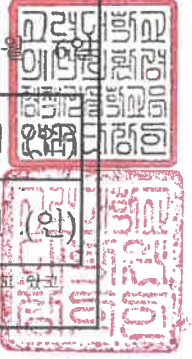


# 『4단계 BK21사업』 혁신인재 양성사업(산업사회문제해결 분야) 교육연구단 자체평가보고서

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	소 속	고려대학교 에너지환경대학원 에너지환경정책기술학과					
	직 위	부교수					
	성명	국문	하윤희		전화		
		영문	Yoonhee Ha		팩스		
				이동전화			
				E-mail			
연차별 총 사업비 (백만원)	구분	1차년도 (2019-21.2)	2차년도 (21.3-22.2)	3차년도 (22.3-23.2)	4차년도 (23.3-24.2)	5차년도 (24.3-25.2)	6차년도 (25.3-26.2)
	국고지원금	246	546	551	673	788	674
총 사업기간	2020.9.1.-2027.8.31.(84개월)						
자체평가 대상기간	2024.9.1.-2025.8.31.(12개월)						
본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21』 사업 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다.							
2025년 11월							
작성자	교육연구단장				하 윤희		
확인자	고려대학교 대학원장				송 진 원		

※ 고려대학교는 BK21 대학원혁신사업 총괄책임자인 대학원혁신본부에서 실질적인 성과관리 및 보고서 작성 등 행정적 관리를 담당하고 산학협력단에서 교육연구단의 예산 관련 업무를 관리하고 있음. 따라서 산학협력단장 직인을 대학원장(총괄책임자) 직인으로 대체함.



## <자체평가 보고서 요약문>

<b>중심어</b>	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																																							
<b>교육연구단의 비전과 목표 달성정도</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>본 교육연구단은 “에너지·자원 분야 융합교육 연구모형을 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.</li> <li>최근 1년간(2024.09~2025.08) 기 수립한 21개 핵심과제 중 총 18개 과제를 충실하게 이행(3개 부분 이행) 하여 본 사업단의 목표 및 추진 방안에 잘 부합하여 진행되고 있음.</li> </ul>																																									
<b>교육역량 영역 성과</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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 그 중 11개 달성(2개 부분달성). 지난 1년간의 추진 성과는 아래 표와 같음.</li> </ul> <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</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>데이터 기반 융복합 교과목 지속적 개발 및 운영</td> <td>기후변화와 리질리언스(2024년 2학기) - 데이터 기반 의사결정 역량, 에너지신산업 세미나(2024년 2학기) - 최신 데이터 기반 세미나형 수업</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>프로젝트 기반 문제해결형 교과목 개발</td> <td>에너지반도체공정(2024년 2학기) - 실습 병행 프로젝트 수업 에너지환경정책과정론(2024년 2학기) - 각국 정책사례 분석과 종합 토론을 결합한 프로젝트 기반 문제해결형 수업</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>시공간 초월 학습방식 도입 및 확대</td> <td>에너지환경 촉매(2024년 2학기) - Flipped Class, Blended Learning, 글로벌에너지전문가세미나(2024년 2학기) - 해외 석학 초청 온라인 강의</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>교육 커리큘럼 주기적 평가 통한 개선</td> <td>해외 전문가 컨설팅 실시(2024.8-9), 자문단, 교수진으로 구성된 TF의 주기적 교육과정 평가</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>융합 우수논문 시상 및 지원</td> <td>2025년 2월과 8월 각각 “제19회, 제20회 기술&amp;정책 융합세미나” 개최, 우수 구두발표/포스터발표자 수상</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>차세대 커리어 관리</td> <td>경력개발센터의 취업지원 프로그램 활용, 전공 특성에 맞는 직무분석과 자기소개서 컨설팅, 국제기구 연계 글로벌 커리어 경로 개척</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>KU-KIST 학연제도와 과제참여 통한 교육 기회 확대</td> <td>11명의 학연교수가 임명되어 학생 연구지도에 참여하고, 학제 간 연계를 통한 융합 접근법 개발</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>융합연구를 위한 공동지도교수 제도 탄력 운영</td> <td>학생들의 연구주제 및 선택권 확대를 위한 공동지도교수제도(참여교원의 고려대 겸임교원 및 KIST 교원)를 도입하여 45%의 학생들이 본 제도 활용</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">△</td> <td>석박사 및 재교육형 계약학과 확대 운영</td> <td>계약학과는 현재 운영하지 않으나, 에너지환경 분야 기업체 출신 재직자 중심의 석·박사 과정을 통해 산업현장 맞춤형 재교육 프로그램을 제공, 탄소중립 특성화 대학원 사업 실시, 기후기술인재 양성센터 사업, 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>평가기간 내에는 별도의 커미티 활동이 활발히 이루어지지 않았지만 이를 보완하기 위해 교육연구단 산하에 4개 소위원회(운영, 교육, 산학협력, 연구역량강화 소위원회)를 중심으로 운영 체계를 정비. 특히 2025년에는 ‘학생경력관리위원회’와 ‘동문관리위원회’를 신설해 학생의 진로·경력 개발과 졸업 후 네트워크 강화를 체계적으로 추진</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>학부 과정 신설 및 학석사 연계 과정 신설</td> <td>융합에너지공학과(학부과정)가 신설됨. 학부생들의 다양한 학술활동 참여가 이루어짐. 제5회 Grand Challenge, 제19회 기술 &amp; 정책 융합세미나에 학생들이 참여. Open Lab 프로그램을 운영해 학부생들에게 연구실 체험과 프로젝트 참여 기회 제공</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>국내외 홍보방안 강화 및 홍보채널 다양화</td> <td>온라인 플랫폼(웹사이트), 홍보 콘텐츠(브로셔), 이메일 뉴스레터, 교내의 오프라인 행사 등과 연계해 우수 인재들의 유입구조 구축. 본부 주최 Lab to Life 연구 페스티벌 부스에서 연구성과 공유 및 대학원</td> </tr> </tbody> </table>			목표달성 여부	사업단 추진 전략 계획	성과	○	데이터 기반 융복합 교과목 지속적 개발 및 운영	기후변화와 리질리언스(2024년 2학기) - 데이터 기반 의사결정 역량, 에너지신산업 세미나(2024년 2학기) - 최신 데이터 기반 세미나형 수업	○	프로젝트 기반 문제해결형 교과목 개발	에너지반도체공정(2024년 2학기) - 실습 병행 프로젝트 수업 에너지환경정책과정론(2024년 2학기) - 각국 정책사례 분석과 종합 토론을 결합한 프로젝트 기반 문제해결형 수업	○	시공간 초월 학습방식 도입 및 확대	에너지환경 촉매(2024년 2학기) - Flipped Class, Blended Learning, 글로벌에너지전문가세미나(2024년 2학기) - 해외 석학 초청 온라인 강의	○	교육 커리큘럼 주기적 평가 통한 개선	해외 전문가 컨설팅 실시(2024.8-9), 자문단, 교수진으로 구성된 TF의 주기적 교육과정 평가	○	융합 우수논문 시상 및 지원	2025년 2월과 8월 각각 “제19회, 제20회 기술&정책 융합세미나” 개최, 우수 구두발표/포스터발표자 수상	○	차세대 커리어 관리	경력개발센터의 취업지원 프로그램 활용, 전공 특성에 맞는 직무분석과 자기소개서 컨설팅, 국제기구 연계 글로벌 커리어 경로 개척	○	KU-KIST 학연제도와 과제참여 통한 교육 기회 확대	11명의 학연교수가 임명되어 학생 연구지도에 참여하고, 학제 간 연계를 통한 융합 접근법 개발	○	융합연구를 위한 공동지도교수 제도 탄력 운영	학생들의 연구주제 및 선택권 확대를 위한 공동지도교수제도(참여교원의 고려대 겸임교원 및 KIST 교원)를 도입하여 45%의 학생들이 본 제도 활용	△	석박사 및 재교육형 계약학과 확대 운영	계약학과는 현재 운영하지 않으나, 에너지환경 분야 기업체 출신 재직자 중심의 석·박사 과정을 통해 산업현장 맞춤형 재교육 프로그램을 제공, 탄소중립 특성화 대학원 사업 실시, 기후기술인재 양성센터 사업, 석사학위 연구-실무 투트랙 운영	△	Advisory Committee, 지역 나눔 Committee, Alumni Committee 운영	평가기간 내에는 별도의 커미티 활동이 활발히 이루어지지 않았지만 이를 보완하기 위해 교육연구단 산하에 4개 소위원회(운영, 교육, 산학협력, 연구역량강화 소위원회)를 중심으로 운영 체계를 정비. 특히 2025년에는 ‘학생경력관리위원회’와 ‘동문관리위원회’를 신설해 학생의 진로·경력 개발과 졸업 후 네트워크 강화를 체계적으로 추진	○	학부 과정 신설 및 학석사 연계 과정 신설	융합에너지공학과(학부과정)가 신설됨. 학부생들의 다양한 학술활동 참여가 이루어짐. 제5회 Grand Challenge, 제19회 기술 & 정책 융합세미나에 학생들이 참여. Open Lab 프로그램을 운영해 학부생들에게 연구실 체험과 프로젝트 참여 기회 제공	○	국내외 홍보방안 강화 및 홍보채널 다양화	온라인 플랫폼(웹사이트), 홍보 콘텐츠(브로셔), 이메일 뉴스레터, 교내의 오프라인 행사 등과 연계해 우수 인재들의 유입구조 구축. 본부 주최 Lab to Life 연구 페스티벌 부스에서 연구성과 공유 및 대학원
목표달성 여부	사업단 추진 전략 계획	성과																																								
○	데이터 기반 융복합 교과목 지속적 개발 및 운영	기후변화와 리질리언스(2024년 2학기) - 데이터 기반 의사결정 역량, 에너지신산업 세미나(2024년 2학기) - 최신 데이터 기반 세미나형 수업																																								
○	프로젝트 기반 문제해결형 교과목 개발	에너지반도체공정(2024년 2학기) - 실습 병행 프로젝트 수업 에너지환경정책과정론(2024년 2학기) - 각국 정책사례 분석과 종합 토론을 결합한 프로젝트 기반 문제해결형 수업																																								
○	시공간 초월 학습방식 도입 및 확대	에너지환경 촉매(2024년 2학기) - Flipped Class, Blended Learning, 글로벌에너지전문가세미나(2024년 2학기) - 해외 석학 초청 온라인 강의																																								
○	교육 커리큘럼 주기적 평가 통한 개선	해외 전문가 컨설팅 실시(2024.8-9), 자문단, 교수진으로 구성된 TF의 주기적 교육과정 평가																																								
○	융합 우수논문 시상 및 지원	2025년 2월과 8월 각각 “제19회, 제20회 기술&정책 융합세미나” 개최, 우수 구두발표/포스터발표자 수상																																								
○	차세대 커리어 관리	경력개발센터의 취업지원 프로그램 활용, 전공 특성에 맞는 직무분석과 자기소개서 컨설팅, 국제기구 연계 글로벌 커리어 경로 개척																																								
○	KU-KIST 학연제도와 과제참여 통한 교육 기회 확대	11명의 학연교수가 임명되어 학생 연구지도에 참여하고, 학제 간 연계를 통한 융합 접근법 개발																																								
○	융합연구를 위한 공동지도교수 제도 탄력 운영	학생들의 연구주제 및 선택권 확대를 위한 공동지도교수제도(참여교원의 고려대 겸임교원 및 KIST 교원)를 도입하여 45%의 학생들이 본 제도 활용																																								
△	석박사 및 재교육형 계약학과 확대 운영	계약학과는 현재 운영하지 않으나, 에너지환경 분야 기업체 출신 재직자 중심의 석·박사 과정을 통해 산업현장 맞춤형 재교육 프로그램을 제공, 탄소중립 특성화 대학원 사업 실시, 기후기술인재 양성센터 사업, 석사학위 연구-실무 투트랙 운영																																								
△	Advisory Committee, 지역 나눔 Committee, Alumni Committee 운영	평가기간 내에는 별도의 커미티 활동이 활발히 이루어지지 않았지만 이를 보완하기 위해 교육연구단 산하에 4개 소위원회(운영, 교육, 산학협력, 연구역량강화 소위원회)를 중심으로 운영 체계를 정비. 특히 2025년에는 ‘학생경력관리위원회’와 ‘동문관리위원회’를 신설해 학생의 진로·경력 개발과 졸업 후 네트워크 강화를 체계적으로 추진																																								
○	학부 과정 신설 및 학석사 연계 과정 신설	융합에너지공학과(학부과정)가 신설됨. 학부생들의 다양한 학술활동 참여가 이루어짐. 제5회 Grand Challenge, 제19회 기술 & 정책 융합세미나에 학생들이 참여. Open Lab 프로그램을 운영해 학부생들에게 연구실 체험과 프로젝트 참여 기회 제공																																								
○	국내외 홍보방안 강화 및 홍보채널 다양화	온라인 플랫폼(웹사이트), 홍보 콘텐츠(브로셔), 이메일 뉴스레터, 교내의 오프라인 행사 등과 연계해 우수 인재들의 유입구조 구축. 본부 주최 Lab to Life 연구 페스티벌 부스에서 연구성과 공유 및 대학원																																								

		<p>○ 신홍국 에너지공무원 인력양성 프로그램 확대 및 졸업생 네트워크 활용</p>	<p>홍보 2021년 GETPPP 재수주 이후 꾸준히 졸업생을 배출 중이며 2024년 한 해 동안 석사 10명, 박사 4명을 배출함. GETPPP 졸업생들을 통해 국제에너지전문가네트워크(IEEN)을 구축하여 2024년 11월, 케냐 나이로비에서 '2024 Africa-Korea Partnerships Seminar for Green Hydrogen Develop' 개최</p>																											
<p>연구역량 영역 성과</p>	<p>• 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, 그 중 7개 달성(1개 부분달성). 지난 1년간의 추진 성과는 아래와 표와 같음.</p>																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="384 539 528 607">목표달성 여부</th> <th data-bbox="528 539 836 607">사업단 추진 전략 계획</th> <th data-bbox="836 539 1447 607">성과</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="384 607 528 730">△</td> <td data-bbox="528 607 836 730">기술, 데이터, 정책전공 교원이 참여하는 정기적 연구회 운영</td> <td data-bbox="836 607 1447 730">평가기간 내 별도의 정기 연구회는 개최되지 않았지만 연구역량강화 소위원회를 통해 참여교원 간 연구주제 발굴, 국제공동연구 기획, 논문 투고 전략 등을 협의하여 교원 간 협력연구와 공동과제 수행을 통해 연구회 운영의 실질적 기능을 대체</td> </tr> <tr> <td data-bbox="384 730 528 904">○</td> <td data-bbox="528 730 836 904">현장 실무급 전문가 세미나 및 글로벌 연구 콜로키움을 통한 특허 연구 주제 발굴</td> <td data-bbox="836 730 1447 904">2024년 11월 스웨덴 Lund University의 Murray Scown 교수 초청 2회 걸친 강연 운영, 2025년 7월에는 미국 Rochester Institute of Technology의 Seth Hubbard 교수를 초청해 차세대 에너지 소재의 응용 가능성을 다룸, 이외에도 글로벌에너지전문가세미나에서 미국 Arizona State University, Tennessee University, 캐나다 McGill University 등 소속 전문가들을 통해 다양한 관점 습득</td> </tr> <tr> <td data-bbox="384 904 528 994">○</td> <td data-bbox="528 904 836 994">융합연구 기반 데이터베이스 구축</td> <td data-bbox="836 904 1447 994">수소 특허 데이터베이스를 구축하여 수소 R&amp;D 트렌드와 주요 국가의 기술 포트폴리오를 비교하여 수소 R&amp;D 전략 관련 함의를 제시</td> </tr> <tr> <td data-bbox="384 994 528 1084">○</td> <td data-bbox="528 994 836 1084">대학본부의 융복합 연구지원 및 KU-KIST 사업 등 활용한 과제 기회 확대</td> <td data-bbox="836 994 1447 1084">KU-KIST 공동연구사업으로 탄소중립을 위한 에너지환경 시스템 개발 및 응용, 태양광 E-chemical 연계 기술 개발 등 2개의 프로젝트 수행</td> </tr> <tr> <td data-bbox="384 1084 528 1151">○</td> <td data-bbox="528 1084 836 1151">학연교수제 등 통한 국제연구소 우수학자 활용</td> <td data-bbox="836 1084 1447 1151">KU-KIST업무협약을 통해 KIST소속 우수연구자 4명을 학연교수로 임용하여 학생지도(공동지도교수)와 연구에 투입</td> </tr> <tr> <td data-bbox="384 1151 528 1240">○</td> <td data-bbox="528 1151 836 1240">신재생 발전량 모니터링 테스트베드 등 융합 데이터센터 구축</td> <td data-bbox="836 1151 1447 1240">태양광 발전량과 특성 평가를 위한 시스템(태양광 셀 모듈 테스트 베드) 구축 및 데이터 서버 운영 중</td> </tr> <tr> <td data-bbox="384 1240 528 1352">○</td> <td data-bbox="528 1240 836 1352">융합 세미나를 통한 연구 지속적 공유, 비판적 논의, 학제 간 의사소통</td> <td data-bbox="836 1240 1447 1352">교육연구단 자체 Grand Challenge 운영(2024년 7월, 제5회 Grand Challenge 개최), 총 60명 10개팀이 참가, 10개팀 모두 기술-정책 융합팀으로 출전기술 &amp; 정책 융합세미나 개최 (2025년 2월, 2025년 8월, 총 2회)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="384 1352 528 1469">○</td> <td data-bbox="528 1352 836 1469">Boot Camp 등 연구역량 관련 프로그램 운영</td> <td data-bbox="836 1352 1447 1469">Stata 코딩, ChatGPT 활용 아카데미 라이팅 등 데이터 분석 논문 작성 역량 강화 관련 비교과 프로그램에 참여. 2025년 8월부터는 3 Minute Thesis(3MT)에 학생들이 참여하여 학문적 소통 능력 강화(평가기간 내 관련 비교과 프로그램에 총 173회 참여)</td> </tr> </tbody> </table>	목표달성 여부	사업단 추진 전략 계획	성과	△	기술, 데이터, 정책전공 교원이 참여하는 정기적 연구회 운영	평가기간 내 별도의 정기 연구회는 개최되지 않았지만 연구역량강화 소위원회를 통해 참여교원 간 연구주제 발굴, 국제공동연구 기획, 논문 투고 전략 등을 협의하여 교원 간 협력연구와 공동과제 수행을 통해 연구회 운영의 실질적 기능을 대체	○	현장 실무급 전문가 세미나 및 글로벌 연구 콜로키움을 통한 특허 연구 주제 발굴	2024년 11월 스웨덴 Lund University의 Murray Scown 교수 초청 2회 걸친 강연 운영, 2025년 7월에는 미국 Rochester Institute of Technology의 Seth Hubbard 교수를 초청해 차세대 에너지 소재의 응용 가능성을 다룸, 이외에도 글로벌에너지전문가세미나에서 미국 Arizona State University, Tennessee University, 캐나다 McGill University 등 소속 전문가들을 통해 다양한 관점 습득	○	융합연구 기반 데이터베이스 구축	수소 특허 데이터베이스를 구축하여 수소 R&D 트렌드와 주요 국가의 기술 포트폴리오를 비교하여 수소 R&D 전략 관련 함의를 제시	○	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 국제연구소 우수학자 활용	KU-KIST업무협약을 통해 KIST소속 우수연구자 4명을 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(2024년 7월, 제5회 Grand Challenge 개최), 총 60명 10개팀이 참가, 10개팀 모두 기술-정책 융합팀으로 출전기술 & 정책 융합세미나 개최 (2025년 2월, 2025년 8월, 총 2회)	○	Boot Camp 등 연구역량 관련 프로그램 운영	Stata 코딩, ChatGPT 활용 아카데미 라이팅 등 데이터 분석 논문 작성 역량 강화 관련 비교과 프로그램에 참여. 2025년 8월부터는 3 Minute Thesis(3MT)에 학생들이 참여하여 학문적 소통 능력 강화(평가기간 내 관련 비교과 프로그램에 총 173회 참여)	<p>• <b>(연구비)</b> 이공계열 참여교수 1인당 수주액은 2차 연도(2021.9~2022.8) 대비 약 1.8배 증가(4.8억 → 8.4억) 하며 대형 정부·산업체 과제 중심으로 연구재원이 크게 확충. 인문사회계열 참여교수 1인당 연구 수주액은 같은 기간 약 2.2배 증가(1.4억 → 3.13억)하며, 해외 기관 과제 수주와 국제협력 기반 확대</p> <p>• <b>(연구논문)</b> 참여학생, 신진연구자, 참여교수를 포함해 총 52편의 논문을 게재 했으며(공동연구로 인한 중복 제외) 이 중 37편은 SCIE 또는 SSCI급 국제학술지에 게재되어 연구의 질적 성장을 입증</p> <p>• <b>(이공계열 특허)</b> 최근 1년간 16건의 특허 등록과 1건의 출원이 이루어져, 1차 연도 대비 4배 이상의 성과를 달성. 주요 기술은 투명 금속산화물 기반, 고투과형 태양광 모듈, 친환경 해양구조체 등으로, 연구성과의 실용화 및 산학연 연계 강화와 지속가능 기술로의 확장 가능성을 보여줌</p>		
목표달성 여부	사업단 추진 전략 계획	성과																												
△	기술, 데이터, 정책전공 교원이 참여하는 정기적 연구회 운영	평가기간 내 별도의 정기 연구회는 개최되지 않았지만 연구역량강화 소위원회를 통해 참여교원 간 연구주제 발굴, 국제공동연구 기획, 논문 투고 전략 등을 협의하여 교원 간 협력연구와 공동과제 수행을 통해 연구회 운영의 실질적 기능을 대체																												
○	현장 실무급 전문가 세미나 및 글로벌 연구 콜로키움을 통한 특허 연구 주제 발굴	2024년 11월 스웨덴 Lund University의 Murray Scown 교수 초청 2회 걸친 강연 운영, 2025년 7월에는 미국 Rochester Institute of Technology의 Seth Hubbard 교수를 초청해 차세대 에너지 소재의 응용 가능성을 다룸, 이외에도 글로벌에너지전문가세미나에서 미국 Arizona State University, Tennessee University, 캐나다 McGill University 등 소속 전문가들을 통해 다양한 관점 습득																												
○	융합연구 기반 데이터베이스 구축	수소 특허 데이터베이스를 구축하여 수소 R&D 트렌드와 주요 국가의 기술 포트폴리오를 비교하여 수소 R&D 전략 관련 함의를 제시																												
○	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 국제연구소 우수학자 활용	KU-KIST업무협약을 통해 KIST소속 우수연구자 4명을 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(2024년 7월, 제5회 Grand Challenge 개최), 총 60명 10개팀이 참가, 10개팀 모두 기술-정책 융합팀으로 출전기술 & 정책 융합세미나 개최 (2025년 2월, 2025년 8월, 총 2회)																												
○	Boot Camp 등 연구역량 관련 프로그램 운영	Stata 코딩, ChatGPT 활용 아카데미 라이팅 등 데이터 분석 논문 작성 역량 강화 관련 비교과 프로그램에 참여. 2025년 8월부터는 3 Minute Thesis(3MT)에 학생들이 참여하여 학문적 소통 능력 강화(평가기간 내 관련 비교과 프로그램에 총 173회 참여)																												
<p>달성 성과 요약</p>	<p>• 본 교육연구단이 기획한 총 21개 추진 핵심 과제 중 18개의 핵심 과제를 4차 자체평가 기간 동안 충실히 이행하였으며 나머지 과제에 대해서는 일부를 이행하거나 차년도를 목표로 이행을 계획 중임.</p> <p>• <b>(교육역량 강화)</b> ‘기후변화와리질리언스’, ‘에너지신산업세미나’, ‘에너지환경정책과정론’, ‘에너지반도체공동’ 등 데이터 기반·프로젝트형·실습 병행 교과목을 중심으로 학제 간 문제해결형 수업체계 구축. Flipped Class 및 글로벌 전문가 온라인 강의 등 시간간 초월형 학습방식 확대. Open Lab 프로그램, Grand Challenge 운영으로 통합형 인재양성 기반 확립. 탄소중립특성화대학원사업, 기후기술인재양성 센터와 연계하여 에너지·환경 분야 재직자 중심의 재교육형 프로그램 운영</p>																													

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>(연구역량 및 융복합 연구 확장)</b> 이공계열 참여교수 1인당 연구 수주비 2차 연도 대비 1.8배 증가(4.8억→8.4억), 인문사회계열 2차 연도 대비 2.2배 증가(1.4억→3.13억). 참여교수·학생·신진연구인력 총 52편 논문 게재(중복 제외), 최근 1년 간 특허 16건 등록, 1건 출원</li> <li>• <b>(조직운영 및 지속가능 체계 구축)</b> 4개의 소위원회(운영, 교육, 연구역량강화, 산학협력)에 더해 학생경력관리위원회와 동문관리위원회 신설로 학생들의 진로 관리 및 졸업생 네트워크 강화, KU-KIST 학연교수 11명 참여, 공동지도교수제 활성화(학생의 45% 활용)로 학제 간 공동 지도체계 확립, 대학원 홍보채널 다각화를 통한 우수 인재 유입 구조 강화(브로셔, 뉴스레터, 웹사이트, Lab to Life)</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>미흡한 부분 / 문제점 제시</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>(교육)</b> 재교육형 프로그램 대신 재직자 대상 교육을 개별 과목 중심으로 진행. 산업계 수요 기반의 체계적 커리큘럼 운영 다소 미흡. 또한 평가기간 내 자문위원회, 지역나눔위원회 운영이 제한적이었음. 운영체계 구축에 집중하면서 실질적 회의 및 피드백 기능이 상대적으로 약화되어 산학·동문 간 환류 구조가 충분히 작동하지 못함</li> <li>• <b>(연구)</b> 기술·데이터·정책 전공 교원 간의 협력 연구와 공동과제 발굴이 활발히 이루어졌으나, 이를 정기적 연구회 형태로 공식화하지는 못함. 실질적 공동연구가 지속적으로 진행되고 있어 향후 이를 기록화하는 체계로 발전시킬 예정</li> <li>• <b>(국제화)</b> 해외석학 초청과 세미나는 활발했으나 단기 교류 중심의 활동 보다 해외 기관과의 장기적 파트너십을 통한 지속적 공동성과 창출 구조 마련 필요</li> <li>• <b>(산업사회 기여)</b> 산업체·공공기관과의 공동연구와 자문이 지속적으로 이루어지며 현장 적용사례도 확대되고 있음. 다만, 연구성과의 산업·정책 현장 적용 범위를 점차 확장할 여지가 있어 이를 체계적으로 지원하기 위한 기반을 강화할 필요가 있음.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>차년도 추진계획</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>(교육)</b> 기존 재직자 대상 수업에 산업 수요 기반 ‘에너지·환경 실무형’ 교과를 내실화하고 발전시켜 지속가능한 재교육 체계를 구축. 참여 산업체의 피드백을 교과에 반영. 신설된 동문관리위원회와 학생경력관리위원회를 활용해 커리어 패스 및 연구성과를 체계적으로 관리할 계획. 졸업생-재학생 간 멘토링, 진로 세미나, 현장 연수·인턴십 연계를 강화하고, 학생 경력데이터를 관리. 또한 참여교수, 참여대학원생의 성과관리 지표(performance dashboard)를 구축</li> <li>• <b>(연구)</b> 기술 및 정책 교원이 공동과제 발굴 및 연구성과 공유를 활성화하기 위해 연구성과, 발표자료, 논문 초록 등을 기록하여 공유하는 ‘연구 아카이빙 플랫폼(Research Archiving Hub)’을 구축해 지식 순환을 촉진. 교수 및 학생의 연구성과를 항목별로 관리하는 성과관리 지표 시스템을 운영해 연구성과의 추적 및 분석을 체계화</li> <li>• <b>(국제화)</b> 단기 교류 중심을 넘어, 기존 파트너 기관과 공동연구를 꾸준히 지속할 수 있는 장기 프로젝트 형태의 교류로 정착. 국제기구 및 해외 연구기관과의 협력 기반을 활용해 공동논문, 공동 세션 발표 등 가시적 성과 중심의 국제협력 체계 강화</li> <li>• <b>(산업사회 기여)</b> 기존의 산학협력 네트워크를 기반으로 연구성과의 산업적·사회적 경로를 명확히 추적하고 환류할 수 있는 체계를 마련할 예정임. 연구성과 아카이브와 연계해 성과 확산 사례를 공유하고 이를 바탕으로 산업사회 문제 해결에 기여하는 실증 기반 연구 협력을 지속 추진할 계획</li> </ul>

# 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 요약 .....	3
나. 주요 벤치마킹 대상과 실적 .....	6
다. 교육연구단의 비전 및 목표 달성을 위한 애로사항과 극복 방안 .....	6
II. 교육역량영역 .....	8
1. 교육과정 구성 및 운영 .....	10
가. 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획 .....	10
나. 교육연구단의 추진전략 및 실적 .....	11
다. 전임교수 대학원 강의 계획 대비 실적 .....	16
라. 교육과 연구의 선순환 구조 구축방안 .....	17
2. 인력양성 계획 및 지원 방안 .....	19
가. 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적 .....	19
나. 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획 .....	20
다. 대학원생 학술활동 지원 실적 및 계획 .....	22
라. 참여대학원생 취(창)업의 질적 우수성 .....	26
3. 참여대학원생 연구실적의 우수성 .....	27
가. 참여대학원생의 저명학술지 논문의 우수성 .....	27
나. 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성 .....	36
다. 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성 .....	48
4. 신진연구인력 현황 및 실적 .....	49
가. 연구인력 현황 및 확보계획 .....	49
나. 신진연구인력 지원 계획 .....	49
다. 신진연구인력 연구역량 대표실적 .....	49
라. 신진연구인력 교육역량 대표실적 .....	51
5. 참여교수의 교육역량 대표실적 .....	51
6. 교육의 국제화 전략 .....	58
가. 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획 .....	58
나. 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획 .....	61

III. 연구역량영역 .....	63
1. 참여교수 연구역량 .....	65
가. 국내 및 해외기관 연구비 수주 실적 .....	65
나. 참여교수 연구업적물의 우수성 .....	66
다. 이공계열 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성 .....	74
2. 산업-사회에 대한 기여도 .....	79
가. (2024/25 KSP 정책자문) 남아프리카공화국 그린수소 산업 발전방안 .....	79
나. (2024/25 KSP 정책자문) 슬로바키아-한국 그린수소 산업 협력전략 .....	80
다. (국내 기업 신흥국 진출 지원) 신흥국 에너지 공무원 초청 인력양성 프로그램 .....	81
라. 회복탄력성 증대를 위한 도시복잡계 모델링 연구 .....	82
마. (광·전기화학 질산염 저감) GaN 나노와이어-Co 촉매 탠덤 구조를 이용한 PEC 질산염 환원 개념 입증 연구 .....	83
바. (자동차 및 산업 환경규제 대응) 자기 유도 가열 기술을 활용한 차세대 배기가스 정화 시스템 개발 .....	84
사. (산업탈탄소화 연계 촉매 기술) 온실가스의 포집, 전환, 개질 반응을 통한 탈탄소 에너지 시스템 구축 .....	85
아. (탄소 감축 산정) 철강산업 탄소중립기술 온실가스 감축량 평가기술 .....	85
자. Bridgestone World Solar Challenge 2025 공동기술개발 .....	86
차. 알키미스트 프로젝트 산업화 .....	87
3. 연구의 국제화 현황 .....	89
가. 참여교수의 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황 .....	89
나. 국제 공동연구 실적 .....	89
다. 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획 .....	90
IV. 교육연구단 자체평가 결과 .....	별첨
Appendix .....	93

## 1. 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

성 명	한 글	하윤희	영 문	Yoonhee Ha
소 속 기 관	고려대학교 에너지환경대학원 에너지환경정책기술학과			

## □ 교육연구단장의 역량

**(연구역량)** 하윤희 단장은 2016년부터 2025년까지 총 16편의 논문을 SSCI 및 SCI(E) 등재 국제학술지에 게재하며, 에너지·환경정책 분야에서 탁월한 연구 성과를 지속적으로 축적해 오고 있음. 특히, 최근 발표한 논문 「Understanding Policy Windows for Solar Energy Lifecycle Extension: Policymakers' Perspectives in Developing Asia」는 에너지 분야 상위 10% 이내의 저널인 Energy Research & Social Science (IF 7.4)에 게재되어 국제적 학문적 위상을 높였음. 또한, 2016년에 발표된 「Public Debt, Corruption and Sustainable Economic Growth」 논문은 Google Scholar 기준 152회 이상 인용되며, 지금도 꾸준히 인용이 증가하고 있어 학계 내 지속적인 영향력을 입증하고 있음. 하윤희 단장은 국내외 학생·신진연구자·해외학자들과의 긴밀한 협력 네트워크를 기반으로 활발한 공동연구를 수행하고 있으며, 이를 통해 지속가능한 발전, 에너지 전환, 거버넌스 혁신 등 복합적 정책 이슈에 대한 다학제적 접근을 선도하고 있음. 이러한 연구 활동은 단순한 학문적 성과를 넘어, 실제 정책 설계와 국제협력의 구체적 실행에 기여하는 실질적 성과로 이어지고 있음.

**(교육역량)** 하윤희 단장은 본 대학원 필수 이수과목인 “연구방법론”, “에너지와 환경정책”, “에너지환경정책과정론”, “에너지환경정책평가론” 등을 담당하고 있으며, “Global Energy Expert Seminar” 등의 영강을 개설함. 단장이 확보하고 있는 광범위한 국내외 학자, 전문가, 정책결정자 풀을 십분 활용하여 다양한 세미나, 특강 등을 개최하고 있음. 또한 현재 42명의 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 연구 실적이 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)** 대통령직속 탄소중립녹색성장위원회 위원(에너지·산업 전환 분과 위원회 간사), 환경부 중앙환경정책위원회 위원, 기획재정부 공공기관운영위원회 위원, 신용보증기금 미래발전자문단 및 ESG위원회 위원 등을 역임하며, 산업현장과 정책 현안에 대한 깊은 이해를 바탕으로 현장 수요에 부합하는 연구 주제를 지속적으로 발굴해 왔음. 이를 통해 산업·정책 현장에서 제기되는 문제에 대응하고, 실질적 해결방안을 제시하는 정책 개발에 기여하고 있음.

## 2. 대학원 신청학과 소속 전체 교수 및 참여연구진

- **(2024년 2학기)** 대학원 전체교수 11명 중 참여교수는 총 10명으로 9명의 전임교수와 2명의 겸임교수로 구성됨. 참여교수 대 참여학생 비율은 1:5.8로 참여교수 한 명당 약 6명의 참여학생을 지도함.
- **(2025년 1학기)** 대학원 전임교수 현황은 2024년 2학기과 동일함. 참여교수 대 참여학생 비율은 1:6.3으로 참여교수 한 명당 약 7명의 참여 학생을 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	2024년 2학기	9	2	11	9	1	10
	2025년 1학기	9	2	11	9	1	10

<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 (%)
에너지환경정책 기술학과	2024년 2학기	80	32	40	44	17	39	13	9	69	137	58	42
	2025년 1학기	85	36	42	51	16	31	15	11	73	151	63	42
참여교수 대 참여학생 비율				2024년 2학기 1:5.8 / 2025년 1학기 1:6.3									

### ☐ 교원 현황

- 2025년 8월 말 현재 본 교육연구단의 교원 수 현황은 표 I-1과 같음. BK21 신진연구인력은 2인임(2025년 8월 말 기준).
  - 교육연구단 소속 전임교수 10인\*  
\*대학원 소속 전임교수 9인과 타과 겸임교수 1인으로 구성
  - BK21 신진연구인력 2인\*  
\*연구교수 3인에서 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
	<p>사회문제해결형 융합리더 교육체계 구축 및 강화</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>데이터 기반 융복합 융복합 교과목의 지속적 개발과 융합형 교과목 운영:</b> 기후변화와 리질리언스(2024년 2학기) - 데이터 기반 의사결정 역량, 에너지산업 세미나(2024년 2학기) - 최신 데이터 기반 세미나형 수업</li> <li>• <b>프로젝트 기반 문제해결형 교과목 개발:</b> 에너지반도체공정(2024년 2학기) - 실습 병행 프로젝트 수업</li> <li>• <b>시공간 초월 학습방식 도입 및 확대:</b> 에너지환경 촉매(2024년 2학기) - Flipped Class, Blended Learning/ 글로벌에너지전문가세미나(2024년 2학기) - 해외 석학 초청 온라인 강의, Flipped Class</li> <li>• <b>커리큘럼에 대한 주기적인 평가를 통한 개선:</b> 해외 전문가 컨설팅 실시(Prof. Brian An, Georgia Tech, School of Public Policy), 산학연, 동문으로 이루어진 자문단의 교육과정 자문, 참여교수로 이루어진 TF의 주시적 평가로 교과 신설, 융복합 수업 확대, 학생 참여형 학습 강화</li> <li>• <b>융합 우수논문 시상제도 확대, 우수 논문 지원:</b> 2025년 2월과 8월 각각 “제19회, 제20회 기술&amp;정책 융합세미나” 개최, 우수 구두발표/포스터발표자 수상</li> <li>• <b>차세대 커리어 관리:</b> 경력개발센터의 취업지원 프로그램 활용, 에너지환경정책 전공 특성에 맞는 직무분석과 자기소개서 컨설팅, 국제기구 연계 글로벌 커리어 경로 개척 - 2025년 3월부터 International Energy Agency(IEA)와 협력해 대학원생 연구 연수 파견 논의 중, 2026년 9월부터 매년 학생 1~3인 파견기로 합의</li> </ul>
<p>교육</p>	<p>다양성을 고려한 학사시스템 유연 운영</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>KU-KIST 학연제도와 과제 참여를 통한 교육 기회 확대:</b> 11명의 학연교수를 임명하여 학생 연구지도에 참여하여 학제 간 연계를 통한 융합 접근법 개발</li> <li>• <b>융합연구를 위한 공동지도교수제도의 탄력적 운영:</b> 학생들의 연구주제 및 선택권 확대를 위한 공동지도교수제도를 도입하여 45%의 학생들이 본 제도 활용</li> <li>• <b>위원회 운영체계 강화를 통한 교육·연구 품질관리 및 지원 기반 확립:</b> 기존의 4개 소위원회에 ‘학생경력관리위원회’와 ‘동문관리위원회’를 추가 구성해 학생들의 연구 및 진로 성과를 관리하고 커리어 지원을 강화</li> </ul>
	<p>융합 잠재력이 우수한 학생 유치 및 양성</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>신생 학부 개선을 통한 우수 신입생 유치:</b> 신설된 융합에너지공학과(학부과정) 학생들이 대학원에 유입될 수 있도록 대학원 활동인 ‘Grand Challenge’와 ‘기술&amp;정책 융합세미나’에 학생들이 참여할 수 있는 기회를 제공하고 Open Lab 프로그램 운영</li> <li>- 2025년 7월 개최된 ‘제5회 BK21 Grand Challenge’에 학부생 4명이, 2월에 개최된 ‘제19회 기술&amp;융합 세미나’에 학부생 1명이 참가</li> <li>- Open Lab 프로그램을 통해 학부생들에게 연구실 체험과 프로젝트 참여 기회 제공. 참여 학부생들은 수소정책, 에너지산업 분석, 투명 태양전지 개발, 자연기반해법(NbS), 에너지저장장치(ESS) 전략 분석 등에 참여</li> <li>• <b>국내외 마케팅 강화:</b> 다채널 기반 통합 홍보체계를 구축하여, 온라인 플랫폼(웹사이트), 홍보 콘텐츠 제작(브로셔 등), 이메일 뉴스레터, 교내외 오프라인 행사 등과 연계하여 우수 인재들의 유입구조 구축. 2024년 11월, 본교 주최 Lab to Life 연구 페스티벌 부스에서 연구성과를 공유하고 대학원 홍보</li> <li>• <b>신중국 에너지공무원 인력양성 프로그램(GETPPP) 확대 및 졸업생 네트워크 활용:</b> 2021년 GETPPP 제수주 이후 꾸준히 졸업생을 배출 중이며 2024년 한 해 동안 석사 10명, 박사 4명을 배출함. GETPPP 졸업생들을 통해 국제에너지전문가네트워크(IEEN)을 구축하여 2024년 11월, 케냐 나이로비에서 ‘2024 Africa-Korea Partnerships Seminar for Green Hydrogen Develop’를 개최</li> </ul>
<p>연구</p>	<p>에너지-자원 분야 융복합 연구모델 개발 및 데이터베이스 구축</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>기술, 데이터, 정책 전공 교원이 참여하는 정기 연구회 운영:</b> 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"> <li>▪ 제19회 기술 &amp; 정책 융합 세미나(2025년 2월), 제20회 기술&amp;정책 융합세미나(2025년 8월) 개최</li> </ul> </li> <li>• <b>융합 연구 기반 데이터베이스 구축:</b> 환경부 지원을 받아 서울대, 고려대, 경희대</li> </ul>

	<p>융합연구협력 인프라 강화</p>	<p>연구팀 공동으로 국내의 철강산업 에너지/온실가스 감축 관련 현재 기술 및 미래 적용 가능 기술 DB 구축, 수소 특허 데이터베이스를 구축하여 수소 R&amp;D 트렌드와 주요 국가의 기술 포트폴리오를 비교하여 수소 R&amp;D 전략 관련 합의를 제시</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· <b>대학본부의 융복합 연구지원(KU-FRG) 및 KU-KIST 사업 등 활용:</b> KU-KIST 공동연구사업으로 탄소중립을 위한 에너지환경 시스템 개발 및 응용, 태양광 E-chemical 연계 기술 개발 등 2개의 프로젝트 수행 중</li> <li>· <b>학연교수제 등을 통한 국제연구소 우수 학자 활용:</b> KU-KIST 업무협약을 통해 KIST 소속 우수 연구자 4명을 학연교수로 임용하여 강의, 학생지도(공동지도교수), 연구에 투입</li> <li>· <b>신재생에너지 발전량 모니터링 테스트베드 등 융합 데이터센터 구축:</b> 태양광 발전량과 특성 평가를 위한 시스템(태양광 셀 모듈 테스트베드) 구축 및 데이터 서버 운영 중</li> <li>· <b>융합 세미나를 통한 연구의 지속적 공유, 비판적 논의, 학제 간 의사소통:</b> BK21 에너지환경정책기술학연구단 제5회 Grand Challenge 개최(2025년 7월). 총 60명 10개팀이 참가, 10개팀 모두 기술-정책 융합팀으로 출전하였으며 학부생 4명이 서로 다른 4개의 팀에 참여하여 대학원생들과 함께 사회 난제 해결 방안을 모색</li> <li>· <b>연구 역량 강화를 위한 각종 비교과 프로그램 운영:</b> Stata 코딩, ChatGPT 활용 아카데미 라이팅 등 데이터 분석 논문 작성 역량 강화 관련 비교과 프로그램에 참여. 2025년 8월부터는 3 Minute Thesis(3MT)에 학생들이 참여하여 학문적 소통 능력 강화(평가기간 내 관련 비교과 프로그램에 총 173회 참여)</li> </ul>
<p>산학협력</p>	<p>산학연계 문제해결형 교육 및 연구프로그램 강화</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <b>정책·산업 현안을 연계한 실무형 문제해결 교육:</b> 에너지와환경정책 교과(2025년 1학기)는 산업계·정부·연구기관의 현장 전문가를 초빙하여 강연과 토론을 병행해 정책이론과 산업현장 간 연계형 교육을 실현. 전력거래소, 발전사 등 실무 전문가의 참여를 통해 학생들이 실제 산업 현안을 분석하고 대안을 설계하는 과정을 경험하도록 구성</li> <li>· <b>산업전문가 활용 교육:</b> 대학원 학생의 상당수(정원 외 과정 제외)가 공기업, 연구소, 사기업 등의 고급 인력으로 구성. 대학원 기존 프로그램에서 산업체의 에너지 및 탄소중립 신사업 재교육 기능을 수행</li> <li>· <b>산업난제 해결을 위한 알키미스트 연구단 운영:</b> 알키미스트 프로젝트는 산업 난제 해결에 도전하는 초고난도 기술 개발을 통해 사회경제적 파급력이 높은 기술을 확보하는 것이 목적. 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</li> <li>· <b>알키미스트 기업 멤버십 구축:</b> 국내 대·중소기업들과의 멤버십 운영을 통해 개발될 기술과 제품의 사업화 촉진 및 신산업 창출 기반 강화(BIPV·차량 적용 실증 준비)</li> <li>· <b>기업공동연구센터 설립 추진:</b> 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 지원. 그 외 다수 국내 에너지 기관/기업들과 교육, 공동연구, 기술자문 등의 형태로 협력 추진 중</li> </ul>
	<p>신중국 시장을 목표로 하는 에너지-자원 사업화 지원 산학협력 플랫폼 구축</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <b>신중국 에너지 공무원 졸업생을 활용한 글로벌 산학 네트워크 운영:</b> 누적 29개국 인재 네트워크를 산업 진출 교두보로 활용, 현지 정책·시장 연계 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2024년 4월~11월: IEEN 기반 R&amp;M-혼소 매칭, 국가별 R&amp;M 수요조사, 정책-기술-산업 연계 지표 설계, 국내 기업-현지 기업 B2B 매칭 체계화</li> <li>▪ IEEN 온라인 채널을 통한 상시 수요-정보 교환 및 프로젝트 매칭 체계 운영</li> </ul> </li> <li>· <b>국내 기업의 신중국 에너지 시장 진출 지원을 위한 International Energy Expert Network(IEEN) 연례 포럼 개최:</b> “2024 Korea-Africa Clean Hydrogen Development Partnership Seminar (케냐, 나이로비, 2024년 11월)</li> </ul>
<p>국제화</p>	<p>글로벌 협력 네트워크를 통한 공동연구 및 연구자교류 확대</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <b>기술-정책 융합을 통한 국제공동연구 성과 확대:</b> 평가기간 내 일본 Toyota Technology Institute, 캐나다 Carleton University, 미국 University of Michigan, Yale University, University of California, Berkeley, PNNL, 네팔 에너지부, 캄보디아 광산에너지부 등과 국제공동연구 9건을 수행(참여교수+신진연구인력)</li> <li>· <b>글로벌 석학 네트워크를 활용한 국제 교육협력:</b> 2024년 2학기 ‘글로벌에너지전문가세미나 10명의 해외 석학 및 전문가가 초청되어 강의 및 세미나 진행</li> <li>· <b>학생 중심 국제공동연구 및 글로벌 연구역량 강화:</b></li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 학생들의 글로벌 연구 역량을 개발 강화를 위해 해외 국제공동연구 지원: 이현아 참여학생(박사과정)은 2024년 9월~2025년 8월, German Institute of Development and Sustainability에서 국제연구 지원을 받았으며, 연수 기간 동안 Digital Development Dialogue(2025년 4월)과 UNFCCC 워크숍(2025년 6월)에서 연구내용을 발표</li> <li>▪ 해외 학회 발표 지원: 2025년 1월 일본 오사카에서 열린 ISEPD에서 박지혜(석사과정) 참여학생의 포스터 발표를 지원</li> <li>▪ 이외에도 현재 에너지 관련 국제기구와 연구연수 프로그램 신설 협의 중</li> <li>• <b>교수진의 국제적 연구활동 및 학술교류 확대:</b> 참여교수들은 최근 1년 간 일본, 스웨덴, 프랑스, 미국, 중국, 싱가포르, 호주 등 7개국 10개 기관과의 연구교류 및 공동연구를 추진 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ OECD-IEA와 협력하여 글로벌 탄소중립 산업전환 동향을 분석(하윤희 교수)</li> <li>▪ Peking University, NUS, UNSW와 광전기화학 촉매 반응 공동연구 진행 중(동완재 교수)</li> <li>▪ Arizona State University와 도시 전력망 회복탄력성 분석 공동연구(2025년 3월~7월)를 수행하며 인공 전력망 합성 기법 고도화 추진 중(김여원 교수)</li> <li>▪ Lund University 방문(2025년 1월~2월)을 통해 금속 편서 복합체 기반 단일 원자 촉매 개발 공동연구 논의 및 공동연구 준비 중(송인하 교수)</li> <li>▪ Peking University와 협력으로 에너지-환경-경제 통합모델(E3)을 활용한 탄소 중립 시나리오 연구 진행 중(우종률 교수)</li> <li>▪ 에너지환경정책 및 기술 관련 연구와 교육 협력, 장학금 지원 등의 목적으로 미국 Foundation for Renewable Energy &amp; Environment(FREE) 재단과 MOU 체결 이후 박사과정 학생 1인에게 Doctoral Fellowship 장학금 지원(연 USD 17,000)</li> </ul> </li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>내외국인 학생 공동체를 통한 융합 교육연구 효과성 제고</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>영강 기반의 융합학습 및 공동 프로젝트 운영:</b> 다양한 영강 과목을 통해 내외국인 학생들이 함께 수강하며 공동 프로젝트를 수행. 이외에도 Grand Challenge, 기술&amp;정책 융합세미나에 내외국인 학생들이 함께 참여하여 협업</li> <li>• <b>외국인 학생 대상 멘토링 프로그램을 통한 상호 성장형 공동체 운영:</b> 외국인 학생이 적응 지원을 위해 멘토링 프로그램을 운영해 한국 학생이 생활과 학업을 안내</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>인프라</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>교육 및 연구몰입도 제고를 위한 학사 지원시스템 강화</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>다양한 재원을 통한 장학금 및 학사지원 강화:</b> BK21 장학금, KU-KIST 연구장학금, 성적우수장학금, FREE Doctoral Fellowship, 탄소중립특성화대학원 및 기후기술인재양성센터 장학금 등 다층적 재정 지원체계를 구축하여 학생들의 안정적인 연구 수행 환경을 조성</li> <li>• <b>연구지원 인프라 고도화:</b> 대학원 혁신본부의 연구지원 플랫폼을 통해 Web DB 워크숍, EndNote, Scopus, WIPS ON 등 연구도구와 기타 학술논문 작성 능력 강화 프로그램 지원</li> <li>• <b>연구공간 및 실험 인프라 제동:</b> 공동연구실 및 첨단 실험실을 확보해 학생들이 교육과 연구에 몰입할 수 있는 물리적 환경을 제공하고 실험 장비 및 분석 지원을 통해 연구성과 향상 기반을 마련</li> <li>• <b>학사행정 전문인력 배치:</b> BK21 교육연구단, 탄소중립융합전공, 에너지시스템공학과, 기후기술인재양성센터, 신홍국 에너지공무원 인력양성프로그램(GETPPP)에 각각 학사 전담인력을 배치해 원활한 학사운영과 학생지원 보장</li> <li>• <b>외국인학생 지원체계 확충:</b> 외국인 학생 전담 직원을 배치하고 멘토제도를 운영해 생활·학업 적응을 지원</li> </ul>
	<p style="text-align: center;"><b>연구 안전 확보를 위한 매뉴얼 개발 및 안전관리 우수연구실 인증 획득</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구실 안전관리 체계 구축:</b> 대학본부 차원에서 정기적 연구실 안전교육 및 안전자료를 제공</li> <li>• <b>연구실 안전 매뉴얼 개발:</b> 기후변화대응기술센터를 중심으로 안전관리 우수연구실 인증 획득을 목표로 연구실 안전 매뉴얼 작성 중</li> </ul>

## 나. 주요 벤치마킹 대상과 실적

### ● **Strategic** 벤치마킹: 신청 당시 제시한 벤치 마킹 대상이었던 주요 대학들의 벤치마킹 포인트와 실적

- (애리조나 주립대·난양공대)의 기업협력 확대를 핵심 벤치마킹 포인트로 삼아, 본 대학원은 에너지 및 지속가능성 분야의 기업·기관과 연계한 공동 연구 및 현장 실습 프로그램을 강화하고, 산학협력 기반의 실무형 교육체계를 지속적으로 고도화하고 있음.
- (스탠포드대 기후 및 에너지 정책 프로그램(CEPP))은 사회문제 해결을 위한 실무역량 강화와 연구소 협력 시스템 구축을 벤치마킹 포인트로 설정하였으며, 이에 따라 본 대학원은 '기후기술인재양성센터'와 '탄소중립 특성화 대학원'을 운영하고, 학생들이 산업체 인턴십 및 직무훈련에 참여하도록 연계함.
- (MIT·콜럼비아대)의 데이터 기반 프로그램 운영 모델을 벤치마킹하여, 데이터 연구방법론을 활용한 응용형 교과목(에너지정책경제데이터분석론, 연구방법론, 공학경제학)을 개설하고 비교과 프로그램 참여를 지원함.
- (스탠포드대·홍콩대·칭화대)의 사회문제해결 중심 교육과정을 참고하여, LG화학 iPBL 아이디어 경진대회 및 직무 부트캠프 등 실무현장 중심 프로그램을 도입하고, Grand Challenge 개최를 통해 학생들의 사회문제해결 역량을 강화함.

### ● **Adaptive** 벤치마킹: 기존의 벤치마킹 대상의 변화와 확장 방향을 추적해 프로그램 개선에 반영

- (스탠포드대)의 'Doerr School of Sustainability' 설립과 같이 기후 대응 및 탄소중립 중심의 통합 교육 체계 강화 추세를 반영하여, 우리 대학원 내 '기후에너지융합트랙'을 개편하고 학제 간 융합연구 중심 커리큘럼을 확대함.
- (애리조나 주립대(ASU))의 글로벌 기업(ExxonMobil, Shell 등)과의 지속가능경영 협력 사례를 참고하여, 국내 기업과 연계한 공동 연구·교육 프로젝트를 추진하는 산학협력 기반을 강화함.
- (컬럼비아대)의 탄소중립 달성을 위한 융합교육 확대 추세를 분석하여, 기후·에너지 융합 교과목을 신설하고 '기후변화리더과정(인증)' 제도를 도입함.

### ● **New** 벤치마킹: 새로운 해외 벤치마킹 대상을 발굴해 미래지향적 프로그램 계획에 반영

- (콜로라도 광산대학교(Colorado School of Mines))의 산업 연계형 에너지 전문인력 양성 프로그램을 참고하여, 현장 중심 수업과 연구·실습이 병행되는 실무형 커리큘럼으로 확대하고 산업체 수요 기반의 맞춤형 과정을 설계함.
- (MIT 에너지이니셔티브(MITEI))의 Future of Energy Systems MicroMasters 프로그램을 벤치마킹하여, 온라인 학습과 현장 프로젝트를 결합한 하이브리드형 교육모델을 개발하고 MIT Open Learning 프로그램과의 연계를 통해 글로벌 교육 협력을 강화함.

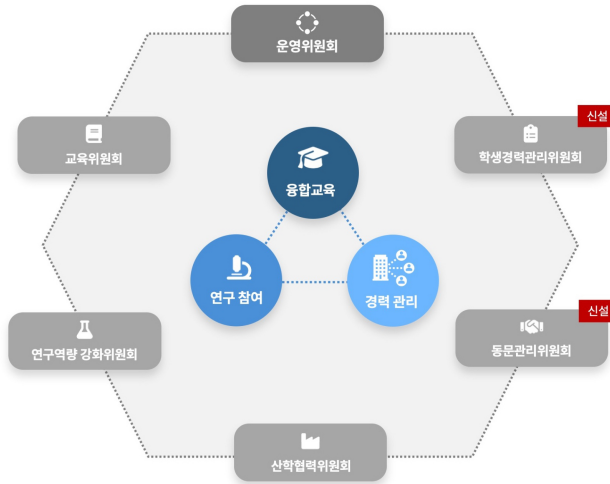
## 다. 교육연구단의 비전 및 목표 달성을 위한 애로사항과 극복 방안

- (정책·기술 환경 변화에 따른 비전·전략의 정교화 필요성) 교육연구단은 '융합', '지속가능발전', '글로벌 선도'라는 핵심 비전을 중심으로 다양한 연구성과와 교육모델을 축적해 왔음. 최근 탄소중립, AI 기반 에너지 관리, ESG 규제 강화 등 급변하는 정책·기술 환경이 등장하면서, 기존의 비전과 하위 전략 과제를 새로운 시대적 요구에 맞게 정교화할 필요성이 제기됨.
- (극복 방안) 자체 평가와 외부 전문가 자문을 통해 비전·전략의 정합성을 점검하고, 기존의 비전과 하위 체계를 유지하되, 변화된 환경을 반영한 추가 과제 및 세부 실행전략을 도입하여 유연성을 확보할 예정임. 이를 위해 내부 자체평가 및 자문단의 자문을 실시하고, 보완 과제를 설정해 구성원 간 공동된 방향성과 실행기준을 마련함.

- **(비전 달성을 위한 목표간 연계 및 상호보완 강화 필요성)** ‘에너지·자원 융합교육을 통한 사회문제 해결’이라는 비전 아래, 기술 전공과 정책 전공의 각 연구실이 고유한 전문성과 목표를 바탕으로 자율적 연구를 수행하고 있음. 이러한 다양성은 본 교육연구단의 중요한 강점이지만, 이들 간 성과와 지식이 유기적으로 순환될 수 있는 구조를 보다 체계화할 필요성이 있음.
  - **(극복 방안)** 각 전공과 연구실의 특성을 존중하되, 공통 연구의제·정책적 적용 가능성·기술적 확장성 등을 공유할 수 있는 ‘연구 아카이빙 플랫폼’을 적극 활용하여, 각 연구실의 연구성과·발표자료·논문 초록 등을 통합 관리하고 전공 간에 상호 참조·공유할 수 있도록 할 예정임. 이를 통해 기술·정책 전공 간 연구결과의 연계성을 강화하고, 교수와 학생은 연구성과를 항목별로 관리·분석하여 지식 순환과 융합 연구 시너지를 촉진할 계획임.
  
- **(융합 인재의 지속적 양성을 위한 교육 인프라 한계)** 융합형 인재를 양성하기 위한 커리큘럼 개편과 실습 중심 프로그램이 필요하나, 이를 뒷받침할 공동연구 공간, 데이터·소프트웨어 라이선스, 실습 장비 등 실질적 인프라가 제한적임. 또한, 단기 사업 예산으로는 지속 가능한 교육 인프라를 확충하기 어려움.
  - **(극복 방안)** 대학 본부 및 유관기관과 연계하여 인프라를 최대한으로 활용함. 교육연구단 자체적으로 공유형 데이터 플랫폼 등을 운영하여 공동 활용을 유도함.

□ 교육역량 대표 우수성과

융합형 인재 양성과 글로벌 연구역량 강화 기반 구축



- 에너지·환경 융합형 인재 양성의 선순환 구조 -

● 교육·연구·경력을 잇는 통합 지원체계 확립

- 산학연 전문가와 동문으로 구성된 자문위원회 및 4개의 소위원회(운영·교육·연구역량강화·산학협력)를 체계적으로 운영하여 교육과 연구의 품질을 지속적으로 관리하고 발전 방향을 논의
- 2025년에는 '학생경력관리위원회'와 '동문관리위원회'를 신설하여 교육·연구·경력을 연계한 관리체계를 구축하고, 동문 네트워크를 통한 멘토링 및 취·창업 연계활동을 강화하여 학생의 성장 전주기를 지원하는 통합적 기반을 마련

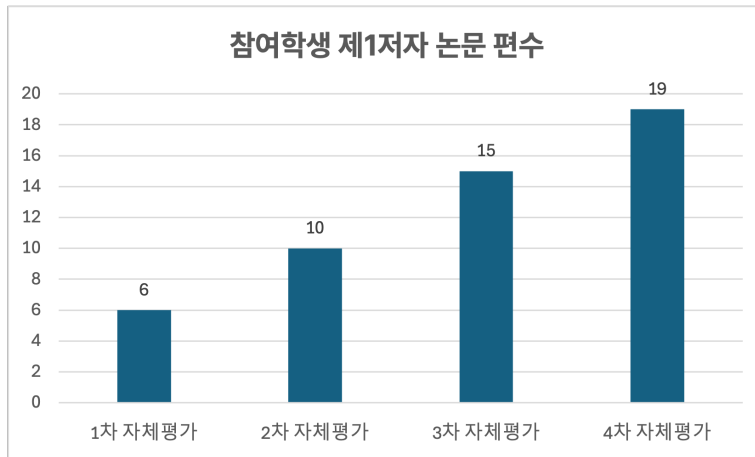
● 현장기반 연구 경험 제공 및 글로벌 역량 강화 지원

- 학부생 대상 Open Lab 프로그램을 운영하여 연구실 실습 및 정책 및 기술 프로젝트 참여 확대
- 대학원생 대상으로 국내외 인턴십 및 연구연수 프로그램을 지원하여 참여학생을 독일 IDOS에 인턴 연구원으로 파견하고 에너지 관련 국제기구와 학생 연구연수제도를 논의 구체화 등의 가시적 성과 창출

● 참여학생 연구성과의 양적·질적 성장

- 평가기간 (2024.9~2025.8) 내 참여학생들은 총 23편의 논문을 게재했으며, 이 중 참여학생이 제1저자인 논문이 19편, SCIE/SSCI 급 국제저명학술지 게재 논문이 18편으로 확인되어 연구성과의 양적 확대와 질적 수준 향상 모두에서 두드러진 성과를 보임. 또한 국내외 학술대회에서 65편의 구두 및 포스터 발표를 통해 연구 내용을 활발히 공유하며 국제적 연구 교류를 강화
- 학생들은 정책·시스템·소재를 잇는 융합 연구 포트폴리오를 발전시키고 있으며, 이를 통해 기술 혁신과 정책 설계 간의 연결고리를 구축하고, 에너지·환경 분야의 복합적 문제 해결을 선도할 수

있는 실증적 연구 기반을 마련



● 융합형 인재 양성을 위한 교과목 신설

과목명	담당교수	특장점
에너지환경정책과정론	하윤희	에너지·환경·지속가능발전 분야의 정책 형성·집행·평가 전 과정을 통합적으로 다루며, Lasswell·Kingdon·Sabatier 등 주요 이론을 실제 정책사례 분석과 연계해 학습하도록 설계됨. 정책이론과 실무 분석을 접목하여 복합 사회문제 해결 역량을 강화하고, 융합적 사고를 바탕으로 에너지·환경 분야의 정책리더형 인재를 양성하는 것을 목표로 함.
기후변화와 리질리언스	김여원	도시 기후변화 적응과 인프라 회복탄력성 강화를 중심으로, 기후위기에 대응하는 도시취약성 등 현실적 사회문제 해결 방안을 탐구하는 교과임. 시나리오 분석과 리스크 평가, 의사결정 모델링을 통해 복합적 문제를 진단하고 대응전략을 설계하는 실무 역량을 기르며, 기후·도시·사회문제를 아우르는 실천형 정책인재 양성을 목표로 함.
에너지환경촉매	송인학	에너지 전환과 환경문제 해결에 핵심적인 촉매 기술을 중심으로, 연료전지·대기오염 저감·온실가스 전환 등 실제 응용사례를 다루는 실습형·참여형 강의임. Flipped class와 학생 주도 발표를 통해 이론을 실무 문제에 적용하는 능력을 강화하였으며, 에너지·환경 분야의 기술혁신을 통한 사회문제 해결형 인재양성을 지향함.
에너지반도체공정	동완재	리소그래피·식각·증착 등 반도체 미세공정 전주기를 학습하고 이를 태양전지·광촉매 등 에너지 소자 제조로 확장하여 산업 현장과의 연계성을 높인 실무형 교과임. 실습을 통해 공정 조건과 소자 성능 간의 인과관계를 분석함으로써, 기술 기반의 사회문제 해결과 에너지산업 혁신을 선도할 실천형 인재양성을 목표로 함.

● 국제 연구협력 네트워크 확대

- Peking University, Lund University, Columbia Climate School 등 해외 대학과 공동연구를 추진하며, 학생들이 국제 연구 현장에서 최신 이론과 방법론을 학습할 수 있는 글로벌 교육·연구 기반을 확립
- International Energy Agency와 연구연수 협력 방안 논의를 진행 중으로 2026년 9월 1일 첫 파견을 진행하기로 합의. 향후 학생들의 국제 연구참여와 실무 경험 확대를 지원하는 국제교육 협력체제로 발전시켜 나갈 계획

# 1. 교육과정 구성 및 운영

## 가. 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

### ☐ 교육과정

- 교육과정은 계획과 동일하게 유지하고 있으며 융합적 에너지·환경 전문인력 양성을 위해 평가 기간 내 총 7개 신설 과목을 개설함. 에너지반도체공정, 연료전지공학, AI 연계 에너지 시스템 개요 등 기술 중심 과목과 에너지환경정책과정론, 에너지환경정책평가론, 기후금융과에너지정책, 시스템사고 등 정책·데이터 연계 과목이 포함되어 있음. 이를 통해 공학·정책 간 경계를 허무는 통합형 교육체계를 구축하고, 학생들의 문제해결 역량과 국제적 연구·정책 수행 능력을 강화하고 있음.
- 또한 GETPPP 외국인 학생이 함께 수강할 수 있는 영강 과목과 탄소중립특성화대학원의 교과목도 개설되어 다양한 학제 간 학습 환경을 제공함.

<표 II-1> 2024년도 2학기, 2025년 1학기 개설 교과목 목록

No	전공	학수번호	교과목명	담당교수	학점
2024년 2학기					
1	에너지환경정책	GRS601	환경공학개론	이석헌 외	3
2	에너지환경정책	GRS619	에너지경제성분석론	김경남	3
3	에너지환경정책	GRS639	환경정책특강II: 과학기술과정책	김영근	3
4	에너지환경정책	GRS640	환경에너지 연구수행전략	정종수	3
5	에너지환경정책	GRS644	환경경영론	김경남	3
6	에너지환경정책	GRS664	태양광발전시스템개론	이해석	3
7	에너지환경정책/GETPPP	GRS674	신재생에너지연구동향(영강)	전용석	3
8	에너지환경정책	GRS680	기계학습법을이용한실체계획법	이용	3
9	에너지환경정책/GETPPP	GRS682	연구방법론2(영강)	우종률	3
10	에너지환경정책	GRS687	태양전지	강윤목	3
11	에너지환경정책/GETPPP	GRS689	기술혁신전략세미나(영강)	우종률	3
12	에너지환경정책	GRS691	에너지소재의 용액공정원론	손해정	3
13	에너지환경정책	GRS696	글로벌에너지전문가세미나(영강)	하윤희, 이해석	3
14	에너지환경정책	GRS697	화학공정 설계 및 최적화	이용	3
15	에너지환경정책	GRS698	환경정책의 과학기술적 이해	이승학	3
16	에너지환경정책/GETPPP	GRS720	저탄소에너지기술(영강)	Henkens 외	3
17	에너지환경정책	GRS725	탄소중립개론	진병복 외	3
18	에너지환경정책/GETPPP	GRS730	불균일촉매의개념과응용(영강)	송인학	3
19	에너지환경정책/GETPPP	GRS734	기후변화와리질리언스(영강)	김여원	3
20	에너지환경정책	<b>GRS737</b>	<b>에너지반도체공정(영강, 신설)</b>	동완재	3
21	에너지환경정책/GETPPP	<b>GRS738</b>	<b>연료전지공학(영강, 신설)</b>	동완재	3
22	에너지환경정책	<b>GRS739</b>	<b>AI 연계 에너지 시스템 개요(신설)</b>	황성호	3
23	에너지환경정책	<b>GRS740</b>	<b>에너지환경정책과정론(신설)</b>	하윤희	3
24	에너지환경정책	GRS800	특수연구방법론(고체전기화학)	손지원	3
2025년 1학기					
1	에너지환경정책	GRS602	에너지공학개론	강윤목 외	3
2	에너지환경정책	GRS602	에너지공학개론	전용석 외	3
3	에너지환경정책	GRS603	에너지와환경정책	우종률 외	3
4	에너지환경정책	GRS615	환경이슈이해와연구개발	정종수	3
5	에너지환경정책	GRS624	기후변화와재난관리정책	김영근	3
6	에너지환경정책	GRS642	토양지하수환경공학	이승학	3
7	에너지환경정책	GRS643	연구방법론 I	하윤희	3
8	에너지환경정책	GRS662	태양전지공학개론(영강)	이해석	3
9	에너지환경정책	GRS665	에너지와 사회	김경남	3
10	에너지환경정책	GRS670	전주기시물레이션	강윤목	3
11	에너지환경정책	GRS672	표면과학(영강)	전용석	3
12	에너지환경정책	GRS677	에너지프로젝트관리	김경남	3

13	에너지환경정책	GRS680	기계학습법이이용한실험계획법	이용	3
14	에너지환경정책	GRS685	고분자유기소재의에너지응용	손해정	3
15	에너지환경정책	GRS686	에너지경제학(영강)	우종률	3
16	탄소중립특성화대학원	GRS725	탄소중립개론	홍승관	3
17	탄소중립특성화대학원	GRS726	탄소중립이행평가및실습	진병복	3
18	에너지환경정책/GETPPP	GRS732	축매개론(영강)	송인학	3
19	에너지환경정책/GETPPP	GRS735	지속가능성과참여적의사결정(영강)	김여원	3
20	에너지환경정책/GETPPP	GRS736	수소에너지공학(영강)	동완재	3
21	에너지환경정책/GETPPP	<b>GRS741</b>	<b>시스템사고(영강, 신설)</b>	김여원	3
22	에너지환경정책	<b>GRS718</b>	<b>에너지환경정책평가론(신설)</b>	하윤희, 장새미	3
23	GETPPP	<b>GRS743</b>	<b>기후금융과에너지정책(영강, 신설)</b>	조시준	3

## ☑ 학사관리의 장단점

### ● (장점) 기술-정책 융합인재양성 교육과정의 탄력적 운영 및 교과 혁신을 통한 학생 선택권 확대와 융합교육 강화

- 신규 교수의 채용으로 신설 교과목이 개설되고, 기존 참여교수들이 학생들의 수요와 변화하는 학문적 흐름에 부응하여 교과목 내용을 개편하거나 새로운 과목을 개발함으로써 교육과정의 다양성이 크게 확장됨.
- 이러한 변화는 학생들의 수업 선택권을 넓히는 동시에, 기술·정책·사회 분야를 아우르는 융합적 학습이 가능하도록 하여 교육의 폭과 깊이를 한층 강화하는 계기가 됨.
- 특히 글로벌 수준의 석좌 및 특임 교수진이 신규 개설 교과목에 참여함으로써 강의의 질적 수준이 향상되고, 국제적 시각과 실무 연계성을 겸비한 교육 환경이 조성됨.

### ● (단점의 개선) 융합인재 유입 기반 강화와 사회문제해결형 교육체계 확립

- **개선 배경:** 기존의 대학원 중심의 구조로 인해 융합적 사고와 문제해결 역량을 지닌 우수 학부 인재의 체계적 유입이 제한적이었음.
- **융합에너지공학과 학부과정 신설:** 이를 개선하기 위해 2021년 3월 융합에너지공학과 학부과정을 신설하여 매년 총 30명의 신입생을 선발하고 있음. 현재 학부생들은 참여교수들의 연구과제와 대학원의 “Grand Challenge”와 “정책 & 기술 융합세미나” 등에 대학원생들과 팀을 이루어 참여하는 등 실제 연구 수행 경험과 문제해결 역량을 쌓고 있음. 이러한 참여 기회를 동 대학원의 다른 프로그램과 연구에도 점차 확대하여 우수한 학생들이 자연스럽게 석박사 과정으로 연계될 수 있는 선순환 구조를 강화할 계획임.
- **사회문제해결형 교과목 개발과 커리어 연계 강화:** 복잡한 사회문제를 해결할 수 있는 융합형 인재를 양성하기 위해 데이터 기반 융복합 교과목과 프로젝트 기반 문제해결형 교과목을 확대 개설함. 또한 사회문제 해결 역량을 실제 커리어로 발전시킬 수 있도록 졸업생-재학생 네트워크를 구축하고, 이를 ‘동문관리위원회’를 신설하여 정기적인 멘토링 프로그램, 진로 상담, 취업 및 연구 연계 활동을 체계적으로 관리·지원할 예정임.

## 나. 교육연구단의 추진전략 및 실적

### ☑ (추진전략 및 실적 I) 사회문제해결형 융합 리더 교육체계 구축 및 강화

- (데이터 기반 융복합 교과목의 지속적 개발과 융합형 교과목 운영) 에너지·환경·기후 분야의 복합적 문제를 해결하기 위해 다양한 데이터와 학문을 통합적으로 다루는 융복합형 교육과정을 확충하여 분석 기반의 정책·기술 의사결정 역량을 강화함.
- (2024년 2학기 기후변화와 리질리언스) 도시 기후변화 적응 및 인프라 회복탄력성을 다루며, 기후·사회·공간 데이터를 통합 분석해 도시 시스템의 복원력을 평가하는 융복합 교과목임.

정책학·도시공학·환경공학의 학제적 접근을 통해 데이터 기반 의사결정 역량을 강화함. 실습 중심의 수업을 통해 실증적 정책분석과 시나리오 모델링 능력을 함양함.

- **(2024년 2학기 에너지산업세미나)** 재생에너지·수소전환 등 신산업 분야의 최신 데이터를 기반으로 학생들이 SCI 논문을 분석·발표하는 세미나형 수업임. 데이터 분석을 통해 기술·정책·경제적 요소를 통합적으로 이해하고 융합적 사고를 확장함. 학생 주도형 연구 설계를 통해 에너지산업의 트렌드 해석과 연구기획 능력을 강화함.
- **(프로젝트 기반 문제해결형 교과목 개발)** 실무 중심의 프로젝트 수행을 통해 학생들이 실제 산업·기술·정책 현안을 탐색하고 해결방안을 설계하도록 함으로써 교육과 연구가 연계되는 문제해결형 학습 체계를 구축함.
- **(2024년 2학기 에너지반도체공정)** 반도체 미세공정의 전주기를 학습하고 태양전지·광촉매 등 에너지 소자 제작 실습을 병행하는 프로젝트형 수업임. 실험과 설계를 통해 공정조건과 성능 간 인과관계를 분석함으로써 산업현장 문제해결 능력을 강화함. 실무형 교육을 통해 공정 최적화 및 응용설계 역량을 제고함.
- **(시공간초월 학습방식 도입 및 확대)** 온라인·오프라인 융합형 교육방식과 국제 원격 강의를 통해 시공간의 제약을 넘어 학습 접근성과 글로벌 역량을 확대하고, 자율·참여 중심의 학습문화를 정착시킴.
- **(2024년 2학기 에너지환경촉매)** Flipped class 방식을 도입해 학생들이 온라인 사전학습 후 오프라인에서 심화 토론과 문제 해결에 집중하도록 구성한 blended learning 교과목임. 시공간 제약 없이 자율학습과 협력토론을 병행함으로써 학습 몰입도와 참여도를 향상시킴. 온라인-오프라인 연계형 수업을 통해 실무 응용력과 자기주도적 학습역량을 강화함.
- **(2024년 2학기 글로벌에너지전문가세미나(영장))** 온라인 교과목으로 대학, 정부, 연구소, 비영리기관, 비정부기관, 민간기업 소속의 세계적 해외 석학과 에너지 전문가들을 초청하여 현장의 살아 있는 지식을 배우고 이를 기반으로 특화된 연구 주제를 이끌어낼 수 있는 플랫폼으로서의 역할을 수행. Flipped class 방식을 도입하여, 사전에 강의자료를 배포하고 학생들의 질문 리스트를 강의자에게 전달함으로써 학생의 이해도와 관심을 반영한 강의를 진행하고 있음. 또한 이 방식 도입 후 Q&A 세션에서 논의의 깊이와 참여도가 제고됨.
- **(커리큘럼에 대한 주기적인 평가를 통한 개선)** 교육과정의 강점을 지속적으로 발전시키고 개선이 필요한 부분을 보완하기 위해 해외 전문가 자문, 산학연 및 동문 자문단, 교수진 TF, 그리고 학생 피드백을 정기적으로 수렴하며 커리큘럼의 품질을 체계적으로 점검함.
- **(해외 전문가 컨설팅 실시)** 2024년 8~9월, 미국 Georgia Tech, School of Public Policy의 Brian An 교수에게 교육 및 연구 영역에 대한 심층 컨설팅을 실시함. 이를 통해 글로벌 수준의 교육 프로그램 운영 사례(VIP, capstone project 등)를 벤치마킹하고, 현장 중심 교육 강화, 산업 연계형 학사구조 개선, 학습 부진 학생 지원 체계 강화 등의 개선 방향을 도출함. 해외 컨설팅에서 제시된 주요 피드백은 이후 교과목 신설과 운영방식 개선에 실질적으로 반영되어, 교육과 연구의 연계성과 산업 수요 적합성을 높이는 데 기여함.
- **(산학연, 동문으로 이루어진 자문단)** 관련 분야의 산학연 전문가와 동문으로 구성된 자문단을 통해 교육과정의 실무 연계성 강화 및 산업 수요 반영 방안을 정기적으로 논의함. 자문단은 국내외 정책·기술 변화에 대응할 수 있는 교과목 개편과 융복합형 교육 강화를 위한 전략적 제언을 제공함.
- **(Task Force의 주기적 평가)** 교수진 중심의 TF를 구성하여 연구단의 교육·연구 성과를 주기적으로 평가하고, 교과목 운영 및 교육 프로그램 수준을 향상시킬 수 있는 구체적 개선안을 논의함. TF의 내부 평가 결과는 교과목 개편, 융복합 수업 확대, 학생 참여형 학습 강화 등 실질적 교육 혁신으로 이어짐.
- **(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.

- **(제19회 기술 & 정책 융합세미나)** 2025년 2월 24일 개최. 구두 발표 수상자로는 장성은(에너지환경 정책, 박사과정)과 정종현(신재생에너지, 석박통합과정)이 선정되었고, 포스터 발표 수상자로 백운영(에너지환경정책, 박사과정), 최상훈(첨단환경과학, 석사과정), 박지운(에너지환경정책, 석사과정)이 선정됨.
- **(제20회 기술 & 정책 융합세미나)** 2025년 8월 26일 개최. 구두 발표 수상자는 이해민(에너지환경정책, 석사과정), 최상훈(첨단환경과학, 석사과정)이 선정되었고, 포스터 발표 수상자는 이우림(에너지환경정책, 석사과정)과 이아현(첨단환경과학, 박사과정)이 선정됨.
- **(차세대 커리어 관리)** 학생들의 진로 탐색과 경력 개발을 체계적으로 지원하기 위해 교내외 자원을 연계한 다층적 커리어 관리 체계를 구축함. 경력개발센터와 크림슨센터의 프로그램을 활용하여 학생들이 이론적 전문성과 더불어 실무적 역량을 겸비할 수 있도록 취업·창업 지원을 강화함.
  - **(취·창업 역량 강화 지원)** 경력개발센터의 취업지원 프로그램과 크림슨센터의 창업지원 프로그램을 적극 활용하여 학생들이 산업계 수요를 이해하고 실무 중심의 기술·정책 역량을 함양할 수 있도록 지원함. 이를 통해 졸업 후 진로 선택의 폭을 확대하고, 에너지·환경 분야의 창의적 혁신 인재로 성장할 수 있는 기반을 마련함.
  - **(비교과 프로그램을 통한 취업 경쟁력 제고)** 대학본부 산하 Student Success Center가 운영하는 예비교수자과정, 진로탐색과 커리어디자인 II, Career Insight 이공계열, 자기소개서 1:1 컨설팅, 대학원생 대상 글로벌기업 직무 부트캠프 등 다양한 비교과 프로그램을 통해 학생들의 진로 설계 및 취업 경쟁력을 강화함. 특히, 에너지·환경정책 전공 특성에 맞는 직무분석과 자기소개서 컨설팅을 결합하여, 전공 기반 실무 역량을 체계적으로 준비할 수 있는 여건을 조성함.
  - **(국제기구 연계 글로벌 커리어 경로 개척)** 2025년 3월부터 International Energy Agency와 협력하여 대학원생 국제 연구연수 및 인턴십 제도 신설을 논의 중이며, 현재 협력 체계 구축을 위한 세부 협의가 진행 중임. 2026년 9월 첫 연수생을 파견하기로 합의함. 이를 통해 학생들은 국제기구 현장에서의 실제 정책연구 경험을 쌓고, 교육연구단은 글로벌 연구협력 기반을 확충하여 국제적 수준의 인재 양성 체계를 고도화할 것으로 기대됨.

▣ **(추진전략 및 실적 II) 다양성을 고려한 학사시스템 유연 운영**

- **(KU-KIST 학연제도와 과제 참여를 통한 교육 기회 확대)** KU-KIST 업무협약을 통해 총 11명의 학연교수를 임명하고 3년 임기 이후 학연 명예교수직(학연교수 Fellow)을 수여하고 운영하고 있음. 학연교수는 강의와 학생 연구지도에 적극적으로 참여 중임. 또한 학생들 전공지식과 연구 관심사에 특화된 연구주제를 개발하고, 학제 간 연계를 통해 다양한 융합 접근법을 개발해 나갈 수 있도록 고려대학교와 KIST 교원을 공동지도교수로 활용함(표 II-2).

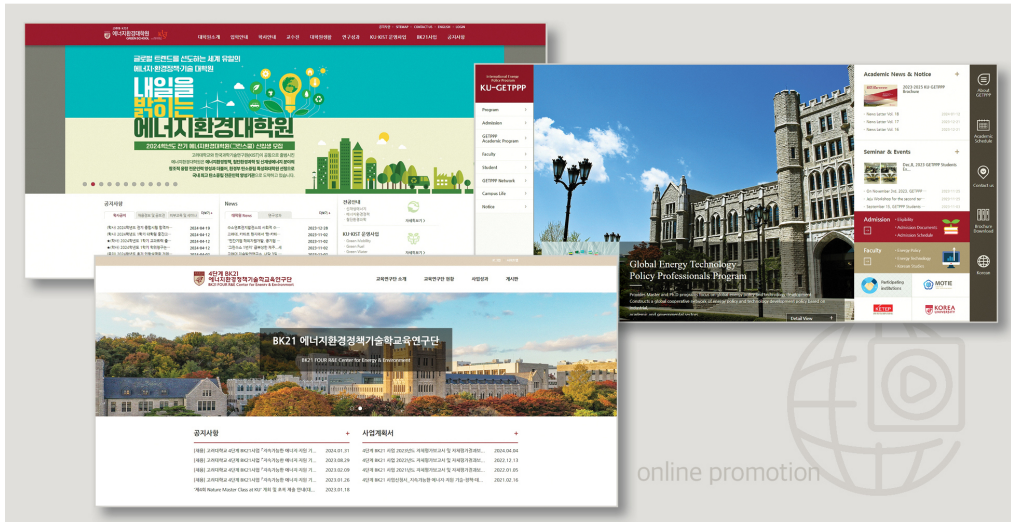
<표 II-2> KU-KIST 학연교수 현황(2025년 8월 말 현재)

연번	교수	원소속	구분1	구분2	재직	소속
1	전용석	고려대학교	전임	고려대(정년)	재직	에너지환경대학원
2	우종률	고려대학교	전임	고려대(정년)	재직	에너지환경대학원
3	송인학	고려대학교	전임	고려대(정년)	재직	에너지환경대학원
4	동완재	고려대학교	전임	고려대(정년)	재직	에너지환경대학원
5	김여원	고려대학교	전임	고려대(정년)	재직	에너지환경대학원
6	홍승관	고려대학교	전임	고려대(정년)	재직	공과대학
7	김동희	고려대학교	전임	고려대(정년)	재직	공과대학
8	손지원	KIST	전임	고려대(학연)	재직	에너지환경대학원
9	손해정	KIST	전임	고려대(학연)	재직	에너지환경대학원
10	이승학	KIST	전임	고려대(학연)	재직	에너지환경대학원
11	이웅	KIST	겸임	고려대(학연)	재직	에너지환경대학원

- **(융합연구를 위한 공동지도교수제도의 탄력적 운영)** KIST 학연교수와 겸임교수(본교 타 과 전임교원)을 공동지도교수로 하여 학생 선택권 확대와 연구주체의 제한 극복. 45%의 참여대학원생이 본 제도를 활용하고 있음.
- **(위원회 운영체계 강화를 통한 교육·연구 품질관리 및 지원 기반 확립)**
  - 산학연 전문가와 동문으로 구성된 자문위원회 운영하여 교육과정과 프로그램 운영 자문을 제공함.
  - 교육연구단의 효과적 운영을 위해 연구단 산하에 4개의 소위원회(운영소위, 교육소위, 산학협력소위, 연구역량강화소위)를 두고 있으며 각 소위원회 위원장들로 구성된 지역나눔위원회 운영 중임.
  - 2025년에는 학생의 진로·경력개발과 졸업 후 네트워크 강화를 위해 ‘학생경력관리위원회’와 ‘동문관리위원회’를 새로 구성함. 이를 통해 학생의 연구 및 진로 성과를 체계적으로 관리하고, 졸업생과 재학생 간의 지속적인 교류를 활성화하여 교육의 연속성과 실질적 커리어 개발 지원 효과를 동시에 강화할 것으로 기대됨.

### ▣ (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 제공함.
    - 2025년 7월에 개최된 ‘제5회 BK21 Grand Challenge’에 융합에너지공학과 4명의 학부생(박희규, 김민욱, 김민수, 이원준) 대학원생들과 팀을 이루어 대회에 참가함 (주제: 데이터센터 폐열 기반 수소 생산 시스템 제안, 하늘을 나는 수소배송, 수소 바로드림, Eco-Cycle Filter 에코사이클필터 프로젝트: 산업단지 인근 하천의 지속가능한 수질 개선 솔루션, 도시 폭염 대응을 위한 열반사 포장 기반 열쾌적성 개선 전략)
    - 2025년 2월 24일 개최된 ‘제19회 기술&정책 융합세미나’에 김소망 학부생(사범대학 지리교육)이 포스터 세션에 참여함 (주제: Extreme Heat and Humidity in Seoul: Consequences of a Built Environment)
  - **(Open Lab 프로그램 운영)** 우수 학부생 유치를 위해 학부 학생에게 방학 동안 연구실 생활 체험 기회를 제공
    - 우수 학부생의 대학원 진학 유도과 연구 역량 조기 강화를 위해 방학 중 Open Lab 프로그램을 운영, 학부생들에게 연구실 체험과 실질적 프로젝트 참여 기회를 제공함.
    - 참여 학생들은 수소정책, 에너지산업 분석, 투명태양전지 개발, 자연기반해법(Nbs), 에너지저장장치(ESS)전략 분석 등 다양한 주제의 연구에 참여하며, 정책·기술 융합형 연구 과정을 경험함으로써 향후 연구 중심 교육과 연계된 인재 양성 기반을 확립함.
- **(국내외 마케팅 강화)**
  - **(다채널 기반 통합 홍보체계 구축)** 대학원의 프로그램을 다각도로 전달할 수 있는 통합 홍보체계를 강화함. 특히 온라인 플랫폼(대학원과 BK21 교육연구단 웹사이트), 홍보 콘텐츠 제작(브로셔 등), 이메일 뉴스레터 발송, 교내외 오프라인 행사 등과 유기적으로 연계하여 우수 인재들의 유입구조를 구축하고 있음.



- **(국내의 네트워크 기반의 홍보)** 참여교수의 연구 출장, 학회 및 세미나, 기타 국내외 기관과의 교류 시 대학원의 프로그램 소개를 진행함. 나아가 해외 협력대학 및 연구기관과의 네트워크를 활용해 교육연구단의 프로그램과 연구 성과를 공동 홍보하는 체계를 추진함. 앞으로도 국제 세미나, 공동 워크숍, 연구교류활동 등에서 대학원의 교육연구 방향과 성과를 함께 소개함으로써 인지도와 학문적인 신뢰도를 높여나갈 예정이다.
- **(Lab to Life 연구 페스티벌 참가)** 2024년 11월 7일, 본교가 주최한 Lab to Life 연구 페스티벌에 참여대학원생들이 참가하여 소속 연구실에서 수행 중인 연구 및 개인의 연구성과를 공유하고 잠재적인 신입생들에게 대학원 진학 및 교육연구단 참여를 통한 교육과 연구의 기대효과를 홍보함.



- **(신흥국 에너지공무원 인력양성 프로그램(GETPPP) 확대 및 졸업생 네트워크 활용)** GETPPP 2021년 2학기 재수주 후 꾸준히 학생들이 입학하고 졸업했으며, 2024년 한 해 동안 석사 졸업생 10명, 박사 졸업생 4명을 배출함.
- **(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)를 구축함. 2025년 8월 현재, 22개국 300여 명이 참여함.
  - 2024년 11월 케냐 나이로비에서 개최된 IEEN 포럼 '2024 Africa-Korea Partnerships Seminar for Green Hydrogen Development'에서 본 대학원을 졸업한 GETPPP 졸업생들과 하윤희 교수,

그리고 참여학생들이 주축이 되어 GETPPP를 소개하고 현지 인사들과 교류함으로써 실질적 협력 네트워크를 확장함.

**다. 전임교수 대학원 강의 계획 대비 실적**

**▣ 전임교수 대학원 강의 계획 대비 최근 1년간(2024.9.1.~2025.8.31.)의 실적**

- 본 대학원에서는 해당 기간(2024.9.1.-2025.8.31.) 47개 교과목이 개설되었으며 참여교수의 교과목 담당 비중은 59%(28과목)를 차지하고 있으며 학연교수 담당은 11과목으로 참여교수와 학연교수가 총 37과목을 담당, 전체 78%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
2024-2	GRS601	환경공학개론	3	이석현, 이승복, 이승학
	GRS619	에너지경제성분석론	3	김경남
	GRS639	환경정책특강II: 과학기술과정책	3	김영근
	GRS640	환경에너지 연구수행전략	3	정종수
	GRS644	환경경영론	3	김경남
	GRS664	태양광발전시스템개론	3	이해석
	GRS674	신재생에너지연구동향(영강)	3	전용석
	GRS680	기계학습법을이용한실험계획법	3	이웅
	GRS682	연구방법론2(영강)	3	우종률
	GRS687	태양전지	3	강윤목
	GRS689	기술혁신전략세미나(영강)	3	우종률
	GRS691	에너지소재의 용액공정원론	3	손해정
	GRS696	글로벌에너지전문가세미나(영강)	3	하윤희, 이해석
	GRS697	화학공정 설계 및 최적화	3	이웅
	GRS698	환경정책의 과학기술적 이해	3	이승학
	GRS720	저탄소에너지기술(영강)	3	Henkens, 김용민
	GRS725	탄소중립개론	3	홍승관
	GRS730	불균일촉매의개념과응용(영강, 신설)	3	송인학
	GRS734	기후변화와리질리언스(영강, 신설)	3	김여원
	GRS737	에너지반도체공정(영강, 신설)	3	동완재
GRS738	연료전기공학(영강, 신설)	3	동완재	
GRS739	AI 연계 에너지 시스템 개요(신설?)	3	황성호	
GRS740	에너지환경정책과정론(신설)	3	하윤희	
GRS800	특수연구방법론(고체전기화학)	3	손지원	
2025-1	GRS602	에너지공학개론	3	강윤목, 이해석, 전용석, 손해정, 손지원, 송인학, 이웅, 윤용주
	GRS602	에너지공학개론	3	전용석, 손지원, 동완재, 황성호
	GRS615	에너지외환경정책	3	우종률, 김경남, 김여원, 하윤희
	GRS615	환경이슈이해와연구개발	3	정종수
	GRS624	기후변화와재난관리정책	3	김영근

GRS642	토양지하수환경공학	3	이승학
GRS643	연구방법론 I	3	하윤희
GRS662	태양전지공학개론(영강)	3	이해석
GRS665	에너지와 사회	3	김경남
GRS670	전주기시물레이션	3	강윤목
GRS672	표면과학(영강)	3	전용석
GRS677	에너지프로젝트관리	3	김경남
GRS680	기계학습법을이용한실험계획법	3	이용
GRS685	고분자유기소재의에너지응용	3	손해정
GRS686	에너지경제학(영강)	3	우종률
GRS725	탄소중립개론	3	홍승관
GRS726	탄소중립이행평가및실습	3	진병복
GRS732	촉매개론(영강)	3	송인하
GRS735	지속가능성과참여적의사결정(영강)	3	김여원
GRS736	수소에너지공학(영강)	3	동완재
GRS741	시스템사고(영강)	3	김여원
GRS718	에너지환경정책평가론	3	하윤희, 장새미
GRS743	기후금융과에너지정책(영강)	3	조시준

\*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, 학생들은 자신의 연구 분야와 주제 발굴. 최신 논문을 기반으로 다양한 수업 활동(연습문제, 시물레이션, 게임 등)을 개발하여 연구 내용에 대한 이해도를 제고하고 향후 연구 수행에 활용할 수 있도록 교육함.
- 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 (2024년 9월 - 2025년 8월 말 현재)

연번	학생명	논문명	학술지명	학술지 구분	게재 연도
1	권성연 (제1저자)	Understanding policy windows for solar energy lifecycle extension: Policymaker perspectives in developing Asia	Energy Research & Social Science	SSCI	2025
2	송가영 (제1저자)	Green hydrogen export potential in each Southeast Asian country based on exportable volumes and levelized cost of hydrogen	Applied Energy	SCIE	2025
3	송가영 (제1저자)	Comprehensive evaluation of electric vehicle charging infrastructure for green mobility in Southeast Asia	Asian Studies	KCI	2025

4	정호진 (교신저자)	Evaluating the feasibility and efficiency of Korea's environmental policies for carbon neutrality in the manufacturing sector	Revista de Administração de Empresas	SSCI	2025
5	정호진 (공동제1저자)	온실가스 감축을 위한 재정 지원의 우선순위 분석: Fuzzy VIKOR를 활용한 세대 간 인식 비교	재무행정연구	KCI 등재후보	2025
6	양예하 (제1저자)	Analyzing heterogeneous electric vehicle charging preferences for strategic time-of-use tariff design and infrastructure development: A latent class approach	Applied Energy	SCIE	2024
7	박찬욱 (제1저자)	전기차 전환으로 인한 이질적 리바운드 효과와 환경적 함의 :성향 점수 매칭과 인과 포레스트를 통한 접근	에너지공학	KCI	2025
8	장성은 (제1저자)	다회용 컵 사용 행동의 결정 요인 및 정보-인센티브 단계적 개입 효과 분석	한국혁신학회지	KCI	2025
9	곽규일 (제1저자)	PyPSA-Korea: An open-source energy system model for planning Korea's sustainable energy transition	Energy Reports	SCIE	2025
10	윤수진 (제1저자)	Unlocking Peak Shaving: How EV Driver Heterogeneity Shapes V2G Potential	Energy	SCIE	2025
11	장성은 (제1저자)	Uncovering heterogeneous effects of message framing to promote reusable cup use: A causal forest approach	Journal of Cleaner Production	SCIE	2025
12	Manuel Isaac Olivar-Amaya, Sudeshana Pandey(공동제1저자); 정무영, 김태민 (공동저자)	MooYoung Jung, Taemin Kim, Sankaiya Asaithambi , Thai Thong Tran, ealim Choi, Ji-Won Son, Yong Ju Yun	International Journal of Hydrogen Energy	SCIE	2025
13	정무영, 오용석(공동제1저자); 엄수빈, 박지혜, Sudeshana Pandey, 김태민 (공동저자)	Enhanced electron conductivity, stability, and electrochemical performance of MXene-coated manganese and iron oxides as negative electrode of supercapacitors	Electrochimica Acta	SCIE	2025
14	Sudeshana Pandey (제1저자)	Synthesis of porous MXene for efficient bifunctional electrocatalysis in overall water splitting: Hydrogen and oxygen evolution reactions	FlatChem	SCIE	2025
15	안정현, 김태민(공동제1저자)	Strain relaxed Cs $\alpha$ FA1- $\alpha$ PbI3- $\beta$ Cl $\beta$ perovskite by intercalation of cesium via antisolvent engineering for efficient photovoltaic devices over 22.9 %	Chemical Engineering Journal	SCIE	2025
16	정무영, 조효빈 (공동제1저자)	Development of micro flower petal-structured NiCo2S4/Ti3C2Tx MXene nanosheets on nickel foam for superior supercapacitor applications	Journal of Industrial and Engineering Chemistry	SCIE	2025
17	김득희, 이현주 (공동제1저자)	Adhesive, biocompatible, and conductive reduced graphene oxide hydrogel-based bioelectrodes for epidermal electrophysiological signal monitoring	Journal of Materials Chemistry C	SCIE	2025
18	최상훈 (제1저자)	Recent progress of photothermal catalysts for carbon dioxide conversion	Energy Materials	ESCI	2025
19	홍지호	Pushing the envelope of physical vapor	Chemical	SCIE	2025

	(공동저자)	deposited thin-film based solid oxide fuel cells for 500°C operation: Securing 1 W cm <sup>-2</sup> performance, 1000 h stability, scale up to 15 W power, and associated limitations.	Engineering Journal		
20	홍지호 (공동저자)	Localized formation of TiOx-tailored Pt nanoclusters on Al2O3 via a solid-state mixing approach for efficient and robust LOHC dehydrogenation	Applied Catalysis B: Environment and Energy	SCIE	2025
21	홍지호 (공동저자)	Engineering Single-Atom Catalysts on Conjugated Porphyrin Polymer Photocatalysts via E-Waste for Sustainable Photocatalysis	Advanced Functional Materials	SCIE	2025
22	정종현 (공동제1저자)	Failure of protonic ceramic fuel cells (PCFCs) under gaseous Cr and CO2 exposure and the introduction of a protective barrier layer for mitigation	Journal of Materials Chemistry A	SCIE	2025
23	우가현 (제1저자)	Multifunctional High-Compaction Mwcnt/Gnp Hybrid Buckypaper: Unraveling Superior Conductivity for Broadband EMI Shielding and Instantaneous Joule Heating Applications	Composites Communications	SCIE	2025

● (연구와 연계된 교육) 연구역량 교육

- 연구방법론I과 같은 연구 역량 관련 교과목에서 학생 주도 학습과 동료평가를 강화. 또한 수업에서 학습한 내용의 반복 적용과 연습, 연구결과의 공유, 비판적 논의 등을 통해 연구역량을 강화하고, 수업의 결과로 가시적인 연구 성과가 도출되도록 함.
- 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)을 활용함.

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

가. 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

▣ 대학원생 인력 확보

- (2024년 2학기) 석사과정 32명, 박사과정 17명, 석·박사 통합과정 9명으로 총 58명의 학생을 확보함.
- (2025년 1학기) 석사과정 36명, 박사과정 16명, 석·박사 통합과정 11명으로, 총 63명을 확보함.
  - 이러한 재학생 수치는 2022년 2학기 총 38명과 대비해 약 65.8% 증가한 것임. 이는 지속적 홍보 및 교육 프로그램의 내실화로 인한 안정적 인력 유입 성과로 평가됨.

▣ 대학원생 배출 실적

- (2025년 2월) 석사과정 9명, 박사과정 2명, 총 11명을 배출함.
- (2025년 8월) 석사과정 5명, 박사과정 6명, 총 11명을 배출함 (표 II-5).
  - 2022년 2학기 졸업생 6명 대비 267% 증가함. 이는 재학생 수 증가에 따른 자연적 확장과 동시에 체계적인 연구지도와 학위 과정의 질적 개선의 결과하로 평가됨.

<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)	2024년 2학기	32	17	9	58
	2025년 1학기	36	16	11	63
	계	68	33	20	121
배출 (졸업생)	2025년 2월 졸업	9	2		11
	2025년 8월 졸업	5	6		11
	계	14	8		22

나. 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

▣ 대학원생 현황

- **(정원 증원)** 에너지환경대학원은 사업 제안 당시 25명 정원의 대학원이었으나 57명 정원으로 약 128% 증원되었음(석사 40명, 박사 17명). 또한 정원 외로 신홍국 에너지공무원 프로그램(2025년 9월 기준, 총 10개국 14명이 재학)을 운영하고 있음. 정규 대학원 학위 과정(정원 외)에 인도네시아, 네팔, 엘살바도르 국적의 외국인 학생 3명이 재학 중이며, 이 중 두 명의 학생은 본 교육연구단의 참여학생임(Olivar Amaya Manuel Isaac, Pandey Sudeshana).
- **(경쟁률)** 본 대학원은 BK21 사업 수주 이후 2:1 이상의 입학 경쟁률을 유지해 왔음. 학생 정원이 대폭 확대된 2022년 이후에도 평균 석사과정 2.7:1, 박사과정 2.7:1이라는 높은 경쟁률을 유지하고 있음.

▣ 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

- **(신설 학부 개설을 통한 우수 신입생 유치)**
  - 학·석사 학위 통합과정(학부 3.5년, 석사 1.5년), 성적우수 학생의 등록금 감면 및 예비입학 제도를 통한 학비 감면 등의 안건이 본교 차원의 정책으로 논의되고 있음. 사전 준비단계로 대학원이 개최하는 각종 학생 세미나와 발표회 등에 학부생 참가를 장려하고 있음.
  - 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(신설과로 현재 최고 학년이 3학년임). 이러한 기초 연구지식 및 연구 수행 능력 기반으로 석·박사 진학 후 연구의 질 향상 기대
  - 학부과정 학생들에게 연구참여 기회를 적극적으로 제공하고, 연구능력이 우수한 학생들이 석·박사과정으로 연계될 수 있도록 프로그램 차원의 지원을 계획
    - 흥여술(2학년) 학부생은 2024년 12월부터 현재까지 진행된 ‘2024/25년 남아프리카공화국 KSP 그린수소 산업 발전방안’ 연구에 참여하여, KSP 정책자문보고서 작성 및 연구 수행에 기여함. 또한 ‘2025년도 에너지기술·산업 생태계분석’에 우정호(3학년), 박서연(3학년) 학부생이 참여함.
    - 융합에너지공학과 김현정(3학년) 학부생은 2025년 7월부터 현재까지 ‘알키미스트’ 과제의 투명 태양전지 개발 연구에 참여함.

- 건축사회환경공학부 강성은(4학년) 학부생은 2025년 1월부터 10개월 간 '과학기술정보통신부 주관 2025 공공기술기반 시장연계 창업탐색 지원사업(한국형 I-Corps)'의 일환으로 굴 껍테기를 활용한 자연 기반 퇴적물 포집기 제작을 목표로 연구와 연안 침식 대응을 위한 자연기반해법 사례 조사를 통한 구현 전략 연구에 참여. 지리교육과 김소망(4학년) 학생은 2024년 10월부터 2025년 3월까지 약 6개월간 Extreme Heat and Humidity in Seoul: Consequences of a Built Environment 연구에 참여함.
- 환경생태공학부 박소은(3학년) 학부생은 2025년 5월부터 8월까지 '국내외 에너지저장장치 LCOS분석' 연구에 참여하여, 해외 주요국의 ESS 도입 전략에 대한 분석 연구를 진행함.

#### ☑ 우수 대학원생을 위한 인프라 지원

- **(연구성과에 기반한 장학금 지원)** 참여대학원생의 논문 게재 및 학술대회 참여를 의무화하는 규정을 마련하고 이 성과에 기반하여 장학금 지급 여부를 결정. 연구성과 부족으로 장학금 지급 대상에서 탈락 하더라도, 요건을 충족하면 다음 학기부터 다시 장학금 수혜를 받을 수 있도록 하여 제도를 유연하게 적용함.
- **(대학원생 전용 공동연구실과 실험실 운영)** 정책전공 학생 공동연구실, 데이터 분석 작업을 위한 서버실, GETPPP 학생 공동연구실, 기술전공 학생들을 위한 전기화학연구실과 태양전지연구실이 학생들의 연구공간으로 제공되고 있음.
- **(외국어 사용 학생들을 위한 기숙사 제공)** GETPPP 프로그램에 소속된 외국인 학생들에게 기숙사(글로벌 안암 하우스)를 제공하는 것을 원칙으로 하나 학생들의 선호에 따라 외부 주거도 선택할 수 있도록 함. 이는 정규 석박사 학위과정의 외국인 학생들에게도 동일하게 적용되는 원칙임.
- **(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.
- 참여학생 이현아 박사과정생(2025년 8월 졸업), 참여 기간 동안 독일의 IDOS(German Institute of Development and Sustainability)에서 인턴 연구원으로 근무했으며, 2025년 4월에는 Digital Development Dialogue 온라인 포럼과 6월 UNFCCC 워크숍에서 연구 결과를 발표함.

#### ☑ 우수 대학원생을 위한 연구수행 역량 강화 프로그램 운영

- **(에너지 환경기술 및 정책 관련 분야 국내외 전문가 초청)** 산업, 경제, 정책, 환경 분야의 다양한 외부 전문가를 <글로벌 에너지 전문가 세미나 (2024년 2학기)>에 초청해 이론적, 현실 문제에 대한 폭넓은 시야와 다양한 관점을 접할 교육 기회를 제공함. 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.
- **(연구방법론 교과목의 체계적 운영 및 심화)** 학생들의 연구역량 강화를 위해 연구방법론 교과목을 단계적으로 운영하고 있음.
  - 전공필수 교과목인 '연구방법론I'에서는 연구목적 설정, 연구질문 도출, 문헌연구 및 이론탐색, 주제와 방법론의 연계 등 연구설계의 기초를 학습하며, 연구계획서 발표와 교수-학생 간 상호 피드백을 통해 구체적인 연구계획서를 완성하도록 함.
  - '연구방법론II'는 자료포락분석(DEA), AHP, 계량분석, 전과정평가(LCA), 질적연구방법론 등 에너지-자원·환경 분야에서 활용도가 높은 다양한 분석 기법을 실습 중심으로 다루어, 학생들이 실제 연구

수행 능력을 체계적으로 갖출 수 있도록 지원함.

**다. 대학원생 학술활동 지원 실적 및 계획**

- **(기술, 데이터, 정책 전공 교원이 참여하는 정기적 연구회 운영)** 기술, 데이터, 정책 전공 교원과 학생들이 참여하는 정기적 연구회인 기술 & 정책 융합 연구 세미나를 지속적으로 개최하여 서로의 연구를 공유하고 융합적 관점을 확장할 수 있는 교류의 장으로 운영하고 있음.
- 2025년 2월 24일, 제19회 기술 & 정책 융합 세미나 개최, 2025년 8월 26일 제20회 기술 & 정책 융합 세미나를 개최함(표 II-6)
- 각 세미나에서는 구두발표 2명과 포스터 발표 2팀의 우수 발표자를 선정하고 시상하여 참여 학생들의 연구 동기와 성과 확산을 촉진함.

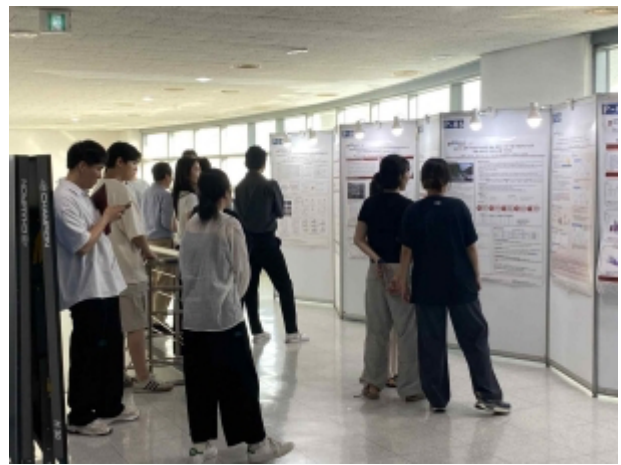
<표 II-6> 2025년 기술 & 정책 융합세미나 개최 내용

세션	내용
<b>제19회: 2025년 2월 24일</b>	
구두발표 1 세션	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지환경정책전공 박사과정 장성은, 다회용컵 사용 정책에 따른 소비자 행동 변화 요인 분석: - 통계 및 머신러닝기법 활용</li> <li>• 에너지환경정책전공 박사과정 강태권, 기업 재생에너지 전환의 재무 영향과 최적 재생에너지 조달 방안 연구</li> <li>• 에너지환경정책전공 박사과정 송가영, Evolution of Hydrogen Economy Discourse in South Korea: A Dynamic Topic Modeling Analysis of News Media and Parliamentary Debates (1985-2024)</li> <li>• 신재생에너지전공 박사과정 엄희성, Reactive Capture of NO from Flue Gas using Highly O<sub>2</sub>-resistant Fe<sup>2+</sup>-(salen-SO<sub>3</sub>) for NH<sub>3</sub>synthesis</li> </ul>
구두발표 2 세션	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신재생에너지전공 석박통합과정 정종현, Faradaic efficiency of proton-conducting electrolysis cells (PCECs) with BaCe<sub>0.8-x</sub>Zr<sub>x</sub>Y<sub>0.1</sub>Yb<sub>0.1</sub>O<sub>3-d</sub> electrolyte:</li> <li>• Experimental verification and critical assessments</li> <li>• 에너지환경정책전공 석박통합과정 정호진, 지속 가능한 예산 배분 전략: 기후변화 대응목표 실현을 위한 재정투자 우선순위 분석</li> <li>• 에너지환경정책전공 석박통합과정 이가영, 시스템 다이내믹스 모델을 활용한 세종시의 도시침수와 시민 안정성의 상호계성 분석</li> <li>• 에너지환경정책전공(GETPPP) 석사과정 T.M. Chandima M. Tennakoon, CHANDIMA Role of Banks to Support Carbon Credit Financing in Sri Lanka</li> </ul>
구두발표 3 세션	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신재생에너지전공 석사과정 이재원, Field performance analysis on BIPV with patterned glass</li> <li>• 신재생에너지 전공 석사과정 박지혜, Application of Surface modified MXene for Enhanced Energy Storage Performance in Sodium-Ion Capacitors</li> <li>• 에너지시스템공학과 석사과정 김영민, Solvent-Free MACIPost-Treatment using Close-Spaced Sublimation Method for Dry-Processed Perovskite Solar Cells</li> <li>• 에너지시스템공학과 석사과정 이상원, Fabrication and Operation of Inverted CsPbI<sub>3</sub> Perovskite Solar Cells in High Humidity</li> </ul>
포스터 발표 세션	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지환경정책전공 박사과정 백윤영, Assessment of the Maturity of Green Hydrogen Technologies in South Korea's Value Chain</li> <li>• 신재생에너지전공 석박통합과정 정한결, Impact of Nano Anode Functional Layer Architecture on Activation Loss in Low-Temperature Thin film SOFC</li> <li>• 신재생에너지전공 석사과정 김민철, Performance improvement by surface modification of protonic ceramic cells</li> <li>• 첨단환경과학전공 석박통합과정 김현민, Development of Aquifer Storage and Recovery (ASR)-Based Carbon Mineralization Technology</li> <li>• 신재생에너지전공 석박통합과정 조강식, Maintaining High Efficiency from 1cm<sup>2</sup>Cells to Scalable</li> </ul>

	<p>Organic Photovoltaic Modules via Binary to Quaternary Blends</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>에너지환경정책전공 석사과정 최보은, Analyzing heterogeneous EV driver classes under E-ToU pricing and Grid impact simulations: A strategy for energy transition</li> <li>첨단환경과학전공 석사과정 김은지, Catalyst Optimization via Sodium Precursor-Mediated in Dual Function Material (DFM)</li> <li>첨단환경과학전공 석사과정 최상훈, Effect of Praseodymium Doping on Metal-Support Interaction in CO<sub>2</sub> Methanation</li> <li>에너지환경정책전공(GETPPP) 석사과정 Thai Thong Tran, BaTiO<sub>3</sub>-Mxene Composite Catalysts for Efficient Hydrogen Evolution Reaction</li> <li>에너지환경정책전공(GETPPP) 석사과정 Charles Fox Bako, Analyzing the barriers to achieving grid-connectivity in the Solomon Islands.</li> <li>에너지환경정책전공(GETPPP) 석사과정 Tulga Gombosuren, Study on the Feasibility of Replacing Imported Electricity with Green Hydrogen-based Power Generation.</li> <li>에너지환경정책전공(GETPPP) 석사과정 Sreyleak Nou, Identify the Factors that Impact on Expansion of Renewable Energy Projects in Cambodia</li> <li>에너지환경정책전공(GETPPP) 석사과정 AUNG HEIN HTET, An Analytic Hierarchy Process (AHP)-Based Evaluation of Renewable Energy Options for Myanmar's Sustainable Energy Future</li> <li>에너지환경정책전공(GETPPP) 석사과정 Tumenjargal Bekhbat, Economic Analysis of a 30 MW Grid-Connected Solar Power Plant in Eastern Mongolia</li> <li>에너지환경정책전공(GETPPP) 석사과정 Diyorbek Ganijon, UZBEKISTAN:ENVIRONMENTAL DEGRADATION &amp; RESOURCE DEPLETION</li> <li>에너지환경정책전공 석사과정 박지윤, Unlocking the Potential of Nature-Based Solutions in East Asia: The Role of Systematic Monitoring and Data-Driven Management</li> <li>에너지환경정책전공 석사과정 한승희, Interdependency of Water-Energy Infrastructure for Urban Climate Resilience</li> <li>신재생에너지전공 석사과정 홍수범, Passivated contact 구조의 태양전지에서 poly-Si 그레이인 크기에 의한 영향 분석</li> <li>신재생에너지전공 석사과정 김하연, Enhancing FAPbBr<sub>3</sub> Perovskite Solar Cells: Urea and FACI Additive Engineering for High Voltage and Improved Performance</li> <li>신재생에너지전공 석사과정 김한결, Li-ion Storage Performance by Interlayer Expansion of L-cysteine Functionalized MXene</li> <li>사범대학 지리교육 전공 학부 김소망, Extreme Heat and Humidity in Seoul: Consequences of a Built Environment</li> </ul>
<b>제20회: 2025년 8월 26일</b>	
특강	<ul style="list-style-type: none"> <li>(특강) 김형국 대표(포엠디엑스), '에너지 분야의 데이터 스페이스 전략'</li> </ul>
구두발표 1 세션	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지환경정책전공 박사과정 손범석, 지역 주도 에너지 전환의 성공 조건에 관한 연구: 일본 지역신전력(地域新電力) 사례의 사회기술전환 시스템 관점에서의 분석</li> <li>에너지환경정책전공 박사과정 광규일, PyPSA-Korea: 한국의 지속가능한 에너지 전환 계획 및 적용을 위한 open-source에너지 시스템 모형 개발</li> <li>에너지환경정책전공 박사과정 이승록, 지속가능한 산림바이오매스 기반의 에너지 정책 저변 강화를 위한 연구: IPCC 보고서(1990~2023)를 중심으로</li> </ul>
구두발표 2 세션	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지환경정책전공 박사과정 이혜민, 재생에너지와 에너지 효율: 에너지 안보와 경제 성장경로에 대한 구조적 분석</li> <li>신재생에너지전공 박사과정 임규현, TOPCon태양전지에서 SiNx층의 수소가 후면 poly-Si에 미치는 영향</li> <li>신재생에너지전공 박사과정 김문세, Interdependencies of SiNX :HProperties on Solar Cell Performance</li> <li>첨단환경과학전공 박사과정 송수현, 현장 모니터링을 통한 CPS 기반 오염지하수정화 과정의 중금속 결합 형태 규명 및 안정성 평가</li> </ul>
구두발표 3 세션	<ul style="list-style-type: none"> <li>첨단환경과학전공 석사과정 최상훈, Influence of praseodymium doping on interaction between metal and support in CO<sub>2</sub> methanation</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지환경정책전공 석사과정 한승희, 합성 네트워크 기반 도심 전력: -수도 시스템에서 분산 전원의 극한 기후 대응 영향 분석</li> </ul>
포스터 발표 세션	<ul style="list-style-type: none"> <li>첨단환경과학전공 박사과정 이아현, 기후변화로 인한 기온 상승과 강우 강도 증가가 불포화대탈질 및 질산염 침출에 미치는 영향</li> <li>에너지환경정책전공 석박통합과정 노혜든, 수력 발전 시스템 운영 단계의 내재 탄소 흐름 분석</li> <li>첨단환경과학전공 석박통합과정 김현민, Development of Aquifer Storage and Recovery (ASR)-Based Carbon Mineralization Technology</li> <li>신재생에너지전공 석박통합과정 조강식, Scalable Organic Photovoltaic enabled by Humidity-Stable Morphology via Dielectric Additives</li> <li>첨단환경과학전공 석사과정 김유진, The Reductive Effect and Competitive Adsorption of H<sub>2</sub>O during Multi-Cycle Selective Catalytic Reduction of NO<sub>x</sub> on Pd/FeR</li> <li>에너지환경정책전공 석사과정 이우립, 도시 녹지 정책 수용성 평가를 위한 범용 행위자 기반 모형 프레임워크 연구: 경제·생활·건강 외부효과를 기반으로</li> <li>신재생에너지전공 석사과정 김경수, Interfacial Passivation of SnO<sub>2</sub> with 4-Guanidinobenzoic Acid Hydrochloride for High-Voltage Perovskite Solar Cells</li> <li>신재생에너지전공 석사과정 김동현, Development of Lithium-Ion Energy Storage Electrode Materials Based on Tungsten-Doped NiCo and Ti<sub>3</sub> C<sub>2</sub> Tx (MXene) Composites</li> <li>신재생에너지전공 석사과정 황수정, TiO<sub>2</sub> -SnO<sub>2</sub> Hybrid Electron Transport Layer via One-Step CBD for Stable Perovskite Solar Cells</li> <li>신재생에너지전공 석사과정 김한결, Improvement of Li-ion Storage Performance by Interlayer Expansion of L-cysteine Functionalized MXen</li> </ul>

### 제19회, 제20회 기술&정책 융합세미나



- **(Grand Challenge 개최)** 기후위기 대응과 지속가능발전 달성을 위한 융합형 연구경진대회인 'Grand Challenge'를 2025년 7월 16일 개최함. 기술-정책 전공 대학원생과 학부생 등 10개 융합팀이 참여하여 수소배송, 폐플라스틱 저감, 데이터센터 폐열 활용 등 다양한 혁신 아이디어를 제안하였으며, 3개 팀이 Grand Award(팀당 100만원), 7개 팀이 Challenge Award(팀당 20만원)를 수상함. 이를 통해 기술-정책 융합 연구와 사회문제 해결형 연구문화가 확산되고 있음.
- **(연구설계 및 논문작성 역량 강화)** STATA 코딩 기초·심화 교육, ChatGPT 활용 아카데미 라이팅 특강, 학위논문 연구계획서 작성법, Turnitin·EndNote·SciVal 등 연구도구 활용 교육, 영어논문작성법 및 연구윤리 교육 등 다양한 프로그램을 운영함. 이를 통해 학생들이 연구주제 설정, 논문 구성 및 학술적 글쓰기 전 과정에 필요한 핵심 기술과 연구윤리 의식을 강화할 수 있도록 지원함.
- **(데이터분석 및 연구방법론 역량 강화)** STATA, R, ICT 활용 능력 강화 워크숍 등 정량분석 중심의 실습형

교육과, 융합공동연구 협력 활성화 세미나 등을 통해 데이터 기반의 정책·기술 연구 수행능력을 제고함. 이를 통해 학생들이 통계·프로그래밍 기반의 실증분석 역량과 융합연구 수행 능력을 향상함.

- **(국제화 및 글로벌 연구소통 역량 강화)** Nature Master Class at KU, 국제학술지 영어논문 교정 지원, SDGs 리빙랩 공동연구, International House 운영 등 국제 연구 커뮤니케이션 프로그램을 운영함. 학생들이 글로벌 학술논문 작성 및 발표 역량, 국제공동연구 수행능력을 체계적으로 발전시킬 수 있도록 지원함.
- **(경력개발 및 진로설계 역량 강화)** PDP(전문역량개발 프로그램), Career Insight, 맞춤진로·커리어 디자인 워크숍 등을 통해 학생들이 전문연구인으로서의 진로 방향성과 취업 역량을 강화할 수 있도록 지원함.
- **(3MT 학술역량 강화 프로그램)** 본부 주관 Three Minutes Thesis(3MT) Competition은 대학원생이 자신의 연구를 3분 내로 명확하고 대중적으로 전달하는 능력을 기르는 프로그램으로, 연구내용의 구조화 및 발표력 향상을 목표로 함. 2025년 8월부터 2026년 2월까지 기본 교육, 예선, 심화 컨설팅, 본선 단계로 운영되며, 본 교육연구단에서는 6명(개인), 그리고 2팀이 예선에 참가함. 본 프로그램은 학생들의 학문적 소통능력과 연구 브랜딩 역량 강화, 나아가 국제 학술 무대 진출 기반 마련에 기여할 것으로 기대됨.
- **(연구지원 환경 및 사회연계 역량 강화)** 연구실심리지원사업(Lab&Mind), 긴급스트레스지원, 장애 인식개선교육 등 심리·복지지원 프로그램과 Science Shop, 대학원생 체인지메이커스 등 사회연계 활동을 함께 운영함. 이러한 프로그램들은 직접적인 연구활동 외에도 연구자의 심리적 안정, 사회적 책임의식, 협업능력 향상을 통해 지속가능한 연구환경 조성과 실천적 연구역량 강화에 기여함.

<표 II-7> 비교과 프로그램 목록 및 참여학생 (2024년 9월 - 2025년 8월)

연번	비교과 프로그램	개발 역량	본교육연구단 소속 참여학생 수	교육 일자
1	STATA 코딩 기초/심화 교육	연구역량강화	12	2025.01.03.-2025.01.10
2	제 2회 Chat GPT 활용 교육	연구역량강화	1	2025.02.11
3	SciVal 이용교육	연구역량강화	1	2024.10.23
4	석박사 학위논문 연구계획서 작성법	연구역량강화	4	2024.11.06.-2024.11.15
5	Turitin 이용교육	연구역량강화	1	2024.12.13
6	EndNote21 기초 이용교육	연구역량강화	1	2024.12.11
7	논문글쓰기	연구역량강화	3	2024.09.02.-2024.09.25
8	생성형 AI 활용 Academic Writing 계열별 특강	연구역량강화	8	2024.11.20.-2024.11.22
9	영어논문작성법및연구윤리 (이공계열/인문사회계열)	연구역량강화	3	2024.09.01.-2024.12.31.
10	온라인콘텐츠 제작{「인권과 성평등 교육」 온라인 콘텐츠 개발}	연구역량강화	25	2024.03.02.-2024.06.21./2024.09.01.-2024.12.31.
11	국제학술지 영어논문 교정 지원사업(학문후속세대 확대)	연구역량강화	3	2024.09.01.-2025.02.28.
12	융합공동연구협력 활성화를 위한 연구성과 확산	연구역량강화	1	2024.10.01.-2025.01.31.
13	Lab-to-Life 연구페스티벌_포스터 발표	연구역량강화	2	2024.11.07.
14	Lab-to-Life 연구페스티벌_CTI 진로사고검사	연구역량강화	2	2024.11.07.
15	대학원생 멘토-멘티 프로그램	연구역량강화	3	2024.06.28.-2024.10.30./2024.12.20.-2025.02.19.

16	상시 온라인 연구윤리교육	연구역량강화	2	2024.10.04. -2024.11.18
17	2024학년도 2학기 ICT 활용 능력 강화 워크숍	연구역량강화	10	2024.10.07.
18	[호안 Leaders Bootcamp] 공공데이터 회귀 분석을 위한 R 기초	연구역량강화	10	2025.01.06. - 2025.1.10
19	2024학년도 3차 언어교환 프로그램	학습역량강화	1	2024.10.14. -2024.12.09.
20	대학원신입생강화	학습역량강화	9	2024.09.02. -2024.12.20.
21	PDP_4단계 BK21 건축사회환경공학교육연구단	경력개발	2	2025.01.06
22	PDP_4단계 BK21 사회학교육연구단	경력개발	1	2024.12.13
23	PDP_4단계 BK21 지속가능생활시스템융합교육연구단	경력개발	1	2024.12.09
24	Career Insight	경력개발	2	2024.11.05. -2024.11.12
25	너특성으로 알아보는 맞춤형진로	경력개발	1	2025.01.10
26	토티-커리어디자인	경력개발	2	2024.12.20
27	Nature Master Class at KU (온라인 강연/동영상구독)	국제화	26	2024.05.06. -2024.09.30
28	SDGs 리빙랩 공동연구	국제화	3	2024.08.01. -2024.11.29.
29	대학원 Office of International House 운영	국제화	1	2024.10.30.
30	어떤 직무와 회사가 나랑 맞을까? 심리검사(RGPI)를 통해 알아보는 굿파트너	정신건강	3	2024.10.29. -2024.11.07
31	긴급스트레스지원: 겨울해방상담소	정신건강	1	2024.12.02. -2025.02.06.
32	연구실심리지원사업(Lab&Mind)	정신건강	12	2024.09.23.
33	정신건강 고위험군 관리 프로그램	정신건강	11	2024.10.04. -2024.12.20.
34	2024 장애인식개선교육&뮤지컬 토크콘서트	정신건강	2	2024.11.20.
35	대학원생 체인지메이커스	지역사회 연계	1	2024.04. -2024.09.
36	Science Shop	산학협력	2	2025.02.20. -2025.02.28.

## 라. 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

### ▣ 참여대학원생 취(창)업 실적

- (2025년 2월/2025년 8월 졸업자) 평가기간 내 참여대학원생 중 석사 13명, 박사 3명이 졸업함. 취업 대상자인 총 14명 중 석사 4명, 박사 3명이 취업에 성공하여 50%의 취업률을 달성함(2024년 8월 60%, 2025년 2월 44%). 이들은 모두 권위 있고 공적으로 인정 받는 민간기업, 연구원, 그리고 대학에 취업함(표 II-8, II-9).

<표 II-8> 2024. 8월 및 2025년 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)업 자 (D)	
			진학자	입대자			
		국내	국외				
2024년 8월 졸업	석사	4	-	-	-	4	60
	박사	1	X		-	1	
2025년 2월 졸업	석사	9	2	-	-	7	44
	박사	2	X		-	2	

<표 II-9> 교육연구단 소속 학과 참여대학원생 취창업 실적

참여학생명	학위 과정	취득학위	졸업논문 제목	취업기관명
최.	정책 (에너지환경정책)	석사	Assessment of the factors contributing to the carbon lock-in in Southeast Asia	OECD
김.	정책 (에너지환경정책)	석사	국내 커뮤니티 솔라 제도 도입을 위한 경제성 분석 연구	한국환경보전원
박.	정책 (에너지환경정책)	박사	Three essays on key drivers of scientific and technological outputs in R&D: the role of funds, researchers and collaboration	KIST
엄.	기술 (신재생에너지)	석사	Improved Energy Storage Performance of Electrodeposited NiCoFe-LDH on Copper Nanowire for Supercapacitor Device	(주)엠엑스엠
정.	기술 (신재생에너지)	박사	The improvement of electrochemical energy storage properties with NiCo composites and MXene and application on transparent supercapacitor	고려대학교 에너지기술공동연구소 (박사후연구원)
이.	정책 (에너지환경정책)	석사	Quantifying the challenge of renewable energy 100% deployment in South Korea's industrial sector	삼정 KPMG
김.	기술 (신재생에너지)	박사	Direct ammonia-fueled solid oxide fuel cells (DA-SOFCs) : electrochemical characterization and catalyst development for efficient and durable operation	Postdoctoral Associate at Boston University (Mechanical Engineer Department)

- **(향후 계획: 취·창업 연계 역량 강화 및 동문 네트워크 구축)** 본 대학원은 기존의 취·창업 정보 제공 및 인턴십 프로그램 운영을 넘어, 학생의 경력개발을 체계적으로 지원하기 위한 기반을 강화하고 있음. 이를 위해 학생경력관리위원회와 동문관리위원회를 신설하여 학생의 진로 관리와 졸업생 네트워크를 체계적으로 연계·운영할 계획임.
  - 향후에는 동문 네트워크를 중심으로 Mentor-Mentee 프로그램 담당자를 지정하고, 졸업생 Career Talk 정례화 및 취·창업 연계 프로그램을 추진하여 실질적 진로 탐색과 취업 역량 제고를 지원할 예정이다. 이를 통해 학생들이 관심 분야와 역량에 기반한 맞춤형 커리어를 설계하고, 산업체·공공기관 등과의 연계를 통한 현장 중심의 진로경험 및 취·창업 성과 창출을 목표로 함.

### 3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

#### 가. 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성

- **(우수한 학생 연구실적)** 해당기간(2024년 9월~2025년 8월) 본 교육연구단의 참여대학원생은 총 23개의 논문을 게재 했음. 그 중 제1저자로 총 19편의 논문을 학술지에 게재하였음. 또한 전체 중 이 중 18편이 SCIE/SSCI) 저널로 우수한 연구성과를 보임(참여대학원생 연구실적 전체 목록은 Appendix 표1 참고). 참여 학생들의 논문 성과는 정책(수소·순환경제)-시스템모델링-소재·장치를 잇는 융합 연구 포트폴리오를 구축했으며, 증거기반 정책 설계와 저탄소 기술 상용화를 동시에 견인할 수 있는 실질적 근거를 제시함.

송가영

Hyeonjun Kim, **Gayoung Song**, Yoonhee Ha. (2025).

**Green hydrogen export potential in each Southeast Asian country based on exportable volumes and levelized cost of hydrogen. *Applied Energy*, Vol. 383, Article 125371.**

**DOI: 10.1016/j.apenergy.2025.125371**

• 연구의 의의

- 이 연구는 동남아시아 국가들의 재생에너지 잠재량과 수소 생산비용을 종합적으로 분석하여, 2050년까지의 녹색수소 수출 가능성과 비용 경쟁력을 계량적으로 제시한 최초의 비교 연구임.
- 국가별로 태양광·풍력·바이오매스·지열 등 다양한 재생에너지를 통합 평가하여 ASEAN이 글로벌 수소 공급망에서 차지할 전략적 위치를 규명했으며, 향후 한국·일본 등 수입국의 정책 수립에도 참고가 되는 실증적 근거를 제공함
- 또한, 국제 수소무역이 지속가능발전목표(SDG 7) 달성에 어떻게 기여할 수 있는지를 보여주며, 저탄소 에너지정책과 지속가능한 개발 담론을 연결한 학제 간 연구 성과로 평가됨.

• 차별성

- 기존 연구들이 특정 국가나 에너지원에 한정된 반면, 본 연구는 ASEAN 10개국을 대상으로 생산·비용·수출량을 통합 비교함.
- IRENA, NREL, ACE 등의 실제 데이터와 기술 발전 시나리오를 결합해 국가별 LCOH(Levelized Cost of Hydrogen)을 산정한 정량적 비교모형을 제시함.
- 변동형(VRE)과 비변동형(non-VRE) 재생에너지의 시장 단계별 경쟁력 변화를 분석하여 초기시장-성숙시장 구분 프레임을 제안함으로써, 정책·산업 전략 수립에 실질적 함의를 제공함.

1

• 연구 결과

- 태국(373 MMT)과 미얀마(310 MMT)가 ASEAN 전체 수출 잠재량의 62 %를 차지하며 가장 유망한 수출국으로 확인됨.
- 2050년 기준 LCOH 는 미얀마 3.8 USD/kg H<sub>2</sub> , 태국 3.9 USD/kg H<sub>2</sub> 로, 기술효율(59 → 80 %) 향상이 핵심 요인으로 작용함.
- 초기 시장에서는 인도네시아의 바이오매스·지열(총 8.17 MMT) 기반 수소가 높은 안정성과 가격 경쟁력을 보이며, 비변동형 재생에너지의 전략적 중요성이 입증됨.
- 민감도 분석 결과, 수소 단가에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 전력단가(LCOE) 와 스택 효율(stack efficiency) 로 나타남.

• 한계

- 본 연구는 ASEAN 국가들의 향후 재생에너지 인프라 확충 속도와 정책 변동성을 완전히 반영하지 못했으며, 수소의 운송·액화·암모니아 전환비용 등 공급망 후단부 요소는 제외되어 실제 상용 단계에서는 추가 비용이 발생할 수 있음.
- 또한, 국내 수소 수요와 사회·제도적 요인은 고려되지 않아 향후 연구에서는 정책 실행력과 거버넌스 변수까지 포함한 확장 분석이 필요함.

권성연

권성연, 하윤희, 장새미, 김여원, Rofat Math (2025).

***Understanding Policy Windows for Solar Energy Lifecycle Extension: Policymaker Perspectives in Developing Asia. Energy Research & Social Science, 126, 104130.***

**DOI: 10.1016/j.erss.2025.104130.**

• 연구의 의의

- 본 연구는 개발도상 아시아 8개국의 에너지 정책결정자 424명을 대상으로 태양광 모듈 재사용(reuse)정책에 대한 지지 요인을 실증적으로 규명한 최초의 비교연구임.
- 특히 Kingdon의 다중흐름모형(Multiple Streams Framework, MSF)을 적용하여 문제 인식(Problem), 정책 타당성(Policy), 정치적 맥락(Politics)이 재사용 정책 결정에 어떠한 영향을 미치는지를 통합적으로 분석함으로써, 순환경제와 에너지전환을 잇는 정책 메커니즘을 이론적으로 확장함.
- 이를 통해 폐기물관리와 에너지 접근성이라는 상충하는 정책 목표 간의 균형이 재사용 지지에 결정적으로 작용함을 보여주며, 향후 개도국의 전력보급 및 태양광 순환경제 정책 설계에 실질적인 시사점을 제공함.

• 차별성

- 기존 연구들이 주로 재활용(recycling)에 초점을 맞춘 반면, 본 연구는 재사용(reuse)을 중심으로 정책적 지원 요인을 분석하여, 태양광 폐기물 논의를 자원순환-에너지접근성-정책타당성이라는 다층적 관점으로 확장함.
- 또한, 에너지 접근성과 폐기물관리(규제·책임·품질)두 정책 스트림을 구분하고, 이들 간의 정책적 긴장(trade-off)을 정량적으로 검증함으로써, 다중목표 정책 환경에서의 의사결정 구조를 실증적으로 규명함.
- 8개국 424명의 정책결정자 표본을 대상으로 탐색적·확인적 요인분석(EFA/CFA)로지스틱 회귀 분석을 연계 적용하여, MSF의 각 스트림이 재사용 지지 확률에 미치는 영향을 체계적으로 추정함.

• 연구 결과

- 분석 결과, 에너지 접근성 목표를 중시할수록 재사용 정책 지지가 유의하게 증가하였으며, 이는 재사용이 전력공급 확대와 지역 전기화에 기여할 수 있음을 시사함.
- 반면, 폐기물관리의 규제·책임·품질 요인을 우선시할수록 재사용 지지는 낮아지는 경향을 보여, 지나치게 엄격한 폐기물 규제가 순환경제 확산을 제약할 수 있음을 보여줌.
- 한편, 기후위기 대응의 긴급성 인식과 정치적 의지 수준은 통계적으로 유의하지 않아, 개도국 맥락에서는 제도적 실현 가능성과 정책 간 우선순위 조정이 정치적 요인보다 더 결정적인 변수임을 보여줌.

• 한계

- 본 연구는 횡단면 설계(cross-sectional design)자가보고(self-report)방식의 한계로 인해 인과적 해석에 제약이 있으며, 일부 척도의 신뢰도가 중간 수준에 그침.
- 또한, 국가별·부문별 이질성을 세분화하여 분석하지 못했으므로, 향후 연구에서는 행정·산업 부문 간 차이와 제도적 맥락을 포함한 다층분석이 필요함.

2

곽규일

곽규일, 손우진, 양예하, 우종률. (2025).

**PyPSA-Korea: An open-source energy system model for planning Korea's sustainable energy transition, *Energy Reports*,**

**Vol. 13, Pages 5677-691**

**DOI: 10.1016/j.egyr.2025.05.018**

• 연구의 의의

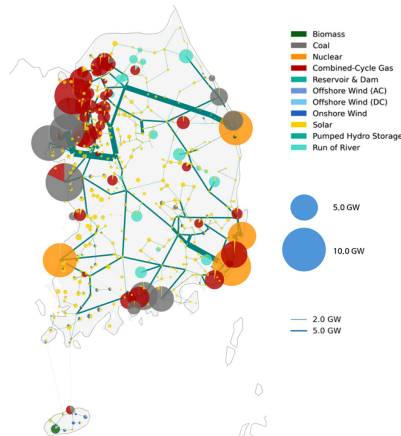
- 본 연구는 한국 최초의 완전한 오픈소스(open-source) 에너지 시스템 모델인 'PyPSA-Korea'를 개발하고 그 방법론과 프레임워크를 제시하였다는 점에서 가장 큰 의의를 가짐.
- 기존 한국의 에너지 정책 수립에 사용된 모델들은 데이터 접근성이 제한적인 폐쇄형 '블랙박스' 모델이었으나 , PyPSA-Korea는 이러한 한계를 극복하고 높은 시공간적 해상도를 바탕으로 한국의 지속가능한 에너지 전환 계획을 지원하는 투명하고 신뢰성 있는 분석 도구를 제공함.
- 이를 통해 연구자, 정책 입안자, 학생 등 누구나 에너지 전환 연구에 쉽게 참여하고, 증거 기반의 정책 논의를 활성화하는 기반을 마련함.

• 차별성

- 기존의 TIMES, LEAP, GCAM 등의 모델들이 대부분 비공개로 운영되어 투명성과 재현성이 부족했던 반면 , PyPSA-Korea는 모델과 데이터가 모두 공개되어 있어 누구나 검증하고 수정하며 연구에 활용할 수 있도록 제시됨.
- 3 - 발전, 송전, 에너지저장장치(ESS)의 설비 용량 증설과 운영 계획을 동시에 최적화할 수 있음. 이는 재생에너지 통합에 필수적인 송전망 보강과 유연성 자원 확보 계획을 통합적으로 수립하는데 매우 효과적이라고 생각됨.

• 연구 결과

- 2036년 탄소 감축 목표를 달성하기 위해서는 재생에너지, 대규모 에너지저장장치(ESS), 그리고 송전망 인프라에 대한 막대한 규모의 통합적인 투자가 필수적이라고 분석함. 시뮬레이션 결과, 2036년의 총 연간 비용은 2023년 대비 약 418% 증가할 것으로 예측됨.
- 재생에너지 비중이 높아짐에 따라, 특히 봄과 겨울철에 재생에너지 출력제한(curtailment) 문제가 심화될 것으로 예측됨. 총 재생에너지 발전량의 약 2.9%가 버려질 것으로 예상되며, 이는 ESS 확충과 수요반응 자원 활용의 중요성을 시사함.



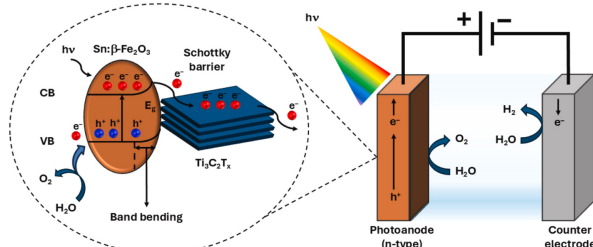
Manuel Isaac Olivar-Amaya

Manuel Isaac Olivar-Amaya, 전용석, 손지원, 윤용주. (2025)

Synergistic engineering of Sn-doped  $\beta$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> photoanodes for efficient photoelectrochemical seawater splitting, *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 176, 151541

DOI: 10.1016/j.ijhydene.2025.151541

- 연구의 의의
  - 본 연구에서는 해수 환경에서 안정적이고 고효율적인 광전기화학 수소 생산을 위해 Sn 도핑된  $\beta$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 광전극에 Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> MXene 계면층을 결합한 하이브리드 구조를 제안했음.
  - Sn 도핑을 통해 전도도와 전자 농도를 높였고, MXene 계면층을 통해 계면 전하 추출과 표면 재결합 억제를 동시에 달성했음.
  - 이를 통해 염소 이온이 존재하는 조건에서도 높은 광전류 밀도와 안정성을 확보했으며, 태양 광 기반 수소 생산 기술 실용화를 위한 새로운 소재 설계 방향을 제시했음.
- 차별성
  - 기존 연구들이 증류수 기반 PEC 시스템에 집중한 것과 달리, 본 연구에서는 염화물이 포함된 실제 해수 조건에서 성능 향상에 초점을 맞췄음.
  - 단일 도핑 또는 단일 계면층 접근이 아닌, Sn 도핑과 MXene 계면 공학을 복합 적용해 전자 구조-전하 이동-계면 안정성을 동시에 개선했음.
  - Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> MXene의 전도성과 Schottky 접합 형성을 활용해  $\beta$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 낮은 전도도와 표면 부식 문제를 해결하는 시너지적 전략을 제시했음.
- 4
  - ◆ 연구 결과
    - 최적화된 전극(3% Sn 도핑, 50  $\mu$ L Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> 코팅)은 1.6 V HER에서 2.81 mA cm<sup>-2</sup>의 광전류 밀도를 기록했으며, 이는 기존  $\beta$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 대비 약 8.2배 향상된 수치였음. 200시간 연속 조사 후에도 91.5%의 초기 활성을 유지해 우수한 내식성과 내구성을 확인했음.
    - Mott-Schottky 분석에서 도너 농도가 6.9배 증가했고, EIS 결과 계면 전하전달 저항이 1791  $\Omega$ 에서 262  $\Omega$ 으로 감소했음.
    - Ti<sub>3</sub>C<sub>2</sub>T<sub>x</sub> 계면층은 반응 중 부분 산화되어 TiO<sub>x</sub>층으로 전환되었으나, 전자 추출 경로를 유지하면서 OER 활성점으로 작용하는 보호층 역할을 수행했음.
  - 한계
    - 현재는 소면적 전극 수준에 그치므로, 대면적 전극 제작 및 대량 제작 공정 연구가 필요함.
    - Sn 도핑 농도와 MXene 적층량 등 공정 최적화 파라미터에 대한 정량적 분석이 추가로 필요함.
    - 해수 내 불순물에 따른 장기적 부식 및 열화 메커니즘에 대한 추가 연구가 필요함.
    - 향후 모듈 수준의 시스템 통합 및 실증 연구를 통해 상용 PEC 수소 생산으로의 확장이 요구됨.



최상훈

Sang Hun Choi, Inhak Song, Wan Jae Dong,

2025. Recent progress of photothermal catalysts for carbon dioxide conversion *Energy Materials*, Choi et al. *Energy Mater.* 2025, 5, 500062

DOI: 10.20517/energymater.2024.227

• 연구의 의의

- 광열 촉매(Photothermal catalysis)는 빛과 열 에너지를 동시에 온화한 조건에서도 이산화탄소 (CO<sub>2</sub>)를 유용한 화합물질과 연료로 전환할 수 있는 유망한 기술임. 플라즈모닉 나노입자를 이용해 빛 흡수로부터 발생하는 고에너지 전자(핫 캐리어)와 국소적 가열 효과를 통해 반응의 활성화 장벽을 낮추고 반응 속도를 향상시킴.
- 이러한 광유도 산화-환원 반응과 열촉매 반응의 시너지로 에너지 소모를 줄이면서도 어려운 반응을 촉진할 수 있음.
- 본 리뷰에서는 최근 광열 촉매 소재의 발전과 이를 통한 CO<sub>2</sub> 전환 효율 향상 사례를 소개하고, 지속가능한 저탄소 에너지 전환을 위한 향후 과제와 전략을 논의함.

• 차별성

- 최근 광열촉매에 대한 연구동향을 정리가 되어있으며, 기후 위기, 지구온난화, 탄소중립을 위한 CO<sub>2</sub> 전환과 관련된 RWGS, CO<sub>2</sub> Methanation, DRM 반응을 중점적으로 소개함.
- 또한, 소개된 연구들에서 광열촉매의 효과를 어떻게 극대화 시켰는지 파악하고 최근 동향을 분석함.

5

• 연구 결과

- 광열 촉매의 작동 메커니즘과 촉매 설계 전략을 체계적으로 정리함. 플라즈몬 광흡수, 핫 캐리어 생성, 광자-포논 전환 및 국소 발열 효과가 주요 반응 메커니즘으로 제시되었으며, 효율적인 촉매 구현을 위해 재료 선택과 구조 최적화의 중요성이 강조됨.
- 금속-절연체 복합 구조와 나노입자 형태 조절을 통해 전하 분리와 열 보존이 향상될 수 있음이 확인됨. 또한 수열합성 및 갈바닉 치환법과 같은 대량 합성 기술은 산업적 확장 가능성을 보여줌.
- CO<sub>2</sub> 수소화 및 RWGS 반응을 중심으로 연구가 진행되어, Ru·Ni 기반 촉매의 장단점과 경제성 이슈가 논의되었으며, 촉매의 장기 안정성 향상을 위해 합금화, 표면 개질, 자가 재생형 촉매 설계가 제안됨.
- 최근에는 기계학습과 in-situ 분석기술을 통해 반응 메커니즘을 실시간으로 규명하려는 시도가 이루어지고 있음. 마지막으로, 연속 반응 단계를 통합한 탠덤 촉매 시스템이 향후 상용화를 위한 유망한 방향으로 제시됨.

• 한계

- 현재 나노 스케일에서의 국소 온도 측정이 어려워 열 효과 분석에 한계가 있으며, 기존의 많은 연구들은 광흡수와 전하 이동에만 초점을 맞추었고, 국소적인 열 효과의 역할은 간과되어 왔음.
- 향후 광촉매 효과(전하 캐리어 기인)와 열효과(국소 발열 기인)를 명확히 구분 및 분석이 필요함.
- 실제 태양광 조건에서의 촉매 성능 검증이 부족함. 또한 촉매의 장기 안정성과 경제성 확보가 여전히 해결되지 않은 주요 과제로 남아 있음.

홍지호

Jung Hoon Park, Seongkook Oh, Byung Chan Yang, Dong Hwan Kim, Cam-Anh Thieu, **Jeeho Hong**, Jeong Hwa Park, Jong-Ho Lee, Kyung Joong Yoon, Ho-Il Ji, Kang Taek Lee, Sungeun Yang\*, Ji-Won Son. (2025)

**Pushing the envelope of physical vapor deposited thin-film based solid oxide fuel cells for 500°C operation: Securing 1 W cm<sup>-2</sup> performance, 1000 h stability, scale up to 15 W power, and associated limitations.**

*Chemical Engineering Journal*. Vol. 515, 163441

DOI: 10.1016/j.cej.2025.163441

• 연구의 의의

- 고체산화물연료전지(SOFC)의 작동 온도를 500oC로 낮추면서도 1 W/cm<sup>2</sup> 이상의 고출력을 달성하여, 저온 구동형 SOFC의 상용화 가능성을 제시함.
- 고온(700oC 이상) 작동으로 인한 내구성 저하와 비용 문제를 해결하고, 이동형·소형 발전기 등 새로운 응용 분야로 확장할 수 있는 기반을 마련함.
- 물리적 기상 증착(PVD)을 활용해 나노 구조를 정밀 제어함으로써 전극 반응성과 이온 전도도를 동시에 향상시킴.
- 기존 세라믹 공정으로는 구현하기 어려운 얇고 균일한 박막 구조를 통해 기계적 안정성과 가스 차단성을 확보함.

6

• 차별성

- 마이크로 단위 다공성 애노드 지지체와 나노 단위 박막층을 결합한 멀티스케일 구조를 구현해 전극의 기계적 안정성과 반응 면적을 동시에 확보함.
- Ni-GDC 나노 기능층(n-AFL)을 도입해 전자·이온 복합전도체(MIEC) 특성을 구현하고, 전극 반응 효율을 크게 향상시킴.
- GDC-YSZ-GDC 삼중 전해질 구조를 통해 전자 누설을 억제하고 이온 전도도를 높임.
- 저-Ni(2 vol%) 애노드 설계를 통해 장기 구동 시 발생하는 Ni 돌출(protrusion) 문제를 근본적으로 억제함.
- 5×5 cm<sup>2</sup> 크기의 대면적 셀로 확장해도 성능 저하가 거의 없는 실규모 수준의 TF-SOFC를 구현함.

• 연구 결과

- 500oC에서 최대 출력밀도 1.04 W/cm<sup>2</sup> 를 달성함.
- 전해질의 면저항(ASR)은 기존 Bi-layer 구조 대비 0.157 → 0.082 Ω cm<sup>2</sup> 로 약 50% 감소함.
- 1000시간 장기 구동 후에도 열화율이 2.9 % kh<sup>-1</sup> 수준으로 매우 낮게 유지되었으며, 전극 구조의 손상이나 Ni 돌출 현상이 나타나지 않았음.
- 5×5 cm<sup>2</sup> 대면적 셀에서 총 출력 15.4 W를 기록하며, 소면적 셀과 동일한 수준의 성능을 유지함.
- Ni-GDC n-AFL, GDC-YSZ-GDC 전해질, LSC-HT 캐소드의 조합이 저온 고성능 SOFC 구현의 최적 구조임을 입증함.
- 기존 고온형 SOFC 대비 출력 향상, 내구성 확보, 제작 공정 단순화 등 다방면의 성능 개선을 동시에 달성함.

정종현

임예지, 정종현, Puspendu Guha, 이완재, 조인혁, 오설희, 김준석, 윤경중, 손지원, 이종호, 최시혁, 권덕황, 지호일, 양성은 (2025).

**Failure of protonic ceramic fuel cells (PCFCs) under gaseous Cr and CO<sub>2</sub> exposure and the introduction of a protective barrier layer for mitigation. *Journal of Materials Chemistry***

**A, 13, 11709-17719**

**DOI: 10.1039/D4TA06672C**

• 연구의 의의

- 양성자 전도성 물질을 이용한 연료전지의 상용화를 위해서는 안정성 문제를 해결해야함. 기존 연구들은 랩 스케일 단위의 이상적인 조건에서 (고순도 에어, 세라믹 지그) 장기 안정성을 평가하여 실제 구동 조건에서의 열화 현상을 관찰 할 수 없었음.
- 본 연구에서는 실제 상용 연료전지 구동 모사 조건 (공압 에어, 메탈 지그) 에서 연료전지를 구동하여 발생하는 열화 현상에 대해 알아보하고자 함.

7 • 차별성

- 실제 상용 모사 조건에서는 공기에 포함된 탄소중, 금속 지그에서 발생하는 Cr종 때문에 열화가 발생할 수 있음. 이산화탄소와 Cr 증기가 함께 공급될 경우 Ba 기반의 전해질이 급속히 분해되며 BaCO<sub>3</sub> 및 Ba-Cr oxide를 형성하는 것을 확인하였음.
- 기존 연구들에서는 이상적인 환경에서 성능을 높이기 위한 연구가 활발히 이루어졌음. 본 연구에서는 실제 조건에서의 열화 현상을 관찰하고 그 매커니즘을 제시함.
- 또한, 이러한 열화를 막기위해 PBSCF 소재의 barrier layer를 증착하여 안정성을 개선함.

• 연구 결과

- 실CO<sub>2</sub>과 Cr이 모두 존재하는 상용 모사 조건에서 barrier layer를 적용하지 않은 셀은 약 20시간 이내에 급격히 성능이 저하되며 셀 failure가 발생함. 이는 전해질 구조의 붕괴와 전해질-공기극 계면의 2차상 형성 때문이었음.
- PBSCF barrier layer를 적용하자 급격한 성능 저하는 발생하지 않았고, 500nm 두께의 barrier layer가 적용된 셀은 약 100시간 동안의 장기 평가 동안 안정된 전압을 나타내었음.
- 이러한 결과는 barrier layer가 효과적으로 CO<sub>2</sub> 및 Cr 종의 침투를 차단함으로써 전해질 분해 및 계면의 2차상 형성을 억제한다는 것을 실증함.

우가현

김재후, 우가현, 김민규, 박기홍, 박종혁, 한태희, 이해석, 이웅, 김재우. (2025).

**EMultifunctional High-Compaction Mwcnt/Gnp Hybrid Buckypaper: Unraveling Superior Conductivity for Broadband Emi Shielding and Instantaneous Joule Heating Applications. Vol. 58, 102545**

• 연구의 의의

- 본 연구는 다중벽 탄소나노튜브(MWCNT)와 그래핀 나노플레이트렛(GNP)을 결합하여 고밀도 (high-compaction) 구조의 복합 Buckypaper(BP)를 설계·제조하고, 이를 통해 CNT 집적 (aggregation) 문제와 구조적 안정성 한계를 동시에 극복하고자 함.
- 다양한 GNP 함량 변화에 따른 구조 및 미세구조 특성 분석을 수행하여, 전기·열적 성능이 극대화되는 최적 조성을 규명함.
- 전도성, EMI 차폐, Joule 발열 등 다기능성을 통합적으로 평가함으로써 복합 BP의 응용 가능성을 제시하였다. 특히 X-, Ka-, V-, W-밴드를 포함한 광대역 EMI 차폐 성능과 순간 Joule 발열 응답 특성을 실험적으로 검증함.
- 또한 실제 응용 환경을 고려해 유연성(flexibility), 안정성(stability), 응답속도(response speed) 등의 특성을 종합적으로 평가함으로써, 차세대 전자소자 및 열관리용 소재로서의 실용적 가능성을 확인함.

8 • 차별성

- MWCNT와 GNP의 복합화(hybridization)를 통해 조밀한 3차원 전도 네트워크를 형성하고, 전하 및 열 전달 효율을 향상시켜 기존 CNT 기반 BP의 성능 한계를 극복함.
- 광대역 EMI 차폐와 순간 Joule 발열이라는 상이한 기능을 단일 소재에서 동시에 구현하여, 다기능성 유연 전자소자 설계의 새로운 가능성을 제시함.
- GNP 함량 변화(예: 최대 75 wt%)에 따른 체계적 최적화를 통해 전도성(683% 향상), 열전도성 (190% 향상), EMI 차폐(126% 향상), 발열 성능(203% 향상)등 균형 잡힌 성능 향상을 달성함.
- 반사(reflection), 흡수(absorption), 투과(transmission) 메커니즘을 물리적·수학적 프레임워크로 분석하여 차폐 효율의 근본 원리를 규명함.

• 연구 결과

- GNP 첨가량 증가에 따라 전기 전도도 및 열전도도가 대폭 향상되었으며, 최적 조성(75 wt% GNP)에서 최고 효율을 기록함.
- X-, Ka-, V-, W-밴드 전 구간에서 우수한 광대역 EMI 차폐 효율을 달성하였고, 반사 및 흡수의 복합 메커니즘이 주요 차폐 원리로 작용함을 확인함.
- Joule 발열 시험에서는 빠른 온도 응답, 균일한 열 분포, 높은 안정성이 관찰되었으며, 200% 이상 향상된 발열 효율을 나타냄.
- 박막 형태의 우수한 유연성과 반복 구부림·발열 시험에서도 안정성이 확보되어, 유연 전자소자·웨어러블 열관리 시스템 등으로의 응용 가능성을 입증함.

#### 나. 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

- **(국내외 학술대회 발표 실적)** 해당기간 (2024년 9월~2025년 8월) 본 교육연구단의 참여대학원생은 국내외 학술대회에서 구두 또는 포스터 발표를 통해 63편의 발표 실적을 달성. 다음은 그 중 참여학생들의 학술대회 대표 업적을 소개함(참여대학원생 학술대회 발표 전체 목록은 Appendix 표2 참고). 학생들의 학술대회 발표 실적은 기술·정책·데이터를 잇는 융합 연구 역량을 입증하며, 증거기반 정책 설계와 계통·인프라 복원력 강화, 탈탄소 기술 고도화에 기여할 수 있는 성과 포트폴리오를 구축함.

이혜민, 하윤희, 조용성

**Renewable Energy and Energy Efficiency:  
A Structural Analysis of Energy Security and Economic Pathways**

- 학술대회: 한국환경경제학회
- 학술대회 주관기관: 한국환경경제학회
- 학술대회 기간: 2025년 8월 22일-23일

• **연구의 의의**

- 1990-2021년 OECD 34개국을 대상으로 신재생에너지와 에너지 효율성이 경제성장 및 에너지 안보에 미치는 구조적 경로를 실증적으로 규명. 기존의 단일 인과관계 분석을 넘어 SEM(구조방정식모형)을 통해 무역수지·가계소비·자본형성 등 매개변수의 간접효과를 통합적으로 분석
- 경제성장(Economic Growth)과 에너지 안보(Energy Security)를 동시에 고려한 다층적 정책 평가틀 제시

• **차별성**

- 에너지 효율성 측정을 에너지집약도(Intensity)대신 확률적 프런티어 분석(SFA)으로 수행하여 보다 정밀한 기술효율성 추정
- 에너지 안보를 동시에 종속변수이자 매개변수로 설정함으로써, 에너지 전환 정책의 복합적 상호작용 경로를 포착

1

• **연구 결과**

① 신재생에너지(RE)

분석 결과 신재생에너지는 GDP에 직접적인 영향 없음. 다만 고정자본형성을 매개로 한 간접 경로 통해 경제성장에 긍정적 기여 확인됨. 초기 단계에서는 생산성보다는 설비·인프라 확충 중심으로 진행되지만, 이 자본축적이 장기적으로 성장 기반으로 작용함을 보여줌. 시계열 분석에서는 신재생에너지 확대가 화석연료 순수입량 감소와 뚜렷한 반비례 관계 보임. 시간이 지남에 따라 점진적 대체효과 실현 중임.

② 에너지 효율성(EE)

에너지 효율성은 GDP에 유의한 정의 직접효과 보임. 동시에 에너지 안보 강화 및 자본형성 촉진을 매개로 다중 간접효과 확인됨. 에너지 효율성 향상이 생산성과 비용 절감 통해 경제 성장 직접 견인함. 화석연료 수입 의존도 낮추며 에너지 안보 강화함. 절감된 에너지 비용이 추가 자본투자로 이어지는 선순환 구조 형성함. 단순한 기술 효율 향상 넘어 경제 안정성과 지속가능성 높이는 성장 요인으로 작용함.

③ 종합 시사점

지속가능한 성장과 에너지 안보 강화를 위해 신재생에너지 확대와 에너지 효율성 개선 병행 필요함. 신재생에너지는 중·장기적으로 자본 축적과 에너지 대체효과 통해 성장 기반 마련함. 에너지 효율성은 단기적으로 생산성 향상과 비용 절감 통해 경제 경쟁력 강화함. 향후 에너지 전환 정책은 기술·경제·무역 등 다차원적 경로 통합 고려 필요함. 두 요소의 상호보완적 효과 극대화하는 방향으로 설계 요구됨.

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
2	<p style="text-align: center;"><b>박재형, 우종률</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Social Acceptability of Climate-Change Adaptation Policies in South Korea: a Contingent Valuation Method</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 학술대회: East Asian Economic Association International Convention</li> <li>• 학술대회 주관기관: East Asian Economic Association</li> <li>• 학술대회 기간: 2022년 8월 27일-28일</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구의 의의</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 국가 수준의 정책 중 일부과제에 대해 조건부가치평가법(contingent valuation method)을 적용, 국민들의 지불의사액(willingness to pay)를 추정함으로써 간접적으로 정책에 대한 국민의 선호도라는 사회적 수용성을 측정할 수 있는 방안을 제시함.</li> <li>- 나아가 정책 간 비교와 예산 수립 시 이를 활용함으로써 기후변화 적응 정책 추진의 추동력 확보에 기여할 수 있음.</li> </ul> </li> <li>• <b>차별성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선행연구의 경우 정책이 아닌 주로 프로그램 수준에 조건부가치평가법을 적용하거나, 단일 정책에만 적용한 사례가 많았음.</li> <li>- 본 연구는 첫째, 국가수준의 정책에 대해 조건부가치평가법을 적용하였고, 둘째, 기후변화 적응 정책 중에서 상대적으로 국민에게 많이 알려진 기후변화에 대비한 홍수관리 정책과 기후변화 취약계층 보호 강화 정책을 대상으로 조건부가치평가법을 적용하여 이 2개 정책에 대해 현재 기준의 사회적 수용성을 판단하고자 하였음.</li> <li>- 아울러 지불거부자 중 지불저항응답자 비율이 높을 경우 이들을 제외하지 않고 통계적으로 처리할 수 있는 스파이크 모형을 적용함.</li> </ul> </li> <li>• <b>연구 결과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가구당 연평균 기준으로 기후변화에 대비한 홍수관리 정책에 대해서는 약 27,457원, 기후변화 취약계층 보호 강화 정책에 대해서는 약 25,854원의 지불의사액이 각각 도출되었고, 이를 실제 전국 기준 가구수를 곱한 국가 단위의 편익은 각각 각각 약 5,736억원, 약 5,401억원으로 추정됨.</li> <li>- 이러한 지불의사액에 정(+)의 영향을 주는 공변량으로는 이상기후로 인한 피해 경험, 기후변화에 대한 관심, 소득수준, 여당 선호인 것으로 나타남.</li> <li>- 상기에 도출된 국가 단위의 편익을 실제 2021년에 책정된 예산과 비교해보면 편익 대비 예산 비중은 기후변화에 대비한 홍수관리가 77.55%이나 기후변화 취약계층 보호 강화는 4.46%로 기후변화 취약계층 정책에 대한 수용성은 높은 반면 예산은 그만큼 배정이 안되고 있음을 확인할 수 있었음.</li> </ul> </li> </ul>

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
3	<p style="text-align: center;"><b>김용환, 김경남</b></p> <p style="text-align: center;"><b>The Conceptual Framework of Korea's Decarbonization Policy from an Economic and Innovative Perspective</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 학술대회: The 13th Asia-Pacific Forum on Renewable Energy (AFORE 2024)</li> <li>• 학술대회 주관기관: The Korean Society for New and Renewable Energy</li> <li>• 학술대회 기간: 2024년 11월 5일-9일</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구의 의의</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 탈탄소화 목표 달성 과정에서 정책의 일관성을 강화하고, 다양한 정책 수단들이 어떻게 상호작용하여 결과에 영향을 미치는지 이해하는 데 중요한 통찰력을 제공함.</li> </ul> </li> <li>• <b>차별성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선행연구가 주로 개별 정책의 효과 분석에 초점을 맞춘 반면, 본 연구는 정책 수단들이 복잡한 방식으로 어떻게 상호작용하고 작동하는지 이해하기 위해 '혼합 단위 정책 분석(mixed-unit policy analysis)'을 시도함.</li> <li>- 특히 경제적, 혁신적 관점에서 한국의 탈탄소 정책 수단들의 상호작용을 분석하는 데 초점을 맞춤.</li> </ul> </li> <li>• <b>연구 결과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- '탈탄소 지원', '기술 혁신', '재생에너지 보급', '에너지 효율', 'CO2 감축'의 5가지 핵심 요소로 구성된 프레임워크를 개발하여 교통, 산업, 가정 3개 부문에서 정책 수단 간의 상관관계를 분석함.</li> <li>- 피어슨 상관관계수 및 크론바흐 알파 분석을 통해 정책 수단 간의 연계성과 일관성을 검증한 결과, '기술 혁신', '재생에너지 보급', '에너지 효율' 요소 내의 하위 지표 간에는 높은 상관관계가 나타남.</li> <li>- 반면, 'CO2 감축' 요소 내에서는 상관관계가 낮게 나타났으며, 이는 에너지 전환을 위한 노력과 실제 CO2 감축 목표 간의 연계가 불충분함을 시사함.</li> <li>- 따라서 재생에너지 발전과 에너지 효율 개선을 CO2 감축과 효과적으로 연결하기 위해 추가적인 정책 수단의 통합과 조정이 요구됨.</li> </ul> </li> <li>• <b>한계</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상관관계 분석으로 인과관계를 추정할 수 없음.</li> </ul> </li> </ul>

양예하, 우종률

**Shifting Behavior, Shaping Grids:  
Appliance-Level Residential Demand Response**

- 학술대회: 46<sup>th</sup> IAEE Interational Conference
- 학술대회 주관기관: International Association for Energy Economics (IAEE)
- 학술대회 기간: 2025년 6월 15일-18일

• **연구의 의의**

- 본 연구는 재생에너지 발전 비중 증가에 따라 중요성이 커지는 전력망 안정성 문제를 주택 부문의 수요반응(DR)을 통해 해결할 방안을 구체적으로 제시하였다는 점에서 그 의의를 찾을 수 있음.
- 특히, 개별 가전기기 수준에서 소비자의 보상 요구액(WTA)과 부하 이동 패턴을 분석하고, 이를 실제 국내 DR 프로그램에 적용하여 시뮬레이션함으로써 현행 제도가 지닌 잠재적 문제점을 과학적으로 규명함.
- 연구 결과는 향후 전력 시스템 안정성을 저해하지 않으면서 부하 평준화 효과를 극대화할 수 있는 정교한 DR 보상 체계 및 정책을 설계하는 데 중요한 기초 자료로 활용될 수 있을 것임.

4

• **차별성**

- 전환 기존 연구 대다수가 특정 시간대의 최고 수요를 낮추는 '최대 부하 감축'에 초점을 맞추었던 것과 달리, 본 연구는 하루 전체의 전력 수요 곡선을 완만하게 만드는 '부하 평준화' 효과 까지 분석의 범위를 확장함. 이는 변동성이 큰 재생에너지원의 안정적인 계통 연계를 위해 필수적인 접근 방식으로 평가될 수 있음.
- 가구 전체의 총 전력 소비량이라는 거시적 관점에서 벗어나, 식기세척기, 건조기, 세탁기 등 개별 가전기기 단위의 미시적 수준에서 부하 감축 및 이동 패턴을 심층적으로 분석함. 이를 통해 기기별로 수요반응 참여에 대한 소비자의 수용성(WTA)과 실제 전력망에 미치는 효과상 이함을 실증적으로 밝혔으며, 이는 기존 연구에서 심도 있게 다루어지지 않았던 부분임.

• **연구 결과**

- 소비자가 DR 프로그램에 참여하는 대가로 요구하는 최소 보상금액(WTA)은 가전기기의 종류에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보임. 또한, 최대 부하 감축과 부하 평준화에 기여하는 효과 역시 기기별로 다르게 나타남.
- 사용 시간대를 피크 시간대에서 완전히 다른 시간으로 옮기는 '사용 시간 이동(Usage Time Shifting)'의 경우 식기세척기와 건조기가 핵심적인 역할을 하는 것으로 분석됨. 반면, 특정 시간대의 부하를 인접 시간으로 분산시키는 '부하 이동(Load Shifting)'에서는 세탁기와 밥솥의 영향력이 더 큰 것으로 나타남.
- 국내 DR 프로그램을 기반으로 시뮬레이션을 수행한 결과, 1,500원/kWh의 보상 단가는 다수의 참여를 유도할 수는 있으나, 참여자들이 비슷한 시간대로 전력 사용을 집중시키면서 의도치 않은 새로운 피크 부하를 유발할 수 있는 위험이 존재하는 것으로 밝혀짐. 이는 전력망 안정화를 목표로 하는 DR 제도가 오히려 시스템 불안정성을 가중시킬 수 있음을 의미하는 것으로 해석됨. 따라서 현행 보상 체계를 재설계하고, 가전기기별 부하 감축이 적절한 시간대로 분산 되도록 유도하는 정책적 보완이 필요하다고 판단됨.

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
5	<p style="text-align: center;"><b>한승희, 김여원</b></p> <p style="text-align: center;"><b>합성 네트워크 기반 도시 전력-수도 시스템에서 분산 전원의 극한 기후 대응 영향 분석</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 학술대회: 2025년 한국수자원학회 학술발표회</li> <li>• 학술대회 주관기관: 한국수자원학회</li> <li>• 학술대회 기간: 2025년 5월 21일-23일</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구의 의의</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 도시 전력-수도 복합 인프라를 하나의 합성 네트워크로 모델링하여, 극한기후 상황에서의 상호 의존성 기반 취약성을 구조적으로 진단함.</li> <li>- 중개중심성(병목), 군집계수(대체경로), 단절점 등 네트워크 지표로 정책·투자 우선순위를 정량화해 제시함.</li> <li>- 분산전원을 물-전력망 회복탄력성 수단으로 가정하고, “물 노드의 전력 접근성 보장과 단절 최소화”라는 이중 목표를 최적화로 구현해 실무적 배치 원칙을 제안함.</li> </ul> </li> <li>• <b>차별성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 선행연구는 분산전원의 최적의 용량, 분산전원 믹스의 최적 신재생에너지 종류의 전력망 단일의 연구가 많았음. 본 연구는 전력망만이 아니라 정수장, 취수장, 배수지 등 물 인프라를 함께 노드화하여 교차부문 병목을 식별함. 서울·수도권을 대상으로 한 대규모 실제 지리·설비 기반의 토폴로지 분석과 시뮬레이션을 결합함.</li> <li>- 분산전원 배치를 다목적 Greedy 최적화로 공식화해, 물 노드 전력공급과 단절점 감소를 통한 구조적 복원력을 동시에 개선함.</li> </ul> </li> <li>• <b>연구 결과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전력 - 수도 합성망은 전역적으로 군집계수가 낮으므로 대체 경로가 부족하고 특정 허브에 의존도가 높은 병목이 형성되어 있음. 이런 구조에서는 단일 고장도 전력에서 수도로, 수도에서 전력으로 교차 전파되며 장애 규모가 커질 수 있으며, 특히 피크부하·폭우 같은 스트레스 상황에선 중개중심성이 급상승해 연쇄 고장으로 이어질 가능성이 큼.</li> <li>- 서울 남부 축과 전력-수도 경계부에 단절점이 밀집해, 한 지점의 장애로 다수 물 인프라의 전력 경로가 동시에 단절될 수 있음. 반면 동북부·외곽은 장거리 경로 의존으로 작은 단선에도 고립 현상이 쉽게 발생함. 결국 병목과 단절 후보가 지리적으로 겹치는 구간이 리스크의 핵심 축이 됨.</li> <li>- 시나리오 기준 분산전원 123기 배치로 모든 정수장·취수장·배수지가 최소 1개 이상의 대체 전력 경로를 확보했고, 단절점은 약 36% 감소함. 병목 집중도 완화와 함께 평균 경로 길이 단축·군집계수 상승이 나타나, 일상 운전과 비상 상황 모두에서 복원력 개선을 확인함. 따라서 분산전원은 단순 예비전원이 아니라 교차부문 병목을 해소하는 네트워크 자산이며, 병목 완화와 단절 최소화 기준을 적용하면 한정 예산에서도 투자 효율을 높일 수 있음.</li> </ul> </li> <li>• <b>한계</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 실제 계통운영 제약, 선로 용량, 보호계전, 수리/운영 스케줄 등과 수력·열 제약을 단순화하여 반영함.</li> <li>- 계절·시간대 수요변동과 사고 동시다발성에 대한 동적 시뮬레이션은 제한적임.</li> </ul> </li> </ul>

박지혜, 전용석

**Surface-Modified MXene via Molten Salt Method for the Fabrication of Lithium-Ion Capacitors**

- 학술대회: The 23rd International Symposium on Eco-materials Processing and Design
- 학술대회 주관기관: International Symposium on Eco-materials Processing and Design
- 학술대회 기간: 2025년 1월 13일-16일

• **연구의 의의**

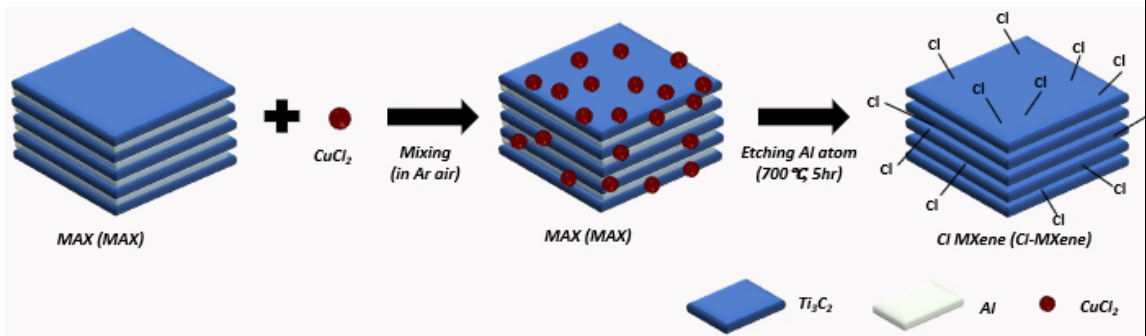
- 본 연구는 HF를 사용하지 않는 친환경적 molten salt 공정을 통해 표면 기능이 개질된 Cl-terminated MXene ( $Ti_3C_2Cl_2$ )을 합성하고, 이를 리튬이온 커패시터(LIC) 전극 소재로 적용함.
- 기존 HF 기반 MXene 제조 방식의 환경·안전 문제를 극복하면서도, 고전도성·층상구조 특성을 유지하여 차세대 에너지 저장 장치의 핵심 소재로서 MXene의 응용 가능성을 확장함.
- 특히 고출력·고에너지 밀도가 요구되는 스마트 그리드, 전기차, 재생에너지 연계 시스템에서 중요한 역할을 할 수 있는 기술적 기반을 제시함.

• **차별성**

- 선행 연구들이 HF 에칭 기반의 MXene에 집중된 것과 달리, 본 연구는  $CuCl_2$  용융염 기반의 HF-free 합성법을 적용하여 Cl 종단기(termination group)를 갖는 MXene을 제조함으로써 공정 안전성·친환경성을 확보함.
- XRD, FT-IR, SEM, EDS 및 XPS 분석을 통해 Al 층의 선택적 제거와 Cl 종단기 형성이 성공적으로 검증되었으며, 이로 인해 이온 전달성이 개선되어 에너지 저장 성능 향상으로 이어짐.
- 나아가 동일한 MXene 구조 내에서 표면 종단기만을 제어하여 전자·이온 전도 특성의 미세 조절이 가능함을 실험적으로 입증함.

• **연구 결과**

- 전기화학 성능 평가 결과, Cl-MXene 전극은 기존 F-MXene 대비 장시간 방전 특성, 더 높은 에너지 밀도 및 비정전용량을 나타냄.
- CV 및 GCD 분석을 통해, Cl 종단기가 전하 이동 저항 감소 및 이온 수송 촉진 효과를 유발한다는 점이 확인됨.
- 특히 전력·에너지 밀도 간의 균형 향상으로, 고속 충·방전이 필요한 LIC 적용에 매우 유리한 특성을 보임.
- 이는 Cl-MXene이 기존 MXene 기반 소재 대비 우수한 전극 후보임을 강력히 시사함.



6

최상훈, 김은지, 이정훈, 이열림, 송인학

### Influence of Praseodymium Doping on Interaction Between Metal and Support in CO<sub>2</sub> Methanation

- 학술대회: 20th Japan-Korea symposium on Catalysis
- 학술대회 주관기관: 일본 촉매학회(Catalysis Society of Japan, CATSJ)
- 학술대회 기간: 2025.05.19.-22.

#### • 연구의 의의

- 본 연구는 저온 CO<sub>2</sub> 메탄화 반응에서 촉매의 활성 금속(Ni)과 지지체(CeO<sub>2</sub>) 간의 상호작용에 미치는 프라세오디뮴(Pr) 도핑 효과를 규명하기 위해 수행됨.
- Nickel 촉매는 상대적으로 고온에서 수소활성을 보여 낮은 온도에서 활성을 높이기 위한 연구가 필요함.
- 본 연구에서는 환원성이 뛰어난 Pr을 CeO<sub>2</sub>에 도핑하여 낮은 온도에서 산소 공공을 생성하고, 약염기성 부위를 통해 CO<sub>2</sub>의 수소화를 촉진할 가능성을 탐색함. 이를 통해 금속-지지체 간 상호작용 조절을 통한 저온 메탄화 반응 효율 향상 가능성을 제시하고자 함.

#### • 차별성

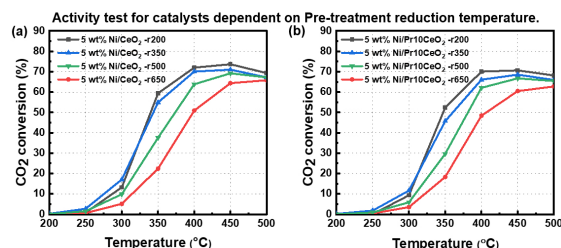
- 기존 연구는 주로 CeO<sub>2</sub>의 형태 제어(morphology control)나 귀금속 도핑을 통한 활성 향상에 집중한 반면, 본 연구는 Pr 도핑을 통한 상호작용(Metal-Support Interaction) 조절에 초점을 둠.
- Pr 도핑 후 XRD 분석에서 Pr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 상이 나타나지 않고 CeO<sub>2</sub> 격자 피크 이동이 관찰되어 Pr이 성공적으로 CeO<sub>2</sub> 격자 내에 도입되었음을 확인함. 또한 H<sub>2</sub>-TPR 분석 결과, Pr 도핑은 지지체의 저온 환원성 향상을 유도하였으며, Pr 함량이 증가할수록 NiO의 환원 온도가 상승하여 금속-지지체 간 결합이 강화됨을 나타냄. 이는 기존의 단순한 산소 공공 증가 연구와 달리, 도핑 농도에 따른 금속-지지체 상호작용의 세밀한 조절 가능성을 제시하는 것임.

#### • 연구 결과

- Pr 도핑은 CeO<sub>2</sub>의 산소 공공 형성을 촉진시켜 지지체의 환원성을 향상시켰으나, Pr 함량 증가 시 NiO의 환원 온도가 상승하면서 금속-지지체 상호작용이 형성됨.
- CO<sub>2</sub>메탄화 활성 실험 결과, Pr 도핑에 따른 활성은 크게 향상되지 않았으며, 이는 과도한 전자 밀도가 표면에 형성되어 수소 확산(hydrogen spillover)이 억제된 결과로 해석됨.
- 추가적으로 Ni 입자 크기를 20~25 nm에서 9~11 nm로 제어한 후 활성 실험을 수행한 결과, CO<sub>2</sub> 전환율이 각각 63.7%(Ni/CeO<sub>2</sub>), 65.7%(Ni/Pr10CeO<sub>2</sub>)로 향상되어, 활성 금속 노출 면적 증가로 인한 수소 활성화를 증대시키는 방안이 반응성 향상에 결정적임을 확인함.

#### • 한계

- 본 연구에서 Pr 도핑은 지지체의 구조적 변화와 산소 공공 형성에는 긍정적인 영향을 주었으나, 수소 확산 억제에 따른 메탄화 활성 저하가 관찰됨.
- 또한 도핑 농도별 전자적 효과의 정량적 분석이 부족하며, Ni 함량 및 환원 조건에 따른 반응 메커니즘이 완전히 규명되지 않음.



이창승, 김진영

**Modulation of Ru-adsorbate interactions by sodium doping in RuO<sub>2</sub> with improved oxygen evolution reaction in acidic media**

- 학술대회: 23rd International Nanotech Symposium & Nano-Convergence Expo
- 학술대회 주관기관: 산업통상자원부 & 과학기술정보통신부
- 학술대회 기간: 20250702 - 20250704

• **연구의 의의**

- RuO<sub>2</sub> 는 대표적인 산소발생반응(Oxygen Evolution Reaction, OER) 촉매로서 높은 본질적 활성도를 가지지만, 전위 상승 시 발생하는 과산화 종(OO\*, OOH\*) 축적 및 금속-산소 결합의 불안정화로 인해 구조 붕괴가 유발되어 내구성이 제한됨.
- 본 연구는 이러한 문제를 근본적으로 해결하기 위해 Na 도핑을 통한 RuO<sub>2</sub> 의 전자 구조 및 결합 안정성 조절을 시도함. Na<sup>+</sup> 이온은 격자 내 전하 보상 역할을 수행하며, Ru의 산화 상태 및 산소 공공(oxygen vacancy)의 농도를 제어함으로써 LOM(Lattice Oxygen Mechanism) 경로의 안정화를 유도함. 이로써 기존의 금속 중심 OER 반응 경로(M-OOH\*) 대비 보다 낮은 과전압에서의 산소 생성 활성과 장기 전기화학적 안정성 확보가 가능함.
- 또한, 본 연구는 단순한 성능 향상을 넘어 촉매 활성과 내구성을 동시 개선할 수 있는 전자 구조 설계 원리를 제시한다는 점에서, 차세대 고안정성 OER 촉매 개발의 중요한 기초 연구로서 의의를 가짐.

8

• **차별성**

- 기존 RuO<sub>2</sub> 기반 촉매 연구는 주로 Ir, Co, Ni 등의 전이금속 혹은 비금속(Se, S, P 등) 도핑을 통한 활성점 조절에 초점이 맞추어져 왔으나, 본 연구는 알칼리 금속(Na) 도핑이라는 새로운 전자 보상 접근법(electronic compensation approach)을 도입함.
- Na<sup>+</sup>의 낮은 전하 밀도와 큰 이온 반경은 결정 격자 내에서 Ru-O 결합의 전자 밀도 재분배를 유도하여 산소 결합 세기(O-p band center)와 Ru의 d-밴드 충전도를 조절함. 이러한 전자적 효과는 LOM-OVSM(Oxygen Vacancy Stabilization Mechanism) 경로를 안정화하여, 활성과 안정성 간의 상충 관계(trade-off)를 완화함.
- 특히, 본 연구는 Na 도핑이 RuO<sub>2</sub> 의 구조적 안정성, 표면 전하 이동 특성, 그리고 산소 결합 역학에 미치는 영향을 XRD, TEM, XPS, EELS, XAS 등 다각도의 실험으로 검증함으로써, “알칼리 금속 도핑을 통한 전자-구조적 안정화 전략”을 체제시킨 연구 중 하나로서 학문적 차별성을 가짐.

• **연구 결과**

- Na 도핑은 10 mA/cm<sup>2</sup>의 전류 밀도에서 과전위를 192 mV 감소시켰다. 또한, 10 mA/cm<sup>2</sup> 전류 밀도에서의 chronopotentiometric 안정성은 65시간으로, 상용 RuO<sub>2</sub> 에 비해 약 5.4배 향상된 내구성을 보여줌.
- 이러한 결과는 Na 도핑이 산성 조건에서 RuO<sub>2</sub> 의 OER(산소 발생 반응) 활성과 내구성을 모두 향상시킨다는 것을 잘 보여줌.

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
9	<p style="text-align: center;">홍지호, 손지원, 양성은</p> <p style="text-align: center;"><b>Nickel diffusion in ceria electrodes for electrode optimization and enhanced electrochemical reaction rates</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 학술대회: 2025 한국세라믹학회 춘계학술대회</li> <li>• 학술대회 주관기관: 한국세라믹학회</li> <li>• 학술대회 기간: 2025년 04월 16~18일</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구의 의의</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고체산화물연료전지(SOFC)의 저온 작동 한계를 극복하기 위해, 니켈(Ni)의 확산 거동을 이용한 세리아(GDC) 전극 구조 최적화 방법을 제시함.</li> <li>- 기존 Ni 도핑 기반 전극의 불균일성과 열적 불안정성을 개선하고, 확산을 통해 금속-세라믹 계면(Metal-MIEC interface)의 전하 전달 통로를 확장함.</li> <li>- Ni 확산 기반 전극 자기 최적화(Self-optimized electrode) 개념을 도입하여 전극 반응의 내구성과 반응속도 향상을 동시에 달성함.</li> </ul> </li> <li>• <b>차별성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 단순 도핑이나 증착이 아닌 Ni 확산(diffusion)을 활용한 전극 구조 재편성 기법 제시</li> <li>- in-situ(Ni 도핑)과 ex-situ(Ni 증착) 촉매의 시너지 효과를 이용해 전극 내부 활성 부위 밀도 및 계면 반응성을 정밀 제어함.</li> <li>- Ni-coated 2.5Ni-GDC 전극에서 활성화 에너지(Ea) 0.12 eV 달성 - 기존 대비 약 70% 저감.</li> <li>- 금속-MIEC-H<sub>2</sub> 변형 이중상 경계(MDB, Modified Double-phase Boundary) 개념을 제시하여 H<sub>2</sub> 산화 반응 메커니즘의 근본적 가속 원리를 규명함.</li> </ul> </li> <li>• <b>연구 결과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ni 확산 전후 비교에서 Pure-GDC 및 0.3Ni-GDC 전극의 임피던스 절반 이하 감소 확인</li> <li>- Ni-coated 2.5Ni-GDC 전극은 가장 큰 Ni 입자 크기를 보이며, 500-650°C 범위에서 안정적 분극 저항 유지 및 초저활성화에너지(0.12 eV) 기록</li> <li>- GI-XRD, Raman, TEM-EDS 분석을 통해 Ni 확산이 산소 공공(Vo) 농도 증가 및 전극 반응 부위 확장에 기여함을 확인</li> <li>- 결과적으로 Ni 확산을 매개로 한 전극 구조의 자기 최적화(Self-optimization)가 SOFC의 저온 구동성과 내구성 향상에 효과적임을 입증함</li> </ul> </li> </ul>

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
10	<p style="text-align: center;"><b>정종현, 손지원, 양성은</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Comparative Analysis of SOFC and PCFC Performance in Direct Ammonia Fuel Cells</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 학술대회: 2025년 춘계 한국 세라믹 학회</li> <li>• 학술대회 주관기관: 한국세라믹학회</li> <li>• 학술대회 기간: 2025년 4월 16일-18일</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구의 의의</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 직접 암모니아 연료전지에 사용되는 산소이온 전도성 전해질과 양성자 전도성 전해질의 성능을 동일한 조건, 동일한 셀 구성에서 직접 비교한 첫 연구로서 양성자 전도성 전해질 물질이 왜 암모니아 분해에 효과적인지 밝혀내기 위한 기초 평가를 진행함.</li> </ul> </li> <li>• <b>차별성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 암모니아를 직접 이용하여 구동하는 직접 암모니아 연료전지는 주로 700도 이상의 고온에서 구동하는 SOFC를 중심으로 연구가 많이 이루어짐.</li> <li>- 최근에는 좀 더 낮은 온도에서 구동하기 위해 여러 촉매를 도입하는 등 많은 시도가 이루어지고 있음. 양성자 전도성 전해질 물질은 저온에서도 산소이온 전도성 전해질만큼 높은 이온 전도도를 가지기 때문에 저온형 연료전지로써 많은 연구가 이루어짐.</li> <li>- 양성자 전도성 전해질 연료전지를 이용할 경우 암모니아 분해율이 산소이온 전도성 전해질 연료전지보다 높았고, 수소 성능 대비 암모니아 성능도 유사하게 나타나는 결과들이 보고되었음.</li> <li>- 따라서 본 연구에서는 동일한 구성의 셀을 이용하여 성능 및 암모니아 분해율에 대한 기초 데이터를 확보하였고, 차이점을 분석하고자 함.</li> </ul> </li> <li>• <b>연구 결과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연료전지 평가 전, 연료극 조성의 파우더를 이용해 암모니아 분해율 측정을 수행함. Ni-YSZ, Ni-GDC 기반의 산소이온 전도성 전해질 물질에 비해 Ni-BCZYYb 물질은 전 온도대에서 매우 높은 암모니아 분해율을 나타냄.</li> <li>- 연료전지 평가에서도 그 결과는 동일하게 나타남. Ni-YSZ 셀은 600도에서 38%의 암모니아 분해율을 보인 것에 비해 Ni-BCZYYb 셀은 600도에서 97%의 높은 분해율을 나타냄. 이는 직접 암모니아로 구동하였을 때 성능 및 저항 성분에서도 차이를 발견할 수 있었음.</li> <li>- Ni-YSZ와 Ni-BCZYYb 셀은 600도에서 약 300mW/cm<sup>2</sup> 로 유사한 수소 성능을 나타냈고, 암모니아로 구동시 Ni-YSZ는 약 200mW/cm<sup>2</sup>의 성능을 보였지만 Ni-BCZYYb는 수소성능과 거의 유사한 성능을 나타냄.</li> <li>- 또한 저항성분 비교시, Ni-YSZ 셀은 전극의 반응 영역에 해당하는 저항이 증가하였지만, Ni-BCZYYb 셀에서는 수소 구동시와 동일한 저항 그래프를 나타냄.</li> </ul> </li> </ul>

강장훈, 고성현, 최원용, 김창수

### Prediction of pKa of Amines Using Graph Neural Networks

- 학술대회: 2025년도 춘계 총회 및 학술대회
- 학술대회 주관기관: 한국공업화학회
- 학술대회 기간: 2025.06.02.~2025.06.05

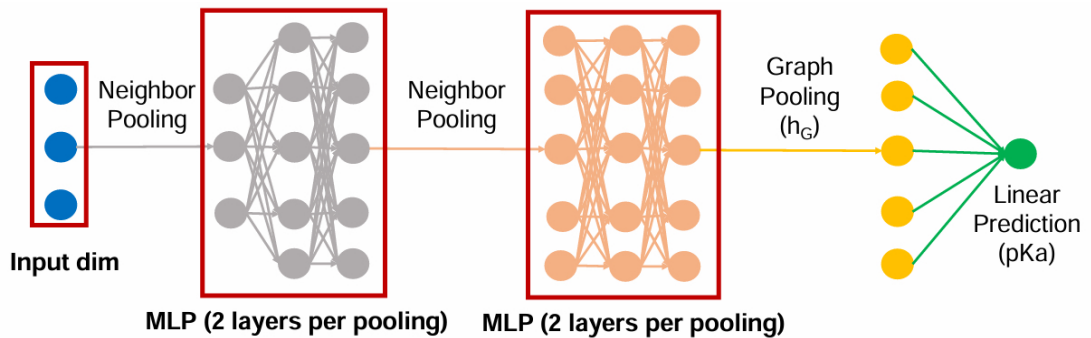
- 연구의 의의

- 대기의 이산화탄소 농도 증가로 인해 지구의 평균기온이 상승하고 있는 추세임. 대기 중 이산화탄소 ( $\text{CO}_2$ ) 농도의 증가 문제를 해결하기 위한 유망한 접근법 중 하나는, 수소화 반응을 통해 대기 중  $\text{CO}_2$  를 포름산(Formic Acid, FA)과 같은 유기화합물로 전환하는 것임.

- 차별성

- 이 반응을 효율적으로 수행하기 위해서는,  $\text{CO}_2$  를 효과적으로 포집하고 분리할 수 있는 적절한 아민(amine)을 찾는 것이 중요함.
- 아민은 분자 구조에 따라 pKa, 끓는점 등 다양한 물리적·화학적 특성이 달라지며, 이러한 특성은  $\text{CO}_2$  포집 성능에 직접적인 영향을 미침.
- 이러한 맥락에서, 우리는 여러 아민의 분자 구조로부터 이러한 특성을 예측하기 위해 그래프 신경망(Graph Neural Network, GNN) 기반의 예측 모델을 개발함.

- 연구 결과



- 한계

- 모델 내에서의 가장 큰 문제점은 데이터셋 수가 적다는 것임. 후에 많은 유기 분자 데이터베이스를 구축하고 그것을 모델에 반영하여 오차를 계속 줄여나갈 예정임.

11

**다. 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성**

- **(특허)** 참여 대학원생들이 교수진의 연구과제 수행 과정에서 기술 개발 및 실험 설계 단계에 적극적으로 참여하여 연구의 실용화 및 기술이전 가능성을 높이는 성과를 거두었음. 특히, 특허 등록은 장기간의 연구 축적과 심사 절차를 요하는 만큼, 대학원생이 직접 참여하여 등록 실적을 낸 것은 의미 있는 성과로 평가됨.
- 평가기간 내 학생이 참여한 4건의 특허가 등록되었으며(표 II-10). 또한, 신기술 창출을 위한 추가 연구개발이 활발히 진행 중으로, 1건의 신규 특허 출원이 된 상태임(표 II-11). 이러한 특허 등록 및 출원 성과는 대학원생이 단순한 연구보조 단계를 넘어 창의적 연구 성과의 공동개발자로 성장할 수 있는 실질적 교육 효과를 보여주는 사례로, 연구 중심 대학원으로서의 경쟁력 강화에 기여함.

<표 II-10> 최근 1년간(2024.9.1.-2025.8.31.) 참여학생 특허 등록실적

연번	연도	항목	등록 국가	등록일자	등록번호	발명의 명칭	등록인 구분	발명인 명
1	2024	국내특허	대한민국	2024.11.04		광 가이드 투명 태양전지를 이용한 자가 충전 투명 슈퍼캐패시터 구조	고려대학교 산학협력단	전용석,안정현, 정무영
2	2024	국내특허	대한민국	2024.11.04		스페이서가 적용된 투명 슈퍼캐패시터 구조	고려대학교 산학협력단	전용석,오용석, 조효빈,정무영
3	2025	국내특허	대한민국	2025.02.03		전기화학 소자용 전극재	고려대학교 산학협력단	전용석,이찬용, 오용석,정무영
4	2025	국내특허	대한민국	2025.06.02		이중층수산화물-맥신 복합체를 이용한 투명 슈퍼캐패시터 전극 및 이의 제조방법	고려대학교 산학협력단	전용석,이찬용, 정무영

<표 II-11> 최근 1년간(2024.9.1.-2025.8.31.) 참여학생 특허 출원실적

연번	연도	항목	출원 국가	출원일자	출원번호	발명의 명칭	등록인 구분	발명인 명
1	2025	국내특허	대한민국	2025.02.12		굴 껍데기를 활용한 자연 친화적 방파제 및 인공 암초	고려대학교 산학협력단	김여원, 박지윤, 강성은

- **(기술이전)** 본 교육연구단 소속 참여대학원생 중 지난 사업년도 동안 기술이전을 직접 기획하거나 완료한 사례는 없었음. 다만, 교내 산학협력단 산하 기술산업화센터에서 대학원생을 대상으로 특허·기술이전 절차 및 실무 관련 교육을 지속적으로 운영하고 있으며, 본 교육연구단은 관련 분야에 관심 있는 학생들이 해당 프로그램에 참여할 수 있도록 안내 및 연계를 강화하고 있음. 이를 통해 대학원생들이 향후 연구 성과의 사업화 가능성을 인식하고, 기술이전 프로세스 전반에 대한 이해도를 높일 수 있는 기반을 마련함.
- **(창업)** 본 교육연구단 참여대학원생 중 지난 사업년도에 창업을 기획하거나 완료한 사례는 현재까지 없음. 그러나 교내 산학협력단과 크립슨창업지원단을 중심으로 대학원생 대상 창업 교육과 지원 프로그램이 활발히 운영되고 있으며, 창업에 관심 있는 학생들에게 관련 정보를 지속적으로 제공하고 참여를 독려하고 있음. 이러한 교내 창업·사업화 지원체계는 향후 참여대학원생의 연구성과가 실질적인 기술기반 창업으로 확장될 수 있는 토대를 제공하고 있으며, 교육연구단의 산학연 연계형 혁신 역량 강화에도 기여하고 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
- (크림슨창업지원단) 현재 교내 크림슨창업지원단에서는 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 (2024.9.1.~2025.8.31.) 총 3명의 신진인력을 확보함(표 II-12).

<표 II-12> BK21 4단계 사업 우수 신진연구인력 현황 (2024.9.1.~2025.8.31.)

이름	연구 분야 및 성과
장새미	(2023.11.1.~ 재직 중) 행정학 박사, 에너지·환경정책 및 재난관리 분야의 정책분석과 거버넌스 연구를 수행하고 있음. 주요 연구 관심은 에너지전환 거버넌스, 수소경제 정책, 재난 대응 체계 및 복원력 강화 전략등에 있으며, 관련 국내외 공동연구 및 정책자문 활동을 지속하고 있음.
오지원	(2025.8.1. ~ 재직 중) 이학박사로, 웨어러블 디바이스 소재 연구를 수행하고 있음. 주요 연구 분야는 전극으로 활용가능한 하이드로겔의 합성 및 신규 소재 연구로, 해당 소재는 자연유래물을 기초로 생적합성이 높을 뿐만 아니라 생분해가 가능하여 친환경적이며, 배터리 소재로 응용 가능하여 친환경배터리 소재로 응용 가능함. 소재 개발 관련 논문과 특허를 보유 중임.
Kitchamsetti Narasimharao	(2025.3.1.~ 2025.4.30) 에너지 저장과 환경 복원분야에 활용되는 첨단 나노구조 소재의 설계 및 개발을 연구하는 재료과학자이자 공학자이며, 그의 연구는 Materials Science and Engineering, Journal of Materials Research and Technology, ChemCatChem 등 국제 학술지에 게재된 바 있음.

##### 나. 신진연구인력 지원

- **(안정된 계약 기간 및 급여 보장 및 연구지원)** 신진연구인력에게 안정된 계약기간을 보장하고, 2025년도 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)** 본 교육연구단 차원에서 우수 연구 성과 보상제도 (4차 연도 총액 기준 480만원)을 통해 신진연구인력의 연구 동기를 부여하고 양질의 연구 결과물을 도출함.
- **(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 교수자로서의 역량을 강화하기 위해 공동 강의교수로서 참여할 수 있는 기회를 제공하여 교육 및 강의 기술을 향상 시킴.

##### 다. 신진연구인력 연구역량 대표실적

- 본 교육연구단 소속 신진연구인력은 지난 사업연도(2024.09.~2025.08) 동안 SCI(E) 또는 SSCI급의 저널에 논문을 게재하였으며, 장새미 연구교수는 SSCI 분야 Q1의 학술지에 논문을 게재하는 성과를 달성

하였음(신진연구인력 연구실적 전체 목록은 Appendix 표3을 참고).

연번	신진연구인력명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용
				세부전공분야		
<b>대표연구업적물의 적합성과 우수성</b>						
1	장새미		인문사회계열	행정학	저널 논문	①저자명: Louise Comfort & <b>Saemi Chang</b>
				재난관리, 위기관리		②논문제목: Transition in dynamic events: The 2020 lightning complex fires in Northern California as an adaptive system
						③학술지명: Risk Analysis
						④권(호), 페이지: online only, 1-14
						⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 1
						⑥게재연도: 2025.3
						⑦DOI 번호(해당시): <a href="https://doi.org/10.1111/risa.70015">https://doi.org/10.1111/risa.70015</a>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구실적의 우수성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 교육연구단의 신진연구인력인 장새미 연구교수가 공동저자로 참여한 이 논문은 Public, Environmental &amp; Occupational Health 분야의 Q1, SSCI/SCIE 저널인 Risk Analysis (IF: 3.3)에 게재되었음.</li> <li>- 본 논문은 재난관리 및 복원력 연구에서 시스템 이론과 네트워크 분석을 결합하여, 급격히 변화하는 대규모 재난 상황 (산불)에서 조직 간 협력과 정보 흐름의 작동 메커니즘을 정량·정성적으로 분석한 선도적 연구임.</li> </ul> </li> <li>• <b>창의성·혁신성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 재난관리 연구는 대응조직의 지휘체계나 기술적 장비의 효율성에 초점을 맞추어 왔으나, 본 연구는 지능 기능 (intelligence function)을 네트워크 수준에서 재개념화하여, 정보의 수집·분석·공유·학습이 시스템 전반의 적응력과 복원력을 결정하는 핵심 요인임을 밝힘.</li> <li>- 또한 군사 분야의 HUMINT, SIGINT, IMINT, OSINT 개념을 재난 대응의 정보유형에 적용하고, 이를 통합·시각화할 수 있는 모델링 접근을 제안함으로써 기술-정책-조직 거버넌스 간 융합 연구의 새로운 방향을 제시함.</li> <li>- 향후 실시간 재난대응 데이터의 구조화, 엣지 컴퓨팅 (edge computing)을 통한 현장정보 분석, 복합재난 대응 시스템 모델링 등으로 확장 가능한 연구 기반을 제공함.</li> </ul> </li> <li>• <b>비전·목표와의 부합성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대규모 산불과 같은 재난은 단순한 자연재해를 넘어 에너지공급망 파괴, 대기오염, 탄소 배출 등 에너지·환경 시스템의 복원력 (resilience)을 위협하는 복합적 사회문제로 작용함. 본 연구는 이러한 복합 재난 상황에서 조직 간 정보 흐름과 의사결정 과정을 네트워크 분석과 시스템 이론으로 해석함으로써 기후위기 시대의 에너지·환경 시스템이 어떻게</li> </ul> </li> </ul>						

	<p>복원력과 적응력을 회복할 수 있는가에 대한 학문적 통찰을 제공함.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 재난관리의 범위를 전통적 대응 중심에서 지속가능한 에너지·환경 거버넌스로 확장하고, 기술·정책·조직 간 융합적 문제해결 모델을 제시함으로써, 본 교육연구단이 지향하는 사회문제 해결형 융합연구와 글로벌 선도기관 도약이라는 목표를 구체적으로 구현함.</li> </ul> <p>• <b>전공분야의 기여</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 환경 분야에 기후위기 시대에 필수적인 시스템 복원력 (system resilience)와 집합지능 (collective intelligence) 개념을 실제 재난 대응 모델로 제시함으로써, 재난과 지속가능한 에너지 거버넌스를 연결하는 교량 역할을 수행함.</li> <li>- 이러한 접근은 향후 에너지 인프라 붕괴, 전력망 위기 등 복합재난 상황에서도 적용 가능한 융합적 대응체계 설계의 이론적 근거를 제공함.</li> </ul>
--	--

**라. 신진연구인력 교육역량 대표실적**

- 장새미 연구교수는 에너지환경정책과정론(2024년 2학기)과 에너지환경정책평가론(2025년 1학기)에 공동 강의자로 참여함. 또한 본 교육연구단의 참여학생들과 외국인 학생들의 논문지도에 적극적으로 참여 중임.
- 오지원 연구교수는 제주대학교에서 진행중인 ‘소형동물 범용성 전기생리학적 생체신호 측정 무선 비침습 플랫폼 개발’ 과제에 참여하여 생체신호를 측정할 수 있는 하이드로겔 소재를 연구 중에 있음. 과제에 참여하는 학생들의 소재 합성법 연구와 물성 측정 방법을 지도하며 과제를 진행하고 있음.

**5. 참여교수의 교육역량 대표실적**

- 본 교육연구단은 2024년 2학기~2025년 1학기에 걸쳐 에너지·환경 분야의 정책, 기술, 소재, 도시 리질리언스 등 핵심 영역을 포괄하는 교과목을 신설하고, 기존 과목의 내용을 대폭 개선함.
- 이론 중심 교육을 넘어 학생 주도형 세미나, 팀티칭, 플립러닝, 사례분석 등 융합적·참여적 학습 방식을 도입함으로써, 정책적 통찰과 기술적 문제해결 역량을 겸비한 실무형 연구인재 양성 기반을 강화함.

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회 계열	전공분야	실적구분	대표교육업적 상세내용
				세부 전공분야		
<b>대표 교육 업적물의 적합성과 우수성</b>						
1	하윤희		인문사회 계열	에너지 환경정책	신설교과목	①과목명: 에너지환경정책과정론
						②개설학기: 2024년 2학기
						③강의시간: 16주, 3시간/주
						④학점: 3학점
						⑤이수구분: 전공선택
						⑥수업유형: 대면, 비대면 혼용
						⑦학수번호: GRS740
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>교육실적의 우수성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2024학년도 2학기에 개설된 「에너지환경정책과정론」은 에너지·환경·지속가능발전 분야의 정책과정 이론을 체계적으로 다루는 핵심 교과목으로, 학생들이 정책 형성·집행·평가의 전 과정을 통합적으로 이해할 수 있도록 설계되었음.</li> <li>- Lasswell, Lindblom, Kingdon, Sabatier 등 주요 학자들의 이론을 중심으로, 정책의제 설정, 다중흐름모형(MSF), 지지연합모형(ACF), 신제도주의 등 다양한 분석 틀을 학습함으로써, 복잡한 에너지·환경 거버넌스 속 정책결정의 논리를 심층적으로 탐구함.</li> <li>- 특히, 매주 에너지 및 지속가능발전 관련 실제 정책사례를 분석함으로써, 이론의 현실 적용력을 높이고 정책분석과 평가 능력을 실질적으로 강화할 수 있도록 구성하였음.</li> </ul> </li> <li>• <b>향상된 교육효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 교과목은 학생들이 정책이론과 실무적 정책분석 간의 연계를 체득할 수 있도록 설계되어, 전공 연구 및 실무 역량 모두를 강화함.</li> <li>- 다양한 정책과정 이론을 비교·분석하고, 이를 에너지전환·기후정책·지속가능발전 등의 실사례에 적용함으로써 비판적 사고와 문제해결 능력을 함양함.</li> <li>- 수업 후반부에는 학생 주도의 사례 발표 및 종합 토론 세션을 통해, 각국의 정책 사례를 바탕으로 이론을 실증적으로 검증하고 동료 학습(peer learning)을 촉진함.</li> <li>- 이를 통해 학생들은 단순한 정책지식의 습득을 넘어, 복합적 에너지·환경문제를 구조적으로 분석하고 실현 가능한 정책대안을 도출할 수 있는 역량을 강화함.</li> </ul> </li> </ul>						

연 번	참여 교수 명	연구자 등록번 호	이공계열/ 인문사회 계열	전공분야	실적구분	대표교육업적 상세내용
				세부 전공분야		
대표 교육 업적들의 적합성과 우수성						
2	우종률		인문사회 계열	에너지환경 정책	교과 내용 개선	①과목명: 에너지와환경정책
						②개설학기: 2025년 1학기
						③강의시간: 16주, 3시간/주
				데이터/ 모델 기반 에너지환경 정책분석		④학점: 3학점
						⑤이수구분: 전공필수
						⑥수업유형: 대면
						⑦학수번호: GRS603
<p>• <b>교육실적의 우수성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2025년도 1학기 개설된 &lt;에너지와환경정책&gt;은 에너지환경정책 전공 교수들의 팀티칭 과목으로 에너지환경정책에 대한 학문적 기초를 제공하고 최근 에너지환경 분야의 변화에 대한 이해를 높이는 것을 목표로 함.</li> <li>- 학생들이 이론적 지식을 실제 문제 해결에 적용하는 능력을 기르고, 졸업 후 성공적인 전문가로 성장하도록 기여함.</li> <li>- 산업계, 연구기관, 정부 부처 등 현장의 최전선에서 활동하는 외부 전문가를 적극적으로 초빙하여 학생들에게 생생한 경험과 통찰력을 제공함.</li> </ul> <p>• <b>향상된 교육효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 각 분야 최고 전문가인 교수진의 협력 강의는 단일 관점에서 벗어나 다각적이고 통합적인 시각을 함양할 수 있는 교육 환경을 제공함.</li> <li>- 본 수업에는 에너지환경 분야의 최신 트렌드와 현장에서의 변화를 학생들에게 제공할 수 있도록 콘텐츠와 외부 초청 전문가를 지속적으로 개선 중임.</li> <li>- 2025년 1학기에는 최근 재생에너지 확대, 전력망 확대, 전력시장 개선 등이 주요 이슈가 되고 있는 만큼 전력거래소 계통개발팀 윤혁준 박사님을 초청하여 강연을 진행함.</li> </ul>						

연 번	참여 교수 명	연구자 등록번 호	이공계열/ 인문사회 계열	전공분야	실적구분	대표 교육 업적 상세내용
				세부 전공분야		
<b>대표 교육 업적물의 적합성과 우수성</b>						
3	전용석		이공계열	신재생에너 지융합	교과 내용 개선	①과목명: 신재생에너지공학개론
						②개설학기: 2025 1학기
						③강의시간: 16주, 3시간/주
						④학점: 3학점
						⑤이수구분: 전공선택
						⑥수업유형: 대면, 비대면 혼용
						⑦학수번호: GRS674
<p>• <b>교육실적의 우수성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 교과목은 재생에너지, 전기화학, 에너지 소재 및 수소 에너지 전환 기술 등 에너지 신산업 핵심 분야의 최신 연구 동향을 학생 주도형 세미나 방식으로 학습하도록 설계된 과목임.</li> <li>- 학생들이 매주 SCI 논문을 기반으로 발표 및 토론을 진행함으로써, 국제 학술 수준의 비판적 사고력·연구기획력을 체계적으로 함양할 수 있도록 구성됨.</li> <li>- 이론 강의 중심의 기존 수업 방식과 달리, 실제 연구자가 활용하는 논문 탐색·분석·발표 과정을 직접 경험하게 함으로써 석·박사 수준의 연구역량을 단계적으로 강화하는 고급형 세미나 수업으로 자리매김함.</li> <li>- 특히 태양광 및 수소 에너지 분야는 국가 에너지전환 정책과도 밀접하게 연계되는 전략산업 분야로, 수강생들이 실질적인 기술·정책 트렌드를 이해하는 데 효과적이었음.</li> </ul> <p>• <b>향상된 교육효과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 매주 SCI 논문을 중심으로 발표-토론-서면 보고서 작성이 결합된 수업 설계를 통해 학생들의 발표력, 문제해결력, 과학적 사고 능력이 전반적으로 향상되었음.</li> <li>- 전통적인 강의식 수업과 달리, 학생 주도적 학습 방식을 통해 자발적 연구 질문 도출 및 비판적 분석 능력이 강화됨.</li> <li>- 태양전지(DSSC, perovskite, Si, CdTe, CIGS 등)와 수소 에너지 기술에 대한 폭넓은 기술 이해와 응용 가능성을 습득할 수 있었으며, 학기 말에는 개별 발표 주제를 심화해 독립적 연구 설계 역량을 기를 수 있었음.</li> <li>- 이러한 과정은 향후 에너지 소재 및 시스템 연구 분야의 석·박사 연구 및 산업 현장 적용 능력으로 직결될 것으로 기대됨.</li> </ul>						

연 번	참여 교수 명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열	전공분야	실적구분	대표교육업적 상세내용
				세부 전공분야		
<b>대표 교육 업적물의 적합성과 우수성</b>						
4	김여원		인문사회 계열	에너지환경 정책	신설교과목	①과목명: 기후변화와 리질리언스
						②개설학기: 2024년 2학기
						③강의시간: 16주, 3시간/주
						④학점: 3학점
						⑤이수구분: 전공선택
						⑥수업유형: 대면
						⑦학수번호: GRS734
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>교육실적의 우수성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2024년도 2학기 신규 개설된 &lt;기후변화와 리질리언스&gt;는 도시 기후 변화 적응과 인프라 회복탄력성 강화를 다루며, 기후위기 대응과 지속가능한 도시 발전을 위한 핵심 역량을 함양할 수 있도록 구성됨.</li> <li>- 도시 기반시설의 위험 관리 및 기후변화 대응 능력을 기르기 위해, 강의와 학생 주도 토론을 병행하여 이론과 실제 사례를 연계한 학습을 제공함.</li> <li>- 급변하는 기후 환경 속에서 도시 인프라 설계·관리 분야의 전문 인력 양성에 기여할 수 있는 실질적 역량을 배양할 수 있음.</li> </ul> </li> <li>• <b>향상된 교육효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 학생들은 도시를 복합적 사회·생태·기술 시스템으로 이해하고, 시나리오 분석, 리스크 및 취약성 평가, 의사결정 모델링 등 실무 분석 능력을 습득함.</li> <li>- 도시 지속가능성과 회복탄력성에 대한 통합적 사고력을 높이고, 다양한 학문 분야의 이론과 방법론을 융합하여 실제 도시 정책과 설계에 응용할 수 있음.</li> <li>- 강의 및 토론 중심 학습을 통해 도시 기후 적응 전략의 현장 적용 가능성을 이해하며, 실무적 분석 및 의사결정 역량을 향상시킬 수 있음.</li> </ul> </li> </ul>						

연 번	참여 교수 명	연구자 등록번 호	이공계열/ 인문사회 계열	전공분야	실적구분	대표 교육업적 상세내용
				세부 전공분야		
<b>대표 교육 업적들의 적합성과 우수성</b>						
5	송인학		이공계열	첨단환경 과학	신설교과목	①과목명: 에너지환경측매
						②개설학기: 2024년 2학기
						③강의시간: 16주, 3시간/주
						④학점: 3학점
						⑤이수구분: 전공선택
						⑥수업유형: 대면
						⑦학수번호: ENGY337
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>교육실적의 우수성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2024년도 2학기 개설 과목 &lt;에너지환경측매&gt;는 이론 중심의 기존 강의 방식에서 벗어나 에너지 전환과 환경 대응에 필수적인 측매 기술을 중심으로 다양한 실제 응용 사례를 접목한 융합형 강의로 설계됨.</li> <li>- 강의는 다양한 에너지·환경 측매 시스템을 포괄하며 측매 표면 반응의 기초 원리와 함께 연료전지, 대기오염 저감, 온실가스 전환 등의 실질적 응용 사례를 다룸.</li> <li>- 특히, 수차례 Flipped class 방식을 도입하여 학생들이 사전 학습을 통해 기본 개념을 내재화한 후 강의 시간에는 심화된 문제 분석 및 토론에 집중하도록 유도함. 이 과정은 학생들의 주도적 참여와 상호 피드백을 가능하게 하여 학습 집중도를 향상시켰음.</li> <li>- 기말고사는 서술형 시험 대신 학생들이 직접 선택한 에너지·환경 관련 측매 분야 주제에 대해 연구 발표 형식으로 수행되었으며 이로 인해 학습 흥미도와 실제 응용에 대한 이해도가 높아졌다는 긍정적 피드백이 다수 도출됨.</li> </ul> </li> <li>• <b>향상된 교육효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 강의는 다학문 융합적 성격을 강조하며 에너지공학, 환경화학, 재료공학 등의 배경지식을 종합적으로 활용할 수 있도록 구성됨. 이를 통해 학생들은 이론적 기반 위에 다양한 기술적 문제를 해석하고 해결하는 종합적 사고능력을 기를 수 있었음.</li> <li>- Flipped class 도입 이후 학생들의 발표 참여도 및 질문 빈도가 높아졌고, 개별 발표를 통해 각자가 학습한 내용을 응용 및 확장할 기회를 제공함으로써 자기 주도 학습능력과 발표력 향상에 기여함. 발표 과제는 실제 산업 및 사회 문제와 연계된 주제를 중심으로 진행되어 학생들이 측매 기술을 통한 문제 해결 가능성을 스스로 탐색하게 함으로써 실무 적용 능력 및 창의적 문제 해결 역량을 동시에 강화함.</li> <li>- 수업 중 구성된 소규모 토론 및 피드백 활동을 통해 다양한 관점에서 문제를 바라보는 융합적 시각을 훈련할 수 있었으며 이는 에너지 및 환경문제 해결에 있어 유연하고 협업 지향적인 인재 양성에 기여함.</li> </ul> </li> </ul>						

연 번	참여 교수 명	연구자 등록번 호	이공계열/ 인문사회 계열	전공분야	실적구분	대표 교육업적 상세내용
				세부 전공분야		
<b>대표 교육 업적물의 적합성과 우수성</b>						
6	동완재		이공계열	신재생에너 지	신설교과목	①과목명: 에너지반도체공정
				복합소재기 술		②개설학기: 2024년 2학기
						③강의시간: 16주, 3시간/주
						④학점: 3학점
						⑤이수구분: 전공선택
						⑥수업유형: 대면
				⑦학수번호: GRS737		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>교육실적의 우수성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- &lt;에너지반도체공정&gt;은 리소그래피, 열산화, 확산·이온주입, 박막증착, 식각, 배선 등 미세 공정 전주기를 체계적으로 다루고, 이를 태양전자·포토전극·광촉매 등 에너지 소자 제조로 확장해 산업 현장 적합성을 높인 수업임.</li> <li>- 공정 기술이 소자 성능·효율과 직결됨을 실습과 연계해 이해하도록 설계되어, 에너지 응용을 포함한 차세대 반도체 소자 개발 역량을 효과적으로 강화함.</li> </ul> </li> <li>• <b>향상된 교육효과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 반도체 물성·소자구조의 기초 원리부터 도핑·리소그래피·식각·증착 등의 핵심 공정, 그리고 에너지 소자 제작까지 단계적으로 학습하여 전통 반도체공정과 에너지공학을 융합적으로 이해할 수 있음.</li> <li>- 실험·설계 활동을 통해 공정 조건과 소자 성능/효율의 인과관계를 파악하고, 현업 적용 가능성을 체득하여 실무형 문제해결 능력을 향상시킬 수 있음.</li> </ul> </li> </ul>						

## 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. 미국 아리조나 주립대학, 테네시 대학, 캐나다 맥길 대학 등 학교를 비롯해 정부, 산업체 등 다양한 소속의 연사들이 참여하여 에너지 전환과 지속가능한 기술·정책 설계, 정의로운 전환, 환경 영향 분석 등에 대해 강의함 (표 II-13).

<표 II-13> 2024년도 2학기 Global Energy Expert Seminar

일자	해외초청연사명	소속	주제/내용
2024년 9월 12일	Clark Miller	Senior Global Futures Scientist, Julie Ann Wrigley Global Futures Laboratory Director, Center for Energy & Society of Arizona State University	Designing Energy Futures: And Their Accompanying Human and Planetary Possibilities
2024년 9월 19일	Brian An	Professor at Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Research Advisory Committee at Southeast Energy Efficiency Alliance (SEEA), Professor of Public Policy and Public Administration at University of Tennessee	Socioeconomic and Environmental Drivers of Power Outages: Neighborhood-Level Analysis Across California, Georgia, and Texas Using Real-Time Data
2024년 9월 26일	Zetian Mi	Professor in the Department of Electrical and Computer Engineering at McGill University, the Hydro-Québec Nano-Engineering Scholar Award, the William Dawson Scholar Award	Solar hydrogen
2024년 10월 10일	Alexander L. Yarin	Professor in the Faculty of Mechanical Engineering, Technion, Haifa, Israel	Complete Suppression of Aerosolizations in Dentistry and Skin Surgery to Prevent Spreading of Viruses and Bacteria: A Glimpse into Viscoelasticity, Developments during COVID-19 and on
2024년 10월 31일	Nqobile Xaba	Lecturer and researcher at Tshwane University of Technology, Researcher at CSIR	The review of the implementation plan of a just energy transition in coal areas in South Africa
2024년 11월 14일	Junbeum Kim	Post-Doc in University of California, Santa Barbara and University of Minnesota	Evaluating Urban Impact Insights from Environmental Footprint Analysis
2024년 11월 21일	Sang-Won Lee	Electrochemical CO2 reduction and AI applications in energy research, with experience at Stanford and Korea University, are areas of specialization	PV-AI

2024년 11월 26일	Drew Higgins	Associate Staff Scientist at Stanford University, visiting scholar at Los Alamos National Laboratory	Electrochemical Technologies: Enabling a Sustainable Future
2024년 12월 5일	Job Taminiu	Editor of Wiley Interdisciplinary Review: Energy and Environment	Modeling Sustainable Saving at Urban and Regional Scales
2024년 12월 12일	John Byrne	President of Foundation for Energy and Environment Editor-in-chief of Wiley Interdisciplinary Review: Energy and Environment	Paradigm Shift in International Energy Policy: From Endless Growth to Sustainable Saving

- **(해외 전문가의 특강 및 세미나)** 교과목 이외에도 해외 전문가들을 초청을 통해 세미나와 특강을 진행하여 최신 학문 동향과 국제적 연구 관점을 공유함(표 II-14). 기후변화 대응과 회복탄력성 제고, 도시의 사회생태적 복원력, 차세대 태양전지 기술 등과 관련한 특강을 통해 지속가능성·복원력·에너지 신기술에 대한 최신 연구 동향을 공유함. 이를 통해 학생들은 기후·에너지 분야의 국제적 연구 관점과 학제 간 접근법을 이해하고, 글로벌 연구역량과 실무 응용능력을 강화하는 효과를 얻음.

<표 II-14> 해외 전문가 세미나 및 특강 현황

일자	해외 연사명	소속	주제/내용
2024년 11월 20일	Murray Scown	LUND University	에너지환경대학원 수업에서 Risk, Vulnerability, and Resilience에 대한 강의, 기후변화 대응과 회복탄력성 제고를 위한 주요 개념 및 적용 방향에 대한 논의
2024년 11월 21일	Murray Scown	LUND University	융합에너지공학과 수업에서 Introduction to Social-Ecological Resilience에 대한 강의, 도시 회복탄력성의 사회생태적 관점 및 학제 간 적용 사례에 대한 논의
2025년 07월 15일	Seth Hubbard	Rochester Institute of Technology (RIT)	Applications and challenges of metal halide perovskites and ultra-thin silicon photovoltaics for space

#### ▣ 외국 연구소 및 대학과의 인적 교류

- **(국제 연구협력 및 네트워킹)** 기후변화 대응, 에너지 전환, 지속가능한 도시·해안 관리 등 다양한 주제를 중심으로 해외 연구기관과의 협력 및 교류를 확대함. 이를 통해 탄소중립과 회복탄력성 증진을 위한 학제 간 연구 방향을 공유하고, 촉매·에너지 소재 등 기술 기반 연구 협력의 폭을 확장하였으며, 교수진과 학생 간의 국제 연구 네트워크와 공동연구 추진 기반을 강화하는 성과를 거둠(표 II-15).

<표 II-15> 해외 연구자 및 연구기관과 연구교류 내용

일자	해외 연사명	소속	주제/내용
2024년 11월 5일	DAI Hancheng	Peking University	국제 탄소중립 동향 및 연구방향 논의
2024년 11월 19일	Murray Scown	LUND University	부경대학교 해양 관련 연구실 방문 및 견학, 해안지역 도시 복잡계 및 회복탄력성 연구 방향 논의, 교수진 및 학생들과 해안도시 연구 주제 교류 및 네트워킹
2025년 7월 3일	Dai-Viet N. Vo	Nguyen Tat Thanh University	바이오 유래 폐기물 전환 촉매 반응 관련

			한-베트남 국제공동연구 협력 논의
2025년 7월 3일	Wang Yafei	Chinese Academy of Sciences	기후 변화와 자연재해 대응을 위한 해안, 하천 및 도시 회복력 통합 증진 방안 논의 및 대학원생 연구 주제 교류
	Murray Scown	LUND University	
2025년 7월 15일	Elizabeth Cook	Barnard College	Barnard College 환경과학과 관련 연구실 방문 및 견학, 교수진 및 학생들과 기후적응형 연안 관리 및 자연기반해법(NbS) 연구 주제 교류 및 네트워킹
2025년 7월 15일	Paul Gallay	Columbia Climate School	Resilient Coastal Communities Project 담당자와 뉴욕 지역의 해안 회복탄력성 및 연안 관리 분야 자연기반해법(NbS) 적용 방안에 대한 논의 및 네트워킹
2025년 9월 2일	Ola Wendt	Lund University	Metal-Pincer Complex를 활용한 단일 원자 촉매 합성 관련 연구협력 논의

- **(국제 연구협력 기회 증대를 위한 MOU 추진과 연구연수 프로그램 논의)** 본 교육연구단은 연구협력 기회 증진과 국제 네트워크 강화를 위해 해외 주요 기관과의 MOU 체결을 지속적으로 추진해왔음.
  - 특히, 에너지 관련 국제기구와의 협력을 통해 대학원생 국제기구 인턴십 프로그램 신설을 논의 중이며, 현재 MOU 또는 LOI 체결을 검토하는 단계에 있음. 본 논의는 에너지·환경 분야의 우수 대학원생을 선발하여 국제 현장에서 정책분석 및 에너지모델링 관련 실무 경험을 쌓도록 지원하는 것을 목표로 함.
  - 본 협력은 학생들의 국제적 연구·실무 역량 강화와 함께 교육연구단의 국제 연구협력 기반 확대 및 글로벌 인재 양성 체계 고도화에 기여할 것으로 기대됨.

**▣ 우수 외국인 학생 유치 현황**

- **신흥국 에너지 공무원 초청 인력양성(GETPPP) 프로그램**
  - 2025년 9월까지, 19개국 출신 59명의 졸업생을 배출하였고, 2025년 9월 현재, 석사과정 10명과 박사과정 4명의 학생이 재학 중임. 이들은 에너지·기후·환경 거버넌스 분야의 정책결정 및 기술 실행을 담당하는 실무 핵심 인력으로, 교육연구단의 국제 연구협력 및 정책전문가 양성 목표에 부합하는 인적 네트워크를 형성하고 있음. (표 II-16)
  - 현지 전문가·공무원·기업 등과의 협력 네트워크를 구축하여 각국의 여건에 부합하는 에너지 적정 기술을 발굴하고, 정책분석을 통해 신규 시장 개척을 지원하는 기반으로 기능함.

<표 II-16> 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
Myanmar	International Relation and Information Division, Ministry of Energy Ministry of 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
Solomon Islands	Ministry of Mines, Energy & Rural Electrification
Sri Lanka	Ministry of Defence, Ministry of Environment, Sri Lanka Sustainable Energy Authority, Ministry of Finance
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 졸업생을 중심으로, 우리 기업의 신흥국 시장 개척을 지원하기 위한 국제에너지전문가네트워크(IEEN)를 2019년부터 구축
- 2019년 베트남을 시작으로 인도네시아(2020), 필리핀(2021), 말레이시아(2022), 케냐(2024), 남아프리카공화국(2025) 등으로 네트워크를 확장함.
- IEEN 공식 웹사이트(<https://ieen.kr>)를 통해 각국 뉴스, 학술행사, 네트워킹 모임 등 정보를 공유하며 지속적인 교류 및 협력 기반을 유지함.
  - 2024년 11월, 케냐 나이로비에서 Korea-Africa Clean Hydrogen Development Partnership Seminar를 개최함. 이 IEEN 행사는 한·아프리카 간 청정수소 협력 강화를 위해 정책·기술·금융 분야의 전문가들이 참여한 세미나로, 각국의 수소 발전 로드맵과 기후금융 연계 방안을 공유하였음. 이를 통해 양 지역 간 청정수소 공동개발 협력의 기반을 마련하고, IEEN의 아프리카 네트워크 확장 계기를 확보함.

나. **참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획**

- **(국제공동연구 실적)** 본 교육연구단은 해외 우수 연구기관 및 대학과의 협력을 통해 기후·에너지·지속가능성 분야의 국제공동연구를 활성화하고, 학생들의 글로벌 연구역량과 현장 경험을 확장하는 기반을 마련함.
  - 이현아 박사과정생(2025년 8월 졸업 예정)은 독일 IDOS(German Institute of Development and Sustainability)에서 인턴 연구원으로 근무하며 국제개발 및 지속가능성 관련 공동연구를 수행하였고, 2025년 4월 Digital Development Dialogue 포럼과 6월 UNFCCC 워크숍에서 연구 결과를 발표함.
  - Peking University, Lund University, Barnard College, Columbia Climate School, Chinese Academy of Sciences, Nguyen Tat Thanh University 등과의 교류를 통해 기후변화 대응, 도시 회복탄력성, 자연기반해법(NbS), 바이오 폐기물 전환 촉매 반응 등 다양한 분야에서 공동연구 논의 및 연구실 상호 방문·네트워킹을 추진함.

- **(국제공동연구 계획)** 향후 본 교육연구단은 국제 연구 네트워크를 확대하여 정책·기술·인력 양성을 아우르는 실질적 국제협력 플랫폼을 구축하고, 이를 통해 에너지·환경 분야의 글로벌 경쟁력과 교육 연구 시너지를 강화할 계획임.
- Peking University와는 E3 모형을 활용한 전기차 확산 및 감축 시나리오 분석 등 탄소중립 전략 공동연구를 추진할 예정임.
- Lund University와는 금속 편서 복합체(Metal-Pincer Complex) 기반 단일 원자 촉매 개발 및 공동논문 작성을 진행하여, 기술·시스템·정책을 연계한 통합형 국제공동연구 체계를 구축할 계획임.
- 에너지 관련 국제기구와의 협력을 통해 대학원생 국제기구 인턴십 프로그램 신설을 논의 중이며, 현재 MOU 또는 LOI 체결을 검토하고 있음. 이를 통해 에너지·환경 분야 대학원생의 국제 정책분석 및 에너지모델링 실무 경험 강화를 목표로 함.

### Ⅲ

## 연구역량 영역

### □ 연구역량 대표 우수성과

#### 융복합 연구성과 창출 및 국제협력 연구 기반 강화

#### ● 에너지·환경 분야의 기술-정책-데이터 융합 연구모델 구축

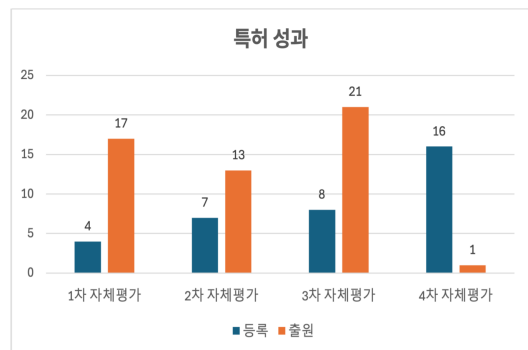
- 에너지·환경 분야의 기술-정책-데이터 융합 연구모델을 구축하여, 차세대 태양전지, 전기차 충전 및 수요관리, 수소·축매 기반 에너지전환, 자연기반 도시정책, 재생에너지 수명주기 정책분석 등 폭넓은 주제에서 머신러닝, 광전기화학, 정책창 분석 등 첨단 연구기법을 융합한 국제공동성과를 창출함으로써 지속가능한 에너지전환과 사회적 가치 실현에 기여

참여교수명	학술지 구분	학술지 Quartile	대표연구실적
하윤희	SSCI	Q1	Understanding Policy Windows for Solar Energy Lifecycle Extension: Policymaker Perspectives in Developing Asia
전용석	SCIE	Q1	Strain relaxed Cs $\alpha$ FA1- $\alpha$ PbI3- $\beta$ Cl $\beta$ perovskite by intercalation of cesium via antisolvent engineering for efficient photovoltaic devices over 22.9 %
강윤목	SCIE	Q1	Machine Learning-Assisted Prediction of Ambient-Processed Perovskite Solar Cells' Performances
이해석	SCIE	Q1	Intrinsic Poly-Si layer thickness: Its role in pinhole contact formation and interface passivation in poly-silicon on oxide solar cells
우종률	SSCI	Q1	Assessing optimized time-of-use pricing for electric vehicle charging in deep vehicle-grid integration system
김여원	SCIE	Q1	Nature-based solutions for urban sustainability
동완재	SCIE	Q1	Nitrate reduction to ammonia catalyzed by GaN/Si photoelectrodes with metal clusters
송인학	SCIE	Q1	Revealing the two distinctive roles of HY zeolite in enhancing the activity and durability of manganese oxide-zeolite hybrid catalysts for low-temperature NH3-SCR

#### ● 기술사업화 및 산학연 연계 강화: 연구성과의 실용화 및 산업 파급력 확산

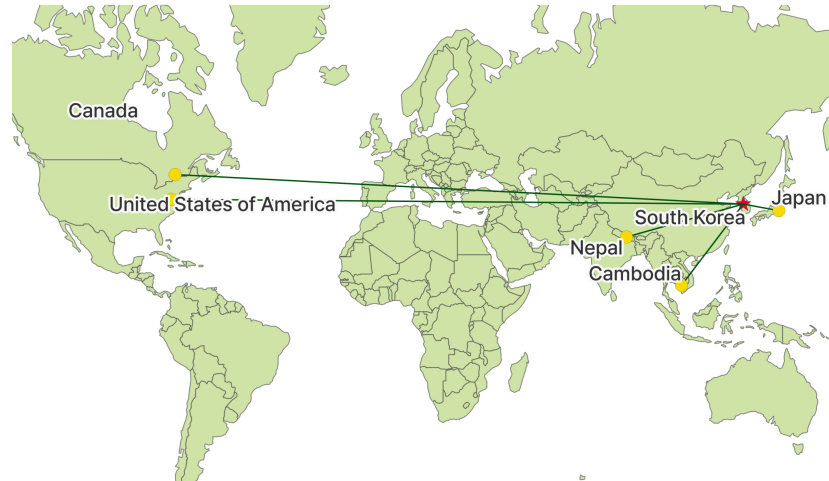
- 최근 1년 간(2024.9. ~ 2025.8.) 16건의 특허 등록과 1건의 출원으로 이어져 연구의 실용화 가능성 입증. 출원하였던 특허가 등록되며 1차 년도 대비 4배의 성과 달성
- 투명 금속산화물 기판, 고투과형 태양광 모듈, 친환경 해양구조체 등은 지속가능한 제조공정과 탄소저감형 인프라 기술로 확장 가능성 제고
- 산학연 협력을 통한 기술이전 및 사업화 체계 강화에 기여

구분	대표 기술	주요 산업적 성과
투명기판 기술	저반사방오 코팅 기술	삼성전자 등 산업체 협력, 양산 적용
고투과형 태양광 모듈	BIPV용 투명형 광전 모듈	도심형 재생에너지 확산
친환경 해양구조체	굴 패각 재활용 방파제	지역 순환경제 및 해양 생태 복원 기여



● 국제 공동연구 및 학술 네트워크 확대: 글로벌 지속가능성 연구 협력 기반 강화

- 일본, 캐나다, 미국, 네팔, 캄보디아 등 해외 각국의 대학·공공연구기관과 공동연구를 수행
- 차세대 태양전자·축매·광전기화학 반응 등 기술개발부터 자연기반해법(NbS)·재생에너지 정책연구까지 폭넓게 진행하여, 기술-정책 융합을 통한 국제공동연구의 실질적 성과와 지속가능성 연구의 교두보 마련



● 참여교수 1인당 연구비 수주액의 지속적 성장

- 이공계열 참여교수 연구비 수주액은 2차 연도(2021.9~2022.8) 대비 약 1.8배 증가(4.8억원 → 8.4억원)하며, 대형 정부·산업체 과제 중심으로 연구재원이 크게 확충. 기술 실용화와 산학협력 과제의 비중이 확대되며 응용연구 중심의 재정자립 구조를 확립
- 인문사회계열 참여교수 연구비 수주액은 2차 연도(2021.9~2022.8) 대비 약 2.2배 증가(1.4억원 → 3.13억원)로, 해외기관 과제 수주 및 국제협력 기반 확대를 통해 정책연계형 글로벌 연구역량 강화

# 1. 참여교수 연구역량

## 가. 국내 및 해외기관 연구비 수주 실적

- **(최근 1년간 연구비 수주비 증가)** 최근 1년간 참여교수들의 연구비 수주 실적은 이공계열과 인문사회계열 모두에서 양적·질적 성장을 모두 달성함(표 III-1).
  - 이공계열 참여교수의 정부 및 산업체 연구비 총 수주액은 22.79억원으로 선정평가 기준 3년 간 연평균 수주액(10.55억) 대비 약 2.2배 증가함. 산업체 과제를 포함한 다변화된 연구과제를 수행하며 기술 실용화 중심의 산학 연계 강화 추세를 보임.
  - 인문사회계열 참여교수의 정부 및 해외기관 총 수주액은 15.62억원으로 선정평가 기준 3년 간 연평균 수주액(2.53억원) 대비 6.2배 증가함. 특히 해외기관 연구비를 수주하며 국제협력 기반의 연구를 확장하여 글로벌 연구경쟁력을 강화함.

<표 III-1> 최근 1년간(2024년9월1일-2025년8월31일) 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(2024.9.1. ~2025.8.31.) 실적	비고
정부 연구비 수주 총 입금액	3,009,647	2,213,809	
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	157,000	66,000	
해외기관 연구비 수주 총 (환산)입금액	0	0	
이공사회계열 참여교수 수	4	5	
1인당 총 연구비 수주액	791,662	455,961	

<표 III-2> 최근 1년간(2024년9월1일-2025년8월31일) 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(2024.9.1. ~2025.8.31.) 실적	비고
정부 연구비 수주 총 입금액	760,146	1,548,597	
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	0	0	
해외기관 연구비 수주 총 (환산)입금액	0	14,175	
인문사회계열 참여교수 수	3	5	
1인당 총 연구비 수주액	253,382	312,554	

나. 참여교수 연구업적물의 우수성

- 본 연구단 소속 참여교수는 지난 사업 연도(2024.09.~2025.08) 동안 SCI(E)급 이상의 저널에 다수의 논문을 게재하였음. 그 중 대표 연구업적물은 에너지·환경 분야의 기술-정책 융합 연구를 통해 기초 과학부터 정책 실행까지 연계된 문제해결형 성과를 도출함. 페로브스카이트 공정 혁신, 촉매·광전기화학 반응, EV 수요관리 및 기후정책 분석 등에서 데이터 기반 융합 연구와 국제 협력 성과를 창출하며, 지속가능성과 사회적 가치 실현에 기여함. (참여교수 연구실적 전체 목록은 Appendix 표4를 참고)

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표 연구 업적물 상세내용
				세부전공분야		
대표 연구업적물의 적합성과 우수성						
1	강윤목		이공계열	전기공학	저널 논문	①저자명: Dowon Pyun Seungtae Lee, Solhee Lee, Seok-Hyun Jeong, Jae-Keun Hwang, Kyunghwan Kim, Youngmin Kim, Jiyeon Nam, Sujin Cho, Ji-Seong Hwang, Wonkyu Lee, Sangwon Lee, Hae-Seok Lee, Donghwan Kim and <b>Yoonmook Kang</b> ,
				반도체 물성		②논문제목: <i>Machine Learning-Assisted Prediction of Ambient-Processed Perovskite Solar Cells' Performances</i>
						③학술지명: <i>Energies</i>
						④권(호), 페이지: 17(23), 5998.
						⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 3
						⑥게재연도: 2024
						⑦DOI 번호(해당시): <a href="https://doi.org/10.3390/en17235998">https://doi.org/10.3390/en17235998</a>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구실적의 우수성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 논문은 "<b>Control and Optimization</b>"분야에서 <b>Q1</b>, "Fuel Technology"와 "Energy (miscellaneous)" 분야는 Q2에 해당하는 저널임.</li> </ul> </li> <li>• 창의성·혁신성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존의 페로브스카이트 태양전지 연구는 대부분 불활성 분위기(글로브박스) 내에서 진행되어 실제 대기 환경에서의 공정 조건을 반영하지 못하였으나, 본 연구에서는 온도와 습도의 복합적인 영향을 반영할 수 있는 이슬점 개념을 도입하여, 대기 조건에서 제작된 페로브스카이트 태양전지의 효율을 예측할 수 있는 머신러닝 기반 모델을 제안함.</li> <li>- 실제 기상 데이터와 실험 결과를 결합하고, SCAPS-1D 시뮬레이션을 통해 예측 결과의 물리적 근거를 검증함으로써 데이터 기반-물리 기반 융합 접근법을 구현함으로써 대기 환경에서의 소자 효율 변화를 정량적으로 예측할 수 있었으며, <b>이슬점 13°C 이하에서 고효율 소자를 구현할 수 있다는 공정 조건 가이드라인을 제시함.</b></li> </ul> </li> <li>• 비전·목표와의 부합성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 페로브스카이트 태양전지의 상용화를 위해서는 글로브박스 기반의 제한된 연구 환경을 넘어, 실제 대기 조건에서의 안정적 공정 제어 기술이 필수적임. 본 연구는 이러한 현실적 한계를 해결하기 위해 머신러닝을 도입하여, 기상 데이터를 활용한 효율 예측 모델을 구축함으로써 연구실 단계와</li> </ul> </li> </ul>						

	<p>산업 공정 간의 연결 가능성을 제시하여 산업적 응용 목표에 부합함.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 물리 시뮬레이션(SCAPS-1D)과 머신러닝 예측을 결합함으로써 데이터 기반-물리 기반 융합 접근 (Physics-informed ML) 을 구현하였으며, 이는 <b>재료공정 분야와 인공지능 기술의 융합을 통한 새로운 연구 방향을 제시하여 기술적 융합 목표에 부합함.</b></li> </ul> <p>• <b>전공분야의 기여</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 대기 조건에서의 공정 효율을 정량적으로 예측하고 제어할 수 있는 모델을 구축함으로써, 친환경적·비진공 공정 기반의 고효율 태양전지 제작 가능성을 제시함.</li> <li>- 별도의 불활성 가스 장비 없이도 안정적인 소자 제조를 가능하게 하여, 제조 공정의 에너지 소모 및 환경 부담을 크게 저감시킬 수 있는 지속가능한 기술적 대안을 마련하고 기상 데이터와 연계된 예측 모델을 통해 기후·환경 요인이 재료 성능에 미치는 영향을 정량적으로 해석할 수 있어, 태양광 발전의 지역별 효율 예측과 최적 운용 전략 수립에도 활용됨.</li> </ul>
--	---

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열 /인문사회계열	전공분야	실적구분	대표 연구 업적물 상세내용
				세부 전공분야		
<b>대표 연구 업적물의 적합성과 우수성</b>						
2	김여원		인문사회계열	에너지 환경정책	저널 논문	①저자명: Elizabeth M. Cook, <b>Yeowon Kim</b> , et al. ②논문제목: <i>Nature-based solutions for urban sustainability</i> ③학술지명: Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) ④권(호), 페이지: 122(29), e2315909122 ⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 1 ⑥게재연도: 2025 ⑦DOI 번호(해당시): <a href="https://doi.org/10.1073/pnas.2315909122">https://doi.org/10.1073/pnas.2315909122</a>
				기술예측 및 평가		<p>• <b>연구실적의 우수성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 참여교수인 김여원 교수가 공동저자이자 교신저자로 참여한 본 논문은 세계적으로 권위 있는 학술지 <b>Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)</b> 에 게재되었음. PNAS는 2024년 기준 Impact Factor 9.1을 기록하며, 다학제 과학(Multidisciplinary Sciences) 분야 135개 저널 중 14위에 해당하는 최상위권 학술지로, SJR 지수 3.414(Q1 등급) 을 보유한 세계적 수준의 저널임. 이러한 국제적으로 영향력 높은 저널에 게재됨으로써, 본 연구의 학문적 성과와 연구 우수성이 입증됨.</li> <li>- 본 논문은 전 지구적 기후위기와 도시의 복잡한 사회·생태·기술 시스템을 통합적으로 다루며, 자연 기반해법(Nature-based Solutions, NbS) 의 과학적·정책적 방향성을 제시하였음. 특히, 미국 NSF 지원으로 수행된 국제 네트워크 <b>NATURA (Nature-based Solutions for Urban Resilience in the Anthropocene)</b> 의 연구성과를 집약한 것으로, <b>도시 기후적응과 회복탄력성 증진을 위한 글로벌 협력의 모범사례로 평가됨.</b></li> </ul> <p>• <b>창의성·혁신성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존의 단일학문적 접근에서 벗어나, 사회·생태·기술 시스템(SETS) 통합 프레임워크를 제시하여 도시문제 해결을 위한 다학제 융합연구의 새로운 방향을 제시함. <b>기존 연구들이 자연기반해법을 생태적 효과 중심으로 다루던 한계를 넘어, 정책·거버넌스·사회적 형평성을 함께 고려하는 포괄적 분석을 수행하였다</b>는 점에서 창의성이 있음.</li> <li>- NbS의 실현을 가로막는 제도적 장벽·정책적 공백을 진단하고, <b>공동체 참여·정책 연계·성과 모니터링 표준화 등의 혁신적 해결방안을 제안하여 실천적 전환의 길을 열었음.</b></li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>비전·목표와의 부합성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 논문은 국제 협력 네트워크를 기반으로 기후위기 대응과 지속가능한 도시전환을 목표로 하는 연구로, 이는 본 교육연구단의 “에너지·자원 분야 융합교육을 통해 사회문제 해결과 지속가능한 발전에 기여”한다는 비전과 직접적으로 부합함.</li> <li>- 특히, 다양한 지역·문화적 맥락에서 자연기반해법의 적용 가능성을 분석함으로써 지역 특화형 정책 솔루션과 기술-정책 융합 모델 개발이라는 교육연구단의 연구지향을 구체화함.</li> <li>- 글로벌 네트워크 간 지식교류와 협력을 강조함으로써 <b>국내 최초 에너지·자원 융합 연구기관으로서의 국제적 선도역할 강화</b>라는 목표 달성에도 기여함.</li> </ul> </li> <li>• <b>전공분야의 기여</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지·환경정책 전공의 관점에서, 본 논문은 자연기반해법을 도시 거버넌스와 정책설계에 통합하는 방법론을 제시함으로써 <b>실질적 기후적용정책 수립에 기여</b>함.</li> <li>- 형평성과 정의(Equity &amp; Justice) 문제를 도시기반 해법의 핵심 의제로 제시함으로써, <b>지속가능한 전환정책 연구의 새로운 패러다임을 확립</b>함. 이는 향후 에너지시스템 전환, 재생에너지 거버넌스, 기후적응도시 설계 등 융합연구 분야의 학문적 심화와 정책적 실현을 촉진할 것으로 기대됨.</li> </ul> </li> </ul>
---

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열 /인문사회계열	전공분야	실적구분	대표 연구 업적물 상세내용
				세부 전공분야		
<b>대표 연구 업적물의 적합성과 우수성</b>						
3	동완재		이공계열	신재생 에너지	저널 논문	① 저자명: 동완재, J. P. Menzel, Z. Ye, Z. Long, I. A. Navid, K. Li, K. R. Yang, Y. Xiao, V. S. Batista, Z. Mi
				복합소재 기술		②논문제목: <i>Nitrate reduction to ammonia catalyzed by GaN/Si photoelectrodes with metal clusters</i>
						③학술지명: Nature communications
						④ Volume, Article number : 16, 3383
						⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 1
						⑥게재연도: 2025
						⑦DOI 번호(해당시): <a href="https://doi.org/10.1038/s41467-025-58372-7">https://doi.org/10.1038/s41467-025-58372-7</a>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구실적의 우수성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 논문은 Nature Communications에 2025년 4월 10일 자로 게재된 연구로, <b>Nature 페이지 기준 Citations: 4, Accesses: 7,120, Altmetric: 5로 집계</b>되어 초기임에도 인용·주목도가 확인됨. 게재된 저널인 <b>Nature는 IF 15.7(2024)</b>로 해당 분야의 커뮤니티에 높은 가시성과 파급력을 보임. 에너지 전환 핵심 주제(광전기화학 기반 질산염 → 암모니아)를 다룸으로써 그린 암모니아·수처리·전극공정 연구 전반에 정책·산업 적용 논의까지 촉발시킴.</li> </ul> </li> <li>• <b>창의성·혁신성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 광전극(반도체)와 촉매 이중 통합으로 과전위를 낮추고, 보다 양(+)의 전위에서도 선택적 NH<sub>3</sub> 합성을 실현한 PEC 연구의 혁신을 제시.</li> <li>- 결정적 메커니즘 규명: NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 중간체의 두 결합 모드(ONO<sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)가 반응 경로를 좌우함을 in-situ FTIR + DFT로 입증. Cu에선 ONO<sup>-</sup> 선호→NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 탈착이 쉬워 불완전 환원(주생성물 NO<sub>2</sub><sup>-</sup>),</li> </ul> </li> </ul>						

<p>반면 <math>\text{Co}_3\text{O}_4 \cdot \text{Ni}(\text{OH})_2</math>에선 산소 결합이 N-O 절단을 촉진해 <math>\text{NH}_3</math>까지 완전 환원.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- GaN 나노와이어는 고유의 물 해리 활성으로 표면 양성자 공급을 가속, 금속 촉매와의 시너지를 형성(전하전달 저항 감소·개시전위 양의 방향 이동).</li> </ul> <p>• <b>비전·목표와의 부합성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 GaN/Si 광전극과 전이금속 클러스터(Co, Ni)를 통합해 질산성 수계 정화와 그린 암모니아 동시 생산이라는 사회문제(환경·자원)를 겨냥한 해결지향형 융합 연구로, 사회문제를 해결하기 위한 에너지·자원 융합연구 모델을 실질적 성과로 구현함.</li> <li>- 연구진 구성에 Korea University(에너지환경대학원, KU-KIST Green School)와 해외(University of Michigan, Yale)의 국제공동연구가 포함되어, 교육연구단의 국제화 목표에 정합적임.</li> </ul> <p>• <b>전공분야의 기여</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Co, Ni가 Pt/Ir/Rh/Pd/Ru/Au/Ag 등 귀금속 및 Cu를 능가함을 체계적으로 입증함(선택성·개시전위·생산속도 지표 전반).</li> <li>- 메커니즘 관점의 새 시각: Cu는 <math>\text{ONO}^-</math> 지배로 <math>\text{NO}_2^-</math> 탈착 장벽이 낮아 불완전 환원 경향, 반면 <math>\text{Co}_3\text{O}_4 \cdot \text{Ni}(\text{OH})_2</math>는 결합-매개 산소 제거로 <math>\text{NO}_2^-</math> 전환과 연속 탈산소화가 유리→<math>\text{NH}_3</math> 선택성 향상.</li> <li>- 측정·검증의 엄밀성: in-situ FTIR로 중간체 축적/소멸을 직접 관찰, 동위원소(<math>^{15}\text{N}</math>) 라벨링·전기화학 임피던스 등 다각 증거로 결론을 뒷받침함.</li> </ul>
---

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표 연구 업적물 상세내용
				세부 전공분야		
<b>대표 연구 업적물의 적합성과 우수성</b>						
4	송인학		이공계열	첨단환경과학	저널 논문	①저자명: Hyun Sub Kim, Hwangho Lee, Hongbeom Park, <b>Inhak Song</b> , Do Heui Kim
				촉매화학공학		②논문제목: <i>Revealing the two distinctive roles of HY zeolite in enhancing the activity and durability of manganese oxide-zeolite hybrid catalysts for low-temperature NH3-SCR</i>
						③학술지명: Applied Catalysis B: Environment and Energy
						④권(호), 페이지: 355, 124199
						⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 1
						⑥게재연도: 2024
						⑦DOI 번호(해당시): 10.1016/j.apcatb.2024.124199
<p>• <b>연구실적의 우수성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 참여교수인 송인학 교수가 교신저자로 참여한 본 논문은 촉매 및 환경공학 분야 SCIE 최상위 저널인 <b>Applied Catalysis B: Environment and Energy (IF: 21.1)</b>에 게재되었음. 본 저널은 환경촉매 분야 전 세계 최고 수준의 영향력을 가진 <b>Q1 저널</b>로 <b>JCR 상위 약 2%에 해당</b>함. 본 논문은 출판 초기임에도 불구하고 이미 다수의 연구에서 인용이 시작되었으며 저온 SCR 및 하이브리드 촉매 설계 분야의 핵심 참고문헌으로 빠르게 자리매김하고 있음.</li> </ul> <p>• <b>창의성·혁신성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 연구들은 제올라이트의 산성도나 기공구조가 SCR 성능에 미치는 정적 영향에 집중하거나</li> </ul>						

	<p>MnOx 촉매의 산화/환원 특성만을 개별적으로 평가함. 반면 본 연구는 HY zeolite가 확산된 Nitrate/Nitrite 중을 빠르게 환원 및 분해하는 활성 촉진자 역할과 반응 중 Ammonium nitrate의 침적을 억제하는 안정성 보강자 역할이라는 이중 기능을 수행한다는 점을 <b>실험적으로 증명함으로써 금속 산화물-제올라이트 하이브리드 시스템의 작동 메커니즘을 새롭게 정의한 독창적 연구임.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>비전-목표와의 부합성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 논문은 에너지환경 분야의 지속가능한 기술 개발을 선도하는 본 교육연구단의 비전에 부합하는 연구로 기후변화 대응을 위한 저온 탈질 촉매 기술 고도화를 목표로 한 결과물임.</li> <li>- 특히 MnOx-HY zeolite 기반 하이브리드 촉매 설계를 통해 온실가스 감축과 대기오염 저감을 동시에 달성할 수 있는 반응 경로를 규명함으로써 사회적·환경적 문제 해결에 기여하는 융합형 기술 개발 방향을 제시함.</li> <li>- 향후 동일 시스템의 실증화 및 모듈 설계로의 확장 가능성을 제시하고 있어 <b>기초연구를 산업기술로 확산시키고자 하는 본 교육연구단의 실용화 지향적 목표와도 직접적으로 연결됨.</b></li> </ul> </li> <li>• <b>전공분야의 기여</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- NOx 저감 분야에서 Hybrid 촉매가 널리 활용되고 있음에도 불구하고 그 작동 원리는 충분히 이해되지 않았던 가운데, 본 연구는 촉매 내 HY zeolite의 역할을 정량적으로 분리규명한 최초의 사례로서 학문적 기여가 있음.</li> </ul> </li> </ul>
--	--

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표 연구 업적물 상세내용
				세부 전공분야		
<b>대표 연구 업적물의 적합성과 우수성</b>						
5	우종률		인문사회계열	에너지 환경정책	저널 논문	①저자명: 양소영, <b>우종률</b> , 이원중
				데이터/모델 기반 에너지환경정책분석		②논문제목: <i>Assessing optimized time-of-use pricing for electric vehicle charging in deep vehicle-grid integration system</i>
						③학술지명: Energy Economics
						④권(호), 페이지: 138, 107852
						⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 1
						⑥게재연도: 2024
						⑦DOI 번호(해당시): <a href="https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107852">https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107852</a>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구실적의 우수성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 참여교수인 우종률 교수가 교신저자인 본 논문은 SJR 3.919점의 Q1 그룹에 속하는 최상위 SSCI 저널인 <b>Energy Economics(IF: 14.2)</b>에 게재되었음. 또한 본 논문은 <b>FWCI 2.43</b>로 이는 전 세계 평균 대비 143% 더 인용되었다는 것을 의미함. 이 논문은 2025년 10월 말 현재 총 18회 인용됨(Google Scholar 기준).</li> </ul> </li> <li>• <b>창의성·혁신성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 연구들이 전기차 운전자를 단순히 충전 비용 최소화나 가격 탄력성에만 반응하는 존재로 가정 한 것과 달리, 본 연구는 가격 외에도 충전 시간대, 충전기 접근성, 대기 시간 등 다양한 요인을 고려 하는 <b>상황 반응성을 모델에 통합함.</b></li> <li>- 최적의 시간대별 요금제(ToU)를 설계하는 것을 넘어, 충전 인프라의 전략적 배치(예: 주거 지역과 업무 지역의 충전기 접근성 차등화)가 요금제의 효과에 미치는 영향을 함께 분석했음. 이를 통해</li> </ul> </li> </ul>						

	<p>가격 신호와 물리적 인프라라는 두 가지 정책 수단을 결합했을 때 더 효과적으로 EV 충전 수요를 조절할 수 있음을 입증하며 정책 설계에 대한 통합적 시각을 제시함.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 비전·목표와의 부합성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 재생에너지의 간헐성과 EV 충전 수요 간의 불일치로 발생하는 전력망 불안정 문제는 에너지 전환 시대의 핵심적인 사회 문제에 대하여, 최적의 ToU 요금제를 통해 EV 충전 시간을 재생에너지 발전이 풍부한 시간대로 유도를 통해 <b>재생에너지 낭비(출력 제한)를 줄이고 화석연료 발전과 탄소 배출량을 감축하는 해결책</b>을 제시함. 이는 <b>지속가능 발전</b>이라는 목표에 직접적으로 기여함.</li> </ul> </li> <li>• 전공분야의 기여 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 데이터 기반의 행동 모델을 활용하여 순부하 평탄화를 달성하기 위한 최적의 ToU 요금제를 설계하는 구체적인 방법론을 제시했음. 이는 증거 기반의 <b>정교한 에너지 가격 정책</b>을 수립하는 데 기여함.</li> <li>- 가격 정책(ToU)만으로는 한계가 있으며, 충전기 접근성과 같은 인프라 정책을 전략적으로 결합할 때 사회적 수용성을 높이면서(예: 평균 요금 유지) 더 큰 정책 효과를 거둘 수 있음을 밝힘.</li> </ul> </li> </ul>
--	---

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표 연구 업적물 상세내용
				세부 전공분야		
<b>대표 연구 업적물의 적합성과 우수성</b>						
6	전용석		이공계열	신재생 에너지융합	저널 논문	①저자명: 안정현, 김태민
				전기재료		②논문제목: <i>Strain relaxed Cs<math>\alpha</math>FA1-<math>\alpha</math>PbI3-<math>\beta</math>Cl<math>\beta</math> perovskite by intercalation of cesium via antisolvent engineering for efficient photovoltaic devices over 22.9 %</i>
						③학술지명: <i>Chemical Engineering Journal</i>
						④권(호), 페이지: 520(권)
						⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 1
						⑥게재연도: 2025
						⑦DOI 번호: <a href="https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.166122">https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.166122</a>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구실적의 우수성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 논문은 <b>Chemical Engineering Journal (IF: 15.1)</b> 에 게재되었으며, 이는 공학 및 에너지 소재 분야에서 세계 상위 4%권에 속하는 최상위 SCIE 저널임. 해당 저널은 Elsevier에서 발행되는 대표적인 화학공학·에너지 융합 분야 학술지임.</li> <li>- 주저자로 참여한 Taemin Kim 연구팀은 Cs<sup>+</sup> 이온을 이용한 새로운 반응매(antisolvent) 공정 기반의 페로브스카이트 태양전지 제작 전략을 보고하여, 22.9 %의 고효율 및 400시간 이상 98 %의 안정성 유지라는 탁월한 성과를 달성함.</li> <li>- 이는 기존 FAPbI<sub>3</sub> 페로브스카이트가 지닌 결정상 불안정성 문제를 실질적으로 해결하는 공정 혁신으로, 고효율 및 고신뢰성 태양전지 상용화 가능성을 입증했다는 점에서 높은 학문적·산업적 파급력이 있음.</li> </ul> </li> <li>• 창의성·혁신성 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 연구들은 CsCl 침전 문제로 인해 Cs<sup>+</sup>와 Cl<sup>-</sup> 동시 도핑의 한계가 명확했으나, 본 연구는 CsTFSI를 반응매에 용해하여 Cs<sup>+</sup> 이온만을 결정 내부에 효과적으로 삽입(intercalation)하는 공정</li> </ul> </li> </ul>						

	<p><b>혁신을 제시함.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이 과정에서 CsCl 침전 억제 및 <math>\delta</math>-phase 억제, lattice strain 15.3 % 감소, grain size 약 2배 증가 (535 nm <math>\rightarrow</math> 1003 nm) 등의 <b>결정구조 개선</b>을 실증함.</li> <li>- 반응매 공정 기반의 이온 주입 전략을 통해 Trap density 29.3 % 감소, 비방사 재결합 억제, 전자 수명 증가, EIS 기반 재결합 저항 증가 등 전자적 특성을 혁신적으로 개선함으로써, <b>단순 소재 조성 변경이 아닌 공정 기반의 물성 제어 혁신</b>을 달성함.</li> </ul> <p><b>• 비전·목표와의 부합성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 <b>안정적 고효율 페로브스카이트 소자 상용화</b>를 위한 공정 기술 개발이라는 <b>국내의 에너지·소재 연구의 핵심 방향</b>과 정확히 맞물림.</li> <li>- 반응매 공정을 활용한 결정 내 Cs<sup>+</sup> 주입 기술은 기존 대면적 코팅 공정과의 호환성이 높아 산업적 확장성을 내포하고 있으며, 이는 교육·연구단의 <b>‘소재-공정-시스템 융합 연구’ 목표</b>에도 부합함.</li> <li>- 또한 저자진에는 국내 연구기관(KIST, KU-KIST Green School)과 산업체 공동연구자가 포함되어 있어, 산학연 융합 및 국제 경쟁력 강화 측면에서도 의미가 큼.</li> </ul> <p><b>• 전공분야의 기여</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 논문은 페로브스카이트 태양전지의 결정상 안정성 확보를 위한 새로운 접근법을 제시하였다. 기존의 CsI 첨가 방식과 달리, 반응매 공정을 활용해 Cs<sup>+</sup>를 결정 내부에 효과적으로 삽입함으로써 <b><math>\delta</math>-phase 억제 및 <math>\alpha</math>-phase 안정화</b>를 실현함.</li> <li>- 결과적으로 Voc 1.10 V, Jsc 26.05 mA/cm<sup>2</sup>, FF 79 %, PCE 22.9 %라는 뛰어난 광전특성을 달성했으며, 특히 400시간 경과 후에도 98 %의 <b>초기 효율을 유지하여 상용화에 근접한 내구성</b>을 입증했다.</li> <li>- 본 연구는 향후 perovskite 태양전지의 strain engineering, interface passivation, 반응매 공정 최적화 연구의 기초 자료로 활용될 수 있으며, <b>차세대 고효율 태양전지 분야의 새로운 패러다임</b>을 제시함.</li> </ul>
--	--

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표 연구 업적물 상세내용
				세부 전공분야		
<b>대표 연구 업적물의 적합성과 우수성</b>						
7	하윤희		인문사회계열	에너지 환경정책	저널 논문	①저자명: 권성연
				에너지 환경정책		②논문제목: <i>Understanding Policy Windows for Solar Energy Lifecycle Extension: Policymaker Perspectives in Developing Asia</i>
						③학술지명: Energy Research and Social Science
						④권(호), 페이지: 14(22), 7721
						⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 2
						⑥게재연도: 2025
						⑦DOI 번호(해당시): <a href="https://doi.org/10.1016/j.erss.2025.104130">https://doi.org/10.1016/j.erss.2025.104130</a> .
<p><b>• 연구실적의 우수성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 참여교수인 <b>하윤희</b> 교수가 교신저자로 참여한 본 논문은 <b>Social Science</b> 분야 <b>SJR 순위 14위(695개 저널 중)</b>에 해당하는 최상위권 <b>SSCI 저널인 _Energy Research &amp; Social Science_ (IF: 7.4)</b>에 게재되었음.</li> <li>- 본 논문은 개발도상 아시아 8개국의 정책결정자 데이터를 기반으로 한 실증 연구로, <b>FWCI 1.9</b> 수준의 국제적 학문적 영향력을 기대할 수 있는 연구성과임.</li> </ul>						

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>창의성·혁신성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 태양광 패널의 재활용(recycling)이 아닌 재사용(reuse)에 초점을 맞추어, 기술적 수명주기 연장을 위한 정책적 윈도우(window of opportunity)를 분석함.</li> <li>- MSF(Multiple Streams Framework)를 적용하여 문제-정책-정치 스트림 간의 상호작용을 정량적으로 규명한 최초의 실증연구 중 하나임.</li> <li>- 기존 연구들이 재활용 기술 중심의 공학적 접근에 머물렀던 한계를 넘어, 에너지 접근성과 폐기물 관리 간의 정책적 긴장(trade-off)을 통계적으로 검증함.</li> </ul> </li> <li>• <b>비전·목표와의 부합성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기술-정책 융합연구를 통한 실질적 정책 솔루션 제시에 기여함. 이는 기술과 정책 융합 연구를 수행하여 특정 사회의 맥락, 환경, 사회적 요구에 부합하는 솔루션을 탐색하려는 본 교육연구단의 목표에 부합함.</li> </ul> </li> <li>• <b>전공분야의 기여</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지정책 분야에서 최근 주목받는 <b>Policy Window 접근법</b>을 에너지수명주기 연장이라는 구체적 맥락에 적용하여, 정책지지 메커니즘을 실증적으로 규명한 점에서 학문적 기여도가 높음.</li> <li>- 특히, <b>정책결정자의 인식구조를 EFA/CFA-로지스틱 회귀로 통합 분석</b>하여 사회과학적 정성 연구에 정량 분석의 엄밀성을 결합한 <b>방법론적 혁신성</b>을 보여줌.</li> <li>- 연구 결과, 에너지 접근성 목표를 중시할수록 재사용 지지가 유의미하게 상승하고, 폐기물관리(규제·책임·품질) 중심일수록 재사용 지지가 하락함을 밝혀냄으로써 <b>에너지정책의 가치 충돌 구조를 실증적으로 입증</b>함.</li> </ul> </li> </ul>
---

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표 연구 업적물 상세내용
				세부 전공분야		
<b>대표 연구 업적물의 적합성과 우수성</b>						
8	이해석		이공계열	전기·전자	저널 논문	①저자명: 이해석(Hae-Seok Lee) 외 9명
				반도체 재료		②논문제목: Intrinsic Poly-Si layer thickness: Its role in pinhole contact formation and interface passivation in poly-silicon on oxide solar cells
						③학술지명: Solar Energy Materials & Solar Cells
						④권(호), 페이지: 279, 113276
						⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 1
						⑥게재연도: 2025
						⑦DOI 번호(해당시): <a href="https://doi.org/10.1016/j.solmat.2024.113276">https://doi.org/10.1016/j.solmat.2024.113276</a>
						<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>연구실적의 우수성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 참여교수인 이해석 교수가 교신저자인 본 논문은 태양광분야 최상위 SCIE 저널인 Solar Energy Materials &amp; Solar Cells (Q1, IF: 6.3)에 게재되었음. 또한 본 논문은 <b>FWCI 3.64</b>로 이는 상위 5% 또는 그 이상 수준의 매우높은 영향력의 논문으로 평가받고 있음.</li> </ul> </li> <li>• <b>창의성·혁신성</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이 연구는 2033년까지 시장의 70% 점유가 예측되는 상업용 n-TOPCon 실리콘 태양전지의 25% 고효율</li> </ul> </li> </ul>

	<p>달성을 위해 새로운 계면 passivation 소재를 개발하여 적용하였다는 점에서 차별성과 독창성이 있음.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 새로운 passivation 기술로 intrinsic poly-Si 층을 이용한 연구를 통해 기존 pinhole 발생문제를 해결하고, 그 결과 25% 초고효율을 달성한 점에서 혁신적인 결과임.</li> </ul> <p>• <b>비전·목표와의 부합성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구 당시 본 대학원에 재학 중이었던 이해정 학생은 한화큐셀 계약학과 소속으로 산학협력 연구로 진행된 결과물임. 현재 이해정 학생은 한화큐셀 진천공장 Tech 센터 소속연구원으로 본 연구개발 결과물인 25% n-TOPCon 실리콘 태양전지의 양산기술 개발을 통해 성공적으로 생산 중에 있음. 이는 에너지·자원 분야 산학연계 문제해결형 공동연구를 확대하고자 하는 본 교육연구단의 목표에 부합함.</li> <li>- 전세계적으로 25% 효율의 상업용 실리콘 태양전지 개발을 위한 기술경쟁이 활발히 진행되고 있으며, 특히 효율 향상을 위해 결함을 제어하는 passivation 기술개발의 어려움으로 인해 원천 및 상용화 기술과의 연계를 위한 산학협력 공동연구 전략이 중요함. 본 연구의 성공적인 사업화 연계는 문제해결형 교육 및 연구프로그램 강화전략을 체계적으로 실행중인 본 교육연구단의 목표에 부합함.</li> </ul> <p>• <b>전공분야의 기여</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 n-TOPCon 실리콘 태양전지의 Tunnel oxide/N+-poly-Si 계면 분석을 통해 나노 스케일의 결함을 밝혀내고, 이를 제어할 수 있는 새로운 passivation 층을 개발하여 태양전지의 개방전압과 곡선인자 향상에 기여함.</li> <li>- 이러한 연구는 효율 경쟁이 치열한 태양전지 산업에서 25% 양산효율을 달성할 수 있는 원천 솔루션을 제시하여 고효율 상업용 태양전지 양산화에 기여함.</li> </ul>
--	--

**다. 이공계열 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성**

- 본 연구단 소속 참여교수는 지난 사업 연도(2024.09.~2025.08) 동안 16건의 특허 등록과 1건의 특허 출원의 실적을 냄.
- 대표 특허들은 에너지·환경 분야의 기술혁신과 산업적 파급력을 결합한 실용화 지향 연구 성과로, 소재·공정·디자인·인프라 등 다양한 영역에서 창의적 해결책을 제시하고 있음. 투명 금속산화물 기판, 고투과형 태양광 모듈, 친환경 해양구조체 등은 지속가능한 제조공정·탄소저감형 인프라·재생에너지 활용 기술로 확장 가능성이 높으며, 연구 단계의 기술이 실제 산업 제품과 지역 기반 인프라로 이전되어 산학연 협력 및 사회적 가치 창출을 실현함으로써 교육연구단의 실용화·사회공헌 목표에 부합함. 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		
<b>특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성</b>					
1	강윤목		신소재공학	특허	①발명자: 강윤목
			반도체 물성		②특허명(품종등록명): 금속산화물 투명기판 및 그 제조방법
					③등록국가: 대한민국
					④등록번호: 10-2022-00000000
					⑤등록연도: 2025.07.03
<p>• <b>창의성·혁신성</b> 본 특허는 금속산화물 투명기판 및 그 제조방법에 관한 것으로, 세부적으로, 저반사 코팅 및 방오 코팅기술에 관한 것임.</p> <p>• <b>비전·목표와의 부합성</b> 해당 투명 기판을 다중으로 접합시킴으로써 이를 카메라 렌즈로 활용하고, 해당 렌즈를 삼성전자와 협업</p>					

하여 실제 휴대폰 카메라에 적용하고 있어 산업적 활용 목표에 부합함.

• **전공분야의 기여**

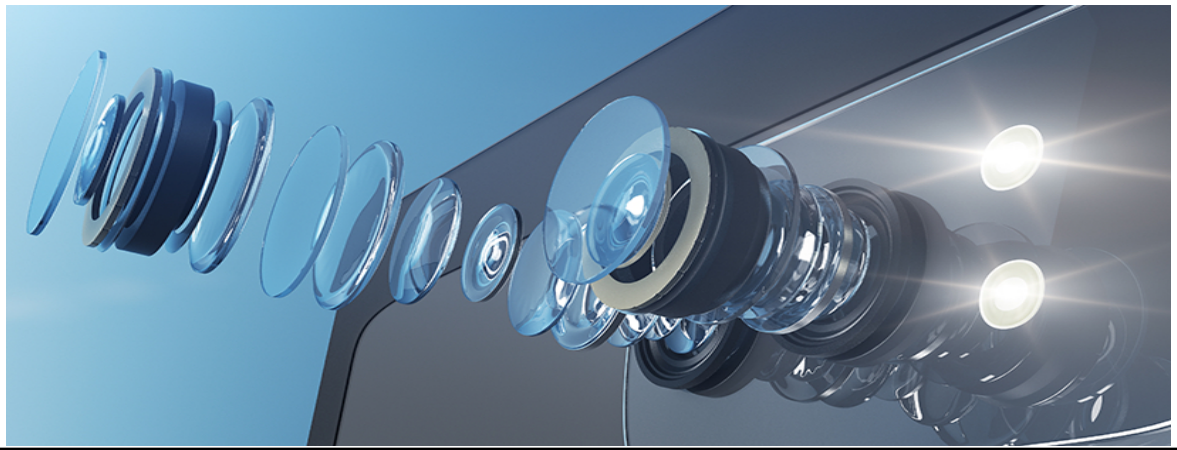
본 특허는 불투명한 알루미늄이 남아있어 투명도를 확보하기 어렵고 나노미터 알루미늄 산화물 요철구조와 원하는 특정 굴절율 변화를 효과적으로 만들어내지 못하는 상기 연구들과 달리 간단한 제조공정을 통해 경제적이면서도 세계 최고 수준의 낮은 반사율을 확보할 수 있는 기술임.

• **참여교수의 기여도**

강운목 교수는 물에 접촉시키는 간단한 과정을 통해 효과적으로 금속산화물 투명기판을 제조하는 방법을 제안하여 낮은 반사율과 방오 특성을 동시에 확보한 금속산화물 기판 제작하고 기업자문으로 통해 기업에 기술을 전수함

• **지역·산업에의 기여**

본 특허는 낮은 반사율, 방오 특성, 간단한 공정 과정을 가진 금속산화물 투명 기판 제작 아이디어로 해당 기술을 카메라 렌즈 분야 중견기업에 기술자문을 통해 개발하고 양산라인에 공정을 직접 이전 한 후 대기업에 연 1천 만개 이상 판매되는 주력 제품으로 성장함.



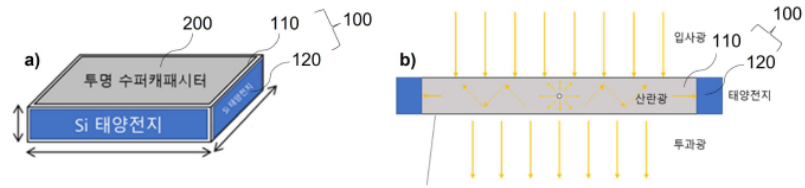
연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용
			세부 전공분야		
					<b>특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성</b>
	김여원		전기공학	특허	①발명자: 김여원, 박지윤, 강성은
			반도체 물성		②특허명(품종등록명): 굴 껍데기를 활용한 자연 친화적 방파제 및 인공 암초
					③출원 국가: 대한민국
					④출원번호:
					⑤출원연도: 2025
2					<p>• <b>창의성·혁신성</b> 본 특허는 파랑 반사로 인한 인근 해안 침식을 최소화하고, 굴 폐각을 재활용하여 생물 서식 및 퇴적물 포집이 가능한 친환경 구조체를 제공하고자 함.</p> <p>• <b>비전·목표와의 부합성</b> 기후변화 적응형 인프라를 구축하고 회복탄력성을 강화하는 기술로서, 에너지환경 분야 산업사회 문제 해결을 추구하는 본 사업단의 목표와 부합함.</p> <p>• <b>전공분야의 기여</b> 기존 회색 인프라 중심의 침식 방지 공법은 파랑 반사로 인한 인근 해역 침식, 해양 생태계 훼손, 시공 과정의 고탄소 배출 등의 문제가 있었으나, 굴 폐각 재활용과 지역 맞춤형 배치 설계를 통해 이러한 한계를 개선하고자 함.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>참여교수의 기여도</b> 김여원 교수는 모듈형 구조체 및 다공질 설계 개념을 제안하여 구조체의 안정성과 확장성을 확보하였으며, 기존 방파제의 기능을 생태 복원형으로 전환하는 핵심 아이디어를 제공함.</li> <li><b>지역·산업에의 기여</b> 본 특허는 지역 순환경제 기반의 해양 산업 활성화 및 사회적 수용성 제고를 통해 재해 취약성 대응력 향상에 기여할 것으로 기대됨.</li> </ul>
--	---

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용
			세부 전공분야		
			<b>특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성</b>		
	전용석		신재생에너지융합	특허	①발명자: <b>전용석</b> , 정무영, 안정현
			전기재료		②특허명(품종등록명): 광 가이드 투명 태양전지를 이용한 자가 충전 투명 수퍼캐패시터 구조
					③등록국가: 대한민국
					④등록번호:
					⑤등록연도: 2024.11
3					<ul style="list-style-type: none"> <li><b>창의성·혁신성</b> 본 특허는 유리 기판에 다층 박막 전극과 고투과성 실리콘 기반의 태양광 발전부를 집적한 투명형 광전 모듈로, 외부 조도 환경에서도 효율적으로 전력을 생성할 수 있는 구조를 구현함. 특히 실리콘 광 흡수층과 투명 전극층을 다층 분리 설계하여 전력 변환 효율을 유지하면서도 가시광 투과도를 높이는 고투과형 BIPV(Building Integrated Photovoltaics) 핵심 기술을 제안함. 이는 건물 외장재·디지털 사이니지·투명창 응용이 가능한 차세대 발전 모듈로, 기존 태양전지 모듈의 불투명성 한계를 극복한 혁신적 아이디어임.</li> <li><b>비전·목표와의 부합성</b> 본 특허 기술은 에너지 생산과 건축물 디자인을 통합해 건물 외장·창호 등에 적용할 수 있는 고투과 태양광 모듈로, 사회적 수용성 제고와 에너지전환 촉진이라는 본 교육연구단의 목표에 부합함. 특히 별도의 설치 공간 없이 도심 환경 내 자가 발전형 건축 외장재로 적용할 수 있어, 에너지환경 분야의 산업사회 문제해결(도심 전력 소비 절감, 재생에너지 확대)에 기여할 수 있음.</li> <li><b>전공분야의 기여</b> 기존 태양광 모듈은 불투명 구조로 인해 광 입사 면에 추가 기능을 결합하면 성능이 급격히 저하되는 문제가 있었음. 본 특허는 고투과성 실리콘 판전 층을 설계하고, 마이크로 LED와 광전소자를 적층하여 디지털 디스플레이 기능을 동시에 구현함. 이를 통해 외부 전력 공급 없이 자가발전형 사이니지 기능을 가능하게 했으며, 광 손실 최소화와 발전 효율 유지라는 기술적 난제를 해결함.</li> <li><b>참여교수의 기여도</b> 강윤목 교수는 투과율이 높아도 출력 저하가 최소화되는 투명 광전 모듈 구조를 고안하고, 발광층과 투광층을 분리한 신규 광학 시스템 설계에 핵심적으로 기여하였다. 이를 통해 고효율·고투과 모듈 구조의 기술적 완성도를 확보함.</li> <li><b>지역·산업에의 기여</b> 본 특허는 건물 일체형 태양광(BIPV)과 디지털 사이니지 기능을 융합한 모듈 설계 아이디어로, 고밀도 도심 지역에서 에너지 자립도 향상 및 재생에너지 보급 확대에 기여할 수 있음. 또한 외관 디자인과 투명도를 유지하면서 발전 기능을 확보하여 상업시설·공공건물·역사 및 공항 등의 디지털 광고 및 정보 안내 시스템으로 확산 가능성이 높음. 이는 국내 BIPV 산업 경쟁력 강화와 지역 재생에너지 산업 활성화에도 실질적인 파급효과를 제공할 수 있음.</li> </ul>

【도면】

【도 1】



【도 2】

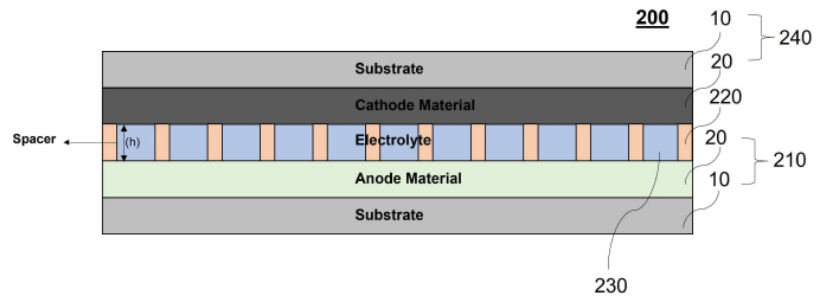


그림. 광 가이드 투명 태양전지를 이용한 자가 충전 투명 슈퍼캐패시터 구조

<표 III-3> 최근 1년간(2024년9월1일-2025년8월31일) 특허 등록실적

연번	연도	항목	등록 국가	등록일자	등록번호	발명의 명칭	등록인 구분	발명인명
1	2024	국내특허	대한민국	2024.09.03		페로브스카이트 태양전지 모듈 구조	고려대학교 산학협력단	강윤목, 남지연, 이승훈, 이원규, 김동환, 이해석
2	2024	국내특허	대한민국	2024.09.03		수분침투 방지 및 UV 파장의 빛 차단 기능을 가진 희생양극을 포함하는 태양광 모듈	고려대학교 산학협력단	강윤목, 김경환, 남지연, 이솔희, 이원규, 정석현, 조수진, 편도원, 황재근, 황지성, 김동환, 이해석
3	2024	국내특허	대한민국	2024.09.03		태양광 모듈 및 이의 제조 방법	고려대학교 산학협력단	전용석, 강윤목, 이찬용, 채경진
4	2024	국내특허	대한민국	2024.11.04		광 가이드 투명 태양전지를 이용한 자가 충전 투명 수퍼캐패시터 구조	고려대학교 산학협력단	전용석, 안정현, 정무영
5	2024	국내특허	대한민국	2024.11.04		스페이서가 적용된 투명한 수퍼캐패시터 구조	고려대학교 산학협력단	전용석, 오용석, 조효빈, 정무영
6	2025	국내특허	대한민국	2025.01.02		지그에 의해 각도 조절되는 태양광 모듈의 제조방법 및 이에 의한 태양광 모듈	고려대학교 산학협력단	강윤목
7	2025	국내특허	대한민국	2025.01.02		태양광 모듈의 제조 방법	고려대학교 산학협력단	강윤목
8	2025	국내특허	대한민국	2025.02.03		충격 흡수구조체를 포함한 태양광 모듈	고려대학교 산학협력단	전용석, 강윤목, 이찬용, 이창현
9	2025	국내특허	대한민국	2025.02.03		전기화학 소자용 전극재	고려대학교 산학협력단	전용석, 이찬용, 오용석, 정무영
10	2025	국내특허	대한민국	2025.02.03		다중접합 태양전지 및 그 제조방법	고려대학교 산학협력단	이해석, 강동균, 송호영, 심명섭, 이솔희, 정석현, 황재근, 최동진, 편도원, 강윤목, 김동환
11	2025	국내특허	대한민국	2025.02.03		투명 태양광 모듈의 제조방법 및 제조장치	고려대학교 산학협력단	강윤목, 전용석
12	2025	국제특허	대한민국	2025.05.20		확장이 용이한 조립형 태양광 모듈 및 어셈블리의 구조 및 공정	고려대학교 산학협력단	전용석, 강윤목, 이찬용, 채경진
13	2025	국내특허	대한민국	2025.06.02		이중층수산화물-맥신 복합체를 이용한 투명 수퍼캐패시터 전극 및 이의 제조방법	고려대학교 산학협력단	전용석, 이찬용, 정무영
14	2025	국내특허	대한민국	2025.06.10		정공수송이 가능한	고려대학교	이해석, 남지연, 송

						패시베이션층이 구비된 페로브스카이트 태양전지 및 그 제조방법	산학협력단	호영,이솔희,이원 규,조수진,편도원, 황재근,정석현, <b>강 윤목</b> ,김동환
15	2025	국내특허	대한민국	2025.07.03		금속산화물 투명기관 및 그 제조방법	고려대학교 산학협력단	<b>강윤목</b>
16	2025	국내특허	대한민국	2025.07.17		버퍼층 적용을 통하여 밴딩 안정성과 발전 효율이 향상된 박막 태양 전지 모듈	고려대학교 산학협력단	<b>강윤목</b> ,김영민,남 지연,이솔희,이원 규,정석현,조수진, 편도원,황재근,황 지성,김경환,김동 환, <b>이해석</b>

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

연 번	연도	항목	출원 국가	출원일자	출원번호	발명의 명칭	등록인 구분	발명인명
1	2025	국내특허	대한민국	2025.02.12		굴 껍데기를 활용한 자연 친화적 방파제 및 인공 암초	고려대학교 산학협력단	<b>김여원</b> , 박지윤, 강성은

## 2. 산업·사회에 대한 기여도

### 가. (2024/25 KSP 정책자문) 남아프리카공화국 그린수소 산업 발전방안 (참여교수: 하윤희)

#### ● (추진 배경)

- 남아프리카공화국은 재생에너지 잠재력과 백금족금속(PGM) 등 전략광물을 바탕으로 그린수소 공급 거점이 될 조건을 갖췄으나, 전력시스템 제약·제도 미비 등으로 실행가능한 전환 경로의 정밀 설계가 요구됨.
- 본 연구는 한국의 수소정책·산업·기술 축적지식을 남아공 맥락에 맞춘 정책-기술-시장 연계 모델을 제시하고, 한국 산업계와 남아공 산업계를 잇는 연구 기반의 가교 역할을 확립하는 데 목적이 있음.

#### ● (연구 내용)

- **정책·제도 비교분석**: 한국 수소정책과 산업단지 모델 등을 남아공의 그린수소 정책 및 현행 제도와 교차 분석, 표준·인증·금융(CcFd/ETS/VCM) 연계 설계안 도출
- **GIS 기반 입지·인프라 분석**: 재생에너지 잠재력, 수자원, 광산, 기존 화력발전소, 송전망, 항만 접근성을 통합한 다기준 공간분석을 수행하여 수소 생산-운송-활용의 최적 연계축(Mpumalanga-Limpopo-Durban/Coega)을 도출
- **밸류체인·TRL 매칭**: 생산-운송-활용 단계 병목을 식별하고, 한국(전해조·연료전지·저장/운송)-남아공 (PGM·실증현장) 간 TRL 6-7 공동실증-공동IP 단계 로드맵 설계
- **이해관계자 네트워크 분석**: 남아공 수소경제의 협력 구조를 규명하기 위해 문헌 기반(정책상 이상적 구조)와 설문 기반 네트워크(실제 협력 네트워크)를 비교 분석
- **혼소발전 시나리오 분석**: 남아공 석탄화력의 수소 혼소 전환을 대상으로 시나리오별 (석탄발전소 베이스라인·혼소Only·혼소+배출권수입·혼소+환경설비투자) LCOE 분석을 통한 경제성 평가와 온실가스 배출 산정을 통한 환경효과를 비교 분석함. 또한 ETS, VCM 연계 정책패키지 및 단계별 실행 로드맵을 제시

● (실적 및 현황)

- 정책-기술 통합 로드맵을 구축하여 수소 표준·인증·금융을 연계하고 GIS 기반으로 생산과 수요를 잇는 최적 연계 시퀀스를 제시
- 기술-정책-입지 데이터의 통합 분석을 통해 TRL 매칭 기반 공동실증 후보군을 도출하고, SNA를 활용해 남아공 수소 생태계 내 핵심 중개 허브를 제시함으로써 협력 효율성을 제안
- 수소 혼소발전 시나리오를 정량적으로 검증하여 혼소율, 발전소 개조 CAPEX, 배출 감축, 설비 개선 (R&M) 효과를 계량화함. 이를 통해 남아공의 현실적 에너지 전환 옵션으로서 혼소의 경제적·환경적 타당성을 근거 기반으로 제시
- 정책과 기술의 연구결과를 브리프, 로드맵, 시각화 자료 등으로 재구성해 남아공 정부와 공기업 등에 제공함으로써 연구 성과가 실제적인 정책과 투자에 대한 논의의 실질적 참고자료로 활용될 수 있도록 제공
- 2025년 9월에는 한-남아공 1:1 비즈니스 세미나를 개최해 발전·수소장비·수소모빌리티 등 한국 기업과 남아공 주요기관(IDC, Eskom, Sanedi 등) 및 기업의 맞춤형 매칭 세션을 운영함. 이를 통해 공동 실증 및 사업화 파이프라인을 구체화하고 양국 산업 간 실질적 협력 기반을 마련
- 남아공의 수소관련 주요 정부부처 및 기관(DMRE, IDC, Sanedi 등)과의 정책협력 기반을 조성해 연구결과가 지속적인 교류로 이어질 수 있도록 연계

● (기대효과)

- 본 연구는 정책-기술-산업의 순환적 협력 구조를 마련하여 한국의 산업 역량과 남아공의 전환 수요를 연결하는 실질적 가교 역할을 수행하며, 향후 양국 간 지속가능한 파트너십 모델로 확산될 기반을 마련함.
- 정책 측면에서는 남아공 정부와 공공기관에 정책 실무 레퍼런스로 활용된 전망됨.
- 기술 측면에서는 GIS 입지분석과 혼소 시나리오 결과가 현지 실증 프로젝트와 투자 검토의 근거 자료로 활용되어, 공동실증 및 기술이전 논의가 구체화될 가능성이 높음.
- 산업 측면에서는 한-남아공 비즈니스 세션을 계기로 형성된 기관 간 협력 네트워크가 지속적 사업화 협의 채널로 발전할 것으로 예상되며, 이를 통해 한국 기업의 해외 진출과 남아공의 에너지 전환이 상호 강화될 것으로 기대됨.

나. (2024/25 KSP 정책자문) 슬로바키아-한국 그린수소 산업 협력전략(참여교수: 하윤희)

● (추진 배경)

- 슬로바키아는 제조업 중심(산업 GDP 30% 이상) 구조로 CBAM-REPowerEU 등 EU 탈탄소 규제에 직접 노출되어 있는 반면, 엔지니어링 역량과 EU 시장 접근성은 수소산업 성장 기반이 됨.
- 한국은 세계 최초 수소경제법(2020), CHPS, 청정수소인증제, 수소특화단지 등을 통해 정책-산업-기술 통합모델을 구축
- 본 연구는 한국의 경험을 바탕으로 슬로바키아형 수소 생태계 모델과 양국 간 협력 로드맵을 제시함.

● (연구 내용)

- 정책·제도 비교: 한국의 수소경제 로드맵, CHPS, 산업단지 제도와 슬로바키아의 「Ready for the Future」 전략을 비교, 거버넌스 및 제도개선 방향 제안
- 산업생태계 협력: 한국의 MCE 전략(40개 핵심품목, 국산화율 80%)을 적용해 슬로바키아 자동차·기계 산업 기반의 공동 공급망 및 기술이전(TRL6-8) 계획 수립
- EU 제도 정합화: RFNBO 기준에 부합하면서 한국의 인증-CHPS 구조를 응용한 Green Hydrogen CfD 파일럿 설계안 도출
- 지역 모델 구상: 포항·울산 사례를 참고해 코시체(산업전환형)-브라티슬라바(도시형) 이중 거점 구상
- 협력 로드맵: ①정책협의체 출범 → ②공동 실증 → ③산업화 확산의 3단계 로드맵 제시

● (주요 성과)

- 한국-슬로바키아 제도·산업 매핑 프레임 구축 및 CfD·인증제 설계안 제시
- 7대 정책 권고(비전 설정, EU자금 활용, 인증 정합화, PPP구축 등) 제안
- MCE-자동차 산업 연계 협력모델, 연구자 교류·기술훈련·공동실증 계획 도출
- 2025~2030 단계별 실행계획(MOU→실증→산업화) 수립

● (기대효과)

- 정책: EU 제도 정합형 수소 거버넌스 모델 제시로 실행력 강화
- 산업: 공동공급망·실증 프로젝트를 통한 양국 산업 고도화
- 기술·인력: TRL기반 실증과 교육 프로그램으로 지속가능한 기술·인재 순환 구축
- 협력: 한-슬로바키아 파트너십이 중앙유럽 수소벨트 확산의 교두보로 작용할 전망

다. (국내 기업 신흥국 진출 지원) 신흥국 에너지 공무원 초청 인력양성 프로그램

(참여교수: 김경남, 하윤희, 우종률)

● (현황)

- 2025년 10월 현재, 19개 아시아국가, 3개 CIS 국가, 1개 오세아니아 국가, 6개 아프리카 국가 등 총 29개국 출신의 59명(석사 41명, 박사 18명)의 졸업생을 배출하였음
- 이들은 대부분 자국의 에너지부, 산업부, 전력청, 국영 에너지 공기업 등에서 중견 간부로 재직 중이며, 한국의 에너지정책 및 기술역량을 학문적으로 습득한 실무형 인재로 평가됨.
- GETPPP는 산업·학계·정부 간 연계 협력 플랫폼을 구축하여, 각국의 정책담당자와 현지 기업, 연구기관 간의 협력 기반을 조성하고 있음.

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

- 2019년부터 GETPPP 졸업생을 중심으로 한 “국제에너지전문가네트워크(International Energy Expert Network, IEEN)”를 구축하여, 우리 기업의 신흥국 에너지시장 진출을 지원하는 인적 교두보 역할을 수행하고 있음.
- 첫 번째 IEEN은 2019년 베트남 출신 졸업생을 중심으로 발족하였으며, 이후 인도네시아(2020), 필리핀(2021), 말레이시아(2022)로 확장됨.
- 2019~2022년간 개최된 IEEN 포럼에는 총 84명의 현지 에너지 전문가가 참여하였으며, 태양광, 풍력, 스마트에너지시스템, ESS, 그린모빌리티 등 주제로 한-신흥국 간 세미나 및 비즈니스 네트워킹을 진행함.
- 특히 2025년 9월 남아공 요하네스버그에서 한-남아공 간 협력 기회 창출 및 전략적 파트너십 구축을 위해 「그린수소 비즈니스 파트너링 프로그램」 및 「IEEN 발전부문 청정에너지 전환 세미나」 개최하였고 GETPPP 과정을 소개 및 홍보하였고, 한국 기업들의 남아공 진출을 위한 초석을 마련하였음.

● (향후 계획)

- 졸업생 및 재학생, 현지 에너지부 공무원, 기업인, 연구자 간의 학술·정책 네트워크를 확대하여 장기적인 협력 플랫폼으로 발전시킬 예정임.
- 현지 에너지시장 수요조사 및 기술수요 분석 워크숍을 정례화하고, 졸업생이 소속된 기관과 국내 에너지 기업을 연결하는 프로젝트 매칭 프로그램을 추진할 계획임.
- 또한 국내 산·학·연 전문가의 현지 파견을 통해 양자 공동연구 및 기술사업화 협력 과제 발굴을 진행할 예정임.
- 현재 한국중부발전, 한국동서발전, 한전KPS, 한국석유공사, 포스코에너지, SK이노베이션, 한화에너지, 리카본코리아, 코에버정보기술 등 다수의 국내 에너지기관·기업과 협력 중이며, 향후 신흥국 현지 프로젝트 공동

참여를 통한 에너지외교 및 산업진출 플랫폼으로의 확장을 추진하고 있음.

## 라. 회복탄력성 증대를 위한 도시복잡계 모델링 연구 (참여교수: 김여원)

### ● (연구 배경)

- 기후변화로 인한 집중호우·폭염·홍수 등 복합재난이 빈번해지면서, 도시의 사회기반시설 취약성을 진단하고 회복탄력성을 강화하는 체계적 접근이 필수적임.
- 그러나 기존의 도시 관리정책은 단일 변수(배수 용량, 녹지율 등)에 치중하여 복합적 시스템 상호작용을 충분히 설명하지 못하는 한계를 지님.
- 본 연구는 이러한 한계를 극복하기 위해 도시를 복잡계(Complex System)로 인식하고 동적 상호작용을 분석하는 새로운 접근법이 필요함.
- 도시화와 기후변화가 사회적·공학·생태적 요인 간의 동적 상호작용을 통해 도시 침수 위험과 시민 안전성에 미치는 영향을 통합적으로 분석하여, 회복탄력적 정책 설계의 기반을 마련하고자 함.

### ● (연구 내용)

- 연구 대상지로 설정된 세종시는 도시화가 급속히 진행되는 계획도시로서, 중심지역과 배후지역 간 공간 위계(spatial hierarchy)에 따른 사회기반시설의 분포와 기후 취약성이 뚜렷하게 구분되어 있어 복잡계 기반의 회복탄력성 평가 모델을 설계하기에 적합한 지역임.
- 도시화와 기후변화가 도시 침수 및 시민 안전성에 미치는 복합적 영향을 분석하기 위해 시스템 다이내믹스(System Dynamics) 방법론을 적용하여 인과관계를 규명하고 정책적 시뮬레이션을 수행함.
- 세종시의 불투수면적, 녹지면적, 강우강도, 인구밀도, 배수펌프장 설계용량, 대피소 및 긴급 대응 체계 등 관련 공공데이터를 수집하고 GIS를 통해 공간별 특성을 시각화하여 중심지역 및 배후지역으로 공간 위계를 구분함.
- 수집된 데이터를 기반으로 CLD(인과루프 다이어그램)를 구축하여 주요 변수 간 인과구조를 정립하고, 중심지역과 배후지역 각각에 대해 별도의 모델을 설계함.
- 시뮬레이션은 현황 유지(Undesirable), 잠재적 위험(Potential Risk), 배수 시스템 강화(Strategic), 녹지면적 확대(Adaptive), 통합 정책(Transformative)의 5개 시나리오로 구성함.
- 연구 결과, 중심지역에서는 녹지면적 확대가 도시 침수 위험 완화와 시민 안전성 향상에 가장 효과적이며, 배후지역에서는 배수 시스템 강화가 침수 저감 효과가 가장 높게 나타났고, 두 전략을 결합한 Transformative 시나리오는 중심지역과 배후지역 모두에서 가장 효과적인 대안이라는 결과가 도출됨.
- 이를 통해 공간 위계별 상이한 정책 대응의 필요성과 도시화 및 기후변화 대응을 위한 데이터 기반 의사결정 프레임워크의 실효성을 입증함.

### ● (실적 및 현황)

- 도시화와 기후변화가 복합적으로 작용하는 도시 환경을 정량적으로 분석할 수 있는 도시복잡계 모델을 설계하고, 정책 시뮬레이션을 통해 도시 회복탄력성 강화의 과학적 근거를 제시함.
- 2024년 하반기 및 2025년 상반기에 대한상하수도학회, 한국환경경영학회, 한국수자원학회 학술대회에서 발표되었으며, 현재 연구 내용을 발전시킨 논문을 「한국물환경학회지」(Journal of Korean Society on Water Environment)에 투고함.

### ● (기대효과)

- 복잡계적 접근을 기반으로 도시화와 기후변화의 비선형적 상호작용을 정량적으로 분석함으로써, 기존의 정성적 연구 수준을 넘어선 정책 시뮬레이션형 도시 회복탄력성 평가체계를 제시함.
- 정책적 측면에서, 연구 결과는 도시 침수 저감과 시민 안전성 향상을 위한 공간 위계별 맞춤형 대응 전략 수립에 직접 활용 가능하며 세종시 외 타 도시로의 확장이 용이한 표준 가이드라인으로 발전할 수 있음.

- 사회적 측면에서는 도시 침수 피해로 인한 사회·경제적 손실을 감소시키고, 긴급 대응 체계 및 대피 효율성을 높임으로써 시민 안전성과 삶의 질을 향상시킬 수 있음.
- 기술적 측면에서는 IoT·GIS·디지털 트윈을 결합한 실시간 도시관리 플랫폼 개발로 발전 가능하며, 이는 향후 스마트 회복탄력도시(Smart Resilient City) 구현의 핵심 기술적 기반이 될 수 있음.

**마. (광·전기화학 질산염 저감) GaN 나노와이어-Co 촉매 텐덤 구조를 이용한 PEC 질산염 환원 개념 입증 연구 (참여교수: 동완재)**

● (연구 배경)

- 수질·자원 동시 문제 해결의 필요성: 산업·농업 기인 질산성 오염수 처리가 시급하며, 동시에 그린 암모니아는 비료·수소캐리어로 수요가 급증. 폐수 정화와 자원화(암모니아 생산)를 동시에 달성할 수 있는 기술 수요가 큼.
- 분산형·저탄소 전환 과제: 대규모 하버·보수 및 중앙집중식 정화의 한계를 보완할 분산형·전기구동(태양광 연계) 공정 필요. 금속·반도체 일체형 PEC 전극은 낮은 온도·압력, 온사이트 운영이 가능해 중소 사업장·지자체에 적합.
- 국가 전략 및 산업 연계성: 2050 탄소중립·수소경제·K-ESG/환경규제(총질소, 암모니아 배출기준)와 정합. 에너지-물-화학 교차 영역에서 소재·장비·시스템 통합의 국내 공급망 기회가 큼.

● (연구 내용)

- 구조 설계: GaN 나노와이어(GaN NW)를 광흡수/전자공급 플랫폼으로 활용하고, 표면 상부에 Co 금속 물질을 올린 텐덤 전극을 제작
- 역할 분담: GaN NW가  $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^-$ 의 1단계 환원을 담당하고, Co 물질이  $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NH}_3$ 의 2단계 환원을 담당하도록 공간적으로 분리된 반응 경로를 구현
- 제작·특성: (i) GaN NW 성장 및 기판 집적, (ii) Co 균일 도입(전구체 선택·고정화 조건 최적화), (iii) 광전기화학 셀에서 LSV/CA, Faradaic 효율(FE) 및 선택성 분석, (iv) 반응 전·후 표면 상태(XPS/현미경) 비교로 단계 선택성 확인
- 검증 포인트: 수백nm  $\rightarrow$  수 $\mu$ m 스케일로 공간 분리를 확장해도 질산염의 2단계 경로가 유지·진행됨을 보이고, 유의미한 FE와 current density를 얻음.

● (실적 및 현황)

- GaN-Co 일체형 전극 플랫폼 확보: GaN과 금속(Co) 소재를 정합 결합한 전극을 합성하고, 전기화학(EC)/광전기화학(PEC) 조건에서 안정적으로 구동. 중성 전해질에서 질산염을 암모니아로 선택적 환원함을 확인함.
- 최근 중성 조건의 전기화학적 암모니아 생산 연구와 비교 시, (i) 귀금속 비의존 일체형 구조, (ii) 광유도 전하분리-촉매 활성 결합으로 반응 선택성 확보, (iii) 수처리-자원화 동시 달성 관점에서 응용 확장성을 보여 의미 있는 실험적 성과로 평가됨.
- 재현성 기반의 데이터 신뢰성 확보: ECSA/LSV/CA/EIS 등 전기화학 표준 프로토콜과 XRD/XPS/TEM 등 구조·조성 검증을 일관되게 수행하여 결과의 재현성과 신뢰성을 확보함.

● (기대효과)

- 그린 암모니아 시장 대응 역량 확보: GaN-Co 일체형 전극 기반의 EC/PEC 구동으로 중성 전해질에서 선택적 암모니아 환원을 입증함. 증가하는 그린 암모니아 수요에 대응하는 핵심 에너지 기술 자립과 국가 경쟁력 제고에 기여
- 친환경 소재 × 재생에너지의 산업화 가속: 친환경 반도체(GaN) + 비귀금속 촉매(Co) 조합과 재생 전력 연계 운전을 통해 저탄소·분산형 생산 모델을 제시함. 과학기술의 산업화를 선도하고 암모니아 시장 선점 가능성 강화

- 공급망·사업화 확장성: 전극·코팅·전원·수처리 등 국내 밸류체인 연계와 표준화된 측정/검증을 통해 산업 적용 신뢰성 확보 → 파일릿-;조달-수출형 모델로 단계적 확장 기반 마련
- 고효율 촉매 설계 가이드라인: 전자구조-계면공학-광/전하분리 연계 분석을 통해 선택성·활성·안정성 상호작용을 정리하고, GaN 반극성/무극성 결정면 노출과 Co 기반 활성점 설계를 묶은 촉매/전극 통합 설계 지침을 도출
- 그린 암모니아 원천소재 개발: GaN-금속(Co) 일체형 광전극 플랫폼을 구축하여 그린암모니아 생산 원천소재·공정 아키텍처 제시
- 전자구조-계면공학-광/전하분리 연계 분석을 통해 고효율 촉매를 설계하는 가이드라인 제시
- GaN의 에너지 분야 확장: 통신/전력소자 중심이던 GaN 반도체를 에너지 화학 변환 플랫폼으로 확장하고, 광유도 전하분리-촉매 반응의 정합을 하여 에너지 소재로서의 GaN 활용 지평을 확대

## 바. (자동차 및 산업 환경규제 대응) 자기 유도 가열 기술을 활용한 차세대 배기가스 정화 시스템 개발 (참여교수: 송인학)

### ● (연구배경)

- 내연기관 차량의 점진적 감축 정책에도 불구하고 중장기적으로는 하이브리드 및 플러그인 하이브리드 차량이 지속 운행될 것으로 예상되며, 이들 차량의 배출가스 제어 성능 확보가 중요한 과제로 대두되고 있음. 특히, 시동 직후 촉매가 활성화되지 않아 유해물질이 대량 배출되는 저온 구간(cold-start)에서의 정화 효율은 기존 기술로는 한계가 있으며, 이는 실제 운행 조건에서 배출 허용 기준을 만족시키는 데 있어 결정적인 장애 요인이 되고 있음.
- 이 연구에서는 상온 환원 현상을 이용해 제올라이트 세공 내 Pd/Pt/Rh 같은 귀금속을 강자성의 특성을 띄는 서브나노미터 클러스터로 합성하고 자기 유도 가열 기반 반응 시스템으로의 접목을 통해 촉매의 활성점 자체가 열원으로 작동하게 하여 열 손실을 줄여 하이브리드 차량의 저온 및 냉간 시동 시 배출가스 저감 성능을 극대화하는 시스템 개발을 목표로 함.

### ● (현황)

- 다양한 제올라이트 지지체 내 귀금속(Pd, Pt) 서브나노미터 금속 클러스터의 합성을 진행중임. 또한,  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>에 Pd를 담지하여 환원 온도를 달리하여 Pd 입자의 크기와 분포를 분석하고 있음.
- 현재 합성한 촉매들의 기존 삼원촉매 열촉매 시스템의 테스트를 진행하기 위해 2 kW 열촉매 반응기 구축 중.

### ● (향후 기대효과)

- 본 기술은 하이브리드 및 플러그인 하이브리드 차량 등에서 시동 직후 급격히 증가하는 CO, HC, NO<sub>x</sub> 등의 유해가스 배출 문제를 근본적으로 해결할 수 있는 대안으로 작용함. 기존 전기히터 기반 가열 시스템은 부피 증가, 높은 에너지 소모, 응답속도 한계 등으로 인해 상용화에 어려움이 있음. 이에 비해, 자기 유도 기반 정밀 가열 시스템은 최소한의 외부 에너지로 촉매 표면에 선택적 국소 발열을 유도함으로써 에너지 효율을 유지하면서도 반응 초기 활성화 시점을 앞당길 수 있는 기술적 강점을 가짐.
- 또한 해당 기술은 배기가스 정화 분야에 국한되지 않고, 메탄 개질, 이산화탄소 전환, 암모니아 합성 등 온도 민감도가 높은 다양한 촉매 반응계로 확장이 가능함. 이는 중장기적으로 다기능 자기 유도 기반 촉매 시스템이라는 새로운 응용 분야를 개척할 수 있는 기반이 되며 결과적으로 국내 촉매 및 부품소재 산업의 경쟁력 제고와 탄소중립 대응 기술의 수출 기반 확보에 기여할 수 있음.

## 사. (산업탈탄소화 연계 촉매 기술) 온실가스의 포집, 전환, 개질 반응을 통한 탈탄소 에너지 시스템 구축 (참여교수: 송인학)

### ● (연구배경)

- 전 세계적으로 산업 부문에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 배출을 저감하기 위해, 포집(Carbon Capture), 전환(Conversion), 개질(Reforming)을 통합한 탄소 순환형 촉매 시스템의 필요성이 증대되고 있음. 특히, 화석연료 기반 공정의 전면적인 전환이 단기간에 어렵기 때문에, 기존 인프라를 활용하면서도 온실가스 배출을 실질적으로 줄일 수 있는 기술적 접근이 요구됨. 본 연구에서는 저온 CO<sub>2</sub> 메탄화(CO<sub>2</sub> + 4H<sub>2</sub> → CH<sub>4</sub> + 2H<sub>2</sub>O) 반응을 중심으로, Ceria(CeO<sub>2</sub>) 기반 지지체에 프라세오디뮴(Pr) 도핑을 적용하여 지지체의 환원성(reducibility)과 CO<sub>2</sub> 흡착 능력을 향상시키는 전략을 제시함. Pr은 Ce보다 강한 환원성을 가지는 희토류 원소로, CeO<sub>2</sub> 격자 내 산소 공공(oxygen vacancy) 형성과 약염기성 부위 생성을 촉진함으로써 CO<sub>2</sub> 활성화 및 수소화 반응 효율을 높일 가능성을 탐구함. 또한, Ni을 활성 금속으로 도입하여 Ni-지지체 간의 전자적 상호작용(Metal-Support Interaction, MSI)을 조절하고, 이를 기반으로 저온 CO<sub>2</sub> 전환 효율을 극대화하는 탈탄소 촉매 반응 시스템 구축을 목표로 함.

### ● (현황)

- 졸겔법(Sol-gel method)을 이용해 Pr-CeO<sub>2</sub> 복합 지지체를 합성하였으며, Pr 도핑 농도(1~10 mol%)에 따른 구조적·전자적 변화를 체계적으로 분석 중임.
- Ni이 담지된 Ni/Pr<sub>x</sub>CeO<sub>2</sub> 촉매의 환원 거동(H<sub>2</sub>-TPR), 산소 공공 형성(XPS, O 1s), 격자 왜곡(XRD) 등의 구조적 특성을 정량적으로 비교하고 있음.
- Pr 도핑 시 CeO<sub>2</sub>의 저온 환원성이 향상되었고, Pr 농도가 증가할수록 NiO의 환원온도가 상승하여 금속-지지체 간 상호작용 강화가 확인됨.
- 저온 CO<sub>2</sub> 메탄화 반응 테스트(250-400 °C)를 진행 중이며, Ni 입자 크기 제어(20-25 nm → 9-11 nm)를 통해 활성 금속의 노출 면적 증가와 수소 활성화 향상을 검증 중임.

### ● (향후 기대효과)

- 본 연구에서 제시하는 Pr-CeO<sub>2</sub> 기반 촉매 시스템은 저온에서도 CO<sub>2</sub>를 효과적으로 전환하여 메탄(CH<sub>4</sub>) 등 유용한 화합물로 변환할 수 있는 고효율 탄소 전환 기술로, 산업 공정의 탈탄소화를 실질적으로 지원할 수 있음.
- 기존의 고온 개질·수소화 공정 대비 에너지 소비를 줄이면서도 선택적 전환 효율을 확보할 수 있으며, 이는 배출가스 중 CO<sub>2</sub>·CO 동시 정화 및 연료 재활용이 가능한 통합형 반응 시스템으로의 확장 가능성을 제시함.
- 장기적으로는 메탄 개질, CO<sub>2</sub> 전기환원, 암모니아 합성 등 다양한 온도 민감형 반응계에 적용 가능한 다기능 촉매 플랫폼 기술로 발전할 수 있으며, 산업 공정의 탄소중립 달성 및 국내 촉매 산업의 기술 경쟁력 강화에 기여할 것으로 기대됨.

## 아. (탄소 감축 산정) 철강산업 탄소중립기술 온실가스 감축량 평가기술 (참여교수: 우종률)

### ● (연구 배경)

- 철강산업은 국내 산업부문 중 온실가스 배출 비중이 가장 높은 업종으로, 2050 탄소중립 달성을 위해 공정 단위의 감축기술 적용과 체계적 감축잠재량 평가가 필요하나, 현재 산업부문 통합 수준의 감축 평가 체계는 일부 구축되어 있으나, 철강산업의 공정별 기술 변화와 감축효과를 정량적으로 반영한 상황식 모형은 부재한 상황임. 특히 수소환원제철, 저탄소 전기로, 부산물 재자원화 등 혁신 감축기술의 비용·성능 변화 및 기술 확산 가능성을 반영한 장기 전망 연구가 부족함. 이에 따라 본 연구에서는 철강산업 기술 DB 및 LCA 분석결과를 바탕으로, 감축기술별 온실가스 배출 및 비용 변화를 수리적으로

평가할 수 있는 시범 모형을 개발하여 철강산업의 감축기술별 선택·전환 경로를 정량적으로 분석할 수 있는 기반을 마련함.

#### ● (연구 내용)

- 국내외 감축잠재량 평가모형 조사 및 검토를 위하여 GCAM, MARKAL, TIMES 등 기존 상향식·통합 모형을 베이스로 공정 단위 기술선택 및 비용 최소화 구조 구현을 위한 MILP 기반 최적화 모형 구조를 설계함. 이와 같은 모형은, 철강 생산수요를 충족하면서 총비용을 최소화하는 최적화 모형 기본 구조를 가지고 있으며, 온실가스 배출량 제약조건을 포함하고, 기술 전환 시나리오별 비용·배출의 변화에 대한 분석이 가능함.
- 철강산업 기술의 데이터베이스(비용, 효율, 배출량 등)을 모형 입력 구조로 반영하기 위하여 모델 내에서는 철강산업 공정 순서를 모방하여 기술별 입력 및 출력(에너지, 연료, 부산물, 배출량)을 파라미터로 구조화할 수 있도록 고도화된 모형을 설계함. 이를 통해 더욱 신뢰성 높은 결과를 도출 가능함.

#### ● (실적 및 현황)

- 철강산업 주요 공정(고로, 전기로)을 포함하는 상향식 최적화 구조 설계 완료하여, 혁신감축기술 도입에 따른 배출량·비용 변화를 분석할 수 있는 시범모형 개발을 완료함. 또한, 산업계를 통해 확보한 기술 DB를 활용하여 모형의 입력·출력 항목 연계 체계 확립을 통해 주요 입력변수(에너지 투입량, 배출 계수, 투자비, 운영비 등) 정규화 및 파라미터화함. 단순화된 기술DB를 기반으로 테스트 케이스 수행하여 감축기술 적용 시 비용·배출량 변화 방향성 검증 완료함.

#### ● (향후 계획)

- 2026년도에는 상향식 모형을 고도화하여 정식 운영체계를 구축할 예정임. 완성된 기술 DB를 반영하여 철강산업 전반의 감축잠재량과 비용을 통합적으로 평가할 수 있는 모형을 구축하고, Scope 1~3 범위의 배출량 및 감축비용을 정량적으로 산출할 수 있는 구조로 확장할 계획임. 또한 기술비용 및 성능 전망 결과를 반영하여 연도별 기술 확산과 감축경로를 분석하고, 기술별 감축비용과 감축량을 활용해 산업 차원의 한계감축비용곡선을 도출할 예정임. 아울러 탄소가격, 전력 탈탄소화율, 수소공급비용 등 주요 외생변수를 고려한 다양한 정책 시나리오 분석을 수행함으로써 감축전략의 경제적·환경적 효과를 종합적으로 평가할 예정임.
- 2027년도에는 산업계 및 관계기관 자문을 통해 모형 결과의 신뢰도를 검증하고, 국가 온실가스 감축 목표(NDC) 평가체계와의 연계를 강화하여 정책 활용성을 제고할 계획임.

### 자. Bridgestone World Solar Challenge 2025 공동기술개발 (참여교수: 이해석)

#### ● (연구 배경)

- Bridgestone World Solar Challenge 2025는 세계 최대의 태양광 전기차 대회로, 1987년부터 호주 정부 공인하에 2년마다 개최됨. 참가 팀들은 약 3,000 km에 달하는 호주 대륙 횡단 코스(다윈 → 애들레이드)를 완주하며, 고효율 태양광 모듈·경량 차체·배터리 관리기술(MPPT) 등을 경쟁함. 2025년 대회에는 전 세계 30여 개국 80여 개팀이 참가했으며, 한국에서는 서울대학교 SNU Solar EV 팀이 대표로 출전함.
- 서울대 기계항공공학부 주도의 SNU Solar EV 팀은 차체 설계, 동력 시스템 및 운용 기술을 담당하고, 고려대(Bk21에너지환경정책기술학교육연구단) 이해석·황성호 교수 연구팀(태양전지연구실)은 태양광 모듈 패키징 공정, 라미네이터 장비 및 핵심 공정기술, 열 및 기계적 신뢰성 검증분야를 공동 개발함. 이 협력은 단순한 자문이 아닌, 실제 레이스 운용 환경에서 검증되는 산학 협력형 기술실증 모델이라는 의미를 지님.

● (실적 및 현황) 공정 기술 및 성능 검증

- 고려대학교 이해석·황성호 교수 연구팀은 이번 대회에서 태양광 모듈의 패키징 및 라미네이션 공정 전반을 책임지며, 기포 제거와 밀착도 향상을 위한 고도화된 제조 기술을 적용함. 특히 사막의 고온·강자외선 환경에서도 안정적인 출력을 유지할 수 있도록 소재 선택과 공정 조건을 정밀 제어하였으며, 자체 개발한 라미네이터 장비를 활용해 열적 변형과 기계적 스트레스를 최소화한 패키징 신뢰성 공정을 구현함. 이러한 기술적 기반 위에서 제작된 모듈은 약 3,000km의 호주 대륙 횡단 구간 중 2,800km 이상을 안정적으로 완주하며, 평균 전력 효율 97% 이상을 유지하는 우수한 성능을 입증함. 극한의 주행 환경에서도 출력 저하율이 10% 이내로 유지된 것은, 연구실에서 개발한 패키징 기술이 실제 운용 조건에서 세계적 수준의 내열성과 내구성을 확보했음을 보여줌. 또한 연구팀은 레이스 기간 동안 축적된 MPPT(최대전력점추적) 데이터를 기반으로 태양전지의 실시간 출력 특성과 열 반응성을 분석하고 있으며, 이를 토대로 고온 환경에서의 전력 손실 원인을 정량화하고 장기적인 출력 예측 모델을 구축 중임. 이와 같은 연구 결과는 고려대에서 개발한 공정기술이 단순한 실험실 단위의 기술을 넘어, 실제 필드 환경에서 검증된 고신뢰 태양광 모듈 기술로 발전했음을 의미함.

● (기대 효과)

- 국내 대학 연구실이 세계 대회에서 기술 파트너로 참여한 첫 사례
- 산업계(현대자동차, 한화큐셀, 삼성SDI 등)와 공동 응용 연구 협력 가능성 확대
- 탄소중립 모빌리티 및 고신뢰 태양전지 패키징 산업화 기술로 직결



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

● (연구 배경)

- 알키미스트 프로젝트는 산업적 난제 해결을 목표로 건물 및 차량에 적용 가능한 고효율·고투과 투명 태양전지 기술을 개발하여 미래 BIPV 시장을 선도하는 것을 목표로 함.
- 기존 실리콘 태양전지의 효율적 한계를 극복하고, 광효율 12% 이상 및 AVT 70% 이상의 성능을 확보하여 건물 창호·차량 등 다양한 응용 분야로 확장 가능한 기술 기반을 마련하고자 함.
- 소재-모듈-시스템 실증을 연계한 통합 플랫폼 개발을 통해 기술 상용화 및 국내 투명 태양전지 산업 경쟁력 강화에 기여하고자 함.

● (실적 및 현황) 투명 태양전지 개발

- 에너지 전환 가속화 및 제로에너지 건축 실현을 위한 알키미스트 프로젝트로 “투명 태양전지” 핵심 기술 개발을 추진 중임. 고려대학교를 중심으로 KIST, 한국항공대학교, 중앙대학교, 국립군산대학교, 한국산업기술시험원, 코에스, 스마트마인드 등 다수의 산학연 기관이 협력하여 소재-모듈-시스템 전주기 기술을 고도화하고 있음. KIST는 LSC 및 NIR 광소재를 개발하여 고효율화 기반을 마련했으며, 한국항공대학교는 광 성능평가 시스템을 구축해 모듈 특성 검증 역량을 강화함. 코에스는 절단셀 스트링 및 충전제 공정 등 양산 기술을 확보했고, 산기원은 모듈 신뢰성 평가 및 KS 표준 초안 수립을 진행함. 스마트마인드는 AI 기반 발전량 예측 및 실시간 품질 진단 솔루션을 개발했으며, 중앙대학교는 Mock-up 실험과 시뮬레이션을 통해 건물 적용 성능을 검증함. 이를 통해 투명 태양전지의 소재-공정-시스템-실증을 아우르는 통합 플랫폼 기술 기반을 구축하여 향후 BIPV 시장 선도 및 상용화를 위한 경쟁력을 확보하고 있음.

<p>(ㄱ) 투명 태양광 모듈 개발</p> <p><b>신재생에너지 중요성 증가 / 건물 적용 태양전지 확산</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2050 탄소중립 및 제3차 건축정책기본계획 등 에너지 환경정책에 따라 제로에너지 빌딩 의무화</li> <li>건물 일체형 발전이 요구됨에 따라 BIPV, BAPV 필요성 증대</li> <li>건물의 대형화 및 고급화에 따른 상호 면적 증가로 인한 상호에 부착 가능한 태양전지 기술 개발 필요</li> <li>2021 PKG 서울 녹색미래 정상회의 '서울 선언문: 태양 및 풍력 에너지 등 재생에너지 발전 비중 확대 강조</li> </ul> <p><b>도시 내 태양광 패널의 과제</b></p> <p>베란다 태양광 패널 부착 - 일몰은 말안 보입니다</p> <p>기존의 태양광 패널 설치 방식은 베란다, 창문, 옥상 등 공간에 제한되어 있어 건물 외관과 조화를 이루지 못하는 문제가 발생하고 있습니다. 특히 도시 내 고층 아파트 등에서는 베란다나 창문에 태양광 패널을 부착하는 것이 어렵습니다. 이에 본 연구진은 도시 내 다양한 공간에 태양광 패널을 부착할 수 있는 새로운 기술을 개발하고 있습니다.</p> <p>자연 상호와 같은 심미성 및 안정성 부족</p> <p>현행법에 의한 외벽에 부착된 창사형 태양광 설치 제한</p> <p>안전성과 미관을 해치는 기존 가정용 태양광 패널 심미성이 좋고 안전한 투명태양광 패널이 필요!</p>	<p>(ㄴ) 투명 태양전지 플랫폼 개요</p> <p><b>매크로 태양광 모듈</b></p> <p>높이: 1~10 mm, 길이: 20~100 cm</p> <p><b>마이크로 태양전지 유닛</b></p> <p>높이: 100~300 μm, 길이: 1~5 cm</p> <p>Aspect ratio - 유닛폭 : 유닛높이 비가 크면 실제 보이는 면은 최고 수광면적은 커질 수 있음</p> <p>창호, 방음벽, 영농형, BIPV, 자동차, IT, 창호, 디스플레이</p>
---	---

**STEP1 (예비단계) 매크로 투명모듈** → **STEP 2(본 1단계) 투명모듈 최적화** → **STEP2(본 2단계) 태양광 모듈 대면적화**

직사광, 수평투명모듈, NIR 가시광, 수평배열 태양전지

- 발전량
- 투과도
- 광소재

투명모듈, 태양전지

- 고효율
- 모듈화

20x10 cm<sup>2</sup> ~2023, 40x20 cm<sup>2</sup> ~2025, 100x100 cm<sup>2</sup> ~2026

- 기본 플랫폼 적용 태양전지인 웨이퍼크기에 맞춰 가로 20cm 급 적용
- Shingle 형태의 연결 약 100cm 까지 확장 예정

<ul style="list-style-type: none"> <li>세계최고 효율 투명 수평모듈 개발</li> <li>파장변환 광소재 개발</li> <li>가시광 투과형 후면 반사필름 개발</li> <li>출력감소가 없는 컬러모듈 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고효율 고연색성 투명모듈 개발</li> <li>고효율 태양전지 개발</li> <li>파장선택형 광소재 개발</li> <li>모듈 기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>어셈블리 면적 1m<sup>2</sup> 창호형 투명 태양광 모듈 개발</li> <li>차량 적용 가능한 롤러블 태양광 모듈 개발</li> <li>효율 12% CRI 90 AVT 70% 달성</li> <li>색상 적용된 태양광 모듈 개발</li> </ul>
---	---	--

연구단계별 개발 대상 제품 개요

● (실적 및 현황) 투명태양전지 다기관 기술협력 및 공동개발 성과

- KIST와 협력하여 LSC 발광 소재 및 NIR 미러 기술을 고도화하고 모듈 효율 향상(최대 8.4%)을 달성함.
- 한국항공대학교와 공동으로 광 성능 평가 시스템을 구축하고 DBR 광학구조체의 회절·산란 특성 분석을 수행함.
- 코에스와 협력하여 대면적 모듈 양산 공정 (절단 셀 스트링, 충전제 주입, 자동화 공정) 기술 개발을

진행함.

- 한국산업기술시험원과 협력하여 양면 수광형 모듈의 각도 변화 발전 성능 평가 및 신뢰성 시험(KS 표준 초안)을 수행함.
- 스마트마인드와 협업해 AI 기반 발전량 예측 및 품질 판별 SaaS 솔루션을 개발하여 실시간 모듈 진단 환경을 구현함.
- 국립군산대학교와 협력해 Si cell etching 및 passivation 공정 jig 양산 기술을 고도화함.
- 중앙대학교와 협력하여 Mock-up 실험동 구축 및 시뮬레이션을 통해 건물 적용 성능 평가를 진행함.
- 중앙대학교와 공동으로 투명 태양전지 창호 적용 가이드라인 및 유지·관리 매뉴얼 초안을 개발함.
- 스마트마인드·산기원과 협업해 발전량 실시간 모니터링 및 데이터 기반 성능 최적화 체계를 구축함.
- 각 기관의 기술 협력을 바탕으로 투명 태양전지 플랫폼의 소재-모듈-시스템 통합 실증 체계를 완성함.

### 3. 연구의 국제화 현황

#### 가. 참여교수의 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

- 본 교육연구단 소속 참여교수들은 국제심포지엄과 세미나 등 주요 학술무대에서 좌장(Chair), 초청연사(Invited Speaker)등으로 활발히 활동하며 국제 학계와의 교류를 지속적으로 확대하고 있음. 이러한 활동은 교수들의 전문분야에 대한 국제적 인정도와 학문적 영향력을 보여줄 뿐만 아니라, 해외 연구 기관 및 학자들과의 네트워크 형성을 통해 향후 공동연구 및 국제협력 강화의 기반을 마련하는 데 기여하고 있음(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	송인학	국제심포지엄	20th Japan-Korea Symposium on Catalysis	Chair	Catalysis Society of Japan(일본), Korean Institute of Chemical Engineers, KICHE	2025.05.21.	<a href="http://katalab.org/20JKSC/">http://katalab.org/20JKSC/</a>
2	동완재	국제세미나	The 38th International Japan-Korea Seminar on Ceramics (JK Ceramics 38)	Invited speaker	the Organizing Committee of the International Japan-Korea Seminar on Ceramics	2024.11.01	<a href="https://jkceramics38.com/">https://jkceramics38.com/</a>
3	동완재	국제세미나	10th Asia-Pacific Congress on Catalysis	Invited speaker	Asia-Pacific Congress on Catalysis	2025.08.07	<a href="https://www.apcat10.com/event/31244e43-1ca8-493a-aaca-1bf2bf98cefa/programme-books">https://www.apcat10.com/event/31244e43-1ca8-493a-aaca-1bf2bf98cefa/programme-books</a>

#### 나. 국제 공동연구 실적

- 본 연구단 소속 참여교수들은 평가 기간 동안 일본, 캐나다, 미국, 네팔, 캄보디아 등 다수의 해외 대학 및 공공연구기관과 공동연구를 수행하며 국제협력 연구를 활발히 추진함(표 III-6 참고). 공동연구는 차세대 태양전지·촉매·광전기화학 반응 등 기술개발부터 자연기반해법·재생에너지 정책 연구까지 폭넓게

진행되어, 기술-정책 융합을 통한 지속가능성 및 국제협력 기반 강화에 기여함.

<표 III-6> 최근 1년간 국제 공동연구 실적(2024.09.01 - 2025.08.31.)

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단 참여교수	국의 공동연구자			
1	강윤목, 이해석	Yoshio Ohshita, Itaru Kamiya, Atsushi Ogura	일본/Toyota Technological Institute, 일본/ Meiji University	Realizing efficient and stable hybrid perovskite solar cells via passivation with Mn <sup>2+</sup> ion-doped CsPbCl <sub>3</sub> inorganic metal halide perovskite quantum dots	10.1016/j.mtener.2024.101786
2	김여원	Ali Zoghi, Jennifer Drake, Émilie Bilodeau, Muhammad Naveed Khaliq, Jean-Luc Martel	캐나다/ Carleton University, 캐나다/École de technologie supérieure, 캐나다/National Research Council	Nature-based solutions for flood mitigation in Canadian urban centers: A review of the state of research and practice.	10.1016/j.ejrh.2025.102460
3	동완재	Zetian Mi	미국/University of Michigan, Ann Arbor	Recent advances in photoelectrochemical ammonia synthesis	10.1088/2399-1984/adfc18
4	동완재	Kejian Li, Zetian Mi	미국/University of Michigan, Ann Arbor	Photoelectrochemical Water Splitting under Concentrated Sunlight: Best Practices and Protocols	10.3389/fenrg.2025.1550153
5	동완재	Jan Paul Menzel	미국/ Yale University, 미국/University of Michigan, Ann Arbor	Nitrate reduction to ammonia catalyzed by GaN/Si photoelectrodes with metal clusters	10.1038/s41467-025-58372-7
6	송인학	Libor Kovarik, Mark H. Engelhard, János Szanyi, Yong Wang, Konstantin Khivantsev	미국/Pacific Northwest National Laboratory	Developing Robust Ceria-Supported Catalysts for Catalytic NO Reduction and CO/Hydrocarbon Oxidation	10.1021/acscata.14c04433
7	우종률	Mukesh Ghimire	네팔/ Ministry of Energy	Accounting socio-economic benefits of household biogas towards net zero energy transition in developing countries: A case study of Nepal	10.1016/j.esd.2024.101634
8	하윤희	Rofat Math	캄보디아/ Ministry of Mines and Energy	Understanding policy windows for solar energy lifecycle extension: Policymaker perspectives in developing Asia	10.1016/j.erss.2025.104130.

**다. 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획**

- 본 교육연구단 단장인 하윤희 교수는 프랑스 소재 국제기구(OECD, IEA)와의 학술 교류를 통해 글로벌 에너지·산업 전환 동향과 국제 협력 기반을 강화하였으며, 이를 바탕으로 학제 간 연구 확장과 연구인력 국제교류 프로그램 추진의 구체적 방향을 마련하였음.
- 참여교수인 우종률 교수와 북경대학교 DAI Hancheng 교수가 주도하여 양 기관 연구진 간 학술 교류를 위하여 협력 연구를 추진함. 양측은 2024년 탄소중립 연구 협력 네트워크를 기반으로 연구 교류를 시작하였으며, 통합모델링을 중점으로 양국 연구진이 에너지·환경·경제 시스템 분석기법을 공유함.
- 참여교수인 송인학 교수는 2025년 1월 스웨덴 Lund University의 Department of Chemistry를 방문하여 향후 공동연구 및 상호 연구자 교류 확대를 위한 논의를 진행함.

- 참여교수인 동완재 교수는 중국 Peking University, 싱가포르 National University of Singapore(NUS), 호주 University of New South Wales(UNSW)와 공동연구를 진행 중임.
- 참여교수인 김여원 교수는 미국 Arizona State University의 Mikhail V. Chester 교수 연구팀과 전력 인프라의 극한기후 대응 및 인공 전력망 합성 기법 개발을 위한 공동연구(2025.3~7)를 진행하였으며, 향후 전력망 회복탄력성을 위한 인공 전력망 합성 고도화를 추진할 예정이다.

<표 III-7> 최근 1년간 해외 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

연번	국가	기관	활동	기간	향후 추진계획
1	프랑스	OECD	본 교육연구단 하윤희 교수는 OECD의 Policy Analyst와의 면담을 통해 최근 글로벌 조선산업의 탄소중립 추진 현황, 특히 대체 연료 기술과 관련 정책 동향에 관한 심층적인 학술 정보를 수집함.	2025.3.8	OECD 담당자와의 학술적 논의를 통해 글로벌 조선산업의 탄소중립 전환이 다양한 기술 경로와 정책적 접근을 통해 진행되고 있음을 확인하였음. 향후 학술 연구는 단일 기술이나 분야에 국한되지 않고 학제 간 융합과 통합적 접근을 통해 복잡한 전환 과정을 체계적으로 분석하고 대안을 제시하는 방향으로 발전해야 함. 이를 통해 이론적 발전과 실용적 해결책을 동시에 달성할 수 있는 연구 성과를 창출할 수 있을 것임.
2	프랑스	International Energy Agency (IEA)	본 교육연구단 하윤희 교수는 IEA의 Senior Staff Resource Advisor인 Gemma Abraham씨와 면담하고 에너지 환경대학원이 연구에 적용하고 있는 다양한 방법론에 대해 상세하게 설명함. 석사, 박사 학위과정 학생 중심 연구 인력 교류의 상호 호혜성에 대한 의견을 교환하고 교류 인력의 수월성을 보장하기 위한 구체적 조건을 논의함.	2025.3.10	면담 당시 논의 내용을 시작으로, 본격적인 “양자 간 학생 연구자의 연구연수 프로그램”을 진행하기로 함. 학생 연수 첫 과정은 2026년 9월에 시작하기로 합의하였으며, 연수기간은 6~12개월 기간 내에서 유연하게 결정하기로 함.
3	중국	Peking University	탄소중립과 에너지 전환 연구 분야에서 공통의 관심을 기반으로 학술적 교류를 통하여, 에너지·환경·경제 통합모형(E3 modeling), 전기차 확산과 대기오염 저감 전략, 심층 감축 시나리오 분석 등 다양한 주제에서 간접적인 공동 연구 활동 진행	2024.10 - 2025.1	협력 기반을 바탕으로 심층 탄소중립 전략을 공동으로 연구하고, 에너지 시스템 전환과 기후정책 분석을 위한 공동 연구 과제를 단계적으로 추진할 계획임.
4	중국	Peking University	북경대에서 제작한 GaN의 샘플을 받아 본 연구실에서 nitrate reduction, 광촉매 반응 등을 진행중.	2024.10-2026.07	중국 Peking University와의 협력을 통해 북경대 제작 GaN 샘플을 기반으로 질산염 환원(NO3RR) 및 광(전)촉매 반응 체계를 구축하고, GaN 표면/계면 공학을 통해 고효율 고안정성 촉매로의 고도화 연구 예정임.
4	스웨덴	Lund University	Lund University/Department of Chemistry의 Kenneth Wärnmark, Anders Reinholdt, Ola Wendt 교수와의 공동연구를 위해 1주일간 현지를 방문하여 유기금속화학(Organometallic Chemistry) 및 금속 편서(Metal Pincer) 복	2025.1.26. - 2025.2.2	금속 편서 복합체 기반 단일 원자 촉매 개발을 위한 국제 공동연구 기획 및 공동 논문 준비

			합체의 합성 및 특성 분석에 관한 다양한 연구 주제를 논의함. 특히, 해당 화합물들을 단일 원자 촉매(Single Atom Catalysts)로 응용하는 가능성에 대해 활발한 논의를 진행하였으며 공동연구 및 상호 연구자 교류 확대의 계기를 마련함.		
5	싱가폴	National University of Singapore	싱가폴 국립대에서 받은 단일자 촉매 (Ni-SAC)를 GaN 나노와이어에 도입하여 질산염 환원 반응(PEC nitrate reduction) 반응에 사용하고 있음.	2024.10 - 2025.09	GaN NW에 로딩한 Ni-SAC의 성능을 질산염 환원 이외의 반응에서 확인해보고 연구 논문을 작성 중에 있음.
6	호주	The University of New South Wales	본 연구실에서 전극 촉매 (NiCo LDH)를 합성 한 뒤, UNSW에서 가속기 반응 분석을 통해 촉매의 성능을 확인함.	2025.04 - 2026.03	호주 The University of New South Wales(UNSW)와의 공동연구를 통해 본 연구실에서 합성한 NiCo-LDH 전극 촉매의 구조-성능 상관관계를 가속기 기반 실험으로 규명하고, 질산염 환원(또는 수소 발생) 조건에서의 in situ/operando 특성 분석 체계를 구축 예정임.
7	미국	Arizona State University	미국 Arizona State University의 Mikhail V. Chester 교수는 인류의 필수 인프라와 도시 복잡계 분야의 전문가로 인프라 지속가능성과 회복탄력성 분야에서 필수 인프라의 상호작용성, 극한 기후 대응 등을 연구 하고 있음. 본 교육연구단 김여원 교수는 에너지 환경대학원 한승희 석사과정의 해당 연구실과 Joint 연구를 추진하여 전력 인프라의 극한 기후 대응 분석과 제한된 전력망 인프라를 위한 인공적 전력망 합성 방법을 개발하고 분산전원 배치로 인한 전력망 회복탄력성 상향을 지원	2025.3 - 2025.7	전력망 회복탄력성을 위한 인공적 전력망 합성 고도화 추진 예정

## Appendix

**Appendix 표1. 참여대학원생 연구실적 상세내용 목록**

연번	참여대학원생 연구실적 상세내용	
1	① 참여학생명	권성연
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	Sung-Yeon Kweon
	④ 교신저자	Yoon-Hee Ha
	⑤ 공동저자	Saemi Chang; Yeowon Kim; Rofat Math
	⑥ 논문제목	Understanding policy windows for solar energy lifecycle extension: Policymaker perspectives in developing Asia
	⑦ 학술지명:	Energy Research & Social Science
	⑧ 권(호), 페이지:	126, 104130
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	2025.05
	⑪ DOI 번호	DOI: 10.1016/j.erss.2025.104130.
	⑫ IF (JCR 2020)	7.4
	⑬ Citation (Google Scholar)	-
2	① 참여학생명	송가영 (Gayoung Song)
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	Hyeonjun Kim, Gayoung Song
	④ 교신저자	Yoonhee Ha
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Green hydrogen export potential in each Southeast Asian country based on exportable volumes and leveled cost of hydrogen
	⑦ 학술지명:	Applied Energy
	⑧ 권(호), 페이지:	Vol. 383, Article 125371
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2025.01
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.apenergy.2025.125371
	⑫ IF (JCR 2020)	11.0
	⑬ Citation (Google Scholar)	9

연번	참여대학원생 연구실적 상세내용	
3	① 참여학생명	송가영
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	Gayoung Song, Sung-Yeon Kweon
	④ 교신저자	Yoonhee Ha
	⑤ 공동저자	Seulgi Oh, Jiwon Choi, Mohamad Hamzi bin Abdul Azziz
	⑥ 논문제목	Comprehensive evaluation of electric vehicle charging infrastructure for green mobility in Southeast Asia
	⑦ 학술지명:	Asian Studies (아시아연구)
	⑧ 권(호), 페이지:	Vol. 28 No. 1 (2025), pp. 395-462
	⑨ 학술지 구분	KCI 등재
	⑩ 게재년월	2025. 02
	⑪ DOI 번호	10.21740/jas.2025.2.28.2.395
	⑫ IF (JCR 2020)	-
	⑬ Citation (Google Scholar)	-
4	① 참여학생명	정호진
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Hyoungsuk Lee
	④ 교신저자	Yongrok Choi, Hojin Jeong
	⑤ 공동저자	Yunning Ma
	⑥ 논문제목	Evaluating the feasibility and efficiency of Korea's environmental policies for carbon neutrality in the manufacturing sector
	⑦ 학술지명:	RAE - Revista de Administração de Empresas
	⑧ 권(호), 페이지:	Vol. 65(1), Pages 1-28
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	2025.01
	⑪ DOI 번호	10.1590/S0034-759020250104
	⑫ IF (JCR 2020)	1.1
	⑬ Citation (Google Scholar)	-
5	① 참여학생명	정호진
	② 참여구분	공동 제1저자
	③ 제1저자	정호진, 조은규
	④ 교신저자	하윤희
	⑤ 공동저자	-
	⑥ 논문제목	온실가스 감축을 위한 재정 지원의 우선순위 분석: Fuzzy VIKOR를 활용한 세대 간 인식 비교
	⑦ 학술지명:	재무행정연구
	⑧ 권(호), 페이지:	제5권 제1호, pp. 126-159
	⑨ 학술지 구분	KCI 등재 후보
	⑩ 게재년월	2025.03
	⑪ DOI 번호	-
	⑫ IF (JCR 2020)	-
	⑬ Citation (Google Scholar)	-

연번	참여대학원생 연구실적 상세내용	
6	① 참여학생명	양예하
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	YeHa Yang
	④ 교신저자	JongRoul Woo
	⑤ 공동저자	SoYoung Yang HyungBin Moon
	⑥ 논문제목	Analyzing heterogeneous electric vehicle charging preferences for strategic time-of-use tariff design and infrastructure development: A latent class approach
	⑦ 학술지명:	Applied Energy
	⑧ 권(호), 페이지:	374, 124074
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2024.11
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.124074">https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.124074</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	11.0
	⑬ Citation (Google Scholar)	18
7	① 참여학생명	박찬욱
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	박찬욱
	④ 교신저자	장성은
	⑤ 공동저자	안중하
	⑥ 논문제목	전기차 전환으로 인한 이질적 리바운드 효과와 환경적 함의 :성향 점수 매칭과 인과 포레스트를 통한 접근
	⑦ 학술지명:	에너지공학
	⑧ 권(호), 페이지:	34(1). 54-77
	⑨ 학술지 구분	KCI
	⑩ 게재년월	2025.03
	⑪ DOI 번호	10.5855/ENERGY.2024.34.1.054
	⑫ IF (JCR 2020)	0.23
	⑬ Citation (Google Scholar)	-
8	① 참여학생명	장성은
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	장성은
	④ 교신저자	우종률
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	다회용 컵 사용 행동의 결정 요인 및 정보-인센티브 단계적 개입 효과 분석
	⑦ 학술지명:	한국혁신학회지
	⑧ 권(호), 페이지:	20(2), 257-288
	⑨ 학술지 구분	KCI
	⑩ 게재년월	2025.03
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.46251/INNOS.2025.5.20.2.257">https://doi.org/10.46251/INNOS.2025.5.20.2.257</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	1.4
	⑬ Citation (Google Scholar)	-

연번	참여대학원생 연구실적 상세내용	
9	① 참여학생명	곽규일
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	Kyuil Kwak
	④ 교신저자	JongRoul Woo
	⑤ 공동저자	Woojin Son YeHa Yang
	⑥ 논문제목	PyPSA-Korea: An open-source energy system model for planning Korea's sustainable energy transition
	⑦ 학술지명:	Energy Reports
	⑧ 권(호), 페이지:	13, 5677-5691
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.06
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.egy.2025.05.018">https://doi.org/10.1016/j.egy.2025.05.018</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	5.1
	⑬ Citation (Google Scholar)	2
10	① 참여학생명	윤수진
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	Sujin Yun
	④ 교신저자	JongRoul Woo Kyuil Kwak
	⑤ 공동저자	-
	⑥ 논문제목	Unlocking Peak Shaving: How EV Driver Heterogeneity Shapes V2G Potential
	⑦ 학술지명:	Energy
	⑧ 권(호), 페이지:	136773
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2025.08
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.136773">https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.136773</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	9.4
	⑬ Citation (Google Scholar)	4
11	① 참여학생명	장성은
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	Sung-Eun Chang
	④ 교신저자	JongRoul Woo
	⑤ 공동저자	So Young Yang Bo-Eun Choi Hyunhong Choi
	⑥ 논문제목	Uncovering heterogeneous effects of message framing to promote reusable cup use: A causal forest approach
	⑦ 학술지명:	Journal of Cleaner Production
	⑧ 권(호), 페이지:	519, 145982
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2025.08
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145982">https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145982</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	10.0
	⑬ Citation (Google Scholar)	-

연번	참여대학원생 연구실적 상세내용	
12	① 참여학생명	Manuel Isaac Olivar-Amaya, Sudeshana Pandey; 정무영, 김태민
	② 참여구분	제1저자; 공동저자
	③ 제1저자	Manuel Isaac Olivar-Amaya, Sudeshana Pandey
	④ 교신저자	Yongseok Jun
	⑤ 공동저자	MooYoung Jung, Taemin Kim, Sankaiya Asaithambi , Thai Thong Tran, ealim Choi, Ji-Won Son, Yong Ju Yun
	⑥ 논문제목	Synergistic engineering of Sn-doped $\beta$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Ti <sub>3</sub> C <sub>2</sub> T <sub>x</sub> photoanodes for efficient photoelectrochemical seawater splitting
	⑦ 학술지명:	International Journal of Hydrogen Energy
	⑧ 권(호), 페이지:	176, 151541
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.8
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.151541">https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.151541</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	8.3
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
13	① 참여학생명	정무영, 오용석; 엄수빈, 박지혜, Sudeshana Pandey, 김태민
	② 참여구분	제1저자; 공동저자
	③ 제1저자	Moo Young Jung, Yongsuk Oh
	④ 교신저자	Yongseok Jun, Yong Ju Yun
	⑤ 공동저자	Subin Eom, Jihye Park, Chanyong Lee, Sudeshana Pandey, Taemin Kim, Hae-seok Lee, Ji-Won Son
	⑥ 논문제목	Enhanced electron conductivity, stability, and electrochemical performance of MXene-coated manganese and iron oxides as negative electrode of supercapacitors
	⑦ 학술지명:	Electrochimica Acta
	⑧ 권(호), 페이지:	521, 145879
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.1
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.electacta.2025.145879">https://doi.org/10.1016/j.electacta.2025.145879</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	5.6
	⑬ Citation (Google Scholar)	4
14	① 참여학생명	Sudeshana Pandey
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	Sudeshana Pandey
	④ 교신저자	Yongseok Jun, Yong Ju Yun
	⑤ 공동저자	Mykesh Ghimire
	⑥ 논문제목	Synthesis of porous MXene for efficient bifunctional electrocatalysis in overall water splitting: Hydrogen and oxygen evolution reactions
	⑦ 학술지명:	FlatChem
	⑧ 권(호), 페이지:	50, 100837
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.3
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.flatc.2025.100837">https://doi.org/10.1016/j.flatc.2025.100837</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	6.2
	⑬ Citation (Google Scholar)	8

연번	참여대학원생 연구실적 상세내용	
15	① 참여학생명	안정현, 김태민
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	Jeonghyeon Ahn, Taemin Kim
	④ 교신저자	Yongseok Jun, Yohan Ko
	⑤ 공동저자	Soojung Hwang, Hae Jung Son, Yong Ju Yun
	⑥ 논문제목	Strain relaxed Cs $\alpha$ FA1- $\alpha$ PbI $\beta$ - $\beta$ Cl $\beta$ perovskite by intercalation of cesium via antisolvent engineering for efficient photovoltaic devices over 22.9 %
	⑦ 학술지명:	Chemical Engineering Journal
	⑧ 권(호), 페이지:	520, 166122
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.7
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.166122">https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.166122</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	13.2
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
16	① 참여학생명	정무영, 조효빈
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	Moo Young Jung, Hyobeen Cho
	④ 교신저자	Yongseok Jun
	⑤ 공동저자	Ji-won Son, Sankaiya Asaithambi
	⑥ 논문제목	Development of micro flower petal-structured NiCo $_{2}$ S $_{4}$ /Ti $_{3}$ C $_{2}$ T $_{x}$ MXene nanosheets on nickel foam for superior supercapacitor applications
	⑦ 학술지명:	Journal of Industrial and Engineering Chemistry
	⑧ 권(호), 페이지:	150, 696-706
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.8
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jiec.2025.03.033">https://doi.org/10.1016/j.jiec.2025.03.033</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	6
	⑬ Citation (Google Scholar)	11
17	① 참여학생명	김득희, 이현주
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	Deukhee Kim, Hyun Joo Lee
	④ 교신저자	Yongseok Jun, Yong Ju Yun
	⑤ 공동저자	Jiwon Oh, Hee Yeon Yang, Hyung Ju Park, Chul Huh, Dong Han Ha
	⑥ 논문제목	Adhesive, biocompatible, and conductive reduced graphene oxide hydrogel-based bioelectrodes for epidermal electrophysiological signal monitoring
	⑦ 학술지명:	Journal of Materials Chemistry C
	⑧ 권(호), 페이지:	13, 5711-5718
	⑨ 학술지 구분	SCI
	⑩ 게재년월	2025.1
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1039/D4TC04872E">https://doi.org/10.1039/D4TC04872E</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	5.1
	⑬ Citation (Google Scholar)	3

연번	참여대학원생 연구실적 상세내용	
18	① 참여학생명	최상훈
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	Sang Hun Choi
	④ 교신저자	Inhak Song, Wan Jae Dong
	⑤ 공동저자	-
	⑥ 논문제목	Recent progress of photothermal catalysts for carbon dioxide conversion
	⑦ 학술지명:	Energy Materials
	⑧ 권(호), 페이지:	Choi et al. Energy Mater. 2025, 5, 500062
	⑨ 학술지 구분	ESCI
	⑩ 게재년월	2025.02
	⑪ DOI 번호	10.20517/energymater.2024.227
	⑫ IF (JCR 2020)	11.2
	⑬ Citation (Google Scholar)	2
19	① 참여학생명	홍지호
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Jung Hoon Park, Seongkook Oh
	④ 교신저자	Sungeun Yang, Ji-Won Son
	⑤ 공동저자	Byung Chan Yang, Dong Hwan Kim, Cam-Anh Thieu, Jeeho Hong, Jeong Hwa Park, Jong-Ho Lee, Kyung Joong Yoon, Ho-Il Ji, Kang Taek Lee
	⑥ 논문제목	Pushing the envelope of physical vapor deposited thin-film based solid oxide fuel cells for 500°C operation: Securing 1 W cm <sup>-2</sup> performance, 1000 h stability, scale up to 15 W power, and associated limitations.
	⑦ 학술지명:	Chemical Engineering Journal
	⑧ 권(호), 페이지:	Vol. 515, 163441
	⑨ 학술지 구분	SCI
	⑩ 게재년월	2025.01
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.cej.2025.163441
	⑫ IF (JCR 2020)	13.2
	⑬ Citation (Google Scholar)	1

연번	참여대학원생 연구실적 상세내용	
20	① 참여학생명	홍지호
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Yeongin Jo
	④ 교신저자	Young-Woong Suh
	⑤ 공동저자	DooHoo Yoon, Sungeun Yang, Chaeryeong Kim, Jeeho Hong, Tae Wan Kim
	⑥ 논문제목	Localized formation of TiO <sub>x</sub> -tailored Pt nanoclusters on Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> via a solid-state mixing approach for efficient and robust LOHC dehydrogenation
	⑦ 학술지명:	Applied Catalysis B: Environment and Energy
	⑧ 권(호), 페이지:	Vol 378, 125612
	⑨ 학술지 구분	SCI
	⑩ 게재년월	2025.06
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.apcatb.2025.125612
	⑫ IF (JCR 2020)	21.1
	⑬ Citation (Google Scholar)	-
21	① 참여학생명	홍지호
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Bolormaa Bayarkhuu, Hyekyung Cho, Gaeun Cho
	④ 교신저자	Han Seul Kim, Jeehye Byun
	⑤ 공동저자	Jeeho Hong, Yeongran Hong, Se-Woong Baek, Sungeun Yang, Cafer T. Yavuz
	⑥ 논문제목	Engineering Single-Atom Catalysts on Conjugated Porphyrin Polymer Photocatalysts via E-Waste for Sustainable Photocatalysis
	⑦ 학술지명:	Advanced Functional Materials
	⑧ 권(호), 페이지:	Vol 35, 2411661
	⑨ 학술지 구분	SCI
	⑩ 게재년월	2025.01
	⑪ DOI 번호	10.1002/adfm.202411661
	⑫ IF (JCR 2020)	19.0
	⑬ Citation (Google Scholar)	11
22	① 참여학생명	정종헌
	② 참여구분	공동 제1저자
	③ 제1저자	Yeji Lim, Jong Heon Chong
	④ 교신저자	Ho-Il Ji, Sungeun Yang
	⑤ 공동저자	Puspendu Guha, Wan-Jae Lee, Inhyeok Cho, Seol Hee Oh, Junseok Kim, Kyung Joong Yoon, Ji-won Son, Jong-Ho Lee, Sihyuk Choi, Deok-Hwang Kwon
	⑥ 논문제목	Failure of protonic ceramic fuel cells (PCFCs) under gaseous Cr and CO <sub>2</sub> exposure and the introduction of a protective barrier layer for mitigation
	⑦ 학술지명:	Journal of Materials Chemistry A
	⑧ 권(호), 페이지:	13(23), 17709-17719
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2025.05
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1039/D4TA06672C">https://doi.org/10.1039/D4TA06672C</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	9.5
	⑬ Citation (Google Scholar)	1

연번	참여대학원생 연구실적 상세내용	
23	① 참여학생명	우가현
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	Gahyun Woo, Jaehoo Kim
	④ 교신저자	Ung Lee, Jaewoo Kim
	⑤ 공동저자	Mingyu Kim, Ki Hong Park, Jong Hyuck Park, Hae-Seok Lee
	⑥ 논문제목	Multifunctional High-Compaction Mwcnt/Gnp Hybrid Buckypaper: Unraveling Superior Conductivity for Broadband Emi Shielding and Instantaneous Joule Heating Applications
	⑦ 학술지명:	Composites Communications
	⑧ 권(호), 페이지:	Vol 58, 102545
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2025.07.24
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.coco.2025.102545">https://doi.org/10.1016/j.coco.2025.102545</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	7.7
	⑬ Citation (Google Scholar)	-

Appendix 표2. 참여대학원생 학술대회 발표실적 상세내용 목록

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
1	① 구두/포스터 발표	구두발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025 한국정책학회 하계학술대회 (The Korean Association for Policy Studies Summer Conference)
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250825
	⑦ 주관기관	한국정책학회 (Korean Association for Policy Studies)
	⑧ 발표논문명	Temporal Evolution of Korea's Hydrogen Economy Discourse: A Dynamic Topic Modeling Approach to Policy Formation and Institutionalization
	⑨ 발표논문 공동저자	Gayoung Song, Yoonhee Ha
2	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	한국정책학회 하계학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250825-20250826
	⑦ 주관기관	한국정책학회
	⑧ 발표논문명	지속가능한에너지산배분전략 :기후변화 대응목표 실현을 위한 우선순위분석
	⑨ 발표논문 공동저자	정호진,조은규,하윤희
3	① 구두/포스터 발표	구두발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	한국환경경제학회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250822-20250823
	⑦ 주관기관	한국환경경제학회
	⑧ 발표논문명	Renewable Energy and Energy Efficiency: A Structural Analysis of Energy Security and Economic Pathways
	⑨ 발표논문 공동저자	이혜민

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
4	① 구두/포스터 발표	포스터발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	한국수소및신에너지학회 춘계학술대회
	⑤ 개최국가	국내
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250529
	⑦ 주관기관	한국수소및신에너지학회
	⑧ 발표논문명	남아공 그린수소 밸류체인 구축 방안 설계 및 금융지원 방안 연구
	⑨ 발표논문 공동저자	김벼리
5	① 구두/포스터 발표	포스터
	② 연도	국제
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	The 13th Asia-Pacific Forum on Renewable Energy
	⑤ 개최국가	Republic of Korea
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20241105
	⑦ 주관기관	The Korean Society for New and Renewable Energy
	⑧ 발표논문명	The Conceptual Framework of Korea's Decarbonization Policy from an Economic and Innovative Perspective
	⑨ 발표논문 공동저자	김용환, 김경남
6	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	IAEE International Conference
	⑤ 개최국가	파리, 프랑스
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250615-20250618
	⑦ 주관기관	International Association for Energy Economics
	⑧ 발표논문명	Shifting Behavior, Shaping Grids:Appliance-Level Residential Demand Response
	⑨ 발표논문 공동저자	양예하, 우종률
7	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	IAEE International Conference
	⑤ 개최국가	파리, 프랑스
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250615-20250618
	⑦ 주관기관	International Association for Energy Economics
	⑧ 발표논문명	Optimizing Time-of-Use Rates for Electric Vehicles in Decarbonizing Industrialized Nations: Design Strategies and Effectiveness Assessment
	⑨ 발표논문 공동저자	손우진, 우종률
8	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2024년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	IAMC 2024
	⑤ 개최국가	서울, 대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20241104-20241106
	⑦ 주관기관	Integrated Assessment Modeling Consortium
	⑧ 발표논문명	Optimal Technology Portfolio and Cost Estimation for Carbon Neutral Policy in the Steel Industry : A case study of South Korea
	⑨ 발표논문 공동저자	손우진, 우종률

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
9	① 구두/포스터 발표	구두발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	EGU General Assembly 2025
	⑤ 개최국가	오스트리아
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250427
	⑦ 주관기관	Copernicus Gesellschaft mbH
	⑧ 발표논문명	PyPSA-KR: Implementation and analysis of optimal renewable energy strategies for the 2030 midway milestone in the Korean energy system
	⑨ 발표논문 공동저자	곽규일, 우종률
10	① 구두/포스터 발표	구두발표
	② 연도	2025
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025 한국에너지학회 춘계 학술발표회
	⑤ 개최국가	대한민국, 제주
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250416
	⑦ 주관기관	한국에너지학회
	⑧ 발표논문명	재생에너지 요금제하 최적의 행동 기반 부하조절 연구: 잠재 계층의 EV 충전 선호도를 중심으로
	⑨ 발표논문 공동저자	최보은, 우종률
11	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2024년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	2024 INFORMS Annual Meeting
	⑤ 개최국가	미국, 시애틀
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20241020~20241023
	⑦ 주관기관	Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS)
	⑧ 발표논문명	Heterogeneity of willingness to accept for using reusable cups based on framing effect: A causal forest approach
	⑨ 발표논문 공동저자	장성은, 우종률
12	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2024년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	2024 INFORMS Annual Meeting
	⑤ 개최국가	미국, 시애틀
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20241020~20241023
	⑦ 주관기관	Institute for Operations Research and the Management Sciences (INFORMS)
	⑧ 발표논문명	Analysis of Power System Impacts Due to Power-to-Heat Energy Conversion
	⑨ 발표논문 공동저자	양예하, 우종률
13	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	한국혁신학회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250523
	⑦ 주관기관	한국혁신학회, 서울대학교 협동과정 기술경영경제정책전공
	⑧ 발표논문명	Unlocking Peak Shaving: How EV Driver Heterogeneity Shapes V2G Potential
	⑨ 발표논문 공동저자	윤수진, 우종률, 곽규일

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
14	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2024년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2024 대한상하수도학회 · 한국물환경학회 공동포럼
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20241030-1101
	⑦ 주관기관	한국상하수도학회
	⑧ 발표논문명	도시 물-에너지 인프라의 상호의존성과 기후 회복탄력성: 침수 취약성 분석을 중심으로
	⑨ 발표논문 공동저자	한승희, 박지윤, 이가영, Jocilyn Gilbert, 김여원
15	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2024년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	제7회 물공학회 학술발표회 프로그램
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20241122
	⑦ 주관기관	물공학회
	⑧ 발표논문명	Interdependency of Water-Energy Infrastructure for Urban Climate Resilience: A Focus on Flood Vulnerability
	⑨ 발표논문 공동저자	Han Seunghee, Park Jiyun, Lee Gayoung, Gilber Jocylin, Kim Yeowon
16	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	에너지환경대학원(그린스쿨) 제19회 기술&정책 융합세미나
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250224
	⑦ 주관기관	고려대학교 에너지환경대학원
	⑧ 발표논문명	Interdependency of Water-Energy Infrastructure for Urban Climate Resilience
	⑨ 발표논문 공동저자	Han Seunghee, Kim Yeowon
17	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	K-CLUB World Conference
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250703-20250704
	⑦ 주관기관	고려대학교
	⑧ 발표논문명	Strategic Distributed Generation Deployment for Resilient Urban Power-Water Systems under Extreme Weather Events
	⑨ 발표논문 공동저자	Han Seunghee, Kim Yeowon
18	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025년 한국수자원학회 학술발표회
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250521-20250523
	⑦ 주관기관	한국수자원학회
	⑧ 발표논문명	합성 네트워크 기반 도심 전력-수도 시스템에서 분산 전원의 극한 기후 대응 영향 분석
	⑨ 발표논문 공동저자	Han Seunghee, Kim Yeowon

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
19	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	에너지환경대학원(그린스쿨) 제20회 기술&정책 융합세미나
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250826
	⑦ 주관기관	고려대학교 에너지환경대학원
	⑧ 발표논문명	합성 네트워크 기반 도심 전력-수도 시스템에서 분산 전원의 극한 기후 대응 영향 분석
	⑨ 발표논문 공동저자	Han Seunghee, Kim Yeowon
20	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2024년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2024년 제7회 물공학회 학술발표회
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20241122
	⑦ 주관기관	물공학회
	⑧ 발표논문명	시스템 다이내믹스 모델을 활용한 세종시의 도시 침수와 시민 안전성의 상호관계성 분석
	⑨ 발표논문 공동저자	이가영, 김여원
21	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2024년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	기후변화 적응 및 탄소 감축 솔루션
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20241217
	⑦ 주관기관	한국환경경영학회
	⑧ 발표논문명	시스템 다이내믹스 모델을 활용한 세종시의 도시 침수와 시민 안전성의 상호관계 분석
	⑨ 발표논문 공동저자	이가영, 김여원
22	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025 한국수자원학회 학술발표회
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250521-20250523
	⑦ 주관기관	한국수자원학회
	⑧ 발표논문명	시스템 다이내믹스 모델을 활용한 세종시의 도시 침수와 시민 안전성의 상호관계 분석
	⑨ 발표논문 공동저자	이가영, 김여원
23	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025 한국수자원학회 학술발표회
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250521-20250523
	⑦ 주관기관	한국수자원학회
	⑧ 발표논문명	홍수 방어 인프라의 회복탄력성 평가체계 개발과 제도화 방안; 4R 기반 AHP 분석
	⑨ 발표논문 공동저자	이가영, 김여원

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
24	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	K-CLUB World Conference
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250703-20250704
	⑦ 주관기관	고려대학교
	⑧ 발표논문명	System Dynamics Modeling of Flood Risk and Citizen Safety across Urban Zones in Sejong City
	⑨ 발표논문 공동저자	이가영, 김여원
25	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025 한국수자원학회 학술발표회
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250521-20250523
	⑦ 주관기관	한국수자원학회
	⑧ 발표논문명	연안 지역 자연기반해법의 다차원 효과 분석을 통한 데이터 기반 의사결정 지원체계 구축
	⑨ 발표논문 공동저자	박지윤, 김여원
26	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025 (사)한국습지학회 정기학술발표회
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250820-20250822
	⑦ 주관기관	한국수자원학회
	⑧ 발표논문명	Q 방법론 기반 자연기반해법의 다차원적 수용 조건 분석을 통한 정책결정 지원체계 구축
	⑨ 발표논문 공동저자	박지윤, 김여원
27	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	K-CLUB World Conference
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250703-20250704
	⑦ 주관기관	고려대학교
	⑧ 발표논문명	Understanding Multi-Stakeholder Subjectivity on Nature-Based Solutions(NBS) for Shoreline Management and Coastal Resilience
	⑨ 발표논문 공동저자	박지윤, 김여원
28	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025년 한국수자원학회 학술발표회
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250521-20250523
	⑦ 주관기관	한국수자원학회
	⑧ 발표논문명	Multifunctionality and management strategies of urban wetlands: case studies from four Asian cities
	⑨ 발표논문 공동저자	류지언, 박지윤, Jocilyn Gilbert, 김소망, 김여원

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
29	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	K-CLUB World Conference
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250704-20250704
	⑦ 주관기관	고려대학교
	⑧ 발표논문명	Urban Wetland Multifunctionality: Cross-City Policy Analysis in Four Asian Cities
	⑨ 발표논문 공동저자	류지연, 김여원
30	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025 한국수자원학회 학술발표회
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250521-20250523
	⑦ 주관기관	한국수자원학회
	⑧ 발표논문명	도시 신진대사와 엔트로피 개념을 활용한 수자원 네트워크의 탄소 배출 분석 및 감축 방안
	⑨ 발표논문 공동저자	노해튼, 한승희, 강성은, 김여원
31	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	K-CLUB World Conference
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250703-20250704
	⑦ 주관기관	고려대학교
	⑧ 발표논문명	Quantifying Embodied Carbon Flow and System Inefficiency in Urban Water Infrastructure
	⑨ 발표논문 공동저자	Noh Haedeun, Kim Yeowon
32	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	에너지환경대학원(그린스쿨) 제20회 기술&정책 융합세미나
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250826
	⑦ 주관기관	고려대학교 에너지환경대학원
	⑧ 발표논문명	수력 발전 시스템 운영 단계의 내재 탄소 흐름 분석
	⑨ 발표논문 공동저자	노해튼, 김여원
33	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025 한국수자원학회 학술발표회
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250521-20250523
	⑦ 주관기관	한국수자원학회
	⑧ 발표논문명	도시 생태하천복원의 경제적인 비선형적 효과와 수요에 대한 연구
	⑨ 발표논문 공동저자	이우림, 이가영, 김여원
34	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	에너지환경대학원(그린스쿨) 제20회 기술&정책 융합세미나
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250826
	⑦ 주관기관	고려대학교 에너지환경대학원
	⑧ 발표논문명	도시 녹지 정책 수용성 평가를 위한 범용 행위자 기반 모형 프레임워크 연구: 경제·생활·건강 외부효과를 기반으로
	⑨ 발표논문 공동저자	이우림, 김여원

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
35	① 구두/포스터 발표	구두발표
	② 연도	2024년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	대한상하수도학회/한국환경물환경학회 2024 공동포럼
	⑤ 개최국가	대한민국, 제주
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20241030~20241101
	⑦ 주관기관	대한상하수도학회/한국환경물환경학회
	⑧ 발표논문명	Sustainable approach for selective lithium recovery : Capacitive deionization integrated with novel LMO flow-electrode
	⑨ 발표논문 공동저자	이현철, 임지훈, 이하영, 홍승관
36	① 구두/포스터 발표	구두발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025 대한상하수도학회.한국물환경학회 공동포럼
	⑤ 개최국가	대한민국, 일산
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250320-20250321
	⑦ 주관기관	대한상하수도학회.한국물환경학회
	⑧ 발표논문명	흐름전극 기반 축전식 탈염 기술을 활용한 철·망간 오염 지하수 처리의 이론 모델링 및 성능 최적화
	⑨ 발표논문 공동저자	이현철, Sitepu Amrina Rosyada, 임지훈, 홍승관
37	① 구두/포스터 발표	구두발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025 대한상하수도학회.한국물환경학회 공동포럼
	⑤ 개최국가	대한민국, 일산
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250320-20250321
	⑦ 주관기관	대한상하수도학회.한국물환경학회
	⑧ 발표논문명	UV-FCDI 하이브리드 공정을 통한 고농도 IPA 제거 효율 향상
	⑨ 발표논문 공동저자	이현철, 이하영, 박태근, 이재원, 홍승관
38	① 구두/포스터 발표	구두발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	7th Conference of Electrochemical and Membrane Separations Science and Techonology
	⑤ 개최국가	폴란드, 브로츠와프
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250518-20250522
	⑦ 주관기관	CDI & Electrosorption
	⑧ 발표논문명	Sustainable Recovery of Rare Earth Elements from Challenging Water Sources Using MnO <sub>2</sub> /GO-Enhanced Electrodes in Capacitive Deionization Systems
	⑨ 발표논문 공동저자	이현철, 임지훈, 이주형, 홍승관
39	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2024년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	The 23rd International Symposium on Eco-materials Processing and Design
	⑤ 개최국가	대한민국 (서울)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20241107-20241109
	⑦ 주관기관	International Symposium on Eco-materials Processing and Design
	⑧ 발표논문명	Long-Term EEG Monitoring Technology Using MXene-Based Hydrogel Electrodes
	⑨ 발표논문 공동저자	이현주, 김득희

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
40	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2024년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2024년도 한국재료학회 추계학술대회
	⑤ 개최국가	대한민국 (부산)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20241113~20241115
	⑦ 주관기관	한국재료학회
	⑧ 발표논문명	Thiol-functionalized MXene coated Si nano material for enhancing the stability of Li-ion storage system
	⑨ 발표논문 공동저자	김한결, 임정안, 김동현
41	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2024년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2024년도 한국재료학회 추계학술대회
	⑤ 개최국가	대한민국 (부산)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20241113~20241115
	⑦ 주관기관	한국재료학회
	⑧ 발표논문명	Surface-Modified MXene via Molten Salt Method for the Fabrication of Lithium-Ion Capacitors
	⑨ 발표논문 공동저자	박지혜, 엄수빈, Manuel Isaac Oliver Amaya, Thai thong Tran, 전용석
42	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2024년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2024년도 한국재료학회 추계학술대회
	⑤ 개최국가	대한민국 (부산)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20241113~20241115
	⑦ 주관기관	한국재료학회
	⑧ 발표논문명	Enhancing FAPbBr, Perovskite Solar Cells: Urea and FACL Additive Engineering for High Voltage and Improved Performance
	⑨ 발표논문 공동저자	황수정, 김경수, 김하연, 전용석
43	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	The 23rd International Symposium on Eco-materials Processing and Design
	⑤ 개최국가	일본 (오사카)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250113-20250116
	⑦ 주관기관	ISEPD Organizing Committee
	⑧ 발표논문명	Analysis of Multiple Electrophysiological Signal Patterns Using Self-adhesive and Conductive Graphene Hydrogel Electrodes
	⑨ 발표논문 공동저자	이현주, 김득희
44	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	The 23rd International Symposium on Eco-materials Processing and Design
	⑤ 개최국가	일본 (오사카)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250113-20250116
	⑦ 주관기관	ISEPD Organizing Committee
	⑧ 발표논문명	Surface-Modified MXene via Molten Salt Method for the Fabrication of Lithium-Ion Capacitors
	⑨ 발표논문 공동저자	박지혜, 황수정, 김한결, 김하연, 전용석

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
45	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	한국태양광발전학회 2025 춘계학술대회
	⑤ 개최국가	대한민국 (부산)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250327-20250328
	⑦ 주관기관	한국태양광발전학회
	⑧ 발표논문명	Enhancing FAPbBr <sub>3</sub> Perovskite Crystal Quality for High-Voltage (>1.5V) Solar Cells via Additive Engineering
	⑨ 발표논문 공동저자	김경수, 김태민, 전용석
46	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	한국태양광발전학회 2025 춘계학술대회
	⑤ 개최국가	대한민국 (부산)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250327-20250328
	⑦ 주관기관	한국태양광발전학회
	⑧ 발표논문명	CsPbI <sub>3</sub> Inorganic Perovskite Solar Cells with BaSnO <sub>3</sub> as the Electron Transport Layer
	⑨ 발표논문 공동저자	김하연, 황수정, 전용석
47	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025년 한국전기화학회 춘계학술대회
	⑤ 개최국가	대한민국 제주도)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	250402~250404
	⑦ 주관기관	한국전기화학회
	⑧ 발표논문명	Li-ion Storage Performance by Interlayer Expansion of L-cysteine Functionalized MXene
	⑨ 발표논문 공동저자	김한결, 박지혜, 전용석
48	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025년 한국전기화학회 춘계학술대회
	⑤ 개최국가	대한민국 제주도)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	250402~250404
	⑦ 주관기관	한국전기화학회
	⑧ 발표논문명	Development of Lithium-Ion Energy Storage Electrode Materials Based on Tungsten-Doped NiCo and Ti <sub>3</sub> C <sub>2</sub> T <sub>x</sub> (MXene) Composites
	⑨ 발표논문 공동저자	김동현, 조운, 전용석
49	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025년 한국전기화학회 춘계학술대회
	⑤ 개최국가	대한민국 제주도)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	250402~250404
	⑦ 주관기관	한국전기화학회
	⑧ 발표논문명	Flexible and Transparent supercapacitor with MXene/CuO Nanowire
	⑨ 발표논문 공동저자	임정안, Pandey Sudeshana, 전용석

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
50	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	20 <sup>th</sup> Japan-Korea symposium on Catalysis
	⑤ 개최국가	일본, 요나고
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2025.05.19.-22.
	⑦ 주관기관	일본 촉매학회(Catalysis Society of Japan, CATSJ)
	⑧ 발표논문명	Influence of Praseodymium Doping on Interaction Between Metal and Support in CO <sub>2</sub> Methanation
	⑨ 발표논문 공동저자	이정훈 김은지
51	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	20 <sup>th</sup> Japan-Korea symposium on Catalysis
	⑤ 개최국가	일본, 요나고
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2025.05.19.-22.
	⑦ 주관기관	일본 촉매학회(Catalysis Society of Japan, CATSJ)
	⑧ 발표논문명	Correlation Between Na <sup>+</sup> -Ru Proximity and methane production in Integrated CO <sub>2</sub> Capture and Methanation
	⑨ 발표논문 공동저자	박동찬 최상훈 황세인
52	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년 1학기
	③ 국내/국제 학회여부	국내 학회
	④ 학술대회명	한국 화학공학회
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250423-25
	⑦ 주관기관	한국화학공학회(The Korean International Journal of Chemical Engineering)
	⑧ 발표논문명	The Reductive Effect and Competitive Adsorption of H <sub>2</sub> O during Multi-Cycle Selective Catalytic Reduction of NO <sub>x</sub> on Pd/Fe
	⑨ 발표논문 공동저자	김유진 박동찬
53	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	NANO KOREA 2025 - 23rd International Nanotech Symposium & Nano-Convergence Expo
	⑤ 개최국가	대한민국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250702-20250704
	⑦ 주관기관	공동주최: 산업통상자원부 & 과학기술정보통신부; 공동주관: 나노기술연구협의회 & 나노융합산업연구조합
	⑧ 발표논문명	Modulation of Ru-adsorbate interactions by sodium doping in RuO <sub>2</sub> with improved oxygen evolution reaction in acidic media
	⑨ 발표논문 공동저자	이창승, 김진영
54	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2024년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	KIST-Academia Conference on Research Collaboration (학연융합컨퍼런스)
	⑤ 개최국가	대한민국, 서울
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20241119
	⑦ 주관기관	한국과학기술연구원 (KIST)
	⑧ 발표논문명	Nickel nanoparticle-engineered interfaces enhance H <sub>2</sub> oxidation in ceria electrodes
	⑨ 발표논문 공동저자	홍지호, 손지원, 양성은

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
55	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2024년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2024 한국공업화학회 추계 총회 및 학술대회
	⑤ 개최국가	대한민국, 광주
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20241031-20241101
	⑦ 주관기관	한국공업화학회
	⑧ 발표논문명	Nickel nanoparticles and their size: Key to boosting H2 oxidation in ceria electrodes
	⑨ 발표논문 공동저자	홍지호, 손지원, 양성은
56	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2024년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2024 한국세라믹학회 추계 학술대회
	⑤ 개최국가	대한민국, 서울
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20241016-20241018
	⑦ 주관기관	한국세라믹학회
	⑧ 발표논문명	Nickel nanoparticle-engineered interfaces enhance hydrogen oxidation in ceria electrodes
	⑨ 발표논문 공동저자	홍지호, 손지원, 양성은
57	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025 한국세라믹학회 춘계 학술대회
	⑤ 개최국가	대한민국, 여수
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250416-20250418
	⑦ 주관기관	한국세라믹학회
	⑧ 발표논문명	Ni diffusion in ceria electrodes for electrode optimization and enhanced electrochemical reaction rates
	⑨ 발표논문 공동저자	홍지호, 손지원, 양성은
58	① 구두/포스터 발표	구두발표
	② 연도	2024년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2024 추계 한국 세라믹 학회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20241016-20241018
	⑦ 주관기관	한국세라믹학회
	⑧ 발표논문명	양성자 전도성 전해질에서 작동 조건, 전해질 조성, 셀 구조가 패러데이 효율에 미치는 영향
	⑨ 발표논문 공동저자	정종현, 손지원, 양성은
59	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	2025 나노코리아 (Nano Korea 2025)
	⑤ 개최국가	대한민국 (일산, KINTEX)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2025.07.03
	⑦ 주관기관	한국나노기술원 / 나노융합산업연구조합
	⑧ 발표논문명	Modeling MEA Cells for CO <sub>2</sub> Conversion: Unveiling the Effects of pH and Bicarbonate
	⑨ 발표논문 공동저자	이정연, 이웅

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
60	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025 한국공업화학회 춘계학술대회
	⑤ 개최국가	대한민국 (제주)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	2025.04.02
	⑦ 주관기관	한국공업화학회 (KICHE Industrial Chemistry Division)
	⑧ 발표논문명	Electrochemical Bicarbonate Conversion via pH-Swing Mechanism: Modeling of MEA System for CO <sub>2</sub> Reduction
	⑨ 발표논문 공동저자	이정연, 이웅
61	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025년 봄 총회 및 국제 학술 대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250423~20250425
	⑦ 주관기관	한국화학공학회
	⑧ 발표논문명	광촉매를 이용한 리튬이온 배터리 재활용 공정의 공정 설계 및 경제성 분석
	⑨ 발표논문 공동저자	강장훈, 고성현, 최원용, 김창수
62	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2025년 춘계총회 및 학술 대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250602~20250605
	⑦ 주관기관	한국공업화학회
	⑧ 발표논문명	Prediction of pKa of Amines Using Graph Neural Networks
	⑨ 발표논문 공동저자	강장훈, 고성현, 최원용, 김창수
63	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2025년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	The 23rd International Nanotech Conference & Exhibition
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20250702~20250704
	⑦ 주관기관	나노코리아
	⑧ 발표논문명	Prediction of pKa of Amines Using Graph Neural Networks
	⑨ 발표논문 공동저자	강장훈, 고성현, 최원용, 김창수

Appendix 표3. 신진연구인력 연구실적 상세내용 목록

연번	신진연구인력 연구실적 상세내용	
1	① 참여신진연구인력명	장새미
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	김혜정
	④ 교신저자	장새미
	⑤ 공동저자	남성희, 오수경
	⑥ 논문제목	청소년 컴퓨터 유형별 협력네트워크 현황에 대한 탐색적 연구
	⑦ 학술지명:	사례관리연구
	⑧ 권(호), 페이지:	15(3), 71-93
	⑨ 학술지 구분	KCI
	⑩ 게재년월	2024.12
	⑪ DOI 번호	10.38019/kacm.15.3.71
	⑫ IF (JCR 2020)	-
	⑬ Citation (Google Scholar)	-

연번	신진연구인력 연구실적 상세내용	
2	① 참여신진연구인력명	장새미
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Insik Bang
	④ 교신저자	Insik Bang
	⑤ 공동저자	Saemi Chang
	⑥ 논문제목	The roles of governments for polycentricity's vulnerabilities: an analysis of South Korea's PV panel recycling policies
	⑦ 학술지명:	International Review of Public Administration
	⑧ 권(호), 페이지:	29(4), 267-287
	⑨ 학술지 구분	Scopus
	⑩ 게재년월	2024.9
	⑪ DOI 번호	10.1080/12294659.2024.2407653
	⑫ IF (JCR 2020)	-
	⑬ Citation (Google Scholar)	-
3	① 참여신진연구인력명	장새미
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Louise Comfort
	④ 교신저자	Louise Comfort
	⑤ 공동저자	Saemi Chang
	⑥ 논문제목	Transition in dynamic events: The 2020 lightning complex fires in Northern California as an adaptive system
	⑦ 학술지명:	Risk Analysis
	⑧ 권(호), 페이지:	online only
	⑨ 학술지 구분	SSCI, SCIE
	⑩ 게재년월	2025.3
	⑪ DOI 번호	10.1111/risa.70015
	⑫ IF (JCR 2020)	3.3
	⑬ Citation (Google Scholar)	-
4	① 참여신진연구인력명	장새미
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Sung-Yeon Kweon
	④ 교신저자	Yoon-Hee Ha
	⑤ 공동저자	Saemi Chang, Yeowon Kim, Rofat Math
	⑥ 논문제목	Understanding policy windows for solar energy lifecycle extension: Policymaker perspectives in developing Asia
	⑦ 학술지명:	Energy Research & Social Science
	⑧ 권(호), 페이지:	126, 104130
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2025.8
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.erss.2025.104130
	⑫ IF (JCR 2020)	7.4
	⑬ Citation (Google Scholar)	-

Appendix 표4. 참여교수 기타연구실적 상세내용 목록

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
1	① 참여교수명	강윤목
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	Solhee Lee, Jiyeon Nam
	④ 교신저자	Yoonmook Kang
	⑤ 공동저자	Dongjin Choi Hongjun Jang, Yerin Lee Ji Woo Sohn, Kuen Kee Hong, Donghwan Kim, Soohyun Bae, Hae-Seok Lee
	⑥ 논문제목	Characterization of rear-side potential-induced degradation in bifacial p-PERC solar modules
	⑦ 학술지명:	SOLAR ENERGY MATERIALS AND SOLAR CELLS
	⑧ 권(호), 페이지:	278, 113131
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2024.12
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.solmat.2024.113131">https://doi.org/10.1016/j.solmat.2024.113131</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	6.3
	⑬ Citation (Google Scholar)	2
2	① 참여교수명	강윤목
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	Dongjin Choi, Haejung Lee, Dongkyun Kang
	④ 교신저자	Yoonmook Kang
	⑤ 공동저자	Hoyoung Song, MyeongSeob Sim, Yerin Lee, Youngho Choe, Yoonmook Kang, Donghwan Kim, Hae-Seok Lee
	⑥ 논문제목	Intrinsic Poly-Si layer thickness: Its role in pinhole contact formation and interface passivation in poly-silicon on oxide solar cells
	⑦ 학술지명:	SOLAR ENERGY MATERIALS AND SOLAR CELLS
	⑧ 권(호), 페이지:	279, 113276
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.01
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.solmat.2024.113276">https://doi.org/10.1016/j.solmat.2024.113276</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	6.3
	⑬ Citation (Google Scholar)	4
3	① 참여교수명	강윤목
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	Wonkyu Lee
	④ 교신저자	Yoonmook Kang, Hae-seok Lee
	⑤ 공동저자	Sang-Won Lee, Soohyun Bae, Jae-Keun Hwang, Youngmin Kim, Seok-Hyun Jeong, Ji-Seong Hwang, Solhee Lee, Donghwan Kim
	⑥ 논문제목	Unraveling the effect of working pressure on the morphological, structural, optical, and compositional properties of PbI <sub>2</sub> thin films deposited by RF magnetron sputtering
	⑦ 학술지명:	APPLIED SURFACE SCIENCE
	⑧ 권(호), 페이지:	684, 161888
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.03
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2024.161888">https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2024.161888</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	6.9
	⑬ Citation (Google Scholar)	4

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
4	① 참여교수명	강윤목
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	Dowon Pyun, Seungtae Lee, Solhee Lee
	④ 교신저자	Yoonmook Kang
	⑤ 공동저자	Seok-Hyun Jeong, Jae-Keun Hwang, Kyunghwan Kim, Youngmin Kim, Jiyeon Nam, Sujin Cho, Ji-Seong Hwang, Sangwon Lee, Hae-Seok Lee, Donghwan Kim
	⑥ 논문제목	Machine Learning-Assisted Prediction of Ambient-Processed Perovskite Solar Cells' Performances
	⑦ 학술지명:	ENERGIES
	⑧ 권(호), 페이지:	17(23), 5998
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2024.12
	⑪ DOI 번호	-
	⑫ IF (JCR 2020)	3,2
	⑬ Citation (Google Scholar)	3
5	① 참여교수명	강윤목
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	Seok-Hyun Jeong
	④ 교신저자	Hyunju Lee
	⑤ 공동저자	Dongjin Choi, Sujin Cho, Jae-Keun Hwang, Jiyeon Nam, Sang-Won Lee, Wonkyu Lee, Dowon Pyun, Donghwan Kim, Yoshio Ohshita, Itaru Kamiya, Atsushi Ogura, Hae-Seok Lee
	⑥ 논문제목	Realizing efficient and stable hybrid perovskite solar cells via passivation with Mn <sup>2+</sup> ion-doped CsPbCl <sub>3</sub> inorganic metal halide perovskite quantum dots
	⑦ 학술지명:	MATERIALS TODAY ENERGY
	⑧ 권(호), 페이지:	48, 101786
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.03
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.mtener.2024.101786">https://doi.org/10.1016/j.mtener.2024.101786</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	8.6
	⑬ Citation (Google Scholar)	3
6	① 참여교수명	강윤목
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	Youngmin Kim
	④ 교신저자	Hae-Seok Lee
	⑤ 공동저자	Dowon Pyun, Wonkyu Lee, Seok-Hyun Jeong, Sangwon Lee, Sujin Cho, Jiyeon Nam, Jiseong Hwang, Jihyun Jang, Jae-Keun Hwang, Donghwan Kim
	⑥ 논문제목	Solvent-Free MACl Post-Treatment Using Close-Spaced Sublimation Method for Dry-Processed Perovskite Solar Cells
	⑦ 학술지명:	SOLAR RRL
	⑧ 권(호), 페이지:	9(6), 2400859
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.02
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1002/solr.202400859">https://doi.org/10.1002/solr.202400859</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	4.7
	⑬ Citation (Google Scholar)	2

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
7	① 참여교수명	강윤목
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	Yerin Lee
	④ 교신저자	Hae-Seok Lee
	⑤ 공동저자	Hoyoung Song, Dongjin Choi, MyeongSeob Sim, Donghwan Kim
	⑥ 논문제목	Improving the Performance of Bifacial Tunnel Oxide Passivated Contact Solar Cells: Insights into Firing-Induced Degradation Mechanisms
	⑦ 학술지명:	SOLAR RRL
	⑧ 권(호), 페이지:	9(6), 2400860
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.03
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1002/solr.202400860">https://doi.org/10.1002/solr.202400860</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	4.7
	⑬ Citation (Google Scholar)	1
8	① 참여교수명	강윤목
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	MyeongSeob Sim, Junyoung Jeong
	④ 교신저자	Hae-Seok Lee
	⑤ 공동저자	Dowon Pyun, Dongjin Choi, Hoyoung Song, bSeungtae Lee, Myeongji Woo, Jaewon Lee, Yoonmook Kang, Donghwan Kim
	⑥ 논문제목	Image analysis-based prediction of optical reflectance on mild-textured surface for tandem bottom cell
	⑦ 학술지명:	MATERIALS SCIENCE IN SEMICONDUCTOR PROCESSING
	⑧ 권(호), 페이지:	193, 109498
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.03
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.mssp.2025.109498">https://doi.org/10.1016/j.mssp.2025.109498</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	4.6
	⑬ Citation (Google Scholar)	1
9	① 참여교수명	강윤목
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	Sangwon Lee
	④ 교신저자	Hae-Seok Lee
	⑤ 공동저자	Sujin Cho, Seok-Hyun Jeong, Wonkyu Lee, Dowon Pyun, Jiyeon Nam, Ji-Seong Hwang, Youngmin Kim, Jihyun Jang, Donghwan Kim
	⑥ 논문제목	Inverted CsPbI3 perovskite solar cells with all solution processed layers fabricated in high humidity
	⑦ 학술지명:	COMMUNICATIONS MATERIALS
	⑧ 권(호), 페이지:	6(1), 72
	⑨ 학술지 구분	ESCI
	⑩ 게재년월	2025.04
	⑪ DOI 번호	-
	⑫ IF (JCR 2020)	9.6
	⑬ Citation (Google Scholar)	3

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
10	① 참여교수명	강윤목
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	Ji Woo Sohn
	④ 교신저자	Yoonmook Kang
	⑤ 공동저자	Hongjun Jang, Young-Su Kim, Donghwan Kim, Sungho Hwang
	⑥ 논문제목	Performance comparison of a building-integrated photovoltaics (BIPV) module with patterned glass in Korean weather
	⑦ 학술지명:	JOURNAL OF POWER SOURCES ADVANCES
	⑧ 권(호), 페이지:	32, 100169
	⑨ 학술지 구분	ESCI
	⑩ 게재년월	2025.04
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.powera.2025.100169">https://doi.org/10.1016/j.powera.2025.100169</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	4.6
	⑬ Citation (Google Scholar)	2
11	① 참여교수명	김여원
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Ali Zoghi
	④ 교신저자	Jennifer Drake
	⑤ 공동저자	Émilie Bilodeau, Muhammad Naveed Khaliq, Jean-Luc Martel
	⑥ 논문제목	Nature-based solutions for flood mitigation in Canadian urban centers: A review of the state of research and practice.
	⑦ 학술지명:	Journal of Hydrology: Regional Studies
	⑧ 권(호), 페이지:	60, 102460
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.05
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2025.102460">https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2025.102460</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	5.0
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
12	① 참여교수명	동완재
	② 참여구분	공동 교신저자
	③ 제1저자	동완재
	④ 교신저자	동완재, Zetian Mi
	⑤ 공동저자	-
	⑥ 논문제목	Recent advances in photoelectrochemical ammonia synthesis
	⑦ 학술지명:	Nano Futures
	⑧ 권(호), 페이지:	9(3), 032002
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2025-09 (online)
	⑪ DOI 번호	10.1088/2399-1984/adfc18
	⑫ IF (JCR 2020)	3.3
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
13	① 참여교수명	동완재
	② 참여구분	공동 저자
	③ 제1저자	Kejian Li
	④ 교신저자	Zetian Mi
	⑤ 공동저자	-
	⑥ 논문제목	Photoelectrochemical Water Splitting under Concentrated Sunlight: Best Practices and Protocols
	⑦ 학술지명:	Frontiers in Energy Research
	⑧ 권(호), 페이지:	13, 1550153
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2025-03-25
	⑪ DOI 번호	10.3389/fenrg.2025.1550153
	⑫ IF (JCR 2020)	2.4
	⑬ Citation (Google Scholar)	5

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
14	① 참여교수명	동완재
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Sudeshana Pandey
	④ 교신저자	윤용주, 전용석
	⑤ 공동저자	M. Ghimire, T. Kim, M. Y. Jung, S. Asaithambi, Ji-Won Son
	⑥ 논문제목	Synthesis of porous MXene for efficient bifunctional electrocatalysis in overall water splitting: Hydrogen and oxygen evolution reactions
	⑦ 학술지명:	FlatChem
	⑧ 권(호), 페이지:	50, 100837
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2025-03
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.flatc.2025.100837
	⑫ IF (JCR 2020)	6.2
	⑬ Citation (Google Scholar)	7
15	① 참여교수명	동완재
	② 참여구분	1저자
	③ 제1저자	동완재
	④ 교신저자	Victor S. Batista; Zetian Mi
	⑤ 공동저자	J. P. Menzel, K. R. Yang, Z. Ye, I. A. Navid, S. Mondal 등
	⑥ 논문제목	Binary Synergy of Au and GaN for Photoelectrochemical Nitrate Reduction to Ammonia
	⑦ 학술지명:	Small
	⑧ 권(호), 페이지:	21, e2412089
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2025-02-16 (online); 2025-03 (issue)
	⑪ DOI 번호	10.1002/sml.202412089
	⑫ IF (JCR 2020)	12.1
	⑬ Citation (Google Scholar)	5
16	① 참여교수명	동완재
	② 참여구분	공동 교신저자
	③ 제1저자	Sang Hun Choi
	④ 교신저자	Inhak Song; Wan Jae Dong
	⑤ 공동저자	-
	⑥ 논문제목	Recent Progress of Photothermal Catalysts for Carbon Dioxide Conversion
	⑦ 학술지명:	Energy Materials
	⑧ 권(호), 페이지:	5, 500062
	⑨ 학술지 구분	ESCI
	⑩ 게재년월	2025-02-27
	⑪ DOI 번호	10.20517/energymater.2024.227
	⑫ IF (JCR 2020)	11.2
	⑬ Citation (Google Scholar)	2
17	① 참여교수명	동완재
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Won Seok Cho
	④ 교신저자	S. Y. Kim; J.-L. Lee
	⑤ 공동저자	J. Y. Park , S. Gim, W. J. Dong 등
	⑥ 논문제목	Continuous and Extremely Flat Ag Electrode by Tailoring Surface Energy for Organic Light-Emitting Diode
	⑦ 학술지명:	Advanced Electronic Materials
	⑧ 권(호), 페이지:	11, 2400281
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2025
	⑪ DOI 번호	10.1002/aelm.202400281
	⑫ IF (JCR 2020)	5.3
	⑬ Citation (Google Scholar)	1

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
18	① 참여교수명	동완재
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Won Seok Cho
	④ 교신저자	J.-L. Lee, 동완재
	⑤ 공동저자	J. Y. Park, H. K. Yu,
	⑥ 논문제목	Simple and Reversible Method to Control the Surface Energy of ITO Branched Nanowires for Tuning Wettability of Micro/Nanoscale Droplets
	⑦ 학술지명:	Applied Surface Science
	⑧ 권(호), 페이지:	679, 161227
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2025-01-15
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.apsusc.2024.161227
	⑫ IF (JCR 2020)	6.9
	⑬ Citation (Google Scholar)	2
19	① 참여교수명	동완재
	② 참여구분	제1저자
	③ 제1저자	Wan Jae Dong
	④ 교신저자	Victor S. Batista & Zetian Mi
	⑤ 공동저자	HyunJung Park, Jinsol Kim, Dongjin Choi, Sang-Won Lee, Dongkyun Kang, Hae-Seok Lee, Donghwan Kim, Munho Kim, Yoonmook Kang
	⑥ 논문제목	Nitrate reduction to ammonia catalyzed by GaN/Si photoelectrodes with metal clusters
	⑦ 학술지명:	Nature Communications
	⑧ 권(호), 페이지:	16, 3383
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2023.04
	⑪ DOI 번호	doi.org/10.1038/s41467-025-58372-7
	⑫ IF (JCR 2020)	15.7
	⑬ Citation (Google Scholar)	4
20	① 참여교수명	송인학
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Hyun Sub Kim
	④ 교신저자	Inhak Song, Do Heui Kim
	⑤ 공동저자	Hwangho Lee, Hongbeom Park
	⑥ 논문제목	Understanding the roles of Brønsted/Lewis acid sites on manganese oxide-zeolite hybrid catalysts for low-temperature NH <sub>3</sub> -SCR
	⑦ 학술지명:	Chinese Journal of Catalysis
	⑧ 권(호), 페이지:	65, 79-88
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2024년 10월
	⑪ DOI 번호	10.1016/S1872-2067(24)60112-9
	⑫ IF (JCR 2020)	17.7
	⑬ Citation (Google Scholar)	13

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
21	① 참여교수명	송인학
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Hyun Sub Kim
	④ 교신저자	Inhak Song, Do Heui Kim
	⑤ 공동저자	Hwangho Lee, Hongbeom Park
	⑥ 논문제목	Revealing the two distinctive roles of HY zeolite in enhancing the activity and durability of manganese oxide-zeolite hybrid catalysts for low-temperature NH <sub>3</sub> -SCR
	⑦ 학술지명:	Applied Catalysis B: Environment and Energy
	⑧ 권(호), 페이지:	355, 124199
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2024년 10월
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.apcatb.2024.124199
	⑫ IF (JCR 2020)	21.1
	⑬ Citation (Google Scholar)	15
22	① 참여교수명	송인학
	② 참여구분	제 1저자
	③ 제1저자	Inhak Song
	④ 교신저자	Yong Wang, Konstantin Khivantsev
	⑤ 공동저자	Libor Kovarik, Mark H. Engelhard, János Szanyi
	⑥ 논문제목	Developing Robust Ceria-Supported Catalysts for Catalytic NO Reduction and CO/Hydrocarbon Oxidation
	⑦ 학술지명:	ACS Catalysis
	⑧ 권(호), 페이지:	14(24), 18247-18255
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2024년 11월
	⑪ DOI 번호	10.1021/acscatal.4c04433
	⑫ IF (JCR 2020)	13.1
	⑬ Citation (Google Scholar)	3
23	① 참여교수명	송인학, 동완재
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Sang Hun Choi
	④ 교신저자	Inhak Song, Wan Jae Dong
	⑤ 공동저자	-
	⑥ 논문제목	Recent progress of photothermal catalysts for carbon dioxide conversion
	⑦ 학술지명:	Energy Materials
	⑧ 권(호), 페이지:	5(6), N/A
	⑨ 학술지 구분	ESCI
	⑩ 게재년월	2025년 2월
	⑪ DOI 번호	10.20517/energymater.2024.227
	⑫ IF (JCR 2020)	11.2
	⑬ Citation (Google Scholar)	2
24	① 참여교수명	송인학
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Eunwon Lee
	④ 교신저자	Do Heui Kim
	⑤ 공동저자	Jaeha Lee, Dong Chan Park, Sei Moon, Inhak Song, Hyeongdong Jung
	⑥ 논문제목	Pd nanoparticles fixed in zeolites promote low-temperature NO reduction via hydrogen spillover
	⑦ 학술지명:	Applied Catalysis B: Environment and Energy
	⑧ 권(호), 페이지:	Vol. 366, Article No. 125060
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2025년 6월
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.apcatb.2025.125060
	⑫ IF (JCR 2020)	22.055
	⑬ Citation (Google Scholar)	2

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
25	① 참여교수명	송인학
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Hongbeom Park
	④ 교신저자	Do Heui Kim
	⑤ 공동저자	Hyun Sub Kim, Hyeongdong Jung, Sung Min Kim, Jihoon Cha, Inhak Song
	⑥ 논문제목	Enhancing the Sulfur Resistance of Bulk Vanadium Oxide Catalyst via Zeolite Mixing: A Comparative Study with Supported Vanadium Oxide Catalysts in NH <sub>3</sub> -SCR
	⑦ 학술지명:	Catalysis Today
	⑧ 권(호), 페이지:	Article No. 115521
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2025년 8월
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.cattod.2025.115521
	⑫ IF (JCR 2020)	6.093
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
26	① 참여교수명	우종률
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	So Young Yang
	④ 교신저자	JongRoul Woo Wonjong Lee
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Assessing optimized Time-of-Use pricing for electric vehicle charging in deep vehicle-grid integration system
	⑦ 학술지명:	Energy Economics
	⑧ 권(호), 페이지:	138, 107852
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	2024.09
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107852">https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107852</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	14.2
	⑬ Citation (Google Scholar)	18
27	① 참여교수명	우종률
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	YeHa Yang
	④ 교신저자	JongRoul Woo
	⑤ 공동저자	SoYoung Yang HyungBin Moon
	⑥ 논문제목	Analyzing heterogeneous electric vehicle charging preferences for strategic time-of-use tariff design and infrastructure development: A latent class approach
	⑦ 학술지명:	Applied Energy
	⑧ 권(호), 페이지:	374, 124074
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2024.11
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.124074">https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.124074</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	11.0
	⑬ Citation (Google Scholar)	18

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
28	① 참여교수명	우종률
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	박찬욱
	④ 교신저자	장성은
	⑤ 공동저자	안중하
	⑥ 논문제목	전기차 전환으로 인한 이질적 리바운드 효과와 환경적 함의 :성향 점수 매칭과 인과 포레스트를 통한 접근
	⑦ 학술지명:	에너지공학
	⑧ 권(호), 페이지:	34(1), 54-77
	⑨ 학술지 구분	KCI
	⑩ 게재년월	2025.03
	⑪ DOI 번호	10.5855/ENERGY.2024.34.1.054
	⑫ IF (JCR 2020)	0.23
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
29	① 참여교수명	우종률
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	Tae Kwon Kang
	④ 교신저자	Chul Hun Choi
	⑤ 공동저자	Jong Roul Woo
	⑥ 논문제목	Optimal Renewable Energy Procurement Strategies for Korean Power-Intensive Enterprises: A Mixed Integer Linear Programming (MILP) Model Approach
	⑦ 학술지명:	Current Photovoltaic Research
	⑧ 권(호), 페이지:	13(1), 49-60
	⑨ 학술지 구분	KCI
	⑩ 게재년월	2025.03
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.21218/CPR.2025.13.1.049">https://doi.org/10.21218/CPR.2025.13.1.049</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	0.42
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
30	① 참여교수명	우종률
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	강태권
	④ 교신저자	우종률
	⑤ 공동저자	최철훈
	⑥ 논문제목	기업 재생에너지 전환과 재무성과 관계 연구: OECD 국가에 속한 기업을 중심으로
	⑦ 학술지명:	한국혁신학회지
	⑧ 권(호), 페이지:	20(1), 183-206
	⑨ 학술지 구분	KCI
	⑩ 게재년월	2025.02
	⑪ DOI 번호	10.46251/INNOS.2025.2.20.1.183
	⑫ IF (JCR 2020)	1.4
	⑬ Citation (Google Scholar)	0

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
31	① 참여교수명	우종률
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	장성은
	④ 교신저자	우종률
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	다회용 컵 사용 행동의 결정 요인 및 정보-인센티브 단계적 개입 효과 분석
	⑦ 학술지명:	한국혁신학회지
	⑧ 권(호), 페이지:	20(2), 257-288
	⑨ 학술지 구분	KCI
	⑩ 게재년월	2025.03
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.46251/INNOS.2025.5.20.2.257">https://doi.org/10.46251/INNOS.2025.5.20.2.257</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	1.4
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
32	① 참여교수명	우종률
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Mukesh Ghimire
	④ 교신저자	JongRoul Woo
	⑤ 공동저자	Sudeshana Pandey
	⑥ 논문제목	Accounting socio-economic benefits of household biogas towards net zero energy transition in developing countries: A case study of Nepal.
	⑦ 학술지명:	Energy for Sustainable Development
	⑧ 권(호), 페이지:	85, 101634
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.04
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.esd.2024.101634">https://doi.org/10.1016/j.esd.2024.101634</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	4.9
	⑬ Citation (Google Scholar)	5
33	① 참여교수명	우종률
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Kyuil Kwak
	④ 교신저자	JongRoul Woo
	⑤ 공동저자	Woojin Son YeHa Yang
	⑥ 논문제목	PyPSA-Korea: An open-source energy system model for planning Korea's sustainable energy transition
	⑦ 학술지명:	Energy Reports
	⑧ 권(호), 페이지:	13, 5677-5691
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.06
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.egy.2025.05.018">https://doi.org/10.1016/j.egy.2025.05.018</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	5.1
	⑬ Citation (Google Scholar)	2
34	① 참여교수명	우종률
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Sujin Yun
	④ 교신저자	JongRoul Woo Kyuil Kwak
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Unlocking Peak Shaving: How EV Driver Heterogeneity Shapes V2G Potential
	⑦ 학술지명:	Energy
	⑧ 권(호), 페이지:	136773
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2025.08
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.136773">https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.136773</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	9.4
	⑬ Citation (Google Scholar)	4

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
35	① 참여교수명	우종률
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Sung-Eun Chang
	④ 교신저자	JongRoul Woo
	⑤ 공동저자	So Young Yang, Bo-Eun Choi, Hyunhong Choi
	⑥ 논문제목	Uncovering heterogeneous effects of message framing to promote reusable cup use: A causal forest approach
	⑦ 학술지명:	Journal of Cleaner Production
	⑧ 권(호), 페이지:	519, 145982
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2025.08
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145982">https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145982</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	10.0
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
36	① 참여교수명	전용석, 윤용주, 손해정
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Jeonghyeon Ahn, Taemin Kim
	④ 교신저자	Yongseok Jun, Yohan Ko
	⑤ 공동저자	Soojung Hwang, Hae Jung Son, Yong Ju Yun
	⑥ 논문제목	Strain relaxed Cs $\alpha$ FA1- $\alpha$ PbI3- $\beta$ Cl $\beta$ perovskite by intercalation of cesium via antisolvent engineering for efficient photovoltaic devices over 22.9 %
	⑦ 학술지명:	Chemical Engineering Journal
	⑧ 권(호), 페이지:	520, 166122
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.7
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.166122">https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.166122</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	13.2
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
37	① 참여교수명	전용석, 윤용주, 이해석, 손지원
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Moo Young Jung, Yongsuk Oh
	④ 교신저자	Yongseok Jun, Yong Ju Yun
	⑤ 공동저자	Subin Eom, Jihye Park, Chanyong Lee, Sudeshana Pandey, Taemin Kim, Hae-seok Lee, Ji-Won Son
	⑥ 논문제목	Enhanced electron conductivity, stability, and electrochemical performance of MXene-coated manganese and iron oxides as negative electrode of supercapacitors
	⑦ 학술지명:	Electrochimica Acta
	⑧ 권(호), 페이지:	521, 145879
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.1
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.electacta.2025.145879">https://doi.org/10.1016/j.electacta.2025.145879</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	5.6
	⑬ Citation (Google Scholar)	4

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
38	① 참여교수명	전용석, 윤용주
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Sudeshana Pandey
	④ 교신저자	Yongseok Jun, Yong Ju Yun
	⑤ 공동저자	Mykesh Ghimire
	⑥ 논문제목	Synthesis of porous MXene for efficient bifunctional electrocatalysis in overall water splitting: Hydrogen and oxygen evolution reactions
	⑦ 학술지명:	FlatChem
	⑧ 권(호), 페이지:	50, 100837
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.3
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.flatc.2025.100837">https://doi.org/10.1016/j.flatc.2025.100837</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	6.2
	⑬ Citation (Google Scholar)	8
39	① 참여교수명	전용석, 손지원
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Moo Young Jung, Hyobeen Cho
	④ 교신저자	Yongseok Jun
	⑤ 공동저자	Ji-won Son, Sankaiya Asaithambi
	⑥ 논문제목	Development of micro flower petal-structured NiCo <sub>2</sub> S <sub>4</sub> /Ti <sub>3</sub> C <sub>2</sub> T <sub>x</sub> MXene nanosheets on nickel foam for superior supercapacitor applications
	⑦ 학술지명:	Journal of Industrial and Engineering Chemistry
	⑧ 권(호), 페이지:	150, 696-706
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.8
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jiec.2025.03.033">https://doi.org/10.1016/j.jiec.2025.03.033</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	6
	⑬ Citation (Google Scholar)	11
40	① 참여교수명	전용석, 손지원, 윤용주
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Manuel Isaac Olivar-Amaya, Sudeshana Pandey
	④ 교신저자	Yongseok Jun
	⑤ 공동저자	MooYoung Jung, Taemin Kim, Sankaiya Asaithambi , Thai Thong Tran, ealim Choi, Ji-Won Son, Yong Ju Yun
	⑥ 논문제목	Synergistic engineering of Sn-doped $\beta$ -Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Ti <sub>3</sub> C <sub>2</sub> T <sub>x</sub> photoanodes for efficient photoelectrochemical seawater splitting
	⑦ 학술지명:	International Journal of Hydrogen Energy
	⑧ 권(호), 페이지:	176, 151541
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.8
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.151541">https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.151541</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	8.3
	⑬ Citation (Google Scholar)	0

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
41	① 참여교수명	전용석, 윤용주
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Deukhee Kim, Hyun Joo Lee
	④ 교신저자	Yongseok Jun, Yong Ju Yun
	⑤ 공동저자	Jiwon Oh, Hee Yeon Yang, Hyung Ju Park, Chul Huh, Dong Han Ha
	⑥ 논문제목	Adhesive, biocompatible, and conductive reduced graphene oxide hydrogel-based bioelectrodes for epidermal electrophysiological signal monitoring
	⑦ 학술지명:	Journal of Materials Chemistry C
	⑧ 권(호), 페이지:	13, 5711-5718
	⑨ 학술지 구분	SCI
	⑩ 게재년월	2025.1
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1039/D4TC04872E">https://doi.org/10.1039/D4TC04872E</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	5.1
	⑬ Citation (Google Scholar)	3
42	① 참여교수명	전용석
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Jeonghyeon Ahn, Taemin Kim
	④ 교신저자	Yongseok Jun
	⑤ 공동저자	Soojung Hwang,, Hae Jung Son,Yong Ju Yun, Yohan Ko
	⑥ 논문제목	Strain relaxed Cs $\alpha$ FA1- $\alpha$ Pb13- $\beta$ Cl $\beta$ perovskite by intercalation of cesium via antisolvent engineering for efficient photovoltaic devices over 22.9 %
	⑦ 학술지명:	Chemical Engineering Journal
	⑧ 권(호), 페이지:	520, 166122
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2025.09
	⑪ DOI 번호	<a href="https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.166122">https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.166122</a>
	⑫ IF (JCR 2020)	15.1
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
43	① 참여교수명	하윤희
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Sung-Yeon Kweon
	④ 교신저자	Yoon-Hee Ha
	⑤ 공동저자	Saemi Chang; Yeowon Kim; Rofat Math
	⑥ 논문제목	Understanding policy windows for solar energy lifecycle extension: Policymaker perspectives in developing Asia
	⑦ 학술지명:	Energy Research & Social Science
	⑧ 권(호), 페이지:	126, 104130
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	2025.05
	⑪ DOI 번호	DOI: 10.1016/j.erss.2025.104130.
	⑫ IF (JCR 2020)	7.4
	⑬ Citation (Google Scholar)	

연번	참여교수 기타연구실적 상세내용	
44	① 참여교수명	하윤희
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Sung-Yeon Kweon, Gayoung Song
	④ 교신저자	Yoon-Hee Ha
	⑤ 공동저자	Seulgi Oh, Jiwon Choi, Mohamad Hamzi bin Abdul Azziz
	⑥ 논문제목	<i>Comprehensive Evaluation of Electric Vehicle Charging Infrastructure for Green Mobility in Southeast Asia.</i>
	⑦ 학술지명:	<i>Asian Studies (Journal of the Korean Association for Asian Studies)</i>
	⑧ 권(호), 페이지:	28(1),
	⑨ 학술지 구분	KCI
	⑩ 게재년월	2025.02
	⑪ DOI 번호	DOI: 10.21740/jas.2025.2.28.2.395.
	⑫ IF (JCR 2020)	
	⑬ Citation (Google Scholar)	
45	① 참여교수명	하윤희
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Hyeonjun Kim, Gayoung Song
	④ 교신저자	Yoonhee Ha
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Green hydrogen export potential in each Southeast Asian country based on exportable volumes and levelized cost of hydrogen
	⑦ 학술지명:	Applied Energy
	⑧ 권(호), 페이지:	Vol. 383, Article 125371
	⑨ 학술지 구분	SCIE
	⑩ 게재년월	2025.01
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.apenergy.2025.125371
	⑫ IF (JCR 2020)	11.0
	⑬ Citation (Google Scholar)	9
46	① 참여교수명	하윤희
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	Gayoung Song, Sung-Yeon Kweon
	④ 교신저자	Yoonhee Ha
	⑤ 공동저자	Seulgi Oh, Jiwon Choi, Mohamad Hamzi bin Abdul Azziz
	⑥ 논문제목	Comprehensive evaluation of electric vehicle charging infrastructure for green mobility in Southeast Asia
	⑦ 학술지명:	Asian Studies (아시아연구)
	⑧ 권(호), 페이지:	Vol. 28 No. 1 (2025), pp. 395-462
	⑨ 학술지 구분	KCI 등재
	⑩ 게재년월	2025. 02
	⑪ DOI 번호	10.21740/jas.2025.2.28.2.395
	⑫ IF (JCR 2020)	-
	⑬ Citation (Google Scholar)	-
47	① 참여교수명	하윤희
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	정호진, 조은규
	④ 교신저자	하윤희
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	온실가스 감축을 위한 재정 지원의 우선순위 분석: Fuzzy VIKOR를 활용한 세대 간 인식 비교
	⑦ 학술지명:	재무행정연구
	⑧ 권(호), 페이지:	제5권 제1호, pp. 126-159
	⑨ 학술지 구분	KCI 등재 후보
	⑩ 게재년월	2025.03
	⑪ DOI 번호	
	⑫ IF (JCR 2020)	
	⑬ Citation (Google Scholar)	