된 TF를 구성하여 주기적 평가 및 개선작업 시행, 자체 학생 만족도 조사 실시	○	융합 우수논문 시상 및 지원	Student of the Year를 통해, 매년 5명 내외의 재학생에게 학술장려금 40만원을 지급	○	차세대 커리어 관리	전문가 초청세미나 총 10회 개최, 국내외 관계기관 인턴십/산업체 위탁 교육 프로그램 기획 및 운영, 2023년 2학기 3명의 석사과정 학생이 참여	○	KU-KIST 학연제도와 과제참여 통한 교육 기회 확대	8명의 학연교수가 임명되었고 3명의 학연 명예교수직이 수여됨	○	융합연구를 위한 공동지도교수 제도 탄력 운영	참여교원 외 고려대학교 겸임교원 및 KIST 교원을 공동지도교수로 활용 중	○	석박사 및 재교육형 계약학과 확대 운영	탄소중립 특성화 대학원 사업 실시, 기후기술인재 양성센터 사업, 에너지 시스템공학과 운영, 석사학위 연구-실무 투트랙 운영	△	Advisory Committee, 지역 나눔 Committee, Alumni Committee 운영	산학연과 동문으로 구성된 자문위원회 구성. 자문회의 및 지역 나눔 committee의 지역 나눔 행사를 3차 연도 평가 기간 내 개최하지 못했으나 평가 4차 연도 기간인 2023년 9월 이후 모두 개최하였음. Alumni committee 구성은 구축 단계에 있어 향후 이를 완성하고 운영할 계획	○	학부 과정 신설 및 학석사 연계 과정 신설	융합에너지공학(학부과정)이 신설됨. 학부생들의 다양한 학술활동 참여가 이루어짐. Grand Challenge 대회, 기술 & 정책 융합세미나에 참여	○	국내외 홍보방안 강화 및 홍보채널 다양화	대사관, 에너지 관련 기업 및 공공기관 홍보, 신흥국 에너지 공무원 인력양성 프로그램 네트워크 활용, 해외 각종 회의 및 세미나에 대학원 프로그램 소개
목표달성 여부	사업단 추진 전략 계획	성과 및 향후 계획																																								
○	데이터 기반 융복합 교과목 지속적 개발 및 운영	데이터 기반으로 한 교과목 신설: 2022년 2학기 저탄소 에너지기술, 2023년 1학기 탄소중립과 녹색기후기술																																								
○	프로젝트 기반 문제해결형 교과목 개발	2022년 2학기 ESG 정책과 관련 실무의 이해, 2022년 2학기 기후변화와 R&D, 2022년 2학기 탄소중립개론, 2023년 2학기 에너지환경산업 현장의 이해와 실습																																								
○	시공간 초월 학습방식 도입 및 확대	2022년 2학기, 2023학년 2학기 Global Energy Expert Seminar 진행																																								
○	교육 커리큘럼 주기적 평가 통한 개선	Advisory Committee와 해당 교수진으로 구성된 TF를 구성하여 주기적 평가 및 개선작업 시행, 자체 학생 만족도 조사 실시																																								
○	융합 우수논문 시상 및 지원	Student of the Year를 통해, 매년 5명 내외의 재학생에게 학술장려금 40만원을 지급																																								
○	차세대 커리어 관리	전문가 초청세미나 총 10회 개최, 국내외 관계기관 인턴십/산업체 위탁 교육 프로그램 기획 및 운영, 2023년 2학기 3명의 석사과정 학생이 참여																																								
○	KU-KIST 학연제도와 과제참여 통한 교육 기회 확대	8명의 학연교수가 임명되었고 3명의 학연 명예교수직이 수여됨																																								
○	융합연구를 위한 공동지도교수 제도 탄력 운영	참여교원 외 고려대학교 겸임교원 및 KIST 교원을 공동지도교수로 활용 중																																								
○	석박사 및 재교육형 계약학과 확대 운영	탄소중립 특성화 대학원 사업 실시, 기후기술인재 양성센터 사업, 에너지 시스템공학과 운영, 석사학위 연구-실무 투트랙 운영																																								
△	Advisory Committee, 지역 나눔 Committee, Alumni Committee 운영	산학연과 동문으로 구성된 자문위원회 구성. 자문회의 및 지역 나눔 committee의 지역 나눔 행사를 3차 연도 평가 기간 내 개최하지 못했으나 평가 4차 연도 기간인 2023년 9월 이후 모두 개최하였음. Alumni committee 구성은 구축 단계에 있어 향후 이를 완성하고 운영할 계획																																								
○	학부 과정 신설 및 학석사 연계 과정 신설	융합에너지공학(학부과정)이 신설됨. 학부생들의 다양한 학술활동 참여가 이루어짐. Grand Challenge 대회, 기술 & 정책 융합세미나에 참여																																								
○	국내외 홍보방안 강화 및 홍보채널 다양화	대사관, 에너지 관련 기업 및 공공기관 홍보, 신흥국 에너지 공무원 인력양성 프로그램 네트워크 활용, 해외 각종 회의 및 세미나에 대학원 프로그램 소개																																								

○	신홍국 에너지공무원 인력양성 프로그램 확대 및 졸업생 네트워크 활용	신홍국 에너지공무원 인력양성 과제 재수주함에 따라 GETPPP 프로그램을 2021년 2학기부터 운영(2021.09-). 졸업생 네트워크 및 대사관 통해 2022년 후기 신입생 9명 선발. GETPPP 졸업생을 활용하여 국제에너지전문가네트워크(IEN)를 구축
---	---------------------------------------	---

• 연구역량 영역에서는 “에너지·자원 분야에 특화된 기술-정책-데이터 융복합 연구패러다임 구축”을 목표로 함. 유연한 연구협력체계를 통해 융복합 연구를 확장해 나가고자 총 8개 핵심과제를 추진하였으며, 지난 1년간의 추진 성과와 향후 계획은 아래와 표와 같음.

목표달성 여부	사업단 추진 전략 계획	성과 및 향후 계획
○	기술, 데이터, 정책전문 교원이 참여하는 정기적 연구회 운영	융합 연구 세미나(연 2회), 기술 & 정책 융합 세미나 개최(2023년 8월)
○	현장 실무급 전문가 세미나 및 글로벌 연구 콜로키움을 통한 특화 연구 주제 발굴	현장 실무급 전문가 세미나(8회), 해외 연사 초청 세미나(3회), 해외 기관 방문 세미나(8회), “에너지환경산업 현장의 이해와 실습” 교과목 개설
○	융합연구 기반 데이터베이스 구축	2022-2023년 환경부의 지원으로 서울대, 고려대, 경희대 연구팀 공동으로 국내외 철강산업 에너지/온실가스 감축 관련 DB 구축
○	대학본부의 융복합 연구지원 및 KU-KIST 사업 등 활용한 과제 기회 확대	KU-KIST 공동연구사업으로 탄소중립을 위한 에너지환경 시스템 개발 및 응용, 태양광 E-chemical 연계 기술 개발 등 2개의 프로젝트 수행
○	학연교수제 등 통한 국책연구소 우수학자 활용	KU-KIST업무협약을 통해 KIST소속 우수연구자 8명을 학연교수로 임용하여 학생지도(공동지도교수)와 연구에 투입
○	신재생 발전량 모니터링 테스트베드 등 융합 데이터센터 구축	태양광 발전량과 특성 평가를 위한 시스템(태양광 셀 모듈 테스트 베드) 구축 및 데이터 서버 운영 중
○	융합 세미나를 통한 연구 지속적 공유, 비판적 논의, 학제 간 의사소통	교육연구단 자체 Grand Challenge 운영(2023년 7월, 제3회 Grand Challenge 개최), 기술 & 정책 융합세미나 개최 (연 총 2회)
○	Boot Camp 등 연구역량 관련 프로그램 운영	학술논문 작성법, Stata 통계프로그램 특강 등 비교과프로그램 운영 2021년 2학기부터 참여학생이 필수로 이수하는 ‘신입생 강좌’에 학술논문 데이터베이스 활용법교육 등 연구역량 프로그램 포함

연구역량 영역 성과

- (연구비) 이공계열 총 33억 6천만원(정부+민간과제) 및 인문사회계열 총 6억 6천만원(정부과제)의 연구비를 수주함. 참여교수 1인당 약 8억4천만원(이공계열)과 약 1억 6천만원(인문사회계열)에 해당하는 금액임. 이는 작년(2021.9 ~ 2022.8)에 비해 각각 참여교수 1인당 약 73.66%(이공계열)과 약 17.25%(인문사회계열)이 증가한 액수임.
- (연구논문) 참여학생, 신진연구자, 참여교수 포함, 총 57개의 논문을 게재하였으며, 이 중 56편을 SCI/(SSCI)급 저널에 게재함.
- (이공계열 특허) 신재생에너지 분야의 특허 등록 8개(국내) 및 특허 출원 21개(국내 16개, 국제 5개)의 성과를 달성함.

달성 성과 요약

- 본 교육연구단이 기획한 총 21개 추진 핵심 과제 중 20개의 핵심 과제를 3차 연도 기간 동안 충실히 이행하였으며, 나머지 과제에 대해서는 일부를 이행하거나 차년도를 목표로 이행을 계획 중임.
- 해외 기관들과의 MOU를 활발히 진행하여 공동 연구 및 연구인력 교류의 기회가 확장되고 있음, 특히 2023년 7월 미국 Foundation for Renewable Energy & Environment (FREE) 재단과 체결한 MOU에 따라 2023년 2학기부터 박사과정 학생 1인에게 Doctoral Fellowship(연 USD 17,000) 장학금을 지원함.
- 학제 간 융합 연구를 증진 시키기 위해 정기적인 융합 세미나를 통해 교육과 연구가 밀접하게 연계되고 있으며 우수한 신입생 유치를 위해 학부생 참여 프로그램이 증진되었음.

	<ul style="list-style-type: none"> • 참여교수, 대학원생, 신진연구인력이 발표한 57편의 연구논문들 중 56편의 논문이 SCI(E)/SSCI급에 게재되어 질적으로 매우 우수한 연구성과를 달성함. • 2차년도(2021.9 ~ 2022.8)에서 미진하다고 평가되었던 성과평과 환류체계 구축, 현장실습형 교과목, 인턴십/산업체 위탁교육을 통한 차세대 커리어 관리, 해외학자 네트워크 확보 등이 발전될 수 있는 기반이 마련되었고, 관련하여 2023년 2학기에 실질적인 성과들이 나타나고 있음. • 2차년도(2021.9 ~ 2022.8)에서 핵심 성과로 꼽혔던 IEEN 구축은 단순 네트워크 구성에 그치지 않고 이를 확대·심화하여 지역 연구로 확장시켜 나가고 있으며, 국내 에너지 기업의 해외 진출 지원을 위해 2023년 8월 ASEAN 에너지 장관회의의 부대 행사에서 신사업 소개의 자리를 마련하는 등 구체적인 성과 도출을 위해 지속적으로 노력 중임.
<p>미흡한 부분 / 문제점 제시</p>	<ul style="list-style-type: none"> • (교육) Advisory, 지역 나눔 committee 구성 및 운영체계 마련에 집중함에 따라 관련 활동이 이루어지지 않음. Alumni committee 구성이 완료되지 않음. 현장지향형 교육을 위해 문제해결형 교과목들을 신설하여 학생들을 교육하고 있는데, 이의 효과 극대화를 위해 현장체험 및 실습 교육 강화가 필요함. • (연구) 학생과 교수 간의 공동연구는 확대되고 있으나, 더 많은 학생 및 신진연구자의 참여 유도를 위해 연구 공동체와 학생 자율 연구회를 활성화하여 전반적인 연구역량 강화가 필요함. • (국제화) 다양하고 활발한 국제화 사업을 추진하고 있는 반면, 해외연구자와의 공동연구 실적은 상대적으로 부족하여 연구파트너십의 강화가 필요함. • (산업사회 기여) 교육연구단의 연구결과들이 산업사회 문제해결에 실질적인 기여를 할 수 있도록 산업계와의 네트워킹 및 홍보 강화가 필요함.
<p>차년도 추진계획</p>	<ul style="list-style-type: none"> • (교육) Alumni committee 구성을 완료하고 졸업생-재학생 멘토-멘티제 구축을 위해 졸업생을 강연자로 초청하여 진로탐색 세미나를 개최할 뿐만 아니라 취창업과 관련해 실질적으로 도움이 되는 정보 제공과 인턴십 프로그램을 운영할 것임. 교육 프로그램의 질적 수준 제고와 최신 학문 동향의 흡수를 위해 신입 교수를 확보할 계획임. 혁신적이고 현장지향적 교육 커리큘럼의 운영을 위해 참여 학생들을 대상으로 만족도 조사 실시 및 산학연 전문가들의 의견을 적극적으로 수렴할 계획임. • (연구) 신진연구인력이 주도하는 공동연구팀 및 연구 몰입도 강화를 위한 석-박사 학생 간 연구 멘토제 등 자발적 학생 연구공동체 강화할 계획임. • (국제화) 국제공동연구 활성화를 위한 해외학자 네트워크를 확대하고 정기적으로 교육연구단의 소식 및 연구를 소개하는 영문 뉴스레터 배포를 정례화하여 공동연구 기회를 발굴할 계획임. • (산업사회 기여) 산업사회 기여를 위해 현장 수요 맞춤형 교육과정을 운영, 현장에서 필요로 하는 문제해결형 연구주체의 적극적 발굴, 기업 수요 기반 교육, 기업의 해외 진출을 뒷받침할 수 있는 국제협력 및 공동연구 사업을 추진하여 기업의 해외 사업 확대에 실질적으로 기여할 것임.

목 차

I. 교육연구단의 구성, 비전 및 목표	1
1. 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량	1
2. 대학원 신청학과 소속 전체 교수 및 참여연구진	2
3. 교육연구단의 비전 및 목표 달성정도	2
가. 교육연구단의 비전 및 목표 대비 실적	2
나. 신청서에 작성된 저명대학 벤치마킹 대상과의 비교 분석	6
다. 교육연구단의 비전 및 목표 달성을 위한 애로사항	6
II. 교육역량영역	8
1. 교육과정 구성 및 운영	9
가. 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획	9
나. 교육연구단의 추진전략 및 실적	11
다. 전임교수 대학원 강의 계획 대비 실적	14
라. 교육과 연구의 선순환 구조 구축방안	16
2. 인력양성 계획 및 지원 방안	17
가. 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적	17
나. 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획	18
다. 대학원생 학술활동 지원 실적 및 계획	21
라. 참여대학원생 취(창)업의 질적 우수성	21
3. 참여대학원생 연구실적의 우수성	25
가. 참여대학원생의 저명학술지 논문의 우수성	25
나. 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성	25
다. 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성	35
4. 신진연구인력 현황 및 실적	37
가. 연구인력 현황 및 확보계획	37
나. 신진연구인력 지원 계획	37
다. 신진연구인력 연구역량 대표실적	38
라. 신진연구인력 교육역량 대표실적	40
5. 참여교수의 교육역량 대표실적	40
6. 교육의 국제화 전략	46
가. 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획	46
나. 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획	49
III. 연구역량영역	50
1. 참여교수 연구역량	52
가. 국내 및 해외기관 연구비 수주 실적	52

나. 참여교수 연구업적물의 우수성	53
다. 이공계열 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성	59
2. 산업-사회에 대한 기여도	67
가. 신흥국 에너지 공무원 초청 인력양성 프로그램	67
나. 동남아시아 4개국 전기 자동차 충전 인프라 비즈니스 생태계 분석을 통한 평가 프레임워크 개발 ·	68
다. 에너지효율 성과공유 활성화를 위한 정성적 평가기준 마련	68
라. 알키미스트 프로젝트 산업화	69
마. 탄소중립 이행을 위한 글로벌 산업부문 모형 개발	71
바. 최적의 에너지 수요관리 서비스 및 정책 설계를 위한 소비자행동-전력시스템 통합모형 구축 연구 ·	72
3. 연구의 국제화 현황	74
가. 참여교수의 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황	74
나. 국제 공동연구 실적	75
다. 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획	76
IV. 교육연구단 자체평가 결과	별첨
Appendix	77

1. 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

성명	한글	하윤희	영문	Yoonhee Ha
소속기관	고려대학교 에너지환경대학원 에너지환경정책기술학과			

□ 교육연구단장의 역량

(연구역량) 하윤희 단장은 2016~2023년까지 13편의 논문을 SSCI 또는 SCI(E) 저널에 게재하였음. Wiley Interdisciplinary Review: Energy and Environment에 게재된 “*The rise and fall of green growth: Korea’s energy sector experiment and its lesson for sustainable energy policy*(2019)”는 2019~2021년 해당 저널에서 가장 많이 다운로드된 논문 Top 5에 포함되었음. *Investigating decentralized renewable energy systems under different governance approaches in Nepal and Indonesia: How does governance fail?* 분야 10% 이내 최상위 저널인 Energy Research and Social Science에 게재되었음. *Public debt, corruption and sustainable economic growth*(2016)는 Google Scholar 기준 101회 인용되었으며 지속적으로 인용 수가 증가하고 있음. 현재 SSCI 저널에서 3편의 논문의 심사가 진행되고 있으며 10편의 논문이 2024년도 내에 투고될 예정임. 학생, 신진연구자, 해외학자들과의 협력과 교류를 바탕으로 왕성한 연구활동을 진행하고 있음.

(교육역량) 하윤희 단장은 본 대학원 필수 이수과목인 “연구방법론”, “윤강”, “에너지와 환경정책” 등을 담당하고 있으며 “Sustainable Energy Policy and Planning,” “Global Energy Expert Seminar” 등의 영강을 개설함. 또한 산업사회의 변화와 현장 적합성 교육에 대한 학생들의 니즈에 부응하여 “기후변화와 R&D,” “ESG 정책과 실무의 이해”, “에너지환경산업 현장의 이해와 실습” 등의 과목을 개설함. 단장이 확보하고 있는 광범위한 국내외 학자, 전문가, 정책결정자 풀을 십분 활용하여 다양한 세미나, 특강 등을 개최하고 있음. 또한 현재 39명의 국내외 풀타임, 파트타임 학생을 지도하고 있으며, 이들 중 상당수는 SCI(E) 또는 SSCI 저널 게재를 목표로 연구를 진행하고 있음. 학생과의 공저로 SSCI, SCI, Scopus 등 우수 저널에 논문 게재 실적을 확보하고 있음.

(행정역량) 하윤희 단장은 본 대학원 부임 전 정책 현장에서 다양한 정책 현안을 다룸. 특히 소속 기관 정책부서의 최고위 부서장으로 해당 기관의 정책 전반을 조율하고 구성원들을 지휘한 경력을 보유하고 있음. 이러한 경험을 바탕으로 본 연구단의 일원들이 연구단의 목표 수행에 적극적으로 참여할 수 있는 거버넌스를 도입하였음. 또한 연구단 소속 학생들이 연구에 더욱 몰두할 수 있는 환경을 마련하기 위해 다양한 프로그램과 인센티브를 도입하여 SCI(E)(SSCI 포함)급 논문 등 연구실적이 증가하는 성과를 거두었음. 현재 단장이 보유한 국제적 네트워크를 활용하여 본 연구단의 연구역량 강화를 위한 국제공동연구 및 각종 국제화 사업을 적극 추진하고 있음.

(연구와 산업사회 현장 연결 역량) 대통령 직속 탄소중립녹색성장위원회 위원 겸 에너지·산업 전환분과위원회 간사, 신용보증기금 ESG 추진 위원회 위원, 국가녹색기술연구소 자문위원, 경기개발연구원 자문위원 등을 역임하며 산업현장과 정책 현안에 대한 깊은 이해를 바탕으로 현장 적합형 연구 주제(현장 수요에 부합하는 연구 주제)를 발굴. 이를 통해 현장에서 제기하는 문제에 대응하고 해결방안을 모색하는 정책 개발에 기여하고 있음.

2. 대학원 신청학과 소속 전체 교수 및 참여연구진

- (2022년 2학기) 대학원 전체교수 8명 중 참여교수는 총 8명으로 7명의 전임교수와 1명의 겸임교수로 구성됨. 참여교수 대 참여학생 비율은 1:4.75로 참여교수 한 명당 약 5명의 참여학생을 지도함.
- (2023년 1학기) 대학원 전임교수 현황은 2022년 2학기와 동일함. 참여교수 대 참여학생 비율은 1:5.50으로 참여교수 한 명당 약 6명의 참여학생을 지도함.

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

신청학과(부)	기준학기	전체교수 수			참여교수 수		
		전임	겸임	계	전임	겸임	계
에너지환경정책 기술학과	2022년 2학기	7	1	8	7	1	8
	2023년 1학기	7	1	8	7	1	8

<표 I-2> 교육연구단 참여교수 지도학생 현황 (단위: 명, %)

신청학과 (부)	기준학기	대학원생 수											
		석사			박사			석·박사 통합			계		
		전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)
에너지 환경정책 기술학과	2022년 2학기	36	17	47	25	14	56	7	7	100	68	38	56
	2023년 1학기	62	23	37	34	15	44	7	6	86	103	44	43
참여교수 대 참여학생 비율		2022년 2학기 1 : 4.75 / 2023년 1학기 1 : 5.50											

☐ 교원 현황

- 2023년 8월 말 현재 본 교육연구단의 교원 수 현황은 계획에서 제시한 것과 동일함. BK21 신진연구인력은 3인임(2023년 8월 말 기준).
 - 교육연구단 소속 전임교수 8인*
 - *대학원 소속 전임교수 7인과 타과 겸임교수 1인으로 구성
 - BK21 신진연구인력 3인*
 - *연구교수 3인에서 박사후연구원 1인과 연구교수 2인으로 변경

3. 교육연구단의 비전 및 목표 달성 정도

가. 교육연구단의 비전 및 목표 대비 실적

- 본 교육연구단은 에너지·자원의 지속가능한 공급과 소비를 실현하는 것을 대상 산업·사회 과제로 정하고, 이 분야에 특화된 융합모델을 통해 사회문제 해결과 지속가능발전에 기여하고자 함. 국내 최초의 융합 교육연구기관에서 글로벌 선도기관으로 도약하기 위해 교육, 연구, 산학협력, 국제화 및 인프라 부문에서 11개 핵심전략을 설정하고 이행함(표 I-3).

<표 I-3> 본 교육연구단의 비전 및 목표 대비 실적 요약

부문	비전 및 목표	실적
교육	<p>사회문제해결형 융합리더 교육체계 구축 및 강화</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 기반 융복합 교과목 2개 신설: 저탄소 에너지기술(2022년 2학기), 탄소중립과 녹색기후기술(2023년 1학기) • 프로젝트 기반 문제해결형 교과목 5개 신설: ESG 정책과 관련 실무의 이해(2022년 2학기), 기후변화와 R&D(2022년 2학기), 탄소중립개론(2022년 2학기), 탄소중립 이행평가 및 실습(2023년 1학기) • 시공간 초월 학습방식 도입 및 확대: 온라인 강의 ‘Global Energy Expert Seminar: Smart City and Energy Transition’ 은 2022년 2학기를 시작으로, 1년에 한 학기씩 진행 • 교육 커리큘럼 개선을 위한 주기적 평가 및 피드백 체계 구축: 산학과 동문으로 자문단을 구성해 연구단의 경쟁력 강화 전략 및 발전 방안 자문; 교수진으로 구성된 TF팀의 주기적 평가 및 개선; 학기 중 학생 만족도 조사 실시 후 개선 사항 반영 • 융합 우수논문 시상제도 확대, 우수 논문 지원: 우수 논문상(Student of the Year)과 우수 발표상(기술 & 정책 융합세미나)을 통해 매년 5명 내외의 학생에게 학술장려금 40만원을 지급 • 차세대 커리어 관리: <ul style="list-style-type: none"> ▪ 과학기술정보통신부에서 지원하는 한국형 아이코어(i-Corps) 사업의 실험실 창업탐색팀으로 전용석 교수 연구실의 정무영, 김태민 학생(박사 수료), 이찬용 박사(BK21 수혜자)의 ‘CMT 머터리얼즈’ 가 선정됨(2023년 6월) ▪ 졸업생-재학생 만남의 밤(2023년 8월): 에너지기술평가원, 한화솔루션, 서울기술연구원
	<p>다양성을 고려한 학사시스템 유연 운영</p>	<ul style="list-style-type: none"> • KU-KIST 학연제도와 과제 참여를 통한 교육 기회 확대: KU-KIST 업무 협약을 통해 학생들이 KIST 우수연구팀에 소속되어 각종 과제에 참여함으로써 첨단 연구 수행 경험과 글로벌 연구 네트워크 확보 • 융합연구를 위한 공동지도교수제도의 탄력적 운영: 본 사업단 참여 교원 외 고려대학교 겸임교원 및 KIST 학연 교원을 공동지도교수로 선정하여 융합연구의 효율성 제고 • 산업현장 요구 맞춤형 석박사 교육과정 및 재교육형 계약학과 확대 운영 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 탄소중립 특성화 대학원 사업(2022년 9월-): 산학연계 세미나 및 프로젝트 기반 교육, 현장실습 및 견학, 인턴십 등을 제공하여 기획부터 평가까지 전문성을 갖춘 탄소중립 전문 인력을 양성하기 위해 현장 맞춤형 교육 제공 ▪ 기후기술인재 양성센터 사업(2022년 5월-): 온실가스 감축 및 적응 기술 발굴 및 개발을 위해 기술 전공 대학원생들을 대상으로 기후변화 관련 정책 교육 및 기후 기술에 적용할 수 있는 혁신 사고 교육 수행 ▪ 에너지시스템공학과 운영(2021년 3월-): 취업연계형 계약학과로 소개, 소자, 기계, IT 및 시스템 응용 등의 수업을 제공하여 태양광 발전 R&D 전문인력 양성을 목적으로 운영 ▪ Global Energy Technology Policy Professionals Program(GETPPP) 운영(2015년 5월-): 신흥국 에너지공무원 대상 인력양성 프로그램 ▪ 석사학위과정을 투트랙(연구/실무)으로 운영: 학생들의 진로와 니즈를 고려 • 자문위원회, 지역나눔, Alumni Committee 구성 및 운영: 교육 프로그램의 충실성, 지속성, 산업현장 요구 적합성의 검토와 자문을 위해 산학과 동문으로 구성된 자문위원회 (advisory committee) 및 국내외 봉사, 교육, 학술 등 다목적 활동을 위한 지역 나눔 committee 구성. 각각의 committee 활동은 2023년 2학기에 시작
	<p>융합 잠재력이 우수한 학생 유치 및 양성</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 신생 학부 개선을 통한 우수 신입생 유치 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 융합에너지공학과(학부 과정) 신설로 우수 학생이 대학원으로 유입될 수 있는 기반을 마련 ▪ 학부생들이 대학원의 ‘Grand Challenge’, ‘기술 & 정책 융합세미나’ 등에서 포스터/구두 세션으로 참여하는 등 대학원 학술활동 참여 기회 확대 • 홍보 방안 및 홍보 채널 다양화: 온라인 · 학회 부스 · 에너지 관련 기업 및 공공 기관에 홍보자료 배포, 대사관을 활용한 홍보, 참여교수가 관련 기관과 공식 미팅을 통해 해당 프로그램을 소개하고 적극적으로 학생 유치, World Bank 에너지부 Brown

		<p>Bag Seminar(2023년 7월), ASEAN 에너지장관회의의 부대 이벤트인 한-아세안 에너지 전문가 세미나(2023년 8월) 등에서 대학원 브로셔 배포 및 대학원 프로그램 소개</p> <ul style="list-style-type: none"> · 신중국 에너지공무원 인력양성 프로그램(GETPPP) 확대 및 졸업생 네트워크 활용 <ul style="list-style-type: none"> ▪ GETPPP를 2021년 2학기 재수주한 뒤, 2023년 1학기 석사 졸업생 5명 배출, 현재 13개국 26명이 재학 중(석사 과정 15명, 박사 과정 11명) ▪ GETPPP를 통해 배출된 졸업생들이 우리 기업의 신중 개도국 시장 개척에 실질적인 도움을 줄 수 있도록 졸업생들을 활용해 국제에너지전문가네트워크(International Energy Expert Network, IEEN)를 구축(2023년 8월 현재 19개국 213명)
연구	<p>에너지-자원 분야 융복합 연구모델 개발 및 데이터베이스 구축</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 기술, 데이터, 정책 전공 교원이 참여하는 정기 연구회 운영: 공동 연구를 기획하고 융합 연구 주제를 발굴하기 위해 기술, 데이터, 정책 전공 교원과 학생들이 참여하는 정기적 연구회인 융합 연구 세미나를 연 2회 개최 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 융합연구원과 공동으로 제16회 기술 & 정책 융합 세미나 개최(2023년 8월) · 실무급 전문가 세미나 및 글로벌 연구 콜로키움을 통한 특화 연구 주제 발굴: 특화 연구 주제 발굴을 위해 실무급 전문가 및 외부 연구자 세미나 10회 개최 · 융합 연구 기반 데이터베이스 구축: 2022년-2023년 환경부 지원을 받아 서울대, 고려대, 경희대 연구팀 공동으로 국내외 철강산업 에너지/온실가스 감축 관련 현재 기술 및 미래 적용 가능 기술 DB 구축
	<p>융합연구협력 인프라 강화</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 대학본부의 융복합 연구지원(KU-FRG) 및 KU-KIST 사업 등 활용: KU-KIST 공동연구사업으로 탄소중립을 위한 에너지환경 시스템 개발 및 응용, 태양광 E-chemical 연계 기술 개발 등 2개의 프로젝트 수행 중 · 학연교수제 등을 통한 국제연구소 우수 학자 활용: KU-KIST 업무협약을 통해 KIST 소속 우수 연구자 8명을 학연교수로 임용하여 강의, 학생지도(공동지도교수), 연구에 투입 · 신재생에너지 발전량 모니터링 테스트베드 등 융합 데이터센터 구축: 태양광 발전량과 특성 평가를 위한 시스템(태양광 셀 모듈 테스트베드) 구축 및 데이터 서버 운영 중 · 융합 세미나를 통한 연구의 지속적 공유, 비판적 논의, 학계 간 의사소통: BK21 에너지환경정책기술학연연구단 제3회 Grand Challenge 개최(2023년 7월) <ul style="list-style-type: none"> ▪ 총 18명 6개팀이 참가, 그 중 4개 팀이 기술-정책 융합팀으로 출전하였으며 학부생 1명이 속한 1개 과학기술팀과 2개 융합팀이 Grand Award를 수상 · Bootcamp 등 연구 역량 강화를 위한 비교과 프로그램 운영: 학술논문 작성법, 장비 활용법, 데이터 분석 방법, 서지 관리 프로그램 활용법, 논문 작성을 위한 인공지능 활용법 등의 비교과 프로그램(20건 이상) 적극 활용 · [추가] 기술-기술 간 융합 기반 구축: 기후기술센터를 구축하여 태양광, 수처리, 수소 등 이중 기술 간 융합 연구를 진행하고 이를 기반으로 실제 프로젝트 연계 모델 개발
<p>산학협력</p>	<p>산학연계 문제해결형 교육 및 연구프로그램 강화</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 산학융합형 연구 및 기술 개발을 위한 캡스톤 교과 개발: 교과목을 통해 산업사회에서 발생하는 문제들을 도출하고 이를 해결하기 위한 정책과 기술에 대한 지식을 습득, 이를 실제 문제해결에 적용하기 위한 현장 연수와 산학과제 정책기술자문을 수행 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 관련 교과목: ESG 정책과 관련 실무의 이해, 탄소중립 이행평가 및 실습, 기후변화와 R&D, 캡스톤: 미래의 R&D 방향 등 · 산업전문가 활용 교육 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 기존 한화큐셀 계약학과(에너지시스템공학과) 지속 운영 ▪ 대학원 학생의 상당수(계약학과 및 정원 외 과정 제외)가 공기업, 연구소, 사기업 등의 고급 인력으로 구성(2022년 입학생 49명 중 28명, 2023년 64명 중 31명이 여기에 해당), 대학원 기존 프로그램에서 산업체의 에너지 및 탄소중립 신사업 재교육 기능을 수행 · 산업난제 해결을 위한 알키미스트 연구단 운영: 알키미스트 프로젝트는 산업 난제 해결에 도전하는 초고난도 기술 개발을 통해 사회경제적 파급력이 높은 기술을 확보하는 것이 목적 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 알키미스트 연구단은 본사업 단계(2021.10 ~ 2026.9)에 진입하여 건물에 적용하기 위한 태양광 발전 핵심 기술로 투명하면서 전력을 발생할 수 있는 투명 태양전지 소재 및 모듈 개발 중 · 알키미스트 기업 멤버십 구축: 국내 대·중소기업들과의 멤버십 운영을 통해 개발될 기술과 제품의 사업화 촉진 및 신산업 창출

	<p>신홍국 시장을 목표로 하는 에너지-자원 사업화 지원 산학협력 플랫폼 구축</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 기업공동연구센터 설립 추진 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 본 대학원 주도로 “기후변화대응기술센터”를 설립하여 학생 교육과 산업체와의 공동연구 추진 및 중소기업에 장비 및 기술 서비스 제공 ▪ 교내에 설립된 “에너지반도체연구센터”에 본 대학원 교수진 참여, 에너지 및 반도체 관련 기업, 연구소, 학교에 장비 서비스 제공 ▪ 그 외 다수 국내 에너지 기관/기업들과 교육, 공동연구, 기술자문 등의 형태로 협력 추진 중 • 신홍국 에너지 공무원 졸업생을 활용한 글로벌 산학 네트워크 운영: 국내 기업의 신홍국 에너지 시장 진출 지원을 위한 International Energy Expert Network(IEEN) 연례 포럼 개최 <ul style="list-style-type: none"> ▪ “2022 그린 에너지 & 모빌리티 전문가 포럼” (서울, 2022년 11월) ▪ “2023 수소 에너지 확산을 위한 글로벌 파트너십 구축 세미나” (제주, 2023년 6월) ▪ “2023 한-ASEAN 에너지 전문가 세미나: Spotlighting Korea’s Cutting Edge Energy Business(ASEAN 에너지 장관회의의 부대 이벤트, 인도네시아 발리, 2023년 8월)
<p>국제화</p>	<p>글로벌 협력 네트워크를 통한 공동연구 및 연구자교류 확대</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 우수 외국인 교원 교육 및 공동 연구 참여 확대 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 해외 학자와의 공동연구를 점진적으로 확대 중(총 SCI(E)/SSCI급 논문 57편 중 12편이 참여교수+신진연구인력의 연구성과임) ▪ 신진연구인력 3명 중 1명을 외국인 교원으로 임명 ▪ 해외 학자와의 공동 연구 기회 확대 및 우수 외국인 교원 확보를 위해 해외학자 풀을 관리하고 정기적으로 교육연구단의 소식 및 연구를 소개하는 영문 뉴스레터를 매달 제작 발송(2023년 8월 시작) ▪ ‘글로벌에너지전문가세미나’ 수업에서 2022년 2학기에 10명의 해외 석학 및 전문가가 강의 • 글로벌 MOU 체결을 통해 기관 간 학점 및 공동 연구 교류 확대 <ul style="list-style-type: none"> ▪ 석박사통합과정 학생 1인이 University of Toronto에서 ‘산화구리 나노와이어 기반 이산화탄소 광촉매 연구’ 프로그램에 참여 중(2023년 7월 ~ 2024년 6월) ▪ 연구인력 교류, 기술 정보 교환, 공동 연구 추진 등의 목적으로 태국 Kasetsart 대학교 공과대학과 MOU 체결(2022년 11월) ▪ 에너지환경정책 및 기술 관련 연구와 교육 협력, 장학금 지원 등의 목적으로 미국 Foundation for Renewable Energy & Environment(FREE) 재단과 MOU 체결(2023년 7월) - 박사과정 학생 1인에게 2023년 2학기부터 Doctoral Fellowship 장학금 지원(연 USD 17,000) • [추가] 학생 및 신진연구자의 해외 학회 발표 및 연수 적극 지원: 2022년 9월 ~ 2023년 8월까지 해외 우수 학회 구두 발표 5건 및 포스터 발표 4건, 미국 등 해외 우수 대학 및 연구기관 학생 연수 5건 등 지원
	<p>내외국인 학생 공동체를 통한 융합 교육연구 효과성 제고</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 내외국인 학생 커뮤니티의 교류 활성화를 위한 공동체 문화 및 시스템 구축: 본 대학원의 다양한 영강 과목에 내외국인 학생들이 함께 수강하고 공동 프로젝트를 수행하며 활발히 교류, 외국인 학생의 연구팀 참여
	<p>교육 및 연구몰입도 제고를 위한 학사 지원시스템 강화</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 융합전공 대학원생 학사지원 전문인력 배치: 본 대학원에 설치된 BK21교육연구단, 탄소중립융합전공, 에너지시스템공학과(교육연구단), 기후기술인재양성센터, 국제 에너지기술정책전문가과정(GETPPP) 모두에 각각 학사지원 전담 인력을 배치하여 원활한 학사 운영 도모 • 외국인 학생지원 담당직원 확충: 대학원에 외국인 학생 프로그램 전담 직원 1인 배치 • 멘토-멘티 운영: 멘토-멘티십을 통해 관계성 높은 학생 공동체 형성 • 참여학생들 재정지원 확대: 에너지환경정책기술학과 풀타임 학생 중 본 교육연구단 참여학생들에게 기존 월 90-120만원에서 월 180(석사) ~ 250(박사)만원으로 재정지원 확대 • 학생 교육 및 연구 공간 마련: 공동연구실과 실험실을 운영하여 학생들의 개인 교육 및 연구 공간을 제공
	<p>연구 안전 확보를 위한 매뉴얼 개발 및 안전관리 우수연구실 인증 획득</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 연구실 안전 매뉴얼 개발: 안전관리 우수연구실 인증 획득을 목표로 연구실 안전 매뉴얼 개발 중(2023년 12월 전까지 완료 예정)

나. 신청서에 작성된 저명대학 벤치마킹 대상과의 비교 분석

- **(에너지-환경 해외 융합프로그램과의 비교)** 계획에서 제시된 에너지-환경 융합프로그램 중 Stanford의 Precourt Energy Institute는 독립 대학원은 아니지만, 관련 학위프로그램의 학생들이 에너지 관련 수업을 수강할 수 있고 에너지 관련 교원들이 교류할 수 있는 매개가 되고 있음. 본 대학원 역시 KIST와 활발한 인적자원과 교육자원을 교류하고 있으며 국내외 네트워크를 활용하여 교육과 연구 교류를 확대해 나가고 있다. Yale School of the Environment, Duke Nicolas School of the Environment, Arizona Julie Anne Wrigley Global Institute of Sustainability는 전임교원 50명 이상의 비교적 큰 규모의 독립 대학원이라는 강점을 활용해 정치, 경제, 경영, 생태학, 환경과학, 보건 등의 교과목과 학위 과정을 제공함. 이에 비해 본 대학원의 규모는 상대적으로 작지만 이를 극복하기 위해 학연기관의 자원을 활용하는 동시에 교과목에 국내외 에너지환경정책 전문가의 참여를 통해, 보다 다양한 관점의 교육을 제공함.
- **(과학기술-정책 해외 융합프로그램과의 비교)** 공공정책학과에서 에너지 및 환경 프로그램을 제공하는 Indiana University Bloomington, School of Public and Environmental Affairs와 University of Delaware, School of Public Policy and Administration 등의 프로그램과, 공학 위주 대학에서 공학과 정책을 융합하는 MIT Institute for Data, Systems, and Society와 Carnegie Mellon University, Engineering and Public Policy Program이 있음. 이들의 공통적 목표는 과학기술과 정책의 융합하는 동시에 데이터 과학을 활용하여 복잡한 에너지, 도시, 금융, 보건 등의 문제를 해결하려는 것임. 본 연구단 역시 복잡한 사회문제를 해결하기 위해 과학기술과 정책분야의 접목이 필요하다는 인식을 가지고 학제간 연구를 꾸준히 확대해 나가고 있음. 또한 이를 교과목에 반영하여 학생들이 기술과 정책의 경계에 제한되지 않고 산업체의 니즈에 적합한 인재가 될 수 있도록 기업과의 협력 확대, 역량 강화를 위한 비교과 프로그램 등을 운영하고 있음.
- **(Berkeley Energy and Resources Group과의 비교)** 규모나 구성에서 본 대학원과 가장 유사한 프로그램인 Berkeley Energy and Resources Group과 차별화될 수 있는 부분은 화학 및 재료공학을 기초로 에너지기술 개발 분야를 포함하는 과학기술-정책 융합 프로그램 구성이라고 제시한 바 있음. 또한 본 대학원은 최근 트렌드인 데이터 과학 분야를 강조하는 동시에 AI adaptive learning model을 기술 전공 과목과 데이터 및 통계 과목에 도입함.
- **(국내 에너지환경 특화 융합프로그램과의 비교)** 국내의 에너지 환경 융합 대학원으로 서울대학교 환경대학원, 서울대학교 기술경영경제정책대학원, 카이스트 녹색성장대학원이 있음. 하지만 이들이 다루는 분야는 보다 광범위하며 에너지 및 환경분야에 중점을 두고 있다고 보기 어려움. 서울과학기술대학교 에너지환경대학원은 에너지와 환경에 보다 특화된 교육 프로그램을 제공함. 본 대학원은 벤치마킹 대상 대학원을 분석한 뒤 이들과 차별화할 수 있는 전략으로 데이터를 매개로 자연과학, 공학, 인문사회과학의 융합을 피하고 실질적인 기술-정책의 융합을 추구하고자 함. 이에 대한 방안으로 데이터 기반의 융복합 교과목을 지속적으로 개발하고 융합형 교과목을 신설하며 운영하고 있음. 이에 더해 참여교수의 연구의 역시 기술-정책-데이터를 융합하는 방향으로 진행되고 있음.

다. 교육연구단의 비전 및 목표 달성을 위한 애로사항

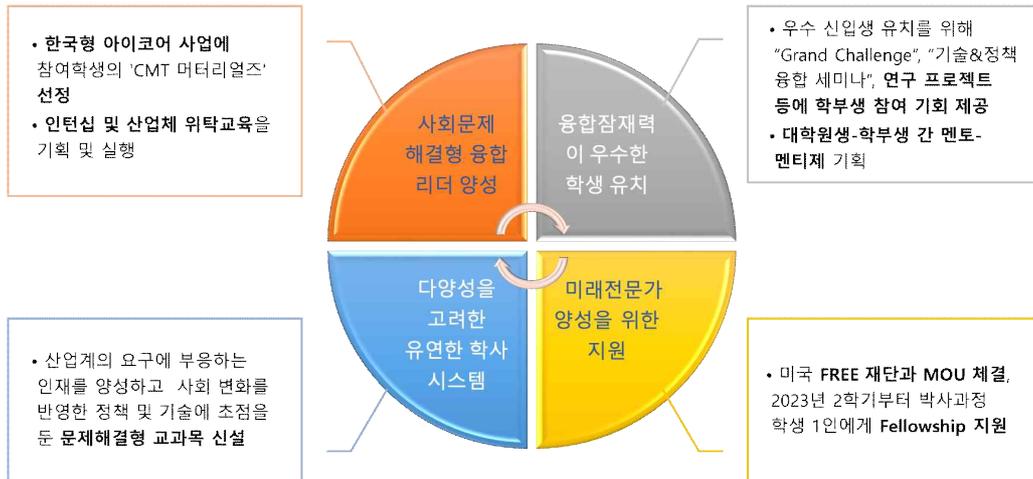
- **(사업 중기 환경 변화에 따른 용어와 하위 과제의 적절성)** 연구단은 사용 중인 용어와 하위 전략 과제가 현 상황에 적합한지 지속적으로 평가하고, 새로운 환경 변화에 맞춰 이들을 조정하거나 보완해야 함. 이 과정은 연구단의 전략적 방향과 교육 목표를 명확하고 실행 가능하게 설정하는 데 필수적인 과정임.

- **(사업 중기 환경 변화에 따른 전략적 비전 구체화)** 연구단은 기술, 정책, 데이터의 융합을 통해 사회 문제 해결에 기여할 수 있는 인재 양성을 비전으로 설정함. 이 비전을 실현하기 위해, 연구단은 사회, 경제, 기술적 환경의 변화를 반영하여 전략적 비전을 유연하고 혁신적으로 재선정하거나 재검토할 필요가 있음. 이는 연구단이 변화하는 외부 요구에 효과적으로 대응하고, 사회문제 해결에 실질적으로 기여할 수 있는 방향을 제시하는 데 중요함.
- **(융합 인재의 지속적 양성을 위한 교육 인프라 구축)** 참여학생들에게 지속적으로 높은 수준의 교육을 제공하려면 탄탄한 인프라가 마련되어야 함. 이를 위해서는 단지 참여학생에 대한 단기적 지원이 아니라 사업단의 모체인 대학원의 역량이 강화되는 방향으로 인력양성에 대한 투자가 이루어져야 함. 인프라 구축은 교육과정이나 교과목, 교수진에 대한 투자와 연결되므로 상당한 노력과 시간이 소요될 것으로 보임.

□ 교육역량 대표 우수성과

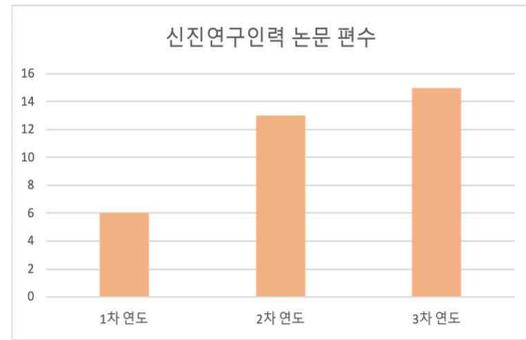
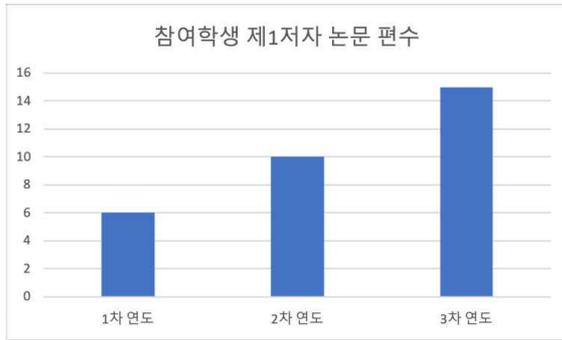
● 우수학생 유치, 학생의 취·창업 지원을 위한 프로그램 기획 및 도입

- 우수 신입생 유치를 위한 학부생 참여 프로그램 확대
 - 대학원의 ‘Grand Challenge’, 기술 & 정책 융합세미나, 연구 프로젝트 등에 학부생 참여
 - 학부생-대학원생의 멘티-멘토제를 기획하고 2023년 2학기에 이행할 계획
- 산업계의 요구에 부합하는 인재 양성과 정책 및 기술 환경 변화에 초점을 맞춘 교과목 개편
 - 데이터 기반 융복합 교과목 신설: 저탄소 에너지기술(2022년 2학기), 탄소중립과 녹색기후 기술(2023년 1학기)
 - 프로젝트 기반 문제해결형 교과목 신설: ESG 정책과 관련 실무의 이해(2022년 2학기), 기후변화와 R&D(2022년 2학기), 탄소중립개론(2022년 2학기), 탄소중립 이행평가 및 실습(2023년 1학기)
- 취·창업 지원을 위한 인턴십/산업체 위탁교육 기획
 - 2023년 6월 과기정통부에서 지원하는 한국형 아이코어 사업의 실험실창업탐색팀으로 정무영, 김태민 학생, 이찬용 박사(2023.2월까지 BK21 교육연구단 참여학생)의 ‘CMT 머터리얼즈’ 선정
 - 인턴십/산업체 위탁교육을 기획하고 2023년 2학기부터 실행 예정
- 박사과정 연구물입을 위한 장학금 지원
 - 미국 Foundation for Renewable Energy & Environment (FREE) 재단과 2023년 7월 교육 및 연구협력 MOU 체결, FREE 재단이 2023년 2학기부터 박사과정 학생 1인에게 Doctoral Fellowship 장학금 연 USD 17,000 지원



● 참여 대학원생 및 신진연구인력의 연구실적 지속적 증가

- 국제저명학술지에 제1 저자로 게재되는 참여 학생 논문 수 꾸준히 증가; 신진연구인력의 논문 편수 또한 지속적으로 증가하는 추세
 - 평가 기간 내 참여 학생들이 제1 저자로 기여한 연구논문 총 15편 중 13편은 SCI(E)/SSCI급 학술지에 게재
 - 평가 기간 내 신진연구인력이 기여한 연구논문 총 15편은 모두 SCI(E)/SSCI급 학술지에 게재



● **융합형 인재 양성을 위한 교과목 신설**

과목명	담당교수	특장점
ESG 정책과 관련 실무의 이해	하윤희	ESG에 대한 개념, 정책 및 현장을 소개하고 실무와 연계한 다양한 사례조사와 분석을 통해 ESG를 심도 있게 이해할 수 있도록 도움. 강의와 Project-Based Learning을 병행해 학생들은 ESG 관련 개별 과제를 부여받고 발표를 통해 공유함으로써 ESG에 대한 개념적, 정책적 이해를 심화하고 실무적인 감각을 학습
기후변화와 R&D	하윤희 외	기후변화의 복잡성을 이해하고 기후변화 기술과 정책을 융합적으로 사고할 수 있는 능력을 함양. 또한 변화하는 환경 속에서 유망 기후변화 R&D 과제를 발굴하고 기획·관리할 수 있는 역량을 배양. 아울러 최신 기후변화 기술 및 정책에 대한 정보 제공과 문제 해결을 위한 창의적 사고력 훈련
Global Energy Expert Seminar	하윤희 외	스마트시티와 에너지전환 분야의 글로벌 최고 전문가들을 만나고 학제 간 융합교육을 통해 폭넓은 시각을 함양할 수 있으며, 다양한 배경의 실무 전문가들로부터 실질적인 현장 경험을 전해 들을 수 있다는 점에서 의의가 큼. 온/오프라인으로 수업을 병행하여 접근성을 높이고 동시에 최신 글로벌 이슈에 대한 통찰력 효과도 제고

1. **교육과정 구성 및 운영**

가. **교육과정 구성 및 운영 현황과 계획**

☑ **교육과정**

- 교육과정은 계획과 동일하게 유지하고 있음. 다만, 본 사업단의 모체인 고려대학교 에너지환경 대학원(이하 대학원)이 기후변화 대응 교육의 강화를 추구하고 있어 2022년 2학기부터 “탄소중립 기후기술 융합전공”이 신설되고 관련 교과목이 추가됨.

☑ **학사관리의 장단점**

- (장점) **기술-정책 융합인재양성 교육과정의 탄력적 운영으로 학생의 교육 선택권 확대**
 - 본 교육연구단의 모체인 대학원이 2022년 5월에 “기후기술인재 양성센터 사업”과 2022년 9월에 “탄소중립 특화 대학원 사업”을 수주함에 따라 2022년 2학기과 2023년 1학기에 다양한 교과목이 신규 개설됨으로써 학생들의 교육 선택권은 더욱 확대됨(표 II-1).
 - 신규 개설되는 과목에 글로벌 최고 수준의 학자 그룹인 대학원 소속의 석좌 및 특임 교수진이 강의에 참여하게 되어 강의의 질이 한 단계 격상됨.

〈표 II-1〉 2022년도 2학기, 2023년 1학기 개설 교과목 목록

No	전공	학수번호	교과목명	담당교수	학점
2022년 2학기					
1	에너지환경정책	GRS601	환경공학개론	이석현 외	3
2	에너지환경정책	GRS603	에너지환경정책	우종률 외	3
3	에너지환경정책	GRS619	에너지경제성분석론	김경남	
4	에너지환경정책	GRS640	환경에너지 연구수행전략	정중수	3
5	에너지환경정책	GRS644	환경경영론	김경남	3
6	에너지환경정책	GRS656	기기분석법	강윤목	3
7	에너지환경정책	GRS664	태양광발전시스템개론(영강)	이해석	3
8	에너지환경정책	GRS674	신재생에너지연구동향(영강)	전용석	3
9	에너지환경정책	GRS682	연구방법론2(영강)	우종률	3
10	에너지환경정책	GRS687	태양전지	강윤목	3
11	에너지환경정책	GRS688	고체전기화학소재/소자와박막응용심화	손지원	3
12	에너지환경정책	GRS689	기술혁신전략세미나(영강)	우종률	3
13	에너지환경정책	GRS691	에너지소재의 용액공정원론	손해정	3
14	에너지환경정책	GRS697	화학공정 설계 및 최적화	이웅	3
15	에너지환경정책	GRS698	환경정책의 과학기술적 이해	이승학	3
16	에너지환경정책	GRS717	논문작성을위한통계학(영강)	류혜진	3
17	에너지환경정책	GRS721	ESG정책과관련실무의이해	하윤희	3
18	에너지환경정책	GRS722	기후변화와 R&D(신설)	하윤희 외	3
19	에너지환경정책	GRS723	산학연계수업2(영강)	이흥구	3
20	에너지환경정책	GRS800	특수연구방법론(고체전기화학)	손지원	3
21	에너지환경정책	GRS725	탄소중립개론(신설)	진병복 외	3
22	GETPPP	GRS720	저탄소에너지기술(영강, 신설)	Henkens 외	3
23	GETPPP	GRS724	Smart City and Energy Transition -Energy Expert Seminar-(영강, 신설)	하윤희 외	3
24	GETPPP	GRS703	한국어1	조시준	3
25	GETPPP	GRS708	한국학(영강)	강성진 외	3
26	에너지시스템공학과	GRS004	에너지시스템 엔지니어링과 정책(영강)	전용석	3
27	에너지시스템공학과	GRS002	태양전지(모듈)실험및실습	이해석	3
2023년 1학기					
1	에너지환경정책	GRS602	에너지공학개론(영강)	강윤목 외	3
2	에너지환경정책	GRS615	환경이슈이해와연구개발	정중수	3
3	에너지환경정책	GRS624	기후변화와재난관리정책	김영근	3
4	에너지환경정책	GRS642	토양지하수환경공학	이승학	3
5	에너지환경정책	GRS643	연구방법론 I	하윤희	3
6	에너지환경정책	GRS655	반도체소자공학	강윤목	3
7	에너지환경정책	GRS662	태양전지공학개론(영강)	이해석	3
8	에너지환경정책	GRS665	에너지와 사회	김경남	3
9	에너지환경정책	GRS670	전주기시물레이션	강윤목	3
10	에너지환경정책	GRS672	표면과학(영강)	전용석	3
11	에너지환경정책	GRS677	에너지프로젝트관리	김경남	3
12	에너지환경정책	GRS680	기계학습법을이용한실험계획법	이웅	3
13	에너지환경정책	GRS684	고체전기화학소재/소자와박막응용개론	손지원	3
14	에너지환경정책	GRS685	고분자유기소재의에너지응용	손해정	3
15	에너지환경정책	GRS686	에너지경제학(영강)	우종률	3
16	탄소중립특성화대학원	GRS725	탄소중립개론	이우균 외	3
17	탄소중립특성화대학원	GRS726	탄소중립이행평가및실습(신설)	이우균 외	3
18	탄소중립특성화대학원	GRS727	탄소중립과녹색기후기술(신설)	성창모	3
19	GETPPP	GRS704	한국어II	강성진 외	3
20	GETPPP	GRS718	산학연계수업I(영강)	강성진 외	3
21	에너지시스템공학과	GRS003	태양광발전산학공동세미나	이해석	3

● (단점의 개선) **융합 잠재력을 가진 학생의 유치 노력과 사회문제해결형 교육 강화**

- (융합에너지공학과 학부과정 신설) 융합에너지공학과 학부과정이 신설되어 2021년 3월부터 매년 총 30명의 신입생이 입학함. 앞으로 학부 과정 학생들에게 연구 참여 기회를 적극적으로 제공하고, 대학원의 “Grand Challenge “, “정책 & 기술 융합세미나”에 참여하는 등 연구 능력이 우수한 학생들이 석박사과정으로 연계될 수 있도록 프로그램 차원의 지원을 계획
- (사회문제해결형 교과목 개발과 커리어 관리) 복잡한 사회문제를 해결할 수 있는 미래 인재를 양성하기 위해 데이터를 기반으로 하는 융복합 교과목과 프로젝트 기반 문제해결형 교과목을 마련함. 또한 사회문제해결에 적합한 인재의 커리어를 관리하기 위해 졸업생과 재학생의 네트워크를 확대하는 계획을 추진

나. 교육연구단의 추진전략 및 실적

▣ (추진전략 및 실적 D) **사회문제해결형 융합 리더 교육체계 구축 및 강화**

- (데이터 기반 융복합 교과목의 지속적 개발과 융합형 교과목 신설 운영) 본 대학원의 차별성을 강화하기 위해 에너지와 환경 관련 기초지식에 더해 데이터를 기반으로 한 융복합 교과목을 신설함.
 - (2022년 2학기 저탄소에너지기술) 한국을 포함한 여러 나라들의 에너지 현황, 저탄소로의 전환, 수소에너지, 연료 전지, 에너지 저장, 전기 분해를 설명함. 수소와 연료전지의 정책적 적용에 초점을 둠. 나아가 수소의 생산, 저장, 운반과 이용에 대해 구체적으로 논의함. 연료 전지와 전기 분해의 구성요소에 대해 강의함. 또한 배터리를 이용한 에너지 저장과 재생에너지를 저장하는 법을 혼련
 - (2023년 1학기 탄소중립과 녹색기후기술) 이 강의는 탄소중립 분야와 관련된 기후변화와 기본적 녹색기후기술의 개념, 최근의 국내외 탄소 감축연구 트렌드, 그리고 미래 기후기술과 글로벌 시장동향을 중심으로 강의함. 에너지 환경, 기후변화, 기술과 정책을 전공하는 대학원생이 탄소중립 시대의 패러다임을 이해하고 미래를 대비하기 위한 녹색기후기술의 심층적 개념과 응용을 학습
- (프로젝트 기반 문제해결형 교과목 개발) 현장 경험이 풍부한 교원 풀을 가진 대학원의 강점을 살려 프로젝트 기반 및 문제해결형 과목을 개발하고 운영. 이를 통해 교과목을 바탕으로 연구 주제를 도출해낼 수 있는 교육-연구 선순환 구조를 마련함.
 - (2022년 2학기, ESG 정책과 관련 실무의 이해) 새롭게 대두되는 글로벌 트렌드인 ESG에 대한 개념, 정책 그리고 현장을 소개하고 실무와 연계한 다양한 사례조사와 분석을 통해 ESG를 심도 깊게 이해할 수 있도록 함. 강의와 함께 Project-Based Learning(PBL)을 활용하여 개별 과제를 수행하고 발표함으로써 문제해결을 위한 실무적인 감각을 터득
 - (2022년 2학기, 기후변화와 R&D) 기후변화 기술을 전공하는 학생들이 기후변화 난제의 복잡성과 다학제적 특성을 이해하고 기술 및 정책을 융합하여 사고할 수 있는 능력을 배양함. 또한 기후변화 정책 및 기술의 변화 속에서 유망한 R&D 과제를 식별, 기획하고 관리할 수 있는 능력을 증진시키고자 함. 특히 기술과 사회 문제를 스스로 발견하고 솔루션을 도출하는 데 활용할 수 있는 창의적 문제 해결 방법론을 논의
 - (2022년 2학기, 탄소중립개론) 탄소중립의 전 과정에 대해 학습한 내용을 실제 산업체, 지자체 등의 종합적인 프로젝트에 적용함. 또한 실행을 거쳐 평가까지의 과정을 이해하고 실습하도록 함. 학생들이 탄소중립 대상의 경계 설정 및 온실가스 배출량 산정, 감축기술 적용 및 탄소중립 사례 분석 및 실습을 통해 탄소중립 계획 수립 및 이행 평가 능력을 갖추는 것이 목표
 - (2023년 2학기, 에너지환경산업현장의이해와실습) 전 지구적 기후위기가 에너지환경 분야에 신속하면서도 대담한 대응을 요구함에 따라 에너지환경정책을 전공하는 학생들에게 산업 현장에서 일어나는 변화에 대한 이해는 문제해결능력의 배양과 연구의 실효성 강화를 위해

중요함. 따라서 본 과목은 에너지환경분야의 산업 현장에서 실행되고 있는 다양한 솔루션에 대한 강의와 현장 실습을 함께 진행해 학생들이 깊이 있고 실용성 있는 지식과 기술을 습득할 수 있는 것이 목적

- **(1:1 맞춤형 강의 운영)** 전공선택인 ‘연구방법론I’ 을 개설해 학문의 전 과정을 학습해 논문을 작성할 수 있는 기본 역량을 배양하도록 함. 강의를 통해 연구에 필요한 기본적인 개념과 구조를 파악한 뒤, 학생들 개개인이 관심을 가지고 있는 연구 분야에 적용할 수 있도록 도움. 따라서 기본적인 형태는 강의로 진행되지만 학생들이 연구를 설계하고 기획하는 전 과정을 개별적으로 지도해 1:1 맞춤형으로 이루어짐. 특히 연구 제안서를 작성하는 각 과정에서 개인별 미팅을 통해 학생들의 연구 특성에 맞추어 지도함.
- **(시공간초월 학습방식 도입 및 확대)** 해외 석학을 초빙하는 온라인 교과목 ‘글로벌에너지전문가세미나’ 를 지속적으로 운영함.
 - (2022년 2학기 Global Energy Expert Seminar: Smart City and Energy Transition) 이 강의는 학생들이 스마트 시티 개발과 에너지 전환 분야의 주요 석학들과 전문가들을 통해 다양한 관점과 경험을 얻는 것이 목표(표 II-16 참고, 페이지 46)
- **(커리큘럼에 대한 주기적인 평가 통한 개선)** 교육 커리큘럼의 강점을 지속적으로 개발하고 약점을 보완하기 위해 자문단, TF, 그리고 학생들의 피드백을 주기적으로 받고자 함.
 - (산학연, 동문으로 이루어진 자문단) 관련 분야 산학연 전문가들로 구성된 자문단을 구성하여 연구단의 경쟁력을 강화하기 위한 전략과 발전 방안을 논의함. 2023년 10월 자문회의에서는 2023년 8월까지의 연구단의 성과에 대한 평가와 향후 개선방안 등에 대한 구체적인 방향이 제시
 - (Task Force의 주기적 평가) 교수진으로 TF를 구성하여 연구단의 전략과 성과에 대해 주기적으로 평가하고 교육 프로그램의 수준을 향상시킬 수 있는 방법을 모색
- **(자체 학생 만족도 조사)** 2023년 1학기 중에 실시된 학생 만족도 조사 결과를 반영하여 교육환경과 학생들의 핵심역량을 강화 방안이 논의 중임.
 - 조사결과 교육환경 영역에서는 전문가를 양성하는 여건이 조성되어 있다고 응답한 비율이 80%였음.
 - 대학원 내 연구지원이 학생들의 연구활동에 도움이 된다는 의견이 지배적이었음. 또한 공생적인 리더 역량과 글로벌 연구역량을 함양시킨다는 데 동의를 이끌어 내, 본 교육연구단이 추구하는 융복합 인재상과 부합함
 - 대학원 생활 지원 영역에서 진로/창업 등의 정보 제공이 상대적으로 낮은 만족도를 보였음. 따라서 향후 학생들의 다양한 진로 방향을 모색하는 데 실질적인 도움이 되는 정보를 제공하는 방안을 모색할 예정
- **(융합 우수논문 시상 및 우수논문 지원)** 우수 논문상(Student of the Year)과 우수 발표상(기술&정책 융합세미나)을 통해 매년 5명 이내의 학생에게 학술장려금 40만원을 지급함.
 - (제15회 기술 & 정책 융합세미나) 2023년 1월 10일 개최, 포스터 발표 수상자로는 정무영(신재생에너지, 박사과정)과 정중현(신재생에너지, 석박통합과정)이 선정
 - (제16회 기술 & 정책 융합세미나) 2023년 8월 25일 개최, 구두 발표 수상자는 엄희성(신재생에너지, 박사과정), 정준영(에너지시스템공학과, 석사과정)이, 포스터 발표 수상자는 이승연(에너지환경정책, 석사과정), 최가빈(융합에너지공학과, 학부생)이 선정
- **(차세대 커리어 관리)** 재학생-졸업생, 멘티-멘토 매칭” 추진을 위한 기반을 마련하기 위해 졸업생을 강연자로 하는 진로탐색 세미나를 기획하여 2023년 12월에 제1회 진로탐색 세미나가 개최되었음. 학부 융합에너지공학과에 참여하고 있는 교수들을 중심으로 2022년 2학기부터 박사과정을 희망하는 석사과정 수료생, 박사과정생 또는 수료생을 강의 부교수자로 참여시켜 미래 교수자로서의 역량을

다지는 기회를 제공하였음.

- **(미래 교수자 양성 훈련)** 우종률 교수의 융합에너지공학과 에너지시스템 모델링 수업(2022년 2학기)에서 대학원 학생 2인이 에너지기후변화 싱크탱크인 “Energy Innovation” 이 개발한 에너지 정책 시뮬레이터 실습 교육을 통해 학부생이 에너지 및 기후변화와 관련한 다양한 시나리오를 설정하고, 시뮬레이터를 사용하여 다양한 에너지 정책이 환경에 미치는 영향을 분석해, 실제 정책 제안을 개발하는 일을 지원함으로써 미래 교수자로서의 역량을 키울 수 있도록 지원
- **(진로 탐색 세미나 개최)** 학생들이 진로를 탐색하는 데 필요한 정보를 제공하기 위해 진로 탐색 세미나를 구상하고 기획. 이를 기반으로 2023년 12월 제1회 진로 탐색 세미나를 시작으로 향후 지속적인 세미나가 개최될 예정

❖ (추진전략 및 실적 II) 다양성을 고려한 학사시스템 유연 운영

- **(KU-KIST 학연제도와 과제 참여를 통한 교육 기회 확대)** KU-KIST 업무협약을 통해 총 8명의 학연교수를 임명하고 3년 임기 이후 학연 명예교수직(학연교수 Fellow)을 수여하고 운영하고 있음. 학연교수는 강의와 학생 연구지도에 적극적으로 참여 중임. 또한 학생들 전공지식와 연구 관심사에 특화된 연구주제를 개발하고, 학제 간 연계를 통해 다양한 융합 접근법을 개발해 나갈 수 있도록 고려대학교와 KIST 교원을 공동지도교수로 활용함(표 II-2).

〈표 II-2〉 KU-KIST 학연교수 현황(2023년 8월 말 현재)

교수	원소속	구분1	구분2	재직	소속
우종률	고려대학교	전임	고려대(정년)	재직	에너지환경대학원
전용석	고려대학교	전임	고려대(정년)	재직	에너지환경대학원
박희동	고려대학교	전임	고려대(정년)	재직	공과대학
노준홍	고려대학교	전임	고려대(정년)	재직	공과대학
손지원	KIST	전임	고려대(학연)	재직	에너지환경대학원
손해정	KIST	전임	고려대(학연)	재직	에너지환경대학원
이승학	KIST	전임	고려대(학연)	재직	에너지환경대학원
이웅	KIST	겸임	고려대(학연)	재직	에너지환경대학원
남석우	KIST		학연교수펠로우		에너지환경대학원
민병권	KIST		학연교수펠로우		에너지환경대학원
이상협	KIST		학연교수펠로우		에너지환경대학원

- **(융합연구를 위한 공동지도교수제도의 탄력적 운영)** 본 사업단 참여 교원 외 고려대학교 겸임교원 및 KIST학연 교원을 공동지도교수로 선정하여 융합연구의 효율성을 제고함.
- **(산업현장 요구 맞춤형 석박사 교육과정 및 재교육형 계약학과 확대 운영)**
 - **(탄소중립 특성화 대학원 사업)** 2022년 9월부터 탄소중립 특성화 대학원 사업을 실시, 운영함. 산학연계 세미나 및 프로젝트 기반 교육, 현장 실습 및 견학, 인턴십을 제공하여 기획부터 평가까지 전문성을 갖춘 탄소중립 전문 인력을 양성하기 위한 현장 맞춤형 교육을 제공
 - **(기후기술인재 양성센터 사업)** 2022년 5월부터 온실가스 감축 및 적응 기술 발굴 및 개발을 위해 기술 전공 대학원생들을 대상으로 기후변화 관련 정책 교육 및 기후기술에 적용할 수 있는 혁신사고 교육을 제공
 - **(에너지시스템공학과 운영)** 2021년 3월부터 취업연계형 계약학과로 소재, 소자, 기계, IT 및 시스템 응용 등의 수업을 제공하여 태양광 발전 R&D 전문 인력을 양성하는 것을 목적으로 운영
 - **(석사학위 연구-실무 투트랙 운영)** 학위과정과 교과과정을 투트랙으로 운영하여 학생들의 진로와 니즈에 적합한 맞춤형 학위 프로그램을 제공

●(자문, 지역나눔, Alumni Committee 운영)

- (자문 Committee) 교육 프로그램의 충실성, 지속성, 그리고 산업 현장 요구 적합성의 검토와 자문을 위해 산학연과 동문으로 구성된 자문위원회를 구성 및 운영체계를 마련하였고 2023년 10월 첫 자문위원회 회의 개최
- (지역나눔 Committee) 국내외 지역에서 봉사, 교육 학술 등의 다목적 활동을 위한 지역나눔 committee를 구성 및 운영체계를 마련하였고 2023년 2학기에 2차례 지역나눔 활동 진행
 - 군산 지역 청소년 및 일반인 대상 “지역대학과 함께 하는 교육 성장 아카데미” 진행 (2023년 10월 14일, 강윤목 교수)
 - 성남 소재 탈북자 학교인 하늘꿈중고등학교에서 “기후변화와 에너지”를 주제로 특강과 함께 태양광 모듈 동력 장치 자동차 조립 실습 진행 (2023년 10월 24일, 이해석, 하윤희 교수)
- (Alumni Committee) 이와 관련된 구성은 아직 완료되지 않았으나 준비 중

▣ (추진전략 및 실적 III) 융합잠재력이 우수한 학생 유치 및 양성

- (신생 학부 개설을 통한 우수 신입생 유치) 융합에너지공학과(학부과정)가 신설됨에 따라 우수 학생이 대학원으로 유입될 수 있는 기반을 마련함.
 - (학부생들의 대학원 학술활동 참여) 학부생들이 “Grand Challenge 대회”, “기술 & 정책 융합세미나” 포스터/구두 세션에 참여하는 등 대학원의 학술활동에 참여할 수 있는 기회를 제공
 - 2023년 7월에 개최된 제3회 Grand Challenge에 1명의 학부생이 대학원생들과 팀을 이루어 참가하여 대상인 Grand Award를 수상
 - 2023년 8월 제16회 융합세미나에 4명의 학부생이 포스터 세션에 참여하고 그중 1명이 수상
- (홍보 방안 및 홍보 채널의 다양화) 우수학생의 유치를 위해 온라인, 학회 부스, 에너지 관련 공공기관에 홍보자료를 배포함.
 - (대사관 및 관련 기관 공식 미팅 활용) 각국의 대사관, 참여교수의 연구 출장 시 관련 기관과의 공식 미팅을 통해 해당 프로그램을 소개하고 학생 유치 활동을 적극적으로 전개
 - (해외 회의 및 세미나 활용) 2023년 7월, World Bank 에너지부 Brown Bag Seminar, 2023년 8월 ASEAN 에너지 장관회의 부대 이벤트인 한-아세안 에너지 전문가 세미나 등에서 대학원 브로셔 배포 및 대학원 프로그램 소개
- (신흥국 에너지공무원 인력양성 프로그램(GETPPP) 확대 및 졸업생 네트워크 활용) GETPPP 2021년 2학기 재수주 후 2023년 1학기 석사 졸업생 4명 배출. 2023년 9월 기준 13개국 26명(석사과정 15명, 박사과정 11명)이 재학하고 있음.
 - (GETPPP 졸업생을 통한 국제에너지전문가 네트워크(International Energy Expert Network) 구축) Global Energy Technology Policy Professionals Program을 통해 배출된 졸업생들이 우리 기업들의 신흥 개도국 시장 개척에 실질적인 도움을 줄 수 있도록 2019년부터 졸업생들을 활용해 국제에너지전문가네트워크(IEEN)을 구축함. 2023년 8월 현재, 19개국 213명이 참여

다. 전임교수 대학원 강의 계획 대비 실적

▣ 전임교수 대학원 강의 계획 대비 최근 1년간(2022.9.1.~2023.8.31.)의 실적

- 본 대학원에서는 해당 기간(2022.9.1.-2023.8.31.) 47개 교과목이 개설되었으며 참여교수의 교과목 담당 비중은 53%(25과목)를 차지하고 있으며 학연교수 담당은 10과목으로 참여교수와 학연교수가 총 35과목을 담당, 전체 74%를 차지함. 그 외 과목도 본교 타 과, 타 대학원 소속 겸임교수들이 주로 맡고 있음(표 II-3).

<표 II-3> 전임교수 대학원 강의 실적(2022.9.1.-2023.8.31.)

학년도-학기	학수번호	교과목명	학점	교수명
2022-2	GRS002	태양전지(모듈)실험및실습	3	이해석
	GRS004	에너지시스템엔지니어링과정정책(영강)	3	전용석
	GRS601	환경공학개론	3	이석현, 이승복, 이승학
	GRS603	에너지와환경정책	3	조용성, 김경남, 우종률, 하윤희
	GRS619	에너지경제분석론	3	김경남
	GRS640	환경에너지연구수행전략	3	정종수
	GRS644	환경경영론	3	김경남
	GRS656	기기분석법	3	강윤목
	GRS664	태양광발전시스템개론(영강)	3	이해석
	GRS674	신재생에너지연구동향(영강)	3	전용성
	GRS682	연구방법론III(영강)	3	우종률
	GRS687	태양전지	3	강윤목
	GRS688	고체전기화학소재/소자와박막응용심화	3	손지원
	GRS689	기술혁신전략세미나(영강)	3	우종률
	GRS691	에너지소재의용액공정원론	3	손해정
	GRS697	화학공정설계및최적화	3	이웅
	GRS698	환경정책의과학기술적이해	3	이승학
	GRS703	한국어I	3	조시준
	GRS708	한국학(영강)	3	강성진, 조시준
	GRS717	논문작성을위한통계학(영강)	3	류혜진
	GRS720	저탄소에너지기술(영상)	3	Dirk Henkensmeier, 김용민
	GRS721	ESG정책과관련실무의이해	3	하윤희
	GRS722	기후변화와R&D	3	하윤희, 이형석
	GRS723	산학연계수업III(영강)	3	이흥구
	GRS724	Smart City and Energy Transition - Energy Expert S(영강)	3	하윤희, 조시준
	GRS725	탄소중립개론	3	이우균, 강성진, 김동완, 이재상, 노준홍, 우종률, 황석태, 진병복
	GRS800	특수연구방법론(고체전기화학)	3	손지원
	2023-1	GRS003	태양광발전산학공동세미나	3
GRS602		에너지공학개론(영강)	3	강윤목, 이해석, 전용석, 윤용주 이민오, 황성호
GRS615		환경이슈이해와연구개발	3	정종수
GRS624		기후변화와재난관리정책	3	김영근
GRS642		토양지하수환경공학	3	이승학
GRS643		연구방법론 I	3	하윤희
GRS655		반도체소자공학	3	강윤목
GRS662		태양전지공학개론(영강)	3	이해석
GRS665		에너지와사회	3	김경남
GRS670		전주기시물레이션	3	강윤목
GRS672		표면과학(영강)	3	전용석

GRS677	에너지프로젝트관리	3	김경남
GRS680	기계학습법을이용한실험계획법	3	이웅
GRS684	고체전기화학소재/소자와박막응용개론	3	손지원
GRS685	고분자유기소재의에너지응용	3	손해정
GRS686	에너지경제학(영강)	3	우종률
GRS704	한국어III	3	강성진, 조시준
GRS718	산학연계수업(영강)	3	강성진, 조시준
GRS725	탄소중립개론	3	이우균,홍승관 황석태,김정빈 양승헌
GRS726	탄소중립이행평가및실습(신설)	3	이우균,황석태 진병복
GRS727	탄소중립과녹색기후기술(신설)	3	성창모

*표에서 볼드 처리된 교수명이 교육연구단 소속 전임교수

라. 교육과 연구의 선순환 구조 구축 방안

● (교육과 연계된 연구) 연구 내용 수업화

- 전공필수 과목인 에너지환경정책, 에너지공학개론, 환경공학개론을 통해 참여교수의 연구전략 및 연구 분야 등을 심도 있게 소개하고 학생들이 기초지식을 습득하고 자신의 연구 분야와 융합할 수 있는 연구역량을 향상
- 최신 논문 내용을 기반으로 다양한 수업의 활동(연습문제, 시뮬레이션, 게임 등)을 개발하여 연구 내용에 대한 이해도를 증진시키고 향후 연구 수행에 도움이 되도록 교육함. 예를 들어 ‘산업생태학’에서는 기업 간 자원공유 협력 사례연구 논문을 바탕으로 기업 간 협력을 시뮬레이션하는 활동을 개발하여, 이를 통해 학생들이 기업 간 협력 시 영향을 미치는 요소를 도출
- 본 대학원의 학사운영내규는 석사의 경우 전국규모학술지 이상에 투고(정책 전공), SCIE 이상 저널에 투고(기술 전공), 박사의 경우 연구재단등재후보지 이상(정책전공), SCIE급 이상(기술 전공) 저널에 2편 이상 게재 완료해야 졸업논문 심사 대상 자격을 부여하고 있어 교육과 연구의 선순환 구조의 기반이 되고 있음. 이로 인해 대학원생들의 활발한 연구 활동이 진행(표 II-4)

<표 II-4> 교육연구단 참여학생 논문실적 현황 (2022년 9월 - 2023년 8월 말 현재)

연번	학생명	논문명	학술지명	학술지 구분	게재 연도
1	최시원, 광규일 (공동제1저자)	Effects of Policy Instruments on Electric Motorcycle Adoption in Indonesia: A Discrete Choice Experiment Approach.	Economic Analysis and Policy	SSCI	2022
2	박재형 (제1저자)	Social Acceptability of Climate-change Adaptation Policies in South Korea: A Contingent Valuation Method	Energy & Environment	SSCI	2022
3	이찬용 (제1저자)	Color Balanced Transparent Luminescent Solar Concentrator Based on a Polydimethylsiloxane Polymer Waveguide with Coexisting Polar and Non-polar Fluorescent Dyes	Optics Express	SCIE	2022
4	문홍은 (제1저자)	Comparative Economic Analysis of Solar PV and Reused EV Batteries in the Residential Sector of Three Emerging Countries—The Philippines, Indonesia, and Vietnam	Energies	SCIE	2022
5	Hanna Schuermann (제1저자)	Estimating Consumers’ Willingness to Pay for Reusable Food Containers When Ordering Delivery Food: A Contingent Valuation Approach	Journal of Cleaner Production	SCIE	2022

6	손민희 (제1저자)	CCU 시스템을 통한 균등화 수소원가 및 재무적 위험도 분석	한국수소및신에너지 지학회논문집	KCI	2022
7	정현주 (제1저자)	운전자 주행패턴 기반 V2G 확산 가능성 및 전략 연구: K-평균 군집 분석을 이용하여	한국혁신학회지	KCI	2023
8	김하영 (제1저자)	Exsolution of Ru Nanoparticles on BaCe _{0.9} Y _{0.1} O _{3-δ} Modifying Geometry and Electronic Structure of Ru for Ammonia Synthesis Reaction Under Mild Conditions	Small	SCIE	2023
9	이찬용 (공동제1저자)	Amorphous BaTiO ₃ Electron Transport Layer for Thermal Equilibrium-Governed γ -CsPbI ₃ Perovskite Solar Cell with High Power Conversion Efficiency of 19.96%	Energy & Environmental Materials	SCIE	2023
10	김태민 (공동제1저자)	Alleviating Interfacial Recombination of Heterojunction Electron Transport Layer via Oxygen Vacancy Engineering for Efficient Perovskite Solar Cells Over 23%	Energy & Environmental Materials	SCIE	2023
11	홍이슬 (제1저자)	Exploring Circular Water Options for a Water-stressed City: Water Metabolism Analysis for Paju City, South Korea	Sustainable Cities and Society	SCIE	2023
12	박시은 (공동제1저자)	Direct Interface Engineering Using Dopant of Hole Transport Layer for Efficient Inorganic Perovskite Solar Cells	Materials Today Chemistry	SCIE	2023
13	정무영, 조효빈 (공동제1저자)	Synergetic Effect of a Battery-like Nickel Phosphide and Pseudocapacitive Cobalt Phosphide Electrodes for Enhanced Energy Storage	Journal of Energy Storage	SCIE	2023
14	이진형 (공동제1저자)	Efficient and Scalable Large-Area Organic Solar Cells by Asymmetric Nonfullerene Acceptors Based on 9H-Inden[1,2-b]pyrazine-2,3,8-Tricarbonitrile	Advanced Functional Materials	SCIE	2023
15	장성은 (공동저자)	A Needs-based Approach to Construct an Industrial Energy Efficiency Network: A Case Study of South Korea	Energy Efficiency	SSCI	2023
16	장용철 (제1저자)	Post-consumer Plastic Packaging Waste from Online Food Delivery Services in South Korea	Waste Management	SCIE	2023
17	손우진 (공동저자)	Nudging Energy Efficiency Behavior: The Effect of Message Framing on Implicit Discount Rate	Energy Economics	SSCI	2023

● (연구와 연계된 교육) 연구역량 교육

- 연구방법론과 같은 연구역량 관련 교과목에서 학생 주도 학습(active learning)과 동료평가(peer review)를 강화함으로써 수업에서 배운 내용의 반복 적용과 연습, 연구결과의 효과적 공유, 비판적 논의 등을 통해 연구역량을 향상하고, 수업의 결과로 가시적인 연구성과가 도출되도록 지원
- 대학원 및 교내 차원 영어 논문작성법, 국제학술지 투고전략(글로벌 서밋 프로그램 등), 연구를 위한 국내외 학술정보 탐색 및 논문검색, 학술정보지원강화(EndNote, RefWorks, JCR, SciVal 등) 교육 프로그램과 논문 Clinic(신진연구인력 논문작성 첨삭지도) 활용

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

가. 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

▣ 대학원생 인력 확보

- (2022년 2학기) 석사과정 17명, 박사과정 14명, 석·박사 통합과정 7명으로 총 38명의 학생을 확보함.
- (2023년 1학기) 석사과정 23명, 박사과정 15명, 석·박사 통합과정 6명으로, 총 44명으로 학생 수 증가함.

☐ 대학원생 배출 실적

- (2022년 2학기) 석사과정 5명, 박사과정 1명, 총 6명을 배출함.
- (2023년 1학기) 석사과정 3명, 박사과정 2명, 총 5명을 배출하였는데 재학생 수의 증가 추세가 지속될 경우, 배출되는 학생 수도 늘어날 것으로 기대됨(표 II-5).

<표 II-5> 교육연구단 소속 학과(부) 참여대학원생 확보 및 배출 실적 (단위: 명)

대학원생 확보 및 배출 실적					
실적		석사	박사	석·박사 통합	계
확보 (재학생)	2022년 2학기	17	14	7	38
	2023년 1학기	23	15	6	44
	계	40	29	13	82
배출 (졸업생)	2022년 2학기	5	1		6
	2023년 1학기	3	2		5
	계	8	3		11

나. 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

☐ 대학원생 현황

- (정원 증원) 에너지환경대학원은 사업 제안 당시 25명 정원의 대학원이었으나 52명 정원으로 증원되었음(석사 35명, 박사 17명). 또한 정원 외로 신홍국 에너지공무원 프로그램(2023년 9월 기준, 총 13개국 26명이 재학)과 에너지시스템공학(계약학과 정원 10명)을 운영하고 있음. 정규 대학원 학위 과정(정원 외)에서도 인도네시아, 네팔 국적의 외국인 학생 2명이 재학 중임.
- (경쟁률) 최근 3년간 대학원 정원 내 지원율은 최저 1.9:1(석사과정 기준), 2.3:1(박사과정 기준)부터 최고 4.2:1(석사과정 기준), 3.3:1(박사과정 기준) 사이에서 비교적 높은 지원율을 유지하고 있음.

☐ 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

- (신설 학부 개설을 통한 우수 신입생 유치)
 - 계획에 제시된 학-석사 학위 통합과정과 성적우수 학생의 등록금 감면 및 예비입학 제도를 통한 학비감면 등의 제도는 본교 차원의 정책으로 논의 중
 - 신설학부인 융합에너지공학과 학부생의 대학원 진학유치를 위해 3학년 1·2학기 융합에너지공학설계 I, II 교과목 개설, 4학년 1·2학기 융합에너지창의연구 I-II 개설. 이 교과목을 통해 학부생이 에너지 연구주제를 직접 선택하고 관련 연구를 수행하는 교수 연구실에서 3학년, 4학년 학부연구생 신분으로 연구활동을 진행하게 될 것임(신설 과목 현재 최고 학년이 3학년임). 이러한 기초 연구지식 및 연구수행 능력 기반으로 석박사 진학 후 연구의 질 향상 기대
 - 학부과정 학생들에게 연구참여 기회를 적극적으로 제공하고, 연구능력이 우수한 학생들이 석박사과정으로 연계될 수 있도록 프로그램 차원의 지원을 계획
 - 전용석 교수 ‘알키미스트’ 과제에 고려대 3명, 타교 4명의 학부생이 2022년 4월부터 2023년 12월까지 짧게는 2달에서 길게는 10개월까지 연구에 참여했거나 참여 중이며, ‘스마트팜’ 과제에도 고려대 1명의 학부생이 연구에 참여

- **(계약학과 확대 발전)** 본 대학원은 2020년 3월부터 글로벌 태양광 업체인 한화솔루션과 공동 설립한 취업연계형 계약학과인 에너지시스템공학과를 운영하고 있음. 본 학과에서는 태양광발전에 대한 다양한 학문적 지식(소재, 소자, 기계, IT 및 시스템 응용 등)을 배양함으로써 시대가 요구하는 창의적인 태양광 분야 R&D 전문인력을 양성하고 있음.
 - 증대되는 기업 임직원 재교육 수요에 따라 대학원 진학 학생들의 소속 기업 및 다양성 확대
 - 기존 에너지 기업 및 관련 공공기관 중심에서 ESG와 탄소중립 비즈니스 중심 기업군으로 확대 (한국에너지기술연구원, 한국가스공사, 현대자동차, 삼성물산, 한국수자원공사, 한국산업기술진흥원, 동아일보, 서울경제신문, JTBC, 한국전력공사, SK에너지, 한국수출입은행, UNDP, 한국해양환경공단, 브이피피랩, LG전자, LG이노텍, GS EPS, 원광에스앤티, 수소융합얼라이언스, SK E&S, SK에코플랜트, SK텔레콤, SK증권, SK에너지, 대한항공, 파빌리온프라이빗에쿼티, 한국남동발전, 대덕분석기술연구원, 한국산업기술진흥원 등)

☑ 우수 대학원생을 위한 인프라 지원

- **(대학원생 전용 공동연구실과 실험실 운영)** 본 교육연구단에서는 공동연구실과 실험실을 운영하여 학생들의 개인 교육 및 연구공간을 마련해 주고 있음.
- **(외국어 사용 학생들을 위한 기숙사 제공)** 신흥국 에너지공무원 프로그램 1차년도부터 외국인 학생에게 기숙사 제공이 이루어지고 있음.
- **(국내외 관계기관 인턴십 프로그램 운영)** 본 교육연구단에서는 대학원생의 실무 경험, 해당 분야 연구 및 산업 동향 파악 및 체험을 위한 인턴십 프로그램을 운영하고 있음. 그뿐만 아니라 교내 대학원혁신본부에서 제공하고 있는 인턴십 프로그램도 함께 활용하여 학생들에게 다양한 선택권을 제공함.
 - 외국기관에서의 인턴십은 코로나 상황으로 인해 진행되지 않았음. 정책전공 박사 수료생인 손민희 학생의 경우 National University of Singapore의 Energy Studies Institute에서 2022년 8월부터 인턴 연구원직을 수행 중
 - 학생들의 해외 우수 기관에서의 인턴십 및 연수 기회를 확대하기 위해 지속적으로 MOU를 확장(표 II-6)

<표 II-6> 국내외 MOU 체결 현황 (2022.9~2023.8)

일자	체결기관	주요내용
2022년 11월 22일	태국 Chulalongkorn대학, Kasetsart대학	가. 연구 인력 교류 나. 기술적 정보 교류 다. 추가적인 파트너 탐색 라. 합동 연구 증진
2023년 7월 7일	미국 Foundation for Renewable Energy and Environment(FREE)	가. 에너지환경 정책 및 기술 관련 연구 및 교육 협력 나. FREE 재단 장학금 지원
2023년 7월 21일	Net Zero 2050 기후재단	가. 기후, 환경, 에너지 관련 실천행동 참여 협력 나. 기후변화 대응을 위한 정보의 교류와 상호 협력 다. 탄소중립과 지속가능발전을 위한 지역 공동사업 협력 라. 각 기관과의 교류 및 협력을 통한 공익적 활동 활성화 협력

☑ 우수 대학원생을 위한 연구수행 역량 강화 프로그램 운영

- **(에너지 환경기술 및 정책 관련 세미나 & 전문가 초청 강연 강화)** 산업, 경제, 정책, 환경 분야의

다양한 외부 전문가를 초청해 이론적, 현실 문제에 대한 폭넓은 시야와 다양한 관점을 접할 교육 기회를 제공함(표 II-7). 공기업, 국책연구기관, 정부, 언론 및 에너지 기업 등의 기관장급을 연사로 초청하여 특강 형식으로 진행해오고 있음. 이를 통해 산업 및 연구소 등의 요구에 맞는 준비된 취업대상자를 양성할 수 있는 기회가 됨.

<표 II-7> 국내외 전문가 초청 세미나 및 특강

일자	초청연사명	소속	발표제목
2022년 10월 19일	조해인 박사	GTC	Research achievements & Plans for Teaching and Research: Data-driven approach to sustainable development
2022년 10월 19일	김문준 교수	한국조지메이슨대학교 경제학과	A Convergence Research on Energy and Environment and Economic Applications
2022년 10월 19일	김여원 교수	Department of Civil and Environmental Engineering, Carleton University	Visioning Urban Climate and Energy Infrastructure Resilience for Sustainable Future Cities
2022년 10월 19일	신훈철 박사	Lyles School of Civil Engineering, Purdue University	Towards infrastructure-mediated interdisciplinary research between engineering and social sciences
2022년 11월 22일	Vigna Kumaran Ramachandaramurthy 교수	Universiti Tenaga Nasional (UNITEN)	Energy Climate Technology in Malaysia
2022년 12월 13일	Eunjee Lee 박사	NASA Goddard Space Flight Center	Modeling Carbon and Water Dynamics on Land and Its Applications
2023년 3월 31일	John Byrne 교수, Job Taminau 박사	Center for Energy and Environment, University of Delaware, FREE Foundation	Thoughts on How to Think about Transformational Change to Carbon Neutrality
2023년 5월 3일	신현우 박사	국가녹색기술연구소	탄소중립과 녹색기후기술 응용 정책
2023년 5월 10일	김창희 교수	한국에너지공단	수소 기술의 원리와 탄소중립에 끼치는 영향
2023년 5월 24일	이학성 박사	LS 산전	스마트 에너지산업기술과 탄소중립
2023년 5월 31일	조청원 교수	한양대학교 공학대학원 후행핵주기공학과	탄소중립과 청정 원자력 발전기술(SMR 등)의 역할

- (해외 연구 및 정책 기관 연수 및 공동연구 기회 제공) 코로나 상황으로 인해 국제 연구협력과 교류 등이 주춤하였으나, 해외 연구 및 정책 기관과 국제협력을 서서히 확대해 나가고 있음(표 II-8).
 - 이를 위해 본 교육연구단은 지속적으로 MOU 및 학술교류 기관 확대를 추진하고 있음. 2023년 7월 미국 FREE 재단과 MOU를 체결함. 또한 신흥 개도국의 에너지전환 문제를 지원하기 위해 해당국의 기관들과 연구협력을 추진하고 있으며 2022년 11월 태국 Chulalongkorn대학교 Kasetsart대학교의 교육연구 협력 MOU를 체결함. 2023년 7월에는 NetZero 2050 기후재단과 기후환경에너지 관련 행동과 협력을 내용으로 하는 MOU를 체결
 - 대학원혁신본부 등 대학교 차원에서 마련하고 이는 해외 연구 프로그램에 학생들이 참여할 수 있도록 지원하여 학생들에게 다양한 선택권을 제공

<표 II-8> 교육연구단 참여 학생의 국제학술대회 참여 (2022년 9월 - 2023년 8월 말 현재)

연번	성명	학위과정	학술대회명	주관기관	일시	장소	발표논문명	발표형태
1	엄희성	박사	2023 ACS fall	American Chemical Society	2023년 8월 13-17일	미국	Ammonia Electrosynthesis for Commercialization Using Nitric Oxides in Flue Gas by Fe ₂ +(DMPS) ₂ and NiMoZn	구두

2	우종인	석박 통합	2023 ACS fall	American Chemical Society	2023년 8월 13-17일	미국	Collaborative Electrochemical Oxidation of the Alcohol and Aldehyde Groups of 5-Hydroxymethylfurfural by NiOOH and Cu(OH) ₂ for Superior 2,5-Furandicarboxylic Acid Production	구두
3	이현아	박사	The 6th International Conference on Renewable Energy and Environment Engineering	Universite de Bretagne Occidentale, Ecole Nationale D'Ingenieurs De Brest, Institut de Resherche Dupuy de Lome, University of Agder	2023년 8월 23-25일	프랑스	The Impact of Renewable Energy Incentive Policy on the Sustainability of ODA Funded Power Facility: Case of a Bangladesh Village	구두
4	김하영	박사	EuropaCat 2023	European Federation of Catalysis Societies (EFCATS)	2023년 8월 27- 9월 1일	체코	Electronic and Geometry Optimization of Ru Nanoparticles Exsolution on BaCe _{0.9} Y _{0.1} O _{3-δ} for Ammonia Synthesis Reaction under Mild Conditions	구두
5	장성은	박사	2022 INFORMS Annual Meeting	INFORMS(The Institute for Operations Research and the Management Sciences)	2022년 10월 17일	미국	Estimation of Willingness to Pay for Tax on Electric Vehicle Charging Using Contingent Valuation Method: A Case Study of South Korea	포스터
6	양소영	석사	2022 INFORMS Annual Meeting	INFORMS(The Institute for Operations Research and the Management Sciences)	2022년 10월 17일	미국	The Research on the Impact of Time-of-Use Tariff on EV Charging Behavior and Resolving the Curtailment of Renewable Energy: With the Case of Jeju Islands, South Korea	포스터
7	곽규일	박사	2022 INFORMS Annual Meeting	INFORMS(The Institute for Operations Research and the Management Sciences)	2022년 10월 17일	미국	Analyzing Community Acceptance of Hydrogen Refueling Station in South Korea: A Discrete Choice Experiment Approach	포스터
8	정무영, 조효빈	박사, 석사	2022 MRS Fall Meeting & Exhibit	MRS (Materials Research Society)	2022년 11월 27일	미국	Synergetic Effect of Surface-Controlled and Diffusion-Controlled Charge Processes of NiP/CoP@NF for High Energy Density Supercapacitor	포스터

다. 대학원생 학술활동 지원 실적 및 계획

- (기술, 데이터, 정책 전공 교원이 참여하는 정기적 연구회 운영) 공동연구를 기획하고 융합 연구 주제를 발굴하기 위해 기술, 데이터, 정책 전공 교원과 학생들이 참여하는 정기적 연구회인 융합

연구 세미나를 지속적으로 개최하고 있음.

- 2023년 1월 10일, 제15차 기술 & 정책 융합 세미나 개최
- 2023년 8월 25일, 2023년 에너지환경대학원 & 융합연구원 공동세미나 및 제16차 기술 & 정책 융합세미나를 개최하여 에너지환경대학원 소속 재학생과 융합 연구원 소속 연구원들이 참여하여 학술교류의 기회를 마련(표 II-9)
- 2024년 1월 30일, 제17차 기술 & 정책 융합 세미나 개최 예정

<표 II-9> 2023년 에너지환경대학원 & 융합연구원 공동세미나 및 기술 & 정책 융합세미나 개최 내용

세션	내용
구두발표 1 세션	<ul style="list-style-type: none"> 에너지환경대학원 박사과정 엄희성, “Ammonia Electrosynthesis for Commercialization Using Nitric oxides(NO) in Flue Gas by Fe₂+(DMPS)₂ and NiMoZn” 에너지환경대학원 박사과정 권성연, “Evaluating the Influence of Political and Social Factors on the Acceptance of Reused Solar PV Modules: A Case Study Focusing on Southeast and South Asian Countries” 에너지환경대학원 박사과정 이현철, “Future Desalination Technology Capacitive Deionization”
구두발표 2 세션	<ul style="list-style-type: none"> 융합연구원 황문현 교수, “물과 에너지 넥서스에 관한 연구” 융합연구원 이영환 교수, “디지털 사회에서 기술혁신 방향과 전략(소재: 융합연구원 디지털혁신연구센터 사례를 중심으로)” 융합연구원 임태훈 교수, “마이데이터 산업 생태계 활성화 방안” 융합연구원 강만수 교수, “데이터 기반 의사결정 지원을 위한 국가통계 원천데이터 제공 및 활용 방안”
구두발표 3 세션	<ul style="list-style-type: none"> 에너지환경대학원 석사과정 안정현, “CsPbI₃ Inorganic Perovskite Solar Cells using BaSnO₃ as Electron Transport Lay” 에너지환경대학원 석사과정 양소영, “Research on the Impact of Time-of-Use Tariff for Electric Vehicle(EV) Charging on Smoothing Net Load Pattern in Isolated Islands with EV Charging Behavior Model” 에너지환경대학원 석사과정 정준영, “The Study on the Effect of Nano-texture for 2-T Perovskite/Silicon Tandem Solar Cells Part 1. Fabrication of Nano-texture” 에너지환경대학원 석박통합과정 홍지호, “박막 고체산화물연료전지(SOFC) Gd_{0.1}Ce_{0.9}O_{1.95}(GDC)와 Ni-GDC 전극의 수소산화반응에서의 역할 규명”
포스터발표 세션	<ul style="list-style-type: none"> 에너지환경대학원 석사과정: 이영섭, 김슬칸, 김남희, 이승연, 김환동 융합에너지공학과 학부생: 임지훈, 김태영, 조선민, 최가빈

- **(현장실무급 전문가 세미나)** 에너지 및 환경분야에서 최고 경영자, 글로벌 석학, 사회운동가, 실무급 전문가를 초청하여 관련 정책 및 전략 수립에 대한 실무 정보를 제공하고, 향후 학생들의 진로에 도움을 주는 것을 목표로 함.
 - 연구주제 발굴을 위해 2022년 9월부터 전문가 세미나 10회를 개최(표 II-7 참고, 페이지 20)
- **(융합연구 기반 데이터베이스 구축)** 2022년-2023년 환경부의 지원을 받아 서울대, 고려대, 경희대 연구팀 공동으로 국내외 철강산업 에너지/온실가스 감축 관련 현재 기술 및 미래 적용 가능 기술 DB 구축함.
- **(대학본부의 융복합 연구지원(KU-FRG) 및 KU-KIST 사업 등 활용한 과제 기회 확대)** KU-KIST 공동연구사업으로 탄소중립을 위한 에너지환경 시스템 개발 및 응용, 태양광 E-chemical 연계 기술 개발 등 2개의 프로젝트 수행 중임.
- **(학연교수제 등 통한 국책연구소 우수학자 활용)** KU-KIST 업무협약을 통해 KIST 소속 우수 연구자 8명을 학연교수로 임용하여 강의, 학생지도(공동지도교수), 연구에 투입하고 있음.
- **(신재생 발전량 모니터링 테스트베드 등 융합데이터센터 구축)** 태양광 발전량과 특성 평가를 위한

시스템(태양광 셀 모듈 테스트베드) 구축 및 데이터 서버 운영 중임.

● (연구방법론 I & II 교과목 운영)

- 연구방법론 I에서는 학술논문의 기본 구성요소에 대한 이해를 바탕으로 연구목적 및 질문의 요건, 문헌연구 방법과 문헌 연구맵 작성, 연구윤리 및 문헌 인용 방법, 문헌연구를 통한 연구주제 탐색 및 설계와 같은 활동을 진행함. 문헌연구 결과 및 연구계획서 발표를 통해 교수-학생 및 학생-학생 간 비판적 논의를 진행하고 지속적인 피드백을 제공하며 이 과정을 통해 연구주제를 탐색하고 구체적인 연구계획서를 완성하는 것이 목표
- 연구방법론II에서는 구체화한 연구주제에 따라 자료포락분석, AHP와 같은 의사결정방법론, 계량분석, 전과정평가, 질적연구방법론 등 에너지·자원 및 환경 분야에서 범용적으로 활용되는 방법론의 습득을 통해 실제적인 연구수행이 이루어지도록 함. 학생들은 두 과목을 이수하는 과정에서 실제로 논문을 작성하며 최종적으로 논문의 게재가 목표

● (논문 작성법 등 비교과 프로그램 교육) 논문작성과 발표에 요구되는 테크닉과 도구에 관련된 다양한 비교과 프로그램을 본 교육연구단 독자적으로 마련하거나, 타 연구단과 대학 차원에서 개설된 프로그램뿐만 아니라 타교 또는 기업이 제공하는 교육 프로그램에 학생들이 참여할 수 있도록 정보 제공 등의 지원을 마련함(표 II-10).

- 예시 1: LG화학 iPBL 아이디어 경진대회에서는 LG화학 선임연구원과 산업에서 직면하고 있는 난제를 해결하기 위한 아이디어 도출 및 시범 연구 수행
- 예시 2: ‘직무부트캠프’에서는 배터리 Field 실무자가 진행하는 수업을 수강함으로써 배터리 연구개발 실무과제를 통한 이론적, 현장적 기본 지식을 함양
- 예시 3: Nature Master Class에 참여한 학생들은 Nature 본지 또는 자매지의 에디터들로부터 직접 초록에 대한 리뷰를 받거나 게재율을 제고하기 위한 기본적 사항을 학습

<표 II-10> 비교과 프로그램 목록 및 참여학생 (2022년 9월 - 2023년 8월)

연번	학생명	과정	비교과 프로그램	교육 일자
1	안정현	석사	서울시립대 분석기초이론교육	2022년 9월 15일
2	안정현	석사	서울시립대 XPS 교육	2022년 9월 29일
3	안정현	석사	서울시립대 XRD 교육	2022년 10월 6일
4	정무영, 안정현	석/박사	LG화학 iPBL 아이디어 경진대회	2022년 10월 - 2023년 1월
5	안정현, 김남희	석사	SISF 2022	2022년 11월 7일 - 11월 9일
6	조효빈, 안정현	석사	직무부트캠프	2023년 1월 - 2023년 2월
7	안정현 김남희, 박시은	석사	Semicon Korea Conference	2023년 2월 1일 - 2월 3일
8	이찬용, 김태민, 오용석, 김남희, 엄수빈, 조효빈	석/박사	Energy Tech Conference	2023년 2월 8일 - 2월 9일
9	안정현	석사	겨울방학프로그램 '상담해듀오' 애착검사	2023년 2월 14일
10	안정현	석사	겨울방학프로그램 '상담해듀오' 성격의 자화상검사	2023년 2월 16일
11	양소영, 김슬찬	석사	제4회 Nature Master Class at KU	2023년 2월 20 - 2월 22일
12	안정현	석사	학생상담센터 코로나 블루 심리지원 및 장학생 추천을 위한 정신건강 실태조사	2023년 2월 28일

13	정무영 오용석 엄수빈 조효빈	석/박사	2023 Inter Battery	2023년 3월 15일 - 3월 17일
14	정무영 오용석 엄수빈 조효빈	석/박사	2023 EV Trend Korea	2023년 3월 15일 - 3월 17일
15	안정현	석사	학생상담센터 심리적 위기 돕기 및 센터 이용	2023년 3월 31일
16	김태민, 안정현, 김남희	석/박사	현대에너지솔루션 리쿠르팅	2023년 5월 19일
17	김태민, 안정현, 김남희, Sude	석/박사	한양대 표면분석 세미나	2023년 5월 22일 - 5월 23일
18	이찬용, Sude, 김남희	석/박사	KIST 표면분석장비 워크숍	2023년 5월 25일
19	안정현	석사	학생상담센터 정신건강 실태조사	2023년 5월 26일
20	정무영, 이찬용, 김태민	박사	I-Corps 창업 교육	2023년 6월 25일 - 2023년 8월 11일

- (향후 계획: 취업/창업 정보 제공, 인턴십 프로그램 등 실질적으로 도움이 되는 커리어 관리) 본 대학원은 이미 교과목과 비교과 프로그램을 통해 학생들의 커리어 관리에 도움이 될 기회를 제공하고 있지만 앞으로는 좀 더 다양한 분야에서 실질적인 기회를 제공하는 데 중점을 두고자 함.
- 학생들이 자신의 관심사와 역량을 최대한 활용할 수 있는 맞춤형 커리어를 쌓을 수 있도록 취업 및 창업 등 여러 가능성을 염두에 두고 정보 제공 방안 및 산업체와 공기업 등에서의 인턴십 프로그램 기획하여 2023년 2학기부터 본격 실행

라. 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

☐ 참여대학원생 취(창)업 실적

- (2023년 2월 졸업자) 평가기간 내 참여대학원생 중 석사 5명, 박사 1명이 졸업함. 취업 대상자인 총 6명 중 석사 4명, 박사 1명이 취업에 성공하여 83%의 취업률을 달성함. 이들은 모두 권위 있고 공적으로 인정 받는 민간기업, 연구원, 그리고 대학에 취업함(표 II-11, II-12).

<표 II-11> 2023.2월 졸업한 교육연구단 소속 학과(부) 참여대학원생 취(창)업률 실적 (단위: 명, %)

구 분	졸업 및 취(창)업현황 (단위: 명, %)						취(창)업률% (D/C)×100
	졸업자 (G)	비취업자(B)			취(창)업대상자 (C=G-B)	취(창)업자 (D)	
		진학자		입대자			
		국내	국외				
2023년 2월 졸업자	석사	5	-	-	-	5	83
박사	1	X		-	1		

〈표 II-12〉 교육연구단 소속 학과 참여대학원생 취창업 실적

참여학생명	학위 과정	취득학위	졸업논문 제목	취업기관명
	기술 (신재생에너지)	석사	Immediate Interface Engineering for Efficient and Stable Perovskite Solar Cells by Hole Transport Layer Dopant	삼성전자
	기술 (신재생에너지)	석사	The Combining of MXene and Bimetallic MOF-derived Transition Metal Sulfide as Binder-Free Electrode for High-Performance Supercapacitor	한국과학기술 연구원
	기술 (신재생에너지)	석사	Physical and electrochemical analysis on low-temperature deposited electrolyte, anode for thin-film SOFCs	Umicore
	기술 (신재생에너지)	박사	Studies on Photovoltaic, Light Conversion, and Electrochromic Materials and Devices for Renewable Energy and Energy Efficiency Management Applications	고려대학교
	기술 (첨단환경과학)	석사	Real-time detection of label-free submicron-sized plastics using flow-channeled differential interference contrast microscopy	한국과학기술 연구원

3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

가. 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성

- (우수한 학생 연구실적) 해당기간(2022년 9월~2023년 8월) 본 교육연구단의 참여대학원생은 제1저자로 총 15편의 논문을 학술지에 게재하였으며 이 중 13편이 SCIE(SCIE+SSCI)급 저널로 우수한 연구성과를 보임(참여대학원생 연구실적 전체 목록은 Appendix 표 1 참고).

나. 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

- (국내외 학술대회 발표 실적) 해당기간 (2022년 9월~2023년 8월) 본 교육연구단의 참여대학원생은 국내외 학술대회에서 구두 또는 포스터 발표를 통해 35편의 발표 실적을 달성. 다음은 그 중 참여학생들의 학술대회 대표 업적물을 소개함(참여대학원생 학술대회 발표 전체 목록은 Appendix 표 2 참고).

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
1	<p style="text-align: center;">이현아</p> <p style="text-align: center;">The Impact of Renewable Energy Incentive Policy on the Sustainability of ODA Funded Power Facility: Case of a Bangladesh Village</p> <p style="text-align: center;">학술대회: Renewable Energy and Environment Engineering 학술대회 주관기관: Universite de Bretagne Occidentale, Institut de Recherche Dupuy de Lome, University of Agder 학술대회 기간: 2023년 8월 23일-25일</p> <p>■ 연구의 의의</p> <ul style="list-style-type: none"> • 국제사회는 2030년까지 에너지 접근성(access to energy)을 높이는 해결책 중 하나로 비용효율성이 좋은 재생에너지 시스템을 개발도상국에 지원하고 있다. 그러나 재생에너지를 활용한 시스템은 개발도상국에서 높은 실패율을 보이는 치명적인 단점을 가지고 있었다. • 이 연구는 지역사회를 기반으로 한 재생에너지 프로젝트의 실패율을 낮추는데 유지보수 비용을 지원할 수 있는 재생에너지 지원정책의 활용성을 분석해 보았다. <p>■ 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> • 선행연구의 경우 경제적 문제를 지적하는 것은 많았지만 현재 적용되고 있는 재생에너지 인센티브 정책을 ODA사업과 연계시킨 연구는 찾아보기 어려웠다. • 재생에너지 시스템은 정기적인 유지보수가 필요하기 때문에 현지에 적절한 설비를 갖췄다 하더라도 유지보수를 위한 경제적 자립 혹은 지원 정책 및 제도가 없다면 장기적 사용은 부정적으로 평가된다. • 제도적 인프라를 포함한 흡수력이 높을수록 재생에너지 ODA의 효과가 높다(Yang et al, 2020)는 연구결과는 있지만 아직 사례를 분석한 실증연구는 부족하다. • 이 연구는 이론 검증을 위한 실증연구 자료를 제공하며 공적자금 분야의 재생에너지 시스템 유지와 신재생에너지 정책과의 관계성 분석에 기여하고자 한다. <p>■ 연구 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> • 이 연구는 방글라데시 한 지역에 ODA로 지원된 태양광 시설의 경제성 분석을 통해 개발도상국에 지원된 재생에너지 시설의 유지보수에 재생에너지 지원정책이 경제적으로 도움이 될 수 있는지 살펴보았다. 이 연구에서는 Net metering, Net billing, FIT 세 가지 청구 방법을 확인하였고 모두 현지에 설치된 사례에 경제적 도움이 되는 것으로 분석하였다. • 순절약비용을 비교해보면 Net billing 미화 2,135달러, FIT 미화 1,902달러, Net metering 미화 743달러 순으로 Net billing 청구 방법이 가장 많은 경제적 혜택을 받을 수 있었다. <p>■ 한계</p> <ul style="list-style-type: none"> • Net billing과 FIT의 경우 실제로 수익이 창출된다는 점에서 비영리의 목적으로 사회경제발전에 기여하고자 시작된 사업의 취지와 다를 수 있는 점이 더 논의해야할 지점이라고 생각한다. 비영리단체에서 ODA로 지원받은 설비를 통해 수익사업과 같이 이윤 발생할 경우 이를 어떻게 분배하고 지역사회 발전에 이바지할지에 대한 정책적 제언이 필요하다.

곽규일, 우종률

**Analyzing Public Acceptance of Hydrogen Refueling Station in South-Korea:
A Discrete Choice Experiment**

학술대회: 2022 INFORMS Annual Meeting

학술대회 주관기관: INFORMS

(The Institute for Operations Research and the Management Sciences)

학술대회 기간: 2022년 10월 16일-19일

■ 연구의 의의

- 최근 저탄소 경제와 그리고 더 나아가 탄소중립을 실현하기 위해 한국을 비롯한 세계 주요국은 차세대 청정에너지원인 수소를 주목하고 있다. 수소는 life cycle 관점에서 저탄소 에너지원으로, 장기적으로 화석연료를 대체할 수 있다. 하지만, 수소에 대한 불안감과 거부감은 현재 대한민국 사회에서 수소경제 및 수소기술의 확산에 장애물이 되고 있다. 이와 동시에 수소자동차는 현재 높은 판매가와 대중들의 수소에 대한 인식, 공공 수용성에 대한 문제 등으로 인해 정책의 실효성이 낮은 실정이다. 수소자동차의 확산을 위해서는 수소충전소(HRS, Hydrogen Refueling Station) 인프라가 선행되어야 하며, HRS 보급의 대중의 수용성을 높이고 확산시키는 요인에 대한 연구이다.

■ 차별성

2

- 국내에서 HRS의 수용성에 관한 연구들이 수행되었지만, HRS 건설 프로젝트를 구성하는 구체적인 기술적, 정책적 속성(보조금, 수소탱크 설치 유무, HRS 크기 등)에 대한 지역 주민의 수용성을 자세하게 분석한 연구는 없었다. 이에 본 연구에서는 일반적인 수용성 분석과 달리 세부 속성을 더 자세하게 다루고, 설계 속성에 대한 선호도를 분석하고 지역 주민 수용성을 높일 수 있는 HRS 보급 전략을 도출하는 실용적인 연구라는 점에서 차별성이 있다.

■ 연구 결과

- 본 연구에서는 이산선택실험 설문을 통해 수소충전소에 대한 대중의 수용도를 분석하고, 추정 결과를 바탕으로 수소충전소 구축에 대한 한계수용의향(MWTA)을 정량적으로 분석하였다. 설문조사 결과, 대한민국의 국민들은 수소충전소 건설 프로젝트에 대한 찬성 및 반대 의사결정을 할 때 보조금의 수준을 가장 중요하게 생각했고, HRS와 거주지 사이의 거리, HRS 건설 및 설계의 주체가 그 뒤를 이었고, HRS의 용량, 수소 직접 생산여부, 수소탱크의 존재에 대해서는 크게 반응하지 않았다.

■ 결론

- 대중들이 수소에 대한 거부감이 없어지기 전에는 가급적 인구 밀도가 낮은 지역에 용량이 큰 HRS를 건설하는 것이 인프라 확대에 유리할 것으로 판단된다. 또한, 수소경제의 초기단계에서는 대기업보다는 신뢰성이 높은 공공기관이 설계 및 시공을 주도하는 것이 수용성 제고에 큰 도움이 되는 것으로 보인다. 만약 HRS를 거주지 인근에 짓는다면, 인근 주민들에게 보조금을 많이 지급함으로써 수용성을 높일수 있으나 그에 따른 사회적 비용이 상당할 것으로 보인다. 실제로 서울 시내에 HRS를 건설한다면 낮은 수용성으로 주민들의 반대가 심하고, 이를 해결하기 위해 지출되는 보조금이 지나치게 많아 사업자가 경제성 확보가 어려울 것으로 예상된다. 따라서 현재 수용성 상황으로는 도심과 먼 곳에 대형 HRS를 건설하고, 이후 정책적 홍보와 노력으로 수소에 대한 수용성을 확보한 뒤에 도심권으로 점차 확대해야 한다. 결국엔 HRS가 거주지 근방에 있어야 수소자동차 보급이 가속화될 것이다. 마지막으로 수소 직접생산 여부와 수소탱크 설치 여부는 본 연구에서 도출한 MWTA와 HRS 건설 및 운영에 대한 비용을 비교하여 사회적 후생을 극대화할 수 있는 범위 내에서 결정할 필요가 있다.

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
3	<p style="text-align: center;">이승연, 손우진, 우종률</p> <p style="text-align: center;">수소연료전지발전소 지역주민 수용성 영향요인 분석</p> <p style="text-align: center;">학술대회: 2023년 한국혁신학회 춘계학술대회: ESG 경영의 확산과 국가혁신시스템 고도화 전략 학술대회 주관기관: 한국혁신학회 학술대회 기간: 2023년 5월 12일</p> <p>■ 연구의 의의</p> <ul style="list-style-type: none"> 수소연료전지 발전소 건설의 수용성과 연관된 주요 속성 분석과 지역 주민의 타협을 위한 보조금 산정을 위해 조건부 가치 측정법(Contingent Valuation Method, CVM)을 통해 거주지 인근 수소연료전지 발전소 건설에 대한 수용의사액(Willingness to accept, WTA)를 산정하였다. 이산선택실험(Discrete Choice Experiment, DCE)를 적용하여 지역 주민의 수소연료전지발전소에 대한 수용성에 영향을 미치는 각 세부 속성에 대한 선호도와 Marginal WTA 분석을 진행하였다. 위 실험 결과를 바탕으로 수소연료전지 발전소에 대한 사회적 수용성 제고 전략 방안을 도출하였다. <p>■ 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> 수소연료전지 발전소의 건설의 수용성과 연관된 주요 속성 분석이나 지역 주민의 타협을 위한 보조금 산정에 대한 선행연구는 미비한 상태이다. 또한 수용성 분석에 대한 선행연구의 경우 조건부 가치 측정법이나 이산선택실험 중 단일 실험만 적용하였다. <p>■ 연구 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> 내부에서 천연가스 개질, 수전해 등으로 수소를 직접생산하고 수소를 저장하는 탱크를 보유하고 있으며 폐열을 온수 공급에 활용하는 5MW 규모의 수소연료전지발전소를 주거지 1km 반경 이내에 건설할 때, 연간 780만원 (10,077 million USD)의 보조금을 받으면 수소연료전지 발전 설비를 수용할 의향이 있는 것으로 나타났다. 나이와 소득수준은 WTA금액에 영향을 미치지 않지만, 성별의 경우 남성보다 여성의 수용 의사가 더 높은 것으로 나타났으며, 수소에너지에 대한 사전 지식이 없을수록 수용 의사가 낮아져 더 높은 보조금을 원한다. 발전소의 거리가 주거지로부터 멀수록, 온수를 공급할수록, 보조금의 규모가 클수록 발전소에 대한 수용의사가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. <p>■ 결론</p> <ul style="list-style-type: none"> 지역주민을 대상으로 한 수소에너지 관련 지식 향상을 위한 정보제공 전략은 수용성 향상을 이끌어 낼 것으로 보인다. 수소에너지에 대한 인식과 신뢰수준을 높이기 위해 올바른 정보를 제공하는 것이 필요하다. 수소에너지 활용으로 인한 장점으로 지역주민에게 강조한 홍보 방식을 통해 발전소에 대한 지역주민의 인식개선의 효과를 극대화할 수 있을 것이다.

양소영, 우종률

The Research on the Impact of Time-Of-Use Tariff on EV Charging Behavior and Resolving The Curtailment of Renewable Energy: With the Case of Jeju Islands, South Korea

학술대회: 2022 INFORMS Annual Meeting

학술대회 주관기관: INFORMS

학술대회 기간: 2022년 10월 16일-19일

■ 연구의 의의

- 본 연구에서는 확대되는 전기자동차가 ‘수요자원’으로써 어느 정도의 그리드망 영향 잠재력을 갖고 있는지 평가하고자 하였다.
- 특히, 시간, 거리 등 전기자동차 충전 조건에 따른 소비자의 가격탄력성을 바탕으로 시간대별 요금 변화에 따라 움직인 최종 충전 수요 패턴을 도출하는 ‘EV Charging behavior model’을 구축하고, 충전 패턴이 미래 전력 그리드망에 어떤 영향을 가져오는지 추정한 뒤 이를 바탕으로 최적의 Time-of-Use 충전 요금제를 설계하는 것을 목표로 한다.

■ 차별성

- Time-of-Use 요금제의 행동변화 연구의 경우, 다양한 조건 및 국가를 대상으로 수행된 선행연구가 많이 수행된 바 있다. 또한, Time-of-Use 요금제를 최적화하여 요금 수준을 제안하는 연구 또한 다량 수행되었다.
- 그러나, (1) 소비자의 진술된 선호도를 반영하여 Time-of-Use 요금제에 따른 행동변화 수준을 도출하고, (2) 이를 실제 미래 그리드망 시뮬레이션과 연계하여 요금제를 최적화한 ‘통합연구’는 아직 미흡한 것으로 보인다.
- 본 연구는 첫째, 이산선택모형을 사용하여 아직 도입되지 않은 요금수준에 대한 소비자의 선호도를 도출하였고, 둘째, 선호도 및 민감도를 바탕으로 전기차 충전 요금제에 따른 행동변화 모델을 구축하였으며, 셋째 비선형 최적화 기법을 사용하여 요금제 최적화를 한 뒤 Generalized Algebraic Modeling (GAMS) 중 CONOPT4 Solver을 사용하여 각 요금제의 잠재력을 분석하는 시나리오 시뮬레이션을 수행하였다.

■ 연구 결과

- 이산선택모형 결과, 충전 시간대에 따른 소비자의 선호는 요금 변동에 따라 충분히 의사결정을 바꿀 수 있을 만큼의 유의미한 수준을 보였다. (8am-12pm: base / 12pm - 6pm: 1.3478 / 6pm - 10pm: 1.0823 / 10pm - 8am: 2.6309)
- 요금제 시나리오 별 시뮬레이션 분석 결과, 최적의 Time-of-Use 도출 시 미래 전력망 운영리스크를 충분히 보완할 수 있는 수요관리 자원 잠재력을 확인할 수 있었다.
- 그 중, 특히 0원 ~ 1,000원을 제약조건으로 설정한 시나리오 2에서 도출한 요금제에서 가장 최대의 잠재력을 확인할 수 있었으며, BASE 시나리오 (기존 요금) 대비 다음과 같은 개선효과를 도출하였다. (출력제한량 약 22.61% 감소, LNG 발전량 및 비용 약 8.55% 감소, 탄소배출량 약 8.55% 감소)

■ 한계

- 본 연구에서는 전기자동차 일반 평일 사용자를 중심으로 선호도 분석을 수행하였다. 이는 타 사용자 (e.g. 상업용, 여행자 등)은 전체에서 미비한 비중을 차지하고 있기 때문이다. 그러나, 각 사용자 그룹마다 행동변화 탄력성, MWTP 및 선호도가 상이할 수 있기 때문에 각 그룹의 개별적인 충전 패턴을 반영한 통합 행동변화 모델을 구축하면 보다 면밀한 분석이 가능할 것으로 기대한다.

4

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
5	<p style="text-align: center;">정중헌, 양성은, 손지원</p> <p style="text-align: center;">Development of High-Performance Proton-Conducting Electrolyte Water Electrolysis Cell through the Improvement of Faradaic Efficiency</p> <p style="text-align: center;">학술대회: 22년 추계 세라믹 학회 학술대회 주관기관: 한국 세라믹 학회 학술대회 기간: 2022년 10월 26일-28일</p> <p>발표 내용: High-temperature water electrolysis using solid oxide cells has the highest efficiency among the water electrolysis technologies. However, water electrolysis using an oxygen ion conductive electrolyte operates at a high temperature of over 700°C, resulting in the accelerated degradation of the constituent materials. But, protonic electrolyte is attracting attention as an alternative to overcome these shortcomings while maintaining the high efficiency of high-temperature electrolysis. BCZYYb 4411 ($\text{BaCe}_{0.4}\text{Zr}_{0.4}\text{Y}_{0.1}\text{Yb}_{0.1}\text{O}_{3-\delta}$) is the most studied proton conducting electrolyte due to its high proton conductivity and stability. However, BCZYYb 4411 is known to have low faradaic efficiency, due to its mixed conductivity. At this stage, no extensive study has been reported that carefully measures the faradic efficiency of the BCZYYb 4411. In this study, we measured the faradaic efficiency of BCZYYb 4411 electrolytes under various temperatures, humidity, and current densities and tried to find the suitable operating condition for protonic conducting electrolysis using BCZYYb 4411 electrolyte.</p>

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
6	<p style="text-align: center;">정무영, 이찬용, 김태민, 전용석</p> <p style="text-align: center;">Developing a Transparent Supercapacitor Electrode Using NiCo-LDH on ITO for Energy Storage Applications</p> <p style="text-align: center;">학술대회 : 2023 한국전기화학회 춘계총회 및 학술발표회 주관기관 : 한국전기화학회 학술대회 기간 : 2023년 4월 5일-7일</p> <p>발표 내용: This study focuses on developing a new type of electrode for supercapacitors, which is transparent and can be used in renewable energy storage applications. Supercapacitors are energy storage devices that have a high powerdensity and can charge and discharge quickly. They are becoming increasingly popular in renewable energy systems as they can help to balance the supply and demand of energy, ensuring a stable and reliable energy supply. One of the challenges of using supercapacitors in renewable energy systems is that they require high-performance electrodes that can withstand repeated charge and discharge cycles. Additionally, in some applications, such as in portable electronics or wearables, the electrodes must be transparent to allow the device to function properly. To address this challenge, the researchers in this study used a simple and cost-effective electrochemical deposition technique to synthesize NiCo-LDH on ITO substrates, resulting in a transparent supercapacitor electrode. The NiCo-LDH material was chosen due to its high capacitance and good cycling stability. The resulting electrode exhibited excellent electrochemical performance, including a high specific capacitance and good cycling stability. Additionally, the transparency of the electrode makes it a promising candidate for use in transparent and flexible energy storage devices.</p>

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
7	<p data-bbox="300 293 1390 327">Hyun Joo Lee, Dong Keon Lee, Hyung Ju Park, Chul Huh, Yongseok Jun, Yong Ju Yun</p> <p data-bbox="277 374 1414 432">Soft, Implantable, and Biocompatible Reduced Graphene Oxide Strain Sensor for Continuous Cardiac Activity Measurement and Drug Assessment</p> <p data-bbox="547 479 1142 512">학술대회 : 2023년도 한국센서학회 춘계학술대회</p> <p data-bbox="692 521 994 555">주관기관 : 한국센서학회</p> <p data-bbox="608 564 1078 598">학술대회 기간 : 2023년 3월 29일-30일</p> <p data-bbox="261 651 1430 1234">발표 내용: Implantable strain sensors that reliably detect various biomechanical signals in vivo are essential electronic devices for advanced biomedical and bioengineering technologies. However, it is a challenge to prepare soft implantable strain sensors with high linear sensitivity, good mechanical/chemical stability, and proper biological compatibility. Here, we report the design and experimental analysis of a new implantable graphene strain-sensor concept. Novel soft and implantable graphene mechanical sensing skins were demonstrated by constructing a high-quality reduced graphene oxide multilayer and a micro-cracked polymer substrate, which enabled in-vivo biomechanical signals to be accurately measured. We specifically demonstrate useful strain sensor properties, including linear high sensitivity, excellent mechanical/chemical stability, and biosafety/biotissue-friendliness. In addition, the developed technology facilitates mass production using facile and cost-effective processes. We further demonstrate the versatility of the implantable strain sensor in challenging real-world implantable bioelectronic applications scenarios where a rat's heart vigorously moves while measuring cardiac activity, thereby generating artifacts.</p>

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
8	<p style="text-align: center;">김진형, 엄수빈, 이민오, 전용석</p> <p style="text-align: center;">Enhancing the Stability of Inverted Perovskite Solar Cells Using UiO-66 MOFs (Metal-organic Frameworks)</p> <p style="text-align: center;">학술대회 : 한국태양광발전학회 2023 춘계학술대회 주관기관 : 한국태양광발전학회 학술대회 기간 : 2023년 3월 30일-31일</p> <p>발표 내용: Inverted perovskite solar cells have drawn much attention due to their reduced hysteresis, low-temperature processability, and as a suitable structure for perovskite/silicon tandem solar cells. However, just as conventional perovskite solar cells, their long-term stability remains a major challenge for commercialization, since they are extremely vulnerable to the degradation accelerated by environmental factors such as moisture, air and light. In this study, we explored the use of UiO-66 metal-organic frameworks (MOFs) as a means of improving the stability of the inverted perovskite solar cells. UiO-66 is a Zirconium-based metal-framework with terephthalic acid organic linkers, known for its high chemical stability and absorption of ultraviolet (UV) light, which is harmful to the operation of perovskite solar cells. We found that incorporating UiO-66 interlayer between the hole-transporting layer, poly[bis(2,4,6-trimethylphenyl)amine] (PTAA), and perovskite layer improved the stability of inverted perovskite solar cells, especially against continuous light irradiance. The device achieved the efficiency of 17.8%, which showed a slight increase from 17.6% of the control device, and maintained higher than 98% of the initial efficiency under 1200 seconds of 1 sun irradiance. In addition, we found that the hydrophilic property of UiO-66 improved the wettability of the PTAA surface, which has a hydrophobic nature and is normally incompatible with hydrophilic perovskite layers. This improvement in wettability of perovskite on the PTAA surface could have significant implications for large-scale perovskite solar cell fabrication, as it could increase the surface coverage, efficiency, and reproducibility of inverted perovskite solar cells. Our findings suggest that UiO-66 metal-organic frameworks could be a promising strategy for enhancing the stability of inverted perovskite solar cells, making them a more attractive structure for perovskite/silicon tandem solar cells.</p>

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
9	<p style="text-align: center;">정무영, 조효빈, 전용석</p> <p style="text-align: center;">Synergetic Effect of Surface-Controlled and Diffusion-Controlled Charge Processes of NiP/CoP@NF for High Energy Density Supercapacitor</p> <p style="text-align: center;">학술대회 : 2022 Materials Research Society Fall Meeting 주관기관 : Materials Research Society 학술대회 기간 : 2022년 11월 27일 - 2022년 12월 2일</p> <p>발표 내용: Since the rapidly increasing concerns about contamination of the environment and demand for energy storage systems, the development of high energy density supercapacitors has been essential. Although the commercial electrode for the supercapacitor has been carbon-based material, other transition metal-based electrode materials, which are pseudocapacitive or battery-like materials, have been researched by lots of academic or commercial groups due to the low energy density of carbon material. In this study, by combining the pseudocapacitive MOF-derived CoP material with the battery-like NiP material, high energy density NiP/CoP electrode material was fabricated. NiP/CoP@NF exhibited superior specific capacitance of 1154.4 F g⁻¹ at 1 A g⁻¹, exhibiting the mixed charging mechanism of both CoP and NiP materials. An asymmetric supercapacitor (ASC) showed a high energy density of 27.7 Wh kg⁻¹ at the power density of 800 W kg⁻¹ with cycle retention of 86.36% at 10000 cycles.</p>

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
10	<p style="text-align: center;">오용석, 이찬용, 김태민, 전용석</p> <p style="text-align: center;">Effect of a Retarder with -OH Group on the Metal Halide-based Semiconductor Perovskite Electron Transport Layer</p> <p style="text-align: center;">학술대회 : 한국태양광발전학회 2022 추계학술대회 주관기관 : 한국태양광발전학회 학술대회 기간 : 2022년 11월 24일-26일</p> <p>발표 내용: Metal-halide-based semiconducting perovskite materials have been in the spotlight because of the ability to tune the bandgap. In order to increase the stability of the metal halide-based semiconductor perovskite, the charge absorption layer near the perovskite absorber is important. For example, TiO₂, which is mainly used in the electron transport layer(ETL), is known to be overestimated due to its photocatalytic reaction. SnO₂, which is spotlighted as a substitute for TiO₂, has the most suitable conduction band edge with respect to perovskite materials, along with a wider band gap and higher electron mobility than those of TiO₂. However, aggregation of the SnO₂ ETL in thin film formation results in poor morphology and low reproducibility. So, development and elucidation of aggregation-controlled SnO₂ films via chemical bath deposition (CBD) are important for advances in the perovskite solar cells. Herein we study about aggregation-regulated SnO₂ films deposited via a rapid CBD method using retarding agents with multiple functional -OH groups. Through the density functional theory, it was confirmed that the deposition of SnO₂ using a retarder not only prevented aggregation but also increased the binding energy. And we can show that the morphology, chemical state, and energy banding properties of the SnO₂ film vary depending on the retarder. The device using SnO₂ using glycerol as a retardant for ETL showed an efficiency of 20.12% and good durability.</p>

다. 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

- (특허) 참여대학원생의 경우 장기간의 준비 및 승인 기간 등을 요구하는 특허, 기술이전, 창업 등의 개인실적을 내기가 현실적으로 쉽지 않음. 그럼에도 불구하고 학생이 참여한 4건의 특허 등록에 성공하는 성과가 있었음(표 II-13). 또한 9건의 특허 출원이 된 상태임(표 II-14).

〈표 II-13〉 최근 1년간(2022.9.1.-2023.8.31.) 참여학생 특허 등록실적

연번	연도	항목	등록 국가	등록일자	등록번호	발명의 명칭	등록인 구분	발명인 명
1	2022	국내특허	대한민국	2022.09.01		신축성 태양광 모듈 및 이를 포함하는 웨어러블 전자기기	고려대학교 산학협력단	전용석, 강윤목, 김승규, 이찬용
2	2023	국내특허	대한민국	2023.03.23		마이크로 LED가 설치된 태양광 모듈 및 이의 제조 방법	고려대학교 산학협력단	전용석, 강윤목, 이찬용

3	2023	국내특허	대한민국	2023.08.29		고투광성 태양광 모듈	고려대학교 산학협력단	전용석, 강운목, 이찬용
4	2023	국내특허	대한민국	2023.08.02		층격 흡수구조체를 포함한 태양광 모듈	고려대학교 산학협력단	전용석, 강운목, 이찬용 , 이창현

<표 II-14> 최근 1년간(2022.9.1.-2023.8.31.) 참여학생 특허 출원실적

연번	연도	항목	출원 국가	출원일자	출원번호	발명의 명칭	등록인 구분	발명인 명
1	2022	국내특허	대한민국	2022.10.07		전기화학적 2,5-푸란다이카복실산 제조를 위한 구리, 니켈 수산화물 혼합 촉매전극	고려대학교 산학협력단	이동기, 민병권, 우종인
2	2022	국내특허	대한민국	2023.09.14		미정제 25-Hydroxymethylfurfural 용액의 정제과정이 생략된 고순도 2,5-Furancarboxylic acid 제조법	고려대학교 산학협력단	이동기, 민병권, 우종인
3	2023	국내특허	대한민국	2023.01.12		태양광 모듈 및 이의 제조 방법	고려대학교 산학협력단	전용석, 강운목, 이찬용 , 채경진
4	2023	국내특허	대한민국	2023.01.18		반투명 태양전지 및 그 제조방법	고려대학교 산학협력단	전용석, 김동환, 강운목, 이해석, 편도원, 이찬용 , 장홍준
5	2023	국내특허	대한민국	2023.02.28		지지기판, 이를 포함하는 태양광 모듈 및 태양광 모듈의 제조방법	고려대학교 산학협력단	전용석, 강운목, 이찬용 , 채경진
6	2023	국내특허	대한민국	2023.01.17		스페이서가 적용된 투명한 슈퍼캐패시터 구조	고려대학교 산학협력단	전용석, 정무영, 오용석 , 조효빈
7	2023	국내특허	대한민국	2023.04.07		광 가이드 투명 태양전지를 이용한 자가 충전 투명 슈퍼캐패시터 구조	고려대학교 산학협력단	전용석, 정무영, 안정현
8	2023	국내특허	대한민국	2023.06.28		전기화학 소자용 전극재	고려대학교 산학협력단	전용석, 정무영, 이찬용 , 오용석
9	2023	국제특허	미국	2023.07.31		Structure And Process Of Easily Expandable Assembled Solar Modules And Assemblies	고려대학교 산학협력단	전용석 강운목, 이찬용 채경진

- **(기술이전)** 현재 본 교육연구단 소속 참여대학원생 중 지난 사업년도 동안 기술이전을 기획 중이거나 완료한 학생은 없음. 다만 교내 산학협력단 ‘기술산업화센터’에서는 대학원생들의 특허 및 기술이전에 대한 교육을 진행중이고, 본 교육연구단에서는 관심있는 참여대학원생에 한해 기술산업화센터를 연결시켜주고 있음.
- **(창업)** 현재 본 교육연구단 소속 참여대학원생중 지난 사업년도 동안 창업을 기획 중이거나 창업을 완료한 학생은 없음. 다만 교내 산학협력단에서 학생들의 창업에 대한 여러 가지 교육 및 행사를

주최하고 있으며, 창업 관심 학생이 있을 경우 산학협력단에서 주최한 교육 및 관련 행사에 대한 공지 및 여러 가지 지원을 계획하고 있음.

- (산학협력단-기술사업화센터 & 한국연구재단) 예비창업자를 위한 기술창업 기본교육 (KUEE, Korea University Entrepreneurship Education)을 주 2회 온라인으로 진행 각 강의당 90분 이내
- (산학협력단) 공공기술기반 시장연계 창업탐색지원사업: 해외진출 창업실무 교육
- (산학협력단-기술사업화센터) KU 실험실 창업 교육 프로그램 운영
- (크립슨창업지원단) 현재 교내 크립슨창업지원단에서는 대학원생 프로그램으로 창업강좌/창업동아리/기술개발자교육 등을 운영 중

4. 신진연구인력 현황 및 실적

가. 연구인력 현황 및 확보계획

● 우수인력 확보

- 본 교육연구단은 지난 사업연도 동안 (2022.9.1.~2023.8.31.) 총 3명의 신진인력을 확보함(표 II-15).

〈표 II-15〉 BK21 4단계 사업 우수 신진연구인력 현황 (2022.9.1.~2023.8.31.)

이름	연구 분야 및 성과
Edmund Prabhakar Samuel	(재직 중) 에너지 저장소재 전공 공학자로서 기술트랙 학생 논문지도 및 공동연구를 수행 중.
이은주	(2023.4.1. 임용~재직중) 에너지환경정책학 박사 석박사 학생들과 공동연구팀을 구성하여 연구 과제 수행 및 공동연구를 진행 중.
이형석	(2023.8.31.까지 재직) 지속가능경영학을 전공한 경영학자로서 정책전공 학생 논문지도 및 공동연구를 수행함.
Shijun Cao	(2023.2.28.까지 재직) 경제학 박사로서 정책전공 학생 논문지도 및 공동연구를 수행하였고 Smart City and Energy Transition, 한국학(영강) 등 수업을 팀 티칭함.

나. 신진연구인력 지원 계획

- **(안정된 계약 기간 및 급여 보장 및 연구지원)** 신진인력에게 안정된 계약기간을 보장하고, 2022년도 급여수준을 첫 번째 사업 시행연도인 2020년 대비 약 16.7% 인상. 또한 해외 연수 및 학회 참여를 지원하며 성과에 준하는 인센티브를 제공함.
- **(우수연구 성과급 지급)** 대학원 우수연구 성과급 기준이 고려대학교 전임교원만을 대상으로 하기 때문에, 비전임교원으로 분류된 신진인력에 대학 우수연구 성과급 지급이 불가함. 추후 이에 대한 검토와 개선 필요함.
- **(연구공간 및 학술 활동 지원)** 각 신진연구인력에게 연구공간 및 개인 컴퓨터 등 연구에 필요한 환경을 제공하고 융합연구 및 학회참석에 필요한 충분한 인력과 예산을 확보함. 또한 본교의 학제간 연구사업 지원과 외부과제 수행을 허용하고 있으며 전임교원의 과제 참여도 가능함.
- **(커리어 발전 지원)** 예비 교수자 수업과 영어 교수법 강의(English Mediated Instruction) 수업을 적극적으로 활용하여 교수법을 배우고 개선해 나가는 등 커리어 발전을 지원하고자 함.

다. 신진연구인력 연구역량 대표실적

- 본 교육연구단 소속 신진연구인력은 지난 사업년도(2022.09.~2023.08) 동안 SCI(E)급 이상의 저널에 논문을 게재하였으며, Edmund Samuel 연구교수는 Impact Factor 19.069인 Nano Energy(SCIE)에 논문을 게재하는 성과를 달성하였음(신진연구인력 연구실적 전체 목록은 Appendix 표 3을 참고).

연번	신진연구인력명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용
				세부전공분야		
대표연구업적물의 적합성과 우수성						
1	이형석		인문사회계열	경제학	저널논문	①저자명: 이형석
				환경경제학		②논문제목: Cross-regional Collaborative Governance in the Process of Pollution Industry Transfer: The Case of Enclave Parks in China
						③학술지명: Journal of Environmental Management
						④권(호), 페이지: 330, 117113
						⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 0명
						⑥게재연도: 2023년
						⑦DOI 번호(해당시): https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117113
<p>To promote the effectiveness of cross-regional collaborative governance of pollution firm transfer, a stochastic evolutionary game model among three sectors (flying out parks, pollution firms, and flying in parks) was proposed. According to the three policy goals, three paths of collaborative governance were investigated using numerical simulations. Our findings focus on the following three aspects: (i) If policymakers want to urge more parks and pollution firms in the three sectors to choose a cooperation strategy, additional relocation subsidies from superior governments for pollution firms have the most remarkable effect. However, excessive subsidies will push flying out parks to inhibit the transfer of pollution firms. (ii) If policymakers intend to urge parks and pollution firms to cooperate quickly, increasing the environmental costs of firms will play key role. Notably, even if the environmental costs are low, they can still considerably and positively affect choosing a transfer strategy of for pollution firms. (iii) If policymakers expect defection parks and pollution firms to be as few as possible during the regulation process, the cost-sharing mechanism with only two sectors (flying in parks and flying out parks) is invalid. Introducing higher-level departments or other sectors for cost-sharing to escape the current dilemma is necessary.</p>						

연번	신진연구 인력명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회계 열	전공분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용
				세부전공 분야		
대표연구업적물의 적합성과 우수성						
2	Edmund P. Samuel		이공계열	Mechanical Engineering	저널 논문	①저자명: Edmund P. Samuel
				Energy storage		②논문제목: Hierarchical ZIF-67 of Dodecahedral Structure on Binder-free Carbon Nanofiber for Flexible Supercapacitors ③학술지명: Journal of Industrial and Engineering Chemistry ④권(호), 페이지: 118, 458-468 ⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 2명 ⑥게재연도: 2023년 ⑦DOI 번호(해당시): https://doi.org/10.1016/j.jiec.2022.11.029
<p>Binder-free, highly flexible carbon nanofibers decorated with ZIF-67 dodecahedral structures are synthesized via electrospinning and impregnation for use in supercapacitor applications. Because cobalt ions from ZIF-67 are highly attracted to carbon rings and the oxygen functional groups of polyvinylpyrrolidone (PVP), the concentration of PVP is varied to tune the morphology of ZIF-67. Accordingly, morphology tuning via PVP inclusion enhances the electron transfer within the ZIF-67-derived CoOx dodecahedral structure. Parametric studies are conducted to investigate the effect of PVP concentration on the electrochemical performance of carbon nanofibers decorated with ZIF-67. The optimal sample yields a capacitance of 444 mF · cm⁻² at a current rate of 5 mA · cm⁻². The corresponding capacitance retention is 94 % after 30,000 cycles with a potential window of 1 V. Furthermore, the energy density increases by 262.7 % when the potential window is increased from 1 to 1.5 V. These results confirm the long-term stability and outstanding energy-storage capabilities of the fabricated supercapacitor electrodes. In this study, the dodecahedral structure of ZIF-67 was attached to 2-methylimidazole/PAN fibers, which were then transformed into binder-free flexible carbon nanofibers. The inclusion of PVP in the ZIF-67 precursor solution facilitated morphological changes in the dodecahedral structure of ZIF-67. The dodecahedral structure disappeared when PVP inclusion was excessive. The optimal PVP concentration was identified, and a capacitance of 444 mF · cm⁻² at a current rate of 5 mA · cm⁻² was recorded. This capacitance value is the highest among those reported for ZIF-67-based supercapacitor electrodes. The corresponding capacitance retention was 94 % at 30,000 cycles with a potential window of 1 V, indicating the long-term stability of the electrode. The fabricated electrode underwent 1,000 bending cycles and retained its initial CV curve, thus confirming the superior mechanical resilience of the electrode.</p>						

라. 신진연구인력 교육역량 대표실적

- 지난 사업 연도(2022.09~2023.08) 2022년 2학기부터 본 대학원의 정규 교과목의 공동 강의 교수로 참여하고 있음. 이형석 교수는 기후변화와 R&D, Shijun Cao 교수는 Smart City and Energy Transition 등의 교과목을 담당하였음. 본 연구단 참여 학생들의 논문지도에 참여하고 있음.
- 이은주 박사후연구원은 학생들과의 공동연구팀을 구성하여 논문지도 및 연구과제를 수행 중임.

5. 참여교수의 교육역량 대표실적

- 융합형 인재 양성을 위한 교과목 3개가 2022년 2학기에 신설되었음.
 - 하윤희 교수의 ‘ESG 정책과 관련 실무의 이해’, 하윤희, 이형석(신진연구인력)의 ‘기후변화와 R&D’, 그리고 하윤희, 조시준(신진연구인력)의 ‘Smart City and Energy Transition - Energy Expert Seminar’

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열 인문사회 계열	전공분야	실적구분	대표교육업적 상세내용															
				세부 전공분야																	
대표교육업적물의 적합성과 우수성																					
1	우종률		인문 사회	에너지환경 정책	교과목 개선	①과목명: 연구방법론2															
				데이터-모델 기반 에너지환경 정책		②개설학기: 2022년 2학기															
						③강의시간: 16주, 3시간/주															
						④학점: 3학점															
						⑤이수구분: 전공선택															
						⑥수업유형: 대면															
						⑦학수번호: GRS682															
본 교과목은 학생들의 데이터 및 모델을 이용한 분석역량을 향상시키고 이를 직접 적용해보는 Problem-based Learning(PBL) 수업. 본 교과목에서는 불확실성 하에서 에너지 및 환경정책 이슈를 데이터 및 모델을 이용하여 정량적으로 분석하기 위한 다양한 의사결정 방법(회귀분석, 선택실험방법, 조건부가치측정법, 특허분석법, 에너지시스템모델링 등)과 통계 소프트웨어인 R을 소개. 학생들은 에너지 및 환경정책과 정량적 분석방법론의 교차점에서 연구주제를 직접 개발하고 발표																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Week</th> <th>Topic</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1(9.7)</td> <td>Introduction to the course</td> </tr> <tr> <td>2(9.14)</td> <td>Review of basic statistics (1)</td> </tr> <tr> <td>3(9.21)</td> <td>Review of basic statistics (2)</td> </tr> <tr> <td>4(9.28)</td> <td>National Holiday</td> </tr> <tr> <td>5(9.29)</td> <td>Review of basic statistics (3) and linear regression</td> </tr> <tr> <td>6(10.5)</td> <td>Introduction of R programming language</td> </tr> <tr> <td>7(10.12)</td> <td>Decision making method (1): : Contingent Valuation Method</td> </tr> <tr> <td>8(10.19)</td> <td>Decision making method (2-1): : Choice experiment and discrete choice model</td> </tr> <tr> <td>9(10.26)</td> <td>Decision making method (2-2): : Choice experiment and discrete choice model</td> </tr> </tbody> </table>		Week	Topic	1(9.7)	Introduction to the course	2(9.14)	Review of basic statistics (1)	3(9.21)	Review of basic statistics (2)	4(9.28)	National Holiday	5(9.29)	Review of basic statistics (3) and linear regression	6(10.5)	Introduction of R programming language	7(10.12)	Decision making method (1): : Contingent Valuation Method	8(10.19)	Decision making method (2-1): : Choice experiment and discrete choice model	9(10.26)	Decision making method (2-2): : Choice experiment and discrete choice model
Week	Topic																				
1(9.7)	Introduction to the course																				
2(9.14)	Review of basic statistics (1)																				
3(9.21)	Review of basic statistics (2)																				
4(9.28)	National Holiday																				
5(9.29)	Review of basic statistics (3) and linear regression																				
6(10.5)	Introduction of R programming language																				
7(10.12)	Decision making method (1): : Contingent Valuation Method																				
8(10.19)	Decision making method (2-1): : Choice experiment and discrete choice model																				
9(10.26)	Decision making method (2-2): : Choice experiment and discrete choice model																				

	10(11.2)	Decision making method (3) : Data envelopment analysis
	11(11.9)	Decision-making method (4) : Analytic Hierarchy Process and Delphi
	12(11.16)	Research proposal draft
	13(11.23)	Decision making method (5): Energy Systems modeling
	14(11.30)	Decision making method (6): Innovation diffusion and technological progress
	15(12.7)	Decision making method (7): Patent analysis
	16 (12.14)	Research proposal presentations

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열	전공분야	실적구분	대표교육업적 상세내용
				세부 전공분야		
대표교육업적물의 적합성과 우수성						

하윤희	인문사회 계열	에너지 환경정책	신설교과목	①과목명: ESG 정책과 관련 실무의 이해
				②개설학기: 2022년 2학기
		③강의시간: 16주, 3시간/주		
		④학점: 3학점		
		⑤이수구분: 전공선택		
		⑥수업유형: 대면		
		⑦학수번호: GRS721		

본 교과목은 고려대학교 에너지환경대학원(그린스쿨) 에너지환경정책전공 대학원생 및 해당 분야에 관심이 있는 학생들을 대상으로 새롭게 대두되는 글로벌 트렌드인 ESG에 대한 개념, 정책 및 현장을 소개하고, 실무와 연계한 다양한 사례조사와 분석을 통해 ESG를 심도있게 이해할 수 있도록 돕는 에너지환경정책기술학과의 신설교과목임. 본 강의를 통해 학생들은 기본적인 강의식 수업을 수강하는 것은 물론, PBL(Project-Based Learning) 방식으로 매 수업마다 직접 ESG와 관련한 개별 과제를 부여받고 발표를 통해 공유함으로써, ESG에 대한 개념적, 정책적 이해를 심화시키는 동시에 실무적인 감각을 익힐 수 있음. 수업 진행과정에서 학생들은 ESG 미디어, 금융투자, 경영 컨설팅 분야에서 직접 오랜 기간 실무현장을 경험한 전문가들로부터 강의를 들을 뿐 아니라, 전문가들이 진행하는 과제에 관한 리뷰와 토론에 참여함.

2

(주별 학습계획)

강사	주제	학습내용	담당 교수	기타
1 하윤희	교육과정 소개 및 연사, ESG 과정 미니 Review	ESG 과정에 관한 소개 및 PBL(Project Based Learning) 간략 Review	하윤희	
2 이선경	새로운 패러다임 ESG	ESG 대두배경, 개념의 이해, ESG의 기업경영 사례	하윤희	자유 토론
	PBL	ESG의 의의와 기대효과, ESG적용시 이슈에 대한 자유 토론	하윤희	
4 이양호	ESG경영의 이해	ESG경영을 통한 리스크 관리 및 사업 기회 창출 방안	하윤희	
	PBL(Project Based Learning)	ESG 관점의 리스크 사례	하윤희	사례발표
4 박만희	ESG경영과 Biz혁신	탄소중립시대, 지속가능 비즈니스 모델 혁신	하윤희	
	PBL	내가 생각하는 Best ESG경영 사례	하윤희	사례발표
5 이양호	기말과제 제시 및 Q&A		하윤희	강사 3명
	지속가능경영보고서 작성 실무 (1)	ESG경영과 지속가능경영보고서 이해	하윤희	
6 이양호	PBL	내가 생각하는 우수 보고서 사례	하윤희	사례발표
	지속가능경영보고서 작성 실무 (2)	ESG 공시의 핵심, 지속가능경영보고서 작성 및 실무, 사례	하윤희	

8 이양호	PBL	산업별 핵심 이슈 비교		사례발표
	ESG 주요 글로벌 이슈(탄소) 및 정보공시제도	ESG와 관련한 주요 글로벌 이슈(탄소) 핵심내용과 특징 비교	하윤희	
9 이선경	PBL	글로벌 Reporting Standard 리뷰 - GRI		사례발표
	ESG 평가의 이해와 활용	ESG 평가모델 특징, K-ESG 산자부 지표, ESG 평가 특성 및 활용, 유럽의 지속가능공시 표준지침	하윤희	
10 이선경	PBL	글로벌 VS 국내 Peer 기업 선정해 SASB 공시 비교		사례발표
	ESG와 지속가능경영체로의 전환	저탄소 경제와 탄소가격제, 순환경제와 생물다양성, 기후공시 주요 항목과 환경영향	하윤희	
11 이선경	PBL	Non-financial 기업의 TCFD 공시 사례 조사		사례발표
	ESG와 지속가능금융	지속가능금융 제도 및 동향, 택스노미, ESG 책임투자	하윤희	
12 박만희	PBL	EU 택스노미 규정 조사		사례발표
	ESG와 전략커뮤니케이션	글로벌 기업의 넷제로 정책 및 전략커뮤니케이션 분석	하윤희	
13 박만희	PBL	기업 ESG 커뮤니케이션 사례 조사, 그린워싱		사례발표
	ESG와 리스크	ESG와 그린워싱, 소수 리스크 트랜드 및 대응전략	하윤희	
14 박만희	PBL	기업 ESG 커뮤니케이션 사례 조사, 해외기업		사례발표
	ESG와 기업 브랜딩	이해관계자를 위한 ESG 커뮤니케이션 핵심 메시지 차별화 전략과 사례	하윤희	
15	협력업체 발표(1)	발표 및 토론(피드백)	하윤희	강사 3명
16	협력업체 발표(2)	발표 및 토론(피드백)	하윤희	강사 3명

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회 계열	전공분야	실적구분	대표교육업적 상세내용																																																																				
				세부 전공분야																																																																						
대표교육업적물의 적합성과 우수성																																																																										
	김경남		인문사회 계열	경영학 재무론	기존개설 교과목	①과목명: 에너지경제성분석론 ②개설학기: 2022년 2학기 ③강의시간: 16주, 3시간/주 ④학점: 3학점 ⑤이수구분: 전공선택 ⑥수업유형: 대면 ⑦학수번호: GRS619																																																																				
3	<p>본 교과목은 신재생에너지 기술 유형별로 에너지시스템의 성능 및 경제성을 산출하고, 동 결과로부터 기술 확산을 위한 정책적 함의점을 학생들 스스로 도출하는 참여형 실습과목임. 지역적 특성에 따라 경제적으로 유리한 에너지기술 탐색이 가능하므로, 사례 유형별 학습을 통해 훈련된 수강생이, 향후 국제협력 (신홍국 대상) 재생에너지 보급 프로젝트에 참여한다면, 유용하게 활용할 수 있는 분석 의사결정툴임. 수업 중에는 기술-경제적 분석방식인 RETScreen Expert, System Advisor Model, HOMER Pro라는 3가지 분석툴을 다루어 봄. 또한 학습 산출물로 각자 본인의 사례 시뮬레이션 연구 결과를 논문화하므로 자연스럽게 경제성 분석 주제의 논문 성과로 이어지는 학습효과를 기대.</p>																																																																									
						<table border="1"> <thead> <tr> <th>주차</th> <th>일자</th> <th>학습내용</th> <th>교재</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>9월 6일</td> <td>강의계획 설명</td> <td>강의안 PPT</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>9월 13일</td> <td>경제성분석방법의 이해 1. (Cost/Benefit 의 정의)</td> <td>Boardman 참고</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>9월 20일</td> <td>경제성분석방법의 이해 2. (분석방법도구)</td> <td>Blank 참고</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>9월 27일</td> <td>경제성분석 타당성 점검 (보고서 리뷰)</td> <td>리뷰 보고서</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>10월 4일</td> <td>신재생에너지 시스템 분석 툴 (RETScreen Expert)</td> <td>노트북 지참</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>10월 11일</td> <td>RETScreen Expert 시스템 실습</td> <td>노트북 지참</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>10월 18일</td> <td>RETScreen Expert 시스템 실습</td> <td>노트북 지참</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>10월 25일</td> <td>중간시험</td> <td>보고서 제출</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>11월 1일</td> <td>신재생에너지 시스템 분석 툴 (SAM)</td> <td>노트북 지참</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>11월 8일</td> <td>System Advisor Model 시스템 실습</td> <td>노트북 지참</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>11월 15일</td> <td>System Advisor Model 시스템 실습</td> <td>노트북 지참</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>11월 22일</td> <td>신재생에너지 시스템 분석 툴 (HOMER PRO)</td> <td>노트북 지참</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>11월 29일</td> <td>HOMER PRO 실습</td> <td>노트북 지참</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>12월 6일</td> <td>HOMER PRO 실습</td> <td>노트북 지참</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>12월 13일</td> <td>경제성분석 사례 분석결과 발표</td> <td>노트북 지참</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>12월 20일</td> <td>기말시험</td> <td>논문 제출</td> </tr> </tbody> </table>	주차	일자	학습내용	교재	1	9월 6일	강의계획 설명	강의안 PPT	2	9월 13일	경제성분석방법의 이해 1. (Cost/Benefit 의 정의)	Boardman 참고	3	9월 20일	경제성분석방법의 이해 2. (분석방법도구)	Blank 참고	4	9월 27일	경제성분석 타당성 점검 (보고서 리뷰)	리뷰 보고서	5	10월 4일	신재생에너지 시스템 분석 툴 (RETScreen Expert)	노트북 지참	6	10월 11일	RETScreen Expert 시스템 실습	노트북 지참	7	10월 18일	RETScreen Expert 시스템 실습	노트북 지참	8	10월 25일	중간시험	보고서 제출	9	11월 1일	신재생에너지 시스템 분석 툴 (SAM)	노트북 지참	10	11월 8일	System Advisor Model 시스템 실습	노트북 지참	11	11월 15일	System Advisor Model 시스템 실습	노트북 지참	12	11월 22일	신재생에너지 시스템 분석 툴 (HOMER PRO)	노트북 지참	13	11월 29일	HOMER PRO 실습	노트북 지참	14	12월 6일	HOMER PRO 실습	노트북 지참	15	12월 13일	경제성분석 사례 분석결과 발표	노트북 지참	16	12월 20일	기말시험	논문 제출
주차	일자	학습내용	교재																																																																							
1	9월 6일	강의계획 설명	강의안 PPT																																																																							
2	9월 13일	경제성분석방법의 이해 1. (Cost/Benefit 의 정의)	Boardman 참고																																																																							
3	9월 20일	경제성분석방법의 이해 2. (분석방법도구)	Blank 참고																																																																							
4	9월 27일	경제성분석 타당성 점검 (보고서 리뷰)	리뷰 보고서																																																																							
5	10월 4일	신재생에너지 시스템 분석 툴 (RETScreen Expert)	노트북 지참																																																																							
6	10월 11일	RETScreen Expert 시스템 실습	노트북 지참																																																																							
7	10월 18일	RETScreen Expert 시스템 실습	노트북 지참																																																																							
8	10월 25일	중간시험	보고서 제출																																																																							
9	11월 1일	신재생에너지 시스템 분석 툴 (SAM)	노트북 지참																																																																							
10	11월 8일	System Advisor Model 시스템 실습	노트북 지참																																																																							
11	11월 15일	System Advisor Model 시스템 실습	노트북 지참																																																																							
12	11월 22일	신재생에너지 시스템 분석 툴 (HOMER PRO)	노트북 지참																																																																							
13	11월 29일	HOMER PRO 실습	노트북 지참																																																																							
14	12월 6일	HOMER PRO 실습	노트북 지참																																																																							
15	12월 13일	경제성분석 사례 분석결과 발표	노트북 지참																																																																							
16	12월 20일	기말시험	논문 제출																																																																							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표 교육 업적 상세내용																																																																																																						
				세부 전공분야																																																																																																								
대표 교육 업적물의 적합성과 우수성																																																																																																												
4	이해석		이공계열	전자/정보통신공학	기존개설 교과목	①과목명:태양전지(모듈)실험및실습																																																																																																						
				반도체재료		②개설학기: 2022년 2학기																																																																																																						
						③강의시간: 16주, 3시간/주																																																																																																						
						④학점: 3학점																																																																																																						
						⑤이수구분: 전공선택																																																																																																						
						⑥수업유형: 대면																																																																																																						
						⑦학수번호: GRS002																																																																																																						
<p>본 과목은 태양전지 및 모듈의 구조 이해, 제작 및 특성 분석에 중점을 둔 과목임. 주로 상업용 결정질 실리콘 태양전지와 차세대 페로브스카이트 태양전지의 구조와 모듈화 기술을 이해하고, 제작 과정을 통해 공정 기술 및 장비에 대한 지식을 습득함. 한화큐셀 양산라인에서의 실습을 통해 현장맞춤형 교육을 제공함. 이 과목은 고려대와 한화큐셀이 협력하여 개설한 “에너지시스템공학과”의 과목으로, 한화큐셀 임직원들과 고려대 교수님들의 교육 및 현장 실험, 실습으로 구성되어 있는 수업임. 실리콘 및 페로브스카이트 태양전지의 기초 이론, 결정질 실리콘 및 페로브스카이트 태양전지 제작, 측정 및 분석, 한화큐셀 교육 및 현장 실험, 실습 등으로 이루어짐. 과정을 통해 학생들은 태양전지 기술의 전반적인 이해뿐만 아니라 실제 산업 현장에서의 응용 능력을 키울 수 있음.</p>																																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>주</th> <th>기간</th> <th>회차</th> <th>학습내용</th> <th>교재</th> <th>활동 및 설계내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>09.01 - 09.07</td> <td>1</td> <td>강의계획서 소개</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>09.08 - 09.14</td> <td>1</td> <td>실리콘 및 페로브스카이트 태양전지 기초 이론 (고려대)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>09.15 - 09.21</td> <td>1</td> <td>결정질 실리콘 태양전지 제작(1)-고려대</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>09.22 - 09.28</td> <td>1</td> <td>페로브스카이트 태양전지 제작(2)-고려대</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>09.29 - 10.05</td> <td>1</td> <td>실리콘 및 페로브스카이트 태양전지 측정 및 분석 (고려대)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>10.06 - 10.12</td> <td>1</td> <td>한화큐셀 교육(1)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>10.13 - 10.19</td> <td>1</td> <td>한화큐셀 교육(2)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>10.20 - 10.26</td> <td>1</td> <td>중간과제</td> <td></td> <td>중간고사</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>10.27 - 11.02</td> <td>1</td> <td>한화큐셀 교육(3)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>11.03 - 11.09</td> <td>1</td> <td>한화큐셀 현장 실험 및 실습(1) -양상용 태양전지 및 모듈-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>11.10 - 11.16</td> <td>1</td> <td>한화큐셀 현장 실험 및 실습(2) -양상용 태양전지 및 모듈-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>11.17 - 11.23</td> <td>1</td> <td>한화큐셀 현장 실험 및 실습(3) -양상용 태양전지 및 모듈-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>11.24 - 11.30</td> <td>1</td> <td>한화큐셀 현장 실험 및 실습(4) -양상용 태양전지 및 모듈-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>12.01 - 12.07</td> <td>1</td> <td>한화큐셀 현장 실험 및 실습(5) -양상용 태양전지 및 모듈-</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>12.08 - 12.14</td> <td>1</td> <td>실험 및 실습 결과 발표</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>12.15 - 12.21</td> <td>1</td> <td>기말과제</td> <td></td> <td>기말고사</td> </tr> </tbody> </table>							주	기간	회차	학습내용	교재	활동 및 설계내용	1	09.01 - 09.07	1	강의계획서 소개			2	09.08 - 09.14	1	실리콘 및 페로브스카이트 태양전지 기초 이론 (고려대)			3	09.15 - 09.21	1	결정질 실리콘 태양전지 제작(1)-고려대			4	09.22 - 09.28	1	페로브스카이트 태양전지 제작(2)-고려대			5	09.29 - 10.05	1	실리콘 및 페로브스카이트 태양전지 측정 및 분석 (고려대)			6	10.06 - 10.12	1	한화큐셀 교육(1)			7	10.13 - 10.19	1	한화큐셀 교육(2)			8	10.20 - 10.26	1	중간과제		중간고사	9	10.27 - 11.02	1	한화큐셀 교육(3)			10	11.03 - 11.09	1	한화큐셀 현장 실험 및 실습(1) -양상용 태양전지 및 모듈-			11	11.10 - 11.16	1	한화큐셀 현장 실험 및 실습(2) -양상용 태양전지 및 모듈-			12	11.17 - 11.23	1	한화큐셀 현장 실험 및 실습(3) -양상용 태양전지 및 모듈-			13	11.24 - 11.30	1	한화큐셀 현장 실험 및 실습(4) -양상용 태양전지 및 모듈-			14	12.01 - 12.07	1	한화큐셀 현장 실험 및 실습(5) -양상용 태양전지 및 모듈-			15	12.08 - 12.14	1	실험 및 실습 결과 발표			16	12.15 - 12.21	1	기말과제		기말고사
주	기간	회차	학습내용	교재	활동 및 설계내용																																																																																																							
1	09.01 - 09.07	1	강의계획서 소개																																																																																																									
2	09.08 - 09.14	1	실리콘 및 페로브스카이트 태양전지 기초 이론 (고려대)																																																																																																									
3	09.15 - 09.21	1	결정질 실리콘 태양전지 제작(1)-고려대																																																																																																									
4	09.22 - 09.28	1	페로브스카이트 태양전지 제작(2)-고려대																																																																																																									
5	09.29 - 10.05	1	실리콘 및 페로브스카이트 태양전지 측정 및 분석 (고려대)																																																																																																									
6	10.06 - 10.12	1	한화큐셀 교육(1)																																																																																																									
7	10.13 - 10.19	1	한화큐셀 교육(2)																																																																																																									
8	10.20 - 10.26	1	중간과제		중간고사																																																																																																							
9	10.27 - 11.02	1	한화큐셀 교육(3)																																																																																																									
10	11.03 - 11.09	1	한화큐셀 현장 실험 및 실습(1) -양상용 태양전지 및 모듈-																																																																																																									
11	11.10 - 11.16	1	한화큐셀 현장 실험 및 실습(2) -양상용 태양전지 및 모듈-																																																																																																									
12	11.17 - 11.23	1	한화큐셀 현장 실험 및 실습(3) -양상용 태양전지 및 모듈-																																																																																																									
13	11.24 - 11.30	1	한화큐셀 현장 실험 및 실습(4) -양상용 태양전지 및 모듈-																																																																																																									
14	12.01 - 12.07	1	한화큐셀 현장 실험 및 실습(5) -양상용 태양전지 및 모듈-																																																																																																									
15	12.08 - 12.14	1	실험 및 실습 결과 발표																																																																																																									
16	12.15 - 12.21	1	기말과제		기말고사																																																																																																							

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회 계열	전공분야	실적구분	대표 교육업적 상세내용																																																																																																						
				세부 전공분야																																																																																																								
대표 교육 업적물의 적합성과 우수성																																																																																																												
	강운목		이공계열	전기공학	기존개설 교과목	①과목명:전주기시물레이션																																																																																																						
						②개설학기: 2023년 1학기																																																																																																						
						③강의시간: 16주, 3시간/주																																																																																																						
						④학점: 3학점																																																																																																						
						⑤이수구분: 전공필수																																																																																																						
						⑥수업유형: 대면																																																																																																						
						⑦학수번호: GRS670																																																																																																						
5				반도체물성		이 과목은 전기회로를 해석하고 시물레이션 프로그램을 통해 다이오드와 태양전지를 이해하는 데 중점을 둠. 전기 및 전자 회로 해석을 위한 p-spice 프로그램을 사용하여 태양전지 및 태양광 모듈의 해석 모델을 만드는 것을 목표로 하는 수업임. 전류, 전압, 저항, 회로 요소, 회로도 및 키르히호프의 법칙, 등가 회로, 일과 전력, 의존 소스 및 단방향 양단자 회로, 전기 용량, p-spice 활용 실습으로 구성됨. 이 과정을 통해 학생들은 전기회로의 기본 원리를 이해하고, p-spice 시물레이션 프로그램을 사용하여 태양전지 및 태양광 모듈의 해석 모델을 구축하는 방법을 배우게 됨. 이 과목은 학생들이 전기회로 이론과 실제 태양전지 시스템의 분석 및 설계에 필요한 실용적인 기술을 습득하도록 설계되어 있음.																																																																																																						
						<table border="1"> <thead> <tr> <th>주</th> <th>기간</th> <th>회차</th> <th>학습내용</th> <th>교재</th> <th>활동 및 설계내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>03.02 - 03.08</td> <td>1</td> <td>강의소개</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>03.09 - 03.15</td> <td>1</td> <td>Current, Voltage, and Resistance</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>03.16 - 03.22</td> <td>1</td> <td>Current, Voltage, and Resistance</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>03.23 - 03.29</td> <td>1</td> <td>Circuit Elements, Circuit Diagrams, and Kirchhoff's Laws</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>03.30 - 04.05</td> <td>1</td> <td>Circuit Elements, Circuit Diagrams, and Kirchhoff's Laws</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>04.06 - 04.12</td> <td>1</td> <td>Equivalent Circuits</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>04.13 - 04.19</td> <td>1</td> <td>Equivalent Circuits</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>04.20 - 04.26</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td>중간고사</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>04.27 - 05.03</td> <td>1</td> <td>Work and Power</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>05.04 - 05.10</td> <td>1</td> <td>Dependent Sources and Unilateral Two-Port Circuits</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>05.11 - 05.17</td> <td>1</td> <td>Capacitance</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>05.18 - 05.24</td> <td>1</td> <td>p-spice 활용</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>05.25 - 05.31</td> <td>1</td> <td>p-spice 활용</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>06.01 - 06.07</td> <td>1</td> <td>p-spice 활용</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>06.08 - 06.14</td> <td>1</td> <td>p-spice 활용</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>06.15 - 06.21</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td>기말고사</td> </tr> </tbody> </table>	주	기간	회차	학습내용	교재	활동 및 설계내용	1	03.02 - 03.08	1	강의소개			2	03.09 - 03.15	1	Current, Voltage, and Resistance			3	03.16 - 03.22	1	Current, Voltage, and Resistance			4	03.23 - 03.29	1	Circuit Elements, Circuit Diagrams, and Kirchhoff's Laws			5	03.30 - 04.05	1	Circuit Elements, Circuit Diagrams, and Kirchhoff's Laws			6	04.06 - 04.12	1	Equivalent Circuits			7	04.13 - 04.19	1	Equivalent Circuits			8	04.20 - 04.26	1			중간고사	9	04.27 - 05.03	1	Work and Power			10	05.04 - 05.10	1	Dependent Sources and Unilateral Two-Port Circuits			11	05.11 - 05.17	1	Capacitance			12	05.18 - 05.24	1	p-spice 활용			13	05.25 - 05.31	1	p-spice 활용			14	06.01 - 06.07	1	p-spice 활용			15	06.08 - 06.14	1	p-spice 활용			16	06.15 - 06.21	1			기말고사
주	기간	회차	학습내용	교재	활동 및 설계내용																																																																																																							
1	03.02 - 03.08	1	강의소개																																																																																																									
2	03.09 - 03.15	1	Current, Voltage, and Resistance																																																																																																									
3	03.16 - 03.22	1	Current, Voltage, and Resistance																																																																																																									
4	03.23 - 03.29	1	Circuit Elements, Circuit Diagrams, and Kirchhoff's Laws																																																																																																									
5	03.30 - 04.05	1	Circuit Elements, Circuit Diagrams, and Kirchhoff's Laws																																																																																																									
6	04.06 - 04.12	1	Equivalent Circuits																																																																																																									
7	04.13 - 04.19	1	Equivalent Circuits																																																																																																									
8	04.20 - 04.26	1			중간고사																																																																																																							
9	04.27 - 05.03	1	Work and Power																																																																																																									
10	05.04 - 05.10	1	Dependent Sources and Unilateral Two-Port Circuits																																																																																																									
11	05.11 - 05.17	1	Capacitance																																																																																																									
12	05.18 - 05.24	1	p-spice 활용																																																																																																									
13	05.25 - 05.31	1	p-spice 활용																																																																																																									
14	06.01 - 06.07	1	p-spice 활용																																																																																																									
15	06.08 - 06.14	1	p-spice 활용																																																																																																									
16	06.15 - 06.21	1			기말고사																																																																																																							

6. 교육의 국제화 전략

가. 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

▣ 해외학자(전임교수, 초빙교수, 객원교수 등 포함) 활용 계획 및 역할

- (해외 관련 분야 석학 온라인 교육 운영) 전임교수, 초빙교수 등의 직책으로 해외학자를 임용하지는 않았으나, 최고 수준의 해외 석학들을 활용하는 정규 교과목(온라인)을 개설하여 이들의 지식과 경험을 본 대학원의 교육역량으로 끌어들이고 있음. 스탠포드 대학, 제네바 대학, 아리조나 주립대학 등 학교를 비롯해 정부, 산업체 등 다양한 소속의 연사들이 참여하였음(표 II-16).

<표 II-16> 2022년도 2학기 Global Energy Expert Seminar 강의 계획서

일자	해외초청연사명	소속	주제/내용
2022년 9월 16일	Alexandre BabakHedjazi	Global Environment Policy Programme, Institute for Environmental Sciences, University of Geneva	Urban Retrofitting for GreaterResilience: Nature-Based Solutions
2022년 9월 23일	Graham Colclough	Urban DNA Shell	Energy Transition in the New Mobility Paradigm
2022년 9월 30일	Matteo Tarantino	Catholic University of Milan	Sustainable Data & Data Sustainability
2022년 10월 7일	Ursula Eicker	Canada Excellence Research Chair(CERC)	Smart City & Sustainable Development Goals: SDG7 andSDG11
2022년 10월 14일	Gilju Moon	Distinguished Professor, Korea University President, KIST President, UST University	How the World Changed in Environment Problem & Technology
2022년 10월 21일	Jeffrey Ball	Stanford University	Hot Money and a Hard Moment: A Strategy for Fighting Climate Change
2022년 11월 4일	Job Taminiau	Foundation for Renewable Energy and Environment(FREE)	Rapid and Transformative Change through Community-based Innovation: US Examples and Implications for South Korea
2022년 11월 11일	John Byrne	University of Delaware	Re-imagining Energy-Society Relations: Thoughts on a Just and Sustainable Transition
2022년 11월 18일	Clark Miller	Arizona State University	Solar Energy and the Smart City
2022년 11월 25일	Ho-sun Chae	Seoul Metropolitan Government	A New Froniter of Seoul, Metaverse Seoul
2022년 12월 2일	Sharad Lele	Centre for Environment & Development, Ashoka Trust for Research in Ecology and the Environment	Really Smart Cities would Look Outside Cities: Consumption Footprints and Resource Rights
2022년 12월 9일	Karoline Rogge	University of Sussex and Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research (ISI)	Social Innovation in Sustainable Energy Transitions: Lessons-learned from Europe

- (해외 전문가의 특강 및 세미나) 교과목 이외에도 해외 전문가들을 초청, 해외기관 방문을 통해 세미나와 특강을 진행했으며 공동연구, 연구협력, 그리고 인력교류에 대한 논의 기회를 가짐(표 II-17).

<표 II-17> 해외 전문가 세미나 및 특강 현황

일자	해외 연사명	소속	주제/내용
**2022년 11월 11일	Max Ahnab	LUND University	한-스웨덴 국제공동연구 협력 논의
	Tommy Lundgren	UMEA	
*2022년 11월 22일	Vigna Kumaran Ramachandaramurthy	Universiti Tenaga Nasional (UNITEN)	Energy Climate Technology in Malaysia
*2022년 12월 13일	Eunjee Lee	NASA Goddard Space Flight Center	Modeling Carbon and Water Dynamics on Land and its Applications
**2023년 2월 22일	Poh Seng Lee	Energy Study Institute, National University of Singapore	싱가포르 NUS 에너지연구소(ESI)에서 진행하는 연구소개 및 연구 협력 가능성 모색
*2023년 3월 30일	John Byrne	Center for Energy and Environmental Policy, Biden School of Public Policy, University of Delaware	Thoughts on How to Think About Transformational Change to Carbon Neutrality
	Job Taminiau	Foundation for Renewable Energy and Environment	
**2023년 5월 1일	Stephanie Hung	Asia Development Bank(ADB)	ADB 차원에서의 대학원 협력 교육 소개
2023년 4월 13일	Thomas Jaramillo	Stanford University	Standford-KU joint Workshop, PEC 연구 관련 지식 교류 및 Si 태양전지와 PEC 시스템의 융합연구에 대한 제안
2023년 6월 23일	Sungwon Kim	National Institute of Health	Radiochemistry & Electrochemistry 방식의 CO ₂ 환원 촉매 합성
2023년 7월 7일	John Byrne	University of Delaware	델라웨어 대학교 에너지 관련 연구실 방문 및 견학, 실리콘 태양 전지, Cd-(Te, Se 및 S), 및 Perovskite 태양 전지 제작 연구실 견학, 델라웨어 기후 기술 연구원, 학생들과 재생 에너지 연구 주제 교류 및 네트워킹
2023년 7월 7일	Ujjwal K. Das	Institute of Energy Conversion	에너지 변환 광전소자 기술 동향에 대한 강의, 향후 에너지 변환 광전소자 기술 개발 동향 및 국가별 정책 동향에 대한 논의
	William N. Shafaraman	Institute of Energy Conversion	
2023년 7월 8일	Job Taminiau	Foundation for Renewable Energy and Environment	기후 기술 관련 신재생에너지 연구개발 및 정책 연구 발전 방향 논의
2023년 7월 11일	Michael Jin	Johns Hopkins Applied Physics Laboratory(APL)	에너지 변환 광전소자 및 열전소자의 연구 동향 논의에너지 저장 소자 연구 개발 동향 및 향후 방향성 논의
2023년 7월 12일	Yoon S. Ham	Hauptman Ham, LLP (특허법률사무소)	에너지 환경 관련한 신재생에너지, 탄소 기술 등 기술 특허 및 출원 사례와 전략
	Seung Yup Lee		에너지 환경 기술 발전을 위한 정부와 기업 간의 협력 및 정책 방향성
2023년 7월 14일	Taesik Kang	USPTO (United State Patent and Trademark Office, 미국특허청)	신재생에너지 관련 특허 동향 및 전반적인 특허 출원 및 등록 절차 소개

*, **의 표시가 붙은 행사는 초청건에 해당. **는 공동연구 협의 회의에 해당.

▣ 외국대학과의 복수학위제, 외국 연구소 및 대학과의 인적 교류

● **국제사회와의 공동 교육 프로그램 운영**

- (세계스마트시티 기구인 WeGO 교육협력) WeGO의 “스마트시티 챔피언스 프로그램”은 전 세계 회원 도시의 청년을 대상으로 스마트시티의 미래에 대한 지식을 전달하고 공감대 구축을 목표로 15주간 진행되는 프로그램
 - 2022년 상반기 프로그램에 19개국 100개 학교에서 500명이 넘는 학생들이 WeGo 프로그램에 참가
 - 본 대학원은 고려대학교-WeGO 공동 교육협력 MOU를 바탕으로 대학원의 정규 교과목인 “Smart City and Energy Transition”을 2022년 2학기에 WeGo 스마트시티 챔피언스 프로그램에 공개하고, 수강생에게 본 대학원의 강의 수료증을 제공

● **학생들의 해외연수 및 공동연구를 위해 세계 우수대학 및 연구기관 등과 MOU 확대**

- 지난 사업 연도(2022년 9월 - 2023년 8월) 동안 MOU 추진 실적은 표 II-6(페이지 19) 참고
- 한-스웨덴 국제공동연구, 싱가포르를 NUS ESI, 그리고 ADB 등과도 공동연구, 연구협력 등을 논의(표 II-19 참고, 페이지 47)

▣ 우수 외국인 학생 유치 현황

● **신홍국 에너지 공무원 초청 인력양성(GETPPP) 프로그램**

- 2023년 9월 현재 16개국 출신 33명의 졸업생을 배출하였고, 석사과정 15명과 박사과정 11명의 학생이 재학 중임. 이들은 에너지 분야 전략시장인 신홍 경제국의 에너지부 및 국영전력회사 현지 간부들로서 주로 아시아 및 아프리카 국가 출신으로 구성(표 II-18)
- 2022년 후기 신입생은 석사과정 5명, 박사과정 4명 등 총 9명의 신입생이 입학
- 현지 전문가·공무원·기업 등과의 협력 네트워크를 구축하여 현지 상황에 맞는 에너지 적정 기술을 발굴하고, 정책분석을 통해 시장을 개척하도록 지원

〈표 II-18〉 GETPPP 졸업생 출신국 정부 소속 부처

국가	관련정부 부처
Botswana	Ministry of Mineral Resources, Green Technology and Energy Security
Cambodia	Ministry of Mines and Energy
Cameroon	Ministry of Energy and Water Resources
Colombia	Ministry of Mines and Energy
Ethiopia	Ministry of Water, Irrigation and Energy
Indonesia	Ministry of Energy and Mineral Resources
Kazakhstan	Ministry of Energy
Laos	Ministry of Energy and Mines
Malaysia	Ministry of Energy and Natural Resources
Mongolia	Ministry of Energy
Mozambique	Ministry of Mineral Resources and Energy
Nepal	Ministry of Energy, Water Resources and Irrigation
Pakistan	Federal Ministry for Energy (Power Division)
Peru	Ministry of Energy and Mines
Philippines	Department of Energy
Tanzania	Ministry of Energy

Thailand	Ministry of Energy
	Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT)
Uzbekistan	Ministry of Energy
	Ministry of Investment and Foreign Trade, Center for the Development of Investment Projects
Vietnam	Ministry of Natural Resources and Environment
	Ministry of Planning and Investment

● **GETPPP 졸업생을 활용한 “국제에너지전문가네트워크(IEEN)” 구축**

- GETPPP 과정을 통해 배출된 졸업생들이 우리 기업들이 신흥 개도국 시장을 개척하는 데 있어 실질적인 도움을 줄 수 있도록 2019년부터 졸업생들을 enabler로 활용해 국제에너지전문가네트워크(International Energy Expert Network, IEEN)를 구축
- 2019년 베트남 출신 졸업생이 주축이 되어 현지 공무원, 에너지기업 간부, 기업가, 연구자 등이 참여하는 14명 규모의 한-베트남 IEEN을 구축한 이래 2020년 인도네시아, 2021년 필리핀, 2022년 말레이시아로 IEEN을 확장
- IEEN website(<https://ieen.kr>)를 개설하여 네트워크의 뉴스, 학회 및 세미나, 네트워킹 모임 등에 대한 정보를 관리
- 2023년 8월 24일 인도네시아 발리에서 열린 ASEAN Energy Business Forum에는 본 교육연구단장인 하윤희 교수를 포함한 IEEN의 파트너들이 산업통산자원부와 에너지경제연구원의 지원을 받아 참여함. 앞으로도 여러 네트워킹 기회를 마련해 상호 교류 협력을 증진하는 동시에 우수한 인재를 확보할 수 있는 채널로 적극 활용할 계획

나. 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

- **(실적)** 김태민 학생은 캐나다 University of Toronto 대학의 Geoffrey Ozin 교수와 함께 산화구리 나노 와이어 기반 이산화탄소 광촉매 연구를 위한 해외 연구 교류를 하고 있음(공동연구기간 2023년 7월 - 2024년 6월).
- **(향후 계획)** MOU를 체결했거나 체결을 논의 중인 해외 여러 기관에 에너지환경과 관련된 연구협력과 연구인력의 상호 교류 협약 내용을 이행할 계획임.
 - 2022년 11월 태국 Kasetsart University, 2023년 7월 미국 FREE와 체결한 MOU의 주요 내용 역시 연구 인력에 대한 교환이 포함되어 있어 앞으로 해외 기관들과의 공동연구를 점차 확대해 나가고 학생들이 그 채널을 충분히 활용할 수 있도록 정보와 기회를 제공하도록 할 것
 - 학생들이 직접 해외 연구기관에 연수하며 연구를 직접 실행하는 데까지 이를 수 있도록 적극 지원할 예정

III

연구역량 영역

□ 연구역량 대표 우수성과

● 융복합 연구 패러다임 구축을 위한 연구 협력 인프라 구축

- 연구역량 강화를 위한 전문가 세미나 및 글로벌 콜로키움 개최

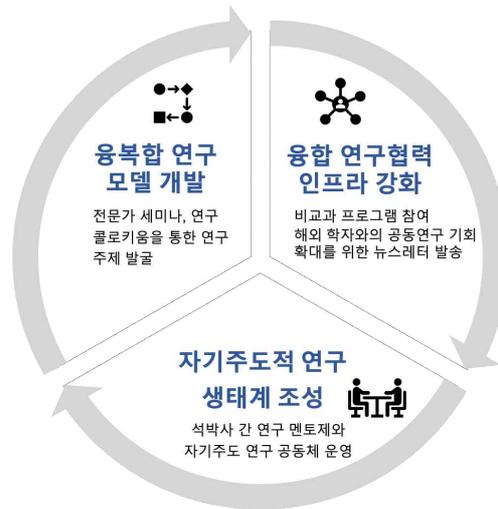
- 신규 및 혁신적 연구 주제 발굴과 글로벌 연구 동향 파악을 목적으로 하는 분야별 전문가 세미나 및 글로벌 연구 콜로키움 실시
- 연구자의 역량을 강화하고 네트워킹 기회를 제공하는 데 중점을 둔 비교과 프로그램 소개 및 지원
- 학제간 융합 연구를 증진시키기 위해 정기적으로 정책 & 기술 융합 세미나 개최 (연 2회)

- 국제공동연구 활성화를 위한 해외학자 네트워크 확대 노력

- 해외 학자와의 공동 연구 기회 확대 및 우수 외국인 교원 확보를 위해 해외학자 풀 관리
- 정기적으로 교육연구단의 최신 소식, 연구 성과 등을 소개하는 영문 뉴스레터를 제작 및 발송 (2023년 8월 시작)

- 자기주도적 연구를 위한 혁신적 연구생태계 구성

- 연구에 몰입할 수 있는 환경 조성 및 학문적 교류 촉진을 위한 학생 자기주도 공동연구체 운영
- 석박사 학생 간 연구 멘토제 및 신진연구인력이 리드하는 공동연구팀 기획 및 운영 계획



● 참여교수 대표연구실적 소개

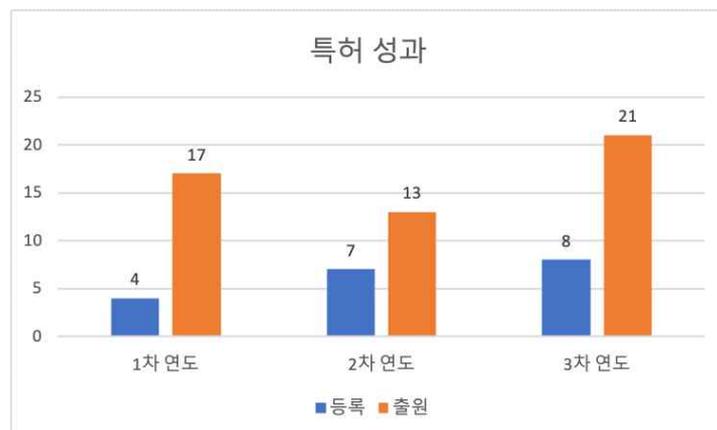
- 국제 저명 학술지에 제1저자, 교신저자 또는 공동저자로 논문을 여러 차례 게재

참여교수명	학술지 구분	IF	대표연구실적
우종률(교신저자)	SSCI	12.8	Nudging Energy Efficiency Behavior: The Effect of Message Framing on Implicit Discount Rate
김경남(제1저자), 하윤희(공동저자)	SCI(E)	3.252	Comparative Economic Analysis of Solar PV and Reused EV Batteries in the Residential Sector of Three Emerging Countries: The Philippines, Indonesia, and Vietnam

하윤희(교신저자)	SSCI	4.2	Prioritizing Factors for The Sustainable Growth of Vietnam'S Solar Photovoltaic Power Market
전용석(공동저자)	SCIE	19.1	Efficient and Scalable Large-Area Organic Solar Cells by Asymmetric Nonfullerene Acceptors Based on 9H-Indeno[1,2-b]pyrazine-2,3,8-Tricarbonitrile
강윤복(교신저자)	SCIE	8.582	Sputtered Pbl2 with Post-Processing for Perovskite Solar Cells
이해석(교신저자)	SCIE	13.3	A Grain Orientation-Independent Single-Step Saw Damage Gettering/Wet texturing Process for Efficient Silicon Solar Cells

● **참여교수 특허실적의 지속적 성장**

- 참여 교수진의 연구 및 개발 노력이 지속적으로 성과를 내고 있는데 최근 1년 간(2022.9. ~ 2023.8.) 특허 등록 8건과 특허 출원 19건을 달성
 - 특허 등록 실적은 1차 연도 이후로 꾸준히 증가
 - 특허 출원 수는 2차년도 대비 3차년도에 61.5% 증가



● **참여교수 연구비 수주액의 꾸준한 증가**

- 이공계열 총 33억 6천만원(정부+민간과제) 및 인문사회계열 총 6억 6천만원(정부과제)의 연구비를 수주
 - 참여교수 1인당 약 8억4천만원(이공계열)과 약 1억6천만원(인문사회계열)에 해당하는 금액
 - 2차 연도 평가기간(2021.9. ~ 2022.8.)에 비해 참여교수 1인당 약 3억6천만원(이공계열)과 약 2천만원(인문사회계열)이 각각 증가

1. 참여교수 연구역량

가. 국내 및 해외기관 연구비 수주 실적

- (최근 1년간 연구비 수주비 증가) 최근 1년간 이공계열 참여교수와 인문사회계열 참여교수의 연구비 수주액은 모두 증가함(표 III-1).
 - 참여교수 1인당 연구비 수주액을 비교하면 2차 연도(2021.9 - 2022.8)에 비해 이공계열 참여교수는 약 3억6천만원, 인문사회계열 참여교수는 약 2천만원이 각각 증가(표 III-2)
 - 이는 선정평가 보고서 작성 기준 3년간 실적에 비교해도 뛰어난 수준

<표 III-1> 최근 1년간(2022년9월1일-2023년8월31일) 이공계열 참여교수 1인당 정부, 산업체, 해외기관 등 연구비 수주 실적

항 목	수주액(천원)		
	3년간(2017.1.1.-2019.12.31.) 실적 (선정평가 보고서 작성내용)	최근 1년간(2022.9.1.~2023.8.31.) 실적	비고
정부 연구비 수주 총 입금액	3,009,647	2,977,341	
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	157,000	383,075	
해외기관 연구비 수주 총 (환산)입금액	0	0	
이공사회계열 참여교수 수	4	4	
1인당 총 연구비 수주액	791,662	840,104	

<표 III-2> 최근 1년간(2022년9월1일-2023년8월31일) 인문사회계열 참여교수 1인당 정부, 산업체, 해외기관 등 연구비 수주 실적

항 목	수주액(천원)		
	3년간(2017.1.1.-2019.12.31.) 실적 (선정평가 보고서 작성내용)	최근 1년간(2022.9.1.~2023.8.31.) 실적	비고
정부 연구비 수주 총 입금액	760,146	663,700	
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	0	0	
해외기관 연구비 수주 총 (환산)입금액	0	0	
인문사회계열 참여교수 수	3	4	
1인당 총 연구비 수주액	253,382	165,925	

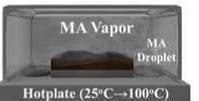
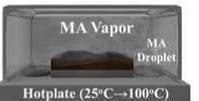
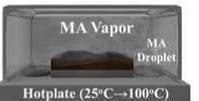
나. 참여교수 연구업적물의 우수성

- 본 연구단 소속 참여교수는 지난 사업 연도(2022.09.~2023.08) 동안 SCI(E)급 이상의 저널에 다수의 논문을 게재하였음. 이 중 학생들과의 공동연구는 교육역량과 연계되어 있고, 해외 연구자들과의 공동연구는 국제화와 연계되어 있어 본 교육연구단의 비전과 목표와 부합하는 방향으로 연구가 진행되고 있음(참여교수 연구실적 전체 목록은 Appendix 4를 참고).

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열	전공분야	실적 구분	대표 연구 업적물 상세내용																														
				세부 전공분야																																
대표 연구업적물의 적합성과 우수성																																				
1	우종률		인문사회	에너지 환경정책 데이터- 모델 기반 에너지 환경정책	저널 논문	①저자명: 박지용, 손우진, 문형빈, 우종률 ②논문제목: Nudging Energy Efficiency Behavior: The Effect of Message Framing on Implicit Discount Rate ③학술지명: Energy Economics ④권(호), 페이지: 117, 106485 ⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 1명 ⑥게재연도: 2023 ⑦DOI 번호(해당시): 10.1016/j.eneco.2022.106485																														
<p>본 연구는 고효율 가전제품 구매를 유도하기 위한 넛징전략을 도출하기 위한 연구. 고효율 가전제품 구매에 따른 경제적 이익 관련 정보를 gain-framing으로 제시할 때와 loss-framing으로 제시할 때 소비자의 고효율 제품 구매 가능성에 어떤 영향을 미치는지 실험적, 실증적으로 분석. 실험-실증분석에서는 국내 공기청정기 시장을 중심으로 조건부 가치평가법을 사용하여 고효율 제품에 대한 소비자의 내재적 할인율을 추정. 고효율 제품에 대한 소비자의 내재적 할인율의 중앙값은 gain-framing과 loss-framing에서 각각 10.15%와 6.59%로 분석. 이는 주어진 정보가 어떻게 구성되었는지에 관계없이 일반 시장 할인율보다 높은 수치가 나타나면서 에너지효율 격차를 확인. gain-framing보다 loss-framing에서 내재적 할인율이 매우 낮은 소비자가 더 많다는 것을 추론. 따라서 소비효율 가전라벨을 통한 메시지 프레이밍 넛징을 통해 에너지효율 투자 격차를 줄이고 소비자의 자발적인 에너지 효율 투자를 유도할 수 있을 것. 특히 고효율 제품 구매로 얻는 연 수익이 34% 미만일때는 Loss-framing이 연 수익이 34% 이상일때는 Gain framing이 수용률을 높이는데 유리함을 확인. 본 연구는 Economics 분야에서 상위 1% 안에 드는 최상위 SSCI 저널인 Energy Economics (Impact Factor: 12.8)에 게재</p>																																				
<table border="1"> <caption>Adoption rate for high-efficiency air purifiers (%)</caption> <thead> <tr> <th>Rate of return on energy efficiency investment (%)</th> <th>Gain frame Adoption rate (%)</th> <th>Loss frame Adoption rate (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15.0%</td> <td>~60.0%</td> <td>~65.0%</td> </tr> <tr> <td>25.0%</td> <td>~70.0%</td> <td>~70.0%</td> </tr> <tr> <td>34.1%</td> <td>77.5%</td> <td>~75.0%</td> </tr> <tr> <td>45.0%</td> <td>~85.0%</td> <td>~80.0%</td> </tr> <tr> <td>55.0%</td> <td>~88.0%</td> <td>~83.0%</td> </tr> <tr> <td>65.0%</td> <td>~90.0%</td> <td>~85.0%</td> </tr> <tr> <td>75.0%</td> <td>~91.0%</td> <td>~86.0%</td> </tr> <tr> <td>85.0%</td> <td>~92.0%</td> <td>~87.0%</td> </tr> <tr> <td>95.0%</td> <td>~93.0%</td> <td>~88.0%</td> </tr> </tbody> </table>							Rate of return on energy efficiency investment (%)	Gain frame Adoption rate (%)	Loss frame Adoption rate (%)	15.0%	~60.0%	~65.0%	25.0%	~70.0%	~70.0%	34.1%	77.5%	~75.0%	45.0%	~85.0%	~80.0%	55.0%	~88.0%	~83.0%	65.0%	~90.0%	~85.0%	75.0%	~91.0%	~86.0%	85.0%	~92.0%	~87.0%	95.0%	~93.0%	~88.0%
Rate of return on energy efficiency investment (%)	Gain frame Adoption rate (%)	Loss frame Adoption rate (%)																																		
15.0%	~60.0%	~65.0%																																		
25.0%	~70.0%	~70.0%																																		
34.1%	77.5%	~75.0%																																		
45.0%	~85.0%	~80.0%																																		
55.0%	~88.0%	~83.0%																																		
65.0%	~90.0%	~85.0%																																		
75.0%	~91.0%	~86.0%																																		
85.0%	~92.0%	~87.0%																																		
95.0%	~93.0%	~88.0%																																		

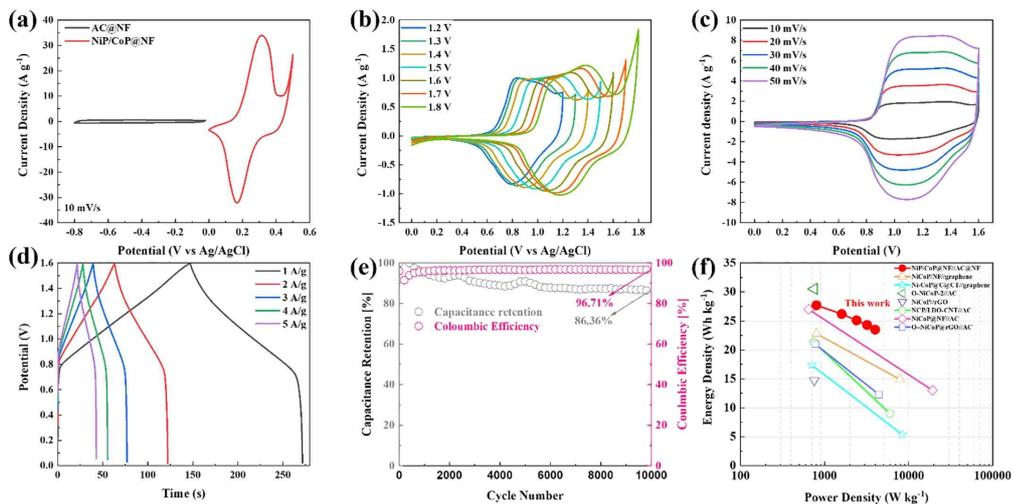
연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열	전공분야	실적 구분	대표 연구 업적물 상세내용
				세부 전공분야		
대표 연구 업적물의 적합성과 우수성						
	하윤희		인문사회 계열	에너지 환경정책	저널 논문	①저자명: 문홍은, 최시원, 하윤희 ②논문제목: Prioritizing Factors for the Sustainable Growth of Vietnam'S Solar Photovoltaic Power Market ③학술지명: Energy and Environment ④권(호), 페이지: Online First ⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 1인 ⑥게재연도: 2023 ⑦DOI 번호(해당시): https://doi.org/10.1177/0958305X221146944
2	<p>베트남 태양광 시장을 주요 사례로 삼아 신흥국의 재생에너지 산업 투자 환경에 영향을 미치는 요인을 조사하고, 이를 정량화하여 상대적 우선순위를 도출함. 베트남의 태양광 발전 시장은 2017~2019년 동안 여러 가지 불리한 정책 상황에 노출됨. 결정 요인의 우선순위는 에너지 전문가 20명을 대상으로 한 설문조사를 바탕으로 분석적 계층 구조 프로세스 분석을 통해 도출함. 1단계 요인의 우선순위는 정책, 법적 체계, 수익성, 금융 접근 용이성, 인프라, 외부 요인 순으로 나타남. 레벨 2의 29개 중요 요소 중 상위 5개는 정책 이행 수준, 정책 일관성(예측 가능성), 발전차액지원제도, 태양광 발전에 대한 외국인 (직접) 투자에 대한 인센티브 및 보조금, 발전차액 송금, 송배전선로임. 재생에너지 시장 발전을 위해서는 적극적인 정책 수립과 시행이 중요하다는 것을 알 수 있음. 태양광 발전 보급에 따른 전력망 인프라 개선과 계통 통합 방안이 뒷받침되어야 함. 따라서 정책 수립 과정에서 다양한 이해관계자의 이해관계를 종합적이고 균형 있게 반영하는 것은 국내 개발업체와 해외 투자자 간의 파트너십을 통해 안정적인 시장 성장을 지원하는 데 결정적인 역할을 할 수 있음</p>					
	<p>Figure 4. Prioritization of factor Level 2 by group.</p>					

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열	전공분야	실적 구분	대표 연구 업적물 상세내용
				세부 전공분야		
대표 연구 업적물의 적합성과 우수성						
	김경남		인문사회 계열	경영학	저널 논문	①저자명: 손민희, 이흥구, 김경남 ②논문제목: CCU 시스템을 통한 균등화 수소원가 및 재무적 위험도 분석 ③학술지명: 한국수소및신에너지학회논문집 (KHNES) ④권(호), 페이지: 33(6) 660-673 ⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 1명 ⑥게재연도: 2022 ⑦DOI 번호(해당시): https://doi.org/10.7316/KHNES.2022.33.6.660
3	<p>본 논문은 탄소중립 및 기후변화 대응 대표기술인 CCU기술(산업사회문제해결)에 대한 경제성/재무위험도(융합) 분석 (기술경제학적접근방법) 논문으로서 BK 수혜 졸업학생인 손민희(박사과정, 제1저자), 이흥구(에너지환경대학원 연구교수)와 공저한 기술-정책 융합연구 성과임. 탄소중립 목표달성에 탄소포집활용 (CCU) 기술이 주요할 것으로 전망되어, 다양한 방식의 연구개발이 활발히 추진됨. 동 연구는 메탄 건식개질을 통해 수소와 일산화탄소를 발생하는 화학변환방식으로 서플라즈마 화학처리 기술을 대상으로 함. 동 기술의 경제적효율 및 사업화에 따른 재무적 위험도를 시뮬레이션 방식으로 측정하고, 기술의 미래 확장가능성을 가늠해 봄. 경제적효율 분석에는 균등화수소원가 산정을 위한 3가지 회계적 원가배분방식을 활용했고, 재무적 위험도에는, 변동가능성이 큰 주요 파라미터값의 확률적 시나리오에 근거해서, Monte-Carlo 시뮬레이션을 사용했음. 수입 천연가스가 아니라 매립원에서 추출가능한 바이오가스를 활용한다면 동 기술의 원가경쟁력은 크게 증대되므로 환경-에너지를 연계한 시장-정책적 방안 장구가 시급하다는 정책 함의점 도출</p>					
	[경제성 및 재무적 위험도 산출 결과]					

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열	전공분야	실적 구분	대표 연구 업적물 상세내용																				
				세부 전공분야																						
대표 연구 업적물의 적합성과 우수성																										
4	강윤목		이공계열	전기공학	저널 논문	①저자명: 황재근, 이상원, 이원규, 배수현, 강동균, 정석현, 이솔희, 편도원, 황지성, 조수진, 김동환, 이해석, 강윤목																				
				반도체 물성		②논문제목: Sputtered PbI ₂ with Post-Processing for Perovskite Solar Cells																				
						③학술지명: Solar RRL																				
						④권(호), 페이지: 7(14), 2300214																				
						⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 2명																				
						⑥게재연도: 2023																				
				⑦DOI 번호(해당시): 10.1002/solr.202300214																						
<p>이 연구에서는 건식 공정을 사용하여 질감 있는 실리콘 표면에 페로브스카이트 필름을 균일하게 증착하는 것이 고성능 페로브스카이트/실리콘 탠덤 태양전지를 생산하는 데 중요함을 강조합니다. 여기서는 PbI₂ 타겟을 사용한 라디오 주파수 마그네트론 스퍼터링 공정을 통해 전구체 필름을 증착함. 요오드화, 열처리, 디메틸 술폭사이드 처리 등의 후처리 과정을 통해 PbI₂ 전구체의 화학양론, 결정성, 표면 형태를 개선함. 이 전구체 필름들은 직접 접촉 전환 공정을 사용하여 페로브스카이트로 변환되며, 메틸아민 증기 어닐링을 통해 계면 및 벌크 특성이 향상되어 전력 변환 효율이 12.2%인 페로브스카이트 태양전지가 제작됨. 또한, 더 넓은 전압 스윙 범위에서 18.3%의 효율이 확인되어, 페로브스카이트 내부의 결함을 제거함으로써 효율을 더욱 향상시킬 수 있음을 시사함. 마지막으로, 25 cm²의 질감 있는 실리콘 표면에 균일한 페로브스카이트 필름이 균일하게 증착됨. 이러한 높은 효율 잠재력과 균일성을 가진 PbI₂ 스퍼터링 방법은 페로브스카이트/실리콘 탠덤 태양전지 제작의 새로운 방법을 열 수 있음.</p>																										
<p>Optimizing Precursor Films → Optimizing Perovskite Films</p>																										
<table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; width: 20%;">Sputtering</td> <td style="text-align: center; width: 20%;">Iodination</td> <td style="text-align: center; width: 20%;">DMSO Treatment & Thermal Annealing</td> <td style="text-align: center; width: 20%;">Direct Contact Conversion</td> <td style="text-align: center; width: 20%;">Methylamine (MA) Vapor Annealing</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Sputtered PbI_x</td> <td style="text-align: center;">Low Crystallinity Compact-PbI₂</td> <td style="text-align: center;">High Crystallinity Porous-PbI₂</td> <td style="text-align: center;">Low Quality MAPbI₃</td> <td style="text-align: center;">High Quality MAPbI₃</td> </tr> </table>							Sputtering	Iodination	DMSO Treatment & Thermal Annealing	Direct Contact Conversion	Methylamine (MA) Vapor Annealing											Sputtered PbI_x	Low Crystallinity Compact-PbI₂	High Crystallinity Porous-PbI₂	Low Quality MAPbI₃	High Quality MAPbI₃
Sputtering	Iodination	DMSO Treatment & Thermal Annealing	Direct Contact Conversion	Methylamine (MA) Vapor Annealing																						
																										
																										
Sputtered PbI_x	Low Crystallinity Compact-PbI₂	High Crystallinity Porous-PbI₂	Low Quality MAPbI₃	High Quality MAPbI₃																						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열	전공분야	실적 구분	대표 연구 업적물 상세내용																																																								
				세부 전공분야																																																										
대표 연구 업적물의 적합성과 우수성																																																														
	이해석		이공계열	전자/ 정보통신 공학 반도체 재료	저널 논문	①저자명: 정유진, 민관홍, Post Regina, Kwopil Wolfram, Schubert Martin C., 김동환, 강윤목, 이해석 ②논문제목: A Grain Orientation-Independent Single-Step Saw Damage Gettering/Wet Texturing Process for Efficient Silicon Solar Cells ③학술지명: Small ④권(호), 페이지: 19(19), 2206831 ⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 2명 ⑥게재연도: 2023 ⑦DOI 번호(해당시): 10.1002/sml.202206831																																																								
5	<p>이 연구에서는 고효율 태양전지 제작을 위한 전기적, 광학적 특성의 개선이 중요함을 강조합니다. 기존 연구들은 솔라셀 재료의 질을 높이고 반사 손실을 줄이기 위해 각각 게터링과 텍스처링 방법에 초점을 맞춤. 본 연구는 다결정 실리콘(mc-Si) 웨이퍼를 대상으로 이 두 방법을 효과적으로 결합한 '톱 손상 게터링과 텍스처링'이라는 새로운 방법을 제안함. 이 방법은 어닐링 과정에서 웨이퍼 표면의 톱 손상 부위를 이용하여 금속 불순물을 게터링하고, 톱질로 인해 생성된 비정질 실리콘을 결정화시켜 습식 텍스처링을 가능하게 함. 10분간의 어닐링을 통해 금속 불순물이 제거되고 텍스처링된 DWS 실리콘 웨이퍼가 형성됨. 이 방법으로 제작된 p형 패시베이트드 에미터 및 후면 셀(p-PERC)은 참조 솔라셀에 비해 개방 회로 전압, 단락 회로 전류 밀도, 효율이 모두 개선됨을 보여줌.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p>a</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>b</p> <table border="1"> <caption>V_{oc} (mV) vs Temperature (°C)</caption> <thead> <tr><th>Temperature (°C)</th><th>V_{oc} (mV)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ref</td><td>~620</td></tr> <tr><td>700</td><td>~620</td></tr> <tr><td>750</td><td>~625</td></tr> <tr><td>800</td><td>~645</td></tr> <tr><td>850</td><td>~640</td></tr> <tr><td>900</td><td>~600</td></tr> </tbody> </table> <p>c</p> <table border="1"> <caption>J_{sc} (mA/cm²) vs Temperature (°C)</caption> <thead> <tr><th>Temperature (°C)</th><th>J_{sc} (mA/cm²)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ref</td><td>~36.5</td></tr> <tr><td>700</td><td>~36.5</td></tr> <tr><td>750</td><td>~37.0</td></tr> <tr><td>800</td><td>~38.0</td></tr> <tr><td>850</td><td>~37.5</td></tr> <tr><td>900</td><td>~35.5</td></tr> </tbody> </table> <p>d</p> <table border="1"> <caption>FF (%) vs Temperature (°C)</caption> <thead> <tr><th>Temperature (°C)</th><th>FF (%)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ref</td><td>~77.5</td></tr> <tr><td>700</td><td>~77.5</td></tr> <tr><td>750</td><td>~77.5</td></tr> <tr><td>800</td><td>~78.0</td></tr> <tr><td>850</td><td>~78.5</td></tr> <tr><td>900</td><td>~79.0</td></tr> </tbody> </table> <p>e</p> <table border="1"> <caption>PCE (%) vs Temperature (°C)</caption> <thead> <tr><th>Temperature (°C)</th><th>PCE (%)</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Ref</td><td>~17.5</td></tr> <tr><td>700</td><td>~17.5</td></tr> <tr><td>750</td><td>~17.5</td></tr> <tr><td>800</td><td>~19.0</td></tr> <tr><td>850</td><td>~19.0</td></tr> <tr><td>900</td><td>~16.5</td></tr> </tbody> </table> </div> </div>						Temperature (°C)	V _{oc} (mV)	Ref	~620	700	~620	750	~625	800	~645	850	~640	900	~600	Temperature (°C)	J _{sc} (mA/cm ²)	Ref	~36.5	700	~36.5	750	~37.0	800	~38.0	850	~37.5	900	~35.5	Temperature (°C)	FF (%)	Ref	~77.5	700	~77.5	750	~77.5	800	~78.0	850	~78.5	900	~79.0	Temperature (°C)	PCE (%)	Ref	~17.5	700	~17.5	750	~17.5	800	~19.0	850	~19.0	900	~16.5
Temperature (°C)	V _{oc} (mV)																																																													
Ref	~620																																																													
700	~620																																																													
750	~625																																																													
800	~645																																																													
850	~640																																																													
900	~600																																																													
Temperature (°C)	J _{sc} (mA/cm ²)																																																													
Ref	~36.5																																																													
700	~36.5																																																													
750	~37.0																																																													
800	~38.0																																																													
850	~37.5																																																													
900	~35.5																																																													
Temperature (°C)	FF (%)																																																													
Ref	~77.5																																																													
700	~77.5																																																													
750	~77.5																																																													
800	~78.0																																																													
850	~78.5																																																													
900	~79.0																																																													
Temperature (°C)	PCE (%)																																																													
Ref	~17.5																																																													
700	~17.5																																																													
750	~17.5																																																													
800	~19.0																																																													
850	~19.0																																																													
900	~16.5																																																													

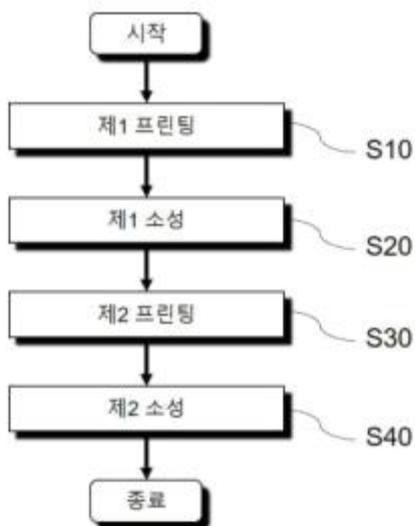
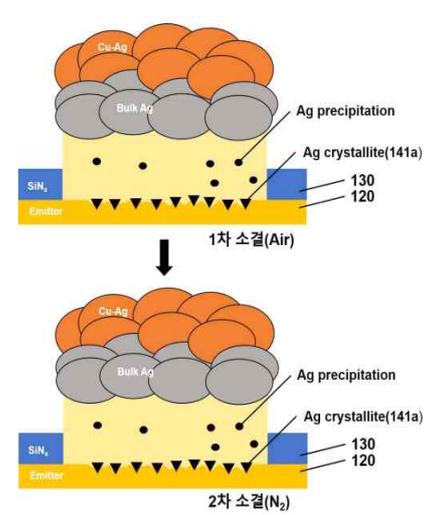
연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열	전공분야		실적 구분	대표 연구 업적물 상세내용		
				세부 전공분야					
대표 연구 업적물의 적합성과 우수성									
	전용석		이공계열	재료화학	저널 논문	①저자명: 정무영, 조효빈, 이찬용, 윤용주, Suresh Kannan Balasingam, 전용석	②논문제목: Synergetic Effect of a Battery-Like Nickel Phosphide and a Pseudocapacitive Cobalt Phosphide Electrodes for Enhanced Energy Storage ③학술지명: Journal of Energy Storage ④권(호), 페이지: Volume 66, 30 August 2023, 107321 ⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 1명 ⑥게재연도: 2023 ⑦DOI 번호(해당시): 10.1016/j.est.2023.107321		
				재료화학					
<p>본 논문은 고에너지 밀도 슈퍼커패시터용 니켈 폼(NF)에 인화코발트(CoP)와 인화니켈(NiP)을 결합한 하이브리드 전극에 관한 내용임. 슈퍼커패시터는 우수한 장기 안정성, 빠른 충방전 속도, 높은 전력 밀도 등의 특징을 가져 에너지 저장 장치로 유망한 후보임. NiP/CoP@NF//AC@NF로 제작된 슈퍼커패시터(ASC)는 이전의 NiCoP 보다 에너지 밀도 면에서 성능이 향상되었으며 탁월한 정전 용량 유지를 보이는 것을 확인함. 다양한 전력 밀도 조건에서 탁월한 성능과 안정성으로 인해 고에너지 밀도 슈퍼커패시터에 대한 가능성을 보여줌</p>									
6									



다. 이공계열 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

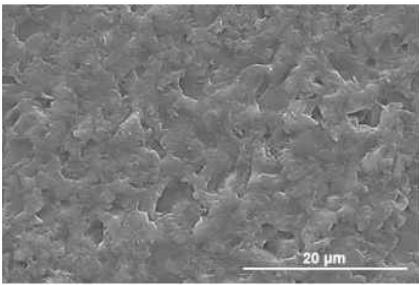
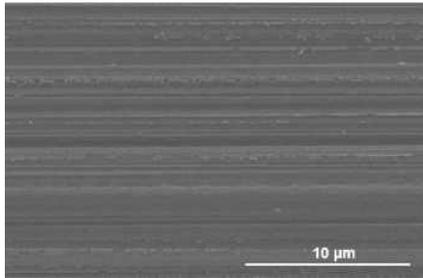
- 본 연구단 소속 참여교수는 지난 사업 연도(2022.09.~2023.08) 동안 8건의 특허 등록과 19건의 특허 출원의 실적을 냄. 특허 등록까지 완료한 실적 중 참여교수의 대표 실적은 다음과 같음(전체 특허 등록 및 출원은 표 III-3, 표 III-4 참고).

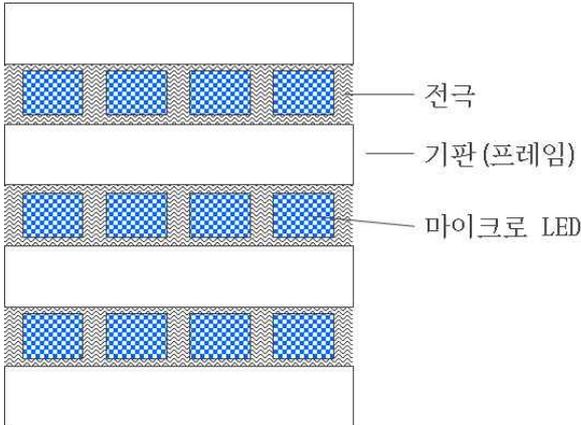
연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용
			세부 전공분야		
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
	강운목		신소재공학 태양전지	특허	①발명자: 전용석, 강운목, 김승규, 이찬용 ②특허명(품종등록명): 신축성 태양광 모듈 및 이를 포함하는 웨어러블 전자기기 ③등록국가: 대한민국 ④등록번호: ⑤등록연도: 2022
<p>태양으로부터 생성되는 광자의 에너지를 광전효과를 통해 전기 에너지로 변환하는 소자를 태양전지라 하고, 두 개 이상의 태양전지를 단일 회로에 직렬 또는 병렬로 연결한 집합체를 태양광 모듈이라 함</p> <p>태양전지의 핵심 소재는 광전효과를 나타내는 광 흡수층이라 할 수 있으며, 그 소재로는 실리콘, CIGS(copper indium gallium selenide), CdTe(cadmium telluride), III-V족 원소 복합소재, 광활성 유기물, 페로브스카이트 등이 있음. 유연성을 가지는 기판의 소재로는 polyethylene terephthalate(PET), polyimide (PI) 등의 고분자 소재를 사용함</p> <p>Polydimethylsiloxane(PDMS)은 실리콘 계열 고분자로서 우수한 기계적 물성, 투과도, 신축성 및 다루기 쉽고 저온 경화가 가능하므로 광학 소자를 비롯한 다양한 분야에서 널리 사용되는 소재임. 나노임프린트 리소그래피(nanoimprint lithography, NIL) 기술은 기판의 요철구조를 이요하여 나노미터 스케일의 패턴을 인쇄 제조하는 방법이며, 초미세 회로, 반도체 기판 등의 제작에도 응용됨</p> <p>1</p> <p>저렴한 비용, 높은 처리량 및 높은 해상도를 구현할 수 있음. 본 발명은 신축성을 갖는 전도성 기판 기반의 신축성 태양광 모듈 구조 및 소재를 제공하고 차세대 태양전지의 핵심 응용 분야인 웨어러블 소자의 발전원으로써 적합할 수 있음</p>					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>특허 대표도</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>특허 대표도</p> </div> </div>					

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용
			세부 전공분야		
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
이해석			전기전자 공학	특허	①발명자: 이해석, 박현정, 배수현, 이창현, 최동진, 한혜빈, 강윤목, 김동환
			태양전지		②특허명(품종등록명): 태양전지 제조 방법
					③등록국가: 대한민국
					④등록번호:
					⑤등록연도: 2022
<p>본 발명의 실시예에 따르면, 더블 프린팅을 이용하여 전극 형성 시 고온에서의 열처리 공정과 열처리 분위기를 조절하여 그에 따른 전기적인 특성을 유지 및 향상시키는 것이 가능함</p> <p>한편, 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것임</p> <p>본 발명은 반도체 기판 상에 전극을 형성하여 태양전지를 제조하는 방법에 있어서, 상기 반도체 기판 상에 제1페이스트를 인쇄하는 제1프린팅 단계; 상기 제1 페이스트를 소성하여 제1전극층을 형성하는 제1소성 단계; 상기 제1전극층 상에 제 2페이스트를 인쇄하는 제2프린팅 단계; 및 상기 제2페이스트를 소성하여 제2전극층을 형성하는 제2소성 단계를 포함하는 태양전지 제조 방법을 개시함</p>					
2	<p style="text-align: center;">특허 대표도</p> 		<p style="text-align: center;">특허 대표도</p> 		

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용
			세부 전공분야		
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
	이해석		전기전자 공학	특허	①발명자: 김동환, 고종원, 정유진, 강윤목, 이해석, 전용석
			태양전지		②특허명(품종등록명): 태양전지 및 이를 포함하는 태양전지 모듈
					③등록국가: 대한민국
					④등록번호:
					⑤등록연도: 2022
<p>마이크로미터 크기의 실리콘 태양전지를 만들기 위해서 상용화된 모든 종류의 5인치 또는 6인치 고효율 실리콘 태양전지를 식각하여 적용이 가능함. 예로는 고효율 실리콘 태양전지는 SP, PERC, PERL, HIT, IBC, TOPCoN 등이 있고 양면수광형 bi-facial 셀 적용도 가능함. 마이크로미터 크기의 실리콘 태양전지 제작을 위해서는 레이저절제 또는 선택적 습식 화학 에칭과 같은 미세 가공 기술이 사용 가능함</p> <p>본 발명에서는 안정성이 확보된 고효율의 실리콘태양전지를 마이크로미터 크기의 다양한 형태로 제작하여 모듈화 함으로써 투명도를 높여 시선을 방해받지 않아 어느 장소에나 설치가 가능함과 동시에 태양광의 입사각이 증가하여 발전량을 향상시킬 수 있는 기술을 개발함</p> <p>본 발명은 높이 방향으로 관통된 적어도 하나의 중공부를 갖는 태양 전지 구조체; 및 상기 적어도 하나의 중공부 각각에 배치된 복수의 집광부를 포함하는 태양 전지 및 이를 포함하는 태양 전지 모듈을 개시함</p>					
3	<p style="text-align: center;">특허 대표도</p> <p style="text-align: center;">단면구조</p> <p style="text-align: center;">평면구조</p> <p style="text-align: center;">Shingle 모듈 공정</p> <p style="text-align: center;">(단면)유닛 셀 연결구조</p> <p style="text-align: center;">(평면)유닛 셀 연결구조</p> <p style="text-align: center;">전체 모듈 평면구조</p>				

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용
			세부 전공분야		
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
4	이해석		전기전자 공학	특허	①발명자: 김동환, 고종원, 정유진, 강윤목, 이해석, 전용석
			태양전지		②특허명(품종등록명): 조립식 태양전지 모듈
					③등록국가: 대한민국
					④등록번호:
					⑤등록연도: 2022
<p>현행 실리콘 태양전지 모듈 제작에서는 봉지재를 이용해 각 구성요소를 고온에서 접합하는 방식이 사용되고 있었음</p> <p>이 발명은 Ethylene Vinyl Acetate (EVA) 등의 봉지재를 사용하지 않고도 태양전지 모듈을 제작하는 방법을 제시함. 기존의 모듈은 고온에서 봉지재를 태워 분리해야 하는데, 이를 개선하여 제작과 분리가 용이하며, 유리와 태양전지를 손상 없이 회수할 수 있음</p> <p>이를 위해 특수한 프레임을 도입하고, 모듈 구조를 변경하여 봉지재를 사용하지 않는 구조를 채택함. 새로운 모듈 구성은 백시트 태양전지, 전면유리, 후면유리 순으로 배치하며, 프레임을 활용하여 압력을 가하여 구성요소를 결합함. 결과적으로, 고온 공정을 필요로 하지 않아 유리와 태양전지 손상이 최소화되며, 부피 감소로 인한 효율적인 운반이 가능해짐</p>					
<p>특허 대표도</p> <p>시작품</p>					

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용
			세부 전공분야		
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
이해석			전기전자 공학	특허	①발명자: 정유진, 배수현, 강윤묵, 이해석, 김동환
			태양전지		②특허명(품종등록명): 태양전지 기관의 습식 텍스처링 방법
					③등록국가: 대한민국
					④등록번호
					⑤등록연도: 2023
<p>본 발명은 DWS 방식으로 제작된 실리콘 웨이퍼의 표면 텍스처링 문제를 해결하고자 하며, 효과적인 열처리 전처리 방법을 제시합니다. 또한, 산업 적용 가능하며 환경 친화적인 표면열처리 공정과 습식 텍스처 방법을 개발하여, 효과적인 텍스처를 부여하는 것이 목표임.</p> <p>본 발명에 따라 DWS 방식으로 제작된 다결정 실리콘 웨이퍼의 표면에 효과적인 텍스처를 형성함으로써 광흡수율을 증대시킬 수 있음.</p> <p>본 발명은 태양전지 기관의 습식 텍스처링 방법에 관한 것으로, DWS 방식으로 제작된 실리콘 웨이퍼의 표면에 텍스처를 형성하는 방법에 있어서, 준안정 실리콘 상을 포함하는 상변환층이 형성된 실리콘 웨이퍼의 표면을 세정하는 제 1 단계; 세정된 실리콘 웨이퍼를 열처리하여 웨이퍼 표면에 상변환층 영역과 결정질층 영역을 포함하는 혼재층을 형성하는 제 2 단계; 습식 세정 용액을 통해 혼재층이 형성된 실리콘 웨이퍼의 표면을 세척하는 제 3 단계; 및 세척된 실리콘 웨이퍼를 산 용액에 침지시켜 웨이퍼 표면에 텍스처가 형성되도록 식각하는 제 4 단계를 포함함</p>					
5					
특허 대표도					
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>					

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용
			세부 전공분야		
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
6	전용석		재료화학	특허	①발명자: 전용석, 강윤목, 이찬용
			재료화학		②특허명(품종등록명): 마이크로 LED가 설치된 태양광 모듈 및 이의 제조 방법
					③등록국가: 대한민국
					④등록번호:
					⑤등록연도: 2023
<p>본 발명은 태양광 발전장치에 관한 것이며, 보다 상세하게는 마이크로 LED 도입을 통한 사이니지 기능 확장 가능한 고효율 특성을 나타낼 수 있는 실리콘 태양광 모듈의 제조 방법과 구조에 관한 내용임.</p> <p>기존의 태양광 모듈은 태양광 입사면에 다른 소자를 접목하는 경우 입사광에 의한 손실이 불가피하지만 발명한 고효율 실리콘 태양광 모듈에 확장한 디지털 사이니지는 후면광, 액정 층, 편광 층을 사용하지 않으며, 초소형 픽셀 사이즈에 기반하여 초고해상도의 구현이 가능하고 높은 최대 밝기와 무한대에 가까운 명암비를 통해 일조량이 높은 시간대에도 우수한 가시성을 나타낼 수 있음.</p>					
					

<표 III-3> 최근 1년간(2022년9월1일-2023년8월31일) 특허 등록실적

연번	연도	항목	등록 국가	등록일자	등록번호	발명의 명칭	등록인 구분	발명인명
1	2022	국내특허	대한민국	2022.09.01		신축성 태양광 모듈 및 이를 포함하는 웨어러블 전자기기	고려대학교 산학협력단	전용석, 강윤목, 김승규, 이찬용
2	2022	국내특허	대한민국	2022.10.07		태양전지 제조 방법	고려대학교 산학협력단	이해석, 박현정, 배수현, 이창현, 최동진, 한혜빈, 강윤목, 김동환
3	2022	국내특허	대한민국	2022.10.07		태양전지 및 이를 포함하는 태양전지 모듈	고려대학교 산학협력단	김동환, 고종원, 정유진, 강윤목, 이해석, 전용석
4	2022	국내특허	대한민국	2022.12.22		조립식 태양전지 모듈	고려대학교 산학협력단	김동환, 고종원, 정유진, 강윤목, 이해석, 전용석
5	2023	국내특허	대한민국	2023.03.21		태양전지 기관의 습식 텍스처링 방법	고려대학교 산학협력단	정유진, 배수현, 강윤목, 이해석, 김동환
6	2023	국내특허	대한민국	2023.03.21		마이크로 LED가 설치된 태양광 모듈 및 이의 제조 방법	고려대학교 산학협력단	전용석, 강윤목, 이찬용
7	2023	국내특허	대한민국	2023.08.29		고투광성 태양광 모듈	고려대학교 산학협력단	전용석, 강윤목, 이찬용
8	2023	국내특허	대한민국	2023.08.02		층격 흡수구조체를 포함한 태양광 모듈	고려대학교 산학협력단	전용석, 강윤목, 이찬용, 이창현

<표 III-4> 최근 1년간(2022.9.1.-2023.8.31.) 특허 출원실적

연번	연도	항목	출원 국가	출원일자	출원번호	발명의 명칭	등록인 구분	발명인명
1	2022	해외특허	미국	2022.09.01		병렬 및 직렬 연결 구조를 갖는 태양전지 모듈	고려대학교 산학협력단	고종원, 김동환, 강윤목, 전용석, 이해석, 정유진
2	2022	해외특허	미국	2022.10.14		컬러 태양 전지 모듈	고려대학교 산학협력단	정유진, 고종원, 전용석, 강윤목, 이해석, 김동환
3	2022	해외특허	PCT	2022.11.01		태양전지 및 이를 포함하는 태양전지 모듈	고려대학교 산학협력단	편도원, 이상원, 이해석, 김동환, 강윤목, 현지연, 황재근, 이솔희, 이원규, 정석현, 황지성
4	2022	국내특허	대한민국	2022.12.27		다중접합 태양전지 및 그 제조방법	고려대학교 산학협력단	편도원, 최동진, 이해석, 김동환, 강윤목, 황재근, 강동균, 이솔희, 송호영, 정석현, 심명섭
5	2023	국내특허	대한민국	2023.01.12		태양광 모듈 및 이의 제조 방법	고려대학교 산학협력단	전용석, 강윤목, 이찬용, 채경진

6	2023	국내특허	대한민국	2023.01.18		반투명 태양전지 및 그 제조방법	고려대학교 산학협력단	전용석, 김동환 강윤목, 이해석, 편도원, 이찬용, 장홍준
7	2023	국내특허	대한민국	2023.02.28		지지기판, 이를 포함하는 태양광 모듈 및 태양광 모듈의 제조방법	고려대학교 산학협력단	전용석, 강윤목 이찬용, 채경진
8	2023	국내특허	대한민국	2023.01.17		스페이서가 적용된 투명한 슈퍼캐패시터 구조	고려대학교 산학협력단	전용석, 정무영 오용석, 조효빈
9	2023	국내특허	대한민국	2023.04.07		광 가이드 투명 태양전지를 이용한 자가 충전 투명 슈퍼캐패시터 구조	고려대학교 산학협력단	전용석, 정무영, 안정현
10	2023	국내특허	대한민국	2023.06.28		전기화학 소자용 전극재	고려대학교 산학협력단	전용석, 정무영, 이찬용, 오용석
11	2023	국내특허	대한민국	2023.02.02		수분침투 방지 및 UV 파장의 빛 차단 기능을 가진 희생양극을 포함하는 태양광 모듈	고려대학교 산학협력단	황지성, 강윤목, 김동환, 이해석, 편도원, 김경환, 이원규, 정석현, 남지연, 이솔희, 조수진, 황재근
12	2023	국내특허	대한민국	2023.02.10		정공수송이 가능한 패시베이션층이 구비된 페로브스카이트 태양전지 및 그 제조방법	고려대학교 산학협력단	정석현, 이해석, 김동환, 강윤목, 송호영, 이솔희, 편도원, 황재근, 남지연, 조수진, 이원규
13	2023	국내특허	대한민국	2023.07.24		지그에 의해 각도 조절되는 태양광 모듈의 제조방법 및 이에 의한 태양광 모듈	고려대학교 산학협력단	강윤목
14	2023	국내특허	대한민국	2023.03.10		금속산화물 투명기판	고려대학교 산학협력단	강윤목
15	2023	국내특허	대한민국	2023.03.10		페로브스카이트 태양전지 모듈 구조	고려대학교 산학협력단	이원규, 남지연, 이승훈, 강윤목, 이해석, 김동환
16	2023	국내특허	대한민국	2023.07.24		창호형 태양광 모듈	고려대학교 산학협력단	강윤목
17	2023	국내특허	대한민국	2023.07.24		투명 태양광 모듈의 제조방법 및 제조장치	고려대학교 산학협력단	강윤목, 전용석
18	2023	국제특허	미국	2023.03.08		태양전지 제조 방법	고려대학교 산학협력단	최동진, 이해석, 김동환, 강윤목, 배수현, 박현정, 이창현, 한혜빈
19	2023	국제특허	미국	2023.07.31		STRUCTURE AND PROCESS OF EASILY EXPANDABLE ASSEMBLED SOLAR MODULES AND ASSEMBLIES	고려대학교 산학협력단	전용석, 강윤목 이찬용, 채경진

2. 산업·사회에 대한 기여도

가. (개도국 역량 강화) 신흥국 에너지 공무원 초청 인력양성 프로그램 (참여교수: 김경남, 하윤희, 우종률)

- **(현황)** 2023년 8월 기준, 16개국 출신 49의 졸업생과 재학생이 있으며, 이들은 에너지 분야 전략시장인 신흥 경제국의 에너지부 및 국영전력회사 현직 간부들로서 주로 아시아 및 아프리카 국가 출신으로 구성
 - 2023년 후기 신입생은 석사과정 10명의 신입생이 입학
 - 현지 전문가·공무원·기업 등과의 협력 네트워크를 구축하여 현지 상황에 맞는 에너지 적정기술을 발굴하고, 정책분석을 통해 시장을 개척하도록 지원
- **(실적)** GETPPP 졸업생을 활용한 “국제에너지전문가네트워크(IEEN)” 구축을 추진함.
 - GETPPP 과정을 통해 배출된 졸업생들이 우리 기업들이 신흥 개도국 시장을 개척하는 데 있어 실질적인 도움을 줄 수 있도록 2019년부터 졸업생들을 enabler로 활용해 국제에너지전문가네트워크(International Energy Expert Network, IEEN)를 구축
 - 2019년 베트남 출신 졸업생이 주축이 되어 현지 공무원, 에너지기업 간부, 기업가, 연구자 등이 참여하는 14명 규모의 한-베트남 IEEN을 구축한 이래 2020년, 2023년 인도네시아, 2021년 필리핀, 2022년 말레이시아로 IEEN을 확장
 - 베트남과 말레이시아 현지에서 개최된 IEEN 출범 포럼(인도네시아와 필리핀은 코로나 상황으로 인해 현지 포럼 생략)에는 현지 에너지 전문가와 한국 기업인들이 참여하여 태양광, 풍력, 스마트에너지시스템, ESS, 그린 모빌리티 등을 주제로 세미나와 네트워킹 행사를 개최하여 현지 진출을 희망하는 한국 기업들이 신뢰할 만한 현지 네트워크를 확보
 - 2023년 말레이시아 Green Mobility and Energy 포럼은 2022년 8월 30일 쿠알라룸푸르에서 개최되었으며 말레이시아 에너지부 Dato' Mohamad Razif bin Haji Abd Mubin 차관보를 포함 말레이시아 측 인사 17명, 말레이시아 대사관 이치범 대사를 포함 한국기업 측 인사 23명이 참석
 - 가장 최근인 2023년에는 제주도에서 2023 Hydrogen Energy Experts Seminar를 개최하였으며 수소 에너지 관련 국내외 전문가 8명, 국내외 정부기관, 대사관, 유관 기업, 대학, 언론사, 금융사 등 총 313명이 참석
 - 2023년 8월 인도네시아 발리에서 ASEAN 에너지 장관 회의 및 ASEAN 에너지 비즈니스 포럼과 연계하여 2023 ASEAN-Korea Energy Experts Seminar를 개최하였고, 국내외 에너지 전문가 및 국내외 정부 부처, 기관 공기업, 유관 기업, 대학, 재단 등 총 43명이 참석
 - 2019년부터 2023년까지 IEEN 포럼 신흥국 멤버는 말레이시아, 필리핀, 인도네시아, 베트남에서 19개국 231명
- **(향후 계획)**
 - 기존의 네트워크 심화 및 신규 네트워크 발굴을 통해 산학연 네트워크 교류회, 국제협력 워크숍, 에너지기술정책 포럼을 지속적으로 개최할 예정
 - 졸업/재학생 및 해당 국가 에너지부 공무원을 비롯하여 관련 기관 간 정책협력 및 학술교류 네트워크를 지속적으로 구축 및 확장하여 인적 교두보 마련
 - 현지 에너지기술 수요 및 시장상황을 분석 및 평가하고 진출 가능한 국내기업을 매칭하기 위한 워크숍을 지속적으로 개최(졸업/재학생 출신 국가의 에너지 기관 관계자 한국 초청)
 - 국내 산학연 연구진 현지 방문하여 양자 간 에너지산업 진출을 위한 공동연구 및 과제발굴 추진
 - 현재 한국중부발전, 한국동서발전, 한전KPS, 한국석유공사, 포스코에너지, SK이노베이션, 삼탄,

한화에너지, 리카본코리아, 계림폴리콘, 한국스마트, 에너지기술(주), 스텝랩, 에코션, 엔바이오킨스, 코에버정보기술, 다쓰테크 등 다수의 국내 에너지 기관/기업들과 지속적으로 협력할 계획

나. 동남아시아 4개국 전기 자동차 충전 인프라 비즈니스 생태계 분석을 통한 평가 프레임워크 개발 (참여교수: 하윤희)

●(연구 배경)

- 교통 부문은 전 세계 온실가스 배출의 주요 원인 중 하나로, 에너지 부문 중에서도 가장 탄소집약적인 부문 중 하나이며, 2019년 전 세계 교통 부문의 온실가스 배출 비중이 17%이던 것이, 2021에는 23%로 증가
- 동남아시아는 인구 증가와 경제성장으로 인해 에너지 수요가 급증하고 있는 지역으로 해당 지역의 CO₂ 배출량은 증가 추세에 있고, 교통 부문이 전체 온실가스 배출의 약 40%. 따라서 해당지역의 친환경 모빌리티로의 에너지 전환, 특히 전기차 도입 및 전기차 충전 인프라 확충이 시급한 과제로 부상
- 기존 연구는 주로 선진국에 초점을 맞추어 전기차 충전 인프라 분석 등이 이루어지고 있으며 동남아시아에 대한 연구는 상대적으로 미미한 실정임. 또한, 전기차 충전 인프라와 관련하여 미시적인 분석은 많으나, 다양한 이해관계자의 참여를 고려한 비즈니스 생태계 접근법을 통한 종합적인 분석이 부족
- 이에 인도네시아, 말레이시아, 필리핀, 베트남 등 주요 동남아시아 국가들의 전기차 충전 인프라 비즈니스 생태계의 성숙도를 평가하기 위한 종합적이고 거시적인 분석이 필요하며, 이를 위해 다양한 이해관계자의 참여를 고려한 평가 프레임워크를 개발
- Core business와 Extended enterprise를 각각의 이해관계자별로 분류하여 평가 기준을 마련하고 해당 프레임워크를 적용하여 각 국가별 케이스 스터디를 진행
- 이를 바탕으로 각 국가의 전기차 충전 인프라의 비즈니스 생태계 성숙도를 평가하고, 산업의 발전과 전기차 충전 인프라의 확장을 위한 정책적 함의점을 도출

●(실적 및 현황)

- 동남아시아 주요국 대상 전기차 충전 인프라 비즈니스 생태계 및 밸류체인 분석과 관련한 평가 프레임워크를 개발하는 에너지경제연구원 과제(2022년 6월 ~ 2022년 11월) 수행
- 본 과제에서는 인도네시아, 말레이시아, 필리핀, 베트남 등 주요 동남아시아 국가들의 전기차 충전 인프라 밸류체인 및 비즈니스 생태계의 성숙도를 평가하기 위한 종합적인 평가 프레임워크를 개발하며 관련된 정책적 시사점을 도출

●(기대 효과)

- 다양한 이해관계자의 참여를 반영한 전기차 충전 인프라 비즈니스 생태계 평가 프레임워크 개발을 통해 정책 입안자들에게 실질적인 가이드를 제공할 것으로 기대
- 각 국가별 맞춤형 전략 수립에 필요한 통찰력 제공 및 국가별 전기차 충전 인프라 구축 가속화
- 장기적으로 지역 내 전기차 시장의 성장과 지속가능한 교통 시스템으로의 전환 촉진
- 해당 지역의 EV와 관련 산업에 대한 투자 유치와 혁신을 촉진하는 데 중요한 역할을 할 것으로 예상

다. (산업계 에너지효율 개선 유인정책 설계) 에너지효율 성과공유 활성화를 위한 정성적 평가기준 마련 (참여교수: 하윤희)

●(추진 배경)

- 최근 우리나라는 산업계의 현실을 최대한 반영하여 지속적인 에너지효율 개선을 유인하는 데 중점

- 에너지효율네트워크와 같은 자발적 에너지효율 정책수단은 규제적 수단과 달리 산업체의 에너지효율 개선을 위한 정보와 인센티브 제공에 초점이 맞추어지며, 기업의 지속적인 에너지효율 투자를 유인하여 시장의 중장기적인 변화를 목적으로 설계
- 에너지효율네트워크가 참여 기업 간 에너지효율 달성과 관련된 정보공유 및 학습을 목적으로 하는 바, 네트워크에 참여하는 기업들이 지속적으로 양질의 정보를 제공하기 위해서는 그들이 제공하는 정보에 대한 적절한 평가와 보상이 필요
- 에너지효율네트워크는 기업들의 자발적 참여가 네트워크 성패에 큰 영향을 미치는 바, 기업의 적극적이고 자발적인 참여를 유인할 수 있는 동기부여 방안이 필요

● (실적 및 현황)

- 에너지효율네트워크 활성화를 위한 정성적 평가기준 마련을 위한 주요 요인 분석 및 도출
- 에너지효율네트워크 활성화를 위한 기업들의 인센티브 선호도 조사를 통한 제도 개선 우선순위 도출 및 정책 확립에 기여

라. 알키미스트 프로젝트 산업화 (참여교수: 강윤목, 이해석, 전용석)

● (연구 배경)

- 산업의 난제 해결에 도전하는 초고난도 기술 개발을 통해 기존의 기술 한계를 돌파하고, 사회·경제적 파급력이 높은 기술을 확보하여 국내 산업에 혁신을 가져올 것으로 기대
- 현재 태양광 산업은 실리콘 태양전지 한계효율(30%)로 인해 실질적인 발전이 제약됨에 따라 혁신적인 기술 개발이 태양광 산업의 핵심 과제 중 하나로 여겨짐. 이러한 실리콘 태양전지의 한계를 극복하기 위하여 슈퍼 태양전지로 페로브스카이트/실리콘 탠덤 태양전지를 개발
- 태양전지의 건물 적용을 위한 태양광발전(BIPV)의 핵심기술로 투명하면서 전력을 발생할 수 있는 투명한 태양전지 소재 및 모듈을 개발

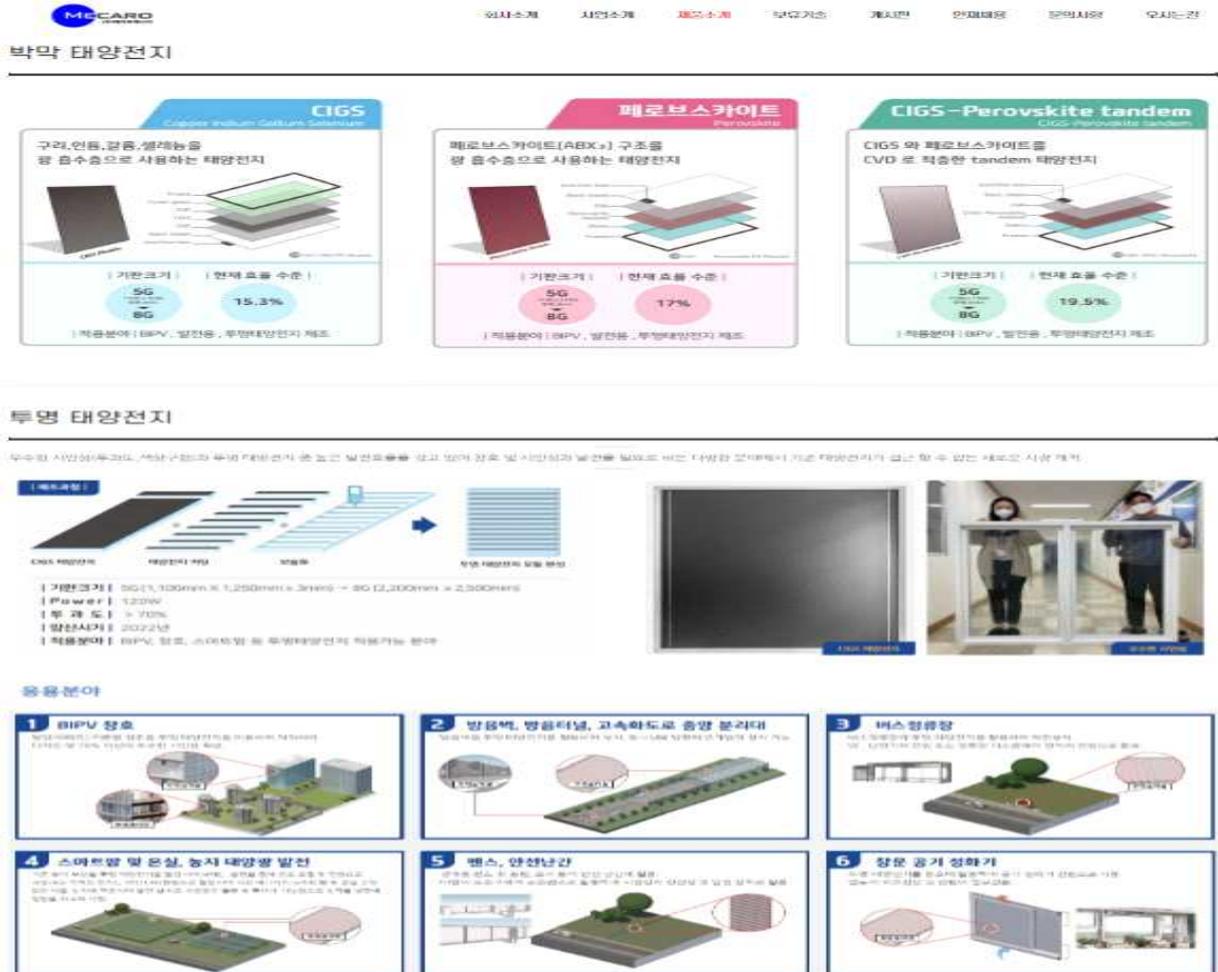
● (실적 및 현황) 슈퍼 태양전지 개발

- 산업난제 해결을 위한 알키미스트 프로젝트로 “슈퍼 태양전지” 개발을 진행 중에 있음. 고려대, 한국화학연구원, KAIST 및 글로벌 태양광기업인 (주)한화큐셀이 같이 협력하고 있으며, 현재 슈퍼 태양전지의 bottom 셀을 사업화하기 위해 파일롯라인을 설치하여 검증 중. 현재 태양광시장의 95%를 점유중인 상업용 실리콘 태양전지의 경우 효율이 22-23% 이며, 본 슈퍼 태양전지의 최종목표는 태양전지의 이론한계효율(29.4%)를 극복한 30% 이상의 효율 달성임. 향후 슈퍼 태양전지의 상용화에 성공한다면 국내 태양광 기술의 글로벌 우위성과 국내 관련 산업(소재/부품/공정장비) 활성화를 통한 글로벌 시장에서의 국내 산업경쟁력 확보가 가능

(ㄱ) 필름형 투명 태양전지 개발	(ㄴ) 기존 태양전지 플랫폼화 예시
<p>● 멤버십 협력 개발 예시 - 메카로</p> <p>MEMCARO</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. 세계 유일 MOCVD OGS 셀/모듈 기술 2. 반도체 및 태양전지용 전구체 개발 3. 유기금속 화학물 합성기술 4. 유기/유기 금속화합물 고순도 정제기술 5. CVD heater block <p>현 제품: OGS 박막 모듈</p> <p>투명태양전지 적용: OGS 투명 모듈</p> <p>협력 필요성과 시너지 효과: OGS 투명 태양광 모듈 상용화</p> <ul style="list-style-type: none"> >> 기존 태양광 모듈 산업은 기술 장벽이 낮음 >> 보유기술의 부가 가치를 높일 수 있는 새로운 제품 필요함 >> 메카로: OGS 박막 태양전지 개발 및 실외 평가, 고려대: OGS 박막 태양전지 고효율화 공정 개발 	<p>● 멤버십 협력 개발 예시 - 립하이</p> <p>Leap High Inc.</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. 세계 유일 초박막(-1um) 변색소재 기술 2. 전고체 (Full Solid State) Device 3. 내면적 기능(자광용 유리 건축유리) 4. 곡면 및 유연기판 적용 가능(필름형태) 5. 낮은 제조 원가(1/10) <p>현 제품: 웨어러블 소자, 자동차부품, 스마트유리</p> <p>투명태양전지 적용: 투명디스플레이, 자동차(양면), 건물(스마트유리)</p> <p>협력 필요성과 시너지 효과: 투명 태양전지를 활용한 다양한 신제품 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> >> EC는 전력 공급을 중단상태에서 투과도 70% 수준을 유지해야 하므로 투명 태양전지 필요 >> 자동차나 웨어러블 기기는 배터리를 사용하므로 사용시간 제한되어 보조 전력원 필요 >> 립하이: 박막 변색 소자 및 시스템개발, 고려대: 필름형 투명태양전지 개발

- 투명태양전지 기술이전: 메카로에너지와 기술협력

- 2018년 12월 4일: (주)메카로와 CIGS 박막태양전지 산업자문계약 체결
- 2020년 1월 1일: 메카로에너지와 CIGS 박막태양전지 산업자문계약 체결
- 2020년 6월 17일: 메카로에너지에 투명태양광 모듈기술 소개 및 알키미스트 프로젝트 기업멤버십 참여의향서 체결
- 2021년 12월 20일: 유리기판을 사용한 불투명한 CIGS 태양전지를 투명태양광 모듈로 제작할 수 있는 내용으로 한정하여 기술이전(통상실시권) 협의 시작
- 메카로에너지가 홈페이지에 게시한 투명모듈 홈페이지(<https://mecaroenergy.com/>)에 게시하고, 대구 그린엑스포(2022.4.13.~15)와 세계태양에너지엑스포(2023.6.27.~29)에 전시함



[그림 III-2] 메카로에너지 홈페이지에 공개된 고려대가 기술 지원한 내용

- 투명태양전지 수상 및 기술 공동개발 과제

- **(현대건설)** 2022 현대건설 기술공모전 장려상 수상 (2022.11), 아이디어명: "공동주택 유리난간에 적용 가능한 태양광 모듈 개발 제안서"
- **(한국동서발전)** 2022년도 제10차 연구개발심의위원회 과제 선정(2022.11~2024.10), 과제명: "건축물 및 영농형 고기능성 태양광 모듈 양산화 기술개발"
 - 건축물 창호에 적용 시 건축물에너지 절감 및 온실가스 감축에 기여
 - 영농형 태양광으로 활용 시 식물 생장에 영향을 거의 주지 않아 자연환경 친화적
 - 양산화 가능한 투명 및 컬러 태양광 모듈 시제품 개발로 디자인적 요소를 가미하여 태양광 발전에 대한 부정적 인식 해소

- **(현대자동차) 산학협력과제 선정(2022. 8, 약 8500만원/1년), 과제명: “고투과 태양전지 개발을 위한 Invisible 태양광 모듈 개발”**
 - 자동차 디자인을 돋보이게 하는 심미성을 갖춘 태양광 모듈 개발
 - 양면 수광형 페로브스카이트 태양전지를 적용한 invisible 모듈개발
 - 고투과 및 고효율을 동시에 만족시킬 수 있는 새로운 컨셉의 투명 태양광 모듈 기술 개발
 - 자동차에 적용 가능한 보조 발전원 확보
- **(국책과제) 산업통상자원부 에너지기술평가원 “신재생에너지기술핵심기술사업” 선정(2023. 8.), 과제명: “결정질 실리콘 기반 탠덤 태양전지 적용을 위한 전층 무기 저온 상변화 페로브스카이트 - 상부셀 및 핵심소재 개발”**
 - 전층 무기 저온상변화 페로브스카이트 대면적 태양전지 개발 및 장기안정성 확보
 - 결정질 실리콘 기반 탠덤 태양전지 적용을 위한 전층 무기 저온상변화 페로브스카이트 상부셀 및 핵심소재 개발
 - 양산형 결정질 실리콘 태양전지의 이론 한계효율 근접으로 차세대 태양전지 개발
 - 저온 상변화 무기 페로브스카이트 개발로 페로브스카이트/실리콘 탠덤태양전지 상용화
 - 동시진공건식증착 공정법 개발을 통한 전층 무기 건식 탠덤태양전지 상용화
 - 저온 상변화 페로브스카이트 기반 탠덤 태양전지 생산단가 절감 및 양산화

● **(기대 효과)**

- **산업 난제 해결과 기술 리더십 강화:** 알키미스트 프로젝트를 통한 슈퍼 태양전지 및 투명 태양전지의 개발은 실리콘 태양전지의 한계를 뛰어넘어, 태양광 산업의 기술적 난제를 해결하고 산업의 리더십을 강화할 것으로 기대함. 이는 국내외 시장에서 한국 태양광 요소기술 및 특허 선점의 우위성을 확보하고, 관련 산업의 글로벌 경쟁력을 높이는 데 기여
- **에너지 효율성과 환경 친화적 발전:** 고기능 창호형 BIPV 모듈과 같은 혁신적인 태양전지 제품들은 건축물의 에너지 효율을 높이고 온실가스 감축에 기여함으로써 환경 친화적인 발전을 도모함. 또한, 영농형 태양광 및 자동차에 적용 가능한 고투과 태양전지 개발은 태양광 발전에 대한 부정적 인식을 해소하고, 환경과의 조화를 추구
- **산업 다각화와 경제성장 촉진:** 투명 태양전지 기술의 상업화는 태양광 산업의 다각화를 촉진하고, 새로운 산업 분야에서의 일자리 창출과 경제 성장을 촉진함. 이는 태양광 모듈의 디자인적 요소 개발과 자동차, 건축 등 다양한 분야에의 적용 가능성을 통해 실현 가능
- **신규 고부가가치 에너지산업에 의한 요소기술 및 확장기술 분야 산업 수요 증가와 일자리 창출:** 100 GW 이상의 신규 에너지 시장 창출할 것으로 예상(국내 대중소 기업들과의 멤버십 운영을 통해 개발될 기술과 제품의 사업화 촉진 및 신산업 창출; 멤버십 참여기업: 현대자동차, 한화, 포스코, 신성이엔지, 이진창호, 고려특수소재, 이녹스,리스트벤처, 코아시아 등 자동차, 전자재, IT, 벤처투자 기업)

마. 탄소중립 이행을 위한 글로벌 산업부문 모형 개발 (참여교수: 우종률)

● **(연구 배경)**

- 산업부문의 온실가스 배출량은 가장 높은 수준이나, 현실적으로 큰 폭의 감축은 난제
- 2019년 기준 국내 온실가스 배출량의 55.7%를 산업부문 배출량이 차지
- 선진국보다 제조업 비중이 높은 상황에서 수출 경쟁력, 노동 시장 등에 피해를 최소화하면서 감축 목표를 달성하기 위해서는 정교한 모형을 토대로 합리적인 의사결정이 필요
- 하지만 산업부문에 대한 감축 모형 연구는 상대적으로 부족한 상황
- 산업부문의 경우 철강, 석유화학, 시멘트 등 개별 산업의 에너지시스템과 기술 구조가 상이하여 통합적인 분석이 어렵고, 영업 기밀 등을 이유로 기술DB가 투명하게 공개되어 있지 않아

상대적으로 분석이 미흡

- 감축목표 달성에 필요한 비용, 에너지 사용량, 노동 수요 변화 등을 분석하기 위해서는 산업부문 모형을 정교하게 구축하는 것이 필요
- 새로운 감축 기술의 등장 및 변화에 따른 산업부문의 감축 잠재량을 분석할 수 있는 모형이 필요함
- 다양한 기술 옵션이 존재하는 상황 속에서 최적의 기술선택과 이에 따른 파급효과를 분석할 수 있는 상향식 모형이 필요하고, 이를 위해서는 모형에 활용하기 적합한 산업부문의 감축 기술 DB 구축이 필요
- 현재 상용화되지 않은 기술의 특성(감축 잠재량, 설치 및 운영 비용, 도입 시점, 운영 기간 등)을 파악하여 해당 기술 도입 시 환경 및 경제에 미치는 영향 분석이 필요
- 기술 확산 및 예측 모형을 별도로 구성하여 신기술의 확산 속도, 네트워크 효과, 학습 효과 등을 반영한 모형 구성이 필요

● (실적 및 현황)

- 탄소중립 정책의 산업부문 영향을 추정하기 위한 에너지-경제 모형을 개발하는 환경부 과제 (2022년 6월~2028년 12월)에 참여 중
- 본 과제에서는 산업부문 기술 DB를 구축하고 이에 기반하여 기술 확산과 미래 기술 행태를 예측하고, 기술 확산/예측을 반영한 산업부문의 글로벌 평가 모형을 구축하여 글로벌 탄소중립 이행 관련한 정책적 시사점을 도출하는 것이 목표
- 구체적으로 산업부문별 기술 현황을 포괄적으로 취합한 DB를 구축하고 이를 기반으로 기술변화 및 확산에 대해 예측함. 기술DB를 바탕으로 다배출 업종(철강, 시멘트, 석유화학 등)에 대한 글로벌 상향식 모형을 구축하고, 정책 및 기술 변화에 따른 기술 선택의 변화를 분석함. 또한 하향식 모형과 연계한 통합모형 구성하여 내생적인 감축 기술 선택 변화로 인한 온실가스 감축량 및 사회경제적 파급효과를 분석할 예정
- 현재 철강기술 데이터베이스와 철강 부문 상향식 기술 최적화 모형을 구축 완료

● (기대 효과)

- 글로벌 감축 기술 DB 구축을 통한 산업별 정교한 감축 잠재력 예측 가능
- 한국형 글로벌 모형의 개발을 통한 국제적인 경쟁력을 갖춰 탄소중립 연계 주도적인 위치 확보 가능
- 온실가스 감축 비용 측면 뿐만 아니라 글로벌 감축 목표 및 탄소세 산정 가능
- 온실가스 저감기술 개발 및 민간 투자를 위한 정책 불확실성 최대한 감소
- 감축 기술 DB 구축을 통한 기타 환경 문제에 대한 기술적인 해결방안 모색이 가능
- 국가 전체적인 감축 잠재력에 대한 추정기능과 정책평가기능이 향상되어 온실가스 감축 정책의 효율성을 제고

바. 최적의 에너지 수요관리 서비스 및 정책 설계를 위한 소비자행동-전력시스템 통합모형 구축 연구 (참여교수: 우종률)

● (연구 배경)

- 우리나라와 세계 주요 국가는 탄소중립을 실현하기 위해 재생에너지 발전비중을 대폭 확대하고 있고, 재생에너지 보급계획 대부분은 변동성과 불확실성을 내재한 태양광과 풍력 발전으로 구성
- 국내외 전력계통에서 재생에너지 발전 비중이 증가함에 따라 수급불균형, 송전선로 혼잡, 전력계통 안정성 악화 등의 문제가 점차 발생 중
- 재생에너지 도입에 앞서나갔던 제주도(2021년 재생에너지 발전 비중 16%)에서는 출력제한 관련 재생에너지 사업자 손실 보상 문제를 두고 갈등이 심화되는 등 여러가지 문제가 발생 중

- 이에 대응하는 유연성 자원을 확보하기 위해 에너지저장시스템(ESS)을 대규모로 설치하는 한편, 수요반응(Demand Response, DR) 등을 이용해 수요측 자원을 비용 효율적으로 확보 가능
- 수요반응은 소비자가 인센티브 또는 시간대별 차등요금에 반응해 자신의 전력 소비패턴을 변경하도록 하여 수요자원을 확보하는 프로그램
- 특히 전기차가 확대되고 이들의 충방전을 수요반응 정책 및 서비스를 통해 조절할 수 있게 된다면 재생에너지의 변동성과 불확실성을 보완하는 데 큰 도움이 될 것
- 수요자원은 특정 시간, 지역, 사용자 그룹별 전력 사용패턴을 조절하여 전력계통을 최적화하는 자원으로, 소비자의 행동변화를 유도해야 하는 만큼 확보가 어려운 자원으로 평가되고 있어서 전략적 접근이 매우 중요(Gamma et al., 2021)
- 우리나라 정부는 최근 발표한 제10차 전력수급기본계획을 통해 기존 국내 수요관리 수단을 내실화하고 행동변화와 연계된 인센티브 프로그램 등 신규 방안을 도입할 계획이라고 밝혔으나 아직 구체적인 이행전략 구축 미비
- 수요반응 프로그램의 잠재력은 높게 평가되고 있지만, 수요자원이 전력계통에 진입하여 과급효과를 만드는 일련의 연속적인 과정을 분석할 수 있는 방법론과 관련 연구 부재
- 수요반응 프로그램 관련 선행연구 대부분은 소비자 참여를 끌어내기 위한 인센티브 수준 등을 분석하고 있지만, 전력계통에서 수요자원의 과급효과 및 가치에 대한 연구가 미흡
- 최근 빠르게 확산되고 있는 전기차를 수요자원으로 보고 전력계통에서 전기차의 가치를 분석하는 연구들이 진행 중
- 이에 본 연구에서는 수요반응 프로그램 설계에 따라 가정 및 전기차 운전자가 시간대별 전력 소비패턴을 얼마나 바꿀지 예측하고 이것의 전력계통 과급효과를 연속적으로 분석하기 위한 방법론을 개발하고 재생에너지가 확대되는 미래 상황(예를 들어 2030년)에서 전체 편익을 극대화할 수 있는 수요반응 서비스 및 정책을 제시하는 것이 목표
- 또한 최근 행동경제학과 넛지 이론이 에너지 분야에 점차 접목되고 있는데, 본 연구에서도 이를 접목하여 수요반응 프로그램에 대한 소비자의 참여를 극대화할 수 있는 정책 및 전략과 그 효과성을 분석할 계획
- 기존 수요관리 정책 및 제도는 인센티브, 요금 등 측면에만 대부분 집중되어 있음. 이에 행동경제학 및 넛지(nudge) 전략을 융합하여 수요관리 프로그램을 재설계하면, 추가 투자비용 없이 소비자 행동변화를 극대화할 수 있을 것
- 본 연구에서 제시하는 분석 방법론과 최적의 수요반응 서비스 및 정책 설계 대안은 학술적으로는 물론 국가 탄소중립 정책과 에너지산업의 발전에도 이바지를 할 수 있을 것

●(실적 및 현황)

- 가정 및 전기차 운전자를 대상으로 하는 수요반응 서비스 및 정책 설계(시간대별 요금제 등)에 대한 소비자 선호와 시간대별 전기 소비패턴을 예측할 수 있는 소비자 행동모델 개발 중
- 전기 소비자의 행동변화를 극대화하기 위한 행동경제학 및 넛지 전략 개발 중
- 수요반응 서비스 및 정책과 행동경제학 및 넛지 전략으로 인한 전기 소비자의 행동변화가 전력 시스템에 미치는 경제적, 환경적, 계통안정성 영향을 분석하기 위한 소비자행동-전력시스템 통합 모델 구축 중

●(기대 효과)

- 최적의 수요관리 서비스 및 정책 설계를 통해 유연성 자원 확보하는데 기여 가능
- 효과적인 행동변화 전략을 통해 수요관리 프로그램 참여 활성화에 기여 → 에너지신산업 활성화
- 최적 에너지 수요관리를 통해 전력계통 최적화로 운영비용 절감, 재생에너지 수용 가능성 확대
- 탄소중립 이행 시나리오 설정 및 개선을 통한 탄소 배출량 감축에 기여 가능

3. 연구의 국제화 현황

가. 참여교수의 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

- 본 연구단 소속 참여교수는 국제 포럼, 국제 세미나 등에서 진행자, 강사, 좌장 등으로 참여함. 이는 현재 참여교수들의 우수한 국제적 활동 실적을 보여주는 것뿐만 아니라 참여교수들이 국제적 학술 활동을 통해 해외 학자들과의 상호 접점을 넓혀 향후의 국제 공동연구 확대에 교두보 역할을 하고 있음을 의미함(표 III-5 참고).

<표 III-5> 최근 1년간 국제 학술활동 참여 실적

연번	교육연구단 참여교수	학술활동	학술지/학술대회명	활동내용	주관기관	개최일	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
1	김경남, 하윤희	국제포럼	IEEN Annual Forum, 2022 Green Energy and Mobility Experts Forum	Moderator	고려대 에너지환경대학원	2022.11.21.	https://green.korea.ac.kr/green/board/news.do?mode=view&articleNo=309354&article.offset=0&articleLimit=10&totalNoticeYn=N&totalBoardNo=
2	김경남	국제포럼	International Workshop on Global Integrated Assessment Model (IAM) Development	Speaker (Financial Assessment on Green Energies in the ASEAN Countries: Technology and Policy)	AIT(태국), RITE(일본), Yonsei Uni(한국)	2023.05.12. - 05.13.	https://ait.ac.th/2023/05/international-workshop-explores-global-integrated-assessment-model-iam-development-for-sustainable-development-and-climate-action-in-asia/
3	하윤희	국제세미나	International Hydrogen Energy Expert Seminar	Organizing Chair	IEEN, Korea International Economic Association(KIEA)	2023.06.26.	https://green.korea.ac.kr/green/board/news.do?mode=view&articleNo=333918&article.offset=0&articleLimit=10&totalNoticeYn=N&totalBoardNo=
4	하윤희	국제세미나	Brown Bag Seminar at World Bank	Speaker	World Bank, Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP), Korea Green Growth Trust Fund(KGGTF)	2023.7.10	https://www.wbgkggftf.org/sites/kggtf/files/2023-07/WBG%20Korea%20Green%20Growth%20Trust%20Fund%20%28KGGTF%29%20-%20Newsletters%20-%20July%202023.pdf
5	하윤희	국제포럼	ASEAN Energy Business Forum: High-Level Panel Discussion	Panel Speaker	IRENA, giz, CASE	2022.08.24	https://green.korea.ac.kr/green/board/news.do?mode=view&articleNo=331758&article.offset=0&articleLimit=10&totalNoticeYn=N&totalBoardNo=

나. 국제 공동연구 실적

- 본 연구단 소속 참여교수는 평가 기간 내 다수의 국외 연구자들과의 공동연구를 진행함(표 III-6). 국외 연구자들은 인도, 중국, 이라크, 사우디아라비아, 미국, 싱가포르, 일본, 네팔 등의 기관에 소속되어 있어 연구의 다양성에 기여함.

<표 III-6> 최근 1년간 국제 공동연구 실적(2022.09.01 - 2023.08.31.)

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단 참여교수	국외 공동연구자			
1	하윤희	Subbaiah Muthu Prabhu, Niraj R. Rane, Xiaofang Li, Sachin V. Otari, Savita D. Girawale, Ashwini R. Palake, Kisan M. Kodam, Krishna Kumar Yadav, Moonis Ali Khan	인도/VIT-AP University, 인도/National Centre for Cell Science, 중국/Chinese Academy of Sciences, 인도/Savitribai Phule Pune University, 인도/Madhyanchal Professional University, 이라크/AI-Ayen University, 사우디아라비아/King Saud University	Magnetic Nanostructured Adsorbents for Water Treatment: Structure-property Relationships, Chemistry of Interactions, and Lab-to-industry Integration	https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.143474
2	하윤희	Subbaiah Muthu Prabhu	인도/VIT-AP University	Morphology and Stability of Mineralized Carbon Influenced by Magnesium Ions	https://doi.org/10.1007/s11356-023-25647-9
3	이해석	Suraj More, Kishor Gurav, Ali Aldalbahi, Mohamed El-Newehy	인도/Shivaji University, 사우디아라비아/King Saud University	Oriented Attachment of Carbon/Cobalt-cobalt Oxide Nanotubes on Manganese-doped Carbon Nanofibers for Flexible Symmetric Supercapacitors	10.1016/j.apsusc.2023.156386
4	이해석	Mark T. Swihart	미국/The State University of New York	Exploring the Potential of MIL-derived Nanocomposites to Enhance Performance of Lithium-ion Batteries	10.1016/j.cej.2023.141961
5	이해석	Mohamed El-Newehy	사우디아라비아/King Saud University	Bimetallic CoMoO4 Nanosheets on Freestanding Nanofiber as Wearable Supercapacitors with Long-Term Stability	10.1155/2023/2910207
6	강윤목 이해석	HyunJung Park Munho Kim	싱가포르/Nanyang Technological University	Boron-doped Polysilicon Using Spin-on Doping for High-efficiency Both-side Passivating Contact Silicon Solar Cells	10.1002/pip.3648
7	강윤목 이해석	Sang-Won Lee	미국/Stanford University	Sputtered PbI2 with Post-Processing for Perovskite Solar Cells	10.1002/solr.202370143
8	강윤목 이해석	Sang-Won Lee	미국/Stanford University	First Demonstration of Top Contact-Free Perovskite/Silicon Two-Terminal Tandem Solar Cells for Overcoming the Current Density Hurdle	10.1021/acsaem.2c02649
9	강윤목 이해석	Hyunju Lee	일본/Meiji University	Titanium Oxide Nanomaterials as an Electron-Selective Contact in Silicon Solar Cells for Photovoltaic Devices	10.1186/s11671-023-03803-x

10	우종률	Mukesh Ghimire	네팔/Ministry of Energy, Water Resources and Irrigation	Anaerobic Digestion (AD) Based Waste Management in Nepal: Technologies and Implementation Modalities.	https://doi.org/10.5276/jswtm/iswma/w/491/2023.73
----	-----	----------------	---	---	---

다. 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

- 본 연구단 소속 전용석 교수는 참여학생인 김태민 학생이 캐나다 University of Toronto에서 연구 교류를 할 수 있도록 방문 연구를 추진하고 지원함. 이에 김태민 참여학생은 2023년 7월부터 2024년 6월까지 Geoffrey Ozin 교수 연구실에서 연구과 기술의 개발을 공동으로 진행함.

〈표 III-7〉 최근 1년간 해외 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적

연번	국가	기관	활동	기간	향후 추진계획
1	캐나다	University of Toronto	<p>캐나다 University of Toronto의 Geoffrey Ozin 교수는 무기화학 기반 촉매기술 분야의 전문가로 광촉매 및 태양을 이용한 CO₂ 저장 및 전환기술 및 water splitting에 대한 높은 기술과 지식을 보유</p> <p>본 교육연구단 전용석 교수는 에너지환경대학원 김태민 박사과정의 해당 연구실 방문 연구를 추진하여 금속 산화물의 광·전기화학적 특성을 기반으로 photocatalysis를 개발하고 온실가스 저감을 위한 이산화탄소 메탄올화 기술의 공동개발을 직접 경험할 수 있도록 지원</p>	2023.7. - 2024.6	산화구리 나노와이어 기반 이산화탄소 광촉매 연구를 위한 해외 연구 교류

Appendix

Appendix 표 1. 참여대학원생 연구실적 상세내용 목록

연번	참여대학원생 연구실적 상세내용	
1	① 참여학생명	이찬용(1저자), 조효빈(공동), 박시은(공동)
	② 참여구분	1저자 및 공동저자
	③ 제1저자	Chanyong Lee
	④ 교신저자	Yoonmook Kang, Yong Ju Yun, Yongseok Jun
	⑤ 공동저자	Hyobeen Cho, Jongwon Ko, Seungkyu Kim, Yohan Ko, Saeun Park
	⑥ 논문제목	Color Balanced Transparent Luminescent Solar Concentrator Based on a Polydimethylsiloxane Polymer Waveguide with Coexisting Polar and Non-polar Fluorescent Dyes
	⑦ 학술지명:	Optics Express
	⑧ 권(호), 페이지:	Vol. 30, No. 20 / 26 Sep 2022 / Optics Express 37085
	⑨ 학술지 구분	SCI
	⑩ 게재년월	2022. 09
	⑪ DOI 번호	10.1364/OE.470467
	⑫ IF (JCR 2020)	3.8
	⑬ Citation (Google Scholar)	2
2	① 참여학생명	박재형(1저자)
	② 참여구분	1저자
	③ 제1저자	JaeHyung Park
	④ 교신저자	JongRoul Woo
	⑤ 공동저자	-
	⑥ 논문제목	Social Acceptability of Climate-change Adaptation Policies in South Korea: A Contingent Valuation Method
	⑦ 학술지명:	Energy & Environment
	⑧ 권(호), 페이지:	OnlineFirst
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	2022.10
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.1177/0958305X221130141
	⑫ IF (JCR 2020)	4.2
	⑬ Citation (Google Scholar)	-

연번	참여대학원생 연구실적 상세내용	
3	① 참여학생명	곽규일
	② 참여구분	1저자
	③ 제1저자	Siwon Choi Kyuil Kwak
	④ 교신저자	JongRoul Woo
	⑤ 공동저자	Soyoung Yang Sesil Lim
	⑥ 논문제목	Effects of Policy Instruments on Electric Motorcycle Adoption in Indonesia: A Discrete Choice Experiment Approach
	⑦ 학술지명:	Economic Analysis and Policy
	⑧ 권(호), 페이지:	Vol. 76, Pages 373-384
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	2022.12
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.eap.2022.08.015
	⑫ IF (JCR 2020)	4.444
	⑬ Citation (Google Scholar)	5
4	① 참여학생명	손우진
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	JiYong Park
	④ 교신저자	HyungBin Moon, JongRoul Woo
	⑤ 공동저자	Woojin Son
	⑥ 논문제목	Nudging Energy Efficiency Behavior: The Effect of Message Framing on Implicit Discount Rate
	⑦ 학술지명:	Energy Economics
	⑧ 권(호), 페이지:	Vol. 117, 106485
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	2023.01
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.eneco.2022.106485
	⑫ IF (JCR 2020)	12.8(0.4%)
	⑬ Citation (Google Scholar)	4

연번	참여대학원생 연구실적 상세내용	
5	① 참여학생명	김하영(1저자)
	② 참여구분	1저자
	③ 제1저자	김하영
	④ 교신저자	Jiwon-Son, Sungeun Yang
	⑤ 공동저자	Asif Jan, Deok-Hwang Kwon, Ho-Il Ji, Kyung Joong Yoon, Jong-Ho Lee, Yongseok Jun
	⑥ 논문제목	Exsolution of Ru Nanoparticles on BaCe _{0.9} Y _{0.1} O _{3-δ} Modifying Geometry and Electronic Structure of Ru for Ammonia Synthesis Reaction Under Mild Conditions
	⑦ 학술지명:	Small
	⑧ 권(호), 페이지:	Vol.19(6), Pages 220524
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.02
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.1002/sml.202205424
	⑫ IF (JCR 2020)	15.153
	⑬ Citation (Google Scholar)	1
6	① 참여학생명	이찬용(공동1저자), 김태민(공동), 박시은(공동)
	② 참여구분	공동1저자 및 공동저자
	③ 제1저자	Changhyun Lee, Chanyong Lee
	④ 교신저자	Yongseok Jun
	⑤ 공동저자	Kyungjin Chae, Taemin Kim, Saeun Park
	⑥ 논문제목	Amorphous BaTiO ₃ Electron Transport Layer for Thermal Equilibrium-Governed γ -CsPbI ₃ Perovskite Solar Cell with High Power Conversion Efficiency of 19.96%
	⑦ 학술지명:	Energy & Environmental Materials
	⑧ 권(호), 페이지:	e12625
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.03
	⑪ DOI 번호	doi.org/10.1002/eem.2.12625
	⑫ IF (JCR 2020)	15
	⑬ Citation (Google Scholar)	1
7	① 참여학생명	장성은
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Jiyong Park
	④ 교신저자	JongRoul Woo
	⑤ 공동저자	Taeyoung Jin, Sung-Eun Chang
	⑥ 논문제목	A Needs-based Approach to Construct an Industrial Energy Efficiency Network: A Case Study of South Korea
	⑦ 학술지명:	Energy Efficiency
	⑧ 권(호), 페이지:	Vol. 16(30), Pages 1-13
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	2023.04
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.1007/s12053-023-10110-y
	⑫ IF (JCR 2020)	2.574
	⑬ Citation (Google Scholar)	-

연번	참여대학원생 연구실적 상세내용	
8	① 참여학생명	정무영, 조효빈
	② 참여구분	1저자
	③ 제1저자	Moo Young Jung, Hyobeen Cho
	④ 교신저자	Yong Ju Yun, Suresh Kannan Balasingam, Yongseok Jun
	⑤ 공동저자	Chanyong Lee
	⑥ 논문제목	Synergetic Effect of a Battery-like Nickel Phosphide and a Pseudocapacitive Cobalt Phosphide Electrodes for Enhanced Energy Storage
	⑦ 학술지명:	Journal of Energy Storage
	⑧ 권(호), 페이지:	Volume 66, 30 August 2023, 107321
	⑨ 학술지 구분	SCI
	⑩ 게재년월	2023. 05
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.est.2023.107321
	⑫ IF (JCR 2020)	9.4
	⑬ Citation (Google Scholar)	2
9	① 참여학생명	박시은(1저자), 김태민(공동)
	② 참여구분	1저자 및 공동저자
	③ 제1저자	Seaeun Park
	④ 교신저자	Yohan Ko, Yongseok Jun
	⑤ 공동저자	Chanyong Lee, Changhyun Lee, Taemin Kim
	⑥ 논문제목	Direct Interface Engineering Using Dopant of Hole Transport Layer for Efficient Inorganic Perovskite Solar Cells
	⑦ 학술지명:	Materials Today Chemistry
	⑧ 권(호), 페이지:	Volume 30, June 2023, 101551
	⑨ 학술지 구분	SCI
	⑩ 게재년월	2023. 05
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.mtchem.2023.101551
	⑫ IF (JCR 2020)	7.3
	⑬ Citation (Google Scholar)	1

연번	참여대학원생 연구실적 상세내용	
10	① 참여학생명	이진형(공동1저자)
	② 참여구분	공동1저자
	③ 제1저자	Peddaboodi Gopikrishna, JinHyeong Rhee, Seongwon Yoon, DuHyeon Um
	④ 교신저자	Hae Jung Son, BongSoo Kim
	⑤ 공동저자	Hyunjung Jin, Yongseok Jun, Huijeong Choi
	⑥ 논문제목	Efficient and Scalable Large-Area Organic Solar Cells by Asymmetric Nonfullerene Acceptors Based on 9H-Indeno[1,2-b]pyrazine-2,3,8-Tricarbonitrile
	⑦ 학술지명:	Advanced Functional Materials
	⑧ 권(호), 페이지:	Vol33(48), 2305541
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.07
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.1002/adfm.202305541
	⑫ IF (JCR 2020)	19.1
	⑬ Citation (Google Scholar)	1
11	① 참여학생명	정현주
	② 참여구분	1저자
	③ 제1저자	정현주
	④ 교신저자	우종률
	⑤ 공동저자	-
	⑥ 논문제목	운전자 주행패턴 기반 V2G 확산 가능성 및 전략 연구: K-평균 군집 분석을 이용하여
	⑦ 학술지명:	한국혁신학회지
	⑧ 권(호), 페이지:	18(3), 1-19
	⑨ 학술지 구분	KCI
	⑩ 게재년월	2023.08
	⑪ DOI 번호	10.46251/INNOS.2023.8.18.3.1
	⑫ IF (JCR 2020)	KCI IF (2년) 1.6 (기준 연도: 2022)
	⑬ Citation (Google Scholar)	-
12	① 참여학생명	문홍은
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	Hong Eun Moon
	④ 교신저자	Kyung Nam Kim
	⑤ 공동저자	Yoon Hee Ha
	⑥ 논문제목	Comparative Economic Analysis of Solar PV and Reused EV Batteries in the Residential Sector of Three Emerging Countries—The Philippines, Indonesia, and Vietnam
	⑦ 학술지명:	Energies
	⑧ 권(호), 페이지:	16(1), 311
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2022.12
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.3390/en16010311
	⑫ IF (JCR 2020)	
	⑬ Citation (Google Scholar)	

연번	참여대학원생 연구실적 상세내용	
13	① 참여학생명	김태민
	② 참여구분	공동제1저자
	③ 제1저자	Yohan Ko, Taemin Kim
	④ 교신저자	Yongseok Jun
	⑤ 공동저자	Chanyong Lee, Changhyun Lee, Yong Ju Yun
	⑥ 논문제목	Alleviating Interfacial Recombination of Heterojunction Electron Transport Layer via Oxygen Vacancy Engineering for Efficient Perovskite Solar Cells Over 23%
	⑦ 학술지명:	Energy & Environmental Materials
	⑧ 권(호), 페이지:	6(2), 12347
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.05
	⑪ DOI 번호	10.1002/eem2.12347Electron
	⑫ IF (JCR 2020)	15
	⑬ Citation (Google Scholar)	4
14	① 참여학생명	Hanna Schuermann
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	Hanna Schuermann
	④ 교신저자	JongRoul Woo
	⑤ 공동저자	-
	⑥ 논문제목	Estimating Consumers' Willingness to Pay for Reusable Food Containers When Ordering Delivery Food: A Contingent Valuation Approach
	⑦ 학술지명:	Journal of Cleaner Production
	⑧ 권(호), 페이지:	366, 133012
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2022.09
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.jclepro.2022.133012
	⑫ IF (JCR 2020)	11.1
	⑬ Citation (Google Scholar)	8
15	① 참여학생명	홍이슬
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	홍이슬
	④ 교신저자	박주영
	⑤ 공동저자	-
	⑥ 논문제목	Exploring Circular Water Options for a Water-stressed City: Water Metabolism Analysis for Paju City, South Korea
	⑦ 학술지명:	Sustainable Cities and Society
	⑧ 권(호), 페이지:	89, 104355
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.02
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104355
	⑫ IF (JCR 2020)	12.94
	⑬ Citation (Google Scholar)	5

연번	참여대학원생 연구실적 상세내용	
16	① 참여학생명	장용철
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	Yongchul Jang
	④ 교신저자	Kyung Nam Kim, JongRoul Woo
	⑤ 공동저자	-
	⑥ 논문제목	Post-consumer Plastic Packaging Waste from Online Food Delivery Services in South Korea
	⑦ 학술지명:	Waste Management
	⑧ 권(호), 페이지:	156, 177-186
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.02
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.wasman.2022.11.036
	⑫ IF (JCR 2020)	8.1
	⑬ Citation (Google Scholar)	5
17	① 참여학생명	손민희
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	손민희
	④ 교신저자	김경남
	⑤ 공동저자	이흥구
	⑥ 논문제목	CCUS 시스템을 통한 균등화 수소원가 및 재무적 위험도 분석
	⑦ 학술지명:	한국수소및신에너지학회 논문집
	⑧ 권(호), 페이지:	33(6), 660-673
	⑨ 학술지 구분	KCI
	⑩ 게재년월	2022.12
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.7316/KHNES.2022.33.6.660
	⑫ IF (JCR 2020)	-
	⑬ Citation (Google Scholar)	-

Appendix 표 2. 참여대학원생 학술대회 발표실적 상세내용 목록

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
1	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2022년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	2022 INFORMS Annual Meeting
	⑤ 개최국가	미국, 인디애나폴리스
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20221016
	⑦ 주관기관	INFORMS(The Institute for Operations Research and the Management Sciences)
	⑧ 발표논문명	Estimation of Willingness to Pay for Tax on Electric Vehicle Charging Using Contingent Valuation Method: A Case Study of South Korea
	⑨ 발표논문 공동저자	장성은, 우종률
2	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2022년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	2022 INFORMS Annual Meeting
	⑤ 개최국가	미국, 인디애나폴리스
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20221016
	⑦ 주관기관	INFORMS(The Institute for Operations Research and the Management Sciences)
	⑧ 발표논문명	Analyzing Community Acceptance of Hydrogen Refueling Station in South Korea: A Discrete Choice Experiment Approach
	⑨ 발표논문 공동저자	곽규일, 우종률
3	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2022년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	2022 INFORMS Annual Meeting
	⑤ 개최국가	미국 (인디애나 주)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20221016 - 20221019
	⑦ 주관기관	INFORMS(The Institute for Operations Research and the Management Sciences)
	⑧ 발표논문명	The Research on the Impact of Time-of-Use Tariff on EV Charging Behavior and Resolving the Curtailment of Renewable Energy: With the Case of Jeju Islands, South Korea
	⑨ 발표논문 공동저자	양소영, 우종률
4	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2022년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	22년 추계 세라믹 학회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2022.10.26.~2022.10.28
	⑦ 주관기관	한국세라믹학회
	⑧ 발표논문명	Development of High-performance Proton-conducting Electrolyte Water Electrolysis Cell through the Improvement of Faradaic Efficiency
	⑨ 발표논문 공동저자	정종현, 양성은, 손지원

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
5	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2022년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	22년 추계 세라믹 학회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2022.10.26.~2022.10.28
	⑦ 주관기관	한국세라믹학회
	⑧ 발표논문명	Synthesis and Characterization of Ru Nanoparticles Exsolution for Ammonia Synthesis under Ambient Condition
	⑨ 발표논문 공동저자	김하영, 지호일, 양성은, 손지원
6	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2022년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	22년 추계 전기화학회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2022.11.03.~2022.11.05
	⑦ 주관기관	한국전기화학회
	⑧ 발표논문명	양성자 전도성 전해질 수전해 셀의 패러데이 효율 개선 방안
	⑨ 발표논문 공동저자	정종훈, 양성은, 손지원
7	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2022년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	22년 추계 전기화학회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2022.11.03.~2022.11.05
	⑦ 주관기관	한국전기화학회
	⑧ 발표논문명	Unravelling the Role of Metal-Gd _{0.1} Ce _{0.9} O _{1.95} Anodes in H ₂ Oxidation Reactions in Thin-film Solid Oxide Fuel Cells
	⑨ 발표논문 공동저자	홍지호
8	① 구두/포스터 발표	구두발표
	② 연도	2022
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2022년 한국혁신학회 추계학술대회
	⑤ 개최국가	한국, 진주
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20221111
	⑦ 주관기관	한국혁신학회
	⑧ 발표논문명	에너지효율 행동을 이끄는 넛지: 메세지프레이밍이 내재적 할인율에 미치는 효과
	⑨ 발표논문 공동저자	손우진, 우종률
9	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2022년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	한국태양광발전학회 2022 추계학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2022. 11. 24 - 2022. 11. 26
	⑦ 주관기관	한국태양광발전학회
	⑧ 발표논문명	PbCl ₂ -assisted PbI ₂ Passivation in Planar Heterojunction Perovskite Solar Cells
	⑨ 발표논문 공동저자	김남희, 김태민, 장한얼, 윤용주, 이민오, 전용석

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
10	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2022년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	한국태양광발전학회 2022 추계학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2022. 11. 24 - 2022. 11. 26
	⑦ 주관기관	한국태양광발전학회
	⑧ 발표논문명	Improving the Stability of CsPbI ₃ Perovskite Solar Cells Using Ba-TFSI solution
	⑨ 발표논문 공동저자	안정현, 채경진, 장한얼, 이민오, 전용석
11	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2022년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	한국태양광발전학회 2022 추계학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2022. 11. 24 - 2022. 11. 26
	⑦ 주관기관	한국태양광발전학회
	⑧ 발표논문명	Effect of a Retarder with -OH Group on the Metal Halide-based Semiconductor Perovskite Electron Transport Layer
	⑨ 발표논문 공동저자	오용석, 이찬용, 김태민, 전용석
12	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2022년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	한국태양광발전학회 2022 추계학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2022. 11. 24 - 2022. 11. 26
	⑦ 주관기관	한국태양광발전학회
	⑧ 발표논문명	The Energy-Level-Tuned-TiO ₂ /SnO ₂ Electron Transport Bilayer For High Efficiency Perovskite Solar Cells Over 22%
	⑨ 발표논문 공동저자	박시은, 이찬용, 김태민, 조효빈, 고요한, 전용석
13	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2022년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	한국태양광발전학회 2022 추계학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2022. 11. 24 - 2022. 11. 26
	⑦ 주관기관	한국태양광발전학회
	⑧ 발표논문명	Colour Balanced Transparent Luminescent Solar Concentrator Based on Polydimethylsiloxane Polymer Waveguide with Coexisting Polar and Non-Polar Fluorescent Dyes
	⑨ 발표논문 공동저자	이찬용, 조효빈, 고종원, 김승규, 박시은, 강윤묵, 윤용주, 전용석
14	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2022년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	2022 Materials Research Society Fall Meeting
	⑤ 개최국가	미국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2022. 11. 27 - 2022. 12. 2
	⑦ 주관기관	Materials Research Society
	⑧ 발표논문명	Synergetic Effect of Surface-Controlled and Diffusion-Controlled Charge Processes of NiP/CoP@NF for High Energy Density Supercapacitor
	⑨ 발표논문 공동저자	정무영, 조효빈, 전용석

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
15	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2023년도 한국센서학회 춘계학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2023. 03. 29 - 2023. 03. 30
	⑦ 주관기관	한국센서학회
	⑧ 발표논문명	Soft, Implantable, and Biocompatible Reduced Graphene Oxide Strain sensor for Continuous Cardiac Activity Measurement and Drug Assessment
	⑨ 발표논문 공동저자	Hyun Joo Lee, Dong Keon Lee, Hyung Ju Park, Chul Huh, Yongseok Jun, Yong Ju Yun
16	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	한국태양광발전학회 2023 춘계학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2023. 03. 30 - 2023. 03. 31
	⑦ 주관기관	한국태양광발전학회
	⑧ 발표논문명	Enhancing the Stability of Inverted Perovskite Solar Cells Using UiO-66 MOFs(Metal-organic Frameworks)
	⑨ 발표논문 공동저자	김진형, 엄수빈, 이민오, 전용석
17	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	한국태양광발전학회 2023 춘계학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2023. 03. 30 - 2023. 03. 31
	⑦ 주관기관	한국태양광발전학회
	⑧ 발표논문명	색균형 다중 형광 염료를 포함하는 폴리디메틸실록산 폴리머 및 투명 발광형 태양광 집광장치 응용
	⑨ 발표논문 공동저자	이찬용, 조효빈, 고종원, 김승규, 고요한, 박시은, 강윤목, 윤용주, 전용석
18	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	한국태양광발전학회 2023 춘계학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2023. 03. 30 - 2023. 03. 31
	⑦ 주관기관	한국태양광발전학회
	⑧ 발표논문명	Improving Interfacial Recombination of Heterojunction Electron Transport Layer via Defect Engineering for Efficient Perovskite Solar Cells Over 23%
	⑨ 발표논문 공동저자	김태민, 이찬용, 정무영, Sudeshana Pandey, 전용석
19	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2023 한국전기화학회 춘계총회 및 학술발표회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2023. 04. 05 - 2023. 04. 07
	⑦ 주관기관	한국전기화학회
	⑧ 발표논문명	Developing a Transparent Supercapacitor Electrode using NiCo-LDH on ITO for Energy Storage Applications
	⑨ 발표논문 공동저자	정무영, 이찬용, 김태민, 전용석

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
20	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2023 한국전기화학회 춘계총회 및 학술발표회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2023. 04. 05 - 2023. 04. 07
	⑦ 주관기관	한국전기화학회
	⑧ 발표논문명	Synthesis of MXene and MOF Based Mn-Iron Oxides Negative Electrode of Supercapacitor
	⑨ 발표논문 공동저자	오용석, 엄수빈, 김진형, 전용석
21	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2023 한국전기화학회 춘계총회 및 학술발표회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2023. 04. 05 - 2023. 04. 07
	⑦ 주관기관	한국전기화학회
	⑧ 발표논문명	Optimization of Transparent Supercapacitor Based on NiCoLDH-MXene Hybrid Electrodes and Surlyn Spacer for Energy Storage in Transparent Electronic Devices
	⑨ 발표논문 공동저자	정무영, 이찬용, 김태민
22	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	23년 춘계 세라믹 학회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2023.04.12.~23.04.14
	⑦ 주관기관	한국세라믹학회
	⑧ 발표논문명	Mapping Faradaic Efficiency of a Proton Ceramic Electrolysis Cell under Various Conditions
	⑨ 발표논문 공동저자	정종현, 양성은, 손지원
23	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	23년 춘계 세라믹 학회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2023.04.12.~23.04.14
	⑦ 주관기관	한국세라믹학회
	⑧ 발표논문명	Unravelling the Role of Metal-Gd _{0.1} Ce _{0.9} O _{2-δ} Fuel Electrodes in H ₂ Oxidation & CO ₂ Reduction Reactions in Thin-film Solid Oxide Cells
	⑨ 발표논문 공동저자	홍지호, 손지원
24	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	23년 춘계 세라믹 학회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2023.04.12.~23.04.14
	⑦ 주관기관	한국세라믹학회
	⑧ 발표논문명	Synthesis and Characterization of Ru Nanoparticles Exsolution for Ammonia Synthesis under Ambient Condition
	⑨ 발표논문 공동저자	김하영, 지호일, 양성은, 손지원

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
25	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2023년 봄 한국화학공학회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20230420
	⑦ 주관기관	한국화학공학회
	⑧ 발표논문명	[Iron complex]-NO와 Ni 기반 합금 전극을 이용한 전기화학적 암모니아 합성 연구
	⑨ 발표논문 공동저자	엄희성, 정석현, 이현주, 이동기
26	① 구두/포스터 발표	구두발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2023년 한국혁신학회 춘계학술대회
	⑤ 개최국가	한국, 서울
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20230512
	⑦ 주관기관	한국혁신학회
	⑧ 발표논문명	수소연료전지발전소 지역주민 수용성 영향요인 분석
	⑨ 발표논문 공동저자	이승연, 손우진, 우종률
27	① 구두/포스터 발표	구두발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2023년 한국혁신학회 춘계학술대회
	⑤ 개최국가	한국, 서울
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20230512
	⑦ 주관기관	한국혁신학회
	⑧ 발표논문명	V2G 수용 가능성 연구-운전자 군집유형을 중심으로
	⑨ 발표논문 공동저자	정현주, 우종률
28	① 구두/포스터 발표	구두발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2023 한국수소및 신에너지 학회 춘계 학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20230524-20230526
	⑦ 주관기관	한국수소 및 신에너지학회
	⑧ 발표논문명	암모니아 직접 연료용 고체산화물 연료전지를 위한 암모니아 분해 촉매 개발 및 적용
	⑨ 발표논문 공동저자	김하영, 양성은, 손지원
29	① 구두/포스터 발표	구두발표
	② 연도	2023
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	한국국제경제학회 하계정책학술대회
	⑤ 개최국가	한국, 제주
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20230626
	⑦ 주관기관	한국국제경제학회
	⑧ 발표논문명	Estimation of Willingness to Pay for Tax on Electric Vehicle Charging Using Contingent Valuation Method: A Case Study of South Korea
	⑨ 발표논문 공동저자	장성은, 우종률

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
30	① 구두/포스터 발표	구두발표
	② 연도	2023
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	한국국제경제학회 하계정책학술대회
	⑤ 개최국가	한국, 제주
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20230626
	⑦ 주관기관	한국국제경제학회
	⑧ 발표논문명	Analyzing Public Acceptance of Hydrogen Refueling Station in South Korea: A Discrete Choice Experiment Approach
	⑨ 발표논문 공동저자	곽규일, 우종률
31	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	2023년 한국국제경제학회 하계국제학술대회
	⑤ 개최국가	한국 (제주도)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20230626 - 20230628
	⑦ 주관기관	한국국제경제학회
	⑧ 발표논문명	The Research on the Impact of Time-of-Use Tariff on EV Charging Behavior and Resolving the Curtailment of Renewable Energy: With the Case of Jeju Islands, South Korea
	⑨ 발표논문 공동저자	양소영, 우종률
32	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	2023 ACS Fall
	⑤ 개최국가	미국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20230813-20230817
	⑦ 주관기관	American Chemical Society
	⑧ 발표논문명	Ammonia Electrosynthesis for Commercialization Using Nitric Oxides in Flue Gas by Fe ²⁺ -(DMPS) ₂ and NiMoZn
	⑨ 발표논문 공동저자	엄희성, 정석현, 이현주, 이동기
33	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	2023 ACS Fall
	⑤ 개최국가	미국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20230813-20230817
	⑦ 주관기관	American Chemical Society
	⑧ 발표논문명	Collaborative Electrochemical Oxidation of the Alcohol and Aldehyde Groups of 5-Hydroxymethylfurfural by NiOOH and Cu(OH) ₂ for Superior 2,5-Furandicarboxylic Acid Production
	⑨ 발표논문 공동저자	우종인, 문병철, 이동기, 민병권

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
34	① 구두/포스터 발표	구두발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	The 6th International Conference on Renewable Energy and Environment and Environment Engineering
	⑤ 개최국가	프랑스
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20230823
	⑦ 주관기관	Universite de Bretagne Occidentale, Institut de Recherche Dupuy de Lome, University of Agder, Ecole Nationale D'Ingenieurs De Brest
	⑧ 발표논문명	The Impact of Renewable Energy Incentive Policy on the Sustainability of ODA Funded Power Facility: Case of a Bangladesh Village
	⑨ 발표논문 공동저자	이현아
35	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2023년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	EuropaCat 2023
	⑤ 개최국가	체코
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20230827-20230901
	⑦ 주관기관	European Federation of Catalysis Societies (EFCATS)
	⑧ 발표논문명	Electronic and Geometry Optimization of Ru Nanoparticles Exsolution on BaCe _{0.9} Y _{0.1} O _{3-δ} for Ammonia Synthesis Reaction under Mild Conditions
	⑨ 발표논문 공동저자	김하영, 지호일, 양성은, 손지원

Appendix 표 3. 신진연구인력 연구실적 상세내용 목록

연번	신진연구인력 연구실적 상세내용	
1	① 참여신진연구인력명	이형석
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Junqiang Li
	④ 교신저자	이형석, Xin Zhao
	⑤ 공동저자	Jiangquan Wang
	⑥ 논문제목	Cross-regional Collaborative Governance in the Process of Pollution Industry Transfer: The Case of Enclave Parks in China
	⑦ 학술지명:	Journal of Environmental Management
	⑧ 권(호), 페이지:	330, 117113
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.03
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117113
	⑫ IF (JCR 2020)	8.7
	⑬ Citation (Google Scholar)	
2	① 참여신진연구인력명	이형석
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Yongrok Choi
	④ 교신저자	이형석, Hojin Jeong
	⑤ 공동저자	Jahira Debbarma
	⑥ 논문제목	Urbanization Paradox of Environmental Policies in Korean Local Governments
	⑦ 학술지명:	LAND
	⑧ 권(호), 페이지:	12(2), 436
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	2023.02
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.3390/land12020436
	⑫ IF (JCR 2020)	3.9
	⑬ Citation (Google Scholar)	
3	① 참여신진연구인력명	이형석
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Yong Xu
	④ 교신저자	Xin Zhao
	⑤ 공동저자	Ling Yuan, 이형석, Sabrina Baire, Joanna Nakonieczny
	⑥ 논문제목	Fintech Development and Firm Technological Innovation Efficiency: Empirical Findings in China
	⑦ 학술지명:	IEEE Transactions on Engineering Management
	⑧ 권(호), 페이지:	1 - 11
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	2023.01
	⑪ DOI 번호	10.1109/TEM.2023.3239499
	⑫ IF (JCR 2020)	5.8
	⑬ Citation (Google Scholar)	

연번	신진연구인력 연구실적 상세내용	
4	① 참여신진연구인력명	이형석
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Yongrok Choi
	④ 교신저자	Yunning Ma, 이형석
	⑤ 공동저자	Yu Zhao
	⑥ 논문제목	Inequality in Fossil Fuel Power Plants in China: A Perspective of Efficiency and Abatement Cost
	⑦ 학술지명:	Sustainability
	⑧ 권(호), 페이지:	15(5), 4365
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	2023.03
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.3390/su15054365
	⑫ IF (JCR 2020)	3.9
	⑬ Citation (Google Scholar)	
5	① 참여신진연구인력명	이형석
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Yongrok Choi
	④ 교신저자	이형석
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Current Advances in Green Governance and CO ₂ Emissions towards Sustainable Development
	⑦ 학술지명:	Sustainability
	⑧ 권(호), 페이지:	15(15), 11828
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	2023.08
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.3390/su151511828
	⑫ IF (JCR 2020)	3.9
	⑬ Citation (Google Scholar)	
6	① 참여신진연구인력명	Edmund P. Samuel
	② 참여구분	제 1저자
	③ 제1저자	Bhavana Joshi, Edmund Samuel
	④ 교신저자	Sam S. Yoon, Ali Aldalbahi
	⑤ 공동저자	Yongil Kim, Taegun Kim, Mohamed El-Newehy
	⑥ 논문제목	Electrospun Zinc-manganese Bimetallic Oxide Carbon Nanofibers as Freestanding Supercapacitor Electrodes
	⑦ 학술지명:	International Journal of Energy Research
	⑧ 권(호), 페이지:	46, 22100-22112
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2022.12
	⑪ DOI 번호	10.1002/er.7719
	⑫ IF (JCR 2020)	4.672
	⑬ Citation (Google Scholar)	7

연번	신진연구인력 연구실적 상세내용	
7	① 참여신진연구인력명	Edmund P. Samuel
	② 참여구분	제 1저자
	③ 제1저자	Yongil Kim, Edmund Samuel
	④ 교신저자	Sam S. Yoon, Hae-Seok Lee, Seongpil An
	⑤ 공동저자	Jungwoo Huh
	⑥ 논문제목	Carbon-nickel Core-shell Nanofibers Decorated with Bimetallic Nickel-gallium Chalcogenide Nanosheets as Flexible, Binder-free Lithium-ion-battery Anodes
	⑦ 학술지명:	International Journal of Energy Research
	⑧ 권(호), 페이지:	46, 21797-21811
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2022.12
	⑪ DOI 번호	10.1002/er.8691
	⑫ IF (JCR 2020)	4.672
	⑬ Citation (Google Scholar)	1
8	① 참여신진연구인력명	Edmund P. Samuel
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Chanwoo Park, Bhavana Joshi
	④ 교신저자	Sam S. Yoon, Hae-Seok Lee
	⑤ 공동저자	Edmund Samuel, Kwangjin Jang
	⑥ 논문제목	Supersonically Sprayed Carbon-Coated Bimetallic Zn ₂ SnO ₄ with Reduced Graphene Oxide for Rapid-Charging, Binder-Free, and Long-Term-Stable Lithium-Ion-Battery Anodes
	⑦ 학술지명:	International Journal of Energy Research
	⑧ 권(호), 페이지:	2023, 3553521
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.02
	⑪ DOI 번호	10.1155/2023/3553521
	⑫ IF (JCR 2020)	4.672
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
9	① 참여신진연구인력명	Edmund P. Samuel
	② 참여구분	제 1저자
	③ 제1저자	Chanwoo Park, Edmund Samuel
	④ 교신저자	Sam S. Yoon, Hae-Seok Lee, Seongpil An
	⑤ 공동저자	Byeong-Yeop Kim
	⑥ 논문제목	Supersonically Sprayed Self-aligned rGO Nanosheets and ZnO/ZnMn ₂ O ₄ Nanowires for High-energy and High-power-density Supercapacitors
	⑦ 학술지명:	Journal of Materials Science & Technology
	⑧ 권(호), 페이지:	137, 193-204
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.02
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.jmst.2022.08.007
	⑫ IF (JCR 2020)	10.9
	⑬ Citation (Google Scholar)	18

연번	신진연구인력 연구실적 상세내용	
10	① 참여신진연구인력명	Edmund P. Samuel
	② 참여구분	제 1저자
	③ 제1저자	Ashwin Khadka, Edmund Samuel
	④ 교신저자	Sam S. Yoon, Hae-Seok Lee
	⑤ 공동저자	Yong Il Kim, Chanwoo Park
	⑥ 논문제목	Hierarchical ZIF-67 of Dodecahedral Structure on Binder-free Carbon Nanofiber for Flexible Supercapacitors
	⑦ 학술지명:	Journal of Industrial and Engineering Chemistry
	⑧ 권(호), 페이지:	118, 458-468
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.02
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.jiec.2022.11.029
	⑫ IF (JCR 2020)	5.278
	⑬ Citation (Google Scholar)	4
11	① 참여신진연구인력명	Edmund P. Samuel
	② 참여구분	제 1저자
	③ 제1저자	Ashwin Khadka, Edmund Samuel
	④ 교신저자	Hae-Seok Lee, Sam S Yoon
	⑤ 공동저자	Bhavana Joshi, Yong Il Kim, Ali Aldalbahi, Mohamed El-Newehy
	⑥ 논문제목	Bimetallic CoMoO4 Nanosheets on Freestanding Nanofiber as Wearable Supercapacitors with Long-Term Stability
	⑦ 학술지명:	International Journal of Energy Research
	⑧ 권(호), 페이지:	2023, 2910207
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.03
	⑪ DOI 번호	10.1155/2023/2910207
	⑫ IF (JCR 2020)	4.672
	⑬ Citation (Google Scholar)	1
12	① 참여신진연구인력명	Edmund P. Samuel
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Suraj More, Bhavana Joshi
	④ 교신저자	Kishor Gurav, Hae-Seok Lee, Sam S Yoon
	⑤ 공동저자	Edmund Samuel, Yong Il Kim, Ali Aldalbahi, Mohamed El-Newehy,
	⑥ 논문제목	Oriented Attachment of Carbon/Cobalt-cobalt Oxide Nanotubes on Manganese-doped Carbon Nanofibers for Flexible Symmetric Supercapacitors
	⑦ 학술지명:	Applied Surface Science
	⑧ 권(호), 페이지:	615, 156386
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.04
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.apsusc.2023.156386
	⑫ IF (JCR 2020)	7.392
	⑬ Citation (Google Scholar)	3

연번	신진연구인력 연구실적 상세내용	
13	① 참여신진연구인력명	Edmund P. Samuel
	② 참여구분	제 1저자
	③ 제1저자	Bhavana Joshi, Edmund Samuel
	④ 교신저자	Hae-Seok Lee, Mark T Swihart, Sam S Yoon
	⑤ 공동저자	Yong-Il Kim
	⑥ 논문제목	Exploring the Potential of MIL-derived Nanocomposites to Enhance Performance of Lithium-ion Batteries
	⑦ 학술지명:	Chemical Engineering Journal
	⑧ 권(호), 페이지:	461, 141961
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.04
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.cej.2023.141961
	⑫ IF (JCR 2020)	16.744
	⑬ Citation (Google Scholar)	4
14	① 참여신진연구인력명	Edmund P. Samuel
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Bhavana Joshi, Jaewoo Seol
	④ 교신저자	Sam S Yoon
	⑤ 공동저자	Edmund Samuel, Woojin Lim, Chanwoo Park, Ali Aldalbahi, Mohamed El-Newehy
	⑥ 논문제목	Supersonically Sprayed PVDF and ZnO Flowers with Built-in Nanocuboids for Wearable Piezoelectric Nanogenerators
	⑦ 학술지명:	Nano Energy
	⑧ 권(호), 페이지:	112, 108447
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.07
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.nanoen.2023.108447
	⑫ IF (JCR 2020)	19.069
	⑬ Citation (Google Scholar)	10
15	① 참여신진연구인력명	Edmund P. Samuel
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Devi Prashad Ojha, Bhavana Joshi
	④ 교신저자	Seongpil An, Sam S Yoon
	⑤ 공동저자	Edmund Samuel, Ashwin Khadka, Ali Aldalbahi, Govindasami Periyasami, Daekyu Choi
	⑥ 논문제목	Supersonically Sprayed Flexible ZnO/PVDF Composite Films with Enhanced Piezoelectricity for Energy Harvesting and Storage
	⑦ 학술지명:	International Journal of Energy Research
	⑧ 권(호), 페이지:	2023, 3074782
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.07
	⑪ DOI 번호	10.1155/2023/3074782
	⑫ IF (JCR 2020)	4.672
	⑬ Citation (Google Scholar)	0

Appendix 표 4. 참여교수 기타연구실적 상세내용 목록

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
1	① 참여교수명	우종률
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Hanna Schuermann
	④ 교신저자	우종률
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Estimating Consumers' Willingness to Pay for Reusable Food Containers when Ordering Delivery Food: A Contingent Valuation Approach
	⑦ 학술지명:	Journal of Cleaner Production
	⑧ 권(호), 페이지:	366, 133012
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2022.9
	⑪ DOI 번호	/10.1016/j.jclepro.2022.133012
	⑫ IF (JCR 2020)	9.297
	⑬ Citation (Google Scholar)	12
2	① 참여교수명	우종률
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	최현홍
	④ 교신저자	우종률
	⑤ 공동저자	안중하
	⑥ 논문제목	Will There Be Disruptive Innovation? Identifying Profitable Niche Segments and Product Designs for Small- and Medium-Sized Companies and Startups
	⑦ 학술지명:	IEEE Transactions on Engineering Management
	⑧ 권(호), 페이지:	69(5), 2057 - 2072
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	2022.10
⑪ DOI 번호	10.1109/TEM.2020.2999073	
⑫ IF (JCR 2020)	6.146	
⑬ Citation (Google Scholar)	11	
3	① 참여교수명	우종률
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	우종률
	④ 교신저자	최현홍
	⑤ 공동저자	문성호
	⑥ 논문제목	Economic Value and Acceptability of Advanced Solar Power Systems for Multi-unit Residential Buildings: The Case of South Korea
	⑦ 학술지명:	Applied Energy
	⑧ 권(호), 페이지:	324, 119671
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2022.10
⑪ DOI 번호	10.1016/j.apenergy.2022.119671	
⑫ IF (JCR 2020)	9.746	
⑬ Citation (Google Scholar)	6	

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
4	① 참여교수명	우종률
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	우종률
	④ 교신저자	문형빈
	⑤ 공동저자	신정우, 김홍범
	⑥ 논문제목	Which Consumers are Willing to Pay for Smart Car Healthcare Services? A Discrete Choice Experiment Approach
	⑦ 학술지명:	JOURNAL OF RETAILING AND CONSUMER SERVICES
	⑧ 권(호), 페이지:	69, 103084
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	2022.11.
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.jretconser.2022.103084
	⑫ IF (JCR 2020)	7.135
	⑬ Citation (Google Scholar)	6
5	① 참여교수명	우종률
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	최시원, 곽규일
	④ 교신저자	우종률
	⑤ 공동저자	양소영, 임세실
	⑥ 논문제목	Effects of Policy Instruments on Electric Scooter Adoption in Jakarta, Indonesia: A Discrete Choice Experiment Approach
	⑦ 학술지명:	ECONOMIC ANALYSIS AND POLICY
	⑧ 권(호), 페이지:	76, 373-384
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	2022.12
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.eap.2022.08.015
	⑫ IF (JCR 2020)	2.497
	⑬ Citation (Google Scholar)	5
6	① 참여교수명	우종률
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	우종률
	④ 교신저자	허성윤
	⑤ 공동저자	신정우, 유승훈
	⑥ 논문제목	Reducing Environmental Impact of Coal-Fired Power Plants by Building an Indoor Coal Storage: An Economic Analysis
	⑦ 학술지명:	ENERGIES
	⑧ 권(호), 페이지:	16(1), 511
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.01
	⑪ DOI 번호	10.3390/en16010511
	⑫ IF (JCR 2020)	3.004
	⑬ Citation (Google Scholar)	1

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
7	① 참여교수명	우종률, 김경남
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	장용철
	④ 교신저자	우종률, 김경남
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Post-consumer Plastic Packaging Waste from Online Food Delivery Services in South Korea
	⑦ 학술지명:	WASTE MANAGEMENT
	⑧ 권(호), 페이지:	156, 177-186
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.02
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.wasman.2022.11.036
	⑫ IF (JCR 2020)	7.145
	⑬ Citation (Google Scholar)	7
8	① 참여교수명	우종률
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	박지용
	④ 교신저자	우종률
	⑤ 공동저자	진태영, 장성은
	⑥ 논문제목	A Needs-based Approach to Construct an Industrial Energy Efficiency Network: A Case Study of South Korea
	⑦ 학술지명:	ENERGY EFFICIENCY
	⑧ 권(호), 페이지:	16 (4), 30
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	2023.04
	⑪ DOI 번호	10.1007/s12053-023-10110-y
	⑫ IF (JCR 2020)	2.574
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
9	① 참여교수명	김경남, 하윤희
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	Hong Eun Moon
	④ 교신저자	Kyung Nam Kim
	⑤ 공동저자	Yoon Hee Ha
	⑥ 논문제목	Comparative Economic Analysis of Solar PV and Reused EV Batteries in the Residential Sector of Three Emerging Countries—The Philippines, Indonesia, and Vietnam
	⑦ 학술지명:	Energies
	⑧ 권(호), 페이지:	16, 311
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2023
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.3390/en16010311
	⑫ IF (JCR 2020)	3.252
	⑬ Citation (Google Scholar)	8

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
10	① 참여교수명	하윤희
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	문홍은
	④ 교신저자	하윤희
	⑤ 공동저자	최시원
	⑥ 논문제목	Prioritizing Factors for the Sustainable Growth of Vietnam's Solar Photovoltaic Power Market
	⑦ 학술지명:	Energy and Environment
	⑧ 권(호), 페이지:	Online First
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	2023.01.
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.1177/0958305X221146944
	⑫ IF (JCR 2020)	4.2
	⑬ Citation (Google Scholar)	1
11	① 참여교수명	하윤희
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Kung-Won Choi
	④ 교신저자	Byong-Hun Jeon, Yongtae Ahn
	⑤ 공동저자	Chan-Ung Kang, Chul-Min Chon, Subbaiah Muthu Prabhu, Do-Hyeon Kim
	⑥ 논문제목	Morphology and Stability of Mineralized Carbon Influenced by Magnesium Ions
	⑦ 학술지명:	Environmental Science and Pollution Research
	⑧ 권(호), 페이지:	Volume 30, Issue 16, Pages 48157 - 48167
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.04.
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.1007/s11356-023-25647-9
	⑫ IF (JCR 2020)	5.8
	⑬ Citation (Google Scholar)	1
12	① 참여교수명	하윤희
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Subbaiah Muthu Prabhu, Niraj R. Rane
	④ 교신저자	Byong-Hun Jeon
	⑤ 공동저자	Xiaofang Li, Sachin V. Otari, Savita D. Girawale, Ashwini R. Palake, Kisan M. Kodam, Young-Kwong Park, Krishna Kumar Yadav, Moonis Ali Khan
	⑥ 논문제목	Magnetic Nanostructured Adsorbents for Water Treatment: Structure-property Relationships, Chemistry of Interactions, and Lab-to-industry Integration
	⑦ 학술지명:	Chemical Engineering Journal
	⑧ 권(호), 페이지:	Volume 468, 143474
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2023.07.
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.143474
	⑫ IF (JCR 2020)	15.1
	⑬ Citation (Google Scholar)	7

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
13	① 참여교수명	하윤희
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	문홍은
	④ 교신저자	김경남
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Comparative Economic Analysis of Solar PV and Reused EV Batteries in the Residential Sector of Three Emerging Countries—The Philippines, Indonesia, and Vietnam
	⑦ 학술지명:	Energies
	⑧ 권(호), 페이지:	Volume 16, 311
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2022.12.
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.3390/en16010311
	⑫ IF (JCR 2020)	3.2
	⑬ Citation (Google Scholar)	8
14	① 참여교수명	하윤희
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	이승록
	④ 교신저자	하윤희
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	The Triple Forest Management Principle: A Holistic Approach to Forest Resource Use in South Korea
	⑦ 학술지명:	Bioresource Technology Reports
	⑧ 권(호), 페이지:	Volume 20, 101253
	⑨ 학술지 구분	SCOPUS
	⑩ 게재년월	2022.10.
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.1016/j.biteb.2022.101253
	⑫ IF (JCR 2020)	5.06
	⑬ Citation (Google Scholar)	2
15	① 참여교수명	강윤목, 이해석
	② 참여구분	공동저자, 교신저자
	③ 제1저자	Dowon Pyun, Sang-Won Lee
	④ 교신저자	Hae-Seok Lee
	⑤ 공동저자	Dowon Pyun, Sang-Won Lee, Youngwoong Kim, Gyeong Sun Jang, Dongjin Choi, Seok Hyun Jeong, Hoyoung Song, Solhee Lee, Sujin Cho, Jiryang Kim, Dongkyun Kang, Ha Eun Lee, Ji Yeon Hyun, Changhyun Lee, Hyunjung Park, Jae-Keun Hwang, Wonkyu Lee, Nam Joong Jeon, Jangwon Seo, Yoonmook Kang, Donghwan Kim, Hae-Seok Lee
	⑥ 논문제목	First Demonstration of Top Contact-Free Perovskite/Silicon Two-Terminal Tandem Solar Cells for Overcoming the Current Density Hurdle
	⑦ 학술지명:	ACS Applied Energy Materials
	⑧ 권(호), 페이지:	6(5) 2687
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2023.03
	⑪ DOI 번호	10.1021/acsaem.2c02649
	⑫ IF (JCR 2020)	6.4
	⑬ Citation (Google Scholar)	1

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
16	① 참여교수명	강윤목, 이해석
	② 참여구분	교신저자, 교신저자
	③ 제1저자	Dongkyun Kang, Jongwon Ko, Changhyun Lee
	④ 교신저자	Yoonmook Kang, Hae-Seok Lee
	⑤ 공동저자	Dongkyun Kang, Jongwon Ko, Changhyun Lee, Donghwan Kim, Hyunju Lee, Yoonmook Kang, Hae-Seok Lee
	⑥ 논문제목	Titanium Oxide Nanomaterials as an Electron-selective Contact in Silicon Solar Cells for Photovoltaic Devices
	⑦ 학술지명:	Discover Nano
	⑧ 권(호), 페이지:	18(1), 39
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2023.03
	⑪ DOI 번호	10.1186/s11671-023-03803-x
	⑫ IF (JCR 2020)	6.5
	⑬ Citation (Google Scholar)	1
17	① 참여교수명	강윤목, 이해석
	② 참여구분	공동저자, 교신저자
	③ 제1저자	Jae-Keun Hwang
	④ 교신저자	Kihwan Kim, Hae-Seok Lee
	⑤ 공동저자	Jae-Keun Hwang, Sujin Cho, Wonkyu Lee, Solhee Lee, Seok-Hyun Jeong, Dowon Pyun, Soohyun Bae, Jihye Gwak, Yoonmook Kang, Donghwan Kim, Kihwan Kim, Hae-Seok Lee
	⑥ 논문제목	Nanoarchitectonics of Wide-bandgap Perovskite Films Using Sputtered-PbI ₂ Precursor and Ion-exchange Method
	⑦ 학술지명:	Applied Physics A
	⑧ 권(호), 페이지:	253
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2023.03
	⑪ DOI 번호	10.1007/s00339-023-06516-1
	⑫ IF (JCR 2020)	2.7
	⑬ Citation (Google Scholar)	1
18	① 참여교수명	강윤목, 이해석
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	Jongwon Ko, Kyunghwan Kim
	④ 교신저자	Yoonmook Kang
	⑤ 공동저자	Jongwon Ko, Kyunghwan Kim, Ji Woo Sohn, Hongjun Jang, Hae-Seok Lee, Donghwan Kim, Yoonmook Kang
	⑥ 논문제목	Review on Separation Processes of End-of-Life Silicon Photovoltaic Modules
	⑦ 학술지명:	Energies
	⑧ 권(호), 페이지:	16(11), 4327
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2023.05
	⑪ DOI 번호	10.3390/en16114327
	⑫ IF (JCR 2020)	3.2
	⑬ Citation (Google Scholar)	1

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
19	① 참여교수명	강윤목, 이해석
	② 참여구분	공동저자, 교신저자
	③ 제1저자	Dongjin Choi , Soohyun Bae
	④ 교신저자	Sung Hyun Kim, Hae-Seok Lee
	⑤ 공동저자	Dongjin Choi, Soohyun Bae, Hyebin Han, HyunJung Park, MyeongSeob Sim, Yoonmook Kang, Donghwan Kim, Sung Hyun Kim, Hae-Seok Lee
	⑥ 논문제목	Investigation of Contact Formation Mechanism and Application of Copper-based Front Contact Paste for Crystalline Silicon Solar Cells
	⑦ 학술지명:	Solar Energy Materials and Solar Cells
	⑧ 권(호), 페이지:	253(2023) 112213
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2023.05
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.solmat.2023.112213
	⑫ IF (JCR 2020)	6.9
	⑬ Citation (Google Scholar)	1
20	① 참여교수명	강윤목, 이해석
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	HyunJung Park, Jinsol Kim
	④ 교신저자	Munho Kim, Yoonmook Kang
	⑤ 공동저자	HyunJung Park, Jinsol Kim, Dongjin Choi, Sang-Won Lee, Dongkyun Kang, Hae-Seok Lee, Donghwan Kim, Munho Kim, Yoonmook Kang
	⑥ 논문제목	Boron-doped Polysilicon Using Spin-on Doping for High-efficiency Both-side Passivating Contact Silicon Solar Cells
	⑦ 학술지명:	Progress in Photovoltaics
	⑧ 권(호), 페이지:	31(5), 461
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2023.05
	⑪ DOI 번호	doi.org/10.1002/pip.3648
	⑫ IF (JCR 2020)	6.7
	⑬ Citation (Google Scholar)	4
21	① 참여교수명	강윤목, 이해석
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	Jae-Keun Hwang, Seok-Hyun Jeong
	④ 교신저자	Yoonmook Kang
	⑤ 공동저자	Jae-Keun Hwang, Seok-Hyun Jeong, Donghwan Kim, Hae-Seok Lee, Yoonmook Kang
	⑥ 논문제목	A Review on Dry Deposition Techniques: Pathways to Enhanced Perovskite Solar Cells
	⑦ 학술지명:	Energies
	⑧ 권(호), 페이지:	16(16), 5977
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2023.08
	⑪ DOI 번호	10.3390/en16165977
	⑫ IF (JCR 2020)	3.2
	⑬ Citation (Google Scholar)	0

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
22	① 참여교수명	강윤목, 전용석
	② 참여구분	교신저자, 교신저자
	③ 제1저자	Chanyong Lee
	④ 교신저자	Yoonmook Kang, Yong Ju Yun, Yongseok Jun
	⑤ 공동저자	Chanyong Lee, Hyobeen Cho, Jongwon Ko, Seungkyu Kim, Yohan Ko, Saeun Park, Yoonmook Kang, Yong Ju Yun, Yongseok Jun
	⑥ 논문제목	Color Balanced Transparent Luminescent Solar Concentrator Based on a Polydimethylsiloxane Polymer Waveguide with Coexisting Polar and Non-polar Fluorescent Dyes
	⑦ 학술지명:	Optics Express
	⑧ 권(호), 페이지:	30(20), 37085
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2022.09
	⑪ DOI 번호	10.1364/OE.470467
	⑫ IF (JCR 2020)	3.8
	⑬ Citation (Google Scholar)	2
23	① 참여교수명	이해석
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Sookyung Jeong
	④ 교신저자	Hae-seok Lee, Wonwook Oh
	⑤ 공동저자	Juhee Jang, Indoo Park, Sun keun Jo, Jungtek Lim, Sangsoo Lee, Hae-seok Lee
	⑥ 논문제목	Performance Analysis of Coloured Bipv Systems Depending on Reliability of Irradiance Data
	⑦ 학술지명:	Microelectronics Reliability
	⑧ 권(호), 페이지:	138(2022), 114704
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2022.11
⑪ DOI 번호	doi.org/10.1016/j.microrel.2022.114704	
⑫ IF (JCR 2020)	1.6	
⑬ Citation (Google Scholar)	1	
24	① 참여교수명	이해석
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Yongil Kim, Edmund Samuel
	④ 교신저자	Seongpil An, Hae-Seok Lee, Sam S. Yoon
	⑤ 공동저자	Yongil Kim, Edmund Samuel, Jungwoo Huh, Seongpil An, Hae-Seok Lee, Sam S. Yoon
	⑥ 논문제목	Carbon-nickel Core-shell Nanofibers Decorated with Bimetallic Nickel-gallium Chalcogenide Nanosheets as Flexible, Binder-free Lithium-ion-battery Anodes
	⑦ 학술지명:	International Journal of Energy Research
	⑧ 권(호), 페이지:	16(15), 21797
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2022.12
⑪ DOI 번호	10.1002/er.8691	
⑫ IF (JCR 2020)	4.6	
⑬ Citation (Google Scholar)	1	

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
25	① 참여교수명	이해석
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Chanwoo Park
	④ 교신저자	Hae-Seok Lee, Seongpil An, Sam S.Yoon
	⑤ 공동저자	Chanwoo Park, Edmund Samuel, Byeong-YeopKim, SeongpilAn, Hae-Seok Lee, Sam S.Yoon
	⑥ 논문제목	Supersonically Sprayed Self-aligned rGO Nanosheets and ZnO/ZnMn2O4 Nanowires for High-energy and High-power-density Supercapacitors
	⑦ 학술지명:	Journal of Materials Science & Technology
	⑧ 권(호), 페이지:	137(20), 193
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2023.02
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.1016/j.jmst.2022.08.007
	⑫ IF (JCR 2020)	10.9
	⑬ Citation (Google Scholar)	18
26	① 참여교수명	이해석
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Chanwoo Park
	④ 교신저자	Hae-Seok Lee, Sam S. Yoon
	⑤ 공동저자	Chanwoo Park, Bhavana Joshi, Edmund Samuel, Kwangjin Jang, Hae-Seok Lee, and Sam S. Yoon
	⑥ 논문제목	Supersonically Sprayed Carbon-Coated Bimetallic Zn ₂ SnO ₄ with Reduced Graphene Oxide for Rapid-Charging, Binder-Free, and Long-Term-Stable Lithium-Ion-Battery Anodes
	⑦ 학술지명:	International Journal of Energy Research
	⑧ 권(호), 페이지:	2023
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2023.02
	⑪ DOI 번호	10.1155/2023/3553521
	⑫ IF (JCR 2020)	4.6
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
27	① 참여교수명	이해석
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Ashwin Khadka, Edmund Samuel
	④ 교신저자	Hae-Seok Lee, Sam S. Yoon
	⑤ 공동저자	Ashwin Khadka, Edmund Samuel, Yong Il Kim, Chanwoo Park, Hae-Seok Lee, Sam S. Yoon
	⑥ 논문제목	Hierarchical ZIF-67 of Dodecahedral Structure on Binder-free Carbon Nanofiber for Flexible Supercapacitors
	⑦ 학술지명:	Journal of Industrial and Engineering Chemistry
	⑧ 권(호), 페이지:	118(2023), 458
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2023.02
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.jiec.2022.11.029
	⑫ IF (JCR 2020)	6.1
	⑬ Citation (Google Scholar)	4

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
28	① 참여교수명	이해석
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Ashwin Khadka, Edmund Samuel
	④ 교신저자	Hae-Seok Lee, Sam S. Yoon
	⑤ 공동저자	Ashwin Khadka, Edmund Samuel, Bhavana Joshi, Yong Il Kim, Ali Aldalbahi , Mohamed El-Newehy, Hae-Seok Lee, Sam S. Yoon
	⑥ 논문제목	Bimetallic CoMoO4 Nanosheets on Freestanding Nanofiber as Wearable Supercapacitors with Long-Term Stability
	⑦ 학술지명:	International Journal of Energy Research
	⑧ 권(호), 페이지:	2023
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2023.03
	⑪ DOI 번호	10.1155/2023/2910207
	⑫ IF (JCR 2020)	4.6
	⑬ Citation (Google Scholar)	1
29	① 참여교수명	이해석
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Suraj More, Bhavana Joshi, Ashwin Khadka
	④ 교신저자	Kishor Gurav, Hae-Seok Lee, Sam S. Yoon
	⑤ 공동저자	Suraj More, Bhavana Joshi, Ashwin Khadka, Edmund Samuel, Yong Il Kim, Ali Aldalbahi, Mohamed El-Newehy, Kishor Gurav, Hae-Seok Lee , Sam S. Yoon
	⑥ 논문제목	Oriented Attachment of Carbon/Cobalt-cobalt Oxide Nanotubes on Manganese-doped Carbon Nanofibers for Flexible Symmetric Supercapacitors
	⑦ 학술지명:	Applied Surface Science
	⑧ 권(호), 페이지:	615(2023), 156386
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2023.04
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.apsusc.2023.156386
	⑫ IF (JCR 2020)	6.7
	⑬ Citation (Google Scholar)	3
30	① 참여교수명	이해석
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Bhavana Joshi, Edmund Samuel
	④ 교신저자	Hae-Seok Lee, Sam S. Yoon, Mark T. Swihart
	⑤ 공동저자	Bhavana Joshi, Edmund Samuel, Yong-Il Kim, Hae-Seok Lee, Mark T. Swihart, Sam S. Yoon
	⑥ 논문제목	Exploring the Potential of MIL-derived Nanocomposites to Enhance Performance of Lithium-ion Batteries
	⑦ 학술지명:	Chemical Engineering Journal
	⑧ 권(호), 페이지:	461(2023), 141961
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2023.04
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.cej.2023.141961
	⑫ IF (JCR 2020)	15.1
	⑬ Citation (Google Scholar)	4

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
31	① 참여교수명	강윤목, 이해석
	② 참여구분	공동저자, 교신저자
	③ 제1저자	Sungho Hwang
	④ 교신저자	Hae-Seok Lee
	⑤ 공동저자	Sungho Hwang, Yoonmook Kang, Hae-Seok Lee
	⑥ 논문제목	Performance and Energy Loss Mechanism of Bifacial Photovoltaic Modules at a Solar Carport System
	⑦ 학술지명:	Energy Science & Engineering
	⑧ 권(호), 페이지:	11(8), 2687
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2023.08
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.1002/ese3.1497
	⑫ IF (JCR 2020)	3.8
	⑬ Citation (Google Scholar)	3
32	① 참여교수명	전용석
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Moo Young Jung, Hyobeen Cho
	④ 교신저자	Yong Ju Yun, Suresh Kannan Balasingam, Yongseok Jun
	⑤ 공동저자	Chanyong Lee
	⑥ 논문제목	Synergetic Effect of a Battery-like Nickel Phosphide and a Pseudocapacitive Cobalt Phosphide Electrodes for Enhanced Energy Storage
	⑦ 학술지명:	Journal of Energy Storage
	⑧ 권(호), 페이지:	Volume 66, 30 August 2023, 107321
	⑨ 학술지 구분	SCI
	⑩ 게재년월	2023. 05.
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.est.2023.107321
	⑫ IF (JCR 2020)	9.4
	⑬ Citation (Google Scholar)	2
33	① 참여교수명	전용석
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Seaeun Park
	④ 교신저자	Yohan Ko, Yongseok Jun
	⑤ 공동저자	Chanyong Lee, Changhyun Lee, Taemin Kim
	⑥ 논문제목	Direct Interface Engineering Using Dopant of Hole Rransport Layer for Efficient Inorganic Perovskite Solar Cells
	⑦ 학술지명:	Materials Today Chemistry
	⑧ 권(호), 페이지:	Volume 30, June 2023, 101551
	⑨ 학술지 구분	SCI
	⑩ 게재년월	2023. 05.
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.mtchem.2023.101551
	⑫ IF (JCR 2020)	7.3
	⑬ Citation (Google Scholar)	1

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
34	① 참여교수명	전용석
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Changhyun Lee
	④ 교신저자	Yohan Ko, Yongseok Jun
	⑤ 공동저자	Chanyong Lee, Kyungjin Chae, Taemin Kim, Saeun Park
	⑥ 논문제목	Amorphous BaTiO ₃ Electron Transport Layer for Thermal Equilibrium-Governed γ -CsPbI ₃ Perovskite Solar Cell with High Power Conversion Efficiency of 19.96%
	⑦ 학술지명:	Energy&Environmental Materials
	⑧ 권(호), 페이지:	Energy Environ. Mater. 2023, 0, e12625
	⑨ 학술지 구분	SCI
	⑩ 게재년월	2023. 04.
	⑪ DOI 번호	10.1002/eem2.12625
	⑫ IF (JCR 2020)	15.0
	⑬ Citation (Google Scholar)	1
35	① 참여교수명	김경남
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	손민희
	④ 교신저자	김경남
	⑤ 공동저자	이홍구
	⑥ 논문제목	CCUS 시스템을 통한 균등화 수소원가 및 재무적 위험도 분석
	⑦ 학술지명:	한국수소및신에너지학회 논문집
	⑧ 권(호), 페이지:	33(6), 660-673
	⑨ 학술지 구분	KCI
	⑩ 게재년월	2022.12
	⑪ DOI 번호	https://doi.org/10.7316/KHNES.2022.33.6.660
	⑫ IF (JCR 2020)	-
	⑬ Citation (Google Scholar)	-