# 『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/지하유체공학 | 환경공학 | 폐기물공학 | 자원공학 | 암석역학 | |
| | 비중(%) | 40 | | 30 | | 30 | | |
| 교육연구팀명 | 국문) 기후변화대응형 친환경에너지자원 스마트개발 글로벌리더 양성 교육연구팀 | | | | | | | |
| | 영문) Global Leaders in Sustainable and Smart Development of Energy Resources | | | | | | | |
| 교육연구팀장 | 소 속 | 한양대학교 일반대학원 자원환경공학과 | | | | | | |
| | 직 위 | 교수(자원환경공학과장) | | | | | | |
| | 성명 국문 | [redacted] | | 전화 | [redacted] | | | |
| | | | | 팩스 | | | | |
| | 성명 영문 | | | 이동전화 | | | | |
| | | | | E-mail | | | | |
| 연차별 총 사업비 (백만원) | 구분 | 1차년도 ('20.9~'21.2) | 2차년도 ('21.3~'22.2) | - | - | - | - | - | - |
| | 국고지원금 | 112.28 | 224.56 | - | - | - | - | - | - |
| 총 사업기간 | 2020.9.1.-2027.8.31.(84개월) | | | | | | | |
| 자체평가 대상기간 | 2020.9.1.-2021.8.31.(12개월) | | | | | | | |

본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21』 사업 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다.

2021년 9월 13일

| | | |
|---|---|---|
| 작성자 | 교육연구팀장 | [redacted] |
| 확인자 | 한양대학교 산학협력단장 | [redacted] (인) |

# 『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/지하유체공학 | 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 | [redacted] | 전화 | [redacted] | | | |
| | | | | 팩스 | - | | | |
| | | 영문 | [redacted] | 이동전화 | [redacted] | | | |
| | | | | E-mail | [redacted] | | | |
| 연차별 총 사업비 (백만원) | 구분 | 1차년도 ('20.9~'21.2) | 2차년도 ('21.3~'22.2) | - | - | - | - | - | - |
| | 국고지원금 | 112.28 | 224.56 | - | - | - | - | - | - |
| 총 사업기간 | 2020.9.1.-2027.8.31.(84개월) | | | | | | | |
| 자체평가 대상기간 | 2020.9.1.-2021.8.31.(12개월) | | | | | | | |

본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21』사업 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다.

2021년 9월 13일

| | | |
|---|---|---|
| 작성자 | 교육연구팀장 | ■ ■ ■ (인) |
| 확인자 | 한양대학교 산학협력단장 | ■ ■ ■ (인) |

# <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 | 18건의 학계/연구소/산업체 전문가 초청 세미나 개최, 4건의 현장방문교육 수행 및 IC-PBL+ 강의 운영을 통해 현장중심의 교육환경을 구성하였으며, 국제적 역량 강화를 위해 영어전용 강의 개설 및 국제 학술 심포지움 참가 등의 교육 활동과 학위논문 외국어 작성 의무화 등의 엄격한 학사 운영을 수행하였음. 연구 장학금 지원, 멘토-멘티 활동 등 생활/학업 전반적인 부분에서 도움을 주는 Total Care-$E^2$ 제도를 운영하여 안정적인 교육환경을 제공하였으며, 13건의 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 3개의 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 58억원 규모의 22개 과제를 수행 중에 있음. 지난 1년 동안 다수의 국제 공동 연구를 기반으로 26건의 한 SCI 논문을 게재하였으며, 향후 연구자 교류를 통한 글로벌 인재 양성을 위해 미국 5건, 사우디아라비아 1건 등의 MOU 체결을 계획하고 있음. | | |
| 달성 성과 요약 (논문, 학술발표, 특허, 기술이전 등) | 최근 1년간 스마트자원개발, 비전통가스, 바이오에너지, 온실가스 감축기술, 폐기물 처리와 같은 교육연구팀 5대 중점분야에 관련된 총 46건의 SCI 논문을 게재했으며, 이 중 Q1 저널의 비중은 81.55%를 차지하였음. 또한 논문 실적뿐만 아니라, 현장 중심의 연구를 통해 최근 1년간 특허등록 3건, 특허 출원 3건, 소프트웨어 저작권 등록 4건, 저서 집필 1건 등 실질적인 산업/사회/과학기술 문제 해결에 기여할 수 있는 연구성과를 달성하였음. | | |
| 미흡한 부분 / 문제점 제시 | COVID-19로 인해 현장 견학, 오프라인 행사 및 해외 견학 등 본 교육연구팀에서 계획한 다수의 행사를 진행하지 못하거나 온라인으로 대체하여 시행함으로 인해 기대한 교육성과를 거두지 못하였음. 향후 사회적 거리두기에 발맞추어 대규모 인원이 모이는 행사는 지양하고 소규모 세미나의 비중을 높일 예정이며, 오프라인 행사 및 활동이 제한되는 경우 온라인으로 전환하여 추진할 것을 논의 중임. | | |
| 차년도 추진계획 | 자체평가를 통해 1차년도 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 지속적으로 개최할 것이고, 영어전용/IC-PBL+/Blended-Learning 등의 강의 비중 확대 및 1차년도에 수주한 다수의 연구과제 수행을 통해 대학원생의 국제적/융합 연구역량을 향상시킬 것이며, 효율적인 산업체 연구 역량 향상을 위한 IC-Connect & Share 플랫폼 확대해 나갈 예정임. | | |

# I 교육연구팀의 구성, 비전 및 목표

## 1. 교육연구팀장의 교육・연구・행정 역량

| 성 명 | 한 글 | [redacted] | 영 문 | [redacted] |
|---|---|---|---|---|
| 소 속 기 관 | 한양대학교 공과대학 자원환경공학과 | | | |

### 1) 교육연구팀장의 경력

| 기간 | 소 속(직 위) | 역 할 |
|---|---|---|
| 2008~ 2017 | [redacted] | · 런던 / 홍콩 등 스마트자원 및 지하공간 개발 관련 기술 교육<br>· 전세계 Arup 기술연구 교류 네트워크 구축 및 활성화 |
| 2017 | [redacted] | · 지하공간 계획 / 설계 / 시공 / 유지보수 |
| 2017~ 현재 | [redacted] | · 학부 / 대학원 스마트 자원 및 지하공간 개발 관련 교육 및 연구 |

### 2) 산업체 문제해결 연구역량

- 기술연구 총책임자로서 송도 신도시 마스터플랜, 싱가폴 DTSS 심부지하 하수 운반 및 환경처리 시스템 그리고 64 억$(약 7.8조원) 규모의 뉴욕 Second Avenue Subway 1 & 2 단계 등 전 세계에 걸친 주요 메가프로젝트들을 리드하며 산업체 문제 해결에 기여함.
- 세계적인 메가 프로젝트 및 미국, 영국 등 전세계 국가기관 연구를 수행한 경력으로 한양대로 특별 초빙된 [redacted]교수는 현장중점 연구 및 교육체계 구축을 주도함.

### 3) 과학기술/사회문제해결 연구역량

- 자원개발 및 지하공간 건설은 각종 공해로 인한 첨예한 소송과 대립, 경제적 손실 등의 이슈들이 야기됨. 이러한 소음, 분진, 진동문제를 해결코자 4차 산업혁명 중 핵심인 인공지능을 활용하여 2018년 ~ 2021년 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

- 30개 이상의 국제적 기관, 기업 간 협업을 주도하며 메가 프로젝트들을 리드한 [redacted] 교수의 풍부한 경험과 사회/산업 문제 해결 노하우는 학생들에게 Industry-Coupled Problem-Based Learning+(IC-PBL+) 강의로 교육되고 있음. IC-PBL+로 진행된 지하공간공학특론은 학생들로부터 최고의 강의 만족도로 평가됨(최종점수 100점).
- 현재 Industry Advisory Board(IAB) 주임교수로 연 2회 이상 IAB 자문위원을 초청하여 학과의 교과과정에 대한 회의를 진행하고 이를 반영한 교과과정을 개발하였음.
- 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(2020.9.1.~2021.8.31.) 교육연구팀 대학원 학과(부) 소속 전임 교수 변동 내역

| 연번 | 성명 | 변동 학기 | 전출/전입 | 변동 사유 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | - |
| 2 | [redacted] | [redacted] | [redacted] | [redacted] | - |

- **참여교수 변동 내역**
  - 참여교수 1명([redacted])이 2021년 2월 정년으로 인해 퇴임했으며, 2021년 9월 1일 부로 신규임용 교수(자원환경공학과 [redacted]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 | 20년 2학기 | 22 | 6 | 27.3 | 8 | 6 | 75 | 12 | 6 | 50 | 42 | 18 | 42.9 |
| | 21년 1학기 | 20 | 4 | 20 | 9 | 7 | 77.8 | 11 | 7 | 63.6 | 42 | 18 | 42.9 |
| 참여교수 대 참여학생 비율 | | | | | 450 % | | | | | | | | |

- **참여대학원생 변동 내역**
  - 2021년 2월, 참여대학원생 중 석사과정 1명이 졸업하였고, 1명이 박사과정으로 진학하였으며, 석박사통합과정으로 1명이 신입학 하였음.

## 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 수강을 장려하는 Cross Listing 제도 운영, 인공지능 및 친환경 에너지 관련 교육연구팀 자체 교육 프로그램 운영, 인공지능 및 빅데이터 중심의 HYPER-$E^2$ 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 3개의 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, 교내에서 실시한 HY-BK G3 융합연구 프로그램에 참여 대학원생들이 참가하여 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 IC-PBL+(Industruy Coupled Project Based Learning) 강의인 터널설계특론을 운영했으며, 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 4건의 현장 견학, 18건의 전문가 초청 세미나를 진행하였으며, 현장 연계 교육의 기회를 넓히고자 국내 산업체와의 MOU 4건을 신규 채결하였음.
  - 석유/가스개발, 바이오에너지, 스마트자원/지하공간개발, 오염물질 제거 및 환경복원 분야에서 약 58억 규모의 총 22건의 연구 과제를 수행중에 있으며, 이러한 다양한 연구활동을 기반으로 사업기간동안 46건의 SCI 논문 게재(Q1 저널 비율 81.58%), 특허등록 3건, 소프트웨어 저작권 등록 4건, 국제저서 집필 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 수업의 60%를 영어전용 강좌로 운영하였으며, 영어논문 의무작성을 졸업요건에 추가하는 등의 학사관리를 통해 참여대학원생의 국제화를 유도함.
  - 해외의 우수한 연구인력을 채용하여 참여교수 연구실에 소속된 신진연구인력(연구교수 및 박사후 과정)의 외국인 비율을 50% 이상 확보하였으며, 외국인 신진연구인력과 한국인 학생 간 RA/TA 배정 및 1:1 멘토-멘티 관계를 구성하여 참여 대학원생의 국제적인 연구역량을 강화할 수 있는 환경을 마련하였음.
  - 교육연구팀 소속 학과 전임교수 2명을 포함한 3개국의 총 9명의 교수가 참가한 한양대-길림대(중국)-평지아대(대만) 국제 학술 심포지움을 개최하였으며, 캐나다의 CMG사 에서 주관하는 연구 및 교육 프로그램에 참가하는 등 참여대학원생들이 국제적인 연구 교류를 할 수 있는 다양한 기회를 확보하였음.

### 3) 비전 및 목표 달성을 위한 애로사항

- COVID-19로 인한 교육 및 연구의 제한
  - 사회적 거리두기에 발맞추어 대규모 인원이 모이는 행사는 지양하고, 소규모 세미나의 비중을 높였으며, 오프라인 중심의 행사 및 활동을 온라인으로 전환하여 추진 중에 있음.
  - 해외 견학을 다수 계획하였으나 온라인 방식으로 변경하여 진행하기에는 기대한 교육효과를 달성하기 힘들 것으로 판단되어 무기한 연기 중에 있으며, 국내 현장방문 교육 또한 소규모로 진행하거나 연기하는 경우가 많아서 현장중심 교육의 활성화가 제한됨.

# II 교육역량 영역

## □ 교육역량 대표 우수성과

- **교육과정 및 학사관리 혁신**
  - 교육연구팀 참여교수가 담당한 강의 중 IC-PBL+ 강의의 비율은 20%이며, 영어전용 강의의 비율은 60%로, 학과 전체 교과목 대비 적게는 2배에서 많게는 3배 이상의 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, 총 18명의 참여대학원생이 참여하여 90% 이상의 높은 참여율을 보임.
  - 현장 중심의 연구역량을 함양하기 위해 총 18건의 학계/연구소/산업체 전문가 초청 세미나, 4건의 현장방문 교육 및 1건의 국제 학술 심포지움을 진행하였음.

- **우수 대학원생 확보 및 지원**
  - 우수 대학원생 확보를 위해 학부생 대상으로 총 3건의 인턴활동 및 10건의 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 2020년 10월 1일 기준 외국인 교수를 1명 확보했으며, 연구 및 생활부담 경감을 위해 연구비 지원, 1:1 멘토링 지정 등 Total Care-$E^2$ 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 5건의 학술발표 및 논문 게재에 약 320만원을 지원하였음.

- **참여대학원생 실적**
  - 참여대학원생이 주저자인 SCI(E)급 논문을 총 5건 게재했으며, 공동저자인 논문까지 포함하여 총 9편의 논문을 게재하였음. 2020 JCR 기준 전체 논문 중 Q2 이상인 저널의 비율은 100%이며, 논문 1편당 평균 IF는 2.679이며 평균 ES는 0.04227임.
  - 친환경 에너지자원, 스마트 개발 분야의 융합형 교육/연구 프로그램을 운영하여 대학원생 학술대회 발표의 질적, 양적 우수성을 제고하였으며, 15건의 학술대회 발표를 통해 최신 연구 동향에 대한 활발한 교류를 유지함.
  - 본 교육연구팀은 다양한 현장방문 교육을 통한 현장 중심의 연구환경을 조성하여 연구의 질적 우수성을 제고했으며, 그 결과 1차년도 기간 동안 참여대학원생이 발명자로 포함된 국내 특허 출원 3건, 등록 3건 및 기술이전 1건의 실적을 확보함.

- **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 5건 게재하였으며, 학술발표는 2건 수행하였음.

- **국제적 역량 확보**
  - 캐나다의 연구그룹(CMG, Computer Modeling Group)과 공동연구를 진행중에 있음. 참여대학원생 2명이 CMG에서 주관하는 소프트웨어 연구 및 교육 프로그램(Modelling of SAGD and Advanced Wellbore Modeling)에 참여하여 SAGD 및 Wellbore 모델에 대한 Builder 사용법에 대한 교육을 수강하였음.

# 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

- 자원환경공학과에서는 1차년도 사업기간 동안 총 19개의 전공과목이 개설되었으며, 그 중 참여교수가 교강사로 참여한 과목은 5개임.

〈표 1-4〉 교육연구팀 영어전용/IC-PBL+/Blended Learning 비율

| 구 분 | 총 과목 수 | 영어전용 강의 수(%) | IC-PBL+ 강의 수 (%) | Blended Learning 강의 수 (%) |
|---|---|---|---|---|
| 전체 교과목 기준 | 19 | 5 (26.3%) | 2 (10.5%) | 2 (10.5%) |
| 참여교수 교과목 기준 | 5 | 3 (60%) | 1 (20%) | 1 (20%) |

- 2020년도 9월 1일부터 2021년도 8월 31일 까지 교육연구팀 참여교수가 개설한 총 강의 수는 5개이며, 5개 과목 중 영어전용, IC-PBL+, Blended Learning 중 최소 1개 이상 적용된 과목은 3개 과목이며 (60%) IC-PBL+ 강의는 1건으로 전체 교과목 대비 20%에 달함.
- 학과의 전체 교과목 대비 BK 참여교수의 교과목의 영어전용, IC-PBL+, Blended Learning 비율을 비교해보면 적게는 약 2배에서 많게는 3배까지 차이가 발생했으며, 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

- 최근 1년간 교육연구팀 참여교수 지도학생의 영어 작성 비율은 총 4명의 졸업생 중 2건으로 50%임.

〈표 1-5〉 학위논문 작성 비율

| 구 분 | 2021년도 2월 | 2021년도 8월 |
|---|---|---|
| 졸업생 수 | 2명 | 2명 |
| 학위논문 영문 비율 | 국문 2건(0%) | 영문 2건(100%) |

- 본 교육연구팀에서는 최종 목표인 학위논문 영어작성 비율 100% 달성을 위해 교육연구팀 자체운영 규정에 참여교수 지도학생의 졸업논문 영어작성에 대한 의무를 명시함.(2021.04.30.) 2021년도 1학기 졸업생의 경우 학위논문 영어작성 비율이 100%에 달했으며, 이후 졸업자에 대해서 지속적인 관심을 가지고 관리 중임.

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

- 지난 5년간 해외 우수 대학 6건, 산업체 1건 및 연구기관 2건의 MOU를 체결하여 지속적인 교류를 이어오고 있으며, 해외 현장 견학을 계획했으나, COVID-19로 인해 제한사항이 많아 이에 대한 대안으로 2021.07.29. 3개국의 3개 대학이 참가한 국제 온라인 심포지움(HYU-JLU-FCU Joint Symposium [Techniques of New Energy and Environment])을 개최함.
  - Korea, Hanyang UNIV. 교수 3명 참가 ([redacted])
  - China, Jilin Univ. 교수 3명 참가([redacted])
  - Taiwan, Feng Chia Univ. 교수 3명 참가 ([redacted])
- 향후 미국 5건, 사우디아라비아 1건 등 연구자 교류를 통한 글로벌 인재 양성을 목표로 하는 우수 대학 및 연구기관과의 MOU를 추가적으로 체결할 계획임.

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

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

5) 대학원 교과과정 및 교육에 대한 평가/분석

- 본 교육연구팀에서는 교육 개선을 위한 평가를 주기적으로 수행해왔음. 산업계의 의견을 확인하고자 2021년 4월 23일 IAB 주임교수(본 교육연구팀장) 주관 하 교육과정 개편회의를 개최하였으며 현장의 새로운 의견을 지속적으로 파악하고자 신규 IAB 위원을 1명 위촉하였음. 뿐만 아니라 실제 수업을 받는 학생들의 의견을 확인하고자 학생 설문조사를 학기 말마다 1회씩 수행하였음.
  - 2020.12.18. 2020년도 2학기 대학원생 설문조사
  - 2021.04.01. IAB 자문위원 신규 위촉([redacted])
  - 2021.04.23. IAB 교육과정 개편회의([redacted])
  - 2021.06.25. 2021년도 1학기 대학원생 설문조사
- 교육과정 개편회의를 통해 현 교육과정에서 미흡한 부분을 진단한 결과, 다음과 같은 개선점을 도출함.
  - 평생직장 개념이 아닌 개인 역량에 따른 이직이 자유로운 사회 분위기가 점차 조성되고 있음. 따라서 대기업에 한정되지 않은 다양한 중소기업에서의 인턴쉽등을 통한 역량강화 필요함. 하지만, 인턴의 기회는 제한되어있으니, 학교 교육과정 중 IC-PBL+를 적극 활용하여 간접적인 인턴경험을 제공할 필요가 있음.
  - 학과에서 진행중인 IC-PBL+는 아직 중소기업과 활발한 연계가 이루어지지 않고 있으며, 따라서 아래와 같은 단계적 IC-PBL+ 강의 적용이 필요함.
    - 비 IC-PBL+ 강의를 IC-PBL+로 전환
    - IC-PBL+ 수업 방식 정착 후 중소기업과 연계 활성화
- 학기별 대학원생 만족도 설문조사 수행 결과 수렴된 의견/대응책은 아래와 같음.
  - 전반적인 대학원 생활, 교과과정, 교과과정 외의 사항, 인권 관련 만족도에 대해 설문 실시
  - 2020 년도 2학기 18명 중 15명이 응답했으며, 2021년도 1학기 18명 중 16명이 응답하여 평균 약 85%로 높은 수준의 응답율을 보임.

<표 1-6> 설문조사 결과 및 대응

| 설문 문항 | 설문조사 결과<br>(2020년 2학기, 2021년 1학기 통합결과) | 원인분석 및 대응 |
|---|---|---|
| 졸업 후 희망 진로 | ● 희망진로: 산업체(37.5%), 정부출연연구소(37.5%), 대학교수(15.6%), 기타(9.4%) 등<br>● 2019년 설문결과와 거의 비슷한 결과가 나옴, 산업체/연구소/대학 등 다양한 진로를 희망하고 있는 것으로 확인됨. | ● BK21 FOUR 학술제와 같은 대규모 행사 지양, 소규모 세미나 중심의 선후배 연결의 장 다수 마련 |
| 교과과정 만족도 | ● 대학원 교과과정 만족도: 매우 만족(22%), 만족(65%), 보통(6%), 불만족(6%).(2019년도와 비교해서 만족 이상인 의견이 24% 증가함.)<br>● 추가 개설 되었으면 하는 대학원 교과과정: 4차산업혁명 관련 (29%), 세부전공 심화(29%), 산업체문제해결형(12%), 타전공 융합(29%) | ● 교과과정 만족도가 전체적으로 향상된 것으로 파악됨.<br>● 4차 산업혁명, IC-PBL+, 융합교과목, Cross-Listing 교과목의 운영을 현행 유지하되, 각 과목별 세부적인 개선사항을 지속적으로 도출하여 개선 하는 방향으로 강화 예정임. |
| 대학원 생활 만족도 | ● 생활 만족도: 매우 만족(25%), 만족(47%), 보통(16%), 불만족 (13%).(2019년도와 비교하여 만족 이상인 의견이 5% 증가함)<br>● 개선이 필요한 부분: 연구 외 행정업무 과다(50%), 취업/진로 가이드(25%), 인건비 부족(16%), 과중한졸업요건(6%), 인권문제(3%).(2019년도에 비해 행정업무 문제가 14% 증가함.) | ● 대학원생 생활 만족도는 점진적으로 개선되고 있는 것으로 파악됨.<br>● 주기적 설문조사/면담 등을 활용한 대학원생의 소통 활성화 유지 예정임.<br>● 행정인력 고도화/전문화를 통한 행정부담 경감 계획 중임. |
| 재정지원 만족도 | ● 월 생활비 필요금액: 석사과정의 경우 73%가 50-100만원이 적정하다는 의견을 냈으며, 박사과정의 경우 68%가 100-150 만원이 적정하다는 의견이 수렴됨.<br>● 재정지원 만족도: 석사과정의 경우 '만족' 이상인 의견이 87%를 차지하며, 박사과정의 경우 '만족' 이상인 의견이 31%, '보통'인 의견이 50%를 차지함. | ● 현재 석사과정의 경우 월 80만원 이상, 박사과정의 경우 월 150만원 이상 지원 중이며, 현재 지원수준이 적정하다고 판단되어 지속적으로 지원할 예정임. |

- 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 2020년도 9월 1일부터 2021년도 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 4건의 산업 연계 MOU를 신규 체결하였음.
  - 2021.01.29. 당진시, (사)충남산학융합원
  - 2021.02.19. 부산장림표면처리사업 협동조합
  - 2021.02.19. ㈜티앤애스, ㈜웅진에너지
  - 2021.03.30. 고등기술연구원, SK Picglobal

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

- 교육연구팀의 교육철학이 반영된 자원에너지관 확보를 위한 자금 모금 중이며 2021년도 7월 30일 기준 모금액은 약 2억원임. 목표 대비 40%의 달성율을 보이며, 약 1.5억원을 모금한 작년 대비 33%(약 6400만원) 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, 수업에서 미처 다루지 못하였으나 실제 산업에서는 밀접히 연관된 타학과 교과목의 수강을 권장하기 위해 Cross-Listing 제도를 운영해왔음. 2020.09.01. ~ 2021.08.31. 기간 동안 아래와 같이 총 5개의 Cross-Listing 과목이 개설됨.

〈표 1-7〉 Cross-Listing 강의 개설 현황

| Cross-Listing 교과목명 | 관장학과 | 교강사명 | 계획학기 | 개설학기 |
|---|---|---|---|---|
| 무기화학특론 | 화학공학과 | [redacted] | 2020-2 | 2020-2 |
| 첨단콘크리트공학 | 건축공학과 | [redacted] | 2020-2 | 2020-2 |
| 섬유보강콘크리트특론 | 건축공학과 | [redacted] | 2021-1 | 2021-1 |
| 환경나노기술 | 건설환경공학과 | [redacted] | 2021-1 | 2021-1 |
| 환경분석 | 건설환경공학과 | [redacted] | 2021-1 | 2021-1 |

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

〈표 1-8〉 계획중인 Cross-Listing 강의 목록

| 구분 | | | Cross-Listing 교과목 |
|---|---|---|---|
| 전공심화 | 스마트 자원개발 | 암석역학 | 빅데이터마이닝, 섬유보강콘크리트특론, 첨단콘크리트공학, 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 반영하였으며, 2020년 2학기 및 2021년 1학기에 개설된 전공과목 중 IC-PBL+ 과목의 비율은 전체 교과목 대비 약 10.5%이며, 참여교수 교과목 대비 20%에 달함.
- IC-PBL+ 강의의 현재 비율을 유지 및 점진적으로 개선하여 사업종료 시점 기준으로 참여교수 교과목 기준으로 30% 이상 확보할 계획임.

3) 3개의 신산업분야 교과목을 편성하여 교육-연구의 연결성 강화

- 3개의 신산업분야 교과목(스마트 자원개발, 미래/전통 에너지자원, 지속가능한 지구환경)에 해당하는 총 18개 강의를 2020년도 2학기 및 2021년도 1학기에 계획하였으며 총 18개 강의가 개설되어 운영됨.

<표 1-9> 2020년도 2학기 및 2021년도 1학기 개설된 전공과목

| 구 분 | | 교과목 | 교강사명 | 계획학기 | 개설학기 |
|---|---|---|---|---|---|
| 전공 심화 | 스마트 자원 개발 | 발파설계 특론 | [redacted] | 2020-2 | 2020-2 |
| | | 불연속암반공학특론 | [redacted] | 2020-2 | 2020-2 |
| | | 터널설계특론 | [redacted] | 2021-1 | 2021-1 |
| | | 역산이론 | [redacted] | 2020-2 | 2020-2 |
| | | 전기전자탐사특론 | [redacted] | 2021-1 | 2021-1 |
| | | 이산신호처리 | [redacted] | 2021-1 | 2021-1 |
| | | 고급자원경제성평가 | [redacted] | 2020-2 | 2020-2 |
| | | 자원시장분석특론 | [redacted] | 2021-1 | 2021-1 |
| | 미래/전통 에너지 자원 | 천연가스저류공학 | [redacted] | 2020-2 | 2020-2 |
| | | 석유생산공법전공연구 | [redacted] | 2021-1 | 2021-1 |
| | | 석유생산공학특론 | [redacted] | 2020-2 | 2020-2 |
| | | 유가스정완결설계 | [redacted] | 2021-1 | 2021-1 |
| | | 지하수오염학특론 | [redacted] | 2020-2 | 2020-2 |
| | | 석유개발전공세미나 | [redacted] | 2020-2 | 2020-2 |
| | 지속가능한 지구환경 | 자원처리 모델링 | [redacted] | 2020-2 | 2020-2 |
| | | 분리공학특론 | [redacted] | 2021-1 | 2021-1 |
| | | 환결지구화학특론2 | [redacted] | 2020-2 | 2020-2 |
| | | 환경동위원소지구화학 | [redacted] | 2021-1 | 2021-1 |

- 향후 2021년도 2학기에는 아래와 같은 신산업분야 교과목을 개설할 계획임.

<표 1-10> 2021년도 2학기 개설 계획중인 교과목 목록

| 구 분 | | 교과목 | 교강사명 | 계획학기 | 개설학기 |
|---|---|---|---|---|---|
| 전공 심화 | 스마트 자원 개발 | 지하공간공학특론 | [redacted] | 2021-2 | 개설예정 |
| | | 정량적탄성파자료해석 | [redacted] | 2021-2 | 개설예정 |
| | | 자원경제성평가세미나 | [redacted] | 2021-2 | 개설예정 |
| | 미래/전통 에너지 자원 | 저류공학특론 | [redacted] | 2021-2 | 개설예정 |
| | | 유가스전평가특별연구 | [redacted] | 2021-2 | 개설예정 |
| | 지속가능한 지구환경 | 자원순환공학특론 | [redacted] | 2021-2 | 개설예정 |
| | | 지질환경공학특론 | [redacted] | 2021-2 | 개설예정 |
| | | 시료채취 및 처리특론 | [redacted] | 2021-2 | 개설예정 |

### 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 5개이며 그 중 영어전용, IC-PBL+, Blended-Learning 중 하나라도 적용하지 않은 교과목은 2개로 달성도는 60%에 달함.

<표 1-11> 2020년도 2학기 ~ 2021년도 1학기 개설된 교육연구팀 참여교수 교과목 현황

| 개설시기 | 교과목명 | 교강사명 | 영어전용 | IC-PBL+ 및 Blended Learning |
|---|---|---|---|---|
| 2020년도 2학기 | 불연속암반공학특론 | [redacted] | ✓ | |
| 2020년도 2학기 | 천연가스저류공학 | [redacted] | | |
| 2020년도 2학기 | 지하수오염학특론 | [redacted] | ✓ | |
| 2021년도 1학기 | 터널설계 특론 | [redacted] | ✓ | ✓ |
| 2021년도 1학기 | 석유생산공법전공연구 | [redacted] | | |

- 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, 2020년도 2학기 ~ 2021년도 1학기 간 수강 현황은 아래와 같음. 향후에도 지속적으로 대학원 및 BK에서 운영중인 교육 프로그램과 연계한 커리어 개발기회를 제공할 계획임.

<표 1-12> 2020년도 2학기 ~ 2021년도 1학기 참여대학원생 커리어개발 교육/프로그램 수강 현황

| 교과목명 /프로그램명 | 학습 내용 /프로그램 내용 | 수강/참가한 참여대학원생 수 | 개설 학기 |
|---|---|---|---|
| 석사논문 연구 /박사논문 연구 | 연구 및 학위논문의 체계적 작성을 위한 연구의 설계, 자료조사 및 분석방법에 대하여 알아보고, 개별적으로 논문의 주제 설정 및 구성 등을 지도하며 논문 작성의 기본적인 기법과 요령을 터득하고 간과하기 쉬운 부분이나 유의사항 등에 관하여 중점적으로 교육함. | 6명 | 2022. 1학기 |
| 대학원생 역량강화 프로그램-연구노트(국문) | 연구개발 수행 단계별 연구노트 요건 및 작성방법을 교육함. | 1명 | 수시 |
| 8주만에 논문완성! 논문작성 A to Z | 논문검색법, SPSS 통계분석, 연구방법론에 대해 교육함. | 1명 | 수시 |
| EndNote 기초 | 엔드노트를 활용한 참고문헌 자료 수집, 관리방법 및 엔드노트로 논문작성시 참고문헌 인용방법에 대해 교육함. | 1명 | 수시 |
| 미래역량 아카데미 교육- “과학기술인의 사회적 역할” | 사회현상에 기여하고 있는 적정기술, 소셜벤처, 리빙랩의 실제 연구개발 사례를 알아보고 과학기술인의 사회적 역할에 대해 교육함. | 1명 | 수시 |
| 교육역량 아카데미 교육-“티칭이 아닌 코칭으로 리드하라” | 동기부여와 학습몰입을 위한 리더십 방향 및 행동개선을 이끄는 코칭 스킬에 대해 교육함. | 1명 | 수시 |
| 교육역량 아카데미 교육-“커뮤니케이션 스킬 UP” | 대학원 생활 및 TA 역할 수행에 있어 가장 기본적이고 필요한 능력인 커뮤니케이션 능력의 실용적인 전략과 스킬에 대해 교육함. | 1명 | 수시 |
| 2021년 인권/폭력예방교육 | 성희롱・성폭력예방교육, 가정폭력예방교육, 성매매예방교육, 인권교육 등에 대해 교육함. | 14명 | 2021. 1학기 |
| 장애인인식개선교육 | 장애인에 대한 사회적 편견과 차별 제거, 장애인의 사회참여와 권리보장 증진, 장애인/비장애인 통합 사회 조성에 대해 교육함. | 4명 | 2021. 1학기 |
| HY-BK G3 Program | 4단계 BK21 선정학과 대학원생 대상으로 융합 연구그룹을 모집하고, 자율적 그룹 운영을 통해서 대상자들의 연구력 향상 증진을 도모함. | 4명 | 2021. 1학기 |
| 슬기로운 BK 생활 프로그램 - 나의 연구를 소개합니다. | 자신의 연구 또는 논문을 3분 이내의 영상으로 제작하여 다른 대학원생들에게 소개함으로써 연구내용을 공유함. | 1명 | 수시 |

#### 2) 교육연구팀 자체 교육프로그램 운영

- 본 교육연구팀에서는 사회가 요구하는 실용 인재양성 및 대학원생 연구역량의 질적 향상을 위해 아래와 같이 자체 교육 프로그램을 계획하고 있음.

<표 1-13> 인공지능 및 친환경에너지 교과목 개설 계획

| 교과목 | 세부 내용 | 마지막 개설학기 | 개설 예정학기 |
|---|---|---|---|
| 인공지능과 친환경에너지 | 인공지능 기초지식 융합형 교육으로 학생의 융합적 사고능력 배양, 사회가 요구하는 실용 인재양성을 목표로 함. | 2020-1 | 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 | 2020-1 | 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.)하여 이후부터 지속 관리중임.
  - 석사과정 → 6학점 유지, 박사과정 3학점 → 6학점, 석박사 통합과정 9학점 → 12학점
    - [redacted](2021.8. 졸업, 박사과정) : 융합전공 3과목(9학점) 수강
    - [redacted](2021.8. 졸업, 석사과정) : 융합전공 3과목(9학점) 수강

#### 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
  - 박사학위취득 전 주저자로 최소 1편의 SCIE 학술지 등재, 주저자 및 공동저자로 2편 이상의 SCIE 학술지 등재
    - [redacted](2021.8. 졸업, 박사과정) : SCIE 학술지 등재 주저자 3편, 공동저자 5편
    - [redacted](2021.8. 졸업, 석사과정) : SCIE 학술지 등재 1편, 국내 학술발표 2건
  - 박사학위취득 전 연구점수 200점 필수적으로 확보
    - 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
  - 2021.04.30. 이후 졸업자 현황
    - [redacted](2021.8. 졸업, 박사과정) : SCIE 학술지 등재 주저자 3편, 공동저자 5편
    - [redacted](2021.8. 졸업, 석사과정) : SCIE 학술지 등재 1편, 국내 학술발표 2건

#### 3) 학사관리체계도에 따른 학사관리 수행

- 일관되고 체계적인 학사관리를 위해 자원환경공학과 학사관리체계도를 구성하여 지속 관리중임.

#### 4) BK21 Four 학술제, 현장 견학 및 현장 전문가 초청 세미나 개최

- BK21 FOUR 학술제를 계획하였으나, COVID-19 유행으로 인해 제한되었음. 이를 보완하기 위해 지난 1년 동안 아래와 같이 18건의 학계/연구소/산업체 전문가를 초청하여 대학원생 대상으로 온/오프라인 세미나를 개최하였으며, 4건의 현장방문 교육을 운영하는 등 다양한 분야에 대해 고루 경험할 수 있는 기회를 제공함.
- 현장 전문가 초청 세미나 실적
  - 2020.09.02. 대심도 지하도로, 한국건설기술연구원 차세대인프라연구센터장 [redacted] 박사
  - 2020.09.17. 자원환경공학과 Workshop, 연세대학교 [redacted] 교수, 광운대학교 [redacted] 교수, KAIST [redacted] 교수, 강원대학교 [redacted] 교수
  - 2020.10.21. 엔진 세척폐수의 재사용을 위한 수처리 시스템 설계, ㈜주홍환경 [redacted] 박사
  - 2020.10.30. 심부지오시스템의 특성 평가 및 개발과 핵심기술 소개, 한국지질자원연구원 심지층연구센터 [redacted] 박사

- 2020.11.16. 자원 재순환을 위한 폐자원의 유용금속 회수 기술, 성신여자대학교 [redacted] 교수님, 고등기술연구원 [redacted] 박사
- 2020.12.18. 엔진 세척폐수의 재사용을 위한 수처리 시스템 설계(2차), 한국환경정책평가연구원 [redacted] 박사
- 2021.01.20. 폐자원의 유용금속 회수 및 고순도 자원화 기술, 고등기술연구원 [redacted] 박사, 대진대학교 [redacted] 교수
- 2021.02.01. 순환자원 이용 희소금속 회수 공통활용기술, 고등기술연구원 [redacted] 박사
- 2021.04.26. 토양오염복원기술, KIST [redacted] 박사
- 2021.06.15. 능동적인 수리제어를 통한 PRB 정화효율의 평가 모델 및 수치 모의, 한국지질자원연구원 [redacted] 박사
- 2021.06.15. RPB를 활용한 지중정화 기술, 동명엔터프라이즈 [redacted] 박사
- 2021.06.17. 아리스토텔레스의 4원소설에서 4차산업혁명까지, 연세대학교 [redacted] 교수
- 2021.06.22. 엔진 재제조 세척수 처리를 위한 LAB Pilot 구축 및 실험 설계, 주흥환경 [redacted] 박사
- 2021.06.23. Particle Flow Code 2D 소프트웨어 심화 교육, ㈜베이이스소프트 [redacted] 부장
- 2021.06.29. 터널 설계의 현실 및 문제점, ㈜지윤이엔씨 [redacted] 박사
- 2021.06.29. 흡착과 산화 공정을 이용한 수질오염처리 연구, KIST [redacted] 박사
- 2021.08.17. 터널 단면설계 실무 세미나, ㈜ 한경엔지니어링 [redacted] 박사
- 2021.08.24. 터널 설계사례, 지보 및 굴착방법 세미나, ㈜ 서하기술단 [redacted] 전무

● 현장방문 교육 실적

- 2020.11.02. 고속도로 제 29호선 세종포천고속도로 안성-구리 11공구 MSP 시공현장 견학
- 2020.11.13. 수도권광역급행철도 A노선 민간투자사업 제5공구 MSP 시공현장 견학
- 2020.12.20. 수도권광역급행철도 A노선 민간투자사업 제5공구 MSP 시공현장 견학
- 2021.01.03. 수도권광역급행철도 A노선 민간투자사업 제5공구 MSP 시공현장 견학

### 1.1.6 교육과 연구의 선순환 구조 및 연구역량의 교육적 활용 방안

#### 1) 교육을 통한 연구의 수월성 강화

● 대학원생의 연구역량을 체계적으로 강화하기 위해 2020년도 2학기 ~ 2021년도 1학기 동안 연구윤리(HYPER 한양) 교과목과 석사/박사 논문연구, 총 2개의 HYPER-E$^2$ 강좌가 운영되었음.

● 2020년도 2학기 ~ 2021년도 1학기 동안 HYPER-E$^2$ 교과목을 운영한 결과 대학원 교육과정에 따른 폐강/신설되는 과목 확인, 학생들의 의견 수렴, 산업계의 요구를 수용하여 주기적으로 교육과정에 반영할 필요성을 확인함. 따라서 2021-2학기 Cross-Listing 교과목을 아래와 같이 선정하여 수강을 권장할 예정임.

<표 1-14> 2021년도 2학기 개설 예정 HYPER-E$^2$ 교과목 현황

| 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 |

● 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.

2) 교육연구팀 연구역량의 교육적 활용

- 1차년도 기간동안 IC-PBL+ 강의(터널설계특론)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 |
|---|---|
| 2020년 9월<br>~ 2021년 8월 | ● 총 20건, 56.7억원의 프로젝트 진행 중<br>● 스마트자원개발, 비전통가스, 바이오에너지, 온실가스 감축기술, 폐기물 처리와 같은 5대 중점분야에 관련된 각종 산업/사회과학기술 문제 해결을 위해 아래와 같이 다수의 연구를 수행 중임.<br>ㅇ 인공지능을 활용한 터널설계 자동화 연구<br>ㅇ 바이오가스 생산 안정성 고도화 연구를 위한 인공지능 기술을 활용한 혐기소화 공정 자동 제어 연구<br>ㅇ 온실가스 활용 및 지중저장 연구<br>ㅇ ICT/IoT 기반 저품위 유용광물 리칭 시스템 연구<br>ㅇ 토양 세정기술 고도화 연구 등 다수 수행 |

## 1.1.7 전임교수 대학원 강의 계획 대비 최근 1년간 실적

1) 1차년도 기간동안 총 5건의 강의를 운영함

- 2020년도 2학기 ~ 2021년도 1학기 동안 계획된 BK 참여교수의 대학원 강의 6건 중 실제 개설된 강의는 5건임(83%). 미개설된 강의 1건은 2020년도 2학기에 개설되었으나, 수강인원 저조로 인해 폐강되었으며 강의에 IC-PBL+, 영어전용, Blended-Learning 등의 프로그램을 적용하여 강의내용을 보강함으로써 수강을 독려할 예정임.

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

| 개설학기 | 교과목명 | 교강사명 | 영어전용 | IC-PBL+ & Blended Learning |
|---|---|---|---|---|
| 2020년도 2학기 | 불연속암반공학특론 | [redacted] | ✓ | |
| | 천연가스저류공학 | [redacted] | | |
| | 지하수오염학특론 | [redacted] | ✓ | |
| 2021년도 1학기 | 터널설계특론 | [redacted] | ✓ | ✓ |
| | 석유생산공법전공연구 | [redacted] | | |

## 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 산업체와의 MOU 4건을 체결하였으며, 39건의 산업체 활용 확약서 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, 바이오가스 분야에 대한 IC-PBL+ 강의를 아래와 같이 계획함.

<표 1-17> 스마트자원개발/비전통에너지개발/바이오가스 분야 교과목 계획

| 분 류 | 참여기관/기업 | 교과목<br>(세부내용) | 마지막<br>개설학기 | 개설<br>예정학기 |
|---|---|---|---|---|
| 스마트 자원개발 | ㈜ 아이콘트 | 인공지능의 암반공학에의 적용<br>(터널/지하공간 설계/개발<br>산업과의 연계) | 2020-1 | 2022-1 |
| 비전통 에너지 개발 | 한국가스공사 | 비재래가스전개발세미나<br>(비전통에너지자원 개발<br>산업과의 연계) | 2020-1 | 2022-1 |
| 바이오가스 | ㈜ GS 건설,<br>지자체<br>하수처리시설 | 바이오매스공학특론<br>(바이오가스/바이오매스<br>산업과의 연계) | 2018-2 | 2022-2 |

- 스마트 자원개발 분야와 비전통 에너지 개발 분야에 대한 수업은 2022년도 1학기에 개설 예정중이며, 바이오 가스 분야의 바이오매스공학특론 수업이 이듬해 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 개설함을 원칙으로 함.
- 교육연구팀 참여교수가 개설한 총 5개 과목 중 상기 사항 중 최소 1개 이상 적용된 과목은 3개 과목임(60%). 지속적인 관심을 가지고 평가/관리하기 위해 BK 참여교수의 성과금 평가 시 평가요소로 추가하였으며, 교육연구팀 자체규정에 해당 내용을 반영함.(2021.04.30.)

### 1.2.4 Global IAB 추진

1) 교육연구팀은 총 9명 이상의 Global 위원을 위촉하여 Global-IAB 구성을 계획하고 있음.

- 현재 Global 위원은 1명이 위촉되어있으며, 매년 2명의 신규 Global 위원을 위촉하여 교육의 국제화성과를 평가하고 분석 및 환류할 예정임.

## 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) | 2020년 2학기 | 6 | 6 | 6 | 18 |
| | 2021년 1학기 | 4 | 7 | 7 | 18 |
| | 계 | 10 | 13 | 13 | 36 |
| 배출 (졸업생) | 2020년 2학기 | 2 | 0 | | 2 |
| | 2021년 1학기 | 1 | 1 | | 2 |
| | 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**

- (2020년도 2학기 기준)신입생 총 8명(외국인 신입생 3명), 재학생 총 47명(외국인 재학생 9명)
- (2021년도 1학기 기준)신입생 총 10명(외국인 신입생 1명), 재학생 총 46명(외국인 재학생 7명)

**2) 대학원 페어 참석(2회)**

- 2020년도 2학기 : 10월 7일, 교수 6명, 대학원생 조교 8명 참가, 온/오프라인 동시 진행
- 2021년도 1학기 : 4월 27일, 교수 3명, 대학원생 조교 6명 참가, 온/오프라인 동시 진행

**3) 대학원 전공 현장실습(졸업논문, 인턴제도) 운영**

- 대학원 전공 현장실습 총 13건 수행

<표 2-2> 대학원 전공 현장실습(인턴) 실적

| 연번 | 이름 | 학년 | 활동 기간 | 지도교수 | 활동 내용 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | [redacted] | 2 | 2021.04 ~ (현재) | [redacted] | ‘터널 6개항목 설계자동화를 위한 인공지능 모델 개발’ 프로젝트 참가 및 머신러닝 모델 개발 |
| 2 | [redacted] | 4 | 2020.10 ~ 2020.12 | [redacted] | ‘실시간 모니터링과 빅데이터를 활용한 스마트 선대구경 장비 개발 및 사업화’ 프로젝트 참가 및 안드로이드 앱 개발, |
| 3 | [redacted] | 4 | 2021.06 ~ (현재) | [redacted] | ‘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

| 연번 | 이름 | 학년 | 지도 기간 | 지도교수 | 졸업논문명 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | [redacted] | 4 | 2020.09 ~ 2020.12 | [redacted] | 선대구경 발파 데이터와 인공지능을 활용한 전방 터널 지질 상태 예측 연구 |
| 2 | [redacted] | 4 | 2020.09 ~ 2020.12 | [redacted] | 선대구경 발파 데이터와 인공지능을 활용한 전방 터널 지질 상태 예측 연구 |
| 3 | [redacted] | 4 | 2021.03 ~ 2021.06 | [redacted] | Economic Feasibility and Demand of Urban Underground Space Development in Highly Congested UrbanArea |
| 4 | [redacted] | 4 | 2021.03 ~ 2021.06 | [redacted] | Economic Feasibility and Demand of Urban Underground Space Development in Highly Congested UrbanArea |
| 5 | [redacted] | 4 | 2021.03 ~ 2021.06 | [redacted] | Economic Feasibility and Demand of Urban Underground Space Development in Highly Congested UrbanArea |
| 6 | [redacted] | 4 | 2020.09 ~ 2020.12 | [redacted] | 토양 및 지하수 오염 정화 공법의 적용 시 발생한 폐수의 재이용 연구 |
| 7 | [redacted] | 4 | 2020.09 ~ 2020.12 | [redacted] | 토양 및 지하수 오염 정화 공법의 적용 시 발생한 폐수의 재이용 연구 |
| 8 | [redacted] | 4 | 2020.09 ~ 2020.12 | [redacted] | 토양 및 지하수 오염 정화 공법의 적용 시 발생한 폐수의 재이용 연구 |
| 9 | [redacted] | 4 | 2020.09 ~ 2020.12 | [redacted] | 미세조류를 이용한 바이오디젤 생산 공정 고찰 |
| 10 | [redacted] | 4 | 2020.09 ~ 2020.12 | [redacted] | 미세조류를 이용한 바이오디젤 생산 공정 고찰 |

4) 외국인 학생 입학 수월성 제고를 위한 외국인 교수 임용

- 최근 1년간 본 교육연구팀 참여교수 중 외국인 전임교수 비율은 1명/4명임.(2020.10.01. 기준)
- 외국인 학생 입학 수월성 제고를 위해 외국인 교수 뿐만 아니라 외국인 신진연구인력을 추가 확보하려 노력중이며, 최근 1년간 총 3명의 신진연구인력을 추가로 선발하는 등 1명 이상의 외국인 신진연구인력을 상시 유지하기 위해 노력함.

5) 우수 외국인 대학원생 확보를 위한 외국인 교육, 연구, 생활지원 프로그램 Total Care-$E^2$ 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] |

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 2020년도 9월 1일부터 2021년도 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 논문 게재 지원 실적

| 논문명 | 학술지 | 주저자 | 참여 대학원생 수 | 참여 교수 수 | 지원 금액 (원) | 지원 일시 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Design Study of Steel Fibre Reinforced Concrete Shaft Lining for Swelling Ground in Toronto, Canada | Applied Sciences-Basel | [redacted] | 1 | 1 | 2,364,538 | 2021 0503 |

<표 2-6> BK 참여대학원생 학술대회 참가 지원 실적

| 발표 제목 | 학술대회명 | 주관 | 발표자 (참여 대학원생) 수 | 지원 금액 (원) | 지원 일시 |
|---|---|---|---|---|---|
| 팽창성 암반에 수직구 건설 시 콘크리트 라이닝 시공시기에 따른 라이닝 안정성 평가에 대한 연구 | 2021년도 한국암반공학회 봄학술발표회 | 한국암반 공학회 | 1 | 570,000 | 2021 0527 ~ 2021 0528 |
| 지하공간의 hydraulic - mechanical coupling을 이용한 지하공간 안정성 평가에 대한 연구 | 2021년도 한국암반공학회 봄학술발표회 | 한국암반 공학회 | 1 | | |
| 포집 CO2 내 불순물이 EOR 및 CO2 지중저장에 미치는 영향 | 2021 한국자원공학회 제116회 춘계학술발표회 | 한국자원 공학회 | 1 | 303,800 | 2021 0520 ~ 2021 0521 |
| 디메틸에테르-이산화탄소 혼합 솔벤트를 활용한 오일 회수 증진 모델링 | 2021 한국자원공학회 제116회 춘계학술발표회 | 한국자원 공학회 | 1 | | |

#### 3) 자원에너지관 확보를 위한 Leaders club 운영

- 자원에너지관 확보를 위한 Leaders club 운영을 통해 1차년도 기간(2020.09.01. ~ 2021.07.28. 기준) 동안 약 6400만원의 금액을 모금함.

<표 2-7> 자원에너지관 확보를 위한 모금 실적(2020.09.01. ~ 2021.08.31.)

| 기부자명 | 기부금액(원) | 기부자명 | 기부금액(원) |
|---|---|---|---|
| 김○○ | 1,100,000 | 김○○ | 10,000,000 |
| 이○○ | 100,000 | ㈜ ○○재단 | 30,000,000 |
| 전○○ | 10,000,000 | 여○○ | 10,000,000 |
| 이○○ | 2,000,000 | 전○○ | 10,000,000 |
| 총계 | | 64,200,000 | |

#### 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 2021.07.29. 3개국의 3개 대학이 참가한 국제 온라인 심포지움(HYU-JLU-FCU Joint Symposium [Techniques of New Energy and Environment])을 개최함.

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.
  - 2020.12.18. 2020년도 2학기 대학원생 설문조사 시행
  - 2021.06.25. 2021년도 1학기 대학원생 설문조사 시행

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/폭력예방교육 및 장애인인식개선교육 수강을 장려하고 있음. 그 결과 총 18명의 참여대학원생 중 14명 이상이 복지 및 인권향상 프로그램/강의를 수강하였음.

<표 2-8> 교육연구팀 복지/인권향상 강의 운영 현황

| 교과목명<br>/프로그램명 | 학습 내용<br>/프로그램 내용 | 수강/참가한<br>참여대학원생<br>수 | 개설<br>학기 |
|---|---|---|---|
| 2021년<br>인권/폭력예방교육 | 성희롱・성폭력예방교육,<br>가정폭력예방교육, 성매매예방교육,<br>인권교육 등의 교육을 수강함. | 14명 | 2021.<br>1학기 |
| 장애인인식개선교육 | 장애인에 대한 사회적 편견과 차별 제거,<br>장애인의 사회참여와 권리보장 증진,<br>장애인/비장애인 통합 사회 조성에 대해 학습함. | 4명 | 2021.<br>1학기 |

## 2.3 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

<표 2-9> 2021.2/2021.8 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 | | | | |
| 2021년 2월 졸업자 | 석사 | 2 | 1 | - | - | 1 | 0 | 0% |
| | 박사 | - | | | - | - | - | |
| 2021년 8월 졸업자 | 석사 | 1 | - | - | - | 1 | 0 | 50% |
| | 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 도모하였음.
- 최근 1년간(2020.9.1.~2021.8.31.) 참여대학원생의 연구실적을 분석한 결과 총 참여대학원생이 주저자인 SCI(E)급 논문을 5편 게재하였으며, 공동저자인 논문까지 포함 시 총 9편의 논문을 게재하였음. 주저자인 논문을 기준으로 논문 1편당 평균 IF는 '2.679', 평균 ES는 '0.04227'이며, 공동저자인 논문까지 포함할 경우 논문 1편당 평균 IF는 '4.858', 평균 ES는 '0.2090'을 달성하였음.
- 2020 JCR 기준, 참여대학원생이 주저자인 논문 중 Q2 이상인 저널의 게재 비율은 100%를 달성했으며, 참여대학원생이 공동저자인 논문까지 포함할 경우, Q1 저널 게재 비율은 30%이고 Q1+Q2 저널 게재 비율은 89%를 달성하였음.

<표 3-1> 참여대학원생 논문 게재 실적(2020.09.01. ~ 2021.08.31.)

| 참여 대학원생 | 논문 제목 | 저널명 | 게재 연월 | JCR분야 (순위/해당분야 저널 수) | IF | ES |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [redacted] (주저자) | Compositional Modeling of Dimethyl Ether-$CO_2$ Mixed Solvent for Enhanced Oil Recovery | APPLIED SCIENCES -BASEL | 2021. 01 | ENGINEERING, MULTIDISCIPLINARY (38/91) | 2.679 | 0.04227 |
| [redacted] (주저자) | Design Study of Steel Fibre Reinforced Concrete Shaft Lining for Swelling Ground in Toronto, Canada | APPLIED SCIENCES -BASEL | 2021. 04 | ENGINEERING, MULTIDISCIPLINARY (38/91) | 2.679 | 0.04227 |
| [redacted] (주저자) | The Efficiency of Large Hole Boring (MSP) Method in the Reduction of Blast-Induced Vibration | APPLIED SCIENCES -BASEL | 2021. 02 | ENGINEERING, MULTIDISCIPLINARY (38/91) | 2.679 | 0.04227 |
| [redacted] (주저자) | Prediction Modelling for Blasting-Induced Vibrations from Open-Pit Excavations | APPLIED SCIENCES -BASEL | 2021. 08 | ENGINEERING, MULTIDISCIPLINARY (38/91) | 2.679 | 0.04227 |
| [redacted] (주저자) | Compositional Modeling of Dimethyl Ether-$CO_2$ Mixed Solvent for Enhanced Oil Recovery | APPLIED SCIENCES -BASEL | 2021. 01 | ENGINEERING, MULTIDISCIPLINARY (38/91) | 2.679 | 0.04227 |
| [redacted] (공동저자) | Simulation-based Optimization of Microbial Enhanced Oil Recovery with a Model Integrating Temperature, Pressure, and Salinity Effects | ENERGIES | 2021. 02 | ENERGY & FUELS (70/114) | 3.004 | 0.05605 |
| [redacted] (공동저자) | Modeling of $CO_2$-LPG WAG with Asphaltene Deposition to Predict the Coupled Enhanced Oil Recovery and Storage Performance | Scientific Reports | 2021. 03 | MULTIDISCIPLINARY SCIENCES (17/73) | 4.379 | 1.23250 |
| [redacted] (공동저자) | Rapid recovery of methane yield in organic overloaded-failed anaerobic digesters through bioaugmentation with acclimatized microbial consortium | Science of the Total Environment | 2021. 04 | ENVIRONMENTAL SCIENCES (25/274) | 7.963 | 0.23082 |
| [redacted] (공동저자) | Dual-stage pulse-feed operation enhanced methanation of lipidic waste during co-digestion using acclimatized consortia | RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS | 2021. 07 | GREEN & SUSTAINABLE SCIENCE & TECHNOLOGY (1/44) | 14.982 | 0.15072 |

### 3.1.2 교육연구단 참여대학원생 대표 논문의 창의성・혁신성・부합성

| 연번 | 주저자명 (참여대학원생) |
|---|---|
| | ● 논문의 창의성・혁신성<br>● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성<br>● 연구수월성 증진 전략 기여도 |
| 1 | [redacted]<br><br>● 논문 제목<br>○ Compositional Modeling of Dimethyl Ether-$CO_2$ Mixed Solvent for Enhanced Oil Recovery<br><br>● 논문의 창의성・혁신성<br>○ 최근 오일 회수 증진 (Enhanced Oil Recovery, EOR) 분야에서 디메틸에테르 (Dimethyl Ether, DME)에 대한 기존 연구는 주로 DME와 물을 함께 주입하는 DME 수공법 (Dimethyl-Eter Enhanced Waterflooding, DEW) 위주에 초점을 맞춰 실제 현장에 적용하기 어렵다는 한계가 있음.<br>○ 본 논문은 실제 EOR 공법 중 가장 널리 사용되는 $CO_2$와 DME를 혼합한 용매인 $CO_2$-DME 혼합 용매를 이용한 연구를 진행하였으며 오일 회수 연구를 위한 모델을 개발하였음.<br><br>● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성<br>○ (사회문제 해결) 회수율 증진을 위해 $CO_2$와 DME를 지중에 주입하여 오일 생산성 향상과 동시에 주요 온실가스인 $CO_2$를 용매로 사용한 본 논문은, 경제성과 기후 변화를 동시에 고려한 점에서 교육 연구팀의 비전과 목표인 사회문제 해결에 부합함.<br>○ (글로벌 연구 역량) 고갈 유전의 회수율을 극대화하기 위한 EOR 기술 중 비교적 최신 기술로 평가되는 DME를 이용한 선행연구를 통해 기술 경쟁력을 갖춤.<br><br>● 연구수월성 증진 전략 기여도<br>○ 본 논문은 CMG사의 PVT 시뮬레이션인 Winprop 및 GEM을 이용한 연구로 다음과 같은 국제 공동 연구를 통해 시뮬레이션 활용법을 습득하여 논문 작성에 기여함.<br>- CMG(Computer Modeling Group) Winter Training, 2021.02.15.-19 |

| 연번 | 주저자명 (참여대학원생)<br>● 논문의 창의성・혁신성<br>● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성<br>● 연구수월성 증진 전략 기여도 |
|---|---|
| 2 | [redacted]<br><br>● 논문 제목<br>○ The Efficiency of Large Hole Boring (MSP) Method in the Reduction of Blast-Induced Vibration<br><br>● 논문의 창의성・혁신성<br>○ 터널 발파 시 발생하는 진동 및 소음 저감을 위해 주로 사용되는 V-Cut 및 Cylinder-Cut 공법은 심발 부분에 화약이 집중되어 심발 발파로 인한 진동이 상대적으로 증폭되는 경향이 있음.<br>○ 본 연구에서는 직경 250mm 이상의 대구경 무장약공을 사용하는 MSP 공법을 대안으로 제시하며, 시공 데이터를 분석한 결과 MSP 공법을 적용할 경우 기존의 V-Cut 공법에 비해 최대 79%의 진동저감 효과가 발생함을 확인하였고, 최적의 MSP 시공 패턴을 제시함.<br>○ MSP의 진동저감 효과를 분석하여 도심지 및 보안물건에 근접한 지역에서의 발파 시 진동 및 소음 저감 극대화 및 시공 안정성 확보에 기여하였고 구체적인 MSP 시공 패턴을 제시하는 등 터널 건설 시 실질적으로 참고가 가능한 연구를 진행하였음.<br><br>● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성<br>○ 문화재와 같은 보안물건, 도심지, 축사와 같이 발파진동에 민감한 지역에서의 발파작업은 터널 시공 시 예전부터 대두되어 온 문제임. 이를 해결하기 위해 MSP 공법을 제시하였고, 현장에서 적용이 용이하도록 구체적인 MSP 시공 패턴을 제시했다는 점에서 본 교육연구팀 목표인 '우리나라의 산업/사회 문제 해결을 위한 전문가 양성'에 부합함.<br>○ MSP 공법은 발파진동 저감을 위해 국내에서 개발되었으며, 이와 관련한 연구는 해외에서는 수행되지 않고 있음. 아직 활성화되지 않았으나, 발전 가능성이 큰 연구를 선제적으로 수행하여 해외 학술지에 게재했다는 점에서 본 교육연구팀 목표인 '핵심 연구의제를 선도하는 글로벌리더 양성'에 부합함.<br><br>● 연구수월성 증진 전략 기여도<br>○ MSP 시공 현장의 데이터 수집 및 전체 공정을 확인하여 논문 작성에 도움을 주고자 총 4회에 걸쳐 현장방문 교육을 수행했음.<br>- 2020.11.02. 고속도로 제 29호선 세종포천고속도로 안성 구리 11공구 MSP 시공현장 견학<br>- 2020.11.13. 수도권광역급행철도 A노선 민간투자사업 제5공구 MSP 시공현장 견학<br>- 2020.12.20. 수도권광역급행철도 A노선 민간투자사업 제5공구 MSP 시공현장 견학<br>- 2021.01.03. 수도권광역급행철도 A노선 민간투자사업 제5공구 MSP 시공현장 견학 |

## 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, 15건의 학술대회 발표를 통해 최신 연구 동향에 대한 활발한 교류를 유지함.

<표 3-2> 참여대학원생 학술발표 실적(2020.09.01. ~ 2021.08.31.)

| 연번 | 참여대학원생 (발표자) | 논문 제목 | 학술대회명 | 발표 연도 | 개최국가 | 수상 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | [redacted] | Effect of Al2O3 nanoparticle on microalgal degradation of sulfonamide. | 한국청정기술학회 | 2020 | 대한민국 | |
| 2 | [redacted] | Adsorption and desorption characteristics of surfactant onto soil according to soil properties. | 한국청정기술학회 | 2020 | 대한민국 | O |
| 3 | [redacted] | Determining optimal utilization conditions of fat, oil and grease(FOG) in anaerobic co-digestion through acclimatization with microbial metagenomics analysis. | 한국청정기술학회 | 2020 | 대한민국 | |
| 4 | [redacted] | Phyto-degradation of emerging contaminants from secondary wastewater using Iris Pseudacorus. | 한국청정기술학회 | 2020 | 대한민국 | |
| 5 | [redacted] | Energy-efficient microwave pretreatment and fermentation of microalgae to improve biofuels production. | 한국청정기술학회 | 2020 | 대한민국 | |
| 6 | [redacted] | 불순물이 최소혼화압력 및 CO2-EOR 거동에 미치는 영향 | 추계자원연합 학술대회 | 2020 | 대한민국 | |
| 7 | [redacted] | 디메틸에테르를 활용한 셰일 저류층 내 컨덴세이트 뱅킹 제거 연구 | 추계자원연합 학술대회 | 2020 | 대한민국 | |
| 8 | [redacted] | Energy-saving pretreatment and fermentation of microalgal strains to improve biofuels production. | 한국청정기술학회 | 2021 | 대한민국 | Invited Speaker |
| 9 | [redacted] | Standardization of surfactant mediated washing of contaminated soil. | 한국청정기술학회 | 2021 | 대한민국 | O |
| 10 | [redacted] | The effect of Aluminum Oxide Nanoparticle on freshwater microalga. | 한국청정기술학회 | 2021 | 대한민국 | O |
| 11 | [redacted] | Dynamic box method of aquifer injection to improve particle transfer effect. | 한국청정기술학회 | 2021 | 대한민국 | |
| 12 | [redacted] | 팽창성 암반에 수직구 건설 시 콘크리트 라이닝 시공시기에 따른 라이닝 안정성 평가에 대한 연구 | 한국암반공학회 봄학술발표회 | 2021 | 대한민국 | |
| 13 | [redacted] | 지하공간의 hydraulic-mechanical coupling을 이용한 지하공간 안정성 평가에 대한 연구 | 한국암반공학회 봄학술발표회 | 2021 | 대한민국 | |
| 14 | [redacted] | 포집 CO2 내 불순물이 EOR 및 CO2 지중저장에 미치는 영향 | 추계자원연합 학술대회 | 2021 | 대한민국 | O |
| 15 | [redacted] | 디메틸에테르-이산화탄소 혼합 솔벤트를 활용한 오일 회수 증진 모델링 | 추계자원연합 학술대회 | 2021 | 대한민국 | |

### 3.2.2 교육연구단 참여대학원생 학술대회 대표실적

| 연번 | 발표자명<br>(참여대학원생) | 학술대회명 | 발표연도 | 개최국가 |
|---|---|---|---|---|
| | ●학술대회 대표실적의 창의성・혁신성・전공분야 기여도<br>●교육연구팀 목표/비전과의 부합성<br>●연구수월성 증진 전략 기여도 | | | |
| 1 | [redacted] | 2021 한국자원공학회<br>제116회 춘계학술발표회 | 2021 | 대한민국 |

- **연구내용**
  - ㅇ 포집 $CO_2$ 내 불순물이 EOR 및 $CO_2$ 지중저장에 미치는 영향
- **학술대회 대표실적의 창의성・혁신성・전공분야 기여도**
  - ㅇ 다양한 포집원에서 포집한 $CO_2$ 내에 포함된 여러 가지 불순물의 실제 조성을 고려하여 주입 가스와 유체의 혼화도 달성 여부 및 지중 저장 효율성 분석을 진행하였음.
  - ㅇ 불순물의 실제 조성을 고려한 $CO_2$ 혼합물을 저류층 내로 주입하였을 시 오일 회수효율과 지중 저장 효율을 동시에 고려한 창의적 연구임.
  - ㅇ $CO_2$를 활용하여 유전의 생산성 향상 연구뿐만 아니라 지중 내 $CO_2$ 저장 효율성 연구를 통해 온실가스 저감에 기여함.
- **교육연구팀 목표/비전과의 부합성**
  - ㅇ 온실가스 배출 감축은 현재 전 세계적으로 집중하고 있는 기후변화 문제임.
  - ㅇ 본 연구는 $CO_2$ 포집・저장・활용기술인 CCUS (Carbon Capture, Utilization & Storage)에 대한 연구로 온실가스 활용 및 배출 저감에 기여한 연구로, 본 교육연구팀의 목표인 산업/사회 문제 해결을 위한 전문가 양성에 부합함.
- **연구수월성 증진 전략 기여도**
  - ㅇ 경비 및 발표회 참가비를 BK21 사업비로부터 지원을 받아 본 학술대회에 참가하여 발표를 진행하였음. 학술대회에 참가하여 연구자간의 지식 및 정보를 교류하여 연구력을 제고하여 학술 연구 능력을 향상시킬 수 있었음.
  - ㅇ 이를 통해 2021춘계학술발표회 우수논문발표상을 수상하여 전공분야 학습 및 연구 발전에 기여하여 연구수월성을 확보하였음.

| 연번 | 발표자명<br>(참여대학원생) | 학술대회명 | 발표연도 | 개최국가 |
|---|---|---|---|---|
| | ●학술대회 대표실적의 창의성・혁신성・전공분야 기여도<br>●교육연구팀 목표/비전과의 부합성<br>●연구수월성 증진 전략 기여도 | | | |
| 2 | [redacted] | 한국청정기술학회 | 2020 | 대한민국 |

● 연구내용

ㅇ 신규오염물질 친환경 정화공법을 통한 온실가스 저감 및 폐수의 오염 처리의 문제 해결형 복합연구 발표 'Phyto-degradation of emerging contaminants from secondary wastewater using Iris Pseudacorus.'

● 학술대회 대표실적의 창의성・혁신성・전공분야 기여도

ㅇ 본 연구는 산업/사회문제를 유발하는 자연적으로 생분해 되지 않고 독성을 띠며 오래 잔존하는 유기오염물질의 생분해를 시도하기 위한 식물 정화 공법을 적용한 연구로 폐수의 오염물질 처리와 식물을 이용하여 대기 중 온실가스인 이산화탄소 저감을 동시에 성취하는 친환경적이고 창의적인 융합형 연구임.

ㅇ 본 연구과정에서 검증한 식물정화공법을 셰일가스 및 유전 개발현장의 폐수 처리 공법으로 적용할 경우 방대한 양의 용수 재사용 및 배출수의 재처리에 대한 수질 정화 문제를 해결 가능한 혁신적인 연구이며 개발도상국을 대상으로 하여 실제 대규모의 실증연구를 진행하였고 사회적 문제 해결에 기여할 수 있음을 증명함.

● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성

ㅇ 해당 학술대회의 발표 논문 내용 중 온실가스 감축은 파리협정( '15)에 의거한 30년까지 이산화탄소의 배출전망치(BAU)의 30%를 감축해야하는 우리나라의 주요 연구 분야로 본 교육연구팀의 5대 중점분야 중 하나이기도 하며 참여대학원생이 연구 및 발표를 수행함으로써 우리나라의 산업/사회 문제 해결을 위한 전문가를 양성하려는 본 교육연구팀의 목표를 실현함.

ㅇ 참여한 학술대회에서 해당 연구결과를 참여대학원생이 영문으로 발표하여 저명한 학자들과의 활발하고 진보적인 연구교류를 하였으며 핵심 연구의제를 선도하는 글로벌 리더 양성의 가치 실현과 정합함.

ㅇ 본 교육연구팀은 발전 산업의 이산화탄소 및 폐수 처리문제 해결에 친환경적인 공법의 이용을 통해 기여하였으며, 나아가 국가 온실가스 감축 및 신시장 창출에 이바지함.

● 연구수월성 증진 전략 기여도

ㅇ 본 교육연구팀이 주관한 세미나의 초청연사와 지속적인 연구교류를 통해 도출한 연구결과물로 해당 학술대회에서 발표함으로써 연구의 수월성이 증진됨을 알 수 있음.

ㅇ 발표자는 영어에 능통할 뿐만 아니라 자원공학의 전문성을 반영한 영어논문 작성법 수업을 수강함으로써 해당 분야의 연구논문의 전문성을 전달하는데 수월성을 지님.

ㅇ 해당 분야의 전문가들과 영어를 이용한 질의 및 응답을 통해 국제적인 네트워크를 확장하고 후속으로 해당 연구에 대한 교류를 확대하여 질적으로 향상된 연구의 수월성을 확보함.

| 연번 | 발표자명<br>(참여대학원생) | 학술대회명 | 발표연도 | 개최국가 |
|---|---|---|---|---|
| | ●학술대회 대표실적의 창의성・혁신성・전공분야 기여도<br>●교육연구팀 목표/비전과의 부합성<br>●연구수월성 증진 전략 기여도 | | | |
| 3 | [redacted] | 2021년도<br>한국암반공학회<br>봄학술발표회 | 2021 | 대한민국 |

● 연구내용

○ 지하공간의 Hydraulic-Mechanical Coupling을 이용한 지하공간 안정성 평가에 대한 연구

● 학술대회 대표실적의 창의성・혁신성・전공분야 기여도

○ 지하공간의 안정성은 굴착에 따른 암반의 구조적인 거동뿐만 아니라 지하수에 의한 수리학적 특성 또한 큰 영향을 미침. 그러나, 수리-역학 연계 해석을 활용한 시공은 국내에서는 아직 많이 활성화되지 않았으며, 수리-역학 연계 해석을 위해서는 이를 지원하는 수치해석 프로그램을 사용해야 함.

○ 본 연구에서는 석유 시추 시 시추공의 안정성을 판단하기 위해 주로 사용되는 Brown and Bray ‘s Method를 활용하여 터널 등의 지하공간 굴착 시 지하수의 수리적인 영향을 복잡한 수치해석 과정 없이 계산할 수 있는 간단한 방법을 제시함.

○ 본 연구는 수리적인 영향을 간편하게 분석할 수 있는 방법을 제공한다는 점에서 지하공간의 안정성 평가 및 예기치 못한 경제적/인명피해 방지에 기여함.

● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성

○ 대부분의 지하공간 사고는 미처 예상치 못한 지반 조건이 나타날 때 발생하며, 이를 유발하는 대표적인 원인은 바로 지하수로 인한 지반의 수리적인 특성에 대한 평가가 미비하기 때문임. 이에 대한 해결책을 제안한다는 점에서 교육연구팀의 목표인 ‘우리나라의 산업/사회 문제 해결을 위한 전문가 양성’에 부합함.

○ 석유 시추 분야와 터널 등의 지하공간 개발 분야는 둘 다 지반 구조물에 대해 다룬다는 점에서 공통점이 있음에도 불구하고, 국내에서는 아직 두 분야 간 교류가 활발하게 이루어지지 않고 있음. 두 분야 간 융합을 시도했다는 점에서 본 교육연구팀의 목표인 ‘융합형 연구를 선도할 협응형 리더 양성’에 부합함.

● 연구수월성 증진 전략 기여도

○ 발표자는 2021년 1학기 IC-PBL+ 수업인 터널설계특론을 수강하였으며, 자신의 세부전공인 암석역학/지하공간 관련 수업 뿐만이 아닌 비전통자원 분야의 융합전공과목인 석유생산공학특론 수업을 수강하였음. 이는 지하공간 개발 산업이 당면하고 있는 문제점들에 대해 파악하고, 서로 다른 두 분야의 전공 지식에 대한 융합을 촉진하는 원동력이 됨.

○ 학술발표회를 위한 경비, 발표회 참가비, 숙박비를 BK 사업비에서 지원하여 학술발표에 대한 경제적인 부담을 경감시켰으며, 2020년도 2학기부터 2021년도 1학기까지 월평균 80만원 이상의 금액을 지원하여 연구에 전념할 수 있는 환경을 조성하였음.

## 3.3 참여대학원생 특허, 기술이전 실적의 우수성

### 3.3.1 교육연구단 참여대학원생 특허 실적

- 본 교육연구팀은 스마트자원개발 분야의 강의 운영 및 다양한 현장방문 교육을 통해 연구의 질적 우수성을 제고했으며, 그 결과 1차년도 기간 동안 아래와 같이 국내 특허 출원 3건, 등록 3건 및 기술이전 1건의 실적을 확보함.

<표 3-3> 참여대학원생 특허 출원 및 등록 실적(2020.09.01. ~ 2021.08.31.)

| 등록/출원 일자 | 국내/국외 | 출원/등록 | 등록/출원 번호 | 발명의 명칭 | 등록인 | 발명인 수 | 발명인 중 참여대학원생 수 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20.09.07 | 국내 | 출원 | 10-2020-0114051 | 미세조류를 이용한 바이오연료 생산 방법 | 한양대학교 산학협력단 | 4 | 2 |
| 20.11.20 | 국내 | 등록 | 10-2183346 | 천공 데이터 분석 시스템 및 그의 분석방법 | 한양대학교 산학협력단 | 6 | 3 |
| 21.01.27 | 국내 | 등록 | 10-2211129 | 굴착면 내부의 지반 상태 정보를 획득하는 스마트 선대구경 천공장치 | ㈜성진이엔씨. 한양대학교 산학협력단 | 7 | 3 |
| 21.04.08 | 국내 | 출원 | 10-2021-0046105 | 나노여과막 시스템을 이용한 몰리브데이트 용액 농축 방법 | 한양대학교 산학협력단 | 4 | 1 |
| 21.05.25 | 국내 | 등록 | 10-2258271 | 천공 경로 탐색 장치 및 이를 이용한 천공 경로 탐색 방법 | 한양대학교 산학협력단 | 8 | 4 |
| 21.05.31 | 국내 | 출원 | 10-2021-0070041 | 인공지능을 활용한 장거리 천공장비의 현장 상황별 최적세팅 산정기법 | 한양대학교 산학협력단 | 4 | 3 |

### 3.3.2 교육연구단 참여대학원생 대표 특허 실적의 우수성

* : 참여 대학원생 및 참여교수

| 연번 | 발명자 | 출원인 | 등록일 | 국가 |
|---|---|---|---|---|
| | ● 특허의 창의성・혁신성・지역/산업체 기여도<br>● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성<br>● 연구수월성 증진 전략 기여도 | | | |
| 1 | [redacted] | 주식회사 성진이엔씨, 한양대학교 산학협력단 | 2020.11.20 | 대한민국 |

● 특허 내용

- ㅇ 천공 데이터 분석 시스템 및 그의 분석 방법

● 특허의 창의성・혁신성・지역/산업체 기여도

- ㅇ 터널 설계 시 지표조사 또는 시추조사 등에서 얻어진 대략적인 정보에 의해 지질 상태를 예측할 수밖에 없으며 따라서 시공 도중 종종 설계 전에 예측하지 못했던 지질 상태에 마주하게 됨. 적절하고 신속한 현장 대응이 수행되지 않을 경우, 터널 막장의 붕괴 및 낙반 등으로 막대한 인명 및 재산상의 손실로 이어질 수 있음.
- ㅇ 본 교육연구팀에서는 위와 같은 문제점을 극복하고자 직경 250mm 이상의 대구경을 터널 막장면 전방 30m ~ 50m 이상 천공하는 MSP 공법과 연계하여 막장 전방에 대한 지질정보를 확보하기 위한 연구를 수행하였으며, 연구결과로 특허등록을 완료함.
- ㅇ 본 특허는 발파진동 및 소음 저감을 위해 사용되는 MSP 공법과 연계하여 전방지질에 대한 정보를 선제적으로 확보한다는 점에서 친환경적이며 효율적인 지하 공간 개발 및 안전 저해요소 사전 예방에 기여함.

● 교육연구팀 목표/비전과의 부합성

- ㅇ 본 특허는 기존에 발파진동 저감을 위해서만 사용되던 MSP 공법을 활용하여 산업계에 존재하던 다른 문제에 대한 해결책을 제시한다는 점에서 본 교육연구팀의 목표인 '융합형 연구를 선도할 협응형 리더 양성'과 부합함.
- ㅇ 터널 시공 도중 종종 설계 전에 예측하지 못했던 지질 상태에 마주하게 되며 이는 곧 상당한 경제적 손실 및 인명피해로 이어질 수 있음. 본 특허는 신뢰 가능한 전방지질에 대한 정보를 확보하는 방법을 제시한다는 점에서 본 교육연구팀의 목표인 '우리나라의 산업/사회 문제 해결을 위한 전문가 양성'과 부합함.

● 연구수월성 증진 전략 기여도

- ㅇ 스마트자원개발 분야의 신산업교과목인 불연속암반공학특론을 2020년 2학기에 개설하였으며, 해당 강의는 발명자인 [redacted] 교수가 강의를 하고, [redacted] 학생이 수강하였음. 해당 강의를 통해 MSP 공법을 활용하여 지질 상태에 대한 정보를 획득하는 방법에 대한 다양한 의견을 토의 및 수렴할 수 있었으며, 연구개발의 원동력이 됨.

### 3.3.3 교육연구단 참여대학원생 기술이전 실적

- 본 교육연구팀 참여학생들의 1차년도 기술이전 건수는 1건으로 다음과 같음

〈표 3-4〉 참여대학원생 기술이전 실적(2020.09.01. ~ 2021.08.31.)

| 연도 | 기술내역 | 산업체명 | 지역 | 계약 또는 기술이전 형태 | 기술료 입금일 | 기술료 수입액 | 참여 대학원생 수 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2021 | ‘하수 슬러지와 지방, 기술 및 그리스의 협기성 병합소화를 위한 협기성 미생물 균주군 확보 방법’ 특허양수도계약 | ㈜골든 엔지니어링 | 서울 | 양도 | 2021. 03.22 | 22,000,000 | 1 |

### 3.3.4 교육연구단 참여대학원생 대표 기술이전 실적의 우수성

| 연번 | 참여대학원생 이름 | 구분 | 산업체명 | 계약기간 |
|---|---|---|---|---|
| | ●기술이전의 창의성・혁신성<br>●교육연구팀 목표/비전과의 부합성<br>●연구수월성 증진 전략 기여도<br>●지역/산업체 기여도 | | | |
| 1 | [redacted] | 기술이전 | ㈜골든엔지니어링 | 2021.03.16 |

**●기술이전 내용**

- ’하수 슬러지와 지방, 기름 및 그리스의 협기성 병합소화를 위한 협기성 미생물 균주군 확보 방법’ 특허양수도계약

**●기술이전의 창의성・혁신성**

- 본 기술 내용은 바이오에너지를 효율적으로 확보하기 위한 미생물 균주군 확보방법에 대한 특허를 이전한 것으로 실제 산업현장에 적용할 경우 지역산업의 폐기물 처리 및 바이오에너지 생산에서 제한되었던 문제들을 혁신적으로 해결할 수 있음.
- 하수 슬러지와 지방, 기름 및 그리스의 병합소화공정에서 복잡한 미생물 군집 기능에 대해 더 나은 이해를 제공하여 실제 산업에 적용할 수 있는 혁신적인 기술을 이전하였음.

**●교육연구팀 목표/비전과의 부합성**

- 기술이전에 참여한 대학원생은 학문적으로 고도화된 생물학적 정보 분석기술을 연구 및 적용하여 본 교육연구팀의 4차 산업혁명에 대응하는 융합형 연구를 선도하는 협응형 리더 양성 목표를 실현함.
- 참여대학원생은 해당 기술의 도출을 위해 산학연 연계한 대규모의 현장중심형 실증 연구를 수행하여 관련 산업/사회 문제 해결을 통하여 공동체 구성원으로서의 소임을 다하는 사회 책임형 리더 양성 목표에 정합함.

**●연구수월성 증진 전략 기여도**

- 해당 기술이전의 연구 결과 도출을 위해 대학원생을 대상으로 한 산업문제 밀착형 현장방문 교육이 이뤄졌으며 연구를 수행하는 대학원생의 현장 이해도를 증진시켜 후속 연구의 수월성을 확보함.
- 우수 연구실적 장려를 통해 기술이전 실적을 확보하였으며 국제 네트워크를 이용한 교류를 통하여 중국의 Lanzhou University의 연구진과 공동으로 연구를 수행하여 국제적인 기술력을 확보하고 질적으로 우수한 성과를 보이며 향후 연구의 수월성을 확보하였음.

**●지역/산업체 기여도**

- 해당 기술은 ㈜GS건설, ㈜티지이앤이 등의 기업체와 산학협력 연구하여 국내 지자체 하수처리 시설 내에 3톤/일 급 Pilot plant를 성공적으로 실증 운영하여 산업현장의 문제 해결에 기여할 수 있는 탁월성을 확보하였음.

## 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 1차년도 기간 동안 4개의 국내 기업과의 MOU를 체결하였으며, 향후 해외기관과의 MOU를 신규 채결하여 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 프로그램의 신설을 논의 중임.

### 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 RA/TA 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 의무화하였음.
- 대학원생들의 연구역량 및 전문성 강화를 위하여 아래와 같은 학술활동 관련 내용을 졸업여건에 의무화하여 반영하였으며, BK 교육연구팀 자체 운영규정에 명시(2021.04.30.)하여 지속적인 관리 중임.
  - 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 추가 확보

- 1차년도 BK21 FOUR 사업에 참여한 신진연구인력은 총 4명으로, 명단은 다음과 같음.

<표 4-1> BK 사업 참여 신진연구인력 명단(2020.09.01. ~ 2021.08.31.)

| 구분 | 성명 | 국적 | 현황 (2021.08 기준) |
|---|---|---|---|
| 연구교수 | [redacted] | 한국 | 참여 |
| 박사후연구원 | [redacted] | 인도 | 참여 |
| 박사후연구원 | [redacted] | 인도 | 종료 |
| 박사후연구원 | [redacted] | 인도 | 종료 |

- 2021.08 기준 본 교육 연구팀이 확보한 참여 신진연구인력은 2명으로 사업 진입 당시 계획한 채용 목표인원(2명)을 지속적으로 확보하기 위해 노력하였음. 특히 1차년도 기간동안 총 3명의 공학박사 출신의 우수한 외국인 신진연구인력을 참여시켰으며, 이러한 신진연구인력의 지속적인 피드백을 통해 본 교육연구팀의 교육 프로그램 구성 시 다양한 국제 트렌드를 반영하여 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

| | |
|---|---|
| [redacted] 박사 | BK 월평균 300만원 지원, 국토교통부 정부연구과제 (터널 6개항목 설계자동화를 위한 인공지능 모델 개발)를 통해 연구비 수주 1:1 매칭펀드 지원 |
| [redacted] | 학문균형발전(창의・도전연구기반지원) 사업을 통해 연구비 수주 1:1 매칭펀드 지원 |
| [redacted] | 교내과제 (한양 MEB 연구센터 지원 사업) 및 중견연구자 지원사업을 통해 연구비 수주 1:1 매칭펀드 지원 |
| [redacted] | 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.
  - 2020-2학기, 김양균 박사, 발파설계특론 과목 운영
  - 2022-1학기, 김양균 박사, 인공지능의 암반공학에의 적용 개설 예정
- 향후 개설되는 IC-PBL+s, 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

| 구 분 | 이름 | 학생 |
|---|---|---|
| 연구교수 | [redacted] | [redacted] |
| 박사후연구원 | [redacted] | [redacted] |
| 박사후연구원 | [redacted] | [redacted] |
| 박사후연구원 | [redacted] | [redacted] |

- 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 70건(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 3건임.

<표 4-4> BK 사업 참여 신진연구인력 논문 게재 실적

| 연번 | 주저자 (신진연구 인력) | 논문 제목 | 학술지명 | IF | 게재 년월 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | [redacted] | Sustainable production and purification of succinic acid: A review of membrane-integrated green approach | JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION | 6.395 | 2020.12 |
| 2 | [redacted] | Microbial Symbiosis: A network towards Biomethanation | TRENDS IN MICROBIOLOGY | 11.974 | 2020.12 |
| 3 | [redacted] | Anaerobic co-digester microbiome during food waste valorization reveals Methanosaeta mediated methanogenesis with improved carbohydrate and lipid metabolism | BIORESOURCE TECHNOLOGY | 6.669 | 2021.07 |

### 2) 참여 신진연구인력 학회발표 실적

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

<표 4-5> BK 사업 참여 신진연구인력 학술발표 실적

| 연번 | 주저자 (신진연구 인력) | 논문 제목 | 학술대회명 | 발표 연도 | 개최 국가 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | [redacted] | Metagenomic analysis of anaerobic co-digestion revealed enhanced carbohydrate and lipid metabolism of food waste and sewage sludge substrates | 한국청정기술학회 | 2020 | 대한민국 |
| 2 | [redacted] | Microbiota facilitated greater methanation in anaerobic digestion of slaughterhouse waste. | 한국청정기술학회 | 2020 | 대한민국 |

## 5. 참여교수의 교육역량 대표실적

| 연번 | 참여교수명 | 연구자등록번호 | 세부전공분야 | 대학원 교육관련 대표실적물 | DOI번호/ISBN /인터넷 주소 등 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성 | | | | |
| 1 | [redacted] | 11820025 | 터널설계특론 | IC-PBL+ | - |
| | 교육연구팀의 [redacted] 교수는 2021년 1학기 터널설계특론 과목에 IC-PBL+를 접목시켜 강의를 진행함. 해당 수업에서는 운행중인 지하철 라인에 인접한 지하 3층, 지상 10층 콘크리트 건물의 개발 시 건물의 굴착 및 건축에 따른 응력의 이완 및 추가하중으로 인한 수평 변위, 지반 융기 및 침하가 우려되는 "A 현장"의 시공안정성 평가를 중점으로 강의를 진행하였으며, 실제 산업체에서 제공된 현장자료를 제공하고 각 학습자들이 협업, 토론 할 수 있는 환경을 제공하여 학생 스스로가 실제 산업에서 발생한 문제를 해결할 수 있도록 지도함.<br>강의평가 최종점수는 94점이며, 학생들로부터 아래와 같이 긍정적인 피드백을 받았음.<br>● 수업 시간에 배운 내용들이 현장에서 어떻게 적용되는지 배울 수 있어 유익했음.<br>● 실제 현장의 데이터가 제공되어 확인할 수 있었던 점이 좋았음.<br>● 이론에 그치지 않고 그것을 활용하여 문제를 직접 해결하는 과정을 경험할 수 있어 좋았음. | | | | |
| 2 | [redacted] | 10103603 | 석유/가스 /지하유체 공학 | 저서 | ISBN, 9791162571545 |
| | 교육연구팀의 [redacted] 교수는 시추 및 석유회수증진기술 분야의 전문가로서 활발한 연구 활동을 통해 관련 분야의 저서를 꾸준히 집필하였음. 또한 국내 출판사인 구미서관에서 시추공학 저서를 집필하여 자원공학도가 반드시 알아야 할 시추의 기본 개념과 실제 적용기술들을 정리하였음. 본 저서는 시추공학 분야의 입문서로서 활용될 뿐만 아니라 학술적 이론과 함께 다양한 연습문제를 포함한 학술서로 실제 학생들의 교육 자료로 활용되고 있음. 강의평가에 따르면 본 저서에 포함된 이론 및 연습문제를 활용하여 전공 이해도를 크게 높일 수 있다는 평가를 받았음. (한양대학교 2021-1학기 시추공학 수업 저서) | | | | |
| 3 | [redacted] | 10084993 | 유기성폐기물처리 | 영어전용강좌 /프로그램 구축 | - |
| | 교육연구팀의 [redacted] 교수는 폐수의 처리 등에 대한 학문적으로 필수요건인 지하수오염학 특론 강의에서 학습자 중심 교육으로의 전환을 위해 영어전용강좌를 개설하여 학생들의 글로벌 역량 함양과 교육의 국제화에 기여하였음. 본 강의의 학습자인 대학원생의 만족도 측면에서 강의평가 100점, 코로나로 어려운 환경임에도 적극적인 소통으로 최선을 다하였다는 평가를 받았음.<br>뿐만 아니라 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 추진하였음. | | | | |

# 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 60%(3/5) 달성함.
- 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.) 이후 졸업자(2021년도 1학기 졸업생)의 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 해외학자 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 | [redacted] | [redacted] |
| 신진연구인력 | [redacted] | [redacted] |
| 신진연구인력 | [redacted] | [redacted] |
| 신진연구인력 | [redacted] | [redacted] |
| 신진연구인력 | [redacted] | [redacted] |
| 신진연구인력 | [redacted] | [redacted] |
| 신진연구인력 | [redacted] | [redacted] |
| 신진연구인력 | [redacted] | [redacted] |
| 신진연구인력 | [redacted] | [redacted] |
| 외국인 학생 | [redacted] | [redacted] |
| 외국인 학생 | [redacted] | [redacted] |
| 외국인 학생 | [redacted] | [redacted] |

#### 4) 장·단기 해외 프로그램 지원을 통한 국제적 연구능력 함양

- 2021년도 2월 참여대학원생 2명이 캐나다 소재 CMG사(Computer Modeling Group)의 소프트웨어 연구 및 교육 프로그램(Modelling of SAGD and Advanced Wellbore Modeling) 참여하는 등의 해외 프로그램 참가를 지원함.
- 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

- 최근 1년간 본 교육연구팀 참여교수 중 외국인 전임교수 비율은 1명/4명임.(2020.10.01. 기준)
- 학과 내 배정할 수 있는 교수 인원의 한계 및 COVID-19로 인해 추가적인 외국인 교수 유치에 어려움을 겪고 있음. 이에 대안으로 신진연구인력 중 외국인 신진연구인력의 비율을 50% 이상으로 유지할 계획임.

#### 2) 해외학자 지원 및 연구환경 보장

- 최근 1년간 참여교수 연구실에 소속된 외국인 신진연구인력 4명을 추가 임용하였음.(박사 후 연구원 4명, [redacted](인도), [redacted](인도), [redacted](인도), [redacted](인도))
- 해외 우수 신진연구자 지원 시스템을 구축하여 안정적인 연구 환경 조성을 위해 신진연구인력 3명에게 주거비([redacted]) 및 사택([redacted], [redacted])을 제공하였음.

- 이러한 우수한 외국인 인력 확보를 기반으로 한 국제 공동연구를 통해 최근 1년간(2020.09. ~ 2021.08.) 참여교수 연구실에 소속된 외국인 신진연구인력이 주저자인 SCIE급 논문을 총 7건 게재하였으며, 공동저자인 논문까지 고려할 경우 총 13건의 SCIE급 논문을 게재하는 등 우수한 국제적 학술 실적을 달성하였음.

<표 6-2> 외국인 신진연구인력 논문 게재 실적(2020.09.01. ~ 2021.08.31)

| 연번 | 신진연구 인력 (주저자) | 논문 제목 | 학술지명 | IF | 게재 년월 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | [redacted] (주저자) | Rapid recovery of methane yield in organic overloaded-failed anaerobic digesters through bioaugmentation with acclimatized microbial consortium | SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT | 5.589 | 2021.04 |
| 2 | [redacted] (주저자) | Editorial: Microbiotechnology Tools for Wastewater Cleanup and Organic Solids Reduction | FRONTIERS IN MICROBIOLOGY | 4.259 | 2021.02 |
| 3 | [redacted] (주저자) | Sustainable production and purification of succinic acid: A review of membrane-integrated green approach | JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION | 6.395 | 2020.12 |
| 4 | [redacted] (주저자) | Microbial Symbiosis: A network towards Biomethanation | TRENDS IN MICROBIOLOGY | 11.974 | 2020.12 |
| 5 | [redacted] (주저자) | Dark fermentative hydrogen production from pretreated lignocellulosic biomass: Effects of inhibitory byproducts and recent trends in mitigation strategies | RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS | 10.556 | 2020.12 |
| 6 | [redacted] (주저자) | Anaerobic co-digester microbiome during food waste valorization reveals Methanosaeta mediated methanogenesis with improved carbohydrate and lipid metabolism | BIORESOURCE TECHNOLOGY | 6.669 | 2021.07 |
| 7 | [redacted] (주저자) | Phytoremediation as a green biotechnology tool for emerging environmental pollution: A step forward towards sustainable rehabilitation of the environment | CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL | 8.335 | 2021.07 |
| 8 | [redacted] (공동저자) | Water condition in biotrickling filtration for the efficient removal of gaseous contaminants | CRITICAL REVIEWS IN BIOTECHNOLOGY | 7.054 | 2021.06 |
| 9 | [redacted] (공동저자) | Unravelling metabolism and microbial community of a phytobed co-planted with Typha angustifolia and Ipomoea aquatica for biodegradation of doxylamine from wastewater | JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS | 7.65 | 2021.01 |
| 10 | [redacted] (공동저자) | Doxorubicin-Conjugated Innovative 16-mer DNA Aptamer-Based Annexin A1 Targeted Anti-Cancer Drug Delivery | MOLECULAR THERAPY-NUCLEIC ACIDS | 5.919 | 2020.09 |
| 11 | [redacted] (공동저자) | Solar light sensitive hybrid Ce4+/3+ doped perovskite magnesium zirconate nano cubes for photocatalytic hydrogen evolution and organic pollutant degradation in water | Journal of Environmental Chemical Engineering | 5.909 | 2021.08 |
| 12 | [redacted] (공동저자) | Dual-stage pulse-feed operation enhanced methanation of lipidic waste during co-digestion using acclimatized consortia | RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS | 10.556 | 2021.07 |
| 13 | [redacted] (공동저자) | N-doped reduced graphene oxide anchored with δTa2O5 for energy and environmental remediation: Efficient light-driven hydrogen evolution and simultaneous degradation of textile dyes | ADVANCED POWDER TECHNOLOGY | 3.25 | 2021.07 |

### 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 3명(박사과정 2명, 석박사 통합과정 1명)이며, 이는 전체 학생 대비 16.7%임.(3명/18명)
- 지난 1년간 평균 외국인 학생 수는 3명으로, 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-E[2] 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 |
|---|---|
| [redacted] | [redacted] |
| [redacted] | [redacted] |
| [redacted] | [redacted] |

- 외국인 학생의 대학원 진학률을 높이기 위해 연구실 인턴 3명을 모집하여 연구 활동 및 졸업논문 작성을 지도하였음.

〈표 6-4〉 외국인 학부생 연구실 인턴활동(졸업논문) 실적

| 연번 | 이름 | 학년 | 지도 기간 | 지도교수 | 졸업논문명 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | [redacted] | 4 | 2021.03 ~ 2021.06 | [redacted] | Economic Feasibility and Demand of Urban Underground Space Development in Highly Congested UrbanArea |
| 2 | [redacted] | 4 | 2021.03 ~ 2021.06 | [redacted] | Economic Feasibility and Demand of Urban Underground Space Development in Highly Congested UrbanArea |
| 3 | [redacted] | 4 | 2021.03 ~ 2021.06 | [redacted] | Economic Feasibility and Demand of Urban Underground Space Development in Highly Congested UrbanArea |

- 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, 향후 미국 5건, 사우디아라비아 1건 등 해외 우수 대학 및 연구기관과 추가 MOU를 체결하는 등 우수 외국인 연구자를 위한 인프라를 확충할 계획임.
- 국제 연구 활성화를 위해 2021년 7월 29일 한양대-길림대-평지아대의 국제 협력 연구 심포지움(HYU-JLU-FCU Joint Symposium [Techniques of New Energy and Environment])을 개최했으며, 본 교육연구팀 소속 학과에서는 전임교수 2명이 참가하여 연구결과 발표 및 정보교류를 통해 연구 정보 및 기술을 교환하였고, 실시간 온라인 중계를 통해 참여 대학원생들이 국제적인 연구 수준 및 동향에 대해 파악할 수 있는 기회를 제공함.
- 국제적 연구역량을 배양하고 국제 공동연구 기회를 마련하기 위해 대학교 국제팀과 연계하여 국제 계절학기 및 관련 학과 탐방 등의 국제교류 프로그램의 신설을 논의 중임.

## 6.2 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

### 6.2.1 참여대학원생 국제공동연구 실적

1) Computer Modeling Group(CMG)과의 국제 공동 연구

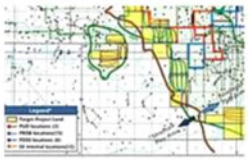
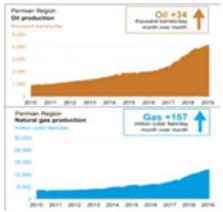
- 본 교육연구팀은 해외 연구그룹 및 연구자와의 지속적인 국제공동연구를 추진하였으며 최근 1년간은 캐나다의 연구그룹과 공동연구를 진행하였음.
  - Computer Modeling Group(CMG)과의 국제 공동 연구 : 대표적인 저류층 시뮬레이션 기술 개발 기업인 CMG에서는 자체적으로 연구 프로그램을 진행 중에 있으며, 본 교육연구팀 참여학생인 이영우, 이혜승 학생이 2021.02.15. - 2021.02.19. 소프트웨어 연구 및 교육 프로그램(Modelling of SAGD and Advanced Wellbore Modeling)에 참여하여 SAGD 및 Wellbore 모델에 대한 Builder 사용법을 연구하였음.

### 6.2.2 참여대학원생 국제공동연구 향후 계획

1) 향후 4건의 국제 공동연구를 계획 중임.

- 본 교육연구팀은 기존 계획한 5건의 국제공동연구 계획 중 1건(Computer Modeling Group(CMG))을 달성하였으며 향후 아래와 같은 4건의 국제공동연구를 추진 및 SCIE 논문을 게재할 계획임.

<표 6-5> 외국인 학부생 연구실 인턴활동(졸업논문) 실적

| 연번 | 연구내용 및 기타사항 | |
|---|---|---|
| 1 | 상대국 / 소속기관 : 캐나다 / MKS Investment Ltd. | |
| | ● MKS Investment Ltd. 보유 유가스전 현장교육 계획<br>● 현장 자료 기반 유가스전 평가/분석 IC-PBL+ 교육<br>● 문상호 대표 초청강연을 통한 학생들 전문성 증진 |  |
| 2 | 상대국 / 소속기관 : 미국 / New Mexico Tech, Strata Production Company | |
| | ● 비전통 유가스전의 비중이 매우 높은 Permian 분지는 인공지능/딥러닝 등 스마트자원개발과의 융합적 접근 기법이 활발하게 적용되고 있음<br>● 뉴멕시코 공대와 스트라타 사와 MOU 체결<br>● 공동연구 지속 유지, 퍼미안 분지 유가스전 현장교육 및 연 1회 워크샵 개최 |  |
| 3 | 상대국 / 소속기관 : 우즈베키스탄 / Institute of Mineral Resources | |
| | ● ICT/IoT 기반 빅데이터/인공지능 기술을 활용한 최적화된 고효율 지능형 공정 기술 개발 연구<br>● 파일럿 플랜트인 Almalyk 광산 운용 현장교육 | |
| 4 | 상대국 / 소속기관 : 다국적 / Ove Arup & Partners(OAP) | |
| | ● 글로벌 종합 엔지니어링 사 OAP는 런던, 뉴욕, 홍콩 등 전 세계적으로 오피스 보유(기본 근무 언어 : 영어)<br>● 매년 교육연구팀장인 [redacted] 교수에게 인턴 후 정직 전환 또는 인턴 수행 학생 요청<br>● 학생들의 현장실무 역량강화, 글로벌 인재 양성을 위한 인턴제도 적극 활용 | ARUP |

# Ⅲ 연구역량 영역

## □ 연구역량 대표 우수성과

- **연구비 수주실적**
  - 본 교육연구팀은 최근 1년간 참여교수 1인당 14억 원의 연구비를 수주하였으며 이는 최근 3년간 수주한 연구비 11억 원보다 높음. BK21 Four사업의 비전과 목표인 융합형, 현장중심형, 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, 특허, 기술이전, 저작권 등록, 시제품 제작, 저서 집필 등의 뛰어난 실적을 달성함으로써 양적, 질적으로 우수한 연구역량을 보였음.
  - 본 교육연구팀의 참여교수진은 최근 1년간 46건의 SCI 논문을 게재하였으며 이 중 Q1 저널의 비중은 81.58%를 차지하였음. 이는 참여교수진이 각 분야에서 저명한 저널에 우수 논문을 게재함으로써 과학기술을 선도하고 있음을 나타냄.
  - 본 교육연구팀의 참여교수진은 연구과제 수주를 통해 최근 1년간 논문 실적뿐만 아니라 등록특허 3건, 저작권 등록 4건, 저서 집필 1건 등 실질적인 산업/사회/과학기술 문제 해결에 기여할 수 있는 연구성과를 달성하였음.
- **산업/사회 기여 연구 활동 및 연구 성과**
  - 본 교육연구팀의 [redacted] 교수는 지난 연구의 후속연구로 최근 1년간 다수의 터널 시공현장에 탐사장비를 도입하여 시공업체에 탐사 데이터를 제공함으로써 시공 안정성에 기여하였으며, 이 연구 성과를 통해 시간과 비용을 절감하여 산업/사회에 기여할 수 있는 시제품을 개발하였음.
  - 본 교육연구팀의 [redacted] 교수는 CO2 지중저장 기술을 이용해 온실가스 감축에 기여하며 2030년까지 온실가스의 37% 감축을 목표로 하는 정부의 '기후변화 기본계획'에 지속적으로 기여하는 연구를 수행해오고 있으며 이를 저서로 집필하고 번역본을 집필하여 후속연구를 위한 산업/사회 문제 해결형의 인재 양성에 기여하고 있음.
  - 본 교육연구팀의 [redacted] 교수는 사회적으로 문제되는 유분 폐기물의 부피 감소에 기여하고, 산업체에서 생태학적으로 안정적이고 지속 가능한 바이오 가스 생산할 수 있는 기술을 연구하고 이를 실제 산업체에 기술이전한 연구성과를 달성하였음.
- **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 확약서를 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 15개 국가, 37개 연구기관과 공동연구를 수행하여 26건의 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(2020.9.1.-2021.8.31.) 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 | 5,865,042 | |
| 산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액 | 57,900 | 21,120 | |
| 해외기관 연구비 수주 총 (환산) 입금액 | 0 | 3,533 | |
| 참여교수 수 | 4 | 4 | |
| 1인당 총 연구비 수주액 | 1,157,112 | 1,472,423 | |

## 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 11.92로 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 81.58%, JCR 기준 상위 3% 저널 비중은 18.42%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 2021년 최초로 QS 대학평가 51-60위권에 진입하였음.
  - 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, 2021년 4월 기준 교육연구팀 교수진의 평균 H-index는 10.7을 달성하였음.

#### 3) 참여교수의 연구실적

- 본 교육연구팀은 석유/가스개발, 바이오에너지, 스마트자원/지하공간개발, 오염물질 제거 및 환경복원 관련 전문가 등으로 구성되어 있으며 참여교수는 논문, 특허, 기술이전, 시제품 제작, 저서 등의 업적을 보유함.
- [redacted] 교수는 자원 및 지하공간의 시공 안전을 위한 막장전방 지질탐사장비 시제품 개발 연구를 통하여 최근 1년간 3건의 특허 등록, 3건의 SCI 논문 게재, 4건의 저작권 등록 및 1건의 시제품 제작 등 산업에 기여하는 우수한 연구 성과를 달성하였음. 특히 막장전방 지질탐사장비 시제품 개발을 통하여 사회/산업 문제 해결에 기여한 사례임.

- [redacted] 교수는 최근 1년간 SCI논문 총 31건을 저명한 학술지에 게재하였으며, 기술이전 1건을 달성하였음. 게재한 논문의 저널 중 Q1의 비중은 89.7%에 달하여 질적으로 매우 우수한 연구력을 보이고 있음. 대표적으로 저널 TRENDS IN MICROBIOLOGY (IF: 17.079, Q1 등급, 상위 2.36%)에 바이오가스의 효율적인 생산에 대한 미생물 군집의 종간 공생의 의미에 대한 종설논문을 게재하여 우수한 연구력을 보였음.
- [redacted] 교수는 기후변화 대응형 경제성을 확보한 Carbon Capture Utilization and Storage (CCUS) 기법 연구를 통하여 최근 4건의 SCI 논문 게재, 저서 1건 집필, 1건의 번역본 출판을 하였음. 특히 해당 분야의 최저명저서인 Handbook of Biodiesel and Petrodiesel Fuels: Science, Technology, Health, and Environment에 집필함으로써 우수한 연구 실적을 달성하였음.
- [redacted] 2020년 2학기 사업 참여 당시 8건의 SCI 논문을 게재하였으며 오염물질 제거 및 환경복원 관련 분야의 저명한 전문가로써 대표적으로 폐수 오염물질의 공동식재한 식물층의 신진대사 및 미생물의 군집 규명에 대한 연구논문을 저명 학술지인 JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS (IF: 7.650, Q1 등급, 상위 3.65%)에 게재하였음.

### 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 2021년 51-60위권으로 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(최근 1년, 2020.9.1.-2021.8.31.)

| 연번 | 대표연구업적물 설명 |
|---|---|
| 1 | ● [redacted] 교수: 자원 및 지하공간의 시공 안전을 위한 막장전방 지질탐사장비 시제품 개발 |

**● 대표 연구 업적물의 의미 및 우수성**

- 최근 산업화 및 도시화에 따른 지하공간 개발이 지속적으로 이루어짐에 따라 대상 암반의 지질 상태를 정확하고 세밀하게 파악하는 것은 안전한 시공을 위해 매우 중요하며 이를 위해 물리탐사 및 시추조사와 같은 지반조사 기법들이 적용되고 있으나, 탐사를 위한 추가적인 작업시간 및 비용이 소요되고, 상기한 조사 기법을 활용한 지반조사에도 불구하고 예상치 못한 파쇄대, 불연속면, 지하수 유출 등으로 인한 위험을 배제할 수 없다는 단점이 있기 때문에 설계단계 뿐만 아니라 시공단계에서도 지속적인 지질상태 파악이 요구됨.
- 본 교육연구팀에서는 MSP 천공홀을 활용하여 막장전방 지질을 탐사할 수 있는 장비를 개발하였음. 장비의 기동과 동시에 실시간 영상 확인 및 조작이 가능하여 촬영 영상 및 획득된 데이터들의 이상 유무를 현장에서 판단할 수 있으며, 거리 및 기울기를 측정하여 천공홀의 3차원 경로를 파악할 수 있어 MSP 천공 품질평가에 활용 가능함.

**● 대표 연구 업적물의 산업/사회 문제 해결 기여도**

- 본 교육연구팀에서는 지난 2년간 약 25개 터널 시공현장에서 탐사장비의 테스트를 진행하였고, 최근 1년간 터널 시공현장 4곳에서 실사용하여 시공업체에 탐사 데이터를 제공하는 등 산업/사회에 실질적으로 기여할 수 있는 연구를 수행하였음.
- 50 m 거리에 해당하는 막장 전방의 지질을 선제적으로 파악하여 예상치 못한 지질 상태에 따른 사전대비를 할 수 있는 충분한 여유를 확보함으로써 시공 안전성 향상에 기여함.
- 굴착면 전방의 지질을 평가하기 위해 새로운 공정을 추가할 필요가 없으므로 시간과 비용을 절감할 수 있으며 시공관리의 부담을 경감할 수 있음.

**● 대표 연구 업적물의 학문적 수월성**

- 현재는 탐사 데이터를 확인하여 지질등급을 판단할 전문가가 필요하지만, 향후 4차 산업혁명과 함께 부상하고 있는 머신러닝 기법과의 융합연구를 통해 천공홀 내부 영상 및 탐사 데이터로부터 자동화된 지질 등급 분석이 충분히 가능하다는 점에서 스마트 자원개발 분야에 대한 학문적 수월성을 갖추었음.
- 탐사 데이터는 아직 굴착되지 않은 전방에 대한 정보를 제공한다는 점에서 단순히 본 연구뿐만 아니라 지질에 대한 데이터를 필요로 하는 모든 후속연구에서 활용도가 매우 큼.

| 사회 문제 | 문제 해결 전략 | 문제해결 우수성 |
|---|---|---|
| 미확인 지질로 인한 시공위험 | 천공홀 탐사장비 시제품 개발 | 전방 지질데이터 확보 |
| | | |

| 연번 | 대표연구업적물 설명 |
|---|---|
| 2 | ● [redacted] 교수: 아스팔텐 침전을 고려한 $CO_2$-LPG 주입 모델링을 통한 오일 회수 증진 및 이산화탄소 지중저장 기술 우수 학술지 (IF 4.379) 게재 |

**● 대표 연구 업적물의 의미 및 우수성**

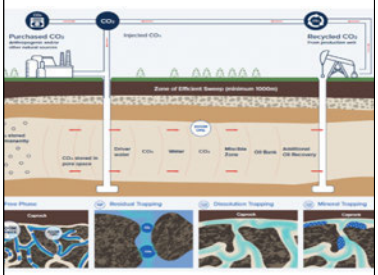
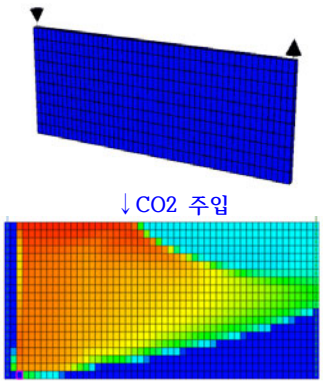
- 본 논문이 게재된 SCIENTIFIC REPORTS는 Multidisciplinary Sciences 분야 126개의 저널 중 Q1등급에 해당하는 저널로 자연과학 및 공학 분야를 다루는 권위 있는 학술지로 해당 연구업적물을 통해 [redacted] 교수는 CCUS분야의 선도적인 연구를 진행하고 있음. (Modeling of CO2-LPG WAG with Asphaltene Deposition to Predict the Coupled Enhanced Oil Recovery and Storage Performance)
- 시추와 CO2-LPG 주입 시 시추관내에서 오일 추출성능에 영향을 미치는 아스팔텐 침전 현상 문제를 포함하는 예측모델을 개발하였음. CO2-LPG를 저류층 내에 주입하여 지하 암반의 균열 또는 공극사이에 침투 시키는데, 이러한 과정에서 오일, 물, CO2가 전달되는(채워지는) 과정을 예측한 모델임.

**● 대표 연구 업적물의 산업/사회 문제 해결 기여도**

- 유전을 대상으로 오일 회수증진을 통하여 경제성을 확보하는 동시에 CCUS 효율을 높여 온실가스인 이산화탄소의 감축 효과를 거둘 수 있는 지속가능 친환경 기술로 에너지 안보뿐만 아니라 기후변화를 고려한 연구임 .
- 현재 전 세계적으로 온실가스의 감축의 필요성은 증가되고 있으며, CO2 저감을 위한 활용 기술의 개발로 기후변화협약을 위한 감축이 가능함.
- CO2 지중저장 기술을 이용해 온실가스 감축에 기여할 수 있으며, 이는 2030년까지 온실가스의 37% 감축을 목표로 하는 정부의 '기후변화 기본계획' 에 기여함.

**● 대표 연구 업적물의 학문적 수월성**

- 기존의 CCS는 $CO_2$ 저장에만 초점이 맞춰져 경제성 확보가 부족한 반면, CCUS는 오일 회수 증진의 경제성을 확보하는 동시에 CCS 효율을 높여 대기의 온실가스를 감축시키는 기술로 효과적인 기후변화 대응 방안이 될 수 있음을 알리며 이와 같은 후속연구의 수월성을 증진하였음.

| 사회 문제 | 문제 해결 전략 | 문제해결 우수성 |
|---|---|---|
| 온실가스 | CCUS 모델링 | 온실가스 감축 기여 |
| |  |   [CO2 저장량 분석/평가] |

| 연번 | 대표연구업적물 설명 |
|---|---|
| 3 | |

● [redacted] 교수: 유분 폐기물의 이단 혐기 병합소화 기술의 안정성 확보를 통한 고효율 바이오에너지 생산 기술 우수 학술지(IF 14.982)에 게재

**● 대표 연구 업적물의 의미 및 우수성**

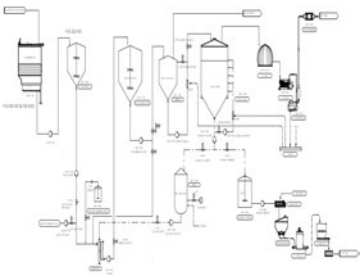
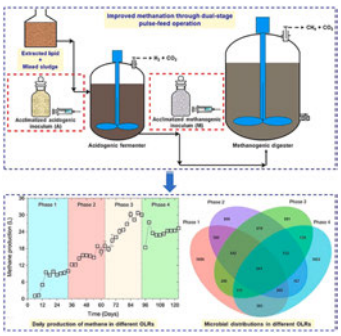
- ㅇ 유분 폐기물의 혐기 병합소화를 통해 메탄가스 생산 수율을 향상시키는 과정에서 미생물 군집의 초기 기질 적응 방법을 도입하여 바이오가스 생산 수율 최대화를 달성하는 연구결과를 도출하였음.
- ㅇ 본 논문이 게재된 RENEWABLE & SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS는 기후변화협약에서 설립한 전 세계적인 배출가스 목표를 이루기 위한 여러 문제, 솔루션, 아이디어 및 기술 등의 공유를 목표로 하는 우수 저널로써 SCIE의 Green & Sustainable science & Technology 분야의 33개 저널 중 상위 3% 이내, Q1 등급에 해당함.
- ㅇ 바이오매스를 원료로 활용하여 생산하는 바이오가스는 유기성 폐기물의 친환경처리와 탄소 중립적인 에너지를 생산할 수 있는 국가 중점 개발이 필요한 재생에너지 자원으로 본 연구를 통하여 국내 산업계에서 안정성을 높인 바이오에너지 자원을 창출하는데 의의가 있음.

**● 대표 연구 업적물의 산업/사회 문제 해결 기여도**

- ㅇ 현재 우리나라의 에너지 소비 증가로 인한 산업/사회 문제 해결을 위해서는 에너지 공급구조 개선이 필수적임.
- ㅇ 선도국들은 이에 대응하여 발전 연료를 천연가스와 바이오 가스로 대체하고 있음. 미국과 캐나다는 천연가스/바이오가스 혼합연료를 사용하는 친환경 버스 운영을 통해 연비 30% 증가와 이산화탄소 20% 절감을 이루었으며, 독일은 현재 재생에너지 사용량 중 약 10%를 바이오가스로 공급중임.
- ㅇ 본 연구를 통해 사회적으로 유분 폐기물의 부피 감소에 기여하며, 생태학적으로 안정적이고 지속 가능한 바이오가스 생산으로 국내 산업계의 패러다임을 전환함.

**● 대표 연구 업적물의 학문적 수월성**

- ㅇ 친환경 에너지자원 분야에서 세계적 수준의 연구주제 설정 및 집중을 통한 연구의 고도화를 위해서 본 연구를 토대로 한 심화 연구로써 미생물군집의 기질 순응에 대해 생물학적 정보 분석기술 연구를 적용하여 바이오에너지 생산 효율 증대를 위한 연구에 수월성을 보임.
- ㅇ 본 연구의 후속연구로 전국에 존재하는 다양한 혐기소화 시설의 Mapping을 바탕으로 4차 산업혁명에 대응하는 Database를 구축하는 연구를 수행 중에 있으며, 공적 시설의 운영에 도움을 주는 선순환 관계를 구축하고 있음.

| 사회 문제 | 문제 해결 전략 | 문제해결 우수성 |
|---|---|---|
| 유분 폐기물의 처리 곤란 및 폐수의 오염 | 폐기물을 바이오매스 연료로 이용한 바이오에너지 생산 | 연구의 고도화를 통한 바이오가스(바이오에너지) 생산 수율 최대화 달성 |
| SW시 환경사업소 하수처리장 |  |  |

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

| 연번 | 참여 교수명 | 연구자 등록번호 | 세부전공 분야 | 실적 구분 | | 상세내용 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | [redacted] | 11820025 | 암반공학 | 특허 (3건) | 1 | ● 발명자: [redacted]<br>● 제목: 천공 데이터 분석 시스템 및 그의 분석방법<br>● 국가: 대한민국<br>● 특허번호: 10-2183346<br>● 등록년도: 2020 |
| | | | | | 2 | ● 발명자: [redacted]<br>● 제목: 천공 경로 탐색 장치 및 이를 이용한 천공 경로 탐색 방법<br>● 국가: 대한민국<br>● 특허번호: 10-2258271<br>● 등록년도: 2021 |
| | | | | | 3 | ● 발명자: [redacted]<br>● 제목: 굴착면 내부의 지반 상태 정보를 획득하는 스마트 선대구경 천공장치<br>● 국가: 대한민국<br>● 특허번호: 10-2211129<br>● 등록년도: 2021 |

1

- 진동저감을 위해 활용되는 MSP 공법과 연계하여 막장 전방의 지질정보를 확보하기 위한 기술을 개발하였으며, 기울기 센서를 활용한 천공 궤도 추적을 통해 최적의 시공결과를 위한 MSP 장비의 세팅값을 분석하여 최근 1년간 총 3건의 특허 등록을 완료함.

- 기존의 MSP 공법은 단순히 시공기사의 경험에 의해서만 시공이 이루어져 왔으며, 운전자에 따른 시공 편차가 매우 크고 개선을 위한 관리가 어렵다는 단점이 있음. [redacted] 교수는 시공 데이터 자동수집 시스템을 개발하여 장비의 운용 및 관리의 측면에서 개선을 시도했으며, 수집된 데이터를 활용하여 최적의 시공결과를 위한 MSP 장비 세팅값을 제안하는 혁신적인 연구를 수행하였음.

- 굴착면 전방의 지질을 평가하기 위해 MSP 천공홀에 적용 가능한 새로운 탐사 장비를 개발하고 시제품을 제작하였음. 기존에 개발된 탐사장비는 수직 천공홀을 대상으로 하거나 단순 영상 촬영만이 가능했던 반면, 본 교육연구팀에서 개발한 시제품은 수평 천공홀을 대상으로 하며, 영상 촬영 및 천공홀의 기울기를 측정하여 3차원상의 천공 궤도를 파악할 수 있다는 점에서 창의적인 장비임.

- 본 3건의 특허는 발파진동 및 소음 저감을 위해 사용되는 MSP 공법과 연계하여 전방지질에 대한 정보를 선제적으로 확보한다는 점에서 친환경적이며 효율적인 지하 공간 개발 및 안전 저해요소 사전 예방에 기여함.

- 본 연구는 실제 지하 공간 개발 시 활용되는 MSP 장비의 문제점을 파악하고 개선했다는 점에서 본 교육연구팀의 목표인 ‘우리나라의 산업/사회 문제 해결을 위한 전문가 양성’과 부합함.

- 막장 전방의 지질 상태를 분석하고 활용하기 위하여 탐사 장비 개발, 시제품 제작 및 센서를 활용한 데이터 수집/분석을 시도했다는 점에서 본 교육연구팀의 목표인 ‘융합형 연구를 선도할 협응형 리더 양성’과 부합함.

| 연번 | 참여 교수명 | 연구자 등록번호 | 세부전공 분야 | 실적 구분 | 상세내용 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | [redacted] | 10103603 | 석유 /가스 /지하 유체공학 | 저서 | ● 저자명: [redacted]<br>● 저서명: Handbook of Biodiesel and Petrodiesel Fuels: Science, Technology, Health, and Environment, Volume 3. Petrodiesel Fuels: Science, Technology, Health, and Environment<br>● 출판사: CRC Press<br>● ISBM: 9780367456139<br>● 출판년도: 2021 |
| | ● 교육연구팀의 [redacted] 교수는 석유회수증진기술(EOR) 분야의 전문가로서 다양한 EOR 공법들에 대한 연구를 수행하여 관련분야의 저서를 꾸준히 집필해왔음.<br>● 최근 신재생 에너지에 대한 관심이 커지고 있지만, 석유는 여전히 주요 에너지원으로 사용되고 있음. 따라서 기존 저류층 내 잔존하는 오일을 추가적으로 생산하기 위한 공법에 관한 활발한 연구가 이루어져야 함.<br>● 미생물 회수증진공법(microbial enhanced oil recovery, MEOR)은 제 3차 오일회수공법으로 회수율을 향상시키기 위해 생명공학 기술을 이용하는 기술임. 다양한 미생물과 대사산물을 이용하는 미생물공법은 친환경 저비용 회수법으로 오랫동안 잠재성을 인정받아 왔음.<br>● 그러나 미생물 회수증진공법의 미생물 활동 및 관련 프로세스의 복잡성으로 인해 실제 현장 적용 사례는 많지 않은 상황임. [redacted] 교수는 국제 최저명저서 Handbook of Biodiesel and Petrodiesel Fuels에 미생물 회수증진공법의 메커니즘, 공학적 기초 및 최신 기술들을 정리하여 본 저서를 집필하였음.<br>● 본 저서에서는 친환경적이며 경제적인 미생물 회수증진공법인 미생물 회수증진공법의 주요 메커니즘과 적용 가능 범위, 미생물로부터 생성된 생성물이 오일 회수에 미치는 영향에 대해 분석하였음. 특히 공극 막힘, 생계면활성제 생성을 포함한 다양한 MEOR 프로세스의 수치 시뮬레이션을 설명하였음.<br>● 또한 암상, 적용 유형,회수 메커니즘 등과 같은 해당 기술의 현장 적용 사례들을 분석함으로써 실제 미생물 회수증진공법이 가지는 가능성을 평가하였음. | | | | |
| 3 | [redacted] | 10084993 | 유기성 폐기물 처리 | 기술 이전 | ● 산업체명: ㈜ 골든엔지니어링<br>● 지역: 서울<br>● 계약기간: 2021.03.16.<br>● 계약금액: 22,000,000원 |
| | ● 기술 내역: '하수 슬러지와 지방, 기름 및 그리스의 혐기성 병합소화를 위한 혐기성 미생물 균주군 확보 방법' 특허양수도계약<br>● 본 교육연구팀은 IC-PBL+ 문제해결 컨소시엄을 형성하여 산업체/사회문제 해결을 위한 산학교류 협력체를 구축하고자 하였으며, 실제 사회문제 해결을 목표로 산업에서 적용할 수 있도록 산업체 ㈜골든엔지니어링에 기술이전 하였음.<br>● 본 기술 내용은 바이오에너지를 효율적으로 확보하기 위한 연구 중 미생물 균주군 확보방법에 대한 특허이며, 실제 산업현장에 적용될 경우 지역산업의 폐기물 처리 및 바이오에너지 생산에서 병목적으로 제한되었던 문제들을 혁신적으로 해결할 수 있는 성과임.<br>● 본 기술이전 실적은 산업/사회문제 해결형 연구 시스템을 확립하고 그를 통한 글로벌 연구리더를 양성하고자 하는 교육연구팀의 비전 및 목표에 매우 정합함. | | | | |

| 연번 | 참여 교수명 | 연구자 등록번호 | 세부전공 분야 | 실적 구분 | | 상세내용 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | [redacted] | 11820025 | 암반공학 | 저작권 (4건) | 1 | ● 명칭: DeepMSP(선대구경 딥러닝 프로그램)<br>● 국가: 대한민국<br>● 창작참여자: [redacted]<br>● SW 등록번호: C-2020-029831<br>● 등록 연월일: 2020년 9월 2일 |
| | | | | | 2 | ● 명칭: CAM(Communication App for MSP, 선대구경 안드로이드 앱)<br>● 국가: 대한민국<br>● 창작참여자: [redacted]<br>● SW 등록번호: C-2020-053876<br>● 등록 연월일: 2020년 12월 31일 |
| | | | | | 3 | ● 명칭: PreMSP(선대구경 모니터링 데이터 전처리 프로그램)<br>● 국가: 대한민국<br>● 창작참여자: [redacted]<br>● SW 등록번호: C-2020-000036<br>● 등록 연월일: 2021년 1월 4일 |
| | | | | | 4 | ● 명칭: MSP Analysis Plaforn(선대구경 분석 플랫폼)<br>● 국가: 대한민국<br>● 창작참여자: [redacted]<br>● SW 등록번호: C-2020-000358<br>● 등록 연월일: 2021년 1월 5일 |

● 진동저감을 위해 활용되는 MSP 공법과 연계하여 막장 전방의 지질정보를 확보하기 위해 MSP 장비 및 천공홀 탐사장비로부터 데이터를 수집/분석하는 일련의 작업을 자동화한 S/W를 개발했으며, 가공된 정보를 사용자가 손쉽게 확인할 수 있도록 안드로이드 S/W을 개발하여 최근 1년간 총 4건의 S/W 저작권 등록을 완료함.

● 본 교육연구팀은 4차 산업혁명에 대응한 스마트 자원개발기술과 타 분야와의 융합연구를 목표로 하여 연구개발을 진행하였으며 그 결과 다음과 같이 창의성 및 혁신성을 달성하였음.

● 데이터 수집부터 분석을 거쳐 사용자에게 제공하는 것에 이르기까지 MSP 공법에 최적화된 일련의 정보처리 시스템을 새롭게 구축했다는 점에서 혁신적임.

● 수집된 데이터는 그 특성상 굉장히 불규칙적이며, 단시간에 비교적 많은 양의 데이터가 누적되기 때문에 사람이 직접 분석하기에는 어려움이 있음. 따라서 인공지능을 활용하여 데이터를 분석했으며, 기존에 MSP 시공 데이터를 인공지능을 이용하여 분석한 사례가 없었다는 점에서 창의적임.

● 자원환경공학이라는 전공에 틀에 얽매이지 않고, 연구 목표를 달성하기 위해 4차 산업혁명에 대응되는 인공지능을 활용하고, 안드로이드 앱을 개발했으며, 단순 연구단계에서 그치지 않고 현장 사용자를 고려한 일련의 정보처리 시스템을 구축했다는 점에서 본 교육연구팀의 목표인 '융합형 연구를 선도할 협응형 리더 양성' 및 '우리나라의 산업/사회 문제 해결을 위한 전문가 양성'과 부합함.

## 2. 산업・사회에 대한 기여도

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

#### 1) 지하공간 안정성 확보를 통한 자원 및 지하공간 개발에 대한 불안감 해소

- 최근 1년간 발파 소음 및 진동의 감소를 위해 사용되는 선대구경(MSP) 공법에 대한 심도 있는 연구가 수행되었으며, 공법의 진동 저감 효과 분석, 시공오차를 줄이기 위한 최적 세팅조건 산정 머신러닝 모델 개발, 막장면 전방 지반 조건의 선제적 파악을 위한 예측기법 개발 등의 연구 성과를 달성했음.
- 본 연구를 통해 특허 등록 3건 및 SCI급 학술지(Applied Science-Basel)에 1건 게재하였으며 연구결과의 활용으로 친환경적이며 효율적인 지하 공간 개발 및 안전 저해요소 사전 예방에 기여함.

#### 2) 주거 및 산업 지역의 폐기물 문제 해결을 위한 바이오에너지 생산수율 향상 연구

- 최근 1년간 유기성 폐자원의 생산효율 극대화, 첨단 전처리 기술을 통한 폐기물 종류의 다양화의 고도화된 연구 수행을 통해 폐자원의 활용도와 바이오가스의 생산효율을 증진시킨 연구결과를 도출한 SCIE 논문 12건 게재하여 주거 및 산업 지역의 폐기물 문제를 경감시키기 위한 문제 해결기술의 학문적인 발전에 기여함.
- 특히 관련 연구를 게재한 SCIE 학술지는 Environmental Sciences; Biochemistry & Molecular Biology; Green & Sustainable Sciences & Technology; Engineering, Chemical 등 분야에서 Q1 rank (동분야 상위 3% 이내)에 해당함으로써 본 연구에서 제시하는 선진적인 견해를 연구・산업계에서 적극 수용하여 해당 분야에서 양질의 연구를 통해 주거 및 산업지역에서 발생하는 폐기물을 대상으로 첨단 처리기술 도입 및 폐기물 처리, 바이오에너지 생산 기술의 기술적 유연성이 증대될 것으로 기대함.
- 실제 유기성 폐기물의 처리 기술에 대한 기술특허 1건을 2021년 3월 산업체에 기술이전하여 연구결과를 반영하여 실제 산업에 적용하는 폐기물 처리 기술을 도입함으로써 산업체 발생 폐기물 처리 문제 해결에 기여하였음.

#### 3) 온실가스 지중저장의 경제성 향상을 위한 최적 설계

- 온실가스 배출 저감을 위한 $CO_2$ 주입 공법의 최적 설계 연구를 진행하여 탄소 저감 뿐만 아니라 석유, 가스 및 수자원 등 다양한 지하에너지자원의 생산성 향상 연구를 통해 관련 내용의 SCI 논문 3건을 게재하였음.
- 온실가스 배출 저감에 대응하는 본 연구를 통해 2030년 배출전망치 대비 37%의 온실가스 배출저감 의무를 이행해야 하는 국내의 배출저감 목표에 기여하였음.

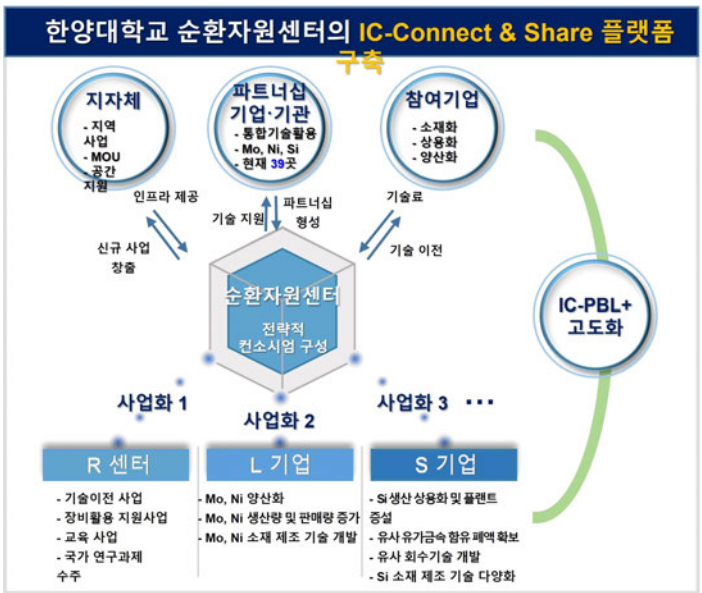
### 2.2 산업/사회/과학기술 문제 해결을 위한 차별화된 활동

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

- 한양대학교-성동구청 간 사회혁신 산학협력 추진・확산 위한 관학협력 MOU를 체결하였으며 지역사회 내 지자체-기업-대학-NGO 간의 유기적인 연계・협력체계를 공고화하기 위해 지자체와의 전략적 파트너십 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
- 2021년 2월, 기술혁신 주도 사회문제 해결형 산학협력 모델 확립 및 공유・확산을 목표로 Humanity Engineering 대학 연합 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 지자체 및 산업체와의 MOU 4건을 체결하였으며, 39건의 산업체 활용 확약서 및 3건의 산업 문제 해결 자문동의서를 확보하여 산업체 및 각 분야의 전문가 간의 유기적인 협력체를 형성하여 산업/사회 연계형 플랫폼 구축을 위한 커뮤니티를 형성하였음.




<그림 1> 교육연구팀 플랫폼 구축 현황

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

- 현장 연계하는 교육 연구 프로그램으로 2021년도 1학기 터널설계특론 강의에 IC-PBL+를 적용하여 운영하였으며, 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, 2021년도 2학기 이후 진행되는 IC-PBL+ 강의에 반영하여 개선할 예정임.

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

- 최근 1년간 기업과 연계하여 전문가 초청 세미나를 18회 개최하였으며 현장 연계 및 실무 적합형 인재 육성을 위한 Q&A 시간을 가졌고, 현장 적용하는 연구 구상을 위한 산학연 전문가 멘토링을 실제 연구실에서 1회 진행하였음.

5) 국제 네트워크 강화로 인적 교류 저변 확대

- 최근 1년간 외국인 신진 연구인력을 4명 추가 임용하였으며, 외국인 학생 1명을 추가로 유치하였음.
- 기존의 네트워크 강화 및 인적교류의 확대를 통해 최근 1년간 국제 공동연구를 통해 SCIE 논문 26건을 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 1인당 평균 연구비 수주액은 14 억 원 수준임. BK 4단계 사업 시행 전 3년간 수주한 총 과제의 1인당 평균 연구비가 11억임을 고려할 때, 친환경 스마트 에너지/자원의 필요성 및 환경문제와 맞물려 큰 폭으로 상승하고 있음.(11억→ 14억)
- 향후 현재 수주하여 수행 중인 연구 과제를 통해 종국에는 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 한양대 융합 연구 프로그램(HY-BK $G^3$ Program)에참가하여 최우수상을 수상하였으며 이와 같은 융합 연구 과제를 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 수행할 예정임.
- [redacted] 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.
- [redacted] 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.
- [redacted] 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, Humanity Engineering Center(HEC)를 설립하여 본 교육연구팀과 공동운영의 기반을 구축하였으며, 박사과정 학생들이 참여하는 기술중심의 리빙랩 프로젝트를 통해 지역사회 문제해결에 기여할 계획임.
- 본 교육연구팀은 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.
- 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, 위원회 활동 등

- 본 교육연구팀의 [redacted] 교수는 저명한 국제 에너지 기구회의인 IEA-EOR에서 대한민국 대표로 참가해오고 있으며, 기술발전현황을 발표함과 동시에 세계 각국과의 연구 내용 교류를 통해 국제적인 협력 방안 및 네트워크 구축을 수행하였음.

<표 8-1> 참여교수 국제학회 활동

| 연번 | 참여교수 | 일시/기간 | 내용 | 활동 내용 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [redacted] | 2020.09.22 | The 42nd IEA-EOR Workshop and Symposium | 대학민국 대표로 참여 및 발표 |
| 2 | [redacted] | 2021.01.26 | MEB (Medicine-Engineering-Bio center) global development center committee | 초청강연 |
| 3 | [redacted] | 2021.04.07 | International conference on biotechnology for sustainable agriculture, Environment and health, Jaipur, Rajasthan, India | 초청강연 |

2) 국제학회/학술대회 참석 및 발표

- 본 교육연구팀의 [redacted] 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 | 내용 | 활동 내용 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | [redacted] | 2021.04.07 | International conference on biotechnology for sustainable agriculture, Environment and health, Jaipur, Rajasthan, India | 참석 |

### 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 | 내 역 |
|---|---|---|---|
| 1 | [redacted] | 2017.03-현재 | Co-Editor, International J. of Oil, Gas and Coal Technology |
| 2 | [redacted] | 2020.03-현재 | Guest Editor, Applied Sciences |
| 3 | [redacted] | 2015-현재 | Co-editor, Pollution |
| 4 | [redacted] | 2016-현재 | Co-editor, Geosystem Engineering |
| 5 | [redacted] | 2016-현재 | Co-editor, Research Journal of Chemistry and Environment |
| 6 | [redacted] | 2018-현재 | Co-editor, Energies |
| 7 | [redacted] | 2008-현재 | Co-editor, Journal of Biotechnology |
| 8 | [redacted] | 2012-현재 | Co-editor, Journal of Krishna Institute of Medical Sciences |
| 9 | [redacted] | 2013-현재 | Co-editor, The Scientific World Journal |

2) 심사위원 활동

- 본 교육연구팀의 참여교수진은 총 43건의 저명한 국제학술지의 심사위원으로 활동하며 석유가스 공학, 바이오에너지, 환경공학 분야의 연구력 발전에 널리 기여하고 있음.

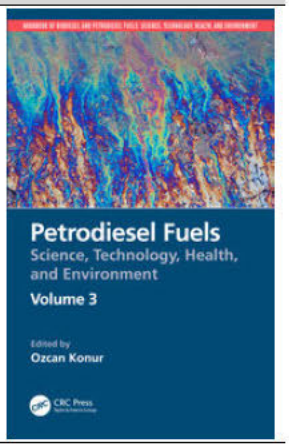
<표 8-4> 참여교수 국제 학술지 심사위원 활동 실적

| 연번 | 참여교수 | 내 역 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 1 | [redacted] | Algal Research 등 총 18건 | 2017년 우수 리뷰어 선정 |
| 2 | | Energy & Environmental Science | 2017년 우수 리뷰어 선정 |
| 3 | | Energy Conversion and Management | 2016년 우수 리뷰어 선정 |
| 4 | | Water Research | 2018년 우수 리뷰어 선정 |
| 5 | | Trends in Biotechnology 등 총 25건 | - |
| 6 | | Applied Microbiology and Biotechnology | - |

### 3.1.3 국제 학술활동 중 저술 활동

- 본 교육연구팀의 [redacted] 교수는 석유회수증진기술 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 | [redacted] |  |
| 일시 | 2021 | |
| 출판사 | CRC Press | |
| 저서명 | Handbook of Biodiesel and Petrodiesel Fuels: Science, Technology, Health, and Environment, Volume 3. Petrodiesel Fuels: Science, Technology, Health, and Environment | |
| ISBN | 9780367456139 | |

## 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 | [redacted] | [redacted] | USA/Indiana University; China/Lanzhou University | "Water condition in biotrickling filtration for the efficient removal of gaseous contaminants." Critical Reviews in Biotechnology (2021): 1-18. | 10.1080/07388551.2021.1917506 |
| 2 | [redacted] | [redacted] | Japan/Kyushu University | "Synthesis and characterization of defective UiO-66 for efficient co-immobilization of arsenate and fluoride from single/binary solutions." Environmental Pollution 278 (2021): 116841. | 10.1016/j.envpol.2021.116841 |
| 3 | [redacted] | [redacted] | China/Northwest A&F University; Sweden/ Royal Institute of Technology | "Microbiotechnology Tools for Wastewater Cleanup and Organic Solids Reduction." Frontiers in Microbiology 12 (2021): 279. | 10.3389/fmicb.2021.631506 |
| 4 | [redacted] | [redacted] | USA/University of South Carolina | "Unexpected discovery of superoxide radical generation by oxygen vacancies containing biomass derived granular activated carbon." Water Research 190 (2021): 116757. | 10.1016/j.watres.2020.116757 |
| 5 | [redacted] | [redacted] | India/Indian Institute of Technology; USA/University of South Carolina | "Granular Mg-Fe layered double hydroxide prepared using dual polymers: Insights into synergistic removal of As (III) and As (V)." Journal of Hazardous Materials 403 (2021): 123883. | 10.1016/j.jhazmat.2020.123883 |
| 6 | [redacted] | [redacted] | Nigeria/Federal University of Agriculture; United Kingdom/Lancaster University | "Biodegradation of fluorene by the newly isolated marine-derived fungus, Mucor irregularis strain bpo1 using response surface methodology." Ecotoxicology and Environmental Safety 208 (2021): 111619. | 10.1016/j.ecoenv.2020.111619 |
| 7 | [redacted] | [redacted] | Nigeria/Federal University of Agriculture; United Kingdom/Lancaster University | "Impact of redox-mediators in the degradation of olsalazine by marine-derived fungus, Aspergillus aculeatus strain bpo2: Response surface methodology, laccase stability and kinetics." Ecotoxicology and Environmental Safety 208 (2021): 111742. | 10.1016/j.ecoenv.2020.111742 |
| 8 | [redacted] | [redacted] | China/Ocean University of China | "Unravelling metabolism and microbial community of a phytobed co-planted with Typha angustifolia and Ipomoea aquatica for biodegradation of doxylamine from wastewater." Journal of Hazardous Materials 401 (2021): 123404. | 10.1016/j.jhazmat.2020.123404 |

| 연번 | 공동연구 참여자 | | 상대국 /소속기관 | 국제 공동연구 실적 | DOI 번호 /ISBN 등 관련 인터넷 link 주소 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 교육 연구팀 참여교수 | 국외 공동연구자 | | | |
| 9 | [redacted] | [redacted] | Canada/University of Alberta | "State-of-the-art technologies for continuous high-rate biohydrogen production." Bioresource Technology 320 (2021): 124304. | 10.1016/j.biortech.2020.124304 |
| 10 | [redacted] | [redacted] | USA/University of South Carolina | "A facile acid induced water-based solvent by improving hydrophobicity for simultaneous remediating total petroleum hydrocarbon, heavy metals and benzo (a) pyrene contaminated soil: Laboratory-and pilot-scale studies." Journal of Cleaner Production 278 (2021): 123425. | 10.1016/j.jclepro.2020.123425 |
| 11 | [redacted] | [redacted] | China/Ocean University of China; USA/State University of New York | "Electrochemical detection and simultaneous removal of endocrine disruptor, bisphenol A using a carbon felt electrode." Journal of Electroanalytical Chemistry 880 (2021): 114907. | 10.1016/j.jelechem.2020.114907 |
| 12 | [redacted] | [redacted] | Saudi Arabia/King Saud University | "Oil industry waste based non-magnetic and magnetic hydrochar to sequester potentially toxic post-transition metal ions from water." Journal of Hazardous Materials 400 (2020): 123247. | 10.1016/j.jhazmat.2020.123247 |
| 13 | [redacted] | [redacted] | USA/University of Central Florida; China/Lanzhou University; India/CSIR Central Mechanical Engineering Research Institute | "Microbial symbiosis: a network towards biomethanation." Trends in Microbiology 28, no. 12 (2020): 968-984. | 10.1016/j.tim.2020.03.012 |
| 14 | [redacted] | [redacted] | India/CSIR Central Mechanical Engineering Research Institute | "Dark fermentative hydrogen production from pretreated lignocellulosic biomass: Effects of inhibitory byproducts and recent trends in mitigation strategies." Renewable and Sustainable Energy Reviews 133 (2020): 110338. | 10.1016/j.rser.2020.110338 |
| 15 | [redacted] | [redacted] | Nigeria/Federal University of Agrigculture Abeokuta; UK/Lancaster University | "Enhanced enzymatic removal of anthracene by the mangrove soil-derived fungus, Aspergillus sydowii BPOI." Frontiers of Environmental Science & Engineering 14, no. 6 (2020): 1-13. | 10.1007/s11783-020-1292-3 |

| 연번 | 공동연구 참여자 | | 상대국 /소속기관 | 국제 공동연구 실적 | DOI 번호 /ISBN 등 관련 인터넷 link 주소 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 교육 연구팀 참여교수 | 국외 공동연구자 | | | |
| 16 | [redacted] | [redacted] | Saudi Arabia/King Saud University; Portugal/University of Aveiro | "Oxygenated functionalities enriched MWCNTs decorated with silica coated spinel ferrite-A nanocomposite for potentially rapid and efficient de-colorization of aquatic environment." Journal of Molecular Liquids 317 (2020): 113916. | 10.1016/j.molliq.2020.113916 |
| 17 | [redacted] | [redacted] | Nigeria/Federal University of Agriculture P.M.B.; University of Lagos | "Novel cobiomass degradation of NSAIDs by two wood rot fungi, Ganoderma applanatum and Laetiporus sulphureus: ligninolytic enzymes induction, isotherm and kinetic studies." Ecotoxicology and Environmental Safety 203 (2020): 110997. | 10.1016/j.ecoenv.2020.110997 |
| 18 | [redacted] | [redacted] | Malaysia/University of Nottingham Malaysia; Malaysian Nuclear Agency; India/New Horizon College of Engineering; Indian Academy Degree College | "Mechanical, thermal and dynamic-mechanical studies of functionalized halloysite nanotubes reinforced polypropylene composites." Polymers and Polymer Composites (2020): 0967391120965115. | 10.1177/0967391120965115 |
| 19 | [redacted] | [redacted] | China/Lanzhou University | "Determination of the inhibitory concentration level of fat, oil, and grease (FOG) towards bacterial and archaeal communities in anaerobic digestion." Renewable and Sustainable Energy Reviews 131 (2020): 110032. | 10.1016/j.rser.2020.110032 |
| 20 | [redacted] | [redacted] | USA/University of South Carolina | "Understanding the potential band position and e-/h+ separation lifetime for Z-scheme and type-II heterojunction mechanisms for effective micropollutant mineralization: Comparative experimental and DFT studies." Applied Catalysis B: Environmental 273 (2020): 119034. | 10.1016/j.apcatb.2020.119034 |
| 21 | [redacted] | [redacted] | China/China Pharmaceutical University; The Chineses University of Hong Kong; India/Punyashlok Ahilyadevi Holkar Solapur University; Phule Pune University; Taiwan/Kaohsiung Medical University; | "Doxorubicin-conjugated innovative 16-mer DNA aptamer-based Annexin A1 targeted anti-cancer drug delivery." Molecular Therapy-Nucleic Acids 21 (2020): 1074-1086. | 10.1016/j.omtn.2020.07.038 |

| 연번 | 공동연구 참여자 | | 상대국 /소속기관 | 국제 공동연구 실적 | DOI 번호 /ISBN 등 관련 인터넷 link 주소 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 교육 연구팀 참여교수 | 국외 공동연구자 | | | |
| 22 | [redacted] | [redacted] | India/New Horizon College of Engineering Affiliated to VTU;Autonomous Institution Affiliated to UGC, MHRD, GOI; Tumkur University; Saudi Arabia/King Saud University; Australia/University of Melbourne | "Solar light sensitive hybrid Ce4+/3+ doped perovskite magnesium zirconate nano cubes for photocatalytic hydrogen evolution and organic pollutant degradation in water." Journal of Environmental Chemical Engineering 9, no. 4 (2021): 105364. | 10.1016/j.jece.2021.105364 |
| 23 | [redacted] | [redacted] | India/Jain University; New Horizon College of Engineering; BNM Institute of Technology; Malnad College of Engineering; Saudi Arabia/King Saud University; Taiwan/National Taipei University of Technology | "N-doped reduced graphene oxide anchored with δ Ta2O5 for energy and environmental remediation: Efficient light-driven hydrogen evolution and simultaneous degradation of textile dyes." Advanced Powder Technology (2021). | 10.1016/j.apt.2021.04.031 |
| 24 | [redacted] | [redacted] | China/Ocean University of China | "Phytoremediation as a green biotechnology tool for emerging environmental pollution: A step forward towards sustainable rehabilitation of the environment." Chemical Engineering Journal (2021): 129040. | 10.1016/j.cej.2021.129040 |
| 25 | [redacted] | [redacted] | USA/University of South Carolina; USA/University of Arizona, Singapore/Nanyang Technological University | "Degradation synergism between sonolysis and photocatalysis for organic pollutants with different hydrophobicity: A perspective of mechanism and application for high mineralization efficiency." Journal of Hazardous Materials 416 (2021): 125787. | 10.1016/j.jhazmat.2021.125787 |
| 26 | [redacted] | [redacted] | USA/University of South Carolina; USA/University of Arizona, Singapore/Nanyang Technological University | "Degradation synergism between sonolysis and photocatalysis for organic pollutants with different hydrophobicity: A perspective of mechanism and application for high mineralization efficiency." Journal of Hazardous Materials 416 (2021): 125787. | 10.1016/j.jhazmat.2021.125787 |

## 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 1건, 연구소 2건 보유
- 미국 5건, 사우디아라비아 1건 등 연구자 교류를 통한 글로벌 인재 양성을 목표로 하는 우수 대학 및 연구기관과의 MOU를 추가적으로 체결할 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 3건 이상의 국제 공동연구 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 |
| 2022년~ | 장기 방문 연구 (1 개월) | 연 1회 | 미국 New Mexico Tech의 Permian 분지 현장을 방문하여 유가스전 현장교육 및 공동연구를 수행 |

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

- 파키스탄, GC University Lahore Pakistan 대학의 인턴십 프로그램(Molecular characterization of bacterial gene involved in bioremediation of textile effluent)에 참가한 박사과정 학생 [redacted]이 본 교육연구팀의 [redacted] 교수님 연구실을 방문하여 단기적으로 공동연구를 수행하였음. (2021.03 - 2021.08, 6개월)
- HYU-JLU-FCU Joint Symposium 참여 및 의제 상정 발표를 통하여 글로벌 교류 역량을 함양하였음
- 기존 Global Research Fund를 연간 15억까지 확장하여 해외석학초청 및 방문 지원하였음.
- 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

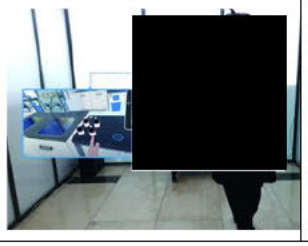
- 최근 1년간 외국인 교수 및 신진연구인력 4명 추가 임용하였으며 신진연구인력의 안정적인 연구환경 지원을 위해 거주비 지원 및 사택 제공을 통한 임대료 지원 등이 이뤄지고 있음.
- 확보한 신진연구인력을 국제협력 연구에 활용함으로써 국제 공동연구의 네트워크를 강화하고 질적향상을 목표하였으며 최근 1년간 JCR 해당분야 상위 3% 이내에 해당하는 저널 비는 20%에 달하는 향상된 연구 성과를 보임.
- 기존 계획이던 3명 이상의 신진연구인력 추가 임용을 조기 달성하였으므로 신진연구인력의 인원수를 유지하며 참여대학원생의 논문지도 등의 연구력 향상 기여에 활용할 계획임.

2) 국제 공동연구의 질적 향상

- 국제 공동연구를 통한 26건의 SCI 논문 게재 - 15개 국가 (USA, UK, Japan, India, 등), 37개 연구기관과 공동 연구를 활발히 수행하며 실적을 달성하고 있음.
- [redacted] 교육연구팀장은 2021년에 USA의 Architecture Work Office PLLC의 연구진과 국제 공동 연구 프로젝트를 수주하여 진행 중에 있으며 참여 대학원생의 글로벌 리더 인재 양성에 기여하고 국제 공동 연구의 질적 향상 이룩을 도모하였음.

# Ⅳ 4단계 BK21 교육연구단(팀) 관련 언론보도 리스트

| | |
|---|---|
| 교육연구단(팀)명 | 기후변화 대응형 친환경에너지 자원 스마트개발 글로벌리더 양성 교육연구팀 |
| 교육연구단(팀)장명 | [redacted] |

| 연번 | 구분 | 언론사명 /수상기관 등 | 보도일자/ 수상일자 등 | 제목/ 수상명 등 | 관련 URL |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 보도사진 | 주요내용 (200자이내) | | |
| 1 | 성과 | 연합뉴스 외 4건 | 21.01.29 | 당진시-한양대-충남산학융합원, 희소금속 회수기술 개발 MOU | https://www.yna.co.kr/view/PYH20210129086900063?input=1196m |
| | | [redacted] | 본 교육연구팀의 [redacted] 교수는 당진시, 충남산학융합원과 상호협력업무협약(MOU)을 체결하여 산학연 연계한 현장중심형 인재 양성 비전 도모에 기여하였음. | | |
| 2 | 행사 | 이데일리 외 4건 | 20.11.04 | 제1회 CDS 빅데이터 경진대회 개최…한양대·동아대 대상 | https://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=03224246625962440&mediaCodeNo=257&OutLnkChk=Y |
| | | | 본 교육연구팀의 [redacted] 교수는 교육부·한국연구재단·CDS(Citizen Data Scientist) 빅데이터 대학연합이 주최하고 한양대 LINC+ 사업단·한국IT비즈니스진흥협회가 주관하는 '제1회 CDS 빅데이터 경진대회'의 주최에 참여하였으며 4차 산업혁명시대에 적합한 인재 양성에 기여하였음. | | |
| 3 | 기타 | e-대학저널 | 21.10.29 | 한양대 LINC+, 사회적 가치 창출하는 사회혁신 산학협력 수행 | http://www.dhnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=130305 |
| | |  | 본 교육연구팀의 [redacted] 교수는 기술기반의 사회혁신 산학협력을 통해 산업계의 역량을 지속적으로 강화함과 동시에 사회적 가치를 창출하여 4차 산업혁명 시대에 부합하는 인재 창출 비전의 실현에 기여하였음. | | |

# V 필수 지표

1. 현장 견학 및 현장 전문가 초청 세미나

1) 지표 선정 사유

- 이론 중심 교육에서 벗어나 산업 및 사회와 유기적으로 연계하여 학생이 실제 산업 및 사회의 문제를 파악하고 자신의 지식을 적용할 수 있는 기회를 체계적으로 관리하여 제공하고자 함.

2) 지표에 따른 목표

- 월 1회 이상의 세미나 및 현장 견학 수행

3) 지표에 따른 실적

- 2020.09.01. ~ 2021.08.31. 기간 동안 현장 전문가를 초청하여 총 18회의 세미나를 개최함.

| 연번 | 일 시 | 주 제 | 강 사 |
|---|---|---|---|
| 1 | 2020.09.02 | 대심도 지하도로 | 한국건설기술연구원 차세대인프라연구센터장 [redacted] 박사 |
| 2 | 2020.09.17 | 자원환경공학과 Workshop | 연세대학교 [redacted] 교수, 광운대학교 [redacted] 교수, KAIST [redacted] 교수, 강원대학교 [redacted] 교수 |
| 3 | 2020.10.21 | 엔진 세척폐수의 재사용을 위한 수처리 시스템 설계 | ㈜주홍환경 [redacted] 박사 |
| 4 | 2020.10.30 | 심부지오시스템의 특성 평가 및 개발과 핵심기술 소개 | 한국지질자원연구원 심지층연구센터 [redacted] 박사 |
| 5 | 2020.11.16 | 자원 재순환을 위한 폐자원의 유용금속 회수 기술 | 성신여자대학교 [redacted] 교수님, 고등기술연구원 [redacted] 박사 |
| 6 | 2020.12.18 | 엔진 세척폐수의 재사용을 위한 수처리 시스템 설계(2차) | 한국환경정책평가연구원 [redacted] 박사 |
| 7 | 2021.01.20 | 폐자원의 유용금속 회수 및 고순도 자원화 기술 | 고등기술연구원 [redacted] 박사, 대진대학교 [redacted] 교수 |
| 8 | 2021.02.01 | 순환자원 이용 희소금속 회수 공통활용기술 | 고등기술연구원 [redacted] 박사 |
| 9 | 2021.04.26 | 토양오염복원기술 | KIST [redacted] 박사 |
| 10 | 2021.06.15 | 능동적인 수리제어를 통한 PRB 정화효율의 평가 모델 및 수치 모의 | 한국지질자원연구원 [redacted] 박사 |
| 11 | 2021.06.15 | RPB를 활용한 지중정화 기술 | 동명엔터프라이즈 [redacted] 박사 |
| 12 | 2021.06.17 | 아리스토텔레스의 4원소설에서 4차산업혁명까지 | 연세대학교 [redacted] 교수 |
| 13 | 2021.06.22 | 엔진 재제조 세척수 처리를 위한 LAB Pilot 구축 및 실험 설계 | 주홍환경 [redacted] 박사 |
| 14 | 2021.06.23 | Particle Flow Code 2D 소프트웨어 심화 교육 | ㈜베이이스소프트 [redacted] 부장 |
| 15 | 2021.06.29 | 터널 설계의 현실 및 문제점 | ㈜지윤이엔씨 [redacted] 박사 |
| 16 | 2021.06.29 | 흡착과 산화 공정을 이용한 수질오염처리 연구 | KIST [redacted] 박사 |
| 17 | 2021.08.17. | 터널 단면설계 실무 세미나 | ㈜ 한경엔지니어링 [redacted] 박사 |
| 18 | 2021.08.24. | 터널 설계사례, 지보 및 굴착방법 세미나 | ㈜ 서하기술단 [redacted] 전무 |

- 향후 월 평균 1건 이상의 세미나 및 현장견학 기회를 사업종료 시까지 지속적으로 제공할 계획임.

2. IC-PBL+ 강의 활성화

1) 지표 선정 사유

- 현장 문제 및 데이터를 학생들에게 제공하고, 교수의 감독하에 학습자들의 협업/토론 등을 통해 스스로 문제를 해결하도록 유도하는 IC-PBL+ 방식의 강의를 활성화하여 자기주도적 연구역량을 체계적으로 배양하고자 함.

2) 지표에 따른 목표

- 교육연구팀 참여교수가 담당하는 전체 강의의 30% 이상을 IC-PBL+ 강의로 유지

3) 지표에 따른 실적

- 2020.09.01. ~ 2021.08.31. 기간 동안 개설한 과목 5개 중 IC-PBL+ 강의는 1개가 개설되었으며, IC-PBL+ 강의의 비율은 20%임.

| 개설시기 | 교과목명 | 교강사명 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 2020년도 2학기 | 불연속암반공학특론 | [redacted] | |
| 2020년도 2학기 | 천연가스저류공학 | [redacted] | |
| 2020년도 2학기 | 지하수오염학특론 | [redacted] | |
| 2021년도 1학기 | 터널설계 특론 | [redacted] | IC-PBL+ 강의 |
| 2021년도 1학기 | 석유생산공법전공연구 | [redacted] | |

- 향후 IC-BPL+ 강의의 비율을 높여서 사업 종료시점 기준 참여교수의 전체 강의 대비 IC-PBL+ 강의의 평균 비율을 30% 이상 확보하고자 하며, 매 학기 종료 시 학습자의 피드백을 통해 질적 향상 또한 이루고자 함.

3. 현장 연계형 과제 개발

1) 지표 선정 사유

- IC-PBL+ 강의를 통해 배양된 문제해결 연구역량을 기반으로하여 책임자인 교수의 감독하에 기업 및 지역사회에서 요구하는 산학과제를 직접 발굴하고 연구를 수행할 수 있는 기회를 제공함으로써 현장중심의 인재를 양성하고자 함.

2) 지표에 따른 목표

- 사업 기간 내 4건 이상의 현장 연계형 과제 개발

3) 지표에 따른 실적

- 스마트자원개발, 비전통가스, 바이오에너지, 온실가스 감축기술, 폐기물 처리 등의 5대 중점분야 관련해서 총 20건의 과제가 선정되어 운영 중임.
- 상기한 20건의 과제 중 2020.9.1. ~ 2021.8.31. 기간 동안 4차 산업분야, 스마트자원개발, 폐기물 처리, 바이오에너지 및 오염 정화들의 분야에 총 8건의 제안서를 작성하여 제출하였으며, 그 중 2개 과제가 신규 선정되어 연구를 개시하였음.
- 향후 5대 중점 분야 관련하여 연 3건 이상의 제안서를 작성하여 현장 연계형 과제 개발을 위해 지속적으로 노력할 계획임.

4. 공동연구/신진연구인력 외국인 비율

1) 지표 선정 사유

- 국제 감각과 연구역량을 갖춘 외국인 신진연구인력을 확보하여 다양한 교육 프로그램 및 연구를 진행함으로써 참여 대학원생들의 국제경쟁력을 강화하고자 함.

2) 지표에 따른 목표:

- 본 교육연구팀 참여교수 연구실에 소속된 신진연구인력의 외국인 비율을 50% 이상으로 유지

3) 지표에 따른 실적

- 현재 본 교육연구팀 참여교수 연구실에 소속된 신진연구인력 총 11명 중 외국인은 9명으로, 81%를 달성하였으며, 향후 현재 비율을 유지하여 사업종료 시까지 외국인 신진연구인력의 비율을 평균 50% 이상으로 유지할 계획임.

5. H-index

1) 지표 선정 사유

- BK21 4단계 사업을 통한 질적 연구역량 향상을 목표로 연구의 질적 활동을 나타내는 대표적인 지표로 참여교수 1인당 평균 H-index를 선정하였으며 질적으로 우수한 연구를 수행함으로써 전 세계적인 연구를 선도하는 우수한 연구력을 보유하고 참여대학원생의 글로벌 선도 인재를 양성하고자 함.

2) 지표에 따른 목표

- 교육연구팀 참여교수의 평균 H-index를 12 수준으로 향상

3) 지표에 따른 실적

- 최근 5년간 평균 H-index를 비교해보면 BK21 4단계 사업 시작 전에는 9.75 였으나, BK21 4단계 사업 이후 2021년 4월 기준 10.7까지 상승하였음. 본 교육연구팀에서 벤치마킹한 미국의 Stanford 대학교, Penn State 대학교의 동분야 유수학과와 비슷한 수준이며, 향후 뛰어난 질적 연구 역량 향상을 통해 12 이상의 H-index를 달성하기 위해 노력할 것임.

6. 특허/기술이전 실적

1) 지표 선정 사유

- 본 교육연구팀은 특허, 기술이전 실적 달성을 통해 실질적으로 과학기술/산업/사회의 문제해결에 기여하는 문제해결형, 현장중심형 인재양성을 목표로 함.

2) 지표에 따른 목표

- 정부부처의 대형 연구과제 수행 등을 통해 특허 출원 및 등록 5건 이상 달성

3) 지표에 따른 실적

- 본 교육연구팀은 최근 1년간 3건의 특허등록과 1건의 기술이전 실적을 달성하며 과학기술/산업/사회의 문제해결에 기여하고자 하였으며 이와 같은 성과를 유지 및 향상시키며 최종적으로 5건 이상의 특허를 등록하고 실제 산업에 활용할 계획임.