

붙임 1

4단계 BK21사업 자체평가보고서[양식] 과학기술분야 교육연구단(팀)

**『4단계 BK21사업』 미래인재양성사업(과학기술분야)
교육연구단(팀) 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	일반화학								
	비중(%)	100									
교육연구 단(팀)명	국문) 분자소재 교육 연구단										
	영문) Education and Research Center for Molecular Materials										
교육연구 단(팀)장	소 속	부산대학교 자연과학대학(원) 화학과(부)									
	직 위	교수									
	성명	국문		전화							
				팩스							
				이동전화							
				E-mail							
연차별 총 사업비 (백만원)	구분	1차년도 (209~212)	2차년도 (213~222)	3차년도 (223~232)	4차년도 (233~242)	5차년도 (243~252)					
	국고지원금	470	940	941	1,127	1,031					
총 사업기간		2020.9.1.(2024.3.1.)-2027.8.31.(84개월)									
자체평가 대상기간		2023.9.1.(2024.3.1.)-2024.8.31.(12개월(6개월))									
본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21사업』 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다. 2024											
작성자	교육연구단(팀)장										
확인자	부산대학교 산학협력단장										

〈자체평가 보고서 요약문〉

중심어	화학	분자소재	자기주도
	협업	융합	정보 활용
	인공 효소	촉매	지역 기여
교육연구단(팀)의 비전과 목표 달성정도	비전: 자기주도 협업형 분자소재 교육 연구 선도 연구단으로 성장		
	■ 교육 목표: 자기주도 협업형 분자소재 우수 인력 양성 투트랙 교육과정(현장친화형과 난제해결형)을 지속적으로 운영하여 학생 주도 교과과정과 융합 교과과정을 개발하고, 이를 통해 학생들이 주도적으로 문제를 해결하는 능력을 배양하기 위한 교육과정을 운영하고 있다. 계획했던 교과과정 개편을 실행하고, 새로운 교육과정에 따라 교과목을 개설하고 있다. 현재까지 문제점으로 제기된 부분은 없으며, 향후에도 운용시 발생하는 문제는 적극적으로 해결하고 보완할 것이다. 이를 통해 첨단 바이오 및 미래 에너지 산업에 필요한 자기주도 협업형 분자소재 우수 인력을 양성하는 지속가능한 시스템을 구축할 것이다.		
	■ 연구 목표: 인공 효소/촉매 분야 집중 및 협업을 통한 경쟁력 확보와 산업/지역 사회 연구 기여 본 연구단의 연구 전문성을 기반으로 화학의 근원적인 난제인 인공 효소/촉매 분야에 집중적으로 협업 연구를 수행하여 세계적 연구 경쟁력을 확보하고자 하였다. 이를 통해서 산업/지역 사회 관련 연구 문제 해결에 적극적으로 기여하고 있다. 연구단의 연구 분야와 긴밀하게 관련된 국가 전략 기술 분야인 첨단 바이오, 수소, 이차전지, 인공지능, 양자 분야의 혁신을 선도하기 위해 합성, 에너지, 바이오 연구 주제를 중심으로 협업 연구에 집중하고 있으며, 지난 3년간 대비 정부 연구비 수주와 산업체 연구비 수주 비율이 대폭 증가하였다. 연구 실적은 지난 3년 대비 소폭 감소하였지만, 이는 융합 연구를 시작을 위한 연구 과정의 과도기로 생각되고, 실제로 현재 연구 결과를 발표하는 교수/학생의 국내외 학회 발표의 건수는 상당히 증가하였다.		
교육역량 영역 성과	■ 국제화 목표: 학생 주도 발표 및 국제 공동연구와 우수 외국인 연구인력 활용 국문과 영문을 병용하여 모든 정보 및 교육을 제공하는 시스템을 구축하여, 이를 통해서 한국 학생의 국제화 능력을 향상하는 한편 우수 국제 연구인력을 확보하고자 하였다. 홈페이지를 개편하고 강의 자료/동영상을 제작하여 배포하였고, 연구실별 안전 동영상을 제작하여 공유하고 있다. 학생 주도적인 발표를 개최하였으며, 학생을 장단기 해외 파견을 통해서 국제 공동 연구에 주도적 역할을 하도록 하였으며, 국제 학회 발표를 독려하여 국제화 능력 배양을 위해 노력하였다.		
	■ 자기주도 - 학생 진로에 맞춘 투트랙 교과과정(현장친화형/난제해결형) 운영 - 온/오프라인 블렌디드 러닝 기반 자기주도적인 학습 환경 조성 - 최신화학논제토론 교과목을 개발하여 교육 - 학생 자율 선택으로 비교과 프로그램 참여 - BK21 마일리지/인센티브 제도를 활용하여 학생들의 참여 유도 - 학생 및 신진연구인력 주도 세미나 개최		
	■ 융합 및 협업 - 융합 및 팀티칭 교과목 체계화 - 화학연구튜토리얼 교과목을 개발하여 대학원생 교육 - 산업 및 연구 현장에서 필요한 실습 병행 교과목 개발		

	- AI/바이오 겨울 학교 개최 ■ 정보 활용 - 화학정보의 검색/활용 능력을 길러주는 화학정보활용 교과목 개설 - 화학정보/장비 활용 동영상과 연구실별 안전 동영상의 학생주도 제작 및 공유 - 주도적 학사관리 교육을 통한 대학원생 소양 교육 연 2회 실시 - 안전/윤리 교육 자료 제작 및 교육 - 온/오프라인 한/영 병용 교육을 통한 내외국인 맞춤 교육과 국제화 여건 개선
연구역량 영역 성과	■ 자기주도 - 박사과정 국제/전국 규모 학술대회 구두 발표 의무화 - 학생 주도 부산대-성균관대 화학과 BK21 심포지엄 연 2회 개최 - 학생 주도 네트워킹 및 전문연구인력 간담회 개최 - 학생 마일리지/인센티브 제도를 통한 학생 참여 활성화 ■ 융합 및 협업 - 강점이 있는 인공 효소/촉매 분야에 집중하여 협업 연구 및 교육 진행 - 참여교수 간 연구 협력을 위한 연구실 간 공동 세미나의 정기적인 개최 - 협업 연구 장려를 위해서 인센티브 지급 기준 명문화 및 지급 - 학부생/대학원생/신진연구인력 사이의 멘토링과 협업 활성화 - 박사과정 학생 개인별로 2인 이상의 공동지도교수 선정 및 면담의 날 운영 - 박사과정 국제 공동 지도 교수 선정 장려 - 협업을 강화하기 위해 현재 운영 중인 학과 내 공동연구실 확대 설치 - 산업/지역 사회의 문제 해결을 돕기 위해 산업체·정부기관과 지속해서 협력 ■ 정보 활용 - 외부 연구비 및 장학금 신청을 위한 정보 및 선정 사례 공유 - 공동 및 개별 연구 장비와 시설의 정보 동영상 공개 및 공동 활용 - 교수 마일리지/인센티브 제도를 통해 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 ▶ 사업단 내외 공동 연구를 통해 인공 효소/촉매 분야 융합 연구 결과의 양적/질적 성장 달성 ▶ 코로나-19 이후 국제 공동 연구, 국제 학회 참석, 학생 해외 파견이 활발해졌으며, 실질적 국제 공동 연구 확대되었음. ▶ AI 시대와 미래 에너지/건강 산업에 필요한 자기주도 융합형 및 협업형 분자소재 우수 인력 양성 목표에 부합
미흡한 부분 / 문제점 제시	■ 교육 - 온/오프라인 한/영 병용 교육자료 업데이트 필요 - 안전/윤리 교육 자료 영문 제작 - 홈페이지 연동 필요 - 외국인 겸임 교수 임용 ■ 연구 - 연구실간의 공동 연구, 융합 연구 확대 필요 - 대표 논문의 질적 향상 필요 - 산업/사회 실적 부족: 산업체 방문, 인턴쉽, 간담회 기술 자문 등 실적 확대

	■ 국제화/대중화 - 우수 학생 유치 영문 홍보 및 자료 부족 - 대규모 국제 학술대회 개최 부족
차년도 추진계획	■ 교육 - 해외 학자 및 산업체 인사 초빙을 통한 융합 교과목 개선 - 2025년 외국인 겸임 교수 임용 예정 - 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 - 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. 교육연구단(팀)장의 교육·연구·행정 역량

성명	한글	
소속기관		

■ 연구 역량

- ▶ 전기화학 바이오센서 전문가
- ▶ 현재까지 160편의 SCIE 논문을 게재함
- ▶ 60편의 국내외 특허를 등록함
- ▶ 대표 교신저자 논문 실적으로 J. Am. Chem. Soc.에 3편, Angew. Chem. Int. Ed.에 2편, Anal. Chem.에 25편, Biosens. Bioelectron.에 9편, ACS Sens.에 7편 게재함
- ▶ 2023년: 부산대 윤인구 학술상
- ▶ 2021년: 부산과학기술상
- ▶ 2019년: 한국전기화학회 아이센스 학술상
- ▶ 2015년: 대한화학회 최규원 학술상
- ▶ 2015년: 한국전기화학회 물리전기화학분과 학술상
- ▶ 2006년: KCS-Wiley 젊은 화학자상
- ▶ 2023년 ~ 현재: Associate Editor, Electroanalysis
- ▶ 2020년 ~ 현재: Associate Editor, Bulletin of the Korean Chemical Society
- ▶ 2020년 ~ 2022년: Editor, Biosensors
- ▶ 2015년 ~ 2018년: Editorial Advisory Board, ACS Sensors
- ▶ 2014년 ~ 2017년: Editor-in-Chief, Journal of the Korean Electrochemical Society

■ 교육 역량

- ▶ 2014년 부산대에 부임한 이후 50명의 학생 및 포스트닥을 배출함
- ▶ 2011년부터 현재까지 부산과학고 R&E 31개 팀을 지도함
- ▶ 한국전기화학회, LG화학 등 다양한 학회 및 회사에서 전기화학 관련 튜토리얼을 진행함
- ▶ 전기화학학교의 강사로 현재까지 10회 활동함

■ 행정 역량

- ▶ 2002년 ~ 2004년: 팀장, 한국전자통신연구원 바이오소자팀
- ▶ 2006년 ~ 2006년: 홍보간사, 대한화학회 분석화학분과
- ▶ 2010년 ~ 2013년: 학과장, 부산대 화학과
- ▶ 2013년 ~ 2013년: 총무간사, 대한화학회 전기화학분과
- ▶ 2014년 ~ 2017년: 학회지편집위원장, 한국전기화학회
- ▶ 2018년 ~ 2021년: 위원장, 한국전기화학회 바이오/분석전기화학분과
- ▶ 2018년 ~ 2022년: 소장, 부산대학교 기능성물질화학연구소
- ▶ 2021년 ~ 2021년: 분과회장, 대한화학회 전기화학분과

2. 대학원 학과(부) 소속 전체 교수 및 참여연구진

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

대학원 학과(부)	학기	전체교수 수	참여교수 수	참여비율(%)	비고
화학과	2023년 2학기	19명	14명	73.68	
	2024년 1학기	19명	14명	73.68	

<표 1-2> 자체평가 대상기간(2023.9.1~2024.8.31.) 교육연구단(팀) 대학원 학과(부) 소속 전임 교수 변동 내역

연번	성명	변동 학기	전출/전입	변동 사유	비고
1	박장수	2023년 2학기	전출	퇴직	
2	우상국	2024년 1학기	전입	신규 임용	

<표 1-3> 교육연구단(팀) 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
화학과	2023년 2학기	55	52	94.55	26	20	76.92	12	9	75	93	81
	2024년 1학기	64	59	92.19	32	23	71.88	10	6	60	106	88
참여교수 대 참여학생 비율					6.04							

가 교육연구단 대학원 학과 전임 교수 수 현황

23년 2학기 기준 학과 소속 전체 교수는 총 19명에 해당하였으며, 현재 이 수는 유지되고 있다.

나 교육연구단 참여교수의 비율 현황

교육연구단 참여교수 비율은 23년 2학기부터 73.68%(전체교수 19명 중 14명 참여)로 지난 1년간 운영되었다. 24년 1학기 평가를 통해 기존교수 1명을 신입교수 1명으로 교체하였다.

다 교육연구단 대학원생 현황

(1) 대학원생 수

- 지난 1년간 교육연구단의 대학원생 수는 24년 8월 106명(석·박사 통합 10명, 석사과정 64명, 박사과정 32명)에 해당한다.
- 23년 2학기 대비 대학원생 수는 93명에서 106명으로 증가하였다.
- 24년 2학기 27명의 신입생이 등록을 완료하여, 24년 9월 대학원생 총 인원은 119명으로 증가하였다.
- 세부 과정별 수를 보면, 박사과정 및 석·박사 통합과정의 수는 4명이 증가하였고, 석사과정은 9명이 증가하였다.

(2) 참여비율

- 지난 1년간 전체 대학원생 중 교육연구단 참여 비율은 80%이상으로 유지되었다.
- 24년 2학기 신입생 중 참여교수의 실험실에 석사과정 15명/박사과정 4명의 입학으로 참여비율은 79%(94명 참여/119명 대학원생)로 예년 수준으로 유지되고 있다.

2. 교육연구단(팀)의 비전 및 목표 달성정도

비전	자기주도 협업형 분자소재 교육연구 선도 사업단		
목표	인공 효소/촉매 분야 집중 및 협업을 통한 난제 해결 자기주도형 분자소재 우수 인력 양성		
	현황 및 수요	목표	달성 방안
교육	투스랙 교과목 융복합 교과목 정보 활용 개선	우수 학생 유지 자기주도형 인력 양성 협업형 연구자 양성	투스랙 안정화 융합교과목 체계화 툴박스 교과목
연구	인공 효소/촉매 강점 협업 필요성	난제 해결 기여 세계적 경쟁력 확보	인공 효소/촉매 분야 집중 협업을 통한 경쟁력 확보
국제화	소극적 국제화 국제인력 활용 미흡	국제화 능력 향상 우수 외국인 유치	학생 주도 발표/국제연구 한영 병용 정보/교육 제공

가 교육연구단의 비전: 자기주도 협업형 분자소재 교육연구 선도 교육연구단으로 성장

부산대 화학과 BK21 교육연구단은 선도적인 교육과정 혁신을 통해 첨단 바이오 및 미래 에너지 산업에 필요한 자기주도 융합형 및 협업형 분자소재 우수 인력을 양성하면서 선도적인 연구협업을 통해 인공 효소/촉매 분야의 과학 난제 해결에 기여할 수 있는 교육연구 선도 연구단으로 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: “자기주도 협업형 분자소재 우수 인력 양성”

- ▶ 투트랙 교육과정(현장친화형과 난제해결형)을 안정적으로 제도화하고 합성/에너지/바이오 연구 주제를 중심으로 융합 교과목을 체계화한다. 그리고 최근에 정립되기 시작하는 주제에 대한 신규 교과목을 교수진의 협업을 통해 자체적으로 개발한다. 이를 통해 첨단 바이오 및 미래 에너지 산업에 필요한 자기주도 협업형 분자소재 우수 인력을 양성한다.

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

- ▶ 본 연구단의 연구 전문성을 기반으로 화학의 근원적인 난제인 인공 효소/촉매 분야에 집중적으로 협업 연구를 수행하여 세계적 연구 경쟁력을 확보하고, 관련 국가전략기술 분야인 첨단 바이오, 수소, 반도체·디스플레이, 이차전지, 인공지능, 양자 관련 연구 문제 해결에 기여한다.

(3) 국제화 목표: “학생 주도 발표 및 국제 공동연구를 통한 우수 인력 양성”

- ▶ 학생 주도 발표회 및 국제 공동연구를 추진하여 국제화 능력을 배양한다. 그리고 화학영어논문작성법 강좌를 개설하여 대학원생의 논문 작성 능력을 향상하고자 한다. 홈페이지에 국문과 영문을 병용하여 학사 정보를 제공하는 시스템을 구축하고자 한다. 이를 통해 한국 학생의 국제화 능력을 향상하는 한편 우수 국제 연구인력을 확보하고자 한다.

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(23.9~24.8)
자기주도	투트랙 교과과정 운영	▶ 투트랙 교과과정 소개(24.2.15., 24.8.9.) ▶ 23년 2학기 신입생 12명(트랙1, 현장친화형: 0명; 트랙2, 난제해결형: 12명) ▶ 24년 1학기 신입생 31명(트랙1, 현장친화형: 5명; 트랙2, 난제해결형: 26명)
	온/오프라인 블렌디드 러닝 도입	▶ 화학정보활용 교육(7개 프로그램, 총 8회) ▶ 융합화학튜토리얼(11개 주제)
	학생 자율 비교과 프로그램 참여	▶ 저명인사초청 세미나 개최(총 45회) ▶ 기기활용프로그램 총 5회 실시(51명 참여) ▶ AI/바이오 겨울학교 개최(외부 전문가 1명 초청) ▶ 학교 간 심포지엄(부산대-성균관대; 2회)
	학생 및 신진연구인력 주도 세미나 조직	▶ 학생주도 Chemistry Fair 개최(1회) ▶ 신진연구인력 주도 Postdoctoral Research Symposium 개최(1회)
융합 및 협업	융합 및 팀티칭 교과목 체계화	▶ 생체분자물리화학(24년 2학기 개설) · 화학생물학(24년 2학기 개정) · 유기소재화학(24년 2학기 개정)
	화학연구튜토리얼 개설	▶ 화학연구튜토리얼(24년 2학기 개정)
	실습 병행 교과목 개설	▶ NMR실험기법(24년 1학기 개설) ▶ 분자모델링및AI화학(24년 2학기 개정) ▶ 질량및결정분석(24년 2학기 개정)
	AI/바이오 겨울학교 개최	▶ AI/바이오 겨울학교 개최(외부 전문가 1명 초청)
정보활용	화학정보활용 교과목 개설	▶ 화학정보활용(24년 1학기 개설)
	데이터 정보 수집 및 장비 활용 동영상 교육 자료 제작 및 활용	▶ 장비활용 동영상(18개 주제) 공유 및 활용
	안전/윤리 교육 자료 제작 및 교육	▶ 연구실 안전교육 및 생물안전교육(2회) ▶ 연구윤리 및 연구관리 수강(2회, 27명) ▶ 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 100% 유지 및 온/오프라인 실시 ▶ 고등물리화학 한글 강의 온라인 제공(24년 1학기) ▶ 강의자료 온라인 제공

(1) 자기주도

- 21학년도부터 석사과정에 투트랙 교과과정(현장친화형과 난제해결형)을 운영하였고, 최근 1년 신입생 총 43명 중 현장친화형, 난제해결형에 각각 5명, 38명이 신청하였다.
- 외국인 대학원생을 교육하고 한국인 대학원생의 국제화 역량을 강화하기 위해서 오프라인 강의는 영어로 개설한다. 강의 동영상을 온라인으로 제공하여 학생이 주도적으로 학습량을 조절할 수 있게 한다. 동영상을 미리 시청하고 수업 시간에 토론과 문제 해결에 집중하는 플립 러닝 교육 방식도 활용하고자 한다.
- 본 교육연구단은 학생 자율 비교과 프로그램으로 저명인사 초청세미나, 산업체/연구소 초청세미나, 졸업생 간담회, 기기활용 교육프로그램, 여성 취업률 향상 프로그램, 화학정보활용 교육, 학생 및 신진연구인력 주도 세미나, 4차 산업혁명 세미나/겨울학교, 연구로 만날 사이 등 총 9개 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(23.10.31. 총 204명 참가; 13명 대학원생 구두발표).
- e. 신진연구인력 주도로 조직하고 개최하는 교내 심포지엄을 연 1회 운영하였다(The 5th Postdoctoral Research Symposium 개최(23.12.01); 신진연구인력 5명 구두발표).

(2) 융합 및 협업

- a. 융합교과목 3개(유기소재화학, 화학생물학, 생체분자물리화학)를 24년 2학기에 개정하였고, 그 중 생체분자물리화학은 24년 2학기에 개설하였으며, 18명 학생이 수강하였다.
- b. 기존 ‘융합화학튜토리얼’에서 다루었던 연구분야를 균등하게 확장하고자 ‘화학연구튜토리얼’ 과목으로 개정하였다. 학과 교수들이 참여하여 분야별 핵심 원리와 연구 방법론을 강의한다.
- c. 24년 1학기에는 실습의 병행이 필요한 과목인 NMR실험기법을 개설하였으며, 총 22명의 학생이 수강하여, NMR 기기 활용과 결과 분석에 실질적인 도움이 될 수 있도록 하였다.

(3) 정보활용

- a. 화학관련 연구에 필수적인 방대한 정보 검색 및 활용 능력을 배양하는 화학정보활용 교과목을 24년 1학기에 개설(홍대화 교수)하였으며, 총 60명(석사: 50, 박사 9, 기타 1명)이 수강하였다.
- b. 18개 주제에 대한 화학 데이터 정보 수집 및 장비 활용에 도움이 되는 동영상 교육 자료를 40명의 학생이 주도하여 제작하였고 OneDrive를 활용하여 동영상을 제공하고 있다.
- c. 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)과 OneDrive에 공개하였다.
- d. “연구윤리 및 연구관리”를 ‘논문 연구 이수예정자’의 필수 이수 과목으로 지정하여 교육연구단 대학원생 총 27명(23.2학기: 14명, 24.1학기: 13명)이 수강하였다. 연구윤리 가이드북을 배포하였으며, 교육연구단 학생들은 온/오프라인 연구윤리 강좌에 수강하였다.
- e. 대학원 개설과목에서 외국인이 수강한 경우는 한/영 병용 강의를 진행하여 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(23.9.~24.8)
자기주도	학생주도 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) ▶ 전문연구인력과의 간담회 진행(11회)
	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 2편 발표
	연구실 간 공동 세미나	▶ 기초연구실 기반 공동 세미나 연 12회
	학생/신진연구인력 협업 활성화	▶ 학생/신진연구인력 공동연구 논문 출간(총 5건)
	공동 지도교수제 도입	▶ 박사과정(23년 2학기: 34명, 24년 1학기: 38명)에 대한 공동 지도교수 면담의 날 개최(2회)
	산업/지역 사회와의 관련 분야	▶ 기업대상 연구발표 및 기술자문(총 1회)

	연구 지원 및 협력	▶ 기업 과제 수주(6건) ▶ 기업과의 공동논문 발표(6건)
정보활용	연구비/장학금 신청 정보 및 선정 사례 공유	▶ 대학원생 지원 가능한 교내외 장학금 정보 선정사례 발표(23년 10월)
	공동 및 개별 연구 장비/시설의 정보 공개 및 공동 활용	▶ 실험실별 주요 연구 장비/시설을 소개하는 동영상 제작 및 인터넷 공지

(1) 자기주도

- 계획한 학생 주도 대학간 공동심포지엄으로 부산대-성균관대학 화학과 간의 SKKU-PNU BK21 Four Joint Symposium을 지난 1년간 총 2차례 개최하였다. 개최된 심포지엄은 유기화학과 분석 및 생화학 분야에 해당하였으며, 총 18명(부산대 9명, 성균관대 9명)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/전국규모 학술대회에서 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 우수성적을 발표한 학생들에게 교육연구단 자체운영 기준에 따라 마일리지를 제공하여 인센티브를 지급하였고, 논문 출간에 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 2편).
- 교육연구단 참여교수 중 기초연구실 과제를 기반으로 교육연구단의 실험실 간 공동세미나를 연 12회 개최하였다.
- 교육연구단 내 학생/신진연구인력 간의 협력 연구를 통하여 지난 1년간 총 5편의 공동연구 논문을 발표하였다.
- 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(23년 2학기 총 34명, 24년 1학기 총 38명 대학원생 면담의 날 시행; II-1.1.1.가-(2) 참조).
- 산업/지역 사회와의 관련 분야 연구 지원 및 협력을 위해 기업과의 기술자문 및 연구발표(1건), MOU 체결(1건, 경보제약), 기업 과제 수주(6건) 및 기업과의 공동 논문발표(6건)를 달성하였다.

(3) 정보활용

- 학생들이 지원할 수 있는 연구비/장학금 신청정보를 정리하여, 21년 8월부터 개편 작업이 시작되는 홈페이지에 공개하였다. 기존 외부지원 장학금 수혜자의 선정사례 발표(23년 10월)를 개최하여 대학원생들이 눈높이에 맞는 장학금 지원 방법 및 정보를 상호 공유할 수 있도록 기회를 제공하였다. 결과로 석사과정생 1명, 박사과정생 2명이 교육부 주관 2024 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 석사과정 1명이 선정되었다.
- 공동연구 활성화를 위해 학과 내 공동 장비 및 개별 실험실 연구 장비/시설의 정보를 공개하고 사용

방법에 대한 동영상 제작하였으며, 인트라넷(One Drive)으로 자료를 공개하였다.

■ 국제화

주요 항목	목표	실적(23.9.~24.8)
자기주도	해외 단기 파견 지원	▶ 박사과정생 3명 파견
	학회 영어 구두발표 장려	▶ 학교 간 심포지엄(2회): 8명 구두발표 ▶ Chemistry Fair 개최(1회): 13명 구두발표
	국제 학술활동 참여 활성화	▶ 국제학술회의 참석(10회): 29명 참석
융합 및 협업	국제 공동연구를 위한 기반 마련	▶ 국제 연구를 통한 논문 10건 발표 ▶ 학생 국제학술대회 발표(구두: 2편, 포스터: 18편) ▶ 국외 연사초청 세미나(11회) ▶ 소규모 국제학술대회 개최(1회)
	한국 학생과 외국인 연구자의 연구 협업 활성화	▶ 교육연구단 내 학생/외국인 신진인력과의 공동연구 논문(총 4건)
	홈페이지에 한/영 병용 정보 제공	▶ 한/영 병용 홈페이지 개편
정보활용	화학영어논문작성법 플립 러닝 도입	▶ 온라인 강의와 대면 토의 격주 배치, 온라인으로 배운 내용 실제 논문 작성에 활용하는 법 논의

(1) 자기주도

- 해외 공동 연구 수행에 학생들의 주도적 역할을 위해서 실제로 해외 연구실에 파견하여 학생들의 자기 주도적 연구력 확장과 국제적인 인재로 성장할 수 있는 기회를 제공하였다.
- 지난 1년간 3명의 박사 과정 학생을 홍콩과기대, 오레곤 주립대, 콜로라도 대학으로 각각 파견하여 학생들이 현장에서 공동 연구에 주도적인 역할을 할 수 있도록 하였다.
- 학생 및 우수 신진인력을 유치하기 위한 홍보를 위해 학생들이 주도하여 실험실별 동영상을 제작하여 홍보에 이용하였으며, 부산대 인트라넷(PLATO 플랫폼)에 공개하였다.

(2) 융합 및 협업

- 교육연구단은 국제 공동연구 기반 마련을 크게 4가지 항목의 계획을 추진하였다.
 - 국제 공동연구를 통해 논문을 출간하고자 하였으며, 미국/일본/영국/중국/인도 5개국과의 교류를 통해 총 10건의 논문을 발표하였다.
 - 학생이 국제학술 대회 발표(구두: 2건, 포스터: 18건)하고 자신의 결과에 대한 다른 연구자들과 논의를 하는 기회를 제공하였다.
 - 11명의 해외 유명 학자를 초빙하여 세미나를 개최하고 상호 교류하였다. 아래에 해당 학자와 세미나 날짜를 열거하였다.
 - Prof. Hideki Yorimitsu(Kyoto University, 일본)(2023년 11월 7일)
 - Prof. Gavin Chit Tsui(The Chinese University of Hong Kong, 홍콩)(2023년 12월 18일)
 - 이영준 박사(UC San Diego, 미국)(2023년 12월 19일)
 - 배대영 박사(University of Illinois Urbana-Champaign, 미국)(2023년 12월 27일)
 - Prof. Frederick G. West(University of Alberta, 캐나다)(2024년 4월 8일)
 - Prof. Ye Zhu(National University of Singapore, 싱가포르)(2024년 5월 29일)
 - Prof. Qiuming Yu(Cornell University, 미국)(2024년 6월 3일)
 - Prof. Shaoyi Jiang(Cornell University, 미국)(2024년 6월 3일)
 - 김태윤 교수(Purdue University, 미국)(2024년 6월 3일)
 - Prof. David Mecerreyes(University of the Basque Country, 스페인)(2024년 6월 17일)
 - Prof. Jeffrey E. Dick (Purdue University, 미국)(2024년 7월 24일)

- 7인의 국제 저명인사들이 참여한 소규모 국제학술대회(The 25th Joint Seminar of the Busan Branch of the Korean Chemical Society (KCS) and the Kyushu Branch of the Chemical Society of Japan (CSJ))를 1회 개최하였다(2023년 11월 17일).
- b. 교육연구단 내 한국 학생과 외국인 신진인력 연구자의 협업을 통해 얻은 결과를 공동연구 논문으로 1년간 총 4편을 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.

라 저명대학 벤치마킹 대상과의 프로그램 비교 및 실적 분석

2023년 U.S. News & World Report의 미국 화학과 대학원 순위에서 상위 20위 안에 포함된 대학과 2023년 QS 세계 대학 화학과 순위에서 상위 50위 안에 포함된 대학에서 운영 중인 교육, 연구, 국제화/대중화 프로그램을 상세히 분석하였다. 그중에서 우수 프로그램을 벤치마킹하여 본 연구단에 맞는 프로그램과 실행 방안을 계획해 보았다.

(1) 교육

구분	학교	내용	벤치마킹
교육 과정	EPFL	▶ 두 가지 석사과정 운영(연구 중심 vs. 현장 친화): 공통 교과/선택교과/프로젝트 교과로 분리	
	NUS	▶ 석사 학위 프로그램 세분화: MS Chemistry in Energy & Environment, MS in Chemistry, Joint MS in Industrial Chemistry	▶ 투트랙 교육과정 ▶ 학생주도 교육과정 설계
	Oxford	▶ 다양한 역량을 키울 수 있는, 선택할 수 있는 훈련 기회 제공	
	Harvard	▶ The Graduate Advisory Committee	
	Stanford	▶ Preparing for Faculty Careers Course: 박사과정과 신진연구인력에게 대학교수가 되기 위해서 준비해야 할 것들 안내	▶ 공동지도교수
	UC Berkeley	▶ 특별 학위제: Master of Molecular Science and Software Engineering	▶ 해외 공동지도 프로그램
	Technical U. of Munich	▶ Euro Tech Joint Supervision Program	
교과목	Texas Austin	▶ Professional Development for Graduate Students in Chemistry(필수과목)	▶ 화학정보활용 개설
	UPenn	▶ Chemical Information(필수과목)	▶ 최신화학논제토론 개설
	Columbia	▶ 학교 내 논문 작성 프로그램 개설: 다양한 주별 워크숍, Dissertation-writing group 자율 구성	▶ 화학영어논문작성법 개설
	Yale	▶ Graduate Writing Center(본부 차원)	
	Yale	▶ Materials Chemistry Laboratory	▶ 첨단기기활용및제어 개설
비교과	Scripps Research	▶ 인종, 국적, 성별의 다양성에 대한 존중과 관용의 환경	▶ 인권/윤리 교육 강화
	Caltech	▶ 화학 안전 관련 다양한 정보/관련 외부 링크 제공	
	Michigan Ann Arbor	▶ 안전 및 기초화학 실험에 대한 동영상 제공	▶ 안전/윤리 교육 자료 제작 및 공유
	UNC	▶ Introduction to Laboratory Safety(필수과목)	

(2) 연구

구분	학교	내용	벤치마킹
연구	Caltech	▶ 에너지, 환경, 분자 신약, 나노 소재 연구에 집중	
	ETH Zurich	▶ 세부전공이 아니라 다양한 세부연구분야별로 나누어지고 공동연구	▶ 중심 연구 주제 아래 공동연구 강화
	NUS	▶ 11개의 연구 주제를 소개하고, 각 주제별 관여하는 교수 명단을 명시	▶ 연구로 만날 사이: 교수/학생 대상 참여교수 연구 내용 소개
	UCLA	▶ 상호 연구교류를 위한 4가지 연구주제별/교수별 핵심 연구 내용 소개	▶ 홈페이지 강화: 세부 연구 분야 제공
	Michigan Ann Arbor	▶ 홈페이지 Research 메뉴에는 분과 이외에 연구 주제별로 구분하여 설명	▶ 연구실 간 공동 세미나
	Cambridge	▶ 각 연구실을 Research Interest Group으로 묶어서 협업	
정보 공개	Scripps Research	▶ 여러 데이터에 대한 분석 자료 구비; 박사후 연구원 대상 다양한 정보 제공	▶ 홈페이지 강화: ① 포스닥 대상 정보 ② 졸업생 진로 정보 ③ 대학원 장점 홍보 ④ 공용/개별 연구 장비 내역과 사용법 ⑤ 외부 장학금 및 연구비 신청 시기 및 선정자 소개
	Princeton	▶ 졸업생 진학/취업 정보 제공	
	UNC	▶ 학과가 가진 강점(예: 시설 및 연구비)을 홍보	
	Texas Austin	▶ 학과 공용 장비 소개	
	UCLA	▶ 연구 장비 소개 및 데이터베이스 제공	
	UPenn	▶ 대학원생 포상 및 장학금 수여시기별 외부 장학금 안내	
학생 주도 교류	Columbia	▶ 다양한 학생 주도 주제별 세미나: 방학 기간 또는 학기 중 주제별 연구 교류	▶ 교내외 학생 주도 세미나
	Princeton	▶ 학과 내 공동연구를 위한 다양한 그룹 미팅이 활성화	▶ 교내 구두/포스터 발표 Chemistry Fair 및 포스닥 리서치 심포지엄 개최
	HKUST	▶ Interdisciplinary Collaboration: Co-organize Scientific Programs, Joint Seminars/Workshops	
	NUS	▶ Chemistry Graduate Poster Symposium	
	Stanford	▶ Leadership Dinners: 다양한 산업과 기업의 리더들과 대학원생이 저녁을 먹으면서 경험을 공유	▶ 전문연구인력과의 학생 간담회
	Chicago	▶ Grant Writing, Job Applications, Career Development 세미나 개최	▶ 학생주도 연사 초청 세미나
학생 확보	EPFL	▶ 랩로테이션 필수	▶ 진학 전후 랩로테이션
	UPenn		
	Oxford	▶ Graduate Society Catalyst: 대학원 모임	▶ 대학원 진학 동아리
	Yale	▶ VSR (타대생 학부생 실험 연구)	▶ PNU Visiting Day: 학부생 대상 학과 및 연구 설명회

(3) 국제화/대중화

구분	학교	내용	벤치마킹
국제화	Technical U. of Munich	▶ TUM-GS Internationalization Support: 박사과정 학생에게 장단기 교환학생 혹은 국제 교류 기회 제공	▶ 국제공동연구 파견: 학생 주도의 국제화, 계획서 검토후 지원해줄 학생 선정
	HKUST	▶ International Student Exchange Program	
	Northwestern	▶ 포스트닥 및 방문연구자를 위한 정보를 홈페이지에 자세히 제공	▶ 한영 병용 정보 제공
	Scripps Research		▶ 홈페이지 강화(외국인 학생/포스닥 대상 정보)
대중화	Stanford	▶ Biology-Chemistry Colloquia, Art-Chemistry Colloquia	▶ 온라인 공개 강의
	Yale	▶ The Technological World 교양 수업	

ETH Zurich	▶ 다양한 외부 공개 강좌 및 코스와 평생 교육 제공	
UIUC	▶ E-Newsletter 제공: 수상 및 인사 소식, 동문 동정, 학과 행사, 구인/구직 정보 제공	▶ 화학과 재학생 졸업생 대상 정기적인 소식지 발행
Cornell		
Stanford	▶ 학과 SNS로 각종 뉴스 및 행사, 신규 출판된 논문 소개	
Cambridge	▶ Open Day 지역연계 대중화	▶ PNU Visiting Day: 학부생 대상 학과 및 연구 설명회
Chicago	▶ 대학원생이 주도하는 대중화 프로그램	
UC Berkeley	▶ GOLD Programs: 고등학생과 대학생을 대상으로 대중화 프로그램 운영	▶ 중고등학생 R&E 지원

□ 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 두트랙 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 55명의 대학원생 중 석사과정 학생 5명은 현장친화형, 50명 학생은 난제해결형(석사 38명, 박사 12명)을 선택하여 운영 중이다.

b. 교과과정 개편 및 운영

-선정평가 당시에 목표로 했던 교과과목 개편[신설(융합9과목), 변경(5과목), 폐지(10과목)]을 달성하고, 이를 운영하고 있다. 2024년 1학기 승인후, 2024년 현재 운영중이다.

-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 이수율 실적으로 얻었다. 현장친화형/난제해결형 공통 선택 비교과로 AI/바이오 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 생체분자물리화학, 화학생물학을 비롯한 9개의 융합 과목을 신설하였으며, 화학연구튜토리얼, 질량및결정분석 등 5개 과목을 변경, 확대 편성하였다. 상대적으로 학생 호응도가 낮은 10 개 과목에 대해서는 폐지를 결정하였다.

b. 팀티칭 교과목: 팀 티칭을 통해 실질적 융합 강의를 운영 중이다. 1년간 운영한 팀티칭 교과목은 융합화학튜토리얼, 화학정보활용, 화학영어논문작성법, 표면및구조분석이다.

(3) 정보활용강화 프로그램

a. 정보활용교과목으로 화학정보활용 교과목을 22년 1학기에 개설후 지속적으로 운영되고 있으며, 이

교과목에서는 방대한 화학정보탐색 및 응용법을 비롯한 다양한 화학 정보를 읽어내는 방법론에 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 3건, 포스터 18건을 발표하였으며 우수상을 2회 수상하였다.

(2) 융합/협업 강화 프로그램

교수들의 연구 분야를 학생 눈높이에 맞게 전달하고, 교육연구단 내 실험실간의 협업연구를 강화하는 프로그램으로 “연구로 만날 사이”를 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

코로나 이후 연구단 내에서 외국과 교류하는 기회가 확대되고 있다. 미국, 홍콩에 있는 연구기관에 학생들이 장단기 파견을 통해서 국제 공동 연구에서 실질적 주요 역할을 수행할 수 있는 기회를 부여하였다. 더불어 주요 기관의 연구 책임자를 공동 지도 교수로 선정하여 실제 멘토로서 연구 수행에 도움을 받고 있으며, 2025년에는 현지 기관으로 장기 파견을 통해서 국제 공동 연구를 수행할 계획이다.

(1) 학생주도 자료 제작 개방

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

(2) 국제 공동연구 및 교류 프로그램 개최

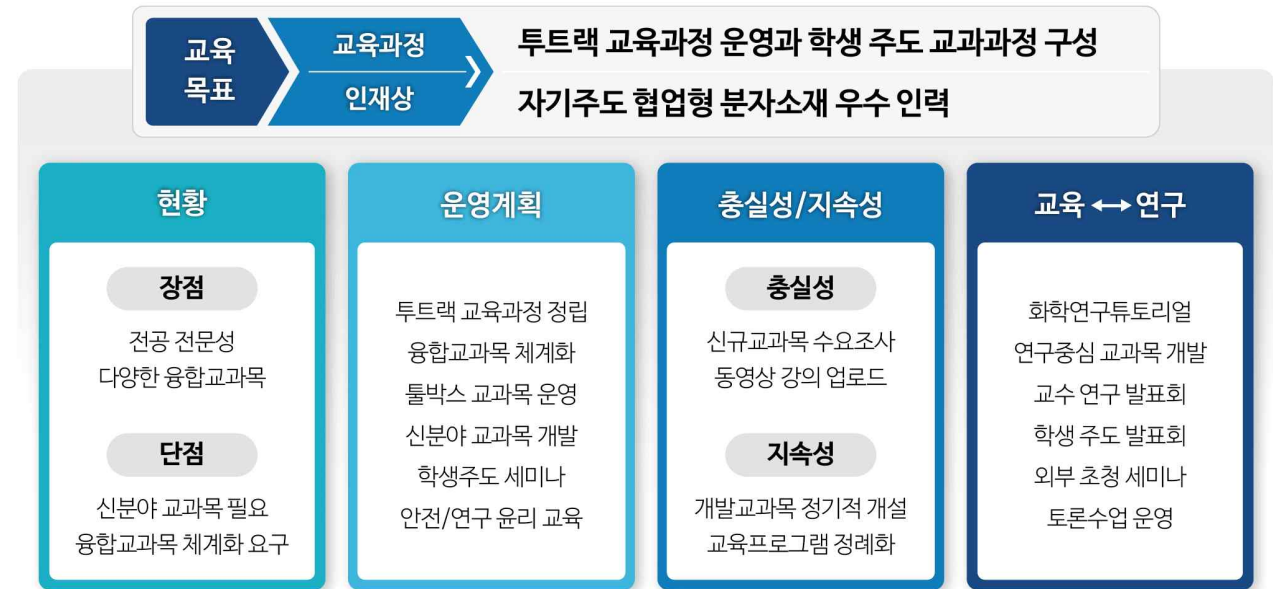
현재 수행되고 있는 대학원생 교류 프로그램을 활용하여 대학원생 1명이 영국 옥스퍼드 대학과 공동 연구를 수행하여 연구 논문을 게재하였다. 또한 3명의 학생은 홍콩 과기대, 미국 오레곤 주립대, 콜로라도 주립 대학으로 장기 파견하여, 국제 공동 연구에 실질적 역할을 할 수 있는 기회를 제공하였다. (II-6.1-나 참조).

(3) 화학영어논문작성법 운영

화학영어논문작성법을 정규교과목으로 편성하여 운영하고 있다. 2021학년도 2학기에 처음 개설하여 매년 2학기에 운영하고 있다.. 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 2021, 2022년 팀티칭으로 운영되었고, 현재는 연구단 소속 최정모 교수가 담당하고 있다.

1. 교육과정 구성 및 운영

1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획



교육	계획 및 실적	
정규 교과목	계획	▶ 분야코어(5개), 분야심화(13개), 융합(6개), 공통툴박스(3개), 전문툴박스(5개), 커뮤니케이션(5개), 논문연구로 편성
	실적	▶ 2024학년도 2학기 정규 교과목 개편
학사관리	계획	▶ 투스랙 학사제도(현장친화형/난제해결형) 안정화 및 주도적 학사 관련 시스템 마련
	실적	▶ 투스랙 학사제도(현장친화형/난제해결형) 현행 유지
비교과	계획	▶ AI/바이오 겨울학교 운영(연 1회), 학생주도 세미나 초청(연 1회) ▶ 화학전문인력 간담회
	실적	▶ 저명인사 초청 세미나(총 45회), 산업체 세미나(총 3회), 신진연구인력심포지엄(총 1회), 교수 연구 발표회(총 2회), 학과/학교간 심포지엄(총 2회), 학생주도 발표회(총 1회), 기기활용교육 프로그램(총 5회), 졸업생 초청간담회(총 2회) ▶ AI/바이오 겨울학교 운영(1회), 학생주도 세미나 초청(1회) ▶ 화학전문인력 간담회(12회)
국제화	계획	▶ 화학영어논문작성법의 정기적 운영(연 1회) ▶ 국제 학술대회 발표 확대(연 30회) ▶ 해외 저명 학자와의 공동지도 프로그램
	실적	▶ 화학영어논문작성법의 운영(1회) ▶ 국제 학술대회 발표(21회), 교내 영어 학술대회 구두 발표(13명) ▶ 국외기관 연수(3명)
안전/윤리 교육	계획	▶ 실험실 안전 동영상 업데이트 및 공유
	실적	▶ 실험실 안전 동영상(14건) 업데이트 및 공유 ▶ 안전 교육 및 윤리 실무 교육(총 6회)

1.1.1 교육연구단의 교육 과정 및 학사관리 현황

가 교육연구단 교육 과정 구성

항목	석사 트랙1(현장친화형)	석사 트랙2(난제해결형)	박사(난제해결형)
이수 학점	총 26학점 전공 18학점, 논문연구 6학점 세미나(I), (II) 2학점		총 38학점* 전공 27학점, 논문연구 9학점 과학의사소통(I), (II) 2학점
공통	화학정보활용, 주도적 학사관리 교육, 인권/안전/연구윤리 교육		
교과	분야코어 1과목 융합/분야심화/툴박스 3과목	분야코어 2과목 화학연구튜토리얼	분야코어 3과목 화학영어논문작성법
연구	영문 학위논문	영문 학위논문 학술대회 구두/포스터 발표	영문 학위논문 학술대회 구두 발표 공동지도교수제
비교과	아래 활동 중 2개 이상 이수 - 현장친화형 세미나 및 간담회 참석 - 기기 활용 프로그램 참석 - AI/바이오 겨울학교	아래 활동 중 매년 5회 이상 참석 - 저명인사 초청 세미나 - 교수 연구 발표회 - 학생 주도 발표회	신진연구인력 심포지엄 - 학교 간 심포지엄 - AI/바이오 겨울 학교

* 석박사통합과정의 경우 총 이수 학점은 59학점이다(전공 45학점, 논문연구 12학점, 과학의사소통(I), (II) 2학점).

(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. 정기적으로 연구단 소속 전체 교수가 모이는 회의를 개최하여(총 6회) 교과/비교과 프로그램 전반에 대해 토의하고 문제점은 즉각적으로 수정하고 있다.

자기주도	융합 및 협업	정보 활용
 투트랙 교육과정 ‘최신화학논제토론’ 신설 학생 주도 심포지엄 및 세미나	 ‘화학연구튜토리얼’ 개편 융합 교과목 개편 및 체계화 수요 기반 교과목 개발	 ‘화학정보활용’ 개편 툴박스 교과목 신설 AI/바이오 겨울학교

(2) 체계적인 투트랙 교과과정 구성 및 운영

- 교육과정을 현장친화형(석사 트랙1)과 난제해결형(석사 트랙2, 박사)의 투트랙으로 운영하고 있다.
- 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)
2023학년도 2학기	0	12
2024학년도 1학기	5	26

- 석사 트랙1(현장친화형)을 선택한 대학원생은 분야코어 1과목과 융합/분야심화/툴박스 3과목을 이수해야 한다. 또한, 비교과 프로그램을 학생이 주도적으로 선택하고 이수할 수 있도록 한다(현장친화형 세미나 및 간담회 참석, 기기활용프로그램 참석, AI/바이오 겨울학교 참석 중 2개

이상).

- d. 석사 트랙 2(난제해결형)는 심화 연구 과정을 통해 향후 진로를 선택하고자 하는 학생이 지원하게 한다. 다양한 연구분야 학습을 위해 화학연구튜토리얼 교과목을 이수해야 하고, 본인의 연구결과를 구두나 포스터로 발표해야 한다.
- e. 박사과정 대학원생은 화학영어논문작성법 교과목을 이수하여 자기주도적인 논문 작성 경험을 쌓는다. 또한, 공동지도교수를 선정해 정기적으로 면담하고 학술대회에서 구두 발표를 반드시 하도록 한다. 최근 1년간(2023.9.1.~2024.8.31.) 박사과정 학생의 공동지도교수 선정 및 면담 사례는 다음과 같다.

(2023학년도 2학기 공동지도 교수 상담 현황; 일시: 2023년 10월 20일)

연번	박사과정 학생	지도교수	공동 지도교수	연번	박사과정 학생	지도교수	공동 지도교수
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							

(2024학년도 1학기 공동지도교수 상담 현황; 일시: 2024년 4월 26일)

연번	박사과정 학생	지도교수	공동 지도교수	연번	박사과정 학생	지도교수	공동 지도교수
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	

최근 1년간(2023.9.1.~2024.8.31.) 박사과정 학생의 학술구두발표 사례는 아래와 같다.

연번	박사과정 학생	학회명	주제	일시
1		2024 춘계 한국전기화학회	Electrochemical Signal Enhancement via Redox Cycling Involving Iron Oxide Magnetic Particles (Adaptable, Reversible Redox Reservoirs) and Its Application in Sensitive Cu ²⁺ Detection	2024년 4월 3일
2		대한화학회 제 133회 학술발표회	Tailoring Co ₃ O ₄ Nanocubes with Noble Metal for Enhanced Electrochemical Water Oxidation	2024년 4월 24일
3		ACS FALL 2024	Development of functionalizable film by using substrate-independent surface coating method	2024년 8월 18일

- f. 난제해결형 석사 트랙 2와 박사과정의 대학원생은 다양한 비교과 프로그램을 이수해야 한다(저명인사 초청 세미나, 신진연구인력 심포지엄, 교수 연구 발표회, 학교 간 심포지엄, 학생 주도 발표회, AI/바이오 겨울 학교 중 매년 5회 이상 참석).

(3) 온/오프라인 블렌디드 러닝과 한/영 병용 강의

증가하는 외국인 대학원생을 교육하고 한국인 대학원생의 국제화 역량을 강화하기 위해서 오프라인 강의는 영어로 개설한다. 강의 동영상상을 온라인으로 제공하여 학생이 주도적으로 학습량을 조절할 수 있게 하였다. 교육연구단은 순차적으로 동영상상을 미리 시청하고 수업 시간에 토론과 문제 해결에 집중하는 플립 러닝 교육 방식을 활용할 예정이다.

(4) 정규 교과목 개편 사항

- a. 정규 교과목 개편 방향
- 합성/에너지/바이오 주제를 중심으로 융합교과목의 체계성을 확립하고자 한다.
 - 새롭게 정립하는 분야에 대한 수요를 파악하고 해당 분야를 연구하는 교수진의 협업을 통해 자체적으로 교과목을 개발하고자 한다.
 - 실제 연구 현장에서 사용할 수 있는 테크닉을 배울 수 있는 툴박스 교과목을 편성 및 운영하고자 한다.
 - 학생들의 발표 및 의사소통 능력 향상을 위해 커뮤니케이션 교과목(세미나(I),(II), 과학의사소통(I),(II), 최신화학논제토론)을 운영하고자 한다.
 - 화학정보활용은 학생들이 필요로 하는 교육 프로그램(논문검색, Scifinder, ACS 저널 논문구조 분석, PPT, Excel, Chemdraw, Origin, SigmaPlot, Photoshop, Illustrator, 특허검색, 동영상 편집 등)의 수요를 반영하여 운영하고자 한다.

b. 개편 교과과정 변동사항



변동 사항	과목명
신설(9개)	▶ 생체분자물리화학, 화학생물학, 유기소재화학, 분자모델링및시화학, 표면유기화학, 주족원소무기화학, 생체유기화학, 최신화학연구동향, 최신화학논제토론
변경(5개)	▶ 2023년: 융합화학튜토리얼, 질량분석및응용, 유기소재분석화학, 융합나노촉매화학, 대사시스템화학 ▶ 2024년 2학기 이후: 화학연구튜토리얼, 질량및결정분석, 유기분광학, 무기나노촉매화학, 단백질생화학
폐지(10개)	▶ 표면및구조분석, 화학물리, 고등유기화학특론, 컴퓨터화학반응메커니즘, 화학반응동력학, 고분자소재화학, 초분자화학, 생촉매화학, 화학특론(I), 화학특론(II)

c. 개편 정규교과목 편성표

분류	편성 교과목명(계획)
분야코어(5개)	▶ 고등물리화학, 고등유기화학, 고등무기재료화학, 고등분석화학, 고등생물화학
분야심화(13개)	▶ 물리화학: 양자화학, 현대분광학 ▶ 유기화학: 표면유기화학, 생체유기화학, 천연물입체화학 ▶ 무기화학: 주족원소무기화학, 배위화학, 무기나노촉매화학 ▶ 분석화학: 전기화학 ▶ 생화학: 생체막생화학, 단백질생화학, RNA생화학 ▶ 전 분야: 최신화학연구동향
융합(6개) 합성/에너지/바이오	▶ 무기합성및유기금속화학, 유기소재화학, 에너지화학, 바이오소재화학, 화학생물학, 생체분자물리화학
공통툴박스(3개)	▶ 화학연구튜토리얼, 화학정보활용, 화학영어논문작성법
전문툴박스(5개)	▶ NMR실험기법, 유기분광학, 첨단기기활용및제어, 분자모델링및시화학, 질량및결정분석
커뮤니케이션(5개)	▶ 세미나(I), 세미나(II), 과학의사소통(I), 과학의사소통(II), 최신화학논제토론
논문	▶ 논문연구

d. 주요 신설 교과목

과목명	강의 개요
생체분자물리화학 (융합)	▶ 물리화학적 관점에서 생명체를 구성하고 있는 분자들의 성질과 거동을 설명한다. 이론적인 모형들과 실험적 기법을 모두 다루고자 한다.
화학생물학 (융합)	▶ 조합화학, 화합물 라이브러리 스크리닝, 화학유전체학, 합성생물학, 생체직교화학을 비롯한 화학생물학 연구의 최신 트렌드를 다루고자 한다.
유기소재화학 (융합)	▶ 유기 태양전지(Organic Solar Cell), 유기전기발광 디스플레이(Organic Light-Emitting Display), 유기트랜지스터(Organic Transistor) 등을 활용한 다양한 전자 소자의 작동 원리와 소재의 설계 전략을 이해한다. 또한 반도체 초미세 패터닝의 핵심 소재인 포토레지스터의 기작 원리와 EUV 포토레지스트용 소재의 개발 설계 전략과 연구 동향을 파악한다.
분자모델링및시화학 (전문통박스)	▶ 컴퓨터를 이용하여 분자를 모델링할 수 있는 여러 기법을 배운다. 전자구조 계산 방법론과 분자동역학, 몬테카를로 기법을 다루고, 나아가 최근 각광 받고 있는 머신러닝 기반 방법론도 논의한다.
표면유기화학 (분야심화)	▶ 자기조립단분자막, 생체모방박막, 기능성 고분자 brush 등을 특정 표면에 도입할 수 있는 코팅법을 학습하고 이와 관련된 다양한 응용 연구에 대해 알아본다.
주족원소무기화학 (분야심화)	▶ 주기율표의 p-구역에 위치한 붕소, 탄소, 규소, 저마늄 등의 원소들에 대한 화학적 성질과 반응성을 학습한다. 이를 통해 학생들은 주족원소의 특성과 활용 가능성을 이해하고, 현대 화학 및 산업 분야에서의 역할을 파악할 수 있다.
생체유기화학 (분야심화)	▶ 탄수화물, 아미노산, 지방, 핵산, 조효소 및 효소의 대사 및 생합성 과정을 분자 수준에서 강의한다. 더불어, 천연물 생합성 경로에 대해서도 다룬다.
최신화학연구동향 (분야심화)	▶ 현대 화학 연구의 흐름과 이에 대한 이해를 제공한다. 이를 통해 학생들은 화학 분야의 최신 동향을 파악하고 새로운 지식을 습득하며, 연구에 대한 시야를 넓힐 수 있다.

e. 주요 개선 교과목

과목명	개선점
질량및결정분석 (전문통박스)	▶ 기존 '질량분석및응용' 교과목은 한학기 동안 질량분석에 대하여 학습하는 교과목이다. 학생들에게 더 다양한 구조분석 방법을 제공하기 위해 '질량및결정분석'과목으로 개편하여 X선 단결정 구조 분석 내용을 추가할 계획이다. 이를 통해 학생들은 추가적으로 유기 및 무기 화합물의 입체 구조분석을 위한 단결정 X선 결정학에 대하여 배우고 실제 데이터로부터 입체구조를 얻는 과정을 실습한다.
화학연구튜토리얼 (공동통박스)	▶ 기존 '융합화학튜토리얼'에서 다루었던 연구분야를 균등하게 확장하고자 '화학연구튜토리얼' 과목으로 개편하고자 한다. 학과 교수들이 참여하여 분야별 핵심 원리와 연구 방법론을 강의하고, 각 수강생은 지도교수 외의 교수 한 명을 선택하여 도제식으로 해당 교수의 전문 분야에 대해 집중적으로 공부한다. 이를 통하여 최신 분자소재 연구 및 개발에 사용되는 여러 지식을 포괄적으로 습득하는 한편, 각 학생의 연구 관심사에 맞는 지식을 심도 있게 학습할 수 있다.

f. 커뮤니케이션 교과목 운영

과목명	과정	내용
세미나(I)	석사	▶ 연구 분야 소개: 특정 연구 주제를 선정하여, 타 전공 분야 학생들에게 이해시키기 위한 PPT 작성법 및 연구 구두 발표법에 초점을 둔다.
세미나(II)	석사	▶ 융합 분야 세미나: 공동의 연구 주제를 선정하여 발표하도록 한다. 서로 다른 연구실에 소속된 학생들끼리 팀을 구성하여, 타 분야에 대한 이해를 유도할 수 있도록 운영한다.
과학의사소통(I)	박사	▶ 연구 발전 과정: 본인 연구 주제의 형성 과정 및 동향을 분석하고, 앞으로의 연구 방향성에 대해 논의한다.
과학의사소통(II)	박사	▶ 최신 연구 동향 분석: 본인 연구 주제 이외에 현재 유행하고 있는 연구 주제, 향후 지속성 여부, 본인 연구와의 관련성을 독립적으로 분석한다.
최신화학논제토론	석/박사	▶ 산업 및 사회 문제와 관련된 주제를 선정하여 한 학기 동안 학생 주도로 개인 및 팀 토론 수업을 진행한다.

- 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.
- 연구 분야별 자유로운 토론이 가능한 환경을 조성하기 위해 최신화학논제토론 교과목을 운영하고자 한다.

(5) 교육과정 실적 분석을 통한 향후 추진계획

- a. 교육과정 전체 계획 대비 실적이 원활하게 이루어지고 있으며, 현행 제도를 유지할 계획이다.
- b. 개편된 주요 교과목은 아래와 같이 운영될 예정이다.

과목명	강의 개요
생체분자물리화학 (이상학) (2024학년도 2학기 운영중)	물리화학적 관점에서 생명체를 구성하고 있는 분자들의 성질과 거동을 강의한다. 이론적인 모형들과 실험적 기법을 모두 소개하며 이해시킨다.
주족원소무기화학 (김영석) (2024학년도 2학기 운영중)	주기율표의 p-구역에 위치한 붕소, 탄소, 규소, 저마늄 등의 원소들에 대한 화학적 성질과 반응성을 강의한다. 이를 통해 학생들은 주족원소의 특성과 활용 가능성을 이해하고, 현대 화학 및 산업 분야에서의 역할을 파악할 수 있도록 한다.

- 화학연구투토리얼, 화학정보활용, 화학영어논문작성법은 매년 1번 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
2023년 9월	후기모집	석사 5명	
	후기 외국인 특별전형	박사 4명	
	학석(박)(통합)연계과정	석사 6명	
2024년 3월	특차모집	석사 10명	
	전기모집	석사 14명, 박사 3명	
	전기 외국인 특별전형	박사 5명	
	학석(박)(통합)연계과정	석사 6명	

앞으로도 국내·외 우수 인재를 다양한 경로를 통해 모집할 예정이며, 2024학년도 9월에는 아래와 같이 석사 19명, 박사 7명, 통합 1명이 입학하였다.

입학 시기	전형	학생 수	비고
2024년 9월	후기모집	석사 10명, 박사 2명	학·연협동과정 2명 포함
	후기 외국인 특별전형	박사 4명, 통합 1명	
	학석(박)(통합)연계과정	석사 8명	학·석사 8명
	GKS 정부초청	석사 1명, 박사 1명	

(2) 학위 취득 기준 개선

- a. 기존 지필고사 성격의 ‘종합전공시험’을 폐지하고, 대신 연구의 진척 상황을 평가할 수 있는 ‘연구중간보고서’를 제출하도록 하였다.
- b. 대학원생이 지도교수를 선정하고 아래의 정규 교과목 및 비교과 프로그램을 이수한 경우에만 학위를

청구할 수 있다. 트랙별 이수제도는 아래와 같다.

- 공통필수: 화학정보활용(1과목), 연구중간보고서, 학위구두논문심사, 외국어시험
- 석사트랙1(현장친화형): 분야코어(1과목), 세미나(2과목), 논문연구(2과목), 융합/분야심화/툴박스 3개 이수, 비교과 프로그램(현장친화형 세미나 및 간담회 참석, 기기 활용 프로그램 참석, AI/바이오 겨울학교) 중 2개 이상 선택하여 이수
- 석사트랙2(난제해결형): 분야코어(2과목), 세미나(2과목), 논문연구(2과목), 화학연구튜토리얼 이수, 학술대회 구두나 포스터 발표, 비교과 프로그램(저명인사 초청 세미나, 신진연구인력 심포지엄, 교수 연구 발표회, 학교 간 심포지엄, 학생 주도 발표회, AI/바이오 겨울 학교) 중 매년 5회 이상 참석.
- 박사(난제해결형): 분야코어(3과목), 과학의사소통(2과목), 논문연구(3과목)*, 화학영어논문작성법, 공동지도교수제, 학술대회 구두발표 1건 이상, 비교과 프로그램(저명인사 초청 세미나, 신진연구인력 심포지엄, 교수 연구 발표회, 학교 간 심포지엄, 학생 주도 발표회, AI/바이오 겨울 학교) 중 매년 5회 이상 참석 *석박사과정인 경우 4과목

(3) 주도적 학사관리 및 인권/안전/윤리 교육

- 개강전 투트랙 교과과정 및 학사 제도 시스템에 관한 가이드북을 제공하고 학위청구 과정에 대한 Q&A 시간을 갖도록 하였다. 이를 통해 학생 스스로 트랙을 선택하고 해당 트랙을 운영할 수 있도록 장려하였다.
- 최근 1년간, 아래와 같이 신입생 집중 오리엔테이션을 실시하였다.

연번	시기	장소	담당교수	참석자 수
1	2024년 2월 15일	화학관 114호	김광선	39명
2	2024년 8월 9일	화학관 112호	김광선	24명

- 대학원생 공통으로 입학 전에 안전, 인권, 연구윤리 교육을 매 학기 시작 전에 시행하였다.

(4) 석사학위 청구자격

석사학위과정 대학원생이 학위청구 논문심사를 요구하기 위해서는 전국규모 이상의 학술대회에서 1편 이상의 논문을 발표하거나, SCIE 학술지에 1편 이상의 논문을 발표해야 한다. 논문은 학위청구논문심사결과 제출일까지 별쇄본으로 출간된 것만 인정한다.

(5) 박사학위 청구 자격

박사학위과정 대학원생이 학위청구 논문심사를 요구하기 위해서는 SCIE 학술지에 제1저자로 2편의 논문을 발표하고 제1저자로 발표한 논문의 impact factor 지수 합이 3 이상이거나 혹은 SCIE 학술지에 제1저자로 발표한 논문의 impact factor 지수가 5 이상이어야 한다. 단, 지도교수가 제1저자인 경우 제2저자라도 제1저자로 인정한다. 공동 제1저자의 실적은 공동 제1저자의 수로 나누어서 계산한다. 논문은 학위청구논문심사결과 제출일까지 별쇄본으로 출간된 것만 인정한다. 또한, 필수 요건으로 국제/전국규모 학술대회에서 구두로 발표하거나 교내 학술대회에서 영어로 구두 발표를 해야 한다.

(6) 공동지도교수제 운영

- 석·박사통합/박사과정 학생의 경우 학생 개인별로 공동지도교수를 2인 이상(지도교수 포함) 선정하게 하여 학위과정 동안 다양한 관점에서 멘토링을 지원받을 수 있게 하였다.
- 공동지도교수는 학생이 원하는 지도교수와 면담을 통해 직접 선정하였다.
- 2023학년도 2학기 34명과 2024학년도 1학기 38명의 석박통합/박사과정 학생이 공동지도교수를 선정하였다(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		무기화학	분석화학(남기민)
2	석사		생화학	물리화학(최정모)
3	석사		유기화학	생화학(이영주)
4	석사		유기화학	생화학(이영주)
5	박사		유기화학	분석화학(남기민)
6	박사		분석화학	생화학(김광선)
7	박사		분석화학	생화학(김광선)
8	석사		유기화학	생화학(김광선)
9	박사		생화학	물리화학(최정모)

앞으로도 융합연구 추진을 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) 현장친화형 세미나

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

프로그램명	사례
산업체 관련 세미나	한수봉 박사(한국화학연구원), 이태재 박사(나노종합기술원), 박영일 박사(한국화학연구원)
졸업생 초청 간담회	김아람(학부 05학번, 석사 10학번, 박사 12학번, 한국재료연구원), 홍창현(학부 13학번, 석사 20학번, 한국전력공사)

(2) 저명인사 초청 세미나 및 학생주도 연사 초청

- ▶ 국내외 저명인사를 초청하여 세미나를 개최하고자 한다. 다양한 연구자들의 강연을 통해 대학원생과 신진연구인력에게 최신연구 동향을 전달하고자 한다. 또한, 연 1회 이상 학생들의 추천을 통해 저명인사를 초청하여 관심있는 연구분야에 대한 강연 및 간담회를 제공하였다.

프로그램명	사례
저명인사 초청 세미나 (45명 초청)	유태현 교수(아주대 응용화학생명공학과), 이창연 교수(인천대 에너지화학공학과), 한지연 교수(서울시립대 융합응용화학), 손민주 교수(POSTECH 물리학과), 이호재 교수(한림대 화학과), 강경태 교수(경희대 응용화학), 한수봉 박사(한국화학연구원), 강호웅 교수(충북대 화학교육과), 이정규 교수(경북대 화학과), 김용주 교수(고려대 KU-KIST 융합대학원), 이태재 박사(나노종합기술원), 권태진 교수(제주대 화학코스메틱스학과), 유승준 교수(GIST 신소재공학부), 변혜령 교수(KAIST 화학과), 임종우 교수(서울대 화학부), 최창혁 교수(POSTECH 화학과), 조한희 교수(UNIST 신소재공학부), Prof. Hideki Yorimitsu(Kyoto University), Prof. Gavin Chit Tsui(The Chinese University of Hong Kong), 이영준 박사(UC San Diego), 배대영 박사(University of Illinois Urbana-Champaign), 신혜영 교수(충남대 에너지과학기술대학원), 김민호 교수(경희대 응용화학), 김병선 교수(경상대 화학교육과), Prof. Amitava Das(IISER), 박영일 박사(한국화학연구원), 박명환 교수(충북대 화학교육과), Prof. Frederick G. West(University of Alberta), 김보성 교수(고려대 디스플레이반도체물리학과), 성봉준 교수(서강대 화학과), 변재철 교수(연세대 신소재공학부), 이택호 교수(부산대 화학교육과), 유재훈 교수(서울대 화학교육과), Prof.

Ye Zhu(National University of Singapore), 이선우 교수(전남대 화학과), Prof. Qiuming Yu(Cornell University), Prof. Shaoyi Jiang(Cornell University), 김태윤 교수(Purdue University), 이영복 교수(한양대 화학분자공학과), 하지원 교수(울산대 화학과), 김현석 교수(충남대 화학과), Prof. David Mecerreyes(University of the Basque Country), 최웅 교수(경상대 에너지공학과), Prof. Jeffrey E. Dick (Purdue University), 박충일 교수(강원대 기계의공학·메카트로닉스공학과)

(3) AI/바이오 겨울 학교

- ▶ 본 교육연구단의 주력 분야와 밀접하게 연결되고, 최근 학계에서 널리 관심을 받고 있는 인공지능 및 첨단 바이오 분야의 동향을 익히기 위해 연 1회 이상 겨울 학교를 개최한다. 외부 전문 인력을 초청하여 진행하였고, 단순한 이론 강의보다는 학생들이 연구 방법론을 직접 체험해 볼 수 있는 기회를 최대한 제공하고자 하였다. 최근 1년간 운영한 프로그램은 아래와 같다.

연번	연사 성명 (소속)	일시	주제
1	이준석 교수(고려대 의과학과)	2024년 1월 25일	Understanding of bioactive molecules

(4) 분자소재 전문인력 간담회

- ▶ 최신화학연구 및 화학산업 동향을 소개할 수 있도록 다양한 소속에서 활동하는 전문인력을 초청하였다. 간담회를 진행하여 학생들의 진로 설계에 도움을 주었다.

프로그램명	사례
간담회(12회)	이창연 교수(인천대 에너지화학공학과), 한지연 교수(서울시립대 융합응용화학), 손민주 교수(POSTECH 물리학과), 이호재 교수(한림대 화학과), 강경태 교수(경희대 응용화학), 한수봉 박사(한국화학연구원), 강호웅 교수(충북대 화학교육과), 김용주 교수(고려대 KU-KIST 융합대학원), 박명환 교수(충북대 화학교육과), 성봉준 교수(서강대 화학과), 이선우 교수(전남대 화학과), 김현석 교수(충남대 화학과)
졸업생 초청 간담회	김아람(학부 05학번, 석사 10학번, 박사 12학번, 한국재료연구원), 홍창현(학부 13학번, 석사 20학번, 한국전력공사)

- (5) 현재 연구단에서 수행하고 있는 신진연구인력 심포지엄, 교수 연구 발표회, 학교간 심포지엄, 학생주도 발표회, 기기활용 교육 프로그램 등은 아래와 같다.

프로그램명	행사명	일시	발표자
신진연구인력 심포지엄	The 5th Postdoctoral Research Symposium	2023년 12월 1일	신진연구인력 5명 (Manjiri A. Mahadadalkar, Himani Bisht, Sandeep Kondipati, Ashwini Kumar Rawat, Alope Bapli)
교수 연구 발표회	연구로 만날 사이	2023년 9월 7일	박진균 교수
		2024년 3월 14일	남기민 교수
학교간 심포지엄	2024 SKKU-PNU BK21 Four Joint Symposium	2024년 2월 22일	성균관대 4명, 부산대 4명(김지현, 최혜민, 박준용, 이수진)
		2024년 8월 26일	성균관대 4명, 부산대 4명(아차나, 박수빈, 우스만 칼리드, 마두수다나)
학생주도 발표회	The 6th Chemistry Fair	2023년 10월 31일	구두 발표: 13명 (김한빈, Babu Sathyan, 김규빈, 구다현, 노현주, 조현범, 김성혜, Sri Charan Reddy, 윤호정, 김소란, 홍유빈, 이정민, 김태준), 포스터 발표: 34명
기기활용 교육 프로그램	SEM & EDS, 형광분광계, FT-IR Spectrometer		

(6) 비교과 프로그램 실적 분석을 통한 향후 추진계획

비교과 프로그램의 목표를 모두 달성하였다. 앞으로도 현재 운영되고 있는 비교과 프로그램을 활성화하여 유지할 계획이다.

라 국제화

(1) 영어논문 작성법 체계화

정규교과목 운영: 현재 교육연구단에서 운영되고 있는 화학영어논문 작성법을 정규 교과목으로 개설하여 2023학년도 2학기(화학영어논문작성법; 담당교수: 최정모)에 운영하였다(II-1.1.3-가. 참조).

(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 21건, 구두 3건).

연번	학회명	일시	발표 형식(학생명)
1	74th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry	2023년 9월 3일	구두: 1명(김경호)
2	The Electrochemical Society 244th meeting	2023년 10월 8일	구두: 1명(권태성)
3	3rd Internation Conference on Carbon Chemistry and Materials	2023년 10월 23일	포스터: 1명(유찬웅)
4	2024 Pittcon	2024년 2월 24일	포스터: 4명(이혜령, 오민화, 이동훈, 정현진)
5	The 7th International Workshop on UV Materials and Devices	2024년 6월 2일	포스터: 1명(Usman Khalid)
6	The 22nd International Meeting on Lithium Batteries	2024년 6월 16일	포스터: 3명(Aditya Ranjan Pati (우수포스터상), Sri Charan Reddy, Madhusudana Koratikere Srinivasa)
7	International Conference on Science and Technology of Synthetic Electronics Materials 2024	2024년 6월 23일	포스터: 3명(변준경, 박선이, 김대엽)
8	The 14th International Conference on Heteroatom Chemistry	2024년 7월 14일	포스터: 2명(이민지, 박수빈)
9	5th International Conference on Bioinspired and Zwitterionic Materials	2024년 7월 29일	포스터: 2명(정재훈, 홍유빈(우수 포스터상))
10	ACS FALL 2024	2024년 8월 18일	구두: 1명(박수호), 포스터: 2명(엄유곤, 최종두)

(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, 최근 1년간 Chemistry Fair 1회를 아래와 같이 개최하였다.

연번	행사명	일시	장소	주요 내용
1	The 6th Chemistry Fair	2023년 10월 31일	화학관 112호, B101호	13명 영어 구두발표

다음 Chemistry Fair는 2024년 10월 30일에 개최할 예정이다.

(4) 우수한 학생들과 관련 전공의 해외 저명 학자를 연결하여 연구 및 학업에 대한 멘토링 관계를 구축할 수 있는 공동지도교수 프로그램을 운영한다.

해외 기관(국가)	공동 지도 교수	참여 학생	공동연구내용
National Institute of Standards and Technology (미국)	Young Jong Lee	이진민	▶ 용매 억제화된 적외선 분광법을 활용한 단백질 상호 작용 연구

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

(6) 해외 우수기관 단기 파견 및 교류

▶ 대학원생을 해외 우수 기관에 파견하여 새롭게 정립하고 있는 분야에 대해 스스로 학습하고 공동연구를 추진할 수 있는 기회를 제공하고 있다.

해외 기관(국가)	일시	참여 학생	공동연구내용
The Hong Kong University of Science and Technology(홍콩)	2024.4.8~2024.5.3	강민채	▶ 운동 단백질의 움직임을 관찰하는 실험 기술
Oregon State University(미국)	2024.4.30~2024.7.27	Dzhaparova Alina	▶ 플래티넘 촉매 ipso-아릴 이동의 Diels-Alder 반응 메커니즘에 대한 계산화학분석
University of Colorado(미국)	2024.8.3~2024.8.17	엄유곤	▶ 세포 내 생체 분자 합성 기술

(7) 국제화 실적 분석을 통한 향후 추진계획

국제 학술대회 발표 목표는 연 30회로 향후 온/오프라인으로 진행되는 국제학회를 적극적으로 활용하여 학생들의 국제 학술대회 발표 사례를 늘려나갈 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)

대학원생 및 신진연구인력 주도로 실험실별 안전 매뉴얼을 동영상으로 제작(14건)하도록 하고, 이를 홈페이지를 통해 공개하고 있다.

(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	2023학년도 2학기(온/오프라인)
			2024학년도 1학기(온/오프라인)
2	윤리 실무 교육	연구윤리 및 연구관리	2023학년도 2학기(온라인)
			2024학년도 1학기(온라인)
		생명윤리	2023학년도 2학기(오프라인)
			2024학년도 1학기(오프라인)

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

(1) 교수별 연구 주제를 고려한 교과목 (필수 / 권장)

	교과목	고민섭	김광선	김영석	남기민	박강현	박진균	양해식	유현덕	이상학	이영주	정옥상	최정모	홍대화	황도훈
분야 코어	고등물리화학									필수			필수		
	고등유기화학	필수		권장			필수				권장			필수	필수
	고등무기재료화학			필수	권장	필수						필수			
	고등분석화학				필수			필수	필수						
	고등생물화학	권장	필수								필수		권장		
분야 심화	양자화학									필수			권장		
	현대분광학	권장								필수			권장		
	천연물입체화학	권장					필수								
	생체유기화학	필수									필수		권장		권장
	표면유기화학	권장			권장									필수	권장
	배위화학			필수		권장						필수			
	주족원소무기화학														
	무기나노촉매화학		권장	권장	권장	필수									
	전기화학				필수	권장		필수	필수						
	단백질생화학	권장	필수						권장	필수		권장			
	RNA생화학	권장	필수							필수					
	생체막생화학		권장												
	무기합성및유기금속화학		권장	필수	권장	권장						필수			
융복합	유기소재화학													필수	필수
	바이오소재화학	필수	권장					필수						필수	
	에너지화학				필수	권장			필수						권장
	생체분자물리화학	권장							필수			필수	필수		
	화학생물학	필수	권장							필수			권장		
	화학생물학										필수				
전문 툴박스	NMR실험기법	필수		권장		권장	필수							필수	필수
	유기분광학	권장		권장			필수				권장			필수	필수
	첨단기기활용및제어		필수			권장			필수	권장					
	질량및결정분석			필수											
	분자모델링및AI화학	권장	권장	권장	권장					필수	권장		필수		권장

- ▶ 연구단의 실험실별 연구 주제 및 교과목 수요를 위와 같이 파악하여 분야심화/융합/전문툴박스 교과목의 편성 및 운영에 반영하고자 한다. 이를 토대로 각각의 대학원생은 개인의 연구 주제와 연관성이 높은 교과목을 다양하게 수강할 수 있으며, 타 분야를 이해하기 위해 이수해야 할 교과목을 구체적으로 알 수 있다.

(2) 교육과 연구의 선순환을 고려한 교과목 개편(2024학년도 2학기 개편)

- ▶ **화학연구튜토리얼:** 실험실별로 수행하고 있는 연구 주제를 소개하고 이와 연관된 핵심 이론 및 기초 화학 지식을 학생들에게 전달하여 본인 연구실 이외에 다양한 연구 분야를 이해할 수 있는데 도움을 주고자 한다. 각각의 강연을 동영상으로 편집하여 업로드하여 활용하였다.
- ▶ **최신화학논제토론:** 학생들이 연구를 진행하면서 직면하게 되는 난제 및 문제점들을 파악하고 이를 해결하기 위해 다양한 실험실 대학원생과 의견 교류를 자유롭게 나눌 수 있는 토론식 수업을 운영하고자 개편하였다.
- ▶ **툴박스 교과목:** 전통적인 이론식 강의 이외에 화학과 대학원생이 연구 수행을 주도적으로 수행하기 위해 필요한 공통툴박스(화학연구튜토리얼, 화학정보활용, 화학영어논문작성법)와 전문툴박스(NMR실험기법, 유기분광학, 첨단기기활용및제어, 분자모델링및AI화학, 질량및결정분석) 교과목을 편성하여 운영

하고자 개편하였다.

(3) 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(2023.9.1.~2024.8.31.)의 실적 및 향후 계획은 아래와 같다.

연번	교수명	일시/장소
1	박진균(유기화학)	2023년 9월 7일/화학관 112호
2	남기민(분석화학)	2024년 3월 14일/화학관 B101호
3	우상국(유기화학)	2024년 9월 12일/화학관 B101호

(4) Chemistry Fair(연 1회 달성)

대학원생의 발표력과 실험실 간 교류 활성화를 위해 학과 내 학술대회인 Chemistry Fair를 개최하였다 (The 6th Chemistry Fair; 일시: 2023년 10월 31일; 장소: 화학관 112, B101호). 총 204명이 참여하였으며, 이 중 13명이 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 참여하고 있다. 차기 프로그램(The 7th Chemistry Fair)은 2024년 10월 30일에 개최될 예정이다.

(5) Postdoc 심포지엄 운영(연 1회 달성)

신진연구인력 사이의 연구 교류 문화를 활성화하고, 신진연구인력의 연구 경험을 대학원생에게 전달하였다. (The 5th Postdoctoral Research Symposium; 일시: 2023년 12월 1일; 장소: 화학관 112호). 5명의 신진연구인력(Manjiri A. Mahadadalkar, Himani Bisht, Sandeep Kondipati, Ashwini Kumar Rawat, Alope Bapli)이 각자의 연구 전문 분야에 대해 영어구두 발표를 하였으며, 상호간의 연구 지식을 공유하였다. 차기 프로그램(The 6th Postdoctoral Research Symposium)은 2024년 11월 29일에 개최될 예정이다.

(6) 타 대학교와 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 성균관대학교와의 공동 심포지엄을 아래와 같이 분과별로 운영하였다.

행사명	일시	장소	분야	참여자
7th SKKU-PNU BK21 Four Joint Symposium on Physical Chemistry	2024년 2월 22일	화학관 B101호	생/분석	성균관대 4명, 부산대 4명(김지현, 최혜민, 박준용, 이수진)
8th SKKU-PNU BK21 Four Joint Symposium on Physical Chemistry	2024년 8월 26일	성균관대	무기	성균관대 4명, 부산대 4명(Arumugam Natarajan Archana, 박수빈, Usman Khalid, Madhusudana Koratikere Srinivasa)

(7) 실적 분석을 통한 향후 추진계획

당해연도 기간 동안 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. 정기적으로 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	달성 방안
자기주도	주도적인 학사관리	▶ 투트랙 교과과정에 대한 가이드북 제공(2회)
	토론 및 문제 해결 수업 운영	▶ 세미나, 과학의사소통, 최신화학논제토론 개편
융합 및 협업	교수간 연구분야의 이해도 증진	▶ 화학연구튜토리얼을 통한 교수별 연구 강연(11개의 동영상)
	융합교과목의 전문성 및 체계성 강화	▶ 전문성에 기반한 융합 및 전문 교과목 개편
정보활용	화학정보활용 교과목의 범용성 확대	▶ 수요조사를 통한 화학정보활용 프로그램 개편
	연구 수행을 위한 교과목 개발	▶ 공통툴박스 3개, 전문툴박스 5개 편성 및 운영
국제화	글로벌 리더 양성	▶ 화학영어논문작성법 정례화(운영), 해외 기관 파견(3회)
	외국인 유학생 지원	▶ 영문 홈페이지 개편, 영문 교육과정/학사관리
안전/연구 윤리 교육	실험실 사고 예방 및 연구윤리 강화	▶ 학과 홈페이지를 통한 교육 자료 제공 ▶ 주기적인 안전/윤리 실무 교육(6회)

1.1.4 전임교수 대학원 강의 계획 대비 최근 1년간(2023.9.1.~2024.8.31)의 실적

가 전임교수 대학원 강의 계획

분류	연도	2024-2026학년도 전임교원 강의 개설 예정 교과목	
		1학기	2학기
분야코어	매년	고등물리화학, 고등무기재료화학, 고등유기화학	고등생물화학, 고등분석화학
공통툴박스	매년	화학연구튜토리얼, 화학정보활용	화학영어논문작성법
커뮤니케이션/논문	매년	세미나(II), 과학의사소통(II), 논문연구	세미나(I), 과학의사소통(I), 논문연구
융합	2024	바이오소재화학, 에너지화학	유기소재화학
	2025	무기합성및유기금속화학, 화학생물학	생체분자물리화학
	2026	바이오소재화학, 에너지화학	유기소재화학
분야심화	2024	전기화학, 표면유기화학, 천연물입체화학	주족원소무기화학, 생체막생화학, 생체유기화학
	2025	전기화학, 배위화학, 양자화학, RNA생화학	현대분광학, 무기나노촉매화학, 단백질생화학
	2026	전기화학, 표면유기화학, 천연물입체화학	주족원소무기화학, 생체막생화학, 생체유기화학
전문툴박스	2024	NMR실험기법	유기분광학, 분자모델링및시화학
	2025	NMR실험기법, 질량및결정분석	유기분광학, 첨단기기활용및제어
	2026	NMR실험기법	유기분광학, 분자모델링및시화학

나 전임교수 대학원 강의 실적 및 운영

(1) 본 교육연구단 참여교수를 포함한 학과 교수진은 2024년 1학기부터 위에 정리된 표를 근거하여 교과목을 순차적으로 개설하여 운영하고 있다. 크게 6가지로 개설 교과목으로 분류하였고 모든 교과목은 전임교원이 아래와 같이 100% 강의하였으며, 2024학년도 2학기도 100% 운영될 예정이다.

연도	학기	개설 교과목명	과목수 (전임교원 비율)
2023	2	고등분석화학, 고등생물화학, 세미나(I), 유기소재분석화학, 고등유기화학특론, 융합나노·촉매화학, 표면및구조분석, 화학영어논문작성법, 과학의사소통(I), 논문연구	10 (100%)
2024	1	고등물리화학, 고등유기화학, 과학의사소통(II), 세미나(II), 융합화학튜토리얼, 전기화학, 고등무기재료화학, 화학정보활용, NMR실험기법, 논문연구	10 (100%)

논문연구는 1개 교과목으로 계산하였으나, 실제로는 전임 교수별로 개설하였다(2023학년도 2학기: 15개, 2024학년도 1학기: 16개).

(2) 분야코어과목 중에 고등물리화학, 고등무기재료화학, 고등유기화학은 매년 1학기에, 고등생물화학, 고등분석화학은 매년 2학기에 개설하여 운영하고 있으며, 앞으로도 연속 운영할 계획이다.

(3) 공통틀박스와목 중에 화학연구튜토리얼, 화학정보활용은 매년 1학기에, 화학영어논문작성법은 매년 2학기에 개설하여 운영하고 있다. 최근 1년간(2021.9.1.~2022.8.31.) 운영된 공통틀박스와목은 모두 팀티칭으로 운영하였다. 자세한 교과목 운영 사례는 아래와 같다.

연번	개설 시점	교과목명	팀티칭 참여교수 (또는 외부인사)
운영 완료	2023학년도 2학기	화학영어논문작성법	최정모, 김영석
	2024학년도 1학기	화학연구튜토리얼	김광선, 김영석, 고민섭, 박강현, 유현덕, 황도훈, 남기민, 박진균, 홍대화, 이영주, 최정모
		화학정보활용	홍대화, 이호재(한림대)

다 강의 실적 분석을 통한 향후 추진계획

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

개설연도	학기	개설 교과목명	과목수 (전임교원 비율)
2024	2	고등분석화학, 고등생물화학, 생체막생화학, 생체분자물리화학, 생체유기화학, 유기분광학, 주족원소무기화학, 첨단기기활용및제어, 화학영어논문작성법, 세미나(I), 과학의사소통(II), 논문연구	12 (100%)

(2) 최신화학연구동향 및 최신화학논제토론 교과목은 학생들의 수요를 반영하여 교과목을 담당하는 교수 외에 전공별 전임교원이 탄력적으로 담당하여 운영할 계획이다.

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

1.2.1 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 교과목 현황 및 운영 계획



가 과제별 교과 운영 계획 및 실적

(1) 신성장 동력 확보를 위한 교과 운영(인공 효소/촉매)

- ▶ 천연물입체화학: 천연물 전합성 과정 중의 입체 선택적 합성법을 이해시키고 여러 작용기가 함께 있을 때 선택적, 효율적 반응을 유도하는 촉매의 원리를 교육한다. 유기 촉매를 이용한 비대칭 합성 전문 인력 양성을 목표로 한다.
- ▶ 무기나노촉매화학: 나노입자에서의 촉매 반응에 대한 강의로, 그들의 합성과 응용 모두를 다룬다. 나노리액터 촉매, C-C 결합 반응에서의 Pd 나노입자, 금속염 기반 금 나노촉매, 금속 나노촉매에 대한 이론적 통찰 등을 강의하고 있다.
- ▶ 무기합성및유기금속화학: 기본 메커니즘, 구조-반응 상관관계, 유기합성에서의 응용을 중점으로 하면서, 유기전이 금속 중의 중요한 변환을 다룬다.
- ▶ 고등분석화학: 촉매 반응이 일어나는 완충용액의 작동원리 및 제조법, 산화환원 효소 반응, 촉매 반응에서 에너지 준위에 따른 전자의 이동 메커니즘, 인공 효소/촉매의 반응속도 및 반응 메커니즘을 강의한다. 인공 효소/촉매 반응에 관한 전반적인 작동 원리를 이해하는 인력 양성을 목표로 하였다(2023학년도 2학기 개설; 담당 교수:양해식).
- ▶ NMR실험기법: 생/유기 분자의 구조를 분석하는 능력을 함양하기 위해 NMR의 원리를 교육하고 분

교육연구단이 보유하고 있는 NMR 장비를 활용하여 구조 분석을 실습하였다(2024학년도 1학기 개설; 담당 교수: 김석만).

- ▶ 유기분광학: NMR 기법과 더불어 복잡한 생·유기 분자의 구조를 분석할 수 있는 다른 실험기법(질량분석, 흡광분석)을 교육하고, 학과 내에 보유한 장비를 활용하여 실습하고 있다.
- ▶ 질량및결정분석: 원소 분석, 유기 분자와 생체 분자의 분자량 결정, 고체표면 분석, 생체분자의 구성 성분 분석을 위해 널리 사용되고 있는 질량분석법의 원리와 응용 예를 소개한다.

(2) 지속 가능한 환경 구축을 위한 교과 운영(이차전지, 수소활용기술)

- ▶ 에너지화학: 에너지의 효율적인 변환 및 저장은 휴대용 전자기기, 전기차 등에 직접 적용 가능하므로 산업적으로 매우 중요하다. 에너지의 변환 및 저장을 위한 전기화학의 기본 지식과 연료전지, 배터리, 수전해 등 다양한 에너지 변환/저장 장치의 화학적 원리를 강의한다.
- ▶ 유기소재화학: 차세대 태양전지의 핵심 소재인 유기태양전지의 소자 구조, 작동 원리 및 분자 설계 방법론을 다룬다. 또한, 전기 및 광 물성 고분자 소재의 산업적 응용 현황을 소개하고 있다.
- ▶ 전기화학: 전기화학에 필요한 기초회로이론 및 전위의 개념에 대해서 다루고, 전기화학분석에 사용하는 시간대전류법, 순환 전압-전류법에 대해서 다룬다. 용액 속의 물질의 농도를 측정하는 전기화학 센서의 원리를 다룬 뒤 실제 진단에 이용되고 있는 전기화학 기기 및 바이오센서에 대해서 강의하였다(2024학년도 2학기 개설; 담당 교수: 양해식).
- ▶ 고등무기재료화학: 에너지 저장 및 전환, 촉매, 환경 오염원 제거에 관련된 기술의 기본이 되는 무기 및 재료화학 연구의 개념을 이해시키는 것을 목표로 무기재료화학의 이론 및 연구 트렌드를 소개하였다(2024학년도 1학기 개설; 담당 교수: 김영석).
- ▶ 주족원소무기화학: 수소 및 주기율표의 p-구역에 위치한 붕소, 탄소, 규소, 저마늄 등의 원소들에 대한 화학적 성질과 반응성을 학습하는 과목을 신설할 예정이다. 이러한 원소들은 이차전지, 배터리 등 다양한 산업 분야에서 활용되며 지속 가능한 환경 조성에 중요한 역할을 한다.
- ▶ 배위화학: 배위화학은 연료 전지, 배터리 및 초전도체와 같은 고성능 에너지 저장 및 전환 솔루션의 연구 및 개발에 기여할 수 있다. 기본 개념인 배위 결합 이론, 결정장 이론, 리간드장 이론, 전이 금속 복합체, 구조와 스펙트럼, 금속 복합체의 반응을 다룬다.
- ▶ 분자모델링및AI화학: 에너지 저장, 촉매 설계 및 재료 최적화와 같은 지속 가능한 환경 구축에 필수적인 주제의 이론적 메커니즘을 제공하는 것이 이 강좌의 목표이다. 전자구조계산방법론, 분자동역학 기법, 머신러닝 기반 방법론 등 분자를 모델링할 수 있는 여러 기법에 대해 이론 강의와 실습을 동시에 진행한다.
- ▶ 첨단기기활용및제어: 유기 전지 소재 및 촉매 합성물의 성분과 구조를 분석할 수 있는 기기 활용을 위한 교과목을 구성하였다. 구조/표면/형상 분석을 위한 전자현미경, X선 회절기, 분광기, 입도분석기, 전기화학기기, NMR, 질량분석기 등의 작동원리와 더불어 산업 및 연구 현장에서 기기를 컴퓨터와 연동하여 효율적으로 제어할 수 있는 LabVIEW 프로그램 활용법 팀티칭 형식으로 강의한다.

(3) 건강한 사회 건설을 위한 교과 운영(백신, 진단, 보건의료)

- ▶ 바이오소재화학: 고부가가치 바이오소재 합성 관련 이론과 응용에 대해 강의한다. 바이오소재를 생산하는 플랫폼 미생물 제작 이론 및 응용, 바이오재료 합성법 및 실생활에 응용되는 관련 최신 기술 동향, 바이오 고분자와 전기화학을 이용한 바이오센서 기술의 기초 이론과 최신연구 동향을 소개한다.
- ▶ 생체분자물리화학: 물리화학적 관점에서 생명체를 구성하고 있는 분자들을 탐구하여 기본 원리를 도출하고, 이를 질병 기전 연구, 약물 개발, 병원 분자 검출 등 의약 분야에 적용한 예를 탐구한다.
- ▶ 생체유기화학: 생체 반응의 유기화학과 이를 생물학 연구에 적용하는 내용을 전달한다. 생명 현상의 작동 원리를 분자수준에서 이해하여 백신, 바이오마커 및 센서, 치료제 개발에 직접 연결된다.
- ▶ 화학생물학: 화학생물학은 화학과 생물학 모두에 대한 이해를 바탕으로 질병 예방, 진단, 치료에 직접 기여할 수 있는 원천 기술을 제공하는 학문 분야이다. 분자 인식, 효소학, 분자 표지 및 이미징, 화학 유전학, 합성 생물학 등을 비롯한 화학생물학 연구의 핵심과 최신 연구 트렌드를 다룬다.
- ▶ 현대분광학: 라만 및 형광 분광법으로 단분자를 측정하는 기술을 활용하여 세포 이미징, DNA, RNA, 단백질

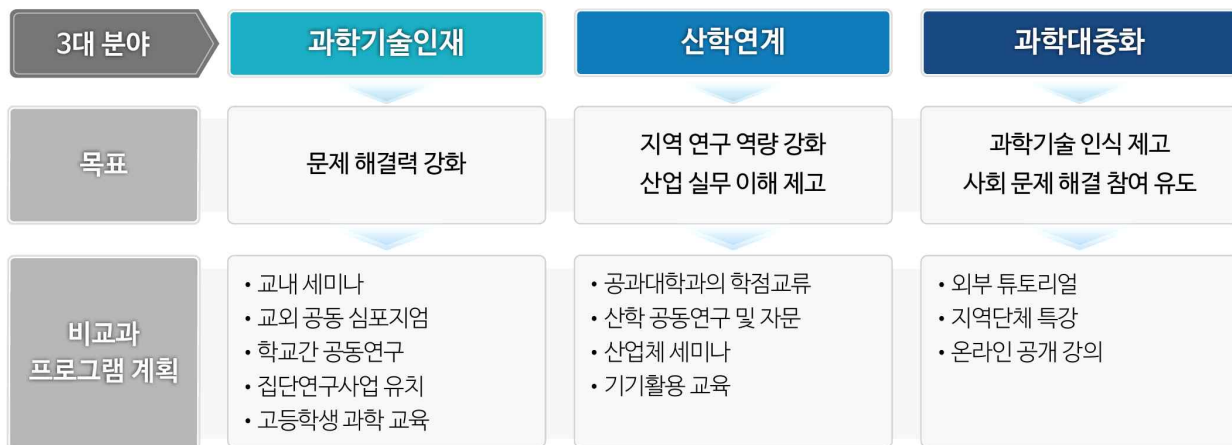
동역학 등의 최근 연구 방법론을 소개하고, 생물학 연구, 의학적 진단 등으로 활용되는 예를 소개한다.

- ▶ 고등생물화학: 백신 개발을 위한 기본적인 면역 반응 및 백신의 원리, 신개념 플랫폼에 대한 다양한 물질을 생화학적 관점에서 학습한다. 또한, 이를 바탕으로 생화학 응용 기법 및 분석에 대한 방법을 제시하여, 감염병에 대한 신개념 백신 개발 및 응용력을 키울 수 있게 한다.
- ▶ RNA생화학: 세포 내 생분자 물질인 RNA 분자의 생체 내 작동 원리를 설명하고, RNA 분자가 질병 치료 및 백신에 어떻게 활용될 수 있는지를 교육한다.

나 계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진계획

본 교육연구단이 추구하는 자기주도 협업형 분자소재 인력 양성의 방향은 위에서 제시한 (1) 신성장 동력 확보, (2) 지속 가능한 환경 추구, (3) 건강한 사회 건설의 3대 과제를 달성하기 위해 최신 화학의 연구 트렌드를 이해하고 관련 분야의 화학적 메타 지식을 갖추도록 하는 데 있다. 관련 전문 인력을 양성하기 위해 기존 교과과정을 2024학년도 2학기에 개정하여 운영 중이다(Ⅱ-1.1.3).

1.2.2 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 비교과 프로그램 현황 및 운영 계획



가 비교과 프로그램 운영 범위

본 교육연구단은 교육연구단 내 구성원뿐만 아니라 보다 넓은 범위의 분자소재 인력을 양성하기 위한 플랫폼을 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 본 교육연구단의 설립 배경에는 두 가지 주요한 목적이 있다. 첫째, 현대 산업 및 연구 분야에서 주목받고 있는 분자소재 분야의 전문가를 교육연구단 내에서 육성하려는 목적이 있다. 그러나 이것만으로는 충분하지 않다고 판단하여, 두번째로 교육연구단 내 구성원뿐만 아니라 산업계 연구원 및 일반 대중을 대상으로 교육 및 연구의 기회를 제공하려는 것이다. 이를 위해 본 교육연구단은 다양한 비교과 프로그램과 교육 커리큘럼을 개발하여, 학생뿐만 아니라 관련 분야의 전문가 또는 일반 대중에게도 분자소재 연구 및 교육의 선도적인 플랫폼을 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 결과적으로 우리나라의 분자소재 분야의 발전과 인재 양성에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

나 비교과 프로그램 운영 실적 및 계획

(1) 과학기술인재

- ▶ 학과 내 공동연구 세미나: 본 교육연구단 내 구성원들의 연구 경쟁력을 확보하고 협동 연구능력을 향상하고자, 학과 내 공동그룹 세미나를 지속해서 개최하고 있다.
 - 교육연구단 학과 내 전공 간 공동그룹 세미나(12건): 유기화학, 분석/전기화학, 생화학, 물리화학, 무기화학 등 본 교육연구단 내 모든 연구 분야의 연구팀이 공동연구 및 세미나를 진행하고 있다.
 - 기초연구실 사업(2건): 전기유기화학 분야 연구실(2019/09-2025/02; 양해식, 남기민, 박진균, 주정민), 물리유기화학 분야 연구실(2021/06-2024/02; 임만호, 이상학, 고민섭, 정나연) 사업을 진행하고 있다.

- ▶ 학교 간 공동연구 세미나: 본 교육연구단 내의 연구역량을 확장하기 위해 학교 간 공동연구 세미나를 정기적으로 운영하고, 필요한 교육 콘텐츠 정보를 공유하여 교과과정에 반영하고자 한다.
 - 학교 간 공동연구: 본 교육연구단 내 14개의 연구팀이 타 연구기관과 28건의 공동연구를 진행 중이다.
 - 부산대-성균관대 화학과 학생주도 BK 심포지엄: 본 교육연구단과 성균관대 교육연구단 사이의 학생 주도 BK 심포지엄을 연간 2회 개최하였다. 자기 주도 역량을 키우기 위해 행사 준비(좌장 선정 및 초록집 제작 등)는 대학원생 주도로, 국제화 시대에 맞추어 영어로 진행하고 있다(Ⅱ-1.1.5).
- ▶ 국제 공동연구 세미나: 본 교육연구단 구성원의 국제화 역량을 향상하고 세계적 연구 흐름에 발맞추기 위해 국외 선도 연구 그룹과의 공동연구(최근 1년간 10건) 및 세미나를 지속적으로 진행하고 있다(Ⅲ-3.1.4).
- ▶ 고등학생 과학교육: 화학 미래세대 양성 또한 본 교육연구단의 중요한 목표이다. 관련하여 매년 과학고 학생의 R&E 프로그램을 운영하고 있다.

(2) 산학연계

- ▶ 본 교육연구단은 산업체와의 공동연구 및 자문, 기기 활용 교육 프로그램, 4차 산업혁명/산업체 관련 세미나 및 간담회 개최를 지속적으로 진행하고 있으며 현재의 프로그램을 유지·확장하여 진행할 계획이다.
- ▶ 산업체와의 공동연구 및 자문: 다음과 같이 연구 관련성이 높은 산업체와의 공동연구 및 컨설팅을 통해 산업 현장의 수요 및 요청 사항을 파악하여 (비)교과 프로그램 운영에 반영하고 있다.

연번	업체명	참여교수	내용
1	경보제약	고민섭	히알루로니다제 정제법 개발 외 2건
2	MD 헬스케어	김광선	신규 백신 플랫폼 개발 논의 외 2건
3	링크플러스	박강현	친환경 바이오 소재 기술 자문 외 4건
4	LG화학	박강현	기술 자문 및 산학 연구 논의
5	한국필텍	박강현	기능성 필터 기술 자문
6	경보제약	박진균	연속흐름반응 기술 개발 외 3건
7	대전테크노파크	박진균	연속흐름반응 기술 강연
8	지앤아이솔루션	박진균	연속흐름반응 기술 논의
9	경보제약	박진균, 황도훈, 고민섭	유기합성 및 단백질 정제법 자문
10	아밀로이드솔루션	최정모	단백질 섬유화 시뮬레이션 관련 자문
11	영창케미칼	황도훈	반도체 설계와 합성에 관한 연구 협의

- ▶ 기기 활용 교육 프로그램: 산업 친화형 현장 실무 능력을 향상하기 위해 기기 활용 교육 프로그램을 다음과 같이 운영 중이며, 앞으로도 지속적으로 운영할 계획이다.
 - 동영상 교육자료 제작 및 공유: 대학원생 주도로 제작한 실험실별 주요 첨단기기 사용법(18건)을 학과 홈페이지에 업로드하여 공유하고 있다.
 - 기기활용 교육 프로그램: 교내 공동실험실습관 및 본 학과에서 운영 중인 기기에 대한 기기활용 교육프로그램을 5회 진행하였다.
- ▶ 인공지능/산업체 관련 세미나: 회사 및 연구소에 재직 중인 분자소재 전문가를 초청하여 최신 산업 동향에 관한 지식을 전달하고자 한다. 지난 1년간 전문가 초빙 세미나(3회), 졸업생 간담회(2회)를 진행하였다(Ⅱ-1.1.1).

(3) 과학대중화

- ▶ 지역 사회 대중화 교육에 기여할 수 있는 프로그램을 아래와 같이 운영하고 있다.
 - 온라인 공개 강의: 본 교육연구단은 일반 대중을 대상으로한 강의뿐만 아니라 전문 교과목 강의를 대중에게 공개하는 것을 장려하고 있다. 노벨상 수상자의 연구에 얹힌 일화와 관련 분야의 기초지식 및 연구 동향을 소개하는 ‘인물과학사’ (담당 교수: 박강현, 이상학) 강좌를 1회/2년 운영 중이다. 물리화학 전반에 대한 개념 설명을 하고 최신 연구 기법을 소개하는 ‘고등물리화학’ (담당 교수: 최정모) 강좌는 유튜브에 공개하여 관련 산업체 근무자 및 일반 대중도 쉽게 이용할 수 있게 하였다. 향후에도 대중 공개 강의 프로그램을 개발하여 대중 교육을 선도할 계획이다.

- 외부 튜토리얼 활동: 지난 1년간 본 교육연구단의 양해식 교수가 총 4건의 활동을 통해 전기화학의 대중화에 기여하였다(Ⅲ-2.1). 앞으로도 다수의 외부 튜토리얼에 적극적으로 참여하여 화학의 대중화에 기여할 계획이다.
- 기타 활동: 본 교육연구단은 지난 1년간 지역 단체 방문 및 특강(2건), 분자 소재 분야 자문 활동(4건), 화학 대중화를 위한 기고(4건)를 수행한 바 있으며 앞으로도 관련하여 적극적으로 활동할 계획이다(Ⅲ-2.1).

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.1 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

〈표 2-1〉 교육연구단(팀) 소속 학과(부) 참여대학원생 확보 및 배출 실적 (단위: 명)

참여대학원생 확보 및 배출 실적					
실적		석사	박사	석·박사 통합	계
확보 (재학생)	2023년 2학기	52	20	9	81
	2024년 1학기	59	23	6	88
	계	111	43	15	169
배출 (졸업생)	2023년 2학기	18	2		20
	2024년 1학기	9	3		12
	계	27	5		32

2.2 교육연구단(팀)의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

2.2.1 대학원생 확보, 배출 및 현황 분석

(1) 교수 1인당 6명의 학생 확보

- ▶ 본 교육연구단은 최근 1년 동안 학기 평균 약 85명의 참여대학원생을 확보하고 있다. 더불어, 32명의 졸업생을 배출하여 참여대학원생 확보와 배출이 선순환되고 있다. 2024년 2학기 기준 석사과정 72명, 박사과정 37명, 석·박사통합과정 11명을 포함하여 총 120명의 대학원생이 재학 중이다(교수 1인당 6.3명). 교육연구단 소속 14명의 교수의 경우 1인당 6.7명의 학생을 지도하고 있다. 이처럼, 한국대학교육협의회에서 발표한 합리적인 지도 학생 권장 비율인 교수 1인당 4~8명을 충족하며 교수 1인당 신입생을 연간 2~3명 유치하려고 했던 운영의 원칙이 충실히 이행되고 있다. 또한, 최근 이공계 대학원생 확보가 쉽지 않은 국내 여건에서도 본 교육연구단이 대학원생 확보를 위해 많은 노력을 기울였음을 보여준다.

(2) 박사과정생 유입을 통한 연구중심 사업단으로서의 경쟁력 확보

- ▶ 최근 1년 동안 확보된 참여대학원생 중에서 석사과정이 66%(111/169)이고, 박사과정이 25%(43/169)이며, 석·박사 통합과정이 9%(15/169)이다. 박사와 석·박사 통합과정생을 합치면 비율이 34%에 이른다. 최근 학생들이 지방소재 대학원 박사과정에 진학하는 것을 꺼림에도 불구하고 박사 및 석·박사 통합과정생의 비율이 높다는 점은 본 교육연구단이 높은 경쟁력을 보여준다.

(3) 지역 분자 소재 인력 양성의 거점

- ▶ 2024년 9월 현재 재학 중인 대학원생 120명의 출신학교 분포를 조사한 결과, 자교 출신자가 63명이고 타교 출신자가 57명이다. 타교 출신자의 경우 내국인이 33명이고 외국인인 24명이다. 내국인의 경우 영남 출신자가 28명이고 기타 지역 출신자가 5명이다. 자교생과 타교생을 합치면 대학원생 출신 지역 76%가 영남 지역에 집중되어 있다. 또한, 이 중에서 영남 소재 정부 출연 연구원의 학연 과정 학생은 6명이다. 즉, 본 교육연구단이 지역 분자 소재 인력 양성의 거점 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 앞으로

다칠 학령인구 감소에 대비하기 위해 높은 본교생 진학률을 유지하면서 우수 타교생과 외국인 유학생을 확보할 수 있는 본 교육연구단만의 전략이 요구된다.

2.2.2 우수 대학원생 확보를 위한 계획

01 대학원 입학 전	02 대학원 재학 중	03 학위 수여 이후
• 졸업논문, 랩 인턴 제도 • 랩로테이션 • 연구단 내 심포지엄 참여 - Chemistry Fair - 연구로 만날 사이 - PNU Visiting Day • 소개집/홈페이지에서 정보 획득	• 대학원 동아리를 통한 멘토링 • 공동지도교수 제도 • 연구단 내 심포지엄 참여 - Chemistry Fair - 연구로 만날 사이 - 포스닥 리서치 심포지엄 • 교환학생 • 장학제도/인센티브 • 외국인 대학원생 지원	• 취업/진로 상담 • 산업체 매칭 • 박사 후 국내 연수 지원 • 박사 후 해외 연수 지원

(1) 우수 자대생 유치를 위한 프로그램 운영

- ▶ 랩인턴 및 랩로테이션
 - 학부생들의 졸업논문 작성을 의무화하여 연구실별로 랩 인턴의 형식으로 최대 4명의 학부생이 방학 동안 실험 연구를 수행한 후 졸업논문을 작성하고 있다. 이를 통해 연구에 흥미를 느끼게 함으로써 본교 대학원으로의 진학을 유도하였다.
 - 학부 연구생 장학금 지원 현황
 - 2023학년도(1인당 50만원): 곽도훈, 전성범, 손유진, 허연(총 4명)
 - 2024학년도(1인당 25만원): 박소현, 석예인, 이정민, 이강현, 최윤희, 하시연(총 6명)
 - 향후 졸업논문 작성과 상관없이 최대 3개 연구실에서 연구 경험을 쌓는 랩로테이션 제도를 도입할 계획이다.
- ▶ 대학원 동아리 운영
 - 대학원 동아리를 운영하여 대학원생 간의 상호교류를 도모하고 있다. 현재 운영 중인 대학원 동아리 “Chem-Hub”는 석사/박사/석·박사통합과정 학생으로 구성(김경호 등 13명)되었으며, 연구 및 취업 정보 공유를 비롯하여 세미나 연사 초청에도 기여하였다. 또한, 대학원 박람회 운영 및 졸업논문 관련 상담, 학부 전과 및 편입생 멘토링 등을 수행하고 있다. 앞으로도 계속 대학원생들의 동아리 활동을 장려할 계획이다.
- ▶ Chemistry Fair
 - 매년 1회 대학원생이 주도하는 프로그램인 Chemistry Fair를 진행하고 있다. 본 행사는 학생주도로 직접 발표 프로그램 설계와 진행을 하고 있다. 국제화 역량 강화를 위해 진행 언어는 영어로 하고 있다(II-1.1.5). 앞으로도 지속해서 랩 소개 동영상 상영과 안전 동영상 상영 등의 학생주도 이벤트도 진행할 계획이다.
- ▶ 연구로 만날 사이
 - 참여교수의 각 연구 분야를 학부생 눈높이에 맞춰 전달할 수 있는 교육 프로그램을 운영한다. 또한, 학부생과 교수 사이의 토론 및 Q&A를 통해 대학원 시스템에 관한 이해를 높이고 있다. 지난 1년간 총 2회의 연구발표회를 진행하였다(II-1.1.5).

(2) 우수 타교생 유치를 위한 프로그램(PNU Visiting Day) 운영

- ▶ 타교생이 본 교육연구단을 직접 방문하여 대학원 진학 정보를 얻을 수 있는 PNU Visiting Day를 매 학기

개최하고 있다. 실험실별 부스를 운영하여 개별 질의에 대해 답변을 하고, Lab 소개 동영상을 상영하여 시청각 자료로 활용하였다. 연구 분야, 대학원 생활 및 졸업 후 진로 등의 정보를 제공하고 맞춤형 상담을 시행하였다.

- 2023년 11월 16일, 2024년 4월 19일

(3) 대학원 설명 소개집 발간

- ▶ 이공계 학부생 자녀를 둔 학부모를 대상으로 하여 대학원 관련 정보 제공을 통해 대학원 진학의 필요성과 졸업 후 진로에 대해 설명한다. 매 학기 화학과 소개집을 자체 제작하여 우편으로 발송하고 있다. 소개집은 학과 소개, 교과과정, 교수 현황, 연구실 소개, 진로 활동, 취업 시기, 학과 소식을 다루고 있다. 우수 외국인 유치를 위해 향후에는 영문판도 동시에 발간할 계획이다.

(4) 우수 외국인 유치를 위한 프로그램 운영

- ▶ 지난 1년간 3명의 해외 연구기관 소속 학생이 본 연구단 방문하여 연구를 수행했다. 본 교육연구단은 외국의 연구기관에서 교환학생 형식으로 학생을 유치하여 본 교육연구단으로의 지속적인 유입을 모색하고 있다.

(5) 학과 홈페이지 전면 개편을 통한 정보 공개

- ▶ 본 대학원의 구성원, 교수별 연구 주제, 학과 교과목 정보, 졸업생 정보, 대학원 모집 정보, 외국인 학생을 위한 안내 등의 내용을 한영 병용하여 2021년 10월 개편하였다. 추후에도 인터페이스 개선을 통하여 간단명료하면서도 정보 전달을 잘할 수 있도록 꾸준히 개선할 계획이다.

2.2.3 우수 대학원생 지원 및 계획

(1) 장학 제도 운영

- ▶ 현재 대학원 과정 교내 장학금으로는 외국인유학생 장학금(직전학기 성적에 따라 수업료 전액 또는 반액 지급), 우수 졸업자 대학원 진학 장학금(본교생 학점 3.8 이상 대상으로 석사과정 동안 수업료 반액 지급), 학·석 연계과정 장학금(석사과정 3학기 중 2개 학기 등록금 지급), 학·석박통합 연계과정 장학금(통합과정 7학기 중 4개 학기 등록금 지급), 장학조교 및 연구조교 장학금이 있다. 향후 장학 프로그램을 추가 발굴할 계획이다.

(2) 우수 조교 지원 제도

- ▶ 일반화학실험에 조교로 참여한 대학원생을 대상으로 실험에 대한 이해도와 학부생에 대한 지도력을 평가하여 매 학기 2명의 우수 조교를 선발하여 장학금(10만원)을 지급하였다.
 - 2023년 2학기: 박수호(지도교수: 홍대화), 옥영인(지도교수: 유현덕)
 - 2024년 1학기: 김가빈(지도교수: 고민섭), 임가영(지도교수: 김영석)

(3) 대학원생 영어 역량 강화 프로그램

- ▶ 대학원생의 영어 능력을 강화하기 위해 대학원 정책실 지원사업의 일환인 영어 역량 강화 지원 프로그램을 이수하도록 장려하였다.
 - 2023년 3차 과정 이수자(1명): 자파로바 알리나
 - 2024년 1차 과정 이수자(1명): 이진민
 - 2024년 2차 과정 이수자(1명): 김찬규

(4) 외부 장학금 신청 지원

- ▶ 참여교수의 적극적인 정보 제공과 선정 사례 공유를 통해 우수 대학원생이 여러 외부 사업에 신청하여 많은 장학금 혜택을 받을 수 있게 하였다. 2023년에는 박사과정 박준용 학생(분석화학, 지도교수: 남기민)이 이공분야 학문 후속세대 지원사업: 박사과정생 연구 장려금 지원(사업기간: 2023년 9월~2025년 8월)에 선정되었다.

(5) 다양한 진로 개발 프로그램 제공

- ▶ 대학원생의 진로 탐색 및 개발에 관한 조언 및 상담을 본 교육연구단에서 운영하는 다양한 비교과 프로그램을 통해 제공하였고 졸업생 간담회(2회), 여학생 간담회(1회), 산업체 관련 프로그램(3회)을

지속적으로 운영하였다. 또한, 2018년부터 운영 중인 Chemistry Fair(연 1회), 2019년부터 운영 중인 포스닥 리서치 심포지엄(연 1회)을 활용하여 대학원생이 학과 교수 및 신진연구인력과 진로 상담을 자유롭게 진행할 수 있도록 유도하였다(II-1.1.1-다. 참조).

(6) 외국인 대학원생 상담 및 상호 교류 시스템 구축

- ▶ 본 교육연구단은 외국인 대학원생이 새로운 환경에 큰 어려움이 없이 정착하게 하고 단기간에 연구 활동에 전념할 수 있는 시스템을 구축해 나가고 있다. 그 일환으로 외국인 학생을 전담하는 학과 담당 교수(이상학 교수)가 개별 면담을 할 수 있는 상담 제도를 운영할 계획이고, 외국인 대학원생 간담회를 연 1회씩 개최하였다. 이를 통해 학교생활 및 연구에서의 애로사항을 수렴하고, 향후 지원 프로그램 개선에 반영하고 있다. 또한, 외국인 학생이 국내 또는 국외에서 본인의 커리어를 설계하고 구체적으로 실행하는 것을 돕도록 신진연구인력과의 상호 교류 프로그램을 운영할 계획이다. 이 프로그램은 (i) 한국인 학생과의 교류 프로그램, (ii) 신진연구인력과의 일대일 멘티-멘토 프로그램, (iii) 홈페이지를 통한 다양한 정보 제공 등을 포함한다.

(7) 논문 인센티브

- ▶ 대학원생이 SCIE급 논문을 제1저자로 출판하였을 때 인용지수 IF 1점당 15만원의 장학금을 지원 하였다. 구체적으로 지원한 인센티브는 1,725만원(조혜진 75만원, 김성혜 120만원, 박수빈 30만원, 권태성 35만원, 마아현 35만원, 서동호 155만원, Lei Cao 37.5만원, 정서현 37.5만원, 김지현 60만원, 이우형 105만원, 이효은 120만원, Madhusudana Koratikere Srinivasa 150만원, Sangram Keshari Mohanty 120만원, 김경민 45만원, 김경우 45만원, 김동원 202.5만원, 백효정 60만원, 안성현 37.5만원, 정재훈 60만원, 곽선이 195만원)이며, 본 제도를 지속해서 운영하여 대학원생의 우수논문 게재를 유도하고자 한다. 최우수 논문에 대해서는 추가 인센티브를 지급하여 논문의 질적 우수성도 향상시킬 계획이다.

(8) 공동지도교수

- ▶ 박사학위 과정의 학생이 지도교수 이외의 다른 지도교수를 선택할 수 있도록 하여 연구뿐만 아니라 취업 또는 박사 후 연수를 계획할 때 상담 창구 역할을 하도록 하였다(23년 2학기 총 34명, 24년 1학기 총 38명 대학원생 면담의 날 시행; II-1.1.1.가-(2) 참조).

2.3 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

<표 2-2> 2023년 8월 및 2024년 2월 졸업한 교육연구단(팀) 소속 학과(부) 참여대학원생 취(창)업률 실적(단위: 명, %)

구 분		졸업 및 취(창)업현황 (단위: 명, %)							취(창)업률% (D/C)×100
		졸업자 (G)	비취업자(B)			취(창)업대상자 (C=G-B)	취(창)업자 (D)		
			진학자		입대자				
			국내	국외					
2023년 8월 졸업자	석사	9	0	0	0	9	8	94.1	
	박사	8			0	8	8		
2024년 2월 졸업자	석사	18	3	0	0	15	12	82.3	
	박사	2			0	2	2		

가 석사 졸업자 취업 현황 분석(2023년 8월 및 2024년 2월 졸업자)

- ▶ 지난 1년간 석사 졸업자는 27명이며, 진학자 3명을 제외한 취업 대상자 24명 중에 20명이 취업하여 83%의 취업률을 달성하였다.
- ▶ 석사 졸업자를 취업기관별로 분석해 보면 대기업에 9명(45%), 중견/중소기업에 8명(10%), 정부출연 연구소에 3명(15%)이 근무 중이다.
- ▶ 전체 취업자 20명의 취업기관을 아래 표와 같이 정리하였다.

연번	성명	취업 기관명	기관 분야	회사 소개 및 전공 적합성
1		LG에너지솔루션	전기/배터리	▶ 자동차 전지, 소형전지, ESS 전지 등을 개발하고 제조하는 대기업으로 유기/무기/재료 화학 전공에 부합함.
2		LG화학	전기/배터리	▶ 자동차 전지, 소형전지, ESS 전지 등을 개발하고 제조하는 대기업으로 유기/무기/재료 화학 전공에 부합함.
3		한화케미칼	유기/재료	▶ 에너지/소재 기술 기반 솔루션을 개발하고 제공하는 대기업으로 유기합성 전공과 연관성이 매우 높음.
4		에코프로머티리얼즈	전기/배터리	▶ 이차전지 관련 소재를 개발/제조를 담당하는 기업으로 전기화학 전공자의 전공과 관련성이 높음.
5		SK플라즈마	SK 플라즈마	▶ 할액제제를 생산하는 대기업으로 생화학 전공과의 관련성이 매우 높음.
6		삼성 SDI	유기/재료	▶ 배터리 분리막의 안정성을 증가시키는데 중점을 두고 있으며, 이는 유기/재료/표면 화학 전공과 부합함.
7		삼성디스플레이	유기/재료	▶ OLED 소재를 설계 합성하고 디스플레이 패널을 생산하는 대기업으로 전공과의 관련성이 매우 높음
8		GS 칼텍스	전기/재료	▶ 에너지/소재 기술을 개발하고 연구하는 대기업으로 전기/재료 화학 전공과의 연관성이 매우 높음.
9		포스코 퓨처엠	전기/배터리	▶ 이차전지 전극 소재 개발/제조를 담당하는 기업으로 전기화학 전공자의 전공과 관련성이 매우 높음.
10		애경바이오팜	유기/재료	▶ 원료 의약품의 생산과 건강 기능 식품을 제조하는 회사로서 전공과의 관련성이 매우 높음
11		바이오엑츠	유기/재료	▶ 광학 영상 및 의료 진단용 형광 물질, 광학 조영제 등을 개발 및 합성하는 기업으로 화학 전공에 부합함.
12		KPX케미칼	무기/재료	▶ 금속 재료를 기본으로하는 방산업을 주로하며, 금속 재료 연구를 수행하여 무기화학 전공에 부합함.
13		이수페타시스	반도체/재료	▶ 반도체 부품 기판을 제조하는 기업으로 전기화학 전공자의 전공과 관련성이 매우 높음.
14		Kctech	반도체/재료	▶ 반도체 화학 공정에 필요한 반도체 장비 및 디스플레이 장비를 생산하는 업체로 전공에 부합함.
15		금호석유화학	유기/재료	▶ 고부가 석유화학 제품과 타이어 등에 사용하는 합성고무 제품을 생산하는 기업으로 전공과의 관련성이 매우 높음
16		브루커 코리아	유기/분석	▶ NMR을 비롯한 고성능 분석 장비를 공급하고 기술 지원을 제공하는 회사로 전공에 부합함
17		미원상사	유기/재료	▶ 식품 첨가물과 아미노산 제품 및 기능성 유기화합물을 전문적으로 생산하고 수출하는 글로벌 바이오 기업으로 전공에 부합함
18		식품의약품안전평가원	생/분석	▶ 식품 및 의약품의 분석 프로토콜을 정립하고 개선하는 기관으로 화학 전공에 부합함.
19		한국과학기술연구원	전기/재료	▶ 전기화학적 수소 생성 기술을 개발하고 연구하는 연구기관으로 전기화학 전공자의 전공과 관련성이 매우 높음
20		한국화학연구원	유기/재료	▶ 유기 및 고분자 신소재의 설계와 합성 연구를 수행하고 있으며 전공과의 관련성이 매우 높음

나 박사 졸업 취업률 분석(2023년 8월 및 2024년 2월 졸업자)

- ▶ 지난 1년간 박사 졸업자는 10명이며 현재 10명이 취업하여 100%의 취업률을 달성하였다.
- ▶ 전체 박사 졸업자를 취업기관별로 분석해 보면 대학 연구소에 5명(50%), 대기업/중견기업에 2명(20%), 정부출연 연구소에 2명(20%), 외국기업 1명(10%)이 근무 중이다.
- ▶ 전체 취업자 10명의 취업기관을 아래 표와 같이 정리하였다.

연번	성명	취업 기관명	기관 분야	회사 소개 및 전공 적합성
1		SK바이오텍	유기	▶ 제약 중간체·원료의약품 전문 생산기업으로, 글로벌 제약사들을 위한 의약품 원료 생산과 위탁개발생산 서비스를 제공하는 회사로 전공에 부합함
2		한솔케미칼	유기/무기	▶ 과산화수소와 전자재료 등 정밀화학제품을 생산하고, 반도체·디스플레이 산업용 특수가스와 화학소재 분야에서 강점을 가진 회사로 전공에 부합함
3		한국과학기술연구원	전기/재료	▶ 에너지/소재 기술을 개발하고 연구하는 연구기관으로 전기화학 전공자의 전공과 관련성이 매우 높음.
4		포항공대가속기연구소	무기/물리	▶ 정제된 결정을 가속기에서 생성된 x-ray 로 결정학, 분광학을 수행하는 연구기관으로 전공자의 전공과 관련성이 높음
5		이화여자대학교	유기	▶ 유기합성을 연구하는 화학 연구실에 박사 후 연구원으로 재직하고 있으며, 전공 분야에 부합함
6		경상국립대학교	유기/재료	▶ 유기 및 고분자 신소재를 설계하고 합성하는 연구를 수행하고 있으며 전공과의 관련성이 매우 높음
7		부산대학교	전기/배터리	▶ 이차전지 소재의 전기화학 기초연구를 담당하는 기관으로 전기화학 전공자의 전공과 관련성이 매우 높음.
8		부산대학교	유기/재료	▶ 코팅 유도체 합성을 통한 기능성 박막 개발을 수행하는 연구 기관으로 유기/재료 분야와 전공 관련성이 매우 높음.
9		경희대학교	유기	▶ 현재 유기합성 연구실에서 박사후 연구원 과정을 밟고 있고, 유기 분야와 전공 관련성이 매우 높음.
10		WuXi AppTec	유기/분석	▶ 영국 기반의 다국적 회사이며, 전 세계적으로 제품 검사, 인증, 시험, 감사 등의 품질 및 안전 관련 토탈 솔루션을 제공하는 글로벌 기업으로 전공에 부합함

다 외국인 졸업자 취업분석(2023년 8월 및 2024년 2월 졸업자)

- ▶ 외국인 박사 졸업자는 총 4명으로, 유기화학 전공의 차오 레이 박사는 중국 WuXi AppTec에 취업하였다. 그 외에 부산대 분자소재교육연구단, 부산대 미래지구환경연구소, 이화여대 나노바이오·에너지 소재 센터에 각각 취업하였다(취업 예정자 포함 취업률 100%).

3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

3.1 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성

3.1.1 대학원생 연구 수월성 증진계획 및 실적



구분	계획	실적	향후계획
정보활용능력을 갖춘 융합형 연구자 육성	- 투트랙 교육과정 - 수요에 맞는 전공 지식 제공 - 정보 활용 능력 배양 - 논문 작성 능력 배양 - 외국어 의사소통 교육	- 투트랙 교육과정 운영 - 2024년 2학기 교육과정 개정 - '분자모델링및AI화학' 개정 - '화학영어논문작성법' 다수의 교수 참여하여 온·오프라인 진행	- 투트랙 교육과정을 계속 운영하여 자기주도적인 교육과정 선택을 할 수 있도록 함 - 효율적인 피드백을 위해 플립 러닝을 적극 도입하여 진행할 예정
자기주도적 연구자 육성	- 지도교수 외의 교수 활용 - 학생 주도 공동 심포지엄 - 세미나를 통한 교외 네트워크 형성 - 해외 학술대회 참석 - 연구비 및 장학금 신청 지원	- 공동 지도교수제 매학기 진행 (학생이 희망하는 공동지도교수 선정/상담) - PNU-SKKU BK21 공동 심포지엄 2회 개최 - 전문인력과의 간담회 11회 - 국제학술대회 20명 참석 - 외부장학금 선정사례공유 (박준용, 박사과정)	- 앞으로도 계속해서 학생 주도 공동심포지엄 및 전문연구인력과의 네트워킹이 활발히 이뤄질 수 있도록 지원 - 학생들의 자발적 연구/발표를 고취하는 환경을 지속적으로 마련

<표 2-3> 참여대학원생 논문 환산 편수 실적

구 분	2020.9.1. ~2021.8.31.	2021.9.1. ~2022.8.31.	2022.9.1. ~2023.8.31.	2023.9.1. ~2024.8.31.
전체기간 실적논문 총 건수	77	56	52	40
1인당 논문 건수	0.885	0.651	0.634	0.4705
논문 총 환산 편수	26.0127	18.7455	18.018	14.247
1인당 논문 환산 편수	0.2990	0.2179	0.2197	0.1676
학기당 평균 참여대학원생 수	87	86	82	85

<표 2-4> 참여대학원생 1인당 논문의 환산 IF

구 분	2020.9.1. ~2021.8.31.	2021.9.1. ~2022.8.31.	2022.9.1. ~2023.8.31.	2023.9.1. ~2024.8.31.
총 환산 편수	26.0127	18.7455	18.018	14.247
총 환산 IF	137.938	127.3409	91.563	67.58
환산 논문 1편당 환산 IF	5.3027	6.7931	5.0817	4.7434
1인당 환산 IF	1.5855	1.4807	1.1166	0.795
학기당 평균 참여대학원생 수	87	86	82	85

연번	참여대학원생 성명	학술지명	관련 키워드			평가 지표		
			합성	에너지	바이오	IF*	JCR 상위*	피인용수**
1		Advanced Science				14.3	6.62%	0
2		Small				13	7.26%	12
3		Biosensors and Bioelectronics				10.7	2.83%	1
4		ACS Applied Materials & Interfaces				8.3	15.75%	2
5		ACS Sensors				8.2	3.77%	1
6		Sensors & Actuators: B. Chemical				8	1.32%	3
7		Journal of Environmental Chemical Engineering				7.4	10.59%	2
8		Journal of CO2 Utilization				7.2	11.18%	0
9		Journal of Materials Chemistry C				5.7	19.55%	1
10		Inorganic Chemistry				4.3	18.18%	2
11		Inorganic Chemistry				4.3	18.18%	1
12		Dyes and Pigments				4.1	10.34%	3
13		ACS Synthetic Biology				3.7	24.71%	0

* IF, JCR 상위%: JCR 2023 기준 / ** 피인용수: Google Scholar 기준(2024. 10. 23.)

- ▶ 대표논문 13편의 평균 IF는 7.6이며, 이 중 JCR 기준 상위 10% 저널에 출판된 논문은 5편으로 전체 논문의 35.7%에 해당하고, 나머지 논문도 전부 상위 25% 저널에 출판되었다.
- ▶ 또한 앞선 표에 나타난 바와 같이 본 교육연구단의 주요 키워드인 합성, 에너지, 바이오와 모두 연결되어 있으며, 나아가 인공 효소/촉매 개발의 교두보로 사용될 수 있는 논문들이다.

(1) 마아현, 서동호

- ▶ Bismuth(Bi) 기반 촉매를 합성하여 전기화학/ 광전기화학적으로 CO₂를 HCOO⁻로 전환시키는 높은 효율을 가지는 촉매를 개발, CO₂ 환원 반응의 메커니즘 연구를 보고하였다. 이번 연구에서는 Bi 기반 나노 구조체인 Bi₂S₃ nanorod를 전기화학적으로 환원하여 금속 Bi nanoplate를 형성하였다. 이 촉매는 전기화학적 CO₂ 환원에서 93% 이상 높은 HCOO⁻ 선택성으로 넓은 전압 범위에서 안정적으로 작동하며

silicon nanowire를 광전극으로 태양광을 사용한 광전기화학적 CO₂ 환원 반응에 적용하였다. 밀도 범함수 이론 계산을 통해 Bi 촉매의 결합 상태가 중요한 역할을 하며, CO₂의 환원 반응 중 OCHO* 중간체를 안정화해 반응의 자유에너지 장벽을 낮추는 데 기여함을 밝혔다.

(2) 박선이

- ▶ 페로브스카이트 LED 소자는 수명이 매우 짧은 것으로 알려져 있으며, 외부 양자 효율과 양립할 수 없어 이론적 한계에 도달해도 상용화를 어렵게 하기 때문에 수명을 향상시키기 위한 연구가 많이 이루어지고 있다. 본 연구에서는 신규 열 가교형 정공 수송 재료를 개발하여 Perovskite LED 소자에 적용하여 높은 효율과 장수명을 확보하는 결과를 얻었다. 해당 결과는 줄 열 제어로 인해 reference 물질에 비해 작동 수명이 150배 향상되어 상업용 반도체 광전자 소자에서 PNC LED를 사용할 수 있는 새로운 길을 열었다. 이러한 노력의 성과로 Small(2023) 논문 cover에 선정되었다.

(3) 김경호

- ▶ 전극과 산화환원 표지 사이의 직접 전자 전달(Direct electron transfer, DET)을 이용하고 혈청에서도 친화도가 높은 항체를 이용하기 위해 ‘항체-압타머 하이브리드 샌드위치를 사용하는 전기화학 바이오센서’를 개발하였다. 항체-압타머 하이브리드 샌드위치를 사용하여 트롬빈을 높은 감도와 높은 선택성으로 검출하였고, 개발된 바이오센서의 검출 한계는 버퍼에서 약 1.5 pM, 인간 혈청에서 약 2.7 nM이었다. 본 연구결과는 분석화학 분야의 최우수 저널인 Biosensors and Bioelectronics에 논문으로 게재하였다.

(4) Madhusudana Koratikere Srinivasa

- ▶ 본 연구는 비수계 리튬 이온 전지의 전해질에서 몰 전도도를 설명하는 기존의 콜라우쉬 법칙을 고농도 영역까지 확장하여 정확한 이온 전도도 예측을 가능하게 한 중요한 연구 성과이다. 이를 위해 이온쌍 형성 상수를 도입하고 실험적 데이터와 부합하는 ReLU-type의 보정 함수를 개발함으로써, 고농도에서도 정확한 데이터 피팅과 물리적 해석을 제공하였다. 본 연구는 리튬 이온 전지의 성능 향상과 안정성에 기여할 수 있는 중요한 이론적 발전으로 평가되며, 제1저자인 마두수다나 학생은 이 논문 발표를 통해 2023년 BK21 우수논문상을 수상하였다.

(5) Sathyan babu

- ▶ 온화한 조건 하에서 고분자의 효소적 형성과 침전은 여러 바이오마커를 동시에 측정하는데 유용하다. 갑상선 자극 호르몬을 전기화학적으로 민감하게 검출하기 위해 프러시안 블루(PB)의 효소적 침전을 새롭게 이용하였다. 형성된 PB 침전물은 전극과의 근접성으로 인해 빠른 전기화학 산화를 촉진하고 큰 전기화학 신호를 생성하였다. 특히, PB의 침전과 전기화학 산화는 그 유사체들보다 더 효과적이었다. TSH 검출을 위한 샌드위치 타입 면역센서에 적용되었을 때, 인공 혈청에서 약 2 pg/mL의 검출 한계를 달성하였다. 본 연구결과는 센서 분야의 최우수 저널인 ACS Sensors에 논문으로 게재하였다.

(6) 이효은

- ▶ Interdigitated array(IDA) 전극을 사용하는 전기화학-전기화학(EE) 산화환원 순환은 신호 증폭을 위한 간단하고 효율적인 방법이지만, 다양한 방해 산화환원 활성 종을 포함하는 혈청에서 높은 신호 대 배경 비율을 얻기가 어렵다. 이를 극복하기 위해 금 IDA 전극이 중간 정도의 전기 촉매 활성을 갖도록 단분자층으로 개질하였다. 이 전극으로 혈청 속 아미노펩티데이스 N(APN)을 간단하고 민감하게 전기화학적 검출하였다. 세척 단계 없이 10배 희석된 혈청에서 얻은 APN의 검출 한계(3.8 ng/mL)는 IDA 전극을 이용하지 않는 경우(150 ng/mL)보다 40배 낮았다. 본 연구결과는 센서 분야의 우수 저널인 Sensors & Actuators B에 논문으로 게재하였다.

(7) Mohammad Yusuf

- ▶ “계층적 다공성 나노섬유에 제올라이트 이미다졸레이트 프레임워크(ZIFs)와 하이드록시아파타이트(HAP) 나노입자를 포함한 효율적인 대기 오염 제어”에 대한 연구는 대기

오염물질 제거를 위해 고성능의 새로운 소재를 개발하는 데 초점을 맞춘다. 이 연구에서 사용된 계층적 다공성 나노섬유는 다공성 구조 덕분에 오염물질의 흡착과 제거에 유리하다. 특히, 제올라이트 이미다졸레이트 프레임워크(ZIFs)는 금속-유기 골격 구조로, 그 독특한 기공 구조와 높은 표면적이 오염물질을 효과적으로 포집하는 데 기여한다. 또한, 하이드록시아파타이트(HAP) 나노입자는 생체친화성과 화학적 안정성이 높아 오염물질과의 상호작용을 통해 제거 효율을 극대화한다. 이 연구에서는 이러한 두 가지 물질을 결합하여 대기 중의 유해 물질을 효율적으로 제거하는 새로운 복합 소재를 개발하였다. 나노섬유는 전기방사법을 통해 제조되며, 이로 인해 균일한 섬유 구조와 고른 분포의 나노입자를 확보할 수 있다. 실험 결과, ZIFs와 HAP 나노입자가 포함된 나노섬유는 기존의 소재들보다 훨씬 높은 오염물질 제거 성능을 보였다. 특히, 질소 산화물(NO_x)과 휘발성 유기 화합물(VOCs)과 같은 대기 오염물질에 대해 탁월한 흡착 능력을 나타냈다. 이 복합 소재는 대기 오염 제어에 있어 중요한 응용 가능성을 가지며, 향후 더 많은 환경적 문제 해결에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

(8) 서동호

- ▶ 탄소코팅으로 높은 비표면적을 가진 전극 위에 니켈 단일원자 촉매를 성장시켜 전기화학적 CO_2 환원을 위한 전극을 개발하는 연구를 보고하였다. 알루미늄 기판 위 유기물질의 열분해를 통한 입체적 유리질 탄소전극을 합성하는 공정을 개발하였다. 이러한 전극은 높은 비표면적을 가져 다양한 전기화학적 반응에 활용될 수 있다. 일반적으로 사용되는 촉매 바인더 대신 전극 위 니켈 단일 원자 촉매를 직접 성장시키는 방법으로 높은 내구성을 가지며 전기화학적 CO_2 환원 반응 시 90% 이상 높은 CO 선택성으로 우수한 활성과 내구성을 가지는 전극을 개발하였다.

(9) 하중운

- ▶ 비폴러렌 수용체(NFA)에 대한 보완적 흡수를 갖는 와이드 밴드 갭 폴리머 도너의 설계는 유기 태양 전지(OSC)의 광전지 효율을 높이는 데 필수적이다. 그러나 비대칭 단위로 구성된 일부 효과적인 와이드 밴드 갭 폴리머 도너는 위치 규칙성이 부족하여 폴리머 백본 간의 분자 간 패키징에 부정적인 영향을 미치고 결정화도와 전하 캐리어 이동도를 감소시키게 된다. 이 연구에서 티에노퀴놀리논(TQO) 또는 티에노이소퀴놀리논(TIQO)의 비대칭 전자 수용 빌딩 블록을 수정하여 대칭성을 개선하기 위한 이량체 구조를 얻어 폴리머 백본 사이의 분자 간 상호작용을 강화하고 결정화도를 향상시켜, OSC의 광전지 성능을 향상시키는 결과를 얻어 Journal of Materials Chemistry C(2023) 논문 cover에 선정되었다.

(10) 안성현, 김동원

- ▶ 새롭게 합성한 실레인 리간드와 $\text{Ni}(\text{ClO}_4)_2$ 의 자가 조립을 통해 이중 타원형 튜브 구조로 구성된 보라색 결정을 생성시켰다. 170°C 에서 용매는 제거되어 보라색 결정이 다른 구조의 파란색 결정으로 변환되고, 톨루엔과 아세트니트릴 혼합물에서 원래 결정으로 돌아가는 가역적인 현상을 보고했다. 또한, 원래 결정의 톨루엔과 아세트니트릴 용매는 단결정-단결정(SCSC) 방식으로 5분 이내에 o-, m-, p-자일렌 이성질체로 대체되어 물질 인식 시스템으로 사용할 수 있었다. 본 연구를 통해 분자 구조와 흡착 특성을 기반으로 한 자가 조립 및 단결정-단결정(SCSC) 게스트 교환을 활용하는 이전 연구와의 유사점/차이점을 발견하였다.

(11) 김다은

- ▶ 새로운 유기 리간드 합성물과 구리 염의 합성에서 용매 선택을 통해 크기가 다른 두 케이지의 자가 조립 시스템을 구축하였다. 특히, 큰 케이지는 50°C 이상에서 아세트니트릴 용매에서 작은 케이지로 구조 변환이 일어나는 현상을 보고했다. 또한 작은 케이지와 큰 케이지 사이의 카테콜 산화 촉매 작용에 상당한 차이가 관찰되었으며, 이러한 촉매 효과는 촉매 중심에서 $\text{Cu}\cdots\text{Cu}$ 거리 차이를 통해 설명할 수 있었다. 본 연구 결과는 용매 선택을 통한 케이지 크기 제어와 구리 착화합물을 이용한 카테콜 산화 촉매 반응에서 $\text{Cu}\cdots\text{Cu}$ 거리의 중요성을 직접적이고 체계적으로 보여주는 사례입

되었다.

(12) 이수하

- ▶ 저분자 유기 태양 전지(SM-OSC)에 대한 연구는 저분자 공여체 물질의 이점으로 인해 증가하고 있다. 이 연구에서는 융합된 인다세노디티오펜(IDTT)을 기반으로 한 A-D-D'-D-A 유형의 두 가지 소분자 공여체, 즉 BDT-IDTT-ORH와 BDT-C8IDTT-ORH를 합성하고 특성화했다. 이 두 분자의 다른 측쇄인 4-헥실페닐과 n-옥틸은 필름 상태에서 다른 결정성을 초래했다. 합성된 두 공여체는 평면 구조로 인한 효과적인 π -공액으로 인해 400~700nm의 긴 파장 범위에서 흡수를 보였으며, 특히, BDT-C8IDTT-ORH:Y6 블렌드는 6.33%의 가장 높은 전력 변환 효율(PCE)을 나타냈다.

(13) 최종두

- ▶ 비천연 아미노산을 단백질의 특정 부위에 도입하는 강력한 전략인 유전자 코드 확장 기술에 필수적으로 사용되는 엔지니어링된 아미노아실-tRNA 합성효소와 tRNA가 일으키는 온도 민감성을 발견하였다. 본 연구에서 온도 민감성을 일으키는 원인이 ATP의 소비에 의한 현상임을 밝혀내었다. 또한 이를 이용하여 비천연 아미노산과 낮은 온도에 의해 조절되는 새로운 생물학적 논리 게이트를 만들었다. 본 연구는 ACS Synthetic Biology의 표지로 선정되었다.

3.2 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

<표 2-5> 대학원생 학술대회 발표 실적

구 분	2020.9.1.~2021.8.31			2021.9.1.~2022.8.31.			2022.9.1.~2023.8.31.			2024.9.1.~2024.8.31.		
	국제	국내	계	국제	국내	계	국제	국내	계	국제	국내	계
총 건수	27	49	76	17	68	85	14	103	117	21	74	95
1인당 발표건수	0.8735			0.9883			1.4268			1.1176		
참여대학원생 수	87			86			82			85		

<표 2-5>과 같이 총 95건의 학술대회에서 구두 또는 포스터 발표를 수행하였다. 전체 발표 중 국제 발표는 총 21건이었으며, 이 중 구두 발표는 3건에 해당하였다. 전체 학회발표 중 4건은 우수포스터상을 수상하였다. 교육연구단 대학원생들이 국제/국내 학술대회 발표에 적극적으로 참여하여 얻은 결과이다. 본 교육연구단 참여대학원생의 학술대회 대표실적을 8개 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, 이후 특허/논문으로 이어졌음을 고려할 때 해당 분야에의 기여 또한 매우 뛰어남을 알 수 있다.

(1) 김경호

- ▶ 2023년 프랑스 리옹에서 개최된 74th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry에 참석하여 무세척 바이오센서 개발에 관한 연구 결과를 발표하였다. 이 연구에서는 직접 전자 전달이 용이한 표지를 개발하고, 표지의 촉매반응을 통한 전기화학적 신호증폭 기술을 도입함으로써 무세척으로도 소변에 존재하는 검출대상 물질을 낮은 검출한계로 검출할 수 있었다. 본 내용은 바이오센서 연구자 및 전기화학 연구자로부터 큰 관심을 끌었다.

(2) 권태성

- ▶ 2023년 스웨덴 예테보리에서 열린 전기화학회(ECS) society meeting에 참석하여 전기화학적으로

질산염을 환원하여 암모니아를 생산하는 방안에 대한 본인의 연구를 발표하였다. 이 연구에서 전기화학 촉매로 합성한 상전이 방법으로 합성한 cobalt hydroxide catalyst를 사용하였고, 상용 cobalt hydroxide보다 뛰어난 활성을 보이며 우수한 암모니아 선택성을 보였다. 본 연구 실험 결과의 신뢰성과 연구의 응용 가능성은 기초 과학 연구의 발전에 기여할것으로 기대된다.

(3) 유찬용

- ▶ 2023년 프랑스에서 열린 3rd International Conference on Carbon Chemistry and Materials에 참석하여 고성능 전기촉매에 관한 본인의 연구를 발표하였다. 이 연구에서 “Ru 나노입자를 TiC 지지체에 담지한 수소 발생 반응을 위한 효율적인 전기촉매” 연구는 수소 발생 반응(HER)에 사용되는 고성능 전기촉매를 개발하는 데 중점을 둔다. 루테튬(Ru) 나노입자는 백금(Pt)과 유사한 촉매 특성을 가지면서도 가격이 저렴해 경제적 이점이 크다. 이 연구에서는 루테튬 나노입자를 탄화티타늄(TiC) 지지체 위에 담지하여 촉매 성능을 극대화하였다. TiC 지지체는 우수한 전도성과 화학적 안정성을 제공하며, Ru 나노입자와의 시너지를 통해 높은 전기 촉매 성능을 구현한다. 실험 결과, 이 촉매는 낮은 과전압과 우수한 내구성을 보였으며, 수소 발생 반응에서 뛰어난 활성을 나타냈다. 이는 향후 수소 에너지 발전에 중요한 응용 가능성을 제시한다.

(4) 박준용

- ▶ 2024년 수원에서 개최된 제133회 대한화학회 학술발표회에 참석해 선택적인 전기화학적 염소 산화 반응(COR)을 촉진하기 위한 IrO_2 및 Pd로 장식된 Co_3O_4 나노큐브($\text{Co}_3\text{O}_4\text{NCs}$)를 합성한 연구 결과를 발표하였다. 이 연구에서는 소량의 귀금속인 IrO_2 와 Pd를 도입하여 모의 해수에서 과전압을 효과적으로 감소시키고, Pd로 장식된 $\text{Co}_3\text{O}_4\text{NCs}@\text{IrO}_2$ 가 COR 촉매로서 뛰어난 성능을 보였으며, 상업용 전극과 비교할 수 있을 정도로 우수한 촉매 효율을 달성하였다. 또한, 촉매의 장시간 안정성을 검증하여 지속 가능한 해수 전기분해에 기여할 수 있음을 확인하였다.

(5) 박수빈

- ▶ 2024년 중국 톈진에서 열린 제14회 국제 헤테로원소 화학 학회(The 14th International Conference on Heteroatom Chemistry)에서 질소-헤테로고리 카벤(NHC)과 이황화탄소(CS_2) 화합물의 반응성에 대한 연구를 발표하였다. 이 연구에서는 기계화학적 조건 하에서 NHC- CS_2 화합물의 탄소-탄소 결합이 해리되는 반응성을 확인하였고, 이를 통해 NHC 전구체로서의 활용 가능성을 발견하였다. 이 연구는 다양한 주족 원소 화학 연구자로부터 큰 관심을 불러일으켰다.

(6) 박수호

- ▶ 2024년 미국 덴버에서 열린 미국화학회(ACS) National Meeting에서 thiol기로 신속하게 기능화할 수 있는 maleimide 박막 개발 연구를 발표하였다. 이 연구에서는 maleimide 박막이 온화한 수용액 조건에서 살아있는 세포 표면을 포함한 다양한 표면에 안정적으로 형성될 수 있으며, 외부 thiol기와의 빠른 유기 반응을 통해 표면에 효과적으로 고정화될 수 있음을 입증하였다. 이 결과는 기능성 코팅, 바이오센서, 세포 공학 분야 연구자들의 큰 관심을 끌었다.

(7) 최중두

- ▶ 2024년 미국 덴버에서 열린 미국화학회(ACS)에 참석하여 비천연 아미노산과 온도를 이용한 생물학적 논리 게이트 개발에 관한 연구를 발표하였다. 이 연구에서 유전자 코드 확장 기술에 필수적으로 사용되는 엔지니어링된 아미노아실-tRNA 합성효소와 tRNA가 온도 민감성을 일으킨다는 것을 발견하였고 이를 이용한 새로운 논리 게이트를 개발하여 합성생물학 연구에 새로운 시각을 제공하였다.

(8) 엄유곤

- ▶ 2024년 미국 덴버에서 열린 미국화학회(ACS) national meeting에 참석하여 단백질-단백질 상호작용에 관한 본인의 연구를 발표하였다. 이 연구에서 모델 단백질인 GFP(녹색 형광 단백질)의 변이에 따른 dimer의 상호작용을 예측하기 위해 디자인 및 시뮬레이션을 진행하였고, 상호작용에 변화를 줄 것으로

예상되는 특징적인 변이를 발견하였다. 본 내용은 생체분자를 연구하는 물리화학자들에게 큰 관심을 받았다.

3.3 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

교육연구단 재선정평가 당시 5년간 국내·외 등록 특허 22편, 기술이전 3건으로 이번 자체평가기간 (2023.9.1.~2024.8.31.) 동안 국내 특허 8편으로 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 이 중 2건에 참여대학원생이 발명자로 등록되었다. 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) 조혜진

- ▶ 다제내성균 특허 Mcr-1 유전자를 함유하는 마지막 항생제 폴리믹신에 대한 내성을 가지는 대장균은 생명 및 환경에 많은 위협과 치료를 위한 막대한 비용 문제가 발생된다. 신규 항생제 개발이 필요하나 빠른 내성으로 인해 약물 개발속도가 늦어 이를 해결하기 위한 비항생제 활용 전략이 필요한 실정이다. 본 발명은 니켈이 도핑된 산화아연과 흑린 나노시트로 구성된 생체 적합성 나노 복합체를 그람음성균 감염 예방 또는 치료용 조성물로 제시하였다. 이 조합은 타겟하고자 하는 Mcr-1 유전자를 함유하는 대장균에만 특이적으로 작용하며 세균 표면의 전하를 중화시키는 기작을 통해 폴리믹신과의 상호작용을 촉진한다. 이는 기존 폴리믹신의 사용이 불가능한 상황에서 재활용하는 방법을 제시했다는 점에서 신규 항생제 개발 없이도 감염치료를 제어할 수 있다는 점에서 유용한 약학 조성물로 제공되어 가치가 높다.

(2) 서동호

- ▶ 탄소 코팅으로 소재의 기능을 강화하면 전도성이나 안정성이 필요한 소재에서 귀금속을 대체할 수 있다. 이 발명은 알코올계 화합물과 함께 가열하는 간단한 공정으로, 높은 산업성을 가지면서 비활성 기체의 유속을 조절해 비표면적이 크고 전기화학적 특성이 우수한 탄소 코팅층을 쉽게 기재에 형성할 수 있다. 이렇게 형성된 탄소 코팅 기재는 다양한 화학적 반응의 전극으로 쓸 수 있으며, 이는 여러 산업 분야에서 활용 가능성을 넓힌다. 합성한 탄소 코팅 기재의 활용 예시를 보면 전기화학 촉매의 효율성과 안정성을 동시에 높일 수 있는 이점이 있다. 이러한 특성 덕분에 새로운 전극으로서의 응용 가능성이 매우 클 것으로 보인다.

4. 신진연구인력 현황 및 실적



가 우수 신진연구인력 확보 및 지원 현황

- ▶ 본 교육연구단은 우수한 신진연구인력을 확보하여 연구역량의 국제 경쟁력을 향상하고 세계적인 핵심 연구인력을 양성한다는 목표를 가지고 있다.
- ▶ 이를 위해 교육연구단 자체에서 지원 프로그램을 개발하고 안정적인 지원 시스템을 구축하는 한편, 부산대학교 본부의 연구지원 프로그램을 활용하여 연구를 풍성하게 지원하고 인력풀을 강화하고 있다.
- ▶ 세부 목표로 수월성, 안정성, 국제화의 세 가지 측면에 지원을 집중하고 있다.
 - 수월성 측면에서는 논문 인센티브, PNU Junior Fellow 제도, 연구 소모임, 강의 기회 등을 활용하여 연구의 집중도를 높이고 있다.
 - 안정성 측면에서는 재정 지원, 국내 정착 프로그램, 홈페이지 내실화, 병역 특례 제도 등의 시스템으로 안정적인 연구 환경을 제공하고 있다.
 - 국제화를 위해서는 해외 학회 참석을 지원하고 국제 심포지엄을 개최하는 한편, 연구원들의 출신 국가를 다양화하고 서로 소통을 할 수 있는 기회를 많이 제공하고 있다.
- ▶ 그 외에도 신진연구능력의 연구 능력, 소통 능력, 리더십 향상을 위한 특별 프로그램을 여럿 마련하여 지원하고 있다.

나 신진연구인력 현황

(1) 임용 현황

- ▶ 지난 1년간 8명의 신진연구인력이 본 교육연구단에 임용이 되어서 분자소재 관련 연구를 수행하였다.
- ▶ 본 교육연구단에서 지속적으로 국제화에 노력을 기울인 결과, 임용된 신진연구인력 중에 5명(63%)이 외국인이고 3명(38%)이 내국인으로 외국인 비율이 압도적으로 높았다.

연번	성명	지도교수	임용 기간	국적	비고
1		박강현	2024.03.01. 2025.02.28.	한국	재직
2		유현덕	2024.04.04. 2025.04.03.	인도	재직
3		남기민	2023.01.13. 2023.09.26.	인도	

4		남기민	2023.09.01.	2023.11.01.	한국
5		박진균	2023.09.01.	2023.11.01.	한국
6		박강현	2022.03.01.	2024.03.01.	인도
7		김광선	2023.11.29.	2024.07.01.	인도
8		홍대화	2024.01.01.	2024.07.01.	인도

다 연구 수월성 지원 계획에 따른 현황

(1) 논문 성과에 따른 인센티브

- ▶ 연구단 참여 신진연구인력이 총 6편의 SCIE 논문을 게재하였다.
- ▶ 신진연구인력이 제1저자로 발표하는 논문의 IF 지수에 따라 인센티브를 지급하고 있다. 2023년 7월 박강현 교수 연구실 소속 Manjiri A. Mahadadalkar 박사가 Chemosphere(impact factor: 8.8)에 발표하였고, 인센티브 1,350,000원을 지급하였다.

연번	성명	학술지명	관련 키워드			평가 지표		
			합성	에너지	바이오	IF*	JCR 상위*	피인용수**
1		Journal of Environmental Chemical Engineering				7.4	10.59%	3
2		Journal of CO2 Utilization				7.2	11.18%	
3		Journal of Physical Chemistry C				3.3	44.75%	
4		Journal of Organic Chemistry				3.3	17.24%	2
5		Bulletin of the Korean Chemical Society				2.3	52.61%	
6		ACS CATALYSIS				11.3	12.92%	4
7		Organic Letters				4.9	6.9%	

* IF, JCR 상위%: JCR 2023 기준 / ** 피인용수: Google Scholar 기준(2024. 10. 23.)

(2) PNU Junior Fellow 특별 신진연구인력 제도 운영

- ▶ 우수 신진연구인력의 확보를 위해서 매년 공개 세미나를 통해서 연 1~2명의 PNU Junior Fellow를 선발하고, 이를 통해 임용된 신진연구인력에게 연구에 대한 동기 부여와 리더십을 고취하는 기회가 되도록 한다.
- ▶ Manjiri A. Mahadadalkar 박사가 2024년 2월까지 PNU Junior Fellow에 선발되어 연구를 수행한 바 있으며, 향후 선발을 확장해 나갈 계획이다.

(3) 신진연구인력-대학원생 연구 소모임 형성

- ▶ 신진연구인력들에게 독립적인 연구 그룹의 리더가 되는 훈련 기회를 제공하기 위해서 연구 그룹 내 혹은 연구 그룹 간에 대학원생들과 연구 소모임을 결성하여 연구를 수행할 수 있게 하였다.
- ▶ 연구 소모임은 신진연구인력들과 대학원생들 간의 소통을 강화할 뿐만 아니라, 신진연구인력들의 리더십 향상에 많은 도움을 주었다. 연구 소모임의 범위에 제한을 두지 않았기 때문에, 한 연구실 내에 국한하지 않고 여러 연구실 출신이 참여하는 연구 그룹도 형성되었다.
- ▶ Syed Asad Abbas 박사는 연구실 내 5명의 대학원생과 연구 그룹을 형성하여 주도적인 공동연구를 수행하였으며, 도출된 연구 결과는 JCR 11.18%에 해당하는 Journal of CO2 Utilization 저널에 주저자로 1편의 논문을 출판하였다.

- ▶ Manjiri A. Mahadadalkar 박사는 연구실 내 2명의 대학원생과 연구 그룹을 형성하여 Journal of Environmental Chemical Engineering 저널(JCR 10.59%)에 주저자로 논문을 1편 출판하였다.
- ▶ Vedi Kuyil Azhagan Muniraj 박사는 연구실 내 8명의 대학원생과 연구 그룹을 형성하여 Journal of Physical Chemistry C 저널에 주저자로 논문을 1편 출판하였다.
- ▶ Aman Bhatia, Ponnusamy Nandhakumar 박사는 연구실 내 대학원생 1명과 협업을 수행하여 Bulletin of the Korean Chemical Society 저널에 주저자로 논문을 1편 출판하였다.

(4) 대학원 교과/비교과 프로그램 단기 강의 기회 제공

- ▶ 본 교육연구단에서는 신진연구인력들이 교수나 책임연구원 등 연구 리더 자원으로 성장하기를 목표하고 있다. 희망하는 신진연구인력에게 단기적으로 강의를 할 수 있는 기회를 제공하고 있다.

라 연구 안정성 지원 현황

(1) 안정적인 재정지원

- ▶ 4단계 BK21 사업 운영 계획에 준하여 신진연구인력에게 월 300만원(4대보험 및 퇴직금 별도)을 지원한다. 신진연구인력들의 경제적인 어려움 없이 안정적으로 연구에 집중할 수 있는 환경을 제공하고 있다.

(2) 국내 정착 프로그램

- ▶ 우수 신진연구인력을 확보하기 위해 영문 홈페이지를 통해 다양한 정보를 제공한다. 기존 사이트에 공개된 내용 이외에도 외국인 진로 정보, 외국인 정착 정보, 졸업생 정보, 신입생 교육 자료, 연구원용 정보 등 보다 현실적이고 다양한 내용을 포함하는 쪽으로 개편할 예정이다. 또한 학과 홍보자료 책자를 국문과 영문 두 가지로 제작하여 본 교육연구단에 관심을 갖고 있는 외국인 학생들에게 정보를 제공하고자 한다.
- ▶ 외국인 신진연구인력이 연구실에 정착하고 적응하는 것을 돕고, 기기 사용법에 대한 이해도를 높이기 위해서 기존에 대학원생과 신진연구인력이 주도적으로 제작한 동영상 매뉴얼을 홍보하고 외국인 신입생에게 제공하고 있다.
- ▶ 재직 중인 외국인 신진연구인력 중 국내 취업을 원하는 사람의 지원을 받아서 국내 기업 취업정보를 교육연구단 홈페이지와 이메일을 통해 지속적으로 제공한다.

(3) 신진연구인력들의 정보 공유를 위한 한/영 홈페이지 운영

- ▶ 교육연구단 신진연구인력 채용 현황과 계획을 홍보하고 잠재적 우수 신진연구인력들이 본 교육연구단에 쉽게 지원할 수 있도록 홈페이지를 운영하고 있다. 이 홈페이지에는 교육연구단 내의 신진연구인력 소개, 연구 성과 및 PNU Junior Fellow 제도를 포함하는 교육연구단 내 프로그램 소개를 포함하고 있다. 추가로 신진연구인력 상시 지원 시스템을 구축하여, 교육연구단의 연구에 필수적이며, 상호 응용이 가능한 분야의 인력을 참여교수들이 상호 검토하여 선발하는 제도를 마련하고자 한다.
- ▶ 교육연구단은 신진연구인력들의 독자적 연구 수행 능력을 돕기 위해 한국연구재단을 비롯한 다양한 교내·외 사업에 대한 정보를 제공하고 신청을 장려하고자 한다. 특히, 교내·외 사업에 신청하여 이미 선정된 신진연구인력의 서면 인터뷰를 공유하는 등 교육연구단 내에 신진연구인력들이 단순히 과제 정보를 얻는 수준을 넘어 실제 사업 선정률을 높일 수 있도록 다양한 정보를 홈페이지에서 제공하고 있다.
- ▶ 연구 성과에 대한 인센티브 제도를 홍보하고자 한다. 기존의 참여 인력에 대해서는 연구 동기를 부여하며, 본 교육연구단에 참여를 희망하는 신진연구인력에게는 지원을 유도할 수 있는 정보를 제공한다. 실제로 논문 인센티브를 받은 인력들을 홈페이지에 게시하고 홍보함으로써 교육연구단내 연구인력들에게 동기부여를 함과 동시에 잠재적인 지원자들에게는 좋은 기회를 제공하고 있음을 홍보한다.

- ▶ 본 교육연구단을 거쳐 간 선임 신진연구인력의 진로 통계를 소개하고, 진로에 따라 기업 연구소, 정부 출연 연구소, 대학으로 간 선임 신진연구인력의 동영상이나 서면 인터뷰를 공유해 현재 재직 중인 신진연구인력과 교육연구단에 지원하고자 하는 잠재적 신진연구인력에게 실질적 정보를 제공한다.
- ▶ 실험실 안전 동영상을 제작하고 홈페이지에 게시한 것을 업그레이드 한다. 교육연구단 내에 모든 연구실을 대상으로 실험 안전 동영상을 한영 혼용으로 제작하였고, 이를 선임 연구자들이 쉽게 접근할 수 있도록 홈페이지를 통해 공유하고 있다. 그 결과 교내 안전 교육을 통해서는 일반적인 안전에 대한 정보를 얻고, 공유된 안전 동영상을 통해서는 연구실별로 주어지는 구체적인 특수한 상황에서의 안전 정보를 얻는 이중 교육 시스템이 구축되었고, 이를 통해 교육연구단에 새롭게 참여하는 신진연구인력들이 새로운 연구실에 쉽고 빠르게 적응할 수 있도록 하고 있다.
- ▶ 교육연구단에 참여하는 외국인 신진연구인력들이 연구 외적인 적응 문제로 연구에 영향을 받는 것을 최소한으로 줄일 수 있도록, 국내 적응을 위한 의료 보험과 주거 등의 다양한 정보를 제공한다.

(4) 병역 특례 TO 확보 추진

- ▶ 본 교육연구단은 병역 의무를 해결해야 하는 국내 남성 인재들에게 병역 문제를 해결할 수 있는 안정적인 채널을 제공하기 위해, 병역 특례 TO 확보를 지속적으로 추진하고 있다.

마 국제화 지원 현황

(1) 국제 학술대회 참석 지원

- ▶ 국·내외 학술대회 참석 지원을 통해 국제화 능력을 향상하도록 한다. 1회의 국제 학회(KMB 2024 51st Annual Meeting & International Symposium)에서 구두 발표를 진행하였으며, 포스터 발표도 2회 진행하였다.
- ▶ 이를 통해 전문가 집단에 본 교육연구단의 우수한 연구 결과를 소개하고 홍보할 수 있는 기회를 가지고, 참석 신진연구인력에게는 관련 연구 분야에 관한 최신 연구 동향을 쉽게 파악하고 수행 중인 연구에 대한 새로운 연구 아이디어를 도출하여 향후 선도적인 연구를 수행할 수 있는 계기로 삼고자 한다.

(2) 신진연구인력 주도 국제 심포지엄 개최

- ▶ 본 교육연구단에서 연구를 수행 중인 신진연구인력들이 주도하는 심포지엄인 2023년 12월 1일 “The 5th Postdoctoral Research Symposium” 을 개최하여 자신의 연구 결과를 공유하고 다른 세부 전공 분야 연구자들과 의견을 나눌 기회를 제공하였다. 이를 통해서 다양한 배경의 연구원들끼리 공동연구를 할 수 있는 기회가 생기며, 융/복합 연구의 씨앗 역할을 수행하고 있다.
- ▶ 심포지엄은 국제 학술대회/심포지엄의 형태를 갖추기 위해 영어로 진행되고 있으며, 프로그램 조직과 좌장 역할을 신진연구인력이 주도하여 담당하였다. 이로써 신진연구인력이 학술대회 조직 등에 대한 다양한 경험을 수행할 기회를 제공하였다.

(3) 외국인 신진연구인력 간담회 개최

- ▶ 학과 내 외국인 신진연구인력들이 서로 교류할 수 있는 간담회를 주기적으로 개최하고자 한다. 교육연구단은 2023년 12월 1일 3~5명의 교수가 멘토로 참여하고 외국인 신진연구인력이 참석하여 행사를 진행하였다.
- ▶ 간담회를 통해서 신진연구인력들의 애로사항을 공유하고, 연구 외적인 한국 정착과 생활에 대한 논의를 하며, 향후 산업계, 학계로 진출하는데 필요한 제반 사항에 대해서도 조언을 받을 수 있는 기회를 제공하였다.

바 현황 분석 및 향후 추진계획

(1) 우수 신진연구인력 확보 및 지원

- ▶ 우수 신진연구인력 확보를 위한 제도를 잘 운영하고 있으며 향후 신진 인력들의 피드백을 통해서 현재 제도를 더욱 발전시킬 계획이다.
- ▶ 단계 평가 기간 동안 8명의 신진 연구 인력이 사업에 참여하였으나, 참여 기간이 짧았다는 문제점이 있다.
- ▶ 앞으로 지속적인 연구를 수행할 수 있도록 신진 연구 인력의 참여 기간을 확대하기 위해 노력할 계획이다. 또한, 타 과제와의 연계를 통해 신진 연구 인력이 지속적으로 연구에 참여할 수 있도록 연계 프로그램을 개발하여 사업단의 연구 역량을 강화하겠다.

(2) 신진연구인력의 연구실적 및 교육실적

- ▶ 우수 신진연구인력들을 통해서 수월성이 좋은 연구 성과를 얻었다.
- ▶ 신진연구인력들이 우수한 연구를 할 수 있게 계획된 프로그램과 인센티브 제도를 등을 지속 운영할 계획이다.
- ▶ 신진연구인력의 연구 소모임은 활발이 이루어졌고 좋은 성과를 얻었다. 교과, 비교과에 대한 강의 기획은 다소 미흡하였으나 앞으로 더욱 확대할 계획이다.

5. 참여교수의 교육역량 대표실적

<표 2-7> 교육연구단 참여교수의 교육역량 대표실적

연번	참여교수명	연구자등록번호	세부전공분야	대학원 교육 관련 대표실적물	DOI번호/ISBN/인터넷 주소 등
참여교수의 교육 관련 대표실적의 우수성					
1			생화학	생화학 번역서	9791159431845
	대학원 필수 교과목인 고등생물화학은 학부과정 생화학 기초 과목을 수강한 학생에게 생화학의 기초 역량을 제공하고, 다양한 연구에의 활용 능력을 배양하도록 하는데 목표를 두고 있다. 이를 위해, 생화학의 기본이 되는 물질의 특성 및 작용 기전 및 화학적인 이해를 토대로 하여, 최신 연구 분야에 대한 이해를 위한 다양한 소재와 방법론에 대한 교육이 필요하다. 현재 생화학을 처음 접하는 대학원생부터 기초 지식이 충분히 생화학 전공 학생까지 다양한 배경의 학생들이 수강하고 있다. 또한, 한영 병용 수업 교과에서 한국 학생들의 이해도 저하로 인하여 번역서의 필요성을 느껴 전세계적으로 생화학 교재로 널리 사용하고 있는 'Biochemistry: A Short Course' (4th Ed.)의 영문판에 대한 한글판 교재 번역에 김광선 참여교수가 참여하여 2021년 3월 발간되었고, 21학년도 2학기 이후 교재로 대학원 강의에 활용하고 있다.				
2			전기분석화학	전기화학 번역서	979-11-973054-5-093430
	대학원 전공선택 교과목인 전기화학은 분석화학 및 전기화학 관련 분야를 전공하는 학생에게 전기화학의 전반적인 내용을 전달하여 전기화학의 기본개념 및 원리를 이해하는 데 목표를 두고 있다. 전기화학 강의를 진행하는 과정에는 전기화학의 기초가 부족한 학생부터 전기화학 전공자까지 화학과의 다양한 전공의 학생들이 수강을 하고 있다. 전기화학이 생소한 한국 학생들은 영어강의 및 영문판 교재의 사용으로 인해 강의에 대한 이해도가 떨어짐을 확인했고, 한영 병용 수업과 수업번역서의 필요성을 느꼈다. 남기민 교수는 기존 교재이면서 전세계적으로 전기화학 수업의 교재로 가장 많이 사용하고 있는 'Electrochemical Methods' (Allen J Bard, Larry R. Faulkner, 2th Ed.)의 영문판에 대한 한글판 교재 번역에 참여하여 2021년 2월 발간되었고, 22년 1학기 교재로 대학원 강의에 활용하였다.				

		생물리화학	대학원교과목개발	https://www.youtube.com/playlist?list=PL33H1AxVwTv11GDDzY9AcPR5Wm4XYrad
3	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 과립되지 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. 2024년 10월 기준 본 강의자료의 조회수는 6,853회이다.			
4		유기금속화학; 고분자화학	유기화학 번역서	979-11-5808-242-0
	대학원 전공필수 교과목인 고등유기화학은 유기화학 및 고분자화학 관련 분야를 전공하는 학생에게 유기화학의 전반적인 내용을 전달하여 유기화학의 기본개념 및 원리를 이해하는 데 목표를 두고 있다. 고등유기화학 수강 학생을 대상으로 placement 시험을 치러 유기화학의 기초가 부족한 학생에게 보강 집중 교육을 진행하고 있다. 황도훈 교수와 박진균 교수는 일부 학생들이 언어 장벽으로 인해 수업 이해에 어려움을 겪는 것을 지켜보면서 번역서의 필요성을 느껴 전세계적으로 유기화학 교재로 널리 사용하고 있는 유기화학 6판(Janice Smith 저, 자유아카데미 발행)의 번역에 참여하였다. 황도훈 교수는 '21장 카보닐 화합물의 알파 탄소에서의 치환반응'을 박진균 교수는 '25장 고리형 협동반응'을 각각 번역하였다. 이 교재는 2020년에 발간되었고, 21년 1학기부터 교재로 대학원 강의에 활용하였다.			
5		전기화학	KOCW 강의자료공개	http://www.kocw.net/home/cview.do?cid=ee125b66614ef34b
	화학과 대학원 교과목인 분석기기장치법은 전기화학 연구를 효과적으로 수행하기 위해 필요한 분석기기들의 원리와 사용법, 데이터 해석법과 함께 이차전지의 전기화학과 재료화학의 핵심 원리를 배우는 강의이다. 화학기기분석의 핵심적인 내용부터 효과적인 데이터 도식법, 에너지 저장/변환 소재의 형상-표면-구조분석, 전기화학 및 계산화학의 원리와 실제적인 분석법을 습득하도록 하였다. 강의자료 개발 및 전자 판서를 통해 학생들의 학습성취도 및 연구 능력 향상을 효과적으로 유도할 수 있었다. 본 강의를 통해 개발한 강의자료는 KOCW (Korea OpenCourseWare, 고등교육 교수학습자료 공동활용 체제)에 공개하여 관련 분야의 산업계 연구자들과 학생들이 연구개발에 활용할 수 있도록 하였으며, 국제적으로도 활용될 수 있도록 모든 자료는 영어로 작성하였다. 또한 생생한 정보 전달을 위하여 실제 강의 시에 판서한 내용을 포함하였다. 2024년 10월 기준 본 강의자료의 조회수는 6,829회이다.			

6. 교육의 국제화 전략

6.1 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

6.1.1 교육 프로그램의 국제화 현황

가 해외 저명기관 및 연구자와의 인적교류

(1) 대학원생의 국제 공동연구

- ▶ 지난 1년간 대학원생의 국제 공동연구 실적은 1건이다. 그 외 3명의 본 연구단 대학원생이 해외 연구소 및 대학을 방문하여 국제 공동연구를 수행하였다. 나머지 공동연구는 줌 미팅을 통한 공동연구 혹은 공동연구 기관 대학원생의 본 연구단 방문을 통해 이루어졌다. 이를 통해 세계적인 성과를 도출함과 동시에 본 연구단 대학원생들의 국제화 능력을 높일 수 있었다.

(2) 대학원생의 국제 장단기 해외연수 현황

- ▶ 본 교육연구단은 지난 1년간 대학원생들의 공동연구 및 연구 교류를 확대하기 위해 국제 장단기 해외 연구를 보내왔다. 총 3명의 대학원생이 장기(15일 이상) 해외연수를 수행하였고, 이는 국제 연구를 통한 논문 게재 및 대학원생 연구역량 증진에 큰 기여를 하였다.

(3) 대학원생의 주도적 국제 학술대회 참석

- ▶ 본 교육연구단은 지난 1년간 대학원생이 주도적으로 국제 학술대회 참석을 지원하도록 유도하였고, 이 결과로 24명이 유명 국제 학술대회에 참석하였다. 이 중 3명은 국제 학회에 구두 발표자로 선택되어 우수한 연구 결과를 전문가들에게 직접적으로 설명할 수 있는 기회를 가졌다. 이를 통해 전문가 집단에 본 교육연구단의 우수한 연구 결과를 소개하고 홍보할 수 있는 기회를 가졌으며, 참석 대학원생에게는 관련 연구 분야에 관한 최신 연구 동향을 쉽게 파악하고 수행 중인 연구에 대한 새로운 연구 아이디어를 도출하여 향후 선도적인 연구를 수행할 수 있는 계기를 마련하였다.

나 해외 학자 활용 교육

(1) 해외 전문 인력 초빙 교류

- ▶ 해외 석학 초빙 세미나 개최
 - 지난 1년간 12명의 해외 저명 학자를 초빙하여 세미나를 개최하였다. 세미나에 참석한 대학원생이 관련 연구 분야에 대한 최신 연구 동향을 쉽게 파악하고 수행 중인 연구에 대한 이해도를 높임으로써 새로운 연구 아이디어를 도출할 수 있도록 하였다. 또한 간담회 진행을 통해 관련 연구에 대한 기술적 지도나 아이디어를 얻을 수 있었다.
 - Prof. Hideki Yorimitsu(Kyoto University, 일본) 등 11명
- ▶ 소규모 국제학술대회 개최
 - 지난 1년간 5명의 해외 저명 학자를 초빙하여 총 1건의 소규모 국제학술대회를 개최하였다.
 - The 25th Joint Seminar of the Busan Branch of the Korean Chemical Society (KCS) and the Kyushu Branch of the Chemical Society of Japan (CSJ)

다 학생들의 전공 영어 능력 향상

(1) 영어 학위 논문 작성 지원

- ▶ 2024학년도 영어 학위 논문 작성 건수는 35건으로 총 학위 논문 수 대비 작성 비율은 100%이다.

(2) 영어 강의 확충

- ▶ 대학원생의 영어 능력 향상과 외국인 대학원생의 전공 이해도 향상을 위하여 영어로 진행되는 강좌의 비율을 100%로 유지하였다.
- ▶ 2023학년도 2학기: 100%, 2024학년도 1학기: 100%

(3) 학위 취득 시 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 과학의사소통(II) 수업에서 수강 학생의 영어 구두 발표를 의무화하였다. Chemistry Fair와 SKKU-PNU 심포지엄에서 영어 구두 발표를 의무화하여 영어 구두 발표 기회를 확대하였다.

라 외국인 학생 유치 활성화 및 원활한 교육/적응 지원

(1) 외국 대학 및 기관과 상호 협력 체결 및 교류/방문

- ▶ 외국 대학 및 기관과 4건의 MOU를 유지하고 있고, 상호 교류/방문을 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

- ▶ 6개국(인도네시아, 중국, 인도, 태국, 키르기스스탄, 파키스탄) 19명의 우수한 외국인 대학원생이 석·박사과정에 재학 중이다. 외국인 대학원생의 입국 및 비자 관련 행정적 업무를 지원하고 있고, 한국어 프로그램을 수강하게 하여 한국 정착 및 연구실 생활을 돕고 있다.
- ▶ 외국인 대학원생의 대학원 생활 적응 및 학업 향상을 위해 매년 간담회(외국인 대학원생 간담회: 2023년 12월 1일)와 Chemistry Fair(2023년 10월 31일)에서 상담 프로그램을 진행하였다.

(3) 외국인 대학원생에게 장학금 지원

- ▶ 기존 BK21사업에서 외국인 대학원생에게 장학금을 지원하고 있고 외국인 대학원생 수혜 비율은 평균

62%로 60%이상을 유지하고 있다(2023학년도 2학기: 64%, 2024학년도 1학기: 60%).

6.1.2 교육 프로그램의 국제화 계획

본 교육연구단은 지금까지 진행해 온 대학원생 국제 공동연구 지원, 국제 학술대회 참석 지원, 국제 심포지엄 개최, 외국인 대학원생 지원, 해외 저명 학자 초빙 등의 프로그램을 계속 유지할 계획이다. 또한 현행처럼 해외 방문 연구 제안을 평가하여 해외 방문 연구 기회를 제공하는 프로그램과 같은 대학원생 주도의 국제화 교육 프로그램을 계속 운영할 예정이다. 더 나아가 해외 저명 학자와의 본 연구단의 교수가 대학원생들을 공동연구 지도하는 시스템을 구축하여 국제 교류 기회를 증진하고자 한다.

가 해외 저명기관 및 연구자와의 인적 교류

(1) 대학원생의 국제 공동연구

- ▶ 대학원생들의 해외 연구팀과의 공동연구를 통해 국제적 네트워크를 형성하고 인적 교류를 확대하고자 한다. 현재 계획 중인 국제 공동연구는 총 4건으로 집계되어 있고, 점차 확대할 예정이다. 또한 현재 진행 중인 국제 공동연구를 지속하여 가시적인 성과를 얻는 것을 목표로 한다.

(2) 대학원생 주도의 국제 장단기 해외연수

- ▶ 우수한 대학원생에게 장단기 해외 연구 기회를 제공하여 관련 연구 분야의 최신 연구 동향에 대한 이해도를 높여서 새로운 아이디어를 도출할 수 있는 국제화 프로그램을 지속적으로 운영할 예정이다. 방학기간 동안 해외 방문 연구 기회를 확대하고자 하며, 이를 위해 대학원생이 작성한 해외 방문연구 제안서와 마일리지를 운영위원회가 평가하여 지원하는 대학원생 주도의 국제화 교육 프로그램을 지속하고자 한다. 해외 방문연구 기회는 기존보다 더 확대된 연 3명 이상에게 제공할 예정이다.

(3) 대학원생 주도의 국제 학술대회 참석 지원

- ▶ 기존 운영하였던 대로 대학원생의 국제 학술대회 참석 제안서와 마일리지를 평가하여 국제 학술대회 참석 인원을 선발할 예정이다. 제안서는 운영위원회가 면밀히 검토 및 평가할 예정이고, 참여 대학원생의 국제화 능력이 극대화될 수 있는 국제 학술대회 참가를 유도할 예정이다.

나 해외 학자 활용 교육

(1) 해외 저명 학자와의 공동지도 프로그램

- ▶ 국제적 시각 및 역량을 증진하기 위해 해외 저명 학자와의 연구 공동지도 프로그램을 구축하고자 한다. 우수한 학생들과 관련 전공의 해외 저명 학자를 연결하여 연구 및 학업에 대한 멘토링 관계를 구축하여 학생들의 연구 방향 및 학문적 성장을 도모할 것이다. 동시에 공동연구 프로젝트를 선정하여 학생들이 실제 연구 경험을 얻고 국제적 학문 네트워크를 구축할 수 있도록 지원할 예정이다. 2024년에는 국제 공동연구가 예정되어 있는 4개의 연구 프로젝트에 대해서 공동지도 프로그램을 수행할 예정이고, 이를 점차 확대할 예정이다.

(2) 해외 저명 학자 겸임교수 초빙 및 연구 지도

- ▶ 본 교육연구단은 대학원 연구의 국제화 및 연구역량 강화를 위해서 우수 외국인 교수를 확보하기 위해 노력해왔다. 이에 2025년 유기금속화학(Tiow-Gan Ong 교수)과 계산화학(Paul Cheong 교수) 분야의 해외 저명 학자를 겸임교수에 임용하는 것을 계획하고 있다. 겸임교수가 대학원생들에게 연구 방향성 및 학문적 아이디어를 제공할 수 있도록 세미나와 간담회를 지속적으로 추진할 예정이고, 공동지도 프로그램 또한 함께 도입할 예정이다.

(3) 해외 저명 학자 초빙 특강 및 세미나 개최

- ▶ 해외 저명 학자를 초빙하여 세미나를 개최하고 참여한 대학원생들과 간담회를 주선하고자 한다. 이를 통해 관련 연구 분야에 대한 이해도를 높이고 국제적 네트워크를 형성할 수 있는 기회를 제공하고자 한다. 본 연구단은 지난 1년간 12명의 해외 저명 학자를 초빙하였고, 이를 유지하여 앞으로도 다수의 해외 저명 학자를 초빙하여 세미나 및 대학원생과의 간담회를 개최하고자 한다.

다 대학원생 전공 영어 능력 향상

(1) 영어 학위 논문 작성 권고

- ▶ 영어논문 작성법 교육과 논문연구 지도를 통해 영어논문 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 국제 학술대회에서 영어 구두 및 포스터 발표를 장려하고, 이를 수행하는 경우 국제 학술대회 등록 및 참가 비용을 지원함으로써 대학원생의 발표 능력을 향상시키고자 한다. 그리고 대학원생이 구두 발표에 참여할 수 있는 심포지엄을 본 교육연구단 대학원생 주관으로 매년 개최하고자 하고, 심포지엄을 영어 구두 발표로 진행을 하여 국외 학술대회에 참석하기 전 영어 구두 발표 능력 향상 및 경험을 쌓을 수 있는 기회가 될 것이다.

(4) 대학원생이 주도하는 영어 심포지엄 개최

- ▶ 매년 학생 주도 영어 심포지엄인 Chemistry Fair와 SKKU-PNU 심포지엄을 개최하였다. 이러한 시스템을 유지·확장하여 운영할 예정이고 이를 통해 대학원생의 영어 구사 능력 및 행사 조직 능력을 배양하고자 한다. 심포지엄 분야 및 주제를 대학원생 및 신진연구인력이 주도적으로 결정하고 운영할 수 있는 기회를 제공할 예정이다.

(5) 화학영어논문작성법 강좌 개설

- ▶ 대학원생에게 화학영어논문작성법 강의를 정규 교과목으로 매년 제공함으로써 전공 영어 및 논문 작성 능력을 향상하고자 한다. 대학원생들은 해당 수업에서 직접 논문의 일부분을 작성해보고 여러 명의 참여교수에게 본인의 작성 내용을 피드백 받게 된다. 강의식 수업을 통해 해소되지 않았던 실습 및 토론 시간을 가짐으로써 논문작성에 대한 자신감과 경험을 증진할 수 있을 것이다.

라 외국인 학생 유치 활성화 및 원활한 교육/적응 지원

(1) 외국 대학 및 기관 교류/방문

- ▶ 외국 대학 및 기관과 상호 교류와 방문을 실시하여 우수한 외국인 대학원생을 연 10명 이상 확보할 수 있도록 한다.

(2) 외국인 대학원생 대상 장학금 확충

- ▶ 외국인 대학원생에게 지원가능한 내외부 장학금 정보를 제공하고, 지속적으로 BK21 장학금 수혜 비율을 80% 이상으로 유지하고자 한다. 또한 수혜 혜택을 받지 못한 대학원생들에게 학교 내외부 장학금 정보를 집중적으로 제공하여 장학금 수혜 비율을 향상하고자 한다.

(3) 외국인 대학원생 버디 프로그램 구축

- ▶ 기존에 재학중인 대학원생과 새로 입학하는 외국인 대학원생을 1:1로 매칭하여, 한국 생활 적응 및 학업 지원을 해주는 버디 프로그램을 구축하고자 한다. 이 프로그램은 외국인 대학원생들의 초기 한국 생활에 대한 적응을 돕고 연구 이외의 실질적으로 필요한 정보를 버디로부터 제공받아 보다 수월하게 한국에 적응할 수 있게 도와줄 것이다.

(4) 외국인 대학원생 정착 및 적응을 위한 정보 제공

- ▶ 우수 외국인 대학원생, 신진연구인력, 방문 연구학생을 확보하기 위해 영문 홈페이지를 통해 다양한 정보를 제공하고자 한다. 기존 사이트에 공개된 내용 이외에 기존 외국인 진로 정보, 외국인 정착 정보, 졸업생 정보, 신입생 교육 자료, 연구원용 정보 등 보다 현실적이고 다양한 내용을 포함할 예정이다. 또한 본 연구단에서는 학과 홍보자료 책자를 국문과 영문 두 가지로 제작할 계획에 있다. 이를 통해 외국인 대학원생들의 학과에 대한 관심을 증가하고자 한다.
- ▶ 외국인 대학원생이 초기에 정착하고 적응하는 것을 돕고 실험실 안전사고를 미연에 방지하고 기기 사용법에 대한 이해도를 높이기 위해서 기존에 외국인 대학원생과 신진연구인력이 주도적으로 제작한 동영상 매뉴얼을 홍보하고 외국인 신입생에게 제공하고자 한다.
- ▶ 재학 중인 외국인 학생 중 국내 취업을 원하는 학생의 지원을 받아서 해당 학생에게 국내 기업 취업정보를 교육연구단 홈페이지와 이메일을 통해 지속적으로 제공할 계획이다.

6.2 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

6.2.1 참여대학원생 국제 공동연구 현황

가 대학원생의 국제 공동연구

본 연구단은 대학원생들의 국제화 교육을 기반으로 지난 1년간 4건의 국제 공동연구를 진행하였고, 이를 통해 총 1건을 논문으로 게재하였다.

(1) University of Oxford의 Henry J. Snaith 교수 연구팀과 공동연구

- ▶ 본 교육연구단 소속 박선이 학생은 이보람 교수, Henry J. Snaith 교수 연구팀과의 국제 공동연구를 통해 신규 열 가교형 정공 수송 재료를 개발하여 Perovskite LED 소자에 적용하여 높은 효율과 장수명을 확보하는 연구를 진행하였다. 해당 결과는 줄 열 제어로 인해 reference 물질에 비해 작동 수명이 150배 향상되어 상업용 반도체 광전자 소자에서 PNC LED를 사용할 수 있는 새로운 길을 열었다. 이러한 노력의 성과로 Small(2023) 논문 cover에 선정되며 공동연구 결과를 논문으로 출판하였다.

나 대학원생의 해외 장단기 연구

본 연구단은 대학원생들의 국제화 교육 및 주도적이고 원활한 국제 공동연구 수행을 위해 지난 1년간 3명의 본 연구단 대학원생들을 공동연구 기관에 장기 파견(15일 이상)하였다.

(1) The Hong Kong University of Science and Technology의 Hyokeun Park 교수 연구팀과의 공동연구

- ▶ 본 교육연구단의 강민채 학생은 세포내 물질수송에 관여하는 운동 단백질인 Kinesin의 물리적인 회전 움직임을 규명하기 위해 연구를 진행해왔다. 연구 중에 발생한 문제점을 공동연구를 통해 얻은 실험 노하우를 사용하여 해결해 현재는 다양한 표지방법을 활용한 회전 움직임을 규명을 연구중이다.

(2) Oregon State University의 Ha-Yeon (Paul) Cheong 교수 연구팀과의 공동연구

- ▶ 본 교육연구단의 알리나 학생은 최신 계산 도구를 활용하여 복잡한 현대 합성 유기 반응의 선택성을 조절하는 메커니즘과 요인을 규명하기 위한 계산화학 연구를 수행해왔다. 현재 알리나 학생은 정하연 교수님의 연구실에서 연구를 바탕으로 백금 촉매를 이용한 유기 반응 메커니즘을 규명하고 있다

(3) University of Colorado의 Jerome Fox 교수 연구팀과의 공동연구

- ▶ 본 교육연구단의 엄유곤 학생은 단백질-단백질 상호작용 연구를 위한 모델로 녹색 형광 단백질을 디자인하고 wet-lab 실험에서 추출하여 거동을 관찰하는 연구를 진행해왔다. 이번 공동연구를 통해 Fox 그룹에서 E. coli를 비롯한 미생물로부터 대량의 단백질을 추출할 수 있는 공정을 배워 단백질 추출 수율을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

6.2.2 대학원생 국제 공동연구 계획

가 해외 연구실 공동연구 수행 계획

국제 공동연구 활동에 대학원생이 주도적으로 참여하도록 장려하여 글로벌 연구 및 국제 교류를 통한 국제화 교육 효과를 늘리고자 한다. 2024년에 예정되어 있는 국제 공동연구 중에서 대표적인 4건에 대한 내용은 아래와 같다.

(1) Hyokeun Park 교수 연구실(Hong Kong University of Science and Technology)

- ▶ 모터 단백질의 움직임을 단분자 분광학을 이용하여 인간이 걸어다니는 모습과 같이 움직인다는 사실이 밝혀지기는 했지만, 이들이 하는 회전 운동에 관해서는 정확히 이해된 적이 없다. 따라서 모터 단백질 전문가인 Hyokeun Park 교수 연구실과 공동연구를 통해서 모터 단백질의 직선 운동과 회전 운동의 결합된 상태를 실시간으로 관찰하는 방법론을 개발하고 이를 규명하고자 한다.

(2) Young J. Lee 박사 연구실(National Institute of Standards and Technology)

- ▶ Young J. Lee 박사 연구 그룹은 적외선 분광학을 이용한 바이오 물질 이미징과 상태분석으로 세계적인 기술을 개발하고 보유하고 있는 연구그룹이다. 우리 연구단의 참여교수 장기 파견 및 대학원생 파견을 통해 현재 수행하고 있는 퇴행성 뇌질환의 원인이 되는 단백질 엉킴 상태 변화를 NIST에서 개발된 초민감 적외선 분광기술과 이미징 기술을 활용하여 공동연구를 수행하고자 한다.

(3) Jordi Cabana 교수 연구실(University of Illinois at Chicago 및 Argonne National Laboratory)

- ▶ Jordi Cabana 교수 연구 그룹은 이차전지 소재의 X선 분광분석 분야의 세계적인 석학으로서 투과 X선 현미경 (TXM)을 이용한 소재 내부의 농도구배 정량분석 분야에서 세계 최고 수준의 연구를 진행하고 있다. 국제 공동연구를 통해서 이차전지 소재 분석을 진행하고자 한다. 본 연구단에서 합성한 농도구배형 리튬이온전지 양극재의 농도구배를 방사광가속기 X선으로 3차원 정량 분석을 수행하고자 한다.

(4) Paul Cheong 교수 연구실(Oregon State University)

- ▶ Paul Cheong 교수와 국제 공동연구를 통해서 arylboration의 메커니즘으로 잘 알려진 pathway에서 ground state와 transition state의 에너지를 DFT 계산을 통해 알아내고 arylboration에 대한 적절한 메커니즘을 알아낼 예정이다. Boron이 팔라듐 촉매에 첨가될 때 diboron 반응물의 두 boron이 모두 팔라듐 촉매에 첨가되는지 아니면 하나만 팔라듐 촉매에 첨가되는지를 알아내기 위해 대학원생이 참여하는 공동연구를 수행할 예정이다.

나 대학원생의 장·단기 해외 연수

국제 공동연구를 활성화하고 대학원생에게 교육의 기회를 주기 위해서 대학원생이 주도하는 해외 방문 연구를 적극적으로 권장할 예정이다. 대학원생이 작성한 해외 방문연구 제안서를 운영위원회가 평가하여 지원하는 방식으로 대학원생 주도의 해외 방문 연구를 유도할 예정이다. 2024년 하반기에 예정된 대학원생 주도 해외 방문(15일 이상)은 2건이다.

연번	공동연구 참여자			상대국/소속기관	연구주제	연구기간 (YYYYMM-YYYYMM)
	교육연구단		국외 공동연구자			
	참여 대학원생	지도교수				
1				USA/ National Institutes of Standards and Tschnology	▶ 단백질 응집 현상 정량화를 위한 IR 흡수 분광법 연구	202502-202602
2				France/ Collège de France	▶ 광섬유 및 배터리 재료의 열 전달 모델링을 이용한 실시간 엔트로피 프로파일링	202411-202502

□ 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) Uncovering Nitrosyl Reactivity at N-Heterocyclic Carbene Center (Angewandte Chemie International Edition, DOI: 10.1002/anie.202314978) 질소-헤테로고리 카벤(NHC)은 강한 σ -donating과 π -accepting 성질을 가지는 분자로, 주로 금속에 배위되는 리간드로 널리 사용되고 있다. 본 연구에서는 NHC가 특이하게도 전이 금속과 유사한 반응성을 보인다는 것을 일산화질소(NO)와의 착물의 분석을 통해 규명하였다. 질소-헤테로고리 카벤은 일산화질소와 반응하여 유기 라디칼 착물인 NHCNO를 형성하며, 이 착물이 전이금속의 일산화질소 착물인 금속-nitrosyl 착물과 유사한 반응성을 가진다는 것을 확인하였다. 특히, NHCNO는 금속-nitrosyl 착물에서 대표적으로 나타나는 반응성인 산화-환원 반응성을 보였으며, 화학 반응을 통해 산화된 형태(NHCNO⁺)와 환원된 형태(NHCNO⁻)를 합성하고 구조를 규명하였다. 이 결과는 NHCNO가 금속-nitrosyl 착물과 유사한 산화환원 반응성을 나타내며, NHC가 전이 금속 착물의 기존 반응성을 기반으로 활용될 수 있는 가능성을 열어준다. 본 연구 결과는 우수성을 인정받아 2023년 화학분야 최우수학술지인 Angew. Chem. Int. Ed.에 게재되었다.

(2) Unlocking the Potential of Bi₂S₃-Derived Bi Nanoplates: Enhanced Catalytic Activity and Selectivity in Electrochemical and Photoelectrochemical CO₂ Reduction to Formate (Advanced Science, DOI: 10.1002/advs.202400874). CO₂ 환원 반응은 화석연료의 사용으로 발생하는 CO₂를 저장하고 연료로 재활용할 수 있는 연구 분야이다. Bismuth(Bi) 기반 촉매는 전기화학적 CO₂ 환원(eCO₂RR)을 이용한 HCOO⁻ 생성에 높은 선택성을 보인다. 이번 연구에서는 Bi 기반 나노 구조체인 Bi₂S₃ nanorod를 전기화학적으로 환원하여 금속 Bi nanoplate를 형성하였다. 이 촉매는 eCO₂RR에서 93% 이상 높은 HCOO⁻ 형성 선택성을 넓은 전압 범위에서 안정적으로 작동하며 경쟁 반응인 수소발생반응을 최소화할 수 있다. 더 나아가 태양광을 활용하기 위해 silicon nanowire(SiNW)를 광전극으로 사용하였으며 SiNW는 넓은 표면적으로 인해 더 많은 빛을 흡수하고 촉매를 효과적으로 흡착 시킬 수 있다. 태양광을 활용하였을 때에도 높은 HCOO⁻ 형성 선택을 보였고, eCO₂RR과 비교하여 550 mV의 과전위를 줄일 수 있었다. 밀도 범함수 이론 계산을 통해 Bi 촉매의 결합 상태가 중요한 역할을 하며, CO₂의 환원 반응 중 OCHO* 중간체를 안정화해 반응의 자유에너지 장벽을 낮추는 데 기여함을 밝혔다.

(3) Electrochemical biosensor using direct electron transfer and an antibody–aptamer hybrid sandwich for target detection in complex biological samples (Biosensors and Bioelectronics, DOI: 10.1016/j.bios.2024.116184) 크기가 작은 압타머-압타머 샌드위치를 사용한 전기화학 바이오센서에서 '전극과 산화환원 표지 사이의 직접 전자 전달(DET)'은 가능하지만, 훨씬 큰 항체-항체 샌드위치를 사용하는 바이오센서에서는 이 것이 쉽지 않다. 생물 시료에서도 높은 친화력을 보이는 항체를 이용하기 위해 중간 정도 크기의 항체-압타머 하이브리드 샌드위치를 사용하는 전기화학 바이오센서를 개

말하였다. 이 바이오센서는 (i) 인간 혈청에서 특정 타겟에 대해 높은 특이성을 가지는 항체 캡처 프로브, (ii) 타겟 트롬빈, 및 (iii) 다수의 페나진 에토설페이트(arPES) 산화환원 라벨을 포함하는 압타머 검출 프로브로 구성된 항체-압타머 하이브리드 샌드위치를 통해 빠른 DET를 가능하게 하였다. arPES 촉매를 이용하여 빠르고 반복적인 DET는 전기화학 신호를 크게 증가시켰다. 적절한 크기의 스페이서와 폴링커는 다수의 arPES로 결합된 압타머 프로브의 비특이적 흡착을 낮추고 압타머 프로브의 결합 간섭을 줄였다. 바이오센서의 검출 한계는 버퍼에서 약 1.5 pM이고 인간 혈청에서 약 2.7 nM이었다. 본 연구결과는 분석화학 분야의 최우수 저널인 Biosensors and Bioelectronics에 논문으로 게재하였다.

나. 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 대표성과

(1) 유기화학 분야 특허로 “트리페닐아민계 화합물 및 이를 포함하는 유기 발광 소자(대한민국 특허 10-2636045)”를 개발하였다. 열을 이용한 가교화 방법을 통해 형성되는 호스트 재료의 경우, 가교 성능 및 가교도를 높이기 위해 상대적으로 분자량이 큰 재료들이 주로 이용되고 있다. 그러나 상대적으로 150℃ 내지 180℃ 이상의 높은 가교 온도, 및 30분 내지 60분 이상의 오랜 가교 시간 조건은 소자의 데미지를 주게 되어 발광효율 및 수명을 급격히 떨어지는 문제점을 가지고 있다. 용액 공정으로 OLED 소자 제작 시 고성능의 특성을 얻기 위해서는 좀더 낮은 가교 온도 및 짧은 가교 시간을 가진 물질의 개발이 필요하다. 본 발명은 낮은 온도에서 가교가 가능하며, 수명 및 발광 효율이 우수한 트리페닐아민계 화합물 및 이를 포함하는 유기 발광 소자에 대한 특허로, 파이-콘주게이션 확장에 의해, 가교 후 높은 정공 수송 물성을 효과적으로 유지가 가능하다. 또한 소자 적용 시 수명 및 발광 효율 특성을 효과적으로 향상시킬 수 있다.

(2) 생화학 연구를 통해 “그람음성균 감염성 질환 예방 또는 치료용 약학조성물 및 항균제 내성 억제용 항균보조제(대한민국 특허 10-2676585)”를 개발하였다. 다제내성균 특히 Mcr-1 유전자를 함유하는 마지막 항생제 폴리믹신에 대한 내성을 가지는 대장균은 생명 및 환경에 많은 위협과 치료를 위한 막대한 비용 문제가 발생된다. 신규 항생제 개발이 필요하나 빠른 내성으로 인해 약물 개발속도가 늦어 이를 해결하기 위한 비항생제 활용 전략이 필요한 실정이다. 본 발명은 니켈이 도핑된 산화아연과 흑린 나노시트로 구성된 생체 적합성 나노 복합체를 그람음성균 감염 예방 또는 치료용 조성물로 제시하였다. 이 조합은 타겟하고자 하는 Mcr-1 유전자를 함유하는 대장균에만 특이적으로 작용하며 세균 표면의 전하를 중화시키는 기작을 통해 폴리믹신과의 상호작용을 촉진한다. 이는 기존 폴리믹신의 사용이 불가능한 상황에서 재활용하는 방법을 제시했다는 점에서 신규 항생제 개발 없이도 감염치료를 제어할 수 있다는 점에서 유용한 약학 조성물로 제공되어 가치가 높다.

(3) 전기화학 촉매 관련 “탄소 코팅된 기재의 제조 방법 및 탄소 코팅된 기재(대한민국 특허 10-2698143)”를 개발하였다. 탄소 코팅으로 소재의 기능을 강화하면 전도성이나 안정성이 필요한 소재에서 귀금속을 대체할 수 있다. 이 발명은 알코올계 화합물과 함께 가열하는 간단한 공정으로, 높은 산업성을 가지면서 비활성 기체의 유속을 조절해 비표면적이 크고 전기화학적 특성이 우수한 탄소 코팅층을 쉽게 기재에 형성할 수 있다. 이렇게 형성된 탄소 코팅 기재는 다양한 화학적 반응의 전극으로 쓸 수 있으며, 이는 여러 산업 분야에서 활용 가능성을 넓힌다. 합성한 탄소 코팅 기재의 활용 예시를 보면 전기화학 촉매의 효율성과 안정성을 동시에 높일 수 있는 이점이 있다. 이러한 특성 덕분에 새로운 전극으로서의 응용 가능성이 매우 클 것으로 보인다.

(4) 특허 KR102648804B1은 마이크로웨이브 또는 연속 흐름 반응 공정을 이용한 이온성 액체 합성 방법에 관한 것이다. 이 발명은 질소를 포함한 헥테로 고리 화합물, 아민계 화합물 및 이의 폴리머를

산성 물질 및 트리알킬 오르소포르메이트(trialkyl orthoformate)와 반응시키는 과정을 통해 이루어진다. 이 특허의 자세한 주요 특징은 다음과 같다. 첫째, 마이크로웨이브 조사 및 연속 흐름 공정을 사용하여 반응 효율을 높인다. 둘째, 기존 방법에 비해 반응 시간이 크게 단축된다. 셋째, 별도의 탈수 공정 없이 이온성 액체를 합성할 수 있어 생산 과정이 단순해진다. 넷째, 이 공정은 다양한 이온성 액체의 대량 합성을 가능하게 하며, 대규모 생산이 가능해진다. 결과적으로 이 방법은 다양한 질소 함유 화합물 및 아민계 화합물을 이용한 이온성 액체의 생산에 효과적이다.

(5) 본 발명(대한민국 특허 10-2621051)은 통상의 가열 및 마이크로파 조사 조건에서 금속 유기 골격체(MOF)의 촉매작용에 의해 유기 헤테로시클릭 화합물을 포르밀화하는 방법에 관한 것이다. 본 발명에 의한 헤테로시클릭 화합물의 포르밀화 방법에 의하면 저비용으로 수율 85% 이상의 높은 반응 효율을 나타내는 알데히드 화합물을 제조할 수 있으며, 합성 시 환경 오염을 방지할 수 있고 짧은 반응 시간이 소요될 뿐 아니라 높은 생산 안전성을 제공한다.

다. 연구비 수주 성과

(1) 지난 1년간 정부 연구과제 총 43.34억원을 수주하였고, 대표적으로 10개의 신진/중견연구자 과제와 2개의 기초연구실(BRL) 사업을 수주, 1개 공동연구원으로 참여하고 있다.

(2) 지난 1년간 산업체 과제 총 5.2억원을 수주하였고, 대표적으로 1개의 삼성미래기술육성재단 과제를 수행하고 있다.

1. 참여교수 연구역량

1.1 연구비 수주 실적

<표 3-1> 자체평가 대상기간(2023.9.1(2024.3.1)-2024.8.31) 참여교수 1인당 정부, 산업체, 해외기관 등 연구비 수주 실적

항 목	수주액(천 원)			
	2020.9.1. ~2021.8.31. 실적	2021.9.1. ~2022.8.31. 실적	2022.9.1. ~2023.8.31. 실적	2023.9.1. ~2024.8.31. 실적
정부 연구비 수주 총 입금액	3,356,549	3,446,689	3,399,711	4,433,637
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	410,533	437,369	313,086	517,236
해외기관 연구비 수주 총 (환산) 입금액	0	0	0	0
1인당 총 연구비 수주액	313,923	287,708	265,199	353,633
참여교수 수	12	13.5	14	14

- (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(약 2.6 억원) 대비 약 22.1%, 작년 대비 30.4% 증가하였다.
- (3) 산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액은 3년간 연평균 실적 (약 3.9 억원) 대비 33.7%, 작년 대비 65.2% 증가하였다.
- (4) 1인당 총 연구비 3년간 연평균 실적(약 2.7 억원) 대비 약 22.4%, 작년 대비 33% 증가하였다.
- (5) 연구비 수주는 코로나-19로 잠시 주춤하였지만, 이후 연구비 수주는 증가세에 있으며 지난 1년간 코로나 이전보다 상승하였다.

1.2 연구업적물

① 참여교수 연구업적물의 우수성

구분	계획	실적	향후계획
융합·공동연구 활성화	- 연구 주제별 공동 그룹 세미나 정례화	- PNU-SKKU BK 공동 심포지움 총 2회 개최	- 계속해서 실험실간 공동연구 및 공동 세미나를 활성화할 계획
	- 융합 연구를 위한 공동연구실 마련 지원	- 기초연구실 1건, 공동 세미나 매월 개최	- 인공 효소/촉매 분야 난제 해결에 집중함으로써 대표 연구 업적물의 질적 우수성을 확보할 계획
연구진 지원 시스템 강화	- 공동 및 개별 연구장비 사용법 공유	- 분석기기 사용법 동영상 총 18건 제작/공유	- 대학 및 연구소, 국제 주요 연구 그룹과의 협업 연구 확대
	- 국내 타 대학과의 협업 연구	- 학연과정 총 9명(한국화학연구원)	- 학연 과정을 통해 실질적 협업이 이뤄지도록 유도할 계획
	- 학연 과정 개선을 통한 정부 출연 연구원과의 연구 협력	- 해외 공동연구 10편, 국내 공동연구 28편	
	- 국제 주요 연구 그룹과의 협업 연구		
	- 신입교수 연구 정착 지원	- 신입교수 지원: 연구소	- 지속적인 신입교수 연구 정착금
	- 우수 논문 인센티브 지급	3,000만원, 학과 1,000만원 지원	지원
	- 우수 대학원생 장학금 지급	- 우수 논문 인센티브 20명 지급	- 대학원생 연구 장학금 확대 지원

**연구역량 향상
인프라 구축**

- 신입교원 연구실 셋업 지원
- 공동기기실 개선
- 정보 공유
- 최소 80㎡의 연구공간 제공, 기초장비 지원
- SEM, IR, 분광광도계 노후 장비 교체, 특수목적컴퓨터 신규 도입
- 기기 사용법 홈페이지 공유
- 뉴스레터 매학기 발행
- 노후 장비 업그레이드, 유지·보수 인력 활용하여 체계적인 관리 구축
- 기기 사용법 동영상 추가 제작 및 공유

〈표 3-3〉 참여교수 논문 환산 편수 실적

구 분	2020.9.1. ~2021.8.31	2021.9.1. ~2022.8.31	2022.9.1. ~2023.8.31	2023.9.1. ~2024.8.31
전체기간 실적논문 총 건수	102	85	85	66
1인당 논문 건수	8.5	6.2962	6.0714	4.7142
논문 총 환산 편수	25.564	21.686	22.6118	17.3448
1인당 논문 환산 편수	2.1303	1.6063	1.6151	1.2389
참여교수 수	12	13.5	14	14

〈표 3-4〉 참여교수 1인당 논문의 환산 IF

구 분	2020.9.1. ~2021.8.31	2021.9.1. ~2022.8.31	2022.9.1. ~2023.8.31	2023.9.1. ~2024.8.31
총 환산 편수	25.564	21.686	22.6118	17.3448
총 환산 IF	147.7211	150.7536	148.2471	91.3464
환산 논문 1편당 환산 IF	5.7784	6.9516	6.5561	5.2665
1인당 환산 IF	12.31	11.1669	10.589	6.5247
참여교수 수	12	13.5	14	14

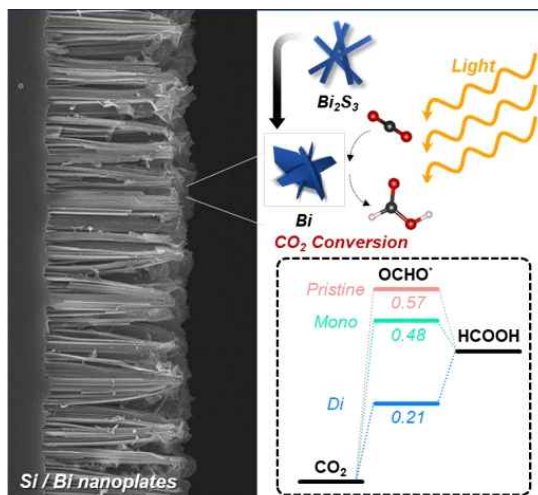
대표연구업적물 2

Unlocking the Potential of Bi₂S₃-Derived Bi Nanoplates: Enhanced Catalytic Activity and Selectivity in Electrochemical and Photoelectrochemical CO₂ Reduction to Formate
(Advanced Science, DOI: 10.1002/adv.202400874)

연구배경

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

연구내용



CO₂ 환원 반응은 화석연료의 사용으로 발생하는 CO₂를 저감하고 연료로 재활용할 수 있는 연구 분야이다. Bismuth(Bi) 기반 촉매는 전기화학적 CO₂ 환원(eCO₂RR)을 이용한 HCOO⁻ 생성에 높은 선택성을 보인다. 이번 연구에서는 Bi 기반 나노 구조체인 Bi₂S₃ nanorod를 전기화학적으로 환원하여 금속 Bi nanoplates를 형성하였다. 이 촉매는 eCO₂RR에서 93% 이상 높은 HCOO⁻ 형성 선택성을 넓은 전압 범위에서 안정적으로 작동하며 경쟁 반응인 수소발생반응을 최소화할 수 있다. 더 나아가 태양광을 활용하기 위해 silicon nanowire(SiNW)를 광전극으로 사용하였으며 SiNW는 넓은 표면적으로 인해 더 많은 빛을 흡수하고 촉매를 효과적으로 흡착시킬 수 있다. 태양광을 활용하였을 때에도 높은 HCOO⁻ 형성 선택을 보였고, eCO₂RR과 비교하여 550 mV의 과전위를 줄일 수 있었다. 밀도 범함수 이론 계산을 통해 Bi 촉매의 결합 상태가 중요한 역할을 하며, CO₂의 환원 반응 중 OCHO* 중간체를 안정화해 반응의 자유에너지 장벽을 낮추는 데 기여함을 밝혔다.

기대효과

이번 연구를 통해 높은 활성의 원인을 규명하였으며 CO₂ 환원을 위한 촉매의 결합 부위의 조절이 촉매 활성 및 선택성 개선에 큰 영향을 줄 수 있는 것을 확인하였다. Bi 뿐만 아니라 HCOO⁻에 선택성을 가지는 주석과 납과 같은 다른 금속 촉매에도 광범위하게 적용하여 다양한 금속 촉매에서 CO₂ 환원 반응의 선택성을 조절하는 연구에 응용이 가능할 것으로 기대된다.

연구단 연구 목표와의 연관성

전기화학적/광전기화학적 CO₂ 환원 반응을 위한 높은 효율을 가지는 촉매를 합성하였고 다양한 금속에 응용할 수 있는 촉매 합성 기법을 개발하였다. 태양광과 금속 촉매를 이용한 연구 결과로서 연구단의 연구 목표인 인공 효소/촉매 분야 연구 기여에 관련된 대표적 연구 결과이다.

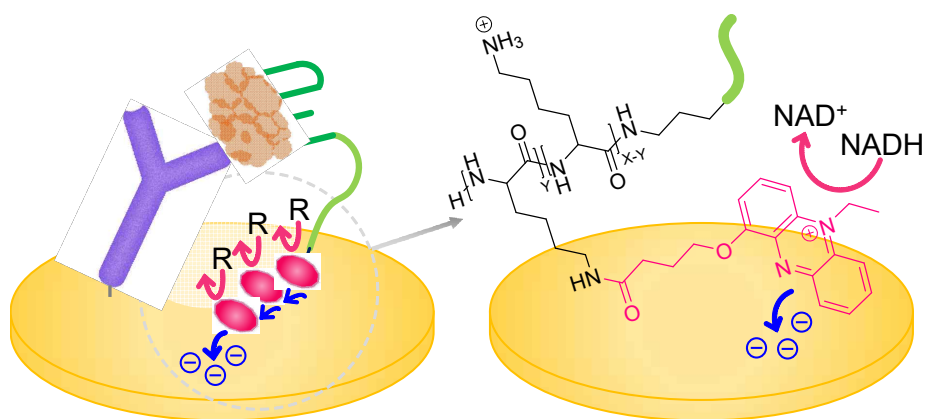
대표연구업적물 3

Electrochemical biosensor using direct electron transfer and an antibody-aptamer hybrid sandwich for target detection in complex biological samples
(Biosensors and Bioelectronics, DOI: 10.1016/j.bios.2024.116184)

연구배경

양해식 교수는 새로운 촉매 반응을 이용하여 화학물질을 빨리 증폭하는 방법을 개발함으로써 생체분자를 고감도로 측정하는 기술을 개발해 오고 있고, 많은 촉매 분자를 포함하여 빠른 촉매 반응을 일으킬 수 있는 고분자 촉매 표지를 이용하여 '효소보다 빠른 반응 속도를 보이는 촉매'를 개발하기 위해 노력하였다.

연구내용



크기가 작은 aptamer-aptamer 샌드위치를 사용한 전기화학 바이오센서에서 '전극과 산화환원 표지 사이의 직접 전자 전달(DET)'은 가능하지만, 훨씬 큰 항체-항체 샌드위치를 사용하는 바이오센서에서는 이 것이 쉽지 않다. 생물 시료에서도 높은 친화력을 보이는 항체를 이용하기 위해 중간 정도 크기의 항체-aptamer 하이브리드 샌드위치를 사용하는 전기화학 바이오센서를 개발하였다. 이 바이오센서는 (i) 인간 혈청에서 특정 타겟에 대해 높은 특이성을 가지는 항체 캡처 프로브, (ii) 타겟 트롬빈, 및 (iii) 다수의 페나진 에토설페이트(arPES) 산화환원 라벨을 포함하는 aptamer 검출 프로브로 구성된 항체-aptamer 하이브리드 샌드위치를 통해 빠른 DET를 가능하게 하였다. arPES 촉매를 이용하여 빠르고 반복적인 DET는 전기화학 신호를 크게 증가시켰다. 적절한 크기의 스페이서와 폴리링커는 다수의 arPES로 결합된 aptamer 프로브의 비특이적 흡착을 낮추고 aptamer 프로브의 결합 간섭을 줄였다. 바이오센서의 검출 한계는 버퍼에서 약 1.5 pM이고 인간 혈청에서 약 2.7 nM이었다. 본 연구결과는 분석화학 분야의 최우수 저널인 Biosensors and Bioelectronics에 논문으로 게재하였다.

기대효과

후속 연구를 통해 항체-항체 샌드위치에도 적용할 수 있는 기술을 개발한다면 면역센서를 포함한 다양한 바이오센서 분야에서 초고감도 검출을 위한 기반 기술로 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

연구단 연구 목표와의 연관성

본 연구에서 개발한 '고분자 촉매 표지를 이용한 촉매 반응'은 인공 효소를 이용한 질병 진단과 밀접하게 관련되어 있다.

③ 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

(1) 재선정평가 당시 5년간 국내·외 등록 특허 22편, 기술이전 3건으로 본 연구 기간 (2023.9.1.~2024.8.31.) 최근 1년 동안 국내 특허 8편으로 연구가 활발히 이루어지고 있음을 알 수 있다.

(2) 촉매 기술(6건), 전지 기술(1건), 효소 기술(1건) 등 인공 효소/촉매 관련 분야에서 활용 가능한 특허 기술을 등록하였다.

(3) 유기화학 분야 특허로 “트리페닐아민계 화합물 및 이를 포함하는 유기 발광 소자(대한민국 특허 10-2636045)”를 개발하였다. 열을 이용한 가교화 방법을 통해 형성되는 호스트 재료의 경우, 가교 성능 및 가교도를 높이기 위해 상대적으로 분자량이 큰 재료들이 주로 이용되고 있다. 그러나 상대적으로 150℃ 내지 180℃ 이상의 높은 가교 온도, 및 30분 내지 60분 이상의 오랜 가교 시간 조건은 소자의 데미지를 주게 되어 발광효율 및 수명을 급격히 떨어지는 문제점을 가지고 있다. 용액 공정으로 OLED 소자 제작 시 고성능의 특성을 얻기 위해서는 좀더 낮은 가교 온도 및 짧은 가교 시간을 가진 물질의 개발이 필요하다. 본 발명은 낮은 온도에서 가교가 가능하며, 수명 및 발광 효율이 우수한 트리페닐아민계 화합물 및 이를 포함하는 유기 발광 소자에 대한 특허로, 파이-콘주게이션 확장에 의해, 가교 후 높은 정공 수송 물성을 효과적으로 유지가 가능하다. 또한 소자 적용 시 수명 및 발광 효율 특성을 효과적으로 향상시킬 수 있다.

(4) 생화학 연구를 통해 “그람음성균 감염성 질환 예방 또는 치료용 약학조성물 및 항균제 내성 억제용 항균보조제(대한민국 특허 10-2676585)”를 개발하였다. 다제내성균 특히 Mcr-1 유전자를 함유하는 마지막 항생제 폴리믹신에 대한 내성을 가지는 대장균은 생명 및 환경에 많은 위협과 치료를 위한 막대한 비용 문제가 발생된다. 신규 항생제 개발이 필요하나 빠른 내성으로 인해 약물 개발속도가 늦어 이를 해결하기 위한 비항생제 활용 전략이 필요한 실정이다. 본 발명은 니켈이 도핑된 산화아연과 흑린 나노시트로 구성된 생체 적합성 나노 복합체를 그람음성균 감염 예방 또는 치료용 조성물로 제시하였다. 이 조합은 타겟하고자 하는 Mcr-1 유전자를 함유하는 대장균에만 특이적으로 작용하며 세균 표면의 전하를 중화시키는 기작을 통해 폴리믹신과의 상호작용을 촉진한다. 이는 기존 폴리믹신의 사용이 불가능한 상황에서 재활용하는 방법을 제시했다는 점에서 신규 항생제 개발 없이도 감염치료를 제어할 수 있다는 점에서 유용한 약학 조성물로 제공되어 가치가 높다.

(5) 전기화학 촉매 관련 “탄소 코팅된 기재의 제조 방법 및 탄소 코팅된 기재(대한민국 특허 10-2698143)”를 개발하였다. 탄소 코팅으로 소재의 기능을 강화하면 전도성이나 안정성이 필요한 소재에서 귀금속을 대체할 수 있다. 이 발명은 알코올계 화합물과 함께 가열하는 간단한 공정으로, 높은 산업성을 가지면서 비활성 기체의 유속을 조절해 비표면적이 크고 전기화학적 특성이 우수한 탄소 코팅층을 쉽게 기재에 형성할 수 있다. 이렇게 형성된 탄소 코팅 기재는 다양한 화학적 반응의 전극으로 쓸 수 있으며, 이는 여러 산업 분야에서 활용 가능성을 넓힌다. 합성한 탄소 코팅 기재의 활용 예시를 보면 전기화학 촉매의 효율성과 안정성을 동시에 높일 수 있는 이점이 있다. 이러한 특성 덕분에 새로운 전극으로서의 응용 가능성이 매우 클 것으로 보인다.

(6) 특허 KR102648804B1은 마이크로웨이브 또는 연속 흐름 반응 공정을 이용한 이온성 액체 합성 방법에 관한 것이다. 이 발명은 질소를 포함한 헤테로 고리 화합물, 아민계 화합물 및 이의 폴리머를 산성 물질 및 트리알킬 오르소포르메이트(trialkyl orthoformate)와 반응시키는 과정을 통해 이루어진다. 이 특허의 자세한 주요 특징은 다음과 같다. 첫번째, 마이크로웨이브 조사 및 연속 흐름 공정을 사용하여 반응 효율을 높인다. 두번째, 기존 방법에 비해 반응 시간이 크게 단축된다. 세번째, 별도의 탈수 공정 없

이 이온성 액체를 합성할 수 있어 생산 과정이 단순해진다. 네번째, 이 공정은 다양한 이온성 액체의 대량 합성을 가능하게 하며, 대규모 생산이 가능해진다. 결과적으로 이 방법은 다양한 질소 함유 화합물 및 아민계 화합물을 이용한 이온성 액체의 생산에 효과적이다.

(7) 본 발명(대한민국 특허 10-2621051)은 통상의 가열 및 마이크로파 조사 조건에서 금속 유기 골격체(MOF)의 촉매작용에 의해 유기 헤테로시클릭 화합물을 포르밀화하는 방법에 관한 것이다. 본 발명에 의한 헤테로시클릭 화합물의 포르밀화 방법에 의하면 저비용으로 수율 85% 이상의 높은 반응 효율을 나타내는 알데히드 화합물을 제조할 수 있으며, 합성 시 환경 오염을 방지할 수 있고 짧은 반응 시간이 소요될 뿐 아니라 높은 생산 안전성을 제공한다.

2. 산업·사회에 대한 기여도

2.1 산업·사회 문제 해결 기여 계획 및 실적

2.1.1 산업·사회 문제 해결 전략



(1) 합성 분야

 LG화학 고순도 염화포타슘 정제 기술 개발	 정보제약 원료의약품 생산 공정 개발	 ORDEG 자동차 배기가스 촉매 특성 연구	 삼성디스플레이 첨단 디스플레이 소재 개발
--	--	--	---

- ▶ LG화학(주)와 연구 고순도 KCl 정제 기술 개발 과제를 2022년 11월부터 수행하고 있다. (연구비: 70,000천원) KCl 정제 기술 확보를 통해 석유 및 가스 산업 및 식품 산업의 염화포타슘에 대한 수요 증가가 예상 되는 상황에서 LG화학이 전 세계 염화포타슘 시장의 성장을 이끌 것으로 예상된다.
- ▶ 우리나라 원료의약품 생산을 대표하는 기업인 정보제약은 다양한 의약품의 효율적인 공정 개발을 위해 노력하고 있다. 합성 과정에서 애로 사항을 해결하기 위해 지난 1년 동안 성공적인 기술 자문 관계를 이어오고 있으며 향후 연속 공정을 활용하는 API 생산 공정 완성과 대량 생산을 위해 함께 노력할 예정이다.
- ▶ 수원에 본사를 두고 있는 연성정밀화학에서 합성 정제한 고체 결정물질의 3차원 구조분석을 통하여 제약/제약 중간체 산업에 기여하고, 구조와 약성 간의 정확한 관계 규명에 관해 서로 논의하여 이 분야에 새로운 이정표를 세우고자 한다. 또한 (주)오텍에서 합성 제조한 백금 및 팔라듐 나노 입자의 물성 및 특성을 공동연구하여 자동차 배기가스 촉매 분야에 기여하고자 한다.
- ▶ OLED 디스플레이는 우리나라가 전 세계 시장을 선점하고 있는 대표적인 분야로 최근 치열한 기술 경쟁 속에서도 우위를 점하고 있다. 현재 상용화된 OLED는 건식 공정으로 제조되고 있으나 대면적화와 제조비용 면에서는 용액공정이 더 유리하다. 삼성디스플레이는 용액 공정인 잉크젯 프린팅 방식으로 차세대 OLED 디스플레이를 개발하고 있으며 용액 공정에 적합한 유기 소재들을 필요로 하고 있다. 산업소재 정부 과제를 통하여 삼성디스플레이에서 필요로 하는 고용매저항성과 고이동도를 갖는 정공수송 재료를 설계 합성하여 재료를 공급하고 있으며 지속적인 협업을 통하여 기업에서 상용화하는데 필요한 소재를 개발하는데 기여하고자 한다.

(2) 에너지 분야

 SHMTF 메모리용 반도체 검사장비 개발 관련 자문 및 공동연구	 LG Energy Solution 리튬이온전지 생산 공정 최적화 연구 및 기술이전
--	---

- ▶ 주식회사 새한마이크로텍은 메모리용 반도체 검사장비의 핵심 부품인 Probe Pin과 화상 정밀측정시스템, Micro Robot용 초소형 Spring 등을 생산하는 기업이다. High Frequency용 반도체 패키지를 위한 Coaxial Rubber Socket 개발 관련 자문을 진행하고 있고, 성공적인 공동연구 관계를 이어오고 있다. 향후 더욱 깊이 있는 교류를 통하여 기업의 문제 해결을 돕고 이를 통한 새로운 제품의 개발에 기여하고자 한다.
- ▶ (주)LG에너지솔루션은 전기자동차용 리튬이온전지 생산량에 있어서 세계 1위를 다두고 있는 배터리 기업으로서, 유럽, 북미, 아시아 등 20여개의 글로벌 완성차업체와 70여개의 전기차 프로젝트를 수행하고 있다. 본 연구단에서는 전기화학적 분석을 통해서 해당 기업의 리튬이온전지 생산 공정을 최적화하는 연구 과제를 2023년 6월부터 2024년 2월까지 수행하였다(연구비: 50,000천원). 이 과정에서 다양한 전기화학적 분석법을 활용하여 기업의 문제 해결을 돕고, 기술이전과 인력 양성을 수행하였다. 나아가 향후에도 꾸준한 산학 협동, 교류 및 기술 자문의 관계를 이어가며 리튬이온전지 생산 기술 고도화에 기여하고자 한다.

(3) 바이오 분야

 MD Healthcare 신규 백신 및 치료용 전달체 개발 자문 및 공동연구	 AMYLOID SOLUTION 퇴행성 뇌질환 치료제 후보 물질 발굴 협업	 엠코바이오(주) 셀레노벤젠 합성 항암 치료 연구 협업
---	---	--

- ▶ 바이오 중소기업인 MD 헬스케어와 유산균 유래 소포체를 활용한 국내 대표 질환에 대한 신규 백신 및 치료용 전달체 개발을 위한 자문 및 공동연구를 진행중이다. 바이오 스타트업 기업인 에이피아이텍과 포스트바이오틱스를 활용한 미래 먹거리 창출을 위한 정밀발효용 플랫폼 개발을 위해 자문 및 공동 연구 주제를 발굴중이다.

- ▶ 최정모 교수는 바이오 스타트업인 아밀로이드솔루션(주)와 함께 퇴행성 뇌질환 치료제 후보물질을 발굴하고 시뮬레이션을 활용해 그 분자적 기전을 설명하는 연구를 진행하고 있다. 특히 아밀로이드베타와 타우 단백질의 섬유화 과정을 저해하고 이미 형성된 섬유를 풀어내는 물질을 목표로 한다. 본 연구는 특허로 출원하였으며, 국내외 여러 투자 기관으로부터 많은 관심을 받고 있다.
- ▶ 최근 엠코바이오(주)와의 협약을 통해 특허기술양도를 진행하였다(신규 합성한 셀레노벤젠 화합물을 유효성분으로 함유하는 암의 예방 또는 치료용 조성물 특허권 양도-2020년 1월 20일). 본 특허를 바탕으로 설립된 엠코바이오와 함께 다양한 화합물의 항암 효과 및 질병 치료 연구를 부산대학교 한의학전문대학원과 공동연구를 통해 수행할 예정이다.
- ▶ 이영주 교수는 국내 대표 제약회사인 유한양행과 함께 암 발생에 중요한 영향을 미치는 마이크로 RNA 표적 화합물을 발굴하는 연구를 진행하고 있다. 마이크로 RNA 성숙화를 도와주는 Dicer 단백질과의 상호작용을 저해함으로써 암세포의 성장 및 전이를 저해하는 것을 목표로 한다. 현재 연구는 시작단계에 있고 성공적인 후보물질 도출을 위해 공동연구를 계속 진행할 예정이다.
- ▶ 고민섭 교수는 유한양행과 함께 항체-약물 접합체 개발 연구를 진행하고 있다. 항체와 저분자 물질을 상온에서 높은 효율로 접합시킬 수 있는 새로운 방법을 개발하고 있으며, 새롭게 개발한 인공 효소가 그 핵심 역할을 하는 것을 목표로 하고 있다.
- ▶ 박진균 교수는 연속 흐름 반응 기술을 적용하여 AP 중간체 합성하는 플랫폼을 완성하였고 이의 산업적 생산을 위해 정보제약과 공동 연구를 수행하고 있다.

나 지역 기업과의 교류 프로그램

(1) 지역 기업과의 상호 교류 중대

- ▶ 본 교육연구단 소속 황도훈 교수는 경남 창녕에 위치하고 있는 (주)이노폴 기술연구소와 교류를 지속하고 있다. 이노폴은 특수 분체 도료를 생산 업체로서 국내에서 가장 큰 시장 점유율을 가지고 있으며 세계 시장의 점유율을 꾸준히 늘리고 있는 중견 기업이다. 현재 생산하고 있는 도료는 냉장고 등의 가전 제품과 각종 기계류에 많이 사용하고 있는데 표면의 거칠기가 높은 단점이 있어 이를 해결할 수 있는 방법에 관한 자문 요청을 받아 본사와 기술 연구소를 방문하였다. 박막 형성 공정에서 부산물로 생성되는 수분이 도막의 거칠기를 증가시키는 요인으로 판단되었고 이를 감소시킬 수 있는 방법에 관하여 자문하였다. 또한 현재 생산 중인 폴리에스터계 분체 도료의 구조 개질을 통하여 이차전지 바인더로 사용될 수 있는 기초 연구에 대해서도 향후 협력하기로 하였다. 이노폴은 본사와 기술연구소를 부산으로 이전할 계획을 가지고 있어 향후 본 사업단과 밀접하게 산학 협력을 진행할 수 있을 것으로 기대된다..

(2) 정부 출연 연구원과의 인재 양성 및 연구 교류

- ▶ 분자 소재 관련 연구를 수행 중인 영남 소재 정부 출연 연구원과의 학연 과정을 개설하여 교육과정 개선과 해당 기관 취업을 동시에 이루려고 노력하였다. 2016학년도 1학기부터 한국화학연구원, 한국전기연구원, 한국세라믹기술원, 생산기술연구원과 학연 과정을 개설하여 운영 중이며, 2019학년도 1학기부터 한국해양과학기술원과 학연 과정을 개설하여 운영 중이다. 현재 총 7명의 학생이 참여하고 있다.

(3) 기업체 연구원 초청 간담회 운영

- ▶ 다양한 분야의 최신 연구 결과를 소개할 수 있도록 매 학기 다양한 분야의 기업 소속 연구원을 초청하여 간담회를 진행하고, 기업체의 과학기술 문제 및 애로사항을 파악하여 해결을 돕고자 한다.
- ▶ 본 연구단 소속 이상학 교수는 부산의 향토기업인 (주)학산 연구원 및 사장을 초청하여 현재 개발하고 있는 섬유의 물리 화학적 특성 및 개선 방향에 대한 논의를 하였으며, 지속적인 협력 관계를 유지 하고 있다.

2.1.3 (지역)사회 문제 해결

가 사회 문제 해결을 위한 연구

본 연구단의 중점적인 연구 주제인 인공 효소/촉매와 관련된 사회 문제 해결을 위해서 적극적으로 대응하고 있으며, 기간 동안 충분한 성과를 창출하고 있으며 향후에도 지속적으로 사회 문제 해결에 참여하고자 한다.

(1) 합성 분야

참여교수	응용분야	사회 문제 해결 실적 및 계획
김영석	 전이금속 촉매	기존의 전이 금속 촉매보다 우수한 반응성을 가진 균일계 전이 금속 촉매를 설계하기 위해 홀전자를 포함한 리간드를 개발하였다. 이러한 리간드는 스핀 특성을 가져 분자 자석 및 스핀트로닉스 분야에서 주목받고 있다. 또한, 홀전자의 높은 반응성 덕분에 리간드 중심에서 새로운 반응성을 발현할 수 있다. 이 리간드를 사용해 금속 촉매를 제작하면, 금속 중심과 리간드가 협력하여 반응에 참여하며 기존 전이 금속 촉매와는 차별화된 새로운 반응성을 제공할 수 있다.
박강현	 환경, 소재	기존 나노 소재 기반 재료가 가지는 한계점을 3차원 다공성 지지체와 하이브리드 나노입자를 바탕으로 한 기능성 나노 소재 개발을 통해서 극복하여 기능성 나노소재 합성 및 응용 분야에 기여하고자 한다. 본 연구를 통해 개발되는 나노촉착체는 새롭고 우수한 성능을 가질 것이라 예상되어 미세먼지를 제거하는 기능을 통해 보건 의료, 정밀화학, 전자 및 화학 산업 등의 분야에 응용이 기대된다.
박진균	 의약화학	산업적 활용도 제고를 위해 연속흐름반응 플랫폼 구축에 중점을 두고자 한다. 새로운 구조의 전이 금속 촉매를 설계하고 최적화하여 반응 효율을 향상시키는 한편, 전압, 전류밀도, 전해질 등 전기화학적 조건을 정밀하게 제어하여 원료의약품 중간체의 효율적 합성법을 개발하고자 한다. 또한 연속흐름반응이 가지는 고유한 장점들(열 및 물질전달 효율 향상, 안전성 제고, 스케일업 용이성 등)을 전기유기화학 반응에 접목하여 산업적 활용이 가능한 실용적인 합성 플랫폼을 구축할 예정이다.
정옥상	 환경, 촉매	미세먼지 주범의 흡착 및 분자 공간 내에서의 극한 반응을 개발하고자 한다. 현재 미세 유해 물질들이 대기 및 곳곳에 있고 위협적인 요소가 되는 실정임으로 이런 유해 물질을 분자 공간 내에 흡착시켜 탈착/분해하는 화학적 조건을 찾아내고자 한다. 또한, 일반 조건에서는 불가능한 유기화학반응을 전자 밀도가 확연히 다른 분자 공간 내에서 시도하여 유용한 분자를 효과적으로 합성하는 방법을 개발하고자 한다.
홍대화	 바이오센서, 약물 전달학	단백질의 비특이적 흡착뿐만 아니라, 이차기능화도 가능한 박막을 개발하였으며, 이를 바이오센서 플랫폼에 적용하고자 한다. 특히, 개발한 박막은 온화한 수용액 조건에서 코팅이 가능함과 동시에 표면의 종류에 관계없이 해당 박막이 형성 가능하여 높은 응용성을 기대하고 있다. 또한, 흡착 접착 단백질의 개념에 분해성 작용기를 도입하여, 다양한 표면에 형성 가능한 자극 감응성 분해 박막을 개발하였다. 해당 박막은 외부 신호 인자의 농도에 따라 분해능 조절이 가능하며, 약물 전달 시스템의 기초 기술로 활용될 전망이다.

(2) 에너지 분야

참여교수	응용분야	사회 문제 해결 계획
남기민	 에너지, 전극	전기화학적 이산화탄소 환원 연구는 전기에너지를 활용하여 산업에서 배출된 이산화탄소를 일산화탄소와 포름산과 같은 연료로 전환 생산하는 기술이다. 이는 대기 중의 이산화탄소를 저감하고, 기존의 화석 연료 대신 이산화탄소에서 고부가가치 화합물을 생성하므로 탄소 순배출을 최소화하는 방안으로 효과적이다. 이산화탄소 환원으로 생성되는 화합물의 효율과 선택성(패러데이 효율)이 높은 Bi 전기화학 촉매 및 전극을 개발 하였고, 대량 포집 및 환원 연구에 집중하고 있다.
유현덕	 에너지화학	에너지 저장/변환의 화학적 원리로부터 새로운 에너지 소재 개발에 주력하였음. 국내 이차전지 기업들이 집중하고 있는 리튬이온전지 양극소재 공침 합성의 화학적 메커니즘을 규명하여 고성능/고안정성을 갖춘 농도구배형 양극 소재 합성법을 개발하고 고도화하였다. 나아가 차세대 전지로서 주목받는 마그네슘이차전지 및 아연이차전지의 전극 소재 개발 및 전지 안에서 일어나는 다양한 현상을 전지구동중 실시간 분석과 방사광가속기를 이용한 고도분석, 그리고 전기화학적 모델링/시뮬레이션으로 규명하는 연구를 지속적으로 수행중이다.

황도훈



태양전지,
디스플레이

유기 반도체는 제조 비용이 상대적으로 저렴하고 프린팅과 같은 용액 공정으로 소자를 제작할 수 있다. 또한, 가볍고 충격에 강하며 구부리거나 접을 수 있는 기능을 가지고 있어 차세대 태양전지, 대면적 유기전기발광 디스플레이 디스플레이에 적용이 가능하다. 높은 광전변환 효율을 갖는 유기태양전지 소재, 그리고 전하 이동도가 우수하고 화학적 가교를 통하여 높은 용매저항성을 갖는 전하 수송 재료를 설계 합성하여 용액 공정을 통한 차세대 OLED 디스플레이 핵심 소재를 개발하고 특허를 출원 등록하여 국내 관련 산업이 경쟁력을 유지하는 데 필요한 지적재산권을 확보하고자 한다.

(3) 바이오 분야

참여교수	응용분야	사회 문제 해결 계획
고민섭	 바이오소재, 보건의료	비천연 아미노산을 이용한 생물학적 논리 게이트를 개발하였다. 유전자 코드 확장 기술에서 발생하는 온도 민감성을 규명하고, ATP 소비에 의한 현상임을 밝혀내어 낮은 온도와 비천연 아미노산을 이용한 새로운 제어 방식을 제시하였다. 이 성과는 원하는 조건에서 형질 발현 및 기능 조절이 가능한 바이오 시스템 개발로 확장될 수 있다. 또한, 다른 연구에서 바이오소재의 가역적 라벨링과 항체-약물결합체의 효율적 합성에 기여할 수 있는 결과를 얻어 마무리 단계에 있다. 이를 통해 바이오 신약 개발과 바이오이미징 등 생물학 기초 연구에도 활용할 수 있는 첨단 기술을 확보하고자 한다.
김광선	 백신 및 치료제 개발	국가/사회적으로 위험성이 높고 불필요한 경제적인 손실을 유발하는 감염병(바이러스, 세균) 및 암을 예방/치료하기 위한 신규 플랫폼을 개발하고 동시에 효능을 조절하는 우수 바이오 마커를 발굴하는 기초 연구를 수행하고 있다. 한국화학연구원과의 공동연구를 통해 목적성 기능을 나타내는 생체적합성 약물/백신 플랫폼을 개발하는 응용 연구를 수행할 계획이며, 확보된 플랫폼에 다양한 감염병 및 암의 치료 물질을 탑재하여 타겟 질환 맞춤형 백신과 치료제를 개발하고, 경제적으로 이득이 되도록 대량 생산 시스템을 구축하고자 한다.
양해식	 의료진단 센서	질병 관련 물질을 짧은 시간에 고감도로 검출할 수 있는 바이오센서 기술 개발에 집중하고자 한다. 이를 위해 빠른 화학적 신호 증폭을 일으킬 수 있는 새로운 인공 효소/촉매 반응을 개발하고자 한다. 특히 바이오센서에 실질적으로 응용될 수 있는 '여러 단계의 화학적 신호 증폭을 이용한 캐스케이드 기술'과 '단백질 분해효소를 이용하여 신호를 증폭하는 기술'을 개발하고자 한다.
이영주	 RNA, 신약개발	질병 중 제약 분야에서 가장 높은 관심을 보이는 암을 표적화하는 연구를 수행하였다. 암에서 과발현 되는 mRNA와 microRNA 에 결합하고 해당 RNA 를 분해하는 화합물을 발굴하였다. 더 나아가 화합물 라이브러리를 구축하여 표적 RNA를 저해할 수 있는 새로운 화합물 발굴 스크리닝 전략을 개발하는 연구 또한 수행할 것이다. 이러한 연구를 암이나 희귀성 질환 및 대사 질환등에 적용하여 신약개발의 시간을 빠르게 앞당길 수 있을 것으로 기대한다. 개발된 물질은 신약 후보물 뿐 아니라 RNA 기능을 연구하는 생물학 기초연구에도 유용하게 사용될 수 있다.
이상학	 질병 메커니즘, 신약개발	사회적 문제가 되고 있는 퇴행성질환의 원인이 되는 분자 메커니즘을 규명하고, 원인 메커니즘을 저해하는 생물학적, 화학적 방법을 고안하고 이를 통해서 질병을 차단하는 방법을 개발한다. 더불어 분자 메커니즘에 관여하는 분자를 타겟팅하여 이런 질병을 조기에 진단하여 치료에 이룰수 있는 방법을 모색한다.
최정모	 인공 효소, 신약개발	단백질 이론과 생체 분자 모델링을 기반으로 새로운 효소와 약물 분자를 발굴하는 방법론을 개발하고 있다. 퇴행성 뇌 질환의 주원인인 단백질 분자의 섬유화 과정을 이해할 수 있는 분자동역학(molecular dynamics) 시뮬레이션 기법을 개발하고 있으며, 동시에 생체분자 응축과 섬유화 과정 사이의 상호작용을 이해할 수 있는 그래프 기반 시뮬레이션 모듈도 개발하였다.

나 과학 대중화를 위한 프로그램

본 교육연구단은 기존의 대중화 교육 프로그램 운영 경험과 참여자 피드백을 바탕으로 기존 프로그램을 지속해서 개선함과 동시에 신규 프로그램을 개발하여 지역 사회 대중화 교육 및 과학 인재 양성에 기여하고자 한다.

(1) 학생 및 일반 대중을 대상으로 하는 과학 관련 특강

- ▶ 본 교육연구단의 참여교수들은 일반인/중고생 대상으로 하는 강연에 적극적으로 임하고 있다. 지난 1년간 한국고등교육재단에서 주최하는 드림 렉처를 비롯하여 지역 중고등학교 직접 방문하여 진로특강, 과학 강연을 하였다. 향후에도 일반 대중을 위한 대중 강연 기회를 확대할 방침이다.

일시	참여교수명	주관	내용
2023년 9월 23일	최정모	한국고등교육재단	드림렉처 초청특강
2023년 12월 20일	최정모	사직여자고등학교	진로 아카데미 특강
2024년 5월 21일, 2024년 6월 4일	김영석	거성중학교	거성중학교 화학 특강
2024년 9월 6일	최정모	부산진여자고등학교	부산진여자고등학교 드림렉처

(2) 과학 대중화를 위한 온라인 무료 강의 콘텐츠 개발

- ▶ 현재 과학의 대중화와 과학 접근성 향상을 위해 일부 강좌를 온라인을 통해 공개 중이며 학생들뿐 아니라 관련 분야 종사자들도 쉽게 이용할 수 있도록 하였다. 이를 계속적으로 확대하여 무료 온라인 강의 콘텐츠를 추가로 개발하고 제공하고자 한다.

(3) 대중매체를 이용한 과학 대중화

- ▶ 본 교육연구단의 참여교수들은 대한화학회에서 발간하는 <화학세계>, 한국화학관련학회연합회에서 발간하는 <화학연합>, 한국물리학회에서 발간하는 <물리학과 첨단기술>, 아시아태평양이론물리센터에서 발간하는 <크로스로드> 등 과학 관련 정기 간행물에 과학 대중화를 위한 글 8건을 기고하였으며, 장차 이를 신문이나 대중 잡지로 확장하여 광범위한 과학 대중화를 꾀하고자 한다. 더불어 참여 교수들은 부산과학기술협회의 과학정책연구위원으로 참여하여 과학 정책 자문을 통해서 실제 과학 대중화에 힘쓰고 있다.

다 부산 지역 이공계 인재 육성을 위한 프로그램

(1) 실험 기반의 이공계 미래 인재 육성 프로그램

- 지역 사회의 지원을 포함하여 정부 기관 및 비영리 단체를 대상으로 김광선 교수가 한국생명공학연구원 바이오나노연구센터에 *Acinetobacter baumannii*균주의 기전 탐색에 대한 자문을 하였다.
- R&E 프로그램: 23년 4월-12월, 24년 4월-12월 부산과학고등학교 학생을 대상(총 10팀)으로 과학영재 창의과제 연구를 진행하고 있다(김영석 교수, 양해식 교수, 홍대화 교수). 24년 4월-12월 부산일과학고등학교 학생을 대상(총 2팀)으로 과학영재 창의과제 연구를 진행하고 있다(박강현 교수).
- 양해식 교수는 한국전기화학회(2023년 11월 1일)에서 주최한 튜토리얼 프로그램 연사로 초청되어 전기화학 임피던스의 기초 및 응용에 관한 내용을 강연하였다. 또한, 한국배터리아카데미(2024년 7월 23일), GIST(2024년 8월 5일), 연세대학교(2024년 8월 7일)에서 튜토리얼을 진행하였다.
- 영재원 프로그램: 2023년 3월~9월, 부산대학교 과학영재원 중등사사과정 화학분야 1팀을 지도하였다(고민섭 교수).

(2) 부산광역시교육청창의융합교육원 자문 활동

- ▶ 본 교육연구단 소속 교수들은 부산광역시교육청 창의융합교육원과 협력하여 부산 지역의 교육 활동에 적극 참여하고 있다. 평가 기간 동안 부산과학전람회, 창의융합교육 활성화 협의회, 전국과학전람회 등 다양한 행사에 자문을 수행하였으며, 향후에도 이러한 참여를 더욱 확대해 나갈 계획이다.

일시	참여교수명	주관	내용
2023년 11월 30일	최정모	부산광역시교육청창의융합교육원	제61회 부산과학전람회 자문

2023년 11월 30일	김영석	부산광역시교육청창의융합교육원	제61회 부산과학전람회 자문
2024년 5월 31일	김영석	부산광역시교육청창의융합교육원	2024년 상반기 창의융합교육 활성화 협의회
2024년 8월 31일	김영석	부산광역시교육청창의융합교육원	제70회 전국과학전람회 면담심사 실전연습 자문
2024년 5월 31일	고민섭	부산광역시교육청창의융합교육원	2024년 상반기 창의융합교육 활성화 협의회
2024년 8월 31일	고민섭	부산광역시교육청창의융합교육원	제70회 전국과학전람회 면담심사 실전연습 자문

(3) 우수 타교생 및 미래 인재 유치 프로그램 운영

- ▶ 타교 소속 대학생이 본 연구단을 직접 방문하여 대학원 진학 정보를 얻을 수 있는 PNU Visiting Day를 매학기(2023년 11월 16일, 2024년 4월 19일) 연구 분야, 대학원 생활 및 졸업 후 진로 등의 정보를 제공하고 맞춤형 상담을 시행하였다.

(4) 학과 홈페이지 개편 및 뉴스레터 발행

- ▶ 본 대학원의 학과 구성원, 교수별 연구 주제, 연구 주제별 상호 연관성, 학과 교과목 정보, 추천 타과 교과목 정보, 졸업생 정보, 대학원생 모집 정보, 실험실 안전/연구 윤리 자료 등을 홈페이지 게시를 통해 외부에 공개하고자 한다. 이를 통해 지역 및 일반 대중에게 연구 전문 지식의 공유 기회를 제공할 수 있었다.
- ▶ 학과 내 최신 연구 결과, 동문 동정, 학과 행사 등 뉴스를 모아 매 학기 소식지 형식으로 발행하였으며, 대학원 진학과 관련된 정보를 제공하고 있다.

3. 참여교수의 연구의 국제화 현황

3.1 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

3.1.1 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

가 국제 학술대회 활동 실적

국제 학술대회 활동으로 참여교수가 참여한 국제 학술대회 초청 강연 실적(7건)과 학술대회 조직 및 운영 실적(1건)은 다음과 같다.

참여교수명	활동 기간	참여 역할	주요내용
고민섭	2024년 6월 24일 - 26일	초청 강연	▶ 27th KPPS Annual Symposium
김영석	2024년 7월 14일 - 19일	초청 강연	▶ 14th International Conference on Heteroatom Chemistry
	2024년 9월 28일 - 29일	초청 강연	▶ Hokkaido International Workshop on Mechanochemistry
양해식	2023년 11월 20일 - 22일	초청 강연	▶ 16th International Symposium on Nanomedicine (ISNM2023)
이영주	2023년 6월 25일 - 28일	좌장	▶ 14 th AFMC International Medicinal Chemistry Symposium
	2023년 11월 8일 - 10일	초청 강연	▶ The 60 th Japanese Peptide Symposium
최정모	2023년 10월 6일 - 9일	초청 강연	▶ 6th International Conference on Molecular Simulation (ICMS 2023)
홍대화	2024년 7월 29일 - 30일	초청 강연	▶ 5th International Conference on Bioinspired and Zwitterionic Materials (ICBZM 2024)

나 국제학술대회 개최

(1) 소규모 국제학술대회 개최

- ▶ 해외 연사가 포함된 초청 연사 9명 내외의 소규모 국제 학술대회를 교육연구단 주관으로 1회 개최하였다.

연번	일시	학술대회명	국외연사	국내연사
1	2023년 11월 17일	The 25th Joint Seminar of the Busan Branch of the Korean Chemical Society (KCS) and the Kyushu Branch of the Chemical Society of Japan (CSJ)	5명	4명

3.1.2 국제 학술지 활동

본 교육연구단 참여교수가 다음과 같이 국제 학술지에서 편집장이나 편집위원으로 활동하였다.

참여교수명	저널명	직책	참여 기간
김광선	Antibiotics/Biomedicines/Journal of Clinical Medicine/Pharmaceuticals/Pharmaceutics	Topic Editor	2023년~현재
	Antibiotics	Reviewer Board	2021년~현재
	Frontiers in Pharmacology	Review Editor	2021년~현재
남기민	Nanomaterials	Reviewer Board	2020년~현재
	Catalysts	Reviewer Board	2020년~현재
박강현	Catalysts	Guest Editor Board	2018년 ~ 현재
	Processes	Section Board for 'Chemistry Systems'	2020년~현재
유현덕	Energies	Section Board Member	2021년~현재
	Frontiers in Energy Research	Review Editor	2022년~현재
양해식	Bulletin of the Korean Chemical Society	Associate Editor	2020년~현재
	Electroanalysis	Associate Editor	2023년~현재
황도훈	Green Chemical Engineering	Editorial Board	2019년~현재
	Organic Polymer Materials Research	Honorary Editor-in-Chief	2021년~현재
	Polymers	Editorial Board	2024년~현재

3.2 국제 공동연구 실적

<표 3-6> 최근 1년간 국제 공동연구 실적

연번	공동연구 참여자		상대국/소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구단 참여교수	국외 공동연구자			
1	고민섭	Peter G. Schultz	미국/ Scripps Research	Pigula, M; Lai, YC; Koh, M; Diercks, CS; Rogers, TF; Dik, DA; Schultz, PG (2024) Nature Communications, Vol 15, pp.6766	10.1038/s41467-024-50843-7
2	김광선	Pambayan Ulagan Mahalingam	인도/The Gandhigram Rural Institute	Rijia, A; Krishnamoorthi, R; Rasmi, M; Mahalingam, PU; Kim, KS (2024) Pharmaceuticals, Vol 17, pp509	10.3390/ph17040509
3	김광선	Sekar Vijayakumar	중국/Shandong University	Divya, M; Chen, JD; Durán-Lara, EF; Kim, KS; Vijayakumar, S (2024) Microbial Pathogenesis. Vol 191, pp. 106679	10.1016/j.micpath.2024.106679

4	박강현	Keiko Sasaki	일본/Kyushu University	Shenoy, S; Chuaicham, C; Sasaki, K; Park, S; Nallal, M; Park, KH; Sekar, K (2023) Chemical communications, Vol. 59, pp. 12451	10.1039/d3cc03452f
5	박강현	Gokul Paramasivam	인도/Saveetha Institute of Medical & Technical Sciences (SIMATS)	Paramasivam, G; Sanmugam, A; Palem, VV; Sevanan, M; Sairam, AB; Nachiappan, N; Youn, B; Lee, JS; Nallal, M; Park, KH (2024) International Journal of Biological Macromolecules, Vol. 254, pp. 127904	10.1016/j.ijbiomac.2023.127904
6	박진균	Paul Cheong	미국/Oregon State University	Pradhan, TR; Farah, AO; Sagar, K; Wise, HR; Srimannarayana, M; Cheong, PHY; Park, JK (2024) Journal of Organic Chemistry, Vol. 89, pp. 5927	10.1021/acs.joc.3c02509
7	박진균	Malempati Srimannarayana	인도/GITAM University	Sagar, K; Srimannarayana, M; Teegala, R; Merja, BC; Pradhan, TR; Park, JK (2024) Organic letters, Vol. 26, pp. 5676	10.1021/acs.orglett.4c01703
8	유현덕	Prasant Kumar Nayak	인도/SRM Institute of Science and Technology	Nechikott, AA; Yoo, HD; Nayak, PK (2024) Journal of Power Sources, Vol. 591, pp. 233825	10.1016/j.jpowsour.2023.233825
9	최정모	Rohit V. Pappu	미국/Washington University in St. Louis	Dar, F; Cohen, SR; Mitrea, DM; Phillips, AH; Nagy, G; Leite, WC; Stanley, CB; Choi, JM; Kriwacki, RW; Pappu, RV (2024) Nature Communications, Vol. 15, pp.3413	10.1038/s41467-024-47602-z
10	황도훈	Henry J. Snaith	영국/University of Oxford	Shen, XY; Kwak, SL; Jeong, WH; Jang, JW; Yu, ZK; Ahn, H; Park, HJ; Choi, H; Park, SH; Snaith, HJ; Hwang, D; Lee, BR (2023) Small, Vol 19, pp. 2303472	10.1002/smll.202303472

3.3 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

3.3.1 참여교수의 상호교류 현황

가 참여교수의 국제 교류

본 교육연구단 참여교수가 지난 1년 동안 해외 그룹과의 공동연구를 통해 10편의 국제 공동연구 논문을 게재하였다. 이 중 IF 10 이상인 최상위 논문이 30%(3편)라는 것은 본 교육연구단의 국제 공동연구 결과가 우수함을 나타낸다. 참여교수가 아래 내용과 같이 5개국(미국, 영국, 일본, 인도, 중국)의 대학 및 연구소를 방문하여 교류하였고, 상기와 같은 우수한 연구 성과를 도출하였다.

(1) 단체 교류

- ▶ The 25th Joint Seminar of the Busan Branch of the Korean Chemical Society (KCS) and the Kyushu Branch of the Chemical Society of Japan (CSJ)
 - 본 교육연구단과 규슈 대학교 화학과 연구단이 공동 심포지엄을 개최하였다(한국 개최: 2013년 11월 17일). 본 교육연구단 한일 공동연구 가능성을 논의하였다. 공동 심포지엄은 앞으로도 정기적으로 개최할 계획이다.

(2) 개별 공동연구

- ▶ 김광선 교수
 - 인도의 Gandigram Rural institute의 Ulagan 교수팀과 대만 창궁대학의 Krishnamoorti 박사팀과의 연구교류를 통하여 치료 활용에 유용한 나노입자의 개발에 대한 연구를 진행하여 Plant Nano Biology, Pharmaceuticals 논문에 게재하였다 (2024년). 인도 Karaikudi Divya박사, 중국 산둥대학 Vijayakumar

박사, 칠레의 Universidad de Talca Duran-Lara 박사와의 논의를 통하여 Microbial Pathogenesis (2024년)에 리뷰논문을 발표하였다.

▶ 박강현 교수

- 인도 Saveetha School of Engineering, Saveetha Institute of Medical & Technical Sciences (SIMATS)의 Gokul Paramasivam 교수와의 공동연구로 나노소재가 진단과 치료를 동시에 수행하는 “테라그노시스(theragnosis)” 분야에서 어떻게 활용될 수 있는지를 종합적으로 검토하였으며, 나노소재가 생체분자의 검출 민감도를 높이고, 치료제를 효과적으로 전달하여 치료의 효율성을 높일 수 있다는 것을 입증하였다. 이를 통해, 연구팀은 진단 정확도와 치료 효과를 동시에 개선할 수 있는 새로운 나노소재 기반 진단 및 치료 플랫폼을 제안하였으며, 이는 테라그노시스 분야의 미래 발전 방향에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대 되며, International Journal of Biological Macromolecules(2024년 1월)에 게재하였다.
- 인도네시아 Faculty of Mathematics and Natural Sciences의 Antonius Herry Cahyana 교수와 Faculty of Science and Technology의 Agus Rimus Liandi 교수와 함께 녹슨 철로부터 얻어진 친환경 촉매 Fe_3O_4 를 이용하여 spiropiperidine 유도체 합성 연구를 공동으로 진행하였으며, 이 연구 결과는 Case Studies in Chemical and Environmental Engineering(2024년 6월)에 게재하였다.

▶ 박진균 교수

- Oregon State University 화학과의 Paul Cheong 교수와 알렌아마이드에 아민을 도입하는 반응의 메카니즘 연구를 공동으로 진행하였고, 이에 관한 논문을 Organic Letter(2023년)에 발표하였다.

▶ 유현덕 교수

- 미국 University of Illinois at Chicago 를 방문하면서 공동연구를 수행 중이다. 공동연구의 결과로 에너지 관련 우수 저널인 ACS Energy Letters(2019년)에 논문을 게재하였다.
- 인도 SRM Institute of Science & Technology의 Prasant Kumar Nayak 교수와의 공동연구를 통해 슈퍼캐패시터의 성능을 향상시키는 전해질 소재를 개발하였고, J. Power Sources(2024)에 논문을 게재하였다.

▶ 최정모 교수

- Washington University in St. Louis의 Rohit Pappu 교수 연구팀, St. Jude Children's Hospital의 Richard Kriwacki 교수 연구팀과 공동 연구를 통해 생체분자 응축물의 내부 구조를 밝혀내는 연구를 수행하여 Nature Communications에 발표하였다(2024년).

나 해외 연사 초청 세미나를 통한 교류

지난 1년간 12명의 해외 유명 학자를 초빙하여 세미나를 개최하고 상호 교류하였다. 아래에 해당 학자와 세미나 날짜를 열거하였다.

성명	소속	국가	일자
Prof. Hideki Yorimitsu	Kyoto University	일본	2023년 11월 7일
Prof. Gavin Chit Tsui	The Chinese University of Hong Kong	홍콩	2023년 12월 18일
이영준 박사	UC San Diego	미국	2023년 12월 19일
배대영 박사	University of Illinois Urbana-Champaign	미국	2023년 12월 27일
Prof. Amitava Das	IISER	인도	2024년 3월 21일
Prof. Frederick G. West	University of Alberta	캐나다	2024년 4월 8일
Prof. Ye Zhu	National University of Singapore	싱가포르	2024년 5월 29일
Prof. Qiuming Yu	Cornell University	미국	2024년 6월 3일
Prof. Shaoyi Jiang	Cornell University	미국	2024년 6월 3일
김태윤 교수	Purdue University	미국	2024년 6월 3일

Prof. David Mecerreyes	University of the Basque Country	스페인	2024년 6월 17일
Prof. Jeffrey E. Dick	Purdue University	미국	2024년 7월 24일

3.3.2 참여교수의 상호교류 계획

가 참여교수의 국제 교류 계획

본 교육연구단에서 현재 진행 중인 단체/개별 국제 교류는 유지하면서 본 교육연구단의 많은 교수가 함께 참여하는 국제 교류를 확대하고자 한다. 상세한 국제 교류 계획은 다음과 같다. 본 교육연구단은 활발한 국제 학술 교류를 통해 연 5편 이상의 상위 20% 논문 게재를 목표로 한다.

연번	연구자소속 및 교수명	연구분야	교류 계획
1	University of North Carolina at Chapel Hill, Professor Koji Sode	전기화학 /생화학	▶ 직접전자전달이 가능한 산화환원 효소를 이용한 바이오센서 개발(2024년-2026년) ▶ 참여대학원생 교류(2024년)
2	Purdue University, Professor Jeffrey E. Dick	전기화학촉매 /인공광합성	▶ 전기화학촉매 관련 공동연구 및 공동연구 논문 작성(2024년-2025년)
3	Nanyang Technological University, Professor Andrew Grimsdale	고분자화학 /유기전자재료	▶ 유기반도체 소자 합성 공동연구 및 논문 작성(2023년~2024년) ▶ 부산대 방문 교류(2024년-2025년)
4	Academia Sinica(대만), Doctor Professor Tiow-Gan Ong	촉매유기화학 /유기금속화학	▶ 부산대 화학과 겸임교원 임용 예정(2024년-2025년) ▶ 유기 금속화학 특강
5	Oregon State University(USA), Professor Paul Cheong,	촉매유기화학 /계산화학	▶ 촉매 유기반응, 전기 유기반응 등 메카니즘 규명을 위한 공동연구
6	University of Illinois at Chicago, Argonne National Laboratory, Professor Jordi Cabana	전기화학 /재료화학	▶ 리튬이온전지 및 차세대 이차전지 전극물질 방사광가속기 고도분석(2017년-2027년)
7	Indian Institute of Technology Guwahati, India Professor Aiyagari Ramesh	재료화학 /생화학	▶ 대학원생 학위 공동 심사 평가(2023년-2024년)
8	Burapha University Professor Ekaruth Srisook	무기화학 /촉매화학	▶ 천연물을 활용한 나노 촉매 합성 및 특성 연구(2023년-2026년)
9	Vietnam National University, HoChiMinh city (VNUHCM) Professor Ekaruth Srisook	무기화학 /나노화학	▶ MOF 구조체를 활용한 가스센서 특성 연구(2023년-2026년)
10	St. Jude Children's Research Hospital, Professor Richard W. Kriwacki	구조생물학 /단백질화학	▶ 상 분리 단백질 관련 공동연구 및 논문작성(2023년-2024년) ▶ 대학원생 및 신진연구인력 교류

나 인공 효소/촉매 분야 집중 교류

인공 효소/촉매 분야 중 생체분자 엔지니어링 전문가인 미국 Washington University in St. Louis의 Rohit V. Pappu 교수를 본 교육연구단에 초청하여(2023년 8월 22일) 세미나 및 간담회를 개최하였고, 이를 통해 해외 전문가와 교육연구단 구성원들과의 학술적 네트워크를 공고히 하였다. 주도적인 인공 효소/촉매 분야 학술교류를 위해 2024년에는 본 교육연구단 대학원생 2명을 미국에 장기파견 예정이고, 인공 효소/촉매 분야의 국제 공동연구도 10건 예정되어 있다. 앞으로 참여교수의 국제 학술대회 초청강연 및 기조연설 또한 적극적으로 장려하여 학술 교류를 더 확대할 것이다. 이처럼 본 교육연구단은 인공 효소/촉매 분야의

저명인사 초청 및 국제 학술대회의 적극적인 유치를 통해 학술교류 및 글로벌 네트워크를 확대하고, 인공
효소/촉매 분야의 국제적 연구 거점으로 자리매김하고자 한다.