

【 신청서 요약문 】

〈신청서 요약문〉

중심어	지속가능한 발전	에너지-자원 관리	사회문제 해결형 융합인재
	기후변화 대응	기술-정책-데이터 융합	상생 산학 거버넌스
	환경문제 대응	융복합 연구 모델	글로벌 에너지-자원 네트워크
교육연구단의 비전과 목표	[배경] 에너지를 포함한 물질자원 소비가 급격하게 증가함에 따라 나타나고 있는 기후변화 및 환경오염은 생태계 한계점을 넘어서 인류 생존과 미래에 큰 위협이 되고 있음. 이에 따라 부정적 환경 영향은 최소화하면서 증가하는 에너지 및 물질자원 수요를 충족하는 것이야말로 인류 복지를 증진하고 지속가능한 미래 사회로 나아가기 위해 필수적이고도 시급한 과제로 대두되고 있음. [비전과 목표] 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. [교육연구단 전략] 본 교육연구단 비전과 목표를 달성하고 경쟁력 및 지속가능성을 제고하기 위해 교육, 연구, 산학협력, 국제화 및 인프라 부문에서 11개 핵심전략을 설정		
교육역량 영역	[교육역량 비전과 목표] 교육역량 영역에서는 “지속가능발전을 선도할 미래 융합인재 양성” 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 도출함. [전략 1] 사회문제해결형 융합리더 교육체계 구축 및 강화 • 데이터 기반 융복합 교과목 지속적 개발 및 운영 • 프로젝트 기반 문제해결형 교과목 개발 • 시공간 초월 학습방식 도입 및 확대 • 교육 커리큘럼 주기적 평가 통한 개선 • 융합 우수논문 시상 및 지원 • 차세대 커리어 관리 [전략 2] 다양성을 고려한 학사 시스템 유연 운영 • KU-KIST 학연제도와 과제참여 통한 교육 기회 확대 • 융합연구를 위한 공동지도교수 제도 탄력 운영 • 석박사 및 재교육형 계약학과 확대 운영 • Advisory Committee, 지역나눔 Committee, Alumni Committee 운영 [전략 3] 융합 잠재력이 우수한 학생 유치 및 양성 • 학부(융합에너지공학과 신설 예정) 및 학석사 연계 과정 신설 • 국내외 홍보방안 강화 및 홍보채널 다양화 • 신홍국 에너지공무원 인력양성 프로그램 확대 및 졸업생 네트워크 활용 • 계약학과 확대 운용		

연구역량 영역	[연구역량 비전과 목표] 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 연구협력체계를 통해 융복합 연구를 확장해 나가고자 함. 목표 달성을 위해 2대 전략, 8개 핵심과제를 도출함. [전략 1] 융복합 연구모델 개발 및 융복합 연구기반 데이터베이스 구축 • 기술, 데이터, 정책 전공 교원이 참여하는 정기적 연구회 운영 • 현장 실무급 전문가 세미나 및 글로벌 연구 콜로키움을 통한 특화 연구 주제 발굴 • 융합연구 기반 데이터베이스 구축 [전략 2] 융합 연구협력 인프라 강화 • 대학본부의 융복합 연구지원 및 KU-KIST 사업 등 활용한 과제 기회 확대 • 학연교수제 등 통한 국책연구소 우수학자 활용 • 신재생 발전량 모니터링 테스트베드 등 융합 데이터센터 구축 • 융합 세미나를 통한 연구 지속적 공유, 비판적 논의, 학제 간 의사소통 • Boot Camp 등 연구역량 관련 프로그램 운영
기대 효과	본 교육연구단의 교육 및 연구 활동은 학문적, 사회경제적 발전 측면에서 다음과 같은 기대효과가 있을 것으로 예상함. [학문적 발전] • 다학제 융합 연구 혁신: 국내외 상황에 맞는 사회문제해결형 연구 주제 발굴과 과학 기술 간, 인문사회-자연과학의 융합을 통한 고부가가치 연구접근법 개발 • 차별화된 융합교육 프로그램의 기반 마련: 여러 영역 교과목을 병렬적으로 제공하는 데에서 벗어나 학제 간 접근법의 필요성과 기본 철학을 바탕으로 둔 융합형 공통교과 및 사회문제해결형 융합연구와 연계한 교육 프로그램 개발 • 에너지자원 분야의 전문성을 갖춘 글로벌 학술인재 양성: 에너지·자원·환경 분야의 전문성을 갖추고 국내외에서 학술연구를 선도하는 고급학술인력 양성에 기여 [사회경제적 발전] • 융합 산업인재 양성을 통한 지속가능발전 혁신 기여: 사회 니즈를 선제적으로 파악하고, 혁신적 솔루션을 능동적으로 탐색하여 제시하는 에너지·자원 분야 산업인재 양성 기여 • 통합적 의사결정이 가능한 정책리더 양성을 통한 지속가능발전 정책 수립 및 이행 기여: 혁신기술에 대한 이해, 시스템 사고와 데이터 기반 통합적 분석력, 다양한 전문가 간 집단적 의사소통 중개 및 다층적 의사결정 능력을 갖춘 정책리더 양성 기여

I. 교육연구단 구성, 비전 및 목표

1. 교육연구단 구성, 비전 및 목표

1.1 교육연구단의 필요성

가. 대상 산업·사회 문제의 중요성

- 에너지를 포함한 물질자원은 재화와 서비스를 제공하는 데 필수적인 원료이지만 자원을 고갈시키고 환경오염을 유발한다는 문제점을 가지고 있음. 에너지 및 물질자원에 대한 전 세계 수요는 1900년 7Gt 수준이었지만 2017년 90Gt 수준으로 증가하였고, 2050년에는 180Gt까지 증가할 것으로 예측되며¹⁾, 자원소비의 결과로 나타나는 기후변화 및 환경오염은 생태계 한계점(Planetary Boundary)을 넘어서 인류의 생존과 미래에 위협이 되고 있음.
- 에너지 및 자원 사용으로 인한 환경문제는 전 세계 모든 국가에서 가장 중요한 사회문제로 다루어지고 있음. 세계경제포럼(World Economic Forum, WEF)의 설문조사 결과에 따르면 기술, 경제, 사회적 차원의 위험보다 환경문제로 인한 위험이 더 심각하게 인지되고 있음²⁾. 이러한 기후변화 및 환경오염에 대응하기 위해 전 세계가 파리협정 및 지속가능발전목표(SDGs) 이행을 위해 노력하고 있음.
- 국내 경우를 살펴보면, 제2차 과학기술 기반 국민생활 문제해결 종합계획에서 에너지(전력수급, 에너지 빈곤)와 자원문제(미세먼지, 생활·산업폐기물, 실내 공기오염, 수질오염)가 우선 해결해야 할 40대 주요 사회문제로 선정됨. 친환경 에너지 및 자원 관련 산업은 현재 주력 산업이자 성숙기에 접어든 스마트폰, 반도체, 자동차, 조선, 철강 산업을 대체할 가능성이 높은 분야로서, 산업생태계 구축과 미래 경제성장을 위해서 과감한 투자가 필요함.
- 즉, 부정적 환경 영향은 최소화하면서 증가하는 에너지와 물질자원 수요를 충족하는 것은 인류 복지를 증진하고 지속가능한 미래 사회로 나아가기 위해 필수적이고도 시급한 산업·사회 과제임.

나. 산업·사회 문제의 해결방안 : 지속가능한 자원관리

- 에너지 및 자원 사용으로 인한 환경문제를 해결하기 위해서는 자원을 효율적으로 나누어 사용하고, 자원의 공급과 소비 과정에서 발생하는 모든 부정적인 영향들을 관리하며, 새로운 친환경 자원 및 기술을 발굴하는 노력이 필요함.
- **(국제 동향)** UN은 지속가능발전목표(특히 SDG 6, 7, 12)에서 경제적이고 친환경적인 에너지를 포함한 다양한 자원의 지속관리에 대한 이행 목표를 제시하고 있음. EU는 사회 전 영역에서 자원 효율성을 높이고 산업경쟁력을 제고하기 위해 2015년 순환경제 액션플랜을 도입하였고, OECD는 녹색성장 이니셔티브를 통해 자원효율성 제고를 강조하고 있음. 이에 따라 유럽의 Horizon 2020에서는 총 77 billion 유로 예산 중 안전, 청정 및 효율적 에너지에 5.9 billion 유로를, 기후변화, 환경, 자원효율성 및 원자재 분야에 3.1 billion 유로를 배정함³⁾.
- **(산업 동향)** 구글, 애플 같은 IT 기업과 BP, Shell 같은 석유·가스 기업 등도 사회적 책임을 이행하고 미래 성장동력을 확보하는 차원에서 청정생산 기술, 탄소감축 기술, 신재생에너지 등에 적극 투자하고 있음. 애플의 경우 전 세계 모든 자사 시설을 100% 재생 가능한 에너지로 가동하고 있으며, 재활용 및 재생 가능 소재로 제품을 만들고 수명이 다한 제품으로부터 최대한 많은 자원을 회수하고자 적극 노력하고 있음.

다. 지속가능한 자원관리를 위한 기술-정책-데이터 융합 교육연구의 필요성

- **(에너지·자원 분야 인력 수요)** 4차 산업혁명과 신기후체제로 인한 신재생에너지의 획기적 확대, 탄소배출권 시장의 활성화, 에너지와 IT 기술의 융합 등 에너지 및 자원 분야에서 국가 성장의 새로운 기회가 창출되고 있으나, 이러한 미래 신산업을 창출하고 이끌어갈 고급인력 배출 기반은 부족한 상

1) UNEP, 2018. Resource Efficiency for Sustainable Development: Key Messages for the Group 20.

2) World Economic Forum, 2020. The Global Risks Report 2020, 15th edition.

3) European Commission, 2014. Horizon 2020 in brief.

황임. 한국산업기술진흥원(2016)은 2017년~2026년간 에너지 및 자원 분야 석·박사 연구인력 공급이 수요 대비 약 1만여 명 부족할 것으로 추정하였음(표 I-1).

〈표 I-1〉 에너지 및 자원 분야별 석·박사 인력 수요-공급 전망 (단위: 명)

분야	현황 (2016년)	신규 인력 수급 누계(2017~2026년)		
		수요	공급	수급 차
에너지효율향상	18,669	6,686	4,192	2,494
신재생에너지	12,258	4,891	1,023	3,868
전력	7,311	3,442	1,123	2,319
원자력	7,158	1,862	857	1,005
자원개발/자원순화	2,329	984	695	289
온실가스 처리	874	459	183	276
합계	48,599	18,324	8,073	10,251

자료: 한국산업기술진흥원(2016), 2016 산업기술인력 수급실태 조사

- **(에너지·자원 분야 융합교육의 필요성)** 에너지·자원 분야 사회난제를 해결하고 자원의 지속가능한 관리를 위해서는 일차적으로 에너지 및 자원을 효율적이고 친환경적으로 생산·공급하는 기술이 필요함. 더 나아가 변환효율의 증대, 수소 변환 및 전력 생산을 위한 고효율 기술 개발까지 이어져야 하므로 관련 공학기술에 중점을 둔 에너지공학과가 신설되거나 확대되고 있음. 하지만 에너지 및 자원 산업의 패러다임이 급격히 변화하면서 융합기술 개발뿐 아니라 개인의 소비 패턴, 산업의 생산 방식과 비즈니스 모델, 도시의 인프라와 공간적 설계, 국가 정책과 제도 설계에 이르기까지 다양한 차원에서 사회변화를 통찰하고 이를 기술과 연결짓는 융합교육이 절실하게 요구되고 있음. 따라서 미래 에너지 및 자원 관련 산업을 이끌어갈 인재를 육성하기 위해서는 이공계 학과 간 융합을 넘어 인문사회 분야까지 확장하여 융합하는 혁신적인 시도가 필요함.
- **(융합인재상)** 에너지·자원 분야의 초학문적 융합교육에서는 과학기술에 대한 이해를 바탕으로 사회 변화에 대한 전략과 정책을 수립·이행할 수 있는 인재, 지속가능한 사회 변화와 수요에 맞는 기술 개발을 이끌어 갈 수 있는 인재, 기술·산업·경제·정책·환경 등 다양한 분야의 복합적인 관계를 실증데이터에 기반하여 과학적으로 분석하고, 소통을 통해 종합적인 의사결정을 내릴 수 있는 인재를 양성하는 것이 필요함.
- **(융합 정책인력 양성을 위한 미국 공공기관의 접근법)** 미국에서는 과학기술과 정책을 모두 이해하는 융합인재의 필요성에 따라 과학기술 전문인력이 정책결정 절차를 이해하고 그 과정에 참여할 수 있도록 다양한 Fellowship 프로그램(AAAS, AGU, IEEE 등)을 운영하고 있음. 에너지 분야에서는 DOE(Department of Energy)의 Energy Efficiency and Renewable Energy Science, Technology, and Policy Opportunities 프로그램이 대표적임.
- **(융합인재에 대한 산업계 수요)** 산업계에서도 특정 기술이나 분야에 대한 전문지식을 갖춘 인재보다는, 광범위한 학제 간 지식을 바탕으로 복잡한 문제를 이해하고 해결할 수 있는 융복합형 인재를 선호하고 있음⁴⁾. 특히 산업계가 필요로 하는 역량에는 의사소통(구술 및 글쓰기), 팀워크, 윤리적 의사결정, 분석능력, 비판적 사고, 문제해결능력과 같은 기초역량(baseline skills)과 사회 환경의 빠른 변화 속에서도 자기학습을 통해 적응해 나가는 능력이 포함됨.
- **(국내 융합교육의 문제점)** 국내에서는 1980년대 이후 과학기술 분야를 중심으로 다양한 융합연구지

4) National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2018. The Integration of the Humanities and Arts with Sciences, Engineering, and Medicine in Higher Education: Branches from the Same Tree. Washington DC: The National Academies Press.

원 프로그램이 추진되어 2000년대부터 학부와 대학원에서 다양한 융복합 프로그램을 본격적으로 개설하여 운영하고 있음. 그러나 1) 교육목표가 상세히 수립되지 않고 단편적 교과목 개설이나 유사전공학과 간 융합, 단순 병렬적 방식의 융합이 제한적으로 추진되었다는 점, 2) 교수와 학생 간 긴밀한 상호작용이 부족하고 교육평가를 위한 협의 체계가 존재하지 않으며, 지원을 위한 학사운영체제가 부족하다는 점, 3) 프로그램이 주로 외부 재원에 의지하여 사업이 종료되면 프로그램이 없어지는 점과 같은 문제점이 지적되고 있고, 이를 개선해 나가기 위한 시스템 마련과 장기적 지원이 필요함⁵⁾.

- **(융합교육을 위한 단일 프로그램의 필요성)** 융합인재를 양성하기 위해서는 명확한 문제의식에 기반한 교육목표를 수립하고 이에 따라 체계적인 교과프로그램을 제공하는 단일 학부 혹은 단일 대학원 프로그램을 운영하는 것이 효과적임⁶⁾. 학생들이 단순히 여러 학과에서 다양한 전공 교과목을 듣는 데에서 나아가 단일 프로그램 내에서 융합 교과프로그램을 체계적으로 경험하며, 다른 학생들과 수시로 교류할 수 있는 기회가 필요함.
- **(본 교육연구단의 특징점)** 고려대학교 에너지환경대학원(그림 I-1)은 에너지 및 자원, 환경문제 해결에 기여하는 과학기술-정책 융합인재를 양성하고자 고려대학교와 한국과학기술연구원(KIST) 간 학연협력 프로그램으로 2009년 설립됨. 에너지환경대학원은 에너지기술, 환경 및 정책의 전공트랙으로 운영되는 에너지환경정책기술학과와 한화솔루션과의 에너지시스템공학과, 그리고 신홍국 에너지공무원의 인력양성 프로그램을 운영하고 있음. 고려대학교와 한국과학기술연구원(KIST) 간 학연협력 프로그램으로서, 두 기관의 인적자원 및 연구자원을 활용하는 강점이 있음. 이러한 교육연구단의 특징점이 가장 잘 발휘될 수 있는 혁신인재양성 산업사회문제해결 인문사회-과학기술 융합분야로 지원하는 바임.



[그림 I-1] 에너지환경대학원 협력 특성 및 학과 구성

5) 한국공학한림원, 2017. 융합교육에서 찾는 공학교육의 미래, 인재양성위원회 보고서.

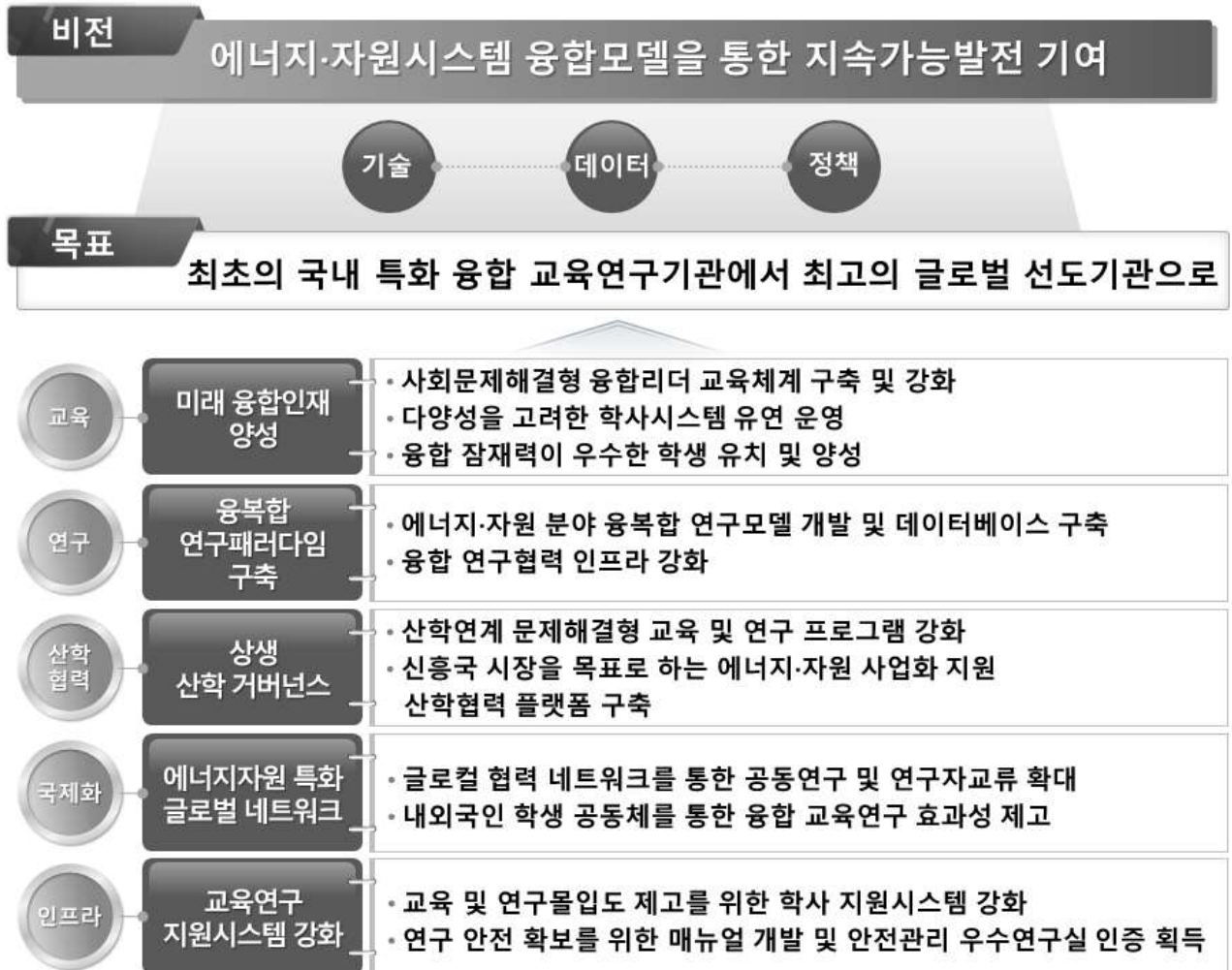
6) National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2018.

1. 교육연구단 구성, 비전 및 목표

1.2 교육연구단의 비전 및 목표

가. 교육연구단의 비전과 목표

- 본 교육연구단은 에너지 및 자원의 지속가능한 공급과 소비를 실현하는 것을 대상 산업·사회 과제로 정하고, 이 분야에 특화된 **융합모델을 통해 사회문제 해결과 지속가능발전에 기여**하고자 함.
- 국내 최초의 융합 교육연구기관에서 글로벌 선도기관으로 도약하기 위해 교육, 연구, 산학협력, 국제화 및 인프라 부문에서 11개 핵심전략을 설정함(그림 I-2).



[그림 I-2] 교육연구단의 비전, 목표 및 핵심전략

교육 비전과 목표

- 본 교육연구단은 “지속가능발전을 선도할 미래 융합인재 양성”이라는 비전 아래, 에너지·자원 분야에 특화된 차별화된 학제 간(interdisciplinary) 교육을 통해 사회 각 분야에서 선지자(visionary) 및 중개자(boundary spanner) 역할을 하며 산업·사회문제 해결에 기여할 수 있는 융합형 인재를 양성하고자 함(그림 I-3).



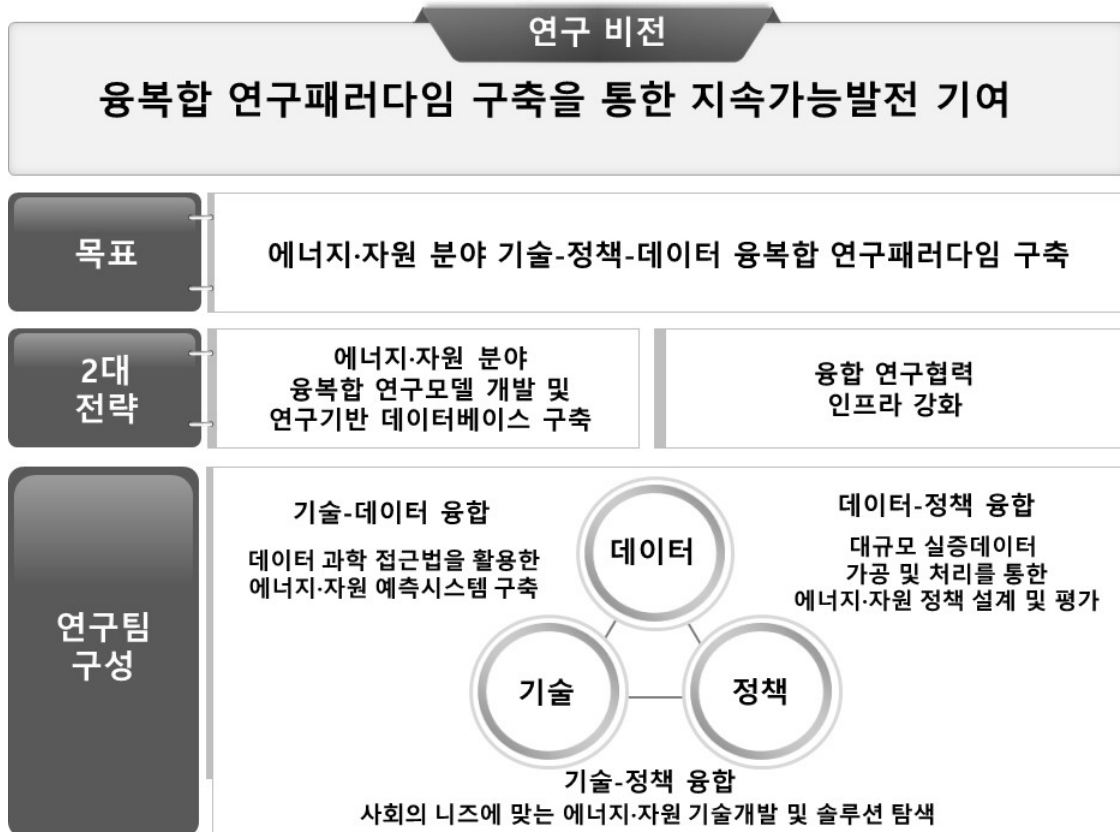
[그림 I-3] 교육연구단 교육 비전 및 목표

- (인재상) 교육목표에 따라 학계, 산업부문, 공공부문의 사회 분야에서 선지자 및 중개자 역할을 하는 3가지 인재상을 설정함.
 - 1) **학계** : 핵심 사회문제를 파악하고 학제 간 분석방법을 접목한 통합적인 접근법과 실증데이터에 기반한 시스템 분석을 통해 대안을 도출하는 융복합 학술인재
 - 2) **산업 부문** : 변화하는 사회의 니즈와 정책환경을 파악하여 혁신적인 문제해결과 경쟁력 높은 기술 및 제품혁신을 선도하는 산업 융합인재
 - 3) **공공 부문** : 통합적 시스템 분석에 기반한 정책 의사결정뿐 아니라 다양한 분야의 전문가들 간 효과적인 의사소통과 협업을 통해 대안을 실행하는 정책 융합인재
- (핵심역량) 인재양성을 위해 3가지 핵심역량을 배양하는 것을 교육과정 기본목표로 설정함.
 - 1) **핵심문제 정의를 위한 통찰력 배양** : 복잡한 산업시스템의 에너지 및 자원소비에 대한 이해를 바탕으로 산업시스템의 지속가능성에 영향을 미치는 다양한 요소를 통합적으로 파악하고 이를 통해 핵심문제를 도출하고 정의하는 통찰력 함양
 - 2) **데이터 기반 분석력 배양** : ICT 기술의 발전에 따라 새롭게 수집되고 있는 빅데이터 기반 추정, 정량 및 정성 복합연구를 통한 데이터의 해석 및 적용 등 21세기 데이터과학 접근법을 활용한 분석력 배양
 - 3) **학제 간 전공지식을 바탕으로 한 커뮤니케이션 능력 및 집단적 문제해결능력 함양** : 에너지 및 자원 관련 다양한 학문분야의 전공지식을 폭넓게 습득하고, 이를 바탕으로 복잡한 사회문제를 집단

적으로 해결할 수 있도록 전문가 간 효과적인 의사소통을 주도하고 대안을 도출하는 커뮤니케이션, 네트워킹 및 문제해결능력의 함양. 특히 문제해결을 위한 혁신적이고 창의적인 대안을 탐색할 수 있는 디자인 사고 능력 배양

연구 비전과 목표

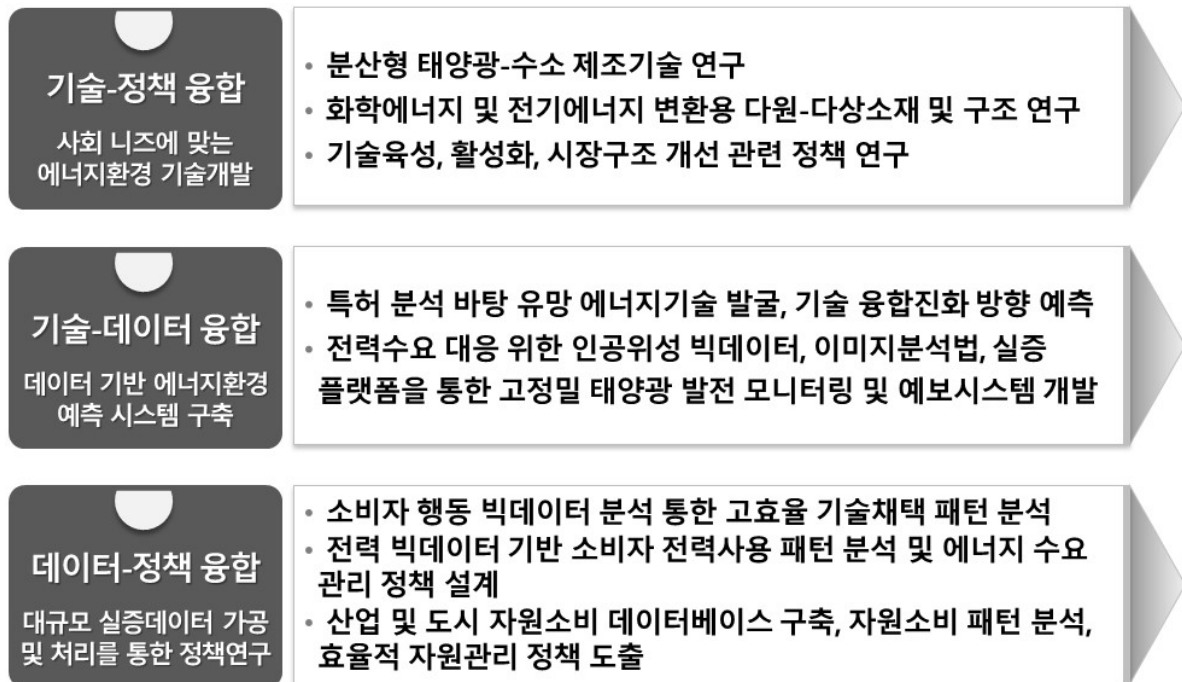
- 본 교육연구단은 “**융복합 연구 패러다임 구축을 통해 지속가능발전에 기여**”하고자 에너지·자원 분야에 특화된 기술-정책-데이터 융복합 연구패러다임을 구축하는 것을 연구분야 목표로 설정함(그림 I-4).



[그림 I-4] 교육연구단 연구 비전 및 목표

- 이러한 목표 달성을 위해 2대 전략을 추진하고자 함.
 - 1) **에너지·자원 분야 융복합 연구모델 개발 및 융복합 연구기반 데이터베이스 구축** : 에너지·자원 분야에 특화된 융복합 연구모델을 개발해 나가기 위해 기술, 데이터, 정책전공 교원이 모두 참여하는 연구회를 정기적으로 운영하고, 현장 실무급 전문가 세미나 및 글로벌 연구 콜로키움을 통해 분야 특화 융복합 연구주제를 발굴해 나가고자 함. 빅데이터 및 데이터 과학이라는 시대의 흐름뿐 아니라 실질적인 융복합 연구모델 개발을 위해서는 매개가 되는 데이터베이스 구축이 중요하다고 보고, 특히 융복합 연구 모델의 기반이 되는 데이터베이스를 구축해 나가고자 함.
 - 2) **융합 연구협력 인프라 강화** : 융합연구를 위한 효과적 협력을 촉진하기 위해 융복합 연구사업 확대, 학연교수제를 통한 국책연구소 우수학자 활용, 신재생에너지 발전량 모니터링 등 테스트베드 목적에 활용 가능한 융합 데이터센터 구축을 추진하고자 함. 또한 학생들의 융합 연구역량 제고를 위해 학제 간 의사소통, 아이디어 공유, 비판적 논의를 위한 융합세미나를 연 2회 운영하고, boot camp와 같은 연구역량 관련 프로그램을 운영하고자 함.

- 기술-데이터-정책 융합연구 패러다임 구축을 위한 연구팀은 [그림 I-5]와 같이 운영하고자 함. 각 파트를 담당하는 연구진을 중심으로 기술-정책 융합, 기술-데이터 융합, 데이터-정책 융합에 기반한 연구주제를 발굴하고, 유연한 연구협력 체계를 통해 융복합 연구를 확장해 나가고자 함.



[그림 I-5] 기술-데이터-정책 융합연구를 위한 연구팀 구성과 융합연구주제 예시

나. 국내외 프로그램 벤치마킹

- **(에너지-환경 해외 융합프로그램)** 전 세계적으로 에너지 및 환경 관련 융합프로그램은 주관학과, 학위구성, 학문분야 및 연구주제에 따라 매우 다양한 형태로 운영되고 있음. Stanford의 Precourt Energy Institute의 경우 독립적인 대학원 프로그램이 아닌 기존에 운영되는 여러 관련 학위프로그램의 학생들이 대학 전체에 개설된 에너지 관련 수업을 체계적으로 들을 수 있도록 교과목 리스트를 제공하고, 에너지 관련 교원들이 교류할 수 있는 장을 마련하는 형태로 운영되고 있음. 반면, Yale School of the Environment나 Duke Nicolas School of the Environment, Arizona Julie Anne Wrigley Global Institute of Sustainability의 경우 전임교원이 50명 이상 되는 큰 규모의 독립적인 대학원으로, 정치, 경제, 경영, 생태학, 환경과학, 보건 등 다양한 분야의 교과목과 학위과정을 제공하고 있음. 에너지환경대학원의 경우, 고려대학교와 학연기관인 한국과학기술연구원의 **다양한 인적자원 및 교육자원을 최대한 활용**하고, **국내외 석학이 참여하는 온라인 활용 교육을 확대**해 나가고자 함.
- **(과학기술-정책 해외 융합프로그램)** 과학기술 및 정책 융합프로그램의 경우, 공공정책학과에서 하나의 concentration으로 에너지 및 환경 프로그램을 제공하거나 공학 위주 대학에서 공학과 정책 융합대학원을 운영하는 형식이 있음. 전자의 대표적 과학기술-정책 융합프로그램으로 Indiana University Bloomington School of Public and Environmental Affairs 환경정책 및 과학 융합전공(Environmental and Energy Policy, Sustainability and Sustainable Development)과 University of Delaware, School of Public Policy and Administration의 Energy and Environmental Policy program이 있음. 후자의 대표적 과학기술-정책 융합프로그램으로 MIT IDSS(Institute for Data, Systems, and Society)와 Carnegie Mellon University 공대의 Engineering and Public Policy 프로그램이 있음(표 I-2). 두 프로그램 모두 **과학기술과 정책을 융합하며 데이터과학을 적극적으로 이용**하고 있음. 특히, MIT IDSS는 데이터과학, 과학기술, 사회과학을 융합해 에너지, 도시, 금융, 보건 관련 문제를 해결하는 것을 목표로 과학

기술-정책 융합프로그램의 새로운 방향성을 제시하고 있음.

- 대학원 규모나 구성에서 고려대학교 에너지환경대학원과 가장 유사한 것으로 보이는 프로그램은 Berkeley Energy and Resources Group(ERG)으로, 교과목과 교육분야 구성이 비슷함. 그러나 연구분야 구성을 보면, Berkeley ERG의 경우 에너지경제, 에너지 시스템모델링에 더해 생태학 관련 연구가 주가 되는 반면, 고려대학교 에너지환경대학원의 경우 에너지경제, 자원시스템분석, 환경경영과 에너지 및 환경기술 연구가 주를 이룸. 특히 **화학 및 재료공학을 기초로 하는 에너지 기술개발 분야를 포함한 과학기술-정책 융합 프로그램 구성은 에너지환경대학원의 차별화된 부분임**. 또한 데이터과학 분야 전임교원을 충원하여 과학기술-정책 융합프로그램의 최근 트렌드에도 발맞춰가고 있음.

〈표 I-2〉 본 교육연구단과 해외 융합프로그램 특성 비교

	고려대학교 에너지환경대학원	Berkeley Energy and Resources Group	Indiana Bloomington O' Neill	Carnegie Mellon Engineering and Public Policy
전임교원 (겸임)	7명 (54)	8명 (111)	~125명(전임+겸임)	52명(전임+겸임)
학위	공학 및 정책학 석사, 박사	M.S., M.A., Ph.D.	Master of Environmental Sustainability, Ph.D in Public Affairs, Ph.D in Environmental Science 등	M.S., Ph.D.
교과목 구성	• 공통필수(에너지/환경 공학 및 에너지환경정책, 윤강) • 전공선택(신재생에너지, 첨단환경, 에너지환경정책 트랙)	• Core(research, project development, colloquium) • Six area requirements • Electives	• Flexible core and elective courses according to the degree and specialization	• Core • Quantitative methods • Economics • Technical electives • Social science electives • Teaching practicum
교육 분야	• 융복합 • 경영학 • 자원환경경제학 • 행정학 • 국제관계학 • 공학 • 환경과학 • 데이터과학	• Interdisciplinary analysis • Environmental science • Resources and environmental economics • Social science • Engineering • Humanities	• Public affairs • Environmental sciences • Interdisciplinary environmental policy and science	• Policy • Statistics • Economics • Engineering • Political science • Law
교원 연구분야 및 연구주제	• 에너지 소재 및 시스템 개발 • 에너지 시스템 분석 및 정책 • 에너지 해석을 통한 미래 에너지 평가 • 에너지 기술 및 프로젝트 경제성 분석 • 자원효율 시스템 분석 및 순환경제 정책 • 자원의 경제적 채굴 및 이용을 위한 정책연구	• Climate and carbon science • Ecology and global change • Society, environment, and economics • Energy modeling, analysis, and control • Renewable and appropriate energy • Water	• Energy policy effectiveness • Economic analysis of new technologies • Human dimension of energy use • Global climate governance • Human behavior and resource use • Environmental policy making in developing countries	• Energy systems • Climate and environment • Technology innovation policy • Risk analysis • Information and communication technology

- (국내 에너지·환경 특화 융합프로그램 현황) 국내의 경우, 해외 사례와 비교할 때 에너지 및 환경 분야 문제해결에 특화된 융합프로그램이 많지 않은 실정임. 에너지 및 환경 분야에서 대표적인 융합 대학원으로는 서울대학교의 환경대학원, 서울대학교 기술경영경제정책대학원, 카이스트 녹색성장대학원이 있으나(표 I-3), 환경대학원의 경우 조경 및 도시계획학에, 카이스트 녹색성장대학원의 경우 녹색경영과 금융에 주로 초점을 맞추고 있고, 서울대학교 기술경영경제정책대학원은 정보기술 및 의료경영 등 광범위한 기술을 다루고 있음. 에너지 및 환경 분야 국내 교육프로그램으로는 서울과학기술대학교의 에너지환경대학원이 있음. 본 에너지환경대학원의 경우 **지난 10년 간 융합교육과 연구를 모색한 결과, 자연과학·공학과 인문사회과학의 융합을 위한 매개체를 데이터로 보고, 데이터를 기반으로 실질적인 기술-정책을 융합을 추구하고자 함.**

〈표 I-3〉 에너지·자원 분야 국내 융합프로그램

	서울대학교 환경대학원	서울대학교 기술경영경제정책 대학원	카이스트 녹색성장대학원	서울과학기술대학교 에너지환경대학원
교원	23명	10명	9명	45명
학위	도시계획학 석박사 조경학 석사 공학 박사	공학, 경제학, 경영학 석박사	녹색경영·금융 MBA/MS 녹색경영 MS 녹색경영 공학석박사	공학, 경제학 석박사
교과목 구성	•공통필수(환경계획설계, 논문연구) •대학원공통(세미나, 인턴십, 워크숍, 연구방법) •학과공통(통계, GIS, 계획이론, 기후변화적응) •전공선택	•공통필수 •방법론 •핵심소양 •전공선택(경제학부, 경영대학, 행정대학원 개설교과목) •기타(영어회화, 발표, 논문작성, 세미나)	•공통필수(통계, 윤리) •전공필수(녹색경영, 녹색기술/산업, 녹색성장전략) •전공선택	•공통필수 •전공필수 •전공선택
교육 분야	•환경계획학(도시 및 지역계획학, 교통학, 환경관리학, 도시사회혁신) •환경조경학(환경조경, 도시환경설계)	•통계, 계량, 의사결정론 •기술경제, 거시공공경제, 산업 및 경제정책 •재무회계, 산업조직, 마케팅 •경제 •정책이론, 정책분석평가	•통계 •녹색경영 •녹색기술 및 산업 •녹색성장	•신에너지공학 •에너지환경공학 •에너지시스템공학 •에너지정책학 •에너지환경융합 •에너지기계설비공학 •안전환경기술융합
교원 연구분야	•장소와 문화 •도시·지역경제 •공유도시 •포용적 계획정책 •도시에너지 •환경에너지 •기후융합 •교통경제정책 •교통계획·공학 •유해화학물질 •생지화학 •지속가능경제정책 •도시설계 •도시조경 •생태계획	•생산성/효율성 •융합산업 •혁신이론, 전략 •지식 및 네트워크 •신제품 수요예측 및 마케팅 •기술사업화 •산업동학 •차세대 인터넷 •ICT 혁신정책 •콘텐츠 및 소프트웨어 산업정책 •에너지 환경 •바이오 및 의료경영	•기업재무, 금융 •조직이론, 조직행동 •사회네트워크 •에너지환경경제, 에너지수요관리, 에너지정보, IAS •마케팅 소비자행동 •게임이론, 미시경제, 산업조직이론 •생산관리 •정보경제, 녹색 IT	•기술정책 •자원환경경제 •경영정보 •산업정책 •에너지생산, 회수기술 •청정공학 •산업안전 •환경모델링 •환경생물공학 •환경독성 •환경화학 •열역학 •반응공학 •공정제어 •나노물질, 재료 •전력전자

다. 교육연구단 경쟁력/지속가능성 제고 방안 및 본부대학원 혁신방향과의 정합성

- 국내외 관련 프로그램을 조사한 결과를 종합해 보았을 때 본 교육연구단의 강점, 약점, 기회 및 위협 요인은 다음과 같이 분석됨(표 I-4).

〈표 I-4〉 본 교육연구단의 SWOT 분석

강점	약점
- 고려대학교와 한국과학기술연구원의 전문인력과 연구 자원(매년 공동연구 과제화)을 융합연구와 교육에 유연하게 활용 가능 - 에너지 및 환경분야 과학기술-정책 융합프로그램으로서 10년 간의 운영을 통한 경험 축적 및 국내외 네트워크 구축 - 신홍국 에너지공무원 인력양성프로그램 운영을 통한 교육경험 및 국제 네트워크 - 계약학과 운영을 통한 산학협력 및 교육	- 융합 잠재력이 높은 인재풀 확대 필요 - 모집정원 제약에 따른 융합 프로그램 구성의 어려움 - 사회산업 변화에 대응하는 유연한 교육 프로그램 운영의 어려움 - 비전임교원 지속적 참여에 대한 불확실성 - 융합 공동체를 형성해 나가기 위한 전용공간의 부족
기회	위협
- 에너지, 자원, 환경문제 해결의 필요성에 대한 사회적 인식과 연구비 지원 증대 - 관련 분야 융합교육에 대한 사회적 수요 증가	- 연구기반의 지속가능성 - 융합연구·교육에 대한 불명확한 정의 - 기술-정책 융합 선도 사례 부족 - 융합연구·교육 발전을 위한 체계적 지원시스템 부족 - 융합연구·교육 성과에 대한 적절한 평가체계의 부재

- **(경쟁력 및 지속가능성 제고 방안)** 이러한 환경에서 본 교육연구단의 경쟁력과 지속가능성을 제고해 나가기 위해 교육, 연구, 산학협력, 국제화, 인프라 분야에서 11개 핵심전략과 36개 세부전략을 도출함(표 I-5). 이는 “창의적 미래 인재를 양성하고 세계를 변화시키는 연구중심대학”이라는 비전과 “대학원 혁신을 통한 교육·연구 선순환 기반의 글로벌 연구중심대학 체제 고도화”라는 목표를 가진 본부대학원의 5대 전략 및 23개 전략과제 방향을 따르는 것임. 이를 통해 대학원의 혁신발전에 기여하고 대학원이 가진 자원과 시스템을 활용하여 본 교육연구단의 성장과 발전을 도모하고자 함.

〈표 I-5〉 교육연구단 추진전략과 본부대학원 혁신전략 간의 정합성 분석

교육연구단 36개 전략	교육연구단 전략과 연계된 본부대학원 전략
(교육) 미래 융합인재 양성 1.1. 사회문제해결형 융합리더 교육체계 구축 및 강화 1) 데이터 기반 융복합, 프로젝트 기반 문제해결형 교과목 개발 등 융합프로그램 강화 2) 시공간 초월 학습방식 도입 및 확대 3) 교육 커리큘럼 개선을 위한 주기적 평가 및 피드백 체계 구축 4) 융합 우수논문 시상제도 확대, 우수논문 지원 5) 차세대 커리어 관리 1.2. 다양성을 고려한 학사 시스템 유연 운영 1) KU-KIST 학연제도와 과제참여를 통한 교육 기회 확대 2) 융합연구를 위한 공동지도교수 제도 탄력적 운영 3) 석박사 및 재교육형 계약학과 확대 운영 4) Advisory, 지역 나눔, Alumni Committee 운영 1.3. 융합 잠재력이 우수한 학생 유치 및 양성 1) 신생 학부 개선을 통한 우수 신입생 유치 2) 홍보방안 강화 및 홍보채널 다양화 3) 신홍국 에너지공무원 인력양성 프로그램 확대 및 졸업생 네트워크 활용 4) 계약학과 확대 발전	미래 선도형 인재 양성을 위한 교육 패러다임 혁신 - 사회문제해결 및 미래산업 선도형 교육과정 확대 - 연구와 교육의 선순환 체계 활성화를 통한 교육 혁신 - 학문후속세대 교육역량 강화를 위한 전주기별 통합 지원체계 구축 - 유연 학사제도와 학생수요자 중심 교육체계 구축 - 학생 성공을 위한 교과·비교과 통합 교육체계 구축 - 해외 우수인재 유치 확대를 위한 제도 혁신과 전략적 홍보·지원체계 구축

(연구) 융복합 연구패러다임 구축	창의적·융합적 연구경쟁력 강화를 위한 연구지원 체계 고도화
2.1. 에너지·자원 분야 융복합 연구모델 개발 및 융복합 연구기반 데이터베이스 구축 1) 기술, 데이터, 정책전공 교원이 참여하는 정기적 연구회 운영 2) 현장 실무급 전문가 세미나 및 글로벌 연구 콜로키움을 통한 특화 연구주제 발굴 3) 융합연구 기반 데이터베이스 구축	- 산업사회문제 해결형 융복합 연구기획 및 지원 강화
2.2. 융합 연구협력 인프라 강화 1) 대학본부의 융복합 연구 지원 (KU-FRG) 및 KU-KIST 사업 등 활용 2) 학연 교수제 등을 통한 국책연구소 우수학자 활용 3) 신재생에너지 발전량 모니터링 테스트베드 등 융합 데이터센터 구축 4) 융합세미나를 통한 연구 지속적 공유, 비판적 논의, 학제 간 의사소통 5) Boot camp 등 연구역량 관련 프로그램 운영	- 세계 선도 연구분야 육성을 위한 창의·도전 연구 지원 확대·강화 - 연구성과의 질적향상을 위한 제도혁신 및 지원체계 구축 - 우수연구인력 확보를 위한 우수교원 초빙·육성 제도 혁신과 지원 강화 - 교원, 신진연구인력, 대학원생의 연구몰입도 향상을 위한 지원제도 강화
(산학협력) 상생 산학 거버넌스	국가사회 혁신성장을 위한 가치 창조형 산학협력
3.1. 산학연계 문제해결형 교육 및 연구프로그램 강화 1) 산학융합형 연구 및 기술개발을 위한 캡스톤 교과 개발 2) 계약학과를 통한 산업전문가 활용 교육 3) 산업난제 해결을 위한 알키미스트 연구단 운영 4) 알키미스트 기업 멤버십 구축 5) 기업 공동연구 센터 설립 추진	- 산학협력, 창업 활성화를 위한 플랫폼 고도화 및 제도 혁신 - 기술이전 및 사업화 수익모델 혁신을 통한 지식 가치 극대화 - 컨터플 헬릭스(대학, 산업, 정부, 시민, 가치)의 창조적 협력 생태계 구축
3.2. 신흥국 시장진출을 목표로 하는 에너지자원 사업화 지원 산학협력 플랫폼 구축 1) 신흥국 에너지공무원 졸업생을 활용한 글로벌 산-학 네트워크 운영	- 글로벌 네트워크 기반 산학협력연구 활성화 지원
(국제화) 에너지자원 특화 글로벌 네트워크	글로벌 교육·연구 경쟁력 강화를 위한 지속가능형 국제화 플랫폼 구축
4.1. 글로벌 협력 네트워크를 통한 공동연구 및 연구자교류 확대 1) 우수 외국인 교원 교육 및 연구 참여 확대 2) 글로벌 MOU 기관 학점 및 공동연구 교류 확대 3) 국내 MOU 기관 공동연구 교류 확대	- 세계적 수준의 국제공동연구협력 강화를 위한 글로벌 연구네트워크 확대·강화 - 글로벌리더 양성을 위한 국제 교육연구 교류프로그램 확대
4.2. 내외국인 학생 공동체를 통한 융합 교육연구 효과성 제고 1) 자체 내외국인 학생 커뮤니티의 교류 활성화를 위한 공동체 문화 및 시스템 구축 2) 내외국인 학생 간 공동연구 활성화를 위한 인센티브 제도 운영	
(인프라) 교육연구 지원시스템 강화	교육연구 몰입도 제고를 위한 스마트 인프라 구축
5.1. 교육 및 연구 몰입도 제고를 위한 학사 지원시스템 강화 1) 융합 전공 대학원생 학사 지원 전문인력 배치 2) 외국인 학생지원 담당직원 확충 3) 멘토-멘티 운영	- 외국인 학생 및 교원을 위한 맞춤형 교육, 행정, 복지서비스 지원 강화 - 대학원 위상 강화 및 거버넌스 체계 개편 - 수요자 중심의 대학원 행정 지원체계 구축
5.2. 연구 안전 확보를 위한 매뉴얼 개발 및 안전관리 우수연구실 인증 획득 1) 실험실 운영 매뉴얼 작성, 안전관리 우수연구실 인증취득	- 연구자 권익보호의 제도적 안정성과 연구윤리 책무성 강화

I. 교육연구단 구성, 비전 및 목표

1.3 교육연구단 구성

①. 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

성 명	한글	박주영	영문	Joo Young Park
소 속 기 관	고려대학교	단과대구분없음	에너지환경정책기술학과	

<표 1-1> 교육연구단장 최근 5년간 연구실적

연번	저자/수상자 /발명자/창업 자	논문제목/저서제목/book chapter 제목	저널명/ 출판 사명	권(호), 페이지/ISSN/ISBN (pp. ** - **)	게재/출판	DOI 번호 (해당 시)
1	Park, J.*, Diaz Posada, N.L., and Mejia-Dugand, S.	Challenges in implementing the extended producer responsibility in an emerging market: the end-of-life tire management in Colombia.	Journal of Cleaner Production	189: 754 - 762	게재	10.1016/j.jclepro.2018.04.058
2	Park, J.*, Duque- Hernandez, J., and Diaz- Posada, N.	Facilitating Business Collaborations for Industrial Symbiosis: The Pilot Experience of the Sustainable Industrial Network Program in Colombia	Sustainabili ty	10(10): 3637	게재	10.3390/su10103637
3	Park, J., Park, J.M., and Park, H.S.*	Scaling-up of industrial symbiosis in the Korean National Eco- Industrial Park Program: Examining its evolution over the 10 years between 2005-2014	Journal of Industrial Ecology	23(1): 197-207	게재	10.1111/jieci.12749
4	Boons, F.*, Chertow, M., Park, J., Spekkink, W., and Shi, H.	Industrial symbiosis dynamics and the problem of equivalence: proposal for a comparative framework	Journal of Industrial Ecology	21(4): 938-952	게재	10.1111/jieci.12468

<표 1-1> 교육연구단장 최근 5년간 연구실적

연번	저자/수상자 /발명자/창업 자	논문제목/저서제목/book chapter 제목	저널명/ 출판 사명	권(호), 페이지/ISSN/ISBN (pp. ** - **)	게재/출판	DOI 번호 (해당 시)
5	Park, J.Y. and Gupta, C.*	Evaluating localism in the management of post-consumer plastic bottles in Honolulu, Hawaii: Perspectives from industrial ecology and political ecology	Journal of Environmenta l Management	154: 299-306	게재	10.1016/j.je nvman.2015.0 2.042

1.3 교육연구단의 구성

① 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

- 박주영 교수는 공학을 바탕으로 사회과학 접근법을 접목하고 있는 융합형 연구자로, 미국 및 콜롬비아, 한국을 포함하여 12년 간 연구, 행정 및 교육 역량을 축적하고 국제 네트워크를 구축해 옴. 에너지·자원 분야 산업사회 문제해결형 융합교육연구를 책임질 단장의 역할을 수행하기에 충분함.



단장 박주영 교수

2004. 서울대 공학사
2006. 서울대 공학석사
2012. Yale University 환경학 PhD

지속가능 자원관리 및 정책

Industrial ecology
Business environmental strategies
Circular economy policy

연구역량

- 산업생태학 기반 지속가능 자원관리 대안전략 탐색 및 정책제안·평가, 신흥국 현장형 연구
- 2014년 이후 산업생태학 분야 SSCI, SCI(E) 논문 14편, 북챗터 3편. 환경공학 SCI(E) 3편
- Journal of Environmental Management 2014년 게재 논문 120회 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 산업공생 프로그램 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)
- 한국산업생태학회 총무이사, 한국전과정평가학회 이사, 대한토목학회 편집위원회 위원, 물환경학회 미래위원회 위원, 한국국제협력단(KOICA) 기후변화 전문위원
- 국제산업생태학회(ISIE) 남미지역학회 Americas Meeting 2016 Co-chair로 200명 이상 규모 학회 성공적 개최

② 대학원 신청학과 소속 전체 교수 및 참여연구진

<표 1-2> 교육연구단 신청학과 소속 참여교수 현황

기준일	신청 학과	전체 교수 수			참여교수 수						
					기존교수 수			신임교수 수			총계
		전임	겸임	계	전임	겸임	계	전임	겸임	계	
2020. 05. 14	에너지 환경정 책기술 학과	8	4	12	5	1	6	2	0	2	8

③ 교육연구단 구성의 적절성

<표 1-3> 참여교수진의 해당 산업·사회 문제 해결분야 교육 실적 및 연구 분야

연번	성명 (한글/영문)	직급	연구자등록번호	소속 대학 및 신청학과	세부전공분야	산업·사회 문제 해결분야 관련 대학원 교과목 개설 실적
	산업·사회 문제 해결 관련 연구분야와의 연계성					
1		부교수		고려대학교 에너지환경 대학원	반도체물성	전주기시물레이션(2019 1학기), 광학(2015 2학기)
	신재생에너지원 중 하나인 태양전지와 태양광발전시스템 개발을 통해 기업의 기술경쟁력 제고 방안 모색					
2		정교수		고려대학교 에너지환경 대학원	화공열역학	에너지환경기술특수연구 II(2019 2학기)
	연구실 안전을 위한 물성 데이터베이스 개발과제를 수행하고 있으며, 에너지 해석을 통한 미래 에너지의 평가 연구 수행					
3		부교수		고려대학교 에너지환경 대학원	투자/위험관리	에너지경제성분석론(2015 1학기/ 2016-2017-2018-2019 2학기), 에너지와사회 (2015-2018-2019 1학기)
	투자/위험관리 관점에서 에너지·자원 기술평가, 경제성 분석 및 지속가능발전에 부응하는 에너지 전략/정책 연구					
4		부교수		고려대학교 에너지환경 대학원	환경/자원정책	산업생태학(2018 1학기, 2019 1학기), 에너지환경정책 (2018 1학기, 2019 1학기)
	산업시스템의 에너지 및 자원소비와 환경영향 분석을 통해 지속가능성을 높일 수 있는 정책대안 도출					

연번	성명 (한글/영문)	직급	연구자등록번호	소속 대학 및 신청학과	세부전공분야	산업·사회 문제 해결분야 관련 대학원 교과목 개설 실적
	산업·사회 문제 해결 관련 연구분야와의 연계성					
5		교수		고려대학교 식품자원경제학과	자원/환경경제	자원경제학(2019 1학기), 동태분석론(2019 2학기)
	자연자원에 관한 경제적 최적채굴 및 이용 등에 대한 연구를 통한 정책 설계 및 영향 평가					
6		조교수		고려대학교 에너지환경대학원	기술예측및평가	해당사항 없음(2020년 3월 신규임용)
	데이터 분석 기술을 사회과학 및 공학에 접목하여 에너지환경 문제를 정량 분석하고 최적의 시스템 및 정책 솔루션 도출					
7		부교수		고려대학교 에너지환경대학원	반도체재료	태양전지공학개론(2017-2018-2019 1학기), 태양광발전시스템개론(2017-2018-2019 2학기)
	차세대 도심형 분산발전 적용을 위한 태양광발전시스템의 소재, 부품, 시스템 고성능화 및 고효율화 기술					
8		교수		고려대학교 에너지환경대학원	전기재료	신재생에너지연구동향(2019 2학기), 재료공학(2019 2학기)
	차세대 에너지소자, 해당 소자용 소재 개발 및 분석 기술과 소재 디자인 방법론에 대한 교육					

1.3 교육연구단의 구성

③ 교육연구단 구성의 적절성

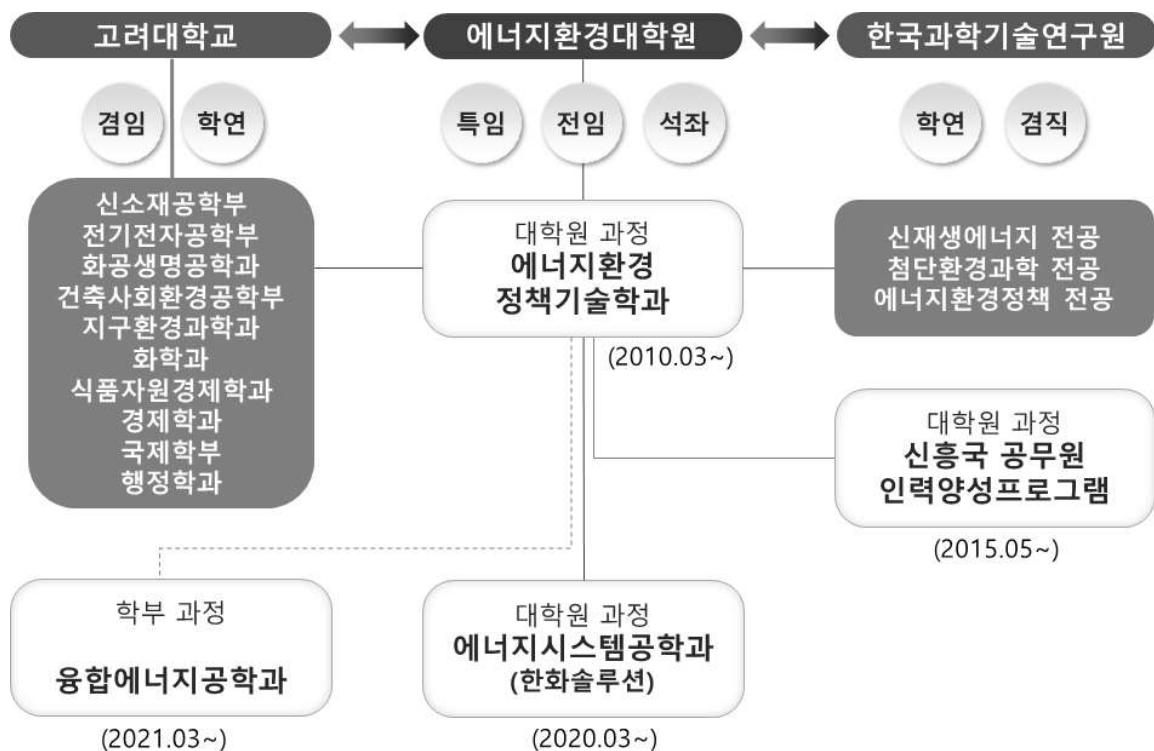
❑ 고려대학교 에너지환경대학원의 교육연구단 구성 배경 및 타당성

- (에너지환경대학원 연혁) 고려대학교 에너지환경대학원은 고려대학교와 한국과학기술연구원(KIST)의 학원협력을 바탕으로 2009년 설립된 전문대학원임. 본 대학원은 에너지·환경 분야에서 자연과학과 인문사회과학을 아우르는 학제 간 연구를 수행하고 융합교육을 제공하는 융합프로그램 대학원으로는 국내 최초로 설립되었으며, 지난 10년간 지속가능한 자원관리를 위한 기술-정책-데이터 융합교육 및 연구체계를 구축하여 발전시켜 오고 있음(그림 I-6). 특히, 2012년부터 5년간 연 30억 원 규모의 특화전문대학원 연계 학원협력 지원사업을 수행한 경험이 있으며, 2015년에 이어 2017년부터 계속해서 연 8억 원 규모의 에너지인력양성사업과 연 7-8억 규모의 KU-KIST 연구과제(“에너지 순생산 및 환경순환 에코시티 구축”)를 수행하고 있음. 2019년에는 에너지환경대학원의 두 팀이 모두 산업통상자원부의 알키미스트 프로젝트를 수주하여 과제를 수행하고 있음.
- 특화전문대학원 연계 학원협력 지원사업(한국연구재단) : “기후변화 대응 에너지·환경 기술·정책 융합분야의 고급인력 양성과 연구 수행을 위한 그린스쿨 전문대학원 육성사업” (2012.09~2017.02)
- 에너지인력양성사업(한국에너지기술평가원) : “에너지기술정책 전문가 과정(글로벌 에너지정책 전문가 양성사업)” (2015.05~2020.06)
- “에너지 순생산 및 환경순환 에코시티 구축” (한국과학기술연구원) (2017.01 - 2022.12)
- 알키미스트 프로젝트(산업통상자원부) : “슈퍼 태양전지(과제책임자: 이해석 교수)”와 “투명 태양전지(과제책임자: 전용석 교수) (1단계: 2019~2021, 2단계: 2021~2026)



[그림 I-6] 고려대학교 에너지환경대학원 연혁

- **(교육프로그램 구성)** 본 대학원은 3가지 전공(신재생에너지, 첨단환경과학, 에너지환경정책 전공)으로 운영되는 에너지환경정책기술학과(공학 및 정책학 석박사)와 한화솔루션과의 계약학과인 에너지시스템공학과를 운영하고 있음. 또한 2015년부터 에너지환경정책기술학과 내 신흥국 에너지 분야 공무원 대상 인력양성 프로그램인 Global Energy Technology Policy Professionals Program(GETPPP)를 운영하고 있고, 2021년부터는 KU-KIST융합대학원과 함께 “융합에너지공학과” 학부 프로그램을 신설하여 운영할 예정임(그림 I-7).
- **(교원 구성)** 고려대학교 에너지환경대학원은 에너지·자원 분야에 특화된 자연과학과 인문사회과학을 아우르는 융합연구 및 교육을 목표로 하는 바, 다양한 전공 분야의 교원이 참여하며 유연한 학사 프로그램을 운영하고 있음. 본 대학원 운영에는 자체 전임교원 및 한국과학기술연구원 학연교수뿐 아니라 고려대 신소재공학과, 화공생명공학과, 건축사회환경공학부, 지구환경과학과, 식품자원경제학과, 경제학과, 국제학부, 행정학과 교수들이 겸임으로 참여하여 융복합 교육과 연구를 위한 유연한 환경을 구축하고 있음. 또한 국제사회 기후변화 대응을 이끌고 있는 IPCC의 이희성 의장 등 에너지·자원 분야에서 독보적인 경험을 가진 전문가가 석좌 및 특임교수로 참여하고 있음(그림 I-7).



[그림 I-7] 고려대학교 에너지환경대학원 조직 구성

- **(국내외 네트워크)** 본 대학원은 또한 해외 6개국 8개 기관 및 국내 4개 기관(국제기구 1개 포함)과 공동연구 및 학생교류를 위한 MOU 협력을 진행하고 있을 뿐만 아니라 신흥국의 에너지 분야 공무원을 선발하여 교육하는 에너지전문가 인력양성 프로그램을 운영하면서 에너지·환경 분야에서 폭넓은 글로벌 네트워크를 구축해 오고 있음(그림 I-8).



[그림 I-8] 고려대학교 에너지환경대학원 국내외 MOU 체결 현황

- **(학생의 다양성)** 본 대학원은 전일제 학생뿐만 아니라 에너지·자원환경 분야에서 일하고 있는 비전일제 학생 및 신흥국 에너지 공무원을 선발하여 교육하고 있음. 다양한 전공과 배경을 가진 학생들이 같은 프로그램으로 교육 받으면서 지식과 경험을 공유하고, 의사소통능력 및 협동력을 키우며 성장발전하는 공동체를 형성해 나가고 있음. 이러한 환경 속에서 산업체 학생은 현장경험 및 현실감각을 공유하고, 공무원 학생은 정책실무 경험과 안목을 공유함으로써 현실에 맞닿아 있는 생생하고도 실질적인 문제들을 고민하고 연구하며 문제해결능력을 키우고 있음. 또한 졸업생과의 교류를 통해 다양한 공공기관 및 산업체와 협력 네트워크를 확장하고 있음.

■ 참여교수진 구성의 적절성

- **(본 교육연구단 참여교수진 구성)** 본 교육연구단은 에너지 및 자원 관련 기술, 정책, 데이터 세 분야 연구자 8인으로 구성되어 있음(표 I-6). 참여교원의 연구분야는 에너지 기술 신소재 및 시스템 설계, 에너지자원의 기술평가 및 경제성 분석, 에너지 및 자원의 경제적이고 효율적인 이용 및 이와 관련한 정책 설계 및 평가임.

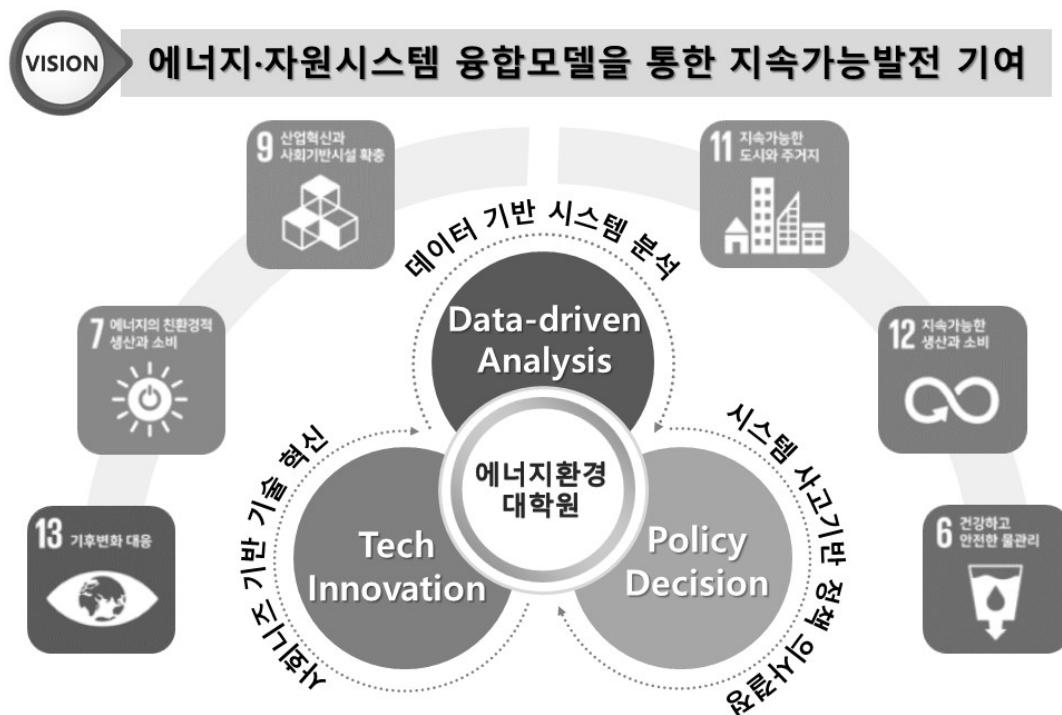
〈표 I-6〉 교육연구단 교원 구성 및 연구분야

교원	소속	분야구분	교육연구단 비전 연계 참여교원 연구분야
강윤목	전임	기술	신재생에너지 재료 물성 및 시스템 개발
강정원	전임	기술	수소 기반 에너지 저장, 물성 데이터베이스 시스템
김경남	전임	정책	에너지 기술·프로젝트 경제성 분석
박주영	전임	정책	자원효율 시스템 분석 및 정책평가
박호정	겸임	데이터/정책	자원의 경제적 채굴 및 이용을 위한 정책 연구
우종률	전임	데이터/정책	데이터 기반 에너지 시스템 및 정책 분석
이해석	전임	기술	에너지 변환 소자 및 에너지 시스템 설계
전용석	전임	기술	에너지 신소재 및 전기화학

- **(참여교원 연구분야와 유엔 지속가능발전목표 연계성)** 참여 연구진의 지속적인 협력과 융합연구를 통해 각 분야에서 개별적 연구로는 다루기 어려운 산업·사회문제 해결에 기여하고, 궁극적으로는 지속가능발전에 기여하고자 함. 유엔과 한국의 지속가능발전목표 중 특히 SDG 7(에너지의 친환경적 생산과 소비), SDG 13(기후변화 대응), SDG 12(지속가능한 생산과 소비), SDG 11(지속가능한 도시와 주거지), SDG 9(산업혁신과 사회기반시설 확충), 그리고 SDG 6(건강하고 안전한 물관리)의 목표 달성에 기여하고자 함(그림 I-9).
- **강윤목 교수**는 신재생에너지원 중 태양광 기술을 개발하고 있음. 2006년부터 8년 동안 기업연구소에서 고효율 실리콘 태양전지와 세계 최고효율의 CIGS 박막태양전지 개발에 참여하였으며, 개발한 양산설비는 기술 이전되어 전 세계 태양광 기업들에서 사용하고 있음. 이와 같은 경험을 기반으로 산업체 기술자문과 투명태양전지와 같은 신기술을 개발하고 있으며, 태양광 제조업 성장을 통해 SDG 7(에너지의 친환경적 생산과 소비)과 SDG 9(산업혁신과 사회기반시설 확충) 달성에 전반적으로 기여할 것임.
- **강정원 교수**는 에너지 해석 기술을 기반으로 수소 저장 물질 개발 과제를 수행하고 있음. 액상 수소 저장 물질(LOHC, Liquid Organic Hydrogen Carrier)은 새로운 투자 없이 기존 석유화학 물질 이송/저장 인프라를 활용할 수 있는 장점을 보유하고 있어서 유망한 기술로 대두되고 있으며, UN의 에너지의 친환경적 생산과 소비와 기후변화대응 목표(SDG 7, SDG 13)를 달성하는데 기여할 것임. 기술적 측면과 더불어 본 교육단의 정책 설계 연구와 연계하여 우리나라의 에너지 정책 수립을 목표로 함으로써 연구단을 통해 시너지를 발휘하고자 함.
- **김경남 교수**는 경영학(재무론) 전공으로 에너지·자원·환경 분야에 특화된 기업전략, 프로젝트 개발 관리, 투자·파이낸스 부분을 연구하고 있음. 수행과제 중 다수가 “재생에너지 하이브리드시스템 (수소 생산을 포함한 재생에너지원 발전운영 실증, SDG 7 해당)”, “탄소자원화(화력발전소 배출 탄소 포집 및 포집탄소의 전환/산업자원화 실증, SDG 7, SDG 13 해당)” 등 기업들과의 공동연구방식으로 이루어지고 있음. 지속가능발전 목표에 부응하는 기술의 경제성 분석 및 실증/사업화 프로젝트의 파이낸싱 부분에 특화된 융합적 연구가 가능한 바, 관련된 유엔의 지속가능발전 목표 달성에 전반적으로 기여할 것임.
- **박주영 교수**는 산업시스템의 제품/폐기물, 물, 에너지와 같은 자원의 소비패턴 및 이에 영향을 미치는 경제사회적 요소와 환경적 함의(온실가스 배출)를 다층적 시스템 관점에서 분석하고, 이에 따라 효율적인 자원관리 정책을 제안하고 평가하는 연구를 수행하고 있음. 이를 통해 SDG 12(지속가능한 생산과 소비) 달성에 기여하고자 하며, 이는 SDG 6, 7, 13과도 연계되어 있음.
- **박호정 교수**는 에너지, 바이오, 토지 등 자원의 보전, 개발과 관련한 경제행위의 장기적 동태 조정 과정을 분석하고 이를 통해 자연자원과 환경자원의 유형별 경제 분석 및 정책 대응 방안을 수립하는 연구를 수행하고 있음. 이러한 연구는 경제 발전과 환경보전의 통합적 목표 지향을 통해 현 세

대와 미래 세대를 아우르는 SDG 6, SDG 7, SDG 11 실행에 이바지하고 더 나아가 SDG 13 달성에 기여할 것임.

- **우종률 교수**는 데이터 분석 및 모델링 기법을 기반으로 에너지·환경 기술 및 정책의 경제적, 환경적 효과를 예측하여 사회적 후생을 극대화할 수 있는 정책을 설계하는 연구를 수행하고 있음. 이러한 연구는 지속가능한 에너지 시스템으로의 전환을 가속화하여 SDG 7(에너지의 친환경적 생산과 소비)과 SDG 13(기후변화 대응)에 기여할 것임.
- **이해석 교수**는 차세대 독립전원인 태양광발전시스템의 고성능화를 위한 태양전지 소재, 소자, 모듈 및 시스템 개발연구를 수행하고 있으며, 새로운 융합시스템으로 고성능 태양광발전을 적용한 수소 발생시스템 상용화 개발을 진행하고 있음. 이러한 연구는 기업 및 국책연구소들과 공동연구로 진행하고 있으며, 지속가능한 청정에너지 보급을 통한 사회 에너지 문제 해결 및 새로운 신성장 산업 창출이 가능하므로 SDG 7, 11, 13의 달성에 기여할 것임.
- **전용석 교수**는 신재생에너지 중 차세대 태양전지를 위한 소재 개발과 분석, 소자 제조 연구를 수행하고 있음. 국내 태양전지 업체의 새로운 돌파구를 찾기 위한 알키미스트 연구를 통해 고투명 고효율 태양전지 개발을 최근 진행 중이며, 이를 통해 지속가능한 도시와 주거지 환경(SDG 11)을 만들고, 관련 산업의 새로운 시장(SDG 7, 13) 창출에 기여할 것임.



[그림 I-9] 본 교육연구단의 연구분야와 유엔 지속가능발전목표 연계

1.3 교육연구단의 구성

④ 전임교수(신임교수) 충원계획의 적절성

▣ 교원 현황

- 본 교육연구단은 에너지환경대학원 소속 전임교원 7인에 겸임교수로 참여하는 교원 1인을 합쳐 8인으로 구성되어 있음. 전임교원 외에도 융합교육 및 연구와 대학원 운영을 위해 54인의 교원이 다양한 형태로 참여하고 있음(2020년 3월 기준).
 - 대학원장 1인
 - 학연교수 4인
 - 겸임교수 42인: 고려대학교 24인, 한국과학기술연구원 18인
 - 석좌교수 2인
 - 특임교수 3인
 - 연구교수 2인
- 특히 효과적인 융합교육을 위해서 에너지환경 융합에 필수적인 기본교과는 에너지환경대학원 자체적으로 제공하고 있으며, 세부연구에 필요한 다양한 교육은 고려대학교와 한국과학기술연구원이 가지고 있는 기존 교육 자원을 활용하고 있음. 학생들은 고려대학교 일반대학원, 국제대학원, 기술경영전문대학원 교과목 200여 개 중에서 선택하여 학기당 6학점, 최소 수료학점의 50% 내에서 수강 신청할 수 있으며, 과학기술연합대학원의 교과도 학기당 3학점, 최대 석사 6학점, 박사 12학점 이내에서 신청할 수 있음.

▣ 충원계획

- 고려대학교와 한국과학기술연구원의 자원을 유연하게 활용하여 교육프로그램을 운영하고 있으며, 더욱 체계적인 융합교육과 효과적인 융합연구를 위해서 특히 **행정학, 환경, 시스템 모델링 분야 전임교원 초빙**을 우선적으로 계획하고 있음.
- **(에너지·자원·환경 특화 행정학 분야)** 에너지환경정책 분야 교원의 세부전공은 경영학/투자위험관리(김경남 교수), 자원환경경제학(박호정 교수), 자원환경정책/산업생태학(박주영 교수), 기술예측/기술경영경제학(우종률 교수)으로 구성되어 있음. 행정학에 대한 기초이론 및 질적연구방법론 교육과 연구지도를 위해 행정학과 겸임교원 1인이 참여하고 있으며, 행정학 분야 필수교과 운영과 효과적인 기술-정책융합연구를 위해서 교육연구단 소속 행정학 분야 전임교원 초빙이 필수적임. 교과목에 대한 교육연구단 자체 설문조사 결과에서도 특히 정책학원론, 정책의사결정 및 정치경제학 교과목에 대한 수요가 가장 높게 나타남.
- **(기후변화, 미세먼지 등 환경 분야)** 기후변화와 지속가능발전에서 에너지 시스템이 강조되고 있으며 전 세계적으로 에너지 관련한 많은 프로그램에서 환경 관련 교육을 동시에 제공하고 있음. University of Delaware, School of Public Policy and Administration에서는 Energy and Environmental Policy program을, Berkeley Energy Resource Group에서는 자연환경 및 생태학 관련 교육을 제공하고 있음. 고려대학교 에너지환경대학원에서도 이러한 교육철학을 가지고 신재생에너지, 첨단환경과학, 에너지환경정책의 세 가지 전공트랙을 운영하고 있음. 에너지와 환경의 상호연계, 산업의 환경영향 평가와 같은 주제는 현재 교육연구단의 교육 및 연구에서 잘 다루어지고 있고, 대기, 수처리, 지하수, 토양, 미생물 등에 관련된 기초 환경과목 교육은 고려대학교 지구환경과학과와 환경생태공학부의 겸임교원과 관련 교과목, 한국과학기술연구원의 학연교수 및 관련 교과목을 통해 이루어지고 있음. 향후 다양한 자연환경에 대한 기초 과학교육과 첨단환경 전공 학생의 효과적 관리를 위해서 대학원 소속 전임교원을 지속적으로 초빙하고자 함. 환경 관련 여러 분야 중에서도 기후변화 및 미세먼지 문제의 심각성을 고려할 때 관련 분야 교원 초빙을 우선적으로 고려할 계획임. 교육연구단 자체 설문조사 결과 기후환경 및 대기 분야에 대한 수요 또한 가장 높게 나타남.

- **(시스템 모델링 분야)** 소재와 제품을 대상으로 하는 기술개발 전공과 산업, 도시, 국가를 대상으로 하는 정책 전공의 효과적인 협업과 융합을 위해서는 에너지 및 산업시스템 등 중간 단계의 시스템 모델링 분야 교원초빙이 필요함. 예를 들어 에너지 분야에서는 새로운 에너지 기술과 기후변화 정책의 경제적, 환경적 효과를 정량적으로 측정하고 비용과 환경적 측면에서 최적의 에너지 시스템을 도출하기 위해 LEAP(Long-range Energy Alternatives Planning system), TIMES(The Integrated MARKAL-EFOM System), CGE(Computable General Equilibrium) 등 에너지 시스템 모델이 범용적으로 활용되고 있음. 또한 복잡계과학의 발전과 데이터 증가에 따라 대규모 데이터를 활용한 네트워크 분석 및 행위자기반모형 분석이 다양한 시스템을 대상으로 이루어지고 있고, 생태학 분야에서도 위성이미지, 공간정보를 포함한 다양한 자료와 데이터과학 접근법을 활용한 시스템 모델링이 이루어지고 있음. 중장기적으로 에너지·자원 특화 시스템 모델링 분야 전임교원 초빙을 통해 기술-데이터-정책의 융합연구를 더욱 발전시켜 나가고자 함.

⑤ 대학원생 현황

<표 1-4> 교육연구단 참여교수 지도학생 현황

(단위 : 명, %)

기준일	신청 학과	참여 인력 구성	대학원생 수											
			석사			박사			석 · 박사 통합			계		
			전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)
2020. 05.14	에너지환 경정책기 술학과	전체	30	17	56.67	23	12	52.17	4	4	100.00	57	33	57.89
		자교 학사	3	1	33.33	5	2	40.00	1	1	100.00	9	4	44.44
		외국인	2	2	100.00	0	0	-	0	0	-	2	2	100.00
참여교수 대 참여학생 비율						412.50								

<표 1-5> 교육연구단 참여교수 지도 외국인 학생 현황

연번	성명	국적	학사출신대학	공인어학성적		비고
				국어	영어	
1		독일	Ludwig Maximilians Universitat Munchen		TOEFL ibt 117	
2		스위스	Ludwig Maximilians Universitat Munchen		TOEFL ibt 99	

1. 교육연구단 구성, 비전 및 목표

1.4 기대효과

가. 학문적 발전

- **다학제 융합 연구혁신**: 국내외 상황에 맞는 사회문제해결형 연구주제 발굴과 과학기술 간, 인문사회-자연과학의 융합을 통한 고부가가치 연구접근법 개발
- **차별화된 융합교육 프로그램 기반 마련**: 여러 영역 교과목을 병렬적으로 제공하는 데에서 벗어나 학제 간 접근법의 필요성과 기본 철학을 바탕으로 둔 융합형 공통교과 및 사회문제해결형 융합연구와 연계한 교육 프로그램 개발
- **에너지·자원 분야 전문성을 갖춘 글로벌 학술인재 양성**: 에너지·자원 분야 전문성을 갖추고 국내외에서 융합 학술연구를 선도하는 고급학술인력 양성에 기여

나. 사회경제적 발전

- **융합 산업인재 양성을 통한 지속가능발전 혁신 기여**: 급속한 환경 변화에 따른 사회 니즈를 선제적으로 파악하고, 이를 위한 혁신적 솔루션을 능동적으로 탐색하여 제시하는 에너지·자원 분야 산업인재 양성을 통해 크게는 산업의 지속가능발전에 기여
- **통합적 의사결정이 가능한 정책리더 양성을 통한 지속가능발전 정책 수립 및 이행 기여**: 혁신기술에 대한 이해, 시스템 사고와 데이터 기반 통합적 분석력, 다양한 전문가 간 집단적 의사소통 중개 및 다층적 의사결정 능력을 갖춘 정책리더 양성을 통해 크게는 지속가능한 정책의 수립과 이행에 기여
- **본 교육연구단 졸업생은 [표 I-7]의 정부기관, 연구기관, 기업, 금융기관, 학계 및 국제기구 등에 진출하여 활동하고 있으며, 더욱 발전된 융합교육을 통해 배출될 미래 인재 또한 에너지·자원 분야 관련 기관에서 주도적 역할을 할 것으로 기대됨. 대표적인 우수 졸업생 사례는 [표 I-8]과 같음.**

〈표 I-7〉 학생 진출 기관

	기관
정부기관	산업자원부, 국방부, 한국전력공사, 한국동서발전, 한국전력거래소, 한국가스공사, 한국광물자원공사, 한국수자원공사, 지역난방공사, 대한무역투자진흥공사, 한국에너지기술평가원, 한국산업기술평가원, 한국발명진흥회
연구기관	한국과학기술연구원, 녹색기술센터, 한국환경정책평가연구원, 한국화학연구원, 한국기후변화연구원, 전자부품연구원, 한국환경기계연구원, 한국섬유연구원, 한국이산화탄소포집및처리연구개발센터
기업	LG전자, 삼성전자, LG화학, 삼성SDI, 동부대우전자, 포스코, LS산전, 현대중합특수강, 종근당, 녹십자, 일진머티리얼즈, 대우조선해양, SK D&D, SK E&S, LG C&S, 효성, 한화에너지, API, 이테크건설, 더비엔아이, 케이에프비, 다쓰테크, 데카테크, 셀트리온, 에코아이, 포항산업과학연구원, 에코테크엔지니어링, 신홍영농조합, 루코, 헤라컨설팅, 동진썬미켈, 이앤에이치, 대정이엠, 제이에너지, 이건설시스템
금융기관	Asian Development Bank(ADB) Institute(일본), 한국수출입은행, 우리은행, 하나금융투자, 한국맥쿼리, 한영회계법인, 삼덕회계법인
학계*	Energy Studies Institute(National University of Singapore), KTH Royal Institute of Technology(Sweden), Helmholtz Center for Environmental Research(UFZ, Germany), University of Colorado(USA), 서울대학교, 성균관대학교, 고려대학교(본부, 산학단, 연구소)
국제기구	Global Green Growth Institute

*학위과정 및 박사후연구과정 포함

〈표 I-8〉 우수 졸업생 사례

	학생	학부 전공	대학원 전공	졸업 후 상황
1		환경생태공학	에너지환경정책(박사)	Energy Studies Institute (ESI, 싱가포르 국립대)
	학부에서 환경에 대한 기초를 쌓은 후 고려대학교 행정학과와 시카고대학교 정책학과에서 두 번의 석사과정을 거쳐 환경정책에 대한 이론을 공부하였음. 환경정책평가원에서 일하며 환경과 정책에 대한 심도 있는 공부가 필요함을 느껴 본 대학원 박사과정에 진학함. 과학기술과 사회과학을 모두 이해할 수 있는 융합적인 교육을 통해 에너지와 환경 분야를 넓고 깊게 공부할 수 있었고, 다양한 지원과 교수님들 도움을 받아 뛰어난 학술실적을 성취함.			
2		공공정책학	에너지환경정책(박사)	Asian Development Bank Institute (ADBI, 일본)
	아프리카 보츠와나에서 유년 시절을 보내면서 저개발국가의 경제적 낙후 및 환경 이슈 등을 체험하였고 전지구적인 문제해결에 기여하는 삶을 희망함. 캐나다 토론토대학교 경영학부 졸업 후 부모 고향인 한국으로 와 연세대학교 국제대학원에서 석사과정을 이수 후, 에너지자원환경 분야의 심화 연구를 위해 본 대학원 박사과정에 입학함. 박사과정 기간 중 지역 특화(보츠와나) 및 에너지 특화(수요 예측, 경제성 분석) 주제로 우수 국제학술지에 논문 2건을 게재함. 졸업 후 현재 본인의 연구주제에 부합되는 국제기구(ADB) 산하 연구소에서 에너지전문가로 활약 중임.			
3		경영학	에너지환경정책(석사)	하나금융투자(대체투자)
	미국 보스턴대학교 경영학과를 졸업한 유학과 학생으로서, 졸업 후 다년간 한국 에너지 분야 기업체에서 경력을 쌓음. OCI에서 태양광 해외사업 개발 부문 영업 매니저로 근무하면서 재생에너지의 필요성 및 장래성을 내다보고 본 대학원 석사과정에 진학하였음. 석사논문은 전기차의 생애주기 경제성 분석으로 에너지 기술-정책 두 관점에서 융합연구를 수행함. 졸업 후 금융기관에서 에너지환경 분야에 특화된 투자부처에 현재 근무 중. 재생에너지(태양광, 풍력 등) 프로젝트 파이낸스 관련 대체투자 전문가로 활약하고 있음.			
4		물리학/철학	신재생에너지(석사)	스웨덴 왕립공과대학 핵융합 공학 박사과정 전공 중(유학)
	학부에서 물리학을 전공하고 핵융합을 연구하다가 태양광에 관심을 갖게 되어 우수한 장학금 혜택이 있는 본 대학원 석사과정에 입학함. 기술전공(신재생에너지) 석사과정에서 쌓은 논문 및 특허 실적을 바탕으로 KIST 유럽연구소(독일)에 입사함. 근무하면서 베를린 공과대학에서 혁신경제학으로 에너지경제학 박사과정을 수료함. 현재는 스웨덴 왕립공과대학에서 핵융합 소형원자력 부문의 기술부문 박사과정을 공부하고 있음. 본 대학원에서 다양한 분야 전공자들과 교류하며 연구역량을 길렀고 동료 학생들과 공저한 기술경영 논문으로 지식경제부 장관상을 수상함.			
5		기상학	첨단환경과학(박사)	우리은행(기술금융)
	군 생활을 하며 한양대학교에서 대기환경을 전공하다가 타 분야 종사자들과 소통할 수 있는 역량을 기르고자 기술과 정책을 융합한 본 대학원 박사과정으로 입학함. SCI급 학술지에 논문을 다수 게재하고 학교 지원을 받아 메릴랜드대학교에서 촉매 연구를 수행하는 등 우수한 실적을 쌓음. 현재는 우리은행 기술금융센터에서 근무하며 에너지환경분야 기업의 기술신평가 및 투자 결정 지원 업무를 수행 중임.			

II. 교육역량 영역

1. 교육과정 구성 및 운영 계획

- **(배경)** 기후변화, 환경파괴, 에너지 문제에 대응하고 지속가능발전을 선도하기 위해서는 청정한 지능형 산업시스템으로의 전환이 요구됨. 이를 위해서는 혁신기술 개발 뿐 아니라 관련 비즈니스 모델 개발이 필요하며, 통합적 정책설계와 제도 시행 또한 필요함. 이에 따라 에너지 및 환경 산업의 지속가능발전을 선도하는 인재양성을 위한 새로운 패러다임의 기술-정책 융합교육 및 연구모델이 요구됨.
- **(교육 비전 및 목표)** 본 연구단이 속해 있는 에너지환경대학원은 2009년 고려대학교(KU)와 한국과학기술연구원(KIST)의 학연협력으로 설립되어 지난 10년간 에너지·환경 분야 자연과학 및 공학, 인문 사회과학을 넘나드는 다학제 교육을 통해 “지속가능발전을 선도할 미래 융합인재 양성”을 위해 노력해 왔음. 에너지환경대학원은 특히 지속가능발전을 위한 대안을 제시하고 실행을 선도하는 선지자형 리더, 다양한 분야 전문가와 실질적 의사소통과 집단적 문제해결의 중심 역할을 하는 중개자형 융합인재를 양성하는 것을 목표로 함. 이러한 목표에 따라 Stanford Precourt Institute for Energy, MIT IDSS(Institute for Data, Systems, and Society) 등 선도 대학원을 벤치마킹하여 세계적 수준의 연구중심 대학원으로 발전해 나가며, 에너지·자원 및 환경 분야에서 차별화된 융합교육기관으로 자리매김하고자 함(그림 II-1).
 - 에너지 및 환경 분야에서 융합을 표방하는 교육프로그램이 늘어나고 있으나, 정책과 함께 기술개발까지 다루는 융합 교육은 에너지환경대학원의 차별화된 특징임.
 - 2010년 개원 후 고려대학교와 한국과학기술연구원(KIST)의 학연 협력체계 안정화에 주력해 왔으며, 중장기적으로 효과적 융합을 위한 교육프로그램 및 연구모델 발전과 글로벌 선도 대학원과의 교류를 통해 에너지·자원 및 환경 분야의 차별화된 글로벌 융합기관으로 발전해 나가고자 함.

교육비전

지속가능발전을 선도할 미래 융합인재 양성

목표

선지자(visionary) 및 중개자(boundary spanner)형 인재양성



[그림 II-1] 교육연구단 교육비전, 목표 및 추진전략

가. 교육과정과 학사관리 장단점 및 운영 계획

▣ 교육과정

- **(에너지환경대학원 교육프로그램 구성)** 본 교육연구단이 속해 있는 에너지환경대학원은 1) 에너지환경정책기술학과 2) 에너지시스템공학과(한화솔루션과의 계약학과)를 운영하고 있으며, 에너지환경정책기술학과 내에 3) 신흥국 에너지공무원 대상 인력양성 프로그램인 GETPPP(Global Energy Technology Policy Professionals Program)를 운영하고 있음. 2021년 3월부터는 공과대학에 설치되는 신설 학부인 4) 융합에너지공학과를 KU-KIST융합대학원과 운영할 예정임(그림 I-7).
 - 에너지환경정책기술학과 (2010.03~)
 - 에너지시스템공학과 (2020.03~)
 - 신흥국 에너지공무원 인력양성 프로그램(GETPPP) (2015.05~2020.06)
 - 융합에너지공학과 (2021.03~)
- **(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 투트랙 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 운영**하고 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).

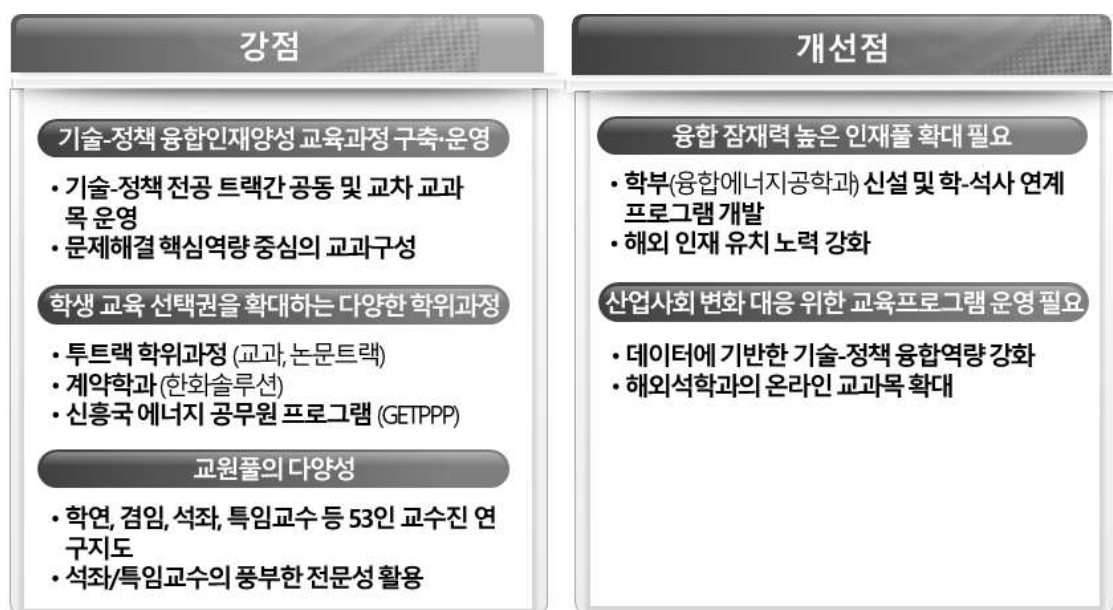
〈표 II-1〉 학점이수체계

구분	석사과정		박사과정	석박사통합과정
	논문트랙	교과트랙		
공통 필수	에너지환경정책 에너지/환경공학개론 택 1 윤강	에너지환경정책 에너지/환경공학개론 택 1 윤강	에너지환경정책 에너지공학개론 환경공학개론 윤강	에너지환경정책 에너지공학개론 환경공학개론 윤강
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.

❏ 학사관리 장단점

- **(개요)** 본 교육연구단 교육과정의 장점으로서는 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-2).



[그림 II-2] 교육연구단 교육과정의 장단점

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

- (공통/교차교과 운영) 에너지환경정책, 에너지공학개론, 환경공학개론, 윤강(전문가세미나)을 전공 간 공통필수과목으로 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
- 에너지환경정책 - 에너지와사회 - 산업생태학 - 지속가능발전세미나 - 기후변화와재난관리 - 에너지공학개론 - 수소에너지 - 바이오에너지개론 - 윤강(전문가세미나)	- 연구방법론 - 에너지경제성분석론 - 공학경제학 - 환경성분석법 - 의사결정분석법 - 전주기시물레이션 - 머신러닝을 이용한 실험계획법 - 태양전지공학	- 에너지프로젝트관리 - 재생에너지시스템모형 - 전기화학응용 - 논문작성법* - 연구기획 및 정보활용* - 의사소통(writing & speaking)* - 외국어 논문작성법* - 대학원 창업 보육 및 지원* - 사회문제 해결 포럼* - 융합세미나*

● (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.

● (장점 III) 교원 풀의 다양성

- (연구지도) 본 교육연구단 및 에너지환경정책기술학과는 기술(4인) 및 정책(4인)으로 구성된 전임 교수진 외에 학연교수(KIST), 겸임교수, 석좌교수, 특임교수 등 총 54인의 다양한 교수진이 참여하고 있음(2020년 3월 기준). 교원의 전공 분야는 화학공학, 신소재공학, 경영학, 기술경영경제학, 산업생태학, 지구환경과학, 환경공학, 행정학, 경제학, 자원경제학, 국제관계, 법학 등으로 다양하며 학생 관심사에 따라 1명 혹은 2명의 지도교수를 선택하여 지도받을 수 있음. 실제로 한국과학기술연구원(KIST) 학연교수와와의 공동연구를 통해 최근 3년간 에너지·환경분야 상위 1% 이내 우수 저널 포함하여 약 100여 편의 논문을 게재하는 성과를 창출하기도 함.
- (석좌/특임교수) 정부 및 국내외 주요 기관에서 종사했던 에너지·자원 및 환경 분야의 최고 전문가들을 석좌 및 특임교수로 초빙하고, 교과목 강의와 특별강연 및 학생 연구지도에 적극적으로 참여하도록 함으로써 풍부한 실무 경험을 활용한 교육이 이루어지도록 함(표 II-3).

<표 II-3> 석좌 및 특임교수 현황

이름	재직기간	주요경력	비고
	2015 ~ 2017	삼성전자 상무	현재 신성술라 사장
	2012 ~ 2020	산업부 자원정책실장 한국광물자원공사장	
	2015 ~ 2020	삼양사 CTO	
	2016 ~ 2019	ReCarbon. INC CEO	현재 ReCarbon. INC CEO
	2020 ~ 현재	한국과학기술연구원장(KIST), UST 총장	
	2014 ~ 2018	행정자치부 소방방재청장	
	2017 ~ 2019	SK이노베이션 기술원	샘표식품 이사
	2011 ~ 2019	에너지경제연구원장 순천향대 교수	
	2016 ~ 현재	인제대총장 녹색기술센터소장(GTC)	현재국가과학기술인력개발원 (KIRD) 석좌교수
	2018 ~ 2019	한화케미칼 상무 에너지기술평가원 PD	성균관대학교 교수
	2011 ~ 현재	에너지경제연구원장 IPCC 부의장	현재 국제기구 IPCC 의장
	2019 ~ 2020	동경대 교수	현재 부산대학교 교수
	2018 ~ 2019	산업부 에너지지원실장 조달청장	한국산업기술평가관리원 (KEIT) 원장
	2012 ~ 2016	LG전자 상무	
	2013 ~ 2015	교육과학기술부 제2차관 과학기술인공제회장	
	2016 ~ 현재	국회 정책연구위원 월드뱅크컨설턴트	에너지경제연구원, UNPOG 자문위원
	2011 ~ 2015 2018 ~ 2020	지속가능발전기업협의회(KBCSD) 사무총장, 한국에너지기술평가원 원장	제주대 교수

● (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 1학기부

터 “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

❑ 벤치마킹을 통한 학사관리 운영 계획

- (벤치마킹을 통한 학사관리 운영) 학교 차원에서 실시한 QS세계대학평가, 국가별 대표성, 규모 등을 고려한 국외 우수 대학 벤치마킹 결과, 교육분야 시사점은 사회적 문제해결을 위한 학제 간 융복합 교육 프로그램의 확대, 사회적 공유에 기반한 지식 가치의 극대화, 글로벌 이슈에 대응하는 대학의 사회적 책무 확대 교육 필요성임. 이에 따라 데이터 기반 융복합 프로그램 강화, 사회문제해결 실무역량 강화 및 커리어 관리, 취·창업 활성화 교육 및 관련 시스템 구축, 기업 및 연구소 협업 시스템 구축에 관한 세부 전략방향을 설정함(그림 II-3).



[그림 II-3] 해외 우수대학 벤치마킹 결과와 교육연구단 전략 연계

- **(데이터 기반, 융복합 프로그램 강화)** MIT, 콜럼비아대와 같이 데이터과학 및 인공지능 분야를 도입하고, 이를 에너지·자원 분야에 특화하여 발전시켜 나가기 위해 신입교원을 충원하고(2020년 3월), 관련 교과목을 신규 개설함. 또한, 에너지·자원분야와 연계된 본부 및 단과대학 Core Curriculum(데이터과학 및 인공지능 관련 융합교과목) 및 Cross-listing 교과목(SDGs 관련 교과목, 과학기술-인문사회 융복합 교과목)을 활용할 수 있도록 내규를 개정하여 교과과정의 다양화 모색.
- **(비교과 프로그램, 역량강화 프로그램, 커리어 관리 확대)** MIT 및 스탠포드 대학의 프로그램을 참조하여 비교과 프로그램을 강화하고자 함. 연구방법론, 기초 및 고급 통계, 연구기획 및 정보활용, 의사소통(Writing and Speaking), 외국어 활용 능력 및 외국어 논문 작성법, 글로벌 리더십 역량 프로그램, 사회문제해결 포럼 등 대학원 차원 비교과 프로그램(“TOTAL LAB”)을 적극 활용하고 대학원 자체의 비교과 프로그램도 확대하고자 함. 또한, ‘연구지도’ 학점 일부를 교과학점으로 인정하여 학생 맞춤형 연구지도 기회를 강화하고, 논문표절예방 프로그램 활용을 포함한 연구윤리 및 실험안전 교육을 강화함. 학위취득 장기화를 방지하기 위해 수료연구생의 학술회의발표, 영문논문 교정 및 우수논문 게재를 지원하고자 함.
- **(기업 협력 확대)** 애리조나주립대와 난양공대에서 강조하고 있는 기업 협력 프로그램과 같이 기존의 계약학과를 더욱 확대·발전시키고, 고급인력 대상 ‘찾아가는 재교육 프로그램’을 운영할 예정임.
- **(온라인 교육 확대)** 다양한 학생의 수요에 대응하고 교육권을 확대하기 위해 주간 및 야간수업 뿐 아니라 온라인 활용 교육(NeMo, Flipped Class, 해외석학 온라인 강의 등)을 확대함.

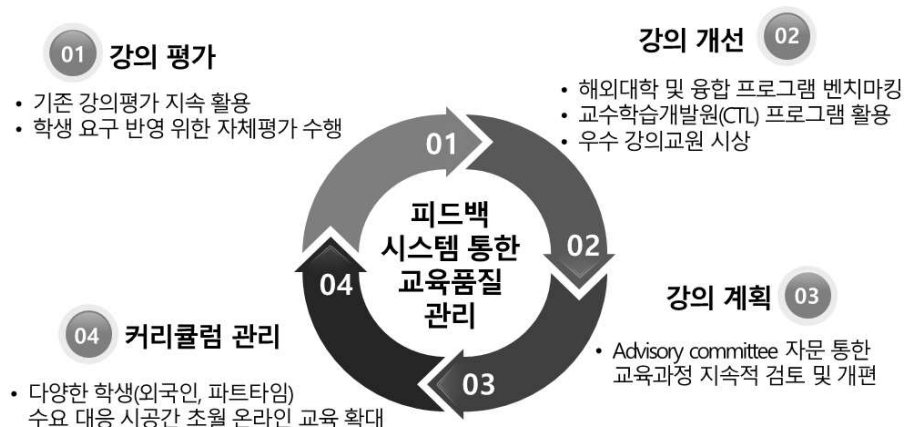
나. 교육과정의 충실성과 지속성

▣ 교육과정 현황

- 에너지환경정책기술학과에서는 매년 35개 이상의 교과목을 제공하고, 신규 교과목은 개설 후 평균 2~3년 정도 운영함. 최근 3년간 개설된 교과목들은 수강생들로부터 평균 4.4점(만점 5점)의 우수한 강의 평가점수를 받음. 신규 개설과목의 경우 평가점수가 평균 4.6점으로 나타나 신규 교과 개설을 통해 전반적으로 교과질의 질이 향상되고 있음을 알 수 있음.

▣ 교육과정 충실성과 지속성 확보를 위한 교과목 개선 과정

- 기존의 교과목 평가 방식 이외에도 주기적인 설문 조사 등을 통해 학생들 반응을 확인함으로써 지속해서 교과목과 커리큘럼을 보완하고 발전시켜 나갈 계획임(그림 II-4).



[그림 II-4] 교육과정 충실성 및 지속성 확보를 위한 개선 과정

- **(강의 개선)** 관련 분야 해외 선도대학 융합 및 교과 프로그램을 검토하고, 이 가운데 학생들 관심도가 높은 강의를 신규 개발하는 과정을 제도화. 교수학습개발원(CTL)의 지원프로그램(강의 전문성 프로그램, 온라인 활용교육 인증 프로그램, 1:1 교수법 코칭, 마이크로티칭 등)을 활용하여 교수법을 지속해서 개선하고, 우수 강의 교원에 대한 시상을 통해 보상체계를 확립하는 등 대학원 비전과 목표에 적합한 융합교육으로 이어지도록 효과적인 동기부여 방법을 마련함.
- **(강의 계획)** 석좌 및 특임교수 등이 참여하는 Advisory Committee를 구성하여 전반적인 교과 프로그램에 대한 자문을 하며 그 결과를 반영하여 교과과정을 개선해 나갈 계획임.
- **(커리큘럼 관리)** 신흥국 공무원, 외국인 학생, 비전일제 학생 등 다양한 학생 수요에 대응하기 위해 온라인 시공간 초월 교육 확대.

다. 산업·사회 문제해결을 위한 프로그램

▣ 산업·사회 문제해결 관련 교과목

- 개설 교과목 중 산업문제 및 사회문제 해결에 관련된 교과목 대표 사례는 <표 II-4>와 같음.

<표 II-4> 산업·사회 문제 해결 관련 개설 교과목 예시

교과목	개요	산업	사회
에너지경제성분석론	신흥개도국 여건에 부합하는 지속가능한 재생에너지 기술별 경제성 분석 및 사회적 영향 분석방법을 교육	○	
에너지프로젝트관리	프로젝트 관리기법 및 프로젝트파이낸싱 이해를 기반으로 에너지사업 사례에 대한 프로젝트 관리 실습 수행	○	
태양광발전시스템	태양광 발전 모듈 개발 및 시스템 연결 과정의 전반적인 과정에 대해 이해하고 태양전지 시스템화 과정에서의 문제점 및 해결 방향 교육	○	
전문가초청세미나	에너지 관련 산업 현황 및 문제점 진단을 통해 현장에 대한 이해를 심화하여 산업현장과 연계된 연구주제로 발전되도록 교육	○	○
에너지와사회	기술-사회적 관점에서 에너지의 과거/현재/미래를 조명하고, 지속가능발전에 부응하는 전략/정책 모색		○
녹색경영세미나	문헌 및 공시보고서를 통해 글로벌기업들의 녹색경영 사례를 비교, 분석	○	○
지속가능발전세미나	유엔 지속가능개발목표 관련된 최신 학술논문을 리뷰하고 분석		○
산업생태학	지속가능한 생산과 소비를 위한 산업생태학 기본철학, 방법론 및 적용사례 교육	○	○

▣ 현장 실습

- 수업에서 배운 지식이 현장에서 어떻게 적용되는지 배우고 에너지·환경 기관과 교류를 활성화하기 위하여 2017년부터 2019년까지 3년간 총 5건의 현장실습을 수행함(표 II-5).

<표 II-5> 현장실습 수행 예시

기관	내용
OKYC	오일허브코리아 견학
MIRECO	한국광해관리공단 견학
중부발전	보령 및 신보령발전단지 견학
남동발전	영흥화력발전소 견학 및 학습
한전KPS	사업, 보유기술, 해외 협력 네트워크에 대한 내용 학습

전문가 초청 세미나

- 에너지 분야 최고경영자 및 실무급 전문가를 초청하여 글로벌 에너지 및 자원 여건과 에너지환경정책 및 전략 수립에 대한 실무 정보를 제공하고, 향후 학생들 진로 결정에 도움을 주는 것을 목표로 함. 최근 3년간 100여 건의 세미나를 개최함(표 II-6).

〈표 II-6〉 전문가 초청 세미나 예시

연사	소속기관	주요 내용	산업	사회
	신재생에너지 국제표준화 영국 대표	International Standardization and Conformity in the Field of Renewable Energy	○	
	Yonsei University	Emissions gap and options for closing it	○	
	에너지기술연구원	신재생에너지기술개발 동향	○	
	서울대학교	Artificial Photosynthesis	○	
	서울대학교 재료공학부	Energy Efficient and Cognitive Computing Using Memristors	○	
	Texas University	석유화학기술	○	
	텔라웨어대학교 석좌교수	Energy Transition and Paradigm Shift		○
	University of Brasilia	New and Old ideas on human capital investment		○
	Fraunhofer Institute	Pathways for transforming the German Energy System by 2050		○
	Michigan State University	The promise and the peril of incentives for teachers in developed and developing contexts		○
	한국환경정책평가연구원	대기관리와 지속가능발전		○
	녹색기술센터	기후변화와 대응		○
	IPCC	신기후변화체제의 흐름과 대응		○

산업체 계약학과

- 한화솔루션(구. 한화큐셀앤드첨단소재(주))과의 계약학과 교육을 통해 산업체에 바로 투입될 수 있는 태양광 기술 전문성을 갖춘 인재를 양성.
 - 2020년 3월부터 석사과정(정원 10명 규모)이 입학하였으며, 2021년 이후부터는 한화솔루션 직원 재교육 프로그램까지 확장하여 운영할 계획임.
 - 태양광 소재, 소자, IT 및 시스템 응용 등 다양한 기초 교과목과 현장 맞춤형 교과목을 운영함.

공공부문 고급인력 대상 찾아가는 재교육 프로그램

- 에너지·환경 분야 공기업 및 공적 연구소에 종사하는 고급인력을 대상으로 에너지산업 재교육 프로그램을 신설하여 운영하고자 함. 고려대학교 세종캠퍼스 대학원(정책대학원 등) 및 인근 기술연구소와 공동으로 학위 혹은 비학위과정을 개설하는 것도 고려하고 있음.

라. 문제해결을 위한 지자체/지역사회/국제사회와의 공동 교육프로그램 구성 및 운영 계획

지자체와의 공동 교육프로그램 운영

- (제주연구원 관계 지속 강화) 2015년 8월 제주연구원과 에너지·자원·환경정책 분야 학술연구 및 인력교류를 위해 상호협력 업무협약(MOU)을 체결함.
 - “미래 그린 정책과 제주의 방향”을 주제로 한 정책토론회 공동 개최.
 - 효율적인 에너지(태양광, 풍력, 바이오매스) 및 수자원 관리방안에 대해 공동연구 및 지역 사업화

방안을 모색하고자 함.

- **(제주에너지공사 연구 협력 강화)** ‘탄소 없는 섬, 제주’를 실현하기 위한 에너지·환경정책 개발 및 연구 협력을 위해 제주에너지공사와 업무협약(MOU) 체결.
 - 가축분뇨를 활용한 바이오가스 개발방안, 플라즈마를 활용한 탄소자원화 시스템, 제주에너지공사의 사업 현황 및 연구과제 성과, 에너지전환과 도민참여 거버넌스 구축 등을 주제로 한 정책세미나 개최. 동북·북촌 풍력발전단지를 견학하며 풍력 개발사업 추진과정에서의 문제들과 해결방안에 대해 논의함.
 - 도서지역으로 저탄소 재생에너지에 관심이 큰 제주의 에너지전환을 위한 연구교류 및 협력을 강화해 나가고자 함.

❑ 지역사회와의 공동 교육프로그램 운영 계획

- **(고려대 사회봉사단(KUSSO)과 연계)** 고려대 사회봉사단과 연계하여 학기와 방학 중에 국내외 지역에서 봉사, 교육, 학술 등 다목적 활동을 수행하며 이를 정례 프로그램화할 계획임.
 - 2008년에 창단한 고려대 사회봉사단은 국내외에서 다양한 사회공헌 프로그램을 개발해 나가고 있음. 2018년~2019년에 수행한 사회문제 해결형 교내과제, “신재생에너지(태양광) 활용 아랄해 복원 사업 검토 연구: 고려대의 역할 및 수행방안을 중심으로”의 경우 2018년 여름 사회봉사단의 우즈베키스탄 봉사활동에서 기획된 것임.
 - 현장 방문을 통해 문제의식을 제고하고 살아있는 현장형 연구를 발전시켜 나갈 수 있도록 에너지, 자원, 기후변화, 환경 등 지속가능발전목표에 부합하는 다양한 국내외 활동을 사회봉사단과 연계하여 추진할 계획임.

❑ 국제사회와의 공동 교육프로그램 운영 계획

- **(아프리카 카메룬 ENSP와 교육-연구 협력 강화)** 아프리카 카메룬 The National Advanced School of Public Works(현지명: ENSP)와 에너지·환경 분야 역량 강화와 기술이전을 위한 협력을 추진하고자 함.
 - ENSP는 카메룬 수도 Yaounde에 있는 국립공과대학으로 인프라 분야에서 전문학위 프로그램과 현장 기술자들의 재교육을 담당하고 있음.
 - ENSP는 특히 에너지환경정책 및 기술, 환경과학, 지속가능발전(SDG 17) 분야의 교육 및 연구에서 동 대학원과의 협력을 강력히 요청하고 있음.
 - 주요 협력 내용은 석박사 학생들의 교환프로그램, 동 대학원 교수진의 현지 강의, 현지 실험실 설치와 연구자 훈련, 연구자들의 동 대학원 실험실 훈련 등임.
 - 현재 협력방안과 내용에 대해 협의하고 있는 단계이며 계획 구체화 후 국내외 편당기관(KOICA, AfDB, UNFCCC TEC-CTCN 등)과 협의하여 진행할 예정임.
- **(중남미 도서국가에 현지 교육 수행)** 글로벌 사회문제 해결을 위한 공동 교육프로그램의 목적으로 도서국가인 Aruba에 지속가능에너지 관련 온라인 교육을 진행하는 등 사회책임형 활동을 추진하고자 함.
 - 카리브해에 있는 중남미 도서국 Aruba에 COE(Aruba Center of Excellence)를 Aruba, Netherland, United Nation이 공동으로 설립하여 운영 중임. 대학원 협력 기관인 GABI와 함께 해외 도서국들(SIDS, Small Island Developing States)의 지속가능발전목표 이행에 있어서 에너지 관련 부문에 대한 한국의 경험 및 교육 인프라를 전수하는 글로벌 교육프로그램에 참여할 계획임.
 - 본 교육단은 지속가능에너지 분야에 대해서 온/오프라인 방식의 현지 교육을 수행하며, 선진국 사례(한국 사례 포함)를 다양한 방법(리포트, 기고, 온라인강의, 현지 강의 등)으로 소개하고 SIDS

country(대표적으로 카리브해에 있는 도서국들)에 대한 지식 나눔 행사를 진행하고자 함.

다. 융·복합적 연구 및 인력양성에 부합하는 대표적 교육 목표에 대한 달성 방안

■ (추진전략 I) 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 함(표 II-7).

<표 II-7> 데이터 기반 교과목 단기 및 중장기 개설 계획(2020년 이후)

기간	과목	내용
단기 (2020~2021년)	데이터과학 기초	데이터 분석을 위해 필수적인 기초 지식인 통계 및 선형대수학을 교육하고 기본적인 머신러닝 기법인 linear regression, decision tree, clustering, linear optimization 등을 소개 하며 데이터 분석에 활용할 수 있는 통계 및 데이터 분석 소프트웨어 R을 교육함.
	의사결정 방법론	에너지 및 환경 관련 불확실성이 존재하는 상황에서 데이터를 기반으로 객관적이고 정량 적인 의사결정을 도와줄 수 있는 분석 방법론을 소개하고 통계 및 데이터 분석 소프트웨어 R을 이용해 실습함.
중장기 (2022년 이후)	고급 머신러닝 기법(앙상블 기법 decision trees, support vector machine, artificial neural networks 등)을 집중적으로 교육하고 에너지 및 환경 분야에 직접 적용해 볼 수 있는 수업을 개설할 계획임.	

● (프로젝트 기반 문제해결형 교과목 개발)

- 캡스톤디자인

- 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 논문 화하여 성과물로 도출될 수 있도록 유도함.
- 스탠포드대 D-School “디자인사고(Design Thinking)” 를 벤치마킹하여 학습자가 사회문제형 도전 과제 실험과 협동을 통해 창의적인 솔루션을 체계적으로 탐색하는 캡스톤디자인 과목을 개발

- 1:1 맞춤형 강의 시범 운영

- 석사 2학기(박사 2학기) 이후 지도교수/공동지도교수 공동제안 교과목을 통해 프로젝트 진행 상 황을 주기적으로 점검하고(비교과 프로그램), 석사 3학기(박사 3~5학기) 정규 맞춤형 교과목(1학 점)을 통해 실험과정을 모니터링하고 논문지도까지 이어지게 유도함.
- 교과목 예시: Reading on things(맞춤형 집중 문헌연구), 페로브스카이트 태양전지, 연료전지 전기 화학, 탠덤 태양전지 등

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

- 해외 우수 기관의 온라인 신규과목 개설

- 미국 비영리 국제기관 FREE(Foundation for Renewable Energy and Environments)와 글로벌 윤강 프로그램을 개발 중
- John Byrne(Univ. of Delaware Distinguished Professor, 노벨상 수상자)과 협의 완료하여 2021년 1 학기부터 신규과목 개설 예정

- 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

- 인공지능/adaptive learning을 이용한 맞춤형 교육

- 학생들 대상 수준별 맞춤 강의를 위해 AI 진단 후 수준별 학습 진행

- Education Commission Asia와 협력(HQ: Washington D.C.)하여 진행

- (커리큘럼에 대한 주기적인 평가 통한 개선) 대학원 Advisory Committee와 해당 교수진으로 커리큘럼 개선 TF를 구성하여 주기적인 평가 및 개선 작업 시행

- 본 대학원은 정기적으로 교과목을 개편하고 있으며, 2017년~2019년 개편과목은 <표 II-8>과 같음.

<표 II-8> 교과목 개편 사례 (2017년 이후)

전공	폐지	개편(기존과목)	신규 개설 과목
에너지 환경 기술	수소에너지현장연구	광활성물질원리및응용*	태양전지공학개론
	토양지하수환경공학	그린수처리공학특론	태양광발전시스템개론
	재생에너지시스템모형(영강)	기기분석법*	환경토양학
	나노기술기반고도수처리환경소재	기초광학*	전주기시물레이션*
		바이오에너지개론	전기화학응용*
		반도체소자공학	표면과학*
		수소에너지	환경에너지융합공학
		에너지공학개론	신재생에너지연구동향
		에너지공학-이론과응용(영강)	재료공학
		에어로졸과학*	
에너지 환경 정책		전기및전자회로해석*	
		촉매표면화학*	
	기후변화와도시의대응	기술의융합개념및전략	Sustainable Energy Policy & Planning# (영강)
		녹생경영세미나#	한국학(영강)*
	기후변화정책	에너지와 환경정책#	기후변화와재난관리정책#
		에너지정책특강II#	환경정책과환경기술동반전략#
	해외에너지자원개발사례연구	차세대에너지자원정책	에너지계량분석(영강)
	환경에너지연구수행전략	에너지환경문제심층분석#	에너지경제실증분석
	환경이슈이해와연구개발	에너지환경정책개론(영강)#	에너지경제성분석론
	Label * : 기초 # : 사회 나머지 : 산업	연구방법론 I*	에너지와사회#
		윤강(에너지정책전문가특강)	산업생태학#
		환경경영론#	E3 실증분석세미나
		환경공학개론	공학경제학
		환경에너지연구수행전략	지속가능발전세미나#
		환경정책특강II:	Research method I.*
		과학기술과정책#	실증분석기초통계*
			에너지프로젝트관리
			환경성분석법*

	교과목	에너지환경정책 석사	에너지환경정책 박사	신재생에너지 석사	신재생에너지 박사	첨단환경 석사	첨단환경 박사
학문적 기초 (자연 과학/ 공학)	Renewable Energy	50%	15%	10%	10%	10%	5%
	Materials for Future Energy Systems	13%	13%	47%	20%	7%	0%
	Energy Conversion & Supply	27%	20%	40%	13%	0%	0%
	Modeling of Climate Change	22%	22%	6%	28%	11%	11%
	Air Quality	27%	0%	20%	13%	33%	7%
학문적 기초 (사회 과학)	Political Economy of Energy and Environment	50%	33%	8%	4%	0%	4%
	Policy Process and Evaluation	29%	59%	6%	6%	0%	0%
	Principle of Policy Studies	36%	64%	0%	0%	0%	0%
	Environmental Accounting	14%	57%	14%	0%	14%	0%
통합적 현상 이해	Science, Technology and Innovation Policy	13%	31%	25%	13%	13%	6%
	Understanding Electricity Markets	27%	13%	33%	20%	7%	0%
	Technology, Environment and Society	14%	7%	21%	14%	29%	14%
	Environmental Justice	38%	25%	0%	25%	0%	13%
연구 및 실무능력	Academic Writing	36%	23%	18%	14%	9%	0%
	Research Method in Social Science	38%	38%	0%	0%	15%	8%

[그림 II-5] 설문조사 결과에 따른 신규 개설 예정 과목

- [그림 II-5]는 해외 우수 대학 교과목 벤치마킹과 학생 설문조사를 통해 우선적으로 개설해 나가고자 하는 교과목임.

● **(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 예정임.
 - 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

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

- 학계로 진출하고자 하는 박사과정생 및 박사 수료생의 경우, 강의에 부교수자 역할로 참여시켜(일부 강의 진행, 강의 활동 및 토론 진행, 과제물 피드백) 교육 내실화를 도모할 뿐 아니라 재정적 지원과 강의 기회를 제공함으로써 교수자로서의 역량을 강화하고 학문 후속세대 양성 기반을 마련

❑ **(추진전략 II) 다양성을 고려한 학사시스템 유연 운영**

- **(KIST 학연제도 활용, 과제 참여 교육 확대)** 대학원 내에서 뿐만 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 참여
 - 본 대학원의 참여교수 역시 KIST에 동시 발령을 통해 KIST 출입 및 시설이용이 자유로움(표 II-9).

〈표 II-9〉 KIST 학연교수 연구분야 및 교육내용 예시

교수	연구분야	교육 내용
	태양연료	태양에너지를 활용하여 수소에너지 등 인류가 사용 가능한 에너지 및 자원을 생산하는데 필요한 기술 원리 이해 및 응용 분야에 대한 수업, 광합성 물질의 소개와 작동원리, 응용에 대한 개론
	고도 수처리 공학	수처리 기술에 도입되고 있는 저에너지 기술, 수자원 순환 이용 기술, 그리고 유용 자원 순환 기술에 대한 이론적 핵심 지식과 현재 세계적인 기술 개발 움직임에 대해 이해
	연료전지	‘수소에너지’ 과목을 이수한 학생들을 대상으로 수소 제조, 저장, 이용 시스템 설계 및 구성에 대한 이론 강의와 실험 실습을 진행하여 수소 에너지관련 기술을 숙지
	태양전지	태양전지시스템에 대한 기초이론(Physics&Optics)과 작동원리 이해와 materials 구조 및 특성에 대한 이해를 통해 현재대 태양전지와 차세대 태양전지의 연구 개발 동향 이해

- **(공동지도교수 탄력 운영)** 학생들이 전공지식과 연구 관심사에 특화된 연구주제를 개발하고, 학제간 연계를 통해 다양한 융합 접근법을 개발해 나갈 수 있도록 고려대학교와 한국과학기술연구원 교원을 공동지도교수로 활용.
 - 일반대학원 10개 학과(경제, 국제, 행정, 화학, 화공생명, 신소재, 전기전자, 건축사회환경, 지구환경, 식품자원경제) 교수 20여 명을 겸임교수로 발령하여 다양한 교과목을 제공하고 학생들의 연구범위도 넓히고 있음.

- 사회변화 및 수요에 대응하여 고려대학교 인공지능학과 등과 연계를 통해 공동지도교수 체제를 더욱 확장해 나가고자 함.
- **(석박사 재교육 계약학과 확대 운영)** 기존 한화솔루션 인력양성 프로그램을 확대하여 졸업생 재교육을 위한 평생 A/S 제도를 운용할 예정임.
- **(Committee 운영)**
 - Advisory Committee : 교육 프로그램 충실성 및 지속성 지속 검토
 - 구성: (에너지환경대학원), (FREE 재단 의장) 및 대학원 특임교수(문 회 교수 등)
 - 지역나눔 Committee : 고려대 사회봉사단(KUSSO)과 연계하여 학기 혹은 방학 중에 국내외 지역에서 봉사, 교육, 학술 등 다목적 활동을 정기적으로 수행
 - 구성: 에너지환경대학원 교원 전체 및 사회봉사단
 - Alumni Committee : 진로 상담 연계 멘토제, 차세대 커리어 및 평생A/S제 관리
 - 구성: 모든 졸업생, 신흥국 에너지공무원 프로그램의 경우 16개국 28명 학생 의사를 확인함.

❑ **(추진전략 III) 융합잠재력이 우수한 학생 유치 및 양성**

- **(학부 및 학·석사 연계 과정 신설)** 교내 신설되는 융합에너지공학과(2021년 교육부인가) 학부프로그램과 유기적으로 연결되는 학·석사 연계프로그램을 개발하여 우수학생의 지속적인 공급 유도.
- **(국내외 마케팅 강화)**
 - 국내 홍보
 - 교내 대학원 프로그램 홍보, 그린스쿨데이 운영(도서관 도시락 제공, 홍보물 제공)
 - 에너지 관련 기업 및 공공기관 홍보 자료 배포, 학부 홍보 프로그램 제작 및 배포
 - SNS 운영을 통한 에너지환경대학원 업적 홍보 및 동영상 제작
 - 대사관과 신흥국 에너지공무원 네트워크 이용
 - 본 대학원을 졸업한 신흥국 에너지공무원 네트워크를 이용하여 해당국 홍보 운영
 - 신흥국 공무원을 초청하는 Alumni day를 통해 지속적인 네트워크 운영 및 해당국 방문을 통한 학생 유치
- **(신흥국 에너지공무원 인력양성 프로그램 연계)**
 - 현 신흥국 에너지공무원 인력양성 프로그램은 2020년까지 운영될 예정이며, 후속 과제 확보를 위해 관계기관과 논의 중.
 - 신흥국 에너지공무원 인력양성 프로그램과 연계하여 현지 지식나눔 행사를 개최하고, 졸업생을 정기적으로 국내로 초청하여 친한파 네트워크를 지속적으로 유지하고 관리하며, 이를 통해 신흥국 우수 학생 확보
- **(계약학과 확대 운용)**
 - 한화솔루션 임직원 재교육 프로그램을 개발하고 한전 등 에너지기업과의 계약학과 모색
 - 기업요구 맞춤형 교과목을 개설하고, 기술교과목 뿐 아니라 정책 과목 확대

바. 교육과 연구의 선순환 구조 구축 방안

- **(교육과 연계된 연구) 연구 내용 수업화**
 - 전공필수 과목인 에너지환경정책, 에너지공학개론, 환경공학개론을 통해 참여교수의 연구전략 및 연구 분야 등을 심도 있게 소개하고 학생들이 기초지식을 습득하고 자신의 연구 분야와 융합할 수 있는 연구역량을 높임.

- 최신 논문 내용을 기반으로 다양한 수업의 활동(연습문제, 시뮬레이션, 게임 등)을 개발하여 연구 내용에 대한 이해도를 증진시키고 향후 연구수행에 도움이 되도록 교육함. 예를 들어 ‘산업생태학’에서는 기업 간 자원공유 협력 사례 연구 논문을 바탕으로 기업 간 협력을 시뮬레이션하는 활동을 개발하여, 이를 통해 학생들이 기업 간 협력 시 영향을 미치는 요소를 도출하도록 함.

● **(연구와 연계된 교육) 연구역량 교육**

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

사. 전임교수 대학원 강의 계획

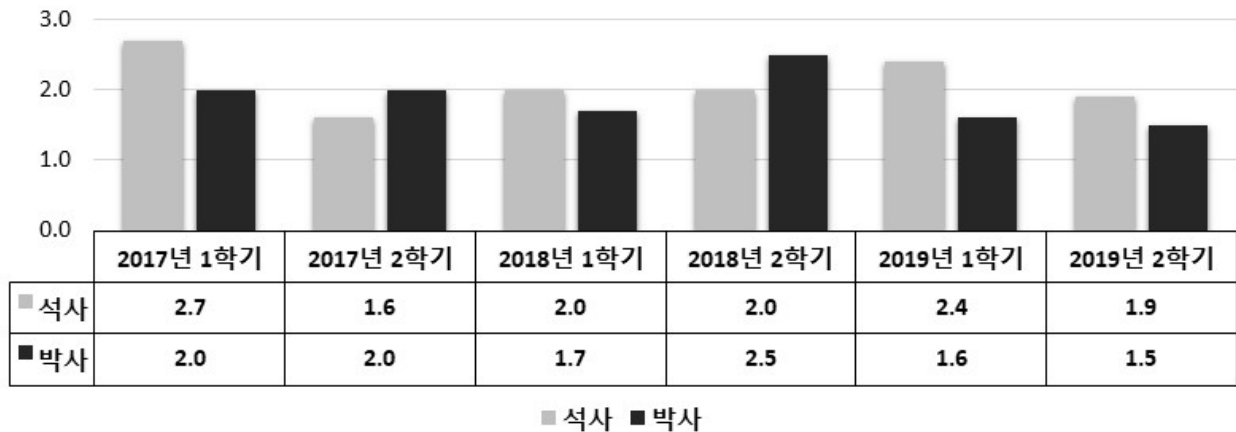
- **(강의 및 비교과 프로그램)** 교원은 연 12학점(4과목) 교과목을 강의하고, 그 외 비교과 프로그램으로 기업 방문과 같은 현장실습을 운영하거나 국내외 지식나눔 프로그램 참여
- **(온라인 강좌)**
 - Flipped class : 전기화학응용(전용석 교수), 표면과학 (전용석 교수), 태양전지공학개론(이해석 교수)
 - 외국인 석학 참여 강의 : Advanced Topics for Sustainable Energy (예정, John Byrne)
- **(융합 교육 계획)**
 - 해외 우수 대학 교과목 벤치마킹 (그림II-5) : Technology, Environment, and Society 개설(기술, 정책 교원 팀티칭), Science, Technology, and Innovation Policy(특허 관련 기술, 정책 팀티칭), Renewable Energy(기술 융합, 기술 교원 팀티칭), Materials for Future Energy Systems(기술 융합, 기술 교원 팀티칭), Air Quality(기술 융합, 고려대-KIST 공동 강의)
 - 기술-정책 융합 : 에너지공학개론(기술, 정책 교원 팀티칭), 에너지환경정책(기술, 정책 교원 팀티칭)
 - 데이터 기반 융복합 교과목 신설 : 데이터과학기초(우종률 교수 + 이해석 교수), 의사결정 방법론(강윤목 교수 + 박주영 교수), 고급머신러닝기법(우종률 교수 + 박호정 교수)
 - AI-adaptive learning model 학습 : 학생들의 데이터 분석 및 계량 연구의 기본역량 강화를 위해 수학, 통계, 코딩과목 등에 인공지능 활용한 적응적 학습을 실시하여 학생들이 각자의 수준에 맞는 내용과 속도로 학습을 진행하도록 함
 - 사회문제 해결형 과목 운영 : 캡스톤디자인 (전임교원, 석좌교수, 겸임교수, 연구교수)
- **(융합세미나)** 졸업 전 2회 발표 의무화 (학과장 담당, 전임교원, 겸임교수, 연구교수)
- **(교수학습개발원 프로그램 등 강의 개선 프로그램 참여)**
 - 강의 전문성 프로그램(워크숍), 1:1 교수법 코칭(강의 동영상 촬영 후 동료평가), 마이크로 티칭 참여 의무화 및 인증제도 시행 중

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.1 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

가. 대학원생 현황

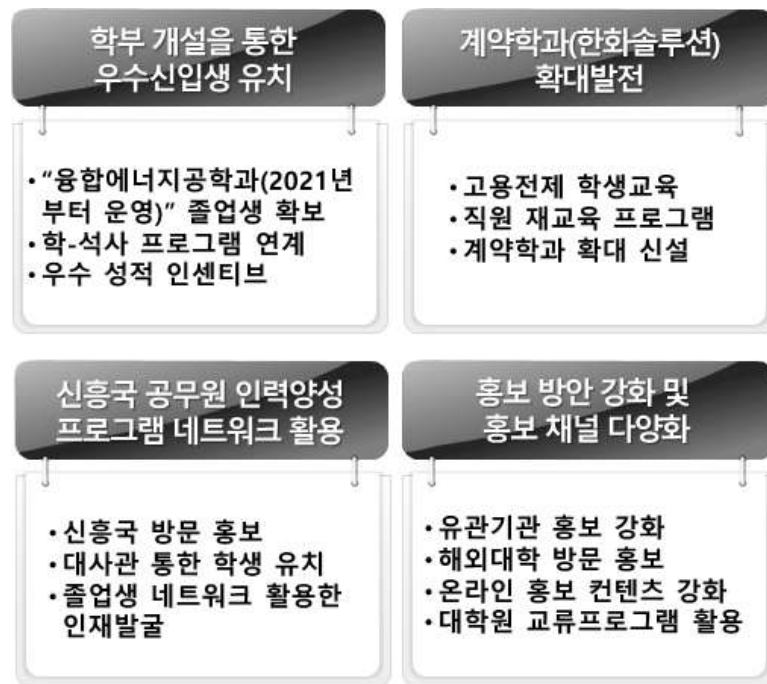
- 에너지환경대학원은 25명 정원으로 운영되고 있으며, 정원 외로 신흥국 에너지공무원 프로그램(매년 4~8명 학생이 입학, 총 16개국 28명)과 에너지시스템공학(계약학과 정원 10명)을 운영. 정규 대학원 학위 과정(정원 내)에서도 외국인 학생 2명(독일, 스위스)이 재학 중
- 최근 3년간 대학원 정원 내 지원율은 최저 1.5:1, 최고 2.7:1 사이에서 비교적 높은 지원율을 유지하고 있음(그림 II-6). 한화솔루션과의 계약학과의 경우, 약 70:1의 경쟁률을 보임으로써 산업 연계프로그램의 중요성을 확인할 수 있음.



[그림 II-6] 학기별 지원율(2017~2019년)

나. 우수 대학원생 확보 및 지원 계획(그림 II-7)

- (신설 학부 개설을 통한 우수 신입생 유치) 우수 대학원생을 모집하기 위해서는 관련된 과목의 기본 소양을 보유한 학부생을 확보하는 것이 무엇보다 중요함. 2021년부터 융합에너지공학과 학부가 신설될 예정으로, 동 학과를 졸업하는 학부 학생의 석박사 과정 유도를 통해 양질의 학생자원 확보가 가능함.
 - 융합에너지공학과는 정원 30명으로 공학사를 배출하는 과정이며, 신설 관련 교내 절차는 6월 중 완료될 예정임. 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.



[그림 II-7] 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

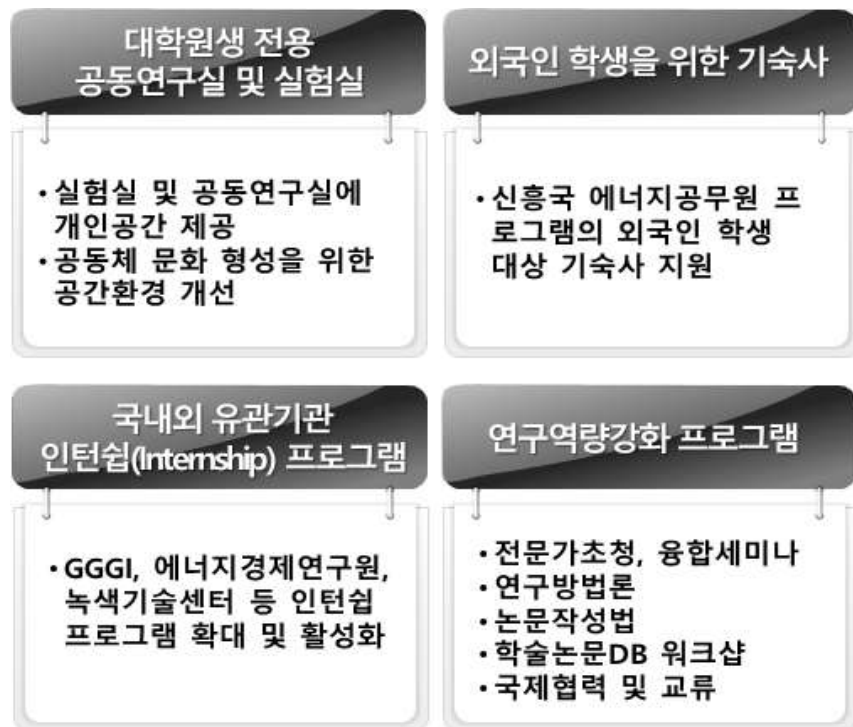
- **(계약학과 확대 발전)** 현재의 특수목적(한화 태양광 분야) 계약학과를 발전시켜 고용 전제 학생 모집뿐만 아니라 해당 기업 임직원의 재교육 기능을 수행하는 프로그램을 개발하고자 함. 한화 태양광을 시작으로 기술개발, 사회적 문제해결 등 주제별로 특정 기업과의 계약학과 확대 신설을 계획하고 있음.
- **(신흥국 에너지공무원 인력양성 프로그램 네트워크 활용)** 신흥국 에너지/환경부 현직 공무원으로 구성된 졸업생 동문 네트워크를 활용하여 국가별 우수한 영재들을 발굴한 후 대학원 석박사 학위 과정으로 연계하는 적극적인 국제 전략을 수립·운영할 계획임.
- **(홍보 방안 강화 및 홍보 채널 다양화)** 홈페이지를 비롯한 인터넷 플랫폼을 적극적으로 활용하여 대학원 주요 연구내용 및 사업 관련 정보를 모두 공개하고, 사업단 목표와 현황, 실적, 행사에 대해 신속하고 정확하게 정보를 공유할 예정임.
 - 인터넷 홍보 자료 제작
 - 지난 10년간의 노력 및 우수 교원 내용 포함
 - 졸업생 현황 및 우수 융합 사례 적극 홍보
 - 유튜브 및 SNS를 통한 홍보 및 에너지환경대학원 계정 운영
 - 다양한 채널을 통한 홍보 활동 강화
 - 각 대학 및 관계기관에 제작 홍보물 송부
 - 에너지환경대학원 교수의 활동 소개 포함
 - 국제적인 홍보를 위한 영어 홍보물 제작
 - 국제처 및 대학원 인재양성지원팀과 해외 유학박람회 등 협력을 통한 국제 홍보 강화
- 대학원생을 위한 재정적인 지원 내용은 <표 II-10>에 설명된 바와 같음. 교육연구단 자체 지원 이외에도 KU Graduate Student Achievement Award, 우수 연구성과 포상제, 우수논문포상제 등을 활용하여 우수 대학원생에 대한 지원을 확대해 나가고자 함

〈표 II-10〉 대학원생을 위한 재정적 지원 내용

장학금 지급 현황			지원 내용
연도	대상	금액	에너지환경정책기술학과(정원 내) - 풀타임 대학원생 90~120만원/월 인건비 지급 - 성적우수 장학금 및 우수논문 장려금 지원
2017	87	₩1,039,599,750	
2018	61	₩1,011,945,500	
2019	53	₩1,053,965,500	
우수논문 시상 현황			신홍국 에너지공무원 프로그램(정원 외) - 등록금 전액 지급 - 월 150만원 (기숙사비용 및 생활비)
연도	대상	금액	
2017	1	₩300,000	
2018	7	₩2,100,000	
2019	3	₩900,000	계약학과 - 학생 1인당 연 3,300만 원 지원 - 등록금 전액, 월 150만 원 생활비 지급 - 해외연수 매년 1회 별도 지원 - 어학교육비 별도 지원 - 졸업 후 한화 솔루션 취직 보장
우수 외국인 학생 지원			
연도	대상	금액	
2017	16	₩288,000,000	
2018	15	₩270,000,000	대학원 수업 및 연구조교 장학금
2019	16	₩260,400,000	

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.2 대학원생 학술활동 지원 계획



[그림 II-8] 우수 대학원생을 위한 지원 프로그램

가. 우수 대학원생을 위한 인프라 지원

- **(대학원생 전용 공동연구실과 실험실 운영)** 공동연구실과 실험실을 운영하여 학생들의 개인 교육 및 연구공간을 마련해 줄 예정이다. 연구실 운영 규정을 국제적인 표준에 맞추고 해외 우수 대학 사례를 벤치마킹하여 국내 최고 안전 연구실을 확보하고자 함. (예: 미국 및 선진국 실험실 운영 규정을 벤치마킹, 음식물 및 슬리퍼 등 상세 규정까지 확보할 예정).
- **(외국어 사용 학생들을 위한 기숙사 제공)** 현재 정원 외로 운영되는 신흥국 에너지공무원 프로그램의 경우 기숙사 제공을 기본 원칙으로 운영하고 있으며, 이를 정규 석박사 프로그램에도 확대하여 운영할 예정이다.
- **(국내외 관계기관 인턴십 프로그램 운영)** 대학원생의 실무 경험 및 해당 분야 연구 및 산업의 방향을 진단하고 체험하기 위한 인턴십 프로그램을 운영하며 국내외 MOU 체결 기관을 적극적으로 활용할 계획임.

나. 우수 대학원생을 위한 연구수행 역량 강화 프로그램 운영

- **(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 발표 의무화함. 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 예정이다. 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 현

실에 타당한지를 판단하는 안목을 배양할 수 있도록 함.

- 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.
- **(연구방법론 교과목 운영)** 현재 연구방법론 I(연구설계) 과목은 전공필수 교과목으로 제공되고 있음.
 - 연구방법론에서는 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 I 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 및 발표 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, 기숙사에 국내 대학원생이 입소를 희망하면 외국인 대학원생과 함께 공간을 사용하도록 권장하여 의사소통을 생활화 하도록 함.
- **(학술논문 데이터베이스 활용법 워크숍)** 학술논문 데이터베이스 활용법 교육을 통해 know-where 지식을 학습함(표 II-11).

〈표 II-11〉 학술논문 데이터베이스 활용법 교육 내용

SciFinder	화학/재료와 관련된 문헌자료 검색 도구. 화합물의 이름, 부분 구조만으로도 관련된 참고문헌과 특성을 찾을 수 있음. 미국 CAS 제공, ACS(American Chemical Society) 운영
web of Science	전자저널의 원문정보, 저널의 소장정보, SCIE, (SSCI, A&HCI 검색 웹 데이터베이스
SCOPUS	네덜란드 Elsevier 출판사 제공, 우수학술논문 인용지수 및 검색 데이터베이스
EndNote	문헌자료 검색, 소장정보, 논문 정리 등을 한꺼번에 할 수 있는 응용프로그램. 논문 작성 template 제공, 저널별 참고문헌 자동 작성 등의 기능 제공
ResearchGate	연구자 네트워크 공간
ReadCube	논문 정리 및 관리 프로그램
Mendeley	논문 정리 및 관리 프로그램

- **(해외 연구 및 정책 기관과 국제협력·교류)** 해외 연구 및 정책 기관과 국제협력을 활용하기 위해 상대 기관에서 인턴십을 이수하는 것을 권장하여 상대 국가의 에너지 분야 연구 및 정책 현황을 파악하도록 하고, 미래 가치가 있는 창조적인 아이디어에 대한 국제적 토론과 발표를 유도함. 이를 통해 국제적 네트워크 구축과 더불어 에너지 분야 연구와 정책을 이해하고, 인턴십 기간의 경험을 보고서로 쓰고 발표하여 향후 연구에 활용하도록 함.
- **(기타)** 대학원 교과 프로그램은 〈표 II-12〉과 같이 구성되어 있으며, 각 과목은 학문적 기초, 통합적 현상, 연구 및 실무의 핵심역량으로 구분.

〈표 II-12〉 본 교육연구단의 교과 프로그램 구성

핵심역량	과목명	구분	1학기	2학기	3학기	4학기	고급
학문적 기초	에너지공학개론	기술	●				
	재생에너지시스템모형	기술					●
	태양전지공학개론	기술	●				
	태양광발전시스템개론	기술			●		
	전주기시물레이션	기술					●
	전기화학응용	기술	●				
	표면과학	기술			●		
	신재생에너지연구동향	기술					●
	재료공학	기술				●	
	환경공학개론	기술	●				
	환경토양화학	기술		●			
	환경에너지융합공학	기술				●	
	에너지경제학	정책	●		●		
	환경경영론	정책		●			
	녹색경영세미나	정책			●		
	지속가능에너지정책및계획	정책			●		
통합적 현상	에너지환경정책	융합	●				
	에너지와사회	융합		●		●	
	산업생태학	융합			●		●
	지속가능발전세미나	융합		●		●	
	기술혁신세미나	융합					●
	기후변화와재난관리	융합	●		●		
	전문가특강(윤강)	융합	●		●		
연구 및 실무	연구방법론	데이터		●			
	데이터분석론	데이터		●		●	
	공학경제학	데이터					●
	에너지경제성분석론	데이터				●	
	의사결정방법론	데이터					●
	환경성분석법	데이터					●
	에너지환경캡스톤	융합				●	●

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.3 우수 신진연구인력 확보 및 지원 계획

가. 신진연구인력 현황

- 본 교육연구단은 최근 2년 동안 연구재단 우수인력 지원사업을 통해 확보한 연구교수 1명을 포함하여 총 5명의 신진인력(박사후과정 연구원 및 계약 교수)을 확보하였고, 현재 4명의 신진인력이 재직 중임(표 II-13).

〈표 II-13〉 우수 신진연구인력 확보 현황

이름	연구 분야 및 성과
	자원·환경 경제학을 전공한 경제학자로서 재직 중 정책트랙 학생 논문지도 및 공동연구를 수행. 2020년 1학기 창원대학교 글로벌경영학부 교수로 부임
	에너지기후변화에 특화된 정치외교학자로서 학위 취득 후 다수의 국책연구기관 근무 경험을 살려 재직 중 정책트랙 강의, 연구, 학생지도 및 기술정책 융합연구과제를 수행. 현재 한양대학교 에너지 거버넌스센터에 선임연구원으로 근무
	덴마크 올보르대학교에서 에너지기술경영을 전공한 계량분석학자로서 재직 중 북유럽국가들의 에너지전환 실천사례를 기초로 재생에너지 보급확산 추정, 최적화모델 연구를 수행. 현재 녹색에너지 전략연구소 소장으로 근무
	거시경제를 전공한 정통 계량경제학자로서 재직 중 에너지기후변화에 특화된 거시 계량적 연구 및 신흥국 에너지공무원 과정 연구 지도를 수행. 현재 국회 예산정책처 에너지전문 연구관으로 근무
	(재직 중) 해외원조 및 사업개발 분야의 학문/실무 겸비 국제정책학자로서 신흥국 에너지공무원 과정 전담으로 외국인 재학생들의 연구지도 및 사업 수행의 실무 총괄을 담당. 졸업생/재학생으로 구성된 글로벌전문가네트워크 활용 계획
	(재직 중) Education Commission Asia 협력(HQ : Washington D.C.) 아시아지부 Director. 4차 산업혁명 기술의 에너지기기 융복합 추세에 따른 에너지효율관리제도의 변화 및 신재생에너지산업 해외진출 지원방안에 대한 연구 진행
	(재직 중) 물리학 전공자로 에너지소재 전문 연구자. 유연성 섬유 및 소재 적용 그래핀 환원을 통한 다양한 응용 소자 연구 중. 한국전자통신연구원 선임연구원, 건국대 조교수 등 역임
	(재직 중) 융합 소재 전공자로 페로브스카이트 태양전지 연구 전문가. 페로브스카이트 소재의 수분 민감성을 완화시키고 실리콘 태양전지와와의 탠덤 구조에 대한 연구 진행

나. 신진연구인력 확보 계획

- 해외 학회와 유수 저널의 지면을 통해 신진연구인력을 구하는 광고를 내고, 여러 협회를 통한 적극적인 홍보 활동을 펼쳐 연 2~3인의 신진연구인력을 확보하고자 함.
 - 해외 권위 있는 학회와 저널에 구인 광고
 - 유수 저널의 지면 통한 지속적인 홍보
 - 재미한인과학기술자협회 등을 통한 적극적인 홍보

다. 신진연구인력 지원 계획

● (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

● (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

● (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

● (커리어 발전 지원)

- 예비교수자 수업과 영어 교수법 강의(English Mediated Instruction) 수업을 적극적으로 활용하여 교수법을 배우고 개선해 나가는 등 커리어 발전을 지원

라. 신진연구인력 활용 계획

● (다양한 형태의 교육 참여)

- 사업단 참여 대학원생과 신진연구인력이 함께 참여하는 산학연계 교육 세미나 개최
- 다양한 교과목의 개설 및 정규 과목화: 해외 신진연구인력과 대학원생의 교육 및 참여를 위해 다양한 형태의 옴니버스형 영어 전용 대학원 강좌 개설 확대(교과목 내 단기강좌 및 세미나 개설)
- 우수한 해외 석학 초청 세미나 및 컨퍼런스 개최: 우수 신진연구인력과 사업단 참여교수 및 대학원생이 함께하는 다양한 국제화 사업 추진 및 국제 학술대회 참가 지원

● (대학원생 연구 지도)

- 실험 지도 교육: 우수 신진연구인력의 숙련된 연구 경험을 사업단 구성원인 대학원생들의 연구 지도에 활용

● (공동연구 활성화)

- 우수 신진연구인력의 경험을 사업단 구성원인 석·박사과정 대학원생들의 연구와 접목해 활발한 공동연구에 활용

마. 신진연구인력 제도적 지원 계획

● (Research Fellow 제도 활용한 안정적 급여 보장)

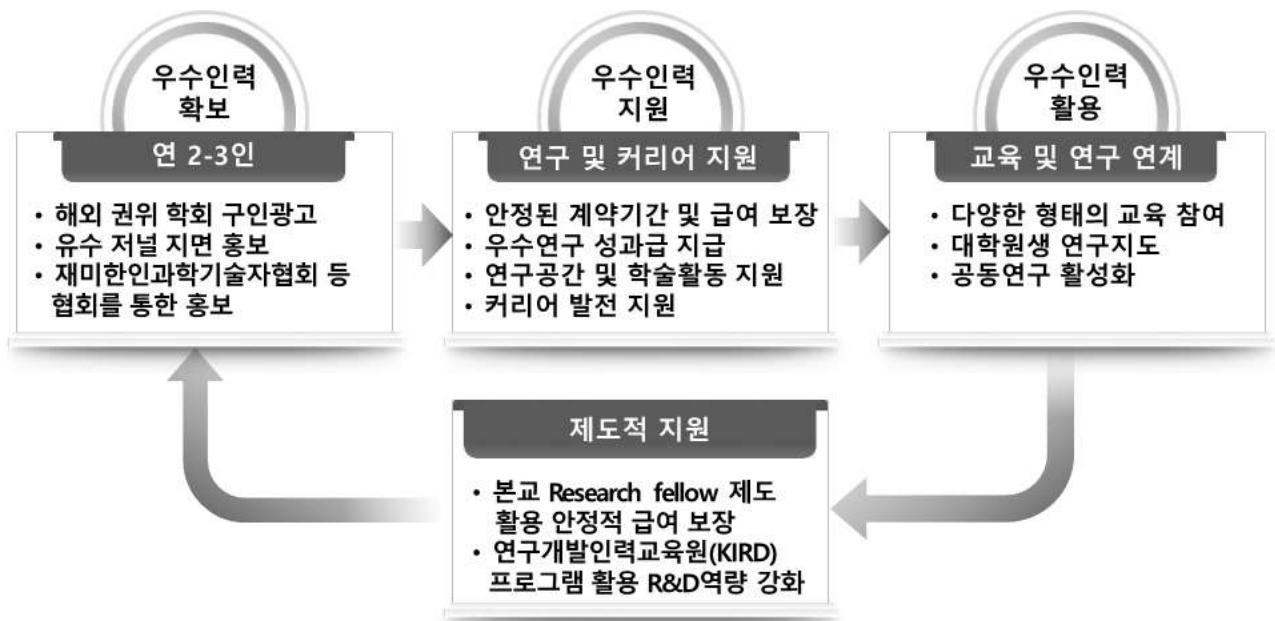
- 우수연구 성과 도출 시 다년간 연구 활동 기간 보장
- 인건비: 안정적 연구를 위한 높은 수준의 급여 수준 보장
- Research Fellow(교내 선발 과정을 거친 연구교수) 월 400만 원 이상 지급
- 박사후과정: 월 300만 원 이상 지급

● (KIRD 프로그램 활용 R&D 역량 강화)

- 고려대와 MOU를 체결한 교육부 산하 출연연구소인 연구개발인력교육원(KIRD)의 체계적인 연구 프

로세스 증진 프로그램을 활용하여 신진연구인력의 연구·개발 수행 역량 강화

- KIRD 프로그램을 통해 연구·개발 프로세스 전주기에 대한 이해도를 높일 수 있으며 연구제안서 작성, 실험계획법, 연구자료 통계활용법 등 연구수행에 필요한 실무역량도 키울 기회 제공



[그림 II-9] 신진연구인력 확보, 지원 및 활용 계획

3. 참여교수의 교육역량 대표실적

<표 2-1> 해당 산업·사회 문제 해결분야 문제해결을 위한 참여교수의 교육역량 대표실적

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표 실적물	DOI번호/SBN/인터넷 주소 등
	참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성				
1			반도체물성	저서	ISBN 978-89-268-7082-2 93560
	<실리콘 태양전지> 저서 출간 태양전지가 개발된 1950년대 이후부터 현재까지, 전 세계 태양전지 제품의 90% 이상이 실리콘 태양전지임. 실리콘 태양전지의 단순한 제조공정과 안정적인 출력 특성은 태양광 분야가 제조산업에 뿌리를 내릴 수 있게 된 원동력이 되었으나, 여전히 낮은 에너지변환효율은 해결해야 할 과제로 남아 있음. 본 교재는 저자가 개발자로 참여하여 삼성전자에서 세계 최초로 개발한 양산형 고효율 실리콘 태양전지의 개발에 필요한 소재부터 시스템에 대한 내용까지 모두 다루고 있음. 현재 이 태양전지는 전 세계 태양광 제품의 기본 구조가 되었고, 개발한 설비는 기술 이전되어 주요 태양전지 회사에서 사용 중임. 주요 내용은 태양전지 첨단 공정과 분석기술, 설비개발 그리고 태양전지 구조별 원가 분석임. 또한 학생들의 아이디어가 논문에서 끝나지 않고 기업에서 활용 가능한 기술이 될 수 있도록 기업의 기술 개발 의사 결정법을 소개하고 있어 산업에 강한 공학자로 성장하는데 도움을 줄 수 있음.				
2			화공열역학	저서	ISBN 978-89-5708-268-3
	<열역학과 지속가능한 성장> 저서 출간 우리는 자원이 유한한 지구에 살고 있음. 지속가능한 사회(Sustainable Society)라는 개념에 대하여 학자들 간에 논쟁이 있고 여러 책에서 다양한 방식으로 언급되고 있지만 가장 공통적인 요소는 사회에서 자원을 적절히 관리하는 데 실패할 경우 성장을 유지하지 못할 것이라는 인식에서 출발함. 본 저서에서는 열역학 제1법칙과 제2법칙의 관점에서 현재 개발 중인 신재생에너지 및 그린 공정들을 사례별로 분석하여 장단점을 제시하고자 하였으며, 문제점 해결을 위한 선결 과제들을 제시하였음. 아울러 기존 화학 공정의 에너지 소모를 해석할 수 있는 기법을 설명하고, 이 기법을 적용하여 기존공정을 개선할 방법들을 제시하였음. 특히 에너지 소모가 많은 화학 공정에서 복잡한 열교환망을 컴퓨터 소프트웨어를 활용하여 최적화하는 방법을 소개하고 있음.				

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표 실적물	DOI번호/SBN/인터넷 주소 등
	참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성				
3			자원/환경경제	저서	ISBN 979-11-964376-0-2 93320
	<실물옵션과 투자분석> 저서 출간 본 저서는 경제의 불확실성이 증대하는 가운데 합리적인 투자 의사결정을 내리는 데 도움이 되는 이론과 방법론을 제시함. 현재가치기법(NPV)과 같은 고전적인 경제성 평가방법론에서부터 출발하여 실물옵션의 이론적 기초와 실제 응용 사례까지 다루고 있으며, 실무에서 활용이 가능하도록 Excel 및 MATLAB을 이용한 다양한 예제를 제시하고 있음. 실물옵션 방법론은 에너지 프로젝트, IT 사업, 바이오 제약 산업, 부동산 개발, 영화 산업 등 다양한 분야의 불확실한 시장 상황에서 유연한 의사결정 방법론을 제공함. 본 저서는 실무적인 용도로 사용할 수 있는 다양한 이론 및 방법론을 정리한 국내 최초의 실물옵션 전문 서적으로, 경제학 및 경영학의 고급 과정과 대학원 과정 학생, 경제성 평가 관련된 전문연구자들의 교육자료로 활용하기에 적합함.				
4			환경/자원정책	교과목 개발 및 개설	산업생태학: https://bit.ly/2X7J3Z9 지속가능발전세미나: https://bit.ly/36CagBH
	“산업생태학”및“지속가능발전세미나”교과목 신규 개설 “산업생태학”은 산업의 자원소비 패턴과 환경 영향, 이에 영향을 미치는 사회, 경제, 제도적 요소를 시스템 관점에서 통합적으로 분석하고 산업시스템의 지속가능성을 높일 수 있는 다양한 대안을 탐색하고 평가하는 새로운 학문 분야임. 산업시스템의 지속가능성에 대한 개념적 이해와 통합적 시스템 분석 및 대안 도출을 위한 방법론을 이해하고, 청정생산, 기업 간 협력, 이해관계자 간 역할을 시뮬레이션하는 게임 등을 통해 산업 및 정책 현장에 적용 가능한 실무적인 전략을 탐색. “지속가능발전세미나”는 지속가능발전에 대한 개념적 이해와 함께 유엔의 지속가능발전목표와 관련된 최신의 연구 동향을 살펴보고 주요 이슈에 대해 심층 논의하는 수업임. 선도적인 학술연구 문헌 분석과 심층 논의를 통해 대학원생의 연구능력을 향상시키고, 연구주제를 구체화하는데 도움을 주는 것을 목적으로 함.				

4. 교육의 국제화 전략

4.1 교육 프로그램의 국제화 계획

가. 글로벌 전문가 초청 특별강연 개최

- 매년 MOU 협정을 맺은 해외 대학·연구소 소속 전문가들을 특별연사로 초청하는 특별포럼을 개최함(표 II-14). 최근 5년간 연평균 9건 수준임.
- 에너지, 환경, 자원, 기후변화 등 다양한 주제의 기술·정책 연구 동향 및 최신 이론을 배울 수 있는 학습 환경을 제공함.
- 글로벌 전문가와의 소통을 통해 학생 자신의 연구 방향 및 향후 진로에 대한 아이디어를 얻음.
- 기술적 동향 업데이트를 통해 연구 방향을 결정하고 인적 네트워크를 강화함.

〈표 II-14〉 최근 5년간 국제화 교육활동: 글로벌 전문가 초청 특별강연

일자	연사	소속	주제
2015. 04.30		싱가포르 NUS ESI (대학, MOU)	China's Energy Transition
	에너지 부문의 중국 전문가로서 화석연료 중심의 중국 에너지 공급 현황을 살펴보고, 최근 지속가능발전 목표 관점에서의 중국 에너지전환 정책을 소개하고 논의를 진행함.		
2015. 06.12		미국 CEEP, University of Delaware (대학, MOU)	Infrastructure-Scale PV Development
	- 암스테르담, 런던, 뮌헨, 뉴욕, 서울, 도쿄 등 전 세계 주요 도시의 태양광 확산정책에 대해 논의함. - 솔라시티 전략 등을 설명함.		
2015. 11.12		인도 Veermata Jijabai Technological Institute (대학)	Developing Sustainable Energy Environment in India: Towards Citizens' Movement through Energy Audit Initiative in City of Thane
	재생에너지 및 친환경 기술정책 전문가인 Gopal 교수는 재생에너지의 특성인 풀뿌리(Bottom-up) 개념에 근거해서 지속가능에너지의 정의 및 동 에너지의 성공적 보급을 위한 소비자의 역할을 설명함.		
2016. 03.16		영국 Shell Group (기업)	신기후협약과 에너지시장의 변화, 쉘의 도전
	에너지 메이저기업인 쉘그룹의 기후변화탄소대응전략 대표인 초청연사는 에너지 전환과 기후변화에 대한 Shell의 대응 전략을 중심으로 강의. 기업 관점에서 신기후협약, 이산화탄소 관리 및 관련 프로젝트 설명.		
2016. 09.05		IRENA (국제기관)	Potential of Renewables and IRENA's Support to Accelerate Deployment
	재생에너지가 세계 에너지 시장에서 차지하는 비중(포지셔닝)과 재생에너지 확대 추세 등에 대하여 개괄하고 재생에너지 특화 국제기관인 IRENA의 주력 프로그램을 소개함.		
2016. 09.12		영국 Cambridge Econometrics/Radboud University (대학)	E3ME의 이론과 활용
	에너지경제성분석 및 수요예측기법을 내재한 자체 개발한 소프트웨어툴(E3ME)을 시연하고 관심 학생들의 후속적인 교육훈련 기회에 대해서 논의함.		
2016. 11.04		미국 CEEP, University of Delaware (대학, MOU)	Are Solar Cities Feasible? Are They Needed?
	대도시에 적합한 집단 태양광 발전 개념인 솔라시티의 이론을 확장, 연속 발표한 Byrne교수의 연구성과.		
2016. 11.25		일본 Toyota Technological Institute (대학)	High efficiency III-V triple junction solar cells and silicon solar cells
	신재생에너지 태양광발전 분야에서 3-5족 화합물 태양전지 세계 최고 석학인 Yamaguchi 교수는 일본의 태양광발전 전략(NEDO) 및 고성능 차세대 우주용 태양전지 연구개발 성과를 중심으로 설명함.		
2016. 11.25		일본 Kaneka Corporation	26.33% heterojunction back contact silicon solar cell
	일본 태양전지 및 모듈 제조업체인 Kaneka의 연구책임자인 Yamamoto 박사는 세계최고효율의 이종접합 후면전극형 태양전지 기술개발 결과 및 향후 Kaneka의 사업화 전략에 관해 소개함.		

일자	연사	소속	주제
2016. 11.25.		스위스 EPFL, CSEM PV-center, Neuchatel (대학)	Advances in silicon heterojunction : from high efficiency industrial cells and modules to record multiple junction devices
	태양광발전시스템의 핵심소재인 상업용 실리콘 태양전지 분야 전문가인 Ballif 교수는 스위스 로잔공대 중심의 유럽연합 공동연구를 통한 태양전지 고효율화 기술개발 전략, 차세대 다중접합 태양전지 연구에 대해 설명함.		
2016. 11.25.		독일 Fraunhofer ISE, Freiburg Univ. (연구소, MOU)	High-efficiency silicon solar cells with passivated contacts: TOPCon and beyond
	유럽 최고의 연구소인 Fraunhofer Institute of Solar Energy 연구팀의 최고 책임자인 Glunz 교수는 새로운 초고효율 실리콘 태양전지 구조(TOPCon)에 대한 최신 연구결과 및 인증기관의 최근 수행 내용에 관해 설명함.		
2017. 01.04.		대만 TrendForce (기업)	2017 PV Industry Forecast: Demand, Technology Trends
	최근 3-5년간 태양전지 가치사슬에서의 글로벌 기술발전 추세를 진단하고 2017년 및 중장기 태양광 산업 전망에 대해 자체 분석자료를 발표함.		
2017. 04.04.	국	IPCC (국제기구)	신기후변화체제의 흐름과 대응
	후변화에 관한 정부 패널의 수장인 이회성 의장은 신기후체제에 대한 각국의 목표설정 및 대응전략, IPCC에 도출한 시나리오 결과, 국제기구인 IPCC의 역할에 대해서 소개함.		
2017. 04.25.		콜롬비아 School of Management, Universidad de los Andes, Bogota (대학)	Understanding energy from the perspective of industrial ecology
	특정 산업의 기업 생태계에서의 물질흐름 분석을 기반으로 에너지(자원, 소비)-환경(배출)의 전주기적인 영향성을 연구한 분석결과를 소개하고, 연구의 확장성 및 활용방안에 대해서 논의		
2017. 05.18.		미국 VKDER (연구소)	The Role of Clean Low-Carbon Energy in Climate Change Mitigation under Trump Administration
	강연자는 미국 DOE(에너지부)에서 기술정책 연구를 한 연구자 및 행정가로, 에너지정책연구소를 설립하여 주로 미국 에너지정책에 대한 연구보고서를 집필함. 트럼프 정권에서의 탄소저감정책 연구결과를 발표함.		
2017. 11.01.		브라질 Center for the Study of Market Regulation (CERME), University of Brasilia (대학)	New and Old Ideas on Human Capital Investment
	정책전문가인 강연자는 인적자본투자에 대한 새로운 측면을 소개하고 이와 관련한 경제 이론을 설명함. 인적자본 투자의 효과성(수익률)을 측정하고 사회에 미치는 긍정적 효과를 정량적으로 분석하는 방법론을 소개함.		
2017. 11.23.		베트남 Vietnam' s Ministry of Industries and Trades (MOIT) (정부)	Vietnam' s Renewable Energy Development
	베트남 에너지부 신재생에너지 국장인 초청연사는 베트남의 전반적인 에너지 공급현황, 현행 에너지정책 및 향후 정책방향 등에 대해 설명함. 다수의 국내 에너지기업이 참가하여 양국 간 사업협력 가능성을 모색함.		
2017. 12.08.		미국 FREE 파운데이션 (연구소)	City-wide Solar PV Deployment Opportunities in the City of Philadelphia: Technical Potential and Self-financing Strategy
	에너지경제정책 전문가인 연사는 대도시 태양광집단지체인 Solar city 개념을 특정 도시(필라델피아)에 적용한 사례와 기술적 잠재력, 보급과 관련한 지속가능파이낸스라는 신개념 프로젝트자금조달 기법을 소개함.		
2017. 12.18.		아시아개발은행(ADB) (국제기관)	Policy Training Workshop for Sustainable Energy Industry and Managing Effective Green Technology
	국제개발금융기관인 ADB의 에너지전문가그룹을 초청하여 에너지정책, 그린에너지 개념 및 동 기술 동향, 그린에너지 및 지역 커뮤니티의 역할, 글로벌 에너지 비즈니스에 대한 소개 등 다양한 주제의 포럼을 진행함.		
2018. 03.20.		미국 CEEP, University of Delaware, FREE 파운데이션 회장 (대학, MOU)	Energy Transition and Paradigm Shift
	새로운 과학 패러다임이 혁명과학으로 바뀌게 되는 과정을 살펴보고, 역사적 관점에서 과거 에너지전환 및 패러다임 변환 사례를 이벤트 중심으로 학생들에게 소개함.		

일자	연사	소속	주제
2018. 03.27.		신재생에너지 국제표준화 영국 대표 (국제기관)	International Standardization and Conformity in the Field of Renewable Energy
	신재생에너지 분야 국제 규격화 및 표준화 중요성을 설명하고, 동 시스템의 복잡성과 다양성(종류)을 소개함.		
2018. 10.08.		중국 ShanghaiTech Univ. (대학)	In-silico Discovery of Novel Nano porous Materials Using Topological Data Analysis
	Big-data/AI를 통해 신재료 설계 과정 강의		
2018. 10.10.		미국 MSU (대학)	The promise and the peril of incentives for teachers in developed and developing contexts
	신홍국 에너지공무원 과정(GETPPP) 학생 대상으로 열린 미시경제학 특별강의. 선진국과 신홍국 비교분석 결과와 인적자원개발 및 교육에서 교사 역량이 학생 성취도에 큰 영향을 미친다는 본인 연구결과를 소개함.		
2018. 10.17.		미국 CEEP, University of Delaware (대학, MOU)	Smart, Solar & Just Cities
	기후변화 대응을 위한 국가이행목표(NDC) 달성을 위해 도시들의 핵심적 역할 강조하고, 대도시별 비교연구에서의 다양한 정책과 프로그램을 추진한 분석사례를 소개함.		
2018. 11.05.		UNEP DTU Partnership (국제기구)	Global projects contributing to the Paris Agreement
	파리기후변화협약에 따른 온실가스 감축을 위해 UNEP(유엔환경계획) 및 기타 국제기관들이 수행하고 있는 다양한 프로젝트들을 소개하고 이와 같은 활동의 감축 기여 정도 및 메커니즘을 소개함.		
2018. 11.16.		일본 Tokyo City University (대학)	Recent Advances in Developing Rib-Si Solar Cells
	일본 응용물리학회 회장, NEDO 태양광자문위원회 위원장, 국제 PVSEC 위원회 위원장인 세계적 석학 Konagai 교수는 30년 간 동경공업대학에서 연구해 온 실리콘 태양전지 개발 역사와 최신 결과에 관해 소개함.		
2018. 11.16.		일본 Kaneka Corp (기업)	High Efficiency Hetero-junction Back Contact Crystalline Si Solar Cell -How High Efficiency will be Achievable in Production
	일본 Kaneka의 연구책임자인 Yamamoto 박사는 2016년에 이어 26.7% 세계최고효율(2017년) 이중접합 후면전극형 태양전지 연구개발 및 상용화 기술개발 전략에 관해 설명함.		
2018. 11.16.		일본 Tokyo University of Science (대학)	Outdoor Performance Analysis Methods as O&M Technologies for PV systems
	태양광발전시스템 분야 일본 전문가인 Ueda 교수는 일본 NEDO의 태양광발전시스템 기술개발 전략과 테스트베드를 통한 외부 실증 및 발전량 모니터링 기술 현황에 관해 소개함.		
2018. 11.16.		일본 Toyota Tech. Inst. (대학)	Overview for Efficiency Potential of Solar Cells
	고 석학인 Yamaguchi 교수는 2016년에 이어 지금까지의 태양전지 종류별 효율을 요약한 후 시뮬레이션을 통한 이론효율 예측과 이를 달성하기 위한 최적 기술개발 방안에 관해 제안함.		
2018. 11.16.		일본 AIST (연구소, MOU)	Progress and Challenges of the CIGS Consortium Japan
	일본 최대 국책연구소인 산업종합연구소(AIST) 태양전지 연구팀 책임자인 Niki 박사는 CuInGaSe2 화합물 태양전지의 세계적 전문가로 일본에서의 연구개발 현황 및 전망에 대해 설명함.		
2018. 11.16.		일본 Tokyo Inst. of Tech. (대학)	Control of CdS/CIGS Heterointerface by the Se Irradiation Process
	화합물 태양전지 분야 글로벌 리더 중 한 명인 Yamada 교수는 동경공대에서의 CuInGaSe2 태양전지 연구 결과 및 계면 제어를 통한 고효율화 결과에 관해 소개함.		
2018. 11.16.		일본 Showa Shell (기업)	CIS-based Thin-film PV Technology of Solar Frontier K.K.~Current Status and Future Prospect
	화합물 박막 태양전지 제조업체 중 가장 큰 생산능력을 보유하고 있는 Solar Frontier 연구책임자인 Kushiya 박사는 회사의 연구개발 현황과 사업화 전략에 관해 소개함.		
2018. 11.16.		일본 The University of Tokyo (대학)	Hysteresis-free Perovskite Solar Cells Made of Potassium-doped Organometal Halide Perovskite
	차세대 페로브스카이트 태양전지 전문가인 Segawa 교수는 히스테리시스 없는 안정된 페로브스카이트 광흡수층 연구개발 및 도핑 효과에 대한 결과를 설명함.		

일자	연사	소속	주제
2018. 11.16		일본 Kyushu Institute of Technology (대학)	Narrow Gap Perovskite Solar Cells
	차세대 태양전지인 유기 및 페로브스카이트 분야의 글로벌 리더 중 한 명인 Hayase 교수는 narrow 밴드갭을 가지는 새로운 페로브스카이트 광흡수층 개발 및 이를 적용한 태양전지 특성에 대해 설명함.		
2018. 11.17		일본 RTS (연구소)	Toward “PV150” - Current Status and Future Direction of PV Market in Japan
	글로벌 태양광발전 시장 예측 및 정부 정책 자문, 분석을 수행하는 Ohigashi 박사는 일본의 태양광발전 시장 전략 및 미래 산업 전망에 관해 소개함.		
2018. 11.17		일본 Toyota Tech. Inst. (대학)	R&D of Common Platform for Si Solar Cell Processes based on Advanced Multiple Technologies
	도요타 공대의 Nakamura 박사는 실리콘 태양전지 “All Japan Project” 를 소개하고 도요타 공대 중심의 연구개발 플랫폼 운영 및 산업체와의 협력 연구에 관해 소개함.		
2018. 11.17		일본 AIST (연구소, MOU)	Degradation Mechanism and Improved Reliability of Photovoltaic Modules
	일본 산업종합연구소(AIST) 모듈연구팀 책임자인 Masuda 박사는 상업용 실리콘 모듈의 열화 메커니즘 해석 및 신뢰성 향상 방안에 대한 연구 결과를 설명함.		
2018. 11.17		일본 Toyo Aluminium K.K. (기업)	Paste Solutions for High Efficiency Si Solar Cells
	일본 유일의 상업용 실리콘 태양전지 전극 소재 제조기업인 Toyo 알루미늄의 연구책임자인 Dhamrin 박사는 Ag 전극 페이스트 개발 현황 및 사업화 전략에 관해 소개함.		
2018. 12.04. ~05.		브라질 Univ. of Brasilia (대학)	Financing human capital for a sustainable world
	개도국이 교육을 제때 받지 못해 발생하는 소득불평등이 상당히 큰 문제임을 제기하고, 바람직한 선순환구조 구축을 위해 세대 간 지속적인 금융 조달 방안에 대한 연구 질문을 제시함.		
2019. 03.12		독일 Fraunhofer ISE (연구소 MOU)	Pathways for Transforming the German Energy System by 2050
	에너지전환의 대표적 국가인 독일의 에너지 정책을 소개하고, 2050년 에너지목표 달성을 위한 전략, 실행방안 로드맵에 대해 강연하고, 자체 개발한 에너지 수요예측 분석틀에 대해서도 소개함.		
2019. 04.18		미국 University of Minnesota (대학)	Can universal access to electricity reduce poverty in low- and middle-income countries?
	보건, 환경 정책분야의 계량적 연구자인 이종욱 박사가 국가의 전력보급 투자 및 보급률이 경제성장 및 빈곤퇴치에 미치는 영향을 비교분석한 본인의 연구성과를 설명하고 계량적 연구방법론을 소개함.		
2019. 05.01		미국 텍사스대학교 (대학)	석유화학이 사회의 주요 에너지원으로 지속되기 위한 주요 기술
	전통적 화석연료를 기반으로 한 석유화학산업의 현재와 미래를 조명하고, 지속가능한 사회 발전을 위해 현재의 석유화학산업 및 기술이 어떻게 발전해 나가야 하는지 방향성에 대해 발표와 토론을 진행함.		
2019. 09.03		UNEP DTU / 연세대 (국제기구 / 대학)	Emissions Gap and options for closing it
	사항, UNEP의 배출량 관련 통계, 주요 국가들의 NDC(국가기후계획)에 대한 심도 있는 내용을 전달함. 특히 존 박사는 NDC의 중요성을 강조하며 2020년까지 NDC 기준 상향조정이 절실함을 강조함.		
2019. 11.04		SUNY KOREA (대학)	글로벌 경제의 주요 이슈와 한국의 ODA
	미-중 무역분쟁, NAFTA, BREXIT, APCFTA(아프리카 자유무역협정), 한-일 무역분쟁 등 세계 경제현안을 설명하고, 한국의 ODA는 어떤 방향으로 나아가야 하며, 개도국과 선진국이 어떻게 협력할 수 있는지 논의함.		

나. 글로벌 전문가 초청 국제학술대회 개최

- 매년 에너지환경대학원 주관으로 기술, 정책 및 기술정책 융합형식의 국제 학술대회를 개최함(표 II-15). 최근 5년간 연평균 3건 수준임

- 기획, 준비, 실행, 사후정리 등 컨퍼런스 전반적인 행사 활동에 학생들이 주도적으로 참여하여 지식 학습 및 학술 네트워킹을 체험할 기회를 제공하고 있음.
- 다양한 주제 발표를 들으며 자신의 연구주제 개발 및 수행방법에 대한 아이디어를 모색함.

〈표 II-15〉 최근 5년간 국제화 교육활동: 글로벌 전문가 초청 국제학술대회

일자	행사명	주제	장소
2015. 04.21 ~ 22.	한-Italy 수소/연료전지 심포지엄	한국-이태리 수소 및 연료전지 심포지엄	KIST
	KU-KIST 스쿨협약의 일환으로 본 대학원과 KIST 연료전지센터가 주관 개최한 컨퍼런스로, 이태리 연료전지 R&D 연구진(대학, 연구소)들과 양국의 R&D 현황 및 공동연구 가능성에 대해서 의견을 교환함.		
2015. 07.09 ~ 11.	제4차 AEEP(RN(Asia Europe Energy Policy Research Network)	에너지전환: 새로운 도전과 기회	고려대학교 국제관
	MOU 협약기관인 싱가포르국립대(NUS) ESI(Energy Study Institute) 연구진을 중심으로 초청, 글로벌 에너지 거버넌스와 에너지 현황, 미국 셰일가스 개발이 유럽과 아시아에 미치는 영향, 기후변화와 에너지 현황, 기술 혁신과 에너지 전환을 주제로 의견을 교환함.		
2015. 11.15 ~ 20.	2015 GPVC(Global Photovoltaic Conference, 세계태양광컨퍼런스)	Photovoltaics for Making Energy Innovation and Creative Economy	부산 벅스코
	태양전지, 무기-유기하이브리드 태양전지 등의 지속적인 발전과 진보를 위한 도전적인 연구 발표회.		
2016. 10.20 ~ 22.	그린스쿨-제주연구원 국제 컨퍼런스	2020년 이후 신기후변화체제에 대한 국제적 대응	제주 오션스위츠 호텔
	해외 MOU 협력기관 연구진을 연사로 초청, 2015년 COP21에서 채택된 파리협정 이후의 새로운 기후변화체제 대비, 변화에 따른 세계 각국 상황 이해 및 국가별 정책 대응방안을 공유함.		
2016. 11.25	제7회 국제 실리콘 태양전지 워크숍	Renewable Energy Policies and Projects in Asia	부산 노보텔
	세계 최고효율을 기록한 일본의 Yamamoto 박사와 유럽 최고의 연구소인 Fraunhofer PV 책임자인 Glunz 박사, 스위스 로잔공대의 ballif 교수, 일본의 석학 토요다 공대의 Yamaguchi 교수를 초청하여 각국의 실리콘 태양전지 및 차세대 태양전지 연구개발 결과와 나라별 태양전지 기술개발 전략에 대한 발표 및 정보를 공유.		
2017. 11.23	International Conference on Promotion of Renewable Energy Policies and Projects in Asia	베트남의 신재생에너지 정책 현황과 미래 기조	고려대학교 하나스퀘어
	국제기구 IPCC의 수장(의장)이며 에너지환경대학원 소속인 이회성 석좌교수 및 베트남 정부 에너지부 신재생에너지국 Bui Quoc Hung 국장을 초청하여 국제포럼을 개최함.		
2018. 06.24 ~ 27.	제17회 한국경제학회 국제학술대회	International Conference on Challenges and New Approaches for Aging Society	제주 오리엔탈 호텔
	- 한국경제학회와 공동으로 주최하여 17개국에서 150여 명의 경제학자가 참가함. - 에너지환경대학원 학생진이 적극적으로 대회에 참석하여 에너지기술·정책 관련 학술 정보와 자료를 수집하고, 에너지 및 환경 관련 각 국가별 정책에 대해 특별세션으로 발표를 진행함.		
2018. 11.02 ~ 03.	에너지전문가포럼	The Association of Korean Economic Studies & Korea University Green School GETPPP Energy Industry Expert Forum	코리아나호텔
	국내외 에너지산업 전문가 및 개도국 공무원을 초청하여 각국의 에너지정책과 한국기업들의 해외진출 전략과 에너지 정책 동향을 공유하였으며, 한국 기업들의 해외 사업을 확장하는 네트워크 구축에 기여함.		
2018. 03.20	KU-KIST Greenschool round table	Solar City Seoul	고려대학교
	새로운 에너지 관련 기관 : 지속가능한 에너지 유틸리티의 사례와 지역 사회 태양광발전의 역할, 지역사회 혁신가로부터 학습 : 캘리포니아의 지역 사회 선택 통합 진행함.		
2019. 03.13 ~ 15.	국제 태양광발전학회	GPVC2019 Global Photovoltaic Conference 2019	김대중컨벤션센터
	실리콘 태양전지, 박막태양전지, 유무기하이브리드 태양전지, 하이브리드 수소생산 소자 등 다양한 태양광 관련 소자 및 소재의 연구 현황 및 도전 소개의 장		
2019. 04.12 ~ 13.	KU Green School GETPPP International Workshop	Energy Business and Sustainable Development	롯데호텔
	에너지산업 전문가를 초청하여 해외 에너지 사업 개발 및 진출을 위한 전략을 토론하였으며 교수진과 GETPPP 재학생들이 참여하여 한국과 재학생 본국 간의 협력 방안에 대해 논의함.		

일자	행사명	주제	장소
2019. 10.24	제2차 한-베트남 태양광전문가 네트워크 미팅	Organizing the Pool of Vietnamese Experts in Solar Photovoltaic - Cooperation with Korean Companies	코리아나호텔
	- 신흥국(베트남)-전략기술(태양광)을 연계한 국가 간 전문가 네트워킹을 도모하는 국제포럼을 개최함. - 베트남 현지전문가 12명(정부, 국영전력회사 포함)과 한국 태양광 대기업 7개사 11명이 참석함.		
2019. 10.25	KU_KEEI International Forum 2019	신흥경제국 에너지, 기후변화 그리고 지속가능발전	코리아나호텔
	- 신흥국 에너지공무원 과정 졸업생을 연사로 초청, 자국의 에너지 정책기술을 소개하고 정책방안에 대한 의견을 교환하는 졸업생/재학생 네트워킹 행사가 포함된 국제 컨퍼런스를 에너지경제연구원과 공동 개최함. - 에너지분야 산학연관 전문가 94명(해외 18개국 50명 참석)이 참석했으며, 국내 에너지기업 11개사(13명)가 참가해서 활발한 네트워킹을 도모함.		

다. 교육프로그램의 국제화 계획

● (계획 D) 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 지식의 제공하고자 함.
- Foundation for Renewable Energy & Environment (FREE)와 에너지/환경/지속가능발전/기후변화 분야 온라인 교육 프로그램을 개발 중. Ashoka Trust for Research in Ecology and the Environment (ATREE), Arizona State University, Lawrence Berkeley National Lab, SAIS Johns Hopkins 등 다양한 기관의 연구진 및 전문가가 강의를 제공할 예정이며 논의 중인 온라인 프로그램은 다음 <표 II-16>와 같음.

<표 II-16> 국제 석학 온라인 교육 프로그램

강연 제목	강사	
	이름	이력
Smart Transportation		(현) Director, Energy, Resources and Environment Graduate Program (SAIS Johns Hopkins) (전) Advisor, U.S. Department of Energy 20년 이상의 경력을 가진 에너지 정책 및 비즈니스 모델 전문가
Green Energy Finance		(현) Counsel, U.S. Microgrid Resources Coalition (전) JP Morgan 30년 이상의 경력을 가진 에너지 프로젝트 금융 전문가
Clean Energy Development Planning & Policy		(현) Managing Partner, Asia Clean Energy Partners 친환경 에너지 정책 및 비즈니스 모델 전문가
Sustainable Energy Business Models		(현) Professor, the Lerner Business College of the University of Delaware 에너지 금융 전문가
City-scale Sustainable Energy Development		(현) President, FREE (현) Distinguished Professor, the Center for Energy and Environmental Policy (University of Delaware) IPCC 활동에 참여한 공로를 인정받아 노벨 평화상을 공동 수상한 에너지 정책 전문가
미정		(현) Distinguished Fellow, ATREE
미정		(현) Associate Director, Global Institute of Sustainability (Arizona State University)
미정		(현) Senior researcher, Lawrence Berkeley National Lab
미정		(현) Professor, the Hopkins-Nanjing Center (Johns Hopkins University)

●(계획 II) 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)

●(계획 III) 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 체계화 추진

●(계획 IV) 해외 MOU 체결 기관 확대 및 학생 교류 확대

<표 II-17> 해외 기관 MOU 체결 및 학생 교류 계획

국가	기관	내용
미국	Global America Business Institute (GABI)	정부/국제기구/연구소/기업 연계 실습
미국	텔라웨어대학교 에너지환경정책연구소(CEEP)	에너지정책 분야 공동연구 및 교환학생 협력
태국	Asian Institute of Technology(AIT)	공동 연구/방문 학생 추진
싱가포르	Singapore 국립대 에너지연구소(NUS-ESI)	에너지 정책 협동 연구
네덜란드	텔프트공과대학(TU-Delft) 그린빌리지연구소	연료전지 분야에 중점을 둔 공동연구 교류
러시아	모스크바 국제관계 국립대학원(MGIMO)	에너지 분야 국제관계 협동 연구, 학생 교류
독일	European Academy of Otzenhausen(EAO)	에너지환경정책 및 기술 분야 공동연구, 연수 프로그램을 통한 정보교환 및 학술교류
독일	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems(ISE)	실리콘 태양전지 기술연구에 대한 상호협력 등 각종 연구 활동에 대한 협력
일본	산업기술종합연구소(AIST)	태양광, 환경기술 및 정책 분야 공동연구 및 학술연구
일본	자연에너지재단(Renewable Energy Institute)	에너지환경/기술정책 정보교환, 공동회의 개최 및 공동연구, 연구자 교환프로그램

●(계획 V) 주요 국제행사 개최

- 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

●(계획 VI) 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

4. 교육의 국제화 전략

4.2 대학원생 국제공동연구 계획

가. 해외 MOU 기관과의 학생 교류

- 본 연구단은 지난 10년간 해외 6개 기관과 MOU를 체결하고 공동연구와 학생 교류를 진행함(표 II-18).

〈표 II-18〉 해외 MOU 기관과의 학생 교류 실적

기관	국가	주요내용
텔라웨어대학교 에너지환경정책연구소 (CEEP)	미국	- 2013년 1월, 텔라웨어대(CEEP, Center for Energy & Environmental Policy) 학생들과 공동으로 인도 현장학습 프로그램 수행(정책 1명, 기술 2명의 석박사 학생이 참여). 인도의 에너지 이슈(화석연료 의존, 에너지 부족) 및 환경 이슈(물, 대기 오염이 지역 주민 삶에 미치는 영향)에 대해 현지 학생 및 주민들과 토론, 문제의식 고취 - 2014년 2학기 교환학생 1명(정책부문) CEEP의 학점 이수 및 공동연구 경험 습득
Singapore 국립대학교 에너지연구소 (NUS-ESI)	싱가포르	- 정기적으로 단기연수생을 파견, ESI 소속 연구진과 공동연구 주제 및 추진방안을 기획(2014년 2월, 2015년 1월) - ESI의 인턴 및 공동연수생 자격으로 정책트랙 박사과정 학생을 파견(2016년 10월), 2019년 박사학위 취득 후 동 연구소(ESI)의 research fellow로 채용(현재 근무 중)
모스크바 국제관계 국립대학원 (MGIMO)	러시아	- 2014년 1, 2학기에 걸쳐, 정책트랙 석사과정 학생(학부 노어과 출신)을 교환학생으로 파견, 동 대학원 정규과목 이수 및 현지 학생 네트워크 및 학교 홍보(유튜브) 관련 활발한 활동 수행 - 동 학생은 대러시아 에너지전문가를 희망하며 현재 한영회계법인에서 에너지컨설팅 분야에서 활약 중
European Academy of Otzenhausen (EAO)	독일	- 2015년 1월(학생 8명), 2016년 2월(학생 13명) 2회에 걸쳐 독일 현지에서 단기연수 프로그램 실시 - 재생에너지 및 친환경 분야 선도국가인 독일의 사회, 정책, 기술 전반적인 전문가 초청 강연 및 현장방문 경험 제공
Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems(ISE)	독일	- 2016년~2017년(6개월) 정책트랙 석사과정 학생 1명이 인턴 및 공동연수생으로 파견, 재생에너지기술 및 에너지 수요예측 관련 연구 실습을 경험, 동 주제로 학위논문 완성 - 동 학생은 석사 졸업 후 현재 미국 시카고대에서 에너지 박사학위 과정 중

- 향후 현재 MOU 체결 해외 기관 혹은 추가 MOU를 체결한 기관과 공동연구를 진행하며, 학생 교류를 진행할 예정임(표 II-19).

〈표 II-19〉 국제 공동연구 계획

국제 공동연구 계획	
Qualcomm Technologies	“Integration of intelligent technologies to renewable or sustainable energy device” 라는 제목으로 신재생에너지 소자의 지능적인 기능 추가하기 위한 방안 논의 : 2021-2022 예정.
Dept. of Chemistry, Univ. of Texas @ Arlington	“Preparation and synthesis of intelligent smart materials design for renewable or sustainable energy device” 라는 제목으로, 태양전지 소자에 적용 가능한 소재 연구 방안 논의 : 2021년 예정.
School of the Environment Yale University	예일대학교 환경대학원 연구 교수, 박사과정생)과 한국 생태산업단지개발 잠재량(경제성과 환경성이 우수한 산업공생 네트워크)을 추정하는 공동연구 수행 예정
pSemi Corporation	“Integration of intelligent semiconductor design to renewable or sustainable energy device” 라는 제목으로 신재생에너지 소자 디자인 고안 방안 논의 : 2021-2022년 예정

- **Qualcomm Technologies** : 미국 캘리포니아주 샌디에이고에 본사를 둔 통신소자 연구 및 개발 기업임. GSM+CDMA+HSDPA+LTE 등의 통신 모듈 독점하는 등 IoT에 절대적으로 필요한 통신 기술을 확보한 전세계 최고 기업 중 하나임. Qualcomm 연구소에 있는 Dr. Andrews Suh는 반도체, 소프트웨어, 지식 정보 분야에서 연구 중이며, 신재생에너지소자와 연결시킬 수 있는 주제에 대하여 논의할 예정임. 최첨단 연구기관의 방문과 연구동향에 대한 지식 교류의 장이 될 수 있도록 협력할 예정임.
- **pSemi Corporation** : 미국 캘리포니아주 샌디에이고에 본사를 둔 반도체 구조 디자인 설계 회사로, 태양전지 소자의 3차원적인 직병렬 구조 디자인에 대한 전문가 자문을 위해 방문 예정임. 본 대학원은 알키미스트 투명태양전지 및 수퍼태양전지 과제 1단계를 수행 중이며, 여기에 사용되는 실리콘 태양전지의 구조를 3차원적으로 나열하여 고효율 태양전지를 제작할 방안을 공동 연구할 예정임. 대학원생의 방문을 통해 첨단 기업의 연구환경 및 연구 접근 방법에 대하여 교육할 예정임.
- **Univ. of Texas @ Arlington** : 텍사스 주의 Arlington 시에 있는 공공연구대학임. 화학과에 재직 중인 전준하 교수는 화합물과 촉매 합성 전문가로 유무기 융합 소재 합성 경력이 뛰어난 연구자임. 본 연구진과는 유기합성 소재를 통한 공동연구가 가능함. 유무기하이브리드 태양전지에 사용되는 정공수송층, 태양광 주입수층에 대한 연구가 주를 이룰 것임. 현재 상용화 시장의 주요 제품인 실리콘 태양전지의 표면을 위한 촉매 개발도 가능하여, 향후 태양전지 패널 표면에서의 응용에 관한 연구를 공동으로 진행하고자 함.
- **Yale University** : 예일대학교 환경대학원(School of Environment)은 과학기술, 경영, 경제, 정책 등 다양한 분야 50여명 이상의 교원이 환경, 산림 및 에너지 분야 융합교육을 제공하는 프로그램이며, 예일 산업생태학 센터(Yale Center for Industrial Ecology)는 산업생태학 분야의 창시자인 Tom Graedel 교수를 비롯하여 분야의 저명한 학자가 소속되어 있고, 국제산업생태학저널 (Journal of Industrial Ecology) 오피스가 위치한 연구소임. 환경대학원 및 산업생태학센터 연구팀과 지속적인 협력관계를 유지하고 있으며, 특히 경제성 및 환경성이 우수한 자원공유 네트워크 매칭 알고리즘을 개발하고, 이를 통해 한국의 산업생태개발 잠재량을 추정하는 공동연구를 진행하고자 함.

나. 향후 학생 인턴/연수 프로그램 계획

- (글로벌 인재양성 관련 사업에의 적극적인 참여방안 모색)
 - ICT 기술을 활용한 4차산업혁명형 글로벌 신기술 고급인재가 에너지신산업 분야에 시급히 필요한 실정임. 이와 관련해서 정부(에너지기술평가원)는 에너지신산업 글로벌 인재양성 사업을 진행함.
 - 해외 MOU 기관들과 협력하여 공동협력 과제를 개발하고, 공동연구 프로젝트 수행과 관련해서 해당 해외기관에 학생을 파견, 연구 경험과 더불어 학생 인턴/연수 기회를 제공하는 글로벌 프로그램을 대학원 자체적으로 그리고 상기 정부과제와 연계해서 적극적으로 추진
- (산학연 해외 네트워크 활용한 인턴/연수 프로그램 발굴 및 확대)
 - 에너지 분야 MOU 기관의 지속적인 인턴십 기회 발굴 및 확대
 - 멤버십 기업의 해외 지점 및 네트워크 활용한 인턴십 기회 확대
 - 기업 요구에 맞는 맞춤형 인재양성을 위한 공동연구 기회 발굴

〈표 II-20〉 학생 인턴/연수 프로그램 협력 기관 및 주요내용

프로그램(기관)	주요내용
미국 워싱턴 DC Global America Business Institute (GABI)	- (기간) 2021~2022 (참여) 교수 및 과제참여 학생 1명 (공동연구 내용) GABI는 에너지환경대학원과 다년간 협력 교류를 해온 연구기관으로, 에너지 전반적인 기술, 정책 연구 및 자문 활동을 수행 중임. 김경남 교수의 연구주제인 탄소자원화(Carbon Utilization) 한미 기술-정책 비교분석과 관련해서 참여 학생을 파견, GABI 연구자문진(DOE, 동부지역 대학/연구소)으로부터 연구아이디어 및 정보 수집을 수행. 참여 학생은 방문기관(GABI)에서 인턴십을 통해 에너지정책 자문 업무에 대한 실습 기회를 경험토록 계획
미국 뉴헤이븐 Yale University School of the Environment	(기간) 2020~2021 (참여) 교수 및 학생 1명 (공동) 미국 예일대학교 환경대학원 연구팀 수, 박사과정생)은 인도의 Mysuru에서 산업 간 효율적 자원공유를 위한 네트워크 매칭 알고리즘을 개발하는 연구를 수행한 바 있음. 환경성에 기반한 매칭 알고리즘을 경제성까지 고려하는 알고리즘으로 개선하고, 이를 통해 한국의 생태산업단지 사업(2005~2016)을 전국 산업단지로 확대 적용시 잠재량과 환경효과를 예측하기 위한 공동연구를 진행하고자 함. 이를 위해 교수 및 학생 1인이 예일대학교 방문연구를 진행할 계획
텍사스 주 알링턴 University of Texas at Arlington	(기간) 2021~2022 (참여) 교수 및 학생 1명 (공동연구 내용) 미국 텍사스주에 위치한 University of Texas의 화학과 연구팀(Prof. 교수)은 유기합성 및 촉매 합성의 전문가로 다양한 소재 합성의 경력을 20년 . 촉매를 통한 신소재 합성을 비롯하여, 에너지소자에 적용 가능한 정공수송체 합성을 통해 태양광 반응 소자 제조 공동연구를 진행하고자 함. 고려대에서 요구하는 분자의 기능을 Texas @ Arlington 화학과 연구팀이 디자인하고 합성하여 소자에 적용해보고자 함. 이를 위해 전용석 교수 및 학생 1인이 텍사스 주립대학교 방문연구를 진행할 계획
캘리포니아 샌디에이고 Qualcomm, pSemi	(기간) 2021~2022 (참여) 교수 및 학생 1명 (공동) 미국 캘리포니아 샌디에이고에 위치한 Qualcomm과 pSemi 연구팀 (Dr. 은 반도체 실리콘 물질의 디자인과 제조에 최고 실력을 가진 기업임. 특히 pSemi의 경우 3차원적인 반도체 디자인 기술을 이용하여 슈퍼태양전지 및 투명태양전지 알키미스트 연구에 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 고려됨. 이를 위해 전용석 교수 및 학생 1인이 해당 기업을 방문할 계획

Ⅲ. 연구역량 영역

1.2연구업적물

① 참여교수 대표연구업적물의 적합성과 우수성

<표 3-2> 최근 5년간 참여교수 대표연구업적물 실적

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
1			이공계열	전기공학	저널논문	Investigation of damage caused by partial shading of CuInxGa((1-x))Se(2) photovoltaic modules with bypass diodes	
						PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS	
						24(8), 1035-1043	
				반도체물성		0	URL입력
						2016	https://doi.org/10.1002/pip.2738
						10.1002/pip.2738	
			2016년 당시 세계에서 가장 면적이 넓고(1.6m*1m) 효율이 16.2%로 가장 높았던 CIGS 박막 태양광 모듈을 제작한 후 모듈의 IEC 신뢰성 평가 항목 중 하나인 Hot spot endurance를 진행함. 이 평가법은 모듈의 일부 영역에서 그림자가 발생하는 경우 유발되는 손상을 평가하는 것으로서 손상 원인과 문제를 해결할 수 있는 재료를 개발하여 보고하였음. 그림자 등에 의해 모듈 내에서 전류 생산량이 낮아진 태양전지는 정상 동작하는 태양전지들이 발생시키는 전류를 충분히 이동시키지 못하고 축적되어 역전압이 인가됨. 이로 인해 저항체에 전압이 인가된 것과 동일한 발열(hot spot) 특성을 보이게 되고 CdS 버퍼와 CIGS 광흡수층 사이 계면이 분리되면서 태양전지가 손상되는 것을 관찰하였으며, 1nm 두께 수준의 ZnS 버퍼를 개발하여 기존 CdS 버퍼를 사용하는 CIGS 태양전지 대비 음영에 의한 손상이 적으면서도 에너지변환효율은 높은 모듈을 개발하여 보고함.				

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
	대표연구업적물의 적합성과 우수성						
2			이공계열	전기공학	저널논문	Electric-Field-Induced Degradation of Methylammonium Lead Iodide Perovskite Solar Cells	
		JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY LETTERS					
		7(16), 3091-3096					
	반도체물성	0		URL입력			
		2016		https://doi.org/10.1021/acs.jpcllett.6b01176			
		10.1021/acs.jpcllett.6b01176					
	본 논문은 차세대 페로브스카이트 태양전지가 산업에 뿌리를 내리기 위해 필요한 신뢰성 평가법 중 하나인 전기안정성에 관련된 것으로 전기장에 의하여 페로브스카이트가 분해되고 박막 내부의 이온들이 이동하여 열화되는 현상을 밝혀낸 것임. 이전에는 페로브스카이트 태양전지에 빛을 조사하면 열화가 발생하였으나 정확한 원인이 규명되지 않은 상태였음. 연구결과 개방전압 상태의 페로브스카이트 태양전지에 빛을 조사하면 동작 원리에 따라 순방향의 광전압이 태양전지 내부에 인가되면서 빛과 전압에 의한 열화가 복합적으로 나타나는 것을 알아내었으며, 태양전지 동작 전압(Vmp) 이하 조건에서 빛을 조사해야 전압과 광의 상호 영향 인자를 분리할 수 있음을 밝혀냄. 또한, 태양전지 동작 전압과 단락회로(Short circuit) 상태에는 태양전지의 열화가 없음을 확인하고 동작 메커니즘을 에너지밴드 모델로 설명함. 이 논문에서 제안한 방법은 페로브스카이트 신뢰성을 평가하는 논문들의 표준 평가법으로 자리 잡음.						

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
3			이공계열	전기공학	저널논문	Impact of Buffer Layer Process and Na on Shunt Paths of Monolithic Series-connected CIGSSe Thin Film Solar Cells	
						Scientific reports	
						9:3666	
				반도체물성		0	URL입력
						2019	https://doi.org/10.1038/s41598-019-38945-5
						10.1038/s41598-019-38945-5	
						대면적 태양광 모듈 분석에 적합한 비파괴 방식의 열화상 이미지 분석기(LIT, Lock-in thermography)를 자체 제작하여 진공증착공정을 사용하는 CIGS 박막 태양광 모듈에서 발생하는 결함을 관찰하고 발생 원인을 밝힌 논문임. CIGS 태양전지의 ZnS 버퍼층을 제작할 때 다량의 폐용액이 발생하는 CBD(Chemical bath deposition) 용액공정을 경제성이 높은 진공 공정으로 전환하는 노력을 기울여왔으나 태양광 모듈의 에너지변환 효율이 낮은 문제를 해결하지 못했음. 본 연구에서는 진공 공정으로 버퍼를 증착하는 경우 계면에 분포한 과량의 Na 이온이 많은 양의 결함을 만들어내고 동시에 누설 전류를 발생시켜 모듈 효율이 감소되는 것을 최초로 보고함. 또한 과량의 Na를 제거하는 공정을 제안하여 진공 공정을 활용한 경우도 CBD 버퍼를 활용한 경우와 동등 수준의 효율이 확보되어 경제성있는 공정이 될 수 있음을 제안하였음.	

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
4			이공계열	화학공학	저널논문	Thermodynamic efficiencies of hydrogen storage processes using carbazole-based compounds	
				International Jounal of Hydrogen Energy			
				41, 9367-9373			
				화공열역학		0	URL입력
						2016	https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.04.118
						10.1016/j.ijhydene.2016.04.118	
						본 논문은 수소를 에너지 미디어로 사용하는데 많은 문제점을 가지고 있는 고압 수소저장을 대체하는 기술로서 유기화합물에 수소를 반응 결합하여 활용하는 LOHC(Liquid Organic Hydrogen Carrier) 사용의 열역학적인 효율을 정량적으로 계산하여 LOHC 사용에서 많은 에너지가 사용되지 않는다는 점을 증명한 논문임. 본 논문은 유기화합물인 카바졸류의 물질을 대상으로 3종의 물질을 사용하는 경우 수소화 및 탈수소화에 소모되는 에너지를 다양한 방법을 활용하여 계산함. 특히 열역학 물성 자료가 없는 경우 분자 모델링 기법과 열역학 모델을 활용하여 예측하는 방법을 제시하였으며, 전반적인 에너지 효율이 약 86% 정도임을 확인함. 이 논문의 중요성은 앞으로 다가올 수소 경제 시대에 안전한 수소 에너지 미디어로서 LOHC의 가능성을 확인하였고 앞으로 개발 전망을 제시한 데 있음.	

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
5			이공계열	화학공학	저널논문	New Modified UNIFAC parameters using critically evaluated phase equilibrium data	
						Fluid Phase Equilibria	
						388, 128-141	
				화공열역학		0	URL입력
						2015	https://doi.org/10.1016/j.fluid.2014.12.042
						10.1016/j.fluid.2014.12.042	
본 논문은 빅데이터를 활용하여 빅데이터 안에 존재하는 잘못된 정보들을 걸러내고, 산업적으로 널리 활용되는 열역학모델의 매개변수를 도출하였음. 이 논문에서는 자료를 검증할 수 있는 신뢰성 있는 지표를 제시하였으며, 이 지표를 매개변수 도출에 활용하여 산업적으로 널리 활용되는 UNIFAC 모델에 적용함. 특히 이 논문은 미국 표준연구소(NIST)와 공동연구를 진행하여 미국이 보유하고 있는 빅데이터와 한국의 우수한 화학공학 소프트웨어 기술을 접목하여 성공적인 결과를 도출하였으며, 매우 전문적인 분야임에도 불구하고, 비교적 높은 인용횟수를 기록하고 있음. 이 밖에도 약 5편의 NIST-고려대 공동논문을 발표하였으며, 현재까지 공동연구를 지속하고 있음.							

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
6			이공계열	화학공학	저널논문	Analysis and modeling of alkali halide aqueous solutions	
						Fluid Phase Equilibria	
						412, 177-198	
				화공열역학		0	URL입력
						2016	https://doi.org/10.1016/j.fluid.2015.12.008
						10.1016/j.fluid.2015.12.008	
						본 논문은 덴마크 공대(Technical Univeristy of Denmark, DTU)와 공동연구로 진행된 결과물로서, 고려대 학생이 덴마크 공대에 1년간 파견 연구를 수행하여 게재한 논문임. 전해질 용액의 물성은 환경 분야 및 화학공학의 여러 분야에서 사용되는 물질로서 공정의 설계를 위하여 정확한 모델이 필요하지만, 전해질의 다양한 조합으로 인하여 모든 물성 자료를 확보하기 어려운 실정임. 본 논문에서는 그동안 축적된 자료를 분석하여 그룹 기여 방법인 UNIFAC 방법을 새롭게 개발하여 전해질 연구분야에 적용하였음. 특히 전해질 분야는 이론 개발이 부진한 분야인데, 본 논문에서는 예측 가능한 모델과 그 매개변수를 제시하였으며 다양한 물성의 계산을 통하여 새로운 모델의 가능성을 증명함.	

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
	대표연구업적물의 적합성과 우수성						
7			인문사회계열	경영학	저널논문		
						A solar city strategy applied to six municipalities: integrating market, finance, and policy factors for infrastructure-scale photovoltaic development in Amsterdam, London, Munich, New York, Seoul, and Tokyo	
						WILEY INTERDISCIPLINARY REVIEWS-ENERGY AND ENVIRONMENT	
				투자/위험관리		5(1), 68-88	
						0	URL입력
						2016	https://doi.org/10.1002/wene.182
						10.1002/wene.182	
재생에너지원 중 태양광 기술 및 시스템은 기술적, 경제적 잠재량이 풍부할 뿐만 아니라, 특정지역에 편중 분포된 화석연료자원과는 달리, 지구 어디서든 에너지 생산이 가능한 대표적인 분산에너지원임. 본 논문은 지속가능발전목표 관점에서 에너지, 기후변화 이슈를 대도시 집중화 현상과 결부, 전 세계 6개 대도시를 대표적인 솔라시티로 선정하고, 인프라 성격의 대규모/분산형 태양광시스템 보급 확산을 위해 시장-재무-정책적 요인들을 비교 분석하였음. 선정 대도시의 태양광 추정 잠재량을 기준으로 수요 대응 에너지 생산/공급이 실현되기 위한 재무적 차별화 전략을 도출함. 본 논문은 기후변화, 도시화, 에너지 수급이라는 글로벌 문제에 대해 자연과학 범주인 기술(태양광)로 접근하고, 효과적인 보급확산에 대해 사회과학 범주인 경제, 재무, 정책 관점으로 해법을 제시하는 바, 본 사업단이 추구하는 인문사회-과학기술 융합에 부합하는 특화분야(에너지) 연구에 해당됨. 설치 대상인 대도시 건물 자체의 특성 요인과 태양광 시스템 건설의 비용 요인을 세분화한 초기 연구이며, 대도시 대규모 태양광 투자에 적합한 자원조달방안을 제안하였음. 연구결과는 향후 사회문제 해결을 위한 현실적 대안을 제시하는 바, 미래형 글로벌 융합성과로 평가됨.							

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
	대표연구업적물의 적합성과 우수성						
8			인문사회계열	경영학	저널논문	Multivariate analysis of solar city economics: impact of energy prices, policy, finance, and cost on urban photovoltaic power plant implementation	
						WILEY INTERDISCIPLINARY REVIEWS-ENERGY AND ENVIRONMENT	
						6(4), e241	
			투자/위험관리	0	URL입력		
				2017	https://doi.org/10.1002/wene.241		
				10.1002/wene.241			
				본 참여교수는 미국 델라웨어대 교수진과 태양광기술 정책을 주제로 국제 공동연구를 수행하였고, 그 결과 업적은 최근 5년간 총 3편에 달함. 동 일련의 연구는 '솔라시티'라는 개념으로 태양광과 대도시를 결부하여 글로벌 사회문제를 해결하는 목적형 성과임. 본 연구는 일련의 논문 중 세 번째 성과로써 보다 재무적인 관점에서 태양광 기술 및 시스템의 보급 확산 가능성을 분석하였음. 특히 그린본드와 같은 재원조달방식이 반영된 자본시장을 비교대상인 6개 대도시에 적용, 상대적 요인분석과 함께 불확실성을 고려한 확률적 통계방법으로 솔라시티의 재무적 수용가능성을 분석함. 특히 태양광시스템 구축비용을 설비비용(hard cost)과 연성비용(soft cost)로 구분, 6개 도시에 심층 비교분석한 방법은 태양광 정책관련 후속연구에 유용한 참고문헌 역할을 함. 신기후체제에서 보다 적극적인 재생에너지 보급 활성화가 실현되기 위해서는 자본시장에서의 기후변화 대응 재무모델 개발이 시급하며, 국가별 도시별 특화된 차별적 정책 수립 및 운영이 필요함을 실증적 데이터분석으로 증명함.			

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
9			인문사회계열	정책학	저널논문	Facilitating Business Collaborations for Industrial Symbiosis: The Pilot Experience of the Sustainable Industrial Network Program in Colombia	
						Sustainability	
				10(10): 3637			
				환경/자원정책		0	URL입력
			2018			https://doi.org/10.3390/su10103637	
			10.3390/su10103637				
			본 연구원은 콜롬비아 로스안데스 경영대학 재직 당시 RedES-CAR(2013년부터 300여 개 이상의 기업을 대상으로 시행되고 있는 청정생산 기업 역량강화 프로그램)의 새로운 프로그램으로서 자원의 효율적 순환사용을 위한 기업 간 협력 역량 강화 프로그램을 개발하였음. 이 프로그램의 목적은 기업 간 협력을 통해 비효율적으로 사용되는 자원의 공동 및 순환 활용을 촉진함으로써 기업의 경쟁력은 제고하면서 환경영향은 감소시키는 것으로, 국내에서는 비슷한 목적의 “생태산업단지개발사업”이 2005년부터 2016년까지 추진된 바 있음. 본 논문은 기업 간 협력 역량강화 파일럿 프로그램이 시행된 2017년 첫 해의 경험을 바탕으로, 프로그램의 접근법을 협력 거버넌스 및 리더십 모델에 근거하여 분석하고, 이 전략이 기업 간 협력에 필요한 요소들을 어떻게 변화시켰는지 분석함. 콜롬비아의 RedES-CAR는 지속가능발전을 위한 산업생태계의 변화를 적극적으로 이끌어 내고자 하는 현장형, 문제해결형 프로그램이며, 본 연구에서는 이러한 프로그램의 실질적인 성과를 향상시킬 수 있도록 기업 간 협력 기작을 이론적으로 분석하였다는 데 중요한 의의가 있음.				

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
10			인문사회계열	정책학	저널논문	Evaluating localism in the management of post-consumer plastic bottles in Honolulu, Hawai'i: Perspectives from industrial ecology and political ecology.	
						Journal of Environmental Management	
						154: 299-306	
				환경/자원정책		0	URL입력
						2015	https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.02.042
						10.1016/j.jenvman.2015.02.042	
						일반적으로 자급자족형 자원순환과 로컬푸드와 같은 localism은 산업생태학, 도시생태학, 정치생태학 등과 같은 학문 분야에서 지속가능한 도시 모델로 다루어지고 있음. 그러나 이는 잘못된 가정일 수 있으며, 지속가능성의 다양한 측면에서 실증 연구가 필요함. 본 연구에서는 하와이의 페페트병 관리 사례를 대상으로, 공간적 경계가 다른 도시 자원순환의 두 가지 모델-자체 에너지화(local) 및 수출을 통한 재활용(global)-의 경제적, 환경적, 사회정치적 함의를 분석하였음. 연구 결과, 하와이에서 페페트병을 자체적으로 소각하여 에너지화하는 것보다 중국 수출을 통해 재활용하는 것의 환경적 편익이 더 큰 것으로 나타나 기존의 localism 논리에 반하는 결과를 확인할 수 있었음. 그러나 지속가능성의 다측면(경제적, 환경적, 사회정치적 측면)에서 여러 trade-off가 나타나 관리 모델의 의사결정이 쉽지 않음 또한 확인할 수 있었음. 본 연구의 특징적인 차별점은 산업생태학과 정치생태학 두 학문의 개념과 접근법을 융합적으로 활용하였다는 것이며, localism과 같은 모델의 지속가능성을 평가하는 실증적 사례를 제공했다는 점임.	

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
11			인문사회계열	경제학	저널논문	A real option analysis for stochastic disease control and vaccine stockpile policy: An application to H1N1 in Korea	
						ECONOMIC MODELLING	
				53, pp.187-194			
			자원/환경경제	0	URL입력		
				2016	https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.12.005		
				10.1016/j.econmod.2015.12.005			
				백신은 전염성 있는 질병의 확산을 통제하기 위해 사용되는 가장 대표적인 방법임. 따라서 전염병의 확산을 사전에 예방하기 위한 적정 백신규모에 관한 경제학적 연구가 필요함. 하지만 과거에는 경제학적 모형과 질병학적 모형의 두가지 모형이 분리되어 분석이 이루어져 왔으며, 전통적인 경제학 모형은 질병 확산의 불확실성을 충분히 반영할 수 없는 한계가 있어 질병역학과 경제학을 결합한 통합모형을 활용하여 분석할 필요가 있음. 이에 본 연구는 경제-역학모형을 실물옵션과 연계하여 단기간 집중적인 예방 접종을 통해 질병의 확산을 효과적으로 막은 한국 2009년 H1N1 당시 최적 면역 수준을 도출하였음. 사회적 비용과 백신으로 인한 이익이 SIS 모델 하에서 분석되었으며 전염병 확산을 위한 집단 면역 수준의 도출을 통해 전염병 통제에 대한 정책적 방안으로써 백신 비축의 최적 수준과 집단 면역의 두가지 가능성을 제안하고 비교함. 또한 과거의 선행연구와 달리 SIS 모형 하에서 질병확산의 불확실성을 반영하였다는 점에서 의의가 있음.			

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
12			인문사회계열	경제학	저널논문		
						Spatiotemporal analysis of Korean ginseng farm productivity	
						Journal of Productivity Analysis	
						53, 69-78	URL입력
				0			
				2019		https://doi.org/10.1007/s11123-019-00560-x	
				10.1007/s11123-019-00560-x			
지난 20년 동안 생산함수의 추정에 대한 방법론에 대한 논쟁이 계속됨. 패널 데이터를 필요로 하는 비모수적 접근법과 이 논문에서 사용된 방법인 repeated cross sections을 통한 추정이 가장 대표적인 생산함수의 추정 방법임. 이 논문은 repeated cross section을 사용한 선행논문에 이어 첫째, Verbeek and Vella(2005)의 연구를 바탕으로 repeated cross-sections의 비모수적 control function을 추정하는 새로운 접근법을 제안하였음. 많은 연구에서 시간이 지남에 따라 에이전트를 추적하는 패널 데이터가 부족하여 repeated cross-section을 사용할 수 있기때문에 이 연구는 중요성을 갖음. 둘째, 2006년부터 2013년까지 한국 인삼 농장의 cross-section을 이용하여 시간이 지남에 따라 주요 생산 지역에서 농장 수준의 생산성의 진화를 조사하는 방법을 적용하였음. 이 방법을 pooled OLS 회귀 분석과 비교한 결과, OLS 회귀 분석에서 재료 계수가 과소 평가되었음을 확인함. 이 결과는 대규모 인삼 농가가 있는 지역의 경우 다른 지역보다 더 적은 양의 재료를 사용한다는 데이터와 일치함.							

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
	대표연구업적물의 적합성과 우수성						
13			인문사회계열	기술정책	저널논문	Willingness to participate in community-based renewable energy projects: A contingent valuation study in South Korea	
	Renewable and Sustainable Energy Reviews						
	112, 643-652						
				기술예측및평가		0	URL입력
	2019	https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.010					
	10.1016/j.rser.2019.06.010						
	2016년 전국에서 허가가 반려되거나 보류된 태양광, 풍력 발전 사업 3건 중 1건은 주민 반발에 의한 것으로 집계될 정도로 우리나라의 신재생에너지 발전소에 대한 지역수용성 문제는 심각한 수준임. 정부는 이러한 낮은 주민수용성 문제를 개선하기 위해 지역주민이 직접 투자한 신재생에너지 발전사업에 대해서는 인센티브를 주어 지역주민도 사업에 따른 수익을 받을 수 있는 제도를 도입하였음. 본 연구에서는 데이터 분석 기법으로 신재생에너지 발전소 주변 지역주민들이 태양광, 풍력, 바이오매스 발전사업 참여에 대해 기대하는 수익률을 정량적으로 도출한 후, 이를 실제 정부 인센티브 정책 적용 후의 기대 수익률과 비교하여 정책의 유효성을 분석함. 본 연구는 주민 참여형 신재생에너지 발전사업 인센티브 정책의 효과를 정량적으로 분석한 최초의 시도라는 점에서 의미가 있음. 또한 에너지 기술-정책-데이터를 융합하여 실효성 있는 신재생에너지 확산정책을 도출하였다는 점도 본 교육연구단이 추구하는 목표와 부합함. 추가적으로, 본 연구가 IF 10.556, JCR Green and Sustainable Science 분야 상위 2.9%에 드는 SCI급 국제학술지에 게재되어 연구의 우수성을 보여줌(WoS, 2018).						

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
14			인문사회계열	기술정책	저널논문	Effect of electricity generation mix on battery electric vehicle adoption and its environmental impact	
						Energy Policy	
						121, 13-24	
			기술예측및평가		0	URL입력	
					2018	https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.06.013	
					10.1016/j.enpol.2018.06.013		
					전기차는 친환경적이라는 장점으로 수송 분야의 새로운 패러다임으로 자리잡음. 이에 많은 국가들이 전기차 소비자 수용성을 높이기 위해 보조금을 제공하고 인프라를 확충하고 있음. 하지만 소비자의 전기차 구매와 이로 인해 기대되는 환경적 효과가 국가 전력믹스의 구성과 직접적으로 연결되어 있다는 점은 간과되어 왔음. 이에 본 연구에서는 데이터와 모델 기반으로 전기차 시장 확산과 이에 따른 온실가스 감축효과가 국가 전력믹스 구성에 따라 어떻게 변할 것인지를 시뮬레이션 함. 현재 국가 전력믹스를 신재생에너지 위주로 재구성하면 2026년까지 자동차 시장 전기차 점유율은 10%까지 성장, 온실가스는 5%까지 감축할 수 있을 것으로 예측함. 본 연구는 전력믹스-전기차 확산-온실가스 감축 간의 관계를 정량적으로 식별한 최초의 연구라는 점에서 의미가 있음. 또한 기술-정책-데이터 융합으로 수송-에너지-환경 시스템을 유기적으로 연결시키고 지속가능한 에너지 정책 방향성을 정량적인 근거를 통해 제시했다는 점에서 본 교육연구단이 추구하는 목표와 부합함. 또한 본 연구가 IF 4.880, JCR Economics 분야 상위 3.6%에 드는 SCI급 국제학술지에 게재되어 연구의 우수성을 보여줌(WoS, 2018).		

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
	대표연구업적물의 적합성과 우수성						
15			이공계열	전자/정보통신공학	저널논문	Light trapping in bendable organic solar cells using silica nanoparticle arrays	
				Energy & Environmental Science			
				8, 932-940			
				반도체재료		0	URL입력
						2015	https://doi.org/10.1039/C4EE01100G
						10.1039/C4EE01100G	
						태양광발전 시스템은 글로벌 온실가스 및 전력수요 증가로 인한 환경문제를 해결할 것으로 기대되고 향후 태양광발전 분야는 지속적으로 성장할 것으로 예측된다. 최근 친환경 제로(플러스)에너지 건물의 중요성이 부각되고 있으며, 건물용 태양광발전은 도시에 적용 가능한 최적의 에너지시스템으로 주목받고 있음. 건물용 태양광발전(Building Integrated PV, BIPV)에 요구되는 다양한 특성에 부합할 수 있는 차세대 태양전지 기술개발이 필요한 바, 본 연구에서는 차세대 태양전지로 주목받고 있는 경량(플렉서블) 유기 태양전지의 효율향상을 위해 나노기술을 접목한 것에 큰 의미가 있음. 플라즈마를 이용한 화학기상증착법을 이용하여 실리콘 나노 구조체를 만드는데 성공하였으며, 이것을 유기태양전지에 적용하여 기존 상업용 실리콘 태양전지대비 낮은 효율의 단점을 극복한 실험결과를 얻었음. 이러한 차세대 고효율 태양전지의 상용화 가능성을 통해 플렉서블 고성능 태양광발전시스템을 개발할 수 있는 점은 본 교육연구단이 추구하는 목표 및 방향에 부합함. 본 연구의 우수성은 JCR 상위 1%에 드는 SCI급 국제학술지, IF=33.250 (2018-2019)에 게재가 되었다는 점에서 알 수 있음(WoS, 2018).	

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
	대표연구업적물의 적합성과 우수성						
16			이공계열	전자/정보통신공학	저널논문		
						Bendable Solar Cells from Stable, Flexible, and Transparent Conducting Electrodes Fabricated Using a Nitrogen-Doped Ultrathin Copper Film	
						Advanced Functional Materials	
						26, 4180-4191	
			반도체재료			0	URL입력
					2016	https://doi.org/10.1002/adfm.201600392	
					10.1002/adfm.201600392		
	차세대 태양광발전 시스템의 핵심소자인 태양전지의 전극소재를 최초로 저가 금속으로 개발한 연구임. 본 연구의 목적은 현재 이용되고 있는 고비용, 희소 금속 기반 산화물 및 귀금속 기반 유연투명전극을 고품위 저비용 구리(Cu) 기반 초박형 박막 전극으로 대체하는 것임. 현재까지 구리는 고유한 저투과 특성과 산화성을 동시에 극복하기 위한 기술이 제안되지 않은 한계로 고품위 유연 투명전극에 적용되지 못하고 있는 실정임. 본 실험에서는 저반응성 질소 도핑을 적용한 초박형 구리 박막 증착 기술을 적용한 ZnO/Cu/ZnO 전극 구조의 제조를 통해 이러한 기술적 한계를 극복하고 높은 광전 특성과 내 산화성 및 유연성이 동시에 확보된 고품위 유연투명전극 제작에 성공함. 본 투명전극을 적용한 유연 유기태양전지로 부터 7.1%의 광전 효율을 확보하였으며, 이는 기존 ITO 투명전극 기반 동일 유기태양전지의 효율을 상회하는 값이며 이로부터 장기 신뢰성과 유연성, 저비용을 동시에 제공하는 유연 태양전지용 투명전극 기술을 확보한 점은 본 교육연구단이 추구하는 목표 및 전략에 부합함. 본 연구의 우수성은 h-index 269 SCI급 국제학술지, IF=15.621 (2018-2019)에 게재가 되었다는 점에서 알 수 있음(WoS, 2019).						

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙
				세부전공분야			
대표연구업적물의 적합성과 우수성							
17			이공계열	전자/정보통신공학	저널논문	Passivation quality control in poly-Si/SiOx/c-Si passivated contact solar cells with 734 mV implied open circuit voltage	
						Solar Energy Materials and Solar Cells	
						189, 21-26	
				반도체재료		0	URL입력
						2019	https://doi.org/10.1016/j.solmat.2018.09.013
						10.1016/j.solmat.2018.09.013	
						2019년 기준 전 세계 태양전지의 90% 이상을 결정질 실리콘 태양전지가 점유하고 있으며 향후 10년 이상 전 세계 시장의 80% 이상을 점유할 것으로 예측됨. 현재 상업용 실리콘 태양전지 구조는 BSF(Back Surface Field)와 PERC(Passivated Emitter and Rear Cell)이며, 향후 기술적 이슈는 고효율화 및 저가화 공정개발임. 본 연구에서 개발한 태양전지 구조는 2 나노미터 이하의 얇은 산화막을 이용하여 실리콘 웨이퍼 표면의 결함을 낮춤과 동시에 터널링 전류를 이용하는 새로운 구조로써 고효율화와 저가화를 동시에 달성할 수 있음. 현재까지 보고된 연구결과 중에서 가장 높은 730mV 개방전압을 달성하여 의미가 크며, 상업용 PERC 태양전지를 뛰어넘는 22~23% 효율을 한화솔루션과 공동개발하였음. 이러한 차세대 상업용 태양전지 개발을 통해 국내 태양전지 제조업체의 글로벌 기술 경쟁력 및 가격 경쟁력 확보와 고성능·장수명 대용량 발전시스템 구현이 가능하여 본 교육연구단이 추구하는 목표에 부합함. 본 연구의 우수성은 재료과학 분야 JCR 상위10%에 드는 SCI급 국제 태양전지 전문국제학술지, IF=6.019 (2019)에 게재가 되었다는 점에서 알 수 있음.	

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/ 인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙	
				세부전공분야				
대표연구업적물의 적합성과 우수성								
18			이공계열	전기공학	저널논문	Investigation of Hole-Transporting Poly(triarylamine) on Aggregation and Charge Transport for Hysteresisless Scalable Planar Perovskite Solar Cells		
						ACS Appl. Mater. Interfaces		
						10(14), 11633-11641		
				전기재료			0	URL입력
							2018	https://doi.org/10.1021/acsami.7b18745
							10.1021/acsami.7b18745	
						대면적화 시의 페로브스카이트 태양전지 박막의 품질 저하를 억제하는 방법은 여전히 도전적 과제로 남아 있음. 또한 기존의 면적 1cm ² 이상의 페로브스카이트 태양전지에서는 전류밀도-전압 이력현상이 여러 번 보고된 바 있음. 본 연구에서는 PbI ₂ 필름을 이용한 대면적 페로브스카이트 태양전지를 제조하였으며, 해당 필름을 사용한 태양전지는 1cm ² 이상의 면적에서 다공성 층을 보유하고, 표면 균일성을 향상시키는 것을 확인함. 또한,본 연구에서는 현존하는 정공 수송층의 기초재료인 poly(triarylamine)(PTAA)의 광 전기적 성능에 대하여 연구하였음. Poly[bis(4-phenyl)(2,4-dimethylphenyl)amine]과 poly[bis((4-phenyl) (2,4,6- trimethylphenyl)amine)] 두 종류의 PTAA가 본 연구에서 비교되었으며, 다양한 분자량의 PTAA를 사용하여 연구를 진행하였음. 높은 분자량의 PTAA에 기초하여 1cm ² 의 개구 면적을 갖도록 제작된 페로브스카이트 태양전지는 무시할 만한 이력현상과 우수한 재현성으로 16.47%의 광변환효율을 달성함.		

연번	참여교수명	연구자등록번호	이공계열/인문사회계열	전공분야	실적구분	대표연구업적물 상세내용	증빙		
				세부전공분야					
대표연구업적물의 적합성과 우수성									
19			이공계열	전기공학	저널논문				
						Highly Elastic GrapheneBased Electronics Toward Electronic Skin			
						Adv. Fucnt. Mater.			
						전기재료		27(33), 1701513	URL입력
						0			
						2017	https://doi.org/10.1002/adfm.201701513		
						10.1002/adfm.201701513			
표피 전자 장치는 일반적으로 진공을 이용한 미세 제작 공정을 통한해 복잡한 공정과 고비용으로 제조되는데 이는 웨어러블 전자 장치의 광범위한 잠재력을 제한함. 본 연구에서는 저가의, 용액공정 및 환원 그래핀 산화물(r-GO)을 이용한 다양한 기능을 갖는 고성능 그래핀 기반 표피 바이오 전극과 스트레인 센서를 제시함. 해당 장치들은 복잡한 미세 가공 공정을 사용하지 않고, 간단한 코팅과 직접 패터닝을 사용하여 제작됨. 제작된 그래핀 바이오 전극은 매우 우수한 신축성(최대 150% 변형), 낮은 면 저항(1.5 kΩ per square), 그리고 최대 5000 사이클의 신축과 수축을 견디는 높은 기계적 안정성을 보임. 또한 제작된 그래핀 스트레인 센서는 높은 감도(게이지 계수 7~173)와 넓은 감지 범위(최대 40% 변형)를 보임. 본 연구에서는 건식 바이오 전극의 기능적 응용과 고감도 스트레인 센서를 통해 인간의 전기 생리학적 신호 및 운동의 정밀한 검출(즉, 심전도, 뇌파검사 및 근전도 검사) 모니터링 방법을 시연하였음. 최종적으로 RGO/다공성 PDMS에 기반한 본 연구실의 다기능 장치 플랫폼은 저렴한 공정 방법과 더불어 2D 재료와 전자 피부의 결합을 통해 미래의 착용 가능한 전자 피부를 위한 길을 열어 줄 것으로 예상됨.									

② 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

<표 3-3> 최근 5년간 이공계열 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적

연번	참여 교수 명	연구자 등록번호	전공 분야	실적 구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
			세부 전공 분야			
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성						
1			전기공학	특허	① 발명자:	
					② 특허명(품종등록명): 탠덤태양전지소자	
			반도체물성		③ 등록국가: 대한민국	URL입력
					④ 등록번호: 10-1901068	https://doi.org/10.8080/1020170100942
					⑤ 등록연도:2019	
태양광 시장에서 기술적 한계를 극복하면서 중국의 저가공세에 대응하며 가격 경쟁력을 확보하기 위해서 고효율화를 달성할 새로운 재료 및 이를 이용한 태양전지의 개발이 필요한 상황임. 단일 접합 태양전지는 태양광을 흡수하여 열로 손실되는 물성을 가지고 있어 빛을 전기로 변환되는 비율인 에너지변환 효율의 한계를 가지고 있음. 해결방안으로는 태양광 스펙트럼을 효과적으로 흡수할 수 있는 다중접합 태양전지가 주목 받고 있음. 본 특허에서는 다중접합 태양전지를 제품에 적용하기 위해서 필수적인 모듈 구조와 모듈 구조에 적합한 탠덤 태양전지 구조를 제안함. 대표 청구항으로 다중접합 태양전지의 경우 상부셀과 하부셀을 직렬 연결하여 하나의 태양전지로 만들며, 각 셀의 전자와 정공이 효율적으로 이동할 수 있도록 전기적으로 연결된 터널접합층을 구성하였음. 특히, 터널접합 층을 나노 구조로 제안하여 태양광의 손실없이 상부에서 생성된 정공과 하부에서 생성된 전자가 효과적으로 전도되는 다중접합 태양전지의 핵심 구조를 확보함.						

연번	참여 교수 명	연구자 등록번호	전공 분야	실적 구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
			세부 전공 분야			
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성						
2			전기공학	기술이 전	· 발명자:	
					· 이전 기술명: CVD-CIGS 박막태양전지 모듈기술 개발에 관한 사업 자문	
			반도체물성		· 기술이전 회사:메카로	URL입력
					· 기술이전 액수(천원): 70,000천원	
					· 기술이전 연도: 2018	
					메카로사는 1999년 설립되어 반도체/디스플레이 장비에 사용되는 박막 증착 핵심 부품을 주력으로 생산하고 박막 원재료인 Chemical Source에 대한 지속적인 신기술개발 투자를 진행하여, 부품과 소재 분야의 중견기업으로 성장하였음. 또한 신사업으로 태양광 분야를 선정하여 원가 경쟁력이 있고 건물 등에 적용했을 경우에도 심미적 장점이 있는 CIGS 박막 태양전지를 지난 10년 동안 독자적인 기술로 개발 중이었으나 부품·소재기업이 갖는 소자개발 역량의 한계를 보이며 기술이 정체되어있는 상황임. 본인은 삼성전자와 삼성 SDI에서 세계최고 효율의 대면적 CIGS 태양전지를 개발했던 경험을 바탕으로 CIGS 모듈의 광전 파라미터 분석과 열화상(Lock-in thermography) 등의 이미지 분석을 통한 박막 및 전기특성 균일도 분석, 태양전지 구조 설계, 모듈 디자인, 모듈 공정 컨설팅 등을 통해 당사가 사업화에 성공할 수 있도록 2018년 이 후 긴밀하게 기술을 지원하고 있음.	

연번	참여 교수 명	연구자 등록번호	전공 분야	실적 구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙	
			세부 전공 분야				
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성							
3			화학공학	특허	① 발명자:		
					② 특허명 : 액상의 수소 저장 물질		
					③ 등록국가: 대한민국	URL입력	
			화공열역학		④ 등록번호: 10-1987553	https://doi.org/10.8080/1020170157088	
					⑤ 등록연도: 2019		
					본 발명은 액상의 수소저장 물질에 관한 것으로 보다 상세하게는 가역적인 탈수소화/수소화 반응이 일어나는 액상의 수소저장물질에 관한 것이다. 본 연구는 기존 카바졸 류의 물질을 대체할 수 있는 새로운 수소저장 물질로 MBP (Methyl Biphenyl)계열 물질의 혼합물을 제시하였으며, 본 물질은 가역성/반응온도 및 상온 액상 유지 등 기존 물질에 비하여 많은 장점을 가지고 있으며, 현재 본 물질을 이용한 에너지 저장 시스템 구축 연구를 꾸준히 진행하고 있음.		

연번	참여 교수 명	연구자 등록번호	전공 분야	실적 구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
			세부 전공 분야			
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성						
4			화학공학	특허	① 발명자:	
					② 특허명(품종등록명): 고산도 원유 또는 탄화수소 유분으로부터 유기산의 제거방법	
			화공열역학		③ 등록국가: 대한민국	URL입력
					④ 등록번호: 10-1987553	https://doi.org/10.8080/1020170015429
					⑤ 등록연도:2017	
					원유가 고갈되어가는 시점에서 앞으로 저급 원유 또한 에너지원 및 석유화학 기초 제품의 원료로써 사용되어야 할 것. 본 발명에서는 유기산이 포함된 저급 원유 (고산도 원유)에서 문제가 되는 성분인 나프텐 산을 효율적으로 제거하는 방법을 제시하고 있음. 본 발명에서는 물성 예측을 위하여 양자역학 기반의 분자 모델링 기법을 활용하여 후보군 물질을 검색하고, 최종적으로 실험을 통하여 최적의 물질을 제안하였음. 실험을 통하여 효과적인 유기산 물질 제거를 위한 조성과 공정 조건을 제시하였으며, 연속공정 조업을 통하여 안정성이 있음을 증명하였음. 본 발명은 향후 원유가 고갈되어가는 시점에서 기존 석유화학 시설을 그대로 활용하면서 고갈되어가는 저급 화석연료의 활용을 확장하고자 하는 연구로서 상업적 가치가 있는 기술이라고 평가됨.	

연번	참여 교수 명	연구자 등록번호	전공 분야	실적 구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
			세부 전공 분야			
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성						
5			전자/정보통신공학	특허	① 발명자:	
					② 특허명(품종등록명): 재활용을 위한 태양전지 모듈의 해체방법	
			반도체재료		③ 등록국가: 대한민국	URL입력
					④ 등록번호: 10-1939493	https://doi.org/10.8080/1020170117338
					⑤ 등록연도:2019	
					태양광발전(Photovoltaics) 연구개발은 최근 10년간 전 세계적으로 매우 활발히 진행되고 있으며, 재생에너지원중에서 가장 많은 보급과 실생활에 응용됨. 설치량이 증가함에 따라 누적 설치량도 늘어나고 있으며 25~30년 후 폐기되는 태양전지 모듈의 양도 늘어날 것으로 예측됨. 이러한 폐태양전지 모듈 처리 방법이 전세계적인 이슈이며, 전면 유리-봉지재-태양전지-봉지재-백시트의 순으로 적층된 폐 모듈을 처리하는 과정에서 고온 소각에 의해 납 증기를 포함한 여러 해로운 물질이 발생함. 또한, 이 과정에서 태양전지 웨이퍼 및 전면 유리에 물리적인 손상이 발생함. 본 특허에서는 실리콘 모듈에서 유리와 봉지재, 봉지재와 백시트 사이에 희생층을 적용하는 방식으로 효과적인 분리 및 유해물질 발생을 최소화할 수 있는 독창적인 방법임. 본 특허의 대표 방법으로는 희생층으로 FTO(Fluorine doped Tin Oxide) 박막을 사용하였으며, 이 희생층을 낮은 공정온도(100-200°C)의 전기화학적인 방법으로 파괴하였으며, 유리를 포함한 모듈 구성요소들의 물리적 손상도 줄일 수 있음. 이 특허를 통하여 태양전지 폐모듈 처리에 있어서 경제적이고 혁신적인 재활용 방법을 제시함으로써 본 사업단의 목적과 전략에 적합함.	

연번	참여 교수 명	연구자 등록번호	전공 분야	실적 구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
			세부 전공 분야			
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성						
6			전자/정보통신공학	특허	① 발명자	
					② 특허명(품종등록명): 실리콘 태양전지 및 이의 제조방법	
					③ 등록국가: 대한민국	URL입력
			반도체재료		④ 등록번호: 10-1626248	https://doi.org/10.8080/1020150003224
					⑤ 등록연도:2016	
					본 특허는 태양광발전시스템의 핵심소자인 태양전지의 고효율화를 위한 새로운 구조를 제안한 내용임. 수 나노미터(nm) 크기의 산화물막을 이용하여 고성능 패시베이션 및 터널링 전류를 동시에 달성할 수 있는 새로운 구조로 기존 상업용 실리콘 태양전지(BSF, PERC) 대비 저온공정 적용 및 고개방전압 구현이 가능한 독창적인 연구개발임. 이를 통해 새로운 저가, 고효율 상용 실리콘 태양전지 개발이 가능하며 글로벌 태양전지 시장에서의 국내 태양전지 기술적 우위성 및 산업경쟁력 강화에 큰 기여를 할 것으로 기대됨. 이러한 특허의 우수성을 인정받아 국내 디스플레이 제조장비 중소기업인 (주)조인솔루션에 2017년 기술이전(9백만원) 성사시킴과 동시에 차세대 태양전지 개발을 위한 건식증착장비 국산화 개발 산업 국책과제를 같이 수행함(2017-2020). (주)조인솔루션은 이러한 차세대 태양전지용 건식증착장비 개발을 통해 열악한 국내 장치산업의 글로벌 경쟁력을 확보할 것으로 기대되며 이러한 기술이전은 본 사업단의 목적과 추구하는 전략방향에 적합함.	

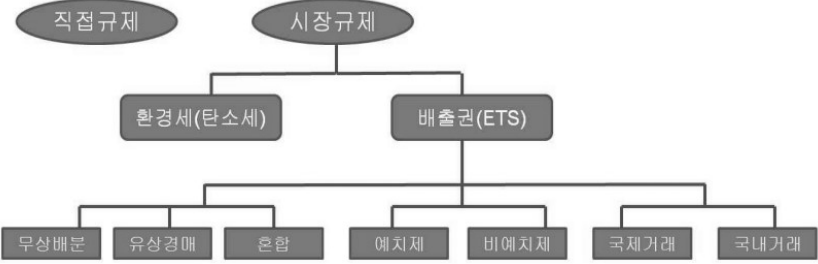
연번	참여 교수 명	연구자 등록번호	전공 분야	실적 구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
			세부 전공 분야			
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성						
7			전기공학	특허	① 발명자:	
					② 특허명(품종등록명): 염료감응형 태양전지의 염료 흡착방법	
			전기재료		③ 등록국가: 대한민국	URL입력
					④ 등록번호: 10-1689762	https://doi.org/10.8080/1020140163442
					⑤ 등록연도: 2016	
					염료감응 태양전지는 나노 입자 산화물 반도체 전극에 흡착된 염료가 태양광의 가시광선과 자외선 영역(예를 들면, 400 ~ 900nm) 파장의 빛을 흡수하여 전자를 발생함. 이러한, 염료를 코팅하는 경우 고체 염료를 에탄올, 아세토나이트라일 등의 알코올성 용매에 녹여 금속 산화물을 대략 6 - 12 시간 이상 잠기게 함으로써, 나노 입자로 이루어진 금속 산화물층에 염료를 코팅한다. 본 발명은 염료감응형 태양전지의 제조과정으로서, 기판 상에 산화물 전극을 준비하는 단계, 제1 비점을 갖는 적어도 하나의 용매에 염료를 혼합하여 염료 혼합액을 준비하는 단계 및 60℃ 내지 제1 비점 미만의 온도 조건 하에서, 상기 염료 혼합액을 상기 산화물 전극 상에 도포하는 단계를 포함하는, 염료의 흡착방법을 제공한다. 상기 방법에 의하면, 수 분 이내에 염료의 흡착반응이 완료되어 매우 경제적인 뿐만 아니라 제조되는 염료감응형 태양전지의 효율 및 안정성 개선 가능.	

연번	참여 교수 명	연구자 등록번호	전공 분야	실적 구분	특허, 기술이전, 창업 상세내용	증빙
			세부 전공 분야			
특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성						
8			전기공학	특허	① 발명자	
					②특허명(품종등록명): 전자섬유 및 이의 제조방법	
			전기재료		③등록국가: 대한민국	URL입력
					④등록번호: 10-1635171	https://doi.org/10.8080/1020140046727
					⑤ 등록연도: 2016	
					본 발명은 전자 섬유 제조에 관한 것임. 휴대용 유연 디스플레이 기능, 생체 신호 진단 기능, 위험 가스 센싱 기능, 에너지 저장 기능 등을 비롯해 입는 컴퓨터의 구현까지, 다양한 분야에 적용이 가능하기 위해서 전자섬유는 전도성을 포함한 내구성, 휘어짐, 착용 및 세탁 가능, 소재의 경량성이 우수해야 하기 때문에 전 세계적으로 그래핀 섬유 개발이 활발히 이루어지고 있음. 본 발명은 생체 접촉물질을 이용해 현재 사용되고 있는 섬유 즉, 면, 나일론, 폴리에스터 등을 그래핀 산화물로 감싸게 한 후, 화학적 방법으로 그래핀 산화물을 환원하는 과정을 거치게 됨. 기존 섬유 혹은 신섬유인 나노 섬유 등을 손쉽게 전자섬유를 만들 수 있을 뿐 아니라, 현 의류 산업에 바로 적용이 가능하다는 장점이 있음. 본 발명의 전자섬유 제조기술은 미래 전자 및 섬유 산업 관련시장에서 경쟁력을 강화하고 유비쿼터스 환경에 적합한 지능형 의류 개발에 표준화를 선도하는 데에도 크게 기여할 수 있음.	

1.2 연구업적물

③ 연구의 수월성을 대표하는 연구업적물 (최근 10년)

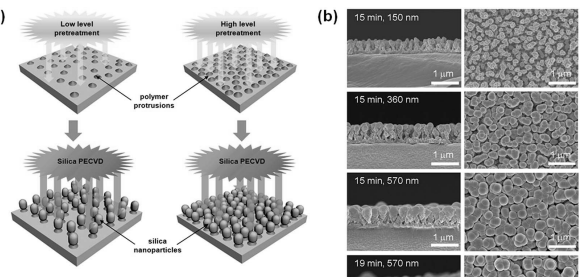
연 번	대표업적물 설명
1	교수 2018. Challenges in implementing the extended producer responsibility in an emerging market: the end-of-life tire management in Colombia, Journal of Cleaner Production 189: 754 - 762. [사회문제 해결형 실적] 전 세계 400여 개의 생산자책임확대제도(Extended Producer Responsibility) 중 8% 정도가 개발도상국에서 운영되고 있지만 어떻게 시행되고 있으며, 목표한 성과를 달성하고 있는지 평가한 연구는 부족한 실정임. 콜롬비아는 2005년 폐기물 및 유해폐기물 관리를 위한 국가 정책과 함께 생산자책임확대제도의 접근법을 도입하기 시작해 2007년부터 농약용기, 의약품, 배터리, 전구, 타이어 및 전자제품의 7개 제품을 대상으로 10년 이상 제도를 시행해 오고 있으나 정책 시행 결과에 대한 체계적인 평가는 부족한 상황임. 본 연구에서는 2년간의 현장연구를 바탕으로 콜롬비아 페타이어 생산자책임확대제도의 운영 및 성과에 대해 분석하고 개선점을 제안하였음. 콜롬비아는 매년 5.5백만~6.7백만 개에 이르는 타이어를 수입하여 사용하고 있는데, 생산자책임확대제도 도입 이전에는 사용 후 페타이어의 무분별한 방치나 불법소각 등으로 인해 심각한 환경문제가 야기되었고, 제도 도입 이후에도 상당수의 페타이어가 무단방치되거나 야적으로 인한 화재가 발생하기도 하였음. 이에 따라 페타이어 생산자책임확대제도의 실효성을 환경 및 거버넌스 두 가지 측면에서 분석하였음. 환경 효과성 평가를 위해 페타이어의 물질흐름 데이터를 수집하였고, 거버넌스 분석을 위해서는 OECD 생산자책임확대제 4가지 거버넌스 모델과 8가지 기능으로 행정 실행 가능성을 평가하였음. 분석 결과, 페타이어 생산자책임확대제도가 실행된 2012년부터 2016년까지 페타이어 수집은 제도의 목표치에 따라 꾸준히 증가하였음. 하지만 이렇게 수집된 페타이어는 고무분말 가공이라는 한 가지 기술에만 의존하여 대부분 처리되고 있었으며, 고무분말에 대한 시장이 제대로 형성되어 있지 않아 재활용업체들이 경제적 어려움을 겪고 실질적인 재활용이 제대로 이루어지고 있지 않음. 생산자책임확대제도의 지속적 확대 운영을 위해서는 중단기적으로 시멘트 소각 인프라를 활용하여 에너지 회수를 확대하고, 장기적으로는 다양한 재활용 기술의 개발, 보조금 지급을 통한 재활용 산업의 육성, 안정적인 수요처의 확보를 통해 페타이어의 실질적인 순환이 이루어져야 함. 또한 콜롬비아 페타이어 생산자책임확대제도는 거버넌스 측면에서도 여러 문제점이 발견되었음. 콜롬비아 생산자책임확대제도는 생산자에게만 모든 재정 및 운영책임을 부과하고, 다른 이해관계자들에게는 충분한 참여 인센티브를 부과하지 않음으로써 성공적 제도 실행을 위한 역할 이행이 제대로 이루어지고 있지 않음. 페타이어 관리를 이행하는 조직(Producer Responsibility Organization)은 두 개가 운영되고 있었으며, 이행 주체 간 차이에도 불구하고 다른 시장을 관리함으로써 상호보완적인 관계를 유지하는 것으로 판단됨. 소비자와 소매업자의 참여를 위한 재정적 인센티브, 재활용 시장과 업체에 대한 지원, 지자체의 폐기물 관리 인프라를 활용하기 위한 역할분담, 규제기관의 적절한 모니터링 및 시장의 공정경쟁을 보장하기 위한 보조 정책의 시행이 고려되어야 함. 생산자책임확대제도의 지속적 이행 및 환경성 제고를 위한 개선점을 제안한다는 점에서 본 연구는 대표적 사회문제해결형 연구임. 콜롬비아 국가산업협회의 요청으로 연구를 시작하여 연구결과는 콜롬비아 순환경제 포럼 및 학회에서 발표함. 산업의 지속가능한 자원 관리와 정책에 관한 연구라는 점에서 본 교육연구단의 목표에도 부합함. 논문은 2018년 기준 영향력지수 6.395, 환경과학 분야 상위백분율 6.773%인 Journal of Cleaner Production에 게재됨.

연 번	대표업적물 설명
	교수 “Real option analysis for effects of emission permit banking on investment under abatement cost uncertainty.” <i>Economic Modelling</i> 29.4 (2012): 1314-1321. [에너지정책 실적] 파리기후협정 발효로 온실가스 감축 노력이 국제사회 전반으로 확산됨에 따라 각 국가는 온실가스 감축을 위한 정책수단을 고려하고 있음. 구체적으로, 배출권거래제, 탄소세, 직접규제 등 온실가스의 배출을 저감하기 위한 다양한 정책수단이 존재함(그림1). 본 연구에서는 온실가스 감축 정책수단 중 배출권거래제와 배출권 예치 및 이월제도를 다루고 있음.  <pre> graph TD A[직접규제] --- B[탄소세] A --- C[배출권(ETS)] C --- D[무상배분] C --- E[유상경매] C --- F[혼합] C --- G[예치제] C --- H[비예치제] C --- I[국제거래] C --- J[국내거래] </pre> [그림 1] 배출권거래제는 오염물질의 배출에 대한 권리를 설정하고 이에 대한 거래를 허용함으로써, 최소비용으로 오염물질의 감축을 기하고자 하는 제도임. 즉, 배출권거래제의 특징은 환경기준이나 행정명령과 같은 직접규제 방식에 의존하지 않고, 시장유인제도(market-incentive mechanism)를 통해 오염물질 배출을 규제하는데 있음. 2 다수의 환경 경제학자들이 배출권거래제의 도입이 효율적인 환경 관리 시스템이라는 것에 동의함. 환경 규제의 주요 목표는 부정적인 외부효과를 바로 잡는 것인데, 배출권거래제 하에서 경제 주체들은 환경설비 투자를 통해 오염 배출량을 감축하거나 배출권을 구입하는 선택 앞에 놓이게 됨. 본 연구는 배출권거래제에 배출권 이월제도를 도입함으로써 인하여 기업의 환경 투자에 대한 선택이 어떻게 변화하는지를 분석함. 오염물질 감축 비용에 대한 불확실성과 투자의 비가역성을 분석에 포함하기 위하여 실물옵션 방법론이 적용됨. 보통의 경우 비가역성과 불확실성은 투자를 지연시키는 효과를 갖는데, 배출권거래제의 경우 역시 환경투자 비용이 크고 감축비용이 확률과정을 따를 때 투자 옵션의 가치는 증가하는 것을 확인함. 그러나 동시에 배출권 이월제도를 분석에 포함하는 경우 투자의 기회비용이 달라질 수 있기 때문에 결과적으로 투자 결정에 영향을 미침. 만약 환경감축비용의 불확실성이 고려되는 경우, 이월이 가능한 경우와 불가능한 경우에 따라 투자 유인이 달라짐. 이월이 불가능한 경우, 환경 투자를 통해 발생하는 추가적 배출권을 즉시 판매해야 하기 때문에 투자 옵션을 행사하는 기회비용은 상대적으로 큼. 반면 배출권을 이월하는 경우 배출권의 가치가 높을 때까지 배출권의 판매를 연기할 수 있기 때문에 투자의 기회비용을 감소시킴. 이 연구는 배출권 이월 도입을 통해 기업들의 환경 투자를 유도할 수 있는 조건을 제시함. 배출권 이월을 허용하는 환경 규제들이 증가하고 있지만 이것이 환경 투자에 미치는 영향에 대한 연구는 배출권 이월을 고려하지 않는 연구에 비하여 제한적임. 따라서 본 연구는 효율적인 환경 규제를 위하여 배출권 이월제도를 도입하는 것의 효과를 분석하고 환경 투자를 촉진 시키는 조건을 제시하였다는 의의가 있음.

교수

“Light trapping in bendable organic solar cells using silica nanoparticle arrays”, *Energy & Environmental Science*, 8, pp.932-940, 2015.

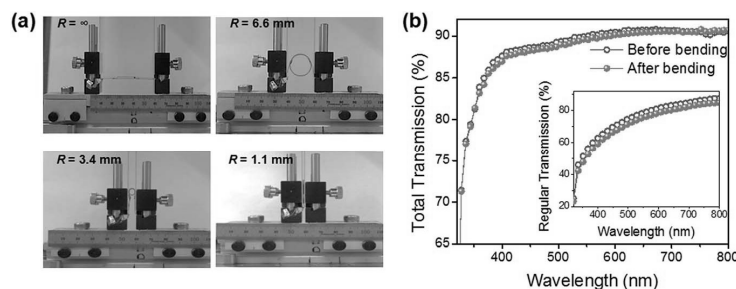
[에너지기술 실적] 2019년 전세계 120GW 설치되고 있는 태양광발전시스템은 글로벌 온실가스 및 전력수요 증가로 인한 환경문제를 해결하고 향후 지속해서 성장할 것으로 예측됨. 최근 친환경 제로(플러스) 에너지 건물과 친환경 전기자동차에 대한 중요성이 부각되고 있으며, 도시 및 수송용 자동차에 적용 가능한 최적의 에너지시스템으로 태양광발전시스템이 주목받고 있음. 건물용 태양광발전(Building Integrated PV, BIPV)과 전기자동차(Electric Vehicle)에 요구되는 특수한 성능에 부합할 수 있는 차세대 태양전지 기술개발이 꼭 필요함. 하지만 지금까지 낮은 광전변환효율(Conversion efficiency)로 인하여 상용화하는 데 큰 어려움을 겪고 있으며 그 결과 고가의 실리콘 웨이퍼 기반 태양전지가 시장의 90% 이상을 점유함.



[그림 1]

본 연구는 차세대 태양전지로 주목받고 있는 경량(Flexible) 유기 태양전지의 효율 향상을 위해 나노기술을 접목한 것에 큰 의미가 있으며 이를 통해 플렉서블 유기 태양전지의 상용화 가능성을 제시함.

태양광흡수 효과를 극대화하기 위하여 플라즈마를 이용한 화학기상증착법을 이용하여 상온에서 실리콘 나노 구조체(Silica nanoparticle layer)를 만드는데 성공하였으며(그림 1), 이것을 유기 태양전지에 적용하여 기존 상업용 실리콘 태양전지 대비 낮은 효율의 단점을 극복한 실험 결과를 얻음. 실리콘 나노 구조체를 이용하여 태양광 스펙트럼 350-700nm 범위에서 광흡수 상승효과를 얻었으며 그 결과 광흡수층 두께를 30% 줄임에도 불구하고 효율은 13% 상승하는 세계 최고



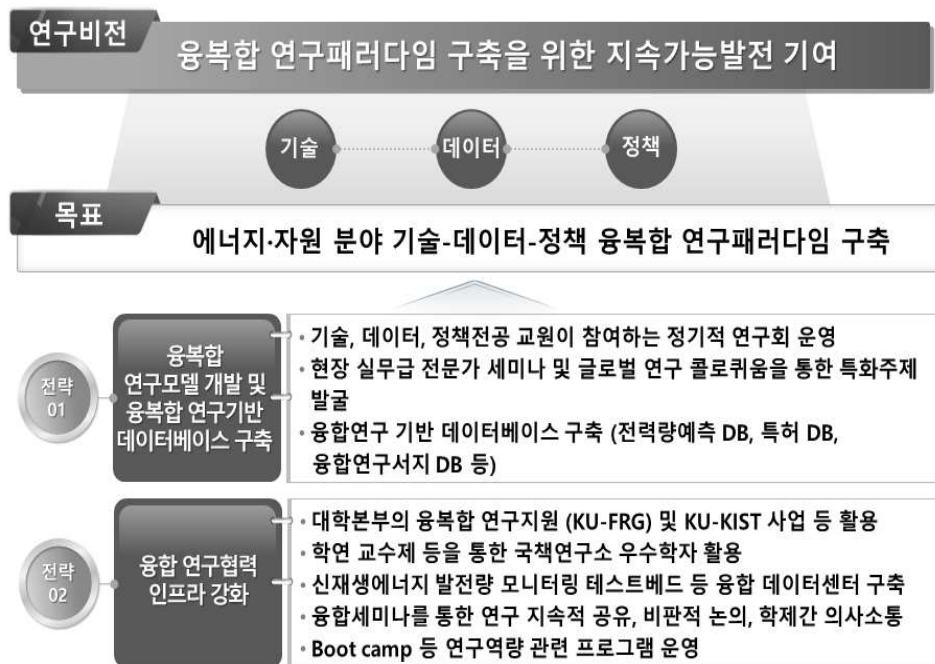
[그림 2]

의 상용화 가능성을 통해 플렉서블 고성능 태양광발전시스템을 개발할 수 있는 점은 본 교육연구단이 추구하는 목표 및 방향에 부합함. 태양광발전시스템의 사회적 수용성 강화에 크게 기여할 것으로 보여지며, 또한 다양한 응용이 가능하여 현재 중국과의 경쟁에서 어려움을 겪고 있는 국내 태양광산업의 글로벌 경쟁력을 키우고, 새로운 시장 창출 및 기술적 우위성을 바탕으로 시장 점유율을 확대하는 데도 기여할 것으로 기대됨. 본 연구의 학문적 우수성은 JCR 상위 1%에 드는 SCI급 국제학술지, IF=33.250 (2018-2019)에 게재가 되었다는 점에서 알 수 있음 (WoS, 2018).

1. 참여교수 연구역량

1.3 교육연구단의 연구역량 향상 계획

- 본 교육연구단의 연구 비전은 에너지·자원 분야에서 자연과학과 인문사회과학의 경계를 뛰어넘는 기술-데이터-정책 융복합 연구패러다임을 구축하여 지속가능발전에 기여하는 것임. 연구성과의 양적 목표를 달성하는 것에서 나아가, 지속가능발전이라는 산업사회의 당면 과제를 해결하는데 기여하는 질적으로 우수한 융합연구의 모델과 패러다임을 구축하는 것을 목표로 함. 이러한 목표를 달성하기 위해 1) 융복합 연구모델 개발 및 융복합 연구의 기반이 되는 데이터베이스 구축, 그리고 2) 융합 연구 협력을 위한 인프라 강화라는 2가지 핵심전략을 추진하고자 함(그림 III-1).



[그림 III-1] 교육연구단 연구비전, 목표 및 추진전략

- 2대 추진전략은 8개의 세부전략으로 추진될 계획이며, 이는 산업사회문제해결형 융복합 연구, 연구성과의 질적 향상과 연구몰입도 제고를 위한 지원체계 강화 등을 통해 “창의적·융합적 연구경쟁력 강화를 위한 연구지원체계 고도화”를 연구 분야 목표로 하고 있는 본부대학원의 전략방향과 일치함(표 III-1).

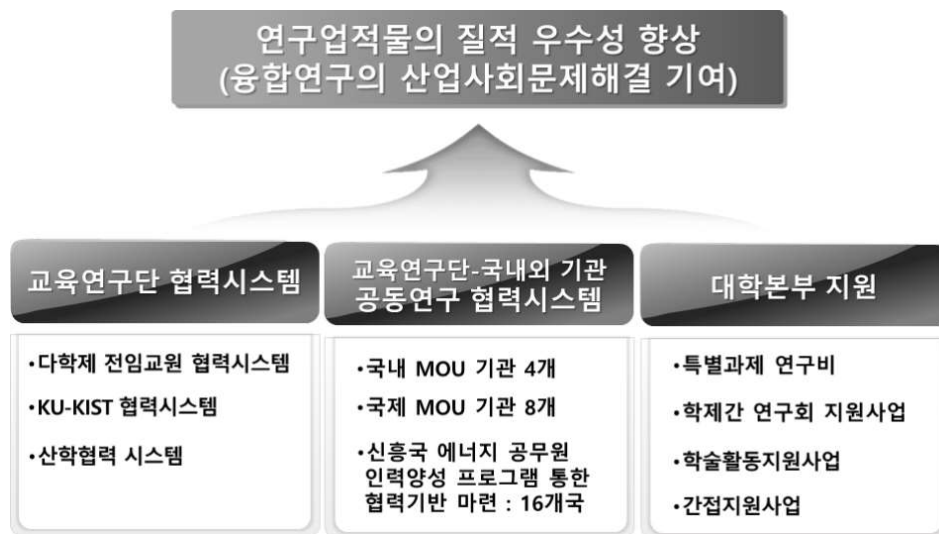
<표 III-1> 교육연구단 연구 추진전략과 본부대학원 연구 분야 전략과의 정합성

교육연구단 전략	본부대학원 전략
(연구) 융복합 연구패러다임 구축	창의적·융합적 연구경쟁력 강화를 위한 연구지원체계 고도화
2.1. 에너지·자원 분야 융복합 연구모델 개발 및 융복합 연구기반 데이터베이스 구축 1) 기술, 데이터, 정책 전공 교원이 참여하는 정기적 연구회 운영 2) 현장 실무급 전문가 세미나 및 글로벌 연구 콜로퀴움을 통한 특화 연구주제 발굴 3) 융합연구 기반 데이터베이스 구축	- 산업사회문제해결형 융복합 연구기획 및 지원 강화

2.2. 융합 연구협력 인프라 강화 1) 대학본부의 융복합 연구 지원 (KU-FRG) 및 KU-KIST School 사업 등 활용 2) 학연 교수제 등 통한 국책연구소 우수학자 활용 3) 신재생에너지 발전량 모니터링 테스트베드 등 융합 데이터 센터 구축 4) 융합세미나를 통한 연구 지속적 공유, 비판적 논의, 학제 간 의사소통 5) Boot camp 등 연구역량 관련 프로그램 운영	- 세계 선도 연구 분야 육성을 위한 창의·도전 연구 지원 확대·강화 - 연구성과의 질적향상을 위한 제도혁신 및 지원 체계 구축 - 우수연구인력 확보를 위한 우수교원 초빙·육성 제도 혁신과 지원 강화 - 교원, 신진연구인력, 대학원생의 연구몰입도 향상을 위한 지원제도 강화
--	--

가. 연구업적물의 질적 우수성 향상 방안

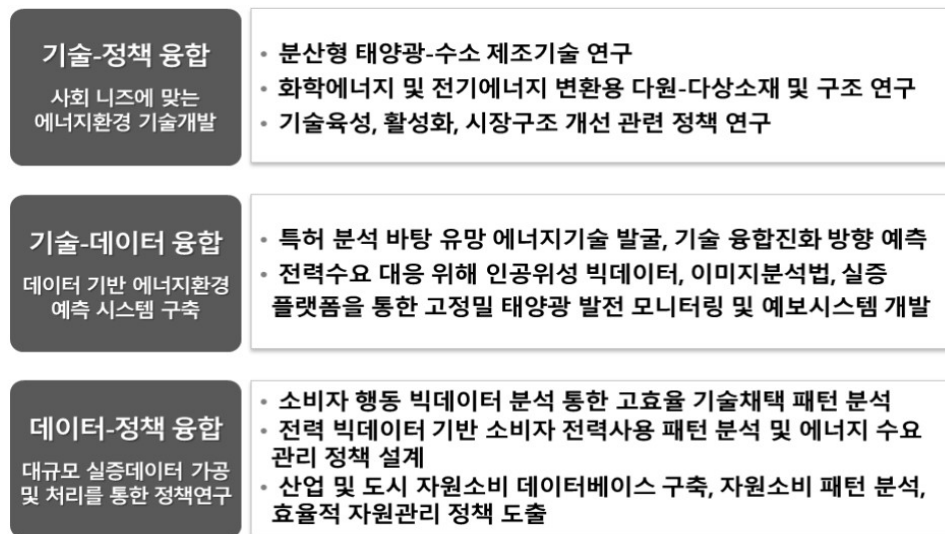
- 에너지·자원 분야에서 융복합 연구패러다임을 통해 지속가능발전에 기여하고자 하는 본 교육연구단의 연구비전과 목표에 비추어 보았을 때 연구업적물의 질적 우수성은 융합연구의 산업사회 문제 해결 기여도로 나타난다고 볼 수 있음. 따라서 연구업적물의 질적 우수성을 향상시키기 위해서는 대상 산업사회문제와 관련된 국내외 기관 및 기업과의 전문성을 활용할 수 있는 유연한 산-학-연 협력체계의 구축, 그리고 학제 간 융합연구의 효과적이고 실질적인 협력을 위한 시스템 구축과 지원이 필요함. 이를 위해 본 교육연구단의 협력시스템(내부협력 시스템, 학연기관인 한국과학기술연구원과의 협력시스템, 산학협력 시스템), 다양한 국내외 기관과의 공동연구 협력시스템을 강화하고, 이러한 협력연구를 위해 대학본부의 자원을 효과적으로 활용하고자 함(그림 III-2).



[그림 III-2] 연구업적물의 질적 우수성 향상 방안

- **(교육연구단 협력시스템)** 본 교육연구단은 2009년 국내 최초로 고려대학교와 한국과학기술연구원의 KU-KIST 학연제도를 이용한 협력 기반을 구축하여, 두 기관의 우수한 연구인프라 및 인적자원을 활용하고 공동지도교수 제도를 통한 연구자-교수-학생 간 공동연구를 촉진하고 있음. 또한 산업체와의 협력 강화를 위해 기술개발 시 관심 있는 기업의 참여를 유도하여 기업의 연구 인프라를 활용하거나 연구인력 교류를 활성화할 수 있도록 하고, 개발된 기술의 사업화까지 연계되도록 하기 위해 멤버십 프로그램을 구축하여 운영하고자 함.
- **(다학제 전임교원 협력시스템)** 에너지·자원 분야 특화 융복합 연구모델을 개발하고 발전시켜 나가

기 위해 1) 산업사회 핵심문제를 정의하고, 대상 문제를 중심으로 한 연구팀 구성 2) 기술, 데이터, 정책 연구진이 유연하게 상호협력할 수 있는 연구팀의 구성이라는 2가지 원칙을 가지고 연구팀을 다음과 같이 구성하여 융합 연구를 발전시키고자 함(그림 III-3).



[그림 III-3] 교육연구단 내부 다학제 협력을 위한 연구팀 구성 및 융합 연구주제 예시

- **기술-정책 융합:** 대상 기술의 효율성을 증진시키는 연구에서 더 나아가 빠르게 변화하는 사회 니즈를 파악하고, 이에 맞는 에너지, 자원, 환경 기술을 개발해 나가고자 함. 구체적인 예로, off-grid 지역이나 지역 커뮤니티 중심의 분산형 에너지 시스템 구축을 위한 태양광-수소 제조기술 연구와 그 기초가 되는 화학에너지 및 전기에너지 변환용 다원-다상소재 및 구조 연구, 그리고 지속가능발전에 대한 기여 잠재량이 큰 기술을 육성하여 사업화하고, 기술이 확산 적용될 수 있는 시장구조 개선에 관한 정책 연구를 수행하고자 함.
- **기술-데이터 융합:** 늘어나는 빅데이터를 활용하여 경쟁력 있는 기술을 발굴하고, 효과적인 기술 활용을 위한 예측시스템을 구축하고자 함. 구체적인 예로, 대규모 특허 데이터에 기반한 유망 에너지 기술을 발굴하고 기술 융합진화 방향을 예측하거나, 인공위성 빅데이터 및 기후환경 데이터를 가지고 전력 수요에 효과적으로 대응하는 태양광 발전 모니터링 및 예보시스템을 개발하는 연구를 수행하고자 함.
- **데이터-정책 융합:** 대규모 실증데이터의 가공과 처리, 시스템 분석에 기반한 정책 연구를 수행하고자 함. 구체적인 예로, 소비자 행동 빅데이터에 기반한 기술채택 패턴 분석연구, 전력 빅데이터 기반 소비자 전력사용 패턴분석 및 에너지 관리정책 설계연구, 산업 및 도시 자원소비 데이터베이스 구축 통한 자원소비 패턴 분석 및 효율적 자원관리 정책을 도출하는 연구를 수행하고자 함.

- (KU-KIST 협력시스템)

- 공동지도교수 체제를 통한 연구자-교수-학생 간 공동연구 실시
- 학연제도를 통한 연구시설 및 데이터 공유 채널 구축

- (산학협력 시스템)

- 공동연구 및 기술사업화를 위한 산업체 멤버십 프로그램 운영(그림 III-4)
- 멤버십 기업 과제 참여시 인적교류, 장비 인프라 활용
- 기술이전



[그림 III-4] 교육연구단 산학협력 멤버십 기업 목록

- **(교육연구단-국내외 기관 공동연구 협력시스템)** 본 교육연구단은 지난 10년 동안 해외 8개 기관 및 국내 4개 기관과 MOU를 체결하여 공동연구 협력을 확대해 왔으며, 2015년부터는 신흥국 에너지공무원 석박사 인력양성 프로그램을 운영하면서 총 28명의 졸업생과 재학생을 통해 16개국과의 협력 기반을 마련함. 특히 신흥국 에너지 공무원 인력양성 프로그램을 통해 쉽게 얻기 어려운 정책 동향 최신 정보와 이해관계자 등 지역적 특수한 정보를 바탕으로 신흥국 에너지분야 지속가능발전 연구를 확대해 나가고 있음.
 - **(국내 MOU 체결: 4개 기관)** 녹색기술센터, 제주 연구원, 제주 에너지공사, Global Green Growth Institute(GGGI). (국제기구 1개 기관 포함)
 - **(해외 MOU 체결: 8개 기관)** 미국 델라웨어대학교 에너지환경정책연구소, 싱가포르 국립대학교 에너지연구소, 네덜란드 델프트 공과대학 그린빌리지연구소, 러시아 모스크바 국제관계 국립대학원, 독일 European Agency of Otzenhausen, 독일 Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE, 일본 산업기술종합연구소, 일본 자연에너지기재단 (대학 4, 기업 2, 연구소 2)
 - **(신흥국 에너지 공무원 인력양성 프로그램 통한 협력기반 마련: 16개 국가)** 미얀마, 카자흐스탄, 인도네시아, 라오스, 파키스탄, 몽골, 베트남, 우즈베키스탄, 카메룬, 캄보디아, 태국, 보츠와나, 말레이시아, 스리랑카, 필리핀, 네팔.
- **(대학본부 지원)** 고려대학교 본부는 구성원 연구의 질적 우수성 향상을 위해 다양한 방안을 수립하여 지원하고 있음. 특히 타대학과는 차별화된 지원방안으로 특별과제연구비, 학제 간 연구회 지원사업, 학술활동지원사업이 있음. 또한 산업체와의 협력강화를 위한 특허지원제도 및 BK21 4단계를 위한 전담직원을 배치하여 본 교육연구단의 연구목표 달성을 지원함.
 - **(특별과제 연구비)** 총장이 학교발전 및 교육관련 연구과제를 지원함. 기간과 연구비는 특별과제 연구비 지급대상으로 선정 후 확정됨. (5천만원 이내/년)
 - **(학제 간 연구회 지원사업)** 대형 학제 간 연구 프로젝트 개발 및 교내외 연구자 네트워크 기반 조성 활동을 지원함. 본교 전임교원의 정회원, 박사후연구원 및 대학원생의 준회원, 그리고 외부연구자로 구성됨. (1천만원 이내/년)
 - **(학술활동지원사업)** 학술활동지원사업은 전문학술지 논문게재 장려지원사업, 국제학술지 투고예정 논문 원문교정 지원사업, 그리고 외국석학 초청강연회 지원사업으로 운영됨.
 - **(간접지원사업)** 간접지원사업에는 내부심사를 거쳐 국내 및 해외특허 비용을 전액지원하는 특허지원 사업이 있으며, 교육연구단의 연구행정 효율성을 증대시키고 연구자료 분석을 고도화할 수 있도록 4단계 BK21 사업 전담직원 배치를 지원함.

나. 본 교육사업단과 대학 및 연구기관 간 공동연구 계획

〈표 III-2〉 공동연구 기관 및 내용

구분	기관	공동연구 내용	기간	분류
국내 대학	경희대 산업경영공학과/ 서울과학기술대에너지환경대학원	화력발전 저탄장 옥내화 사업에 대한 사회적 수용성 조사	2020-2021 (2년)	융합
	전북대학교	AI-태양광 융합 연구	2020-2024 (5년)	융합
	서울대학교 행정대학원	에너지 세계 개편 연구	2020-2021 (2년)	정책
	창원대학교	창원대학교 - 에너지 학술문헌 융합도 및 융합 사례 분석	2020-2021 (2년)	정책
	부산대학교	신재생에너지 발전 사업(태양광, 풍력, 바이오 발전)에 대한 국민 및 지역 주민 수용성 비교 연구	2020-2021 (2년)	정책
	군산대학교	차세대 페로브스카이트태양전지 원천기술 공동개발	2020-2021 (2년)	기술
	한국항공대학교	알키미스트 “투명태양전지”	2019-2027 (7년)	기술

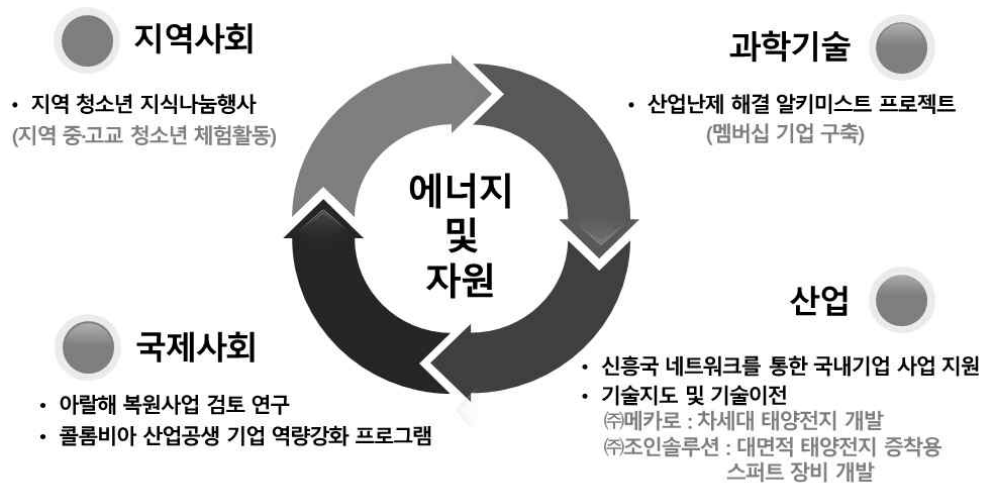
구분	기관	공동연구 내용	기간	분류
국내 정출연 연구소	한국과학기술연구원	에너지 순생산 & 환경순환 에코시티 구축	2018-2022 (5년)	융합
		유기무기 하이브리드 기반 광발전소자 원천기술 개발	2020-2022 (3년)	기술
	생산기술연구원	산업단지 폐부산물 폐쇄순환 그리드 시스템 개발	2019-2021 (3년)	융합
	한국에너지기술연구원/ 녹색기술센터	플라즈마 활용 탄소자원화 기술개발 및 화력발전소 연계 플랜트 실증	2019-2022 (3년)	융합
	기상청	IPCC 의장 활동 지원 사업	2016-2022 (7년)	정책
	한국에너지기술연구원	차세대 CIGS 태양전지의 PID 메커니즘 규명	2020-2021 (2년)	기술
	한국화학연구원	알키미스트 “슈퍼태양전지 개발”	2019-2027 (7년)	기술
	한국표준연구원	실험실 안전환경 구축을 위한 열역학 물성 DB 활용 사업	2020	기술

구분	국가	기관	공동연구 내용	기간	분류
해외 대학 및 연구기관	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, 한국 산업공생 잠재량 예측	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
		GABI (Global America Business Institute)	탄소자원화(Carbon Utilization) 관련 한미 기술-정책 비교분석	2021-2022 (2년)	정책
	네덜란드	University of Twente	한국 국제무역의 함유된 탄소배출 분석	2020-2021 (2년)	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	상업용 TOPCon 태양전지 개발	2018-2021 (4년)	기술
	EU	IUPAC (국제화학연합) NIST (미국 표준연구소)	상평형자료의 Standard Reference Data 구축	2012-현재	기술

2. 산업·사회에 대한 기여도

2.1 산업·사회문제 해결 기여 실적

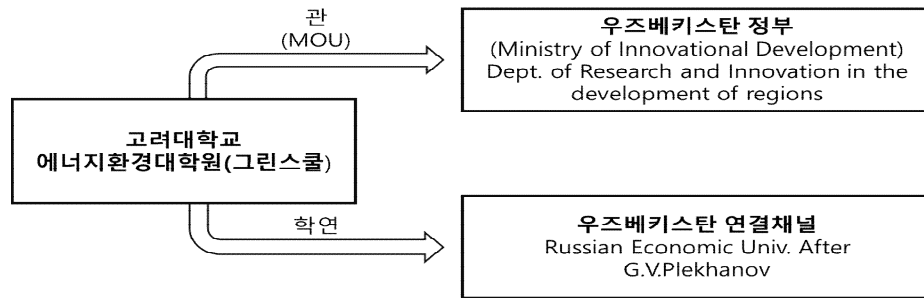
- 본 교육연구단은 지난 10년 간의 연구를 통해 과학기술, 산업 및 지역/국제사회 에너지·자원 문제 해결을 위해 노력하였으며, 대표적인 실적으로는 다음의 5가지 사례가 있음.



[그림 III-5] 교육연구단의 과학기술, 산업, 사회문제 기여 대표실적

가. (국제사회) 우즈베키스탄 아랄해 복원사업을 통한 국제사회 및 산업 기여

- **(목적)** 신재생에너지(태양광)를 활용한 아랄해 복원사업 검토
- **(내용)** 고려대학교 교내 특별기획연구로 2018년 10월에 시작하여 2019년 2월까지 자료수집 및 분석, 자문단 운영, 우즈베키스탄 협의를 진행
 - 아랄해 인근 산업 및 가정 전력수요가 크지 않으므로 에너지보다는 물부족 이슈로 접근 필요
 - 한국의 저탄소기술 국제협력 과제화 추진을 고려할 수 있고, 실제적 협력 추진을 위해 양국정상 의제화가 효과적일 것으로 보임.
 - 실증과제 대안 기술: 1) 태양광을 활용한 해수담수화를 통해 아랄해 부근 용수 제공, 2) 태양광을 통해 관개시설 용수 모터를 디젤을 활용하는 장비에서 전기를 사용하는 장비로 대체, 3) 탄소저감 및 자원화기술(CCUS, Carbon capture, utilization and storage), 수소자원, 합성연료 등 미래 기술을 활용한 태양광 연계. 1 MW의 태양광발전과 담수화시설을 연계하면 우즈베키스탄 평균 46여 가구에 용수 제공 가능.
 - 출장 결과: (대사관 의견) 아랄해 관련 아랄해 패키지의 하나로 의제화 검토 가능 / (우즈베키스탄 정부가 고려대에 제안한 사항) ①아랄해 태양광+기업 참여, ②고려대 타슈켄트 분교 제안에 대한 검토/답변 필요.
- **(산업사회 문제해결 기여점)** 본 특별기획연구를 통해 “태양광(에너지원)+솔루션시스템” 방식의 신 기후체제 대응 실증 과제로 향후 지속 추진함. 실증과제 후 태양광 발전원가가 더욱 낮아지게 되면 경제성 확보 시 향후 한국 태양광기업의 대규모 사업 수주에 선점 효과가 있음(현재 우즈베키스탄의 가스화력 발전원가는 3 cents/kWh이며, 아랄해 태양광 발전원가는 9 cents/kWh로 추산). TOP-DOWN 방식으로 아랄해 문제해결을 위한 양국 간 협력방안 논의가 구체화되면 그 시점에서 에너지기반 국제협력 실증 과제를 추진함.



[그림 III-6] 교육연구단의 우즈베키스탄 아랄해 복원사업

나. (국제사회) 콜롬비아 효율적 자원 공유(산업공생) 기업 역량강화 프로그램 개발을 통한 산업 기여

- **(목적)** 기업 역량강화 프로그램을 통해 비효율적으로 사용되는 자원의 공동 및 순환 활용(산업공생)을 촉진함으로써 기업의 경쟁력은 제고하면서 환경영향은 감소시키고자 함.
- **(내용)** 콜롬비아 로스안데스 대학교 연구팀은 2013년부터 300여 개 이상의 기업을 대상으로 청정생산 기업 역량강화 프로그램 “RedES-CAR”를 운영하여 오고 있으며, 2017년에는 본 교육연구단 참여교수와 함께 자원의 효율적 순환사용을 위한 기업 간 협력 역량강화 프로그램(산업공생)을 개발하였음.
 - 2017년 파일럿 프로그램 시행을 시작하여 2018년까지 36개 기업이 20개의 자원효율협력 산업공생 프로젝트를 발굴하도록 지원함. 이러한 경험을 바탕으로 2019년 학술논문을 공동 게재하였으며, 논문에서는 프로그램의 접근법을 협력 거버넌스 및 리더십 모델에 근거하여 분석하고, 이 프로그램의 전략이 기업 간 협력에 필요한 요소들을 어떻게 변화시켰는지 분석함.
- **(산업사회 문제해결 기여점)** 콜롬비아의 RedES-CAR(지속가능산업네트워크 프로그램, 참고자료: <http://www.redescar.org/rutas-de-cambio/simbiosis-industrial>)는 지속가능발전을 위한 산업생태계 변화를 적극적으로 이끌어 내고자 하는 현장형 · 문제해결형 프로그램으로, 2017년 파일럿 프로젝트 이후에도 산업공생 프로그램을 지속적으로 운영하여 2019년에는 57개의 추가적인 기업과 함께 40개의 프로젝트를 발굴하였음.

다. (산업) 신흥국 에너지공무원 인력양성 프로그램을 통한 산업사회 기여

- **(목적)** 신흥국 에너지공무원 인력양성 프로그램(GETPPP)은 국제에너지인력벨트 사업의 일환으로 에너지 산업 수출 대상국의 공무원, 공공기관 및 정부출연 연구기관 인력의 역량강화를 통해 에너지 기술정책 전문가를 양성하고, 한국과 해당 국가 간의 국제 네트워크를 강화하기 위한 프로그램임.
- **(국제에너지인력벨트 구축사업)** 산업통상자원부 에너지기술과 및 에너지기술평가원에서 해외 에너지산업 수출 대상국의 공무원 및 공공기관 재직자를 대상으로 에너지기술 정책전문가 석 · 박사 과정을 운영
- **(신흥국 에너지공무원 인력양성 프로그램/GETPPP)** 연 5억 원 규모의 정부지원과 참여기업인 포스

코에너지의 민간출자(연 4천만 원 규모)로 2015년부터 2020년까지 총 5년간 운영. 참여기관 및 수요기업으로는 한국과학기술연구원(KIST, 홍릉), 글로벌 녹색성장기구(GGGI, 송도), 에너지경제연구원(KEEI, 울산), 포스코에너지, SK이노베이션, 한국석유공사, 삼탄, 한국동서발전, 계림폴리콘, 한국스마트, 에너지기술(주), 스템랩, 에코션, 엔바이오컨스, 코에버정보기술, 다쓰테크가 있음.

- **(내용)** 신흥국 에너지공무원 인력양성 프로그램을 통한 한화에너지와 말레이시아 정부부처 간 네트워킹 및 국제 사업 지원
 - 국내 기업 한화에너지가 말레이시아 정부의 재생에너지 정책 변화의 세부 내용을 확인하고 말레이시아에서의 태양광 발전사업 지속적 사업 개발 가능성을 타진하는 단계에서 말레이시아 정부 부처인 MESTECC(Ministry of Energy, Science, Technology, Environment & Climate Change, 現 Ministry of Energy & Natural Resources로 부처 개편) 담당 부서와의 커뮤니케이션이 가능하도록 GETPPP 인력의 지원을 받음(Mr. Mohamad Hamzi Abdul Azziz, 에너지환경대학원 박사, MESTECC의 Principal Assistant Secretary).
 - 한화에너지는 말레이시아 정부의 태양광 입찰 사업 2건을 수주하여 2021년까지 총 200MW 이상(약 2천억 원 규모) 태양광 발전사업을 완공 후 운영할 예정이며 향후 말레이시아 정부의 재생에너지 정책에 맞춰 지속적인 태양광 발전사업 개발을 계획 중임.
- **(산업사회 문제해결 기여점)** 우리나라 에너지 및 환경 관련 민간 기업의 해외 진출에 기여할 수 있도록 GETPPP 출신 인력과 민간 기업의 연결을 지원함. 에너지 사업은 정부의 정책 방향과 유기적으로 보조를 맞춰야 하는 바, GETPPP 내 초청 대상 국가 및 담당자 수를 확대하여 해외 국가 관련 부처의 인적 네트워크 풀(Pool)로 활용함.

라. (지역사회) 지역 청소년 초청 신재생에너지 및 태양광발전 체험활동을 위한 지식나눔행사

- **(목적)** 지역 중고교 학생들을 대상으로 신재생에너지 종류, 국내외 보급 현황, 국내산업 및 응용 분야에 대해 소개하고, 실험 및 견학 등 체험활동을 통해 새로운 클린에너지에 대한 지식을 습득하는 것을 목적으로 함. 인류 생존을 위협할 수 있는 기후변화 및 환경오염 문제에 대한 경각심을 일깨우고 국내외 에너지 관련 연구와 산업을 소개함으로써 진로탐색을 도움. 올바른 에너지 사용에 대한 학생들 및 국민 참여 향상을 기대함.
- **(내용)**
 - 강의는 고려대학교 본 교육연구단 소개, 신재생에너지 종류, 국내 신재생에너지 현황, 태양전지 원리, 국내 태양광산업 현황으로 구성

<표 III-3> 교육연구단의 지식나눔행사 내용

기관	내용	연도
이화여자고등학교	· 인원 : 33명 · 장소 : 고려대학교 안암캠퍼스 · 교육내용 : 신재생에너지 기술 및 태양전지 이론 강의, 태양전지랜턴 조립 및 태양전지연구실 FAB (실험실 투어), 조립한 태양전지랜턴은 전기가 부족한 해외 아프리카 등의 학생들에게 기부함.	2019.5.29
잠실여자고등학교	· 인원 : 42명 · 장소 : 고려대학교 안암캠퍼스	2018.3.31
인천해송중학교 / 경기안법고등학교	· 인원 : 32명 · 장소 : 고려대학교 안암캠퍼스	2017.5.9



마. (과학기술 및 산업) 알키미스트 프로젝트

- (목적) 사회 · 경제적 파급력이 높은 초고난도 기술 개발을 통해 산업의 난제 해결 도전
 - 알키미스트 프로젝트는 성공을 조건으로 하는 기존 R&D 틀을 벗어나 파괴적 잠재력을 가진 도전적이고 혁신적인 기술 개발을 지원하는 과제임. 산업부는 2019년 3월 알키미스트 프로젝트 추진계획 발표 이후, 과제 수행기관 선정을 위해 2019년 8월 대국민 대상으로 발표회를 진행하고 공개평가를 통해 6개 과제(1분 충전 600km 주행 전기차, 공기정화 자동차, 100m를 7초에 주파하는 로봇슈트, 실리콘 태양전지 한계효율(30%) 극복, 투명한 태양전지, 카르노효율 한계 근접하는 히트펌프)별 3개의 연구 수행기관을 선정함. 선정평가는 ‘1박 2일 합숙, 오디션형’의 새로운 방식으로 실시하여 기존 R&D 평가보다 투명성과 객관성, 전문성을 높이고, 일반 국민이 참관하는 공개 평가 방식이 도입되었음.
 - 성공 가능성이 낮지만 미래세대를 위한 산업의 난제에 도전하는 초고난도 기술
 - 지원기간: 선행연구 2년 이내 + 본 연구 5년 내외
 - 정부출연금: 256억 원 내외(선행연구 6억 원 내외, 본연구 250억 원 내외)
 - 에너지환경대학원은 전문성과 독창성, 차별성 측면에서 아이디어의 우수성이 인정되어 태양광 분야 2개 과제(실리콘 태양전지 한계효율(30%) 극복, 투명한 태양전지)를 모두 수주함. 총 7년간의 연구를 통해 목표를 달성하면 태양광산업의 새로운 시대를 여는 현대판 연금술사가 탄생되어 국내 태양광산업 혁명을 이끌 것으로 기대됨.
- (내용 1) 난제의 주제: 실리콘 태양전지의 이론 한계효율(30%)을 극복하는 슈퍼 태양전지
 - 과제책임자 교수(PM)
 - 해결하려는 대상:
 - 기존 제조단가에 초고효율 달성을 통한 화력발전 이하의 태양광 발전단가
 - 고효율 상부 전지 도입을 통한 실리콘 태양전지 한계효율 극복
 - 광학적, 전기적 특성의 극대화를 통한 효율 35% 이상 이중접합 태양전지 개발
 - 현재 기술의 한계점:
 - 상용화된 실리콘 단일접합 태양전지 효율 22-26% 수준, 효율한계 접근
 - 페로브스카이트 단일접합 태양전지 최고효율 24.2%, 장기신뢰성 부족
 - III-V족 박막/실리콘 이중접합 태양전지 최고효율 32.8%, 저가화와 공정 안전성 개선 필요
 - 페로브스카이트/실리콘 이중접합 태양전지는 최고효율 28%, 장기신뢰성 확보 필요

- 파급효과:
 - 효율 35% 달성에 따른 설치면적 감소 효과
 - 설치면적 감소에 의한 설치비용 감소로 화석연료 발전단가 이하의 경제적이며 지속가능한 친환경 전력 공급
 - 반도체 신화에 버금가는 혁신성장동력 확보
 - 세계 수준의 태양광 개발 인력 확보

● (내용 2) 난제의 주제: 투명한 태양전지

- 과제책임자: 교수
- 해결하려는 대상: 건물 또는 차량의 창문에 설치 가능한 투명한 태양전지
- 현재 기술의 한계점:
 - 기존 실리콘 기반 태양전지는 불투명하고 정형화되어 다양한 응용에 제한
 - 가시광선 투과율, 경제성 있는 효율, 장기신뢰성 동시 확보 어려움.
- 유기 태양전지 가시광선 투과율 40%, 최고효율 7.2% 달성, 장기 신뢰성 부족
- 염료감응 태양전지 가시광선 투과율 60%, 최고효율 6.2% 달성, 장기 신뢰성 부족
- 페로브스카이트 이중접합 태양전지 가시광선 피크 투과율 77%(800nm), 최고효율 12.7%, 장기신뢰성 부족
- 파급효과:
 - 심미적인 투명 태양전지를 건축물과 자동차용 유리에 적용한다면 시장규모가 크고 에너지효율성 제고 가능
 - 단순 경제논리만으로는 실용가능성 낮으나, 범국가적인 지원을 기반으로 자동차와 건물 창호, 모바일 기기 등에 응용 가능하면 100GW 이상 신규 시장 창출 전망
 - 2018년 글로벌 에너지 신규투자액 중 태양광이 140억 달러로 에너지원 중 가장 큰 점유율인 34% 차지
 - 2018년 글로벌 설치용량 최초로 100GW 초과하였으며, 재생에너지 일자리 주도

바. (산업) 기술지도 및 기술이전

- (주)메카로, 차세대 CuInGaSe₂ 화합물 박막 태양전지 모듈개발 기술자문(2019-현재, 강윤목 교수), (주)메카로는 1999년 설립되어 반도체/디스플레이 장비에 사용되는 박막 증착 핵심 부품을 주력으로 생산하고 있는 중견 기업임. 신사업으로 태양광 분야를 선정하여 원가 경쟁력이 있고 건물 등에 적용했을 경우에도 심미적 장점이 있는 CIGS 박막 태양전지를 지난 10년 동안 독자적인 기술로 개발 중.
- (주)조인솔루션, 차세대 페로브스카이트 태양전지용 스퍼터링 증착장비 개발 기술자문 및 특허 기술이전(2018-현재, 이해석 교수), (주)조인솔루션은 2006년 설립되어 반도체 장비 및 진공 component를 주력으로 생산하고 있는 중소 기업임. 신사업으로 차세대 페로브스카이트 박막 태양전지용 고성능 대면적 스퍼터링 증착장비를 2018년부터 개발 중.

2. 산업·사회에 대한 기여도

2.2 산업·사회문제 해결 기여 계획

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

● (사업 필요성 및 목적)

- 국내 에너지기업의 효과적인 해외 진출을 위해서는 전략국가 에너지 분야 정책 환경에 대한 면밀한 사전조사와 정부 및 연구기관, 에너지 유관기관 간 협력 네트워크 개발 등 플랫폼 구축이 절실하게 요구됨.
- 최근 정부는 국내기업이 해외 프로젝트 수주 과정에서 당면한 애로사항 해소를 적극적으로 지원하고, 최종 수주까지 밀착 관리하는 국제협력 플랫폼을 구상 중임.

● (사업 운영방식)

- 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.
- 2020년 3월 현재 16개국 28명의 졸업/재학생이 있으며(표 III-4), 이들은 에너지 분야 전략시장인 신흥경제국의 에너지부 및 국영전력회사 현직 간부들로서 주로 아시아 및 아프리카 국가 출신으로 구성됨.
- 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.

● (사업의 수행방안)

- 산학연 네트워크 교류회, 국제협력 워크숍, 에너지기술정책 포럼 개최
 - 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, 에코선, 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

● (사업의 기대효과 및 활용방안)

- 정부 에너지신산업 조기창출 촉진에 기여하는 ‘국제협력 사업개발’의 적정 모델로 확립
 - 프로그램 졸업생(석·박사) 풀을 활용하여 양자 간 정부, 학계, 기업의 관련 인사들과 네트워크 및 협력 채널 구축
 - 공동연구 및 교류활동을 통해 해외 권역별 수요국의 신뢰성 높은 정보와 자료를 축적 및 체계화하고 이를 정부 부처 및 관련 업계에 제공
 - 국내기업의 효과적인 해외진출을 위한 교두보 역할 및 플랫폼 운영을 위한 가이드라인 제시

〈표 III-4〉 신흥국 에너지공무원 인력양성 프로그램 졸업생 및 재학생 정보

번호	이름	과정	국적	소속 및 직위
1		석사	미얀마	International Relation and Information Division, Ministry of Energy / Office staff
2		석사	카자흐스탄	Department of International Cooperation and Economic Integration Precesses, Ministry of Energy / Expert
3		석사	인도네시아	PT PLN(Persero) Indonesia / Foreign Loan and Grant Analyst
4		석사	라오스	Institute of Renewable Energy Promotion, Ministry of Energy and Mines / Chief of Solar, Wind and Biomass Power Generation Promotion Division
5		석사	파키스탄	Pakistan Broadcasting Corporation(PBC) / Deputy Controller
6		박사	몽골	Power Generation, Policy and Planning Department, Ministry of Energy / Officer
7		박사	파키스탄	Ministry of Climate Change / Deputy Secretary (International Cooperation)
8		박사	베트남	Vietnam Meteorological and Hydrological Administration (VNMHA), Ministry of Natural Resources and Environment / Official
9		석사	몽골	Policy and Planning Department of Ministry of Energy, Mongolia / Senior Officer
10		석사	우즈베키스 탄	Foreign Relations and Market Participants Coordination Sector / Head
11		석사	카메룬	Department of Electricity, Ministry of Water and Energy / Chief
12		석사	캄보디아	Power Supply Business Policy Office, Department of Technique and Energy Business Policy / Chief Officer
13		석사	태국	Electrical Generating Authority of Thailand (EGAT) / Head of Energy Resource and Power Plant Appraisal and Analysis Section
14		석사	베트남	Project Management Unit of the Vietnam HCFC Phaseout Project Stage II / Monitoring, Evaluation
15		박사	보츠와나	Ministry of Mineral Resources, Green Technology and Energy Security / Principal Energy Officer
16		박사	말레이시아	Power Supply Business Policy Office, Department of Technique and Energy Business Policy / Chief Officer
17		석사	태국	Electrical Generating Authority of Thailand (EGAT) / Head of Energy Resource and Power Plant Appraisal and Analysis Section
18		석사	인도네시아	Project Management Unit of the Vietnam HCFC Phaseout Project Stage II / Monitoring, Evaluation
19		박사	네팔	Alternative Energy Promotion Centre, Ministry of Energy, Water Resources and Irrigation / Director
20		박사	스리랑카	Sri Lanka Institiue of Development Administration (SLIDA) / Senior Consultant
21		석사	필리핀	Philippine Department of Energy (PH DOE) / Science Research Specialist II
22		석사	인도네시아	Ministry of Energy and Mineral Resources of Indonesia / New Renewable Energy Program Analyst
23		석사	카자흐스탄	Ministry of Energy of Republic of Kazakhstan / Head of Division
24		석사	네팔	Nepal Electricity Authority / Electrical Engineer
25		석사	몽골	Ministry of Energy, Mongolia / Officer in charge of Heating Supply
26		석사	태국	Electricity Generating Authority of Thailand / System Planning Engineer
27		석사	스리랑카	Ministry of Mahaweli Development & Environmment / Assistant Director
28		석사	카메룬	Ministry of Water Resources and Energy / Divisional Head of Service for water

나. (플라스틱 문제해결을 위한 정책평가) 플라스틱 제품의 생산자책임확대제도 효과성 분석

● (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 해외에서뿐 아니라 국내에서도 수요가 줄어드는 실정임.

● (연구 내용)

- 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.

● (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

● (연구 배경)

- 기술혁신은 경제적 가치를 창출하고 우리 사회를 변화시키는 핵심 동력이 되었음. 기업이나 정부와 같은 경제 주체들의 기술혁신 역량은 이들의 경쟁력을 결정하게 되었음. 이에 최근 기업, 정부는 기술 트렌드를 식별하고 기술혁신을 주도해 나갈 수 있는 전략 마련에 총력을 기울이고 있는 상황임. 특히, 수소 에너지 산업은 한국의 차세대 성장 동력이 될 가능성이 높은 분야로서 과감한 투자를 통해 기술혁신을 위한 관련 산업 생태계를 구축해야 할 필요가 있음.

● (연구 내용)

- 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.

● (기대 효과)

- 구체적으로 최신 데이터 분석 방법론과 소비자 행동을 이해하는데 도움이 되는 사회과학 이론을 접목하여 수소 자동차에 대한 소비자 행동 및 수요를 모델링하고 예측할 계획임. 소비자가 왜 수소차를 구매하지 않는지 파악할 수 있을 뿐만 아니라 수소차의 가격, 성능, 인프라 수준에 따른 수요 변화를 예측할 수 있음. 그리고 분석 결과를 종합하여 기업에게는 수소차 시장을 선점하기 위한 혁신전략을, 정부에게는 수소차 보급을 위한 보조금 정책을 제공할 수 있을 것임. 추가적으로 수소차 확산으로 나타날 경제적, 환경적 효과도 추정해 볼 수 있음.
- 수소 에너지 관련 특허 데이터를 세부 기술 도메인별로 정교하게 분류하는 방법을 연구하여 수소 에너지 특허 데이터베이스를 구축할 계획임. 그리고 구축한 특허 데이터를 기반으로 수소 에너지의 기술 개발 궤적(Technological Development Trajectory)을 도출하고 중요 특허, 중요 출원인, 그리고 미래 유망 기술분야를 식별하고자 함. 본 연구는 정부와 기업이 수소 에너지 분야에서 새로운 사업기회를 발굴하고 효과적인 혁신전략을 수립하고 강력한 특허 포트폴리오를 구축하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 판단됨.

라. (산업의 자원효율 제고) 한국의 산업단지 생태개발 산업공생 잠재량 추정

● (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.

● (연구 내용)

- “산업단지 폐부산물 폐쇄순환 그리드 시스템 개발”은 한국산업기술평가관리원의 청정생산기반산업공생기술개발사업(과제책임자: 한국생산기술연구원 안상준 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 Marian Chertow 교수, Matt Gordon 박사과정 학생 참여)과 공동으로 경제성과 환경성이 우수한 산업공생 네트워크를 구성하는 알고리즘을 개발하고자 함.

● (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

● (연구 배경)

- 현재 국내 전력 생산량의 41.9%를 담당하며 다른 주요 발전원인 LNG(26.8%), 원자력(23.4%), 신재생(6.9%)보다 월등히 높은 비중을 차지하고 있음(2018년 기준).
- 석탄화력발전은 전기를 생산하는 비용이 적게 들어 경제성이 높을 뿐만 아니라 안정적으로 대규모 전력공급이 가능하다는 이점을 가지고 있음. 하지만 석탄을 이용한다는 특성상 온실가스와 미세먼지 배출량이 많아 대기오염을 유발하는 발전원임.
- 특히, 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.

● (연구 내용)

- 국내 석탄화력발전소 저탄장의 옥내화가 시행되면, 석탄 미세먼지 및 유해가스 저감에 따른 대기

환경 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.

● (기대 효과)

- 국내 주요 석탄화력발전소 6곳의 야외 저탄장 전체를 옥내화하는 것은 2조 이상의 비용이 투입되어야 하는 대형 사업임. 만약 본 연구를 통해 도출한 이 사업의 편익이 예상 비용을 뛰어 넘는 결과가 나온다면 본 사업의 추진은 타당성이 있음을 확인할 수 있음.
- 본 연구는 최근 심각한 사회문제로 대두되고 있는 미세먼지 및 대기오염 문제를 해결하고 사회적 후생을 극대화할 수 있는 정책을 설계하기 위한 근거자료로 활용될 수 있을 것으로 판단됨.

바. 알키미스트 프로젝트 산업화

● (연구 배경)

- 알키미스트 프로젝트는 산업의 난제 해결에 도전하는 초고난도 기술 개발을 통해 사회·경제적 파급력이 높은 기술을 확보함.
- 알키미스트 프로젝트는 해결기술이 존재하지 않는 산업의 난제 영역에 도전하여 성공시 사회·경제적 파급성이 매우 크나 실패 가능성도 높은 초고난도 과제이며, 성공을 조건으로 하는 기존 R&D를 벗어나 파괴적 잠재력을 가진 도전적이고 혁신적인 기술 개발을 지원함.

● (연구 내용)

- 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.

● (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 창출
- (국내 대중소 기업들과의 멤버십 운영을 통해 개발될 기술과 제품의 사업화 촉진 및 신산업 창출, 멤버십 참여기업 : 현대자동차, 한화, 포스코, 신성이엔지, 이건창호, 고려특수선재, 이녹스, 리스트벤처, 코아시아 등 자동차, 전자재, IT, 벤처투자 기업)

3. 연구의 국제화 현황 및 계획

3.1 참여교수의 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

가. 국제학회/학술대회 활동 : 국제학회/학술대회에서 수상, 초청강연, 기조연설, 좌장, 위원회활동 등

- 국제학술지 관련 활동 : 편집위원 등 관련 활동

<표 III-5>

	날짜	활동내용	사업단 참여교 수
1	2016-2017	Chemical Engineering & Technology, Wiley VCH. (Special Issue: Chemical Engineering in Korea), Guest Editor	
2	2016.04-현재	Journal of Industrial Ecology, Industrial Symbiosis, Editor	
3	2019.06.-현재	Energies open access, 에너지 소재 및 소자, 저장장치 부분 담당, editor	
4	2019-현재	Energies (Special Issue “Energy Economic Analysis: Energy Transition and Sustainability”), Guest Editor	

- 국제 저술 활동 : ISBN이 부여된 전문학술 도서에 대해서만 허용

<표 III-6>

	날짜	제목	출판사	ISBN	사업단 참여교 수
1	2018	Governance and Management for Sustainable Development, Chapter 10. La Ecologia Industrial como Paradigma de la Gerencia de la Sostenibilidad (Industrial Ecology as a Paradigm for Sustainability Management)	Universid ad de los Andes	958774749 6	
2	2016	Taking Stock of Industrial Ecology, Chapter 5. Scholarship and practice in industrial symbiosis: 1989-2014.	Springer	978-3-319 -20571-7	

- 국제학회/학술대회 활동 : 수상, 초청강연, 기조연설, 좌장, 위원회 활동

<표 III-7>

	학술활동 날짜	학술활동 장소	학술활동명	학술활동 내용	사업단 참여교 수
1	2015.11.20	Busan, Korea	Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-25) & Global Photovoltaic Conference(GPVC 2015)	수상 (우수논문상)	
2	2015.11.15. - 11.20	Busan, Korea	Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-25) & Global Photovoltaic Conference(GPVC 2015)	Tutorial committee	
3	2015.11.18	Busan, Korea	Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-25) & Global Photovoltaic Conference(GPVC 2015)	좌장	

	학술활동 날짜	학술활동 장소	학술활동명	학술활동 내용	사업단 참여교 수
4	2017.03.17	Gwangju, Korea	Global Photovoltaic Conference (GPVC 2017)	수상 (우수포스터상)	
5	2018.03.16	Gwangju, Korea	Global Photovoltaic Conference (GPVC 2018)	수상 (우수구두발표 상)	
6	2018.03.16	Gwangju, Korea	Global Photovoltaic Conference (GPVC 2018)	수상 (우수포스터상)	
7	2018.03.16	Gwangju, Korea	Global Photovoltaic Conference (GPVC 2018)	수상 (우수포스터상)	
8	2019.03.15	Gwangju, Korea	Global Photovoltaic Conference (GPVC 2018)	수상 (우수포스터상)	
9	2016.10.02- 10.06	Yokohama, Japan	ATPC 2016 아시아 열역학 물성 컨퍼런스 “Development a new thermodynamic model of the HI-I2-H2O system”	초청강연	
10	2019.06.09. -06.12	Xian, China	ICSST 2019 (The 9 th International Conference on Separation Science and Technology) 분리기술 국제학회	기조연설 (Plenary)	
11	2016.05.26. -05.27	Tianjin, China	ACTS 2016 아시아 결정기술 학회	조직위원	
12	2017.11.09. -11.11	Busan, Korea	ICSST 2017 분리기술 국제학회	좌장	
13	2018.09.27. -09.30	Leeds, UK	CGOM13 국제 유기결정학회	조직위원	
14	2016.11.22	Lisbon, Portugal	3rd Annual MICROGRID Global innovation Forum “Policy and Projects of carbon-free Islands in Korea”	초청강연	
15	2017.04.13	Putrajaya,M alaysia	ICFCHT2017 (6th International Conference on Fuel Cell & Hydrogen Technology) “Perspectives of Renewable energy in Korea with future hydrogen society”	초청강연 (Plenary)	
16	2017.11.17	Busan, Korea	AFORE 2017 (7th Asia-Pacific Forum on Renewable Energy)	좌장	
17	2019.11.15	Jeju, Korea	AFORE 2019 (9th Asia-Pacific Forum on Renewable Energy)	좌장	
18	2018.05.20. -05.25	Switzerland	The 2018 Gordon Research Conference on Industrial Ecology “Putting Industrial Ecology into Practice in an Emerging Economy: Opportunities and Challenges”	초청강연	
19	2017.11.02	Colombia	IV International Conference on Occupational Safety and Health “Industrial Ecology: Managing resources for sustainable development”	기조강연	

	학술활동 날짜	학술활동 장소	학술활동명	학술활동 내용	사업단 참여교 수
20	2017.07.18. -07.19	Bogota, Colombia	Symposium on Green Growth and Political Economy “End-of-life tire management in Colombia: Challenges in implementing the extended producer responsibility in an emerging market”	초청강연	
21	2019.07.07. -07.11	Beijing, China	10th International Conference on Industrial Ecology: Industrial Ecology for Eco-Civilization	Scientific Committee	
22	2015.12.-20 18.12		International Society for Industrial Ecology	Nominating Committee	
23	2013.07.-20 17.06		Eco-Industrial Development Council Section of the International Society for Industrial Ecology	Board Member	
24	2018.06.14	Seoul, Korea	The International Conference on Circular Economy for Agri-Food Resource Management	Organizing and Advisory Committee	
25	2017.06.25- 06.29	Chicago, USA	International Conference on Industrial Ecology and the 25th Conference of the International Symposium on Sustainable Systems and Technology	Session Chair (Sustainable product design and labelling)	
26	2017.06.14- 06.16	Bogota, Colombia	23rd Conference of the International Sustainable Development Research Society	Academic Committee	
27	2016.05.25- 05.27	Bogota, Colombia	2016 ISIE Americas Meeting	Co-chair	
28	2016.10.24. -10.28	Marina Bay Sands, Singapore	Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-26) “Light- and electric field-induced degradation of perovskite solar cells”	초청강연	
29	2017.11.18. -11.19	Miyazaka, Japan	Korea-Japan Top University League Workshop on Photovoltaics 2017 “Current Research at Korea University, High Efficiency c-Si & Perovskite Solar Cells”	초청강연	
30	2018.03.14. -03.16	Gwangju, Korea	Global Photovoltaic Conference (GPVC 2018)	조직위원, 초청강연	
31	2018.07.12. -07.13	Sapporo, Japan	JSPS 15th Symposium on The Future Direction of Photovoltaics “Korea-Japan International Research Collaboration and Prospects in PV”	초청강연	
32	2019.10.23. -10.25	Seoul, Korea	The 8th International Renewable Energy Conference (KIREC seoul 2019) “Alchemist Project: Super Solar Cells to Overcome Theoretical Efficiency Limit of Silicon Solar Cells(30%)”	초청강연	
33	2019.12.10-	Jeju,	The 11th International Conference on	초청강연	

	학술활동 날짜	학술활동 장소	학술활동명	학술활동 내용	사업단 참여교 수
	12.13	Korea	Advanced Materials and Devices (ICAMD 2019) “Recent Progress in High Efficient Silicon-based Solar Cells”		
34	2017.03.15. -03.17	Gwangju, Korea	Global Photovoltaic Conference (GPVC 2017)	프로그램 부위원장, 좌장	
35	2018.11.15. -11.17	Seoul, Korea	The 7th Korea-Japan Joint Seminar on PV	조직위원	
36	2019.02.18- 02.19	Nagoya, Japan	Japan-Korea PV Joint Student Seminar	좌장	
37	2019.03.13- 03.15	Gwangju, Korea	Grobal Photovoltaic Conference 2019	조직위원, 좌장	
38	2017.03.15. -03.17	Gwangju, Korea	GPVC DAEJOO Award	수상	
39	2017.03.15	광주	GPVC 2017 (국제태양광학회)	조직위원	
40	2017.03.15	광주	GPVC 2017 (국제태양광학회)	수상 (GPVC Young scientist award)	
41	2018.03.14	광주	GPVC 2018 (국제태양광학회)	조직위원	

3.2 참여교수의 국제 공동연구 실적 및 계획

<표 3-5> 최근 5년간 국제 공동연구 실적

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단 참여교수	국의 공동연구자			
1			Fraunhofer ISE(Germany)	, SCIENTIFIC REPORTS, 6(1), pp 1-10	10.1038/srep38150
2			미국/ Fluor Engineering Corp.	Experimental Determination of the Equilibrium Water Content of CO2 at High Pressure and Low Temperature, J.Chem.Eng.Data 2015, 60, 2674—2683	10.1021/acs.jced.5b0032 0
3			덴마크/ 덴마크공대	Analysis and modeling of alkali halide aqueous solutions, Fluid Phase Equilibria 412 (2016) 177-198	10.1016/j.fluid.2015.12.0 08
4			미국/표준연구소 (NIST) 및 IUPAC	Recommended Reference Materials for Phase Equilibrium Studies (2011-현재) 진 행중 (IUPAC Project No.: 2011-037-2-100)	https://iupac.org/projects/project- details/?project_nr=2011 -037-2-100
5			미국/University of Delaware	(2016), A solar city strategy applied to six municipalities: integrating market, finance, and policy factors for infrastructure - scale photovoltaic development in Amsterdam, London, Munich, New York, Seoul, and Tokyo. WIREs Energy Environ, 5: 68-88. doi:10.1002/wene.182	doi.org/10.1002/wene.18 2
6			미국/University of Delaware	(2017), Multivariate analysis of solar city economics: impact of energy prices, policy, finance, and cost on urban photovoltaic power plant implementation. WIREs Energy Environ, 6: e241. doi:10.1002/wene.241	doi.org/10.1002/wene.24 1

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단 참여교수	국외 공동연구자			
7			Universidad de los Andes (Colombia)	2018. Challenges in the extended producer responsibility in an emerging market: the end-of-life tire management in Colombia. Journal of Cleaner Production 189: 754 – 762	10.1016/j.jclepro.2018.04.058
8			University College London (United Kingdom), Yale University (USA)	M. 2018. Quantifying the system-wide recovery potential of waste in the global paper life cycle. Resources, Conservation and Recycling 134: 48 – 60.	10.1016/j.resconrec.2018.02.026
9			Toyota Technological Institute(Japan)	(2018) CURRENT APPLIED PHYSICS, 18(11), pp 1268-1274.	10.1016/j.cap.2018.07.004
10			Baylor University(USA)	(2017) JOURNAL OF ALLOYS AND COMPOUNDS, 695, pp 3714-3721.	10.1016/j.jallcom.2016.11.334

3. 연구의 국제화 현황 및 계획

3.2 참여교수의 국제 공동연구 실적 및 계획

- 본 교육연구단은 기술-데이터-정책 융복합 연구패러다임 구축을 목표로 다양한 국제 공동연구를 진행 및 계획 중에 있으며, 융합/정책/기술 분야 대표 국제공동연구 계획은 다음과 같음.
- 참여교수의 국제 공동연구 계획은 1.3 교육연구단의 연구역량 향상 계획의 “<표 III-2> 공동연구 기관 및 내용”에서도 참고할 수 있음.

<표 III-8> 국제 공동연구 상세계획

국가	기관	공동연구 내용	분류
미국	예일대학교	- 공동연구 제목: Estimation of industrial symbiosis potentials in Korea - 기관 및 책임자 성명: Yale School of Environment, 고려대학교, - 기간: 2020-2022년 - 공동연구 계획: 한국에서 2005년부터 2016년까지 시행된 “생태산업단지개발사업”의 결과로 수행되었던 사업이 전국적으로 얼마나 확장적용이 가능한지 검토하고자 함. 기업 간 효율적 자원공유를 통해 산업단지의 환경영향을 줄이는 산업공생 전략을 통해 생태산업단지 사업의 잠재성과 환경성을 평가하는 공동연구를 진행하고자 함. - 공동연구를 통한 산업사회 문제해결: 생태산업단지개발의 잠재량을 분석하면서 경제성 및 환경성이 우수한 자원공유 사례를 발굴할 수 있음. 잠재효과가 큰 사업이 실제 사업화까지 연계될 수 있도록 일차적인 분석을 통해 기업 의사결정 지원이 가능.	융합
중국	Chinese Academy of Sciences	- 공동연구 제목: Comparative material flow analysis for plastics in Korea and China - 기관 및 책임자 성명: Chinese Academy of Sciences, 고려대학교, - 기간: 2020-2023년 - 공동연구 계획: 각각 진행되고 있는 한국과 중국의 플라스틱 물질 흐름 분석방법과 결과를 공유하고, 두 국가의 플라스틱 관리 정책과 물질 흐름의 차이, 중국의 폐플라스틱 수입 규제에 따른 영향 및 플라스틱 제품에 의한 환경영향을 분석하는 공동연구를 진행하고자 함. - 공동연구를 통한 산업사회 문제해결: 플라스틱 물질흐름 구축을 통해 플라스틱 관리 현황과 환경적 함의를 이해할 수 있으며, 더욱 효과적인 플라스틱 관리 전략과 정책접근법을 모색하고 그 환경편익 효과를 추정할 수 있음	융합
미국	MIT IDSS	- 공동연구 제목: Forecasting the value of battery electric vehicles compared to internal combustion engine vehicles - 기관 및 책임자 성명: MIT Institute for Data, Systems, and Society, 고려대학교, - 기간: 2020~2021년 - 공동연구 계획: 수송부문에서 화석연료 소비를 줄이고 탄소와 오염물질 배출량 낮추기 위해서는 기술적 패러다임이 내연기관차에서 친환경차로 변화해야 한다는 공감대가 전세계적으로 형성되어 있는 상황임. MIT IDSS와의 공동연구를 통해 배터리 기술 향상 (에너지 밀도 kwh/kg 및 가격 kwh/\$), 주행거리 관련 디자인 변경 (가속능력, 내부공간 등), 그리고 보조금 지급이 소비자의 친환경차 구매를 언제쯤 본격적으로 유도 할 수 있는지를 시뮬레이션 방법론을 통해 예측하고자 함. - 공동연구를 통한 산업사회 문제해결: 연구결과를 바탕으로 기업과 정부에게 친환경차 관련 핵심 기술 및 제품 개발 방향과 보조금 정책에 대한 시사점을 제시하여 지속 가능한 수송시스템을 구현하는데 기여할 수 있을 것으로 판단됨.	융합
네덜란드	University of Twente	- 공동연구 제목: Embodied carbon in Korea's international trade - 기관 및 책임자 성명: University of Twente, 고려대학교, - 기간: 2020-2022년 - 공동연구 계획: Exiobase와 같은 Multi-regional input-output 데이터 베이스를 활용하	정책

		여 한국의 수출입 제품에 함유된 탄소배출량을 산업별로 정량화하고, 산업무역 구조가 탄소 총배출에 미치는 영향을 분석하는 공동연구를 수행함. - 공동연구를 통한 산업사회 문제해결: 수출입에 함유된 탄소배출량 측정을 통해 산업의 수입 및 수출 구조가 한국의 온실가스 배출에 미치는 영향(lock-in effect) 을 이해하고 온실가스 저감 로드맵과 연계하여 전략을 모색할 수 있음.	
미국	GABI (Global America Business Institute)	- 공동연구 제목: 탄소자원화(Carbon Utilization) 한미 기술정책 비교분석 - 기관 및 책임자 성명: GABI, 고려대학교, - 기간: 2021-2022 - 공동연구계획: GABI는 에너지환경대학원과 다년간 협력 교류를 해온 기관으로서, 에너지 전반적인 기술, 정책 연구 및 자문활동을 수행. 연구주제는 탄소자원화(Carbon Utilization) 관련 한미 기술정책 비교분석이며, GABI연구자문진 (DOE, 동부지역 대학/연구소)을 활용하여 자원화 기술의 사업화 및 산업과급효과에 대한 정성/정량적 공동연구를 기획. - 공동연구를 통한 산업사회 문제해결: 탄소자원화는 포집된 탄소를 유용한 자원 (H₂, CO)로 전환하는 기술로서 기후변화 문제에 적극적으로 대응하는 대안임.	정책
일본	Toyota Technological Institute, Nagoya University, Meiji University	- 공동연구 제목 : Nano-materials for light trapping in perov./silicon tandem solar cell - 기관 및 책임자성명 : (Toyota 공대) (Nagoya 대학) (Meiji 대학), 고려대학교, - 기간: 2020-2026 - 공동연구계획: 일본 태양전지 연구개발의 리더이며 세계적 석학인 토요타 공대 교수, 나고야대 교수를 포함 3명의 교수님들과 본 교육연구단 교수들(교수, 교수)이 차세대 페로브스카이트/ 실리콘 탠덤 태양전지를 개발하기 위한 국제공동 연구를 진행중에 있음. 특히 핵심 기술이슈인 탠덤 태양전지에서의 낮은 단락 전류값을 향상시키기 위한 나노물질을 공동개발 중에 있음. 이러한 공동실험을 위해 한일 대학원 학생들의 정기적인 교류를 통하여 국제 네트워크 및 연구역량을 강화하고 있으며, 향후 정부간 국제공동연구개발 사업을 공동추진할 계획임. - 공동연구를 통한 산업사회 문제해결: 차세대 태양광발전시스템의 핵심소자인 고효율 태양전지의 국제 공동연구를 통하여 연구전문인력의 역량 강화 및 글로벌 네트워크 활성화에 기여함. 또한 고성능 태양광발전시스템 개발을 통해 국내 태양광산업의 활성화 및 보급 확대가 기대됨.	기술
독일	Hanwha Qcells GmbH	- 공동연구 제목: 고효율 태양전지 양산화를 위한 효율 24.5%급 전하선택형 실리콘 태양전지 및 모듈화 기술개발 - 기관 및 책임자 성명: Hanwha Q CELLS GmbH, 고려대학교, - 기간: 2020-2021 - 공동연구계획: 현재 태양전지 산업의 문제점인 가격 경쟁력을 극복할 수 있는 방안으로 LCOE 저감을 위한 고효율화 기술 개발에 집중되어있고, 세계수준의 기술력을 보유한 독일 Hanwha Q GmbH 과의 협업을 통해 24.5%급 전하선택형 실리콘 태양전지 공동개발을 진행 중. 요소기술로 결함을 제어할 수 있는 passivation 막 및 고성능 터널링 산화막 개발을 고려대에서 진행 중 에 있으며 독일에서는 6인치 상업용 크기로 태양전지 셀을 제작하고 있음. - 공동연구를 통한 산업사회 문제해결: 국내 재생에너지 3020 정책에 향후 3-4GW 태양광발전시스템이 필요하며 핵심소자인 고효율 태양전지가 요구되고 있음. 본 공동연구를 통해 고효율 태양전지가 개발된다면 대규모 발전소 및 건물형 BIPV, 자동차 등에도 적용이 가능하여 보급 확대에 크게 기여할 것을 기대되며, 또한 개발 시 글로벌 시장 선점 및 태양전지 분야의 해외 수출증가와 고용창출에 큰 기여가 예상됨.	기술

3. 연구의 국제화 현황 및 계획

3.3 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

가. 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적

<표 III-9>

연번	국가	기관	활동	기간
1	싱가포르	Singapore 국립대학교 에너지연구소 (NUS-ESI)	• 정기적으로 단기연수생을 파견, ESI 소속 연구진과 공동연구 주제 및 추진방안을 기획 • ESI의 인턴 및 공동연구생 자격으로 2016년 정책트랙 박사과정 학생 파견, 2019년 박사학위 취득 후 동 연구소(ESI)의 research fellow로 채용	2015.01 (1개월간) 2016.10 (3개월간)
2	독일	European Academy of Otzenhausen (EAO)	• 2015년 1월 (학생 8명), 2016년 2월 (13명) 2회에 걸쳐 독일 현지에서 본 에너지환경대학원 학생들의 단기연수 프로그램 실시 • 재생에너지 및 친환경 분야의 선도국가인 독일의 사회, 정책, 기술 전문가 초청강연 및 현장방문, 공동연구 수행	2015.01 (2주) 2016.01 (2주)
3	독일	Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE)	• 정책트랙 석사과정 학생 1명 인턴 및 공동 연구생으로 독일 Fraunhofer 연구소 파견 • 재생에너지 기술 및 에너지 수요 예측 관련 연구실습을 통해 학위논문 완성 • 동 학생은 석사 졸업 후 현재 미국 시카고대에서 에너지 부문 박사학위 과정 중	2016-2017 (6개월)
4	미국	Global America Business Institute (GABI)	• GABI는 워싱턴 DC 정책기술 특화 민간 연구기관으로 정부/국제기구/연구소/기업 연계하여 본 대학원과 학생 연수 프로그램 운영중 • 2016년 기술, 정책 석박사과정 학생 9명, 교수 1명이 방문하여 미국 에너지·환경전문가 초청세미나 참여, 현지 기관들과의 국제협력 방안 논의	2016.08
5	독일	킬대학교 (Kiel U)	• KIEL 대학 교수 및 학생(20명)들이 본 대학원을 방문 • 본 대학원과 소속 교수들이 수행중인 연구(솔라시티) 소개와 국제공동연구 논의	2018.09.04
6	독일	German Federal Environment Agency	• 독일 환경청 Scientific Officer가 본 에너지환경대학원을 방문하여 “Industrial Ecology in support of EU and German Resource Policy” 특강 및 공동연구 협력 논의	2019.04.19- 2019.04.20
7	우즈베키스탄	플레하노프 경제대학교	• 우즈베키스탄 소재 아랄해 복원 관련 신재생에너지 활용방안에 대한 공동연구 모색	2018.11.02 2019.02.20- 02.22
8	일본	• REI (Renewable Energy Institute), • AIST (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology)	• 일본 재생에너지 재단을 방문하여 일본 탄소자원화 (CCU) 정책, 기술개발 및 실증화 과제조사 (한국 실증화 현황 소개) • 일본 산업종합연구소를 방문하여 신재생에너지센터 와 실증단지 견학 및 태양광기술 공동연구 협의	2020.01.09- 01.10

9	태 국	AIT (Asian Institute Technology)	태국 AIT에 열린 에너지-기후변화 세미나에서 본 교육연구단 교수 2인 발표 수: 탄소자원화 기술 소개 (Carbon to Value: CCUS technology in a demonstration project) 교수: Water-efficient cities: Evaluating urban anagement using a water metabolism framework	2020.01.28
10	중 국	China Agricultural University	- 중국 China Agricultural University의 석사과정 이 본 대학원을 방문하여 공동연구 주제 발굴을 위한 회의 및 세미나 참여 - 중국 베이징의 농업 및 식품 시스템의 질소와 인에 대한 직접 및 간접 물질흐름 분석을 통해 효과적인 질소와 인의 관리에 대한 정책 제안에 대한 연구를 지속 수행함.	2019.12.01- 2020.01.15

나. 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 계획

〈표 III-10〉

연번	국가	기관	활동	계획기간
1	미 국	GABI (Global America Business Institute)	미국 GABI 과 본 교육연구단 교수는 탄소포집자원화(CCU, Carbon Capture and Utilization) 기술의 사업화 및 산업 파급 효과에 대한 공동연구를 위해 상호 방문연구를 진행할 계획임.	2020-2021
2	미 국	예일대학교	미국 예일대학교 환경대학원 연구팀)은 인도의 Mysuru에서 산업 간 효율적 자원공유를 위한 네트워크 매칭 알고리즘을 개발하는 연구를 수행한 바 있음. 환경성에 기반한 매칭 알고리즘을 경제성까지 고려하는 알고리즘으로 개선하고, 이를 통해 한국의 생태산업단지 사업(2005-2016)을 전국 산업단지로 확대 적용시 잠재량과 환경효과를 예측하기 위한 공동연구를 진행하고자 함. 이를 위해 본 교육연구단 (이 예일대학교 방문연구를 진행할 계획임.	2020-2022
3	네 덜 란 드	University of Twente	네덜란드 University of Twente의 는 산업생태학 분야 효율적 자원 관리를 위한 multi-regional input-output modeling, 전과정평가, 계량분석 등 시스템분석의 전문가임. 에너지환경대학원 학생 대상 산업생태학 고급방법론 특강을 위해 교수의 초청을 계획하고 있음. 또한 다지역산업연관분석을 활용하여 한국의 국제무역에 함유된 탄소배출량을 산업별로 분석, 산업구조가 탄소 총배출에 미치는 영향을 파악하는 공동연구와 물대사분석법을 활용한 도시의 물관리 효율성 및 지속가능성을 평가하는 공동연구를 진행하고자 함.	2020-2021

4	중국	Chinese Academy of Sciences	중국 Chinese Academy of Sciences, Institute of Urban Studies의 교수는 산업생태학 분야 동적 물질흐름분석 및 도시대사분석 전문가임. 교수를 본 에너지환경대학원으로 초청하여 학생 대상 방법론 특강을 진행하고, 이 방법론을 활용하여 한국과 중국 두 국가의 플라스틱 물질흐름을 비교분석하는 공동연구를 진행하고자 함. 또한 2020년 12월 중국 Xiamen에서 개최가 계획되어 있는 도시지속가능 동계워크숍(International winter workshop on urban sustainability)에 참석하고자 함.	2020-2023
5	미국	University of Texas at Arlington	미국 텍사스 대학 교수와 본 교육연구단 교수는 페로브스카이트 태양전지 고효율화를 위한 새로운 소재의 정공 수송층 제조 기술 공동개발을 위해 상호 방문연구를 진행할 계획임.	2021-2022
6	일본	Toyota Technological Institute, Nagoya University, Meiji University	일본 토요다 공대, 나고야 대학, 메이지 대학과 본 교육연구단 교수는 고효율 TOPCon 실리콘 태양전지 및 페로브스카이트/실리콘 탠덤 태양전지 고효율화를 위한 광흡수 극대화 나노소재 공동 개발을 위해 교수 및 학생이 방문연구를 진행할 계획임.	2020-2026
7	독일	Hanwha Qcells GmbH	독일 Hanwha Q CELLS GmbH (사)와 본 교육사업단은 차세대 고효율 상업용 실리콘 태양전지로 24.5% 효율의 전하선택형 셀 공동개발을 위해 학생들을 1년에 1달 이상 독일에 파견하여 공동실험을 진행할 계획임. Hanwha Q CELLS GmbH 는 양산용 스케일의 R&D pilot 라인을 갖추고 있음.	2020-2021
8	미국	MIT Institute for Data, Systems, and Society	미국 MIT IDSS 교수와 본 교육사업단 교수는 배터리 기술 향상, 주행거리 관련 디자인 변경, 그리고 보조금 지급이 소비자의 친환경차 구매를 언제쯤 본격적으로 유도 할 수 있는지를 예측하는 공동연구를 위해 상호 방문연구를 진행할 계획임. 또한 방문기간 동안 추가적인 연구주제(특허분석을 이용한 유망한 수소저장 및 연료전지 기술 방향성 식별 연구)를 발굴하여 지속적으로 공동연구를 진행할 계획임.	2020-2021

Ⅳ. 사업비 집행 계획

1. 사업비 집행 계획(1-8차년도)

(단위: 천원)

항목	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)	계

IV. 사업비 집행 계획

2. 사업비 집행 세부 내역(1~8차년도)

[1차년도]

[2차년도]

[3차년도]

[4차년도]

[5차년도]

[6차년도]

[7차년도]

[8차년도]

[첨부 1] 2020년도 신청학과 소속 전체 교수 현황

기준일	원소속		신청 학과명	성명		직급	연구자 등록번호	전공분야	세부전공분야	전임/ 겸임	참여요건 점수	신임/ 기존	이공계열/ 인문사회계열	임상/ 기초	외국인/ 내국인	사업 참여부	비고
	대학명	학과명		한글	영문												
2020.05.15	고려대학교	에너지환경정책기술학과	에너지환경정책기술학과			부교수		전기공학	반도체물성	전임	0	기존	이공계열		내국인	참여	
2020.05.15	고려대학교	에너지환경정책기술학과	에너지환경정책기술학과			교수		화학공학	화공열역학	전임	0	기존	이공계열		내국인	참여	
2020.05.15	고려대학교	에너지환경정책기술학과	에너지환경정책기술학과			부교수		경영학	투자/위험관리	전임	0	기존	인문사회계열		내국인	참여	
2020.05.15	고려대학교	에너지환경정책기술학과	에너지환경정책기술학과			교수		전자/정보통신공학	영상시스템	전임	0	기존	이공계열		내국인	미참여	
2020.05.15	고려대학교	에너지환경정책기술학과	에너지환경정책기술학과			부교수		정책학	환경/자원정책	전임	0	신임	인문사회계열		내국인	참여	
2020.05.15	고려대학교	식품자원경제학과	에너지환경정책기술학과			교수		경제학	자원/환경경제	겸임	0	기존	인문사회계열		내국인	참여	
2020.05.15	고려대학교	화공생명공학	에너지환경정책기술학과			교수		화학공학	반응공학	겸임	X	기존	이공계열		내국인	미참여	
2020.05.15	고려대학교	에너지환경정책기술학과	에너지환경정책기술학과			조교수		기술정책	기술예측및평가	전임	0	신임	인문사회계열		내국인	참여	
2020.05.15	고려대학교	국제학부	에너지환경정책기술학과			교수		정치외교학	국제정치경제	겸임	0	기존	인문사회계열		내국인	미참여	

기준일	원소속		신청 학과명	성 명		직급	연구자 등록번호	전공분야	세부전공분야	전임/ 겸임	참여요건 점중	신임/ 기존	이공계열/ 인문사회계열	임상/ 기초	외국인 /내국 인	사업 참여 여부	비고
	대학명	학과명		한글	영문												
2020.05.15	고려대 학교	에너지 환경정 책기술 학과	에너지환 경정책기 술학과			부교수		전자/정보통신 공학	반도체재료	전임	0	기존	이공계열		내국인	참여	
2020.05.15	고려대 학교	에너지 환경정 책기술 학과	에너지환 경정책기 술학과			교수		전기공학	전기재료	전임	0	기존	이공계열		내국인	참여	
2020.05.15	고려대 학교	국제학 부	에너지환 경정책기 술학과			교수		학제간연구	학제간연구	겸임	0	기존	인문사회계열		내국인	미참여	휴직 (2020년 1학기)
전체 교수 수			전체교수 수		1 2		기존 교수 수 (참여교수)	전체 교수 수		6		신임교수 수 (참여교수)	전체 교수 수		2		
			전임 교수 수		8			전임 교수 수		5			전임 교수 수		2		
			겸임 교수 수		4			겸임 교수 수		1			겸임 교수 수		0		
전체 참여 교수 수			전체 교수 수		8		이공계열 교수 수 (참여교수)	전체 교수 수		4		인문사회계열 교수 수 (참여교수)	전체 교수 수		4		
			전임 교수 수		7			신임 교수 수		0			신임 교수 수		2		
			겸임 교수 수		1			기존 교수 수		4			기존 교수 수		2		
신임교수 실적 포함 여부				기타 업적물(특허, 기술이전, 창업 실적) /연구비/교육역량 대표실적				☑ 예					☐ 아니오				

[첨부 2] 2020년도 교육연구단 참여교수의 지도학생 현황

기준일	대학명	신청학과명	성명		학번	생년 (YYYY)	외국인/ 내국인	자교/타 교	지도교 수 성명	임상/ 기초	학위과정		사업 참여 여부	비고
			한글	영문							과정	재학학기수		
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	1	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	3	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	2	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	1	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	4	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	1	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	3	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	자교			석사	3	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	3	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	3	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	1	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	1	참여	

기준일	대학명	신청학과명	성명		학번	생년 (YYYY)	외국인/ 내국인	자교/타 교	지도교 수 성명	임상/ 기초	학위과정		사업 참여 여부	비고
			한글	영문							과정	재학학기수		
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	2	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	1	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	3	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					외국인	타교			석사	2	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					외국인	타교			석사	2	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지 · 환경정 책기술학과					내국인	자교			박사	6	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지 · 환경정 책기술학과					내국인	타교			박사	6	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			박사	1	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지 · 환경정 책기술학과					내국인	타교			박사	4	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지 · 환경정 책기술학과					내국인	타교			박사	5	참여	

기준일	대학명	신청학과명	성명		학번	생년 (YYYY)	외국인/ 내국인	자교/타 교	지도교 수 성명	임상/ 기초	학위과정		사업 참여 여부	비고
			한글	영문							과정	재학학기수		
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지·환경정 책기술학과					내국인	타교			박사	5	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			박사	1	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			박사	2	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지·환경정 책기술학과					내국인	타교			박사	6	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	자교			박사	1	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지·환경정 책기술학과					내국인	타교			박사	5	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지·환경정 책기술학과					내국인	타교			박사	3	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석박사통합	1	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지·환경정 책기술학과					내국인	자교			석박사통합	7	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지·환경정 책기술학과					내국인	타교			석박사통합	3	참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석박사통합	5	참여	

기준일	대학명	신청학과명	성명		학번	생년 (YYYY)	외국인/ 내국인	자교/타 교	지도교 수 성명	임상/ 기초	학위과정		사업 참여 여부	비고
			한글	영문							과정	재학학기수		
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	4	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	2	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	5	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	5	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	2	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	5	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	자교			석사	5	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	1	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	1	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	자교			석사	2	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	5	미참여	

기준일	대학명	신청학과명	성명		학번	생년 (YYYY)	외국인/ 내국인	자교/타 교	지도교 수 성명	임상/ 기초	학위과정		사업 참여 여부	비고
			한글	영문							과정	재학학기수		
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	3	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			석사	3	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	자교			박사	2	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지·환경정 책기술학과					내국인	타교			박사	11	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지·환경정 책기술학과					내국인	자교			박사	7	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지·환경정 책기술학과					내국인	자교			박사	2	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			박사	1	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지·환경정 책기술학과					내국인	타교			박사	8	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지환경정책 기술학과					내국인	타교			박사	1	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지·환경정 책기술학과					내국인	타교			박사	4	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지·환경정 책기술학과					내국인	타교			박사	4	미참여	

기준일	대학명	신청학과명	성명		학번	생년 (YYYY)	외국인/ 내국인	자교/타 교	지도교 수 성명	임상/ 기초	학위과정		사업 참여 여부	비고
			한글	영문							과정	재학학기수		
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지·환경정 책기술학과					내국인	타교			박사	6	미참여	
2020.0 5.15	고려대 학교	에너지·환경정 책기술학과					내국인	타교			박사	3	미참여	
전체 대학원생 수 (명)			석사	30	참여 대학원생 수 (명)		석사	17	참여비율 (%)		석사	56.67		
			박사	23			박사	12			박사	52.17		
			석·박사통합	4			석·박사통합	4			석·박사통합	100.00		
			계	57			계	33			전체	57.89		
자교 학사 전체 대 학원생 수 (명)			석사	3	자교 학사 참여 대 학원생 수 (명)		석사	1	자교학사 참여비율 (%)		석사	33.33		
			박사	5			박사	2			박사	40.00		
			석·박사통합	1			석·박사통합	1			석·박사통합	100.00		
			계	9			계	4			전체	44.44		
외국인 전체 대학 원생 수 (명)			석사	2	외국인 참여 대학 원생 수 (명)		석사	2	외국인 참여비율 (%)		석사	100.00		
			박사	0			박사	0			박사	-		
			석·박사통합	0			석·박사통합	0			석·박사통합	-		
			계	2			계	2			전체	100.00		