

『4단계 BK21사업』 미래인재 양성사업(과학기술 분야)
교육연구팀 자체평가보고서

접수번호	4299990314624									
사업 분야	중점응용	신청분야	에너지	단위	전국	구분	교육연구팀			
학술연구분야 분류코드	구분	관련분야		관련분야		관련분야				
		중분류	소분류	중분류	소분류	중분류	소분류			
	분류명	자원공학	석유/가스/지 하유체공학	환경공학	폐기물공학	자원공학	암석역학			
	비중(%)	40		30		30				
교육연구 팀명	국문) 기후변화대응형 친환경에너지자원 스마트개발 글로벌리더 양성 교육연구팀 영문) Global Leaders in Sustainable and Smart Development of Energy Resources									
교육연구 팀장	소 속	한양대학교 일반대학원 자원환경공학과								
	직 위	교수(자원환경공학과장)								
	성명	국문	<div style="background-color: black; width: 150px; height: 40px;"></div>		전화	<div style="background-color: black; width: 200px; height: 40px;"></div>				
		팩스								
영문		이동전화								
					E-mail					
연차별 총 사업비 (백만원)	구분	1차년도 (2019~21.2)	2차년도 (21.3~22.2)	3차년도 (22.3~23.2)	-	-	-	-	-	-
	국고지원금	112.28	224.56	224.56	-	-	-	-	-	-
총 사업기간		2020.9.1.-2027.8.31.(84개월)								
자체평가 대상기간		2021.9.1.-2022.8.31.(12개월)								
<p>본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21』사업 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다.</p> <p style="text-align: right;">2022년 9월 26일</p>										
작성자	교육연구팀장									
확인자	한양대학교 산학협력단장									

〈자체평가 보고서 요약문〉

중심어	친환경 에너지자원	스마트 자원개발	비전통가스
	바이오에너지	이산화탄소/미세먼지 저감	지속가능한 지구환경
	융합	현장중심	국제화
교육연구팀의 비전과 목표 달성정도	(융합) Cross-Listing 제도, HYPER-E2 교과목 등 융합 교육 프로그램 운영, 융합관련 졸업요건 의무화 등 엄격한 학사관리, 융합 연구과제 수주, (현장중심) IC-PBL+ 강의 운영, IAB 활동, 현장 견학, 전문가초청 세미나, 다수의 산업체 연계 연구과제 수주, (국제화) 영어전용 강의운영, 외국인 신진연구인력 확보, 국제 공동 연구 및 국제 학술 심포지움 개최 등을 통해 융합연구/현장중심/국제적 역량 강화를 위한 기반을 성공적으로 마련하였음.		
교육역량 영역 성과	15건의 학계/연구소/산업체 전문가 초청 세미나 개최, 11개의 강의 개설 및 6건의 IC-PBL+ 강의 운영을 통해 현장중심의 교육환경을 구성하였으며, 국제적 역량 강화를 위한 영어전용 강의 개설 및 해외 단기파견 등의 교육 활동을 수행하였고, 학위논문 외국어 작성을 의무화하는 등 엄격한 학사관리를 수행하였음. 연구 장학금 지원, 멘토-멘티 활동 등 생활/학업 전반적인 부분에서 도움을 주는 Total Care-E ² 제도를 운영하여 안정적인 교육환경을 제공하였으며, 27건의 대학원 전공 현장실습, 2건의 대학원 페어 활동을 통해 우수 대학원생을 확보하고자 노력함. 2명의 우수한 신진연구인력을 확보하여 인건비 및 1:1 매칭펀드를 지원중이며, RA/TA를 배정하여 교육 및 연구여건을 보장하였음. Teaching Fellow 제도를 운영하여 신진연구인력에게 강의 기회를 제공하였음.		
연구역량 영역 성과	사업기간 중 2개 이상의 인공지능/스마트 개발 융합 연구과제 및 4개 이상의 친환경기술 융합 연구과제를 수주하여 교육을 통해 습득한 융합연구역량을 대학원생이 실제 연구에 활용할 수 있는 환경을 마련하였으며, 석유/가스개발, 바이오에너지, 스마트자원/지하공간개발, 오염물질 제거 및 환경복원 등 다양한 분야에서 30억원 규모의 21개 과제를 수행 중에 있음. 지난 1년 동안 다수의 국제 공동 연구를 기반으로 48건의 SCI 논문을 게재하였으며, 향후 연구자 교류를 통한 글로벌 인재 양성을 위해 미국 및 인도에 위치해 있는 대학들과 2건의 MOU를 신규 체결하였음.		
달성 성과 요약 (논문, 학술발표, 특허, 기술이전 등)	최근 1년간 스마트자원개발, 비전통가스, 바이오에너지, 온실가스 감축기술, 폐기물 처리와 같은 교육연구팀 5대 중점분야에 관련된 총 59건의 SCI 논문을 게재했으며, 이 중 Q1 저널의 비중은 44%를 차지하였음. 논문 실적뿐만 아니라, 현장 중심의 연구를 통해 최근 1년간 기술이전 1건 및 국제저서 집필참여 1건 등 실질적인 산업/사회/과학기술 문제 해결에 기여할 수 있는 연구성과를 달성하였음.		
미흡한 부분 / 문제점 제시	COVID-19의 영향이 줄어들며, 사회적 거리두기가 해제됨에 따라 6건의 해외 교육파견 등을 추진하였으나, 사전에 계획한 다수의 현장 견학, 오프라인 행사 및 해외 견학 등을 모두 추진하기에는 예산 및 시간적인 측면에서 한계가 있었음. 향후에는 교육 및 연구활동 계획 시 해외활동에 중점을 두어 그 비중을 확대할 예정임.		
차년도 추진계획	자체평가를 통해 2차년도 동안 미흡했던 여러 문제점들을 확인하고 그 대처방안을 수립하였음. 차년도에는 최근 1년간 정립한 교육 및 연구 시스템 및 프로그램을 지속적으로 관리 및 개선할 예정임. 특히 현장중심 교육 및 연구활동을 위해 세미나 활동을 꾸준히 개최할 것이고, 영어전용/IC-PBL+/Blended-Learning 등의 강의 비중을 확대할 예정이며, 해외 연구기관과 체결한 MOU를 기반으로 정기적으로 해외파견을 추진할 계획임. 또한 효율적인 산업체 연구 역량 향상을 위한 IC-Connect & Share 플랫폼 확대해 나갈 예정임.		

1. 교육연구팀장의 교육·연구·행정 역량

성명	한글	영문
소속기관	한양대학교 공과대학 자원환경공학과	

1) 교육연구팀장의 경력

기간	소속(직위)	역할
2008~2017		· 런던 / 홍콩 등 스마트자원 및 지하공간 개발 관련 기술 교육 · 전세계 Arup 기술연구 교류 네트워크 구축 및 활성화
2017		· 지하공간 계획 / 설계 / 시공 / 유지보수
2017~현재		· 학부 / 대학원 스마트 자원 및 지하공간 개발 관련 교육 및 연구 · 학과장(2019~), 교육과정개편, 대학원페어 등 교육업무 주관

2) 산업체 문제해결 연구역량

- 기술연구 총책임자로서 전 세계에 걸친 주요 메가프로젝트(송도 신도시 마스터플랜, 싱가포르 DTSS 심부 지하 하수 운반 및 환경처리 시스템, 64억 \$(약 7.8조원) 규모의 뉴욕 Second Avenue Subway 등)들을 리드하고 미국, 영국 등 전세계 국가기관 연구를 수행하는 등 산업체 문제 해결에 기여한 교수는 풍부한 실무 및 연구경력을 인정받아 한양대로 특별 초빙되었으며, 현장중점 연구 및 교육체계 구축을 주도하고 있음.

3) 과학기술/사회문제해결 연구역량

- 자원개발 및 지하공간 건설은 각종 공해로 인한 첨예한 소송과 대립, 경제적 손실 등의 이슈들이 야기됨. 이러한 소음, 분진, 진동문제를 해결하고자 4차 산업혁명의 핵심기술인 인공지능을 활용하여 2018년 이후부터 현재까지 정부지원 연구과제를 아래와 같이 수행 중에 있음.
 - ㈜지윤이엔씨와 협업하여 인공지능을 활용한 터널설계 자동화 연구 수행 중
 - 건설기술연구원과 협업하여 무장약공을 이용한 발파진동 저감기술 연구 수행 중
 - ㈜성진이엔씨와 협업하여 진동제어공법 중 하나인 선대구경의 효율 증진 연구 수행(2020년 완료)
 - ㈜아이콘트와 협업하여 진동속도 예측 인공지능 프로그램 개발(2019년 완료)

4) 학생 역량 강화를 위한 교육역량

- 통해 30개 이상의 국제적 기관, 기업 간 협업을 주도하며 메가 프로젝트들을 리드한 교수의 풍부한 경험과 사회/산업 문제 해결 노하우를 기반으로 부임이후 현재까지 5건의 Industry-Coupled Problem-Based Learning+(IC-PBL+) 방식의 강의를 진행함으로써 교육효과를 극대화하였음. IC-PBL+로 진행된 강의는 학생들로부터 최고의 강의 만족도로 평가됨(최종점수 100점).
- 현재 자원환경공학과 주임교수 및 Industry Advisory Board(IAB) 주임교수를 맡아 연 평균 2회 씩 IAB 자문위원을 초청하여 학과의 교과과정에 대한 회의를 진행하고 이를 반영하여 최신 산업계 동향에 부합하도록 대학원 교과과정을 개발하는 등 교육업무를 주관하고 있음.
- 높은 교육 열정, 우수한 강의 내용 등 최고 수준의 교육역량을 인정받아 2021년 6월 한양대학교에서 각 계열별 최우수 교강사를 선정하는 '2021년도 Best Teacher'에 선발되어 상패를 수상하였음.

5) 학생행복 중심의 행정역량

- Global Tunneling Project of the Year(2015) 등 총 5개의 올해의 프로젝트 상을 기술연구 총책임자로서 수상한 바 있으며 이를 통해 본 교육연구팀장의 조직관리 능력이 검증됨.
- 학교의 다양한 상담프로그램을 통해 학부 및 대학원 학생들과 지속적으로 상담을 함. 이에 대한 결과로 한양대 부임 후 3년 연속 “최다 학생상담상”을 수상함.
- 현 한양대학교 자원환경공학과 교수, 학과장 및 공과대학원 교육 혁신 Committee를 겸임하며 대학원생들의 비전 실현을 위해 다양한 정책을 구상/적용 중에 있음.

2. 대학원 학과(부) 소속 전체 교수 및 참여연구진

<표 1-1> 교육연구팀 대학원 학과(부) 전임 교수 현황

(단위: 명, %)

대학원 학과(부)	학기	전체교수 수	참여교수 수	참여비율(%)	비고
자원환경공학과	20년 2학기	10명	4명	40%	-
	21년 1학기	8명	3명	37.5%	-

<표 1-2> 최근 1년간(2021.9.1.~2022.8.31.) 교육연구팀 대학원 학과(부) 소속 전임 교수 변동 내역

연번	성명	변동 학기	전출/전입	변동 사유	비고
1	■	2021년 2학기	전출	정년퇴임	-
2	■	2021년 2학기	전입	신규임용	-
3	■	2021년 2학기	전입	신규임용	-
4	■	2022년 1학기	전입	신규임용	-

● 참여교수 변동 내역

- 참여교수 1명(■)이 2021년 8월 정년으로 인해 퇴임했으며, 2021년 9월 1일 이후 신규임용 교수(■) 참여 예정임.

<표 1-3> 교육연구팀 대학원 학과(부) 대학원생 현황

(단위: 명, %)

대학원 학과(부)	참여 인력 구성	대학원생 수 (휴학 인원 수)											
		석사			박사			석·박사 통합			계		
		전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)
자원환경 공학과	21년 2학기	15	4	26.7	20	7	35	20	6	30	55	17	30.9
	22년 1학기	17	3	17.6	33	7	21.2	22	7	31.8	72	17	23.6
참여교수 대 참여학생 비율					450 %								

● 참여대학원생 변동 내역

- 2022년 2월 참여대학원생 3명(석사과정)이 졸업하였고, 2022년 8월 1명(박사과정)이 졸업하였음.
- 2022년 4월 참여대학원생 5명(석사과정 2, 석박통합 3)이 신규 참여하였으며, 2022년 8월 4명(석사과정 2, 박사과정 2)이 신규 참여하여 현재(2022.08.31.)는 석사 총 5명(29%), 박사 총 9명(27%)이 참여중임.

3. 교육연구팀의 비전 및 목표 달성정도

1) 사업팀의 비전

- 친환경 에너지자원 스마트 개발 분야를 선도하는 글로벌 리더 양성

2) 사업팀의 핵심가치 및 목표

- (융합) 융합형 연구를 선도할 협응형 리더 양성
[친환경 에너지자원 스마트 개발 분야의 융합형 교육/연구 프로그램 개발/활성화]
 - 타학과 교과목 수업을 장려하는 Cross Listing 제도 운영, 인공지능 및 친환경 에너지 관련 교육 연구팀 자체 교육 프로그램 운영, 인공지능 및 빅데이터 중심의 HYPER-E² 교과목 운영을 통해 4차 산업혁명 시대에 대응한 스마트 기술 및 다양한 전공 지식을 습득할 수 있는 교육 환경을 구축하였으며, 졸업요건에서 융합전공 이수기준을 강화하는 등의 엄격한 학사관리를 통해 융합형 교육에 대한 참여 대학원생들의 관심을 유도함.
 - 사업기간 중 2개 이상의 인공지능/스마트개발 융합 연구과제 및 4개 이상의 친환경 기술 융합 연구과제를 수주함으로써 교육을 통해 배양한 융합 연구역량을 대학원생이 직접 적용할 수 있는 연구 기회를 마련하였음.
 - 교내/외에서 진행되는 각종 관련 대회/프로그램을 참여대학원생들 대상으로 지속적으로 홍보 및 권장하였으며, 2021년도 2학기에 교내에서 실시한 HY-BK G3 융합연구 프로그램에 참여 대학원생들이 참가하여 2회 연속 최우수상을 수상하는 등 융합형 연구에 대한 자기주도적 연구 환경을 조성함.
- (현장중심) 우리나라의 산업/사회 문제 해결을 위한 전문가 양성
[현장중심 협업/연구 산학연 연계 활성화를 통한 문제해결 전문가 육성]
 - 이론 중심의 단순 지식 전달보다 실제 산업/사회에서 마주하는 여러 문제점들을 직접 체험하고 해결할 수 있는 역량을 배양하기 위해 5개의 IC-PBL+(Industry Coupled Project Based Learning) 강의를 개설하였으며, 산업계에서 활동하고 있는 전문가들로 구성된 IAB(Industry Advisory Board) 자문위원단을 대상으로 주기적인 교육과정 회의를 진행하고 그 피드백을 IC-PBL+ 강의에 반영함으로써 교육의 질적 향상을 도모하였음.
 - 수업 중심의 교육방식에서 벗어나 교육의 기회를 확대하고자 15건의 전문가 초청 세미나를 진행하였으며, 현장 연계 교육의 기회를 넓히기 위해 국내 지자체/산업체와 체결한 4건의 MOU, 39건의 산업체 활용 협약서 및 3건의 산업 문제 해결 자문동의서를 기반으로 산업체 및 각 분야의 전문가 간의 유기적인 협력체를 형성하여 산업/사회 연계형 플랫폼 구축을 위한 커뮤니티를 형성하였음.
 - 석유/가스개발, 바이오에너지, 스마트자원/지하공간개발, 오염물질 제거 및 환경복원 분야에서 약 30억 규모의 21개 연구과제를 수행이며, 이와 같은 다양한 연구활동을 기반으로 사업기간 동안 59건의 SCI 논문 게재(Q1 저널 비율 44%), 기술이전 1건, 국제저서 집필참여 1건 등의 우수한 연구 실적을 달성하였음.
- (국제화) 핵심 연구의제를 선도하는 글로벌 리더 양성
[교육연구프로그램의 국제화를 통한 핵심 의제를 선도하는 글로벌 리더 양성]
 - 교육연구팀 참여교수가 담당한 11개의 수업중 5개를 영어전용 강좌로 운영하였으며, 강화된 졸업요건(학위논문 영어작성 의무화)등의 엄격한 학사관리를 통해 참여대학원생의 국제화를 유도함.
 - 해외의 우수한 연구인력을 채용하여 참여교수 연구실에 소속된 외국인 신진연구인력 총 9명이며, 그 중 1명에게 BK 예산을 통해 경제적으로 지원함. 외국인 신진연구인력과 한국인 학생 간 RA/TA 배정 및 1:1 멘토-멘티 관계를 구성하여 참여 대학원생의 국제적인 연구역량을 강화할 수 있는 환경을 마련하였음.
 - 기존에 체결한 8건의 국제 MOU(해외 학술기관 5건, 산업체 1건, 연구소 2건)에 더하여 최근 1년간 미국 및 인도에 위치한 우수 대학과 2건의 MOU를 신규 체결하여 각종 실험 관련 국제협력과 학생 교류활동을 협조하였음. 캐나다에 위치한 저류층 시뮬레이션 기술개발 기업인 CMG와 SAGD 및 Wellbore 모델에 대한 Builder를 활용한 연구를 진행하였으며, 미국에 위치한 2개 대학(뉴멕시코텍, 애리조나대학)의 교육 프로그램과 연계하여 6건의 해외단기파견을 추진하였음.

□ 교육역량 대표 우수성과

● 교육과정 및 학사관리 혁신

- 교육연구팀 참여교수가 담당한 강의 중 IC-PBL+ 강의의 비율은 31%이며, 영어전용 강의의 비율은 56%로, IC-PBL+ 교과목의 경우 학과 전체 교과목 대비 2배의 차이가 발생함.
- 대학원 및 BK에서 운영중인 교육 프로그램과 연계하여 졸업 후 다양한 진로제공을 위한 연구방법/제안서/보고서/특허/논문 작성법, 어학프로그램, 복지/인권향상/연구윤리 관련, 기계학습/빅데이터 등의 교육을 진행하였으며, 지난 1년간 참여대학원생들이 참여한 교육 프로그램은 총 35개에 달하는 등 높은 참여율을 보임.
- 현장 중심의 연구역량을 함양하기 위해 총 15건의 학계/연구소/산업체 전문가 초청 세미나를 진행하였음.

● 우수 대학원생 확보 및 지원

- 우수 대학원생 확보를 위해 학부생 대상으로 총 5건의 인턴활동 및 22건의 졸업논문 작성 지도와 같은 대학원 전공 현장실습을 운영하여 학부생들이 미리 대학원 생활을 체험하고 미래 진로를 고민해볼 수 있는 기회를 제공함.
- 외국인 학생의 입학 수월성 제고를 위하여 외국인 신진연구인력을 적극적으로 임용하여 참여교수 연구실에 소속된 외국인 신진연구인력의 수는 총 9명이며, 그 중 1명에게 BK 예산을 지원중에 있음. 또한 연구 및 생활부담 경감을 위해 연구비 지원, 1:1 멘토링 지정 등 Total Care-E² 제도를 운영중에 있음.
- 대학원생의 안정적인 연구활동을 위해 박사과정의 경우 월 평균 150만원 이상, 석사과정의 경우 월 평균 80만원 이상의 장학금을 지원하였으며, 연구활동 관련 경비부담을 최소화하기 위해 4건의 학술발표에 약 190만원을 지원하였음.

● 참여대학원생 실적

- 참여대학원생이 주저자인 SCI(E)급 논문을 총 5건 게재했으며, 공동저자인 논문까지 포함하여 총 10편의 논문을 게재하였음. 2021 JCR 기준 전체 논문 중 Q2 이상인 저널의 비율은 60%이며, 논문 1편당 평균 IF는 4.8임.
- 친환경 에너지자원, 스마트 개발 분야의 융합형 교육/연구 프로그램을 운영하여 대학원생 학술대회 발표의 질적, 양적 우수성을 제고하였으며, 14건의 학술대회 발표를 통해 최신 연구 동향에 대한 활발한 교류를 유지함.

● 신진연구인력 지원 및 실적

- BK 사업비를 활용하여 신진연구인력 2명에게 월 평균 300만원의 연구비를 지원하였으며, 연구비 수주를 통해 1:1 매칭펀드를 지원하여 연구역량 강화 및 안정적인 연구활동을 보장하였음.
- BK 지원을 받는 신진연구인력에게 강의 기회를 제공하여 대학원생들의 교육의 다양성 확보, 최신 연구동향을 파악할 수 있는 환경을 마련하였음.
- BK 지원을 받는 신진연구인력이 주저자로 포함된 Q1급 SCI(E) 논문을 7건 게재하였으며, 학술발표는 1건 수행하였음.

● 국제적 연구역량 확보

- 캐나다의 연구그룹(CMG, Computer Modeling Group)과 공동연구를 진행중에 있음. 참여대학원생 3명이 CMG에서 주관하는 소프트웨어 연구 및 교육 프로그램(Modelling of SAGD and Advanced Wellbore Modeling)에 참여하여 SAGD 및 Wellbore 모델에 대한 Builder 사용법을 활용한 연구를 수행하였음.
- New Mexico Institute of Mining and Technology(USA)(2021.10, 2022.02, 2022.07, 2022.08) 및 San Xavier Mining Lab.(Arizona University, USA)(2022.02, 2022.08)와 연계하여 총 6차례의 단기 해외파견을 진행하였으며, 교육연구팀 참여대학원생 15명이 참여하여 석유회수 증진공법, 펌프 고장감지 및 수명개선, 광산안전, 채굴방법 등 자원채굴 분야에 대해서 활발한 연구교류를 수행하였음.

1. 교육과정 구성 및 운영

1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

1.1.1 교육연구팀 교육과정 및 학사관리 혁신

1) 영어전용/IC-PBL+/Blended Learning 교육과정 도입

- 2020년도 9월 1일부터 2021년도 8월 31일 까지 교육연구팀 참여교수가 개설하거나, 참여교수 연구실 소속 박사후연구원이 담당하 총 강의 수는 11개이며, 11개 과목 중 영어전용, IC-PBL+ 가 적용된 과목은 총 8개 과목으로 72.7%의 높은 비율을 보임.

<표 1-4> 교육연구팀 영어전용/IC-PBL+/Blended Learning 비율

기 간	기 준	총 과 목 수	영어전용 강의 수(%)	IC-PBL+ 강의 수 (%)
2020.09 - 2021.08	전체 교과목	19	5 (26.3%)	2 (10.5%)
	참여교수 교과목	5	3 (60%)	1 (20%)
2021.09 - 2022.08	전체 교과목	18	6 (33%)	6 (33%)
	참여교수 교과목	11	6 (54.5%)	4(36.4%)

- 지난해 실적 대비 영어전용 및 IC-PBL+ 강의가 각각 3개씩 증가하였음. 개설된 모든 영어전용 강의는 참여교수나 참여교수 연구실 소속 박사후연구원이 담당하 강의였으며, IC-PBL+ 강의의 경우 비참여교수 대비 2배에 달하는 강의를 개설하여 운영하였음. 이를 통해 BK 참여교수의 교과목이 BK 사업의 목표인 산업/사회 문제해결형 현장중심, 국제화/글로벌화, 자율융합형 혁신 교육에 맞춰 개진되고 있다는 것을 확인할 수 있음.

2) 학위논문 작성 영어 의무화

- 본 교육연구팀에서는 최종 목표인 학위논문 영어작성 비율 100% 달성을 위해 교육연구팀 자체운영 규정에 참여교수 지도학생의 졸업논문 영어작성에 대한 의무를 명시하여 지속적으로 관리하였으며, 실적 산정기간 동안 학위논문 영어작성 비율 100%를 달성하였음.

<표 1-5> 학위논문 작성 비율

구 분	2022년도 2월	2022년도 8월
졸업생 수	3명	1명
학위논문 영문 비율	영문 3건(100%)	영문 1건(100%)

3) 해외기관 MOU 체결 기반의 국제적 공동 연구 및 워크숍을 통한 교육

- 지난 5년간 해외 우수 대학 6건, 산업체 5건 및 연구기관 2건의 MOU를 체결하여 지속적인 교류를 이어오고 있으며, 실적산정기간 동안 해외 우수 연구기관과 2건의 MOU를 신규 체결하여 국제적 공동연구의 기반을 마련하였음.
- 미국 2개의 대학과(New Mexico Institute of Mining and Technology, University of Arizona) 연계하여 총 6건의 국제 장/단기 교육 프로그램을 운영함으로써 활발한 연구교류 및 교육을 통한 글로벌 인재 양성에 주력하였음.
- 향후 미국 및 사우디아라비아 등 우수 대학 및 연구기관과의 MOU를 지속적으로 추진하여 연구의 국제화/고도화를 위한 기반을 다지고, 참여대학원생의 연구 활동에 실질적인 도움이 될 수 있는 기회를 제공하고자 함.

4) 연구방법, 제안서/보고서/특허/논문 작성법 등에 대한 체계적인 교육 실시

- '자원환경공학논문연구' 교과목을 통해 전반적인 글쓰기 및 학술자료의 구성 등에 대한 교육을 진행하였고, '석사논문지도' 및 '박사논문지도' 교과목을 통한 개별 면담을 활용하여 연구의 설계, 자료조사 및 분석방법 등 학습자 개인에게 최적화된 논문지도를 수행하였음.
- 매 학기 '석사/박사 논문지도' 교과목을 개설하여 운영중이며, '자원환경공학논문연구' 교과목을 2021년도 2학기에 개설하여 효과적인 논문 작성법, 학회 발표자료 준비방법 등에 대해 수업을 진행하였음.

5) 대학원 교과과정 및 교육에 대한 평가/분석

- 본 교육연구팀에서는 교육 개선을 위한 평가를 주기적으로 수행해왔음. 2022년 4월 23일 IAB 주임교수(본

교육연구팀장) 주관 하 교육과정 자문회의를 개최하여 산업계의 최신 동향 및 수요를 파악하였음. 또한 교육의 질을 개선하고 학생들의 주도적인 교육 참여를 이끌어내고자 참여대학원생을 대상으로 매 학기 말 설문조사를 1회씩 수행하였음.

- 2021.12.28. 2021년도 2학기 대학원생 설문조사
- 2022.04.23. IAB 교육과정 자문회의()
- 2022.08.31. 2022년도 1학기 대학원생 설문조사
- 교육과정 자문회의를 통하여 향후 교육방향을 논의한 결과, 다음과 같은 의견을 수렴하였음.
 - 이론/수업 위주의 전통적 대학 수업의 한계를 벗어나 실무와 연계된 교육방식이 더욱 강화되어야 함.
 - 자원 관련 분야에도 AI 등의 첨단기술이 도입되고 사용이 점차 확산되고 있음. 현재 학과 차원에서도 충분히 이와 관련된 기초지식을 충분히 함양할 수 있는 교과목을 개발하여 운영하고 있으나, 기초지식 뿐만 아니라 실제 산업계에 적용하여 문제해결을 경험할 수 있도록 일종의 통합 교육과정을 수립하여 운영한다면 큰 시너지 효과를 볼 수 있을 것으로 기대됨.
 - 탄소 중립시대가 도래함에 따라 신산업분야에 대한 산업계의 관심도 또한 증가하고 있음. 이와 관련하여 신산업 분야에 특화된 교육 프로그램 마련이 필요함.
- 학기별 대학원생 만족도 설문조사 수행 결과 수렴된 의견 및 대응 방안은 아래와 같음.
 - 전반적인 대학원 생활, 교과과정, 교과과정 외의 사항, 인권 관련 만족도에 대해 설문조사를 실시함
 - 2021 년도 2학기에는 참여대학원생 17명 중 14명이 응답했으며, 2022년도에는 1학기 참여대학원생 21명 중 16명이 응답하여 평균 79.3%로 높은 수준의 응답율을 보임.

〈표 1-6〉 설문조사 결과, 원인분석 및 대응방안

설문 문항	설문조사 결과 (2020년 2학기, 2021년 1학기 통합결과)	원인분석 및 대응 방안
졸업 후 희망 진로	<ul style="list-style-type: none"> ● 희망진로: 정부출연연구소(50%), 산업체(43%), 대학교수(10%), 기타(3%) 등 ● 지난해 설문결과와는 달리 정부출연연구소로의 진로희망이 늘어남. 대학/창업보다는 연구소/산업체로의 진로 비중이 상당히 늘어남. 	<ul style="list-style-type: none"> ● 대규모 행사 및 소규모 세미나 시 연구소/산업체 출신 선후배를 초청하여 교류의 장 마련
교과과정 만족도	<ul style="list-style-type: none"> ● 대학원 교과과정 만족도: 매우 만족(16%), 만족(70%), 보통(10%), 불만족(3%)(지난해와 비슷하게 만족 이상인 의견이 86%를 차지함.) ● 추가 개설 되었으면 하는 대학원 교과과정: 4차산업혁명 관련 (30), 세부전공 심화(23%), 산업체문제해결형(27%), 타전공 융합(20%) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 교과과정 만족도가 전체적으로 우수한 것으로 파악됨. ● 4차 산업혁명, IC-PBL+, 융합 교과목, Cross-Listing 교과목의 운영을 현행 유지하되, 각 과목별 세부적인 개선사항을 지속적으로 도출하여 개선 하는 방향으로 강화 예정임.
대학원 생활 만족도	<ul style="list-style-type: none"> ● 생활 만족도: 매우 만족(20%), 만족(70%), 보통(10%). (지난해와 비교하여 만족 이상인 의견이 18% 증가함) ● 개선이 필요한 부분: 연구 외 행정업무 과다(37%), 취업/진로 가이드(33%), 인건비 부족(23%), 과중한졸업요건(3%), 인권문제(3%)(지난해에 50%를 차지했던 행정업무 문제가 13% 감소함.) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 주기적 설문조사/면담 등을 활용한 대학원생의 소통 활성화 유지 예정임. ● 행정인력 고도화/전문화를 통한 행정부담 경감이 효과가 있는 것으로 판단되며, 행정부담을 최소화하기 위해 지속적으로 노력할 예정임.
재정지원 만족도	<ul style="list-style-type: none"> ● 월 생활비 필요금액: 석사과정의 경우 57%가 100-150만원이 적정하다는 의견을 냈으며, 박사과정의 경우 50%가 150 만원 이상이 적정하다는 의견이 수렴됨. ● 재정지원 만족도: 석사과정의 경우 ‘만족’ 이상인 의견이 62%를 차지하며, 박사과정의 경우 ‘만족’ 이상인 의견이 57%, ‘보통’인 의견이 29%를 차지함. 	<ul style="list-style-type: none"> ● 만족도가 지난해에 비해 줄어든 것으로 보이며, 최근 급격해진 물가/월세 상승으로 인한 것으로 판단됨. ● 석사과정의 경우 월 80만원 이상, 박사과정의 경우 월 150만원 이상 지원 중이며, 이는 최저금액으로 실질적으로 받고 있는 인건비는 이보다 많기 때문에 현재 지원수준이 적정하다고 판단됨.

- 향후 학기별 1회의 설문조사와 연 1회의 IAB 자문회의를 통해 최신 산업 동향 및 학습자의 요구를 수렴하여 교과과정 및 교육의 질적 향상을 계획 중임.

6) 대학원생의 교육 몰입도 향상을 위해 생활비 의무적 지원

- BK 지원금(석사 월 70만원, 박사 월 130만원), BK RA/TA 장학금 및 연구실 별 진행중인 프로젝트 인건비를 포함하여, 교육연구팀에 참여중인 대학원생 전원을 대상으로 2021년도 9월 1일부터 2022년도 8월 31일 까지 석사과정 월 평균 80만원 이상, 박사과정 월 평균 150 만원 이상 지원하였으며 향후에도 지속적인 지원을 유지할 예정임.

7) 교육연구팀과 MOU 체결한 기관 및 추가로 체결 예정인 기관의 협조를 통한 현장견학 강의 운영

- 이론 위주의 수업을 벗어나 다양한 현장 견학의 기회를 제공하고자 2020.09.01. ~ 2021.08.31. 기간 동안 우수한 해외 대학들과 2건의 MOU를 신규 체결하였으며, 이에 따라 총 10건의 국제 MOU(해외 학술기관 7건, 산업체 1건, 연구소 2건) 및 4건의 국내 산업체 MOU를 기반으로 다양한 교육 프로그램을 계획중에 있음.
 - 2022.03.22. New Mexico Institute of Mining and Technology, USA
 - 2022.08.24.. CIL-SAIF, and UIAMS of Panjab University, India

8) 교육연구팀의 교육 철학이 반영된 자원 에너지관 확보를 위한 자금 모금

- 교육연구팀의 교육철학이 반영된 자원에너지관 확보를 위한 자금 모금 중이며 2022년도 8월 31일 기준 모금액은 약 2.26억원임. 목표 대비 45%의 달성율을 보이며, 약 2억원을 모금한 작년 대비 9.5%(약 1912만원) 증가함.

1.1.2 세계적 수준의 '자율융합형 혁신 교육과정' 개편

1) 교과과정 체계화(기본소양 과정, 전공심화, 역량 강화 과정) 및 Cross-Listing 제도 운영

- 체계적인 교육과정 관리를 위해 교과과정을 기본소양과정(6과목), 전공심화(51과목), 역량강화과정(3과목)으로 체계화하여 운영중이며, 학과 전공수업에서 미처 다루지 못하였으나 실제 산업에서는 밀접히 연관된 타 학과 교과목의 수업을 권장하기 위해 Cross-Listing 제도를 운영해왔음. 2021.09.01. ~ 2022.08.31. 기간 동안 아래와 같이 총 7개의 Cross-Listing 과목이 개설됨.

<표 1-7> Cross-Listing 강의 개설 현황

Cross-Listing 교과목명	관장학과	교강사명	계획학기	개설학기
인공지능개론	컴퓨터/소프트웨어학과	■	2021-2	2021-2
유기화학특론2	화학과	■	2021-2	2021-2
무기화학특론	화학과	■	2021-2	2021-2
생명공학세미나2	생명공학과	■	2021-2	2021-2
생명과학세미나4	생명공학과	■	2021-2	2021-2
생태공학	건설환경공학과	■	2022-1	2022-1
생명공학세미나1	생명공학과	■	2022-1	2022-1

- 향후 실제 산업과 밀접히 관련된 다양한 강의 수업을 권장하기 위해 아래와 같이 타학과 교과목을 대상으로 Cross-Listing 제도를 지속 운영할 예정임.

<표 1-8> 계획중인 Cross-Listing 강의 목록

구분			Cross-Listing 교과목
전공 심화	스마트 자원개발	암석역학	빅데이터마이닝, 섬유보강콘크리트특론, 첨단콘크리트 공학, 이론토질역학, 인공지능개론
	미래/전통 에너지자원	바이오에너지 /환경복원	환경나노기술, 환경분석, 유기화학특론, 무기화학특론, 생태공학, 생명공학세미나, 생명과학세미나

2) 문제해결역량 강화를 위한 IC-PBL+ 교과목 운영

- 현장 융합형 문제를 제시하고 스스로 해결하도록 유도하는 방식의 IC-PBL+강의를 교육과정에 반영하고 있으며 그 비율을 증가시키고 있음. 2020년 2학기 및 2021년 1학기에 개설된 전공과목 중 IC-PBL+ 과목의 비율은 전체 교과목 기준으로 약 33%이며, 참여교수 교과목 기준으로 36%에 달함. 각각 10.5%(전체 교과목 기준), 20%(참여교수 교과목 기준)였던 작년과 비교하여 IC-PBL+ 강의의 개설 수가 큰폭으로 증가하였음.
- 참여교수 교과목 기준으로 사업종료 시점 IC-PBL+ 강의 비율을 30% 이상 확보하는 것을 목표로하고

있으나, 현재 해당 목표를 달성하였으며, 지난 1년 동안의 활동을 기반으로 향후 꾸준히 노력한다면 사업 종료시점에는 더욱 높은 비율을 달성할 수 있을 것으로 기대됨.

3) 3개의 신산업분야 교과목을 편성하여 교육-연구의 연결성 강화

- 3개의 신산업분야 교과목(스마트 자원개발, 미래/전통 에너지자원, 지속가능한 지구환경)에 해당하는 총 17개 강의를 2021년도 2학기 및 2022년도 1학기에 계획하였으며 총 16개 강의를 개설되었음. 자원순환공학특론은 담당 교수의 정년퇴임으로 인해 2021-2 학기에 미개설되었으나, 신규로 부임한 후임교수가 정년퇴임한 교수의 교과목을 담당하여 2022-1학기 수업부터는 모든 강의를 계획대로 개설하였음.

〈표 1-9〉 2020년도 2학기 및 2021년도 1학기 개설된 전공과목

구 분	교과목	교강사명	계획학기	개설학기
전공 심화	스마트 자원 개발	지하공간공학특론	2021-2	2021-2
		정량적탄성과자료해석	2021-2	2021-2
		자원경제성평가세미나	2021-2	2021-2
		탄성과탐사특론	2022-1	2022-1
		암석역학특론	2022-1	2022-1
		고급자원경제학연구	2022-1	2022-1
	미래/전통 에너지 자원	저류공학특론	2021-2	2021-2
		유가스전평가특별연구	2021-2	2021-2
		석유개발모델링	2022-1	2022-1
		바이오에너지공학특론	2022-1	2022-1
		생물복원공학특론	2022-1	2022-1
		저류층지구역학	2022-1	2022-1
	지속가능한 지구환경	자원순환공학특론	2021-2	(미개설)
		지질환경공학특론	2021-2	2021-2
		시료채취 및 처리특론	2021-2	2021-2
		환경지구화학특론1	2022-1	2022-1
		광물입자공학특론	2022-1	2022-1

- 향후 2022년도 2학기에는 아래와 같은 신산업분야 교과목을 개설할 계획임.

〈표 1-10〉 2022년도 2학기 개설 계획중인 교과목 목록

구 분	교과목	교강사명	계획학기	개설학기
전공 심화	스마트 자원 개발	불연속암반공학특론	2022-2	2022-2
		자원경제및정책특론	2022-2	2022-2
		역산이론	2022-2	2022-2
	미래/전통 에너지 자원	석유생산공학특론	2022-2	2022-2
		바이오매스공학특론	2022-2	2022-2
		지하수오염학특론	2022-2	2022-2
		석유개발전공세미나	2022-2	2022-2
	지속가능한 지구환경	환경지구화학특론2	2022-2	2022-2
		자원처리모델링	2022-2	2022-2

1.1.3 스마트 강좌 운영 및 교육환경 개선

1) 영어전용/IC-PBL+/Blended-learning 수업으로 구성된 영어 및 스마트 강좌 도입

- 참여교수가 담당하는 전공 과목을 대상으로 영어전용, IC-PBL+, Blended-Learning 중 최소 1개 이상 적용하는 것을 목표로 함.
- 1차년도 사업기간 중 교육연구팀 소속 정교수 및 연구교수 담당 교과목은 총 11개이며 그 중 영어전용, IC-PBL+, Blended-Learning 중 하나라도 적용하지 않은 교과목은 3개로 달성도는 73%에 달함. 이는 60% 달성도를 보인 작년에 비해 13% 증가한 수치임.

〈표 1-11〉 2021년도 2학기 ~ 2022년도 1학기 개설된 교육연구팀 참여교수 교과목 현황

개설시기	교과목명	교강사명	영어전용	IC-PBL+ 및 Blended Learning
2021년도 2학기	저류공학특론	■		
2021년도 2학기	지하공간공학특론	■	✓	✓
2021년도 2학기	유가스전평가특별연구	■		✓
2021년도 2학기	자원환경공학논문연구	■	✓	
2022년도 1학기	암석역학특론	■		✓
2022년도 1학기	석유개발모델링	■		
2022년도 1학기	바이오에너지공학특론	■	✓	
2022년도 1학기	생물복원공학특론	■	✓	
2022년도 1학기	광물입자공학특론	■	✓	
2022년도 1학기	저류층지구역학	■	✓	✓
2022년도 1학기	인공지능과친환경에너지	■		

- 현재 비율을 점진적으로 증가시켜 2027년 기준 교육연구팀 수업을 대상으로 영어전용/IC-PBL+/Blended-Learning 중 최소 1개 항목 이상이 적용된 강의의 비율을 100%로 달성할 계획임.

1.1.4 교육연구팀 자체 교육 프로그램 운영

1) 전문자원인 커리어 개발 교육 프로그램 운영

- 대학원 및 BK에서 운영중인 교육 프로그램과 연계하여 졸업 후 다양한 진로 제공을 위한 연구방법/제안서/보고서/특허/논문 작성법, 어학프로그램, 복지/인권향상/연구윤리 관련, 기계학습/빅데이터 등의 교육을 장려하였으며, 2021년도 2학기 ~ 2022년도 1학기 간 수강 현황은 아래와 같음. 향후에도 지속적으로 대학원 및 BK에서 운영중인 교육 프로그램과 연계한 커리어 개발기회를 제공할 계획임.

〈표 1-12〉 2021년도 2학기 ~ 2022년도 1학기 참여대학원생 커리어개발 교육/프로그램 수강 현황

분야	프로그램 이름	수강학기
연구역량 강화	자원환경공학논문연구	2021-2
	박사논문연구1, 2	2021-2, 2022-1
	영어 논문의 모든 것	2021-2
	영어 논문과 발표의 모든 것	2021-2
	학위논문 작성, 연구설계부터 제출까지	2022-1
	Tyrniti(표절 검사 프로그램) 활용하기	2022-1
	학업능력 향상을 위한 구글과 노션 활용법	2022-1
	Endnote 기초	2022-1
	자연과학계열 영어 논문 작성법	2022-1
	HY-BK G3 Program	2021-2
	지식재산권 특강_IP의 이해	2022-1
	특허제도의 이해(기초)	2022-1
	선행기술조사 방법	2022-1
	협력적인 팀활동을 위한 커뮤니케이션	2022-1
연구행정역량 강화	국가연구개발사업 일반사항 및 개정정보	2021-2
	20분만에 마스터하는 연구재료비 중앙구매	2021-2
	연구(비)관리 온라인 교육	2021-2, 2022-1

(계속)

분야	프로그램 이름	수강학기
어학능력 강화	BK 참여학과 대상 대학원생 어학교육 프로그램 (영어회화)	2021-2
	BK 참여학과 대상 대학원생 어학교육 프로그램 (1:1 영어 Presentation)	2022-1
	두 시간 만에 끝내는 영어 논문 작성법	2022-1
AI/통계/프로그래밍	실제 데이터를 통한 데이터 분석 및 머신러닝 입문	2022-1
	파이썬(Python) 코딩기초 겨울방학특강	2022-1
	파이썬을 이용한 통계처리 응용	2022-1
	파이썬을 이용한 통계처리 기초	2022-1
	R을 이용한 통계분석 응용	2022-1
	R 프로그래밍 기초	2022-1
	SPSS 기초(통계분석)	2022-1
전공관련	BK21 열분석 아카데미: TGA/DSC	2022-1
	BK21 열분석 아카데미: DMA	2022-1
	크로마토그래피 아카데미	2021-2
	크로마토그래피 질량분석(GC/MS) 아카데미	2022-1
	분광 아카데미	2021-2
복지/인권향상/연구 윤리 관련	인권/폭력예방교육	2021-2, 2022-1
	장애인인식개선교육	2021-2, 2022-1
	학생생활관(서울) 소방안전교육	2022-1

2) 교육연구팀 자체 교육프로그램 운영

- 본 교육연구팀에서는 사회가 요구하는 실용 인재양성 및 대학원생 연구역량의 질적 향상을 위해 아래와 같이 자체 교육 프로그램을 개설하여 운영하였음

〈표 1-13〉 인공지능 및 친환경에너지 교과목 개설 계획

교과목	세부 내용	계획학기	개설학기
인공지능과 친환경에너지	인공지능 기초지식 융합형 교육으로 학생의 융합적 사고능력 배양, 사회가 요구하는 실용 인재양성을 목표로 함.	2022-1	2022-1
자원환경공학논문연구	자원공학의 전문성을 반영한 실험계획, 실험방법, 데이터해석 및 영어논문 작성법에 대해 강의하여 연구의 질적 향상과 대학원생의 논문 작성에 대한 전문성 증대 및 글로벌 감각을 갖춘 인재양성에 기여	2021-2	2021-2

1.1.5 엄격성, 합리성, 연결성을 구현한 학사관리

1) 융합 전문성을 지닌 대학원생 양성을 위한 융합전공 수강 학점 강화

- 융합전문성을 지닌 대학원생 양성을 위하여 BK 교육연구팀 자체 운영규정에 아래와 같이 융합전공 수강 학점 강화 관련 내용을 졸업여건에 반영 및 의무화(2021.04.30.)하였으며, 이후부터 지속 관리중임.
 - 석사과정 → 6학점 유지, 박사과정 3학점 → 6학점, 석박사 통합과정 9학점 → 12학점
 - (2022.8. 졸업, 박사과정) : 융합전공 2과목(6학점) 수강
 - (2022.2. 졸업, 석사과정) : 융합전공 2과목(6학점) 수강
 - (2022.2. 졸업, 석사과정) : 융합전공 4과목(12학점) 수강
 - (2022.2. 졸업, 석사과정) : 융합전공 1과목(3학점) 수강
 - 김경욱 학생은 개인 사정으로 인해 석박통합 과정에서 석사로 전환하여 졸업함에 따라 융합전공을 모두 이수하지 않더라도 졸업이 인정되었음. BK 교육연구팀 자체 운영규정에 이와 같은 예외 사항에 대한 내용을 반영하였으며(2022.03.05) 졸업자에 대한 체계적인 관리를 수행중임.

2) 대학원생 연구역량 및 전문성 강화를 위한 졸업여건 강화

- 대학원생들의 연구역량 및 전문성 강화를 위하여 아래와 같은 내용을 BK 교육연구팀 자체 운영규정에 반영(2021.04.30.)하여 이후부터 졸업여건을 의무화하여 관리중임.
 - 석사학위취득 전 국내·외 학술대회 학술발표 또는 학술지 게재 1건 의무화
 - [REDACTED] (2022.2. 졸업, 석사과정) : 국내 학술발표 1건
 - [REDACTED] (2022.2. 졸업, 석사과정) : SCIE 학술지 공동저자 1편, 국내 학술발표 1건
 - [REDACTED] (2022.2. 졸업, 석사과정) : SCIE 학술지 등재 1편
 - 박사학위취득 전 주저자로 최소 1편의 SCIE 학술지 등재, 주저자 및 공동저자로 2편 이상의 SCIE 학술지 등재 및 박사학위취득 전 연구점수 200점 필수적으로 확보

[연구점수 산정방법]

- SCI 논문 게재 시 저자가 본인과 지도교수 포함 총 2인인 경우: 100점 부여
- SCI 논문 게재 시 저자가 본인과 지도교수 포함 총 3인인 경우: 70점 부여
- SCI 논문 게재 시 저자가 본인과 지도교수 포함 총 4인인 경우: 50점 부여
- SCI 논문 게재 시 저자가 본인과 지도교수 포함 총 5인인 경우: 30점 부여
- Q1인 국제저명 학술지에 주저자로 논문 게재 시 저자 수와 무관하게 1편당 200점 부여
- Q2인 국제저명 학술지에 주저자로 논문 게재 시 저자 수와 무관하게 1편당 100점 부여

- [REDACTED] (2022.8. 졸업, 박사과정) : SCIE 학술지 등재 주저자 4편, 공동저자 1편

3) 학사관리체계에 따른 학사관리 수행

- 일관되고 체계적인 학사관리를 위해 자원환경공학과 학사관리체계를 구성하여 지속 관리중임.

4) BK21 Four 학술제 및 현장 전문가 초청 세미나 개최

- BK21 FOUR 학술제를 계획하였으나, 아직까지 COVID-19 의 전파 위험이 높아 학술제를 개최하지 않았음. 이에 대한 대안으로 지난 1년 동안 아래와 같이 15건의 학계/연구소/산업체 전문가를 초청하여 대학원생 대상으로 온/오프라인 세미나를 개최하였음.
- 현장 전문가 초청 세미나 실적
 - 2021.10.01. 터널에서의 인공지능 적용 사례, [REDACTED]
 - 2021.11.19. 폐기물 기매립장 사업의 수환경 평가분야 개선방안 연구, [REDACTED]
 - 2021.11.23. 생산성 시험해석 개요 및 Sapphir 적용방법, [REDACTED]
 - 2021.12.10. Electricity-driven microbial platform chemical production, [REDACTED]
 - 2022.01.03. Explainable AI: Introduction and Geophysical Applications, [REDACTED]
 - 2022.03.29. 터널시공 데이터 관리 현황 및 데이터 관리 기법, [REDACTED]
 - 2022.03.31. CIPR Research Program seminar, [REDACTED]
 - 2022.04.01. Low Salinity Water Injection, [REDACTED]
 - 2022.04.15. ESP Failure Analysis, [REDACTED]
 - 2022.05.12. 광업분야 디지털 전환 사례 및 설계/운영 시 인공지능의 적용 방안, 최용근 전무
 - 2022.05.18. 세계는 넓고 가스는 많다, [REDACTED]
 - 2022.05.18. Geological Storage of CO₂ and Hydrogen, [REDACTED]
 - 2022.05.26. 신재생 에너지 현황과 미래(기술 개발 현황), [REDACTED]
 - 2022.06.09. 4차산업시대의 자원개발 기술, [REDACTED]
 - 2022.07.20. Status and policy on Biofuels, Energy and Resource Recovery from Wastewater Using Novel Activated Carbon Membrane Electrodes, Environmental Sciences and Enabling & Strategic Technologies, [REDACTED]

1.1.6 교육과 연구의 선순환 구조 및 연구역량의 교육적 활용 방안

1) 교육을 통한 연구의 수월성 강화

- 대학원생의 연구역량을 체계적으로 강화하기 위해 2021년도 2학기 ~ 2022년도 1학기 동안 연구윤리 (HYPER 한양) 교과목, 자원환경공학논문연구 및 석사/박사 논문연구 등의 HYPER-E² 강좌가 개설되어 운영되었음.

〈표 1-14〉 2021년도 2학기 ~ 2022년도 1학기에 개설된 HYPER-E² 교과목

구 분	교과목명	세부내용
기본 소양 과정	빅데이터분석	빅데이터 기본 개념 및 분석 절차, 분석기법, 전처리 및 분석결과에 대한 평가/해석 방법에 대해 교육
	인공지능 플랫폼기초	딥러닝 이론, 하드웨어 플랫폼 구조, AI 모델 최적화 기법, AI의 적용에 대해 교육
	인공지능의기초	인공지능의 개념 및 다양한 인공지능 기법의 기본 이론에 대해 교육
	빅데이터심화	데이터베이스, SQL, Hadoop, Mapreduce, Spark 등 빅데이터 처리에 사용되는 최신 기술에 대해 교육
	사물인터넷기초	사물인터넷의 개념, 구조, 기본적인 이론에 대해 교육
	인공지능 심화	인공지능/딥러닝의 고급개념(RNN, Embedding, Transformer, Auto-Encoder, GAN 등)에 대해 교육
	연구윤리 (HYPER 한양)	연구대상, 측정도구, 실험과정, 연구절차, 최근 연구윤리, 진로 설계 및 탐색 등에 대해 교육
역량 강화 과정	자원환경공학 논문연구	자료를 활용한 글쓰기, 글의 구성, 일관적인 글 작성에 대해 교육
	석사/박사 논문연구	학위논문 작성을 지도하고 연구결과물을 학술대회에 발표하거나 학술지에 게재할 수 있도록 교육

- 대학원 교육과정에 따른 폐강/신설되는 과목 확인, 학생들의 의견 수렴, 산업계의 요구를 수용하여 주기적으로 교육과정에 반영하고 있음.
- IC-PBL+ 강의에서 우수한 문제해결 성과를 보이는 학생에게 실제 과제로 발전시킬 수 있는 기회를 제공하고 필요한 자원을 지원하는 등 교육과 연구의 연계를 강화하는 방향으로 IC-PBL+ 강의의 고도화 방안을 논의 중임.
- 참여대학원생들이 독자적으로 연구의 기획부터 수행 및 보고서 정리까지 연구의 전주기를 경험할 수 있는 기회를 제공하기 위해 한양대학교 산학협력단에서 주관하는 BK 참여대학원생 융합연구 프로그램(HY-BK G3 Program)과 연계하여 경제적인 지원을 추진하였음. 본 교육연구팀에서는 1개 팀(██████ 박사과정, ██████ 박사과정, ██████ 석사과정, ██████ 석박통합과정)이 구성되어 ‘폐수 처리기술과 머신러닝 기법의 융합을 통한 회유금속 농축공정 최적화’에 대한 독립 연구를 수행했으며, 연구의 우수성을 인정받아 HY-BK G3 Program에 참여한 다양한 전공의 9개 팀 중 1등을 차지하고 최우수상을 수상하였음.

2) 교육연구팀 연구역량의 교육적 활용

- 최근 1년동안 다양한 IC-PBL+ 강의(지하공간공학특론, 유가스전평가특별연구, 암석역학특론, 저류층지구역학)를 운영하여 연구팀이 보유하고 있는 연구역량을 교육적으로 활용할 수 있는 환경을 마련하였음.
- 본 교육연구팀은 아래와 같은 연구역량을 보유하고 있으며, 이를 활용하여 향후 참여교수들의 교과목에 IC-PBL+ 를 적용하여 운영할 예정임.

〈표 1-15〉 사업기간 중 프로젝트 수주 현황

산정기간	연구 역량
2021년 9월 ~ 2022년 8월	<ul style="list-style-type: none"> ● 총 21건, 30억원의 프로젝트 진행 중 ● 스마트자원개발, 비전통가스, 바이오에너지, 온실가스 감축기술, 폐기물 처리와 같은 5대 중점분야에 관련된 각종 산업/사회과학기술 문제 해결을 위해 아래와 같이 다수의 연구를 수행 중임. <ul style="list-style-type: none"> ○ 인공지능을 활용한 터널설계 자동화 연구 ○ 바이오가스 생산 안정성 고도화 연구를 위한 인공지능 기술을 활용한 혐기소화 공정 자동 제어 연구 ○ 온실가스 활용 및 지중저장 연구 ○ ICT/IoT 기반 저품위 유용광물 리칭 시스템 연구 ○ 토양 세정기술 고도화 연구 등 다수 수행

1.1.7 전임교수 대학원 강의 계획 대비 최근 1년간 실적

1) 2차년도 기간동안 총 11건의 강의를 운영함

- 2020년도 2학기 ~ 2021년도 1학기 동안 계획된 BK 참여교수의 대학원 강의 11건 중 실제 개설된 강의는 11건임(83%). 향후 IC-PBL+, 영어전용, Blended-Learning 등의 프로그램을 수업에 적용하여 내용을 보강함으로써 수강을 독려할 예정임.

<표 1-16> 2020년도 2학기 및 2021년도 1학기 개설된 참여교수 교과목 목록

개설시기	교과목명	교강사명	영어전용	IC-PBL+ 및 Blended Learning
2021년도 2학기	저류공학특론	■		
2021년도 2학기	지하공간공학특론	■	✓	✓
2021년도 2학기	유가스전평가특별연구	■		✓
2021년도 2학기	자원환경공학논문연구	■	✓	
2022년도 1학기	암석역학특론	■		✓
2022년도 1학기	석유개발모델링	■		
2022년도 1학기	바이오에너지공학특론	■	✓	
2022년도 1학기	생물복원공학특론	■	✓	
2022년도 1학기	광물입자공학특론	■	✓	
2022년도 1학기	저류층지구역학	■	✓	✓
2022년도 1학기	인공지능과친환경에너지	■		

1.2 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 구성 및 운영 계획

1.2.1 IC-PBL+ 교과목 체계화 및 고도화

1) IC-PBL+ 고도화 및 산업/사회 연계형 IC-Connect & Share 플랫폼 구축

- 지자체 및 산업체와 체결한 MOU 4건과, 39건의 산업체 활용 협약서 및 3건의 산업 문제 해결 자문동의서를 확보하여 산업체 및 각 분야의 전문가 간의 유기적인 협력체를 형성하여 산업/사회 연계형 플랫폼 구축을 위한 커뮤니티를 형성하였음.

1.2.2 산학연계 기반의 IC-PBL+ 운영

1) IC-PBL+ 교과목 운영

- 교육연구팀에서는 산업 및 사회문제와 연계된 교육을 위해 스마트자원개발, 비전통에너지 개발, 바이오 가스 분야에 대한 IC-PBL+ 강의를 아래와 같이 계획하고 운영중에 있음.

〈표 1-17〉 스마트자원개발/비전통에너지개발/바이오가스 분야 교과목 계획

분 류	참여기관/기업	교과목 (세부내용)	마지막 개설학기	개설 예정학기
스마트 자원개발	(주) 아이콘트	인공지능과 친환경에너지 (자원개발, 터널/지하공간 설계/개발과 인공지능의 연계)	2022-1	2022-1
비전통 에너지 개발	한국가스공사	저류층지구역학 (비전통에너지자원 개발 산업과의 연계)	2022-1	2022-1
바이오가스	(주) GS 건설, 지자체 하수처리시설	바이오매스공학특론 (바이오가스/바이오매스 산업과의 연계)	2018-2	2022-2

- 스마트 자원개발 분야와 비전통 에너지 개발 분야에 대한 수업은 명칭이 변경되어(비재래가스전개발세미나 → 저류층지구역학, 인공지능의 암반공학에의 적용 → 인공지능과 친환경에너지) 2022년도 1학기에 개설되었으며, 바이오 가스 분야의 바이오매스공학특론 수업이 2022년도 2학기에 개설될 예정임.

1.2.3 IC-PBL+ 활성화를 위한 제도적 개선 및 지원

1) 참여교수 교과목 IC-PBL+, 영어전용 또는 Blended-learning 필수 적용

- 교육연구팀 참여교수는 세미나 교과목을 제외한 모든 교과목에 대해서 IC-PBL+, 영어전용 또는 Blended-learning으로 개설했을 원칙으로 함.
- 교육연구팀 참여교수가 개설했던 총 11개 과목 중 상기 사항 중 최소 1개 이상 적용된 과목은 8개 과목임 (73%). BK 참여교수의 성과금 평가 시 평가요소로 반영하는 등 지속적인 관심을 가지고 관리하고 있음.

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.1 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

<표 2-1> 교육연구팀 소속 학과(부) 참여대학원생 확보 및 배출 실적

(단위: 명)

대학원생 확보 및 배출 실적					
실적		석사	박사	석·박사 통합	계
확보 (재학생)	2021년 2학기	4	7	6	17
	2022년 1학기	3	7	7	17
	계	7	14	13	34
배출 (졸업생)	2021년 2학기	3	0		3
	2022년 1학기	0	1		1
	계	3	1		4

2.2 교육연구팀의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

2.2.1 우수대학원생 확보 계획 및 실적

1) 2027년 기준 입학 대학원생 연 평균 6→9명, 재학 외국인 유학생 2→6명 확보

- 2차년도 기간동안 연평균 8명의 신입생과 6명의 외국인 재학생을 확보함으로써 2027년 목표에 상당히 근접하였음
- (2021년도 2학기 기준)신입생 총 3명(외국인 신입생 1명), 재학생 총 55명(외국인 재학생 6명)
- (2022년도 1학기 기준)신입생 총 14명(외국인 신입생 0명), 재학생 총 72명(외국인 재학생 6명)

2) 대학원 페어 참석(2회)

- 2021년도 2학기 : 9월 30일, 교수 6명, 대학원생 조교 6명 참가, 온/오프라인 동시 진행
- 2022년도 1학기 : 4월 28일, 교수 6명, 대학원생 조교 6명 참가, 온/오프라인 동시 진행

3) 대학원 전공 현장실습(졸업논문, 인턴제도) 운영

- 대학원 전공 현장실습 총 27건 수행

〈표 2-2〉 대학원 전공 현장실습(인턴) 실적 (5건)

연번	이름	학년	활동 기간	지도교수	활동 내용
1	■	2	2021.04.01 ~ 2022.02.28	■	‘터널 6개항목 설계자동화를 위한 인공지능 모델 개발’ 프로젝트 참가 및 머신러닝 모델 개발 보조
2	■	3	2022.08.01 ~ (현재)	■	‘터널 6개항목 설계자동화를 위한 인공지능 모델 개발’ 프로젝트 참가 및 머신러닝 모델 개발 보조
3	■	3	2022.06.01 ~ (현재)	■	‘노후 유·가스정의 지능형 진단, 폐공처리 및 관리기술 개발’ 프로젝트 참가 및 문헌 연구 보조
4	■	3	2022.07.01 ~ (현재)	■	‘방향성 시추 상세 설계 및 기술 지원’ 프로젝트 참가 및 문헌 연구 보조
5	■	4	2021.06.01 ~ 2022.02.28	■	‘Advanced EOR+ 기반의 온실가스 활용 및 지중저장(CCUS) 최적 설계 기술 개발’ 프로젝트 참가 및 저류층 모델링 수행

〈표 2-3〉 대학원 전공 현장실습(졸업논문) 실적 (22건)

연번	이름	학년	지도 기간	지도교수	졸업논문명
1	■	4	2021-2	■	탄소배출권 가격결정요인 분석
2	■	4	2021-2	■	탄소배출권 가격결정요인 분석
3	■	4	2021-2	■	탄소배출권 가격결정요인 분석
4	■	4	2021-2	■	확산방정식과 Matlab 시뮬레이션을 통한 오염 확산 방식 모사
5	■	4	2021-2	■	확산방정식과 Matlab 시뮬레이션을 통한 오염 확산 방식 모사
6	■	4	2021-2	■	확산방정식과 Matlab 시뮬레이션을 통한 오염 확산 방식 모사
7	■	4	2021-2	■	감압정을 이용한 최대 CO2 저장용량 평가
8	■	4	2021-2	■	감압정을 이용한 최대 CO2 저장용량 평가
9	■	4	2021-2	■	감압정을 이용한 최대 CO2 저장용량 평가
10	■	4	2021-2	■	감압정을 이용한 최대 CO2 저장용량 평가
11	■	4	2021-2	■	CO2 순도에 따른 CCS-EOR의 효율성 및 경제성 분석
12	■	4	2021-2	■	CO2 순도에 따른 CCS-EOR의 효율성 및 경제성 분석
13	■	4	2021-2	■	CO2 순도에 따른 CCS-EOR의 효율성 및 경제성 분석
14	■	4	2021-2	■	CO2 순도에 따른 CCS-EOR의 효율성 및 경제성 분석
15	■	4	2021-2	■	CO2 순도에 따른 CCS-EOR의 효율성 및 경제성 분석
16	■	4	2022-1	■	수소 지중저장 기법 중 비전통적 기법의 적용성 분석
17	■	4	2022-1	■	포항분지에서의 CCS 민감도 분석
18	■	4	2022-1	■	포항분지에서의 CCS 민감도 분석
19	■	4	2022-1	■	포항분지에서의 CCS 민감도 분석
20	■	4	2022-1	■	동남아에서의 CO2 EOR 현황 조사
21	■	4	2022-1	■	동남아에서의 CO2 EOR 현황 조사
22	■	4	2022-1	■	동남아에서의 CO2 EOR 현황 조사

4) 외국인 학생 입학 수월성 제고를 위한 외국인 교수 임용

- 기존에 참여교수 중 외국인 교수가 1명 있었으나, 2021년 2월 정년으로 인해 퇴임하였음. 이후 외국인 학생 입학 수월성 제고를 위해 외국인 교수 및 외국인 신진연구인력을 추가 확보하려 노력 중이며, 2022년 8월 31일 기준 참여교수 연구실에 소속된 외국인 신진연구인력은 총 9명임. 그 중 1명에게 BK 예산을 활용하여 경제적으로 지원함.

5) 우수 외국인 대학원생 확보를 위한 외국인 교육, 연구, 생활지원 프로그램 Total Care-E² 운영

- 우수 외국인 대학원생 확보를 박사과정의 경우 월 평균 150만원의 연구비를, 석사과정의 경우 매월 80만원 이상의 연구비를 지원하고 있음.
- 외국인 대학원생의 어학, 학업, 생활 및 문화 활동 등 전반적인 부분에서 도움이 될 수 있도록 외국인 학생과 한국 학생을 대상으로 1:1 멘토링을 지정하여 운영 중임.

〈표 2-4〉 BK 참여 외국인 대학원생 1:1 멘토링 지정현황

한국 학생	외국인 학생
[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]
[redacted]	[redacted]

6) 우수 대학원생 유치를 위한 학과 홍보

- 대학 차원의 장학금 정책을 조사하여 정리 중이며, 향후 홍보물을 제작하여 학과 게시판 및 BK 교육연구팀 홈페이지에 게시하고 적극 홍보하여 대학원 진학의 의지를 고취할 예정임.
- 우수 외국인 대학원생 유치를 위해 1차년도 기간동안 대학원 홈페이지 영문 버전을 제작했으며, 3차년도까지 학과 자체 홈페이지 영문 버전을 제작하여 외국인의 접근성을 높일 계획임.

2.2.2 우수대학원생 지원 계획 및 실적

1) 장학금 및 장려금 지원 확대(Leaders RA+)

- BK 지원금(석사 월 70만원, 박사 월 130만원), BK RA/TA 장학금 및 연구실 별 진행중인 프로젝트 인건비를 포함하여, 교육연구팀에 참여중인 대학원생 전원을 대상으로 2021년도 9월 1일부터 2022년도 8월 31일 까지 석사과정 월 평균 80만원 이상, 박사과정 월 평균 150만원 이상 지원함.

2) 논문 게재비 및 학술대회 참가비 지원

- 대학원생의 교육역량 증대를 위해 연구활동 관련 경비를 아래와 같이 지원하였음.

〈표 2-5〉 BK 참여대학원생 학술대회/포스터 참가 지원 실적

발표 제목	학술대회명	주관	발표자 (참여 대학원생) 수	지원 금액 (원)	지원 일시
Pilot Test on Anaerobic Digestion System Organic Overloading and Subsequent Stabilizer Agent Injection	2021 한국청정기술학 회 가을학술대회	한국청정 기술학회	1	1,096,200	2021 0907 ~ 2021 0910
The Comprehensive Effect of Aluminum Oxide Nanoparticle and Sulfacetamide on <i>Scenedesmus obliquus</i>	2021 한국청정기술학 회 가을학술대회	한국청정 기술학회	1		
Activities criteria for participants in the science and technology field based on analysis of common factors for success in Carbon Neutrality Governance	2021 한국청정기술학 회 가을학술대회	한국청정 기술학회	1		
Hydro-mechanical Coupling을 고려한 지하공간 안정성 평가에 대한 연구	2021 추계자원연합학 술대회	한국자원 공학회	1	801,200	2021 1028 ~ 2021 1029

3) 자원에너지관 확보를 위한 Leaders club 운영

- 자원에너지관 확보를 위한 Leaders club 운영을 통해 2차년도 기간(2021.09.01. ~ 2022.08.31. 기준) 동안 약 1912만원의 금액을 모금함.

〈표 2-6〉 자원에너지관 확보를 위한 모금 실적(2021.09.01. ~ 2022.08.31.)

기부자명	기부일시	기부금액(원)
■	2021.09.30.	1,000,000
■	2021.09.30.	120,000
■	2021.10.15.	8,000,000
■	2021.11.28.	10,000,000
총계		19,120,000

4) 국제화 프로그램 운영

- 지난 5년간 해외 우수 대학 6건 및 연구기관 2건의 MOU를 체결하여 지속적인 교류를 이어오고 있으며, 해외 현장 견학을 지속적으로 추진하려 했으나, COVID-19로 인한 제한사항이 많아 이에 대한 대안으로 미국 2개 대학과 연계하여 총 6건의 장/단기 해외교육프로그램을 운영하였음.

5) 대학원생 만족도 설문조사 운영을 통한 개선점 파악

- 본 교육연구팀에서는 대학원생 만족도 설문조사를 학기별 1회씩 총 2회를 수행하였으며, 대학원생의 의견을 반영한 피드백을 통해 교육 여건 개선을 지속적으로 노력하고 있음.
 - 2021.12.28. 2021년도 2학기 대학원생 설문조사
 - 2022.08.31. 2022년도 1학기 대학원생 설문조사

6) 연구실 행정인력 인건비 지원을 통한 행정지원 강화

- 대학원생들의 행정업무 부담을 최소화하기 위해 BK 예산을 통해 행정원 1명을 채용하여 운용중이며, 행정인력의 공백을 방지하기 위해 노력하고 있음.

7) 대학 차원의 복지 및 인권향상 프로그램 홍보

- 본 교육연구팀에서는 지속적인 복지 및 인권향상 프로그램 홍보를 수행하였으며, 매 학기마다 인권/폭력 예방교육 및 장애인인식개선교육 수강을 장려하고 있음.

<표 2-7> 교육연구팀 복지/인권향상 강의 운영 현황

교과목명 /프로그램명	학습 내용 /프로그램 내용	개설학기
2022년 인권/폭력예방교육	성희롱·성폭력예방교육, 가정폭력예방교육, 성매매예방교육, 인권교육 등의 교육을 수강함.	2022년도 1학기
장애인인식개선교육	장애인에 대한 사회적 편견과 차별 제거, 장애인의 사회참여와 권리보장 증진, 장애인/비장애인 통합 사회 조성에 대해 학습함.	2022년도 1학기

2.3 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

〈표 2-8〉 2022.2/2022.8 졸업한 교육연구팀 소속 학과(부) 참여대학원생 취(창)업률 실적

구 분		졸업 및 취(창)업현황 (단위: 명, %)						취(창)업률% (D/C)×100
		졸업자 (G)	비취업자(B)			취(창)업대상자 (C=G-B)	취(창)업자 (D)	
			진학자		입대자			
			국내	국외				
2022년 2월 졸업자	석사	3	-	-	-	3	1	33%
	박사	-			-	-	-	
2022년 8월 졸업자	석사	-	-	-	-	-	-	100%
	박사	1			-	1	1	

3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

3.1 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성

3.1.1 교육연구팀 참여대학원생 논문 실적

1) 교육연구팀 참여대학원생 논문 실적

- 체계적인 연구력 증진 전략을 바탕으로 참여대학원생이 주저자인 Q1 저널 논문의 비율을 58%, Q1+Q2 저널 논문의 비율을 80%까지 향상시키는 것을 목표로 하여 교육 및 연구의 질적 향상을 도모하고 있음.
- 최근 1년간(2021.9.1.~2022.8.31.) 참여대학원생의 연구실적을 분석한 결과 총 참여대학원생이 주저자인 SCIE)급 논문을 5편 게재하였으며, 공동저자인 논문까지 포함 시 총 10편의 논문을 게재하였음. 주저자인 논문을 기준으로 논문 1편당 평균 IF는 4.7908(작년: 2.679)이며, 공동저자인 논문까지 포함할 경우 논문 1편당 평균 IF는 4.6926(작년: 4.858)을 달성하였음.
- 2021 JCR 기준, 참여대학원생이 주저자인 논문 중 Q2 이상인 저널의 게재 비율은 60%이며, 참여대학원생이 공동저자인 논문까지 포함할 경우, Q1 저널 게재 비율은 40%(작년대비 10%↑)이고 Q1+Q2 저널 게재 비율은 70%(작년대비 19%↓)임.

〈표 3-1〉 참여대학원생 논문 게재 실적(2021.09.01. ~ 2022.08.31.)

참여 대학원생	논문 제목	저널명	게재 연월	JCR분야 (순위/해당분야 저널 수)	IF	Q등급
(주저자)	Prediction of Vertical Alignment of the MSP Borehole using Artificial Neural Network	KSCE JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING	20220608	ENGINEERING, CIVIL (91/138)	2.115	Q3
(주저자)	Reliability and Efficiency of Metamodel for Numerical Back Analysis of Tunnel Excavation	APPLIED SCIENCES-BASEL	20220706	ENGINEERING, MULTIDISCIPLINARY (39/92)	2.838	Q2
(주저자)	Techno-economic analysis of intermediate hydrocarbon injection on coupled CO2 storage and enhanced oil recovery	ENERGY EXPLORATION & EXPLOITATION	20211008	ENGINEERING, ENERGY & FUELS (90/114)	2.139	Q4
(주저자)	Efficiency of diesel-contaminated soil washing with different tween 80 surfactant concentrations, pH, and bentonite ratios	Environmental Research	20220426	ENVIRONMENTAL SCIENCES (19/324)	8.431	Q1
(주저자)	Efficiency of diesel-contaminated soil washing with different tween 80 surfactant concentrations, pH, and bentonite ratios	Environmental Research	20220426	ENVIRONMENTAL SCIENCES (19/324)	8.431	Q1
(공동저자)	Modified 7-Chloro-11H-Indeno[1,2-b]Quinoxaline Heterocyclic System for Biological Activities	Catalysts	20211228	CHEMISTRY, PHYSICAL(102/172)	4.501	Q3
(공동저자)	The removal of a textile dye from an aqueous solution using a biocomposite adsorbent	Polymers	20220329	POLYMER SCIENCE(17/95)	4.967	Q1
(공동저자)	Emerging Trends in the Remediation of Persistent Organic Pollutants Using Nanomaterials and Related Processes: A Review	nanomaterials	20220418	CHEMISTRY, MULTIDISCIPLINARY(64/224)	5.719	Q2
(공동저자)	Electrochemical and Computational Approaches of Polymer Coating on Carbon Steel X52 in Different Soil Extracts	Polymers	20220627	POLYMER SCIENCE(17/95)	4.967	Q1
(공동저자)	Copper Extraction from Oxide Ore of Almalıy Mine by H2SO4 in Simulated Heap Leaching: Effect of Particle Size and Acid Concentration	minerals	20210918	GEOCHEMISTRY & GEOPHYSICS	2.818	Q2

3.1.2 교육연구단 참여대학원생 대표 논문의 창의성·혁신성·부합성

연번	주저자명 (참여대학원생)
	<ul style="list-style-type: none"> • 논문의 창의성·혁신성 • 교육연구팀 목표/비전과의 부합성 • 연구수월성 증진 전략 기여도
1	<div style="background-color: black; width: 100px; height: 20px; margin-bottom: 10px;"></div> <ul style="list-style-type: none"> • 논문 제목 <ul style="list-style-type: none"> ◦ Techno-economic analysis of intermediate hydrocarbon injection on coupled CO₂ storage and enhanced oil recovery • 논문의 창의성·혁신성 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 기존 순수 CO₂에 가까운 CO₂를 주입하던 CO₂-EOR 대신 불순물이 혼합된 CO₂, 즉 포집 이후 정제 과정을 거치기 전의 CO₂를 주입하는 시뮬레이션을 진행하여 CO₂ 정제 과정에서 소모되는 비용을 절감함. ◦ 누적 가스 주입량, 누적 가스 생산량, 오일 회수율을 바탕으로 한 단순 CO₂ 주입 메커니즘의 효율성뿐만 아니라 유가, 할인율, 세금 제도에 따른 NPV(Net Present Value) 분석을 통해 경제성 분석까지 진행함. • 교육연구팀 목표/비전과의 부합성 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 우리나라의 경우, 지하 에너지자원이 부족하여 유전에서 최대한 많은 에너지자원을 채취해야 하며 2015년 파리협정에 의거해 2030년까지 이산화탄소의 배출전망치(BAU)의 30%를 감축해야 함. 지하 에너지자원 확보와 온실가스 감축 두 가지 효과를 모두 보일 수 있다는 점에서 본 교육연구팀 목표인 ‘우리나라의 산업/사회 문제 해결을 위한 전문가 양성’에 부합함. ◦ 고갈 유전의 회수율을 극대화할 뿐만 아니라 세계적으로 주목받고 있는 CO₂ 감축을 달성하기 위해 CCS-EOR이 주목받고 있다는 점과 더불어 경제성 분석까지 포함하여 발전 가능성이 큰 연구를 선제적으로 수행하여 해외 학술지에 게재했다는 점에서 본 교육연구팀 목표인 ‘핵심 연구의제를 선도하는 글로벌리더 양성’에 부합함. • 연구수월성 증진 전략 기여도 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 본 논문은 CMG사의 PVT 시뮬레이션인 Winprop 및 GEM을 이용한 연구로 다음과 같은 국제 공동 연구를 통해 시뮬레이션 활용법을 습득하여 논문 작성에 기여함. <ul style="list-style-type: none"> - CMG(Computer Modelling Group) Summer Training, 2021.08.23-27

연번	주저자명 (참여대학원생)	
	<ul style="list-style-type: none"> • 논문의 창의성 · 혁신성 • 교육연구팀 목표/비전과의 부합성 • 연구수월성 증진 전략 기여도 	
2	<div style="background-color: black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 5px;"></div>	
	<ul style="list-style-type: none"> • 논문 제목 <ul style="list-style-type: none"> ◦ Reliability and Efficiency of Metamodel for Numerical Back Analysis of Tunnel Excavation • 논문의 창의성 · 혁신성 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 터널 물성을 정량적으로 확보할 수 있는 역해석을 수행하는데 있어 엔지니어가 물성 당 2~3개 변경하여 경향성을 확인 후 약간씩 변경하며 물성을 확보하는 실정이나 해당 수치해석을 자동으로 물성을 변경하며 해석하게 하고 이를 데이터베이스화 하여 인공지능에 적용하고 메타모델을 생성하면 더 신뢰도 높고 효율적으로 물성을 확보 할 수 있을 것으로 판단됨. ◦ 메타모델 생성에 필요한 물성당 값의 개수에 대한 연구가 없기 때문에 본 연구에서는 이에 대한 연구로 터널 주변 지반거동을 해석하기 위한 6개 인자에 대해 10개씩 물성값을 부여하여 총 10만개 (10^6)의 수치해석을 수행하고 이로 메타모델을 생성함. 이 10개 물성값을 8개, 6개, 4개, 3개로 줄였을 때 각각 신규 데이터 해석의 정확도를 분석함. 이 때 물성값을 6개 이상 사용하면 5% 수준의 오차율을 보임을 확인하였고 8개까지 사용하면 1% 수준임을 확인함. ◦ 또한 5가지 인자 중 변위에 미치는 영향력을 확인하기 위해 전역민감도분석을 수행하였고 그 결과 GSI와 K가 매우 중요한 요소임이 파악됨. ◦ 이 연구를 통해 향후 터널 및 지하공간 분야에서 메타모델 생성 시 인자당 6 ~ 8개의 물성값을 활용하면 신뢰도 높고 효율적인 메타모델 생성이 가능함이 확인되었음. 이는 현장에서 빠르게 역해석을 수행하는데 도움을 줄 것으로 기대됨. • 교육연구팀 목표/비전과의 부합성 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 최근 지속적으로 대두되고 있는 인공지능 분야와 기존분야인 지하공간 문제를 접목시키고 이를 효과적으로 사용할 수 있는 방법을 제시했다는 점에서 본 교육연구팀 목표인 ‘융합형 연구를 선도할 협응형 리더 양성’에 부합함. ◦ 신뢰도 있는 메타모델을 효율적으로 생성하기 위한 연구를 선제적으로 수행하여 해외 학술지에 게재했다는 점에서 본 교육연구팀 목표인 ‘핵심 연구의제를 선도하는 글로벌리더 양성’에 부합함. • 연구수월성 증진 전략 기여도 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 논문 작성에 도움을 받고자 연구팀에 소속된 다양한 분야의 교수님들께 지도교육을 받았으며, 자신의 연구분야를 벗어난 다른 전문 지식을 융합하여 연구를 수행하였다는 점에서 연구 수월성 증진에 기여하였음. - <div style="background-color: black; width: 50px; height: 15px; display: inline-block;"></div> 정교수: 터널 설계 인자, 수치해석 프로그램 사용 방법 등 교육 - <div style="background-color: black; width: 50px; height: 15px; display: inline-block;"></div> 연구교수: AI 활용의 기본이 되는 Python 기본교육 및 library 활용 교육 등 	

연번	주저자명 (참여대학원생)
	<ul style="list-style-type: none"> ● 논문의 창의성 · 혁신성 ● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성 ● 연구수월성 증진 전략 기여도
3	<div style="background-color: black; width: 100px; height: 15px; margin-bottom: 10px;"></div>
	<ul style="list-style-type: none"> ● 논문 제목 <ul style="list-style-type: none"> ○ Efficiency of diesel-contaminated soil washing with different tween 80 surfactant concentrations, pH, and bentonite ratios ● 논문의 창의성 · 혁신성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 디젤 연료로 오염된 토양은 환경 및 사람들에게 위험하므로 이를 세척하기 위해 사용되는 Tween80(TW80)은 토양을 강화시킴으로써 오염된 토양에서 디젤을 효과적으로 제거됨. ○ 본 연구에서 Non-toxic 및 Non-ionic인 TW80을 사용하였으며 토양 내 벤토나이트 함량이 5~15%일 때의 가장 높은 세척 효율을 보였고, TW80은 최적 1.5%[v/v]를 보임. ○ 본 연구에서 낮은 TW80은 벤토나이트 함량이 높은 토양에 흡착되며 세척 효율을 감소 시키고 낮은 점토 함량과 높은 pH는 토양 입자로부터 디젤의 탈착에 유리한 영향을 미친다는 결과를 확인함. ● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 산업체 및 주유소와 같은 지역은 디젤 연료로 오염된 토양이 나올 확률이 높으며 환경과 사람에게 좋지 않은 영향을 미침. 이를 해결하기 위해 Non-toxic 및 Non-ionic인 TW80을 사용하였고, 향후 현장 적용에서 세척 효율을 향상시키기 위한 적절한 조건들을 선택함에 있어 본 교육연구팀 목표인 ‘우리나라의 산업/사회 문제 해결을 위한 전문가 양성’에 부합함. ○ TW80 함량 선정 및 토양 세척은 국내외 상관없이 현장 적용에 매우 좋고 발전 가능성이 크며, 함량에 따른 적절한 조건 선택에 있어 선두하여 선택할 수 있는 본 교육연구팀의 목표인 ‘핵심 연구의제를 선도하는 글로벌리더 양성’에 부합함. ● 연구수월성 증진 전략 기여도 <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구는 SEM-EDS 분석을 이용한 연구로 표면의 상태를 정밀하게 확인함으로써 연구의 수월성이 증진됨을 알 수 있음.

3.2 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

3.2.1 교육연구단 참여대학원생 학술대회 실적

1) 교육연구팀 참여대학원생 학술대회 발표 실적

- 본 교육연구팀은 친환경 에너지자원, 스마트 개발 분야의 융합형 교육/연구 프로그램을 운영하여 대학원생 학술대회 발표의 질적, 양적 우수성을 제고하였으며, 14건의 학술대회 발표를 통해 최신 연구 동향에 대한 활발한 교류를 유지함.

〈표 3-2〉 참여대학원생 학술발표 실적(2021.09.01. ~ 2022.08.31.)

연번	참여대학원생 (발표자)	논문 제목	학술대회명	발표 연도	개최국가	구분
1	■	Hydro-mechanical Coupling을 고려한 지하공간 안정성 평가에 대한 연구	2021 추계 자원연합학술대회	2021	대한민국	구두 발표
2	■	감압정을 활용한 포항분지에서의 CO2 지중저장 잠재적 저장용량 평가	2021 추계 자원연합학술대회	2021	대한민국	포스터
3	■	대규모 수소 지중 저장 기법 연구	2022년도 한국가스학회 봄 학술대회	2022	대한민국	포스터
4	■	Gaussian 압력 천이 기법을 활용한 CO2 지중저장 시의 저류층 용기 분석 연구	2022년도 한국가스학회 봄 학술대회	2022	대한민국	구두 발표
5	■	ESP 실험데이터의 머신러닝을 활용한 고장 진단 분석	2022년도 한국가스학회 봄 학술대회	2022	대한민국	구두 발표
6	■	ESP 고장 진단 분석을 위한 실험 분석 및 머신러닝 모델 개발	2022 한국석유공학회 춘계학술대회	2022	대한민국	구두 발표
7	■	포항분지와 동해가스전에서의 CO2 지중저장 시 지표면 용기 분석 연구	2022 한국석유공학회 춘계학술대회	2022	대한민국	포스터
8	■	CO2 순도에 따른 CO2 지중저장 연계 회수증진공법의 경제성 평가	2021 추계 자원연합학술대회	2021	대한민국	구두 발표
9	■	Removal of Various Contaminants Using Designed Pilot Plants for Wastewater	2022 춘계 청정기술학회	2022	대한민국	구두 발표
10	■	Soil properties-dependent partitioning behavior of hydrophobic organic compounds (HOCs) in soil-water-surfactant systems	2021 추계 청정기술학회	2021	대한민국	구두 발표
11	■	Uptake and removal of emerging contaminants using Iris pseudacorus and periphytic biofilm from wastewater	2021 추계 청정기술학회	2021	대한민국	구두 발표
12	■	Influence of nanoparticles on the biodegradation capability of Scenedesmus obliquus.	American Chemical Society National Meeting & Exposition spring 2022	2022	미국	포스터
13	■	The Comprehensive Effect of Aluminum Oxide Nanoparticle and Sulfacetamide on Scenedesmus obliquus.	2021 추계 청정기술학회	2021	대한민국	포스터
14	■	광산배수 내 비소제거를 위한 실내 흡착실험 연구	2021 추계 자원연합학술대회	2021	대한민국	구두 발표

3.2.2 교육연구단 참여대학원생 학술회 대표실적

	발표자명 (참여대학원생)	학술회명	발표연도	개최국가
연번		<ul style="list-style-type: none"> ● 학술회 대표실적의 창의성 · 혁신성 · 전공분야 기여도 ● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성 ● 연구수월성 증진 전략 기여도 		
1	<div style="background-color: black; width: 50px; height: 15px; margin: 0 auto;"></div>	2021 추계자원연합학술회	2021	대한민국
	<ul style="list-style-type: none"> ● 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> ○ Hydro-mechanical Coupling을 고려한 지하공간 안정성 평가에 대한 연구 ● 학술회 대표실적의 창의성 · 혁신성 · 전공분야 기여도 <ul style="list-style-type: none"> ○ 세계적으로 메가시티들의 발전에 따른 도시 인프라 수요가 급격히 증가에 따라 지하공간의 활용이 대두되고 있음. 이러한 지하공간의 안정성은 지하수의 유무에 따라 큰 차이가 발생하게 되는데 이를 적절히 반영한 해석을 하기에는 많은 어려움이 있는 실정임. ○ 본 연구에서는 수리역학적 연계모델을 활용하여 수리-역학 커플링해석 여부, 수위의 변화, 지하공간의 심도에 따른 터널 안정성의 변화를 분석하였으며, 실제 터널 현장의 암반 물성치를 활용함으로써 현실에 가까운 터널 거동을 모사하였다는 점에서 혁신성이 있음. ○ 해당 연구의 결과는 단순히 연구에서 사용된 특정 지반모델에만 적용할 수 있는 것이 아니라, 수리-역학을 연계한 일종의 해석 방법을 제안했기 때문에 이와 유사한 모든 문제에 적용할 수 있으며, 그 적용성 측면에서 터널/지하공간분야에서 활용성이 클 것으로 기대됨. ● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 해당 연구는 두 번째 학술회 발표이며, 연구를 진행하는 도중에 선행 학술회 발표 및 다양한 소규모 발표를 수행하여 최소 5번 이상의 모의 발표를 수행하였음. 동일한 주제에 대한 이와 같은 반복된 발표활동을 통해 다양한 분야의 전문가로부터 지속적으로 피드백을 받아 연구의 내용을 발전시킬 수 있었으며, 그 과정에서 암반공학에 한정되지 않고, 지반공학, 수리학 등의 전반적인 지식 뿐만 아니라 서로 다른 분야의 의견을 조율하고, 생각을 정리할 수 있는 경험을 할 수 있었다는 점에서 본 교육연구팀의 목표인 ‘융합형 연구를 선도할 협응형 리더 양성’에 부합함. ● 연구수월성 증진 전략 기여도 <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구를 수행하는 중, 다양한 전문가들을 초청하여 연구에 대한 의견을 받을 수 있는 기회를 마련했으며, 이를 통해 국내 지반/암반공학 전문가들과의 연구교류의 기반을 다질 수 있었음. ○ 연구의 일환으로 직접 터널현장에 연락하여 암석시추샘플을 다량 확보할 수 있었음. 확보한 암석코어는 퇴적암과 관련된 다른 연구에 활용하거나, 실험 수업등에 활용함으로써 대학원생의 연구역량을 함양하는데 활용될 수 있으며, 터널 실무자와의 소통 통로를 개척함으로써 현장 중심의 연구를 보다 수월하게 진행할 수 있는 기회를 마련함. 			

연번	발표자명 (참여대학원생)	학술대회명	발표연도	개최국가
	<ul style="list-style-type: none"> ● 학술대회 대표실적의 창의성 · 혁신성 · 전공분야 기여도 ● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성 ● 연구수월성 증진 전략 기여도 			
2	■■■■■	한국가스학회	2022	대한민국
	<ul style="list-style-type: none"> ● 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> ○ Gaussian 압력 천이 기법을 활용한 이산화탄소 지중저장 시의 저류층 용기 분석 'Formation uplift analysis during geological 이산화탄소 storage using Gaussian pressure transient method' 연구 발표 ● 학술대회 대표실적의 창의성 · 혁신성 · 전공분야 기여도 <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구는 대한민국의 파리협정 준수 및 탄소중립 달성을 위해 국내 대규모 이산화탄소 지중저장의 필요성을 인지하고 대량의 이산화탄소를 지중저장 할 시 발생 가능한 지구역학적 문제점 중 지표면 용기 및 침하를 효과적으로 예측하는 해석적(analytical) 기법을 제시하였음. ○ 이산화탄소 지중저장 시 발생 가능한 지구역학적 문제점에 관한 기존의 연구는 지층의 파괴, 단층 재활성화 등에 집중되어 있으나, 사회적 수용성 여부에 큰 영향을 미치는 지반 용기 및 침하에 대한 연구는 미흡한 실정임. 본 연구 과정에서 도입한 확률 분포 기법인 Gaussian pressure transient(GPT)는 저류층 압력과 지구역학적 거동 간의 관계식 정립을 위해 사용되었으며 이산화탄소 주입 시의 시간별 지층 공극압 분포와 예상 지층 용기량을 계산하여 주입으로 인한 지층 용기를 실시간으로 예측할 수 있는 기법임. 코어 실험 및 로깅 자료가 주어진다면 분석 대상의 제한 없이 이산화탄소 주입 시 안전성 평가를 실행할 수 있음. ● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 해당 가스학회의 구두 발표 내용 중 온실가스 감축을 위한 대규모 이산화탄소 지중저장과 그에 따른 지구역학적 문제 발생 가능 시나리오의 사회적 수용성 관련 연구는 근미래 대한민국의 주요 친환경 정책에 이바지할 수 있으며, 후속 연구 및 지속적인 발표를 진행함으로써 자원공학 전문가를 양성하고자 하는 본 교육연구팀의 목표를 실현함. ○ 한국가스학회에 참여하여 자원공학 분야뿐만이 아닌 가스공학 분야의 저명한 학자들과의 연구 교류가 진행되었으며 발표를 통해 연구 분야에 대한 흥미와 관심도를 성공적으로 도출하였음. 지속적인 연구적인 교류를 통해 전문성을 지닌 리더 양성의 가치 실현과 부합하는 학술 활동이 진행되었음. ○ 본 교육연구팀은 발전 산업의 이산화탄소 지중저장 및 지구역학적 반응으로 야기되는 문제점에 대한 모니터링에 해석적 해를 통한 기법을 제시하였으며, 나아가 국가 온실가스 감축 프로젝트 및 지표면 용기 예측 분야의 발전에 이바지함. ● 연구수월성 증진 전략 기여도 <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 교육연구팀이 주관한 학술 활동과 해외 대학 간의 지속적인 연구 교류를 통해 성공적인 연구 결과물을 도출해 낼 수 있었으며 해당 한국가스학회에서 관련 성과를 발표하여 연구의 탁월성을 공인하고 추후 연구 능력의 증진을 확인할 수 있음. ○ 발표자는 EndNote 기초, 자원환경공학 논문연구 등의 강의를 수강함으로써 자원공학 분야의 전문성을 반영한 논문작성법을 익혔으며 학술발표와 연구 고도화를 통한 논문작성을 거치며 연구 수월성 증진에 기여함. 			

연번	발표자명 (참여대학원생)	학술대회명	발표연도	개최국가
	<ul style="list-style-type: none"> ● 학술대회 대표실적의 창의성 · 혁신성 · 전공분야 기여도 ● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성 ● 연구수월성 증진 전략 기여도 			
3	■■■■■	2021 추계 자원연합학술대회	2021	대한민국
	<ul style="list-style-type: none"> ● 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> ○ CO₂ 순도에 따른 CO₂ 지중저장 연계 회수증진공법의 경제성 평가 발표 'Techno-economic analysis of intermediate hydrocarbon injection on coupled CO₂ storage and enhanced oil recovery.' ● 학술대회 대표실적의 창의성 · 혁신성 · 전공분야 기여도 <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 연구는 기존 순도 높은 CO₂를 주입하던 CO₂-EOR 대신 불순물이 혼합된 CO₂, 즉 포집 이후 정제 과정을 거치기 전의 CO₂를 주입하는 시뮬레이션을 진행함. 이는 우리나라에서 쉽게 구할 수 있는 산업폐기물로서의 이산화탄소를 활용하기에 유용한 혁신적이고 창의적인 융합형 연구임. ○ 또한 단순히 CO₂를 이용하여 Enhanced Oil Recovery(EOR)의 효율성을 높여 유전의 생산성을 향상시키는 것뿐만 아니라 주입한 CO₂를 지중 저장하는 과정까지 포함하여 친환경적인 방식임. ● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 해당 학술대회에서 발표한 내용 중 온실가스 감축은 세계가 주목하고 있는 주요 연구 분야로 본 교육연구팀의 5대 중점분야 중 하나이기도 하며, 특히 우리나라는 파리 협정에 따르면 2030년까지 이산화탄소의 배출전망치(BAU)의 37%를 감축해야 함. 관련 내용에 대해 연구 및 발표를 수행함으로써 우리나라의 산업/사회 문제 해결을 위한 전문가를 양성하려는 본 교육연구팀의 목표를 실현함. ○ 단순히 CO₂ 지중 저장에 그치지 않고 다양한 변수들을 설정하여 여러 가지 시나리오를 바탕으로 경제성 분석을 진행한 해당 연구는 융합형 연구를 선도할 협응형 리더를 양성하고자 하는 본 교육연구팀의 목표에 정합함. ● 연구수월성 증진 전략 기여도 <ul style="list-style-type: none"> ○ 발표자는 2021년 2학기 저류공학특론 수업을 수강하여 해당 과목에서 초청한 연사의 특강 내용을 바탕으로 초청연사와의 지속적인 연구교류를 통해 연구 결과물을 도출하여 해당 학술대회에서 발표함으로써 연구의 수월성이 증진됨을 알 수 있음. ○ 해당 분야의 전문가들과 질의응답을 통해 학문적 네트워크를 확장하고 후속으로 해당 연구에 대한 교류를 확대하여 질적으로 향상된 연구의 수월성을 확보함. 			

연번	발표자명 (참여대학원생)	학술대회명	발표연도	개최국가
	<ul style="list-style-type: none"> ● 학술대회 대표실적의 창의성 · 혁신성 · 전공분야 기여도 ● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성 ● 연구수월성 증진 전략 기여도 			
4	■■■■■	한국청정기술학회	2021	대한민국
	<ul style="list-style-type: none"> ● 연구내용 <ul style="list-style-type: none"> ○ 계면활성제를 이용한 유류오염현장의 토양세정기술 고도화 발표 ‘Advancement of Soil Flushing Technology at Oil Contaminated Site Using Surfactants.’ ● 학술대회 대표실적의 창의성 · 혁신성 · 전공분야 기여도 <ul style="list-style-type: none"> ○ 주입관정을 통해 유입된 세정용액이 지하의 오염지역을 통과하며 토양입자에 흡착된 오염물질의 용해도를 높여 토양입자로부터 탈착시키고 이를 추출정을 통하여 양수함으로써 오염지역의 토양을 정화하여 오염지역을 비오염 지역으로 만들 수 있어 현장에 적용 가능한 기술이 많이 포함된 연구임. ○ 본 연구는 토양세정법을 현장조건과 제약이 많은 부지에 적용할 경우 지상시설물에 영향이 적으며 원위치 세정공법을 통해 오염지역의 토양에 대한 사용문제를 해결 가능케 할 현실적인 연구이며 경제적/산업문제 방지에 기여함. ● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성 <ul style="list-style-type: none"> ○ 원위치 토양세정법의 기술개발에 있어, 이는 주입관정을 통한 유입물을 만들어 내야하는 설계 기술과 토양의 수리전도도, 고유투수계수, 공극률 등 수리지질학적인 요소에 의해 처리 효율의 변화가 생길 수 있으므로 융합형 연구가 필요하고 이에 대한 전문가들이 대거 필요하므로 ‘우리나라의 산업/사회 문제 해결을 위한 전문가 양성’에 매우 부합함. ○ 본 교육연구팀은 토양 정화업 중 유류오염 정화 해결에 친환경적인 세정공법을 기여하였으며, 위 기술법이 설계를 통한 시뮬레이션을 통해 예측 및 결과를 도출해 본 교육연구팀의 목표인 ‘융합형 연구를 선도할 협응형 리더 양성’에 부합함. ● 연구수월성 증진 전략 기여도 <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 교육연구팀은 실험실 규모의 박스시험을 통해 실제 오염 현장에서의 효율을 향상시키는 결과물로 해당 학술대회에 발표함으로써 연구의 수월성이 증진됨을 알 수 있음. ○ 본 교육연구팀에 외국인 또한 참여되어 있어 영어를 이용한 질의 및 응답을 통해 글로벌 네트워크를 확장하고 연구에 대한 교류를 확대하여 질적으로 향상된 연구의 수월성을 확보함. 			

3.4 향후 교육연구팀 연구수월성 증진 전략

1) 교육과정 혁신을 통한 산업/사회 문제해결 연구역량 배양

- 산업/사회 문제해결형 교육과정인 IC-BPL+ 과목 활성화를 위해 IC-BPL+ 강의의 비율을 높이고자 노력하고 있으며, 사업종료 시점을 기준으로 교육연구팀 강의의 30% 이상을 IC-PBL+ 과목으로 운영할 계획임.
- 산업계, 학계 출신으로 구성된 IAB 자문위원의 의견을 수렴하여 산업계의 최신 동향을 파악하고, 학기 말 설문조사를 통해 학습자의 피드백을 주기적으로 수렴하여 IC-PBL+ 강의의 질적 수준을 향상시킬 계획임.
- 국제 사회의 니즈를 파악하여 교육에 반영하기 위해 해외 산업체에 소속된 전문가를 대상으로 연 평균 2명의 IAB 자문위원을 신규 위촉하여 Global IAB 자문위원단을 구성하고자 계획 중임.

2) 현장 중심의 교육을 통한 연구역량 배양

- 현장 견학 등 현장 중심 교육활동의 활성화를 위해 2차년도 기간 동안 2개의 해외 연구기관 MOU를 체결하였으며, 국제 공동연구 및 워크숍 등의 교육 활동을 계획 중에 있음.
- 국제적 연구역량을 배양하고 국제 공동연구 기회를 마련하기 위해 대학교 국제팀과 연계하여 국제 계절학기 및 관련 학과 탐방 등의 국제교류 프로그램을 운영중에 있으며, 총 6건의 해외(미국) 단기파견 및 현장 학습을 통해 참여대학원생들의 현장중심 및 국제적 연구역량을 함양하였음. 이와 같은 국제교류 프로그램을 향후에도 지속적으로 유지하여 참여대학원생 연구역량 배양을 위해 노력할 예정임.

3) 연구에 집중할 수 있는 환경 조성을 위한 경제적 지원

- 참여대학원생의 등록금 및 생활비 부담 경감을 위해 BK 지원금(석사 월 70만원, 박사 월 130만원), BK R/ATA 장학금 및 연구실 별 진행중인 프로젝트 인건비를 포함하여 석사과정 월 평균 80만원 이상, 박사과정 월 평균 150 만원 이상을 지원 중임.
- 활발한 연구성과 교류를 위해 논문 게재비, 학술대회 등록비 및 소요 경비 등을 지원 중임.
- 자발적 연구 분위기 조성을 위해 우수 논문 선정 및 포스터 발표상 등 학술활동과 관련된 각종 수상 시 10만원의 연구 장려금 지급을 논의 중임.

4) 연구역량 향상을 위한 엄격한 학사관리

- 융합전문성을 지닌 대학원생 양성을 위하여 융합전공 수강학점 관련 내용을 강화하여 자체운영 규정에 반영(2021.04.30.)하여 의무화하였으며 이를 바탕으로 향후에도 지속적으로 관리할 예정임.
 - 석사과정: 6학점 취득, 박사과정: 6학점 취득, 석박사 통합과정: 12학점 취득
- 대학원생들의 연구역량 및 전문성 강화를 위하여 아래와 같은 학술활동 관련 내용을 졸업여건에 의무화하여 반영하였으며, BK 교육연구팀 자체 운영규정에 명시(2021.04.30.)하였으며 이를 바탕으로 향후에도 지속적으로 관리할 예정임.
 - 석사학위취득 전 국내·외 학술대회 학술발표 또는 학술지 게재 1건 의무화
 - 박사학위취득 전 주저자로 최소 1편의 SCIE 학술지 등재, 주저자 및 공동저자로 2편 이상의 SCIE 학술지 등재
 - 박사학위취득 전 연구점수 200점 필수적으로 확보

4. 신진연구인력 현황 및 실적

4.1 교육연구팀 신진연구인력 확보 및 지원 계획

1) BK21 FOUR 사업을 통한 우수 신진인력 2명 확보 및 지원

- 2차년도 BK21 FOUR 사업에 참여한 신진연구인력은 총 2명으로, 명단은 아래와 같음.

<표 4-1> BK 사업 참여 신진연구인력 명단(2021.09.01. ~ 2022.08.31.)

구분	성명	국적	현황 (2022.08 기준)
연구교수	■	한국	참여
박사후연구원	■	인도	참여

- 2022년 08월 기준으로 Bk에 참여하여 지원을 받고 있는 신진연구인력은 2명이며, 사업 진입 당시 계획한 채용 목표인원(2명)을 달성하여 유지하고 있음. 또한 참여 신진연구인력의 적극적인 참여와 지속적인 피드백을 통해 본 교육연구팀의 교육 프로그램 구성 시 다양한 국제 트렌드를 반영하는 등 교육의 질적 향상을 이루었음.

2) 수월한 연구환경 조성을 위한 지원

- 본 교육연구팀은 우수 신진연구인력에 대한 정기적 지원 및 계약기간 보장을 통해 연구 집중 환경을 조성하였으며, 외국인 신진연구인력을 대상으로 사택을 제공하여 주거 안정성을 확보하였음.
 - 우수 신진연구인력에 대한 지원 : 4단계 BK21 사업 인건비 예산 내에서 월 300만원 이상 지급
 - 우수 경력을 갖춘 신진연구인력에 대한 보상 : 최소 1년 계약기간 보장(1차년도는 6개월)
- 최근 1년간 Research Fellow 제도를 운영하였으며, 그 일환으로 과제 수주를 통해 BK 사업에 참여하는 신진연구인력에게 1:1 매칭펀드를 지원하였음.

<표 4-2> BK 사업 참여 신진연구인력 매칭펀드 현황

■ 박사	BK 월평균 300만원 지원, 국토교통부 정부연구과제 (터널 6개항목 설계자동화를 위한 인공지능 모델 개발)를 통해 연구비 수주 1:1 매칭펀드 지원
■	이공분야기초연구사업 (창의도전연구기반지원)을 통해 연구비 수주 1:1 매칭펀드 지원

- 최근 1년간 Teaching Fellow 제도를 운영하여 신진연구인력에게 강의 기회를 보장함과 동시에 대학원생들에게 수준 높은 교육 및 연구 지도를 제공하였으며, 지속적인 강의 기회를 보장하려 계획 중임.
 - 2022-1학기, 김양균 박사, 인공지능과 친환경에너지 과목 개설 및 운영
- 향후 개설되는 IC-PBL+ts, IC-Project 과목에 서포터 역할로 참여할 수 있도록 장려할 예정이며 활용 계획은 다음과 같음.
 - IC-PBL 강의 시 현장의 문제 제기 및 피드백을 주는 서포터 역할
 - IC-PBL+ 강의를 직접 강의할 시 인센티브 부여

3) 외국어가 가능한 RA/TA 및 행정직원 배정

- BK 참여 신진연구인력을 대상으로 외국어가 가능한 RA/TA를 배정하여 신진연구인력의 교육 및 연구 활동을 보조하는 동시에 상호 멘토링을 통해 참여대학원생의 국제적 연구역량을 강화하였음.

<표 4-3> BK 사업 참여 신진연구인력 RA/TA 지정 현황

구분	이름	학생
연구교수	■	■
박사후연구원	■	■

- 행정부담 최소화를 위해 BK 행정원을 채용하여 연구에 집중할 수 있는 환경을 조성하였음.

4) 자기주도적인 연구환경 조성을 위한 연구 장려금 지원

- 아래와 같은 연구 장려금 및 연구업적 인센티브 지원을 고려중이며, 지급 대상, 시기, 평가방법 등에 대한 세부 사항을 논의 중임.
 - 상위 학술지(JCR기준 분야별 상위 3% 이내 & 전체분야 상위 5% 이내)에 논문 게재 시 50만 원의 연구 장려금 지급
 - 연구업적 A등급 평가를 받을 시 연 최대 200만 원의 인센티브 지원
 - 국제 특허등록 시 출원 과정 지원 및 한양대학교 산학협력단 기술사업화 팀과 연계하여 등록 건당 50만 원의 장려금 지급

5) 신진연구인력을 위한 기타 지원

- 신진연구인력의 교육 및 연구활동에 대한 지원으로 공동기기원을 통한 정밀분석용 연구기자재를 약 38건(이용 기기 : XRD, BET, TEM, SEM, 제타전위및입도분석기 FT-IR, XPS 등) 지원하였음.
- 향후 외국인 신진연구인력과 참여 학생들간 간담회 및 타운홀 미팅 행사를 개최하여 교육 프로그램 및 연구 가이드라인을 제시하고, 학문후속세대 간 교류를 강화할 예정임.
- 신진연구인력과 참여 학생들간의 멘토링 프로그램을 운영하고 있으며 추후 학생들과의 타운홀 미팅을 개최하여 교육 프로그램 및 연구 가이드라인을 제시할 예정임.

4.2 교육연구팀 참여신진연구인력 실적

1) 참여신진연구인력 논문 실적

- BK의 지원을 받은 신진연구인력이 주저자로 게재된 Q1급 SCI(E) 저널은 총 7건임(작년: 3건).

〈표 4-4〉 BK 사업 참여 신진연구인력 논문 게재 실적

연번	주저자 (신진연구인력)	논문 제목	학술지명	IF	게재 년월
1	■	A Study of the Effects of Geological Conditions on Korean Tunnel Construction Time Using the Updated NTNU Drill and Blast Prediction Model	APPLIED SCIENCES-BASEL	2.679	2021.10
2	■	Lignocellulolytic microbiomes for augmenting lignocellulose degradation in anaerobic digestion	TRENDS IN MICROBIOLOGY	18.23	2021.10
3	■	Emerging approaches in lignocellulosic biomass pretreatment and anaerobic bioprocesses for sustainable biofuels production	Journal of Cleaner Production	11.072	2021.12
4	■	Integrated hydrothermal and deep eutectic solvent-mediated fractionation of lignocellulosic 2 biocomponents for enhanced accessibility and efficient conversion in anaerobic digestion	Bioresource Technology	11.889	2022.01
5	■	Downstream recovery of Li and value-added metals (Ni, Co, and Mn) from leach liquor of spent lithium-ion batteries using a membrane-integrated hybrid system	Chemical Engineering Journal	16.744	2022.06
6	■	Feasibility assessment of bioethanol production from humic acid-assisted alkaline pretreated Kentucky bluegrass (<i>Poa pratensis</i> L.) followed by downstream enrichment using direct contact membrane distillation	Bioresource Technology	11.889	2022.05
7	■	Syntrophic bacteria- and Methanosarcina-rich acclimatized microbiota with better carbohydrate metabolism enhances biomethanation of fractionated lignocellulosic biocomponents. Bioresour. Technol	Bioresource Technology	11.889	2022.05

2) 참여 신진연구인력 학회발표 실적

- 본 교육연구팀의 연구활동 및 학술활동의 지원을 통해 2차년도 기간 동안 학술대회에 신진연구인력이 참여하여 1건의 발표를 수행하였음.

〈표 4-5〉 BK 사업 참여 신진연구인력 학회발표 실적

연번	주저자 (신진연구인력)	논문 제목	학술대회명	발표 연도	개최 국가
1	■	Humic acid assisted alkaline pretreatment of Kentucky bluegrass (<i>Poa pratensis</i> L.) for enhanced saccharification towards sustainable biofuel (ethanol) production. KSCT fall meeting and international symposium	2021 추계 청정기술 학회	2021	대한 민국

5. 참여교수의 교육역량 대표실적

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표실적물	DOI번호/ISBN /인터넷 주소 등
참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성					
1	■■■■■	10136334	순환자원처리공학	영어전용강좌/ 경진대회 참가	-
<p>■■■■■ 교수는 2022년 1학기에 광물입자공학특론을 강의함. 본 강의에서는 자원처리 공정 시 회수가 어려운 미립광물의 물성 및 거동 관련하여 이론부터 응용에 걸쳐 다룸. 더불어, 영어전용강좌를 개설하여 학생들의 글로벌 역량 강화 및 교육의 국제화에 기여하였음. 본 강의는 강의중심 및 토론식수업으로 진행되어 심화과정 내용을 모든 학생들이 원활하게 이해하고 향후 연구 분야에 적용가능하게 함. 이에 7명의 대학원생들 모두에게서 강의평가 최종점수 100점을 받았음.</p> <p>또한, 한국광해광업공단에서 주최한 ‘Mine-Tech 페스타 혁신기술 경진대회’에 지도교수로 참여하였고, 제안한 기술은 좋은 평가를 받음. 본 경진대회에서 ‘탄소광물화기술과 DAC를 결합한 이산화탄소 포집 및 광업 폐기물 자원화 활용 전략’의 내용으로 참여하였으며, 학생들을 친환경 에너지자원 스마트 개발 분야를 선도하는 글로벌 리더로 양성하기 위해 노력함.</p>					
2	■■■■■	10922120	저류층지구역학	영어전용강좌/ IC-PBL+	-
<p>교육연구팀의 ■■■■■ 교수는 2022년 1학기 과목인 저류층지구역학에 IC-PBL+ 모델을 도입하여 수강생들의 적극적인 강의 참여와 실제 저류공학자의 업무 환경과 관련된 문제해결형 프로젝트를 제시하여 실무 친화적인 교육 이수를 진행함. 해당 수업에서는 저류층의 지구역학적인 거동을 물리적으로 모사하며 이를 CMG, Petrel Eclipse와 같은 저류층 유체 유동 프로그램 등에 접목하여 실습을 진행하였음. Well testing analysis, geomechanical response, rock failure criteria 등의 이론적인 배경을 수식적으로 모사하는 방법이 제시되었으며 저류층 거동의 원리를 깨우치며 실제 현장의 데이터를 활용한 예제 풀이를 통해 수강생들이 직접 저류층 모델링을 진행하였음. 강의평에 따르면 본 과정을 수강함에 있어 성공적인 석유공학자 양성에 필요한 심화적인 모델링 기법 및 그 이론적 배경에 대해서 깊이 있게 이해도를 높일 수 있다는 평가를 받았음.</p>					
3	■■■■■	10084993	자원환경 공학논문연구	영어전용강좌	-
<p>교육연구팀의 ■■■■■ 교수는 2021년 2학기 자원환경공학논문연구 과목을 영어전용으로 진행하여 대학원생들의 쓰기, 듣기, 말하기 능력이 향상됨. 논문 작성에 있어 방법들을 중점적으로 강의를 진행하였으며, 학생들의 글로벌 역량이 향상되고 대학원생들이 반드시 알아야 할 전체적인 작성 틀을 잡아가게 됨에 있어 논문 작성 역량 또한 향상됨. 본 수업은 자원환경공학과 대학원생들이 들어야할 중요 필수 교과목이며 본 강의를 통해 대학원생들의 논문 작성에 영향을 미치고 대학원생들의 논문 실적에 긍정적인 영향을 받았음.</p> <p>강의평가에서 한국인학생뿐만 아닌 외국인학생들한테 까지 긍정적인 피드백을 받았음.</p> <ul style="list-style-type: none"> ●세부적인 예시를 들어 구체적으로 수업하시는 부분이 좋았음. ●실제 현장학습에 도움을 주는 Active 영어로 진행하는 점이 돋보임. ●Professor taught us about the course by discussing every point. 					

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표실적물	DOI번호/ISBN /인터넷 주소 등
참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성					
4	■■■■■	10103603	석유/가스 /지하유체 공학	-	-
	<p>교육연구팀의 ■■■■■ 교수는 2022년 1학기 석유개발모델링 과목 강의를 진행함. 해당 수업에서는 벡터 분석, 선형연립방정식, 유한차분방정식, 행렬을 이용한 Implicit Pressure Explicit Saturation(IMPES) 방식의 시뮬레이션 풀이, 유정 모델링과 안정성 분석을 중점으로 강의를 진행하였으며, 팀프로젝트에서는 해당 수업 시간에 배운 내용을 바탕으로 본인이 연구한 주제에 모델링을 적용하고 시뮬레이션을 진행하여 해당 내용을 발표하는 형식으로 진행함. 석유개발모델링 과목의 강의평가 최종점수는 96점이며, 학생들로부터 이론 및 수식에 대한 설명을 상세하고 친절하게 설명해준다는 내용의 긍정적인 피드백을 받았음.</p>				
5	■■■■■	11820025	지하공간공학특론	영어전용강좌/ IC-PBL+	-
	<p>최근 1년동안 2건의 대학원 수업을 진행하였음. 두건 모두 IC-PBL+ 수업방식을 적용하였으며, 특히 2021년 2학기에 개설한 지하공간공학특론은 IC-PBL+ 뿐만아니라, 영어전용 수업방식을 적용하였음. 학생들 주도의 영어발표를 통해 영어를 활용한 학술발표 능력과 의사소통 능력을 함양하였으며, IC-PBL+ 강의방식을 통해 실무와 연계하여 학생들이 터널/지하공간 산업에서 대두되고 있는 각종 이슈들을 직접 접하고 그 해결책을 찾아가도록 유도하였음. 이와 같은 수업 방식을 통해 학습의 효과를 극대화할 뿐만 아니라, 문제식별/분석/해결책 모색과 같은 일련의 과정을 경험하도록 함으로써 연구역량을 함양할 수 있는 기회를 마련하였음.</p>				

6. 교육의 국제화 전략

6.1 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

6.1.1 교육/시스템 국제화

1) 연구팀 대학원 영어전용 강의 확대

- 최근 1년간 참여교수가 담당한 대학원 강의 중 영어전용 강의 비율 54.5%(6/11) 달성함. 작년보다 영어전용 강의의 비율이 5% 줄어들었으나, 실질적으로 영어전용 강의의 개수는 2배 증가하였음.
- 2027년 기준 참여교수가 담당한 대학원 강의의 80%를 영어전용으로 적용하는 것을 목표로 하고 있으며, 이를 위해 향후 개설 예정인 대학원 강의의 영어전용 강의 비율을 점진적으로 확대할 예정임.

2) 석박사 학위 논문의 외국어 작성 비율 관리

- 본 교육연구팀에서는 최종 목표인 학위논문 영어작성 비율 100% 달성을 위해 교육연구팀 자체운영 규정에 참여교수 지도학생의 졸업논문 영어작성에 대한 의무를 명시함.(2021.04.30.) 2022년도 2월 및 8월 졸업생의 경우 학위논문 영어작성 비율이 100%에 달했으며, 이후 졸업자에 대해서 지속적인 관심을 가지고 관리 중임.

3) 외국인과 내국인 간 1:1 상호 멘토링 시스템을 구축을 통한 국제적 학술 역량 증대

- 본 교육연구팀에서는 아래와 같이 참여교수 연구실 소속의 해외출신 신진연구인력 및 외국인 학생과 한국 학생간 상호 멘토링 시스템을 구축하여 논문 첨삭, 학술발표, 연구 및 실험 지도 등의 활동을 지원하는 등의 멘토링 활동을 장려하였음.

〈표 6-1〉 외국인 신진연구인력-한국 학생 간 1:1 멘토링 구성 현황

외국인 신진연구인력 및 외국인 학생		한국학생
구 분	이름	
신진연구인력		
신진연구인력		
신진연구인력		
신진연구인력		
신진연구인력		
신진연구인력		
신진연구인력		
신진연구인력		
신진연구인력		
신진연구인력		
외국인 학생		
외국인 학생		
외국인 학생		
외국인 학생		

4) 장·단기 해외 프로그램 지원을 통한 국제적 연구능력 함양

- 국제적 연구역량을 배양하고 국제 공동연구 기회를 마련하기 위해 한양대학교 국제팀과 연계하여 국제 계절학기 및 관련 학과 탐방 등의 국제교류 프로그램을 운영중에 있음. 2021.09 ~ 2022.08 기간동안 총 6건의 해외(미국) 단기과건 및 현장학습을 통해 참여대학원생들의 현장중심 및 국제적 연구역량을 함양하였음. 향후 이와 같은 해외 우수 프로그램을 지속적으로 지원하여 글로벌 연구 인력을 양성할 것임.

6.1.2 외국인 연구자 지원 시스템 고도화

1) 신진연구인력 외국인 비율 50% 이상 유지

- 기존에 참여교수 중 외국인 교수가 1명 있었으나, 2021년 2월 정년으로 인해 퇴임하였음. 이후 외국인 학생 입학 수월성 제고를 위해 외국인 교수 및 외국인 신진연구인력을 추가 확보하려 노력 중이며, 2022년 8월 31일 기준 참여교수 연구실에 소속된 외국인 신진연구인력은 총 9명임. 그 중 1명에게 BK 예산을 활용하여 경제적으로 지원하고 있으며, 따라서 BK의 지원을 받는 신진연구인력은 한국인 1명, 외국인 1명으로 외국인 비율은 50%임.

2) 해외학자 지원 및 연구환경 보장

- 최근 1년간 참여교수 연구실에 소속된 외국인 신진연구인력을 총 9명 확보하였음. (주저자)
- 해외 우수 신진연구자 지원 시스템을 구축하여 안정적인 연구 환경 조성을 위해 참여교수 연구실 소속의 외국인 신진연구인력 3명에게 주거비(주저자) 및 사택(주저자)을 제공하였음.
- 이러한 우수한 외국인 인력 확보를 기반으로 한 국제 공동연구를 통해 최근 1년간(2021.09. ~ 2022.08.) 참여교수 연구실에 소속된 외국인 신진연구인력이 주저자인 SCIE급 논문을 총 9건((작년대비 28%↑) 게재하였으며, 공동저자인 논문까지 고려할 경우 총 26건(작년대비 100%↑)의 SCIE급 논문을 게재하는 등 우수한 국제적 학술 실적을 달성하였음.

〈표 6-2〉 외국인 신진연구인력 논문 게재 실적(2021.09.01. ~ 2022.08.31)

연번	신진연구 인력 (주저자)	논문 제목	학술지명	IF	게재 년월
1	(주저자)	Emerging approaches in lignocellulosic biomass pretreatment and anaerobic bioprocesses for sustainable biofuels production	Journal of Cleaner Production	11.072	2021.12
2	(주저자)	Downstream recovery of Li and value-added metals (Ni, Co, and Mn) from leach liquor of spent lithium-ion batteries using a membrane-integrated hybrid system	Chemical Engineering Journal	16.744	2022.06
3	(주저자)	Feasibility assessment of bioethanol production from humic acid-assisted alkaline pretreated Kentucky bluegrass (<i>Poa pratensis</i> L.) followed by downstream enrichment using direct contact membrane distillation	Bioresource Technology	11.889	2022.05
4	(주저자)	Syntrophic bacteria- and Methanosarcina-rich acclimatized microbiota with better carbohydrate metabolism enhances biomethanation of fractionated lignocellulosic biocomponents. Bioresour. Technol	Bioresource Technology	11.889	2022.05
5	(주저자)	Lignocellulolytic microbiome for augmenting lignocellulose degradation in anaerobic digestion	Trends in Microbiology	11.889	2021.10
6	(주저자)	Integrated hydrothermal and deep eutectic solvent mediated fractionation of lignocellulosic biocomponents for enhanced accessibility and efficient conversion in anaerobic digestion	Bioresource Technology	11.889	2022.03
7	(주저자)	Syntrophic bacteria-and Methanosarcina-rich acclimatized microbiota with better carbohydrate metabolism enhances biomethanation of fractionated lignocellulosic biocomponents	Bioresource Technology	11.889	2022.05
8	(주저자)	Molecular insights into plant-microbe interactions for sustainable remediation of contaminated environment	Bioresource Technology	11.889	2021.10
9	(주저자)	An assessment of micro- and nanoplastics in the biosphere: A review on detection, monitoring and remediation technology	Chemical Engineering Journal	16.744	2021.10

6.1.3 외국인 학생 지원, 관리 시스템 구축

1) 외국인 대학원생 확보 실적

- 최근 1년간 박사과정 외국인 신입생을 1명 확보하여 참여교수가 담당하는 외국인 학생은 총 4명(박사과정 3명, 석박사 통합과정 1명)이며, 이는 전체 학생 대비 23.5%임.(작년대비 5%↑)
- 지난 1년간 평균 외국인 학생 수는 4명으로, 꾸준한 외국인 학생을 유치하여 전문성을 갖춘 우수한 외국인 학생을 지속적으로 배출하고자 함.

2) 연구비 비원 및 한양 국제 장학금 등의 생활 지원 프로그램(Total Care-E2) 운영

- 본 교육연구팀은 외국인 대학원생을 대상으로 Total Care-E² 라는 장학 및 생활지원 프로그램을 아래와 같이 운영하고 있으며, 향후 지원 범위를 확대해 나갈 계획임.
 - 석사과정 월 80만 원, 박사과정 월 150만 원 이상의 연구 장학금 지원 및 학기당 300만원의 BK-RA/TA 조교장학금을 지원함으로써 외국인 대학원생의 진학을 높이고 연구 환경을 조성해나가고 있음.
 - 본 교육연구팀은 학교에서 운영하고 있는 한양우수외국인장학금과 연계하여 재학 중인 외국인 유학생(학부 및 대학원) 중 성적이 우수하고 학교생활을 성실히 하는 학생들에게 다음과 같은 내용의 장학금을 지원하고 있음.
 - 지원 자격 : 직전 학기 평점 평균(GPA)이 4.0 이상, TOPIK 점수 소지 자
 - 서류심사와 면접을 통해 선발하여 순위에 따라 30%, 50%, 70%, 100% 차등 지급
 - 장학적용기간 : 한 학기

3) 외국인 학생의 한국 생활 적응을 위한 학과 내 한국 학생 1:1 멘토링 시스템 구축

- 외국인 학생의 한국 생활 적응을 위한 학과 내 한국 학생 1:1 멘토링 시스템 구축
 - 본 교육연구팀은 아래와 같이 4단계 BK21 참여 대학원생을 대상으로 외국인 학생- 한국 학생 1:1 멘토링 시스템을 구축하여 외국인 학생의 어학, 학업, 생활 및 문화 등 전반적인 활동을 보조하기 위한 멘토링을 지원하고 있음.

〈표 6-3〉 외국인 대학원생-한국 대학원생 간 1:1 멘토링 구성 현황

한국 학생	외국인 학생
■	■
■	■
■	■
■	■

- 향후 더 많은 외국인 학생 유치를 위한 학과 영문 홈페이지 제작, 해외 기관 설명회 등을 진행하는 등 유학생을 위한 다양한 인프라를 확충할 예정임.

6.1.4 연구 국제화를 위한 MOU 체결

1) MOU 체결 및 국제 연구자 교류 세미나 프로그램 BC-speaker 추진

- 기존에 총 8건의 국제 MOU(해외 학술기관 5건, 산업체 1건, 연구소 2건)를 체결하여 유지해오고 있으며, 최근 1년간 미국 및 인도에 위치한 우수 대학과 2건의 MOU를 신규 체결하여 각종 실험 관련 국제협력과 학생 교류활동을 협조하였음. 향후 미국 및 사우디아라비아 등 다양한 해외 대학 및 연구기관과 MOU를 체결할 계획이며, 이를 통해 해외 연구자들과의 연구교류를 지원할 뿐만 아니라 연구의 국제화를 위한 인프라를 확충할 계획임. 이와 같은 다수의 MOU를 통해 아래 표와 같이 최근 1년간 6건의 해외 단기파견을 수행하였음.

〈표 6-4〉 외국인 대학원생-한국 대학원생 간 1:1 멘토링 구성 현황


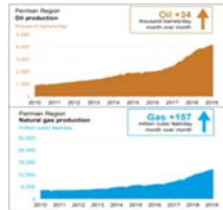
파견 기관	교육 내용	기간	파견인원 (참여대학원생)
New Mexico Institute of Mining and Technology, US	PDRP 실험센터 견학, PRRC 견학, 현지 사면 주향경사 측정 현장실습, MRO 견학, EMRTC 견학, 현지 학부 및 대학원 수업 단기수강	2021.10.28. ~2021.11.28	4
		2022.08.15. ~2022.09.09	5
		2022.02.12. ~2022.02.21	2
		2022.07.24. ~2022.08.06	1
San Xavier Mining Lab., University of Arizona, US	광산안전, 광산환기, 광산위험 인지 및 관리, 사고조사, 안전활동 현장실습 등	2022.02.21. ~2022.02.25	6
		2022.08.08. ~2022.08.12	4

6.2 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

6.2.1 참여대학원생 국제공동연구 실적

- 본 교육연구팀은 해외 연구그룹 및 연구자와의 지속적인 국제공동연구를 추진하였으며 최근 1년간은 캐나다의 CMG 사 및 미국 New Mexico Institute of Mining and Technology 대학과 공동연구를 진행하였음.




〈표 6-5〉 최근 1년간 국제 공동연구 실적

연번	연구내용 및 기타사항	
1	상대국 / 소속기관 : 캐나다 / Computer Modeling Group(CMG)	
	<ul style="list-style-type: none"> 대표적인 저류층 시뮬레이션 기술 개발 기업인 CMG에서는 자체적으로 연구 프로그램을 진행 중에 있으며, 본 교육연구팀 참여학생인 [] 학생이 2022.05.11. - 2022.05.13. 소프트웨어 연구 및 교육 프로그램(Modelling of SAGD and Advanced Wellbore Modeling)에 참여하여 SAGD 및 Wellbore 모델에 대한 Builder 사용법을 연구하였음. 	
2	상대국 / 소속기관 : 미국 / New Mexico Tech, Strata Production Company	
	<ul style="list-style-type: none"> 미국 New Mexico Institute of Mining and Technology와 연계하여 총 4차례에 걸쳐 단기 해외파견을 진행하였음(2021.10, 2022.02, 2022.07, 2022.08). 교육연구팀 참여대학원생 9명([], [], [])이 참여하였으며, PDRP 센터, PRRC 센터, MRO 센터, EMRTC 센터 등 다양한 연구센터에 방문하여 석유회수 증진공법, 펌프 고장감지 및 수명개선 등 자원채굴 분야에 대해서 활발한 연구교류를 수행하였으며, 국제 연구현황에 대한 논의 및 향후 연구방향에 대한 자문을 얻었음. 	

6.2.2 참여대학원생 국제공동연구 향후 계획

- 본 교육연구팀은 기존 계획한 5건의 국제공동연구 계획 중 2건(Computer Modeling Group(CMG))을 달성하였으며 향후에도 이와같은 긴밀한 관계를 유지하여 공동연구를 진행할 계획임. 이 외에도 아래와 같은 3건의 국제공동연구를 추가적으로 추진할 계획임.

〈표 6-6〉 향후 국제 공동연구 계획

연번	연구내용 및 기타사항	
1	상대국 / 소속기관 : 캐나다 / MKS Investment Ltd.	
	<ul style="list-style-type: none"> MKS Investment Ltd. 보유 유가스전 현장교육 계획 현장 자료 기반 유가스전 평가/분석 IC-PBL+ 교육 문상호 대표 초청강연을 통한 학생들 전문성 증진 	
2	상대국 / 소속기관 : 우즈베키스탄 / Institute of Mineral Resources	
	<ul style="list-style-type: none"> ICT/IoT 기반 빅데이터/인공지능 기술을 활용한 최적화된 고효율 지능형 공정 기술 개발 연구 파일럿 플랜트인 Almalyk 광산 운용 현장교육 	
3	상대국 / 소속기관 : 다국적 / Ove Arup & Partners(OAP)	
	<ul style="list-style-type: none"> 글로벌 종합 엔지니어링 사 OAP는 런던, 뉴욕, 홍콩 등 전 세계적으로 오피스 보유(기본 근무 언어 : 영어) 매년 교육연구팀장인 [] 교수에게 인턴 후 정직 전환 또는 인턴 수행 학생 요청 학생들의 현장실무 역량강화, 글로벌 인재 양성을 위한 인턴제도 적극 활용 	

□ 연구역량 대표 우수성과

● 연구비 수주실적

- 본 교육연구팀은 최근 1년간 총 31억원의 연구비를 수주하였으며 이는 2017년도부터 2019년도까지 3년간 연평균 연구비 수주액 15억원보다 많은 금액임. BK21 Four사업의 비전과 목표인 융합형, 현장 중심형, 국제화, 과학기술/산업/사회 문제 해결을 중점으로 스마트 기술 도입, 바이오에너지 생산 기술 관련한 정부부처 및 산업체, 해외기관과의 융·복합 연구과제를 적극 진행하여 월등히 높은 연구비를 수주하였음.

● 참여교수 논문, 특허, 저서 실적

- 본 교육연구팀의 참여교수진은 석유/가스개발, 바이오에너지, 스마트자원/지하공간개발, 오염물질 제거 및 환경복원 관련 전문가 등으로 구성되어 있으며, 논문, 기술이전, 저서 집필 등의 뛰어난 실적을 달성함으로써 양적, 질적으로 우수한 연구역량을 보였음.
- 본 교육연구팀의 참여교수진은 최근 1년간 59건의 SCI 논문을 게재하였으며 이 중 Q1 저널의 비중은 44%를 차지하였고 Q2 저널의 비중은 37%임. 이를 통해 참여교수진이 각 분야에서 저명한 저널에 우수 논문을 게재함으로써 과학기술을 선도하고 있음을 확인할 수 있음.
- 본 교육연구팀의 참여교수진은 다양한 연구과제를 수행하며 논문 뿐만 아니라, 기술이전 1건 및 저서 집필 1건 등 실질적인 산업/사회/과학기술 문제 해결에 기여할 수 있는 연구성과를 달성하였음.

● 산업/사회 기여 연구 활동 및 연구 성과

- 자원 및 지하공간 개발 효율성 제고: 다양한 머신러닝 알고리즘을 활용한 지하공간 설계 및 역해석의 효율성을 증대시키기 위한 연구를 진행하였으며, 이러한 연구결과를 통해 지하공간개발 산업분야에서 제기되어왔던 지하공간 설계변경의 부담경감, 비용절감, 설계작업시간 단축 등 다양한 문제를 해결하는데 기여함.
- 토양 유류오염물질 제거 및 폐기물 내 유용금속 재자원화: 원위치 토양 세정법을 활용한 연구를 진행하여, 실험환경에서 90% 이상의 토양유류오염에 대한 정화효율을 달성하였으며, 산업 폐자원에서 다양한 종류의 유가 및 희유금속을 회수하는 기술을 개발하는 등 자원의 안정적 수급, 에너지 절약, 친환경 공법의 효율성 제고 등 친환경 산업분야에 지속적으로 기여하였음.
- 온실가스 지중저장 최적설계: 국내에서 배출되는 이산화탄소 저감을 위해 동해가스전 이산화탄소 지중저장 프로젝트, 포항분지 중규모 해상 이산화탄소 지중저장 프로젝트 등 다양한 연구를 진행하고 있으며, 이를 통해 지구역학적 완결/모니터링 전문기술을 확보하고 이산화탄소 격리효율을 증대시키는 등 국내 온실가스 감축에 기여함.

● 연구역량 향상을 위한 연구지원 체계 구축 및 내실화

- 본 교육연구팀은 논문 등의 정량적인 실적뿐만 아니라 지역사회 및 산업체와의 교류를 위하여 최근 1년간 한양대학교 HEC와 연계하여 전문적인 박사과정 학생들이 참여하는 기술중심의 리빙랩 프로젝트를 추진하고, IC-PBL+의 일환인 효율적인 산업체 연구 역량 향상을 위해 총 39 곳의 산업체와 업무협력 협약서를 체결하여 IC-Connet & Share 플랫폼 구축하는 등의 차별화된 활동을 지속하고 있음.
- 본 교육연구팀은 국제적인 연구역량 향상을 위해 Global-IAB 위원 임명 추진, 국제공동연구의 활성화, 해외 신진연구인력 유치 결과 20개 국가의 연구자들과 공동연구를 수행하여 48건의 SCI 논문을 게재하였음. 또한 참여대학원생의 연구역량 강화를 위한 국제연구교류 프로그램 개발을 추진 중에 있으며 우수인재유치를 강화하는 등 두드러진 연구지원 체계를 구축하였음.

1. 참여교수 연구역량

1.1 연구비 수주 실적

<표 7-1> 최근 1년간(2021.9.1.-2022.8.31.) 참여교수 1인당 정부, 산업체, 해외기관 등 연구비 수주 실적

항 목	수주액(천원)		
	3년간(2017.1.1.-2019.12.31.) 실적 (선정평가 보고서 작성내용)	최근 1년간(2020.9.1.-2021.8.31.) 실적	비고
정부 연구비 수주 총 입금액	4,570,549	3,162,040	
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	57,900	137,000	
해외기관 연구비 수주 총 (환산) 입금액	0	0	
참여교수 수	4	5	
1인당 총 연구비 수주액	1,157,112	632,408	

1.2 연구업적물

1.2.1 참여교수 연구업적물의 우수성

1) 교육연구팀의 연구역량 현황 분석

- 본 교육연구팀의 연구역량에 대해 양적/질적인 수준을 향상하기 위하여 석유천연가스공학 미국 3, 5위, 환경공학 세계 1, 48위에 해당하는 미국의 Stanford 대학교, Penn State 대학교의 동분야 학과를 벤치마킹 대상으로 설정하였음.
- 교육연구팀의 연구역량 중 양적 현황
 - 선정평가 당시 교육연구팀의 5년간 평균 1인당 논문 게재는 11.35건으로 벤치마킹 대상 대학들보다 1.5배 높은 수준이었으며, 최근 1년간 1인당 논문 게재 수는 평균 22.4로 증가하였음.
- 교육연구팀의 연구역량 중 질적 현황
 - 본 교육연구팀의 논문 게재의 질적 수준 향상을 위해 Q1 저널 비중을 55.0%로 증가, JCR 기준 상위 3% 저널 비중을 10.0%로 증가를 목표로 설정하였으며, 최근 1년간 게재한 해당분야 Q1 저널 비중은 55.4%, JCR 기준 상위 3% 저널 비중은 10.01%를 달성하였음.

2) 연구역량 질적 현황

- 연구역량에 기반한 학술 및 연구 활동
 - 본 교육연구팀에서는 QS World Ranking (Mineral & Mining Engineering 분야) 50위권 내 진입을 연구역량 강화의 중점목표로 추진하였으며 2021년에 이어 2022년에도 QS 대학평가 51-60위권을 유지하였으며, 국내 대학중에서는 자원공학 분야에서 유일하게 이름을 올렸음.
 - QS 대학평가 시스템에서 제시하고 있는 3가지 연구 분야 관련 지표들은 결국 연구 활동성과 질적 우수성에 연관되어 있으며 학계평가는 연구의 질적 활동을 바탕으로 평가되기 때문에 H-index 향상에 대한 목표를 최종적으로 12로 설정하였으며, 2022년 8월 기준 교육연구팀 교수진의 평균 H-index는 9를 달성하였음.

3) 참여교수의 연구실적

- 본 교육연구팀은 석유/가스개발, 바이오에너지, 스마트자원/지하공간개발, 오염물질 제거 및 환경복원 관련 전문가 등으로 구성되어 있으며 참여교수는 논문, 기술이전, 시제품 제작, 저서 등의 업적을 보유함.
- [] 교수는 자원 및 지하공간의 시공 안전을 위한 무장약공 공내 이미지 분석기법 개발 및 머신러닝 기법을 활용한 터널설계 자동화 연구를 통하여 최근 5건의 SCI 논문을 게재하였음. 특히 지난 연구과제를 통해 개발한 막장전방 지질탐사장비 시제품을 후속연구를 통해 지속적으로 개선하고 현장에 적용하여 문제점을 파악하는 등 사회/산업문제 해결을 위해 산업계와 연계하여 활발한 연구활동을 이어나가고 있음.

- [] 교수는 최근 1년간 SCI논문 총 50건을 저명한 학술지에 게재하였으며, 기술이전 1건을 달성하였음. 게재한 논문중 H₂O₂ 생성을 위한 압전 분극에 의한 반도체의 표면 접합 조절에 대한 연구논문을 저명 학술지인 Applied Catalysis B: Environmental(IF:24.319, Q1 등급, 상위 0.94%)에 집필함으로써 우수한 연구 실적을 달성하였음.
- [] 교수는 이산화탄소 지중 저장 및 활용(Carbon Capture Utilization and Storage, CCUS) 기법 연구를 통해 최근 4건의 SCI 논문을 게재하였음. 특히 IEA(International Energy Agency) 내 EOR TCP 한국 대표로 활동하며 오스트레일리아 연간 회의를 포함한 다양한 회의에 참석하여 최신 EOR 동향을 분석함.
- [] 교수는 최근 3건의 논문 게재를 통해 지하 응력분포에 따른 유정 안정성 분석과 ESP 펌프 운영에 대한 노달 분석에 대한 연구를 시행하여 석유공학 산업의 기술 고도화에 기여하는 우수한 연구성과를 달성하였음. 특히 유관 분야 저명 학술지인 ROCK MECHANICS AND ROCK ENGINEERING (IF:6.518, Q1 등급)에 논문을 게재하여 관련 연구를 선도하였음. 또한 [] 교수는 뉴멕시코 석유공학과 겸임교수로서, 뉴멕시코텍과 뉴멕시코 주립 석유회수 연구센터(PRRC)와의 활발한 공동연구를 수행 중임. 공동연구개발기관인 한양대학교는 [] 교수의 주도 하에 유가스전의 생산성 분석, 유체 생산/주입 시 지층 안정성 분석 등을 주제로 실증적인 연구를 수행하고 있으며 미국 뉴멕시코 Socorro의 실증 사이트와 PRRC 실험실 운영을 병행하며 현장 중점형 연구 또한 활발하게 수행하고 있음.
- [] 교수는 순환자원처리분야의 전문가로써 BK 사업단 참여 이후 (22.06.15 ~) SCI 논문 3편을 저명한 학술지에 게재 및 1건의 저서로 단기간 우수한 연구 실적을 달성하였으며, 참여기간 동안 게재한 논문은 모두 Q1 저널임. 더불어, 참여 이전 1년 동안 SCI 논문 16건 게재, 3건의 저서를 저술하였으며, 게재논문 중 16건 중 12건이 Q1, 16건 중 6건이 상위 10% 이내의 저널로 우수한 성과를 달성하였음.

4) 향후 추진 계획 수립

- 본 교육연구팀이 수립한 양적/질적 연구 역량 향상 목표는 최근 1년간의 양호한 실적으로 목표를 초과달성하였음. 사업 종료 시점을 기준으로 목표한 QS World Ranking 50위권 내 진입은 단기간 달성하기 힘든 목표임에도 불구하고 2021년부터 2년 연속으로 51-60위권에 진입하였으며 목표한 50위권 내에 향후 2-3년 내에 무난히 진입 가능할 것으로 예상함.
- 본 교육연구팀의 참여교수진은 다양한 융복합적 연구 활동을 통해 연구력의 질적 향상, 다양한 성과를 확보하고 있으며 사업 선정 당시 계획한 인적, 물적 인프라 구축의 강화로 연구 실적의 양적/질적 향상을 양호하게 유지할 수 있을 것으로 판단됨.

1.2.2 교육연구단의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물

연번

대표연구업적물 설명

● **교수**: 빅데이터와 인공지능 기반의 발파굴착터널 자동설계기술 개발을 위한 기초연구

● **대표 연구 업적물의 의미 및 우수성**

- 최근 전세계적으로 4차산업혁명 시대를 맞이하여 인공지능을 활용한 생산성, 정확성, 신속성이 향상된 작업으로의 전환이 이루어지고 있으며, 정부에서도 건설분야에 대한 다양한 스마트 건설기술의 개발 및 활용을 독려하고 있는 상황이나, 아직도 터널 설계 많은 과정에서 노동 집약적인 설계방식을 벗어나지 못하고 있음.
- **교수** 연구팀은 해당 연구를 통해 지반조건, 현장 여건, 필요한 터널제원 등을 종합적으로 고려하여 약 50개의 터널 시공 현장에 대한 설계 데이터를 선정, 수집 및 정리하였으며, 수집한 데이터를 활용하여 6개 터널 설계 세부단계별로 최적의 설계 결과를 예측할 수 있는 머신러닝 모델을 개발하였음. 또한 터널 설계 자동화의 실무 적용 가능성과 후속 연구에 대한 상당한 잠재력을 확인할 수 있었음.

● **대표 연구 업적물의 산업/사회 문제 해결 기여도**

- 개발된 머신러닝 모델을 이용한 터널설계 시 효율성, 정확성, 신속성 측면에서 현재의 인력에 의한 설계발식보다 설계항목에 따라 최소한 30%~50% 이상의 우수한 설계 결과를 도출해낼 수 있으며, 또한 설계 작업시간의 단축으로 인한 설계 관리비 절감효과는 현재의 터널 설계비용 대비 약 30% 이상이 될 것으로 추정됨.
- 향후 추가적인 실용화 연구를 통해 정부에서 주도하고 있는 스마트 건설기술 시대의 정착에 기여할 수 있으며 이로 인해 전체적인 건설비용의 공종별 최적화가 달성될 수 있음.

● **대표 연구 업적물의 학문적 수월성**

- 머신러닝 학습에 필요한 데이터를 확보하는 과정에서 설계사 및 시공사에 재직 중인 실무자와의 협업을 다양하게 경험할 수 있었으며, 긴밀한 관계를 구축함으로써 후속 연구를 위한 지속적인 학술교류의 기반을 마련할 수 있었음.
- 데이터를 수집하기 위해 50건 이상의 터널설계 보고서 및 지반조사보고서를 확보하였으며, 해당 보고서에는 터널 설계에 필요한 데이터가 방대하게 실려있고 다양한 지반에서의 설계사례를 확인할 수 있으므로 향후 연구 혹은 IC-PBL+ 수업방식을 적용한 교육 시에 활용도가 매우 높음.

사회 문제	문제 해결 전략	문제해결 우수성
다수의 설계변경에 따른 시공부담, 설계인력 부족	터널 설계 자동화	머신러닝을 접목한 터널자동설계 프로그램 개발을 통한 활용성 증대
<div><p>설계와 시공시의 패턴 변경 비교 (Park et al., 2015)</p><p>설계와 시공시의 패턴 변경 비교 (Park et al., 2015)</p><p>비율 (%)</p><p>■ Design stage ■ Construction stage</p><p>패턴분류</p></div> <div><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</p><p>일반적 주요 문제점</</p></div>		

연번

대표연구업적물 설명

- 교수:** CO₂-CH₄ WAG가 EOR 및 탄소 지중 저장에 미치는 영향을 고려한 손상된 지층 모델링 우수 학술지 (IF 4.346) 게재
- 대표 연구 업적물의 의미 및 우수성

- 해당 논문이 게재된 JOURNAL OF PETROLEUM SCIENCE AND ENGINEERING는 PETROLEUM 분야 19개 저널 중 2위에 해당하는 Q2 등급 저널로 석유공학 분야를 다루는 권위 있는 학술지임. 이 업적물을 통해 교수는 온실가스 감축 및 EOR 분야의 선도적인 연구자임을 알 수 있음. (Compositional Modeling with Formation Damage to Investigate the Effects of CO₂-CH₄ Water Alternating Gas (WAG) on Performance of Coupled Enhanced Oil Recovery and Geological Carbon Storage)
 - 교수는 해당 연구를 통해 Water-Alternating-Gas(WAG) 진행 시 일반적으로 주입하는 CO₂ 뿐만 아니라 또 다른 주요 온실가스로 꼽히는 CH₄를 혼합한 CO₂-CH₄를 저류층 내에 주입하였을 때 지층이 손상되었을 경우 공극과 암반의 균열에서 오일, 물, 가스 등이 실제로 어떻게 거동하고 얼마나 저장되는지 예측하는 모델을 개발함.
- 대표 연구 업적물의 산업/사회 문제 해결 기여도

- 현재 새로운 유전을 개발하기 보다는 기존 유전에서 생산성을 높이려는 시도가 지속되고 있으며, 이러한 에너지 수급 안정화와 동시에 환경 문제를 해결하기 위한 온실가스 저감 목표가 주목받고 있음.
 - 본 교육연구팀에서 연구한 해당 업적물은 오일 회수율을 향상시킴과 동시에 EOR이 끝난 고갈 유전을 대상으로 온실가스를 지중 저장하는 기술을 모델링에 적용하여 에너지 효율 향상과 온실가스 감축 효과를 동시에 얻을 수 있는 친환경 기술임.
 - 또한 CO₂를 정제하는 데 드는 비용을 줄여 기존의 CO₂-EOR보다 경제적인.
- 대표 연구 업적물의 학문적 수월성

- 기존의 연구는 CO₂와 같은 단일 가스를 주입하였던 데에 반해 해당 연구는 CO₂와 CH₄의 혼합물을 주입함으로써 향후 CH₄뿐 아니라 다양한 가스, 용매, 불순물에 이르기까지 다양한 물질을 혼합하여 주입하는 후속 연구에서 좋은 참고자료가 될 것이라 여겨짐.
 - 또한 일반적으로 규격화된 지층 모델이 아닌 손상된 지층 모델을 사용하였으므로 실제 저류층에 더욱 가까운 모델로서 실제로 CO₂-CH₄를 주입하면 어떤 결과가 발생할지 기존 연구들보다 정확한 예측이 가능함.

사회 문제	문제 해결 전략	문제해결 우수성
과도한 온실가스 배출	이산화탄소 지중 저장	CCS-EOR
<div> <div>온실가스 배출량 감축 목표 상황 (단위: tCO₂eq)</div> <div>※2018년 배출량 대비 감축률</div> <div> <div>7억 2760만</div> <div> <div>-26.3%</div> <div>5억 3610만</div> </div> <div> <div>-40.0%</div> <div>4억 3660만</div> </div> </div> <div> <div>2018년(기준연도)</div> <div>2030년(기준)</div> <div>2030년(확정)</div> </div> <div>(자료: 환경부, 2050 탄소중립위원회)</div> </div>	<div> </div>	<div> </div>

- 교수 : Ni-loaded Ultra-stable Y-type zeolite 상의 공기 중 촉매 가스화를 통한 가구 폐기물로부터의 수소 생산 기술 우수 학술지(IF 16.744)에 게재

대표 연구 업적물의 의미 및 우수성

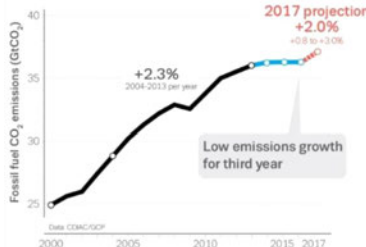
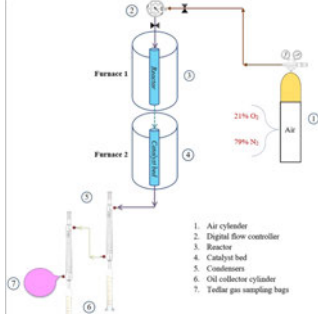
- Ni-USY 촉매에 의한 공기 가스화는 가구 폐기물로부터 유해 오염 물질의 함량이 낮은 수소인 풍부한 합성 가스로 변환하는 새로운 기술을 도입하고, 폐기물로부터 에너지 생산 공정은 재생에너지 생산과 폐기물 관리를 동시에 달성할 수 있는 연구결과를 도출하였음.
- USY zeolite 합성 방법과 촉매 특성에 대한 풍부한 연구에도 불구하고 금속의 지지체로 사용될 때의 기능을 조사한 연구는 거의 없음을 확인함. 이에 본 연구에서는 가구 폐기물의 공기 가스화로부터 바이오수소를 생산하기 위한 합침법을 이용하여 Ni가 담지된 Ni-USY 촉매를 제조하고, 생산된 바이오 오일의 유해함량을 최초로 감소시키는 목적을 달성함.
- 본 논문이 게재된 Chemical Engineering Journal은 SCIE의 Chemical Engineering 분야의 142개 저널중 4위 이고 Q1에 해당하는 저널이며 화학 공학 및 환경 공학 분야를 다루는 권위 있는 학술지로 해당함.


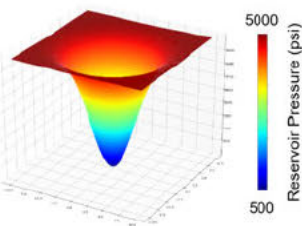
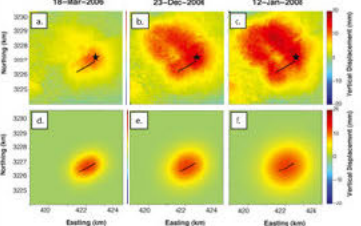
대표 연구 업적물의 산업/사회 문제 해결 기여도

- 화석연료 사용으로 인한 지구온난화 및 환경오염은 산업/사회 문제로 대두되며 문제 해결을 위해서는 에너지 공급 및 관리 구조 개선이 필수적임.
- 폐기물을 에너지화하는 공정은 재생에너지 생산과 폐기물 관리를 동시에 달성할 수 있어 폐기물 에너지화 공정의 잠재력이 세계적으로 주목받고 있으며, 본 연구를 통해 사회적으로 가구 폐기물의 관리가 가능해져 대기 오염물질 배출 감소에 기여함.

대표 연구 업적물의 학문적 수월성

- 가구 폐기물은 높은 에너지 함량, 적은 양의 회분을 통해 경제성을 확보하는 동시에 화석연료 사용으로 인한 대기 오염물질 배출을 감축시키는 기술로 지구온난화와 같은 문제를 극복하기 위한 효과적인 기술임.
- 가구 폐기물로부터의 수소 생산 기술만이 아닌 산업 폐기물을 이용한 바이오수소 생산 기술과 같은 후속연구의 수월성을 증진하였음.

사회 문제	문제 해결 전략	문제해결 우수성																																													
화석연료 사용으로 인한 지구온난화 및 환경오염	공기 가스화 반응기를 이용한 바이오수소 생산	바이오 오일의 유해 특성을 감소 달성																																													
		<table><tr><th>물질의 함량</th><th>비 C</th><th>Ni-USY (S)</th><th>Ni-USY (R)</th><th>Ni-USY (R)</th></tr><tr><td>탄화수소 함량</td><td>35.49</td><td>12.69</td><td>23.23</td><td>14.87</td></tr><tr><td>비율</td><td>4.33</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>14.26</td></tr><tr><td>PAH</td><td>43.54</td><td>15.24</td><td>17.81</td><td>39.52</td></tr><tr><td>지방산 함량</td><td>5.15</td><td>52.86</td><td>35.79</td><td>17.61</td></tr><tr><td>니로일</td><td>1.67</td><td>1.50</td><td>1.85</td><td>-</td></tr><tr><td>에테르</td><td>1.68</td><td>16.80</td><td>9.56</td><td>4.47</td></tr><tr><td>다른</td><td>8.54</td><td>6.91</td><td>9.96</td><td>9.27</td></tr><tr><td>총</td><td>106.00</td><td>106.00</td><td>106.00</td><td>106.00</td></tr></table>	물질의 함량	비 C	Ni-USY (S)	Ni-USY (R)	Ni-USY (R)	탄화수소 함량	35.49	12.69	23.23	14.87	비율	4.33	0.00	0.00	14.26	PAH	43.54	15.24	17.81	39.52	지방산 함량	5.15	52.86	35.79	17.61	니로일	1.67	1.50	1.85	-	에테르	1.68	16.80	9.56	4.47	다른	8.54	6.91	9.96	9.27	총	106.00	106.00	106.00	106.00
물질의 함량	비 C	Ni-USY (S)	Ni-USY (R)	Ni-USY (R)																																											
탄화수소 함량	35.49	12.69	23.23	14.87																																											
비율	4.33	0.00	0.00	14.26																																											
PAH	43.54	15.24	17.81	39.52																																											
지방산 함량	5.15	52.86	35.79	17.61																																											
니로일	1.67	1.50	1.85	-																																											
에테르	1.68	16.80	9.56	4.47																																											
다른	8.54	6.91	9.96	9.27																																											
총	106.00	106.00	106.00	106.00																																											

연번	대표연구업적물 설명		
4	<ul style="list-style-type: none"> 교수: Gaussian pressure transient 기법을 활용한 이산화탄소 지중저장 시 지표면 융기 분석 연구 대표 연구 업적물의 의미 및 우수성 <ul style="list-style-type: none"> 파리협정 준수 및 대한민국 탄소중립 시나리오의 이행을 위해 이산화탄소 지중저장에 대한 사회적 관심과 기술적 수요가 급증함에 따라 대상 저류층의 거동을 명확하게 파악하는 안전하고 반영구적인 이산화탄소의 격리 설계가 요구됨. 이산화탄소 지중저장 시 발생 가능한 지구역학적 문제점에는 주변 단층의 재활성화, 덮개암 파쇄로 인한 저장성 상실, 전단 파괴로 인한 지진과 발생, 주입 저류층 공급압 변화로 야기되는 지표면 융기 등이 있음. 이 중 지표면 융기는 지상 설비의 훼손 및 대중의 사회적 수용성 여부에 큰 영향을 미침에도 불구하고 관련 연구 진행이 미흡한 실정임. 따라서 안정적 이산화탄소 주입 전략 수립을 위해 지표면 융기에 대한 지구역학적 분석이 진행되었음. 본 교육연구팀에서는 확률 분포 기법의 하나인 Gaussian pressure transient 기법을 활용하여 목표 저류층에 이산화탄소를 주입할 경우의 공극압을 해석적(analytical)으로 모사하여 주입 시간에 따른 저류층 압력분포와 예상되는 지층 융기를 계산하였음. 기법의 신뢰성은 알제리 In Salah 이산화탄소 지중저장 프로젝트의 실제 지표 융기 관측 데이터와의 비교를 통해 검증되었으며 33개월 동안 최대 1.6%의 오차 이내로 지표면 융기와 융기의 공간적 전파를 성공적으로 예측하였음. 대표 연구 업적물의 산업/사회 문제 해결 기여도 <ul style="list-style-type: none"> 본 교육연구팀에서는 지난 1년간 실제 현장 모델을 활용한 현실성 높은 시뮬레이션을 통해 보유 저류층 모델의 이력 일치, 민감도 분석, 지구역학적 안전성 분석 등을 수행했으며, 주요 기관 및 산업체에 시뮬레이션 결과를 통한 조언과 예측을 제시하여 실질적으로 산업/사회에 기여할 수 있는 연구를 수행하였음. 위 연구 기법을 활용하여 국내 이산화탄소 지중저장 유망 사이트인 동해 고갈가스전과 포항분지에 대한 지표면 융기를 예측하였으며 이는 실제 주입에 대하여 사전적으로 지구역학적 위해 요소를 모니터링하여 간접적인 안정성 평가 지표를 수립하는데 기여하였음. 본 연구는 추후 국내뿐만 아닌 국제적 이산화탄소 지중저장 프로젝트에 활용되어 CCS 산업의 안정적인 주입성을 확보할 것임. 대표 연구 업적물의 학문적 수월성 <ul style="list-style-type: none"> 고안된 Gasussian pressure transient 기법은 기존 저류층 융기를 예측하는 유체유동-지구역학 시뮬레이터에 비해 더 적은 인풋 데이터를 요구하며 상대적으로 적은 계산 시간 동안 같은 수준의 유의미한 데이터를 추출해 낼 수 있다는 장점이 있음. 또한 선행적으로 수행된 적이 없는 해석적 기법으로서의 지표면 융기 예측을 고안하여 학문적 탁월성을 갖춰 국내 친환경 산업 중 이산화탄소 지중저장의 안정성 분석에 활용될 수 있음. 		
	사회 문제 지표면 융기, 침하 발생	문제 해결 전략 Gaussian pressure transient	문제해결 우수성 지표면 융기 예측
			

1.2.3 참여교수 저서, 특허, 저작권, 기술이전, 창업 실적의 우수성

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	세부전공 분야	실적 구분	상세내용
2		10136334	순환자원 처리공학	저서	<ul style="list-style-type: none"> ● 저자명: [REDACTED] ● 저서명: Microbial Metabolism of Metals and Metalloids Chapter 11. Microbial Interactions with Gold and Uranium ● 출판사: Springer ● ISBN: 9783030971847 ● 출판년도: 2022
					<ul style="list-style-type: none"> ● 금속 회수 관련 연구에서 미생물 등의 바이오를 접목한 친환경적 연구들이 활발하게 이루어지고 있는 실정임. ● 미생물을 활용한 금속 회수 연구는 미생물과 금속과의 상호작용으로 금속 종의 성질 및 이동성을 변화시켜 유용한 금속을 회수하는 방법임. 본 저서의 챕터에서 [REDACTED] 교수는 고상 및 액상 시스템에서 금 및 우라늄과 미생물 사이의 상호작용에 대한 내용을 서술함. ● 구체적으로 금 및 우라늄이 미생물과 반응하는 전반적인 메커니즘을 설명하고 있음. 광물 표면으로 부착된 미생물의 산화/환원반응 원리에 대해 설명하고 기존의 다양한 미생물 및 조건을 활용해 수행된 연구들을 통해 금속의 용해 농도 및 환경이 미생물에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서도 언급하고 있음. ● 따라서 [REDACTED] 교수가 집필에 참여한 ‘Microbial Metabolism of Metal and Metalloids’ 는 미생물과 금속에 대한 상호작용에 대한 이해를 높이고 기존의 연구 사례들을 바탕으로 지속가능한 금속회수 연구를 수행하는데 도움이 될 수 있는 저서임.
3		10084993	몰리브데 이트 분리 및 농축	기술 이전	<ul style="list-style-type: none"> ● 산업체명: (주) 골든엔지니어링 ● 지역: 서울 ● 계약기간: 2022.02.16. ● 계약금액: 33,000,000원
					<ul style="list-style-type: none"> ● 기술 내역 : ‘나노 여과막 시스템을 이용한 몰리브 데이트 용액의 고농축 방법’ 특허양수도계약 ● 본 교육연구팀은 산업/사회문제 해결을 위한 산학교류 협력체를 구축하고자 하였으며, 전문가를 통해 사회문제 해결을 목표로 산업체 (주)골든엔지니어링에 기술이전 하였음. ● 본 기술 내용은 나노 여과 (NF) 멤브레인을 사용하여 몰리브덴 산염 이온을 분리하고 몰리브데이트를 농축하는 방법에 대한 특허이며, 폐수 처리 산업에서 적용될 경우 지역산업의 폐수로부터 몰리브데이트를 추출하고 농축시켜 회수하여 환경적 문제들을 해결 가능함. ● 본 기술이전 실적은 산업/사회문제 해결형 연구 시스템을 확립하고 그를 통한 글로벌 연구리더를 양성하고자 하는 교육연구팀의 비전 및 목표에 매우 정합함.

2. 산업·사회에 대한 기여도

2.1 에너지 수급 안정화, 생산효율성제고, 온실가스 감축, 미세먼지 저감 등의 산업/사회문제 해결에 기여

1) 지하공간 설계 자동화를 통한 자원 및 지하공간 개발 효율성 제고

- 지하공간 시공 시 예상치 못한 암반환경으로 인한 설계변경의 부담을 경감시키고, 설계 작업시간의 단축으로 인한 비용 절감을 위해 가능한 머신러닝 기법을 활용한 자동 설계 기초연구를 진행하였으며, 연구결과의 충분한 실무적용 가능성과 후속 연구에 대한 상당한 잠재력을 확인할 수 있었음.
- 프로그래밍이나 머신러닝에 대한 전문지식을 갖추지 않은 사람도 손쉽게 사용할 수 있는 GUI 기반의 머신러닝 예측 프로그램을 개발중이며, 해당 프로그램은 연구결과의 활용도를 큰 폭으로 향상시킬 수 있을 것으로 기대됨.
- 터널 시공 시 예상치 못한 변위나, 이상이 발생하는 경우 변위 및 균열의 발생 양상을 기반으로 지반의 물성을 추정하는 역해석을 진행하는데, 실무에서는 이러한 과정을 작업자가 일일이 지반의 물성을 설정하여 그 결과를 비교하는 등 노동 집약적인 업무방식을 사용하고 있음. 이와 같은 비효율적인 업무를 개선하고자, 지반 물성의 변화에 따른 10^6 개의 경우에 수에 대한 지반 모델링을 수행하여 그 결과를 기록하였으며, 이를 데이터베이스화하여 인공지능에 학습시킴으로써 높은 신뢰도로 더욱 짧은 시간안에 역해석을 수행할 수 있는 기법을 제안하였음.

2) 토양 유류오염현장 정화를 통한 오염물질 및 유해화학물질 제거

- 오염물질 제거를 위한 원위치 토양세정법 연구를 진행하여 토양의 정화가 활발하게 진행되었으며 이에 따른 현장 적용실험에서 90% 이상의 정화효율을 달성하였고 산업/사회문제에 기여함.
- 세정제의 지중 전달을 향상을 위해 수치모델링을 활용하였고 실제 현장에서 전달률을 210% 향상시키는 결과를 달성하였으며, 사용한 세정제의 회수율을 80% 이상 달성하였으며 재이용을 또한 90%를 달성하며 불필요한 에너지 사용을 방지함.
- 본 연구를 통해 관련 내용의 SCI 논문 2건을 게재하였으며 Environmental Research 분야에서 Q1 rank에 해당함으로써 본 연구결과의 활용으로 유류오염부지에서 발생하는 토양에 흡착된 오염물질을 기술적 효과로 친환경적 문제 해결을 할 수 있었으며 효율성을 극대화 시킴.

3) 지구역학적 안정성을 고려한 온실가스 지중저장 최적 설계

- 배출 온실가스 처리를 위한 동해가스전 이산화탄소 지중저장 프로젝트에 참여해 동해 고갈가스전 모델을 운영하였으며 이를 통해 최적 이산화탄소 주입 운영기법에 대한 평가를 실행해 국내 이산화탄소 감축 목표 설정에 기여하였음.
- 포항분지 중규모 해상 이산화탄소 지중저장 프로젝트에 참여하여 주입공 완결 시스템 실증(누출 방지 및 견실성 등)과 지구물리 모니터링 시스템 프로토타입 개발 및 현장 시험(미소진동 모니터링 시험 포함)을 진행하였음. 해당 연구를 통해 국내 이산화탄소 저장 시 지구역학적 완결 및 모니터링에 대한 전문적 기술을 확보하였음.
- 상용 시뮬레이터 및 자체 코드를 사용한 저류층 정적 및 동적 모델링과 인공지능을 활용한 최적 이산화탄소 격리를 통해 온실가스감축의 대안 중 하나인 Carbon capture and storage(CCS)에 대한 시뮬레이션 설계 메커니즘을 개발하였음.

4) 지하 에너지자원 회수를 향상 및 온실가스 지중 저장을 위한 최적 설계

- Advanced EOR+ 기반의 온실가스 활용 및 지중저장(CCUS) 최적 설계 기술 개발 연구를 통해 파리 협정에 의거해 2030년 배출전망치 대비 37%의 온실가스 배출 저감 의무를 이행해야 하는 국내의 온실가스 감축 목표에 기여함.
- 2021년 에너지 글로벌기술협력플랫폼 연구를 통해 코로나 이후 불안정상태를 유지하고 있는 국내 에너지 수급 안정화에 기여함.
- 인도네시아 이산화탄소 포집 및 저장 후보지 선정을 위한 기초연구를 통해 국내에서 연구한 CCS 기술을 실제 필드에 활용할 수 있는지 인도네시아 필드에서 적용성 검토 및 현장 적용 방안 제고를 통한 온실가스 감축 목표를 실현함.

5) 폐기물 내 유용금속 회수를 통한 재자원화 연구

- 폐 PCB, 자동차 폐 축매, 폐 형광등 등의 산업 폐자원에서 다양한 종류의 유가 및 희유금속을 회수하는 친환경 기술 개발 연구를 수행하였음. 이는 자원의 안정적 수급, 버려지는 에너지 광물자원의

재자원화를 통한 에너지 절약, 친환경 공법 개발을 통한 탄소배출 저감 및 기후변화 문제 해결 등에 기여할 수 있을 것으로 판단됨.

- 본 폐자원의 재자원화 관련하여 SCI 논문 6편을 게재하였음. 대표적으로 Journal of Hazardous Materials에 게재된 논문은 Q1 Rank (상위 3.26%)으로 폐기물 내 유용금속 회수를 위해 미생물을 활용한 친환경적 방법을 제시함으로 위에 언급된 영역에 기여함.

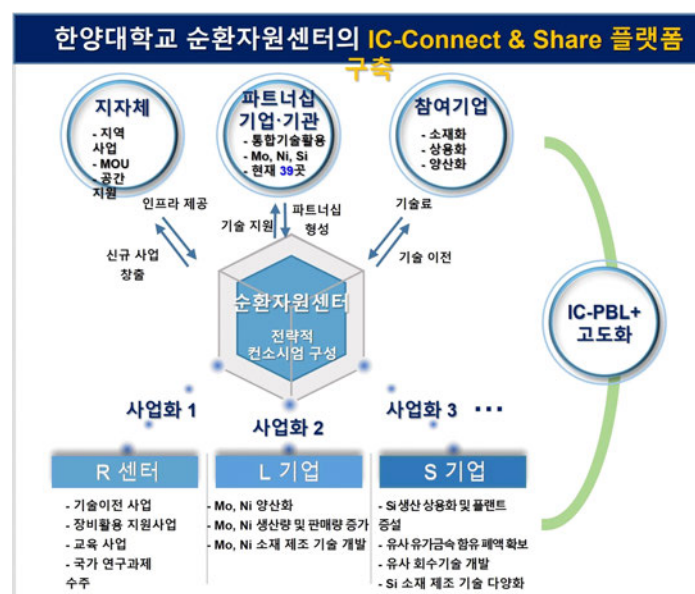
2.2 산업/사회/과학기술 문제 해결을 위한 차별화된 활동

1) Humanity Engineering Center (HEC)와 연계하여 지역사회 문제해결 교류 활성화

- 한양대학교-성동구청 간 사회혁신 산학협력 추진·확산 위한 관학협력 MOU를 체결하여 유지중이며 지역사회 내 지자체-기업-대학-NGO 간의 유기적인 연계·협력체계를 공고화하기 위해 지자체와의 전략적 파트너십을 내실화하였음.
- 한양-성동 파트너십에 기초하여 지역사회의 실제 문제들에 대한 솔루션을 개발하는 지속가능한 도시만들기 리빙랩 프로젝트 실행, 공대 대학원에 리빙랩 교과 개설, 보다 전문적인 박사과정 학생들이 참여하는 기술중심의 리빙랩 프로젝트 추진
- 사회혁신형 ICC/CMG-기업-지역사회 협업으로 사회문제 해결형 제품 개발하여 사회문제를 해결함으로써 지역사회에 공헌함.

2) IC-PBL+ 고도화 및 산업/사회 연계형 IC-Connect & Share 플랫폼 구축

- 효율적인 IC-PBL+ 운영을 위해 지역사회, 기업과 상시적인 협력 플랫폼인 IC-Connect & Share를 구축. 기업이나 지역 사회와 MOU를 체결하여 멤버십 기업/기관으로 등록하고 대학-기업/기관간에 IC-PBL+를 통한 다양한 협력 프로그램을 운영 및 기획하고 있음.
- 본 교육연구팀은 순환자원교책연구센터를 설립하고 기존에 체결한 4건의 지자체 및 산업체와의 MOU 및 39건의 산업체 활용 협약서 및 3건의 산업 문제 해결 자문동의서를 기반으로 산업체 및 각 분야의 전문가 간의 유기적인 협력체를 형성하여 산업/사회 연계형 플랫폼 구축을 위한 커뮤니티를 운영하였음.



〈그림 1〉 교육연구팀 플랫폼 구축 현황

3) 현장 연계 교육 연구 프로그램 도입을 통한 현장실무에 적합한 인재 육성

- 현장 연계하는 교육 연구 프로그램으로 2021년도 2학기 및 2022년도 1학기에 걸쳐 총 4건의 IC-PBL+ 강의를 개설하였으며, 실제 문제가 발생한 현장의 데이터 및 상황을 제공하고, 학습자들 간의 협업, 토론을 통해 해결책 모색하며, 교수가 직접 학생들의 의견에 대한 현장 전문가의 의견을 제공하며 아이디어를 채택하는 방식으로 수업을 진행함.
- 강의 종료 시 학생들의 피드백을 받아 강의 개선점을 도출하였으며, 이후 진행되는 IC-PBL+ 강의에 이러한 의견을 반영하여 개선할 예정임.

4) 기업 연계 교육 및 교류 네트워크를 통한 멘토링 및 세미나 개최

- 최근 1년간 기업과 연계하여 전문가 초청 세미나를 15회 개최하였으며 현장 연계 및 실무 적합형 인재 육성을 위한 Q&A 시간을 가졌음.

5) 국제 네트워크 강화로 인적 교류 저변 확대

- 본 연구팀은 국제 네트워크 강화를 위해 외국인 연구원의 유치에 많은 노력을 기울였으며, 그 결과 2022년 8월 31일 기준 참여교수 연구실에 소속된 외국인 신진연구인력은 총 9명이며, 외국인 박사과정 학생 1명을 추가로 유치하였음.
- 기존의 네트워크 강화 및 인적교류의 확대를 통해 최근 1년간 국제 공동연구를 통해 SCIE 논문 48건을 게재하였으며 전 세계에서 발생하는 산업·사회 문제 해결에 기여하는 연구결과를 도출하였음.

2.3 향후 추진계획 수립

1) 교육연구팀의 산업문제 해결 기여 계획

- 본 교육연구팀은 연구 과제 수행을 통해 ① 산업 문제해결을 위한 과제 발굴, ② 과제 수행을 통한 문제 해결책 제시, ③ 환류를 통한 추가 연구 및 동반 기업성장, ④ 사회 혁신을 통한 국가 기여라는 일련의 지속 가능 선순환 구조를 계획하였음.
- 산업 문제 해결을 위해 국가, 산업체 및 해외기관과 과제를 수행 중이며 최근 1년간 총 연구비 수주액은 31.6억 원 수준임. 2차년도 기간 동안 2명의 신입교수가 BK에 중도 참여하여 참여기간에 따라 다량의 연구비가 제외되었다는 점과, BK 4단계 사업 시행 전 3년간 수주한 과제의 연 평균 연구비가 약 15억임을 고려할 때, 친환경 스마트 에너지/자원의 필요성 및 환경문제와 맞물려 큰 폭으로 상승하고 있음.(15억 → 31.6억)
- 향후 현재 수주하여 수행 중인 연구 과제를 통해 중국에는 사회 혁신을 통한 국가 기여를 이룩할 수 있으며 추가 연구 과제의 수행이 국가 정책적인 연구의 수요 상승과 함께 지속 가능할 것으로 판단됨.

2) 교육연구팀의 산업/사회/과학기술 문제 해결을 위한 연구 계획

- 본 교육연구팀은 5대 중점분야를 기반으로 친환경에너지자원 개발에 스마트기술을 활용하는 산업/지식 융복합 연구를 통하여 친환경에너지자원 분야의 대표적 해결과제인 에너지 수급 안정화, 생산효율성 제고, 온실가스 감축, 미세먼지 저감 등 산업/사회문제 해결에 기여하고자 함.
- 본 교육연구팀의 참여교수진은 각 분야의 융복합 연구를 통하여 산업/사회/과학기술 문제 해결에 기여하고자 2021년도 2학기 한양대 융합 연구 프로그램(HY-BK G³ Program)에 참가하여 2회 연속으로 최우수상을 수상하였으며 이와 같은 융합 연구 과제를 추가적으로 기획 및 추진 중에 있음.
- 미국 남서부 Permian 분지의 비전통 유가스전에서는 가스 생산에 인공지능/딥러닝 등 스마트기술을 연계한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 본 교육연구팀은 네트워크 및 MOU를 기반으로 해당 현장에 직접 학생을 파견하여 현장중점교육 및 공동연구를 수행하였음. 해당 연구활동은 향후에도 꾸준히 운영할 예정임.
- [] 교수는 향후 지하공간 안정성 확보 연구 과제를 통해 특허, 저작권 등의 성과를 창출할 수 있으며, 이를 활용하여 자원 및 지하공간 개발에 대한 사회적 분쟁 해결, 삶의 질 향상, 국민행복 및 안정성 증대에 기여할 수 있음.
- [] 교수는 현재 진행 중인 연구과제를 통해 현장중심형 실증 규모 적용을 위한 연구를 수행하고 주거 및 산업 지역의 폐기물 문제 해결에 직접적으로 기여할 수 있는 SCIE 논문 게재, 특허 출원/등록을 계획하고 있음.
- [] 교수는 현재 진행 중인 온실가스 지중저장의 경제성 향상을 위한 최적 설계 연구를 통해 선진적인 연구결과를 도출하며 전세계의 과학기술을 선도하여 과학기술의 문제 해결에 기여할 수 있음.

3) 교육연구팀의 산업/사회/과학기술 해결을 위한 차별화된 활동계획

- 한양대 자원환경공학과는 학과보유 우수기술을 지역사회 문제해결에 활용하기 위해, 1차년도에 설립한 Humanity Engineering Center(HEC)를 기반으로 박사과정 학생들이 참여하는 기술중심의 리빙랩 프로젝트를 운영할 계획임. HEC와 연계하여 지역사회와의 협업을 통한 지역사회문제 맞춤형 최적합 솔루션 개발 및 적용, 지역사회 문제해결을 위해 노력하는 기관들과의 네트워킹 및 교류, 협력을 계획 중에 있으며 이 과정에서 참여대학원생의 현장중심형 인재 양성의 목표를 실현할 수 있음.
- 지자체 및 산업체와의 업무협약 및 산업체 활용 확약에 기반하여 기업이나 지역 사회에서 요구하는 현장 문제를 활용한 교육과정인 IC-PBL+ 및 기업 및 지역사회에서 요구하는 과제를 대학의 자원을 활용하여 함께 프로젝트를 수행하는 IC-Project를 진행할 계획임.

- IC-Project는 대학원 석박사 수료자 혹은 졸업자가 기업 및 지자체로부터 산학 연구를 받아서 수행하며 자기 주도적인 산학연구과제를 수행하고 기업은 연구비와 장학금을 지원하며 결과물을 소유하는 연구 과제임.
- 현재까지는 Covid-19 등의 위협으로 인해 많은 제한사항이 있었으나, 점차 이와 관계된 사회적 거리 두기가 완화에 따라 향후에는 매년 1회 이상의 BK21 FOUR 학술제를 통해 산/학/연에 진출한 선배와 학생간의 멘토링 네트워크를 구축하여 지속적인 관계 유지를 통해 산업 및 사회가 요구하는 연구방향을 수렴하고, 현장의 문제점을 적극적으로 발굴 하고자 함.

3. 참여교수의 연구의 국제화 현황

3.1 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

3.1.1 국제학회/학술대회 활동

1) 국제학회/학술대회에서 수상, 초청강연, 기조연설, 좌장, 참석 및 발표 활동

- 본 교육연구팀의 [] 교수는 국제바이오에너지 관련 학술대회에서 바이오에너지 및 바이오매스 생산 효율을 주제로 참석 및 초청강연을 하였으며, 세계적 수준의 전문가 및 연구인력과 최신 연구동향에 대한 국제적으로 활발한 교류를 수행하였음.

<표 8-2> 참여교수 국제 학술활동 실적

연번	참여교수	일시/기간	학술행사	활동 내용
1	[]	2022.03	American Chemical Society National Meeting & Exposition spring 2022	총 8건의 대학원생 및 신진연구인력 발표 지도, 국제 학술교류

3.1.2 국제 학술지 관련 활동

1) 편집위원 활동

- 본 교육연구팀의 참여교수진은 총 건의 국제학술지의 편집위원직을 역임하며 석유가스 공학, 바이오에너지, 환경공학 분야의 연구력 발전에 널리 기여하고 있음.

<표 8-3> 참여교수 국제 학술지 편집위원 활동 실적

연번	참여교수	일시/기간	내역
1	[]	2017.03-현재	Co-Editor, International J. of Oil, Gas and Coal Technology
2	[]	2020.03-현재	Guest Editor, Applied Sciences
3	[]	2015-현재	Co-editor, Pollution
4	[]	2016-현재	Co-editor, Geosystem Engineering
5	[]	2016-현재	Co-editor, Research Journal of Chemistry and Environment
6	[]	2018-현재	Co-editor, Energies

3.1.3 국제 학술활동 중 저술 활동

- 본 교육연구팀의 [] 교수는 금속회수기술 분야의 전문가로서 해당 분야의 우수 석학들과 공동으로 1편의 전문 서적을 국제 최저명저서에 집필하여 세계적 수준의 전문가들과 국가, 세계의 연구력에 기여하며 학생들의 학습역량 향상을 위한 교육용으로 활용하여 본 교육연구팀의 목표인 글로벌 선도 인재 양성의 수월성을 확보하는데 기여하였음.

<표 8-5> 참여교수 국제 저술활동 실적

저술 활동 내역		
참여교수	[]	
일시	2022.08	
출판사	Springer, Cham	
저서명	Recovery of Metal Values by Treating the Municipal Solid Waste Incineration Ashes, Circular Economy in Municipal Solid Waste Landfilling: Biominer & Leachate Treatment pp 253-267	
ISBN	978-3-031-07784-5	

3.2 국제 공동연구 실적

〈표 8-6〉 최근 1년간 국제 공동연구 실적

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호 /ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육 연구팀 참여교수	국외 공동연구자			
1			Rwanda	A Nodal Analysis Based Monitoring of an Electric Submersible Pump Operation in Multiphase Flow(2022)12(6)	10.3390/app12062825
2			India,Saudi Arabia	Application of Green Synthesized MMT/Ag Nanocomposite for Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution(2022)13(22)	10.3390/w13223206
3			Saudi Arabia, Yemen	Simultaneous Co-Hydrothermal Carbonization and Chemical Activation of Food Wastes to Develop Hydrochar for Aquatic Environmental Remediation(2022)347	10.1016/j.biortech.2021.126363
4			India, Saudi Arabia	Recent Trends in fascinating applications of nanotechnology in allied health sciences(2022)12(1)	10.3390/cryst12010039
5			India, Saudi Arabia	Characterization of Fatty Acids, Polysaccharides, Amino Acids, and Minerals in Marine Macroalga Chaetomorpha crassa and Evaluation of Their Potentials in Skin Cosmetics(2022)26(24)	10.3390/molecules26247515

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호 /ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육 연구팀 참여교수	국외 공동연구자			
6			India, Saudi Arabia, Thailand	Impacts of Land Use Change on Water Quality Index in the Upper Ganges River Near Haridwar, Uttarakhand: A GIS-Based Analysis(2022)13(24)3572	10.3390/w13243572
7			India, Portugal	Emerging approaches in lignocellulosic biomass pretreatment and anaerobic bioprocesses for sustainable biofuels production(2022)333	10.1016/j.jclepro.2021.130180
8			India, Bulgaria, China, Saudi Arabia, Portugal	Molecular insights into plant-microbe interactions for sustainable remediation of contaminated environment(2022)344	10.1016/j.biortech.2021.126246
9			Nigeria, India, Saudi Arabia	An assessment of micro- and nanoplastics in the biosphere: A review of detection, monitoring, and remediation technology(2022)340	10.1016/j.cej.2021.132913
10			India	MXene-based O/Se-rich bimetallic nanocomposites for high performance solid-state symmetric supercapacitors(2022)306	10.1016/j.jssc.2021.122727Get

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호 /ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육 연구팀 참여교수	국외 공동연구자			
11			India, USA, Saudi Arabia,	Recent advances in synthesis and degradation of lignin and lignin nanoparticles and their emerging applications in nanotechnology(2022)15(3)	10.3390/ma15030953
12			Saudi Arabia, India, Italy	Samarium Vanadate Affixed Sulfur Self Doped g-C3N4 Heterojunction; Photocatalytic, Photoelectrocatalytic Hydrogen evolution and Dye Degradation(2022)47(26)12988	10.1016/j.ijhydene.2022.02.071
13			India, Saudi Arabia	Modified 7-Chloro-11H-indeno[1,2-b]quinoxaline Heterocyclic System for Biological Activities(2022)12(2)	10.3390/catal12020213
14			India, Saudi Arabia	Gadolinium sesquisulfide anchored N-doped reduced graphene oxide for sensitive detection and degradation of carbendazim(2022)296	10.1016/j.chemosphere.2022.134030
15			India, Saudi Arabia	Development of penipanol C-inspired 2-benzoyl-1-methyl-2,3-dihydroquinazolin-4(1H)-one derivatives as potential EGFR inhibitors: Synthesis, anticancer evaluation and molecular docking study(2022)1258	10.1016/j.molstruc.2022.132674

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호 /ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육 연구팀 참여교수	국외 공동연구자			
16		Xiong, [REDACTED]	China, India, Saudi Arabia, Portugal	A comprehensive review on the effects of engineered nanoparticles on microalgal treatment of pollutants from wastewater(2022)344	10.1016/j.jclepro.2022.131121
17		[REDACTED]	Algeria, Saudi Arabia, Italy, India, Malaysia	Multitask Quantum Study of the Curcumin-Based Complex Physicochemical and Biological Properties(2022)23(5)	10.3390/ijms23052832
18		[REDACTED]	India, Saudi Arabia	Integrated hydrothermal and deep eutectic solvent-mediated fractionation of lignocellulosic biocomponents for enhanced accessibility and efficient conversion in anaerobic digestion(2022)351	10.1016/j.biortech.2022.127034
19		[REDACTED] a	India, Saudi Arabia	Onion Peel Waste Mediated-Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles and Their Phytotoxicity on Mung Bean and Wheat Plant Growth(2022)15(7)	10.3390/ma15072393
20		[REDACTED]	India, Saudi Arabia	2D personality of Multifunctional Carbon Nitrides towards Enhanced Catalytic Performance in Energy Storage and Remediation(2022)12(8)	10.3390/app12083753

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호 /ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육 연구팀 참여교수	국외 공동연구자			
21			Algeria, Saudi Arabia, Canada, India	Modeling of Textile Dye Removal from Wastewater Using Innovative Oxidation Technologies (Fe(II)/Chlorine and H2O2/Periodate Processes): Artificial Neural Network-Particle Swarm Optimization Hybrid Model(2022)7(16)13818	10.1021/acsomega.2c00074
22			India, Malaysia, Saudi Arabia, Spain	NrGO wrapped Cu-ZrO2 as a multifunctional visible-light-sensitive catalyst for advanced oxidation of pollutants and CO2 reduction(2022)10(3)	10.1016/j.jece.2022.107679
23			India, Saudi Arabia	Health and Environmental Risks of Incense Smoke: Mechanistic Insights and Cumulative Evidence(2022)15,2665	10.2147/JIR.S347489
24			China	Integrative chemical and omics analyses reveal copper biosorption and tolerance mechanisms of Bacillus cereus strain T6(2022)435	10.1016/j.jhazmat.2022.129002
25			India, Saudi Arabia	Microwave-assisted N -alkylation of amines with alcohols catalyzed by MnCl2: Anticancer, docking, and DFT studies(2022)355(5)	10.1021/acs.cgd.5b01178
26			India, Saudi Arabia	Prospects of non-noble metal single atoms embedded in two-dimensional (2D) carbon and non-carbon-based structures in electrocatalytic applications(2022)467	10.1016/j.ccr.2022.214613

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호 /ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육 연구팀 참여교수	국외 공동연구자			
27			India, Saudi Arabia	Facile green synthesis of samarium sesquioxide nanoparticle as a quencher for biologically active imidazole analogues: Computational and experimental insights(2022)1264	10.1016/j.molstruc.2022.133235
28			India, Saudi Arabia, Bangladesh	Azadirachta indica-Derived Silver Nanoparticle Synthesis and Its Antimicrobial Applications(2022)2022	10.1155/2022/4251229
29			Algeria, Saudi Arabia, India, Portugal	Corrosion Protection Performance of silicon-based coatings on carbon Steel in NaCl Solution: A theoretical and experimental assessment of the effect of plasma-enhanced chemical vapor deposition pretreatment(2022)12(24)15601	10.1039/D1RA08848C
30			India, Saudi Arabia, Algeria	Nanostructured Antibiotics and Their Emerging Medicinal Applications: An Overview of Nanoantibiotics(2022)11(6)	10.3390/antibiotics11060708

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호 /ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육 연구팀 참여교수	국외 공동연구자			
31			India, Saudi Arabia, Algeria	Recent and Emerging Trends in Remediation of Methylene Blue Dye from Wastewater by Using Zinc Oxide Nanoparticles(2022)14(11)	10.3390/w14111749
32			India, Saudi Arabia	Integrating fermentation of Chlamydomonas mexicana by oleaginous Lipomyces starkeyi and switchable ionic liquid extraction for enhanced biodiesel production(2022)446	10.1016/j.cej.2022.137285
33			India, Saudi Arabia, Algeria	The removal of a textile dye from an aqueous solution using a biocomposite adsorbent(2022)14(12)	10.3390/polym14122396
34			India, Saudi Arabia	Moringa Oleifera leaf extract mediated synthesis of reduced graphene oxide-vanadium pentoxide nanocomposite for enhanced specific capacitance in supercapacitors(2022)142	10.1016/j.inoche.2022.109648
35			India, Saudi Arabia, Algeria, Tunisia	Emerging Trends in the Remediation of Persistent Organic Pollutants Using Nanomaterials and Related Processes: A Review(2022)12(13)	10.3390/nano12132148

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호 /ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육 연구팀 참여교수	국외 공동연구자			
36			Saudi Arabia, Algeria	Downstream recovery of Li and value-added metals (Ni, Co, and Mn) from leach liquor of spent lithium-ion batteries using a membrane-integrated hybrid system(2022)447	10.1016/j.cej.2022.137507
37			India, Saudi Arabia	Sensing beyond Senses: An Overview of Outstanding Strides in Architecting Nanopolymer-Enabled Sensors for Biomedical Applications(2022)14(3)	10.3390/polym14030601
38			India, Saudi Arabia	Feasibility assessment of bioethanol production from humic acid-assisted alkaline pretreated Kentucky bluegrass (<i>Poa pratensis</i> L.) followed by downstream enrichment using direct contact membrane distillation(2022)360	10.1016/j.biortech.2022.127521
39			Iran, Saudi Arabia	Effect of humic on adsorption of methylparaben from aqueous solutions onto commercially available granular activated carbons(2022)29(3)1364	10.24200/SCI.2021.55931.4478
40			India, Saudi Arabia, Algeria, USA	Functionalized Microbial Consortia with Silver-Doped Hydroxyapatite (Ag@HAp) Nanostructures for Removal of RO4 from Industrial Effluent(2022)12(7)	10.3390/cryst12070970
41			Saudi Arabia	Efficiency of diesel-contaminated soil washing with different tween 80 surfactant concentrations, pH, and bentonite ratios(2022)214	10.1016/j.envres.2022.113830
42			Saudi Arabia	Syntrophic bacteria-and Methanosarcina-rich acclimatized microbiota with better carbohydrate metabolism enhances biomethanation of fractionated lignocellulosic biocomponents(2022)360,127602	10.1016/j.biortech.2022.127602

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호 /ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육 연구팀 참여교수	국외 공동연구자			
43			Algeria, Turkey	Experimental and theoretical insights into copper corrosion inhibition by protonated amino-acids(2022)12(36)23718	10.1039/D2RA03535A
44			India, Saudi Arabia, UK	A Promising Review on Cyclodextrin Conjugated Paclitaxel Nanoparticles for Cancer Treatment(2022)14(15)	10.3390/polym14153162
45			India, Saudi Arabia	Design and synthesis of novel benzimidazole linked thiazole derivatives as promising inhibitors of drug-resistant tuberculosis(2022)1269,133822	10.1016/j.molstruc.2022.133822
46			India, Saudi Arabia, Algeria	The State of the Art and Emerging Trends in theWastewater Treatment in Developing Nations(2022)14,2537	10.3390/w14162537
47			India, Saudi Arabia, Algeria	Plasmon Inspired 2D Carbon Nitrides: Structural, optical and surface characteristics for Improved Biomedical Applications(2022)12(9)1213	10.3390/cryst12091213

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호 /ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육 연구팀 참여교수	국외 공동연구자			
48			India, Saudi Arabia, Algeria, Portugal	Environmental and Human Health Implications of Metal(loid)s: Source Identification, Contamination, Toxicity, and Sustainable Clean-up Technologies(2022)10	10.3389/fenvs.20 22.949581

3.3 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

3.3.1 국제 네트워크 강화 및 글로벌 연구 선도 인재 양성

1) 지속적인 MOU 체결 추가 및 인적/물적 네트워크 확장

- 국제화를 위한 본 교육연구팀의 기존 MOU 체결 현황: 학교 5건, 산업체 5건, 연구소 2건 보유
- 최근 1년간 미국 1건, 인도 1건 등 1건 등 연구자 교류를 통한 글로벌 인재 양성을 목표로 하는 우수 대학 및 연구기관과의 MOU를 체결하였음. 향후 미국 및 사우디아라비아의 우수 연구기관과 추가적인 MOU를 체결하여 연구의 국제화를 위한 인프라를 확충할 계획임.
- MOU 협약을 적극 활용하여 국제 저명학자를 논문 지도 위원으로 초빙하고 참여대학원생의 논문을 공동 지도하여 연구논문의 질적 향상을 목표로 함.

2) 외국 장·단기 연수를 통한 현장 중심형 국제 공동 실증 연구 계획

- 본 교육연구팀은 현재 교내 국제팀과 협력하여 국제교류 연구프로그램을 개설하는 계획 중에 있음.
- Global Study Fund사업 신설을 통해 공동 연구 및 인력파견을 교수 중심으로 운영하는 경우 교육연구팀은 2천만원, 개인은 1천만원 한도에서 지원할 계획임.
- 학교 차원에서 기존의 스터디 투어 프로그램을 확대하여 현지방문을 통한 특강, 산업체 견학, 실습 및 연구를 수행하는 스터디 프로그램을 시행하고 프로그램 진행에 필요한 경비 지원할 계획으로 지속적인 국제 현장 방문과 공동연구를 수행할 수 있음.
- 국제 공동 연구 논문 출판을 조건으로 국제 공동 연구를 수행하는 연구실별 파견 연구비 추가 지원할 계획이며 다음과 같이 4건 이상의 국제 공동연구 수행중이거나 계획 중에 있음.

<표 8-7> 외국 장단기 연수 프로그램 계획 세부 내용

연도	기간 구분	횟수	내용
2022년~	단기 방문 연구 (1 개월)	연 1 ~ 2회	우즈베키스탄의 Almalyk 광산 현장에서 IoT/ICT기술의 적용으로 4차 산업혁명에 대응하는 전공에 대한 융합 연구를 수행
2022년~	단기 방문 연구 (1 개월)	연 1회	캐나다에 위치한 MKS Investment Ltd. 소유 유가스 개발 현장을 방문하여 산업 현장 실증을 위한 공동 연구 수행
2021년~	장기 방문 연구 (1 개월)	연 1회	미국 New Mexico Tech의 Permian 분지 현장을 방문하여 유가스전 현장교육 및 공동연구를 수행
2021년~	단기 방문 연구 (2 주)	연 2회	미국 Arizona University San Xavier Mining Lab. 현장을 방문하여 광산 안전 및 채굴 현장교육 및 공동연구를 수행

3) 글로벌 연구자 방문 등 공동연구 지원을 위한 국제화 프로그램 확대

- 해외 우수대학의 교육프로그램과 연계하여 참여대학원생을 대상으로 총 6건의 해외 장/단기 교육을 지원하였으며 이를 통해 학생들의 국제교류의 기회를 확대하고 다양한 연구경험을 학습할 수 있도록 지원하였음.
- 다수의 해외 학술대회에 참여 및 학술발표를 통하여 글로벌 교류 역량을 함양하였음
- 외국 저명한 연구자의 방문 시 주거 제공으로 연구 생활의 편의 및 안정성 보장중에 있음.
- 노벨상 수상자(또는 준비하는 연구자) 초청 시 체재비 및 항공료 지원하고 국제 저명 Editor 초청 시 항공료 지원하여 공동연구의 질적 향상을 도모할 계획임.
- 기존의 국제화 프로그램인 스터디투어, 리서치 프로젝트를 개편하여 역량 있는 외국대학의 석사학생을 연구실로 초청하여 인턴십 프로그램으로 공동연구를 수행하고 박사과정 입학 시 장학금, 생활비, 기숙사를 지원하는 패키지 서비스를 제공할 계획임.
- 캐나다, 미국, 중국, 인도네시아, 몽골, 우즈베키스탄 등 여러 국가의 연구소 및 대학과의 MOU를 기반으로 인적, 물적 교류를 통해 국제사회의 니즈에 맞는 글로벌 인재 양성을 계획하고 있음.
- 세계저명대학 및 해외 산업체 인사를 포함한 Global-IAB(Global Industry Advisory Board)를 통해 산업/사회 문제해결교육의 추진과 운영에 대해 자문을 받고자 함.

3.3.2 Beyond Connection (BC) - speaker 프로그램 신설을 통한 글로벌 역량 고도화

1) Beyond Connection (BC) - speaker 프로그램 신설

- 다음과 같은 해외 대학, 연구소의 교수 및 연구진들과 긴밀한 협의를 통하여 BC-speaker 프로그램 신설을 계획 중에 있음.
 - 계획 대상 : (1) University of Illinois at Urbana-Champaign, (2) Texas A&M University, (3) New Mexico Tech, (4) Ove Arup & Partners, (5) New Mexico Petroleum Research Recovery Center, (6) University of Minnesota at Duluth, (7) King Fahd University of Petroleum and Minerals 등
- 한국과 외국의 상호 초청연사는 본국으로 귀국한 후 연구자의 최신 연구 성과에 대한 영문 뉴스레터를 제작 및 해외 연구자에게 해마다 배포하여 지속적인 연구 동향 교류
- 세미나 참여 대학원생은 연간 e-mail, 해외 연구실 방문연구 등의 수단을 이용하여 우수 연구자와 교류 기회를 제공하고 향후 공동연구의 수월성을 확보하여 글로벌 역량 고도화를 추진할 수 있음.

3.3.3 다국적 우수 인재 유치 강화 및 국제공동연구의 질적 향상

1) Total Care-E2를 통한 지원

- 최근 1년간 Bk 지원을 받는 외국인 신진연구인력을 1명 운용중에 있으며, BK지원을 받지 않는, 참여 교수 연구실에 소속되어있는 인력까지 포함할 경우 총 9명의 외국인 신진연구인력을 운용하고 있음. 이와 같이 다국적의 우수한 연구자들을 유치하였으며, 외국인 신진연구인력의 안정적인 연구환경 지원을 위해 거주비 지원 및 사택 제공을 통한 임대료 지원 등이 이뤄지고 있음.
- 확보한 신진연구인력을 국제협력 연구에 활용함으로써 국제 공동연구의 네트워크를 강화하고 질적향상을 목표하였으며 최근 1년간 JCR 해당분야 상위 3% 이내에 해당하는 저널 비는 10%에 이상으로 우수한 연구 성과를 보임.
- 기존 계획이던 1명 이상의 외국인 신진연구인력 임용을 조기 달성하였으므로 신진연구인력의 인원수를 유지하며 참여대학원생의 논문지도 등의 연구력 향상 기여에 활용할 계획임.

2) 국제 공동연구의 질적 향상

- 국제 공동연구를 통한 48건의 SCI 논문 게재 - 20개 국가 (USA, UK, China, India, 등)의 연구기관과 공동 연구를 활발히 수행하며 실적을 달성하고 있음.
- [REDACTED] 교육연구팀장은 2021년 12월 31일까지 USA의 Architecture Work Office PLLC의 연구진과 국제 공동 연구 프로젝트를 수주하여 진행하였으며 참여 대학원생의 글로벌 리더 인재 양성에 기여하고 국제 공동 연구의 질적 향상 이룩을 도모하였음.