

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

접수번호										
신청분야	혁신인재 양성사업 산업·사회 문제해결					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%			
교육연구 단명	국문) 지속가능한 에너지·자원 기술-정책-데이터 융합 교육연구단 영문) Sustainable Energy and Resources: Interdisciplinary approaches linking technology, policy, and data									
교육연구 단장	소속	고려대학교 에너지환경대학원 에너지환경정책기술학과								
	직위	부교수								
	성명	국문	박주영			전화				
		영문	Joo Young Park			팩스				
					이동전화					
					E-mail					
연차별 총 사업비 (백만원)	구분	1차년도 (20.9~21.2)	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)	7차년도 (26.3~27.2)	8차년도 (27.3~27.8)	
	국고지원금	246	546	493	493	493	493	493	246	
총 사업기간	2020.9.1.-2027.8.31.(84개월)									
자체평가 대상기간	2020.9.1.-2021.8.31.(12개월)									
<p>본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21』 사업 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다.</p> <p align="right">2021년 9월 17 일</p>										
작성자	교육연구단장					박주영				
확인자	고려대학교 대학원장					이관영 (인)				

## 〈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 연구모델을 통해 사회문제 해결과 지속가능발전에 기여” 하는 것을 비전으로, “국내 최초 에너지·자원 분야 융합교육 연구기관에서 글로벌 선도기관으로 도약” 하는 것을 목표로 설정함. 이를 위해 본 교육연구단은 교육, 연구, 산학협력, 국제화 및 인프라 부문에서 총 21개 핵심과제를 수립함.</li> <li>• 최근 1년간(2020.09~2021.08) 기 수립한 21개 핵심과제 중 총 18개 과제를 충실하게 이행하여 본 사업단의 목표 및 추진방안에 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, 지난 1년 간의 추진 성과와 향후 계획은 아래와 표와 같음.</li> </ul> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">목표달성여부</th> <th style="text-align: center;">사업단 추진 전략 계획</th> <th style="text-align: center;">성과 및 향후 계획</th> <th style="text-align: center;">페이지</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>데이터 기반 융복합 교과목 지속적 개발 및 운영</td> <td>에너지환경데이터분석론, 연구방법론2, 공학경제 과목 개설</td> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>프로젝트 기반 문제해결형 교과목 개발</td> <td>캡스톤:미래의 R&amp;D방향, 에너지경제성분석론, 에너지프로젝트관리론, 연구방법론1 과목 개설 및 신설</td> <td style="text-align: center;">9</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">△</td> <td>시공간 초월 학습방식 도입 및 확대</td> <td>2021년 2학기 해외석학 초빙 ‘글로벌에너지전문가세미나’ 교과목 신설</td> <td style="text-align: center;">10-11</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>교육 커리큘럼 주기적 평가 통한 개선</td> <td>학기말 강의평가 이외에도 기후기술 관련 신규 교과목에 대한 수요 및 강의 도구(AI-adaptive learning) 사용에 대한 설문조사 시행 및 반영  2021년 2학기부터는 Flipped class 등 학습자 주도형 학습운영 적극적 도입 예정</td> <td style="text-align: center;">11-14</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>융합 우수논문 시상 및 지원</td> <td>2020학년도 3명의 Student of the Year 수상자 선정 및 장학금 각 30만원 시상</td> <td style="text-align: center;">14</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>차세대 커리어 관리</td> <td>진로탐색 세미나 3회 개최 (졸업생 및 전문가 6인 멘토링) Academic Advisory 프로그램 진행</td> <td style="text-align: center;">14-15</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>KU-KIST 학연제도와 과제참여 통한 교육 기회 확대</td> <td>7명의 학연교수 임명 및 학연명예교수직 수여</td> <td style="text-align: center;">15</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>융합연구를 위한 공동지도교수 제도 탄력 운영</td> <td>참여교원 외 고려대학교 겸임교원 및 KIST 교원을 공동지도교수로 활용 중</td> <td style="text-align: center;">15</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>석박사 및 재교육형 계약학과 확대 운영</td> <td>에너지시스템공학과 신설운영(2021.03-), 태양전지(모듈)실험 및 실습, 태양광발전산학공동세미나 강의 개설</td> <td style="text-align: center;">16</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">△</td> <td>Advisory Committee, 지역나눔 Committee, Alumni Committee 운영</td> <td>BK21 운영위원회 운영 이화여고 학생 대상 지식나눔 행사 1회 진행 졸업생 연계 진로탐색 세미나 신설 운영</td> <td style="text-align: center;">17-19</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>학부 과정 신설 및 학석사 연계 과정 신설</td> <td>‘융합에너지공학과’ 학부과정 신설 및 운영 (2021.03-)  ‘디지털 신기술 인재양성 혁신공유대학’ 에너지 신산업 분야 7개 대학 컨소시엄 주관대학의 학과로 참여</td> <td style="text-align: center;">19</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>국내외 홍보방안 강화 및 홍보채널 다양화</td> <td>온라인 홍보 (입시정보 사이트 ‘전국대학원’, 네이버카페 ‘대학원 입학준비하는 사람들의 모임’, 하이브레인넷), 학회 홍보 (PVSEC-30, GPVC 2020, GPVC 2021), 에너지 관련 기업 및 공공기관 홍보</td> <td style="text-align: center;">19-20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">○</td> <td>신흥국 에너지공무원 인력양성 프로그램 확대 및 졸업생 네트워크 활용</td> <td>신흥국 에너지공무원 인력양성 과제 재수주함에 따라 GETPPP 프로그램 2021년 2학기부터 운영 (2021.09-), 졸업생 네트워크 및 대사관 통해 신입생 13명 선발</td> <td style="text-align: center;">20-21</td> </tr> </tbody> </table>			목표달성여부	사업단 추진 전략 계획	성과 및 향후 계획	페이지	○	데이터 기반 융복합 교과목 지속적 개발 및 운영	에너지환경데이터분석론, 연구방법론2, 공학경제 과목 개설	9	○	프로젝트 기반 문제해결형 교과목 개발	캡스톤:미래의 R&D방향, 에너지경제성분석론, 에너지프로젝트관리론, 연구방법론1 과목 개설 및 신설	9	△	시공간 초월 학습방식 도입 및 확대	2021년 2학기 해외석학 초빙 ‘글로벌에너지전문가세미나’ 교과목 신설	10-11	○	교육 커리큘럼 주기적 평가 통한 개선	학기말 강의평가 이외에도 기후기술 관련 신규 교과목에 대한 수요 및 강의 도구(AI-adaptive learning) 사용에 대한 설문조사 시행 및 반영  2021년 2학기부터는 Flipped class 등 학습자 주도형 학습운영 적극적 도입 예정	11-14	○	융합 우수논문 시상 및 지원	2020학년도 3명의 Student of the Year 수상자 선정 및 장학금 각 30만원 시상	14	○	차세대 커리어 관리	진로탐색 세미나 3회 개최 (졸업생 및 전문가 6인 멘토링) Academic Advisory 프로그램 진행	14-15	○	KU-KIST 학연제도와 과제참여 통한 교육 기회 확대	7명의 학연교수 임명 및 학연명예교수직 수여	15	○	융합연구를 위한 공동지도교수 제도 탄력 운영	참여교원 외 고려대학교 겸임교원 및 KIST 교원을 공동지도교수로 활용 중	15	○	석박사 및 재교육형 계약학과 확대 운영	에너지시스템공학과 신설운영(2021.03-), 태양전지(모듈)실험 및 실습, 태양광발전산학공동세미나 강의 개설	16	△	Advisory Committee, 지역나눔 Committee, Alumni Committee 운영	BK21 운영위원회 운영 이화여고 학생 대상 지식나눔 행사 1회 진행 졸업생 연계 진로탐색 세미나 신설 운영	17-19	○	학부 과정 신설 및 학석사 연계 과정 신설	‘융합에너지공학과’ 학부과정 신설 및 운영 (2021.03-)  ‘디지털 신기술 인재양성 혁신공유대학’ 에너지 신산업 분야 7개 대학 컨소시엄 주관대학의 학과로 참여	19	○	국내외 홍보방안 강화 및 홍보채널 다양화	온라인 홍보 (입시정보 사이트 ‘전국대학원’, 네이버카페 ‘대학원 입학준비하는 사람들의 모임’, 하이브레인넷), 학회 홍보 (PVSEC-30, GPVC 2020, GPVC 2021), 에너지 관련 기업 및 공공기관 홍보	19-20	○	신흥국 에너지공무원 인력양성 프로그램 확대 및 졸업생 네트워크 활용	신흥국 에너지공무원 인력양성 과제 재수주함에 따라 GETPPP 프로그램 2021년 2학기부터 운영 (2021.09-), 졸업생 네트워크 및 대사관 통해 신입생 13명 선발	20-21
목표달성여부	사업단 추진 전략 계획	성과 및 향후 계획	페이지																																																								
○	데이터 기반 융복합 교과목 지속적 개발 및 운영	에너지환경데이터분석론, 연구방법론2, 공학경제 과목 개설	9																																																								
○	프로젝트 기반 문제해결형 교과목 개발	캡스톤:미래의 R&D방향, 에너지경제성분석론, 에너지프로젝트관리론, 연구방법론1 과목 개설 및 신설	9																																																								
△	시공간 초월 학습방식 도입 및 확대	2021년 2학기 해외석학 초빙 ‘글로벌에너지전문가세미나’ 교과목 신설	10-11																																																								
○	교육 커리큘럼 주기적 평가 통한 개선	학기말 강의평가 이외에도 기후기술 관련 신규 교과목에 대한 수요 및 강의 도구(AI-adaptive learning) 사용에 대한 설문조사 시행 및 반영  2021년 2학기부터는 Flipped class 등 학습자 주도형 학습운영 적극적 도입 예정	11-14																																																								
○	융합 우수논문 시상 및 지원	2020학년도 3명의 Student of the Year 수상자 선정 및 장학금 각 30만원 시상	14																																																								
○	차세대 커리어 관리	진로탐색 세미나 3회 개최 (졸업생 및 전문가 6인 멘토링) Academic Advisory 프로그램 진행	14-15																																																								
○	KU-KIST 학연제도와 과제참여 통한 교육 기회 확대	7명의 학연교수 임명 및 학연명예교수직 수여	15																																																								
○	융합연구를 위한 공동지도교수 제도 탄력 운영	참여교원 외 고려대학교 겸임교원 및 KIST 교원을 공동지도교수로 활용 중	15																																																								
○	석박사 및 재교육형 계약학과 확대 운영	에너지시스템공학과 신설운영(2021.03-), 태양전지(모듈)실험 및 실습, 태양광발전산학공동세미나 강의 개설	16																																																								
△	Advisory Committee, 지역나눔 Committee, Alumni Committee 운영	BK21 운영위원회 운영 이화여고 학생 대상 지식나눔 행사 1회 진행 졸업생 연계 진로탐색 세미나 신설 운영	17-19																																																								
○	학부 과정 신설 및 학석사 연계 과정 신설	‘융합에너지공학과’ 학부과정 신설 및 운영 (2021.03-)  ‘디지털 신기술 인재양성 혁신공유대학’ 에너지 신산업 분야 7개 대학 컨소시엄 주관대학의 학과로 참여	19																																																								
○	국내외 홍보방안 강화 및 홍보채널 다양화	온라인 홍보 (입시정보 사이트 ‘전국대학원’, 네이버카페 ‘대학원 입학준비하는 사람들의 모임’, 하이브레인넷), 학회 홍보 (PVSEC-30, GPVC 2020, GPVC 2021), 에너지 관련 기업 및 공공기관 홍보	19-20																																																								
○	신흥국 에너지공무원 인력양성 프로그램 확대 및 졸업생 네트워크 활용	신흥국 에너지공무원 인력양성 과제 재수주함에 따라 GETPPP 프로그램 2021년 2학기부터 운영 (2021.09-), 졸업생 네트워크 및 대사관 통해 신입생 13명 선발	20-21																																																								

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

목표달성여부	사업단 추진 전략 계획	성과 및 향후 계획	페이지
○	기술, 데이터, 정책 전공 교원이 참여하는 정기적 연구회 운영	융합연구 학생세미나 개최 (총 5회)	23
○	현장 실무급 전문가 세미나 및 글로벌 연구 콜로키움을 통한 특화 연구 주제 발굴	전문가 초청 윤강 과목 개설, 현장실무급 전문가 세미나 개최	23
○	융합연구 기반 데이터베이스 구축	수소 특허 DB 구축(2011-2019년 총 17,281건 특허 대상)	24
○	대학본부의 융복합 연구지원 및 KU-KIST 사업 등 활용한 과제 기회 확대	KU-KIST 공동연구사업으로 차세대 에너지시스템인 “자가구동 태양광-수소 생산 시스템 개발” 수행 중.	24
○	학연교수제 등 통한 국책연구소 우수학자 활용	2021-2 신설된 ‘글로벌에너지전문가세미나’에 GTC (녹색기술센터) 연구원 참여	24
×	신재생 발전량 모니터링 테스트베드 등 융합 데이터센터 구축	현재 모니터링 테스트베드 교내 설치 등에 관한 이슈 해결을 위해 논의 중	25
○	융합 세미나를 통한 연구 지속적 공유, 비판적 논의, 학제 간 의사소통	교육연구단 자체 Grand Challenge 신규운영 기술&정책 융합세미나 개최 (총 2회)	12-13, 25-27
○	Boot Camp 등 연구역량 관련 프로그램 운영	학술논문작성법, CGE모델링, 국제하계대학 Communication (Presentation skill and technical writing) 등 비교과프로그램 운영  2021년 2학기부터 참여학생이 필수로 이수하는 ‘신입생강좌’에 학술논문 데이터베이스 활용법교육 등 연구역량 프로그램 포함	27-28

- 연구비:** 이공계열 총 17억 6천만원(정부과제+민간과제) 및 인문사회계열 총 4억 3천만원(정부과제)의 연구비를 수주함. 참여교수 1인당 약 4억 4천만원 (이공계열), 약 1억 1천만원(인문사회계열)에 해당하는 금액임.
- 연구논문:** 총 27개의 SCI(E)/SSCI급 논문을 발표하였으며 (참여교수 1인당 3.375편), 이 중 20편(74%)을 JCR 분야별 상위 25%급의 Q1급에 게재하였음.
- 이공계열 특허:** 신재생 에너지 분야의 특허등록 4개 (국내3, 국제1) 및 특허출원 17개 (국내11, 국제6개)의 성과를 달성함.

연구역량 영역  
성과

달성 성과 요약

- 본 교육연구단이 기획한 총 21개 추진 핵심 과제 중 18개의 핵심 과제를 1차년도 기간동안 충실히 이행하였으며, 나머지 3개 과제에 대해서는 일부를 이행하거나 다음 학기 및 차년도를 목표로 이행을 계획 중임.
- 특히, 해외에서 활발히 추진되고 있는 Grand Challenge 프로그램을 교육연구단 자체로 최초 추진하여 6개 팀의 문제해결형 아이디어에 대해 참여학생, 교원, 외부전문가 간 논의, 경합, 시상을 진행함.
- 또한 융합연구 기반을 다지기 위한 융합연구 학생세미나와 졸업생을 활용한 진로탐색 세미나를 신설하여 운영하였으며, 데이터 및 프로젝트 기반 교과목을 강화함.
- 참여교수들이 발표한 27편의 SCI(E)/SSCI급 연구논문들 중 대부분의 논문이 최상위급인 Q1급에 게재되어(약74%) 질적으로 매우 우수한 연구성과를 보여줌.
- 최근 1년간 수주한 연구비 총액은 지난 3년간(2017.1.1.-2019.12.31.) 수주한 전체 누적 연구비 대비 약 55%(이공계열), 56%(인문사회계열)에 달해 교육연구단 발족 후 실적이 향상됨.

<p>미흡한 부분 / 문제점 제시</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (교육) 융합형인재 양성을 위해 필요한 ‘데이터 관리 및 활용’ 측면의 교육을 강화하는 방안을 고려할 필요가 있음. 졸업생 수가 지속적으로 증가되어야 하며, 더불어 재학생 개개인의 전공/연구분야에 맞는 취(창)업으로 이어지도록 관심 및 지도가 필요한 것으로 판단됨.</li> <li>• (연구) Grand Challenge 프로그램의 경우 참가한 학생들의 주제가 ‘기술’ 분야로 편중된 경향을 보임. 신진연구인력의 연구실적은 우수하나, 교육연구단이 추구하는 목표와 좀 더 부합할 필요가 있음. 이공계열 참여교수들에 비해 인문사회계열 참여교수들의 연구비 수주 실적이 미흡함. 학교측과의 장비설치 관련 이견으로 인해 신재생에너지 발전량 모니터링 데이터센터 구축에 대한 진행이 제대로 이루어지지 못했음.</li> <li>• (국제화 및 산업사회 기여) 국내외 코로나 상황에 맞는 국제화 교육 및 국제협력연구를 위한 장기적인 전략 수립이 필요함. 교육연구단 연구결과들의 산업사회 실질적 기여를 위한 이해관계자들과의 네트워킹 및 홍보가 보완될 필요가 있음.</li> </ul>
<p>차년도 추진계획</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (교육) 산업사회 문제해결을 위한 과학기술-인문사회 융합교육을 위해 기술의 공공성, 데이터 활용과 해석과 같은 주제에 대해 교과내용을 강화하고, 효과적인 팀티칭을 통한 프로젝트 기반 교과목을 강화하겠음. 또한 졸업생 배출과 커리어 연계를 강화하기 위해, 교원초빙, 학생정원 조정, 학석사 과정 설치 등을 중장기적으로 지속적으로 추진하고, 졸업생 네트워크 및 멘토링 활동을 확대해 나가도록 할 예정임.</li> <li>• (연구) 융합연구 발굴과 수행을 위해 신진연구인력이 더욱 주도적으로 참여할 수 있도록 인센티브를 마련하고, Grand Challenge 행사를 확대·발전시켜 기술-정책 학생 간 더욱 적극적인 의사소통과 협업을 통해 융합연구 주제를 발굴할 수 있는 장으로 자리매김할 수 있도록 하겠음.</li> <li>• (국제화) 2021년 2학기부터 해외석학 및 국내외 전문가가 참여하는 “글로벌에너지전문가세미나” 를 신설하여 정기적으로 운영할 예정이며, 2022년 1학기 참여교원 및 학생의 해외연수를 계획 중임.</li> <li>• (산업사회 기여) 교육 및 연구결과가 실제적인 산업사회 기여로 이어질 수 있도록, 다양한 이해관계자들과의 네트워크를 확대하고 커뮤니케이션을 강화해 나가자 함.</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 .....	3
II. 교육역량영역 .....	4
1. 교육과정 구성 및 운영 .....	5
가. 교육연구단의 현 교육과정 .....	5
나. 교육연구단의 학사관리 장단점 .....	6
다. 교육연구단의 추진전략 및 실적 .....	9
1) 사회문제 해결형 융합 리더 교육체계 구축 및 강화 .....	9
2) 다양성을 고려한 학사시스템 유연 운영 .....	15
3) 융합잠재력이 우수한 학생 유치 및 양성 .....	19
2. 인력양성 계획 및 지원 방안 .....	22
가. 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적 .....	22
나. 교육연구단의 우수 대학원생 확보 계획 .....	22
다. 대학원생 학술활동 지원 실적 및 계획 .....	23
3. 참여대학원생의 우수성 .....	29
가. 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성 .....	29
나. 참여대학원생 연구실적의 우수성 .....	30
1) 참여대학원생 저명학술지 논문 실적의 우수성 .....	30
2) 참여대학원생 학술대회 발표 실적의 우수성 .....	37
3) 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성 .....	54
4. 신진연구인력 현황 및 실적 .....	55
가. 신진연구인력 확보 및 지원 .....	55
나. 신진연구인력 연구역량 대표실적 .....	56
다. 신진연구인력 교육역량 대표실적 .....	62
5. 참여교수의 교육역량 대표실적 .....	64
6. 교육의 국제화 전략 .....	66
가. 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획 .....	66
나. 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획 .....	67

III. 연구역량영역 .....	68
1. 참여교수 연구역량 .....	72
가. 국내 및 해외기관 연구비 수주 실적 .....	72
나. 참여교수 연구업적물의 우수성 .....	73
다. 이공계열 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성 .....	88
2. 산업-사회에 대한 기여도 .....	101
가. 신홍국 에너지 공무원 초청 인력양성 프로그램 .....	101
나. 플라스틱 제품의 생산자책임확대제도 효과성 분석 .....	102
다. 수소 에너지 기술 분야 미래 유망기술 예측 .....	103
라. 한국의 산업단지 생태개발 산업공생 잠재량 추정 .....	104
마. 석탄화력발전소 저탄장 옥내화에 대한 국민 수용성 분석 .....	105
바. 알키미스트 프로젝트 산업화 .....	106
사. 친환경차 보급 확대를 위한 국가 단위 선행조건: 전원믹스 .....	107
3. 연구의 국제화 현황 .....	108
가. 참여교수의 국제적 학술활동 참여 실적 .....	108
나. 참여교수의 국제 공동연구 실적 .....	109
다. 참여교수의 외국대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 .....	110
IV. 교육연구단(팀) 자체평가 결과 .....	111

## 1 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

성명	한글	박주영	영문	Joo Young Park
소속기관	고려대학교		에너지환경대학원	에너지환경정책기술학과

- 연구역량

- 산업생태학 기반 지속가능 자원관리 대안전략 탐색 및 정책제안-평가, 신흥국 현장형 연구
- 2014년 이후 산업생태학 분야 SSCI, SCI(E) 논문14편, 북챗터 3편, 환경공학 SCI(E) 3편
- Journal of Environmental Management 2014년 게재 논문 180회 이상 인용 (Google Scholar)
- Journal of Industrial Ecology (Editor, 2014~), Cleaner Production Letters (Associate Editor, 2020~), Quantitative Sustainability Assessment (Review Editor, 2020~)
- Gordon Research Conference on Industrial Ecology 초청발표 (2018년)

- 교육역량

- 콜롬비아 보고타 소재 로스안데스 경영대학 조교수 (2014-2017)
- 콜롬비아 기업 대상 역량강화 프로그램 (RedES-CAR)의 산업공생프로그램 개발 및 운영
- 글로벌 에너지정책 전문가 양성사업 통한 신흥국 에너지 공무원 석박사 교육 참여
- World Bank, Asian Development Bank, 한국개발연구원 (KDI), 국토연구원 주최 신흥국 교육프로그램 참여

- 행정역량

- 고려대학교 에너지환경대학원 에너지환경정책 전공주임 (2018~)
- 콜롬비아 로스안데스 경영대학 Academic and Teaching Committee (2015-2017)
- 국제산업생태학회 (ISIE) Board member (2020~), Nominating Committee (2015-2018), 생태산업개발분과 Board (2013-2017)
- 한국전과정평가학회 국제협력 이사, 대한토목학회 편집위원회 위원, 물환경학회 미래위원회 위원, 한국국제협력단 (KOICA) 기후변화 전문위원
- Nature Conference on Waste Management and Valorisation for a Sustainable Future (October 26-28, 2021) 지역조직위원회(Local Organizing Committee)
- 국제산업생태학회 (ISIE) 남미지역학회 Americas Meeting 2016 Co-chair로 200명 이상 규모학회 성공적 개최

## 2. 대학원 신청학과 소속 전체 교수 및 참여연구진

신청학과(부)	기준 학기	전체교수 수			참여교수 수		
		전임	겸임	계	전임	겸임	계
에너지환경정책기술학과	20년 2학기	8	4	12	7	1	8
	21년 1학기	7	4	11	7	1	8

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

연번	성명	변동 학기	전출/전입	변동 사유	비고
1		2020년 2학기	전출	겸임 발령 해지	
2		2020년 2학기	전입	겸임 발령	
3		2021년 1학기	전출	소속 변경	

<표 I-2> 교육연구단 참여교수 지도학생 현황

(단위: 명, %)

신청학과(부)	기준 학기	대학원생 수											
		석사			박사			석·박사 통합			계		
		전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)
에너지환경정책기술학과	20년 2학기	32	12	37.5	29	13	44.8	5	5	100	66	30	45.5
	21년 1학기	30	15	50	24	14	58.3	5	5	100	59	34	57.6
참여교수 대 참여학생 비율				20년 2학기 1 : 3.75 / 21년 1학기 1 : 4.25									

### 3 교육연구단의 비전 및 목표 달성정도

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

<표 I-3> 본 교육연구단의 비전 및 목표 대비 실적 요약

부문	비전 및 목표	실적
교육	사회문제해결형 융합리더 교육체계 구축 및 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 데이터 기반 융복합 과목 3과목 개설, 프로젝트 기반 문제해결형 교과목 4과목 개설.</li> <li>• 교육 커리큘럼 개선을 위한 주기적 평가 및 피드백 체계를 구축하여 학기 중 학생만족도 조사 실시 및 개선사항 반영.</li> <li>• 융합 우수논문 시상제도 확대하여 우수논문 3편 선정 및 Student of the Year 시상.</li> <li>• 차세대 커리어 관리를 위해 진로탐색세미나 3회 개최 및 Academic advisory 프로그램 진행.</li> </ul>
	다양성을 고려한 학사시스템 유연 운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KU-KIST 업무협약을 통해 총 7명의 학연 교수를 임명하고, 학제 간 연계를 통해 다양한 융합 접근법을 개발해 나갈 수 있도록 고려대학교와 KIST 교원을 공동지도교수로 활용함.</li> <li>• 한화솔루션과 고려대가 합작하여 취업연계형 계약학과인 에너지시스템공학과를 운영 중. 현장 맞춤형 인재양성을 위해 2개의 새로운 교과목 신설.</li> </ul>
	융합 잠재력이 우수한 학생 유치 및 양성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 융합에너지공학과 학부과정 신설하고, 우수학생이 대학원으로 유입될 수 있는 기반 마련 중 .</li> <li>• 우수한 학생 유치를 위해 온라인, 학회부스, 에너지관련 기업 및 공공기관에 홍보자료 배포</li> <li>• 신홍국 우수 학생 유치를 위해 신홍국에너지공무원 인력양성 프로그램 졸업생과의 지속적인 네트워크를 유지 및 관리.</li> </ul>
연구	에너지-자원 분야 융복합 연구모델 개발 및 데이터베이스 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술, 데이터, 정책전공 교원이 참여하는 정기적 연구회인 융합연구 학생세미나를 총 5회 개최함.</li> <li>• 특화 연구주제 발굴을 위한 현장실무급 전문가 세미나 및 윤강 과목 운영.</li> <li>• 융합연구 기반의 특허 데이터베이스 수소 분야 구축</li> </ul>
	융합연구협력 인프라 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 학생 연구의 지속적 공유, 비판적 논의, 학제 간 의사소통을 위한 기술&amp;정책 융합세미나를 각 학기말 1회씩 총 2회 개최함.</li> <li>• 난제해결을 위한 융합적 접근 방식의 제고를 위한 그랜드챌린지 행사 주최함.</li> </ul>
산학협력	산학연계 문제해결형 교육 및 연구프로그램 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 산학융합형 연구 및 기술개발을 위한 3과목의 캡스톤 교과 개발 (캡스톤: 미래의 R&amp;D 방향, 에너지 경제성 분석론, 에너지 프로젝트 관리론)</li> <li>• 계약학과를 통한 현장 맞춤형 인재양성을 위해 새로운 교과목으로, 태양전지(모듈)실험 및 실습, 태양광발전산학공동세미나 과목 신설</li> <li>• 산업난제 해결을 위한 알키미스트 연구단 운영하여 슈퍼 태양전지 개발(이해석 교수 연구팀)과 투명한 태양전지 개발(전용석 교수 연구팀) 진행중.</li> </ul>
	신홍국 시장을 목표로 하는 에너지-자원 사업화 지원 산학협력 플랫폼 구축	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신홍국 에너지공무원 인력양성프로그램(GETPPP) 졸업생들을 기반으로 산학협력 플랫폼 구축중. 2021년 2학기에 시작하는 석박사과정에 총 13명 신입생 유치.</li> </ul>
국제화	글로벌 협력 네트워크를 통한 공동연구 및 연구자교류 확대	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국내외 코로나19의 반복되는 확산에 의해 국제 협력 네트워크 구축에 한계. 코로나19 상황 개선시 공동연구 및 해외 연구자 교류 확대 계획중.</li> </ul>
	내외국인 학생 공동체를 통한 융합 교육연구 효과성 제고	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 코로나19 대유행에 따른 비대면 수업/연구/학술활동의 확대로 인해 학생들간의 직접적인 교류 기회가 현저히 줄어들음. 코로나19 상황이 개선 되는대로 내외국인 학생 교류 증진 계획중.</li> </ul>
인프라	교육 및 연구몰입도 제고를 위한 학사 지원시스템 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2020년 10월 외국인 학생지원을 위해 멘토-멘티 제도를 운영하여, 내국인 학생 7명이 외국인 학생들의 학업/행사 진행, 웹사이트/뉴스레터, 개별생활에 관련된 도움 지원함.</li> </ul>
	연구 안전 확보를 위한 매뉴얼 개발 및 안전관리 우수연구실 인증 획득	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전관리 우수연구실 인증 획득을 목표로 연구실 안전 매뉴얼을 개발 준비중</li> </ul>

□ 교육역량 대표 우수성과

- 2020학년도 4단계 BK21 사업 참여 전문대학원 대학원 만족도 조사결과 전 분야에 걸쳐 최고 수준의 만족도를 보임 (2020학년도 4단계 BK21 사업 참여 전문대학원 대학원 만족도 조사결과 별첨)

부문	만족도	순위	부문	만족도	순위
대학 이미지	4.49/5	1	대학원 일반공통 교육과정	4.52/5	1
학사제도/행정서비스	4.22/5	1	대학원 학생지원 서비스	4.15/5	1
학교시설	4.38/5	1	대학원 진로/취업 지원	4.18/5	1
수업 인프라	4.33/5	2	대학원 연구활동 지원	4.39/5	1
전공교육: 교육과정	4.53/5	1	대인관계	4.50/5	1
전공교육: 교수학습	4.69/5	1	입학 전 기대충족	4.48/5	1

- 참여대학원생 대표연구실적: 국제저명학술지에 제1저자로 논문을 게재

참여대학원생명	학술지 구분	IF	대표연구실적
	KCI		CCUS 기술에 대한 대중의 감정-인지적 평가와 수용성 연구, 2020. 한국기후변화학회지 11(6-2): 777-791
	SCI(E)	15.881	Hierarchically Assembled Cobalt Oxynitride Nanorods and N-Doped Carbon Nanofibers for Efficient Bifunctional Oxygen Electrocatalysis with Exceptional Regenerative Efficiency, 2021. ACS Nano, 15(7): 11218-11230
	SCI(E)	9.229	Achieving over 15% Efficiency in Solution-Processed Cu(In,Ga)(S,Se) <sub>2</sub> Thin-Film Solar Cells via a Heterogeneous-Formation-Induced Benign p-n Junction Interface, 2021. ACS Applied Materials & Interfaces, 13(11): 13289-13300
	SCI(E)	11.238	Water-Repellent TiO <sub>2</sub> -Organic Dye-Based Air Filters for Efficient Visible-Light-Activated Photochemical Inactivation against Bioaerosols, 2021. Nano Letters, 21(4): 1576-1583

- 참여대학원생 대표학회발표실적: 우수논문발표상 수상

참여대학원생명	학회	논문제목	성과
	2021 한국환경준설학회	안정화제를 적용한 비소오염 토양의 전기비저항과 용출 특성 평가	우수논문발표상 수상

- 참여교수 교육대표실적: 융합형 인재 양성을 위한 강의 신설

과목명	담당교수	특장점
태양전지		탄소중립 실현을 위해 신재생에너지 발전 비중을 현재 6% 수준에서 70% 수준으로 증가시키기 위한 핵심기술 중 한 가지는 태양전지를 활용한 태양광발전임. 본 과목은 대학원생을 대상으로 빛의 굴절과 전파, 회절 그리고 기하광학과 물리광학 그리고 광전자 소자, 태양전지 시뮬레이션 등으로 구성되어 태양전지에 대한 기술적 이해를 높이고 있음
태양광발전산학공동세미나		글로벌 태양광 기업인 (주)한화큐셀과의 산학협력을 통해 만든 특화된 강좌로 고려대 교수들 및 한화큐셀 임직원들의 특강으로 구성됨. 이 교과목을 통해 에너지 전반에 대한 기술과 산업을 이해할 수 있으며 기업이 필요로 하는 융합형 인재를 양성하는 것이 목적임.

# 1. 교육과정 구성 및 운영

## 가. 교육연구단의 현 교육과정

- **(에너지환경대학원 교육프로그램 구성)** 본 교육연구단이 속해 있는 에너지환경대학원은 1) 에너지환경정책기술학과 2) 에너지시스템공학과(한화솔루션과의 계약학과)를 운영하고 있으며, 에너지환경정책기술학과 내에 3) 신홍국 에너지공무원 대상 인력양성 프로그램인 GETPPP(Global Energy Technology Policy Professionals Program)를 운영하고 있음. 2021년 3월부터는 공과대학에 설치되는 신설 학부인 4) 융합에너지공학과를 KU-KIST융합대학원과 운영중임.
- **(에너지환경정책기술학과 전공 구분)** 본 교육연구단의 모체학과인 에너지환경대학원 에너지환경정책기술학과는 에너지·자원 및 환경 분야에서 과학기술 전문성 및 정책 의사결정 역량을 함께 갖춘 문제 해결형 융합인재를 육성하고자, 전공을 1) 신재생에너지(공학 석박사) 2) 첨단환경과학(공학 석박사) 3) 에너지환경정책(에너지환경정책학 석박사)의 3가지로 구분하고, 상호 간 시너지를 창출하는 융합교육시스템으로 운영하고 있음.
- **(교과목 구성 및 학점 이수체계)** 학위 과정은 전일제 및 비전일제 학생을 대상으로 석사과정, 박사과정, 석박사통합과정을 운영하고 있으며, 졸업을 위한 필수이수 학점은 각각 27학점, 39학점, 54학점임. 석사과정의 경우 학술연구 중심의 논문트랙(학위논문 필수)뿐 아니라 이론 및 실무 수업을 심화한 교과 트랙(학위논문 불필요)을 병행하여 **학생 수요 중심의 두트랙 학위 과정**을 운영하고 있음. 학점 이수를 위한 교과목 구성은 1) 모든 전공 학생이 융합 교육의 기초를 다지기 위해 필수로 이수하는 공통필수 교과 2) 각 전공트랙에 따라 필수로 이수하는 전공필수 교과 3) 학생 관심사 및 연구주제에 따라 선택 수강하는 전공선택 교과(12~33학점)로 구성하여 **융합과 전공 심화가 조화를 이루는 교과목을 운영하고 있음.** 전공선택 교과의 경우 에너지환경대학원의 교과뿐 아니라 고려대학교 일반대학원, 국제대학원, 기술경영전문대학원 및 과학기술연합대학원대학교의 교과목 또한 기준 내에서 연구 관심사에 따라 자유롭게 수강할 수 있도록 함(표 II-1).

<표 II-1> 학점이수체계

구분	석사과정		박사과정	석박사통합과정
	논문트랙	교과트랙		
공통 필수	에너지환경정책 에너지/환경공학개론 택 1 운강	에너지환경정책 에너지/환경공학개론 택 1 운강	에너지환경정책 에너지공학개론 환경공학개론 운강	에너지환경정책 에너지공학개론 환경공학개론 운강
소계(A)	9학점	9학점	12학점	12학점
신재생 에너지	전주기시물레이션 + 지도교수 지정 1과목	전공 주임교수 선택 1과목	전주기시물레이션 + 지도교수 지정 2과목	전주기시물레이션 + 지도교수 지정 2과목
첨단환경 과학	지도교수 지정 2과목		지도교수 지정 3과목	지도교수 지정 3과목
에너지 환경정책	연구방법론 + 지도교수 지정 1과목		연구방법론 + 지도교수 지정 2과목	연구방법론 + 지도교수 지정 2과목
소계(B)	6학점	3학점	9학점	9학점
전공선택(C)	12학점	21학점	18학점	33학점
총계 (A+B+C)	27학점	33학점	39학점	54학점

- 예를 들어 공통필수 교과목인 에너지공학개론을 통해 다양한 에너지기술의 기본 이론을 이수하고, 바이오에너지개론, 수소에너지 현장연구, 태양전지공학개론 등의 에너지 분야 심화 교과목이나 환경공학, 에어로졸공학, 기후변화와 재난관리 등의 환경 분야 교과목을 통해 에너지-환경에 대한 상호작용을 더욱 심도 있게 공부한 후, 환경경영, 지속가능에너지정책 및 설계, 에너지경제학, 산업생태학, 국제에너지협력 등 거시적인 정책 환경에 대해 논의하는 교과목을 수강할 수 있음.
- **(지도교수 선정 및 연구지도)** 학생 관심사에 따라 에너지환경대학원 및 한국과학기술연구원의 전임, 학연 및 겸직교수를 지도교수로 선정하고, 필요에 따라 공동지도교수를 선정하여 다른 분야 연구자로부터 협력지도를 받을 수 있음. 이처럼 관심사와 연구 방향에 맞는 맞춤형 교과목 구성이 가능함.
  - 특히 50년간 이어진 고려대(KU)-한국과학기술연구원(KIST)의 학연협력체제를 기반으로 KIST 내의 선진 연구인프라를 활용하고 최신 기술개발 동향을 습득할 수 있도록 하며 보다 수월한 연구성과를 창출할 수 있도록 함.
- **(비교과 프로그램)** 실무전문가 초청 세미나를 개최하여 학생들이 국내외 현장의 주요 이슈들을 파악하도록 하고, 융합세미나를 통해서 발표력 및 비판적 논의 능력을 향상하고 연구아이디어 및 방법론을 공유하도록 함으로써 더 폭넓고 다양한 시각을 갖출 수 있도록 함. 또한, 산학연 연구프로젝트를 통해 산업현장을 체험하고 사회문제 해결을 위한 연구 경험을 쌓을 수 있도록 함.
- **(졸업요건)** 연구지도과목 8학점 이수, 종합시험(석사 3과목, 박사 4과목), 평점평균(3.0 이상) 기준 외에 SCI(E)급 국내외 학술지 논문 투고/게재 편수를 정하여 연구역량을 강화하도록 유도하고 있음.

## 나. 교육연구단의 학사관리 장단점

- **(개요)** 본 교육연구단 교육과정의 장점으로는 에너지·자원 및 환경 분야에 차별화된 기술-정책 융합연구를 위한 교육과정을 구축 및 발전시켜 오고 있다는 점, 다양한 배경과 관심사를 가진 학생을 대상으로 하는 만큼 교육프로그램을 유연하게 제공하고 있다는 점, 그리고 이에 대응하기 위한 다양한 교원 풀을 갖추고 있다는 점을 들 수 있음. 반면 글로벌 융합기관으로 발전해 나가기 위해서는 융합 잠재력이 우수한 인재창고를 확대해 나가야 하고, 산업사회의 빠른 변화에 대응하며 교육프로그램을 지속해서 발전시켜 나가야 한다는 과제가 있음(그림 II-1).

강점	개선점
<p style="background-color: #cccccc; border-radius: 5px; padding: 2px; text-align: center;"><b>기술-정책융합인재양성 교육과정 구축·운영</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술 정책 전공 트랙간 공동 및 교차 교과목 운영</li> <li>• 문제해결 핵심역량 중심의 교과구성</li> </ul> <p style="background-color: #cccccc; border-radius: 5px; padding: 2px; text-align: center;"><b>학생 교육 선택권을 확대하는 다양한 학위과정</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 투트랙 학위과정 (교과, 논문트랙)</li> <li>• 계약학과 (한화솔루션)</li> <li>• 신홍국 에너지 공무원 프로그램 (GETPPP)</li> </ul> <p style="background-color: #cccccc; border-radius: 5px; padding: 2px; text-align: center;"><b>교원풀의 다양성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 학연, 겸임, 석좌, 특임교수 등 53인 교수진 연구지도</li> <li>• 석좌/특임교수의 풍부한 전문성 활용</li> </ul>	<p style="background-color: #cccccc; border-radius: 5px; padding: 2px; text-align: center;"><b>융합 잠재력 높은 인재풀 확대 필요</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 학부(융합에너지공학과) 신설 및 학·석사 연계 프로그램 개발</li> <li>• 해외 인재 유치 노력 강화</li> </ul> <p style="background-color: #cccccc; border-radius: 5px; padding: 2px; text-align: center;"><b>산업사회 변화 대응 위한 교육프로그램 운영 필요</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 데이터에 기반한 기술-정책 융합역량 강화</li> <li>• 해외석학과의 온라인 교과목 확대</li> </ul>

[그림 II-1] 교육연구단 교육과정의 장단점

● (장점 I) 기술전공 및 정책전공 학생의 융합교육을 위한 교육과정 구축

- (공통/교차교과 운영) 에너지환경정책, 에너지공학개론, 환경공학개론, 윤강(전문가세미나)을 전공 간 공통필수교과목으로 지정하여 기술트랙 학생과 정책트랙 학생이 교과목을 같이 이수함으로써 공동체 의식을 형성하고 협력 학습을 하도록 유도함. 공통필수교과 이수 후에는 학생들 관심사에 따라 전공 간 교과를 다양하게 교차 수강할 수 있음. 또한, 모든 학생이 참여하는 융합세미나를 통해 학생 간 연구아이디어와 결과를 공유하고 비판적인 논의를 통해 문제해결형 융합연구 주제를 발전시켜 나갈 수 있도록 하여 선순환 효과를 도모함.
- (문제해결 핵심역량 중심의 교과 구성) 전공 분야의 기초-심화 교과를 단계별로 구성하는 것이 아닌, 에너지·자원 및 환경 분야 산업사회문제를 해결하는 데 필요한 3대 핵심역량(통찰력, 분석력, 문제해결능력)을 정의하고 이 역량을 강화하기 위한 교과목을 구성함(표 II-2).

〈표 II-2〉 핵심역량별 교과목 및 비교과 프로그램(\*) 예시

통찰력	분석력	문제해결능력
<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지환경정책</li> <li>에너지와사회</li> <li>산업생태학</li> <li>지속가능발전세미나</li> <li>기후변화와재난관리</li> <li>에너지공학개론</li> <li>수소에너지</li> <li>바이오에너지개론</li> <li>윤강(전문가세미나)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연구방법론</li> <li>에너지경제성분석론</li> <li>공학경제학</li> <li>환경성분석법</li> <li>의사결정분석법</li> <li>전주기시물레이션</li> <li>머신러닝을 이용한 실험계획법</li> <li>태양전지공학</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>에너지프로젝트관리</li> <li>재생에너지시스템모형</li> <li>전기화학응용</li> <li>논문작성법*</li> <li>의사소통(writing &amp; speaking)*</li> <li>대학원 창업 보육 및 지원*</li> <li>사회문제 해결 포럼*</li> <li>융합세미나*</li> </ul>

● (장점 II) 학생 교육 선택권을 확대하는 다양한 교육과정 운영

- (투트랙 석사과정) 석사과정의 경우 연구중심의 논문트랙(학위논문 필수)과 이론 및 실무 수업을 심화한 교과트랙(학위논문 불필요)을 병행하여 교육목적에 따라 차별화된 프로그램을 운영함.
- (계약학과) 태양광 분야에서 국내 1위이자 전 세계 5대 기업인 한화그룹(한화솔루션)과 태양광기술 전문계약학과인 “에너지시스템공학과”를 신설하여 2020년 1학기부터 운영 중임. 현재는 기업이 필요로 하는 우수한 인재양성을 목적으로 하고 있으나 2021년부터 한화솔루션 임직원을 대상으로 한 재교육트랙(석박사과정)을 신설하여 병행 추진하기로 협의함. 교과목으로는 태양전지 기초이론 이외에 부품, 제조 장비 이론, 시스템 응용 및 실증 등 현장 맞춤형 과목으로 구성하여 한화그룹 태양광 신사업에 최적화된 생산기술 고급인력을 양성하고자 함. 또한, 기술교과목 외에 에너지 수요 및 공급 전망, 신재생에너지정책 등 정책 부문 교과목을 활용하여 기존 R&D 고급인력양성 프로그램과는 차별화된 산업형 융합인재양성을 도모하고자 함.
- (신홍국 에너지공무원 인력양성 프로그램, GETPPP) 신홍국 에너지공무원 인력양성 프로그램에 선발된 학생은 별도로 개설된 Energy and Environmental Policy와 Energy Engineering, 그리고 한국학 및 한국어 교과목을 필수로 이수하여야 함. 이 외에 에너지환경정책기술학과에 개설된 교과목 및 타 대학원의 일부 관련 교과목(국제대학원 교과목 등)을 자유롭게 선택하여 수강할 수 있음. 또한, 비교과 프로그램으로 다양한 전문가 초청세미나와 현장 방문 프로그램을 운영함. 신홍국 에너지공무원이 선택 과목을 수강하는 과정에서 에너지환경정책기술학과 학생들과 교류하며 신홍국 에너지 분야 현황 및 글로벌 에너지 이슈에 대한 지식을 공유하고 글로벌 공동체 의식을 함양할 수 있음.



● (개선점 I) 융합 잠재력이 높은 인재풀 확대 필요

- (학부 신설 및 학-석사 연계프로그램 개발) 전문대학원인 에너지환경대학원은 자체적으로 연계된 학과(부)가 없어서 우수한 교내·외 학부 졸업생을 지속적으로 확보하는 데 제약이 있음. 이러한 문제를 개선하기 위해 학부 신설을 추진해왔으며, 2020년 4월 교육부 인가를 받아 2021년 1학기부터 “융합에너지공학과”가 운영될 예정임. 이에 따라 향후 학-석사 연계 프로그램을 신설하여 우수한 학부 졸업생의 대학원 유입을 촉진할 계획임.
- (해외 인재 유치 노력 강화) 신흥국 에너지공무원 인력양성 프로그램 졸업생과 대사관을 통해 신흥국 우수 인재를 지속적으로 유치할 수 있도록 하며, 해외 MOU 대학과의 교류 확대 및 홍보 채널 다양화를 통해 우수한 해외 인재 유치를 확대하고자 함.

● (개선점 II) 산업사회 변화 대응을 위한 교육프로그램의 지속적 개발 및 유연한 운영 필요

- (데이터 기반 융합 교과목 강화) 지능형 미래기술 개발과 사회발전에 대응하기 위해서는 늘어나는 데이터를 수집·가공하여 에너지·자원 및 환경 분야 산업사회 문제해결을 위해 활용할 수 있는 역량이 요구됨. 이에 본 교육연구단은 2020년 신입교원으로 데이터 기반 에너지정책 전문성을 갖춘 신입교원을 충원하고 데이터 관련 교과목을 신규 개발하고 있음. 중장기적으로는 본교 인공지능대학원과의 협력 관계 구축을 통해 관련 교과목을 더욱 확장해 나갈 계획임.
- (해외석학 및 연구진 참여 온라인 교과목 강화) 해외석학과 연구진이 참여하는 온라인 교과목을 운영함으로써 글로벌 에너지·자원 이슈와 최신 연구경향을 파악하고, 해외 연구진과의 논의와 교류를 통해 글로벌 리더십을 함양하도록 함

다. 교육연구단의 추진전략 및 실적

1) (추진전략 및 실적) 사회문제 해결형 융합 리더 교육체계 구축 및 강화

- (데이터 기반 융복합 교과목의 지속적 개발과 융합형 교과목 신설 운영) 에너지 및 환경 관련 기초 학문 지식을 포괄적, 융합적으로 이해하는 데에서 나아가 데이터 과학이 접목된 보다 혁신적인 교육 커리큘럼을 구성하여 운영하고자 계획함.
  - (2021년 1학기 에너지환경데이터분석론) 에너지 및 환경 관련 데이터 분석을 위해 필수적인 기초 지식인 통계 및 선형대수학을 교육하고 기본적인 머신러닝 기법인 linear regression, decision tree, clustering, linear optimization 등을 소개하며 데이터 분석에 활용할 수 있는 통계 및 데이터 분석 소프트웨어 R을 교육함.
  - (2021년 1학기 연구방법론 2) 에너지 및 환경 관련 불확실성이 존재하는 상황에서 데이터를 기반으로 객관적이고 정량적인 의사결정을 도와줄 수 있는 분석 방법론을 교육함.
  - (2020년 2학기 공학경제학) 공학문제해결을 위한 기술경제분석의 이론과 방법론을 교육함. 팀 프로젝트를 통한 실제적인 개념응용 및 적용을 할 수 있는 기회를 갖도록 함.
- (프로젝트 기반 문제해결형 교과목 개발) 석좌 및 특임교수의 풍부한 현장 경험을 바탕으로 가상창업 프로젝트를 통한 시장 분석, 경제성 분석, 정책 환경 분석 등 문제해결형 캡스톤디자인 과목을 설계하고, 우수한 결과물의 경우 논문화하여 성과물로 도출될 수 있도록 유도함.
  - (2020년 2학기 캡스톤:미래의R&D방향 (GRS693) 과목 개설) 현재의 상황과 미래의 상황을 예측하는 방법론을 통하여 각자의 분야의 연구, 직업, 혹은 사회를 예측하는 프로젝트 기반 과목을 개설함. 개별 프로젝트를 통해 스스로 현장의 문제를 분석 및 해결책을 찾아보고, 학기말 학생 개인별 미래보고서를 제출하도록 함.

- (2020년 2학기 에너지경제성분석론 (GRS619) 과목 개설) 본 수업은 경제성분석 방법에 대해서 이해도를 높인 후, 수강생 각자 주요 신재생에너지 시스템을 주 분석대상으로 정해서 자신의 구성 사례에 대해서 경제성분석을 실시한다. 대표적인 경제성분석 SW (시스템)들을 분석틀로 이용해서 원가분석, 환경 (CO2배출) 분석, 재무분석 및 위험분석 등의 다양한 경제성 분석을 수행하고, 그 결과를 발표함과 동시에 이해를 공유하고자 한다. 이를 기초로 수강생 각자가 설정, 구성한 자신의 경제성분석 사례에 대해서 분석한 결과를 발표하고, 발표 내용을 중심으로 본인의 경제성분석 논문을 기말과제로 완성해 제출하도록 한다.

- (2021년 1학기 에너지프로젝트관리론 (GRS677) 과목 개설) 본 과목에서는 에너지시스템 프로젝트 관리에 관한 원리들을 살펴보고, 신재생에너지 시스템에 대한 글로벌 프로젝트에 대한 실제 입찰 공고 내용(사례)을 가지고 수강생 각자 자신의 프로젝트 제안서 작성을 완성, 발표하도록 한다. 과목의 순서는 (1) 프로젝트 관리에 대한 이해 (2) 에너지 프로젝트의 특성 연구 (3) 에너지 프로젝트 관리 (4) 에너지 프로젝트 자금조달 (파이낸스) (5) 사례 / 제안서 작성 (ADB 태양광사업 - 우즈베키스탄)으로 진행한다.

- (1:1 맞춤형 강의 시범 운영) 석사 2학기(박사 2학기) 이후 지도교수/공동지도교수 공동제안 교과목을 통해 프로젝트 진행 상황을 주기적으로 점검하고(비교과 프로그램), 석사 3학기(박사 3~5학기) 정규 맞춤형 교과목(1학점)을 통해 실험과정을 모니터링하고 논문지도까지 이어지게 유도함. .

- (2021년 1학기 연구방법론1 개설) 본 강의에서는 학문적 연구의 전 과정을 학습함으로써, 학생 본인이 논문을 독립적으로 작성할 수 있는 기본적인 능력을 배양하는 것에 목적을 둬. 이를 위해 1:1 혹은 2:1 지도를 통해 논문을 구성하는 요소인 문제의 서술, 선행연구, 이론, 방법론, 분석, 결론 및 함의 도출의 의미를 파악하고, 자신의 연구주제에 적용하여 연습함으로써 학기말에 연구제안서를 도출하도록 함.

- (시공간초월 학습방식 도입 및 확대) 해외 석학의 온라인강좌를 개설하고 학습자 주도형 학습, AI 활용 맞춤형 학습을 확대함.

- (2021년 2학기 글로벌에너지전문가세미나) 미국 비영리 국제기관 FREE(Foundation for Renewable Energy and Environments) 및 John Byrne(Univ. of Delaware Distinguished Professor, 노벨상 수상자) 교수와 2021년 2학기 신규과목인 ‘글로벌에너지전문가세미나’ 수업을 개설함.

<표 II-4> 2021년도 2학기 글로벌에너지전문가세미나 강의계획서 예시

주차	강의일자	초청연사/소속	강의주제
1	9월 7일 화요일		Solar fuels: Gas-phase heterogeneous photocatalytic conversion of carbon dioxide to value-added chemicals and fuels with a thrust towards engineered photocatalysts and photoreactors
2	9월 14일 화요일		Climate Finance
3	9월 28일 화요일		Global climate technology cooperation: governance and pathway
4	10월 5일 화요일		TBD
5	10월 12일 화요일		Conceptual approaches and new frontiers in justice thinking: The decarbonization and its discontents

6	10월 19일 화요일	TBD
7	10월 26일 화요일	xam
8	11월 2일 화요일	Designing Solar Energy Futures
9	11월 9일 화요일	TBD
10	11월 16일 화요일	The economic impacts of energy and environmental policy stringencies using dynamic and multi-regional econometric models
11	11월 23일 화요일	Best practices on energy efficiency policy, green technology investment, climate-sensitive economic development
12	11월 30일 화요일	Global Climate Technology Cooperation: Innovative Climate Action with Holistic Approach
13	12월 7일 화요일	TBD

- **(Flipped class 등 학습자 주도형 학습 운영)** 에너지 전기화학, 표면과학 등을 시작으로 매년 2과목 이상의 Flipped class 운영 계획. 녹화된 기초 강의 제공함으로써 강의실 밖에서도 기초 강의 내용 수강 가능. 학생들의 모의 강의 녹화를 통한 이해도 점검 및 feedback 진행.
  - (2021년 1학기 전기화학응용) 일부 주차 학생 주도 전기화학 강의 녹화 영상 수업 활용 (flipped class 예비수업 시행)
  - (2021년 2학기 재료공학) flipped class 운영을 위한 해당 강의 자료 녹화 및 강의 계획서 등 록 완료 (전용석 교수 진행)
  
- **(인공지능/adaptive learning을 이용한 맞춤형 교육)** 학생들 대상 수준별 맞춤 강의를 위해 AI 진단 후 수준별 학습 진행.
  - (2021년 1학기 에너지환경데이터분석론) 에너지와 환경데이터 분석을 위한 통계프로그래밍 소프트웨어 R의 Adaptive learning을 위해 온라인 디지털 교과서 Zybooks 를 수업 주교과서로 활용함.
  
- **(커리큘럼에 대한 주기적인 평가 통한 개선)** 본 연구단 교육프로그램의 국제적 인지도를 향상하고 글로벌 교육기관으로서 역할을 확대하기 위해 우수 교육프로그램의 지속적인 벤치마킹 및 정기적 설문 조사를 통한 수요에 따라 교과목의 세계화 추진
  - (해외선도 프로그램의 지속적인 벤치마킹) 표 II-5 참고.

<표 II-5> 해외대학 벤치마킹 및 시사점

대학명	교육목표	시사점 및 활용계획
EIT (Horizon 2020)	글로벌 문제해결을 위한 학연산 협력의 혁신적 창출	정기/비정기 강의 실습, 온라인 학습 병행, Learning by Doing (R&D 기술-문제해결-창업가정신/사업화)
ASU(Arizona State University)	과학 난제를 해결할 수 있는 공학 인재 양성	공학 및 인문사회과학 관련 수업, 연구 프로젝트
MIT	통계학, 데이터과학, 사회과학을 융합하여 에너지 시스템, 도시 등의 복잡하고 도전적인 사회 문제를 해결	데이터기반 융복합프로그램
스텐포드	교육과정 혁신 (데이터과학, AI, 사회과학)	데이터기반 융복합프로그램
난양공대	글로벌 기업 공동연구 플랫폼구축	기업 및 연구소 협력 시스템구축
콜롬비아	4차산업(AI, Blockchain) 연구 Initiatives 기획 다수의 연구센터와 협업	기업 및 연구소 협력 시스템구축
On campus	미국, 유럽, 영국 대학 및 석사과정에 대한 외국인 pre-school 프로그램.	영어 및 전공기초 과목 온라인 교육
미네르바대학	캠퍼스없는 국제대학으로 고정관념을 깨는 경험 중심 대학	비판, 창조, 소통 중심의 전문성 교육. 모든 교육과정이 온라인화상교육
Exeter	SDG 관련 학생들에게 지적호기심을 불러넣기 위한 프로그램	학부생 대상 석학 강연과 그룹 활동으로 구성된 1주일 그랜드 챌린지 프로그램
「(CMU) 인공지능(AI)-데이터사이언스 교육 과정	인공지능 전문가 육성을 위한 교육 및 인증 프로그램	미국 카네기멜론대학교의 인공지능(AI) 분야 석·박사과정 위탁교육
University of Notre Dame의 Energy Studies Minor	세계 에너지 문제의 복잡성을 이해하는 리더 육성	인문사회, 과학, 공학 과목을 균형잡힌 과정 설계
UC Berkeley의 Minor in Energy and Resources	자원과 환경문제의 사회제도적 이해와 창의적이며 윤리적인 해결	기초 과학, 실용적 문제 해결 및 건설적인 사회적 비판의 종합하는 학문을 제공

● (BK21 에너지환경정책기술학교육연구단 Grand Challenge 개최)

- 과학난제를 과학기술로 풀어야 할 과제의 개념으로 정의하고 인류가 해결해야 할 최우선 과제이자 위대한 도전으로 인식하는 미국공학한림원 (National Academy of Engineering)의 Grand Challenges Scholars Program을 벤치마킹하여, 기후변화와 글로벌 지속가능한발전을 극복해야 할 난제로 정의하고 이 난제 해결을 위한 연구방식 혁신유도 및 융합-협동을 통한 시너지를 창출하기 위한 ‘고려대학교 BK21 에너지환경정책기술학교육연구단 Grand Challenge’ 행사를 개최함. 본 행사는 BK21사업단에 참여하고 있는 전일제 대학원생들을 대상으로, 1)에너지환경 과학기술; 2)에너지환경 정책; 3)에너지환경 과학기술-정책 융합 세 분야 6팀으로 진행되었으며, 3인 전문가의 서류 및 발표평가를 통해 가장 혁신적인 아이디어를 제출한 3팀(2인 1조)씩을 최종적으로 선정, 팀당 100만원의 상금을 수여함.



● (강의평가 이외에도 주기적인 설문조사 시행)

- (기후기술 신규 비학위 프로그램 수요조사) 경희대, 고려대, 군산대, 동국대, 부산대, KAIST, 한국항공대, 호서대 등 8개 대학의 화학과, 에너지 및 환경대학원, 신소재공학과, 건축사회환경공학과, 물리학과, 반도체공학과, 화학교육학과, 재료공학과, 전자공학과, 화학공학과 등 10개 학과의 학부생(36명) 및 대학원생(70명) 총 106 명 대상으로 기후기술 신규 비학위 프로그램에 대해 약 3개월 간 수요조사 실시함. (2021. 12. 15 ~ 2022. 2. 10)
- 신규 프로그램 수요 결과 조사 결과로, 학생들은 총 105개 유효답변 중 79%(83인)가 프로그램 참여의향이 있고, 지도교수 중 50%는 학생을 프로그램에 참여시킬 의향이 있음.
- 프로그램의 세부분야 선호에 관한 총 168개 답변에 따르면, 신재생에너지(43%), 인공지능(33%), 기후변화정책(14%), 환경과학(9%) 순으로 선호. 특히 인공지능 및 빅데이터를 활용한 에너지 기술 교육에 대한 수요가 높게 나타남. 구체적으로 신재생에너지, 연료전지, 수소, 스마트그리드, 전기차, 로봇공학, 드론 등의 기술을 언급.
- 학생 참여를 높일 수 있는 방법으로는 취업연계 혹은 취업 관련 혜택제공, 인턴쉽/실습/견학 기회 부여, 안정적 장학금 지급과 같은 충분한 인센티브 제공에 대한 의견이 가장 많았음.
- (에너지환경데이터분석론) 2021학년도 1학기 에너지환경데이터분석론에서 사용한 R 통계패키지 프로그램을 활용한 통계실습 수업을 위해 사용된 Online interactive 교재인 Zybooks 에 대한 설문조사를 수강생 9명을 대상으로 시행함.
- 약 78%의 학생들이 교재와 교재내의 interactive 콘텐츠가 학습활동에 도움이 되었다고 답변함. 이외에도 교재의 이해도, 가격, 난이도 등이 모두 대부분 긍정적으로 평가했다.

● (융합 우수논문 시상, 우수논문 지원) 우수논문에 대한 시상과 지원을 강화함.

- (재학생 대상 융합 우수논문 선정 및 시상) 2017년 이후 대내외적으로 16건의 우수논문 시상 및 학술대회 수상. 향후 지속해서 우수논문을 발굴하여 학생들에게 교육적인 보상을 지원할 예정이다. 국제 경쟁력을 갖춘 연구환경 조성과 학생들의 연구 의욕을 고취해 논문의 양적, 질적 향상을 도모하고자 우수학생에게 특별포상(상패 및 상금 30만 원 수여)함. 재학생 논문이 국제 (S)SCI 상위 분야별 25% 이내 논문 표지에 선정될 경우 표지 제작비 지원
- 우수논문을 작성한 학생에게 수여하는 2020학년도 Student of the Year를 개최하여, 총 3명의 재학생에게 상장 및 학술장려금 30만원을 지급함.
- 각 학생의 학술논문은 분야별 국제저명학술지인 Nano Energy (IF 15.548), Chemistry of Materials (IF 10.159), Journal of Hazardous Materials (IF 9.038), Nano Letters (IF 11.238)에 게재 됨.

● (차세대 커리어 관리) 졸업생을 활용한 진로상담 연계 멘토제를 운영하고, 졸업생 융합세미나 참석을 독려하여 만남의 장을 마련함으로써 차세대 커리어 관리를 지원함. 이 외에도 경력개발센터 취업 지원 프로그램 및 크립슨 센터의 창업 지원 프로그램(대학원생 창업 전문 교과목, 특허정보검색, 비즈니스 플랫폼 교육, 멘토링 등)을 적극 활용

- (진로탐색 세미나 개최) 각 분야별 전문가들을 초청하여 재학생들에게 진로탐색의 기회를 제공함(표 II-6).

〈표 II-6〉 진로탐색 세미나 개최

개최일시	발표자	소속
2021년 1월 22일(금) 오후 5시~6시		한국산업기술평가관리원 전략기획단 기술정책MD그룹
		녹색기술센터 정책연구부
2021년 2월 4일(목) 오후 4시~5시30분		에너지경제연구원 에너지정보통계센터
		한국환경정책·평가연구원 글로벌환경협력센터
2021년 3월 12일(금) 오후 4시~5시		한국산업환경기술원 수출지원실
		한국에너지기술평가원 사업기획본부 융합기획실

- (Academic Advisory 프로그램 진행) 참여학생들이 학업 뿐만 아니라 대학원 생활 전반에 걸친 부분을 전공분야에 맞춰 1:1 매칭을 통해 생활 조언 및 논문 지도를 받을 수 있는 기회를 제공합니다.

## 2) (추진전략 및 실적II) 다양성을 고려한 학사시스템 유연 운영

- (KIST 학연제도 활용, 과제 참여 교육 확대 및 공동지도교수 탄력 운영) 대학원 내에서뿐만 아니라 KIST에 재직 중인 학연 교수와 국가출연연구소 과제 참여 확대
  - 현재 고려대학교는 KU-KIST School 업무협약을 통해 총 7명의 학연 교수를 임명하고 3년 임기 이후 학연 명예교수직(학연교수 Fellow)을 수여하여 운영하고 있음. 학연교수는 강의와 학생 연구지도에 적극적으로 참여중임.
  - 학생들이 전공지식과 연구 관심사에 특화된 연구주제를 개발하고, 학제 간 연계를 통해 다양한 융합 접근법을 개발해 나갈 수 있도록 고려대학교와 KIST 교원을 공동지도교수로 활용함(표 II-7).

〈표 II-7〉 에너지환경대학원(그린스쿨) 교원 명단

교수	원소속	구분1	구분2	재직	소속
	고려대학교	전임	고려대(정년)	재직	에너지환경대학원
	고려대학교	전임	고려대(정년)	재직	에너지환경대학원
	고려대학교	전임	고려대(정년)	재직	에너지환경대학원
	고려대학교	전임	고려대(정년)	재직	공과대학
	고려대학교	전임	고려대(정년)	재직	공과대학
	KIST	전임	고려대(학연)	재직	에너지환경대학원
	KIST	전임	고려대(학연)	재직	에너지환경대학원
	KIST	전임	고려대(학연)	재직	에너지환경대학원
	KIST	전임	고려대(학연)	재직	에너지환경대학원
	KIST		학연교수펠로우		에너지환경대학원
	KIST		학연교수펠로우		에너지환경대학원
	KIST		학연교수펠로우		에너지환경대학원

● (석박사 재교육 계약학과 확대 운영) 기존 한화솔루션 인력양성 프로그램을 확대하여 졸업생 재교육을 위한 평생 A/S 제도를 운용할 예정이다.

-(현황) 에너지시스템공학과는 태양광 글로벌 기업인 한화솔루션과 고려대가 만든 취업연계형 계약학과로 차세대 에너지원으로 주목받고 있는 신재생에너지 분야 중 태양광발전에 대한 다양한 학문적 지식, 즉 소재, 소자, 기계, IT 및 시스템 응용 등의 융합지식을 배양함으로써 시대가 요구하는 창의적인 융복합형 글로벌 에너지 전문인력태양광 전문인력을 양성함. (현황: 2020년 석사과정 3명, 2021년 석사과정 신입생 2명)

-(교과과정) 현장 맞춤형 인재양성을 위해 새로운 교과목으로 “태양전지(모듈)실험 및 실습, 2020학년 2학기”, “태양광발전산학공동세미나, 2021학년 1학기” 신설하여 운영. 이론교육 및 현장실습을 통한 융합형 R&D 인력양성이 목적임 (표 II-7 & II-8).

-(재교육트랙) 기존 취업연계 과정이 아닌 한화솔루션 재직 임직원 대상 재교육 트랙에 대해 2022년 1학기 신설을 위해 협의 중. 교육부 규정에 의해 별도의 정규 교과과정이 필요함 (표 II-8, II-9).

목적: 한화솔루션 임직원을 대상으로 석박사 고급 트랙 신설을 통해 다양한 융·복합 학문 교육 및 전문적인 R&D 연구를 통해 임직원의 연구개발 능력 향상 및 융·복합 사고 배양이 목적임.

<표 II-8> 태양전지(모듈)실험 및 실습 강의계획표

주차	
1주	강의계획서 소개
2주	실리콘 및 페로브스카이트 태양전지 기초이론
3주	실리콘 및 페로브스카이트 태양전지 제작-1 (태양전지 연구실)
4주	실리콘 및 페로브스카이트 태양전지 제작-2 (태양전지 연구실)
5주	실리콘 및 페로브스카이트 태양전지 제작-3 (태양전지 연구실)
6주	태양전지 측정 및 분석 실습 (태양전지 연구실)
7주	실리콘 셀 R&D 현황과 주요실적 및 연구방향성
8주	중간시험 기간 (휴강)
9주	실리콘 모듈 R&D 현황과 주요실적 및 연구방향성 (
10주	페로브스카이트 R&D 현황, 주요실적 및 연구방향성
11주-15주	한화솔루션(주) 현장실험 및 실습
16주	기말시험: 개인별 실험 및 실습결과 발표 (1인 20분)

<표 II-9> 태양광발전산학공동세미나 강의 계획표

주차	세미나 일정
1주	강의계획서 소개
2주	교수 연구주제 소개
3주	교수 연구주제 소개
4주	교수 연구주제 소개
5주	한화큐셀 특강 - 1
6주	한화큐셀 특강 - 2
7주	한화큐셀 특강 - 3
8주	중간시험 기간 (휴강)
9주	한화큐셀 특강 - 4
10주	교수 연구주제 소개
11주	교수 연구주제 소개
12주	교수 연구주제 소개
13주	한화큐셀 특강 - 5
14주	한화큐셀 특강 - 6
15주	기말과제물 준비(한화큐셀 강의내용 요약)
16주	기말과제물 제출

● (Committee 운영현황 및 계획)

- 지역나눔 Committee : 국내외 지역에서 봉사, 교육, 학술 등 다목적 활동을 정기적으로 수행하는 것으로, 1차년도에는 이화여고와의 지역나눔 행사 진행
- (지식나눔행사) 지역 중·고교 학생들을 대상으로 신재생에너지 종류, 국내산업 및 응용 분야를 소개하고, 실습·견학 등 체험 활동을 통해 새로운 친환경 에너지에 대한 지식을 습득하는 것이 목적임. 본 활동을 통해 인류 생존을 위협할 수 있는 기후변화 및 환경오염 문제에 대한 경각심을 일깨우고 국내외 에너지 관련 연구와 산업을 소개함으로써 진로 탐색을 도움. 또한, 올바른 에너지 사용에 대한 학생들의 참여 및 관심의 향상을 기대함.

<표 II-10> 지식나눔행사 - 지역 청소년 초청 태양광발전 교육 프로그램

주제내용 행사일시 참석인원 행사목표	신재생에너지 및 태양광발전 체험 활동 2021년 6월 2일(수) 이화여자고등학교 31명 1) 청소년 대상 신재생에너지 및 태양광발전에 대한 지식 전달 2) 실험실 투어 영상과 태양광 랜턴 조립을 통한 실습 3) 지속 가능한 신재생에너지 발전에 대한 흥미 증진
------------------------------	---

시간	프로그램	발표자
14:20 - 14:30	행사 개요 및 태양전지연구실 (SERC) 소개	
14:30 - 14:40	고려대학교 소개	
14:40 - 14:50	UNSDG 소개	
14:50 - 15:20	신재생 에너지 기술 소개 및 태양전지 이론	
15:20 - 15:30	휴식시간	
15:30 - 16:30	“솔라마” 태양광 랜턴 조립	
16:30 - 17:00	태양전지연구실 Fabrication facility, laboratory 온라인 투어	

## ➤ Fabrication Facility 온라인 투어



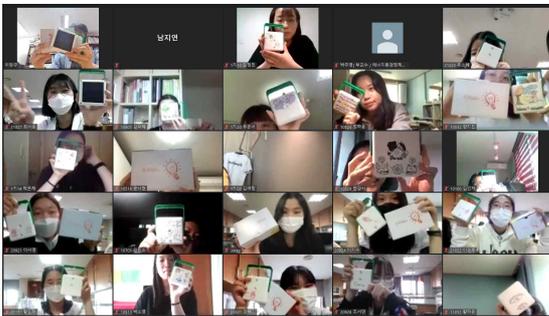
## ➤ “솔라미” 태양관 랜턴 조립



### 지역 청소년 초청 태양광 발전 교육 지식 나눔 온라인 행사

---

- 주제 내용 : 신재생 에너지 및 태양광 발전 체험 활동
- 행사 일시 : 2021년 6월 2일 14:20
- 참석 인원 : 31명



- Alumni Committee : 진로 상담 연계 멘토제, 차세대 커리어 및 평생A/S제 관리하는 것으로, 1차년도 중에는 고려대학교 세종캠퍼스의 행정전문대학원과 공무원 대상 석박사 프로그램 참여를 논의. 신홍국 에너지공무원 프로그램의 경우 16개국 28명의 졸업생이 참여하는 졸업생 네트워크를 운영 중
- Advisory Committee : 교육 프로그램 충실성 및 지속성 지속 검토를 위한 Committee 구성 계획

### 3) (추진전략 및 실적Ⅲ) 융합잠재력이 우수한 학생 유치 및 양성

● (학부 신설 현황 및 계획) 융합에너지공학과 학부과정이 신설되어 2021년 3월부터 총 30명의 신입생이 입학함. 앞으로 학부과정 학생들에게 연구과정 참여기회를 적극적으로 제공함으로써 학부생의 연구능력을 함양시키고, 연구능력이 우수한 학생들이 졸업 후 석박사과정으로의 자연스러운 학업연계로 이어질수 있도록 프로그램 차원의 지원을 계획 중임.

#### ● (국내외 홍보 현황 및 실적)

(온라인 홍보) 무료 온라인 대학원 입시정보사이트인 ‘전국대학원 ([www.gradmap.co.kr](http://www.gradmap.co.kr))’ 유명 온라인 대학원 입시정보 네이버카페인 ‘대학원 입학준비하는 사람들의 모임(cafe.naver.com/daehakwon)’ , 그리고 석박사급 연구인력채용정보사이트인 ‘하이브레인넷([www.hibrain.net](http://www.hibrain.net))’ 에 대학원 프로그램 소개 및 신입생 모집요강을 게시함.

(학회 홍보) 2020년에 제주에서 개최된 국제태양광학회 The 30th International Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-30) & Global Photovoltaic Conference 2020 (GPVC 2020)과 2021년에 광주에서 개최된 국제태양광학회 Global Photovoltaic Conference 2021를 공동주최하고 홍보부스를 설치하여 학회참석자들에게 프로그램의 비전과 목표에 대해 적극적으로 홍보함 (그림 II-3)..



[그림 II-4] 2020년 11월 PVSEC-30 전시 부스 설치 및 홍보

(에너지 관련 기업 및 공공기관 홍보 자료 배포) 다음 정부산하기관 및 기업에 신입생 모집 홍보자료를 각 학기별 1회씩 총 2회 배포함. 다음은 자료가 배포된 기업과 기관 명단임.

한국에너지공단, 정부산하기관및위원회 한국가스공사, 한국환경정책평가연구원, 정부산하기관및위원회 한국에너지기술연구원, 한국환경산업기술원, 과학기술정책연구원, 한국서부발전(주), 한국중부발전(주), 한국산업기술진흥원, 정부산하기관및위원회 한국원자력연구원, 정부산하기관및위원회 한국수자원공사, 한국광물자원공사, 한국광해관리공단, 한국환경공단, 한국기초과학지원연구원, 정부산하기관및위원회 한국과학기술원, 정부산하기관및위원회 한국과학기술기획평가연구원(KISTEP), 정부산하기관및위원회 한국남동발전(주), 정부산하기관및위원회 한국가스안전공사, 정부산하기관및위원회 한국개발연구원, 한국행정연구원, APEC기후센터, 한국수출입은행

● (신홍국 에너지공무원 인력양성 프로그램 연계)

- (현황 및 실적) 2020년 2학기로 종료 예정이었던 기존 신홍국 에너지공무원 인력양성 프로그램이 2021년 후속과제로 다시 한번 선정됨으로써 기존 졸업생들과의 유기적인 관계를 유지함과 동시에 추가적인 우수한 인재풀을 확보하는데 성공함.
- 기존 신홍국 에너지공무원 인력양성 프로그램(GETPPP)을 통해 미얀마, 카자흐스탄, 인도네시아, 라오스, 파키스탄, 몽골, 베트남, 보츠나와, 스리랑카 등 신홍국 출신 졸업생 28명을 배출함. 새로운 신입생 모집을 위해 총 19개국 22개 관련정부부처에 프로그램 홍보 자료를 배포함(표 II-11).

<표 II-11> GETPPP 2021 지원자 모집을 위한 GETPPP 졸업생 출신국 정부부처 접촉 리스트

국가	관련정부 부처
Botswana	Ministry of Mineral Resources, Green Technology and Energy Security
Cambodia	Ministry of Mines and Energy
Cameroon	Ministry of Energy and Water Resources
Colombia	Ministry of Mines and Energy
Ethiopia	Ministry of Water, Irrigation and Energy
Indonesia	Ministry of Energy and Mineral Resources
Kazakhstan	Ministry of Energy
Laos	Ministry of Energy and Mines
Malaysia	Ministry of Energy and Natural Resources
Mongolia	Ministry of Energy
Mozambique	Ministry of Mineral Resources and Energy
Nepal	Ministry of Energy, Water Resources and Irrigation
Pakistan	Federal Ministry for Energy (Power Division)
Peru	Ministry of Energy and Mines
Philippines	Department of Energy
Tanzania	Ministry of Energy
Thailand	Ministry of Energy
	Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT)
Uzbekistan	Ministry of Energy
	Ministry of Investment and Foreign Trade, Center for the Development of Investment Projects
Vietnam	Ministry of Natural Resources and Environment
	Ministry of Planning and Investment

- 기존 졸업생 네트워크를 통한 활발한 프로그램 홍보효과로 2021년 2학기 시작하는 프로그램에 총 11개국에서 33명 (석사과정 16명, 박사과정 17명)이 지원하였고 최종적으로 총 8개국의 석사과정 5명, 박사과정 8명이 선발되어 9월 입학에 앞두고 있음(표 II-12).

<표 II-12> 신흥국 에너지공무원 인력양성 프로그램 2021년 2학기 신입생 정보

번호	이름	과정	국적	전공	연구주제
1		석사	보츠와나	경제통계	사하라 이남 아프리카 국가 규제 개선 및 재구조화를 위한 기술/재정 지원을 제공하는 국제기구 참여 확대 중심의 에너지 정책 연구
2		석사	인도네시아	전기공학	자국 정부 태양광 발전 확대 정책(인센티브 메커니즘, 비즈니스 모델 등)
3		석사	몽골	화력발전 공학	국제사회의 재생에너지 개발 및 온실가스 감축에 발맞춘 자국 에너지 부문 재생에너지 발전 확대 방안 연구
4		석사	에티오피아	정치학 및 국제관계	에너지 기술 정책과 지속가능개발에 대한 이해
5		석사	케냐	경영 재무	지속가능한 발전을 위한 에너지 및 환경 정책 수립과 그 이행에 따른 문제점 지적 그리고 해결방안 도출
6		박사	스리랑카	지리 정보 시스템 및 원격 감지	풍력터빈 블레이드 형태에 따른 효율성 개선 시나리오 분석
7		박사	캄보디아	공학	자국 전력 수요 상승과 전력 생산 기술에 대한 연구 (석사연구 분야: 캄보디아 내 에너지 수요가 온실가스 배출에 미치는 영향 및 감축 분석)
8		박사	인도네시아	에너지 시스템 및 환경	청정석탄기술 등을 활용한 자국에 적합한 최적의 화석연료 분석과 이를 위한 정책을 탐구
9		박사	몽골	전력시스템 자동화 공학	Energy Mechanical Transmission의 시스템 활용도를 중심으로 한 그리드 안정성 및 보호 시스템 연구
10		박사	네팔	지속가능한 에너지 시스템 및 관리	본인 석사학위 연구인 “Barrier analysis and planning of appropriate clean cooking solutions” 을 확장 및 심화
11		박사	네팔	재생에너지 공학	재생에너지 부문 PPP(Public Private Partnership) Initiatives 평가 또는 개도국을 위한 기후 재정 기회 분석
12		박사	케냐	지리학 및 환경학	개도국 상황에 맞는 에너지 환경 정책 수립 분석 (열악한 환경에서의 탄소저감 장려 정책 수립 방안 및 비용 효율적 탄소 저감 전략 등)
13		박사	에티오피아	재생에너지 활용 및 관리	수도인 아디스 아바바에 있는 모든 건물의 옥상 태양광 잠재력과 사회 인식 수준 평가, 경제적 타당성 및 관련 정책 분석

## 2. 인력양성 계획 및 지원

### 가. 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

<표 II-13> 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)	2020년 2학기	12	13	5	30
	2021년 1학기	15	14	5	34
	계	27	27	10	64
배출 (졸업생)	2020년 2학기	10	1		11
	2021년 1학기	2	1		3
	계	12	2		14

### 나. 교육연구단의 우수 대학원생 확보 계획

- (신설 학부 개설을 통한 우수 신입생 유치) 우수 대학원생을 모집하기 위해서는 관련된 과목의 기본 소양을 보유한 학부생을 확보하는 것이 무엇보다 중요함. 2021년부터 융합에너지공학과 학부가 신설됨으로서, 동 학과를 졸업하는 학부 학생의 석박사과정 유도를 통해 양질의 학생자원 확보가 가능하게 됨.
  - 융합에너지공학과는 정원 30명으로 공학사를 배출하는 과정이며, 신재생에너지를 포함하여 이차전지와 바이오 관련 분야까지 다양한 분야를 교육함.
  - 신설 학부 개설시 학-석사 학위 통합과정을 개발해 대학원 진학을 목표로 하는 학부생의 경우 대학원 강의를 수강, 대학원 수업 기간을 단축함과 동시에 학위취득을 앞당길 수 있도록 지원할 예정임. 이를 통해 학사 3.5년, 석사 1.5년 안에 학사 및 석사 학위 조기취득이 가능해짐. 더불어 학-석-박 통합과정도 계획 중임.
  - 성적이 우수한 학생에 대한 등록금 감면, 장학금 혜택과 예비입학 제도를 통한 학비감면 등의 혜택을 제공하여 우수 인재의 대학원 진학과 단축 졸업을 촉진할 계획임.
  - Open Lab 프로그램을 통해 학부 3, 4학년 학생(타교 포함)을 대상으로 하계/동계 방학 동안 연구생활을 체험할 기회를 제공하고, 참여 학생은 기초실험 외에 각종 세미나와 발표회 등에도 참여하도록 기회를 제공할 예정임.

**다. 대학원생 학술활동 지원 실적 및 계획**

- **(기술, 데이터, 정책 전공 교원이 참여하는 정기적 연구회 운영)** 기술, 데이터, 정책 전공 교수들의 각자 연구에 대해 소개하고, 연구내용 및 아이디어에 대한 지속적인 공유를 바탕으로 교수-학생 간, 학생-학생 간 공동연구를 기획하고 융합연구 주제를 발굴하기 위해 개최됨.
  - 브라운백런치 (Brown bag lunch) 형식의 세미나로서 딱딱하고 무거운 기존 세미나를 벗어나서 점심 식사를 같이 하면서 세미나를 경청하고 자유로운 질문 및 토론 시간을 가질수 있도록 기획됨.
  - 연구물의 기술적이고 심오한 전공지식이 필요한 부분에 대한 발표보다는 융합적인 연구를 끌어낼 수 있는 응용연구분야의 발표가 주를 이루었으며 매 세미나마다 두 다른 전공의 교수들이 각각 30분씩 나누어서 발표를 진행함 (표 II-14).

〈표 II-14〉 2021학년 1학기 융합연구 학생세미나

일자	발표자1	발표자2
2021년 1월 20일 수요일 오후 12시-1시		
2021년 3월 11일 목요일 오후 12시-1시		
2021년 4월 8일 목요일 오후 12시-1시		
2021년 5월 6일 목요일 오후 12시-1시		
2021년 6월 10일 목요일 오후 12시-1시		

- **(현장실무급 전문가 세미나)** 산학협력 활성화 및 융합연구(기술-정책, 기술-데이터, 데이터-정책)을 위한 현장실무급 전문가 초청세미나를 통해 산업에서 요구하는 연구주제 및 현장에서 필요로 하는 전문인력에 대해 논의함(표 II-15).

〈표 II-15〉 현장실무급 전문가 세미나

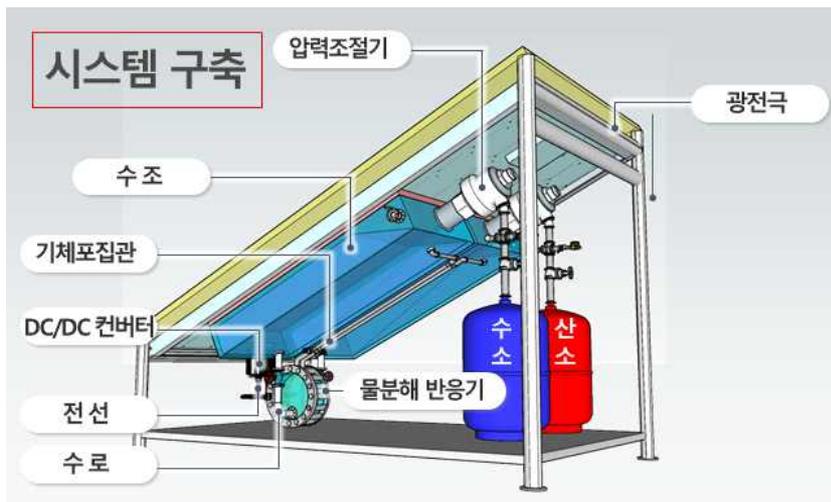
일자	초청연사명	소속	발표제목
2020년 10월 6일		(주)에스테코	태양광발전시스템개론
2020년 10월 27일		(주)스코트라,	수상태양광
2021년 2월 8일	고려대학교 전기전자공학부	신재생 믹스 확대에 따른 국가전력망 영향 분석 방법	
	Esp Inc.	대규모 신재생 발전소 도입에 따른 전력망 영향분석 방법	
2021년 2월 19일	전력거래소	신재생 비중 확대에 따른 안정적 계통망 운영을 위한 제도적 대응방안	
	(주)KT	스마트시티 사업현황	
	(주)GS건설	Smart ZEC 설계사례	
2021년 4월 27일	(주)한전KDN	스마트시티와 에너지	
2021년 5월 28일	(주)삼성전자	시스템반도체(MOSFET)	
2021년 6월 7일	(주)신성이엔지	글로벌 상업용 태양광산업 및 태양전지 기술동향	
2021년 6월 11일	(주)한화 큐셀	우즈베키스탄 태양광 벨류체인	
2021년 6월 23일	(주)한화에너지	우즈베키스탄 태양광 벨류체인	
		(주)한화에너지	우즈베키스탄 EIPP

- **(융합연구 기반 데이터베이스 구축)** 융합연구를 위해 2011년부터 2019년까지 최근 9년 동안 미국 특허청(US PTO, United States Patent Office)에 등록된 수소기술 특허 수집
  - 수소기술 분류에 적합한 특허분류 코드를 활용함. 특허분류 코드에는 대표적으로 IPC (International Patent Classification), CPC (Cooperative Patent Classification) 등이 있음. CPC 에만 수소를 포함한 신기술분류 항목이 만들어져 있어 CPC 코드를 기반으로 수소기술 관련 특허를 추려냄.
  - 수소기술을 크게 1) 수소 생산, 2) 수소 저장 및 운송, 3) 수소 활용(연료전지)의 3개 대분류로 구분함.
  - 분석 결과의 신뢰도 제고를 위하여 전체 자료에서 1% 미만의 문서에서만 등장한 단어나 너무 범용적으로 사용되어 별 의미를 보여주지 힘든 범용 단어를 제거함. 또한 단어가 문맥상 가질 수 있는 다양한 형태를 통일된 형태로 정제함.
  - 이를 통하여, 2011년부터 2019년까지 총 17,281건의 특허에 대해 507개의 단어의 출현빈도를 나타낸 데이터베이스 구축을 완료함.

- **(대학본부의 융복합 연구지원 및 KU-KIST 사업 등 활용한 과제 기획 확대)**

- **(고려대와 KIST 융합연구)** 기술간 융합을 통한 독창적 연구능력 및 연구개발 협력 강화를 위해 고려대와 KIST(한국과학기술연구원) 공동연구사업으로 차세대 에너지시스템인 “자가구동 태양광-수소 생산 시스템 개발” 수행중.
- 내용: 태양광발전을 활용한 자가구동 수소생산 장치를 개발하였으며, 다양한 촉매 시스템을 적용하여 장기운전 성능평가를 진행함. 상용 Pt 촉매를 사용하여 실외에서 6000시간 장기 내구성 테스트를 시행하였으며, 수소생산 반응을 모니터링함.
- 실적 : Applied Catalysis B: Environmental, 2021. (IF=19.5) 논문 출판

“W@Ag dendrites as efficient and durable electrocatalyst for solar to CO conversion using scalable photovoltaic-electrochemical system”



<시스템 측면 사진>



<시스템 전면 사진>

- **(학연교수제 등 통한 국책연구소우수학자 활용) 녹색기술센터**

- 2021년 7월 21일 녹색기술센터 (Green Technology Center, GTC)와 본 교육연구단과의 협력을 위한 1차 미팅 성사. 본 교육연구단의 미션과 비전에 대해 설명하고 협력 필요부분에 대한 논의를 진행.
- 협력의 1단계로 본 교육연구단의 참여대학원생들이 GTC학생연구원으로 활동하는 방안에 대해 논의를 진행중임. GTC학생연구원으로 선정된 학생들은 학생들의 연구관심분야와 연구경험에 따라 GTC에서 이미 진행이거나 새로 착수하는 연구프로젝트에 투입될 예정임.

● (신재생 발전량 모니터링 테스트베드 등 융합 데이터센터 구축)

- 현재 융합데이터센터 구축을 위한 계획을 수립 중임. 특히, 신재생 발전량 모니터링 같은 경우 교내 건물에 테스트베드 설치등에 관해 교내 학칙에 상충하는 부분이 있어 이 부분들에 대해 학교 본부측과 논의와 협의가 필요한 상황임.
- 추후 학교측과 협의가 완료되는 대로 교내 신재생 에너지 (태양광) 의 실시간 발전량을 기록할수 있는 데이터센터를 운영할 예정임.

● (에너지 환경기술 및 정책 관련 세미나 & 전문가 초청 강연 강화 운영) ‘기술&정책 융합세미나’를 과학기술과 정책 분야에 대한 학제 간 협동 융합 교과로 발전시키고 졸업 전 2회 이상 발표의 무화함. 외부 전문가를 초청하는 ‘윤강’ 교과목을 강화하여 운영함.

- 기술&정책 융합세미나를 협동 융합 교과로 발전시킴으로써 급증하는 에너지 수요에 대한 인식과 더불어 자원고갈, 환경오염, 기후변화 등에 대해 학생들이 자발적으로 문제 탐색, 분석, 해결하는 과정을 경험하게 할 예정임. 융합연구 결과를 다수의 청중에게 발표하고 정책과 기술 학제 간 융합적인 토론과 상호 지식 교류를 유도하여 자신의 연구가 사회에 미칠 영향을 종합적이고 다학제적 관점에서 이해할 수 있는 힘을 기를 수 있도록 함. 또한, 발표 후 전문가 및 교수진의 피드백을 통해 본인 연구의 장단점을 파악하여 현실 적용 가능하며 구체적인 연구 설계능력을 배양하도록 유도함. 이를 통해 자신의 연구물이 실용화될 수 있는지, 정책 입안자 관점에서 어떤 연구물이 현실에 타당한지를 판단하는 안목을 배양할 수 있도록 함(표 II-16, II-17).

<표 II-16> 2020년 2학기 에너지환경대학원(그린스쿨) 기술&정책 융합세미나

참여학생명	전공	과정	제목	지도교수	구두/포스터	일자
	에너지 환경정책	박사	기후 변화에 따른 물산업체 재무적/입지적 리스크 평가		구두	2020년 11월 24일
	에너지 환경정책	박사	해외자원개발 정책금융의 비교연구 (한국과 일본을 중심으로)		구두	2020년 11월 24일
	에너지 환경정책	석사	2050 장기저탄소발전전략(LEDS) 수립과정과 정책 및 기술의 타당성 검토		구두	2020년 11월 24일
	에너지 환경정책 (GETPPP)	석사	Identifying the most suitable renewable Technology for electricity generation in Kazakhstan		구두	2020년 11월 24일
	신재생 에너지	통합	Dew Point Temperature as an Invariant Replacement for Relative Humidity for Advanced Perovskite Solar Cell Fabrication Systems		구두	2020년 11월 24일
	신재생 에너지	통합	Nickel과 Copper의 단계적인 전기화학적 산화 반응을 통한 HMF산화 분석		구두	2020년 11월 24일
	신재생 에너지	석사	Self-Aggregation-Controlled Rapid Chemical Bath Deposition of SnO <sub>2</sub> Layers for Highly Efficient Planar Perovskite Solar Cells		구두	2020년 11월 24일
	첨단환경 과학	통합	Evaluation of Stabilized Soil Using Electric Resistivity and induced polarization		구두	2020년 11월 24일
	첨단환경 과학	석사	화학사고후 토양,식물 대사체장기영향평가 Long-term Metabolite Assessment of Plant and soil microbes by Soil Contamination		구두	2020년 11월 24일
	첨단환경 과학	석사	Mechanical transportation behavior of airborne microplastic particles in saturated quartz sand and the impact of input concentration on flow rate		구두	2020년 11월 24일
	에너지 환경정책	박사	제3차 국가기후변화 적응대책(안) (' 21~' 25) 일부 주요과제에 대한 사회적 수용성 연구		구두	2020년 11월 24일
	에너지 환경정책	석사	ASEAN 가전 기기 에너지 소비 효율 기준 등급 표시 (EE S&L)에 대한 연구: 인도네시아 에어컨을 중심으로		구두	2020년 11월 24일
	에너지 환경정책	석사	How much are consumers willing to pay extra for reusable food packaging on food delivery platforms?		구두	2020년 11월 24일

<표 II-17> 2021년 1학기 에너지환경대학원(그린스쿨) 기술&정책 융합세미나

참여학생명	전공	과정	제목	지도교수	구두/ 포스터	일자
	첨단환경 과학	석사	Evaluation of survival rates of bacterial bioaerosols on the layers of commercial face masks		구두	2021년 6월 8일
	신재생 에너지	석사	Synthesis and characterization of Ru ex-solution catalyst for the ammonia synthesis under atmospheric pressure		구두	2021년 6월 8일
	첨단환경 과학	석사	Monitoring the dissolution properties evaluation and electrical resistivity measurement of arsenic contaminated soils mixed with stabilizers		구두	2021년 6월 8일
	첨단환경 과학	석사	Estimation on soil contamination by chemical fire and environmental metabolite change in soil microbiology and plant		구두	2021년 6월 8일
	첨단환경 과학	박사	Mechanical transportation behavior of airborne microplastic particles in saturated quartz sand and the impact of input concentration on flow rate		구두	2021년 6월 8일
	에너지 환경정책	박사	제3차 국가기후변화 적응대책('21~'25) 일부 주요과제에 대한 사회적 수용성 연구		구두	2021년 6월 8일
	에너지 환경정책	박사	지속가능한 혁신기술의 사회적 확산을 위한 과제: 국내 수소연료전지 기술개발에 대한 다층적 분석을 중심으로		구두	2021년 6월 8일
	에너지 환경정책	박사	배달 포장 방식에 따른 환경영향 분석: 한국의 음식배달 사례		구두	2021년 6월 8일
	에너지 환경정책	석사	Estimating citizen's Willingness To Pay for re-usable food containers in South Korea: A Contingent Valuation Approach		구두	2021년 6월 8일
	에너지 환경정책	석사	RE100 제품에 대한 소비자 수용성 연구: 지불의사액을 중심으로		구두	2021년 6월 8일
	신재생 에너지	석사	Steric Effect-Adopted Chemical Bath Deposition of Tin Oxide Electron Transport Layer for Efficient Perovskite Solar Cells		포스터	2021년 6월 8일
	신재생 에너지	석사	Stable and high-efficiency inorganic perovskite solar cell with volatile additives		포스터	2021년 6월 8일
	신재생 에너지	석사	Micro Tuning of Wide-bandgap Perovskite Lattice Plane for efficient High-voltage Planar Solar cells		포스터	2021년 6월 8일
	신재생 에너지	석사	A study on the correlation between the cathode material shape and electrochemical properties of all-solid-state batteries		포스터	2021년 6월 8일
	신재생 에너지	석사	전기화학 셀을 이용한 배기가스 내 산화질소를 지속적으로 제거할 수 있는 공정 구현		포스터	2021년 6월 8일
	신재생 에너지	석사	Ordered Vacancy Compound 층을 통한 고효율 용액공정 CIGS 박막 태양전지 제조		포스터	2021년 6월 8일
	신재생 에너지	통합	The effect of improving interfacial defect of TiO2/SnO2 bilayer ETL for high efficiency perovskite solar cells		포스터	2021년 6월 8일

- 산업, 경제, 정책, 환경의 다양한 분야의 외부 전문가를 초청하는 ‘윤강’ 학과 과목을 통해 이론적, 현실적 문제를 포괄할 수 있는 폭넓은 시야와 다양한 관점을 접할 교육 기회를 제공함. 공기업, 국책연구기관, 정부, 언론 및 에너지기업 등의 기관장급을 연사로 초청하여 특강 형식으로 진행함. 이를 통해 산업 및 연구소 등의 요구에 맞는 준비된 취업대상자를 양성할 수 있음.

- (윤강(GRS511, 2021학년 1학기) 기술-정책 융합을 위한 교과목으로 에너지·환경 분야의 정책, 시장, 기술 관련 국내외 전문가들의 특강을 통해 학생들의 융합적 사고능력 배양 및 새로운 연구주제(기술-정책 융합) 발굴이 목적임(표 II-18).

〈표 II-18〉 2021학년 1학기 윤강 강의 계획서

주차	일자	강사	강의주제	담당교수
1	2021년 3월 8일		강의 안내	
2	2021년 3월 15일	(한국에너지기술평가원)	자원순환 - 제조업의 업사이클링, 재제조	
3	2021년 3월 22일	(연구재단, 에너지환경)	물순환 기술	
4	2021년 3월 9일	(한국전력 디지털변환처)	전력플랫폼과 신사업	
5	2021년 4월 5일	(Impact On)	ESG: 환경적, 윤리적 경영 트렌드 - 기업의 현재와 미래 -	
6	2021년 4월 12일	(디알퓨엘셀)	수소생산	
7	2021년 4월 19일	(한국에너지기술연구원)	태양광 기술	
8	2021년 4월 26일	중간고사	No Class	
9	2021년 5월 3일	(한국환경산업기술원)	기후변화의 장기 산업영향 분석	
10	2021년 5월 10일	(현대모비스)	리튬이차전지 기술 및 산업동향	
11	2021년 5월 17일	(CDP한국위원회)	RE100과 에너지 전환	
12	2021년 5월 24일	(한국에너지기술연구원)	해상풍력기술	
13	2021년 5월 31일	(K2KOREA, 전 산업부 차관)	수소경제의 오늘과 내일	
14	2021년 6월 7일	(경희대학교)	AI 기술	
15	2021년 6월 14일	(에너지경제연구원)	한국의 에너지계획	
16	2021년 6월 21일	기말고사	정책/기술 브리프 제출 마감일	

- **(연구방법론 I & II 교과목 운영)** 현재 연구방법론 I(연구설계) 과목은 전공필수 교과목으로 제공되고 있음.
  - 연구방법론 I에서는 학술논문의 기본 구성요소에 대한 이해를 바탕으로 연구목적 및 질문의 요건, 문헌연구 방법과 문헌연구맵 작성, 연구윤리 및 문헌 인용 방법, 문헌연구를 통한 연구주제 탐색 및 설계와 같은 활동을 진행함. 문헌연구 결과 및 연구계획서 발표를 통해 교수-학생 및 학생-학생 간 비판적 논의를 진행하고 지속적인 피드백을 제공하며 이 과정을 통해 연구주제를 탐색하고 구체적인 연구계획서를 완성하는 것을 목적으로 함.
  - 연구방법론 II 신규개설: 연구방법론 II 수강 후에는 구체화한 연구주제에 따라 자료포락분석, AHP와 같은 의사결정방법론, 계량분석, 전과정평가, 질적연구방법론 등 에너지·자원 및 환경 분야에서 범용적으로 활용되는 방법론의 습득을 통해 실제적인 연구수행이 이루어지도록 함.
- **(논문 작성법 등 비교과 프로그램 교육)** 급증하는 에너지와 환경 문제에 대한 이슈는 지역 문제를 넘어 전 지구적인 문제이므로 글로벌 의사소통 능력 함양이 무엇보다 중요함. 학생들은 영어로 자신들의 연구를 기술하고 정책 학술대회에서 구두로 발표하거나 논문작성을 통한 학술 활동을 수행해야 하므로 해당 교육 운영이 필수적임. ‘Presentation Skill & Technical Writing’ 강좌를 통하여 학생들은 연구 활동 기술 및 구술 능력을 배양함. 또한, 환경 및 에너지 정책 혹은 충격에 따른 효과를 분석에 사용되는 연산일반균형(Computable General Equilibrium: CGE)을 공부함으로써 정책 시나리오별 경제적 효과를 추정 및 비교할 수 있게 됨(표 II-19).

〈표 II-19〉 비교과 프로그램 목록 및 참여학생

학생명	과정	비교과 프로그램	교육 일자
	석사	학술논문작성법	2021년 5월 14일, 2021년 6월 18일(150분)
	석사	학술논문작성법	2021년 5월 14일(150분)
	석사	CGE모델링교육	2021년 7월 13일-8월 24일(13회, 화&목 18시)
	석사	CGE모델링교육	2021년 7월 13일-8월 24일(13회, 화&목 18시)
	석사	CGE모델링교육	2021년 7월 13일-8월 24일(13회, 화&목 18시)
	석사	CGE모델링교육	2021년 7월 13일-8월 24일(13회, 화&목 18시)
	석사	CGE모델링교육	2021년 7월 13일-8월 24일(13회, 화&목 18시)
	석사	CGE모델링교육	2021년 7월 13일-8월 24일(13회, 화&목 18시)
	박사	CGE모델링교육	2021년 7월 13일-8월 24일(13회, 화&목 18시)
	석사	CGE모델링교육	2021년 7월 13일-8월 24일(13회, 화&목 18시)
	석사	CGE모델링교육	2021년 7월 13일-8월 24일(13회, 화&목 18시)
	석사	CGE모델링교육	2021년 7월 13일-8월 24일(13회, 화&목 18시)
	석사	CGE모델링교육	2021년 7월 13일-8월 24일(13회, 화&목 18시)
	석사	CGE모델링교육	2021년 7월 13일-8월 24일(13회, 화&목 18시)
	박사	국제하계대학 Communication (Presentation Skill & Technical Writing)	2021년 6월 28일-8월 5일(100분/교시)
	석사	국제하계대학 Qualitative Research Methods	2021년 6월 28일-8월 5일(100분/교시)
	석사	국제하계대학 Qualitative Research Methods	2021년 6월 28일-8월 5일(100분/교시)

● (우수 참여대학원생을 위한 재정적 지원) 참여대학원생을 위해 교육연구단의 자체 지원 (우수학생 장학금 등) 이외에도 KU Graduate Student Achievement Award, 우수 연구성과 포상제, 우수논문포상제 등을 활용하여 우수 대학원생에 대한 지원을 확대해 나가고자 함

● (향후 계획: 해외 연구 및 정책 기관과 국제협력·교류) 코로나19으로 인한 국내외 상황이 호전되는대로, 해외 연구 및 정책 기관과 국제협력을 통해 참여대학원생들의 인턴십을 참여를 적극 권장하여 상대 국가의 에너지 분야 연구 및 정책 현황을 파악하도록 하고, 미래 가치가 있는 창조적인 아이디어에 대한 국제적 토론과 발표를 유도할 예정임. 이를 통해 국제적 네트워크 구축과 더불어 에너지 분야 연구와 정책을 이해하고, 인턴십 기간의 경험을 보고서로 쓰고 발표하여 향후 연구에 활용하도록 함.

### 3. 참여대학원생의 우수성

#### 가. 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

<표 II-20> 2021.2월 졸업한 교육연구단 소속 학과(부) 참여대학원생 취(창)업률 실적 (단위: 명,%)

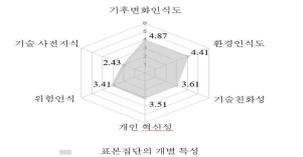
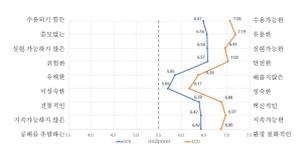
구 분	졸업 및 취(창)업현황 (단위: 명, %)						취(창)업률% (D/C)×100
	졸업자 (G)	비취업자(B)			취(창)업대상자 (C=G-B)	취(창)업자 (D)	
		진학자		입대자			
		국내	국외				
2021년 2월 졸업자	석사	2	-	-	-	2	80
	박사						
2021년 8월 졸업자	석사	2			-	2	
	박사	1				1	

<표 II-21> 교육연구단 소속 학과(부) 참여대학원생 취(창)업률 실적

참여학생명	학위 과정	취득학위	졸업논문 제목	취업기관명
	정책	석사	캄보디아 가구의 취사용 연료 결정요인 분석	조세재정연구원
	정책	석사	탄소 포집·저장 및 자원화 기술에 대한 대중의 인식과 수용성 연구	한국과학기술한림원
	기술 (신재생에너지)	석사	Steric Hindrance Regulated Chemical Bath Deposition of Tin Oxide Electron Transport Layer for Efficient Perovskite Solar Cells with a Reduced Potential Loss	미정
	기술 (첨단환경과학)	석사	환경 대사체 및 미생물 군집분석을 통한 화학사고 지역 토양 환경영향평가	KIST 인턴
	기술 (첨단환경과학)	박사	Air filtration against bioaerosols; contamination controls via visible-light-activated photocatalytic materials	세종대학교 박사후연구원

나. 참여대학원생 연구실적의 우수성

1) 참여대학원생 저명학술지 논문 실적의 우수성

연번	참여대학원생 대표연구업적물 설명																		
	<p style="text-align: center;"><b>학생</b></p> <p style="text-align: center;"><b>2020. CCUS 기술에 대한 대중의 감정-인지적 평가와 수용성 연구. 한국기후변화학회지. 11 (6-2): 777-791.</b></p> <p>- 탄소자원화 (CCUS, Carbon Capture, Utilization, and Storage) 기술은 탄소포집 뿐만 아니라 포집된 탄소를 유용한 자원으로 변환하는 대표적인 기후기술임. 하지만 아무리 좋은 기술도 사회 수용성이 뒷받침되지 않으면 확산이 어렵다는 교훈은 2017년 포항 CO2 지중저장 실증사업 중지라는 사례에서 얻었음. 본 연구는 CCUS 인지도가 낮은 일반대중을 대상으로 기술의 특성별로 수용성 제고시키는 정도를 측정하되, 감정적 표현의 선택 수준을 측정대상으로 하는 기술-정책 융합형 연구를 수행하였음.</p> <p>- 분석결과, ①한국 대중의 기후변화 및 환경에 대한 인식은 높게 나온 바, 저탄소기술을 강조한 적절한 홍보정책은 기술 수용성에 크게 영향을 미칠 수 있으며, ②8개의 수용요인 중 가장 큰 영향요인은 기술적 편익 (Technological benefit)으로서 동 기술의 경제적, 환경적 편익을 강조할 때 효과성이 크며, 특히 CCU의 경우 기후변화 완화 보다는 자원 안보 및 에너지 전환 관점에서의 편익을 강조할 필요성이 있음을 도출함. 동 연구는 CCUS기술의 본격적인 도입에 앞서서 선제적으로 사회 수용성을 연구하고 한국에 특화된 국가전략 방향성을 제시한다는 정책적 의미를 지님.</p> <p>1 - 신기술 도입에서 수용자인 국민 대중의 감정적 인지가 중요하다는 점에 착안하여, 에너지 신기술에 심리학적 계량 연구방법론을 활용한 융합적 연구 성과임. 탄소중립기술의 수용성 정책 홍보 (마케팅)에 폭넓게 활용 가능하다는 점에 연구의 가치가 있음.</p>																		
	<p>[그림] 설문 설계도</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="263 1339 550 1724"> <p><b>개인의 특성 (Attitudinal variables)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>기후변화인식도 (Climate change aware)</li> <li>환경인식도 (Environmentally aware behavior)</li> <li>기술원효성 (Technical self-efficacy)</li> <li>개인 혁신성 (Personal innovativeness)</li> <li>위험인식 (Risk orientation)</li> <li>CCS와 CCU에 대한 사전지식 (Self-assessed knowledge about CCS and CCU)</li> </ul> </div> <div data-bbox="582 1339 1045 1724"> <p><b>CCS와 CCU 기술인식 (Affective-cognitive evaluations of CCS and CCU)</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>부정적(Negative)</th> <th>긍정적(Positive)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>수용성 (Acceptance)</td> <td>수용되기 힘든 기술 (Unacceptable)</td> <td>수용가능한 기술 (Acceptable)</td> </tr> <tr> <td>환경성 평가 (Ecological evaluation)</td> <td>공해를 유발하는 기술 (Pollutive) 지속 가능하지 않은 기술 (Short-lived)</td> <td>환경 친화적인 기술 (Ecofriendly) 지속가능한 기술 (Sustainable)</td> </tr> <tr> <td>기술적 평가 (Technological evaluation)</td> <td>전통적인 기술 (Conventional) 비성숙한 기술 (Immature)</td> <td>혁신적인 기술 (Innovative) 성숙한 기술 (Mature)</td> </tr> <tr> <td>기술적 편익 (Technological Benefit)</td> <td>쓸모 없는 기술 (Useless) 실현 가능하지 않은 기술 (Unfeasible)</td> <td>유용한 기술 (Useful) 실현 가능한 기술 (Feasible)</td> </tr> <tr> <td>위험성 (Risk)</td> <td>위험한 기술 (Dangerous) 유해한 기술 (Risky)</td> <td>안전한 기술 (Harmless) 유익한 기술 (Risk-free)</td> </tr> </tbody> </table> </div> </div> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  <p>[그림] 표본집단의 개별 특성</p>  <p>[그림] CCS/CCU기술 결과 비교</p> </div>		부정적(Negative)	긍정적(Positive)	수용성 (Acceptance)	수용되기 힘든 기술 (Unacceptable)	수용가능한 기술 (Acceptable)	환경성 평가 (Ecological evaluation)	공해를 유발하는 기술 (Pollutive) 지속 가능하지 않은 기술 (Short-lived)	환경 친화적인 기술 (Ecofriendly) 지속가능한 기술 (Sustainable)	기술적 평가 (Technological evaluation)	전통적인 기술 (Conventional) 비성숙한 기술 (Immature)	혁신적인 기술 (Innovative) 성숙한 기술 (Mature)	기술적 편익 (Technological Benefit)	쓸모 없는 기술 (Useless) 실현 가능하지 않은 기술 (Unfeasible)	유용한 기술 (Useful) 실현 가능한 기술 (Feasible)	위험성 (Risk)	위험한 기술 (Dangerous) 유해한 기술 (Risky)	안전한 기술 (Harmless) 유익한 기술 (Risk-free)
	부정적(Negative)	긍정적(Positive)																	
수용성 (Acceptance)	수용되기 힘든 기술 (Unacceptable)	수용가능한 기술 (Acceptable)																	
환경성 평가 (Ecological evaluation)	공해를 유발하는 기술 (Pollutive) 지속 가능하지 않은 기술 (Short-lived)	환경 친화적인 기술 (Ecofriendly) 지속가능한 기술 (Sustainable)																	
기술적 평가 (Technological evaluation)	전통적인 기술 (Conventional) 비성숙한 기술 (Immature)	혁신적인 기술 (Innovative) 성숙한 기술 (Mature)																	
기술적 편익 (Technological Benefit)	쓸모 없는 기술 (Useless) 실현 가능하지 않은 기술 (Unfeasible)	유용한 기술 (Useful) 실현 가능한 기술 (Feasible)																	
위험성 (Risk)	위험한 기술 (Dangerous) 유해한 기술 (Risky)	안전한 기술 (Harmless) 유익한 기술 (Risk-free)																	

## 학생

2021. Water-Repellent TiO<sub>2</sub>-Organic Dye-Based Air Filters for Efficient Visible-Light-Activated Photochemical Inactivation against Bioaerosols. Nano Lett. 21(4), 1576-1583.

최근 2019년 신종 코로나바이러스를 포함한 바이오에어로졸은 전 세계 공중 보건에 심각한 위협이 되고 있습니다. 이 문제에 대응하기 위하여 태양광 또는 실내 조명에서 버려진 가시광선을 활용할 수 있는 이산화티타늄(TiO<sub>2</sub>)-Crystal Violet(CV) 나노복합체가 코팅된 가시광 활성화(VLA) 항균 공기 필터를 연구하였습니다. TiO<sub>2</sub>-CV 기반 VLA 항균 공기 필터는 다양한 바이오 에어로졸에 대해 ~99.98%의 강력한 비활성화율과 ~99.9%의 여과 효율을 나타냅니다. 가시광선에서 CV는 직접(CV 자체) 및 간접적으로(TiO<sub>2</sub>와 결합하여) 활성 산소 종 생성을 유도하여 전반적인 비활성화에 관여합니다. 또한 TiO<sub>2</sub> 표면에 소수성 분자층을 형성하여 습도에 대한 CV의 민감성을 크게 개선하여 호흡 시 또는 습한 환경에서 우수한 특성을 보이는 것을 증명하였습니다. 이 연구를 통해 감염성 바이오 에어로졸의 위협에 맞서 어디서든 얻을 수 있는 가시광 에너지를 사용한 실용적인 항균 기술을 제안하였으며, 현재, 이 연구는 병원, 지하철, 학교 등 바이러스에 노출되기 쉬운 공간을 대상으로 실증 연구를 진행하고 있습니다.

2

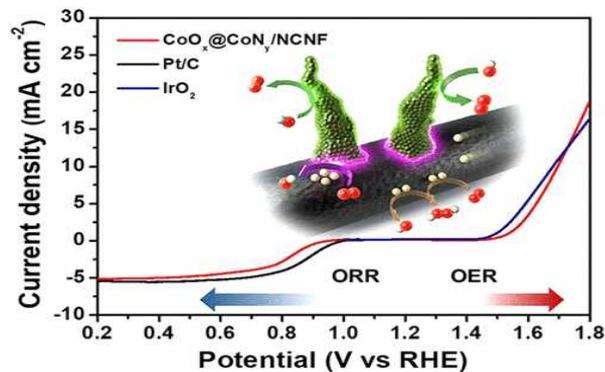


VLA 항균 공기 필터의 항균 성능 및 기본 메커니즘

학생

2021. Hierarchically Assembled Cobalt Oxynitride Nanorods and N-Doped Carbon Nanofibers for Efficient Bifunctional Oxygen Electrocatalysis with Exceptional Regenerative Efficiency. ACS NANO. 15(7), 11218-11230

- 3 산소 기반 전기화학 촉매는 깨끗하고 지속가능한 에너지 변환 및 저장 시스템의 필수 요소임. 본 연구에서는 산소 발생 반응 (OER) 과 그 역반응인 산소 환원 반응 (ORR)이 서로 다른 부위에서 일어나면서 각각의 반응에서 뛰어난 활성과 내구성을 갖는 촉매를 개발하였음. 질소가 도핑된 탄소나노섬유 (NCNF)를 기반으로, 산화코발트(CoOx)와 질화코발트(CoNy)가 코어-셸 형태로 존재하며 나노 크기의 직경을 가지는 CoOx@CoNy/NCNF 촉매를 합성하였으며, 솔(brush) 형태를 가지는 이 촉매는 표면적이 넓으면서도 CoOx@CoNy와 NCNF의 계면에서 전하가 빠르게 이동함을 확인하였음. 또한 CoOx@CoNy와 NCNF 단독으로는 ORR 반응성이 좋지 않으나, 둘의 계면에서는 상용 Pt(111) 촉매와 버금가는 촉매 활성( $E = 0.78 \text{ V}$  at  $-3 \text{ mA/cm}^2$ )을 보이고, CoOx@CoNy 표면에서는 높은 OER 활성( $E = 1.69 \text{ V}$  at  $10 \text{ mA/cm}^2$ )을 가진다는 사실을 양자역학 DFT 계산을 통해 확인하였고, 이를 통해 본 연구에서 개발한 촉매에서 ORR과 OER이 다른 부위에서 활성을 가짐을 알았음. 그리고 본 연구에서 개발한 촉매를 아연-공기 배터리의 전극에 적용하였을 때, 충전과 방전이 번갈아가며 일어나는 동안 두 반응이 상호 간섭 없이 지속적으로 높은 활성을 안정적으로 보임도 발견하였음.



CoOx@CoNy/NCNF 촉매의 산화환원반응

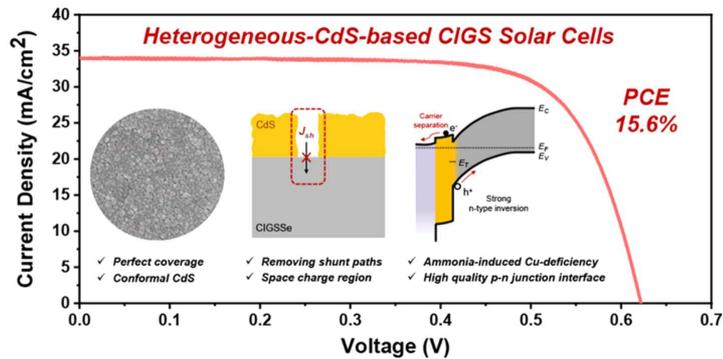
학생

**Achieving over 15% Efficiency in  
Solution-Processed Cu(In,Ga)(S,Se)<sub>2</sub> Thin-Film Solar Cells via a  
Heterogeneous-Formation-Induced Benign p-n Junction Interface, ACS Appl. Mater.  
Interfaces 2021, 13, 13289–13300**

4

온실가스에 기인한 환경문제가 대두됨에 따라 청정에너지의 개발은 온실가스 감축을 위한 적극적인 대응책으로 지목되고 있다. 그중 태양광 에너지는 미래 전력생산의 핵심이 될 것으로 보여지며, Cu(In,Ga)(S,Se)<sub>2</sub>(CIGS) 박막 태양 전지는 높은 효율 및 잠재력으로 인해 광전 소자 분야에서 상당한 관심을 끌었다. 대부분의 연구에서는 광 흡수체의 광전기적 특성을 개선하는 것에 중점을 두고 진행되었지만, 광 흡수체에서 photo-generated charge carrier 들은 p-n 접합의 공간 전하 영역의 전기장에 의해 분리되기 때문에 태양 전지 장치의 p-n 접합 제어는 태양전지의 성능을 개선 시킴에 있어 매우 중요하게 여기어야 할 쟁점 중 하나이다. CIGS/CdS 이종 접합에서, CdS의 두께는 개방 회로 전압( $V_{oc}$ )과 단락 전류 밀도( $J_{sc}$ ) 간의 상충 관계를 유발함으로써 박막 태양 전지의 성능을 제한하였다. 이러한 한계를 극복하기 위해, 화학 용액 증착법 방식을 사용하여 CdS의 형성 메커니즘을 제어하였다.

흥미롭게도, CIGS/CdS 접합의 광전기적 특성이 CdS의 형성 메커니즘에 의존함을 보였으며, 이종 형성 메커니즘을 통해 얻은 CdS 박막의 형성은 p-n 접합에서 병렬 회로 전류 손실 및 인터페이스 재조합을 효과적으로 감소시키는 것을 확인하였다. 또한, CdS의 형성 메커니즘을 조절하기 위해 사용된 용액 내의 alkalinity가 CIGS의 표면 조성에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 결과적으로 CIGS의 표면 조성의 변화는 p-n 인터페이스의 재결합 감소에 영향을 미치며, p-n 접합에서 광 전기적 손실을 효과적으로 조절할 수 있음이 확인되었다. 이의 결과는 CdS의 두께와 상관없이 거의 일정한 개방 회로 전압( $V_{oc}$ )은 개방 회로 전압( $V_{oc}$ )과 단락 전류 밀도( $J_{sc}$ ) 간 상충 관계의 문제점을 해결할 수 있는 해결책이 될 수 있음을 시사한다. 본 연구에서 개방 회로 전압과 단락 전류 밀도 모두 우수한 값을 가진 15.58%의 동력 변환 효율의 용액 공정 기반 CIGS 태양전지를 개발하였다.



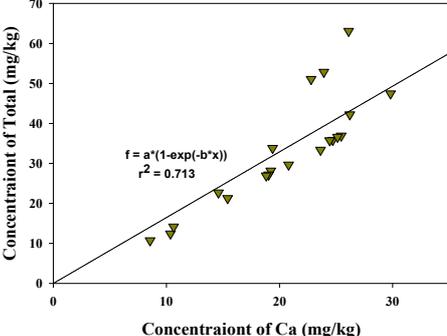
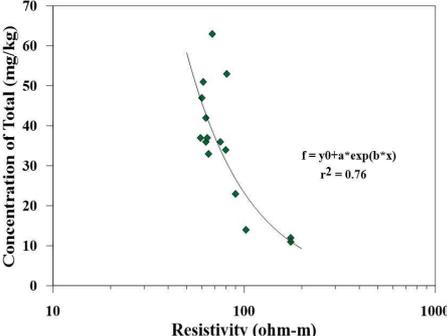
이종 형성 메커니즘 기반의 CdS가 적용된 CIGS 태양 전지 전류-전압 곡선

연번	연구실적 상세내용	
1	① 참여학생명	
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Recent Progress in Interconnection Layer for Hybrid Photovoltaic Tandems
	⑦ 학술지명:	Advanced Materials
	⑧ 권(호), 페이지:	32(51): 2002196
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202012
	⑪ DOI 번호	10.1002/adma.202002196
	⑫ IF (JCR 2019)	27.398
	⑬ Citation (Google Scholar)	1
2	① 참여학생명	
	② 참여구분	제1저자, 공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	CCUS 기술에 대한 대중의 감정-인지적 평가와 수용성 연구
	⑦ 학술지명:	한국기후변화학회지
	⑧ 권(호), 페이지:	11 (6-2) : 777-791
	⑨ 학술지 구분	KCI
	⑩ 게재년월	202012
	⑪ DOI 번호	10.15531/ksccr.2020.11.6.777
	⑫ IF (JCR 2019)	
	⑬ Citation (Google Scholar)	
3	① 참여학생명	
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	The Formation of Bio-innovation Ecosystem Using Content Analysis: Focusing on the HongReung Innotown and the Role of a Contributed Research Institute
	⑦ 학술지명:	Journal of Korea Technology Innovation Society
	⑧ 권(호), 페이지:	24(4)
	⑨ 학술지 구분	KCI
	⑩ 게재년월	202108
	⑪ DOI 번호	
	⑫ IF (JCR 2019)	
	⑬ Citation (Google Scholar)	

연번	연구실적 상세내용	
4	② 참여교수명/ 참여학생명	
	③ 참여구분	제1저자
	④ 제1저자	
	⑤ 교신저자	
	⑥ 공동저자	
	⑦ 논문제목	Hierarchically Assembled Cobalt Oxynitride Nanorods and N-Doped Carbon Nanofibers for Efficient Bifunctional Oxygen Electrocatalysis with Exceptional Regenerative Efficiency
	⑧ 학술지명:	ACS Nano
	⑨ 권(호), 페이지:	15(7): 11218-11230
	⑩ 학술지 구분	SCI(E)
	⑪ 게재년월	202106
	⑫ DOI 번호	10.1021/acsnano.0c09905
	⑬ IF (JCR 2019)	15.881
	⑭ Citation (Google Scholar)	0
	5	② 참여교수명/ 참여학생명
③ 참여구분		공동저자
④ 제1저자		
⑤ 교신저자		
⑥ 공동저자		
⑦ 논문제목		Anion Constructor for Atomic-Scale Engineering of Antiperovskite Crystals for Electrochemical Reactions
⑧ 학술지명:		Advanced Functional Materials
⑨ 권(호), 페이지:		31(16): 2170112
⑩ 학술지 구분		SCI(E)
⑪ 게재년월		202104
⑫ DOI 번호		10.1002/adfm.202009241
⑬ IF (JCR 2019)		18.808
⑭ Citation (Google Scholar)		0
6		② 참여교수명/ 참여학생명
	③ 참여구분	제1저자
	④ 제1저자	
	⑤ 교신저자	
	⑥ 공동저자	
	⑦ 논문제목	Achieving over 15% Efficiency in Solution-Processed Cu(In,Ga)(S,Se) <sub>2</sub> Thin-Film Solar Cells via a Heterogeneous-Formation-Induced Benign p-n Junction Interface
	⑧ 학술지명:	ACS Applied Materials & Interfaces
	⑨ 권(호), 페이지:	13(11): 13289-13300
	⑩ 학술지 구분	SCI(E)
	⑪ 게재년월	202103
	⑫ DOI 번호	10.1021/acsam.1c00781
	⑬ IF (JCR 2019)	9.229
	⑭ Citation (Google Scholar)	0

연번	연구실적 상세내용	
7	② 참여교수명/ 참여학생명	
	③ 참여구분	제1저자
	④ 제1저자	
	⑤ 교신저자	
	⑥ 공동저자	
	⑦ 논문제목	Assessment of Soil Contamination by Gas Cloud Generated from Chemical Fire Using Metabolic Profiling and Associated Bacterial Communities
	⑧ 학술지명:	Minerals
	⑨ 권(호), 페이지:	11(4): 372
	⑩ 학술지 구분	SCI(E)
	⑪ 게재년월	202104
	⑫ DOI 번호	10.3390/min11040372
	⑬ IF (JCR 2019)	2.25
	⑭ Citation (Google Scholar)	0
	8	② 참여교수명/ 참여학생명
③ 참여구분		제1저자
④ 제1저자		
⑤ 교신저자		
⑥ 공동저자		
⑦ 논문제목		Water-Repellent TiO <sub>2</sub> -Organic Dye-Based Air Filters for Efficient Visible-Light-Activated Photochemical Inactivation against Bioaerosols
⑧ 학술지명:		Nano Letters
⑨ 권(호), 페이지:		21(4): 1576-1583
⑩ 학술지 구분		SCI(E)
⑪ 게재년월		202102
⑫ DOI 번호		10.1021/acs.nanolett.0c03173
⑬ IF (JCR 2019)		11.238
⑭ Citation (Google Scholar)		3
9		② 참여교수명/ 참여학생명
	③ 참여구분	제1저자
	④ 제1저자	
	⑤ 교신저자	
	⑥ 공동저자	
	⑦ 논문제목	Evaluation of survival rates of airborne microorganisms on the filter layers of commercial face masks
	⑧ 학술지명:	Indoor air
	⑨ 권(호), 페이지:	31(4): 1134-1143
	⑩ 학술지 구분	SCI(E)
	⑪ 게재년월	202103
	⑫ DOI 번호	10.1111/ina.12816
	⑬ IF (JCR 2019)	4.739
	⑭ Citation (Google Scholar)	0

2) 참여대학원생 학술대회 발표 실적의 우수성

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
1	<p style="text-align: center;"> <b>안정화제를 적용한 비소오염 토양의 전기비저항과 용출 특성 평가</b>  <b>학술대회: 2021 한국환경준설학회 춘계 학술대회</b>  <b>학술대회 주관기관: 한국환경준설학회</b>  <b>학술대회 기간: 2021년 6월 4일</b> </p> <p>안정화 고형화 공법은 토양 내 오염 물질을 안정한 형태로 변형시켜 독성을 감소시키거나 이동성을 저해하는 공법임. 특히, 넓은 부지에 적용 시 경제성을 확보할 수 있다는 장점이 있음. 그러나, 오염물질을 영구적으로 제거하는 공법이 아니기 때문에 지속적인 모니터링이 필요함.</p> <p>본 논문에서는 기존의 모니터링 방법인 화학적인 분석과 더불어, 광물 및 자원 탐사에 활용되었던 물리탐사 기법을 복합적으로 활용하여 경제성과 신속성을 확보할 수 있는 모니터링 방법을 제시함. 화학적 분석을 통한 용출 특성과 물리탐사 기법을 적용한 전기비저항 측정과의 상관성을 도출하여 정확성을 확보함.</p> <p>본 논문은 향후 환경 모니터링 시장에서 30% 이상 비용 절감 효과와, 시간 소모적인 모니터링 방법을 보완 및 극복하여 적극 활용될 수 있을 것으로 예상됨.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
2	<p style="text-align: center;">Carbon mitigation potential of modular construction: First estimate of the environmental impacts of a modular and reinforced concrete building in Korea.</p> <p style="text-align: center;"><b>학술대회: International Industrial Ecology Day</b>  <b>학술대회 주관기관: The International Society for Industrial Ecology</b>  <b>학술대회 기간: 2021년 6월 21일</b></p> <p>건물 부문의 탄소저감 전략으로 제로에너지빌딩과 리모델링이 주로 추진되고 있으나, 이러한 전략만으로는 2050년 탄소중립을 달성하는데 한계가 있음. 더욱 적극적인 탄소저감을 위해서는 건물 사용단계에서 에너지 효율을 높이는 전략 뿐 아니라 생산-소비-폐기 전 단계에서 물질자원을 더욱 효율적으로 사용하는 다양한 자원효율 전략이 필요함. 특히 모듈러 건축기법은 건축물의 일부를 공장에서 생산 및 제작하여 현장에서 조립하는 건축방식으로, 생산성을 높이고 공사기간을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 건설폐기물 발생을 줄이고 건물 해체 후 재활용을 높일 수 있는 장점이 있음. 모듈러 건축공법의 이러한 특징은 건축물 건설 및 해체 단계에서의 탄소배출 저감에 기여할 수 있을 것으로 예상됨.</p> <p>본 연구에서는 기존 철근콘크리트 건축방식과 모듈러 건축방식의 효과를 비교하기 위해 동일한 디자인으로 설계된 광양 공동주택(기숙사)을 대상으로 전과정평가(Life Cycle Assessment)를 실시, 두 건축물의 탄소배출 및 환경적 효과를 비교분석하였음. 기능단위는 단위면적 1제곱미터로 하고, 6가지 공종(철근콘크리트, 수장공사, 미장공사, 도장공사, 타일공사, 철골공사)에 대해 자재 생산, 모듈러 공장제작, 모듈러 수송, 현장시공을 평가하였음. 분석에는 설계시 추정된 주요 자재 및 에너지 투입량, 국토부 및 환경부의 LCI 데이터베이스, Ecoinvent 3.6을 활용하였으며, 영향평가방법으로는 ReCiPe를 사용하였음.</p> <p>일차 분석 결과, 모듈러 건축방식이 철근 콘크리트 건축방식에 비해 온실가스 배출이 17% 정도 낮게 나타남. 이는 단위면적당 27 kg CO<sub>2</sub>e 정도로, 광양생활관 전체로는 768톤의 온실가스를 저감할 수 있는 것으로 추정됨. 온실가스 배출을 가장 크게 좌우하는 요소는 콘크리트와 철의 사용으로, 모듈러 방식에서는 철근콘크리트 사용을 줄이고 철골을 사용함으로써 총 온실가스배출이 감소하는 영향이 크게 나타남. 반면 모듈러 방식에서 장비 사용 증가나 모듈러 운송으로 인한 탄소 배출 증가 기여도는 미미하게 나타남. 평가된 18개 환경영향 범주 중 인간환경독성, 해양생태독성, 육상생태독성, 금속자원 소비 측면을 제외한 나머지 부분에서 모듈러의 환경영향이 철근콘크리트 방식에 비해 73-97% 정도로 작게 나타남. 이를 통해 건물의 탄소배출과 환경영향을 줄이기 위해서는 자재의 선택이 중요한 것을 알 수 있음.</p> <p>본 연구는 철근콘크리트 및 모듈러 건축공법의 비교목적으로 설계된 건축물의 실제 데이터를 활용하여 국내 모듈러 건축 방식의 탄소배출 저감 효과와 환경성을 평가하였다는데 의미가 있음. 향후 여러 모듈러 건축공법 종류별 사례에 대한 분석을 통해 환경성 평가의 신뢰성을 제고하고, 모듈러 건축공법 적용 시 환경영향을 줄이기 위한 방안 도출이 필요할 것을 보임.</p>

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
3	<p style="text-align: center;"><b>제3차 국가기후변화적응대책('21~'25) 일부 주요과제에 대한 사회적 수용성 연구</b>  <b>학술대회: 2021 한국기후변화학회 상반기 학술대회</b>  <b>학술대회 주관기관: 한국기후변화학회</b>  <b>학술대회 기간: 2021년 6월 17일-18일</b></p> <p>■ 연구의 의의 : 산업사회 문제해결 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 현재 산업사회에서 중요한 문제 중의 하나는 과거 산업화 과정에서 대기 중에 배출되었던 온실가스가 축적됨으로써 현재 발생하는 이상기상으로 인한 피해 대응방안을 수립하는 것임</li> <li>• 장기적인 대응방안은 현재에도 여러 업종의 생산공정에서 배출되고 있는 온실가스를 줄이는 기후변화 완화(mitigation)이며, 단기적인 대응방안은 현재 발생하는 이상기상에 잘 적응하거나 이용하는 기후변화 적응(adaptation)임</li> <li>• 즉 산업사회 문제 중 하나인 기후변화에 대해 적응정책의 효과를 높이기 위해서는 정책이행의 선결조건인 국민의 수용성을 높여야 하므로 이를 가시적으로 확인할 수 있는 수단이 필요함</li> <li>• 본 연구는 수립된 정책에 대해 조건부가치평가법(Contingent Valuation Method, CVM)을 적용, 국민의 지불의사금액(Willingness To Pay)을 추산하여 그 수용성을 판단할 수 있는 방법을 제안하였다는 것에 의의가 있음</li> </ul> <p>■ 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 해외의 경우 파키스탄, 말레이시아, 방글라데시, 이란 등에서 정부정책보다는 하위 수준인 프로그램(program)*에 대한 수용성 관련 연구가 대부분임</li> <li style="padding-left: 20px;">* 농업부문 지원, 도시열섬 완화 등</li> <li>• 국내의 경우 실제 정책에 대한 사회적 수용성 관련 연구는 아직 없고, 미래의 폭염으로 인한 고령층 사망 저감 대책, 한파 시 난방비 지원 및 주택개조 사업 등 가상의 정책에 대한 지불의사액을 추산한 연구가 있음</li> <li>• 본 연구는 과거부터 시행되어 온 국가 수준의 정책에 대해 조건부가치평가법을 적용하여 사회적 수용성을 판단할 수 있는 방법을 제안하였다는 점에서 차별성이 있음</li> </ul> <p>■ 특징 : 기술-정책 융합 또는 국제화 측면</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기술 - 정책 융합 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 지불의사액을 통한 수용성 판단 시 결과에 대한 신뢰성을 높이기 위해서는, 선결조건으로 설문대상에 대해 응답자가 과거부터 많이 노출되어 응답자 나름대로 이미 어느 정도 정보 또는 지식이 축적되어 있어야 함</li> <li>• 상기 선결조건이 충족될 경우 특정기술과 연계된 정책에 대해 그 사회적 수용성을 조건부가치평가법으로 평가할 수 있고, 그 결과에 대한 신뢰성 역시 담보될 것으로 판단됨</li> </ul> </li> <li>○ 국제화 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 동일한 내용의 정책이라 하더라도 그에 대한 응답자의 이해도는 다를 수 있으므로 먼저 사회적 수용성을 판단하고자 하는 대상에 대한 응답자의 이해도를 먼저 살펴 이 방법론을 적용한다면 제한된 범위에서 국제화가 가능할 것으로 판단됨</li> </ul> </li> </ul>

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
4	<p style="text-align: center;"> <b>Micro Tuning of Wide-bandgap Perovskite Lattice Plane for Efficient and Robust High-voltage Planar Solar Cells Exceeding 1.5V</b>  <b>학술대회:PVSEC-30&amp;GPVC 2020</b>  <b>학술대회 주관기관:Korea Photovoltaic Society (KPVS)</b>  <b>학술대회 기간:2020년 11월 8일-13일</b> </p> <p>페로브스카이트 반도체 물질이 태양전지 연구에 사용된지 10년만에 25% 이상의 에너지 변환효율을 달성하며 기존 실리콘 태양전지 대비 경쟁력 있는 태양광 소자로 각광 받고 있음. 페로브스카이트 물질은 물질의 조성에 따라 밴드갭을 조절할 수 있으며, 현재 고효율 페로브스카이트 태양전지로 연구되고 있는 페로브스카이트 물질은 대부분 약 1.5~1.7eV 정도로 낮은 밴드갭을 가지는 것이 대부분임</p> <p>본 연구에서는 FAPbBr<sub>3</sub>라는 밴드갭 2.2eV 이상의 넓은 밴드갭을 가진 페로브스카이트 물질을 이용하여 태양전지 소자를 제작하였음. CsBr 첨가제를 이용해 페로브스카이트 결정의 방향성 및 grain 크기를 향상 시켰으며, 진공을 활용한 페로브스카이트 코팅 방식을 이용해 불순물을 제거하였으며 결과적으로 최대 약 1.516V의 고전압 소자 제작에 성공하였음</p> <p>본 연구에서 제작한 넓은 밴드갭을 가지는 페로브스카이트 태양전지는 기존의 1.5~1.7eV의 밴드갭을 가지는 페로브스카이트 태양전지에 비해 밴드갭이 넓기 때문에 발생시킬수 있는 전류가 적어 효율은 현저히 낮지만, 매우 높은 전압을 낼수 있으며, 투명도가 우수함. 또한, Br 계열의 페로브스카이트는 수분과 열에 대한 안정성이 매우 우수하며, 모든 제작 과정이 150도 이하의 저온에서 진행되므로 상용화에 용이함. 현재 25 cm<sup>2</sup>의 대면적 기판을 이용한 소자 제작에 성공하였음</p> <p>이러한 넓은 밴드갭을 가지는 고전압 페로브스카이트 태양전지를 광전극으로 활용해 다가올 수소 경제를 대비한 물 분해 장치 제작에 사용될 수 있으며, 높은 가시광 투과도를 이용한 BIPV용 태양전지 및 탠덤구조 태양전지로 활용이 가능함. 따라서, 본 연구는 여러 분야에 적용이 가능한 범용성 높은 기술로 미래 신재생에너지 기술 발전에 큰 기여를 할 것으로 보임</p>

연번	참여대학원생 학술대회 대표업적물 설명
5	<p>Steric hindrance regulated chemical bath deposition of tin oxide electron transport layer for efficient perovskite solar cells with a reduced potential loss            학술대회: Nano Korea 2021</p> <p>학술대회 주관기관: 과학기술정보통신부, 산업통상자원부 나노기술연구협의회, 나노융합산업연구조합            학술대회 기간: 2021년 7월 7일-9일</p> <p>■ 연구의 의의 : 산화 주석 전자수송층 박막공정 제어를 통한 페로브스카이트 태양전지 효율 증대</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 페로브스카이트 태양전지는 전환효율과 더불어 태양전지의 장기안정성에 대한 중요성도 부각되었고 그에 따라 전자수송층의 소재로 사용되었던 산화 티타늄(TiO<sub>2</sub>)의 자외선 안정성을 보완하면서 전하 수송 메커니즘 측면에서 우위에 있는 소재인 산화 주석(SnO<sub>2</sub>)에 대한 연구가 활발히 진행되었음</li> <li>• 산화 주석 박막공정으로 여러 공정들이 발표되었고, 그 중, 비용효율적인 특징의 용액공정으로서 주로 사용되는 스핀 코팅(spin-coating)은 기판 표면, 대기 환경 등에 대한 의존적인 성질이 나타남</li> <li>• 용액 공정의 하나로 용액 공정의 하나로 스핀 코팅의 단점을 보완하면서 대면적 공정이 가능한 화학적 수조 증착법(Cheical Bath Deposition, CBD)은 전구체의 빠른 상변화에 의한 저조한 형태적 특성이 초래됨</li> <li>• 본 연구는 전구체 용매의 조절을 통해 화학적 수조 증착법의 입자 형성 메커니즘을 제어하여 산화 주석의 박막 형태와 화학적 특성을 증대하였다는 점에서 의의가 있음</li> </ul> <p>■ 차별성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 발표된 화학적 수조 증착법은 공정에 소요되는 시간이 몇 시간 단위이며, 여러 단계로 공정이 구성되어 있음</li> <li>• 발표된 관련 연구의 수가 많지 않고, 최근 화학적 수조 증착법의 반응 단계를 분석한 논문이 Nature 지에 게재되면서 중요성이 부각되었음</li> <li>• 본 연구는 간편한 방법으로 공정을 개선하였고 한 시간 이내로 공정 시간을 단축하였다는 측면에서 차별성이 있음</li> </ul> <p>■ 연구 결과</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 전구체 용매로 기존 에탄올에서 글리세롤로 변경한 결과, 산화 주석 박막을 구성하는 입자의 크기가 줄어들었고, 균일한 step-coverage를 나타내었음</li> <li>• XPS 분석 결과, 산화 주석의 binding energy가 증가하였고 oxygen vacancy가 9.9 %로 감소되었음</li> <li>• 글리세롤-산화주석 전자수송층 기반 페로브스카이트 태양전지는 개선된 밴드 정렬, 전자-정공 재결합 감소, 전하 트랩 감소를 나타내었고, 전환효율과 장기안정성이 개선되었으며 최종적으로 21.8 %의 효율을 기록함</li> </ul>

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
1	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2020 한국세라믹학회 추계학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201123-20201125
	⑦ 주관기관	한국세라믹학회
	⑧ 발표논문명	Unveiling the Correlation Between Cathode Material Particle Size and Electrochemical Performance in All-solid-state Batteries
	⑨ 발표논문 공동저자	

연번	참여대학원생 학술대회 발표 실적 상세내용	
2	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	Self-aggregation controlled rapid chemical bath deposition of SnO <sub>2</sub> layers and stable dark depolarization process for highly efficient planar perovskite solar cells
	⑨ 발표논문 공동저자	
3	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	PbCl <sub>2</sub> -assisted Pbl <sub>2</sub> passivation in planar heterojunction perovskite solar cells
	⑨ 발표논문 공동저자	
4	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	Poly(methyl Methacrylate) Embedded Perovskite Films for Improving Solar Cell Performance
	⑨ 발표논문 공동저자	
5	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	Patterning of perovskite by UV-curable epoxy resin imprinting
	⑨ 발표논문 공동저자	

연번	학회발표실적 상세내용	
6	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	Dew Point Temperature as an Invariant Replacement for Relative Humidity for Advanced Perovskite Solar Cell Fabrication Systems
	⑨ 발표논문 공동저자	
7	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	Micro Tuning of Wide-bandgap Perovskite Lattice Plane for Efficient and Robust High-voltage Planar Solar Cells Exceeding 1.5V
	⑨ 발표논문 공동저자	
8	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	Nano Korea 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	과학기술정보통신부, 산업통상자원부 나노기술연구협의회, 나노융합산업 연구조합
	⑧ 발표논문명	Steric hindrance regulated chemical bath deposition of tin oxide electron transport layer for efficient perovskite solar cells with a reduced potential loss
	⑨ 발표논문 공동저자	
9	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	Nano Korea 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	과학기술정보통신부, 산업통상자원부 나노기술연구협의회, 나노융합산업 연구조합
	⑧ 발표논문명	The energy-level-tuned-TiO <sub>2</sub> /SnO <sub>2</sub> electron transport bilayer for high efficiency perovskite solar cells over 22%
	⑨ 발표논문 공동저자	
10	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	FABRICATION OF PEROVSKITE THIN FILMS USING 2-STEP DRY PROCESS
	⑨ 발표논문 공동저자	

연번	학회발표실적 상세내용	
11	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	Steric effect-adopted chemical bath deposition of tin oxide electron transport layer for efficient perovskite solar cells
	⑨ 발표논문 공동저자	
12	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	The energy-level-tuned-TiO2/SnO2 electron transport bilayer for high efficiency perovskite solar cells over 22%
	⑨ 발표논문 공동저자	
13	① 구두/포스터 발표	
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2021 한국기후변화학회 상반기 학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210617-20210618
	⑦ 주관기관	한국기후변화학회
	⑧ 발표논문명	제3차 국가기후변화적응대책('21~'25) 일부 주요과제에 대한 사회적 수용성 연구
	⑨ 발표논문 공동저자	
14	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	International Industrial Ecology Day 2021
	⑤ 개최국가	온라인(Virtual)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210621
	⑦ 주관기관	International Society for Industrial Ecology
	⑧ 발표논문명	South Korea's management of plastics: Establishing plastics physical accounts for the year 2017-2019
	⑨ 발표논문 공동저자	
15	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2021 한국지하수토양환경학회 춘계학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210422-20210423
	⑦ 주관기관	한국지하수토양환경학회
	⑧ 발표논문명	전기비저항과 유도분극 측정을 통한 안정화 적용 비소 오염 토양의 평가 및 모니터링
	⑨ 발표논문 공동저자	

연번	학회발표실적 상세내용	
16	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	International Industrial Ecology Day 2021
	⑤ 개최국가	온라인(Virtual)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210621
	⑦ 주관기관	International Society for Industrial Ecology
	⑧ 발표논문명	Carbon mitigation potential of modular construction: First estimate of the environmental impacts of a modular and reinforced concrete building in Korea
	⑨ 발표논문 공동저자	
17	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	International Industrial Ecology Day 2021
	⑤ 개최국가	온라인(Virtual)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210621
	⑦ 주관기관	International Society for Industrial Ecology
	⑧ 발표논문명	Energy cost of centralized and decentralized water supply : Assessment of energy embodied in water metabolic flows of two cities in Gyeonggi Province, Korea
	⑨ 발표논문 공동저자	
18	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	TOWARD UPSCALING OF PEROVSKITE SOLAR CELLS , HISTORICAL ANALYSIS OF COMMERCIALIZED SOLAR CELLS
	⑨ 발표논문 공동저자	
19	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	HIGHLY EFFICIENT CRYSTALLINE SILICON SOLAR CELLS USING PASSIVATING CONTACTS
	⑨ 발표논문 공동저자	
20	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2021 한국지하수토양환경학회 춘계학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210422-20210423
	⑦ 주관기관	한국지하수토양환경학회
	⑧ 발표논문명	화학물질에 의한 토양 오염 후 식물과 토양 미생물 대사체 변화 평가
	⑨ 발표논문 공동저자	

연번	학회발표실적 상세내용	
21	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	EFFICIENCY IMPROVED BY NOVEL ACIDIC TEXTURING PROCESS FOR SAW-DAMAGE FREE KERFLESS MULTICRYSTALLINE SILICON SOLAR CELLS
	⑨ 발표논문 공동저자	
22	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	PASSIVATED CONTACT OF BORON DOPED POLYSILICON USING SPIN-ON DOPANT
	⑨ 발표논문 공동저자	
23	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	FABRICATION OF OPTICAL FILTERS IMPROVING SHORT WAVELENGTH LIGHT TRAPPING FOR PEROVSKITE SILICON TANDEM SOLAR CELLS
	⑨ 발표논문 공동저자	
24	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	ENHANCING HYDROGENATION FOR ANALYSIS OF LETID EXPLAINING THE HYDROGEN BEHAVIOR ON THE N-TYPE EMITTER
	⑨ 발표논문 공동저자	
25	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2021 한국세라믹 학회 춘계학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210616-20210618
	⑦ 주관기관	한국세라믹 학회
	⑧ 발표논문명	Exsolution된 Ru촉매의 특성 분석 및 상압에서 암모니아 합성 평가
	⑨ 발표논문 공동저자	

연번	학회발표실적 상세내용	
26	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	THE INFLUENCE OF ITO CAPPING ON THE MOLYBDENUM OXIDE STABILITY AS A HOLESELECTIVE CONTACTS
	⑨ 발표논문 공동저자	
27	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	ETCHING OF SILICON WAFERS FOR SOLUTION-PROCESSED PEROVSKITE TANDEM SOLAR CELLS
	⑨ 발표논문 공동저자	
28	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	APPROACHING THE SCREEN-PRINTED CONTACTS FORMATION USING CU-AG CORESHELL PASTES IN PERC SOLAR CELLS
	⑨ 발표논문 공동저자	
29	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	COMPARISON BETWEEN VERTICAL TYPE AND CONVENTIONAL SILICON PV MODULE
	⑨ 발표논문 공동저자	
30	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2021 한국지하수토양환경학회 춘계학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210422-20210423
	⑦ 주관기관	한국지하수토양환경학회
	⑧ 발표논문명	흡착제를 활용한 수중 화학사고물질 저감
	⑨ 발표논문 공동저자	

연번	학회발표실적 상세내용	
31	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	FABRICATION OF CONFORMAL PEROVSKITE THIN FILMS ON TEXTURED SILICON SURFACE USING ALL DRY PROCESS
	⑨ 발표논문 공동저자	
32	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	PEROVSKITE SOLAR CELL ON STAINLESS STEEL(SUS) SUBSTRATE
	⑨ 발표논문 공동저자	
33	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	FORMATION OF UNIFORM PEROVSKITE CRYSTAL IN AMBIENT HUMIDITY CONDITION BY USING DIETHYL ETHER AS ANTI-SOLVENT
	⑨ 발표논문 공동저자	
34	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	DEPOSITION TIN OXIDE ELECTRON TRANSPORT LAYER ON TEXTURED SUBSTRATE BY RF SPUTTERING
	⑨ 발표논문 공동저자	
35	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2021 춘계 지질과학기술 공동학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210623-20210624
	⑦ 주관기관	대한자원환경지질학회
	⑧ 발표논문명	안정화제를 혼합한 비소 오염 토양의 용출 특성 평가와 전기비저항 및 유도분극 측정을 통한 모니터링
	⑨ 발표논문 공동저자	

연번	학회발표실적 상세내용	
36	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	PVSEC-30 & GPVC 2020
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201108-20201113
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	POLARIZING PEROVSKITE SOLAR CELL WITH PATTERNED BOTTOM ELECTRODE
	⑨ 발표논문 공동저자	
37	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	EMRS Spring Meeting 2021
	⑤ 개최국가	Virtual Conference (France)
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210531-20210604
	⑦ 주관기관	European Materials Research Society
	⑧ 발표논문명	Monolithic Perovskite/Silicon Tandem Solar Cells with a High Open-Circuit Voltage on 25 cm <sup>2</sup>
	⑨ 발표논문 공동저자	
38	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	48th IEEE Photovoltaic Specialists Conference (PVSC 48)
	⑤ 개최국가	Virtual Conference
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210620-20210625
	⑦ 주관기관	Institute of Electrical and Electronics Engineers(IEEE)
	⑧ 발표논문명	Monolithic perovskite-silicon tandem cells using molybdenum oxide hole selective contact silicon solar cells as bottom structures
	⑨ 발표논문 공동저자	
39	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	EVALUATION OF POTENTIAL-INDUCED DEGRADATION (PID) AND RECOVERY IN CIGS THIN FILM SOLAR CELLS
	⑨ 발표논문 공동저자	
40	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2021 한국환경준설학회 춘계 학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210604
	⑦ 주관기관	한국환경준설학회
	⑧ 발표논문명	안정화제를 적용한 비소오염 토양의 전기비저항과 용출 특성 평가
	⑨ 발표논문 공동저자	

연번	학회발표실적 상세내용	
41	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	Carbon Nanotube Electrode-Based Perovskite-Silicon Tandem Solar Cells
	⑨ 발표논문 공동저자	
42	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	STRUCTURAL SHUNT DEFECTS IN CIGS SOLAR MODULES
	⑨ 발표논문 공동저자	
43	① 구두/포스터 발표	구두 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	Plasma damage etching for textured multi-crystalline silicon surface by reactive ion etching method
	⑨ 발표논문 공동저자	
44	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	CONFIRMATION OF THE EFFECT OF LUMINESCENT SOLAR CONCENTRATOR USING SILICON SOLAR CELLS FOR PV MODULE
	⑨ 발표논문 공동저자	
45	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2021 한국환경준설학회 춘계 학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210604
	⑦ 주관기관	한국환경준설학회
	⑧ 발표논문명	유해화학물질로 오염된 퇴적토양에서 재배된 식물의 대사체 분석을 통한 퇴적토 생태건강성 평가방법
	⑨ 발표논문 공동저자	

연번	학회발표실적 상세내용	
46	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	OPTICAL FILTER DESIGN IMPROVING PEROVSKITE SHORT CIRCUIT CURRENT FOR PEROVSKITE/SILICON TANDEM SOLAR CELLS
	⑨ 발표논문 공동저자	
47	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	COMPOSITION PROFILE CONTROL OF CIGS THIN FILMS FABRICATED BY MOCVD METHOD BY ANNEALING PROCESS
	⑨ 발표논문 공동저자	
48	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	MONOLITHIC PEROVSKITE-CARRIER SELECTIVE CONTACT SILICON TANDEM SOLAR CELLS USING MOLYBDENUM OXIDE AS A HOLE SELETIVE LAYER
	⑨ 발표논문 공동저자	
49	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	Developed hydrogenation for LeTID via nuderstandig the ydrogen distrbution through te n-type miter
	⑨ 발표논문 공동저자	
50	① 구두/포스터 발표	
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국제
	④ 학술대회명	2nd Engineering Sustainable Development
	⑤ 개최국가	Virtual Conference
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201215-20201217
	⑦ 주관기관	AICHe, APRU
	⑧ 발표논문명	Developing a National Plastics Account of South Korea
	⑨ 발표논문 공동저자	

연번	학회발표실적 상세내용	
51	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	Historical Investigation of Commercialized Solar Cells for Upscaling of Perovskite and Emerging Solar Cells
	⑨ 발표논문 공동저자	
52	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	Vacuum-deposition of lead iodide and its conversion to perovskite
	⑨ 발표논문 공동저자	
53	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	SILICON MORPHOLOGY CONTROL FOR CURRENT IMPROVEMENT IN PEROVSKITE/SILICON TANDEM SOLAR CELLS
	⑨ 발표논문 공동저자	
54	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	ENHANCING ELECTRICAL AND OPTICAL PROPERTIES OF ETL AND PEROVSKITE LAYER USING MACL-PASSIVATED TIN OXIDE LAYER FOR PEROVSKITE SOLAR CELLS
	⑨ 발표논문 공동저자	
55	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2021 한국환경준설학회 춘계 학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210604
	⑦ 주관기관	한국환경준설학회
	⑧ 발표논문명	퇴적토 오염방지를 위한 화학물질 흡착제 연구
	⑨ 발표논문 공동저자	

연번	학회발표실적 상세내용	
56	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	CRYSTALLIZATION-ASSISTED SURFACE TEXTURING OF DIAMOND-WIRE SAWN MULTICRYSTALLINE SILICON WAFERS BY CONTROLLING THE NATIVE SURFACE AMORPHOUS SILICON LAYER
	⑨ 발표논문 공동저자	
57	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	EFFECTS OF LOW-TEMPERATURE METALLIZATION VIA CURRENT INJECTION METHOD ON SILICON SOLAR CELLS
	⑨ 발표논문 공동저자	
58	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	INFRARED POLARIZING PEROVSKITE SOLAR CELL WITH LINE-PATTERNED ELECTRODE
	⑨ 발표논문 공동저자	
59	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2021년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	GPVC 2021
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20210707-20210709
	⑦ 주관기관	사단법인 한국태양광발전학회 (KPVS)
	⑧ 발표논문명	A Monolithic Perovskite/Silicon Tandem Solar Cells with a n-type Homo-junction Tunnel Oxide Passivated Contact
	⑨ 발표논문 공동저자	
60	① 구두/포스터 발표	포스터 발표
	② 연도	2020년
	③ 국내/국제 학회여부	국내
	④ 학술대회명	2020 한국세라믹 학회 추계학술대회
	⑤ 개최국가	한국
	⑥ 개최일(YYYYMMDD)	20201123-20201125
	⑦ 주관기관	한국세라믹 학회
	⑧ 발표논문명	상압 조건 암모니아 합성을 위한 Ru exsolution 촉매 합성 및 특성 분석
	⑨ 발표논문 공동저자	

### 3) 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

- **(특허)** 참여대학원생의 경우 장기간의 준비 및 승인 기간 등을 요구하는 특허, 기술이전, 창업 등의 개인실적을 내기가 현실적으로 쉽지 않음. 특허의 경우, 본 교육연구단 소속의 참여대학원생은 지도교수의 연구팀 소속으로 특허출원 및 특허등록과정에 활발히 참여중임. (본 보고서 83-94 페이지 참고).
  
- **(기술이전)** 현재 교내 산학협력단 ‘기술산업화센터’에서는 대학원생들의 특허 및 기술이전에 대한 교육을 진행중이고, 본 교육연구단에서는 관심있는 참여대학원생에 한해 기술산업화센터를 연결시켜주고 있음. 하지만 코로나로 인해 특허 및 기술이전에 대한 교육들에 대한 행사가 전면 중단되어 대면 미팅 최소화로 인해 신입교원만을 한정하여 소규모 랩미팅만을 진행중임. 올해 안에는 코로나로 인해 특허 및 기술이전과 관련된 교육 개설 예정은 미정이며, 오프라인, 온라인 설명회나 강연들에 대한 개최 여부도 아직 확정된 것이 없는 실정임.
  
- **(창업)** 현재 본 교육연구단 소속 참여대학원생중 지난 사업년도 동안 창업을 기획중이거나 창업을 완료한 학생은 없음. 다만 교내 산학협력단에서 학생들의 창업에 대한 여러 가지 교육 및 행사를 주최하고 있으며, 창업 관심 학생이 있을 경우 산학협력단에서 주최한 교육 및 관련행사에 대한 공지 및 여러 가지 지원을 계획하고 있음.
  - (산학협력단-기술사업화센터 & 한국연구재단) 예비창업자를 위한 기술창업 기본교육 (KUEE, Korea University Entrepreneurship Education)을 주 2회 온라인으로 진행. 각 강의당 90분이내.
  - (산학협력단) 공공기술기반 시장연계 창업탐색지원사업: 해외진출 창업실무교육
  - (산학협력단-기술사업화센터) KU 실험실 창업 교육 프로그램 운영
  - (크립슨창업지원단) 현재 교내 크립슨창업지원단에서는 대학원생 프로그램으로 창업강좌/창업동아리/기술개발자교육 등을 운영중임.

#### 4. 신진연구인력 현황 및 실적

##### 가. 신진연구인력 확보 및 지원

- **(우수인력 확보)** 해외 학회와 우수 저널의 지면을 통해 신진연구인력을 구하는 광고를 내고, 여러 협회를 통한 적극적인 홍보 활동을 펼쳐 연 2~3인의 신진연구인력을 확보계획.
- 본 교육연구단은 최근 1년 동안 연구재단 우수인력 지원사업을 통해 총 2명의 신진인력을 확보하였음(표-22).

〈표 II-22〉 우수 신진연구인력 확보 현황

이름	연구 분야 및 성과
	(재직 중) 에너지 저장소재 전공 공학자로서 기술트랙 학생 논문지도 및 공동연구를 수행 중
	(재직 중) 자원·환경 경제학을 전공한 경제학자로서 재직 중 정책트랙 학생 논문지도 및 공동연구를 수행 중

- **(안정된 계약 기간 및 급여 보장)**
  - 계약 기간 명시 및 안정된 계약 기간 보장
  - 연구 지속성 향상을 위해 안정된 급여 수준(교내 경력에 따른 호봉 수준 고려하여 지급) 보장
  - 대학원 차원의 연구 교원 지원사업(박사후연구원 포함 연구 교원의 인건비 년 1,200만원에서 2,400만원 지원) 활용
  - (현황) 신진인력에게 안정된 계약기간을 보장하고 2021년도 급여수준을 첫 번째 사업시행연도인 2020년 대비 약 16.7프로 인상함.
- **(우수연구 성과급 지급)**
  - 우수 연구업적에 대한 사업단 자체 평가를 통해 성과급 지급: 연구과제 연구활동비, 운영비 및 고려대 대응자금 활용
  - 대학원 차원의 Junior Fellow-Research Grant 제도(인문사회계열 우수 연구자를 위한 연구지원제도로 1인당 연구비 300만 원씩 지원) 활용
  - (현황) 대학원 우수연구 성과급 기준이 고려대학교 전임교원만을 대상으로 하기 때문에, 비전임교원으로 분류된 신진인력에 대학 우수연구 성과급 지급이 불가함. 추후 이에 대한 검토와 개선이 필요함.
- **(연구공간 및 학술 활동 지원)**
  - 연구 활동에 필요한 연구공간 제공 및 개인 컴퓨터 등 물품 지급
  - 학제간연구회 지원사업 등 연구 활동을 위한 본교 사업과 외부 과제 수행 지원
  - 국제/국내 학회 참가 시 경비 제공: 항공료, 숙박비, 식비, 등록비 등 전액 지급
  - (현황) 본 사업단은 각 신진인력에게 연구공간 및 개인 컴퓨터 등 연구에 필요한 환경을 제공하고 융합연구 및 학회참석에 필요한 충분한 인력과 예산을 확보함.
- **(커리어 발전 지원)**
  - 예비교수자 수업과 영어 교수법 강의(English Mediated Instruction) 수업을 적극적으로 활용하여 교수법을 배우고 개선해 나가는 등 커리어 발전을 지원
  - (현황) 현재 재직중인 신진인력들은 기존 수년간 다수 과목의 영어강의 경력을 가지고 있어 본인들의 희망에 따라 커리어 발전에 더욱 필요한 연구 능력 증진 및 실적을 높이는데 초점을 둬.

나. 신진연구인력 연구역량 대표실적

연번	신진연구 인력명	연구자 등록번호	이공계열/인 문사회계열	전공분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용
				세부전공 분야		
대표연구업적물의 적합성과 우수성						
1			인문사회계열	경제학	저널 논문	①저자명:
				환경경제학		②논문제목: Air Pollution, Health, and Avoidance Behavior: Evidence from South Korea
						③학술지명: Environmental and Resource Economics
						④권(호), 페이지: 79(1), 63-91
						⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 0명
						⑥게재연도: 2021년
						⑦DOI 번호(해당시): 10.1007/s10640-021-00553-1
<p>본 연구는 대기오염농도가 호흡기질환에 미치는 영향에 대해 연구함. 본 연구는 미세먼지 (PM10)와 오존 농도의 증가가 호흡기질환 관련 외래진료 방문 횟수를 유의미하게 증가함을 보이고, 인구밀도가 높은 곳, 어린이, 그리고 기저호흡기질환이 없는 사람들이 더 민감하게 반응하는 것을 보임. 본 논문의 학계의 기여도는 두 부분으로 나뉠수 있는데, 첫번째는 대기오염의 건강피해 분석을 위해 전국적인 대표 샘플을 사용한 것이고, 두번째는 대기오염농도와 병원외래진료 방문간에 존재하는 내생성을 통제하기 위해 두 가지 다른 방법론(대기오염정보, 도구변수)을 사용하고, 여러 내생성을 통제하는데 도구 변수방법론이 우월함을 보임. 본 논문은 같은 대기오염의 증가분도 인구의 그룹별 (나이, 지역, 기저질환여부)로 달리 반응하기 때문에, 대기오염에 관한 국민행동요령을 조금 더 세심하게 수정 및 보완할 필요가 있음을 보임.</p>						

연번	신진연구 인력명	연구자 등록번호	이공계열/인 문사회계열	전공분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용
				세부전공 분야		
<b>대표연구업적물의 적합성과 우수성</b>						
2			인문사회계열	경제학	저널 논문	①저자명:
				환경경제학		②논문제목: Increasing livestock grazing, the unintended consequence of community development funding on giant panda habitat ③학술지명: Biological Conservation ④권(호), 페이지: 257, 109074 ⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 0명 ⑥게재연도: 2021년 ⑦DOI 번호(해당시): 10.1007/s10640-021-00553-1
<p>ICDP(통합 보존 및 개발 프로젝트)는 생물다양성 손실을 방지하고 지역사회 개발을 위한 이상적인 접근법 중 하나로 인식되지만, 불행하게도 최근 ICDP의 실패 사례가 증가하면서 빈곤 완화와 보전 사이의 연관성에 많은 논란의 여지를 만들었다. 따라서 본 연구팀은 2004년 중국 최초로 ICDP 프로젝트가 시행된 지역을 12년 만에 재방문하여 증가된 방목가축이 판다 서식지에 미친 영향에 대한 분석을 함. 본 논문은 가축 활동의 약 76%가 판다 서식지에서 이루어지고 ICDP 기금을 지원 받을 시, 한 가구가 가축을 소유할 가능성이 높아짐을 보임. ICDP 참여는 방목되는 소의 개체수를 약 83% 증가시켰고 방목되는 말의 개체수를 약 203% 증가함을 확인함. 본 논문의 결과는 특정 천연 자원에 대한 의존도를 줄이고 지역 사회의 발전을 도모하는 단기적인 재정지원 정책은 멸종 위기에 처한 종의 서식지 보존이라는 장기 목표를 달성하지 못할 수 있음을 보임.</p>						

연번	신진연구 인력명	연구자 등록번호	이공계열/인 문사회계열	전공분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용
				세부전공 분야		
<b>대표연구업적물의 적합성과 우수성</b>						
3			인문사회계열	경제학	저널 논문	①저자명:
				환경경제학		②논문제목: How Does an Environmental Amenity Attract Voluntary Migrants? Evidence from Ambient Air Quality in China
③학술지명: Sustainability						
④권(호), 페이지: 13(12), 6872						
⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 0명						
⑥게재연도: 2021년						
⑦DOI 번호(해당시): 10.3390/su13126872						
<p>본 논문은 노동자들의 이주결정과정에서 환경적 요인이 미치는 영향에 대해 분석함. 본 연구는 기존 거주지의 대기가 심각하게 오염이 된 날의 수가 증가할 수록 조금 더 환경적으로 깨끗한 지방으로의 이주 가능성이 증가함을 보임. 본 논문은 세부적인 이주자 데이터를 이용해서 순수한 본인의 의지로 이주지를 결정할 수 있는 요건을 가진 샘플만을 대상으로 분석을 진행함. 또한, 환경이주가 고소득/고학력층의 사치적인 회피행동이 아닌, 소득불균형으로 인해 발생한 저소득/저학력 계층의 건강피해를 줄이기 위한 불가피한 회피행동임을 보임. 환경적인 관심이 높아지고 있는 최근, 기존 논문들에서는 환경이주는 고학력/고소득층들의 삶의 질 개선을 위한 하나의 회피행동으로 정의함. 하지만 본 연구는 환경이주는 오히려 저학력/고령/저소득층과 같은 사회적인 약자 계층으로부터 더욱 선호되고, 이는 소득 불균형으로 인해 지속적으로 벌어지는 건강피해로 인해 벌어지는 어쩔수 없는 선택이었음을 시사함. 따라서 본 논문은 환경이주에 대한 정의를 새로이 하고, 사회적약자계층에 대한 정부의 조금 더 세심한 지원이 필요함을 시사함.</p>						

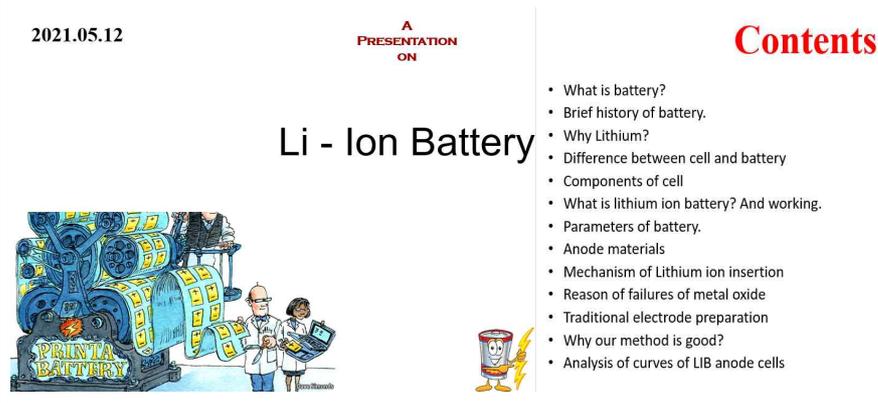
연번	신진연구 인력명	연구자 등록번호	이공계열/인 문사회계열	전공분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용
				세부전공 분야		
대표연구업적물의 적합성과 우수성						
			이공계열	Ceramic engineeri ng  Materials Science, Coatings & Films	저널 논문	①저자명: ②논문제목: Bimetallic ZnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> nanosheets prepared via electrodeposition as binder-free high-performance supercapacitor electrodes ③학술지명: Applied Surface Science ④권(호), 페이지: 559(1): 149951 ⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 2명 ⑥게재연도: 2021년 ⑦DOI 번호(해당시): 10.1016/j.apsusc.2021.149951
4						<p>Electroplating is a technology for forming metal and non-metal layers on the surface of a conductive material by applying an overpotential above a certain level. Through electroplating, functions such as corrosion resistance, hardness, and abrasion resistance can be given to the surface of materials and parts, or the added value of the final product can be increased by making the appearance beautiful.</p> <p>In this paper, binder-free bimetallic ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanosheets using electroplating were fabricated using one-step electrodeposition, which promoted good electrical contact between the ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanosheets and the nickel substrate. The metallic Zn and Fe from the cubic spinel structure of ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> attract electrolyte ions and increase energy storage capacity, yielding a specific capacitance of 1093F · g<sup>-1</sup> at a current rate of 1A · g<sup>-1</sup>. In addition, an optimal electrode composition was confirmed that exhibited an energy density of 54Wh · kg<sup>-1</sup> and a capacitance retention of 93.5% at N = 5000 charge/discharge cycles.</p> <p>This paper showed that the volume and performance can be improved by fabricating a binder-free supercapacitor electrode by performing metal plating on the electrode surface using electroplating. In recognition of this, it was published in Applied Surface Science.</p> <div style="text-align: center;"> </div>

연번	신진연구 인력명	연구자 등록번호	이공계열/인 문사회계열	전공분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용
				세부전공 분야		
<b>대표연구업적물의 적합성과 우수성</b>						
5			이공계열	Ceramic engineering	저널 논문	①저자명:
				Materials Science, Coatings & Films		②논문제목: Superhydrophobic antibacterial wearable metallized fabric as supercapacitor, multifunctional sensors, and heater
						③학술지명: Journal of Power Sources
						④권(호), 페이지: 506(15): 230142
						⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여 교수 수: 1명
						⑥게재연도: 2021년
						⑦DOI 번호(해당시): 10.1016/j.jpowsour.2021.230142
<p>As the hyper-connected/super-intelligent society of the 4th industrial revolution becomes a reality, the era of battery of things is opening in which all products are connected to batteries. Accordingly, the development of customized batteries with specifications and functions suitable for each electronic device beyond the conventional standardized energy storage device is a hot topic. In particular, in order to drive wearable electronic devices that can be bent or deformed, an energy storage device that is stable against mechanical deformation is required.</p> <p>In this paper, reduced graphene oxide (rGO), carbon nanotubes (CNTs), and copper nanoparticles were sprayed onto fabrics at supersonic speed to create a wearable energy storage device with multifunctional sensing. These wearable electronics demonstrate their suitability for smart sportswear, futuristic military uniforms, medical monitoring, human-machine interfaces and intelligent soft robotics due to their superhydrophobicity and antibacterial properties. The fabric is bendable, stretchable, and durable against external mechanical stress. There is. Due to the supersonic impact during coating, the deposited material adheres well to the fabric surface and retains its durable mechanical properties. The rGO/CNT/Cu coated fabric generates thermal energy by Joule heating when voltage is applied. This metallized fabric can also detect changes in ambient temperature and external strain. The antibacterial properties of the fabric destroy harmful microorganisms, potentially preventing the spread of disease. All of these unique properties of metallized fabrics make them suitable for use in future electronic fabrics useful for energy storage, heating, sensing, water repellency and antiviral applications.</p> <p>This paper describes a method for making a multifunctional metallic fiber that is mechanically stable, eco-friendly, antibacterial, and energy-storing by using an easy supersonic spray technique. In recognition of this, it was published in the Journal of Power Sources.</p>						

연번	신진연구 인력명	연구자 등록번호	이공계열/인 문사회계열	전공분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용
				세부전공 분야		
대표연구업적물의 적합성과 우수성						
6			이공계열	Ceramic engineer ing	저널 논문	①저자명:
				Materials Science, Coatings &Films		②논문제목: Flexible metallized carbon nanofibers decorated with two-dimensional NiGa <sub>2</sub> S <sub>4</sub> nanosheets as supercapacitor electrodes
						③학술지명: Chemical Engineering Journal
						④권(호), 페이지: 420(15): 130497
						⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교 수 수: 2명
						⑥게재연도: 2021년
						⑦DOI 번호(해당시): 10.1016/j.cej.2021.130497
<p>Herein, high-power flexible supercapacitor electrodes were fabricated by decorating Ni-electroplated carbon nanofibers (Ni@CNF) with two-dimensional NiGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> nanosheets. The electrical conductivity of carbon nanofibers was enhanced by the addition of nickel, and the energy storage capability was enhanced by decoration with NiGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>. The impact of metal (Ni/Ga) ratio on the overall electrochemical performance of the supercapacitor was studied by varying the Ga concentration. The NiGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub> nanosheets promoted diffusion of the electrolyte into the electrode, thereby improving the electrochemical activity. The optimal Ga concentration was the concentration at which the specific capacitance was the highest at 488 F · g<sup>-1</sup> with a potential window of 1.1 V and current rate of 0.5 A · g<sup>-1</sup>. The long-term stability test revealed that the capacitance retention of the electrode with this optimal Ni/Ga ratio was 109% after 20,000 cycles. This flexible supercapacitor electrode was subjected to 2000 bending cycles, and the corresponding cyclic voltammetry performance was assessed. In combination, the outstanding electrochemical performance and durable mechanical properties render the NiGa<sub>2</sub>S<sub>4</sub>/Ni@CNF electrode highly suitable for flexible energy storage applications.</p> <p>In this paper, a three-dimensional honeycomb structure was created using Ga elements on a two-dimensional nickel-CNF nanosheet to increase the performance and safety of a supercapacitor. In recognition of this point, it was published in the Chemical Engineering Journal.</p>						

다. 신진연구인력 교육역량 대표실적

연번	신진연구인력명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표교육업적 상세내용
				세부전공분야		
대표교육업적물의 적합성과 우수성						
			이공계열	Ceramic engineering  Materials Science, Coatings & Films	특강	① 과목명: Supercapacitor ② 개설학기: 2020년 2학기 ③ 강의시간: ④ 학점: ⑤ 이수구분: ⑥ 수업유형: 대면 ⑦ 학수번호:
1	<p>Explain the emerging need for energy storage devices and the difference between conventional capacitors and supercapacitors.</p> <p>Describe and compare the three types of supercapacitors and the characteristics, advantages and disadvantages of each type</p> <p>Compare and explain the existing supercapacitor electrode manufacturing method and the recently researched manufacturing method</p> <p>Description of the performance measurement method of supercapacitors and discussion with the results obtained through the measurement method</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="width: 45%;"> <p>2020.10.14.</p> <p style="text-align: center;"><b>Supercapacitors</b></p>  <p>Dr. Edmund Samuel, Graduate School of Energy &amp; Environment (KU-KIST Green School) Department of Energy System Engineering, Korea University</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center; color: green;"><b>Contents</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Need of energy storage devices</li> <li>■ Difference between Capacitor and Supercapacitor</li> <li>■ Types of Supercapacitors</li> <li>■ Characteristics of Supercapacitors</li> <li>■ Traditional methods of electrode fabrication</li> <li>■ Why flexible and freestanding Supercapacitors are good?</li> <li>■ Why to start Supercapacitor test with cyclic voltammetry?</li> <li>■ Few SC test results</li> </ul> </div> </div>					

연번	신진연구 인력명	연구자 등록번호	이공계열/인 문사회계열	전공분야	실적구분	대표교육업적 상세내용
				세부전공 분야		
<b>대표교육업적물의 적합성과 우수성</b>						
2			이공계열	Ceramic engineering	특강	①과목명: Li-Ion Battery
				Materials Science, Coatings & Films		②개설학기: 2021년 1학기
						③강의시간:
						④학점:
						⑤이수구분:
						⑥수업유형: 대면
						⑦학수번호:
<p>Describe the history of batteries, why they use lithium, and how they work.</p> <p>Explain what a lithium-ion battery is and how it works</p> <p>Understand the difference between cell-module-battery and understand the operating mechanism inside the cell</p> <p>Study the chemical reactions that occur at the positive and negative electrodes of lithium-ion batteries and explain the advantages and disadvantages of materials used for each electrode</p> <p>Introduces performance analysis techniques for lithium-ion batteries and explains how to analyze and interpret them</p>						
						

5. 참여교수의 교육역량 대표실적

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열 /인문사회계열	전공분야	실적구분	대표교육업적 상세내용
				세부 전공분야		
대표교육업적물의 적합성과 우수성						
1			이공계열	전기공학	신설교과목	①과목명: 태양전지
				반도체물성		②개설학기: 2020년 2학기, 2021년 2학기
						③강의시간: 16주, 3시간/주
						④학점: 3학점
						⑤이수구분: 전공선택
						⑥수업유형: 비대면
				⑦학수번호: GRS687(00)		
<p>기후변화에 대응하고자 전 세계적으로 확산되고 있는 탄소중립은 탄소중립은 대기 중 이산화탄소 농도가 더이상 증가되지 않도록 순 배출량이 0이 되도록 하는 것으로, ‘넷-제로(Net-Zero)’ 라고도 함. 인간 활동에 의한 이산화탄소 배출량이 전 지구적 이산화탄소 흡수량과 균형을 이룰 때 탄소중립이 달성되는 것으로 이를 위해서는 우리가 배출하는 온실가스를 최대한 줄이고, 남은 온실가스는 숲 복원 등으로 흡수량을 증가시키거나, 기술을 활용하여 제거하여 실질적인 배출량이 0이 되도록 하여야 함. 이를 위해 신재생에너지 발전 비중을 현재 6% 수준에서 70% 수준으로 증가시키겠다는 것이며, 핵심기술 중 한 가지는 태양전지를 활용한 태양광 발전임. 본 과목은 대학원생을 대상으로 빛의 굴절과 전파, 회절 그리고 기하광학과 물리광학 그리고 광전자 소자, 태양전지 시뮬레이션 등으로 구성되어 태양전지에 대한 기술적 이해를 높이고 있음</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열	전공분야	실적구분	대표교육업적 상세내용
				세부전공분 야		
<b>대표교육업적의 적합성과 우수성</b>						
2			이공계열	전자/정보통신공학	신설교과목	①과목명: 태양광발전산학공동세미나
				반도체재료		②개설학기: 2021년 1학기
						③강의시간: 16주, 3시간/주
						④학점: 3학점
						⑤이수구분: 전공선택
						⑥수업유형: 비대면
				⑦학수번호: GRS003		
<p>본 교과목은 재생에너지원으로 가장 활발히 연구개발 및 산업화하고 있는 태양광발전에 대한 기초이론과 생산 및 응용의 실용화 지식함양을 위해 팀티칭 세미나 수업으로 진행함. 특히 글로벌 태양광 기업인 (주)한화큐셀과의 산학협력을 통해 만든 특화된 강좌로 고려대 교수들 및 한화큐셀 임직원들의 특강으로 구성됨. 이 교과목을 통해 태양전지 및 모듈 이외 다양한 에너지시스템, 저장, 응용 등 에너지 전반에 대한 기술과 산업을 이해할 수 있으며 기업이 필요로하는 융합형 인재를 양성하는 것이 목적임.</p>						

## 6. 교육의 국제화 전략

### 가. 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

#### ● 해외 관련 분야 석학 온라인 교육 운영

- 연차별 설문 조사를 통해 학생들 관심사를 확인하고 관련 분야 국제 석학 및 전문가의 강연을 온라인 개설하여 교육의 경계를 허물고 첨단 지식 제공하고자 함.
- Foundation for Renewable Energy & Environment (FREE)과 에너지/환경/지속가능발전/기후변화 분야 온라인 교육 프로그램인 ‘글로벌에너지전문가세미나’ 2021년 2학기 신설 <표 II-23>.

<표 II-23> 2021년도 2학기 글로벌에너지전문가세미나 해외 연사 리스트

해외초청연사명	소속	비고
	Distinguished professor, University of Toronto	The Tier 1 Canada Research Chair in Materials Chemistry A Founding Fellow of the Nano-science Team, the Canadian Institute for Advanced Research
	Professor of Economics and Economic History and ICTA researcher, Universitat Autònoma de Barcelona (Spain)	Author of the author of Ecological Economics: Energy, Environment and Society (1987) and The Environmentalism of the Poor: A Study of Ecological Conflicts and Valuation (2002) A founding member and past-president of the International Society for Ecological Economics Winner of Leontief Prize for Advancing the Frontiers of Economic Thought in 2017
	Distinguished professor, University of Aarhus (Denmark) Professor, University of Sussex (England)	Editor-in-chief of Energy Research & Social Science
	Distinguished Professor, University of Delaware	President of Foundation for Energy and Environment Visiting faculty member, Johns Hopkins University and Lawrence Berkeley National Laboratory Editor-in-chief of Wiley Interdisciplinary Review: Energy and Environment
	Professor, Arizona State University	Director, the Center for Energy & Society
	Professor, Johns Hopkins University	Administrative Director of the Energy, Resources and Environment Program, SAIS (School of Advanced International Studies), Johns Hopkins University
	Senior research fellow, Foundation for Renewable Energy and Environment (FREE)	Research fellow with the Initiative for Sustainable Energy Policy, SAIS (School of Advanced International Studies), Johns Hopkins University
	Senior Research Principal, Foundation for Renewable Energy and Environment (FREE)	Editor of Wiley Interdisciplinary Review: Energy and Environment Winner of a first place climate policy thesis award from CE Delft (Netherlands) and a second place in the MIT Climate CoLab contest
	Distinguished Fellow and Convenor, Centre for Environment & Development, Ashoka Trust for Research in Ecology and the Environment	

● **융합교육을 위한 기초과목(영강) 온라인 상시 제공**

- 학제 간 융합에 필요한 기초지식 상호 이해를 돕기 위한 비교과 프로그램 운영
  - 학부부터 다시 시작하는 지식 재건설을 위하여 기초 화학 및 소재, 물리, 통계 등 기초 학문에 대한 e-learning 과목을 개설하여 대학원생 모두에게 제공
  - 3개 과목 이상 수강 후 시험 합격 시 특별학점 3학점을 제공(학점은 합격 통지 후 6개월 가능)

● **해외 선도 프로그램의 지속적 벤치마킹**

- 본 연구단 교육프로그램의 국제적 인지도를 향상하고 글로벌 교육기관으로서 역할을 확대하기 위해 우수 교육프로그램의 지속적인 벤치마킹 및 정기적 설문조사를 통한 수요에 따라 교과목의 세계화 추진

● **주요 국제행사 개최**

(계획)

- PVSEC 2020 제30회 국제 태양광학회 공동주최
  - 2020년 11월 8일 - 13일 제주 ICC 개최 예정
  - 실리콘 태양전지, 유무기 하이브리드 태양전지 발표
- GPVC 국제 태양광학회 공동주최
  - 2021년 3월 광주 김대중 컨벤션센터 개최 예정
  - 실리콘 태양전지, 유무기 하이브리드 태양전지 등 연구동향 발표
- 신흥국 에너지공무원 졸업생 초청 국제포럼 개최
  - 2020년 10월 말 / 코리아나호텔 예정

(현황 및 향후계획)

2020년 11월 8일부터 13일까지 제주에서 개최된 국제태양광학회 PVSEC 2020 과 2021년 7월 7일부터 9일까지 광주에서 개최된 국제태양광학회 GPVC 2021를 공동주최하고 학회 장 내 홍보부스를 설치하여 학회참가자들에게 본 사업단을 소개하고 홍보함. 2020년말 코리아나호텔에서 개최예정이었던 신흥국 에너지공무원 졸업생 초청 국제포럼 행사는 코로나19 상황 악화에 따라 취소됨. 향후 코로나19 사태가 진정 되는대로 신흥국 에너지공무원 졸업생 초청 행사 및 기타 국제학회행사를 주최할 예정임.

● **우수 외국인 학생 유치**

- 국외 대사관 및 신흥국 에너지공무원 네트워크 활용한 우수 인재 유치
  - 본 대학원 졸업한 신흥국 에너지공무원 네트워크를 이용하여 해당국 홍보 지속 운영
  - 해당 공무원 초청 Alumni day 운영 통한 지속적 네트워크 운영 및 해당국 방문 통한 학생 유치
- 국제 학술 community 온라인 모집 공고를 통한 학과 홍보

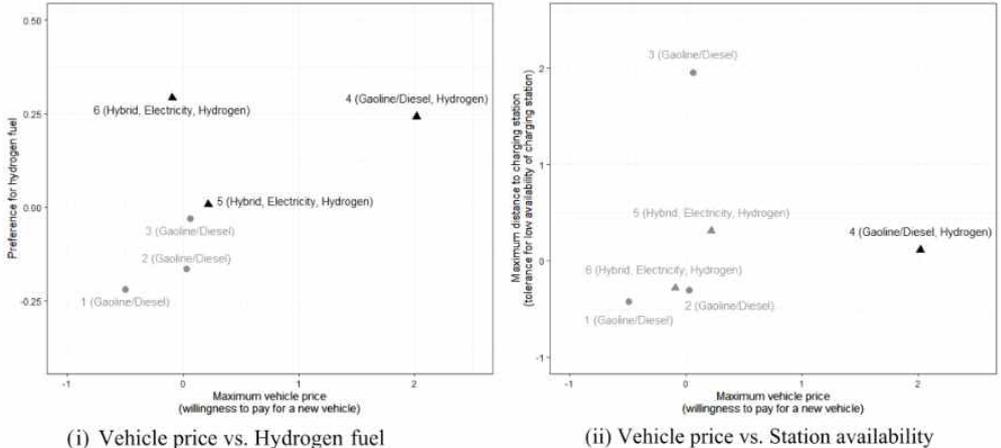
**나. 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획**

(현황) 코로나19 확산과 대유행의 영향으로 인해 기존 계획되었던 참여대학원생들의 국제 인턴십 파견 및 학술대회 참여등의 국제학술활동이 모두 취소되거나 무기한 연기됨.

(향후 계획) 전용석 교수 연구팀

2021년 12월 말-2022년 2월 : University of Canada 화학과 Ozin 교수와 함께, 반투명 태양전지와 CO2 수소화 촉매 융합 연구를 진행할 예정임. 참여 학생인 김태민 석박통합 과정생과 동반 방문을 예정하고 있음. Ozin 교수는 CO2의 수소화 연구에서 국제적으로도 독보적인 연구를 진행중이며, 관련 연구환경 및 촉매 기술을 배워, 태양전지에 접목하는 연구를 진행할 예정임.

□ 연구역량 대표 우수성과

연번	대표업적물 설명
1	<p style="text-align: center;"><b>교수</b></p> <p style="text-align: center;">(2021). Staying on convention or leapfrogging to eco-innovation?: Identifying early adopters of hydrogen-powered vehicles. <i>Technological Forecasting and Social Change</i>, 171, 120995.</p> <p>수소차는 최근 많이 주목받고 있는 기술임에도 불구하고 아직 소비자 관점에서는 연구가 많이 이루어지지 않고 있다. 이에 본 연구에서는 세계에서 가장 크고 빠르게 성장하는 수소차 시장을 가지고 있는 한국을 대상으로 수소차 초기 시장의 특성을 분석하고 수소차 확산 전략을 제시한다. 구체적으로, 본 연구는 설문 데이터와 머신러닝 기법을 기반으로 소비자가 차량 구매 시 대안 평가 단계에서 consideration set을 구성하는 기준을 분석하고 잠재 수소차 innovators와 early adopters가 함께 고려하는 경쟁 제품을 식별한다. 나아가 잠재적인 수소차 초기 채택자들의 개인 특성도 확인한다.</p> <p>분석 결과에 따르면 전체 소비자의 약 44.9%가 수소차를 잠재대안으로 고려하고 있었으며, 이들은 ‘혁신적 럭셔리 소비자 그룹(6.2%)’, ‘고급형 친환경 소비자 그룹(12.6%)’, ‘연비중시형 친환경 소비자(26.1%)’ 로 다시 구분된다. 이 중 가솔린, 디젤 등 전형적인 내연차와 함께 수소차를 잠재 대안으로 고려하는 혁신적 럭셔리 소비자 그룹이 수소차 시장의 innovators가 될 것으로 예상된다. 이 소비자 그룹은 소득이 높은 부모와 어린 자녀로 구성된 가구로서 차량이 자신을 표현하는 중요한 재화라고 생각하고 있으며 친환경 자동차 시장의 불확실성이 존재한다고 인식하는 특성이 있다. 그러므로 이들이 기존의 전형적인 내연기관 차량을 선택할지 (staying on convention) 아니면 현재 시장에 출시되어 있는 친환경 차량인 하이브리드, 전기차를 선택하지 않고 더욱 cutting edge 기술이 적용된 수소차를 받아들일지(leapfrogging to innovation)를 고민한다는 점을 고려하여 기존 내연차 대비 수소차의 강점을 중점적으로 어필 할 수 있도록 기술 개발, 마케팅 등을 추진할 필요가 있다.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">  </div> <p style="text-align: center;">Fig. 2. Identification of the innovators in the FCEV market.</p> <p>본 연구는 수소차 잠재 소비군이 기존의 상식과는 다르다는 것을 확인하고 수소차 확산을 더욱 앞당길 수 있는 마케팅과 정책적 함의를 정량적으로 도출했다는 점에서 수소차를 이용하여 수송분야의 탈탄소화를 하고자 하는 한국 같은 국가와 수소차 시장을 선점하고자 하는 기업에 도움이 될 것으로 판단된다. 또한 기술-정책-데이터 융합 연구라는 점에서 본 교육연구단이 추구하는 목표와 부합한다. 마지막으로 본 연구가 IF 8.593, JCR REGIONAL &amp; URBAN PLANNING 분야 1/40, 상위 2.5%인 최상위 SSCI 국제학술지에 게재되었다는 점은 본 연구의 우수성을 보여 준다 (WoS, 2021).</p>

교수

(2020). “Historical Analysis of High-Efficiency, Large-Area Solar Cells: Toward Upscaling of Perovskite Solar Cells”, *Advanced materials* 32(51), 2002202. (IF=30.849)

현재 전 세계적으로 탄소중립(Carbon Neutrality)을 위한 시나리오 및 관련 제도·정책을 기획하고 있음. 국내는 “**재생에너지 3020 정책**” 및 “**그린뉴딜 정책**” 과 최근 “**2050 탄소중립 전략로드맵**” 을 발표하면서 재생에너지 기술 개발 및 보급 확대를 통해 탄소중립 사회를 구현하고자 하는 강력한 의지를 표명하고 있음.

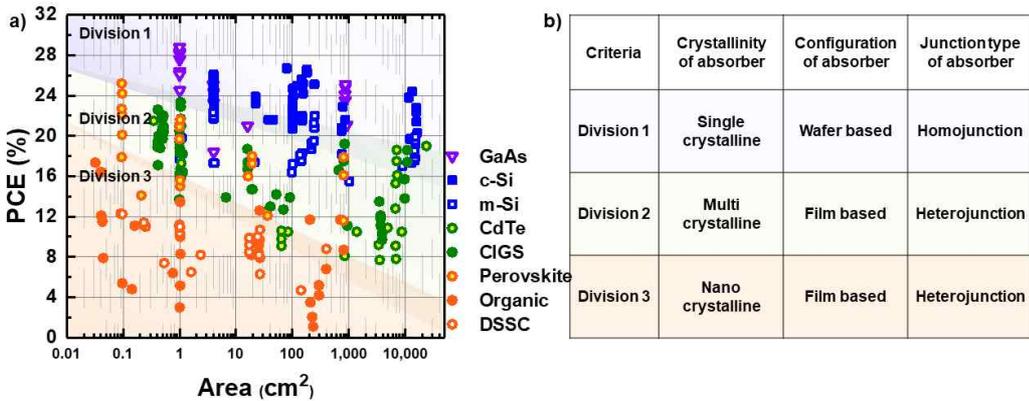
이러한 정책의 핵심 에너지원으로 태양광을 이용하여 전기를 만드는 태양광발전(Photovoltaics)이 큰 주목을 받고 있으며, 현재 국내에 매년 약 2GW의 신규 태양광발전 설비가 설치되고 있음. 또한, 상기 정책에 의해 향후 최소 두 배 이상의 태양광 신규 설비가 매년 설치·운영될 계획임.

태양광발전시스템은 태양전지, 전력변환장치, 저장장치로 구성되며, 특히 태양광을 흡수하여 전기에너지로 발생하는 태양전지(Solar Cell)는 고효율화 기술 개발이 전 세계적으로 활발히 진행되고 있음. 국내 “2050 탄소중립 전략로드맵”에서는 2030년까지 상업용 실리콘 태양전지의 이론효율 29.4% (양산 평균 효율 22~23%)를 극복하여 “**30%를 넘는 슈퍼 태양전지 개발**” 을 목표로 설정하고 있으며, 이러한 효율이 달성될 경우 글로벌 기술경쟁력 확보가 가능하여 **국내 태양광산업의 산업경쟁력 강화 및 활성화**를 통해 새로운 **신성장동력 산업**으로 비약적인 발전을 기대할 수 있음.

2

본 논문에서는 이론효율 30%를 극복하기 위한 슈퍼 태양전지로 **페로브스카이트/실리콘 탠덤 태양전지**에 대한 기술개발 현황과 난제를 조사하여 이를 상용화하기 위한 고효율·대면적화 핵심기술들을 제안하고 있음. 상업용 태양전지인 실리콘을 중심으로 CIGS, CdTe 박막 태양전지의 고효율·대면적화 기술개발 역사와 대두되었던 문제점들, 그리고 극복 기술들에 대해 조사·분석하여 새로운 **페로브스카이트/실리콘 탠덤 태양전지의 상용화 가능 핵심기술들을 발굴**하여 제안함. 이러한 핵심기술들은 **국내 태양전지 제조 기업(한화큐셀, LG전자, 현대에너지솔루션, 신성이엔지)**의 기술경쟁력 우위성을 통한 글로벌 산업경쟁력 확보에 기여하며, 또한 기존 제품과 다른 고성능 태양광발전시스템 구현이 가능하여 **국내 에너지 산업·사회에 큰 혁신**을 이룰 수 있음.

본 논문은 미래 슈퍼 태양전지인 페로브스카이트/실리콘 탠덤 태양전지의 상용화 기술을 제안하고 있으며, 이러한 우수성이 인정되어 **상위 1% SCI 저널인 Advanced Materials (IF=30.849)**에 게재됨.



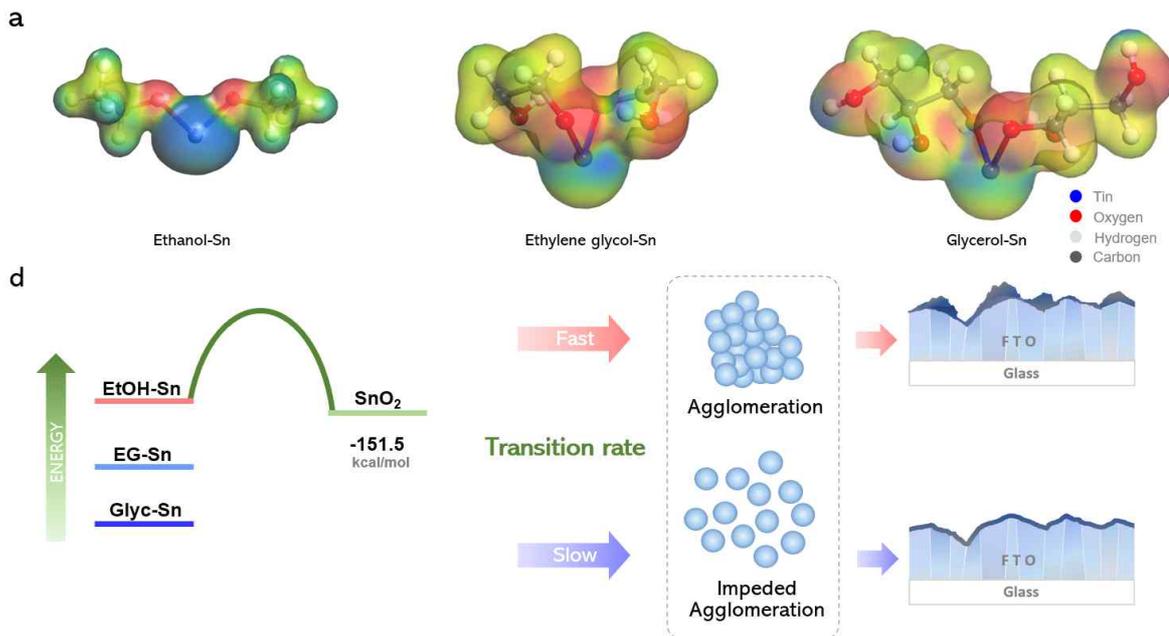
교수

(2021)

Hydrolysis-Regulated Chemical Bath Deposition of Tin Oxide Electron Transport Layer for Efficient Perovskite Solar Cells with a Reduced Potential Loss. Chemistry of Materials. In press.

N형 SnO<sub>2</sub>(산화주석)는 높은 전자 이동도, 넓은 밴드갭 및 화학적 안정성으로 인해 페로브스카이트 태양 전지(PSC)에 이상적인 전자 수송층(ETL)으로 유망한 잠재력을 보여줌. 그러나 SnO<sub>2</sub>는 막 형성 중에 응집되기 쉽기 때문에 형태가 좋지 않고 재현성이 낮음. PSC용 SnO<sub>2</sub> 응용의 발전에도 불구하고 응집 거동에 대한 재료 제어에 대한 이해를 향상시키기 위한 지속적인 노력이 필요함. 여기에서 응집 조절된 SnO<sub>2</sub> 필름은 다중 기능 -OH 그룹을 가진 지연제를 사용하여 CBD(Chemical Bath Deposition)를 통해 직접 FTO 표면에 성공적으로 증착됨. DFT 계산은 지연제에 의해 주석 전구체의 더 안정화된 결합 에너지를 확인해 줌. SnO<sub>2</sub> 필름의 형태와 지형을 비교하면 상호 작용하는 분자 사이의 물리 화학적 특성을 조작하여 SnO<sub>2</sub> 입자 응집을 조절할 수 있음을 알 수 있음. 또한 최종 SnO<sub>2</sub> 필름의 화학적 상태는 주석 전구체의 지연제에 따라 달라지므로 화학적 조성과 에너지 밴드 특성이 달라짐. 마지막으로, 글리세롤 지연제로 제조된 응집 조절 SnO<sub>2</sub> 층은 개선된 형태, 더 적은 산소 결손 및 높은 일함수 에너지 수준을 나타냄. ETL로 글리세롤-SnO<sub>2</sub> 필름을 사용하는 장치는 무시할 수 있는 히스테리시스와 감소된 전위 손실로 21.8%의 고효율을 달성함. [IF는 9.811이며, scimago journal & country rank에서 재료 분야 상위 2.5% 정도의 논문임.](#)

3



교수

발명자:

특허명(품종등록명): 시인성이 우수한 태양 전지 모듈

등록국가: 대한민국

등록번호: 10-2255573

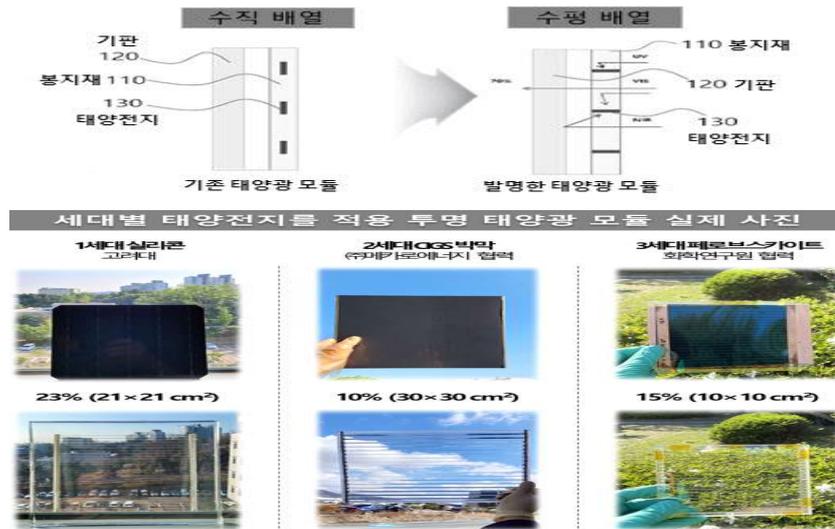
등록연도: 2021

건물 또는 차량의 창문에 설치 가능한 투명한 태양전지 플랫폼 특허를 등록함. 기존 실리콘 태양전지 효율은 25% 수준이나 불투명하고, 유기태양전지, 페로브스카이트, 염료감응 태양전지 등은 50% 수준의 광투과율과 10% 이하의 효율을 갖으나 장기신뢰성 부족으로 경쟁력을 확보하지 못하는 상황으로 고효율과 고투과도를 동시에 갖는 태양광 모듈은 태양광 분야에서 큰 도전과제임

본 특허의 주요 청구항은 투명기관 내부에 태양전지를 수평으로 배열하여 기존 태양광 모듈과 수광 면적 차이는 없어 출력 감소를 최소화하고 동시에 광 투과도를 0%에서 90% 이상으로 높일 수 있음. 또한 태양전지 사이에는 UV 등 단파장을 태양전지가 흡수할 수 있는 장파장으로 파장을 변환시킬 수 있는 광변환 재료가 혼합된 것을 특징으로 하는 시인성이 우수한 태양광 모듈임.

4

산업적으로 기반을 갖춘 실리콘 태양전지나 페로브스카이트, 유기 태양전지 등의 차세대 태양전지 등 기존 태양전지를 투명한 태양광 모듈로 바꿀수 있는 플랫폼으로 상업적 가치가 높은 특허임



# 1. 참여교수 연구역량

## 가. 국내 및 해외기관 연구비 수주 실적

<표 III-1> 최근 1년간(2020.9.1.-2021.8.31.) 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(2020.9.1.-2021.8.31.) 실적	비고
정부 연구비 수주 총 입금액	3,009,647	1,666,573	
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	157,000	97,460	
해외기관 연구비 수주 총 (환산)입금액	0	0	
이공계열 참여교수 수	4	4	
1인당 총 연구비 수주액	791,662	441,008	

<표 III-2> 최근 1년간(2020.9.1.-2021.8.31.) 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(2020.9.1.-2021.8.31.) 실적	비고
정부 연구비 수주 총 입금액	760,146	426,567	
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	0	0	
해외기관 연구비 수주 총 (환산)입금액	0	0	
인문사회계열 참여교수 수	3	4	
1인당 총 연구비 수주액	253,382	106,642	

나. 참여교수 연구업적물의 우수성

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열	전공분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용
				세부 전공분야		
<b>대표연구업적물의 적합성과 우수성</b>						
1			인문사회 계열	경영학	저널 논문	①저자명:
				투자/위 험관리		②논문제목: CCUS 기술에 대한 대중의 감정-인지적 평가와 수용성 연구 ③학술지명: 한국기후변화학회지 (KCI) ④권(호), 페이지: 11 (6-2), 777-791 ⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 0명 ⑥게재연도: 2020년 ⑦DOI 번호(해당시): 10.15531/ksccr.2020.11.6.777
<p>- 탄소자원화 (CCUS, Carbon Capture, Utilization, and Storage) 기술은 탄소포집 뿐만 아니라 포집된 탄소를 유용한 자원으로 변환하는 대표적인 기후기술임. 하지만 아무리 좋은 기술도 사회 수용성이 뒷받침되지 않으면 확산이 어렵다는 교훈은 2017년 포항 CO2 지중저장 실증사업 중지라는 사례에서 얻었음. 본 연구는 CCUS 인지도가 낮은 일반대중을 대상으로 기술의 특성별로 수용성 제고시키는 정도를 측정하되, 감정적 표현의 선택 수준을 측정 대상으로 하는 기술-정책 융합형 연구를 수행하였음.</p> <p>- 분석결과, ①한국 대중의 기후변화 및 환경에 대한 인식은 높게 나온 바, 저탄소기술을 강조한 적절한 홍보정책은 기술 수용성에 크게 영향을 미칠 수 있으며, ②8개의 수용요인 중 가장 큰 영향요인은 기술적 편익 (Technological benefit)으로서 동 기술의 경제적, 환경적 편익을 강조할 때 효과성이 크며, 특히 CCU의 경우 기후변화 완화 보다는 자원 안보 및 에너지 전환 관점에서의 편익을 강조할 필요성이 있음을 도출함. 동 연구는 CCUS기술의 본격적인 도입에 앞서서 선제적으로 사회 수용성을 연구하고 한국에 특화된 국가전략 방향성을 제시한다는 정책적 의미를 지님. BK21 참여 교수/학생진이 공저한 연구실적 의의가 있음.</p>						

연번	참여 교수명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용
				세부 전공분야		
<b>대표연구업적물의 적합성과 우수성</b>						
2			이공계열	전기공학	저널 논문	①저자명: ,
				반도체 물성		②논문제목: Analysis of the negative charges injected into a SiO <sub>2</sub> /SiN <sub>x</sub> stack using plasma charging technology for field-effect passivation on a boron-doped silicon surface ③학술지명: PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS ④권(호), 페이지: 29(1), 54-63 ⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 0명 ⑥게재연도: 2021년 ⑦DOI 번호(해당시): 10.1002/pip.3340
<p>태양광 발전의 경제성이 향상됨에 따라 선진국에 국한됐던 태양광 수요가 전 세계적으로 확산하고 있으며, 우리나라는 2021년 8월 2050년까지 신재생에너지의 전력생산 비중을 최대 70%까지 늘린다는 '2050 탄소중립 시나리오 초안을 발표하였음. 전력의 70%(891.5TWh)를 재생에너지로 공급하려면 태양광 발전은 약 450GW(기가와트) 규모 설비가 필요함. 이에 대응하기 위하여 에너지변환 효율과 가격 경쟁력이 높은 PERC, TOPCoN 등 기존 BSF 구조 태양전지 대비 페시베이션 특성을 향상시킨 태양전지가 주목을 받고 있음. 본 논문은 조지아공대 및 한국에너지기술연구원과 협력 연구를 통해 페시베이션 특성을 임의로 제어할 할 수 있는 전하주입 방법을 개발하여 산업적으로 활용 가능한 페시베이션 기술을 제안함</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열	전공분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용
				세부전공 분야		
대표연구업적물의 적합성과 우수성						
3			이공계열	화학	저널 논문	①저자명:
				분석화학		②논문제목: Recent Progress in Interconnection Layer for Hybrid Photovoltaic Tandems
③학술지명: Advanced Materials						
④권(호), 페이지: 32(51), 2002196						
⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 1명						
⑥게재연도: 2020년						
⑦DOI 번호(해당시): 10.1002/adma.202002196						
<p>하이브리드 탠덤 태양전지는 비용이 적고 및 전체 태양광 스펙트럼을 활용할 수 있는 이점을 가짐. 현재까지 연구된 하이브리드 탠덤 구조는 4-terminal(단순 적층 설계)과 2-terminal(터미널 또는 터널링 층 추가 설계) 구조가 가장 일반적임. 2-terminal의 경우 4-terminal에 비해 비용이 효율적이나, 두 태양전지 재료 간의 계면 형성의 어려움으로 응용이 제한되고 있음. 본 리뷰 논문에서는, 고성능 탠덤 태양전지를 구현하기 위한 전략을 다루며, 두 개 이상의 태양전지를 결합하는 경우의 계면 제어를 중심으로 설명함. 이는 계면을 통한 에너지 손실을 최소화하면서 두 개 이상의 태양전지를 연결하는 이상적인 방법을 수립하는데 도움이 될 것으로 기대함</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회 계열	전공분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용
				세부 전공분야		
대표연구업적물의 적합성과 우수성						
4			이공계열	화학	저널 논문	①저자명:
				분석화학		②논문제목: Perovskite, the Chameleon CO <sub>2</sub> Photocatalyst
						③학술지명: Cell Reports Physical Science
						④권(호), 페이지: 2(1), 100300
						⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여교수 수: 1명
						⑥게재연도: 2021년
						⑦DOI 번호(해당시): 10.1016/j.xcrp.2020.100300
<p>페로브스카이트 물질은 다양한 구성, 구조 및 형태로 기술 개발이 이루어지고 있으며, 변형된 형태의 페로브스카이트 물질은 다양한 특성, 기능 및 유용성을 가짐. ABO<sub>3</sub> 형태의 페로브스카이트를 동형 치환(isomorphic substitution), 이종가 도핑(aliovalent doping), 비화학량론(non-stoichiometry)을 통해 조작하거나, 나노구조(nanostructure), 이종구조(heterostructure), 초구조(superstructure), 다형성(polymorphism)을 이용하여 페로브스카이트의 응용 가능성을 크게 확장할 수 있음. 본 견해(perspective) 논문의 초점은 페로브스카이트 산화물을 구성하는 원자를 효율적으로 조합하여 CO<sub>2</sub> 수소화를 위한 가장 우수한 광촉매의 발견을 가능하도록 하는 인간의 지능과 경험적 학습에 의한 사고 과정을 탐구하는 것이며, 접근 방식이 정립되는 시점에서 인공지능과 기계학습의 도움이 필요할 것으로 전망함. 특히, CO<sub>2</sub> 수소화 연구에서 세계 최고 권위자 중 한 명인 캐나다의 University of Toronto 화학과 특임교수와 함께 낸 국제 공동 연구 논문임.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용
				세부 전공분야		
<b>대표연구업적물의 적합성과 우수성</b>						
5			인문사회	정책학	저널 논문	①저자명:
				환경/자원 정책		②논문제목: Tracking the diffusion of industrial symbiosis scholarship using bibliometrics: Comparing across Web of Science, Scopus, and Google Scholar
						③학술지명: JOURNAL OF INDUSTRIAL ECOLOGY
						④권(호), 페이지: Early View
						⑤공동저자 중 대표업적물 제출 참여 교수 수: 0명
						⑥게재연도: 2021년
						⑦DOI 번호(해당시): 10.1111/jiec.13099
<p>본 연구는 산업공생 및 생태산업개발 분야에서 1995년부터 2018년까지 212개 저널에 발표된 805개의 학술논문을 대상으로 서지분석을 수행한 리뷰 연구임. 기존의 연구에서 주로 Web of Science나 Scopus를 대상으로 제한적인 키워드를 활용하여 서지분석을 수행하였다면, 본 연구에서는 학술논문의 메타데이터가 아닌 원문 전체를 서치하는 Google Scholar까지 3개 플랫폼을 이용, 8개의 키워드를 활용하여 대상 분야의 학술논문을 종합적으로 분석하였음. 또한, 저자가 각 논문 내용을 검토하여 연구주제를 7개의 대분야로 분류하고 시기별 연구주제 동향을 분석하였음. 분석결과, 산업공생 및 생태산업개발 분야 학술논문 수는 연간 18% 증가율로 증가하며 전체 학술분야의 2배 이상의 성장률을 보임. 주제별로는 생태산업단지의 물질흐름 모델링, 산업공생 네트워크 전략 제안, 산업공생의 경제적, 사회적, 환경적 효과를 측정하는 3가지 주제의 연구가 특히 많이 이루어졌음. 분석기간 동안 54개국의 사례분석이 이루어졌으며, 중국의 사례가 가장 많이 연구된 것으로 나타남. Google Scholar를 서지분석에 활용할 경우, Web of Science와 Scopus에서 제공하지 않는 Grey Literature까지 탐색이 가능하여 더욱 종합적인 분석을 수행할 수 있으나, 학술논문 메타데이터에 대한 정보 제공 등 제한점은 향후 개선되어야 할 것으로 보임.</p>						

연번	기타연구실적 상세내용	
1	① 참여교수명	
	② 참여구분	제1저자 / 교신저자 / 공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Effects of surface morphology on Ag crystallite formation in screen-printed multi-crystalline Si solar cells
	⑦ 학술지명:	Materials Science in Semiconductor Processing
	⑧ 권(호), 페이지:	128:105759
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202106
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.mssp.2021.105759
	⑫ IF (JCR 2019)	3.085
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
2	① 참여교수명	
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Evaluation based on performance and failure of PV system in 10 years field-aged 1 MW PV power plant
	⑦ 학술지명:	Microelectronics Reliability
	⑧ 권(호), 페이지:	114: 113763
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202011
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.microrel.2020.113763
	⑫ IF (JCR 2019)	1.535
	⑬ Citation (Google Scholar)	1
3	① 참여교수명	
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Carbon Nanotube Electrode-Based Perovskite-Silicon Tandem Solar Cells
	⑦ 학술지명:	Solar RRL
	⑧ 권(호), 페이지:	4(12): 2000353
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202012
	⑪ DOI 번호	10.1002/solr.202000353
	⑫ IF (JCR 2019)	7.527
	⑬ Citation (Google Scholar)	3

연번	기타연구실적 상세내용	
4	① 참여교수명	
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Historical Analysis of High-Efficiency, Large-Area Solar Cells: Toward Upscaling of Perovskite Solar Cells
	⑦ 학술지명:	Advanced Materials
	⑧ 권(호), 페이지:	32(51): 2002202
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202012
	⑪ DOI 번호	10.1002/adma.202002202
	⑫ IF (JCR 2019)	27.398
	⑬ Citation (Google Scholar)	13
5	① 참여교수명	
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Novel Double Acidic Texturing Process for Saw-Damage-Free Kerfless
	⑦ 학술지명:	IEEE JOURNAL OF PHOTOVOLTAICS
	⑧ 권(호), 페이지:	10 (6) :1545-1551
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202011
	⑪ DOI 번호	10.1109/JPHOTOV.2020.3014858
	⑫ IF (JCR 2019)	3.052
	⑬ Citation (Google Scholar)	2
6	① 참여교수명	
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Absorber Delamination-Induced Shunt Defects in Alcohol-Based Solution-Processed Cu(In,Ga)(S,Se) <sub>2</sub> Solar Modules
	⑦ 학술지명:	ACS Applied Energy Materials
	⑧ 권(호), 페이지:	3 (11) : 10384-10392
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202011
	⑪ DOI 번호	10.1021/acsaem.0c01163
	⑫ IF (JCR 2019)	4.473
	⑬ Citation (Google Scholar)	0

연번	기타연구실적 상세내용	
7	① 참여교수명	
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Variations in Minority Carrier-Trapping Effects Caused by Hydrogen Passivation in Multicrystalline Silicon Wafer
	⑦ 학술지명:	Energies
	⑧ 권(호), 페이지:	13 (21) : 5783
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202011
	⑪ DOI 번호	10.3390/en13215783
	⑫ IF (JCR 2019)	2.702
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
8	① 참여교수명	
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Pre-Texturing Thermal Treatment for Saw-Damage-Removal-Free Wet Texturing of Monocrystalline Silicon
	⑦ 학술지명:	Energies
	⑧ 권(호), 페이지:	13 (24) : 6610
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202012
	⑪ DOI 번호	10.3390/en13246610
	⑫ IF (JCR 2019)	2.702
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
9	① 참여교수명	
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	W@Ag dendrites as efficient and durable electrocatalyst for solar-to-CO conversion using scalable photovoltaic-electrochemical system
	⑦ 학술지명:	Applied Catalysis B : Environmental
	⑧ 권(호), 페이지:	297: 120427
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202111 Available online 5 June 2021)
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.apcatb.2021.120427
	⑫ IF (JCR 2019)	16.683
	⑬ Citation (Google Scholar)	0

연번	기타연구실적 상세내용	
10	① 참여교수명	
	② 참여구분	제1저자 / 교신저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	태양광 설비투자에 대한 제도적 유인방안 연구: 감가상각법의 경제적 효과 분석
	⑦ 학술지명:	신재생에너지
	⑧ 권(호), 페이지:	16(4): 65-75
	⑨ 학술지 구분	KCI
	⑩ 게재년월	202012
	⑪ DOI 번호	10.7849/ksnre.2020.0024
	⑫ IF (JCR 2019)	
	⑬ Citation (Google Scholar)	
11	① 참여교수명	
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Trimetallic Cu-Ni-Zn/H-ZSM-5 Catalyst for the One-Pot Conversion of Levulinic Acid to High-Yield 1,4-Pentanediol under Mild Conditions in an Aqueous Medium
	⑦ 학술지명:	ACS CATALYSIS
	⑧ 권(호), 페이지:	11(5): 2846-2864
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202103
	⑪ DOI 번호	10.1021/acscatal.0c04216
	⑫ IF (JCR 2019)	12.35
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
12	① 참여교수명	
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Interface analysis of ultrathin SiO <sub>2</sub> layers between c-Si substrates and phosphorus-doped poly-Si by theoretical surface potential analysis using the injection-dependent lifetime
	⑦ 학술지명:	PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS
	⑧ 권(호), 페이지:	29(1): 32-46
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202101
	⑪ DOI 번호	10.1002/pip.3338
	⑫ IF (JCR 2019)	7.69
	⑬ Citation (Google Scholar)	2

연번	기타연구실적 상세내용	
13	① 참여교수명	
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	19.2%-Efficient Multicrystalline Silicon Solar Cells via Additive-Free Mechanical Grinding Surface Pretreatment for Diamond-Wire-Sawn Wafers
	⑦ 학술지명:	IEEE JOURNAL OF PHOTOVOLTAICS
	⑧ 권(호), 페이지:	11(1); 36-42
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202101
	⑪ DOI 번호	10.1109/JPHOTOV.2020.3033972
	⑫ IF (JCR 2019)	3.052
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
14	① 참여교수명	
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Effective Surface Texturing of Diamond-Wire-Sawn Multicrystalline Silicon Wafers Via Crystallization of the Native Surface Amorphous Layer
	⑦ 학술지명:	IEEE JOURNAL OF PHOTOVOLTAICS
	⑧ 권(호), 페이지:	11(1): 43-49
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202101
	⑪ DOI 번호	10.1109/JPHOTOV.2020.3035122
	⑫ IF (JCR 2019)	3.052
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
15	① 참여교수명	
	② 참여구분	제1저자 / 교신저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Bimetallic ZnFe2O4 nanosheets prepared via electrodeposition as binder-free high-performance supercapacitor electrodes
	⑦ 학술지명:	Applied Surface Science
	⑧ 권(호), 페이지:	559(1): 149951
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202109 Available online 30 April 2021)
	⑪ DOI 번호	10.1016
	⑫ IF (JCR 2019)	6.182
	⑬ Citation (Google Scholar)	0

연번	기타연구실적 상세내용	
16	① 참여교수명	
	② 참여구분	제1저자, 교신저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Flexible metallized carbon nanofibers decorated with two-dimensional NiGa <sub>2</sub> S <sub>4</sub> nanosheets as supercapacitor electrodes
	⑦ 학술지명:	Chemical Engineering Journal
	⑧ 권(호), 페이지:	420(15): 130497
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202109 (Available online 26 May 2021)
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.cej.2021.130497
	⑫ IF (JCR 2019)	10.652
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
17	① 참여교수명	
	② 참여구분	제1저자 / 교신저자 / 공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Monolithic Perovskite-Carrier Selective Contact Silicon Tandem Solar Cells Using Molybdenum Oxide as a Hole Selective Layer
	⑦ 학술지명:	Energies
	⑧ 권(호), 페이지:	14(11): 3108
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202106
	⑪ DOI 번호	10.3390/en14113108
	⑫ IF (JCR 2019)	2.702
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
18	① 참여교수명	
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Detection of intracellular lamellar bodies as a screening marker for fibrotic lesions
	⑦ 학술지명:	TOXICOLOGY AND APPLIED PHARMACOLOGY
	⑧ 권(호), 페이지:	418:115501
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202105
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.taap.2021.115501
	⑫ IF (JCR 2019)	3.347
	⑬ Citation (Google Scholar)	0

연번	기타연구실적 상세내용	
19	① 참여교수명	
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	도서지역 마이크로그리드 사업모델의 경제적, 사회적 편익에 관한 연구: 수요자의 태양광 에너지 공동체를 중심으로
	⑦ 학술지명:	Current Photovoltaic Research
	⑧ 권(호), 페이지:	9(2): 59-73
	⑨ 학술지 구분	KCI
	⑩ 게재년월	202106
	⑪ DOI 번호	10.21218/CPR.2021.9.2.059
	⑫ IF (JCR 2019)	
	⑬ Citation (Google Scholar)	
20	① 참여교수명	
	② 참여구분	제1저자 / 교신저자 / 공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Tracking the diffusion of industrial symbiosis scholarship using bibliometrics: Comparing across Web of Science, Scopus, and Google Scholar
	⑦ 학술지명:	Journal of Industrial Ecology
	⑧ 권(호), 페이지:	25: 913-931
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202101
	⑪ DOI 번호	10.1111/jiec.13099
	⑫ IF (JCR 2019)	6.539
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
21	① 참여교수명	
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Staying on convention or leapfrogging to eco-innovation?: Identifying early adopters of hydrogen-powered vehicles
	⑦ 학술지명:	Technological Forecasting and Social Change
	⑧ 권(호), 페이지:	171: 120995
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	202107
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.techfore.2021.120995
	⑫ IF (JCR 2019)	8.593
	⑬ Citation (Google Scholar)	0

연번	기타연구실적 상세내용	
22	① 참여교수명	
	② 참여구분	제1저자 / 교신저자 / 공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Relationship between technological improvement and innovation diffusion: an empirical test
	⑦ 학술지명:	Technology Analysis & Strategic Management
	⑧ 권(호), 페이지:	published online
	⑨ 학술지 구분	SSCI
	⑩ 게재년월	202103
	⑪ DOI 번호	10.1080/09537325.2021.1901875
	⑫ IF (JCR 2019)	2.874
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
23	① 참여교수명	
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Hot-spot generation model using electrical and thermal equivalent circuits for a copper indium gallium selenide photovoltaic module
	⑦ 학술지명:	Solar Energy
	⑧ 권(호), 페이지:	216:377-385
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	202103
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.solener.2021.01.042
	⑫ IF (JCR 2019)	4.608
	⑬ Citation (Google Scholar)	1
24	① 참여교수명	
	② 참여구분	공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	In-situcrystallization of sildenafil during ionic crosslinking of alginate granules
	⑦ 학술지명:	Korean Journal of Chemical Engineering
	⑧ 권(호), 페이지:	37: 1726-1731
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2020.10
	⑪ DOI 번호	10.1007/s11814-020-0580-8
	⑫ IF (JCR 2019)	3.309
	⑬ Citation (Google Scholar)	1

연번	기타연구실적 상세내용	
25	① 참여교수명	
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	An extended COSMO-SAC method for the prediction of carboxylic acid solubility
	⑦ 학술지명:	Fluid Phase Equilibria
	⑧ 권(호), 페이지:	521
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2020.10
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.fluid.2020.112673
	⑫ IF (JCR 2019)	2.838
	⑬ Citation (Google Scholar)	2
26	① 참여교수명	
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Extraction of naphthenic acid from low-grade crude oil using diol compounds
	⑦ 학술지명:	FUEL
	⑧ 권(호), 페이지:	275
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2020.09
	⑪ DOI 번호	10.1016/j.fuel.2020.117828
	⑫ IF (JCR 2019)	5.578
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
27	① 참여교수명	
	② 참여구분	교신저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Catalytic Hydrogenation and Dehydrogenation Reactions of N-alkyl-bis(carbazole)-Based Hydrogen Storage Materials
	⑦ 학술지명:	Catalysts
	⑧ 권(호), 페이지:	11(1): 123
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2021.01
	⑪ DOI 번호	10.3390/catal11010123
	⑫ IF (JCR 2019)	3.52
	⑬ Citation (Google Scholar)	1

연번	기타연구실적 상세내용	
28	① 참여교수명	
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Characterization of Potential-Induced Degradation and Recovery in CIGS Solar Cells
	⑦ 학술지명:	Energies
	⑧ 권(호), 페이지:	14(15): 4628
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2021.08
	⑪ DOI 번호	10.3390/en14154628
	⑫ IF (JCR 2019)	2.702
	⑬ Citation (Google Scholar)	0
29	① 참여교수명	
	② 참여구분	교신저자, 공동저자
	③ 제1저자	
	④ 교신저자	
	⑤ 공동저자	
	⑥ 논문제목	Novel Polymer-Based Organic/c-Si Monolithic Tandem Solar Cell: Enhanced Efficiency using Interlayer and Transparent Top Electrode Engineering
	⑦ 학술지명:	Macromolecular Rapid Communications
	⑧ 권(호), 페이지:	42: 2100305.
	⑨ 학술지 구분	SCI(E)
	⑩ 게재년월	2021.08
	⑪ DOI 번호	10.1002/marc.202100305
	⑫ IF (JCR 2019)	4.886
	⑬ Citation (Google Scholar)	0

다. 이공계열 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용			
			세부 전공분야					
<b>특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성</b>								
1			전기공학	특허	①발명자:			
			반도체 물성		②특허명(품종등록명): 시인성이 우수한 태양 전지 모듈			
					③등록국가: 대한민국			
					④등록번호: 10-2255573			
					⑤등록연도: 2021			
<p>건물 또는 차량의 창문에 설치 가능한 투명한 태양전지 플랫폼 특허를 등록함. 기존 실리콘 태양전지 효율은 25% 수준이나 불투명하고, 유기태양전지, 페로브스카이트, 염료감응 태양전지 등은 50% 수준의 광 투과율과 10% 이하의 효율을 갖으나 장기신뢰성 부족으로 경쟁력을 확보하지 못하는 상황으로 고효율과 고투과도를 동시에 갖는 태양광 모듈은 태양광 분야에서 큰 도전과제임</p> <p>본 특허의 주요 청구항은 투명기판 내부에 태양전지를 수평으로 배열하여 기존 태양광 모듈과 수광 면적 차이는 없어 출력 감소를 최소화하고 동시에 광 투과도를 0%에서 90% 이상으로 높일 수 있음. 또한 태양전지 사이에는 UV 등 단파장을 태양전지가 흡수할 수 있는 장파장으로 파장을 변환시킬 수 있는 광 변환 재료가 혼합된 것을 특징으로 하는 시인성이 우수한 태양광 모듈임.</p> <p>산업적으로 기반을 갖춘 실리콘 태양전지나 페로브스카이트, 유기 태양전지 등의 차세대 태양전지 등 기존 태양전지를 투명한 태양광 모듈로 바꿀수 있는 플랫폼으로 상업적 가치가 높은 특허임</p>								
<p><b>세대별 태양전지를 적용 투명한 태양광 모듈 실제 사진</b></p> <table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"> <p><b>1세대실리콘 고려대</b></p> <p>23% (21×21 cm<sup>2</sup>)</p> </td> <td style="text-align: center;"> <p><b>2세대IGZO박막 (슈미츠에너지 협력)</b></p> <p>10% (30×30 cm<sup>2</sup>)</p> </td> <td style="text-align: center;"> <p><b>3세대페로브스카이트 화학연구원 협력</b></p> <p>15% (10×10 cm<sup>2</sup>)</p> </td> </tr> </table>						<p><b>1세대실리콘 고려대</b></p> <p>23% (21×21 cm<sup>2</sup>)</p>	<p><b>2세대IGZO박막 (슈미츠에너지 협력)</b></p> <p>10% (30×30 cm<sup>2</sup>)</p>	<p><b>3세대페로브스카이트 화학연구원 협력</b></p> <p>15% (10×10 cm<sup>2</sup>)</p>
<p><b>1세대실리콘 고려대</b></p> <p>23% (21×21 cm<sup>2</sup>)</p>	<p><b>2세대IGZO박막 (슈미츠에너지 협력)</b></p> <p>10% (30×30 cm<sup>2</sup>)</p>	<p><b>3세대페로브스카이트 화학연구원 협력</b></p> <p>15% (10×10 cm<sup>2</sup>)</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용
			세부 전공분야		
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
2			화학	특허	①발명자:
			분석화학		②특허명(품종등록명): 태양 전지 모듈
					③출원국가: PCT
					④출원번호: PCT/KR2020/018960
					⑤출원연도: 2020
<p>통상적인 건물 외장형 계통연계형 태양광 발전시스템은 태양광 에너지를 얻기 위해 설치되는 태양 전지판의 설치가 시스템의 구성에 있어서 가장 중요한 요소이며, 이러한 태양전지판의 설치는 별도로 확보된 부지 또는 건물의 옥상 등에 설치함. 하지만 통상적으로 건물의 옥상은 설치에 필요한 장소가 협소하고 한정되어 태양 전지판의 설치에 제한을 받게 되고 설치작업 또한 어려움. 이러한 단점을 보완하고자 건축물의 창호에 태양광발전시스템이 적용된 사례가 있으나 비용 및 공간 측면에서 비효율적임</p> <p>본 특허는 본래 trade-off 관계인 시인성과 발전효율을 동시에 확보할 수 있는 태양광 모듈을 제안함. 마이크로 사이즈로 제작된 태양전지 사이에 빛이 투과할 수 있는 공간이 확보되어 있고 이들이 서로 연결된 구조를 갖는 태양전지 모듈을 제공하는 것을 목적으로 함. 특히 본 모듈의 구조적 특징에 의해 향상된 집광률 및 광흡수효율과 사람의 시야에 간섭되지 않는 넓은 시야각을 보유하고 있음</p>					

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용
			세부 전공분야		
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
3			화학	특허	①발명자:
			분석화학		②특허명(품종등록명): 컬러 태양 전지 모듈
					③출원국가: PCT
					④출원번호: PCT/KR2020/019370
					⑤출원연도: 2020
			<p>단결정 또는 다결정 실리콘 태양전지를 사용하여 제작되는 종래의 BIPV용 태양광 모듈은 태양전지의 제조 형태에 따라 건물 안팎으로 태양전지가 그대로 노출됨. 따라서 태양광 모듈의 색상은 실리콘 태양전지의 색인 푸른색 혹은 검정색과 그 뒷면인 회색으로 제한되며, 태양전지를 연결하는 리본에 의해 심미성 측면에서 불이익이 발생함</p> <p>본 특허는 발전량 손실을 최소화하고 태양광 모듈에 투명한 시인성을 확보하면서 색상을 적용하는 구조를 제안함. 대표 청구항으로 태양전지와 기판에 컬러층을 적용하여 색을 구현하고 집광부를 적용하여 발전량을 증대하는 방식으로 구조를 구성하였음. 특히 태양광 모듈에 색상을 적용한 종래의 방법은 색을 적용하게 될 경우, 태양광 모듈의 발전량이 줄어드는 현상이 있지만, 본 특허에서는 모듈 내부의 집광부에 의해 광 흡수 효율이 증대되는 효과가 있음</p>		

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용
			세부 전공분야		
<b>특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성</b>					
4			화학	특허	①발명자:
			분석화학		②특허명(품종등록명): 확장이 용이한 조립형 태양광 모듈 및 어셈블리의 구조 및 공정
					③출원국가: 대한민국
					④출원번호: 10-2021-0057767
					⑤출원연도: 2021
<p>기존 태양광 모듈에서는 전극이 태양광 패널에 결합된 상태에서 모듈화를 진행하여 모듈의 크기 및 모양이 획일화 되어있음. 그로인해 설치공간에 제약이 생기는 경우가 많음. 본 발명이 이러한 문제들의 해결방안이 될 수 있음</p> <p>본 특허는 확장이 용이한 조립형 태양광모듈 제작을 위해서 체결형 전극구조 및 모듈구조를 제안함. 대표 청구항으로 기존에 사용하지 않던 새로운 태양광 모듈구조, 전극구조를 제안하여 수직형 태양광 모듈의 공정을 간소화 하며 다양한 형태로 조립이 가능하여 설치공간의 제약을 줄일 수 있는 구조를 제공함. 체결형 전극을 통해 각 태양전지를 직·병렬로 연결하여 쉽게 단위 모듈을 제작하고 단위모듈간 연결을 통하여 대면적 태양광 모듈을 제작함. 또한 단위모듈에서 상황에따라 태양전지의 각도, 채움재 등을 변경하여 최적의 모듈을 제공함</p>					

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용
			세부 전공분야		
<b>특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성</b>					
5			화학	특허	①발명자:
			분석화학		②특허명(품종등록명): 고투광성 태양광 모듈
					③출원국가: 대한민국
					④출원번호: 10-2021-0058073
					⑤출원연도: 2021
<p>기존에 사용되는 BIPV용 태양광 모듈은 제조 형태에 따라서 건물 안팎에서 그대로 보이는 형태를 가짐. 또한, 리본과 라미네이팅으로 인해 도시 건물의 유리 대응으로 태양광 모듈을 부착하였을 때, 미관상 좋지 않음</p> <p>본 특허에서는 입사된 광을 반사 및 산란시키는 입자와 파장을 변환하는 입자를 도입함으로써 태양광 모듈의 수광량을 증가시키며 투명한 태양광 모듈을 제공하는 것을 목적으로 함. 입사된 광을 반사 및 산란시키는 입자와 파장을 변환하는 입자를 도입함으로써 태양광 모듈의 수광량을 증가시킴. 태양전지가 사용하지 못하는 자외선 영역의 빛을 가시광 영역의 빛으로 변환하기 때문에, 염료를 단독으로 사용하는 것에 비해 우수한 성능 향상을 나타냄. 또한, 본 특허는 입자의 종류와 농도에 따라 투과되는 자외선과 가시광선, 적외선의 밀도를 조절할 수 있는 특징을 가짐</p>					

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용
			세부 전공분야		
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
6			화학	특허	①발명자:
			분석화학		②특허명(품종등록명): 태양광 모듈 및 이의 제조 방법
					③출원국가: 대한민국
					④출원번호: 10-2021-0075370
					⑤출원연도: 2021
			<p>기존 태양광 모듈의 형태 및 태양전지의 배치가 획일화되어있음. 이로 인해 설치공간에 제약이 생기는 경우가 많음. 본 발명을 통해 설치 및 확장이 용이하고, 복수의 태양전지 각각의 배치를 용이하게 제어할 수 있는 태양광 모듈을 제공하는 것을 목적으로 함</p> <p>본 특허에는 태양광 모듈 및 이의 제조 방법을 제안함. 대표 청구항으로 유연성을 갖는 필름 형태의 제1봉지재 내에 태양전지를 배치하고 태양전지를 포함하는 제1봉지재를 접어서 태양전지를 원하는 각도로 배치하여 제2봉지재 내부에서 배치하는 형태를 제안함. 본 특허에서는 각각의 태양전지 배치가 용이하도록 제어가 가능하며 설치 및 확장이 용이한 태양전지 모듈을 제공하여 다양한 환경에서 태양전지를 활용 가능함</p>		

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용
			세부 전공분야		
<b>특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성</b>					
7			화학	특허	①발명자:
			분석화학		②특허명(품종등록명): 충격 흡수구조체를 포함하는 태양광 모듈
					③출원국가: 대한민국
					④출원번호: 10-2021-0077742
					⑤출원연도: 2021
<p>태양광 모듈이 널리 쓰임에 따라 장기 안정성이 중요하며 이를 위해 강한 외부의 충격으로부터 태양광 모듈을 보호할 수 있는 기술의 개발이 필요한 상황임. 기존 태양광 모듈은 고분자로 구성된 봉지부를 활용하여 외부 충격으로부터 보호받지만 강한 외부의 충격에는 취약할 수 있는 한계를 가지고 있음</p> <p>본 특허는 외부 충격에 대해 향상된 내충격성을 가진 태양광 모듈 구조를 제안함. 대표 청구항으로 태양광 모듈을 감싸는 봉지부와 태양광 모듈 사이에 충격 흡수부를 배치하거나 모듈을 구성하는 태양전지 사이 공간에 충격 흡수부를 배치하는 구조를 통해 이를 구현함</p>					

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용
			세부 전공분야		
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성					
8			화학	특허	①발명자:
			분석화학		②특허명(품종등록명): 태양광 모듈의 제조 방법
					③출원국가: 대한민국
					④출원번호: 10-2021-0088266
					⑤출원연도: 2021
			<p>건물에 태양광 시스템을 설치하려면 전지판의 설치를 필요로 하기 때문에, 별도의 공간확보가 필수적입니다. 통상적으로 건물의 옥상은 냉각탑 설치, 시야 확보 등의 이유로 전지판 설치에 제한이 있음. 이를 보완하기 위해 창호 시스템에 태양광 시스템이 적용된 사례가 있지만, 기존의 시스템은 설치 구조가 복잡하여 확장 및 설치에 한계가 존재함. 본 특허에서는 설치와 확장, 복수의 태양전지 배치를 용이하게 제어할 수 있는 태양광 모듈을 제공하는 것을 목적으로 함</p> <p>상용화되는 태양전지의 경우 기판의 크기에 따라 태양전지 유닛 셀의 크기가 제한됨. 또한, 유닛 셀의 전기적 특성이 기판을 만들 때부터 정해져 있어서 사용자의 목적에 맞추어서 조절하기가 힘든 단점을 가지고 있음. 본 특허에서는 전지의 전극을 shingled 접합을 이용해 연결한 후 다시 cutting 하여 모듈의 유닛 셀로 사용하는 기술을 제안함. 이를 적용하면, 유닛 셀을 상용화된 사용자의 수요와 목적에 맞춰 제작할 수 있으며 전기적 특성을 조절할 수 있음</p>		

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용
			세부 전공분야		
<b>특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성</b>					
9			화학	특허	①발명자:
			분석화학		②특허명(품종등록명): 수전해 장치 및 수전해 방법
					③출원국가: PCT
					④출원번호: PCT/KR2021/006930
					⑤출원연도: 2021
<p>태양광 발전을 하기 위해서는 많은 면적의 태양전지가 설치될 대지가 요구되는데, 태양전지를 설치하기 위한 대지가 부족하여 적합한 설치장소를 찾는 데 많은 어려움이 있음. 이를 해결하기 위해 수상에 설치하여 대지 확보에 대한 제한 없는 수상 태양광 모듈 구조가 요구됨. 하지만 기존의 수상에 설치 가능한 태양광 모듈 구조는 수상에 설치하여도 발전된 전기를 대지로 수송하기 위해 대지와 전선이 연결되어 있어야 하며, 이에 따라 수상에 고정하여 설치해야 한다는 단점이 있음</p> <p>본 발명에서는 대지 및 수상에 고정할 필요가 없는 수상 이동형 태양광 모듈 구조를 제안함. 이 구조의 특징으로 태양광 모듈에 배터리 및 수전해 장치를 적용하여 태양광 모듈 내에서 전기 생산 및 저장이 가능하고 저장된 전기로 이동이 가능함. 잉여 전력은 수전해를 통하여 수소로 저장하고 저장된 수소를 육지의 저장시설에 수송함. 전선이 분리되어 있어 강풍이나 장마 등의 자연재해로 인한 시설 구조물의 피해가 없고, 이동이 가능하기 때문에 구름 또는 그림자에 의한 shading effect를 최소화할 수 있음. 수심이 깊어 고정형으로 설치가 불가능한 수역에 설치가 가능하며, 기존 수상 태양광 발전 수역에도 적용이 가능함. 또한 태양광 모듈의 이동 및 수중 모터의 회전에 따른 물의 교반으로 기존의 수상 태양광 발전의 문제로 언급되던 태양광 모듈의 면적에 따른 수면 산소 투과 어려움에 따른 녹조현상을 억제 가능하다는 점에서 친환경적인 발전뿐만 아니라 수중 생태계의 영향을 최소화할 수 있는 구조를 가짐</p>					

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	전공분야	실적구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용
			세부 전공분야		

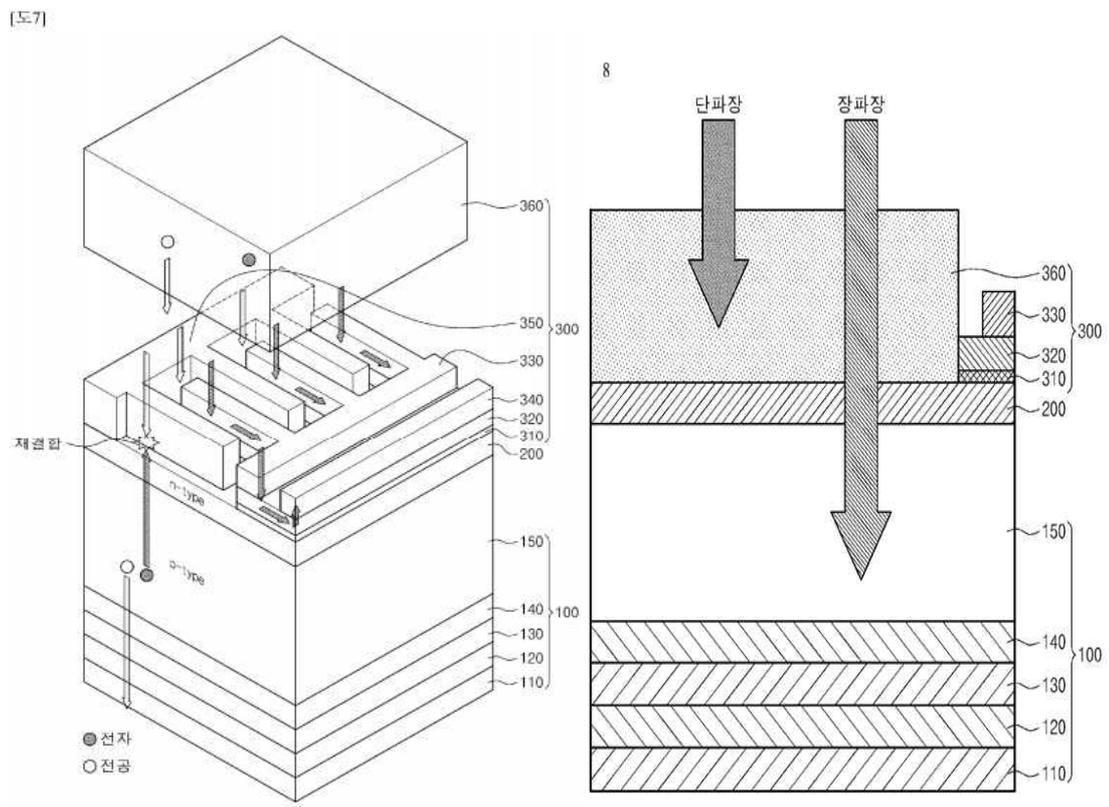
**특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성**

			전자/정보 통신공학	특허	①발명자:
			반도체 재료		②특허명(품종등록명): 태양전지 및 이를 포함하는 태양전지 모듈
					③출원국가: PCT
					④출원번호: PCT/KR2020/014089
					⑤출원연도: 2020/10/15

본 발명은, 단일 접합 태양전지의 이론효율 (29.4%) 한계를 극복하기 위해 연구되고 있는 페로브스카이트/실리콘 탠덤(Tandem) 태양전지의 구조 혁신 기술에 관한 것임. 기존의 태양전지들이 모든 구성 층들을 수직으로 쌓아 올려 기생흡수와 shadowing 손실이 발생하던 문제점을 해결하여 효율을 획기적으로 증가시킬 구조를 제시함.

후면 전극형 태양전지의 구조를 탠덤 태양전지에 적용한 독창적인 구조로 차세대 상업용 태양전지로 기대되는 탠덤 태양전지 모듈 공정 또한 가능한 혁신적인 구조임. 본 발명은 차세대 상업용 태양전지의 산업화를 위한 핵심적인 발명이며, 탠덤 태양전지뿐만 아니라, 삼중접합 태양전지와 그 이상의 접합 태양전지들에 모두 적용이 가능하여 활용 기대효과가 매우 높음.

10





〈표 III-3〉 최근 1년간(2020.9.1.-2021.8.31.) 특허 등록실적

연번	연도	항목	등록 국가	등록일자	등록번호	발명의 명칭	등록인 구분	발명인명
1	2020	국내특허	한국	20200428	10-2107798	박막 태양전지 모듈 및 그 제조방법	고려대학교 산학협력단	
2	2021	국내특허	한국	20210518	10-2255578	Kerfless 방식으로 제작된 실리콘 웨이퍼의 습식 이단계 표면 조직화 방법	고려대학교 산학협력단	
3	2021	국내특허	한국	20210315	10-2229748	탠덤태양전지소자	고려대학교 산학협력단	
4	2021	국제특허	미국	20210302	10934164	액상의 수소 저장 물질	고려대학교 산학협력단	

〈표 III-4〉 최근 1년간(2020.9.1.-2021.8.31.) 특허 출원실적

연번	연도	항목	출원 국가	출원일자	출원번호	발명의 명칭	등록인 구분	발명인명
1	2021	해외특허	PCT	20210611	PCT/KR2021/007334	태양전지 제조 방법	고려대학교 산학협력단	
2	2021	해외특허	PCT	20210531	PCT/KR2021/006731	조립식 태양전지 모듈	고려대학교 산학협력단	
3	2020	해외특허	PCT	20201223	PCT/KR2020/018960	태양 전지 모듈	고려대학교 산학협력단	
4	2020	해외특허	PCT	20201230	PCT/KR2020/019370	컬러 태양 전지 모듈	고려대학교 산학협력단	
5	2020	해외특허	PCT	20201015	PCT/KR2020/014089	태양전지 및 이를 포함하는 태양전지 모듈	고려대학교 산학협력단	
6	2021	해외특허	PCT	20210709	PCT/KR2021/006930	수전해 장치 및 수전해 방법	고려대학교 산학협력단	
7	2021	국내특허	한국	20210616	10-2021-0077742	층격 흡수구조체를 포함한 태양광 모듈	고려대학교 산학협력단	
8	2021	국내특허	한국	20210706	10-2021-0088266	태양광 모듈의 제조 방법	고려대학교 산학협력단	
9	2021	국내특허	한국	20210610	10-2021-0075370	태양광 모듈 및 이의 제조 방법	고려대학교 산학협력단	
10	2021	국내특허	한국	20210315	10-2021-0033074	탠덤태양전지소자	고려대학교 산학협력단	
11	2021	국내특허	한국	20210416	10-2021-0049553	투명도를 고려한 박막 태양전지 및 그 제조방법	고려대학교 산학협력단	
12	2021년	국내특허	한국	20210504	10-2021-0057767	확장이 용이한 조립형 태양광 모듈 및 어셈블리의 구조 및 공정	고려대학교 산학협력단	
13	2021	국내특허	한국	20210607	10-2021-0073621	탠덤 태양전지 및 이의 제조 방법	고려대학교 산학협력단	
14	2021	국내특허	한국	20210422	10-2021-0052122	CIGS 박막 태양전지에 대한 PID 발생 장치	고려대학교 산학협력단	
15	2021	국내특허	한국	20210504	10-2021-0058073	고투광성 태양광 모듈	고려대학교 산학협력단	
16	2020	국내특허	한국	20201125	10-2020-0160167	태양전지 및 이의 제조 방법	고려대학교 산학협력단	
17	2020	국내특허	한국	20200928	10-2020-0126162	태양전지 기관의 습식 텍스처링 방법	고려대학교 산학협력단	

## ● 향후 특허 계획

- 본 연구단에서 연구중인 투명 태양광 모듈은 2020년 8월~2021년 현재 등록 특허 3건, 출원 17건이며, 사업화 가능성이 높은 것으로 판단하고 있음. 따라서 고려대학교 산학협력단 기술사업화센터에서 지원하고있는 프로그램인 Freedom-to-Operate (실시자유) 분석을 통해 특허침해 여부 및 회피설계, 핵심특허 등록 등 특허 전략 수립을 진행하고자 함.

## ● 고려대학교 연구자 대상 특허기반 침해가능성 사전 분석 및 회피설계 지원

- 연구실 특허와 동일하거나 유사한 기술을 기업에서 사용한 사실을 확인  
- 후발기업들이 유사한 아이템을 사용하고 있는 사실을 확인  
- 동일/유사한 선행특허 등이 존재하는지, 이로 인해 특허침해이슈가 발생하지는 않는지, 자유실시가 가능한지 확인 필요  
- 보유특허의 타기업 침해가능성에 대한 사전 분석을 통해 타기업의 침해품 구성과 청구항을 상세비교 분석, 침해가능성이 높다고 판단되는 경우 소송 시나리오 및 소송을 통한 수익화 방안 검토 등을 지원

## ● 참고: 실시자유분석 또는 특허침해분석(Freedom-to-Operate Analysis)

- FTO 분석은 제품 개발 전 단계나 제3자로부터 특허 침해 주장을 받은 경우뿐만 아니라 해당 특허권자에게 특허 라이선싱이나 매입 제의를 하고자 가치평가가 필요한 경우에도 활용될 수 있음.

- FTO 분석은 각별히 침해 가능성이 높은 한 개의 특허를 분석하는 것에 집중할 수도 있고, 다수의 연관된 특허 혹은 제품들을 차례로 분석할 수도 있음. 보통 (1) 실시하고자 하는 자사의 제품이나 공정이 타인의 특허를 침해하는지와 (2) 타인의 특허가 유효한지를 가리는 두 종류로 구분됨.

- 서비스(플랫폼, SW 포함)나 제품 내용의 수정이 가능한 초기 연구 개발 단계에서 FTO 분석은 필수적인 특허확보 전략임. FTO를 통해 초기에 핵심 특허를 식별하고 침해 위험이 가장 높은 특허를 검토하여, 특허 침해에 해당하지 않는 기술 구성을 중심으로 R&D를 진행하여, 침해 위험을 줄이고 제품의 특허 가능성을 높이는 설계를 할 수 있음.

- 미국에서는 특허 '고의 침해'에 대하여 증액 손해배상제도가 적용되며, 이때 특허 전문가의 FTO 분석을 통해 특허 침해가 아니라는 의견을 보유한 경우 고의성이 없었음을 입증할 수 있는 좋은 수단이 됨. 또한, 특허 침해 가처분 신청에도 대응할 수 있는 아주 효과적인 수단이 될 수 있음.

## ● FTO 분석의 구성 내용과 분석 방법

1. 해당 특허의 존속기간 및 등록 유효성(소멸 여부) 확인
2. 방어 가능한 청구항 해석
3. 특허 비침해 분석
4. 특허 무효화 가능성 분석

## 2. 산업·사회에 대한 기여도

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

#### ● (현황)

- 에너지환경대학원은 정부의 국제에너지전문가 육성사업(에너지 국제협력연구)의 일환으로 2015년부터 신흥국 에너지부 공무원 및 국영전력회사 핵심인력을 초청, 지한파 양성의 석·박사 정규 학위과정을 운영하고 있음. 배출된 졸업생은 국내 에너지기업의 해외시장 진출 시 현지 핵심인물을 연결해 줄 인적 네트워크 운영자로 적극 활용이 가능하고, 지속적이고 원활한 유대관계를 통해 후속사업 창출도 가능함.
- 2021년 8월 현재 16개국 28명의 졸업/재학생이 있으며, 이들은 에너지 분야 전략시장인 신흥경제국의 에너지부 및 국영전력회사 현직 간부들로서 주로 아시아 및 아프리카 국가 출신으로 구성됨.
- 2021년 2학기부터 시작되는 제 2단계 프로그램에는 석사과정 5명, 박사과정 8명 등 총 13명의 신입생이 입학함.
- 해외 전문가 풀을 활용한 국제협력 플랫폼을 마련하여 신흥국 목표시장 사업화 프로젝트 창출함.
- 현지 전문가·공무원·기업 등과의 협력 네트워크를 구축하여 현지 상황에 맞는 에너지 적정기술을 발굴하고, 정책분석을 통해 시장을 개척하도록 지원함.

#### ● (향후 계획)

- 코로나19로 인한 국내 및 국제적인 상황이 호전되는대로 산학연 네트워크 교류회, 국제협력 워크숍, 에너지기술정책 포럼 개최할 예정임.
  - 졸업/재학생 및 해당 국가 에너지부 공무원을 비롯하여 관련 기관 간 정책협력 및 학술교류 네트워크 구축하여 인적 교두보 마련
  - 현지 에너지기술 수요 및 시장상황을 분석 및 평가하고 진출 가능한 국내기업을 매칭하기 위한 워크숍 개최(졸업/재학생 출신 국가의 에너지 기관 관계자 한국 초청)
  - 국내 산학연 연구진 현지 방문하여 양자 간 에너지산업 진출을 위한 공동연구 및 과제발굴 추진
  - 현재 한국중부발전, 한국동서발전, 한전KPS, 한국석유공사, 포스코에너지, SK이노베이션, 삼탄, 한화에너지, 리카본코리아, 계림폴리콘, 한국스마트, 에너지기술(주), 스텝랩, 에코션, 엔바이오컨스, 코에버정보기술, 다쓰테크 등 다수의 국내 에너지 기관/기업들과 협력 중
- 플랫폼은 위원회를 구성하여 온/오프라인 채널을 통해 운영
  - 플랫폼 운영자는 학연산 컨소시엄내 학교(에너지특화 기술정책 융합)가 수행
  - 플랫폼 위원회는 정부(산업부), 학연산 컨소시엄 및 프로그램 졸업생/동문 대표로 구성
  - 플랫폼의 효과적 운영을 위해 온라인 상에 플랫폼 시스템 구축

## 나. (플라스틱 문제해결을 위한 정책평가) 플라스틱 제품의 생산자책임확대제도 효과성 분석 (참여교수:            교수)

### ● (연구 배경)

- 한국은 1인당 플라스틱 소비가 130kg인 플라스틱 다소비 국가임. 특히 최근 재활용업체의 폐비닐 및 플라스틱류 수거 거부 사태, 폐기물 필리핀 불법 수출과 같은 사회적 문제가 주목을 받게 되면서 2018년 환경부가 개선 대책을 발표하기에 이룸. 중국 정부의 재활용물질 수입규제에 따라 폐플라스틱의 수출은 급감하고 수입은 증가하고 있으며, 국내 폐플라스틱은 재질이 다양하고 이물질이 섞여 있어 해외에서만 아니라 국내에서도 수요가 줄어드는 실정임.
- 본 연구에서는 플라스틱 생산-소비-처리의 전 과정에서 물질흐름을 구축하여 플라스틱 관리 현황을 파악하고, 의사결정에 유용한 통합물질자료를 구축하고자 함. 이를 위해 플라스틱 수지 생산과 수출입, 플라스틱 제품 생산과 수출입, 플라스틱 제품 소비, 폐플라스틱 재활용 및 처리와 관련된 가용한 국가 및 산업통계를 취합하고, 자료가 부족한 부분은 문헌자료와 모델을 활용하여 추정하며, 문헌연구 및 현장방문을 통해 실질적 재활용을 고려하여 전 과정에 걸친 물질흐름 데이터베이스를 구축하고자 함. 또한 각 단계에서의 이해관계자 수와 역할배분을 조사하여 거버넌스 구조와 효과적인 플라스틱 관리를 위한 문제점을 분석함.

### ● (실적 및 현황)

- 일차적으로 생산-소비-폐기 전 과정에서의 한국 플라스틱 관리 현황을 파악하기 위해, 플라스틱 관련 문제가 가시적으로 나타났던 2017년-2019년 3개년 각각에 대해 플라스틱 관련 통계를 수집, 검토하고 물질계정을 구축함. 이에 대한 결과는 2개의 국제학술대회에서 발표하였으며(구두발표 1건, 포스터발표 1건), 국내에서도 관련 연구원 및 학교에서 세미나 형태로 연구결과를 공유하며 플라스틱 통계 관련 이슈 등에 대해 논의함.
- 일차 분석을 바탕으로 1982년부터 2020년까지 40여년 간의 동적 물질흐름분석 또한 수행하였으며, 이를 통해 정적 물질흐름분석에서는 데이터의 한계로 분석할 수 없었던 수지별 폐기물 발생량 및 부문별 플라스틱 축적량을 추정할 수 있었음. 이러한 정보에 따라 현재 및 미래의 폐기물 수지 조성을 고려한 적절한 재활용 포트폴리오를 검토할 수 있음. 플라스틱 정책 수립과 평가에 기여할 수 있을 것으로 생각됨.
- 플라스틱 물질흐름분석 결과, 포장재 부문의 플라스틱 소비량이 가장 크고 일회성 소비로 인한 문제가 심각한 것으로 나타남. 이에 따라 음식배달 시 사용되는 플라스틱 포장재의 양을 추정하고, 대안 비즈니스 모델(다회용기 사용 및 세척, 바이오플라스틱 사용, 포장재 플라스틱량 감소 등) 사용시 시나리오에 따른 환경적 효과를 추정하는 연구를 수행 중임.

### ● (향후 기대 효과)

- 이러한 분석에 기반하여 특히 생산자책임재활용제도 정책이 그동안 자원효율성 및 환경목표를 어떻게 달성하여 왔는지 효과성을 평가하고 플라스틱 제품 관리의 개선점을 도출하고자 함.

## 다. (신산업 유망기술 예측) 수소 에너지 기술 분야 미래 유망기술 예측 (참여교수: 교수)

### ● (연구 배경)

- 기업, 정부가 성공적인 기술혁신을 하기 위해서는 새로운 아이디어를 창출하고(invention), 선별한 아이디어를 시장성 있는 기술제품으로 개발하여(innovation) 소비자에게 확산시키는(diffusion) 과정을 거쳐야 함. 하지만 어떤 아이디어가 우수한지, 어떤 기술제품이 시장에서 널리 받아들여질지 등을 사전에 알기 어렵기 때문에 기술혁신의 성공률은 매우 낮은 편임.
- 본 연구에서는 수소 에너지 기술을 둘러싼 공학 및 사회 시스템과 관련된 데이터를 정밀하게 분석하고 미래기술의 방향성을 예측하여 기업과 정부가 신재생에너지 산업에 투자하는 과정에서 마주하는 불확실성을 낮추고 기술혁신 성공률은 높일 수 있는 전략을 도출하고자 함.

### ● (실적 및 현황)

- 수소 에너지 관련 특허 데이터를 세부 기술 도메인별로 정교하게 분류하여 수소 에너지 특허 데이터베이스를 구축. 또한 특허 데이터 분석결과 정리하여 논문 작성을 완료. 논문은 현재 SCIE급 저널인 Applied Energy(IF: 9.746)에서 리뷰 중임.
- 수소기술은 수소의 생산, 저장, 운송, 활용의 광범위한 주제를 포괄하는 개념이기 때문에, 이를 개별 분야의 전문가가 통합적으로 분석하기란 쉽지 않음. 본 연구에서는 이와 같이 다양한 분야의 수소기술 내 잠재된 세부 기술주제를 식별하고 주요 국가별 기술 중점분야를 분석하기 위하여 특허자료에 텍스트마이닝 기법인 구조적 토픽 모형(Structural Topic Model)을 적용하였음. 그리고 1) 특허에 잠재된 수소기술 토픽 및 주요국 기술 포트폴리오 식별, 그리고 2) 기술연관분석을 수행하여 수소 R&D 전략에 대한 시사점을 제시하였음.

### ● (향후 기대 효과)

- 많은 국가들은 수소기술 개발을 통하여 관련 산업 시장을 창출하고, 에너지 자립 및 친환경 에너지 시스템 구축을 목표로 하고 있음. 그러나 국제적인 기술경쟁력을 확보하지 못할 경우 해당 국가가 수소경제 실현으로 실현할 수 있는 이득은 현저하게 줄어들 수 있음. 정책 결정자들은 이러한 상황에서 자국의 서로 다른 부문의 기술들이 수소라는 키워드를 중심으로 어떻게 연관되는지 그 패턴을 파악하고, 미처 포착되지 못한 기술적 기회를 식별하여 전략적으로 투자, 지원해야 할 필요가 있음. 하지만 이러한 광범위한 기술적 내용을 소수의 전문가들이 평가하기란 어려운 일임. 이러한 배경 하에서 본 연구는 텍스트마이닝 기법을 이용하여 수소기술과 관련된 주요 정책 결정자들의 의사결정을 지원할 수 있는 프레임워크를 제시하고 수소 R&D 전략에 대한 시사점을 제시한다는 점에서 의미가 있음.

**라. (산업의 자원효율 제고) 한국의 산업단지 생태개발 산업공생 잠재량 추정 (참여교수: 교수)**

● (연구 배경)

- 한국은 노후한 산업단지의 환경 영향을 최소화하고 효율적인 자원 활용을 통해 경쟁력을 제고하기 위해 2005년부터 2016년까지 생태산업단지개발 사업(Eco-industrial Park development program)을 추진함. 이는 기업 간 협력을 통해 폐부산물, 폐수, 폐열을 유용한 산업자원으로 활용하는 것(산업공생)으로, 총 12년간 1,800여 개 기업이 참여하는 655개 사업을 발굴하여 이 중 235개 물질교환 네트워크를 사업화함. 이에 따라 2조 이상의 경제적 효과(누적 부산물 판매이익 및 비용저감), 환경적 효과(850만 톤의 온실가스 저감, 680만 톤의 폐기물 매립저감, 1.7백만toe의 에너지 절감 등) 및 사회적 효과(992개의 일자리 창출 효과 등)가 발생한 것으로 추정함.
- 사업지원비용 대비 30배 이상의 경제적 성과를 창출하고 높은 사업화율(66%)을 달성했음에도 불구하고, 사업 종료 이후 예비타당성 및 결과보고서의 데이터가 체계적으로 정리되지 않아 관련 사업을 확대하기 어려운 상황임.
- “산업단지 폐부산물 폐쇄순환 그리드 시스템 개발”은 한국산업기술평가관리원의 청정생산기반산업공생기술개발사업(과제책임자: 한국생산기술연구원 박사)으로 2019년부터 2021년까지 3년간 수행되는 사업임. 주 내용은 생태산업단지개발사업 데이터와 함께 가용한 산업관련 통계(에너지 사용, 폐기물/대기오염물질 배출 등)를 활용하여 데이터베이스를 구축하고, 경제성, 환경성이 우수한 산업공생사업을 발굴하여 사업화로 이어질 수 있도록 개발을 지원하는 플랫폼을 만드는 것임.
- 구축된 데이터베이스와 37개 산업공생 대표기술에 대한 정보를 기반으로 산업공생이 더 많은 산업단지로 확장될 경우 그 잠재량은 얼마인지 추정하는 연구를 하고자 함. 이를 위해 예일대학교 환경대학원의 연구팀(책임자 교수, 박사과정 학생 참여)과 공동으로 경제성과 환경성이 우수한 산업공생 네트워크를 구성하는 알고리즘을 개발하고자 함.

● (실적 및 현황)

- 한국생산기술연구원에서 생태산업단지개발사업(2005-2016)으로 배출된 474개 보고서와 산업 관련 각종 통계(산업시설, 신용정보, 폐기물, 대기배출물, 에너지, 폐수 통계 등)를 연계한 데이터베이스 및 인공지능 기반 지능형 폐쇄순환그리드 시스템 구축을 진행 중임. 대규모 데이터베이스와 시스템이 구축되면, 이를 활용하여 전국 산업단지 산업공생 잠재량을 추정할 수 있음. 이에 대한 작업은 중국 및 인도의 산업공생 잠재량을 추정한 경험이 있는 Yale School of Environment의 연구팀과 공동 수행할 계획임.

● (향후 기대 효과)

- 물질교환을 위한 산업 간 매칭 알고리즘을 통해 경제성과 환경성이 높은 사업을 우선적으로 발굴할 수 있으며, 이러한 분석을 통해 사업화 가능성이 높은 사업이 실제로 사업화까지 이어질 수 있도록 기업의 선정 및 산업공생 의사결정을 지원할 수 있음. 사업화까지 이어질 경우 기업 간 효율적인 자원 공유를 통해 산업생산의 경제적, 환경적, 사회적 부가가치를 창출할 수 있음.

**마. (석탄발전산업 환경영향 저감정책 설계) 석탄화력발전소 저탄장 옥내화에 대한 국민 수용성 분석 (참여교수:            교수)**

● (연구 배경)

- 석탄화력발전소는 연료인 석탄을 보관하기 위한 저장시설인 저탄장도 함께 운영되어야 하는데, 국내 저탄장은 대부분 야외 저탄장 형식으로 설치되어 있음(대량의 석탄을 야외에 쌓아 놓음). 여기에서 발생하는 분진(석탄가루 날림먼지), 유해가스 및 악취(매연) 등으로 인해 인근 주민들에게 환경문제가 발생하고 있음. 인근 지역 주민들에게는 장기간 노출에 의한 인체 영향(호흡기·폐질환 등)이 있을 수 있고, 침착에 의한 수질·토양·식물 생태계 피해도 있을 수 있음.
- 국내 석탄화력발전소 저탄장의 옥내화가 시행되면, 석탄 미세먼지 및 유해가스 저감에 따른 대기환경 개선 효과가 발생할 것으로 기대되며, 특히 석탄가루 날림먼지의 특성상 해당 발전소 주변 20km 이내의 대기환경이 개선될 것으로 보임.
- 하지만 석탄화력발전소 저탄장의 옥내화를 추진하는 사업(저장용량은 석탄 약 547만 톤 규모 / 부지는 115만㎡, 축구장 167개 규모)을 시행하기 위해서 많은 비용이 소요되는 상황임.
- 본 연구에서는 국내 주요 석탄화력발전소 6곳의 야외 저탄장 전체를 옥내화하여 국내의 미세먼지 및 대기오염 문제를 완화하는 사업에 대한 국민들의 지불의사액을 추정하여 저탄장 옥내화 사업이 주는 편익과 사회적 후생을 분석하고자 함.
- 본 연구에서는 대국민 설문을 통해 국내 주요 석탄화력발전소 6곳의 야외 저탄장 전체를 옥내화하는 사업에 대한 국민들의 진술선호 데이터를 수집하고 이를 계량경제 모형으로 분석하여 이 사업에 대한 국민들의 지불의사액을 도출하고자 함. 그리고 이를 바탕으로 사업이 주는 편익과 사회적 후생을 추정하고자 함.

● (실적 및 현황)

- 연구결과를 정리하여 논문으로 작성하였음. 논문은 현재 SSCI급 저널인 Environmental Science and Pollution Research(IF: 4.223)에서 리뷰 중임.
- 본 연구결과에 따르면 국내 주요 석탄화력발전소 6곳의 야외 저탄장을 옥내화하는데 한국 국민들은 가구당 약 59,242원을 지불할 의향이 있으며, 우리나라 국가적 측면에서의 경제적 편익은 약 1조 1,837억원인 것으로 나타났음
- 정부 발표자료에 따르면 국내 주요 석탄화력발전소 6곳의 저탄장을 모두 옥내화 하는데 들어가는 비용은 약 2조 2,770억원인 것으로 추산됨. 즉, 한국 정부가 국내 석탄화력발전소 6곳의 저탄장을 모두 옥내화 하는 프로젝트를 진행하게 되면 비용이 편익보다 1조 933억원이나 더 클 것으로 계산되었음. 즉, 본 프로젝트 비용은 국민들이 지불하고자 하는 의사액의 약 1.92배 수준이고 benefit-cost ratio는 0.52 수준으로 1보다 작으므로 economically viable project가 아닌 것으로 분석됨. 그렇기 때문에 저탄장 옥내화로 인한 비용 투입 및 상승분이 직간접적인 형태로(예: 전기요금 상승 등) 국민들에게 전가된다면 사회적으로 반발이 생길 것으로 예상됨

● (향후 기대 효과)

- 국내 주요 석탄화력발전소 6곳의 야외 저탄장 전체를 옥내화하는 것은 2조 이상의 비용이 투입되어야 하는 대형 사업임. 본 연구에서는 본 사업의 추진이 경제적으로 타당성하지 않음을 확인함.
- 본 연구는 최근 심각한 사회문제로 대두되고 있는 미세먼지 및 대기오염 문제를 해결하고 사회적 후생을 극대화할 수 있는 정책을 설계하기 위한 근거자료로 활용될 수 있을 것임.

바. 알키미스트 프로젝트 산업화 (참여교수:

교수)

● (연구 배경)

- 알키미스트 프로젝트는 산업의 난제 해결에 도전하는 초고난도 기술 개발을 통해 사회·경제적 파급력이 높은 기술을 확보함.
- 실리콘 태양전지 한계효율(30%) 극복을 위한 슈퍼 태양전지로 페로브스카이트/실리콘 탠덤 태양전지 개발.
- 건물 적용을 위한 태양광발전(BIPV)의 핵심기술로 투명하면서 전력을 발생할 수 있는 투명한 태양전지 소재 및 모듈 개발.

● (실적 및 현황)

- 슈퍼 태양전지 개발 (                    교수 연구팀)

산업난제 해결을 위한 알키미스트 프로젝트로 “슈퍼 태양전지” 개발을 진행중에 있음. 고려대, 한국화학연구원, KAIST 및 글로벌 태양광기업인 (주)한화큐셀이 같이 협력하고 있으며, 현재 슈퍼 태양전지의 bottom 셀을 2022년 사업화하기 위해 파일롯라인을 설치하여 검증중. 현재 태양광시장의 95%를 점유중인 상업용 실리콘 태양전지의 경우 효율이 22-23% 이며, 본 슈퍼 태양전지의 최종목표는 태양전지의 이론한계효율(29.4%)를 극복한 30% 이상의 효율 달성임. 향후 슈퍼 태양전지의 상용화에 성공한다면 국내 태양광 기술의 글로벌 우위성과 국내 관련 산업(소재/부품/공정장비) 활성화를 통한 글로벌 시장에서의 국내 산업경쟁력 확보가 가능함.

- 투명한 태양전지 개발 (                    교수 연구팀)

<p>(ㄱ) 필름형 투명 태양전지 개발</p> <p>● 멤버십 협력 개발 예시 - 메카로</p> <p>현 제품: OGS 박막 모듈</p> <p>투명태양전지 적용: OGS 투명 모듈</p> <p>협력 필요성과 시너지 효과: OGS 투명 태양광 모듈 상용화</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 기존 태양광 모듈 산업은 기술 장벽이 낮음</li> <li>▶ 보유기술의 부가 가치를 높일 수 있는 새로운 제품 필요함</li> <li>▶ 메카로: OGS 박막 태양전지 개발 및 실의 평가, 고려대: OGS 박막 태양전지 고효율화 공정 개발</li> </ul>	<p>(ㄴ) 기존 태양전지 플랫폼화 예시</p> <p>● 멤버십 협력 개발 예시 - 립하이</p> <p>현 제품: 웨어러블 소자, 자동차부품, 스마트유리</p> <p>투명태양전지 적용: IT(투명디스플레이), 자동차(창문), 건물(스마트유리)</p> <p>협력 필요성과 시너지 효과: 투명 태양전지를 활용한 다양한 신제품 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ EC는 전력 공급을 중단상태에서 투과도 70% 수준을 유지해야 하므로 투명 태양전지 필요</li> <li>▶ 자동차나 웨어러블 기기는 배터리를 사용하므로 사용시간 제한되어 보조 전력원 필요</li> <li>▶ 립하이: 박막 변색 소자 및 시스템개발, 고려대: 필름형 투명태양전지 개발</li> </ul>
--	---

● (기대 효과)

- 건물, 자동차, 전자기기 등 주요 에너지소비원의 에너지 자립도 향상에 따른 총 에너지비용 절감을 통해 에너지 원료 수입국으로써 큰 이점
- 요소기술 특허 선점 및 고부가가치 에너지산업 선도를 통한 국가 경제력 향상 기여
- 신규 고부가가치 에너지산업에 의한 요소기술 및 확장기술 분야 산업 수요 증가와 일자리 창출, 100 GW 이상의 신규 에너지 시장 창출할 것으로 예상함 (국내 대중소 기업들과의 멤버십 운영을 통해 개발될 기술과 제품의 사업화 촉진 및 신산업 창출; 멤버십 참여기업 : 현대자동차, 한화, 포스코, 신성이엔지, 이건창호, 고려특수소재, 이녹스,리스트벤처, 코아시아 등 자동차, 전자재, IT, 벤처투자 기업)

## 사. 친환경차 보급 확대를 위한 국가 단위 선행조건: 전원믹스 (참여교수: )

### ● (연구 배경)

전기차와 수소차는 수송부문에서 가장 대표적인 친환경 기술대안으로 여겨지고 있다. 전기차는 배터리에 충전된 전기를 이용하여 주행하기 때문에 주행 중에는 온실가스를 전혀 배출하지 않는다. 하지만 전기차에 사용되는 전기가 온실가스 배출이 많은 에너지원으로 생산되는 경우에는 친환경적이지 않다는 지적이 있다. 또한 수소차도 수소와 산소를 화학 반응시켜서 만들어낸 전기를 이용하므로 주행 중에는 온실가스를 전혀 배출하지 않지만, 수소생산과정에서 화석연료를 사용하기 때문에 친환경적이지 않다는 지적이 있다.

### ● (현황 및 기대효과)

우종률 교수는 이러한 친환경차에 대한 환경성 이슈에 대해 정량적으로 분석한 연구결과를 국토연구원에서 발간하는 월간 국토 2021년 3월호에 기고하였다. 본 기고문에서는 국가 차원에서 친환경차의 온실가스 감축효과를 정확히 판단하기 위해서는 발전원 구성(electricity generation mix, 전원믹스) 및 수소생산방식의 구성을 고려할 필요가 있음을 정량적 연구결과를 통해 제시하였다. 그리고 진정한 의미의 친환경차 보급을 확대하기 위해서는 친환경적인 전원믹스와 수소생산방식의 구축이 반드시 선행되어야 함을 주장하였다. 본 기고문은 탄소중립 사회로 나아가는데 기여한 실적으로 평가될 수 있다.

### 3. 연구의 국제화 현황

#### 가. 참여교수의 국제적 학술활동 참여 실적

〈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		학회	PVSEC-30 & GPVC 2020	Organizing Committee, Co-Chair	사단법인 한국태양광 발전학회 (KPVS)	20201108	
2		학회	GPVC 2021	Organizing Committee, Co-Chair	사단법인 한국태양광 발전학회 (KPVS)	20201108	
3		학회	GPVC 2021	Organizing Committee, Program Committee, Chair	사단법인 한국태양광 발전학회 (KPVS)	20210707	
4		특강	페루 녹색투자 및 비즈니스 역량강화(2019-2021) / Environmental finance (환경 금융시스템:관리와제도)	온라인 녹화강의	고려대 국제개발협 력연구원	20210622	
5		학회지	Journal of Industrial Ecology	Editor			1530-9290 (Online ISSN)
6		학회지	Cleaner Production Letters	Associate Editor			2666-7916
7		학회지	International Society for Industrial Ecology	Board member, Membership Committee			
8		학회지	Korean Journal of Chemical Engineering	Associate Editor			0256-1115
9		학회지	International Journal of Thermophysics	Associate Editor			0195-928X
10		학회지	Energies	Special issue editor			1996-1073

### 3.2 참여교수의 국제 공동연구 실적

〈표 III-6〉 최근 1년간 국제 공동연구 실적

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단 참여교수	국외 공동연구자			
1			일본/ 1. The University of Tokyo & Central Metallurgical R&D Institute (CMRDI) 2. Aalto University School of Science 3. The University of Tokyo & National Institute of Advanced Industrial Science and Technology	Carbon Nanotube Electrode-Based Perovskite-Silicon Tandem Solar Cells	10.1002/solr.20 2000353
2			일본/Meiji Renewable Energy Laboratory, Meiji University	Monolithic Perovskite-Carrier Selective Contact Silicon Tandem Solar Cells Using Molybdenum Oxide as a Hole Selective Layer	10.3390/en141 13108
3			미국/MIT IDSS	Relationship between technological improvement and innovation diffusion: an empirical test	10.1080/09537 325.2021.1901 875
4			Univ. of Toronto, Canada	Perovskite, the Chameleon CO2 Photocatalyst	10.1016/j.xcrp. 2020.100300
5			미국/Yale School of Environment	Tracking the diffusion of industrial symbiosis scholarship using bibliometrics: Comparing across Web of Science, Scopus, and Google Scholar	10.1111/jiec.13 099
6			중국/Duke Kunshan Environmental Research Center	Increasing livestock grazing, the unintended consequence of community development funding on giant panda habitat	10.1016/j.bioco n.2021.109074
7			미국/Duke University 중국/Duke Kunshan University	How Does an Environmental Amenity Attract Voluntary Migrants? Evidence from Ambient Air Quality in China	10.3390/su131 26872
8			인도/ NES Science College	Bimetallic ZnFe2O4 nanosheets prepared via electrodeposition as binder-free high-performance supercapacitor electrodes	10.1016/j.apsu sc.2021.149951
9			인도/ NES Science College	Flexible metallized carbon nanofibers decorated with two-dimensional NiGa2S4 nanosheets as supercapacitor electrodes	10.1016/j.cej.2 021.130497

다. 참여교수의 외국대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적

<표 III-7> 최근 1년간 해외 대학 및 연구기관과의 교류 실적

구분	국가	기관	공동연구 내용	기간	분류
해외 대학 및 연구 기관	미국	MIT IDSS (Institute for Data, Systems, and Society)	전기차 기술 및 수요 예측	2020-2021 (2년)	융합
		Yale School of Environment	하와이 다층적 물질흐름 분석	2019-2021 (3년)	융합
		University of Delaware, FREE Foundation for Energy and Environment	분산형 재생에너지 개발에 제안되고 있는 Polycentric Governance가 실제 에너지 개발의 성공에 역할을 하지 못하는 사례 분석	2020-2021 (2년)	융합
		San Diego State University, United States Environmental Protection Agency	중국의 미세먼지가 한국의 미세먼지 농도 및 호흡기건강 피해효과 추정	2020-2022 (3년)	정책
	일본	Toyota Technological Institute	태양전지 나노기술 개발	2020-2022 (3년)	기술
		Nagoya University	대학간 교류 정기 워크샵	2019-현재	기술
	독일	Fraunhofer ISE	스마트전력망구축	2021-2024 (4년)	기술
		Hanhwa Qcells Gmbh	<p>상업용 TOPCon 태양전지 개발                      실적: 상업용 24.5% 전하선택형 실리콘 태양전지 사업화 및 모듈화 기술개발을 진행함. 고려대, Hanwha Q CELLS GmbH, 고려특수선재와 협력하여 차세대 실리콘 태양전지로 n-type TOPCon셀의 양산화 기술을 개발함.</p> <p>계획: 현재 (주)한화큐셀에서 2022년 양산화를 위한 파일럿라인 테스트를 진행중. 고려대는 단일 셀의 패시베이션 퀄리티 및 에너지 변환효율 향상을 위한 셀 연구개발을 이어나가고 있으며, 고려특수선재는 모듈 소재인 고성능 리본을 개발 중. Hanwha Q CELLS GmbH(독일)에서 모든 개발된 소재 및 공정을 결합하여 양산화 기술을 개발하고 있으며, 그 기술들은 국내 (주)한화큐셀 파일럿라인에 적용중.</p>	2018-2021 (4년)	기술
	EU	IUPAC (국제화학연합) NIST (미국 표준연구소)	상평형자료의 Standard Reference Data 구축	2012-현재	기술
	중동		<p>사우디아라비아 국책과제 참여</p> <p>실적: 중동지역에서 분산전원 방식의 담수화 시스템 실증 과제의 일환으로 사우디아라비아가 발주한 과제임. 현지 IAU 대학과 국내 태양광 분야 중견기업인 신성이엔지 컨소시엄이 2021년 8월에 수주하였으며, 본 연구단은 열발전 시스템 개발에 참여하기로 함</p> <p>계획: 태양광 발전시스템과 담수화 시스템이 결합된 열발전 시스템을 신성이엔지에서 제작하고 본 연구단에서는 실증자료를 기반으로 시뮬레이션 등을 수행하여 중동에 최적화된 시스템 개발을 수행할 예정</p>	2021-2022(1.6년)	기술

**교육연구단의 비전과 목표 달성 정도**

본 교육연구단은 에너지 및 자원의 지속가능한 공급과 소비를 실현하는 것을 대상 산업·사회 과제로 정함. “에너지·자원 분야 융합교육 연구모델을 통해 사회문제 해결과 지속가능발전에 기여” 하는 것을 비전으로, “국내 최초 에너지·자원 분야 융합교육 연구기관에서 글로벌 선도기관으로 도약” 하는 것을 목표로 설정함. 이를 위해 본 교육연구단은 교육, 연구, 산학협력, 국제화 및 인프라 부문에서 총 22개 핵심전략을 설정한 바 있음. 이 중 교육역량 영역의 총 13개 핵심전략 중 11개 전략, 연구역량 영역의 총 9개 핵심전략 중 8개 전략 등 총 19개의 전략계획에 대해 성공적으로 이행을 완료함.

**교육역량 영역 성과**

본 교육역량 영역에서는 “지속가능발전을 선도할 미래 융합인재양성” 이라는 비전을 바탕으로, “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 목표로 함. 이러한 인재 양성을 위해 핵심 문제 정의를 위한 통찰력 배양, 데이터 기반 분석력 배양, 학제 간 전공지식을 바탕으로 한 커뮤니케이션 능력 및 집단적 문제해결능력의 3대 핵심역량을 함양하고자 함. 이러한 목표를 달성하기 위해 3대 전략, 14개 핵심과제를 도출하여 이행함.

제 1대 전략인 ‘사회문제해결형 융합리더 교육체계 구축 및 강화’ 부문에서는 총 6가지 핵심전략을 세우고 그 중 1)데이터 기반 융복합 교과목 개발, 2)프로젝트 기반 문제해결형 교과목 개발, 3)교육커리큘럼 주기적 평가 및 개선, 4) 융합 우수논문 시상 및 지원, 5) 차세대 커리어 관리의 총 5개 핵심 전략을 성공적으로 수행함. 지난 사업년도 기간동안 이행되지 못한 ‘6)시공간 초월 학습방식 도입’ 전략에 대해서 본 사업단은 강의 계획을 설립하고 강의를 진행할 세계적인 해외석학을 초빙에 성공하여 다가오는 2021년 2학기에 강좌를 개설할 예정임.

제 2대 전략인 ‘다양성을 고려한 학사 시스템 유연 운영’ 부문에서는 총 4가지의 핵심전략을 설정하고 모든 전략을 성공적으로 이행함. 특히 한국과학기술연구원(KIST)와의 적극적인 협력체계 구축 및 학연제도 도입을 통해 1)KU-KIST 학연제도와 과제참여를 통한 교육기회 확대 및 2)융합연구를 위한 공동지도교수 제도를 빠르게 정착시킴. 또한 ‘3)석박사 및 재교육형 계약학과 확대운영’ 전략을 달성하기 위해 한화솔루션과 고려대가 합작하여 만든 취업연계형 계약학과 ‘에너지시스템공학과’를 운영하여 2020년 석사과정 3명, 2021년 석사과정 신입생 2명이 재학 중에 있음. 마지막으로 4)Advisory committee를 운영하여 학생들의 학업뿐만 아니라 대학원 생활전반에 걸친 부분을 학생과 교원간 1:1 매칭을 통해 생활조언 및 논문 지도를 받을 수 있게 함.

마지막 제 3대 전략은 ‘융합 잠재력이 우수한 학생 유치 및 양성’ 으로 1)융합에너지공학과 학부과정을 신설하여 지난 3월부터 운영하고 있으며, 우수한 학생자원 확보를 위한 기반을 마련 중임. 학과 홍보를 위해 2)온라인, 학회부스설치, 관련기업 및 정부부처에 홍보자료를 배포하고, 3)신흥국 에너지 공무원 양성프로그램 졸업생을 기반으로 신흥국 국가들의 우수한 인재풀을 확보함. 또한 계약학과 운영으로 차세대 에너지원으로 주목받고 있는 태양광발전예에 대한 다양한 학문적 지식, 즉 소재, 소자, 기계, IT 및 시스템 응용 등의 융합지식을 배양함으로써 시대가 요구하는 창의적인 융복합형 글로벌 에너지 전문인력을 양성함.

비교과 프로그램 중에서는 정책효과분석 모델중 하나인 CGE모델링 온라인 특강을 진행하여 총 12명의 석박사과정 학생이 수강, 즉시 응용가능한 통계/계량분석방법론의 높은 인기와 필요성이 부각됨. 이외에도 학술논문작성법 워크숍에는 총 석사과정 2명의 학생이 총 세차례 참석하였고, 연구의 발표와 커뮤니케이션 능력증진을 위한 국제학계대학 프로그램에는 3명의 석박사과정 학생이 참여함.

### 연구역량 영역 성과

연구역량 영역에서는 “에너지·자원 분야에서 융합연구 패러다임을 구축하여 지속가능발전에 기여” 한다는 비전으로, “에너지·자원 분야에 특화된 기술-정책-데이터 융복합 연구패러다임 구축”을 목표로 함. 기술-정책-데이터 융합연구 패러다임 구축을 위해 파트별 담당 연구진을 중심으로 기술-정책 융합, 기술-데이터 융합, 데이터-정책 융합에 기반한 연구주제를 발굴하고, 유연한 연구협력 체계를 통해 융복합 연구를 확장해 나가고자 함. 목표 달성을 위해 2대 전략, 8개 핵심과제를 도출하였고 이 중 ‘융합데이터센터 구축’ 과제를 제외한 다음 7개 핵심과제를 이행함.

제 1대 전략인 ‘융복합 연구모델 개발 및 융복합 연구기반 데이터베이스 구축’을 달성하기 위해 1)기술, 데이터, 정책전문 교원이 참여하는 ‘융합연구 학생세미나’가 2021년 1월 시작되어 2021년 1학기동안 총 5회가 개최됨. 매 회 세미나는 각 분야별 교원들의 연구소개와 학생과의 협업을 이끌어낼수 있는 연구주제 토론의 형식으로 진행되었음. 또한 2)윤강 및 현장실무급 전문가들을 초빙하여 진행한 전문가세미나 등을 통해 스마트시티 및 전력망 관리 등 현재 가장 이슈가 되고 있는 주제들을 소개하고 이와 관련된 각 개인의 연구주제를 발굴할 수 있도록 지원함. 3) 융합연구 기반 데이터베이스 구축을 위한 시발점으로 2011년부터 2019년까지 최근 9년 동안 미국 특허청(US PTO, United States Patent Office)에 등록된 수소기술 특허를 수집하고, 수집된 자료를 쉽게 응용할 수 있도록 특허자료의 제목 및 초록 정보를 토픽 모형의 투입자료 형태로 변환하는 작업을 거쳐, 2010년부터 2019년까지 총 17,281건의 특허에 대해 507개의 단어의 출현빈도를 나타낸 document-term matrix (DTM)를 구성함.

제 2대 전략 ‘융합 연구협력 인프라 강화’를 위해 본 교육산업단은 기술간 융합을 통한 독창적 연구능력 및 연구개발 협력 강화를 위해 4)KU-KIST 공동연구사업으로 차세대 에너지시스템인 “자가구동 태양광-수소 생산 시스템 개발” 수행중임. 또한 5)국책연구소 우수학자 활용을 위해 녹색기술센터(GTC)과의 협력을 논의중이고 현재 1차로 본 사업단의 참여대학원생들의 공동연구참여를 계획중임. 6)기술&정책 융합세미나를 연 2회 개최해 참여대학원생들의 연구 지속적 공유, 비판적 논의, 학제 간 의사소통을 장려하고 학생들의 연구역량 강화를 위해 7)학술논문작성법, CGE모델링, Communication skill 등 비교과프로그램을 운영함.

### 산업-사회 기여 영역 성과

제 1단계 신흥국 에너지 공무원 초청 인력양성 프로그램을 통해 2021년 8월 기준 총 28명의 졸업생을 배출함. 1단계 프로그램의 우수한 성과와 비전을 인정받아 2021년 2학기부터 시작하는 2단계 프로그램이 후속 과제로 연속 선정되고, 석사과정 5명, 박사과정 8명 등 총 13명의 신입생이 입학함. 이를 통해 신흥국 에너지부 공무원 및 국영전력회사의 핵심인력풀을 기반으로 국제협력 플랫폼을 마련하여 신흥국 목표시장 사업화 프로젝트 창출에 기여함.

정책부문 연구에서는 1)현재 가장 큰 환경 이슈중의 하나인 플라스틱 문제해결을 위해 도입된 플라스틱 제품의 생산자책임확대제도의 효과성 분석을 통해 플라스틱 제품 관리의 개선점을 제안하고, 2)기업과 정부가 수소에너지 산업에 투자하는 과정에서 마주하는 불확실성을 낮추고 기술혁신 성공률은 높일 수 있는 전략 도출에 필요한 정책적의사결정 프레임워크를 만들어 제시하고 수소 R&D 전략에 대한 시사점을 제시함. 또한 3)한국의 산업단지 생태개발 산업공생 잠재량 추정을 통해 경제성과 환경성이 높은 사업을 우선 발굴 하는데에 도움을 줄 수 있으며, 이를 통해 실제로 사업화까지 이어질 경우 기업 간 효율적인 자원 공유를 통해 산업생산의 경제적, 환경적, 사회적 부가가치를 창출을 기대할 수 있음.

기술부문의 알키미스트 프로젝트를 통해 1)슈퍼 태양전지 개발과 2)투명 태양전지 소재 및 모듈 개발하여 에너지 자립도 향상에 따른 총 에너지비용 절감, 요소기술 특허 선점 및 고부가가치 에너지 산업 선도를 통한 국가 경제력 향상, 그리고 고부가가치 에너지산업에 의한 요소기술 및 확장기술 분야 산업 수요 증가와 일자리 창출에 기여함.

## 자체평가 결과

평가일시: 2021. 09. 10. (금) 10시-13시

평가위원:

- 
- 
- 
- 

## 평가항목 I) 교육연구단의 구성, 비전 및 목표

(1차년도 실적의 강점)

- 교육연구단의 구성 및 비전, 목표대로 1년간 계획한 내용이 전반적으로 잘 진행되고 있음
- Grand Challenge 프로그램을 통한 기술 및 정책의 융합은 효과적인 방향으로 보임.

(개선점)

- 교육연구단이 추구하는 융합형 인재 양성을 위해 데이터 관리 및 활용 관점에서도 융합(boundary exchanger)이 강화되면 좋을 것으로 보임. 이번 Grand Challenge는 기술 중심의 아이디어가 많았으나, 향후 행사에서는 기술-정책 융합을 위한 팀 구성과 주제 도출이 이루어질 수 있도록 기획하는 것이 중요함.
- 산업사회 문제해결을 위한 역량강화를 위해 학부생 및 일반인까지 대상으로 하고 공학계열 및 인문사회계열 교수가 참여하는 정책-기술 융합강좌, 에너지·환경관련 교과서 제작, 에너지기술의 공공성과 확산방법 등에 대한 교육을 추천함
- 정량적 지표를 활용하여 목표달성 정도를 가능한 객관화 할 수 있는 방법이 필요함.

## 평가항목 II) 교육역량 영역

(강점)

- 「융합에너지공학과」 학부 과정 신설, 신홍국에너지공무원 인력양성프로그램(GETPPP) 수주, 데이터기반 교과목 신설, AI-adaptive learning의 활용을 통해 국내외 학생들에 대한 교육이 강화되었음.
- 한화솔루션과의 계약학과인 「에너지시스템공학과」를 통한 현장 맞춤형 인재육성, 참여 산업체 전문인력을 활용한 교육이 이루어짐.

(개선점)

- 석·박사 졸업생 배출이 지속적으로 증가하고(특히 박사 배출 증가가 중요), 졸업생들이 적재적소에 취업 할 수 있도록 세심한 관심이 필요함.
- 포스트 코로나 상황에 맞는 국제화 교육이 강화될 수 있도록 노력이 필요함.

### 평가항목 Ⅲ) 연구역량 영역

(강점)

- 참여연구진 연구실적은 전반적으로 매우 우수함.
- 신진연구인력 2명(내국인 1명, 외국인 1명)을 선발하였고, 각 신진연구인력의 연구성과도 우수함
- 기술-데이터-정책 교원 및 학생이 모두 참여하는 융합연구 세미나를 신설하여 정기적으로 운영하고 있으며, 새로운 융합연구 및 정책발굴을 위한 Grand Challenge 프로그램을 신규 운영함.

(개선점)

- 신진연구인력의 연구가 보다 더 교육연구단에서 추구하는 방향과 부합하고, 목표에 맞는 융합연구 주제 발굴이 필요함. 고려대학교 및 한국과학기술연구원의 협력연구와 산업사회기여에 대한 자세한 설명이 필요함.
- 연구결과가 실제 산업사회 기여로 이어지도록, 기업, 정부, 혹은 국회 등과의 연계성을 높이도록 노력하는 것이 필요함. 이를 위해 신문, TV, 라디오, 유튜브 등 언론매체에 대한 기고, 인터뷰 등 대외활동을 강화하는 것이 필요하며, 특히 SNS와 유튜브 운영을 추천함.
- 참여교수진 중 이공계열 참여교수의 연구비 수주 실적과 비교하여, 인문사회계열 참여교수의 수주실적은 지난 3년간 실적대비 미미함.
- 포스트 코로나 환경에서의 국제협력연구 강화를 위한 전략 수립이 필요
- 신재생에너지 발전량 모니터링을 위한 데이터센터 구축을 실천하기 위한 액션플랜 수립이 필요

### 평가항목 IV) 국제화 및 산업-사회 기여 영역

(강점)

- 산업체 전문가 초청세미나를 통한 산학연계, 지식나눔행사를 통한 지역사회 교육확대가 계획대로 이루어짐.

(개선점)

- 코로나19 팬데믹 상황으로 인해 국제화 및 산업·사회기여 활동이 부족함. 위드코로나 상황이 지속될 것으로 예상되므로, 온라인 플랫폼의 강점, 한국과학기술연구원과의 학연협력을 활용한 국제화 활동 전략을 마련하고, 산업사회 기여도를 높일 수 있는 교육과 연구(예: 공공기술에 대한 정의와 개념, 활용방법 등)를 강화하는 노력이 필요함.
- 에너지·환경분야 관심 기업 및 지자체 임직원을 대상으로 온오프라인 교육 프로그램을 개설해서 진행하는 것을 추천함. 또한 대정부, 대국회 정책지원 혹은 정책제언을 강화하기 위해, 국회기후변화포럼, 경제인문사회연구회 소관 관련 연구원들과의 네트워크 강화를 제안함.

### 평가결과에 따른 개선방안

- (교육) 산업사회 문제해결을 위한 과학기술-인문사회 융합교육을 위해 기술의 공공성, 데이터 활용과 해석과 같은 주제에 대해 교과내용을 강화하고, 효과적인 팀티칭을 통한 프로젝트 기반 교과목을 강화하겠음. 또한 졸업생 배출과 커리어 연계를 강화하기 위해, 교원초빙, 학생정원 조정, 학석사 과정 설치 등을 중장기적으로 지속적으로 추진하고, 졸업생 네트워크 및 멘토링 활동을 확대해 나가도록 할 예정임.
- (연구) 융합연구 발굴과 수행을 위해 신진연구인력이 더욱 주도적으로 참여할 수 있도록 인센티브를 마련하고, Grand Challenge 행사를 확대·발전시켜 기술-정책 학생 간 더욱 적극적인 의사소통과 협업을 통해 융합연구 주제를 발굴할 수 있는 장으로 자리매김할 수 있도록 하겠음.
- (국제화) 2021년 2학기부터 해외석학 및 국내외 전문가가 참여하는 “글로벌에너지전문가세미나”를 신설하여 정기적으로 운영할 예정이며, 2022년 1학기 참여교원 및 학생의 해외연수를 계획 중임.
- (산업사회 기여) 교육 및 연구결과가 실제적인 산업사회 기여로 이어질 수 있도록, 다양한 이해관계자들과의 네트워크를 확대하고 커뮤니케이션을 강화해 나가도록 하겠음.

## 4단계 BK21 사업 2021년도 자체평가 평가표

평가기간 2020. 09. 01. ~ 2021. 08. 31.  
 평가일시 2021. 09. 10.(금) 10시~13시  
 평가위원  
 평가대상

### I. 교육연구단의 구성, 비전 및 목표

\* 해당 점수에 체크

평가 항목	평가 지표	평 가		
		A (25점~18점)	B (17점~10점)	C (10점 미만)
1. 교육연구단의 구성, 비전 및 목표 (25점)	- 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량 - 대학원 신청학과 소속 전체 교수 및 참여연구진 - 교육연구단의 비전 및 목표 달성정도	●		
▪ 평가의견 (우월성과 개선점에 대하여 간략히 기술)				
○ 해당 사업의 가장 중요한 목적은 기술과 정책의 융합형 인재를 추구하는 것이라고 생각합니다. 추구하는 인재상도 중개자(boundary spanner)로 제시하고 있습니다. 융합형 인재에게 가장 필요한 기술은 두 분야의 데이터의 적극적 소통 및 융합 활용이라고 생각합니다.				
○ 인재상인 boundary spanner를 boundary exchanger라는 의미로 교육이 진행된다면 추구하는 인재상을 보다 효율적으로 양성할 수 있을 것으로 생각합니다.				
○ 그랜드 챌린지 프로그램은 기술 인력과 정책 인력의 융합은 충실한 방법이라고 생각합니다. 그런데 내용적인 측면에서는 기술적인 내용에 대부분이었다고 생각합니다. 다음에 추진하는 경우에는 발표 내용에 정책적 내용의 보다 많이 하는 것이 기술과 정책의 융합의 충실도를 올릴 수 있다고 생각합니다.				
- 다음의 그랜드 챌린지 교육에서는 기술 인력 연구진에게 정책의 주제를 주고 정책의 충실한 실행을 위한 기술 개발의 방향, 아이디어 발표 또는 기술 인력 연구진 입장에서 본인 기술이 반영됨으로써 정책의 효율 확보에 대한 아이디어를 제안하는 방법을 실행하면 좋을 것 같습니다.				
- 거꾸로 정책 인력 연구진에게 기술 주제를 주고, 기술의 충실한 실행을 위한 신규 정책 개발의 아이디어, 방향 발표 또는 정책 인력 연구진 입장에서 본인 정책이 반영됨으로써 기술의 효율성 확보에 대한 아이디어를 제안하는 방법을 시도해 보면 좋겠습니다.				
○ 해당 사업으로 양성되는 인력은 공공 기술의 확보와 사회 문제 해결을 할 수 있는 인재라고 생각합니다. 학습을 하는 동안 학생들은 본인의 정책, 본인의 기술에만 집중하여 공부를 할 것으로 생각합니다. 수학 기간 동안 기술의 공공성, 공공 기술의 정의와 개념, 공공 기술의 사회로의 확산 방법등에 대한 교육이 필요한 것으로 생각합니다.				

### II. 교육역량 영역

\* 해당 점수에 체크

평가 항목	평가 지표	평 가		
		A (25점~18점)	B (17점~10점)	C (10점 미만)
1. 교육역량 성과 (25점)	- 교육과정 구성 및 운영 - 인력양성 계획 및 지원 실적 - 참여대학원생 연구실적의 우수성 - 신진연구인력 현황 및 실적 - 참여교수의 교육역량 대표실적 - 교육의 국제화 전략	●		

▪ 평가의견 (우월성과 개선점에 대하여 간략히 기술)

○ 산업계 전문 인력의 적극적 강의를 통한 현장성 교육은 충실하게 실행되었다고 생각합니다.

### III. 연구역량 영역

\* 해당 점수에 체크

평가 항목	평가 지표	평 가		
		A (25점~18점)	B (17점~10점)	C (10점 미만)
1. 연구역량 성과 (25점)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 참여교수 연구역량</li> <li>- 참여교수 연구업적물의 우수성</li> </ul>	●		

▪ 평가의견 (우월성과 개선점에 대하여 간략히 기술)

○ 김경남 교수님의 논문 “CCUS 기술에 대한 대중의 감정-인지적 평가와 수용성 연구”는 최근 대한민국에서 주요 이슈인 탄소 중립을 충실하게 실천할 수 있는 방법론 개발에 중요한 활용물로 생각합니다.

- CCUS 기술은 탄소 중립 실현과 함께 자원 순환 사회 구축에 핵심 기술입니다. 이런 핵심 기술이 성공적으로 활용되기 위해서는 성공적인 기술 개발과 함께 사회적 수용성이 매우 중요한 것으로 생각합니다.

- 최근 사회적 분위기는 최고의 기술이 개발이 되어 산업계에서 활용되더라고 국민적 수용성, 사회적 수용성에서 문제가 발생하는 경우 기술의 확산성에 문제가 발생하는 것으로 생각합니다.

- 해당 논문은 우수하다고 생각합니다.

○ 기술 분야의 논문 대부분이 IF 측면에서 일정 수준의 논문에 출판된 것으로 생각합니다.

#### IV. 국제화 및 산업-사회 기여 영역

\* 해당 점수에 체크

평가 항목	평가 지표	평 가		
		A (25점~18점)	B (17점~10점)	C (10점 미만)
1. 국제화 및 산업-사회 기여 성과 (25점)	- 산업·사회 문제 해결 기여 실적 - 연구의 국제화 현황			●
<p>▪ 평가의견 (우월성과 개선점에 대하여 간략히 기술)</p> <p>○ 코로나 상황으로 국제화 기여도는 낮은 것으로 생각합니다. - 코로나 상황에 효과적인 국제화 기여도에 대한 고민이 보다 필요한 것으로 생각합니다.</p> <p>○ 사회 문제 기여도는 낮은 것으로 생각합니다. - 앞서 교육 역량에서도 기술하였듯이 사회문제 해결에 대한 정의 그리고 해결을 위한 공공기술에 대한 정의와 개념, 활용 방법에 대한 교육 보완을 통하여 사회 문제 해결 기여도를 보다 올려야 할 것으로 생각합니다. - 지금까지는 사회 문제 해결에 대한 구체적 사례는 부족하다고 생각합니다.</p> <p>○ 연구의 국제화 현황은 코로나 상황으로 직접적으로 실질적인 사례는 부족하다고 생각합니다. - 그러나 다양한 방법을 고민하여 다양한 시도를 노력하였다고 생각합니다.</p>				

#### V. 총괄 평가 의견

<p>○ 추구하고 있는 인재상 boundaryspanner는 적절한 인재상이라고 생각합니다. spanner 의미에서 더 나아가 융합, 소통, 교류를 효과적으로 수행할 수 있는 인재상 개발에 노력이 필요한 것으로 생각합니다. - spanner의 의미에서 exchanger 까지 확장된 인재상 개발에 대한 노력이 추가되면 좋겠습니다.</p> <p>○ 데이터 융합이 양성된 인재가 보유할 수 있는 가장 중요한 도구라고 생각합니다. - 데이터 관리, 데이터 융합, 데이터 활용에 대한 교육이 필요한 것으로 생각합니다. 이에 필요한 교육 과정, 강의 방법에 대한 고민이 필요한 것으로 생각합니다.</p> <p>○ 기술과 정책 인재의 적극적 융합 방법에 대한 노력이 필요한 것으로 생각합니다. - 그랜드 챌린지 프로그램의 융합 정도 향상에 대한 노력이 필요한 것으로 생각합니다.</p> <p>○ 참여 연구진의 연구 역량, 교육 역량은 수준 이상으로 생각합니다.</p>
---

## 4단계 BK21 사업 2021년도 자체평가 평가표

평가기간 2020. 09. 01. ~ 2021. 08. 31.  
 평가일시 2021. 09. 10.(금) 10시~13시  
 평가위원  
 평가대상

### I. 교육연구단의 구성, 비전 및 목표

\* 해당 점수에 체크

평가 항목	평가 지표	평 가		
		A (25점~18점)	B (17점~10점)	C (10점 미만)
1. 교육연구단의 구성, 비전 및 목표 (25점)	- 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량 - 대학원 신청학과 소속 전체 교수 및 참여연구진 - 교육연구단의 비전 및 목표 달성정도		○	
▪ 평가의견 (우월성과 개선점에 대하여 간략히 기술)  <div style="font-family: cursive; padding-left: 20px;">             - BK21 센터의 교육·연구·행정 역량은 우수함.              - 참여교수권나 참여 대학원생 및 신진연구인력 역시 우수한 역량을 보유하고 있음.              - 목표 달성정도를 정성적 평가 외에 정량적 평가지표를 개발해서 전년 대비 변화를 알 수 있도록 하는 것이 필요함.              특히, 정성적 평가의 경우, 달성정도를 최대한 객관화 할 수 있는 방법을 보다 강구하는 것이 필요함.           </div>				

### II. 교육역량 영역

\* 해당 점수에 체크

평가 항목	평가 지표	평 가		
		A (25점~18점)	B (17점~10점)	C (10점 미만)
1. 교육역량 성과 (25점)	- 교육과정 구성 및 운영 - 인력양성 계획 및 지원 실적 - 참여대학원생 연구실적의 우수성 - 신진연구인력 현황 및 실적 - 참여교수의 교육역량 대표실적 - 교육의 국제화 전략	○		

• 평가의견 (우월성과 개선점에 대하여 간략히 기술)

- <융합에너지공학> 학부 과정을 신설한 점과 신항초 에너지교육원 인력양성 과제, 즉, GETPPP 프로그램이 2021년 그학기부터 운영되어 에너지·환경분야 국내외 학생들에게 대한 인식이 강화되었음.
- 향후, 학부생 대상 <핵심소양교육>을 개편하여 에너지·환경분야 인문·사회계열 교수와 공학·과학계열 교수들이 참여하는 Team Teaching을 시도해보는 것이 필요함.
- 관련하여, 에너지·환경 관련 Text book, 작성도 고려해보면 좋을 것임.
- 석·박사 졸업생 배출이 지속적으로 증가하고, 졸업생들이 석·박사 수준의 취업에 진출할 수 있도록 지속적인 관심이 필요함. (특히, 박사배출 증가가 중요함)

III. 연구역량 영역

\* 해당 점수에 체크

평가 항목	평가 지표	평가		
		A (25점~18점)	B (17점~10점)	C (10점 미만)
1. 연구역량 성과 (25점)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 참여교수 연구역량</li> <li>- 참여교수 연구업적물의 우수성</li> </ul>		○	

• 평가의견 (우월성과 개선점에 대하여 간략히 기술)

- 신진연구인력 2명(박3인 1명, 외3인 1명)을 선발하였고, 각 신진연구인력의 연구성과로 우수함. 2가지 논문이 주제타사용이 보라리 BK21 인문연구역량에서 추구하는 방향과 부합하도록 노력하는 것이 중요함.
- 참여교수진 중 이공계열 참여교수의 연구비 수주 실적은 우수하지만, 인문사회계열 참여교수의 수주 실적은 지난 3년간 실적 대비 다소 미미함.
- 참여교수진의 연구실적은 매우 우수함. 2가지, 각각의 연구성과의 기여도를 보다 구체적으로 명시하여 「기초」 혹은 「중부」 혹은 「국립」 등과의 연계성이 높도록 노력하는 것이 중요함.
- 참여연구진의 신문 등 언론매체에 대한 기고, 인터뷰 등, 대외활동 등을 강화하는 것이 필요함.   
 TV, Radio, Youtube → 관련하여 SNS, Youtube 운영을 추진함.

IV. 국제화 및 산업-사회 기여 영역

\* 해당 점수에 체크

평가 항목	평가 지표	평가		
		A (25점~18점)	B (17점~10점)	C (10점 미만)
1. 국제화 및 산업-사회 기여 성과 (25점)	- 산업·사회 문제 해결 기여 실적 - 연구의 국제화 현황			○

• 평가의견 (우월성과 개선점에 대하여 간략히 기술)

- COVID19 팬데믹 상황에 의해, 국제화 및 산업·사회 기여 부문이 부족함. 그러나 상황이 개선되면, 초기 계획에 따라 step by step으로 진행하면 향후 좋은 결과가 있을 것으로 기대됨.
- ~~또한~~ with COVID 상황이 지속될 것으로 예상되므로 off-line 활동 외에, on-line 활동, 특히, 국제적 활동을 강화할 수 있는 방안을 마련할 것이 필요함.
- 에너지 전환분야 관심 기업 및 기관에 임. 직원을 대상으로 on-line/off-line 온코 program을 개설하여 진행할 것을 추진함. 또한, 대정부. 대국회 정책지원 혹은 정책 제언을 강화하는 것으로 필요함. 국제기회변화포럼. 경제인문사회연구회 산하 연구회 등과의 Network 강화를 추진함.

V. 총괄 평가 의견

- 교육영역 영역의 경우, 학과 신설 및 G2T PPP 연계 등 매우 우수한 바다면,
- 연구영역 영역의 경우, 국가 산업·사회 문제 해결을 위한 연계성을 높여가도록 해야 바람직함.
- 국제화의 경우, 최근 팬데믹 상황 추이가 따라 on-line 나 off-line 병행을 고려하여, 기여 성과를 높이는 것이 필요함.

## 4단계 BK21 사업 2021년도 자체평가 평가표

평가기간 2020. 09. 01. ~ 2021. 08. 31.

평가일시 2021. 09. 10.(금) 10시~13시

평가위원

평가대상 고려대학교 BK21 지속가능한 에너지·자원 기술-정책-데이터 융합 교육연구단

### I. 교육연구단의 구성, 비전 및 목표

\* 해당 점수에 체크

평가 항목	평가 지표	평 가		
		A (25점~18점)	B (17점~10점)	C (10점 미만)
1. 교육연구단의 구성, 비전 및 목표 (25점)	- 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량 - 대학원 신청학과 소속 전체 교수 및 참여연구진 - 교육연구단의 비전 및 목표 달성정도	O		
<p>▪ <b>평가의견 (우월성과 개선점에 대하여 간략히 기술)</b></p> <p>-교육연구단의 구성 및 비전, 목표는 잘 설정되어 있으며, 1년간 제안한 목표를 충실히 수행하고 있음.</p> <p>-교육연구단장 포함 전체 참여연구진의 참여도 및 수행 실적이 우수함.</p> <p>[보완사항]</p> <p>-본 사업단의 목표인 산업사회 문제해결을 위한 역량 강화를 위해 학부생 및 일반인을 대상으로 하는 정책&amp;기술 융합 강좌 개발이 필요함.</p>				

### II. 교육역량 영역

\* 해당 점수에 체크

평가 항목	평가 지표	평 가		
		A (25점~18점)	B (17점~10점)	C (10점 미만)
1. 교육역량 성과 (25점)	- 교육과정 구성 및 운영 - 인력양성 계획 및 지원 실적 - 참여대학원생 연구실적의 우수성 - 신진연구인력 현황 및 실적 - 참여교수의 교육역량 대표실적 - 교육의 국제화 전략		O	
<p>▪ <b>평가의견 (우월성과 개선점에 대하여 간략히 기술)</b></p> <p>-교육연구단이 제시한 교육 목표 대부분을 달성함. 특히 데이터 기반 융·복합 교과목</p>				

을 신설하여 융합 교육을 진행하였으며, 신홍국 에너지공무원 인력양성사업을 수주하여 글로벌 융합 교육을 진행하고 있음.

-또한, 산업 기여를 위해 한화큐셀과의 계약학과 “에너지시스템공학과”를 만들어 현장 맞춤형 인재 및 연구개발 인력 육성을 위한 교과목 발굴 등 산학프로그램을 운영하고 있음.

[보완사항]

-본 사업단의 목표 중 하나인 시공간 초월 국제화 학습의 경우 COVID-19로 인하여 운영에 어려움이 많았음. 하지만 지속적인 COVID-19 환경에서도 글로벌 교육을 진행할 수 있는 구체적 방안과 전략 수립이 필요함.

-참여 연구원 중 신진연구인력은 본 사업단의 목적에 맞게 융합연구 주제발굴을 위한 활동이 필요함.

Ⅲ. 연구역량 영역

\* 해당 점수에 체크

평가 항목	평가 지표	평 가		
		A (25점~18점)	B (17점~10점)	C (10점 미만)
1. 연구역량 성과 (25점)	- 참여교수 연구역량 - 참여교수 연구업적물의 우수성		O	

▪ 평가의견 (우월성과 개선점에 대하여 간략히 기술)

-교육연구단이 제시한 연구역량 목표의 대부분을 충실히 달성함. 특히 기술/데이터/정책 전공교원과 학생들이 함께 참여하는 융합연구 세미나를 정기적으로 진행하고 있으며, 새로운 융합연구 및 정책 발굴을 위한 Grand Challenge 프로그램을 신설하여 진행하고 있음.

[보완사항]

-본 사업단의 목표 중 하나인 신재생에너지 발전량 모니터링을 위한 융합 데이터센터 구축을 위해 실질적인 action plan 수립이 필요함.

-그리고 COVID-19 환경에서의 국제협력연구 강화를 위한 전략방안 수립이 필요함.

IV. 국제화 및 산업-사회 기여 영역

\* 해당 점수에 체크

평가 항목	평가 지표	평 가		
		A (25점~18점)	B (17점~10점)	C (10점 미만)
1. 국제화 및 산업-사회 기여 성과 (25점)	- 산업·사회 문제 해결 기여 실적 - 연구의 국제화 현황		O	

▪ 평가의견 (우월성과 개선점에 대하여 간략히 기술)

-교육연구단이 제시한 산업·사회 기여 목표는 충실히 수행함. 특히, 지식나눔행사를 통한 교육 확대 및 산업체 현장 전문가 초청세미나를 통한 산학 연계 강화를 추진함.

[보완사항]

-지속적인 COVID-19 상황에서 국제공동연구 강화를 위한 추진전략 방안 마련이 필요함.

-산업·사회에 기여할 수 있는 공공기술 및 교육 프로그램 발굴이 필요함.

V. 총괄 평가 의견

▪ 평가의견 (우월성과 개선점에 대하여 간략히 기술)

-교육연구단이 제시한 교육역량과 연구역량 목표는 대부분 충실히 수행함.

-하지만, 산업·사회 기여를 위한 정책·기술 융합교육 및 융합연구에 대한 보완이 필요함.

-또한, COVID-19 환경에서도 지속적인 국제협력 교육 및 연구역량 강화를 위한 전략수립이 필요함.

## 4단계 BK21 사업 2021년도 자체평가 평가표

평가기간 2020. 09. 01. ~ 2021. 08. 31.  
 평가일시 2021. 09. 10.(금) 10시~13시  
 평가위원 -  
 평가대상 고려대학교 BK21 지속가능한 에너지·자원 기술-정책-데이터 융합 교육연구단

### I. 교육연구단의 구성, 비전 및 목표

\* 해당 점수에 체크

평가 항목	평가 지표	평 가		
		A (25점~18점)	B (17점~10점)	C (10점 미만)
1. 교육연구단의 구성, 비전 및 목표 (25점)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량</li> <li>- 대학원 신청학과 소속 전체 교수 및 참여연구진</li> <li>- 교육연구단의 비전 및 목표 달성정도</li> </ul>	O		
<p>▪ 평가의견 (우월성과 개선점에 대하여 간략히 기술)</p> <p>우월성 : boundary spanner의 방향대로 프로그램이 잘 연계되어 있음. 이에따라 연구단의 구성 및 비전 목표에 잘 부합되고 있음.</p> <p>개선점 : 사회육 사항 및 공공기술 연계성을 잘 정의하고 해결하려는 방향으로 운영될 수 있게 디자인하는 것이 필요함</p>				

### II. 교육역량 영역

\* 해당 점수에 체크

평가 항목	평가 지표	평 가		
		A (25점~18점)	B (17점~10점)	C (10점 미만)
1. 교육역량 성과 (25점)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교육과정 구성 및 운영</li> <li>- 인력양성 계획 및 지원 실적</li> <li>- 참여대학원생 연구실적의 우수성</li> <li>- 신진연구인력 현황 및 실적</li> <li>- 참여교수의 교육역량 대표실적</li> <li>- 교육의 국제화 전략</li> </ul>	O		

▪ 평가의견 (우월성과 개선점에 대하여 간략히 기술)

우월성 : 미래지향적 데이터 실용화를 위한 과목 개설, flipped class 운영, AI-adapted class 등은 매우 바람직함.

개선점 : 사회요구 사항 미 공공기술 연계성을 잘 정의하고 해결하려는 방향으로 운영될 수 있게 디자인하는 것이 필요함.

### III. 연구역량 영역

\* 해당 점수에 체크

평가 항목	평가 지표	평 가		
		A (25점~18점)	B (17점~10점)	C (10점 미만)
1. 연구역량 성과 (25점)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 참여교수 연구역량</li> <li>- 참여교수 연구업적물의 우수성</li> </ul>	O		

▪ 평가의견 (우월성과 개선점에 대하여 간략히 기술)

우월성 : 우수한 논문과 에너지 분야에 대한 연구가 잘 진행된 것으로 보임. 기술, 데이터, 정책전공 교원이 참여하는 융합연구 학생세미나와 교수 연구 발표회 등은 우수한 점으로 판단됨.

개선점 : KU-KIST 공동연구 및 우수한 결과 설명 추가 필요

IV. 국제화 및 산업-사회 기여 영역

\* 해당 점수에 체크

평가 항목	평가 지표	평 가		
		A (25점~18점)	B (17점~10점)	C (10점 미만)
1. 국제화 및 산업-사회 기여 성과 (25점)	- 산업·사회 문제 해결 기여 실적 - 연구의 국제화 현황		O	
<p>▪ 평가의견 (우월성과 개선점에 대하여 간략히 기술)</p> <p>우월성 : 산업적인 연계 프로그램개발 및 운영 방향은 바람직함.                      개선점 : ku-kist-국제 3자 프로그램 개발되면 좋은 모델이 될 것으로 판단됨.</p>				

V. 총괄 평가 의견

전반적으로 작은 조직에 비해 우수한 활동이 진행된 것으로 파악됨. 향후 국제적인 노력과 공동진행 부분이 개선되면 더욱 좋은 연구단이 될 것으로 판단됨. 기타, 프로그램 제목에서 학생과 교수 주체가 명확하게 할 필요가 있으면 보여주는 것이 좋을 것임. 예를 들어, 학생세미나/학생 교수 융합 교류 세미나 등 누가 하는 세미나인지 명확하면 좋을 것으로 판단됨.