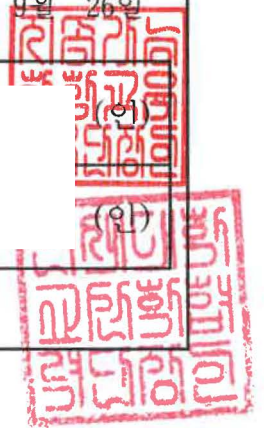


『4단계 BK21사업』 미래인재양성사업(과학기술분야)

교육연구단 자체평가보고서

접수번호	4120200213582							
사업 분야	기초	신청분야	화학	단위	전국	구분	교육연구단	
학술연구분야 분류코드	구분	관련분야		관련분야		관련분야		
		중분류	소분류	중분류	소분류	중분류	소분류	
	분류명	화학						
	비중(%)	100						
교육연구단명	국문) 지속가능 화학 교육연구단							
	영문) Chemistry education center for sustainability							
교육연구단장	소 속	연세대학교 이과대학 화학과						
	직 위	교수						
	성명	국문			전화			
		영문			팩스			
				이동전화				
				E-mail				
연차별 총 사업비 (백만원)	구분	1차년도 (20.9~21.2)	2차년도 (21.3~22.2)	3차년도 (22.3~23.2)				
	국고지원금	555.4	1,110.8	1,129.2				
총 사업기간	2020.9.1.-2027.8.31.(84개월)							
자체평가 대상기간	2021.9.1.-2022.8.31.(12개월)							
<p>본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21사업』 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다.</p> <p style="text-align: right;">2022년 9월 26일</p>								
작성자	교육연구단장							
확인자	연세대학교 산학협력단장							



<자체평가 보고서 요약문>

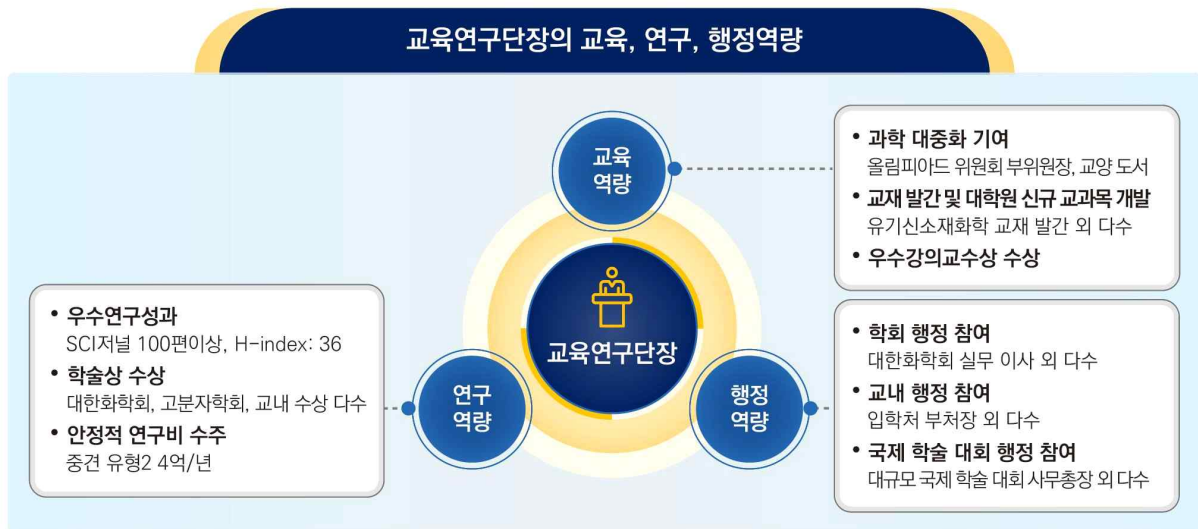
중심어	지속가능	미래사회	화학교육
	창의성	융합성	사회문제 해결 기여
	특성화 교육	에너지	바이오
교육연구단의 비전과 목표 달성정도	<p style="text-align: center;">【지속가능한 미래사회 구현에 기여할 수 있는 ⁴C(Foresee) 인재양성】</p> <p style="text-align: center;">⁴C(Foresee) Education: Chemistry for Creativity Convergence and Contribution</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ ⁴C형 교육은 화학(chemistry)을 기반으로 창의성(creativity)과 융합성(convergence)을 갖추고 자기 주도적 주제발굴 연구로 사회문제 해결에 기여(contribution)를 통해서 미래를 준비하는(foresee) 인재를 양성하는 교육시스템을 의미함 ▶ 『BK21 FOUR 지속가능 화학교육연구단』은 건강하고 지속가능한 미래사회를 실현하기 위하여 에너지, 환경, 건강 등의 사회문제에 대하여 창의적이고 융합적인 사고를 갖춘 인재 양성을 위한 세계적 수준의 교육기반을 구축하고자 함 ▶ 본 교육연구단과 비슷한 규모를 가지면서 화학 분야 상위권 QS 대학순위를 유지하고 있는 4개 대학을 벤치마킹하였으며, 교육, 연구, 국제화에 대해서 다음의 구체적인 목표를 설정함 <p style="text-align: center;">【교육목표】 창의적 문제해결 능력을 갖춘 핵심 화학 인재 양성을 위한 혁신적인 특성화 교육</p> <p style="text-align: center;">【연구목표】 건강하고 지속가능한 미래사회 구현에 기여할 수 있는 최고 수준의 연구집단으로 성장</p> <p style="text-align: center;">【국제화목표】 교육 연구의 글로벌 네트워크 확충을 통한 국제적 인지도를 갖춘 교육·연구 집단으로의 성장</p> <p>■ 교육 분야의 미래 목표 대비 실적</p> <p>【교과과정의 개편】 에너지·바이오 분야 특성화 교육을 위해 교과과정을 전면 개편 및 Edutree형 교과 구성을 통해서 기본소양, 전공기초, 소재기반, 특성화심화, 문제해결형, 주제발굴형, 세미나 및 융복합 교과목에 대한 일련의 특성화 기반 완성함</p> <p>【학사지원제도 개선】 전주기적 학사관리 체계의 구축을 위해 계획서에 제안되었던 『교과운영위원회』와 『논문지도위원회』를 제정</p> <p>【교육여건 개선】 해외석학을 활용한 강의 등을 추진하였으나 코로나-19 감염병 확산으로 원활히 진행되지는 않았음</p> <p>■ 연구 분야의 미래 목표 대비 실적</p> <p>【융복합 연구클러스터 구성】 참여교수진을 에너지 및 바이오 특성화 영역에 소속 및 교육과 연구에 대한 선택과 집중</p> <p>【연구논문의 질적 수준 향상 추구】 인센티브 형태의 다양한 지원제도 및 교내 연구비 지원제도를 통해 연구논문의 질적 향상 및 최상위 논문 게재비율을 향상</p> <p>【연구여건 개선】 본 교육연구단에서 직접 고용 및 YFL 등 교내 과제의 지원을 통해 다수의 신진연구인력을 확보</p> <p>■ 교육 및 연구의 국제화 분야 목표 대비 실적</p> <p>【국제교류 활성화】 코로나-19 감염병 확산 분위기 속에서도 온라인 심포지엄의 개최 등을 통해 부족한 부분을 해소하기 위해 노력</p> <p>【대외 홍보 강화】 교육연구단 영문 홈페이지의 개편을 진행, 교육연구단 및 학과 홍보 브로셔를 제작, 본부 대학원의 다양한 장학제도 및 개편된 조교제도를 활용하</p>		

교육역량 영역 성과	<p>여 다수의 우수한 외국인 대학원생들을 선발</p> <p>본 교육연구단은 목표지향적 교육 및 뚜렷한 연구 정체성의 확립을 통한 교육-연구의 선순환 구조를 갖추는 것이 중요하며 이를 달성하기 위한 4대 세부 교육목표를 다음과 같이 설정함</p> <p style="text-align: center;">① 미래사회 선도 특성화 교육 ② 학생 중심의 교육 ③ 사회·산업문제 해결형 교육 ④ 글로벌리더 양성 교육</p> <p>【교육과정 개편 5대 성과】 대학원 교육과정 Edutree를 구성하여, ① 화학·소재 기초 확립 교육(전공기초 교과, 8과목), ② 미래사회 핵심 성장 동력 기반 특성화 교육(에너지/바이오 특성화, 각 6,5과목), ③ 자기주도 학습 기반 특성화 교과 모듈화 교육(주제발굴형 교과 교과, 8과목), ④ 사회산업문제해결형 교육(문제해결형 교과, 8과목), ⑤ 글로벌 스탠다드 소양·역량 교육(세미나 교과, 1과목)</p> <p>【교과·비교과 교육 프로그램】 ① 학생 친화적 온라인 활용 교육, ② 융합·산학협동 교류 프로그램, ③ 소속 대학원생 커리어 로드맵 관리, ④ 역량·진로 맞춤형 경력 개발 시스템, ⑤ 국제화 역량 강화 프로그램</p> <p>▶ 교과목 이수체계를 기본소양-전공기초-소재기반-특성화심화-문제해결형 교과-주제발굴형 교과-융복합 교과로 전환하며 Edutree를 완성하고, 개설 과목 사전예고제를 통해서 예측가능하게 하여 대학원생의 전주기적 학사관리 체계를 구축하여 교육과정의 충실성과 지속성을 확보함</p> <p>▶ 교육-연구의 선순환 체계를 구축하기 위해 에너지와 바이오 분야를 핵심 연구 분야로 설정하였으며 관련 산업·사회 문제 해결 및 과학기술 난제 해결에 대한 기여를 위한 교과/비교과를 관통하는 교육 프로그램 개편</p> <p>▶ 필수 이수과목의 축소를 통해서 수업 부담을 줄이고, 신규 교과목을 개설하여 자기 연구 역량 계발을 위해 다양한 선택의 기회를 확장하고, 논문 게재 요건, 석/박사종합시험 제도 개편, 창의시험 제도 개편을 진행하여 실질적인 역량을 갖춘 인재를 배출하고자 함</p> <p>▶ 구성원의 연구 수월성 및 복지를 위해 【실험실 공간 확충】, 【대학원생을 위한 복지 향상을 위한 공간 확보】, 【실험실 환경안전 개선】, 【대학원생 심리지원 상담·코칭 프로그램 운영】 등이 진행 중임</p> <p>▶ 대학원생의 전주기적 지원 플랫폼을 위해서 【진로 지원 플랫폼 활용】, 【논문지도위원회】를 구축하여 학업 전주기의 지원 역량을 강화함</p>
연구역량 영역 성과	<p>본 교육연구단은 세계 저명대학의 연구역량 현황 조사에 따라서 『건강하고 지속가능한 미래사회 구현에 기여할 수 있는 최고 수준(Global Top 20)의 연구집단으로 성장』을 연구 분야의 목표로 삼고 이를 달성을 위해서 아래와 같은 핵심전략을 수립하였음</p> <p>【국제적 경쟁력을 가진 특성화된 클러스터 융합연구】 연구역량이 우수한 것으로 평가되는 벤치마킹 대학의 연구력과 자연과학 분야 최상위 학술지에 게재된 화학분야 논문들의 연구유형 분석을 통해서 지속가능한 미래사회 구현에 기여할 수 있는 방향으로 클러스터화된 융합 연구뿐만 아니라 국제적인 협력 거점을 구축하여 우수한 연구 성과를 창출해야 하는 것으로 판단되어 본 교육연구단이 강점을 보이고 있는 에너지, 바이오 분야를 핵심 연구 분야로 설정하고 교육연구단 내에 특성화된 융합형 연구클러스터를 구성하였음</p> <p>【학생·신진연구인력 중심의 연구 환경 구축】 교육연구단의 발전을 위해 연구-교육의 선순환 구조의 확립이 중요하며 이를 위해 학생·신진연구인력 중심의 연구몰입</p>

	<p>환경을 구축하는 것이 요구됨. 우수 대학원생 확보와 융합연구 분야 연구력 향상을 위한 융복합 교과 운영을 추진하였으며 교육연구단 내의 평가제도와 인프라 개선을 진행하였음</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 교육연구단의 연구 결과로부터 얻어진 지식이 교육 및 사회산업문제 해결에 반영될 수 있도록 특성화심화, 문제해결형 교과, 주제발굴형 교과, 융복합 교과를 발굴하고 운영함으로써 교육과 연구의 선순환 구조를 확립의 기반을 마련함 ▶ 국제적 경쟁력을 갖춘 특성화 클러스터 융합연구를 통해서 글로벌 네트워크를 구축하고 저명 해외 대학 및 연구기관과의 교류 및 공동연구를 증진하여 국제적 경쟁력에 대한 수월성을 확보할 것임 ▶ 교육연구단 내의 평가제도와 인프라 개선을 통한 선진화된 연구 환경을 구축하고 이를 통해 세계 저명대학들과 경쟁할 수 있는 국제적 수준의 우수 교육·연구기관으로 발돋움하여 건강하고 지속가능한 미래사회를 위한 가치 창출에 앞장설 것임 <p>【학술대회 발표 실적】 학술대회에 지난 1년간 참여대학원생은 국내외 저명 학술대회에서 총 127건의 연구 발표함 (구두발표 10건, 포스터발표 117건)</p> <p>【논문 실적】 교수 1인당 논문 수(5.47 → 6.59, 20.5% 증가)와 논문의 환산 편수의 합(23.6 → 30.4, 28.8% 증가)으로 전년도에 비해 대폭 증가함</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Impact Factor(IF) 관련 논문 질적 지표: 교수 1인당 IF(5.52 → 65.82, 27.2% 증가)의 큰 폭 증가와 논문 1편당 IF(10.15 → 9.99)는 유지 ▶ JCR 랭킹(%)은 참여교수가 발표한 논문의 해당 분야 내에서의 질적 우수성을 나타내는 지표임. 교수 1인당 연간 상위 3% 논문수(0.29 → 0.53, 82.8% 증가)는 큰 폭으로 증가 <p>【특허 실적】 전체 특허 건수는 27건으로 증가하였으며 1차년도 대비 29%의 추가 성장을 나타냄</p> <p>【참여교수의 연구비 수주 실적】 정부 연구비 수주 총 입금액이 총 6,004,231천원으로 선정평가 보고서 작성시보다 10.7% 증가</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 1인당 총 연구비 수주액은 380,993천원으로 선정평가 보고서 작성시보다 12% 감소
달성 성과 요약	<ul style="list-style-type: none"> ■ 교육 분야: 【교과과정의 개편】, 【학사지원제도 개선】, 【교육환경 개선】 등을 수행함 ■ 연구 분야: 【융복합 연구클러스터 구성】, 【연구논문의 질적 수준 향상 추구】, 【연구환경 개선】 등을 수행함 ■ 국제화 분야 목표: 【국제교류 활성화】, 【대외 홍보 강화】 등을 수행함
미흡한 부분 / 문제점 제시	<ul style="list-style-type: none"> ■ 코로나-19 감염병 확산에 따른 제약: 글로벌 네트워크 구축 및 해외 홍보, 국제학술대회 참가 및 발표, 국제 공동연구 활성화 등이 위축됨 ■ BK21FOUR 사업 예산의 축소: 지원 대상 대학원생의 축소 ■ 선정 당시 전체 소속대학원 70%의 지원을 기준으로 사업 예산이 산정되었으나 대폭 축소되어 현시점에 60% 수준의 대학원생이 장학금의 혜택을 받고 있음 ■ 제도적 제한: 교육부에서 제한하고 있는 16주 강의 시수로 인한 선진적 모듈화 교과 구성이 어려움
차년도 추진계획	<ul style="list-style-type: none"> ■ 교육 분야: 【교과과정의 개편】 과 【학사지원제도 개선】 의 전면적 시행 ■ 연구 분야: 【연구논문의 질적 수준 향상 추구】 를 위한 【융복합 연구클러스터 구성】 의 효율적 운영 및 지속적 【연구여건 개선】 ■ 국제화 분야 목표: 【국제교류 활성화】 및 【대외 홍보 강화】

1. 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

성 명	한 글	영 문
소 속 기 관	연세대학교	이과대학



■ 교육역량

- ▶ **【화학의 대중화 기여】** 화학 올림피아드 위원회 부위원장으로 활동(2010, 2015년)하여 중등화학 교육 분야에 기여하였으며, 우수과학도서로 선정된 『만화로 읽는 주기율표(해나무 출판, 2014년)』 교양 도서를 감수하여 화학교육 분야의 발전에 노력을 기울이고 있음
- ▶ **【기초 전공 강의 개발】** 일반화학, 유기화학, 화학생물학, 고분자화학, 생물유기화학 등의 강의 참여
- ▶ **【심화 전공 강의 개발】** 초분자화학, 유기물분석 특강, 유기신소재화학 등의 심화 전공 교과목 개발
- ▶ **【전공교재의 번역 및 개발】** 일반화학, 유기화학, 고분자화학 등의 기초 전공교재와 『기기분석 네비게이션』 등의 심화 전공 교재의 번역에 참여
- ▶ **【전공 교재 집필】** 최근 『유기신소재화학』, 『이공계 학생들을 위한 파워포인트 활용강좌』, 『물질 문명의 명암』 등의 교육용 교재를 발간하였으며, 『물질 문명의 명암』은 2022년 대한민국학술원 우수 학술도서로 선정되었음
- ▶ **【수상 경력】** 우수 강의 교수상 (2017년 연세대학교 교육대학원)

■ 연구역량

- ▶ **【SCI 국제 학술지 발표 실적】** 현재까지 140편(최근 5년간 43편) 이상의 논문을 발표
- ▶ **【연구 성과의 질적 수준】** 전체 논문의 평균 IF 8, H-index(Scopus 기준) 42, 현재까지 발표한 조사대상 논문 140편 중 100회 이상 인용된 논문 16편
- ▶ **【교육연구단장의 수상 실적】** 대한화학회 고분자분과회의 학술진보상(2013년), 대한화학회 유기화학분과회 심상철학술상(2014년), 고분자학회 중견학술상(2019년), 시그마-알드리치 화학자상(2020년) 등을 수

- 상. 한국과학기술 한림원의 준회원으로 활동. 연세대학교 우수연구업적 표창(2010, 2014, 2019년) 수상
- ▶ 【연구비 수주 실적】 한국연구재단의 중견핵심연구, 도약연구를 수행해 왔으며, 중견연구사업 유형(II)에 선정되어 안정적인 연구를 수행할 수 있는 기반을 갖추고 있음

■ 행정역량

- ▶ 【학회 행정】 대한화학회 기획실무이사(2010, 2015년), 유기화학분과회와 고분자분과회 운영위원(2015년), 유기화학분과회 총무부회장(2017년)으로 활동. 한국화학관련학회연합회의 편집위원장(2020년)으로 활동. 현재 대한화학회 화학전공학위인증 위원회 위원장과 학술위원회 위원으로 활동하고 있음
- ▶ 【교내 행정】 연세대학교 입학처 부처장을 역임(2015-2017년)하였으며, 연세대학교 공동기기원, 입학정책위원회, 산학총괄위원회, 대학발전특별위원회 등의 위원으로 활동하고 있음
- ▶ 【국제 학술대회 행정】 ICPP-7(2012년, 참가인원 780명), ISMSC-2017(2017년, 참가인원 500명), Asian-Chips(2015년, 참가인원 200명) 등 다양한 국제 학술대회의 운영위원 및 사무총장으로 활동

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
화학과	2021년 2학기	19명	17명	89.47%	
	2022년 1학기	19명	17명	89.47%	

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

연번	성명	변동 학기	전출/전입	변동 사유	비고
1					
2					
3					
4					

<표 1-3> 교육연구단 대학원 학과(부) 대학원생 현황

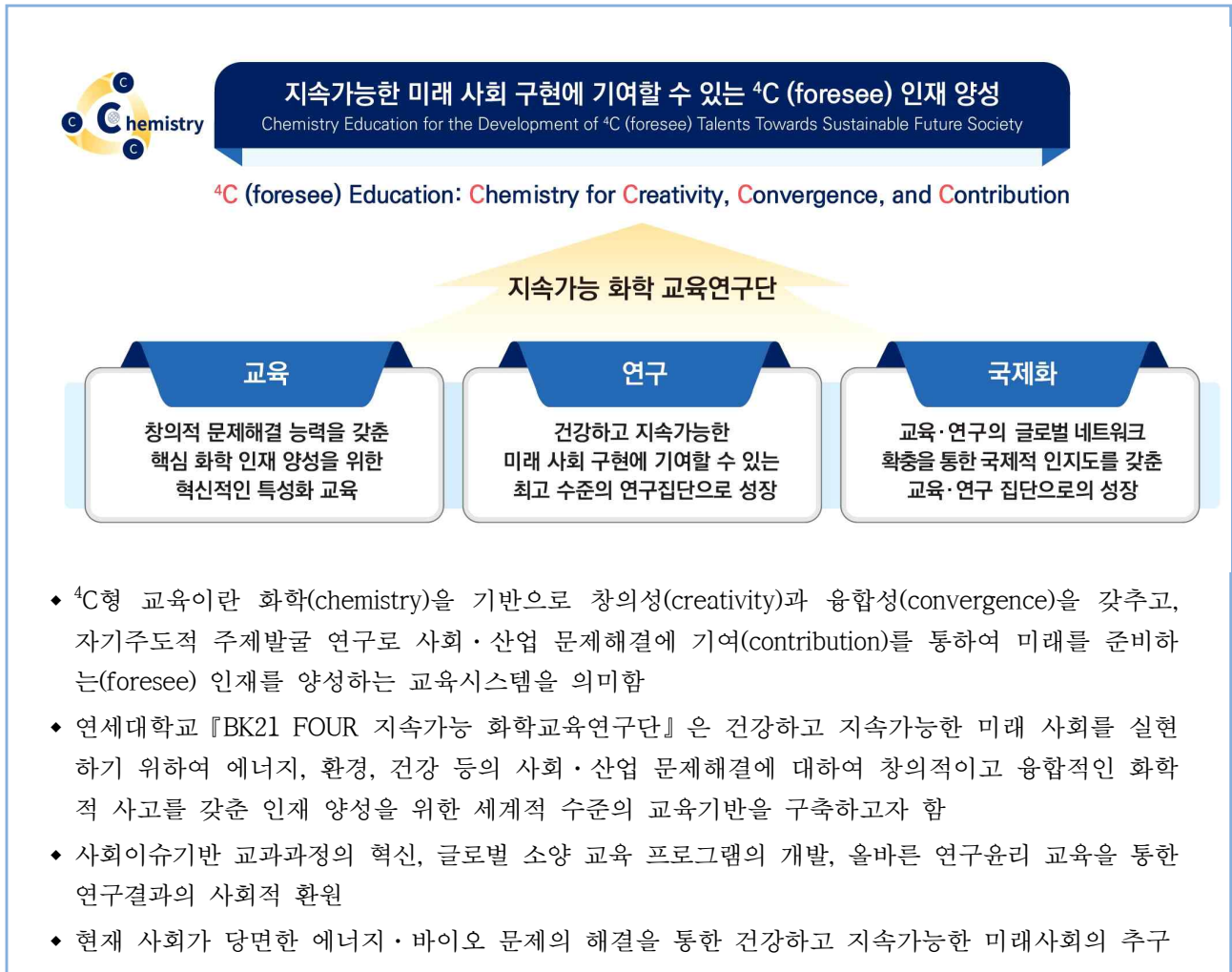
(단위: 명, %)

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 (%)
화학과	2021년 2학기	70	60	85.71	22	12	54.55	63	45	71.43	155	117	75.48
	2022년 1학기	66	56	84.85	18	12	66.67	69	54	78.26	153	122	79.74
참여교수 대 참여학생 비율				7.0294									

참여 인력 구성 변경 및 현황

- ▶ **【참여교수】** 참여교수의 변동사항은 없음. 전년도 학과소속 전임교원 1명의 퇴임으로 참여비율이 85%에서 89.5%로 향상된 바 있음. 2022학년도 2학기에 1명의 학과소속 신입교원이 충원되었으며 3차년도부터 본 교육연구단에 참여교수로 활동할 것이므로 참여교수 비율은 앞으로 더욱 증가하게 될 것임
- ▶ **【참여대학원생】** 전체 참여대학원생은 2020학년도 2학기 109명, 2021학년도 1학기 116명, 2021학년도 2학기 117명, 2022학년도 1학기 122명으로 점진적으로 증가하고 있음

2. 교육연구단의 비전 및 목표 달성정도



교육연구단 비전과 목표

■ 교육연구단의 비전

【교육연구단의 비전: 지속가능한 미래 사회 구현에 기여할 수 있는 4C(Foresee)인재 양성】

- ▶ 창의성(creativity)과 융합성(convergence)을 갖추고, 자기주도적 주제발굴 연구로 사회·산업 문제해결에 기여(contribution)를 통하여 미래를 준비하는(foresee) 인재를 양성하는 교육
- ▶ 교육연구단의 비전 확립을 위해 본 교육연구단과 비슷한 규모의 국외대학 4곳을 선정하여 교육역량과 연구역량에 대해서 비교 분석하였으며 교육 프로그램 구성의 우수성을 고려하여 세부 목표 및 추진전략을 구성함
- ▶ 교육연구단의 비전 달성을 위해 교육, 연구, 국제화 분야에 각각 다음의 세부 목표를 설정하고 있으며 구체적인 추진전략을 제시하고 있음
- ▶ 벤치마킹의 결과를 바탕으로 교육과 연구의 선순환 구조를 확립하고 최신 연구 동향을 반영한 특성화 교육을 진행하며 연구몰입도 향상을 추구하고 융합연구 클러스터를 구성하여 글로벌 선도연구를 추진할 수 있는 배경을 확보하고자 하였음

■ 교육 분야의 미래 목표

【교육목표: 창의적 문제해결 능력을 갖춘 핵심 화학 인재 양성을 위한 혁신적인 특성화 교육】

▶ 【교과과정의 개편】

- 특성화 교육: 벤치마킹의 결과, 교육과정 개편에 있어서 화학을 기초로 한 특성화 교육 및 문제해결 능력을 갖춘 융합형 인재양성이 중요한 것으로 파악됨. 본 교육연구단은 제시한 교육 비전에 맞춰 소재기반 에너지·바이오 분야 특성화 교육을 위해 교과과정을 개편함
- Edutree형 교과 구성: 기본소양, 전공기초, 소재기반, 특성화심화, 문제해결형, 주제발굴형, 세미나 및 융복합 교과목에 대한 일련의 특성화 기반 Edutree를 완성하여 운영함
- 문제해결형·주제발굴형 강의: 미래 사회를 준비하는 화학 인재는 사회·산업 분야가 당면한 문제를 주도적으로 발굴하고, 화학 기반 전문성 및 융합연구를 위한 유연한 사고를 통해 실제 문제를 해결하는 사람으로 이와 같은 인재 필요성에 대응하기 위하여 『문제해결형』 및 『주제발굴형』 교과목을 신설하여 효과적인 교육과정을 구성함
- 수요자 중심의 학생 친화적 교육방법의 도입: 학생제안교과목의 도입, 모듈화 강의 도입, 온라인 강의 플랫폼의 활용 등을 통한 신교수법 개발로 선진화된 교육체계 확립

▶ 【학사지원제도 개선】

- 『입학-수업-연구수행-논문(졸업)-취업』으로 이어지는 교육연구단 소속 대학원생의 전 주기적 학사관리 체계의 구축
- 전 주기적 학사관리 체계의 구축을 위해 『교과운영위원회』와 『논문지도위원회』를 제정
- 졸업요건의 완화를 통한 특성화 분야의 연구역량 강화와 학위과정의 전환에 대한 유연성 확보

▶ 【교육환경 개선】

- 벤치마킹 대학교에 비해 높은 학생/교수 비율은 본 교육연구단의 취약점 중의 하나로 벤치마킹 대학교는 겸임교수 및 강의전담교수의 활용을 통해 학생/교수 비율을 낮게 유지하고 있음
- 본 교육연구단은 관련 타 학과들(화공생명공학과, 신소재공학과, 물리학과 등)과 겸임교수제 및 학과간 교과목 Cross-listing을 활용하고, Yonsei Frontier Lab(YFL)의 인력풀을 활용하여 능력 있는 학문후속세대들에게 강의 기회를 제공하여 학생/교수 비율을 개선할 예정임

■ 연구 분야의 미래 목표

【연구목표: 건강하고 지속가능한 미래 사회 구현에 기여할 수 있는 최고 수준의 연구집단 성장】

▶ 【융복합 연구클러스터 구성】

- 최근 연구 동향 및 벤치마킹 대상 대학 분석의 결과, 최상위논문 중 다수가 교내외 융복합 연구클러스터를 통해 발표되고, 이러한 특성화 연구클러스터 간 국제교류가 선도연구(Trend-setting research)로 이어져 자연스럽게 피인용지수의 개선으로 이어짐
- 본 교육연구단 내 융복합 연구클러스터 신설을 통해 연구 수월성 확보, 연구 장비 활용성 개선, 연구인력 교류를 추진할 예정임. 우수 신진연구인력 확보에서 연구클러스터 단위로 이루어져 수월하게 우수한 신진연구자 유치가 가능할 것으로 예상함

▶ 【연구논문의 질적 수준 향상 추구】

- 본 교육연구단의 양적 지표는 QS Ranking 상위 그룹인 코넬대학교(40위)나 스탠포드대학교(4위)와 비교해도 비슷한 수준으로, 연구역량 강화 노력이 양적 확장보다는 질적 향상에 집중되어야 함

- ‘최고 수준의 연구집단으로 도약’이라는 본 교육연구단의 연구비전을 달성하기 위해서는 최상위(분야 순위 3% 이내)논문의 비중 향상 및 피인용지수 개선이 요구됨
- 연구진흥 목적의 지원 및 교내 연구비 지원제도를 통해 연구논문의 질적 향상 및 최상위 논문 게재비율의 향상을 추구함
- 정착연구비 지급, 장비 지원제도 도입, 강의/행정업무 감면 등의 편의를 제공하여 신입교원의 연구 기반 구축에 대한 연착륙을 지원하며, 미래 연구의 질적 수준 향상을 위해 노력함

▶ 【연구환경 개선】

- 벤치마킹 대상 대학과 비교할 때 본 교육연구단은 신진연구인력이 매우 부족함
- 다양한 본부 대학원 지원제도를 활용해 우수 신진연구인력을 유치하고, 연구비 지원제도 및 장단기 국제교류 프로그램 활용으로 연구의 질적 향상을 추구함
- 연구전용공간을 확장하여 벤치마킹 대상 대학들 수준으로 충분한 연구 공간 확보하고 교육연구단 내 실험장비 운영인력을 확충하고 전문화하여 연구의 질적 수준 향상을 추구
- 조교제도 개편 및 행정인력 충원을 통한 연구집중도 향상함

■ 교육 및 연구의 국제화 분야 목표

【국제화목표: 연구·교육의 글로벌 네트워크를 통한 국제적 인지도를 갖춘 집단으로의 성장】

▶ 【국제교류 활성화】

- 대학원의 MOU를 활용한 Yonsei-Global Alliance의 적극적으로 활용하여 국제적 인지도를 향상
- 국제공동연구 활성화로 우수한 연구성과 달성
- 장단기 해외 방문에 대한 지원 강화

▶ 【대외 홍보 강화】

- 벤치마킹 결과, 본 교육연구단의 가장 시급한 과제 중 하나는 국제적 인지도 향상임. QS Ranking 지표에서 알 수 있듯이『국제적 학계 인지도 점수』평가지표가 낮아 연구 및 교육역량 대비 학과가 저평가됨
- 교육연구단 영문 홈페이지 개편하고 국제적으로 교육연구단을 적극적으로 홍보하여 국제적 인지도 향상 및 인식 개선을 추구함
- 본부 대학원의 다양한 장학제도 및 개편된 조교제도를 활용하여 해외 우수 대학원생 유치를 추진할 것임

교육연구단 비전과 목표 대비 실적

■ 교육 분야의 미래 목표 대비 실적

▶ 【교과과정의 개편】

- 특성화 교육: 소재기반 에너지·바이오 분야 특성화 교육을 위해 교과과정을 전면 개편함
- Edutree형 교과 구성: 기본소양, 전공기초, 소재기반, 특성화심화, 문제해결형, 주제발굴형, 세미나 및 융복합 교과목에 대한 일련의 특성화 기반 Edutree를 완성함
- 문제해결형·주제발굴형 강의: 화학 기반 전문성 및 융합연구를 위한 유연한 사고를 통해 실제 문제를 해결하는 인재의 양성을 위해『문제해결형』및『주제발굴형』교과목을 신설하여 2021학년도 1학기에 시범 운영하였으며 2021학년도 2학기부터 전면적으로 실시하였음
- 수요자 중심의 학생 친화적 교육 방법으로 학생제안교과목을 도입하였으며 온라인 강의 플랫폼을 활용한 Flipped class를 다수 운영함

- 모듈화 강의 도입을 위해 팀티칭 클래스를 다수 운영하였으며 2021학년도 2학기부터 에너지 특성화 분야의 강의를 모듈화하여 진행하였음

▶ **【학사지원제도 개선】**

- 전주기적 학사관리 체계의 구축을 위해 계획서에 제안되었던 『교과운영위원회』와 『논문지도위원회』를 제정하였으며 학과 내규에 반영하여 2021학년도 2학기부터 운영하였음
- 특성화 분야의 연구역량 강화를 위하여 졸업요건의 완화를 진행하였으며 학위과정의 전환에 대한 유연성의 확보를 위해 학위과정 전환생에 대한 페널티를 없앴음

▶ **【교육환경 개선】**

- 교육여건 개선을 위해 꾸준히 노력하고 있으며 해외석학을 활용한 강의 등을 추진하였으나 코로나-19 감염병 확산으로 원활히 진행되지는 않았음
- 관련 타 학과들(화공생명공학과, 신소재공학과, 물리학과 등)과 교과목 Cross-listing을 실행하고 있음
- Yonsei Frontier Lab(YFL)의 인력풀을 활용하여 외국인 박사연구원을 채용하였으며 향후 이들에게 강의 기회를 제공할 예정임

■ **연구 분야의 미래 목표**

▶ **【융복합 연구클러스터 구성】**

- 본 교육연구단 소속 전체 참여교수진을 본인의 희망에 따라 에너지 및 바이오 특성화 영역에 소속하도록 하여 교육과 연구에 대한 선택과 집중을 할 수 있도록 하였음
- 협력연구가 가능하도록 융복합 클러스터를 지원하는 방안에 대해서 검토하고 있음

▶ **【연구논문의 질적 수준 향상 추구】**

- 인센티브 형태의 다양한 지원제도 및 교내 연구비 지원제도를 통해 연구논문의 질적 향상 및 최상위 논문 게재비율을 향상을 추구함
- 최근 임용된 참여 교원들에게 장학금 비율을 상향하여 적용하고 있으며 인센티브를 제공하여 연구의 연착륙을 지원하고 있음

▶ **【연구환경 개선】**

- 본 교육연구단에서 직접 고용하는 신진연구인력과 더불어 YFL 등 교내 과제의 지원을 통해 다수의 신진연구인력을 확보할 수 있었음
- 연구전용공간의 확장을 위하여 학부 실험준비실로 사용되던 공간과 문헌실 공간에 대해서 실험실 공간으로 변경을 추진하고 있음
- 실험실 환경개선 사업으로 석면제거공사, 흡후드의 설치 등의 공사가 진행되었음

■ **교육 및 연구의 국제화 분야 목표**

▶ **【국제교류 활성화】**

- 코로나-19 감염병 확산으로 해외 방문이 제한되어 국제교류의 활성화는 다소 부진하게 진행되었지만, 온라인 심포지엄의 개최 등을 통해 부족한 부분을 해소하기 위해 노력하였음
- 온라인으로 진행되는 각종 국제 학술대회에 참여를 희망하는 대학원생들에 대해서 적극적으로 지원하고 있음

▶ **【대외 홍보 강화】**

- 교육연구단 영문 홈페이지의 개편을 진행하였으며, 향후 교육연구단 및 화학과 홈페이지의 전면적인 개편을 위하여 화학과 『홍보발전위원회』에서 논의하고 있음
- 교육연구단 및 학과 홍보 브로셔를 제작하여 대외 홍보를 강화하고 있음
- 본부 대학원의 다양한 장학제도 및 개편된 조교제도를 활용하여 다수의 우수한 외국인 대학원생들을 선발하였음

■ 벤치마킹 대학의 교육여건 분석 (2020년 기준)

- ▶ 2020년 기준 벤치마킹 대학의 교육여건은 <표 I-1.2-1>과 같으며 2021년에도 큰 변화는 없는 것으로 파악됨
- ▶ 본 교육연구단의 교육여건은 전임교원이 정년퇴임과 명예퇴직으로 2명 줄었으며 대학원생의 수는 소폭 증가하여 대학원생/교수 비율은 조금 높아지게 되었음
- ▶ 1차년도 연구수행 기간 신진연구인력은 다소 증가하였음
- ▶ 교원수의 변동은 일시적인 현상으로 현재 채용과정이 진행되고 있으므로 이전 수준으로 회복할 수 있을 것임

<표 I-1.2-1> 본 교육연구단과 벤치마킹 대학교의 교육 여건 비교

벤치마킹대학 (QS Ranking)	전임 교수	겸임 교수	강의전담 교수	대학원생	대학원생/교수 비율	신진연구 인력	논문 피인용 지수 점수	학계 인지도 점수
연세대학교 (51-100)	21	1	2	137	5.71	14	87.6	67.9
나고야대학교 (50)	30	12	4	112	2.55	24	86.2	78.2
코넬대학교 (40)	30	15	4	156	3.18	57	92.3	77.6
교토대학교 (16)	22	14	4	92	2.30	29	89.4	87.2
스탠포드대학교 (4)	28	8	4	174	4.35	72	100	95
연세대학교 (51-100) 2021년 1학기 기준	19	1	2	160	8.42	9		

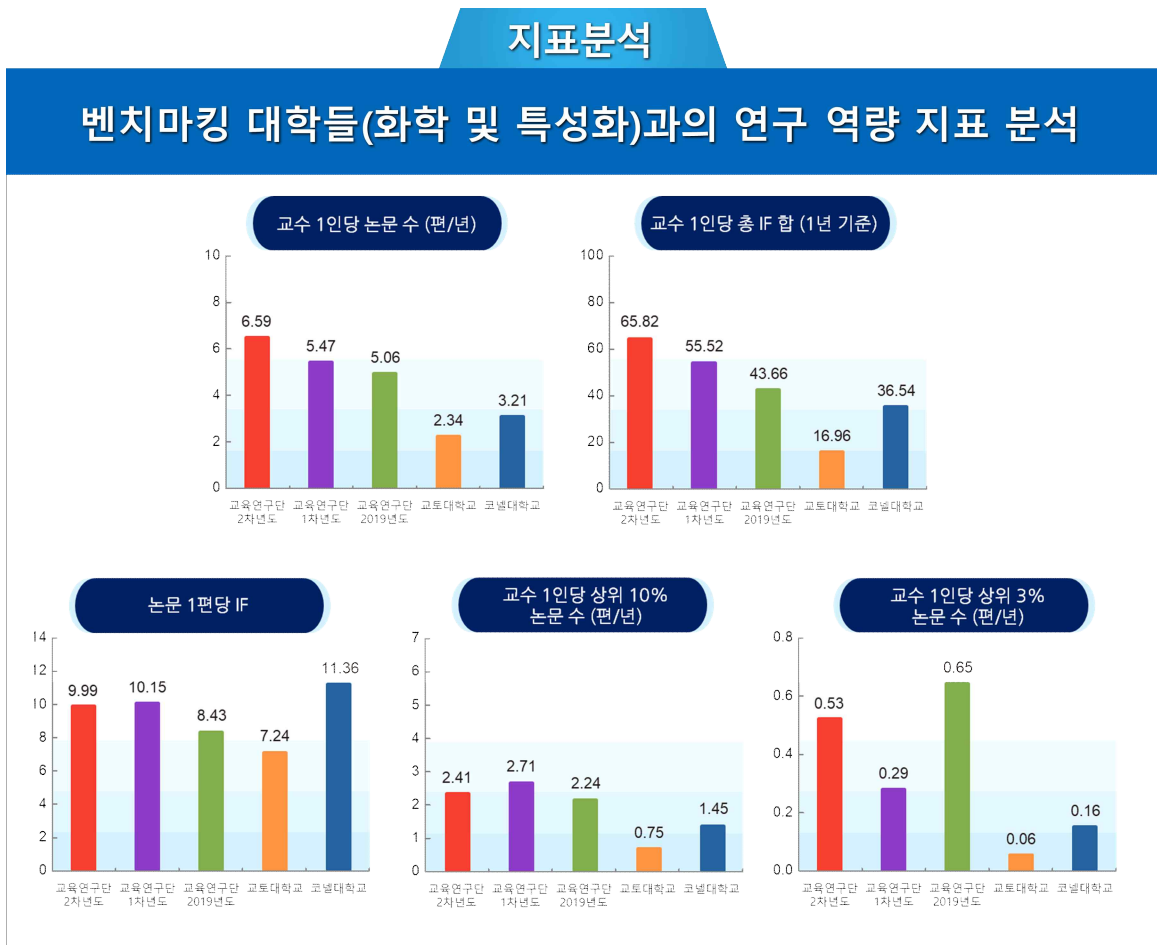
■ 벤치마킹 대학의 교육과정 분석 (2020년 기준)

<표 I-1.2-2> 교육과정 벤치마킹 분석 결과

벤치마킹대학 (QS ranking)	교육 점수	전공 기초 교과목	전공 선택 교과목	특성화 교과목	분석
스탠포드대학교 화학과 (4위)	94.3	고등물리화학 등 9과목	고분자화학 등 10과목	화학및생물학 인터페이스 등 바이오 특화 부분 5과목	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 박사과정(통합) 6과목 이수 ▶ 전통분야별 교과목 개설 ▶ 최신 바이오 연구 분야에 중점을 둔 특성화 교과 개설: 연구-교육의 일원화
교토대학교 고등 에너지연구원 (16위)	89.6	고급무기화학 등 5과목	배위고분자화학 등 10과목	에너지의 생성, 변환, 활용 분야의 체계적인 에너지 특화부분 15과목	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 박사과정(통합) 4과목 이수 ▶ 연구 맞춤형 교과목 이수 ▶ 특성화 교과목 다 수 ▶ 교수 연구 분야 맞춤형, 교수 연구 수월성 중시 교과 구성 ▶ 화학과, 화학공학과의 과목 공유를 통해 강의 부담 절감
코넬대학교 화학과 (40위)	80.1	고등유기화학 등 7과목	합성유기화학 등 7과목	-	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 박사과정(통합) 6과목 이수 ▶ 전통분야별 교과목 개설 ▶ 특성화 교과목 부재
나고야대학교 화학과 (50위)	80.4	코어물리화학 등 5과목	생무기화학특론 등 5과목	-	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 박사과정(통합) 4과목 이수 ▶ 전통분야별 교과목 개설 ▶ 연구 수월성 강조

- ▶ 2020년 기준 벤치마킹 대학의 교육과정 분석 결과는 <표 1-1.2-1>와 같으며 벤치마킹 대학의 교육과정은 2021년에도 전혀 변화하지 않음
- ▶ 본 교육연구단의 전공기초 과목을 4과목으로 축소하였으며 11개 특성화 교과목을 신설하였고 문제해결형, 주제발굴형 교과를 도입함으로써 전면적인 교육과정 개편을 단행함
- ▶ 학사지원제도에도 큰 변화를 도입하여 학생들의 전 주기적 학사관리가 가능하도록 체계화함

■ 벤치마킹 대학과 본 교육연구단의 연구역량 분석 (2022년 현재)



<그림 1-1.2-1> 교육연구단 BK21FOUR 사업 1, 2차년도 참여교수 연구논문 실적 요약

- ▶ 1차년도 2차년도 연구업적물에 대한 비교분석의 결과 연간 1인당 논문편수, IF의 합계에서 모두 교토대학, 코넬대학을 앞서는 결과를 보임. 다만, 논문 1편당 IF는 코넬대학에 비해 낮지만, 교토대학보다는 높은 수준을 유지하고 있음. 연구의 수월성 면에서 높은 수치를 유지하고 있지만 국제적 인지도 개선이 향후 중요한 과제가 될 것으로 인식할 수 있음

■ 교육연구단의 1, 2차년도의 연구 역량의 정량적 비교 분석

- ▶ 본 교육연구단 참여교수의 2차년도(해당 기간: 2021년 09월 - 2022년 08월) 연구 성과 분석을 위해서 1차년도(해당 기간: 2020년 09월 - 2021년 08월)에 발표한 논문 성과를 비교하여 <그림 1-1.2-1>에 나타냄. 참고 지표로 사업 선정평가 당시(해당 기간: 2019년 01월 - 12월)의 논문 성과를 함께 나타냄
- ▶ 【교수 1인당 논문 수 관련 양적 지표】 교수 1인당 논문 수는 5.47편에서 6.59편으로 1차년도 대비 20.5% 증가하였으며 논문의 환산 편수의 합계는 23.6편에서 30.4편으로 1차년도 대비 28.8% 증가함

- ▶ **【Impact Factor(IF) 관련 논문 질적 지표】** 전체 발표 논문의 평균 IF는 9.99로 1차년도 10.15보다 거의 차이가 없으므로 논문의 질적 수준은 잘 유지되고 있음을 나타냄. 교수 1인당 IF합계는 55.52에서 65.82로 1차년도 대비 큰 폭(27.2%)의 증가세를 보임. 평균 환산보정IF는 0.21에서 0.18로 소폭(-14.3%) 감소함
- ▶ **【Eigenscore(ES) 관련 논문 질적 지표】** ES는 논문을 출판한 학술지의 영향력을 나타내며, 해당 논문에 대한 영향력을 제3자가 판단할 때 유용한 값임. 평균 환산보정ES는 0.39에서 0.36로 소폭(-7.6%) 감소하였음
- ▶ **【JCR 랭킹 관련 논문 질적 지표】** 논문을 발표한 학술지의 JCR 랭킹(%)은 참여교수가 발표한 논문의 해당 분야 내에서의 질적 우수성을 나타내는 지표로 교수 1인당 연간 상위 10% 논문수는 2.71편에서 2.41편으로 소폭(-11.0%) 감소하였으나, 선정평가 당시의 상위 10% 논문수(2.24편)보다는 높은 수준으로 유지됨. 최상위 논문의 지표인 교수 1인당 연간 상위 3% 논문수는 0.29편에서 0.53편으로 큰 폭(82.8%)의 증가세를 나타냄
- ▶ 1차년도 성과와 비교할 때, 논문 1편당 환산보정 IF와 ES 지표는 소폭의 감소세를 보였지만, 교수 1인당 논문 수는 많이 증가하였고 논문 1편당 IF는 잘 유지된 것으로 분석됨. 최상위 논문 발표 수는 매우 큰 폭으로 증가하였음

3% 최상위 학술지

- Chemical Society Reviews: 2편
- Advanced Materials: 1편
- Science Translational Medicine: 1편

화학분야 최상위 학술지

- Chem: 2편
- Accounts of Chemical Research: 1편
- Journal of American Chemical Society: 5편
- Angewandte Chemie International Edition: 6편
- Chemical Science: 1편

자연과학 최상위 학술지

- Nature Communications: 2편
- Advanced Science: 2편

분야별 최상위 학술지

(IF 10이상 이거나 분야별 상위 10% 이내 저널)

- Nano Letters: 2편
- ACS Nano: 2편
- Advanced Functional Materials: 2편
- Small: 1편
- Journal of Materials Chemistry A: 2편
- ACS Catalysis: 1편
- Analytical Chemistry: 2편
- Journal of Physical Chemistry Letters: 2편
- ACS Applied Materials & Interfaces: 2편
- Macromolecules: 4편
- Chinese Journal of Catalysis: 1편
- Carbon: 3편
- Applied Surface Science: 4편
- Green Chemistry: 1편
- Dye and Pigments: 1편
- Journal of Alloys and Compounds: 1편
- Environmental Research: 1편



<그림 1-1.2-2> 교육연구단 BK21FOUR 사업 2차년도 참여교수 연구논문 실적 요약

■ 교육연구단의 참여교수 2차년도 연구논문의 양·질적 평가

- ▶ 연구역량 정량적 비교에 따르면 BK21FOUR 사업 2차년도의 교수 1인당 논문 수와 환산 편수를 매우 큰 폭으로 증가함. 또한 논문 1편당 IF와 상위 10% 논문 수는 잘 유지되고 있음. 또한 최상위 저널인 JCR상위 3% 논문 수는 매우 큰 폭으로 증가하였음. 이와 같은 결과는 본 교육연구단 참여교수 발표 연구논문 실적이 양적 성장을 유지하면서 질적 우수성을 추구하는 BK21FOUR 사업의 방향성과 일치하는 것으로 판단됨
- ▶ 본 교육연구단의 참여교수 연구실적 논문 1편당 환산보정 IF, 환산보정 ES 및 교수 1인당 JCR 랭킹 10% 이내 학술지의 발표 논문 수는 소폭 감소하였음. 이러한 정량적 지표의 변화는 각종 신생 저널이 생겨나면서 IF 분포에 큰 변화가 일어나고 있어서 발생하는 일시적인 현상으로 분석됨. 학문 분야 최상위 학술지를 나타내는 교수 1인당 JCR 랭킹 3% 이내 학술지의 발표 논문 수는 1차년도에 비교할 때, 82.8%의 증가를 나타내고 있으므로 연구역량은 잘 유지되고 있거나 오히려 증가하고 있다고 해석할 수 있음
- ▶ 본 교육연구단의 참여교수 연구 역량의 정성적인 평가를 위해서 BK21FOUR 사업 2차년도에 발표된

우수 논문을 조사·분석하여 <그림 III-1.2-2>에 나타냄

- ▶ <그림 I-1.2-2>에 나타낸 것과 같이 화학 및 자연과학 전체의 최상위 학술지(Chem, Accounts of Chemical Research, Journal of American Chemical Society, Angewandte Chemie International Edition, Nature Communications, Advanced Sciences 등)에 발표된 논문(19편)이 1차년도(16편) 및 사업 선정 당시 실적(5편)과 비교할 때 큰 폭으로 증가하였음
- ▶ 분야별 최상위 학술지 게재 실적에서 볼 수 있듯이 클러스터 특성화 분야인 소재기반 에너지와 소재 기반 바이오 분야의 최상위 학술지에 발표된 논문이 비약적으로 증가하였음
- ▶ 종합적으로 일부 지표(환산 IF, ES 및 JCR10% 이내 저널 발표 논문 수 등)에서 나타난 10% 이내의 정량 지표 감소는 교육연구단 참여교수의 연구 역량 질적 수준 하락보다는 향상으로 평가할 수 있음. 따라서 양적 성장을 유지하면서 독보적인 질적 우수성을 추구하는 교육연구단의 연구역량 강화 계획을 남은 사업기간 동안 보다 강하게 추진해 나아갈 것임

교육연구단의 비전 및 목표 달성을 위한 애로사항

■ 코로나-19 감염병 확산에 따른 제약

- ▶ 글로벌 네트워크 구축 및 해외 홍보
 - 교육의 국제화를 위해 글로벌 네트워크 확충을 위한 노력을 진행하는 과정에서 코로나-19 감염병 확산이 시작되어 대면 접촉이 극도로 제한되는 초유의 사태가 발생함
 - 이는 모든 교육연구단이 공유하고 있는 문제점으로 현시점에서 국제화 지표에 대한 평가는 코로나 19 상황을 고려하여 진행되어야 함
- ▶ 국제학술대회 참가 및 발표
 - 코로나19 감염병 확산은 거의 모든 국제학술대회를 연기하거나 취소하는 사상 초유의 사태를 촉발하였으며 다수의 온라인 학회가 진행됨. 2022학년도에 접어들면서 서서히 국제학술대회가 오프라인으로 개최되기 시작하였으며 2차년도에는 다수의 학회참가가 가능하게 되었음. 3차년도 연구에서는 완벽하게 정상화가 가능할 것으로 기대됨
- ▶ 국제 공동연구 활성화
 - 국제 공동연구의 활성화를 위해 장단기 해외 방문연구를 추진하고 있었으나 코로나19 감염병 확산으로 위축되어 있음. 3차년도 연구에서는 국제 공동연구가 더욱 활성화 될 것으로 기대됨

■ BK21FOUR 사업 예산의 축소

- ▶ 지원 대상 대학원생의 축소
 - 선정 당시 전체 소속대학원 70%의 지원을 기준으로 사업 예산이 산정되었으나 대폭 축소되어 현시점에 60% 수준의 대학원생이 장학금의 혜택을 받고 있음
 - 이마저도 코로나19 감염병 확산으로 대부분의 국제 학술대회가 취소되면서 국제화 부분의 필요한 예산이 다소 줄어들었기 때문에 가능한 수치로 코로나19 상황이 개선되어 국제학술대회 참가 지원 등이 이루어지고 있으며 참여대학원생의 점진적인 증가로 50% 수준까지 장학금 혜택이 낮아지게 되는 효과가 발생함

■ 제도적 제한

- ▶ 교육부에서 제한하고 있는 16주 강의 시수
 - 본 교육연구단은 특성화 강의의 효율성과 학생의 선택권을 부여하기 위해서 모듈형 강의를 제안하고 있음
 - 모듈화 강의는 3학점의 강의를 진행하되 16주의 기간을 1/3씩 구성하여 1학점 강의 3개를 모듈로 구성하는 것이며 대학원생은 본인이 필요로 하는 모듈을 선택하여 수강하는 것임
 - 하지만, 교육부에서는 모든 강의를 16주로 제한하고 있으므로 현행 제한에서는 모듈의 구성이 어려

우며 16주로 구성된 1학점 강의 3개를 개설하여 선택하는 방법 이외에는 불가능함

- 따라서, 실질적인 모듈형 강의의 취지를 살리기 어려운 상황임

▶ 신진연구인력에 대한 규정

- 본 교육연구단 소속 교수진은 외부과제의 지원을 받아 다수의 신진연구인력을 보유하고 있으나 신진연구인력의 실적에는 반영이 되지 않음

- 참여학생의 경우, 장학금 미지급 참여가 가능하지만, 신진연구인력에 대해서는 미지급 참여가 불가능함

- 내부학위자와 외부대학학위자에 대한 비율 제한으로 신진연구인력 임용의 제한이 따름

- 특히, 외부과제를 통해서 임용된 신진연구인력의 대부분은 외부대학학위자이기 때문에 이를 포함할 경우 내부학위자의 임용에 대한 제약은 줄어들 수 있음

□ 교육역량 대표 우수성과

■ 대표연구실적

- ▶ Advanced Materials 제1저자 논문 게재 [IF: 32.086, 재료 화학 분야 최상위 저널, JCR 2.15%]: Shape-Tuned Multiphoton-Emitting InP Nanotetrapods, Advanced Materials 2022, 34, 2110665 (2022년 5월 게재)
 - 연구 업적물 의의: 시간 분해 단일 입자 분광법과 편광 조절 시간 분해 흡수 및 형광 분광법을 이용해 인화인듐 테트라포드(InP tetrapod) 나노 크리스탈의 모양 제어에 따른 엑시톤 구속 차원 변화와 다중 광자 발광체로의 전환 메커니즘을 규명하였음. 기하학적으로 제어된 다중 양자 상태 간 상호작용에 대한 이해는 나노 광학 및 양자 정보 분야로 신소재의 활용 범위를 확장 시킬 수 있는 중요한 기반이 될 것이며 해당 이슈의 표지 논문으로 선정됨
- ▶ Chem 제1저자 논문 게재 (IF: 25.832, 화학 종합 분야 최상위 저널, JCR 3.07%): Synthetic Na^+/K^+ Exchangers Promote Apoptosis by Disturbing Cellular Cation Homeostasis, Chem 2021, 7, 3325 (2021년 12월 게재)
 - 연구 업적물 의의: 양이온 교환 운반체를 개발하였고 새로운 작용기전을 통해 암세포를 사멸시킨다는 것을 실험적으로 입증함. 개발된 양이온 교환 운반체는 Cl^- 이온이 결합되었을 때만 Na^+ 나 K^+ 와 선택적으로 결합하며 암세포 내 양이온 항상성이 파괴함. 이에 따라, 세포체에 스트레스를 주게 되며 세포자살 과정을 촉진하여 암세포를 사멸시킴. 이 연구는 향후 항암제 내성 문제를 해결할 새로운 방향을 제시한 것으로 평가받고 있음

■ 참여교수 교육대표실적

- ▶ 대학원 교육용 저서
 - 저서명: 올바른 인용표기를 위한 길잡이(한국연구재단/국가과학기술인력개발원, 2022년 3월 발행)
 - 저자: 외 2인
 - 본 교육연구단의 교수는 2명의 공저자와 함께 ‘올바른 인용표기를 위한 길잡이’를 집필하였음. 본 안내서는 한국연구재단의 연구윤리활동지원사업의 일환으로 제작되었으며 국가과학기술인력개발원에서 발행하였음. 표절의 이해, 인용의 방법, 유형별 인용표기 적절·부적절 사례, 온라인 자료 활용 사례로 구성되어 있으며 연구윤리에 입각한 올바른 인용에 대한 실질적인 지침서로 활용될 것으로 기대됨
- ▶ 새로운 대학원 교과목 개발
 - 교과목: 모듈형 에너지 교과목(총 6과목, 18모듈)
 - 과목명: ① 에너지 변환 전기화학, ② 에너지 생성 및 저장, ③ 에너지 재료 이론과 설계, ④ 에너지 계면화학, ⑤ 친환경 에너지 소재, ⑥ 에너지 환경 기술
 - 담당교수:
 - 과목①과 ②는 매년, 나머지 4개의 과목(③,④,⑤,⑥)은 격년으로 개설하여 4학기를 주기로 반복
 - 3개의 모듈화 과목을 본인이 선택함으로써 혼동 없이 모듈화 과목을 수강할 수 있도록 함
 - 다양한 영역의 에너지 관련 관심이 있는 학생은 교수가 강의하는 『에너지 재료 이론과 설계 1』, 교수가 강의하는 『에너지 변환 전기화학 2』, 교수가 강의하는 『에너지 재료 이론과 설계 3』의 3개 모듈화 과목을 수강할 수 있음

1. 교육과정 구성 및 운영

1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

교육연구단 교육목표 및 교육과정 개편 방향 도출

- ▶ 본 교육연구단은 『지속가능한 미래 사회 구현을 위한 인재양성』이라는 교육 비전 달성을 위해 해외 우수 대학·연구기관의 벤치마킹, 졸업생 대상 설문 조사를 포함한 기존 교육과정의 장단점 분석을 수행하였음
- ▶ 벤치마킹 및 설문 조사 결과를 바탕으로 본 교육연구단의 교과과정 및 시스템의 장·단점을 SWOT 분석을 통해 확인하고 본 교육연구단의 상황을 고려하여 최상의 교육 효과를 끌어낼 수 있는 방향으로 교과과정 및 학사관리의 개편 방향을 제시하였음
- ▶ 벤치마킹은 바이오·에너지 분야의 특성화로 저명도가 높은 미국 및 일본의 4개 대학(교토, 나고야, 스탠포드, 코넬 대학교)의 화학과 및 화학 관련 기관의 교육과정을 대상으로 분석하였으며, 설문 조사는 화학과 졸업생을 대상으로 2회 실시하였음
- ▶ 또한 2차년도 기간 중 코넬 대학교와 교토 대학교와의 벤치마킹을 추가로 실시하여 본 사업 진행 방향에 대한 점검 및 향후 추진계획에 반영하였음

■ 교육과정 및 학사관리 장단점 분석 (SWOT 분석)



<그림 II-1.1-1> 교육연구단 현재 교육과정 및 학사관리의 SWOT 분석

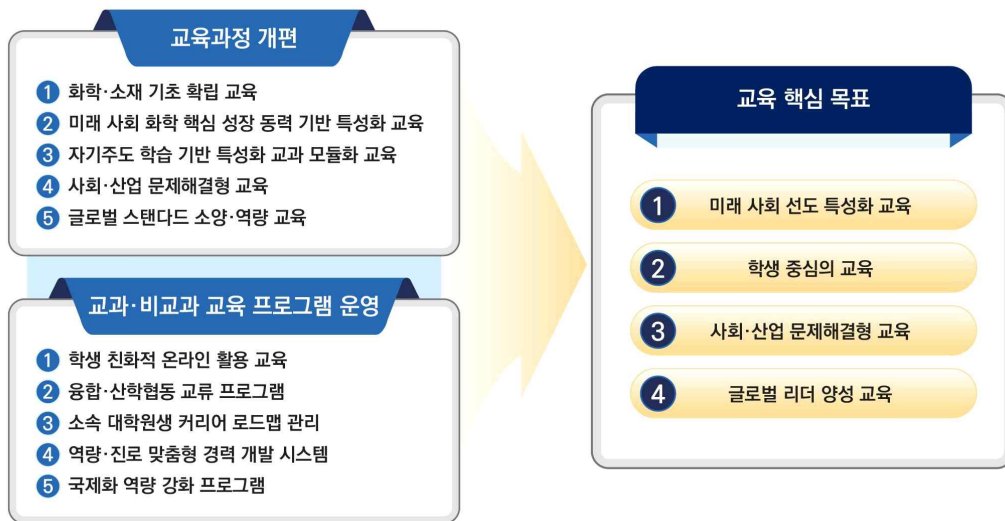
■ 교육과정 장단점 분석을 통해 설정한 교육과정 및 학사관리 개편 방향

- ▶ 교육과정 개편 방향
 - 화학 전공의 기초교과목은 유지 (벤치마킹)
 - 화학에 대한 미래 수요를 충족시키면서 교육역량을 집중시킬 수 있는 특성화 (벤치마킹)
 - 학생주도의 연구수행 내용을 반영시킬 수 있는 교과목이 필요 (벤치마킹·설문 조사)
 - 충실한 교육과정 이수자 연구역량 향상으로 이어지는 교과목이 필요 (벤치마킹·설문 조사)

- 진로 트랙에 따른 역량 강화 교과목 및 비교과 교육과정이 필요 (설문 조사)
- ▶ 학사관리 개편 방향
 - 대학원 전주기의 학사관리 시스템 필요 (벤치마킹)
 - 학생 중심 교육 및 중도 포기 방지에 대한 제도적 개선 필요 (벤치마킹·설문 조사)
 - 취업 및 진로 개발 역량 강화를 위한 학사관리 운영과 관련 프로그램이 필요 (설문 조사)

■ 교육연구단 교육목표 설정

- ▶ 교육과정의 장단점 분석을 통해 도출한 개편 방향을 바탕으로 교육연구단 비전 실현에 부합하는 핵심 교육목표 및 4대 세부 교육목표를 설정하였음
- ▶ 교육연구단 핵심 인재(4C형 인재) 양성을 위한 교육목표: 창의적 문제 해결 능력을 갖춘 핵심 화학 인재 양성을 위한 혁신적인 특성화 연구
- ▶ 핵심 교육목표 달성을 위한 교육 4대 세부 교육목표 설정
 - ① 미래사회 선도 특성화 교육 ② 학생 중심의 교육
 - ③ 사회·산업문제 해결형 교육 ④ 글로벌리더 양성 교육
- ▶ 4대 교육 세부 목표 달성을 위해 <그림 II-1.1-2>와 같은 교육과정 개편 5대 전략 및 5대 교과·비교과 교육 프로그램을 설정



<그림 II-1.1-2> 교육연구단 교육목표 및 교육과정 개편

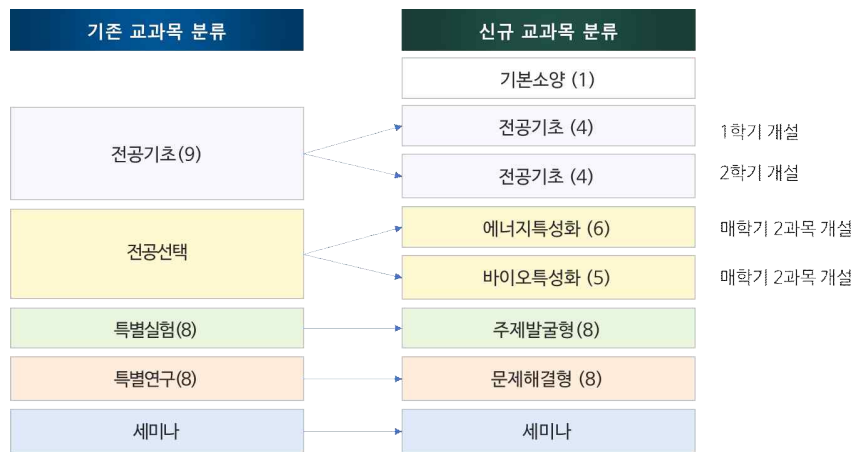
교육과정 개편 실적 및 현황

■ 교육과정의 전면적 개편

- ▶ 교육연구단 핵심 인재(4C형 인재) 양성을 위해 설정한 핵심 교육목표 및 4대 세부 교육목표에 따라 전면적인 대학원 교육과정 개편을 단행하였음. 교육과정 개편에 의한 핵심 교과목 설계는 다음의 과정에 의해 진행하였음
 - 정부에서 제시한 13대 혁신성장 동력 분야 중, 『첨단 소재』, 『신재생에너지』, 『혁신 신약』, 『맞춤형 헬스케어』를 교육연구단 비전과 밀접한 4대 분야로 선정
 - 4대 혁신성장 동력 분야의 새로운 가치 창출을 위한 화학 인력 양성을 위한 특성화 분야로 『소재 기반 에너지』와 『소재기반 바이오』를 선정
 - 각 특성화 분야에 필요한 핵심역량을 설정하고 이를 배양할 수 있는 교육과정을 구성함

■ **개편에 따른 교과목 분류 및 변화**

- ▶ 전공기초, 전공선택, 특별연구, 특별실험, 세미나로 구성된 기존의 교과목 분류를 교육연구단 핵심목표에 따라 다음과 같이 개편하였음
 - 기본소양: 연구윤리, 화학연구방법론(fundamental courses)
 - 전공기초: 화학 전반에 필수적인 기초교과목(core courses)
 - 소재기반: 특성화된 전공을 위한 전 단계(general courses)
 - 특성화심화: 2개의 핵심 트랙으로 체계화된 특성화 교과목(specialized courses)
 - 문제해결형 교과: 학과 내, 교내, 교외 대학 및 연구소와의 연구 협력을 통한 연구-교육 통합 교과목(collaborated courses)
 - 주제발굴형 교과: 지속가능한 화학 분야의 최신 연구 동향 교과목(special topics)
 - 융복합: 특성화 전공에 인접한 타 학과/학문 분야의 교과목(cross-listing courses)
- ▶ <그림 II-1.1-3>은 기존 교과목 분류와 교육과정 개편에 따른 신규 교과목 분류의 비교를 나타냄



* 괄호안은 총 교과목 수

<그림 II-1.1-3> 신규 교과목 분류 비교

- ▶ 졸업 필수요건으로 지정된 『연구윤리』와 세미나 과목을 제외하면 화학과 대학원에서 개설되는 교과목의 전체학점은 지난 5년간 연평균 72학점으로 매 학기 3학점의 강의가 12과목이 개설된 것임. 따라서, 신규 교과목도 매 학기 3학점 강좌 12과목이 개설되도록 설계함
- ▶ 신설된 기본소양 교과목 『화학연구방법론』을 1학기에 개설하도록 하여 1학기에는 총 13과목이 개설됨
- ▶ 학기별 교과목 분류에 의한 개설 과목 수
 - 기본소양 과목인 『화학연구방법론』은 1학기에만 개설됨
 - 1학기에는 전공기초 4과목, 2학기에는 소재기반 4과목이 개설됨
 - 에너지/바이오 특성화 분야 교과목은 매 학기 각각 2과목씩 총 4개 과목이 개설됨
 - 주제발굴형 교과와 문제해결형 교과는 매 학기 4과목씩 총 8개 과목이 개설됨
 - 세미나 교과목은 매 학기 3개 과목이 개설됨

■ **교육연구단 교과과정 및 교과목의 특징**

- ▶ 【기본소양 교과목】 연구윤리, 화학연구방법론
 - 2021학년도 1학기까지 화학과 대학원생을 대상으로 화학과에서 『연구윤리』 교과목을 개설하였으며, 2021학년도 2학기부터 대학원 공통과목으로 『연구윤리』 교과목이 개설되며 모든 대학원생이 필수로 이수해야 함

- 본 교육연구단의 교육 핵심목표 중 하나인 ‘학생 중심의 교육’에 부합하기 위한 첫번째 ‘학생제안교과목’인 『화학연구방법론』을 2021학년 1학기에 이어 2022년 1학기에도 개설하였음
- 『화학연구방법론』은 본 교육연구단 소속 대학원생을 대상으로 한 설문조사에서 가장 수요가 많았던 논문작성법, 연구데이터 분석 및 전반적인 화학연구방법에 대한 요청을 기반으로 주제와 내용을 구성하였으며, 화학 분야 연구자로 필요한 발표 기법, 실험의 설계 및 결과 도출 등과 같은 대학원생에게 필수적으로 요구되는 소양을 교육연구단 소속 교수 3인이 팀티칭으로 분야를 나누어 강의하였음
- ▶ **【전공기초 교과목】** 고등물리화학, 고등유기화학, 고등분석화학, 고등무기화학
 - 이전까지 학부 교육과정과 일치하는 내용으로 구성되어 있던 교과목들을 교육연구단에서 추구하고 있는 소재 기반 교과에 필수적인 화학 기초지식을 중심으로 교육
 - 전공기초 교과목은 화학과 소속 대학원생은 반드시 1과목 이상 이수하여야 함
- ▶ **【소재기반 교과목】**
 - 2021학년도 2학기부터 전통적인 화학 세부분야 분류에 따른 4개의 교과목(고등물리화학2, 고등유기화학2, 고등무기화학2, 고등분석화학2)를 각각 소재물리화학, 유기신소재합성, 나노신소재합성, 소재분석화학으로 개편하였음
 - 소재기반 교과목은 단순한 과목명 변경이 아닌 화학 분야의 전문화된 지식을 바탕으로 미래사회의 화학의 핵심 역할인 다양한 소재 기반 전문지식 및 연구역량 함양에 중점을 둔 내용으로 전면 개편하였으며 특성화 심화과목의 기초/선수과목으로 구성하였음
 - 예를 들어, 유기신소재합성 교과목의 경우, 전공기초교과목으로 개선된 고등유기화학 교과목에서의 기초교육을 기반으로 신소재 합성에 필요한 다양한 유기화학 기법들의 응용에 중점을 둠
- ▶ **【특성화심화 교과목】**
 - 지속가능한 미래사회의 화학의 핵심 가치인 에너지 및 바이오 분야에 대해 기초 화학의 산업화 응용 및 사회 문제 해결 역량을 키울 수 있는 핵심 주제들로 구성된 특성화 심화 교과목을 신설
 - 특성화 심화 교과목은 학생들의 연구 분야 활용에 대한 자기주도적 학습을 유도하기 위해서 다수의 전임교원 및 산업체 특별 초빙 교원의 팀티칭을 활용한 모듈 교육의 형태로 운영될 예정임
 - 대학원생들은 본인의 전공과 관련된 특성화 분야의 기초, 융합, 응용에 대한 소재 기반 에너지 및 바이오 분야의 교과목을 선택하여 이수할 수 있음.
 - 대학원생들은 모듈별로 선택하여 수강함으로써 본인의 연구 및 관심 분야의 핵심적인 역량을 습득할 수 있으며, 모듈형 강의에 대해서는 강의수강 지침을 통해 학생들에게 안내할 예정임
- ▶ **【에너지 분야 특성화심화 교과목】 (6과목)**
 - 에너지 클러스터 회의에서 총 6개의 교과목을 다음과 같이 결정하였음

① 에너지 변환 전기화학	② 에너지 생성 및 저장
③ 에너지 재료 이론과 설계	④ 에너지 계면화학
⑤ 친환경 에너지 소재	⑥ 에너지 환경 기술
 - 위의 과목 중 과목①과 ②는 매년, 나머지 4개의 과목(③,④,⑤,⑥)은 격년으로 개설하여 4학기를 주기로 반복되도록 편성함
 - 2021학년도 2학기에 『에너지 변환 전기화학』과 『에너지 재료 이론과 설계』를 에너지 분야 특성화심화 교과목으로 신규 개설하였으며 두 과목 모두 계획서에 명시한 모듈화 과목으로 운영하였음
 - 모듈화 과목은 기존의 3학점 1과목이 아닌 1학점 3과목으로 나눠 개설하게 됨. 2021년도 2학기에는 2개의 특성화 과목을 6개의 모듈화 과목으로 개설하였으며 4명의 참여교수가 강의를 담당하였음:

(3 모듈),	(1 모듈),	(1 모듈),	(1 모듈)
---------	---------	---------	--------
 - 수업계획서상으로는 『에너지 변환 전기화학 1, 2, 3』과 『에너지 재료 이론과 설계 1, 2, 3』의 각 1학점 6개 과목으로 개설되어 있으며, 화학과 대학원생은 3개의 모듈화 과목을 본인의 선택에 따라 이수할 수 있음

- 이처럼 강좌명을 정한 이유는 모듈화 과목 수강할 때 어느 과목이든 1, 2, 3에 해당하는 모듈 중 하나씩을 선택함으로써 혼동 없이 모듈화 과목을 수강할 수 있도록 하기 위함임
- 예를 들어, 다양한 영역의 에너지 관련 관심이 있는 학생은 교수가 강의하는 『에너지 재료 이론과 설계 1』, 교수가 강의하는 『에너지 변환 전기화학 2』, 교수가 강의하는 『에너지 재료 이론과 설계 3』의 3개 모듈화 과목을 수강할 수 있으며, 광촉매에 관심이 많은 학생은 교수가 강의하는 『에너지 변환 전기화학 1, 3』 및 교수가 강의하는 『에너지 재료 이론과 설계 2』를 수강할 수 있음
- 2022학년도 1학기에 『에너지 생성 및 저장1,2,3』과 『친환경 에너지 화학』을 에너지 분야 특성화 심화 교과목으로 신규 개설하였음. 『에너지 생성 및 저장1,2,3』은 모듈화 과목으로 3명의 참여교수가 3개의 모듈을 강의하였으며, 『친환경 에너지 화학』은 2명의 교수가 팀티칭으로 운영하였음
- 2022학년도 2학기에는 모듈화 과목인 『에너지 변환 전기화학 1, 2, 3』을 개설할 예정이며 학생제 안교과목으로 『에너지 환경 과학』을 개설할 예정임

▶ **【바이오 분야 특성화심화 교과목】 (5과목)**

- 바이오 클러스터 회의에서 총 5개의 교과목을 다음과 같이 결정하였음
 - ① 생체기능성 분자분석 ② AI기반 의약화학
 - ③ 화학생물학 ④ 초분자화학
 - ⑤ 나노바이오화학
- 위의 과목 중 과목①은 매년 1학기에 개설, 과목②와 ③은 매년 2학기에 개설하기로 함. 과목 ④와 ⑤는 격년으로 1학기에 개설하도록 함
- 2021학년도 2학기에 『화학생물학』과 『AI기반 의약화학』을 바이오 분야 특성화심화 교과목으로 개설하였음. 두 과목은 기존 관련 과목명을 일부 변경하고 바이오 특성화에 맞춰 내용을 개편하였음
- 2022학년도 1학기에 『생체기능분자분석』과 『나노바이오화학』을 바이오 분야 특성화심화 교과목으로 신규 개설하였음. 『생체기능분자분석』은 대학원생 설문조사를 기반으로 한 학생제안교과목이며, 『나노바이오화학』은 2명의 참여교수가 팀티칭으로 운영하였음
- 『생체기능분자분석』의 경우 바이오 특성화 분야 대학원생들의 요청이 많았던 생체 기능성 유기 분자 분석 기법 및 데이터 해석에 대한 내용으로 구성하였음. 특히 가장 활용도가 큰 NMR의 심도 깊은 학습을 위해 외부 NMR 전문가를 초빙하여 특강을 진행한 후 실제 화학물 데이터 해석 역량을 함양하도록 하였음
- 2022학년도 2학기에는 『화학생물학』과 『AI기반 의약화학』을 개설할 예정임. 또한 대학원 공동강의 교과목으로 『전이금속유기합성화학』을 개설할 예정임
- 대학원 공동강의 교과목은 BK21FOUR 사업의 추진 목표인 교육과정의 고도화 및 유연화를 실현하고 대학간 교육자원의 개방·공유를 통해 대학원 사업의 질적 향상을 도모하는 사업임
- 2022학년도 2학기에 개설될 『전이금속유기합성화학』은 본 교육연구단 소속 교수와 POSTECH 화학과 소속 교수가 양교 대학원 공동강의 교과목으로 처음 개설하는 과목으로 비대면 온라인 강의로 운영할 예정임

▶ **【주제발굴형 교과목】**

- 『특별실험』 교과목을 폐지하고, 『미래 에너지와 환경』, 『미래 바이오 의화학』, 『바이오 소재 연구』, 『에너지 소재 연구』의 4개 교과목을 신설하여 매 학기 운영함
- 해당 특성화 영역의 석사과정 대학원생들이 최신 학문 동향에 대한 연구주제를 3-5개를 선정하고 관련 기술에 대한 기본 교육, 논문 리뷰 및 연구계획서 작성으로 교과과 구성되며, 학생들은 강의를 통해 새로운 연구주제를 탐구하고 문헌 탐색을 통해 총설 논문을 완성하는 방식으로 진행함
- 본 교육연구단 소속 교수는 주제발굴형 교과목으로 2020학년도 2학기 『에너지 소재화학』을 시범 운영하였으며 이를 바탕으로 한 노하우 및 피드백을 반영하여 2021학년도 2학기부터 기존

의 특별실험 교과목을 주제발굴형 교과목으로 전면 대체하여 운영 중임

- 추후 해외 석학 및 산업체 전문가를 겸임교수로 적극적으로 활용하여 글로벌 선도 기술이나 사회·산업의 현안 등을 주제로 교과목을 구성할 예정임

▶ 【문제해결형 교과목】

- 『특별연구』 교과목을 폐지하고, 『심화 미래 에너지와 환경』, 『심화 미래 바이오 의화학』, 『바이오 소재 심화 연구』, 『에너지 소재 심화 연구』의 4개 교과목을 신설하여 매 학기 운영함
- 본 교육사업단 박사과정을 중심으로 ① 연구와 교육을 통합하고 ② 사회·산업형 문제 해결 능력을 창의적으로 정의하고 해결하는 역량을 키우는 목적으로 신설한 교과목임
- 대학원생들은 본인 전공의 연구자로서 담당 교수와 함께 학과 내 타 전공 교수와의 협업을 통해서 사회·산업 문제를 해결할 수 있는 연구주제를 발굴하고 융합(에너지 또는 바이오 특성화 분야) 접근 방법으로 풀어내는 방식의 연구 중심의 강의로 진행하게 됨
- 본 교육연구단의 ' ' 교수가 문제해결형 교과목으로 2020학년도 2학기 『무기촉매화학』을 시범 운영하였으며, 사회·산업 문제해결과 관련된 다양한 주제 중 무기화학적 관점에서 접근할 수 있는 주제를 탐색하고 연구제안서를 작성함
- 추후 연구지원 및 국제과전을 통해 강의-연구-국제화로 이어지는 대학원 교육 내실화, 활성화를 완성할 계획임
- 위의 시범 운영 결과를 바탕으로 2021학년도 2학기부터 문제해결형 교과목을 전면적으로 운영 중임
- 문제해결형 교과목의 전면적 실시 및 노하우가 축적됨에 따라 수업을 신청하는 학기 전 연구팀별로 관련 연구주제에 대한 연구계획서를 교육연구단에 제출하고 교육연구단은 한 학기당 3팀을 선발하여 관련 연구 융합연구수행에 대해 지원을 할 예정임

▶ 【세미나 교과목】

- 세미나 교과목은 화학과에서 실시하고 있는 현행 방식을 유지하여 연사 초청 세미나 및 학생 발표 세미나로 운영 중임
- 학생 발표 세미나는 석사과정과 석박사통합 및 박사과정 발표로 분리 운영 중이며 박사과정 발표의 경우 영어 발표를 의무화하고 있음

개편 전	개편 후
고등화학I (5) 고등물리화학, 고등유기화학 고등무기화학, 고등분석화학 고등화학생물학I	전공기초 (4) 고등물리화학, 고등유기화학 고등무기화학, 고등분석화학
고등화학II (4) 고등물리화학II, 고등유기화학II 고등무기화학II, 고등분석화학II	소재기초 (4) 소재물리화학, 유기신소재합성 나노신소재화학, 소재분석화학
전공선택 분야별 특론, 특강, 선택과목	특성화심화 (9) 에너지특성화(6) 바이오특성화(5)
특별실험 (4) 물리화학특별실험, 유기화학특별실험 무기화학특별실험, 분석화학특별실험	주제발굴형 (4) 미래에너지와 환경, 미래바이오의화학 바이오소재연구, 에너지소재연구
특별연구 (4) 물리화학특별연구, 유기화학특별연구 무기화학특별연구, 분석화학특별연구	문제해결형 (4) 심화에너지와 환경, 심화바이오의화학 바이오소재심화연구, 에너지소재심화연구

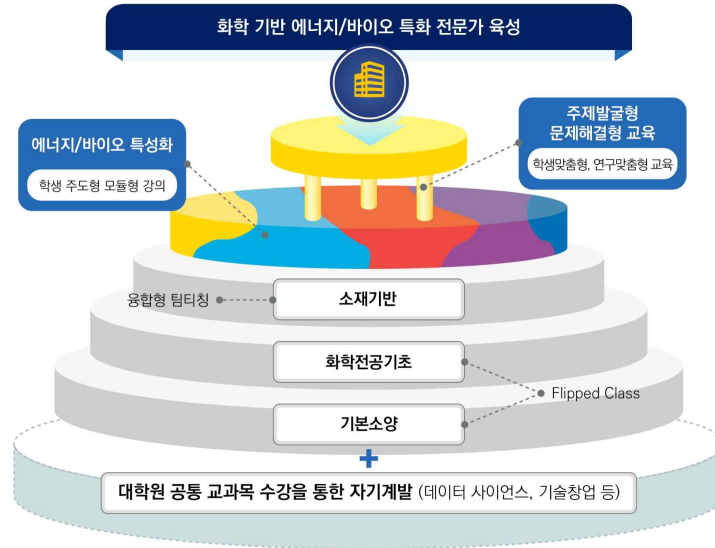
* 괄호안은 총 교과목 수 (3학점 기준)

*세미나 과목: 변화 없음; 기본소양 과목으로 '화학연구방법론' 신설 (2021-1학기부터)

<그림 II-1.1-4> 개편 전후 교과목 비교

▣ 교육과정 Edutree 구성 및 2년간 개설 예정 교과목 사전예고제

▶ 【Edutree】 기본소양, 전공기초, 소재기반, 특성화심화, 문제해결형, 주제발굴형, 세미나 및 융복합 교과목에 대한 일련의 특성화 기반 Edutree를 완성하여 운영함



<그림 II-1.1-5> 교육연구단의 Edutree

▶ 【사전예고제】 일련의 교육과정을 대학원생들이 자신의 연구주제에 맞게 포트폴리오를 구성할 수 있도록 2년 과정에 대해서 개설 예정 교과목의 ‘사전예고제’를 실시하고 있음

- 기본소양 교과목인 『화학연구방법론』은 매년 1학기에 개설
- 전공기초 교과목은 매년 1학기에, ‘소재기반’ 교과목은 매년 2학기에 개설
- 특성화 심화 교과목은 특성화 클러스터에서 정한 주기대로 개설. 단, 매 학기 종료 후 클러스터별 과목 리뷰를 통해 주제 변경 또는 개편 가능
- 주제발굴형, 문제해결형 교과목은 매 학기 각 4과목씩 개설
- 세미나 교과목은 매 학기 개설
- 2021학년도 2학기부터 향후 2년간 개설 교과목은 <표 II-1.1-1>과 같으며, 이후 2023학년도 2학기부터 동일한 2년 주기로 과목이 개설될 예정임

<표 II-1.1-1> 사전 예고제에 따른 2년간 개설 예정 교과목

분류	2021-2학기	2022-1학기	2022-2학기	2023-1학기
기본소양	화학연구방법론		화학연구방법론	
전공기초	고등물리화학, 고등유기화학 고등무기화학, 고등분석화학		고등물리화학, 고등유기화학 고등무기화학, 고등분석화학	
소재기반	소재물리화학, 유기신소재합성 나노신소재화학, 소재분석화학		소재물리화학, 유기신소재합성 나노신소재화학, 소재분석화학	
에너지	에너지 변환 전기화학	에너지 생성 및 저장	에너지 변환 전기화학	에너지 생성 및 저장
특성화	에너지 재료 이론과 설계	친환경 에너지 소재	에너지 환경 기술	에너지 계면화학
바이오	화학생물학	생체기능성 분자분석	화학생물학	생체기능성 분자분석

특성화	AI기반 의약화학	나노바이오화학	AI기반 의약화학	초분자화학
-----	-----------	---------	-----------	-------

※세미나, 주제발굴형, 문제해결형 과목은 매 학기 개설

■ 수요자 중심의 학생 친화적 교육 방법 도입

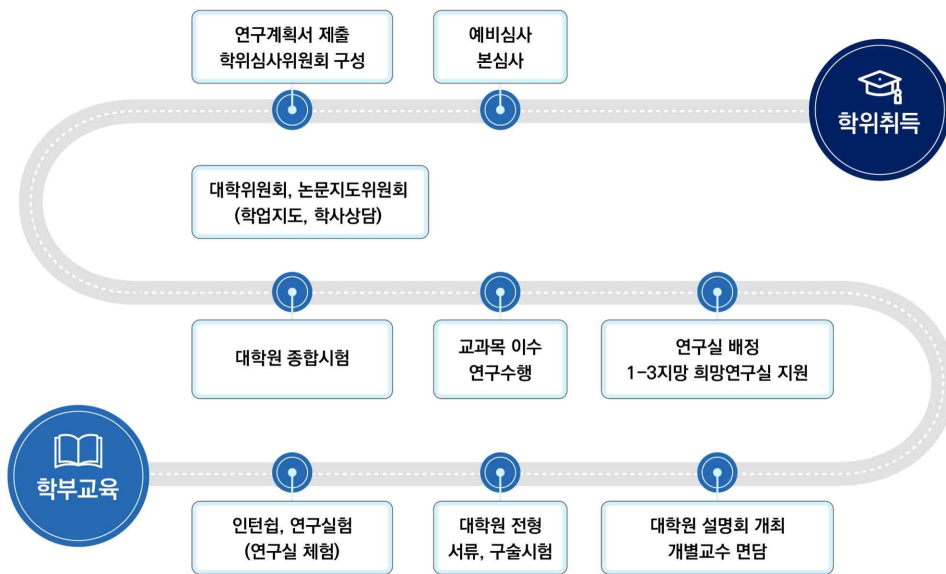
- ▶ **【학생제안교과목】** 대학원생들을 대상으로 진행한 설문 조사를 통해 학생들이 제안한 주제와 내용을 반영하여 설계된 수요자 중심의 교육
 - 2020년 11월 중에 실시한 화학과 연구실별 대학원생 설문 조사의 결과, 논문작성법에 대한 수요가 가장 많았으며 연구데이터 분석 및 전반적인 화학연구방법에 대한 다양한 요청이 접수되었음
 - 이를 바탕으로 2021학년도 1학기에 『화학연구방법론』을 학생제안교과목으로 신규 개설하여 3명의 교수가 팀티칭으로 수업을 진행하였으며, 매 1학기마다 개설하도록 하여 2022년 1학기에도 개설하였음
 - 2021학년도 2학기에는 설문조사에서 두 번째로 많은 요청을 받은 에너지 재료 관련 주제를 반영하여 『에너지 재료 이론과 설계』를 두 번째 신규 학생제안교과목 겸 특성화 심화 교과목으로 개설하였음. 또한 모듈화 강의를 위해 3학점 1과목이 아닌 1학점 3과목 『에너지 재료 이론과 설계1,2,3』로 개설하여 3명의 참여교수가 각 전문분야 모듈을 강의하였음
 - 2022학년도 1학기에는 바이오 분야 특성화심화 교과목 겸 학생제안교과목으로 『생체기능분자분석』을 개설하였음. 생체기능성 유기분자 데이터 분석 관련 대학원생들 요청이 많은 것을 반영하여 CD, IR, NMR, MS와 같은 분광학적 방법의 이론 및 실제 데이터 해석 능력 함양에 중점을 두었으며, NMR의 경우 외부 전문가를 초빙하여 NMR 이론에 대한 심도 깊은 특강을 병행하였음
 - 2022학년도 2학기에는 『에너지 환경화학』을 학생제안교과목으로 개설할 예정임. 향후 특성화 과목 변경 및 보완 과정에서도 대학원생들의 의견을 적극적으로 반영할 것이며, 본 교육연구단의 핵심 교육목표 중 하나인 ‘학생 중심의 교육’에 맞으며 향후 지속해서 유지 발전시킬 예정임
- ▶ **【온라인 강의 플랫폼(LearnUS) 활용】** 연세대학교에서는 온라인 강의 플랫폼 LearnUS를 개발하여 강의에 활용하고 있음
 - 화학 전공자의 기초 역량을 높이기 위해서 수업 일부를 먼저 동영상 강의로 촬영하여 온라인 강의 플랫폼인 LearnUS를 통하여 제공하고 실제 수업 시간에는 강의내용을 주제로 토론하는 방법인 Flipped Class의 형태로 운영하였음
 - 2020학년도 2학기에 시범적으로 운영한 주제발굴형, 문제해결형 과목에도 Flipped Class 방식을 적극적으로 활용하였으며 이를 통해 학생들의 적극적인 참여를 끌어낼 수 있었음
 - 2022학년도 1학기부터는 자동녹화강의실 기능을 활용하여 대면강의를 녹화한 영상을 LearnUs를 통해 제공함으로써 학생들이 강의내용을 다시 숙지할 수 있도록 하였음
 - 이러한 형태의 강의는 일방통행의 교수법이 아닌 상호 교환적인 학습 방법으로 자기 주도 학습 교육으로 화학 기초 역량이 강화될 것으로 판단됨. 따라서 전공기초, 소재 기반 교과목에도 점차 비중을 늘려나갈 계획임
- ▶ **【모듈화 강의】** 대학원생들의 자기주도적 학습 환경을 제공하기 위해서 특성화심화 교과에 대해서 모듈화 강의를 제공하였음
 - 각 대학원생의 전공과 관련된 특성화 분야의 기초, 융합, 응용에 대한 전문 지식을 선택하여 이수하고 자기주도적 학습을 극대화할 수 있도록 특성화 심화 교과목을 모듈화 교과목으로 운영하기로 함
 - 앞서 서술한 바와 같이 2021학년도 2학기에 에너지 특성화 심화 교과목인 『에너지 변환 전기화학』과 『에너지 재료 이론과 설계』를 각 3개씩, 총 6개의 모듈화 과목으로 운영하였으며 매 학기 모듈화 강좌를 추가 개설하고 있음

□ 국제화 역량 강화 실적 및 현황

- ▶ 1차년도에 이어 2차년도 대부분의 기간에도 코로나-19 감염병 확산으로 인해 인적 교류가 극도로 제한되어 해외기관과의 MOU 체결 및 교수·학생의 장기 파견이 원활히 이루어지지 않았으나, 향후 코로나-19 감염병 상황이 개선되면 국제화 역량 강화 프로그램을 적극적으로 추진할 것임
- ▶ 정규 교육과정의 국제화
 - 코로나-19 감염병 확산의 영향으로 교육연구단의 특성화 분야의 관련 해외 석학 초빙을 통한 방학 중 집중강의는 불가능하여 온라인을 통한 국제 세미나 및 해외 석학 비대면 집중강의를 통한 정규 교육과정의 국제화를 추진하였음
 - 2022년 2월에는 교육연구단 소속 대학원생을 대상으로 3명의 해외 석학을 초빙한 온라인 심포지엄 ‘Yonsei BK21 Symposium - Innovative Materials for Sustainable Future’를 개최하였음
 - 2021학년도 2학기에 화학과 외국인 교수인 _____ 교수가 『Computer Simulations in Chemistry』를 9월부터 3주간 실시간 비대면 집중강의로 신규 개설하여 다양한 화학과 세부 전공 학생들에게 계산화학에 대한 기초지식 및 인공지능을 이용한 화학 연구 기법을 강의하였음
 - 2022학년도 1학기에는 『Digital Chemistry and Data Science in Chemistry』를 신규 집중강의로 개설 하였음. 원래 계획은 여름 방학 중 대면강의로 운영하고자 하였으나, 코로나-19 변종 오미크론의 확산세로 인해 학기 중 비대면 집중강의로 운영하였음

학사관리 운영 실적 및 현황

□ 대학원생 전주기적 학사관리 체계 구축



<그림 11-1.1-6> 본 교육연구단의 전주기적 학사관리 체계

- ▶ 『입학-수업-연구수행-논문(졸업)-취업』으로 이어지는 교육연구단 소속 대학원생의 전 주기적 학사관리 체계를 구축하였음
- ▶ 2022학년도 상반기까지는 코로나-19 감염병 확산으로 인해 대면 모임 제한되어 입학 단계에서의 ‘신입생 오리엔테이션’을 가지지 못하고 비대면 개별 면담만을 진행해 왔음. 다행히 2022학년도 2학기 대학원 합격자를 대상으로는 이전과 같은 신입생 오리엔테이션을 대면으로 시행한 것을 포함하여 대부분의 학사관리 체계는 신청서에서 기재한 내용을 충실히 이행하였음
- ▶ 특히 다시 시작한 ‘신입생 오리엔테이션’은 기존의 실험실 소개를 확대 개편하여 신입생들이 본인에

게 적합한 연구 분야 및 해당 연구실을 찾는 데 실질적인 도움을 주기 위해 오픈랩(Open Lab.)을 실시하였음. 오픈랩 행사에서 각 연구실 소속 대학원생들이 현재 진행 중인 연구주제 및 실험실 생활에 대한 질의응답을 받아 많은 호응을 받았음

- ▶ 전 주기적 학사관리 체계의 구축을 위해 『교과운영위원회』와 『논문지도위원회』를 교육연구단에서 제안하여 학과 내에 관련 내규를 제정하였음. 또한, 효율적인 교육과정 운영을 위해 기존 화학과 내 소위원회인 『교무교과위원회』와 교육연구단의 『교과운영위원회』를 통합하여 운영토록 하였음

■ 졸업요건 완화 및 특성화 분야 연구역량 강화

- ▶ 필수 이수 교과목의 축소 및 신규 교과목 개설
 - 졸업을 위한 필수 이수 교과목을 1과목으로 줄였으며, 에너지 및 바이오 분야 특성화 교과목, 학생 제안 교과목, 기본소양 교과목을 신규 개설하여 학생들의 연구역량 계발을 위한 다양한 선택의 기회를 확장하였음
- ▶ 논문 게재 요건 완화
 - 신청서 내의 운영 계획에 명시한 바와 같이 논문의 질적 수준 향상을 위해 졸업에 필요한 논문 게재 요건을 완화하였으며 논문 실적 인정 범위를 확장하였음
 - 각 분야 인용지수(IF) 상위 25% 논문당 1.5편의 가중치 부여
 - 동일 연구실 내 공동 1저자 논문의 경우, 공동 1저자 모두에게 동일 실적 부여
 - 인용지수 5 이상 저널에 게재된 총설 논문을 실적으로 인정
- ▶ 박사(통합) 종합시험 제도 개편
 - 종합시험 응시 자격에서 논문 실적 요건을 삭제
 - 연구 과정의 효율적인 진도관리를 위해 통합과정 6학기 이내, 박사과정 4학기 이내 최초 종합시험 응시 의무화함
- ▶ 석사 종합시험 제도 개편
 - 졸업요건에서 논문 투고 의무 사항 삭제
 - 석사과정 2학기 종료 후 종합시험 응시 의무화
 - 종합시험 후 부족한 부분을 보완하여 평가받을 수 있도록 '조건부 합격'제도 도입
- ▶ 창의시험 제도 개편
 - 창의시험을 선택시험으로 전환하여 독립 연구자로서의 연구주제 창출 경험 제공
 - 박사학위 취득 요건에서 창의시험을 면제하는 대신 창의시험 응시자에 대한 시상 제도 마련

■ 학생 중심 학사운영 및 학위과정생 중도 포기 방지 장치 마련

- ▶ 대학원생별 『논문지도위원회』 구성
 - 석박사통합 및 박사과정 학생 지도시스템 강화 및 커리어 관리를 위한 『논문지도위원회』를 구성하고 관련 내규를 제정하였음
 - 『논문지도위원회』는 지도교수와 논문지도위원 2인으로 구성되며 입학 후 1학기가 종료된 시점에서 학생 선호도를 반영하여 논문지도위원을 배정함
- ▶ 학위과정 전환에 대한 유연성 확보
 - 통합 중단 학생의 5학기 의무 조항을 폐지하였으며 연구실 변경을 원하는 학생의 경우 『논문지도위원회』의 자문을 거쳐 학위를 이어나갈 수 있도록 제도를 정비함

■ 교육과 연구의 선순환 구축 및 연구역량의 교육적 활용 방안

- ▶ 대학원생, 참여교수, 대학원 『교육과정위원회』의 환류 체계를 구성하여 핵심지표 관리를 통한 지속

적인 교육과정 개선을 추구함. 특히 에너지 및 바이오 특성화 교육, 문제해결형 및 주제발굴형 교육을 통해 지속가능한 미래사회 구현에 필요한 연구역량에 부합하는 실질적인 교육을 강화함

- 특성화 심화 교과목에 전임교원 3인 이상의 팀티칭(모듈화) 강의를 활용하여 강의의 전문성과 함께 융합성을 확보하여 수강한 학생들의 역량의 극대화를 추진함
- 문제해결형 및 주제발굴형 교과목에 자기주도적 학습을 적용하여 최신 연구 동향을 파악하고 이를 대학원생 각자의 연구에 반영하여 연구-교육 선순환의 고리를 강화할 수 있도록 함

전임교수 대학원 강의 계획 대비 최근 1년간 실적

■ 특성화 분야 연구·교육역량의 통합

- ▶ 본 교육연구단의 에너지 및 바이오 분야 특성화 교육에 기반하여 각 전임교원의 연구와 교육 분야를 일치시킨 연구·교육클러스터를 구성하였음
 - 각 클러스터별 회의를 통해 특성화심화 교과목 및 개설 시기를 확정하였음
 - 향후 클러스터별 교육·연구 세미나를 학기당 1회 추진하고 세미나 보고서 결과를 『교육과정위원회』에서 평가하여 문제해결형·주제발굴형 교과목 설계, 특성화 심화 교과목 개선 및 신입교원 층원에 반영할 계획임

<표 II-1.1-2 담당 교수의 교육·연구 특성화 분류>

교육·연구 분야	소재 기반 에너지	소재 기반 바이오
기초 연구		
융합 연구		

- ▶ 지난 1년간 대학원 교과목의 전임교수 담당 비율은 100%이며 담당 교과목은 다음과 같음

<표 II-1.1-3 지난 1년간 전임교원 담당 교과목 (2021.9.1~2022.8.31.)>

담당교수	과목명
	소재물리화학, 고등물리화학
	화학연구방법론(*†), 나노바이오화학(*), 친환경에너지화학(*)
	에너지재료이론설계2(**†), 에너지생성및저장2(**), 화학연구방법론(*†), 심화미래에너지와환경1
	소재분석화학, 에너지소재연구4, 에너지소재연구1,
	화학생물학, AI기반의약화학
	미래바이오의화학4, 미래바이오의화학1, 심화미래바이오의화학1
	에너지재료이론설계1(**†)
	나노신소재합성, 에너지생성및저장3, 바이오소재심화연구1
	미래에너지와환경4, 고등무기화학, 바이오소재연구1
	에너지변환전기화학1,2,3(**), 화학세미나XI, 고등분석화학, 에너지소재심화연구1
	에너지소재심화연구4
	심화미래바이오의화학4, 화학세미나 XII, 화학연구방법론(*†), 나노바이오화학(*), 친환경에너지화학(*), 화학세미나I
	고등유기화학
	에너지재료이론설계3(**†), 심화미래에너지와환경4, 에너지생성및저장1, 미래에너지와환경1
	바이오소재연구4, 생체기능분자분석(†), 화학세미나III

※ * 팀티칭; ** 모듈화 교과목; † 학생제안 교과목

■ **교육과정의 전면적 개편**

- ▶ 벤치마킹 결과를 바탕으로 특성화 영역을 설정하였으며 최초로 계획하였던 교육과정의 전면적인 개편을 단행하였음
- ▶ 주제발굴형, 문제해결형 교과와 전면적, 지속적 운영을 통해 학생중심의 교육을 추구하고자 하는 목표에 부합하는 교육체계를 완성할 예정임

■ **학생 친화적 교육 프로그램의 운영**

- ▶ Edutree형 교육과정, 2년예고제 등을 통해 학생들의 교육과정에 대한 완성도를 높일 수 있는 방향으로 교과 교육 프로그램을 구성하였음
- ▶ 학생제안교과목의 운영, 온라인 강의 플랫폼의 활용 등을 통해서 수요자 중심의 학생 친화적 교육방식을 채택하고 있음
- ▶ 2021년에는 코로나-19 감염병 유행에 따라 대부분의 강의를 온라인으로 진행되었으며 온라인 강의에 대한 노하우가 상당히 높은 수준으로 향상될 수 있었음
- ▶ 2022년부터는 대면 강의를 재개되고 온라인 교육 플랫폼 LearnUs 및 자동녹화강의실 기능을 활용한 온라인/오프라인 병행 교육이 시작되었음

■ **전주기적 학사관리 체계 구축**

- ▶ 『교과운영위원회』와 『논문지도위원회』를 구성하여 체계적인 학사관리가 가능하도록 노력함
- ▶ 특성화 분야의 연구역량 강화를 위해 졸업요건을 완화하고 학사제도의 개편을 진행함
- ▶ 교육과 연구의 선순환 구조의 확립을 위해 노력하였으며 계획대비 순조롭게 진행되고 있음

■ **교육의 국제화**

- ▶ 교육과정의 전면적인 개편이나 학사관리 체계의 확립에 대해서는 당초에 제안하였던 계획대로 순조롭게 진행되고 있으나, 2차년도 대부분의 기간에도 코로나-19 감염병 유행에 따라 교육의 국제화 영역에서는 다소 부진한 성과를 보임

■ **향후 추진 계획**

- ▶ 개편된 교육과정이 잘 운영될 수 있도록 하며 학생들의 피드백을 받아 강의의 내용과 형식 등에 대해 꾸준히 보완해 나아갈 예정임
- ▶ 3차년도부터 다소 부진했던 교육의 국제화 부분에 대해서 감염병 상황이 개선되는 대로 목표 수준에 도달할 수 있도록 추진할 것임
- ▶ 온라인 강의를 통해서 축적된 다양한 노하우들을 새로운 교육 프로그램의 개발에 반영할 예정임

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

교육연구단의 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련한 프로그램 운영 계획

화학 기반 특성화 교육과정 및 핵심 역량 비교과 과정을 통한 미래 사회 대응 인재 육성 (학술인재 트랙/산업계 전문가 트랙)

- ◆ 다학제간 융합형, 자기주도적 문제해결형 교육을 위한 교과과정 개편
- ◆ 연구-교육의 선순환을 위한 과제맞춤형 교수/학생 공동 개설 강의 지원
- ◆ 교내 비교과 통합 온라인 플랫폼 구축 및 확장을 통해 미래사회를 대비하는 역량강화
- ◆ Two-Track 진로맞춤형(학술인재, 산업계 전문가) 역량강화 비교과 프로그램

■ 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련한 프로그램 구성 및 운영 계획

- ▶ 본 교육연구단의 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련한 교육 프로그램 현황의 장·단점 분석 및 분석 결과를 통해 수립한 교육 프로그램 구성 및 운영 계획은 아래와 같음

<표 II-1.2-1> 교육 프로그램 현황 및 장단점 분석을 통한 운영 계획

교육 프로그램	교과목 구성	역량강화 비교과
현황	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 화학 전통 4대 분야 기초 및 심화 학습을 통한 학문적 호기심 고취 및 난제해결 중심의 교육과정 ▶ 다학제 융합형 교과목 부재, 타학과 Cross-Listing 부재 ▶ 산업관련, 최신연구동향 관련 교과목 비율 낮음 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 연구계획서 작성, 참고문헌관리, 논문작성법 등 학술활동 보조 역량 강화 교육 ▶ 대학원 공동 관리, 온라인 교육 등 학생 친화적 교육 환경 ▶ 학술인재 역량강화 비교과 프로그램이 대부분으로, 산업계 전문가 등 진로맞춤형 역량강화 프로그램의 비율이 낮음
장점	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 화학 분야 학술인재 양성 및 심도 있는 기초연구에 유리한 교과목 구성 ▶ 학계 진로 맞춤형 비교과 교육을 통한 역량 강화 	
단점	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 융합 분야 연구 및 문제해결 대응에 취약한 교과 및 비교과 프로그램 ▶ 산업계 전문가 양성을 위한 역량강화 프로그램 부재 ▶ 최신 연구 동향 맞춤형 교과목의 부재로 인한 연구-교육의 부조화 	



계획	<ol style="list-style-type: none"> 1) 기존 프로그램의 강점유지: 화학 기초 교과목 내실화 및 집중강의, 연구유리 등 기본 소양교육 유지 2) 교육과정 개편 및 교과목 신설: 교과목 개편을 통한 다학제간 융합형 인재 육성, 문제해결형 강의 신설을 통한 연구-교육 선순환 및 시너지 발생 3) 비교과 전문성 강화 및 진로맞춤형 이원화: 빅데이터, AI, 통계분석 등 미래 사회 맞춤형 전문성 강화 비교과 교육 프로그램의 확장, 진로맞춤형 역량강화 비교과 이원화 (학술인재/산업계 전문가)
----	--

과학기술산업·사회 문제 해결과 관련한 프로그램 운영실적 및 현황

■ 과학기술·산업·사회 문제 해결에 기여할 수 있는 인재 양성을 위한 교육 프로그램 개편

- ▶ 미래 산업·사회문제 해결에 기여할 수 있는 인재양성을 위해 소재기반 에너지/바이오의 특성화 분야에 따른 교과목 개편을 단행하였음. 기존 프로그램의 강점을 유지할 수 있는 화학 기초교과목의 내실화를 추구함과 동시에 융합형 인재 양성을 위한 특성화 교과목을 신설하였음. 또한, 기존의 특별연구, 특별실험 과목을 실질적인 문제해결에 필요한 최신 연구 동향 파악 및 과학기술 난제 해결에 필요한

주제발굴형, 문제해결형 과목으로 개편하였음

▶ 연구·교육 선순환을 위한 과제·학생맞춤형 강의 신설

- 교육과정 개편에 따라 ‘문제해결형’, ‘주제발굴형’ 강의를 신설하여 연구주제에 맞춘 융합형, 자기 주도 학습형 교육을 추구함. 연구를 통해 새로운 강의를 생성하고 강의 과정을 통해 새롭게 연구주제를 발굴하여 자연스럽게 이어지는 연구·교육 간 선순환 구조를 확립을 추구할 것임
- 2020년 2학기에 본 교육연구단 소속 교수가 주제발굴형, 문제해결형 강의를 각각 1강좌씩 시범 실시한 후, 과목 운영 리뷰 및 수강생 피드백을 통해 향후 강좌 운영 가이드라인을 제시하였음
- 2021년 1학기에 교과목 개편을 통해 기존의 특별연구, 특별실험 과목을 문제해결형, 주제발굴형 과목으로 대체하였으며, 2021년 2학기부터 융합형, 자기 주도 학습형 강의로 전면 개편 후 시행 중임.
- 학생 스스로 자신의 연구역량 강화에 필요한 주제를 제안하는 ‘학생제안교과목’을 매 학기 1과목씩 신설하고 있으며, 한번 개설한 과목은 사전 예고제에 의해 정기적으로 개설하고 있음. 또한 본인에게 필요한 전문지식을 선택해서 수강하는 모듈화 강의 및 Flipped Class와 같은 수요자 중심 교육 비중을 늘려나갈 예정임

▶ 주제발굴형 교과목으로 2020년 2학기 ‘에너지 소재화학’을 시범실시하였으며, 학생들이 강의를 통해 새로운 연구주제를 탐구하고 문헌 탐색을 통해 총설 논문을 완성하는 방식으로 진행하였음

- 실제로 수업의 결과물로서 집필되어진 남윤우 석사과정 학생의 총설 논문은 국제학술지에 게재되어 (Chinese Journal of Catalysis) 강의·연구의 선순환 구조를 확립함

▶ 문제해결형 교과목으로 2020학년도 2학기 ‘무기촉매화학’을 시범실시하였고, 사회·산업 문제해결과 관련된 다양한 주제 중 무기화학적 관점에서 접근할 수 있는 주제를 탐색하고 연구제안서를 작성함

- 이산화탄소 저감 대책, 신재생에너지 활용 확대를 위한 촉매물질 개발과 같은 본 연구단의 목적성과 부합하는 지속가능한 미래를 위한 과제들을 다수 발굴함

▶ 2021학년도 2학기부터 전면적으로 실시된 문제해결형, 주제발굴형 교과목 운영을 통해 대학원생들이 당면한 산업·사회 문제 해결에 필요한 주제를 다수 발굴하였음

▶ 일례로 2021학년도 2학기에 교수가 담당할 문제해결형 교과목인 ‘심화미래에너지와환경4’의 경우 박사 및 통합과정을 대상으로 실질적인 문제해결을 중심으로 수강생 스스로가 에너지 및 환경 관련 연구를 제안하고 담당교수가 5주에 한번씩 지도하는 형태로 운영이 되었으며 최종적으로 과제 제안서 형태의 보고서를 제출하였음



<그림 II-1.1-7> ‘심화미래에너지와환경4’ 교과목에서 학생들이 작성한 연구제안서

- ▶ 특히 학생들의 요구에 따라 신진연구자로 발돋움하기 위하여 본인이 연구하고 있는 주제에 관하여 세종펠로우쉽 연구제안서를 쓰는 것으로 정하였으며, 그림으로 제안서의 제목 및 연구의 필요성을 나타내었음
- ▶ 에너지/바이오 특성화에 따른 화학 관련 연구 기법을 통해 이를 해결할 수 있는 역량을 갖출 수 있는 교육-연구 선순환 구조를 확립하고자 지속적으로 노력 중임
- ▶ 미래사회 산업·사회문제 해결의 핵심역량인 빅데이터, 인공지능 관련 교과목을 신설해 운영해 왔으며 4차 산업혁명 시대에 적합한 리더 양성을 위해 인공지능 기반 교육을 지속해서 강화할 계획으로 대표적인 인공지능 관련 교육 프로그램 현황은 다음과 같음
 - 기존 『인공지능 기반 의약화학 및 진단의 최신 경향』 과목을 합성생물학 기반의 유전체 연구부터 전통적인 소분자 기반의 의약화학을 아우르는 수업 내용으로 확대 개편하여 2021학년도 2학기에 『AI기반 의약화학』으로 개설하였으며, 2022학년도 2학기에도 개설할 예정임. 본 교과목은 인공지능에 대한 이해, 인공지능 기반 데이터 분석, 치료제 및 진단 기법 개발에 관련된 전반적인 사항을 다루게 되며 건강한 미래 사회에 필수적인 난치병 치료제 개발 역량 함양에 기여할 것임
 - 교수는 2021학년도 2학기에는 『Computer Simulations in Chemistry』를 집중강의로 개설하여 다양한 화학과 세부 전공 학생들에게 계산화학에 대한 기초지식 및 인공지능을 이용한 화학 연구 기법을 강의하였음. 또한 2022학년도 1학기에는 『Digital Chemistry and Data Science in Chemistry』를 신규 집중강의로 개설하였음

<표 II-1.1-4 지난 1년간 주제발굴형/문제해결형 교과목을 통해 발굴한 연구제안서 및 보고서 (2021.9.1.~2022.8.31.)>

학기	과목명 (담당교수)	학생명	보고서 제목
2021-2	—	—	Multi-Channel Scanning Probe Techniques and Their Implications in Biochemical Imaging and Signaling Molecule Detection
			Application of Synthetic Nanomaterials Towards Biomedical Diagnosis
			Microscopic Gas Sensors and Their Applications in Biomedical Diagnosis
			Syntheses of TiO ₂ , and C ₃ N ₄ -based Photocatalysts for Efficient and Selective CO ₂ Photoreduction
			Synthesis of MoS ₂ in wafer-scale using MOCVD method and their device applications
			Probing reaction dynamics rates at the interface between a vapour phase nitro-compounds and coordination cages (MOF)
			Enantio- and Diastereodivergent Dual Organocatalysis: Reaction Developments and Mechanistic Studies
			단일 세포 분석법을 이용한 TCR-항원의 특이성을 확인하는 방법
			초분자 기반의 자극에 반응하는 금속-유기복합체 개발
			입체방사성 이중 유기촉매시스템을 통한 반응 개발과 메커니즘 연구
2022-1	—	—	당분해효소 활성을 고속으로 탐지할 수 있는 탄수화물 칩 개발 및 응용
			Electrochemical Surface-Interrogation for Mechanistic Studies of Reactions Involved in Urea Fuel Cells
			Electrochemistry of Pickering Emulsions and Related Extensions to Drug Delivery
—	—	—	Solid-State Polymer Electrolytes for Lithium Secondary Batteries

NIR fluorogenic probes for detection of tumor microenvironments
Cell free DNA-based cancer diagnosis
Artificial intelligence (AI)-based chemical reaction prediction and optimization
Porphyrin-based Covalent Organic Framework for photochemical CO ₂ reduction
Synthesis of Boronate ester-linked COF_Review
Dual stimuli-responsive viologen-containing poly(2-alkyl-2-oxazoline) hydrogel
Alkylations of Amines with Tertiary Halides: Copper-Catalyzed C-N Cross Couplings Enable Cyclopropanimine-Based Ligand
2-(5-bromo-4-alkoxythiophen-2-yl)benzothiazole : photodimerization, selective and sensitive detection of hydrogen fluoride and Its Application as Security ink
Sorting of Carbon Nanotubes using Surfactant Binding Affinity

※ * 주제발굴형 교과목; ** 문제해결형 교과목

■ 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 비교과 프로그램 운영

- ▶ 본부 대학원의 공통교과목 활용 및 비교과 시그니처 프로그램(Y-ABC)의 활용
 - 본 교육연구단 소속 대학원생들의 화학 외 핵심역량 강화를 위해 본부 대학원에서 마련한 공통교과목 및 비교과 프로그램(Yonsei Activities Beyond the Classroom; Y-ABC; <http://yabc.yonsei.ac.kr>)을 적극적으로 활용하고 있음
 - 매년 주기적으로 대학원생들의 연구역량 및 논문작성 능력 향상을 위한 ‘Web of Science 온라인 특강’, ‘국제 학술지 논문 투고 전략’, ‘영어 논문 작성법’ 등의 강좌들이 Y-ABC에서 온라인 강좌로 개설되었으며, 취창업 및 진로심리상담과 관련된 다양한 프로그램이 제공되었음
 - 대학원 공통으로 Y-ABC를 통해 신규 도입되는 미래사회를 위한 핵심역량(빅데이터, 통계분석, 인공지능, 창업지원) 관련 비교과 프로그램들을 적극 활용하여 산업전문가 진로 선택 학생들의 산업계 전문가로의 성장을 지원할 것임
- ▶ 진로 개발 및 산학연계 교육과정
 - 1차년도에 이어 2차년도에도 코로나19로 인해 교육연구단 차원에서 산학위크샵을 개최하지 못하였음. 차년도부터 코로나19 상황이 개선되는 대로 우수하고 차별화된 산학연계 세미나 과정을 신설하여 지역 산업체의 요구를 반영한 맞춤형 교과과정의 설치 및 기술적인 문제에 대한 교육 서비스를 제공할 계획임
 - 소속 대학원생마다 배정된 논문지도위원회를 통해 진로 개발 및 심리 안정을 지원할 것임. 논문지도위원회는 연구 지도교수 및 논문지도위원으로 구성되며 종합시험, 학위논문심사를 비롯한 대학원생 학위 과정 전반을 주관할 뿐 아니라 학위 후 진로 컨설팅 및 심리상담을 담당함
 - 교내 미래인재개발원에서는 대학원생을 지도하는 교수의 취업지원 역량개발을 돕기 위해 교내 온라인 교육 플랫폼인 LearnUs (<http://open.yonsei.ac.kr>)를 통해 ‘교수·직원 취업지원 전문가 양성과정’을 개설하였음. 교육연구단 소속 교수도 과정에 참여하여 수료하였으며, 2021년 하반기에 취업컨설팅트(2급) 자격증을 취득하였음. 향후 대학원생 진로 개발 지도에 교육 내용을 적용할 계획임
 - 또한 미래인재개발연구원에서 ‘대학생 진로지도 전문가 양성교육’을 2021년 12월에 개설하였으며 본 교육연구단 소속 교수가 과정 수료 후 대학생 진로지도전문가 자격증을 취득하였음

▶ 창업지원 프로그램 구축

- 본 교육연구단을 통해 배출될 학위자들이 창업을 희망하면 연세대학교 내 창업지원단을 통한 우수한 기술 발굴을 위한 인프라를 제공할 계획임
- 기술의 사업화와 동시에 지역 및 산업계의 문제해결을 보다 적극적으로 해결할 기회를 제공하는 온라인 기반 연세-지역사회 문제 데이터베이스를 활용할 예정임

▶ 교내 융복합 연구 활성화 및 우수 인재 조기 발굴 확대

- Yonsei R&E Initiative 프로그램을 통해 학부과정에서 우수한 인재를 조기에 학문 공동체로 유입될 수 있도록 하는 ‘학부-대학원 연계과정’을 확대하였음. 또한 연구실험을 및 연구인턴의 내실화를 가져옴으로써 학부생들이 동 대학원으로 진학하는 비율이 증가하였음

▶ 2021, 2022년도 연세대학교 대학원혁신 어깨동무사업 선정

- 『어깨동무사업』은 연세대학교 BK21FOUR 대학원혁신지원사업을 기반으로 교내 BK21FOUR 교육연구단과 지역대학 우수연구자 간의 공동연구를 지원하는 사업임.
- 『어깨동무사업』을 수행하는 교육연구단과 지역대학 연구자 간의 네트워크 구축 및 확장을 통해 지역사회 문제해결에 기여할 공동연구를 수행하고 연세 연구의 사회적 가치를 높이는 것을 목표로 함
- 본 교육연구단은 부산대 화학과 연구진과 함께 ‘고전자효율 유기 산화-환원 반응 연구’를 주제로 『어깨동무사업』에 선정되었음. 본 교육연구단에서는 단장인 교수를 비롯하여 총 7명의 참여교수가 참여하고 있으며, 부산대에서는 3명의 화학과 교수진이 참여함
- 『어깨동무사업』수행기간은 2021년 6월부터 2025년 2월까지 총 42개월이며, 연간 5,000만원의 연구지원비를 활용하여 공동연구수행 및 다양한 연구교류(학생과견, 공동연구 세미나, 유기-전기화학 관련 소규모 컨퍼런스 개최)를 하게 됨
- 본 사업은 BK21FOUR 선정 후 처음으로 교내 연구사업을 통해 지역사회문제 해결을 위해 외부연구기관과의 협업을 수행하는 데 큰 의의가 있음. 본 연구사업 수행을 통해 연구 네트워크를 확장하고 당면한 지역사회 문제해결에 기여하기 위해 노력할 것이며, 관련분야 연구 역량의 향상에 기여할 것으로 기대됨
- 본 연구단은 2021년 1년동안 전기화학을 이용한 새로운 유기화학 반응 연구결과를 도출하여 영국왕립학회에서 발행하는 SCI 저널인 Chemical Science에 등재하였으며, 현재 2차년도인 2022년 사업을 수행중임
- 어깨동무사업의 실적은 한국경제신문에서 발간하고 있는 『한경 Job & Joy』 특집호에 소개됨

■ 과학 대중화 및 미래인재 육성 기여 교육 활동

▶ NAVER 화학백과

- 본 교육연구단 소속 교수는 대한화학회에서 주관하고 NAVER에서 지원하는 『NAVER 화학백과』 제작에 분석화학 부문 위원장으로 참여하였음. 앞으로도 최신 화학 용어 및 개념에 대한 정보를 지속해서 추가하여 정확한 화학지식을 일반 대중에게 제공할 것임

▶ 과학 대중화 서적 집필

- 본 교육연구단 소속 교수는 비이공계 학생 및 일반인을 대상으로 한 기초 과학 교양서인 『물질문명의 명암』(출판사: 자유아카데미)를 집필하였음
- 본 서적은 각종 화합물로부터 얻어지는 혜택과 이들 물질의 잘못된 사용이 가져다줄 수 있는 위험성을 교육할 수 있는 교재로 활용할 수 있으며, 전공자뿐만 아니라 일반인들에게도 흥미로운 주제를 제시함으로써 화학에 대한 흥미를 유발할 수 있도록 구성되어 있음
- 교수의 저서는 2022년 3월에 교내 우수연구 저역서로 선정되었으며 대한민국학술원의 2022년도 우수학술도서로 선정됨

▶ 과학 대중 강연 실적

- 본 교육연구단 참여교수들은 일반인 및 과학도를 꿈꾸는 학생을 대상으로 하는 대중 강연을 활발히 진행하였음
- 교수는 2021년 12월 28일 서울 영일고등학교에서 개최한 화학캠프에서 고등학생들을 대상으로 ‘의약화학의 기초’특강을 하였음
- 교수는 2021년 10월 20일 제22회 고분자신기술강좌에서 일반인을 대상으로 ‘고분자 기반 약물 전달 시스템의 발전:합성 및 분석과 그 응용을 중심으로’ 강연을 하였음
- 교수는 또한 2022년 7월 11일 제30회 고분자아카데미에서 일반인을 대상으로 이온성 중합 반응에 대한 강연을 하였음

▶ 영재교육원

- 본 교육연구단은 중학생 과학영재들을 교육하는 영재교육원을 매주 토요일마다 운영하고 있음.
- 창조적 융합형 영재를 교육한다는 비전하에 본 교육연구단 소속 전임교원이 화학-생물 인재 선발 및 교육을 담당하고 있음
- 본 연구단 소속 교수가 2022년 1월부터 영재교육원 화학 분야 교육을 총괄하고 있으며 이론 교육 외에 실제 실험을 수행하는 화학 사사반 또한 담당하고 있음
- 2021년 10월 16일에 본 교육연구단 소속 교수가 ‘의약품과 화학’이라는 주제로 융합형 특강을 영재교육원 화학/생물반 학생을 대상으로 온라인으로 실시하였음

▶ 화학올림피아드

- 본 교육연구단 소속 교수진은 전 세계의 고등학생들의 화학 실력을 겨루는 권위 있는 대회인 화학올림피아드 위원회에 주도적으로 참가하여 중등 화학교육에 이바지하고 있으며 중·고등학생들에게 화학에 대한 흥미를 증진시키고 국제 대회 성적 향상을 통한 국위 선양에 이바지해오고 있음
- 본 교육연구단 소속 교수는 현재 화학올림피아드 위원회 위원으로 매년 국제 화학올림피아드(IChO)에 참가할 국가대표 학생들을 선발하고 교육하는 일을 담당하고 있음. 또한 중학생들의 화학 능력을 측정하는 중학생 화학대회 문제 출제 및 검토를 담당하고 있음
- 2021년부터 화학올림피아드 준비 학생들을 위해 제공하는 온라인 교육 문제에 대한 정답 해설과 풀이를 온라인 동영상으로 제공하기 시작했음. 교수는 2022년 7월에 유기화학 문제 풀이를 온라인 동영상으로 제공하였으며 주기적으로 온라인 강의를 제공할 계획임. 이를 통해 올림피아드 준비 학생들의 사교육 부담을 줄이고 고급과정 화학 학습 기회를 많은 이들에게 제공하는 계기가 될 것으로 기대됨

■ 과학기술 연구윤리 확립

- ▶ 본 교육연구단의 교육 프로그램은 미래 산업 사회 문제 해결에 필요한 연구 역량과 더불어 올바른 과학연구윤리를 갖춘 인재 양성을 목표로 하고 있음. 이를 위해 『연구윤리』 과목을 대학원생 졸업 필수과목으로 지정하여 운영하여 왔으며, 2021년 2학기부터는 대학원 공통으로 『연구윤리』 과목을 확대 개편하여 운영하고 있음. 또한 2021년 1학기에 개설한 『화학연구방법론』 과목의 수업에서 논문 표절과 같은 연구윤리 위반을 방지할 수 있는 올바른 연구방법 교육을 추가로 진행한 바 있으며 매년 1학기마다 기초과목으로 지정하여 2022년 1학기에도 개설하였음
- ▶ 본 교육연구단의 교수는 2021년 한국연구재단에서 발간한 『실무자를 위한 연구윤리 통합 안내서』의 집필에 참여한 것에 이어, 2022년 3월에는 실질적인 지침서로서 2명의 공저자와 함께 『올바른 인용 표기를 위한 길잡이』를 집필하였음. 본 안내서는 표절의 이해, 인용의 방법, 유형별 인용표기 적절·부적절 사례, 온라인 자료 활용 사례로 구성되어 있음
- ▶ 교수는 연구윤리 전문가로서 총리실 정부업무평가위원회 위원, 교육부 연구윤리자문위원회 위

원으로 활동중이며, 우리나라 전국 120여 개 대학의 연구윤리진실성위원회가 참여하는 『대학연구윤리협의회』 (<http://kucre.or.kr>)의 창립을 주도하여 초대 사무총장직을 역임한 후 이사로 재직 중임. 이러한 활동을 통해 우리나라의 연구윤리 관련 규정의 제정과 정책 발전에 이바지하고 있음

- ▶ 2차년도 기간 중 교수의 연구윤리 전문가 활동 내역은 다음과 같음
 - 2021년 9월 4일: (한국학술단체총연합회 2021 연구윤리포럼: 대학과 학술단체의 최근 연구윤리이슈 패널 토론자 참여
 - 2021년 10월 7일: 한국과학기술단체총연합회 2021년 학술지 발행 역량강화 워크숍 주제발표 (발표 제목: 과학자, 과학연구의 사회적 책임)
 - 2022년 1월 27일: 포항공대 연구진실성위원회 교수 대상 초청 강연 (발표 주제: 국각연구개발혁신법에 따른 대학의 연구윤리위원회 역할)

계획 대비 실적 분석 및 향후 추진 계획

■ 과학기술·산업·사회 문제 해결에 기여할 수 있는 인재 양성을 위한 교육 프로그램 개편

- ▶ 연구·교육 선순환을 위한 과제·학생맞춤형 강의 신설
- ▶ 미래사회의 사회·산업 문제해결을 위한 핵심역량인 빅데이터, 인공지능 관련 교과목을 정기적 운영으로 계획했던 바와 같이 성실하게 목표 달성이 진행되고 있음

■ 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 비교과 프로그램 운영

- ▶ 연세시그니처(Y-ABC) 사업, 진로 개발, 산학연계 프로그램, 창업지원 프로그램 등의 운영으로 교육-연구를 통해 얻어진 성과물들이 사회·산업 문제해결에 기여할 수 있는 발판을 마련함
- ▶ 교내 미래융합연구원(ICONS) 산하 연구센터 및 『어깨동무사업』 과제 수행을 통해 교내 타학과 소속 교수 및 외부 기관 연구자들과의 연구 네트워크를 확장하고 융복합 연구를 통해 지역사회문제 해결에 기여할 수 있는 발판을 마련함

■ 과학 대중화 및 미래인재 육성 기여 교육 활동

- ▶ 본 교육연구단 소속 교수들은 NAVER 화학백과 집필, 기초 과학 교양서적 집필, 대중 강연, 영재교육원 운영 및 강의, 화학올림피아드 대표 선발 및 교육 등의 다양한 과학 대중화 활동 및 이를 통한 미래인재 육성에 기여하고 있음

■ 과학기술 연구윤리의 확립

- ▶ 연구윤리 교과목을 성실하게 운영하고 있음
- ▶ 본 교육연구단 소속 교수가 교육부 연구윤리자문위원, 『대학연구윤리협의회』 이사활동 등 연구윤리 확립에 많은 기여를 하고 있음

■ 향후 추진 계획

- ▶ 개편된 교육 프로그램의 지속적 운영
 - 2021학년도 2학기부터 확대하여 시행하고 있는 문제해결형, 주제발굴형 교과 운영의 내실을 다져서 대학원생들이 당면한 산업·사회 문제 해결에 필요한 주제를 발굴하고 에너지와 바이오 분야의 특성화에 따른 화학 관련 연구 기법을 통해 이를 해결할 수 있는 역량을 갖추 수 있는 교육-연구 선순환 구조를 확립하고자 함

- 학생제안교과목. 모듈화 강의, Flipped Class와 같은 수요자 중심 교육 비중을 늘려나갈 예정임
- ▶ 수요자 중심의 교육 확대
 - 대학원생들을 대상으로 설문조사 및 과목별 피드백을 통해 학생제안교과목과 같이 학생들이 필요로 하는 주제 관련 교과목을 정기적으로 개설할 것임
 - 산업·사회 문제 해결에 필요한 연구 관련 강의 내용을 모듈화 교육을 통해 특성화 과목에 반영할 것임.
- ▶ 대학원 혁신을 통한 교육 프로그램 확장
 - Y-ABC를 비롯한 비교과 프로그램의 효율적인 운영을 통해 학생 연구자들의 연구 역량 강화, 진로 개발, 창업 등을 지속해서 지원함으로써 사회·산업 문제해결에 기여할 수 있는 교육-연구 선순환 구조를 더욱 공고히 할 것임
- ▶ 융복합 연구를 통한 지역사회 문제해결 기여
 - ICONS 연구센터를 통한 교내 융복합 연구 활성화
 - 대학원혁신 어깨동무사업에 선정되어 연세대-부산대 화학과의 협력을 통한 외부기관과의 융복합 연구 활성화에 기여하고 있음. 어깨동무사업의 실적은 한국경제신문에서 발간하고 있는 『한경 Job & Joy』 특집호에 소개됨. 지역대학과 협력을 통해 사회문제 해결을 위해 더욱 노력할 것임.

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.1 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

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

(단위: 명)

참여대학원생 확보 및 배출 실적					
실적		석사	박사	석·박사 통합	계
확보 (재학생)	2021년 2학기	60	12	45	117
	2022년 1학기	56	12	54	122
	계	116	24	99	239
배출 (졸업생)	2021년 2학기	12	6		18
	2022년 1학기	17	4		21
	계	29	10		39

2.2 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

4C 인재의 성공적인 양성을 위한 확보 및 지원 플랫폼 구축

- 대학원 학위과정 홍보 및 학부-대학원 연계프로그램 강화
- 대학원생 처우 개선 및 국제적 감각 및 소양 함양을 위한 교육 지원
- 학습자 중심 교육 프로그램 및 진로, 경력 개발 프로그램 제공



우수 대학원생 확보 계획 및 실적

▣ 대학원 학위과정 홍보 강화

- ▶ **【연구체험 프로그램】** 정규 교과로 편성되어 있는 『연구실험』과 비교과 『인턴연구』를 통해서 학부생들이 대학원 연구실의 연구를 체험할 기회를 제공하여 대학원에 대한 이해를 돕고 연구 의욕을 고취
 - 정규 교과로 운영되는 『연구실험』은 3개월의 단기간 연구체험이지만, 비교과 『인턴연구』의 경우 비교적 장기간에 걸친 프로젝트 수행이 가능함
 - 『연구실험』에는 2021학년도 2학기에서 2022학년도 1학기까지 총 38명의 학생이 참여하였으며 수행평가를 위해 학생들이 주도적으로 수행한 연구 결과를 구두 발표 혹은 포스터 발표를 진행함

<표 II-2.2-1> 당해연도 학기별 연구실험을 수행한 학부생과 지도교수

지도교수	2021-2학기	2022-1학기
—		
—		
—		
—		
—		
—		
—		

—	—
—	—
—	—

- 『인턴연구』에는 20명의 학부생들이 참여하여 연구 경험을 쌓음

<표 II-2.2-2> 당해연도 인턴연구를 수행한 학부생과 지도교수

지도교수	참여학생(참여기간)
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—

- 총 16명의 본교 3, 4학년 학생들이 연구실험 및 인턴 경험을 바탕으로 대학원을 진학하였거나 진학 예정임. 지난 1년간 연구실험, 인턴 경험에 참여한 학생들은 2학년부터 4학년까지 다양하였으므로, 향후 연차가 거듭될수록 학부 연구 경험을 통하여 진학하는 학생의 수는 증가할 것으로 예상됨

<표 II-2.2-3> 연구실험 및 인턴연구를 수행하고 진학한 대학원생 명단

지도교수	성명	대학원 진학 시기
—	—	2022-1학기
—	—	2022-2학기
—	—	2022-1학기
—	—	2022-1학기
—	—	2022-2학기
—	—	2022-1학기
—	—	2022-1학기
—	—	2022-2학기 입학 예정 (학부-대학원 연계)
—	—	2022-1학기
—	—	2022-1학기
—	—	2023-1학기 입학 예정 (학부-대학원 연계)
—	—	2022-1학기
—	—	2022-1학기
—	—	2022-1학기
—	—	2022-1학기

- ▶ **【학사지도 프로그램】 『학부-대학원 간담회』, 『오픈랩(Open-lab)』, 『교수 멘토제』 등 다양한 학사지도 프로그램을 이용한 대학원 홍보를 진행하고 있으며 우수연구자의 발굴을 위해 노력하고 있음**
 - 2022년 5월 27일 『화학과 학부-대학원 간담회』를 개최하여 화학과 전체 구성원(전임교원, 학부생 및 대학원생)들이 함께 점심 식사와 함께 담화를 나누었으며, 학부생들에게 대학원에 대한 소개와 함께 대학원생들과 학부생들이 서로 소통할 수 있는 기회를 제공함
 - 2022학년도 2학기 대학원 신입생을 대상으로 신입생 간담회를 진행함과 동시에 학부생(1-3학년)을 초청하여 『오픈랩(Open-lab)』을 진행하였음. 『오픈랩(Open-lab)』 행사에서 학부 및 대학원 교육과정에 대해 설명하였고, 질의응답 시간을 가짐. 오픈랩 행사에는 대학원 신입생 19명, 학부생 79명이 참여하였고, 14개의 참여교수 연구실이 참여하여 연구실을 소개함. 학생들이 각 연구실을 방문하여 직접 실험실을 체험하고 대학원 프로그램에 대해 홍보할 수 있는 기회가 됨
 - 학부생들의 원활한 학사지도를 위하여 『교수 멘토제』를 신설하여 현 2학년 학생들을 대상으로 멘토 교수를 지정함. 멘토 교수는 매 학기 1회 이상의 멘티 학생들과 온라인/오프라인으로 면담을 진행하여 학사관리에 도움을 주고 있음. 『교수 멘토제』는 단계적인 확대를 거쳐 전 학부생을 대상으로 운영할 계획임
 - 화학과 학부 1학년을 대상으로 진행되는 RC101 수업에 본 교육연구단 참여교수()들과 화학과 졸업생들이 참여하여 전공과 관련된 진로 및 대학원 교육과정에 대한 안내를 통해서 소속감을 고취하여 우수한 화학 인재로 성장할 수 있도록 기반을 마련하고자 함
- ▶ **【홍보 매체의 활용】 웹사이트와 브로셔를 통한 대학원의 홍보 강화**
 - BK21FOUR 프로그램 및 대학원 프로그램 홍보 브로셔를 제작 배포함
 - 홈페이지 콘텐츠를 보강 및 영어 웹사이트를 운영하여 해외 우수 학생을 포함한 우수 학생들이 대학원 과정에 관심을 가지고 지원할 수 있도록 유도하고자 함
 - 홈페이지에 교수 연구내용 및 학과 소개자료를 업데이트하였으며, 학과 『홍보발전위원회』를 통해 전면적인 홈페이지 개편을 추진하였음
- ▶ **【해외 홍보 및 장학금 유치】 해외 현지 방문을 통한 우수 대학원생 유치 강화 및 해외 우수 유치 장학금 운영 강화**
 - 동남아시아, 동유럽 지역을 전략 지역으로 선정하여 직접 방문 등을 통한 사업단 홍보 및 대학원생 유치 활동을 진행하고자 함
 - 코로나-19 감염병 확산으로 부득이하게 해외 방문 홍보는 시행할 수 없었으나, 코로나-19 상황이 개선되면 적극적으로 추진할 예정임
 - 우수외국인 이공계 학생들에게 장학금 제공: 2021학년도 1학기 입학생인 () (국적: 베트남, 지도교수: ()) 학생은 현대차 정몽구 글로벌 장학사업의 지원을 받음 (지원기간: 2021.09-2025.08, 지원내용: 등록금 전액, 학습지원비 학기당 600만원, 정착지원금 250만원, 졸업격려금 100만 원)

■ **우수 대학원생 확보를 위한 학부-대학원 간 연계프로그램의 활용**

- ▶ **【학부-대학원 연계 학위과정】 『연구실험』, 『인턴연구』를 통한 연구실 체험과정에서 우수한 연구력을 보유하고 있는 학부생을 발굴하여 학부-대학원 연계프로그램에 지원하게 함으로써 연구의 연속성과 경쟁력을 확보할 수 있음**
 - 연계과정 신청자격: 학부 2학년(4학기)을 수료하고, 전 학년 평균학점이 3.3/4.3 이상인 자
 - 연계과정 지원시기: 4학기 수료 후 ~ 8학기 진입 전
 - 학부-대학원 연계과정 장학금 운영: 학부-대학원 연계과정을 거쳐 석사과정 및 석·박사통합과정에 입학하는 학생에게는 『연계과정 전액 장학금』을 지급. 학교 차원에서 성적과 학과를 동시에 고려하여 매 학기 최대 300명에게 장학금을 지급함. 최대 지급 학기는 석사는 3학기, 석·박사통합은 5학기임
- ▶ **【학부-대학원 연계프로그램의 홍보】 학부-대학원 교류의 활성화를 통해서 학부-대학원 연계프로그램**

의 홍보를 강화

- 매년 실시되고 있는 『학부-대학원 워크샵』 및 『화학인의 밤』 행사는 코로나-19 감염병 확산으로 인하여 진행이 어려운 상황이지만, 『연구실험』, 『인턴연구』, 『교수 멘토제』 등을 이용하여 학부생들에게 안내하고 독려함
- 지원 경쟁률이 점차 상승하고 있으며 2021학년도 2학기 1명, 2022학년도 1학기 1명, 2022년 2학기 3명의 학생이 학부-대학원 연계프로그램에 합격함

<표 II-2.2-4> 학부-대학원 연계프로그램에 합격한 학생 명단

성명	합격학기	입학예정 학기
—	2021-2학기	2022-2학기
—	2022-1학기	2023-1학기
—	2022-2학기	2023-2학기
—	2022-2학기	2023-2학기
—	2022-2학기	2024-1학기

우수 대학원생 지원 계획 및 실적

■ 우수 대학원생을 위한 장학지원 및 인센티브의 확대

- ▶ 【TA 및 RA 제도 개편】 대학 차원의 선진형 Teaching Assistant (TA) 및 Research Assistant (RA) 제도 개편 및 재정 투입 확대
 - 2020학년도 2학기에 총 69명(참여대학원생의 63%), 2021학년도 1학기에 총 82명(참여대학원생의 71%)의 대학원생이 조교(TA)로 활동함 (학기당 평균 약 185만 원을 지급)
 - TA 학기 제한 완화: 박사·통합과정의 경우 각 8학기, 12학기까지 자격 완화됨
 - GSI(Graduate Student Instructor) 유형 신설: 대학원 혁신비 활용, 등록금+생활비 250만 원 이내 지원
 - 박사과정생 대상 GSRA(Graduate Student RA) 지원 유형 추가: ① 학기 제한 완화(박사 3-8학기/통합 5-12학기로 자격 제한 완화), ② 금액 상향(등록금+생활비 250만 원으로 상향)
 - YGF(Yonsei Graduate Fellowship): 우수박사(통합) 정규 학기생을 대상으로 생활비 지원 포함, 지원액 및 지원 기간 상향하여 장기적 연구수행 지원

<표 II-2.2-5> GSRA, TA, YGF 수혜자 명단

지도교수	성명	학기	유형	장학금
—	—	2021학년도 2학기	GSRA	—
—	—	2021학년도 2학기	GSRA	—
—	—	2021학년도 2학기	TA	—
—	—	2021학년도 2학기	TA	—
—	—	2021학년도 2학기	TA	—
—	—	2021학년도 2학기	TA	—
—	—	2021학년도 2학기	YGF	—
—	—	2022학년도 1학기	GSRA	—
—	—	2022학년도 1학기	GSRA	—
—	—	2022학년도 1학기	TA	—
—	—	2022학년도 1학기	TA	—
—	—	2022학년도 1학기	GSRA	—
—	—	2022학년도 1학기	GSRA	—

- ▶ 【각종 포상 제도】의 시행을 통해 연구 의욕을 고취하고 우수한 연구자로 성장할 수 있도록 지원함
- 우수연구상: 대학원 과정 중에 수행한 연구를 우수한 학술지에 발표하였을 때 이를 교육연구단 평가위원회에서 심사하여 포상하기로 계획함
- 2021년 9월부터 12월까지의 대학원생들의 논문실적을 바탕으로 22명의 학생에게 우수연구업적 성과급을 지급함
- 2022년도 1월부터 8월까지의 실적은 9월 중 평가하여 성과급 지급 예정

<표 II-2.2-6> 논문 평가 등급별 성과급 체계

평가 등급	구분	성과급
A	화학분야 권위지	50만원
B	분야별 상위 5%	40만원
C	분야별 상위 10%	25만원
D	분야별 상위 25%	10만원

<표 II-2.2-7> 2022학년도 대학원생 우수논문 포상 결과

지도교수	성명	우수 논문 (제1저자)	성과급
-		Journal of the American Chemical Society (A 등급, 1편) Chem (B 등급, 1편)	
-		Journal of the American Chemical Society (A 등급, 1편)	
-		Nano Letters (C 등급, 1편)	
-		Journal of Physical Chemistry Letters (C 등급, 1편)	
-		Materials Chemistry Frontiers (공동 제1저자) (D 등급, 1편)	
-		ChemSusChem (C 등급, 1편)	
-		ACS Macro Letters (C 등급, 1편)	
-		Macromolecular Bioscience (D 등급, 1편)	
-		Biomacromolecules (B 등급, 1편)	
-		Materials Chemistry Frontiers (공동 제1저자) (D 등급, 1편)	
-		Sustainable Energy & Fuels (D 등급, 1편)	
-		Journal of Physical Chemistry Letters (C 등급, 1편)	
-		Materials Today (D 등급, 1편)	
-		Applied Surface Science (B 등급, 1편)	
-		ACS Synthetic Biology (D 등급, 1편)	
-		Chemical Society Reviews (B 등급, 1편)	
-		Chemical Science (D 등급, 1편)	
-		Applied Surface Science (B 등급, 1편)	
-		ACS Nano (공동 제1저자) (C 등급, 1편)	
-		ACS Nano (공동 제1저자) (C 등급, 1편)	
-		Materials Today (D 등급, 1편)	
-		Angewandte Chemie International Edition (A 등급, 1편)	
-		Journal of Chemical Physics (D 등급, 1편)	
-		Angewandte Chemie International Edition (공동 제1저자) (A 등급, 1편)	
-		Angewandte Chemie International Edition (공동 제1저자) (A 등급, 1편)	
-		Solar RRL (D 등급, 1편)	
-		Small (C 등급, 1편)	

- 우수조교상: 2020년도 2학기에 총 69명, 2021년도 1학기에 총 82명의 대학원생이 조교(TA)로 활발히 활동하였으며 조교를 담당한 대학원생들을 학부학생들, 조교장, 및 담당교수가 평가하여 교육연구단 운영위원회에서 우수 조교를 선정하여 포상함
- 2020년도 2학기, 2021년 1학기에 총 28명의 학생이 우수 조교로 선정됨

<표 II-2.2-8> 당해연도 대학원생 우수 조교 선발 및 과목 내역

2021-2학기 우수조교	담당 과목 (역할)	2022-1학기 우수조교	담당 과목 (역할)
	조교장		조교장
	사무조교		사무조교
	일반화학및실험		일반화학및실험
	일반화학및실험		일반화학및실험
	일반화학및실험		일반화학및실험
	일반화학및실험		일반화학및실험
	일반화학및실험		일반화학및실험
	일반화학및실험		일반화학및실험
	일반화학및실험		일반화학및실험
	유기화학실험		분석화학실험
	유기화학실험		분석화학실험
	물리화학실험		무기화학실험
	물리화학실험		무기화학실험

- 우수연구 및 학업상: 참여대학원생들의 연구 및 학업성취 의욕을 북돋우기 위하여 현재 진행 중인 연구 결과들을 토대로 국내외 학회 참가 및 장단기해외연수 지원 등의 기회를 제공하기로 계획하였으나, 코로나-19 감염병 확산으로 인하여 해외연수 등을 적극적으로 지원하기 어려운 환경이었으며 상황이 개선되는 대로 시행 예정임

▶ **【장학금 혜택의 확대】** 우수 대학원생을 발굴하여 교내외 장학금의 혜택을 받을 수 있도록 적극적으로 지원함

- 학생 중심의 실용적인 융합 연구문화 기반 조성을 위한 『연세 Junior 융합연구 그룹』을 운영하고 있으며 대학원생이 개인연구 또는 융합연구를 수행하고자 할 때 연구계획서와 신청서를 심사하여 연구지원금을 제공
- 대학원생 아이디어 인큐베이팅(IIF) 지원사업: 박사학위 논문 연구계획서를 기반으로 심사하여 지급하는 DF(Dissertation Fellowship)과 연구역량을 기반으로 심사 및 지급하는 ARF(Academy Research Fellowship)으로 구분되며, 교내 BK21FOUR 참여 대학원생(석사 4학기, 박사 8학기, 통합 12학기 이내)을 대상으로 하며, 학기별 100만원이 지급됨

<표 II-2.2-9> 대학원생 아이디어 인큐베이팅 지원사업에 선정된 학생 명단

지도교수	학생성명	연구제목	유형
		기능성 유기 분자 집합체 및 박막에서의 여기 상태	ARF

동역학 연구	
키랄성 은 촉매를 사용한 파이로글루탐산 에스테르의 입체방사성 합성	ARF
시공간 분해 레이저 분광법을 이용한 친환경 양자점에서의 전하 동역학 연구	ARF
카르복시산 포르피린: 3차원 수소결합유기골격체를 위한 우수한 빌딩 블록	ARF
비올로겐 함유 이중 자극 응답성 폴리(2-알킬-2-옥사졸린) 하이드로겔	ARF
자기 조립을 이용한 반방향족성 거대고리 분자 기반의 케이지형 구조물의 합성 및 특성 연구	ARF
덴드론의 자기조립 및 액정상 형성에 대한 물질 간 상호작용의 영향	ARF
다양한 중심금속을 가진 포르피린 다이야드의 초분자 고분자화에 관한 연구	ARF
인화 인듐 양자점의 전하 주입 및 에너지 전달에 대한 표면 리간드의 역할	ARF

- 교내 Need-based Fellowship: 대학원생 중 경제적 사정이 어려운 자를 대상으로 학업에 몰두할 수 있도록 장학금을 지급. 2021학년 1학기 1명, 2022년 2학기 2명의 학생에게 각 340-390만원 지급. 2022년 1학기 3명의 학생에게 각 1,037,800원 지급.
- 외부 장학금 유치를 위해 적극적으로 노력하고 있으며 현재 다수의 참여대학원생이 <표 II-2.2-8>과 같이 한국연구재단 및 현대차 정몽구 재단을 통해서도 지원을 받고 있음

<표 II-2.2-10> 2022학년도 대학원생 외부 장학금 내역

지도교수	학생성명	장학금 / 지급기관	수혜 기간
		박사과정생연구장려금 / 한국연구재단	20210601-20220531
		박사과정생연구장려금 / 한국연구재단	20210601-20220531
		박사과정생연구장려금 / 한국연구재단	20210601-20230531
		박사과정생연구장려금 / 한국연구재단	20220601-20230531
		현대차 정몽구 글로벌 장학사업 / 현대차 정몽구 재단	20210901-20250831
		박사과정생연구장려금 / 한국연구재단	20220601-20240531
		박사과정생연구장려금 / 한국연구재단	20220601-20230531

▣ 우수 대학원생을 위한 발표 및 연구 교류 기회 제공

- ▶ 【2021 신촌지역 화학과 대학원생 공동 워크샵】 개최하여 우수 대학원생들에게 발표 및 좌장의 기회를 제공함
 - 신촌지역의 대학 연세대, 이화여대, 서강대 학생들이 연구 교류를 활성화하고, 학생들에게 연구 발표뿐만 아니라 좌장도 직접 맡아 진행하는 경험을 제공하고자 공동 워크샵을 개최함
 - 학교별로 유기, 무기, 물리, 분석화학 분야의 8명의 우수 학생들을 선발하여 총 24명의 학생이 연구 발표하였고, 총 8명의 학생이 세션별 좌장을 맡아 진행하도록 구성함
 - 앞으로도 꾸준히 세 학교의 대학원생들이 연구 교류할 수 있는 기회를 제공하고자 함

■ 대학원생 연구 수월성 및 복지를 위한 교육인프라 확대

- ▶ **【실험실 공간 확충】** 실험실 연구 공간의 부족을 해소하기 위해 추가 공간 확보를 위해 지속해서 노력하고 있음
 - 2015년 과학관을 증축하여 3,697㎡의 면적을 확보하였으며, 연구실당 35㎡ 정도의 공간이 추가로 확보됨
 - 학부 전공실험실 리모델링 공사를 통해 2021년 학부기기/실험준비실로 사용하던 과학관 447호(24㎡)를 실험실 공간으로 확보함
 - 2022년 과학관 418호(stockroom) 및 과학관 419호(문헌실), 과학관 420호/421호(시약보관실)을 리모델링 공사를 통해 약 38평의 공간을 실험실로 확보함
 - 과학관 B122호에 선반 및 캐비닛을 설치하여 각 연구실에 배정하여 각 실험실의 불용품 혹은 유휴장비를 보관할 수 있도록 함. 실험실 내의 유휴 장비에 의한 공간 점유율을 낮춰 공간의 활용률을 개선할 수 있을 것으로 기대됨
 - 과학관 B123호, 과학관 447호에 학과 공동 장비 기기실을 마련함. X-ray 기기 등 고가 기기를 포함하여 공동으로 활용할 수 있는 장비들을 비치하여 실험실 공간을 확보함
 - 현재 생명시스템대학에서 활용하고 있는 과학원의 증축이 확정되었으며, 증축 공간의 20%를 이과대학에 할당하는 것이 결정되어 장기적으로 추가 연구 공간의 확보가 가능할 것임
- ▶ **【대학원생을 위한 복지 향상을 위한 공간 확보】** 실험실 공간 확충과 더불어 과학관 401B호 공간을 학생들의 세미나 공간으로 변경하였으며, 대학원생 라운지로 사용 중인 과학관 451호에 대형모니터를 설치함
- ▶ **【실험실 환경안전 개선】** 흡후드 설치, 석면 제거, 실험실 리모델링 등을 통해서 안전한 실험실 환경을 추구함
 - 과학관 434호, 435A호, 435B호의 석면 제거공사, 과학관 511호에 흡후드 신설 등으로 안전한 연구 환경을 확보함
 - 과학관 421호 학부실험실 환경개선사업을 통하여 대학원생의 조교 활동에 대한 안전을 확보함
- ▶ **【주거 안정 지원】** 대학원생 전용 제증·법현학사 개소 등 기숙사 공간의 확충
- ▶ **【대학원생 심리지원 상담·코칭 프로그램 운영】** 대학원생의 대인관계, 학업 스트레스, 진로에 대한 불안감 등에 대해 도움을 줄 수 있는 심리지원 서비스 제공

■ 학업 전주기 지원 플랫폼 구축

- ▶ **【진로 지원 플랫폼 활용】** 대학원 진로 지원을 위한 조직 및 시스템 구축 (학사포탈·연구정보·커리어 연세 시스템 운영)
 - 대학원생의 진로 지원을 위하여 교육연구단 내 『진로지원위원회』를 설치하였으며, 위원회의 교수들(장우동, 최수혁, 김태규, 이윤미)은 교내 LearnUs 교육플랫폼에서 지원하는 취업 지원 전문가 양성과정을 수료함
 - 대학원생 진로 관련 상담 내용 DB 구축 및 활용을 통한 빅데이터, AI를 활용한 맞춤형 진로 지원
 - 대학 온라인 교육플랫폼 LearnUs를 구축하여 진로 탐색 프로그램 제공
 - 학교 차원의 통합 경력관리 시스템 운영: 입학-졸업까지 지속적인 경력관리를 위해 학사 및 연구경력, 진로 전문성 강화를 위한 비교과 교육 이수 등을 통합 관리할 수 있는 시스템(커리어 연세) 운영 중
- ▶ **【논문지도위원회】** 교육연구단 내 학생 지도시스템 강화 및 커리어 관리를 위해 『논문지도위원회』를 설치
 - 학위 지도교수 외 『논문지도위원회』와의 정기적인 면담을 통해 연구 진행 상황 점검을 받도록 하여 연구 진행의 수월성 및 집중력 향상, 연구내용에 대한 지도교수 외 타 분야 교수의 피드백도

- 반영되므로 연구에 대한 새로운 시각을 부여하고 폭넓은 지식습득을 유도
- 학위 기간 내 지도교수 외 교수들과도 지속적인 만남 및 상호작용하도록 하여 학과에 대한 소속감을 고취함
 - 위원회 교수들과의 개인적 만남에서는 연구내용뿐만 아니라, ① 전반적인 대학원 생활 만족도에 대해서 논의하여 학생들의 지속적인 심리적 안정감을 도모, ② 커리어 진로 상담도 함께 하도록 하여 졸업 후 청사진 제시 및 목표 의식 고양, ③ 학생들의 학위 중도 포기 방지를 통한 학위과정 유지율 (retention rate)의 최대화
 - 2021년도 2학기 통합과정 및 박사과정 입학생부터 적용됨
 - 대학원생이 희망하는 논문지도위원을 1, 2, 3순위까지 신청하며 대학원 주임교수가 학생의 선호도를 최대한 반영하여 배정함
 - 논문지도위원은 휴직, 파견, 또는 6개월 이상의 연구 출장인 경우를 제외하고는 담당학생과 연례 면담을 진행하며 학생의 학위 논문 심사에 참여함

<표 II-2.2-11> 2021년도 2학기 박사/통합과정 입학생을 대상으로 논문지도위원 배정

학생성명	과정	지도교수	논문지도위원
—	박사	—	—
—	박사	—	—
—	박사	—	—
—	박사	—	—
—	통합	—	—
—	통합	—	—
—	통합	—	—

■ 교육 프로그램 개편을 통한 학습자 중심 프로그램 제공

▶ 미래 이슈를 반영한 학생 중심 교과목 체계 구축<1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획 참조>

- ① 미래 사회 이슈(환경, 에너지, 건강/노령화) 등 다양한 사회적 문제에 도전적, 능동적인 대처가 가능한 인재 양성
- ② 융합적, 능동적 교육 시스템으로의 혁신: 융합 프로그램 확대 및 팀티칭이 가능한 연구맞춤형, 모듈형 교과 개발
- ③ 문제 중심 교육으로의 혁신: 문제해결형 학습과 주제발굴형 학습을 통해 학생들의 문제해결 능력 증진 및 프로젝트 수행 능력 배양

■ 국제적 감각 및 소양 함양을 위한 교육 지원 강화

▶ 연구윤리와 연구공동체의식 교육 강화: 대학원생들은 연세대 온라인 교육플랫폼(LearnUS)를 통해 윤리교육 프로그램을 의무적으로 이수함

▶ 글로벌 교육 및 연구 네트워크 구축 <6.1 교육 프로그램의 국제 현황 및 계획 참조>

- ① 세계적인 교육/연구기관들과의 Alliance 구축을 통해 적극적인 연구 협력, 학생파견, 공동논문, 방문 연구 등의 교류 수행
- ② 해외 연구팀, 대학원생들과의 공동 학술 심포지엄 등을 추진하여 대학원생의 해외 교류를 활성화하고 해외방문 연구지원사업을 신규 개설하여 장기 및 단기 해외연수를 적극적으로 지원함

▶ 대학원생의 국제 학술 활동 지원 강화

- 글로벌 인재양성을 위하여 대학원생의 국제학회 참석을 유도하고, 특히 구두 발표의 기회 확대를

장려하기 위한 교육연구단의 지원 확대하기로 계획함

- 2차년도에도 코로나-19 감염병 확산으로 국제학회 참석에 제약이 많이 있었으나, 독일, 미국, 프랑스, 스페인에서 개최된 권위 있는 학술대회에 대학원생들이 참여하여 구두 및 포스터 발표를 수행함
- 국제적 감각 향상을 위해 국제 오프라인 학회의 참석을 적극 장려 예정임 <6.1 교육 프로그램의 국제

현황 및 계획 참조>

▶ 학위과정의 언어 능력 요건 강화

- 학위 논문은 모두 영어로 작성하고 있으며, 박사학위 심사는 영어 발표를 의무로 하고 있음
- 영어 능력 강화를 위하여 대학원생 세미나 수업에서 학생들은 영어로 세미나 발표를 수행하고 있으며, 2021학년도 1학기 『화학연구방법론』 강의에서 영어 논문 작성법에 대해서 강의함
- 대학원 영어강의 비율: 본 교육연구단의 영어강의 비율은 2018년 55%, 2019년 70%, 2020년 76%로 2021년 60%임. 2021년에는 전년도 대비 소폭 감소하였으나 대학원 강의의 대폭적인 변화에 따른 일시적인 현상으로 앞으로 영어강의 비율 70% 이상을 꾸준히 유지할 계획임

2.3 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

<표 2-2> 2021년 8월 및 2022년 2월 졸업한 교육연구단 소속 학과(부) 참여대학원생 취(창)업률 실적(단위: 명, %)

구 분		졸업 및 취(창)업현황 (단위: 명, %)					취(창)업률% (D/C)×100	
		졸업자 (G)	비취업자(B)		취(창)업대상자 (C=G-B)	취(창)업자 (D)		
			진학자					
			국내	국외	입대자			
2021년 8월 졸업자	석사	12	1	1		10	10	100
	박사	6	X			6	6	
2022년 2월 졸업자	석사	17	0	1		16	11	71.4
	박사	4	X			4	4	

■ 2021년 2월 및 8월 졸업생의 취업 현황

- ▶ 본 교육연구단은 연구중심대학으로서의 꾸준한 성장을 목표로 첨단산업 분야와 관련된 다양한 교육을 시행하고 있음
- ▶ 지속가능한 미래사회구현을 위한 소재기반 에너지·바이오 분야의 산업 및 교육 분야에 이바지할 수 있는 화학 인재 양성을 추구하고 있음
- ▶ 아울러 창의성, 도전성, 전문성을 겸비하고 산업분야에 이바지할 수 있는 인재 확보와 취(창)업을 향상을 위한 교육을 꾸준히 추진해온 결과, 학문 분야를 이끌 수 있는 연구자 및 첨단산업 분야를 선도할 수 있는 다수의 인재를 배출함
- ▶ 본 교육연구단의 졸업생 대부분은 전공분야의 전문성을 살려 교육기관 및 산업체 응용연구 분야에 다양하게 기여할 수 있는 기관에 취업하였음
- ▶ 국가 청년 실업률이 꾸준히 증가하고 있음에도 불구하고 일정 수준 이상의 취업률을 꾸준히 유지해 오고 있어 본 교육연구단의 교육역량의 우수성을 입증함

■ 2021년 8월 및 2022년 2월 졸업생의 취업 및 진학 분야 분석

- ▶ 본 교육연구단의 지난 1년 동안 졸업생은 39명(2021년 8월 졸업 18명, 2022년 2월 졸업 21명)으로 석사 31명, 박사 10명이며 석사 졸업자 중 국내외 대학에 박사과정 진학자 3명을 제외하면 전체 36명이 취업대상자로 구분됨
- ▶ 학위별 취(창)업률
 - 【전체 졸업생 취업률: 86.1%】 취업대상자 36명 중 31명 취업
 - 【석사학위자(26명) 취업률 71.4%】 취업대상자 26명 중 21명 취업
 - 【박사학위자(10명) 취업률: 100%】 취업대상자 10명 중 10명 취업
 - 비취업자 중 국내 진학 1명, 국외 진학 2명
 - 미취업자 5명(석사 5명)은 취(창)업 및 유학 준비 중인 것으로 파악됨
- ▶ 취업유형별 취업률
 - 전체 산업체 취업자 25명 중 본 교육연구단의 중점 연구 분야에 해당하는 소재기반 에너지 분야의 취업인원은 84%, 소재기반 바이오 분야의 취업인원은 16%로 분석됨
 - 【산업체】 25명(69.4%)
 - 【국내대학 취업】 5명(13.8%)
 - 【국외대학 취업】 1명(0.3%)
- ▶ 취업기관의 전공적합성 및 특성화 분야 취업률

- 2021년 2월 및 8월 졸업자의 취업기관 및 진학기관은 모두 화학 분야 기관으로 취업자와의 전공적 합성은 100%임. 전체 취업자 중 소재기반 에너지와 소재기반 바이오 분야 기관 취업자는 전체 100%를 차지하여 교육연구단의 특성화 분야 교육 및 연구목표에 부합함

▶ 취업현황 분석

- 전체 취업생 중 25명이 정규직으로 근무하고 있으며 국내외 대학에서 박사후연구원으로 연속적인 연구를 진행하고 있는 인원이 5명(국외 1명 국내 4명)으로 파악됨
- 전체 취업자 중 정규직 비율은 80.6%이며, 국내외 박사후연구원(비정규직) 비율은 19.4%임
- 코로나19 감염병 확산에도 불구하고 2021년 8월 졸업자의 경우 100% 취업률을 달성하였으며 2022년 2월 졸업자도 곧 100% 취업을 달성할 수 있을 것으로 기대됨
- 취업자 중 최첨단 산업 분야를 이끄는 국내 화학 분야 대기업 (GS칼텍스, LG화학, 삼성, SK 등)에 취업한 인원이 20명으로 파악되며 전체 취업자의 64.5%에 해당됨
- 국외대학으로 취업한 박사 졸업생은 Cornell University에서 박사후연구원으로 재직 중임. 이러한 성과는 본 교육연구단에서 꾸준히해 온 공동연구 및 Inbound-Outbound 연구 인력교류의 결과라 할 수 있음
- 연구의 연속성을 위해 본교 연구소와 연구기관에서 연구를 진행하고 있는 박사 졸업생은 5명으로 파악됨
- 졸업생 중 1명의 외국인 석사 졸업생은 현재 본교 박사과정으로 진학자임

■ 산업계 취업자 명단

- ▶ 전체 졸업생 취업대상자의 69.4%에 해당하는 25명이 대기업 및 대기업 산하 연구소, 중소기업 등 산업체에 진출하여 활약하고 있으며, 구체적인 리스트는 아래와 같음

〈표 II-2.3-1〉 2021년 08월 졸업생 산업계 취업현황

이름	학위과정	직장명	학위논문명
김소담	이학석사	GS칼텍스	▶ 피커링 에멀션의 전기화학 연구
남승수	이학박사	LG화학	▶ 밀도범함수법 계산의 오차 측정 및 개선에 대한 포괄적 연구
박상현	이학박사	한미약품	▶ 합성 유기 화합물의 세포자살 및 자가소화작용 기저 분자 메커니즘 연구
박수빈	이학석사	LG화학	▶ 안티파울링 효과를 위한 멀티루프 코폴리에터의 합성과 토폴로지 조절
박예빈	이학석사	고려아연	▶ 나프토로사린을 활용한 새로운 반방향족 2차원 공유 유기 골격의 형성
박한솔	이학석사	SK하이닉스	▶ 갇힌 물에서 수소 발생 반응의 열역학적 거동에 대한 이론적 연구
신윤섭	이학석사	삼성전자	▶ 2D-3D혼성 페로브스카이트에서의 에너지 전달현상
윤혜림	이학석사	(주)효성	▶ β-잔기에 따른 α/β-펩타이드 나선구조의 입체 선호도
이주원	이학석사	삼성전자	▶ 이온성 폴리에테르의 합성 및 개질
조현준	이학석사	진원생명과학	▶ 살모넬라 엔지니어링을 통한 신항원의 발현과 암 치료 효과
홍다혜	이학석사	케이엘에이텐코코리아	▶ 이중 금속유기구조체를 이용한 Fe2O3 광전기화학적 물 분해 효율 향상
홍률	이학석사	현대제철	▶ Au25(SR)18 나노 클러스터와 CdS 복합체를 이용한 광촉매 CO2 환원 성능 개선

〈표 II-2.3-2〉 2022년 02월 졸업생 산업계 취업현황

이름	학위과정	직장명	학위논문명
	이학석사	삼성전자	▶ 안티파울링 효과를 보이는 홍합 모사 기능성 고분자의 합성 및 개질
	이학석사	LG화학	▶ 사이클로프로펜이민 기반의 리간드의 설계와 촉매 반응에의 응용
	이학박사	코오롱인더스트리	▶ 엑스선 분광법을 이용한 광유발 전하 이동 반응 연구
	이학석사	SK이노베이션	▶ 태양광을 이용한 광촉매 이산화탄소 전환 시스템 설계: 이중접합 구조와 이중 원자 촉매 개발
	이학석사	현대오일뱅크	▶ 유기합성 반응 촉매로서의 금속 포르피린 유도체의 응용
	이학석사	LG화학	▶ 자극 응답성 유기 염료가 결합된 폴리옥사졸린의 합성 및 응용에 대한 연구
	이학석사	LG화학	▶ 유기촉매를 사용하여 합성한 기능화된 생분해성 고분자의 합성 및 분해
	이학석사	SK머티리얼즈	▶ 카바졸-피리딘 올리고머의 나선 접힘에 의하여 형성된 분자 집게 수용체
	이학석사	삼성SDI	▶
	이학석사	한미정밀화학(주)	▶ cis-ACHC를 포함한 12/10-나선형 베타-펩타이드의 특성과 응용
	이학석사	삼성전자	▶ 선택적 이산화탄소 전기환원 반응을 위한 구리전극의 표면 온도 개질
	이학석사	한솔케미칼	▶ 루이스 산 촉매를 활용한 탄소-탄소, 탄소-인 결합 생성 반응 연구
	이학박사	아이엠비디엑스	▶ 차세대 염기서열 분석법을 이용한 대규모 고효율 DNA 분석 플랫폼의 개발

■ 산업계 우수 취업 사례

- ▶ **【박사, 2021년 08월 졸업, 지도교수】**
- 본 졸업자는 학위 기간 중 범밀도함수 오류에 대해서 심도 있는 연구를 함. 향후 기업체에서 에너지 AI관련 산업 분야의 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대됨
- ▶ **【박사, 2021년 08월 졸업, 지도교수】**
- 본 졸업자는 학위 기간 중 범밀도함수 오류에 대해서 심도 있는 연구를 함. 향후 기업체에서 에너지 AI관련 산업 분야의 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대됨
- ▶ **【박사, 2022년 02월 졸업, 지도교수】**
- 본 졸업자는 학위 기간 중 X선 분광을 이용한 나노물질 내의 전하이동에 대한 연구를 진행하였으며 이러한 연구를 바탕으로 유기반도체 물질과 관련된 산업 분야 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대됨
- ▶ **【박사, 2022년 02월 졸업, 지도교수】**
- 본 졸업자는 차세대 염기서열 분석법을 이용한 고효율의 DNA분석용 플랫폼 개발을 진행하였으며 자신의 연구 분야를 살려 DNA 진단 분야 전문업체에 취업하여 임상 기술 개발에 앞장설 것으로 기대됨

■ 국내외 교육기관 진학 및 취업 실적

- ▶ 전체 졸업생 취업대상자의 16.6%에 해당하는 총 6명의 졸업생이 국내외 대학에서 박사후연구원으로 재직하고 있음. 그중 5명은 연세대학교에서 후속 연구를 이어가고 있으며, 1명은 미국의 대학원에서

박사후연구원으로 재직 중임. 교육기관 진학 및 취업자의 구체적인 명단과 관련 정보는 다음과 같음

<표 II-2.3-3> 2021년 08월 졸업생 교육기관 취업현황

이름	학위과정	직장명	직위	학위논문명
	이학박사	Cornell University	박사후연구원	▶ 시간 분해 전자, 진동 그리고 광자기 분광법을 이용한 시클로파라페닐린 및 올리고아신의 광물리 현상 연구
	이학박사	연세대학교 산학협력단	박사후연구원	▶ 나선형 플라빈 파생물 조립체로 감싸진 탄소 나노튜브의 광전자 응용을 위한 특성 규명 연구
	이학박사	연세대학교 산학협력단	박사후연구원	▶ 하트리폭-밀도범함수법 기반의 경험적 밀도범함수법
	이학박사	연세대학교 산학협력단	박사후연구원	▶ 시간 분해 분광법을 이용한 다양한 발색단에 서의 구조와 엑시톤 동력학에 관한 연구

<표 II-2.3-4> 2022년 02월 졸업생 교육기관 취업현황

이름	학위과정	직장명	직위	학위논문명
	이학박사	연세대학교 산학협력단	박사후연구원	▶ 나노유속 초고성능 액체크로마토그래피-전기분무이온화탠덤질량분석법을 활용한 다양한 종류의 암에 대한 지질체 바이오마커 후보군 발굴
	이학박사	연세대학교 산학협력단	박사후연구원	▶ 생체 신호 조절을 위한 자성-힘 나노 도구 개발 및 응용에 대한 연구

▶ 석사 졸업생 3명은 국내외 대학의 박사과정으로 진학하여 학업을 이어가고 있으며 구체적인 명단은 다음과 같음

<표 II-2.3-5> 2021년 08월, 2022년 2월 석사 졸업생 중 박사과정 진학자

이름	졸업년월	대학명	학위논문명
		연세대학교	▶ TiO ₂ 나노 로드와 Cobalt phthalocyanine 고분자의 용기 내 합성을 통한 효율적인 광촉매 이산화탄소 환원
		University of Texas	▶ 전기화학 주사현미경을 활용한 리튬 과산화수소 토러스와 필름 구조체의 전기화학적 관찰과 비교분석
		University of Texas	▶ Rhodamine 유도체를 이용한 포름알데히드 형광화학 센서의 연구

▣ 외국인 졸업자 취업 현황

▶ 2021년 8월 석사 졸업생인 카이 도황 학생은 동실험실(지도교수)로 진학하여 박사과정을 수행 중임

3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

① 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성

■ 최근 1년간 전체 참여대학원생 논문 실적

▶ 다음 <표 II-3.1-1>에 BK21FOUR 사업 1, 2차년도의 참여대학원생의 논문 실적과 선정평가에 사용한 졸업생의 3년(2017-2019) 평균 논문 실적을 비교 분석하였음. 표본은 사업 1, 2차년도는 각각 112.5, 119.5명의 참여대학원생을 대상으로, 선정평가에 사용된 실적은 2017-2019년의 30.7명의 연평균 졸업생을 대상으로 함.

<표 II-3.1-1> 사업 1, 2차년도의 참여대학원생의 논문 실적 비교

구분	선정평가 3년 평균 (2017-2019)	1차년도 실적	최근 1년간 실적 (2차년도)			
			2021년 (9월~12월)	2022년 (1월~8월)	전체기간 실적	
논문 편수	논문 총 편수	30.67	58	31	53	84
	논문의 환산 편수의 합	8.58	14.01	8.83	14.35	23.18
	참여대학원생 1인당 논문 환산 편수	0.09	0.12			0.19
피인 용수	보정 피인용수(FWCI)	30.67	39	30	51	81
	값이 있는 논문의 총 편수	63.30	87.97	15.93	63.66	79.59
	보정 피인용수(FWCI) 합	17.09	22.08	3.88	15.29	19.17
	논문 1편당 환산보정 피인용수(FWCI)	0.19	0.57			0.24
	참여대학원생 1인당 환산보정 피인용수(FWCI)합	0.19	0.20			0.16
	IF=0이 아닌 논문 총 편수	30.67	56	31	53	84
IF ^(a)	IF의 합	274.51	599.70	345.17	532.28	877.45
	환산보정 IF의 합	7.59	8.83	6.38	9.58	15.96
	논문 1편당 환산보정 IF	0.08	0.16			0.19
	참여대학원생 1인당 환산보정 IF합	0.08	0.08			0.13
ES ^(a)	ES=0이 아닌 논문 총 편수	30.67	57	31	53	84
	ES의 합	6.84	10.52	3.84	8.14	11.98
	환산보정 ES의 합	15.35	17.85	10.08	20.80	30.88
	논문 1편당 환산보정 ES	0.17	0.31			0.37
	참여대학원생 1인당 환산보정 ES의 합	0.17	0.16			0.26
소속 학과 참여 대학원생 수 ^(b)		30.7	112.5	119.5		

^(a)자료의 IF, ES 값은 선정평가 3년 평균은 2018년도, 1차년도는 2020년, 2차년도는 2021년 JCR 값을 기준으로 사용함.

^(b)선소속 학과 참여 대학원생 수는 선정평가 3년 평균은 졸업생을, 1, 2차년도는 BK21FOUR 참여대학원생을 기준으로 사용함.

▶ 2차년도 논문 실적에서 논문 편수는 사업 1차년도 및 선정 당시의 기준보다 매우 큰 편으로 증가함. 1차년도에 비해서 참여대학원생 1인당 논문 환산 편수는 58.3% 대폭 증가(0.12 → 0.19편)하였음. 2차

년도 논문 편수 실적은 1차년도 대비하여 논문 총 편수(14.01→23.18편), 환산 편수(58 → 84편) 등의 모든 항목에서 큰 폭으로 증가함

- ▶ 2차년도 참여대학원생의 논문 실적의 IF는 선정 평가 3년 평균 및 1차년도 실적과 비교할 때 모든 지표에서 큰 폭으로 상승하였다는 것을 알 수 있음. 구체적으로 1차년도와 비교할 때, 논문 1편당 환산보정 IF는 약 20% 증가(0.16 → 0.19)하였으며 참여대학원생 1인당 환산보정 IF합은 62.5% 증가(0.08 → 0.16)하였음. 2차년도 참여대학원생의 수가 1차년도에 비해서 증가하였음에도 불구하고 발표 논문의 IF 관련 실적이 크게 증가한 것은 참여대학원생 발표 논문의 질적 수준이 매우 높은 수준으로 제고되었다는 것을 의미함
- ▶ 2차년도 참여대학원생의 논문 실적의 ES 관련 지표도 IF와 마찬가지로 큰 폭으로 증가함. 논문 1편당 환산보정 ES는 약 20% 증가(0.31 → 0.37)하였으며 참여대학원생 1인당 환산보정 ES의 합도 62.5% 증가(0.16 → 0.26)하였음. IF 관련 지표와 함께 ES 값은 비약적인 증가는 1차년도에 비해서 참여대학원생 발표 논문의 질적 수준이 매우 높은 수준으로 제고되었다는 것을 의미함
- ▶ 2차년도 참여대학원생의 논문 실적의 보정 피인용수(FWCI) 관련 지표는 1차년도 대비하여 상대적으로 떨어진 것으로 분석됨. 2차년도의 참여대학원생 발표 논문 편수가 1차년도에 비해서 약 2배(39 → 81편) 증가하였지만 환산보정 FWCI 합은 오히려 감소한 것으로 파악됨. 결과적으로 논문 1편당 FWCI 값은 57.9% 감소(0.57 → 0.24)하였고 참여대학원생 1인당 FWCI 값도 20% 감소(0.20 → 0.16)하였음. 이러한 수치적 감소는 1차년도에 비해서 상대적으로 2차년도 하반기에 많은 논문이 발표되었고 현재 기준 (2022년 8월)으로 인용될 시간이 상대적으로 부족했기 때문이라고 판단됨. 2차년도의 낮은 FWCI 관련 지표는 참여대학원생이 발표한 논문들의 IF 및 ES 값으로 판단할 때 시간이 지나면 자연스럽게 높아질 것으로 기대됨

■ 대표연구실적

- ▶ [김민준](#), Advanced Materials 제1저자 논문 게재 [IF: 32.086, 재료 화학 분야 최상위 저널, JCR 2.15%]: Shape-Tuned Multiphoton-Emitting InP Nanotetrapods, Advanced Materials 2022, 34, 2110665 (2022년 5월 게재)
 - 연구 업적물 의의: 본 연구 결과에서는 시간 분해 단일 입자 분광법과 편광 조절 시간 분해 흡수 및 형광 분광법을 이용해 인화인듐 테트라포드(InP tetrapod) 나노 크리스탈의 모양 제어에 따른 엑시톤 구속 차원 변화와 다중 광자 발광체로의 전환 메커니즘을 규명하였음. 발광 다이오드 기반 디스플레이를 비롯해 다양하게 응용되는 반도체 나노 크리스탈은 엑시톤의 거동에 따라 그 특성이 좌우되기에, 광전소자의 효율을 극대화하기 위해서는 나노 입자의 다양한 형태에 따른 엑시톤 거동의 변화에 관한 연구가 필수적이지만 그 의미 있는 실험 결과 구현은 매우 어려운 실정임. 본 연구에서는 처음으로 엑시톤 간 상호작용은 입자 내 국부 전기장에 교란을 일으켜 양자 구속 스타크 효과를 증폭시킬 뿐 아니라 단일 나노 크리스탈의 양자 메모리 효과를 증폭하는 역할을 하는 것을 규명하였음. 본 연구는 기하학적으로 제어된 다중 양자 상태 간 상호작용에 대한 이해는 나노 광학 및 양자 정보 분야로 신소재의 활용 범위를 확장 시킬 수 있는 중요한 기반이 될 것으로 기대되며, 그 중요성을 인정받아 해당 이슈의 표지 논문으로 선정되었음
- ▶ [김민준](#), Chem 제1저자 논문 게재 (IF: 25.832, 화학 종합 분야 최상위 저널, JCR 3.07%): Synthetic Na⁺/K⁺ Exchangers Promote Apoptosis by Disturbing Cellular Cation Homeostasis, Chem 2021, 7, 3325 (2021년 12월 게재)
 - 연구 업적물 의의: 다양한 작용기전의 항암제들이 개발되어 암 치료에 이용되고 있지만, 이들 항암제의 가장 큰 문제점 중 하나는 항암제 내성으로 인해 치료 효과가 떨어진다는 것이다. 이 문제를 해결하기 위해서는 새로운 작용기전을 가진 항암제 개발이 필수적이다. 본 연구 결과에서는 새로운 형태의 양이온 교환 운반체를 개발하였고 새로운 작용기전을 통해 암세포를 사멸시킨다는 것을 실

험적으로 입증하였다. 본 연구에서 개발된 양이온 교환 운반체는 Cl^- 이온이 결합되었을 때만 Na^+ 나 K^+ 와 선택적으로 결합하여 암세포 내 Na^+ 농도는 증가하고, K^+ 농도는 감소하여, 암세포 내 양이온 항상성이 파괴되어 세포체에 스트레스를 주게 되고, 이로 인해 미토콘드리아 매개 세포자살 과정을 촉진시켜 암세포를 사멸시킨다는 것이 규명 되었다. 이 연구는 향후 항암제 내성 문제를 해결할 새로운 방향을 제시한 것으로 평가받고 있다.

■ 향후 추진 계획

- ▶ 참여대학원생의 2차년도 논문 실적은 1차년도와 비교했을 때, 논문편수, IF, ES 등의 지표에서 큰 폭으로 증가한 것으로 분석됨. 특히 정량 지표를 대표하는 참여대학원생 1인당 논문 환산 편수와 질적 지표를 나타내는 참여대학원생 1인당 환산보정 IF합이 약 60% 정도 증가하였음. 이러한 경향은 본 교육연구단이 추구하는 질적·양적 측면에서 연구 수준이 확보된 것으로 이해할 수 있음. 이러한 질·양적 수준 성장을 지속해서 유지 및 발전시킬 계획임. 특히 참여대학원생 발표 논문의 IF 및 ES 지표 향상을 위해 최상위 및 상위 저널에 대한 인센티브를 지속해서 지급하여 참여대학원생의 연구 의욕을 독려할 예정임. 또한 2차년도에 상대적으로 떨어지는 지표인 FWCI 값 관련하여 새로운 인센티브 기준을 정할 예정임.
- ▶ 교육과정 중 문제해결형 및 주제발굴형 교과목을 활성화하여 연구 수행 과정 동안 발생하는 문제를 해결하는 능력과 새로운 연구주제를 발굴하는 능력을 함양시킴
- ▶ 교과 및 비교과 과정 등을 활용하여 참여대학원생의 논문 작성법, 영어 능력 향상 등을 독려함
- ▶ 애초 사업 계획서에 설정된 교육·연구의 선순환을 통해서 참여대학원생의 연구 역량을 극대화할 계획임. 3차년도에는 특성화 분야의 문제해결형 및 주제발굴형 교과목을 실제적인 융합 연구를 위한 방식으로 운영하여 참여대학원생이 질적으로 우수한 논문을 발표할 수 있는 방안으로 고려하고 있음. 이러한 에너지 및 바이오 특성화의 참여 주도 교육 과정의 적극적인 운영은 FWCI 지표 등을 획기적으로 증가시킬 수 있을 것으로 기대됨

② 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

학술대회 실적 분석

- ▶ 본 교육연구단의 참여대학원생은 2021년 2학기 117명, 2022년 1학기 122명임. 여전히 코로나19 감염병 사태로 여전히 조심스러운 상황이지만, 국내 및 국제 학술대회가 점차 오프라인으로 개최되고 있음. 어려운 상황임에도 지난 1년간 참여대학원생은 국내, 독일, 미국, 프랑스, 스페인에서 개최된 권위 있는 학술대회에서 127건의 학술대회 연구논문을 발표함 (구두발표 10건, 포스터발표 117건)
- ▶ 전체 127건 중 석박사통합과정 56건, 박사과정 16건, 석사과정 55건의 학술대회 연구논문 발표가 이루어짐
- ▶ 학술대회 연구논문 발표 실적은 에너지 분야 95건, 바이오 분야 32건으로 분류할 수 있으며 다양한 연구 분야에 대해서 고른 분포를 이루고 있는 것으로 평가됨. 본 교육연구단에서는 지속가능한 미래 사회 구현에 기여할 수 있는 $4C$ 창의적 인재 양성을 위한 교육 및 연구 시스템의 구축을 위해 전략적으로 소재기반 에너지·바이오 분야를 특성화 연구 분야로 지정하여 육성하고자 계획하였으며 두 가지 특성화 추진전략의 기반이 균형 있게 마련되고 있음을 시사함
- ▶ 지속해서 각 특성화 분야 중심 교육 및 특성화 전략별 세부 연구주제 간의 융합을 통해 창의적, 융합적, 도전적 화학 인재 양성이 효율적으로 이루어질 수 있도록 운영 예정임
- ▶ 코로나19 감염병의 유행이 점진적으로 줄어들고 있으므로 참여대학원생들의 다양한 국내 및 국제 학술대회 참가를 지원할 수 있을 것으로 기대되며, 코로나19 감염병 상황이 종료되면 본 교육연구단에

서 추구하고 있는 교육의 국제화라는 목표에 접근할 수 있을 것임

- ▶ 국제학술대회에 대한 구두 발표의 기회를 장려하고 해외 연구자들과의 교류를 통하여 네트워크를 확장하고 국제적 역량을 높일 수 있는 기회를 적극적으로 마련하고자 함

학술대회 실적의 창의성, 혁신성 및 해당 전공 분야의 기여

- ▶ 본 교육연구단은 소재기반 에너지·바이오 분야의 특성화를 통해서 『지속가능한 미래 사회 구현에 기여할 수 있는 4C 창의적 인재 양성을 위한 교육 및 연구 시스템의 구축』을 추구하고 있으며, 지난 1년간 이루어진 참여대학원생의 학술대회 연구논문 발표실적 중 18건의 대표 업적을 다음과 같이 선정함
- ▶ 소재기반 에너지 분야 학술대회 발표실적 중 9편의 대표업적을 선정하였으며 이산화탄소 전환용 광촉매 개발을 포함한 다양한 유기/무기 기반 광학, 에너지 소재 개발에 관한 구두 및 포스터 학술발표 실적으로 구성되어 있음
- ▶ 소재기반 바이오 분야 학술대회 발표실적 중 9편의 대표업적을 선정하였으며 질병 진단 소재, 표적 치료제, 유기분자 및 펩타이드 기반 질병 치료 후보물질에 관한 구두 및 포스터 학술발표 실적으로 구성되어 있음

■ 소재기반 에너지 분야 대표 업적(9편)

- ▶ 【구두】 Size-Dependent Light Harvesting from Nonthermalized Excited States of Gold Clusters, 제 128회 대한화학회 학술발표회, 부산, 대한민국, (통합과정)
 - 태양광 에너지를 수집하기 위한 광수확 반응은 다양한 에너지 전달체를 바탕으로 이뤄질 수 있으나, 물질 내 혹은 물질 간의 에너지 손실 과정이 많아 이를 억제하는 것이 중요한 전략임. 본 연구는 에너지 준위가 양자화된 금속 나노클러스터를 에너지 전달체로 활용하여, 흡수한 빛이 완전히 열화되어 손실되기 전에 에너지 수용체로 전달하는 ‘비열화 에너지 전달’ 과정을 구현하였으며, 해당 과정이 나노클러스터의 크기 및 에너지 준위들의 간격 등에 영향을 받음을 규명함. 본 연구를 통해 고효율 에너지 전달 체계의 디자인에 응용될 것으로 기대됨
- ▶ 【구두】 Identification of Active Sites for CO₂ Electroreduction Using Atomically Precise Gold Nanoclusters, 제 129회 대한화학회 학술발표회, 제주, 대한민국, (통합과정)
 - 전기화학적 에너지 전환 반응에 있어 반응의 활성점 규명은 고효율·고선택성 에너지 전환 촉매 설계 전략을 제시할 수 있어서 중요함. 본 연구에서는 구조/조성/표면이 원자 수준에서 제어된 금 나노클러스터를 이용하여 전기화학적 이산화탄소 전환 반응의 활성점을 정확하게 규명하였음. 원자 수준에서의 활성점에 대한 정확한 이해는 향후 다양한 에너지 전환 반응을 위한 촉매 개발에 도움이 될 것으로 기대됨
- ▶ 【구두】 Modulations of a Metal-Ligand Interaction and Photophysical Behaviors by Hückel-Möbius Aromatic Switching, 제 129회 대한화학회 학술발표회, 제주, 대한민국, (통합과정)
 - 금속 포피린의 특징적인 성질은 금속과 리간드의 상호작용으로 나타남. 이와 관련하여 구조에 따른 성질 변화를 적용해 방향성 변환 현상을 통해 금속포피리노이드의 분자 성질을 조절하고자 하였음. 같은 모체를 가진 구조가 다른 두 방향성 분자가 금속-리간드 상호작용으로 삼중항 상태와 리간드-금속 전하이동 상태로의 각각 전이가 일어나는 매우 상반되는 들뜬 상태 성질을 나타내는 것을 순간흡수 분광법과 시간분해적외선 분광법을 통해 관측하고 양자계산으로 확인한 전자 구조로 이 결과를 뒷받침함. 본 연구 결과는 그동안 이론적인 의의만 존재하던 뫼비우스 방향성의 실질적인 응용을 처음으로 제시한 결과이며 분자구조 변화에 따른 금속포피리노이드 유도체의 전자구조 조절을 통해 들뜬 상태 성질을 조절하여 물성을 바꿀 수 있는 새로운 기능성 유기금속물질에 개발에 대한 가능성을 제시함

- ▶ **【포스터】** Controlling Charge Transport and Energy Transfer Efficiency in InP/ZnSe/ZnS Quantum Dots via Surface Ligand Chain Length Modulation, 11th Asian Photochemistry Conference (APC 2021), 대한민국(온라인 참여), (통합과정)
 - 반도체 나노물질 양자점은 우수한 광특성으로 인해 차세대 디스플레이 소재로 주목받고 있음. 양자점 기반 발광 다이오드의 성능은 전하 주입 효율, 전하 이동성 및 오제 재결합을 포함한 다양한 요인에 의해 결정됨. 본 연구에서는 친환경 양자점의 표면 알킬 리간드 길이를 조절함으로써 전하 주입 효율과 에너지 전달이 제어될 수 있음을 밝힘. 본 연구 결과는 친환경 인화인듐 양자점 기반 대면적 디스플레이 개발을 위한 양자점 설계 방향을 제안하여 초석을 다짐
- ▶ **【포스터】** Dispersions of Carbon Nanotubes by Helical Flavin Surfactants: Solubility Parameter Induced Stability and Chirality Enrichment, and Solvatochromism in Various Solvents, 11th Asian Photochemistry Conference (APC 2021), 대한민국(온라인 참여), (석사과정)
 - 분산제에 의해 개별화된 단일벽 탄소나노튜브의 용매 안정성, 분리 선택성, 그리고 광학적 거동에 대한 이해는 다양한 응용에 있어서 중요함. 본 연구에서는 수소플 엑시톤의 광학 특성을 갖는 탄소나노튜브 주위의 외부 환경에 의한 형광 발색 변화에 대해서 이해함. 분산제의 자가 결합, 결사슬 형태 및 용매의 특성을 고려하여 우수한 탄소나노튜브 분산액을 설계하기 위한 새로운 방법으로 이용 가능함. 해당 연구를 통해 반도체성 물질의 분리 및 성능 극대화로 태양광에너지 및 열전소자 등 반도체성 특징을 이용한 소자개발에 응용이 가능할 것으로 기대됨
- ▶ **【포스터】** Formation of Tetrapyrrolic Macrocyclic-based Supramolecular Assembly, ICPP-12, 마드리드, 스페인, (통합과정)
 - 자연계에 존재하는 생기능성 물질들은 재료 및 에너지 연구 분야에 있어서 많은 영감을 줌. 본 연구자는 대표적인 생기능성 물질인 액틴의 초분자적 고분자 형성과정에 착안하여 포르피린 기반의 초분자적 고분자 시스템을 설계 및 연구함. 외부 자극에 따라 가역적으로 초분자적 고분자 더 나아가 초분자적 네트워크를 형성할 수 있음을 UV-Vis absorption spectra, AFM, TEM 등 다양한 기기를 통해 확인할 수 있었음
- ▶ **【포스터】** A novel strategy for reagentless small molecules detection based on conductance measurements with reusable molecularly imprinted polymer, 제68회 한국분석과학회 춘계학술대회, 경주, 대한민국, (통합과정)
 - 코티솔의 결합에 따라 충전/방전될 때의 공명 컨덕턴스가 변화하는 중합체를 개발하였음. 중합체 내에 생성된 패러데이 활성 부분은 특정 전압에서 충전/방전이 가능하며 해당 필름의 상태에 따라 충전/방전 전류가 변화함. 이를 이용하여 배터리의 수명을 예측하고 연장할 수 있는 새로운 방법으로 응용될 수 있을 것으로 기대됨
- ▶ **【포스터】** Vacancies: Meta-Stabilization for Phase-Change Memory, 12th Triennial Congress of the World Association of Theoretical and Computational Chemists (WATOC 2020), 밴쿠버, 캐나다, (통합과정)
 - 상변화 물질에 대해 열역학적으로 안정한 상태와 준안정 상태 사이 결정 확장은 실험적으로 잘 설명되어 있고, 두 상태 간 상당한 전기 저항의 차이는 이러한 물질을 메모리 장치의 유망한 후보로 만들어 줌. 하지만, 상변화 물질의 메커니즘은 여전히 불분명하고 필연적인 구조상 빈 공간의 역학을 실험적으로 밝혀내는 것은 어려움. 본 연구에서는 밀도범함수이론을 통해 전자 구조를 계산하여 빈 공간의 역학을 쉽게 조사할 수 있음을 보여주었고, 나아가 GeTe₂/Sb₂Te₃ 초격자의 빈 공간은 Ge의 화학적 상태에 결정적인 변화를 일으키고 결과적으로 전기 저항에 상당한 변화를 일으키는 것을 확인하였음
- ▶ **【포스터】** In-situ Preparation of Polymeric Cobalt Phthalocyanine-Decorated TiO₂ Nanorods for Efficient Photocatalytic CO₂ Reduction, 11th Asian Photochemistry Conference (APC 2021), 대한민국(온라인 참여), (박사과정)
 - 저비용 무독성 금속 산화물에 광증감제를 도핑한 것은 CO₂ 감소를 위한 이중 광촉매를 설계하는

유망한 전략임. p형 고분자 코발트 프탈로시아닌(CoPPcs)이 n형 TiO₂ 나노로드와 결합된 광증감제로서 이루어진 p-n 헤테로 접합 광촉매(T-CoPPcs)를 합성하였음. CoPPc의 도입은 전하 운반체의 분리와 이동을 가속화시킴. TiO₂ 나노로드의 결정성 및 표면적의 증가도 T-CoPPcs의 광활성 향상에 기여하였음. 최적화된 나노복합체는 4.42 mmol/h/g의 놀라운 CO 발생률을 보였음. 85.3%의 높은 선택성과 우수한 촉매 안정성을 보임. 이러한 연구를 통해 TiO₂ 기반 촉매의 태양광 이용률 향상 및 높은 CO₂ 감소율을 확인함

■ 소재기반 바이오 분야 대표 업적(9편)

- ▶ **【구두】** Hydrolysis-Driven Viscoelastic Transition in Triblock Copolyether Hydrogels with Acetal Pendants, 제128회 대한화학회 학술발표회, 부산, 대한민국, (통합과정)
 - 이전에 본 연구실에서 사용된 다양한 소수성 아세탈 에폭시 단량체를 통해, 가수분해를 통해 약산성 조건에서 분해 속도가 조절되는 Poly(ethylene oxide) (PEO) 기반 생체친화성 하이드로젤을 제조함. 이러한 특성을 가진 하이드로젤은 염증 반응이 동반되는 상처의 드레싱, 혹은 서방형 항암제를 방출하는 약물 전달 플랫폼으로서의 활용이 가능함
- ▶ **【포스터】** Regio-and Stereoselective Addition of Secondary Phosphine Oxides to Allenates Catalyzed by Main Group Lewis Pairs, 제128회 대한화학회 학술발표회, 부산, 대한민국, (통합과정)
 - 유기포스핀 구조를 포함하는 화합물은 합성 전구체로서 유용할 뿐만 아니라, 바이오 및 의약화학에서 널리 쓰이기 때문에, 효율적인 합성법을 개발하는 것은 중요함. 본 연구에서는 루이스 산과 염기의 협동작용으로 이차 포스핀 산화물이 알레노에이트에 첨가되는 반응을 통해 높은 수율과 선택성으로 유기포스핀 화합물을 합성하였고, 이 물질은 추가 반응들을 통해 바이오 및 의약화학 활성 물질의 합성에 응용될 수 있을 것으로 기대됨 (비고: 우수 포스터상)
- ▶ **【구두】** A Tip-to-Middle Anisotropic MOF-on-MOF Growth with a Structural Adjustment, 2022 대한화학회 무기화학분과 하계심포지엄, 부산, 대한민국, (통합과정)
 - 코어-셸 MOF 형성 시 두 MOF 격자 크기가 일치해야 효과적인 등방성장이 진행됨. 하지만 대부분은 다양한 성질과 구조를 지닌 MOF들의 격자 크기는 불일치함. 본 연구에서는 특이 비등방 성장 과정을 바탕으로 격자 크기가 불일치함에도 마치 등방 성장한 듯한 코어-셸 MOF 형성 메커니즘을 규명함. 다양한 기공 크기를 지니는 많은 MOF들의 구조적 차이를 극복하여 이중 성질 및 구조를 지닌 코어-셸 MOF의 효율적 합성이 가능함을 확인함으로써 이중 의약화학 촉매 등으로 응용될 수 있을 것으로 기대됨 (비고: 우수 구두 발표상)
- ▶ **【포스터】** Optimization of fecal and saliva sample pretreatment for lipidomic analysis by nanoflow ultrahigh performance-liquid chromatography-electrospray ionization-tandem mass spectrometry, 제129회 대한화학회 학술발표회, 제주, 대한민국, (석사과정)
 - 타액 속 대사체 대부분은 혈액을 통해서 타액으로 유입되어 혈액에 존재하는 대부분 성분이 타액에도 존재한다고 할 수 있으며, 혈청과 동일한 생리화학적 상태를 반영한다고 할 수 있음. 한편 대변은 위장계의 건강 상태를 가장 직관적으로 나타내고 다양한 종류의 미생물들이 존재하며 이들의 대사체 분석을 통해서 병리화학적 인과관계를 파악할 수 있음. 이와 같은 이유로 최근 타액과 대변을 통한 질병의 진단 및 진행 단계 파악, 그리고 향후 진행 단계 예측할 수 있는 도구로서 큰 관심을 받고 있으며 연구의 필요성이 점점 증가하고 있음. 현재까지 타액과 대변에 대한 지질체 분석 관련 선행연구가 많이 부족하여 시료의 전처리 과정과 지질체 추출과정의 최적화가 필요한 상황, 본 연구에서는 시료의 전처리 방법 및 추출 방법의 최적화로 타액과 대변에서의 미생물유전체 및 지질 추출 프로토콜 제안함, 이를 통해 폐암 환자의 타액과 대변시료 내 지질체 분석을 통하여 폐암과의 상관관계를 조사하며, 미생물유전체와 지질체가 융합된 바이오마커 후보군을 발굴하고자 함
- ▶ **【포스터】** Effects of Subtle Receptor Modifications on the Affinities and Selectivities for Binding Chiral

Guests, 제128회 대한화학회 학술발표회, 부산, 대한민국, (박사과정)

- 생체 내 단백질 구조의 미묘한 변화로 인해 전반적인 물리적 특성 및 다른 분자와의 결합력 변화는 빈번하기 때문에, 이런 변화의 이유 및 메커니즘을 전체적으로 이해하는 것은 바이오 연구에서 중요함. 본 연구에서는 키랄 수용체의 산화로 발생하는 미묘한 변화를 통해 키랄 게스트의 결합 친화도 및 선택성의 변화에 대한 이유를 명확하게 분석하였음. 이를 통해 바이오 및 의약화학연구 부분에서 좀 더 폭넓은 이해에 도움을 줄 것으로 기대됨 (비고: 우수 포스터상)

▶ 【포스터】 Complex Effects of Various Terminal Groups on the 12/10-helix Structure of Unnatural β -Peptides, 제128회 대한화학회 학술발표회, 부산, 대한민국, (석사과정)

- 고리 구조를 가지는 비천연 아미노산 중 *cis*-ACHC로 이루어진 펩타이드는 접힘을 통해 2차 구조로 12/10- 나선 구조를 형성함. 접힘의 방식에 따라 오른나선 혹은 왼나선을 이룰 수 있는데 이러한 2차 구조는 그 자체로 구조적인 카이랄성을 가짐. 펩타이드 분자의 양 말단을 통제하는 것으로 나선의 방향성을 통제할 수 있는데 이러한 특정한 형태의 2차 구조만을 형성하도록 통제하는 것은 펩타이드를 활용한 의약 화학에 있어 중요한 의미가 있음

▶ 【포스터】 Development of high-throughput transcriptome profiling platform for drug discovery, KSBMB International Conference 2022, 부산, 대한민국, (석사과정)

- 세포전사체 변화를 기반으로 하는 RNA시퀀싱은 저분자 화합물 스크리닝을 가능하게 하는 유용한 방식임. 그러나 비용 및 노동적 한계로 인해 대량의 샘플을 처리할 수 있도록 하는 시스템 확장에는 어려움이 있었음. 따라서 본 연구에서는 세포 직접 용해 방식과 RNA/DNA 복합체를 적용한 쉽고, 빠른 mRNA시퀀싱 라이브러리 합성방식을 개발하였음. 약물 처리한 세포샘플에서 나타나는 전사체 변화를 확인하여 해당 방식을 통해 의약화학 분야에서 약물의 효과를 테스트하는데 쓰일 수 있을 것으로 예상함

▶ 【포스터】 Activity-Based Near-Infrared Fluorogenic Probes for Imaging and Separation of *O*-GlcNAcase, 제129회 대한화학회 학술발표회, 제주, 대한민국, (박사과정)

- 글리코시다아제(Glycosidase)는 글리칸(glycan)을 구성하는 탄수화물 단위체 간 글리코시드 결합을 가수분해하는 효소로, 글리칸의 합성 과정에서 중추적인 역할을 수행함. 본 연구에서는 글리코시다아제 중 단백질의 번역 후 변형 과정에 관여하는 *O*-GlcNAcase를 근적외선 형광을 이용하여 세포 내에서 선택적으로 이미징 및 분리할 수 있는 탐지자를 합성하였고, 이를 이용한 생체 외 및 생체 내 실험을 통해 세포 내 *O*-GlcNAcase의 분포 및 단백질 합성 과정에서 *O*-GlcNAcase의 기능 등을 연구하는 데 응용할 수 있을 것으로 기대됨

▶ 【구두】 Enantio-and Diastereodivergent Silver-Catalyzed Synthesis of Chiral Pyroglutamic Acid Esters, 제129회 대한화학회 학술발표회, 제주, 대한민국, (통합과정)

- 키랄성 은(Ag) 촉매를 활용하여 파이로 글루탐산 에스테르 화합물의 입체방사적 합성법을 개발하였음. 생성된 파이로 글루탐산 에스테르 화합물은 아미노산 유도체로서 입체중심을 2개를 지니고 있음. 총 4개의 가능한 모든 입체이성질체를 선택적으로 합성할 수 있으므로, 향후 높은 생리활성을 지니는 다양한 천연화합물과 의약품의 합성 경로 디자인에 효과적으로 적용 가능할 것으로 기대됨 (비고: 최우수 구두발표상)

③ 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

■ 소재기반 에너지·바이오 연구를 통한 산업·사회 문제해결형 기술 개발

▶ 기술적 연속성이 있는 핵심 특허를 통한 원천기술의 확보

- 본 교육연구단은 평가 기간 내 총 27건의 특허를 등록 또는 출원함
- 특허등록 및 출원 건수는 2021년(21건)과 비교해 29% 증가함
- 선정평가 당시 특허 및 기술이전 실적에서 본 연구단의 비전과 부합하지 않는 실적의 비율이 높은 것이 약점으로 자체평가 되었고, 이를 보완하기 위한 연구전략을 수립하고 제안함
- 산업·사회 문제 해결을 위한 연구를 성실히 수행하고, 특히 산업·사회 문제 대응 TF(교수로 구성)를 연구단 내 기구로 상설 운영하여 2021년과 2022년 총 49건의 특허출원 및 등록을 달성함
- 등록 및 출원된 특허 대부분(49건 중 47건)은 본 교육연구단 특성화 교육 분야인 ‘소재기반 에너지’ 및 ‘소재기반 바이오’ 분야로 본 교육연구단이 추구하는 ‘지속가능하고 건강한 미래사회 구현에 화학의 기여’라는 비전에 부합함
- 산업·사회 문제에 발 빠르게 대응하기 위해 교내에 신설한 연세대학교 “지역사회 문제 DB”를 지속적으로 모니터링하여 기술적으로 지원하고 있으며, 특히 본 교육연구단의 목표와 관련된 키워드(폐기물 저감, 오염수 처리, 신속한 질병 진단 등) 관련 기술에 협력하고 있음
- 아래 소개할 우수 사례들은 특허 관련된 기술로 여러 건의 연속 특허를 등록 또는 출원한 경우로, 다수의 특허를 통한 원천기술의 확보가 유리한 예시로 판단함. 원천기술의 확보는 연구를 통한 산업·사회 문제의 해결, 나아가 기술이전이나 창업으로 이어질 확률이 높음

▶ 대학원생 특허 및 기술이전 우수 사례

- **【초고속 염기서열 분석 및 유전자 가위 관련 기술】** 학생은 교수와의 공동연구를 통해 3건의 특허를 출원함. 2021년 출원한 5건의 특허와 연관하여 초고속 염기서열 분석과 유전자 가위 관련 원천기술을 확보함. 해당 기술은 2021년 기업에 이전되었고, 향후 추가적인 기술이전 및 창업 활동이 기대됨. 이 기술들은 본 교육연구단의 비전과 밀접한 연관이 있으며, “지역사회 문제 DB”를 통해 파악한 ‘질병의 신속 진단’, ‘혁신 치료법의 개발’ 키워드와 관계된 산업·사회 문제 해결에 직접적으로 기여할 수 있는 기술임
- **【복수광자 활용 양자점 기술】** 학생은 교수와의 공동연구를 통해 복수의 광자를 활용하는 양자점 제조법과 디스플레이 및 메모리 응용에 관한 연속 특허 2건을 출원함. 이는 산업·사회 문제를 해결하기 위한 본 연구단의 연구를 통한 기여를 잘 보여준 예시이며, ‘차세대 에너지 소재 및 친환경·저전력 소자’라는 문제해결 키워드에 부합하는 연구임. 해당 특허들은 추가 연구를 통한 원천기술 확보에 활용될 예정이며, 기술이전으로 이어질 것이 기대됨
- **【친환경 미래 에너지, 수소 연료전지 관련 기술】** 학생은 교수와의 공동연구를 통해 나노재료 합성법과 연료전환에 관한 특허를 5건 등록하고 12건 출원함. 2021년 출원한 다수의 특허와 함께 소재합성과 관련한 원천기술을 확보했다고 판단됨. 이 기술은 차세대 연료전지 촉매 기술 및 친환경 신재생에너지 전환 기술 전반에 걸친 핵심 기술로써 환경 문제와 관련된 이산화탄소 저감 기술이 포함됨. 또한 산업계가 요구하는 고사양 연료전지 관련 핵심 기술이며, 세계 최고 수준의 도요타 모델을 상회하는 수준임. 해당 기술은 교수가 다수의 국제특허를 출원하였고, 기술이전으로 이어질 것이 예상됨
- **【고속 진단 센서 기반 소재 기술】** 학생은 교수와의 연구를 통해 질병의 고속 진단을 위한 소재 합성 특허를 1건 출원함. 해당 기술은 위에서 언급한 **【친환경 미래 에너지, 수소 연료전지 관련 기술】** 특허들의 파생 기술로써, 소재를 기반으로 한 원천기술 확보 이후의 다양한 용도특허를 통한 기술확장의 좋은 예시임. 이 기술은 “지역사회 문제 DB”를 통해 확인한 ‘질병의 신속 진단’ 관련 문제를 해결할 수 있는 선진 기술이며, 본 교육연구단의 비전을 실현

하는 연구주제임. 해당 기술은 추가연구를 통하여 앞서 언급한 우수 사례들과 같이 다수의 연결성 있는 특허 확보를 통해 신속 진단 관련 원천기술 확보를 시도할 예정임

4. 신진연구인력 현황 및 실적

세계적 수준의 연구역량을 갖춘 신진연구인력의 확보 및 지원 플랫폼 구축

- ◆ 우수 신진연구인력 확보 운영체계 구축 및 신진연구인력 유치 프로그램 운영
- ◆ 우수 신진인력의 연구 수월성 증진을 위한 처우 개선 및 다양한 강의·연구 기회 제공
- ◆ 세계적인 인재로 도약하기 위한 제도적·재정적·행정적 지원을 통한 커리어 관리 강화



<그림 II-4.1-1> 우수 신진연구인력 확보 및 지원 계획

신진연구인력 확보 실적

■ 2021년 2학기/2022년 1학기 신진연구인력 현황

- ▶ 학기 평균 박사후연구원 11명, 연구교수 1.5명으로 전체 12.5명의 신진연구인력을 확보(<표 II-4.1-1> 참조)
 - 최근 1년간 19편(2편이 주저자, 17편이 공저자)

<표 II-4.1-1> 조사 기간중 학기별 신진연구인력 현황

	2020년 2학기	2021년 1학기	2021년 2학기(예정)
연구교수 (지도교수)	- 총 1명	- 총 2명	- 총 1명
박사후연구원 (지도교수, 변 동일자)	- 총 10명	- 총 10명	- 총 7명

- ▶ BK 신진연구인력은 BK내규에 의해서 박사후연구원과 박사후연구원 경력 1년 이상의 심사로 결정되는 연구교수로 구성됨
- ▶ 전체 신진연구인력은 2021년 2학기에 11명, 2022년 1학기에 12명임. 참고로 2021년 2학기에는 6명의 신진연구인력이 구성될 예정임. 이는 학기당 평균 연구교수는 1.5명, 박사후연구원은 10명에 해당되는 수치임
- ▶ BK21FOUR 신청서의 학기당 평균임용명수(연구교수 1.75명, 박사후연구원 18.25명)에 비해서 연구교수는 14% 감소, 박사후연구원은 46%가 감소된 수치임
- ▶ 이 중 BK21FOUR에서 지원을 받는 신진연구인력은 2021년 2학기 4명(타교1명/본교3명), 2022년 1학기 5명(타교2명/본교3명)이며 2021년 2학기 3명(타교1명/본교2명)으로 예정되어 있음. 또한 BK내규에 따라서 신진연구인력의 40% 이상을 본교출신이 아닌 자로 임용을 하고 있음. 2021년도 2학기에 퇴사하는 신진연구인력의 T.O.에 신진연구인력 예정자를 순차적으로 임용할 예정임. 또한 신진연구인력에 대한 체계적인 평가시스템을 활용하여 신규 선발된 신진연구인력에 대해서는 1년간 지원 후, 평가를 통한 진·출입이 가능하도록 할 예정임
- ▶ 신청 당시 작성한 BK21FOUR 수혜를 받는 신진연구 인력의 기준치인 학기평균 박사후연구원 5명, 연구교수 1명에는 미치지 못하는데 그러한 이유로는 학문 교류를 위하여 BK내규로 명시한 내부임용 쿼터제로 기인하며 차후 외부로부터 우수 신진연구인력을 확보하기 위하여 노력을 경주할 것임
- ▶ 또한 실질적으로 2020년 11월부터 BK21FOUR 신진연구인력의 지원이 시작되었으므로 그 성과가 유도되는데 시간이 걸리는 것으로 파악됨
- ▶ 전체 신진연구인력 중 BK21FOUR의 지원을 받는 인력은 2021년 2학기 36%, 2022년 1학기 42%로 점차 증대되는 양상을 보임. 이는 BK21FOUR 지원을 통해서 학문후속세대의 양성이 뒷받침되고 있음을 보여줌

■ 신진연구인력의 연구실적

- ▶ 2021년 9월부터 BK에 임용이 되어 신진연구인력으로 활동하는 인원은 학기당 평균 연구교수 0명, 박사후연구원은 4.5명임
- ▶ BK연구실적으로 2022년 박사(지도교수)가 BK21FOUR에서 박사후과정 동안 연구한 내용을 *Angewandte Chemie International Edition* (impact factor: 16.823)에 주저자로 논문을 등재하였고, *Journal of Materials Chemistry A* (impact factor: 14.511), *Applied Surface Science*(impact factor: 7.392) 등에 공저자로 논문을 발표하였음
- ▶ 전체 신진연구인력 연구실적
 - 총 19편의 논문 중 주저자 논문이 4편, 공저자 논문이 15편임.
 - 박사(지도교수)의 경우 *Journal of the American Chemical Society*(impact factor: 16.383)에 주저자로 논문을 등재하고, *Green Chemistry*(impact factor: 11.034), *Polymer Chemistry*(impact factor: 5.364) 등 두 편의 논문을 공저자로 발표하였음
 - 박사(지도교수)의 경우 *Journal of Chemical Theory and Computation* (impact factor: 6.578)에 주저자로 논문을 발표하고, *Journal of the American Chemical Society*(impact factor: 16.383), *Bulletin of the Korean Chemical Society*(impact factor: 1.241) 등 두 편의 논문을 공저자로 발표하였음
 - 박사(지도교수)의 경우 *Macromolecules*(impact factor: 6.057)에 주저자로 논문을 발

표함

■ 신진연구인력 처우

- ▶ 【급여】 박사후연구원/연구교수 연봉 35,000 천원(퇴직금 포함)을 교육연구단과 교수의 공동부담
- ▶ 【보험】 4대 보험(건강보험, 고용보험, 산재보험, 국민연금) 및 기관 부담금을 지급
- ▶ 【연구환경】 박사후연구원 및 연구(계약)교수 연구공간 제공
- ▶ 【복리후생】
 - ① 학교 편의시설 사용: 도서관 및 주차장 등과 같은 교내 시설 이용에 불편함이 없도록 연구원증 발급
 - ② 모성 보호 및 자녀 양육 지원을 위한 시설 제공: 교내 부속기관인 연세유진어린이집에 만2-5세 자녀의 입원을 우선으로 허용, 질 높은 보육을 제공하여 신진연구인력이 안심하고 연구에 몰두할 수 있는 환경 조성
 - ③ 기숙사 제공을 통한 주거 안정 지원: 캠퍼스 내 SK국제학사에 거주 가능

■ 우수신진인력 확보를 위한 개선 방향

- 우수 신진연구인력의 다양한 확보/지원 프로그램을 확대 및 신설하여 대학원 연구의 질적 향상을 도모함
- 제도적·재정적·행정적 지원을 통한 처우 개선, 다양한 강의 및 연구 기회의 제공을 통해서 학문 후속세대인 신진연구인력의 학술 및 연구 활동의 성취 수준을 높이고자 함

우수 신진연구인력 확보 계획

■ 신진연구인력 선발 제도

- ▶ 해외 우수 대학 및 연구소와 상호 유기적 협력 체계를 유지하여 교육연구단의 세계화, 연구의 질적 수준 향상, 경쟁력 확보를 위해 우수한 해외 신진연구인력을 확보하고자 함
- ▶ 해외 우수 대학원생 모집을 위한 현지 대학 방문 시, 사업단 홍보를 통해서 우수 신진연구인력을 확보하는 전략을 이용하고자 함
- ▶ 신진연구인력은 교육연구단장을 포함하는 위원회를 통해 논문실적을 심사해 매년 5명 내외의 박사후연구원, 1명 내외의 연구교수를 교육연구단 예산으로 지원할 계획이며, 기타 신진연구인력 지원사업들과 동시에 추가적인 지원이 가능하도록 노력할 것임
- ▶ 신진연구인력에 대한 체계적인 평가시스템을 구성하고 신규 선발된 신진연구인력에 대해서는 1년간 지원 후, 평가를 통한 진·출입이 가능하게 할 예정임

■ 국제 네트워크 강화를 통한 신진연구인력 확보 운영체계 구축

- ▶ 우수 신진연구인력 확보 및 관리 시스템 구축
 - 특성화분야 연구클러스터 구성: 교육연구단의 연구역량 향상을 위해 구성된 특성화분야 연구클러스터를 중심으로 중점연구분야에 필요 연구인력 수요를 조사하고 이를 평가하여 우수신진연구인력을 지원할 것임
 - 【신진연구인력 관리위원회】 교육연구단장을 포함한 신진연구인력 관리위원회에서는 특성화분야별 연구인력 수요를 보고받아 신규채용인원을 결정하고 교육연구단의 제원뿐만 아니라 교내 신진연구인력지원 프로그램을 활용하여 효율적이면서 최상의 연구수월성을 확보할 수 있도록 지원할 것임

- 【연구관리 데이터베이스 구축】 연구관리 데이터베이스를 구축하고 신진연구인력의 연구실적과 분야별 기여도 등에 대한 평가를 효율적으로 진행할 수 있는 시스템을 확보할 것임

■ 국제 네트워크 강화를 통한 신진연구인력 확보 운영체계 구축

- ▶ 국제 네트워크 강화를 위한 해외 신진연구인력 유치 프로그램 운영
 - 장기적으로 해외 우수 대학 및 다양한 국가 출신의 우수 신진연구인력을 채용하기 위해 상시적인 선발제도 운영
 - 해외 연계 대학들과의 정기적 교류를 통해 연구력과 언어소통 능력을 겸비한 검증된 해외 우수인력의 채용이 가능하도록 노력할 것임
 - 외국인 신진연구인력의 경우 수준 향상을 위해 엄격하게 전공 실력을 검증하고 연구업적 이외에 추천서 및 국내적응 여부를 포괄적으로 검토 후 연구 활성화에 기여할 연구인력을 채용
 - 외국인 우수 신진연구인력에 대한 적극적인 지원을 통해, 본 교육연구단의 연구력 향상과 함께 장기적으로 국제 네트워크의 확충 및 강화에 기여할 것임

■ 신진연구인력에 대한 교내지원사업의 활용

- ▶ 【연세프론티어연구원】 연세대학교에서는 연구/교육의 국제화 및 연구실적 증진, 대외 인지도 제고 등의 목적으로 연세프론티어연구원(Yonsei Frontier Lab; YFL)을 설립하여 해외 우수 연구자를 초청하고 국제협력연구 기회 창출, 공저논문 출간 등 본교의 연구력 강화에 기여하고자 함
- ▶ 【신진연구자지원프로그램】 2017년 2학기부터 신진연구자지원프로그램(Young Researcher Supporting Program)을 통하여 우수외국인 박사후연구원을 지원함(기간: 1년)
 - 연구지원금, 각종 유치경비(항공료, 이사비용, 자녀학비 등)을 지원하여 연구에 집중할 수 있는 환경 제공
- ▶ 【학문후속세대 학술연구교수 지원사업】 1년으로 제한되어 있던 기존 교내 신진연구자지원사업의 한계를 극복하고, 연구의 심화·지속성 향상을 위해 학문후속세대 학술연구교수 사업을 신설
 - 교내 연구소 소속 학술연구교수, 지원기간: 2년, 교육연구단별 7년간 3~5명 채용
 - 연구의 안정성 확보: 교내 연구소와 사전 협의 후 지원, 선발 후 해당 연구소에 소속
 - 연구과제 공모형식(공개경쟁)으로 선발, 추가 1+1년간 연구비(인건비, 활동비)를 지원
 - 교외과제 수주 시 학술연구교수 지위의 장기유지

우수 신진연구인력 지원 계획

■ 우수 신진연구인력을 위한 지원 확대: 안정적인 연구를 위한 재정 지원

- ▶ 【인센티브】 연구력 향상 도모를 위한 우수논문 성과급 지원(교육연구단 내규를 통한 성과에 따른 차등 지급)
- ▶ 【논문 게재료】 JCR상위 논문 게재: JCR 1% 이내 학술지에 발표한 논문 편당 50만원 지원
- ▶ 【국내외 학술 활동 지원】
 - 국제학술대회 참가 장려: 우수학술지 논문을 발표한 신진연구인력에 대해서 국제학술대회의 참가를 장려하고 참가 지원금을 지급할 것임
 - 신진연구인력의 활발한 연구 및 학술 활동을 위해 국내뿐만 아니라 국제 학술대회 및 활동에 대한 지원을 통해 세계 저명학자들과 교류할 기회를 확대함으로써 국제적 최신 연구 동향을 파악할 수 있도록 할 것임
- ▶ 【장기연수 프로그램 지원】

- 국내 장기연수: 1인당 월 100만원 지원(학교 및 교육연구단 지원)
- 해외 장기연수: 1인당 월 200만원 지원(학교 및 교육연구단 지원)

▶ **【학문후속세대 국제공동연구사업】**

- 국제공동연구 활성화: 해외 우수대학과 공동연구를 위해 학술연구교수/박사후 연구원에게 연구비 및 항공료 등을 지원하는 사업을 Inbound / Outbound 차원에서 동시 진행
- 학문후속세대 연구자의 안정적 국제공동연구 보장 및 귀국 후 경력 연계 지원

<표 II-4.1-2> 연세 학문후속세대 국제공동연구사업

구분	연세 학문후속세대 국제공동연구사업 I	연세 학문후속세대 국제공동연구사업 II
기간	단기 파견 최대 6개월	장기 파견 최대 24개월
규모	인건비 외 추가지원: 1,500천원/월	연 3천만원 내외
대상	BK 교육연구단 소속 박사후 연구원	학술연구교수

■ **신진연구인력의 연구 수월성 증진을 위한 인프라 제공**

▶ 교육연구단의 인프라를 활용하여 우수 신진연구인력의 연구환경 개선

- **【행정전담인력 확충】** 학과내 행정전담인력 1명을 추가 배치를 통해서 연구집중도를 향상할 수 있는 여건 제공
- **【연구공간 제공】** 우수 신진연구인력에게는 연구공간 및 연구시설, 전용 컴퓨터, 프린터 등의 사무 집기를 제공
- **【학과 인프라 제공】** ① 화학과 사무실에 비치된 대용량 고속 복사기, 팩스 등의 사무 시설을 개방하여 신진연구인력이 연구에 전념할 수 있는 환경을 조성, ② 연구 결과에 관한 토론 및 토의를 할 수 있는 공간으로 활용하고 있는 공동 세미나실 이외에도, 중형 세미나실 등의 토의 및 연구공간을 지원

▶ 연구 및 논문작성을 위한 글로벌 학술정보 인프라 지원

- **【전자자료정보원 서비스】** 다양한 유형의 학술자료 및 학술 관련 자료를 디지털화 및 구조화하여 하나의 데이터베이스에 체계적으로 구축하여 다양한 검색 서비스 제공(학술정보원 및 Y-DEC에서 지원하는 논문작성지원 및 학술정보 활용 교육)
- **【서지관리프로그램 제공 서비스】** 해외 학술 정보검색 및 관리를 쉽고 빠르게 할 수 있도록 연구에 유용한 각종 서지관리프로그램(EndNote, Mendeley 등)을 제공
- **【영어논문 교정 및 코칭】** 연세대학교 외국어학당에서는 영어 논문 교정 및 코칭 서비스를 제공

▶ 시료 분석 및 연구지원을 위한 연세대학교 공동기기원(YCRF)의 연구 장비 이용 가능

▶ 신진연구인력의 국제공동연구 참여 기회 확대 계획

- **【교내 국제공동연구의 development platform 구축】** 신진연구인력 국제 공동연구 지원
- **【교내 국제화 인프라구축 지원사업의 확대 및 강화】** 우수 신진연구인력이 해외대학 겸직교수(joint appointment)로 국제공동연구에 참여

■ **우수 신진연구인력에 대한 강의 기회 제공**

▶ 학문후속세대 임용할당제 도입

- **【임용할당제】** 박사학위 신규취득자 등의 강의 기회 보장을 위해 강사임용 시 박사학위 취득 후 3년 이내인 학문후속세대를 우대하여 선발할 수 있는 임용할당제 적용
- 전임교원의 보직, 연구년, 또는 휴직에 따른 강의 대체자는 학문후속세대 임용을 원칙으로 시행하여 신진연구인력의 강의 기회 확대

- 강사 공개채용 시 학문후속세대를 우대하여 선발하는 임용할당제를 전면 적용하고, 총 선발 인원의 30% 선발을 목표로 함

▶ LT (Learning by Teaching) 사업 운영

- 박사학위 신규취득자 등 학문후속세대에게 전임교원과 co-teaching 강의 기회를 부여(기존 전임교원 교과목의 2:1 co-teaching)하여 학문후속세대의 강의력 강화

▶ UT (Undergraduate Tutorial) 세미나 과목 개설 시행

- 최신 연구 흐름에 가장 가까이 접하는 신진연구인력이 단독 전공 교과목 강의에 앞서 해당 전공 학부생들을 대상으로 전공 분야에 관련된 세미나 과목을 담당하도록 시행
- 강사의 시각에서 실질적인 진로 설계에 대한 조언을 포함한 강의 기회를 제공

▶ 신진연구인력 중심의 대학원생 1:1 멘토링

- 연구 결과에 관한 토론뿐만 아니라 학업이나 진로에 대한 상담을 위해 멘토링 기회를 부여하여 신진연구인력과 대학원생의 교류 및 소통이 활성화될 수 있도록 할 예정
- 대학원생들과의 연계 활동을 강화하고 교육연구단의 연구역량을 향상할 수 있을 것으로 기대함

■ 신진연구인력의 복지 및 커리어 관리 강화

▶ 교육연구단 내 연구교원 관련 규정에 따라 교원과 같이 주차장 및 모든 시설 이용 가능

- 중앙도서관, 삼성연세학술정보관, Y-Valley, 강의실, 세미나실, 커리어연세, 체육관, 수영장 등

▶ 외국인 신진연구자의 언어 습득기회 제공

- 외국인 유학생을 대상으로 한국어학당 야간과정 지원사업을 2019년 2학기부터 신설하여 운영 중으로 한국어학당의 전문적인 교육 프로그램을 제공하여 학생들의 한국어 교육 지원 강화

▶ 교내 비교과 플랫폼인 Y-ABC(Yonsei Activities Beyond the Classroom) 개설 (2019.12)

- 본교 구성원 누구든 교내 각 기관에서 운영 중인 비교과 프로그램을 영역별(학습역량, 취·창업, 진로 심리상담, 기타)로 조회 가능

▶ 교내 취업정보포털인 커리어 연세를 활용한 맞춤형 진로 지원

- 『커리어연세(<http://career.yonsei.ac.kr>)』를 활용하여 각종 취업 정보, 회사별 정보 및 면접 정보, 채용 추천을 시행하고 취업 상담을 하여 진로지도

▶ 교내 박사후연구원 현황 DB(Database) 관리: 현황 및 성과 분석을 위한 DB 체계 구축·활용

- 박사후연구원의 인구통계학적 데이터, 교육 훈련 현황, 연구목표 및 기대치, 연구성과 확산 현황, 급여 및 혜택, 필요 행정지원 요소 등을 포함한 지표를 개발
- 분야별 전문지식, 연구기획 및 전문성 개발, 리더쉽 및 커뮤니케이션 기술, 연구과제 운영기술, 연구윤리 및 책임감 있는 연구수행 등의 정보 제공

▶ 교내 박사후연구원 산학협력활동 지원 강화

- 산학협력단 지식재산권팀을 활용한 교내 신진연구인력의 산학협력활동 지원
- 산학협력단/기술지주회사가 산업계와 연계하여 기업의 연구개발 수요를 파악하고, 연구실/소 내 박사급 연구원에게 필요한 산학협력/지적재산권 정보의 지속적인 모니터링 제공

5. 참여교수의 교육역량 대표실적

▣ 교육용 저역서

▶ 올바른 인용표기를 위한 길잡이

- 발행기관: 한국연구재단/국가과학기술인력개발원 공동 발행
- 저자: 외 2인
- 발행연월: 2022년 3월
- 본 교육연구단의 교수는 연구윤리 전문가로서 2021년에 ‘실무자를 위한 연구윤리 통합 안내서’의 집필에 참여한 바 있음. 또한 2022년 3월에는 실질적인 지침서로서 2명의 공저자와 함께 ‘올바른 인용표기를 위한 길잡이’를 집필하였음. 본 안내서는 한국연구재단의 연구윤리활동지원사업의 일환으로 제작되었으며 국가과학기술인력개발원에서 발행하였음. 표절의 이해, 인용의 방법, 유형별 인용표기 적절·부적절 사례, 온라인 자료 활용 사례로 구성되어 있으며 연구윤리에 입각한 올바른 인용에 대한 실질적인 지침서로 활용될 것으로 기대됨

▶ Scanning Electrochemical Microscopy, 3rd edition (ISBN: 978-0367430566)

- 저자: 안현서 외
- 출판사: CRC Press
- 출판년월: 2022년 7월
- 본 도서는 에너지 특성화 분야 대학원 수업에 활용될 수 있는 교재로서 scanning electrochemical microscopy의 다양한 내용들을 다루고 있음. 본 교육연구단 소속 교수는 공저자로 참여하여 ‘electrocatalysis and surface interrogation’chapter를 집필하였음

▣ 교육과정 개발

▶ 생체기능분자분석 (바이오 특성화; 학생제안교과목)

- 과목코드: CHE7704
- 개설학기: 2022년도 1학기
- 담당교수:
- 본 교과목은 바이오 특성화에 따른 교과목 개편의 일환으로 신규 개설하였으며, 바이오 특성화 주제 중 대학원생들이 설문조사에서 가장 많이 요청한 생체 분자 분석법의 이론 및 실험 데이터 해석으로 구성하여 학생제안교과목으로 개설하였음
- NMR, circular dichroism (CD), IR, 질량분석 등의 다양한 분광학적 방법을 통해 생체 분자로 작용하는 유기화학물의 구조 예측 및 검증을 할 수 있는 연구 능력을 함양할 수 있도록 구성하였음
- 특히 유기 화합물 구조 분석에 가장 유용하게 활용하는 다양한 NMR 분석 방법의 이론적 배경 및 데이터 해석 능력 함양을 위해 외부 NMR 전문가인 KIST 김낙균 박사 초빙 특강을 진행하였음
- 각 분석 방법 수업 후 실제 화합물 데이터 해석 과제를 부여하여 수업에서 얻은 지식을 바로 연구에 활용할 수 있도록 하였음

▶ 에너지재료이론설계1,2,3 (에너지 특성화; 모듈화; 학생제안교과목)

- 과목코드: CHE7801,7802,7803
- 개설학기: 2021년도 2학기
- 담당교수:
- 본 교과목은 에너지 특성화에 따른 교과목 개편의 일환으로 신규 개설하였으며, 에너지 특성화 관련 주제 중 대학원생 설문조사를 통해 선정한 에너지재료 관련 내용으로 구성하여 학생제안교과목으로 개설하였음
- 또한 각 대학원생들의 필요에 따라 관심 있는 주제를 효율적으로 학습할 수 있는 모듈화 과목으로 운영하였음. 따라서 3학점 1과목이 아닌 1학점 3과목을 본 교육연구단 참여교수 3인이 각각 강의하였음

- 3개의 모듈화 과목 (각 1학점)에서 다른 주제 및 담당교수는 다음과 같음

- ① 에너지재료이론설계1: 이론적 배경 및 설계 기법 ()
- ② 에너지재료이론설계2: 레이저 분광학 기반 연구 기법 ()
- ③ 에너지재료이론설계3: 분자 동력학 기반 연구 기법 ()

6. 교육의 국제화 전략

① 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

글로벌 경쟁력을 갖춘 4C 인재양성을 위한 국제화 교육 프로그램

- ◆ 글로벌 교육 인프라 확보: 외국어 강의 확대, 외국인 교원 활용, 외국대학 복수학위제 강화
- ◆ 해외 우수대학 및 연구기관 교류: 대학원생 장단기 해외연수, 국제 학술대회 및 국제교류 지원
- ◆ 해외 석학 초빙 및 활용: 국제심포지엄, 초청세미나, 공동연구기반구축 지원 및 활용
- ◆ 우수외국인 학생 유치: 우수외국인 학생 유치, 홍보 및 장학, 행정지원 강화

지속가능한 미래 구현을 위한 창의적, 융합적, 도전적 화학 인재 양성



글로벌 교육 인프라 확보 현황 및 계획

■ 교육 프로그램의 국제화

▶ 외국어 강의 및 학위 논문

- 본 교육연구단의 외국어 강의 비율은 2018년 55%, 2019년 70%, 2020년 76%, 2021년 60%로 지난 4년간 평균 65% 정도임. 외국어 강의의 비율은 점진적으로 증가해 왔으나 2021년에 교육과정의 전면적인 개편 및 강의교과목 증가에 따라 일시적으로 감소한 것으로 볼 수 있음. 본 교육연구단의 영어강의 비율은 70% 수준을 유지할 계획임
- 외국어 강의의 질적 수준을 확보하기 위하여 대학 차원에서의 다양한 강의지원 프로그램을 활용하여 외국어 강의와 온라인 강의의 비율 및 수강 만족도를 증진할 계획임
- 본 교육연구단의 석·박사 학위 수여 대상자에 대하여 영어 논문작성을 의무화하고 있으며, 세계적 수준의 교육 프로그램의 구축을 위해 노력할 것임
- 대학원생의 교육 및 연구역량 강화를 위하여 대학 차원에서 영어 논문작성을 위한 지원사업 및 연세연구력 강화워크숍 시리즈를 통하여 영어논문작성법 및 효과적인 국제학술지 투고전략과 같은 다양한 프로그램을 제공하고 있으며, 향후 사업비의 확대 및 동영상 및 온라인 플랫폼에 기반한 프로그램의 세분화를 계획 중임
- 학생제안교과목으로 개설된 『화학연구방법론』에서 영어논문작성법과 효과적인 국제학술지 투고 전략에 대한 내용을 강의하였음

■ 외국인 교원의 활용

▶ 외국인 전임교원 유치

- 우수한 외국인 전임교원 및 겸임교원을 활용한 국제화 교육의 질적 강화를 통해 대학원생들의 국

제적 역량향상을 추구함 (현재 외국인 교원 2명이 본 교육연구단에 재직 중)

- (조교수, 국적: 미국) 2017년 3월 부임 이래 무기화학, 전기화학, 에너지화학 분야를 선도하는 연구자로서 다수의 대학원 강의 및 연구 지도를 통하여 국제화 교육을 앞장서고 있음
- 대학원 강의: 나노신소재합성, 바이오소재 심화연구 (2021년 2학기), 에너지생성 및 저장, 바이오소재 심화연구 (2022년 1학기) 및 무기화학I, 무기화학실험, 무기신소재화학과 같은 학부 강의까지 다양하게 활용을 하고 있음. 향후 보다 다양한 수준의 강의 및 연구 지도를 통하여 학생들의 국제화 함양에 기여할 수 있도록 독려할 계획임
- (교수, 국적: 독일) 2020년 2월부터 화학과 교수로 재직 중인 교수는 이론화학 분야의 세계 리더급 연구를 수행 중인 석학으로, 현재 독일 드레스덴 공과대학교 (Technische Universität Dresden) 이론화학 분야의 석좌교수로 재직 중임. 부임 후 <Data Science for Chemistry>와 같은 특강 과목을 개설하여 AI기반 데이터 과학 분야를 소개하였으며 매년 3개월간 체류하며 교육연구단의 에너지 및 신소재 분야 국제화 교육에 큰 공헌을 할 것으로 기대하였으나, 코로나19의 상황으로 현재 국내체류보다는 온라인 강의로 학생들의 교육적 목표에 맞춰서 기여할 수 있도록 하였음. 향후 코로나19 상황이 개선되면 대면 강의를 통하여 교육의 국제화에 크게 기여할 수 있을 것임
- 대학원 집중강의 개설로 2021년 2학기에는 9월 6일부터 9월 24일까지 3주간 <Computer Simulations in Chemistry> 과목 개설을 하였으며, 2022년 1학기에는 3월 7일부터 4월 5일까지 3주간 <Digital Chemistry and Data Science in Chemistry> 과목을 개설하여 이론 화학의 새로운 시각을 교육연구단 소속 대학원생들에게 제공함
- 향후 해외 우수 석학의 임용을 점진적으로 확대하여 교육연구단의 국제화 역량에 적극적으로 활용할 계획임

▶ Yonsei Frontier Program 활용

- 교육연구단의 노력과 더불어 대학 차원의 교육/연구의 국제화 및 연구실적 증진, 대외 인지도 제고 등의 목적으로 해외석학 및 우수 신진연구자를 전임교원으로 초빙하기 위하여 현재 연세프론티어 연구원을 설립하여 운영 중이며, 외국인 전임교원의 국내 정착을 위한 다양한 지원 프로그램을 운영하고 있음

▶ 향후 해외 석학 초빙 및 활용 계획

- 코로나19의 상황으로 해외 석학의 초빙 및 활용과 같은 국제심포지엄, 초청세미나 및 공동연구기반 구축에 관한 지원과 활용이 상대적으로 미흡하였으나, 향후 코로나19의 상황의 개선과 더불어서 기존에 계획한 전임 교수급의 해외학자 뿐만 아니라, 초빙교수, 객원교수와 같은 해외석학의 다양한 활용을 고안할 계획이며, 또한 온라인 기반한 다양한 초청세미나 및 심포지엄을 계획하고 있음

■ 외국대학과의 복수 학위제

▶ 외국대학 복수학위제 운영 실적

- 본 교육연구단은 현재 지속적인 노력을 통해 세계 우수 대학들과 복수학위제와 관련된 협약 체결을 위해 노력하고 있음
- 연세대학교에서는 2021년 현재 6개국 21개의 해외대학과 복수학위제에 대한 협약을 운영하고 있음. 매 학기 공동·복수학위과정생을 지원하기 위해 국제화 인프라의 구축을 위해 노력하고 있으며 파견 학생에 대한 장학금을 지급하고 있음. Outbound 학생의 경우에는 생활비를 지원하며, Inbound 학생의 경우에는 연세대 등록금(입학금 포함) 전액 한도 내에서 지원하고 있음

▶ 외국대학과의 복수학위제 확대 계획

- 대학 차원에서의 국제 공동 복수학위제 운영과 더불어 교육연구단 차원의 국제 공동 복수학위제 운영에 대한 내실화 및 참여 학생에 대한 재정적 지원 강화를 위해 노력할 것임

- 현재 학부생을 대상으로 운영 중인 외국인 학생 전담 지도교수를 확대 운영하여 방문 학생에 대한 멘토링 서비스를 지원할 것임
- 현행 21개 대학과의 협약에서 2027년까지 10개국 30개 대학으로 확대를 계획하고 있음. 해외 대학교와의 전략적 연구협력 파트너십 구축을 통하여 학문 분야별 국제교류를 위한 네트워크 구축 및 공동 기금 조성을 통한 교류 활동을 지원하고 있음. 스위스 제네바대학, 호주 시드니대학과 이스라엘 텔아비브대학과의 국제공동연구 및 학위과정 개설을 추진 중임

글로벌 대학, 연구기관과 교류 현황 및 계획

■ 대학원생 국제교류

▶ 대학원생 장단기 해외연수

- 코로나-19 감염병 확산으로 인하여 해외연수는 매우 제한적이었으나 해외 우수 연구진들과 공동연구를 위해 다수의 장단기 파견이 이루어졌으며 우수한 실적을 달성할 수 있는 계기를 마련함.
- 【2021.07-2021.09】 Kyoto University, Nagoya University, 연구주제: Antiaromatic 1,5-Diaza-s-indacenes
- 【2021.09-2022.01】 Kyoto University, 연구주제: Tetrabromo[36]octaphyrin: A Promising Precursor of Directly Fused Porphyrin(2.1.1.1) Dimer and meso- α Fused N-Confused Porphyrin Dimer / Modulations of a Metal-Ligand Interaction and Photophysical Behaviors by Hückel-Möbius Aromatic Switching / Porphyrinoids; a unique platform for exploring excited-state aromaticity
- 【2021.11-2022.04】 Nagoya University, 연구주제: Protonation-Induced Antiaromaticity in Octaaza[8]circulenes: Cyclooctatetraene Scaffolds Constrained with Four Amidine Moieties
- 【2021.09-2022.03】 Polish Academy of Sciences, 연구주제: Tuning the aromatic backbone twist in dipyrrolonaphthyridinediones
- 【2021.11-2022.05】 Nagoya University, 연구주제: 5-Thiaporphyrinium cation: effect of sulphur incorporation on excited state dynamics
- 【2021.12-2022.04】 University of Texas, Austin, 연구주제: Pyrene-Bridged Expanded Carbaporphyrin Nanobelts
- 【2021.09-2022.06】 Uniwersytet Wrocławski, 연구주제: Acenaphthylene-Fused Ullazines: Fluorescent π -Extended Monopyrroles with Tunable Electronic Gaps / Naphthalimide-Fused Dipyrrens: Tunable Halochromic Switches and Photothermal NIR-II Dyes

▶ 대학원생 국제 학술대회 참가

- 코로나-19 감염병 확산에도 불구하고 다수의 국제학술대회에 참가하여 연구발표와 토론을 진행함. 대표적인 예는 아래와 같음
- 【World Association of Theoretical and Computational Chemist-2022 (WATOC-2022)】
 - (통합5학기) Site-switching of inherent vacancies: meta-stabilization for phase-change memory
- 【International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (ICPP-12)】
 - (통합9학기) Formation of zinc porphyrin network via non-covalent interaction
 - (통합9학기) Formation of Tetrapyrrolic Macrocyclic-based Supramolecular Assembly
 - (통합11학기) Supramolecular assembly of porphyrin derivatives having multiple ion binding sites
- 【7th European Conference on Crystal Growth (ECCG7)】
 - (통합8학기) Tip-To-Middle Anisotropic MOF-On-MOF Growth with a Structural Adjustment
 - (통합11학기) Metal-Organic Framework-Based Composite Incorporated with CoNi Nanoparticles

for Efficient Catalytic Reduction Reaction

- (통합11학기) Lattice-Guided Construction of a Naturally Nonpreferred Metal-Organic Framework
【American Chemical Society Fall 2022 (ACS Fall 2022)】
- (통합9학기) Superatom-in-Superatom [RhH@Ag₂₄(SPhMe₂)₁₈]₂-Nanocluster
- (통합7학기) Atomically Precise AuNi Alloy Nanoclusters for Selective CO₂ Electroreduction to CO

▶ 대학원생 국제교류 증진 계획

- 【해외방문 연구지원 사업】 해외명문대학 및 해외연구소의 방문 연구 확대를 위한 본 교육연구단 자체의 [해외방문 연구지원 사업] 을 신규개설하여, 참여대학원생이 전공과 관련된 해외기관에 직접 방문하여 최신 실험 기술 및 노하우를 배울 기회를 제공하는 것을 목표로 함.
- 해당 사업에 참여를 원하는 대학원생은 영어로 연구계획서를 작성하도록 하며, 선정된 경우 장/단기 해외연구비용에 요구되는 제반 비용의 일부분을 참여 기간에 따라 본 교육연구단에서 제공할 계획임
- 도전적인 글로벌 인재양성을 위하여 저명한 국제학회의 참석을 유도하고, 특히 구두발표 기회의 확대를 장려하기 위한 교육연구단의 지원을 강화함
- 해외 대학원생들과의 학술 심포지엄을 추진하여 대학원생들끼리 정기적으로 교류하도록 함. 이를 통해 대학원생들이 해외 대학의 전공 분야 학생들과 네트워크를 구축하도록 장려함
- 기존 운영 중인 MOU기반 프로그램의 내실화 도모 및 외연 확대 장려
- 【Yonsei Global Alliance 활용】 세계적으로 우수한 교육, 연구 기관들과 Yonsei Global Alliance 프로그램을 활용하여 적극적인 연구협력, 학생과교, 공동논문, 방문연구 등의 교류에 대한 교육연구단 차원에서의 적극적인 활용을 도모함. 현재 Yonsei-USA Alliance (미국 8개 대학), Yonsei-Asia Alliance (아시아 7개 대학), Yonsei-EU Alliance (유럽 5개 기관)이 활발하게 운영 중임

해외 석학 초빙 및 활용 현황 및 계획

■ 해외석학 국제교류

▶ 해외석학 초청 국제 심포지엄

- 코로나19 감염병의 확산으로 해외석학의 직접적인 초청은 불가능하여 온라인 심포지엄을 3회 진행을 하여 본 교육연구단 참여 교수 및 소속 대학원생들이 참여하여 첨단 연구성과를 공유하였음
- ① 본 교육연구단의 교육 및 연구 목표에 발맞춰서, Innovative Materials for Sustainable Future 라는 주제로 국제심포지엄을 2022년 1월 21일 개최하여 국제적으로 저명한 3분의 연사진을 모시고 지속적인 미래를 위한 다양한 화학적 접근법 중에서 특히나 고분자 소재의 역할에 대해서 최근 연구동향을 파악할 수 있는 소중한 기회를 제공함
- 【Prof. , Department of Chemistry, University of Minnesota, Twin Cities】 Efficient Polymer-Mediated Delivery of Gene Editing Payloads through Combinatorial Design, Parallelized Experimentation, and Machine Learning
- 【Prof. , Department of Chemistry, Massachusetts Institute of Technology】 Deconstructing Polymer Networks
- 【Prof. , Department of Chemical Engineering, The University of Texas, Austin】 N/Al Lewis Pair Catalysts for the Synthesis of Functional Polyether-Based Materials
- ② 교육연구단의 교육 및 연구 목표에 맞춰 Energy Technologies for the Sustainable Future를 주제로 두 번째 국제심포지엄을 2022년 2월 10일 개최함. 지속적인 미래를 위한 첨단 에너지 기술의 최근 연구

동향을 파악할 수 있는 소중한 기회를 제공함

- 【Prof. , Shaanxi Normal University, China】 Water Oxidation with Metal Porphyrins
- 【Prof. , Hubei University, China】 Density Functional Calculations on Energy Related Materials: Theoretical Roles for the Sustainable Future
- 【Prof. , National University of Singapore, Singapore】 Electrochemical Reduction of Carbon Dioxide to Oxygenates and Hydrocarbons
- 【Prof. Technische Universität Dresden, Germany】 Exploiting Lattice Symmetry for Enhancing Photocatalytic Properties in 2D Polymers

③ Separation을 주제로 세 번째 국제심포지엄을 2022년 2월 15일 개최함. 국제적으로 저명한 5분의 연사진을 모시고 지속적인 미래를 위한 다양한 화학적 접근법 중에서 특히나 분리기술의 역할에 대해서 최근 연구동향을 파악할 수 있는 소중한 기회를 제공함

- 【Prof. Federal University of Ceara, Brazil】 Post-combustion CO2 Capture by Moving Bed Temperature Swing Adsorption (MBTSA)
- 【Prof. Nanjing Tech University, China】 Adsorbents with Cu(I) active sites: fabrication and stabilization
- 【Prof. , Ulsan National Institute of Science and Technology, Korea】 Flexible Metal-Organic Frameworks for Hydrogen Isotope Separation
- 【Prof. National Tsing Hua University, Taiwan】 Thermosetting resins based polymeric membranes: Preparation and application
- 【Prof. , Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia】 Engineered functional nanostructured membrane as a remedy for the mitigation of global water scarcity

▶ 해외석학 공동연구 기반구축

- 해외석학과의 공동연구를 위한 MOU 체결로 국제교류의 실질적 기회를 마련하였으며 지속적인 공동연구가 진행되고 있으나 코로나-19 감염병 확산에도 불구하고 실질적 방문을 통한 다양한 교류를 이어나감
- 특히나 김진석, 강성수, 이석원, 홍용석, 백진수 학생은 일본, 독일, 폴란드, 호주와 같은 다양한 국제적 연구기관에서 연수를 하면서 해외석학과의 공동연구를 위한 기반을 구축하고, 이에 따른 훌륭한 연구성과들을 얻어낼 수 있었음

■ 해외학자의 활용 계획

▶ 해외 석학 초빙

- 해외석학들과 다양한 연구 분야의 심포지엄 개최 확대 및 교육연구단 교수진의 해외기관 행사 적극적 참여 유도
- 화학 분야의 해외석학들에 대한 특임/겸임 교수 초빙 확대를 목표로 현재 본 교육연구단 내 search committee (학과장 외 4인)의 상시 운영을 통하여 해외석학들의 본교 전임교원 유치에 관한 활동 중임. 해외석학들을 정기적으로 초청하여 본 교육연구단 참여대학원생들에게 국제 감각을 함양하고 이를 우수한 연구자로 성장할 기회를 제공함
- Yonsei Frontier Program을 적극적으로 활용하여 해외석학 및 우수 신진연구자를 초빙하고 이를 통하여 해외석학의 특강 개설 확대 및 연구 교류 활성화 추진

■ 우수외국인 학생 현황 (2022년 8월 현재)

우수 외국인 학생 유치 현황 및 계획

▶ 우수외국인 학생 현황

- 다양한 국적의 우수한 외국인 대학원생 6명이 현재 본 교육연구단에 재학 중이며 전체 대학원생 (2020년 2학기 150명, 2021년 1학기 160명, 총 1년 평균 155명)의 4%에 해당함. 이들은 연구실에 잘 정착하여, 우수한 연구력을 바탕으로 현재 다수의 연구성과를 달성하고 있음

<표 II-6.1-1> 2022년 1학기 현재 외국인 학생 현황 및 논문 실적

연번	학생 성명	국적	지도교수	학위과정	연구기간	논문 실적
1		영국		석사과정	202109-현재	없음
2		베트남		석사과정	201908-현재	주저자 (ChemCatChem)
3		인도		박사과정	201903-현재	공동저자 (Appl. Cat. B 외 2편)
4		인도		박사과정	201903-현재	제1저자 (ACS Appl. Energy Mater.; App. Surf. Sci.), 공동저자 (2편) 저자로 9편의 우수 SCI급 국제 논문 발표
5		인도		박사과정	201903-현재	공동저자 (J. Catalyst 외 6편)
6		중국		박사과정	202009-현재	주저자 (Small) 공동저자 (Solar RRL)
7		중국		박사과정	201309-현재	주저자 (Org Lett, OrgBioChem), 공동저자 (Sci Rep)

▶ 외국인 졸업생 현황

- 최근 3년간 다음 외국인 학생이 석사학위를 취득함. ① (석사학위, 국적: 중국, 2017년 8월 졸업), ② (석사학위, 국적: 중국, 2020년 2월 졸업), (석사학위, 국적: 베트남, 2022년 2월 졸업)

■ 우수외국인 학생 유치 계획

▶ 지속적 홍보 및 유치 프로그램 강화

- 대학의 영문, 중문 홈페이지 및 본 교육연구단 영문 홈페이지의 컨텐츠 확충을 통한 지속적 해외 홍보로 우수외국인 학생들에게 최신 입시정보 및 교육연구단 소속 교수진의 인지도를 높임
- 해외 현지 방문 워크샵을 통한 우수 대학원생 유치 강화 및 다양한 국제 네트워크의 활용을 통하여 사업단 홍보 및 대학원생 유치 활동을 적극적으로 확대

▶ 장학 및 행정적 지원 강화

- 본 교육연구단에 지원하는 우수외국인 대학원생을 위한 장학제도 및 행정서비스 극대화. 이를 위한 방안으로 비자발급, 정착지원 및 외국인 전용 기숙사 활용과 같은 행정서비스 체계화
- 연세대학교의 외국인 유학생 유치 및 정착 프로그램 활용 (전담부서 24명 상주)
- 한국인 교육 및 한국문화 체험을 위한 국내 최고 수준의 연세어학당 활용 기회 제공

② 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

대학원생 국제 공동연구 현황

■ 대학원생의 단기 해외연수 <15일 이상 해외연구실 공동연구 실적>

- 본 교육연구단은 세계적 수준의 연구 흐름에 능동적으로 대응하고, 국제적 수준의 안목을 더하기 위하여 우수한 대학원생들의 국제공동연구 경험을 제공하여 해외 네트워크를 확장하며 미래를 선도하는 국제적 역량을 제고할 수 있는 다양한 기회를 장려하고 있으며 다수의 공동연구가 진행됨

<표 II-6.1-2> 장단기 해외 연수 실적

연번	참여자	지도교수	공동연구자	상대국/ 소속기관	연구주제	연구기간
1				일본/ Kyoto University, Nagoya University	Antiaromatic 1,5-Diaza-s-indacenes	202107- 202109
2				일본/ Kyoto University	Tetrabromo[36]octaphyrin: A Promising Precursor of Directly Fused Porphyrin(2.1.1.1) Dimer and meso- α Fused N-Confused Porphyrin Dimer	202109- 202112
3				일본/ Kyoto University	Modulations of a Metal-Ligand Interaction and Photophysical Behaviors by Hückel-Möbius Aromatic Switching	202109- 202201
4				일본/ Kyoto University	Porphyrioids; a unique platform for exploring excited-state aromaticity	202109- 202201
5				폴란드/ Polish Academy of Sciences	Tuning the aromatic backbone twist in dipyrrolonaphthyridinediones	202109- 202203
6				일본/ Nagoya University	5-Thiaporphyrinium cation: effect of sulphur incorporation on excited state dynamics	202111- 202205
7				미국/ University of Texas	Pyrene-Bridged Expanded Carbaporphyrin Nanobelts	202212- 202206
8				일본/ Nagoya University	Protonation-Induced Antiaromaticity in Octaaza[8]circulenes: Cyclooctatet Scaffolds Constrained with Four Amidine Moieties	202211- 202204
9				폴란드/ Uniwersytet Wrocławski	Acenaphthylene-Fused Ullazines: Fluorescent π -Extended Monopyrroles with Tunable Electronic Gaps	202109- 202206
10				폴란드/ Uniwersytet Wrocławski	Naphthalimide-Fused Dipyrriins: Tunable Halochromic Switches and Photothermal NIR-II Dyes	202109- 202202
11				독일/ Universität Würzburg	Steering the multiexciton generation in slip-stacked perylene dye array via exciton coupling	202109- 202208

대학원생 국제 공동연구 계획

■ 국제 공동연구의 양적인 성장과 질적인 성장의 균형화

- ▶ 본 교육연구단이 개설 중인 MOU 기반 프로그램의 내실화 도모 및 신규 해외기관 협업
 - 기존 MOU 바탕 프로그램의 내실 있는 연구에 교육연구단의 적극적 지원 (Yonsei-University of Sydney 공동연구 프로그램 학생파견)
 - 개인 연구자의 국제 공동연구를 한 단계 성장한 기관 간의 협업 프로그램으로 확대
- ▶ 해외 방문연구 지원사업의 신규 개설
 - 해외 연구자와의 공동연구 협력을 장려하기 위하여 교육연구단 차원의 해외 파견 지원책 마련을 계획하였으며, 현재 이를 반영하여서 학사 운영 규정에 추가를 함
 - 우수 대학원생의 해외 선도적 연구 체험, 연구/학술 활동의 경험 확대를 지원하여 학생들의 연구력의 국제적 감각과 연구역량을 제고
 - 교육연구단 참여 대학원생이 전공 관련한 해외기관에 직접 방문, 최신 실험 기술 및 노하우를 배울 기회를 제공
 - 해당 사업에 참여를 원하는 대학원생은 영어로 작성한 연구계획서를 작성하도록 하며, 선정된 경우 장/단기 해외 연수비용에 요구되는 제반 비용 제공

■ Yonsei Global Alliance 구축 및 활용

- ▶ 세계적으로 우수한 교육, 연구기관들과 Yonsei Global Alliance 구축. 적극적인 연구협력, 학생파견, 공동논문, 방문연구 등의 교류 수행
- ▶ Yonsei-USA Alliance (미국 8개 대학), Yonsei-Asia Alliance (아시아 7개 대학), Yonsei-EU Alliance (유럽 5개 기관)

□ 연구역량 대표 우수성과

■ 참여교수의 논문 실적 우수 성과

- ▶ 논문 수 관련 양적 지표: 교수 1인당 논문 수(5.47 → 6.59, 20.5% 증가)와 논문 환산 편수의 합 (23.6 → 30.4, 28.8% 증가)이 많이 증가함
- ▶ Impact Factor(IF) 관련 논문 질적 지표: 교수 1인당 IF(55.52 → 65.82, 27.2% 증가)의 증가와 전체 발표 논문의 평균 IF 유지(10.15 → 9.99)
- ▶ JCR 랭킹(%)은 참여교수가 발표한 논문의 해당 분야 내에서의 질적 우수성을 나타내는 지표임. 교수 1인당 연간 상위 10% 논문수는 소폭(-11.0%) 감소(2.71 → 2.41편)하였으나, 교수 1인당 연간 상위 3% 논문수는 0.29편에서 0.53편으로 큰 폭(82.8%)의 증가세를 나타냄
- ▶ 대표논문성과:
 - 교수, Chem 게재(IF: 25.832, 화학 종합 최상위, JCR 3.07%), “Synthetic Na⁺/K⁺ Exchangers Promote Apoptosis by Disturbing Cellular Cation Homeostasis”, Chem 2021, 7, 3325 (2021년 12월 게재)
 - 교수, Advanced Materials 게재 (IF: 30.849, 재료화학 분야 최상위, JCR 0.67%), “Shape-Tuned Multiphoton-Emitting InP Nanotetrapods”, Adv. Mater. 2022, 34, 2110665 (2022년 5월 게재, Frontispiece cover paper 선정)
 - 교수, Journal of the American Chemical Society 게재 (IF: 16.383, 화학 분야 최상위, JCR 8.66%), “Peptidomimetic Wet-Adhesive PEGtides with Synergistic and Multimodal Hydrogen Bonding”, J. Am. Chem. Soc. 2022, 144, 6261-6269 (2022년 3월 게재)

■ 참여교수의 특허 우수 성과

- ▶ 사회·산업 문제 대응 TF의 활동 결과 2차년도 기간 동안에도 꾸준한 성장을 이루어 전체 특허 건수는 27건으로 증가하였으며 1차년도 대비 29%의 추가 성장함
- ▶ 등록 또는 출원된 27건의 특허 중 에너지바이오 기술 분야 특허는 96%로, 특성화 분야에 집중된 연구가 진행되고 있음이 확인됨
- ▶ 대표특허성과
 - 교수, “이산화탄소 환원 장치 및 이를 이용한 이산화탄소 환원 방법 (등록번호: 10-2304316-0000)” 이외에도 2차년도 기간 동안 4건의 특허를 등록하고 12건을 신규 출원함. 또한 해당 기술의 응용 가능성이 큰 시장인 미국과 중국에 각각 특허를 출원하여 기술의 선점을 진행하고 있음. 교수가 개발한 촉매 물질의 성능은 세계 최고 수준으로, 연료전지 선도업체인 도요타의 기술을 상회함. 본 교육연구단이 지향하는 연구 개발을 통한 사회문제 대응 및 해결을 보여주는 모범적인 사례임

■ 참여교수의 연구비 수주 실적

- ▶ 정부 연구비 수주 총 입금액이 총 6,004,231천원으로 선정평가 보고서 작성시보다 10.7% 증가
- ▶ 산업체(국내)연구비 수주 총 입금액 472,648천원
- ▶ 1인당 총 연구비 수주액은 380,993천원
- ▶ 대표연구비 수주 실적
 - 교수, 기초연구실육성사업, 3차년도 수주액: 420,000 천원

1. 참여교수 연구역량

1.1 연구비 수주 실적

<표 3-1> 최근 1년간(2021.9.1.-2022.8.31.) 참여교수 1인당 정부, 산업체, 해외기관 등 연구비 수주 실적

항 목	수주액(천원)		
	3년간(2017.1.1.-2019.12.31.) 실적 (선정평가 보고서 작성내용)	최근 1년간(2021.9.1.-2022.8.31.) 실적	비고
정부 연구비 수주 총 입금액	16,867,704	6,004,231	
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	2,152,851	472,648	
해외기관 연구비 수주 총 (환산) 입금액	483,530	0	
1인당 총 연구비 수주액	1,300,272	380,993	
참여교수 수	17	17	

1.2 연구업적물

① 참여교수 연구업적물의 우수성

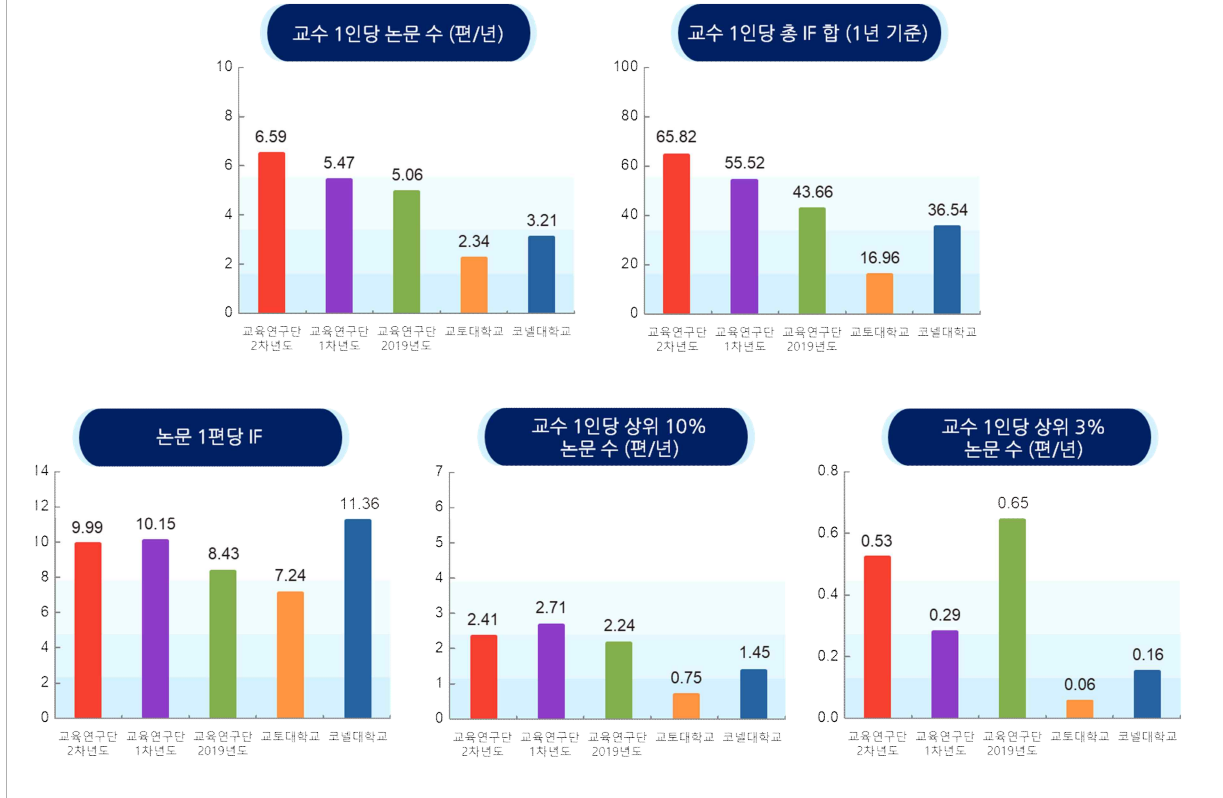
교육연구단 참여교수 연구역량 분석

▣ 교육연구단의 1, 2차년도 연구 역량의 정량적 비교 분석

- ▶ 본 교육연구단 참여교수의 2차년도(해당 기간: 2021년 09월 - 2022년 08월) 연구 성과 분석을 위해서 1차년도(해당 기간: 2020년 09월 - 2021년 08월)에 발표한 논문 성과를 비교하여 <그림 III-1.2-1>에 나타냄. 참고 지표로 사업 선정평가 당시(해당 기간: 2019년 01월 - 12월)의 논문 성과를 함께 나타냄
- ▶ 【교수 1인당 논문 수 관련 양적 지표】 교수 1인당 논문 수는 5.47편에서 6.59편으로 1차년도 대비 20.5% 증가하였으며 논문의 환산 편수의 합계는 23.6편에서 30.4편으로 1차년도 대비 28.8% 증가함
- ▶ 【Impact Factor(IF) 관련 논문 질적 지표】 전체 발표 논문의 평균 IF는 9.99로 1차년도 10.15보다 거의 차이가 없으므로 논문의 질적 수준은 잘 유지되고 있음을 나타냄. 교수 1인당 IF합계는 55.52에서 65.82로 1차년도 대비 큰 폭(27.2%)의 증가세를 보임. 평균 환산보정IF는 0.21에서 0.18로 소폭(-14.3%) 감소함
- ▶ 【Eigenscore(ES) 관련 논문 질적 지표】 ES는 논문을 출판한 학술지의 영향력을 나타내며, 해당 논문에 대한 영향력을 제3자가 판단할 때 유용한 값임. 평균 환산보정ES는 0.39에서 0.36로 소폭(-7.6%) 감소하였음
- ▶ 【JCR 랭킹 관련 논문 질적 지표】 논문을 발표한 학술지의 JCR 랭킹(%)은 참여교수가 발표한 논문의 해당 분야 내에서의 질적 우수성을 나타내는 지표로 교수 1인당 연간 상위 10% 논문수는 2.71편에서 2.41편으로 소폭(-11.0%) 감소하였으나, 선정평가 당시의 상위 10% 논문수(2.24편)보다는 높은 수준으로 유지됨. 최상위 논문의 지표인 교수 1인당 연간 상위 3% 논문수는 0.29편에서 0.53편으로 큰 폭(82.8%)의 증가세를 나타냄
- ▶ 1차년도 성과와 비교할 때, 논문 1편당 환산보정 IF와 ES 지표는 소폭의 감소세를 보였지만, 교수 1인당 논문 수는 많이 증가하였고 논문 1편당 IF는 잘 유지된 것으로 분석됨. 최상위 논문 발표 수는 매우 큰 폭으로 증가하였음

지표분석

벤치마킹 대학들(화학 및 특성화)과의 연구 역량 지표 분석



<그림 III-1.2-1> 교육연구단 사업 1, 2차년도와 벤치마킹 마킹 대학(2021.09-2022.08) 논문 실적 비교

■ 교육연구단의 참여교수 2차년도 연구논문의 양·질적 평가

- ▶ 연구역량 정량적 비교에 따르면 BK21FOUR 사업 2차년도의 교수 1인당 논문 수와 환산 편수를 매우 큰 폭으로 증가함. 또한 논문 1편당 IF와 상위 10% 논문 수는 잘 유지되고 있음. 또한 최상위 저널인 JCR상위 3% 논문 수는 매우 큰 폭으로 증가하였음. 이와 같은 결과는 본 교육연구단 참여교수 발표 연구논문 실적이 양적 성장을 유지하면서 질적 우수성을 추구하는 BK21FOUR 사업의 방향성과 일치하는 것으로 판단됨
- ▶ 본 교육연구단의 참여교수 연구실적 논문 1편당 환산보정 IF, 환산보정 ES 및 교수 1인당 JCR 랭킹 10% 이내 학술지의 발표 논문 수는 소폭 감소하였음. 이러한 정량적 지표의 변화는 각종 신생 저널이 생겨나면서 IF 분포에 큰 변화가 일어나고 있어서 발생하는 일시적인 현상으로 분석됨. 학문 분야 최상위 학술지를 나타내는 교수 1인당 JCR 랭킹 3% 이내 학술지의 발표 논문 수는 1차년도에 비교할 때, 82.8%의 증가를 나타내고 있으므로 연구역량은 잘 유지되고 있거나 오히려 증가하고 있다고 해석할 수 있음
- ▶ 본 교육연구단의 참여교수 연구 역량의 정성적인 평가를 위해서 BK21FOUR 사업 2차년도에 발표된 우수 논문을 조사·분석하여 <그림 III-1.2-2>에 나타냄
- ▶ <그림 III-1.2-2>에 나타낸 것과 같이 화학 및 자연과학 전체의 최상위 학술지(Chem, Accounts of Chemical Research, Journal of American Chemical Society, Angewandte Chemie International Edition, Nature Communications, Advanced Sciences 등)에 발표된 논문(19편)이 1차년도(16편) 및 사업 선정

당시 실적(5편)과 비교할 때 큰 폭으로 증가하였음

- ▶ 분야별 최상위 학술지 게재 실적에서 볼 수 있듯이 클러스터 특성화 분야인 소재기반 에너지와 소재기반 바이오 분야의 최상위 학술지에 발표된 논문이 비약적으로 증가하였음
- ▶ 종합적으로 일부 지표(환산 IF, ES 및 JCR10% 이내 저널 발표 논문 수 등)에서 나타난 10% 이내의 정량 지표 감소는 교육연구단 참여교수의 연구 역량 질적 수준 하락보다는 향상으로 평가할 수 있음. 따라서 양적 성장을 유지하면서 독보적인 질적 우수성을 추구하는 교육연구단의 연구역량 강화 계획을 남은 사업기간 동안 보다 강하게 추진해 나아갈 것임

3% 최상위 학술지

- Chemical Society Reviews: 2편
- Advanced Materials: 1편
- Science Translational Medicine: 1편

화학분야 최상위 학술지

- Chem: 2편
- Accounts of Chemical Research: 1편
- Journal of American Chemical Society: 5편
- Angewandte Chemie International Edition: 6편
- Chemical Science: 1편

자연과학 최상위 학술지

- Nature Communications: 2편
- Advanced Science: 2편

분야별 최상위 학술지

(IF 10이상 이거나 분야별 상위 10% 이내 저널)

- Nano Letters: 2편
- ACS Nano: 2편
- Advanced Functional Materials: 2편
- Small: 1편
- Journal of Materials Chemistry A: 2편
- ACS Catalysis: 1편
- Analytical Chemistry: 2편
- Journal of Physical Chemistry Letters: 2편
- ACS Applied Materials & Interfaces: 2편
- Macromolecules: 4편
- Chinese Journal of Catalysis: 1편
- Carbon: 3편
- Applied Surface Science: 4편
- Green Chemistry: 1편
- Dye and Pigments: 1편
- Journal of Alloys and Compounds: 1편
- Environmental Research: 1편



<그림 III-1.2-2> 교육연구단 BK21FOUR 사업 2차년도 참여교수 대표 연구논문 실적 요약

교육연구단의 참여교수 2차년도 대표 연구업적

- ▶ 본 교육연구단 참여교수가 2차년도(2021.09.01.~2022.08.31.)에 발표한 교수 개인별 대표 연구업적(1~3편)을 <표 III-1.2-1>에 정리함

<표 III-1.2-1> 교육연구단 참여교수 대표 연구업적 (참여교수 1인당 3편 이내)

연번	참여교수	논문제목	학술지	IF	JCR 상위 %	저자역할	국제공동
1		Porphyrinoids, a unique platform for exploring excited-state aromaticity	Chemical Society Reviews	60.615	0.84	교신 저자	O (일본)
		Shape-tuned multiphoton-emitting InP nanotetrapods	Advanced Materials	32.086	2.15	교신 저자	X
		Steering the multiexciton generation in slip-stacked perylene dye array via exciton coupling	Nature Communications	17.694	7.53	교신 저자	O (독일)
2		Geomimetic hydrothermal synthesis of polyimide-based covalent organic frameworks	Angewandte Chemie International Edition	16.828	8.10	교신 저자	X
		Peptidomimetic wet-adhesive PEGtides with synergistic and multimodal hydrogen bonding	Journal of the American Chemical Society	16.383	8.66	교신 저자	X
		A recyclable metal-free catalytic system for the cationic ring-opening polymerization of glycidol under ambient conditions	Green Chemistry	11.034	11.7	교신 저자	X
3		Highly durable and fully dispersed cobalt	Angewandte	16.828	8.10	교신	O

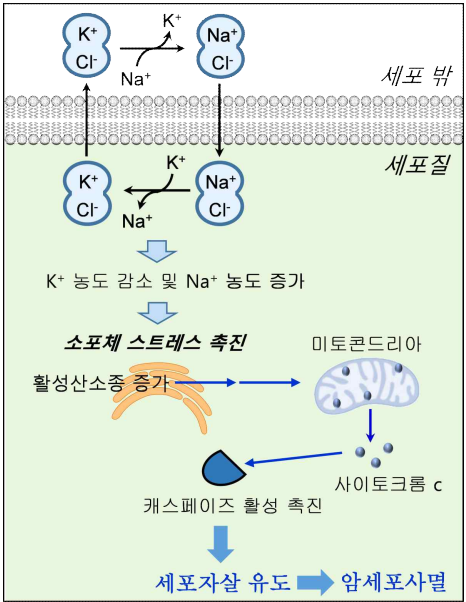
	diatomic site catalysts for CO ₂ photoreduction to CH ₄	Chemie International Edition			저자	(중국)
	Pyrrolic N-stabilized monovalent Ni single-atom electrocatalyst for efficient CO ₂ reduction: Identifying the role of pyrrolic-N and synergistic electrocatalysis	Advanced Functional Materials	19.924	3.02	교신 저자	X
	Augmented photoelectrochemical water reduction: influence of copper vacancies and holetransport layer on CuBi ₂ O ₄ photocathode	Journal of Materials Chemistry A	14.511	7.14	교신 저자	O (인도)
4	Wide-range size fractionation of graphene oxide by flow field-flow fractionation	ACS Nano	18.027	5.65	교신 저자	X
	Size separation of exosomes and microvesicles using flow field-flow fractionation/multiangle light scattering and lipidomic comparison	Analytical Chemistry	8.008	7.47	교신 저자	X
	Optimisation of saliva volumes for lipidomic analysis by nanoflow ultrahigh performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry	Analytical Chimica Acta	6.911	10.92	교신 저자	O (터키)
5	Engineered attenuated salmonella typhimurium expressing neoantigen has anticancer effects	ACS Synthetic Biology	5.249	20.89	교신 저자	X
6	Multivalent glycans for biological and biomedical applications	Chemical Society Reviews	60.615	0.84	교신 저자	X
	Synthetic Na ⁺ /K ⁺ exchangers promote apoptosis by disturbing cellular cation homeostasis	Chem	25.832	3.07	교신 저자	O (미국, 중국, 호주)
	Artificial transmembrane ion transporters as potential therapeutics	Chem	25.832	3.07	교신 저자	O (미국, 중국, 호주)
7	Improving results by improving densities: Density-corrected density functional theory	Journal of the American Chemical Society	16.383	8.66	교신 저자	O (미국)
	Ultrafast carrier-lattice interactions and interlayer modulations of Bi ₂ Se ₃ by X-ray free-electron laser diffraction	Nano Letters	12.262	7.76	공동 저자	O (미국)
	Density-corrected DFT explained: Questions and answers	Journal of Chemical Theory and Computation	6.578	18.06	교신 저자	O (미국)
8	Modern applications of scanning electrochemical microscopy in the analysis of electrocatalytic surface reactions	Chinese Journal of Catalysis	12.92	2.08	교신 저자	X
	Electrochemical synthesis of core-shell nanoparticles by seed-mediated selective deposition	Chemical Science	9.969	13.69	교신 저자	X
	The discrete single-entity electrochemistry of pickering emulsions	Nanoscale	8.307	13.98	교신 저자	X
9	Lattice-guided construction and harvest of a naturally nonpreferred metal-organic framework	ACS Nano	18.027	5.65	교신 저자	X
10	Superatom-in-superatom [Rh@Ag ₂₄ (SPhMe ₂) ₁₈] ₂ ⁻ nanocluster	Angewandte Chemie	16.828	8.10	교신 저자	X

		International Edition				
11	Impedimetric detection of galactose based on a galactose-binding lectin, Ricinus communis agglutinin I (RCA120)	Journal of Electroanalytical Chemistry	4.598	23.56	교신 저자	X
	Highly sensitive determination of capsaicin with tris(2,20-bipyridyl) ruthenium(II) electrogenerated chemiluminescence	Journal of Electroanalytical Chemistry	4.598	23.56	교신 저자	X
	A highly sensitive amperometric galactose biosensor based on graphene-doped sol-gel-derived titania-nafion composite films	Sensors	3.847	28.91	교신 저자	X
12	Regio- and stereoselective addition of secondary phosphine oxides to allenates catalyzed by main-group lewis pairs	ACS Catalysis	13.7	10.74	교신 저자	X
	Stereodivergent silver-catalyzed synthesis of pyroglutamic acid esters	Chemical Communications	6.065	29.33	교신 저자	X
	Stereoselective Michael additions of arylacetic acid derivatives by asymmetric organocatalysis	Synlett	2.17	56.25	교신 저자	X
13	Mesoscale frank-kasper crystal structures from dendron assembly by controlling core apex interactions	Journal of the American Chemical Society	16.383	8.66	교신 저자	O (미국)
	Multimodal stimuli-responsive behaviors of photochromic spiropyran-bearing telechelic poly(2-isopropyl-2-oxazoline)	Materials Today Chemistry	7.613	22.07	교신 저자	X
	Porphyrin tripod as a monomeric building block for guest-induced reversible supramolecular polymerization	Macromolecules	6.057	10.56	교신 저자	X
14	Tweezer-type binding cavity formed by the helical folding of a carbazole-pyridine oligomer	Chemical Communications	6.065	29.33	교신 저자	X
	Subtle modification of imine-linked helical receptors to significantly alter their binding affinities and selectivities for chiral guests	Chemistry-Asian Journal	6.065	29.33	교신 저자	X
	KS10076, a chelator for redox-active metal ions, induces ROS-mediated STAT3 degradation in autophagic cell death and eliminates ALDH1 + stem cells	Cell Reports	9.995	16.75	공동 저자	X
15	Formation of graphene nanostructures using laser induced vaporization of entrapped water	Carbon	11.307	11.45	교신 저자	X
	Dispersions of carbon nanotubes by helical flavin surfactants: Solvent induced stability and chirality enrichment;and solvatochromism	Carbon	11.307	11.45	교신 저자	X
	Excited state charge transfer promoted Raman enhancement of copper phthalocyanine by twisted bilayer graphenes	Carbon	11.307	11.45	교신 저자	X
16	Development of Integrated Systems for On-Site Infection Detection	Accounts of Chemical Research	24.466	3.63	교신 저자	X
	A rapid assay provides on-site quantification of tetrahydrocannabinol in oral fluid	Science Translational Medicine	19.319	1.8	공동 저자	X
	Binary-state scanning probe microscopy for	Nature	17.694	7.53	공동	X

	parallel imaging	Communications			저자	
17	Effect of a cis-4-aminopiperidine-3-carboxylic acid (cis-APiC) residue on mixed-helical folding of unnatural peptides	Organic & Biomolecular Chemistry	3.89	22.32	교신 저자	X
	Promotion of 11/9-helical folding in α/β -peptides containing β 2-homoalanine residue	Peptide Science	2.592	65.97	교신 저자	X

② 교육연구단의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물 (최근 1년(2021.9.1.-2022.8.31.))

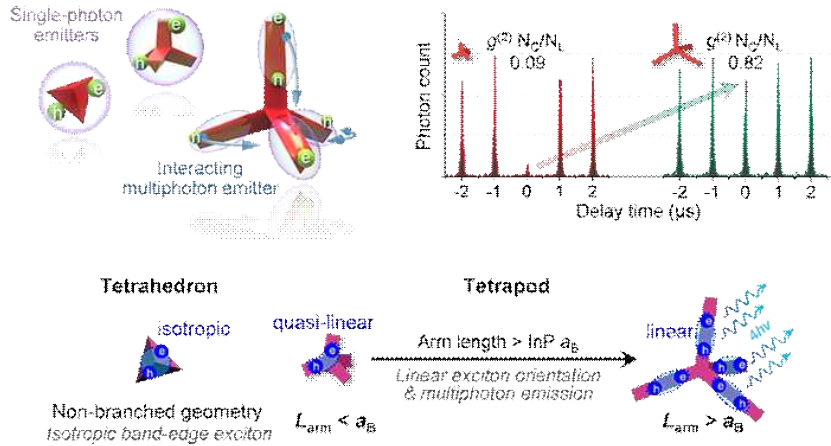
연번	대표연구업적물 설명
1	<p> ■ 교수, Chem 연구논문 및 총설논문 게재 (IF: 25.832, 화학 종합 최상위, JCR 3.07%) ▶ 연구논문: Synthetic Na⁺/K⁺ Exchangers Promote Apoptosis by Disturbing Cellular Cation Homeostasis, Chem 2021, 7, 3325 (2021년 12월 게재) ▶ 총설논문: Artificial transmembrane ion transporters as potential therapeutics, Chem 2021, 7, 3256 (2021년 12월 게재) </p> <p> ■ 연구업적물 개요 ▶ 【내성 문제 해결을 위한 새로운 항암제 개발】 다양한 작용기전의 항암제가 개발되어 사용되고 있지만, 항암제 내성으로 인해 항암치료에 어려움이 발생하고 있음. 이에 따라, 새로운 작용기전을 가진 항암제 개발은 매우 중요함. 본 연구에서 개발된 양이온 교환 운반체는 암세포 외부에 많이 존재하는 소듐, 염소 이온과 결합하여 암세포 안으로 이동한 후, 염소 이온은 운반체에 그대로 결합한 상태에서 소듐 이온이 암세포 내에 많이 존재하는 포타슘 이온으로 치환되어 암세포 밖으로 빠져나오게 됨. 이 작용으로 인해 암세포 내 소듐 양이온 농도는 증가하고, 포타슘 양이온 농도는 감소하여, 암세포 내 양이온 항상성이 파괴되어 소포체에 스트레스를 주게 됨. 따라서, 미토콘드리아 매개 세포자살과정을 촉진시키게 되며 암세포의 사멸에 이르게 됨. 본 연구에서는 이러한 작용기전을 가진 양이온 교환 운반체가 암세포를 사멸시킨다는 것을 규명함 ▶ 【새로운 항암 메커니즘의 제시】 본 연구를 통해 개발된 양이온 교환 운반체 뿐만 아니라 다양한 종류의 인공 이온 운반체가 항암제로 사용 가능하다는 것을 정리한 총설 논문을 Chem 지에 발표하여 항암제 내성 문제를 해결할 수 있는 새로운 방향을 제시 </p> <p> ■ 과학·사회·산업 분야에의 기여도 ▶ 【내성을 극복한 항암제 개발에 활용】 이번 연구에서 개발된 양이온 교환 운반체는 새로운 작용기전을 통해 암세포를 사멸시킨다는 것을 확인하였고, 이 연구는 향후 항암제 내성 문제를 해결할 새로운 방향을 제시한 것으로 평가됨. 향후 효능이 더 뛰어난 양이온 교환 운반체 개발 및 신약으로 개발되기 위한 추가 실험들이 진행될 예정임 ▶ 【교육연구단 특성화 목표와의 부합성】 본 연구는 화학 생물학적 합성 원리를 기반으로 항암제 개발의 새로운 개념을 확립하고, 양이온 운반체의 항암제 활용 가능성을 검증한 연구 결과로서 본 교육연구단의 소재기반 바이오 특성화 분야에 정확히 부합함. 또한, 본 연구결과에서 구축한 바이오 응용 분야 인프라는 소재기반 바이오 응용 특성화 교과목 운영에 활용될 수 있어 연구-교육 선순환 구축에 도움이 될 것으로 기대함. 본 연구는 텍사스 오스틴 대학의 교수 및 시드니대학의 교수 연구팀과의 국제 공동연구를 통해 수행됨 </p>



<그림 III-1.2-3> 양이온 교환 운반체의 암세포사멸 작용기전

■ 교수, **Advanced Materials** 게재 (IF: 30.849, 재료화학 분야 최상위, JCR 0.67%)

▶ Shape-Tuned Multiphoton-Emitting InP Nanotetrapods, *Adv. Mater.* 2022, 34, 2110665 (2022년 5월 게재, Frontispiece cover paper 선정)



<그림 III-1.2-4> 나노크리스탈 모양 제어에 따른 다중 발광 메커니즘

■ 연구업적물 개요

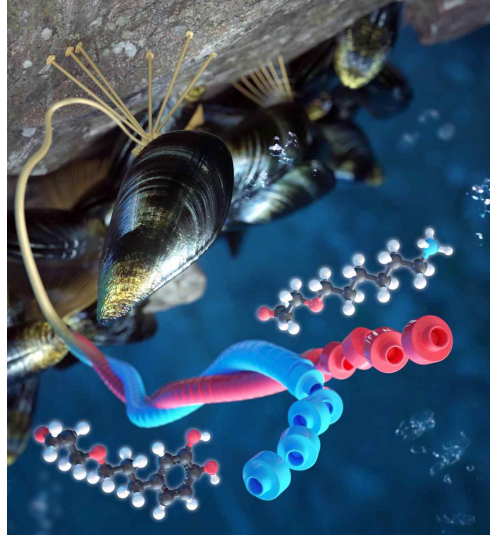
- ▶ 【광전소자의 효율과 엑시톤 동역학 관계 규명】 반도체 나노 크리스탈은 엑시톤의 거동에 따라 그 특성이 좌우되기에, 광전소자의 효율을 극대화하기 위해서는 나노 입자의 다양한 형태에 따른 엑시톤 거동의 변화에 관한 연구가 필수적임. 세 개의 공간 차원에서 모두 구속 효과가 발생하는 구형의 양자점의 경우, 강하게 결속된 다중 엑시톤 상태는 오제 재결합 등을 통해 빠르게 소멸하며, 구속 효과가 하나 혹은 그 이상의 차원에 대해 이완될 경우 다중 전하가 상호작용하는 방식이 변화한다. 본 연구에서는 모양이 정교하게 제어된 단결정 테트라포드 및 정사면체 나노 크리스탈을 합성하고, 입자의 모양에 따른 엑시톤 거동 변화를 단일 입자 수준에서 관찰해 다중 발광체로의 전환 메커니즘을 최초로 규명함
- ▶ 【나노소자의 기하학적 구조에 따른 엑시톤 상호작용 관계 규명】 본 연구에서는 수직 구조의 두 검출기로 동시에 측정을 진행하는 시간-관계 단일 광자 계수 분광법을 활용하여 나노소자의 기하학적 구조에 따른 엑시톤 상호작용을 규명함. 엑시톤 간 상호작용은 입자 내 국부 전기장에 교란을 일으켜 양자 구속 스타크 효과를 증폭시킬 뿐 아니라 단일 나노 크리스탈의 양자 메모리 효과를 향상하는 역할을 규명함

■ 과학·사회·산업 분야에의 기여도

- ▶ 【다양한 광전환 에너지 소재에의 응용】 본 연구는 기하학적으로 제어된 다중 양자 상태 간 상호작용에 대한 발광 메커니즘 규명을 연구한 결과로 나노 광학 및 양자 정보 분야로 신소재의 활용 범위를 확장할 수 있는 중요한 기반을 마련할 것으로 기대됨
- ▶ 【교육연구단 특성화 목표와의 부합성】 본 연구는 에너지 소재를 응용하는데 모양이 잘 정의된 소재의 양자 상태 상호 작용에 따른 소재의 기초적인 물성 변화에 대한 이해를 추구하는 연구 결과로서, 본 교육연구단의 소재 기반 에너지 특성화 분야에 정확히 부합함. 또한, 본 연구 결과에서 활용한 펨토초 단일 입자 분광법과 편광 조절 시간 분해 흡수 및 형광 분광 기법 등에 대한 인프라는 본 교육연구단이 구성한 문제해결형 창의적 융합 연구 교과목에 활용될 수 있을 것으로 기대함

■ 교수, *Journal of American Chemical Society* 게재 (IF: 16.383, 화학 분야 최상위, JCR 8.66%)

▶ Peptidomimetic Wet-Adhesive PEGtides with Synergistic and Multimodal Hydrogen Bonding, *J. Am. Chem. Soc.* 2022, 144, 6261-6269 (2022년 3월 게재)



<그림 III-1.2-5> 초강력 수중 접착 고분자

■ 연구업적물 개요

3

- ▶ **【생체 분자 모방 수중 접착 고분자 개발】** 높은 친수성, 유연성을 가지는 ‘폴리에테르’를 고분자의 주 사슬로 사용하여 고분자의 수중 접착 효과를 검증함. 실험에 사용된 수중 접착 고분자는 홍합 족사 단백질과 유사한 카테콜/양이온 비율을 가질 때 중성 조건에서 가장 높은 수중 접착력을 가지는 것을 확인하였음. 이는 다른 카테콜/양이온 함유 고분자가 기능기 간의 양이온-파이 혹은 파이-파이 상호작용으로 수중 접착력을 가지기 때문에 산성 조건에서 높은 고분자 간 상호작용을 보인다는 결과와는 상반된 결과를 얻음
- ▶ **【고분자 주사슬의 상호 작용과 기능 상관관계 규명】** 본 연구에서는 실험적인 결과를 분자 수준의 특성 관계로 설명함. 분자동역학 시뮬레이션을 통해 폴리에테르 작용기 간 상호작용 뿐만 아니라 주 사슬과 기능기 간의 다양하고 복합적인 수소결합이 가능해지면서 전체적인 상호작용의 세기가 특정 비율, 특정 조건에서 최대화되어 접착력이 최대가 되는 것을 검증함. 말단 기능기뿐만 아니라 고분자의 주 사슬과의 상호작용이 수중 접착력에 큰 영향을 끼친다는 사실을 처음으로 규명함

■ 과학·사회·산업 분야에의 기여도

- ▶ **【생체 분자 모방 고분자 소재 개발에의 응용】** 본 연구를 통해 수중 접착력을 가진 고분자로 사용할 수 있는 새로운 폴리에테르 시스템을 구축할 수 있었으며, 고분자의 주 사슬이 고분자 간 상호작용에 끼치는 영향력을 파악함으로써 수중 접착 고분자 개발뿐만 아니라, 고분자 간 상호작용 활용한 다양한 생체 분자 소재 연구에 중요한 기반을 마련할 수 있을 것으로 판단됨.
- ▶ **【교육연구단 특성화 목표와의 부합성】** 본 연구는 생체 분자를 모방한 고분자 소재 응용에 고분자 사슬 사이의 상호 작용 사이의 관계라는 새로운 개념을 확립하고 소재의 실제적인 응용 가능성을 검증한 연구 결과로, 본 교육연구단의 소재기반 바이오 특성화 분야에 정확히 부합함. 또한, 본 연구에서 구축한 바이오 응용 분야 인프라는 소재기반 바이오 응용 특성화 교과목 운영에 활용될 수 있어 연구-교육 선순환 구조 확립에 도움이 될 것으로 기대됨

③ 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

■ 교육연구단의 비전과 부합하는 산업·사회 문제해결형 기술 개발, 특허출원 및 기술이전

▶ 특허출원과 기술이전의 양적 향상 및 분야 특성화

- 본 교육연구단의 “연구역량 향상계획” 중 산업·사회 문제 해결형 기술 개발을 위한 계획은 다음과 같이 요약됨. ① 공동연구 클러스터 활성화를 통한 연구 수월성 강화, ② 사회·산업 문제 대응 TF 구성, ③ 연구단의 비전에 부합하는 에너지·바이오 분야 집중 연구
- 본 교육연구단은 과제제안서에 제시하였던 각각의 연구 역량 향상계획을 성실히 수행하였으며, 1차년도 기간 동안 특허출원 및 기술이전 부분에서 괄목할만한 성장과 분야 특성화를 달성할 수 있었으며 2차년도 기간 동안에도 추가적인 성장을 이룰 수 있었음
- 지속적인 실적의 성장 및 분야별 특성화는 교육연구단 전체의 연구 체질 개선에 따른 것으로 이해할 수 있으며, 연구를 통한 산업과 사회에 대한 기여를 추구하고 있는 BK21FOUR 사업의 취지와도 부합하는 것으로 볼 수 있음

▶ 사회·산업 문제 대응 TF의 구성 및 특허출원과 기술이전의 양적 성장

- 본 교육연구단은 선정평가 당시 계획대로 교수로 구성된 사회·산업 문제 대응 TF를 연구단 내 기구로 구성함
- 사회·산업 문제 대응 TF는 연세대학교에서 설립한 “지역사회 문제 DB”에 업데이트되는 사회·산업 문제들에 대해 논의하고, 본 교육연구단 구성원들에게 전달하는 임무를 수행함. 연세대학교에서 설립한 “지역사회 문제 DB”를 통해 갈무리한 기술 대응 가능 키워드로는 ‘차세대 에너지 소재’, ‘생활 폐기물 분해’, ‘저에너지 소자’, ‘질병의 신속 진단’, ‘혁신 치료법의 개발’ 등이 있으며, 주기적인 뉴스레터 활동을 통해 교육연구단 구성원에게 전달하여 문제 맞춤형 기술 개발 및 대외활동을 권장함
- 사회·산업 문제 대응 TF의 활동 결과 1차년도에 총 21건의 특허를 출원할 수 있었으며 선정평가 당시 연평균 10.8건 대비 94%의 성장을 기록함. 2차년도 기간 동안에도 꾸준한 성장을 이루어 전체 특허 건수는 27건으로 증가하였으며 전년 대비 29%의 추가 성장을 나타냄
- 1차년도에 이어 2차년도에도 꾸준한 성장을 이룰 수 있었던 이유는 사회·산업 문제 대응 TF의 역할과 연구 분야 특성화를 들 수 있음
- 교육연구단의 계획을 성실히 수행함으로써 연구분야의 특성화를 이루고 사회산업문제 해결을 위한 문제해결형 교육과정을 통해서 강의-연구-기술개발에 이르는 일련의 과정이 원활히 작동하여 사회 문제 맞춤형 기술 개발이 이루어지고 있음을 의미함

▶ 교육연구단 비전 및 목표와 부합하는 기술 개발 특성화

- 본 교육연구단은 선정평가 당시 교육연구단 자체분석 및 해외 우수 연구기관의 벤치마킹을 바탕으로 “지속가능하고 건강한 미래사회의 구현”을 위한 화학 교육 및 연구를 비전으로 결정하였음. 본 교육연구단 구성원들의 강점과 발전을 위한 미래전략으로 연구의 수월성을 달성함과 동시에 미래 사회 문제의 해결이라는 구체적인 목표를 제시함.
- “지속가능하고 건강한 미래사회의 구현”을 위한 두 가지 필수 기술로 소재기반 에너지, 소재기반 바이오 분야를 특성화 분야로 설정하였고, 관련된 주제로 교육 및 연구클러스터를 구성하여 통일성 있는 교육과 연구 개발을 주도하고자 함
- 그 결과 연구단 비전에 부합하는 기술 개발이 이뤄짐을 확인할 수 있음. 분야 선정 당시 85%였던 에너지·바이오 분야 특허 비중이 최근 2년 기준 96%(49건 중 47건)로 증가함. 2차년도에 이루어진 27건의 기술 개발 중 본 교육연구단 특성화 분야인 에너지·바이오 관련 특허는 26건에 이르고 있음. 지속적인 특성화 비중 향상은 본 교육연구단의 방향성 개선이 잘 이뤄짐을 보여주고 선정 당시 연구 계획의 효율적인 이행을 증명함
- 대부분의 특허 및 기술 개발이 에너지·바이오 분야 핵심 성장 동력과 관련되어 있음을 확인할 수

있어서, 추후 기술이전 및 창업으로 이어질 가능성이 높은 것으로 자체 평가함. 예를 들면 교수는 친환경 고분자 관련 기술 다수를 개발하였고, 교수는 염기서열 초고속 분석 관련 기술을, 교수는 연료전지 촉매 관련 핵심 기술을 각각 개발하였음

- 1차년도와 2차년도에 걸쳐 다수의 특허가 기술적 연관성을 지녀, 총괄적으로 분야 원천기술을 확보했다고 판단되는 경우가 다수임 - 교수는 염기서열 분석 및 유전자 가위 기술 (㈜아이엠비디엑스사에 기술이전 완료), 교수의 거대원자 소재 기반 기술 등. 따라서 파생 기술 개발을 통한 시장 개척 및 기반 기술을 활용한 산업·사회 문제 해결에 기여가 기대됨

▶ 연구 개발의 우수성

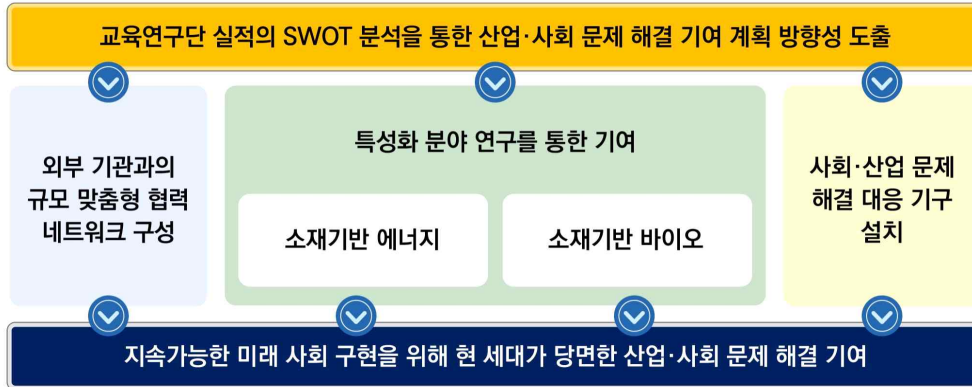
- 1차년도 및 2차년도 연구 수행을 통해 특허출원 및 기술 확보의 양적인 성장을 이룸과 동시에 질적인 부분에서도 꾸준한 성장을 이루고 있음
- 본 교육연구단의 실적의 우수성은 ① 기술적 연관 특허등록으로 판단하는 원천기술 확보 여부와 ② 기술 확보에 따른 기술이전 및 창업 가능성을 기준으로 자체 평가를 진행하였으며 우수 사례 및 관련 기술들은 다음과 같음
 - 교수는 2차년도 연구기간동안 염기서열 초고속 분석 및 미생물 유전자조작과 관련된 3건의 특허를 출원함. 1차년도에 5건의 선행기술 특허를 등록한 바 있으며, (주)아이엠비디엑스 사에 기술이전을 시행하였음. 해당 기술은 다수의 언론 보도를 통해 알려진 바 있으며 사회적 관심이 높은 미래 기술로, 연관된 8건의 특허등록을 통해 원천기술의 확보가 충실하게 이루어지고 있다고 판단할 수 있음. 높은 기술적 완성도를 기반으로 교수는 창업을 진행하였으며, 기술이전 또한 진행됨. 이 기술은 본 교육연구단의 비전인 “건강하고 지속가능한 삶”과 매우 높은 연관성을 가지고 있음
 - 교수는 복수의 광자를 활용하는 양자점 제조법과 디스플레이 및 메모리 응용에 관한 특허를 2건 연속으로 출원함. 국가적으로 중요성이 강조되는 미래 먹거리 기술과 매우 밀접한 관련이 있는 우수한 연구 성과로 평가되며, 교육연구단의 특성화영역에 해당하는 ‘소재기반 에너지’와 잘 부합함. 산업·사회 문제해결을 위한 데이터베이스에서 추출된 ‘차세대 에너지 소재’, ‘친환경·저전력 소자’와 같은 키워드에 부합되는 연구 결과임. 교수는 본 연구를 확장하여 추가적으로 관련 특허를 확보하고 원천 기술을 취득할 예정임
 - 교수는 차세대 연료전지용 촉매 개발과 관련한 연속 특허를 통해 물질 합성 및 에너지 전환과 관련한 원천기술을 확보함. 2차년도 기간 동안 5건의 특허를 등록하고 12건을 신규 출원함. 또한 해당 기술의 응용 가능성이 큰 시장인 미국과 중국에 각각 특허를 출원하여 기술의 선점을 진행하고 있음. 교수가 개발한 촉매 물질의 성능은 세계 최고 수준으로, 연료전지 선도업체인 도요타의 기술을 상회함. 산업계의 관심이 높아 가까운 미래에 기술이전이 가능할 것으로 예상되며, 그 근거로 현대자동차 NGV(Next Generation Vehicles)에서 연 1억원 이상의 연구비 지원을 받고 있음. 교수의 소재 관련 원천기술은 그 확장성이 높아 같은 소재를 활용하여 질병의 고속 진단을 위한 키트 개발과 관련된 특허를 1건 출원하였음. 기술적 연속성을 지니는 다수의 특허를 통해 원천기술을 확보할 경우 새로운 시장을 개척할 수 있는 우수한 사례로 평가됨. 이 연구는 또한 교육연구단의 연구 클러스터에서 착안한 아이디어를 기반으로 하여 “지역사회 문제 DB”를 통해 수요를 확인한 ‘질병의 신속 진단’ 키워드와 관련하여 시작된 연구임. 본 교육연구단이 지향하는 연구 개발을 통한 사회문제 대응 및 해결을 보여주는 모범적인 사례임
 - 교수는 2차년도 연구를 통해 고성능 가스센서와 관련된 특허를 1건 등록하고 국제 특허를 출원 중임. 본 기술은 위험한 환경 평가를 위해 최근 각광 받는 기술인 ‘인공 코, 인공 신경’개발과 밀접한 연관이 있는 기술로써, 교수는 현재 가스센서 기술을 발전시켜 폭발물 감지 및 바이오메디컬 센서로의 확장성을 연구하고 관련 특허출원을 준비 중임. 다수의 연관성 있는 특허 등록을 통한 플랫폼 기술 확보가 기대됨

2. 산업·사회에 대한 기여도

■ 교육연구단의 비전을 실현하는 연구를 통한 산업·사회 문제해결

▶ 산업·사회 문제해결형 기술 개발의 양적 확대 및 분야 특성화

- 선정평가 당시 본 교육연구단은 자체적으로 SWOT 분석을 시행하여 기존 프로그램의 문제점을 진단하고 산업·사회 문제해결 기여 계획을 수립함



- 본 교육연구단은 산업·사회 문제해결에 이바지하기 위하여 ① 산업·사회 문제해결형 교육·연구 연계 과정을 통한 산업계 전문 인재 양성, ② 산업·사회 문제 대응 TF 운영 및 해결 가능한 문제 DB 관리, ③ 지리적 이점(신촌, 마곡, 송도 등)을 활용한 산업 주체와의 활발한 네트워킹 및 기술 교류, ④ 개별 연구실 단위를 넘어서는 클러스터 연구를 통한 사회·산업 문제 대응, ⑤ 연구 및 기술 개발 결과의 적극적인 홍보활동, ⑥ 산업계 전문가 트랙 학생들을 위한 창업지원과 같은 계획을 수립 하였음
- 2차년도 기간 동안 산업·사회 문제해결 기여 계획을 성실하게 수행하였으며, 다양한 기술이 발굴되어 양적 성장과 특성화를 이루었음
- ▶ 산업·사회 문제에 대한 지속적인 관심과 적극적인 대응을 위한 교육·연구의 체질 개선
 - 본 교육연구단은 교육과정 개편을 통하여 산업계 전문가 양성을 위한 트랙을 학생들에게 안내하고 있음. 모듈화 강의를 통하여 산업계 전문가로 성장할 수 있도록 지도하고 있음
 - 또한, 문제해결형, 주제발굴형 교과에서 에너지·바이오 관련 기술들을 주제로 선택하도록 유도하고 있으며 학생들이 자연스럽게 연구 활동을 통해 산업·사회 전반에서 발생하는 문제들에 대해 인식할 수 있도록 지도하고 있음. 이들 주제는 본 교육연구단의 특성화 분야와 일치하며 중장기적으로 졸업생들이 산업·사회 전반에서 발생하는 문제들의 해결에 기여할 수 있을 것으로 기대됨
 - 교육과정의 개편으로 교육과 연구의 선순환 구조가 확립되고 있으며, 학생들은 자연스럽게 산업·사회 전반의 문제들을 접하게 되면서, 문제해결 방법과 과정에 대한 학습의 거부감을 줄이고 있음. 교육연구단 전체 구성원들의 의식 변화는 교육과정 개편의 큰 소득이며, 장기적으로 원천기술의 개발, 특허의 등록, 기술이전과 창업 등의 활동으로 자연스럽게 이어질 것으로 예상함
 - 학생들이 제안하는 사회·산업 문제해결 기여 방안을 문제해결형 주제발굴형 강의 과정에서 취합하고 내부 심사를 거쳐 실행 가능한 프로젝트에 대해서는 금전적으로 지원하고 있음
 - 필요한 경우, 연세대 내 융합연구 기구인 Junior ICONS와 같은 프로그램을 활용하여 타 분야의 파트너를 매칭할 수 있으며 학생들의 교류를 통해서 실질적인 성과를 얻을 수 있을 것임
 - 2차년도 기간 동안 학생들의 주제발굴 및 국제 공동연구 주제 창출을 시도하였고, 내부 평가를 거쳐 해외 단기 파견 및 학술 활동을 지원하였으며, 실제 문제해결과 관련되는 기술 확보를 위한 특허 비용 지원 등도 원활히 이루어졌음

<표 III-3, 2-1> 주제발굴형 및 문제해결형 교과를 통해 창출된 산업·사회 문제해결 주제

심화미래바이오의화학I	
담당교수	수강생
과제 제목	
Solid-State Polymer Electrolytes for Lithium Secondary Batteries	
NIR fluorogenic probes for detection of tumor microenvironments	
Cell free DNA-based cancer diagnosis	
Artificial intelligence (AI)-based chemical reaction prediction and optimization	
심화미래에너지와환경IV	
담당교수	수강생
연구 제안서 제목	
Syntheses of TiO ₂ , and C ₃ N ₄ -based Photocatalysts for Efficient and Selective CO ₂ Photoreduction	
Synthesis of MoS ₂ in wafer-scale using MOCVD method and their device applications	
Probing reaction dynamics rates at the interface between a vapour phase nitro-compounds and coordination cages (MOF)	
Enantio- and Diastereodivergent Dual Organocatalysis: Reaction Developments and Mechanistic Studies	
미래에너지와환경I	
담당교수	수강생
과제 제목	
Porphyrin-based Covalent Organic Framework for photochemical CO ₂ reduction	
Synthesis of Boronate ester-linked COF_Review	
Dual stimuli-responsive viologen-containing poly(2-alkyl-2-oxazoline) hydrogel	
Alkylations of Amines with Tertiary Halides: Copper-Catalyzed C-N Cross Couplings Enable Cyclopropenimine-Based Ligand	
2-(5-bromo-4-alkoxythiophen-2-yl)benzothiazole : photodimerization, selective and sensitive detection of hydrogen fluoride and Its Application as Security ink	
Sorting of Carbon Nanotubes using Surfactant Binding Affinity	
심화미래바이오의화학IV	
담당교수	수강생
과제 제목	
단일 세포 분석법을 이용한 TCR-항원의 특이성을 확인하는 방법	
초분자 기반의 자극에 반응하는 금속-유기복합체 개발	
입체방사성 이중 유기촉매시스템을 통한 반응 개발과 메커니즘 연구	
당분해효소 활성을 고속으로 탐지할 수 있는 탄수화물 칩 개발 및 응용	
바이오소재심화연구IV	
담당교수	수강생
과제 제목	
Multi-Channel Scanning Probe Techniques and Their Implications in Biochemical Imaging and Signaling Molecule Detection	
Application of Synthetic Nanomaterials Towards Biomedical Diagnosis	
Microscopic Gas Sensors and Their Applications in Biomedical Diagnosis	
바이오소재심화연구I	
담당교수	수강생
과제 제목	
Electrochemical Surface-Interrogation for Mechanistic Studies of Reactions Involved in Urea Fuel Cells	
Electrochemistry of Pickering Emulsions and Related Extensions to Drug Delivery	

- ▶ 산업·사회 문제 대응 TF의 구성, 지역사회 문제 DB 관리를 통한 문제해결 기여도의 양적 성장
 - 본 교육연구단에서는 선정평가 당시에 제시하였던 바와 같이 교수로 구성된 산업·사회 문제 대응 TF를 연구단 내 기구로 구성하였음
 - 산업·사회 문제 대응 TF는 연세대학교 내 구성된 “지역사회 문제 DB”에 꾸준히 업데이트되는 산업·사회 문제들을 확인하고 교육연구단 소속 교원들에게 기술 개발 제안과 대외 협업 기회 마련의

역할을 함

- 선정평가 당시 연평균 10.8건의 특허등록에서 1차년도 21건, 2차년도 27건의 특허 등록/출원이 이루어짐으로써 점진적인 성장을 이루고 있음
- 산업·사회 문제 대응 TF의 활동은 민감한 사회 이슈들에 대한 발 빠른 대응으로 연결될 수 있음. 코로나19 감염증에 대한 기술적 대처로 본 교육연구단 소속 교수 연구진은 바이러스 탐지용 나노 PCR 기법을 개발하였으며 다수의 언론에 보도되어 주목받은 바 있음
- 연세대학교에서 마련한 “지역사회문제 DB”의 적극적 활용을 통해 마포·서대문 지역사회 문제들을 파악하고 가능한 기술적 대응을 연구로써 할 수 있었음. “지역사회문제 DB”의 이슈 중에 본 교육연구단과 관련이 있는 내용들은 에너지/환경과 의료로 나눌 수 있음. 구체적인 키워드로 ‘폐기물’, ‘친환경 에너지’, ‘깨끗한 물과 공기’, ‘첨단 의료 기술’, ‘고속 진단 기술’ 등을 예로 들 수 있음
- 산업·사회 문제 대응 TF는 “지역사회문제 DB”에서 추출한 내용들을 연구단 소속 교원들과 공유하고, 연구 개발 및 원천기술 확보를 통해 사회 기여 실적을 기록함
- 2차년도 기간 중 본 연구단의 연구를 통한 기술개발과 그에 상응하는 산업·사회 문제 해결에 대한 기여는 아래와 같음

<표 III-3.2-1 특허출원 및 등록 외 산업·사회 문제해결 기여 활동 요약 (2021.9.1.-2022.8.31.)>

실적구분	교수명	실적명	활동일	기관명
산업체 연구비 수주		시공간 분해 레이저 분광법을 이용한 친환경 양자점 나노구조체에서의 전기장 효과 및 동역학 연구	2022.01.27	삼성전자(주)
산업체 연구비 수주		작동 중인 광전기화학 전지 물 분해 과정의 극초단 엑스선/적외선 분광 기술 응용	2022.01.27	삼성전자(주)
산업체 연구비 수주		혈액 내 DNA의 전장 메틸화 시퀀싱 기반 암 환자 재발 예측 모델 개발	2022.04.04	주식회사 아이엠비디엑스
산업체 연구비 수주		전기화학 주사현미경 활용 리튬공기전지 충방전 반응 in-situ 분석법 개발	2022.03.01	삼성전자(주)
산업체 연구비 수주		Metal-CO2 하이브리드 전지 요소 기술 연구	2021.09.16	현대엔지비(주)
산업체 연구비 수주		C-O-C 화학: 폴리에테르 기반 차세대 기능성 PEG	2021.01.25	삼성전자(주)
산업체 연구비 수주		무용매 기계화학적 고분자 합성연구	2022.02.03	삼성전자(주)
산업체 연구비 수주		산성환경에 적용 가능한 전기화학 셀용 Ir-free 신축대 설계원리기술 개발	2022.01.20	현대엔지비(주)
산업체 연구비 수주		금속-CO2 전지 요소 기술 연구	2021.11.11	현대엔지비(주)
산업체 연구비 수주		Flue gas 내 CO2 직접 전환을 위한 고선택적 반응(최대 95%)용 금속 나노클러스터 원천 촉매 및 전극 개발	2022.06.21	한전전력연구원
산업체 연구비 수주		거대 소재항 대규모 밀도 범함수 이론 소프트웨어 개발	2021.12.24	삼성전자(주)
기술자문		전선 피복 소재 강도 개선에 대한 기술 자문	2021.09.09	경신전산
기술자문		갈락토스 기반 마이크로바이옴 관련 기술자문	2022.08.03	퀴럼바이오
기술자문		(주)피엘브릿지 박영훈 대표에게 이산화탄소 전환 기술의 현황에 대한 자문	2022.07.28	(주)피엘브릿지
기술자문		합성 비타민 개발 관련 기술 자문	2022.08.03	LG화학
기술자문		OLED 소재 개발 관련 기술 자문	2022.06.24	덕산네오룩스(주)

일반인 대상 외부강연	고분자 기반 약물 전달 시스템의 발전: 합성 및 분석과 그 응용을 중심으로	2021.10.20	한국고분자화학회
일반인 대상 외부강연	의약화학의 기초	2021.12.28	서울 영일 고등학교
일반인 대상 외부강연	국가연구개발혁신법에 따른 대학의 연구윤리위원회 역할	2022.01.27	포항공과대학교
일반인 대상 외부강연	과학자, 과학연구의 사회적 책임	2021.10.07	한국과학기술단체총연합회
일반인 대상 외부강연	연구윤리 이슈 패널 토론	2021.09.04	한국학술단체총연합회

▶ 소재기반 에너지 분야 연구의 산업·사회 문제 대응

- 본 교육연구단의 비전과 일치하는 산업·사회 문제 키워드 중 ‘친환경·저전력 소자’, ‘차세대 에너지 소재’임. 본 교육연구단의 교수는 이 키워드를 바탕으로 복수의 광자를 활용하는 양자점 제작법과 디스플레이 및 메모리 적용에 관련된 기술을 연구함. 그 결과로 2건의 특허를 출원하였고, 연관된 원천 소재 기술을 확보하여 기술이전을 통한 산업 문제해결이 기대됨.
- 산업·사회 문제 데이터베이스를 통해 발굴한 또 하나의 에너지 관련 키워드는 ‘친환경 에너지’임. 본 연구단의 교수는 미래에너지 기술인 수소연료전지에 활용되는 촉매를 개발하여 평가 기간 중 5건의 특허를 등록하고 12건을 출원함. 현재 개발된 촉매는 세계 최고 수준의 도요타 자동차 모델을 능가하는 수준으로, 다수의 논문으로도 발표됨. 확보된 원천기술은 산업 문제해결에 큰 기여가 될 것으로 기대함. 이런 결과를 바탕으로 현대자동차와 산학협력 과제를 진행 중이고 기술이전이 기대됨. 관련 기술을 파생하여 ‘질병의 신속 진단’ 키워드와 밀접한 연관이 있는 기술인 소재기반 질병 고속 진단 키트를 개발하여 특허를 1건 출원함. 본 교육연구단이 지향하는 연구 개발을 통한 사회문제 대응 및 해결을 보여주는 모범적인 사례임

▶ 소재기반 바이오 분야 연구의 사회·산업 문제 대응

- 소재기반 바이오 기술이 대응할 수 있는 산업·사회 문제 키워드는 고속 진단 기술과 첨단 의료 기술이 있음.
- 고속 진단 기술과 관련해서 본 연구단의 교수는 최근 가장 민감한 문제인 코로나19 감염증 확산에 대응하기 위해 고속 바이러스 진단 기술인 나노 PCR 기술을 개발하여 관련 논문을 집필함. 또한 교수는 고속 염기서열 분석 기술과 관련해 많은 연구를 진행 중이며, 이 중 상당수는 대학 수준을 벗어나 실용화 단계 가까이에 도달함. 평가 기간 중 3건의 특허를 새로 출원하였고, 1차년도에 출원하여 2차년도 기간 중에 등록된 5건의 특허와 관련하여 활발히 기술 개발 중임. 이들 기술 중에서 1건은 2021년도에 기술이전으로 이어졌으며, 추가적인 기술이전 및 창업이 기대되는 상황임
- 본 교육연구단의 교수는 2차년도 기간 중에 고성능 가스센서와 관련된 특허를 1건 등록하고 국제 특허를 출원 중임. 본 기술은 위험한 환경 평가를 위해 최근 각광 받는 기술인 ‘인공 코, 인공 신경’개발과 밀접한 연관이 있는 기술로써, 교수는 현재 가스센서 기술을 발전시켜 폭발물 감지 및 바이오메디컬 센서로의 확장성을 연구하고 관련 특허출원을 준비 중임. 다수의 연관성 있는 특허등록을 통한 플랫폼 기술 확보가 기대됨

▶ 클러스터 단위 집단 연구를 통한 산업·사회 문제 대응과 적극적인 언론 홍보

- 우리 교육연구단은 사회·산업 문제 대응 TF를 중심으로 소규모 클러스터 공동연구를 중요한 전략으로 설정함. 교육과 연구 활동뿐만 아니라 산업·사회 문제해결에 기여에도 클러스터 단위로 상대기관 맞춤형 연구 대응을 하기로 계획함
- 연구 클러스터의 구성 및 운영을 순조롭게 이루어짐. 수업의 편성에서 학생 연구 제안의 심사, 공

동연구 등의 활동 중임. 단기간에 가시적 성과를 보이기 어려운 공동연구, 공동 문제 대응의 특성상 차년도 이후 성과가 기록될 것으로 예상함. 또한 수도권 코로나19 확산의 심각성으로 내부적으로도 오프라인 모임이 불가능했던 것은 당해년도 과제 수행의 애로사항임

- 선정평가 당시 약점으로 파악되었던 낮은 언론 노출도에 대한 큰 개선이 이뤄짐. 본 교육연구단은 연구 및 산업·사회 문제 대응과 관련하여 평가 기간 중 총 11회 다양한 언론에 보도됨. 이는 선정평가 당시보다 크게 성장한 숫자로, 연구 및 홍보 전략이 계획대로 잘 수행되고 있음을 나타냄

▶ **코로나19 감염병 확산에 따른 영향**

- 선정평가 당시의 산업·사회 문제 대응 관련 연구계획 및 전략 중 ③ 지리적 이점(신촌, 마곡, 송도 등)을 활용한 산업 주체와의 활발한 네트워킹 및 기술 교류와 ⑥ 산업계 전문가 트랙 학생들을 위한 창업지원 등은 상대적으로 활발히 진행되지 못하였음
- 코로나19 감염병의 확산으로 인해 오프라인 교류가 어려워짐에 따라 산업 주체와의 네트워킹 활동에는 제약이 따르고, 따라서 부득이하게 계획을 이행하지 못함. 또한 학생들의 저변확대 및 창업지원 활동 역시 같은 이유로 평가 기간 중 시행이 불가능했음. 감염병 사태가 진정되는 국면에는 계획 이행이 가능할 것으로 예상됨

■ **향후 추진 계획**

▶ **개편된 교육 프로그램의 지속적 운영 및 문제해결 TF 강화**

- 본 교육연구단이 시행하고 있는 문제해결형, 주제발굴형 교과 운영을 더욱 확충하여 특허출원 등 산업·사회 문제 해결에 유효한 기술을 확보함
- 성공적으로 운영되고 있는 산업·사회 문제 해결 TF의 활동 영역을 지속적으로 확대하고, 연세 지역 사회 문제 DB를 통해 꾸준한 기술 수요 키워드를 발굴하고 구성원들에게 소개함

▶ **기술이전 컨설팅 및 창업 지원 확대**

- 교육연구단 구성원들의 아이디어 교류의 장을 확충하고 기술이전에 대한 컨설팅 기회를 교육연구단 차원에서 마련하여 활발한 기술이전을 촉진함
- 교내 창업과 관련된 정보를 지속적으로 활류하고, 교육연구단에서 가능한 지원을 통하여 구성원 교수들의 기술 창업을 독려함

3. 참여교수의 연구의 국제화 현황

① 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

글로벌 경쟁력을 갖춘 교육연구단 교수진의 국제화 현황

- ◆ 저명 국제 학술대회 참여실적: 초청강연 18건
- ◆ 국제 학술지 및 저술 관련 활동 실적: 국제 학술지 편집/자문위원 19건
- ◆ 지속가능한 화학 교육연구단의 대표 연구주제인 소재기반 에너지 및 바이오 분야에 집중

■ 국제학회/학술대회 기조연설 및 초청 강연

- ▶ 본 교육연구단 참여 교수진은 2차년도 기간 동안 다양한 국제 학술대회에서의 초청 강연을 포함하여 총 20건의 학술발표를 진행함
 - 코로나-19 감염병의 여전한 확산세에 따라 상당수의 국제 규모 학술대회가 취소 또는 연기되는 국면을 맞았으며 국제 규모의 학술대회 개최가 많지 않았음을 생각하면 어려운 상황에도 불구하고 다양한 온/오프라인 기반의 국제 학술 활동을 이어간 것으로 볼 수 있음
 - 교수는 초청 강연 2건을 수행하였으며
 - 교수도 각자 다양한 분야에서 그 학문적 수월성을 보여줄 수 있는 학회에서 초청 강연을 진행하여 본 교육연구단 참여 연구진이 골고루 국제 학술활동에 참여하고 있음을 알 수 있음
 - 본 교육연구단에서 추구하고 있는 바이오 및 에너지 특성화 분야의 연구를 대표하는 연구자들의 국제적인 역량을 가늠하게 하는 우수한 지표이며, 본 교육연구단의 국제적 인지도 향상에 기여함

<표 III-3.1-1> 국제학회 및 학술발표 활동(2021.9.현재)

연번	교수	학술대회명	참가형태	발표제목	기간	장소
1		The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem 2021)	초청강연	Multiexcitonic triplet pair state generation in singlet fission materials via structural control	December 16-21, 2021	Online meeting
2		The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem 2021)	초청강연	Spectroscopic diagnosis of excited-state aromaticity: Capturing electronic structures and conformations upon aromaticity reversal	December 16-21, 2021	Online meeting
3		EPF European Polymer Congress 2022	초청강연	Recent Progresses in Peptidomimetic Polyethers: A Modular PEGides System Towards Mimicking Mussel and Frog	June 26-July 1, 2022	체코 프라하
4		Virtual Symposium on Field-and Flow-based Separations 2021	초청강연	Flow FFF and mass spectrometry for proteomic/lipidomic analysis	October 11-13, 2021	Germany
5		International Symposium of EGE University GRADUATE SCHOOL OF HEALTH SCIENCES	초청강연	Lipidomic Analysis on Various Cancers	June 8, 2022	Turkey
6		10th International Singapore Lipid Symposium	초청강연	Optimization of saliva lipid analysis by nUHPLCESI-MS/MS	March 3-10, 2022	Singapore
7		Global Breast Cancer Conference 2022	초청강연	Cell-free Tumor DNA as a Cancer Surveillance Strategy: Current and	April 30, 2022	대한민국 (서울)

	(GBCC 2022)		Future		
8	International Society of Precision Cancer Medicine (ISPCM 2021)	초청강연	Advances in detection technology of ctDNA	Sep 26, 2021	Online meeting
9	The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem 2021)	초청강연	Producing accurate results with density-corrected density functional theory	Dec 16-21, 2021	미국 호놀룰루
10	12th Triennial Congress of the World Association of Theoretical and Computational Chemists (WATOC 2020)	초청강연	New results in density-corrected density functional theory	July 2-8, 2022	캐나다 밴쿠버
11	On-line Mini-Symposium Clusters, Nanoclusters and Nanoparticles	초청강연	Electrocatalysis on Atomically Precise Metal Nanoclusters	Jan 19-20, 2022	France Paris (Online)
12	International Society of Electrochemistry (ISE) Regional Meeting	초청강연	Electrochemical CO ₂ Reduction on Atomically Precise Metal Nanoclusters	2022. 08. 15-19	프라하 체코
13	The 15th International Conference on Cutting-Edge Organic Chemistry in Asia (ICCEOCA-15)	초청강연	Catalytic Stereodivergent C-C Bond Formations by Asymmetric Conjugate Additions	July 25-26, 2022	Hong Kong (Online)
14	International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines-12 (ICPP-12)	초청강연	Supramolecular Assembly Formed by Porphyrin Derivatives based on Multiple Hydrogen Bonding Interaction	July 10-15, 2022	Spain Madrid
15	International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines-11 (ICPP-11)	초청강연	Porphyrin-based Supramolecular Polymers	June 28- July 3, 2021	USA (Online)
16	The 3rd Workshop on Aromatic Foldamers 2022	학술발표	Guest-mediated Assembly of Synthetic Receptors Based on N-Arylene Ethynylene Oligomers	April 21-22, 2022	University of Leeds, UK (Online)
17	The 12th Recent Progress in Graphene and Two-dimensional Materials Research Conference (RPGR 2021)	초청강연	Widefield Optical Characterizations of Low Dimensional Materials	Oct 10-14, 2021	대한민국 (온라인)
18	The 22nd International conference on the Science and Applications of Nanotubes and Low-dimensional Materials (NT22)	초청강연	Raman Enhancement of Copper Phthalocyanine Promoted by Excited State Charge Transfer of Twisted Bilayer Graphenes	Jun 19-24, 2022	대한민국 (수원)
19	27 th International Conference on Raman Spectroscopy(27th ICORS)	학술발표	Raman Enhancement of Copper Phthalocyanine by Twisted Bilayer Graphenes Promoted by Excited State Charge Transfer	Aug 14-19, 2022	USA California
20	2022 Foldamer Workshop	초청강연	Mixed-helical peptides: antimicrobial activity and metal-peptide assembly	Jul 27, 2022-Jul 29, 2022	미국 뉴욕

▣ 국제학회 주관 및 좌장, 조직위원회 활동

〈표 III-3.1-4〉국제학술대회 개최 및 조직위원회 활동 사례

교수명	활동 건수	분야	국제학술대회명
	Chair	에너지	▶ Asian Photochemistry Conference 2021 (Oct 31-Nov 4, 2021)
	Organizing committee	에너지	▶ Asian Photochemistry Conference 2021 (Oct 31-Nov 4, 2021)

■ 국제 학술지 관련 활동

▶ 본 교육연구단의 참여 교수진은 최근 다수의 국제 저명학술지의 편집 및 자문위원으로 참여하여 국제적 인지도를 크게 향상에 기여하고 있음

〈표 III-3.1-5〉국제 학술지 편집 및 자문위원 참여 활동 분야별 우수사례

분야	참여 건수	교수명	국제학술지명
에너지	편집장 1건, 부편집장 2건 편집자문위원 7건		▶ Journal of Physical Chemistry (ACS, Editorial Board Member, 2008 ~ 현재)
			▶ International Journal of Molecular Science (Editor-in-Chief, 2020년~ 현재)
			▶ Journal of Porphyrins and Phthalocyanines (World Scientific, Editorial Board Member, 2009 ~ 현재)
			▶ Nanomaterials (MDPI, Scientific Advisory Board, 2019 ~ 현재)
			▶ ACS Applied Polymeric Materials, Editorial Board Member (2022.1-2023.12)
			▶ Energy (MDPI, Scientific Advisory Board, 2019 ~ 현재)
			▶ Bulletin of the Korean Chemical Society (Wiley, Associate editor, 2020 ~ 현재)
			▶ Scientific Reports (NPG, Editorial Advisory Board, 2016 ~ 현재)
			▶ Journal of Electrochemical Science and Technology (Associate Editor)
			▶ Science of Synthesis (Thieme, Early Career Advisory Board, 2022 ~ 현재)
			▶ Accounts of Chemical Research (ACS Senior Editor, 2009 ~ 현재)
			▶ Nano Letters (ACS, Editorial Advisory Board, 2010 ~ 현재)
			▶ Chemical Society Reviews (RSC, Editorial Advisory Board, 2011 ~ 현재)
바이오	편집장 2건, 편집자문위원 6건 기타 1건		▶ ChemBioChem (Wiley-VCH, Editorial Advisory Board, 2011 ~ 현재)
			▶ Molecular Biosystems (RSC, Editorial Advisory Board, 2015 ~ 현재)
			▶ Executive Board Member: International Mass Spectrometry Foundation (IMSF)
			▶ Sensors (MDPI, Editorial Board (2019 ~ 현재)
			▶ Analytical Science & Technology (KCS, Editor-in-Chief, 2018 ~ 현재)
			▶ Dyes and Pigments (Elsevier, Editorial Board, 2020-현재)

■ 국제 저술 활동:

- (Book Chapter) H. Seong, W. Choi, Y. Jo, D. Lee “Electrocatalysis on Atomically Precise Nanoclusters” in Atomically Precise Nanochemistry, R. Jin and D.-e. Jiang, Ed., John Wiley and Sons Ltd, 2022월 06월

② 국제 공동연구 실적

글로벌 경쟁력을 갖춘 교육연구단 교수진의 해외공동연구

- ◆ 국외 대학 및 연구기관 소속 연구자와 공동연구를 통한 저명 학술지 논문 발표: 28편
- ◆ 국외 대학 및 연구기관과 공동연구비 수주: 1건
- ◆ 국외 대학 및 연구기관과 학술교류 사업: 10건
- ◆ 저명 해외 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 및 공동연구를 통한 국제적 경쟁력 수월성 확보

<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			일본/ Kyoto University, Nagoya University	Angew. Chem. Int. Ed. 2021, 60, 20765	10.1002/anie.202109003
2			일본/ Kyoto University	Angew. Chem. Int. Ed. 2021, 60, 26540	10.1002/anie.202112023
3			일본/ Kyoto University	J. Am. Chem. Soc. 2022, 144, 582	10.1021/jacs.1c11705
4			일본/ Kyoto University	Chem. Soc. Rev., 2022, 51, 268	10.1039/D1CS00742D
5			폴란드/ Polish Academy of Sciences	Chem. Commun., 2022, 58, 3697	10.1039/D1CC006863F
6			일본/ Nagoya University	Chem. Commun., 2022, 58, 5956	10.1039/D2CC00522K
7			미국/ University of Texas	J. Am. Chem. Soc. 2022, 144, 9212	10.1021/jacs.2c01605
8			일본/ Nagoya University	Chem. Asian J. 2022, 17, e202200244	10.1002/asia.202200244
9			폴란드/ Uniwersytet Wrocławski	Org. Chem. Front., 2022, 9, 3179	10.1039/D2QO00421F
10			폴란드/ Uniwersytet Wrocławski	Adv. Sci. 2022, 9, 2105886	10.1002/advs.202105886
11			미국/ University of Kentucky	Chem Asian J., 2021, 16, 4155	10.1002/asia.202101087
12			미국/ University of Kentucky	New J. Chem., 2022, 46, 8324	10.1039/D2NJ00430E
13			인도/ Indian Institute of Information Technology Design and Manufacturing	J. Mater. Chem. A 2022, 10, 6623-6635.	10.1039/d1ta09956f
14			인도/ Indian Institute of Information Technology Design and Manufacturing	J. Mater. Chem. A 2022, 10, 7291-7299.	10.1039/d1ta10463b
15			인도/ Indian Institute of Information Technology Design and Manufacturing	J. Alloys Compd. 2022, 905, 164193	10.1016/j.jallcom.2022.164193

16		인도/ Indian Institute of Information Technology Design and Manufacturing	Mater. Chem. Today 2022, 24, 100827	10.1016/j.mtchem.2022.100827
17		인도/ Indian Institute of Information Technology Design and Manufacturing	Appl. Surf. Sci. 2022, 587, 152895	10.1016/j.apsusc.2022.152895
18		인도/ Indian Institute of Information Technology Design and Manufacturing	ACS Appl. Energy Mater. 2022, 5, 6050	10.1021/acs.aem.2c00469
19		인도/ Indian Institute of Information Technology Design and Manufacturing	Mater. Chem. Today 2022, 22, 100589	10.1016/j.mtchem.2021.100589
20		인도/ Indian Institute of Information Technology Design and Manufacturing	Appl. Surf. Sci., 2022, 570, 151134	10.1016/j.apsusc.2021.151134
21		인도/ Indian Institute of Information Technology Design and Manufacturing	ACS Appl. Energy Mater. 2022, 4, 11353	10.1021/acs.aem.1c02181
22		인도/ Indian Institute of Information Technology Design and Manufacturing	J. Phys. Chem. Lett. 2022, 12, 12165	10.1021/acs.jpcl.ett.1c02400
23		터키/ Ege University Medical Faculty	과학기술정보통신부-한국연구재단-국제 기관간MOU지원사업-글로벌연구협력지 원사업 / 폐암 및 폐암의심환자의 타액 및 대변에서 미생물유전체 및 지질체 분석 / 2022.01.01.~2022.12.31. / 20,000,000	과제 고유번호 2020K2A9A1A0 6097918
24		중국 / 미국 / 호주	Chem 2021, 7, 3256-3291	10.1016/j.chempr.2021.10.028
25		미국 / 호주	Chem 2021, 7, 3325-3339	10.1016/j.chempr.2021.08.018
26		미국/ University of California, Irvine	J. Chem. Theo. Comp. 2022, 18, 817	10.1021/acs.jctc.1c01045
27		미국/ University of California, Irvine	J. Am. Chem. Soc., 2022, 144, 6625	10.1021/jacs.1c11506
28		미국/ Argonne National Laboratory	J. Am. Chem. Soc. 2021, 143, 17548	10.1021/jacs.1c07313
29		미국 / Purdue University	J. Phys. Chem. A 2022, 126, 1837	10.1021/acs.jpca.2c00112

국외 대학 및 연구기관 소속 연구자와의 교류 및 공동연구의 우수성

- ▶ 본 교육연구단은 저명한 해외 대학 및 연구기관들과 꾸준한 연구자 교류와 공동연구를 수행하고 있으며 2차년도 기간 동안 전체 28편의 논문을 국제 공동연구로 발표하였음
- ▶ 우수 공동연구 사례
 - 【일본 Kyoto University】 교수와 장기적인 상호 교류 및 상호보완적인 연구주제의 수행을 통한 최고 수준의 연구 결과를 달성한 국제 공동연구의 모범적인 예시를 제공하고 있음. 지난 1년간 화학분야 최고 수준의 저널인 J. Am. Chem. Soc. (1편) Angew. Chem. Int. Ed. (1편) 및 Chem. Soc. Rev. (1편)의 논문을 발표함
 - 【일본 나고야 대학】 교수와의 공동연구를 통해서 Angew. Chem. Int. Ed. (1편), Chem. Commun. (1편)의 논문을 발표함
 - 【폴란드 Uniwersytet Wroclawski】 교수와의 공동연구를 통해서 Adv. Sci. (1편), Org. Chem. Front. (1편)의 논문을 발표함
 - 【인도 Indian Institute of Information Technology Design and Manufacturing】 교수와의 오랜 공동연구를 통해 J. Mater. Chem. A (2편), Appl. Surf. Sci. (2편)을 포함하여 총 10편의 논문을 발표함
 - 【미국 University of California, Irvine】 교수와 공동연구를 통해서 J. Am. Chem. Soc. (1편), J. Chem. Theo. Comp. (1편)의 논문을 발표함
 - 【미국 The University of Texas at Austin】의 교수와의 오랜 공동연구를 통하여, Chem (2편)을 발표함

국외 대학 및 연구기관과의 공동연구비 수주

- ▶ 【터키 Ege University Medical Faculty】 - 교수
 - 교수는 교수와 함께 과학기술정보통신부에서 주관하는 연구재단의 국제기관간 MOU지원사업에 폐암 및 폐암의심환자의 타액 및 대변에서 미생물유전체 및 지질체 분석이라는 주제로 공동연구과제 수주하고 이를 바탕으로 현재 활발하게 공동연구를 수행중임 (2022년 1월-2022년 12월, 연구비: 20백만원)

③ 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

국외 대학 및 연구기관과의 상호 교류 실적 및 우수성

■ 국외 대학 및 연구기관과의 학술 심포지엄 개최

- ▶ 본 교육연구단의 교육 및 연구 목표에 맞추어 Innovative Materials for Sustainable Future라는 주제로 국제심포지엄을 2022년 1월 21일 개최함

Innovative Materials for Sustainable Future

January 21 (Fri), 2022 (Korea) 9:30 - 11:50 am (KST, Korea) Venue - Zoom Meeting Organized [redacted]
 January 20 (Thur), 2022 (USA) 6:30 - 8:50 pm (CST, USA) ID: 890 6241 7723
 7:30 - 9:50 pm (EST, USA) Password: Yonsei

Connection check / Greeting from the BK21 Director 9:30 - 10:00 am (KST)

- Prof. [redacted] 10:00 - 10:35 am (KST)
 Department of Chemistry, University of Minnesota
 Efficient Polymer-Mediated Delivery of Gene Editing Payloads through Combinatorial Design, Parallelized Experimentation, and Machine Learning
- Prof. [redacted] 10:35 - 11:10 am (KST)
 Department of Chemistry, Massachusetts Institute of Technology
 Deconstructing Polymer Networks
- Prof. [redacted] 11:10 - 11:45 am (KST)
 Department of Chemical Engineering, The University of Texas, Austin
 N/AI Lewis Pair Catalysts for the Synthesis of Functional Polyether-Based Materials

Concluding remark 11:45 - 11:50 am (KST)

Department of Chemistry (지속가능화학교육연구단)
 Department of Chemical and Biological Engineering (미래선도형 글로벌 화학교육연구단)
 Yonsei University

<그림 III-3.1-1> 2022년 1월 21일에 공동주최한 국제학회 Innovative Materials for Sustainable Future의 포스터

- 국제적으로 저명한 3분의 연사진을 모시고 지속적인 미래를 위한 다양한 화학적 접근법 중에서 특히 하나 고분자 소재의 역할에 대해서 최근 연구동향을 파악할 수 있는 소중한 기회를 제공함
 - [Prof. [redacted], Department of Chemistry, University of Minnesota, Twin Cities] Efficient Polymer-Mediated Delivery of Gene Editing Payloads through Combinatorial Design, Parallelized Experimentation, and Machine Learning
 - [Prof. [redacted], Department of Chemistry, Massachusetts Institute of Technology] Deconstructing Polymer Networks
 - [Prof. [redacted], Department of Chemical Engineering, The University of Texas, Austin] N/AI Lewis Pair Catalysts for the Synthesis of Functional Polyether-Based Materials
- ▶ Energy Technologies for the Sustainable Future을 주제로 두 번째 국제심포지엄을 2022년 2월 10일 개최함
 - 국제적으로 저명한 4분의 연사진을 모시고 지속적인 미래를 위한 첨단 에너지 기술의 최근 연구동향을 파악할 수 있는 소중한 기회를 제공함
 - [Prof. [redacted], Shaanxi Normal University, China] Water Oxidation with Metal Porphyrins
 - [Prof. [redacted], Hubei University, China] Density Functional Calculations on Energy Related Materials: Theoretical Roles for the Sustainable Future

Yonsei Virtual Symposium: Energy Technologies for the Sustainable Future

February 10 (Thu) 2022

2:30-5:45 PM (KST, Korea)

1:30-4:45 PM (CST, China, Singapore)

5:30-8:45 AM (CET, Germany)

Venue - Zoom Meeting

ID: 834 1159 7062 / PW: Yonsei

Event Facilitator |

Co-Organized by

BK21 Programs at Yonsei Univ.

Supporting Staff:

KST
3:00-3:35 PM **Water Oxidation with Metal Porphyrins**
Prof. [redacted] (Shaanxi Normal University)

KST
3:35-4:10 PM **Density Functional Calculations on Energy Related Materials:
Theoretical Roles for the Sustainable Future**
Prof. [redacted] (Hubei University)

KST
4:20-4:55 PM **Electrochemical Reduction of Carbon Dioxide to
Oxygenates and Hydrocarbons**
Prof. [redacted] (National University of Singapore)

KST
4:55-5:30 PM **Exploiting Lattice Symmetry for Enhancing
Photocatalytic Properties in 2D Polymers**
Prof. [redacted] (Technische Universität Dresden / Yonsei University)



BK21 Programs at Yonsei University

Department of Chemistry (지속가능화학교육연구단)

Department of Chemical and Biomolecular engineering (미래선도형 글로벌 화공교육연구단)

<그림 III-3.1-2> 2022년 2월 10일에 공동개최한 에너지 국제학회의 포스터

- [Prof. [redacted], National University of Singapore, Singapore] Electrochemical Reduction of Carbon Dioxide to Oxygenates and Hydrocarbons
- [Prof. [redacted], Technische Universität Dresden, Germany] Exploiting Lattice Symmetry for Enhancing Photocatalytic Properties in 2D Polymers
- ▶ 분리기술을 주제로 세 번째 국제심포지엄을 2022년 2월 15일 개최함
- 국제적으로 저명한 5분의 연사진을 모시고 지속적인 미래를 위한 다양한 화학적 접근법 중에서 특히 나 분리기술의 역할에 대해서 최근 연구동향을 파악할 수 있는 소중한 기회를 제공함
- [Prof. [redacted], Federal University of Ceara, Brazil] Post-combustion CO₂ Capture by Moving Bed Temperature Swing Adsorption (MBTSA)
- [Prof. [redacted], Nanjing Tech University, China] Adsorbents with Cu(I) active sites: fabrication and stabilization
- [Prof. [redacted], Ulsan National Institute of Science and Technology, Korea] Flexible Metal-Organic Frameworks for Hydrogen Isotope Separation
- [Prof. [redacted], National Tsing Hua University, Taiwan] Thermosetting resins based polymeric membranes: Preparation and application
- [Prof. [redacted], Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia] Engineered functional nanostructured membrane as a remedy for the mitigation of global water scarcity



YONSEI International Workshop Series:
Separation Technology 2022 (Virtual)

February 15, 2022, 10 AM (Korea)
February 14, 10 PM (Brazil)
February 15, 9 AM (China, Taiwan, Malaysia)

ZOOM Link:
<https://yonsei.zoom.us/j/85195558274?pwd=TKjxMDkybDZnYlVYVWThCYzNzWEh1Zz09>

ID: 851 9555 8274 / PW: 155898

- **Prof. [Redacted]**, Federal University of Ceara (**Brazil**)
Post-combustion CO₂ Capture by Moving Bed Temperature Swing Adsorption (MBTSA)
- **Prof. [Redacted]**, Nanjing Tech University (**China**)
Adsorbents with Cu(I) active sites: fabrication and stabilization
- **Prof. [Redacted]**, Ulsan National Institute of Science and Technology (**Korea**)
Flexible Metal-Organic Frameworks for Hydrogen Isotope Separation
- **Prof. [Redacted]**, National Tsing Hua University (**Taiwan**)
Thermosetting resins based polymeric membranes: Preparation and application
- **Prof. [Redacted]**, Universiti Teknologi Malaysia (**Malaysia**)
Engineered functional nanostructured membrane as a remedy for the mitigation of global water scarcity

*Organized by Prof. Jong Hak Kim, Prof. Youn-Sang Bae
Organized by BK21 Four programs (Department of Chemical and Biomolecular Engineering
& Department of Chemistry) at YONSEI University*

<그림 III-3.1-3> 2022년 2월 15일에 공동개최한 Separation Technology 2022 국제학회의 포스터

국외 대학 및 연구기관과의 상호 교류 추진 계획

▣ **국외 대학 및 연구기관과의 상호 교류 계획**

- ▶ 기존 MOU체결 기관과의 상호협력 내실화
 - 대학원생의 공동학위제 확대 및 신진연구인력의 해외 장단기 연구 파견 확대
 - MOU 기반 상호방문 기회 확대 및 정기 학술대회 개최
 - 해외 우수교원의 인바운드 초청을 통한 연구자 교류의 확대
- ▶ 중장기적 관점의 교류협력사업 강화를 위한 새로운 MOU의 체결
 - 본 교육연구단의 핵심 연구 분야인 에너지·바이오 분야에 강점을 가진 국외 대학 또는 연구기관

을 발굴하고 신규 MOU를 체결하여 상호 교류의 지속성을 확보

- 아시아, 유럽, 아메리카 등 권역별 중점 협력 기관을 확보하여 교육 및 연구의 국제화를 위한 기반을 확보
- MOU 체결기관 숫자의 무분별한 확대보다는 실질적인 교류가 이루어질 수 있는 기관을 중심으로 한 체계적 MOU관리

▶ 국제 교류협력을 위한 안정적인 재원의 확보

- 학과 동문장학금 (기부금에 의해 조성)을 활용하여 해외 방문 연구진을 위한 교육연구단의 재정적, 행정적 지원을 포함한 통합지원 강화
- 연세대학교 글로벌 교류사업 예산을 통한 재정적 지원
- 연세대학교의 YFL 프로그램을 활용하여 외국인 교수의 급여 및 체재비를 지원하여 활성화
- 외국 대학 및 기관과의 공동연구를 통한 대학원생의 방문 연구의 활성화와 연계하여 공동연구의 결과로 발표된 상위 5% 수준의 연구논문에 대한 위한 본 교육연구단에서의 재정적 지원

<표 III-3.1-1> 참여교수와 국외공동연구자의 국제 공동연구 실적 및 효과

연번	참여 공동 교수 연구자	상대국/ 소속기관	상호교류내용	교류기간	실적 및 효과
1		일본/ Kyoto University, Nagoya University	공동 연구 및 논문 공동 작업	202107- 202109	Angew. Chem. Int. Ed. 논문 공저 10.1002/anie.202109003
2		일본/ Kyoto University	공동 연구 및 논문 공동 작업	202109- 202112	Angew. Chem. Int. Ed. 논문 공저 10.1002/anie.202112023
3		일본/ Kyoto University	공동 연구 및 논문 공동 작업	202109- 202201	Journal of the American Chemical Society 논문 공저 10.1021/jacs.1c11705
4		일본/ Kyoto University	공동 연구 및 논문 공동 작업	202109- 202201	Chem. Soc. Rev. 논문 공저 https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2022/cs/d1cs00742d
5		폴란드/ Polish Academy of Sciences	공동 연구 및 논문 공동 작업	202109- 20220318	Chem. Comm. 논문 공저 https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2022/cc/d1cc06863f
6		일본/ Nagoya University	공동 연구 및 논문 공동 작업	202111- 202205	Chem. Comm. 논문 공저 https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2022/cc/d2cc00522k
7		미국/ University of Texas	공동 연구 및 논문 공동 작업	202112- 202206	J. Am. Chem. Soc. 논문 공저 10.1021/jacs.2c01605
8		일본/ Nagoya University	공동 연구 및 논문 공동 작업	202211- 202204	Chem. Asian J. 논문 공저 10.1002/asia.202200244
9		폴란드/ Uniwersytet Wroclawski	공동 연구 및 논문 공동 작업	202109- 202206	Org. Chem. Front. 논문 공저 https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2022/qo/d2qo00421f
10		폴란드/ Uniwersytet Wroclawski	공동 연구 및 논문 공동 작업	202109- 202202	Adv. Sci. 논문 공저 10.1002/adv.202105886
11		미국/ Massachusetts Institute of	Yonsei BK21 Symposium - Innovative Materials for	202201	본 초청 강연을 통해 재활용 가능한 열경화성 플라스틱을 개발하는 방안에 대한 전문지식을 배움으로써 지속가능한 미래를 위한 혁신적인

	Technology	Sustainable Future		고분자 합성 연구에 대한 시각을 넓힘
12	미국/ University of Texas	Yonsei BK21 Symposium - Innovative Materials for Sustainable Future	202201	본 연구 교류 활동을 통해 다양한 Lewis pair 촉매를 활용하여 기능성 polyether 기반 소재를 합성하는 연구를 접함으로써 polyether 기반 고분자에 생분해성, 탄소 포집 등 다양한 기능성을 부여하는 전략에 대한 전문지식을 습득
13	미국/ University of Minnesota	Yonsei BK21 Symposium - Innovative Materials for Sustainable Future	202201	본 연구 교류 활동으로 유전자를 고분자 운반체를 매개로 전달할 때 다양한 고분자 architecture가 끼치는 영향에 대한 전문지식을 공유받음으로써 생분해성 고분자를 생물 및 의학 분야로 확장하고 활용하는 것에 대한 시각을 고찰
14	인도/ Indian Institute of Information Technology Design and Manufacturing	ZOOM 회의	202106-202203	다수 논문 공저 10.1039/D1TA09956F 10.1039/d1ta10463b 10.1016/j.jallcom.2022.164193 10.1016/j.mtchem.2022.100827 10.1016/j.apsusc.2022.152895 10.1021/acsaem.2c00469 10.1016/j.mtchem.2021.100589 10.1016/j.apsusc.2021.151134 10.1021/acsaem.1c02181 10.1021/acs.jpcllett.1c02400
15	독일/ University of Hamburg	ZOOM회의	202109-202112	논문 공저 10.1021/acs.jpcllett.1c02400
16	미국/ IUPUI, Indiana university bloominton	추가적인 연구를 수행하여 논문을 출간할 예정	202207-202208	Diabete mouse 의 wound tissue와 wound fluid 속 exosome 추출, 본 연구실의 Flow field-flow fractionation 기술을 이용한 크기에 따른 분리, CD-MS를 포함한 다양한 분석법을 이용한 exosome 속 protein, RNA 분석, biomarker 후보군을 발굴
17	중국, 미국, 호주	공동연구	202112	Chem, 2021, 7, 3256-3291
18	미국, 호주	공동연구	202112	Chem, 2021, 7, 3325-3339
19	미국, 호주	공동연구	진행중	인공 음이온 수용체 세포 내 활성화 연구
20	미국/ University of California, Irvine	공동연구 및 논문작성	202201	10.1021/jacs.1c11506
21	대만/ National Dong Hwa University, Hualien	합성된 나노클러스터를 Prof. Liu 연구실에서 전달받아 촉매 활성화 실험 진행중	202110-202208	나노클러스터 합성과 수소 발생 촉매 활성화에 관한 논문 작성 진행 중

22	프랑스/ Institut des Sciences Chimiques de Rennes, University of Rennes 1, Rennes	Cu 나노클러스터와 HER 계산 관련 공동연구 진행중	202206- 202208	Cu 나노클러스터와 수소 발생 촉매 활성 계산 관련 공동연구 진행 중
23	중국/ Chongqing University, Chongqing	나노클러스터의 촉매 활성의 깊은 이해를 위해 Prof. Tang 연구실에 계산화학 의뢰 및 진행중	202205- 202208	합성된 나노클러스터의 이산화탄소 전환 촉매 활성과 수소 발생 촉매 활성에 관한 계산 및 논문 작성 진행 중

□ 언론보도 리스트

※ 해당기간: 2021.09.01-2022.08.31

연번	구분	언론사명 /수상기관 등	보도일자/ 수상일자 등	제목/수상명 등	관련 URL
주요내용(200자이내)					
1	성과	베리타스 알파	2021.11.11	연세대 교수팀, 친환경적 폴리이미드 유기 골격체 합성법 개발	http://www.veritas-a.com/news/articleView.html?idxno=396226
		연세대 교수(화학과) 연구팀은 친환경적 폴리이미드 유기 골격체 합성법을 개발했다고 11일 전했다. 본 연구는 지각에서 일어나는 수열 반응을 모사해 폴리이미드 유기 골격체를 합성하고 그 원리와 결정성 조절 메커니즘을 분석하고자 한 연구로, 폴리이미드 유기 골격체 연구에 있어 새로운 방향성을 제시했다.			
2	성과	NEWSIS	2021.11.11	연세대 연구팀, 친환경 폴리이미드 유기 골격체 합성법 개발	https://newsis.com/view/?id=NISX20211111_0001648109
		연구팀은 "본 연구를 통해 폴리이미드 유기골격체를 친환경적인 수열 합성법으로 세계 최초로 합성했으며, 그 과정에서 전구체에 따른 올리고머 중간체의 용해도가 유기 골격체의 결정성에 영향을 미치는 메커니즘을 정교하게 제시함으로써 추후 새로운 폴리이미드 유기 골격체를 개발함에 있어 친환경적인 방법으로 합성하는 것에 큰 도움을 줄 것"이라고 연구의 의의를 밝혔다.			
3	성과	한국강사신문	2022.03.25	연세대 교수팀, 새로운 형태의 수중 접착 고분자 개발	http://www.lecturernews.com/news/articleView.html?idxno=93114
		연세대 교수(화학과) 연구팀이 새로운 형태의 수중 접착 고분자 시스템을 개발했으며, 본 연구는 혼합 족사 단백질의 주요 아미노산을 모방한 에폭시 단량체를 활용해 높은 수중 접착력을 보유한 고분자를 개발함으로써 단백질 모사 고분자 연구에 있어 새로운 방향성을 제시했다.			
4	성과	뉴스IS(NEWSIS)	2021.10.21	서강대 교수팀, 레이저로 결정격자 움직임 1000조분의 1초 단위 측정	https://newsis.com/view/?id=NISX20211021_0001621630
		서강대학교 교수 연구팀과 연세대학교 교수 연구팀이 공동연구를 수행한 내용으로 비스무트 셀레나이드의 들뜬 전자에 의한 결정 격자의 움직임과 이에 따른 밴드갭 변화를 연구함. 이 연구성과는 나노과학기술 분야 최고 권위지 중 하나인 '나노 레터스(Nano Letters), IF 11.189'에 게재되었음.			
5	성과	뉴스(news1)	2021.10.21	서강대 교수팀, 나노과학분야 최고 권위지에 연구 게재	https://www.news1.kr/articles/?4467740
		서강대학교 교수 연구팀과 연세대학교 교수 연구팀이 공동연구를 수행한 내용으로 비스무트 셀레나이드의 들뜬 전자에 의한 결정 격자의 움직임과 이에 따른 밴드갭 변화를 연구함. 이 연구성과는 나노과학기술 분야 최고 권위지 중 하나인 '나노 레터스(Nano Letters), IF 11.189'에 게재되었음.			
6	성과	한국대학신문(unn)	2021.10.21	서강대 연구팀, 들뜬 전자에 의한 결정 격자의 초고속 구조 변화 실시간 측정 성공	http://news.unn.net/news/articleView.html?idxno=517692
		서강대학교 교수 연구팀과 연세대학교 교수 연구팀이 공동연구를 수행한 내용으로 비스무트 셀레나이드의 들뜬 전자에 의한 결정 격자의 움직임과 이에 따른 밴드갭 변화를 연구함. 이 연구성과는 나노과학기술 분야 최고 권위지 중 하나인 '나노 레터스(Nano Letters), IF 11.189'에 게재되었음.			
7	성과	아시아투데이(asiatoday)	2021.10.21	[캠퍼스 +스토리] 서강대 교수 연구팀, '위상 절연체의 상전이 현상' 최초 측정	https://www.asiatoday.co.kr/view.php?key=20211021010012214
		서강대학교 교수 연구팀과 연세대학교 교수 연구팀이 공동연구를 수행한 내용으로 비스무트 셀레나이드의 들뜬 전자에 의한 결정 격자의 움직임과 이에 따른 밴드갭 변화를 연구함. 이 연구성과는 나노과학기술 분야 최고 권위지 중 하나인 '나노 레터스(Nano Letters), IF 11.189'에 게재되었음.			
8	성과	연세공감(연세소식)	2021.11.12	[연구 프론티어] 교수 공동 연구팀, '초원자 속 초원자' 입자의 존재 최초 입증	https://www.yonsei.ac.kr/ocx/news.jsp?mode=view&ar_seq=20211112163408596066&sr_volume=630&list_mode=list&sr_site=S&pager.offset=0&sr_cates=25

		연세대학교 화학과 교수(제1저자: 통합과정생, 한상명 통합과정생)와 교수 (공동 제1저자: 박사) 공동 연구팀은 ‘초원자 속 초원자’ 나노입자의 존재를 실험과 계산 화학을 통해 세계 최초로 입증했으며 화학 분야 세계적 학술지인 ‘Angewandte Chemie, IF 15.336’에 속표지로 게재되었음.			
9	성과	연세소식	2021.12.02	[연구 프론티어] 교수팀, 세계 최초로 ‘MOF Farming’ 개념 제시	https://www.yonsei.ac.kr/ocx/news.jsp?mode=view&ar_seq=20211202144207561056&sr_volume=631&list_mode=list&sr_site=S
		교수팀, 세계 최초로 ‘MOF Farming’ 개념 제시. 주어진 구성 성분으로 자연적으로는 선택되지 않는 구조를 가지는 금속-유기 구조체(metal-organic framework, 이하 MOF)의 전략적 합성 방법론을 제시했다. 본 연구결과는 미국화학회(American Chemical Society)에서 발행하는 저명한 국제 학술지 ‘ACS Nano’에 11월 4일 게재됐다.			
10	수상	뉴스/한국도레이과학진흥재단	보도일자: 2021.09.07 수상일자: 2021.10.25	한국도레이과학진흥재단의 과학기술연구기금 수상	https://newsis.com/view/?id=NISX20210907_0001575492&cID=10810&pID=10800
		한국도레이과학진흥재단에서 신진 과학자 및 공학자를 대상으로 잠재성 높은 연구과제를 선정하여 수여하는 과학기술연구기금 기초부문에 화학과 교수가 선정됨 (과제 제목: 초열기 기반 양기능성 유기촉매의 설계와 비대칭 반응에의 응용)			
11	성과	환경매거진	2022.05.23	[연세대 대학원혁신 어깨동무사업④-고전자효율 유기 산화-환원 반응 연구] 연세대 화학과 교수 “버려지는 전자 없도록 해 에너지 효율성 극대화”	https://magazine.hankyung.com/job-job/article/202205201067d
		BK21 ‘지속가능화학교육연구단’ 단장 교수들을 포함한 7명의 교수진과 부산대학교 화학과 기초연구실 그룹이 협업하여 연구하는 ‘어깨동무사업’을 진행하고 있다. 이 연구단은 화학반응이 진행되는 과정에서 버려지는 에너지를 최소화하는 것이 목표인 ‘고전자효율 유기 산화-환원 반응’이라는 연구주제를 갖고 연구를 수행하고 있다. 궁극적으로 지속할 수 있는 미래 사회 구현에 도움을 줄 수 있기를 기대한다.			

2022년도 BK 자체 평가 보고서에 대해서 두 명의 외부 평가위원을 위촉하여 대면 평가를 진행하였으며 결과(별첨 #1 참조)를 항목별 정성 지표 및 평가 의견으로 구성하였고 교육연구단 회의를 거쳐 피드백 및 항목별 자체평가 결과를 요약하였음.

1. 교육연구단의 구성, 비전 및 목표

- [단장의 역량] 행정역량적인 측면에서 화학 올림피아드 부위원장, 다수의 교육용 교재 발간에 참여, 입학처 부처장 역임 등 교육연구단을 이끌 수 있는 탁월한 능력을 지니고 있음. 또한 대한화학회 및 고분자 학회에서 수여하는 각종 학술상을 받을 정도로 연구업적도 뛰어나 학계 중진으로서 중요한 역할을 하고 있음.
- [비전 및 목표] 본 연구단과 비슷한 규모의 해외 4개 대학을 벤치마킹하여 지표분석을 하고 실용적 목표를 설정하여 많은 노력이 진행되고 있음.
- [지적사항] 목표로 정한 교육, 연구 및 국제화 분야에서 코로나로 인한 제약으로 국제화 실적이 조금 미흡함을 보여줌. 코로나 상황의 한계점을 강조하기보단 코로나 상황에서도 이루어진 특별한 노력을 강조함이 오히려 긍정적 작용을 할 것이라 판단됨.

2. 교육역량

- [교육과정의 개편] 핵심 교육 목표/세부 교육 목표에 따라 대학원 교육과정을 개편하고 추진하였고, 주어진 행정적 제한 속에서 기존 교과목들의 특성을 분석하여 개편에 활용하는 노력이 돋보임. 특히 모듈형 에너지 교과목 개설 및 올바른 인용 표기를 위한 길잡이와 같은 교육용 저서 개발을 참신함
- [우수대학원생 확보] 연구실험, 인턴 연구, 오픈랩 등 다양한 프로그램을 이용하여 있음. TA, RA 외에 각종 인센티브 개념의 포상제도를 이용하여 우수 대학원생을 선정하고 지원하고 있음
- [참여 대학원생 및 신진연구자의 실적] 선정 당시보다 참여 대학원생의 논문의 양과 질이 향상되고 있는 것으로 보이고, 논문실적 및 대표적 참여교수 교육실적들은 더할 나위 없이 우수함. 또한, 참여 대학원생의 특허, 기술이전, 창업 관련 실적도 우수함. 또한 신진연구도 화학 대표 저널에 주저자로 논문을 게재하는 등 활발한 연구실적을 보여주고 있음.
- [국제화] 코로나 상황에서도 온라인 국제심포지엄을 개최하고 단기 해외연수를 실시하는 등 글로벌 경쟁력을 갖춘 인재 양성을 위해 노력하고 있음.
- [지적사항] 교육역량 대표성과에 연구논문의 제 1 저자에 관해 설명하고 강조하는 것 보다 좀 더 세분된 강조가 조화로운 인재 양성을 더욱 돋보이게 할 것으로 판단됨. 또한 장/단기 연구의 수혜 연구실의 다변화가 필요하고, 해외 우수 학생 유치 강화를 위한 적극적인 확보 계획이 필요해 보임. 연구의 중추인 신진연구인력의 절대적 숫자가 감소하고 있고 자대 출신보다 타 대학 출신의 임용강화도 필요해 보임. 특별 개설 강의 세부 사항을 설명하고 사업단 철학과 상호 관련성의 강조가 필요해 보임. 우수 외국인 교수의 임용이 돋보임. 연구단에 따라 다르나 영어 강의 비율 제고에 고민이 필요해 보임.

3. 연구역량 영역

- [논문 실적 우수 성과] 벤치마킹 대학과 비교뿐만 아니라 기본적으로 탁월한 연구력이 돋보임. 1인당 논문 수 및 1인당 총 IF 합이 증가 추세에 있으며 논문 1편당 IF도 매우 높은 수준을 유지하고 있음. 화학 및 소재 분야 대표 저널에 논문을 게재하는 등 우수한 실적을 보여주고 있음.
- [특히 우수 성과] 다양한 학문 분야에서 뛰어난 특히 성과를 이루고 증가하고 있으며, 앞으로 창업으로 연계가 예상됨.
- [국제활동] 힘든 시기에도 다양한 국제 활동을 하며 국제학회 학술 발표를 활발히 하고 있으며 국제 저명 학술지의 편집 및 자문위원으로도 활약하고 있는 것으로 보임. 국제공동연구 실적도 우수함
- [지적사항] 산업체 지역사회의 현안을 해결해주는 프로그램이 있으면 좋겠음. 산업체 과제 수주는 많으나 산업체 현안 해결에 대한 기술이 아쉬움. 같은 맥락에서 대표적인 산업체 과제를 선정하여 좀 더 강조함이 필요해 보임.

[종합의견]

- 학문적으로 뛰어나고 행정적 경험을 겸비한 단장의 리더십이 느껴지고 앞으로도 사업단을 안정적으로 이끌 것으로 기대됨.
- 벤치마킹 대학을 선정하여 정량적 분석을 시행한 점이 인상적임. 그를 바탕으로 한 다양한 지표들이 사업단의 발전 방향 설정에 중요한 요소로 작용할 것으로 판단됨.
- 전반적으로 교육연구단의 운영이 잘 이루어지고 있고 특히 연구 부분에서의 실적이 양과 질적인 측면에서 모두 매우 우수함.
- 대표 연구 논문의 수준도 매우 우수함. 교육 과정도 핵심 및 세부 목표 설정에 따라 잘 이루어지고 있는 것으로 보임. 선정 당시보다 참여 대학원생의 논문의 양과 질이 향상되고 있는 것으로 보임.
- 그동안 코로나로 인해 비대면 국제 심포지엄이 개최되었으나 상황이 호전되면 대면으로 이루어지길 기대함.
- 산업체 수요를 적극적으로 반영하는 구체적인 프로그램 개발이 필요할 것으로 보임. 학문의 중추인 신진인력 강화가 연구의 안정적 진행에 필요하므로 추가적인 노력이 필요해 보임.
- 또한 대학생 수의 감소에 따라 앞으로 점차 중요해질 수 있는 우수 외국인 대학원생 유치에 대한 좀 더 세밀한 고민이 필요해 보임. 산업체 현안 해결에 대한 구체성이 부족해 보임.

『4단계 BK21사업』 미래인재 양성사업(과학기술 분야)

자체평가 결과 보고서

(외부평가위원용)



지속가능 화학 교육연구단

BK21FOUR 지속가능 화학 교육연구단

1 평가정보

평가자	성명	소속	부서	직위
			화학공학과	교수
평가대상	대학명	학과명	교육연구단명	교육연구단장
	연세대학교	화학과	지속가능 화학 교육연구단	
평가기간	2022.09.02.(금) 오후 4 ~ 7시			

2 정성지표 및 평가의견

1. 교육연구단의 구성, 비전 및 목표

1.-1. 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

등급	A		B		C		D		E	
의견	화학올림피아드 부위원장, 다수의 교육행사에 발간에 참여, 입학처 부처장 역임 등 교육연구단을 이끌 수 있는 탁월한 능력은 지니고 있음. 또한 대한화학회 및 대한화학회이사수여하는 각종 학술상은 수상할 정도로 연구역량이 뛰어나.									

1.-2. 교육연구단의 비전 및 목표 달성정도

등급	A		B		C		D		E	
의견	본 연구단과 비슷한 규모의 해외 4개 대학은 벤치마킹하여 실행적 목표를 설정하였음. 특화된 대한 교육, 연구 및 국제화 분야에서 고위급 인력 제약을으로 국제화 실행이 조금 미흡함을 보여줌									

2. 교육역량

교육역량대표성과

등급	A	B	C	D	E
의견	<p>교육역량대표성이라기 연구본문의 제1차라기 알테 설명라신 강조라신것이 조금 이상함. 보들해 끼너리 교과목 개선 및 올바른 인성품기는 위한 긴압이와 같은 노력등에서 개선은 권장함</p>				

2-1. 교육과정의 구성 및 운영

등급	A	B	C	D	E
의견	<p>핵심교육 목표/세부 교육 목표가 따라 대학원 교육과정은 개편라신 추천함 것으로 보임</p>				

2-2. 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

등급	A	B	C	D	E
의견	<p>연구실, 인턴연구, 오픈랩 등 다양한 프로그램은 이항하여 우수 대학원생 확보 노력은 라신 있음. TA, RA 디기 각종 프당세로르 이항하여 우수 대학원생은 선정라신 라신라신 있음</p>				

2.-3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

등급	A	B	C	D	E
의견	성적 역시 보다 참여대학원생의 논문의 양과 질이 향상되고 있는 것으로 보임.				

2.-4. 신진연구인력 현황 및 실적

등급	A	B	C	D	E
의견	Angew. Chem. Int. Ed., J. Am. Chem. Soc. 등 탁월한 대외논문 게재와 석박사연구인력이 증가하고 논문은 게재하는 등 활발한 연구실적을 보여주고 있음				

2.-5. 참여교수의 교육역량 대표실적

등급	A	B	C	D	E
의견	교육총지서 (올바른 인성 형성은 위한 필독서) 및 연구의 저 개발이서 나타낸 대표실적이 우수함				

2.-6. 교육의 국제화 전략

등급	A	B	C	D	E
의견	<p>코로나 상생지원 온라인 국제성포럼은 개최하고 단기 해외 연수를 실시하는 등 온 글로벌 경쟁력 갖춘 인재양성을 위한 노력은 기울이고 있음. 다만 대학원생 단기연주가 강 연구실 (김동훈 교수)에서 이루어지는 것은 다양한 원인가 있음.</p>				

3. 연구역량 영역

연구역량 대표 우수성과

등급	A	B	C	D	E
의견	Chem. Adv. Mater. J, Am. Chem. Soc. 등 화학 및 소재 분야 대표 저널에 논문을 게재하는 등 우수한 실적을 보여주고 있음				

3.-1. 참여교수 연구역량

등급	A	B	C	D	E
의견	1인당 논문 수 및 1인당 총 IP 합이 평균 추세를 넘어서며 논문 1편당 IP 수 많은 논문 수를 유지하고 있음.				

3.-2. 산업·사회에 대한 기여도

등급	A	B	C	D	E
의견	산업체와 지역사회의 현안을 해결 해주는 프로그램이 있으면 좋겠음.				

3.-3. 참여교수의 연구의 국제화 현황

등급	A		B		C		D		E	
의견	국제학리 학술발표는 활발히 하고 있으며 국제제명 학술회의의 편입 및 과목이치이므로 활발하고 있는 것으로 보임. 국제공동연구 실적은 우수함									

4. 언론보도 리스트

언론홍보 현황

등급	A		B		C		D		E	
의견	우수한 연구 성과에 대하여 언론홍보가 잘 이루어진 있는것들로 판단됨									

3 종합의견

- 전반적으로 교육연구단의 문장이 잘 이루어지고 있음
- 특히 연구부분에서의 실황이 양과 질적인 측면에서 볼때 매우 우수함
- 대표 연구 논문의 수준도 매우 우수함
- 교육인사관리 핵심 및 세부특성 실황에 따라 잘 이루어지고 있는 것으로 보임
- 실황 당시 보다 참여 대학원생의 논문의 양과 질이 향상되고 있는 것으로 보임
- 그동안 코로나로 인하여 이번엔 국제 심의위원이 개최되었으나 상황이 호전되면 다음으로 이루어질 기대감
- 산학체의 수호를 적극 반영하는 프로그램이 개발이 필요할 것으로 보임

2022. 09. 02

평가자

『4단계 BK21사업』 미래인재 양성사업(과학기술 분야)

자체평가 결과 보고서

(외부평가위원용)



지속가능 화학 교육연구단

BK21FOUR 지속가능 화학 교육연구단

1 평가정보

평가자	성명	소속	부서	직위
			화학과	교수
평가대상	대학명	학과명	교육연구단명	교육연구단장
	연세대학교	화학과	지속가능 화학 교육연구단	
평가기간	2022.09.02.(금) 오후 4 ~ 7시			

㉒ 정성지표 및 평가의견

1. 교육연구단의 구성, 비전 및 목표

1.-1. 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

등급	A	O	B		C		D		E	
의견	<p>단장인 장우동 교수는 뛰어난 연구력을 바탕으로 학계 중진으로서 중요한 역할을 하고 있음. 동시에 학내에서도 여러 중책을 맡는 등 다양한 봉사를 하고 있어 행정과 연구력을 겸한 단장이라 판단됨.</p>									

1.-2. 교육연구단의 비전 및 목표 달성정도

등급	A	O	B		C		D		E	
의견	<p>벤치마킹 대상 대학을 선정하여 지표분석을 하는 등 많은 노력이 진행되고 있음. 다만, 코로나 상황의 한계점을 강조하기 보단 코로나 상황에서도 이루어진 특별한 노력들을 강조함이 오히려 긍정적 작용을 할 것을 판단됨.</p>									

2. 교육역량

교육역량대표성과

등급	A		B	O	C		D		E	
의견	<p>논문실적 및 대표적 참여교수 교육실적들은 더 할 나위 없이 우수함. 추가로 참여 학생들의 발표실적, 특허실적, 우수대학원생 유치실적 등 좀 더 세분된 강조가 조화로운 인재양성을 더욱 돋보이게 할 것으로 판단됨.</p>									

2.-1. 교육과정의 구성 및 운영

등급	A	O	B		C		D		E	
의견	<p>주어진 행정적 제한 속에서 기존 교과목들의 특성을 분석하여 개편에 활용하는 노력이 돋보임.</p>									

2.-2. 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

등급	A	O	B		C		D		E	
의견	<p>선택적 장학지원 등 우수 대학원생을 위한 인센티브 개념의 노력들이 이루어지고 있음. 해외 우수 학생 유치 강화 부분에선 좀 더 적극적인 확보 계획이 필요해 보임.</p>									

2.-3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

등급	A	O	B		C		D		E	
의견	전체적으로 선정평가 기준 대비 연구실적이 증가함. 또한, 참여 대학원생의 특허, 기술이전, 창업관련 실적도 우수함.									

2.-4. 신진연구인력 현황 및 실적

등급	A		B	O	C		D		E	
의견	연구의 중추인 신진연구인력의 절대적 숫자가 감소하고 있음. 여러 방안을 강구하는 것이 필요함. 또한, 자대 출신보다 타대 출신의 임용강화도 필요해 보임.									

2.-5. 참여교수의 교육역량 대표실적

등급	A		B	O	C		D		E	
의견	특별 개설강의의 세부사항들을 설명하고 사업단의 철학과의 상호 관련성의 강조가 필요해 보임.									

2.-6. 교육의 국제화 전략

등급	A	B	O	C	D	E
의견	<p>우수 외국인 교수의 임용이 돋보임. 연구단에 따라 다르나 영어 강의 비율의 제고에 고민이 필요해 보임. 일부 실적이 편중되는 느낌이 있음.</p>					

3. 연구역량 영역

연구역량 대표 우수성과

등급	A	O	B		C		D		E	
의견	벤치마킹 대학과 비교뿐만 아니라 기본적으로 탁월한 연구력이 돋보임.									

3.-1. 참여교수 연구역량

등급	A	O	B		C		D		E	
의견	다양한 학분분야에서 뛰어난 연구성과를 이룸. 특히 역시 증가하고 있고 앞으로 창업으로 연계가 예상됨.									

3.-2. 산업·사회에 대한 기여도

등급	A	O	B		C		D		E	
의견	산업체 과제 수주는 많으나 산업체 현안 해결에 대한 기술이 아쉬움. 같은 맥락에서 대표적인 산업체 과제를 선정하여 좀 더 강조함이 필요해 보임.									

3.-3. 참여교수의 연구의 국제화 현황

등급	A	O	B		C		D		E	
의견	힘든시기에도 다양한 국제활동을 함.									

4. 언론보도 리스트

언론홍보 현황

등급	A	O	B		C		D		E	
의견	다양한 언론보도를 함.									

③ 종합의견

학문적으로 뛰어나고 행정적 경험을 겸비한 단장의 리더십이 느껴지고 앞으로도 사업단을 안정적으로 이끌 것으로 기대됨. 벤치마킹 대학을 선정하여 정량적 분석을 시행한 점이 인상적임. 그를 바탕으로 한 다양한 지표들이 사업단의 발전방향설정에 중요한 요소로 작용할 것으로 판단됨. 교육역량 및 연구역량 전 분야에서 뛰어난 업적과 안정적 개선이 이루어지고 있다고 판단됨. 다만, 학문의 중추인 신진인력 강화가 연구의 안정적 진행에 필요하므로 추가적인 노력이 필요해 보임. 교육의 국제화 부분에서 좀 더 대학원 영어 강의 비율에 대한 고민이 필요해보임. 또한 대학생 수의 감소에 따라 앞으로 점차 중요해질 수 있는 우수 외국인 대학원생의 유치에 대한 좀 더 세밀한 고민이 필요해 보임. 산업체 현안 해결에 대한 구체성이 부족해 보임. 브로셔을 (2페이지)등 오탈자가 보임.

2022. 09. 02

평가자 :