

# 『4단계 BK21사업』 미래인재 양성사업(과학기술 분야)

## 교육연구단 자체평가보고서

접수번호	4199990614407						
사업 분야	응용과학	신청분야	건설	단위	전국	구분	교육연구단
학술연구분야 분류코드	구분	관련분야		관련분야		관련분야	
		중분류	소분류	중분류	소분류	중분류	소분류
	분류명	토목공학	구조공학	토목공학	지반공학	환경공학	환경공학일반
	비중(%)	40%		30%		30%	
교육연구 단명	국문) 스마트 사회기반시스템 글로벌 인재 양성 교육연구단 영문) Center for fostering global leaders in smart infrastructure systems						
교육연구 단장	소 속	한국과학기술원 공과대학 건설 및 환경공학과					
	직 위	교수					
	성명	국문	전화				
			팩스				
		영문	이동전화				
E-mail							
연차별 총 사업비 (백만원)	구분	1차년도 (20.9~21.2)	2차년도 (21.3~22.2)				
	국고지원금						
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	교육연구단장						
확인자	한국과학기술원 연구처장						

## 〈자체평가 보고서 요약문〉

중심어	건설환경 창의인재 양성	지능형 사회기반시스템	스마트건설 기술
	지속가능 시스템	레질리언트 시스템	다학제적 융복합 연구
	글로벌 인재 양성	디지털 사회기반시설	유기적 국제 협력 네트워크
교육연구단의 비전과 목표 달성정도	<p>◎ <b>비전:</b> 4차 산업혁명을 통해 실현될 스마트 복지사회의 핵심 구성요소인 스마트 사회기반시스템 구축을 책임지는 글로벌 창의인재 양성</p> <p>◎ <b>최종목표:</b> 스마트 사회기반시스템 구축에 필요한 핵심기술 중심으로 선택집중형 교육·연구·기술사업화·국제화 혁신을 수행하여 2027년까지 건설환경 분야에서 세계 10위권의 글로벌 가치창출을 선도하는 교육연구단으로 도약</p> <p>◎ <b>교육혁신 부문 목표 달성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 융복합 키워드(즉, Sustainable Environment, Smart Urban System, Resilient Infrastructure, and Energy Infra-systems)를 기반으로 한 교육과정 개편</li> <li>- 여러 산업·사회 문제 해결 능력 함양을 위한 스마트시티 커리큘럼 내실화</li> <li>- 인공지능 활용역량 강화를 위한 인공지능 활용 분야(AI+건설·환경 분야)관련 교과목 개설</li> <li>- 비대면 온라인 원격강의 시스템 구축 및 Education 4.0 등 학생참여형 교육 프로그램 확장</li> </ul> <p>◎ <b>연구혁신 부문 목표 달성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 스마트 건설 및 환경 분야에 연구 집중 및 관련 융복합 논문 실적 증대와 연구과제 수주</li> <li>- 시공 중 안전사고, 미세먼지, 미세플라스틱 등 산업·사회의 주요 문제 해결형 연구 수행</li> <li>- 교육연구단과 학내 연구소 간의 공동연구 및 협력을 통한 연구인프라 확충</li> </ul> <p>◎ <b>산학협력혁신 부문 목표 달성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업체 지원 및 사회문제 해결 관련 연구용역과제 수행 및 사회문제 발굴과 연구네트워크 형성</li> <li>- 스마트시티, 건설 자동화 등 타 분야 전문가와 함께하는 융복합 세미나 개최</li> <li>- 건설·환경 분야 기술의 지식재산 창출 및 창업 프로세스 관련 창업 세미나 시리즈 개최</li> </ul> <p>◎ <b>국제화혁신 부문 목표 달성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대학원 전공 교과목 영어강의 비율 95.12%, 석박사학위논문 영문작성 비율 90.38%, 외국인 학생 비율 14.13% 등 대부분의 국제화 부문 지표가 목표를 상회하거나 유지</li> <li>- COVID-19 상황임에도 불구하고, 장기 및 단기 해외 파견, 교환학생 제도 등을 통해 다양한 국제 교류 활동 프로그램 진행 노력</li> <li>- 국제 공동연구 및 국제 공동세미나 등 온라인으로 진행하여 COVID-19 환경 극복</li> </ul>		
교육역량 영역 성과	<p>◎ <b>교육과정 구성 및 운영</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4차 산업혁명 시대 건설공학 교육과정 혁신을 위해 당면한 인류문제 해결을 위한 핵심 연구 주제 관점으로 전면적으로 재편(Sustainable Environment (S), Smart Urban Systems (U), Resilient Infrastructure (R), Energy-infra Systems (E) (S.U.R.E. 트랙))</li> <li>- 새롭게 재편된 4개의 영역이 균형 있게 교육될 수 있도록 신규 교과목 개설 및 기존 교과목 보완을 통해 교과목 체계 개선 및 보완 중</li> </ul> <p>◎ <b>인력양성</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1년간 총 52명의 졸업생(석사 23명, 박사 29명) 배출 (당초 목표 39명 초과 달성)</li> <li>- 취업대상자 31명 중 25명이 국내외 연구기관(7명), 국내외 산업체(3명), 국내외 교육기관(15명)에 취업(네이버랩스, Nota, 한국전력공사, 한국원자력연구원, 한국탄소산업진흥원, 한국과학기술원 등; 정규직 6명, 비정규직 19명)</li> </ul> <p>◎ <b>대학원생 연구역량</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 참여대학원생의 학술지 논문 게재건수: 73건(이 중 46건(63%)은 분야별 Top 25% 학술지에 게재; 31건(42.5%)은 분야별 상위 10% 학술지에 게재)</li> <li>- 참여대학원생의 학술대회 참가실적: 97건(국제: 32건, 국내: 65건)</li> <li>- 참여대학원생의 학술대회 우수논문상 수상실적: 16건(국제: 1건, 국내: 15건)</li> <li>- 참여대학원생의 특허등록 실적: 33건(국제: 3건, 국내: 30건)</li> <li>- 참여대학원생의 기술이전 실적: 1건(기술료: 5천만 원)</li> </ul> <p>◎ <b>신진연구인력 운용</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1년간 총 10명의 신진연구인력(박사후연구원 및 연구교수) 확보</li> <li>- 총 8편의 논문게재 실적(모두 분야별 Top 25% 학술지에 해당)</li> </ul> <p>◎ <b>참여교수의 교육역량</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대부분의 강의 영어로 제공 및 Education 4.0 추진단을 통한 학생참여형 강의 제공</li> <li>- 2건의 저술활동을 통해 참여대학원생의 교육 효과 향상</li> </ul> <p>◎ <b>교육의 국제화</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1년간 95.12%의 강의 영어로 진행; 90.38%의 석·박사 학위논문이 영어로 작성</li> <li>- 외국인 대학원생의 비율: 전체 대학원생의 14.13%</li> </ul>		

<p style="text-align: center;"><b>연구역량 영역 성과</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ <b>연구비 수주실적</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구비 수주액: 1년간 약 14,890,893 천원 (전임교원 1인당 815,226 천원)</li> <li>- 4차 산업혁명 관련 연구과제 지속적 수주( ‘스마트 수중 터널 시스템 연구센터’ , ‘재난재해 위험성 분석/예측 기술 고도화 및 정보 플랫폼 구축’ 등)</li> <li>- 3D 프린팅 기술, 탄소중립 등과 같은 주제의 첨단 융복합 연구 수행( ‘온라인 비파괴 검사 및 실시간 3D 프린팅 공정관리’ , ‘탄소 저장기술 융합 가능성 시멘트계 재료 및 탄소중립화를 위한 시멘트 gel 합성 기술 개발’ 등)</li> </ul> </li> <li>◎ <b>논문실적</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최근 1년간 총 125편의 SCI 급 학술지에 논문 게재(전임교원 1인당 평균 약 7편)</li> <li>- 분야별 Top 25% 학술지 해당 실적: 71건(56.8%), 상위 10%: 46건(36.8%)</li> <li>- 융합연구 관련 실적: 53건(42.4%)으로 4차 산업혁명 기술이 접목된 다양한 연구실적 달성</li> </ul> </li> <li>◎ <b>대표적 연구업적</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업및시스템공학과, 기계공학과와의 학제 융합연구를 활발히 수행 (수행성과 3건)</li> <li>- 이승래 교수와 권태혁 교수: 4차 산업혁명 핵심기술을 위한 새로운 토석류 발생 예측, 방재 및 관리체계를 구축하는 연구 수행 (SCI급 논문 게재 7편, 특허 출원 1건 등)</li> <li>- 김아영 교수: 스마트시티 구축에 필수적인 로봇 위치 인식 및 매핑 수행 기술 개발 (로보틱스 분야의 저명한 SCI급 학술지인 IEEE Robotics and Automation Letters에 성과 게재)</li> <li>- 한중인 교수는 배기 및 악취 가스 내 유해물질을 효과적으로 포집할 수 있는 신개념 임펠러 스크러머 개발(특허 등록 6건, 출원 19건)하고, 대전 신세계 백화점 과학관에 전시</li> </ul> </li> <li>◎ <b>저서, 특허, 기술이전, 창업 등 실적</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1년간 특허 등록 51건(국외 4건, 국내 47건)과 기술이전 1건의 성과 달성</li> <li>- 스마트시티, 3D 프린팅 장치 기반 기술, 미세먼지 저감기술, 건설재료 응용 및 변화 측정 기술, 수처리기술 등 다양한 연구분야에서 특허 등록 실적 달성</li> <li>- ‘강구조물의 도막 상태 평가시스템 및 방법’ 기술이전(기술료: 55백만원) 실적 달성</li> </ul> </li> <li>◎ <b>산업사회 기여실적</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최근 1년간 1,950,750 천원에 달하는 20건의 연구용역과제(민간출연 7건, 정부출연기관 13건) 수행을 통하여 산업체 지원 및 사회문제 해결에 기여</li> <li>- 산업체 지원을 위한 자문활동 9건 수행 및 온라인 초청세미나를 통한 기술세미나 제공</li> <li>- 사회문제 해결을 위해 45건의 교외활동 및 사회문제 발굴/해결을 위한 연구네트워크 형성</li> </ul> </li> <li>◎ <b>국제화 현황</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- OCOVID-19 상황에도 해외 우수 연구기관과의 인적교류를 통해 참여대학원생들의 국제공동연구 9건, 해외연수 2건 및 해외학자 초빙 공동연구 2건 수행</li> <li>- 참여교수들은 국제 학술대회 수상 4건과 더불어 35건에 달하는 초청 및 기조연설 수행</li> <li>- 국제 저명 학회의 좌장 및 위원회 활동: 36건, 국제 최고권위 학회 Fellow: 5명</li> <li>- 국제학술지 편집장 실적 51건, 국제 공동연구 실적 17건 등 활발한 국제 학술 활동 수행</li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>달성 성과 요약</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ <b>교육역량 영역 성과 요약</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4차 산업혁명 시대에 건설환경 분야를 선도할 수 있도록 대학원 교육과정 전면 개편</li> <li>- 졸업생 배출 실적 목표 초과달성 및 취업대상자 31명 중 25명 취업</li> <li>- 참여대학원생의 학술지 논문: 총 73건(이중 46건(63%)은 Top 25% 학술지에 게재)</li> <li>- 총 10명의 신진연구인력 활용 (8편의 Top 25% 논문 게재 실적)</li> <li>- 참여교수 2건의 저술활동을 통해 참여대학원생의 교육 효과 향상</li> <li>- 영어 강의: 95.12%, 학위논문 영어 작성: 90.38%, 외국인 대학원생 비율: 14.13%</li> </ul> </li> <li>◎ <b>연구역량 영역 성과 요약</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 연구비 수주액: 1년간 약 14,890,893 천원 (전임교원 1인당 815,226 천원)</li> <li>- 최근 1년간 총 125편의 SCI 급 논문 게재(전임교원 1인당 평균 약 7편)</li> <li>- 산업및시스템공학과, 기계공학과와의 학제 융합연구를 활발히 수행 (수행성과 3건)</li> <li>- 1년간 특허 등록 51건(국외 4건, 국내 47건)과 기술이전 1건의 성과 달성</li> <li>- 산업체 및 사회문제 해결 관련 과제 20건(연구용역비 약 20억원) 수행 및 자문활동 9건</li> <li>- 국제 학술대회 수상 4건 및 초청 및 기조연설 35건 발표</li> </ul> </li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>미흡한 부분 / 문제점 제시</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ <b>교육혁신 부문</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개편된 S.U.R.E. 트랙에 맞는 다양한 교과목을 신설하고 융합 교과목을 장려하는 등의 교육역량 향상 방안 마련 필요</li> <li>- 신진연구인력은 향후 국가 과제 PI 역할 등 연구영역에서 다양한 활동 장려 필요</li> <li>- 참여교수 교육역량 관련 실적인 소수의 교수에 편중되어 있으므로 다수의 교수로 확장 필요</li> </ul> </li> <li>◎ <b>연구혁신 부문</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 4차산업혁명 관련한 융복합 연구 비중 지속적 증대 필요</li> </ul> </li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 산업·사회의 주요 문제 해결형 연구 수행 증대 필요</li> <li>◎ <b>산학협력혁신 부문</b></li> <li>- 산업체와 함께하는 융복합 세미나 등 협력 행사 활성화 필요</li> <li>- 교원 및 대학원생의 창업과 같은 가시적인 지표 부족하므로 향상 필요</li> <li>◎ <b>국제화혁신 부문</b></li> <li>- 우수한 외국인 대학원생의 유치 방안 강구를 통해 국제화 지표 향상 필요</li> <li>- 예상치 못한 환경변화에 강인한 국제 활동 프로그램 개발 또는 확보 필요</li> </ul>
<b>차년도 추진계획</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ <b>교육혁신 부문 추진계획</b></li> <li>- S.U.R.E. 트랙으로 새롭게 개편된 교육과정 및 2022년 봄학기부터 적용될 교과목 체계가 대학원에 제대로 자리를 잡을 수 있도록 지속적 모니터링 및 보완</li> <li>- 대학원생들의 연구내용이나 연구성과를 공개 세미나 또는 공개형 수업에서 공유하고 자유롭게 토의할 수 있는 플랫폼 구축</li> <li>- MOOC(Massive Online Open Course) 등과 같은 온라인 공개 강의 확대 추진</li> <li>◎ <b>연구혁신 부문 추진계획</b></li> <li>- 4차 산업혁명 융복합 논문 및 연구과제 수주 증대와 관련 인적 자원 구축 및 기술사업화를 위해 지속적 노력</li> <li>- 핵심 분야 기반의 연구 협력 체계 구축을 통한 연구 전문성 강화</li> <li>- 글로벌 선도 융복합 연구시스템 구축 추진</li> <li>◎ <b>산학협력혁신 부문 추진계획</b></li> <li>- 중장기적인 연구 협력 체계를 구축하여 산업체 및 사회 문제 해결을 위한 플랫폼으로 활용할 수 있도록 발전 추진</li> <li>- 스타트업 기술연계를 통한 협력 및 기술사업화 장려하여 교원 및 대학원생 창업 유도</li> <li>- 실험실 기술을 토대로 스타트업 창업/성장 및 기업 투자로 이어지도록 체계적으로 지원하는 프로그램 구축 추진</li> <li>◎ <b>국제화혁신 부문 추진계획</b></li> <li>- 글로벌 기업 및 해외 유명대학에서의 인턴십, 해외 견학 등 국제 프로그램 제공을 이전보다 다각화 및 내실화</li> <li>- 외국인 교원 및 학생 비율 향상 추진</li> <li>- 해외 유명대학과 다학제 간 융·복합적 교육 프로그램의 공동개발 추진</li> </ul>

## 1. 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

성명	한글	영문
소속기관	한국과학기술원 공과대학 건설및환경공학과	

### 1.1) 연구 역량

교육연구단장인 정형조 교수는 지난 20여 년 동안 스마트 사회기반시스템 구축을 위해 필수적인 주제에 관한 연구를 활발히 수행해왔으며, 구체적으로는 MR 댐퍼 이용 제진 기술, 풍진동 기반 에너지 하베스팅 기술, 스마트 무선센서를 이용한 교량 건전도 평가 기술 등에 관한 연구를 선도적으로 수행한 바 있다. 특히, 4차 산업혁명의 핵심 기술인 드론과 딥러닝 기법을 이용한 자동화된 교량 점검 기술을 개발하여 관련 분야 최대 국제학술대회 등에서 여러 차례 기조강연을 하는 등 동 분야 세계 수준의 연구자로 인정받고 있다. 2013년부터 국제적인 스마트구조기술 관련 협의체인 Asia-Pacific Network of Centers for Research in Smart Structures Technology의 사무처장(Secretary)을 맡고 있으며 SCI급 학술지 ‘Smart Structures and Systems (Impact Factor(IF): 3.342)’의 편집위원장(Editor-in-Chief), SCI급 학술지 ‘Journal of Vibration and Control (IF: 3.095)’의 부편집장(Associate Editor)을 비롯해 다수의 학술지에 주요 편집진으로 참여하는 등, 토목산업의 첨단 분야인 스마트구조 기술 분야의 연구를 선도하고 있다.

지금까지 140편이 넘는 SCI급 국제학술지 논문, 250편이 넘는 국제 학술대회 논문을 발표하였으며, 특히 2011년부터 현재까지 약 10년 동안에 총 88편의 SCI 논문을 게재하여 연평균 8.8편에 이른다. 또한, 교육연구단장은 SCOPUS 기준으로 h-index는 35, 총 인용횟수는 4,096, 논문당 평균 인용횟수는 29.68에 이를 정도로 훌륭한 학술적인 성과를 달성한 바 있다(단, SCIE 기준으로는 각각 31, 3,384, 24.88임). 이러한 학술적 공로를 인정받아 대한민국 정부로부터 국가개발 우수성과(국가과학기술위원회)와 기초연구 우수성과(교육과학기술부)를 수상한 바 있으며 KAIST에서 학술상을 수상하였다. 또한, 국내외 학회로부터 ICCES Young Investigator Award와 소음진동공학회 국제학술상 등을 수상하였다. 교육연구단장은 기존 스마트 구조기술 분야의 한계를 극복하기 위한 융·복합 연구를 통해 건설 분야의 차세대 융합기술 개발 가능성을 보여주었으며, 이러한 연구경험은 본 BK21 사업 수행에 있어서도 밑거름이 될 것으로 기대된다.

### 1.2) 교육·행정 역량

교육연구단장인 교수는 KAIST 건설 및 환경공학과 교수 및 학사주임 교수로서 뛰어난 리더십으로 학과 관련 조직을 운영해오고 있다. 특히, 2000년대 중반부터 스마트 사회기반시스템 관련 다양한 교육 프로그램들을 지속해서 기획하고 주관해왔다. 대표적으로는 스마트시티 혁신인재육성 프로그램 운영 위원, 스마트구조기술 관련 국제 여름학교(APESS) 두 차례 주최 등이 있다. 또한, KAIST-중국 Tongji 대학 건설·환경공학과 학부생 계절학기 프로그램을 주도적으로 기획·진행하였으며, 이외에도 격년으로 개최되는 SEE-KAIST, Open KAIST 행사에 학과 차원 참여를 적극적으로 장려하여 건설 및 환경공학 관련 산업 발전에 이바지하기 위한 인재양성에 이바지하고 있다. 이에 더해, 외국 우수학생 유치 활동, 복수학위 프로그램, 국제교류 협력사업을 주도적으로 추진하는 등 학과의 경쟁력 강화 및 국제화에 크게 공헌하고 있다.

교육연구단장은 KAIST 건설 및 환경공학과 학사주임 교수로 선임된 2015년 이후 우수한 연구성과

도출을 위한 학과 분위기를 조성하고, 신입 교수 및 신진연구인력들에 대한 지원과 협력을 아끼지 않는 등 학과 교육과정의 수월성 제고 및 세계화와 연구의 질적 수준 향상에 꾸준히 노력해 왔다. 이를 통해 KAIST 건설 및 환경공학과가 역사와 전통이 깊은 해외 우수 대학과 어깨를 나란히 할 수 있는 토대를 마련하는 데 크게 이바지하였다. 이외에도 교육연구단장은 ‘아시아·태평양 스마트구조기술 연구센터 협의체’ 사무처장, ‘한국소음진동공학회’ 학회지 편집위원장, ‘KSCE Journal of Civil Engineering’ 부편집위원장, ‘한국지진공학회’ 이사, ‘한국소음진동공학회’ 이사 및 토목 부문회장 등을 역임하며 스마트구조기술, 토목공학, 전산구조공학, 지진공학, 진동공학 분야에서 활발한 학술 진흥 활동을 수행하는 등 풍부한 행정 및 국제 교류 경험이 있다. 지금까지 약 14년 동안의 KAIST 재직 기간에 13명의 박사 및 23명의 석사 배출을 비롯하여 현재 10명의 대학원생과 2명의 박사후연구원을 지도하고 있으며, 2019 KKHTCNN Symposium 최우수논문상 수상자를 배출하는 등 뛰어난 인재양성 능력을 보여주었다.

## 2. 대학원 학과(부) 소속 전체 교수 및 참여연구진

<표 1-1> 교육연구단 대학원 학과(부) 전임 교수 현황 (단위: 명, %)

대학원 학과(부)	학기	전체교수 수	참여교수 수	참여비율(%)	비고
건설 및 환경공학과	20년 2학기	20명	19명	95%	
	21년 1학기	19명	18명	94.74%	

<표 1-2> 최근 1년간(2020.9.1.~2021.8.31.) 교육연구단 대학원 학과(부) 소속 전임 교수 변동 내역

연번	성명	변동 학기	전출/전입	변동 사유	비고
1	김동수	2020년 2학기	전출	명예퇴직	2020년 10월 31일부

<표 1-3> 교육연구단 대학원 학과(부) 대학원생 현황 (단위: 명, %)

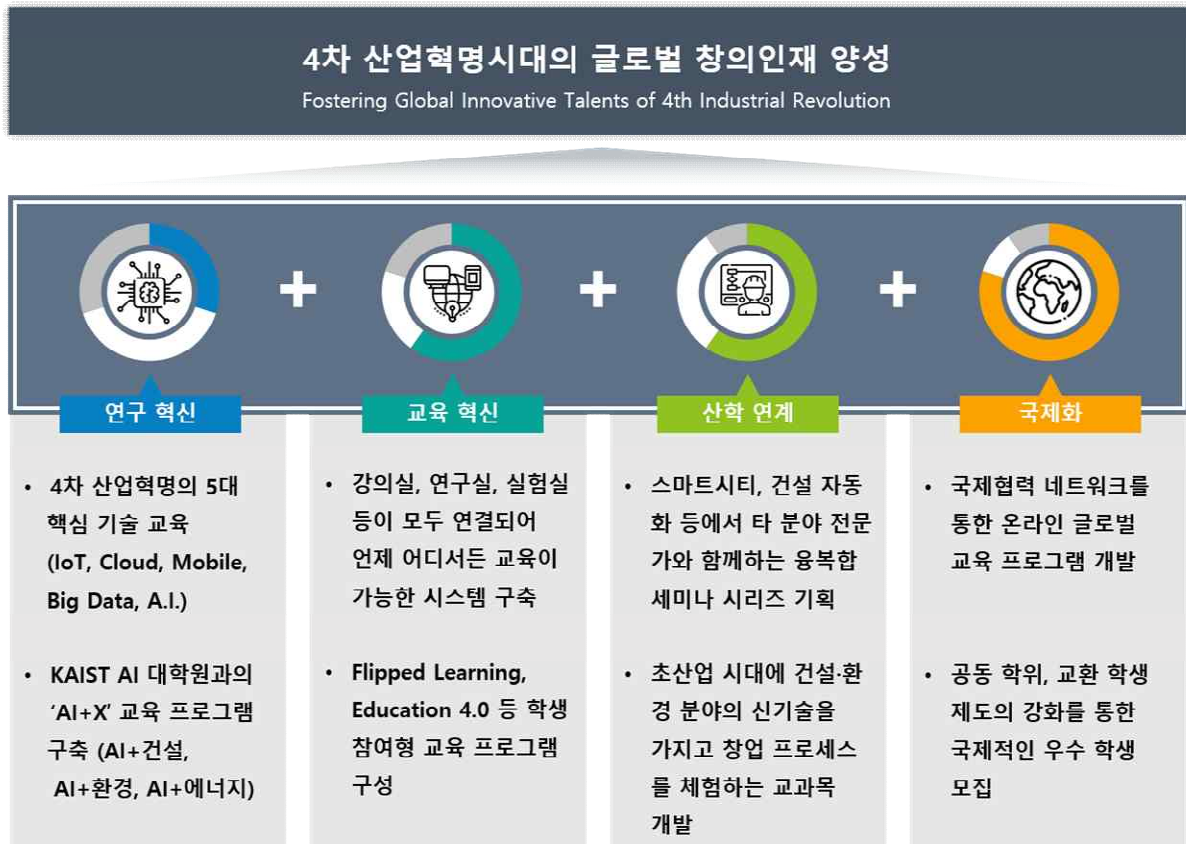
대학원 학과(부)	참여 인력 구성	대학원생 수											
		석사			박사			석·박사 통합			계		
		전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)
건설 및 환경공학과	20년 2학기	64	51	79.69	112	84	75.00	12	10	83.33	188	145	77.13
	21년 1학기	71	63	88.73	105	76	72.38	11	8	72.73	187	147	78.61
참여교수 대 참여학생 비율				789.19									

최근 1년간 교육연구단에 참여하는 교수는 20년 2학기에는 19명, 21년 1학기는 18명으로 참여비율은 건설및환경공학과 전체교수의 약 95% 정도로 유지되고 있으며, 명예퇴직으로 인해 21년 1학기 참여교수 구성에 변경이 있었다. 대학원생 수는 매학기 졸업자를 제외하면 전체 학생의 평균 77.87%가 본 교육연구단에 참여하고 있다.

### 3. 교육연구단의 비전 및 목표 달성정도

#### 1) 비전 및 목표 대비 실적

4차 산업혁명과 같은 급격한 환경변화에 적절하게 대응하기 위해서는 핵심 시대정신 및 스마트 기술을 제대로 이해하고 적재적소에 적극적으로 활용하여 다양한 주요 산업·사회 문제를 해결할 능력을 갖춘 전문인력 양성이 필요하다. 특히, 건설 분야는 정보기술(건설IT, 건설로봇, 건설관리 등), 계획, 디자인 및 설계기술(교통 및 도시계획 및 설계, 건설 디자인 등), 재료, 바이오 및 나노기술(건설재료, 바이오 및 나노융합기술 등) 등이 접목되면서 선도적 경제도약 및 미래 국부창출을 이룰 수 있는 산업 분야이다. 따라서, 건설 분야에 특화된 스마트 기술을 갖춘 전문인력이 양성된다면 국내외 관련 산업에 미치는 긍정적인 파급효과가 매우 클 것이 분명하다. 이와 같은 특화된 전문 인재양성 요구에 부응하기 위해 본 교육연구단은 **연구혁신, 교육혁신, 국제화혁신, 산학연계혁신**에 대한 비전을 수립함으로써 스마트 복지 사회를 구현하는 데 일조할 인재를 양성하는 중대한 사명을 수행하고자 한다.

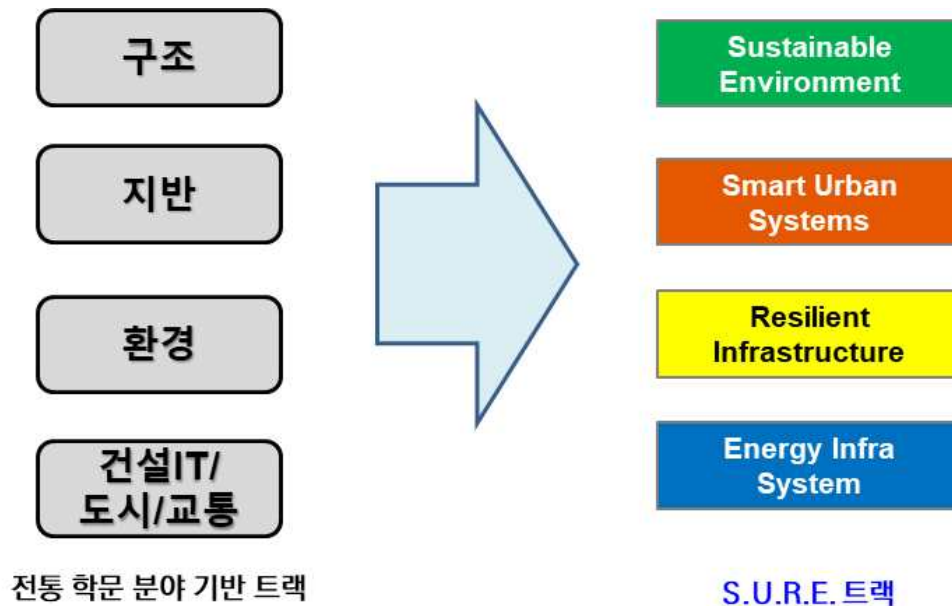


[그림 1-1] 4차 산업혁명에 부합하는 본 교육연구단의 비전과 혁신 키워드

이에 따라 본 교육연구단의 비전은 “4차 산업혁명을 통해 실현될 스마트 복지사회의 핵심 구성요소인 스마트 사회기반 시스템 구축을 책임지는 글로벌 창의인재 양성”이며 기술 융합적, 다학제 연계 교육 및 국제적 리더십 교육을 통하여 건설공학 분야의 글로벌 지도자를 양성하고 국가와 인류의 발전에 이바지하는 것이다. 이러한 비전을 실현하기 위한 본 교육연구단의 최종목표는 ‘스마트 사회기반시스템 구축에 필요한 핵심기술 중심으로 선택집중형 교육·연구·기술사업화·국제화 혁신을 수행하여 2027년까지 건설환경 분야에서 세계 10위권의 글로벌 가치창출을 선도하는 교육연구단으로 도약’이다.

또한, 연구, 비즈니스, 혁신, 서비스 등을 포함하는 건설 관련 분야의 세계적 리더십의 확보와 기술융합적 교육을 통하여 토목, 건축, 도시, 교통 및 환경공학 분야의 세계적 지도자를 양성함으로써 국가와 인류의 발전에 이바지하는 것이다. 이를 위하여 우수한 교육 기회의 제공, 혁신적인 학제적 연구, 혁신적인 기술의 개발, 국제적인 협력과 활동에의 참여는 물론 현재와 미래의 복합적인 기술 및 사회적 요구에 부응하기 위해 교수와 학생들을 통해 서비스 리더십과 기업가정신을 함양하고자 한다. 본 교육연구단은 이전 단계의 사업에서 혁신의 비전으로 삼았던 융합화, 다학제화, 국제화의 틀을 유지하되, 4차 산업 혁명에 부합하도록 교육혁신, 연구혁신, 산학연계혁신, 국제화 혁신을 핵심 키워드로 삼아 혁신하고자 한다.

본 연구단은 최근 1년 동안을 4차 산업혁명 시대의 글로벌 창의인재 양성의 목표를 달성하기 위한 준비 및 첫 단계로 설정하였고 교육, 연구 및 산학협력이 유기적으로 연계되어 시너지효과를 얻을 수 있도록 커리큘럼, 학사관리 등 전반적인 교육체계를 혁신하고자 하였다. 이에 따라 핵심 추진 방향을 기반으로 본 교육연구단은 건설·환경 분야를 선도하기 위해 기존 S.S.R. (Smart, Sustainable, and Resilience)로 표현하던 핵심 키워드 중심의 주요 연구 분야를 전면적으로 개편하여 인류가 당면한 커다란 문제를 해결하기 위한 4개의 핵심 융복합 연구분야로 재정립하였다. 즉, 구조공학, 지반공학, 환경공학, 도시/교통/건설IT 분야와 같은 기존 전통학문 분야를 기반으로 나누어졌던 학과의 트랙을 Sustainable Environment, Smart Urban System, Resilient Infrastructure와 Energy Infra-systems (이하 S.U.R.E.)로 개편하고 이를 기반으로 교육과정과 학사관리 개편이 이루어졌다. 또한, 4차 산업혁명의 기반 기술을 건설환경 분야에 적용하고 활용하고자 인공지능 관련 융합 교육 프로그램을 개설하였으며, 산학연계 및 국제 네트워크 강화를 통해 연구의 시너지 창출을 이루었다.



[그림 1-2] 혁신적 교육체계 개편(인류문제 해결을 위한 트랙으로)

## 2) 부분별 세부 목표 달성 평가

### 2-1) 교육 부문 목표 달성

- 4차 산업혁명 기술을 완벽히 이해하고 건설 및 환경 분야에 적극적으로 활용할 수 있는 능력을 갖춘 창의인재 양성을 위해, **융복합 키워드(즉, Sustainable Environment, Smart Urban System, Resilient Infrastructure, and Energy Infra-systems)**를 기반으로 한 **교육과정을 개편**하였다.
- 스마트 복지사회 실현에 장애가 되는 여러 가지 산업·사회 문제를 해결할 수 있는 능력 함양을 위한 **스마트시티 커리큘럼을 더욱 내실화**하였다.
- 인공지능 활용역량 강화하고자 KAIST AI 대학원과 협력하여 **인공지능 활용 분야(AI+건설·환경 분야)에 대한 전공 교과목을 개설**하였다.
- 예상치 못한 외부환경 변화에도 영향받지 않는 비대면 온라인 원격강의 시스템을 구축하여 재학생들의 **정규 교과 완전학습 지원 및 e-Learning, Education 4.0 등 학생참여형 교육 프로그램을 확장**하였다.

### 2-2) 연구 부문 목표 달성

- 국토교통부 스마트건설사업 등과 같이 **4차 산업혁명 시대에 건설 및 환경산업의 게임체인저가 될 수 있는 스마트 건설 및 환경 분야 연구에 집중**하였고, 교육연구단의 연구역량 향상 계획에 따라 **관련 융복합 논문 실적 증대와 연구과제 수주 등 실질적인 성과를 이뤄냈다.**
- 시공 중 안전사고, 지진/슈퍼태풍으로부터의 안전, 미세먼지, 미세플라스틱 등과 같이 **산업·사회의 주요 문제 해결형 연구**를 수행하였다.
- 교육연구단과 학내 연구소 간의 공동연구 및 협력을 통한 **연구인프라를 확충**하였다.

### 2-3) 산학협력 부문 목표 달성

- **산업체 지원 및 사회문제 해결에 기여하기 위해** 지난 1년간 **20건의 연구용역과제를 수행**하였을 뿐만 아니라, **45건의 교외활동을 통해** 국가기관 및 연구기관 등과 교류하며 **사회문제 발굴과 연구네트워크** 형성을 수행하였다.
- 산업 간의 경계가 무너지는 초산업 시대에 **건설환경 분야를 주도할** 능력을 갖춘 전문인력 양성 프로그램 마련을 위해 **스마트시티, 건설 자동화 등 타 분야 전문가와 함께하는 융복합 세미나**를 개최하였다.
- 건설·환경 분야 기술의 지식재산을 창출하고 창업 프로세스를 체험하는 **창업 세미나 시리즈**를 개최하였다.

### 2-4) 국제화 부문 목표 달성

- 대학원 전공 교과목 영어강의 비율 95.12%, 석박사학위논문 영문작성 비율 90.38%, 외국인 학생 비율 14.13% 등 **대부분의 국제화 부문 지표가 목표를 상회하거나 유지하는 수준**이었다.
- COVID-19로 국제 활동이 어려운 상황임에도 불구하고, **장기 및 단기 해외 파견, 교환학생 제도** 등을 통해 **다양한 국제 교류 활동 프로그램**을 진행하고자 노력하였다.
- **국제 공동연구 및 국제 공동세미나 등을 오프라인이 아닌 온라인으로도 진행**하여 예상치 못한 COVID-19 환경을 극복하면서 국제협력 네트워크를 강화하는 전략을 제시하였다.

### 3) 비전 및 목표 달성을 위한 보완 방안

#### 3-1) 교육 부문 보완 방안

- 1차년도에 S.U.R.E. 트랙으로 새롭게 개편된 교육과정 및 2022년 봄학기부터 적용될 교과목 체계가 대학원에 제대로 자리를 잡을 수 있도록 지속적으로 모니터링하고 보완할 예정이다.
- 교육과 연구의 선순환 구조를 더욱 공고히 하기 위해, 대학원생들이 수행 중인 연구내용이나 연구성과를 공개 세미나 또는 공개형 수업에서 공유하고 자유롭게 토의하는 프로그램을 개발할 필요가 있다.
- 학생들에게 전공과 무관한 자유로운 교육 기회 보장하기 위해 TU Delft와 같이 MOOC (Massive Online Open Course)를 이용한 온라인 공개 강의를 확대할 계획이다.

#### 3-2) 연구 부문 보완 방안

- 전년도와 마찬가지로 4차 산업혁명 융복합 논문 및 연구과제 수주 증대와 관련 인적 자원 구축 및 기술사업화를 위해 지속적으로 노력하여 본 교육연구단의 연구역량을 더욱 제고하고자 한다.
- TU Delft와 같이 4차 산업혁명 시대를 주도할 수 있는 핵심 분야 기반의 연구 협력 체계 구축을 통한 연구 전문성 강화가 필요하다.
- 4차 산업혁명, Post COVID-19 또는 Post AI와 관련한 학내 대형연구사업 및 정부 대형연구사업 기획 및 수주를 통해 글로벌 선도 융복합 연구시스템 구축이 필요하다.

#### 3-3) 산학협력 부문 보완 방안

- 산업체와의 연구용역과제 수행을 일회성으로 그치지 않고 중장기적인 연구 협력 체계를 구축하여 산업체 및 사회 문제 해결을 위한 플랫폼으로 활용할 수 있도록 발전시킬 필요가 있다.
- Technion과 같이 스타트업 기술연계를 통한 전략적 협력 및 기술사업화를 장려하여 교원 및 대학원생의 창업을 유도한다.
- 실험실에서 만들어진 기술 콘텐츠를 토대로 스타트업 창업/성장 및 기업의 투자로 이어지도록 일련의 과정을 체계적으로 지원하는 프로그램 구축이 필요하다.

#### 3-4) 국제화 부문 보완 방안

- 지난 1년간은 COVID-19로 인해 국제화 부문의 활동이 제약되었지만, 향후 상황이 나아진 후에는 MIT에서 진행하는 프로그램과 같이 글로벌 기업에서의 인턴십, 해외 견학 등 국제 프로그램 제공을 이전보다 다각화할 필요가 있다.
- 외국인 교원 및 학생 비율 향상을 통해 캠퍼스 내에서 국제적 감각을 쉽게 배양할 뿐만 아니라 해외 공동연구를 활발하게 추진할 수 있는 연구 생태계를 체계적으로 구축할 계획이다.
- MOU가 체결된 해외 유명대학과 교육 협력적 차원의 공감대를 형성하고 강화하는 것을 목표로 하여 다학제 간 융·복합적 교육 프로그램의 공동개발을 추진할 계획이다.

## II

## 교육역량 영역

### □ 교육역량 대표 우수성과

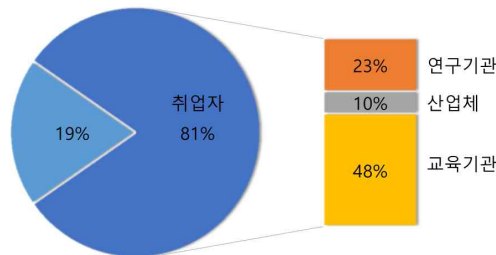
본 교육연구단의 교육 목표인 ‘스마트 사회기반시스템 구축에 중추적인 역할을 함으로써 초지능/초연결/초산업의 스마트 복지사회 실현에 장애가 되는 여러 가지 산업·사회 문제를 해결할 수 있는 고급(연구)인재 양성’을 위해 노력하였으며, 이에 대한 최근 1년간 교육역량 영역에서의 대표 우수성과는 다음과 같다.

#### ● 교육과정 구성 및 운영

- 본 교육연구단은 4차 산업혁명 시대 건설공학 교육의 새로운 패러다임인 다학제화를 위하여 세부 전공 분야를 기존의 전통 학문 분야 관점에서 **당면한 인류문제 해결을 위한 핵심 연구 주제 관점 (Sustainable Environment (S), Smart Urban Systems (U), Resilient Infrastructure (R), Energy-infrastructure Systems (E) (S.U.R.E. 트랙))**으로 **전면적으로 재편**하였고, 새롭게 재편된 4개의 영역이 균형 있게 교육될 수 있도록 신규 교과목 개설 및 기존 교과목 보완을 통해 교과목 체계를 개선 및 보완 중이다.

#### ● 인력양성

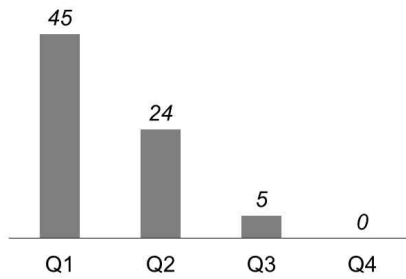
- 본 교육연구단은 **지난 1년간 총 52명의 졸업생(석사 23명, 박사 29명)**을 배출하였다. 이는 당초 목표였던 39명을 초과 달성하는 실적이며, 특히 박사 졸업생은 목표인 15명보다 14명 증가한 29명을 배출하여 193% 초과 달성하였다.
- 본 교육연구단 소속의 2021년 졸업 대학원생 중, 취업대상자는 31명으로, 석사 졸업생의 경우 대부분이 박사과정으로 진학하여 취업대상자 수가 적었다. 본 교육연구단 소속의 2021년도 졸업 대학원생 중, 취업대상자 31명 중 25명이 **국내외 연구기관(7명), 국내외 산업체(3명), 국내외 교육기관(15명)**에 취업한 상태로, 취업률은 석사 20% 및 박사 92.3%에 달한다. 이들은 네이버랩스, Nota, 한국전력공사, 한국원자력연구원, 한국탄소산업진흥원, 한국과학기술원에 진출하여 취업 성과를 도출하였으며, 취업자 중에서 정규직은 6명, 비정규직은 19명에 해당되었다.



[그림] 교육연구단 소속 취업 대상자 취업 현황

#### ● 대학원생 연구역량

- 참여 대학원생의 학술지 논문 총 73건으로 이 중 46건(63%)의 Q-value는 각 분야별 Top 25% 학술지에 해당되는 Q1이다. 이는 대학원생 전체 논문 실적의 절반 이상이 각 분야별 상위 학술지에 게재되었음을 의미하며, 본 연구단 참여 대학원생들의 논문의 질적 우수성이 높은 것으로 판단된다. 또한 교육연구단 참여 대학원생이 학술지에 게재한 논문 총 73건 중 분야별 상위 10% 이내의 논문은 31건으로 이는 전체 게재 논문 중 42.5%가 분야별 최상위 수준에 있음을 나타내는 수치이며, 참여 대학원생 논문의 질적 우수성을 보여준다.



[그림] 참여 대학원생의 학술지 Q-value

- 또한, COVID-19 감염병 상황에서도, 참여 대학원생들은 **최근 1년간 32건의 국제 학술대회 및 65건의 국내 학술대회에 참가하여**, 전공 분야의 최신 연구 동향을 습득할 수 있었으며, 국제적인 연구 협력 네트워크를 형성하는 등 학술 활동 역량을 강화하였다. 또한, 발표한 결과의 우수성을 인정받아 **국제 학술대회 1건 및 국내 학술대회 15건의 우수논문상을 수상하였다.**

[표] 국제 및 국내 학술대회 수상 실적

연번	참여대학원생	수상내역	학술대회
1		Best Student Oral Presentation	The 4th International Conference on Bioresources, Energy, Environment, and Materials Technology
2		최우수논문발표상	한국전산구조공학회 정기학술대회
3		학술발표회 우수논문상	2020 한국원자력학회 춘계학술발표회
4		우수발표 학회장상	2021 봄학술대회
5		우수논문상	2020 한국지반공학회 가을학술발표회
6		우수논문상 수상	2021년 한국ITS학회 추계학술대회
7		우수논문상 수상	2020년 한국ITS학회 추계학술대회
8		우수논문상 수상	2020년 한국ITS학회 추계학술대회
9		우수상	2020 추계학술대회
10		우수논문상	2021 한국지반공학회 봄 학술발표회
11		우수논문상	2021 한국지반공학회 봄 학술발표회
12		우수논문상	2021 한국지반공학회 봄 학술발표회
13		우수논문상	2021 한국지반공학회 봄 학술발표회
14		우수논문상	KSCE 2020 Convention
15		우수포스터상	2021 한국미생물학회 (MSK 2021)
16		우수포스터상	2021 한국미생물학회 (MSK 2021)

- 연구적으로 개발한 기술을 산업에 적용하기 위하여 참여대학원생들은 **국내특허 30건 및 국제특허 3건을** 등록하였으며, **1건의 기술이전 성과를** 통해 5천만 원의 기술료 수입을 거두었다.

● **신진연구인력 운용**

- 본 교육연구단은 1년간 총 10명의 신진연구인력(박사후연구원 및 연구교수)을 확보하였고, 총 8편의 논문게재 실적이 있으며 모두 Q1으로 각 분야별 Top 25% 학술지에 해당한다.

● **참여교수의 교육역량**

- 본 교육연구단의 참여교수는 대부분의 강의를 영어로 제공하였으며 Education 4.0 추진단을 통한 강의를 제공하였다. 또한, 2건의 저술활동을 통해 참여대학원생의 교육 효과를 향상했다.

● **교육의 국제화**

- 본 교육연구단의 소속 학과에서는 1년간 95.12%의 강의가 영어로 진행되었으며, 90.38%의 석·박사 학위논문이 영어로 쓰였고, 외국인 대학원생의 비율은 전체 대학원생의 14.13%에 달한다.

## 1. 교육과정 구성 및 운영

### 1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

#### ① 교육과정 및 학사관리 운영 현황

##### 1) 교육과정 구성 및 운영 실적

본 교육연구단은 구조공학 및 재료, 지반공학 및 지반 시스템, 환경공학 및 지속성, Planning 및 Design (도시/건축계획 및 설계), 교통 분야와 더불어 건설 로봇, 건설/교통 IT와 같은 신산업 분야에 대해서 다양한 교육과정을 제공하고 있으며, 스마트시티 및 융합 분야에 대한 교육과정 개설 및 전공 분야 다양성이 높고 있다. 이와 관련한 주요 실적은 [별표 2-1]과 같이 정량적으로 요약하였고, 운영 계획 및 실적을 간략하게 정리하였다.

[별표 2-1] 최근 1년간 교육과정 운영 주요 실적

항목	교육과정 구성 및 운영	
	2020년 가을학기	2021년 봄학기
전체 교과목 수강 (공통, 선택, 전선, 전필) 건수	384	
타 학과 교과목 수강 건수	108	
타 학과 교과목 수강 비율	28.13%	
스마트시티 교과목 수강 건수	167	
스마트시티 교과목 수강 비율	43.49%	
외부 전문가 초빙 교과목 건수	1	0
교환학생 수	0	0
융합 세미나 건수	5	4
타 학과 공동강의 개설 건수	0	0
영어강의 비율	88.89%	100%
외국인 학생 수 비율	14.36%	13.90%
Education 4.0 교과목	6	6
e-Learning 교과목 개설 건수	1	0
해외 석학 초청 세미나 건수	0	2
해외 장기연수 건수	1	1
해외 단기연수 건수	0	0

#### ● 타 학과 교과목 및 스마트시티 교과목 수강 실적

타 학과 교과목 수강 비율은 약 28.13%, 스마트시티 교과목 수강 비율은 약 43.49%로 학생들이 각자의 전공 및 적성에 따라 적절히 타 학과 교과목 및 스마트시티 교과목을 수강하였음을 확인할 수 있다.

#### ● 외부 전문가 초빙 교과목 개설 실적

학과에서 기존에 개설되지 않은 새로운 분야에 대해서는 지난 1년 동안 [별표 2-2]와 같이 해당 분야의 전문가를 외부 강사로 초빙하여 교과목을 개설하였다.

[별표 2-2] 외부 전문가 초빙 교과목 목록

년도	학기	성명	소속	과목번호	교과목명
2020	가을		The University of Arizona	CE481	건설 및 환경공학 특강 <구조진동 시험: 이론과 실제>

● 융합 세미나 개최 실적

다른 학제 분야 간의 정보교류(세미나, 워크샵 등)를 통하여 다학제간 학습 기회를 적극적으로 제공하였다. 그중에서 IT, 통계, 인공지능 등과 같은 융합 분야 전문가의 석박사 세미나는 최근 1년간 총 8건이다. [별표 2-3]은 건설 및 환경 분야 외에 로봇, 인공지능, 도시계획, 정책, 창업 등 다양한 분야의 전문가를 초빙하여 학생들의 다학제적 소양 강화를 지향하였다.

[별표 2-3] 지난 1년간 융합분야 전문가 세미나

일시	분야	연사	소속	세미나명
2020.09.08	도시계획		수자원공사	Future Proof City: Smart City
2020.10.13	환경		(주) 에코인에너지	COVID-19 Pandemic 사태에 의한 플라스틱 폐기물 발생 현황 및 대응 방안
2020.10.27	IT		University of Arizona	Wireless Smart Skin Sensor Network
2020.11.10	원자력		한국원자력연구원	안전한 원자력 이용을 위한 노력: 가상원전과 사고저항성 핵연료
2020.12.01	인공지능		네이버 랩스	네이버 랩스의 Mapping&Localization&자율주행 기술 소개
2021.03.02	인공지능		(주) 엠티콤	마음과 기계의 단어 의미 Word meaning in minds and machines
2021.03.09	교통		성균관대학교	건설산업의 Digital Transformation의 방향
2021.05.18	환경		한동대학교	폐 섬유강화 플라스틱의 리사이클링
2021.06.01	환경		서울기술연구원	Waste Management Strategies in Seoul

● 외국어 강의 비율 실적

전체 강의에서 영어 강의 비율은 2020년 2학기 88.89%, 2021년 1학기 100%로 최고 수준임을 확인할 수 있다.

● Education 4.0 과목 운영 실적

프로젝트 중심 학습, 문제해결학습, 협력학습, 동료학습, 사례연구 및 실습 등 학생참여 중심 교수학습 방식을 집중·이용하는 Education 4.0 교과목은 최근 1년 동안 [별표 2-4]와 같이 개설되었다.

[별표 2-4] Education 4.0 교과목 목록

개설학기	과목번호	교과목명	담당교수
2020 가을	CE202	구조역학	
2020 가을	CE481	건설 및 환경공학 특강<지반개량공법>	
2020 가을	CE481	건설 및 환경공학 특강<공간과 사회>	
2020 가을	CE547	교통자료 분석 및 운영	
2020 가을	CE558	건설 로봇 개론	
2020 가을	CE623	콘크리트 파괴역학	
2021 봄	CE352	건설 IT를 위한 신호 및 시스템	
2021 봄	CE371	환경과학 및 공학	
2021 봄	CE452	고급교통시스템공학	
2021 봄	CE580	구조물 안전진단을 위한 통계적 패턴인식 및 머신러닝	
2021 봄	CE583	건설로봇 고등동역학 및 비선형제어	
2021 봄	CE619	구조물의 진동제어	

● e-Learning 교과목 개설 실적

글로벌 시대의 요구에 부응하도록 해당 교과목의 수업내용과 강의방법 등을 인터넷을 포함하는 네트워크 환경을 반영하고 개선하여 최근 1년 동안 [별표 2-5]와 같이 e-Learning 교과목을 개설하였다.

[별표 2-5] e-Learning 교과목 목록

개설학기	과목번호	교과목명	담당교수	개설횟수
2020 가을	CE202	구조역학		3회

● 전공 분야별 융합 교육과정 도입

융합연구가 활발하게 이루어지고 있는 분야들을 대상으로 맞춤형 교과과정을 제공하였다. 또한, 첫 수 융합포럼(KAIST 내에 융합 교육을 목적으로 매월 첫째 주 수요일에 개최되는 포럼)을 통한 자연스러운 융합 학문 연계로 융합연구의 흐름 파악 및 새로운 연구주제를 탐색하였다 ([별표 2-6] 참고).

[별표 2-6] 첫 수 융합포럼 목록

일시	학과	주제	
2020. 12. 16	화학과	주제1	How biodegradable should a biodegradable plastic be? (건설및환경공학과 교수)
		주제2	Molecular Design for Developing Efficient Catalysts (화학과 교수)

● **융합 교과목 신설**

융합 교육의 시너지 효과를 창출할 수 있도록 다양한 분야의 최신 이론과 응용을 다루는 과목을 신설하였다. ([별표 2-7] 참고).

[별표 2-7] 최근 1년 동안 융합 교과목 신설 목록

개설학기	과목번호	교과목명	교수
2021 봄	CE583	건설로봇 고등동역학 및 비선형제어	

● **새로운 교과목 개설**

최신 이론의 적용 사례와 실질적인 현안들을 살펴봄으로써 문제 접근의 창의적 시각을 제공하고자 다양한 특강을 개설하였다 ([별표 2-8] 참고).

[별표 2-8] 최근 1년간 개설된 '건설 및 환경공학 특강' 부제명

개설학기	과목번호	부제명	담당교수	비고
2020 가을	CE481	지반개량공법		신규
2020 가을	CE481	구조진동 시험: 이론과 실제		신규
2020 가을	CE481	공간과 사회		신규
2021 봄	CE481	도시연구방법특론		2회 개설
2021 봄	CE481	환경화학		2회 개설

● **다학제를 위한 세부 전공 분야 재편 및 교과목 체계 재구축 (S.U.R.E. 트랙으로 대전환)**

- 4차 산업혁명 시대 건설공학 교육의 새로운 패러다임인 다학제화를 위하여 세부 전공 분야를 기존 전통 학문 분야 관점에서 당면한 인류문제 해결을 위한 핵심 연구 주제 관점으로 전면적으로 재편하였다.
- 이렇듯 재편된 세부 전공 분야는 Sustainable Environment (S), Smart Urban System (U), Resilient Infrastructure (R) 및 Energy Infra-systems (E)이며, 본 교육연구단이 4단계 BK21 플러스 사업에서 핵심적으로 교육 및 연구를 추진하고자 하는 4대 핵심 영역이기도 하다 ([별표 2-9] 참고).
- 본 교육연구단에서는 새롭게 재편된 4개의 영역이 균형 있게 교육될 수 있도록 신규 교과목 개설 및 기존 교과목 보완을 통해 교과목 체계를 개선 및 보완하는 중이며, 새로운 교과과정은 2022학년도 봄학기부터 적용할 예정이다.

[별표 2-9] 세부 전공 분야 재편 (전통 학문 분야에서 인류문제 해결을 위한 핵심 주제로)

기존 세부 전공 분야		새롭게 재편된 세부 전공 분야
구조공학 및 재료	→	Sustainable Environment (S)
지반공학 및 지반시스템	→	Smart Urban System (U)
환경공학 및 Sustainability	→	Resilient Infrastructure (R)
IT/Planning/Design	→	Energy Infra-systems (E)

## 2) 학사관리 관리제도 및 실적

체계적인 학사관리 및 학위수여 제도를 구축하고 내실 있게 운영하고 있으며, 이와 관련한 주요 실적은 [별표 2-10]과 같이 정량적으로 요약하여 제시하였다. 또한, 석·박사 자격시험·종합시험 및 학위논문 심사 방식, 학위취득 소요기간 장기화 방지를 위한 제도적 방안, 학·석·박사 연계 과정 소개 등의 내용을 간략하게 정리하였다.

[별표 2-10] 학사관리 및 학위수여 제도의 주요 실적

항목	운영실적	
	2020년 가을	2021년 봄
학위취득자 수 (석사/박사)	13/16	10/13
박사학위 평균 취득 기간	4.27년	
강의평가	4.34	4.38
KAIST 리더쉽 강좌	7	7
학과 석박사 세미나	12	11
졸업생 및 명사 초청강연	5	9
산학연 전문가 초청강연	17	11
해외 우수연구자 초청강연	0	2

본 교육연구단이 소속된 KAIST 건설 및 환경공학과는 최근 1년 동안 학위취득자수 석사 23명, 박사 29명, 박사학위 평균 취득기간 4.27년, 강의평가 평균 4.36/5.00, 학위논문 외부전문가 활용(45건), 리더쉽 강좌(14건), 석박사 세미나(23건), 졸업생 및 명사 초청강연(14건), 산학연 전문가 초청강연(28건), 해외 우수연구자 초청강연(2건) 등 선진화된 학사단위 관리제도 및 학위수여 제도를 보유하고 있다.

### ● 지속적인 우수인력 확보를 위한 자격시험 강화 및 심사위원 다양성 고려

- 자격시험제도를 구두시험 및 연구내용 발표 등으로 요건을 강화하였다.
- 학위 심사에 **외부 산학연 전문가를 심사위원으로 적극적으로 위촉**하여, 총 45건의 외부 전문가를 활용하였다.
- COVID-19 상황으로 학위발표가 비대면 화상발표로 진행됨에 따라 **해외심사위원 활용(4건)**이 활발히 이루어졌다.

### ● 학위취득 소요기간 장기화 방지를 위한 제도적 방안

- 박사과정 학위취득은 자격시험-중간발표-최종 논문 제출의 순서로 이루어진다.
- 박사과정은 입학 수 4년 이상부터는 식비 지원 중지, 5년 이상부터는 장학금 지원이 중지된다.
- 최근 1년간 **박사학위 평균 취득기간 4.27년**으로 학위취득 장기화 방지가 비교적 잘 이루어지고 있다.

### ● 강의 질적 수준 관리

- 강의의 질적 수준 관리와 강의 효과 증대를 위해 매학기 강의평가를 시행하고 있다.
- 강의 평가는 중간 및 기말평가로 한 학기에 두 번 시행하고 있으며, **최근 1년 동안 강의평가 점수는 4.36/5.00**로 학생들이 강의에 대한 높은 만족도를 보였다.

## ② 교육과정 및 학사관리 운영 혁신 계획 대비 실적

### 1) 교육과 연구의 선순환 구조 구축 및 연구의 교육적 활용 실적

#### 1.1) 교육과정 혁신 계획 및 실적

본 교육연구단은 건설 분야 창의 인재 양성을 위해 지속성과 충실성을 고려한 세계적 수준의 교육과정 및 학사관리 시스템 구축을 목표로 하여 (1) 전공의 융합과 다학제화, (2) 교육의 공개 및 국제화, (3) 산학연계 혁신, (4) 교육과정/학사관리 체계 개선을 새로운 혁신 전략으로 설정하였다. 이를 기반으로 기존 S.S.R. (Smart, Sustainable, and Resilience)로 표현하던 주요 연구 분야 키워드에 신재생에너지 분야를 추가한 후, 이러한 핵심 키워드를 융합하여 포괄적인 개념의 미래지향적 교육연구 트랙인 S.U.R.E. (Sustainable Environment, Smart Urban Systems, Resilient Infrastructure, and Energy Infra-systems)로 개편하였다 ([그림 2-1] 참고).



[그림 2-1] 기존의 전공 구분을 벗어난 융합 키워드 기반의 교육 프로그램 구성

본 교육연구단은 지속성과 충실성을 고려한 교육과정 개편 계획에서 1~2차년도를 기초를 다지는 단계로 설정하였고 이 단계에서는 교육과정 개편과 함께 기술의 융합 및 다학제화를 위한 인공지능+건설 환경 (AI+X) 교과목 개설, 교육의 공개화 및 국제화와 공동화를 위해 KAIST MOOC 확대 및 Education 4.0의 적극적 활용, 산학연계 혁신을 위한 학생참여프로그램 개설 및 창업지원 세미나 개최, 외부 전문가 초청 심사 확대를 통한 학사 시스템 개선을 계획하였으며 계획대비 실적은 다음과 같다.

#### ● 융합 키워드 기반의 교육과정 개편

본 교육연구단에서는 교육과 연구의 선순환 구조 구축을 위해 4대 핵심 융합 키워드(S.U.R.E.)를 기반으로 하여 교육과정을 전면 개편하였다. 교육과정 개편에서 새로운 융합 키워드를 기반으로 기존 몇 개의 과목에 대해 교과목명 변경이 이루어졌으며 내년 봄 신설 예정인 교과목이 추가되었다. 또한, 타 학과에서 개설되는 교과목 중 융합 구체적인 개편(안)은 [그림 2-2]에서 살펴볼 수 있다.

## 대학원 교과과정 개편(안)

교육/연구 분야	지속가능 환경	스마트 도시 시스템	레질리언트 사회기반구조물	에너지 인프라시스템
공통 과목	<ul style="list-style-type: none"> <li>CE553 스마트시티를 위한 정보기술</li> <li><b>(CS570 인공지능 및 기계학습)</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>CE551 공학설계를 위한 소프트웨어 컴퓨팅 기법</li> </ul>	
기초 과목	<ul style="list-style-type: none"> <li>CE503 고급환경화학</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CE558 건설로봇 개론</li> <li><b>CE585 도시분석론</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CE501 연속체역학</li> <li>CE502 고급 토질역학</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CE530 에너지 자원물리탐사</li> </ul>
핵심 과목	<ul style="list-style-type: none"> <li>CE541 지속가능기반시설 시스템공학</li> <li>CE571 환경공학 실험 및 실습</li> <li>CE572 환경미생물학 및 환경 바이오텍</li> <li>CE573 고급 환경 전기화학</li> <li>CE577 인공지능기반 수자원 통합관리</li> <li>CE579 유해 및 산업폐기물 처리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>CE506</b> 가상물리 시스템과 스마트 스페이스</li> <li>CE545 교통시스템을 위한 인공지능 적용</li> <li>CE547 교통자료 분석 및 운영</li> <li>CE583 건설로봇 고등동역학 및 비선형제어</li> <li><b>CE584</b> 기후변화 대응을 위한 도시계획</li> <li><b>CE586</b> 지속가능한 도시 및 광역성장</li> <li><b>CE587</b> 도시건축 형태론</li> <li><b>CE588</b> 디자인과 헬스</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CE514 고급 구조동역학</li> <li>CE515 복합재료역학</li> <li>CE516 유한요소법</li> <li>CE519 교량공학 및 설계</li> <li>CE520 스마트구조기술개론</li> <li>CE580 구조물 안전진단을 위한 통계식 패턴인식 및 머신러닝</li> <li>CE531 지반공학 실험</li> <li>CE532 IT융합 암반공학</li> <li>CE536 스마트시티 지하공간 설계</li> <li>CE539 스마트시티 기반지 구조물</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CE533 지반조사 및 IT 현장계측</li> <li>CE534 기반거동해석 IT</li> <li><b>CE584</b> 기후변화 대응을 위한 도시계획</li> <li>CE560 스마트 그린 환경 디자인</li> <li><b>(GT531) 배터리시스템 및 제어)</b></li> </ul>
심화 과목	<ul style="list-style-type: none"> <li>CE672 스마트시티 고급환경 단위 공정론</li> <li><b>(FS603 이슈기반 미래예측)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CE560 스마트 그린 환경 디자인</li> <li>CE563 자율주행 및 지능형 교통시스템 모델링</li> <li><b>CE651</b> 도시연구이론</li> <li><b>CE652</b> 도시연구방법론</li> <li><b>(CS572 지능형로보틱스)</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CE614 스마트시티 구조물의 안정론</li> <li>CE619 구조물의 진동제어</li> <li>CE633 고급 지반동역학</li> <li>CE636 지반 지진공학 및 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CE637 지반물리탐사이론</li> <li>CE631 고급 전산토질역학</li> </ul>
프로젝트 기반 설계 과목	<ul style="list-style-type: none"> <li>CE598 스마트시티 환경공학 설계 특수문제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CE599 스마트시티 설계 특수문제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CE596 스마트시티를 위한 레질리언트 사회기반구조물 설계 특수문제</li> </ul>	

[그림 2-2] 대학원 교과과정 개편(안)

(굵은 교과목번호는 신설(예정)교과목명이며 변경될 수 있음)

### ● 인공지능(AI)+건설·환경 교과목 개설 실적

4차 산업 혁명의 기반 기술을 이해하고 건설환경 분야에 활용하고자 AI+X (인공지능+건설·환경) 융합 교육과정 신설을 계획하였으며 최근 1년 동안 교통과 구조 분야에서 AI+X 교과목을 개발하였다.

[별표 2-11] AI+X 교과목 신설 목록

개설학기	과목번호	교과목명	담당교수
2020 가을	CE545	교통시스템을 위한 인공지능 적용	
2021 봄	CE580	구조물 안전진단을 위한 통계식 패턴인식 및 머신러닝	

### ● Education 4.0 과목 운영 실적

학생참여 중심의 Education 4.0 과목을 지속적으로 확장하여 최근 1년 동안 총 12건의 교과목을 운영하였다 ([별표 2-4] 참고).

### ● 창업 세미나 실적

건설·환경 분야 대학원생들의 기술사업화 및 창업역량 강화를 위해 창업자 초청 세미나(1건)와 창업 및 스마트시티 관련 세미나 시리즈(3건)를 개최하여 학생들에게 창업 관련 정보를 제공하였다.

### 1.2) 연구 수월성을 갖춘 우수 교원 확보 및 교육 프로그램 확장

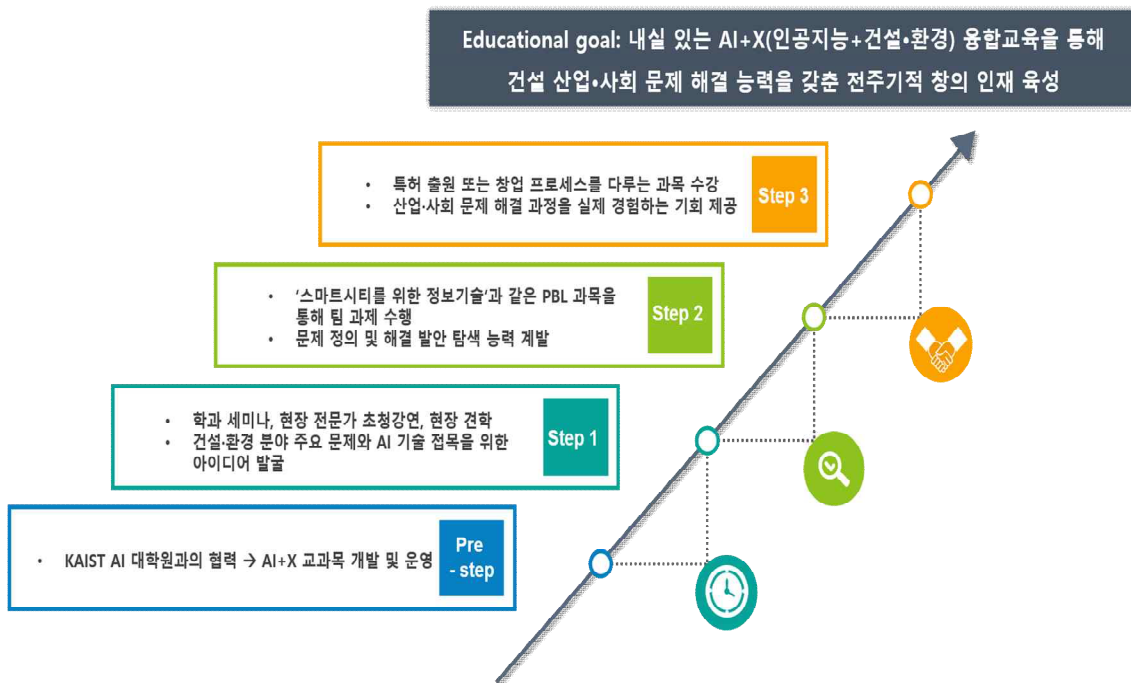
지속적인 우수 교원의 확보를 통해 각 전공 분야의 전문성을 적극적으로 강화할 뿐만 아니라, 전공 분야 간의 융합연구를 위한 체계적인 교육을 진행하기 위해 우수 교원 확보 및 교육 프로그램 확장을 계획하였다. 이번 연도에는 참여교수가 추가되지 않았으나, 2차 연도부터 신규 교원 2명이 참여할 예정이다.

### 1.3) 국제 교류를 이용한 교육/연구 지원 강화

본 교육연구단이 지속적으로 구축해온 국제 네트워크를 적극적으로 활용하여 교육/연구에 대한 지원을 강화하기 위해 공동 국제 워크샵, 세미나 개최, KAIST 주도의 국제학술대회 개최를 통한 인적 교류 및 지속적인 국제 교류 네트워크 형성을 세부전략으로 계획하였다. 최근 1년간 국제 공동연구 (9건), 해외 장기 연수 및 단기연수(2건), 국제 공동세미나 (4건) 등 다양한 국제 교류 프로그램을 제공하고 있다.

## 2) 교육연구단의 대표적 교육 목표에 대한 달성 방안 대비 실적

교육단의 대표적 교육 목표는 내실 있는 AI+건설·환경 융합 교육을 통해 산업·사회의 주요 문제를 해결할 수 있는 전주기적 창의인재 양성으로 대표적 교육 목표를 달성하기 위한 달성 방안을 4단계로 설정하였다 ([그림 2-3] 참고). 최근 1년 동안에 준비 및 첫 단계로써 계획하였던 내실있는 AI+건설·환경 교과목 개발 및 운영(2건)이 성공적으로 이루어졌으며 향후 AI+건설·환경 교과목의 확대와 함께 단계별 달성 목표를 이루기 위한 추가적인 노력이 필요하다.



[그림 2-3] 대표적 교육 목표와 달성 방안

### 3) 교육과정 및 학사관리 보안 방안 및 향후 추진계획

#### 3.1) 교육과정의 보안 방안 및 추진계획

- 4차 산업혁명 시대 건설·환경 분야 리더 양성을 위한 교육과정 확대 필요
  - 글로벌 리더 수준의 AI 교육이 가능한 교육 체계 구축이 필요하다.
  - AI와 접목하여 건설·환경 분야의 현안 해결방법을 배우는 교과목 개발이 필요하다.
- 연구중심대학의 위상에 걸맞은 대학원 융합교육 및 글로벌 프로그램 강화 필요
  - 융복합 사고 능력을 갖춘 창의적 인재 양성 프로그램 확대할 계획이다.
  - COVID-19 상황으로 인한 직접 교류의 어려움을 해결할 비대면 국제화 프로그램을 다양화한다.
- 대학원생 기술사업화 및 창업역량 강화를 위한 자체 창업프로그램 운영
  - 특허분석, 발명출원 및 창업 관련 교육 프로그램 운영 강화할 계획이다.
  - 스타트업과 기술연계를 통한 기술사업화를 장려한다.

#### 3.2) 학사관리의 보안 방안 및 추진계획

- 중도탈락 학생방지를 위한 관리
  - KAIST의 재학생 탈락율은 매우 낮은 수준이나, 지속적인 학령인구 감소에 따른 경쟁력 저하 방지를 위해서는 재학생들의 중도탈락 방지를 위한 체계적 관리가 필요하다.
- 학사관리시스템 및 학사제도의 우수성 강화 필요
  - 학위과정 연계 활성화를 통한 학위취득의 수월성 제고가 필요하다.
  - 학위취득의 엄격성 강화를 통한 KAIST 건설 및 환경공학과 학위의 위상관리가 필요하다.
- 강의 질적 수준 관리 필요
  - 강의효과 증대를 위한 수강 학생과 담당 교수 간의 상호작용성 강화가 필요하다.
  - 중간 및 기말 강의평가 결과를 실질적으로 반영할 수 있는 제도적 장치를 마련하고자 노력한다.

### ③ 전임교원 대학원 강의실적 및 계획

#### 1) 전임교원 대학원 강의실적

본 교육연구단에 소속된 전임교원은 최근 1년간 총 28건의 대학원 강의를 개설하였다. 매 학기 평균 14건의 대학원 강의 (석·박사 논문지도 제외)가 진행되며 전임교원은 담당 전공 분야 강의 1건과 석·박사 세미나 또는 스마트시티 관련 융합 교과목을 담당하여 학기별로 1건 또는 2건의 대학원 강의를 전담한다. [별표 2-12]는 최근 1년간 전임교원의 대학원 강의실적 중 스마트 기술, Education 4.0 교과목과 석박사 세미나와 같은 중요 강의실적을 나타낸다. 최근 1년간 Education 4.0관련 교과목은 전체 개설 과목의 약 43%에 달하는 수준이다. 이외에 본 교육연구단에서는 특강 과목 (CE481 건설및환경공학특강, CE781 건설및환경공학특론)을 매 학기 개설하였다.

[별표 2-12] 최근 1년간 전임교원 대학원 강의 종합 (논문지도 제외)

년도	학기	전체강의	스마트 시티 (스마트 기술)	Education 4.0	석박사 세미나	신규 특강 참여교원
2020	가을	14	12	6	2	2
2021	봄	14	9	6	2	0

#### 2) 향후 전임교원 대학원 강의 추진계획

- 전임교원당 1년에 평균 2개의 대학원 교과목을 강의하는 전임교원의 비율을 증가시킴으로써 대학원생들의 수업 선택권을 확대한다.
- 구조 및 교통 분야 이외의 분야에서 AI+건설·환경 교과목을 개발하여 운영하고자 한다.
- ‘스마트도시를 위한 정보기술’ 과목을 Education 4.0으로 전환하여, 내실 있는 PBL 과목으로 운영할 계획이다.

## 1.2 과학기술산업·사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 현황과 구성 및 운영 계획

### ① 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 구성 및 실적

#### 1) 산업·사회 문제와 관련된 교육 프로그램

##### 1.1) 산업·사회 문제와 연관된 교과목 개설

본 교육연구단은 기술개발의 실무 적용 사례 및 4차 산업혁명 관련 동향에 대한 특론을 개설하여 운영 중이다. 대학원 과정 수업으로 건설 및 환경공학과와 다양한 연구가 실제 산업 및 지역 사회에 적용되는 사례들을 살펴봄으로써 학생들이 산업문제와 연관된 연구주제에 관심을 가지도록 장려한다 ([별표 2-13] 참고).

[별표 2-13] 산업/사회문제와 연관된 과목 개설

개설년도	개설학기	과정구분	과목번호	과목명	담당교수
2020	가을	석/박사과정	CE781	건설및환경공학 특론 <Project 사업성평가와 재무관리>	

##### 1.2) 산학연 협동 세미나

국내외 산업 현장의 문제점을 파악하기 위해 현장 전문가를 초빙하여 산학협동 특별 세미나 운영하고 있다. 건설기술, 수자원, 전력 시스템, 도시공학 등 다양한 분야의 전문가를 초빙하였으며 최근 1년 동안 29건의 특별 세미나를 개최하였다. 초빙 전문가와 세미나 정보는 [별표 2-14]에서 확인할 수 있다.

[별표 2-14] 산학협동 특별세미나

일시	이름	소속 및 직위	강연 제목
2020.03.24		헬로우파트너스(주)	한국의 취업현황
2020.04.28		K-Water	물 과학 그리고 비즈니스
2020.05.19		명지대학교	데이터 분석을 했더니 생각과 다를 때 (What if Your Data Fail Your Research)
2020.06.02		US Fulbright Commission	Floating Population
2020.06.09		피앤티특허법률사무소	What is a Patent?
2020.06.23		한국연구재단	연구재단 사무총장에게 듣는다-우리나라 R&D의 현황, 비전 그리고 과제
2020.09.01		우버 코리아	도시교통의 미래와 플랫폼 비즈니스
2020.09.08		수자원공사	Future Proof City: Smart City

일시	이름	소속 및 직위	강연 제목
2020.09.29		서울과학기술대학교	스마트건설과 유지관리
2020.10.6		인덕대학교	스마트기술을 이용한 재난관리
2020.10.13		(주)에코인에너지	COVID-19 Pandemic 사태에 의한 플라스틱 폐기물 발생 현황 및 대응 방안
2020.10.27		University of Arizona	Wireless Smart Skin Sensor Network
2020.11.03		산업부 전략기획단	스마트 건설기계 산업과 산업 지능화 추진전략
2020.11.10		한국원자력연구원	안전한 원자력 이용을 위한 노력: 가상원전과 사고저항성 핵연료
2020.11.17		GVESCO	건설산업의 혁신방향
2020.11.24		서울시립대학교	Numerical and Experimental Study of Contact Maturing in Sand
2020.12.01		네이버 랩스	네이버 랩스의 Mapping&Localization&자율주행 기술 소개
2020.12.08		한국도로공사	고속도로와 만남, 이해 그리고 소통
2021.03.02		(주)엠티콤	마음과 기계의 단어 의미 Word meaning in minds and machines
2021.03.09		성균관대학교	건설산업의 Digital Transformation의 방향
2021.03.16		United Nation Humanitarian Air Service	WFP UNHAS 소개 및 주요 업무 공유
2021.03.23		University of Glasgow	Transport and inequity
2021.03.30		건화엔지니어링	글로벌 엔지니어의 길 - 무엇을 할 것인가?
2021.04.27		UNIST	Towards Smart Materials and Intelligent Structural Health Management
2021.05.4		영남대학교	SLAM을 활용한 Inspection 기술
2021.05.11		한아도시연구소건축사사무소	도시분야 국제개발협력 동향과 사례
2021.05.18		한동대학교	폐 섬유강화 플라스틱의 리사이클링
2021.05.25		연세대학교	3D 콘크리트 프린팅 기술 (Technology on 3D Concrete Printing)
2021.06.01		서울기술연구원	Waste Management Strategies in Seoul

## 2) 산업 문제 해결을 위한 학생 참여 활동

### 2.1) 스마트시티 및 사회문제 해결 아이디어 경진대회 개최

학생들의 연구과제 수행 및 평가에 산업계 전문가를 적극 참여시킴으로써 산학협력 기반을 다지고자 스마트 기술을 이용한 산업·사회 문제 해결과 관련된 학생 아이디어/연구과제 경진대회 개최를 계획하였으며 최근 1년간 스마트시티 아이디어 경진대회를 개최하였다. 관련 분야 전문가인 심사위원의 피드백을 통해 연구주제에 대한 아이디어의 실효성 검토 및 아이디어 발전을 유도하고, 공개적인 토론의 장으로 활용하였다. 또한, 본 교육연구단은 우수과제와 경진대회 참여 인원 에 대한 혜택을 강화하여 학생들의 적극적이고 자발적인 참여를 유도하였으며 COVID-19 상황에 따라 경진대회는 온라인으로 진행하였다 ([별표 2-15] 참고).

[별표 2-15] 사회문제 해결을 위한 스마트시티 아이디어 경진대회

일시	구분	수상자	연구제안
2020.11.27	대상		대기오염물질을 활용한 연료전지 개발
	금상		교량점검용 드론을 활용한 노후교량 자동 도면화 및 보수물량산출 기술개발
			도로위험도를 고려한 지진재난 상황에서의 대피경로 분석 기술개발
	은상		고령자를 위한 실내외 행동 인식 기술 개발
			작업자 보조를 위한 외골격 로봇 개발
	동상		도심 보행자 미세먼지노출 저감을 위한 Clean Road 제안
			젠트리피케이션 진단 지표로 플래그십 스토어의 가능성 확인
			무선센서를 활용한 에너지 수확 기술
			우리나라 폐플라스틱 발생량에 대한 종합 처리 시스템의 구축
			센서 노이즈를 이용한 도선 피복 손상 탐지
	회전량을 고려한 RL 기반 단일 교차로 신호 제어		

## 3) 창업 연계 프로그램 개발·운영

본 교육연구단은 산업·사회 문제 해결에 기여할 수 있는 학생참여를 적극 지원을 계획하였고 이에 따라 창업 지원 세미나를 개최하여 학생들에게 창업을 통한 기술사업화 방법 및 창업 인프라 정보를 제공하였다 ([별표2-16] 참고).

[별표 2-16] 창업 세미나 개최 실적

일시	연사	소속	세미나명
2020.11.13		(주)까리용	까리용 IR Deck
2021.06.28		San José State University	실리콘밸리 스타트업 에코시스템
2021.06.28		San José State University	미국 건설 산업을 변화시킬 실리콘밸리 스타트업 기업들
2021.06.29		San José State University	Digital Twin for Construction Project Management

## ② 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 추진계획

### 1) 산업·사회 문제와 관련된 교육 프로그램 계획

#### 1.1) 산업·사회 문제 연관 교육 프로그램의 다양화

- COVID-19 상황으로 인해 현장 견학 프로그램 운영이 어려워짐에 따라 온라인 네트워크를 활용한 새로운 학생참여 프로그램 추진이 필요하다.

#### 1.2) 4차 산업혁명 관련 스마트 기술을 이용한 산업·사회 문제 해결 교육 프로그램 개발

- 이슈가 되고 있는 산업·사회 문제를 4차 산업혁명 관련 스마트 기술(AI, IoT, Big Data 등)을 이용해서 해결책을 찾는 교육 프로그램 개발이 필요하다.

### 2) 학생 참여 프로그램의 강화

#### 2.1) 스마트시티 아이디어 학내 경진대회 개최 및 국토부 주최 경진대회 참가

- KAIST 건설 및 환경공학과는 국토교통부 지원 ‘스마트시티 혁신인재육성사업’을 수행하고 있으며, 스마트시티 아이디어 학내 경진대회를 개최하고 국토부 주최 경진대회에도 적극적으로 참가하고자 한다.

#### 2.2) 지역 사회/기업이 직면한 문제를 공유하고 해결하는 프로그램 개발

- 지역 사회와 기업이 직면한 문제를 학생들과 함께 공유하고 해결 방안을 구상하는 프로그램을 개발하여 산업계에 필요한 역량을 강화할 수 있도록 노력한다.

### 3) 창업 연계 프로그램 운영 계획

#### 3.1) 기술 창업 지원 교육과정 및 프로그램 운영

- STARTUP KAIST와 같은 교내외 창업 지원 프로그램 연계를 통해 학생들이 창업 관련 정보를 더욱 쉽게 접근하고 참여하도록 유도·장려한다.

#### 3.2) 우수 지식재산 창출 교육과정 및 지원 프로그램 운영

- 본 교육연구단은 학생들이 교육과정 중에 도출한 우수 아이디어를 바탕으로 우수 지식재산을 창출하고 이를 기술사업화까지 발전시켜 나갈 수 있도록 적극적으로 지원할 계획이다.

## 2. 인력양성 계획 및 지원 방안

### 2.1 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

<표 2-1> 교육연구단 소속 학과(부) 대학원생 확보 및 배출 실적 (단위: 명)

대학원생 확보 및 배출 실적					
실적		석사	박사	석·박사 통합	계
확보 (재학생)	2020년 2학기	64	112	12	188
	2021년 1학기	71	105	11	187
	계	135	217	23	375
배출 (졸업생)	2020년 2학기	13	16		29
	2021년 1학기	10	13		23
	계	23	29		52

### 2.2 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

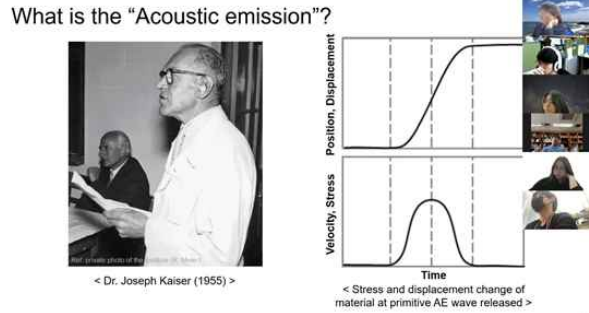
본 교육연구단의 교육 목표인 ‘스마트 사회기반시스템 구축에 중추적인 역할을 함으로써 초지능/초연결/초산업의 스마트 복지사회 실현에 장애가 되는 여러 가지 산업·사회 문제를 해결할 수 있는 고급(연구)인재 양성’을 위해서는 우수 대학원생 확보가 최우선된다. 또한, 위와 같은 전략 및 방안을 통해 확보된 우수 대학원생을 ‘4차 산업혁명을 통해 실현될 스마트 복지 사회의 핵심 구성요소인 스마트 사회기반 시스템 구축을 책임지는 글로벌 창의인재 양성’하는 것 또한 본 교육연구단의 가장 중요한 업무 중 하나이다. 이에 대한 최근 1년간 사업의 현황 및 실적과 향후 추진계획을 수립하였다.

#### 1) 현황 및 실적

- 본 교육연구단은 **지난 1년간 석사 23명, 박사 29명으로 총 52명의 졸업생을 배출**하였다. 이는 당초 목표였던 39명을 초과하는 실적이며, 특히 박사 배출생을 목표인 15명보다 14명 증가한 29명을 배출하였다.
- 사회 근간을 이루는 주요 인프라로서의 건설 분야의 중요성 및 사회공헌도를 강조하는 등 건설 분야에 대한 부정적 인식을 개선하기 위해 지속적으로 노력하고 있다.
- KAIST Open Lab 참여, URP 장려, 건설인의 날 참여, 사회 저명인사 및 졸업생 초청강연 실시, 대학원 홍보를 위한 학과 홈페이지 개선 등 학부과정 학생들을 대상으로 지속적이고 적극적으로 홍보하여 우수 대학원생을 확보하였다.
  - 자기 주도적 연구 수행 및 전문가들과의 멘토십을 형성하고 강화하는 기회를 제공하기 위한 학부생 연구 프로그램(URP-Undergraduate Research Program)을 매년 운영하고 있다. 학부생 URP에 참여하는 석/박사 조교는 실험장비 사용방법 강의 및 연구 전반적인 내용을 지도하는 일반적인 조교 업무와 배경조사, 데이터베이스 구축, 현장 실험 등의 공동 연구를 병행한다. 최근 1년간 총 3건의

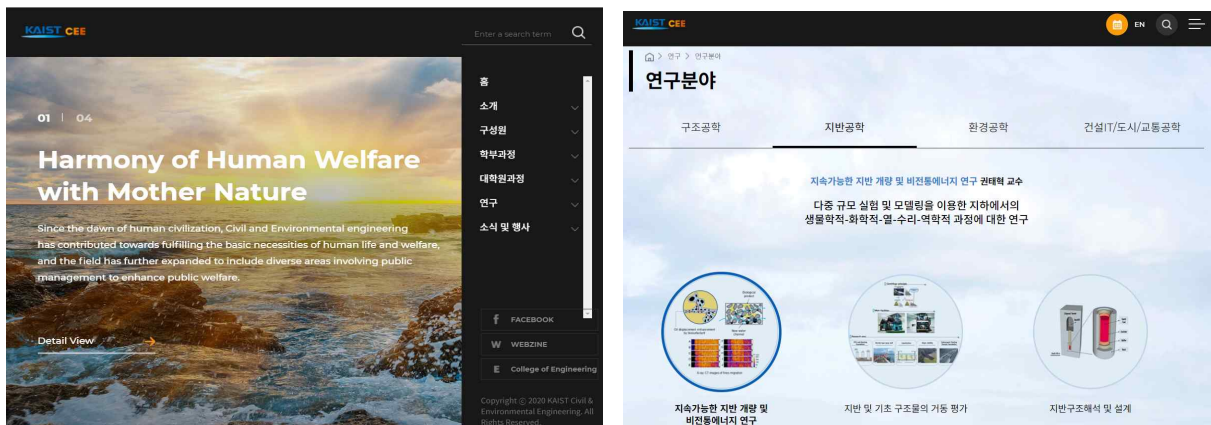
URP가 운영되었으며, 수행한 학부생 URP 현황과 석/박사 조교의 역할을 [별표 2-17]에 나타내었다.

- 본 사업단에서는 사회 저명인사 및 졸업생을 초청하여 총 13건의 초청 강연을 실시하였다([별표 2-18] 참고). 구조, 지반, 환경, 도시, 교통 등 다양한 분야의 초청강연을 통해 학생들에게 폭넓은 연구 분야를 소개하였다.



[그림 2-4] 초청강연 모습

- 대학원 홍보를 위해 학과 홈페이지를 2020년 8월 10일에 개선하였으며, 지속적인 관리와 업데이트를 통해 연구 분야, 국제협력 연구, 소식 및 행사를 공유하고 있다. 또한, 각 연구실의 홈페이지 개편을 통해 학생들이 보다 편리하게 연구실의 정확한 정보를 파악할 수 있게 하였다.



[그림 2-5] 개편된 학과 홈페이지

- KAIST Open Lab 및 건설인의 날 참여의 행사는 COVID-19로 인해 취소되었으며, 향후 비대면 행사로 대체하여 주최할 예정이다.

[별표 2-17] URP 참여 학생 명단

구분	설명							
2020 여름/가을	교수		조교	-	학생		유형	단독
	주제	한국사회 청년거주의 새로운 형태에 대한 연구						
	지도내용	한국사회 청년 주거의 새로운 형태에 대한 연구를 수행하기 위한 기초조사, 대상지 선정, 계획 및 설계 기법 등의 내용 지도						
2020 여름/가을	교수		조교		학생		유형	단독
	주제	열화상 기반 금속 3D 프린팅 적층 특성 연구						

	지도내 용	금속 3D 프린팅 중 열화상 계측 실험 지도 및 열 분포 특성 연구 진행						
2021 여름/가을	교수		조교		학생		유형	단독
	주제	쌍안 열화상 카메라 정합 기반 도시환경에서의 사물 감시 및 위치 추정						
	지도내 용	열화상 카메라의 깊이정보를 딥러닝 학습을 통하여 추정하고 기존의 스테레오 매칭 결과와 비교 분석.						

[별표 2-18] 졸업생 및 명사 초청강연

일시	이름	소속	강연 제목
2020.11.03		수원연구소	Street tees and biotop map to build green infrastructure in Suwon
2020.11.11		연세대학교	Role of experiments and statistical modeling in urban data science
2020.11.13		(주)까리용	스마트시티프로그램 창업특강세미나
2020.11.17		GVESCO INVESTMENT MANAGEMENT	The integrated innovation in construction industry
2020.11.20		한국원자력안전기술원	스마트시티프로그램 취업설명회
2021.02.02		KAIST	Mechanical response of sands treated with soft viscoelastic gelatin
2021.03.04		금오공과대학교	다양한 지반 수치해석 및 활용기술 소개
2021.04.01		KAIST	Foundation rocking behavior considering nonlinearity of soil-foundation-structure interaction during earthquakes: Input, output, and system
2021.05.06		KAIST	Polysaccharide bopolymers in sands: Properties and behaviors
2021.05.11		한아도시연구소	Trends and cases of international development cooperation in the urban sector
2021.06.03		고려대학교	Long-term response of soils subjected to repetitive mechanical loads: Engineering implications
2021.07.06		카카오모빌리티	카카오모빌리티-카이스트 교통 공동 세미나
2021.07.08		부산대학교	High pressure waterjet applications for rock excavation

- 건설환경 분야의 국제적 지도자 양성에 요구되는 다학제 연계 및 기술융합화 교육 등을 KAIST 전체 학부생을 대상으로 효과적으로 홍보하여 타 학과/학제 전공 학생들을 적극적으로 유치하였다. 사업기간 중 입학한 대학원생 66명 중 32%인 21명이 타학과 전공 출신이었다. 기계공학과, 바이오환경과학과, 수리과학과, 경제학과, 메카트로닉스공학과 등 다양한 분야의 융합인재들을 많이 확보하였다.
- 2019년부터 3단계 스마트시티 혁신인재육성사업을 통해 기존의 다학제적 융/복합 교육 프로그램을 심화 발전시켜, 스마트시티 관련 고급전문가를 지속적으로 양성하고 있다.

- 본 교육연구단이 소속된 KAIST 건설 및 환경공학과외의 외국인 학생 유치 실적은 최근 1년간 12명으로 기존 목표 실적이었던 17명보다 조금 낮은 수치를 기록했다. 그러나, COVID-19로 인해 전반적으로 외국인 유학생 수가 감소하였음을 고려한다면 12명의 유학생 유치는 훌륭한 성과이다. 해외 유학생 유치 실적은 [별표 2-19]에 정리되어 있다.

[별표 2-19] 해외 유학생 유치 실적

이름	과정	지도교수	출신대학	출신학과	출신대학원
Thannaree Chottitissupawong	석사	한종인	한국과학기술원	Chemical and Biomolecular Engineering	
Prapavee Karunyasopon	석사	장성주	Chulalongkorn University	Environmental Engineering	
Duc Minh Le	석사	장성주	Noi University of Civil Engineering	Construction Management	
Subin Lin	석사	강석태	Technion - Israel Institute of Technology	Civil and environmental engineering	
Tengfeng Lin	석사	여화수	Technion - Israel Institute of Technology	건설및환경공학과	
Yekaterina Shestakova	석사	김재홍	Nazarbayev University	건설및환경공학과	
Arham Ajlal Taseer	석사	김재홍	National University of Sciences and Technology	건축공학과	
Tangsirichoochuay Tharaya	석사	한종인	Chulalongkorn University	Environmental Engineering	
Elizabeth Margarita Arenas Diaz	석사	윤석환	National Agrarian University	Environmental Engineering	
Tiwi Aminati	석사	한종인	Institut Teknologi Bandung	Civil & Environmental Engineering	
Kanokporn Intang	박사	강석태	Chulalongkorn University	Environmental Science	Chulalongkorn University
Zhixiong Jin	석사	여화수	한국과학기술원	건설및환경공학과	

- 대학원생들이 학업과 연구에만 집중하도록, 연구 외의 업무를 전담하는 행정 전문 인력을 고용하여 지속적으로 적극 활용하고 있다.
- 또한, [별표 2-20]에서 볼 수 있듯이, 디지털 사회기반기술과의 융복합을 통한 건설 분야의 첨단산업체 인턴십 기회를 제공하였다 (총 1명).

[별표 2-20] 첨단산업체 인턴십 활동 내역

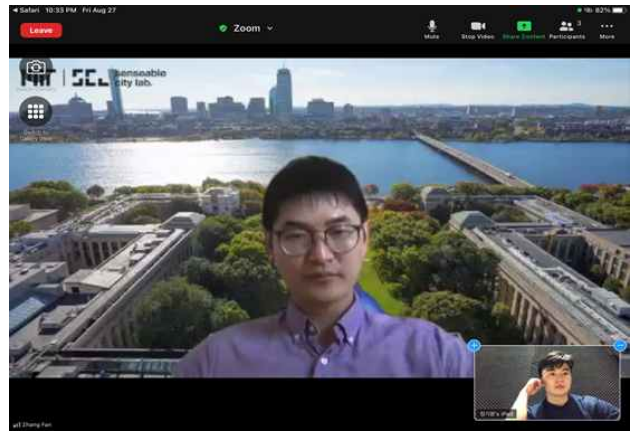
인턴십 내용	인턴십 기관	기간	참여대학원생	참여교수
열화상 시스템과 인공지능을 이용한 강구조물 도막 상태 평가	에스큐엔지니어링	2020.12.07. -2020.12.23	김치성	손훈

- 다학제적 융복합 연구를 위해 해외 유명 대학과의 공동연구 및 공동학위 프로그램을 적극 추진하여 총 9명의 대학원생들에게 해외 석학으로부터 직접 지도를 받는 기회를 제공하였다 ([별표 2-21] 및 [그림 2-6] 참고).

[별표 2-21] 참여대학원생 국제공동연구 실적

공동연구 참여자			상대국가/ 소속기관명	연구주제	연구기간
참여교수	참여대학원생	국외 공동연구자			
조계춘	Satish Manandhar	Manszri, Majid T.	USA/The George Washington University	Liquefaction Experiments and Analysis Project (LEAP) (액상화 실험 및 분석 프로젝트)	201501 -현재
김동수	Satish Manandhar	Mourad Zeghal, Bruce Kutter, Majid Manzari, Tetsuo Tobita, Kyohei Ueda	USA/Rensselaer Polytechnic Institute, USA/UC Davis, USA/George Washington University, Japan/Kansai University, Japan/Kyoto University	The Liquefaction Experiments and Analysis Projects	201701 -현재
유지환	성현석	Igor Gaponov	Russia/Innopolis University	Development of parallel robotic platform employing twisted string actuators (줄꼬임구동기를 통한 병렬 로봇 플랫폼 개발)	202001 -현재
권태혁	백승훈	DeJong, Jason	United States/University of California, Davis	Study on the transport properties of MICP (microbially induced calcite precipitation) treated sands (MICP 처리된 흙의 유동 특성 연구)	202005 -현재
권태혁	전민경	Burrall, Matthew, DeJong, Jason, Martinez, Alejandro	United States/University of California, Davis	Architectural characteristics of tree root	202005 -현재
윤석환	김대현	Lingling Wan, Xiuyun Cao, Yiyong Zhou, Chunlei Song	China/Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences	Metagenomic insights into co-proliferation of Vibrio spp. and dinoflagellates Prorocentrum during a spring algal bloom in the coastal East China Sea near Xiamen	202009 -202108
윤석환	김대현	Michele Laurenzi	Delft University of Technology	Affinity-based (selective) enrichment of clade II N <sub>2</sub> O-reducers	202009 -202108
권태혁	김윤아	Burrall, Matthew, DeJong, Jason	United States/University of California, Davis	Tree Root Inspired Foundation Design (나무	202102 -현재

		ason,Martinez,Alejandro	California, Davis	뿌리에서 영감을 얻은 기초 디자인)	
김영철	장기문	Fábio Duarte	USA/MIT Senseable City Lab	도시 인식 및 변화 분석 연구	202102-현재



[그림 2-6] 참여대학원생들의 국제 국제공동연구 모습

- 본 교육연구단 소속 건설 및 환경공학과에서는 2019년도부터 Education 4.0 전용 강의실을 운영함에 따라 학생들의 참여형 수업에 대해 적극적인 지원 및 컴퓨터 클러스터 및 빅데이터 전산실 개설을 통해 인공지능 관련 역량 강화에 힘쓰고 있으며, 이에 대한 지속적인 구축을 강화하였다.
- 스마트시티, 건설자동화 등에서 타 분야 전문가와 함께하는 융복합 세미나 시리즈를 [별표 2-22]와 같이 수행하였다.

[별표 2-22] 융복합 세미나 실적

일시	분야	연사	소속	세미나명
2020.09.08	도시계획	양도식 박사	수자원공사	Future proof city: Smart city
2020.10.13	환경	이인 대표	(주) 에코인에너지	COVID-19 Pandemic 사태에 의한 플라스틱 폐기물 발생 현황 및 대응 방안
2020.10.27	IT(통신)	Hongki Jo	University of Arizona	Wireless smart skin sensor network
2020.11.10	원자력	김효찬	한국원자력연구원	안전한 원자력 이용을 위한 노력: 가상원전과 사고저항성 핵연료
2020.12.01	인공지능	이진한 리더	네이버 랩스	네이버 랩스의 Mapping&Localization&자율주행 기술 소개
2021.03.02	인공지능	이수화 전문위원	(주) 엠티콤	마음과 기계의 단어 의미 Word meaning in minds and mechanics
2021.03.09	교통	권순욱 교수	성균관대학교	건설산업의 Digital Transformation의 방향
2021.05.18	환경	남일우 조교수	한동대학교	폐 섬유강화 플라스틱의 리사이클링
2021.06.01	환경	기동원 박사	서울기술연구원	Waste management strategies in Seoul

## 2) 대학원생 확보 및 배출: 향후 추진 계획

- 본 교육연구단 소속학과 대학원생 배출 계획은 기존 신청서에 제시한 목표치인 석사 28명 및 박사 17명을 유지하고자 한다 ([별표 2-23] 참고).

[별표 2-23] 향후 교육연구단 소속학과 대학원생 배출 계획

연차	대학원생 배출 계획(명)		
	석사	박사	계
2020년 8월/2021년 2월	24 (23*)	15 (29*)	39 (52*)
2021년 8월/2022년 2월	28	17	45
2022년 8월/2023년 2월	30	20	50
2023년 8월/2024년 2월	30	20	50
2024년 8월/2025년 2월	30	20	50
2025년 8월/2026년 2월	30	20	50
2026년 8월/2027년 2월	30	20	50
계	202	132	334

(\*: 괄호안의 숫자는 실제 1차년도 기간 중 대학원생 배출 실적임)

- KKHTCNN, KKNN 등의 심포지움을 통해 교토대, KAIST, 홍콩과기대(HKUST), 중국 동지대, 태국 Chulalongkorn 대학교, NUS(국립 싱가포르대), NTU(국립 대만대)와 매년 교류 활동을 하며, 우수 외국인 대학원생의 지속적인 유치 활동을 수행하고자 한다.



[그림 2-7] KKHTCNN 심포지움 개최 현황 및 계획

- 국제 우수 연구자들과의 지속적인 공동 연구 및 지도를 위해 교수요원을 파견하고자 한다.
- 탁월한 연구업적 및 우수한 성적의 대학원생들을 선발하여 박사학위 취득 후 유기적 국제협력 네트워크를 통한 해외 박사후 연수과정의 기회를 제공하고자 한다. 본 교육연구단 대학원생 중 해외 박사후 연수과정을 예정하고 있는 박사는 다음과 같다.
- 4차 산업혁명의 5대 핵심기술(IoT, Cloud, Mobile, big Data, A.I.)를 교육하고자 한다. 본 교육연구단이 속해있는 KAIST의 AI 대학원 과목 중 일부를 공통 전공과목으로 인정하여 학생들의 수강을 적극 장려할 예정이다 ([별표 2-24] 참고).

[별표 2-24] KAIST AI 대학원과 연계 예정 과목(안)

과목번호	전산코드	교과목명
AI501	F2.501	인공지능을 위한 기계학습
AI503	F2.503	인공지능을 위한 수학
AI504	F2.504	인공지능을 위한 프로그래밍
AI505	F2.505	인공지능을 위한 최적화
AI506	F2.506	데이터 마이닝 및 검색
AI601	F2.601	인공지능을 위한 고급 기계학습
AI602	F2.602	고급 심층학습
AI603	F2.603	기계 학습 이론
AI604	F2.604	컴퓨터 비전을 위한 심층학습 기법
AI614	F2.614	로봇 작업 및 동작 계획법
AI615	F2.615	정보이론
AI701	F2.701	베이지안 기계학습
AI702	F2.702	인공지능의 해석 및 상호작용 기법
AI703	F2.703	인공지능 머신러닝 시스템과 응용
AI810	F2.810	인공지능특강

- 기구축된 국제협력 네트워크(KKHTCNN(아시아), 시드니대학(오세아니아), DTU(유럽) 등)을 통해 온라인 글로벌 교육 프로그램을 개발하고자 한다.

### 2.3 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

<표 2-2> 2021.2월 졸업한 교육연구단 소속 학과(부) 참여대학원생 취(창)업률 실적 (단위: 명,%)

구 분		졸업 및 취(창)업현황 (단위: 명, %)						취창업률% (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	8	6	-	-	2	1	75%
	박사	6	X		-	6	5	

- 본 교육연구단의 참여대학원생 중 2021년 2월에 석사 8명 및 박사 6명, 2021년 8월에 석사 9명 및 박사 10명이 졸업하여, 2021년도에 석사 17명 및 박사 16명으로 총 34명의 인재가 배출되었다. 이는 본 교육연구단이 소속된 KAIST 건설 및 환경공학과와 대학원생 배출 실적(석사 23명, 박사 29명)과 차이가 있다. 박사과정 입학 후 4년 이상부터는 연차초과자로 분류되어 BK21 사업에 참여할 수 없기 때문에, 2021년에 졸업한 학생 중에서 4단계 BK21 사업에 참여하지 않은 대학원생들은 조사 대상에 포함되지 않았다. 이번 평가대상에 포함되지 않은 대학원생들도 3단계 BK21사업에 참여하였으므로, 이를 반영한 본 교육연구단 소속 대학원생의 취(창)업률 실적을 [별표 2-25]에 정리하였다.

[별표 2-25] 2021.2월 졸업한 교육연구단 소속 학과(부) 대학원생 취(창)업률 실적 (단위: 명, %)

구 분		졸업 및 취(창)업현황 (단위: 명, %)						취창업률% (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	9	6	-	-	3	1	81.25%
	박사	13	X		-	13	12	
2021년 8월 졸업자	석사	9	5	2	-	2	0	80%
	박사	13	X		-	13	12	

- 2021년도 대학원 졸업자들 중에 총 25명이 취업을 한 상태이며, 석사 및 박사 취업률은 각각 20% 및 92.3%에 달한다. 석사 졸업생의 경우 대부분이 박사과정으로 진학하여 취업대상자 수가 적어 상대적으로 취업률이 낮지만, 박사 졸업생의 경우 높은 취업률을 보였다. 본 교육연구단 소속의 2021년도 졸업 대학원생 중, 취업대상자는 31명에 해당되며, 이들 중 25명이 국내외 연구기관(7명), 국내외 산업체(3명), 국내외 교육기관(15명)에 취업한 상태이다. 취업자들 중에서 정규직은 6명, 비정규직은 19명에 해당되었다.
- 본 교육연구단 소속 대학원생들은 네이버랩스, Nota, 한국전력공사, 한국원자력연구원, 한국탄소산업진흥원, MIT, 한국과학기술원에 진출하여 취업 성과를 도출하였으며, 졸업생들의 우수 취업 사례는 [별표 2-26]과 같다.

[별표 2-26] 2021년 2월 및 8월 졸업자의 취업 우수 사례

연번	성명	취득학위	지도교수	4단계 참여 여부	회사명	근무지역	취업구분
	우수성						
1	 김영지	박사	김아영	X	 네이버랩스	성남	정규직
	김영지 졸업생은 '딥러닝 기반의 카메라 및 라이다 센서 기반의 슬램' 연구를 수행하여 센서 불확실성이 존재할 때에도 강건하게 로봇이 위치 인식 및 매핑을 수행할 수 있는 기술을 개발하였다. 본 기술 적용 시 다중 센서 SLAM 애플리케이션에서 자주 발생하는 센서 간의 불확실성 균형 문제를 완화할 수 있다.						
2	 윤진원	박사	여화수	0	 Nota	서울	정규직
	윤진원 졸업생은 박사 과정 동안 강화 학습을 활용한 교통 신호 제어 모델 개발 연구를 수행하였으며, 인공지능 기술을 적용한 스마트 교차로 신호 제어 기법과 네트워크 단위의 교통 수요 제어를 위한 주변부 제어 기법을 통합하여 신호 제어 기법에 대한 최적화 전략을 모색하였다. 현재는 다양한 인공지능 관련 사업을 하고 있는 Nota에서 근무하고 있다.						
3	 최신규	박사	권태혁	X	 한국전력공사	대전	정규직
	최신규 졸업생은 박사 과정 동안 무인항공기를 이용한 산사태 분석용 데이터 획득 및 분석 기법 연구를 수행하였다. 연구 결과를 국내 발생된 산사태 현장에 적용하여 산사태 특성 및 피해 범위 파악에 기여하였다. 현재는 한국전력공사 전력연구원에서 근무하고 있다.						
4	 김용민	박사	권태혁	0	 한국원자력연구원	대전	정규직
	김용민 졸업생은 박사 과정 동안 미생물이 생성하는 부산물인 바이오폴리머를 이용한 수변구조물의 누수						

	저감관련 연구를 수행하였다. 이를 통해 Acta Geotechnica, Geomechanics and Engineering 에 논문을 게재하였다. 현재는 한국원자력연구원에서 선임연구원으로 근무하고 있다.						
5	 김정태	박사	조계춘	0	 한국원자력연구원	대전	정규직
	김정태 졸업생은 박사 과정 동안 하이드레이트 부존 퇴적토 특성에 따른 하이드레이트의 생산성 및 지반 안정성 거동 분석을 수행하기 위해 열역학과 수리역학적 거동을 연동시키는 알고리즘을 개발하였다. 해당 알고리즘을 적용한 수치해석 모델을 제안하여 울릉분지에 존재하는 하이드레이트 생산성 및 생산 시 안정성에 대한 수치해석적 결과를 도출하였다. 현재는 한국원자력연구원에서 근무하고 있다.						
6	 김민섭	박사	이승래	0	 한국원자력연구원	대전	정규직
	김민섭 졸업생은 박사과정동안 고준위방사성폐기물의 안정적인 심층처분을 위한 최적의 처분장 초기설계조건 및 장치에 대한 연구를 수행하였다. 이와 관련하여 국내 완충재 대표물질인 경주 벤토나이트의 특성을 분석하고 이를 처분장 모델에 적용하여 다목적 최적조건을 결정하는 설계 방법을 제시하였다. 현재는 한국원자력연구원에서 방사성폐기물 처분 연구를 수행하고 있다.						
7	 김정운	박사	여화수	X	 MIT	보스톤, 미국	비정규직
	김정운 졸업생은 박사 과정 동안 데이터 기반의 수요 대응형 교통 서비스 디자인 연구를 수행하였으며, 이에 대한 연구 우수성을 인정받아 미국 MIT 대학에서 연수연구원으로 채용되어 후속 연구를 진행 중에 있다.						
8	 김지원	박사	조계춘	X	 한국원자력연구원	대전	비정규직
	김지원 졸업생은 박사 과정 동안 절리암반에서의 탄성파 속도 특성에 대한 연구를 수행하였으며, 탄성파 분석을 기반으로 한 절리암반 탄성파 속도를 정량화하고 탄성파 기반의 암반분류법을 제안하였다. 이와 관련된 실험 장비와 수치해석 모델을 개발하였으며, 터널 굴착 현장에서의 데이터와 연계하여 연구 결과를 검증, 현장에서 암반 물성에 대해 탄성파를 기반으로 파악할 수 있도록 하는 기반을 마련하였다. 현재는 한국원자력연구원에서 근무하고 있다.						

9	 김진성	박사	이행기	0	 한국탄소산업진흥원	전라북도	비정규직
김진성 졸업생은 석·박사 과정 동안 압전 나노 소재 개발 및 알칼리 반응 슬래그 및 플라이애쉬 복합체의 열·기계적 거동 연구를 수행하였다. 이를 통해 각각 Composite Structure(Mechanics 분야 상위 8.09%, IF: 5.407) 저널 및 Advances in Concrete Construction(Engineering, Civil 상위 35.29% 및 IF:3.214) 저널 총 2건의 논문을 출간하였다. 현재는 한국탄소산업진흥원의 박사 후 과정으로 근무하고 있다.							
10	 김진하	석사	김영철	0	 UNDP (United Nations Development Programme - The Regional Bureau for Arab States)	해외	비정규직
김진하 졸업생은 석사과정 동안 도시공간의 가로환경에 대한 연구를 수행하였으며, 도시공간 분석에서의 메소스케일의 변수들을 활용하여, 도시의 가로환경을 분류하였으며, 도시 공간에서의 중요한 변수로 유효성을 지님을 확인하고 연구를 성공적으로 마쳤다. 현재는 다국적 기업인 UNDP 에서 근무하고 있다.							
11	 이기준	박사	권태혁	0	 한국원자력연구원	대전	비정규직
이기준 졸업생은 박사 과정 동안 소단면 EPB-TBM 실대형 성능평가와 배토 효율에 대한 연구를 수행하였다. 연구수행을 위해 국내 최초로 소단면TBM 실대형 성능검증 장비를 국축하였고 본 장비를 이용하여 TBM굴진 시험을 통해 굴진율과 배토율을 고려한 챔버내 압력을 산출하는 식을 제시하였고 암반에서의 TBM 굴진조건에 따른 배토율을 예측할 수 있는 배토율 표와 식을 제시하여 암반에서의 EPB-TBM 운용에 기여하였다. 현재는 한국원자력연구원에서 박사후연수생으로 근무하고있다.							

### 3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

#### ① 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성

본 교육연구단은 소속 대학원생의 학술 및 연구 활동 지원을 통해 연구역량을 강화하고 연구 수월성을 증진하고자 한다. 국내외 학술지 논문 게재 지원을 통해 21세기 4차 산업혁명 시대에 적합한 건설환경 분야의 글로벌 인재를 양성한다.

#### 1) 현황 및 실적

- 참여 대학원생의 학술지 논문 총 74건으로 [별표 2-27]에 정리되어있다. 이 중 46건(63%)의 Q-value 는 각 분야별 Top 25% 학술지에 해당되는 Q1이다. 이는 대학원생 전체 논문 실적의 절반 이상이 각 분야별 상위 학술지에 게재되었음을 의미하며, 본 연구단 참여 대학원생들의 논문의 질적 우수성이 높은 것으로 판단된다.
- 본 교육연구단 참여 대학원생은 다수의 논문을 게재하였으며, 논문의 양적인 성장뿐만 아니라 우수한 질적 성과를 보였다. 논문 질적 우수성을 개관적으로 평가하기 위하여, 분야별 IF의 차이를 고려하여 해당 Category 별로 인지도가 높은 저널을 선정하였다. 본 사업단이 제시하는 ‘상위 10% 이내의 논문’은 JCR에서 분류한 Subject Category에 속하는 학술지의 IF를 기반으로 연구 분야별로 지정한 순위이다. 연구단 참여 대학원생이 학술지에 게재한 논문 총 74건 중 분야별 상위 10% 이내의 논문은 30건으로 이는 전체 게재 논문 중 40.5%가 분야별 최상위 수준에 있음을 나타내는 수치이며, 참여 대학원생 논문의 질적 우수성을 보여준다. 그 중 분야별 상위 5% 이내 논문 17건에 대한 논문 실적 우수성은 아래와 같다.

#### (우수논문-1) 정영균, 박대선 - JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS

본 논문은 최근 원전 해체 및 사고 등으로 인해 발생한 중저준위 액체 방사성 폐기물 처리 기술로 각광받는 폴리아마이드 계열의 박막 복합체(thin-film composite, TFC) 나노여과(nanofiltration, NF) 및 역삼투(reverse osmosis, RO) 분리막의 감마선에 대한 영향 평가에 관한 것으로 연구의 우수성을 인정받아 2020년 CiteScore 기준 Environmental Science분야 상위 3.467%인 Journal of Hazardous Materials(IF 10.129) 저널에 게재되었다.

특히, 본 논문은 실제 분리막 공정 운전조건에서 수계 내 감마선에 의한 분리막 표면층의 손상 메커니즘을 규명한 최초의 연구결과로서 학문적 의미가 크다. 실험 방법으로는 분리막 표면에 3년 동안 노출된 감마선의 총량을 조사하여 가속화 실험을 진행하였고, 분리막의 성능(염 제거효율 및 투과성능) 및 물리/화학적 특성 변화를 다각도로 평가하였다. 그 결과, 감마선의 조사량이 증가할수록 분리막의 염 제거효율 및 투과성능이 모두 감소하는 경향성을 나타내었다. 이 같은 원인으로 감마선에 노출된 분리막 표면의 폴리아마이드 구조가 물 분자로부터 생성된 수소 라디칼과 가교결합(cross-linked) 및 재중합(disproportionation) 과정을 거쳐 최종적으로 분리막 공극에 해당하는 자유부피(free-volume) 구조가 변형되었기 때문임을 밝혀냈다. 본 논문은 향후 중저준위 액체 방사성 폐기물 처리 시 운전 중인 분리막의 성능변화를 통해 감마선에 의한 막의 손상 정도를 판단할 수 있는 근거를 제공할 수 있으며, 더 나아가 적절한 공정 운영방안을 제시함으로써 공정 운영효율 향상에 기여할 것으로 기대된다.

### (우수논문-2) 박혜주 - JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS

본 논문은 지하수 내에 존재하는 석유계총탄화수소(total petroleum hydrocarbons, TPH)의 제거를 위해 사용되는 다양한 기술 중, 생물학적인 복원(Bioremediation)과 관련한 기술로, 탄화수소를 탄소원으로 이용하는 미생물을 고농도로 캡슐화하여 오염된 지하수를 효과적으로 정화하는 기술에 관한 것이다. 이에 대한 연구의 우수성을 인정받아 2020년 CiteScore 기준 Environmental Science분야 상위 3.467%인 Journal of Hazardous Materials(IF 10.129) 저널에 게재되었다.

특히, 본 논문은 기존의 생물학적인 복원을 저해하는 주요 원인 중 하나인 TPH의 높은 독성 및 외부 환경 스트레스로 인한 미생물의 사멸을 최소화하는 기술일 뿐만 아니라, 미생물에 영양 물질을 지속적으로 공급하여 미생물의 생존 능력 및 성장에 도움을 주는 기술로써 학문 및 기술적인 의미가 있다. 실험 방법으로는 유화 내부 겔화(emulsification internal gelation)를 이용하여, *Pseudomonas aeruginosa*를 생분해 가능한 고분자인 alginate/gellan gum 마이크로 고형물에 성공적으로 캡슐화하였으며, alginate, gellan gum, Ca<sup>2+</sup>의 농도를 달리하여 최적 마이크로 고형물의 경도 및 수득율이 조사되었다. 부유 상태의 *P. aeruginosa*와 최적 조건에서 제조한 *P. aeruginosa* 담지 마이크로 고형물을 이용하여 고농도의 디젤의 저감 실험을 수행한 결과, *P. aeruginosa* 담지 마이크로고형물이 부유 상태의 *P. aeruginosa*과 비교하여 확연히 높은 TPH 제거 효율, 빠른 TPH 제거 속도 및 높은 미생물 생존율을 나타내었다. 이를 통해 미생물을 고정화 시킨 alginate/gellan gum 마이크로 고형물의 첨가는 TPH로 오염된 대수층과 지하수에서 TPH의 분해를 향상시킬 수 있을 것으로 기대되며, 생물학적 복원 공정의 발전에 큰 기여를 할 것으로 판단 된다.

### (우수논문-3) 정동진 - CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS

본 논문은 매스 콘크리트의 온도 변화를 예측하면서 균열로 인한 위험을 조기 대응할 수 있도록 콘크리트의 단열 온도 상승을 계산하는 모델을 제시하였다. 기존의 방식을 간소화하여 페이스트 바인더의 등온 열량계를 기반으로 실용적인 방법을 제시하였다. 이에 대한 우수성을 인정받아 2020년 CiteScore 기준 Building and Construction분야 상위 5.405%인 Construction and Building Materials(IF 6.141) 저널에 게재되었다. 본 연구에서 개발된 모델은 훨씬 간단하고 실용적이고 비용이 적게드는 방법이다. 단열 상승온도의 측정과 등온선 열량측정법을통해 모델을 검증하고 콘크리트의 수화열을 묘사하였다. 열발생속도는 페이스트의 열발생량 및 페이스트의 온도에 대한 함수로 나타내었고, 골재가 수화의 정도에 끼치는 영향 또한 페이스트와 이에 상응하는 콘크리트의 열발생량의 상호관계를 규명하였다. 이를 통해 시간이 많이 소요되는 기존의 방식을 대체하여 콘크리트의 단열 온도상승을 예측할 수 있는 가능성을 보인 것으로 판단된다.

### (우수논문-4) 이기윤 - INTERNATIONAL JOURNAL OF MACHINE TOOLS AND MANUFACTURE

본 연구에서는 펄토초 레이저 초음파와 레이저 연마법을 이용하여 적층제조 과정 도중에 부품의 기계적 특성을 실시간으로 모니터링할 수 있는 기술을 개발하였으며, 연구의 우수성을 인정받아 Engineering, Mechanical 분야 상위 3.383%인 INTERNATIONAL JOURNAL OF MACHINE TOOLS & MANUFACTURE (IF: 7.880) 저널에 게재되었다. 본 연구에서 개발된 기술은 (1) 펄토초 레이저를 이용하여 Young's modulus 및 Poisson's ratio를 추정하기 위한 완전 비접촉 및 비파괴 기술 개발, (2) 마이크로미터 공간 분해능 달성, (3) 기존의 기계적 연마 방식이 아닌 비접촉식 레이저 연마를 사용하여 증착된 금속 층에 대한 초음파 발생 및 측정 효율 향상 등의 장점을 가지고 있으며, 이를 통해, 본 연구단이 궁극적으로 추구하는 적층제조 공정 도중에 실시간으로 품질을 모니터링하기위한 비파괴검사 기술 개발에 기여할 수 있다.

**(우수논문-5) 노병준 - ACCIDENT ANALYSIS AND PREVENTION**

본 연구에서는 도시에서 수집된 영상 데이터를 기반으로 잠재적 사고 위험에 영향을 미치는 행동과 도로 환경특성 등을 종합하여 다차원 분석을 수행하였다. 다차원 분석에는 data cube 형태의 모델과 OLAP(On-Line Analytical Processing) 연산을 활용하여 데이터를 세분화 및 일반화하여 다양한 개념계층에 따라 분석하였다. 이는 기존의 RDB (Relational database) 스키마에서는 분석하고 도출해내기 어려운 잠재적 사고 위험의 요인, 지역별 다발 위험 행동 등에 관한 심도있는 분석을 수행하였다. 이러한 연구의 우수성을 인정받아 Ergonomics (상위 3.125%) 분야의 저널인 ACCIDENT ANALYSIS AND PREVENTION 저널에 게재되었다. 본 연구에서 제안하는 기법을 활용하여, 실제 사고가 발생하기 전에 도시 내 영상정보를 기반으로 잠재적 위험행동에 대한 분석을 통해 교통사고에 대해 선제적인 대응이 가능하도록 한다.

**(우수논문-6) 김대현, 윤태호 - WATER RESEARCH**

대기 중 온실가스 아산화질소는 미생물의 아산화질소 환원 효소인 (NosZ)에 의해 질소로 환원될 수 있다. 이러한 NosZ는 nosZ 유전자를 통해 발현될 수 있으며 환경에 존재하는 nosZ 유전자의 종류와 양을 통해 환경 시스템의 아산화질소 발생 및 저감원으로서의 역할을 추론할 수 있다. 본 연구에서는 기존의 방법과 비교하여 보다 정확하게 nosZ 유전자를 정량화 할 수 있는 기법을 개발하였으며 이는 Water resource 분야 상위 1.531% 이내인 Water Research (IF:11.236)에 게재되었다. 보다 정확한 nosZ 유전자 정량화 기법을 통한다면 실제 환경에서의 미생물에 의한 아산화질소 저감 메커니즘을 보다 깊이 이해할 수 있을 것으로 기대된다.

**(우수논문-7) 한희주, 김대현 - WATER RESEARCH**

하수처리장 생물학적 반응조는 강력한 온실가스이자 오존고갈물질인 N<sub>2</sub>O의 점오염원이고, 다양한 인자들이 N<sub>2</sub>O 발생에 영향을 미친다. 예를 들어, 높은 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 농도와 낮은 용존산소 농도는 암모니아 산화로부터 발생하는 N<sub>2</sub>O 발생을 증가시키고, 높은 C:N 비와 낮은 NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 농도는 불완전 탈질로 인한 N<sub>2</sub>O 발생을 감소시킨다. 지난 수십 년간 실규모 하수처리장 생물학적 반응조에서의 N<sub>2</sub>O 발생 메커니즘 규명을 위해 다수의 연구가 수행되었으나, 하수처리장에서 수집하는 데이터 특성 (예. 다차원 데이터)과 고노동력을 요구로 하는 문제 (예. 다량의 샘플 확보 불가)로 인해 N<sub>2</sub>O 발생 메커니즘 및 관련 인자 규명에 대한 연구는 여전히 부족하거나 해석이 제한적인 상황이다. 본 연구에서는 다양한 공법을 이용하는 3곳의 실규모 하수처리장 생물학적 반응조에서 발생하는 N<sub>2</sub>O를 정량하고 메타데이터 (예. 하수 정상)를 수집한 후, 특징 선택(feature selection)을 수행할 수 있는 머신러닝 기법인 랜덤포레스트(random forest, RF)를 이용하여 생물학적 반응조의 N<sub>2</sub>O 발생에 미치는 주요 인자를 규명하였다. 랜덤포레스트는 기존 연구에서 주로 활용되는 다중 회귀분석의 차원의 저주 문제와 특징추출(feature extraction)의 데이터 변환으로 인한 해석 제한 문제를 동시에 해결 가능한 방법이다. 실험 결과, 폭기조의 N<sub>2</sub>O 발생에 미치는 주요 인자는 DIC · VSS-1(미생물 농도 대비 용존 무기탄소 농도비)와 sOUR (specific NH<sub>3</sub> oxidation activity)로 규명되었고, 반면 무산소조에서는 C:N비를 의미하는 DOC · (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N+NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N)-1가 N<sub>2</sub>O 발생에 미치는 핵심 인자로 규명되었다. 해당 연구는 실규모 하수처리장의 생물학적 반응조에서 발생하는 N<sub>2</sub>O 메커니즘을 머신러닝을 활용하여 해석한 최초의 연구이며, 4차 산업혁명을 직면하고 있는 현 상황에서 해당 연구는 근미래 지향적인 연구이다.

**(우수논문-8) 전예늬, 임환희 - ENGINEERING GEOLOGY**

본 연구에서는 인공신경망을 기반으로 하여 토석류의 최종 부피를 예측하는 모델을 제안 및 검증하고, 연구의 우수성을 인정받아 Geotechnical Engineering 분야에서 상위 3.659%인 ENGINEERING GEOLOGY (IF: 6.755) 저널에 게재되었다. 본 연구는 인공신경망 모델 구조의 절차에 대해 설명하고 기존의 다른 회귀 모델과의 비교 분석을 통해 토석류의 최종 부피를 예측함에 있어서 더 우수한 결과

를 가져오는 것을 입증하였다.

**(우수논문-9) 윤현노, 서준호, 김선혁 - CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS**

본 연구에서는 고로슬래그를 함유한 calcium sulfoaluminate (CSA) 시멘트의 수화를 분석했다. 30%의 고로슬래그를 함유한 시편의 압축강도는 순수한 CSA 시멘트 시편의 압축강도와 비슷했다. 고로슬래그의 비율이 높아질수록 stratlingite 수화물이 더 많이 생성되었고, 그 외에도 ettringite, monosulfate, 수산화알루미늄 수화물이 확인되었다. 본 연구는 수화물 분석의 우수성을 입증받아 Civil Engineering 분야의 상위 5.15%인 Construction and Building Materials (IF: 6.141) 저널에 게재되었다.

**(우수논문-10) 윤현노, 장대익 - CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS**

본 연구에서는 탄소섬유를 넣은 탄소나노튜브-시멘트 복합체의 전자과 차폐 효과를 실험했다. 전기전도성, 전자과 간섭, 차폐 효율, 복소유전율 값을 통해 각 시편의 전자과 차폐 효과를 측정했다. 탄소섬유의 양, 길이를 변화하여 관찰한 결과, 전기전도성, 복소유전율은 탄소섬유의 양에 비례했고, 전자과 간섭, 차폐 효율은 길이가 긴 탄소섬유에서 더 높았다. 본 연구는 탄소섬유, 탄소나노튜브 복합시멘트의 전자기적 특성 분석의 우수성을 인정받아 Civil Engineering 분야의 상위 5.15%인 Construction and Building Materials (IF: 6.141) 저널에 게재되었다.

**(우수논문-11) 김하연, 서준호 - CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS**

본 연구에서는 콘크리트의 장기적 내구성을 위한 생체 광물화 자가치유 콘크리트의 연구들을 검토했다. 생체 광물화 콘크리트는 미생물의 생화학적 대사물로 생성되는 탄산염이 콘크리트의 공극을 채워 내구성을 향상시킨다. 본 논문은 시멘트 속 미생물의 생존성과 자가치유 성능을 검토하였고, 논문의 우수성을 인정받아 Civil Engineering 분야의 상위 5.15%인 Construction and Building Materials (IF: 6.141) 저널에 게재되었다.

**(우수논문-12) 김선혁, 윤현노 - CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS**

본 연구에서는 초고강도 콘크리트 (UHPC)의 180일까지의 수화를 실험적 및 이론적으로 분석하였다. 열처리를 했을 때 Ettringite의 분해가 발생하여 C-S-H 겔의 구조가 알루미늄으로 대체되었다. 시멘트의 반응도는 타설 후 며칠간의 환경에 따라 극적으로 변했으며, 열처리된 시편에서 가장 높은 반응도와 높은 밀도의 미세구조가 관찰되었다. 본 연구는 UHPC의 양생조건에 따른 수화물의 발달을 분석적으로 규명하여 우수성을 인정받아 Civil Engineering 분야의 상위 5.15%인 Construction and Building Materials (IF: 6.141) 저널에 게재되었다.

**(우수논문-13) 이광택 - WATER RESEARCH**

본 연구는 하폐수내부에 존재하는 암모니아를 하나의 공정으로 에너지 효율적으로 회수하는 새로운 접근법을 개발한 연구로, 연구의 우수성을 인정받아 WATER RESEARCH (IF: 11.547) 저널에 게재되었다. 하폐수 내부 암모니아 제거 및 회수기술은 암모니아를 하폐수로부터 분리 한 이후 순수 암모니아로 최종회수하는 공정이 수반되어야만 한다. 하지만 본 연구에서 개발한 전기화학기반 암모니아 회수기술은 하폐수 내부 암모니아 제거와 동시에 순수암모니아로 최종 회수가 가능하며, 회수속도를 공기공급량을 통해 조절할 수 있다는 큰 장점이 있다. 본 연구는 현재까지 개발된 암모니아 회수 연구에서 문제시되는 단점 (느린 회수 속도, 후처리 시스템 도입 등) 들을 보완할 수 있으며, 암모니아의 회수와 에너지 사용량에 관한 문제들을 해결할 수 있다.

**(우수논문-14) 최영준, 박다원 - ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS**

최고의 재료 과학 저널로 확고히 자리 잡은 Advanced Functional Materials는 나노 기술, 화학, 물리

학, 생물학을 포함한 재료 과학의 모든 측면에서 획기적인 연구를 다루며, Impact Factor가 18.808에 달하는 주요 학술지다. Organic-inorganic (O-I) 하이브리드 재료는 내마모성과 유연성을 높이기 위한 창문 커버의 주 재료로 사용되어 왔다. 그러나 O-I 하이브리드 재료의 경도는 유기 매트릭스의 낮은 고유 경도와 무기 보강재의 제한된 부피 분율로 인해 금속이나 세라믹의 경도보다 훨씬 낮은 문제가 있다. 이에 본 연구에서는, 추가적인 보강재로서 연속적이고 규칙적인 3차원 무기 나노셀과 O-I 하이브리드 물질을 결합한 새로운 유형의 하이브리드 나노복합체를 제안하였다. 본 연구를 통해 개발된 재료의 탁월한 기계적 특성, 광학적 투명도 및 유연성은, 3D 하이브리드 나노복합체의 유연한 광전자 장치용 보호 필름에 대한 유의미한 적용 가능성을 시사하였다.

**(우수논문-15) 이상민, 김무중, 고권환 - OCEAN ENGINEERING**

Ocean Engineering은 해양학, 해안, 해양 및 연안 공학 문제를 폭넓게 다루며, 특히 해양공학 및 선박공학 분야에서 매년 1-2등을 유지하는 주요 학술지이다. 해양 구조물에 작용하는 파력을 예측하기 위해 여러 실험적, 이론적 연구들이 수행되어 왔다. 그러나, 해양 구조물에 갑작스럽게 발생하는 거대한 진동 중 하나인 ringing 현상은 현재까지도 발생 원인이 명확하게 규명되지 않았다. 최근 들어서, 계측된 파력의 시간이력 그래프에서 발견되는 secondary load cycle (SLC)이 ringing 현상의 주요 원인 중 하나로 평가받고 있으나, 무차원 변수와의 관계성은 명확하게 규명되지 않았다. 이에 본 연구에서는 조파수조를 이용하여 파력 측정 실험을 수행하고, 파수, 파장, 주기, 파고 및 수심 등을 조합한 무차원 변수를 이용하여 해양파 조합에 의한 SLC의 발생 조건과 변화 양상을 분석하고 수식화하였다. 구조물 직경-파장 비가 0.2 이하이고, 관성력이 지배적인 파랑의 경우 제안한 식으로 파력을 정확히 예측할 수 있다.

**(우수논문-16) 서준호, 윤현노, 김선혁, zhen WANG, 길태건 - CEMENT AND CONCRETE RESEARCH**

본 연구에서는 탄산화 과정에서 반응성 MgO-calcium sulfoaluminate(CSA) 시멘트의 특성을 분석하였다. 페이스트(paste) 표본은 0-20 % 무게분을 수준에서 반응성 MgO를 CSA에 대체하여 제작되었으며, 약 3%의 CO<sub>2</sub> 농도 환경에서 양생하였다. 일반적으로 MgO의 첨가로 CSA 시멘트의 수화물은 ettringite보다 일황산염 형성이 촉진되며, 알루미늄 이온의 감소로 인하여 C-A-S-H 겔이 hydrotalcite로 일부 상변환하여 탄산화도 감소를 유도한다. 다만, 해당 결과에서 반응성 MgO를 변형하게 되면 안정적 수화물 생성에 크게 기여하는 알루미늄 이온 네트워크를 크게 침범하지 않고, 탄산화 거동 역시 큰 영향이 없는 결과를 획득하여 Construction & Building Technology의 상위 2.273%인 CEMENT AND CONCRETE RESEARCH (IF: 10.933) 저널에 게재되었다.

**(우수논문-17) 한성호 - CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS**

본 논문은 다양한 알칼리 활성화제에 의해 활성화된 알칼리 활성화 슬래그에 대한 사전처리를 포함한 이산화탄소 양생의 효과에 대해 연구하였다. 알칼리 활성화제에 따른 이산화탄소 양생으로 인한 강도 증가의 원인을 여러 혼합물에서 활성화시켜 지배적인 역할을 하는 용액을 판별하였다. 이에 대한 우수성을 인정받아 2021년 CiteScore 기준 Building and Construction 분야 상위 5.405%인 Construction and Building Materials(IF 6.141) 저널에 게재되었다. 본 연구에서는 알칼리 활성화 슬래그 페이스트의 주요 반응 생성물이 활성화에 따라 달라지는데, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 용액이 압축강도에서 지배적인 역할을 한다는 것을 확인하였고, 실제 상당한 강도 증가량이 있음을 검증하였다. 또한 각각 다른 활성화제를 가지는 알칼리 활성화 고로 슬래그 샘플이 이산화탄소 양생환경에서 사용된 알칼리 활성화제에 의존함을 보였고, 이를 통해 알칼리 활성화 슬래그 페이스트의 강도 증진에 대한 연구에 기여할 것으로 판단된다.

[별표 2-27] 교육연구단 소속 학과(부) 대학원생 논문 실적

연번	논문명	게재학술지명	게재연월	참여대학원생	IF	IF 등급	상위%
1	Stimulation of Biomethane Productivity in Anaerobic Digestion Using Electro-Conductive Carbon-Nanotube Hollow-Fiber Media	MINERALS	202102	한승엽	2.644	Q2	35.0
2	The impact of gamma-irradiation from radioactive liquid wastewater on polymeric structures of nanofiltration (NF) membranes	JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	2021.02	정영균, 박대선	10.588	Q1	3.467
3	Novel Hydroxyapatite Beads for the Adsorption of Radionuclides from Decommissioned Nuclear Power Plant Sites	APPLIED SCIENCES-BASEL	2021.02	김준호, 박주성, 정영균	2.679	Q2	41.209
4	Enhanced biodegradation of hydrocarbons by Pseudomonas aeruginosa-encapsulated alginate/gellan gum microbeads	JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS	2021.03	박혜주	10.588	Q1	3.467
5	Numerical simulations of blast responses for SFRC slabs using an orthotropic model	ENGINEERING STRUCTURES	202107	이민주	4.471	Q1	14.338
6	An improved calibration method of the K&C model for modeling steel-fiber reinforced concrete	COMPOSITE STRUCTURES	202108	이민주	5.407	Q1	7.778
7	Long-Term Remote Monitoring of Ground Deformation Using Sentinel-1 Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR): Applications and Insights into Geotechnical Engineering Practices	APPLIED SCIENCES	202011	Ryan Ramirez	2.679	Q2	41.209
8	An Integrated Approach to Real-Time Acoustic Emission Damage Source Localization in Piled Raft Foundations	APPLIED SCIENCES-BASEL	202012	김용민, 한결	2.679	Q2	41.209
9	Preliminary report of a catastrophic landslide that occurred in Gokseong County, South Jeolla Province, South Korea, on August 7, 2020	LANDSLIDES	202104	Ryan Ramirez	6.578	Q1	5.779
10	Urban Green Accessibility Index: A Measure of Pedestrian-Centered Accessibility to Every Green Point in an Urban Area	ISPRS INTERNATIONAL JOURNAL OF GEO-INFORMATION	202010	장기문	2.899	Q2	45.0

11	Empirical analysis of building energy consumption and urban form in a large city: A case of Seoul, South Korea	ENERGY AND BUILDINGS	202108	오민석, 장기문	5.879	Q1	6.25
12	Energy Consumption Prediction in Vietnam with an Artificial Neural Network-Based Urban Growth Model	ENERGIES	202009	장기문	3.004	Q3	60.965
13	CO <sub>2</sub> Curing Efficiency for Cement Paste and Mortars Produced by a Low Water-to-Cement Ratio	MATERIALS	202009	한성호, 신태용	3.623	Q1	20.625
14	Analytical model to parameterize the adiabatic temperature rise of concrete	CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS	202101	정동진	6.141	Q1	4.779
15	Bridging Three Gaps in Biodegradable Plastics: Misconceptions and Truths About Biodegradation	FRONTIERS IN CHEMISTRY	202105	최신형, 김유진	5.221	Q2	29.494
16	Mechanical properties estimation of additively manufactured metal components using femtosecond laser ultrasonics and laser polishing	INTERNATIONAL JOURNAL OF MACHINE TOOLS AND MANUFACTURE	202107	이기윤	8.019	Q1	3.383
17	Steel bridge corrosion inspection using combined vision and thermography images	STRUCTURAL HEALTH MONITORING	202102	김현진	5.929	Q1	8.24
18	Bridge Displacement Estimation by Fusing Accelerometer and Strain Gauge Measurements	STRUCTURAL CONTROL AND HEALTH MONITORING	202106	Zhanxiong Ma, 정준연	3.499	Q1	12.132
19	Evaluation of Material Degradation Using Phased Array Ultrasonic Technique with Full Matrix Capture	ENGINEERING FAILURE ANALYSIS	202102	Santhakumar Sampath	2.987	Q1	26.562
20	A Study on Travel Time Estimation of Diverging Traffic Stream on Highways Based on Timestamp Data	JOURNAL OF ADVANCED TRANSPORTATION	202101	유화평	2.419	Q3	51.103
21	SafetyCube: Framework for potential pedestrian risk analysis using multi-dimensional OLAP	ACCIDENT ANALYSIS AND PREVENTION	202106	노병준	4.993	Q1	3.125
22	TrajGAIL: Generating Urban Vehicle Trajectories using Generative Adversarial Imitation Learning	TRANSPORTATION RESEARCH PART C-EMERGING	202107	최성진	8.089	Q1	6.757

		TECHNOLOGIES					
23	Origami-inspired New Material Feeding Mechanism for Soft Growing Robots to Keep the Camera Stay at the Tip by Securing its Path	IEEE ROBOTICS AND AUTOMATION LETTERS	202107	장재형, 이상민	3.741	Q2	30.357
24	Involvement of NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> in Ecophysiological Regulation of Dissimilatory Nitrate/Nitrite Reduction to Ammonium (DNRA) Is Implied by Physiological Characterization of Soil DNRA Bacteria Isolated via a Colorimetric Screening Method	APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY	202009	허호관	4.792	Q2	23.585
25	Quantification of nosZ genes and transcripts in activated sludge microbiomes with novel group-specific qPCR methods validated with metagenomic analyses	WATER RESEARCH	202010	김대현, 윤태호	11.236	Q1	1.531
26	Identification of primary effectors of N <sub>2</sub> O emissions from full-scale biological nitrogen removal systems using random forest approach	WATER RESEARCH	202010	한희주, 김대현	11.236	Q1	1.531
27	Detection and quantification of bolt loosening using RGB-D camera and Mask R-CNN	SMART STRUCTURES AND SYSTEMS	202105	정준연	3.342	Q2	28.906
28	Enhancement of nitrous oxide emissions in soil microbial consortia via copper competition between proteobacterial methanotrophs and denitrifiers	APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY	202103	김대현, 이주용, 허호관	4.792	Q1	23.585
29	Cometabolic Vinyl Chloride Degradation at Acidic pH Catalyzed by Acidophilic Methanotrophs Isolated from Alpine Peat Bogs	ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY	202105	윤태호	9.028	Q1	7.117
30	An Analysis of Runway Accident Precursors Based on Latent Class Model	KSCE JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING	202009	오수환	1.805	Q3	69.485
31	Sound-absorption and NO <sub>x</sub> -removal performances of TiO <sub>2</sub> -incorporated porous concrete made with bottom ash aggregates	ADVANCES IN CONCRETE CONSTRUCTION	202107	윤현노, 서준호, 김선혁, 길태건, 장대익,	3.214	Q2	34.93

				배진호			
32	Sensitivity analysis of influencing parameters on slit-type barrier performance against debris flow using 3D-based numerical approach	INTERNATIONAL JOURNAL OF SEDIMENT RESEARCH	202102	김민섭	2.902	Q2	43.367
33	Thermochemical changes on swelling pressure of compacted bentonite	ANNALS OF NUCLEAR ENERGY	202102	김민섭, 전예녹	1.776	Q2	27.941
34	An artificial neural network model to predict debris-flow volumes caused by extreme rainfall in the central region of South Korea	ENGINEERING GEOLOGY	202102	전예녹, 임환희	6.755	Q1	3.659
35	Liquefaction evaluation using frequency characteristics of acceleration records in KAIST centrifuge tests for LEAP	SOIL DYNAMICS AND EARTHQUAKE ENGINEERING	202101	Satish Manadhar	3.718	Q1	30.905
36	Impact of Bio-Carrier Immobilized with Marine Bacteria on Self-Healing Performance of Cement-Based Materials	MATERIALS	202009	김하연, 서준호	3.623	Q1	20.625
37	CO2 Uptake and Physicochemical Properties of Carbonation-Cured Ternary Blend Portland Cement-Metakaolin-Limestone Pastes	MATERIALS	202010	서준호	3.623	Q1	20.625
38	Effects of silica aerogel inclusion on the stability of heat generation and heat-dependent electrical characteristics of cementitious composites with CNT	CEMENT & CONCRETE COMPOSITES	202101	장대익, 윤현노, 서준호	7.586	Q1	6.818
39	The Effects of NaOH Concentration on the Hydrothermal Synthesis of a Hydroxyapatite-Zeolite Composite Using Blast Furnace Slag	MINERALS	202101	Zhen Wang	2.644	Q2	35.0
40	Hydration of calcium sulfoaluminate cement blended with blast-furnace slag	CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS	202101	윤현노, 서준호, 김선혁	6.141	Q1	4.779
41	Facile Synthesis of Sprayed CNTs Layer-Embedded Stretchable Sensors with Controllable Sensitivity	POLYMERS	202101	장대익	4.329	Q1	19.886

42	Thermomechanical behavior of alkali-activated slag/fly ash composites with PVA fibers exposed to elevated temperatures	ADVANCES IN CONCRETE CONSTRUCTION	202101	김진성	3.214	Q2	34.926
43	A novel physico-mechanical approach to dispersion of carbon nanotubes in polypropylene composites	COMPOSITE STRUCTURES	202102	길태건	5.407	Q1	7.778
44	Influence of carbon fiber additions on the electromagnetic wave shielding characteristics of CNT-cement composites	CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS	202102	윤현노, 장대익	6.141	Q1	4.779
45	Recent advances in microbial viability and self-healing performance in bacterial-based cementitious materials: A review	CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS	202103	김하연, 서준호	6.141	Q1	4.779
46	Carbonation of calcium sulfoaluminate cement blended with blast furnace slag	CEMENT & CONCRETE COMPOSITES	202104	서준호, 김선혁, 윤현노	7.586	Q1	6.818
47	Experimental and theoretical studies of hydration of ultra-high performance concrete cured under various curing conditions	CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS	202104	김선혁, 윤현노	6.141	Q1	4.779
48	Microstructural evolution and carbonation behavior of lime-slag binary binders	CEMENT & CONCRETE COMPOSITES	202105	서준호, 김선혁, 윤현노	7.586	Q1	6.818
49	The effect of combined carbonation and steam curing on the microstructural evolution and mechanical properties of Portland cement concrete	ADVANCES IN CONCRETE CONSTRUCTION	202105	김선혁, 서준호	3.214	Q2	34.926
50	MgO-induced phase variation in alkali-activated binders synthesized under hydrothermal conditions	MATERIALS AND STRUCTURES	202106	Zhen Wang	3.428	Q2	28.309
51	A comprehensive micromechanical and experimental study of the electrical conductivity of polymeric composites incorporating carbon nanotube and carbon fiber	COMPOSITE STRUCTURES	202107	길태건, 진동우	5.407	Q1	7.778
52	Characterization of reactive MgO-modified calcium sulfoaluminate cements upon carbonation	CEMENT AND CONCRETE RESEARCH	202108	서준호, 윤현노, 김선혁, Zhen Wang, 길태건	10.933	Q1	2.273
53	Improved electric heating	COMPOSITES	202108	장대익,	8.528	Q1	5.357

	characteristics of CNT-embedded polymeric composites with an addition of silica aerogel	SCIENCE AND TECHNOLOGY		윤현노, 서준호, 길태건			
54	Development of multi-layered electromagnetic system for improving base isolator using a magnetorheological elastomer	SMART MATERIALS AND STRUCTURES	202011	황용문	3.585	Q1	19.531
55	A new image-quality evaluating and enhancing methodology for bridge inspection using an unmanned aerial vehicle	SMART MATERIALS AND STRUCTURES	202102	권기훈	3.342	Q2	28.906
56	Three-dimensional image coordinate-based missing region of interest area detection and damage localization for bridge visual inspection using unmanned aerial vehicles	STRUCTURAL HEALTH MONITORING-AN INTERNATIONAL JOURNAL	202107	권기훈	5.929	Q1	8.242
57	Review on biopolymer-based soil treatment (BPST) technology in geotechnical engineering practices	TRANSPORTATION GEOTECHNICS	202009	권영만, 이민형	3.293	Q2	31.985
58	Multiscale and Adversarial Learning-Based Semi-Supervised Semantic Segmentation Approach for Crack Detection in Concrete Structures	IEEE ACCESS	202009	김진	3.367	Q2	34.249
59	Interfacial Shearing Behavior along Xanthan Gum Biopolymer-Treated Sand and Solid Interfaces and Its Meaning in Geotechnical Engineering Aspects	APPLIED SCIENCES-BASEL	202101	이민형	2.679	Q2	41.209
60	Simple Approach for Evaluation of Abrasive Mixing Efficiency for Abrasive Waterjet Rock Cutting	APPLIED SCIENCES-BASEL	202102	황현중	2.679	Q2	41.209
61	Effect of Permeability on Hydrate-Bearing Sediment Productivity and Stability in Ulleung Basin, East Sea, South Korea	ENERGIES	202103	김정태, 강철환	3.004	Q3	60.965
62	Evaluation of Injection capabilities of a biopolymer-based grout material	GEOMECHANICS AND ENGINEERING	202104	이민형	3.223	Q2	33.456
63	Surface erosion behavior of biopolymer-treated river sand	GEOMECHANICS AND ENGINEERING	202104	권영만	3.223	Q2	33.456
64	Lightweight pixel-wise segmentation for efficient concrete crack detection using hierarchical convolutional neural	SMART MATERIALS AND STRUCTURES	2024104	김진	3.585	Q1	19.531

	network						
65	Gas-diffusion-electrode based direct electro-stripping system for gaseous ammonia recovery from livestock wastewater	WATER RESEARCH	202105	이광택	11.236	Q1	1.531
66	Electrochemical ammonia accumulation and recovery from ammonia-rich livestock wastewater	CHEMOSPHERE	202105	이광택	7.086	Q1	10.766
67	Electrochemical synthesis of ammonia from water and nitrogen: A Fe-mediated approach	KOREAN JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING	202106	전석환	3.309	Q2	41.608
68	Focused Electric-Field Polymer Writing: Toward Ultralarge, Multistimuli-Responsive Membranes	ACS NANO	202009	고권환	15.881	Q1	6.156
69	Coupling of non-ordinary state-based peridynamics and finite element method with reduced boundary effect	INTERNATIONAL JOURNAL FOR NUMERICAL METHODS IN ENGINEERING	202104	진수영	3.477	Q1	18.98
70	Flexible Protective Film: Ultrahard, Yet Flexible Hybrid Nanocomposite Reinforced by 3D Inorganic Nanoshell Structures	ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS	202105	최영준, 박다원	18.808	Q1	4.354
71	Nondimensionalized semi-empirical equation to predict secondary load cycles on vertical cylinders of different diameters	OCEAN ENGINEERING	202106	이상민, 김무종, 고권환	3.795	Q1	3.125
72	Changes of functional microbial genes by quorum sensing inhibition during the operation of forward osmosis	ENVIRONMENTAL ENGINEERING RESEARCH	2021.06	최승주	2.507	Q3	62.226
73	Early-age strength of CO <sub>2</sub> cured alkali-activated blast furnace slag pastes	CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS	202106	한성호	6.141	Q1	4.779
74	Effect of filler particle characteristics on yield stress and viscosity of fresh sulfur composites	JOURNAL OF MATERIALS RESEARCH AND TECHNOLOGY	202105	이진현	5.039	Q1	10.62

● 본 교육연구단은 대학원생 연구 논문의 양적 향상뿐만 아니라 질적 수준 향상을 위해 국제저명학술지 투고를 권장하고 있으며, 이를 위한 지원을 계속하였다([별표 2-28] 참고). KAIST 건설 및 환경공

학과에서는 학과 관련 세부 분야별 Top 저널을 선정하고 리스트를 작성하여, 석/박사과정 대학원생들에게 배포하여 분야별 Top 저널에 논문을 게재할 수 있도록 권장하고 있다.

[별표 2-28] 논문 게재료 지원 내역

교수명	게재 학술지명	게재 논문명	지원액
권태혁	Environmental Science & Technology	Effect of Fluid-Rock Interactions on In Situ Bacterial Alteration of Interfacial Properties and Wettability of CO <sub>2</sub> -Brine-Mineral Systems for Geologic Carbon Storage	2,870,000원

- 21세기 융합화 시대에 맞춰 본 교육연구단에서는 획일적이고 단편적인 연구보다는 특정 분야에 국한되지 않고 다양한 기술을 융합하는 연구를 수행하였다. [융합 분야]와의 융복합 기술 논문 실적은 총 74건 중 27건으로 전체 논문 중 32.4%를 차지하였으며, 이는 본 교육연구단에서 참여 대학원생들의 우수한 다양한 분야의 융합연구 수행 능력을 의미한다.
- 소속 대학원생들의 창의적 연구 및 우수한 논문 작성 독려를 위하여 우수 논문 포상 제도를 시행하였다. 우수논문상 선정 기준은 2020년 9월 1일부터 2021년 8월 31일까지의 참여대학원생 논문실적 중 본 교육연구단 소속 학과 세부분야 (Sustainable Environment / Smart Urban Systems / Resilient Infrastructures / Energy-Infra Systems) 별로 IF TOP 5%내의 학술지에 게재된 논문 중 가장 우수한 논문을 운영위원회에서 선정하였다 ([별표 2-29] 참고). 총 2명의 학생이 우수논문상을 수상하였으며 선정 사유 및 수상 사진은 아래와 같다 ([그림 2-8] 참고).

[별표 2-29] 참여대학원생 우수논문상 수상 내역

연번	참여대학원생		논문명	
	게재 학술지명	게재연월	참여교수	IF(상위%)
	선정사유			
1	김대현	Quantification of nosZ genes and transcripts in activated sludge microbiomes with novel group-specific qPCR methods validated with metagenomic analyses		
	Water Research	202010	윤석환	11.236 (1.531%)
<p>참여대학원생 김대현 박사과정이 2020년 10월에 게재한 논문 “Quantification of nosZ genes and transcripts in activated sludge microbiomes with novel group-specific qPCR methods validated with metagenomic analyses”은 JCR의 Water resource 분야 상위 1.53%인 저명한 학술지 “Water Research”에 게재됨. 이 외 공저자로 참여한 논문 “Identification of primary effectors of N<sub>2</sub>O emissions from full-scale biological nitrogen removal systems using random forest approach” 또한 Water Research에 게재됨. 추가적으로 공저자로 참여한 논문 “Enhancement of nitrous oxide emissions in soil microbial consortia via copper competition between proteobacterial methanotrophs and denitrifiers”은 Biotechnology &amp; Applied microbiology 분야 상위 23.58%인 저명한 학술지 Applied and Environmental Microbiology에 추가 게재하는 등 연구성과가 뛰어나다.</p>				

2	서준호	Characterization of reactive MgO-modified calcium sulfoaluminate cements upon carbonation		
	Cement and Concrete Research	202108	이행기	10.933(3.03%)
	<p>참여대학원생 서준호 박사과정 학생이 2021년 8월에 게재한 논문 “Characterization of reactive MgO-modified calcium sulfoaluminate cements upon carbonation”은 Construction &amp; Building Technology 분야 JCR 랭킹 상위 3.03%의 저명한 학술지인 ‘Cement and Concrete Research’에 게재되었으며, 이외에도 지난 1년간 주저자로 2편의 SCI 논문을 Construction &amp; Building Technology 분야 JCR 랭킹 상위 7.58%의 학술지인 ‘Cement and Concrete Composites’에 추가 게재하는 등 연구성과가 뛰어나.</p>			



[그림 2-8] 참여대학원생 우수논문상 수상 모습

## 2) 참여대학원생 저명 학술지 논문게재 활성화: 향후 추진 계획

- 지난 1년간 본 연구교육단 참여대학원생들은 논문의 양적인 성과뿐만 아니라 우수한 질적 성과를 보였다. 이러한 수준을 유지하기 위하여 KAIST 건설 및 환경공학과에서는 참여대학원생의 논문 게재를 위한 지속적인 지원을 할 계획이다.
- 국제 저명 학술지 논문 게재를 지원하기 위해 본교의 영어 논문 작성 과목인 ‘Scientific Writing’ 수업을 적극적으로 권장하여, 학생들의 국제 수준의 학술 논문 작성 능력을 향상하고자 한다. 추가적으로 소속 대학원생들에게 KAIST 어학센터와의 연계를 통하여 원어민 교수진의 논문 교정 서비스를 제공하고자 한다 ([그림 2-9] 참고).



[그림 2-9] KAIST 어학센터 홈페이지

- 융복합 기술 논문 실적 증대를 위해 참여대학원생들의 타학과와의 공동 융합 연구를 장려하며, 타학과와 공동 융합 교과목을 신설할 계획이다. 또한, 학생들에게 다양한 분야의 교육을 경험할 수 있도록 타 학과 교과목 수강 기회를 제공하고, 본인의 전공 및 적성에 따라 자율적으로 다학제적 교육을 받을 수 있는 환경을 제공한다.
- 새로운 연구 트렌드를 파악하고 새로운 기술을 습득할 수 있는 환경을 조성하기 위해서, 교육을 통해 4차 산업혁명 기술을 이해하고 건설 환경분야의 연구에 접목하고자 한다. 4차 산업혁명 시대에 적합한 인력 양성을 위해, IoT, 클라우드, 모바일, 빅데이터, 인공지능 등 4차 산업혁명 핵심 기술을 건설 환경 분야에 접목하는 강의를 신설하고자한다.
- 소속 대학원생들의 창의적 연구 및 우수한 논문 작성 독려를 위하여 우수 논문 포상 제도를 시행하고자 한다. 또한 학생들의 창의적 아이디어 구현 독려를 위하여 경진대회를 시행하여 포상할 계획이다.

## ② 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

본 교육연구단은 소속 대학원생의 학술 및 연구 활동 지원을 통해 연구역량을 강화하고 연구 수월성을 증진하고자 한다. 대학원생들은 국내 및 국제 학술대회 참여를 통해 전공 분야의 최신 연구 동향을 습득할 수 있었으며, 국제적인 연구 협력 네트워크를 형성하는 등 학술 활동 역량을 강화하였다.

### 1) 실적 및 현황

- 본 교육연구단 참여 대학원생들의 최근 1년간 국제 학술대회 참가 건수는 46건이며, 국내 학술대회 참가 건수는 66건이다([별표 2-30] 참고).

[별표 2-30] 참여대학원생 학술대회 참여 실적

구분	연번	참여 대학원생	발표 형식	논문제목	학술대회명	발표연도 및 장소
국제	1	김윤아	구두	Validation of ESB Box and Estimation of Shear Wave Velocity in Partially Saturated Soil	4 <sup>th</sup> European Physical Modelling Conference in Geotechnics -ECPMG2020	2020 (롤레오, 스웨덴, Online)
	2	배준식	구두	Rotational Deformation of the Suction Anchor Installed in Sand from Initial to Ultimate State	10th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management	2021 (삿포로, 일본, Online)
	3	정영균	구두	Fates and Removals of Phthalate Plasticizers in the Drinking Water Treatment Plants from South Korea	Green Technologies for Sustainable Development 2021	2021 (Nadiad, 인도, Online)
	4	정영균	구두	Occurrence and Transport of Di(2-ethylhexyl) Phthalate (DEHP) in the Drinking Water Treatment Plants from South Korea	The 4th International Conference on Bioresources, Energy, Environment, and Materials Technology	2020 (인천, 대한민국, Online)
	5	박주성	구두	Novel Membrane-type Electrode for the Selective Reduction of Co <sup>2+</sup> from Ca <sup>2+</sup> -rich Concrete Decommissioning Wastewater	The 4th International Conference on Bioresources, Energy, Environment, and Materials Technology	2020 (인천, 대한민국, Online)
	6	김규진	구두	Investigation of Tensile Force on Mooring Line for a Submerged Floating Tunnel	10th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management	2021 (Online)
	7	김기섭	구두	Remove, Then Revert: Static Point Cloud Map Construction Using	IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and	2020 (라스베가스, 미국,

				Multiresolution Range Images	Systems (IROS)	Online)
8	장혜수	구두	Multi-session Underwater Pose-graph SLAM using Inter-session Opti-acoustic Two-view Factor.	IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)	2021 (시안, 중국, Online)	
9	최신형	구두	Bridging Three Gaps in Biodegradable Plastics: Misconceptions and Truths About Biodegradation	ACS Fall 2021	2021 (Online)	
10	Zhanxiong Ma	구두	Structural Displacement Estimation Through Multi-mode Sensor Fusion Under GNSS Denied Environments	International Conference on Vibration Engineering 2021	2021 (Online)	
11	김현진	포스터	Quantification and Visualization of Steel Bridge Paint Thickness Using an Unmanned Inspection Robot with Magnetic Wheels	Engineering Mechanics Institute Conference and Probabilistic Mechanics & Reliability Conference	2021 (Online)	
12	Santhakumar Sampath	포스터	Detection of Material Nonlinearity Using Nonlinear Ultrasonic Three-wave Mixing Technique	Nondestructive Characterization and Monitoring of Advanced Materials	2021 (Online)	
13	전익근	포스터	Online Geometry Quality Management During Directed Energy Deposition Using Laser Line Scanner	Solid Freeform Fabrication Symposium 2021	2021 (Online)	
14	이기윤	포스터	Porosity Inspection in Metal Directed Energy Deposition Using Femto Second Laser Based Transient Thermo Reflectance Measurement	QNDE 2021	2021 (Online)	
15	Santhakumar Sampath	포스터	Development of Novel Integrated In-line Inspection Techniques for Pipeline Inspection	SPIE, Future Sensing Technologies	2020 (Online)	
16	Santhakumar Sampath	포스터	Development of a Nonlinear Ultrasonic Three-wave Mixing Technique for Fatigue Crack Detection	2020 World Conference on Non-Destructive Testing	2021 (인천, 대한민국)	
17	Santhakumar	포스터	Detection of Material Nonlinearity Using	SPIE Smart Structures + Nondestructive	2021 (California)	

		Sampath		Nonlinear Ultrasonic Three-wave Mixing Technique	Evaluation	
18	노병준 가동호	구두		Analysis of Vehicle Pedestrian Interactive Behaviors near Unsignalized Crosswalk	TRB 100 <sup>th</sup> Annual Meeting	2021 (미국, Online)
19	윤진원	구두		Restricted Exploration Problem of Reinforcement Learning-based Traffic Signal Control Model and Development of Transferable Policy using Graph Neural Networks	TRB 100 <sup>th</sup> Annual Meeting	2021 (미국, Online)
20	최성진	구두		TrajGAIL: Generating Urban Vehicle Trajectories Using Generative Adversarial Imitation Learning	TRB 100 <sup>th</sup> Annual Meeting	2021 (미국, Online)
21	김남우	구두		Regionalization for Urban Air Mobility Application with Analyses of 3D Urban Space and Geodemography in San Francisco and New York	12th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies, ANT 2021 / 4th International Conference on Emerging Data and Industry 4.0, EDI40 2021 / Affiliated Workshops	2021 (폴란드, 워소, Online)
22	김남우	구두		How to Assess the Feasibility of sUAS Applications in Urban Environment: Geodemographic Analysis of 3D Urban Space	9th International Conference for Research in Air Transportation. ICRAAT 2020	2021 (미국, Online)
23	Shah Zaib Farooq, 길태건	구두		Micromechanical Modeling of Different Types of Composites in Construction	The 3rd International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems	2020 (서울, 대한민국)
24	김하연, 윤현노, 김진성, 진동우	구두		Advanced Concrete Technology for Submerged Floating Tunnels	10th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management	2021 (삿포로, 일본)
25	최유리	구두		Probabilistic Seismic Analysis of NPP Structure Considering	The 30th European Safety and Reliability Conference The 15th	2020 (베니스, 이탈리아,

				Soil-Structure Interaction in Time-domain	Probabilistic Safety Assessment and Management Conference	Online)
26	주희건	구두		Sampling-based Calculation of Seismic Fragility Curve Considering Structural Nonlinear Hysteretic Behavior	The 30th European Safety and Reliability Conference The 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference	2020 (베니스, 이탈리아, Online)
27	주희건	구두		Estimation of Equipment Fragility Curve of Nonlinear Nuclear Power Plant Structures	IBASE Conference-Risk Intelligence of Infragstructures	2020 (서울, 대한민국)
28	박재찬	구두		Experimental Design on Corrosion Behavior of Steel in Submerged Floating Tunnels (SFT)	10th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management	2021 (삿포로, 일본, Online)
29	권기훈	구두		Missing Area Detection and Damage Mapping Method Based on Field-of-view Estimation in UAV-based Bridge Inspection	SPIE Smart Structures + Nondestructive Evaluation	2021 (로스엔젤레스, 미국, Online)
30	김유진	구두		Energy Harvesting and Attenuation of Cable Vibration Through Regenerative Hybrid Electrodynamic Damper	SPIE Smart Structures + Nondestructive Evaluation	2021 (로스엔젤레스, 미국, Online)
31	박다원	구두		Seismic Assessment of Cracked Masonry Structures by Shaking Table Tests	SPIE Smart Structures + Nondestructive Evaluation	2021 (Online)
32	진수영	구두		Parallelization of a Stabilized Peridynamics Code Coupled with Finite Element Method Using OpenMP	16th U.S. National Congress on Computational Mechanics (USNCCM16)	2021 (Online)
33	김성훈	구두		2D RC Frame Cost Optimization Using Plastic Hinge	The 2021 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM21)	2021 (서울, 대한민국)
34	김규진	구두		Equivalent Static Transformation of Wave Inertia Force for FE Analysis of SFT	The 2021 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM21)	2021 (서울, 대한민국)

35	주석준	구두	Blast Analysis of RC Frames using Moment-Curvature Relationship	The 2021 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM21)	2021 (서울, 대한민국)
36	오민석	구두	Analysis of a Practical Connection Between Canyon Geometry Indicator and Sunlight Access on Urban Ground Surface	2021 International Conference of Asia Pacific Planning Societies	2021 (Online)
37	최준용	구두	A Complement or a Substitute? Review of Demand-Responsive Transport (DRT) Case Studies and Relationship to Public Transportation Systems	2021 International Conference of Asia Pacific Planning Societies	2021 (Online)
38	노원준	구두	Transit-Oriented Development (TOD) in Emerging Countries in Asia: A Case Study of Jakarta, Indonesia; Hanoi, Vietnam; and Bangkok, Thailand	2021 International Conference of Asia Pacific Planning Societies	2021 (Online)
39	이소정	구두	Rediscovery of Insects in Human-wildlife Interaction: Review of human, bees, and dragonfly Studies and New Possibilities of Their Roles	2021 International Conference of Asia Pacific Planning Societies	2021 (Online)
40	김유진	구두	Performance Improvement of an MRE-based Isolator Using a Multi-layered Electromagnetic System	The 2021 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM21)	2021 (서울, 대한민국)
41	박동엽	구두	Research on the Development of Xanthan Gum and Clay Mixture Ground Improvement Materials	The 2021 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM21)	2021 (Online)
42	박주현	구두	Dynamic Characteristics of Submerged Floating Tunnel Affected by Shore Connection	The 2021 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM21)	2021 (Online)
43	강석준	구두	Numerical Study on Dynamic Response of	The 2021 World Congress on Advances	2021 (Online)

				Submerged Floating Tunnel Depending on Shore Connection	in Structural Engineering and Mechanics (ASEM21)	
	44	안준범	구두	Numerical Evaluation of Surface Settlement Induced by Improper Muck Control of EPB Shield TBM	The 2021 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM21)	2021 (Online)
	45	황현중	구두	Numerical Analysis of Abrasive Waterjet Rock Drilling According to the Standoff Distance	The 2021 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM21)	2021 (Online)
	46	김진	구두	A Study on the Crack Detection Performance for Learning Structure using Super-Resolution	The 2021 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM21)	2021 (Online)
국내	1	백승훈	구두	생물적탄산염고결에의한사질토투수계수저하에 대한 실험적 연구	2021 한국지반공학회 봄 학술발표회	2021 (서울, 대한민국)
	2	김윤아	구두	지진 시 사면의 가속도 증폭특성 연구에 대한 원심모형실험 연구	2021 한국지반공학회 봄 학술발표회	2021 (서울, 대한민국)
	3	전민경	구두	점성유체 주입에 의한 지반 변형 모사를 위한 수리-역학 연동 공극 네트워크 모델링 개발	2021 한국지반공학회 봄 학술발표회	2021 (서울, 대한민국)
	4	주현우 백승훈	구두	수평 압밀 그라우팅 구근 형상에 상부 응력이 미치는 영향에 대한 2D 모형실험 연구	2021 한국지반공학회 봄 학술발표회	2021 (서울, 대한민국)
	5	박준호	구두	콘크리트 시편의 파괴유형에 따른 음향방출 특성 변화	2021 한국지반공학회 봄 학술발표회	2021 (서울, 대한민국)
	6	Ryan Ramirez	구두	Sentinel-1 레이더 간섭 기법을 이용한 산사태 모니터링	2021 한국지반공학회 봄 학술발표회	2021 (서울, 대한민국)
	7	주현우 박준호 김규원	포스터	그라우트 주입 심도에 따른 다짐그라우팅 구근 형상 변화에 관한 연구	2020 대한토목학회 컨벤션	2020 (제주, 대한민국)
	8	Ryan Ramirez	포스터	무인항공기-라이다를 이용한 산사태 분석을 위한 데이터 획득 및 해석 기법 연구	2020 대한토목학회 컨벤션	2020 (제주, 대한민국)
	9	이기준 Oliver Ramos	포스터	직경 3.54 m EPB-TBM 실대형 성능검증 예비시험	2020 대한토목학회 컨벤션	2020 (제주, 대한민국)
	10	한결 김용민	포스터	바이오폴리머 처리에 의한 사질토의 압밀 비배수	KSCE 2020 Convention	2020 (제주, 대한민국)

		백승훈		거동		대한민국)
11	김윤아	구두	원심모형실험을 통한 지진 시 사면의 동적 거동 특성평가	2020 한국지반공학회 가을학술발표회	2020 (대한민국, Online)	
12	최동형	구두	원심모형실험을 이용한 포항 모래지반의 지진 시 액상화 현상 모사	2020 한국지반공학회 가을학술발표회	2020 (대한민국, Online)	
13	이하경	구두	젠트리피케이션과 플래그십 스토어의 관계 분석: 신사동 가로수길과 한남동 한강진역 인근 상권을 중심으로	2020 대한국토도시계획학회 추계학술대회	2020 (대한민국, Online)	
14	박철웅	구두	대규모 산업시설이 도시 공간의 구조적 변화에 미치는 영향 분석: 평택시를 중심으로	2020 대한국토도시계획학회 추계학술대회	2020 (대한민국, Online)	
15	이하늘	구두	서울 강남구의 도시 사운드스케이프 분석	2020 대한국토도시계획학회 추계학술대회	2020 (대한민국, Online)	
16	노원준	구두	지진대피소 선정을 위한 평가 기준 개발 및 적용: 경주시를 중심으로	2020 대한국토도시계획학회 추계학술대회	2020 (대한민국, Online)	
17	최준용	구두	휴대전화 네트워크 데이터를 활용한 2016년 경주 지진 재난 지역 주민의 대응 분석	2020 대한국토도시계획학회 추계학술대회	2020 (대한민국, Online)	
18	변기영	구두	스트리트뷰 이미지를 활용한 거리 변화에 따른 도시 성장 및 쇠퇴에 대한 요소 탐지 및 사람들의 시각적 인식 측정	2020 대한국토도시계획학회 추계학술대회	2020 (대한민국, Online)	
19	김찬호	구두	도심대기오염노출을 반영한 버스정류장 평가: 여의도 중심으로	2020 대한국토도시계획학회 추계학술대회	2020 (대한민국, Online)	
20	김진하	구두	강남과 종로지역을 대상으로 GIS를 이용한 가로경관평가	2020 대한국토도시계획학회 추계학술대회	2020 (대한민국, Online)	
21	김예슬	구두	물 민감형 도시설계 (WSUD) 기법 도입의 방향 제안	2020 대한국토도시계획학회 추계학술대회	2020 (대한민국, Online)	
22	노원준	구두	가구통행실태조사와 자료를 이용한 서울시 아동의 보행영역 분석	2020 대한국토도시계획학회 추계학술대회	2020 (대한민국, Online)	
23	이하늘	구두	도시 물순환성 향상을 위한 토지 이용계획 및 지구단위계획 기법 개발 방향 제안	2020 대한국토도시계획학회 추계학술대회	2020 (대한민국, Online)	
24	윤진원	포스터	주성분 분석을 이용한 기종점 데이터 복원 및 압축 방법론 연구	2020년 한국ITS학회 추계학술대회	2020 (대한민국, Online)	

25	노병준 가동호	포스터	영상정보를 활용한 deep LSTM 신경망 및 통계적 추론기법 기반의 차량 및 보행자의 잠재적 위험 영역 추정 시스템	2020년 한국ITS학회 추계학술대회	2020 (대한민국, Online)
26	최성진	포스터	모방학습 기반 차량 궤적 생성 모델 개발	2020년 한국ITS학회 추계학술대회	2020 (대한민국, Online)
27	윤진원 황지영	포스터	전이가능한 교통신호 제어 모델 개발: 그래프 표현 기반의 강화학습 활용	2020년 한국ITS학회 추계학술대회	2020 (대한민국, Online)
28	김지후	구두	수요응답형 대중교통 시스템 효율성 향상을 위한 다중차량 경로 탐색 방법론 연구	2020년 한국ITS학회 추계학술대회	2020 (대한민국, Online)
29	김예은 탁혜영	구두	기계학습과 시뮬레이션 융합방법을 활용한 교통상태 예측 연구	2021년 한국ITS학회 추계학술대회	2021 (대한민국, Online)
30	노병준	구두	영상 기반의 차량-보행자간 잠재적 위험 인식 및 위험도 분류 시스템	2021년 한국ITS학회 추계학술대회	2021 (대한민국, Online)
31	유화평 황지영	구두	안전한 자율주행을 위한 도로 등급화 연구	2021년 한국ITS학회 추계학술대회	2021 (대한민국, Online)
32	JIN,ZHIXI ONG 최성진	구두	트랜스포머기반 딥러닝맵 매칭 모델 개발	2021년 한국ITS학회 추계학술대회	2021 (대한민국, Online)
33	임환희	포스터	초분광 카메라를 이용한 화강풍화토의 함수비 변화관련 매개변수	2020 대한토목학회 컨벤션	2020 (대한민국, Online)
34	김민섭	구두	Influence of Temperature on Mechanical Properties of Korean Compacted Bentonite	2020 대한토목학회 컨벤션	2020 (제주, 대한민국)
35	황용문	구두	MRE-기반 면진장치의 성능 향상을 위한 적층형 전자석 시스템에 대한 실험적 연구	한국소음진동공학회 추계학술발표	2020 (제주, 대한민국)
36	권기훈	구두	드론기반 교량점검을 위한 효율적인 이미지 위치 추정 기법	2020 한국전산구조공학회 학술심포지엄	2020 (Online)
37	김유진	구두	회생복합형 감쇠기의 에너지 수확을 위한 실험적 연구	2020 대한토목학회 컨벤션	2020 (Online)
38	김유진	구두	외부 저항을 연결한 회생복합형 전자기 감쇠기의 동적 특성 시험에 관한 연구	2020 대한토목학회 컨벤션	2020 (Online)
39	김유진	구두	회생복합형 전자기 감쇠기를 활용한 에너지	2021 한국전산구조공학회 정기학술대회	2021 (경주,

			수확 회로 설계		대한민국)
40	김현우	포스터	Economical DMPS Synthesis Method for Nitric Oxide Treatment in Flue Gas	Korean Society of Environmental Engineering Conference	2020 (Online)
41	안준범 박주현	구두	셸드 TBM 굴착조건에 의한 지표침하의 수치해석적 평가	2021 한국터널지하공간학회 봄학술대회	2021 (서울, 대한민국)
42	권영만, 이민형	구두	바이오폐수 처리 하천 퇴적 모래의 침식 특성	2020 한국지반공학회 가을학술발표회	2020 (Online)
43	이민형	구두	젤란검 바이오폐수 처리 모래의 동결-융해 내구성 연구	2020 한국지반공학회 가을학술발표회	2020 (Online)
44	권영만	구두	바이오폐수 처리 제체 토양의 표면침식저항 평가	2020 대한토목학회 컨벤션	2020 (제주, 대한민국)
45	Yi-he Dong	구두	Effect Analysis of Inclined Bearing Capacity and Rotational Behavior on Modified Suction Anchors	2020 대한토목학회 컨벤션	2020 (제주, 대한민국)
46	이민형	구두	바이오폐수 처리 하이드로겔의 주입 적용성 기초 평가	2021 한국지반공학회 봄학술발표회 및 정기총회	2021 (서울, 대한민국)
47	황현중	구두	포커싱튜브 형상에 따른 연마재 워터젯 혼합효율에 관한 수치해석적 연구	2021 한국지반공학회 봄학술발표회 및 정기총회	2021 (서울, 대한민국)
48	김진	구두	이미지 프로세싱 기반 터널 내 균열 정량화 기법 연구	2021 한국지반공학회 봄학술발표회 및 정기총회	2021 (서울, 대한민국)
49	강석준	포스터	수중터널 지반 접촉부의 설계 방법에 따른 터널 거동에 대한 수치해석적 연구	2021 한국터널지하공간학회 정기총회 및 봄학술발표회	2021 (서울, 대한민국)
50	이상민	구두	SPH 기법 기반의 파동구조 시뮬레이션	한국전산구조공학회 정기학술대회	2021 (강원, 대한민국)
51	박혜주	포스터	Indigenous Bacteria-encapsulated Alginate/gellan Gum Microbeads for the Bioremediation of Hydrocarbons: Column Study	2021년 한국지하수토양환경학회 춘계학술대회	2021 (대한민국, Online)
52	박대선	구두	수처리 공정에서 사용되는 고분자 분리막의 유기물질 용출평가	2020년 대한환경공학회 국내학술대회	2020 (대한민국, Online)
53	강정완	구두	RO 농축수 내 난분해성 유기물 제거를 위한 전기산화 전도성 막전극 제조	2020년 대한환경공학회 국내학술대회	2020 (대한민국, Online)

54	함형승	구두	산발효조 내 유기황 전환율에 대한 전도성 탄소구조체의 영향	2020년 대한환경공학회 국내학술대회	2020 (대한민국, Online)
55	최승주	포스터	초순수 생산을 위한 연속식탈이온장치에서의 유기물 용출평가, Poster Presentation	2020년 대한환경공학회 국내학술대회	2020 (대한민국, Online)
56	Asalia Widjaja	포스터	Ammonia Transport in Hollow Fiber Membrane Contactor: Modeling Study, Poster Presentation	2020년 대한환경공학회 국내학술대회	2020 (대한민국, Online)
57	박혜주	포스터	Enhanced Bioaugmentation of TPH-contaminated Ground Water by Bacteria Consortium-encapsulated Alginate/gellan Gum Microbeads	2020 한국공업화학학회 추계 총회 및 학술대회	2020 (대한민국, Online)
58	김현우	구두	Development of Nitric Oxides Removal Technology Using Iron(II)-thiochelatate Based on Novel Impeller Scrubber and Absorbent Reuse Process	2020 Korea Society of Environmental Engineering Domestic Conference	2020 (대한민국, Online)
59	김범서	구두	Study of [Fe(II) EDTA]-Regeneration for Sustainable NOx Removal	2020 Korea Society of Environmental Engineering Domestic Conference	2020 (제주, 대한민국)
60	전석환	포스터	Ligand Screening for Effective Resource Conversion of Waste Nitric Oxide	2020 Korea Society of Environmental Engineering Domestic Conference	2020 (제주, 대한민국)
61	천선정	구두	Regeneration of Fe(II) Thiochelatate for Nitric Oxide Absorption	2020 Korea Society of Environmental Engineering Domestic Conference	2020 (제주, 대한민국)
62	이광택	포스터	Ammonia Accumulation and Recovery in Ammonia-rich Livestock Wastewater Using Electrochemical Method	2020 Korea Society of Environmental Engineering Domestic Conference	2020 (제주, 대한민국)
63	김대현	포스터	Investigation of Coastal Water Microbiomes During a Spring Algal Bloom for the Inference of Potential Interaction	2021 International Meeting of the Microbiological Society of Korea	2021(창원, 한국)

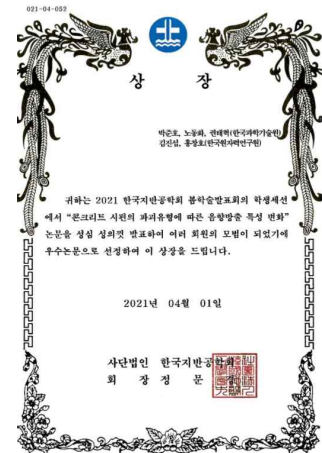
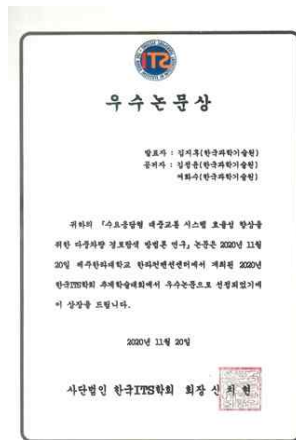
				between Procozentrum and Surface Water Microbiome		
64	이주용	포스터		Changes of Methanotrophic Community Structure in Rice Paddy Soil Enrichments Based on Concentrations of Methane and Copper (II)	2021 International Meeting of the Microbiological Society of Korea	2021(창원, 한국)
65	허호관	포스터		Hydrogen-dependent DNRA of Epsilonproteobacteria (Arcobacter and Sulfurospirillum) Isolated from Daejeon Wastewater Treatment Plant	2021 International Meeting of the Microbiological Society of Korea	2021(창원, 한국)
66	윤소정	포스터		Inhibitory Influence of Nitrous Oxide on Nitrite Reduction in Oxidic-to-anoxic Transition	2021 International Meeting of the Microbiological Society of Korea	2021(창원, 한국)

- 본 교육연구단은 참여 대학원생들의 학술 활동 역량 강화 및 국제적 인지도 향상을 위해 학술대회 참석을 독려했다. 이에 따라 국내뿐만 아니라 아시아, 미국, 유럽 등 다양한 곳에서 열린 학술 대회를 참석하였으며, 1건의 초청강연과 국제 학술대회 1건 및 국내 학술대회 15건의 우수논문상을 수상하였다 ([별표 2-31] 및 [그림 2-10] 참고).

[별표 2-31] 국제 및 국내 학술대회 수상 실적

연번	참여대학원생	수상내역	학술대회
1	박주성	Best Student Oral Presentation	The 4th International Conference on Bioresources, Energy, Environment, and Materials Technology
2	이상민	최우수논문발표상	한국전산구조공학회 정기학술대회
3	최유리	학술발표회 우수논문상	2020 한국원자력학회 춘계학술발표회
4	안준범, 박주현	우수발표 학회장상	2021 봄학술대회
5	권영만, 이민형	우수논문상	2020 한국지반공학회 가을학술발표회
6	김예은, 탁혜영	우수논문상 수상	2021년 한국ITS학회 추계학술대회
7	김지후	우수논문상 수상	2020년 한국ITS학회 추계학술대회

8	노병준, 가동호	우수논문상 수상	2020년 한국ITS학회 추계학술대회
9	이하경	우수상	2020 추계학술대회
10	김윤아	우수논문상	2021 한국지반공학회 봄 학술발표회
11	주현우, 백승훈	우수논문상	2021 한국지반공학회 봄 학술발표회
12	박준호	우수논문상	2021 한국지반공학회 봄 학술발표회
13	Ryan Ramirez	우수논문상	2021 한국지반공학회 봄 학술발표회
14	주현우, 박준호, 김규원	우수논문상	KSCE 2020 Convention
15	김대현	우수포스터상	2021 한국미생물학회 (MSK 2021)
16	이주용	우수포스터상	2021 한국미생물학회 (MSK 2021)



[그림 2-10] 참여대학원생 학술대회 수상 실적

- 저명한 국제 학술대회 참가 및 수상실적이 있는 참여대학원생의 학술대회 실적의 우수성은 다음과 같다.

**(우수학술대회-1) 김윤아 - 4th European Physical Modelling Conference in Geotechnics-ECPMG 2020**

김윤아 학생은 4th European Physical Modelling Conference in Geotechnics-ECPMG 2020에 구두발표자로 참석하여 등가전단보 토조의 검증 및 불포화지반에서 전단파속도를 측정하는 방법들을 발표하였다. 본 연구에서는 등가전단보 토조의 노후화에 따라 동적특성이 변할 수 있음을 보였다. 또한, 동적원심모형실험에서 사용할 수 있는 다양한 전단파속도 측정 방법들을 소개하고 분석함으로써 보다 정확한 전단파속도 데이터를 획득하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

**(우수학술대회-2) 박주성 - The 4th International Conference on Bioresources, Energy, Environment, and Materials Technology**

박주성 학생은 The 4th International Conference on Bioresources, Energy, Environment, and Materials Technology 에 구두발표자로 참석하였다. 해당 학회는 재생에너지 및 환경공학 관련 재료를 연구하는 연구자들이 참석하는 국제 학회로써, 본 연구에서는 탄소나노튜브 기반 투수성 막전극을 제조하고, 이를 이용해 설계수명에 도달한 원자력발전소의 해체 시 발생하는 방사화콘크리트의 산성 세척액으로부터 방사성 Co-60을 포함하는 코발트 이온 (Co<sup>2+</sup>) 을 비방사성 칼슘 이온(Ca<sup>2+</sup>)으로부터 전기화학적 반응을 통해 선택적으로 환원/분리하는 공정을 개발하였다. 개발된 방사성 원소 선택적 제거 공정은 높은 30분의 수리학적 체류 시간에서 100 % 의 코발트 이온 제거율을 나타냈으며, 추후 전기화학적 처리 공정의 적용을 통한 효율적인 방사성 폐기물 처리 공정의 개발에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

**(우수학술대회-3) 김규진 - 10th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management**

김규진 재학생은 10th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management 학술대회에 온라인 발표자로 참석하여 SFT 터널에 붙이는 계류선의 인장력을 평가하기 위한 3차원 수치 해석을 실시 하였다. 해당 수치 해석을 통하여, 파력과 같은 내부 해양 조건에 따른 계류선을 설정할 때, 최적의 계류선 단면 및 보강 철근의 필요 여부, 계류선 간격 등을 판단할 수 있는 반력 등을 제공하여 계류선의 최적화를 가능하게 하였다. 해당 내용은 국내 및 해외에서 수중 터널에 사용 되는 계류선 결정에 도움이 될 예정이다.

**(우수학술대회-4) 김기섭 - IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)**

김기섭 학생은 2021년 IROS (International Conference on Intelligent Robots and Systems) 학회(virtual)에 구두 발표자로 참석하였다. 해당 학회는 로봇 및 자동화 분야에서 최고 수준의 학회로써 연 1000편 이상의 논문이 발표된다. 본 연구에서는 lidar 센서 기반 자동 다이나믹 물체 포인트 제거 기법에 대해 제안하였다. 제안한 방법은 여러 분해능을 가지는 거리 이미지를 통해 coarse-to-fine 전략의 다이나믹 포인트 검출을 수행한다. 이를 통해 잘못 지워지거나 지워지지 않는 포인트들의 수를 최소화하여 동적 물체 제거 성능을 높였다. 해당 기술을 이용하면 lidar 로봇 매핑 (SLAM) 과 결합하여 스마트 시티 등 도시의 정교한 모델 구축에 기여할 것으로 기대한다.

**(우수학술대회-5) 최신형 - ACS Fall 2021**

최신형 석사과정 학생은 2021 ACS Fall에 Innovative Materials for Environmental Sustainability 세션의 구두발표자로 참가하였다.

본 리뷰는 생분해성에 대한 일반적인 오해와 진실을 밝혀 생분해성 플라스틱의 다음 세 가지 격차를 해소하는 것을 목표로 하였다. i) 보고된 생분해성 간의 격차; ii) 통제된 실험실 시스템과 자연 환경에서 생분해 조건 사이의 차이; 그리고 iii) 대중의 인식과 생분해성 라벨 제품의 실제 환경적 운명 사이의 간극을 밝히고 해결 방안을 제시하였다.

본 연구를 통해 생분해성 플라스틱의 대중의 이해도를 높이고 친환경 바이오플라스틱에 대한 커뮤니케이션을 활성화 할 것으로 기대된다.

**(우수학술대회-6) Zhanxiong Ma - International Conference on Vibration Engineering 2021**

Zhanxiong Ma 학생은 ICVE (Innovation and Advances in Vibrational World) 2021에 참석하였다. 해당 학회는 전 세계 20개국 이상의 국가 연구자들이 모여 역학, 진동 및 제어분야와 관련된 연구자들

이 참석하는 국제 학회이다. 본 연구에서는 GNSS 사용이 제한되는 환경에서 센서 데이터 융합을 통한 변위 계측기법을 제안하였다. 가속도와 스트레인 기반 변위계측 기법은 수중터널에 가속도와 비전/레이더 기반 변위 계측기법은 도심지에 각각 적용 가능하다. 본 기법은 동적/정적 변위계측이 가능하며, 추후 사면변위계측 등 더 많은 곳에 사용 가능할 것으로 기대된다.

**(우수학술대회-7) 최성진 - TRB 100th Annual Meeting**

최성진 학생은 TRB 100th Annual Meeting에 구두 발표자로 참석하였으며, 추후 이 발표는 우수성을 인정받아 논문으로 출판되었다. 해당 학회는 전세계 교통분야 전문가들이 참여하는 최대규모의 국제학회이다. 본 연구에서는 용자 단위 및 네트워크 단위 교통 현상들을 이해하기 위하여 도시 교통 네트워크상에서 움직이는 차량의 이동 행태를 분석을 진행하였고, 현실적인 패턴을 가진 가상의 합성 도시 차량 궤적데이터를 생성할 수 있는 새로운 모델을 개발하였다.

**(우수학술대회-8) 김남우 - 9th International Conference for Research in Air Transportation. ICRAAT 2020**

Research in Air Transportation. ICRAAT 2020에 구두 발표자로 참석하였다. 본 학회는 미 항공청 (FAA) 주관으로, 유인항공기, 무인항공기, 도심항공 모빌리티등 우수 항공교통공학 전문가들이 참여하는 학회이다. 본 발표에서는 소형무인비행장치 운용을 위해 고려해야하는 모빌리티 잠재수요와 공역 가용성이라는 두가지 매개변수에 기반하여 속성이 균일한 지역들을 제안한 Spatial clustering 방법론을 통해 식별하였다. 이를 통해, 식별된 지역의 소형무인비행장치 운용의 실현 가능성을 산정하였다. 본 연구의 결과는 소형무인비행장치 교통관리 체계 마련에 기여할 수 있다.

**(우수학술대회-9) Shah Zaib Farooq, 길태진 - The 3rd International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems**

Shah Zaib Farooq, 길태진 학생은 The 3rd International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems 컨퍼런스에 발표학생으로 참석하여 건설재료 중 복합재료의 미세기계적 거동 모델링을 발표했다. 본 학회의 주관기관인 The japan society for computational engineering and science(JSCES), Japan Association for Computational mechanics (JACM)는 컴퓨터 모델링으로 실험결과를 예측하는 컴퓨터 공학의 발전을 도모하는 국제학회이다. 본 연구에서는 건설재료로서 사용되는 복합재료의 거동을 모델링하여, 여러 변수가 존재하는 다양한 복합재료의 사용을 용이하게 하였다. 이를 통해 복합재료의 종류와 비율을 최적화하여 최고의 성능을 갖는 건설재료를 규명할 수 있다.

**(우수학술대회-10) 최유리 - The 30th European Safety and Reliability Conference The 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference**

최유리 학생은 The 30th European Safety and Reliability Conference The 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference에 구두 발표자로 참석하였다. 해당 학회는 전세계 20개국 이상의 국가 연구자들이 모여 복잡한 시스템의 신뢰성, 주요 사회 기반 시설물의 안전성, 위험 방지 및 관리등을 연구하는 연구자들이 참석하는 국제 학회이다. 본 연구에서는 주요한 사회기반 구조물에 속하는 원전 구조물의 안전한 설계를 위해 지반-구조물 상호작용 효과를 고려한 지진 응답 해석 방법을 제안했다. 강진 발생 시 비선형으로 거동하는 구조물의 특징을 고려하기 위해 지진 응답 해석을 시간영역에서 수행하면서 진동수의존적 특징을 갖는 지반의 특성을 효과적으로 고려할 수 있는 방법으로 다른 방법에 비해 해석 비용도 절감 가능한 방법으로 확률론적 지진 응답 해석 수행에 적합한 방법이다.

**(우수학술대회-11) 박다원 - SPIE Smart Structures + Nondestructive Evaluation**

박다원 학생은 SPIE Smart Structures+Nondestructive Evaluation 학술대회에 두발표자로 참석하였다. 본 연구에서는 한국의 쇠퇴지역에 분포하는 벽돌 조적식 벽체 구조물에 대하여, 인공 균열이 존재하는 구조물과, 존재하지 않는 구조물 대하여 지진 진동대 실험을 수행하여 내진 성능을 분석하고, 각각의 경우를 비교하여 균열이 구조물의 안정성에 미치는 영향을 관찰하였다. 본 연구는 인공적으로 균열을 구현하여 실제 쇠퇴지역 내 분포하는 손상 구조물들의 안정성을 예측하고, 보완 방법을 제시할 때 활용가능할 것으로 사료된다.

**(우수학술대회-12) 박준호 - 2021 한국지반공학회 봄 학술발표회**

박준호 석사과정 학생은 2021 한국지반공학회 봄 학술발표회에 구두 발표자로 참석하였다. 해당 학회는 국내 지반 관련된 다양한 연구자들이 모여 연구내용 및 성과를 공유하는 국내 학회이다. 본 연구에서는 콘크리트 구조물 모니터링을 위해 압축, 인장, 전단과 같은 파괴 유형에 따른 콘크리트 시편의 음향방출 특성 변화에 관해 연구하였다. 연구 결과를 통해 음향방출기법을 활용한 구조물 모니터링에 필요한 기본 인자를 제공할 수 있었다.

**(우수학술대회-13) 주현우 - KSCE 2020 Convention**

주현우 박사과정은 KSCE 2020 Convention에 포스터 부분으로 참석하였다. 본 논문에서는 구조물 하부 액상화 취약 사질토지반에 대한 수평 압밀 그라우팅 시공 시 그라우트 주입 심도에 의한 그라우트 구근 형상의 변화를 분석하였다. 본 연구를 통해 수평 압밀 그라우팅 시공 설계 과정에서 최적의 주입 설계가 가능할 것으로 기대된다.

**(우수학술대회-14) 김지후 - 2020년 한국ITS학회 추계학술대회**

김지후 학생은 2020년 한국ITS학회 추계학술대회에 참석하였다. 해당 학회는 ITS관련 학제 간 원활한 정보교류를 통한 기술발전 및 인재양성을 목표로하는 학회이다. 본 연구에서는 수요응답형 대중교통 차량의 용량 활용 및 서비스 비율을 높여 효율성을 향상하기 위한 목적으로 클러스터링 기반의 휴리스틱 경로탐색 알고리즘을 제안하였다. 해당 알고리즘을 활용한 차량 경로는 차량 용량 활용도가 높고, 수요 밀도 변화에 따른 서비스 품질 변화 민감도가 낮으며, 효율적이고 안정적인 경로를 신속하게 생성할 수 있어 도심 지역의 대중교통체계를 위한 기술로서의 활용 가능성이 보인다.

**(우수학술대회-15) 이상민 - 한국전산구조공학회 정기학술대회**

이상민 학생은 한국전산구조공학회 정기학술대회에 구두 발표자로 참여하였으며, 최우수 논문 발표상을 수상하였다. 본 연구에서는 입자 기반 수치해석기법인 Smoothed particle hydrodynamics (SPH)를 이용하여 다양한 파형경사를 갖는 규칙파를 생성하였으며, 파형경사 및 상대수심 (파장의 역수)에 따른 수치파 생성 정확도를 분석하였다. 제안된 연구 결과를 이용하여, 다양한 파고 및 주기를 갖는 수치파를 생성할 때 정확도를 사전에 예측할 수 있으며, 파랑-구조물 상호작용 연구에 활용이 가능할 것으로 기대된다.

**(우수학술대회-16) 김대현-2021 한국미생물학회 (MSK2021)**

김대현 학생은 MSK 2021 학술대회에 포스터 발표로 참여하였다. 본 연구에서는 중국 동남부 연안의 적조와 이와 관련된 Microbiome을 분석하였다. 적조는 주로 과축적된 질소와 인에 의하여 발생하는 것으로 알려져 있으며 이는 심각한 환경 및 산업 재해를 초래할 수 있다. 본 연구에서는 여러 환경변수뿐만 아니라 적조와 관련된 미생물 군집을 함께 분석함으로써 적조와 미생물 군집의 연관성의 새로운 패러다임을 제시하였다. 후속 연구를 통해 더욱 심도 있는 연관성을 파악할 수 있을 것으로 사료되며 이는 추후 적조 모니터링 및 예방에 해결법을 제공할 것으로 기대된다.

**(우수학술대회 -17) 이주용-2021 한국미생물학회 (MSK2021)**

이주용 학생은 2021 International Meeting of the Microbiological Society of Korea MSK2021 학술대회에 포스터발표자로 참석하였다. 본 연구에서는 대기 중 온실가스 저감과 미생물의 관계를 이해하고, 나아가 환경과 사람에게 방향성을 주는 초석이 되고자, 온실가스 중 메탄을 탄소원과 에너지원으로 이용하는 메탄산화균에 집중하여 아직 밝혀지지 않은 구리와 메탄의 관계를 시간과 조건별로 탐색하였다. 본 연구는 생물지구화학적 C와 N의 활용, 미생물의 메탄 산화, 구리의 생물학적 역할, 목표하는 미생물의 분리 방법, 또 새로운 환경의 기준을 줄 수 있어 미생물 연구와 온실가스 저감 기술 개발 등 다양한 분야에서 활용 가능할 것으로 사료된다.

**2) 향후 추진 계획**

- COVID-19로 인해 대다수의 학술대회의 개최가 연기되거나 취소되어 참여대학원생들의 활발한 학술대회 활동에 어려움이 있었다. 상황이 나아져 학술대회가 다시 정상화되면, 본 교육연구단은 참여대학원생들의 국제 학술대회 참가 시 항공료와 출장비, 학회등록비, 체재비(일비, 식비 및 숙박비), 여행자 보험료를 지원하여, 대학원생들의 학술대회 참여를 장려하고자 한다. 또한 비대면 학술대회 참가를 권장하여, 참여대학원생들이 전공 분야의 최신 연구 동향을 습득하고 국제적인 연구 협력 네트워크를 형성하는 등 국제 학술 활동 역량을 강화하고자 한다.

**③ 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성**

본 교육연구단은 참여대학원생이 논문뿐만 아니라 연구적으로 개발한 기술을 산업에 적용하는 것을 장려하여 다양한 산업 연계 지원을 하였으며, 그 결과 참여대학원생의 특허와 기술이전 등록이 활발히 수행되고 있다.

**1) 현황 및 실적**

- 최근 1년간 본 교육연구단 소속 참여대학원생들은 **국내특허 32건 및 국제특허 3건**을 [별표 2-32]와 같이 등록하였다 ([그림 2-11] 참고).

[별표 2-32] 참여대학원생 특허 실적

연번	참여 대학원생	특허 실적 상세내용				
		발명자	특허명	등록국가	등록번호	등록연도
1	정준연	손훈, 김기영, 구건희, 최재묵, 정준연	구조물의 정밀 계측 시스템 및 그 방법	유럽특허청	3524954	2020
2	정준연	손훈, 김기영, 구건희, 최재묵, 정준연	구조물의 정밀 계측 시스템 및 그 방법(SYSTEM FOR PRECISION MEASUREMENT OF STRUCTURE AND METHOD THEREFOR)	이탈리아	3524954	2020

3	정준연	손훈, 김기영, 구건희, 최재묵, 정준연	구조물의 정밀 계측 시스템 및 그 방법(SYSTEM FOR PRECISION MEASUREMENT OF STRUCTURE AND METHOD THEREFOR)	중국	ZL20188 0008974. 0	2021
4	박대선	강석태, 박대선, 김택승	생물오손 방지용 역삼투막 및 이를 이용하는 장치	대한민국	10-21533 14-0000	2020
5	박혜주	강석태, 박혜주, 김효전	석유계총탄화수소의 생분해 향상을 위한 미생물 담지 알긴산염/젤란검 마이크로 고품물 및 그의 제조 방법	대한민국	10-22075 40-0000	2021
6	박대선	강석태, 박대선	수처리용 고분자 분리막의 노후화 진단 방법 및 그 장치	대한민국	10-22180 25-0000	2021
7	최승주	강석태, 황동수, 최 승주, 김상식	이온유체를 활용한 수처리 분리막용 세정제 조성물 및 이를 이용한 세정방법	대한민국	10-22550 24-0000	2021
8	박주성	강석태, 박주성, 이 미영	탄소 나노튜브와 NASICON 의 복합체로 구성된 나트륨 이온 선택적 흡/탈착이 가능한 투과형 촉전식 탈염전극 제조 및 운전방법	대한민국	10-22555 76-0000	2021
9	김규진	곽효경, 김규진	수중 터널의 설계를 위한 수치해석 방법	대한민국	10-22064 45-0000	2021
10	김용민	권태혁, 최선규, 김 용민	미생물에서 추출한 효소를 이용한 지반 누수 보강, 차수 및 투수 저감 방법	대한민국	10-21925 59-0000	2020
11	배준식	김동수, 정영훈, 배준식	비접촉 파일 하이브리드 앵커	대한민국	10-21848 91-0000	2020
12	이준	손훈, 이준, 김동건	양수 수차의 건전성 자동 판정 방법 및 이를 위한 시스템	대한민국	10-22120 22-0000	2021
13	김현진	손훈, 황순규, 김현 진, 임형진	강구조물의 도막 상태 검사 및 평가 방법과 이를 위한 시스템	대한민국	10-22561 81-0000	2021
14	전익근	손훈, 전익근, Peipei	3D 프린팅 공정 의 열 화상 및 레이저 초음파 통합 검사 시스템 및 이를 구비한 3D 프린팅 시스템	대한민국	10-21946 94-0000	2020
15	전익근	손훈, 전익근, Peipei	3D 프린팅 시스템 및 이의 실시간 피드백 공정제어 방법	대한민국	10-22361 49-0000	2021
16	전익근	손훈, 전익근	3D 프린팅 공정 중 형성되는 적층부의 높이를 추정하는 방법 및 장치, 이를 구비한 3D 프린팅 시스템	대한민국	10-21946 95-0000	2020
17	전익근	손훈, 전익근	3D 프린팅 공정 중 형성되는 용융풀 깊이를 추정하는 방법 및 장치, 그리고 이를 구비한 3D 프린팅 시스템	대한민국	10-22208 23-0000	2021
18	전익근	손훈, 전익근	3D 프린팅 공정 중 형성되는 용융풀 크기를 제어할 수 있는 3D 프린팅 시스템 및 방법	대한민국	10-22361 48-0000	2021
19	김대현, 한희주	윤석환, 송민준, 김대현, 한희주, 윤현	바이오필터를 이용한 아산화질소 제거 장치	대한민국	10-22273 95-0000	2021
20	장대익, 윤현노	이행기, 장대익, 윤현노	고신축성 고분자 복합체 스트레인 센서 및 그 제조 방법	대한민국	10-21713 18	2020
21	김하연	이행기, 손형민, 김하연	미생물 기반 자기치유 콘크리트의 제조방법	대한민국	10-22097 54	2021
22	길태건	이행기, 길태건	콘크리트의 촉진양생을 위한 자기발열 거푸집 모듈	대한민국	10-22350 90	2021
23	김하연	이행기, 배상진, 김하연, 김희정	다공성 제올라이트 복합체 및 그 제조 방법	대한민국	10-22477 05	2021

24	김하연	이행기, 손형민, 김하연	콘크리트 타설 장치 및 방법	대한민국	10-2255414	2021
25	서준호, 장대익	이행기, 서준호, 배상진, 장대익, 박솔외	산업부산물 기반 경량 단열 모르타르 조성물	대한민국	10-2260445	2021
26	박재찬	정형조, 차상률, 박재찬	철근 콘크리트의 철근 부식 평가장치	대한민국	10-2182970-0000	2020
27	권영만	조계춘, 장일한, 권영만	바이오폴리머-함유 젤 바 및 이를 이용하는 토양의 침식 저항 증진 시공 방법	대한민국	10-2237837-0000	2021
28	천선정	한종인, 김동연, 김범식, 허일정, 천선정, 권영국	An electrolytic apparatus for removing nitrogen oxides, and a method for removing nitrogen oxides	대한민국	10-2179532-0000	2020
29	고권환, 이상민	홍정욱, 고권환, 이상민	실시간 자가보정기능을 갖춘 3D 프린터 및 3D 프린터의 프린팅 방법	대한민국	10-2210721-0000	2021
30	고권환, 이상민	홍정욱, 고권환, 이상민	미세 구멍 가공 기능을 가진 3D 프린터 및 이를 이용하여 미세 구멍을 가공하는 방법	대한민국	10-2210719-0000	2021
31	고권환	홍정욱, 고권환, 이상민	다중 재료 복합재의 제조 방법과 이를 수행하는 3D 프린팅 장치	대한민국	10-2220958-0000	2021
32	장기문	김영철, 장기문	해시태그를 이용한 도시 정체성 표현 장치 및 방법	대한민국	10-2227033-0000	2021
33	김민섭	이승래, 김민섭, 전준서, 김민준, 전운수, 이재원	고준위 방사성폐기물의 열적 안정적인 심층 처분을 위한 최적의 처분장 초기 조건 설계 방법 및 장치	대한민국	10-2169049-0000	2020
34	최성진	여화수, 이동훈, 최성진	공유형 자율주행자동차 관리 서버 및 방법	대한민국	10-2279586-0000	2021
35	박재찬	정형조, 박재찬, 차상률	유체의 변압을 이용한 구조물 부착형 에너지 하베스팅 장치	대한민국	10-2294085-0000	2021



[그림 2-11] 참여대학원생 특허 실적

- 본 교육연구단은 다양한 형태의 건설 분야 미래기술 개발을 선도하고 있으며 IT와 건설, 에너지와 건설 등 융합연구를 활발히 진행해 오고 있다. 참여대학원생은 다수의 국내 특허 발명뿐만 아니라, 특히 IT와의 융복합적인 연구를 통해 이탈리아, 중국, 유럽특허청과 같은 주요 나라에 총 3건의 국제 특허를 등록하였다[별표 2-32]. 총 14건의 우수 특허 대표 실적은 다음과 같다.

**(우수특허-1) 박주성 - 탄소 나노튜브와 NASICON 의 복합체로 구성된 나트륨 이온 선택적 흡/탈착이 가능한 투과형 축전식 탈염전극 제조 및 운전방법**

본 특허(탄소 나노튜브와 NASICON 의 복합체로 구성된 나트륨 이온 선택적 흡/탈착이 가능한 투과형 축전식 탈염전극 제조 및 운전방법, 등록번호 10-2255576-0000)는, 탄소 나노튜브로 구성된 다공성 분리막 구조체에 전기화학 반응을 통해 나트륨 이온을 가역적으로 흡수/방출할 수 있는 NASICON 나노입자를 결합함으로써, 기존의 탄소 기반 축전식 탈염 공정 전극 대비 양이온 흡착용량을 개선하고, 칼슘 이온과 같은 다가 양이온이 존재하는 환경에서도 비가역적 흡착 용량 감소를 억제한 데 의의가 있다. 또한 본 특허는 그 우수성을 인정받아, 2020년 교내 해외특허출원 지원 대상으로 선정되어 미국에 특허출원을 완료하였다 (미국 특허 출원번호 16933913)

**(우수특허-2) 김규진 - 수중 터널의 설계를 위한 수치해석 방법**

본 특허(Method of Numerical Analysis for the design of Submerged Floating Tunnel)는 특수 구조물인 수중터널의 설계를 위한 하중 산정, 변환 및 수치 해석 방법을 제시하고 있으며, 초기 단면 설계를 위한 가이드라인을 제시하고 있다. 수중터널의 직경, 두께 등 초기 설계를 결정하기 위해서는 동적, 정적 해석 및 단면 상세 해석등의 복잡한 과정을 거쳐야 하는데, 본 특허를 활용함으로써 초기 의사 결정 시간 및 반복적인 해석 횟수를 획기적으로 줄일 수 있다.

**(우수특허-3) 김용민 - 미생물에서 추출한 효소를 이용한 지반 누수 보강, 차수 및 투수 저감 방법**

본 발명은 미생물에서 추출한 효소를 이용한 지반 누수 보강, 차수 및 투수 저감 방법으로, 구체적으로는 효소 반응으로 생성된 바이오폴리머를 이용하여 지반을 보강하는 방법에 관한 것이다. 이는 효소를 이용함으로써, 미생물을 직접 이용하는 보수 방법의 외부 미생물 주입으로 인한 환경 오염, 바이오폴리머 생성 여부 및 생성 위치에 관한 불확실성 등의 문제점 등을 해결하고, 다양한 토양에 적용 가능할 뿐 아니라, 미생물에 비해 보관 및 적용이 용이하여 상용성을 높일 수 있다.

**(우수특허-4) 배준식 - 비접촉 파일 하이브리드 앵커**

본 발명은 해저면에 설치되는 중력식 앵커와 지중에 관입된 앵커의 직접적인 접촉이 없어 지진하중 시에 보다 유연하게 변위를 제어할 수 있어, 주요한 해상 및 수중 구조물을 지지하는데에 이점이 있다.

**(우수특허-5) 이준 - 양수 수차의 건전성 자동 판정 방법 및 이를 위한 시스템**

본 발명은 구조물 내외부에서 계측한 정보를 학습된 3가지의 인공신경망을 통해 구조물 건전성 평가를 실시하는 기술로, 단일 인공신경망을 사용시, 누락될수 있는 오류를 서로 다른 구조의 인공신경망을 통해 획기적으로 오류를 감소시키는데에 의의가 있다.

**(우수특허-6) 정준연 - 구조물의 정밀 계측 시스템 및 그 방법(SYSTEM FOR PRECISION MEASUREMENT OF STRUCTURE AND METHOD THEREFOR)**

본 특허(구조물의 정밀 계측 시스템 및 그 방법, 등록번호 제 3524954)는, GPS와 가속도계를 이용하여 고층빌딩, 교량, 댐, 항만 등을 포함하는 구조물의 동적거동을 정밀하게 계측할 수 있는 구조물의 정밀 계측 시스템 및 그 방법에 관한 것이다. 잡음수준이 높고 저샘플링 주파수로 획득되는 GPS-RTK 변위 신호와 잡음수준이 낮고 고샘플링 주파수로 획득되는 가속도계 가속도 신호를 융합하여, 구조물의 정확한 6자유도 동적응답(가속도, 속도, 변위, 각변위)를 계측하는 센서 시스템을 개발하였다. 아울러, 본 발명은 가속도, 속도, 변위, 각변위 등을 포함하는 구조물의 6자유도 동적특성을 계측함으로써, 데이터의 시각동기화, 통합화 및 호환성 문제를 해결할 수 있고, 구조물이 갖는 저주파수 응답특성에서 수 마이크로G 이하의 저진동에 반응할 뿐만 아니라, 바람, 태양광 등의 유무에 따른 온도변화로

인한 변화를 상시적으로 측정할 수 있다

#### **(우수특허-7) 김대현, 한희주 - 바이오필터를 이용한 아산화질소 제거 장치**

본 발명은 바이오필터를 이용한 N<sub>2</sub>O 제거 장치에 관한 것으로, 바이오필터 내 성장하고 있는 미생물의 N<sub>2</sub>O 환원 반응을 통해 하수처리장 생물학적 반응조에서 발생하는 저농도 N<sub>2</sub>O를 제거할 수 있는 시스템에 대한 설명이다. 폴리우레탄 폼을 내포한 다수의 바이오필터를 직렬 연결함으로써 각 바이오필터를 통과할 때마다 산소 농도가 감소되게 만들 수 있다. 낮은 산소에서 N<sub>2</sub>O 환원 효소인 NosZ의 발현은 촉진되게 되고, N<sub>2</sub>O의 제거율은 바이오필터를 통과함에 따라 향상된다. 해당 발명의 장점은 (1) 유입되는 탄소원과 영양물질은 하수처리장으로 유입되는 하수를 사용해 외부 탄소원과 영양물질의 주입이 불필요하고, (2) 생물학적 반응조 폭기조에서 포집된 N<sub>2</sub>O를 바이오필터 내로 주입한 자연압 시스템이며, (3) 추가적인 에너지 및 화학 물질 투입이 없이 본 발명품의 작동이 가능하여 에너지 및 경제적 효율이 높은 발명이다.

#### **(우수특허-8) 김하연 - 미생물 기반 자기치유 콘크리트의 제조방법**

본 특허(미생물 기반 자기치유 콘크리트 조성물 및 이를 이용한 자기치유 콘크리트의 제조방법), 등록번호(제 10-2021-2209754호)는, 콘크리트의 특성상 압축강도가 크고 내구성이 우수하며, 유지보수가 용이하다는 장점을 일부 가지고 있으나, 인장강도가 낮고 수축에 의한 균열이 발생할 수 있는 문제점을 보완하기 위해서 미생물을 활용한 자기치유 콘크리트를 제조하는 것이다. 콘크리트와 공존하는 미생물은 생체광물 형성작용(biomineralization)으로 무기 성분이 단백질이나 다당류 등의 유기 성분과 같은 생체 고분자에 의해 복합화되고, 정밀한 질서를 가진 구조체로 형성하게 되어 콘크리트 균열을 생체광물 형성작용으로 치유하게 된다. 특히, 본 특허에서는 종래 미생물 혼합 자기치유 콘크리트의 일부 문제점으로 거론되는 거대 구모물의 균열을 상대적으로 빠른 시간 내에 치유가능하며, 콘크리트 고화체의 내부 공극을 제어하여 미생물의 생존력을 향상시켜 종래 기술을 보완하는 것에 이점이 있다.

#### **(우수특허-9) 박재찬 - 철근 콘크리트의 철근 부식 평가장치**

본 발명은 철근 콘크리트의 철근 부식 평가장치에 관한 것으로, 상세하게는 철근의 전위차를 측정하여 철근의 부식 정도를 평가하는, 철근 콘크리트의 철근 부식 평가장치에 관한 것이다. 본 발명은 다양한 수압환경을 조성할 수 있어 외부 압력에 따른 부식 인자 침투로 인한 철근 부식을 정량적으로 측정할 수 있다. 본 발명은 철근 콘크리트의 철근 부식을 확인하기 위하여 옆면에 에폭시로 코팅된 시편과 철근 콘크리트 시편의 상부에 고압의 해수를 공급하기 위하여 시편의 상부에 끼울 수 있는 캡 형태의 장치와 심해 환경에 맞는 고압의 환경을 조성하기 위하여 상부 캡에 압력을 공급하는 가압 장치와 해수 공급으로 인해 콘크리트를 투과한 해수를 모아 측정할 수 있는 캡 형태의 하부 장치, 집수 장치가 설치된다. 본 발명은 상기 상부 캡과 하부 캡을 체결하는 체결 볼트를 통해 시편과 상부 캡 사이에 존재하는 고수압을 견디고 다양한 시편의 길이를 조절하여, 구조물 두께와 동일한 시편에 적용할 수 있도록 하였다. 또한, 본 발명은 각 시편에 대한 다양한 크기의 압력을 적용할 수 있도록 하여 구조물 위치에 따른 환경 변화를 고려할 수 있도록 한 것을 특징으로 한다. 상기 장치에 활용될 시편에 높이 별로 배근된 철근은 측면에 노출이 되어있어 노출된 부분의 전류를 측정하여 부식 정도를 정량적으로 측정하는 매크로셀 방법으로 부식을 확인한다. 철근 부식에 영향을 미치는 해수의 산소 농도를 조절하기 위하여, 가압은 공기가 아닌 질소를 활용한다. 상기 장치에서 상부 캡, 시편, 부식 측정 장치, 하부 캡, 집수 장치로 이루어진 구성이 하나의 모듈이라 할 때, 상기 장치는 하나의 가압 장치가 여러 개의 셀로 연결된 것을 특징으로 한다.

**(우수특허-10) 권영만 - 바이오폴리머-함유 젤 바 및 이를 이용하는 토양의 침식 저항 증진 시공 방법**

본 발명은 온도 또는 함수비에 따라 점성이 달라지는 바이오폴리머를 사전에 젤(gel) 형태로 구현한 후, 시공 현장의 목적 또는 목표 성능에 맞게 젤을 정량적으로 적용할 수 있는 방법으로써 현장 시공성 및 품질 개선에 기여한다. 본 발명은 비탈면의 안정화나 지반 보강, 흙 포장 등 다양한 결설 및 토목 분야에서 적용될 수 있다. 최근 재난 방재에 대한 중요성이 대두되고 있는 상황에서 본 발명에서 제안하는 방법을 통해 친환경 건설 기술을 선도할 뿐만 아니라 바이오-건설 기술 분야에서 정량적 목표 성능 도달을 위한 체계적 시방 구축이 기대된다.

**(우수특허-11) 천선정 - An electrolytic apparatus for removing nitrogen oxides, and a method for removing nitrogen oxides**

본 발명은 배기가스 내 질소산화물을 고효율로 제거 및 암모니아 또는 질소로 변환하는 장치에 관한 것이다. 질소산화물의 대부분을 구성하는 일산화물의 낮은 수용해도를 극복하기 위해 기체확산층을 포함하는 환원 전극을 사용하였으며, 빠른 전기화학 반응 속도를 유도하기 위해 기체확산층에 철 나노입자로 이루어진 촉매가 도포되어 있다. 인가전압을 조절하여 생성물의 선택도를 조절할 수 있어 필요에 따라 유용산업자원인 암모니아 또는 무해한 질소를 생산할 수 있다.

**(우수특허-12) 고권환 - 다중 재료 복합재의 제조 방법과 이를 수행하는 3D 프린팅 장치**

본 특허(다중 재료 복합재의 제조 방법과 이를 수행하는 3D 프린팅 장치)는, 두 가지 재료로 이루어진 복합재료의 제작을 추가 공정없이 가능하도록 새로운 구동 방법을 고안하여, 이를 추가한 SLA 방식 기반의 3D 프린터를 개발한 것을 특징으로 한다. 또한, FDM 방식의 3D 프린터에 대비하여, 더 정교하고 신속한 출력이 가능한 SLA 방식 기반 3D 프린터의 장점을 더하였고, 이를 기반으로 이중 재료 복합재의 빠른 제작이 가능한 SLA 3D 프린터를 개발하는 내용을 포함한다. 3D 프린팅은 현재 건설, 건축, 기계, 항공, 선박 등의 다양한 공학 분야에서 효율적으로 활용되고 있으며, 본 발명의 기술은 기존의 3D 프린팅의 한계를 효율적으로 개선할 수 있기 때문에 기술 사업화 전망이 매우 높을 것으로 예상된다.

**(우수특허-13) 장기문 - 해시태그를 이용한 도시 정체성 표현 장치 및 방법**

도시의 지속 가능한 개발을 위해 물리적 특수성과 도시의 주관적인 의미로서의 도시 정체성을 파악하기 위한 여러 시도들이 있어 왔다. 해시태그를 이용한 도시 정체성 표현 장치 및 방법에 관한 것으로서, 소셜 네트워크 서비스상의 도시 또는 도시의 특정 위치와 관련된 해시태그 키워드를 수집하여 해시태그 키워드를 카테고리 별로 분류하고, 각 카테고리 별로 빈도수를 계산 및 합산 하여 그 빈도수에 대응하는 그래픽을 지도상에 표현함으로써, 사전정보가 없는 사람들도 도시를 쉽게 파악할 수 있도록 하는 해시태그를 이용한 도시 정체성 표현이 가능하다는 장점이 있다.

**(우수특허-14) 김민섭 - 고준위 방사성폐기물의 열적 안정적인 심층 처분을 위한 최적의 처분장 초기 조건 설계 방법 및 장치**

본 특허(고준위 방사성폐기물의 열적 안정적인 심층 처분을 위한 최적의 처분장 초기 조건 설계 방법 및 장치, 등록번호 제 10-2169049-0000호)는, 처분장이 운영되는 동안 완충재의 최고 온도를 밝기로 나타내고 반딧불이 알고리즘을 통해 처분장의 최적조건을 결정하는 설계 방법을 제시한다. 이 알고리즘은 완충재가 가장 낮은 온도를 가질수 있는 초기 조건을 찾기 위한 목적함수를 결정하는 단계, 초기 반딧불이 수를 결정하는 단계, 새로운 반딧불이의 밝기를 구하고 종료조건이 충족하여 반딧불이 알고리즘을 종료하고 가장 밝은 반딧불이의 밝기를 처분장 완충재의 최적의 값을 결정하는 단계를 포함하고 있다. 이 알고리즘을 통해 해당 초기조건을 처분장의 최적조건을 결정할 수 있다.

- 본 연구단은 산학협력을 적극 활성화함으로써 연구 성과의 실용화 및 상업화에 매진하였다. **이런 노력의 결과로 강구조물의 도막 상태 평가시스템 및 방법 (손훈 교수) 기술을 중소기업에 이전하는 기술이전 성과를 거두었다. 이를 통해 5천만원의 기술료 수입을 거두었으며, 본 연구단 참여대학원생의 기술이전에 대한 주요 기술의 자세한 내용은 다음과 같다.**

**(우수기술이전-1) 김현진 - 강구조물의 도막 상태 평가시스템 및 방법**

강구조물의 도막은 외부 인자로부터 강구조물을 보호하여 내구성을 유지시키는 역할을 하며, 도막의 상태에 따라 구조물의 내구성이 저하될 수도, 유지될 수도 있다. 도막 상태 평가는 도막의 두께가 적절히 유지되고 있는지와 도막에 부식, 박리, 체킹, 초킹 등 관련 시행령에서 규정하고 있는 열화가 발생했는지에 따라 그 등급이 산정된다. 현재 도막 상태평가 방식은 도막 두께 검사와 열화 검사가 별도로 진행되고 있으며, 두께 검사의 경우 국부역역만 측정 가능한 초음파 장비를 사용하고 있어 미세한 도막 두께 변화를 탐지할 수 없다. 또한, 열화 검사는 검사자의 육안에 의해 수행되고 있으며 검사자의 주관 또는 접근성에 따라 그 결과가 상이할 수 있다. 본 기술에서는 열화상 시스템과 비전 시스템을 융합한 강구조물 도막 상태 평가 시스템을 개발하였으며, 도막 두께 검사와 열화 검사를 동시에 수행할 수 있다. 또한, 검사 대상 전면적에 대해 도막 두께를 정량화 및 시각화할 수 있으며, 열화 탐지, 분류 및 정량화 또한 가능하다. 검사 결과를 이용하여 최종적으로 상태평가 보고서 발행까지 가능한 기술을 개발하였으며 기존 주관적 검사 방식에서 객관적 검사 방식으로 전환이 가능하다.

**2) 향후 추진 계획**

- 본 교육연구단이 소속된 KAIST 건설 및 환경공학과에서는 대학원생의 특허 출원 및 등록을 적극적으로 장려하기 위해 특허청과 특허 법인의 실무자를 초청하여 대학원생들이 특허 제도에 대해 이해하고 활용할 수 있도록 **특허 세미나를 지속적으로 개최**하고자 한다.
- 본 교육연구단은 참여 대학원생들의 산학간 인적 교류를 장려하기 위하여 **인턴십 제도를 지원**할 계획이다. COVID-19로 다양한 산업체에서의 직접적인 교류를 하는 것이 어렵기 때문에, 빠르게 변화하고 있는 현업에 대해 참여대학원생들이 공학적 안목을 배양할 수 있도록 산학협동 특별세미나 등을 추진하고, 지속적으로 산업체 현업 실무자들의 교육과정 참여 프로그램을 개발하고자 한다.
- KAIST에는 공학교육에 기업가정신을 접목하여 미래 사회를 이끌어 갈 인재를 양성하기 위해 미래창조과학부로부터 도전적 창업인재 양성 예산을 지원받아 설립된 K-School이 있다. K-school에서 개설되는 교과목 수강을 장려하여 참여대학원생들의 창업에 대한 기회를 제공하고자 한다 ([그림 2-12]참고).

K-School 교과목 >	교과목명
창업가정신(리더십강좌)	CC533 창업가의리더십 (Entrepreneurial Leadership)
공통 필수	KEI210 창업입문(Introduction of Entrepreneurship)
교과목 일람표 >	KEI220 시제품 제작 입문(Introduction to Hands-on Prototyping)
	KEI330 비즈니스개론(Introduction to Business)
	KEI430 니즈탐색 실제(Needfinding Practice)
	KEI490 창업학부특수논제(Special Issues for Undergrads : Entrepreneurship & Innovation)
	KEI501 고급융합캡스톤디자인 (Advanced Multidisciplinary Capstone Design)
	KEI510 창업의 이해 (Understanding Startups)
	KEI511 창업 전문가 특강 (Special Lectures on Startup)
	KEI512 창업 시뮬레이션 게임 (Startup Simulation Games)
	KEI520 창업의 핵심 (Key Entrepreneurial Process)
	KEI522 소셜 벤처 (Social Venture)
	KEI530 스타트업 재무 (Startup Finance)
	KEI540 스타트업 마케팅 (Startup Marketing)
	KEI550 창업가의 도구상자 (Entrepreneur's Toolbox)

[그림 2-12] KAIST K-school에서 개설된 교과목

- 본 교육연구단 소속 KAIST 건설 및 환경공학과에서는 대학원생의 창업 활성화를 지원하기 위해 대학원생 대상의 **창업교육 프로그램에 대학원생들의 참여를 권장**하였으나, 코로나19 상황으로 인해 대다수의 프로그램이 개최되지 않아 어려움이 있다. 따라서 다음 단계에서는 소속 대학원생들이 다양한 창업 프로그램에 참여할 기회를 제공하며, 벤처 창업자들의 초청 세미나를 통해 대학원생들에게 창업의 간접 체험 기회를 제공하고자 한다.

#### 4. 신진연구인력 현황 및 실적

##### 1) 현황 및 실적

- 본 교육연구단은 이번 4단계 BK사업을 통해 2020년 9월부터 2021년 8월까지 총 **10명의 신진연구인력(박사후연구원 및 연구교수)**을 확보하고 **활발한 학술 활동을 지원**하였다. 학술 및 연구 활동을 장려하기 위하여 연구성과에 따라 지난 1년간 208,728,454원의 인건비 지급과 696,952원의 학회활동비를 지원하였다.
- 임용된 신진연구인력에게는 BK21 사업으로 연봉 3,000만원(250만원/월) 수준의 기본급을 지원하였고, 신진연구인력의 안정적 연구 활동과 별도의 연구과제 수주를 통해 최소 약 30만원/월에서 최대 약 450만원/월을 추가 지급하였다.
- 우수 신진연구인력 발굴을 위해 교육연구단 소속학과 홈페이지 및 하이브레인넷 등 구직 사이트에도 채용 홍보를 하고, 연구능력과 전문성을 고려한 블라인드 방식의 공개채용을 진행하여 다양한 배경을 가진 우수한 신진연구인력 확보를 하였다.
- 교육연구단 각 전공별 참여교수로 이루어진 신진연구인력 위원회의 지속적 운영을 통해 우수 신진연구인력의 유치와 체계적인 관리를 하였다. 신진연구인력 위원회는 신진연구인력의 채용 심사 및 평가를 담당하며, 우수 신진연구인력 확보를 위한 후보자 데이터베이스를 구축하였다.
- 본 교육연구단은 우수 신진연구인력(박사후연구원 및 연구교수)을 4명 채용한다. 자교 출신과 타교 출신의 적정비율을 유지하였으며, 다양한 배경지식과 경험을 융복합하고 이를 바탕으로 연구 분야 확장 및 연구성과의 질적 제고를 도모하고자 하였다. 신진연구인력의 채용은 참여교수와의 협업 능력, 원활한 연구 수행 능력, 학제 간 지식 융합 능력, 잠재 가능성을 중심으로 엄격하고 공정하게 블라인드 심사 방식을 통하여 채용하고 있다.
- 본 교육연구단 신진연구인력은 활발한 학술 및 연구 활동을 수행해오고 있으며, 이들의 우수성은 논문 실적을 통해 입증되고 있다. 이번 단계에서 **신진연구인력의 학술활동에 의해 출판된 논문 실적은 총 8편에 달한다** ([별표 2-33] 참고). **8편의 논문은 모두 Q1으로 각 분야별 Top 25% 학술지에 해당한다**. 또한 5편의 논문이 상위 10%이내의 논문이며, 6편의 논문은 IF가 4.0 이상인 저널에 해당한다.

[별표 2-33] 신진연구인력의 논문 게재 실적

연번	논문명	게재학술지명	게재연월	신진연구인력	IF	IF 등급	상위%
1	Numerical simulations of blast responses for SFRC slabs using an orthotropic model	ENGINEERING STRUCTURES	202107	이민주	4.471	Q1	14.338
2	An improved calibration method of the K&C model for modeling steel-fiber reinforced concrete	COMPOSITE STRUCTURES	202108	이민주	5.407	Q1	7.778

3	Steel bridge corrosion inspection with combined vision and thermographic images	Structural Health Monitoring	202102	임형진	4.939	Q1	8.24
4	Bridge Displacement Estimation by Fusing Accelerometer and Strain Gauge Measurements	Structural Control and Health Monitoring	202103	Peipei Liu	3.499	Q1	12.132
5	Coupling of Non-ordinary State-based Peridynamics and Finite Element Method with Reduced Boundary Effect	International Journal for Numerical Methods in Engineering	202104	황영광	3.477	Q1	18.98
6	A framework of biophilic urbanism for improving climate change adaptability in urban environments	URBAN FORESTRY & URBAN GREENING	202106	이성희	4.537	Q1	3.731
7	Early-age strength of CO2 cured alkali-activated blast furnace slag pastes	CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS	202106	전유빈	6.141	Q1	4.779
8	Extracting the topology of urban airspace through graph abstraction	TRANSPORTATION RESEARCH PART C-EMERGING TECHNOLOGIES	202106	조정우	8.089	Q1	6.757
9	Coupling of SPH and Voronoi-cell lattice models for simulating fluid-structure interaction	COMPUTATIONAL PARTICLE MECHANICS	202107	황영광	2.105	Q2	46.76
10	Coupling of non-ordinary state-based peridynamics and finite element method with reduced boundary effect	INTERNATIONAL JOURNAL FOR NUMERICAL METHODS IN ENGINEERING	202108	황영광	3.477	Q1	18.98

- 본 교육연구단은 신진연구인력은 국내 및 국제 학술대회 참여를 통해 전공 분야의 최신 연구 동향을 습득할 수 있었으며, 국제적인 연구 협력 네트워크를 형성하는 등 학술 활동 역량을 강화하였다. 본 교육연구단 신진연구인력의 국제 학술대회 참가 건수는 4건이며, 국내 학술대회 참가 건수는 5건이다 ([별표 2-34] 참고).

[별표 2-34] 신진연구인력 학술대회 참가 실적

연번	신진연구인력	발표형식	논문제목	학술대회명	발표연도 및 장소
우수성					
1	트란티눔	포스터	Nanoporous hydroxyapatite beads for the adsorption of radioactive cations	Macromolecular Chemistry: The Second Century	2021 (미국, Online)
	<p>트란티눔 박사후 연구원은 2021 ACS spring에 포스터 발표자로 참석하였다. 해당 학회는 세계에서 가장 큰 화학 학회중 하나이며, 이번 학회에서는 Macromolecular Chemistry: The Second Century를 주제로 개최되었다. 본 연구에서는 나노구조의 hydroxyapatite를 비드형태로 제작하여, 수중의 방사선 핵종을 제거할 수 있는 우수한 흡착제를 개발하였다. 비드형태의 흡착제를 고려할때 기존 공정에 도입할 수 있으므로, 실용화 가능성이 높은 우수한 흡착제이다.</p>				
2	이민주	구두	폭발 하중을 받는 강섬유 보강 콘크리트 슬래브의 손상에 관한 수치연구	2021 한국전산구조공학회 정기학술대회	2021 (경주, 대한민국)
	<p>이민주 박사는 2021 한국전산구조공학회 정기학술대회에 구두 발표자로 참석하였다. 해당학회는 전산기술을 이용하여 구조공학에 관한 학문과 기술의 발전 및 보급에 관한 학문을 연구하는 연구자들이 참석하는 국내 학회이다. 본 연구에서는 강섬유 보강콘크리트의 직교이등방성 모델을 제안하였으며 이를 적용하여 LS-DYNA를 이용하여 강섬유 보강 콘크리트 슬래브의 폭발 해석을 수행하여 거동예측의 정확성을 향상시켰다. 본 연구는 구조물의 안정성 향상에 기여할 수 있다.</p>				
3	페이페이	구두	Porosity inspection in metal directed energy deposition using femtosecond laser based transient thermoreflectance measurement	48th Annual Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation (QNDE)	2021 (Online)
	<p>Peipei Liu 박사는 48th Annual Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation (QNDE)에 구두발표자로 참석하였다. 금속 유도 에너지 증착(DED)에서 다공성, 용해 부족 및 균열과 같은 결함은 재료의 용융 응고 과정에서 종종 발생한다. 이러한 결함은 제조된 부품의 기계적 특성 및 품질을 저하시킬 수 있으며 이러한 결함의 형성 메커니즘은 다양한 DED 매개변수에 의해 복잡하게 영향을 받는다. 결함이 없고 구조적으로 건전한 물체를 제조하기 위해서는 오프라인 검사와 온라인 모니터링 기술이 모두 요구된다. 본 연구에서는 금속 DED의 다공성 검사를 위해 펄스 레이저 기반 과도 열반사(TTR) 기술을 개발했다. 즉각적인 수정 작업과 함께 제조된 개체의 품질을 높일 수 있다.</p>				
4	임형진	구두	구조물 안전진단을 위한 장단기 기억 네트워크 기반 노이즈 감소 기술	2021년 한국비파괴검사학회 춘계학술대회	2021 (창원, 대한민국)
	<p>임형진 박사는 2021년 한국비파괴검사학회 춘계학술대회에 구두발표자로 참석하였다. 해당 학회는 비파괴검사를 연구하는 연구자들이 참석하는 학회이다. 본 연구에서는 피로균열의 감지능력을 향상시키기 위해 노이즈를 감소시키는 기술을 개발하였다. 노이즈 감소로 인해 피로균열 감지능력을 향상시켜 구조물 안전관리에 기여할 수 있을 것이다.</p>				
5	임형진	구두	Acoustoelastic Effect-based Tension Estimation of Anchorage Rod in Suspension Bridge under Varying Temperature	KSCE 2020 convention	2020 (제주도, 대한민국)
	<p>KSCE 2021 Convention은 토목 및 건축 등 건설분야에 대해 연구하는 연구들이 참석하는 학회이다. 본 연구에서는 장력에 의한 변형률과 초음파 속도 사이의 관계식을 유도하였고, 이를 이용하여 기저 데이터</p>				

	없이 각 장력에서 측정된 초음파만을 이용하여 구조물에 발생한 절대 변형률 추정 기술을 개발하였다. 개발된 기술은 기존의 기술들과는 달리 기저 데이터를 사용하지 않으므로 공용 중인 구조물에 적용되어 구조물 건전성 모니터링에 큰 역할을 할 것이다.				
6	임형진	구두	Automated composite fatigue damage detection and classification using machine learning,	Korean Society for Nondestructive Testing Fall Conference	2020 (서울, 대한민국)
	임형진 박사는 2020 한국비파괴검사학회 Korean Society for Nondestructive Testing Fall Conference에 구두발표자로 참석하였다. 해당 학회는 비파괴검사를 연구하는 연구자들이 참석하는 학회이다. 본 연구에서는 머신러닝을 이용하여 탄소섬유 복합재료 평판 구조물의 피로손상과 유형을 자동으로 진단하고 분류하는 기법을 개발하였다. 탄소섬유 복합재료 평판 구조물에 압전센서를 설치하고, 구조물에 피로하중이 가해지는 동안 주기적으로 유도초음파 신호를 계속하였다. 구조물에 피로손상이 없을 때 측정된 초음파 신호를 인공신경망의 한 종류인 Deep autoencoder (DAE)에 입력하여 입력 신호를 복원할 수 있도록 학습시켰다. 구조물에 피로손상이 발생하였을 때 측정된 초음파 신호를 학습된 DAE에 입력하였을 때 복원된 신호와 입력신호간의 차이가 증가함을 확인하였고, 이를 이용하여 자동 손상진단 기법을 개발하였다. 또한 DAE의 Bottleneck 층을 이용하여 사람의 개입 없이, 자동으로 손상에 민감한 초음파 신호의 특성을 추출하였고, 이를 이용하여 자동으로 복합재료 피로손상 유형을 분류할 수 있도록 하였다. 실험결과, 초기 복합재료 손상인 모재균열을 성공적으로 진단하였으며, 이후 발생하는 층간박리 과 섬유파손 손상을 정확히 분류할 수 있음을 확인하였다.				
7	조정우	구두	Overview of current UAM concept of operation and researches	2020 한국경영과학회 추계학술대회	2020 (대한민국, Online)
	도심 항공 모빌리티에 대한 연구가 매우 활발히 진행되고 있다. 항공 모빌리티를 도심 공간에서 운용하기 위해 필요한 운용 개념과 선행 및 사례 연구 동향을 포함하고 있다. 도시 환경에서의 공역 관리와 도심 항공 모빌리티의 운용을 위한 제반 사항들을 파악하여, 도심 항공 서비스의 유용한 기반을 제공할 수 있다.				
8	조정우	구두	Segmentation of Low-altitude Airspace in Highly Constrained Environments	9th International Conference for Research in Air Transportation. ICRAT 2020	2020 (미국, Online)
	본 연구에서는 도심 영공의 위상학적 특징을 추출하여, 고밀도 무인항공시스템 운용에 적합한 지리 공간적 위치를 식별하고 고도로 도시화된 지역의 공간적 연속성을 식별한다. 복수 규모의 무인기가 운용될 수 있는 도심 공역 세그먼트들의 집합으로 도심공역 세그먼트 그래프 구조로 추상화한다. 이를 통해, 도심 공역의 무인항공시스템 운영을 위한 유용한 기반을 마련할 수 있다.				
9	황영광	구두	Fracture Analyses Using a Coupling Approach of Voronoi-Cell Lattice Model and Finite Element Method	SPIE Smart Structures+Nondestructive Evaluation	2021 (Online)
	황영광 박사는 2021 SPIE Smart Structures/NDE Digital Forum에 구두 발표자로 참석하였다. 해당 학회는 자동차, 항공우주, 토목 인프라 및 인더스트리 4.0의 최신 기술을 탐구하는 국제 학회이다. 본 연구에서 효과적인 재료 모델링, 구조해석을 위한 개별요소와 유한요소의 결합 방법을 연구하였다. 또한, 이중 분할 메쉬를 활용한 개별 및 유한요소 결합 기반 구축 및 결합 타입에 따른 적용성 연구 수행하였다.				
10	이민주	구두	A study on the effects of fiber reinforcement on a concrete material model	The 2021 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM21)	2021 (서울, 대한민국)
	이민주 박사는 국제학술대회인 The 2021 World Congress on Advances in Structural Engineering				

	and Mechanics (ASEM21)에 온라인 비디오 발표자로 참석하였다. 참가한 세션에서 연구자들은 콘크리트 구조물에 대한 수치해석 기법 연구에 대한 발표를 진행하였다. 본 연구에서는 콘크리트 재료 모델의 보정기법에 대한 연구 및 충격 해석을 수행하여 구조물의 거동을 예측하였으며, 본 연구는 구조물의 안정성 향상에 기여할 수 있다.				
11	함수민	구두	미생물에 의한 탄산염 고결 처리된 유리 구슬의 입자규모 인장 및 전단 강도 실험	KGS Spring National Conference 2021	2021 (서울, 대한민국)
	함수민 박사는 2021 한국지반공학회 봄 학술발표회에 구두발표자로 참석하여 미생물에 의한 탄산염 고결 처리된 유리 구슬의 입자규모 인장 및 전단강도 실험 연구에 대해 발표하였다. 친환경 공법인 미생물을 이용한 지반개량 공법을 통해 지속가능한 지반공학에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.				

- 본 교육연구단의 신진연구인력은 논문뿐만 아니라 연구적으로 개발한 기술을 산업에 적용하기 위하여 특허와 기술이전도 활발히 수행한다. **국내특허 7건을 등록하였으며, 1건의 기술을 이전하여** 5천만 원에 해당하는 높은 기술료 수입을 창출하였다([별표 2-35] 참고).

[별표 2-35] 신진연구인력 특허 및 기술이전 실적

연번	신진연구인력	구분	특허명/기술이전명	이전회사/등록국가	등록번호/기술이전액	연도
1	임형진	기술이전	구조물의 정밀 계측 시스템 및 그 방법	에스큐엔지니어링	50,000,000	2020
2	임형진	특허	강구조물의 도막 상태 검사 및 평가 방법과 이를 위한 시스템	한국	10-2256181-0000	2021
3	임형진	특허	비선형 초음파 변조 기반 피로균열 파손 경고 시스템 및 그 방법과, 이를 이용한 구조물의 잔여 피로수명 추정 시스템 및 그 방법	한국	10-2157903-0000	2020
4	Peipei Liu	특허	3D 프린팅 공정의 열 화상 및 레이저 초음파 통합 검사 시스템 및 이를 구비한 3D 프린팅 시스템	한국	10-2194694-0000	2020
5	Peipei Liu	특허	3D 프린팅 시스템 및 이의 실시간 피드백 공정제어 방법	한국	10-2236149-0000	2021
6	Peipei Liu	특허	3D 프린팅 공정 중 펄스초 레이저 빔을 이용하여 프린팅 대상물의 적층 품질을 검사하는 방법, 장치 및 이를 구비한 3D 프린팅 시스템	한국	10-2226094-0000	2021
7	Peipei Liu	특허	3D 프린팅 공정의 펄스초 레이저 기반 초음파 계측 장치 및 이를 구비한 3D 프린팅 시스템	한국	10-2235761-0000	2021
8	Peipei Liu	특허	3D 프린팅 공정의 펄스초 레이저 기반 초음파 계측 장치 및 이를 구비한 3D 프린팅 시스템	한국	10-2262247-0000	2021

- 본 교육연구단 소속 건설 및 환경공학과 신진연구인력은 **국내 대학(1건), 연구기관(1건)으로 취업**하였고, 취업 이후에도 활발한 연구 활동을 지속하고 있다([별표 2-36] 참고).

[별표 2-36] 신진연구인력 우수 취업 사례

성명	직급	신진연구인력 임용기간	지도교수	회사/대학명	취업구분
	우수성				
 임형진	연구교수	20201201-20210228	손훈	경기대학교	조교수
	경기대학교 스마트시티학과 토목공학전공 조교수로 임용. 건설및환경공학과에서 "비선형 초음파 모듈레이션을 이용한 피로균열 진단" 이라는 주제의 논문으로 박사학위를 받은 임형진 박사는 비선형 초음파 기반의 피로균열 진단 기술의 실제 교량 구조물 상용 적용과 머신러닝 기반 구조물 진단 및 유지관리 기술개발에 크게 기여하였으며 2020년 12월 이후 Structural Health Monitoring 분야의 최고 권위 논문인 Structural Health Monitoring, Mechanical Systems and Signal Processing 등에 총 3편의 저널을 게재하였다. 이러한 연구를 바탕으로 현재 금속 3D 프린팅 부재의 비파괴 물성치 추정 등 다양한 분야에 대한 연구를 진행하고 있다.				
 조정우	박사후연구원	20201101-20210430	윤윤진	한국교통연구원	부연구위원
	카이스트 건설 및 환경공학과에서 박사학위를 받은 조정우 박사는 Urban Air Mobility 및 Unmanned Aerial Systems의 운용에 활용 되는 도심 공역 산정 및 추출 연구에 크게 기여하였으며, 박사후 과정에서는 본 연구를 심화하여 진행하였다. 이러한 연구를 바탕으로 조정우 박사는 항공교통 분야의 우수 학회인 ICRA에 우수한 연구를 발표하였을 뿐만 아니라, 교통 공학 관련 분야의 최고 권위 저널인 Transportation Research Part:C 에 우수한 논문을 게재하였다.				
 프록스 비탈리	박사후연구원	20201101-20210731	유지환	OCADO	연구원
	비탈리 프록스는 "비정형 환경에서의 공유 원격제어를 위한 상호적인 가상 가이드 생성" 논문으로 박사학위를 취득하였다. 이를 통해 비정형 환경에서도 카메라만을 이용하여 사람의 원격 제어를 돕는 가상 사이드를 생성하여 원격 제어를 통한 사람의 작업 능력을 향상시킬 수 있었다. 박사과정 이후 KAIST 인터랙티브 로봇 시스템 연구실에서 박사 후 연구원으로서 정확한 원격 제어를 위한 회전 움직임의 스케일링 방식에 대한 연구를 진행하였다. 위 연구를 바탕으로 비탈리 프록스는 영국의 온라인 식품 유통 기업인 OCADO에서 식품 유통 과정 혁신을 위한 로봇 및 AI기술을 연구하고 있다.				

- 신진연구인력의 자문위원 활동, 산업체 기술이전, 산업체 및 정부과제 유치 등을 장려하였으며, 그 성과는 [별표 2-37]에 정리하였다.

[별표 2-37] 신진연구인력 학술 및 연구활동 실적

신진연구인력	기관	기간	실적구분	관련 내용
함수민	UNIST	2021.06.30	세미나	미생물을 활용한 지반 개량 공법
이성희	서울대학교 산학협력단	2020.03.12~12.06 2021.02.16~11.06	용역과제	WSUD 기반 물순환 회복방안 연구
이성희	대전세종연구원	2021. 04.	자문	대전시 정책 아젠다 중심의 지역현안 과제

				발굴
Peipei Liu	한국연구재단	2019.03-2021.02	과제	초고속 펄스 레이저를 이용한 집적회로 패키징 비파괴검사 기법

- 교육연구단 구성원과 **공동으로 과제를 수주**하고, 참여 대학원생을 참여 연구원으로 구성할 수 있도록 하여 긴밀한 연구 협력 체계를 구축할 수 있도록 한다. 또한 **논문 공동 게재, 특허 공동 등록 등의 협력 체계를 구축**하였다([별표 2-38] 참고).

[별표 2-38] 신진연구인력과 교육연구단 구성원과의 연계활동 실적

신진연구인력	교육연구단 구성원	기간	실적구분	성과
임형진	손훈,황순규,김현진	2020.09-2021.02	기술이전	강구조물의 도막 상태 평가시스템 및 방법
이민주	곽효경	202107	논문	Numerical simulations of blast responses for SFRC slabs using an orthotropic model
이민주	곽효경	202108	논문	An improved calibration method of the K&C model for modeling steel-fiber reinforced concrete
이성희	김영철	2021.06	논문	A framework of biophilic urbanism for improving climate change adaptability in urban environments
임형진	손훈,황순규,김현진	2021.02	논문	Steel bridge corrosion inspection with combined vision and thermographic images
Peipei	손훈,Zhanxiong Ma,정준연	2021.03	논문	Bridge Displacement Estimation by Fusing Accelerometer and Strain Gauge Measurements
황영광	홍정욱, 진수영	2021.04	논문	Coupling of Non-ordinary State-based Peridynamics and Finite Element Method with Reduced Boundary Effect
이민주	곽효경,김규진,김성훈,김현경,이민주,이원호,주석준	2020.01-2020.12	연구과제	(통합EZ)EMP 및 물리적 방호 구조물 건설 기술 개발(2020)
이민주	곽효경,김규진,김성훈,김현경,이민주,주석준	2020.03-2021.02	연구과제	(통합EZ)콘크리트 구조물의 충격 및 폭발 재해 방지 성능 향상 연구(2020년도)
이민주	곽효경,김규진,김성훈,김현경,이민주,주석준 (외 다른 연구실 다수)	2020.03-2021.02	연구과제	(통합EZ) 스마트 수중 터널 시스템 연구센터(2020년도)
이민주	곽효경,김규진,김성훈,김현경,이민주,주석준,정현승	2021.01-2021.02	연구과제	(통합EZ)EMP 및 물리적 방호 구조물 건설 기술 개발(2021년도)
이민주	곽효경,김규진,김성훈,김현	2021.03	연구과제	(통합EZ)콘크리트 구조물의 충격 및 폭발

	경,이민주,주석준,정현승	-2022.02		재해 방지 성능 향상 연구(2021년도)
이성희	김영철, 김찬호, 박철웅, 이하늘, 최준용, 장기문, 김재만, 김예슬, 변기영, 노원준, 이하경, 김진하, 김지영, 박의윤, 오민석	2021.03.01. -2021.08.31.	연구과제	온실가스 저감을 위한 국토도시공간 계획 및 관리기술 개발(2021년도)
이성희	김영철, 김예슬, 김재만, 노원준, 김찬호, 박철웅, 변기영, 오민석, 이하경, 이하늘, 장기문, 최준용, 김지영, 박의윤, 이소정	2021.01.01. -2021.12.31	연구과제	재난재해 위험성 분석/예측 기술 고도화 및 정보 플랫폼 구축(2021년도)
이성희	김영철, 김예슬, 김재만, 김지영, 노원준, 박의윤, 박철웅, 변기영, 오민석, 이소정, 이하경, 이하늘, 장기문, 최준용, 김찬호	2021.01.01. -2021.12.31.	연구과제	도시 공간 구축의 다목적 전산프로그램 개발(2021년도)
이성희	김영철, 김예슬, 김재만, 김지영, 노원준, 박의윤, 박철웅, 변기영, 오민석, 이소정, 이하경, 이하늘, 장기문, 최준용, 김찬호	2021.06.01. - 2022.02.28.	연구과제	수소에너지 기반 RE100 도시 프레임워크 개발(2021년도)
이성희	김영철, 김예슬, 김재만, 김지영, 노원준, 박의윤, 박철웅, 변기영, 오민석, 이소정, 이하경, 이하늘, 장기문, 최준용, 김찬호, 김진하	2021.08.01 -2021.10.31	연구과제	경사지 붕괴 사전 감지 및 재난 신호 연동기술(2021년도)
조정우	신은아, 서주희, 김세윤,김남우,신유열,조해 찬,오수환, 윤윤진	2020.09 -2020.10	연구과제	교통 빅데이터를 활용한 대도심 교통 네트워크의 위상학적 분석 및 응용 연구(2020)
조정우	오수환,신유열, 김남우,조해찬,이혜영,성광 환, 윤윤진,김영철	2021.06	연구과제	인공지능과 모빌리티: 사회, 환경, 라이프스타일의 변화와 도전 (2021)
조정우	김세윤, 윤윤진, 김남우, 신유열, 이혜영, 오수환, 조해찬, 성광환	2021.05.01. -2021.06	연구과제	미래 도심 환경에서의 무인이동체 활용 전망 연구(2021)
임형진	손훈,황순규,김현진	2021	특허	강구조물의 도막 상태 검사 및 평가 방법과 이를 위한 시스템
임형진	손훈, 김용탁	2020	특허	비선형 초음파 변조 기반 피로균열 파손 경고 시스템 및 그 방법과, 이를 이용한 구조물의 잔여 피로수명 추정 시스템 및 그 방법
Peipei	손훈, 전익근	2020	특허	3D 프린팅 공정의 열 화상 및 레이저 초음파 통합 검사 시스템 및 이를 구비한 3D 프린팅 시스템
Peipei	손훈, 전익근	2021	특허	3D 프린팅 시스템 및 이의 실시간

피드백 공정제어 방법				
Peipei	손훈, 전익근	2021	특허	3D 프린팅 공정 중 펄토초 레이저 빔을 이용하여 프린팅 대상물의 적층 품질을 검사하는 방법, 장치 및 이를 구비한 3D 프린팅 시스템
Peipei	손훈	2021	특허	3D 프린팅 공정의 펄토초 레이저 기반 초음파 계측 장치 및 이를 구비한 3D 프린팅 시스템
Peipei	손훈	2021	특허	3D 프린팅 공정의 펄토초 레이저 기반 초음파 계측 장치 및 이를 구비한 3D 프린팅 시스템

## 2) 향후 계획

- 임용된 신진연구인력에 대한 대우는 현재와 마찬가지로 진행하고자 한다. 신진연구인력의 최저 연봉을 3,600만원 BK21 사업을 통해 지원하고, 추가적으로 기존 연구과제에 참여하거나 신규 과제를 수주함으로써 총 4,200만원으로 제시하고자한다. 이를 통해 더욱 안정적으로 활발한 연구 활동을 지원할 수 있을 것으로 기대된다.
- 우수한 해외 신진연구인력 유치를 위해 본 교육연구단 소속학과와 MOU가 체결된 University of California at Berkeley, Tongji University, University of Sydney 등의 대학을 중심으로 적극적 홍보를 진행할 예정이다. 또한 해외 협력 기관 방문이나 국제학회 참석 시 본 교육연구단을 홍보하는 등의 활동을 지속적으로 수행해나갈 계획이다 ([별표 2-39] 참고).

[별표 2-39] KAIST 건설및환경공학과 MOU 기관

협약기관	국가명	협약내용
University Teknologi Mara (UiTM)	Malaysia	Letter of Agreement
Tongji University	China	Memorandum of Student Exchange
University of California, Berkeley	USA	Memorandum of Understatnding
RESD		Renewal of the RESD Certificate Program MOU
Universitas Katolic Parahyangan(UNPAR)	Indonesia	Memorandum of Agreement

- 신진연구인력이 연구에 전념할 수 있도록 원칙적으로 강의에 대한 부담을 주지 않지만, 교육 경험과 경력을 쌓기 위해 본인이 원하는 경우 강의할 수 있도록 할 계획이다. 대부분의 신진연구인력이 박사 후연구원으로 이후 연구교원이 되면 특강 과목을 개설하여 강의할 수 있도록 지원할 계획이다. 그리고 이에 대한 강사료는 소속대학의 일반 시간강사에 대한 지급 규정을 따르고자 한다.
- 본 교육연구단은 신진연구인력의 연구 활동 장려 차원에서 성과급을 지급할 예정이다. 성과급은 신진연구인력 임용 기간 내 연구업적 및 기타 활동을 정기적으로 평가하고 그 결과에 따라 A~C 등급으로 구분하여 우수한 실적을 낸 신진연구인력에게 차등 지급하고자 한다.

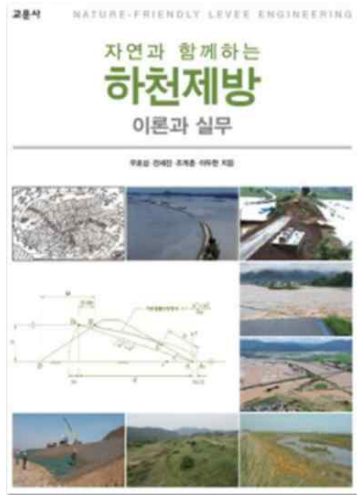
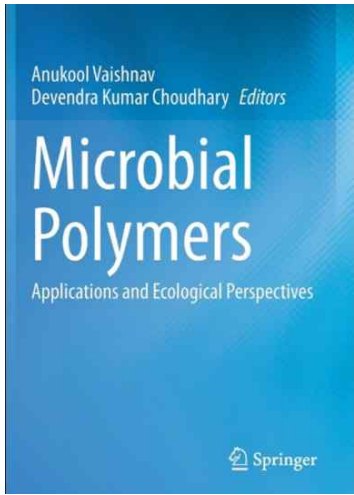
## 5. 참여교수의 교육역량 대표실적

본 교육연구단의 교육비전은 ‘스마트 사회기반시스템 구축에 중추적인 역할을 함으로써 초지능/초연결/초산업의 스마트 복지사회 실현에 장애가 되는 여러 가지 산업/사회 문제를 해결할 수 있는 고급(연구)인재 양성’이다. 이러한 비전을 실현하기 위한 본 교육연구단의 참여교수는 거의 모든 강의를 영어로 제공하였으며 Education 4.0 추진단을 통한 강의를 제공하였다. 또한, 저술활동을 통해 참여대학원생의 교육효과를 향상시켰다 ([별표 2-40] 및 [그림 2-13, 14] 참고).

[별표 2-40] 참여교수의 교육역량 대표실적

연번	참여교수명	대학원 교육관련 대표실적물	DOI번호/ISBN/인터넷주소 등
	참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성과 향상된 교육효과		
1	조계춘	저서	ISBN:9788936320874
	조계춘 교수가 저술한 “자연과 함께하는 하천제방: 이론과 실무” 저서는 하천제방을 다룬 전문 기술서적으로, 하천제방기술의 중요성에 비추어 국내에서 가용한 전문서적의 괴리를 줄이고, 대학이나 실무에서 쉽게 접할 수 있도록 하기 위해 저술되었다. 학술적, 기술적 관련성에 충실하면서 하천실무교재로서 실용성을 강조하였다. 특히, 전통적인 제방기술자들이 그동안 소홀히 다루었던 제방이라는 새로운 생물 서식처의 환경적 가치를 높이기 위해 ‘자연과 함께하는’이라는 부제를 달고, 친환경적 제방의 개발이라는 키워드를 전체적으로 서술되도록 하였다. 특히, 하천제방을 더 이상 그레이인프라가 아닌 그린인프라 관점에서 계획, 설계, 관리하기 위한 개념적 방향에서부터 제방 설계시의 생태성, 경관성 등 제방의 환경성 고려, 시공에서의 식생호안, 자연형 호안 등의 관점을 강조하였으며, 유지관리시의 수목관리도 설명하였다. 국내외에서 보편적이지 않은 하천제방 전문서적으로써 이 저서는 토목기술을 바탕으로 환경과 생태 측면을 가미한 점에서 차별되며, 하천제방의 계획, 설계, 시공, 유지관리를 하는 실무자들뿐 아니라 대학에서의 교재로 적용가능하도록 저술하였다.		
2	조계춘	저서(북챗터)	ISBN:978-9811600449 (pp. 581-617)
	“Microbial Polymers: Applications and Ecological Perspectives”는 미생물 기반의 폴리머와 다양한 학문분야에서의 적용을 소개하는 책이다. 해당 저서는 미생물 기반 폴리머의 최신 연구기법, 관점 등을 수집하고, 미생물 기반 폴리머의 기원, 생산, 설계 및 가공뿐 아니라 다양한 산업분야에서의 적용 및 개선사항에 대해 리뷰하는 저서이다. 특히, 조계춘 교수가 작성한 “Microbial Biopolymers as an Alternative Construction Binder”에서는 미생물 기반의 바이오폐리머를 건설 특히 지반보강 분야에서 적용한 사례에 대해 작동 메커니즘, 바이오폐리머에 의한 토양 물성 개량 등에 대해 이해하기 쉽게 기술하였으며, 특히 직접 연구한 바이오폐리머 지반개량 시공 사례를 보여주면서, 지반공학에 처음 입문하는 학부과정, 대학원생들도 이해하기 쉽고, 재현가능하도록 저술되었다.		
3	조계춘	외부강의	<a href="https://www.tunnel.or.kr/board/notice/24807/detail/community/notice/">https://www.tunnel.or.kr/board/notice/24807/detail/community/notice/</a>
	조계춘 교수는 한국터널지하공간학회가 주관하는 2021 터널기술강좌에서 TBM 터널의 이론과 실무, 최신 TBM 기술과 스마트 기술을 주제로 강연하였다. 국내외에서 활용되고 있는 터널 굴착 기술 및 장비의 종류와 특징, 현장 환경에 따른 적용성에 대해 소개하였으며, 현재 기술의 한계점을 보완할 수 있는 방향에 대해 제시하였다. 특히, 조계춘 교수가 개발한 워터젯 암반 굴착 공법, 전기비저항을 통한 터널전방 예측 기술을 적용한 최신 TBM 굴착 공법 및 기술을 소개하면서 TBM 시공 시 당면하게 되는 여러 문제점들을 해결하기 위해 연구자로서 접근해야 하는 방향성에 대하여 제시하였다. 본 강연은 실무 경험이나 실제 터널 굴착 시공에 대한 지식이 부족한 대학원생들이 TBM 공법 및 다양한 신기술을 이해하는 것에 큰 기여를 하였으며, 연구자로서 개발할 수 있는 다양한 기술을 실제 터널 시공에 활용할 수 있는 방법에 대해 간접적으로 학습할 수 있는 기회를 제공하였다.		
4	김영철	전문가세미나	<a href="http://www.kablu.or.kr/event/event01.html?&amp;col=col03&amp;val=1&amp;">http://www.kablu.or.kr/event/event01.html?&amp;col=col03&amp;val=1&amp;</a>

		mod=view&number=93&page=1
	<p>(사)한국바이오텍경관도시학회 주관 현대 도시문제와 스마트 그린어바니즘(2) 세션에 발표한 “일상생활에 밀접한 도시 녹지 공간의 위치평가 방법 ” 은 도시녹지접근성(Urban Green Accessibility) 지수라고 하는 지표로 도시에서 사람들의 녹지 접근성을 측정하고 녹지 패턴 분포의 도시 전체 또는 지역적 특성을 나타내는 지표로 활용될 수 있음을 설명하였다. 도로망 네트워크 체계, 위치, 그리고 위성사진으로 녹지의 분포를 알 수 있는 것에 더해 사람들이 어느 공간을 많이 이용하는지를 파악하는 방법으로, 샌프란시스코를 대상으로 녹지와 실제 도로와의 거리, 녹지의 양을 도출했다. NDVI를 적용한다면 기존 녹지만으로 평가했던 것과는 조금 다른 결과가 도출되는데, 센트럴파크와 같은 거대한 공원과 물론 중요하지만 사람이 접근하기 쉬운 곳에 위치한 녹지나 거주공간의 녹지 등의 중요성이 부각되는 것으로 설명할 수 있다. 본 세미나는 학생과 참여인원에게 가까운 녹지에 대한 중요성과 지속가능한 스마트시티에서의 녹지 관리에 대한 중요성을 강조하였다.</p>	
	여화수	외부강연
5	<p>https://www.freiheit.org/north-and-south-korea/smart-city-talks-future-mobility</p> <p>여화수 교수는 2020년 12월 3일 프리드리히 나우만 재단에서 개최한 “Smart City Talks: Future Mobility” 행사에 참석하였다. 본 행사는 독일과 한국의 모빌리티 분야 협력을 위해 개최되었으며 여화수 교수는 향후 국가 스마트시티 테스트베드로 사용될 세종시의 한 구역에 대하여 어떻게 스마트시티 전략 및 스마트 모빌리티 개념을 통합 시켜 계획될 예정인지에 대하여 강연하였다. 본 강연은 유튜브로도 공개되어 많은 학부 과정 및 대학원생들이 접할 수 있었고, 스마트모빌리티에 관심을 둘 수 있도록 독려했다.</p>	



[그림 2-13] 참여교수 교육역량 대표실적: 저서 표지



[그림 2-14] 참여교수 교육역량 대표실적: 외부 강연 및 세미나 사진

## 6. 교육의 국제화 전략

### ① 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

#### 1) 교육 인프라의 국제화 현황

본 교육연구단은 다학제적 융복합 연구와 글로벌 인재 양성을 위한 최고 수준의 국제화 교육 시스템 구축을 목표로하여 건설 및 환경 분야의 국제 네트워크를 형성하고 대학원생들에게 양질의 국제화 교육 프로그램과 국제협력 연구 기회를 제공하기 위해 다양한 지원을 지속해왔다. 본 교육연구단 소속인 KAIST 건설 및 환경공학과에서는 **95.12%의 강의가 영어로 이루어져 있으며, 90.38%의 석·박사 학위논문이 영어로 쓰이는 등**, 사업 참여기간 동안 교육 프로그램의 국제화를 가장 중요한 목표 중 하나로 설정하고 다양한 방법으로 이를 실천하여 왔다. 또한 학생들의 활발한 인적교류 및 해외 우수학생 유치에 위하여 미국, 중국, 일본, 인도 등 해외의 우수 대학들과 활발한 교류를 진행하고 있으며, 국제 공동연구 프로그램의 확대 등으로 외국인 대학원의 유치를 위해 노력하여, 본 사업단 소속 학과의 **외국인 학생은 현재 26명이고 지난 1년 동안의 평균 비율은 14.139%**이다 ([별표 2-41] 참고).

[별표 2-41] 교육 인프라의 국제화 현황

항목	구분	최근 1년간 실적		전체 실적
		2020년 2학기	2021년 1학기	
외국어 강의	사업단 학과(부) 교과목 수	18	23	41
	외국어 강의 교과목 수	16	23	39
	비율	88.89%	100%	95.12%
외국인 전임교수	사업단 학과(부) 교수 수	20	20	40
	외국인 전임교수 수	0	0	0
	비율	0%	0%	0%
외국인 대학원생	사업단 학과(부) 대학원생 수	188	187	187.5
	외국인 대학원생 수	27	26	26.5
	비율	14.36%	13.90%	14.13%
외국어 학위논문	사업단 학과(부) 총 학위 논문 수	29	23	52
	외국어 작성 학위논문 수	26	21	47
	비율	89.66%	91.30%	90.38%

#### 1-1) 외국어 강의 현황

본 교육연구단이 소속된 건설 및 환경공학과는 최근 1년간 외국어 강의 비율은 95.12%로 90% 이상의 영어강의 비율 유지 목표를 달성하였으며, 지난 3년(2017년-2019년)의 외국어 강의 비율 91.86% 대비 3.26% 향상되었다.

#### 1-2) 외국어 학위논문 현황

학위논문은 외국어(영어) 작성을 원칙으로 하여 점진적으로 그 비율을 높여왔고, 영어 논문 교정을 위한 연구비 지원 등 사업단의 지속적인 노력으로 최근 1년간 외국어 학위논문 비율은 90.38%로 국내 최고 수준을 유지하였으며, 특히 박사 논문의 경우 그 비율이 100%로서, 29개의 학위논문이 모두 외국어로 작성되는 성과를 달성하였다.

### 1-3) 외국인 전임 교수 현황

최근 1년간 COVID-19 상황으로 인해 외국인 전임교수 유치에 어려움을 겪었으나, 2021년 2학기 외국인 전임교수 1명이 신규임용되었다.

### 1-4) 우수 외국인 학생 유치 현황

본 교육연구단이 소속된 건설 및 환경공학과는 우수 외국인 학생 유치를 위하여 미국, 중국, 일본 및 인도 등 해외 우수 대학들과 활발한 교류를 지속해오고 있으며, 영어강의, 영어 논문 작성, 국제 공동 연구 프로그램의 확대 등을 통해 외국인 대학원생 유치를 위해 노력하고 있다.

이러한 노력을 바탕으로 최근 1년간 본 교육연구단 소속 학과의 외국인 학생은 26명이며, 지난 1년 동안의 평균 외국인 대학원생 비율은 14.13%로서 당초 목표인 12%를 크게 상회하였다.

## 2) 외국 연구소 및 대학과의 인적 교류 현황

본 교육연구단은 현재 University of California at Berkeley, Tongji University, Hong Kong University of Science and Technology(HKUST), Universitas Katolic Parahyangan (UNPAR) 등의 대학과 인적 교류 MOU를 맺고 있다.

최근 1년간 본 교육연구단 소속학과 대학원생이 외국 연구소 및 대학과 교류한 실적은 국제공동연구 9건, 해외연수 2건이 있다. ([별표 2-42], [별표 2-43] 참고)

[별표 2-42] 국제공동연구 현황

공동연구 참여자			상대국/소속기관	연구주제	연구기간
교육연구단		국외 공동연구자			
참여 대학원생	지도교수				
Manandhar, Satish	조계춘	Manszri, Majid T.	USA/The George Washington University	Liquefaction Experiments and Analysis Project (LEAP) (액상화 실험 및 분석 프로젝트)	201501-현재
Satish Manandhar	김동수	Mourad Zeghal, Bruce Kutter, Majid Manzari, Tetsuo Tobita, Kyohei Ueda	USA/Rensselaer Polytechnic Institute, USA/UC Davis, USA/George Washington University, Japan/Kansai University, Japan/Kyoto University	The Liquefaction Experiments and Analysis Projects	201701-현재
성현석	유지환	Igor Gaponov	Russia/Innopolis University	Development of parallel robotic platforms employing twisted string acutators (줄꼬임구동기를통한병렬로봇플랫폼개발)	202001-현재
백승훈	권태혁	DeJong, Jason	United States/University of California, Davis	Study on the transport properties of MICP (microbially induced calcite precipitation) treated sands (MICP 처리된 흙의 유동 특성 연구)	202005-현재

전민경	권태혁	Burrall,Matthew, DeJong,Jason, Martinez, Alejandro	United States/University of California, Davis	Architectural characteristics of tree root	202005-현재
김대현	윤석환	Lingling Wan, Xiuyun Cao, Yiyong Zhou, Chunlei Song	China/Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences	Metagenomic insights into co-proliferation of Vibrio spp. and dinoflagellates Prorocentrum during a spring algal bloom in the coastal EastChina Sea near Xiamen	202009 -202108
김대현	윤석환	Michele Laureni	Delft University of Technology	Affinity-based (selective) enrichment of clade II N2O-reducers	202009 -202108
김윤아	권태혁	Burrall,Matthew, DeJong,Jason, Martinez, Alejandro	United States/University of California, Davis	Tree Root Inspired Foundation Design (나무 뿌리에서 영감을 얻은 기 초 디자인)	202102-현재
장기문	김영철	Fábio Duarte	USA/MIT Senseable City Lab	도시 인식 및 변화 분석 연구	202102-현재

[별표 2-43] 해외연수 현황

유형	연구명칭	교수	참여 대학원생	기관명	기간
장기	도시 인식 및 변화 분석 연구	김영철	장기문	MIT (온라인 참여)	210201 -220228
장기	Tree Robot Inspired Foundation Design	권태혁	김윤아	University of California	210618 -220610

### 3) 해외학자 활용 현황

연구의 국제화를 위해 해외 석학 초청 강의 및 세미나를 장려하여 최근 1년간 University of Arizona와 San Jose State University에서 해외석학들을 초빙하여 공동연구를 수행하였다. 초청 및 활동 내역은 [별표 2-44]와 같다.

[별표 2-44] 최근 1년간 해외학자 활용 현황

교수명	소속기관	기간	유치형태	수행업무	활용교수
Hongki Jo	University of Arizona	2020.07.01- 2020.12.31	초빙교수	“구조물 균열 모니터링을 위한 무선 스킨센서 네트워크의 자동화”과제 연구수행, 무선센서기술을 이용한 사회기반시설의 건전성평가 분야의 첨단 기술에 대한 특강 교과목(3학점) 강의 및 자문 수행	정형조
Jae-Ho Pyeon	San Jose State University	2021.06.01- 2021.06.29	교무처 해외석학초빙지원사업 선정으로 활용	<ul style="list-style-type: none"> <li>스마트시티, 스마트건설 관련 연구 협업</li> <li>교수 및 학생 창업 교육 및 멘토링</li> </ul>	홍정욱

#### 4) 향후 추진계획

교육 프로그램의 국제화를 위한 각 항목별 당초 계획 대비 실적과 차년도 계획은 [별표 2-45]와 같다. COVID-19 상황으로 인해 국제공동연구 수행, 외국인 전임교수 및 외국인 학생 유치에 어려움이 있었으나 온/오프라인 병행을 통한 다양한 방법을 활용하여 양적, 질적 수준을 유지하였으며, 외국인 대학원생 비율은 오히려 가장 높은 비율을 달성하였다.

이러한 노력을 지속하여 외국어 강의 비율은 95% 이상을 유지할 수 있도록 하고, 외국인 대학원생 비율과 외국어 학위 논문 비율은 각각 14%, 92%로 최근 1년의 실적 대비하여 소폭 상향하거나 유지하는 수준을 목표로 한다. 또한, 비록 COVID-19 상황으로 인해 외국인 전임교수 초빙 실적은 사업 기간 내 달성하지 못하였지만 2021년 9월 1일자로 Lisa Lim 교수가 부임하였다. 차년도에는 보다 적극적인 리크루트를 통해 외국인 전임교수를 지속적으로 충원하여 교육의 국제화 환경을 높일 수 있도록 한다.

또한, 온/오프라인을 통한 국제 공동연구수행, 해외학자 활용 방안 등을 더욱 구체적으로 마련하여 COVID-19 상황 및 그 이후에도 교육 프로그램의 국제화 수준을 더욱 높일 수 있도록 한다.

[별표 2-45] 교육 프로그램 국제화의 당초 목표 대비 실적 및 차년도 계획

항목	당초 목표	실적	계획
외국어 강의 비율	90%	95.12%	95%
외국인 전임교수 수	1	0(1*)	1(2**)
외국인 대학원생 비율	12%	14.13%	14%
외국어 학위 논문 비율	92.59% (2019년 실적)	90.38%	92%

\* 2021년 9월 1일 부임하였음(Lisa Lim 교수); \*\* Lisa Lim 교수를 포함한 목표치임

## ② 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

본 사업단에서는 대학원생들의 국제공동연구 장려 및 해외 장·단기 연수 지원을 통해 대학원생 국제화에 대한 노력을 지속적으로 지원해왔다. 최근 1년간 총 9명의 학생이 미국의 George Washington University, 러시아의 Innopolis University, 중국의 Institute of Hydrobiology 등과 국제공동연구를 수행 중이며(<표 2-9> 참고), 이를 통해 공동연구, 공동소프트웨어 개발, 장/단기 인력 교류를 지속적으로 유지 해오고 있으며, 2명의 학생이 해외 장기연수를 수행 중이다([별표 2-46] 참고). 국제공동연구 및 장기연수를 수행하는 일부 학생들은 COVID-19 상황으로 국내에서 온라인으로 참여 중이다.

<표 2-9> 교육연구단 소속 학과(부) 대학원생 (재학생 및 졸업생) 국제공동연구 현황 및 실적

연번	공동연구 참여자			상대국/소속기관	연구주제	연구기간 (YYYYMM-YYYYMM)
	교육연구단		국외공동연구자			
	참여 대학원생	지도교수				
1	Manandhar, Satish	조계춘	Manszri, Majid T.	USA/The George Washington University	Liquefaction Experiments and Analysis Project (LEAP) (액상화 실험 및 분석 프로젝트)	201501-현재
2	Satish Manandhar	김동수	Mourad Zeghal, Bruce Kutter, Majid Manzari, Tetsuo Tobita, Kyohei Ueda	USA/Rensselaer Polytechnic Institute, USA/UC Davis, USA/George Washington University, Japan/Kansai University, Japan/Kyoto University	The Liquefaction Experiments and Analysis Projects	201701-현재
3	성현석	유지환	Igor Gaponov	Russia/Innopolis University	Development of parallel robotic platforms employing twisted string actuators (줄꼬임 구동기를 통한 병렬 로봇 플랫폼 개발)	202001-현재
4	백승훈	권태혁	DeJong, Jason	United States/University of California, Davis	Study on the transport properties of MICP (microbially induced calcite precipitation) treated sands (MICP 처리된 흙의 유동 특성 연구)	202005-현재
5	전민경	권태혁	Burrall, Matthew, DeJong, Jason, Martinez, Alejandro	United States/University of California, Davis	Architectural characteristics of tree root	202005-현재

6	김대현	윤석환	Lingling Wan, Xiuyun Cao, Yiyong Zhou, Chunlei Song	China/Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences	Metagenomic insights into co-proliferation of Vibrio spp. and dinoflagellates Prorocentrum during a spring algal bloom in the coastal EastChina Sea near Xiamen	202009-202108
7	김대현	윤석환	Michele Lauren	Delft University of Technology	Affinity-based (selective) enrichment of clade II N2O-reducers	202009-202108
8	김윤아	권태혁	Burrall,Matthew, DeJong,Jason, Martinez, Alejandro	USA/University of California, Davis	Tree Root Inspired Foundation Design (나무 뿌 리에서 영감을 얻은 기초 디 자인)	202102-현재
9	장기문	김영철	Fábio Duarte	USA/MIT Senseable City Lab	도시 인식 및 변화 분석 연구	202102-현재

[별표 2-46] 최근 1년간 대학원생 장단기 해외연수 현황 대표실적

연번	유형	연구명칭	교수	참여대학원생	기관명	기간
1	장기	도시 인식 및 변화 분석 연구	김영철	장기문	MIT (온라인참여)	2021.02.01-202 2.02.28
2	장기	Tree Root Inspired Foundation Design	권태혁	김윤아	University of California, Davis	2021.06.18-202 2.06.10

본 교육연구단은 참여대학원생들이 더욱 활발하고 내실 있게 국제공동연구 및 장단기 해외연수를 수행할 수 있도록 적극적으로 지원할 계획이며, 다음 연도에는 전년도보다 10~50% 실적 향상을 목표로 한다 ([별표 2-47] 참고).

[별표 2-47] 국제공동연구 및 해외연수의 목표 대비 실적 및 계획

항목	1차년도 실적	2차년도 계획
국제공동연구	9	10
대학원생 장단기 해외연수	2	3

## □ 연구역량 대표 우수성과

본 교육연구단은 연구역량 향상을 위하여 (1) 4차 산업혁명 융복합 기술 논문 실적 증대, (2) 4차 산업혁명 관련 연구과제 수주, (3) 학제간 공동 융합 연구 수행, (4) 4차 산업혁명 관련 인적 자원 구축, (5) 기술사업화 및 사회적 파급 효과가 큰 연구 장려를 전략으로 선정하였으며, 지난 1년 동안 아래와 같은 성과를 달성할 수 있었다.

## ● 연구비 수주실적

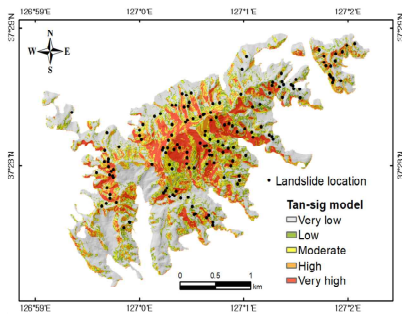
- 최근 1년간 약 14,890,893 천원 (전임교원 1인당 815,226 천원)의 연구비를 수주하였음
- 4차 산업혁명과 관련하여, ‘스마트 수중 터널 시스템 연구센터’, ‘재난재해 위험성 분석/예측 기술 고도화 및 정보 플랫폼 구축’, ‘미래 핵융합분야 선도를 위한 양성 프로그램’ 등을 지속적으로 수주하였음
- 4차 산업혁명 시대에 주목받고 있는 3D 프린팅 기술과 탄소중립 관련하여 ‘온라인 비파괴 검사 및 실시간 3D 프린팅 공정관리’, ‘탄소 저장기술 융합 가능성 시멘트계 재료 및 탄소중립화를 위한 시멘트 gel 합성 기술 개발’ 등의 연구를 수행함
- 이행기 교수의 경우 아랍코로부터 ‘CO<sub>2</sub> 주입을 통한 굳지 않은 포틀랜드 시멘트 콘크리트의 경화역학 조절 및 이를 활용한 3D 프린터 건설재료로의 적용 가능성 평가’를 수주하여 연구를 수행 중임

## ● 논문실적

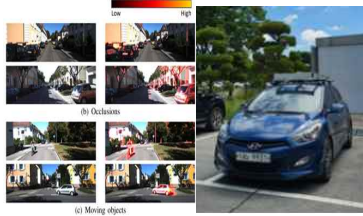
- 최근 1년간 총 125편의 SCI 급 논문을 게재(전임교원 1인당 평균 약 7편)
- 전체 논문 중 각 분야별 Top 25% 학술지인 Q1에 해당하는 실적은 71건(56.8%)이었으며, 분야별 상위 10%에 해당되는 실적은 46건(36.8%)으로써 논문실적이 최상위 수준에 있음을 나타냄
- 전체 논문 중 융합연구 관련 실적은 53건(42.4%)이었으며, 4차 산업혁명 기술이 접목된 다양한 연구실적을 달성함

## ● 대표적 연구업적

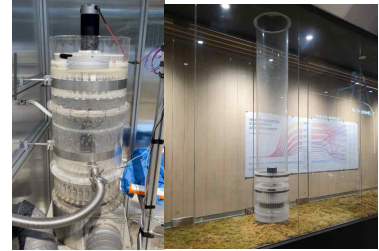
- 산업및시스템공학과, 기계공학과와의 학제 융합연구를 활발히 수행하고 있음 (수행성과 3건)
- 이승래 교수와 권태혁 교수는 ‘빅데이터 분석 및 무인항공기술 기반의 토석류 방재기술 개발’을 통하여 4차 산업혁명 핵심기술을 위한 새로운 토석류 발생 예측, 방재 및 관리체계를 구축하는 연구를 수행하였으며, SCI(E)급 논문 게재 7편, 특허 출원 1건 및 3건의 학술대회 발표 실적을 달성함
- 김아영 교수는 ‘딥러닝 기반의 카메라 및 라이다 센서 기반의 슬랩’을 통하여 로봇 위치 인식 및 매핑을 수행하는 기술을 개발하였으며, 로봇틱스 분야에서 최근 가장 활발히 연구가 공개되고 있는 SCI급 저널인 IEEE Robotics and Automation Letters에 출간되었음
- 한종인 교수는 배기 및 악취 가스 내 유해물질을 효과적으로 포집할 수 있는 신개념 임펠러 스크러버 개발을 통하여, 특허 등록 6건, 특허 출원 19건의 지식 재산권을 보유하였으며, 그 혁신성을 인정받아 대전 신세계 백화점 과학관에 전시하였음



[GIS 기반 머신러닝 산사태/ 토석류 민감도 지도]



[딥러닝 기반의 카메라 및 라이다 기반의 슬램 기술 개발]



[유해물질을 효과적으로 포집할 수 있는 신개념 임펠러 스크러버]

● 저서, 특허, 기술이전, 창업 등 실적

- 최근 1년간 특허 등록 51건(국외 4건, 국내 47건)과 기술이전 1건의 성과를 달성함
- 4차 산업혁명 및 스마트시티 개발뿐만 아니라, 3D 프린팅 장치 기반 기술, 미세먼지 저감기술, 건설재료 응용 및 변화 측정 기술, 수처리기술 등 관련된 다양한 연구분야에서 특허 등록 실적을 달성함
- 손훈 교수의 경우 ‘강구조물의 도막 상태 평가시스템 및 방법’ 개발을 통하여, 55,000,000원의 기술이전 실적을 달성함

● 산업사회 기여실적

- 최근 1년간 1,950,750 천원에 달하는 20건의 연구용역과제 (민간출연 7건, 정부출연기관 13건)의 수행을 통하여 산업체 지원 및 사회문제 해결에 기여함
- 산업체 지원을 위한 자문활동 9건 등을 수행하였으며, 온라인 초청세미나를 통한 기술세미나를 제공함
- 사회문제 해결을 위하여, 최근 1년간 45건의 교외활동을 통하여 국가기관 및 연구기관 등과 교류하면서 사회문제 발굴과 연구네트워크 형성을 수행함

● 국제화 현황

- 최근 1년간 외국어 강의 비율 95.12%, 외국인 대학원생 비율 14.13%, 외국어 학위논문 비율 90.38% 달성 등 국내 최고 수준의 교육 인프라 국제화 실현
- COVID-19 상황임에도 불구하고, 해외 우수 연구기관과의 인적교류를 통해 참여대학원생들의 국제공동연구 9건, 해외연수 2건 및 해외학자 초빙 공동연구 2건을 수행함
- 사업단 참여교수들은 국제 학술대회 수상 4건과 더불어 35건에 달하는 초청 및 기조연설을 수행함
- 국제 저명 학회의 좌장 및 위원회 활동이 36건이 있으며, 특히 ISSMGE(International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering), SPIE(International Society for Optics and Photonics), ICCES (International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences) 등 국제 최고권위 학회에서 5명의 사업단 소속 교수가 Fellow로 활동 중임
- 그 외에 국제학술지 편집장 실적 51건, 국제 공동연구 실적 17건 등 활발한 국제 학술 활동을 수행함

# 1. 참여교수 연구역량

## 1.1 연구비 수주 실적

KAIST 건설 및 환경공학과는 1년간 총 약 14,890,893 천원, 전임교원 1인당 약 815,226 천원의 연구비를 수주하였다. 이러한 연구 수주의 양적 성과뿐만 아니라, 4차 산업혁명과 관련하여 ‘스마트 수중 터널 시스템 연구센터’ (2021.02-2022.03, 13억원), ‘재난재해 위험성 분석/예측 기술 고도화 및 정보 플랫폼 구축’ (2021.01-2021.12, 8억원), ‘미래 핵융합분야 선도를 위한 인력 양성 프로그램’ (2021.04-2022.03, 3억원) 등을 지속적으로 수주하여 수행하고 있다. 이외에도 4차 산업혁명 시대에 주목받고 있는 3D 프린팅 기술에 비파괴 기술을 적용한 ‘온라인 비파괴 검사 및 실시간 3D 프린팅 공정관리’ (2021.03-2122.02, 12억원), 탄소중립을 위한 ‘탄소 저장기술 융합 기능성 시멘트계 재료 및 탄소중립화를 위한 시멘트 gel 합성 기술 개발’ (2021.03-2022.02, 3.9억원) 등의 연구를 수행하고 있다. 국내뿐만 아니라 이행기 교수의 경우 아랍코로부터 ‘CO<sub>2</sub> 주입을 통한 굳지 않은 포틀랜드 시멘트 콘크리트의 경화역학 조절 및 이를 활용한 3D 프린터 건설재료로의 적용 가능성 평가(2021년도)’ 연구 (2021.04-2022.03, 5억)를 수주하여 수행 중이다. 앞으로 KAIST 건설 및 환경공학과는 국내외 4차 산업혁명 기반 과제를 지속적으로 수주하고, 탁월한 연구성과를 달성하여 4차 산업혁명 분야를 선도하는 기관이 되고자 한다.

<표 3-1> 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	34,908,102	13,894,334	
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	1,789,643	915,559	
해외기관 연구비 수주 총 (환산) 입금액	1,040,560	-	
1인당 총 연구비 수주액	2,695,593	815,226	
참여교수 수	14	18.1666	

## 1.2 연구업적물

### ① 참여교수 연구업적물의 우수성

#### 1) 국제 저명 학술지 게재 실적

본 교육연구단 참여교수들은 1년간 총 125편의 SCI급 논문을 게재하였으며, 이는 전임교원 1인당 평균 약 7편에 이르는 실적이다. 이러한 양적 성과 달성뿐만 아니라 교수 1인당 논문의 피인용수는 0.86을 달성하였다 (별표 3-1] 참고). 전체 논문실적 중 71건(56.8%)의 Q-value는 각 분야별 Top 25% 학술지에 해당되는 Q1이며, 46건은 분야별 상위 10% 이내에 해당하며, 이는 전체 게재 논문 중 36.8%가 분야별 최상위 수준에 있음을 나타내는 수치이며, 참여교수 논문의 질적 우수성을 보여준다. 그 중 분야별 상위 5% 이내 논문 22건에 대한 실적은 아래와 같다 (<표 3-2> 참고). 또한, 대다수(78.4%) 논문 실적에 본 교육연구단 참여교수가 제1저자 또는 교신저자 등의 주저자로서 연구에 참여하였다.

이러한 양적, 질적 연구역량 바탕 논문의 질적 수준 제고뿐만 아니라, 4차 산업혁명 기술이 접목된 연구 및 융합연구실적 향상을 계획하였다. 최근 1년간 게재 논문 중 융합연구 관련 실적은 53건(42.4%)이었으며, 4차 산업혁명 기술이 접목된 다양한 연구실적을 달성하였다. 영상기반 환경 인식, 로봇센서, 도시정보시스템 등과 관련하여 여화수 교수의 경우 도시수집 영상데이터 기반 다차원 분석을 수행한 논문과 도심형 항공 모빌리티 운영을 위한 관제 방안에 관한 논문 등을 게재하였다. 유지환 교수는 로봇에 주로 쓰이는 SEA의 최대 강성을 향상시키기 위한 연구를 수행하였으며, 윤운진 교수는 도심 영공의 위상학적 특징을 추출하여 무인항공시스템에 적용하고자 하는 연구를 수행하였다. 또한, 정형조 교수의 경우 딥러닝 기반 UAV를 교량점검에 활용하고자 하는 연구를 수행하였으며, 김아영 교수는 딥러닝 기반 카메라 및 라이다 센서 기반의 슬램연구를 수행하였다. 이외에도 사회적으로 관심받고 있는 탄소중립, 스마트시티, 미세먼지 등과 관련된 연구도 수행되었으며, 연구실적을 달성하였다. 탄소중립과 관련하여 강석태 교수는 폐자원 기반 액체연료 생산에 관한 연구를 수행하였으며, 윤석환 교수는 온실가스 중 하나인 메탄을 분해시키는 메탄산화균에 관련하여 연구를 수행하였다. 스마트시티 및 미세먼지 관련하여 김영철 교수는 스마트시티와 관련하여 도시형태와 건물에너지 소비간의 관계파악을 위한 연구를 수행하였으며, 한종인 교수는 배기 및 악취가스를 효과적으로 포집하는 임펠러 스크러버 개발 관련한 연구를 수행하였다.

[별표 3-1] 1차년도 KAIST 건설 및환경공학과 피인용 지수

기간	SCI(E) papers	Papers per faculty	Citations per paper (for 1 year)
2020.09.01. -2021.08.31	125	6.88	0.86

<표 3-2> 참여교수 대표논문 실적

연번	참여교수명	연구자 등록 번호	계열	세부 전공 분야	실적 구분	대표업적물 상세내용
1	강석태	1008 8398	이공 계열	수질 처리	저널 논문	<b>대표연구업적물의 우수성</b>
						강석태 외 4명
						The impact of gamma-irradiation from radioactive liquid wastewater on polymeric structures of nanofiltration (NF) membranes
						JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS
						0304-3894
						403, 123578
						2021.02
<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123578">http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123578</a>						
<p>본 논문은 최근 원전 해체 및 사고 등으로 인해 발생한 중저준위 액체 방사성 폐기물 처리 기술로 각광받는 폴리아마이드 계열의 박막 복합체(thin-film composite, TFC) 나노여과(nanofiltration, NF) 및 역삼투(reverse osmosis, RO) 분리막의 감마선에 대한 영향 평가에 관한 것으로 연구의 우수성을 인정받아 2020년 Environmental Science 분야 상위 3.467%인 Journal of Hazardous Materials(IF 10.129) 저널에 게재되었다.</p> <p>특히, 본 논문은 실제 분리막 공정 운전조건에서 수계 내 감마선에 의한 분리막 표면층의 손상 메커니즘을 규명한 최초의 연구결과로서 학문적 의미가 크다. 실험 방법으로는 분리막 표면에 3년 동안 노출된 감마선의 총량을 조사하여 가속화 실험을 진행하였고, 분리막의 성능(염 제거효율 및 투과성능) 및 물리/화학적 특성 변화를 다각도로 평가하였다. 그 결과, 감마선의 조사량이 증가할수록 분리막의 염 제거효율 및 투과성능이 모두 감소하는 경향성을 나타내었다. 이 같은 원인으로 감마선에 노출된 분리막 표면의 폴리아마이드 구조가 물 분자로부터 생성된 수소 라디칼과 가교결합(cross-linked) 및 재중합(disproportionation) 과정을 거쳐 최종적으로 분리막 공극에 해당하는 자유부피(free-volume) 구조가 변형되었기 때문임을 밝혀냈다. 본 논문은 향후 중저준위 액체 방사성 폐기물 처리 시 운전 중인 분리막의 성능변화를 통해 감마선에 의한 막의 손상 정도를 판단할 수 있는 근거를 제공할 수 있으며, 더 나아가 적절한 공정 운영방안을 제시함으로써 공정 운영효율 향상에 기여할 것으로 기대된다.</p>						
2	강석태	1008 8398	이공 계열	수질 처리	저널 논문	<b>대표연구업적물의 우수성</b>
						강석태 외 5명
						Enhanced biodegradation of hydrocarbons by Pseudomonas aeruginosa-encapsulated alginate/gellan gum microbeads
						JOURNAL OF HAZARDOUS MATERIALS
						0304-3894
						406, 124752
						2021.03
<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124752">http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124752</a>						
<p>본 논문은 지하수 내에 존재하는 석유계총탄화수소(total petroleum hydrocarbons, TPH)의 제거를 위해 사용되는 다양한 기술 중, 생물학적인 복원(Bioremediation)과 관련한 기술로, 탄화수소를 탄소원으로 이용하는 미생물을 고농도로 캡슐화하여 오염된 지하수를 효과적으로 정화하는 기술에 관한 것이다. 이에 대한 연구의 우수성을 인정받아 2020년 기준 Environmental Science 분야 상위 3.467%인 Journal of Hazardous Materials(IF 10.129) 저널에 게재되었다.</p> <p>특히, 본 논문은 기존의 생물학적인 복원을 저해하는 주요 원인 중 하나인 TPH의 높은 독성 및 외부 환경 스트레스로 인한 미생물의 사멸을 최소화하는 기술일 뿐만 아니라, 미생물에 영양 물질을 지속적으로 공급하여 미생물의 생존 능력 및 성장에 도움을 주는 기술로서 학문 및 기술적인 의미가 있다. 실험 방법으로는 유화 내부 겔화(emulsification internal gelation)를 이용하여, Pseudomonas aeruginosa를 생분해 가능한 고분자인 alginate/gellan gum 마이크로 고형물에 성공적으로 캡슐화하였으며, alginate, gellan gum, Ca<sup>2+</sup>의 농도를 달리하여 최적 마이크로 고형물의 경도 및 수득율이 조사되었다. 부유 상태의 P. aeruginosa와 최적 조건에서 제조한 P. aeruginosa 담지 마이크로 고형물을 이용하여 고농도의 디젤의 저감 실험을 수행한 결과, P. aeruginosa 담지 마이크로고형물이 부유 상태의 P. aeruginosa과 비교하여 확연히 높은 TPH 제거 효율, 빠른 TPH 제거 속도 및 높은 미생물 생존율을 나타내었다. 이를 통해 미생물을 고정화 시킨 alginate/gellan gum 마이크로 고형물의 첨가는 TPH로 오염된 대수층과 지하수에서 TPH의 분해를 향상시킬 수 있을 것으로 기대되며, 생물학적 복원 공정의 발전에 큰 기여를 할 것으로 판단 된다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 번호	계열	세부 전공 분야	실적 구분	대표업적물 상세내용
3	강석태	1008 8398	이공 계열	수질 처리	저널 논문	대표연구업적물의 우수성
						강석태 외 6명
						Production of high-calorific biogas from food waste by integrating two approaches: Autogenerative high-pressure and hydrogen injection
						WATER RESEARCH
						0043-1354
						194, 116920
						2021.04
<p>본 연구에서는 자가발생 압력을 활용한 고압 혐기성 반응조(Auto-generative high pressure digestion, AHPD)에 수소를 직접 주입함(hydrogen injecting digestion, HID)으로써 메탄 함량을 높이는 연구의 우수성을 인정받아 Environmental science 환경 과학 분야에 상위 2.007%인 WATER RESEARCH (IF: 11.236) 저널에 게재되었다. 본 연구에서는 AHPD와 HID 시스템을 통합하여 AHPD의 pH조절을 극복할 뿐만 아니라 수소 주입의 양을 최적화하였다. 최종적으로 기존 바이오가스 대비 고열량 바이오가스(90% &gt; CH<sub>4</sub>, 180 MJ/m<sup>3</sup>)를 생성하였으며, 개발된 기술을 이용하여 실용화 단계에서 경제성을 확보하였다. 이는 현재 각광받고 있는 신재생 에너지기술의 획기적인 방안을 제시함에 따라 바이오 에너지기술의 고도화 공정에 큰 기여를 할 것으로 판단된다.</p>						
4	권태혁	1009 2219	이공 계열	지반 공학	저널 논문	대표연구업적물의 우수성
						권태혁 외 1명
						Photoelastic observation of toughness-dominant hydraulic fracture propagation across an orthogonal discontinuity in soft, viscoelastic layered formations
						INTERNATIONAL JOURNAL OF ROCK MECHANICS AND MINING SCIENCES
						1365-1609
						134, 104438
						2020.10
<p>본 연구에서는 이산화탄소 지중 저장, 비전통가스 생산, 지열에너지, 폐기물 격리 등의 연구에 사용되는 수압파쇄(Hydraulic fracture)공법으로 생기는 균열의 불연속면에서의 진행을 규명하였다. 수압파쇄는 실험의 난이도가 높고 또 매우 짧은 시간에 발생하기 때문에 그 결과의 분석이 어려운 편으로, 실험결과의 중요도를 인정받아 MINING &amp; MINERAL PROCESSING 분야 Top저널(상위 2.381%)인 International Journal of Rock Mechnics and Mining Science(IF=7.135)에 게재되었다. 점탄성물질인 젤라틴의 강도를 조절하여 불연속면을 형성하였으며, 점성유체를 주입하여 균열을 생성하였다. 이미지 분석을 통해 균열의 모양, 진행 속도를 분석하였으며, 광탄성분석을 통해 균열 발생시 응력분포를 분석하였다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 번호	계열	세부 전공 분야	실적 구분	대표업적물 상세내용
5	김영철	1110 4260	이공 계열	단지 / 도시	저널 논문	<b>대표연구업적물의 우수성</b>
						김영철 외 1명
						A framework of biophilic urbanism for improving climate change adaptability in urban environments
						URBAN FORESTRY & URBAN GREENING
						1618-8667
						61, 127104
						2021.06
<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127104">http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127104</a>						
<p>본 연구에서는 현대 도시가 직면한 대표적인 도시 문제인 기후변화 적응에 초점을 맞춘 biophilic urbanism의 틀을 제안한다. 연구의 우수성을 인정 받아, Foresty 분야에서 Top 저널인(상위 3.731%) Urban Forestry &amp; Urban Greening (IF: 4.537) 저널에 게재되었다. 기존 연구에서 제시한 biophilic urbanism의 개념과 전략을 분석하고 검토하여 biophilic urbanism의 기본 틀을 도출하였다. 도시에서 생물 친화적인 요소의 적용을 검토하기 위해 고급 생물 친화적인 도시주의 프레임워크를 제안하며, 프레임워크는 (1) 지역과 도시, 근린과 거리, 건물로 구분되는 공간적 범위와 (2) 자연적, 기술적, 기능적 측면을 포함하는 생물학적 방법의 정도로 구성된다. 기후변화 적응을 위한 대표적인 생물친화성 요소를 프레임워크를 이용하여 분류하였으며, 이 프레임워크는 다양한 공간적 범위에 따른 생체친화성(biophilic) 요소에 대한 체계적인 검토를 가능하게 하여 도시에서 부족한 생물성 요소를 식별하고 보완할 수 있는 기회를 제공한다. 따라서 생체친화적(biophilic) 요소는 도시 내에서 효과적으로 적용될 수 있으며, 인간이 자연으로부터 심리적 안정을 얻을 뿐만 아니라 다양한 혜택을 경험할 수 있는 환경을 조성하는 것이 가능하다는 연구결과와 함께, 본 연구가 추구하는 지속가능한 도시 및 스마트시티 연구에 기여할 수 있다.</p>						
6	김재홍	1015 4100	이공 계열	재료 학	저널 논문	<b>대표연구업적물의 우수성</b>
						김재홍 외 3명
						Analytical model to parameterize the adiabatic temperature rise of concrete
						CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS
						0950-0618
						268, 121656
						2021.01
<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121656">http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121656</a>						
<p>본 논문은 매스 콘크리트의 온도 변화를 예측하면서 균열로 인한 위험을 조기 대응할 수 있도록 콘크리트의 단열 온도 상승을 계산하는 모델을 제시하였다. 기존의 방식을 간소화하여 페이스트 바인더의 등온 열량계를 기반으로 실용적인 방법을 제시하였다. 이에 대한 우수성을 인정받아 2020년 CiteScore 기준 Building and Construction분야 상위 5.405%인 Construction and Building Materials(IF 6.141) 저널에 게재되었다. 본 연구에서 개발된 모델은 훨씬 간단하고 실용적이고 비용이 적게드는 방법이다. 단열 상승온도의 측정과 등온선 열량측정법을 통해 모델을 검증하고 콘크리트의 수화열을 묘사하였다. 열발생속도는 페이스트의 열발생량 및 페이스트의 온도에 대한 함수로 나타내었고, 골재가 수화의 정도에 끼치는 영향 또한 페이스트와 이에 상응하는 콘크리트의 열발생량의 상호관계를 규명하였다. 이를 통해 시간이 많이 소요되는 기존의 방식을 대체하여 콘크리트의 단열 온도상승을 예측할 수 있는 가능성을 보인 것으로 판단된다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 번호	계열	세부 전공 분야	실적 구분	대표업적물 상세내용
7	김재홍	1015 4100	이공 계열	재료 학	저널 논문	대표연구업적물의 우수성
						김재홍 외 2명
						Early-age strength of CO <sub>2</sub> cured alkali-activated blast furnace slag pastes
						CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS
						0950-0618
						288, 123075
						2021.06
<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123075">http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123075</a>						
<p>본 논문은 다양한 알칼리 활성화제에 의해 활성화된 알칼리 활성화 슬래그에 대한 사전처리를 포함한 이산화탄소 양생의 효과에 대해 연구하였다. 알칼리 활성화제에 따른 이산화탄소 양생으로 인한 강도 증가의 원인을 여러 혼합물에서 활성화 시켜 지배적인 역할을 하는 용액을 판별하였다. 이에 대한 우수성을 인정받아 2021년 CiteScore 기준 Building and Construction분야 상위 5.405%인 Construction and Building Materials(IF 6.141) 저널에 게재되었다. 본 연구에서는 알칼리 활성화 슬래그 페이스트의 주요 반응 생성물이 활성화에 따라 달라지는데, Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 용액이 압축강도에서 지배적인 역할을 한다는 것을 확인하였고, 실제 상당한 강도 증가량이 있음을 검증하였다. 또한 각각 다른 활성화제를 가지는 알칼리 활성화 고로 슬래그 샘플이 이산화탄소 양생환경에서 사용된 알칼리 활성화제에 의존함을 보였고, 이를 통해 알칼리 활성화 슬래그 페이스트의 강도 증진에 대한 연구에 기여할 것으로 판단된다.</p>						
8	손훈	1016 7378	이공 계열	교량 공학	저널 논문	대표연구업적물의 우수성
						손훈 외 2명
						Accelerated cable-stayed bridge construction using terrestrial laser scanning
						AUTOMATION IN CONSTRUCTION
						0926-5805
						117, 103269
						2020.09
<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103269">http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103269</a>						
<p>본 연구에서는 건설 과정을 신속하게 하기 위해 교량 건설 중 두 개의 조립식 세그먼트 사이의 상대 변위의 시간 변화를 측정하고 예측하는 새로운 방법론을 개발한 것으로, 연구의 우수성을 인정받아 Building and Construction 분야 상위 3.788%인 AUTOMATION IN CONSTRUCTION (IF: 7.700) 저널에 게재되었습니다. 특히, 방법론을 사용하면 두 다리 부분 사이의 상대 변위를 자동으로 추정할 수 있습니다. 이 방법론은 한국의 천사대교 건설 과정에서 적용되었습니다. 먼저 지상파 레이저 스캐너를 사용하여 두 다리 부분 (Segment 17 및 20)의 3D 위치를 동시에 추출했습니다. 그런 다음 이를 동안 두 세그먼트의 3D 위치를 모니터링하여 일일 열 부하로 인한 두 세그먼트 간의 상대 변위 변화를 추정했습니다. Segment 18이 Segment 17에 부착되어 있는 것을 감안할 때, Segment 17과 20 사이의 변위를 기반으로 Segment 18과 20 사이의 상대 변위를 예측하였다. 20개가 결정되었고, 이에 따라 키 세그먼트가 제작되었습니다. Segment 18 시공과 Segment 19 제작을 병행하여 천사대교 공사기간을 10일 단축하였습니다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 번호	계열	세부 전공 분야	실적 구분	대표업적물 상세내용
9	손훈	1016 7378	이공 계열	교량 공학	저널 논문	대표연구업적물의 우수성
						손훈 외 5명
						Mechanical properties estimation of additively manufactured metal components using femtosecond laser ultrasonics and laser polishing
						INTERNATIONAL JOURNAL OF MACHINE TOOLS & MANUFACTURE
						0890-6955
						166, 103745
						22021.07
						<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2021.103745">http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2021.103745</a>
<p>본 연구에서는 펨토초 레이저 초음파와 레이저 연마법을 이용하여 적층제조 과정 도중에 부품의 기계적 특성을 실시간으로 모니터링할 수 있는 기술을 개발하였으며, 연구의 우수성을 인정받아 Engineering, Mechanical 분야 상위 3.383%인 INTERNATIONAL JOURNAL OF MACHINE TOOLS &amp; MANUFACTURE (IF: 7.880) 저널에 게재되었다. 본 연구에서 개발된 기술은 (1) 펨토초 레이저를 이용하여 Young's modulus 및 Poisson's ratio를 추정하기 위한 완전 비접촉 및 비파괴 기술 개발, (2) 마이크로미터 공간 분해능 달성, (3) 기존의 기계적 연마 방식이 아닌 비접촉식 레이저 연마를 사용하여 증착된 금속 층에 대한 초음파 발생 및 측정 효율 향상 등의 장점을 가지고 있으며, 이를 통해, 본 연구단이 궁극적으로 추구하는 적층제조 공정 도중에 실시간으로 품질을 모니터링하기 위한 비파괴검사 기술 개발에 기여할 수 있다.</p>						
10	여화수	1064 7601	이공 계열	교통 관계 및 운영	저널 논문	대표연구업적물의 우수성
						여화수 외 1명
						SafetyCube: Framework for potential pedestrian risk analysis using multi-dimensional OLAP
						ACCIDENT ANALYSIS AND PREVENTION
						0001-4575
						155, 106104
						2021.06
						<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2021.106104">http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2021.106104</a>
<p>본 연구에서는 도시에서 수집된 영상 데이터를 기반으로 잠재적 사고 위험에 영향을 미치는 행동과 도로 환경특성 등을 종합하여 다차원 분석을 수행하였다. 다차원 분석에는 data cube 형태의 모델과 OLAP(On-Line Analytical Processing) 연산을 활용하여 데이터를 세분화 및 일반화하여 다양한 개념계층에 따라 분석하였다. 이는 기존의 RDB (Relational database) 스키마에서는 분석하고 도출해내기 어려운 잠재적 사고 위험의 요인, 지역별 다발 위험 행동 등에 관한 심도있는 분석을 수행하였다. 이러한 연구의 우수성을 인정받아 Ergonomics (상위 3.125%) 분야의 저널인 ACCIDENT ANALYSIS AND PREVENTION 저널에 게재되었다. 본 연구에서 제안하는 기법을 활용하여, 실제 사고가 발생하기 전에 도시 내 영상정보를 기반으로 잠재적 위험행동에 대한 분석을 통해 교통사고에 대해 선제적인 대응이 가능하도록 한다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 번호	계열	세부 전공 분야	실적 구분	대표업적물 상세내용
11	유지환	1013 4788	이공 계열	로봇 공학 / 로보 틱스	저널 논문	대표연구업적물의 우수성
						유지환 외 3명
						Passivity Controller Based on Load-Side Damping Assignment for High Stiffness Controlled Series Elastic Actuators
						IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS
						0278-0046
						68(1), 871
						2021.01
						10.1109/TIE.2020.3013751
<p>본 연구에서는 SEA(Series Elastic Actuator)의 최대 강성을 향상시키기 위해 에너지 포트 기반 수동성 제어 프레임워크 비교 분석을 제안하였고, 연구의 우수성을 인정받아 Instruments &amp; Instrumentation 분야의 상위 2.344% 인 IEEE Transactions on Industrial Electronics (IF: 8.236) 저널에 게재되었다.</p> <p>SEA는 탄성을 지니는 구조적 특성으로 인해 충돌 안정성이 뛰어나 협업 로봇 등에 주로 쓰이나, 액추에이터의 위치를 측정하는 encoder와 링크 사이가 서로 일치 않는 non-colocated 구조로 인해 정밀 제어의 어려움이 존재한다. 이는 특히 임피던스 제어 시 높은 강성을 렌더링 할 수 없기 때문에, 일반 액추에이터 대비 제어 안정성, 제어 속도 등이 현저히 떨어지는 단점이 존재하였다.</p> <p>본 연구에서는 수동성 분석 및 수동성 제어를 활용하여 SEA 임피던스 제어를 통해 렌더링 할 수 있는 최대 강성을 일반적으로 렌더링 할 수 있는 최대 강성보다 훨씬 높게 렌더링할 수 있는 방법을 제안하였으며, 이는 SEA 기반 로봇 매니플레이터들의 활용성과 활용 분야를 넓히는데 기여할 수 있다.</p>						
12	윤석환	1136 5242	이공 계열	환경 생물 학 / 미생 물학	저널 논문	대표연구업적물의 우수성
						윤석환 외 5명
						Quantification of nosZ genes and transcripts in activated sludge microbiomes with novel group-specific qPCR methods validated with metagenomic analyses
						WATER RESEARCH
						0043-1354
						185, 116261
						2020.10
						<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2020.116261">http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2020.116261</a>
<p>대기 중 온실가스 아산화질소는 미생물의 아산화질소 환원 효소인 (NosZ)에 의해 질소로 환원될 수 있다. 이러한 NosZ는 nosZ 유전자를 통해 발현될 수 있으며 환경에 존재하는 nosZ 유전자의 종류와 양을 통해 환경 시스템의 아산화질소 발생 및 저감원으로서의 역할을 추론할 수 있다. 본 연구에서는 기존의 방법과 비교하여 보다 정확하게 nosZ 유전자를 정량화 할 수 있는 기법을 개발하였으며 이는 Water resource 분야 상위 1.531% 이내인 Water Research (IF:11.236)에 게재되었다. 보다 정확한 nosZ 유전자 정량화 기법을 통한다면 실제 환경에서의 미생물에 의한 아산화질소 저감 메커니즘을 보다 깊이 이해할 수 있을 것으로 기대된다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 번호	계열	세부 전공 분야	실적 구분	대표업적물 상세내용
13	윤석환 & 명재욱	1136 5242 & 1248 1807	이공 계열	환경 생물 학 / 미생 물학 & 하수 도	저널 논문	<b>대표연구업적물의 우수성</b>
						윤석환 외 9명
						Identification of primary effecters of N2O emissions from full-scale biological nitrogen removal systems using random forest approach
						WATER RESEARCH
						0043-1354
						184, 116144
						2020.10
<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2020.116144">http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2020.116144</a>						
<p>하수처리장 생물학적 반응조는 강력한 온실가스이자 오존고갈물질인 N<sub>2</sub>O의 점오염원이고, 다양한 인자들이 N<sub>2</sub>O 발생에 영향을 미친다. 예를 들어, 높은 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 농도와 낮은 용존산소 농도는 암모니아 산화로부터 발생되는 N<sub>2</sub>O 발생을 증가시키고, 높은 C:N 비와 낮은 NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 농도는 불완전 탈질로 인한 N<sub>2</sub>O 발생을 감소시킨다. 지난 수십년간 실규모 하수처리장 생물학적 반응조에서의 N<sub>2</sub>O 발생 메커니즘 규명을 위해 다수의 연구가 수행되었으나, 하수처리장에서 수집하는 데이터 특성 (예. 다차원 데이터)과 고노동력을 요구로 하는 문제 (예. 다량의 샘플 확보 불가)로 인해 N<sub>2</sub>O 발생 메커니즘 및 관련 인자 규명에 대한 연구는 여전히 부족하거나 해석이 제한적인 상황이다. 본 연구에서는 다양한 공법을 이용하는 3곳의 실규모 하수처리장 생물학적 반응조에서 발생하는 N<sub>2</sub>O를 정량하고 메타데이터(예. 하수 성상)를 수집한 후, 특징 선택(feature selection)을 수행할 수 있는 머신러닝 기법인 랜덤포레스트(random forest, RF)를 이용하여 생물학적 반응조의 N<sub>2</sub>O 발생에 미치는 주요 인자를 규명하였다. 랜덤포레스트는 기존 연구에서 주로 활용되는 다중 회귀 분석의 차원의 저주 문제와 특징추출(feature extraction)의 데이터 변환으로 인한 해석 제한 문제를 동시에 해결 가능한 방법이다. 실험 결과, 폭기조의 N<sub>2</sub>O 발생에 미치는 주요 인자는 DIC-VSS-1(미생물 농도 대비 용존 무기탄소 농도비)와 sOUR (specific NH<sub>3</sub> oxidation activity)로 규명되었고, 반면 무산소조에서는 C:N 비를 의미하는 DOC·(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N+NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N)<sup>-1</sup>가 N<sub>2</sub>O 발생에 미치는 핵심 인자로 규명되었다. 해당 연구는 실규모 하수처리장의 생물학적 반응조에서 발생하는 N<sub>2</sub>O 메커니즘을 머신러닝을 활용하여 해석한 최초의 연구이며, 4차산업혁명을 직면하고 있는 현 상황에서 해당 연구는 근미래 지향적인 연구이다.</p>						
14	이승래	1007 9561	이공 계열	지반 공학	저널 논문	<b>대표연구업적물의 우수성</b>
						이승래 외 4명
						An artificial neural network model to predict debris-flow volumes caused by extreme rainfall in the central region of South Korea
						ENGINEERING GEOLOGY
						0013-7952
						281, 105979
						2021.02
<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105979">http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105979</a>						
<p>본 연구에서는 인공신경망을 기반으로 하여 토석류의 최종 부피를 예측하는 모델을 제안 및 검증하고, 연구의 우수성을 인정받아 Geotechnical Engineering 분야에서 상위 3.659%인 ENGINEERING GEOLOGY (IF: 6.755) 저널에 게재되었다. 본 연구는 인공신경망 모델 구조의 절차에 대해 설명하고 기존의 다른 회귀 모델과의 비교 분석을 통해 토석류의 최종 부피를 예측함에 있어서 더 우수한 결과를 가져오는 것을 입증하였다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 번호	계열	세부 전공 분야	실적 구분	대표업적물 상세내용
15	이행기	1016 1236	이공 계열	재료 학	저널 논문	대표연구업적물의 우수성
						이행기 외 4명
						Hydration of calcium sulfoaluminate cement blended with blast-furnace slag
						CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS
						0950-0618
						268, 121214
						2021.01
<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121214">http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121214</a>						
<p>본 연구는 고로슬래그를 함유한 칼슘 설포알루미늄에이트 시멘트의 수화적 특성을 분석하였고, 연구의 우수성을 인정받아 Civil Engineering 분야 상위 4.779%인 Construction and Building materials (IF: 6.141) 저널에 게재되었다. 고로슬래그의 첨가로 stratlingite, ettringite, monosulfate, 수산화알루미늄 수화물의 생성이 확인되었으며, 30%의 고로슬래그를 함유한 시편의 강도는 고로슬래그를 함유하지 않은 시편의 강도와 유사했다. 본 연구를 통해 합성온도가 낮아 친환경적인 칼슘 설포알루미늄에이트 시멘트에, 산업적 폐기물인 고로슬래그를 재활용하여 탄소배출량이 매우 적은 건설재료의 개발에 기여할 수 있다.</p>						
16	이행기	1016 1236	이공 계열	재료 학	저널 논문	대표연구업적물의 우수성
						이행기 외 3명
						Influence of carbon fiber additions on the electromagnetic wave shielding characteristics of CNT- cement composites
						CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS
						0950-0618
						269, 121238
						2021.02
<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121238">http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121238</a>						
<p>본 연구는 탄소섬유를 넣은 탄소나노튜브-시멘트 복합체의 전자파 차폐 효과를 실험했으며, 연구의 우수성을 인정받아 Civil Engineering 분야 상위 4.779%인 Construction and Building materials (IF: 6.141) 저널에 게재되었다. 시멘트에 첨가한 탄소섬유의 양과 길이를 변화하여 실험했으며, 그 결과 복소유전율은 양에 비례했고, 전자파 간섭, 차폐 효율은 길이에 비례했다. 탄소섬유와 탄소나노튜브 시멘트 복합체의 전자기적 특성을 분석한 본 연구는 의료기관이나 군사시설 등, 외부의 전자파로부터 안전해야 하거나 내부의 전자파가 새어나가지 않게 해야 되는 중요시설의 전자기적 안전과 보안을 위한 건설재료 개발에 기여할 수 있다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 비율 비율	계열	세부 전공 분야	실적 구분	대표업적물 상세내용
17	이행기	1016 1236	이공 계열	재료 학	저널 논문	대표연구업적물의 우수성
						이행기 외 3명
						Recent advances in microbial viability and self-healing performance in bacterial-based cementitious materials: A review
						CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS
						0950-0618
						274, 122094
						2021.03
<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.122094">http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.122094</a>						
<p>본 연구는 생체 광물화 자가치유 콘크리트의 연구들을 검토했으며, 콘크리트 속 미생물이 콘크리트의 장기적 내구성에 미치는 영향을 분석하였다. 본 연구는 다양한 연구의 미생물의 시멘트에서의 생존성과 자가치유 성능을 검토하였고, 우수성을 인정받아 Civil Engineering 분야 상위 4.779%인 Construction and Building materials (IF: 6.141) 저널에 게재되었다. 생체 광물화 콘크리트는 미생물의 생화학적 대사물인 탄산염의 생성을 통해 콘크리트의 공극을 채워 장기적 내구성을 향상시킨다. 따라서 본 연구는 구조물의 장기적 내구성을 높인 건설재료를 개발하여, 구조물 시공에 소모되는 재료와 생성되는 온실가스 등을 줄인 친환경적이고 안전한 건설 재료의 개발에 기여할 수 있다.</p>						
18	이행기	1016 1236	이공 계열	재료 학	저널 논문	대표연구업적물의 우수성
						이행기 외 3명
						Experimental and theoretical studies of hydration of ultra-high performance concrete cured under various curing conditions
						CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS
						0950-0618
						278, 122352
						2021.04
<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122352">http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122352</a>						
<p>본 연구는 고강도 콘크리트의 다양한 조건에서의 수화를 실험적, 이론적으로 분석하였으며, 연구의 우수성을 인정받아 Civil Engineering 분야 상위 4.779%인 Construction and Building materials (IF: 6.141) 저널에 게재되었다. 공기중, 수중, 고온수중 양생 조건에서 고강도 콘크리트의 수화를 C-S-H gel, 비정형 실리카 등의 광물적 분석을 통해 규명하여, 고강도 콘크리트의 강도 및 미세구조 발달을 효과적으로 분석하였다. 이는 고강도 콘크리트를 사용하는 고층 건물, 수중터널 등의 시공현장에서 양생 조건을 파악하여 구조물의 강도 발달을 예측할 수 있게 하며, 결과적으로 안전한 구조물의 시공에 기여할 수 있다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 번호	계열	세부 전공 분야	실적 구분	대표업적물 상세내용
19	이행기	1016 1236	이공 계열	재료 학	저널 논문	대표연구업적물의 우수성
						이행기 외 5명
						Characterization of reactive MgO-modified calcium sulfoaluminate cements upon carbonation
						CEMENT AND CONCRETE RESEARCH
						0008-8846
						146, 106484
						2021.08
<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2021.106484">http://dx.doi.org/10.1016/j.cemconres.2021.106484</a>						
<p>본 연구에서는 탄산화 과정에서 반응성 MgO-calcium sulfoaluminate(CSA) 시멘트의 특성을 분석하였다. 페이스트(paste) 표본은 0-20 % 무게분율 수준에서 반응성 MgO를 CSA에 대체하여 제작되었으며, 약 3%의 CO2 농도 환경에서 양생하였다. 일반적으로 MgO의 첨가로 CSA 시멘트의 수화물은 ettringite보다 일황산염 형성이 촉진되며, 알루미늄 이온의 감소로 인하여 C-A-S-H 겔이 hydrotalcite로 일부 상변환하여 탄산화도 감소를 유도한다. 다만, 해당 결과에서 반응성 MgO를 변형하게 되면 안정적 수화물 생성에 크게 기여하는 알루미늄 이온 네트워크를 크게 침범하지 않고, 탄산화 거동 역시 큰 영향이 없는 결과를 획득하여 Construction &amp; Building Technology 분야의 상위 2.273%인 CEMENT AND CONCRETE RESEARCH (IF: 10.933) 저널에 게재되었다.</p>						
20	한종인	1019 2819	이공 계열	환경 생물 학 / 미생 물학	저널 논문	대표연구업적물의 우수성
						한종인 외 2명
						Gas-diffusion-electrode based direct electro-stripping system for gaseous ammonia recovery from livestock wastewater
						WATER RESEARCH
						0043-1354
						196, 117012
						2021.05
<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2021.117012">http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2021.117012</a>						
<p>본 연구는 하폐수내부에 존재하는 암모니아를 하나의 공정으로 에너지 효율적으로 회수하는 새로운 접근법을 개발한 연구로, 연구의 우수성을 인정받아 WATER RESEARCH (IF: 11.547) 저널에 게재되었다. 하폐수 내부 암모니아 제거 및 회수기술은 암모니아를 하폐수로부터 분리 한 이후 순수 암모니아로 최종회수하는 공정이 수반되어야만한다. 하지만 본 연구에서 개발한 전기화학기반 암모니아 회수기술은 하폐수 내부 암모니아 제거와 동시에 순수암모니아로 최종 회수가 가능하며, 회수속도를 공기공급량을 통해 조절할 수 있다는 큰 장점이 있다. 본 연구는 현재까지 개발 된 암모니아 회수 연구에서 문제시되는 단점 (느린 회수 속도, 후처리 시스템 도입 등) 들을 보완할 수 있으며, 암모니아의 회수와 에너지 사용량에 관한 문제들을 해결할 수 있다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 비율 (%)	계열	세부 전공 분야	실적 구분	대표업적물 상세내용
21	홍정욱	1014 9633	이공 계열	구조 해석 / 이론	저널 논문	대표연구업적물의 우수성
						홍정욱 외 11명
						Flexible Protective Film: Ultrahard, Yet Flexible Hybrid Nanocomposite Reinforced by 3D Inorganic Nanoshell Structures
						ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS
						1616-301X
						31(18), 2010254
						2021.05
<a href="http://dx.doi.org/10.1002/adfm.202010254">http://dx.doi.org/10.1002/adfm.202010254</a>						
최고의 재료 과학 저널로 확고히 자리 잡은 Advanced Functional Materials는 나노 기술, 화학, 물리학, 생물학을 포함한 재료 과학의 모든 측면에서 획기적인 연구를 다루며, Impact Factor가 18.808에 달하는 주요 학술지다 (Materials Science, Multidisciplinary 분야에서 상위 4.354%). Organic-inorganic (O-I) 하이브리드 재료는 내마모성과 유연성을 높이기 위한 창문 커버의 주 재료로 사용되어 왔다. 그러나 O-I 하이브리드 재료의 경도는 유기 매트릭스의 낮은 고유 경도와 무기 보강재의 제한된 부피 분율로 인해 금속이나 세라믹의 경도보다 훨씬 낮은 문제가 있다. 이에 본 연구에서는, 추가적인 보강재로서 연속적이고 규칙적인 3차원 무기 나노셀과 O-I 하이브리드 물질을 결합한 새로운 유형의 하이브리드 나노복합체를 제안하였다. 본 연구를 통해 개발된 재료의 탁월한 기계적 특성, 광학적 투명도 및 유연성은, 3D 하이브리드 나노복합체의 유연한 광전자 장치용 보호 필름에 대한 유의미한 적용 가능성을 시사하였다.						
22	홍정욱	1014 9633	이공 계열	구조 해석 / 이론	저널 논문	대표연구업적물의 우수성
						홍정욱 외 3명
						Nondimensionalized semi-empirical equation to predict secondary load cycles on vertical cylinders of different diameters
						OCEAN ENGINEERING
						0029-8018
						230, 108968
						2021.06
<a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.108968">http://dx.doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.108968</a>						
Ocean Engineering은 해양학, 해안, 해양 및 연안 공학 문제를 폭넓게 다루며, Engineering, Ocean 분야에서 상위 3.125%에 달하는 주요 학술지(IF: 3.795)이다. 해양 구조물에 작용하는 파력을 예측하기 위해 여러 실험적, 이론적 연구들이 수행되어 왔다. 그러나, 해양 구조물에 갑작스럽게 발생하는 거대한 진동 중 하나인 ringing 현상은 현재까지도 발생 원인이 명확하게 규명되지 않았다. 최근 들어서, 예측된 파력의 시간 이력 그래프에서 발견되는 secondary load cycle (SLC)이 ringing 현상의 주요 원인 중 하나로 평가받고 있으나, 무차원 변수와의 관계성은 명확하게 규명되지 않았다. 이에 본 연구에서는 조파수조를 이용하여 파력 측정 실험을 수행하고, 파수, 파장, 주기, 파고 및 수심 등을 조합한 무차원 변수를 이용하여 해양파 조합에 의한 SLC의 발생 조건과 변화 양상을 분석하고 수식화하였다. 구조물 직경-파장 비가 0.2 이하이고, 관성력이 지배적인 파랑의 경우 제안한 식으로 파력을 정확히 예측할 수 있다.						

## 2) 논문 실적 향상 계획

본 교육연구단은 4차 산업혁명 기술이 접목된 융복합 연구 실적 향상을 계획하였으며, 최근 1년 동안 게재 논문 중 다수의 논문이 이와 관련된 연구를 기반으로 게재되었다. 앞으로도, 4차 산업혁명, 스마트시티 개발 및 지속가능한 사회구축 관련하여 연구 결과의 질적 우수성을 중시하는 방향으로 나아가고자 한다.

### ② 교육연구단의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물 (최근 1년(2020.9.1.-2021.8.31.))

#### 1) 연구업적

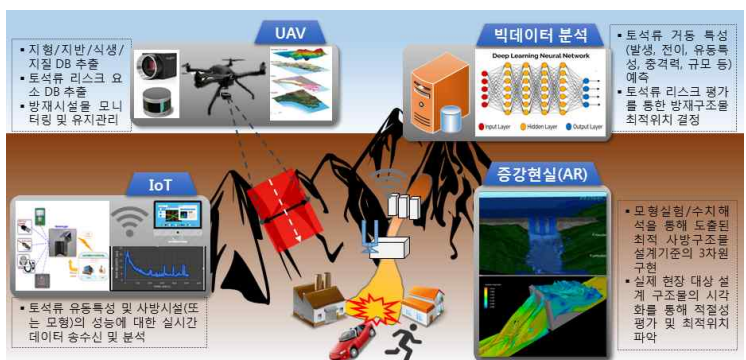
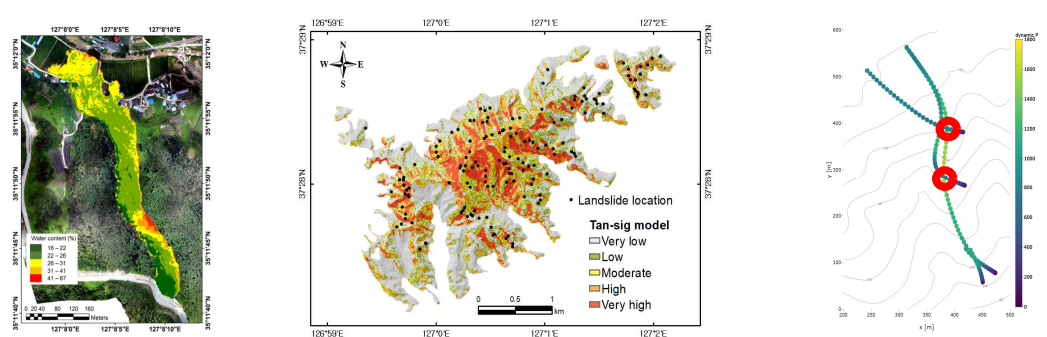
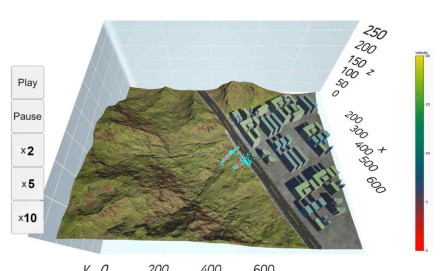
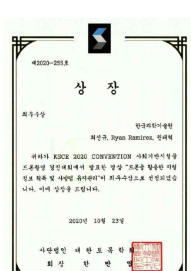
KAIST 건설 및 환경공학과는 다학제간 융합연구를 활성화할 계획하였으며, 1차년도에는 산업 및 시스템공학과, 기계공학과와의 학제 융합 연구를 활발히 수행하고 있다 ([별표 3-2] 참고). 앞으로도 지속적인 다학제간 융합연구를 활성화하여 4차 산업혁명 적용을 위한 융합기술을 발전시켜 나가고자 한다.

[별표 3-2] 1차년도 학제 공동 융합 연구 수행성과

교수	공동연구학과	수행 연구	기간
여화수	Industrial & Systems Eng.	Transferable traffic signal control model under restricted exploration problem: Reinforcement learning with graph representation for traffic state	2020.04-2021.12
유지환	Mechanical Eng.	줄 꼬임 기반 외골격 로봇 개발 및 성능 평가	2021.01-present
유지환	Mechanical Eng.	형상기억합금 기반 꼬임 구동기 연구	2020.11-present

본 연구단에 참여교수들의 경우 스마트 시티/건설 및 자율주행에 요구되는 영상기반 환경 인식, 지능적 로봇센서 융합 기술과 실시간 도시정보 시스템, 지리정보시스템의 활용등과 관련된 연구를 수행하였다. 또한, 사회적으로 해결이 시급한 미세먼지, 지구온난화, 물부족 등과 관련된 연구 수행을 통해 지속가능한 사회구축에 기여하고자 하였다. 참여교수들의 연구업적물 중 3건을 선정하여 아래 <표 3-3>에 설명하였다.

<표 3-3> 참여교수 대표연구업적물

연번	대표연구업적물 설명
1	<p>이승래 교수와 권태혁 교수는 '빅데이터 분석 및 무인항공기술 기반의 토석류 방재기술 개발' 연구를 부경대학교 김윤태 교수와 함께 수행하여, 4차 산업혁명 핵심기술을 이용한 새로운 토석류 발생 예측, 방재 및 관리 체계를 구축하는 연구를 진행하였다. UAV 드론, 인공위성과 분광기술을 활용하여 산지 지형·지반 빅데이터 정보를 획득한 후, 인공신경망 인공지능 및 수치해석으로 복잡한 토석류 거동특성을 예측하는 방법을 개발하였다. 그리고 토석류 발생 위험지역의 특성 및 확산 특성을 고려한 방재시설 최적 위치 결정 기법을 제시하고 IoT (사물인터넷) 기반 모형실험 및 수치해석으로 검증하였다. 또한, 수치해석 결과를 통한 토석류 거동을 증강현실(AR) 시뮬레이터 스마트폰 앱으로 시각화하였다.</p>  <p>[4차 산업혁명 핵심기술이 적용된 새로운 패러다임의 토석류 관리 및 방재체계 개념도]</p>  <p>[분광 데이터로부터 추정된 함수비]      [GIS 기반 머신러닝 산사태/ 토석류 민감도 지도]      [토석류 거동특성 수치해석 기반 사방구조물 최적 위치]</p>  <p>[토석류 증강현실(AR) 애니메이션]</p>  <p>[KSCE2020 드론경진대회 상장]</p> <p>본 기술의 우수성을 인정받아 Geological engineering 분야 Top 저널 (상위 4.84%) 인 Landslides를 포함한 SCI(E)급 논문 게재 7편, 특허 출원 1건 및 3건의 학술회 발표 실적을 달성하였으며 KSCE 2020 Convention 사회기반시설물 드론 촬영 경진대회에서 최우수상을 수상하였다.</p>

김아영 교수는 '딥러닝 기반의 카메라 및 라이다 센서 기반의 슬램' 연구를 수행하여 센서 불확실성이 존재할 때 (예시: 그림3) 에도 강건하게 로봇이 위치 인식 및 매핑을 수행할 수 있는 기술을 개발하였다. 본 기술 적용 시 다중 센서 SLAM 애플리케이션에서 자주 발생하는 센서 간의 불확실성 균형 문제를 완화할 수 있다.

특히 관성 센서의 통합과 관련하여 시각적 주행 거리 측정에 대한 공분산 학습을 대상으로 하는 제안된 불확실성 학습 방법은 가혹한 환경을 모방하기 위한 인공 시각적 및 관성 저하 하에서 공개 데이터 세트에 대한 시각적 관성 주행 거리 측정 응용 프로그램에서 검증되었다 (그림2).

제안하는 기술을 이용하면 로봇이 주변환경을 센싱할 때 어떤 정보를 더 신뢰할 수 있는지 정량화 할 수 있다 (그림 1): 왼쪽 열의 이미지는 원본 이미지이고 오른쪽 열의 이미지는 불확실성이 중첩된 대상 이미지이다. 픽셀은 분산에 따라 색상으로 구분되며 더 큰 분산을 나타내기 위해 빨간색으로 표시되었다. 샘플 장면은 장면에 내재된 오류의 원인에 따라 세 가지 범주로 분류된다.

2



그림1 센서품질 저하의 예시

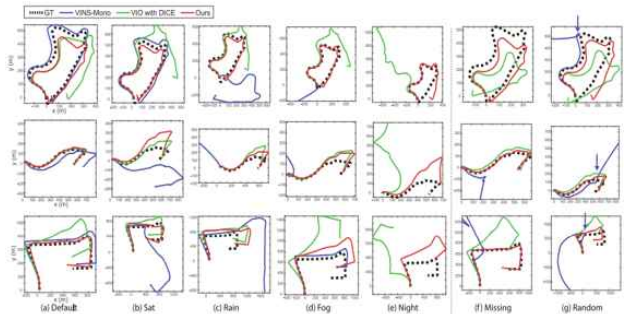


그림2 샘플 장면 및 추정된 관측 관련 불확실성.

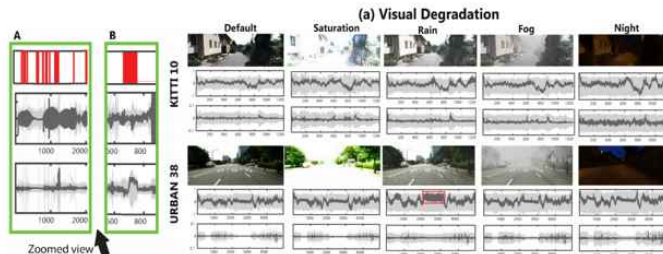


그림3 기존 방법들은 센서품질이 저하될 때 강건하게 대처하지 못하는 예시



그림4 로봇센서들이 장착된 차량형 센서시스템

개발한 기술을 이용하면 향후 자율주행 자동차 등의 자율 로봇이 다양한 예상치 못한 상황에서도 안전하게 미션을 수행할 수 있을 것으로 기대된다. 김아영교수는 복잡한 도심환경에서의 불확실성에 대처하는 로봇 인식기술을 개발하고 적용하기 위해 또한 그림4 와 같은 차량형 로봇센서 시스템을 개발하기도 하였다.

해당 연구는 국내 로봇틱스 최고 기업인 네이버랩스 (NAVER LABS) 와의 공동연구로 수행되었으며, 로봇틱스 분야에서 최근 가장 활발히 연구가 공개되고 있는 SCI 저널인 **IEEE Robotics and Automation Letters** 2021년 4월호에 출간되었다.

한중인 교수는 배기 및 악취 가스 내 유해 물질을 효과적으로 포집할 수 있는 신개념 임펠러 스크러버를 개발하였다. 본 기술은 Venturi나 Bubbling 기반 기술의 압손실 및 높은 에너지비용 문제를 극복하면서도 흡수제와 기체의 접촉 효율을 극대화하여 현장 적용성과 경제성을 크게 향상할 수 있다. 본 기술의 혁신성을 인정받아 2019년 카이스트 학술상을 수상하였고, 기술과 관련하여 2021년 7월 기준 특허 등록 6건, 출원 19건의 지식 재산을 보유하고 있다. (그림 1)

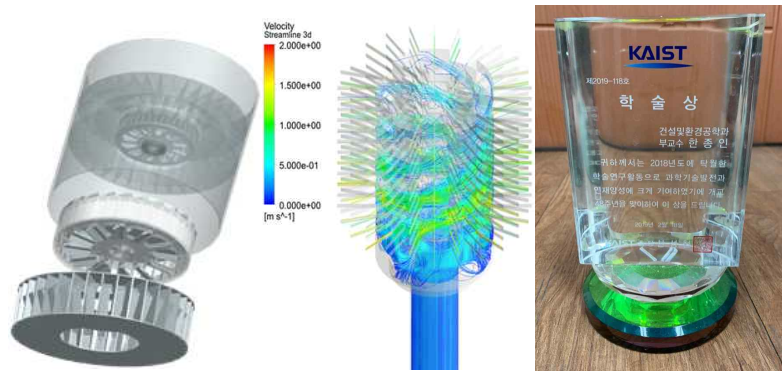
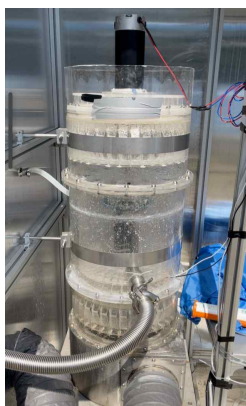


그림 1. 습식 스크러버 및 카이스트 학술상 수상 내역

체계적이고 심도 있는 유동 해석을 통해 임펠러 스크러버의 원리 및 현상을 규명하고, 실험실 수준의 연구와 함께 실용화를 위한 산업 현장 테스트에 집중하고 있다. 대전 관내 공공 하폐수 처리시설에서 발생하는 악취에 대한 민원이 증가함에 따라 지역 현안 해결형 R&BD 사업을 수행하였고(2020.6.~present), 효과적인 악취제거 시스템을 구축하여 연구과제 최종목표 이상의 복합악취 배출허용기준(공기 희석배수 144) 및 높은 황화수소 제거효율(99.8%)을 달성하였다. 또한 해당 스크러버는 실내 공기 정화용으로도 사용할 수 있으며 그 혁신성을 인정받아 대전 신세계 백화점 과학관에 전시하였다. (그림 2)



시험성적서

㈜태성환경연구소 울산광역시 유구로 온산동 제3길 56-20 TEL: 052-247-8691(☎), FAX: 052-247-8698	성적서번호: TSEI-2021-0800-2 페이지 (1) / (총 2)														
1. 의뢰자 ○ 업체명: 태성환경기술원 ○ 주소: 대전광역시 유성구 대학로 291 ○ 의뢰일자: 2021. 04. 20 2. 용량대상: 대덕산업단지 환경사업소 내부(대덕광역시 대덕구 문충동) 3. 시료유분: 가스 4. 시험성적서의 용도: 품질관리용 5. 시료명: OUTLET 6. 시험항목: Hydrogen sulfide, Ammonia 7. 시험기간: 2021. 04. 20 ~ 2021. 04. 27 8. 시험방법: 국립환경과학원고시 제 2019-17호, ES 09302.1a, ES 09303.1a 9. 시험환경: 온도 (25 ± 1) °C, 습도: (50 ± 5) % RH 10. 시험결과															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>시료명</th> <th>시험항목</th> <th>단위</th> <th>결과값</th> <th>검출한계</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">1. OUTLET</td> <td>Hydrogen sulfide</td> <td rowspan="2">μmol/mol</td> <td>0.06</td> <td>0.001</td> </tr> <tr> <td>Ammonia</td> <td>0.5</td> <td>0.1</td> </tr> </tbody> </table>	시료명	시험항목	단위	결과값	검출한계	1. OUTLET	Hydrogen sulfide	μmol/mol	0.06	0.001	Ammonia	0.5	0.1	이 성적서 및 내역은 시험과목에 대해 적용된 시험에 한하며, 부호 이외의 사용을 금합니다.	
시료명	시험항목	단위	결과값	검출한계											
1. OUTLET	Hydrogen sulfide	μmol/mol	0.06	0.001											
	Ammonia		0.5	0.1											

그림 2. 파일럿 현장 및 신세계 백화점 과학관 전시 스크러버, 시험성적서

동시에 회수된 오염물질을 자원화할 수 있는 전기화학적 기법 개발에도 주력하고 있다. 대표적으로 질소산화물 제거용 전기분해 장치를 개발하여 특허 등록(2020.11.10.) 하였다. 본 기술은 미세먼지 생성을 초래하는 질소산화물을 고효율로 제거할 수 있을 뿐만 아니라 유용 산업자원인 암모니아로 전환할 수 있고, 필요에 따라 환경에 무해한 질소로 선택적 생산도 가능하다.

### ③ 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

#### 1) 특허, 기술이전, 창업 실적

본 교육연구단의 참여교수들은 지난 1년간 특허 등록 51건 (국외 4건, 국내 47건)과 기술이전 1건의 성과를 달성하였다. 총 52건의 관련 실적 중에서 대표적인 특허 및 기술이전 실적 15건을 <표 3-4>에 정리하였다.

4차 산업혁명 및 스마트시티 개발과 관련한 주요 특허 실적을 몇 가지 소개하자면 다음과 같다. 먼저, 김영철 교수는 도시의 지속가능한 개발을 위해 헤시태그를 이용한 도시 정체성 표현 장치 및 방법 및 자율 주행 차량을 위한 토지 이용 변화 예측 방법에 관한 연구를 수행하였다. 손훈 교수의 경우, 구조물의 동적거동을 정밀하게 예측할 수 있는 시스템 및 열과 측정 기반 구조물의 도막두께 분포를 시각화/정량화 할 수 있는 기술을 개발하여 해외특허 등록을 수행하였다. 여화수 교수는 스마트시티 개발에 적용할 수 있는 빅데이터 기반 도로 구간별 사고 정보 수집 및 위험도 산출을 위한 연구를 수행하였다. 이외에도 4차 산업혁명에서 관심을 두고 있는 3D 프린팅 장치 기반 기술, 미세먼지 저감기술, 건설 재료 응용 및 변화 측정 기술, 수처리기술 등과 관련된 다양한 연구가 수행되었다.

<표 3-4> 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적

연번	참여 교수명	연구자 등록 번호	계열	세부 전공 분야	실적 구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용
<b>대표연구업적물의 우수성</b>						
1	강석태	1008 8398	이공 계열	수질 처리	특허	강석태, 박주성, 이미영
						탄소 나노튜브와 NASICON 의 복합체로 구성된 나트륨 이온 선택적 흡/탈착이 가능한 투과형 축전식 탈염전극 제조 및 운전방법
						대한민국
						10-2255576-0000
						2021
<p>본 특허(탄소 나노튜브와 NASICON 의 복합체로 구성된 나트륨 이온 선택적 흡/탈착이 가능한 투과형 축전식 탈염전극 제조 및 운전방법, 등록번호 10-2255576-0000)는, 탄소 나노튜브로 구성된 다공성 분리막 구조체에 전기화학 반응을 통해 나트륨 이온을 가역적으로 흡수/방출할 수 있는 NASICON 나노입자를 결합함으로써, 기존의 탄소 기반 축전식 탈염 공정 전극 대비 양이온 흡착용량을 개선하고, 칼슘 이온과 같은 다가 양이온이 존재하는 환경에서도 비가역적 흡착 용량 감소를 억제한 데 의의가 있다.</p> <p>또한 본 특허는 그 우수성을 인정받아, 2020년 교내 해외특허출원 지원 대상으로 선정되어 미국에 특허출원을 완료하였다 (미국 특허 출원번호 16933913)</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록 번호	계열	세부 전공 분야	실적 구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용
2	<b>대표연구업적물의 우수성</b>					
	곽효경	1008 3068	이공 계열	구조 공학	특허	곽효경, 김규진
						수중 터널의 설계를 위한 수치해석 방법
						대한민국
						10-2206445-0000
						2021
<p>본 특허(Method of Numerical Analysis for the design of Submerged Floating Tunnel)는 특수 구조물인 수중터널의 설계를 위한 하중 산정, 변환 및 수치 해석 방법을 제시하고 있으며, 초기 단면 설계를 위한 가이드라인을 제시하고 있다. 수중터널의 직경, 두께 등 초기 설계를 결정하기 위해서는 동적, 정적 해석 및 단면 상세 해석등의 복잡한 과정을 거쳐야 하는데, 본 특허를 활용함으로써 초기 의사 결정 시간 및 반복적인 해석 횟수를 획기적으로 줄일 수 있다.</p>						
3	<b>대표연구업적물의 우수성</b>					
	권태혁	1009 2219	이공 계열	지반 공학	특허	권태혁, 최선규, 김용민
						미생물에서 추출한 효소를 이용한 지반 누수 보강, 차수 및 투수 저감 방법
						대한민국
						10-2192559-0000
						2020
<p>본 발명은 미생물에서 추출한 효소를 이용한 지반 누수 보강, 차수 및 투수 저감 방법으로, 구체적으로는 효소 반응으로 생성된 바이오폴리머를 이용하여 지반을 보강하는 방법에 관한 것이다. 이는 효소를 이용함으로써, 미생물을 직접 이용하는 보수 방법의 외부 미생물 주입으로 인한 환경 오염, 바이오폴리머 생성 여부 및 생성 위치에 관한 불확실성 등의 문제점 등을 해결하고, 다양한 토양에 적용 가능할 뿐 아니라, 미생물에 비해 보관 및 적용이 용이하여 상용성을 높일 수 있다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	계열	세부전공분야	실적구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용
4	<b>대표연구업적물의 우수성</b>					
	김동수	1007 9288	이공 계열	지반 공학	특허	김동수, 정영훈, 배준식
						비접촉 파일 하이브리드 앵커
						대한민국
						10-2184891-0000
2020						
<p>본 발명은 해저면에 설치되는 중력식 앵커와 지중에 관입되는 앵커체 그리고 두 앵커를 잇는 긴장선을 포함한다. 긴장재가 연결된 관입형 앵커를 지중에 설치한후 긴장재가 관통할 천공이 있는 중력식 앵커를 그 위에 설치한다. 이후 긴장재를 긴장시켜 관입된 앵커와 해저면에 있는 중력식 앵커를 연결한다. 이때 기존의 다른 앵커와는 다르게 중력식 앵커와 관입된 앵커체의 직접적인 접촉은 발생하지 않는다.</p> <p>[지중 관입 앵커] 지중 관입 앵커가 지중에 설치된후, 선단에서 양쪽으로 펼쳐지는 판이나 그라우팅을 통해서 지반과 충분히 접촉시킨다. 지중 관입형 앵커를 통해서 해저의 약한 지반을 보강하여 중력식 앵커가 순기능을 할 수 있도록 유도하는 기능을 포함한다. 또한 인발력이 작용시 주변 마찰력을 통해서 인발 하중에 증가를 기대함</p> <p>[긴장재] 지중 관입 앵커에 처음부터 결합되어 지중으로 관입되고, 이후 중력식 앵커가 설치되면 긴장 장치를 통해서 긴장시켜 관입된 앵커와 해저면의 중력식 앵커를 조여준다.</p> <p>본 발명은 해저면에 설치되는 중력식 앵커와 지중에 관입된 앵커의 직접적인 접촉이 없어 지진하중시에 보다 유연하게 변위를 제어할 수 있어, 주요한 해상 및 수중 구조물을 지지하는데에 이점이 있다.</p>						
5	<b>대표연구업적물의 우수성</b>					
	김영철	1110 4260	이공 계열	단지 / 도시	특허	김영철, 강나운
						자율 주행 차량에 의한 도시의 토지 이용 변화 예측 방법
						대한민국
						10-2237927-0000
2021						
<p>자율 주행 차량에 의한 도시의 토지 이용 변화를 예측하기 위하여, 토지 이용 변화를 예측할 도시를 선택한 후 복수의 시나리오 중 어느 하나를 선택하고, 셀룰러 오토마타를 적용하기 위하여 선택된 도시의 크기에 따라 동일한 크기를 가지는 복수의 셀로 나누며, 복수의 상기 셀의 토지 용도를 구분하고, 각 셀마다 토지 용도에 따른 접근성, 토지가격 및 녹지접근성 값을 추출하며, 각 셀마다 토지 용도에 따라 이웃효과 값을 추출하고, 토지 용도에 따라 다른 접근성 가중치, 토지가격 가중치 및 녹지 접근성 가중치 값을 설정하며, 각 셀마다 토지가 다른 용도로 사용될 수 있는 전환 가능성을 나타내는 전환규칙에 상기 접근성 가중치, 토지 가격 가중치, 녹지 접근성 가중치 값 및 이웃효과 값을 적용하여 토지 용도별로 상기 전환가능성 값을 추출, 추출된 상기 전환가능성 값 중 최대값과 현재 셀의 토지 용도의 전환가능성 값을 비교해 셀의 토지 용도 변화 예측을 시뮬레이션 하는 자율 주행 차량에 의한 도시의 토지 이용 변화 예측 방법에 관한 것이다. 자율 주행 차량의 자동화 정도에 따라 나뉜 시나리오를 바탕으로 시뮬레이션 하여 자율 주행 차량이 주요한 교통수단이 되었을 때의 도시의 토지 이용 변화를 예측할 수 있고 이에 따라 효과적인 도시 설계 및 정책 수립이 가능하다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	계열	세부전공분야	실적구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용
6	<b>대표연구업적물의 우수성</b>					
	손훈	1016 7378	이공 계열	교량 공학	특허	손훈, 김기영, 구건희, 최재묵, 정준연
						구조물의 정밀 계측 시스템 및 그 방법 (SYSTEM FOR PRECISION MEASUREMENT OF STRUCTURE AND METHOD THEREFOR)
						(ACCURATE MEASURING SYSTEM AND ITS METHOD OF STRUCTURE)
						유럽 / 이탈리아 / 중국
						3524954 / 3524954 / ZL201880008974.0
2020 / 2020 / 2021						
<p>본 특허(구조물의 정밀 계측 시스템 및 그 방법, 등록번호 제 3524954)는, GPS와 가속도계를 이용하여 고층빌딩, 교량, 댐, 항만 등을 포함하는 구조물의 동적거동을 정밀하게 계측할 수 있는 구조물의 정밀 계측 시스템 및 그 방법에 관한 것이다. 잡음수준이 높고 저샘플링 주파수로 획득되는 GPS-RTK 변위 신호와 잡음수준이 낮고 고샘플링 주파수로 획득되는 가속도계 가속도 신호를 융합하여, 구조물의 정확한 6자유도 동적응답(가속도, 속도, 변위, 각변위)를 계측하는 센서 시스템을 개발하였다. 아울러, 본 발명은 가속도, 속도, 변위, 각변위 등을 포함하는 구조물의 6자유도 동적특성을 계측함으로써, 데이터의 시각동기화, 통합화 및 호환성 문제를 해결할 수 있고, 구조물이 갖는 저주파수 응답특성에서 수 마이크로G 이하의 저진동에 반응할 뿐만 아니라, 바람, 태양광 등의 유무에 따른 온도변화로 인한 변화를 상시적으로 측정할 수 있다</p>						
7	<b>대표연구업적물의 우수성</b>					
	손훈	1016 7378	이공 계열	교량 공학	특허	손훈, 황순규, 박지호
						도막층 두께 분포의 시각화 계측 방법 및 이를 위한 장치 (ACTIVE THERMOGRAPHY APPARATUS AND METHOD FOR PAINT THICKNESS DISTRIBUTION VISUALIZATION)
						중국
						ZL201880003344.4
						2021
<p>본 특허(도막층 두께 분포의 시각화 계측 방법 및 이를 위한 장치, 등록번호 제 ZL201880003344.4)는, 능동형 열화상 기법을 활용한 기술로, 검사 대상 구조물에서의 열파를 측정 및 분석하여 도막 두께 분포를 시각화 및 정량화 할 수 있다. 해당 검사 기술은 실시간으로 도막 두께를 시각화 할 수 있으며, 건도막 뿐만 아니라 습도막 두께 측정이 동시에 가능하며, 해당 성능을 발현하는 기술은 아직까지 개발된 바 없다. 본 시스템은 제어부, 가진부 그리고 계측부로 구성되어 있다. 제어부에서 가진부 및 계측부에 제어 신호를 보내면, 가진부에서는 구조물에 열에너지를 발생시키고, 계측부에서는 가진부에서 발생된 열에너지가 구조물에서 전파되는 현상을 측정하게 된다. 측정된 데이터는 열화상 이미지로 저장되어 계측부로 전송 후 자동으로 도막 두께 시각화를 수행하게 된다. 이 때, 본 시스템은 구조물을 따라 움직이게 되는데, 이로써 넓은 영역에서의 열에너지 전파 특성을 계측할 수 있다. 다시 말해, 본 시스템을 통해 넓은 영역에서의 도막 두께를 시각화 및 정량화 할 수 있다. 본 발명의 알고리즘을 통해 획득된 열화상 이미지를 이용하여 도막 두께를 시각화 한 이미지가 구축될 수 있다. 도막층에서의 열에너지 전파 특성은 도막의 물성에 따라 달라지고, 도막의 두께가 달라지면 열파가 도막을 통과하는 전파 시간이 달라진다. 이러한 현상을 이용하여 구조물 표면에서의 열에너지 분포 특성을 기록한 열화상 이미지를 이용하여 도막 두께를 계측할 수 있다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록 번호	계열	세부 전공 분야	실적 구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용
8	<b>대표연구업적물의 우수성</b>					
	여화수	1064 7601	이공 계열	교통 관제 및 운영	특허	여화수, 탁세현
						모바일 데이터와 인프라 데이터를 이용한 차량 충돌 경보 장치 및 그 방법
						대한민국
						10-2268134-0000
						2021
<p>본 특허(모바일 데이터와 인프라 데이터를 이용한 차량 충돌 경보 장치 및 그 방법, 등록번호 제 10-2015-0017390호)는, 인프라스트럭처로부터 도로의 교통 정보와 도로 구간별 사고 정보를 수집하고, 차량 탑재의 휴대 단말로부터 차량 운행 정보를 수집하여 도로 구간별 사고 위험도와 차량 사고 위험도를 산출한다. 이를 통해 차량 간의 충돌 위험을 효과적으로 예측할 수 있으며, 상대적으로 큰 비용을 유발시키는 차량 간 통신 기반의 충돌 경보 시스템을 대체할 수 있다. 또한, 도로 관리자 차원에서도 휴대 단말의 시장 점유율이 낮더라도 효과적으로 사용될 수 있다는 장점이 있다.</p>						
9	<b>대표연구업적물의 우수성</b>					
	윤석환	1136 5242	이공 계열	환경 생물 학 / 미생 물학	특허	윤석환, 송민준, 한희주, 윤현, 김대현
						바이오필터를 이용한 아산화질소 제거 장치
						대한민국
						10-2227395-0000
						2021
<p>본 발명은 바이오필터를 이용한 N<sub>2</sub>O 제거 장치에 관한 것으로, 바이오필터 내 성장하고 있는 미생물의 N<sub>2</sub>O 환원 반응을 통해 하수처리장 생물학적 반응조에서 발생하는 저농도 N<sub>2</sub>O를 제거할 수 있는 시스템에 대한 설명이다. 폴리우레탄 폼을 내포한 다수의 바이오필터를 직렬 연결함으로써 각 바이오필터를 통과할 때 마다 산소 농도가 감소하게 만들 수 있다. 낮은 산소에서 N<sub>2</sub>O 환원 효소인 NosZ의 발현은 촉진되게 되고, N<sub>2</sub>O의 제거율은 바이오필터를 통과함에 따라 향상된다. 해당 발명의 장점은 (1) 유입되는 탄소원과 영양물질은 하수처리장으로 유입되는 하수를 사용해 외부 탄소원과 영양물질의 주입이 불필요하고, (2) 생물학적 반응조 폭기조에서 포집된 N<sub>2</sub>O를 바이오필터 내로 주입한 자연압 시스템이며, (3) 추가적인 에너지 및 화학물질 투입이 없이 본 발명품의 작동이 가능하여 에너지 및 경제적 효율이 높은 발명이다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	계열	세부전공분야	실적구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용
10	<b>대표연구업적물의 우수성</b>					
	이승래	1007 9561	이공 계열	지반 공학	특허	이승래, 김민섭, 전준서, 김민준, 전윤수, 이재원
						고준위 방사성폐기물의 열적 안정적인 심층 처분을 위한 최적의 처분장 초기 조건 설계 방법 및 장치
						대한민국
						10-2169049-0000
						2020
<p>본 특허(고준위 방사성폐기물의 열적 안정적인 심층 처분을 위한 최적의 처분장 초기 조건 설계 방법 및 장치, 등록번호 제 10-2169049-0000호)는, 처분장이 운영되는 동안 완충재의 최고 온도를 밝기로 나타내고 반딧불이 알고리즘을 통해 처분장의 최적 조건을 결정하는 설계 방법을 제시한다. 이 알고리즘은 완충재가 가장 낮은 온도를 가질 수 있는 초기 조건을 찾기 위한 목적함수를 결정하는 단계, 초기 반딧불이 수를 결정하는 단계, 새로운 반딧불이의 밝기를 구하고 종료 조건이 충족하여 반딧불이 알고리즘을 종료하고 가장 밝은 반딧불이의 밝기를 처분장 완충재의 최적의 값을 결정하는 단계를 포함하고 있다. 이 알고리즘을 통해 해당 초기 조건을 처분장의 최적 조건을 결정할 수 있다.</p>						
11	<b>대표연구업적물의 우수성</b>					
	정형조	1005 7755	이공 계열	지진 / 내진 공학	특허	정형조, 차상률, 박재찬
						철근 콘크리트의 철근 부식 평가장치
						대한민국
						10-2182970-0000
						2020
<p>본 발명은 철근 콘크리트의 철근 부식 평가장치에 관한 것으로, 상세하게는 철근의 전위차를 측정하여 철근의 부식 정도를 평가하는, 철근 콘크리트의 철근 부식 평가장치에 관한 것이다. 본 발명은 다양한 수압환경을 조성할 수 있어 외부 압력에 따른 부식 인자 침투로 인한 철근 부식을 정량적으로 측정할 수 있다.</p> <p>본 발명은 철근 콘크리트의 철근 부식을 확인하기 위하여 옆면에 에폭시로 코팅된 시편과 철근 콘크리트 시편의 상부에 고압의 해수를 공급하기 위하여 시편의 상부에 끼울 수 있는 캡 형태의 장치와 심해 환경에 맞는 고압의 환경을 조성하기 위하여 상부 캡에 압력을 공급하는 가압 장치와 해수 공급으로 인해 콘크리트를 투과한 해수를 모아 측정할 수 있는 캡 형태의 하부 장치, 집수 장치가 설치된다. 본 발명은 상기 상부 캡과 하부 캡을 체결하는 체결 볼트를 통해 시편과 상부 캡 사이에 존재하는 고수압을 견디고 다양한 시편의 길이를 조절하여, 구조물 두께와 동일한 시편에 적용할 수 있도록 하였다. 또한, 본 발명은 각 시편에 대한 다양한 크기의 압력을 적용할 수 있도록 하여 구조물 위치에 따른 환경 변화를 고려할 수 있도록 한 것을 특징으로 한다. 상기 장치에 활용될 시편에 높이 별로 배근 된 철근은 측면에 노출이 되어있어 노출된 부분의 전류를 측정하여 부식 정도를 정량적으로 측정하는 매크로셀 방법으로 부식을 확인한다. 철근 부식에 영향을 미치는 해수의 산소 농도를 조절하기 위하여, 가압은 공기가 아닌 질소를 활용한다. 상기 장치에서 상부 캡, 시편, 부식 측정 장치, 하부 캡, 집수 장치로 이루어진 구성이 하나의 모듈이라 할 때, 상기 장치는 하나의 가압 장치가 여러 개의 셀로 연결된 것을 특징으로 한다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록번호	계열	세부 전공분야	실적분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용
12	<b>대표연구업적물의 우수성</b>					
	조계춘	1012 1443	이공 계열	지반 공학	특허	조계춘, 임주영, 장일한
						유기산에 의해 교차-결합된 바이오폴리머를 포함하는 흙 조성물 및 이의 제조 방법
						대한민국
						10-2177623-0000
						2020
<p>본 특허(유기산에 의해 교차-결합된 바이오폴리머를 포함하는 흙 조성물 및 이의 제조 방법)는 기존에 온실 가스 배출에 큰 영향을 미치며, 토양의 pH를 증가시키는 특성을 지니고 있어 생태계에 유해한 영향을 끼치는 기존 지반공학적 재료들(시멘트 및 아스팔트)를 대체하고자 지속 가능한 친환경 재료 중 하나인 바이오폴리머를 활용하여 다양한 건설 분야에서 사용될 수 있도록 하는 발명이다. 바이오폴리머는 식품, 의약, 농업, 화장품, 산업 분야에서 광범위하게 사용되고 있으며, 지반 공학 분야에서 지반개량재료로 적용가능성을 지닌 이 선행연구사례들로 입증되었다. 그러나 현재까지 개발된 바이오폴리머 흙 기술에는 몇 가지 제약이 있다. 가장 주목할만한 점은 이들 바이오 폴리머는 외부의 요인들(날씨 물 등)에 취약하다는 것이다. 건조 상태에서 바이오폴리머는 지반의 강도를 획기적으로 증진시키지만, 바이오폴리머가 물과 반응할 때 물 분자는 바이오폴리머와 큰 간섭을 일으켜 성능이 저감된다. 본 발명은 이러한 문제를 해결하기 위한 목적으로 수행되었다. 본 발명에서 유기산은 바이오폴리머의 가교제로 사용되어 바이오폴리머 흙 처리 기술에 대한 외부 영향을 크게 줄인다. 유기산은 바이오폴리머 분자 사이에 가교를 형성하는 화학 결합을 일으킨다. 이 가교 결합은 바이오폴리머의 강도증진 능력을 크게 바꾸지 않으면서 바이오폴리머 분자간 상호 작용 및 결합을 향상시킨다. 유기산을 사용한 가교결합 바이오폴리머는 순수 유기물을 이용한 친환경 토양 보강재의 개발을 가능케한다. 바이오폴리머와 유기산 사이의 교차 결합은 바이오폴리머 분자 간의 상호 작용을 크게 향상시켜 외부 요인의 영향을 줄인다. 그 결과 내구성, 내수성, 강도, 부피 팽창의 감소와 같은 흙의 공학적특성이 향상되며, 결과적으로, 유기산으로 가교 결합 바이오폴리머는 바이오폴리머만을 사용하는 이전의 기술의 단점을 극복하여 다양한 건설 분야에 사용될 수 있다. 본 발명은 기존 바이오폴리머가 가지는 최대 단점인 물에 의한 강도 저감 현상을 극복할 수 있는 발명으로, 발명을 통해 바이오폴리머를 처리한 흙을 물과의 연관성이 큰 지반공학분야에 폭넓게 적용 가능하다. 이 바이오폴리머는 기존의 바이오폴리머에 비해 생산공정을 절감할 수 있기 때문에 기존 재료인 시멘트 대비 가격경쟁력을 갖는 기술로써 사업화 또한 가능할 것으로 기대된다.</p>						
13	<b>대표연구업적물의 우수성</b>					
	한종인	1019 2819	이공 계열	환경 생물 학 / 미생 물학	특허	한종인, 한신, 장원준, 정재인
						용해성 유해 가스 분리 장치
						대한민국
						10-2191369-0000
						2020
<p>본 특허는 화석 연료의 연소에 의해 발생하는 배기 가스와 용해제를 기-액 접촉을 통해 혼합하고, 용해성 가스가 용해된 용제와 비용해성 가스를 분리 회수할 수 있는 분리 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다. 하나의 구동 모터를 통해 메인 임펠러, 보조 임펠러, 및 분리 임펠러가 회전하기 때문에 높은 에너지 효율을 통해 유해 가스를 제거할 수 있으며, 또한 보조 기-액 접촉부가 다단으로 복수 개 구비됨으로써, 유해 가스의 농도와 용해도에 따라 실제 현장에의 적용성이 향상될 수 있다. 종래의 습식 스크러버 방식과 비교하여 규모가 작고 낮은 동력 에너지가 요구되는 점에서 소규모 발전소, 제조 시설, 선박 등에 효과적으로 적용할 수 있다.</p>						

연번	참여 교수명	연구자 등록 번호	계열	세부 전공 분야	실적 구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용
14	<b>대표연구업적물의 우수성</b>					
	홍정욱	1014 9633	이공 계열	구조 해석 / 이론	특허	홍정욱, 고권환, 이상언
						다중 재료 복합재의 제조 방법과 이를 수행하는 3D 프린팅 장치
						대한민국
						10-2220958-0000
						2020
<p>본 특허(다중 재료 복합재의 제조 방법과 이를 수행하는 3D 프린팅 장치)는, 두 가지 재료로 이루어진 복합 재료의 제작을 추가 공정없이 가능하도록 새로운 구동 방법을 고안하여, 이를 추가한 SLA 방식 기반의 3D 프린터를 개발한 것을 특징으로 한다. 또한, FDM 방식의 3D 프린터에 대비하여, 더 정교하고 신속한 출력이 가능한 SLA 방식 기반 3D 프린터의 장점을 더하였고, 이를 기반으로 이중 재료 복합재의 빠른 제작이 가능한 SLA 3D 프린터를 개발하는 내용을 포함한다. 3D 프린팅은 현재 건설, 건축, 기계, 항공, 선박 등의 다양한 공학 분야에서 효율적으로 활용되고 있으며, 본 발명의 기술은 기존의 3D 프린팅의 한계를 효율적으로 개선할 수 있기 때문에 기술 사업화 전망이 매우 높을 것으로 예상된다.</p>						
15	<b>대표연구업적물의 우수성</b>					
	손훈	1016 7378	이공 계열	교량 공학	기술 이전	손훈, 임형진, 황순규, 김현진
						강구조물의 도막 상태 평가시스템 및 방법
						에스큐엔지니어링
						55,000,000 원
						2020
<p>강구조물의 도막은 외부 인자로부터 강구조물을 보호하여 내구성을 유지시키는 역할을 하며, 도막의 상태에 따라 구조물의 내구성이 저하될 수도, 유지될 수도 있다. 도막 상태 평가는 도막의 두께가 적절히 유지되고 있는지와 도막에 부식, 박리, 체킹, 초킹 등 관련 시행령에서 규정하고 있는 열화가 발생했는지에 따라 그 등급이 산정된다. 현재 도막 상태평가 방식은 도막 두께 검사와 열화 검사가 별도 진행되고 있으며, 두께 검사의 경우 국부역역만 측정 가능한 초음파 장비를 사용하고 있어 미세한 도막 두께 변화를 탐지할 수 없다. 또한 열화 검사는 검사자의 육안에 의해 수행되고 있으며 검사자의 주관 또는 접근성에 따라 그 결과가 상이할 수 있다. 본 기술에서는 열화상 시스템과 비전 시스템을 융합한 강구조물 도막 상태 평가 시스템을 개발하였으며, 도막 두께 검사와 열화 검사를 동시에 수행할 수 있다. 또한 검사 대상 전면적에 대해 도막 두께를 정량화 및 시각화할 수 있으며, 열화 탐지, 분류 및 정량화 또한 가능하다. 검사 결과를 이용하여 최종적으로 상태평가 보고서 발행까지 가능한 기술을 개발하였으며 기존 주관적 검사 방식에서 객관적 검사 방식으로 전환이 가능하다.</p>						

## 2) 특허, 기술이전, 창업 실적 계획

본 교육연구단은 스마트 사회기반 시스템을 구축하는데 핵심적으로 요구되는 첨단 기술을 개발하기 위한 연구를 계속해서 수행하고자 하며, 핵심 기술과 관련된 특허, 기술이전, 창업 실적을 차년도에도 지속적으로 달성하여 관련 분야의 연구역량을 크게 향상시키고자 한다.

## 2. 산업·사회에 대한 기여도

### ① 산업체 지원·사회문제 해결 관련 과제 수행

결과물의 즉시성을 요구하는 연구용역과제의 경우 산업사회 문제 해결 노력에 대한 표식이 된다. 지난 1년 동안 KAIST 건설 및 환경공학과는 1,950,750 천원에 달하는 20건의 연구용역과제 (민간출연 7건, 정부출연기관 13건)를 수행하였다. 대표적 산업체로 이엠코리아(주)와 위탁과제가 진행되었으며, 정부 및 지자체, 공공기관으로는 한국원자력연구원, 한국교통연구원, 한국시설안전공단, 대전광역시청, 한국교통안전공단, 한국수력원자력, 한국수자원공사 등을 포함하여 사회 문제 해결 관련 연구용역을 수행하였다.

과제의 성격을 살펴보면 과학기술, 산업·사회 문제 해결이라는 큰 맥락 안에서 다양한 연구가 수행되었다. 도시 분야에서는 횡단보도 경고시스템, 구조물 안전진단 기술개발, 리빙랩 등과 관련하여 기술개발뿐만 아니라 실제 현실에 적용하기 위한 규모의 연구가 수행되었으며, 산업혁신 전략 중 인공지능 기반 스마트 건설 기술 지원에 부합된다. 미래기술 분야에서는 원전 안전진단, 핵융합기초연구사업, 미래핵융합 선도 인력양성, 로봇기술 등의 신기술 연구과제가 진행되었다. 환경 분야에서는 정수처리공정에서의 오염물 거동 평가, 전기산화 기반 오염물 처리 기술, 3D 프린트 기반기술, 미세먼지 모니터링 등과 같은 인류의 임박한 문제들을 해결하기 위한 연구들을 수행을 통해 사회 문제 해결에 이바지하고자 노력하였다 ([별표 3-3] 참고).

[별표 3-3] 용역과제 세부 내용

기간	재원	프로젝트 책임자	연구비 [천원]	연구제목	위탁기관
2018.05.30. - 2020.10.31	민간	이승래	18,480	고준위폐기물처분장 장기안전성 시험분석을 위한 THM 복합거동 조건 다중 처분공 암반의 사전 안전성 평가 (damage model 적용) (2018)	한국원자력 연구원
2019.04.23. - 2021.07.19	민간	권태혁	140,462	셸드TBM 배토시스템 기술 개발 (2019)	이엠코리아(주)
2019.05.21 - 2021.12.31	민간	정형조	84,205	안전한 대전 지진방재 용역과제 (2019)	대전광역시청
2019.09.19. - 2022.12.29	민간	여화수	54,545	리빙랩 제안 기술 적용 지원 (2019)	한국교통 연구원
2020.07.27. - 2020.10.08	민간	손훈	21,045	영종대교 선형레이저 열화상 기반 강재 균열 검출 (2020년도)	한국시설 안전공단
2020.07.31. - 2021.08.26	민간	강석태	108,000	대전광역시 미세먼지관리 시행계획 수립용역 (2020년도)	대전광역시청
2021.05.25. - 2021.08.24	민간	여화수	18,000	교통사고 예측 AI 개발 용역 (2021년도)	한국교통 안전공단

2020.02.03. - 2021.08.02	정부	김재홍	270,000	원전 구조/기기 지진 취약도 산정을 위한 불확실성 평가 방안 수립 (2020)	한국수력 원자력(주) 중앙연구원
2018.05.01. - 2021.04.30	정부	한종인	360,000	전기화학 시스템을 이용한 탈질탈황 원천 기술 개발 (2018)	한국중부발전 주식회사
2019.12.20. - 2021.07.28	정부	여화수	93,697	대전트램 운영계획 수립 및 도로영향분석 용역 (2019)(2019년도)	대전시
2020.04.16. - 2020.12.04	정부	정형조	8,024	2020년 드론 규제샌드박스 사업 (지정공모_5. 일상, 정기 업무 활용) (2020)	항공안전 기술원
2020.04.01. - 2022.03.31	정부	김재홍	209,700	격납건물의 라이너플레이트 배면 공동 발생 원인에 대한 정량적 분석 (2020년도)	한국수력 원자력(주) 중앙연구원
2020.05.01. - 2021.11.30	정부	유지환	95,681	줄꼬임 구동방식을 이용한 상지재활운동로봇의 중개연구 (2020년도)	국립재활원
2020.06.16. - 2021.11.15	정부	조계춘	287,836	지반침하 예측 시스템 개발 (2020년도)	한국전력 연구원
2020.08.04. - 2020.12.01	정부	강석태	24,354	재이용 공정의 유기물 거동분석 및 농축수 영향평가 학술용역 (2020년도)	한국수자원 공사
2020.12.16. - 2021.12.15	정부	강석태	9,090	3D 프린팅 기술을 이용한 고효율 In-Line Mixer 개발 (2020년도)	한국수자원 공사
2020.12.16. - 2021.12.15	정부	강석태	9,090	전도성 막전극을 이용한 RO 농축수 내 난분해성 유기물의 저에너지 전기산화기술 (2020년도)	한국수자원 공사
2021.05.13. - 2021.11.30	정부	여화수	32,000	횡단보도의 보행자 및 차량안전 경고시스템 실증사업 (2021년도)	국토교통과학기술 진흥원
2021.05.25. - 2022.01.20	정부	윤석환	89,090	정수처리공정에서 마이크로바이옴의 거동평가 및 제어방안( I ) (2021년도)	국립환경 과학원
2021.08.25. - 2021.11.24	정부	홍정욱	17,640	AE(Acoustic Emission) 센서 geometry 영향 모델링 (2021년도)	한국원자력 연구원

## ② 산업체 지원활동 현황

### 1) 산업혁신 지원 실적

연구용역과 기술이전 이외에도 중소기업 창업 및 기술지원을 위한 비상근 등기이사 형태의 지원 활동과 일회성이 아닌 기간별 산업체 자문 활동을 활발히 수행 중이며 (9건), 온라인 초청세미나를 통한 기술세미나를 제공하였다 ([별표 3-4] 참고). 이와 더불어, 학교 내의 교육 및 연구기반 산업체와 교류를 통하여 스마트 사회기반 시스템 기술 또는 신기술을 지원하고자 한다.

[별표 3-4] 산업체 지원활동 현황

기간	성명	기관명	활동목적
2020.09.21 - 2021.01.20	권태혁	(주)누리종합기술단	자문위원
2020.11.01 - 2020.12.31	유지환	HS애드	자문위원
2020.11.01 - 2021.08.31	한종인	알엔에이	자문위원
2020.12.04 - 2020.12.04	유지환	삼성전자	삼성리서치 온라인 초청 세미나
2021.01.01 - 2021.08.31	유지환	HS애드	자문위원
2021.01.25 - 2021.02.24	조계춘	(주)에이치비씨	자문위원
2021.03.02 - 2021.05.31	조계춘	다원그룹(주)	자문위원
2021.03.15 - 2021.11.30	김아영	삼성전자	자문위원
2021.05.10 - 2024.04.30	여화수	(주)블루시그널	비상근등기이사
2021.06.07 - 2021.07.06	조계춘	(주)에이치비씨	자문위원
2021.08.25 - 2021.09.25	조계춘	(주)제영이엔씨	자문위원

### 2) 산업혁신 지원 계획

본 교육연구단은 산업혁신 지원을 위한 전략으로 1) 인공지능 기반 건설기술 지원, 2) 오픈 데이터, 오픈 에듀케이션 전략, 3) 신기술 창업 및 중소기업 기술 지원, 4) 글로벌 사업화 지원을 계획하였다.

인공지능 기반 건설기술 지원의 경우, 인공지능 기술동향을 제공하고 인공지능 기반 스마트 인프라 기술을 선정하고 기술세미나를 제공하고자 하였다. 최근 1년간 자문위원 활동을 통하여 인공지능 관련 기술동향을 제공하고자 하였으며, 온라인을 통한 1건의 세미나를 제공하였다. 스마트 기술 선정 및 기술 제공을 위하여 더 적극적으로 활동하고자 한다.

오픈 데이터, 오픈 에듀케이션 전략의 경우 5건 이상의 데이터 세트를 공개 및 데이터 기반 연구를

활성화하고, K-MOOC 및 유튜브를 통하여 5개 이상의 신기술 강좌를 제공하는 것을 계획하였다. 데이터 세트 공개를 위한 데이터 기반 연구를 활성화하여 실증연구를 수행하였으나, 신기술 강좌 제공의 실적은 달성하지 못하였다. 1차년도에서 마련된 데이터를 기반으로 향후에는 유튜브 강좌를 통해 일반 및 산업체에 신기술 관련 정보를 제공하고자 한다.

신기술 창업 및 중소기업 기술지원의 경우, 사업기간 3건 이상의 교수 및 연구원 신규 창업 달성하고자 하며, 사업단 홈페이지를 통한 기술 내역 공개 및 기술 지원상담을 활성화하고자 한다.

글로벌 사업화 지원의 경우 중소기업들의 글로벌 지원 및 글로벌 사업 협력 지원모형 발굴을 목표로 하였으나, COVID-19로 인한 팬데믹 상황으로 인하여 최근 1년 동안은 글로벌 사업화 지원 활동이 어려웠다. 향후에는 지속적인 사회적 분위기 관찰 및 온라인을 통하여 더 활발하게 글로벌 사업 협력을 진행하고자 한다.

### ③ 사회 공헌·활동

#### 1) 사회 문제 해결 실적

지역 사회와의 교류 및 활동에서 본 본 교육연구단 참여교수는 자문위원, 심사위원, 임원 (기획이사, 비상근 등기이사, 등) 등의 활발한 활동을 하였다. 최근 1년간 전체 45건의 교외 활동을 통하여 국가기관, 연구기관 등과 교류하면서 사회 문제의 발굴과 연구 네트워크 형성을 수행하였다 ([별표 3-5] 참고).

[별표 3-5] 사회 공헌 활동 현황

기간	성명	기관명	활동목적
2020.09.07 - 2020.09.30	강석태	한국수자원공사 충남충부권지사장	자문위원
2020.09.18 - 2022.09.20	유지환	Joint lab between gaitech and CUMTB	자문위원
2020.09.18 - 2022.09.17	유지환	Tonus Tech	자문위원
2020.09.22 - 2020.09.22	손훈	한국과학기술기획평가원	자문위원
2020.10.05 - 2020.10.16	권태혁	한국지질자원연구원	자문위원
2020.10.10.- 2021.10.09	윤운진	국토안전관리원	비상근등기이사
2020.10.19. - 2020.10.20	손훈	한국과학기술기획평가원	자문위원
2020.10.20 - 2022.07.30	강석태	국가물관리위원회	자문위원
2020.10.26 - 2020.10.26	손훈	한국과학기술기획평가원	자문위원
2020.11.01 - 2021.10.31	이행기	한국연구재단	한국연구재단 전문위원 연임 위촉 (비상근)

2020.11.01 - 2021.12.31	조계춘	국토교통연구인프라운영원	비상근등기이사
2020.12.07 - 2020.12.07	손훈	한국과학기술기획평가원	자문위원
2020.12.14 - 2020.12.15	권태혁	삼림조합중앙회 산림종합기술본부	자문위원
2020.12.14 - 2020.12.14	손훈	한국과학기술기획평가원	자문위원
2020.12.21 - 2020.12.21	손훈	한국건설기술연구원	자문위원
2021.01.01 - 2021.12.31	강석태	사단법인 한국막학회	기획이사
2021.01.01 - 2021.12.31	이행기	대한토목학회	비상근등기이사
2021.01.18 - 2021.03.31	조계춘	재단법인경남교육문화재단	자문위원
2021.02.15 - 2021.05.14	여화수	대전세종연구원	원고 청탁
2021.02.17 - 2021.03-08	손훈	부산항만공사	자문위원
2021.02.22 - 2021.02.26	권태혁	한국건설기술연구원	자문위원
2021.03.01 - 2022.02.28	강석태	한국토지주택공사	자문위원
2021.03.01 - 2022.02.28	강석태	국토교통부	자문위원
2021.03.01 - 2022.02.28	강석태	한국수자원공사 금강유역본부	검토위원
2021.03.10 - 2021.03.10	손훈	한국연구재단	심사위원
2021.03.12 - 2021.03.23	권태혁	한국전력공사전력연구원	자문위원
2021.03.17 - 2021.03.17	손훈	한국연구재단	평가위원
2021.03.17 - 2021.03.17	손훈	국토교통부	자문위원
2021.03.30 - 2023.03.29	강석태	(재)화성산업진흥원	자문위원
2021.04.01 - 2021.05.31	권태혁	한국지질자원연구원	자문위원
2021.04.01 - 2021.06.30	여화수	충남연구원	비상임 연구위원
2021.04.01 - 2022.02.28	조계춘	국토교통부	자문위원
2021.04.07 - 2021.04.07	손훈	한국건설기술연구원	자문위원
2021.04.07 - 2021.04.07	손훈	한국연구재단	평가위원
2021.04.08 - 2023.03.31	이행기	사단법인 한국전산구조공학회	비상근등기이사

2021.04.08 - 2023.03.31	홍정욱	한국전산구조공학회	비상근등기감사
2021.04.17 - 2023.04.16	강석태	한국수자원공사	위원회 활동
2021.04.29 - 2021.04.29	손훈	한국연구재단	평가위원
2021.05.01 - 2023.04.30	명재욱	대전광역시	자문위원
2021.05.20 - 2022.12.31	강석태	새만금개발공사	위원회 활동
2021.05.24 - 2021.07.23	강석태	한국수자원공사 진도수도지사	자문위원
2021.06.11 - 2023.06.10	명재욱	금강유역환경청	자문위원
2021.07.01 - 2023.06.30	명재욱	금강유역환경청2	자문위원
2021.07.07 - 2021.09.07	명재욱	서울기술연구원	자문위원
2021.07.14 - 2021.12.31	손훈	국가철도공단	설계심의분과위원-토 목구조

## 2) 사회 문제 해결 계획

본 교육연구단은 사회 문제 해결을 위하여 1) 사회 문제 발굴 및 지원 전략, 2) 글로벌 연구 네트워크 형성, 3) 사회 문제 해결 기술 사업화 지원을 전략으로 선정하였다.

사회 문제 발굴 및 지원 전략의 경우, 인류의 임박한 문제 해결을 위한 새로운 주제를 발굴하고 지원하고자 하였다. 이를 위해 다양한 기관들과의 교류를 위한 활동을 수행하였으며, 교류를 통해 인류가 해결해야 하는 주제를 발굴하고 연구과제로 선정하여 수행하고자 한다.

글로벌 연구 네트워크 형성의 경우, 해외 연구진과의 새로운 연구 및 교육 네트워크 형성과 공동세미나 개최, KKHTCNN, KKNK 등에서 사회 문제 해결 세션을 추가하는 것을 계획하였다. COVID-19로 인하여 최근 1년간의 활발한 활동이 어려웠으나, 향후에는 온라인 기반 교류를 통한 연구 네트워크 형성을 수행하고자 한다. 또한, 온라인 기반 세미나 및 학회개최에서 사회 문제 해결을 위한 세션 추가 및 논의를 수행하고자 한다.

사회 문제 해결 기술사업화 지원의 경우, 사회 문제 해결 기술 관련 정보를 홈페이지에 게시하고 사업화 가능한 항목들의 사업화 기술을 연구하고자 하였다. KAIST 건설 및 환경공학과는 학과 홈페이지에 연구 분야 항목에 수행 연구 및 업적을 게시하여 사회 문제 관련 기술정보에 접근성이 용이하게 하였다. 또한, 사업화 기술 연구를 수행할 수 있는 환경을 제공하여 본 교육연구단에 포함된 연구교수들이 지속적인 사업화 기술연구 수행이 가능하게 할 것이다.

### 3. 참여교수의 연구의 국제화 현황

#### ① 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

본 사업단 참여교수들은 연구 분야별 국제학회 및 학술대회 등에서 선도적인 역할을 하고 있고, 특히 ISSMGE (International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering), SPIE (International Society for Optics and Photonics), ICCES (International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences) 등 국제 최고권위 학회에서 5명의 사업단 소속 교수가 Fellow로 활동 중이며, 지난 1년간 총 4건의 국제학회 수상 및 24건의 초청 및 기조강연 실적, 36건의 국제 학술회의 조직위원장 및 사무국장 실적 등 매우 활발한 국제 학술활동을 보여주고 있는 등, 국제적인 학술 활동에 있어 리더십을 발휘하고 있다. 이외에도 연구자의 국제적 인지도의 척도라 할 수 있는 국제 학술지 편집위원으로 총 15명의 참여교수가 활발한 활동을 보이고 있으며, 지난 1년간 총 51건의 편집위원 실적을 보이고 있다. 이러한 국제 학술활동 참여 활동 사항 중 분야별 대표적인 주요 실적들은 아래와 같다.

#### 1) 국제학회/학술대회 활동 실적

##### 1-1) 주요 수상 실적

본 사업단 참여교수들은 지난 1년간 총 4건의 국제 학술대회 수상실적을 보이는 등 연구 성과의 국제적 인지도에서 높여나가고 있다. 최우수논문상 (Best Paper Award), 우수 편집자상 (Distinguished Service as Outstanding Associate Editor) 수상 등 학술 및 연구 분야에서 국제적 위상을 지속적으로 높여가고 있다 ([별표 3-6] 참고).

[별표 3-6] 참여교수 국제 학술대회 수상 실적

교수명	수상일자	수상명	학술지/학회명
유지환	2020.10.25	Best paper award	IEEE RnA Magazine
이행기	2020.12.31	Academic achievement award	Korean Society of Civil Engineers
유지환	2021.06.02	Best paper finalist	2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems
김아영	2021.06.04	Distinguished Service as Outstanding Associate Editor	IEEE Robotics and Automation Letters

##### 1-2) 주요 초청강연 및 기조연설 실적

국제적으로 저명한 포럼, 국제학회, 주요기관 및 해외대학 등에서 총 24회의 초청강연 및 기조연설을 갖는 등 활발한 국제 연구 교류를 선도하고 있으며, 이는 관련 분야의 세계적 권위자로 인정받고 있음을 의미하는 동시에 앞으로 본 사업단의 지원으로 얻어진 성과를 국제학회 및 포럼 등을 통해 빠르게 전파할 수 있는 선도적 역량을 보유하고 있음을 의미한다. 초청강연의 주제들은 구조물 진단, 최적화, 에너지, 교통, 댐 구조물, 로봇 등 건설공학의 다양한 분야를 총망라하고 있다 ([별표 3-7] 참고).

[별표 3-7] 초청 및 기조강연 실적

교수명	활동내역	연도	주최 및 주제
강석태	Keynote speech	2020	2020 AI Week Festival
권태혁	Invited talk	2020	2nd US-Korea Geotech Workshop
김아영	invited talk	2020	2020 Intelligent Sensing Summer School 로보틱스에서 data association 문제
김아영	invited talk	2020	대한여성과학기술인회 (KWSE)
김아영	invited talk	2020	한국전자통신연구원
김아영	invited talk	2020	한국기계학회 / 전문가리뷰세션강연
손훈	Invited Presentation	2020	Joint Scientific Seminar on Energy Technologies between KAIST and DTU / Autonomous inspection and continuous monitoring of wind turbines and other structures
손훈	Invited Presentation	2020	The 5th International Conference on Structural Health Monitoring and Integrity Management / Application of nondestructive testing techniques to online 3D printing monitoring
유지환	Invited talk	2020	Introduction to Soft Robot Research in IRiS Lab, SAMSUNG Research
유지환	Invited talk	2020	Introduction to IRiS, Korea Haptic Society Workshop
윤석환	Invited speaker	2020	"Cometabolic vinyl chloride degradation at acidic pH catalyzed by acidophilic methanotrophs isolated from alpine peat bogs" IUMS2020
윤석환	Invited presentation	2020	"미생물생태학적 접근법을 활용한 질소제거공정 배출가스의 아산화질소 제거" 국립생물자원관 산학연합의회 전문가 소위원회 발표
윤석환	Invited presentation	2020	"Towards environmental applications of dissimilatory nitrate reduction to ammonium (DNRA)" Norway University of Life Sciences online presentation
윤윤진	Invited talk	2020	국토교통부
윤윤진	Invited talk	2020	International Symposium on Urban Air Mobility
윤윤진	Invited talk	2020	SK 렌터카강연: Many Faces of Urban Mobility: Data, Topology and Network
이행기	Semi Plenary Lecture	2020	"Micromechanical modeling of different types of composites in construction", The 3rd International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE 2020)
강석태	Invited talk	2021	Frontier Academic Lectures at Dalian University of Technology
권태혁	Invited talk	2021	EOR Technology Collaboration Panel (TCP), International Energy Agency (IEA)
김아영	keynote	2021	한국로봇학회
손훈	Invited Presentation	2021	10th Australasian Congress on Applied Mechanics / Real-time nondestructive testing during metal additive manufacturing
손훈	Keynote speaker	2021	DAMAS 2021, Shanghai / Online nondestructive testing during metal 3D printing
손훈	Plenary speaker	2021	OPTICSMEET2021
여화수	Invited talk	2021	인공지능 기반 미래 모빌리티 강연, 고려대학교
여화수	Invited talk	2021	RIT 포럼 특강, 연세대학교
여화수	Invited talk	2021	Conference on Artificial Intelligence in Smart Cities. KSCEE-KOTAA-KOCSEA
여화수	Invited talk	2021	희망상상 전문가 강연 프로젝트, 충남연구원

여화수	Invited talk	2021	인공지능과 도시교통혁명, 국회도서관
여화수	Invited talk	2021	스마트시티, KAIST 과학영재교육연구원
여화수	Invited talk	2021	스마트시티와 미래 모빌리티 도시구축 방안, 세종창조경제혁신센터
유지환	Invited talk	2021	Haptics Research in IRiS Lab, HYUNDAI
유지환	Invited talk	2021	Soft Robot Technologies in IRiS Lab, Dongguk University
윤석환	Invited Engineering Seminar	2021	"Trends in drinking water microbiome research" K-Water
윤윤진	Invited talk	2021	국가수리과학연구소
조계춘	Lecture	2021	한국터널지하공간학회 - 터널기술강좌 TBM 터널 [이론과 실무]

### 1-3) 주요 좌장 및 위원회 실적

본 사업단 참여교수들은 각종 국제학술회의 조직위원장으로 활동하는 등 국제학술회의 조직 및 운영에 적극적으로 참여하고 있다. 대부분의 참여 교수들은 주요 국제학회, Workshop 등에서 한국 조직위원장, Co-chair, Associate Chair, Committee member 등으로 활약해 왔다(총 36건). 특히, International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, SPIE Smart Structures, International Conference on Geomechanics and Engineering, International Conference on Computational Technologies in Concrete Structures, 등 정통 건설 분야 및 스마트, 방재 등에서 본 사업단의 국제적 인지도 향상을 이루어 왔다 ([별표 3-8] 참고).

#### [별표 3-8] 좌장 및 위원회 대표 활동

교수명	활동내역	연도	주최
김동수	TC101, TC103 Member	2000-2020	International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering
손훈	Award Selection Committee	2003-present	The International Workshop on Structural Health Monitoring
손훈	Program Coordinator	2008-present	The International Summer Camp on Smart Structures Technology
곽효경	General Council	2009-present	International Association of Computational Mechanics, IACM
손훈	International Organization Committee	2009-present	International Workshop on Structural Health Monitoring
조계춘	Korea Representative	2011-present	ISSMGE - TC105 Geomechanics
홍정욱	Program Committee member	2012-present	SPIE Smart Structures/NDE
정형조	Program Committee member	2013-present	SPIE Smart Structures/NDE (Active and Passive Smart Structures and Integrated Systems)
조계춘	Korea Representative	2013-present	ISSMGE - TC308 Energy Geotechnics
김동수	Chair of Organizing Committee	2014-2020	19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Seoul
윤윤진	National Advisor	2014-present	ICAO Safety Management Panel (SMP)
이행기	Editorial Advisory Board Member	2014-present	International Journal of Damage Mechanics
정형조	Secretary	2014-present	Asia-Pacific Network of Centers for Research in Smart Structures Technology
윤윤진	UAS system	2016-present	International Standardization Organization (ISO) UAV SC16

	standardization		
윤윤진	UTM related research and policy	2017-present	U.S. National Academies of Science Transportation Research Board (TRB), UAV Subcommittee
조계춘	Korea Representative	2017-present	ISSMGE - TC306 Geo-Education
김동수	조직위원장	2018-2020	10th ICPMG 2022
김동수	위원장	2018-2020	ISSMGE TC104 Physical Modelling in eotechnics
손훈	Conference Co-Chair	2018-present	SPIE Conference on Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical and Aerospace Systems
권태혁	Nominated member	2018-present	TC306 Geo-Education, International Society and Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE)
권태혁	Corresponding member	2018-present	TC308 Energy Geotechnics, International Society and Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE)
권태혁	Local organizing committee member	2018-present	10th International Conference on Physical Modelling in Geotechnics 2022 (ICPMG 2022)
권태혁	Chair-nominated member	2019-present	TC104 Physical Modeling, International Society and Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE)
곽효경	Secretary General	2019-2020	The 2020 World Congress on Advances in Civil, Environmental, & Material Research (ACEM20)
곽효경	Chair	2020-2021	The 2021 International Conference on Computational Technologies in Concrete Structures(ICTCS21)
곽효경	Secretary General	2020-2021	The 2021 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics(ASEM21)
김아영	Committee	2020	2020 IROS Senior Program Committee
윤석환	Sesseion Convener	2020	IUMS 2020
윤석환	Organizer	2020	국회물포럼 미래혁신위원회 위원
이행기	Chair	2020	The 3rd International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE 2020)
김아영	Committee	2021	한국로봇학회
명재욱	Session Chair	2021	Korea Society of Waste Management (KSWM), Organic waste treatment and recycling
손훈	Symposium Chair	2021	Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers
손훈	Editor	2021	Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers
손훈	Committee	2021	International Workshop on Structural Health Monitoring
유지환	Award chair	2021	The 21st International conference on control, automation and systems
이행기	Minisymposium Organizer	2021	10th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management (IABMAS 2020)

#### 1-4) 국제학회 석학회원 (Fellow) 활동

ISSMGE (International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering), SPIE (International Society for Optics and Photonics), ICCES (International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences) 등 국제 최고권위 학회에서 5명의 사업단 소속 교수가 Fellow로 활동 중이다 ([별표 3-9] 참고).

[별표 3-9] 국제 저명 학회 Fellow 현황

교수명	기간	저널 및 학회에서의 직위	저널 및 학회 명
조계춘	2008-현재	Senior Editor	KSCE Journal of Civil Engineering
조계춘	2011-현재	Korea Representative	International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE) - TC105 Geo-mechanics
조계춘	2013-현재	Korea Representative	International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE) - TC308 Energy Geotechnics
이행기	2014-현재	Distinguished Fellow	International Conference on Computational & Experimental Engineering & Sciences (ICCES)
유지환	2014-현재	Steering Committee	Asia Haptic Society
김동수	2015-2020.10	Editorial Panel Member	Geotechnique latter
조계춘	2015-현재	Editors-in-chief	Geomechanics and Engineering, International
손훈	2017-현재	Fellow	SPIE (International Society for Optics and Photonics)
이행기	2017-현재	General Council Member	International Association for Computational Mechanics (IACM)
김동수	2018-2020.10	Editorial board	International Journal Geoengineering Case Histories (IJGCH)
김동수	2018-2020.10	Editorial advisory board	International Journal of Physical Modelling in Geotechnics (IJPMG)
이행기	2018-현재	Organizing Committee	International Conference on Computational & Experimental Engineering and Sciences (ICCES)
유지환	2018-현재	Editor in chief	World Haptics Conference
유지환	2018-현재	Distinguished lecturer	IEEE Robotics and Automation Society
유지환	2019-현재	Steering Committee	World Haptic Society
유지환	2021-현재	Co-chair	IEEE Technical Committee on Haptics

#### 1-5) 국제 학술지 관련 활동 실적

본 사업단 참여교수 대부분이 분야별 세계 최고 수준의 학술지의 편집위원 및 위원장으로 활발한 활동을 하고 있으며, 지난 1년간 총 51건의 편집위원 활동이 있었다 ([별표 3-10] 참고).

[별표 3-10] SCI(E)급 국제학술지 편집장 실적

저널 및 학회 명	교원 명	저널 및 학회에서의 직위	임기 시작일	임기 종료일	기타 특이사항
Int'l Journal of Structural Engineering and Mechanics	곽효경	Editorial Board Member	1999.03	현재	
An International Journal of Structural Health Monitoring	손훈	Associate Editor	2004	현재	
An International Journal of Smart Structures and Systems	손훈	Editorial Board Member	2004	현재	
Structural Engineering and Mechanics	곽효경	Editorial Board member	2005	현재	
Acta Geotechnica International Journal	이승래	Editor	2005	현재	
KSCE Journal of Civil Engineering	조계춘	Senior Editor	2008	현재	
Geomechanics and Engineering (GAE)	조계춘	Editor in Chief	2009	현재	
Korean Society of Nondestructive Testing	손훈	Borad Member	2010	현재	
International Journal of Earthquakes and Structures	정형조	Editorial Board Member	2010	현재	
International Journal of Computers and Concrete	곽효경	Editorial Board Member	2010	현재	
Advances in Materials Research	정형조	Editorial Board Member	2010	현재	
Structural Control and Health Monitoring	손훈	Editorial Board Member	2011	현재	
Computers & Structures	홍정욱	Editor	2011	현재	
Coupled Systems Mechanics	정형조	Editorial Board Member	2012	현재	
KSCE Journal of Civil Engineering	조계춘	Senior Editor	2012.01	현재	
KSCE, Journal of Civil Engineering	손훈	Editorial Board Member	2013	현재	
Advances in Structural Engineering	손훈	Editorial Board Member	2013	현재	
International Journal of Damage Mechanics	이행기	Editorial Advisory Board Member	2014	현재	
Advances in Engineering Software	홍정욱	Editorial board member	2014	현재	
Environmental Engineering Research	강석태	Topical Editor	2014.01	현재	
Geotechnique Letters	김동수	Editorial Board	2015	2020.10	
KSCE Journal of Civil Engineering	김재홍	Associate Editor	2015	현재	
Journal of Vibration and Control	정형조	Associate Editor	2015	현재	
International Journal of Geo-Engineering	권태혁	Associate Editor	2015	현재	
Geomechanics and Engineering, International	조계춘	Editors-in-chief	2015	현재	
Springer Encyclopedia of Robotics(Robotic Interfaces)	유지환	Section Editor	2016	현재	SCI급에 해당하는 백과

					사전
Journal of Structural Integrity and Maintenance	김재홍	Editorial Board member	2016	현재	
journal of microbiology and biotechnology	윤석환	Editor	2016	현재	
Computers and Concrete	곽효경	Editor in Chief	2016.08	현재	
Journal of Nondestructive Evaluation, Diagnostics and Prognostics of Engineering Systems	손훈	Associate Editor	2017	현재	
ASME Journal of Nondestructive Evaluation, Diagnostics and Prognostics of Engineering Systems	손훈	Associate Editor	2017	현재	
International Journal Geoengineering Case Histories	김동수	Editorial Board	2018	2020.10	
Smart Structures and Systems	정형조	Editor in Chief	2018	현재	
Journal of Peridynamics and Nonlocal Modeling	홍정욱	Editorial board member	2018	현재	
International Journal of Physical Modelling in Geotechnics	김동수	Editorial Advisory Board Member	2019	2020.10	
Ultrasonics journal	손훈	Associate Editor	2019	현재	
Sensors	손훈	Editorial Board Member	2019	현재	
International Journal of Structural Stability and Dynamics	홍정욱	Editorial board member	2019	현재	
IEEE Robotics and Automation Society	김아영	Associate Editor	2019	현재	
Frontiers of Structural and Civil Engineering	김재홍	Editorial Board Member	2019	현재	
Applied Sciences	강석태	Editorial board member	2019	현재	
Water Research	강석태	Associate Editor	2019.01	2021.02	
KSCE Journal of Civil Engineering	강석태	Associate Editor	2019.06	현재	
Environmental Geotechnics	권태혁	Editorial Board Member	2020	현재	
KSCE Journal of Civil Engineering	정형조	Deputy Editor	2020.01	2020.12	
Mechatronics	유지환	Associate Editor	2020.02	현재	
IEEE Robotics and Automation Letters	유지환	Senior Editor	2020.02	현재	
Frontiers in Microbiology	윤석환	Associate Editor	2020.02	현재	
IEEE Transactions on Robotics	김아영	Editorial Board (Associate Editors)	2021	현재	
Water research	강석태	Editor	2021.03	현재	
Transportation Research part C	여화수	Editorial Advisory Board	2021.04	현재	

② 국제 공동연구 실적

<표 3-6> 최근 1년간 국제 공동연구 실적

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단 참여교수	국외 공동연구자			
1	강석태	Ruengruehan, Kaiwit	태국/Chulalongkorn University	Ruengruehan, K., Kang, S., Sanphoti, N., & Khaodhiar, S. (2020). Effect of Surfactant Properties on the Performance of Forward Osmosis Membrane Process. Journal of Ecological Engineering, 21(8).	10.12911/22998993/127432
2	권태혁	Cha, Wonjun, Santamarina, J.Carlos,	아랍에미리트/King Abdullah Univ. of Science and Technology	Noh, D. H., Cha, W., Santamarina, J. C., Cho, G. C., and Kwon, T. H. (2021). "Effect of Soft Viscoelastic Biopolymer on the Undrained Shear Behavior of Loose Sands." Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 147(8), 04021072.	10.1061/(asce)gt.1943-5606.0002582
3	여화수	Bierlaire, Michel	스위스/École Polytechnique Fédérale de Lausanne	Kim J, Tak S, Bierlaire M and Yeo H, "Trajectory Data Analysis on the Spatial and Temporal Influence of Pedestrian Flow on Path Planning Decision", Sustainability Vol.12(24), 10419.	10.3390/su122410419
4	여화수	Ge, YE, Xu,M, Sze,T	중국/Shanghai Maritime Univ 중국 /BeijingJiatongUniv 홍콩 /HongKongPolytechnic University	Yeo H, Ge Ying-en , Jang K, Xu Meng & Sze T, "Emerging technologies for sustainable transportation system", International Journal of Sustainable Transportation, Vol. (15(5) pp.323-324.	10.1080/15568318.2020.1833264
5	유지환	Lee, J.	독일/DLR	Lee, H; Ryu, JH; Lee, J; Oh, S; "Passivity Controller Based on Load-Side Damping Assignment for High Stiffness Controlled Series Elastic Actuators", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, vol.68, no.1, pp.871~881, 2021.01.	http://dx.doi.org/10.1109/TIE.2020.3013751
6	유지환	EI-Hussieny, H.	이집트/Benha University	El-Hussieny, H, Hameed, IA, Ryu, JH, "Nonlinear Model Predictive Growth Control of a Class of Plant-Inspired Soft Growing Robots," IEEE ACCESS, vol. 8, pp.214495~214503, 2020.12.	http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3041616
7	유지환	Jafari, A.	영국/University of The West of England	Ryu, JH; Ha-Van, Q; Jafari, A; "Multilateral Teleoperation Over Communication Time Delay Using the Time-Domain Passivity Approach", IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY, vol.28, no.6, pp.2705~2712, 2020.11.	http://dx.doi.org/10.1109/TCST.2019.2948126
8	유지환	Okamura, AM.	미국/Stanford University	Coad, MM; Blumenschein, LH; Cutler, S; Zepeda, JAR; Naclerio, ND; El-Hussieny, H; Mehmood, U; Ryu, JH; Hawkes, EW; Okamura, AM; "Vine Robots: Design, Teleoperation, and Deployment for Navigation and Exploration", IEEE ROBOTICS & AUTOMATION MAGAZINE, vol.27, no.3, pp.120~132, 2020.09.	http://dx.doi.org/10.1109/MRA.2019.2947538
9	유지환	Ott, C.	독일/DLR	Singh, H, Rothammer, M, Lee, CI, Hulin, T, Ryu, JH,	10.1007/978-3

				Ott, C, "Ensuring Stable and Transparent High Stiffness Haptic Interaction Using Successive Force Augmentation with Time Domain Passivity Approach", The International Symposium on Experimental Robotics (ISER), Virtual, MT, 2021.03.22, pp.263~273	-030-71151-1_24
10	유지환	Okamura, AM.	미국/Stanford University	Jeong, SG, Ryu, JH, Coad, MM, Blumenschein, LH, Luo, M, Mehmood, U, Kim, JH, Okamura, AM, "A Tip Mount for Transporting Sensors and Tools using Soft Growing Robots", 2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), On Demand, US, 2020.10.25	10.1109/IROS45743.2020.9340950
11	윤석환	Song, B.	미국/Virginia Institute of Marine Sciences	Heo, H., Kwon, M., Song, B., Yoon, S.* (2020) involvement of NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> in ecophysiological regulation of dissimilatory nitrate/nitrite reduction to ammonium (DNRA) is implied by physiological characterization of soil DNRA bacteria isolated via a colorimetric screening method. Appl. Environ. Microbiol. 86:e01054-20	<a href="http://dx.doi.org/10.1128/AEM.01054-20">http://dx.doi.org/10.1128/AEM.01054-20</a>
12	윤석환	Semrau, J.D.	미국/University of Michigan	Chang, J., Kim, D. D., Semrau, J. D., Lee, J., Heo, H., Gu, W., Yoon, S.* (2021) Enhancement of nitrous oxide emissions in soil microbial consortia via copper competition between proteobacterial methanotrophs and denitrifiers. Appl. Environ. Microbiol. 87:e02301-20	<a href="https://doi.org/10.1128/AEM.02301-20">https://doi.org/10.1128/AEM.02301-20</a>
13	윤석환	Frank E. Löffler	미국/University of Tennessee, Oak Ridge National Laboratory	Choi, M, Yun, T., Kim, J., Song, M. J., Lee, B., Löffler, F. E., Yoon, S.* (2021) Comatabolic vinyl chloride degradation at acidic pH by acidophilic methanotrophs isolated from alpine peat bogs. Environ. Sci. Technol. 55:5959-5969	<a href="https://doi.org/10.1021/acs.est.0c08766">https://doi.org/10.1021/acs.est.0c08766</a>
14	이행기	Amr, I.T., Fadhel,B.A., Bamagain, R.A., Hunaidy,A. S.	사우디아라비아/Saudi Aramco	Kim, S.H., Amr, Issam T., Fadhel, Bandar A., Bamagain, Rami A, Hunaidy, Ali S., Park, S.M., Seo, J.H., and Lee, H.K. (2021) "The effect of combined carbonation and steam curing on the microstructural evolution and mechanical properties of Portland cement concrete." Advances in Concrete Construction, Vol. 11, pp. 367-374.	10.12989/acc.2021.11.5.367
15	홍정욱	F. Ahmad	오만/Dhofar University	F. Ahmad, H. Mehboob, F. Abbassi, J.W. Hong, J. Zghal, and A. Mehboob. (2021). "Numerical Investigation to Evaluate the Energy Effect on the Impact Resistance of an Aircraft Carbon Fiber-Reinforced Polymer Composite." Mechanics of Advanced Materials and Structures, In print.	<a href="https://doi.org/10.1080/15376494.2021.1931731">https://doi.org/10.1080/15376494.2021.1931731</a>
16	홍정욱	F. Ahmad	오만/Dhofar University	F. Ahmad, F. Abbassi, M. Ul-Islam, F. Jacquemin, J.W. Hong. (2021). "Enhanced Impact-Resistance of Aeronautical Quasi-Isotropic Composite Plates Through Diffused Water Molecules in Epoxy." Scientific Reports, 11:1775.	<a href="https://doi.org/10.1038/s41598-021-81443-w">https://doi.org/10.1038/s41598-021-81443-w</a>
17	홍정욱	J.E. Bolander	미국/University of California	Y.K. Hwang, J.E. Bolander, Y.M. Lim, and J.W. Hong. (2021). "Coupling of SPH and Voronoi-cell Lattice Models for Simulating Fluid-structure Interaction." Computational Particle Mechanics, Vol. 8(4), pp.813-823.	<a href="https://doi.org/10.1007/s40571-020-00371-0">https://doi.org/10.1007/s40571-020-00371-0</a>

### ③ 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

본 사업단 참여교수들은 지난 2년 동안 외국 대학 및 연구기관의 연구자들과 활발히 교류하며 인적 네트워크를 구축해왔으며, 연구 분야별 국제학회 및 학술대회 등에서 선도적인 역할을 해왔고, 교수 및 석학을 비롯하여 대학원생들의 파견, 초빙, 초청 등 다양한 형태로 연구 교류를 진행해왔다. 이러한 연구자 교류 실적 중 대표적인 주요 실적들은 아래와 같다.

#### 1) 해외연사 초청 세미나

국제 네트워크 구축 및 강화를 위해 해외 석학의 세미나를 초청하여 개최하였으며, 참여교수들 또한 해외기관 세미나에 참석하여 연구 교류를 위한 노력을 지속해왔다. 초청연사의 소속기관은 스코틀랜드의 University of Glasgow, 미국의 San José State University로 유수의 대학들과 연구 교류의 시간을 가졌다 ([별표 3-11] 참고).

추후 국제 네트워크 구축 및 강화를 위해 해외 석학의 세미나 초청을 적극 권장하여 연구 교류의 기회를 넓히고자 한다.

[별표 3-11] 해외연사 초청 세미나 실적

세미나 개최 참여교수	초청연사명	초청연사 소속기관명	대륙	대상국가	세미나 개최일	세미나 주제
김영철	Jinhyun Hong	University of Glasgow	유럽	스코틀랜드	2021.03.23	TRANSPORT AND INEQUITY
홍정욱	편재호	San José State University	북미	미국	2021.06.28	Startup and Smart City Seminar Series

#### 2) 해외기관 세미나 참석

해외연사를 초청하여 연구 교류를 하였을 뿐만 아니라 권태혁 교수, 유지환 교수는 직접 해외기관 세미나에 초청되어 교류의 폭을 넓혔다 ([별표 3-12] 참고).

[별표 3-12] 해외기관 세미나 참석 실적

참여교수	세미나 개최기관명	개최국가	세미나 개최일자	세미나 주제
유지환	2020 Internal Conference Nonlinearity, Information and Robotics, Innopolis University.	러시아, Online	2020.06.08	Passivity-based Control Approaches for Assuring Safe Physical Human-Robot Interaction
권태혁	University of Nebraska-Lincoln	미국	2020.10.23	Toward microbial soil improvement: Impact of soft viscoelastic bacterial biopolymers on soil behavior
권태혁	IEA EOR TCP	Online	2021.05.29	In situ bacterial modification of fluid-rock interfacial properties for microbial enhanced oil recovery (MEOR)

### 3) 향후 추진계획

사업기간 동안 COVID-19 상황으로 인해 해외연사 초청 세미나 및 해외기관 세미나 참석이 어려웠으나, 권태혁 교수, 유지환 교수는 온라인을 통해 해외기관 세미나에 참석하였으며, 온라인 세미나를 통해서도 충분한 국제 교류가 이루어질 수 있음을 보였다. 향후 온라인을 통한 해외연사 초청 및 해외기관 세미나 참석을 적극 장려하여 COVID-19 상황 이후에도 국제 교류의 폭을 더욱 넓히도록 한다.

또한, 본 교육연구단은 현재 체결되어 있는 국제 MOU([별표 3-13] 참고)나 수행 중인 국제공동연구 등 기구축된 국제 네트워크를 더욱 견고히 하고, 국제 교류 프로그램을 보다 적극적으로 참여하고 주관하여 한 단계 높은 수준의 글로벌 협력관계를 구축하고자 한다.

이를 통해 해외 연사 초청 세미나 및 해외 기관 세미나 참석 횟수를 최근 1년간 실적 대비 100%로 향상을 목표로 한다([별표 3-14] 참고).

[별표 3-13] 국외 MOU 체결 현황

협약 체결일	협약기관	국가	협약내용	기간
2017.12.13	Tongji University	China	Memorandum of Student Exchange	5년
2018.01.01	University of California, Berkeley	USA	Memorandum of Understanding	5년
2019.07.24	University Teknologi Mara (UiTM)	Malaysia	Letter of Agreement	3년


[별표 3-14] 해외 세미나 초청 및 참석의 당초 목표 대비 실적 및 계획

항목	당초 목표	실적	계획
해외 연사 초청 세미나	-	2	4
해외 기관 세미나 참석	-	3	6

IV

4단계 BK21 교육연구단(팀) 관련 언론보도 리스트

교육연구단(팀)명	스마트 사회기반시스템 글로벌 인재 양성 교육연구단
교육연구단(팀)장명	정형조

연번	구분	언론사명 /수상기관 등	보도일자/ 수상일자 등	제목/ 수상명 등	관련 URL
		주요내용 (200자이내)			
1	수상	Naver Labs	20.09.02	Naver Labs Mapping & Localization Challenge Indoor 부문 우승	<a href="http://www.cctvnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=208706">http://www.cctvnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=208706</a>
		<p>본 대회는 네이버랩스의 새로운 매핑 로봇인 M1X를 통해 취득한 판교 현대백화점 1층과 지하 1층의 이미지, LiDAR 데이터, ground truth정보를 활용하여, 주어진 임의의 사진에 대해 그 사진이 백화점의 어느 위치에서 찍혔는지 추정하는 대회로 본 참가팀은 12개의 참가팀 중 가장 높은 정확도(84.68%/95.39%/97.40%)를 기록해 최종 우승을 차지하였다.</p> 			
2	성과	기계신문 외 3	20.09.20	이산화탄소를 일산화탄소로 만드는 저렴한 촉매 개발	<a href="http://www.mtnews.net/news/view.php?idx=">http://www.mtnews.net/news/view.php?idx=</a> , <a href="https://www.etnews.com/20200920000033">https://www.etnews.com/20200920000033</a> , <a href="https://www.hankyung.com/society/article/2020092336351">https://www.hankyung.com/society/article/2020092336351</a> <a href="https://www.koscaj.com/news/articleView.html?idxno=213052">https://www.koscaj.com/news/articleView.html?idxno=213052</a>

전기화학적 이산화탄소 전환 기술은 지구 온난화의 주요 원인인 이산화탄소 배출량 감소와 탄소 재활용을 포함하는 자원고갈 문제의 해결책으로서 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 지구 온난화를 일으키는 이산화탄소를 일산화탄소로 바꾸는 주석(Sn) 촉매를 개발하였다. 이는 탄소지지체 기반의 일체형 촉매전극이며, 저렴한 주석을 사용하여 일산화탄소를 저렴하고 효율적으로 생산할 방법으로 기대된다.

한국경제

프린트

닫기

## 온실가스→일산화탄소로...울산과기원, 주석 촉매 개발

입력 2020-09-23 17:59 수정 2020-09-24 02:57



권영국 교수

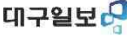

강석태 교수

김형준 교수

UNIST(울산과학기술원)는 권영국 에너지화학공학과 교수 연구팀이 온실가스인 이산화탄소를 일산화탄소로 바꾸는 값싸고 효율적인 주석 촉매를 개발했다고 23일 발표했다. 연구에는 KAIST 강석태 건설 및 환경공학과 교수, 김형준 화학과 교수가 공동 참여했다.

주석은 일산화탄소를 생산하는 금은 기반 촉매보다 저렴하다는 장점이 있다. 하지만 주석을 이산화탄소 변환 반응에 쓰면 일산화탄소보다 포름산이 더 많이 생기는 문제가 있다. 포름산은 자극적인 냄새가 나는 무색의 액체다.

3	기타	대구일보	20.12.16	스마트시티 신기술의 시범 도입으로 주거·교통·환경 등 도시문제를 해결 기대	<a href="http://www.idaegu.com/newsView/idg202012160022">http://www.idaegu.com/newsView/idg202012160022</a>
		<p>안전한 생활환경 구현을 목표로 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 한국토지주택공사, 한국과학기술원 홍정욱 교수 등이 함께 사업을 수행 중으로, 대구 서구 비산2·3동 인동촌 도시재생 마을에 전국 최초로 한국판 뉴딜의 핵심 과제인 스마트시티 신기술이 시범 도입되어 지역의 주거·교통·환경 등 도시문제를 해결하고 주민들의 삶의 질 향상에 도움을 줄 것으로 기대된다.</p>			

		<div style="text-align: center;">  </div> <p>시행  <b>대구 서구 안동촌 도시재생 마을, 스마트시티로 거듭난다</b></p> <p>대구 서구 비산23동 안동촌 마을, 도시재생사업 집행      경북 스마트시티 산거울 전국 최초 시범 도입</p> <p>기사일련: 2020-12-16 11:38:09 최종 수정: 2020-12-16 11:38 기자</p>  <p>한국과학기술연구원 대구 서구 비산23동 안동촌 도시재생 마을에 추진 중인 스마트 기술개발사업 인정을 위한 자료 수집에 나간 모습.</p> <p>대구 서구 비산23동 안동촌 도시재생 마을에 전국 최초로 한국판 뉴딜의 핵심 과제인 스마트시티 신기술이 시범 도입돼 지역의 주거·교통·환경 등 도시문제를 해결하고 주민들의 삶의 질 향상에 도움을 줄 것으로 기대된다.</p> <p>대구 서구청은 기존 안동촌 도시재생 사업에 3가지로 구성된 스마트 기술개발사업을 접목시켜 도시 회복력을 창출할 계획이다.</p> <p>스마트 기술개발사업은 정부가 2025년까지 스마트시티 조기 확산과 국가 SOC(사회간접자본)의 디지털화를 목표로 하는 국정연구 핵심과제다.</p> <p>도시에 ICT(정보통신기술), 빅데이터, 등의 스마트 신기술을 접목해 재해 및 재난에 대한 문제를 해결한다.</p> <p>이 사업을 통해 쇠퇴지역 재생 역할 강화를 위한 기술 개발이 이뤄진다.</p> <p>건축물과 기반시설 노후화에 따른 재난재해를 사전에 감지하고 예방할 수 있는 도시재생 사업 계획을 수립하는 것이다.</p> <p>서구청은 도시재생지원센터를 통해 폭염·폭우·계층에 대한 상세 위치 기반의 실시간 폭염 정보 수집을 위한 경정 원터와 저감 시설을 구축할 바 있다.</p> <p>현재 안전한 생활환경 구현을 목표로 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 한국토지주택공사, 한국과학기술원, 울산과학기술원 등이 함께 사업을 수행 중에 있다.</p> <p>GPS(위성항법장치)와 열화상 카메라 등이 탑재된 '휴대용 센서 시스템' 기술을 통해 안동촌 내 차량 접근이 불가능 좁은 골목의 공간 정보를 확인할 수 있다.</p> <p>화재 예방을 위한 스마트 화재 감지기도 30가구에 무료로 설치 지원된다.</p> <p>데이터 공유를 통한 도시 재난재난 안전 및 사회 안전 긴급구난 기술 개발도 진행된다.</p> <p>스마트시티 혁신성장 동력 프로젝트 사업의 일환으로 도시 데이터를 활용한 재난재난 안전기술과 긴급구난 기술을 안동촌 도시재생 지역에 활용하는 사업이다.</p> <p>실시간 권력, 예측 정보를 해당 구청 부서 및 재난 상황실과 연계하고 도시안전 모바일 앱을 통해 시민에게 알린다.</p> <p>또 '공공 스마트 팜' 사업도 있다.</p> <p>도시 농업을 발전시킨 첨단 스마트 기술을 적용한 도심형 농장 시설로 작용의 생육 정보와 환경정보에 대한 데이터를 기반으로 최적화된 생육 환경을 제공하는 것이다.</p> <p>류현국 서구청장은 "대구 서구가 스마트시티 R&amp;D(연구개발) 사업의 시범 지역으로 선정되면서 디지털 뉴딜 사업의 선제적 추진을 통해 오랜 기간 문제였던 도시의 주요 현안들을 해결할 것으로 기대된다"며 "실질적 주민 제정권 사업으로 지역민들에게 쾌적한 주거 환경을 제공할 것"이라고 밝혔다.</p> <p>이동현 기자 leedh@idaegu.com          기자</p>
--	--	--

4	성과	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">중앙일보 외 1건</td> <td style="width: 25%;">21.04.06</td> <td style="width: 25%;">온실가스 메탄 먹고 알코올 만든다... 울산 습지에서 찾은 세균 2종</td> <td style="width: 25%; text-align: right;"> <a href="https://news.joins.com/article/24028904">https://news.joins.com/article/24028904</a> </td> </tr> </table>	중앙일보 외 1건	21.04.06	온실가스 메탄 먹고 알코올 만든다... 울산 습지에서 찾은 세균 2종	<a href="https://news.joins.com/article/24028904">https://news.joins.com/article/24028904</a>
중앙일보 외 1건	21.04.06	온실가스 메탄 먹고 알코올 만든다... 울산 습지에서 찾은 세균 2종	<a href="https://news.joins.com/article/24028904">https://news.joins.com/article/24028904</a>			

국립생물자원관과 카이스트 윤석환 교수팀은 울산 울주군에 위치한 무제치늪에서 메탄가스를 분해하는 능력을 가진 균주 2종을 발견했으며, 이 메탄균주 2종은 플라스틱을 분해하는 능력을 가지고 있다.

**The JoongAng** 사회 로그인 | 회원가입

## 온실가스 메탄 먹고 알코올 만든다... 울산 습지에서 찾은 세균 2종

중앙일보 | 입력 2021.04.06 14:18

김정연 기자



메탄을 분해해 알코올로 만드는 균이 새롭게 발견됐다. 메틸로시스티스 MJC1의 주사현미경 사진. 자료:국립생물자원관

5	기타	YTN 사이언스	21.04.20	브라보 K-사이언티스트	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=3hc0xnyIMAK">https://www.youtube.com/watch?v=3hc0xnyIMAK</a>
<p>산업이 발달하면서 다양한 사회 기반시설이 생겨났고 건축물의 높이는 불가능에 도전하듯 높아지고 있다. 경이로움을 표하면서 동시에 붕괴에 대한 두려움이 자리한다. 본 연구에서는 사람들의 불안감을 덜어주기 위해 구조물의 변위량을 감지하는 센서를 개발했다. 개발한 센서는 기존의 GPS 기반의 센서가 가진 8mm의 정확도를 2mm까지 올린 것이 가장 큰 특징이다. 개발한 센서는 기존 센서와 달리 GPS와 가속계의 데이터를 융합해 결과를 도출하기에 가능했다.</p>					
					
6	성과	EBS	21.04.24	스마트 도로, 미래로 가는길	<a href="https://www.ebs.co.kr/tv/show?prodId=6785&amp;lectId=20496498">https://www.ebs.co.kr/tv/show?prodId=6785&amp;lectId=20496498</a>
<p>보행자와 차량간의 사고는 인명 피해로 직결될 가능성이 높으며, 이를 예방하기 위한 사회 전방위적인 노력들이 다양하게 시도되고 있다. C-ITS 분야에서는 스마트카메라를 통해 보행자의 횡단여부를 판단하고, 이를 접근하는 차량들에게 알려주어 사고를 예방하려는 연구들이 진행되고 있으며, 본 연구에서는 보행자의 진행방향과 시야를 카메라 센서로 취득하고, 실시간으로 무단횡단 가능성을 미리 예측하여 이를 교차로에 접근하는 운전자에게 알려주는 기술을 개발하였다.</p>					
					

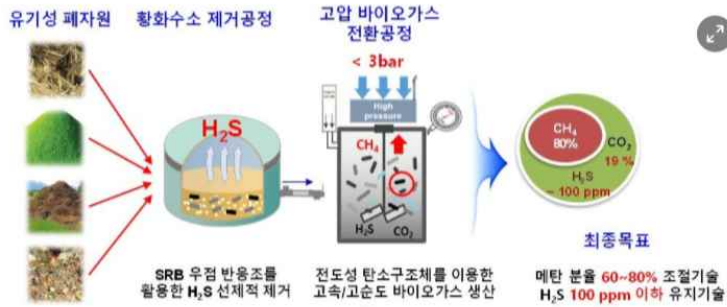
7	기타	YTN 사이언스	21.05.20	과학의 달인	<a href="https://science.ytn.co.kr/program/program_view.php?s_mcd=0082&amp;s_hcd=0031&amp;key=202105201634194449">https://science.ytn.co.kr/program/program_view.php?s_mcd=0082&amp;s_hcd=0031&amp;key=202105201634194449</a>
<p>GPS와 가속도 센서를 융합하여 천천히 움직이는 변위와 빨리 움직이는 변위를 동시에 정밀하게 계측하는 기술을 개발하였다. 또한, X,Y,Z 3방향 변위와 3방향 회전각을 동시에 측정할 수 있고 변위 이외에 속도 및 가속도도 동시에 계측할 수 있도록 기술을 개발하였다. 개발한 변위 계측 기술은 현재 국내 중견기업에 기술이전이 되어 실제 상용품으로 판매가 되고 있고 건설현장에서 사용되고 있다. 예로 영종대교와 인천대교 변위 계측에 사용되고 있으며 이외 일산에 있는 고층건물 안전성 모니터링 및 강원도 산지 비탈면 산사태 모니터링들에 사용되고 있다. 영종대교, 인천대교 이외에서 미국 샌프란시스코에 있는 Oakland-Bay Bridge를 포함해서 국내 교량 2개 및 중국 교량 등에서 현장실험을 수행하였으며 전반적으로 2~3mm의 정확도로 교량 변위를 추정할 수 있었다.</p>					
					
8	성과	헬로디디	21.07.07	고속 바이오가스 생산 기술 개발	<a href="https://www.hellodd.com/news/articleView.html?idxno=93373">https://www.hellodd.com/news/articleView.html?idxno=93373</a>
<p>유기성 폐기물의 바이오가스화는 산소가 없는 조건에서는 30일 이상의 긴 시간동안 느리게 진행되고, 생산된 바이오가스는 메탄이외에도 이산화탄소, 암모니아, 황화수소 등이 포함돼 있다. 즉 에너지로 활용하기 위해서는 고비용의 분리과정이 필요하다는 단점이 있다. 본 연구에서는 탄소기반 전도성 구조체를 이용해 미생물간 전자전달과정을 촉진하는 고속 바이오가스 생산 기술과 반응조 내 발생압력으로 기체간 용해도 차를 활용해 메탄 분율을 높일 수 있는 기술을 개발하였다.</p>					

홈 > 뉴스 > R&D 제품

# 음식물 쓰레기로 빠르게 고순도 바이오가스 생산한다

✎ 김애경 기자 | ✉ kilpaper@hellodd.com | Ⓞ 입력 2021.07.07 18:05 | Ⓞ 수정 2021.07.08 18:42 | 📄 댓글 1

[탄소중립! 세상이 숨쉬다 ⑯]강석태 KAIST 교수팀  
탄소구조체와 자가발생 압력 활용해 기술 개발  
메탄 분율 80%이상 황화수소 농도 87ppm 달성



강석태 KAIST 건설 및 환경공학과 교수 연구팀이 탄소기반 전도성 구조체를 이용해 바이오가스 생산기술과 발생압력으로 기체간 용해도 차를 활용  
해 메탄 분율을 높일 수 있는 기술을 개발했다. [사진=차세대 탄소자원화 연구단]

댓글

- 중구
- R 프
- 연구
- 일호
- 처음

베스

- 노관
- 설다
- 기다
- 한국
- 극자