

『4단계 BK21사업』 미래인재양성사업(과학기술분야)
교육연구단(팀) 자체평가보고서

| | | | | | | | | | | | |
|--|---|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|----|-------|--|---|
| 접수번호 | | 4120200213582 | | | | | | | | | |
| 사업 분야 | 기초 | 신청분야 | 화학 | | 단위 | 전국 | | 구분 | 교육연구단 | | |
| 학술연구분야 분류코드 | 구분 | 관련분야 | | | 관련분야 | | 관련분야 | | | | |
| | | 중분류 | 소분류 | 중분류 | 소분류 | 중분류 | 소분류 | | | | |
| | 분류명 | 화학 | | | | | | | | | |
| | 비중(%) | 100 | | | | | | | | | |
| 교육연구 단명 | 국문) 지속가능 화학 교육연구단 | | | | | | | | | | |
| | 영문) Chemistry education center for sustainability | | | | | | | | | | |
| 교육연구 단장 | 소 속 | 연세대학교 이과대학 | | | | | | | | | |
| | 직 위 | 교수 | | | | | | | | | |
| | 성명 | 국문 | | | | 전화 | | | | | |
| | | | | | | 팩스 | | | | | |
| | | 영문 | | | | 이동전화 | | | | | |
| | | | | | | E-mail | | | | | |
| 연차별 총 사업비 (백만원) | 구분 | 1차년도 (2019-21) | 2차년도 (21-22) | 3차년도 (23-23) | 4차년도 (23-24) | 5차년도 (24-25) | | | | | |
| | 국고지원금 | | | | | | | | | | |
| 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)) | | | | | | | | | | |
| <p>본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21사업』 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다.</p> <p style="text-align: right;">2024년 </p> | | | | | | | | | | | |
| 작성자 | 교육연구단장 | | | | | | | | | |  |
| 확인자 | 연세대학교 산학협력단장 | | | | | | | | | |  |

<자체평가 보고서 요약문>

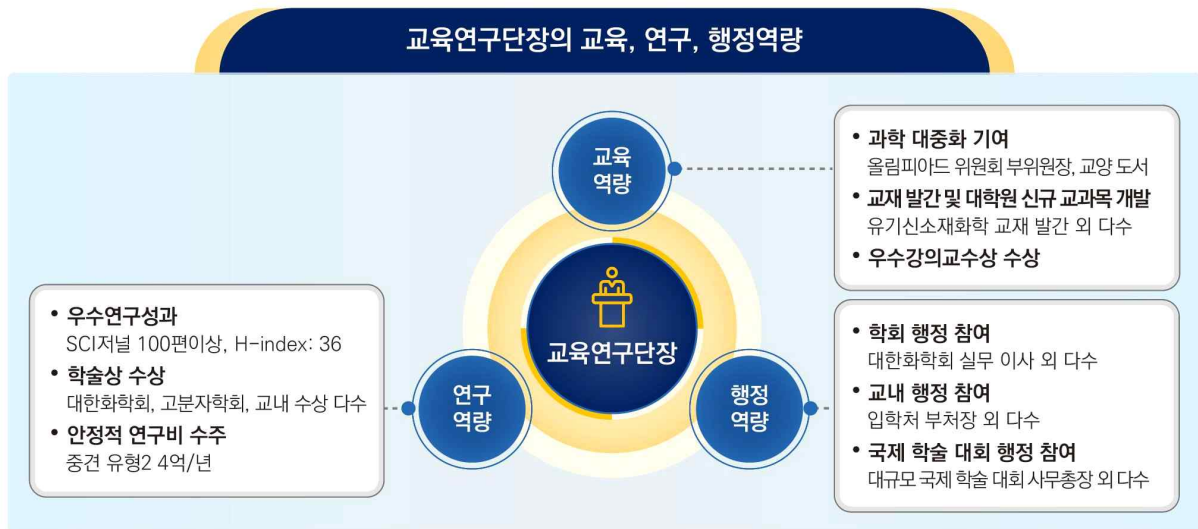
| 중심어 | 지속가능 | 미래사회 | 화학교육 |
|--------------------------|--|------|------------|
| | 창의성 | 융합성 | 사회문제 해결 기여 |
| | 특성화 교육 | 에너지 | 바이오 |
| 교육연구단의 비전과 목표 달성정도 | <p style="text-align: center;">【지속가능한 미래사회 구현에 기여할 수 있는 ⁴C(Foresee) 인재양성】</p> <p style="text-align: center;">⁴C(Foresee) Education: Chemistry for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

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

| | |
|-------------------------------|---|
| | <p>환경을 구축하는 것이 요구됨. 우수 대학원생 확보와 융합연구 분야 연구력 향상을 위한 융복합 교과 운영을 추진하였으며 교육연구단 내의 평가제도와 인프라 개선을 진행하였음</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 교육연구단의 연구 결과로부터 얻어진 지식이 교육 및 사회산업문제 해결에 반영될 수 있도록 특성화심화, 문제해결형 교과, 주제발굴형 교과, 융복합 교과를 발굴하고 운영함으로써 교육과 연구의 선순환 구조를 확립의 기반을 마련함 ▶ 국제적 경쟁력을 갖춘 특성화 클러스터 융합연구를 통해서 글로벌 네트워크를 구축하고 저명 해외 대학 및 연구기관과의 교류 및 공동연구를 증진하여 국제적 경쟁력에 대한 수월성을 확보할 것임 ▶ 교육연구단 내의 평가제도와 인프라 개선을 통한 선진화된 연구 환경을 구축하고 이를 통해 세계 저명대학들과 경쟁할 수 있는 국제적 수준의 우수 교육·연구기관으로 발돋움하여 건강하고 지속가능한 미래사회를 위한 가치 창출에 앞장설 것임 <p>【학술대회 발표 실적】 학술대회에 지난 1년간 참여대학원생은 국내외 저명 학술대회에서 총 103건의 연구 발표함 (구두발표 25건, 포스터발표 82건)</p> <p>【논문 실적】 교수 1인당 논문 수는 4.70편으로 전년 대비 4.9% 감소하였으나, 환산 편수의 합은 24.45편으로 전년 대비 8.6% 증가함</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Impact Factor(IF) 관련 논문 질적 지표: 교수 1인당 IF는 9.70으로 전년도 11.29보다 감소하였으나, IF계산 방식의 변화에 따른 결과로 평균 환산 보정IF는 전년도 대비 22.2% 증가하여 질적 우수성이 향상됨 ▶ JCR 랭킹(%)은 참여교수가 발표한 논문의 해당 분야 내에서의 질적 우수성을 나타내는 지표로 교수 1인당 연간 상위 10% 논문수는 2.22편에서 2.32편으로 증가함 <p>【특허 실적】 전체 특허 건수는 55건으로 전년 대비 44.74% 증가함</p> <p>【참여교수의 연구비 수주 실적】 정부 연구비 수주 총 입금액이 총 6,018,496천원으로 선정평가 보고서 작성시보다 22.0% 증가</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 1인당 총 연구비 수주액은 355,387천원으로 선정 당시의 금액을 잘 유지하고 있음 |
| <p>달성 성과 요약</p> | <ul style="list-style-type: none"> ■ 교육 분야: 【교과과정의 개편】, 【학사지원제도 개선】, 【교육환경 개선】 등을 수행함 ■ 연구 분야: 【융복합 연구클러스터 구성】, 【연구논문의 질적 수준 향상 추구】, 【연구환경 개선】 등을 수행함 ■ 국제화 분야 목표: 【국제교류 활성화】, 【대외 홍보 강화】 등을 수행함 |
| <p>미흡한 부분 / 문제점 제시</p> | <ul style="list-style-type: none"> ■ 예산집행의 경직성으로 인해 MOU체결을 위한 방문시 국고로 예산 집행이 불가하며, 국제 교류를 위한 단기 방문의 지원이 불가함 ■ 제도적 제한: 교육부에서 제한하고 있는 16주 강의 시수로 인한 선진적 모듈화 교과 구성이 어려움 ■ 참여교수의 연구그룹 별로 외부과제의 지원을 통해 다수의 신진연구인력을 확보하고 있으나, 신진연구 인력에 대한 규정의 경직성으로 연구실적에는 반영되지 않음 |
| <p>차년도 추진계획</p> | <ul style="list-style-type: none"> ■ 교육 분야: 【교과과정의 개편】 과 【학사지원제도 개선】 의 전면적 시행 ■ 연구 분야: 【연구논문의 질적 수준 향상 추구】 를 위한 【융복합 연구클러스터 구성】 의 효율적 운영 및 지속적 【연구여건 개선】 ■ 국제화 분야 목표: 【국제교류 활성화】 및 【대외 홍보 강화】 |

1. 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

| 성 명 | 한 글 | 영 문 |
|---------|-------|-----|
| 소 속 기 관 | 연세대학교 | |



■ 교육역량

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

■ 연구역량

- ▶ **【SCI 국제 학술지 발표 실적】** 현재까지 140편(최근 5년간 38편) 이상의 논문을 발표
- ▶ **【연구 성과의 질적 수준】** 전체 논문의 평균 IF 8, H-index(Scopus 기준) 42, 현재까지 발표한 조사대상 논문 140편 중 100회 이상 인용된 논문 21편
- ▶ **【교육연구단장의 수상 실적】** 대한화학회 고분자분과회의 학술진보상(2013년), 대한화학회 유기화학분과회 심상철학술상(2014년), 고분자학회 중견학술상(2019년), 시그마-알드리치 화학자상(2020년) 등을 수

상. 한국과학기술 한림원의 준회원으로 활동. 연세대학교 우수연구업적 표창(2010, 2014, 2019년) 수상.
연세대학교 공헌교수상 수상 (2023년)

- ▶ 【연구비 수주 실적】 한국연구재단의 중견핵심연구, 도약연구를 수행해 왔으며, 중견연구사업 유형(II)에 선정되어 안정적인 연구를 수행할 수 있는 기반을 갖추고 있음

■ 행정역량

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

2. 대학원 학과(부) 소속 전체 교수 및 참여연구진

<표 1-1> 교육연구단 대학원 학과(부) 전임 교수 현황

(단위: 명, %)

| 대학원 학과(부) | 학기 | 전체교수 수 | 참여교수 수 | 참여비율(%) | 비고 |
|-----------|-----------|--------|--------|---------|----|
| 화학과 | 2023년 2학기 | 21명 | 18명 | 85.71% | |
| | 2024년 1학기 | 21명 | 19명 | 90.48% | |

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

| 연번 | 성명 | 변동 학기 | 전출/전입 | 변동 사유 | 비고 |
|----|----|-----------|-------|-------|-----------------|
| 1 | 김 | 2023년 2학기 | 전출 | 퇴직 | 퇴직일: 2024.02.19 |
| 2 | 박 | 2023년 2학기 | 전입 | 신규임용 | |
| 3 | 양 | 2024년 1학기 | 전입 | 신규임용 | |
| 4 | | | | | |

<표 1-3> 교육연구단 대학원 학과(부) 대학원생 현황

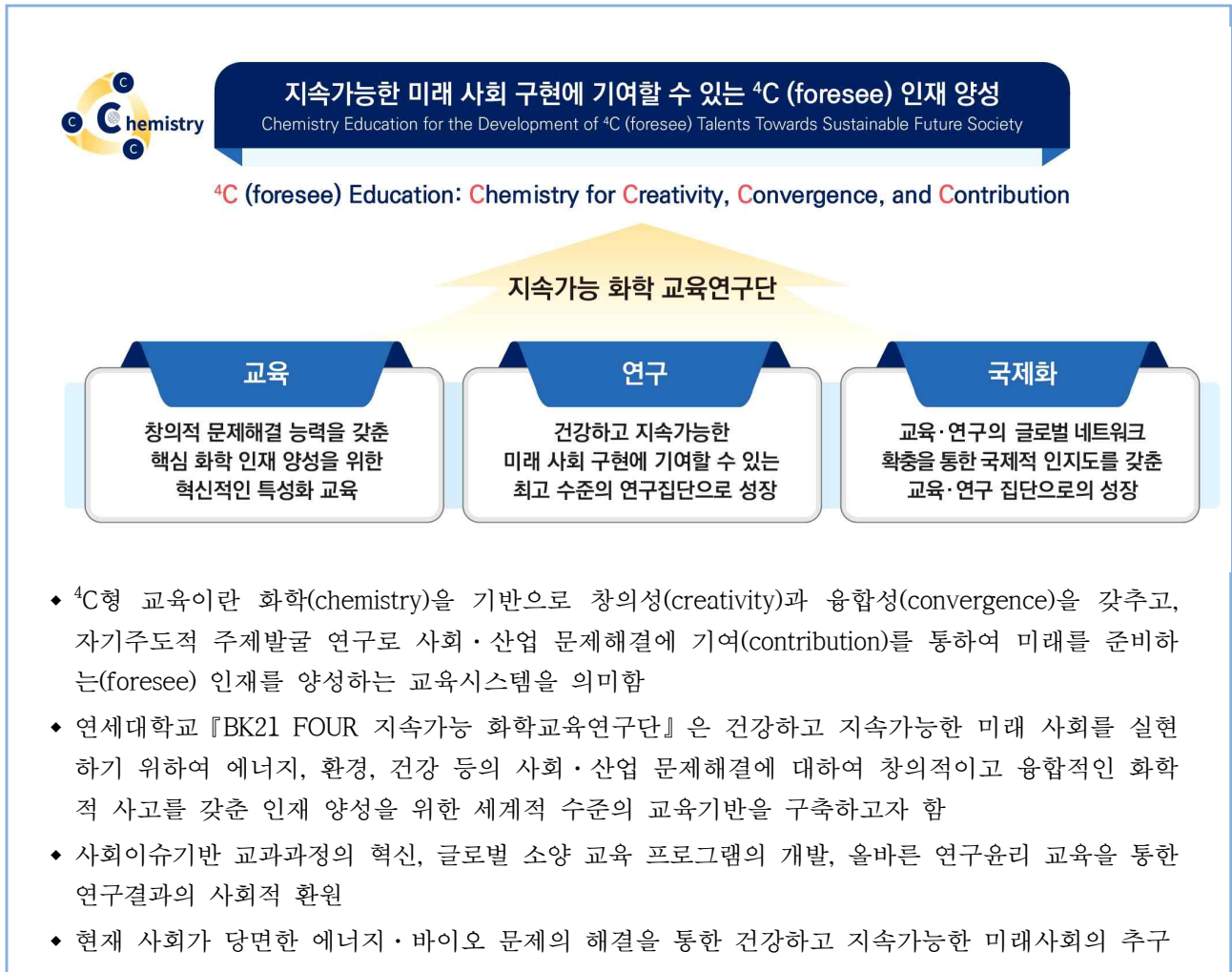
(단위: 명, %)

| 대학원 학과(부) | 참여 인력 구성 | 대학원생 수 | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------|--------|----|-----------|-------|----|-----------|---------|----|-----------|-----|-----|-----------|
| | | 석사 | | | 박사 | | | 석·박사 통합 | | | 계 | | |
| | | 전체 | 참여 | 참여 비율 (%) | 전체 | 참여 | 참여 비율 (%) | 전체 | 참여 | 참여 비율 (%) | 전체 | 참여 | 참여 비율 (%) |
| 화학과 | 2023년 2학기 | 52 | 47 | 90.38 | 13 | 11 | 84.62 | 60 | 51 | 85 | 125 | 109 | 87.2 |
| | 2024년 1학기 | 60 | 53 | 88.33 | 14 | 12 | 85.71 | 58 | 50 | 86.21 | 132 | 115 | 87.12 |
| 참여교수 대 참여학생 비율 | | | | | 6.054 | | | | | | | | |

▣ 참여 인력 구성 변경 및 현황

- ▶ 【참여교수】 학과 소속 전임교원 1명이 퇴직하였으며 2명이 신규 임용되었음. 교육연구단 참여 교수는 18명에서 19명으로 증가하였으며 참여 비율은 85.71%에서 90.48%로 향상됨.
- ▶ 【참여대학원생】 전체 참여대학원생은 2023학년도 2학기 109명, 2024학년도 1학기 115명으로 전년도와 비슷한 수준을 유지하고 있음

2. 교육연구단의 비전 및 목표 달성정도



교육연구단 비전과 목표

■ 교육연구단의 비전

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

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

■ 교육 분야의 미래 목표

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

▶ 【교과과정의 개편】

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

▶ 【학사지원제도 개선】

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

▶ 【교육환경 개선】

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

■ 연구 분야의 미래 목표

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

▶ 【융복합 연구클러스터 구성】

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

▶ 【연구논문의 질적 수준 향상 추구】

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

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

▶ **【연구환경 개선】**

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

■ **교육 및 연구의 국제화 분야 목표**

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

▶ **【국제교류 활성화】**

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

▶ **【대외 홍보 강화】**

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

교육연구단 비전과 목표 대비 실적

■ **교육 분야의 미래 목표 대비 실적**

▶ **【교과과정의 개편】**

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

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

▶ **【학사지원제도 개선】**

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

▶ **【교육환경 개선】**

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

■ **연구 분야의 미래 목표**

▶ **【융복합 연구클러스터 구성】**

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

▶ **【연구논문의 질적 수준 향상 추구】**

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

▶ **【연구환경 개선】**

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

■ **교육 및 연구의 국제화 분야 목표**

▶ **【국제교류 활성화】**

- 다양한 국제 학술대회를 개최하였으며 참여대학원생의 경쟁력있는 국제학술대회 참여를 지원하고 있음

▶ **【대의 홍보 강화】**

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

■ **벤치마킹 대학의 교육여건 분석 (2020년 기준)**

벤치마킹 대학과 비교 분석

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

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

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

■ 벤치마킹 대학의 교육과정 분석 (2020년 기준)

<표 I-1.2-2> 교육과정 벤치마킹 분석 결과

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

- ▶ 2020년 기준 벤치마킹 대학의 교육과정 분석 결과는 <표 I-1.2-1>와 같으며 벤치마킹 대학의 교육과정은

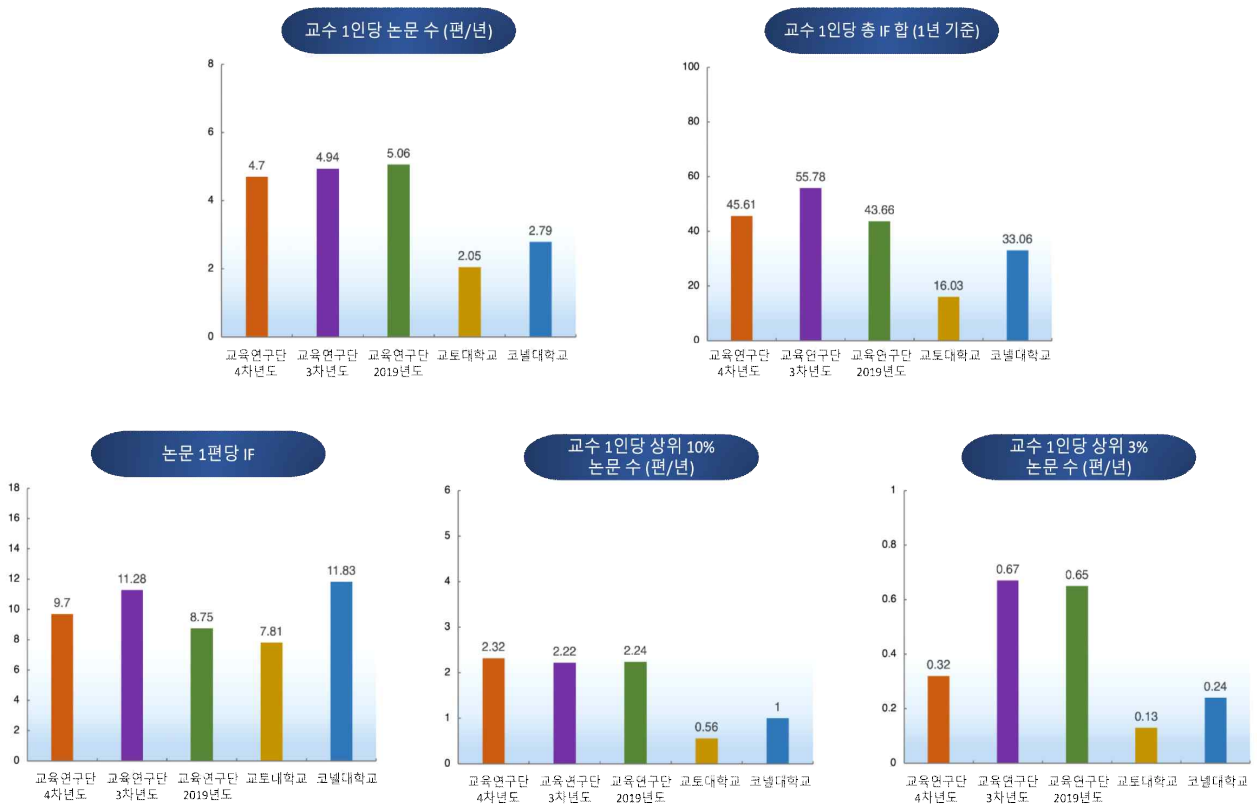
2021년에도 전혀 변화하지 않음

- ▶ 본 교육연구단의 전공기초 과목을 4과목으로 축소하였으며 11개 특성화 교과목을 신설하였고 문제해결형, 주제발굴형 교과를 도입함으로써 전면적인 교육과정 개편을 단행함
- ▶ 학사지원제도에도 큰 변화를 도입하여 학생들의 전 주기적 학사관리가 가능하도록 체계화함

■ 벤치마킹 대학과 본 교육연구단의 연구역량 분석 (2024년 현재)

- ▶ 4차년도 연구업적물에 대한 비교분석의 결과 연간 1인당 논문편수, IF의 합계에서 모두 교토대학, 코넬대학을 앞서는 결과를 보임. 다만, 논문 1편당 IF는 코넬대학에 비해 낮지만, 교토대학보다는 높은 수준을 유지하고 있음. 연구의 수월성 면에서 높은 수치를 유지하고 있지만 국제적 인지도 개선이 향후 중요한 과제가 될 것으로 인식할 수 있음

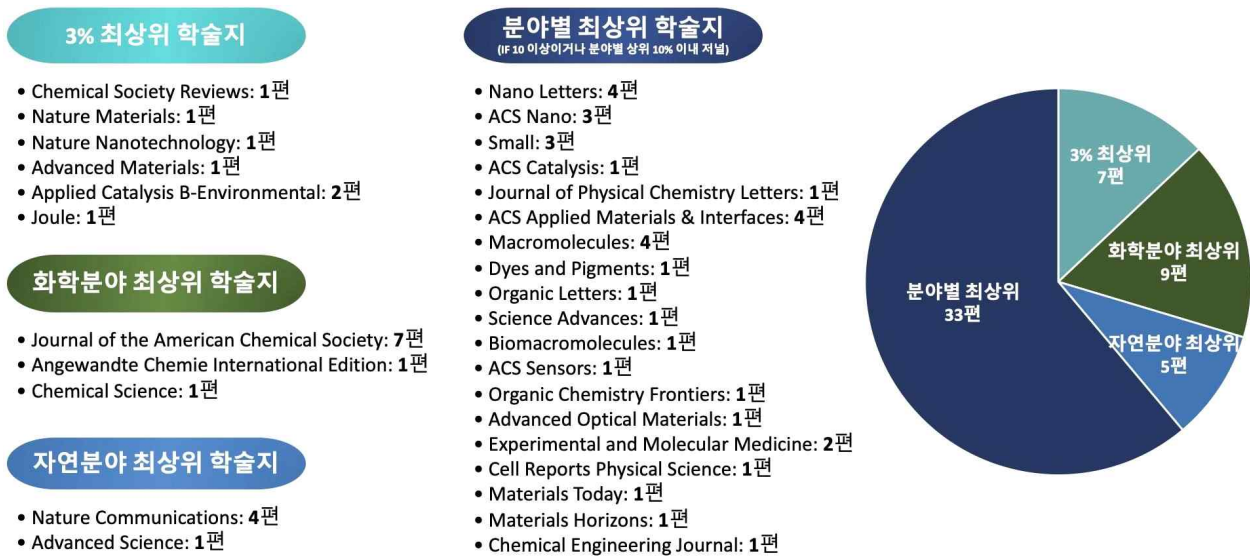
벤치마킹 대학들(화학 및 특성화)과의 연구 역량 지표 분석



■ 교육연구단의 참여교수 4차년도 연구논문의 양·질적 평가

- ▶ 연구역량 정량적 비교에 따르면 BK21FOUR 사업 4차년도의 교수 1인당 논문 수와 환산 편수는 유지됨. 반면 논문 1편당 IF와 상위 10% 논문 수는 감소하였음. 이는 학과 최상위 연구력을 지닌 김동호 교수의 정년퇴임과 3명의 신입교원이 합류함에 따라 불가피하게 발생하는 일시적 현상이며 선정평가 당시의 지표들과 비교하였을 때는 여전히 비약적으로 상승한 수치가 잘 유지되고 있음을 보여줌
- ▶ 본 교육연구단의 참여교수 연구실적 논문 1편당 환산보정 IF 및 환산보정 ES 논문 수는 대폭 증가하였음. 해당 지표들이 논문의 질적 우수성을 객관적으로 평가하기 위한 지표라는 점에서 개별 논문들의 질적 우수성이 대폭 증대하였음을 보여줌. 이 지표들은 단순 논문수의 양적 증대가 아닌 질적 우수성을 추구하는 BK21FOUR 사업의 방향성과 일치한다는 점에서 굉장히 긍정적으로 평가됨

- ▶ 본 교육연구단의 참여교수 연구 역량의 정성적인 평가를 위해서 BK21FOUR 사업 4차년도에 발표된 우수 논문을 조사·분석하여 <그림 I-1.2-2>에 나타냄
- ▶ <그림 I-1.2-2>에 나타낸 것과 같이 화학 및 자연과학 전체의 최상위 학술지(Chemical Society Reviews, Journal of American Chemical Society, Angewandte Chemie International Edition, Nature Communications, Chemical Science, Advanced Sciences, Nature Nanotechnology, Nature Materials 등)에 발표된 논문(21편)이 재선정평가 당시까지의 평균 실적(19편) 및 사업 선정 당시 실적(5편)과 비교할 때 큰 폭으로 증가한 수치가 잘 유지되고 있음



<그림 III-1.2-2> 교육연구단 BK21FOUR 사업 4차년도 참여교수 대표 연구논문 실적 요약

교육연구단의 비전 및 목표 달성을 위한 애로사항

■ BK21FOUR 사업 예산의 경직성

- ▶ 국제 교류를 위한 예산 집행의 한계
 - MOU 체결을 위한 방문 시 국고로는 예산 집행이 불가함
 - 대학간의 국제교류 사업에 있어서도 참여대학원생의 여비 지급이 불가하여 교육의 국제화에 대한 애로사항이 발생함

■ 제도적 제한

- ▶ 교육부에서 제한하고 있는 16주 강의 시수
 - 본 교육연구단은 특성화 강의의 효율성과 학생의 선택권을 부여하기 위해서 모듈형 강의를 제안하고 있음
 - 모듈화 강의는 3학점의 강의를 진행하되 16주의 기간을 1/3씩 구성하여 1학점 강의 3개를 모듈로 구성하는 것이며 대학원생은 본인이 필요로 하는 모듈을 선택하여 수강하는 것임
 - 하지만, 교육부에서는 모든 강의를 16주로 제한하고 있으므로 현행 제한에서는 모듈의 구성이 어려우며 16주로 구성된 1학점 강의 3개를 개설하여 선택하는 방법 이외에는 불가능함
 - 따라서, 실질적인 모듈형 강의의 취지를 살리기 어려운 상황임
- ▶ 신진연구인력에 대한 규정

- 본 교육연구단 소속 교수진은 외부과제의 지원을 받아 다수의 신진연구인력을 보유하고 있으나 신진연구인력의 실적에는 반영이 되지 않음
- 참여학생의 경우, 장학금 미지급 참여가 가능하지만, 신진연구인력에 대해서는 미지급 참여가 불가능함
- 내부학위자와 외부대학학위자에 대한 비율 제한으로 신진연구인력 임용의 제한이 따름
- 특히, 외부과제를 통해서 임용된 신진연구인력의 대부분은 외부대학 학위자이기 때문에 이를 포함할 경우 내부학위자의 임용에 대한 제약은 줄어들 수 있음

□ 교육역량 대표 우수성과

■ 대표연구실적

- ▶ , Chemical Society Reviews 공동1저자 논문 게재 [IF: 40.4, 화학 종합 분야 최상위 저널, JCR 0.7%]:
Glycosidase-targeting small molecules for biological and therapeutic applications, Chemical Society Reviews, 2023, 52, 7036-7070 (2023년 10월 게재)
 - 글루코시데이스는 올리고당과 당접합체의 글리코시드 결합 가수분해를 촉매하는 유비쿼터스 효소로서, 영양 탄수화물의 소화, 당접합체의 리소좀 이화작용, 당단백질의 번역 후 변형과 같은 다양한 생물학적 사건에서 중요한 역할을 담당함. 비정상적인 글리코시데이스 활성화는 다양한 질병, 그 중 암 및 리소좀 저장 장애와 깊은 관련이 있음. 본 리뷰는 2018년부터 보고된 연구 결과를 설명하며, 특히 글리코시데이스의 검출 및 영상화를 위한 형광 프로브, 효소의 공유 표지화를 위한 활성화 기반 프로브, 글리코시데이스 억제제 및 활성화 전구약물의 사용에 초점을 두었음
- ▶ , Advanced Materials 제1저자 논문 게재 (IF: 27.4, 재료 화학 분야 최상위 저널, JCR 2.5%):
Crystallographic and Photophysical Analysis on Facet-Controlled Defect-Free Blue-Emitting Quantum Dots, Advanced Materials 2024, 36, 2311719 (2024년 1월 게재)
 - 현재 자가 발광 양자점 발광 다이오드의 상용화에 대한 수요가 급증함에 따라 친환경적이고 효율적인 양자점 소재에 대한 광범위한 연구가 촉진되는 시점임. 불산 첨가제는 청색 발광 ZnSeTe 양자점의 광발광 특성을 개선하여, 충분한 불산 첨가 후 초극단 피크 폭으로 97%의 놀라운 양자 수율에 도달하였음. 양자점의 광학적 특성 개선은 입자의 형태학적 변화를 수반하며 결합이 없는 정육면체 형태의 ZnSeTe 양자점이 형성되었음. 본 연구는 불산의 첨가가 양자점의 광학적 특성을 향상시키는 메커니즘을 이해하는 데 중요한 기여를 하였으며, 이를 통해 높은 효율과 밝기를 갖춘 양자점 LED의 실현에 한 걸음 더 가까워진 것으로 평가됨

▶ 참여교수 교육대표실적

▶ 대학원 교육용 저서

- 저서명: 국가연구개발 연구윤리 길잡이(과학기술정보통신부/한국과학기술기획평가원)
- 저자: 이 외 12인
- 본 안내서는 ‘국가연구개발혁신법’에 의해 규정된 연구윤리에 관한 통합사항을 포괄하는 가이드 라인으로 2022년 2월과 5월에 각각 제정 및 개정된 안내서의 제2차 개정본임
- 부정행위 검증 및 조치를 위한 자체 규정에 대한 참고사항, 이해충돌 자체 규정 마련시 참고할 수 있는 구체적 사례 제시 및 연구윤리 우수사례, 연구보안 관련 주요 해외 사례 및 부실학술지 게재 예방을 위한 참고자료를 수록하고 있음

▶ 새로운 대학원 교과목 개발

- 교과목: 모듈형 바이오훈성화 교과목(총 2과목, 6모듈)
- 과목명: ① 화학생물학, ② AI기반의약화학
- 담당교수:
- 바이오 특성화에 따른 교과목 개편에 따라 위의 두 과목을 3개의 모듈화 과목으로 각각 신규 개설하였으며 매년 2학기에 개설하기로 함
- 3개의 모듈화 과목을 본인이 선택함으로써 혼동 없이 모듈화 과목을 수강할 수 있도록 함
- 2023년도 2학기에는 교수가 1-2개의 모듈을 각각 담당하였음

1. 교육과정 구성 및 운영

1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

교육연구단 교육목표 및 교육과정 개편 방향 도출

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

▣ 교육과정 및 학사관리 장단점 분석 (SWOT 분석)



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

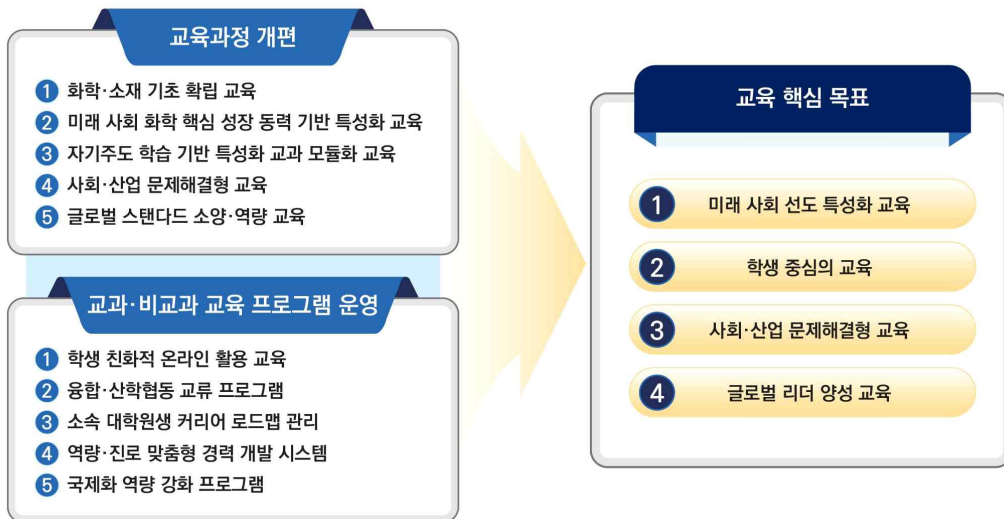
▣ 교육과정 장단점 분석을 통해 설정한 교육과정 및 학사관리 개편 방향

- ▶ 교육과정 개편 방향
 - 화학 전공의 기초교과목은 유지 (벤치마킹)
 - 화학에 대한 미래 수요를 충족시키면서 교육역량을 집중시킬 수 있는 특성화 (벤치마킹)
 - 학생주도의 연구수행 내용을 반영시킬 수 있는 교과목이 필요 (벤치마킹·설문 조사)
 - 충실한 교육과정 이수가 연구역량 향상으로 이어지는 교과목이 필요 (벤치마킹·설문 조사)
 - 진로 트랙에 따른 역량 강화 교과목 및 비교과 교육과정이 필요 (설문 조사)
- ▶ 학사관리 개편 방향

- 대학원 전주기의 학사관리 시스템 필요 (벤치마킹)
- 학생 중심 교육 및 중도 포기 방지에 대한 제도적 개선 필요 (벤치마킹·설문 조사)
- 취업 및 진로 개발 역량 강화를 위한 학사관리 운영과 관련 프로그램이 필요 (설문 조사)

■ 교육연구단 교육목표 설정

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



<그림 II-1.1-2> 교육연구단 교육목표 및 교육과정 개편

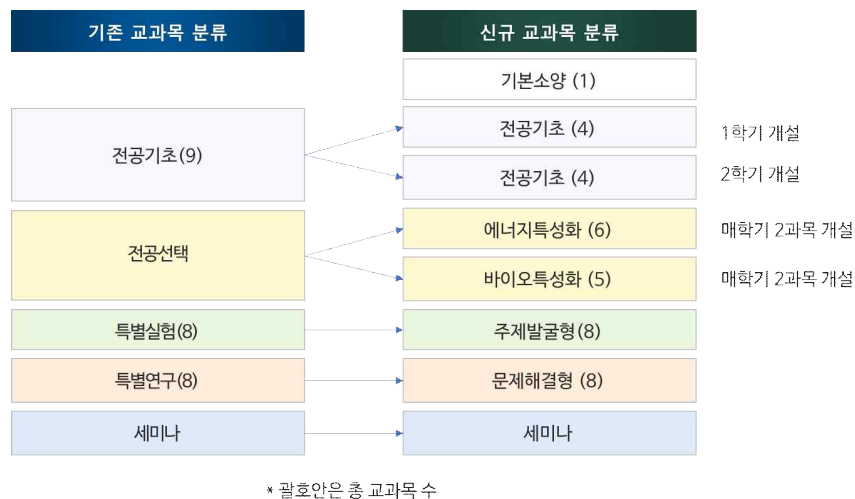
교육과정 개편 실적 및 현황

■ 교육과정의 전면적 개편

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

■ 개편에 따른 교과목 분류 및 변화

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



<그림 II-1.1-3> 신규 교과목 분류 비교

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

▣ 교육연구단 교과과정 및 교과목의 특징

- ▶ 【기본소양 교과목】 연구윤리, 화학연구방법론
 - 2021학년도 1학기까지 화학과 대학원생을 대상으로 화학과에서 『연구윤리』 교과목을 개설하였으며, 2021학년도 2학기부터 대학원 공통과목으로 『연구윤리』 교과목이 개설되며 모든 대학원생이 필수로 이수해야 함
 - 본 교육연구단의 교육 핵심목표 중 하나인 ‘학생 중심의 교육’에 부합하기 위한 첫번째 ‘학생제안교과목’인 『화학연구방법론』을 2021학년도 1학기에 이어 2022년 1학기에 개설하였음

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

| | |
|-----------------|---------------|
| ① 에너지 변환 전기화학 | ② 에너지 생성 및 저장 |
| ③ 에너지 재료 이론과 설계 | ④ 에너지 계면화학 |
| ⑤ 친환경 에너지 소재 | ⑥ 에너지 환경 기술 |
 - 위의 과목 중 과목①과 ②는 매년, 나머지 4개의 과목(③,④,⑤,⑥)은 격년으로 개설하여 4학기를 주기로 반복되도록 편성함
 - BK21FOUR 사업 기간 동안 특성화심화 교과목 신규 개설과 더불어 각 교과목의 모듈화 개설을 순차적으로 늘려가고 있음. 모듈화 과목은 기존의 3학점 1과목이 아닌 1학점 3과목으로 나눠 개설하게 됨.
 - 2023학년도 2학기에는 『에너지변환전기화학』과 『에너지재료이론과설계』를 모듈화 과목으로 개설하여 운영하였음. 수업계획서 상으로는 『에너지변환전기화학1,2,3』과 『에너지재료이론과설계1,2,3』의 각 1학점 6개 과목으로 개설되었음
 - 이처럼 강좌명을 정한 이유는 모듈화 과목 수강할 때 어느 과목이든 1, 2, 3에 해당하는 모듈 중 하나씩을 선택함으로써 혼동 없이 모듈화 과목을 수강할 수 있도록 하기 위함임
 - 2024학년도 1학기에는 『에너지생성및저장1,2,3』과 『친환경에너지화학』을 에너지 분야 특성화심화 교과목으로 개설하였음. 『에너지생성및저장1,2,3』은 모듈화 과목으로 3명의 참여교수가 3개의

모듈을 강의하였으며, 『친환경에너지화학』은 2명의 교수가 팀티칭으로 운영하였음

- 2024학년도 2학기 현재 모듈화 과목인 『에너지변환전기화학1,2,3』과 학생제안교과목 『에너지환경과학』을 개설하여 운영 중임

▶ 【바이오 분야 특성화심화 교과목】 (5과목)

- 바이오 클러스터 회의에서 총 5개의 교과목을 다음과 같이 결정하였음

- ① 생체기능성 분자분석 ② AI기반 의약화학
- ③ 화학생물학 ④ 초분자화학
- ⑤ 나노바이오화학

- 위의 과목 중 과목①은 매년 1학기에 개설, 과목②와 ③은 매년 2학기에 개설하기로 함. 과목 ④와 ⑤는 격년으로 1학기에 개설하도록 함
- 2021학년도 2학기에 『화학생물학』과 『AI기반 의약화학』을 바이오 분야 특성화심화 교과목으로 개설하였음. 두 과목은 기존 관련 과목명을 일부 변경하고 바이오 특성화에 맞춰 내용을 개편하였음
- 2023학년도 2학기에 『화학생물학1,2,3』과 『AI기반의약화학1,2,3』을 바이오 분야 특성화심화 교과목으로 개설하였음. 특히 두 과목 모두 기존 3학점 과목에서 각 1학점 3과목의 모듈화 과목으로 신규 개편하였음
- 2024학년도 1학기에 모듈화 과목인 『생체기능성분자분석1,2,3』과 팀티칭 과목인 『나노바이오화학』을 바이오 특성화심화 교과목으로 신규 개설하였음
- 2024년 2학기 현재 전년도와 동일하게 『화학생물학1,2,3』과 『AI기반의약화학1,2,3』을 개설하여 운영 중임

▶ 【주제발굴형 교과목】

- 『특별실험』교과목을 폐지하고, 『미래 에너지와 환경』, 『미래 바이오 의화학』, 『바이오 소재 연구』, 『에너지 소재 연구』의 4개 교과목을 신설하여 매 학기 운영함
- 해당 특성화 영역의 석사과정 대학원생들이 최신 학문 동향에 대한 연구주제를 3-5개를 선정하고 관련 기술에 대한 기본 교육, 논문 리뷰 및 연구계획서 작성으로 교과과 구성되며, 학생들은 강의를 통해 새로운 연구 주제를 탐구하고 문헌 탐색을 통해 총설 논문을 완성하는 방식으로 진행함
- 추후 해외 석학 및 산업체 전문가를 겸임교수로 적극적으로 활용하여 글로벌 선도 기술이나 사회·산업의 현안 등을 주제로 교과목을 구성할 예정임

▶ 【문제해결형 교과목】

- 『특별연구』교과목을 폐지하고, 『심화 미래 에너지와 환경』, 『심화 미래 바이오 의화학』, 『바이오 소재 심화 연구』, 『에너지 소재 심화 연구』의 4개 교과목을 신설하여 매 학기 운영함
- 본 교육사업단 박사과정을 중심으로 ① 연구와 교육을 통합하고 ② 사회·산업형 문제 해결 능력을 창의적으로 정의하고 해결하는 역량을 키우는 목적으로 신설한 교과목임
- 대학원생들은 본인 전공의 연구자로서 담당 교수와 함께 학과 내 타 전공 교수와의 협업을 통해서 사회·산업 문제를 해결할 수 있는 연구주제를 발굴하고 융합(에너지 또는 바이오 특성화 분야) 접근 방법으로 풀어내는 방식의 연구 중심의 강의로 진행하게 됨
- 추후 연구지원 및 해외 파견을 통해 강의-연구-국제화로 이어지는 대학원 교육 내실화, 활성화를 완성할 계획임

▶ 【세미나 교과목】

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

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

* 괄호안은 총 교과목 수 (3학점 기준)

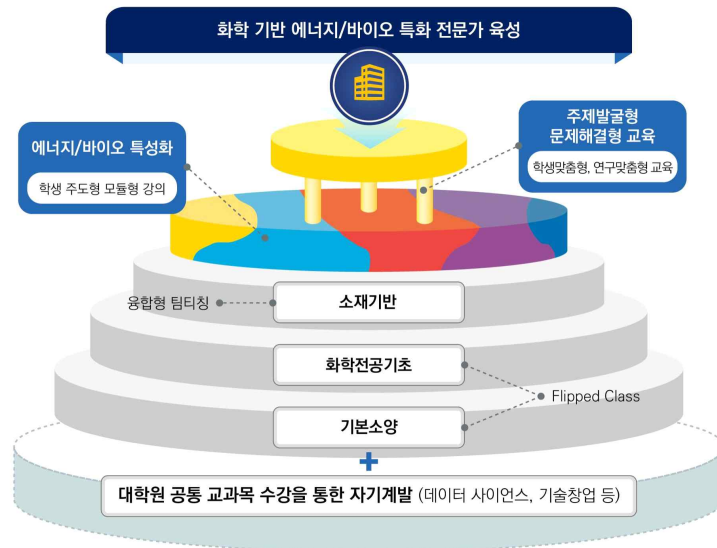
* 세미나 과목: 변화 없음; 기본소양 과목으로 '화학연구방법론' 신설 (2021-1학기부터)

<그림 II-1.1-4> 개편 전후 교과목 비교

교과·비교과 교육과정 운영 실적 및 현황

▣ 교육과정 Edutree 구성 및 2년간 개설 예정 교과목 사전예고제

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



<그림 II-1.1-5> 교육연구단의 Edutree

- ▶ 【사전예고제】 일련의 교육과정을 대학원생들이 자신의 연구주제에 맞게 포트폴리오를 구성할 수 있도록 2년 과정에 대해서 개설 예정 교과목의 ‘사전예고제’를 실시하고 있음
 - 기본소양 교과목인 『화학연구방법론』은 매년 1학기에 개설
 - 전공기초 교과목은 매년 1학기에, ‘소재기반’ 교과목은 매년 2학기에 개설

- 특성화 심화 교과목은 특성화 클러스터에서 정한 주기대로 개설. 단, 매 학기 종료 후 클러스터별 과목 리뷰를 통해 주제 변경 또는 개편 가능
- 주제발굴형, 문제해결형 교과목은 매 학기 각 4과목씩 개설
- 세미나 교과목은 매 학기 개설
- 2023년 2학기부터 향후 2년간 개설 교과목은 <표 II-1.1-1>과 같음

<표 II-1.1-1> 사전 예고제에 따른 2년간 개설 예정 교과목

| 분류 | 2023-2학기 | 2024-1학기 | 2024-2학기 | 2025-1학기 |
|------|----------------------------------|----------|----------------------------------|----------|
| 기본소양 | 화학연구방법론 | | 화학연구방법론 | |
| 전공기초 | 고등물리화학,고등유기화학 고등무기화학,고등분석화학 | | 고등물리화학,고등유기화학 고등무기화학,고등분석화학 | |
| 소재기반 | 소재물리화학,유기신소재합성 나노신소재화학,소재분석화학 | | 소재물리화학,유기신소재합성 나노신소재화학,소재분석화학 | |
| 에너지 | 에너지변환전기화학 | 에너지생성및저장 | 에너지변환전기화학 | 에너지생성및저장 |
| 특성화 | 에너지재료이론설계 | 친환경에너지화학 | 에너지환경과학 | 에너지계면화학 |
| 바이오 | 화학생물학 | 생체기능분자분석 | 화학생물학 | 생체기능분자분석 |
| 특성화 | AI기반의약화학 | 나노바이오화학 | AI기반의약화학 | 초분자화학 |

※세미나, 주제발굴형, 문제해결형 과목은 매 학기 개설

▣ 수요자 중심의 학생 친화적 교육 방법 도입

- ▶ **【학생제안교과목】** 대학원생들을 대상으로 진행한 설문 조사를 통해 학생들이 제안한 주제와 내용을 반영하여 설계된 수요자 중심의 교육
 - 2020년 11월 중에 실시한 화학과 연구실별 대학원생 설문 조사의 결과, 논문작성법에 대한 수요가 가장 많았으며 연구데이터 분석 및 전반적인 화학연구방법에 대한 다양한 요청이 접수되었음
 - 이를 바탕으로 2021학년도 1학기에 『화학연구방법론』을 학생제안교과목으로 신규 개설하여 3명의 교수가 팀티칭으로 수업을 진행하였으며, 매 1학기마다 개설하도록 하여 2024년 1학기에도 개설하였음
 - 2021학년도 2학기에는 설문조사에서 두 번째로 많은 요청을 받은 에너지 재료 관련 주제를 반영하여 『에너지재료이론설계』를 두 번째 신규 학생제안교과목 겸 특성화 심화 교과목으로 개설하였음. 또한 모듈화 강의를 위해 3학점 1과목이 아닌 1학점 3과목 『에너지 재료 이론과 설계1,2,3』로 개설하여 3명의 참여교수가 각 전문분야 모듈을 강의하였으며, 격년으로 개설하도록 하여 2023년 2학기에도 개설하였음
- ▶ **【온라인 강의 플랫폼(LearnUs) 활용】** 연세대학교에서는 온라인 강의 플랫폼 LearnU를 개발하여 강의에 활용하고 있음
 - 화학 전공자의 기초 역량을 높이기 위해서 수업 일부를 먼저 동영상 강의로 촬영하여 온라인 강의 플랫폼인 LearnUs을 통하여 제공하고 실제 수업 시간에는 강의내용을 주제로 토론하는 방법인 Flipped Class의 형태로 운영하였음
 - 특히 주제발굴형, 문제해결형 과목에 LearnUs를 적극적으로 활용하고 있으며 신교육 기법인 Flipped Class 방식을 병행하여 학생들의 적극적인 참여를 끌어낼 수 있었음
 - 또한 자동녹화강의실 기능을 활용하여 대면강의를 녹화한 영상을 LearnUs를 통해 제공함으로써 학생들이 강의내용을 다시 숙지할 수 있도록 하였음
 - 이러한 형태의 강의는 일방통행의 교수법이 아닌 상호 교환적인 학습 방법으로 자기 주도 학습 교

육으로 화학 기초 역량이 강화될 것으로 판단되어, 전공기초, 소재 기반 교과목에도 점차 비중을 늘려나가고 있음

- ▶ **【모듈화 강의】** 대학원생들의 자기주도적 학습 환경을 제공하기 위해서 특성화심화 교과에 대해서 모듈화 강의를 제공하였음
 - 각 대학원생의 전공과 관련된 특성화 분야의 기초, 융합, 응용에 대한 전문 지식을 선택하여 이수하고 자기주도적 학습을 극대화할 수 있도록 특성화 심화 교과목을 모듈화 교과목으로 운영하기로 함
 - 2021학년도 2학기에 에너지 특성화 심화 교과목인 『에너지변환전기화학』과 『에너지재료이론과설계』를 각 3개씩, 총 6개의 모듈화 과목으로 운영한 이래 매 학기 모듈화 강좌를 추가 개설하고 있음
 - 2022년 1학기부터 『에너지생성및저장』을 모듈화 과목으로 개편하여 매 1학기마다 개설 중임
 - 2023년 1학기에 『에너지계면화학』을 모듈화 과목으로 개편하였으며 격년마다 개설할 예정임
 - 2023년 2학기에 바이오 특성화 교과목인 『화학생물학』과 『AI기반의약화학』을 각 3개씩, 총 6개의 신규 모듈화 과목으로 개편하여 운영하였음

■ 다양한 학술행사의 개최

- ▶ **【노벨화학상 해설 강연】** 2023년도 노벨화학상 수상에 대한 해설강연을 2023년 12월 8일에 김태규 교수가 진행하여 학생들에게 노벨화학상 수상의 의의와 연구내용에 대한 정보를 제공함
- ▶ **【신촌지역 화학과 대학원생 공동 워크숍】** 신촌지역 연세대, 이화여대, 서강대 화학과 대학원생이 참여하는 학술발표회를 개최하여 대학원생의 연구 교류를 활성화할 도모함
 - 학교별로 유기, 무기, 물리, 분석화학 분야의 8명의 우수 학생들을 선발하여 총 24명의 학생이 연구 발표하였고, 총 8명의 학생이 세션별 좌장을 맡아 진행하도록 구성함
 - 앞으로도 꾸준히 세 학교의 대학원생들이 연구 교류할 수 있는 기회를 제공하고자 함
- ▶ **【2023 연세대학교-고려대학교 이학 학술연고전 개최】** 연세대학교와 고려대학교의 대학원생 학술교류회를 통해서 대학원생들의 우수 연구실적을 발표하고 상호 학술교류를 추진함

■ 국제화 역량 강화 실적 및 현황

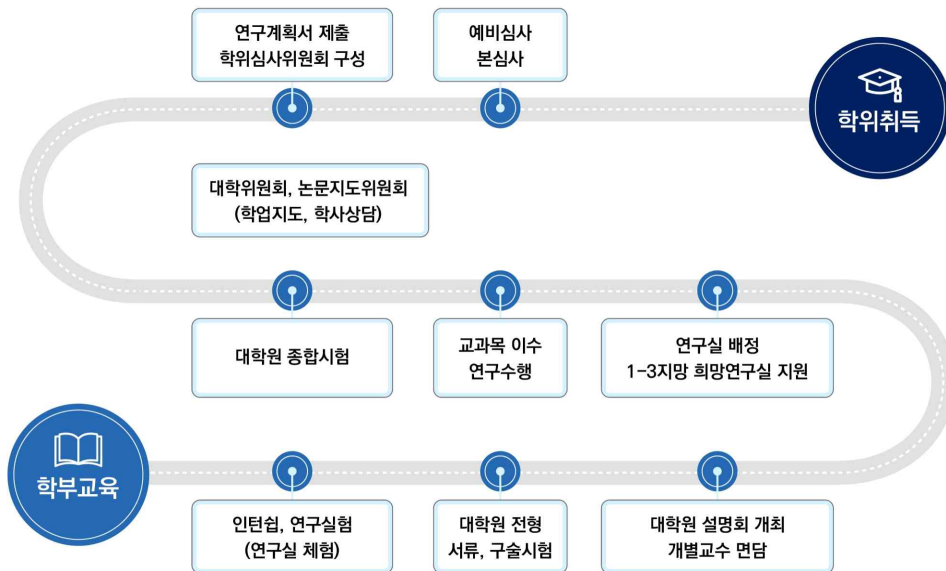
- ▶ 코로나-19 감염병 확산이 진정됨에 따라 해외기관과의 MOU 체결 및 교수·학생의 장·단기 파견을 비롯한 국제화 역량 강화 프로그램을 적극적으로 추진하였음. 특히 해외 석학을 연세대학교로 초빙하여 교육연구단 소속 대학원생에게 대면 강의 및 세미나를 제공하였음
- ▶ 해외석학 초청 국제 심포지엄
 - 2023년 10월에 영국 왕립 화학회(Royal Society of Chemistry) 화학 저널(Cheical Science, Journal of Materials Chemistry C)의 편집장 3명을 초청하여 ‘Yonsei-RSC Joint Symposium’을 개최하였음
 - 2024년 2월에는 4명의 해외 석학을 초빙하여 ‘4th International Symposium of Chemistry Education Center for Sustainability: Recent Advances in Nanoscience’를 개최하였음
- ▶ 정규 교육과정의 국제화
 - 본 교육연구단 소속 대학원생들의 국제화 능력 제고를 위해 2023년 1학기부터 2024년 1학기까지 대학원 정규 세미나에 총 10명의 해외 석학을 초청하였음
 - 2023학년도 1학기에 화학과 외국인 교수인 교수가 『Digital Chemistry and Data Science in Chemistry』를 집중강의로 개설하였음. 이전까지 코로나-19로 인해 비대면 온라인 강의로 운영하던 것과 달리 Heine 교수가 연세대학교를 직접 방문하여 15일 간의 일정으로 대면강의를 제공하였으며 교육연구단 소속 교수들과의 공동연구 논의도 진행하였음
 - 2024학년도 1학기에는 교수가 『Atomic Theoretical Materials Science』를 집중강의로

신규 개설하여 계산화학을 이용한 에너지 소재 연구에 대한 기초지식 및 연구 기법을 대면 강의로 진행하였음

학사관리 운영 실적 및 현황

■ 대학원생 전주기적 학사관리 체계 구축

- ▶ 『입학-수업-연구수행-논문(졸업)-취업』으로 이어지는 교육연구단 소속 대학원생의 전 주기적 학사관리 체계를 구축하였음
- ▶ 코로나-19 감염병 확산이 진정된 2022년 하반기부터 2024년 현재에 이르기까지 대학원 합격자를 대상으로는 이전과 같은 신입생 오리엔테이션을 대면으로 시행한 것을 포함하여 대부분의 학사관리 체계는 신청서에서 기재한 내용을 충실히 이행하였음
- ▶ 특히 기존의 실험실 소개를 확대 개편하여 신입생들이 본인에게 적합한 연구 분야 및 해당 연구실을 찾는 데 실질적인 도움을 주기 위한 오픈랩(Open Lab.) 행사를 확대 실시하였음. 오픈랩 행사에서 각 연구실 소속 대학원생들이 현재 진행 중인 연구주제 및 실험실 생활에 대한 질의응답을 받아 많은 호응을 받았음
- ▶ 전 주기적 학사관리 체계의 구축을 위해 『교과운영위원회』와 『논문지도위원회』를 교육연구단에서 제안하여 학과 내에 관련 내규를 제정하였음. 또한, 효율적인 교육과정 운영을 위해 기존 화학과 내 소위원회인 『교무교과위원회』와 교육연구단의 『교과운영위원회』를 통합하여 운영토록 하였음



<그림 II-1.1-6> 본 교육연구단의 전주기적 학사관리 체계

■ 졸업요건 완화 및 특성화 분야 연구역량 강화

- ▶ 필수 이수 교과목의 축소 및 신규 교과목 개설
 - 졸업을 위한 필수 이수 교과목을 1과목으로 줄였으며, 에너지 및 바이오 분야 특성화 교과목, 학생 제안 교과목, 기본소양 교과목을 신규 개설하여 학생들의 연구역량 계발을 위한 다양한 선택의 기회를 확장하였음
- ▶ 논문 게재 요건 완화
 - 신청서 내의 운영 계획에 명시한 바와 같이 논문의 질적 수준 향상을 위해 졸업에 필요한 논문 게재

제 요건을 완화하였으며 논문 실적 인정 범위를 확장하였음

- 각 분야 인용지수(IF) 상위 25% 논문당 1.5편의 가중치 부여
- 동일 연구실 내 공동 1저자 논문의 경우, 공동 1저자 모두에게 동일 실적 부여
- 인용지수 5 이상 저널에 게재된 총설 논문을 실적으로 인정

▶ 박사(통합) 종합시험 제도 개편

- 종합시험 응시 자격에서 논문 실적 요건을 삭제
- 연구 과정의 효율적인 진도관리를 위해 통합과정 6학기 이내, 박사과정 4학기 이내 최초 종합시험 응시 의무화함

▶ 석사 종합시험 제도 개편

- 졸업요건에서 논문 투고 의무 사항 삭제
- 석사과정 2학기 종료 후 종합시험 응시 의무화
- 종합시험 후 부족한 부분을 보완하여 평가받을 수 있도록 '조건부 합격' 제도 도입

▶ 창의시험 제도 개편

- 창의시험을 선택시험으로 전환하여 독립 연구자로서의 연구주제 창출 경험 제공
- 박사학위 취득 요건에서 창의시험을 면제하는 대신 창의시험 응시자에 대한 시상 제도 마련

■ 학생 중심 학사운영 및 학위과정생 중도 포기 방지 장치 마련

▶ 대학원생별 『논문지도위원회』 구성

- 석박사통합 및 박사과정 학생 지도시스템 강화 및 커리어 관리를 위한 『논문지도위원회』를 구성하고 관련 내규를 제정하였음
- 『논문지도위원회』는 지도교수와 논문지도위원 2인으로 구성되며 입학 후 1학기가 종료된 시점에서 학생 선호도를 반영하여 논문지도위원을 배정함

▶ 학위과정 전환에 대한 유연성 확보

- 통합 중단 학생의 5학기 의무 조항을 폐지하였으며 연구실 변경을 원하는 학생의 경우 『논문지도위원회』의 자문을 거쳐 학위를 이어나갈 수 있도록 제도를 정비함

■ 교육과 연구의 선순환 구축 및 연구역량의 교육적 활용 방안

▶ 대학원생, 참여교수, 대학원 『교육과정위원회』의 환류 체계를 구성하여 핵심지표 관리를 통한 지속적인 교육과정 개선을 추구함. 특히 에너지 및 바이오 특성화 교육, 문제해결형 및 주제발굴형 교육을 통해 지속가능한 미래사회 구현에 필요한 연구역량에 부합하는 실질적인 교육을 강화함

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

전임교수 대학원 강의 계획 대비 최근 1년간 실적

■ 특성화 분야 연구·교육역량의 통합

▶ 본 교육연구단의 에너지 및 바이오 분야 특성화 교육에 기반하여 각 전임교원의 연구와 교육 분야를 일치시킨 연구·교육클러스터를 구성하였음

- 각 클러스터별 회의를 통해 특성화심화 교과목 및 개설 시기를 확정하였음
- 향후 클러스터별 교육·연구 세미나를 학기당 1회 추진하고 세미나 보고서 결과를 『교육과정위원회』에서 평가하여 문제해결형·주제발굴형 교과목 설계, 특성화 심화 교과목 개선 및 전임교원 충

원에 반영할 계획임

- 이를 바탕으로 신입 교원인 , , 교수가 소재 기반 에너지 분야 클러스터에 합류하였음

<표 II-1.1-2 담당 교수의 교육·연구 특성화 분류

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

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

<표 II-1.1-3 지난 1년간 전임교원 담당 교과목 (2023.9.1.~2024.8.31.)

| 담당교수 | 과목명 |
|------|---|
| | 화학세미나 IX, 생체기능분자분석3(**), 친환경에너지화학(*) |
| | 나노신소재합성, 바이오소재심화연구4, 바이오소재연구1 |
| | 소재물리화학, 세미나4, 심화미래에너지와환경4, 미래에너지와환경1, 세미나1, 에너지생성및저장1(**) |
| | 소재분석화학 |
| | 화학세미나VIII, 심화미래바이오의화학1 |
| | 에너지재료이론설계1,2,3(**), 에너지생성및저장(**), 화학세미나XI |
| | 에너지소재심화연구1 |
| | 고등무기화학, 바이오소재연구4, 바이오소재심화연구1 |
| | 에너지변환전기화학1,2,3(**), 에너지소재연구4 |
| | 에너지소재심화연구4, |
| | 화학생물학2,3(**), AI기반의약화학1(**), 미래바이오의화학4, 미래바이오의화학1, 생체기능분자분석1(**), 친환경에너지화학(*) |
| | 고등유기화학 |
| | 화학연구방법론(* [†]), 심화미래에너지와환경1, 미래에너지와환경4, 에너지생성및저장3(**) |
| | 화학생물학1(**), AI기반의약화학2,3(**), 화학연구방법론(* [†]), 심화미래바이오의화학4, 에너지소재연구1, 생체기능분자분석2(**) |

※ * 팀티칭; ** 모듈화 교과목; [†] 학생제안 교과목

■ **교육과정의 전면적 개편**

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

■ **학생 친화적 교육 프로그램의 운영**

- ▶ Edutree형 교육과정, 2년 예고제 등을 통해 학생들의 교육과정에 대한 완성도를 높일 수 있는 방향으로 교과 교육 프로그램을 구성하여 운영 중임
- ▶ 학생 제안 교과목의 운영, 온라인 강의 플랫폼의 활용 등을 통해서 수요자 중심의 학생 친화적 교육 방식을 채택하고 있음
- ▶ 코로나-19 확산이 진정됨에 따라 온라인 교육 플랫폼 LearnUs 및 자동 녹화 강의실 기능을 활용한 온라인/오프라인 병행 교육 및 Flipped Class와 같은 신교육 기법 활용을 확대하였음

■ **전주기적 학사관리 체계 구축**

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

■ **교육의 국제화**

- ▶ 교육과정의 전면적인 개편이나 학사관리 체계의 확립에 대해서는 당초에 제안하였던 계획대로 순조롭게 진행되고 있음

■ **향후 추진 계획**

- ▶ 개편된 교육과정이 잘 운영될 수 있도록 하며 학생들의 피드백을 받아 강의의 내용과 형식 등에 대해 꾸준히 보완해 나아갈 예정임
- ▶ 코로나-19 감염병 확산이 진정됨에 따라 해외 석학 초빙 및 교육연구단 소속 교수, 학생 연구원의 해외 파견을 비롯한 국제 인적 교류를 더욱 확대할 예정임
- ▶ 온라인 강의를 통해서 축적된 다양한 노하우를 다시 재개한 대면 강의에 적용하여 신교육 기법 개발 및 새로운 교육 프로그램 개발에 반영할 예정임

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

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

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

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

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

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

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

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



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

과학기술산업·사회 문제 해결과 관련한 프로그램 운영실적 및 현황

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

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

주제발굴형, 문제해결형 과목으로 개편하였음

- ▶ 연구·교육 선순환을 위한 과제·학생맞춤형 강의 신설
 - 교육과정 개편에 따라 ‘문제해결형’, ‘주제발굴형’ 강의를 신설하여 연구주제에 맞춘 융합형, 자기 주도 학습형 교육을 추구함. 연구를 통해 새로운 강의를 생성하고 강의 과정을 통해 새롭게 연구주제를 발굴하여 자연스럽게 이어지는 연구·교육 간 선순환 구조를 확립을 추구할 것임
 - 학생 스스로 자신의 연구역량 강화에 필요한 주제를 제안하는 ‘학생제안교과목’을 매 학기 1과목씩 신설하고 있으며, 한번 개설한 과목은 사전 예고제에 의해 정기적으로 개설하고 있음. 또한 본인에게 필요한 전문지식을 선택해서 수강하는 모듈화 강의 및 Flipped Class와 같은 수요자 중심 교육비중을 늘려나갈 예정임
- ▶ 주제발굴형 교과목으로 2023년 1학기 『미래에너지와환경』, 『미래바이오의화학』, 『바이오소재연구3』, 2023년 2학기 『바이오소재연구4』, 『미래바이오의화학4』, 2024년 1학기 『바이오소재연구1』, 『미래바이오의화학1』, 『미래에너지와환경』, 『에너지소재연구1』를 개설하였으며, 학생들이강의를 통해 새로운 연구주제를 탐구하고 문헌 탐색을 통해 총설 논문을 완성하는 방식으로 진행하였음
- ▶ 문제해결형 교과목으로 2023학년도 2학기 『심화미래에너지와환경』, 『심화미래바이오의화학4』, 2024학년도 1학기 『심화미래에너지와환경1』을 개설하였으며, 사회·산업 문제해결과 관련된 다양한주제 중 바이오, 에너지 및 환경 관점에서 접근할 수 있는 주제를 탐색하고 연구제안서를 작성함
 - 이산화탄소 저감 대책, 신재생에너지 활용 확대를 위한 촉매물질 개발 등과 같은 본 연구단의 목적성과 부합하는 지속가능한 미래 및 당면한 산업·사회 문제 해결을 위한 과제들을 다수 발굴하였음
- ▶ 일례로 2024학년도 1학기에 교수가 담당한 주제발굴형 교과목인 ‘미래에너지와환경’의 경우박사 및 통합과정을 대상으로 적인 문제해결을 중심으로 수강생 스스로가 에너지 및 환경관련연구를 제안하고 담당교수가 5주에 한번씩 지도하는 형태로 운영이 되었으며 최종적으로 과제제안서형태의 보고서를 제출하였음
- ▶ 특히 학생들의 요구에 따라 신진연구자로 발돋움하기 위하여 본인이 연구하고 있는 주제에 관하여,그림으로 제안서의 제목 및 연구의 필요성을 나타내었음
- ▶ 에너지/바이오 특성화에 따른 화학 관련 연구 기법을 통해 이를 해결할 수 있는 역량을 갖출 수 있는 교육-연구 선순환 구조를 확립하고자 지속적으로 노력 중임
- ▶ 미래사회 산업·사회문제 해결의 핵심역량인 빅데이터, 인공지능 관련 교과목을 신설해 운영해 왔으며 4차 산업혁명 시대에 적합한 리더 양성을 위해 인공지능 기반 교육을 지속해서 강화할 계획으로 대표적인 인공지능 관련 교육 프로그램 현황은 다음과 같음
 - 기존 『인공지능 기반 의약화학 및 진단의 최신 경향』 과목을 합성생물학 기반의 유전체 연구부터 전통적인 소분자 기반의 의약화학을 아우르는 수업 내용으로 확대 개편한 『AI기반 의약화학』 수업을 2023학년도 2학기에도 개설함. 인공지능에 대한 이해, 인공지능 기반 데이터 분석, 치료제 및 진단 기법 개발에 관련된 전반적인 사항에 대한 강의를 통해, 건강한 미래 사회에 필수적인 난치병 치료제 개발 역량 함양에 기여함
 - 교수는 2024학년도 1학기에 『Atomic Theoretical Materials Science』를 신규 집중강의로 집중강의로 개설하여 다양한 화학과 세부 전공 학생들에게 최근 각광받고 있는 데이터 사이언스와 인공지능을 접목한 차세대 화학 연구 기법에 대하여 강의하였음.

<표 II-1.1-4 지난 1년간 주제발굴형/문제해결형 교과목을 통해 발굴한 연구제안서 및 보고서 (2023.9.1~2024.8.31.)>

| 학기 | 과목명 (담당교수) | 학생명 | 보고서 제목 |
|--------|-----------------|-----|--|
| 2023-2 | 심화미래에너지와환경(김)** | 김 | Development of high-throughput RNA-seq platform for drug screening |

| | |
|-----------------|---|
| | Patterning size-controlled metal particles with Pickering emulsion |
| | Supramolecular Polymerization of p-phenylene linked porphyrin dyads |
| | Electrodeposition of crystalline multi-metallic nanomaterials for oxygen evolution catalysis in acidic media |
| | Electrochemical Measurement of Photogenerated Hydrogen Peroxide |
| | Adsorption-coupled electron-transfer mode of scanning electrochemical microscopy: Voltammetric simulation |
| | Molten NaCl-Assisted Synthesis of MOF Derived Catalyst for Oxygen Reduction Reaction |
| 바이오소재 연구4 0* | Self-assembly of C@FeO nanopillars on 2D-MOF for simultaneous removal of microplastic and dissolved contaminants from water |
| | 특정 MOF에 약물을 내장해서 Photothermal effect를 이용한 질병치료 |
| | Study of the Electrode-electrode Interface of Electrocatalytic CO ₂ Reduction |
| | Self-sacrifice template strategy |
| | Thermally Activated Delayed Fluorescence and Triplet-Triplet Annihilation Up-Conversion from Singlet and Triplet Excited States |
| | Mechanochemical synthesis of inverse vulcanized polymers |
| | Controlling structure of valine D,L-octamer based peptides using metal-directed folding-and-assembly |
| | Ring opening polymerization of functional monomer to prepare chemically recyclable poly(ether ester) |
| | Brain lipidomics: From functional landscape to clinical significance |
| | Metal-Organic Framework using metalloporphyrin |
| | Potential of Oxazoline monomer |
| | Separating biological samples with FFF: Searching for the most probable separation conditions for coupling with mass spectrometry |
| 미래바이오의화학4 0* | A method for the efficient synthesis of cis-cyclic γ -amino acids |
| | Preparation of a Multiple-Targeting NIR-Based Fluorogenic Probe and Its Application for Selective Cancer Cell Imaging |
| | PROTAC Degradar of the Androgen Receptor Targeting N-Terminal Domain for the Treatment of Prostate Cancer |
| | α / γ 4-Hybrid peptide helices: synthesis, crystal conformations and analogy with the α -helix |
| | A practical synthesis of enantiopure ethyl cis-2-amino-1-cyclohexanecarboxylate via asymmetric reductive amination methodology |
| | Template-Directed Quantitative One-Pot synthesis of Homochiral Helical Receptors Enabling Enantioselective Binding |
| | Lipidomic analysis of DU145 cell exosomes from patients with prostate cancer by nUHPLC-ESI-MS/MS and FIFFF-ESI-MS/MS |
| | Microgel Reinforced Zwitterionic hydrogel Coating for Blood-contacting Biomedical Devices |

| | |
|-----------------|--|
| | cisplatin delivery using polymeric micelle |
| | Couplings between Tertiary-Alkyl Groups and 1-Alkenyl Groups |
| | polymer and indocyanine green based nanomaterials using for photothermal therapy and photoacoustic imaging |
| | Strategies for Constructing P-Stereogenic Centers in Organophosphorus Compounds |
| | The Role of Ligands in Transition-Metal Catalysis: Cross-Coupling Reactions |
| | Comprehension and synthesis mechanism study of poly(2-oxazoline)s (PAOX) |
| | Thiophene-based Benzothiazole |
| 바이오표재 연구1 0* | Defect Engineering of UiO-66 & Catalytic performance and applications of Zr-based MOFs for CWAs decomposition |
| | Molten Salt-Assisted Pyrolysis of MOFs and Their Catalytic Activity in Oxygen Reduction Reaction |
| | Study on Various Combinations of MOF-on-MOF Structures and Their Applications |
| | Anisotropic MOF-on-MOF growth of unique Metal-Organic Frameworks |
| | Applications of MOFs Using the Pore Space Partition Strategy |
| | Development of High-Capacity, Stable Metal-Organic Frameworks for Atmospheric Water Harvesting |
| | Gas sensor research for application by 2D materials |
| | Preparation of Chemically Recyclable Poly(ether-alt-ester) by the Ring Opening Polymerization of Cyclic Monomers Synthesized by Coupling Glycolide and Epoxide |
| | Human Activity Recognition Based on Wi-Fi CSI |
| | Multicomponent Assembly of a Pyrazine-Pillared Coordination Cage That Selectively Binds Planar Guests by Intercalation |
| 2024-1 | High-Throughput Microbore LC-MS Lipidomics to Investigate APOE phenotypes |
| | Chemically Induced Repair, Adhesion, and Recycling of Polymers Made by Inverse Vulcanization |
| | Development of 3CL Protease inhibitor for SARS-CoV-2 infection |
| 미래바이오키화학1 0* | Multicomponent supramolecular metallacage |
| | Potential of Oxazoline monomer |
| | Flow FFF with a tapered thickness channel: A possible way to separate biomolecules successfully |
| | Reactive Oxygen Species (ROS)-Responsive Prodrugs, Probes, and Theranostic Prodrugs: Applications in the ROS-Related Diseases |
| | Degradation of Cyclin-Dependent Kinase 9/Cyclin T1 by Optimized Microtubule-Associated Protein 1 Light Chain 3 Beta-Recruiting Coumarin Analogs |
| | Modulating the Structural Properties of α, γ -Hybrid peptides by α -Amino Acid Residues: Uniform 12-Helix Versus "Mixed" 12/10-Helix |
| | Design, synthesis, and biological evaluation of stable b6.3-Helices: Discovery of non-hemolytic antibacterial peptides |
| | Review of stereospecific synthesis |

| | |
|----------------|---|
| | Evaluation of the Phase Behavior in Azobenzene containing block copolymer due to the Cis-Trans Photo-isomerization |
| | Exploring Current Trends and Future Opportunities in Bioenergy as Sustainable Fuel Option |
| | Enhancing Quantitative Precision in Diacylglycerol (DG) Lipidomics via Adduct Formation Evaluation |
| | Synthesis of Alternating PLGA via ROP of Methyl Glycolide Utilizing Bifunctional Organic Catalysts |
| | A practical synthesis of enantiopure ethyl cis-2-amino-1-cyclohexanecarboxylate via asymmetric reductive amination methodology |
| | Synthesis peptide with seven ring β -amino acid |
| | Opinion and Implications of FET-based Biosensor Research |
| | Janus type photophysical behavior of conformational isomers in 2,2'-biantracene derivatives |
| | Alkyl Chromone Activation by TMSOTf for Photochemical 1,4-Alkyl Addition |
| | Controlled Syngas Production and Direct Methanation Using Metal Nanoclusters: A Combined Electrolysis and Thermocatalysis Approach |
| 미래에너지와 환경0* | Comparing PBI-OR, PBI-R vibrational coherences in the frequency domain between Density Functional Theory and Broadband Transient Absorption |
| | Supramolecular Polymerization of p-phenylene linked porphyrin dyads |
| | Multi-stimuli-responsive poly(urea-urethane) Hydrogels using polyoxazoline |
| | Solvent- and Pump-Fluence-Dependent Exciton Dynamics in One-Dimensional Perylene Bisimide Aggregates |
| 심화미래에너지와환경10** | Recent Trends in the Synthesis and Applications of MXenes |

※ * 주제발굴형 교과목; ** 문제해결형 교과목

▣ 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 비교과 프로그램 운영

- ▶ 본부 대학원의 공동교과목 활용 및 비교과 시그니처 프로그램(Y-ABC)의 활용
 - 본 교육연구단 소속 대학원생들의 화학 외 핵심역량 강화를 위해 본부 대학원에서 마련한 공동교과목 및 비교과 프로그램(Yonsei Activities Beyond the Classroom; Y-ABC; <http://yabc.yonsei.ac.kr>)을 적극적으로 활용하고 있음
 - 매년 주기적으로 대학원생들의 연구역량 및 논문작성 능력 향상을 위한 ‘Web of Science 온라인 특강’, ‘국제 학술지 논문 투고 전략’, ‘영어 논문 작성법’ 등의 강좌들이 Y-ABC에서 온라인 강좌로 개설되었으며, 취창업 및 진로심리상담과 관련된 다양한 프로그램이 제공되었음
 - 대학원 공통으로 Y-ABC를 통해 신규 도입되는 미래사회를 위한 핵심역량(빅데이터, 통계분석, 인공지능, 창업지원) 관련 비교과 프로그램들을 적극 활용하여 산업전문가 진로 선택 학생들의 산업계 전문가로의 성장을 지원할 것임
- ▶ 진로 개발 및 산학연계 교육과정
 - 소속 대학원생마다 배정된 논문지도위원회를 통해 진로 개발 및 심리 안정을 지원할 것임. 논문지도위원회는 연구 지도교수 및 논문지도위원으로 구성되며 종합시험, 학위논문심사를 비롯한 대학원

생 학위 과정 전반을 주관할 뿐 아니라 학위 후 진로 컨설팅 및 심리상담을 담당함

- 교내 미래인재개발원에서는 대학원생을 지도하는 교수의 취업지원 역량개발을 돕기 위해 교내 온라인 교육 플랫폼인 LearnUs (<http://open.yonsei.ac.kr>)를 통해 ‘교수·직원 취업지원 전문가 양성과정’을 개설하였음. 교육연구단 소속 , , 교수가 과정을 수료하였으며, 2021년 후반기에 취업컨설턴트(2급) 자격증을 취득하였음. 향후 대학원생 진로 개발 지도에 교육 내용을 적용할계획임
- 또한 미래인재개발연구원에서 ‘대학생 진로지도 전문가 양성교육’을 2021년 12월에 개설하였으며 본 교육연구단 소속 교수가 과정 수료 후 대학생 진로지도전문가 자격증을 취득하였음

▶ **창업지원 프로그램 구축**

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

▶ **교내 융복합 연구 활성화 및 우수 인재 조기 발굴 확대**

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

▶ **2023, 2024년도 연세대학교 대학원혁신 어깨동무사업 선정**

- 『어깨동무사업』은 연세대학교 BK21FOUR 대학원혁신지원사업을 기반으로 교내 BK21FOUR 교육연구단과 지역대학 우수연구자 간의 공동연구를 지원하는 사업임.
- 『어깨동무사업』을 수행하는 교육연구단과 지역대학 연구자 간의 네트워크 구축 및 확장을 통해 지역사회 문제해결에 기여할 공동연구를 수행하고 연세 연구의 사회적 가치를 높이는 것을 목표로 함
- 본 교육연구단은 부산대 화학과 연구진과 함께 ‘고전자효율 유기 산화-환원 반응 연구’를 주제로 『어깨동무사업』에 선정되었음. 본 교육연구단에서는 단장인 장우동 교수를 비롯하여 총 5명의 참여교수가 참여하고 있으며, 부산대 화학과 2명, 부경대 화학과 1명, 경북대 화학과 1명의 교수진이 참여함
- 『어깨동무사업』수행기간은 2021년 6월부터 2025년 2월까지 총 42개월이며, 연간 4,000만원의 연구지원비를 활용하여 공동연구수행 및 다양한 연구교류(학생과견, 공동연구 세미나, 유기-전기화학 관련 소규모 컨퍼런스 개최)를 진행하고 있음
- 일례로, 2024년 8월 6일과 7일 양일간 『어깨동무사업』 Tutorial Symposium을 진행하여, 당면한 지역사회문제와 관련된 연구 주제 인식 및 문제해결 방안 모색 등에 관한 토론 및 교류의 장을 가짐
- 본 사업은 BK21FOUR 선정 후 처음으로 교내 연구사업을 통해 지역사회문제 해결을 위해 외부연구기관과의 협업을 수행하는 데 큰 의의가 있음. 본 연구사업 수행을 통해 연구 네트워크를 확장하고 당면한 지역사회 문제해결에 기여하기 위해 노력할 것이며, 관련분야 연구 역량의 향상에 기여할 것으로 기대됨

■ **과학 대중화 및 미래인재 육성 기여 교육 활동**

▶ **NAVER 화학백과**

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

▶ **과학 대중 강연 실적**

- 본 교육연구단 참여교수들은 일반인 및 과학도를 꿈꾸는 학생을 대상으로 하는 대중 강연을 활발히 진행하였음
- 교수는 2024년 7월 8일 제31회 및 제32회 고분자아카데미에서 일반인을 대상으로 이온성중합반응에 대한 강연을 하였음. 또한 2023년 11월 24일 연세대 GEEF 2023에서 지속가능한 발전에 관한 강연을 하였음.
- 교수는 2024년 5월 18일 제19회 연세 과학 콘서트에서 ‘호모 플라스틱쿠스: 플라스틱 제국의 역습’이라는 주제로 청소년과 일반인을 대상으로 강연을 하였음.
- 장우동 교수는 2023년 11월 25일 제18회 연세 과학 콘서트에서 ‘화학 물질 공포증에 대하여’라는 주제로 청소년과 일반인을 대상으로 강연을 하였음.

▶ 영재교육원

- 본 교육연구단은 중학생 과학영재들을 교육하는 영재교육원을 매주 토요일마다 운영하고 있음.
- 창조적 융합형 영재를 교육한다는 비전하에 본 교육연구단 소속 전임교원이 화학-생물 인재 선발 및 교육을 담당하고 있음
- 본 연구단 소속 교수가 영재교육원 화학 분야 교육을 총괄하고 있으며 이론 교육 외에 실제 실험을 수행하는 화학 사사반 또한 담당하고 있음. 2023년 3월부터 화학 사사 및 화학 심화 과정에서, 중학생들을 대상으로 심화 화학을 강의함

▶ 화학올림피아드

- 본 교육연구단 소속 교수진은 전 세계의 고등학생들의 화학 실력을 겨루는 권위 있는 대회인 화학올림피아드 위원회에 주도적으로 참가하여 중등 화학교육에 이바지하고 있으며 중·고등학생들에게 화학에 대한 흥미를 증진시키고 국제 대회 성적 향상을 통한 국위 선양에 이바지해오고 있음
- 본 교육연구단 소속 교수는 현재 화학올림피아드 위원회 위원으로 매년 국제 화학올림피아드 (IChO)에 참가할 국가대표 학생들을 선발하고 교육하는 일을 담당하고 있음. 또한 중학생들의 화학 능력을 측정하는 중학생 화학대회 문제 출제 및 검토를 담당하고 있음
- 교수는 2024년 6월에 열린 국제화학올림피아드 한국대표단 발대식에 참석하여, 한국대표단선배로서 후배들을 위한 특별 축하 강연을 하였음

■ 과학기술 연구윤리 확립

- ▶ 본 교육연구단의 교육 프로그램은 미래 산업 사회 문제 해결에 필요한 연구 역량과 더불어 올바른 과학연구윤리를 갖춘 인재 양성을 목표로 하고 있음. 이를 위해 『연구윤리』 과목을 대학원생 졸업필수 과목으로 지정하여 운영하여 왔으며, 대학원 공통으로 『연구윤리』 과목을 확대 개편하여 운영하고 있음. 또한 2023년 및 2024년 1학기에 기초과목으로 지정되어 개설한 『화학연구방법론』 과목의 수업에서 논문 표절과 같은 연구윤리 위반을 방지할 수 있는 올바른 연구방법 교육을 추가로 진행한 바 있음
- ▶ 본 교육연구단의 교수는 한국연구재단에서 발간한 『실무자를 위한 연구윤리 통합 안내서』의 집필에 참여한 것에 이어, 실질적인 지침서로서 2명의 공저자와 함께 『올바른 인용 표기를 위한길잡이』를 집필하였음. 본 안내서는 표절의 이해, 인용의 방법, 유형별 인용표기 적절·부적절 사례, 온라인 자료 활용 사례로 구성되어 있음
- ▶ 교수는 연구윤리 전문가로서 총리실 정부업무평가위원회 위원, 교육부 연구윤리자문위원회 위원으로 활동중이며, 우리나라 전국 120여 개 대학의 연구윤리진실성위원회가 참여하는 『대학연구윤리협의회』 (<http://kucre.or.kr>)의 창립을 주도하여 초대 사무총장직을 역임한 후 이사로 재직 중임. 이러한활동을 통해 우리나라의 연구윤리 관련 규정의 제정과 정책 발전에 이바지하고 있음

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

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

■ 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 비교과 프로그램 운영

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

■ 과학 대중화 및 미래인재 육성 기여 교육 활동

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

■ 과학기술 연구윤리의 확립

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

■ 향후 추진 계획

- ▶ 개편된 교육 프로그램의 지속적 운영
 - 2021학년도 2학기부터 확대하여 시행하고 있는 문제해결형, 주제발굴형 교과 운영의 내실을 다져서 대학원생들이 당면한 산업·사회 문제 해결에 필요한 주제를 발굴하고 에너지와 바이오 분야의 특성화에 따른 화학 관련 연구 기법을 통해 이를 해결할 수 있는 역량을 갖출 수 있는 교육-연구 선순환 구조를 확립하고자 함
 - 학생제안교과목, 모듈화 강의, Flipped Class와 같은 수요자 중심 교육 비중을 늘려나갈 예정임
- ▶ 수요자 중심의 교육 확대
 - 대학원생들을 대상으로 설문조사 및 과목별 피드백을 통해 학생제안교과목과 같이 학생들이 필요로 하는 주제 관련 교과목을 정기적으로 개설할 것임
 - 산업·사회 문제 해결에 필요한 연구 관련 강의 내용을 모듈화 교육을 통해 특성화 과목에 반영할 것임.
- ▶ 대학원 혁신을 통한 교육 프로그램 확장
 - Y-ABC를 비롯한 비교과 프로그램의 효율적인 운영을 통해 학생 연구자들의 연구 역량 강화, 진로 개발, 창업 등을 지속해서 지원함으로써 사회·산업 문제해결에 기여할 수 있는 교육-연구 선순환 구조를 더욱 공고히 할 것임
- ▶ 융복합 연구를 통한 지역사회 문제해결 기여
 - ICONS 연구센터를 통한 교내 융복합 연구 활성화
 - 대학원혁신 어깨동무사업에 선정되어 연세대-부산대 화학과의 협력을 통한 외부기관과의 융복합 연

구 활성화에 기여하고 있음. 어깨동무사업의 실적은 한국경제신문에서 발간하고 있는 『한경 Job & Joy』 특집호에 소개됨. 지역대학과 협력을 통해 사회문제 해결을 위해 더욱 노력할 것임.

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.1 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

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

(단위: 명)

| 참여대학원생 확보 및 배출 실적 | | | | | |
|-------------------|-----------|-----|----|---------|-----|
| 실적 | | 석사 | 박사 | 석·박사 통합 | 계 |
| 확보 (재학생) | 2023년 2학기 | 47 | 11 | 51 | 109 |
| | 2024년 1학기 | 53 | 12 | 50 | 115 |
| | 계 | 100 | 23 | 101 | 224 |
| 배출 (졸업생) | 2023년 2학기 | 12 | 8 | | 20 |
| | 2024년 1학기 | 10 | 8 | | 18 |
| | 계 | 22 | 16 | | 38 |

2.2 교육연구단의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

4C 인재의 성공적인 양성을 위한 확보 및 지원 플랫폼 구축

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



우수 대학원생 확보 계획 및 실적

▣ 대학원 학위과정 홍보 강화

- ▶ **【연구체험 프로그램】** 정규 교과로 편성되어 있는 『연구실험』과 비교과 『인턴연구』를 통해서 학부생들이 대학원 연구실의 연구를 체험할 기회를 제공하여 대학원에 대한 이해를 돕고 연구 의욕을 고취
 - 정규 교과로 운영되는 『연구실험』은 3개월의 단기간 연구체험이지만, 비교과 『인턴연구』의 경우 비교적 장기간에 걸친 프로젝트 수행이 가능함
 - 『연구실험』에는 2023학년도 2학기에서 2024학년도 2학기까지 총 62명의 학생이 참여하였으며 수행평가를 위해 학생들이 주도적으로 수행한 연구 결과를 구두 발표 혹은 포스터 발표를 진행함

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

| 지도교수 | 2023-2학기 | 2024-1학기 | 2024-2학기 |
|------|----------|----------|----------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

- 연계과정 지원시기: 4학기 수료 후 ~ 8학기 진입 전
- 학부-대학원 연계과정 장학금 운영: 학부-대학원 연계과정을 거쳐 석사과정 및 석·박사통합과정에 입학하는 학생에게는 『연계과정 전액 장학금』을 지급. 학교 차원에서 성적과 학과를 동시에 고려하여 매 학기 최대 300명에게 장학금을 지급함. 최대 지급 학기는 석사는 3학기, 석·박사통합은 5학기임
- ▶ 【학부-대학원 연계프로그램의 홍보】 학부-대학원 교류의 활성화를 통해서 학부-대학원 연계프로그램의 홍보를 강화
 - 매년 실시되고 있는 『학부-대학원 워크샵』 및 『화학인의 밤』 행사 및 『연구실험』, 『인턴연구』, 『교수 멘토제』 등을 이용하여 학부생들에게 안내하고 독려함
 - 지원 경쟁률이 점차 상승하고 있으며 2023학년도 2학기 1명, 2024학년도 1학기 2명의 학생이 학부-대학원 연계프로그램에 합격함

<표 II-2.2-4> 학부-대학원 연계프로그램에 합격한 학생 명단

| 성명 | 합격학기 | 입학예정 학기 |
|----|------|---------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

우수 대학원생 지원 계획 및 실적

■ 우수 대학원생을 위한 장학지원 및 인센티브의 확대

- ▶ 【TA 및 RA 제도 개편】 대학 차원의 선진형 Teaching Assistant (TA) 및 Research Assistant (RA) 제도 개편 및 재정 투입 확대
 - 2023학년도 2학기에 총 73명(참여대학원생의 67%), 2024학년도 1학기에 총 79명(참여대학원생의 69%)의 대학원생이 조교(TA)로 활동함 (학기당 평균 약 200만 원을 지급)
 - TA 학기 제한 완화: 박사·통합과정의 경우 각 8학기, 12학기까지 자격 완화됨
 - GSI(Graduate Student Instructor) 유형 신설: 대학원 혁신비 활용, 등록금+생활비 250만 원 이내 지원
 - 박사과정생 대상 GSRA(Graduate Student RA) 지원 유형 추가: ① 학기 제한 완화(박사 3-8학기/통합 5-12학기)로 자격 제한 완화, ② 금액 상향(등록금+생활비 250만 원으로 상향)
 - YGF(Yonsei Graduate Fellowship): 우수박사(통합) 정규 학기생을 대상으로 생활비 지원 포함, 지원액 및 지원 기간 상향하여 장기적 연구수행 지원

<표 II-2.2-5> GSRA, TA, YGF 수혜자 명단

| 지도교수 | 성명 | 학기 | 유형 | 장학금 |
|------|----|-------------|------|-----------|
| | | 2023학년도 2학기 | TA | 1,000,000 |
| | | 2023학년도 2학기 | TA | 1,000,000 |
| | | 2023학년도 2학기 | TA | 1,000,000 |
| | | 2023학년도 2학기 | TA | 1,000,000 |
| | | 2023학년도 2학기 | TA | 500,000 |
| | | 2023학년도 2학기 | TA | 500,000 |
| | | 2023학년도 2학기 | GSRA | 2,500,000 |
| | | 2023학년도 2학기 | GSRA | 2,500,000 |
| | | 2023학년도 2학기 | GSRA | 2,500,000 |
| | | 2023학년도 2학기 | GSRA | 2,500,000 |
| | | 2024학년도 1학기 | TA | 4,400,000 |
| | | 2024학년도 1학기 | GSRA | 1,250,000 |
| | | 2024학년도 1학기 | GSRA | 1,250,000 |

| | | |
|-------------|------|-----------|
| 2024학년도 1학기 | GSRA | 500,000 |
| 2024학년도 1학기 | GSRA | 500,000 |
| 2024학년도 1학기 | GSRA | 500,000 |
| 2024학년도 1학기 | GSRA | 500,000 |
| 2024학년도 1학기 | GSRA | 500,000 |
| 2024학년도 1학기 | YGF | 등록금 반액 1년 |
| 2024학년도 1학기 | GSRA | 5,000,000 |

- ▶ 【각종 포상 제도】의 시행을 통해 연구 의욕을 고취하고 우수한 연구자로 성장할 수 있도록 지원함
 - 우수연구상: 대학원 과정 중에 수행한 연구를 우수한 학술지에 발표하였을 때 이를 교육연구단 평가위원회에서 심사하여 포상하기로 계획함
 - 2023년 2월부터 12월까지의 대학원생들의 논문실적을 바탕으로 13명의 학생에게 우수연구업적 성과급을 지급함
 - 2024년도 1월부터 12월까지의 실적은 2025년 1월 중 평가하여 성과급 지급 예정

<표 II-2.2-6> 논문 평가 등급별 성과급 체계

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

<표 II-2.2-7> 2023학년도 대학원생 우수논문 포상 결과

| 지도교수 | 성명 | 우수 논문 (제1저자) | 성과급 |
|------|----|--|------|
| | | Macromolecules (D 등급, 1편) | 10만원 |
| | | Journal of Materials Chemistry A (D 등급, 1편) Advanced Science (C 등급, 1편) | 35만원 |
| | | Chemical Society Reviews (B 등급, 1편) | 40만원 |
| | | ACS Catalysis (D 등급, 1편) | 10만원 |
| | | Green Chemistry (D 등급, 1편) | 10만원 |
| | | Nature Communications (C 등급, 1편) | 25만원 |
| | | Small (C 등급, 1편)\ Small Methods (D 등급, 1편) Dalton Transactions (D 등급, 1편) | 45만원 |
| | | Journal of the American Chemical Society (A 등급, 1편) | 50만원 |
| | | Angewandte Chemie International Edition (A 등급, 1편) | 50만원 |
| | | Journal of the American Chemical Society (A 등급, 1편) Journal of Electroanalytical Chemistry (D 등급, 1편) | 60만원 |
| | | ACS Catalysis (D 등급, 1편) | 10만원 |
| | | Advanced Synthesis & Catalysis (D 등급, 1편) | 10만원 |
| | | Nanoscale (D 등급, 1편) | 20만원 |
| | | ACS Applied Materials & Interfaces (D 등급, 1편) | 20만원 |

- 우수조교상: 2023년도 2학기에 총 73명, 2024년도 1학기에 총 79명의 대학원생이 조교(TA)로 활발히 활동하였으며 조교를 담당한 대학원생들을 학부학생들, 조교장, 및 담당교수가 평가하여 교육연구단 운영위원회에서 우수 조교를 선정하여 포상함

- 2023년도 2학기, 2024년도 1학기에 총 39명의 학생이 우수 조교로 선정됨

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

| 2023-2학기 우수조교 | 담당 과목 (역할) | 2024-1학기 우수조교 | 담당 과목 (역할) |
|------------------|---------------|------------------|---------------|
| | 조교장 | | 조교장 |
| | 일반화학및실험 | | 사무조교 |
| | 일반화학및실험 | | 일반화학및실험 |
| | 일반화학및실험 | | 일반화학및실험 |
| | 일반화학및실험 | | 일반화학및실험 |
| | 일반화학및실험 | | 일반화학및실험 |
| | 일반화학및실험 | | 일반화학및실험 |
| | 일반화학및실험 | | 일반화학및실험 |
| | 분석화학실험 | | 분석화학실험 |
| | 분석화학실험 | | 분석화학실험 |
| | 무기화학실험 | | 무기화학실험 |
| | 무기화학실험 | | 무기화학실험 |

- 우수연구 및 학업상: 참여대학원생들의 연구 및 학업성취 의욕을 북돋우기 위하여 현재 진행 중인 연구 결과들을 토대로 국내외 학회 참가 및 장단기 해외연수 지원 등의 기회를 제공함

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

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

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

| 지도교수 | 학생성명 | 연구제목 | 유형 |
|------|------|--|-----|
| | | Spatiotemporal carrier dynamics of pyrene incorporated multi-cation halide perovskites with high stability | ARF |
| | | 시스플라틴의 효율적 전달을 위한 양친수성 폴리에테르 기반 마이셀 연구 | DF |
| | | The impact of oligothiophene linkers in triplet formation pathways of 6,6' -linked pentacene dimers | ARF |
| | | Assessing the Impact of Spin Contamination on Accuracy of open-shell HF-DFT | DF |
| | | Transferability of HF-DFT to Periodic Systems | ARF |

| | |
|---|-----|
| Improving Efficiency of Quantum Chemical Computations through Density Sensitivity of Atoms | ARF |
| Highly Selective Reduction of CO ₂ to Methane Induced by Subzero Depression of the Electrode Surface Temperature | ARF |
| Structural Compromise Between Conflicted Spatial-Arrangements of Two Linkers in Metal-Organic Frameworks | ARF |
| Copper-Catalyzed C-C Cross-Couplings of Tertiary Alkyl Halides with Anilines Enabled by Cyclopropenimine-Based Ligands | ARF |

- 교내 Need-based Fellowship: 대학원생 중 경제적 사정이 어려운 자를 대상으로 학업에 몰두할 수 있도록 장학금을 지급. 2023학년 2학기 1명, 2024학년 1학기 2명의 학생에게 각 400만원 지급.
- 외부 장학금 유치를 위해 적극적으로 노력하고 있으며 현재 다수의 참여대학원생이 <표 II-2.2-8>과 같이 한국연구재단 및 여러 장학재단을 통해 지원을 받고 있음

<표 II-2.2-10> 2022학년도 대학원생 외부 장학금 내역

| 지도교수 | 학생성명 | 장학금 / 지급기관 | 수혜 기간 |
|------|------|-----------------------------|-------------------|
| | | 박사과정생연구장려금 / 한국연구재단 | 20220601-20240531 |
| | | 박사과정생연구장려금 / 한국연구재단 | 20240901-20260831 |
| | | 무진과학기술장학생 / (재)무진과학기술장학회 | 20240301-20260228 |
| | | 석사과정생연구장려금 / 한국연구재단 | 20240901-20250831 |
| | | 산학장학생 / SK이노베이션 | 20230701-20231231 |
| | | 관정재단 장학생 / 관정이중환교육재단 | 20240301-20240531 |
| | | 박사과정생연구장려금 / 한국연구재단 | 20220601-20240531 |
| | | 대한민국 정부초청 장학생 / 교육부 국립국제교육원 | 20230301-20240201 |
| | | 산학장학생 / 금호석유화학 | 20240101-20241231 |

■ 우수 대학원생을 위한 발표 및 연구 교류 기회 제공

- ▶ 【2024 신촌지역 화학과 대학원생 공동 워크숍】 신촌지역 3개대 학술 교류회를 개최하여 우수 대학원생들에게 발표 및 좌장의 기회를 제공함
 - 신촌지역의 대학 연세대, 이화여대, 서강대 학생들이 연구 교류를 활성화하고, 학생들에게 연구 발표뿐만 아니라 좌장도 직접 맡아 진행하는 경험을 제공하고자 공동 워크숍을 개최함
 - 학교별로 유기, 무기, 물리, 분석화학 분야의 8명의 우수 학생들을 선발하여 총 24명의 학생이 연구 발표하였고, 총 8명의 학생이 세션별 좌장을 맡아 진행하도록 구성함
 - 앞으로도 꾸준히 세 학교의 대학원생들이 연구 교류할 수 있는 기회를 제공하고자 함
- ▶ 【2023 연세대학교-고려대학교 이학 학술연고전 개최】 연세대학교와 고려대학교의 대학원생 학술교류회를 통해서 대학원생들의 우수 연구실적을 발표하고 상호 학술교류를 추진함

■ 대학원생 연구 수월성 및 복지를 위한 교육인프라 확대

- ▶ 【실험실 공간 확충】 실험실 연구 공간의 부족을 해소하기 위해 추가 공간 확보를 위해 계속해서 노력하고 있음

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

■ 학업 전주기 지원 플랫폼 구축

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

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

<표 II-2.2-11> 2023년도 및 2024년도 1학기 박사/통합과정 입학생을 대상으로 논문지도위원 배정

| | 학생성명 | 과정 | 지도교수 | 논문지도위원 |
|---------------|------|----|------|--------|
| 2023년도 1학기 | | 통합 | | |
| | | 통합 | | |
| | | 통합 | | |
| | | 통합 | | |
| 2023년도 2학기 | | 박사 | | |
| | | 박사 | | |
| | | 통합 | | |
| | | 통합 | | |
| 2024년도 1학기 | | 통합 | | |
| | | 통합 | | |
| | | 통합 | | |
| | | 통합 | | |
| | | 통합 | | |

■ 교육 프로그램 개편을 통한 학습자 중심 프로그램 제공

- ▶ 미래 이슈를 반영한 학생 중심 교과목 체계 구축<1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획 참조>
 - ① 미래 사회 이슈(환경, 에너지, 건강/노령화) 등 다양한 사회적 문제에 도전적, 능동적인 대처 가능한 인재 양성
 - ② 융합적, 능동적 교육 시스템으로의 혁신: 융합 프로그램 확대 및 팀티칭이 가능한 연구맞춤형, 모듈형 교과 개발
 - ③ 문제 중심 교육으로의 혁신: 문제해결형 학습과 주제발굴형 학습을 통해 학생들의 문제해결 능력 증진 및 프로젝트 수행 능력 배양

■ 국제적 감각 및 소양 함양을 위한 교육 지원 강화

- ▶ 연구윤리와 연구공동체의식 교육 강화: 대학원생들은 연세대 온라인 교육플랫폼(LearnUS)를 통해 윤리교육 프로그램을 의무적으로 이수함
- ▶ 글로벌 교육 및 연구 네트워크 구축 <6.1 교육 프로그램의 국제 현황 및 계획 참조>
 - ① 세계적인 교육/연구기관들과의 Alliance 구축을 통해 적극적인 연구 협력, 학생파견, 공동논문, 방문 연구

등의 교류 수행

- ② 해외 연구팀, 대학원생들과의 공동 학술 심포지엄 등을 추진하여 대학원생의 해외 교류를 활성화하고 해외방문 연구지원사업을 신규 개설하여 장기 및 단기 해외연수를 적극적으로 지원함

▶ 대학원생의 국제 학술 활동 지원 강화

- 글로벌 인재양성을 위하여 대학원생의 국제학회 참석을 유도하고, 특히 구두 발표의 기회 확대를 장려하기 위한 교육연구단의 지원 확대하기로 계획함
- 독일, 미국, 캐나다, 프랑스, 스페인, 호주, 스웨덴 등 세계 각국에서 개최된 권위 있는 학술대회에 대학원생들이 참여하여 구두 및 포스터 발표를 수행함
- 국제적 감각 향상을 위해 국제 오프라인 학회의 참석을 적극 장려 예정임 <6.1 교육 프로그램의 국제 현황 및 계획 참조>

▶ 학위과정의 언어 능력 요건 강화

- 학위 논문은 모두 영어로 작성하고 있으며, 박사학위 심사는 영어 발표를 의무로 하고 있음
- 영어 능력 강화를 위하여 대학원생 세미나 수업에서 학생들은 영어로 세미나 발표를 수행하고 있으며, 2023학년도 및 2024학년도 1학기 『화학연구방법론』 강의에서 영어 논문 작성법에 대해서 강의함
- 대학원 영어강의 비율: 본 교육연구단의 영어강의 비율은 2022년 67.5%, 2023년 68.3%, 2024년 71.8%로 꾸준히 증가하고 있음. 앞으로도 영어강의 비율 70% 이상을 꾸준히 유지할 계획임

2.3 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

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

| 구 분 | | 졸업 및 취(창)업현황 (단위: 명, %) | | | | | | 취(창)업률% (D/C)×100 |
|-----------------|----|-------------------------|---------|----|-----|---------------------|---------------|----------------------|
| | | 졸업자 (G) | 비취업자(B) | | | 취(창)업대상자 (C=G-B) | 취(창)업자 (D) | |
| | | | 진학자 | | 입대자 | | | |
| | | | 국내 | 국외 | | | | |
| 2023년 8월 졸업자 | 석사 | 11 | 0 | 0 | 0 | 11 | 8 | 73.33 |
| | 박사 | 4 | X | | | 0 | 3 | |
| 2024년 2월 졸업자 | 석사 | 12 | 0 | 1 | 0 | 11 | 9 | 89.47 |
| | 박사 | 8 | X | | | 0 | 8 | |

■ 2023년 8월 및 2024년 2월 졸업생의 취업 현황

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

■ 2023년 8월 및 2022년 2월 졸업생의 취업 및 진학 분야 분석

- ▶ 본 교육연구단의 지난 1년 동안 졸업생은 35명(2023년 8월 졸업 15명, 2024년 2월 졸업 20명)으로 석사 23명, 박사 12명이며 석사 졸업자 중 국내외 대학에 박사과정 진학자 1명을 제외하면 전체 34명이 취업대상자로 구분됨
- ▶ 학위별 취(창)업률
 - 【전체 졸업생 취업률: 82.4%】 취업대상자 34명 중 28명 취업
 - 【석사학위자(22명) 취업률 77.3%】 취업대상자 22명 중 17명 취업
 - 【박사학위자(12명) 취업률: 91.7%】 취업대상자 12명 중 11명 취업
 - 비취업자 중 국외 진학 1명
 - 미취업자 6명(석사 5명, 박사1명)은 취(창)업 및 유학 준비 중인 것으로 파악됨
- ▶ 취업유형별 취업률
 - 전체 산업체 취업자 20명 중 본 교육연구단의 중점 연구 분야에 해당하는 소재기반 에너지 분야의 취업인원은 80%, 소재기반 바이오 분야의 취업인원은 20%로 분석됨
 - 【산업체】 20명(71.4%)
 - 【국내대학 취업】 8명(28.6%)
- ▶ 취업기관의 전공적합성 및 특성화 분야 취업률
 - 2023년 8월 및 2024년 2월 졸업자의 취업기관 및 진학기관은 모두 화학 분야 기관으로 취업자와의

전공적합성은 100%임. 전체 취업자 중 소재기반 에너지와 소재기반 바이오 분야 기관 취업자는 전체 100%를 차지하여 교육연구단의 특성화 분야 교육 및 연구목표에 부합함

▶ 취업현황 분석

- 전체 취업생 중 20명이 정규직으로 근무하고 있으며 국내외 대학에서 연속적인 연구를 진행하고 있는 박사후연구원의 인원은 6명(국내 6명), 석사후연구원은 2명(국내 2명)으로 파악됨
- 전체 취업자 중 정규직 비율은 71.4%이며, 국내외 박사후연구원 및 석사후연구원(비정규직) 비율은 28.6%임
- 취업자 중 최첨단 산업 분야를 이끄는 국내 화학 분야 대기업 (LG, 삼성, SK 등)에 취업한 인원이 14명으로 파악되며 전체 취업자의 70%에 해당됨
- 연구의 연속성을 위해 본교 연구소와 연구기관에서 연구를 진행하고 있는 박사 졸업생은 6명으로 파악됨

■ 산업계 취업자 명단

▶ 전체 졸업생 취업대상자의 60.6%에 해당하는 20명이 대기업 및 대기업 산하 연구소, 중소기업 등 산업체에 진출하여 활약하고 있으며, 구체적인 리스트는 아래와 같음

〈표 II-2.3-1〉 2023년 08월 졸업생 산업계 취업현황

| 이름 | 학위과정 | 직장명 | 학위논문명 |
|----|------|----------------------------|---|
| | 이학석사 | Bayer Healthcare Co., Ltd. | ▶ 선택적 이산화탄소 광환원을 위한 질소 고농도 탄소 질화물의 구리 위치 전자상태 조정 |
| | 이학박사 | 롯데케미칼 | ▶ 구리 금속을 이용한 전기화학적 이산화탄소 전환 반응 : 반응 설계를 통한 생성물 선택성 최적화 |
| | 이학석사 | 한화솔루션 | ▶ 비천연 베타 아미노산을 포함하는 펩타이드 삼합체로 구성된 다양한 금속-펩타이드 배위 구조체에 대한 구조적 연구 |
| | 이학석사 | 삼성디스플레이 | ▶ 열린 껍질 하트리-폭 밀도범함수법의 정확도에 대한 스핀 오염의 영향 평가 |
| | 이학석사 | LG에너지솔루션 | ▶ 구리 페라이트 박막에 대한 홀 선택 및 전자 이동 인터페이스 결합으로 개선된 광전기화학적 수분해 |
| | 이학석사 | 에이티지라이프텍 | ▶ 미세유체 없이 액적을 이용한 단세포 RNA-seq 플랫폼 개발 |
| | 이학석사 | 동진세미켐 | ▶ 구리 촉매와 사이클로프로펜이민 리간드를 활용한 3차 알킬 할라이드의 탄소-탄소 라디칼 교차 짝지움 반응 |

〈표 II-2.3-2〉 2024년 02월 졸업생 산업계 취업현황

| 이름 | 학위과정 | 직장명 | 학위논문명 |
|----|------|---------|--|
| | 이학석사 | 엘엑스하우스스 | ▶ 산화/환원 응답성을 보이는 티오에테르 기반 폴리에테르의 합성 연구 |
| | 이학석사 | 삼성전자 | ▶ 시스플라틴의 효율적 전달을 위한 양친수성 폴리에테르 기반 마이셀 |
| | 이학석사 | SK이노베이션 | ▶ 시간 분해 X-선 흡수 분광법을 통한 황화우라실의 극초단 광유도 이완 반응 동역학 연구 |
| | 이학석사 | 삼성SDI | ▶ 펩토초 시분해 엑스선 분광법을 통한 표면 환원된 산화 티타늄의 전하 전달자 동역학 규명 |
| | 이학석사 | 한미약품 | ▶ 약물 스크리닝을 위한 고속대량 RNA-seq 플랫폼 개발 |
| | 이학박사 | 현대자동차 | ▶ 수성 나노액적 전기분해를 통한 다중 금속 및 복잡 구조 나노입자의 전기화학적 합성 |

| | | |
|------|-----------------|---|
| 이학박사 | LG에너지솔루션 | ▶ 차세대 전지 : 새로운 구조 및 독창적 분석법 개발 |
| 이학박사 | 롯데케미칼 | ▶ 이산화탄소 저감을 위한 전기화학적 촉매 및 전해조 시스템 연구 |
| 이학석사 | LG에너지솔루션 | ▶ 효율적인 산소생성 반응 전기화학 촉매인 니켈 나노 클러스터의 연구 |
| 이학박사 | SK바이오텍 | ▶ 산-염기 쌍 촉매 시스템을 활용한 선택적인 C-P 및 C-C 결합의 형성 |
| 이학석사 | SK이노베이션 | ▶ 사이클로프로펜이민 리간드를 활용한 구리 촉매 반응: 3차 알킬 할라이드의 탄소(sp^3)-탄소(sp^2) 결합 형성 반응 |
| 이학석사 | 엘티소재 | ▶ 산화 환원 활성이 있는 나프토로사린을 함유한 금속 유기 골격체 박막 |
| 이학석사 | 듀폰스페셜티머터 리얼스코리아 | ▶ 카바졸-피리딘 올리고머 기반된 안정한 이합체의 형성 |

■ 산업체 우수 취업 사례

▶ 【박사, 2023년 08월 졸업, 지도교수】

- 본 졸업자는 학위 기간 중 구리 금속을 이용한 전기화학적 이산화탄소 전환 반응에 대해서 심도 있는 연구를 함. 향후 기업체에서 친환경 에너지 산업 분야의 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대됨

▶ 【박사, 2024년 02월 졸업, 지도교수】

- 본 졸업자는 학위 기간 중 수성 나노액적 전기분해를 통한 다중 금속 및 복잡 구조 나노입자의 전기화학적 합성에 대한 연구를 진행하였으며 이러한 연구를 바탕으로 친환경 수소 에너지 산업 분야 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대됨

▶ 【박사, 2024년 02월 졸업, 지도교수】

- 본 졸업자는 학위 기간 중 차세대 전지의 새로운 구조 및 독창적 분석법 대한 연구를 진행하였으며 이러한 연구를 바탕으로 전기화학 산업 분야의 새로운 소재 및 분석 개발에 앞장설 것으로 기대됨

▶ 【박사, 2024년 02월 졸업, 지도교수】

- 본 졸업자는 학위 기간 중 이산화탄소 저감을 위한 전기화학적 촉매 및 전해조 시스템 연구를 진행하였으며 이러한 연구를 바탕으로 친환경 에너지 산업분야의 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대됨

▶ 【박사, 2024년 02월 졸업, 지도교수】

- 본 졸업자는 학위 기간 중 산-염기 쌍 촉매 시스템을 활용한 C-P 및 C-C 결합에 대한 연구를 진행하였으며 이러한 연구를 바탕으로 바이오 소재 산업 분야의 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대됨

▶ 국내외 교육기관 진학 및 취업 실적

- ▶ 전체 졸업생 취업대상자의 28.6%에 해당하는 국내외 대학에서 박사후연구원으로 4명, 석사후연구원으로 2명이 재직하고 있음. 그중 6명은 연세대학교에서 후속 연구를 이어가고 있음. 교육기관 진학 및 취업자의 구체적인 명단과 관련정보는 다음과 같음

<표 II-2.3-3> 2023년 08월 졸업생 교육기관 취업현황

| 이름 | 학위과정 | 직장명 | 직위 | 학위논문명 |
|----|------|-------------|--------|---|
| | 이학석사 | 연세대학교 산학협력단 | 석사후연구원 | ▶ 간단한 낙수/배수 방법을 통한 금속-유기 구조체/섬유 복합체 제작 및 응용 |

| | | | |
|------|-------------|--------|---|
| 이학박사 | 연세대학교 산학협력단 | 박사후연구원 | ▶ 암의 정확한 감지를 위한 혁신적인 액체 생검 기반 방법 개발 |
| 이학석사 | 연세대학교 산학협력단 | 석사후연구원 | ▶ 개환 중합을 통한 분해 가능한 폴리에스테르 합성 연구 |
| 이학박사 | 연세대학교 산학협력단 | 박사후연구원 | ▶ MOF-on-MOF 성장을 통한 구성 성분과 구조가 제어된 금속-유기 구조체 합성 |

<표 II-2.3-4> 2024년 02월 졸업생 교육기관 취업현황

| 이름 | 학위과정 | 직장명 | 직위 | 학위논문명 |
|------|-------------|-------------|--------|---------------------------------------|
| 이학박사 | 연세대학교 산학협력단 | 연세대학교 산학협력단 | 박사후연구원 | ▶ 개선된 성능의 기능성 금속-유기 구조체 형성 방법 및 이의 활용 |
| 이학박사 | 연세대학교 산학협력단 | 연세대학교 산학협력단 | 박사후연구원 | ▶ 금속 나노클러스터를 이용한 물성 제어 및 응용 연구 |
| 이학박사 | 연세대학교 산학협력단 | 연세대학교 산학협력단 | 박사후연구원 | ▶ 초원자가 도핑된 은 나노클러스터의 합성과 특성에 대한 연구 |
| 이학박사 | 연세대학교 산학협력단 | 연세대학교 산학협력단 | 박사후연구원 | ▶ 비대칭 촉매 반응을 통한 입체방사적 탄소-탄소 결합의 형성 |

- ▶ 석사 졸업생 1명은 국내외 대학의 박사과정으로 진학하여 학업을 이어가고 있으며 구체적인 명단은 다음과 같음

<표 II-2.3-5> 2023년 08월, 2024년 2월 석사 졸업생 중 박사과정 진학자

| 이름 | 졸업년월 | 대학명 | 학위논문명 |
|----|----------|-------------------------|---|
| | 2024년 2월 | University of Cambridge | ▶ 원자 단위 제어 촉매의 합성 및 전기 화학적 촉매 활성에 대한 연구 |

■ 외국인 졸업자 취업 현황

- ▶ 2023년 8월 석사 졸업생인 주 학생은 Bayer Healthcare에 취직함

3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

① 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성

■ 최근 1년간 전체 참여대학원생 논문 실적

▶ 다음 <표 II-3.1-1>에 BK21FOUR 사업 3, 4차년도의 참여대학원생의 논문 실적과 선정평가에 사용한 졸업생의 3년(2017-2019) 평균 논문 실적을 비교 분석하였음. 표본은 사업 3, 4차년도는 각각 121, 112 명의 참여대학원생을 대상으로, 선정평가에 사용된 실적은 2017-2019년의 30.7명의 연평균 졸업생을 대상으로 함.

<표 II-3.1-1> 사업 3, 4차년도의 참여대학원생의 논문 실적 비교

| 구분 | 선정평가 3년 평균 (2017-2019) | 3차년도 실적 | 최근 1년간 실적 (4차년도) | | |
|--------------------------------|-------------------------------|------------|-------------------|------------------|------------|
| | | | 2023년 (9월~12월) | 2024년 (1월~8월) | 전체기간 실적 |
| 논문 편수 | 논문 총 편수 | 68 | 28 | 37 | 65 |
| | 논문의 환산 편수의 합 | 20.87 | 8.08 | 12.80 | 20.89 |
| | 참여대학원생 1인당 논문 환산 편수 | 0.17 | | | 0.19 |
| 피인 용수 | 보정 피인용수(FWCI) | 68 | 27 | 37 | 64 |
| | 값이 있는 논문의 총 편수 | 30.67 | | | |
| | 보정 피인용수(FWCI) 합 | 52.03 | 13.52 | 58.57 | 72.09 |
| | 환산보정 피인용수(FWCI) 합 | 16.02 | 3.84 | 15.22 | 19.06 |
| | 논문 1편당 | 0.19 | | | 0.30 |
| | 환산보정 피인용수(FWCI) 참여대학원생 1인당 | 0.13 | | | 0.17 |
| IF ^(a) | IF=0이 아닌 논문 총 편수 | 66 | 27 | 37 | 64 |
| | IF의 합 | 763.83 | 266.00 | 388.60 | 654.60 |
| | 환산보정 IF의 합 | 16.12 | 5.86 | 9.71 | 15.58 |
| | 논문 1편당 환산보정 IF | 0.24 | | | 0.24 |
| | 참여대학원생 1인당 환산보정 IF합 | 0.13 | | | 0.14 |
| ES ^(a) | ES=0이 아닌 논문 총 편수 | 66 | 27 | 37 | 64 |
| | ES의 합 | 11.99 | 7.60 | 7.22 | 14.81 |
| | 환산보정 ES의 합 | 32.81 | 19.34 | 26.17 | 45.51 |
| | 논문 1편당 환산보정 ES | 0.5 | | | 0.71 |
| | 참여대학원생 1인당 환산보정 ES의 합 | 0.27 | | | 0.41 |
| 소속 학과 참여 대학원생 수 ^(b) | | 121 | 112 | | |

^(a)자료의 IF, ES 값은 선정평가 3년 평균은 2018년도, 3차년도는 2023년, 4차년도는 2023년 JCR 값을 기준으로 사용함.

^(b)선소속 학과 참여 대학원생 수는 선정평가 3년 평균은 졸업생을, 3, 4차년도는 BK21FOUR 참여대학원생을 기준으로 사용함.

▶ 4차년도 논문 실적에서 논문 편수는 사업 3차년도와 비슷하며, 선정 당시의 기준보다 매우 큰 폭으로 증가함. 3차년도에 비해서 참여대학원생 1인당 논문 환산 편수는 증가(0.17 → 0.19편)하였음. 4차년도 논문 편수 실적은 3차년도 대비하여 논문 총 편수는 감소(68 → 65편)하였으나, 논문의 환산 편수의

합은 소폭 증가(20.87 → 20.89편)하였음. 이는 참여대학원생의 수가 3차년도에 비해 감소하였음에도 불구하고 참여대학원생 1인당 논문 편수가 늘어났음을 의미함.

- ▶ 4차년도 참여대학원생의 논문 실적의 보정 피인용수(FWCI) 관련 지표는 선정평가 3년 평균 및 3차년도 실적과 비교할 때 큰 폭으로 상승하였다는 것을 알 수 있음. 구체적으로 3차년도와 비교할 때, 보정 피인용수(FWCI) 값이 있는 논문의 총 편수는 감소(68 → 64)하였으며 논문 1편당 환산보정 피인용수(FWCI)는 감소하였음. 그에 반해, 보정 피인용수(FWCI) 합은 증가(52.03 → 72.09), 환산보정 피인용수(FWCI) 합은 증가(16.02 → 19.06)하였음. 그리고 참여대학원생 1인당 환산보정 피인용수(FWCI)합은 증가(0.13 → 0.17)하였음. 앞서 논문 편수 실적의 경향과 같이 참여대학원생 수가 감소하였음에도 참여 대학원생 발표 논문의 질적 수준이 매우 높은 수준으로 유지되고 있음을 의미함.
- ▶ 4차년도 참여대학원생의 논문 실적의 IF는 선정평가 3년 평균보다는 큰 폭으로 증가하였으나, 3차년도 실적과 비교할 때 모든 지표에서 비슷하거나 상대적으로 떨어진 것으로 분석됨. 구체적으로 3차년도와 비교할 때, 환산 보정 IF의 합은 소폭 감소(16.12 → 15.58)하였으며 참여대학원생 1인당 환산보정 IF합은 소폭 증가(0.13 → 0.14)하였음. 하지만 ES 관련 지표는 선정평가 3년 평균 및 3차년도 실적과 비교하였을 때 큰 폭으로 상승하였다는 것을 알 수 있음. 4차년도 참여대학원생의 논문 실적의 ES 관련 지표는 환산보정 ES의 합은 증가(32.81 → 45.51), 참여대학원생 1인당 환산보정 ES의 합은 증가(0.27 → 0.41)하였음. 3차년도에 비해 IF는 감소하였지만, ES값의 비약적인 증가는 4차년도 실적에서 학술적으로 높은 수준의 논문들이 발표되었음을 의미함.

■ 대표연구실적

- ▶ 김유준, Chemical Society Reviews 공동1저자 논문 게재 [IF: 40.4, 화학 종합 분야 최상위 저널, JCR 0.7%]: Glycosidase-targeting small molecules for biological and therapeutic applications, Chemical Society Reviews, 2023, 52, 7036-7070 (2023년 10월 게재)
 - 연구 업적물 의의: 글루코시데이스는 올리고당과 당접합체의 글리코시드 결합 가수분해를 촉매하는 유비쿼터스 효소로서, 영양 탄수화물의 소화, 당접합체의 리소좀 이화작용, 당단백질의 번역 후 변형과 같은 다양한 생물학적 사건에서 중요한 역할을 담당함. 비정상적인 글리코시데이스 활성은 다양한 질병, 그 중 암 및 리소좀 저장 장애와 깊은 관련이 있음. 따라서 글리코시데이스의 생리학적 및 병리학적 중요성으로 인하여 이러한 효소를 표적으로 하는 소분자의 개발이 활발하게 수행되고 있으며, 지금까지 수행된 연구로부터 생물학적 과정을 설명하고 효과적인 화학요법제를 개발하는데 활용된 수많은 글리코시데이스 표적 소분자가 발견됨. 본 리뷰에서는 2018년부터 보고된 연구 결과를 설명하며, 특히 글리코시데이스의 검출 및 영상화를 위한 형광 프로브, 효소의 공유 표지화를 위한 활성 기반 프로브, 글리코시데이스 억제제 및 활성화 전구약물의 사용에 초점을 두었음.
- ▶ 이유진, Advanced Materials 제1저자 논문 게재 (IF: 27.4, 재료 화학 분야 최상위 저널, JCR 2.5%): Crystallographic and Photophysical Analysis on Facet-Controlled Defect-Free Blue-Emitting Quantum Dots, Advanced Materials 2024, 36, 2311719 (2024년 1월 게재)
 - 연구 업적물 의의: 현재 자가 발광 양자점 발광 다이오드의 상용화에 대한 수요가 급증함에 따라 친환경적이고 효율적인 양자점 소재에 대한 광범위한 연구가 촉진되는 시점임. 불산 첨가제는 청색 발광 ZnSeTe 양자점의 광발광 특성을 개선하여, 충분한 불산 첨가 후 초극단 피크 폭으로 97%의 놀라운 양자 수율에 도달하였음. 양자점의 광학적 특성 개선은 입자의 형태학적 변화를 수반하며 결합이 없는 정육면체 형태의 ZnSeTe 양자점이 형성되었음. 본 연구는 불산의 첨가가 양자점의 광학적 특성을 향상시키는 메커니즘을 이해하는 데 중요한 기여를 하였으며, 이를 통해 높은 효율과 밝기를 갖춘 양자점 LED의 실현에 한 걸음 더 가까워진 것으로 평가됨.

■ 향후 추진 계획

- ▶ 참여대학원생의 4차년도 논문 실적은 3차년도와 비교했을 때, 논문편수, 피인용수, ES의 지표에서 증가한 것으로 분석됨.
- ▶ 특히 정량 지표를 대표하는 참여대학원생 1인당 논문 환산 편수는 약 12%, 질적 지표를 나타내는 참여대학원생 1인당 환산보정 ES의 합은 약 52% 정도 증가하였음. 이러한 경향은 본 교육연구단이 추구하는 질적·양적 측면에서 연구 수준이 확보된 것으로 이해할 수 있음. 이러한 질·양적 수준 성장을 지속해서 유지 및 발전시킬 계획임. 특히 4차년도의 상대적으로 떨어지는 지표인 IF 값 향상을 위해 새로운 인센티브 기준을 정하고, 최상위 및 상위 저널에 대한 인센티브를 지속해서 지급하여 참여대학원생의 연구 의욕을 독려할 예정임.
- ▶ 교육과정 중 문제해결형 및 주제발굴형 교과목을 활성화하여 연구 수행 과정 동안 발생하는 문제를 해결하는 능력과 새로운 연구주제를 발굴하는 능력을 함양시킴.
- ▶ 교과 및 비교과 과정 등을 활용하여 참여대학원생의 논문 작성법, 영어 능력 향상 등을 독려함.
- ▶ 애초 사업 계획서에 설정된 교육-연구의 선순환을 통해서 참여대학원생의 연구 역량을 극대화할 계획임. 이후에는 참여대학원생이 질적으로 우수한 논문을 발표할 수 있도록 특성화 분야의 문제해결형 및 주제발굴형 교과목을 실제적인 융합 연구를 위한 방식으로 운영하고자 함. 이러한 에너지 및 바이오 특성화의 참여 주도 교육 과정의 적극적인 운영은 IF 지표 등을 획기적으로 증가시킬 수 있을 것으로 기대됨.

② 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

학술대회 실적 분석

- ▶ 본 교육연구단의 참여대학원생은 2023년 2학기 109명, 2024년 1학기 115명임. 코로나19 감염병 종식 이후로 오프라인 국내 및 국제 학술대회가 정상화되었음. 지난 1년간 참여대학원생은 국내, 미국, 캐나다, 태국, 호주, 프랑스, 스페인, 일본, 독일, 스웨덴에서 개최된 권위 있는 학술대회에서 103건의 학술대회 연구논문을 발표함 (구두발표 25건, 포스터발표 82건).
- ▶ 전체 103건 중 석박사통합과정 57건, 박사과정 7건, 석사과정 39건의 학술대회 연구논문 발표가 이루어짐.
- ▶ 학술대회 연구논문 발표 실적은 에너지 분야 59건, 바이오 분야 44건으로 분류할 수 있으며 다양한 연구 분야에 대해서 고른 분포를 이루고 있는 것으로 평가됨. 본 교육연구단에서는 지속가능한 미래 사회 구현에 기여할 수 있는 4C 창의적 인재 양성을 위한 교육 및 연구 시스템의 구축을 위해 전략적으로 소재기반 에너지·바이오 분야를 특성화 연구 분야로 지정하여 육성하고자 계획하였으며 두 가지 특성화 추진전략의 기반이 균형 있게 마련되고 있음을 시사함.
- ▶ 지속해서 각 특성화 분야 중심 교육 및 특성화 전략별 세부 연구주제 간의 융합을 통해 창의적, 융합적, 도전적 화학 인재 양성이 효율적으로 이루어질 수 있도록 운영 예정임.
- ▶ 국제학술대회에 대한 구두 발표의 기회를 장려하고 해외 연구자들과의 교류를 통하여 네트워크를 확장하고 국제적 역량을 높일 수 있는 기회를 적극적으로 마련하고자 함.

학술대회 실적의 창의성, 혁신성 및 해당 전공 분야의 기여

- ▶ 본 교육연구단은 소재기반 에너지·바이오 분야의 특성화를 통해서 『지속가능한 미래 사회 구현에 기여할 수 있는 4C 창의적 인재 양성을 위한 교육 및 연구 시스템의 구축』을 추구하고 있으며, 지난 1년간 이루어진 참여대학원생의 학술대회 연구논문 발표실적 중 18건의 대표 업적을 다음과 같이 선

정함

- ▶ 소재기반 에너지 분야 학술대회 발표실적 중 9편의 대표업적을 선정하였으며 이산화탄소 전환용 광촉매 개발을 포함한 다양한 유기/무기 기반 광학, 에너지 소재 개발에 관한 구두 및 포스터 학술발표 실적으로 구성되어 있음
- ▶ 소재기반 바이오 분야 학술대회 발표실적 중 9편의 대표업적을 선정하였으며 질병 진단 소재, 표적 치료제, 유기분자 및 펩타이드 기반 질병 치료 후보물질에 관한 구두 및 포스터 학술발표 실적으로 구성되어 있음

■ 소재기반 에너지 분야 대표 업적(9편)

- ▶ 【구두】 Active Site Determination in Embedding Calculations: A Density Sensitivity and Orbital Localization Approach, 133rd General Meeting of the Korean Chemical Society, 광주, 대한민국, (통합과정)
 - 밀도 범함수 이론(DFT)은 효율적인 계산 방법임. 하지만 일부 시스템에서는 정확도를 높이기 위해 계산 비용이 높은 방법을 필요로 함. 그래서 임베딩 방법을 사용하여 활성 영역을 고정밀 방법으로 계산하면서 정확도는 유지하고 비용은 줄일 수 있음. 이 연구에서는 밀도 민감도랑 오비탈 지역화를 기반으로 활성 영역을 결정하는 자동화된 방법을 제안하며, 화학적 특성이 큰 영향을 미치는 영역을 알아내는 지표로서 밀도 민감도를 사용하였음. 이를 바탕으로 여러 화학적 시스템, 특히 계산이 어려운 촉매 시스템도 더 효율적으로 계산할 수 있을 것으로 기대됨.
- ▶ 【구두】 Multiarm Polyether-based Non-Swellable Conductive Hydrogel, 2024 춘계 고분자학회, 제주, 대한민국, (석사과정)
 - 4-arm PEO에 저 임계 용액 온도를 가지는 고분자 블록을 음이온 중합으로 연장시킨 후, 가교 가능한 기능을 도입하여 체온 부근에서 물 조건 하에 팽창하지 않는 하이드로젤 시스템을 합성함. 그리고 전도성을 가지는 PEDOT-PSS 콜로이드 용액을 섞어 가교시켜 전기 전도성을 갖는 무팽창 하이드로젤을 개발할 것으로 기대됨.
- ▶ 【구두】 Prolonged hydrogen production by engineered green algae photovoltaic power stations, 2024 춘계총회 및 학술발표회, 부산, 대한민국, (통합과정)
 - 담수에 부유하며 서식하는 녹조류를 태양광 발전소로 활용하는 인공 광합성 설계도를 제시함. 공학적 공정을 거친 녹조류는 수소 형태로 에너지를 저장하는 과정에서 생체 전기를 생성함. 특히, 연료 생산 과정에서 이산화탄소랑 태양광 외에 다른 첨가물이나 외부 전압이 필요하지 않음. 이 단일 세포 단위의 발전소는 인공 광합성 중에 산소 농도를 자동으로 조절하여 별도의 분리 공정 없이 광합성 수소를 바로 활용할 수 있음. 또한, 연료 생산량은 반응기 부피에 따라 선형적으로 증가하는데, 이는 재생 에너지의 대규모 생산 및 공급 확대에 중요한 요소임.
- ▶ 【포스터】 Local operando analysis of CO₂ reduction reaction on polycrystalline gold surface, Materials Challenges in Alternative and Renewable Energy 2024, 제주, 대한민국, (박사과정)
 - 촉매 표면과 활성 사이의 관계를 이해하는 건 이중 촉매의 선택성과 효율을 높이는 데 매우 중요함. 결정립의 표면 방향과 경계 등을 포함한 미세 표면 구조가 전기화학적 이산화탄소 환원 반응(CO₂RR)과 경쟁 반응인 수소 발생 반응(HER)의 촉매 활성과 선택성에 영향을 미친다는 건 잘 알려져 있음. CO₂RR의 국부적 활성과 표면 구조 간의 관계를 직접 입증하기 위해, 연구진은 다결정 금 표면을 CO₂RR의 모델 촉매로 실험함. CO₂RR 생성물을 선택적으로 수집하기 위해 설계된 순차 전위주사 전기화학적 현미경(SV-SECM)을 사용해서 표면 구조와 촉매 활성 간의 관계를 규명함.
- ▶ 【포스터】 Harnessing Photosynthetic Currents from Marine Phytoplankton for Hydrogen Mass Production, Materials Challenges in Alternative and Renewable Energy 2024, 제주, 대한민국, (통합과정)
 - 해양 식물성 플랑크톤은 광합성을 통해 태양에너지를 화학에너지로 전환하여 전 지구적 탄소 순환

에 기여함. 이 생물학적 광합성 시스템 일부를 전기화학적 수소 생산에 적용하면 높은 효율의 신재생에너지 활용이 가능해짐. 이 연구가 제시하는 생물광전기 반응기는 해양 식물성 플랑크톤에 삽입된 생체 적합한 나노 도선을 따라 추출된 광합성 전류를 사용해 태양에너지를 연료로 바로 전환함. 이 전류는 플랑크톤의 광합성을 위해 여기된 전자의 일부로, 주사 전기화학 주사현미경을 통해 단일 세포 단위에서 정량할 수 있음. 이 플랫폼은 식물성 플랑크톤이 있는 곳이라면 어디서든 작동 가능하며, 이를 통해 광범위한 친환경 수소 생산 시스템을 구축할 것으로 기대됨.

▶ **【구두】** Synthesis of Heterometal Doped Silver Nanoclusters and Their Electrocatalytic Applications for Hydrogen Production, 제132회 대한화학회 학술발표회 총회 및 기기전시회, 광주, 대한민국, (통합과정)

- 리간드로 보호된 금속 나노클러스터(NCs)는 원자적으로 정밀한 구조를 통해 특성 연구에 유용한 플랫폼으로 사용될 수 있음. 이중금속(Pt, RhH)으로 도핑된 Ag₂₅ 나노클러스터(NCs)를 합성하고 특성 분석을 수행함. 합성된 NC들은 알칼리성 수소 발생 반응(HER)에서 도핑 효과를 보였으며, RhH로 도핑된 Ag₂₅ NC가 Pt로 도핑된 Ag₂₅ NC보다 더 나은 HER 활성을 나타냄. 이들의 뚜렷하게 다른 HER 성능은 물 분해 능력에 따라 결정되는 것으로 확인됨. 이를 통해 촉매 연구의 패러다임을 전환하고, 수소 연료 기반의 친환경 에너지 솔루션에 실질적인 기여를 할 것으로 기대됨.

▶ **【포스터】** Dopant Effects on the Electrochemical Hydrogen Evolution Reaction Catalyzed by Heterometal Doped Silver Nanoclusters, 제132회 대한화학회 학술발표회 총회 및 기기전시회, 광주, 대한민국, (통합과정)

- 리간드로 보호된 금속 나노클러스터(NCs)는 원자적으로 정밀한 구조를 통해 특성 연구에 유용한 플랫폼으로 사용될 수 있음. 이중금속 도핑은 NCs의 물리화학적 특성을 조정하는 유망한 전략임. RhH와 IrH로 도핑된 Ag₂₅(SR)₁₈ NCs가 각각 Pd와 Pt 원자의 슈퍼아토믹 구조임을 확인함. 알칼리성 조건에서 RhH@Ag₂₄(SR)₁₈이 가장 높은 수소 발생 반응(HER) 활성을 보였으며, Pt 도핑보다도 우수한 성능을 나타냄. RhH@Ag₂₄(SR)₁₈은 24시간 동안 안정적인 HER 활성을 유지함. 향후 다양한 나노클러스터 기반 촉매의 합성 전략 수립에 도움이 될 수 있을 것으로 기대됨.

▶ **【포스터】** Spontaneous Zn-CO₂ Battery for Efficient CO₂ Electroreduction, 제132회 대한화학회 학술발표회 총회 및 기기전시회, 광주, 대한민국, (통합과정)

- 전기화학적 CO₂ 환원 반응(CO₂RR)은 대기 중 CO₂를 줄이는 유망한 전략이지만 기존 시스템은 화석 연료 기반 전기에너지를 사용해 지속 가능성에 한계가 있음. Zn-CO₂ 배터리는 Zn 산화의 빠른 반응 속도와 CO₂를 부가가치 제품으로 전환하는 자발적 CO₂RR을 통해 이러한 한계를 극복할 수 있음. 가스 확산 전극과 얇은 층 전해조를 사용한 새로운 수계 Zn-CO₂ 배터리는 높은 전류 밀도(200 mA cm⁻²)와 전력 밀도(21 mW cm⁻²)로 효율적인 CO 생산을 달성함. 희석된 CO₂ 조건에서도 높은 성능을 유지하며, 24시간 동안 100 mA cm⁻²에서 높은 내구성이 확인됨. 또한 아연을 ZnO로 회수하는 양극 회수 시스템을 개발함. 지속 가능한 탄소 저감 기술로 자리 잡으며, 미래 에너지 및 환경 문제 해결에 중요한 역할을 할 것으로 기대됨.

▶ **【포스터】** Correlating the Crystallographic and Photophysical Attributes: Cubic-Shaped ZnSeTe QDs with Bright and Narrow-Band Blue Emission, IUPAC Symposium on Photochemistry (29th PhotoIUPAC), 발렌시아, 스페인, (통합과정)

- 푸른빛의 ZnSeTe 기반 양자점의 입자 모양과 발광 성질의 연관 관계를 규명하였음. 합성 과정에서 HF를 첨가하였을 때 발광 성질이 개선됨과 동시에 둥근 형태의 입자에서 정육면체 형태의 입자로 변하는 현상을 확인함. 해당 메커니즘을 격자구조 분석과 시공간 분해 분광 분석을 결합하여 분석함. HF 첨가가 징크블렌드 격자 구조의 형성을 유도하며 특정 면으로의 성장을 유도하는데, 그 과정에서 입자의 표면에너지가 안정화됨을 밝힘. 단일 입자 형광 분광법으로 양자점의 감박임 특성과 개별 입자의 형광 특성 분포를 확인하여 높은 형광 수율과 얇은 반치폭의 원인을 규명할 수 있을 것으로 기대됨.

■ 소재기반 바이오 분야 대표 업적(9편)

- ▶ 【구두】 Precisely Programmable Degradation and Release Profiles in Triblock Copolyether Hydrogels with Cleavable Acetal Pendants, 2023 추계 대한화학회, 광주, 대한민국, (통합과정)
 - 약산성 조건에서 분해 가능한 소수성 아세탈 결가지를 가진 예폭시 단량체를 PEO 양 말단에 음이온 중합으로 붙여 ABA 삼중 블록 공중합체를 합성함. 이때, 분해 속도가 다른 두 단량체의 혼합 비율에 따라 하이드로젤의 분해 속도 및 약물 방출 속도 조절이 가능했음. 이를 바탕으로 수술 후 압 재발 방지 실험에서 높은 압 성장 억제 효능을 가진 하이드로젤을 최적화함.
- ▶ 【구두】 Inhibition of Ice Recrystallization by Dendritic Polyglycerols, 2023 추계 대한화학회, 광주, 대한민국, (통합과정)
 - 생물학적 완충 시스템에서 나트륨 이온과 폴리글리세롤이 결합해 얼음 결정 성장을 억제하는 새로운 현상을 발견함. 덴드리틱 폴리글리세롤이 이온과 상호작용해서 얼음 인터페이스에서 수소 결합을 형성하고, 세포 안팎에서 얼음 성장을 억제함. 이 방법은 기존에 많이 쓰는 DMSO와 비교해 HSC-3 및 HUVEC 세포에서 더 높은 생존율(134~147%)을 보여주어 효과적인 동결 보호제임을 입증함. 또한, 동결 보존 후 HUVEC 세포의 네트워크 형성 능력이 유지됨을 확인해 CPA로서의 효과를 입증함.
- ▶ 【포스터】 Recognition of atomic-level difference in porphyrin dyads for self-sorted supramolecular polymer growth, INTERNATIONAL CONFERENCE ON PORPHYRINS & PHTHALOCYANINES (ICPP) -13, 버팔로, 미국, (통합과정)
 - 공액계 유기분자인 포르피린을 활용해 이합체 분자를 합성한 후 초분자적 자가조립을 통해 나노구조체를 형성함. 해당 이합체 분자는 포르피린 내에 배워된 금속 이온에 따라 분자적 조립 양상이 확연히 달라짐을 확인함. 또한, 테트라페닐포르피린을 활용한 이합체는 보고된 인위적 자가 분류 시스템 중 가장 작은 차이인 원자 수준의 차이를 인지하여, 초분자적 조립 과정에서 자가 분류 거동을 보임을 밝힘. 이 발견은 자연계에서 관찰되는 미세한 구조적 차이를 인식해 다양한 초분자 상호작용을 활용하는 새로운 인공 자가 분류 시스템 개발의 가능성을 제시함.
- ▶ 【포스터】 Retention of intrinsic Photophysical Properties of Porphyrin Building Blocks in 3D Organic Frameworks through Magic Angle Alignment, INTERNATIONAL CONFERENCE ON PORPHYRINS & PHTHALOCYANINES (ICPP) -13, 버팔로, 미국, (통합과정)
 - 단량체일 때와 단결정 상태일 때의 광물리적 특성은 다양한 상호작용에 따라 달라짐. 본 연구에서는 여섯 개의 카르복실산기를 가진 포르피린을 활용해 3D Hydrogen-bonded Organic Frameworks (HOFs)를 구축함. XRD 분석 결과, 단일 결정 내에서 각 포르피린이 54.6°의 슬립 스택 각도로 평행하게 정렬되어 있음이 확인됨. 이는 특정 NMR 기법인 Magic Angle과 일치하며, 단량체와 결정 상태 모두에서 UV-Vis, 형광, 형광 수명 등의 광물리적 특성에 차이가 없음을 보여줌. 슬립 스택 배열을 통해 π - π 상호작용과 분자 간 거리를 제어할 수 있어, 특수한 전자 및 광학적 기능을 구현할 가능성을 열어줌.
- ▶ 【포스터】 Multi Stimuli-Responsive Hydrogel Based on Poly(2-Alkyl-2-Oxazoline), 2024 제 24회 유기화학분과회 하계워크샵, 여수, 대한민국, (석사과정)
 - 온도 및 전기/화학적 자극에 반응하는 다중 자극-반응 하이드로젤을 합성함. 온도 응답성을 위해 폴리(2-알킬-2-옥사올린) 분자의 알킬기 길이에 따라 변화하는 낮은 임계 용액 온도(LCST) 특성을 하이드로젤에 부여함. 또한, 고분자에 비올로겐 분자를 삽입하여 전기/화학적 자극에 의해 무색의 하이드로젤이 파란색으로 변하도록 설계함. 서로 다른 LCST를 가진 하이드로젤을 접합하여 특정 온도에서 의도한 움직임을 구현하는 하이드로젤 액추에이터를 합성함. 온도와 전기/화학적 자극에 따른 색 변화와 기계적 움직임을 제어할 수 있어 센서, 인공 근육, 소프트 로봇 등 다양한 분야에 활

용 가능성을 제시함.

- ▶ 【포스터】 Photochromic Poly(urea-urethane) Films Synthesized from Polyoxazoline and Rhodamine, 2024제 24회 유기화학분과회 하계워크샵, 여수, 대한민국, (석사과정)
 - 특정 파장의 빛에 반응해 색이 변하는 폴리(우레아-우레탄) 고분자 필름을 성공적으로 합성함. 이 필름은 특정 부위에만 빛을 조사해 정보를 입력할 수 있으며, 물에 담가 정보를 지우고 재사용할 수 있음. 필름 합성에 수용성 고분자인 폴리옥사졸린을 활용해 뛰어난 물 흡수 성능을 구현함. 또한, 필름에 도입된 로다민 유도체가 빛에 의해 색 변화를 유도하여 포토크로믹 필름을 제작함. 빛을 이용한 비침습적 정보 입력과 지우기 기능으로 전력 소비를 최소화할 수 있어 에너지 절감형 소재로 기대됨.
- ▶ 【포스터】 Synthesis of Antiaromatic Naphthorosarin-based Metallacage, 2024 제 24회 유기화학분과회 하계워크샵, 여수, 대한민국, (석사과정)
 - Naphthorosarin은 강한 antiaromaticity를 띠는 평면구조의 macrocycle로, PCET로 인해 독특한 산화-환원 활성을 가짐. 이 성질을 활용하기 위해 피리딜기를 가진 naphthorosarin과 루테늄이 배워진 선형 유기분자를 이용해 metal-organic cage를 합성하고, 2D NMR을 통해 그 구조를 규명함. 이후 Host로서의 성능을 확인하기 위해 풀러렌을 포함한 여러 polyaromatic guest를 테스트하였으며, 각각의 binding constant를 계산함. 산화-환원 특성을 활용해 에너지 저장 장치나 전기화학적 변환 시스템에서의 응용 가능성 제공함.
- ▶ 【포스터】 Complexation-induced Assembly of Imine-linked Aromatic Foldamer Receptors, 제 133회 대한화학회 학술발표회, 수원, 대한민국, (박사과정)
 - 적응성기 원리와 수용체-게스트 복합체 기반 평형 유도 원리를 적용해 단당류에 대한 수용체를 효과적으로 조립함. 특히, 갈락토오스의 구조이성질체인 α -D-갈락토피라노오스만 선택적으로 결합함을 확인하고, 수용체-갈락토오스에 대한 정량적 이중 평형 이동을 증명함. 또한, 다른 수용체는 글루코오스와 갈락토오스에 대해 완전히 다른 형태의 2:2 수용체-게스트 복합체를 형성함. 서로 다른 두 복합체는 다양한 측정 방법을 통해 완전히 분석되었으며, 고온에서는 글루코오스, 저온에서는갈락토오스만 결합하는 수용체임을 증명함. 서로 다른 두 복합체의 특성을 분석함으로써, 복합체설계 및 최적화에 대한 이해를 높이고, 새로운 초분자 화학 시스템 개발에 기여할 수 있음.
- ▶ 【포스터】 Aromatic Foldamer Receptors Capable of Selectively Binding Monosaccharides, 제 133회 대한화학회 학술발표회, 수원, 대한민국, (석사과정)
 - 방향족 폴다머는 접힘 구조를 형성하여 게스트 분자를 수용할 수 있는 내부 공동을 가짐. 폴다머의 단위체 조절을 통해 내부 공동의 특성을 조절할 수 있음. 이를 활용하여 이전에 연구된 글루코스와 결합하는 방향족 수용체의 중간 단위체를 변형한 새로운 수용체를 합성함. 이 새로운 수용체는 α -D-갈락토피라노오스와 선택적이고 강한 결합을 보임. 더불어 수용체와의 결합 에너지는 D-갈락토스의 다섯 가지 이성질체를 모두 α -D-갈락토피라노오스로 전환시킴을 NMR 및 Circular Dichroism spectroscopy 분석을 통해 증명함.
- ▶ 【포스터】 Scalable Synthesis and Chiral Resolution of cis-2-(Aminomethyl)cyclohexanecarboxylic Acid via Diastereomeric Salt Formation, 27th Korean Peptide Protein Society Symposium, 부산, 대한민국, (석사과정)
 - 감마 아미노산은 천연 아미노산에 비해 다양한 구조적 특이성을 펩타이드 골격에 부여할 수 있는 단위체로, 여러 분야에 활용될 수 있는 비천연 아미노산의 일종임. 특히, 육각고리 기반의 감마 아미노산은 추가적인 구조적 안정성으로 인해 보다 안정적으로 특정 구조를 유도할 수 있어 다양한 연구가 진행되고 있음. 본 연구에서는 기존에 미흡했던 육각고리 기반 감마 아미노산 합성을 효율적이고 대량으로 수행하는 방법을 제시하고, 이러한 비천연 아미노산 단위체를 활용한 펩타이드 합성 사례를 소개함. 효율적이고 대량으로 합성할 수 있는 방법을 통해 다양한 비천연 아미노산의 연구 및 응용 가능성을 높임.

③ 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

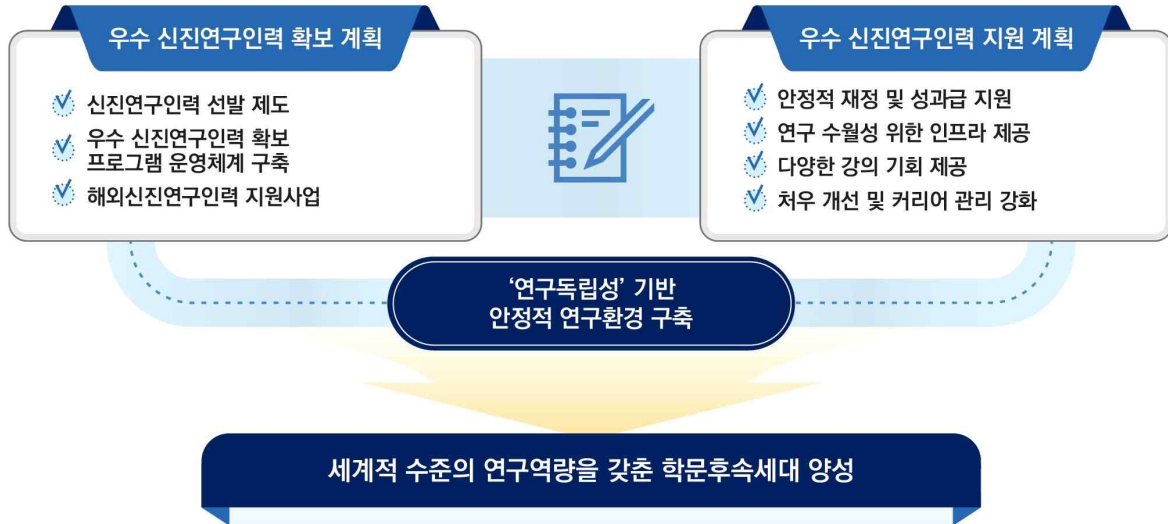
■ 소재기반 에너지·바이오 연구를 통한 산업·사회 문제해결형 기술 개발

- ▶ 기술적 연속성이 있는 핵심 특허를 통한 원천기술의 확보.
 - 본 교육연구단은 평가 기간 내 총 55건의 특허를 등록 또는 출원함.
 - 특허 등록 및 출원 건수는 전년대비(38건)과 비교해 44.74% 증가함.
 - 본 교육연구단이 추구하는 ‘지속 가능하고 건강한 미래사회 구현에 화학의 기여’라는 비전에 따라, 등록 및 출원된 특허 중 대부분은 특성화 교육 분야인 ‘소재 기반 에너지’와 ‘소재 기반 바이오’ 분야에 해당하며, 이는 교육연구단의 핵심 목표와 부합함.
 - 특허를 통한 원천기술 확보는 단순한 지적 재산을 넘어서 지속 가능한 미래를 위한 핵심 자원을 확보하는 것임. 본 연구단은 이러한 기술력을 강화하기 위해 지속적으로 노력하고 있음.
 - 아래 소개할 우수 사례들은 특정 기술 분야에서 여러 건의 특허를 등록하거나 출원한 경우로, 단순히 학문적 성과에 그치지 않고, 실제 산업과 사회의 문제 해결에 기여하기 위해 실질적인 기술 개발로 이어 나간 사례들임. 특허등록 및 출원된 기술들은 사회의 다양한 문제에 대한 효과적인 해결책을 제시하고 있음.
- ▶ 대학원생 특허 및 기술이전 우수 사례
 - **【저분자 물질 검출용 나노 스케일의 분자 임프린팅 폴리머 박막】** 학생은 교수와의 공동연구를 통해 1건의 특허를 출원함. 해당 기술은 생물학적 샘플에서 산화 환원 측정 용액으로 용액을 교체하는 번거로운 과정과 전극 세척 단계가 필요하지 않아, 기존의 복잡한 재생 과정의 필요성 및 단회 측정의 한계를 극복하고 반복/연속 측정이 가능한 새로운 전기화학적 센싱 기법을 개발함. 이 기술은 본 교육연구단의 비전과 밀접한 연관이 있으며, “지역사회 문제 DB”를 통해 확인한 ‘질병의 신속 진단’ 관련 문제를 해결할 수 있는 선진 기술이며, 본 교육연구단의 비전을 실현하는 연구 주제임.
 - **【전해액 재생 시스템이 적용된 금속-이산화탄소 전지】** 학생은 교수와의 공동연구를 통해 1건의 특허를 등록 및 출원함. 해당 기술은 전해액 재생 시스템이 적용된 금속-이산화탄소 전지에 관한 기술로, 전지의 애노드 측에 전해액 재생 시스템을 구비하여 전지의 성능 및 내구성을 향상시키는 기술임. 이 기술은 산업계에서 활용 가능성이 높아 상용화 및 기술이전으로 이어질 가능성이 높을 것으로 예상됨.
 - **【조성이 제어된 합성가스 생산 기술】** 학생은 교수와의 공동연구를 통해 1건의 특허를 등록 및 출원함. 해당 기술은 합성가스 생산을 위한 은 나노클러스터 촉매와 제조방법, 이를 포함하는 기체 확산 전극과 제로갭 반응기를 활용한 합성가스 생산방법에 관한 기술임. 이 촉매는 종래의 은 계열 촉매 대비 가격이 저렴하면서도 우수하며, 추가적인 정제 과정이 필요하지 않은 합성가스 생산방법을 만들었음. 이 기술은 ‘미래 에너지 전환과 지속 가능한 발전’이라는 키워드와 관계된 선진 기술로써 본 교육연구단의 비전에 맞는 연구 주제임.
 - **【하이드로젤 및 하이드로젤 기반의 물질 전달체】** 학생은 교수와의 공동연구를 통해 2건의 특허를 출원함. 해당 기술은 분해 속도가 상이한 두 단량체의 공중합을 통해, 분해 및 약물 방출 속도를 연속적으로 제어할 수 있는 주사형 약물 전달 소재를 개발함. 치료 기간이 상이한 초기 단계 약물 전달, 항암제 전달 등 암 재발 분야에 응용 가능함. 이는 분해 및 약물 방출 속도를 제어하기 어려운 문제를 극복할 수 있는 선진 기술로, 본 교육연구단의 비전과 밀접한 연관이 있으며, ‘혁신 치료법의 개발’ 키워드와 부합하는 연구임.

4. 신진연구인력 현황 및 실적

세계적 수준의 연구역량을 갖춘 신진연구인력의 확보 및 지원 플랫폼 구축

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



<그림 II-4.1-1> 우수 신진연구인력 확보 및 지원 계획

신진연구인력 확보 실적

■ 2023년 2학기/2024년 1학기 신진연구인력 현황

▶ 학기 평균 박사후연구원 8.5명, 연구교수 1.5명으로 전체 10명의 신진연구인력을 확보(<표 II-4.1-1> 참조)

- 최근 1년간 12편(10편이 주저자, 2편이 공저자)

<표 II-4.1-1> 조사 기간중 학기별 신진연구인력 현황(괄호안은 BK소속여부, 지도교수 등을 포함)

| | 2023년 2학기 | 2024년 1학기 | 2024년 2학기(예정) |
|------------------|-----------|-----------|---------------|
| 연구교수 (지도교수) | - 총 1명 | - 총 2명 | - 총 1명 |
| 박사후연구원 (지도교수) | - 총 9명 | - 총 8명 | - 총 11명 |

)

- ▶ BK 신진연구인력은 BK내규에 의하여 박사후연구원과 경력 1년 이상의 박사후연구원의 심사로 결정되는 연구교수로 구성됨
- ▶ 전체 신진연구인력은 2023년 2학기에 10명, 2024년 1학기에 10명임. 참고로 2024년 2학기에는 12명의 신진연구인력이 구성될 예정임. 이는 학기당 평균 재직 연구교수는 1.33명, 박사후연구원은 9.33명에 해당되는 수치임
- ▶ BK21FOUR 신청서의 학기당 평균임용명수(연구교수 1.75명, 박사후연구원 18.25명)에 비해서 연구교수는 23.8% 감소, 박사후연구원은 48.9%가 감소된 수치임
- ▶ 이 중 BK21FOUR에서 지원을 받는 신진연구인력은 2023년 2학기 1명(타교1명), 2024년 1학기 1명(타교1명)이며 2024년 2학기 3명(타교1명/본교2명)으로 예정되어 있음. 또한 BK내규에 따라서 신진연구인력의 40% 이상을 본교출신이 아닌 자로 임용을 하고 있음. 2024년도 2학기에 퇴사하는 신진연구인력의 T.O.에 신진연구인력 예정자를 순차적으로 임용할 예정임. 또한 신진연구인력에 대한 체계적인 평가 시스템을 활용하여 신규 선발된 신진연구인력에 대해서는 1년간 지원 후, 평가를 통한 진·출입이 가능하도록 할 예정임
- ▶ 신청 당시 작성한 BK21FOUR 수혜를 받는 신진연구 인력의 기준치인 학기평균 박사후연구원 5명, 연구교수 1명에는 미치지 못하는데 그러한 이유로는 학문 교류를 위하여 BK내규로 명시한 내부임용 쿼터제로 기인하며 차후 외부로부터 우수 신진연구인력을 확보하기 위하여 노력을 경주할 것임
- ▶ 또한 실질적으로 2020년 11월부터 BK21FOUR 신진연구인력의 지원이 시작되었으므로 그 성과가 유도되는데 시간이 걸리는 것으로 파악됨
- ▶ 전체 신진연구인력 중 BK21FOUR의 지원을 받는 인력은 2023년 2학기 10%, 2024년 1학기 10%로 동일한 추세를 보임. 이는 BK21FOUR 지원을 통해서 학문후속세대의 지속적 양성이 진행되고 있음을 보여줌

■ 신진연구인력의 연구실적

- ▶ 2023년 9월부터 BK에 임용이 되어 신진연구인력으로 활동하는 인원은 학기당 평균 박사후연구원은 1.66명임
- ▶ 비록 짧은 기간이지만 BK연구실적으로 2023년 2학기에 BK수혜를 받은 (지도교수)가 BK21FOUR에서 박사후과정 동안 연구한 내용을 2024년 Journal of Colloid and Interface Science(impact factor: 9.4)에 주저자로 논문을 등재하였음
- ▶ 전체 신진연구인력 연구실적
 - 총 12편의 논문 중 주저자 논문이 10편, 공저자 논문이 2편임
 - 박사(지도교수)의 경우 Journal of the American Chemical Society(impact factor: 14.4)에 주저자로 논문을 발표하였음
 - 박사(지도교수)의 경우 Applied Catalysis B-Environment and Energy(impact factor: 20.2)에 주저자로 논문을 발표하였음
 - 박사(지도교수)의 경우 ACS Applied Materials & Interfaces(impact factor: 8.3)에 2편, Dyes and Pigments(impact factor: 4.1)에 1편 등 총 3편을 주저자로 논문을 등재하고 Smart Molecules(신생 저널) 1편을 공저자로 발표하였음

■ 신진연구인력 처우

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

■ 우수신진인력 확보를 위한 개선 방향

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

우수 신진연구인력 확보 계획

■ 신진연구인력 선발 제도

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

■ 국제 네트워크 강화를 통한 신진연구인력 확보 운영체계 구축

- ▶ 우수 신진연구인력 확보 및 관리 시스템 구축
 - 특성화분야 연구클러스터 구성: 교육연구단의 연구역량 향상을 위해 구성된 특성화분야 연구클러스터를 중심으로 중점연구분야에 필요 연구인력 수요를 조사하고 이를 평가하여 우수신진연구인력을 지원할 것임
 - 【신진연구인력 관리위원회】 교육연구단장을 포함한 신진연구인력 관리위원회에서는 특성화분야별 연구인력 수요를 보고받아 신규채용인원을 결정하고 교육연구단의 제원뿐만 아니라 교내 신진연구인력지원 프로그램을 활용하여 효율적이면서 최상의 연구수월성을 확보할 수 있도록 지원할 것임
 - 【연구관리 데이터베이스 구축】 연구관리 데이터베이스를 구축하고 신진연구인력의 연구실적과 분야별 기여도 등에 대한 평가를 효율적으로 진행할 수 있는 시스템을 확보할 것임

■ 국제 네트워크 강화를 통한 신진연구인력 확보 운영체계 구축

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

■ 신진연구인력에 대한 교내지원사업의 활용

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

우수 신진연구인력 지원 계획

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

- ▶ 【인센티브】 연구력 향상 도모를 위한 우수논문 성과급 지원(교육연구단 내규를 통한 성과에 따른 차등 지급)
- ▶ 【논문 게재료】 JCR상위 논문 게재: JCR 1% 이내 학술지에 발표한 논문 편당 50만원 지원
- ▶ 【국내외 학술 활동 지원】
 - 국제학술대회 참가 장려: 우수학술지 논문을 발표한 신진연구인력에 대해서 국제학술대회의 참가를 장려하고 참가 지원금을 지급할 것임
 - 신진연구인력의 활발한 연구 및 학술 활동을 위해 국내뿐만 아니라 국제 학술대회 및 활동에 대한 지원을 통해 세계 저명학자들과 교류할 기회를 확대함으로써 국제적 최신 연구 동향을 파악할 수 있도록 할 것임
- ▶ 【장기연수 프로그램 지원】
 - 국내 장기연수: 1인당 월 100만원 지원(학교 및 교육연구단 지원)
 - 해외 장기연수: 1인당 월 200만원 지원(학교 및 교육연구단 지원)

▶ **【학문후속세대 국제공동연구사업】**

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

<표 II-4.1-2> 연세 학문후속세대 국제공동연구사업

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

■ **신진연구인력의 연구 수월성 증진을 위한 인프라 제공**

- ▶ 교육연구단의 인프라를 활용하여 우수 신진연구인력의 연구환경 개선
 - **【행정전담인력 확충】** 학과내 행정전담인력 1명을 추가 배치를 통해서 연구집중도를 향상할 수 있는 여건 제공
 - **【연구공간 제공】** 우수 신진연구인력에게는 연구공간 및 연구시설, 전용 컴퓨터, 프린터 등의 사무 집기를 제공
 - **【학과 인프라 제공】** ① 화학과 사무실에 비치된 대용량 고속 복사기, 팩스 등의 사무 시설을 개방하여 신진연구인력이 연구에 전념할 수 있는 환경을 조성, ② 연구 결과에 관한 토론 및 토의를 할 수 있는 공간으로 활용하고 있는 공동 세미나실 이외에도, 중형 세미나실 등의 토의 및 연구공간을 지원
- ▶ 연구 및 논문작성을 위한 글로벌 학술정보 인프라 지원
 - **【전자자료정보원 서비스】** 다양한 유형의 학술자료 및 학술 관련 자료를 디지털화 및 구조화하여 하나의 데이터베이스에 체계적으로 구축하여 다양한 검색 서비스 제공(학술정보원 및 Y-DEC에서 지원하는 논문작성지원 및 학술정보 활용 교육)
 - **【서지관리프로그램 제공 서비스】** 해외 학술 정보검색 및 관리를 쉽고 빠르게 할 수 있도록 연구에 유용한 각종 서지관리프로그램(EndNote, Mendeley 등)을 제공
 - **【영어논문 교정 및 코칭】** 연세대학교 외국어학당에서는 영어 논문 교정 및 코칭 서비스를 제공
- ▶ 시료 분석 및 연구지원을 위한 연세대학교 공동기기원(YCRF)의 연구 장비 이용 가능
- ▶ 신진연구인력의 국제공동연구 참여 기회 확대 계획
 - **【교내 국제공동연구의 development platform 구축】** 신진연구인력 국제 공동연구 지원
 - **【교내 국제화 인프라구축 지원사업의 확대 및 강화】** 우수 신진연구인력이 해외대학 겸직교수(joint appointment)로 국제공동연구에 참여

■ **우수 신진연구인력에 대한 강의 기회 제공**

- ▶ 학문후속세대 임용할당제 도입
 - **【임용할당제】** 박사학위 신규취득자 등의 강의 기회 보장을 위해 강사임용 시 박사학위 취득 후 3년 이내인 학문후속세대를 우대하여 선발할 수 있는 임용할당제 적용
 - 전임교원의 보직, 연구년, 또는 휴직에 따른 강의 대체자는 학문후속세대 임용을 원칙으로 시행하여 신진연구인력의 강의 기회 확대
 - 강사 공개채용 시 학문후속세대를 우대하여 선발하는 임용할당제를 전면 적용하고, 총 선발 인원의 30% 선발을 목표로 함

- ▶ LT (Learning by Teaching) 사업 운영
 - 박사학위 신규취득자 등 학문후속세대에게 전임교원과 co-teaching 강의 기회를 부여(기존 전임교원 교과목의 2:1 co-teaching)하여 학문후속세대의 강의력 강화
- ▶ UT (Undergraduate Tutorial) 세미나 과목 개설 시행
 - 최신 연구 흐름에 가장 가까이 접하는 신진연구인력이 단독 전공 교과목 강의에 앞서 해당 전공 학부생들을 대상으로 전공 분야에 관련된 세미나 과목을 담당하도록 시행
 - 강사의 시각에서 실질적인 진로 설계에 대한 조언을 포함한 강의 기회를 제공
- ▶ 신진연구인력 중심의 대학원생 1:1 멘토링
 - 연구 결과에 관한 토론뿐만 아니라 학업이나 진로에 대한 상담을 위해 멘토링 기회를 부여하여 신진연구인력과 대학원생의 교류 및 소통이 활성화될 수 있도록 할 예정
 - 대학원생들과의 연계 활동을 강화하고 교육연구단의 연구역량을 향상할 수 있을 것으로 기대함

■ 신진연구인력의 복지 및 커리어 관리 강화

- ▶ 교육연구단 내 연구교원 관련 규정에 따라 교원과 같이 주차장 및 모든 시설 이용 가능
 - 중앙도서관, 삼성연세학술정보관, Y-Valley, 강의실, 세미나실, 커리어연세, 체육관, 수영장 등
- ▶ 외국인 신진연구자의 언어 습득기회 제공
 - 외국인 유학생을 대상으로 한국어학당 야간과정 지원사업을 2019년 2학기부터 신설하여 운영 중으로 한국어학당의 전문적인 교육 프로그램을 제공하여 학생들의 한국어 교육 지원 강화
- ▶ 교내 비교과 플랫폼인 Y-ABC(Yonsei Activities Beyond the Classroom) 개설 (2019.12)
 - 본교 구성원 누구든 교내 각 기관에서 운영 중인 비교과 프로그램을 영역별(학습역량, 취·창업, 진로 심리상담, 기타)로 조회 가능
- ▶ 교내 취업정보포털인 커리어 연세를 활용한 맞춤형 진로 지원
 - 『커리어연세(<http://career.yonsei.ac.kr>)』를 활용하여 각종 취업 정보, 회사별 정보 및 면접 정보, 채용 추천을 시행하고 취업 상담을 하여 진로지도
- ▶ 교내 박사후연구원 현황 DB(Database) 관리: 현황 및 성과 분석을 위한 DB 체계 구축·활용
 - 박사후연구원의 인구통계학적 데이터, 교육 훈련 현황, 연구목표 및 기대치, 연구성과 확산 현황, 급여 및 혜택, 필요 행정지원 요소 등을 포함한 지표를 개발
 - 분야별 전문지식, 연구기획 및 전문성 개발, 리더쉽 및 커뮤니케이션 기술, 연구과제 운영기술, 연구윤리 및 책임감 있는 연구수행 등의 정보 제공
- ▶ 교내 박사후연구원 산학협력활동 지원 강화
 - 산학협력단 지식재산권팀을 활용한 교내 신진연구인력의 산학협력활동 지원
 - 산학협력단/기술지주회사가 산업계와 연계하여 기업의 연구개발 수요를 파악하고, 연구실/소 내 박사급 연구원에게 필요한 산학협력/지적재산권 정보의 지속적인 모니터링 제공

5. 참여교수의 교육역량 대표실적

▣ 교육용 저역서

국가연구개발 연구윤리 길잡이

- 발행기관: 과학기술정보통신부/한국과학기술기획평가원
- 저자: 외 12인
- 발행연월: 2023년 5월
- 본 교육연구단의 교수는 연구윤리 전문가로서 다수의 연구윤리 안내서 집필에 참여한 바있음. 본 안내서는 ‘국가연구개발혁신법’에 의해 규정된 연구윤리에 관한 통합사항을 포괄하는 가이드라인으로 2022년 2월과 5월에 각각 제정 및 개정된 안내서의 제2차 개정본임
- 부정행위 검증 및 조치를 위한 자체 규정에 대한 참고사항, 이해충돌 자체 규정 마련시 참고할 수 있는 구체적 사례 제시 및 연구윤리 우수사례, 연구보안 관련 주요 해외 사례 및 부실학술지 게재 예방을 위한 참고자료를 수록하고 있음

교육과정 개발

▶ 에너지계면화학1,2,3 (에너지 특성화; 모듈화)

- 과목코드: CHE7851,7852,7853
- 개설학기: 2023년도 1학기
- 담당교수:
 - 본 교과목은 에너지 특성화에 따른 교과목 개편의 일환으로 신규 개설하였으며, 각 대학원생들의 필요에 따라 관심 있는 주제를 효율적으로 학습할 수 있는 모듈화 과목으로 운영하였음. 따라서 3 학점 1과목이 아닌 1학점 3과목을 본 교육연구단 참여교수 3인이 각각 강의하였음
 - 3개의 모듈화 과목 (각 1학점)에서 다룰 주제 및 담당교수는 다음과 같음
 - ① 에너지계면화학1: 레이저 분광학 기반 연구 기법 (교수)
 - ② 에너지계면화학2: 분자 동력학 기반 연구 기법 (교수)
 - ③ 에너지계면화학3: 이론적 배경 및 설계 기법 (교수)

▶ 화학생물학1,2,3 (바이오 특성화; 모듈화)

- 과목코드: CHE6511, CHE6512, CHE6513
- 개설학기: 2023년도 2학기
- 담당교수:
 - 본 교과목은 바이오 특성화에 따른 교과목 개편에 따라 기존 ‘화학생물학’ 과목을 3개의 모듈화 과목으로 신규 개설하였으며, 매년 개설하도록 함
 - 생체분자인 핵산, 탄수화물, 단백질/펩타이드의 유기 반응에 대해 강의하고 이들에 대한 기초적인 생물학적 의미를 탐구하는 내용으로 구성되었으며, 참여교수 2인이 각 모듈을 담당하였음(교수 - 1개 모듈, 교수 - 2개 모듈)

▶ AI기반의약화학1,2,3 (바이오 특성화; 모듈화)

- 과목코드: CHE6511, CHE6512, CHE6513
- 개설학기: 2023년도 2학기
- 담당교수:
 - 본 교과목은 바이오 특성화에 따른 교과목 개편에 따라 기존 ‘AI기반의약화학’을 과목을 3개의 모듈화 과목으로 신규 개설하였으며, 매년 개설하도록 함
 - 전통적인 의약화학 뿐 아니라 최근 각광을 받고 있는 AI를 활용한 신약개발 기법에 대한 기초 지식 및 응용 연구에 대해 탐구하는 내용으로 구성되었으며, 참여교수 2인이 각 모듈을 담당하였음 (교수 - 2개 모듈, 교수 - 1개 모듈)

6. 교육의 국제화 전략

① 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

글로벌 경쟁력을 갖춘 4C 인재양성을 위한 국제화 교육 프로그램

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

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



글로벌 교육 인프라 확보 현황 및 계획

■ 교육 프로그램의 국제화

▶ 외국어 강의 및 학위 논문

- 본 교육연구단의 외국어 강의 비율은 4단계 BK 선정 이전에는 약 50%가량이었으나, 선정 이후 2020년 74%, 2021년 60%, 2022년 66%, 2023년 68%, 2024년 72%로 지난 5년간 평균 68% 정도로 증가하였음
- 외국어 강의의 질적 수준을 확보하기 위하여 대학 차원에서의 다양한 강의 지원 프로그램을 활용하여 외국어 강의와 온라인 강의의 비율 및 수강 만족도를 증진할 계획임
- 본 교육연구단의 석·박사 학위 수여 대상자에 대하여 영어 논문작성을 의무화하고 있으며, 세계적 수준의 교육 프로그램의 구축을 위해 노력할 것임
- 대학원생의 교육 및 연구역량 강화를 위하여 대학 차원에서 영어 논문작성을 위한 지원사업 및 연세연구력 강화워크숍 시리즈를 통하여 영어논문작성법 및 효과적인 국제학술지 투고전략과 같은 다양한 프로그램을 제공하고 있으며, 향후 사업비의 확대 및 동영상 및 온라인 플랫폼에 기반한 프로그램의 세분화를 계획 중임
- 학생제안교과목으로 개설된 『화학연구방법론』에서 영어논문작성법과 효과적인 국제학술지 투고 전략에 대한 내용을 강의 중이며, 과거 수강생들로부터 실제 논문 게재 과정에서 해당 강의내용이 큰 도움이 되었다는 긍정적인 평가를 다수 받고 있음

■ 외국인 교원의 활용

▶ 외국인 전임교원 유치

- 우수한 외국인 전임교원 및 겸임교원을 활용한 국제화 교육의 질적 강화를 통해 대학원생들의 국제적 역량향상을 추구함 (현재 외국인 교원 2명이 본 교육연구단에 재직 중)

- (조교수, 국적: 미국): 2017년 3월 부임 이래 무기화학, 전기화학, 에너지화학 분야를 선도하는 연구자로서 다수의 대학원 강의 및 연구 지도를 통하여 국제화 교육을 앞장서고 있음
- 교수의 대학원 및 학부 강의: 나노신소재합성, 바이오소재심화연구, 에너지생성및저장, 바이오소재심화연구와 같은 대학원 강의부터 무기화학I, 무기화학실험, 무기신소재화학 등의 학부 강의까지 다양한 강의를 학과 학생들에게 제공하고 있음. 다양한 수준의 강의 및 연구 지도를 통하여 학생들의 국제화 함양에 기여하고 있음
- (교수, 국적: 독일): 2020년 2월부터 화학과 교수로 재직 중인 교수는 이론화학 분야의 세계 선도자급 연구를 수행 중인 석학으로, 현재 독일 드레스덴 공과대학교(Technische Universität Dresden) 이론화학 분야의 석좌교수로 재직 중임. 부임 후 <Data Science for Chemistry>와 같은 특강 과목을 개설하여 AI기반 데이터 과학 분야를 소개하였으며 매년 3개월간체류하며 교육연구단의 에너지 및 신소재 분야 국제화 교육에 큰 공헌을 하였음. 초기에는 코로나19의 상황으로 온라인 강의로 학생들에게 교육을 제공하였으나, 코로나19 상황이 종료된 2023, 2024년에는 대면 강의를 통하여 교육의 국제화에 크게 기여하였음
- 교수의 대학원 집중강의: 2021년 2학기에는 9월 6일부터 9월 24일까지 3주간 <Computer Simulations in Chemistry>, 2022년 1학기에는 3월 7일부터 4월 5일까지 3주간 <Digital Chemistry and Data Science in Chemistry>, 2023년 1학기에는 3월 6일부터 3월 18일까지 2주간 <Digital Chemistry and Data Science in Chemistry>, 2024년 1학기에는 6월 24일부터 7월 15일까지 2주간 <Atomic Theoretical Materials Science> 과목을 개설하여 이론 화학의 새로운 시각을 교육연구단 소속 대학원생들에게 제공함
- 최근 2025년 1학기 부임 예정의 미국 국적 신입교원을 채용하였으며, 이를 통해 교육연구단의 국제화 역량 증대에 적극적으로 활용할 계획임

▶ Yonsei Frontier Program 활용

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

▶ 향후 해외 석학 초빙 및 활용 계획

- 초기에는 코로나19의 상황으로 해외 석학의 초빙 및 활용과 같은 국제심포지엄, 초청세미나 및 공동연구기반구축에 관한 지원과 활용이 상대적으로 미흡하였으나 상황 종료 후 영국 왕립 화학회 (Royal Society of Chemistry) 화학 저널(Cheical Science, Journal of Materials Chemistry C)의 편집장들을 연세대학교로 초청하여 2023년 10월 24일 Yonsei-RSC Joint Symposium을 개최하였으며, 학과 세미나에도 해외 석학들을 다수 초청하여 대학원생들의 국제화 역량을 높이고자 하였음. 2023년 1학기부터 2024년 1학기까지 학과 세미나에 초청한 해외 석학 목록은 아래와 같음
- Harry L. Anderson (University of Oxford, United Kingdom), Takeharu Haino (Hiroshima University, Japan), Neal K. Devaraj (UC San Diego, United States), Jin Ming Lin (Tsinghua University, China), Seong H. Kim (PennState University, United States), Gyu Leem (State University of New York, United States), Tae-Lim Choi (ETH Zurich, Switzerland), Nathan Gianneschi (Northwestern University, United States), Thomas J. Meade (Northwestern University, United States), Rui Shang (The University of Tokyo, Japan)

■ 외국대학과의 복수 학위제

▶ 외국대학 복수학위제 운영 실적

- 본 교육연구단은 현재 지속적인 노력을 통해 세계 우수 대학들과 복수학위제와 관련된 협약 체결

을 위해 노력하고 있음

- 연세대학교에서는 2024년 현재 8개국 19개의 해외대학과 복수학위제에 대한 협약을 운영하고 있음. 매 학기 공동·복수학위과정생을 지원하기 위해 국제화 인프라의 구축을 위해 노력하고 있으며 파견 학생에 대한 장학금을 지급하고 있음. Outbound 학생의 경우에는 생활비를 지원하며, Inbound 학생의 경우에는 연세대 등록금(입학금 포함) 전액 한도 내에서 지원하고 있음

▶ 외국대학과의 복수학위제 확대 계획

- 대학 차원에서의 국제 공동 복수학위제 운영과 더불어 교육연구단 차원의 국제 공동 복수학위제 운영에 대한 내실화 및 참여 학생에 대한 재정적 지원 강화를 위해 노력할 것임
- 현재 학부생을 대상으로 운영 중인 외국인 학생 전담 지도교수를 확대 운영하여 방문 학생에 대한 멘토링 서비스를 지원할 것임
- 현행 19개 대학과의 협약에서 2027년까지 10개국 30개 대학으로 확대를 계획하고 있음. 해외 대학 교와의 전략적 연구 협력 파트너십 구축을 통하여 학문 분야별 국제교류를 위한 네트워크 구축 및 공동 기금 조성을 통한 교류 활동을 지원하고 있음. 스위스 제네바대학, 호주 시드니대학과 이스라엘 텔아비브대학과의 국제공동연구 및 학위과정 개설을 추진 중임

글로벌 대학, 연구기관과 교류 현황 및 계획

■ 대학원생 국제교류

▶ 대학원생 장단기 해외연수

- 【2023.12-2024.02】 Hokkaido University, 연구주제: Thermally Induced Chiral Phase Transition through Correlated Molecular Motions in a Steric-Repulsion-Driven Helical Clutch Stack of Chiral Triaryltriazines
- 【2024.05-2024.08】 Hokkaido University, 연구주제: 결정성 고체에서 상호 연관된 분자 회전해석: 바이나프톨 기반 트리아릴트리아진 분자 모터의 카이랄 광학적 성질 제어
- 【2024.02-2025.02】 Hiroshima University, 연구주제: Formation of nano structures through self-assembly of conjugated organic molecules based on molecular recognition

▶ 대학원생 국제 학술대회 참가

- 2023년 3월부터 2024년 8월까지 본 교육연구단의 대학원생들은 다수의 국제학술대회에 참가하여 연구발표와 토론을 진행함. 총 50건 중 대표적인 예는 아래와 같음

【ACS Fall 2023 National Meeting & Exposition, 미국 샌프란시스코】

- (교수 연구실 통합6학기) Enantio- and Diastereoselective Conjugate Addition of α -Iminonitriles Enabled by a Bifunctional Thiourea-Cyclopropenimine Organocatalyst

【TMS Annual Meeting & Exhibition 2023, 미국 샌디에고】

- (교수 연구실 통합9학기) Photoelectron extraction via inserted carbon nanotube in photosynthetic cells and Analysis by scanning electrochemical microscopy (SECM)

【14th Advanced Polymers via Macromolecular Engineering (APME2023), 프랑스 파리】

- (교수 연구실 통합7학기) Photo-Responsive Chiral Supramolecular Polymers Based on C3-Symmetric Triphenylene Triimides

【25th International Symposium on the Photochemistry and Photophysics of Coordination Compounds (ISPPCC 2023), 독일 울름】

- (교수 연구실 석사3학기) Preparation of Efficient Cu-based Photocathodes for Improving PEC Water Splitting

【51st International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques (HPLC 2023), 독일 뒤셀도르프】

- (교수 연구실 통합3학기) Lipidomic analysis of serum exosomes from patients with cholangiocarcinoma by nUHPLC-ESI-MS/MS and FIFFF-ESI-MS/MS

【The 21st European Carbohydrate Symposium (Eurocarb 21), 프랑스 파리】

- (교수 연구실 통합5학기) A Self-immobilizing NIR Fluorogenic Probe to Selectively Capture and Image Mitochondrial Glycosidases

【Biosensors 2023 33rd Anniversary World Congress on Biosensors, 대한민국 부산】

- (교수 연구실 통합9학기) Electrochemical strategy for ultrasensitive small molecule detection using a mesoscopic approach

【The 2023 Spring Meeting of the European Materials Research Society (E-MRS 2023 Spring Meeting), 프랑스 스트라스부르크】

- (교수 연구실 통합3학기) Solvent Driven Optical features variations of Selective Enrichment of Single Walled Carbon Nanotubes Dispersions by Flavin Surfactant

【28th American Peptide Symposium, 미국 애리조나】

- (교수 연구실 통합4학기) Crystallographic Characterization of Unique Metal-Peptide Networks from a Short 12/10-Helical d-Peptide with Similar Terminal Linker

【Munich Symposium on Foldamers, 독일 뮌헨】

- (교수 연구실 박사6학기) Dimeric to Hexameric Helix Bundles of Carbazole-Pyridine Foldamers

【2024 Atomically Precise Nanochemistry, 미국 캘버스턴】

- (교수 연구실 박사5학기) ClAg₁₄(C≡CtBu)₁₂ Nanoclusters as Efficient and Selective Electrocatalysts Toward Industrially Relevant CO₂ Conversion

【The 9th Asian Conference on Coordination Chemistry, 태국 방콕】

- (교수 연구실 통합11학기) Conflicted spatial-arrangements of two linkers in MOF and their compromised arrangement

【International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (ICPP), 미국 버팔로】

- (교수 연구실 통합5학기) Retention of Intrinsic Photophysical Properties of Porphyrin Building Blocks in 3D Organic Frameworks through Magic Angle Alignment

【The 14th International Conference on Heteroatom Chemistry (ICHAC-14), 중국 톈진】

- (교수 연구실 석사3학기) Synthesis of NHC/CAAC-Ligated Disilene Compounds with a Tethering Naphthalene Backbone

【29th PhotoIUPAC (IUPAC Symposium on Photochemistry), 스페인 발렌시아】

- (교수 연구실 통합9학기) Correlating the Crystallographic and Photophysical Attributes: Cubic-Shaped ZnSeTe QDs with Bright and Narrow-Band Blue Emission

▶ 대학원생 국제교류 증진 계획

- 【해외방문 연구지원 사업】 해외명문대학 및 해외연구소의 방문 연구 확대를 위한 본 교육연구단 자체의 [해외방문 연구지원 사업] 을 신규개설하여, 참여대학원생이 전공과 관련된 해외기관에 직접 방문하여 최신 실험 기술 및 노하우를 배울 기회를 제공하는 것을 목표로 함.

- 해당 사업에 참여를 원하는 대학원생은 영어로 연구계획서를 작성하도록 하며, 선정된 경우 장/단기 해외연구비용에 요구되는 제반 비용의 일부분을 참여 기간에 따라 본 교육연구단에서 제공할 계획임

- 도전적인 글로벌 인재양성을 위하여 저명한 국제학회의 참석을 유도하고, 특히 구두발표 기회의 확대를 장려하기 위한 교육연구단의 지원을 강화함

- 해외 대학원생들과의 학술 심포지엄을 추진하여 대학원생들끼리 정기적으로 교류하도록 함. 이를 통해 대학원생들이 해외 대학의 전공 분야 학생들과 네트워크를 구축하도록 장려함
- 기존 운영 중인 MOU기반 프로그램의 내실화 도모 및 외연 확대 장려
- 【Yonsei Global Alliance 활용】 세계적으로 우수한 교육, 연구 기관들과 Yonsei Global Alliance 프로그램을 활용하여 적극적인 연구협력, 학생과견, 공동논문, 방문연구 등의 교류에 대한 교육연구단 차원에서의 적극적인 활용을 도모함

<표 II-6-1> Yonsei-Global Alliance 현황

| Global Alliances | 대학수 | 대학명 |
|------------------------|-----|---|
| Yonsei-USA Alliance | 3 | University of Arizona, University of South Carolina, Carnegie Mellon University |
| Yonsei-Asia Alliance | 15 | China University of Petroleum, Dalian University of Technology, Chinese Academy of Sciences, City University of Hong Kong, Hong Kong Baptist University, Banasthali Vidyapith, Kalinga Institute of Industrial Technology(KIIT), Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kumamoto University, Kyushu University, Chang Gung University, Bogazici University, National Sun Yat-sen University, Singapore Managment University, National University of Science & Technology (Muscat) |
| Yonsei-EU Alliance | 7 | Universite catholique de Louvain, École Spéciale des Travaux Publics, Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V., German Aerospace Center, Centre for Energy Research, Uppsala University, University of Münster |
| Yonsei-Africa Alliance | 1 | Ethiopian Institute of Technology-Mekelle University |

해외 석학 초빙 및 활용 현황 및 계획

■ 해외석학 국제교류

▶ 해외석학 초청 국제 심포지엄 및 세미나

① 영국 왕립 화학회 (Royal Society of Chemistry) 화학 저널(Chemical Science, Journal of Materials Chemistry C)의 편집장 3분을 연세대학교로 초청하여 2023년 10월 24일 Yonsei-RSC Joint Symposium 을 개최하였으며, 지속 가능한 미래를 위한 분자 및 재료 화학 최신 연구 동향을 논의하였음

- 【Prof. Lin X. Chen, Northwestern University, Associated Editor of Chemical Science】
- 【Prof. James K. McCusker, Michigan State University, Associate Editor of Chemical Science】
- 【Prof. Martyn A. McLachlan, Imperial College London, Associated Editor of Journal of Materials Chemistry C】

② Recent Advances in Nanoscience 주제의 국제심포지엄을 2024년 1월 19일에 연세대학교에서 개최하여 첨단 에너지 재료에 대한 최근 연구동향을 파악할 수 있었음

- 【Prof. Hiroshi Sakaguchi, Kyoto University, Japan】 Bottom-up fabrication of carbon, phosphorus-based functional nanowires
- 【Prof. Ryuzi Katoh, Nihon University, Japan】 Ultrasensitive transient absorption spectroscopy for solar energy conversion study
- 【Prof. Tom Zengtang Luo, The Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong】 Tailoring the Structure of Two-dimensional Materials towards Optoelectronic and Electrochemical

Application

③ 본 교육연구단 대학원생들의 국제화 능력의 제고를 위해 평가기간 동안 학과 세미나에 총 10명의 해외 석학들을 초청하였음.

- 【Prof. Harry L. Anderson, University of Oxford, United Kingdom】 Porphyrin-Based Molecular Wires and Nanorings
- 【Prof. Takeharu Haino, Hiroshima University, Japan】 Chemistry of Functional Supramolecular Polymers
- 【Prof. Neal K. Devaraj, UC San Diego, United States】 Membrane mimetic chemistry in synthetic and living cells
- 【Prof. Jin Ming Lin, Tsinghua University, China】 Microfluidic chip combined with mass spectrometer for cell metabolite analysis
- 【Prof. Seong H. Kim, PennState University, United States】 A physical chemist working in an engineering department studying materials science
- 【Prof. Gyu Leem, State University of New York, United States】 Photocatalytic Selective Cleavage of C-C/C-O Bond in Lignin at Room Temperature
- 【Prof. Tae-Lim Choi, ETH Zurich, Switzerland】 Applying New Synthetic Methodologies to Versatile Polymerizations and Self-Assembly Process
- 【Prof. Tae-Lim Choi, ETH Zurich, Switzerland】 In Situ Self-Assembly of Conjugated Polymers
- 【Prof. Nathan Gianneschi, Northwestern University, United States】 A Proteomimetic Polymer Chemistry Approach to Expanding the Druggable Proteome
- 【Prof. Thomas J. Meade, Northwestern University, United States】 MR responsive and Theranostic Probes: Where are we headed?
- 【Prof. Rui Shang, The University of Tokyo, Japan】 Iron-Catalysis and their Applications in the Synthesis of pi-Functional Materials

해외석학 공동연구 기반구축

- 학생은 일본, 독일, 미국과 같은 다양한 국제적 연구기관에서 연수를 하면서 해외석학과의 공동연구를 위한 기반을 구축하고, 이에 따른 훌륭한 연구성과들을 배출하고 있음

해외학자의 활용 계획

▶ 해외 석학 초빙

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

우수 외국인 학생 유치 현황 및 계획

■ 우수외국인 학생 현황 (2024년 8월 현재)

▶ 우수외국인 학생 현황

- 다양한 국적의 우수한 외국인 대학원생 4명이 현재 본 교육연구단에 재학 중이며 전체 대학원생 (2023년 2학기 125명, 2024년 1학기 132명, 총 1년 6개월 평균 129명)의 3%에 해당함. 이들은 연구실에 잘 정착하여, 우수한 연구력을 바탕으로 현재 다수의 연구성과를 달성하고 있음

<표 II-6.1-1> 2023년 1학기 - 2024년 1학기 외국인 학생 현황 및 논문 실적

| 연번 | 학생 성명 | 국적 | 지도교수 | 학위과정 | 연구기간 | 논문 실적 |
|----|-------|----|------|------|-----------------|--|
| 1 | | 중국 | | 박사과정 | 2020.09-현재 | Small, 2021, 17, 2004836. (공동저자) Solar RRL 2021, 5, 2000710. (공동저자) Nat. Commun. 2023, 14, 3808. (공동저자) |
| 2 | | 중국 | | 석사과정 | 2021.09-2023.08 | |
| 3 | | 인도 | | 박사과정 | 2021.09-2023.08 | J. Colloid Interface Sci. 2023, 651, 264. (공동저자) J. Mater. Chem. A 2023, 11, 8392. (제1저자) Adv. Sci. 2023, 10, 2300073. (공동저자) Appl. Surf. Sci. 2022, 587, 152895. (공동저자) J. Mater. Chem. A 2022, 10, 7291. (공동저자) Mater. Today Chem. 2022, 24, 100827. (공동저자) Appl. Surf. Sci. 2022, 572, 151406. (공동저자) Mater. Today Chem. 2021, 22, 100589. (제1저자) ChemCatChem 2020, 12, 4550-4557. (제1저자) |
| 4 | 베트남 | | | 박사과정 | 2021.09-2023.08 | |
| 5 | | 인도 | | 석사과정 | 2022.09-2024.08 | |
| 6 | | 중국 | | 석사과정 | 2023.03-현재 | |
| 7 | | 중국 | | 석사과정 | 2023.03-현재 | |

- 외국인 졸업생 현황

- 1 4단계 BK사업 시작 이후 다음 외국인 학생이 본 교육연구단에서의 교육 및 연구 과정을 마치고 학위를 취득함.

- 1) (석사학위, 지도교수: , 국적: 베트남, 2022년 2월 졸업)
- 2) (박사학위, 지도교수: , 국적: 인도, 2022년 8월 졸업)
- 3) (박사학위, 지도교수: , 국적: 인도, 2023년 2월 졸업)
- 4) (박사학위, 지도교수: , 국적: 인도, 2023년 2월 졸업)
- 5) (석사학위, 지도교수: , 국적: 인도, 2023년 8월 졸업)
- 6) (석사학위, 지도교수: , 국적: 인도, 2024년 8월 졸업)

- 우수외국인 학생 유치 계획

▶ 지속적 홍보 및 유치 프로그램 강화

- 대학의 영문, 중문 홈페이지 및 본 교육연구단 영문 홈페이지의 콘텐츠 확충을 통한 지속적 해외 홍보로 우수외국인 학생들에게 최신 입시정보 및 교육연구단 소속 교수진의 인지도를 높임

- 해외 현지 방문 워크숍을 통한 우수 대학원생 유치 강화 및 다양한 국제 네트워크의 활용을 통하여 사업단 홍보 및 대학원생 유치 활동을 적극적으로 확대
- ▶ 장학 및 행정적 지원 강화
 - 본 교육연구단에 지원하는 우수외국인 대학원생을 위한 장학제도 및 행정서비스 극대화. 이를 위한 방안으로 비자발급, 정착지원 및 외국인 전용 기숙사 활용과 같은 행정서비스 체계화
 - 연세대학교의 외국인 유학생 유치 및 정착 프로그램 활용 (전담부서 24명 상주)
 - 한국인 교육 및 한국문화 체험을 위한 국내 최고 수준의 연세어학당 활용 기회 제공

② 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

대학원생 국제 공동연구 현황

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

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

<표 II-6.1-2> 장단기 해외 연수 실적

| 연번 | 참여자 | 지도교수 | 공동연구자 | 상대국/ 소속기관 | 연구주제 | 연구기간 |
|----|-----|------|-------|--|---|---------------------|
| 1 | | | | 일본/ Hokkaido University | Thermally Induced Chiral Phase Transition through Correlated Molecular Motions in a Steric-Repulsion-Driven Helical Clutch Stack of Chiral Triaryltriazines | 2023.12- 2024.02 |
| 2 | | | | 일본/ Hokkaido University | 결정성 고체에서 상호 연관된 분자 회전 해석: 바이나프톨 기반 트리아릴트리아진 분자 로터의 카이랄 광학적 성질 제어 | 2024.05- 2024.08 |
| 3 | | | | 일본/ Hiroshima University | Formation of nano structures through self-assembly of conjugated organic molecules based on molecular recognition | 2024.02- 2025.02 |
| 4 | | | | 독일/ Johannes Gutenberg University Mainz | Precisely Programmable Degradation and Drug Release Profiles in Triblock Copolyether Hydrogels with Cleavable Acetal Pendants | 2024.09 |
| 5 | | | | 독일/ Johannes Gutenberg University Mainz | Rapid and Enantioselective Synthesis of Stereodiblock Poly lactides Enabled by Chiral Cyclopropenimine-Thiourea Catalysts | 2024.09 |
| 6 | | | | 미국/ University of California, Irvine | Density Corrected DFT in Large Molecules and Solid-state Calculations | 2024.05- 2025.05 |

대학원생 국제 공동연구 계획

■ 국제 공동연구의 양적인 성장과 질적인 성장의 균형화

- ▶ 본 교육연구단이 개설 중인 MOU 기반 프로그램의 내실화 도모 및 신규 해외기관 협업
 - 기존 MOU 바탕 프로그램의 내실 있는 연구에 교육연구단의 적극적 지원 (Yonsei-University of Sydney 공동연구 프로그램 학생과견)
 - 개인 연구자의 국제 공동연구를 한 단계 성장한 기관 간의 협업 프로그램으로 확대
- ▶ 해외 방문연구 지원사업의 신규 개설
 - 해외 연구자와의 공동연구 협력을 장려하기 위하여 교육연구단 차원의 해외 과견 지원책 마련을 계획하였으며, 현재 이를 반영하여서 학사 운영 규정에 추가를 함
 - 우수 대학원생의 해외 선도적 연구 체험, 연구/학술 활동의 경험 확대를 지원하여 학생들의 연구력의 국제적 감각과 연구역량을 제고
 - 교육연구단 참여 대학원생이 전공 관련한 해외기관에 직접 방문, 최신 실험 기술 및 노하우를 배울

기회를 제공

- 해당 사업에 참여를 원하는 대학원생은 영어로 작성한 연구계획서를 작성하도록 하며, 선정된 경우 장/단기 해외 연수비용에 요구되는 제반 비용 제공

▣ **Yonsei Global Alliance** 구축 및 활용

- ▶ 세계적으로 우수한 교육, 연구기관들과 Yonsei Global Alliance 구축. 적극적인 연구협력, 학생파견, 공동논문, 방문연구 등의 교류 수행
- ▶ Yonsei-USA Alliance, Yonsei-Asia Alliance, Yonsei-EU Alliance, Yonsei-Africa Alliance 총 26개 기관

□ 연구역량 대표 우수성과

■ 참여교수의 논문 실적 우수 성과

- ▶ 논문 수 관련 양적 지표: 교수 1인당 논문 수(4.94 → 4.70, 4.9% 감소)는 2023년 재선정 평가 당시의 수치가 지속적으로 유지되고 있음
- ▶ Impact Factor(IF) 관련 논문 질적 지표: 교수 1인당 IF(55.78 → 45.61, 18.2% 감소) 및 전체 발표 논문의 평균 IF는 감소(11.28 → 9.70)하였음. 이는 학과내 최상위 연구력을 지닌 교수의 정년퇴임 및 3 명의 신입교원이 새로 합류함에 따른 일시적 감소임
- ▶ JCR 랭킹(%)은 참여교수가 발표한 논문의 해당 분야 내에서의 질적 우수성을 나타내는 지표임. 교수 1인당 연간 상위 10% 논문수는 소폭(4.5%) 증가(2.22 → 2.32편)하였고, 논문의 객관적 질적 우수성을 보여주는 지표인 평균 환산보정ES는 0.60으로 재선정평가 이전 0.48 보다 대폭 상승함
- ▶ 대표논문성과:
 - 교수, Nature Materials 게재(IF: 37.2, 재료화학 최상위, JCR 1.3%), “Magneto-acoustic protein nanostructures for non-invasive imaging of tissue mechanics in vivo”, Nat. Mater. 2024, 23, 290-300 (2023년 10월 게재)
 - 교수, Angewandte Chemie International Edition 게재 (IF: 16.1, 화학 종합 최상위, JCR 5.4%), “Boosting the Electroreduction of CO₂ to CO by Ligand Engineering of Gold Nanoclusters”, Angew. Chem. Int. Ed. 2024, 63, e202404387 (2024년 5월 게재)
 - 교수, Journal of the American Chemical Society 게재 (IF: 14.7, 화학 분야 최상위, JCR 5.7%), “Precisely Programmable Degradation and Drug Release Profiles in Triblock Copolyether Hydrogels with Cleavable Acetal Pendants”, J. Am. Chem. Soc. 2024, 146, 13836-13845 (2024년 5월 게재)

▶ 참여교수의 특허 우수 성과

- ▶ 사회·산업 문제 대응 TF의 활동 결과 4차년도 기간 동안에도 꾸준한 성장을 이루어 한해 특허 출원 건수는 47건으로 비약적으로 증가하여 1-3차년도의 전체 출원 건수(67건)의 70%에 달함
- ▶ 등록 또는 출원된 55건의 특허 중 에너지바이오 기술 분야 특허는 94%로, 특성화 분야에 집중된 연구가 진행되고 있음이 확인됨
- ▶ 대표특허성과
 - 교수, “수소 기체 발생용 나노클러스터 촉매 및 이의 제조방법 (등록번호: 10-2019-0048875)” 이외에도 4차년도 기간 동안 2건의 특허를 등록하고 18건을 신규 출원함. 또한 해당 기술의 응용 가능성이 큰 시장인 미국과 중국, 일본에 각각 특허를 출원하여 기술의 선점을 진행하고 있음. 이동일 교수가 개발한 촉매 물질의 성능은 세계 최고 수준으로, 연료전지 선도업체인 도요타의 기술을 상회함. 본 교육연구단이 지향하는 연구 개발을 통한 사회문제 대응 및 해결을 보여주는 모범적인 사례임

▶ 참여교수의 연구비 수주 실적

- ▶ 정부 연구비 수주 총 입금액이 총 6,018,496천원으로 선정평가 보고서 작성시보다 22.0% 증가
- ▶ 산업체(국내)연구비 수주 총 입금액 556,157천원
- ▶ 1인당 총 연구비 수주액은 355,387천원

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(천원) | | |
|---------------------------|------------------------------|--|----|
| | 3년간(2020.9.1.~2023.8.31.) 실적 | 최근 1년간 (2023.9.1.(2024.3.1.)~2024.8.31.) 실적 | 비고 |
| 정부 연구비 수주 총 입금액 | 20,122,250 | 6,018,496 | |
| 산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액 | 1,972,993 | 556,157 | |
| 해외기관 연구비 수주 총 (환산) 입금액 | 0 | 0 | |
| 1인당 총 연구비 수주액 | 1,274,971 | 355,387 | |
| 참여교수 수 | 17.33 | 18.5 | |

1.2 연구업적물

① 참여교수 연구업적물의 우수성

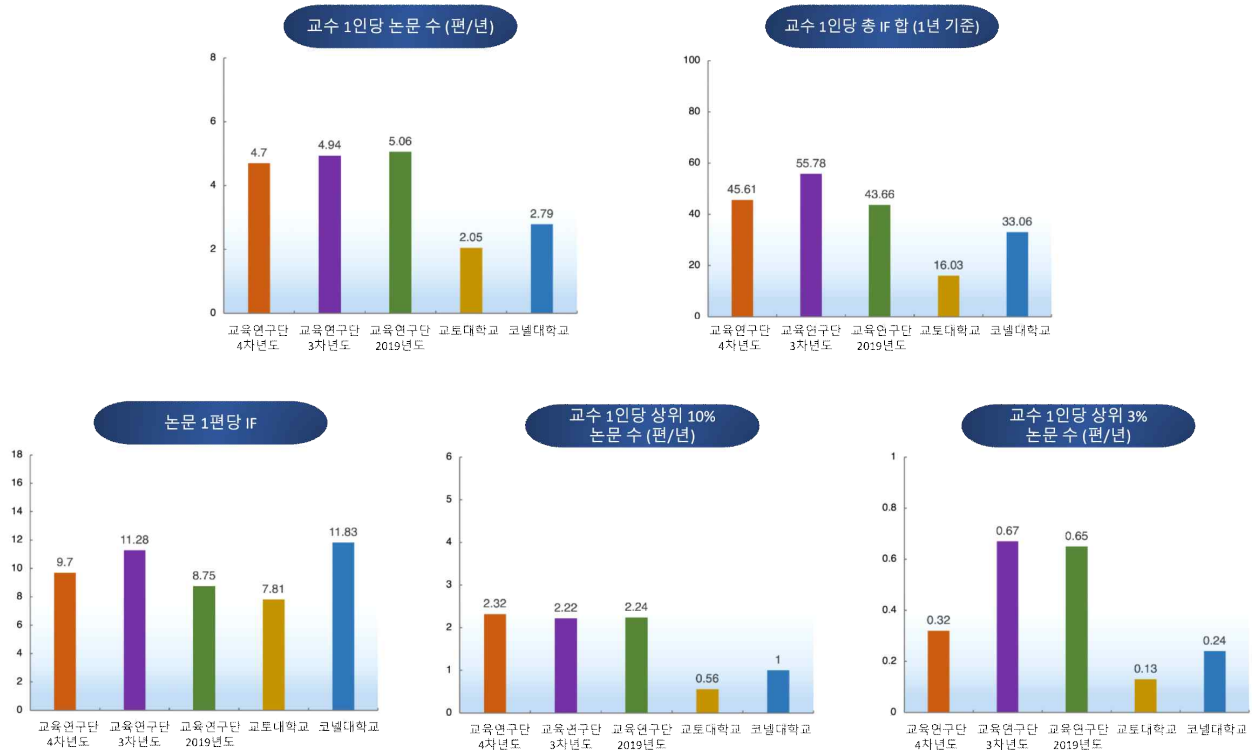
교육연구단 참여교수 연구역량 분석

▣ 교육연구단의 3, 4차년도 연구 역량의 정량적 비교 분석

- ▶ 본 교육연구단 참여교수의 4차년도(해당 기간: 2023년 09월 - 2024년 08월) 연구 성과 분석을 위해서 재선정평가 (3차년도 해당 기간: 2022년 09월 - 2023년 08월)에 발표한 논문 성과를 비교하여 <그림 III-1.2-1>에 나타냄. 참고 지표로 사업 선정평가 당시(해당 기간: 2019년 01월 - 12월)의 논문 성과를 함께 나타냄
- ▶ 【교수 1인당 논문 수 관련 양적 지표】 교수 1인당 논문 수는 4.94편에서 4.70편으로 3차년도 대비 4.9% 감소로 사실상 유지되었고 논문의 환산 편수의 합계는 22.51편에서 24.45편으로 8.6% 증가함. 학과 내 최상위 연구력을 가지고 있던 김동호 교수가 2023년 2월에 정년퇴임 하였으며 총 3명의 신입 교원이 2022년 9월, 2023년 3월, 2024년 3월에 새로 참여하였음에도 양적지표가 유지, 오히려 증가했다는 점에서 굉장히 고무적인 성과임
- ▶ 【Impact Factor(IF) 관련 논문 질적 지표】 전체 발표 논문의 평균 IF는 9.70으로 3차년도 11.28보다 14.0% 가량 감소함. 하지만 선정당시 8.75, 1차년도 10.15, 2차년도 9.99와 비교하였을 때 질적 우수성은 평균적으로 잘 유지되고 있다고 판단됨. 평균 환산보정IF는 0.22로 지난번에 조사된 3차년도 0.22의 수치를 유지하여 향상된 질적 우수성이 잘 유지되고 있음을 보여줌
- ▶ 【Eigenscore(ES) 관련 논문 질적 지표】 ES는 논문을 출판한 학술지의 영향력을 나타내며, 해당 논문에 대한 영향력을 제3자가 판단할 때 유용한 값임. 평균 환산보정ES는 3차년도 0.48에서 현재 0.60으로 대폭(25%) 상승하여 논문의 질적 우수성 증대를 입증함
- ▶ 【JCR 랭킹 관련 논문 질적 지표】 논문을 발표한 학술지의 JCR 랭킹(%)은 참여교수가 발표한 논문의 해당 분야 내에서의 질적 우수성을 나타내는 지표로 교수 1인당 연간 상위 10% 논문수는 2.22편에서 2.32편으로 소폭(4.5%) 증가하였음. 최상위 논문의 지표인 교수 1인당 연간 상위 3% 논문수는 0.67편에서 0.32편으로 감소(-52.2%)하였음

- ▶ 3차년도 성과와 비교할 때, 학과 내 양적, 질적으로 최상위 연구력을 지닌 김동호 교수의 퇴임 및 3명의 신입교원 합류에 따른 지표들의 일부 감소세가 있지만, 논문 1편당 IF는 잘 유지되고 있으며 논문의 객관적인 질적 우수성을 나타내는 지표인 평균 환산보정 IF, 평균 환산보정 ES는 대폭 상승함으로써 참여 교수진들의 전반적인 연구의 질적 우수성은 크게 증대하였음을 보여줌

벤치마킹 대학들(화학 및 특성화)과의 연구 역량 지표 분석



■ 교육연구단의 참여교수 4차년도 연구논문의 양·질적 평가

- ▶ 연구역량 정량적 비교에 따르면 BK21FOUR 사업 4차년도의 교수 1인당 논문 수와 환산 편수, 상위 10% 논문 수는 유지 혹은 증가됨. 반면 논문 1편당 IF는 감소하였음. 이는 학과 최상위 연구력을 지닌 김동호 교수의 정년퇴임과 3명의 신입교원이 합류함에 따라 불가피하게 발생하는 일시적 현상이며 선정평가 당시의 지표들과 비교하였을 때는 여전히 비약적으로 상승한 수치가 잘 유지되고 있음을 보여줌
- ▶ 본 교육연구단의 참여교수 연구실적 논문 1편당 환산보정 IF 및 환산보정 ES 논문 수는 대폭 증가하였음. 해당 지표들이 논문의 질적 우수성을 객관적으로 평가하기 위한 지표라는 점에서 개별 논문들의 질적 우수성이 대폭 증대하였음을 보여줌. 이 지표들은 단순 논문수의 양적 증대가 아닌 질적 우수성을 추구하는 BK21FOUR 사업의 방향성과 일치한다는 점에서 굉장히 긍정적으로 평가됨
- ▶ 본 교육연구단의 참여교수 연구 역량의 정성적인 평가를 위해서 BK21FOUR 사업 4차년도에 발표된 우수 논문을 조사·분석하여 <그림 III-1.2-2>에 나타냄
- ▶ <그림 III-1.2-2>에 나타낸 것과 같이 화학 및 자연과학 전체의 최상위 학술지(Chemical Society Reviews, Journal of American Chemical Society, Angewandte Chemie International Edition, Nature Communications, Chemical Science, Advanced Sciences, Nature Nanotechnology, Nature Materials 등)

에 발표된 논문(21편)이 재선정평가 당시까지의 평균 실적(19편) 및 사업 선정 당시 실적(5편)과 비교할 때 큰 폭으로 증가한 수치가 잘 유지되고 있음

- ▶ 분야별 최상위 학술지 게재 실적에서 볼 수 있듯이 클러스터 특성화 분야인 소재기반 에너지와 소재기반 바이오 분야의 최상위 학술지에 발표된 논문이 비약적으로 증가하였음
- ▶ 종합적으로 일부 양적지표(전체 논문 수, 교수 1인당 지표 등)에서 나타난 정량 지표 감소는 교육연구단 참여교수의 연구 역량 질적 수준 하락보다는 유지, 혹은 향상(보정IF, 보정ES)으로 평가할 수 있음. 따라서 양적 성장을 유지하면서 독보적인 질적 우수성을 추구하는 교육연구단의 연구역량 강화 계획을 남은 사업기간 동안 보다 강하게 추진해 나아갈 것임

3% 최상위 학술지

- Chemical Society Reviews: 1편
- Nature Materials: 1편
- Nature Nanotechnology: 1편
- Advanced Materials: 1편
- Applied Catalysis B-Environmental: 2편
- Joule: 1편

화학분야 최상위 학술지

- Journal of the American Chemical Society: 7편
- Angewandte Chemie International Edition: 1편
- Chemical Science: 1편

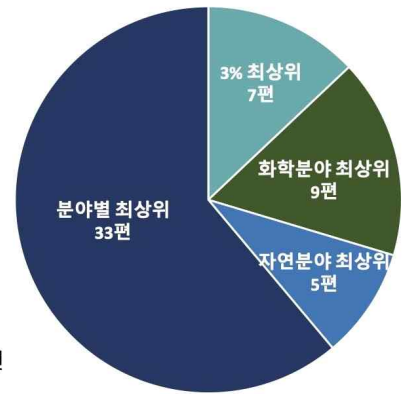
자연분야 최상위 학술지

- Nature Communications: 4편
- Advanced Science: 1편

분야별 최상위 학술지

(IF 10 이상이거나 분야별 상위 10% 이내 저널)

- Nano Letters: 4편
- ACS Nano: 3편
- Small: 3편
- ACS Catalysis: 1편
- Journal of Physical Chemistry Letters: 1편
- ACS Applied Materials & Interfaces: 4편
- Macromolecules: 4편
- Dyes and Pigments: 1편
- Organic Letters: 1편
- Science Advances: 1편
- Biomacromolecules: 1편
- ACS Sensors: 1편
- Organic Chemistry Frontiers: 1편
- Advanced Optical Materials: 1편
- Experimental and Molecular Medicine: 2편
- Cell Reports Physical Science: 1편
- Materials Today: 1편
- Materials Horizons: 1편
- Chemical Engineering Journal: 1편



<그림 III-1.2-2> 교육연구단 BK21FOUR 사업 4차년도 참여교수 대표 연구논문 실적 요약

▣ 교육연구단의 참여교수 4차년도 대표 연구업적

- ▶ 본 교육연구단 참여교수가 4차년도(2023.09.01.~2024.08.31.)에 발표한 교수 개인별 대표 연구업적(1~3편)을 <표 III-1.2-1>에 정리함

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

| 연번 | 참여교수 | 논문제목 | 학술지 | IF | JCR 상위 % | 저자역할 | 국제공동 |
|----|------|---|--|------|----------|-------|------------|
| 1 | | Anionic ring-opening polymerization of functional epoxide monomers in the solid state | Nature Communications | 14.7 | 5.6 | 교신 저자 | X |
| | | Anisotropic Liesegang pattern for the nonlinear elastic biomineral-hydrogel complex | Science Advances | 11.7 | 7.8 | 공동 저자 | X |
| | | Precisely Programmable Degradation and Drug Release Profiles in Triblock Copolyether Hydrogels with Cleavable Acetal Pendants | Journal of the American Chemical Society | 14.4 | 7.2 | 교신 저자 | X |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | Controlling Intramolecular Singlet Fission Dynamics via Torsional Modulation of Through-Bond versus Through-Space Couplings | Journal of the American Chemical Society | 14.4 | 7.2 | 교신 저자 | O (미국, 인도) |
| | | Anthracene derivatives with strong spin-orbit coupling and efficient high-lying reverse intersystem crossing beyond the El-Sayed rule | Materials Horizons | 12.2 | 8.8 | 교신 저자 | X |

| | | | | | | |
|----|---|---|------|------|-------|----------------|
| | Heterogeneous singlet fission in a covalently linked pentacene dimer | Cell Reports Physical Science | 7.9 | 7.7 | 제1 저자 | O (미국, 독일, 인도) |
| 4 | Positioning hydrogen reaction sites by constructing CdS/CoNiMoS ₄ heterojunctions for efficient photocatalytic hydrogen evolution | Dalton Transactions | 3.5 | 28.4 | 공동 저자 | O (인도) |
| | Highly stable and durable ZnIn ₂ S ₄ nanosheets wrapped oxygen deficient blue TiO ₂ (B) catalyst for selective CO ₂ photoreduction into CO and CH ₄ | Journal of Colloid and Interface Science | 9.4 | 17.7 | 교신 저자 | O (인도) |
| 5 | Salivary Lipids of Patients with Non-Small Cell Lung Cancer Show Perturbation with Respect to Plasma | International Journal of Molecular Sciences | 4.9 | 20.9 | 교신 저자 | O (터키) |
| | Comparison of a thickness-tapered channel in flow field-flow fractionation with a conventional channel with flow rate programming | Journal of Chromatography A | 3.8 | 17.1 | 교신 저자 | O (미국) |
| 6 | Octahedron in a Cubic Nanoframe: Strong Near-Field Focusing and Surface-Enhanced Raman Scattering | ACS Nano | 15.8 | 5.9 | 교신 저자 | X |
| | Step-by-Step Nanoscale Top-Down Blocking and Etching Lead to Nanoheptapods with Cartesian Geometry | ACS Nano | 15.8 | 5.9 | 교신 저자 | X |
| | Ready-to-Use Free-Standing Super-Powder Made with Complex Nanoparticles for SERS | Advanced Materials | 27.4 | 2.0 | 교신 저자 | X |
| 7 | Cancer signature ensemble integrating cfDNA methylation, copy number, and fragmentation facilitates multi-cancer early detection | Experimental and Molecular Medicine | 9.5 | 6.6 | 교신 저자 | X |
| | Cost and time-efficient construction of a 3' -end mRNA library from unpurified bulk RNA in a single tube | Experimental and Molecular Medicine | 9.5 | 6.6 | 교신 저자 | X |
| | Globally shared TCR repertoires within the tumor-infiltrating lymphocytes of patients with metastatic gynecologic cancer | Scientific Reports | 3.8 | 18.3 | 교신 저자 | X |
| 8 | Glycosidase-targeting small molecules for biological and therapeutic applications | Chemical Society Reviews | 40.4 | 0.7 | 교신 저자 | X |
| | Engineering of cell-surface receptors for analysis of receptor internalization and detection of receptorspecific glycosylation | Chemical Science | 7.6 | 16.7 | 교신 저자 | X |
| | Nuclear Chloride Ion-Selective Fluorescent Probe and Its Biological Applications | ACS Sensors | 8.2 | 3.3 | 교신 저자 | X |
| 9 | Density-Corrected Density Functional Theory for Open Shells: How to Deal with Spin Contamination | Journal of Physical Chemistry Letters | 4.8 | 16.2 | 교신 저자 | O (미국) |
| | Synergistic electronic structure modulation in single-atomic Ni sites dispersed on Ni nanoparticles encapsulated in N-rich carbon nanotubes synthesized at low temperature for efficient CO ₂ electrolysis | Applied Catalysis B-Environment and Energy | 20.2 | 0.6 | 교신 저자 | X |
| | Correcting Dispersion Corrections with Density-Corrected DFT | Journal of Chemical Theory and Computation | 5.7 | 11.2 | 교신 저자 | O (미국) |
| 10 | Prolonged hydrogen production by engineered green algae photovoltaic power stations | Nature Communications | 14.7 | 5.6 | 교신 저자 | X |
| | Local Heating Induced Single-Crystalline | Small | 13.0 | 7.0 | 교신 | X |

| | | | | | | |
|----|---|--|------|------|-------|--------|
| | Phase Control in Electrochemical Synthesis of Nanomaterials | | | | 저자 | |
| | Multi-Purpose Improvements in Catalytic Activity for Li-Ion Deposited TiO ₂ , SnO ₂ , and CeO ₂ Nanoparticles through Oxygen-Vacancy Control | Advanced Sustainable Systems | 6.5 | 20.7 | 교신 저자 | X |
| | Lead-Free Halide Perovskites for Photocatalysis via High-Throughput Exploration | Chemistry of Materials | 7.2 | 19.3 | 공동 저자 | O (미국) |
| 11 | Bromine Incorporation Affects Phase Transformations and Thermal Stability of Lead Halide Perovskites | Journal of the American Chemical Society | 14.4 | 7.2 | 공동 저자 | O (미국) |
| | Supramolecular design principles in pseudohalides for high-performance perovskite solar mini modules | Joule | 38.6 | 0.8 | 공동 저자 | O (미국) |
| | Induced Production of Atypical Naturally Nonpreferred Metal-Organic Frameworks and Their Detachment via Provoking Post-Mismatching | Small | 13.0 | 7.0 | 교신 저자 | X |
| 12 | Au Octahedral Nanosponges: 3D Plasmonic Nanolenses for Near-Field Focusing | Journal of the American Chemical Society | 14.4 | 7.2 | 교신 저자 | X |
| | A Drop-and-Drain Method for Convenient and Efficient Fabrication of MOF/Fiber Composites | Small | 13.0 | 7.0 | 교신 저자 | X |
| | Synthesis of RhH-doped Au-Ag alloy nanoclusters and dopant evolution | Nanoscale | 5.8 | 13.2 | 교신 저자 | X |
| 13 | ClAg ₁₄ (C≡CtBu) ₁₂ Nanoclusters as Efficient and Selective Electrocatalysts Toward Industrially Relevant CO ₂ Conversion | Advanced Science | 14.3 | 6.5 | 교신 저자 | O (중국) |
| | Boosting the Electroreduction of CO ₂ to CO by Ligand Engineering of Gold Nanoclusters | Angewandte Chemie International Edition | 16.1 | 5.4 | 교신 저자 | X |
| 14 | Quantitative Detection of Thitsiol and Urushiol as Markers from the Gluta usitata Lacquer Tree Using HPLC | Molecules | 4.2 | 28.0 | 공동 저자 | X |
| | Stereodivergent Conjugate Addition between Iminium and α -Azaaryl α -Fluoroenolate Intermediates by Synergistic Amine and Lewis Acid Catalysis | ACS Catalysis | 11.3 | 12.6 | 교신 저자 | X |
| 15 | Copper-Catalyzed C-C Cross-Couplings of Tertiary Alkyl Halides with Anilines Enabled by Cyclopropenimine-Based Ligands | Journal of the American Chemical Society | 14.4 | 7.2 | 교신 저자 | X |
| | Enantio- and Diastereoselective Variations on α -Iminonitriles: Harnessing Chiral Cyclopropenimine-Thiourea Organocatalysts | Journal of the American Chemical Society | 14.4 | 7.2 | 교신 저자 | X |
| | Retention of Intrinsic Photophysical Properties of Porphyrin Building Blocks in 3D Organic Frameworks through Magic Angle Alignment | ACS Applied Materials & Interfaces | 8.3 | 15.6 | 교신 저자 | X |
| 16 | Electrofluorochromic Hydrogels by Oligothiophene-Based Color-Tunable Fluorescent Dye Doping | ACS Applied Materials & Interfaces | 8.3 | 15.6 | 교신 저자 | X |
| | Excited-State Dynamics of a Bright Fluorescent Dye with Precise Control of Emission Color Using Acid-Base Equilibrium, Intramolecular Charge Transfer, and Host-Guest Chemistry | ACS Applied Materials & Interfaces | 8.3 | 15.6 | 교신 저자 | X |

| | | | | | | |
|----|--|------------------------------------|------|------|-------|--------|
| 17 | Complexation-driven assembly of iminelinked helical receptors showing adaptive folding and temperature-dependent guest selection | Nature Communications | 14.7 | 5.6 | 교신 저자 | X |
| | Inhibition of IRP2-dependent reprogramming of iron metabolism suppresses tumor growth in colorectal cancer | Cell Communication and Signaling | 8.2 | 15.4 | 공동 저자 | X |
| 18 | Spatiotemporally Controllable Electrical Stimulator via Independent Photobending and Upconversion Photoluminescence Using Two Different Wavelengths of Near-Infrared/Visible Light as Dual Stimuli | ACS Applied Materials & Interfaces | 8.3 | 15.6 | 교신 저자 | X |
| | Scattering Properties of MoS2 Edges and Folds Using Darkfield Hyperspectral Microscopy | Journal of Physical Chemistry C | 3.3 | 44.6 | 교신 저자 | X |
| | Real-Time Observation for MoS2 Growth Kinetics and Mechanism Promoted by the Na Droplet | ACS Nano | 15.8 | 5.9 | 교신 저자 | X |
| 19 | In-vivo integration of soft neural probes through high-resolution printing of liquid electronics on the cranium | Nature Communications | 14.7 | 5.6 | 교신 저자 | X |
| | A magnetically powered nanomachine with a DNA clutch | Nature Nanotechnology | 38.1 | 1.0 | 교신 저자 | X |
| | Magneto-acoustic protein nanostructures for non-invasive imaging of tissue mechanics in vivo | Nature Materials | 37.2 | 1.3 | 교신 저자 | O (미국) |
| 20 | Exploring a β -Amino Acid with a Seven-Membered Ring Constraint as a Foldamer Building Block for Nontraditional Helices | Organic Letters | 4.9 | 6.0 | 교신 저자 | O (미국) |

② 교육연구단의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물 (최근 1년(2023.9.1.-2024.8.31.))

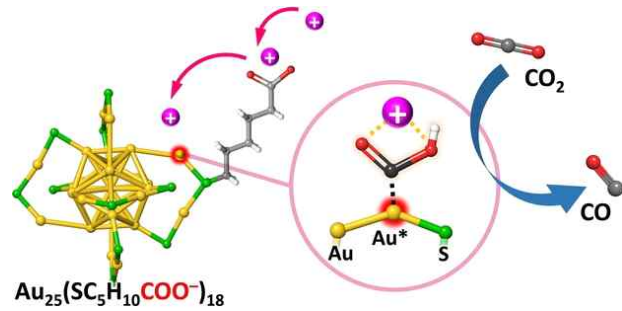
| 연번 | 대표연구업적물 설명 |
|----|--|
| 1 | <p> ■ 교수, Nature Materials 게재 (IF: 37.2, 종합 화학 분야 최상위, JCR 1.3%) ▶ Magneto-acoustic protein nanostructures for non-invasive imaging of tissue mechanics in vivo, Nature Materials, 2024, 23, 290-300 (2023년 10월 게재) </p> <p> ■ 연구업적물 개요 ▶ 【가스 소포와 자성 나노입자를 결합한 하이브리드 단백질 나노구조체 마그네토-가스 소포(magneto-Gas Vesicles, MGVs) 개발】 조직의 기계적 특성, 특히 조직의 경도는 여러 생리적, 병리적 과정에서 중요한 역할을 하며, 특히 암, 당뇨병, 심혈관 질환, 섬유증 등의 질병에서 조직 경도의 변화가 뚜렷하게 나타남. 하지만 기존의 조직 기계적 특성 측정 기술은 빛의 투과 깊이가 제한적이거나 조직 내부 깊은 곳의 특성을 장기간에 걸쳐 정확히 측정하는데 어려움이 있었음. 본 연구에서는 가스 소포와 자성 나노입자를 결합한 하이브리드 나노구조체 MGV를 개발하여 자기 모터 초음파를 이용한 이미지 센싱에 있어, 기존의 나노물질 대비 신호 강도 및 민감도가 크게 향상됨을 밝혀냄. 특히 MGV는 조직의 기계적 특성 변화에 따라 초음파 신호를 달리 제공하여 체내 조직의 경도 변화를 비침습적으로 측정할 수 있는 특징을 가짐. </p> <p> ▶ 【조직의 기계적 특성을 비침습적으로 측정할 수 있는 새로운 나노구조체 제시】 본 연구는 MGV 기반의 자기 동력 초음파 (magnetomotive ultrasound, MMUS) 이미징 기술이 조직의 기계적 특성을 비침습적으로, 장기간에 걸쳐 실시간으로 측정할 수 있는 효과적인 방법임을 제시함. 이 기술은 향후 섬유증과 같은 질병의 진단 및 치료에 중요한 역할을 할 수 있으며, 다양한 질병의 치료 효능 평가에도 활용될 수 있을 것으로 기대함. </p> <p> ■ 과학·사회·산업 분야에의 기여도 ▶ 【질병 및 진단 모니터링 기술의 혁신】 본 논문은 기계생물학 분야에서의 기초 연구를 확장하고, 의료 진단 및 치료 모니터링 기술에 혁신을 불러올 수 있는 중요한 연구임. 과학적으로는 기계적 특성 이미징 기술을 한 단계 끌어올리며, 사회적으로는 더 나은 의료 접근성과 진단의 기회를 제공하고, 산업적으로는 새로운 의료 기기와 제약 산업에서의 응용 가능성을 열어줄 것을 기대함. ▶ 【교육연구단 특성화 목표와의 부합성】 본 연구는 나노소재와 바이오 기술의 융합을 통해 비침습적 조직 기계 특성 측정이라는 새로운 이미징 방식을 제안한 결과로써 본 교육연구단의 소재기반 바이오 특성화 분야에 정확히 부합함. 또한, 본 연구결과에서 구축한 바이오 응용 분야 인프라는 소재기반 바이오 응용 특성화 교과목 운영에 활용될 수 있어 연구-교육 선순환 구축에 도움이 될 것으로 기대함. 본 연구는 미국 Caltech의 Mikhail G. Shapiro 교수 연구팀과의 국제 공동연구를 통해 수행됨. </p> <div data-bbox="778 548 1396 929" style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;"> <그림 III-1.2-3> 생체 내 간 MMUS 이미지 </p> |

■ 교수, *Angewandte Chemie International Edition* 게재 (IF: 16.1, 종합 화학 분야 최상위, JCR 5.4%)

▶ Boosting the Electroreduction of CO₂ to CO by Ligand Engineering of Gold Nanoclusters, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2024, 63, e202404387 (2024년 7월 게재)

■ 연구업적물 개요

▶ 【선택적 CO₂ 환원 촉매로서의 금속 나노 클러스터】 이산화탄소 환원 반응 (carbon dioxide reduction reaction, CO₂RR)은 재생 가능한 전력을 저장하고, 이산화탄소를 유용한 화학 물질이나 연료로 전환하는 데 중요한 방법으로 연구되고 있음. 기존에 많이 활용되었던 금/은 나노소재들은 원자 수준에서 크기나 표면 구조의 다양하여 CO₂RR에서의 구조-성질 상관관계를



〈그림 III-1.2-4〉 금 나노클러스터 Au₂₅의 알칼리 금속 양이온에 의한 이산화탄소 환원 반응 모식도

정확히 규명하기 어려웠음. 최근에는 원자적으로 정확하게 설계된 금속 나노클러스터가 등장하면서, 이들은 분자적으로 순수하게 합성될 수 있고, 결정 구조도 원자 수준에서 분석이 가능하여 촉매 구조와 성능의 관계를 자세히 연구할 수 있음.

2

▶ 【리간드 공학 및 알칼리 금속을 통한 금 나노클러스터 촉매 성능 극대화】 본 연구에서는 6-머캅토헥사노산(MHA)이라는 리간드를 도입하여 양이온 전달(cation-relaying) 메커니즘을 활용하여 CO₂-to-CO 전환 효율을 극대화하였음. MHA는 리간드 끝에 음이온성 말단 그룹인 카복실레이트(carboxylate)를 포함하고 있어 양이온을 활성 영역으로 집중시키는 효과가 있음을 확인함. 이에 더하여, CO₂-to-CO 전환 효율은 알칼리 금속의 이온의 크기가 커질수록 커지며, 세슘 양이온이 가장 큰 효율을 나타냄을 발견함. 또한, pH값이 pKa값보다 클 때 전자가 전달되는 과정에서 양이온과 결합하는 메커니즘을 보인다는 것을 밝혀냄. 이는 양이온이 활성 부위 근처에서 중간체를 안정화한다는 역할을 한다는 것을 시사함.

■ 과학·사회·산업 분야에의 기여도

▶ 【탄소 배출 저감 및 지속 가능한 미래를 위한 촉매 기술】 본 연구는 금 나노클러스터의 리간드를 변화시켜 촉매의 활성 부위 근처 환경을 제어함으로써, 촉매 성능을 원자 수준에서 조정할 수 있다는 점을 입증하였으며, 이는 더 효율적이고 선택적인 촉매를 설계할 수 있는 방법을 제시하며, 다양한 전기화학적 반응에 적용할 수 있는 가능성을 넓힘. 또한, 탄소 배출 저감 및 재생 가능 에너지 활용의 측면 그리고 탄소 포집 및 활용에 있어 매우 중요한 촉매 기술을 제안한 연구라 할 수 있음.

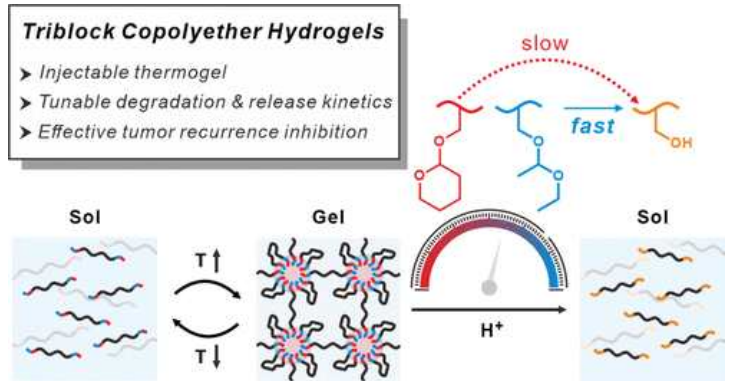
▶ 【교육연구단 특성화 목표와의 부합성】 본 연구는 소재의 구조와 반응 특성 간의 상관관계를 이해하고, 이를 바탕으로 촉매 성능을 최적화하는 과정을 다루었기에, 소재 기반 에너지 교육에서 매우 중요한 ‘구조-성능 상관관계’를 정확히 보여주는 예시라 할 수 있음. 또한 CO₂RR은 지속 가능한 에너지 생산 및 저장에 필수적인 기술로서 재생 가능한 자원을 어떻게 화학적 에너지로 변환할 수 있는지에 대한 기초 정보를 제공해 줌.

■ 교수, *Journal of American Chemical Society* 게재 (IF: 14.7, 종합 화학 분야 최상위, JCR 5.7%)

▶ Precisely Programmable Degradation and Drug Release Profiles in Triblock Copolyether Hydrogels with Cleavable Acetal Pendants, *J. Am. Chem. Soc.* 2024, 146, 13836-13845 (2024년 5월 게재)

■ 연구업적물 개요

▶ 【프로그래머블한 약물 방출 및 분해 프로파일을 가진 하이드로겔 시스템 개발의 중요성】 현대 의약품, 특히 소분자 약물, 펩타이드, 그리고 단백질 기반 약물은 낮은 용해도와 짧은 순환 시간의 한계가 있으며, 이 때문에 환자에게 불편을 주며, 감염 및 부작용의 위험을 높일 수 있음. 따라서 개선된 약물 전달 시스템을 개발하는 것이



〈그림 III-1.2-5〉 트리블록 코폴리머 하이드로겔의 작동 모식도

매우 중요하며, 특히 지속적인 약물 방출이 가능하며 목표 조직 근처에서 국소적으로 약물을 전달할 수 있는 시스템이 필요함. 그 중 하이드로겔은 지속적이고 국소적인 약물 방출 특성과 함께 부드러운 기계적 특성으로 인해 매우 유망한 약물 전달 시스템 후보임. 하지만 이 또한 초기에 약물이 폭발적으로 방출되거나 약물마다 치료 기간이 달라 방출을 원하는 기간에 맞출 수 있는 시스템이 필요함.

▶ 【약물 방출 및 분해 속도를 제어할 수 있는 트리블록 코폴리머 하이드로겔 설계】 본 연구에서는 폴리에틸렌 옥사이드라는 친수성 성분을 사용하여 물과 잘 섞이고 하이드로겔 구조를 안정화하는 중간 블록과 에톡시에틸 글리시딜 에터(EE)와 테트라하이드로피라닐 글리시딜 에터(TP)라는 두 종류의 아세탈 기반 펜던트로 구성된 말단 블록을 통해 각 두 성분이 다른 속도로 가수분해되면서 분해 속도가 제어될 수 있는 하이드로겔을 성공적으로 구현함. EE와 TP의 비율을 조절하여 하이드로겔의 기계적 특성 및 분해 속도를 조절할 수 있었으며, 결론적으로 약물 방출 속도 또한 조절이 가능함을 증명함.

■ 과학·사회·산업 분야에의 기여도

▶ 【다양한 생의학적 응용 가능성】 본 연구는 하이드로겔 기반 약물 전달 시스템에서 약물 방출과 분해 속도를 정밀하게 제어하는 혁신적 방법을 제시하여, 암 치료와 같은 질환 맞춤형 치료에 큰 가능성을 열었음. 이를 통해 환자에게 부작용을 최소화하면서 효율적인 치료를 제공할 수 있는 기술과 함께 수술 후 잔여 종양 억제 등 치료 효과를 극대화하여 환자의 삶의 질을 향상시킬 수 있는 가능성을 제시함.

▶ 【교육연구단 특성화 목표와의 부합성】 본 연구의 ABA-타입 트리블록 코폴리머 하이드로겔의 설계와 기능성 구현은 고분자 화학, 생체 재료학, 약물 전달 등 바이오 소재 학문 전반에 걸친 융합 지식을 제공함. 따라서 이를 통해 하이드로겔의 분해 및 약물 방출 메커니즘을 이해하고 가수분해 제어와 같은 실제적인 바이오 응용을 배울 수 있는 매우 중요한 사례임. 결과적으로 본 교육연구단의 소재기반 바이오 특성화 분야에 정확히 부합하다 사료됨.

③ 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

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

▶ 특허출원과 기술이전의 양적 향상 및 분야 특성화

- 본 교육연구단의 “연구역량 향상계획” 중 산업·사회 문제 해결형 기술 개발을 위한 계획은 다음과같이 요약됨. ① 공동연구 클러스터 활성화를 통한 연구 수월성 강화, ② 사회·산업 문제 대응 TF구성, ③ 연구단의 비전에 부합하는 에너지·바이오 분야 집중 연구
- 본 교육연구단은 과제제안서에 제시하였던 각각의 연구 역량 향상계획을 성실히 수행하였으며, 지난 3년 동안 특허출원 및 기술이전 부분에서 괄목할 만한 성장과 분야 특성화를 달성할 수 있었으며 4차년도 기간 동안에도 추가적인 성장을 이룰 수 있었음
- 지속적인 실적의 성장 및 분야별 특성화는 교육연구단 전체의 연구 체질 개선에 따른 것으로 이해할 수 있으며, 연구를 통한 산업과 사회에 대한 기여를 추구하고 있는 BK21FOUR 사업의 취지와도 부합하는 것으로 볼 수 있음

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

- 본 교육연구단은 선정평가 당시 계획대로 교수로 구성된 사회·산업 문제 대응 TF를 연구단 내 기구로 구성함
- 사회·산업 문제 대응 TF는 연세대학교에서 설립한 “지역사회 문제 DB”에 업데이트되는 사회·산업 문제들에 대해 논의하고, 본 교육연구단 구성원들에게 전달하는 임무를 수행함. 연세대학교에서 설립한 “지역사회 문제 DB”를 통해 갈무리한 기술 대응 가능 키워드로는 ‘차세대 에너지 소재’, ‘생활 폐기물 분해’, ‘저에너지 소자’, ‘질병의 신속 진단’, ‘혁신 치료법의 개발’ 등이 있으며, 주기적인 뉴스레터 활동을 통해 교육연구단 구성원에게 전달하여 문제 맞춤형 기술 개발 및 대외활동을 권장함
- 사회·산업 문제 대응 TF의 활동 결과 지난 3차년도에는 총 34건의 특허를 출원하고 4건의 특허를 등록할 수 있었음. 재선정평가 이후에도 꾸준한 성장을 이어나가며 4차년도 평가기간 동안 전체 특허출원 건수가 무려 47건으로 증가하였고 특허 등록도 8건을 달성함. 1차년도에서 3차년도까지의 총 특허출원 수가 67건, 특허 등록 수가 19건임을 고려해 보았을 때 굉장히 고무적인 증가세를 보임
- 4차년도까지 지속적으로 꾸준한 성장을 이룰 수 있었던 이유는 사회·산업 문제 대응 TF의 역할과 연구 분야 특성화를 들 수 있음
- 교육연구단의 계획을 성실히 수행함으로써 연구분야의 특성화를 이루고 사회산업문제 해결을 위한 문제해결형 교육과정을 통해서 강의-연구-기술개발에 이르는 일련의 과정이 원활히 작동하여 사회 문제 맞춤형 기술 개발이 이루어지고 있음을 의미함

▶ 교육연구단 비전 및 목표와 부합하는 기술 개발 특성화

- 본 교육연구단은 선정평가 당시 교육연구단 자체분석 및 해외 우수 연구기관의 벤치마킹을 바탕으로 “지속가능하고 건강한 미래사회의 구현”을 위한 화학 교육 및 연구를 비전으로 결정하였음. 본 교육연구단 구성원들의 강점과 발전을 위한 미래전략으로 연구의 수월성을 달성함과 동시에 미래 사회 문제의 해결이라는 구체적인 목표를 제시함.
- “지속가능하고 건강한 미래사회의 구현”을 위한 두 가지 필수 기술로 소재기반 에너지, 소재기반 바이오 분야를 특성화 분야로 설정하였고, 관련된 주제로 교육 및 연구클러스터를 구성하여 통일성 있는 교육과 연구 개발을 주도하고자 함
- 그 결과 연구단 비전에 부합하는 기술 개발이 이뤄짐을 확인할 수 있음. 분야 선정 당시 85%였던 에너지·바이오 분야 특허 비중이 4차년도 기준 94%(47건 중 44건)로 증가함. 지속적인 특성화 비중 향상은 본 교육연구단의 방향성 개선이 잘 이뤄짐을 보여주고 선정 당시 연구 계획의 효율적인 이행을 증명함
- 대부분의 특허 및 기술 개발이 에너지·바이오 분야 핵심 성장 동력과 관련되어 있음을 확인할 수

있어서, 추후 기술이전 및 창업으로 이어질 가능성이 높은 것으로 자체 평가함. 예를 들면 김병수 교수는 친환경 고분자 관련 기술 다수를 개발하였고, 교수는 자극 감응성 세포 활성화 기술을, 이동일 교수와 안현서 교수는 연료전지 촉매 관련 핵심 기술을 각각 개발하였음

- BK21FOUR 사업기간에 걸쳐 다수의 특허가 기술적 연관성을 지녀, 총괄적으로 분야 원천기술을 확보했다고 판단되는 경우가 다수임 - 방두희 교수 염기서열 분석 및 유전자 가위 기술 (㈜아이엠비 디엑스사에 기술이전 완료), 이동일 교수의 거대원자 소재 기반 기술 등. 따라서 파생 기술 개발을 통한 시장 개척 및 기반 기술을 활용한 산업·사회 문제 해결에 기여가 기대됨

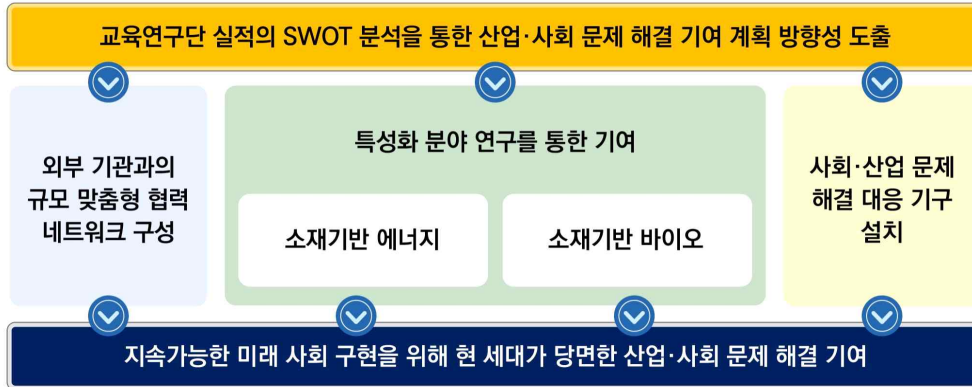
▶ 연구 개발의 우수성

- BK21FOUR 사업기간 동안 연구 수행을 통해 특허출원 및 기술 확보의 양적인 성장을 이룸과 동시에 질적인 부분에서도 꾸준한 성장을 이루고 있음
- 본 교육연구단의 실적의 우수성은 ① 기술적 연관 특허등록으로 판단하는 원천기술 확보 여부와 ② 기술 확보에 따른 기술이전 및 창업 가능성을 기준으로 자체 평가를 진행하였으며 우수 사례 및 관련 기술들은 다음과 같음
- 교수는 4차년도 연구기간동안 세포 활성화 방법에 대한 나노물질 응용법과 관련된 2건의특허를 등록하고 2건의 특허를 새로 출원함. 해당 기술은 다수의 언론 보도를 통해 알려진 바 있으며 사회적 관심이 높은 미래 기술로, 연관된 2건의 특허등록을 통해 원천기술의 확보가 충실하게 이루어지고 있다고 판단할 수 있음. 특히 천진우 교수가 개발하는 세포활성화 기술은 특정 세포에만 감응하여 발현하는 기술로 차세대 의료기술로의 발전이 기대되는 최첨단 성과임. 이 기술은 본교육연구단의 비전인 “건강하고 지속가능한 삶”과 매우 높은 연관성을 가지고 있음
- 교수는 고분자 중합체를 통한 방오(antifouling) 코팅제를 개발과 관련하여 1개의 특허를 등록하고 하이드로젤 기반의 물질을 활용한 물질 전달로 특허 출원 3건, 볼밀링(ballmilling) 기법을 활용한 플라스틱의 분해개발로 특허 출원 2건, 배터리, 반도체 등의 재료물질의 첨가제에 대한 개발로 특허 출원 2건을 달성함. 국가적으로 중요성이 강조되는 미래 먹거리 기술과 매우 밀접한 관련이 있는 우수한 연구 성과로 평가되며, 교육연구단의 모토인 ‘지속가능성’ 그리고 특성화영역에 해당하는 ‘소재기반 에너지’와 잘 부합함. 산업·사회 문제해결을 위한 데이터베이스에서 추출된 ‘차세대 에너지 소재’, ‘친환경·저전력 소자’와 같은 키워드에 부합되는 연구 결과임. 김병수 교수는 본 연구를 확장하여 추가적으로 관련 특허를 확보하고 원천 기술을 취득할 예정임
- 교수는 차세대 연료전지용 촉매 개발과 관련한 연속 특허를 통해 물질 합성 및 에너지 전환과 관련한 원천기술을 확보함. 4차년도 기간 동안 2건의 특허를 등록하고 18건을 신규 출원함.또한 해당 기술의 응용 가능성이 큰 시장인 미국과 중국, 일본에 각각 특허를 출원하여 기술의 선점을 진행하고 있음. 이동일 교수가 개발한 촉매 물질의 성능은 세계 최고 수준으로, 연료전지 선도업체인 도요타의 기술을 상회함. 산업계의 관심이 높아 가까운 미래에 기술이전이 가능할 것으로 예상되며, 그 근거로 현대자동차 NGV(Next Generation Vehicles)에서 연 1억원 이상의 연구비 지원을 받고 있음. 기술적 연속성을 지니는 다수의 특허를 통해 원천기술을 확보할 경우 새로운 시장을 개척할 수 있는 우수한 사례로 평가됨
- 교수는 4차년도 연구를 통해 고성능 가스센서, 수소생산 기술, 세포를 이용한 생물학적 전지개발 등과 관련된 특허 6건을 신규 출원함. 특히 12대 국가전략기술인 이차전지, 수소와 관련된주요 원천기술 개발이라는 점에서 차세대 미래 먹거리 기술과 밀접한 관련이 있으며, 세포를 이용한 생물학적 전지개발의 경우에는 본 사업단의 특성화 분야인 ‘에너지’와 ‘바이오’를 새로이 접목한연구로서 추후 방대한 영역에서의 확장 및 응용가능성이 기대됨

2. 산업·사회에 대한 기여도

▣ 교육연구단의 비전을 실현하는 연구를 통한 산업·사회 문제해결

- ▶ 산업·사회 문제해결형 기술 개발의 양적 확대 및 분야 특성화
 - 선정평가 당시 본 교육연구단은 자체적으로 SWOT 분석을 시행하여 기존 프로그램의 문제점을 진단하고 산업·사회 문제해결 기여 계획을 수립함



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

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

| | | 심화미래에너지와환경 |
|------|-----|--|
| 담당교수 | 수강생 | 과제 제목 |
| | | Development of high-throughput RNA-seq platform for drug screening |
| | | Patterning size-controlled metal particles with Pickering emulsion |
| | | Supramolecular Polymerization of p-phenylene linked porphyrin dyads |
| | | 바이오소재연구1 |
| 담당교수 | 수강생 | 연구 제안서 제목 |
| | | Defect Engineering of UiO-66 & Catalytic performance and applications of Zr-based MOFs for CWAs decomposition |
| | | Molten Salt-Assisted Pyrolysis of MOFs and Their Catalytic Activity in Oxygen Reduction Reaction |
| | | Study on Various Combination of MOF-on-MOF Structures and Their Applications |
| | | Anisotropic MOF-on-MOF growth of unique Metal-Organic Frameworks |
| | | Applications of MOFs Using the Pore Space Partition Strategy |
| | | Development of High-Capacity, Stable Metal-Organic Frameworks for Atmospheric Water Harvesting |
| | | 미래바이오의화학 |
| 담당교수 | 수강생 | 과제 제목 |
| | | Gas sensor research for application by 2D materials |
| | | Preparation of Chemically Recyclable Poly(ether-alt-ester) by the Ring Opening Polymerization of Cyclic Monomers Synthesized by Coupling Glycolide and Epoxide |
| | | Human Activity Recognition Based on Wi-Fi CSI |
| | | Multicomponent Assembly of a Pyrazine-Pillared Coordination Cage That Selectively Binds Planar Guests by Intercalation |
| | | High-Throughput Microbore LC-MS Lipidomics to Investigate APOE phenotypes |
| | | Chemically Induced Repair, Adhesion, and Recycling of Polymer Made by Inverse Vulcanization |
| | | Development of 3CL Protease inhibitor for SARS-CoV-2 infection |
| | | Multicomponent supramolecular metallacage |
| | | Potential of Oxazoline monomer |
| | | Flow FFF with a tapered thickness channel: A possible way to separate biomolecules successfully |
| | | Reactive Oxygen Species (ROS)-Responsive Prodrugs, Probes, and Theranostic Prodrugs: Applications in the ROS-Related Diseases |
| | | Degradation of Cyclin-Dependent Kinase 9/Cyclin T1 by Optimized Microtubule-Associated Protein 1 Light 3 Beta-Recruiting Coumarin Analogs |
| | | Modulating the Structural Properties of α, γ -Hybrid peptides by α -Amino Acid Residues: Uniform 12-Helix Versus "Mixed" 12/10-Helix |
| | | Design, synthesis and biological evaluation of stable b6.3-Helices: Discovery of non-hemolytic antibacterial peptides |
| | | Review of stereospecific synthesis |
| | | Evaluation of the Phase Behavior in Azobenzene containing block copolymer due to the Cis-Trans Photo-isomerization |
| | | Exploring Current Trends and Future Opportunities in Bioenergy as Sustainable Fuel Option |
| | | Enhancing Quantitative Precision in Diacylglycerol (DG) Lipidomics via Adduct Formation Evaluation |
| | | Synthesis of Alternating PLGA via ROP of Methyl Glycolide Utilizing Bifunctional Organic Catalysts |
| | | A practical synthesis of enantiopure ethyl cis-2-amino-1-cyclohexanecarboxylate via asymmetric reductive amination methodology |
| | | Synthesis peptide with seven ring β -amino acid |
| | | Opinion and Implications of FET-based Biosensor Research |

| | | |
|---|-----|-------|
| 심화미래에너지와환경1 | | |
| 담당교수 | 수강생 | 과제 제목 |
| Recent Trends in the Synthesis and Applications of MXenes | | |
| 미래에너지와환경 | | |
| 담당교수 | 수강생 | 과제 제목 |
| Janus type photophysical behavior of conformational isomers in 2,2'-biantracene derivatives | | |
| Alkyl Chromone Activation by TMSOTf for Photochemical 1,4-Alkyl Addition | | |
| Controlled Syngas Production and Direct Methanation Using Metal Nanoclusters: A combined Electrolysis and Thermocatalysis Approach | | |
| Comparing PBI-OR, PBI-R vibrational coherences in the frequency domain between Density Functional Theory and Broadband Transient Absorption | | |
| Supramolecular Polymerization of p-phenylene linked porphyrin dyads | | |
| Multi-stimuli-responsive poly(urea-urethane) Hydrogels using polyoxazoline | | |
| Solvent- and Pump-Fluence-Dependent Exciton Dynamics in One-Dimensional Perylene Bisimide Aggregates | | |

- ▶ 산업·사회 문제 대응 TF의 구성, 지역사회 문제 DB 관리를 통한 문제해결 기여도의 양적 성장
 - 본 교육연구단에서는 선정평가 당시에 제시하였던 바와 같이 주상용, 김병수, 방두희 교수로 구성된 산업·사회 문제 대응 TF를 연구단 내 기구로 구성하였음
 - 산업·사회 문제 대응 TF는 연세대학교 내 구성된 “지역사회 문제 DB”에 꾸준히 업데이트되는 산업·사회 문제들을 확인하고 교육연구단 소속 교원들에게 기술 개발 제안과 대외 협업 기회 마련의 역할을 함
 - 선정평가 당시 연평균 10.8건의 특허등록에서, 1차년도 21건, 2차년도 27건, 3차년도 38건, 4차년도 55건의 특허 등록/출원이 이루어졌음. 지난 평가 기간(2차년도) 및 직전년도와 비교해 각각 104% 및 45% 증가한 수치임을 고려할 때 비약적으로 성장함
 - 산업·사회 문제 대응 TF의 활동은 민감한 사회 이슈들에 대한 발 빠른 대응으로 연결될 수 있음. 코로나19 감염증에 대한 기술적 대처로 본 교육연구단 소속 천진우 교수 연구진은 바이러스 탐지용 나노 PCR 기법을 개발하였으며 다수의 언론에 보도되어 주목받은 바 있음
 - 연세대학교에서 마련한 “지역사회문제 DB”의 적극적 활용을 통해 마포·서대문 지역사회 문제들을 파악하고 가능한 기술적 대응을 연구로써 할 수 있었음. “지역사회문제 DB”의 이슈 중에 본 교육연구단과 관련이 있는 내용들은 에너지/환경과 의료로 나눌 수 있음. 구체적인 키워드로 ‘폐기물’, ‘친환경 에너지’, ‘깨끗한 물과 공기’, ‘첨단 의료 기술’, ‘고속 진단 기술’ 등을 예로 들 수 있음
 - 산업·사회 문제 대응 TF는 “지역사회문제 DB”에서 추출한 내용들을 연구단 소속 교원들과 공유하고, 연구 개발 및 원천기술 확보를 통해 사회 기여 실적을 기록함
 - 4차년도 기간 중 본 연구단의 연구를 통한 기술개발과 그에 상응하는 산업·사회 문제 해결에 대한 기여는 아래와 같음

<표 III-3.2-1 특허출원 및 등록 외 산업·사회 문제해결 기여 활동 요약 (2023.9.1.-2024.8.31.)>

| 실적구분 | 교수명 | 실적명 | 활동일 | 기관명 |
|------------|-----|---|------------|----------|
| 산업체 연구비 수주 | | PVC 재활용 위한 화학적 업사이클 기술 연구 | 2024.04.01 | 현대엔지비(주) |
| 산업체 연구비 수주 | | 신규 이온추출제 합성 | 2024.06.30 | (주)포스코 |
| 산업체 연구비 수주 | | 유리-동도금 계면 밀착력 향상용 표면처리제 개발 | 2024.08.01 | (주)오알켄 |
| 산업체 연구비 수주 | | 금속-이산화탄소 전지의 연속적 이산화탄소 활용을 위한 전지 요소 기술 개발 | 2024.03.15 | 현대엔지비(주) |

| | | | |
|----------------|------------------------------------|------------|------------|
| 기술자문 | 이산화탄소 전환 기법 개발 관련 기술 자문 | 2024.04.09 | (주)피엘브릿지 |
| 기술자문 | 이산화탄소 전환 기법 개발 관련 기술 자문 | 2024.05.31 | (주)피엘브릿지 |
| 기술자문 | CO ₂ 전지 개발 관련 기술 자문 | 2024.07.24 | 현대자동차 |
| 일반인 대상 외부강연 | 고분자아카데미 강연 | 2024.07.08 | 한국고분자학회 |
| 일반인 대상 외부강연 | 과학콘서트 - 화학 물질 공포증에 대하여 | 2023.11.25 | 연세대학교 이과대학 |
| 일반인 대상 외부강연 | 과학콘서트 - 호모 플라스틱쿠스 : 플라스틱 제국의 역습 | 2024.05.18 | 연세대학교 이과대학 |
| 일반인 대상 외부강연 | 2024년 국제과학올림피아드 한국대표단 발대식 축하강연 | 2024.06.28 | 한국과학창의재단 |

▶ 소재기반 에너지 분야 연구의 산업·사회 문제 대응

- 본 교육연구단의 비전과 일치하는 소재 기반 에너지 분야 관련된 산업·사회 문제 키워드는 ‘친환경·저전력 소자’, ‘차세대 에너지 소재’임. 본 교육연구단의 심은지 교수는 이 키워드를 바탕으로 차세대 초격자 상변화 메모리 개발에 관한 연구를 수행하였으며, 연관된 원천 소재 기술을 확보하여 기술이전을 통한 산업 문제해결이 기대됨.
- 산업·사회 문제 데이터베이스를 통해 발굴한 또 하나의 에너지 관련 키워드는 ‘친환경 에너지’임. 본 연구단의 이동일 교수는 미래에너지 기술인 수소연료전지에 활용되는 원자수준의 나노입자 촉매를 개발하여 4차년도 평가 기간 중 2건의 특허를 등록하고 국내 뿐 아니라 독일, 미국, 일본 등 국외 특허 18건을 출원함. 현재 개발된 촉매는 세계 최고 수준의 도요타 자동차 모델을 능가하는 수준으로, 다수의 논문으로도 발표됨. 확보된 원천기술은 산업 문제해결에 큰 기여가 될 것으로 기대함. 이런 결과를 바탕으로 현대자동차와 산학협력 과제를 진행 중이고 기술이전이 기대됨. 본 교육연구단이 지향하는 연구 개발을 통한 사회문제 대응 및 해결을 보여주는 모범적인 사례임

▶ 소재기반 바이오 분야 연구의 사회·산업 문제 대응

- 소재기반 바이오 기술이 대응할 수 있는 산업·사회 문제 키워드는 고속 진단 기술과 첨단 의료 기술이 있음.
- 고속 진단 기술과 관련해서 본 연구단의 교수는 고속 염기서열 분석 기술과 관련해 많은 연구를 진행 중이며, 이 중 상당수는 대학 수준을 벗어나 실용화 단계 가까이에 도달함. 4차년도평가 기간 중 1건의 특허를 새로이 출원하는 등 활발히 기술 개발 중임
- 본 교육연구단의 안현서 교수는 4차년도 기간 중에 고성능 가스센서와 관련된 특허를 새로이 1건 출원하고 국제 특허를 출원 중임. 본 기술은 위험한 환경 평가를 위해 최근 각광 받는 기술인 ‘인공 코, 인공 신경’ 개발과 밀접한 연관이 있는 기술로써, 안현서 교수는 현재 가스센서 기술을 발전시켜 폭발물 감지 및 바이오메디컬 센서로의 확장성을 연구하고 관련 특허 6건을 출원함. 다수의 연관성 있는 특허등록을 통한 플랫폼 기술 확보가 기대됨
- 첨단 의료 기술 관련하여 본 연구단의 교수는 생체 나노로봇의 개발 및 이를 활용한 세포활성 조절 기술 개발을 통해, 관련 특허 2건을 등록함. 뿐만 아니라 자기장 등 외부 자극을 통해 뇌 기능 제어를 가능케 하는 첨단 기술을 세계 최초로 개발하여 관련 특허 1건 출원 및 논문을 집필함

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

- 우리 교육연구단은 사회·산업 문제 대응 TF를 중심으로 소규모 클러스터 공동연구를 중요한 전략으로 설정함. 교육과 연구 활동뿐만 아니라 산업·사회 문제해결에 기여에도 클러스터 단위로 상대

기관 맞춤형 연구 대응을 하기로 계획함

- 연구 클러스터의 구성 및 운영을 순조롭게 이루어짐. 수업의 편성에서 학생 연구 제안의 심사, 공동연구 등의 활동 중임. 단기간에 가시적 성과를 보이기 어려운 공동연구, 공동 문제 대응의 특성상 차년도 이후 성과가 기록될 것으로 예상함.
- 선정평가 당시 약점으로 파악되었던 낮은 언론 노출도에 대한 큰 개선이 이뤄짐. 본 교육연구단은 연구 및 산업·사회 문제 대응과 관련하여 평가 기간 중 총 22회 다양한 언론에 보도됨. 이는 선정평가 당시보다 크게 성장한 숫자로, 연구 및 홍보 전략이 계획대로 잘 수행되고 있음을 나타냄

■ 향후 추진 계획

- ▶ 개편된 교육 프로그램의 지속적 운영 및 문제해결 TF 강화
 - 본 교육연구단이 시행하고 있는 문제해결형, 주제발굴형 교과 운영을 더욱 확충하여 특허출원 등 산업·사회 문제 해결에 유효한 기술을 확보함
 - 성공적으로 운영되고 있는 산업·사회 문제 해결 TF의 활동 영역을 지속적으로 확대하고, 연세 지역 사회 문제 DB를 통해 꾸준한 기술 수요 키워드를 발굴하고 구성원들에게 소개함
- ▶ 기술이전 컨설팅 및 창업 지원 확대
 - 교육연구단 구성원들의 아이디어 교류의 장을 확충하고 기술이전에 대한 컨설팅 기회를 교육연구단 차원에서 마련하여 활발한 기술이전을 촉진함
 - 교내 창업과 관련된 정보를 지속적으로 활류하고, 교육연구단에서 가능한 지원을 통하여 구성원 교수들의 기술 창업을 독려함

3. 참여교수의 연구의 국제화 현황

① 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

글로벌 경쟁력을 갖춘 교육연구단 교수진의 국제화 현황

- ◆ 저명 국제 학술대회 참여실적: 기초강연 3건, 초청강연 21건
- ◆ 국제 학술지 및 저술 관련 활동 실적: 국제 학술지 편집/자문위원 13건
- ◆ 지속가능한 화학 교육연구단의 대표 연구주제인 소재기반 에너지 및 바이오 분야에 집중

■ 국제학회/학술대회 기초연설 및 초청 강연

- ▶ 본 교육연구단 참여 교수진은 4-5차년도 (2023.09 ~ 2024.08) 기간 동안 다양한 국제 학술대회에서의 초청 강연을 포함하여 총 36건의 학술발표(기초강연 3건, 초청강연 33건)를 진행함
- 다양한 분야에서 그 학문적 수월성을 보여줄 수 있는 학회에서 초청 강연을 진행하여 본 교육연구단 참여 연구진이 골고루 국제 학술활동에 참여하고 있음을 알 수 있음
 - 본 교육연구단에서 추구하고 있는 바이오 및 에너지 특성화 분야의 연구를 대표하는 연구자들의 국제적인 역량을 가늠하게 하는 우수한 지표이며, 본 교육연구단의 국제적 인지도 향상에 기여함

<표 III-3.1-1> 국제학회 및 학술발표 활동(2023.09-2024.08)

| 연번 | 교수 | 학술대회명 | 참가형태 | 발표제목 | 기간 | 장소 |
|----|----|--|------|--|-----------------|----------------------------------|
| 1 | | The 20th Beijing Conference and Exhibition on Instrumental Analysis (BCEIA 2023) | 초청강연 | Development of Thickness-Tapered Channel for Flow Field-Flow Fractionation | Sep 06-08, 2023 | 중국 |
| 2 | | 6th International Caparica Christmas Conference on Sample Treatment 2023 | 초청강연 | Optimization of human skin sampling for lipidomics analysis by nanoflow nUHPLC-ESI-MS/MS | Dec 04-07, 2023 | 포르투갈 |
| 3 | | 13 th International Symposium on Bioorganic Chemistry (ISBOC-13) | 기초강연 | Supramolecular Chemical Biology: How do synthetic ion transporters promote cancer cell death? | Dec 18-20, 2023 | 싱가포르 난양대학교 |
| 4 | | ACCC9 - 9th Asian Conference on Coordination Chemistry | 기초강연 | Components, structures, and metal-organic frameworks | Feb 19-22, 2024 | 태국 방콕 |
| 5 | | The 16th International Conference on Cutting-Edge Organic Chemistry in Asia (ICCEOCA-16) | 초청강연 | Copper-Catalyzed C-C Cross-Couplings of Tertiary Alkyl Halides with Anilines Enabled by Cyclopropenimine-Based Ligands | Dec 1-5, 2023 | 싱가포르 |
| 6 | | 8th Symposium on Foldamers 2023 | 초청강연 | Structures and Functions of N-Arylene Ethynylene Foldamers | Sep, 4-6, 2023 | 독일, 뮌헨 |
| 7 | | 2023 Nature Conference on Functional 2D Materials | 기초강연 | Designer nanomachines for biological targets: the case of magneto-genetics (MG) | Nov 8-9, 2023 | 서울 연세대학교 백양누리 그랜드볼 룸 |
| 8 | | L&N Symposium on | 초청강연 | Development of | Nov 9-10, | 미국 |

| | | | | | | |
|----|--|--|------|---|-----------------|---|
| | | Neuromodulation | | Hi-fidelity magnetogenetics for in vivo animal studies | 2023 | University of Virginia School of Medicine |
| 9 | | Research Conference of Max Planck School for Matter to Life | 초청강연 | Designer Nanoparticles for Biological Targets: the case of MG and Magnetic Motors | Dec 11-15, 2023 | 독일 Ringberg Castle |
| 10 | | The 60 th Japanese Peptide Symposium | 초청강연 | Characterization of mixed-helical unnatural peptides and their applications | Nov 08-10, 2023 | 일본 시가 |
| 11 | | SRC-Institute of Bioengineering, Barcelona | 초청강연 | Precisely Programmable Degradation and Drug Release Profiles in Triblock Copolyether Hydrogels with Cleavable Acetal Pendants | May 17-21, 2024 | 스페인 바르셀로나 |
| 12 | | SRC-France Bordeaux Workshop | 초청강연 | Enantioselective, Ring-Opening Polymerization of rac-Lactide by Chiral Organocatalyst | May 22-25, 2024 | 프랑스 보르도 |
| 13 | | 15th International Symposium on Ionic Polymerization (IP'24) | 초청강연 | Acetal-Based Epoxy Monomers: Synthesis and Biomedical Applications of Polyethers | Sep 01-05, 2024 | 독일 마인츠 |
| 14 | | The 24th East Asia Workshop on Chemical Dynamics (EAWCD 2024) | 초청강연 | Peculiar Photophysics of 2,2'-Bianthracene: Symmetry-Breaking Charge Transfer, Triplet Formation Dynamics, and Their Connection to Conformational Diversity | Mar 18-20, 2024 | Institute of Atomic and Molecular Sciences, Academia Sinica, Taiwan |
| 15 | | SPIE Optics+Photonics: Physical Chemistry of Semiconductor Materials and Interfaces XXIV | 초청강연 | Peculiar Photophysics of 2,2'-Bianthracene: Symmetry-Breaking Charge Transfer, Triplet Formation Dynamics, and Their Connection to Conformational Diversity | Aug 18-22, 2024 | San Diego Convention Center, USA |
| 16 | | 7th International Symposium on Monolayer Protected Clusters (ISMPC24) | 초청강연 | Active Site Engineering of Metal Nanoclusters for Electrocatalytic CO ₂ Reduction | Jun 14, 2024 | Pennsylvania State University (USA) |
| 17 | | ISHC 2024 (International Symposium on Homogeneous Catalysis) | 초청강연 | Copper-Catalyzed Cross-Couplings of Tertiary Alkyl Halides Enabled by Cyclopropenimine-Based Ligands | Jul 21-26, 2024 | Trieste, Italy |
| 18 | | The 6th International Conference on Organometallics and Catalysis (OM&CAT-6) | 초청강연 | Copper-Catalyzed Cross-Couplings of Tertiary Alkyl Halides Enabled by Cyclopropenimine-Based Ligands | Aug 15-18, 2024 | Tianjin, China |
| 19 | | The 2nd Symposium for the Distinguished Lectureship | 초청강연 | Harnessing Cyclopropenimines for Catalyst Design in | Aug 21-22, 2024 | Bangkok, Thailand |

| | | | | | | |
|----|--|---|------|--|-----------------|---------------------------------|
| | | Awards on the International Cutting-Edge Organic Chemistry in Asia | | Stereoselective Chemical Synthesis | | |
| 20 | | Southern Highlands Conference on Heterocyclic Chemistry 2024 | 초청강연 | Harnessing Cyclopropenimine Superbases for Catalyst Design in Stereoselective Chemical Synthesis | Aug 25-27, 2024 | Kiama, Australia |
| 21 | | International Conference on Porphyrins & Phthalocyanines-13 (ICPP-13) | 초청강연 | Supramolecular Assemblies Formed by Porphyrin Derivatives | Jun 23-28, 2024 | Buffalo, New York, United State |
| 22 | | Nanomaterials Chemistry Workshop 2024 | 초청강연 | Designer Nanomachines for Biological Systems | Apr 4-5, 2024 | 일본 Kyoto |
| 23 | | GRC 2024 Biointerface Science | 초청강연 | Designer Nanomachines for Mechano-Biological Targets of Neuroscience and Beyond | Jun 16-21, 2024 | 이탈리아 Lucca |
| 24 | | Research Conference of Max Planck Institute of Psychiatry | 초청강연 | Designer Nanoparticles for Biological Targets: the case of MG and Magnetic Motors | Jul 09, 2024 | 독일 Munich |

■ 국제학회 주관 및 좌장, 조직위원회 활동

<표 III-3.1-4> 국제학술대회 개최 및 조직위원회 활동 사례

| 교수명 | 활동 건수 | 분야 | 국제학술대회명 |
|-----|--------|-----|---|
| | 좌장 | 바이오 | ▶ 51st International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques (HPLC 2023) (Jun 31-Jun 22, 2023) |
| | 좌장 | 바이오 | ▶ 23rd International Symposium on Field- and Flow-based Separations (Jun 03-Jun06, 2024) |
| | 좌장 | 바이오 | ▶ INTERNATIONAL MASS SPECTROMETRY (Aug 17-Aug 23, 2024) |
| | 조직위원장 | 바이오 | ▶ 6th Asian Chemical Biology Conference (Aug 20-Aug 23, 2023) |
| | 국제조직위원 | 바이오 | ▶ ISCNP31 & ICOB11 ▶ (31th International Symposium on the Chemistry of Natural Products & 11th International Congress on Biodiversity) (Oct 15-Oct 19, 2023) |
| | 주관 | 바이오 | ▶ Mini symposium of Chemical Biology (Apr 26, 2024) |
| | 조직위원 | 바이오 | ▶ 6th Asian Chemical Biology Conference (Aug 20-Aug 23, 2023) |
| | 주관 | 바이오 | ▶ IBS Conference on Emerging Technologies for Molecular- and Nano-Modulations for Neuro- and Cell-Engineering (Apr 24-Apr 25, 2024) |
| | 조직위원장 | 에너지 | ▶ Recent Advances in Nanoscience (Jan 19, 2024) |
| | 좌장 | 에너지 | ▶ SPIE Optics+Photonics: Physical Chemistry of Semiconductor Materials and Interfaces XXIV (Aug 18-Aug 22, 2024) |

■ 국제 학술지 관련 활동

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

<표 III-3.1-5> 국제 학술지 편집 및 자문위원 참여 활동 분야별 우수사례

| 분야 | 참여 건수 | 교수명 | 국제학술지명 |
|-----|---------|-----|---|
| 에너지 | 부편집장 1건 | | ▶ Scientific Reports (NPG, Editorial Advisory Board, 2016 ~ 현재) |

| | |
|--------------------------|---|
| 게스트편집장 1건 편집자문위원 4건 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Journal of Electrochemical Science and Technology (Associate Editor) ▶ Science of Synthesis (Thieme, Early Career Advisory Board, 2022-2023) ▶ Asian Journal of Organic Chemistry (Wiley, Early Career Advisory Board, 2022-2025) ▶ Organic Chemistry Frontiers (Royal Society of Chemistry, Early Career Advisory Board, 2024-2025) ▶ SYNTHESIS Special Issue “Dual Catalysis”, (Thieme, Guest Editor, 2024) ▶ Frontiers in Chemistry (Review Editor, 2023~2024) |
| 바이오 편집장 1건, 편집자문위원 6건 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ Accounts of Chemical Research (ACS Senior Editor, 2009 ~ 현재) ▶ Nano Letters (ACS, Editorial Advisory Board, 2010 ~ 현재) ▶ Chemical Society Reviews (RSC, Editorial Advisory Board, 2011 ~ 현재) ▶ ChemBioChem (Wiley-VCH, Editorial Advisory Board, 2011 ~ 현재) ▶ Dyes and Pigments (Elsevier, Editorial Board, 2020-현재) ▶ Smart Molecules (Wiley, Editorial Board, 2023-현재) ▶ Progress in Color, Colorants and Coatings (Institute for Color Science and Technology, Editorial Board, 2023-현재) |

■ 상호 교류 협력을 위한 MOU 체결

- ▶ 본 교육연구단 단장은 2024년 2월 28일 히로시마 대학을 방문하여 양교 화학과의 상호 교류 협력을 위한 MOU를 체결하였으며 이를 바탕으로 대학원 학술 교류회를 개최하기로 함

② 국제 공동연구 실적

글로벌 경쟁력을 갖춘 교육연구단 교수진의 해외공동연구

- ◆ 국외 대학 및 연구기관 소속 연구자와 공동연구를 통한 저명 학술지 논문 발표: 21편
- ◆ 국외 대학 및 연구기관과 학술교류 사업: 1건
- ◆ 저명 해외 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 및 공동연구를 통한 국제적 경쟁력 수월성 확보

<표 3-6> 최근 1년간 국제 공동연구 실적

| 연번 | 공동연구 참여자 | | 상대국 /소속기관 | 국제 공동연구 실적 | DOI 번호/ ISBN 등 관련 인터넷 link 주소 |
|----|---------------|--|---|---|---|
| | 교육연구단 참여교수 | 국외 공동연구자 | | | |
| 1 | | Kieron Burke | 미국/University of California, Irvine | J. Phys. Chem. Lett. 2023, 14, 9230-9237. | https://doi.org/10.1021/acs.jpclctt.3c02017 |
| 2 | | Mikhail Shapiro | 미국/Caltech | Nat. Mater. 2024, 23, 290-300. | https://www.nature.com/articles/s41563-023-01688-w#citeas |
| 3 | | Ilia A. Guzei | 미국/University of Wisconsin-Madison | Org. Lett. 2023, 25, 7497-7501. | 10.1021/acs.orglett.3c02746 |
| 4 | | Hao Ting Teo, Chunyan Chi | 싱가포르/National University of Singapore | J. Am. Chem. Soc. 2024, 146, 10833-10846. | https://doi.org/10.1021/jacs.4c01326 |
| 5 | | Naitik A. Panjwani, K.C. Krishnapriya, Kanad Majumder, Jyotishman Dasgupta, Robert Bittl, Satish Patil, Andrew J. Musser | 미국/Cornell University 독일/Freie Universitat Berlin 인도/Indian Institute of Science 인도/Tata Institute of Fundamental Research | Cell Rep. Phys. Sci. 2024, 5, 102045. | https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2024.102045 |
| 6 | | David C. Bain, Vivian Ding, Kanad Majumder, Dean Windemuler, Jiaqi Feng, Jishan Wu, Satish Patil, | 미국/Cornell University, 인도/Indian Institute of Sciences, 미국/University of Kentucky, 싱가포르/National University of Singapore | Nat. Chem. 2024, 16, 1680-1686. | https://doi.org/10.1038/s41557-024-01556-3 |

| | | | | | |
|----|--|---|---|--|---|
| | | John Anthony, Andrew J. Musser | | | |
| 7 | | P.Stephen Williams | 미국/Cambrian Technologies Inc | J. Chromatogr. A 2024, 1724, 464927. | 10.1016/j.chroma.2024.464927 |
| 8 | | Kieron Burke | 미국/University of California, Irvine | J. Chem. Theory Comput. 2024, 20, 7155. | https://doi.org/10.1021/acs.jctc.4c00689 |
| 9 | | Cabanetos, Clement | France/CNRS | Chem. Eur. J. 2024, 30, e202400191. | https://doi.org/10.1002/chem.202400191 |
| 10 | | Elham Foadian, Sumner B. Harris, Y. Tang, Christopher M. Rouleau, S. Joy, Kenneth R. Graham, Benjamin J. Lawrie, Bin Hu, Mahshid Ahmadi | 미국/ University of Tennessee at Knoxville 미국/Oak Ridge National Laboratory 미국/University of Kentucky | Adv. Funct. Mater. 2024, 2411164. | 10.1002/adfm.202411164 |
| 11 | | Juanita Hidalgo, Donghoon Song, Sergei V. Kalinin, Juan-Pablo Correa-baena | 미국/University of Tennessee at Knoxville 미국/Georgia Institute of Technology | Adv. Funct. Mater. 2024, 2409293. | 10.1002/adfm.202409293 |
| 12 | | Anton V. Ievlev, Anna N. Morozovska, Eugene A. Eliseev, Jonathan D. Poplawsky, Deven Goodling, Robert Jackson Spurling, Jon-Paul Maria, Sergei V. Kalinin, Yongtao Liu | 미국/Oak Ridge National Laboratory 우크라이나/National Academy of Science of Ukraine 미국/Pennsylvania State University 미국/University of Tennessee at Knoxville | Adv. Mater. 2024, 2404925. | 10.1002/adma.202404925 |
| 13 | | Diana K. | 미국/Georgia Institute | J. Am. Chem. Soc. 2024, 146, | 10.1021/jacs.4c |

| | | | | | |
|----|--|---|--|---------------------------------------|---------------------------------|
| | | LaFollette, Juanita Hidalgo, Omar Allam, Austin Shoemaker, RuiPeng Li, Barry Lai, Benjamin Lawrie, Sergei Kalinin, Carlo A. R. Perini, M. Ahmadi, Seung Soon Jang, Juan-Pablo Correa-Baena | of Technology 미국/University of Tennessee at Knoxville 미국/Brookhaven National Laboratory 미국/Oak Ridge National Laboratory 미국/Argonne National Laboratory | 18576-18585. | 04508 |
| 14 | | Benjamin J. Lawrie, Mahshid Ahmadi | 미국/ University of Tennessee at Knoxville 미국/Oak Ridge National Laboratory | Joule, 2024, 8, 2283-2303. | 10.1016/j.joule. 2024.05.019 |
| 15 | | Bo Chen, He Liu, Mahshid Ahmadi, Qi Chen, Ni Yin, Shitong Zhang, Meiqin Xiao, Haoyue Zhang, Long Xu, Ping Chen | 중국/Shenzhen University 미국/University of Tennessee at Knoxville 중국/Chinese Academy of Sciences 중국/Jilin University 중국/Southwest University | Adv. Funct. Mater. 2024, 34, 2402522. | 10.1002/adfm.2 02402522 |
| 16 | | Sheryl L. Sanchez, Elham Foadian, Maxim Ziatdinov, Sergei V. Kalinin, Yongtao Liu, Mahshid Ahmadi | 미국/University of Tennessee at Knoxville 미국/Pacific Northwest National Laboratory 미국/Oak Ridge National Laboratory | Digit. Discov. 2024, 3, 1577-1590. | 10.1039/D4DD0 0080C |
| 17 | | Qiaofeng Yao | 중국/Tianjin University | Tianjin University 초청 강연 및 연구 자문 | 2024.03.14.- 2024.03.15 |

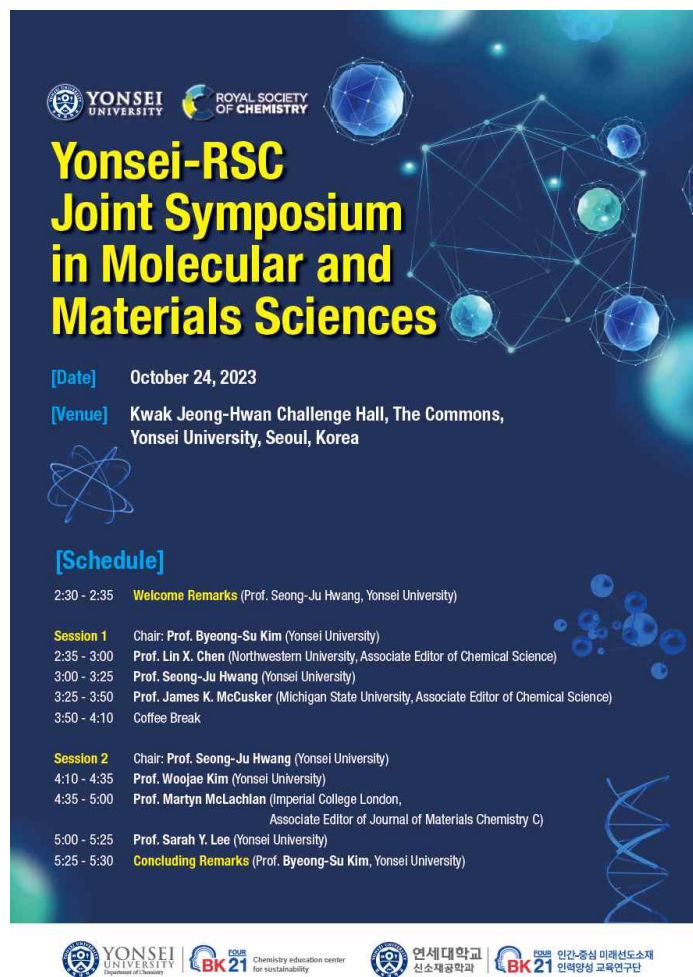
- ▶ 본 교육연구단은 저명한 해외 대학 및 연구기관들과 꾸준한 연구자 교류와 국제 공동연구를 수행하고 있으며 4-5차년도 기간(1.5년) 동안 전체 21편의 논문을 발표하였음
- ▶ 우수 공동연구 사례
 - 【교수, 미국 Caltech】 Mikhail Shapiro 교수와의 공동연구를 통해서 Nat. Mater. (1편)의 논문을 발표함
 - 【교수, 미국 Caltech】 Mikhail Shapiro 교수와의 공동연구를 통해서 Nat. Mater. (1편)의 논문을 발표함
 - 【교수, 미국 University of California, Irvine】 Kieron Burke 교수와의 공동연구를 통해서 J. Phys. Chem. Lett. (1편), J. Chem. Theo. Comp. (1편)의 논문을 발표함
 - 【교수, 미국 University of Wisconsin-Madison】 Ilia A. Guzei 박사와의 공동연구를 통해서 Org. Lett. (1편)의 논문을 발표함
 - 【교수, 프랑스 CNRS】 Clement Cabanetos 교수와의 공동연구를 통해서 Nucleic Acids Res.(1편), Chem. Eur. J. (1편)의 논문을 발표함
 - 【교수, 미국 Cornell University】 Andrew J. Muuser 교수와의 공동연구를 통해서 Cell Rep. Phys. Sci. (1편), Nat. Chem. (1편)의 논문을 발표함
 - 【교수, 미국 University of Tennessee at Knoxville】 Mahshid Ahmad 교수와의 공동연구를 통해서 Adv. Funct. Mater. (2편), Joule (1편)의 논문을 발표함

③ 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

국외 대학 및 연구기관과의 상호 교류 실적 및 우수성

■ 국외 대학 및 연구기관과의 학술 심포지엄 개최

- ▶ 영국 왕립 화학회 (Royal Society of Chemistry) 화학 저널(Chemical Science, Journal of Materials Chemistry C)의 편집장 3분을 연세대학교로 초청하여 2023년 10월 24일 Yonsei-RSC Joint Symposium을 개최하였으며, 지속 가능한 미래를 위한 분자 및 재료 화학 최신 연구 동향을 논의하였음

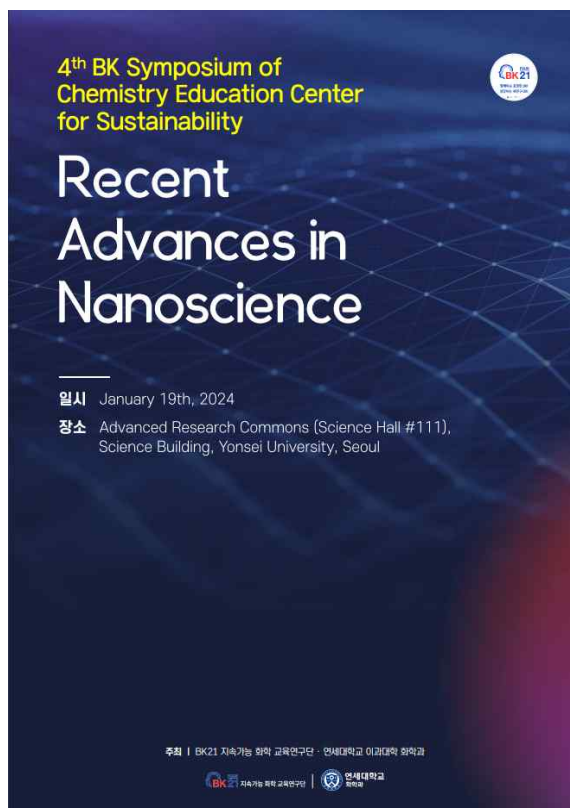


<그림 III-3.1-1> 2023년 10월 24일에 공동주최한 Yonsei-RSC Joint Symposium의 포스터

- [Prof. Lin X. Chen, Northwestern University, Associated Editor of Chemical Science]
 - [Prof. James K. McCusker, Michigan State University, Associate Editor of Chemical Science]
 - [Prof. Martyn A. McLachlan, Imperial College London, Associated Editor of Journal of Materials Chemistry C]
- ▶ Recent Advances in Nanoscience를 주제로 두 번째 국제심포지엄을 2024년 1월 19일 개최함
 - 국제적으로 저명한 3분의 연사진을 모시고 첨단 에너지 재료에 대한 최근 연구동향을 파악할 수 있는 소중한 기회를 제공함
 - [Prof. Hiroshi Sakaguchi, Kyoto University, Japan] Bottom-up fabrication of carbon, phosphorus-based

functional nanowires

- [Prof. Ryuzi Katoh, Nihon University, Japan] Ultrasensitive transient absorption spectroscopy for solar energy conversion study
- [Prof. Tom Zengtang Luo, The Hong Kong University of Science and Technology, Hong Kong] Tailoring the Structure of Two-dimensional Materials towards Optoelectronic and Electrochemical Application



<그림 III-3.1-2> 2024년 1월 19일에 개최한 Recent Advances in Nanoscience 심포지엄 포스터

국외 대학 및 연구기관과의 상호 교류 추진 계획

■ 국외 대학 및 연구기관과의 상호 교류 계획

- ▶ 기존 MOU체결 기관과의 상호협력 내실화
 - 대학원생의 공동학위제 확대 및 신진연구인력의 해외 장단기 연구 파견 확대
 - MOU 기반 상호방문 기회 확대 및 정기 학술대회 개최
 - 해외 우수교원의 인바운드 초청을 통한 연구자 교류의 확대
- ▶ 중장기적 관점의 교류협력사업 강화를 위한 새로운 MOU의 체결
 - 본 교육연구단의 핵심 연구 분야인 에너지·바이오 분야에 강점을 가진 국외 대학 또는 연구기관을 발굴하고 신규 MOU를 체결하여 상호 교류의 지속성을 확보
 - 아시아, 유럽, 아메리카 등 권역별 중점 협력 기관을 확보하여 교육 및 연구의 국제화를 위한 기반을 확보
 - MOU 체결기관 숫자의 무분별한 확대보다는 실질적인 교류가 이루어질 수 있는 기관을 중심으로 한 체계적 MOU관리
- ▶ 국제 교류협력을 위한 안정적인 재원의 확보

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

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

| 연번 | 참여 교수 | 공동 연구자 | 상대국/ 소속기관 | 상호교류내용 | 교류기간 | 실적 및 효과 |
|----|-------|--------|---|---|-----------------------|---|
| 1 | | | 미국/ University of Texas, Austin | Hung-wen Liu 교수 본교 방문 | 20240423- 20240428 | 국제공동연구를 위한 방문 및 연구 내용 토론 |
| 2 | | | 미국/ University of California, Irvine | 공동연구 진행, 논문 발표 | 202303-20 2402 | J. Phys. Chem. Lett. 논문 공저 https://doi.org/10.1021/acs.jpcclett.3c02017 |
| 3 | | | 프랑스/Univ Angers, CNRS, MOLTECH-ANJ OU, SFR MATRIX, F-49000 Angers | Prof. Clément Cabanetos 연구실 Visiting Professor (학생 1인 연수) | 202308-20 2310 | Nucleic Acids Research 논문 공저, https://doi.org/10.1093/nar/gkad365 |
| 4 | | | 중국/ The Hong Kong University of Science and Technology | 한중일 과제 계획 수립 | 240118-24 0120 | 과제 진행 중 |
| 5 | | | Japan / University of Hokkaido | 홋카이도 대학 소규모 세미나 개최 | 20240722 | “Exploring Ring-Opening Polymerization in the Realm of Polyethers“이라는 주제로 Ring-Opening Polymerization에 대한 전반적인 내용과 이를 이용하여 만든 Polyether 계열의 고분자를 다양하게 적용한 내용에 대해서 세미나를 진행함. |
| 6 | | | 스위스 / ETH Zurich | 연세대 화학과 세미나 개최 | 20240731 | 최태림 교수님께서 “Applying New Synthetic Methodologies to Versatile Polymerizations and Self-Assembly Process” 라는 주제로 새로운 고분자 합성을 위한 새로운 합성법 개발에 대한 내용으로 발표를 진행함. |
| 7 | | | 스위스 / ETH Zurich | 연세대 화학과 세미나 개최 | 20240807 | 최태림 교수님께서 “In Situ Self-Assembly of Conjugated Polymers” 라는 주제로 전도성 고분자의 자기 조립에 대한 내용으로 발표를 진행함. |
| 8 | | | 스위스 / ETH Zurich | ETH Zurich 재료공학과 소규모 | 20240906 | “Exploring Ring-Opening Polymerization in the Realm of Polyethers“이라는 주제로 |

| | | | | | | |
|----|--|---|--|-------------------|--|--|
| | | | | 세미나 개최 | | Ring-Opening Polymerization에 대한 전반적인 내용과 이를 이용하여 만든 Polyether 계열의 고분자를 다양하게 적용한 내용에 대해서 세미나를 진행함. |
| 9 | | 중국 / Chinese Academy of Sciences | Tan, Zhiqiang 교수 및 대학원생 Wu, Zhangguo의 방문 연수 | 202408-20 2408 | | 흐름 장-흐름 분획법에서 두께 감소형 채널을 사용했을 때의 분리도 개선에 대해 토의하고, 추가적으로 적용할 수 있는 개선 사항에 대해 논의하는 기회를 얻을 수 있었음 |
| 10 | | 미국 / University of California, Irvine | 공동연구 진행, 논문 발표 | 202402-20 2408 | | J. Chem. Theory Comput. 논문 공저 https://doi.org/10.1021/acs.jctc.4c00689 |
| 11 | | 미국/ University of Tennessee at Knoxville 미국/ Oak Ridge National Laboratory | DOE산하 NERSC 슈퍼컴퓨터(Perlmutter) 활용 연구 User Proposal (CNMS2024-B-02697) | 202408-20 2507 | | 연구 결과 ChemRxiv 공개 (10.26434/chemrxiv-2024-wwwb9; https://chemrxiv.org/engage/chemrxiv/article-details/6631a92391aefa6ce1d9f149) [under Revision in <i>Nature Synthesis</i>] |
| 12 | | 미국/Cornell University 독일/Freie Universitat Berlin 인도/Indian Institute of Science 인도/Tata Institute of Fundamental Research | 공동연구 진행, 논문 발표 | 202303-20 2408 | | Cell. Rep. Phys. Sci. 논문 공저 DOI: 10.1016/j.xcrp.2024.102045 |
| 13 | | 미국/Cornell University, 인도/Indian Institute of Sciences, 미국/University of Kentucky, 싱가포르/National University of Singapore | 공동연구 진행, 논문 발표 | 202303-20 2408 | | Nat. Chem. 논문 공저 DOI: 10.1038/s41557-024-01556-3 |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|