

『4단계 BK21사업』 미래인재양성사업(과학기술분야)

교육연구단 자체평가보고서

접수번호							
사업 분야	기초	신청분야	화학	단위	지역	구분	교육연구단
학술연구분야 분류코드	구분	관련분야		관련분야		관련분야	
		중분류	소분류	중분류	소분류	중분류	소분류
	분류명	화학	화학일반				
	비중(%)	100					
교육연구 단명	국문) 분자소재 교육연구단						
	영문) Education and Research Center for Molecular Materials						
교육연구 단장	소 속	부산대학교 자연과학대학(원) 화학과(부)					
	직 위	교육연구단장					
	성명	국문	양해식	전화			
				팩스			
		영문	Yang, Haesik	이동전화			
			E-mail				
연차별 총 사업비 (백만원)	구분	1차년도 (2019-212)	2차년도 (213-222)	3차년도 (223-232)			
	국고지원금						
총 사업기간	2020.9.1.-2027.8.31.(84개월)						
자체평가 대상기간	2021.9.1.-2022.8.31.(12개월)						
본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21사업』 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다. 2022 년 9 월 28 일							
작성자	교육연구단장				양 해 식 (인)		
확인자	부산대학교 산학협력단장				최 경 만 (인)		

〈자체평가 보고서 요약문〉

중심어	화학	분자소재	자기주도
	협업	융합	정보 활용
	인공 효소	촉매	지역 기여
교육연구단의 비전과 목표 달성정도	■ 비전: 자기주도 협업형 분자소재 교육 연구 선도 사업단으로 성장 ▶ 교육 목표: 튜트랙 교육과정 운영과 학생 주도 교과과정 구성 융합 및 협업 교육을 강화하기 위한 튜트랙(현장친화형/난제해결형) 교육과정을 도입하였고, 학생 주도적 문제 해결에 필요한 능력을 배양하기 위한 교육과정(정보활용 교육, 학생 주도 심포지엄 개최 등)을 운용하기 시작하였다. 계획했던 교과과정 개편과 교과목 개설을 대부분 달성하였고, 앞으로 운영 시 발견된 문제점들을 보완해 나갈 예정이다. ▶ 연구 목표: 인공 효소/촉매 분야 집중 및 협업을 통한 경쟁력 확보와 산업/지역 사회 연구 기여 본 사업단의 연구 전문성을 기반으로 화학의 근원적인 난제인 인공 효소/촉매 분야에 집중적으로 협업 연구를 수행하여 세계적 연구 경쟁력을 확보하고, 산업/지역 사회에서의 관련 연구문제 해결에 기여하고자 노력하였다. 지난 5년과 대비하여 최근 1년간 교수/학생의 연구실적이 질적으로 성장하고 있고, 인공 효소/촉매 분야 공동연구 논문 성과도 증가하였다. ▶ 국제화 목표: 학생 주도 발표 및 국제 공동연구와 우수 외국인 연구 인력 활용 한글과 영어를 병용하여 모든 정보 및 교육을 제공하는 시스템을 구축하여 한국 학생의 국제화 능력을 향상하고 우수 국제 연구 인력을 확보하고자 하였다. 홈페이지 개편 및 강의 자료/동영상 제작이 배포하였고 연구실별 안전 동영상을 제작하여 공유하였다. 학생 주도적 발표회 및 국제 공동연구를 추진하여 국제화 능력을 배양하고자 하였으나, 코로나-19 사태로 인해 해외 학회 발표와 국제 공동 연구는 활발히 이루어지지 못했다.		
교육역량 영역 성과	■ 자기주도 - 학생 진로에 맞춘 튜트랙 교과과정(현장친화형/난제해결형) 운영 - 온/오프라인 블렌디드 러닝 기반 자기주도적인 학습 환경 조성 - 학생 자율 선택으로 비교과 프로그램 참여 - BK21 마일리지/인센티브 제도를 활용하여 학생들의 참여 유도 - 학생 주도 교내 세미나와 신진연구인력 주도 심포지엄 개최 ■ 융합 및 협업 - 목표했던 융합 및 팀티칭 교과목 9개 개설 완료 - 융합화학튜토리얼 교과목을 개발하여 (타)학과 대학원생 교육 - 부산대 응용화학공학부, 나노에너지공학과와 학점 교류 - 4차 산업혁명 겨울 학교 개최 ■ 정보 활용 - 방대한 화학정보의 검색/활용 능력을 길러주는 화학정보활용 교과목 개설 - 화학정보/장비 활용 동영상과 연구실별 안전 동영상의 학생주도 제작과 공유 - 신입생 집중 오리엔테이션을 통한 대학원생 소양 교육 연 2회 실시		

	- 온/오프라인 한/영 병용 교육을 통한 내외국인 맞춤 교육과 국제화 여건 향상
연구역량 영역 성과	■ 자기주도 - 박사과정 국제/전국 학술대회 구두발표 의무화 - 학생 주도 부산대-성균관대 화학과 BK21 심포지엄 2회 개최 - 학생 주도 전문연구인력 간담회 개최 - 학생 마일리지/인센티브 제도를 통한 학생 참여 활성화 - 논문의 우수성에 따라 학생, 신진연구인력, 교수에게 인센티브 지급 ■ 융합 및 협업 - 강점이 있는 인공 효소/촉매 분야에 집중적인 협업 연구 및 교육 진행 - 참여교수 간 연구 협력을 위한 연구실 간 공동 세미나의 정기적인 개최 - 성균관대와 공동 심포지엄 정기적인 개최와 협업 연구 활성화 - 협업 연구논문에 대해서는 평가 후 인센티브 지급 - 학부생/대학원생/신진연구인력 사이의 멘토링과 협업 활성화 - 박사과정 학생 개인별로 2인 이상의 공동지도교수 선정 - 협업을 강화하기 위해 현재 운영 중인 학과 내 공동연구실 확대 설치 - 산업/지역 사회의 문제 해결을 돕기 위해 지속해서 협력 ■ 정보 활용 - 외부 연구비 및 장학금 신청을 위한 정보 및 선정 사례 공유 - 공동 및 개별 연구 장비와 시설의 정보 동영상 공개 - 교수 마일리지/인센티브 제도를 통한 교육/정보 개선에 교수의 참여 유도
달성 성과 요약	▶ 자기주도, 융합 및 협업, 정보활용의 세 가지 중심 방향 아래 교과/비교과 프로그램의 대대적인 개편 달성 ▶ 학생 주도 교과/비교과 과정의 성공적인 안착 ▶ 활발해진 사업단 내외 공동 연구를 통해 인공 효소/촉매 분야 연구 결과의 질적/양적 성장 달성 ▶ 장기화된 코로나-19 사태로 인한 부족한 대규모 학술 교류나 해외 공동 연구는 홈페이지와 온라인 플랫폼으로 보완 ▶ 4차 산업혁명 시대와 미래 에너지/건강 산업에 필요한 자기주도 융합형 및 협업형 분자소재 우수 인력 양성 목표에 부합
미흡한 부분 / 문제점 제시	■ 교육 - 투트랙 교육과정: 타과 인증서 발급 관련 참여학과 조정 필요 - 해외 학자와의 강의 교류와 외부 산업체 인사의 융합 교과목 참여 필요 - 온/오프라인 한/영 병용 교육자료 업데이트 필요 ■ 연구 - 코로나-19로 인해 대학간 네트워킹 저하로 국제 공동연구 실적 감소 - 대표 논문의 질적 향상 필요 - 연간 특허 등록 실적 향상 필요 - PNU Visiting day 등 대면 학과 소개 및 연구 설명회 미개최 ■ 국제화/대중화 - 코로나-19로 인해 대학원생 주도 해외 방문 연구 미실시 - 우수 학생 유치 영문 홍보 및 자료 부족 - 대규모 국제 학술대회 개최 부족

	- 실질적 교류 기업 수 및 교류 프로그램 부족
차년도 추진계획	■ 교육 - 투트랙 교육과정 보완 - 해외 학자 및 산업체 인사 초빙을 통한 융합 교과목 개선 - 온/오프라인 한/영 병용 교육자료 보완 및 추가 마련 ■ 연구 - 대학원생 국내·외 학술대회 발표 장려 및 대학 간 공동 심포지엄의 지속적인 개최 - 대면 학과 소개 및 연구 설명회 개최를 통한 우수 연구인력 확보 ■ 국제화/대중화 - 코로나-19 추이에 맞춰 대학원생 주도 해외 방문 연구 실시 - 영문 홈페이지 추가 보완 작업 실시 - 소규모/대규모 국제 학술대회 개최 - 교류 기업 범위 확대 및 교류 프로그램 개발

1. 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

성 명	한 글	양해식	영 문	Yang, Haesik
소 속 기 관	부산대학교			자연과학대학(원) 화학과(부)

■ 연구 역량

본 교육연구단의 단장인 양해식 교수는 지난 20년 동안 전기화학 바이오센서를 개발해 오고 있으며, ‘전기화학적 활성 물질의 반응성 차이를 이용한 산화환원 순환 기술’과 ‘나노 물질을 인공 효소로 사용하여 신호를 증폭하는 기술’을 개발해 오고 있다. 이러한 노력의 결과로 세계적 수준의 ‘새로운 (전기)촉매 반응을 이용하여 매우 큰 신호 증폭을 얻는 기술’과 ‘전극과 표지 사이의 거리에 따른 전자 전달 속도 차이를 이용하여 생체물질을 무세척으로 검출하는 기술’을 개발하였다. 양해식 교수는 연구 업적으로 146편의 SCIE 논문을 게재하였고 59편의 국내·외 특허를 등록하였다. 최근 1년 동안에는 Anal. Chem.에 2편, Biosen. Bioelectron.에 1편, ACS Sens.에 1편을 포함하여 총 7편의 SCIE 논문을 교신 저자로 게재하였다. 이러한 연구 역량의 결과로 부산과학기술상(2021년), 한국전기화학회 아이센스 학술상(2019년), 대한화학회 최규원 학술상(2015년), 한국전기화학회 물리전기화학분과 학술상(2015년), KCS-Wiley 젊은 화학자상(2006년)을 수상하였다. 학술지 활동으로 2014년에서 2017년까지 Journal of the Korean Electrochemical Society의 Editor-in-Chief를 역임하였고, 2015년에서 2018년까지 ACS Sensors의 Editorial Advisory Board 멤버로 활동하였으며, 2020년 4월부터 2022년 5월까지 Biosensors의 Editor, 2020년 8월부터는 Bulletin of Korean Chemical Society의 Associate Editor로 활동하고 있다. 대표적 연구비 수주 실적으로 고감도 전기화학 바이오센서와 관련된 삼성미래기술육성센터 과제(과제명: 무세척 현장 진단 센서를 위한 수용성 전도성 고분자-엡타이드 연결체)와 삼성미래기술육성재단 과제(과제명: 소멸파-유도 전기촉매 현미경)를 과제책임자로 수주하여 연구를 진행하였다. 최근에는 전기화학자와 유기화학자가 융합하여 새로운 전기화학 합성 반응과 전기화학 신호 증폭 기술을 개발하는 것을 목표로 하는 기초연구실지원사업(과제명: 효율적 전자 전달 매개체를 이용한 전기화학 반응 개발; 사업기간: 2019년 9월~ 2025년 2월)을 과제책임자로 수주하여 현재 도전적인 협업 연구를 시도하고 있다.

■ 교육 역량

양해식 교수는 2004년부터 18년 동안 부산대 화학과에서 분석화학과 전기화학 관련 강의를 해 오고 있으며, 지금까지 50여의 대학원생 및 박사 후 연구원을 배출하였거나 지도하고 있다. 대외적으로 2011년부터 2021년까지 12년 동안 부산과학 R&E 26개 팀을 지도하였고, 지도했던 모든 팀들이 교내 경진대회에서 우수한 성적으로 입상할 수 있도록 이끌었다. 양해식 교수는 전기화학 관련 다양한 외부 강의를 해 오고 있다. 2012년부터 현재까지 한국전기화학회 학술대회 때마다 전기화학 관련 튜토리얼 강연을 하고 있으며, 2015년부터 매년 이월에 걸쳐 열리는 ‘전기화학학교’의 강사로 활동하고 있다. 또한, LG화학, 삼성종합기술원, 삼성SDI, 동우화인켐 등 많은 회사에서 기초 전기화학 및 바이오센서 관련 튜토리얼을 강의하였다.

■ 행정 역량

양해식 교수는 1999년부터 2004년까지 ‘한국전자통신연구원’에서 선임연구원으로 근무하였고, 그 기간 중 2년 동안 ‘바이오소자팀’ 팀장으로서 10명 이상의 팀원을 이끌면서 대형 과제를 성공적으로 수행하였다. 부산대 화학과에 재직 중인 2010년부터 2013년까지 3년 동안 화학과 학과장을 역임하면서 ‘학부생 면담의 날’, 학과장과 모든 학부생의 면담’ 등을 최초로 도입하였고 ‘화학관 복도 정비’,

‘세미나실 정비’ 등 다수의 화학과 환경 개선 사업을 수행하였다. 2018년 9월부터는 2022년 8월까지 부산대 기능성물질화학연구소 소장으로 임명되어 연구소의 체계화와 발전을 위해서 노력하였다. 양해식 교수는 학회 활동을 통해서도 행정 역량을 키워 오고 있으며, 한국전기화학회에서 2014년부터 2017년까지 학회지편집위원회 위원장을 역임하였고 2018년부터 2021년까지 바이오/분석전기화학분과 위원장을 맡아서 활동하였다. 대한화학회에서는 2006년에 분석화학분과 홍보간사로 활동하였고, 2013년에 전기화학분과 총무간사로 활동하였으며, 2016년부터 2017년까지 부산지부 간사장을 맡았고, 2021년에는 전기화학분과 회장을 맡아서 활동하였다.

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	17명	13명	76.47	
	2022년 1학기	19명	14명	73.68	

<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		2022년 1학기	전입	신규 임용	
2		2022년 1학기	전입	전보	

<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 비율 (%)
화학과	2021년 2학기	73	58	79.45	26	21	80.77	13	9	69.23	112	88
	2022년 1학기	63	50	79.37	29	25	86.2	13	9	69.23	105	84
참여교수 대 참여학생 비율					6.37							

가. 교육연구단 대학원 학과 전임 교수 수 현황

사업 개시일(21년 2학기) 기준 학과 소속 전체 교수는 총 17명에 해당하였으며, 현재 (22년 1학기) 2명이 임용되어 총 19명의 전임 교수가 소속되어 있다.

나. 교육연구단 참여교수의 비율 현황

교육연구단 참여교수 비율은 사업 개시일인 21년 2학기 평가를 통해 신입교수 1명을 추가 선정하여 76.47%(전체교수 17명 중 13명 참여)로 운영되었고, 22년 1학기 평가를 통해 신입교수 1명을 추가로 선정하여 73.68%(전체교수 19명 중 14명 참여; 기존교수 12명, 신입교수 2명)로 운영되었다.

다. 교육연구단 대학원생 현황

(1) 대학원생 수

a. 지난 1년간 교육연구단의 대학원생 수는 22년 8월 현재 105명(석·박사 통합 13명, 석사과정 63명, 박

사과정 29명)에 해당한다.

b. 21년 1학기 대비 대학원생 수는 114명에서 105명으로 소폭 감소하였다.

c. 22년 2학기 20명의 신입생이 등록을 완료하여, 22년 9월 대학원생 총 인원은 104명으로 유지될 예정이다.

d. 세부 과정별 수를 보면, 박사과정 및 석·박사 통합과정의 수는 2명이 감소하였고, 석사과정은 7명이 감소하였다.

e. 21년부터 석, 박사 과정 수료학생의 등록 의무가 없어져 대학원생 수치가 감소하는 것을 주요 원인으로 고려할 수 있다.

f. 코로나-19로 인해 우수 외국인 유치의 어려움으로 대학원생 수가 급격하게 감소할 수 있었으나, 교육연구단 및 학과의 여러 가지 프로그램 홍보와 우수 대학원생 확보 노력으로 감소 폭을 줄일 수 있었다.

(2) 참여비율

a. 지난 1년간 전체 대학원생 중 교육연구단 참여 비율은 70%이상으로 유지되었다.

b. 참여비율은 2021년 1학기 71.05%에서 80%로 증가하였다. 참여교수 지도에 있는 대학원생의 전체수는 지난 1년간 소폭 감소하고 참여 대학원생 수는 81명에서 84명으로 늘어서 얻어진 결과이다.

c. 22년 2학기 신입생 중 참여교수의 실험실에 석사과정 15명/석·박사 통합과정 5명이 입학예정으로 참여비율은 78%(81명 참여/104명 대학원생)로 22년 1학기 수준으로 유지 예정이다.

3. 교육연구단의 비전 및 목표 달성정도

가. 교육연구단의 비전: 자기주도 협업형 분자소재 교육연구 선도 교육연구단으로 성장

부산대 화학과 BK21 교육연구단은 ‘선도적인 교육과정 혁신을 통해 4차 산업혁명 시대와 미래 에너지/건강 산업에 필요한 자기주도 융합형 및 협업형 분자소재 우수 인력을 양성’ 하면서 ‘선도적인 연구협업 혁신을 통해 인공 효소/촉매 분야의 과학 난제 해결에 기여’ 할 수 있는 교육연구 선도 교육연구단으로 성장하고자 한다. 이를 통해 4단계 BK21 사업이 끝나는 시점에 QS 대학 평가의 화학 분야에서 세계 순위 200위 이내에 진입하고자 한다.

나. 교육연구단의 목표

(1) 교육 목표: (교육과정) 투트랙 교육과정 운영과 학생 주도 교과과정 구성

(인재상) 자기주도 협업형 분자소재 우수 인력

융합 및 협업 교육을 강화하기 위한 투트랙(현장친화형과 난제해결형) 교과과정을 도입하고, 학생 주도적 문제 해결에 필요한 능력을 배양하기 위한 교육과정(정보활용 교육, 심포지엄 개최 등)을 운용한다. 이를 통해 4차 산업혁명 시대와 미래 에너지/건강 산업에 필요한 자기주도 융합형 및 협업형 분자소재 우수 인력을 양성한다.

(2) 연구 목표: 인공 효소/촉매 분야 집중 및 협업을 통한 경쟁력 확보와 산업/지역 사회 연구 기여

본 교육연구단의 연구 전문성을 기반으로 화학의 근원적인 난제인 인공 효소/촉매 분야에 집중적으로

협업 연구를 수행하여 세계적 연구 경쟁력을 확보하고, 산업/지역 사회에서의 관련 연구문제 해결에 기여한다.

(3) 국제화 목표: 학생 주도 발표 및 국제 공동연구와 우수 외국인 연구 인력 활용

한글과 영어를 병용하여 모든 정보 및 교육을 제공하는 시스템을 구축하여 한국 학생의 국제화 능력을 향상하고 우수 국제 연구 인력을 확보 및 활용하는 데 이용한다. 또한, 학생 주도적 발표회 및 국제 공동연구를 추진하여 국제화 능력을 배양한다.

다. 지난 1년간 교육연구단의 목표 대비 실적 현황

■ 교육

본 교육연구단은 투트랙 교육과정, 학생주도 교과과정 구성, 협업형 분자소재 우수인력 양성을 교육목표로 하였으며, 아래 표는 교육연구단의 최종 목표에 대한 지난 1년의 실적을 나타내었다.

주요 항목	목표	실적(21.9~22.8)
자기주도	투트랙 교과과정 운영	· 투트랙 교과과정 소개(22.2.15., 22.8.9.) · 21년 2학기 신입생 9명(트랙1, 현장친화형: 3명; 트랙2, 난제해결형: 6명) · 22년 1학기 신입생 25명(트랙1, 현장친화형: 5명; 트랙2, 난제해결형: 20명)
	온/오프라인 블렌디드 러닝 도입	· 화학정보활용 교육(6개 프로그램, 총 7회) · 융합화학튜토리얼(6개 주제, 외부 전문가 2명 초청)
	학생 자율 비교과 프로그램 참여	· 저명인사초청 세미나 개최(총 57회) · 산업체 설명회(총 1회) · 산업체 현장 방문(12명) · 기기활용프로그램 총 5회 실시(62명 참여) · 4차 산업혁명 세미나/겨울학교 개최(외부 전문가 4명 초청) · 학교 간 심포지엄(부산대-성균관대; 2회)
	학생 및 신진연구인력 주도 교내 세미나 조직 및 개최	· 학생주도 Chemistry Fair개최(1회) · 신진연구인력 주도 Postdoctoral Research Symposium 개최(1회)
융합 및 협업	융합 및 팀티칭 교과목 개설	· 표면및구조분석(21년 2학기 개설) · 화학영어논문작성법(21년 2학기 개설) · NMR실험기법(22년 1학기 개설) · 화학정보활용(22년 1학기 개설)
	융합화학튜토리얼 교과목 개발과 대중화 교육	· 융합화학튜토리얼(21년 2학기 개설) · 초/중/고 대상강연 및 멘토링(17회) · 학부/대학원 대상강연(2회) · 전문튜토리얼(2회)
	타전공 교과목 상호 수강	· 21년 2학기 2명(응용화학공학부, 물리학과 개설) · 22년 1학기 5명(응용화학공학부 개설) · 21년 2학기 16명, 22년 1학기 12명(타학과 학생 화학과 개설과목 수강)
	실습 병행 교과목 개설	NMR 실험기법(22년 1학기 개설)

	4차 산업혁명 겨울학교 개최	온라인 세미나 실시(외부 전문가 4명 초청)
정보활용	화학정보활용 교과목 개설	화학정보활용(22년 1학기 개설)
	데이터 정보 수집 및 장비 활용 동영상 교육 자료 제작 및 활용	장비활용 동영상(18개 주제) 공유 및 활용
	신입생 집중 오리엔테이션	대학원 신입생 오리엔테이션 실시(3회)
	안전/윤리 교육 자료 제작 및 교육	· 연구실 안전교육 및 생물안전교육(2회) · 연구윤리 및 연구관리 수강(2회, 39명) · 부산대 연구실안전관리센터 제작 자료 배포 · 실험실별 안전매뉴얼 동영상 제작 및 배포
	온/오프라인 한/영 병용 교육	· 대학원 개설 교과목 한/영 병용 강의 1년간 80%이상 유지 및 온/오프라인 실시 · 고등물리화학 한글 강의 온라인 제공(22년 1학기) · 강의자료 온라인 제공

(1) 자기주도

- a. 21학년도부터 석사과정에 투트랙 교과과정(현장친화형과 난제해결형)을 운영하였고, 최근 1년 신입생 총 34명 중 현장친화형, 난제해결형에 각각 8명, 26명이 신청하였다.
- b. 부산대 인트라넷(PLATO 플랫폼)을 통하여 온/오프라인 블렌디드 러닝을 적극적으로 도입하여 자기주도적인 교육이 가능하도록 하였다.
- c. 본 교육연구단은 학생 자율 비교과 프로그램으로 저명인사 초청세미나, 산업체/연구소 초청세미나, 졸업생 간담회, 산업체 현장방문, 기기활용 교육프로그램, 여성 취업을 향상 프로그램, 화학정보활용 교육, 학생 및 신진연구인력 주도 세미나, 4차 산업혁명 세미나/겨울학교, 연구로 만날 사이 등 총 11개 프로그램을 개최하여 학생들이 자발적으로 선택하여 참여하도록 유도하였다(II-1.1.1-다 참조).
- d. 학생 주도로 조직하고 개최하는 교내 세미나인 Chemistry Fair를 연 1회 운영하였다(21.10.6. 총 182명 참가; 15명 대학원생 구두발표)(II-1.1.2-다 참조).
- e. 신진연구인력 주도로 조직하고 개최하는 교내 심포지엄을 연 1회 운영하였다[(The 3rd Postdoctoral Research Symposium 개최(21.11.26); 신진연구인력 6명 구두발표)].

(2) 융합 및 협업

- a. 융합 및 팀티칭 교과목 5개(융합화학튜토리얼, 표면및구조분석, 화학영어논문작성법, NMR실험기법, 화학정보활용)를 21년 2학기과 22년 1학기에 개설하였으며, 총 120명 학생이 수강하였다.
- b. 여러 학과 간의 융합 교육이 가능하도록 화학과 과목을 개설하고, 타과 학생이 수강할 수 있도록 하였다. 결과로, 화학과 대학원 과목에 총 7개의 타학과(전공) 대학원생 28명이 화학과 과목 13가지 중 선택하여 수강하였다(II-1.1.3-라 참조). 반대로, 화학과 대학원생 7명은 5개의 타학과 과목을 수강하였다.
- c. 과학기술 분야 문제해결에 필요한 “융합화학튜토리얼” 교과목을 22년 1학기 개설하여 타학과와 산업체 교육으로 확대하였다.
- d. 산업 분야 문제 해결에 필요한 교과목 “고분자소재화학”을 21년 2학기에 개설하였다.

e. 22년 1학기에는 실습의 병행이 필요한 과목인 NMR실험기법을 개설하였으며, 총 23명(석사 22, 박사 1)의 학생이 수강하여, NMR 기기 활용과 결과 분석에 실질적인 도움이 될 수 있도록 하였다.

f. 교육연구단에서 제시한 ‘사회 문제 해결 필요 교과목’인 고등생물화학과 전기화학 과목을 21년 2학기과 22년 1학기에 개설하였다.

(3) 정보활용

a. 화학관련 연구에 필수적인 방대한 정보 검색 및 활용 능력을 배양하는 화학정보활용 교과목을 22년 1학기에 개설(이상학 교수)하였으며, 총 40명(석사: 31, 박사 2, 석·박사통합 3, 기타 4명)이 수강하였다.

b. 18개 주제에 대한 화학 데이터 정보 수집 및 장비 활용에 도움이 되는 동영상 교육 자료를 40명의 학생이 주도하여 제작하였다.

c. 대학원생 소양 교육인 신입생 집중 오리엔테이션을 개최하였다(22년 2월, 8월 총 2회 실시; 2월 15일은 코로나-19 4단계로 인하여 온라인 자료로 교육하고, 수강 신청은 개별 대면으로 진행함).

d. 연구실안전관리센터 주최 연구실안전교육 및 생물안전교육(온라인)이 지난 1년간 학기별로 총 2회 실시되었으며, 교육연구단 대학원생 및 신진연구인력이 참여하였다. 안전/윤리 교육자료는 부산대학교 연구실안전관리센터에서 제작한 정보(https://labs-safety.pusan.ac.kr/fro_end/)를 학생들에게 전달하였다. 실험실별 안전 매뉴얼을 대학원생 및 신진연구인력 주도로 제작하였고, 부산대 인트라넷(PLATO 플랫폼)에 공개하였다.

e. “연구윤리 및 연구관리”를 ‘논문 연구 이수예정자’의 필수 이수 과목으로 지정하여 교육연구단 대학원생 총 41명(21.2학기: 12명, 22.1학기: 27명)이 수강하였다. 연구윤리 가이드북을 배포하였으며, 교육연구단 학생들은 온/오프라인 연구윤리 강좌에 수강하였다.

f. 온/오프라인 한/영 병용 교육을 위해 대학원 개설과목에서 외국인이 수강한 경우는 한/영으로 온/오프라인 강의를 진행하였다. 한글 강의 동영상을 온라인으로 제공하여 영어 강의로 인한 한국인 대학원생의 낙오를 방지하고 학생 주도적으로 학습량을 조절할 수 있게 하였다. 강의자료는 온라인으로 사전 제공하여 학생들의 이해를 도왔다.

■ 연구

주요 항목	목표	실적(21.9~22.8)
자기주도	학생주도 대학간 공동 심포지엄 개최	성균관대와의 공동 심포지엄 개최(총 2회)
	박사과정 구두발표 졸업 요건화	학과 회의를 통한 졸업 요건화 학과 규정 명시
	학생주도 네트워킹	대학원 동아리(Chem-Hub)를 통한 상호 연구 논의 (참여 10명)
	학생 마일리지/인센티브 제도	프로그램 참여 학생에게 마일리지 부여 및 논문 출간 인센티브 지급
융합 및 협업	인공 효소/촉매 분야의 협업연구	참여교수간 협업연구 논문 8편 발표
	연구실 간 공동 세미나	기초연구실 기반 공동 세미나 연 12회
	타대 공동 세미나 및 공동연구 활성화	· 부산대 화학과-성균관대 공동 심포지엄 (1년 2회 개최) · 타대학과의 공동연구 세미나 및 연구 실적(논문

		54건)
	협업연구 논문 인센티브	공동연구 장려에 대한 논문 인센티브 지급 기준 제시 및 지급
	학생/신진연구인력 협업 활성화	학생/신진연구인력 공동연구 논문 출간(총 7건)
	공동 지도교수제 도입	박사과정(21년 2학기: 24명, 22년 1학기: 30명)에 대한 공동 지도교수 면담의 날 개최(2회)
	산업/지역 사회와의 관련 분야 연구 지원 및 협력	· 기술이전(2건) · 기업대상 연구발표 및 기술자문(총 12회) · 기업 과제 수주(5건) · 기업과의 공동논문 발표(3건)
정보활용	연구비/장학금 신청 정보 및 선정 사례 공유	대학원생 지원 가능한 교내외 장학금 정보 선정사례 발표(21년 10월)
	공동 및 개별 연구 장비/시설의 정보 공개 및 공동 활용	실험실별 주요 연구 장비/시설을 소개하는 동영상 제작 및 인트라넷 공지
	교수 마일리지/인센티브 제도	교육연구단 규정에 따른 마일리지/인센티브 제공

(1) 자기주도

- 계획한 학생 주도 대학간 공동심포지엄으로 부산대-성균관대학 화학과 간의 SKKU-PNU BK21 Four Joint Symposium을 지난 1년간 총 2차례 개최하였다. 개최된 심포지엄은 무기화학과 분석 및 생화학 분야에 해당하였으며, 총 16명(부산대 8명, 성균관대 8명)이 구두 발표하였다(II-1.1.2-마 참조).
- 박사과정 구두발표 졸업 요건화를 위해 2020년 12월 10일 학과 대학원 규정을 개정하였다. 신규 개정안의 제2조 “박사학위에 대한 규정”의 5(청구자격) (2)항에 박사학위과정 학생들이 학위청구 논문심사를 요구할 때는 “국제/전국규모학술대회에서 구두로 발표하거나, 교내 학술대회에서 영어로 구두발표해야 한다.”를 필수항목으로 명시하였다.
- 학생주도 네트워킹을 위해 학생들이 자발적으로 동아리인 “Chem-Hub”를 결성하였고, 총 10명의 다른 세부전공 분야 대학원생들이 연구, 진로 등에 대한 논의를 하였다. 추가 동아리 학생 모집을 위해 신입생 오리엔테이션 행사와 학과 소식지를 통해 홍보하였다.
- 학생 마일리지/인센티브 제도: 교육연구단의 다양한 프로그램에 적극 참여를 독려하고 우수성과를 발표한 학생들에게 교육연구단 자체운영 기준에 따라 마일리지를 제공하여 인센티브를 지급하였고, 논문출간에 대한 인센티브도 지급하였다(II-2.2-사 참조).

(2) 융합 및 협업

- 교육연구단의 참여교수 및 학과 교수들은 지난 1년간 인공 효소/촉매 분야 기반 상호 공동연구 주제를 탐색하기 위해 공동 세미나 또는 연구 결과 공유를 통해서 다양한 협업 연구를 진행하였고, 우수 공동연구 성과를 발표하였다(논문 8편).
- 교육연구단 참여교수 중 기초연구실 과제를 기반으로 교육연구단의 실험실 간 공동세미나를 연 12회 개최하였다.
- 교육연구단은 과학기술 연구 경쟁력을 확보하기 위해 학교 간 공동연구를 진행하여 다수의 성과를 발표하였다(III-1.2 참조).
- 교육연구단 내 협업연구를 통해 출간된 논문에 대해 불이익이 없도록 대학원생과 신진연구인력에게

지급하는 인센티브 지급 기준을 마련하였다(교육연구단 자체운영 세부지침: 별표 5, 6). 이를 토대로 논문 인센티브를 지급하였다(II-2.2-사 참조).

e. 교육연구단 내 학생/신진연구인력 간의 협력 연구를 통하여 지난 1년간 총 7편의 공동연구 논문을 발표하였다.

f. 해외 우수학교의 벤치마킹을 토대로 학생들이 향후 자신의 진로를 탐색하며, 연구 과정에 도움을 줄 수 있도록 공동지도교수제 신규 프로그램으로 구성하였고, 학생 각자가 원하는 교수를 공동 지도교수로 선정하여 공식적으로 매 학기 1회 상담의 날을 마련하여 면담을 진행하였다(21년 2학기 총 24명, 22년 1학기 총 30명 대학원생 면담의 날 시행; II-1.1.1.가-(2) 참조).

g. 산업/지역 사회와의 관련 분야 연구 지원 및 협력을 위해 기술이전(2건), 기업과의 기술자문 및 연구 발표(3건), MOU 체결(1건, 경보제약), 기업 과제 수주(5건) 및 기업과의 공동 논문발표(3건)를 달성하였다.

(3) 정보활용

a. 학생들이 지원할 수 있는 연구비/장학금 신청정보를 정리하여, 21년 8월부터 개편 작업이 시작되는 홈페이지에 공개하였다. 기존 외부지원 장학금 수혜자의 선정사례 발표(21년 10월)를 개최하여 대학원생들이 눈높이에 맞는 장학금 지원 방법 및 정보를 상호 공유할 수 있도록 기회를 제공하였다. 결과로 1명의 박사과정 학생이 교육부 주관 2022 이공분야 학문후속세대지원사업에 추가 수혜자로 선정되었다. 교내 장학정보의 경우 해당 사업이 오픈되는 경우 전체 학생들에게 메일을 통하여 공지하였고, 정확하고 빠른 정보 공유를 통해 교내 PNU Fellowship에 석·박사통합과정 3명이 선정되었다.

b. 공동연구 활성화를 위해 학과 내 공동 장비 및 개별 실험실 연구 장비/시설의 정보를 공개하고 사용 방법에 대한 동영상상을 제작하였으며, 인트라넷으로 자료를 공개하였다.

c. 교육연구단의 참여교수들의 적극적인 참여를 독려하고, 우수한 실적을 배출하도록 동기 부여를 위해 교육연구단 자체규정에 근거하여 마일리지를 제공하였고, 이를 인센티브, 학생 지원금, 신진인력지원 선정에 반영하였다.

■ 국제화

주요 항목	목표	실적(21.9~22.8)
자기주도	제안서 평가 후 해외 단기 파견 지원	해당사항 없음
	학생 및 신진연구인력 주도 우수 외국인 및 학생 유치 홍보 동영상/자료제작	화학과 및 Lab 소개 홍보동영상 공개
융합 및 협업	국제 공동연구를 위한 기반 마련	- 국제 연구를 통한 논문 8건 발표 - 학생 국제학술대회 발표(구두: 9편, 포스터: 8편) - 연사초청 세미나(8회) - 소규모 국제학술대회 개최(온라인 2회)
	한국 학생과 외국인 연구자의 연구 협업 활성화	교육연구단 내 학생/외국인 신진인력과의 공동연구 논문(총 6건)
정보활용	홈페이지에 한/영 병용 정보 제공	한/영 병용 홈페이지 개편
	화학영어논문작성법 교과목 개설	21년 2학기 개설; 국제 공동 강의
	교수 마일리지/인센티브 제도	교육연구단 규정 마련

(1) 자기주도

- a. 제안서 평가 후 해외 단기 파견 지원을 계획하였으나, 코로나-19 상황으로 인해 해외 파견이 어려워 계획대로 진행하지 못하였다.
- b. 학생 및 우수 신진인력을 유치하기 위한 홍보를 위해 학생들이 주도하여 실험실별 동영상 제작하여 홍보에 이용하였으며, 부산대 인트라넷(PLATO 플랫폼)에 공개하였다.

(2) 융합 및 협업

- a. 교육연구단은 국제 공동연구 기반 마련을 크게 4가지 항목의 계획을 추진하였다.
- 국제 공동연구를 통해 논문을 출간하고자 하였으며, 미국/일본/중국/대만/인도/헝가리/카타르 7개국과의 교류를 통해 총 8건의 논문을 발표하였다.
 - 학생 및 신진인력이 국제학술 대회 발표(구두: 9건, 포스터: 6건)하고 자신의 결과에 대한 다른 연구자들과 논의를 하는 기회를 제공하였다.
 - 8명의 해외 유명 학자를 초빙하여 세미나를 개최하고 상호 교류하였다. 아래에 해당 학자와 세미나 날짜를 열거하였다.
- Prof. Michael Manhart(ETH Zurich, 스위스)(2021년 11월 11일)
 - Prof. Prof. Pieremanuele Canepa(National University of Singapore, 싱가포르)(2021년 11월 25일)
 - 한상돈 박사(NREL, National Renewable Energy Laboratory, 미국)(2021년 11월 29일)
 - 김영석 박사(Massachusetts Institute of Technology, 미국)(2021년 12월 1일)
 - Prof. Yong-ShengHu(Chinese Academy of Sciences, 중국)(2021년 12월 2일)
 - Prof. Malachi Noked(Bar Ilan University, 이스라엘)(2022년 5월 19일)
 - 유진 박사(Argonne National Laboratory, 미국)(2022년 5월 23일)
 - 이영주 박사(UF Scripps Biomedical Research, 미국)(2022년 5월 24일)
- 5인의 국제 저명인사들이 실시간으로 참여한 소규모 온라인 국제학술대회(Frontiers in Biological Chemistry BK-BRL International Symposium)를 1회 개최하였고(2022년 2월 16일), 3인의 국제 저명인사들이 참여한 온라인 국제학술대회(PNU BK4/BRL International Symposium on Polymer Chemistry)를 1회 개최하였다(2022년 3월 4일).
- b. 교육연구단 내 한국 학생과 외국인 신진인력 연구자의 협업을 통해 얻은 결과를 공동연구 논문으로 1년간 총 6편을 발표하였다.

(3) 정보활용

- a. 교육연구단의 교육과정 및 다양한 프로그램을 내국인/외국인 학생 및 신진연구인력이 쉽게 접근하여 정보를 확인할 수 있도록 학과 홈페이지를 한/영 병용 정보를 제공하도록 2021년 9월에 개편하였다.
- b. 본부 차원의 영어 작성법 프로그램이 전반적인 내용을 다루지만, 세부 전공 맞춤형 영어 논문 작성에 큰 도움을 제공하기 어려움을 반영하여, 참여교수인 최정모 교수와 오레곤주립대학의 Paul Ha-yeon Cheong 교수가 강의하는 “화학영어논문작성법” 과목을 개설해 21년 2학기에 운영하였고, 총 10명 학생이 수강하였다.

(4) 저명대학 벤치마킹 대상과의 프로그램 비교 및 실적 분석

교육연구단은 2020년 U.S. News & World Report의 미국 화학과 대학원 순위에서 상위 20위 안에 포함된 대학과 2020년 QS 세계 대학 화학과 순위에서 상위 30위 안에 포함된 대학에서 운영 중인 교육, 연

구, 국제화/대중화 프로그램을 상세히 분석하여 우수 프로그램을 벤치마킹하여 교육연구단 프로그램 개발 계획에 활용하였고, 지난 1년간 프로그램을 운영해왔다. 교육연구단이 계획하고 운영한 프로그램에 대한 1년간의 실적을 교육, 연구, 국제화/대중화로 구분하여 아래에 나타내었다.

a. 교육

구분	교육연구단		벤치마킹	
	계획 프로그램	실적	대학명	프로그램 내용
교 육 과 정	분자 소재 연관 타학과 수업 수강 시 인증서 수여	· 21년 1학기 부터 투트랙 교 육과정에 따른 비교과 졸업요 건으로 시행. · 타과 과목 수 강: 7명	Caltech; UCLA; UIUC	· 타전공/타 분과 과목 수강 장려 · 최소한의 학점 기준 제시, 타학과에서 옵션 채울 수 있도록 함 · 컴퓨터공학과 수강 인증서 제공
	컴퓨터화학반응메커니즘 개설	22년 2학기 개 설	UC Berkely	특별학위제 “Master f Molecular Science and Software Engineering” 기반 과목
	투트랙교육과정	· 21년 2학기: 9 명(트랙1: 3명, 트랙2: 6명) · 22년 1학기: 25명(트랙1: 5명, 트랙2: 20명)	EPFL	두 가지 석사과정 운영; 공동 교과/선택교 과/프로젝트 교과로 분리
	학생주도 교육과정 설계	산업체 방문	Oxford	다양한 역량을 키울 수 있고 선택할수 있 는 훈련기회 제공
	공동지도교수	박사과정 30명 공 동 지 도 교 수 선정 및 면담의 날 개최(2회)	Harvard; Stanford	The G4 advisory meeting
교 과 목	화학정보활용 과목 개설	22년 1학기 개 설	Texas Austin; UPenn	· Professional Development for Graduate students in Chemistry · Chemical Information(필수과목)
	화학영어논문작성법 교과목 개설	21년 2학기 개 설	Columbia; Yale	· 학교 내 논문 작성 프로그램 개설 · Graduate Writing Center
	첨단기기활용 및 제어 개설	22년 2학기 개 설	Yale	Materials Chemistry Laboratory
비 교 과	안전/윤리 교육자료 제작 및 공유	· 대학원 오리 엔테이션: 화합 물 취급 방법 교육자료 제공 및 홈페이지 공 유(2회) · 교내외 온/오프라인연구윤리 프로그램 시행 · 연구윤리 가	UNC	Introduction to Laboratory Safety(필수과 목)

		이드북 배포 · 연구윤리 및 연구관리/생명윤리 필수 수강		
	인권/윤리 교육 강화	· 외국인생 대학원 대상 간담회 연 1회 실시 · 학교 제작 인권/윤리 교육 자료 배포 · 인권/윤리 교육 온라인 프로그램 참여	Scripps	인종, 국적, 성별의 다양성에 대한 존중과 관용의 환경

b. 연구

구분	교육연구단		벤치마킹	
	계획 프로그램	실적	대학명	프로그램 내용
연구	중심연구 주제 아래 공동연구 강화	· 학과 홈페이지 개편(21년 9월) · 교수간 공동 연구 논문 발표 (8건)	Caltech; ETH Zurich	에너지, 환경, 분자 신약, 나노 소재 연구에 집중 연구실을 세부연구분야별로 구분
	연구로 만날 사이	연 2회 개최	UCLA	상호 연구를 위한 연구주제별/ 교수별 핵심 연구 내용 소개
	홈페이지 강화-세부 연구 분야 제공	홈페이지 개편 (21년 9월)	Michigan Ann Arbor	각 교수별/주제별 연구내용 소개
	연구실 간 공동 세미나	기초 연구실간의 공동 세미나 개최(연 12회)	Cambridge	각 연구실을 Research Interest Group으로 묶어서 협업
정보 공개	홈페이지 강화	학과 홈페이지 개편(21년 9월)	Scripps; Princeton; Texas Austin; UPenn	· 박사후 연구원 대상 다양한 정보 제공 · 졸업생 진학/취업 정보 제공 · 학과 공용 장비 소개 · 대학원생 포상 및 장학금 수여시기별 외부 장학금 안내
학생 주도 교류	교내외 학생주도 세미나 및 포스닥 리서치 심포지엄 개최	각 1회, 총 2회 개최	Columbia; NUS	· 다양한 학생 주도 주제별 세미나 · Chemistry Graduate Poster Symposium
	전문연구인력/창업자와 학생 간담회	1년간 총 4회	Stanford; Chicago	· Leadership Dinners · Carrier Development 세미나 개최
	학생주도 진로탐색	· 산업체/연구소 현장방문(12명)	해당사항 없음	해당사항 없음
학생 확보	진학 전후 랩로테이션 (랩인턴/연구도우미)	예비 대학원생 대상 랩인턴제 실시(총 64명)	EPL; UPenn	랩로테이션 필수
	대학원 진학동아리	Chem-Hub 정기	Oxford	Graduate Society Catalyst: 대학원 모임

		회의 운영		
	PNU Visiting day:대학생/학부모 대상 학과 및 연구 설명회	코로나-19로 인해 뉴스레터(2회)송부로 대체	Yale	VSR (타대생 학부생 실험 연구)

c. 국제화/대중화

구분	교육연구단		벤치마킹	
	프로그램	실적	대학명	프로그램 내용
국 제 화	국제공동연구 파견	해당사항 없음	HKUST	International Student Exchange Program
	한/영 병용 정보제공(홈페이지 강화)	홈페이지 개편 (21년 9월)	Northwestern; Scripps	포스닥 및 방문연구자를 위한 정보 홈페이지 제공
대 중 화	융합화학튜토리얼 강의 개설	21년 1학기 개설(22년 1학기 29명 수강)	Harvard; Stanford	The Technological World 교양 수업
	학과 정기 소식지 발행	1년 2회 발행	UIUC	E-Newsletter 제공
	중고등학생 화학경진대회 지원	미래화학자 연구발표회 지도 및 심사	Chicago	대학원생이 주도하는 대중화 프로그램

(5) 교육연구단의 비전 및 목표 달성과정에서의 애로사항

전반적으로 코로나-19로 인해 지난 1년간 교육연구단은 기존 대면을 계획하였던 여러 가지 프로그램을 온라인 위주의 프로그램을 기반으로 전환하여 다수의 인원이 다양한 정보를 습득할 수 있도록 기회를 마련하였다. 추가로 항목별 교육연구단 프로그램을 운영에서의 애로사항을 아래에 기술하였으며, 향후 해결 방안도 간단히 제시하였다.

a. 교육

- 석사 트랙 과정을 교육연구단에서 운영하고 있지만, 코로나-19로 인하여 석사 트랙1을 이수하는 학생들을 위한 산업체 현장 방문 및 인턴 참여가 계획 대비 부족함이 있었고, 코로나-19 종식과 함께 활발한 교류를 계획 중이다.

- 교육연구단에서 개설한 정규교과목의 외부 산업체 참여는 코로나-19 상황으로 어려움이 있었다. 코로나-19 종식과 함께 기업/산업체 전문인력들에 개방하고자 한다.

- 부산대학교 안전연구센터에서 자체 제작한 안전/윤리 교육자료가 한글로만 이루어져 외국인 학생이 정확한 정보를 수집하는 데 어려움이 있었다. 실험실별 안전 매뉴얼을 대학원생 및 신진연구인력 주도로 제작하였지만 영문 자료 제작이 미흡한 동영상도 있어서 순차적으로 영문 자료 수정을 계획 중이다.

b. 연구

- 학생주도 대학 간 공동심포지엄을 온라인으로 진행하여 네트워킹을 진행하였으나, 대면 심포지엄과 비교해서 참여도가 상대적으로 낮은 문제점으로 드러났다. 22년 1학기 작은 규모의 대면 공동심포지엄을 진행했을 때 연구 교류가 더욱 활발하게 진행됨을 확인할 수 있었다. 이에 대학 간 공동심포지엄을 대면으로 진행하여 활발한 연구 교류를 진행할 예정이다.

- 참여 대학원생의 국제학술대회 발표 실적 감소는 코로나-19로 인해 학술대회가 참석이 어려워서 일어난 현상으로 파악된다.

c. 국제화/대중화

- 대학원생 주도 해외 방문 연구를 지원하지 못하였다. 코로나-19로 인해 해외파견 연구, 국제 학술대회 오프라인 참석이 제한되어 학술 활동에 어려움이 있었다.
- 대학원생 주도 해외 방문 연구 지원 미실시로 인해 계획하였던 우수인력 교류 및 공동실험실 활용 목표를 달성하지 못하였다. 향후 교육연구단은 여러 가지 방식으로 프로그램을 확대 예정이다.
- 기업/산업체 전문인력들에 대한 교육 및 교류가 제한되었는데 온/오프라인 프로그램을 병용하는 계획을 진행하려고 한다.

□ 교육역량 대표 우수성과

본 교육연구단은 교육, 연구, 국제화 목표를 달성하기 위해 자기주도, 융합 및 협업, 정보 활용의 3가지 방향으로 나누어서 달성 방안을 계획하여 지난 1년 동안 성실히 수행해왔으며, 아래에 대표적인 우수 성과에 대하여 열거하였다.

가. 교과과정 개편 및 운영

(1) 자기주도 강화 교과과정

a. 현장친화형/난제해결형 인력 양성프로그램 개설 운영

교육연구단은 교육 목표 중 하나인 자기주도 인력 양성을 위해 투트랙 교과과정을 21년 1학기부터 신설/운영하였다. 이 프로그램은 기존 단일 교과과정으로 운영되어 학생들에게 지식전달에 초점을 맞추었던 방식에서와 비교하여 학생들이 주도적으로 자신의 진로 목표에 맞는 학위 교과과정을 선정하도록 하는 맞춤형 프로그램이다. 이 프로그램은 해외 저명 대학의 벤치마킹을 토대로 교육연구단에 맞는 세부 프로그램으로 맞춤화하여 진행하였다. 본 프로그램은 대학원과정을 현장친화형(석사 트랙1)과 난제해결형(석사 트랙2, 박사과정)으로 편성되어 있으며, 최근 1년간 총 42명의 대학원생 중 석사과정 학생 8명은 현장친화형, 34명 학생은 난제해결형(석사 26명, 박사 8명)을 선택하여 운영 중이다.

b. 교과과정 개편 및 운영

-선정평가 당시에 목표로 했던 교과과목 개편[신설(융합8과목, 전공심화 1과목), 변경(5과목), 폐지(1과목), 통합(1과목)]을 달성하고, 이를 운영하고 있다.

-인권/안전/연구윤리교육으로 온/오프라인 교육 및 자료를 작성하여 홈페이지에 개방하였다. 신입생 집중 오리엔테이션을 통하여 교육하고, 연구윤리 및 연구관리/생명윤리 과목을 졸업 필수 수강과목으로 지정하였다.

-교육연구단은 현장친화형/난제해결형 인력 프로그램의 교육 이외의 세부 학생 자율 비교과 프로그램을 운영하였다. 지난 1년 동안 현장친화형 프로그램에 등록한 학생들의 선택 비교과에 해당하는 산업체 현장 방문, 산업체/연구소 초청세미나, 타학과 교과목 이수를 실적으로 얻었다. 현장친화형/난제해결형 공통 선택 비교과로 4차 산업혁명 세미나/겨울학교를 개최하여 연구의 현재와 미래를 파악할 수 있는 계기를 마련하였다.

(2) 융합 및 협업 강화 교과과정 및 프로그램

교육연구단은 사회적 요구가 큰 융합/협업 및 사회문제 해결 인재 양성 교육을 강화하기 위해 특정 교과목을 융합능력 향상 및 팀티칭 교과목으로 지정하였으며, 개설 및 운영 중이다.

a. 융합교과목: 최근 1년간 표면및구조분석(2021년 2학기), 화학정보활용(22년 1학기), NMR실험기법(22년 1학기), 융합화학튜토리얼(22년 1학기), 화학영어논문작성법(2021년 2학기)을 운영하였다. 바이오소재화학(21년 1학기)은 1차년도에 운영하였으며, 질량분석및응용과 컴퓨터화학반응메커니즘은 2022학년 2학기에 운영하고 있다.

b. 팀티칭 교과목: 최근 1년간 운영한 팀티칭 교과목은 융합화학튜토리얼, 화학정보활용, 화학영어논문작성법, 표면및구조분석이다.

c. 여러 학과 간의 융합 교육이 가능하도록 화학과 과목을 타과에도 오픈하였으며, 화학과 대학원 과목에 총 7개의 타학과(전공) 대학원생 28명이 화학과 과목 13가지 중 선택하여 수강하였다(II-1.1.3-

라 참조).

(3) 정보활용강화 프로그램

- a. 정보활용교과목으로 화학정보활용 교과목을 22년 1학기에 개설하였으며, 이 교과목에서는 방대한 화학정보탐색 및 응용법에 대한 강의를 진행하였다.
- b. 학생주도로 제작한 첨단기기 사용법(18건)에 관한 영상정보를 홈페이지에 상시 개방하여, 다양한 실험기기를 활용하는 대학원생들의 연구 수행에 도움이 될 수 있도록 하였다.

나. 학생연구 교육

신규 발굴한 학생연구 교육 프로그램을 바탕으로 지난 1년간 참여대학원생들은 우수한 논문 실적(II-3 참조)과 학술대회 실적을 발표하였다. 이러한 우수 실적을 달성하기 위해 교육연구단이 진행한 프로그램을 아래와 같이 열거하였다.

(1) 학생주도연구 프로그램

지난 1년동안 학생이 주도하여 연구발표 및 교류를 강화할 수 있는 교내외 심포지엄 프로그램을 운영하였다. 성균관대학교와 부산대학교 학생 중심 심포지엄을 2회(무기화학, 생/분석화학), Chemistry Fair 1회 개최하여 운영하여 학생들의 발표력 향상을 도모하였다. 이와는 별도로 학술대회구두발표를 지원하여 구두 13건, 포스터 72건을 발표하였으며 우수상을 4회 수상하였다.

(2) 융합/협업 강화 프로그램

교수들의 연구 분야를 학생 눈높이에 맞게 전달하고, 교육연구단 내 실험실간의 협업연구를 강화하는 프로그램으로 연구로 만날 사이를 연 2회 개최하였다. 정규 교과목의 이론이 특정 연구 분야에 어떻게 적용되는지를 전달하여, 각 연구 분야에 대한 이해도를 높이고, 기존에 부족했던 교수-학생간의 소통기회를 마련하였다. 또한, 공동지도교수 제도를 유지하였으며, 교내 연구실간 공동 세미나를 활성화 하였다.

(3) 정보활용 프로그램

학생들의 커리어 연구과정을 도모하기 위해 학생들이 주도적으로 연구 아이디어를 구상하고 설계할 수 있도록 교내외 연구비/장학금 및 교내 장비 정보를 제공하였다. 결과로 교내외 프로그램으로 총 4명이 지난 1년간 장학 수혜를 받았다.

다. 국제화 교육

전반적인 코로나-19 상황에 따라 국제화 부분 교육에 대한 한계점이 있었으나, 교육연구단은 선정 당시 목표 달성을 위해 대안 프로그램들을 마련하여 운영하였다.

(1) 학생주도 자료 제작 개방

한국인/외국인 학생들이 주도하여 제작한 연구실 홍보(16건) 및 장비 사용에 대한 동영상 자료(18건)를 학과 홈페이지에 상시 개방하였다.

(2) 국제 공동연구 및 교류 프로그램 개최

코로나-19 상황으로 인해 계획하였던 한국 학생의 직접적인 방문교류를 수행하지는 못하였으나, 대안으로 교육연구단은 비대면 및 대면 방식으로 해외 우수기관의 해외 저명학자를 대상으로 세미나를 개최하였다. 최근 1년간 14명을 초청하였으며, 그 과정에서 대학원생의 전공 연구 분야에 대한 최신 동향을 파악하고 수행 중인 연구에 대한 이해도를 높여 새로운 연구 아이디어를 도출할 수 있도록 하였다(II-6.1-나 참조).

(3) 화학영어논문작성법 운영

화학영어논문작성법을 정규교과목으로 편성하여 2021학년도 2학기에 운영하였다. 매 수업 시간 중에 글쓰기 연습 시간을 할애하여 교수자 및 동료들의 피드백을 받게 하였고, 네 번의 글쓰기 과제를 통해 보다 세부적인 피드백을 제공하였다. 본 교과목은 미국 Oregon State University 화학과 Paul H. Cheong 교수와 함께 팀티칭으로 운영되었다.

1. 교육과정 구성 및 운영

1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

1.1.1 교육연구단 교육과정 구성 현황 및 실적

<주요 계획 대비 최근 1년간 실적 및 장단점 분석>

	계획	실적	보완점
교육과정	학생주도 교과과정 개편	투트랙 교과과정(현장친화형/난제해결형)	인증서 발급 체계화
	맞춤형 교과목 개발	융합 8과목, 전공심화 1과목 개발 및 운영	현행 유지/운영확대
	박사과정 역량 강화	공동지도교수제(30명), 학회 구두발표(11건)	현행 유지
분석	장점: 단일트랙 교육과정에서 탈피한 수요자 중심의 투트랙 교과과정, 팀티칭을 통한 융합교과목 운영 단점: 융합교과목의 지속적 운영을 위한 계획 수립		
학사관리	우수 대학원생 선발	학생 선발(석사:38명; 박사 3명)	현행 유지
	학위 체계 강화	공동지도교수 면담(54건), 학위심사 분야간 연계(11건)	현행 유지
	비교과 프로그램 다변화	오리엔테이션(2회), 4차 산업혁명 겨울학교(1회), 저명인사 세미나(55명), 졸업생 초청 간담회(2회), 기기활용 동영상 18건 개방	현행 유지
분석	장점: 입학전형 다변화를 통한 우수학생 선발, 비교과 프로그램의 안정적인 운영 단점: 투트랙 교과과정 인증의 체계화		
국제화	영어논문작성법 체계화	화학영어논문작성법 편성 및 운영	지속적인 운영
	학술대회 참여	국제학술대회발표(17회), 학생주도 세미나 개최(3회)	학술활동 활성화
	영문화/개방/국제교류	영어학위논문작성 의무화, 홈페이지 영문화	홈페이지 보완, 국제교류 강화
안전윤리	교육자료 제작 및 개발	실험실 안전 매뉴얼 제작(14건) 및 개방	현행 유지
	정규 안전 교육	안전 교육 및 윤리 실무 교육	현행 유지

가. 교육연구단 교육 과정 구성

항목	석사 트랙1(현장친화형)	석사 트랙2(난제해결형)	박사(난제해결형)
공통	신입생 집중 오리엔테이션, 인권/안전/연구윤리 교육, 화학정보활용(3학점)		
트랙 교과	세미나(I), (II) 고등과목 1과목 논문연구 2과목	세미나(I), (II) 고등과목 2과목 논문연구 2과목	과학의사소통(I), (II) 고등과목 1개 추가 논문연구 3과목 화학영어논문작성법
트랙 고유	융합 교과목 중 2개 타과 교과목 1개(인증서)	융합화학튜토리얼, 학술대회 구두/포스터 발표	공동지도교수제, 학술대회 구두 발표
비교과	아래 활동 중 2개 이상 이수 - 산업체 현장 방문/인턴 - 산업체 세미나 참석 - 기기 활용 프로그램 참석 - 4차 산업혁명 세미나/겨울 학교	아래 활동 중 매년 5회 이상 참석 - 저명인사 초청 세미나 - 교수 연구 발표회 - 학생 주도 발표회 - 신진연구인력 심포지엄 - 학과/학교 간 심포지엄 - 4차 산업혁명 세미나/겨울 학교	

(1) 교육 목표

본 교육연구단은 ‘투트랙 교육과정 도입과 학생 주도 교과과정 구성’ 과 ‘자기주도 협업형 분자소재 우수

인력 양성'이라는 교육 목표를 달성하기 위해 다음의 세 가지 방향(자기주도, 융합 및 협업, 정보 활용)으로 교육과정을 개편하여 운영하고 있다. 특히 매달 첫 번째 주 월요일에 정기적으로 사업단 소속 전체 교수가 모이는 회의를 개최하여(총 11회) 교과/비교과 프로그램 전반에 대해 토의하고 문제점은 즉각적으로 수정하고 있다.

목표	주요 내용
자기주도	▶ 학생의 진로에 맞게 선택하는 투트랙 교육과정(현장친화형/난제해결형) ▶ 학생 및 신진연구인력 주도로 학교 간 공동 심포지엄과 학과 내 세미나 개최
융합 및 협업	▶ 융합 및 팀티칭 교과목의 전반적 개편을 통한 융합 교과목 개발 ▶ 타 대학원(응용화학공학부 및 나노에너지공학과)과의 연계를 통한 강의 인증서 발급
정보 활용	▶ 방대한 화학 정보를 활용할 수 있는 교과목 개발 ▶ 학과 홈페이지 개선을 통한 교육 자료와 학과 정보 개방 및 온/오프라인 교육

(2) 학생 진로에 따른 자율 선택형 투트랙 교육과정 구성

- a. 교육과정을 현장친화형(석사 트랙1)과 난제해결형(석사 트랙2, 박사)의 투트랙으로 운영하고 있다.
- b. 학생 스스로가 본인의 진로와 목표에 맞게 학위 프로그램을 설정할 수 있도록 투트랙 교육과정을 운영하고 있다. 석사 입학생은 입학 후 1주일 내에 트랙1/트랙2 중 하나를 선택하고, 트랙 변경은 입학 후 첫 학기의 기말고사 종료되기 전까지 가능하다. 최근 1년간 석사 입학생의 트랙 선택 현황은 아래와 같다.

입학시기	석사 트랙 1(현장친화형)	석사 트랙 2(난제해결형)
2021학년도 2학기	3	6
2022학년도 1학기	5	20

- c. 석사 트랙1(현장친화형)을 선택한 대학원생은 융합 교과목을 수강하고, 타과 과목 1개 이상에 대해 일정 성적 이상을 취득할 경우 인증서를 발급받는다. 또한, 지역/산업체의 수요에 맞는 비교과 항목을 자율적으로 수행할 수 있도록 다양한 프로그램을 제공하고 학생이 직접 선택하고 이수할 수 있도록 한다(산업체 현장 방문, 산업체 인턴, 산업체 관련 세미나 참석, 기기 활용 외부 교육 이수, 4차 산업혁명 세미나 참석, 4차 산업혁명 겨울 학교 참석 중 2개 이상).
- d. 석사 트랙2(난제해결형)는 심화 연구 과정을 통해 향후 진로를 선택하고자 하는 학생이 지원하게 한다. 융합 및 협업 연구에 도움이 되도록 융합화학튜토리얼 교과목을 이수해야 하고, 본인의 연구결과를 구두나 포스터로 발표해야 한다.
- e. 박사과정 대학원생은 화학영어논문작성법 교과목을 이수하여 자기주도적인 논문 작성 경험을 쌓는다. 이를 위해 학과 교수/신진연구인력/국내·외 우수 교수를 초청하고자 한다. 또한, 공동지도교수를 선정해 정기적으로 면담하고 학술대회에서 구두 발표를 반드시 하도록 한다. 최근 1년간(2021.9.1.~2022.8.31.) 박사과정 학생의 공동지도교수 선정 및 면담 사례는 다음과 같다.

(2021학년도 2학기 공동지도 교수 상담 현황; 일시: 2021년 10월 29일)

연번	박사과정 학생	지도교수	공동 지도교수	연번	박사과정 학생	지도교수	공동 지도교수
1	장진혁	주정민	고민섭	13	박준용	남기민	양해식
2	김성혜	김석만	김광선	14	정재훈	홍대화	양해식
3	권정욱	양해식	김광선	15	마아현	남기민	유현덕
4	차오 레이	박진균	남기민	16	이소희	김광선	이상학
5	김지현	양해식	남기민	17	강민채	이상학	임만호

6	모한티 상그람 케샤리	유현덕	남기민	18	이혜령	이상학	임만호
7	김동원	정옥상	박진균	19	이혜은	박진균	주정민
8	강은수	주정민	박진균	20	비솿 히마니	홍대화	주정민
9	양닝	황도훈	박진균	21	조혜진	김광선	최정모
10	한지훈	정옥상	박진균	22	이수진	김석만	최정모
11	코라티케레 스리니바사 마두수다나	유현덕	양해식	23	김현준	박영상	최정모
12	이우형	주정민	양해식	24	김경호	양해식	홍대화

(2022학년도 1학기 공동지도교수 상담 현황; 일시: 2022년 3월 25일)

연번	박사과정 학생	지도교수	공동 지도교수	연번	박사과정 학생	지도교수	공동 지도교수
1	장진혁	주정민	고민섭	16	권정옥	양해식	김광선
2	이혜은	박진균	주정민	17	김성혜	김석만	김광선
3	비솿 히마니	홍대화	주정민	18	양 닝	황도훈	박진균
4	김경호	양해식	홍대화	19	김동원	정옥상	박진균
5	정시연	주정민	홍대화	20	강은수	주정민	박진균
6	강민채	이상학	임만호	21	서동호	남기민	박진균
7	이혜령	이상학	임만호	22	한지훈	정옥상	박진균
8	김현준	박영상	최정모	23	박준용	남기민	양해식
9	이수진	김석만	최정모	24	코라티케레 스리니바사 마두수다나	유현덕	양해식
10	조혜진	김광선	최정모	25	이우형	주정민	양해식
11	차오 레이	박진균	남기민	26	정재훈	홍대화	양해식
12	하누만나가리 스리 차란 레디	유현덕	남기민	27	이소희	김광선	이상학
13	바부 사티안	양해식	남기민	28	라지브 쿠마	최정모	이상학
14	김지현	양해식	남기민	29	치담바람 카루 파이야 산칼 메이야판	양해식	유현덕
15	모한티 상그람 케샤리	유현덕	남기민	30	마아현	남기민	유현덕

최근 1년간(2021.9.1.~2022.8.31.) 박사과정 학생의 학술구두발표 사례는 아래와 같다.

연번	박사과정 학생	학회명	주제	일시
1	강은수 (영어)	제 128회 대한화학회 학술발표회 및 총회	Ligand-Controlled Regioselective C-H Alkenylation at Sterically Unhindered Sites of (Hetero)arenes	2021년 10월 13일
2	강민채	제 128회 대한화학회 학술발표회 및 총회	Small Biomolecules Induce Protein Aggregation through Charge-Charge Interaction	2021년 10월 13일
3	김지현	The 2nd Japan and	Electrochemical DNA Detection Using	2021년

	(영어)	Korea joint meeting on research development of chemistry, 14th JKBT	Photoredox Catalysis Induced by Surface Plasmonic Field	12월 9일
4	아만 바티아 (영어)	The 2nd Japan and Korea joint meeting on research development of chemistry, 14th JKBT	Fast Silver Deposition Induced by Enzymatic Reduction for Ultrasensitive Detection of Parathyroid Hormone	2021년 12월 9일
5	권정옥 (영어)	The 2nd Japan and Korea joint meeting on research development of chemistry, 14th JKBT	Rapid and Sensitive Fungal Detection Based on Intracellular Enzyme Combined with Redox Cycling	2021년 12월 9일
6	김경호 (영어)	The 2nd Japan and Korea joint meeting on research development of chemistry, 14th JKBT	Simple Electrochemical Method for Investigating the Dissolution Behavior of Layers Deposited by Atomic Layer Deposition	2021년 12월 9일
7	모한티 상그람 케샤리 (영어)	ACS Spring 2022	Electrochemically Generated Mesopores and Residual Oxygen for Improved Activity of Silver Electrocatalysts	2022년 3월 20일
8	장진혁 (영어)	ACS Spring 2022	Development of heteroarylpyridinium electrolyte containing cationic N-substituents for nonaqueous organic redox flow batteries	2022년 3월 20일
9	권정옥	제129회 대한화학회 학술 발표회 총회 및 기기전시회	Permeabilization-free β -Galactosidase-Induction-Based Electrochemical Detection of Escherichia coli	2022년 4월 13일
10	김성혜	제 54회 한국자기공명학회 하계 학술대회	Comparison of HR-MAS NMR and Solution NMR techniques for Metabolomics study	2022년 6월 23일
11	박준용 (영어)	ACS Fall 2022	Chemical and Electrochemical Phase Transformations of Cobalt Hydroxide for Electrochemical Water Splitting	2022년 8월 21일
12	서동호 (영어)	ACS Fall 2022	In site synthesis of Ni Single Atom Catalyst on 3-dimensionally Fabricated Carbon Electrode for Enhanced Electrochemical CO ₂ Reduction Reaction	2022년 8월 21일

f. 난제해결형 석사 트랙2와 박사과정 대학원생은 다양한 연구 세미나와 심포지엄 참석을 권장하고 있다. 매년 최소 5회 이상 참석하고, 마일리지/인센티브 제도를 통해 더 많은 참석을 독려한다.

(3) 기초 핵심 교과목의 필수 이수 개수 조정

5개의 기초 핵심 교과목(고등무기재료화학, 고등물리화학, 고등분석화학, 고등생물화학, 고등유기화학) 중 필수적으로 이수해야 하는 교과목 수를 줄이고, 본인이 원하는 교과목을 선택하여 이수할 수 있도록 변경하였다. 석사 3과목, 박사/석·박사통합 5과목에서 석사 트랙1은 1과목, 석사 트랙2는 2과목, 박사/석·박사통합은 3과목으로 필수 이수 개수를 변경하여 운영하고 있다.

(4) 온/오프라인 블렌디드 러닝과 한/영 병용 강의

증가하는 외국인 대학원생을 교육하고 한국인 대학원생의 국제화 역량을 강화하기 위해서 오프라인 강

의는 영어로 개설하여 운영하고 있다. 부산대 인트라넷(PLATO 플랫폼)을 활용하여 한글 강의 동영상을 온라인으로 제공하여 영어 강의로 인한 한국인 대학원생의 교육 과정 참여에 대한 낙오를 방지하고 학생 주도적으로 학습량을 조절할 수 있도록 하였다. 교육연구단은 순차적으로 동영상을 미리 시청하고 수업 시간에 토론과 문제 해결에 집중하는 플립 러닝 교육 방식을 활용할 예정이다.

(5) 정규 교과목 개편 사항

a. 정규 교과목 개편 방향

- 최신연구 동향과 4차 산업혁명 시대를 반영한 맞춤형 교과과정 개편을 통해 교육 경쟁력을 강화한다.
- 융합이 가능한 교과목을 선별하여 신설하고, 교수 간 협업을 교과목 강의를 이루어지도록 한다.
- 학생주도 교과과정 설계를 통해 개별 학생의 진로와 수요에 따라 교과목을 선택할 수 있도록 한다.

b. 개편 교과과정 변동사항

변동 사항	과목명
신설 (융합 8과목, 전공심화 1과목)	▶ 융합과목: 바이오소재화학; 융합화학튜토리얼; 질량분석및응용; 첨단기기활용및제어; 컴퓨터화학반응메커니즘; 표면및구조분석; 화학영어논문작성법; 화학정보활용 ▶ 전공심화과목: 에너지화학
개선(융합 1과목)	▶ NMR실험기법(유기/생화학)
통합	▶ 2020년: 무기합성및반응론; 고급유기금속화학 ▶ 2021년 이후: 무기합성및유기금속화학(기존 2과목을 1과목으로 통합)
변경(5과목)	▶ 2020년: 단백질화학; 대사생화학; 분자소재화학; 입체화학; 핵산화학 ▶ 2021년 이후: 생촉매화학; 대사시스템화학; 고분자소재화학; 천연물입체화학; RNA생화학
폐지(11과목)	▶ 계산화학; 고등유기반응메카니즘; 고등유기합성화학; 나노화학; 분광분석법; 분리분석법; 분석기기장치법; 생물리화학, 통계열역학; 현대생화학; 화학기기실험기법
유지(16과목)	▶ 고등5과목: 고등무기재료화학; 고등물리화학; 고등분석화학; 고등생물화학; 고등유기화학 ▶ 전공심화과목: 고등유기화학특론, 배위화학, 생체막생화학, 양자화학, 유기소재분석화학, 융합나노촉매화학, 전기화학, 초분자화학, 현대분광학, 화학물리, 화학반응동력학
- 융합 교과목은 총 9개(바이오소재화학, 융합화학튜토리얼, 질량분석및응용, 첨단기기활용및제어, 컴퓨터화학반응메커니즘, 표면및구조분석, 화학영어논문작성법, 화학정보활용, NMR실험기법)로 구성하였다. 석사 트랙1(현장친화형)을 선택한 대학원생은 융합 교과목 2개를 선택하여 이수한다.	
- 융합 교과목 중 총 5개(첨단기기활용및제어, 컴퓨터화학반응메커니즘, 표면및구조분석, 화학정보활용, NMR실험기법) 교과목은 실습을 중점적으로 실시하여 현장친화력을 강화했다.	

- 최근 1년간 융합 과목의 운영 실적은 아래와 같다.

과목명	강의 개요
표면및구조분석 (분석/유기/무기) (남기민/홍대화/박강현) (2021학년도 2학기 운영)	본 강좌에서는 산업 및 연구현장에서 필요로 하는 표면 및 구조 분석에 대해 강의 하였다. 표면분석법의 예로, X선 광전자 분광법(XPS), 이차이온질량분석기(SIMS), 원자힘현미경(AFM), 표면플라스몬공명(SPR)의 원리와 연구 분야에서 어떻게 활용되는지 사례별로 소개하였다. 또한, X-선 구조분석을 위한 이론과 결정학을 강의하였다. 단결정 및 파우더 샘플의 회절패턴 측정법과 구조분석의 원리를 학습하였다. 다른 분야에서 활동 중인 외부 연사 3명을 초청(박용섭 교수, 경희대학교 물리학과; 이기라 교수, 포항공대 화공과; 조원철 그룹장, 한국아이티에스)하여 표면 및 구조 분석을 현장 맞춤형으로 할수 있는 방안을 강의하였다.
화학영어논문작성법(전분야)	이 과목에서는 영어 글쓰기가 익숙하지 않은 대학원생들을 대상으로 영어 글쓰기

(최정모/Paul H. Cheong) (2021학년도 2학기 운영)	의 기초와 학술 논문 작성법을 강의하였다. 매 수업 시간 중에 글쓰기 연습 시간을 할애하여 교수자 및 동료들의 피드백을 받게 하였고, 네 번의 글쓰기 과제를 통해 보다 세부적인 피드백을 제공하였다. 본 교과목은 미국 Oregon State University 화학과 Paul H. Cheong 교수와 함께 팀티칭으로 운영되었다.
화학정보활용(전 분야) (이상학) (2022학년도 1학기 운영)	본 강좌에서는 화학전공 강의 시간에 수업하기 어려운 주제들이지만 화학 관련 연구에서 중요하고 필요한 도구들에 관한 강의를 진행하였다. SciFinder를 활용하여 단어 화학식, 화학 구조를 기반으로 연구에 필수적인 화학 정보를 검색하는 방법, Endnote를 이용하여 논문 작성 시 참고 문헌을 조사·관리하고 인용하는 방법에 대한 강의를 진행하였다. 이 외에도 분자 구조의 도식화 및 양자 화학적으로 계산된 분자 구조 연구 결과를 그래프 표현에 활용되는 ChemDraw, Gaussian16, Origin, Sigmaplot 사용 및 응용법에 관한 강의를 진행하였다. 추가로 필수적이지만 교육에서 간과하고 있는 연구 결과를 그림으로 표현하는 강의를 진행하였다. 파워포인트를 활용하여 전문적인 연구 결과물의 도식화에 대한 강의를 진행하였다.
NMR실험기법 (생/유기) (김석만/박진균) (2022학년도 1학기 운영)	학과 내에 보유한 NMR을 활용하여 실습 기반의 수업을 진행하였다. 학과 NMR을 이용하는 대학원생은 의무적으로 수강하도록 하며, NMR의 소양이 충분한 학생을 선별하여 사용 라이선스를 부여하였다. ^1H 와 ^{13}C NMR의 기본 원리, 1D 및 2D NMR 기술을 이용한 생·유기 분자의 구조 분석을 강의한 뒤에 실제로 실습하는 시간을 가졌다.
융합화학튜토리얼(전분야) (박진균/양해식/남기민/임만호) (2022학년도 1학기 운영)	융·복합 연구에 필요한 화학의 전공 분야별 핵심 원리와 실제 실험 데이터를 해석하는 방법을 강의하였다. 최신 분자소재 연구 및 개발에 사용되는 화학 기초 지식을 이해시키고, 폭넓은 응용 분야에 실질적으로 적용할 수 있는 융·복합형 교육을 추구하였다. 또한, 외부인사(이정익: 한국전자통신연구원; 남궁현: 코오롱연구소)를 초청하여, 산업 및 현장에서 요구되는 연구 분야 및 화학지식을 소개하였다.

c. 세미나 교과목 개편

과목명	과정	내용
세미나(I) (2021학년도 2학기 운영)	석사	연구 분야 소개: 본인의 특정 연구 주제를 타 전공 분야 학생들에게도 명확하게 이해시키기 위한 PPT 작성법 및 연구 구두 발표법에 초점을 둔다.
세미나(II) (2022학년도 1학기 운영)	석사	심화된 연구 내용 소개: 본인 연구 결과에 대한 심화된 분석 및 토의와 함께 논리적인 설명, 명확한 내용 전달이 이뤄질 수 있도록 하는 데에 주안점을 둔다.
과학의사소통(I) (2022학년도 2학기 운영)	박사	연구 발전 과정: 본인 연구 주제의 형성 과정 및 동향을 분석하고, 앞으로의 연구 방향성에 대해 논의한다.
과학의사소통(II) (2022학년도 1학기 운영)	박사	최신 연구 동향 분석: 본인 연구 주제 이외에 현재 유행하고 있는 연구 주제, 향후 지속성 여부, 본인 연구와의 관련성을 독립적으로 분석한다.

- 연구 분야별 자유로운 토론이 가능한 환경을 조성한다.
- 학생 사이의 공동 연구가 가능하도록 타 연구 분야와의 의사 소통을 강화하고자 한다.
- 석사과정 대학원생은 연구 내용을 쉽게 소개할 수 있는 세미나(I)/(II) 교과목을 이수해야 하고, 박사/석·박사통합과정 대학원생은 전문적인 연구 내용을 소개할 수 있는 과학의사소통(I)/(II) 교과목을 이수해야 한다.
- 매년 2학기에는 세미나(I), 과학의사소통(I)은 2학기, 1학기에는 세미나(II), 과학의사소통(II)을 운영한다.

(6) 교육과정 실적 분석을 통한 향후 추진계획

- 교육과정 전체 계획 대비 실적이 원활하게 이루어지고 있으며, 현행 제도를 유지할 계획이다.
- 인증서 발급 체계화: 학생주도 튜트랙 교과과정의 안정적인 운영을 위해 학과 차원에서 인증서를 발급하고자 한다.

c. 개편된 주요 교과목은 아래와 같이 운영될 예정이다.

과목명	강의 개요
질량분석및응용 (유기/무기/분석) (홍대화/고민섭/박진균/김영석/ 김성환) (2022학년도 2학기 운영중)	원소의 종류, 화합물의 구성 원소, 분자량 등을 알아내는 질량 분석법의 기본원리를 다루고, 질량 분석법에 사용되는 ion source, ion detector, mass analyzer의 종류와 원리를 강의한다. 원소 분석, 유기분자와 생체분자의 분자량 결정, 고체표면 분석, 생체분자의 구성 성분 및 분자량을 알아내는 질량분석법 등을 적합한 예를 소개하며 이해시킨다.
첨단기기활용및제어 (유기/분석/생) (유현덕/홍대화/김석만) (2022학년도 2학기 운영중)	본 강좌에서는 전자현미경, 분광기, 입도분석기, 전기화학기기의 작동원리와 더불어 산업·연구 현장에서 필요한 팁을 강의하고, 기기 조작을 실습한다. 나아가 첨단기기를 컴퓨터에 연동시켜 효과적으로 제어하기 위한 소프트웨어에 대해 강의한다.
컴퓨터화학반응메커니즘 (물리/유기) (이상학/박진균) (2022학년도 2학기 운영중)	화학반응의 메커니즘을 이해하기 위해 수행하는 속도론적 실험의 결과를 검증하거나 실험적 한계를 극복하기 위해 컴퓨터 화학이 필요하다. 본 수업에서는 양자화학적 계산모델을 이용하여 전이상태, 전자 밀도, 산성도, 전자 오비탈, 공명도를 예측하는 계산 방법을 강의한다.
- 이미 개설하여 운영한 사례가 있는 융합화학튜토리얼, 화학정보활용, NMR실험기법, 바이오소재화학, 표면및구조분석, 화학영어논문작성법, 에너지화학도 주기적으로 운영할 계획이다. 특히, 융합화학튜토리얼, 화학정보활용, NMR실험기법은 매년 1학기에 개설할 예정이다.	

나. 학사관리 운영

(1) 입학전형 다변화를 통한 학생 선발

본 교육연구단은 특별전형, 일반전형, 외국인을 위한 정원 외 전형, 학·석사 통합과정 전형, 석·박사 통합과정 전형, 학·연과정 전형 등과 같이 다양한 학생 선발 전형을 통해 국내·외 우수 인재를 적극적으로 모집하고 있다.

최근 1년간 교육연구단 소속 학과에 지원한 학생 현황은 41명으로 다음과 같다.

입학 시기	전형	학생 수	비고
2021년 9월	후기모집	석사 4명	학연협동과정 1명 포함
	후기 외국인 특별전형	석사 1명	라지브 쿠마(인도)
	학석(박)(통합)연계과정	석사 6명	학·석사 5명, 학석박사 1명
2022년 3월	특차모집	박사 2명, 석사 12명	
	전기모집	석사 10명	학·연협동과정 1명 포함
	전기 외국인 특별전형	박사 3명	바부 사스안, 치담바람 카루파이 야 산칼 메이야판, 하누만나가리 스리 차란 레디(인도)
	학석(박)(통합)연계과정	석사 3명	

앞으로도 국내·외 우수 인재를 다양한 경로를 통해 모집할 예정이며, 2022학년 9월에는 아래와 같이 석사 15명, 박사 5명이 입학하였다.

입학 시기	전형	학생 수	비고
2022년 9월	후기모집	석사 9명, 박사 2명	학·연협동과정 2명 포함
	후기 외국인 특별전형	박사 3명	마울리디야 아디스티야(인도네시아), 사힌 엠디 알리 자버(방글라데시)
	학석(박)(통합)연계과정	석사 6명	학·석사 6명

(2) 학위 취득 기준 마련

대학원생이 지도교수를 선정하고 다음의 정규 교과목 및 비교과 프로그램을 이수한 경우에만 학위를 청구할 수 있다. 기존과는 달리 학생 스스로 트랙을 선택해서 교과목을 이수하도록 제도를 개편하였다.

- a. 공통필수: 화학정보활용(1과목), 종합전공시험, 학위구두논문심사, 외국어시험
- b. 석사 트랙1(현장친화형): 기초핵심교과(1과목), 세미나(2과목), 논문연구(2과목), 융합과목 2개 이수, 타과과목 1개 이수(인증서), 비교과 프로그램 중 2개 이상 선택하여 이수
- c. 석사 트랙2(난제해결형): 기초핵심교과(2과목), 세미나(2과목), 논문연구(2과목), 융합화학튜토리얼 교과목 이수, 학술대회 구두나 포스터 발표
- d. 박사(난제해결형): 기초핵심교과(3과목), 과학의사소통(2과목), 논문연구(3과목), 화학영어논문작성법, 공동지도교수제, 학술대회 구두발표 1건 이상

(3) 석사학위 청구자격

석사학위과정 대학원생이 학위청구 논문심사를 요구할 때는 전국규모 학술대회에 1편 이상의 논문을 발표하거나, SCIE 등재학술지에 1편 이상의 논문을 발표(별쇄본 출판 완료)하여야 한다.

(4) 박사학위 청구 자격

박사학위과정 대학원생이 학위청구 논문심사를 요구할 때는 SCIE 등재학술지에 제1저자로 2편의 논문을 발표하고 제1저자로 발표한 논문의 impact factor 지수 합이 3이상이거나 혹은 SCIE 등재 학술지에 제1저자로 발표한 논문의 impact factor 지수가 5이상이어야 한다. 단, 지도교수가 제1저자인 경우 제2저자라도 제1저자로 인정할 수 있다. 공동 제1저자의 실적은 공동 제1저자의 수로 나누어서 계산한다. 논문은 학위청구논문심사결과 제출일까지 별쇄본으로 출간된 것만 인정한다. 의사 소통 능력 강화를 위해 ‘국제/전국규모 학술대회에서 구두로 발표하거나 교내 학술대회에서 영어로 구두 발표를 하여야한다’라는 조항을 필수 요건으로 추가하였다.

(5) 공동지도교수제 운영

- a. 석·박사통합/박사과정의 경우 학생 개인별로 공동지도교수를 2인 이상 선정할 수 있게 하여 학위과정 동안 효과적인 교육과 독창적인 연구 활동을 상시적으로 지원받을 수 있게 하였다.
- b. 공동지도교수는 학생이 원하는 지도교수와 면담을 통해 직접 선정하였다. 2021학년도 2학기 24명과 2022학년도 1학기 30명의 석박통합/박사과정 학생이 공동지도교수를 선정하였다(II-1.1.1.가-(2) 참조).

(6) 지도교수 면담의 날 운영(연 2회 개최 예정)

석·박사통합/박사과정의 경우 학위 지도교수 외에 공동지도교수와의 면담을 통하여 융합 연구의 방향성과 향후 진로에 관한 도움을 받을 수 있게 하였다. 최근 1년간 두 차례(2021년 10월 29일, 2022년 3월 25일) 공동지도교수 면담을 가졌고, 앞으로도 학기별 1회 운영할 계획이다(II-1.1.1.가-(2) 참조).

(7) 전공분야 간 심사위원 연계 강화

전공 분야별 심사위원 선정의 유연성을 강화한다. 각 분과(유기화학, 물리화학, 분석화학, 생화학, 무기화학)로 국한된 심사위원 선정에서 벗어나 개별 학생의 연구 주제를 고려하여 다양한 전공분야 교수가

심사위원으로 참여할 수 있도록 유도하였다. 최근 1년간 사례는 아래와 같다.

연번	과정	학생	분야	타분야 심사위원
1	석사	김도현	무기화학	유기화학(박진균)
2	석사	문희훈	무기화학	유기화학(박진균)
3	석사	박준명	무기화학	유기화학(박진균)
4	석사	홍강산	무기화학	유기화학(박진균)
5	석사	박유창	무기화학	분석화학(남기민)
6	석사	김예빈	무기화학	분석화학(남기민)
7	박사	장산하	무기화학	분석화학(남기민, 유현덕)
8	박사	바티아 아만	분석화학	유기화학(홍대화)
9	석사	김민규	유기화학	분석화학(남기민)
10	박사	안나스 디키	무기화학	분석화학(남기민)
11	박사	유수프 모하메드	무기화학	분석화학(남기민)

앞으로도 융합연구 촉진을 위해 전공분야 간 심사위원 연계를 강화할 예정이다.

(8) 학사관리 실적 분석을 통한 향후 추진계획

교육연구단이 속한 학과의 학사관리 시스템을 근거로 운영하였기에, 계획대비 실적이 원활하게 이루어진 것으로 판명된다. 앞으로도 현행 제도를 유지할 계획이다.

다. 비교과 프로그램

(1) 신입생 집중 오리엔테이션을 통한 대학원생 소양 교육(연 2회 달성)

- 오리엔테이션은 매 학기 시작 2주일에서 4주일 전에 공고 후 실시하였다.
- 대학원생 공통으로 입학 전에 안전, 인권, 연구윤리 교육, 화학연구 기초 소양을 배양할 수 있도록 하루 집중 프로그램을 매 학기 시작 전에 시행하였다.
- 구체적인 프로그램은 다음을 기본으로 하며, 학과 교수와 대학원생이 직접 참여한다. 대학원생 설문 조사를 실시하여 유연하게 프로그램을 변경하도록 하였다.
 - 학과 구성원 소개, 학부과정과 대학원 과정의 차이 설명, 실험실별 연구 주제 및 첨단 장비 소개, 졸업요건 및 학과제도 설명, 연구노트 작성법, 인권/안전/연구윤리 교육, 화학연구 기초소양 강화교육, 포트폴리오 작성법, 대학원생 소개 및 Q&A, 대학원생 소통 모임 등을 강의하였다.
 - 최근 1년간, 아래와 같이 신입생 집중 오리엔테이션을 실시하였다.

연번	시기	장소	담당교수	참석자 수
1	2022년 2월 15일	온라인	김광선	30명
2	2022년 8월 9일	물리관 211호	김광선	18명

(2) 4차 산업혁명/산업체 관련 세미나 참석(연 2회 참석 정례화)

본 교육연구단 대학원생들이 취업을 희망하는 회사나 연구소에 재직 중인 분자소재 전문인력을 세미나에 초청하여 각 기관의 현황과 정확한 취업정보를 제공받을 수 있도록 하였다. 또한, 대학원생이 선호하는 기관에 근무하는 본교 졸업생을 간담회에 초청하여 취업 성공 경험과 진로 개발과 관련한 조언을 듣고자 하였다. 대학원생에게 취업에 대한 조언을 제공하고, 졸업생과 재학생 사이의 네트워크를 구축할 수 있도록 하였다. 자세한 사례는 아래와 같다.

프로그램명	사례
산업체 관련 세미나	권지연 박사(한국과학기술연구원), 정양욱 수석연구원(인터파크바이오컨버전스), 조원철 그룹장(한국아이티에스), 강신권 차장(Bruker Korea), 이정익 본부장(한국전자통신연구원), 이재화 박사(한국세라믹기술원), 김준연 팀장(LG Display), 윤호열 부사장(삼성 바이오)
졸업생 초청 간담회	정원우(학부 12학번, 석사 18학번, 삼성전기), 남상욱(학부 14학번, 석사 19학번, 삼성전자)
산업체 설명회	경보제약 설명회
4차 산업혁명 전문가	이인규 교수(부산대 응용화학공학부), 손상환 교수(부산대 응용화학공학부), 오한빈 교수(서강대 화학과), 이주용 교수(강원대 화학과)

(3) 4차 산업혁명 겨울 학교(연 1회 달성)

- a. 4차 산업혁명 시대에 대한 이해를 돕는 단기 집중 겨울 학교를 연 1회 개최하였다.
- b. 세계적 성과 도출 위한 화학/인공지능 융합 연구를 위해 화학인을 위한 머신러닝/인공지능 윈터스쿨을 연 1회 개최하여 인공지능의 핵심 이론과 용어를 습득하고 간단한 코딩을 직접 경험해보며, 나아가 이를 난제 해결에 응용하도록 하였다. 최근 1년간 운영한 프로그램은 아래와 같다.

연번	연사 성명 (소속)	일시	주제
1	이인규 교수(부산대 응용화학공학부)	2022년 1월 27일 (온라인)	Digital Twin and Machine Learning for Chemical Process, AI-based Optimization Method: Bayesian Optimization
2	손상환 교수(부산대 응용화학공학부)		인공지능과 Machine Learning 방법론 및 화학 공정 모델링과 제어에의 적용 사례 소개
3	오한빈 교수(서강대 화학과)		4차 산업혁명 시대의 Vocabulary
4	이주용 교수(강원대 화학과)		Novel Drug Candidate Design and Retrosynthetic Translation using Artificial Intelligence

(4) 저명인사 초청 세미나, 졸업생 초청간담회, 산업체 현장방문, 기기활용 교육 프로그램을 수행하였다.

프로그램명	사례
산업체 현장방문	씨에스케미칼(장재호, 박종호, 박정용, 박혜정, 김한빈, 곽선이, 바이옴치, 서지훈, 김유진, 이수하, 양녕), 경북 바이오산업연구원(조혜진)
저명인사 초청 세미나 (55명 초청)	이보람 교수(부경대 물리학과), 신승훈 교수(한양대 화학과), 박명기 교수(부경대 화학과), 오한빈 교수(서강대 화학과), 권지연 박사(한국과학기술연구원), 박용섭 교수(경희대 물리학과), 정동영 교수(GIST 화학과), Prof. Michael Manhart(ETH Zurich), 정양욱 수석연구원(인터파크바이오컨버전스), 이기라 교수(포항공대 화학공학부), 이윤미 교수(연세대 화학과), Prof. Pieremanuele Canepa(National University of Singapore), 한상돈 박사(NREL, National Renewable Energy Laboratory), 조원철 그룹장(한국아이티에스), 김영석 박사(Massachusetts Institute of Technology), Prof. Yong-ShengHu(Chinese Academy of Sciences), 강신권 차장(Bruker Korea), 배세원 교수(제주대 화학코스메틱스학과), 이창희 교수(강원대 화학과), 이호식 교수(UNIST 에너지화학공학과), 윤민영 교수(경북대 화학과), Prof.

	Ankur Jain(Massachusetts Institute of Technology), Prof. Adrian Serohijos(University of Montreal), Prof. Heeseon An(Memorial Sloan Kettering Cancer Center), Prof. Jingxin Wang(University of Kansas), Prof. Isaac Li(University of British Columbia), 권오훈 교수(UNIST 화학과), 이은성 교수(POSTECH 화학과), Prof. Yan Xia(Stanford University), Prof. Kenichiro Itami(Nagoya University), 서명은 교수(KAIST 화학과), 장지현 교수(UINST 에너지화학공학과), 김성근 교수(서울대학교 화학부), 김태우 교수(목포대 화학과), 이정익 본부장(한국전자통신연구원), 임성열 교수(경희대 화학과), 이재화 박사(한국세라믹기술원), 임동현 교수(성신여대 바이오신약의과학부), 김현성 교수(부경대 화학과), 조현우 교수(서울과학기술대 정밀화학과), 이흥근 교수(서울대 화학과), 남대현 교수(DGIST 에너지공학과), Prof. Malachi Noked(Bar Ilan University), 유진 박사(Argonne National Laboratory), 이영주 박사(UF Scripps Biomedical Research), 김준영 팀장(LG Display), 윤호열 부사장(삼성바이오), 이승훈 교수(동아대 화학과), 김성훈 교수(동아대 화학과), 전기완 교수(신라대 화학과), 박명기 교수(부경대 화학과), 전철홍 교수(고려대 화학과), 양정운 교수(성균관대 에너지과학과), 류도현 교수(성균관대 화학과), 송충의 교수(성균관대 화학과)
졸업생 초청 간담회	정원우(학부 12학번, 석사 18학번, 삼성전기), 남상욱(학부 14학번, 석사 19학번, 삼성전자)
기기활용 교육 프로그램	SEM & EDS, 단결정 x-선 결정학 및 구조해석 실무 교육, TGA, 입도분석기, 학생 주도첨단기기 동영상 제작 18건 상시 개방

앞으로도 현재 운영되고 있는 비교과 프로그램을 활성화하여 유지할 계획이다.

(5) 비교과 프로그램 실적 분석을 통한 향후 추진계획

산업체 인턴제(당초 목표: 연 1회)를 제외한 비교과 프로그램의 목표를 모두 달성하였다. 향후 산업체 대면 방문 활성화를 통해 미흡했던 부분을 보완하고자 한다.

라. 국제화

(1) 영어논문 작성법 체계화

a. 정규교과목 운영: 현재 교육연구단에서 비교과로 산발적으로 운영되고 있는 영어논문 작성법을 정규 교과목으로 개설하여 2021학년도 2학기(화학영어논문작성법; 담당교수: 최정모)에 운영하였다(II-1.1.3-가. 참조). 특히, 국외 재직 중인 해외 교수(미국 Oregon State University: Paul H. Cheong)과의 팀티칭을 통해 교과목을 운영하였다.

b. 비교과 운영: 본부 차원에서 영어논문작성법 강의(2022년 5월 19~20일, 영어논문 작성법: 자연/이공계열 중심(SCI 논문작성))를 제공하였고, 대학원생 투고 논문의 영문교정료를 지원해주고 있다.

(2) 국제 학술대회 발표

대학원생의 국제 학술 교류 경험을 넓히기 위해 연구결과를 국제 학술대회에서 직접 발표할 기회를 확대하고자 한다. 국제 학술대회 발표는 교육연구단이 학생들의 제안서와 마일리지를 평가하여 참가비를 선별 지원한다. 최근 1년간 대학원생의 국제 학술대회 발표 실적은 아래와 같다(총 17건, 구두 9건).

연 번	학회명	일시	발표 형식(학생명)
1	11th Asian Photochemistry Conference	2021년	포스터: 2명(하원, 강민채)

		10월 31일	
2	ICAMD 2021 (International Conference on Advanced Materials and Devices)	2021년 12월 6일	포스터: 2명(이진민, 강민채)
3	The 2nd Japan and Korea joint meeting on research development of chemistry, 14th JKBT	2021년 12월 9일	구두: 4명(김지현, Aman Bhatia, 권정욱, 김경호)
4	ACS Spring 2022	2022년 3월 20일	구두 2명(Sangram Keshari Mohanty, 장진혁)
5	47th National Organic Chemistry Symposium	2022년 6월 26일	포스터: 4명(강은수, 이우형, 장진혁, Sven Florian Mueller)
6	ACS Fall 2022	2022년 8월 21일	구두: 3명(박준용, 서동호, 곽선이)

향후 온/오프라인으로 진행되는 국제학회를 적극적으로 활용하여 학생들의 국제 학술대회 발표 사례를 늘려나갈 계획이다.

(3) 교내 영어 학술대회 구두 발표 및 세미나 개최

대학원생의 국제화 역량과 영어 구두 발표, 의사 소통 능력을 향상시키기 위해 학생 주도 세미나인 Chemistry Fair를 연 1회 개최할 예정이며, 다양한 대학원생 주도 세미나를 진행할 계획이다. 최근 1년간 Chemistry Fair 1회, 성균관대-부산대 세미나 2회를 아래와 같이 개최하였다.

연 번	행사명	일시	장소	주요 내용
1	The 4th Chemistry Fair	2021년 10월 6일	화학관 112호, 114호	15명 영어 구두발표
2	2022 SKKU-PNU BK21 Four Joint Symposium	2022년 2월 9일	화학관 408호/온라인	학교별 4명 영어구두 발표
3	2022 SKKU-PNU BK21 Four Joint Symposium	2022년 8월 18일	성균관대	학교별 4명 영어구두 발표

다음 Chemistry Fair는 2022년 10월 25일에 개최될 예정이며, 성균관대-부산대 세미나도 연 2회 개최할 예정이다. 현재 여건상으로는 다수의 대학원생이 참여하는 세미나 개최가 어려웠으나, 향후 점진적으로 늘려나갈 계획이다.

(4) 영문 홈페이지 구축을 통한 영문 교육과정 및 학사관리 운영

학과 영문 홈페이지를 체계화하여 교육연구단 내 외국인 대학원생에게 교육 과정 및 학사 관리에 대한 정보가 원활하고 정확하게 전달될 수 있도록 한다. 21년 9월 영문 홈페이지를 구축하였다.

(5) 현재 교육연구단에서 수행하고 있는 논문연구 교과목을 지속적으로 운영하고, 영어학위 논문 작성을 의무화한 규정을 유지

(6) 해외 우수기관 단기 파견 및 교류를 지원할 예정

(7) 국제화 실적 분석을 통한 향후 추진계획

a. 코로나 19 여파로 국제학술대회 발표 및 학생주도 세미나 개최가 미흡하였다. 향후 상황에 따라 해외

우수 기관과의 교류를 점진적으로 활성화하고자 한다.

b. 개편한 영문 홈페이지(2021년 9월)를 활용하여 교육연구단 내 외국인 대학원생에게 교육과정 및 학사 관리에 대한 정보를 원활하고 정확하게 전달될 수 있도록 할 계획이다.

마. 안전/윤리교육

(1) 교육 자료 온라인 개방

안전 관련 교육 자료를 학과 홈페이지에 상시 개방하여 대학원생의 교육 콘텐츠에 대한 접근성을 향상시켰다.(연구실별 안전 매뉴얼, 부산대학교 연구실안전관리센터, 안전교육센터, 화학물질정보시스템)

(2) 실험실 맞춤형 안전 매뉴얼 제작-2022년 3월 제작(14건), 3명 시상

대학원생 및 신진연구인력 주도로 실험실별 안전 매뉴얼을 동영상으로 제작(14건)하도록 하고, 이를 홈페이지를 통해 공개하였다. 또한, 공모를 통해 우수작 3건에 대해 시상하였다. 연구실 안전 매뉴얼을 제작한 학생들에게 인센티브 및 마일리지를 제공하여 참여를 독려했다. 또한, 제작한 매뉴얼을 학과 홈페이지에 개방하였다.

(3) 오프라인 안전 교육(정규 안전 교육, 기관별 안전 교육)과 연구 윤리 교육 지속적 운영

연번	프로그램	주제	일시
1	안전 교육	연구실안전교육 및 생물안전교육	2021학년도 2학기(온라인)
			2022학년도 1학기(온라인)
2	윤리 실무 교육	연구윤리 및 연구관리	2021학년도 2학기(온라인)
			2022학년도 1학기(온라인)

앞으로도 현재의 프로그램을 규칙적으로 운영할 계획이다.

(4) 실적 분석을 통한 향후 추진계획

- 안전에 관한 교육자료 제작 및 교육에 대한 실적을 전반적으로 충족하였다.
- 현행대로 안전에 관한 자료 및 동영상을 홈페이지에 상시 개방할 예정이며, 필요에 따라 내용을 추가 및 보완할 예정이다.
- 이전에 주기적으로 이루어졌던 안전/윤리 교육도 지속적으로 운영할 계획이다.

1.1.2 교육과 연구의 선순환 구조 구축 및 연구 역량의 교육적 활용 방안

계획	실적	보완점
융합화학튜토리얼(연 1회)	교과목 운영(1회), 외부 튜토리얼(2회), 공동연구(논문 54편)	목표 달성 현형 유지
연구로 만날 사이(연 2회)	2회, 연사 4명(박강현, 유현덕, 김석만, 김영석)	
학생주도 발표회(연 1회)	The 4th Chemistry Fair 개최(1회), 영어 구두 발표(15명)	
포닥 심포지엄(연1회)	1회, 신진연구인력 영어 구두 발표(6명)	
학교간 공동심포지엄(연2회)	2회, 성균관대-부산대 공동심포지엄(무기화학, 생/분석화학)	
기타 프로그램	산업체 현장방문(2회), 저명인사 초청 세미나(55명), 졸업생 초청 간담회(2회), 여학생 취업을 향상 프로그램(2회)	

가. 외부 튜토리얼 활동 경험을 통한 융합화학튜토리얼 교과목의 지속적인 개편



튜토리얼을 활동(양해식: 한국부식방식학회; 박진균: 첨단화학소재 스마트제조공정 고도화사업설명회)을 통해 외부 교육 수요를 파악하고, 해당 내용을 대학원 정규 교과목인 융합화학 튜토리얼에 반영하여 교육과 연구의 선순환 구조를 구축하고자 하였다. 그 예로, 2022학년도 1학기에 개설한 융합화학튜토리얼은 학과 교수(박진균, 임만호, 양해식, 남기민) 이외에 외부 인사(이정익: 한국전자통신연구원; 남궁현: 코오롱연구소)로 구성된 팀티칭을 통하여 교육과 연구의 선순환 기틀을 마련하였다. 이러한 노력의 결과물로 공동 연구를 촉진할 수 있었다(공동 연구 논문: 54편).

나. 교수 연구 발표회 ‘연구로 만날 사이’ 프로그램 운영 (연 2회 달성)

교수들의 연구 분야를 학생 눈높이에 맞게 전달할 수 있는 프로그램을 운영하였다. 정규 교과목의 이론이 특정 연구 분야에 어떻게 적용되는지를 전달하여, 각 연구 분야에 대한 이해도를 높이기 위해 노력하였다. 최근 1년간(2021.9.1.~2022.8.31.)의 실적 및 향후 계획은 아래와 같다.

연번	교수명	강연 제목	일시/장소
1	유현덕(분석화학)	Following the journey of ions and electrons inside rechargeable batteries	2021년 9월 9일, 화학관 112호 및 온라인 (20+35): 50명
2	박강현(무기화학)	연구로 만날 사이	
3	김석만(생화학)	생화학연구의 소개: 대사체 분석이란?	2022년 3월 10일, 화학관 112호 및 온라인 (25+51): 76명
4	김영석(무기화학)	무기합성화학 연구실 소개	
5	황도훈(유기화학)	유기반도체 재료를 이용한 전자 소자 응용	2022년 10월 13일, 화학관 112호 실시 예정
6	이영주(생화학)	RNA를 표적으로 하는 화학생물학적 연구	

다. 학생 주도 발표회 ‘Chemistry Fair’ 프로그램 운영(연 1회 달성)

대학원생의 발표력과 실험실 간 교류 활성화를 위해 학과 내 학술대회인 Chemistry Fair를 개최하였다 (The 4th Chemistry Fair; 일시: 2021년 10월 6일; 장소: 화학관 112, 114호). 총 182명의 대학원생이 실험실별로 참여하였으며, 이 중 15명이 영어구두발표를 하였다. 학생 주도로 이루어진 교내 학술 대회는 학생들이 직접 발표 프로그램을 설계하고 좌장을 맡아 진행하였으며, 실험실 간 교류를 촉진시켰다. 학생들의 다양한 교내외 학술활동 능력 배양을 위해 학부생 및 신진연구인력도 참여하도록 하고 프로그램을 지속해서 운영할 계획이다. 차기 프로그램(The 5th Chemistry Fair)은 2022년 10월 25일에 개최될 예정이다.

라. 포닥 심포지엄 운영(연 1회 달성)

신진연구인력 사이의 연구 교류 문화를 활성화하고, 신진연구인력의 연구 경험을 대학원생에게 전달하였다. (The 3rd Postdoctoral Research Symposium; 일시: 2021년 11월 26일; 장소: 화학관 112호 및 온라인). 6명의 신진연구인력(Vedikuyilazhagan Muniraj, Sagar Arepally, 장재호, Syed Asad Abbas, Atanu Naskar, 박선화)이 각자의 연구 전문 분야에 대해 영어구두 발표를 하였으며, 상호간의 연구 지식을 공유하였다. 향후 심포지엄에 참여하는 발표자를 늘리고, 다양한 전공 분야의 신진연구인력이 참여할 수 있도록 장려하고자 하였다. 차기 프로그램(The 4th Postdoctoral Research Symposium)은 2022년 11월 4일에 개최될 예정이다.

마. 학교간 공동 심포지엄 운영(연 2회 달성)

학교 간 공동 심포지엄을 개최하여 다양한 연구 주제를 대학원생들에게 제공하고, 효과적인 연구 수행에 필요한 교육 콘텐츠를 파악하여 교과과정에 반영하고자 하였다. 본 교육연구단은 최근 1년간 성균관

대학교와의 공동 심포지엄을 아래와 같이 분과별로 운영하였다.

행사명	일시	장소	전공	참여자
2022 SKKU-PNU BK21 Four Joint Symposium	2022년 2월 9일	화학관 408호 및 온라인	무기	성균관대 4명, 부산대 4명(장산하, 한지훈, 김동원, Mohamed Yusuf)
2022 SKKU-PNU BK21 Four Joint Symposium	2022년 8월 18일	성균관대 및 온라인	생·분석	성균관대 4명, 부산대 4명(조혜진, 김경호, 서동호, 김성혜)

바. 기타 프로그램의 지속적 운영

현재 교육연구단에서 수행하고 있는 산업체 현장 방문, 외부저명인사 초청 세미나, 졸업생 초청 간담회, 여학생 취업을 향상 프로그램 등을 아래와 같이 운영하였다. 이 프로그램을 통해 최신 연구 동향과 산업체 수요를 파악하여 교육에 반영할 계획이다.

프로그램명	사례
산업체 현장방문	씨에스케미칼(장재호, 박종호, 박정용, 박혜정, 김한빈, 곽선이, 바이용치, 서지훈, 김유진, 이수하, 양녕), 경북 바이오산업연구원(조혜진)
저명인사 초청 세미나 (55명 초청)	이보람 교수(부경대 물리학과), 신승훈 교수(한양대 화학과), 박명기 교수(부경대 화학과), 오한빈 교수(서강대 화학과), 곽지연 박사(한국과학기술연구원), 박용섭 교수(경희대 물리학과), 정동영 교수(GIST 화학과), Prof. Michael Manhart(ETH Zurich), 정양욱 수석연구원(인터파크바이오컨버전스), 이기라 교수(포항공대 화학공학과), 이윤미 교수(연세대 화학과), Prof. Pieremanuele Canepa(National University of Singapore), 한상돈 박사(NREL, National Renewable Energy Laboratory), 조원철 그룹장(한국아이티에스), 김영석 박사(Massachusetts Institute of Technology), Prof. Yong-ShengHu(Chinese Academy of Sciences), 강신권 차장(Bruker Korea), 배세원 교수(제주대 화학코스메틱스학과), 이창희 교수(강원대 화학과), 이호식 교수(UNIST 에너지화학공학과), 윤민영 교수(경북대 화학과), Prof. Ankur Jain(Massachusetts Institute of Technology), Prof. Adrian Serohijos(University of Montreal), Prof. Heeseon An(Memorial Sloan Kettering Cancer Center), Prof. Jingxin Wang(University of Kansas), Prof. Isaac Li(University of British Columbia), 권오훈 교수(UNIST 화학과), 이은성 교수(POSTECH 화학과), Prof. Yan Xia(Stanford University), Prof. Kenichiro Itami(Nagoya University), 서명은 교수(KAIST 화학과), 장지현 교수(UINIST 에너지화학공학과), 김성근 교수(서울대학교 화학부), 김태우 교수(목포대 화학과), 이정익 본부장(한국전자통신연구원), 임성열 교수(경희대 화학과), 이재화 박사(한국세라믹기술원), 임동현 교수(성신여대 바이오신약의과학부), 김현성 교수(부경대 화학과), 조현우 교수(서울과학기술대 정밀화학과), 이흥근 교수(서울대 화학과), 남대현 교수(DGIST 에너지공학과), Prof. Malachi Noked(Bar Ilan University), 유진 박사(Argonne National Laboratory), 이영주 박사(UF Scripps Biomedical Research), 김준영 팀장(LG Display), 윤호열 부사장(삼성바이오), 이승훈 교수(동아대 화학과), 김성훈 교수(동아대 화학과), 전기완 교수(신라대 화학과), 박명기 교수(부경대 화학과), 전철홍 교수(고려대 화학과), 양정은 교수(성균관대 에너지과학과), 류도현 교수(성균관대 화학과), 송충의 교수(성균관대 화학과)
졸업생	정원우(학부 12학번, 석사 18학번, 삼성전기), 남상욱(학부 14학번, 석사 19학번, 삼

초청 간담회	성전자)
여학생 취업률 향상 프로그램	이운미 교수(연세대 화학과), 장지현 교수님(UINST 에너지화학공학과)

사. 실적 분석을 통한 향후 추진계획

당해연도 기간동안 교육연구단은 당초 계획한 프로그램을 운영하여 모든 실적을 달성하였다. 앞으로도 대학원생의 참여율을 높이고, 연구 주제를 다변화하여 교육과 연구의 선순환 구조를 안정적으로 구축하고 학과 연구 역량을 교육에 반영할 수 있도록 현행 제도 및 프로그램을 유지할 계획이다. 매달 열리는 교육연구단 소속 전체 교수가 모이는 회의에서 지난 행사를 점검하고 수정·보완하여 운영할 계획이다.

1.1.3 교육연구단의 대표적 교육 목표에 대한 달성 방안

주요 항목	목표 (계획)	달성 방안 (실적)
자기주도	현장친화형/난제개발형 인력 양성	수요자 중심의 튜트랙 교육과정 편성
	대학원생 주도 세미나 개최	대학간 심포지엄(2회) 및 Chemistry Fair(1회)
융합 및 협업	융합 교과목 편성	분과별 교수간의 협업/팀티칭(8개 편성, 6과목 운영 완료)
	학제 간 강의 인증서	응용화학공학부/나노에너지공학과 인증서 발급(타과목 수강) 권우정
정보활용	연구 분야별 첨단기기 교육	동영상 교육 자료(18건) 개방, 기기활용 교육 프로그램(5회)
	데이터 정보 수집 및 활용	화학정보활용 교과목의 체계화(매년 1학기)
국제화	글로벌 리더 양성	화학영어논문작성법(운영), 영어구두발표(39건),
	외국인 유학생 지원	외국인 유학생 교류 촉진
안전/윤리 교육	실험실 사고 예방 및 연구윤리 강화	주기적인 안전/윤리 실무 교육(4회)
보완점	학제간 강의 인증서 발급, 화학영어논문작성법 지속 운영, 해외 기관 파견, 영문 교육과정/학사관리	

가. 현장친화형/난제개발형 인력 양성

- 수요자 중심의 튜트랙 교육과정을 현장친화형(석사 트랙1)과 난제해결형(석사 트랙2, 박사)으로 편성하여 운영하고 있다.

나. 대학원생 주도 세미나 개최

- 최근 1년간(2021.9.1.~2022.8.31.) 성균관대학교와 학생 중심 심포지엄을 2회(무기화학, 생·분석화학), Chemistry Fair 1회 개최하여 운영하였다. 앞으로도 대학 간 심포지엄 연 2회, Chemistry Fair 연 1회를 주기적으로 운영할 계획이다.

다. 융합 교과목 편성

- 8개의 융합 교과목(화학영어논문작성법, 화학정보활용, NMR실험기법, 융합화학튜토리얼, 바이오소재화학, 질량분석및응용, 컴퓨터화학반응메커니즘, 표면및구조분석) 편성을 완료(2021학년도 1학기)하여 운영하고 있다. 최근 1년간(2021.9.1.~2022.8.31) 운영된 융합 교과목은 융합화학튜토리얼, 화학정보활용, NMR실험기법, 표면및구조분석, 화학영어논문작성법이다. 그 외의 융합교과목은 아래와 같은 일정으로 진행될 예정이다. 참조: 바이오소재화학은 2021학년도 1학기에 운영하였다.

연번	개설시점	교과목명
1	2021학년도 2학기(운영)	표면및구조분석, 화학영어논문작성법
2	2022학년도 1학기(운영)	융합화학튜토리얼, 화학정보활용, NMR실험기법
3	2022학년도 2학기(예정)	질량분석및응용, 컴퓨터화학반응메커니즘
4	2023학년도 1학기(예정)	융합화학튜토리얼, 화학정보활용, NMR실험기법

라. 학제 간 강의 인증서

- 상호간 인증서(응용화학공학부/나노에지공학과)를 발급하고자 타전공 교과목 이수를 장려하였다. 최근 1년간(2021.9.1.~2022.8.31) 화학과 학생이 타전공 교과목을 수료한 사례는 아래와 같다.

연번	개설학과	교과목	학생수	담당교수
1	응용화학공학부	고성능고분자	1	안석균
2	물리학과	고체물리학(I)	1	박성균
3	응용화학공학부	바이오에너지공학	3	김중래
4	응용화학공학부	유기소재물성특론	1	김효정
5	응용화학공학부	에너지소재특론	1	김석

또한, 타대학원생이 화학과 교과목을 전공한 사례는 아래와 같다.

연번	교과목명	타학과명(학생수)	담당교수
1	고등분석화학	화학소재학과(1), 글로벌교원교육전공(1), 나노융합기술학전공(1)	양해식
2	현대분광학	나노융합기술학전공(2)	이상학
3	고등유기화학특론	응용화학공학부(2)	주정민
4	융합나노촉매화학	사회환경시스템공학과(1), 응용화학공학부(1), 화학소재전공(1), 나노융합기술학전공(1)	박강현
5	표면및분석구조	전기에너지시스템전공(1), 나노융합기술학전공(1)	남기민
6	고분자소재화학	전기전자공학과(1), 나노융합기술학전공(1)	황도훈
7	무기합성및유기금속화학	환경공학전공(1)	정옥상
8	고등물리화학	환경공학전공(1), 나노융합기술학전공(1)	최정모
9	배위화학	환경공학전공(1), 응용화학공학부(1)	정옥상
10	전기화학	응용화학공학부(2)	양해식
11	MNR실험기법	화학소재학과(4)	김석만
12	고등무기재료화학	사회환경시스템공학과(1)	박강현
13	생촉매화학	나노융합기술학전공(1)	박장수

앞으로, 학과간 수강 사례를 체계적으로 정리하여, 대학원생들에게 인증서를 발급하고자 한다.

마. 연구 분야별 첨단기기 교육

학생 주도로 제작한 동영상 교육자료를 개방하였고, 기기활용 교육 프로그램을 운영하였다.

(1) 동영상 교육자료 제작 및 공유

- 대학원생 주도로 제작한 실험실별 주요 첨단기기 사용법 동영상(18건)을 상시 개방하였다.

NMR, SEM, Gaussian 계산, Mott-Schottky plot, Distillation, UV-Vis spectrometer, XRD, cyrstallization, gas chromatography, silica gel column chromatography, Analytical HPLC, IR, water contact angle analyzer, Solvent tower, HR-MAS NMR, cyclic voltammetry, pH meter.

향후 수요가 있는 것에 대한 동영상 교육자료를 업데이트할 예정이다.

(2) 기기활용 교육 프로그램

교내 공동실험실습관 및 학과 내에서 운영하는 기기활용 교육프로그램을 아래와 같이 진행하였다.

연번	프로그램명	일시	장소	참석자 수
1	TGA 교육	2021년 9월 13일~14일	화학관 124호 공동기기실	14
2	입도분석기 교육	2021년 09월 15일	화학관 SEM 실	9
3	SEM & EDS 교육	2021년 09월 28일	화학관 408호	12
4	SEM & EDS 교육	2022년 02월 17일	화학관 124호 공동기기실	15
5	단결정 X-선 결정학 및 구조해석 실무교육	2022년 06월 20일	화학관 416호	12

바. 데이터 정보 수집 및 활용

화학정보활용(2022학년도 1학기) 교과목으로 편성하여 목표를 달성하였으며, 아래와 같이 운영하였다.

담당 교수	주요 내용
이상학	화학반응의 메커니즘을 이해하기 위해 수행하는 속도론적 실험의 결과를 검증하거나 실험적 한계를 극복하기 위해 컴퓨터 화학이 필요하다. 본 수업에서는 양자화학적 계산 모델을 이용하여 전이상태, 전자 밀도, 산성도, 전자 오비탈, 공명도를 예측하는 계산 방법을 정확히 이해할 수 있는 이론 강의와 실습이 동시에 진행된다.

화학정보활용은 매년 1학기에 개설되어 운영하고 있다.

사. 글로벌 리더 양성

-화학영어논문작성법 및 구두 발표를 통해 목표를 달성하고자 하였다.

-대학원생 및 박사후연구원의 영어구두 발표를 아래와 같이 정례화하였다(39회).

행사 및 학회명	날짜	장소	구두발표
SKKU-PNU BK21 Four Joint Symposium	2022년 2월 9일	화학관 112호(온라인)	부산대 대학원생 8명
	2022년 8월 18일	성균관대(온라인)	
Chemistry Fair	2021년 10월 6일	화학관 112호, 114호(온라인)	대학원생 15명
PostDoc Symposium	2021년 11월 26일	화학관 112호(온라인)	신진연구인력 6명
제 128회 대한화학회 학술발표회 및 총회	2021년 10월 13일	부산 BEXCO	대학원생 1명
The 2nd Japan and Korea joint meeting on research development of chemistry The fourteenth Japan-Korea Joint Symposium on	2021년 12월 9일	온라인	대학원생 4명

Bio-microsensing Technology, 14th JKBT			
ACS Spring 2022	2022년 3월 20일	온라인	대학원생 2명
ACS Fall 2022	2022년 8월 21일	온라인	대학원생 3명

- 앞으로도 SKKU-PNU BK21 Four Joint Symposium(연 2회), Chemistry Fair(연 1회), PostDoc Symposium(연 1회)를 주기적으로 운영할 계획이다. 또한 온/오프라인 국제학회의 구두 발표를 활성화할 계획이다.

- 해외 기관 파견은 코로나-19 상황에 따라 유동적으로 계획하여 운영할 예정이다.

아. 외국인 유학생 지원

교육연구단 소속 학과의 외국인 대학원생 교류를 활성화하였다. 영어로 진행되는 교내 행사(Chemistry Fair/PostDoc Symposium) 참여를 장려하고, 학과 교수 및 내국인 대학원생과의 소통을 유도하였다. 향후 입학하고자 하는 외국인 학생의 편의성과 접근성을 향상하기 위해 영문 홈페이지를 운영할 계획이다. 특히, 전공 교과목별 소개 및 학사관리 조항을 영문으로 편집하고 있으며, 이를 홈페이지에 개방할 예정이다.

자. 실험실 사고 예방 및 연구윤리 강화

학과 홈페이지를 이용하여 안전 교육 자료를 제공하고 있으며(연구실별 안전 매뉴얼, 부산대학교 연구실안전관리센터, 안전교육센터, 화학물질정보시스템), 주기적인 안전/윤리 실무 교육을 아래와 같이 실행하고 있다.

프로그램	주제	일시
안전 교육	연구실안전교육 및 생물안전교육	2021학년도 2학기(온라인)
		2022학년도 1학기(온라인)
윤리 실무 교육	연구윤리 및 연구관리	2021학년도 2학기(온라인)
		2022학년도 1학기(온라인)

차. 실적 분석을 통한 향후 추진계획

a. 타 대학원 교과목 수강은 이루어지고 있지만, 이를 인증할 수 있는 제도가 미진한 상황이다. 본 연구단은 타 대학원 연구단과 상호 협의를 학제간 강의 인증서에 관한 규정을 만들고, 인증서 발급 제도를 체계화할 계획이다.

b. 학생 주도로 제작한 기기활용 동영상(18건)을 상시 개방하여 정보활용에 대한 접근성을 높이하고자 한다. 현재 홈페이지에 개방중이며, 필요에 따라 기기활용 동영상을 추가 및 보완할 계획이다.

c. 국제화 목표 달성을 위해 영문 홈페이지를 개편하여 외국인 학생에게 입학, 교육과정, 학사관리에 관한 정보를 체계적으로 전달하고자 한다. 또한, 화학영어논문작성법을 지속적으로 운영하고, 미진한 해외 기관 파견연구는 코로나-19 상황에 따라 순차적으로 증가 할 계획이다.

1.1.4 전임교수 대학원 강의 계획 대비 최근 1년간(2021.9.1~2022.8.31)의 실적

분류	편성 교과목명(계획)	운영 과목(실적)
기초핵심 (5개)	고등물리화학, 고등유기화학, 고등무기재료화학, 고등분석화학, 고등생물화학	5개
융합 (9개)	바이오소재화학, 융합화학튜토리얼, 질량분석및응용, 첨단기기활용및제어, 컴퓨터화학반응메커니즘, 표면및구조분석, 화학영어논문작성법,	5개 (1개 완료)

	화학정보활용, NMR실험기법	(3개 예정)
전공선택 (18개)	전기화학, 생체막화학, 배위화학, 고등유기화학특론, 천연물입체화학, 화학물리, 대사시스템화학, RNA생화학, 초분자화학, 유기소재분석화학, 양자화학, 무기합성및유기금속화학, 융합나노촉매화학, 고분자소재화학, 화학반응동력학, 현대분광학, 생촉매화학, 에너지화학	9개 (6개 완료) (3개 예정)
세미나 (4개)	세미나(I), 세미나(III), 과학의사소통(I), 과학의사소통(II)	4개
논문	논문연구	27개
실적분석	개편된 교과목은 계획대로 개설되고 있으며, 100% 전임교수 강의로 운영되고 있다.	

가. 당초 강의계획 요약

분류	연도	2020-2022학년도 전임교원 강의 개설 예정 교과목	
		1학기	2학기
기초핵심 교과목	매년	고등물리화학, 고등무기재료화학, 고등유기화학	고등생물화학, 고등분석화학
융합과목 (팀티칭)	2020	융합화학튜토리얼(매년) NMR실험기법(매년)	질량분석및응용 첨단기기활용및제어
	2021	융합화학튜토리얼 NMR실험기법 화학영어논문작성법(매년)	화학정보활용(매년) 에너지화학 표면및구조분석
	2022	융합화학튜토리얼 NMR실험기법 화학영어논문작성법 바이오소재화학	화학정보활용 질량분석및응용 첨단기기활용및제어 컴퓨터화학반응메커니즘
	2022		
전공선택과목	2020	단백질화학*, 나노화학*, 전기화학(매년), 고등유기합성화학*, 현대생화학*	생체막생화학, 배위화학, 고등유기화학특론, 천연물입체화학, 화학물리
	2021	대사시스템화학, RNA생화학, 초분자화학, 유기소재분석화학, 양자화학, 전기화학	무기합성및유기금속화학, 융합나노·촉매화학, 고분자소재화학, 화학반응동력학, 현대분광학
	2022	생촉매화학, 배위화학, 전기화학, 고등유기화학특론	생체막생화학, 초분자화학, 천연물입체화학, 화학물리
세미나	2020	세미나(III), 세미나(IV)	세미나(I), 세미나(III)*
	2021	세미나(III), 과학의사소통(III)	세미나(I), 과학의사소통(I)
	2022	세미나(III), 과학의사소통(III)	세미나(I), 과학의사소통(I)
논문	매년	논문연구	논문연구

*다음 과목은 2020학년도에는 운영되었으나 교과목 개편과정에서 아래와 같이 변경 및 폐지됨

변경: 단백질화학(생촉매화학), 세미나(III)(과학의사소통I); 폐지: 나노화학, 고등유기합성화학, 현대생화학

나. 강의 실적 및 운영

(1) 본 교육연구단 참여교수를 포함한 학과 교수진은 2020년 1학기부터 위에 정리된 표를 근거하여 교과목을 순차적으로 개설하여 운영하고 있다. 크게 6가지로 개설 교과목으로 분류하였으며(기초핵심 교과목, 융합과목, 전공선택과목, 세미나, 논문), 모든 교과목은 전임교원이 아래와 같이 100% 강의하였으며,

2022학년도 2학기도 100% 운영될 예정이다.

개설연도	학기	개설 교과목명	과목수	전임교수 강의 과목수
2021	2	고등분석화학, 고등생물화학, 현대분광학, 유기소재분석화학, 고등유기화학특론, 융합나노·촉매화학, 표면및구조분석, 화학 영어논문작성법, 고분자소재화학, 무기합성및유기금속화학, 세 미나(I), 과학의사소통(I), 논문연구	13	13 (100%)
2022	1	고등물리화학, 고등유기화학, 배위화학, 전기화학, NMR실험기 법, 고등무기재료화학, 융합화학튜토리얼, 화학정보활용, 생촉 매화학, 세미나(II), 과학의사소통(II), 논문연구	12	12 (100%)

논문연구는 1개 교과목으로 계산하였으나, 실제로는 전임 교수별로 개설하였다(2021학년도 2학기: 15개, 2022학년도 1학기: 12개).

(2) 기초핵심교과목 중에 고등물리화학, 고등유기화학, 고등무기재료화학은 매년 1학기에, 고등분석화학, 고등생물화학은 매년 2학기에 개설하여 운영하고 있으며, 앞으로도 연속 운영할 계획이다.

(3) 융합 교과목을 개설하여 운영하고 있다. 최근 1년간(2021.9.1.~2022.8.31) 운영된 융합 교과목은 융합화학튜토리얼, 표면및구조분석, 화학영어논문작성법, 화학정보활용, NMR실험기법이며, 이중 4과목은 팀티칭으로 운영하였다. 자세한 교과목 운영 사례 및 계획은 아래와 같다.

연번	개설 시점	교과목명	팀티칭 참여교수 (또는 외부인사)
운영 완료	2021학년도 2학기	표면및구조분석	남기민, 홍대화, 박강현, 박용섭(경희대), 이기라(포항공대), 조원철(한국아이에스)
		화학영어논문작성법	최정모, Paul H. Cheong(미국 Oregon State University)
	2022학년도 1학기	융합화학튜토리얼	박진균, 임만호, 양해식, 남기민, 이정익(한국전자통신연구원), 남궁현(코오롱연구소)
		화학정보활용	이상학/박진균
		NMR실험기법	김석만
운영 예정	2022학년도 2학기	질량분석및응용	홍대화, 고민섭, 박진균, 김영석 김성환(경북대 화학과)
		첨단기기활용및제어	유현덕/김석만/홍대화
		컴퓨터화학반응메커니즘	이상학/박진균

(4) 개편된 교과과정을 통해 전공선택 교과목을 운영하고 있다. 개편된 전공선택 교과목 중에서, 최근 1년간 (2021.9.1~2022.8.31) 운영된 교과목은 현대분광학, 유기소재분석화학, 고등유기화학특론, 융합나노촉매화학, 고분자소재화학, 무기합성및유기금속화학, 배위화학, 전기화학, 생촉매화학이다. 자세한 교과목 운영 사례 및 계획은 아래와 같다.

	개설시점	전공선택 교과목 및 담당 교수
운영 완료	2021학년도 2학기	현대분광학(이상학), 유기소재분석화학(박진균), 고등유기화학특론(주정민), 융합나노촉매화학(박강현), 무기합성및유기금속화학(정옥상), 고분자소재화학(황도훈)
	2022학년도 1학기	배위화학(정옥상), 전기화학(양해식), 생촉매화학(박장수)
운영 예정	2022학년도 2학기	생체막생화학(김석만), 유기소재분석화학(박진균), 고등유기화학특론(고민섭)
	2023학년도 1학기	초분자화학(정옥상), 천연물입체화학(박진균), 화학반응동력학(미정)

(5) 세미나 교과목은 연구 주제의 다양성을 고려하여 전공이 각기 다른 교수를 아래와 같이 배정하였다. 자세한 운영사례 및 향후 계획은 아래와 같다.

연번	개설시점	교과목	담당교수	분야
운영 완료	2021학년도 2학기	세미나(I)	유현덕	분석화학
		과학의사소통(I)	홍대화	유기화학
	2022학년도 1학기	세미나(II)	유현덕	분석화학
		과학의사소통(II)	홍대화	유기화학
운영 예정	2022학년도 2학기	세미나(I)	이상학	물리화학
		과학의사소통(I)	유현덕	분석화학

앞으로 세미나(II), 과학의사소통(II)는 1학기, 세미나(I), 과학의사소통(I)은 2학기에 운영할 계획이다.

다. 강의 실적 분석을 통한 향후 추진계획

a. 당초 개편한 교과목을 바탕으로 강의 실적을 계획대로 달성하고 있다. 특히, 최근 1년간 전임교수 강의 비율은 100%였으며, 이 기조를 유지할 계획이다. 차년도 강의 계획은 아래와 같다.

개설연도	학기	개설 교과목명	과목수	전임교수 강의 과목수
2022	2	고등분석화학, 고등생물화학, 생체막생화학, 유기소재분석화학, 고등유기화학특론, 첨단기기활용및제어, 질량분석및응용, 컴퓨터 화학반응메커니즘, 세미나(I), 과학의사소통(I), 논문연구	11	11 (100%)
2023	1	고등물리화학, 고등유기화학, 고등무기재료화학, 융합화학튜토리 얼, 화학정보활용, NMR실험기법, 전기화학, 세미나(II), 과학의사 소통(II), 초분자화학, 천연물입체화학, 화학반응동역학, 논문연구	13	13 (100%)

b. 융합 교과목의 외부 산업체 참여 및 개방화가 상대적으로 미진한 상황이다. 최근 1년동안 외부인사를 활용한 융합화학튜토리얼, 표면및구조분석, 화학영어논문작성법 교과목을 참조하여, 다른 융합 교과목에 외부 산업체 전문인사 강연의 사례를 높일 계획이다.

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

1.2.1 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 현황 및 실적

<교육 프로그램 구성 및 계획>

분야	정규 교과목	비교과 프로그램
과학기술 (인공 효소/촉매 개발)	6과목: 융합화학튜토리얼, 천연물입체화학, NMR실험기법, 생촉매화학, 고등분석화학, 바이오소재화학, 유기소재분석화학	교내 공동세미나(11건) 교외 공동 심포지엄(성균관대/경희대)
산업 (에너지, 화학반응 제어)	4과목: 화학반응동역학, 에너지화학, 고분자소재화학, 컴퓨터화학반응메커니즘	타 학과와의 학점 교류(응용화학공학부/나노에너지공학과) 기업체 컨설팅, 기기활용 교육 4차 산업혁명/산업체 세미나
사회(백신/진단)	6과목: 고등생물화학, RNA생화학,	튜토리얼, 지역단체 방문 및 특강, 교양과목 온라인

및 대중화 교육)	전기화학, 질량분석및응용, 현대분광학, 첨단기기활용및제어	강의 공개, 분자소재분야 자문활동, 고등학생 R&E 및 화학올림피아드
-----------	---------------------------------	--

<최근 1년간 실적 및 향후 추진계획>

분야	정규 교과목	비교과 프로그램
과학기술 (인공 효소/촉매 개발)	4과목 운영	교내 공동세미나(11건), 기초연구실사업(2건) 부산대-성균관대 심포지엄(2회)
보완점	천연물입체화학 운영	부산대-경희대 심포지엄
산업 (에너지, 화학반응 제어)	고분자소재화학 운영	타과 교과목 수강(5건), 기업체 컨설팅(12건), 기기활용 교육(23건), 4차 산업혁명/산업체 세미나(4명초청)
보완점	교과목 운영 활성화	학제간 인증제 제도화
사회(백신/진단 및 대중화 교육)	3과목 운영	튜토리얼(2건), 지역단체 방문 및 특강(11건), 분자소재분야 자문활동(26건), 고등학생 R&E(11팀), 기고(10건)
보완점	2과목 운영 예정	교과목 개방(융합화학 튜토리얼), 튜토리얼 활동 확대

가. 과학기술 분야

a. 융합화학튜토리얼(2022학년도 1학기 개설; 담당 교수: 박진균).

융복합 연구에 필요한 화학의 전공 분야별 핵심 원리를 분과별 교수(물리화학: 임만호; 유기화학: 박진균; 분석화학: 양해식, 남기민)와 외부인사(이정익: 한국전자통신연구원; 남궁현: 코오롱연구소)로 구성하여 팀티칭을 통해 강의내용을 전달하였다. 본 교과목은 매년 1학기에 개설되어 운영될 예정이다.

b. NMR실험기법(2022학년도 1학기 개설; 담당 교수: 김석만)

학과 내에 보유한 NMR을 활용하여 원리를 이해하고 생·유기 분자의 구조 분석을 실습하였다. 본 교과목은 매년 1학기에 개설되어 운영될 예정이다.

c. 고등분석화학(2021학년도 2학기 개설; 담당 교수: 양해식)

인공 효소 반응과 촉매 반응이 일어나는 완충용액의 작동 원리 및 제조 방법을 배우고, 산화환원 효소 반응 및 촉매 반응에서 에너지 준위에 따른 전자의 이동 메커니즘과 인공 효소/촉매의 반응속도 및 반응 메커니즘을 연구할 수 있는 분광학 방법 등을 공부하였다. 본 교과목은 매년 2학기에 개설되어 운영될 예정이다.

d. 생촉매화학(2022학년도 1학기 개설; 담당 교수: 박장수)

생물계의 효소 반응에 대한 생화학적 및 분자생물학적 지식 및 기존 화학적 촉매 대비 장단점에 대한 지식을 강의한다. 추가로, 인공 효소 또는 모사 생촉매 개발에 관한 최신 연구를 소개한다.

e. 유기소재분석화학(2021학년도 2학기 개설; 담당 교수: 박진균)

복잡한 생/유기 분자의 구조를 분석할 수 있는 실험기법(NMR, Mass, IR, UV)을 종합적으로 학습하고 이를 근거로 해석할 수 있는 방법에 대해 강의한다. 또한, 학과 내에 보유한 NMR을 활용하여 실습하였다. -바이오소재화학은 1차년도에 운영하였으며, 천연물입체화학은 아래와 같이 운영될 예정이다.

g. 바이오소재화학: (2021학년도 1학기 개설; 담당 교수: 양해식, 홍대화, 고민섭)

인공 효소/촉매 및 감염병 백신을 위한 바이오소재를 소개하고, 이를 응용하는 분석 기술에 대해 소개하였다. 학과 교수의 전공별 팀티칭(양해식: 바이오센서; 홍대화: 생체재료화학; 고민섭: 합성생물학)을 통

해 최신 연구 동향을 전달하였다.

f. 천연물 입체화학(2023학년도 1학기 개설 예정; 담당 교수: 박진균)

천연물 전합성과 입체선택적인 합성법에 대해 다룬다. 여러 작용기가 존재하는 복잡한 환경에서도 효율적인 반응을 가능하게 하는 촉매와 선택적인 반응을 가능하게 하는 촉매의 원리를 교육한다. 본 교과목은 매년 1학기에 개설되어 운영될 예정이다.

(2) 학과 내 공동 연구 세미나

새로운 과학기술분야에서 뛰어난 연구 경쟁력을 확보하고자 학과 내 공동 그룹 세미나를 지속해서 개최하고 있다.

a. 현재 교육연구단 학과 내 전공 간 공동그룹 세미나(11건)는 아래와 같다.

- 유기화학과 무기화학(박진균-정옥상), 전기화학과 생화학(양해식-김광선, 남기민-김광선, 양해식-김석만), 유기화학과 생화학(박진균-김광선, 황도훈-김광선), 무기화학과 물리화학(정옥상-이상학), 유기화학과 물리화학(고민섭-최정모, 홍대화-최정모, 고민섭-이상학) 및 실험실 간 공동 세미나(유현덕-남기민)를 개최하고 있다.

b. 기초연구실 사업(2건)

- 전기유기화학 분야 연구실 사업(2019년 9월~2022년 2월) 및 후속 사업(2022년 3월~ 2025년 2월)을 현재 수행 중이다(양해식, 남기민, 박진균, 주정민).
- 물리유기화학 분야 연구실 사업(2021년 6월~2024년 2월)을 현재 수행 중이다[임만호, 이상학, 고민섭, 정나연(부산대 의대)].

(3) 학교 간 공동 연구 세미나

a. 과학 기술 연구 경쟁력을 확보하기 위해 학교 간 공동 연구 세미나를 정기적으로 운영하고, 필요한 교육 콘텐츠에 대한 정보를 공유하여 교과 과정에 반영하고자 한다. 현재 학교 간 대표 공동 연구 현황은 아래와 같다.

교수명	공동연구기관	공동연구사례
김광선	영남대(이용록)	항생효능 우수 유기화합물 발굴
김광선	UST(김세미)	세포 비독성 나노물질 발굴
김광선	UST(김미현)	백신 후보물질의 유효성 평가
남기민	강원대(엄한돈)	실리콘 표면에서의 광 전기화학 반응 메커니즘 연구
남기민	한양대(장진호)	염화이온의 산화반응을 분석하기 위한 전기분석법 개발
양해식	성균관대(윤완수)	DNA 증폭과 결합한 전기화학적 검출 기술 개발
양해식	경희대(양성익)	전기화학적 고풍이 검출 기술 개발
유현덕	한국공과대학(류지현)	리튬이온배터리 고용량 양극소재 합성
주정민	KAIST(변혜령)	레독스 분자 전지 개발
최정모	KAIST(정용원)	다가성 단백질의 결합 원리 및 응용성 탐구
최정모	고려대(김준곤)	아밀로이드 섬유를 형성하는 비정형 단백질의 섬유화 과정 연구
최정모	KAIST(김형준)	복잡계 시뮬레이션 기법 개발 및 적용
최정모	서울대(신용대)	gephyrin 단백질의 세포 내 상 분리 현상 탐구

최정모	UNIST(김채운)	carbonic anhydrase의 효소 작용에 관한 분자 메커니즘 연구
홍대화	충북대(강성민)	유기/고분자를 이용한 표면 코팅법 개발 및 응용성 발굴
황도훈	부경대(이지열)	유기광다이오드용 유기반도체 고분자 합성과 디바이스 제작 연구

b. 부산대-성균관대 화학과 학생 주도 BK 심포지엄

본 교육연구단과 성균관대 교육연구단간의 학생 주도 BK 심포지엄을 다음과 같이 운영하였다.

분과	일시	장소	참여자
무기화학	2022년 2월 9일	화학관 112호 및 온라인	성균관대 4명, 부산대 4명(장산하, 한지훈, 김동원, Mohamed Yusuf)
분석/생화학	2022년 8월 18일	성균관대	성균관대 4명, 부산대 4명(조혜진, 김경호, 서동호, 김성혜)

- 모든 행사 준비 및 진행(좌장 선정 및 초록집 제작 등)은 대학원생 주도로 이루어지도록 하고, 영어로 발표하였다.

-1차년도를 포함하여, 전분과(물리화학, 유기화학, 무기화학, 분석화학, 생화학)에서 성균관대학교와의 교류가 이루어졌다.

-현재의 심포지엄을 지속적으로 운영할 계획이다.

c. 부산대-경희대 응용화학과 심포지엄을 통한 협업

본 교육연구단과 경희대 응용화학과 연구자들이 2번에 걸쳐 미니 심포지엄을 부산과 수원에서 번갈아 개최하여 교수 간 교류를 촉진한 바 있다(2019년 6월 13일: 부산, 2018년 7월 14일: 서울). 코로나-19 사태로 이번 사업 기간에는 행사를 개최하지 못했으나 2022~2023년 심포지엄 개최를 계획하고 있다.

(4) 계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진계획

a. 융합화학튜토리얼과 NMR실험기법은 매년 1학기, 고등분석화학과 유기소개분석화학은 매년 2학기에 운영하고 있다. 천연물 입체화학, 바이오소재화학, 생촉매화학도 주기적으로 운영하여 과학기술 분야로 활용할 예정이다.

b. 학교 간 공동 연구 세미나(심포지엄) 활성화: 코로나 19로 제한되었던 학교간 공동연구 심포지엄을 활성화할 예정이다. 본 교육연구단은 온라인으로 이루어졌던 성균관대학교와의 심포지엄을 오프라인으로 전환하였다. 앞으로 경희대학교 응용화학과 연구자들과 2번에 걸쳐 미니 심포지엄을 개최한 경험(2019년 6월 13일: 부산, 2018년 7월 14일: 서울)을 토대로 오프라인 방식을 활용하여 심포지엄을 운영할 계획이다.

c. 기존 프로그램의 정례화: 규칙적으로 운영되고 있었던 학과 내 공동 연구 세미나, 기초연구실 사업 등을 통해 과학기술 문제 해결을 위한 비교과 프로그램으로 활용할 예정이다.

나. 산업 분야

(1) 정규 교과목

본 교육연구단에서는 에너지 및 화학반응 제어를 산업 문제 해결의 주 분야로 선정하였으며, 이와 관련된 핵심 정규 교과목은 에너지화학, 화학물리, 고분자소재화학, 컴퓨터화학반응메커니즘이다(II-1.1.3.가 참조). 이중 최근 1년간 운영한 교과목은 고분자소재화학이다.

a. 고분자소재화학(2021학년도 2학기 개설; 담당 교수: 황도훈)

산업 현장에서 활용되고 있는 전기 및 광특성 고분자 소재의 개발 현황을 소개하였다. 특히, 차세대 태양전지로 연구 개발이 진행되고 있는 유기태양전지의 소자 구조, 작동 원리 및 분자 설계 방법론을 다루었다.

-에너지화학과 화학물리는 1차년도에 운영하였으며, 컴퓨터화학반응메커니즘은 아래와 같이 운영될 예정이다.

b. 에너지화학(2021학년도 1학기 개설; 담당 교수: 유현덕)

에너지의 효율적인 변환 및 저장은 휴대용 전자기기, 전기차 등 산업적으로 높은 중요성을 갖고 있다. 본 강좌를 통해 에너지의 변환 및 저장을 위한 전기화학의 기본 지식과 연료전지, 배터리, 수전해 등 다양한 에너지 변환/저장 장치의 화학적 원리를 강의하였다.

c. 화학물리(2020학년도 2학기 개설; 담당 교수: 최정모)

기존 화학반응동역학 과목을 화학물리로 대체하여 산업 문제 해결을 위한 교과목으로 활용하였다. 화학물리 교과목을 통해 계면, 바이오/나노머신, 물, 고분자와 같은 산업적 부가가치가 높은 응용화학 재료 및 공정에 적용할 수 있는 통계학적 접근법들을 강의하였다. 특히 화학 반응 제어에 밀접하게 관련된 화학 평형 이론과 상호작용 계 이론을 심도 있게 논의하여 학생들의 경쟁력을 향상시켰다.

d. 컴퓨터화학반응메커니즘(2022학년도 2학기 개설 예정; 담당 교수: 이상학, 박진균)

화학반응의 메커니즘을 이해하기 위해 수행하는 속도론적 실험의 결과를 검증하거나 실험적 한계를 극복하기 위해 컴퓨터 화학이 필요하다. 본 수업에서는 양자화학적 계산모델을 이용하여 전이상태, 전자 밀도, 산성도, 전자 오비탈, 공명도를 예측하는 계산 방법을 정확히 이해할 수 있는 이론 강의와 실습이 동시에 진행된다.

(2) 타 대학원 학점 연계를 통한 교과목 다변화

BK21 사업을 꾸준히 운영하고 있는 교내 타 대학원과의 학점 인증제를 통해, 자연과학 연구를 수행하는 학생들이 공과대학 및 산업 관련 분야로의 안목을 넓힐 수 있도록 장려하였다.

최근 1년간(2021.9.1.~2022.8.31) 화학과 학생이 타전공 교과목을 수료한 사례는 아래와 같다.

연번	개설학과	교과목	학생수	담당교수
1	응용화학공학부	고성능고분자	1	안석균
2	물리학과	고체물리학(I)	1	박성균
3	응용화학공학부	바이오에너지공학	3	김중래
4	응용화학공학부	유기소재물성특론	1	김효정
5	응용화학공학부	에너지소재특론	1	김석

또한, 타대학원생이 화학과 교과목을 전공한 사례는 아래와 같다.

연번	교과목명	타학과명(학생수)	담당교수
1	고등분석화학	화학소재학과(1), 글로벌교원교육전공(1), 나노융합기술학전공(1)	양해식
2	현대분광학	나노융합기술학전공(2)	이상학
3	고등유기화학특론	응용화학공학부(2)	주정민
4	융합나노촉매화학	사회환경시스템공학과(1), 응용화학공학부(1), 화학소재전공(1), 나노융합기술학전공(1)	박강현
5	표면및분석구조	전기에너지시스템전공(1), 나노융합기술학전공(1)	남기민

6	고분자소재화학	전기전자공학과(1), 나노융합기술학전공(1)	황도훈
7	무기합성및유기금속화학	환경공학전공(1)	정옥상
8	고등물리화학	환경공학전공(1), 나노융합기술학전공(1)	최정모
9	배위화학	환경공학전공(1), 응용화학공학부(1)	정옥상
10	전기화학	응용화학공학부(2)	양해식
11	MNR실험기법	화학소재학과(4)	김석만
12	고등무기재료화학	사회환경시스템공학과(1)	박강현
13	생축매화학	나노융합기술학전공(1)	박장수

이를 토대로 화학 분야와 학문적 관련성이 높은 응용화학공학부 및 나노에너지공학과와 학점 인증제 프로그램을 공유할 예정이다.

(3) 기업체 컨설팅을 통한 교육 프로그램 개선

연구 분야 관련성이 높은 산업체와의 컨설팅을 통해 산업체 현장에 기반하는 (비)교과 프로그램 수요 및 요청 사항을 습득하였다. 프로그램의 방향성 선정을 위해 산업체 방문 및 간담회를 통해 관련 내용에 대한 구체적인 사항을 아래와 같이 협의하였다.

연번	업체명	일시	참여교수	회의 내용
1	영창케마칼	2022년 9월 8일	황도훈	반도체용 포토레지스트 설계와 합성에 관한 연구 협의
2	(주) 정보제약	2021년 11월 12일	박진균, 황도훈, 주정민, 고민섭	정보제약 소개 및 연구 안전 회의
3	(주) 정보제약	2022년 3월 14, 15일	박진균	연속흐름반응 기술 이전
4	(주) 정보제약	2022년 8월 11일	박진균	기업의 애로사항 청취 및 해결법 공유
5	대전테크노파크	2022년 6월 28일	박진균	참여 기업 상대로 연속흐름반응 기술 강연
6	지앤아이솔루션	2022년 7월 29일	박진균	마이크로웨이브를 활용한 연속흐름반응 기술 논의
7	(주) 정보제약	2021년 11월 12일	고민섭	히알루로니다제 조품의 SEC 프로파일 분석 및 소 유래 시중품 분석
8	(주) 정보제약	2021년 12월 15일	고민섭	SEC 및 IEX법을 연속으로 사용한 히알루로니다제 조품의 고순도 정제법
9	(주) 정보제약	2021년 12월 30일	고민섭	SEC 및 IEX법을 연속으로 사용한 히알루로니다제 조품의 고순도 정제법 및 흡광도 측정법을 이용한 활성 측정법 제시
10	(주) 링크플러스	2021년 10월 27일 2021년 11월 29일	박강현	지술 자문 및 산학 연구 논의
11	LG화학	2022년 6월 3일	박강현	지술 자문 및 산학 연구 논의
12	MD 헬스케어	2022년 6월 30일	김광선	신규 백신 플랫폼 개발을 위한

				논의
--	--	--	--	----

(4) 기기 활용 교육 프로그램

산업 친화형 현장 실무 능력을 향상하기 위해 기기 활용 교육 프로그램을 아래와 같이 운영하였다.

a. 동영상 교육자료 제작 및 공유

- 1차년도에 대학원생 주도로 제작한 실험실별 주요 첨단기기 사용법을 학과 홈페이지에 개방하여 공유하였다. 현재 공유하고 있는 첨단기기는 다음과 같다.

NMR, SEM, Gaussian 계산, Mott-Schottky plot, Distillation, UV-Vis spectrometer, XRD, crystallization, gas chromatography, silica gel column chromatography, Analytical HPLC, IR, water contact angle analyzer, Solvent tower, HR-MAS NMR, cyclic voltammetry, pH meter.

향후 수요가 있는 첨단기기에 대한 동영상 교육자료를 업데이트할 예정이다.

b. 기기활용 교육 프로그램

교내 공동실험실습관 및 학과내에서 운영하는 기기활용 교육프로그램을 아래와 같이 진행하였다.

연번	프로그램명	일시	장소	참석자 수
1	TGA 교육	2021년 9월 13일~14일	화학관 124호 공동기기실	14
2	입도분석기 교육	2021년 09월 15일	화학관 SEM 실	9
3	SEM & EDS 교육	2021년 09월 28일	화학관 408호	12
4	SEM & EDS 교육	2022년 02월 17일	화학관 124호 공동기기실	15
5	단결정 X-선 결정학 및 구조해석 실무교육	2022년 06월 20일	화학관 416호	12

(5) 4차 산업혁명/산업체 관련 세미나(당초 목표: 4차 산업혁명 전문 강사 연 2회 초청)

회사 및 연구소에 재직 중인 분자 소재 전문 인력(학과 졸업생 포함)을 초청하여 최신 산업 동향에 관한 지식을 전달하고자 하였다. 이를 위해, 본 교육연구단에서는 4차 산업혁명 겨울 학교 세미나를 아래와 같이 개최하였다.

연번	연사 성명 (소속)	일시	주제
1	이인규 교수(부산대 응용화학공학부)	2022년 1월 27일 (온라인)	Digital Twin and Machine Learning for Chemical Process, AI-based Optimization Method: Bayesian Optimization
2	손상환 교수(부산대 응용화학공학부)		인공지능과 Machine Learning 방법론 및 화학 공정 모델링과 제어에의 적용 사례 소개
3	오한빈 교수(서강대 화학과)		4차 산업혁명 시대의 Vocabulary
4	이주용 교수(강원대 화학과)		Novel Drug Candidate Design and Retrosynthetic Translation using Artificial Intelligence

(6) 계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진계획

a. 산업 문제 해결과 관련된 정규교과목 운영이 상대적으로 미진하다. 에너지화학, 화학물리, 고분자소재 화학, 컴퓨터화학반응메커니즘 교과목을 유기적으로 편성하여 지속적으로 운영할 예정이다.

b. 학제간 인증제 제도화: 사전 단계로 타대학원간 학점 수강 사례를 1차년도보다 활성화하였지만, 학제간 인증제 제도가 미진한 상황이다. 응용화학공학부 및 나노에너지공학과간의 사전 협의 및 인증 제도 정비를 통해 학제간 인증제를 체계화할 계획이다.

c. 기존 프로그램 정례화: 기업체 컨설팅, 기기활용교육, 4차 산업혁명/산업체 세미나 등을 활용하여 산업 문제 해결을 위한 비교과 프로그램으로 활용할 예정이다.

다. 사회 문제 해결

(1) 정규 교과목

본 교육연구단에서는 감염병, 백신, 진단을 사회 문제 해결을 위한 주 분야로 선정하였으며, 이와 관련된 핵심 정규 교과목은 고등생물화학, RNA생화학, 전기화학, 질량분석및응용, 현대분광학, 첨단기기활용및제어(III-1.1.3.가 참조). 이중 최근 1년간 운영한 교과목은 고등생물화학, 전기화학, 현대분광학이다.

a. 고등생물화학(2021학년도 2학기 개설; 담당 교수: 김광선)

백신 개발을 위한 기본적인 면역 반응 및 백신의 원리, 신개념 플랫폼에 대한 다양한 물질을 생화학적 관점에서 학습하였다. 또한, 이를 바탕으로 생화학 응용 기법 및 분석에 대한 방법을 제시하여, 감염병에 대한 신개념 백신 개발 및 응용력을 키울 수 있게 하였다. 본 교과목은 매년 2학기에 개설되어 운영될 예정이다.

b. 전기화학(2022학년도 1학기 개설; 담당 교수: 양해식)

전기화학에 필요한 기초회로이론 및 전위의 개념에 대해서 다루고, 전기화학분석에 사용하는 시간대전류법, 순환 전압-전류법에 대해서 다루었다. 용액 속의 물질의 농도를 측정하는 전기화학 센서의 원리를 다룬 뒤 실제 진단에 이용되고 있는 전기화학 기기 및 바이오센서에 대해서 강의하였다. 본 교과목은 매년 1학기에 개설되어 운영될 예정이다.

c. 현대분광학(2021학년도 2학기 개설; 담당 교수: 이상학)

고전적인 분광학 개념을 활용하여 현대 기술과 응용되는 기술을 소개한다. 특히 라만 분광법, 형광분광법을 활용하여 단분자를 측정해내는 기술을 활용하여 세포 이미징, DNA, RNA, 단백질 동역학 등의 최근 연구 방법론을 소개하고, 생물학 연구, 의학적 진단 등으로 활용되는 예를 소개한다.

-RNA생화학은 1차년도에 운영하였으며, 질량분석및응용과 첨단기기활용및제어는 아래와 같이 운영될 예정이다.

d. RNA생화학(2021학년도 1학기 개설; 담당 교수: 김광선)

세포 내 생분자 물질인 RNA 분자의 기초 지식과 질병 치료 및 백신 활용에 대한 내용을 다루었다.

e. 질량분석및응용(2022학년도 2학기 개설 예정; 담당 교수: 홍대화, 고민섭, 박진균, 김영식, 김성환(경북대 화학과))

원소 분석, 유기분자와 생체분자의 분자량 결정, 고체표면 분석, 생체분자의 구성 성분 및 분자량을 알아내는 질량분석법의 원리와 예를 소개한다.

f. 첨단기기활용및제어(2022학년도 2학기 개설 예정; 담당 교수: 유현덕, 김석만, 홍대화)

본 강좌에서는 구조/표면/형상 분석을 위한 전자현미경, X-선 회절기, 분광기, 입도분석기, 전기화학기기,

NMR, 질량분석기 등의 작동원리와 더불어 산업/연구 현장에서 기기를 컴퓨터와 연동하여 효율적으로 제어하기 위해 필요한 LabVIEW 프로그램 활용법을 강의한다.

(2) 대중화 교육

지역 사회 대중화 교육 및 과학인재 양성에 기여할 수 있는 프로그램을 아래와 같이 운영하였다.

a. 정규 교과목의 개방: 정규 교과목 중 융합화학튜토리얼은 당초 학과 대학원뿐만 아니라 기업/산업체 전문 인력에게 개방하여, 대학과 지역 연구소/산업체 간의 연구 전문지식의 공유를 촉진하고자 하였다. 본 교육연구단은 그 사전 단계로 최근 1년간 화학 지식을 필요로 하는 타 학과 본교 대학원생들에게 화학과 정규 교과목을 개방하여 학제간 연구 전문지식 공유를 촉진하고자 하였다. 개방한 사례는 아래와 같다.

연번	교과목명	타학과명(학생수)	담당교수
1	고등분석화학	화학소재학과(1), 글로벌교원교육전공(1), 나노융합기술학전공(1)	양해식
2	현대분광학	나노융합기술학전공(2)	이상학
3	고등유기화학특론	응용화학공학부(2)	주정민
4	융합나노촉매화학	사회환경시스템공학과(1), 응용화학공학부(1), 화학소재전공(1), 나노융합기술학전공(1)	박강현
5	표면및분석구조	전기에너지시스템전공(1), 나노융합기술학전공(1)	남기민
6	고분자소재화학	전기전자공학과(1), 나노융합기술학전공(1)	황도훈
7	무기합성및유기금속화학	환경공학전공(1)	정옥상
8	고등물리화학	환경공학전공(1), 나노융합기술학전공(1)	최정모
9	배위화학	환경공학전공(1), 응용화학공학부(1)	정옥상
10	전기화학	응용화학공학부(2)	양해식
11	MNR실험기법	화학소재학과(4)	김석만
12	고등무기재료화학	사회환경시스템공학과(1)	박강현
13	생촉매화학	나노융합기술학전공(1)	박장수

b. 외부 튜토리얼 활동을 통해 전기화학의 대중화에 기여하였다. 양해식 교수는 한국부식방식학회(2021년 11월 18일, 여수 베네치아호텔)에서 주최한 튜토리얼 프로그램 연사로 초청되어 전기화학 임피던스의 기초 및 응용에 관한 내용을 강연하였다. 박진균 교수는 첨단화학소재 스마트제조공정 고도화사업 설명회(2022년 6월 28일, 대전테크노파크)에 참여하여 다수 기업 및 정부출연 연구소 연구자들에게 연속 흐름 합성시스템의 활용에 관한 내용을 강연하였다.

c. 화학 대중화를 위한 기타 세부 활동은 아래와 같다.

분류	교수명	시기	주관 기관 및 활동
지역 단체 방문/ 특강	고민섭	2021년 11월 25일	경북대·부산대 자연과학대학 (2021 노벨상(물리생리의학화학)해설 강연회 화학부분 강연)
		2021년 12월 24일	부산과학고(2021학년도 R&E 최종발표회 심사 및 특강
	김광선	2021년 10월 16일	용인고등학교(진로탐구활동) (“이미징과 PCR 및 전기영동을 통한 세균 검출”)
		2022년 7월 29일	부흥고(고교생 진로설계 멘토링)
	주정민	2022년 5월 27일	경남과학고(제6회 KNDL 진로콘서트 3부 토크콘서트 에너지 부

			분)
		2022년 7월	화학연구정보센터 인터뷰
	최정모	2022년 7월-8월	한국제약바이오협회 ("단백질-리간드 상호작용 계산을 위한 분자동역학 시뮬레이션" 온라인 강의 동영상 제작)
		2022년 7월 4일	포항공대 (2022 생명물리 여름학교 강의)
		2022년 7월 15일	한국고등교육재단 (성광여자고등학교 드림렉처)
	양해식	2022년 6월 30일	한국전기화학학회 (제6기 전기화학학교 강연)
		2022년 3월 2일	한국전기화학학회 (전기화학질문잔치 답변자)
	R&E	2021년 4-12월	부산과학고(과학영재 창의과제연구(R&E) 3팀)
		2022년 4-12월	부산과학고(과학영재 창의과제연구(R&E) 3팀)
		2021년 4-12월	부산과학고(과학영재 창의과제연구(R&E) 2팀)
		2022년 4-12월	부산과학고(과학영재 창의과제연구(R&E) 3팀)
분자 소재 분야 자문 활동	김광선	2022년 6월 30일	경북바이오산업연구원/(주)MD 헬스케어 (세균유래소포체를 활용한 백신 활용 기술 자문)
		2022년 8월 30일	경북바이오산업연구원 (감염병 대응 백신과 항생제 전달체 OMV 개발 자문)
	김석만	2021년 10월 14일	대한화학회 (인간외 생물 분석의 최신 연구동향)
		2022년 2월 16일	축산과학원 동물복지연구팀 (대사체분석의 응용방향과 실제 적용사례)
		2022년 5월 30일	지더블유바이텍 (NMR 기반 인체유래물 측정 및 대사체 분석)
	남기민	2022년 10월 14일	대한화학회 (제6회 미래화학자 연구발표회 심사)
	박강현	2021년 9월 29일-10월 1일	한국과학창의재단 (과학문화활동지원사업 개선방안 마련을 위한 전문가 자문회의)
		2021년 10월 27일	링크플러스(친환경 접착제 기술 자문)
	양해식	2021년 9월 25일	부산광역시 창의융합영재원
		2021년 10월 23일	(부산과학전람회 출품작 자문)
		2021년 11월 30일	부산광역시 창의융합교육원
		2022년 6월 10일	(부산과학전람회 과학작품대회 심사)
		2022년 5월 9일	부산과학기술협의회 (부산과학기술상 1차 심사)
	정옥상	2021년 11월 1일	한국과학기술한림원 (한국과학상 심사)
		2022년 1월 5일-7일	한국기초과학지원연구원 (과제 심사 및 논의)
		2022년 3월 25일	(사)과학키움 (과학키움창립총회 한국 최초 과학 분야 노벨상 수상을 위한

기 고			과학자 발굴 지원과 운영방향 논의)
		2022년 6월 9일	한국과학기술한림원 (과학기술유공자 선발 회의)
		2022년 6월 21일	기초연구연합회 (31개 기초연구 활성화를 위한 기초연구 학회장 간담회)
		2022년 7월 12일	환경부 (“무기화학 산업“ 작업반 회의 및 미래 대처법 논의)
		2022년 8월 11일	기초과학 학회협의체 (“과학 선진국 진입 가능한가?“ 기초과학 학회협의체 포럼 지정 토론 참여)
	주정민	2022년 1월 6일	홍보기사 (부산대학교 홈페이지 및 페이스북)
	최정모	2021년 10월 15일	대한화학회 (제6회 미래화학자 연구발표회 심사)
	홍대화	2021년 10월 15일	대한화학회 (제6회 미래화학자 연구발표회 심사)
		2022년 7월 4일	삼성전자 반도체연구소 소재개발팀 (기능성 표면 코팅 및 표면 분석)
	황도훈	2021년 12월 17일	부산과학기술협의회 (과학기술 공리포럼/부산 과학기술 대중화를 위한 의견 개선)
		2022년 6월 9일	부산과학기술협의회 (부산과학기술상, 부산 미래과학기술상 수상요건 의견 개선)
	고민섭	2021년 10월 1일	대한화학회 화학세계_이달의 하이라이트 (비천연 아미노산의 유전자 코드화를 통한 생물 안전 밀폐 시스템 구축 및 안전한 생백신 제작)
	주정민	2022년 1월 14일	ACS Energy Lett. 논문에 대해 해당 저널에 여성 과학자 특집 에세이
	최정모	2022년 1월 1일	대한화학회 화학세계_화학칼럼 (화학사 돌아보기: Prologue)
		2022년 2월 1일	대한화학회 화학세계_화학칼럼 (화학사 돌아보기: 연금술의 뿌리)
		2022년 4월 1일	대한화학회 화학세계_화학칼럼 (화학사 돌아보기: 이슬람 연금술)
		2022년 5월 1일	대한화학회 화학세계_화학칼럼 (화학사 돌아보기: 중세 유럽의 연금술)
		2022년 7월 1일	대한화학회 화학세계_화학칼럼 (화학사 돌아보기: 연금술의 황금기)
		2022년 8월 1일	대한화학회 화학세계_화학칼럼 (화학사 돌아보기: 회의적 연금술사)
		2022년 6월 3일	한국화학관련학회연합회 화학연합 (화학사 돌아보기: 연금술의 뿌리)
		2022년 6월 13일	고등과학원 HORIZON (단백질 접힘 이야기)

(3) 계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진계획

a. 전기화학은 매년 1학기, 고등생물화학은 매년 2학기에 운영하고 있다. RNA생화학, 현대분광학, 질량 분석및응용, 첨단기기활용및제어도 주기적으로 운영하여 사회 문제 해결 교과목으로 활용할 예정이다.

b. 정규 교과목 개방: 정규 교과목 중 융합화학튜토리얼을 타대학원생뿐만 아니라 외부 기업/산업체 전문인력에게 개방하여, 대학과 지역 연구소/산업체 간의 연구 전문지식의 공유를 촉진하고자 한다. 외부 연사와의 팀티칭 경험을 토대로 쌓은 인적 네트워크를 이용하여 본 교과목을 외부에 점진적으로 개방하여 외연을 확장하고자 한다. 또한, 융합화학튜토리얼 교과목에만 한정하지 않고, 다른 교과목에 대해서도 개방을 시도할 계획이다. 참고로 2022학년도 1학기에 개설된 고등물리화학(담당교수: 최정모)은 외부로 개방한 사례가 있다.

c. 일시적인 대외학술대회 위축으로 외부튜토리얼 활동이 미진하였다. 온/오프라인 세미나 및 국내·외 학술대회를 활용하여 튜토리얼 활동을 점진적으로 늘려나갈 계획이다.

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)

대학원생 확보 및 배출 실적					
실적		석사	박사	석·박사 통합	계
확보 (재학생)	2021년 2학기	70	31	13	114
	2022년 1학기	63	29	13	105
	계	133	60	26	219
배출 (졸업생)	2021년 2학기	34	3		37
	2022년 1학기	13	2		15
	계	47	5		52

2.2 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

2.2.1 우수 신입생 확보 노력

가. 우수 자대생 유치를 위한 프로그램 운영

(1) 졸업논문 제도 활용

국립대 육성 사업의 랩 인턴 장학금 지원 프로그램을 운영하여 대학원생의 학부생 멘토링을 지원하였다. 졸업논문 제도를 바탕으로 하여 학부생들이 실험 연구를 수행한 후 졸업 논문을 작성하며 연구에 흥미를 느끼도록 함으로써 본교 대학원으로의 진학을 유도하였다.

a. 랩인턴 연구 도우미 장학금 수혜자(지원금: 30만원)

- 2021년 2학기: 김소희, 배지은, 장영수, 박성민, 장윤희, 기수빈, 엄혜정, 구다현, 김현지, 정민, 이현주, 추다운, 한승엽, 이정은, 김지수, 정영진, 황다운, 정재훈(총 18명)

- 2022년 1학기: 김가빈, 서현탁, 김동원, 남주성, 이민지, 임가영, 변준경, 이선빈, 박다경, 박예은, 김세미, 정원진, 권은지, 장용주, 황정윤, 김가욱, 옥영인, 정태호, 안현서, 정수민, 곽도훈, 김대엽, 이강민, 이태승, 황윤, 정현일, 고혜성, 김재현, 안지유, 김성혜, 박수빈, 권태성, 서동호, 박경문, 최보희, 김태준, 김태훈, 김은수, 최병길, 이진민, 윤호정, 김 경우, 엄유곤, 박수호, 김유진, 김한빈(총 45명)

(2) 대학원 동아리 운영

대학원 동아리를 운영하여 대학원생 간의 상호 교류를 도모하였다. 현재 운영 중인 대학원 동아리 “Chem-Hub”는 석사/박사/석·박사통합 과정 학생으로 구성되었으며, 아래에 구성원과 활동 사항을 기

술하였다.

a. 구성원: 김경호, 김동원, 마아현, 윤호정, 이소희, 정재훈, 조혜진, 서동호, 권정욱, 김성욱(총 10명, 각 전공 분과에서 한 명 이상 참여)

b. 활동 방향

- 대학원생 교류 활동: 연구에 필요한 정보 공유(소프트웨어 활용법, 기기 사용 팁 등 경험 공유를 통한 연구 역량 강화), 자유 토론(본인 연구 주제 이외의 여러 분야에 대한 이해 및 관심을 가질 수 있는 기회 마련), 세미나 연사 초청(학생들의 의견을 반영한 세미나 연사 초청 추진), 취업 정보 공유(대학원 졸업자 중 최근의 취업자 초청을 통한 취업 정보 공유)

- 학부생 지원 활동: 대학원 박람회 운영(대학원 소개 및 각 연구실 소개를 위한 박람회 운영), 졸업 논문 관련 상담(졸업 논문 결정을 앞둔 학부생을 위한 정보 제공 및 상담 활동 진행), 학부 전과 및 편입생 멘토링(전과 및 편입생의 보다 나은 학과 생활을 위한 멘토링 활동 진행), 수시 상담(대학원 진학 관련 상담이 언제든지 가능하도록 수시 상담 지원)

(3) Chemistry Fair

2021년 10월 6일 제4회 대학원생이 주도하는 프로그램인 Chemistry Fair를 진행하였다. 본 행사는 학생 주도로 직접 발표 프로그램을 설계하고 좌장 역할을 선정하여 성공적으로 수행했다. 특히, 연구 주제에 따라 두 개의 세션을 구성하였으며, 모든 행사가 영어로 진행되었다. 발표자는 영어 구두발표로 자신의 결과를 발표하였다. 아래에 행사에 대한 구체적인 콘텐츠를 열거하였다.

a. 개최 장소: 화학관 112호, 114호

b. 영어 구두 발표(15명): 정지식, 김성혜, 허원, 신준호, 황다운, Aman Bhatia, Sangram Keshari Mohanty, Himani Bisht, 박준명, Dzhaparova Alina, 임윤지, Yang Ning, 장산하, 강은수, 이휘영

c. 연구실별 안전 동영상 제작(14개): 2022년 3월

d. 연구실 안전 동영상 우수 제작상(상금 20만원): 김소란(지도교수: 고민섭), 김찬근(지도교수: 최정모), 김민교(지도교수: 남기민)

(4) 연구로 만날 사이

연구 선순환을 위하여 교수들의 연구 분야를 학생 눈높이에 맞게 전달하기 위해 교수들의 연구 발표회를 진행하였다.

연번	교수명	강연 제목	일시/장소
1	유현덕(분석화학)	Following the journey of ions and electrons inside rechargeable batteries	2021년 9월 9일, 화학관 112호
2	박강현(무기화학)	연구로 만날 사이	
3	김석만(생화학)	생화학연구의 소개: 대사체 분석이란?	2022년 3월 10일, 화학관 112호
4	김영석(무기화학)	무기합성화학 연구실 소개	

나. 우수 타교생 유치를 위한 프로그램(PNU Visiting Day) 운영

동남권 지역 대학에 재학 중인 우수 학부생을 유치하기 위해 대학원 설명회를 개최하였다. 또한, 실험실별 부스를 운영하여 개별 질의에 대해 답변을 하였고, Lab 소개 동영상을 상영하여 시청각 자료로 활용하였다.

(1) 개최 일시: 2021년 11월 24일, 2022년 4월 29일

(2) 개최 장소: 화학관 112호, 114호 및 온라인 송출

다. 학부모 대상 대학원 설명회

이공계 학부생 자녀를 둔 학부모를 대상으로 하여 대학원 관련 정보 제공을 통해 대학원 진학의 필요성과 졸업 후 진로에 관해 설명하였다. 코로나-19로 인해 대면 설명회 개최는 하지 않고 22년 3월 화학과 소개집을 자체 제작하여 우편으로 발송하였다. 소개집은 학과 소개, 교과 과정, 교수 현황, 연구실 소개, 진로 활동, 취업 수기, 학과 소식을 다루고 있다.

라. 우수 외국인 유치를 위한 프로그램 운영

(1) 독일 Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg, Interdisciplinary Center for Molecular Materials (ICMM)과의 상호 협력 차원에서 석사과정 학생을 교환 학생의 형태로 주정민 교수 연구실의 금속 촉매를 이용한 유기 합성 반응 개발 과제 연구에 참여시켰으며, 연구 결과는 학술지에 출판하였다 (Chem. Commun., 2022, in press, doi: 10.1039/d2cc04208h).

a. 연구자: Sven Müller(독일 Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg)

b. 연구기간: 2021년 9월 1일 ~ 2022년 7월 31일

c. 연구주제: 팔라듐 촉매를 이용한 루세노센과 페로센의 C-H 알케닐화 반응(Nondirected Pd-catalyzed aerobic C-H alkenylation of ruthenocene and ferrocene)

(2) Oregon State University 화학과 Paul H. Cheong 교수 연구실에서 박사과정 중인 Gisela Abigail Gonzalez-Montiel 학생이 공동 연구를 위해 부산대학교 화학과 박진균 교수 연구실에 교환 학생의 형태로 방문하였다 (2021.7.30.~9.12). 컴퓨터 화학을 전공하고 있는 Gonzalez-Montiel 학생은 부산대에 머무는 동안 여러 유기 반응의 메커니즘을 계산화학적으로 규명하는 연구를 진행하였으며, 부산대 이해은 학생 및 대학원들과의 밀접한 교류를 통해 계산화학 프로그램 사용법을 전수하였다. 가시적 성과로 “Divergent electrochemical [2+2+2] cyclotrimerization“에 관한 계산화학 연구를 마무리하였다.

a. 연구자: Gisela Abigail Gonzalez-Montiel(미국 Oregon State University)

b. 연구기간: 2021년 7월 30일 ~ 2021년 9월 12일

c. 연구주제: Divergent electrochemical [2+2+2] cyclotrimerization에 관한 계산화학 연구

(3) 스페인 Universidade de Santiago de Compostela의 Flor Rodriguez Prieto 교수 연구 그룹과의 공동 연구를 위해서 Prieto 교수 연구팀의 Sara Illodo 박사 과정 학생이 교환 학생의 형태로 본 연구단 이상학 교수 연구실을 방문하여(2022.3.1.~9.6.) 치매의 원인이 되는 아밀로이드 단백질의 엉킴 현상에 대한 분자 수준에서의 메커니즘 연구를 수행하였다.

a. 연구자: Sara Illodo(스페인 Universidade de Santiago de Compostela)

b. 연구기간: 2022년 3월 1일 ~ 2022년 9월 6일

c. 연구주제: 아밀로이드 단백질의 엉킴 현상 메커니즘 연구

마. 학과 홈페이지 전면 개편을 통한 정보 공개

홈페이지 개편을 위해 세계 대학순위 30위 이내의 저명대학 (Yale university, National university of Singapore, University of Pennsylvania, Princeton University, Technical University of Munich, Columbia University 등)의 홈페이지 시스템을 벤치마킹하여 현재, 본 대학원의 구성원, 교수별 연구 주제, 학과 교과목 정보, 졸업생 정보, 대학원 모집 정보, 외국인 학생을 위한 안내 등의 내용을 한영 병용하여 21년 10월 개편하였다. 현재의 부족한 부분을 보완하여 지속적, 주기적으로 개편 예정이다.

2.2.2 우수 대학원생의 연구 및 교육 활동 장려

가. 장학 제도 운영

학부 전공 강의 보조를 수행하는 대학원생을 대상으로 장학금을 수여하였다.

(1) 2021년도 2학기(19명 지원, 총액: 1,360만원): 이휘영, 조혜진, 이수진, 마아현, 박나현, 김현준, 이창주, Alina Dzhaparova, 정영진, 정해인, 강민채, 송재영, 김동원, 이우형, 김찬근, 황다은, 정재훈, 박수호, 곽선이

(2) 2022년도 1학기(21명 지원, 총액: 1,520만원): 김소란, 윤서진, 김성혜, 신준호, 박수빈, 김민교, 조소영, 박나현, 박경문, 김현준, 최보희, Alina Dzhaparova, 권정옥, 김은수, 이혜령, 윤호정, 한지훈, 황다은, 홍유빈, 박수호, 김유진

나. 우수 조교 지원 제도

일반화학 실험에 조교로 참여한 대학원생 중 실험에 대한 이해도와 학부생에 대한 지도력을 평가하여 매 학기 2명의 우수 조교를 선발하여 장학금(10만원)을 지급하였다.

(1) 2021년 2학기: 황다은(지도교수: 최정모), 정해인(지도교수: 유현덕)

(2) 2022년 1학기: 권태성(지도교수: 남기민), 신기정(지도교수: 홍대화)

다. 대학원생 영어 역량 강화를 위한 노력

대학원생의 영어 논문작성 능력을 강화하기 위해 대학원 정책실 지원사업의 일환인 영어 역량 강화 지원 프로그램(2차, 2022년 7월 11일~2022년 8월 25일, 총 40시수)을 이수하도록 장려했다.

- 2022년 2차 과정 이수자(2명): 리유진, Alina Dzhaparova

라. 외부 장학금 신청 지원

외부 장학금 선정을 장려하고 방법에 대한 안내를 위해 아래와 같이 기존 선정자의 발표회를 개최하였다. 2022년에는 박사과정 조혜진 학생(생화학, 지도교수: 김광선)이 이공분야 학문 후속세대 지원사업: 박사과정생 연구 장려금 지원(사업기간: 2022년 6월~ 2024년 5월)에 선정되었다.

(1) 외부 장학금 선정 사례 공유를 위한 발표회

(2) 발표자: 이해은 박사과정생(지도교수: 박진균)

(3) 일시: 2021년 10월 6일

(4) 발표 제목: Introduction of the Off-campus Scholarship System for Graduate Students

마. 다양한 진로 개발 프로그램 제공

대학원생의 진로 탐색 및 개발을 도모하기 위해 교육연구단은 다음의 프로그램을 제공하였다.

(1) 졸업생 간담회

연번	졸업생	소속	강연 제목	일시/장소
1	정원우 (학부12, 석사18)	삼성전기	선배가 알려주는 삼성전기	2021년 10월 6일, 화학관 112호 및 온라인
2	남상욱 (학부14, 석사19)	삼성전자	선배가 알려주는 삼성전자	2021년 10월 6일, 화학관 112호 및 온라인

(2) 여학생 간담회

연번	연사	소속	일시/장소
1	이윤미 교수	연세대 화학과	2021년 11월 18일, 화학관 119호
2	장지현 교수	UINST 에너지화학공학과	2022년 3월 17일, 화학관 119호

(3) 산업체 관련 프로그램

연번	프로그램명	내용	참가자	일시
1	산업체/연구소 현장 방문	씨에스케미칼(울산) 현장 방문	장재호, 박종호, 박정용, 박혜정, 김한빈, 곽선이, 바이음치, 서지훈, 김유진, 이수하, 양녕	2022년 6월 23일
2	산업체/연구소 현장 방문	바이오산업연구원(경북) 현장 방문	조혜진	2022년 6월 30일
3	산업체/연구소 현장 방문	바이오산업연구원(경북) 현장 방문	조혜진	2022년 8월 30일
4	산업체/연구소 설명회	경보제약 설명회	대학원 및 학부생	2021년 11월 12일
5	산업체/연구소 초청 세미나	Organoid Renovating Preclinical Research (정양욱 수석연구원, 인터파크바이오컨버전스)	대학원 및 학부생	2021년 11월 15일
6	산업체/연구소 초청 세미나	XRD의 응용 어플리케이션과 현 사용 예시 (주원철 그룹장, 한국아이티에스)	대학원 및 학부생	2021년 11월 30일
7	산업체/연구소 초청 세미나	SpatialOMx for regiospecific in-depth 4D-Omics(proteomics , metabolomics and Lipidomics) analysis of tissue samples (강신권 차장, Bruker Korea)	대학원 및 학부생	2021년 12월 7일
8	산업체/연구소 초청 세미나	Amorphous 유기박막에서의 분자배향 메커니즘 및 유기광소자 특성 연구 (김준영 팀장, LG Display)	대학원 및 학부생	2022년 3월 31일
9	산업체/연구소 초청 세미나	글로벌 바이오산업 전망과 삼성의 바이오산업 (윤호열 부사장, 삼성바이오)	대학원 및 학부생	2022년 5월 30일

(4) Chemistry Fair 개최: 2021년 10월 6일(II-2.2.1-가-(3) 참조)

(5) The 3rd Postdoctoral Research Symposium

a. 일시: 2021년 11월 26일

b. 장소: 화학관 112호 및 온라인

c. 발표자: VEDI Kuyil Azhagan Muniraj, Sagar Arepally, 장재호, Syed Asad Abbas, Atanu Naskar, 박선희

바. 외국인 대학원생 상담 및 상호 교류 시스템 구축

본 교육연구단은 외국인 대학원생이 새로운 환경에 빠르게 정착하고 연구 활동에 전념할 수 있는 시스템 구축을 위해 노력하고 있다. 관련하여 외국인 대학원생 간담회를 개최하였다.

(1) 행사명: Conference for international students

(2) 일시: 2021년 11월 26일

(3) 장소: 화학관 112호

사. 논문 인센티브

SCI 저널에 제 1저자로 논문을 발표한 참여대학원생에게 IF에 따른 차등 성과급을 지급하였다. 구체적인

로 2차년도 참여기간(2021년 3월 1일~2022년 2월 28일) 중 SCI 저널에 제 1저자로 논문을 발표한 참여대학원생에게 IF 지수 1점(IF 지수 소수점 첫째자리 반올림)당 10만원을 지급하여 총 2,111만원을 지원하였다(조혜진 50만원, 김성혜 150만원, 이수진 90만원, 마아현 50만원, Dicky Annas 90만원, Mohammad Yusuf 205만원, 장산하 130만원, Lei Cao 30만원, Andi Muhammad Ichzan 110만원, 권정욱 80만원, Aman Bhatia 110만원, 김경호 70만원, Sangram Keshari Mohanty 60만원, 윤호정 20만원, 문희훈 40만원, 김동원 30만원, 김준희 110만원, 홍강산 40만원, 박준명 40만원, 강은수 90만원, 송재영 10만원, 서지아 30만원, 장진혁 276만원, 곽하연 60만원, 이우형 50만원, Yang Ning 90만원).

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)업 자 (D)	
			진학자		입대자			
			국내	국외				
2021년 8월 졸업자	석사	6	1	0	0	5	4	87.5
	박사	3			0	3	3	
2022년 2월 졸업자	석사	34	1	0	0	33	30	88.89
	박사	3			0	3	2	

가. 석사 졸업자 취업 현황 분석

(1) 2021년 8월 석사 졸업자는 6명이며, 진학자 1명을 제외한 취업 대상자 5명 중에 4명(80%)이 취업을 하였다. 2022년 2월 석사 졸업자는 34명이며, 진학자 1명을 제외한 취업 대상자 33명 중에 30명(91%)이 취업을 하였다.

(2) 전체 석사 졸업자를 취업기관별로 분석해 보면 산업체 취업 비율이 74%(38명 중 28명)로 절반 이상에 해당한다. 산업체 취업자 28명의 취업 기관은 대기업, 중견기업, 중소기업에 다양하게 분포해 있으며, 대기업(한화솔루션, 삼성전기, 삼성SDI, LG화학, LG에너지솔루션, SK바이오사이언스, SK이노베이션, 코오롱 인더스트리, KCC, 금호석유화학, 현대자동차)에 14명, 중견기업(JMC, 엘엔에프, KPX케미칼, 대한유화주식회사, (주)후성, 한국유미코리아, 해성디에스, 동일고무벨트, 한솔케미칼, 예코프로비엠)에 11명, 중소기업(클랩, 엠디문, 엔에이치케미칼)에 3명이 근무 중이다. 공기업 및 연구기관 취업 비율은 16%(38명 중 6명)으로 공기업(한국전력공사)에 1명, 정부출연 연구기관(한국화학연구원, 한국전자기술연구원, 한국기초과학지원연구원, 한국에너지기술연구원)에 5명이 근무 중이다. 이 기관들은 모두 분자 소재 관련 기업으로 교육연구단의 인재양성 목표에 부합한다.

(3) 전체 취업자 34명의 취업기관 정보를 아래 표에 정리하였다.

연번	성명	취업 기관명	기관 분류	회사 소개 및 전공 적합성
1		JMC	산업체	인공 감미료인 사카린, 무기화학 및 전자재료 제품의 생산에 주력하고 있는 중견기업으로 유기화학 전공에 연관성이 매우 높다.
2		(주)엘엔에프	산업체	리튬이온 이차전지용 양극활물질 사업에 주력하는 중견기업으로 유기화학 및 고분자 화학

				전공에 연관성이 매우 높다.
3		KPX케미칼	산업체	폴리우레탄 수지 및 그 원료를 주력으로 생산하는 중견기업으로 유기화학 및 고분자 화학 전공에 연관성이 매우 높다.
4		한화솔루션	산업체	에너지/소재 기술 기반 솔루션을 개발하고 제공하는 대기업으로 유기합성 전공과 연관성이 매우 높다.
5		대한유화주식회사	산업체	합성 수지 및 기타 플라스틱 물질 제조 회사로 유기/무기/고분자 화학 전공에 부합한다.
6		(주)후성	산업체	불소화학 기술과 공정 노하우를 기초로 자동차, 철강, 반도체, 건설, 환경 산업 전반에 사용되는 화학소재 제품을 공급하는 회사로 유기 합성 전공에 부합하는 업무를 수행한다.
7		삼성전기	산업체	첨단 전자 부품에서 기계 부품까지 생산하는 세계적인 종합 부품 제조회사로 다양한 분자 소재 개발 사업을 진행하고 있으며, 화학/화공을 기반 기술로 유기/무기화학 전공에 부합하는 업무를 수행한다.
8		LG화학 기술연구소	산업체	화학업체 중 브랜드 가치 글로벌 4위에 해당하는 세계적인 화학 기업으로 유기/무기/재료 화학 전공에 부합한다.
9		한국유미코아	산업체	이차전지재료 생산 및 촉매 개발 전문 회사로 배터리 연구 관련 전기 화학 전공에 부합한다.
10		클랩	산업체	반도체/액정 디스플레이 소재 회사로 유기/무기/고분자 화학 전공에 부합한다.
11		엠디문	산업체	세포유래베지클 기반의 플랫폼 기술을 이용하여 항암제를 비롯한 난치질환 치료제를 개발하는 회사로 생화학 전공에 부합한다.
12		SK바이오사이언스	산업체	백신, 바이오 의약품을 전문적으로 개발하는 대기업으로 분자 소재 분야 전공에 부합한다.
13		해성디에스	산업체	미세형상 기술을 바탕으로 IT 산업의 기반인 핵심 부품인 반도체용, 메모리용 소재 개발 중견기업으로 무기재료 화학 분야 전공에 부합한다.
14		동일고무벨트(주)	산업체	전동벨트, 컨베이어벨트, 크롤러 등을 제조하는 중견기업으로 무기재료 화학 분야 전공에 부합한다.
15		삼성SDI	산업체	전자재료, 배터리 등을 제조하는 대기업으로 유기/무기/재료 화학 전공에 부합한다.
16		LG 에너지솔루션	산업체	자동차 전지, 소형전지, ESS 전지 등을 개발하고 제조하는 대기업으로 유기/무기/재료 화학 전공에 부합한다.
17		현대자동차 기술연구소	산업체	고부가가치 자동차를 개발하기 위한 차세대 파워트레인 개발, 핵심 기술의 전략적 개발, 전기차용 배터리 개발 등을 통한 자동차 개발 연구를 하기 위한 대기업으로 전기 화학 전공

				에 부합한다.
18		삼성전자	산업체	휴대폰과 노트북의 전자제품, 에어컨과 냉장고의 가전제품, 메모리 반도체 등을 중심으로 한 종합 반도체와 디스플레이 사업을 하는 대기업으로 유기/무기/고분자 화학 전공에 부합한다.
19		SK이노베이션	산업체	배터리 사업을 중심으로 하는 석유화학 회사로 유기/무기/재료 화학 전공에 부합한다.
20		엔에이치케미칼	산업체	Poly alkylene glycol 제조를 전문으로 하는 중소기업으로 유기/고분자 화학 전공에 부합한다.
21		한솔케미칼	산업체	라텍스, 제지용 케미칼, 고분자 응집제 등에 이르는 정밀 화학 재료를 비롯하여 전자재료, 박막재료 등의 전자 소재를 생산하는 기업으로 무기화학 전공에 부합한다.
22		(주)후성	산업체	불소화학 기술과 공정 노하우를 기초로 자동차, 철강, 반도체, 건설, 환경 산업 전반에 사용되는 화학소재 제품을 공급하는 회사로 유기 합성 전공에 부합하는 업무를 수행한다.
23		에코프로비엠	산업체	배터리 제조를 전문으로 하는 중견기업으로 전기 화학 전공에 부합한다.
24		코오롱인더스트리	산업체	산업소재, 화학, 필름/전자 재료, 패션의 영역에서 사업을 수행하는 대기업으로 유기 화학 전공에 부합한다.
25		KCC	산업체	건축자재와 인테리어 소재를 제조하는 대기업으로 분자 소재 분야 전공에 부합한다.
26		금호석유화학	산업체	화학 소재 제조기업으로 합성고무, 합성수지, 전자소재, 전자재 등을 생산하는 대기업이며 유기/무기 화학 전공에 부합한다.
27		삼성전기	산업체	첨단 전자 부품에서 기계 부품까지 생산하는 세계적인 종합 부품 제조회사로 다양한 분자소재 개발 사업을 진행하고 있으며, 화학/화공을 기반 기술로 유기/무기화학 전공에 부합하는 업무를 수행한다.
28		삼성전기	산업체	첨단 전자 부품에서 기계 부품까지 생산하는 세계적인 종합 부품 제조회사로 다양한 분자소재 개발 사업을 진행하고 있으며, 화학/화공을 기반 기술로 유기/무기화학 전공에 부합하는 업무를 수행한다.
29		한국전력공사	공기업	대한민국의 전력공급을 위해 설립된 산업통상자원부 산하 시장형 공기업으로 최근 친환경 발전기술 개발에 집중함에 따라 무기재료 전공과 매우 부합하는 업무를 수행할 수 있다.
30		한국화학연구원 울산바이오화학연구센터	정부 출연 연구소	바이오 플랫폼 기술 연구, 생분해성 바이오플라스틱 제조 및 응용 기술 개발, 바이오/화학 융합 기반 플라스틱 순환 기술 개발 연구를

				하는 정부 출연 연구기관이며 유기합성 화학 전공에 부합하는 업무를 수행할 수 있다.
31		한국전자기술연구원	정부 출연 연구소	XR, 홀로그램, 디지털 휴먼, 블록체인 연구를 하는 정부 출연 연구기관으로 전기 화학 전공에 부합하는 업무를 수행할 수 있다.
32		한국기초과학지원연구원	정부 출연 연구소	기초과학 진흥을 위한 연구시설/장비 및 분석 과학 기술 관련 연구개발, 연구 지원 및 공동 연구 수행을 하는 정부 출연 연구기관으로 분자 소재 화학 전공에 부합하는 연구를 수행할 수 있다.
33		한국에너지기술연구원	정부 출연 연구소	에너지 기술을 개발하고 정책 수립에 기여하는 정부 출연 연구기관으로 고효율 저탄소 사회 구축 및 수소 경제 사회 실현을 모토로 대체 에너지 개발에 힘쓰고 있으며 화학 분야 전공과 매우 부합하는 업무를 수행한다.
34		한국에너지기술연구원	정부 출연 연구소	에너지 기술을 개발하고 정책 수립에 기여하는 정부 출연 연구기관으로 고효율 저탄소 사회 구축 및 수소 경제 사회 실현을 모토로 대체 에너지 개발에 힘쓰고 있으며 화학 분야 전공과 매우 부합하는 업무를 수행한다.

나. 박사 졸업자 취업 현황 분석

(1) 2021년 8월 박사 졸업자는 3명이며, 모든 취업 대상자 3명이 취업하였다. 2022년 2월 박사 졸업자도 3명이며, 취업 대상자 3명 중에 2명(67%)이 취업을 하였다. 취업자 모두 분자 소재 관련 기관에 취업하였다.

(2) 박사 졸업생이 취업한 연구기관은 산업체(LG화학, TUV-Nord Indonesia) 2곳, 정부 출연 연구기관(한국에너지기술연구원) 1곳, 대학 연구기관(부산대학교 산학협력단, University of Guelph) 2곳이며 모두 분자 소재 관련 연구를 수행하고 있다.

(3) 전체 취업자 5명의 취업기관 정보를 아래 표에 정리하였다.

연번	성명	취업 기관명	기관 분류	회사 소개 및 전공 적합성
1	김민준	LG화학	산업체	석유화학 기초 제품, 정보전자소재 생산 및 생명과학 사업을 하는 대기업으로 유기합성 전공에 매우 부합하는 업무를 수행할 수 있다.
2	김민준	Department of chemistry, University of Guelph	연구기관	캐나다에 있는 연구 중심 대학인 University of Guelph의 화학과로, 부산대 분자 소재 사업단에서의 연구 경험을 이어나갈 수 있는 연구기관이다.
3	김민준	TUV-Nord Indonesia	산업체	독일에 본사를 두고 있는 글로벌 회사로 industrial service, mobility, training, IT분야 사업을 하고 있으며 무기재료 화학과 부합하는 업무를 수행할 수 있다.
4	김민준	부산대학교	연구기관	부산대학교와 국가, 지방자치단체, 산업체 등

		산학협력단		과 상호협력력을 통하여 산학협력력을 촉진, 활성화하고, 관련 전문인력을 양성하는 기관이며, 분자 소재 분야의 전문지식을 기반으로 하여 관련 업무를 수행할 수 있다.
5		한국에너지기술연구원	정부 출연 연구소	과학기술정보통신부 산하 기타 공공기관으로 에너지 기술 개발 및 합리적 이용에 관한 연구를 수행하고 있으며 무기재료 화학과 부합하는 업무를 수행할 수 있다.

다. 취업 실적 분석 및 향후 추진 계획

(1) 2021년 8월 및 2022년 2월 졸업생 중에서 취업자 39명 모두가 분자 소재 관련 회사 및 연구소에 취업하였다. 이 결과는 교육연구단의 사업 목표 중 하나인 분자소재 전문 인력 양성이 잘 실현되고 있음을 보여준다.

(2) 취업자 중 15명은 동남권 회사 및 연구기관에 근무하게 되어, 동남권 지역 산업 분야에 필요한 우수한 인력을 공급하고자 하는 본 교육연구단의 취지에 부합한 실적이다.

(3) 본 연구단은 다양한 교육 프로그램을 통해 학생들의 취업 지도 및 진로 개발을 하고 있다(2.2 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획 참조).

(4) 연구 네트워크를 통한 취업 루트 개발

기업체의 연구 네트워크를 확대하는 차원에서 경보제약과 MOU를 체결(2021년 7월 2일)하였고, 지속적인 교류를 진행 중이며 아래와 같이 설명회를 진행하였다.

a. 일시: 2021년 11월 12일

b. 장소: 화학관 112호 및 온라인

3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

① 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성

대학원생 연구 수월성 증진을 위하여 본 교육연구단에서는 아래의 3가지 목표를 토대로 구체적인 연구 수월성 증진 계획을 수립하였다.

(1) 자기주도형 대학원 연구 시스템 확립

(2) 협업 연구를 통한 미래사회 경쟁력 확보

(3) 4차 산업 혁명 시대에 걸맞은 화학정보활용 교육 강화

목표 계획 대비 2차년도의 실적과 향후 추진계획을 아래 표에 정리하였다. 요약하면, 지난 1년간 교육연구단은 계획한 목표를 코로나-19로 인해 어려운 상황에도 충실히 달성하였으며, 앞으로도 목표 달성을 위해 끊임없이 기존 계획을 수정하고 개선하여 수월성 높은 연구를 지원하고자 한다.

〈표 2-3〉 연구 수월성 증진계획 대비 실적 및 향후 추진계획

구분	계획	실적	향후 추진계획
(1) 자기주도형 대학원 연구 시스템 확립	▪ 학생 주도 타대학 공동 심포지엄 개최 (연 2건)	▪ 학생 주도 부산대-성균관대 BK21 공동 심포지엄 2건 개최	▪ 앞으로도 계속해서 학생 주도 공동심포지엄 및 전문연

	▪ 학생 주도로 전문연구인력과의 간담회 및 네트워킹 활성화 ▪ 연구비/장학금 신청 정보 및 선정 사례 공유 ▪ 박사과정학생 학술대회 구두발표 의무화 ▪ 논문 인센티브, 우수상, 학술대회 참석 지원 등 우수 연구 장려	▪ 학생 주도 전문연구인력과의 간담회 4회 ▪ 외부장학금 선정사례공유 (이해은, 박사과정) ▪ 학과 졸업요건으로 학술대회 구두발표 의무화 ▪ BK21 논문인센티브 지급 26건(21,110천원) ▪ 국제학술대회참석지원 5건 ▪ BK21 우수논문상 3건, PNU-Star 수상자 1건, 대학원혁신사업 수행 11건	구인력과의 네트워킹이 활발히 이뤄질 수 있도록 지원 ▪ 학생들의 자발적 연구/발표를 고취하는 환경을 지속적으로 마련
(2) 협업 연구를 통한 미래사회 경쟁력 확보	▪ 공동 지도교수제 도입 ▪ 연구실/학과 공동 세미나 개최(연 2회 이상) ▪ 대학원생/신진연구인력 교류/협업 활성화 ▪ 산업체 및 지역 사회와의 연구 협력 증진 ▪ 공동 연구 논문 인센티브	▪ 학생이 희망하는 공동지도교수 선정/상담 ▪ PNU-SKKU BK21 공동 심포지엄 2회 개최 ▪ 석박사학습멘토링 1회, Postdoc 심포지움 1회 ▪ 경보제약 설명회, 산업체 초청세미나/현장방문 총 9회 ▪ 공동 연구 논문 인센티브 지급 8건	▪ 연구실 간, 대학원생-신진연구인력 간 협업 및 공동세미나 활성화 ▪ 산업체 및 지역사회와의 연구 협력 지속적으로 증진
(3) 4차 산업 혁명 시대에 걸맞은 화학정보활용 교육 강화	▪ 화학정보활용 교과목 신규 개설 ▪ 세계적 성과 도출을 위한 화학/인공지능 융합 연구 ▪ 공동 및 개별 연구장비/시설 정보 공유 ▪ 교육 및 정보 활용 개선 관련 교수 마일리지/인센티브 지급	▪ 화학정보활용 교과목 개선 및 운용 ▪ 4차 산업혁명 겨울학교 개최 (온라인 세미나 4건) ▪ 분석기기 사용법 동영상 총 18건 제작/공유 ▪ 교수 인센티브 지급에 교육 및 정보 활용 개선 관련 실적 반영	▪ 효율적 정보 활용 방안을 지속적으로 교육 ▪ 관련 분야 신입교수를 중심으로 화학/인공지능 융합 연구 활성화 ▪ 장비/시설 정보 관련 홈페이지/인트라넷의 지속적인 업데이트

자체평가기간(2021년 9월 1일 ~ 2022년 8월 31일) 동안 대학원생이 저자로 발표한 총 논문 수는 56편으로, 1차년도 자체평가기간(2020년 9월 1일 ~ 2021년 8월 31일) 기간의 연평균 77편보다 다소 감소하였지만 2019년 종합평가(2018년 3월 1일 ~ 2019년 8월 31일) 기간의 연평균 43편보다는 13편 증가하였다. 반면 논문의 질적 우수성을 나타내는 지표인 환산 논문 1편당 환산 IF 값은 1차년도의 5.3027, 2019년 종합평가 당시의 5.201와 비교하여 6.7931로 눈에 띄게 증가하였다. 이로부터 해당 기간 동안 본 연구단 참여 대학원생의 연구실적이 특히 질적으로 크게 향상되었음을 알 수 있다.

〈표 2-4〉 참여대학원생 논문 환산 편수 실적

구 분	2018.3.1.~2019.8.31.		2020.9.1.	2021.9.1.
	기간 전체	연평균	~2021.8.31.	~2022.8.31.
전체기간 실적논문 총 건수	64	43	77	56
1인당 논문 건수	0.5267		0.885	0.651
논문 총 환산 편수	16.898	11.2653	26.0127	18.7455
1인당 논문 환산 편수	0.139		0.2990	0.2179
학기당 평균 참여대학원생 수	121.5		87	86

〈표 2-5〉 참여대학원생 1인당 논문의 환산 IF

구 분	2020.9.1.~2021.8.31.	2021.9.1.~2022.8.31.
총 환산 편수	26.0127	18.7455
총 환산 IF	137.938	127.3409
환산 논문 1편당 환산 IF	5.3027	6.7931
1인당 환산 IF	1.5855	1.4807
학기당 평균 참여대학원생 수	87	86

교육연구단 참여대학원생의 대표연구실적 13편에 대한 내용을 아래에 열거하였다. 해당 논문 모두 본 교육연구단의 특징점을 가장 잘 발휘할 수 있는 인공 효소/촉매 분야의 연구 분야의 결과물에 해당하며, 질병 진단, 태양전지, 인공 광합성 등의 세부 분야를 포함하고 있다. 지난 1년간 발표된 13편의 대표 논문을 논문의 우수성을 나타내는 여러 가지 정량적 지표로 분석하고, 선정평가시와 비교해 보면 다음과 같다. 평균 IF 값은 7.1706(1차년도 9.5586)으로서 선정평가 시 대표논문 11편의 평균 IF 값과 비슷한 수준을 유지하고 있고, 평균 ES 값은 0.0928(1차년도 0.2553)로서 선정평가 시 평균 ES 값인 0.262에 비해 다소 감소한 결과를 보여준다. FWCI 값은 0.48(1차년도 0.86)이다. 세계 평균에는 다소 못미치지만, 기초과학의 특성상 출판되지 1년 이내의 논문들이 높은 피인용율을 보이기 어렵다는 점을 고려한다면 나쁘지 않은 성과로 보인다. 구체적인 내용을 살펴보면 감염병 진단을 위한 면역센서, 인공 광합성 촉매 개발, 기능성 소재 개발 등 창의성·혁신성이 뛰어난 연구가 수행되었다. 종합적으로 볼 때 교육연구단의 지난 1년간 대표연구실적은 인공 효소/촉매 개발을 통해 산업/과학 난제를 해결하는 교육연구단의 비전 및 목표와의 부합성이 매우 높고, 해당 전공 분야에의 기여가 매우 뛰어남을 알 수 있다.

(1) 조혜진(논문명: Repurposing of Ciclopirox to Overcome the Limitations of Zidovudine (Azidothymidine) against Multidrug-Resistant Gram-Negative Bacteria): 기존 항암제/항생제로 활용되는 Zidovudine은 우수한 효능에도 불구하고, 내성이 빠르게 생기는 문제가 있어 지속적인 사용이 어렵게 되었다. 이를 해결할 수 있는 대체 물질인 Ciclopirox를 이용하여 베타락탐 계열 항생제 내성 그램 음성 균주를 빠르고 효과적으로 제어하며, 장기간 사용에도 내성을 유도하지 않음을 명확히 제시하였다. 이 물질은 기존 Zidovudine의 문제점을 보완하고, 급증하는 내성 균주를 제어하는 대체 요법으로 사용할 수 있음을 명확히 밝혀, 2022년 Pharmacology & Pharmacy 계열 상위 10%대 학술지인 Pharmaceutics

(Impact Factor: 6.525)에 발표되었다.

(2) 김성혜(논문명: Metabolic phenotyping of saliva to identify possible biomarkers of periodontitis using proton nuclear magnetic resonance): 200명 이상의 치주염 환자와 정상인의 타액에 대해 핵자기공명분광기(NMR) 기반 대사체 분석을 진행하여 치주염을 진단할 수 있는 7개 대사체 바이오 마커를 발굴하였다. 해당 대사체 바이오마커는 높은 진단력과 임상지표와의 유의한 상관관계를 가짐을 확인하였다, 또한, 개별 대사체 바이오마커보다 5개의 바이오마커 (Ethanol, taurine, glucose, butyrate, isovalerate)로 구성된 바이오마커 패널(panel)의 경우 90% 이상의 더 높은 진단 가능성을 보임을 확인하였다. 본 연구 결과는 J Clinical Periodontology (Impact Factor: 7.478)에 발표되었다.

(3) 임윤지(논문명: Unraveling the Simultaneous Enhancement of Selectivity and Durability on Single-Crystalline Gold Particles for Electrochemical CO₂ Reduction): 본 논문에서는 단결정의 금 입자에 계면활성제인 polydiallyldimethylammonium chloride(polyDDA)를 처리하면 금 입자 표면에 전기화학적 CO₂ 환원 반응을 위한 이상적인 환경을 제공함을 확인하였다. polyDDA의 diallyldimethylammonium과 염화이온 사이의 연속적인 상호작용으로 높은 내구성을 가질 수 있음을 확인하였고, 금 촉매 표면에서 경쟁 반응인 수소 발생 반응도 억제함을 확인하였다. 금 촉매는 -0.4~-1.0 V vs. RHE의 넓은 전위 범위에서 90% 이상 높은 CO 선택성을 보였으며 80시간 동안 90% 이상의 CO 선택성을 유지하는 내구성을 보였다. 이 표면 개질 방법은 금 이외에도 다양한 금속으로 적용하였고, 금속 촉매의 활성화와 선택성 증가에 새로운 비전을 제시하였다. 본 연구 결과는 Advanced Science (Impact Factor: 17.521)에 발표되었다.

(4) Mohammad Yusuf(논문명: Light-Harvesting Novel Hierarchical Porous Cu₉S₅-MnWO₄ Hybrid Structures in Photocatalytic Oxidative Homocoupling of Alkynes and Amines): 간단하고 효율적인 방법을 사용하여 하이브리드 반도체 (SC)-SC 구조를 가지는 Cu₉S₅-MnWO₄를 최초로 합성하였다. 새로운 계층적 다공성 물질은 알카인과 아민의 산화적 호모 커플링 광촉매에 적용되었다. 저비용 Cu를 기반으로 하는 다공성 SC-SC 하이브리드 구조 이중 촉매의 설계는 광범위한 용도에 대한 광촉매의 제조 및 개조에 대한 새로운 방향성을 제시하였다. 본 연구 결과는 2022년 화학 분야 최우수학술지인 ACS Applied Materials & Interfaces (Impact Factor: 10.38)에 발표되었으며, 2022년 4월 front cover에 선정되었다.

(5) Mukti Paudel(논문명: Silaborative Assembly of Allenamides and Alkynes: Highly Regio- and Stereocontrolled Access to Bi- or Trimetallic Skipped Dienes): 실리콘보론 시약을 이용하여 2개의 파이 결합 화합물을 팔라듐 촉매 하에서 합체시켜 1,4-다이엔 화합물을 합성하였다. 이는 서로 다른 파이 결합의 분자간 반응을 최초로 실현시킨 것으로 반응 메커니즘을 실험과 계산화학으로 규명하였다. 또한, 실리콘과 보론을 독립적으로 원하는 기능기로 변환할 수 있어 생성물의 활용성이 매우 높다. 본 연구 결과는 2022년 화학분야 최우수학술지인 Angew. Chem. Int. Ed. (Impact Factor: 15.336)에 hot paper로 발표되었다.

(6) Aman Bhatia(논문명: Simple and fast Ag deposition method using a redox enzyme label and quinone substrate for the sensitive electrochemical detection of thyroid-stimulating hormone): 은 증착을 손쉽게 얻어서 갑상선 호르몬을 고감도로 검출할 수 있는 전기화학 바이오센서를 개발하였다. 퀴논 화합물을 전자전달 매개체로 사용하여 산화환원 효소인 DT-diaphorase가 퀴논을 환원시킨 뒤 환원된 퀴논이 은 이온을 환원시키도록 하였다. 이렇게 환원된 은은 전극에 증착이 되고, 최종적으로 증착된 은을 전기화학적으로 한꺼번에 산화시켜 큰 신호를 얻도록 하였다. 본 연구 결과는 분석화학 분야에서 최고 수준의 저널인 Biosensors & Bioelectronics (Impact factor: 12.545)에 게재되었다.

(7) 김솔진(논문명: Potential-Dependent Passivation of Zinc Metal in a Sulfate-Based Aqueous Electrolyte): 아연-이차전지용 음극으로 쓰이는 아연 금속 표면의 부동태 피막은 황산이온-기반의 전해질에서 전극의 전위에 의존하여 형성됨을 전기화학적 수정진동자 미세저울 (EQCM) 기법으로 규명하였다. 이는 아연 금속 음극의 부식을 막는 부동태 피막 형성의 근본적인 메커니즘을 규명한 것으로서, 효과적인 피막 형성을 통해 고효율의 이차전지를 구현하는 새로운 방안을 제시하고 있다. 본 연구 결과는 2021년 표면/재료화학분야 전문학술지인 Langmuir (Impact Factor: 4.331)에 발표되었다.

(8) 강민채(논문명: Aggregation or phase separation can be induced in highly charged proteins by small charged biomolecules): 세포 안에서 일어나는 엉킴 현상을 보이는 단백질이 강한 전하를 가진 분자라는 점에 착안하여 강한 전하를 가지는 단백질의 모델 시스템인 super-charged GFP를 E. coli에 발현시켜 양 전하를 가지는 GFP는 음전하를 가지는 NTP에 의해서 엉킴 현상이 유도되며, 음전하를 가지는 GFP는 polyamine 에 의해서 단백질 엉킴이 유도됨을 증명하였다. 따라서 세포내에서 강한 전하를 가지면서 엉키는 단백질은 생체 내에 존재하는 전하를 가지는 저분자에 의해서 엉킴 현상이 제어된다는 결론을 도출하였다. 본 연구 결과는 연성 물질 분야 전문 학술지인 Soft Matter (Impact factor: 4.046)에 발표되었다.

(9) 김동원(논문명: Pair of chiral 2D silver(I) enantiomers: chiral recognition of L- and D-histidine via differential pulse voltammetry): 키랄 작용기를 가지는 한 쌍의 새로운 세자리 리간드를 합성하고 AgPF6 와 배위시켜 한 쌍의 이차원 시트 형태의 물질을 합성하였다. 이렇게 만든 한 쌍의 이차원 물질은 각각의 키랄 성질에 따라 키랄 아미노산을 differential pulse voltammetric (DPV) 방법을 이용하여 서로 다르게 인식함을 확인하였고, 그 중 L-, D-histidine을 선택적으로 강하게 인식하는 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 연구결과는 키랄 배위화합물을 이용한 키랄 물질 인식 방법의 예시로 제시되었고, 2022년에 Dalton Transactions (Impact Factor: 4.39)에 발표되었다.

(10) 장진혁(논문명: Systematic Designs of Dicationic Heteroarylpyridiniums as Negolytes for Nonaqueous Redox Flow Batteries): 에너지 저장 장치인 레독스 흐름 전지 개발에 있어 주요 문제인 안정성, 용해도, 그리고 교차흐름 현상을 해결하기 위해 피리디늄 산화환원활성 물질을 체계적으로 합성했고, 벤조싸이아졸이 치환된 새로운 피리디늄 유기 활물질을 이용해 유기 용매에서의 전기화학적 안정성을 얻는 데 성공했다. ACS Energy Lett. (Impact Factor: 23.991)에 보고된 본 연구 결과는 유기 분자를 산화환원활성 물질로 개발할 때 사용할 수 있는 체계적인 분자 디자인 전략을 제시하여 유기 레독스 흐름 전지 상용화를 앞당겼다.

(11) 김찬근, 황다운(논문명: Recent Trends in Studies of Biomolecular Phase Separation): 생체 분자 상분리는 최근 살아있는 세포내에서 핵산 또는 단백질이 구획화를 통해 다양한 역할을 수행하고 있다는 것이 밝혀지며 많은 관심을 끌고 있다. 본 종설 논문은 생체 분자 상분리의 기본 원리를 소개함과 동시에 최근 2년간의 해당 분야 연구를 요약하여 제시함으로써 해당 분야에 새로이 진입하는 학자들에게 도움을 주고자 하였으며, 생화학 및 분자생물학 분야의 전문 학술지인 BMB Reports (Impact factor: 5.041)에서 특별히 초빙을 받아 invited mini review로 수록되었다.

(12) Himani Bisht(논문명: Development of Universal and Clickable Film by Mimicking Melanogenesis: On-Demand Oxidation of Tyrosine-Based Azido Derivative by Tyrosinase): 멜라닌 합성과정을 모방하여 클릭반응이 가능한 박막을 개발하였다. Azido 작용기를 포함한 타이로신 유도체는 효소인 타이로시네이스에 의해 산화중합반응이 유도되며, 그 결과물인 산화중합체가 다양한 표면에 코팅되었다. 형성된 박막은 azido 작용기를 함유하고 있기 때문에 외부의 알카인 리간드와 클릭반응을 통해 기능화가 가능하였

다. 본 연구는 유기/고분자를 이용한 표면개질의 새로운 접근법을 제시하였으며, 2022년 고분자 우수학술지인 Macromol. Rapid Commun. (Impact Factor: 5.006)의 표지논문으로 선정되었다.

(13) Yang Ning (논문명: Ladder-type Fused Benzodithiophene Extended Along the Short-axis Direction as a New Donor Building Block for Efficient Organic Solar Cells): 유기태양전지의 광활성층 소재에 많이 사용되고 있는 Benzodithiophene (BDT)는 전자 공여 특성이 뛰어나지만 BDT의 벤젠 측쇄에 연결된 방향족 고리와는 평면성을 이루지 못한 구조를 가지고 있다. 본 논문에서는 BDT와 측쇄의 방향족 고리와 평면성을 극대화시켜 전자 공여 특성을 향상시킬 수 있는 새로운 다환 방향족 코어 구조를 설계하였고 이를 전자 엑셉터 분자에 적용하여 높은 광전 변환 효율을 얻는데 성공하였다. 본 연구 결과는 미국 화학회에서 발행하는 ACS Applied Materials & Interfaces (Impact Factor: 10.383)에 발표되었다.

② 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

<표 2-6>과 같이 총 85건의 학술대회에서 구두 또는 포스터 발표를 수행하였다. 1차년도에 76건에 비해 9건 증가한 숫자이다. 전체 발표 중 국제 발표는 총 17건이었으며, 이 중 구두 발표는 13건에 해당하였다. 전체 학회발표 중 4건은 우수포스터상 및 젊은 과학자 상을 수상하였다. 이는 코로나-19의 상황에도 불구하고, 교육연구단 대학원생들이 국제/국내 학술대회 발표에 적극적으로 참여하여 얻은 결과이다.

<표 2-6> 대학원생 학술대회 발표 실적

구 분	2020.9.1.~2021.8.31			2021.9.1.~2022.8.31.		
	국제	국내	계	국제	국내	계
총 건수	27	49	76	17	68	85
1인당 발표건수	0.8735			0.9883		
참여대학원생 수	87			86		

본 교육연구단 참여대학원생의 학술대회 대표실적을 10개 선정하여 아래에 소개하였다. 대부분의 실적이 인공 효소/촉매를 기반으로 센서/에너지/의료 분야 산업/과학 난제를 창의적으로 해결하는 연구임을 확인할 수 있다. 이는 인공 효소/촉매 분야로의 집중을 통한 산업/과학 난제 해결에 기여하고자 하는 본 교육연구단의 비전 및 목표와 부합하며, 상당수가 우수 발표상을 수상하고 이후 특허/논문으로 이어졌음을 고려할 때 해당 분야에의 기여 또한 매우 뛰어남을 알 수 있다.

(1) 조혜진(한국미생물·생명공학회 제49회 총회 및 학술발표회 포스터 발표; Repositioning of Ciclopirox: an alternative of zidovudine (azidothymidine) to overcome challenges against multidrug-resistant Gram-negative bacteria): 기존 항암제/항생제로 활용되는 Zidovudine은 우수한 효능에도 불구하고, 내성이 빠르게 생기는 문제가 있어 지속적인 사용이 어렵게 되었다, 이를 해결할 수 있는 대체 물질인 Ciclopirox를 이용하여 베타락탐 계열 항생제 내성 그래 음성 균주를 빠르고 효과적으로 제어하며, 장기간 사용에도 내성을 유도하지 않음을 명확히 제시하였다. 이 물질은 기존 Zidovudine의 문제점을 보완하고, 급증하는 내성 균주를 제어하는 대체 요법으로 사용할 수 있음을 명확히 밝혔다. 본 내용은 발표 이후 Pharmaceuticals (Impact Factor: 6.525)에 출판되었다.

(2) 김성혜(제54회 한국자기공명학회 하계 학술대회 구두 발표; Comparison of HR-MAS NMR and

Solution NMR techniques for Metabolomics study): 핵자기공명분광기(NMR)를 기반으로 물벼룩의 대사체 연구를 수행하기 위하여 적합한 분석 방법을 확인하는 연구를 수행하였다. 물벼룩은 독성 연구에 사용되는 대표적인 생물 종이며, 수용성 대사체만을 추출하여 액체 상태로 solution NMR을 사용하여 측정하는 방법과 고체 NMR의 한 종류인 HR-MAS(High-resolution magic angle spinning) NMR을 사용하여 물벼룩을 그대로 측정하는 방법을 비교하였다. HR-MAS NMR은 1.5 mg의 샘플이 최적의 peak resolution을 보였고 아미노산, 유기산 등을 포함하여 약 40개의 대사체를 확인할 수 있었다. Solution NMR의 경우, HR-MAS NMR의 10배에 해당하는 최소 10mg 이상의 샘플이 필요하였고 확인 가능한 대사체는 HR-MAS NMR과 동일함을 확인하였다. 또한, HR-MAS NMR의 경우 스펙트럼 상에서 지질을 함께 분석할 수 있었으며 대부분 fatty acid에 해당하는 9 종류의 지질을 확인할 수 있었다. 따라서, 물벼룩의 대사체 분석에 있어 시간과 비용적인 면에서 효율적이고 대사체와 지질을 한번에 측정할 수 있는 HR-MAS NMR이 보다 적합함을 확인하였다. 이후 분석법을 최적화하는 과정에서 건조된 상태의 샘플을 사용하였기 때문에 swelling이 필요함을 확인하였고, 샘플링 이후 30분 간격으로 측정한 스펙트럼을 비교하여 최소 30분의 swelling이 있어야 대사체 분석에 충분한 스펙트럼을 얻을 수 있음을 확인하였다. 본 결과는 KCI 등재지인 한국자기공명학회논문지에 출판되었으며, 본 발표로 한국자기공명학회에서 선정한 **2022년 Bruker 젊은 과학자상을 수상**하였다.

(3) 서동호(2022년도 한국전기화학회 춘계총회 및 학술발표회 구두 발표; In situ synthesis of nickel single atom on manufactured glassy carbon electrode for strong electrochemical CO₂ reduction): 알루미늄 기판에 유기물질의 열분해를 통해 입체적 유리질 탄소 전극(3D·GC)을 합성하였고 Ni 단일원자의 직접적인 성장으로 전기화학적 CO₂ 환원을 위한 니켈 단일 원자 전극(Ni SAC-3D·GC)을 개발하였다. 전기화학적 활성 표면적 분석으로 상용 glassy carbon에 비해 3D·GC는 20배 높은 전기화학적 이중층 충전 용량을 가짐을 확인하였다. Transmission electron microscopy과 X-ray absorption spectroscopy를 이용하여 구조를 분석하였고 반응 site인 니켈이 질소 원자와 배위한 채 단일원자 형태로 존재함을 규명하였다. Ni SAC-3D·GC는 0.1 M KHCO₃ 수용액에서 전기 화학적 CO₂ 환원 반응을 통한 CO 생성에 선택적인 활성을 보였으며 -0.65 V ~ -1.35 V의 전위 범위에서 CO 생성에 대해 90% 이상의 높은 패러데이 효율을 달성하였고, -1.05 V에서 95%의 최대 패러데이 효율을 보였다. 또한 Ni SAC-3D·GC는 16시간 이상의 반응에도 안정하였고, Ni SAC와 3D·GC 기판 간의 강한 상호 작용을 확인하였다. 본 결과는 **한국전기화학회 우수포스터상을 수상**하였다.

(4) Aman Bhatia(The 2nd Japan and Korea joint meeting on research development of chemistry 구두 발표; Fast Silver Deposition Induced by Enzymatic Reduction for Ultrasensitive Detection of Parathyroid Hormone): 은 증착을 손쉽게 얻어서 갑상선 호르몬을 고감도로 검출할 수 있는 전기화학 바이오센서를 개발하였다. 퀴논 화합물을 전자전달 매개체로 사용하여 산화환원 효소인 DT-diaphorase가 퀴논을 환원시킨 뒤 환원된 퀴논이 은 이온을 환원시키도록 하였다. 이렇게 환원된 은은 전극에 증착이 되고, 최종적으로 증착된 은을 전기화학적으로 한꺼번에 산화시켜 큰 신호를 얻도록 하였다. 본 연구 결과는 발표 이후 **Biosensors & Bioelectronics (Impact factor: 12.545)에 게재**되었다.

(5) Sangram Keshari Mohanty(ACS Spring 2022 구두 발표; Electrochemically Generated Mesopores and Residual Oxygen for Improved Activity of Silver Electrocatalysts): 효과적인 비백금계 산소환원 촉매 개발은 연료전지, 금속-공기 전지 등 차세대 에너지 저장/변환 장치의 상용화를 앞당길 수 있는 중요한 소재 기술이다. Sangram학생은 팔면체 구조의 산화은을 전극 표면에 전착한 후 전기화학적 환원 반응을 통해 메조기공과 잔존 산소 원자를 가지는 은 촉매를 합성하였다. 합성된 촉매는 기존 은 촉매 대비 높은 활성을 보여 주었으며, 아연-금속 전지 및 CO₂ 환원 장치에 성공적으로 적용되었다. 또한 범밀도함수 계산을 통하여 활성 증가의 메커니즘을 규명할 수 있었다. 본 연구는 이후 **대한민국 특허**

10-2216922를 취득하였고, J. Phys. Chem. Lett. (Impact factor: 6.888)에 게재하였다.

(6) 이진민(ICAMD 2021 포스터 발표; The role of polyamine to induce hyperphosphorylated tau aggregation): 치매의 원인 단백질로 알려진 타우 단백질이 질병을 일으키는 병인이 되는 경우 과인산화가 되어 있다. 이는 화학적으로 매우 강한 음전하를 가지고 있음을 의미하는 것이다. 또한 치매 환자에게서 발견되는 타우 단백질의 엉킴 현상은 이 과인산화 현상과 연관이 있다는 사실이 여러가지 생물학적 연구로 밝혀지고 있다. 하지만 물리적으로 강한 음전하를 가지는 단백질은 그 자체로서 전기적 반발력때문에 엉킴 현상이 유도되기 매우 어렵다. 따라서 과인산화된 타우 단백질과의 상호 작용을 유도하는 세포내에 반대 전하가 있어야 한다는 가설을 바탕으로 세포내, 생체내에 공통적으로 존재하며, 양전하를 가지는 폴리 아민에 의해서 유도되는 것을 확인하였다. 과인산화된 타우는 보통의 타우와 달리 폴리 아민에 의해서 엉킴이 유도되는 것을 확인하였다. 뿐만 아니라 폴리 아민과 금속이온이 동시에 존재할때 시너지 효과로 단백질 엉킴이 더 빨리 유도되는 것을 확인하여 보고 하였다. 본 발표로 이진민 학생은 **우수 포스터상을 수상**하였다.

(7) 김도현(128th KCS meeting 포스터 발표; Significant qualifications for an efficient catechol oxidation catalyst in terms of structural perspective): Si가 기반이 된 두 자리 리간드를 합성하고 N-donor로써 Cu(II)3L6 형태의 케이지를 합성하였다. 합성한 케이지는 discrete한 0차원 형태와 SiF6²⁻ 음이온의 정전기적 인력으로 이어지는 3차원 구조를 형성하고 있었다. 이러한 케이지를 이용하여 catechol oxidation 촉매반응을 진행하였을 때, 일반적인 반응과는 달리 heterogeneous 촉매반응을 하는 3차원 구조의 케이지의 촉매반응 효율이 homogeneous 촉매반응을 하는 0차원 케이지보다 효율이 훨씬 뛰어난 현상을 확인할 수 있었다. 이는 촉매의 구조와 용해도에 따른 촉매반응 효율을 조절 할 수 있음을 시사한다. 이러한 내용은 이후 Dalton Trans. (Impact factor: 4.39)에 출판되었다.

(8) 장진혁(47th National Organic Chemistry Symposium 포스터 발표; Alkenylation of Metallocenes via Palladium-Catalyzed C-H Functionalization): 팔라듐 촉매를 이용하여 루세노센과 페로센의 탄소-수소 결합을 바로 치환하여 알켄기를 도입하는 반응 개발에 대해 발표하였다. 전자적 성질이 서로 다른 메탈로센에 맞추어 전자적 성질 조절이 가능한 리간드를 사용한 것이 반응의 효율을 높이는데 주효하였다. 알켄기의 도입을 통해 메탈로센의 전위와 산화환원 안정성을 조절할 수 있는 이 결과는 메탈로센 기반 산화환원활성 물질이나 촉매 개발을 도울 것으로 예상되어 많은 주목을 받았다.

(9) 황다은(2022 Korea 4D Nucleome Workshop 포스터 발표; Role of electrostatic interactions in phase separation of gephyrin): Gephyrin 상 분리에서 정전기적 상호작용의 역할에 관한 연구로서, 흥분성 시냅스에 분포하는 스캐폴딩 단백질인 gephyrin의 상 분리 메커니즘을 밝히기 위해 원자 차원 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하였다. gephyrin의 wild-type과 mutant에 대해 시뮬레이션을 수행한 결과 도메인간사이의 정전기적 상호작용이 구조적 양상불을 결정하는데 중요한 요인임을 발견하였다. 황다은 학생은 이 발표로 **우수 포스터상을 수상**하였다.

(10) 광선이(ACS Fall 2022 구두 발표; Synthesis and Properties of new hole-injection polymer with high hole mobility and excellent solvent resistance for solution-processed OLEDs): PEDOT:PSS는 용액형 OLED 소자에서 정공을 주입하는 중요한 기능을 하는 재료로 사용되고 있다. 그러나 PEDOT:PSS는 흡수성이 높고 높은 산성을 띄고 있어 ITO 전극을 손상하여 소자의 수명과 효율을 떨어뜨리는 단점을 가지고 있다. 본 발표에서는 높은 정공주입 특성을 나타내며, 150도에서 열로 가교되어 높은 용매 저항성을 가지는 고분자를 설계 합성하였다. 합성된 고분자는 정공 주입에 적합한 HOMO 준위를 가지며 정공 이동도가 높고 높은 용매 저항성을 가져 용액형 OLED 소자의 정공주입층(HIL)에 적합함을 알 수 있었다.

제작된 OLED 소자에서도 PEDOT:PSS를 HIL로 사용한 소자보다 우수한 효율과 성능을 보였다. 본 발표에서 합성된 고분자는 용액형 OLED 소자에서 PEDOT:PSS를 대체할 수 있을 것으로 기대된다.

③ 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

교육연구단이 선정평가 당시 제시하였던 BK사업에 대한 참여대학원생의 실적 최종 목표는 국내·외 특허 등록 20건과 기술이전 2건으로, 이번 자체평가기간 동안 4건의 국내 특허를 등록하여 목표를 달성하였으며, 이 중 2건에 참여대학원생이 발명자로 등록되었다. 추가로 2건의 기술이전에도 참여대학원생이 개발한 핵심 기술들이 활용되었다. 등록된 특허들은 모두 본 교육연구단이 중점적으로 개발하고 있는 촉매를 기반으로 하는 에너지 분야 등 산업/과학 난제를 창의적/혁신적인 방법으로 해결하는 내용으로 교육연구단의 비전/목표와 부합하고 지역 산업에 실질적으로 기여하고 있다. 참여대학원생이 발명자로 참여한 등록 특허 2건의 상세한 설명은 아래와 같다.

(1) 김희수(대한민국 특허 10-2291239; N-형 유기 반도체 화합물, 이의 제조방법 및 이를 함유하는 유기 태양전지): 유기태양전지의 광활성층은 P-형의 파이 공액 고분자와 N-형의 풀러렌 유도체가 주로 사용되어 왔다. 그러나 풀러렌 유도체는 합성과 정제가 어렵고 광안정성이 낮으며 치환기 변화에 따른 전기광학적 특성의 변화 폭이 크지 않아 높은 광전 변환 효율을 얻는데 어려움이 있었다. 본 특허에서는 풀러렌을 대체할 수 있는 다양한 흡수 영역을 가지는 새로운 N-형 유기반도체를 개발하였고 이를 사용하여 높은 광전 변환 효율을 가지는 유기태양전지를 제작할 수 있었다.

(2) 장진혁(대한민국 특허 10-2324132; 신규 화합물, 이의 제조 방법 및 신규 화합물을 포함하는 레독스 플로우 전지용 음극 활물질, 이를 포함하는 레독스 플로우 전지): 유기화학과 전기화학 공동 연구를 통해 레독스 플로우 전지를 개발하였다. 에너지 저장 장치인 레독스 플로우 전지의 문제점인 레독스 물질의 안정성을 향상시키고자 페난트렌에 오각 헤테로고리 또는 오각 접합 헤테로고리가 접합된 물질을 코어로 하는 새로운 구조의 레독스 물질의 합성법을 개발하였으며, 얻어진 헤테로고리의 비수계 용매에서의 전기화학적 안정성을 확인하고 레독스 플로우 전지로의 응용 가능성을 보였다.

4. 신진연구인력 현황 및 실적

가. 신진연구인력 확보

(1) 교육연구단은 BK 사업을 주도하는 신진연구인력으로 연평균 계약 교수 1명, 박사후 연구원 2명을 고용하는 것을 목표로 하였다. 현재 계약 교수 1명과 박사 후 연구원 2명이 고용되어 계획 목표를 달성하였다.

(2) 교육연구단의 폭넓은 국제화를 위해서 특정 국가에서만 지속적으로 신진연구인력이 고용되는 현상을 지양하고자, 다양한 루트를 통한 국제적 교류를 통해 다수의 국가에서 연구원을 고용하기 위한 노력을 계획하였다. 하지만, 코로나-19로 인하여 교류 및 비자 발급 등의 제한으로 인하여, 이를 목표대로 진행하기 어려운 상황이다. 현재 고용된 신진연구인력은 2명이 인도, 1명이 한국으로 예년과 비슷한 국가에서 고용되었지만, 해당 인력들이 좋은 성과를 지속적으로 내고 있다. 목표인 다수 국가에서 신진연구인력을 고용할 수 있도록 교육연구단의 우수한 지원 프로그램을 홍보하기 위해 21년 9월 홈페이지를 개편하였다.

(3) 교육연구단에 소속된 신진연구인력들이 경제적인 이유로 인하여 연구에 집중할 수 없는 상황을 배제하기 위해서 안정적인 재정 지원을 하고 있다. 매월 300만원을 급여(4대 보험 가입 포함)로 지급하도록 기준을 정하였으며, 퇴직금도 별도로 지급하고 있다.

(4) 교육연구단은 PNU-Chem Junior Fellow 프로그램을 신설하였다. 이 프로그램은 안정적인 연구 수행을 위해 향후 2년간 임용을 보장하고, 연구자 개인의 국제적인 경험과 인적 네트워크 구축을 위해서 매년 국제학술대회 참석할 경우 우선 지원하고 있다. 이 프로그램의 수혜자는 2022년 2월 Atanu Naskar 박사가 선정되었고 신진연구인력의 연구 지속성과 커리어 유지를 위한 연구 자율성과 독립성을 보장하도록 기회를 제공하고 있다.

(5) 우수한 연구자이나 병역 미필로 인해 지속적인 연구를 수행하기 어려운 조건에 있는 국내 신진연구인력 확보를 위해 학과 내 연구소 주관으로 병역 특례 TO를 지속적으로 신청하고 있다. 2022년 6월 28일 신청을 완료하였으며, 결과 통보를 기다리는 중이다. 병역 특례 TO를 확보하게 되는 경우 병역을 미필하여 학계로 진출을 원함에도 불구하고, 산업계 혹은 다른 분야로 진출하는 병역 미필 우수 신진연구인력을 확보할 수 있을 것으로 고려된다.

(6) 신진연구인력 공동 지도교수제

신진연구인력들 간의 지도교수 연구 분야 외에 서로 다른 세부 전공 분야의 연구를 접목할 기회를 제공하고자 2021년 11월 26일 학과 박진균 교수가 공동 지도교수 자격 멘토로 참여하여, 지속적인 지도교수 역할을 진행 중이다.

나. 신진연구인력의 연구 성과 현황

(1) 본 교육연구단에서 지난 1년간 연구를 수행하고 있는 신진 연구 인력들은 탁월한 연구 성과를 발표하였다. 지난 1년간 총 8편의 SCIE 논문을 출판하였으며, 이 중 3편이 JCR 기준 상위 10% 이내의 해당하는 우수한 저널에 발표된 논문이며, 이들의 평균 impact factor는 10.5483 (8편 전체 평균: 6.714)로 화학 분야 최고 수준의 연구를 수행하고 있음을 증명하고 있다.

(2) 본 교육연구단에서는 신진연구인력의 연구력 향상과 우수 결과에 대한 사기 진작을 위한 인센티브 제도를 운영하고 있다. 김광선 교수 연구실 소속인 Atanu Naskar 박사가 Biomedicines (Impact factor : 6.081), Pharmaceutics (Impact factor : 6.321)에 발표하였고, 인센티브 1,200,000원을 지급하였다.

(3) 교육연구단 신진연구인력들은 코로나 상황으로 국내·외 여건이 매우 좋지 않아 정부의 해외 출장 자재 기조에 따라서 본 연구단에서도 해외 출장을 최소한으로 진행하였다. 따라서 본 연구단의 신진 연구 인력들의 국제학회 발표 기회가 부족하였다. 하지만 신진연구인력들의 우수한 연구 결과를 발표할 수 있는 기회를 제공하기 위해서 학과 내에서 신진연구인력 심포지엄 (postdoc symposium)을 개최하여 발표 기회를 제공함과 동시에 우수한 연구 결과를 교육연구단 내에서 공유할 수 있는 기회를 제공하였다.

다. 연구력 향상 프로그램 및 연구 인력 간의 교류

(1) 신진연구인력 주도 심포지엄 개최

a. 교육연구단 및 화학과에서 연구를 수행 중인 신진연구인력이 주도하는 심포지엄인 2021년 11월 26일 “The 3rd Postdoctoral Research Symposium” 을 개최하여 자신의 최신 연구 결과를 공유하고 다른 세부 전공 분야 연구자들과 의견을 나눌 기회를 제공하였다. 연구자들끼리의 공동 연구의 기회를 제공하고 다양한 융/복합 연구를 진행할 기회가 되었다.

b. 심포지엄은 국제 학술대회/심포지엄의 형태를 갖추기 위해 영어로 진행되었으며, 프로그램 조직과 좌장 역할을 신진연구인력이 주도하여 계획할 수 있도록 진행되었다. 신진연구인력이 연구에 대한 새로운 시각을 공유하고, 학술대회 조직 등에 대한 경험을 수행할 기회를 제공하였다.

c. BK 사업 기간 내에는 매년 신진연구인력 주도 심포지엄을 연 1회 개최하고, 신진연구인력간의 상호

협력/경쟁을 통하여 우수한 연구 결과를 발표하는 프로그램으로 개선하면서 학생 및 교수들과의 다양한 교류 기회를 제공할 예정이다.

(2) 신진연구인력과의 간담회 개최

a. 학과 내 신진연구인력들의 상호 교류 및 담당 교수들과 연구 결과 및 향후 연구계획에 대한 지도를 받고, 한국 생활에서의 문제점에 대한 부분을 해결할 기회를 교육연구단의 프로그램으로 제공하였다. 면담을 통해 연구 과정에서의 여러 가지 문제점 및 연구 노하우를 공유하고 연구 외적으로 겪는 어려움을 해결하고자 하였다. 교육연구단은 2021년 11월 26일 본 교육연구단 박진균 교수가 멘토로 참여하고, 외국인 신진연구인력 전원이 참석하여 행사를 진행하였다.

b. 국내·외를 막론하고 신진연구인력들은 향후 진로에 대한 어려움을 갖기에 필요시 상담을 진행하였다. 먼저, 간담회를 통해서 신진인력들이 향후 산업계, 학계로 진출하는데 필요한 연구 이외의 여러 제반 사항에 대해서 조언을 하였다. 신진연구인력들로부터 좋은 반응을 얻었고, 지속적인 교류를 위해 일단 해당 교수들이 지도교수 역할을 수행하고 지속적인 교류를 진행하고 있다. 이 프로그램은 매년 지속적으로 진행할 예정이며, 횟수를 연 2회로 확대 계획 중이며, 공동 지도교수도 확대 예정이다.

(3) 신진연구인력-대학원생 연구 그룹 형성을 통한 리더십 배양 및 협업 연구 기회 제공

a. Ponnusamy Nandhakumar 박사는 양해식 교수 연구실과 주정민 교수 연구실 4명의 대학원생과 연구 그룹을 형성하여 주도적인 공동연구를 수행하였으며, 도출된 연구 결과는 JCR 8.16%에 해당하는 Advanced Healthcare Materials 저널에 주저자로 1편의 논문을 출판하였다.

b. Atanu Naskar 박사는 연구실 내 2명의 대학원생과 연구 그룹을 형성하여 Pharmaceutics에 논문을 출간하였다.

c. Atanu Naskar 박사는 연구실 내 대학원생 1명과 협업을 수행하여 RSC Advances 저널에 주저자로 논문을 1편 출판하였다.

(4) 신진연구인력들의 정보 공유를 위한 한/영 홈페이지 운영

a. 교육연구단 신진연구인력 채용 현황과 계획을 홍보할 계획으로 현 재직 중인 신진연구인력의 연구 성과를 홍보하고 잠재적 우수 신진연구인력들이 본 교육연구단에 지원하여 참여 기회를 가질 수 있도록 홈페이지를 개편하였다. 이 홈페이지에는 교육연구단 내의 신진연구인력 소개, 연구 성과 및 PNU-Chem Junior Fellow 제도를 포함하는 교육연구단 내 프로그램 소개를 포함하였다. 추가로 신진연구인력 상시 지원 시스템을 구축하여, 교육연구단의 연구에 필수적이며, 상호 응용이 가능한 분야의 인력을 참여교수들이 상호 검토하여 선발하는 제도를 마련하였다.

b. 교육연구단은 신진연구인력들의 독자적 연구 수행 능력을 돕기 위해 한국연구재단을 비롯한 다양한 교내·외 사업에 대한 정보를 제공하고 신청을 장려하고 있다. 특히, 교내·외 사업에 신청하여 기 선정된 신진연구인력의 서면 인터뷰를 공유하여 사업 선정에 주요한 경험을 공유할 수 있도록 개편되는 홈페이지에 반영하였다.

5. 참여교수의 교육역량 대표실적

연번	참여교수명	연구자 등록 번호	세부전공분야	대학원 교육관련 대표 실적물	DOI번호/ISBN/인터넷 주소등
	참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성				
1	최정모	11918743	이론물리화학	대학원교과목개발	(https://www.youtube.com/playlist?list=PL33H1AxVwTvx11GDDzY9AcPR5Wm4XYrad).

	2022년 1학기에 “고등물리화학” 과목을 개설하여 물리화학의 기본 원리와 최신 응용 분야에 대해 강의하였다. 물리화학의 특정 분야에 집중하는 대신, 양자역학 및 분광학, 통계열역학, 속도론 및 동역학의 모든 분야를 개념 위주로 다루는 것을 목표로 하였고, 이를 통해 물리화학 전반에 대한 이해를 증진시킬 수 있었다. 또한 SERS, EPR, DFT 등 최신 연구 기법들도 소개하여 원리와 응용에 관한 지식이 괴리되지 않도록 하였다. 한편 본 수업은 영어강의로 개설된 과목이나 언어 장벽으로 인한 어려움을 겪는 학생들을 위해 한국어 가이드 강의를 마련하여 수업 전에 과목 홈페이지에 업로드하였다. 해당 가이드 강의는 동시에 유튜브에도 공개하여 관련 산업체 근무자들 및 일반 대중도 쉽게 이용할 수 있게 하였다				
2	박진균/ 황도훈	111622/111479	유기화학	유기화학 번역서	979-11-5808-242-0
	“유기화학 (I), (II)”와 “최신 유기반응과 응용” 수업에서 사용되는 교재인 유기화학 6판(Janice Smith저, 자유아카데미 발행)의 번역에 황도훈 교수와 박진균 교수가 참여하였다. 황도훈 교수는 “21장 카보닐 화합물의 알파 탄소에서의 치환반응”을 박진균 교수는 “25장 고리형 협동반응”을 각각 번역하였다.				
3	남기민	10971040	전기화학	대학원교과목개발	
	2021년 2학기에 표면및구조분석을 개설하였고, 협업형 분자소재 우수인력 양성을 목표로 하는 융합과목으로써 산업 및 연구현장에서 필요로 하는 표면 및 구조 분석에 대해 강의하였다. 표면분석법의 예로, X선 광전자 분광법(XPS), 이차이온질량분석기(SIMS), 원자힘 현미경(AFM), 표면플라스몬공명(SPR)의 원리와 연구 분야에서 어떻게 활용되는지 사례별로 소개하였다. 또한, X-선 구조분석을 위한 군론과 결정학을 강의하였다. 단결정 및 파우더 샘플의 회절패턴 측정법과 구조분석의 원리를 학습하였다. 다른 분야에서 활동중인 외부 연사 3명을 초청(박용섭 교수, 경희대학교 물리학과; 이기라 교수, 포항공대 화공과; 조원철 그룹장, 한국아이티에스)하여 표면 및 구조 분석을 현장 맞춤형으로 할 수 있는 방안을 강의하였다.				

6. 교육의 국제화 전략

① 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

6.1 교육 프로그램의 국제화 현황

가. 대학원생의 국제 경험 증대

(1) 대학원생의 국제 학술대회 참석

교육연구단은 지난 1년간 대학원생 15명이 저명한 국제 학술대회에 참석하여 발표하도록 지원하였다. 이중 9명은 국제 학회에서 구두 발표자로 선택되어 우수한 연구 결과를 전문가들에게 직접적으로 설명할 수 있는 기회를 가졌다. 이를 통해 전문가 집단에 본 연구단의 우수한 연구 결과를 소개하고 홍보할 수 있는 기회를 가졌으며, 참석 대학원생에게는 관련 연구 분야에 관한 최신 연구 동향을 쉽게 파악하고 수행 중인 연구에 대한 이해도를 높여 새로운 연구 아이디어를 도출하여 연구단에서 향후 선도적인 연구를 수행할 수 있는 계기를 마련 하였다.

나. 외국 저명 기관 및 연구자와 학술 교류

(1) 해외 석학 초빙 세미나 개최

지난 1년간 15명의 해외 저명 학자를 초빙하여 세미나를 개최하였다. 세미나에 참석한 대학원생의 전공 연구 분야에 대한 최신 동향을 파악하고 수행 중인 연구에 대한 이해도를 높여 새로운 연구 아이디어를 도출할 수 있도록 하였다. 아래는 초청된 저명 학자를 열거하였다.

- a. Prof. Michael Manhart(ETH Zurich, 스위스)
- b. Prof. Prof. Pieremanuele Canepa(National University of Singapore, 싱가포르)
- c. 한상돈 박사(NREL, National Renewable Energy Laboratory, 미국)
- d. 김영석 박사(Massachusetts Institute of Technology, 미국)
- e. Prof. Yong-ShengHu(Chinese Academy of Sciences, 중국)
- f. Prof. Ankur Jain(Massachusetts Institute of Technology, 미국)
- g. Prof. Adrian Serohijos(University of Montreal, 캐나다)
- h. Prof. Heeseon An(Memorial Sloan Kettering Cancer Center, 미국)
- i. Prof. Jingxin Wang(University of Kansas, 미국)
- j. Prof. Isaac Li(University of British Columbia, 캐나다)
- k. Prof. Yan Xia(Stanford University, 미국)
- l. Prof. Kenichiro Itami(Nagoya University, 일본)
- m. Prof. Malachi Noked(Bar Ilan University, 이스라엘)
- n. 유진 박사(Argonne National Laboratory, 미국)
- o. 이영주 박사(UF Scripps Biomedical Research, 미국)

다. 학생들의 전공 영어 능력 향상

(1) 영어 학위 논문 작성 지원

지난 1년간 영어 학위 논문 작성 건수는 52건이고, 총 학위 논문 수 대비 작성 비율은 100%이다.

(2) 한/영 병용 강의 확충

대학원생의 영어 능력 향상과 외국인 대학원생의 전공 이해도 향상을 위하여 한/영 병용 강의로 진행되는 강좌의 비율을 80%이상으로 유지하였다.

a. 2021학년도 2학기: 76.9% (BK 본부 사업 중 “교양 과목 개설” 사업에 본 연구단이 적극적으로 참여하여 “인물과학사”가 화학과에 개설되었다. 이로 인해 영어 강의 비율이 76.9%로 80% 아래로 감소되었지만 이 과목을 제외한 실질적인 전공 강의 비율은 84.6%로 계획대로 유지되고 있다.)

b. 2022학년도 1학기: 90%

(3) 영어 구두 발표 의무화

대학원생의 국제화 능력 및 발표 능력 향상을 위해서 박사 학위 취득 시 영어 구두 발표 의무화를 규정화 하였다. 매년 1학기 개설되는 세미나(II) 또는 과학 의사소통(II) 수업에서 수강 학생의 영어 구두 발표를 의무화하였다. Chemistry Fair(2021년 10월 6일)와 SKKU-PNU 심포지엄(2022년 2월 9일, 8월 18일)에서 영어 구두 발표를 의무화 하여 영어 구두 발표 기회를 확대하였다. 이러한 프로그램을 통해 훈련을 받은 학생들이 2022년 8월 국제 학술대회인 ACS Fall 2022(2022년 8월 21일)에서 자신의 연구 결과를 영어로 발표하는 사례가 3건(대학원생 명: 박준용, 서동호, 곽선이)에 해당하였다. 교육연구단이 개발한 이 프로그램은 학생들의 영어 발표 능력을 향상할 수 있는 계기가 되었다.

라. 외국인 학생 유치 활성화 및 원활한 교육/적응 지원

(1) 외국 대학 및 기관과 상호 협력 체결 및 교류

외국 대학 및 기관과 4건의 MOU를 유지하고 있고, 상호 교류를 통하여 우수 외국인 대학생을 모집하였다. MOU를 유지하는 기관은 Ningbo Institute of Materials Technology and Engineering, Chinese Academy of Sciences(중국), Research Center for Bio-microsensing Technology of Kyushu Institute of Technology(일본), College of Materials Science and Chemical Engineering, Ningbo University(중국), Central Department of Chemistry, Tribhuvan University(네팔)이다.

(2) 외국인 대학원생을 위한 행정적 지원 및 간담회

a. 재학 중인 외국인 학생의 수는 2021년 2학기 14명에서 2022년 1학기 기준 18명으로 늘었다. 현재는 5개국(인도네시아, 중국, 인도, 네팔, 키르기스스탄) 18명의 우수한 외국인 대학원생이 석, 박사과정에 재학 중이다. 교육연구단은 외국인 대학원생의 입국 및 비자 관련 행정적 업무를 지원하고 있고, 한국어 프로그램을 수강하게 하여 한국 정착 및 연구실 생활을 돕고 있다.

b. 외국인 대학원생의 대학원 생활 적응 및 학업 향상을 위해 간담회(외국인 대학원생 간담회: 2021년 11월 26일)와 Chemistry Fair에서 상담 프로그램을 진행하였다(4th Chemistry Fair: 2021년 10월 6일).

c. 외국인 대학원생에게 국내 기업 정보 제공

재학 중인 외국인 학생에게 국내 기업 취업정보를 교육연구단 홈페이지와 이메일을 통해 국내 취업을 원하는 외국인 학생에게 관련 정보를 제공하고 있다. 학과 단위로 제공 되는 이러한 유용한 정보는 지속적으로 홈페이지 개편을 통해 효율적으로 전달될 수 있도록 노력하고 있다.

(3) 외국인 대학원생에게 장학금 지원

a. BK21사업에서 외국인 대학원생에게 장학금을 지원하고 있고 외국인 대학원생 수혜 비율은 84.5%로 80%이상을 유지하고 있다(2021학년도 2학기: 82%, 2022학년도 1학기: 87%).

(4) 우수 외국인 학생 유치 및 방문 연구 학생을 위한 정보 개방 및 홈페이지 개편

a. 외국인 학생 및 예비 연구 인력이 다양한 정보를 쉽고 빠르게 얻을 수 있도록 지속적으로 홈페이지 개편을 진행 중이며, 교육연구단 소개, 기존 외국인 진로 정보, 외국인 정착 정보, 실험실 안전/연구 윤리 자료, 교과목, 졸업생 정보, 신입생 교육 자료, 연구원용 정보 등의 다양한 콘텐츠를 제공하는 시스템을 구축하고 있다.

(5) 외국인 대학원생 정착 및 실험실 적응을 위한 동영상 매뉴얼 제작

외국인 대학원생이 초기에 정착하고 적응하는 것을 돕고 실험실 안전사고를 미연에 방지하고 기기 사용법에 대한 이해도를 높이기 위해서 실험실 안전 동영상 매뉴얼을 각 실험실마다 제작하고 인트라넷(PLATO 플랫폼)에 연동하여 제공하고 있다.

6.2 교육 프로그램의 국제화 계획

국제 공동 연구 기회 연 4건 이상, 학술대회 참석 지원 연 30명 이상 진행하고자 하였지만 지난 1년간 대외적 문제로 교육연구단 주관 국제 공동 연구 기회는 제공하지 못했고, 국제 학술대회 참석은 15명 지원하였다. 부족했던 대학원생의 국제 공동 연구 지원, 국제 학술대회 참석 지원, 대학원생 발표를 위한 국제 심포지엄 개최, 외국인 학생 지원, 해외 저명 학자 초빙 등 다양한 프로그램을 진행할 예정이다. 특히 학생의 제안서 평가를 통하여 해외 방문 연구의 기회를 제공하여 참여대학원생 주도의 국제화 교육 프로그램을 개발 및 운영할 예정이다. 그리고 우수한 외국인 학생 유치 및 원활한 교육/적응 지원을 진행할 예정이다.

가. 참여대학원생이 주도하는 국제 교류 프로그램

(1) 대학원생 주도의 해외 방문 연구 기회 제공

우수한 대학원생(박사과정)에게 장·단기 해외 연구 기회를 제공하여 관련 연구 분야의 최신 연구 동향에 대한 이해도를 높여서 새로운 아이디어를 도출할 수 있는 국제화 프로그램을 운영할 예정이다. 독일의 Technical University of Munich에서 시행 중인 장·단기 교환학생 프로그램을 벤치마킹하여 대학원

생이 주도하는 국제 교류 프로그램을 운영하고자 한다. 대학원생이 작성한 해외 방문 연구 제안서와 마일리지를 운영위원회가 평가하여 지원하는 방식으로 대학원생 주도의 국제화 교육 프로그램을 운영할 예정이다. 해외 방문 연구 기회는 연 4명 이상에게 제공할 예정이다.

(2) 국제 학술대회 참석 지원

대학원생의 국제 학술대회 구두 발표를 장려하여 해외 학자들과 토론을 통해서 새로운 아이디어를 도출할 기회를 제공하고자 한다. 국제 학술대회 참석 대상자는 지원자의 제안서와 마일리지를 평가하여 선발할 예정이다. 제안서는 운영위원회가 면밀하게 검토 및 평가할 예정이고, 참여대학원생의 국제화 능력이 극대화될 수 있는 국제 학술대회 참가를 유도할 예정이다.

나. 해외 학자 활용 계획 및 역할

해외 저명 학자를 초빙하여 세미나를 개최하고 참여한 대학원생들과 간담회를 주선하고자 한다. 이를 통해 관련 연구 분야에 대한 이해도를 높이고 국제적 네트워크를 형성하는 기회를 제공하고자 한다. 그리고 2020년 3월에 부산대 화학과에 외국인 겸임교수로 임용된 Paul H. Cheong 교수와 Jeffrey Pyun 교수의 도움을 통해서 본 교육연구단의 국제화 및 교육 수준을 향상 시키고자 한다.

(1) Paul H. Cheong 교수(미국 Oregon State University): 계산 화학과 합성화학 모두에 전문 지식을 가지고 있는 Paul H. Cheong 교수가 계산 유기화학 과목을 개설하여 본 교육연구단에서 쉽게 수강할 수 없는 관련 전문 교육을 진행하고자 한다.

(2) Jeffrey Pyun 교수(애리조나대): 전공 관련 지식과 특강 경험이 풍부한 Jeffrey Pyun 교수가 방학기간 동안 과학 발표법 특강을 개설하여 대학원생들의 영어 발표 능력을 향상 시키고자 한다.

(3) 해외 저명 학자 세미나 개최

매년 다수의 해외 저명 학자를 초빙하여 세미나를 개최하고, 해외 저명 학자와 대학원생 사이의 간담회를 진행하고자 한다.

다. 국제 학술대회 구두 발표 지원

국내·외 학술대회에 참석하여 구두 발표를 하는 것을 박사 학위 취득 요건으로 추가하고 국제 학술대회 등록 및 참가비용을 지원함으로써 대학원생의 발표 능력을 향상 시키고자 한다. 그리고 대학원생이 구두 발표에 참여할 수 있는 심포지엄을 본 교육연구단 대학원생 주관으로 매년 개최하고자 한다.

라. 대학원생 전공 영어 능력 향상

(1) 영어 학위 논문 작성 권고

대학원생에게 화학전공 영어 논문 작성법 교육과 논문연구 지도를 통해 영어 논문 작성 비율을 100%로 유지하도록 한다.

(2) 영어강의 확충

대학원생의 영어 능력 향상과 외국인 대학원생의 전공 이해도 향상을 위해 영어 강좌 비율을 85% 이상으로 유지하고자 한다.

(3) 영어 구두 발표 의무화 및 장려

대학원생의 국제화 능력 및 발표 능력 향상을 위해 대학원 필수과목인 세미나 수업에서 수강 학생이 영어로 구두 발표하도록 한다. 또한, 국내·외 학술대회의 영어 구두 발표를 장려하여 대학원생의 전공 영

어 능력을 향상하고자 한다.

(4) 대학원생이 주도하는 영어 심포지엄 개최

참여교수가 주도했던 영어 심포지엄을 대학원생과 신진연구인력의 주도로 개최하여 전공 영어의 구사 능력 향상 및 영어 행사의 조직 능력을 향상하고자 한다. 심포지엄 분야 및 주제를 대학원생 및 신진연구 인력이 주도적으로 결정하고 운영할 기회를 제공한다.

(5) 화학 영어논문작성법 강좌 개설

본 연구단 최정모 교수는 미국 Oregon State University 화학과 Paul H. Cheong 교수와 함께 2021학년도 2학기에 “화학영어논문작성법” 과목을 개설하여 운영하였다. 이 과목에서는 영어 글쓰기가 익숙하지 않은 대학원생들을 대상으로 영어 글쓰기의 기초와 학술 논문 작성법을 강의하였다. 매 수업 시간 중에 글쓰기 연습 시간을 할애하여 교수자 및 동료들의 피드백을 받게 하였고, 네 번의 글쓰기 과제를 통해 보다 세부적인 피드백을 제공하였다. 특히 강의 평가에서 “논문 뿐만이 아닌 전반적인 글쓰기에 대하여 배울 수 있어서 좋았습니다. 1:1로 피드백을 받을 수 있어서 더 유익했던 것 같습니다” 라는 익명 평가를 받는 등 학생들에게 도움이 되는 강의로 판단된다.

(6) 영어 논문작성법 단기 특강 개설

21년 2학기 정규과목으로 개설된 화학영어논문작성법 강좌를 보완할 수 있는 단기 특강을 외국인 교수나 신진연구인력을 활용하여 매년 방학 기간에 개설 계획이다.

마. 외국인 학생 유치 활성화 및 원활한 교육/적응 지원

(1) 외국 대학 및 기관과 상호 협력체결 및 교류/방문

외국 대학 및 기관과 4건의 MOU를 계속 유지하고 이를 더욱 확장하여 외국 대학 및 기관과 상호 교류와 방문 프로그램을 실시하여 우수한 외국인 대학원생을 연 6명 이상 확보할 수 있도록 한다.

(2) 외국인 대학원생 오리엔테이션 및 간담회 개최

기존 한차례 실시한 바 있는 외국인 대학원생 대상 간담회를 지속적으로 개최하여 외국인 대학원생의 한국 생활 적응 및 학업 능력 향상을 위한 오리엔테이션을 매 학기 초에 개최하고, 매년 개최하는 학생 주도 발표회인 Chemistry Fair에 상담 프로그램을 추가하여 외국인 대학원생의 애로사항을 청취하고, 해결하여, 대학원 생활에서 이탈을 방지하고자 한다.

(3) 외국인 대학원생 대상 장학금 확충

외국인 대학원생에게 지원 가능한 내외부 장학금 정보를 제공하고, BK21 장학금 수혜 비율을 80% 이상으로 유지하고자 한다. 이러한 내용은 지속적인 홈페이지 개편을 통해서 공개하여 많은 대학원생들이 정보를 활용할 수 있도록 할 것이다.

(4) 외국인 대학원생에게 국내 기업 정보 제공

재학 중인 외국인 학생에게 국내 기업 취업 정보를 교육연구단 홈페이지와 이메일을 통해 제공하여 국내 취업을 원하는 외국인 학생에게 도움이 되도록 한다.

바. 국제화를 위한 정보 공개

(1) 우수 외국인 학생 유치 및 방문 연구 학생을 위한 정보 개방 및 홈페이지 개편

현재 학과 소개를 한글 버전에 대한 영문 자막 버전을 제작하였다. 하지만, 우수 외국인 대학원생, 신진연구인력, 방문 연구학생을 추가로 확보하기 위해 개편하는 홈페이지에서는 한글 버전에 단순 자막이

아닌 영문 전용 홈페이지를 제작하여 다양한 정보를 외국인 학생에게 제공하고자 한다. 이 홈페이지는 국문 홈페이지와 마찬가지로 교육연구단 소개, 기존 외국인 진로 정보, 외국인 정착 정보, 실험실 안전/연구 윤리 자료, 교과목, 졸업생 정보, 신입생 교육 자료, 연구원용 정보 등을 포함할 예정이며, 외국인이 필요로 하는 콘텐츠를 지속적으로 업데이트 예정이다. 빠른 정보 접근성을 확보하여 외국인 학생 및 예비 연구 인력이 다양한 정보를 쉽게 얻을 수 있도록 한다.

(2) 외국인 대학원생 정착 및 실험실 적응을 위한 동영상 매뉴얼 제작

외국인 대학원생이 초기에 정착하고 적응하는 것을 돕고 실험실 안전사고를 미연에 방지하고 기기 사용법에 대한 이해도를 높이기 위해서 실험실 안전 동영상 매뉴얼을 각 실험실마다 제작하고 Plato에 연동하여 제공하고 있다.

② 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

6.3 참여대학원생 국제공동연구 현황

가. 미국 Oregon State University의 Paul H. Cheong 교수 연구팀과 공동 연구

미국 Oregon State University 화학과 Paul H. Cheong 교수 연구실에서 박사과정 중인 Gisela Abigail Gonzalez-Montiel 학생이 공동 연구를 위해 부산대학교 화학과 박진균 교수 연구실에 방문하였다 (2021.7.30-9.12). 컴퓨터 화학을 전공하고 있는 Gonzalez-Montiel 학생은 부산대에 머무는 동안 여러 유기 반응의 메커니즘을 계산화학적으로 규명하는 연구를 진행하였으며, 교육연구단 소속 이해은 학생을 비롯한 여러 대학원생들과의 밀접한 교류를 통해 계산화학 프로그램 사용법을 전수하였다. 가시적 성과로 “Divergent electrochemical [2+2+2] cyclotrimerization”에 관한 계산화학 연구를 마무리하였다.

나. National Chiao Tung University의 Shih-Ching Chuang 교수: 촉매 유기반응 및 유기발광재료 연구

National Chiao Tung University의 Shih-Ching Chuang 교수 그룹과 공동 연구를 통해 고리 접합 반응 개발하고 발광물질로 응용하였다. 구체적으로 전자끄는 작용기를 가진 오각 헤테로고리 퓨란과 피롤에 알카인을 이용해 팔라듐 촉매 벤젠 고리 접합 반응을 개발하였다. 반응의 최적화는 공동으로 진행하고, 반응의 범위는 참여교수 연구실에서, 형광은 Chuang 그룹에서 측정하여 헤테로고리와 치환기의 종류에 따른 발광 성질의 차이를 파악하였다. 이 결과는 2021년 9월 Synthesis 특집호에 게재되었다 (Synthesis 2021, 53, 3001-3010).

다. 스페인 Universidade de Santiago de Compostela의 Flor Rodriguez Prieto 교수 연구팀과의 공동 연구

스페인 Universidade de Santiago de Compostela의 Flor Rodriguez Prieto 교수 연구 그룹과의 공동 연구를 위해서 Prieto 교수 연구팀의 Sara Illodo 박사 과정 학생이 본 연구단 이상학 교수 연구실을 방문하여(2022. 3. 1. - 9. 6.) 치매의 원인이 되는 아밀로이드 단백질의 엉킴 현상에 대한 분자 수준에서의 메커니즘 연구를 수행하였다. Prieto 교수와 이상학 교수는 단분자 분광 방법을 이용해서 단백질의 거동을 관찰하는 전문가로서 fluorescence correlation를 주요 기술로 사용하는 Prieto 교수와 wide field single molecule detection과 super-resolution imaging 기술을 주요 기술로 사용하는 이상학 교수와의 공동 연구는 아밀로이드 엉킴 메커니즘을 분자 수준에서 연구하는데 상당한 시너지를 내었다.

라. 미국 Stanford 대학의 Murat Baday 박사 연구팀과의 공동 연구

Stanford 대학 Neurology 소속의 Murat Baday 박사는 단분자 트래킹 분야에 전문가이다. 본 연구단 이상학 교수와 Baday 박사는 비록 코로나-19 상황으로 인해서 물리적 교류를 할 수가 없었지만, 지속적인 화상미팅을 통한 연구 결과 및 아이디어 공유를 활용하여 공동 연구를 수행하였다. 최근 Upconversion Nanoparticle을 이용하여 세포 내에 존재하는 모터 단백질의 walking 메커니즘을 실시간으로 관찰하는

연구 결과를 도출하였다. 이 결과는 Current Applied Physics 저널에 게재 예정이다.

6.4 참여대학원생 국제공동연구 계획

사업기간 1차년도에 참여대학원생의 해외 방문연구를 적극적으로 지원할 예정이었지만, 대외적 문제로 국제 공동연구 기회를 학생들에게 제공하지 못하였다. 국제공동연구를 활성화하고 대학원생에게 질 높은 교육 기회를 제공하기 위해서 대학원생이 주도하는 해외 방문연구를 적극적으로 권장할 예정이다. 구체적인 대학원생 선발 과정은 먼저 대학원생이 해외 방문연구 제안서를 작성하여 교육연구단에 제출하면 운영위원회가 제안서를 면밀히 평가하여 선별적으로 지원하고자 한다. 교육연구단이 추진하는 국제화 프로그램을 통하여 참여 대학원생들이 활발한 교류와 함께 우수한 국제공동 연구 결과를 도출할 수 있도록 순차적으로 발전시켜 나갈 예정이다. 차년도에 대학원생이 참여 예정인 국제공동연구는 아래와 같다.

(1) Friedrich-Alexander University의 Patrik Schmuki 교수: 표면화학 및 부식 연구

독일 Friedrich-Alexander University의 Patrik Schmuki 교수 연구 그룹은 표면화학 및 부식 관련 연구를 진행하는 그룹이다. 대학원생 주도의 공동연구를 통해 전기화학 촉매의 반도체 표면에서의 거동 메커니즘을 분석하는 공동연구를 진행하고자 한다. 광전기화학적 물 분해 반응 과정에서 전기화학 촉매 표면의 변화 과정을 분석하는 방법을 연구하고자 한다.

(2) 미국 Oregon State University의 Paul H. Cheong 교수: 유기합성/계산화학 융합 연구

본 사업단이 계획한 국제 교류의 한 부분으로 Oregon State University 화학과의 Paul Cheong 교수와 유기화학실험/계산 및 적외선 발광 유기백금화합물의 분자계산 협업을 이어오고 있다. 본 연구 성과로 Chem. Eur. J. 2020, 26, 13826, Org. Lett. 2021, 23, 1427, Inorg. Chem. 2022, 61, 5178, Angew. Chem. Int. Ed. 2022, 61, e202116154, ACS Catalysis, 2022, 12, 6874 등 5편을 발표하였다. 특히, 긴밀한 연구 협업을 위해 Gisela A. González-Montiel 박사과정 학생이 2021년 3개월간 박진균 교수 연구실에 방문하여 계산 연구를 진행하였다. 앞으로도 새로이 발견되는 유기반응메카니즘 및 기능성물질의 특성의 이해를 위해 지속적으로 협업할 예정이다.

(3) Stanford University의 Yan Xia 교수: 고분자 중합 촉매 및 기계 화학센서

사다리형 고분자를 합성하여 가스 분리, 기계 자극에 반응하는 센서, 분해 가능한 고분자 등 다양한 연구를 하고 있는 Stanford University의 Yan Xia 그룹과 본 사업단 주정민 교수 연구 그룹은 공동 연구를 진행 중이다. 주정민 교수 연구실에서 사다리형 고분자 합성에 필요한 단분자를 제공하고, 고분자 합성법 자체도 기존의 방향족 화합물 할라이드의 짝지음 반응이 아니라 탄소-수소 결합 활성화를 통해 바로 합성하는 친환경 공정을 개발하고자 공동 연구를 수행 중이다. 2023년에 참여 대학원생의 장·단기 파견을 계획하고 있다.

□ 연구역량 대표 우수성과

가. 참여교수 대표논문

교육연구단은 지난 1년간 참여교수가 발표한 논문 중 3건을 대표논문으로 제시하였다. 대표논문들은 퇴행성 뇌질환 치료제로서의 인공 효소 및 촉매, 이산화탄소 환원 촉매, 기능성 촉매 합성 연구로 연구단의 난제 해결 주제인 인공 효소/촉매 연구와 부합성이 매우 높다. 대표논문들의 평균 IF 값은 16.909로서 JCR 기준 상위 10% 저널에 출판되었고, 인공 효소/촉매 개발 관련 본 교육연구단의 전문성을 가장 잘 발휘할 수 있는 분야에 집중되어 있다.

(1) Kinetic Modulation of Amyloid- β (1-42) Aggregation and Toxicity by Structure-Based Rational Design, *Journal of the American Chemical Society*, 144, 1603 (2022). 본 연구에서는 병원성 아밀로이드 응집체의 형성을 속도론적으로 제어하기 위해 야생형 아밀로이드 베타 (1-42)의 초기 응집 특성을 유발하는 핵심 영역을 고해상도 섬유 구조 및 분자 동역학적 특성을 기반으로 특정했다. 지목된 표적 아미노산을 극성 아미노산인 아스파라긴으로 치환한 변이체는 의도한 대로 자가조립 특성이 저해되었으며, 병원성 아밀로이드 응집체에 의해 유발되는 세포 독성이 완화되었음을 관찰했다. 본 연구에서 병원성 응집체 형성 억제에 성공한 아밀로이드 베타뿐만 아니라 유사한 방식으로 퇴행성 신경질환을 유발한다고 알려진 다른 단백질에도 같은 연구 방법론을 적용하여 병원성 응집체의 형성을 저해할 수 있어 퇴행성 신경질환 치료 연구의 중요한 초석이 될 것으로 기대된다.

(2) Silaborative Assembly of Allenamides and Alkynes: Highly Regio- and Stereocontrolled Access to Bi- or Trimetallic Skipped Dienes, *Angewandte Chemie International Edition*, 61, e202116154 (2022). 실리콘보론 시약을 이용하여 2개의 파이 결합 화합물인 알렌아마이드와 알카인을 팔라듐 촉매 하에서 합체시켜 1,4-다이엔 화합물을 합성하였다. 이는 사용하는 시약이 생성물에 모두 도입되어 부산물이 없는 원자 경제적인 반응으로, 팔라듐 촉매가 알렌아마이드와 배위하는 성질을 이용하여 높은 위치, 입체 선택성을 유도할 수 있었다. 여러 기능기를 가지는 복잡한 생리활성 물질, 천연물, 기능성 물질이라 하더라도 여기에 알카인을 도입하고 알렌아마이드와 반응시켜 다양한 1,4-다이엔 화합물을 합성할 수 있음을 보임으로써 높은 기능기 호환성을 입증하였다. 본 반응은 서로 다른 파이 결합의 분자간 반응을 최초로 실현시킨 것으로 큰 의미가 있으며, 반응 메커니즘을 실험과 계산화학으로 규명하였다. 또한, 실리콘과 보론을 독립적으로 원하는 기능기로 변환할 수 있어 생성물의 활용성이 매우 높다. 본 연구 결과는 우수성을 인정받아 2022년 화학분야 최우수학술지인 *Angew. Chem. Int. Ed.*(Impact Factor: 15.336)에 hot paper로 선정되었다.

(3) Unraveling the Simultaneous Enhancement of Selectivity and Durability on Single-Crystalline Gold Particles for Electrochemical CO₂ Reduction, *Advanced Science*, 9, 2201491 (2022). 전기화학적 CO₂ 환원 반응은 화석연료의 사용으로 발생하는 CO₂를 저감하고 연료로 재활용할 수 있는 유망한 해결책이다. 본 논문에서는 금 전구체와 계면활성제인 polydiallyldimethylammonium chloride(polyDDA)를 이용하여 표면에 polyDDA가 코팅된 금 단결정 촉매를 합성하였다. 합성된 금 입자를 이용하여 CO₂ 환원 반응을 진행하였고 polyDDA가 코팅된 금 표면이 이상적인 CO 생성 환경을 제공함을 확인하였다. 구체적으로 polyDDA-Au 촉매는 -0.4에서 -1.0 V (vs. RHE)의 넓은 전위 범위에서 90% 이상 높은 CO 선택성을 보였으며 80시간 동안 90% 이상의 CO 선택성을 유지하는 높은 내구성도 보였다. 표면 처리로 인한 효과의 원리를 규명하기 위해 밀도 범함수 이론(Density functional theory) 계산을 진행하였

고 금 촉매 표면에 염화이온이 존재함으로써 CO₂의 빠른 흡착을 유도하여 수소 발생을 억제하고 CO 생성을 가속화 한다는 결과를 얻었다. 금 촉매뿐만 아니라 은과 아연과 같은 다른 금속 촉매 또한 polyDDA 표면 처리를 통해 CO 생성의 선택성이 개선되는 것을 확인하였다. 금 뿐 아니라 은 그리고 아연과 같은 다른 금속 촉매에도 광범위하게 적용하여 다양한 금속 촉매에서 CO₂ 환원 반응의 선택성을 조절하는 연구에 응용이 가능할 것으로 기대된다.

나. 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 대표성과

(1) 촉매분야 대표 특허로는 “가수분해 활성을 갖는 금속 나노자임을 이용한 바이오센서(대한민국 특허 10-2386652)”과 “촉매의 제조 방법 및 촉매 (대한민국 특허 10-2313852)”가 있으며, 이들은 모두 진단용 바이오센서와 기능성물질 합성에 쓰이는 고효율/고효율 촉매를 제조하고 그 특성을 분석하는데 필요한 혁신적인 기술들이다. 연구단의 목표 분야인 촉매 분야에서 연구 성과를 특허 기술로 공개하였다는 데에 큰 의의가 있다.

(2) 유기 전자소재 관련 대표 특허로는 “N-형 유기 반도체 화합물, 이의 제조방법 및 이를 함유하는 유기 태양전지 (대한민국 특허 10-2291239)”이 있으며, 유기 태양전지에 많이 사용되고 있는 폴리렌을 대체할 수 있는 새로운 단분자 N-형 유기반도체를 개발하였다. 폴리렌의 단점들이 보완된 높은 광전 변환 효율을 가지는 새로운 광활성층 핵심 소재 설계 및 합성 기술은 태양전지의 효율을 향상시키는 데에 핵심적인 역할을 할 것으로 기대된다.

(3) 이차전지 관련 특허로는 “신규 화합물, 이의 제조 방법 및 신규 화합물을 포함하는 레독스 플로우 전지용 음극 활물질, 이를 포함하는 레독스 플로우 전지(대한민국 특허 10-2324132)”가 있으며, 에너지 저장 장치인 레독스 플로우 전지의 문제점인 레독스 물질의 안정성을 향상시키고자 페난트렌에 오각 헤테로고리 또는 오각 접합 헤테로고리가 접합된 물질을 코어로 하는 새로운 구조의 레독스 물질의 합성법을 개발한 것이다. 비수계 용매에서 전기화학적 안정성을 갖는 헤테로고리 화합물은 향후 차세대 중대형 레독스 플로우 전지로의 높은 응용 가능성을 갖고 있다.

(4) 기술 이전의 경우 “감염성 질병 진단을 위한 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 혈청 내 대사체 바이오마커에 대한 노하우 기술”을 (주)한국대사체분석센터에 성공적으로 이전하였다. 또한 “암모니아보레인과 외부자력으로 고정된 자성 나노촉매를 이용한 연속 니트로 환원반응과 환원적 아민화 반응”의 기술 이전을 위해 국내 제약회사와 “통상실시권 허여 및 노하우 기술이전 계약”을 체결하였으며, 이를 바탕으로 신약 개발에 핵심적인 원료의약품 중간체를 성공적으로 합성하였다. 향후 대량 생산 적용을 위한 파일럿 시설을 함께 구축함으로써 연속 흐름 반응의 상업적 적용을 국내 최초로 완성하고자 한다.

다. 연구비 수주 성과

(1) 지난 1년간 정부 연구과제 총 34.46억원을 수주하였고, 대표적으로 12개의 신진/중견연구자 과제와 2개의 기초연구실(BRL) 사업을 수주, 1개 공동연구원으로 참여하고 있다.

(2) 지난 1년간 산업체 과제 총 4.4억원을 수주하였고, 대표적으로 2개의 삼성미래기술육성재단 과제를 수행하고 있다.

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.-2019.1.2.31.) 실적(선정평가 보고서 작성내용)	최근 1년간(2020.9.1.~2021.8.31.) 실적	최근 1년간(2021.9.1.~2022.8.31.) 실적	비고
정부 연구비 수주 총 입금액	7,283,119	3,356,549	3,446,689	
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	2,382,033	410,533	437,369	
해외기관 연구비 수주 총 (환산) 입금액	0	0	0	
1인당 총 연구비 수주액	357,969	313,923	287,708	
참여교수 수	9 (신임교수 제외)	12	13.5	

- (1) 최근 1년간 참여교수의 1인당 연구비 실적을 선정 전 3년 및 작년 실적에 대한 연평균 값으로 비교하였다.
- (2) 정부 연구비 수주 1인당 총 입금액은 3년간 연평균 실적(2.7 억원) 대비 5.4%, 작년 대비 8.7% 감소하였다.
- (3) 산업체(국내) 연구비 수주 1인당 총 입금액은 3년간 연평균 실적(0.9 억원) 대비 63.3%, 작년 대비 5.3% 감소하였다.
- (4) 1인당 총 연구비 수주액은 3년간 연평균 실적(3.58억원) 대비 19.6%, 작년 대비 8.4% 감소하였다.
- (5) 코로나-19로 위축된 산업체 연구비 수주의 감소와 비교적 최근에 임용된 신임교수 참여로 인하여 1인당 총 연구비 수주액이 감소하는 결과를 보였다.

1.2 연구업적물

① 참여교수 연구업적물의 우수성

〈표 3-2〉 최근 1년간(2021.9.1.-2022.8.31.) 연구 수월성 향상을 위한 계획 대비 실적 및 향후 추진계획

구분	계획	실적	향후 추진계획
(1) 대표 연구업 적물의 질적 우 수성 향상	- 연구 주제별 공동 그룹 세미나 정례화 - 융합 연구를 위한 공동 연구실 마련 지원 - 각 연구실 보유 분석 기기 사용법 동영상 공유 - 공동 연구 결과 발표회 활성화 - 인트라넷 활용 지식 공유 - 우수 논문/공동연구 인센	- PNU-SKKU BK 공동 심포지움 총 2회 개최 - 기초연구실 2건, 공동 세미나 매월 개최 - 분석기기 사용법 동영상 총 18건 제작/공유 - 유기-물리화학 실험실 간 세미나 매주 개최 - Plato 활용 지식 공유 - 우수 논문 인센티브	- 계속해서 실험실간 공동연구 및 공동 세미나를 활성화할 계획임 - 인공 효소/촉매 분야 난제 해결에 집중함으로써 대표 연구 업적물의 질적 우수성을 확보할 계획임

	티브 지급 강화	지급액 차등지급 강화	
(2) 산업/사회 공헌 향상	▪ 학연 과정 개설 통해 정부 출연 연구원과 협업 ▪ 기업과의 상호 교류 증대 및 산업/사회 문제 해결 지원 ▪ 우수 타교생/인재 유치	▪ 학연 과정 총 11명(한국화학연구원 등) ▪ 경보제약 MOU 유지, 기업대상연구발표 및 기술자문 12회, 산업체 초청 세미나/현장방문 총 9회 ▪ 우수 타교생 학기당 평균 53명 유치 ▪ 초/중/고 강연 17건, 심사/조사위원 9건, 전문 튜토리얼 2건	▪ 학연 과정을 통해 실질적 협력이 이뤄지도록 유도할 계획임 ▪ 기업체와의 적극적인 협업을 통하여 산업/사회 문제해결을 활성화할 계획임
(3) 연구비 수주 및 연구 지원 시스템 강화	▪ 신입교수 연구 정착 지원 (연구비 수주, 학생 모집) ▪ 정부과제 연 30억원, 산업체 과제 연 9.5억원 수주(최종연도 직전 3년간)	▪ 신입교수 1명 신진과제 수주/학생 모집 ▪ 정부과제 34.4억원, 산업체과제 4.4억원 수주	▪ 보다 적극적이고 실질적인 연구비 수주가 이뤄질 수 있도록 지원할 계획임
(4) 참여교수 간 및 타기관과의 협업 연구 활성화	▪ 추가 공동 연구과제 수주 ▪ 참여교수 공동논문 연3편 ▪ 국내/해외 공동연구 통해 7년간 총 60편의 논문 ▪ 부산대 화학공학과 및 나노에너지공학과 BK연구단과 학점 교류 프로그램	▪ 기초연구실 수주(2건) ▪ 참여교수공동논문 8편 ▪ 해외 공동연구 8편, 국내 공동연구 49편 ▪ 학점교류: 타학과 교과목 수강 7명, 본학과 교과목 수강 28명	▪ 참여 교수 및 타기관과의 적극적인 협업을 통하여 인공 효소/촉매 분야 난제를 파악/해결할 계획임

(1) 자체평가기간(2021.9.1.~2022.8.31.) 참여교수 총 논문 수는 85편으로 작년 (102편) 대비 16.7% 감소하였으나, 최근 5년간 연평균 64.4편보다 20.6편 증가하여 132%의 성장률을 보였다.

(2) 1인당 논문 건수는 6.30건, 1인당 논문 환산 편수는 1.61편으로 최근 5년간의 연평균 1.69편에 비해 4.7% 감소하였다. 이 중 JCR 기준 상위 10% 저널에 출판된 논문은 24편으로 전체 논문의 28.2%에 해당하여 작년 (19.6%) 대비 8.6% 증가하였고, 상위 25% 저널에 출판된 논문은 64편으로 전체 논문의 75.3%에 해당하여 작년 (58.8%) 대비 16.5% 증가한 것은 본 참여교수 연구실적의 우수성이 향상되었음을 정량적으로 입증하고 있다.

(3) 환산논문 1편당 환산 IF 값은 6.9516으로서 작년 (5.7785) 대비 20.3% 증가하였고, 환산논문 1편당 환산 ES 값은 0.098으로서 작년 (0.099)과 비슷한 수준을 보였다.

(4) 1인당 환산 IF 값은 11.1669로서 작년 (12.3100)보다 소폭 하락하였으나 최근 5년간의 연평균 8.0248보다 3.1421만큼 증가하여 139.2%의 성장률을 보였으며, 1인당 환산 ES 값의 경우 0.1572로서 작년 (0.2111) 대비 25.5%, 최근 5년간의 연평균 0.1810 대비 13.1% 감소하였다. 이는 참여교수 논문이 비교적 최근에 발행을 시작한 우수저널에 발표되는 비율이 높음을 시사하고 있다.

(5) 피인용지수를 나타내는 FWCI 값은 0.51로서 해당 분야 인용도 면에서 차후 향상이 필요한 부분이나,

기초과학 분야에서 아직 출판된 지 채 1년이 되지 않았음에도 불구하고 평균 0.9회의 인용도를 보이고 있다.

(6) 해외 기관과의 공동연구를 통해 도출된 논문은 총 8편으로서 미국 Oregon State University 화학과 Paul H. Cheong 교수와 기능성 유기물질 합성에 대한 논문 3편, 그 밖에 헝가리 Budapest University of Technology and Economics, 대만 National Tsing Hua University, National Yang Ming Chiao Tung University, 카타르 Qatar University, 인도 Shivaji University, 미국 University of Minnesota Twin Cities, 캐나다 University of Ottawa, 일본 University of Tsukuba, 베트남 Vietnamese Academy of Science and Technology, 중국 Zhengzhou University 등 우수한 해외 기관과의 공동연구로 각각 1편씩의 논문을 발표하였다.

(7) 국내 기관과의 공동연구를 통해 도출된 논문은 총 49편으로서 부경대(7편), 동의대, 고신대 (각 5편), 기초과학연구원 (4편), 성균관대 (3편)을 포함한 35개 기관과 공동연구 논문을 발표하였다.

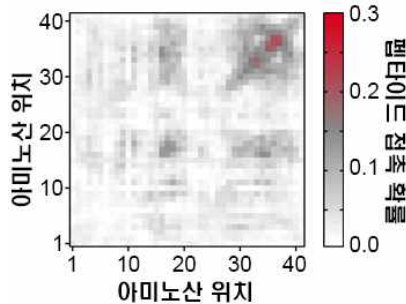
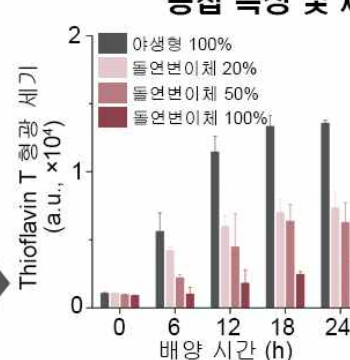
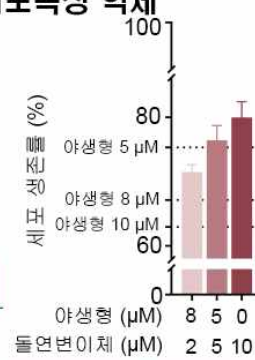
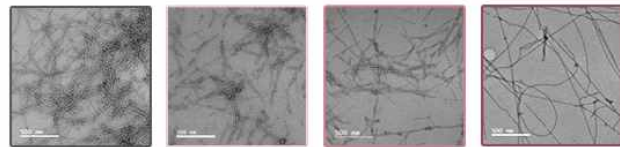
<표 3-3> 참여교수 논문 환산 편수 실적

구 분	2020.9.1.~2021.8.31	2021.9.1.~2022.8.31
전체기간 실적논문 총 건수	102	85
1인당 논문 건수	8.5	6.2962
논문 총 환산 편수	25.564	21.686
1인당 논문 환산 편수	2.1303	1.6063
참여교수 수	12	13.5

<표 3-4> 참여교수 1인당 논문의 환산 IF

구 분	2020.9.1.~2021.8.31	2021.9.1.~2022.8.31
총 환산 편수	25.564	21.686
총 환산 IF	147.7211	150.7536
환산 논문 1편당 환산 IF	5.7784	6.9516
1인당 환산 IF	12.31	11.1669
참여교수 수	12	13.5

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

연번	대표연구업적물 설명
1	Kinetic Modulation of Amyloid-β (1-42) Aggregation and Toxicity by Structure-Based Rational Design (Journal of the American Chemical Society, 2022, 144, 1603) (1) 연구배경 현재 알츠하이머병(Alzheimer's disease, AD)과 파킨슨병(Parkinson's disease, PD)의 치료는 일시적인 증상 완화를 위한 신경전달물질 관련 처방 위주로 진행되고 있으며, 근본적인 병인을 제거하기 위한 치료는 거의 진행되고 있지 않다. 특히, 병인 단백질로 알려진 아밀로이드 베타, 알파 시누클레인, 타우 등의 병원성 아밀로이드 응집체 형성 기전은 아직 규명되어 있지 않다. (2) 연구내용 병원성 아밀로이드 응집체의 형성을 속도론적으로 제어하기 위해 야생형 아밀로이드 베타(1-42)의 초기 응집 특성을 유발하는 핵심 영역을 고해상도 섬유 구조 및 분자 동역학적 특성을 기반으로 특정했다. 지목된 표적 아미노산을 극성 아미노산인 아스파라긴으로 치환한 변이체는 의도한 대로 자가조립 특성이 저해되었으며, 병원성 아밀로이드 응집체에 의해 유발되는 세포 독성이 완화되었음을 관찰했다. (3) 기대효과 본 연구에서 병원성 응집체 형성 억제에 성공한 아밀로이드 베타뿐만 아니라 유사한 방식으로 퇴행성 신경질환을 유발한다고 알려진 다른 단백질에도 같은 연구 방법론을 적용하여 병원성 응집체의 형성을 저해할 수 있어 퇴행성 신경질환 치료 연구의 중요한 초석이 될 것으로 기대된다. (4) 교육연구단 연구 목표와의 연관성 알츠하이머병의 분자적 원인 중 하나로 간주되는 아밀로이드 베타의 응집 특성 및 세포 독성을 조절하는 새로운 방법을 제안함으로써, 퇴행성 뇌질환의 치료제로 사용할 수 있는 인공 효소 및 촉매 개발의 기반을 제공하였다. 단백질 구조 기반 돌연변이체 설계  아밀로이드 베타의 섬유 구조  아밀로이드 베타의 응집 특성 및 세포독성 억제   투과전자현미경 분석  scale bar — = 0.5 μm

Silaborative Assembly of Allenamides and Alkynes: Highly Regio- and Stereocontrolled Access to Bi- or Trimetallic Skipped Dienes

(Angewandte Chemie International Edition, 2022. 61, e202116154)

(1) 연구배경

박진균 교수는 전이금속 촉매를 활용하여 환경 친화적이며, 원자 경제적인 유기합성 반응을 개발해오고 있다. 특히, 파이 시스템을 가지는 화합물인 알렌아마이드와 알카인 간의 결합 반응을 위치, 입체 선택적으로 개발하여 다양한 기능성 물질 및 생리 활성 물질 합성에 기여하고자 노력하고 있다.

(2) 연구내용

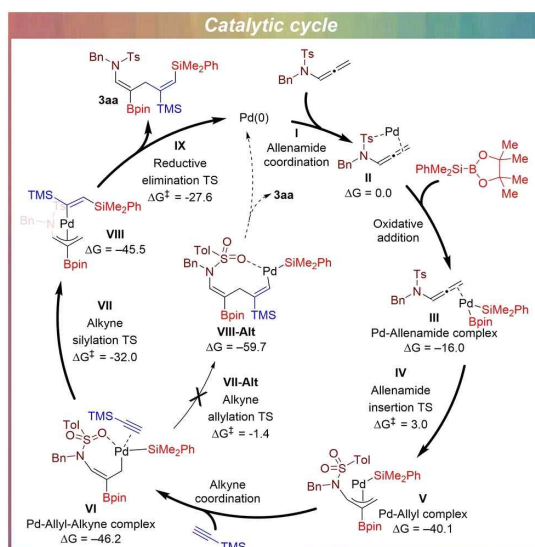
실리콘보론 시약을 이용하여 2개의 파이 결합 화합물인 알렌아마이드와 알카인을 팔라듐 촉매 하에서 합체시켜 1,4-다이엔 화합물을 합성하였다. 이는 사용하는 시약이 생성물에 모두 도입되어 부산물이 없는 원자 경제적인 반응으로, 팔라듐 촉매가 알렌아마이드와 배위하는 성질을 이용하여 높은 위치, 입체 선택성을 유도할 수 있었다. 여러 기능기를 가지는 복잡한 생리활성 물질, 천연물, 기능성 물질이라 하더라도 여기에 알카인을 도입하고 알렌아마이드와 반응시켜 다양한 1,4-다이엔 화합물을 합성할 수 있음을 보임으로써 높은 기능기 호환성을 입증하였다. 본 반응은 서로 다른 파이 결합의 분자간 반응을 최초로 실현시킨 것으로 큰 의미가 있으며, 반응 메커니즘을 실험과 계산화학으로 규명하였다. 또한, 실리콘과 보론을 독립적으로 원하는 기능기로 변환할 수 있어 생성물의 활용성이 매우 높다. 본 연구 결과는 우수성을 인정받아 2022년 화학분야 최우수학술지인 Angew. Chem. Int. Ed.(Impact Factor: 15.336)에 hot paper로 선정되었다.

(3) 기대효과

- 본 연구를 통해 다양한 형태의 생리활성 물질, 기능성 물질의 합성에 이용할 수 있으며, 새로이 밝혀낸 multicomponent 반응의 메커니즘을 바탕으로 새로운 형태의 다양한 반응을 개발할 수 있을 것으로 기대된다.

(4) 교육연구단 연구 목표와의 연관성

팔라듐 촉매를 이용한 새로운 합성법을 개발하여 다양한 구조의 화합물 합성을 선보였으며 정확한 반응 메커니즘 규명을 위해 오레곤 주립대학교 화학과의 정하연 교수 연구실과 협업하였다. 이는 연구단의 목표인 “인공 효소/촉매 분야 집중 및 협업을 통한 경쟁력 확보와 사업/지역 사회연구 기여” 정확히 부합하며 향후 본 합성법을 통해 기능성 물질을 합성하여 산업적으로 이용하고자 한다.



Unraveling the Simultaneous Enhancement of Selectivity and Durability on Single-Crystalline Gold Particles for Electrochemical CO₂ Reduction (Advanced Science, 2022, 9, 2201491)

(1) 연구배경

남기민 교수는 전기화학 촉매와 관련된 연구를 수행해 오고 있다. 전기화학 반응에서 촉매의 구조 변화나 표면 개질을 통해 높은 효율과 안정성을 가지는 새로운 전극 재료를 합성하고, 전자의 이동 프로세스와 전기화학반응 메커니즘을 집중적으로 연구해 오고 있다.

(2) 연구내용

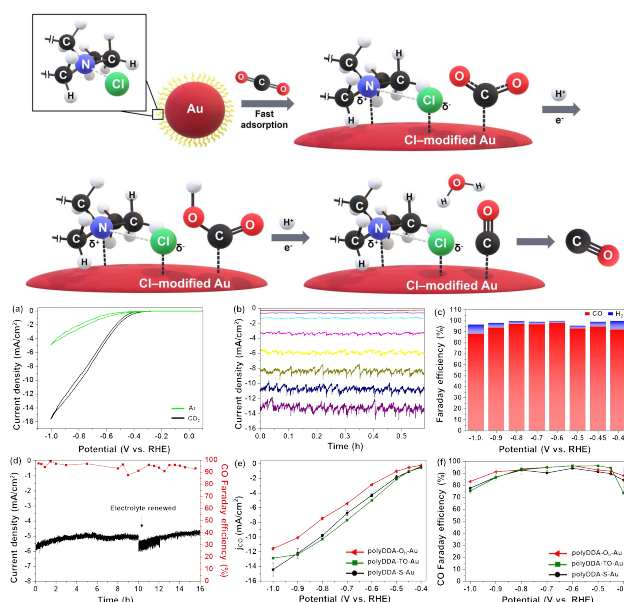
전기화학적 CO₂ 환원 반응은 화석연료의 사용으로 발생하는 CO₂를 저감하고 연료로 재활용할 수 있는 유망한 해결책이다. 본 논문에서는 금 전구체와 계면활성제인 polydiallyldimethylammonium chloride(polyDDA)를 이용하여 표면에 polyDDA가 코팅된 금 단결정 촉매를 합성하였다. 합성된 금 입자를 이용하여 CO₂ 환원 반응을 진행하였고 polyDDA가 코팅된 금 표면이 이상적인 CO 생성 환경을 제공함을 확인하였다. 구체적으로 polyDDA-Au 촉매는 -0.4에서 -1.0 V (vs. RHE)의 넓은 전위 범위에서 90% 이상 높은 CO 선택성을 보였으며 80 시간 동안 90% 이상의 CO 선택성을 유지하는 높은 내구성도 보였다. 표면 처리로 인한 효과의 원리를 규명하기 위해 밀도 범함수 이론(Density functional theory) 계산을 진행하였고 금 촉매 표면에 염화이온이 존재함으로써 CO₂의 빠른 흡착을 유도하여 수소 발생을 억제하고 CO 생성을 가속화 한다는 결과를 얻었다. 금 촉매뿐만 아니라 은과 아연과 같은 다른 금속 촉매 또한 polyDDA 표면 처리를 통해 CO 생성의 선택성이 개선되는 것을 확인하였다.

(3) 기대효과

본 연구를 통하여 표면 처리를 통한 촉매 활성 및 선택성 개선에 큰 영향을 줄 수 있는 것을 확인하였다. 금뿐 아니라 은 그리고 아연과 같은 다른 금속 촉매에도 광범위하게 적용하여 다양한 금속 촉매에서 CO₂ 환원 반응의 선택성을 조절하는 연구에 응용이 가능할 것으로 기대된다.

(4) 교육연구단 연구 목표와의 연관성

전기화학적 CO₂ 환원 반응을 위한 높은 효율과 내구성을 가지는 촉매를 합성하였고 다양한 금속에 응용할 수 있는 표면 처리 기법을 개발하였다. 높은 효율과 안정성을 갖는 전기화학 촉매 소재는 기후변화에 대응하는 신·재생에너지 개발에 활용될 수 있다.



(1) 위에 제시한 교육연구단 참여 교수의 대표논문을 살펴볼 때, 모두 인공 효소/촉매 분야로서 본 교육연구단의 특징점을 가장 잘 발휘할 수 있는 분야에 집중되어 있음을 알 수 있다.

(2) 사업단 대표 논문 3편의 평균 IF 값은 16.909로서 높은 수준을 보이고 있다.

(3) 평균 ES 값은 0.3312로서 선정 전 5년간 교수 대표논문(33편)의 값인 0.33보다 0.4% 향상되었고, 작년의 0.3105 대비 6.7% 향상되었다.

(4) ES 값을 평균 대비 normalize한 article influence (AI) score의 경우에는 3.576으로서 세계 평균 대비 3.5배 이상 높은 수준의 저널에 출판되었음을 알 수 있으며, 이는 작년의 2.426에 비해 47.4% 증가한 것이다.

(5) 대표 논문 모두 JCR 기준 상위 10% 저널에 출판된 것은 본 참여교수 연구실적의 우수성을 입증하고 있다.

(6) 최근 6개월 이내에 출판되어 FWCI 값은 존재하지 않으나, 조회수를 기준으로 한 Field-Weighted Views Impact의 경우 0.94로서 해당 분야 인용도 면에서 세계 평균에 근접하고 있다.

(7) 구체적인 대표논문의 연구 내용은 퇴행성 뇌질환 치료를 위한 인공 효소 및 촉매, 이산화탄소 환원 촉매, 기능성 유기물 합성 촉매 등 창의성·혁신성이 뛰어난 연구 주제로 판단된다. 또한, 교육연구단이 제시하는 퇴행성 질환 치료, 이산화탄소 저감, 기능성 소재 합성 등 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성이 매우 높고 해당 전공 분야에의 기여가 매우 뛰어남을 알 수 있다.

③ 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

(1) 선정평가 당시 5년간 국내·외 등록 특허 20편, 기술이전 2건을 달성하는 것을 목표로 하였으나, 본 연구 기간(2021.9.1.~2022.8.31.) 동안 국내 특허 4편, 기술이전 2건을 달성하여 목표를 초과 달성하였다.

(2) 촉매 기술(2건), 전지 기술(2건) 등 인공 효소/촉매 관련 분야에서 활용 가능한 특허 기술을 등록하였고, 생화학 및 유기화학 분야(2건)의 기술을 이전하였다.

(3) 유기 전자소재 분야의 특허로는 “N-형 유기 반도체 화합물, 이의 제조방법 및 이를 함유하는 유기 태양전지 (대한민국 특허 10-2291239)”가 있으며, 유기 태양전지에 많이 사용되고 있는 풀러렌을 대체할 수 있는 새로운 단분자 N-형 유기반도체를 개발하였다. 풀러렌 유도체는 합성과 정제가 어렵고 광안정성이 낮으며 치환기 변화에 따른 전기 광학적 특성의 변화 폭이 크지 않은 단점이 있다. 본 특허에서는 이러한 단점들이 보완된 높은 광전 변환 효율을 가지는 새로운 광활성층 핵심 소재 설계 및 합성 기술을 개발하였다.

(4) 유기화학과 전기화학 공동 연구를 통해 “신규 화합물, 이의 제조 방법 및 신규 화합물을 포함하는 레독스 플로우 전지용 음극 활물질, 이를 포함하는 레독스 플로우 전지(대한민국 특허 10-2324132)”를 개발하였다. 에너지 저장 장치인 레독스 플로우 전지의 문제점인 레독스 물질의 안정성을 향상시키고자 페난트렌에 오각 헤테로고리 또는 오각 접합 헤테로고리가 접합된 물질을 코어로 하는 새로운 구조의 레독스 물질의 합성법을 개발하였으며, 얻어진 헤테로고리의 비수계 용매에서의 전기화학적 안정성을 확인하고 레독스 플로우 전지로의 응용 가능성을 보였다.

(5) 바이오센서 촉매 관련 “가수분해 활성을 갖는 금속 나노자임을 이용한 바이오센서(대한민국 특허 10-2386652)” 특허는 가수분해 활성을 갖은 금속 나노자임(nanozyme)을 표지로 이용한 바이오센서를 개발하였다. 오랜 시간동안 안정적으로 활성을 유지할 수 있는 나노자임을 효소 대신에 사용하여 효과적으로 큰 신호 증폭을 얻을 수 있었고, 고감도 바이오센서에 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

(6) 무기화학 분야 특허로는 “촉매의 제조 방법 및 촉매(대한민국 특허 10-2313852)”가 있으며, 용매나 계면활성제 없이 높은 분산성 및 활성 자리를 갖는 촉매를 개발하였다. 이러한 기술은 스즈키-미야우라 커플링 반응, 우레아 전기 분해 반응과 같은 반응에 활용되며, 촉매화학 분야의 핵심적인 기술이라 할 수 있다.

(7) 본 연구단의 김석만 교수는 감염성 질병 진단을 위한 넙치(*Paralichthys olivaceus*)의 혈청 내 대사체 바이오마커에 대한 노하우 기술을 (주)한국대사체분석센터에 이전하였다. 우리나라 대표 양식어류인 넙치에 대하여 주요 감염성질환 3종을 진단하는데 핵심적인 노하우 기술을 학교 내에서 개발하여 성공적으로 산업계에 이전하였고, 이는 향후 해당 관련 기업들의 연구 및 사업화에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

(8) 박진균 교수 연구실에서는 “암모니아보레인과 외부자력으로 고정된 자성 나노촉매를 이용한 연속 니트로 환원반응과 환원적 아민화 반응”의 기술 이전을 위해 (주)경보제약과 “통상실시권 허여 및 노하우 기술이전 계약”을 체결하였으며, 이를 바탕으로 경보제약이 필요로 하는 원료의약품 중간체를 성공적으로 합성하였다. 향후 대량 생산 적용을 위한 파일럿 시설을 함께 구축할 계획이며, 연속 흐름 반응의 상업적 적용을 국내 최초로 완성하고자 한다.

2. 산업·사회에 대한 기여도

2.1 산업·사회문제 해결 기여 실적

2.1.1 과학기술문제 해결 실적

가. 공동실험실 운영을 통한 빠른 과학기술문제 해결

양해식, 남기민, 박진균, 주정민 교수로 구성된 기초 연구실 과제(2019년 9월~2022년 2월)의 과제 성과가 우수하여 후속 연구 지원을 받게 되어 연구를 지속할 수 있게 되었다(2022년 3월~2025년 2월). 이전과 같이 전기유기화학 실험실 운영과 매달 공동 세미나(5회)를 진행하여 연구의 질적 향상을 위해 노력하고 있다. 임만호, 이상학, 고민섭 교수로 구성된 기초연구실 과제(2021년 9월~2024년 2월)를 통해 “퇴행성 뇌질환 극복을 위한 생물리화학적 연구” 주제로 협업 연구를 수행하고 있다. 최정모 교수가 카이스트 팀의 기초 연구실 과제(2022년 6월~2025년 2월)에 새로 참여하였다.

나. 학내 교류를 통한 협업 강화 및 과학기술문제 해결

타 학과간 학점 인증제를 학생들에게 공지 하였으며, 지난 1년간 화학과 학생이 물리학과, 응용화학공학부 수업에 참여하였고, 응용화학공학과, 사회환경시스템공학과, 화학소재학과, 전기전자공학과, 화학공학과, 나노융합기술학과, 글로벌교원교육학과 학생이 화학과 교과목을 이수하였다.

다. 학교 간 공동 세미나 및 심포지엄을 통한 과학기술문제 해결

과학 난제 해결 능력 향상을 위한 프로그램으로써 성균관대 화학과와 2022년 2월 9일, 8월 18일 총 2회의 무기화학 분야와 생·분석화학 분야 각각에 대한 공동세미나를 진행하였다. 무기화학 심포지엄과 은코로-19로 인해 온라인으로 진행되었고, 생·분석화학 심포지엄은 온·오프라인으로 진행되었으며 각 심포지엄마다 각 학교에서 4명씩 총 8명의 학생이 자신의 연구 성과를 영어로 발표하였다. 두 학교 학

생들의 높은 호응을 받았으며, 우수 발표자에게는 장학금을 수여하였다.

라. 해외 공동 연구를 통한 과학기술문제 해결

미국 Oregon State University 화학과 Paul H. Cheong 교수 연구실에서 박사과정 중인 Gisela Abigail Gonzalez-Montiel 학생이 공동연구를 위해 부산대학교 화학과 박진균 교수 연구실에 방문하였다 (2021년 7월 30일 ~ 9월 12일). 컴퓨터 화학을 전공하고 있는 Gonzalez-Montiel 학생은 부산대에 머무는 동안 여러 유기 반응의 메카니즘을 계산화학적으로 규명하는 연구를 진행하였으며, 부산대 대학원들과의 밀접한 교류를 통해 계산화학 프로그램 사용법을 전수하였다. 본 사업단은 Paul H. Cheong 교수와의 해당 공동 연구를 통해 Inorg. Chem. 2022, 61, 5178, Angew. Chem. Int. Ed. 2022, 61, e202116154, ACS Catalysis, 2022, 12, 6874 등 3편을 발표하였다.

마. 참여교수의 과학기술문제 해결

(1) 김광선 교수(백신, 감염병 제어): 다양한 바이러스 질환에 대한 신개념 백신 플랫폼으로 박테리아 유래 Extracellular vesicle을 기반으로 하는 코로나-19 및 인플루엔자 백신 후보 물질을 개발하였다. 이 연구를 통하여 다양한 항원을 쉽게 탑재하는 플랫폼을 제시하였다. 현재 항원이 탑재된 extracellular vesicle은 생화학적 분석 및 면역 활성 조사와 더불어 동물 실험을 진행 중이다,

(2) 남기민 교수(에너지, 전극): 코발트의 산화수를 조절하고 물과 결합하는 속도를 조절하는 연구를 진행하여 다양한 결정구조를 선택적으로 합성하는 코발트 수산화물 합성 방법을 개발하였다. 코발트 수산화물의 구조를 XRD, TEM, 분석을 통해서 규명하였고, 염소 기체 생성 전기화학 촉매 물질로 적용하였다. 안정한 구조를 갖는 코발트 수산화물 촉매에서 낮은 농도의 염소이온 존재하에서도 높은 선택성으로 염소 기체를 생성함을 보고하였고, 염수의 전기분해 공정을 통해 염소 기체, 수산화나트륨 및 수소를 생산하는 산업용 소재로 활용할 수 있을 것으로 기대된다(논문 게재완료).

(3) 박강현 교수(환경, 소재): 수산 부산물은 매년 40% 정도가 발생하며, 이 중 칼슘 기반의 굴 껍데기는 처리하기 어려워 길가에 버려지고 있다. 버려지는 굴 껍데기를 이용한 다양한 금속 양이온을 흡착하고 박테리아 성장을 억제하는 칼슘 기반의 hydroxyapatite 복합체를 합성하였다. 바이오매스 유래 HAP 촉매는 상온 및 다양한 산성 조건(M = Cr, Mn, Ni, Cu, Cd, Ba, Pb)에서 물에서 높은 금속 양이온 흡착을 보였으며, 중금속 Pb에 대해서는 92.8%의 최대 제거 효율을 갖는 것을 보고하였다(논문 게재).

(4) 박진균 교수(석유화학, 의약화학): 실리콘보론 시약을 이용하여 2개의 파이 결합 화합물을 팔라듐 촉매 하에서 합체시켜 1,4-다이엔 화합물을 합성하였다. 이는 서로 다른 파이 결합의 분자간 반응을 최초로 실현시킨 것으로 반응 메커니즘을 실험과 계산화학으로 규명하였다. 또한, 실리콘과 보론을 독립적으로 원하는 기능기로 변환할 수 있어 생성물의 활용성이 매우 높다(논문 게재완료), 니켈 금속을 전기화학적으로 이용하여 divergent [2+2+2] cyclootrimerization 반응을 개발하여 다양한 구조의 benzene 화합물 합성에 성공하였다. 두 가지 경로에 대한 반응 메커니즘을 EPR, CV, NMR, GC, HPLC, X-ray, ICP-OES, DFT를 통해 규명하였다 (논문 게재완료).

(5) 양해식 교수(의료진단, 센서): 일반적으로 대장균을 검출하기 위해서는 오랜 시간과 복잡한 전처리 과정이 필요하지만, 대장균의 외부 멤브레인에 존재하는 단백질 분해효소를 이용하여 세척 과정이 없이 쉽고, 빠르고, 고감도로 대장균을 검출하는 있는 방법을 개발하였다(논문 게재 완료). 전극과 표지 사이의 직접 전자전달이 매우 짧은 거리(1~2nm 이내)에서 일어나기 때문에 직접 전자전달을 이용한 샌드위치 바이오센서를 구현하기 어렵지만, 크기가 작은 압타머(aptamer)와 길이가 긴 고분자를 이용하여 효과적으로 직접 전자전달이 일어나는 방법을 개발하였고 하나의 표지에 여러 개의 전기화학 활성 물질을

결합하여 큰 신호 증폭을 얻을 수 있게 하였다 (논문 게재 완료).

(6) 유현덕 교수(에너지화학): 아연-이차전지의 음극으로 쓰이는 금속 아연 전극의 전착/용해 과정 중 표면 피막이 전위에 의존하여 형성 및 분해됨을 전기화학적 수정진동자 미세저울(EQCM) 기법으로 규명하였으며, 리튬이온을 첨가해 주었을 때 보다 효과적인 피막 형성이 이뤄짐을 발견하였다. 이는 아연 전극 위에서 일어나는 부반응인 수소발생반응을 획기적으로 낮출 수 있는 메커니즘을 제시하고 있다 (논문 게재 완료). 한편 이차전지에 쓰이는 고농도의 수계 전해질에서 산소환원반응에 대한 촉매의 활성을 측정하기 위한 hanging-meniscus method를 개발하였다. 이 방법은 낮은 산소 포화도로 인해 고농도의 전해질에 적용할 수 없었던 기존 rotating disk electrode (RDE) 방법의 한계를 효과적으로 극복하였다 (특허 등록 및 논문 게재 완료).

(7) 정옥상 교수(환경, 촉매): 합성한 팔라듐(II) 착화합물의 X-선 회절 분석법을 통한 화학 구조를 규명하고, 규명한 구조를 기반으로 분자 단위에서 반응 물질 크기에 알맞는 촉매를 선정하여 사용할 경우 촉매 활성이 크게 증가함을 확인 할 수 있었다(논문 게재).

(8) 주정민 교수(에너지, 촉매): 유기 흐름 배터리로 활용할 수 있는 접합 헤테로고리와 치환된 헤테로고리(논문 게재 및 특허 출원)를 개발하였다. 또한, 효율적인 전자 전달을 통해 바이오센서로 사용될 수 있는 퀴논계 화합물을 양해식 교수 연구실과의 협업을 통해 개발하였다(논문 게재). 그리고 산소를 산화제로 활용하는 친환경 팔라듐 촉매 반응에 사용할 수 있는 리간드를 개발하였고 이를 촉매로 사용하여 다수의 새로운 탄소-탄소 결합 형성 반응을 개발 중이다(논문 게재완료, 국내 특허 출원완료).

(9) 홍대화 교수(바이오센서, 약물 전달시스템): 단백질 및 세포의 비특이적 흡착을 최소화하여 궁극적으로 바이오센서의 감도를 높일 수 있는 코팅법을 개발하였다. 특히, 다양한 표면에 코팅이 가능한 catecholamine의 전구체인 tyrosine(Tyr)과 antifouling 효능을 가져다줄 수 있는 sulfobetaine(SB)을 모두 함유하고 있는 Tyr-SB 유도체를 합성하였다. 이를 코팅재료로 이용할 경우, 효소촉매반응을 통해 antifouling 박막이 다양한 표면에 도입되었다(논문 게재 완료). 특히 본 코팅 과정은 온화한 수용액 조건(pH 6~7)에서 수행되기 때문에, 유기용매에 취약한 플라스틱 표면에도 쉽게 적용할 수 있는 장점이 있다. 또한, 약물 전달시스템에서 필요한 분해성 박막을 제안하였다. 유사한 합성 전략을 이용하여 다양한 표면에 코팅이 가능함과 동시에 외부 신호(생체분자, 빛)에 의해 분해도 가능한 유기분자를 합성하였다(논문 준비중).

(10) 황도훈 교수(태양전지, 디스플레이): 현재 개발 중인 유기태양전지의 p-형 소재는 파이공액 유기반도체 고분자가 사용되고 있으며 n-형의 전자 억셉터는 풀러렌 혹은 저분자 유기물이 사용되고 있다. 그러나 p-형으로 사용되는 유기반도체는 고분자 소재로서 분자량의 분포로 인한 낮은 재현성, 다양한 구조적 결함, 반응성이 큰 말단기의 존재 그리고 정제의 어려움으로 인하여 상용화에 어려움이 있다. 본 연구실에서는 p-형의 저분자 유기반도체를 설계 합성하여 유기 태양전지에 적용하였다. 저분자 p-형 도너 분자는 특성의 재현성을 가지고 있으며 합성과 정제가 용이한 장점을 가지고 있다. 높은 평면성을 가져 저분자이지만 장파장 영역의 태양광을 효과적으로 흡수하고 전하 이동도가 높은 도너 분자를 합성하는데 성공하였으며 저분자 억셉터와 소자에 사용하여 높은 광전 변환 효율을 가지는 유기태양전지를 제작할 수 있었다. (논문 게재 예정)

(11) 최정모 교수(단백질화학, 의약화학): 알츠하이머병의 원인 분자로 지목되는 아밀로이드 베타(amyloid beta)의 섬유화 과정을 연구하여 섬유화를 지연시킬 수 있는 변이체를 발견하였고, 실험을 통해 섬유화가 지연될 뿐 아니라 세포 독성도 낮아짐을 관찰하였다(논문 게재). 또한 아밀로이드성 고체를 비롯한

다양한 상 거동을 다룰 수 있는 여러 이론/시뮬레이션 도구를 개발하고 실험적으로 검증하여 과학계에 기여하고 있다.

2.1.2 (지역)산업문제 해결 실적

가. (지역) 기업과의 상호 교류 증대

황도훈 교수와 대학원생들은 22년 6월 23일 울산에 소재하는 씨에스케미칼을 방문하여 회사 생산시설과 R&D 센터를 탐방하였으며 박기호 대표와 아크릴계 점착제 수지 설계와 합성에 관하여 간담회를 가졌다. 박진균 교수는 기술 이전 및 기업의 애로사항 해결을 위해 22년 3월 14일-15일(부산대 화학과), 22년 8월 11일(장소: 경보제약 서울 사무소) 경보 제약과 상호 교류하였다. 박진균 교수는 대전테크노파크에서 주최하는 “첨단화학소재 스마트제조공정 고도화사업” 사업설명회에 초청연사로 섭외되어 참여한 많은 기업체들에게 연속 흐름 합성시스템의 활용에 관해 강연하였다(라마다 대전 호텔). 고민섭 교수는 22년 3월 14일-18일 경보제약과 함께 Hyaluronidase 관련 연구결과 공유 회의 및 재현 실험을 부산대 화학과에서 진행하였다. 경보제약의 황재택 전무 및 임직원이 2021년 11월 12일 부산대 화학과를 방문하여 경보제약을 학생에게 소개하고 연구 안건 회의를 가졌다.

나. 정부 출연 연구원과의 인재 양성 및 연구 교류

영남 소재 정부 출연 연구원과의 학연 과정을 운영 중에 있으며, 현재 11명의 학생이 참여하고 있다. 참여 학생은 화학과에서 진행하는 온라인 심포지엄에 의무적으로 참여하도록 하며 최근 연구 동향을 제공하고 있다. 정부출연연구소인 한국화학연구원, 표준과학연구원, 한국생명공학연구원과의 공동연구 논문을 11편 출간하였다.

다. 기업체 개방 교과목 운영

2022년 1학기에 “고등물리화학” 과목을 개설하여 물리화학의 기본 원리와 최신 응용 분야에 대해 강의하였다. 물리화학의 특정 분야에 집중하는 대신, 양자역학 및 분광학, 통계열역학, 속도론 및 동역학의 모든 분야를 개념 위주로 다루는 것을 목표로 하였고, 이를 통해 물리화학 전반에 대한 이해를 증진시킬 수 있었다. 또한 SERS, EPR, DFT 등 최신 연구 기법들도 소개하여 원리와 응용에 관한 지식이 괴리되지 않도록 하였다. 한편 본 수업은 영어강의로 개설된 과목이나 언어 장벽으로 인한 어려움을 겪는 학생들을 위해 한국어 가이드 강의를 마련하여 수업 전에 과목 홈페이지에 업로드하였다. 해당 가이드 강의는 동시에 유튜브에도 공개하여 관련 산업체 근무자들 및 일반 대중도 쉽게 이용할 수 있게 하였다(<https://www.youtube.com/playlist?list=PL33H1AxVwTvxl1GDDzY9AcPR5Wm4XYrad>).

라. 기업체 연구원 초청 간담회 운영

7월 29일 지앤아이솔루션의 최평호 박사(외 1명)이 마이크로웨이브를 활용한 연속 흐름 반응 기술의 산업적 적용을 논의하기 위해 박진균 교수와 간담회를 가졌다(장소: 부산대 화학과). 2022년 9월 8일 영창케미칼의 강수진 연구소장이 부산대에 방문하여 황도훈 교수와 반도체용 포토레지스트 개발 분야의 상호 협력을 위한 간담회를 가졌다.

마. 참여교수의 산업문제 해결

(1) 김광선 교수(MD 헬스케어): 신규 출현하는 바이러스에 대한 신규 플랫폼 개발의 필요성이 대두되었다. 박테리아 유래 Extracellular vesicle이 대안으로 제시되고 있으며, 이를 유전적 개량을 통해 다양한 감염병 맞춤형 플랫폼을 개발이 필수적이다. 유전적 개량 기반/오믹스 기술/플랫폼 개량 기술을 확보하고 있는 김광선 교수 연구실은 의학적 물질의 국내 자체 생산을 목표로 하는 바이오 기업인 MD 헬스케어와 함께 “항원 전달 능력 및 면역 효능 우수 소포 백신 플랫폼 개발” 연구 용역 계약을 통해 22년 4월까지 진행하였다. 추가로 경북바이오산업연구원에 자문을 통해 백신 플랫폼 개량에 대한 향후 방향

을 제시하고 공동 연구를 탐색하였다.

(2) 남기민 교수(새한마이크로텍): 반도체 디바이스 종류와 형태에 따라 성능 검사를 위해서 연속적으로 사용되는 테스트 소켓이 필요하다. 소켓 전극의 구성체인 금속 파우더의 개발에서 파우더의 배열을 통한 전극 형성시 사용되는 자기력의 최적화와 저항의 최소화 관련 연구가 필요한 분야이다. 금속 파우더의 표면 처리와 분석을 통해 반도체를 테스트하는 새로운 구조의 소켓 개발을 위해 (주)새한마이크로텍과 기술자문을 진행하고 있다.

(3) 박강현 교수(소울닷): 최근 마스크 필터를 비롯한 필터 사용량이 급증한 가운데 폐필터 처리 문제를 해결하기 위해 ‘생분해성 고분자를 이용한 유해 입자 흡착용 유기 섬유 필터 및 이의 제조방법’에 대한 특허를 출원하였다(특허 출원: 10-2022-0020651). 본 발명은 유해 입자 흡착용 유기 섬유 필터 및 이의 제조 방법에 관한 것으로, 생분해성 고분자를 이용하여 인체에 무해하고 친환경적이며, 유기-금속 골격체(MOF)의 정전기적 인력을 이용하여 유해 입자의 흡착 성능을 크게 향상시킨 유해 입자 흡착용 유기 섬유 필터 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

(4) 유현덕 교수(한국전력공사 전력연구원): 대규모의 신재생 에너지를 저장 및 활용하기 위해서는 아연-금속 수계 전지 등 값싸고 안전한 이차전지의 개발이 필수적이다. 유현덕 교수 연구실은 한국전력공사(KEPCO) 전력연구원과 함께 사외공모 기초연구과제를 수행하며 아연 금속 음극의 부식 방지를 위한 메커니즘을 규명/개발하는 연구를 수행 중이다. 이를 통해 한국전력공사에서 필요로 하는 값싸고 안전한 전기화학적 에너지저장장치 개발에 적극 협력하고 있다.

(5) 박진균 교수(경보제약): “암모니아보레인과 외부자력으로 고정된 자성 나노촉매를 이용한 연속 니트로 환원반응과 환원적 아민화 반응”의 기술 이전을 위해 경보제약과 “통상실시권 허여 및 노하우 기술이전 계약”을 체결하였으며, 이를 바탕으로 경보제약이 요구한 원료의약품 중간체를 성공적으로 합성하였다. 향후 대량 생산 적용을 위한 파일럿 시설을 함께 구축할 계획이며, 연속 흐름 반응의 상업적 적용을 국내 최초로 완성하고자 한다.

(6) 황도훈 교수(LG 디스플레이): 유기전기발광디스플레이(OLED)는 소재와 소자 구조의 혁신을 통하여 효율과 성능이 계속 향상되고 있다. 그러나 삼원색 발광 물질 중 적색과 녹색은 인광 화합물이 적용되고 있으나 청색의 경우에는 상용화 조건을 충족하는 고효율과 높은 색순도를 가지는 인광 화합물이 부족한 상황이다. 본 연구실에서는 최근 우수한 색순도와 높은 효율을 가지는 tetradentate platinum complex를 합성하는데 성공하였다. 합성된 백금 화합물은 좁은 반치폭과 450 nm에서 최대 발광을 하며 용액 상태에서 96%의 높은 양자효율 보였다. 또한 제작된 소자에서 30% 이상의 도핑 농도에서도 색좌표가 변하지 않고 높은 발광 효율을 유지되는 우수한 특성을 보였다. 합성된 재료는 LG 디스플레이와 공동으로 phosphor sensitized fluorescence (PSF)에 적용하는 연구를 진행하고 있다.

(7) 고민섭 교수(경보제약): 히알루로니다제는 히알루론산을 가수분해 하는 효소로서 의료 기술 중 국소 마취제 및 스테로이드의 확산을 증가시키기 위하여 사용할 수 있다. 경보 제약과의 위탁 연구 과제를 통하여 소의 고환에서 추출한 히알루로니다제 1차 정제 산물의 추가 정제법을 개발하였고, 순도 96% 이상, 활성 수율 38%를 달성하였다.

2.1.3 (지역)사회문제 해결 계획

가. 학생 및 일반 대중을 대상으로 하는 과학 관련 특강

(1) 고등학교 대상: 2022년 7월 29일 부흥고등학교 학생을 대상으로 전공설계멘토링을 진행하였다. 2021

년 10월 16일 용인고등학교, 2022년 5월 27일 경남과학고등학교, 2022년 7월 15일 성광여자고등학교, 2022년 7월 29일 부흥고등학교, 2022년 10월 14일 ~ 15일 고등학생을 대상으로 대학화학회 미래화학자 발표회 강연 및 면담을 진행하였다.

(2) 공공 서비스: 부산광역시 소방재난본부에서 처음 제작한 “위험물질 성상 요약집” 발행에 박진균 교수가 참여하였다(2022년 2월 발행, 발간등록번호: 526261496-000010-14). 주정민 교수는 2022년 7월 화학연구정보센터 인터뷰 프로그램을 통해 연구 분야와 방향에 관한 내용을 지면으로 소개하였다.

(3) 학부/대학생 대상: 2021년 11월 25일 경북대, 부산대 학생을 대상으로 2021 노벨상(물리생리의학화학) 해설 주제로 강연하였고(고민섭 교수), 2022년 7월 4일 이공계 대학생을 대상으로 2022 생명물리 여름학교 강연을 진행하였다.

나. 과학 대중화를 위한 온라인 무료 강의 콘텐츠 개발

과학의 대중화와 과학 접근성 향상을 위해 “화학과 예술” 강좌를 온라인을 통해 공개하고 있다. 또한, 연구단이 보유하고 있는 실험기기에 대한 사용법 동영상을 제작하였으며, 연구단 인트라넷에 공지하였다. 향후 개편되는 사업단 홈페이지에 공개 예정이다.

다. 실험 기반의 이공계 미래 인재 육성 프로그램

교육연구단은 다음의 3건에 대해서 프로그램을 진행하였다.

(1) 2021년 11월 30일 창의융합교육원 영재관에서 부산과학전람회 과학 작품 대회 심사위원으로, 2022년 5월 9일 부산과학기술협의회에서 주관하는 부산과학기술상 1차 심사에, 2022년 6월 10일 부산광역시 창의 융합교육원에서 주관하는 전국과학전람회 출품작 심사에 양해식 교수가 참여하였다. 2021년 11월 1일 한국과학기술한림원에서 주관하는 한국과학상 심사에 정옥상 교수가 참여하였다.

(2) R&E 프로그램: 21년 4-12월, 22년 4월-12월 부산과학고등학교 학생을 대상으로 과학영재 창의과제 연구를 진행하고 있다(양해식 교수, 홍대화 교수). 22년 7월 대구과학고등학교 학생을 대상으로 국내현장 연구 연구를 진행하고 있다.

(3) 연구자 대상: 양해식 교수는 한국부식방식학회(2021년 11월 18일, 여수 베네치아호텔)에서 주최한 튜토리얼 프로그램 연사로 초청되어 전기화학 임피던스의 기초 및 응용에 관한 내용을 강연하였다. 또한, 2022년 6월 30일과 3월 2일 한국전기화학회에서 튜토리얼을 진행하였다. 최정모 교수는 2022년 7월-8월 한국제약바이오협회에서 주관하는 프로그램으로 (“단백질-리간드 상호작용 계산을 위한 분자동역학 시뮬레이션“ 온라인 강의 동영상 제작을 제작하였다. 또한 2022년 7월 4일 포항공대에서 생명물리 여름학교 강의를 맡아 진행하였다.

(4) 영재원 프로그램: 2022년 3월~9월, 부산대학교 과학영재원 중등사사과정 화학분야 2팀을 지도 중에 있다(남기민, 고민섭 교수).

(5) 2021년 12월 24일 부산과학고에서 개최된 2021학년도 R&E 최종발표회 심사위원으로 참여하였다.

마. 우수 타교생 및 미래 인재 유치 프로그램 운영

PNU visiting day를 운영할 계획이었으나 코로나-19로 인해 차년도로 연기할 계획이다. 대신 학과 소식지를 2회 제작하여 대학원의 운영 및 홍보를 진행하였다.

바. 학부모 대상 대학원 설명회

대학원 우수 연구회 발표회 행사에서 학부모를 초청할 계획이었으나 코로나-19로 인해 차년도로 연기할 계획이다. 대신 학과 소식지 발송을 통해 대학원의 운영 상황을 전달하였다.

사. 학과 홈페이지 전면 개편을 통한 정보 공개

교과목 정보, 졸업생 정보, 대학원생 모집 정보, 실험실 안전/연구 윤리 자료 등을 홈페이지 게시를 통해 외부에 공개하였다. 이를 통해 지역 및 일반 대중에게 연구 전문 지식의 공유 기회를 제공할 수 있었다.

아. 화학 관련 콘텐츠 기고

기고	고민섭	2021년 10월 1일	대한화학회 화학세계_이달의 하이라이트 (비천연 아미노산의 유전자 코드화를 통한 생물 안전 밀폐 시스템 구축 및 안전한 생백신 제작)
	주정민	2022년 1월 14일	ACS Energy Lett. 논문에 대해 해당 저널에 여성 과학자 특집 에세이
	최정모	2022년 1월 1일	대한화학회 화학세계_화학칼럼 (화학사 돌아보기: Prologue)
		2022년 2월 1일	대한화학회 화학세계_화학칼럼 (화학사 돌아보기: 연금술의 뿌리)
		2022년 4월 1일	대한화학회 화학세계_화학칼럼 (화학사 돌아보기: 이슬람 연금술)
		2022년 5월 1일	대한화학회 화학세계_화학칼럼 (화학사 돌아보기: 중세 유럽의 연금술)
		2022년 7월 1일	대한화학회 화학세계_화학칼럼 (화학사 돌아보기: 연금술의 황금기)
		2022년 8월 1일	대한화학회 화학세계_화학칼럼 (화학사 돌아보기: 회의적 연금술사)
		2022년 6월 3일	한국화학관련학회연합회 화학연합 (화학사 돌아보기: 연금술의 뿌리)
		2022년 6월 13일	고등과학원 HORIZON (단백질 접힘 이야기)

자. 분자소재 분야 자문 활동

분자 소재 분야 자문 활동	김광선	2022년 6월 30일	경북바이오산업연구원/(주)MD 헬스케어 (세균유래소포체를 활용한 백신 활용 기술 자문)
		2022년 8월 30일	경북바이오산업연구원 (감염병 대응 백신과 항생제 전달체 OMV 개발 자문)
	김석만	2021년 10월 14일	대한화학회 (인간외 생물 분석의 최신 연구동향)
		2022년 2월 16일	축산과학원 동물복지연구팀 (대사체분석의 응용방향과 실제 적용사례)
		2022년 5월 30일	지더블유바이텍 (NMR 기반 인체유래물 측정 및 대사체 분석)
	남기민	2022년 10월 14일	대한화학회 (제6회 미래화학자 연구발표회 심사)
	박강현	2021년 9월 29일-10월 1일	한국과학창의재단 (과학문화활동지원사업 개선방안 마련을 위한 전문가 자문회의)

		2021년 10월 27일	링크플러스(친환경 접착제 기술 자문)
	양해식	2021년 9월 25일	부산광역시 창의융합영재원
		2021년 10월 23일	(부산과학전람회 출품작 자문)
		2021년 11월 30일	부산광역시 창의융합교육원
		2022년 6월 10일	(부산과학전람회 과학작품대회 심사)
		2022년 5월 9일	부산과학기술협의회 (부산과학기술상 1차 심사)
	정옥상	2021년 11월 1일	한국과학기술한림원 (한국과학상 심사)
		2022년 1월 5일-7일	한국기초과학지원연구원 (과제 심사 및 논의)
		2022년 3월 25일	(사)과학키움 (과학키움창립총회 한국 최초 과학 분야 노벨상 수상을 위한 과학자 발굴 지원과 운영방향 논의)
		2022년 6월 9일	한국과학기술한림원 (과학기술유공자 선발 회의)
		2022년 6월 21일	기초연구연합회 (31개 기초연구 활성화를 위한 기초연구 학회장 간담회)
		2022년 7월 12일	환경부 (“무기화학 산업“ 작업반 회의 및 미래 대처법 논의)
		2022년 8월 11일	기초과학 학회협의체 (“과학 선진국 진입 가능한가?“ 기초과학 학회협의체 포럼 지정 토론 참여)
	주정민	2022년 1월 6일	홍보기사 (부산대학교 홈페이지 및 페이스북)
	최정모	2021년 10월 15일	대한화학회 (제6회 미래화학자 연구발표회 심사)
	홍대화	2021년 10월 15일	대한화학회 (제6회 미래화학자 연구발표회 심사)
		2022년 7월 4일	삼성전자 반도체연구소 소재개발팀 (기능성 표면 코팅 및 표면 분석)
	황도훈	2021년 12월 17일	부산과학기술협의회 (과학기술 공리포럼/부산 과학기술 대중화를 위한 의견 개선)
		2022년 6월 9일	부산과학기술협의회 (부산과학기술상, 부산 미래과학기술상 수상요건 의견 개선)

3. 참여교수의 연구의 국제화 현황

① 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

(1) 본 교육연구단에서 참여교수들이 발표한 연구 결과물들은 국제적으로 가치를 인정받아 참여교수들에게 국제 학술대회에서 초청 강연 기회를 제공하였고, 참여교수 중 일부는 화학 및 관련 분야 저명 국제 학술지에서 편집장이나 편집위원으로 임명되었다.

(2) 국제 학술대회 활동으로 본 교육연구단 참여교수들은 지난 1년간 6회의 국제 학술대회 초청 강연과 1회의 학술대회 조직에 참여했으며, 1건의 국제 학술상을 받았다.

(3) 교육연구단 주관으로 2회의 국제 학술대회를 개최하였고, 14개의 국제 학술지에서 편집장이나 편집 위원으로 활동하였으며, 아래에 활동 사항을 리스트 하였다.

(4) 교육연구단의 지난 5년간(2016-2020년) 36회의 국제 학술대회 초청 강연과 11회의 학술대회 조직 및 운영 참여에 비해 지난 1년간 국제적 활동은 우수한 것으로 자체평가 된다. 8회의 해외 저명인사 초청 세미나와 2회의 교육연구단 주관 국제학술대회를 통하여 15명의 해외 소속 유명 학자를 초빙하여 상호 교류하였다. 차년도에는 해외 학술 교류 활동이 더욱 증가할 것으로 기대하며, 앞으로 국제적 학술 활동을 장려하고, 인공 효소/촉매 분야의 저명인사 초청 및 국제 학술대회의 적극적인 유치를 통해서 학술 교류 및 글로벌 네트워크를 확대하여 교류를 활성화하고자 계획하고 있다.

가. 국제 학술대회 활동 실적

국제 학술대회 활동으로 참여교수가 참여한 국제 학술대회 초청 강연 실적과 학술대회 조직 및 운영 실적은 다음과 같다.

참여교수명	활동 기간	참여 역할	주요내용
이상학	2021년 12월 6일 - 10일	조직위원	The 12th International Conference on Advanced Materials and Devices
	2021년 10월 31일 - 11월 4일	초청 연사	11th Asian Photochemistry Conference
	2021년 11월 22일 - 25일	초청 연사	New Horizons in Scientific Software (NHIS S2021)
양해식	2021년 12월 9일 - 10일	초청 연사	The 2nd Japan and Korea joint meeting on research development of chemistry
최정모	2022년 1월 12일 - 14일	초청 연사	5th China-Japan-Korea Workshop on Theoretical and Computational Chemistry
	2022년 3월 23일 - 26일	초청 연사	102nd Annual Meeting of the Chemical Society of Japan
황도훈	2022년 5월 19일 - 20일	조직위원	The 32nd International Conference on Molecular Electronics and Devices (IC ME&D 2022)

나. 국제학술대회 개최

국내·외 연구 네트워크를 형성하고 공동 연구의 기회를 마련하기 위해 교육연구단 주관으로 개최한 대규모 국제 학술대회 실적은 다음과 같다.

연번	일시	심포지엄명	국외연사	국내연사
1	2022년 2월 16일	Frontiers in Biological Chemistry International Symposium	BK-BRL 5명	
2	2022년 3월 4일	PNU BK4/BRL International Symposium on Polymer Chemistry	2명	1명

다. 국제 학술상 수상

주정민 교수는 아시아 8개국 유기화학자 모임인 ACP(Asian Core Program)에서 선정하는 ACP Lectureship

Award를 수상하였다.

참여교수	기간	수상명
주정민	2022년 7월 30일	2022 ACP (Asian Core Program) Lectureship Award

라. 국제 학술지 활동

교육연구단 참여교수들은 아래의 국제 학술지에서 편집장이나 편집위원등으로 활동하였다.

참여교수명	저널명	직책	참여 기간
	World Journal of Biological Chemistry	Editorial Board	2019년~현재
	Pharmaceutics	Guest Editor	2021년~현재
	Antibiotics	Reviewer Board	2021년~현재
	Frontiers in Pharmacology	Review Editor	2021년~현재
		Topic Editor	2021년~현재
	Nanomaterials	Reviewer Board	2020년~현재
	Catalysts	Reviewer Board	2020년~현재
	Processes	Section Board for 'Chemistry Systems'	2020년~현재
	Bulletin of the Korean Chemical Society	Associate Editor	2020년~현재
	Biosensors	Editorial Board Member	2020년~현재
	Frontiers in Molecular Biosciences	Guest Associate Editor	2022년~현재
	Polymers	Editorial Board	2014년~현재
	Journal of Materials	Editorial Board	2016년~현재
	Green Chemical Engineering	Editorial Board	2019년~현재
	Organic Polymer Materials Research	Honorary Editor-in-Chief	2021년~현재
	Energies	Section Board Member	2021년~현재
	Asian Journal of Organic Chemistry	International Editorial Board	2021년~현재

마. 국제 저술 활동

a. 참여교수: 박강현

Saravanan Nagappan, Jerome Peter, Anju Maria Thomas, Anandhu Mohan, Shamim Ahmed Hira, Kang Hyun Park and Chang-Sik Ha, Chapter 8 Antimicrobial Nanocomposites for Environmental Remediation (Functional Hybrid Nanomaterials for Environmental Remediation), pp.187-215, Royal Society of Chemistry, 2022 (ISBN: 978-1-83916-221-3)

b. 참여교수: 박강현

Saravanan Nagappan, Shamim Ahmed Hira, Sanha Jang, Dicky Annas, Kang Hyun Park, Chapter 17

MOF-based Sensors for Detecting Hydrogen Sulfide (Metal-Organic Frameworks-Based Hybrid Materials for Environmental Sensing and Monitoring), pp.149-157, CRC Press, 2022 (eBook ISBN: 9781003188148)

② 국제 공동연구 실적

<표 3-6> 최근 1년간 국제 공동연구 실적

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구 단 참여교수	국외 공동연구 자			
1	김석만	Cheng-Yun Jin	중국/Zhejiang University	SY.Ji, HJ.Cha, IMN.Molagoda, MY.Kim, SY.Kim, H.Hyun, H.Lee, GY.Kim, DH.Kim, JW.Hyun, HS.Kim, S.Kim, CY.Jin, YH.Choi (2021) Biomolecules & Therapeutics, Vol 29, 685-696	10.4062/biomolther.2021.030
2	박강현	Randeep Rakwal	일본/University of Tsukuba	T.Van Nguyen, R.Gupta, D.Annas, J.Yoon, YJ.Kim, GH.Lee, JW.Jang, KH.Park, R.Rakwal, KH.Jung, CW.Min, ST.Kim (2021) Frontiers in Plant Science, Vol 12, 723369	10.3389/fpls.2021.723369
3	박강현	Appasah eb K. Bhosale, Kishor Kumar Sadasivuni	인도,카타르/Affiliated to Shivaji University, Qatar University	RS. Sutar, S.Nagappan, AK.Bhosale, KK.Sadasivuni, KH.Park, CS.Ha, SS.Latthe (2021) Coatings, Vol 11, 1162	10.3390/coatings11101162
4	박진균	Paul Ha-Yeon Cheong	미국/Oregon State University	TR.Pradhan, M.Paudel, T.Feoktistova, PHY.Cheong, JK.Park (2020) Angewandte Chemie International Edition, Vol 61, e202116154	10.1002/ange.202116154
5	주정민	Shih-Ching Chuang	대만/National Chiao Tung University	J.Seo, CW.Chen, W.Lee, Je.Jeon, PL.Chen, SC.Chuang, JM.Joo (2021) Synthesis Stuttgart, Vol 53, 3001-3010	10.1055/a-1502-3641
6	최정모	István Lagzi	헝가리/Budapest University of Technology and Economics	MK.Jo, YS.Cho, G.Hollo, JM.Choi, I.Lagzi, SH.Yang (2021) Crystal Growth & Design, Vol 21, 6119-6128	10.1021/acs.cgd.1c00536

7	황도훈	Paul Ha-Yeon Cheong	미국/Oregon State University	HJ.Park, CL.Boelke, PHY.Cheong, DH.Hwang (2022) Inorganic chemistry, Vol 61, 5178-5183	10.1021/acs.inorgchem.1c03967
8	박진균, 양해식, 남기민	Paul Ha-Yeon Cheong	미국/Oregon State University	S.Arepally, P.Nandhakumar, GA.Gonzalez-Montiel, A.Dzhaparova, G.kim, A.Ma, KM.Nam, H.Yang, PHY.Cheong, JK.Park (2022) ACS Catalysis, Vol 12, 6874-6886	10.1021/acscatal.2c01404

③ 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

가. 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적

(1) 공동 연구를 통한 참여교수의 국제 교류

본 교육연구단 참여교수가 지난 1년 동안 해외 그룹과 공동연구를 진행하여 8편의 국제공동연구 논문을 게재하였다. 이는 지난 교육연구단의 연평균 4.6편에 비해 크게 증가한 수치이다. 총 8편의 논문을 정량 지표로 분석하면 IF 기준 20%이상의 상위 논문은 63%(5편)에 해당하여, 사업 선정평가 당시 목표로 제시하였던 공동연구 논문의 질 향상의 목표(상위 20%, 연 5편)를 달성한 수치이다. 이는 본 교육연구단의 국제공동연구 결과가 질적으로 매우 우수함을 의미한다. 아래에 주요한 연구자 국제 교류 및 공동연구 내용을 열거하였다.

a. 박강현 교수

- 일본 University of Tsukuba 대학교의 Randeep Rakwal 교수와 공동연구에서 상향식 proteomics를 위한 microsomal membrane proteins (MPs)의 분리를 위한 간단하고 재현 가능하며 비용적 측면에서 효율적인 방법을 발표하였다. 지금까지 Azo는 동물성 단백질의 하향식 proteomics를 위한 분야에서만 사용되었다. 따라서 상향식 proteomic 분석을 통해 식물성 단백질의 solubilization에서 Azo의 효능이 나타난 최초의 연구이다. Azo-integrated micro centrifugation 기반 MP 추출(MME) 접근 방식은 간단하고 시간을 절약할 수 있으며 실험실 조건에서 쉽게 확장할 수 있다는 장점이 있다. 또한 초원심분리 기반방법에 필적하는 성능으로 MP의 분리 및 solubilization에도 매우 효과적임을 나타내었다.

- 인도 Shivaji University 대학교의 Appasaheb K. Bhosale 교수, 카타르 Qatar University 대학교의 Kishor Kumar Sadasivuni 교수와 공동연구에서 수열합성된 Alumina (Al_2O_3), polymethylhydrosiloxane (PMHS), polystyrene (PS)의 합성물을 dip-coating기술을 사용하여 유리표면에 증착시켰다. 초소수성의 안정적인 표면은 유리 기판에 Al_2O_3 -PHMS-PS복합체를 4회 dip-coating하여 준비함. Al_2O_3 나노입자는 거친 구조를 형성하고 낮은 표면 에너지의 PHMS는 발수 특성을 향상시켰으며, 복합체의 coating은 $171 \pm 2^\circ$ 의 물접촉각(WCA)과 3° 의 슬라이딩 각도(SA)를 나타내었다. 내구성 테스트에서도 복합체의 coating은 높은 기계적 안정성을 나타내었다. 또한, 초소수성 Al_2O_3 -PHMS-PS 복합체 coating은 우수한 자체 세정 성능을 나타내고 이러한 전반적인 결과는 이 coating이 다양한 응용 분야에서 잠재적으로 사용될 수 있는 우수한 초소수성 표면을 개발하는데 사용될 수 있음을 나타내었다.

b. 박진균 교수

박진균 교수는 Oregon State University 화학과와 Paul Cheong 교수와 유기화학 계산 협업을 이어오고 있다. 실리콘보론 시약을 이용하여 2개의 파이 결합 화합물인 알렌아마이드와 알카인을 팔라듐 촉매 하에서 합체시켜 1,4-다이엔 화합물을 합성하는 반응의 메카니즘을 공동연구하여 Angew. Chem. Int. Ed. (2022. 61, e202116154)에 보고하였고, 화학과의 양해식 교수, 남기민 교수와 더불어 Unified Electrochemical Synthetic Strategy for [2+2+2] Cyclotrimerizations: Selective Construction of 1,3,5- and 1,2,4-Trisubstituted Benzenes from Ni-Mediated Reduction of Alkynes 주제로 공동 연구를 수행하여

ACS Catalysis (2022, 12, 6874)에 발표하였다.

c. 이상학 교수

미국 Stanford University Neurology Murat Baday 박사와 Upconversion Nanoparticle을 이용하여 세포속에서 거동하는 모터 단백질의 움직임을 실시간으로 관찰하기 위한 방법론을 개발하는 것을 공동 연구로 진행하였으며, 최근 연구 결과가 Current Applied Physics 에 게재 예정 통보를 받았다.

d. 최정모 교수

헝가리 Budapest University of Technology and Economics의 István Lagzi 교수팀과 국제 공동연구를 수행하였다. 이 공동연구를 통해 Liesegang Band의 형성 메커니즘을 밝히는 속도론적 모형을 개발하였고, 해당 내용은 Crystal Growth & Design(2021, 21, 6119)에 게재되었다.

e. 황도훈 교수

- Oregon State University 화학과의 Paul H. Cheong 교수와 공동으로 적외선 발광하는 백금 화합물의 특성 분석을 공동으로 진행하였다. 백금화합물의 구조와 발광 파장의 상호관계를 실험과 계산을 통하여 규명하였고 논문을 Inorganic chemistry(2022, 61, 5178-5183)에 게재하였다.

- 2022년 7월 5일부터 16일까지 싱가포르 난양공과대학 재료공학부 Andrew Grimsdale 교수 연구실을 방문하여 유기태양전지용 저분자 엑셉터의 설계와 합성에 관한 공동 연구를 수행하였으며 재료공학부 Nam Joon Cho 교수와도 Bee Pollen 박막의 전자소자 응용에 관하여 공동 연구 가능성을 모색하였다.

(2) 해외 연사 초청 세미나를 통한 국제 교류

지난 1년간 15명의 해외 유명 학자를 초빙하여 심포지엄 및 세미나를 개최하고 상호 교류하였다. 아래에 해당 학자와 세미나 날짜를 열거하였다.

- Prof. Michael Manhart(ETH Zurich, 스위스)(2021년 11월 11일)
- Prof. Pieremanuele Canepa(National University of Singapore, 싱가포르)(2021년 11월 25일)
- 한상돈 박사(NREL, National Renewable Energy Laboratory, 미국)(2021년 11월 29일)
- 김영석 박사(Massachusetts Institute of Technology, 미국)(2021년 12월 1일)
- Prof. Yong-Sheng Hu(Chinese Academy of Sciences, 중국)(2021년 12월 1일)
- Prof. Ankur Jain(Massachusetts Institute of Technology, 미국)(2022년 2월 16일)
- Prof. Adrian Serohijos(University of Montreal, 캐나다)(2022년 2월 16일)
- Prof. Heeseon An(Memorial Sloan Kettering Cancer Center, 미국)(2022년 2월 16일)
- Prof. Jingxin Wang(University of Kansas, 미국)(2022년 2월 16일)
- Prof. Isaac Li(University of British Columbia, 캐나다)(2022년 2월 16일)
- Prof. Yan Xia(Stanford University, 미국)(2022년 3월 4일)
- Prof. Kenichiro Itami(Nagoya University, 일본)(2022년 3월 4일)
- Prof. Malachi Noked(Bar Ilan University, 이스라엘)(2022년 5월 19일)
- 유진 박사(Argonne National Laboratory, 미국)(2022년 5월 23일)
- 이영주 박사(UF Scripps Biomedical Research, 미국)(2022년 5월 24일)

(3) 대학원생 연구자를 통한 국제 교류

a. 박진균 교수

- 미국 Oregon State 대학교 화학과의 Gisela A. González-Montiel 박사과정 학생이 2021년 7월부터 9월까지 박진균 교수 연구실을 방문하여 Unified Electrochemical Synthetic Strategy for [2+2+2] Cyclotrimerizations: Selective Construction of 1,3,5- and 1,2,4-Trisubstituted Benzenes from Ni-Mediated

Reduction of Alkynes 주제로 공동 연구를 진행하였다. 본 연구는 2022년 촉매화학분야 최우수학술지인 ACS Catalysis(Impact Factor: 13.084)에 Journal cover로 발표되었다.

- 인도의 National Institute of Science Education and Research (NISER)에 재직하고 있는 Prasenjit Mal 교수의 박사과정 학생 Mr. Sudip Sau의 박사 논문 심사에 참여하였다(2022년 8월 5일 심사 논문 수령).

b. 유현덕 교수

2021년 10월 스페인 Autonomous University of Madrid 대학교 박사과정 Mewin Vincent 학생의 박사학위 졸업논문 외부 심사위원으로서 학위 논문의 심사를 진행하였다(논문명: Quest for high-performance Mg and Mg-Li/Na ion hybrid batteries). 동일한 전문 분야를 전공하는 학생 연구자의 해외 대학 학위 수여 과정에 직접 참여하면서 국제 교류 및 벤치마킹의 기회를 가질 수 있었다.

c. 이상학 교수

스페인 University of Santiago de Compostela 대학교의 박사과정 Sara Illodo 학생(Flor Rodriguez Prieto 교수 연구 그룹)이 2022년 3월부터 2022년 9월까지 이상학 교수 연구실을 방문하여 치매의 원인이 되는 아밀로이드 단백질의 엉킴 현상에 대한 분자 수준에서의 메커니즘 연구를 수행하였다. Prieto 교수와 이상학 교수는 단분자 분광 방법을 이용해서 단백질의 거동을 관찰하는 전문가로서 fluorescence correlation를 주요 기술로 사용하는 Prieto 교수와 wide field single molecule detection과 super-resolution imaging 기술을 주요 기술로 사용하는 이상학 교수와의 공동 연구는 아밀로이드 엉킴 메커니즘을 분자 수준에서 연구하는데 상당한 시너지를 내었다.

d. 주정민 교수

독일 Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nuremberg 대학교의 Sven Müller 석사과정 학생이 2021년 9월부터 2022년 8월까지 주정민 교수 연구실을 방문하여 Nondirected Pd-catalyzed aerobic C-H alkenylation of ruthenocene and ferrocene 주제로 공동 연구를 진행하였다. 본 연구는 2022년 화학분야 우수학술지 Chemical Communications(Impact Factor: 6.065)에 발표되었다.

나. 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 계획

(1) 참여교수의 국제 교류 계획

본 사업단에서는 다양한 경로를 통해 국제 교류를 진행 중이다. 현재 진행 중인 단체/개별 국제 교류를 유지하면서 본 사업단의 교수가 함께 참여하는 국제 교류를 꾸준히 확대하고자 한다.

a. 국제 공동연구 및 연구자 교류 계획

- 황도훈 교수는 싱가포르 난양공과대학 재료공학부 Andrew Grimsdale 교수와 유기태양전지용 저분자 역셉터의 설계와 합성에 관한 연구를 공동으로 수행하고 있으며 상호 방문을 통하여 연구 결과를 공유하고 학술지에 발표할 계획이다.

- 일리노이대학교 시카고캠퍼스 Jordi Cabana 교수와 본 교육연구단 유현덕 교수는 고용량 마그네슘 이차전지 전극 소재에 관한 공동 연구를 통해 차세대 에너지 소재의 성능 향상을 위한 전기화학적/분광학적 고도 분석을 수행하고자 한다. 한편 Chemie Student, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg 대학교 화학과 석사과정 중인 Kevin Bürner 학생이 2022년 9월부터 11월 말까지 3개월간 교환학생으로서 유현덕 교수 연구실에서 방문 연구를 수행할 예정이다.

b. 국제 학술대회 및 초청 세미나를 통한 교류 계획

교육연구단 주관 국제학술대회 1회 이상, 해외 저명인사 초청세미나를 5회 이상 진행하고자 하는 계획을 초과 달성하여 지난 1년간 교육연구단 주관 국제학술대회 2회, 초청세미나 8회 진행하였다. 참여교수

의 국제 학술대회 초청 강연 및 기조연설을 적극적으로 장려하여 해외 연구자들과의 교류를 활성화하고자 한다. 현재 진행 중인 국제 교류는 유지하면서 본 교육연구단의 많은 교수가 함께 참여하는 국제 교류를 확대하고자 한다.

(2) 인공 효소/촉매 분야 집중 교류

교육연구단 참여교수들은 인공 효소/촉매 분야의 저명인사 초청 및 국제 학술대회의 적극적인 유치를 통해서 학술 교류 및 글로벌 네트워크를 확대하여 본 교육연구단을 인공 효소/촉매 분야의 연구 거점으로 자리 잡게 하고자 한다. 그리고 참여교수의 국제 학술대회 초청 강연 및 기조연설을 적극적으로 장려하여 해외 연구자들과의 교류를 활성화하고자 한다. 이러한 국제 교류 활동을 통하여 인공 효소/촉매 분야의 최신동향을 파악하고 연구 애로사항 해결에 도움을 받고자 하며, 더 나아가 본 교육연구단을 인공 효소/촉매 분야의 선도 연구 거점으로 발전시키고자 한다.

a. 교육연구단 주관 국제학술대회 개최 계획: 인공 효소/촉매 관련 국제학술대회를 연 1회, 해외 저명인사 초청 세미나를 연 5회 이상 개최할 계획이다.

(3) 본부의 국제 교류 지원 적극 활용

a. 국제학술대회 개최 지원 활용: 국제 교류 장려를 위해 교내 국제학술대회 개최 비용을 부산대학교 본부에서 지원받는 것을 적극 활용할 계획이다(24편 이상 500만원; 16~23편: 400만원; 8~15편 200만원 지원).

b. 저명인사 초청 지원 활용: 소규모 국제 교류 장려를 위해 해외 저명인사 초청 관련 비용을 본부에서 지원받는 것을 활용할 계획이다(100/200만원).