

『4단계 BK21사업』 미래인재 양성사업(과학기술 분야)

교육연구단 자체평가보고서

접수번호	-									
사업 분야	응용과학	신청분야	화공	단위	지역	구분	교육연구단			
학술연구분야 분류코드	구분	관련분야		관련분야		관련분야				
		중분류	소분류	중분류	소분류	중분류	소분류			
	분류명	화학공학	정밀 화학공학	고분자공학	기능성 고분자	섬유공학	섬유 고분자재료			
	비중(%)	40		30		30				
교육연구 단명	국문)MICE(멀티스케일 융합 화공) 교육연구단									
	영문) Education Program for Forward-looking Student Resources in Multi-Scale Integrated Chemical Engineering (MICE)									
교육연구 단장	소 속	부산대학교 공과대학원 응용화학공학부								
	직 위	교육연구단장								
	성명	국문								
		영문								
연차별 총 사업비 (백만원)	구분	1차년도 (209~212)	2차년도 (213~222)	3차년도 (223~232)	4차년도 (233~242)	5차년도 (243~252)	6차년도 (253~262)	7차년도 (263~272)	8차년도 (273~278)	
	국고지원금	683	1,366	1,366	1,619	1,619	-	-	-	
총 사업기간		2020.9.1.-2027.8.31.(84개월)								
자체평가 대상기간		2023.9.1.(2024.3.1.)-2024.8.31.(12개월(6개월))								
본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21』사업 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다. 2024년 11월 12일										
작성자	교육연구단장				(인)					
확인자	부산대학교 산학협력단장				(인)					

〈자체평가 보고서 요약문〉

중심어	멀티스케일	융합화학공학	미래인재양성
	3In(융합, 지능, 연결)	3In(융합, 국제, 파급)	미래지향적 교육
	4차 산업혁명	산업 · 사회문제해결	동남권 지역전략산업
교육연구단의 비전과 목표 달성정도	○ 본 교육연구단은 화학 및 소재 응용 분야에서 국가의 미래 산업 및 지역산업을 이끌어갈 국제 경쟁력 및 다양한 방향성과 응용능력을 겸비한 멀티스케일 융합 화공인재 (Multi-scale Integrated Chemical Engineer)를 양성하는 것을 비전으로 설정함. ○ 멀티스케일 융합화공이란, 화공분야에서 3M (Macroscopic, Microscopic, Molecular, 즉 거시적, 미시적, 분자수준)의 멀티스케일 개념이 접목되고 새로운 환경에서 다양한 방향으로 전공 개념들이 자유롭게 융합되는 화학공학을 의미하며, 본 교육연구단은 화학공학 안에서 물리적 공간적 요소를 갖는 멀티스케일 주제를 다양성으로 융합하여 문제를 해결하는 미래 화공 인재를 양성한다는 비전 아래 세계 QS랭킹 100위권 대학원으로 발돋움하려는 목표를 제시함. ○ 이러한 미래인재양성을 위한 교육연구단의 구체적 교육목표는 3In(人), 즉, 융합(Integration), 지능(Intelligence), 연결(Interconnection) 능력을 갖춘 멀티스케일 융합 화공인(人)을 양성하는 것으로 설정함. ○ 또한 세계수준의 연구를 위한 교육연구단의 구체적 연구목표는 3In(引), 즉 융합(Integration), 국제(International) 및 파급(Influence) 연구를 통해 화공 융합 분야를 견인(引)하는 글로벌 (Glocal) 교육연구단 성장하는 것으로 설정함. ○ 총 사업기간 동안 석사 350명, 박사 93명을 배출할 계획이며, 최종년도 박사배출 목표는 박사 16명으로, 이는 최근 3년간 평균인 박사 배출 11명의 약 45% 향상된 것으로 박사과정 중심의 대학원으로 전환할 예정임. ○ 4차년도 사업기간 동안 석사 37명, 박사 9명을 배출하였고, 4차년도 석·박사 졸업생의 평균 취창업률은 70.83%로, 박사 배출은 4차년도 목표 13명 대비 69.2% 달성하여 다소 미흡했으나, 박사과정 학생수가 2022년 9월 51명에서 2024년 3월 58명으로 13.7% 증가하였고, 전체대학원생 기준 박사생의 비율이 38%에서 41%로 증가한 것을 볼 때 박사과정 중심으로 대학원이 전환되고 있음을 보여줌.		
교육역량 영역 성과	○ 참여교수 수는 3단계 12명에서 4단계 22명으로 83.3%로 증가했고, 참여대학원생 수는 3단계 79명에서 4단계 1차년도 113명, 2차년도 1학기 126명, 2차년도 2학기 131명, 3차년도 1학기 135명, 3차년도 1학기 136명, 4차년도 1학기 147명으로 지속적으로 증가하고 있음. ○ 4차년도 졸업생은 석사 37명, 박사 9명으로 취업대상자는 42명인데, 취업률은 각각 석사 22명, 박사 7명으로 전체 취업률은 70.83% 달성하였으며, 이는 1차년도 83.3%, 2차년도 82.9%(보고서 기준)비해 다소 적은 편으로 최근 경기침체에 따른 취업시장의 축소가 원인으로 보임. ○ 산학연계 외부 저명학자들을 초빙하여 화학공학 분야의 최신 연구동향을 파악하기 위한 콜로기움을 운영하였는데, 하반기 17건, 상반기 14건, 총 31건을 운영하였음. ○ 4차년도 참여대학원생에게는 17명에게 국제학술대회 등록비 10,001,454원, 67명에게 국내학술대회 등록비 6,620,000원을 지원하였고, 재료비 38,313,286원, 분석료		

	1,182,000원, 논문게재료 6,314,264원 등을 지원하였음. ○ 또한, 2023년 2학기에 우수한 논문실적율(주저자, 상위 15%내 저널에서 차등지급) 낸 참여대학원생 7명에게 성과급을 총 2,600,000원을 지원하였고. 2024년 1학기에는 참여대학원생 13명에게 성과급을 총 4,500,000원을 지원하였음. ○ 4차년도 사업기간 동안 참여대학원생 1인당 논문환산보정 IF는 0.1429편(목표 대비 75.1% 초과), 1인당 논문환산보정 ES는 0.4319편(목표 대비 424.8% 초과), 1편당 환산보정 IF는 0.7143(목표 대비 40.4% 초과), 그리고 참여 대학원생의 논문실적의 Q1 비율을 68.53%(목표 대비 76.6% 초과)의 실적을 보여 질적으로 크게 향상되어 논문의 질이 매우 우수하다는 것을 의미함. ○ 4차년도 대학원생 1인당 논문환산편수가 0.2000으로(목표 대비 -20.9%), 1인당 학술대회 발표논문 환산편수는 1.6184편(목표 대비 -29.9%)의 실적을 보여 목표에는 미달되었는데 이는 사업초기에 비해 참여대학원생수가 대폭 증가했고 학회참여경비의 높은 상승으로 인한 발표참여부진을 원인으로 볼수있음.
연구역량 영역 성과	○ 4차년도 사업기간 동안, 참여교수 1인당 논문환산편수 1.87(목표 대비 4% 초과), 1인당 논문의 환산보정 IF는 1.32(목표 대비 35% 초과), 1인당 논문의 환산 보정 ES는 3.53(목표 대비 125% 초과), Q1 비율 70%(목표 대비 17% 초과), 상위 10% 논문비율은 39%(목표 대비 28% 초과)로 모든 목표 지표들을 모두 초과달성함. ○ 특히, 연구결과의 최상급 정성적 지표라 할 수 있는 상위10% 논문 비율과 상위25% 논문비율의 지표인 Q1 논문비율 또한 각각 39%와 70%로 증가한 결과는 본 교육단의 연구진의 질적 연구성과가 계속해서 높아지고 있음을 방증함. ○ 교육연구단은 현재 연구진의 세대교체가 진행 중으로 5년차 미만의 신입교수들이 합류하였는데 상위 10% 논문비율과 Q1비율을 감안하면 연구의 질적수준이 증가하여 향후 2-3년내 훌륭한 성과를 낼 수 있을 것으로 기대됨. ○ 1인당 연평균 특허등록건수 목표를 기존 BK21 3단계의 0.6건 대비 33% 증가한 0.8건 달성 (최종연도 기준)으로 설정하였으며, 4차년도에는 1인당 특허 등록 건수가 0.82로 목표 대비 0.02건 상회 하였으며, 지속적으로 교수당 특허 출원수가 1.8건 이상을 달성하고 있으므로 남은 기간도 역시 특허 등록 목표 보다 높은 실적 달성 가능할 것으로 전망됨. ○ 참여교수 1인당 연평균 기술이전 건수는 기존 BK21 3단계의 0.2건 대비 50%가 증가한 0.3건으로 목표를 설정하였으며, 1-3차년도에는 연평균 교수 1인당 0.17건을 달성하였고, 3,500만원의 기술료 수입을 달성하였다. 4차년도에는 연평균 기술 수입료가 교수 1인당 1,200만원의 지난 연평균 수치보다 감소하였으나 기술이전 건수는 0.32로 목표 대비 상회하였음. ○ 참여교수 1인당 정부연구비는 4차년도 1.75억원 수주를 목표로 하였으나 실제로는 1인당 3.39억을 수주하여 94% 초과달성하였고, 참여교수 1인당 산업체 연구비는 4차년도 0.26억원 수주를 목표로하였으나, 실제로 0.48억원을 수주하여 85% 초과달성하였음.
달성 성과 요약	○ 참여교수 수는 3단계 12명에서 4단계 22명으로 83.3%으로 증가했고, 참여대학원생 수는 3단계 79명에서 4단계 1차년도 113명, 2차년도 1학기 126명, 2차년도 2학기 131명, 3차년도 1학기 135명, 3차년도 1학기 136명, 4차년도 1학기 147명으로 지속적으로 증가하고 있음. ○ 4차년도 사업기간 동안 참여대학원생 1인당 논문환산보정 IF는 0.1429편(목표 대비 75.1% 초과), 1인당 논문환산보정 ES는 0.4319편(목표 대비 424.8% 초과), 1편당 환산보정 IF는 0.7143(목표 대비 40.4% 초과), 그리고 참여 대학원생의 논문실적의 Q1 비율을 68.53%(목표 대비 76.6% 초과)의 실적을 보여 질적으로 크게 향상됨. ○ 4차년도 사업기간 동안, 참여교수 1인당 논문환산편수 1.87(목표 대비 4% 초과), 1인당 논문의 환산보정 IF는 1.32(목표 대비 35% 초과), 1인당 논문의 환산 보정 ES는 3.53(목표 대비 125% 초과), Q1 비율 70%(목표 대비 17% 초과), 상위 10% 논문비율은 39%(목표 대비 28% 초과)로 모든 목표 지표들을 모두 초과달성함.

	○ 특히, 연구결과의 최상급 정성적 지표라 할 수 있는 상위10% 논문 비율과 상위25% 논문비율의 지표인 Q1 논문비율 또한 각각 39%와 70%로 증가한 결과는 본 교육단의 연구진의 질적 연구성과가 계속해서 높아지고 있음을 방증함. ○ 1인당 연평균 특허등록건수 목표를 기존 BK21 3단계의 0.6건 대비 33% 증가한 0.8건 달성 (최종연도 기준)으로 설정하였으며, 4차년도에는 1인당 특허 등록 건수가 0.82로 목표 대비 0.02건 상회 하였으며, 지속적으로 교수당 특허 출원수가 1.8건 이상을 달성하고 있으므로 남은 기간도 역시 특허 등록 목표 보다 높은 실적 달성 가능할 것으로 전망됨. ○ 참여교수 1인당 연평균 기술이전 건수는 기존 BK21 3단계의 0.2건 대비 50%가 증가한 0.3건으로 목표를 설정하였으며, 1-3차년도에는 연평균 교수 1인당 0.17건을 달성하였고, 3,500만원의 기술료 수입을 달성하였다. 4차년도에는 연평균 기술 수입료가 교수 1인당 1,200만원의 지난 연평균 수치보다 감소하였으나 기술이전 건수는 0.32로 목표 대비 상회하였음. ○ 참여교수 1인당 정부연구비는 4차년도 1.75억원 수주를 목표로 하였으나 실제로는 1인당 3.39억을 수주하여 94% 초과달성하였고, 참여교수 1인당 산업체 연구비는 4차년도 0.26억원 수주를 목표하였으나, 실제로 0.48억원을 수주하여 85% 초과달성하였음.
미흡한 부분 / 문제점 제시	○ 4단계 사업 예산작성시 참여대학원생수를 120명으로 계상되었으나 4차년도에 147명으로 27명이나 증원되어 인건비 상승에 따른 사업 부담이 크고 1인당 성과지표들이 목표 대비 달성률에 부담으로 작용됨. (예, 대학원생 1인당 논문환산편수 달성률 - 20.9 %과 학술대회 발표논문환산편수 달성률 - 29.9%) ○ 4차년도 대학원생 1인당 학술대회 발표논문환산편수는 1.6184로 목표 2.3107 대비 - 29.9%으로 낮은 편임. ▶ 사업초기에 비해 참여대학원생의 대폭 증가하였으나 참여비용증가에 따른 학술대회 발표지원예산이 제한적이어서 1인당 발표논문환산편수가 낮은 이유임. ○ 1-3차년도에는 연평균 기술 수입료가 교수 1인당 0.17건을 달성하였고, 3,500만원의 기술료 수입을 달성하였으나, 4차년도에는 연평균 기술 수입료가 교수 1인당 1,200만원의 지난 연평균 수치보다 감소하였음. ▶ 최근 석유화학 관련 산업의 장기적 불황으로 인하여 기술료 등의 감소가 초래된 것으로 사료됨.
차년도 추진계획	○ 5차년도 참여대학원생 목표치는 1인당 논문환산 편수는 0.2416편, 1인당 환산보정 IF는 0.0829, 환산보정 ES는 0.0836, 환산논문 1편당 IF는 0.5176, 참여대학원생 논문실적의 Q1 비율은 39.4938%, 대학원생 1인당 학술대회 발표논문 환산편수는 2.3511임. ○ 5차년도 참여교수 1인당 논문환산 편수는 1.8213편, 교수1인당 논문 환산보정 FWCI은 1.9142, 교수1인당 논문환산보정 IF는 1.0247 , 환산보정 ES는 1.5874, Q1 비율은 58.30% , 상위10% 논문 비율(%) 29.90임. ○ 5차년도 참여교수 1인당 정부연구비는 1.782억원 수주를 목표로 하고, 산업체 연구비는 0.264억원 수주 목표임. ○ 1인당 기술이전 최종목표는 0.3건, 특허등록건수 최종목표는 0.8건임. ○ 5차년도에는 신입교수들의 적극적인 참여와 활발한 국제연구 및 국제학회의 교류를 통해 정량, 정성적 지표 및 성과가 더 좋아질 것으로 기대함.

1. 교육연구단장의 교육·연구·행정 역량

성명	한글	영문
소속기관	부산대학교 공과대학원 응용화학공학부	

1.1. 교육 및 행정 역량

- 교육연구단장을 맡은 부산
대학교 화학공학과 교수로 재직 중이다.
- 부산대학교 화학공학과 학부와 대학원 강의를 맡으면서 학부용 “Koretsky 열역학” 교재를 번역하고 출판사의 도움으로 강의자료 플랫폼을 제작하였으며, 대학원 전기전자재료 교과목 교재로 사용가능한 Book chapter (Light-emitting Electrochemical Cells, Springer 출판사) 집필에도 참여하여 학생들에게 폭넓고 다양한 학습의 기회를 제공하기 위해 꾸준히 노력하였다.
- 또한, 산학협력 교육프로그램의 일환으로 엘지하우시스와 공동으로 대학원 과정을 개설하여 강의하는 등 산업체 인력의 재교육에도 많은 노력을 기울였다.
- 부산대학교 대학원 화학공학과장을 2002년에서 2007년까지 5년 동안 맡았으며, 또한 공과대학 응용화학공학부장을 2003년에서 2004년까지 1년 동안 맡아 각종 교육행정업무를 총괄한 경력이 있어 교육연구단장으로 수행하기에 충분한 리더십과 경험이 있다.

1.2. 연구 역량

- 주요연구는 유기발광소재 중에서 새로운 분야로 분류되는 발광전기화학전지(Light-emitting Electrochemical Cells, LEC)용 유기발광소재 합성과 친환경 수송기기 구조체 및 부품 접합에 적용 가능한 고강도 고기능성 접착소재 두 분야에 집중하고 있으며, 발광전기화학전지용 소재합성분야는 국내에서 아직 생소한 주제이며 세계적으로 부산대를 포함하여 약 5개의 연구그룹이 연구를 주도하고 있으며, 고강도 구조용 접착소재는 수송기기 분야에서 다중소재로 구성된 구조체 및 부품 적용 확대로 글로벌 시장에서 기술 수요가 급격하게 증가되고 있는 분야로, 독일 및 일본의 다국적 기업인 스트라톨과 카네카와의 오랜 기간의 기술 교류로 국내 기술을 선도하여 왔으며 다양한 산업체에 기술을 제공하였다.
- 발광전기화학전지용 유기발광소재 합성 분야는 국내에서는 아직 연구하는 연구기관이 없으며, 주로 해외 연구기관과 정보를 교류하고 있으며, 그 중에서 스페인에 있는 IMDEA Materials Institute(마드리드)와 교류하면서 book chapter (Light-emitting Electrochemical Cells(LEC), Springer 출판사)를 공동 집필하는 계기가 되었으며, LEC용 발광소재 중에서 small molecules 발광소재 연구로 새롭게 한 분야를 개척하고 있다.
- 교육부, 과기부, 산업부, 중기부, 지자체 지원 국가연구개발사업과 산업체 연구과제 다수를 수행하였으며, 연구 결과물로 SCI 논문은 180여편 이상을 발표하였고, 약 33건의 국내외 특허출원/등록을 하였으며, 다수의 기술이전으로 약 24억원의 기술료 수입을 달성하였다.

- 특히, 과기부 “해외우수연구소유치사업”으로 접착소재와 표면처리 분야에서 세계 최고의 기술을 보유한 독일 프라운호프(Fraunhofer)-IFAM(Institute for Manufacturing Technology and Advanced Materials) 연구소와 약 7년간의 공동연구를 수행하였으며, 양자간 학생교환 프로그램 운영으로 학생들에게 세계최고수준의 접착소재 및 표면처리 랩에서 협업하는 경험을 쌓게 하였으며, 과기부와 지자체의 지원으로 부산대에 프라운호프 연구소 분소인 PNU-IFAM을 설립하였다.
- 또한, 과기부 대형과제인 “글로벌프론티어사업”의 세부책임자로 약 8년간의 연구를 수행하면서 구조용 접착제 분야에서 세계적 수준의 원천 기술력 확보로 약 10여 건의 해외특허를 출원하는 계기가 되었으며, 이러한 원천기술을 바탕으로 다수의 국내기업에 기술자문 및 기술이전 실적을 달성하였다.
- 학회 활동으로는 한국화학공학회 정회원 및 한국공업화학회 평의원이면서 최근 주요 학회활동은 다음과 같다.
 - 2017 Korea/Japan/Taiwan Chemical Engineering Conference (2017.12.12.-14), Chairman
 - 2018 International Joint Symposium on Chemical Industry Applications (2018.08.17.-21), Chairman

1.3. 국제협력 및 산학협력 역량

- 글로벌 기업과의 국제연구협력을 오랜 기간 유지해왔으며, 특히 독일 Strucktol, 일본 Kaneka 등의 기업과 꾸준히 교류 중이며, 그 협력 결과물을 다양한 국내의 대기업 및 중소기업에 성공적으로 기술 이전하여 상용화하는 계기를 마련하였다.
- 특히, 고성능 코팅제 및 접착제의 세계적인 중간체 공급업체인 독일의 Strucktol 기업과 해외 공동연구협약 MOU를 맺고(과기부 글로벌프론티어 사업과 연계) 약 10년간의 산학협력 관계를 유지하면서, 다양한 종류의 고기능성 접착제 중간체에 대한 성능 평가방법과 적용방법에 대한 공동연구를 수행하고 있으며, 특히 독일 현지 연구소에서 개발하는 중간체에 대한 공동평가를 수행하여 그 결과물을 국내 기술 개발과 상용화에도 활용하고 있다.
- 과기부 “글로벌프론티어 사업” 수행으로 국내 대기업을 비롯하여 다양한 분야의 산업체에 고강도 접착제 관련기술을 기술자문, 기술이전 또는 협력연구 형태로 지원하였으며, 삼성전기, 엘지화학, 포스코인터내셔널 등의 기업에는 기술자문 및 특강 형태로 지원하였다.
- 대표적 기술이전 실적으로는, 차세대 친환경 수송기기 구조체에 적용 가능한 고강도 구조용 접착제 개발 성공으로 (주)동성화학, (주)새론테크 등 여러 기업에 약 12억원의 기술료로 기술이전을 수행하였다. 높은 접착강도와 저온에서 우수한 내충격 특성을 가지는 구조용 접착제는 세계 시장규모가 약 2조원에 달하는데, 소수의 글로벌 기업이 세계 시장을 독점하고 있는 상황이며, 향후 개발결과를 바탕으로 세계 시장에서 충분히 기술경쟁력을 확보할 예정이다.
- 대표적인 사업화 실적으로는, “글로벌프론티어사업”의 고성능 구조용 접착제 연구 성과를 활용하여 포스코인터내셔널, 현대모비스, 현대기아자동차 등과 협업하여 친환경차용 동력모터

를 개발하는 프로젝트를 수행하였으며, 용접 대신에 접착제를 활용한 세계 최초의 동력모터 개발로 포스코인터내셔널의 경우 연 3천억원 이상의 매출증대 및 고용창출 효과를 달성하였다. 또한, 폭스바겐, GM 등 해외기업에도 연구결과물이 적용되기 시작하여 해외까지 우리의 원천기술이 파급되는 효과를 기대할 수 있게 되었다.

- 이를 종합해 보면, 본 교육연구단의 단장은 교육에서 기술의 원천개발과 사업화에 이르기까지 다양한 활동과 경험을 보유하고 있다고 사료되며, 구체적으로는 교육행정역량, 연구역량, 국제협력역량, 산학협동역량, 사업화 역량 등을 골고루 충분히 갖추고 있어서 4단계 BK21 사업의 교육연구단장의 자질로 적합하다고 판단된다.

2. 대학원 학과(부) 소속 전체 교수 및 참여연구진

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

대학원 학과(부)	학기	전체교수 수	참여교수 수	참여비율(%)	비고
응용화학공학부	2023년 2학기	29	22	75.56	
	2024년 1학기	28	22	78.57	

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

연번	성명	변동 학기	전출/전입	변동 사유	비고
1		2024년 1학기	전출	이직	
2					
3					
4					

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

대학원 학과(부)	참여 인력 구성	대학원생 수											
		석사			박사			석·박사 통합			계		
		전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)	전체	참여	참여 비율 (%)
응용화학 공학부	2023년 2학기	124	79	63.70	39	23	58.97	37	34	91.89	214	136	63.55
	2024년 1학기	153	89	61.37	41	23	56.09	40	35	87.5	234	147	62.82
참여교수 대 참여학생 비율					6.4318								

2. 교육연구단(팀)의 비전 및 목표 달성정도

2.1 교육연구단의 비전 및 목표 (교육, 연구, 국제화 등) 대비 실적

- 본 교육연구단은 3단계 BK21 사업을 통해서 화학 신기술 분야에서 국가의 미래 산업 및 지역의 혁신전략 추진사업에 부응하여 국제 경쟁력을 갖춘 창의인재를 양성하였다. 이번 4단계 BK21 사업에서는 이전 사업에서 제시한 인재상의 연장선에서 “**멀티스케일 융합 화공인(人) (Multi-scale Integrated Chemical Engineer)**”을 양성하는 것을 최종비전으로 설정하였다(그림 I -1).
- 멀티스케일 융합화공이란, 화학공학분야에서 3M (Macroscopic, Microscopic, Molecular, 즉 거시적, 미시적, 분자수준)의 멀티스케일 개념(그림 I -2)을 이해하고 이를 자유롭게 응용 및 융합할 수 있는 인재를 의미한다. 또한 화학공학 안에서 다양한 연구주제를 응용 및 융합할 수 있는 인재이기도 하다. 이러한 최종비전을 달성하기 위해서 교육과 연구에 대한 세부적인 목표를 제시하였다. 또한 이를 추진하기 위해서 교육과 연구 분야에서 구체적으로 **3In(人) × 3In(引)**이라는 추진전략을 제시하였다(그림 I -1). 이러한 노력을 통해서 본 교육연구단은 멀티스케일 융합 화공인재 양성이라는 비전아래 세계 정상권 대학원으로 발돋움하려고 한다.



그림 I -1. 교육연구단의 비전, 목표, 추진전략

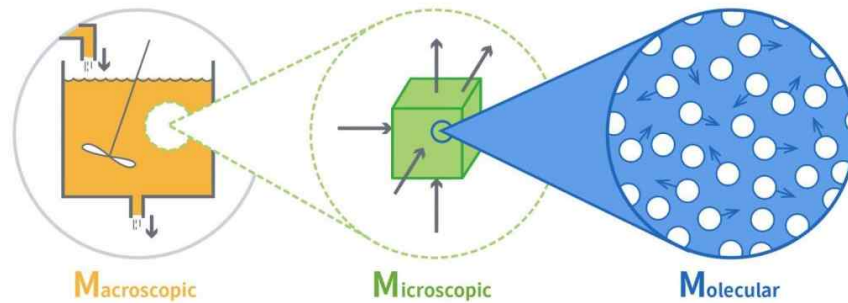


그림 I -2. 화공분야에서의 멀티스케일인, 3M, 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준(Molecular) 개념도

(1) 교육 목표와 추진전략

① 교육목표

- 본 교육연구단은 3단계 BK21 사업을 통해서 화학 신기술 분야에서 국가의 미래 산업 및 지역의 혁신전략 추진사업에 부응하여 국제 경쟁력을 갖춘 창의인재를 양성하였다. 한편, 최근 4차 산업혁명이 이슈화되면서 주요 선진국은 적극적으로 이를 대응하고 있다. 우리나라도 2017년 대통령 직속 4차 산업혁명위원회를 설립하여 대응하고 있다. 본 교육연구단도 4차 산업혁명에 대응하여 세계적 추세 및 우리나라 실정을 고려하여 교육 프로그램을 준비하고, 이를 바탕으로 인력을 양성함으로써 화공분야에서 세계적 수준의 능력을 갖춘 인력양성에 매진할 것이다.
- 따라서 본 교육연구단의 교육목표는 국가의 미래 산업 및 지역의 혁신전략 추진사업에 부응하고, 동남권(부산·울산·경남) 지역에서 **“화학 4차 산업혁명을 이끄는 미래지향적 화공인(人)”**을 양성하는 것을 최종목표로 설정하였다. 이를 위해 본 교육연구단은 다음과 같은 세 가지 능력, **3In(人)**을 가진 미래인재를 양성하려 한다. 본 교육연구단이 제시하는 세 가지 능력이란, 다양한 화공 관련분야를 융합(Integration), 지능(Intelligence), 연결(Interconnection)하는 능력을 의미한다.
- **융합(Integration)**이란 타 분야의 강점을 본인의 연구 분야에 도입하여 새로운 가치를 이끌어내는 능력으로 당면한 문제를 해결하고 이를 통합할 수 있는 융합적 사고능력을 기반으로 한다. **지능(Intelligence)**은 4차산업에 대응할 수 있는 화공정보에 대한 능력 함량을 기반으로 한다. 마지막으로 **연결(Interconnection)**은 급변하는 국제사회 및 국가가 당면한 문제(청정 환경, 기후변화 등)를 해결하기 위해 국가의 미래 산업 및 국제사회와 상호작용할 수 있는 능력, 지역사회 및 지역산업의 요구에 대응할 수 있는 상호작용 능력을 기반으로 한다. 이러한 교육목표를 통하여 본 교육연구단은 미래 화공분야에서 요구하는 미래지향적 인재를 양성하려고 한다.

② 교육 추진전략

- 4단계 BK21 사업에서 본 교육연구단의 목표는 **멀티스케일 융합 화공 미래인재**를 양성하는 것이다. 이를 위해서 **3In(人)** 추진전략을 제시한다. 즉, 융합(Integration), 지능(Intelligence), 연결(Interconnection) 능력을 갖춘 인재(人材)를 양성하려한다.
- **융합(Integration)**능력 함양을 위해 3단계 BK21사업을 수행하면서 통합 운영 중인 화학공학전공 및 고분자공학전공(화학공학·고분자공학과)에 소재분야를 더욱 강화함으로써 대학원생들에게 더

육 양질의 교육을 제공하기 위해 유기소재시스템공학과를 세부 전공 구분 없이 **응용화학공학부로 완전 통합** 하고자 한다. 미래지향적 커리큘럼을 통해 사업단 소속 대학원생은 보다 폭넓은 화공전공지식을 융합(Integration)하는 능력을 갖추게 된다. 또한 넓고 다양해진 화공전공 교과목을 기반으로 **6개의 전공핵심 트랙**(공정/화공소재 물리/ 화공소재 화학/화공정보/에너지-환경/바이오)을 운영하여 국제, 지역사회가 요구하는 이머징(emerging) 분야의 인재를 양성한다. 또한 화공분야에서 4차 산업 대응 인재 양성에 필수적인 지능(Intelligence) 능력 함양을 위해 **화공정보트랙**을 신설 운영하여 디지털교육을 통해 4차 산업 맞춤형 인재를 양성하고, 지역산업·사회 나아가 국제사회와 상호작용하고 연결(Interconnection) 능력을 갖춘 멀티스케일 융합화공 미래인재를 양성하는 것을 목표로 한다.

- ▶ 2023년 9월부터 응용화학공학부로 완전 통합하여 **6개의 전공핵심트랙**을 중심으로 이루어진 교과목을 표 II-1에 나타내었다. 2023년 2학기 14과목(응용화학공학 콜로키엄 제외), 2024년 1학기에 12과목(응용화학공학 콜로키엄 제외), 2022년 2학기에 14과목(응용화학공학 콜로키엄 제외), 2023년 1학기에 13과목(응용화학공학 콜로키엄 제외), 2023년 2학기 13과목, 2024년 1학기 12과목이 6개의 전공트랙에 다양하게 과목이 개설되었다. 또한 20명이상이 수강한 과목이 2021년 2학기 5과목, 2022년 1학기 9과목, 2022년 2학기 7과목, 2023년 1학기 8과목, 2023년 2학기 7과목, 2024년 1학기 8과목으로 응용화학공학부로 통합하면서 학생들에게 다양한 과목을 제공하고 있다는 것을 알 수 있다.
- ▶ **화공정보트랙** 분야에 7개의 과목(표 II-1)을 개설하였다. 한편, 4차 산업 맞춤형 인재를 양성하는 화공정보트랙에 좀 더 많은 과목들이 개설될 필요가 있어 보인다.

표 II-1. 전공트랙별 개설 교과목

전공 트랙	2020년 2학기		2021년 1학기		2021년 2학기		2022년 1학기		2022년 2학기	
	과목	수강 인원	과목	수강 인원	과목	수강 인원	과목	수강 인원	과목	수강 인원
공정	고분자레올로지	21	공정최적화	15	이동현상특론	10	유변학특론	12	공정최적화	8
					나노공정특론	8				
	유기소재반응론	23	유변학특론	27	고분자가공특론	19			그린섬유공정	30
					유기소재시스템특론	24				
화공 소재 물리	고분자물성특론(II)	23	고분자물성특론(I)	39	고성능고분자	24	고분자재료역학	37	고분자복합재료	23
					광전특성고분자	24			고분자물리화학특론	41
	전기전자재료특론	14	고분자구조해석	33	유기나노구조특론	16	유기소재물성특론	20	표면현상론	14
					광기능소재특론	11	섬유형성공학	34	중합반응론	20
화공 소재 화학	고분자합성특론(I)	29	기능성고분자	16	재료공학특론	11	고분자합성특론(II)	33	유기박막소재특론	12
	유기소재개질특론	25	유기화학특론	30	촉매공학특론	18	탄성체공학	21	나노유기소재특론	21
	화공소재특론	12	나노섬유공학특론	25					유기소재착색특론	12

에너지 환경	전지공학 특론	21	-		고분자계면	35	환경친화 성고분자	35	전지공학특 론	25
							바이오에 너지공학	19		
	탄소소재 특론	31					에너지소 재특론	25	친환경그린 섬유개론	27
							탄소소재 특론	33		
바이 오	생물분자 설계	20	생물화학공 학특론	33	대사공학특론	13	단백질공 학특론	26	생물화학공 학특론	14
	환경미생 물공학	8	기능성바이 오소재특론	23					나노바이오 공학특론	10
			미생물바이 오리파이너 리	25						
화공 정보	수치및통 계해석	7	유기신소재 분자설계	29	공정모델링및모사	14	반응속도 론	12	기능성유기 재료특론	8
	고분자특 성결정	22			유기나노융합기술 (중개연구방법론)	26				

전공 트랙	2023년 1학기		2023년 2학기		2024년 1학기	
	과목	수강인원	과목	수강인원	과목	수강인원
공정	고분자레올러지	35	-		공정최적화	15
	유변학특론	11	-		그린섬유공정	29
화공 소재 물리	유기나노구조특론	20	고분자구조해석	21	고분자물성특론(I)	33
	유기나노소자특론	26	광기능소재특론	20	유기소재시스템물리특론	19
			그린섬유집합체특 론	20		
화공 소재 화학	고분자합성특론(I)	25	기능성고분자	24	유기화학특론	22
	무기고분자	18	-			
		-	-			
에너지 환경	섬유형성공학	25	에너지소재특론	24	고분자계면	23
					바이오에너지공학	25
	신재생에너지공학	18	친환경산업과섬유 기술	25	섬유강화복합재료특론	25
	환경공학특론	22	친환경탄소소재공 정특론	17	전지공학특론	28
바이 오	생체및의료용고분 자	28	생물화학공학특론	18	단백질공학특론	26
	유기바이오소재특 론	23	환경미생물공학	10	미생물바이오리파이너리	5
			-			
화공 정보	공정모델링및모사	14	고등기기분석특론	15	수치및통계해석	9
	데이터분석특론	12	고분자특성결정	26		
			전산소재공학특론	11		
			화공수학특론	14		

③ 교육 분야 구체적 미래목표와 평가기간 (2023년 9월~2024년 8월) 동안 실적

가. **대학원생 배출:** 최고급 멀티스케일 융합 화공인재를 총 사업기간 동안 석사 350명, 박사 93명을 배출하고, 21명의 박사후 연구원을 양성할 계획이다. 특히, 매년 박사배출을 꾸준히 증가시켜서 **최종년도 기준 16명의 박사를 배출**하는 것을 목표로 설정하였다. 이는 최근 4년간 배출 평균인 박사 11명 기준 약 **45% 향상**된 것으로, **박사과정 중심으로 대학원을 전환**할 예정이다.

▶ 4차년도 사업기간 동안 석사 37명, **박사 9명을 배출**하였고, 박사 배출 4차년도 목표 13명 대비 69.2% 달성하여 다소 미흡했다. (년도별 대학원 박사 배출실적은 2021년 8명, 2022년 8명, 2023년 7명이다.) 하지만 매년 박사과정 학생의 입학이 꾸준히 늘고 있고, 기존 사업의 목표인 박사과정 중심으로 대학원을 전환한다는 목표를 볼 때, 2022년 9월 기준 확보 대학원생수가 134명에서 2024년 3월 기준 147명으로 9.7% 증가하였고, 박사과정 학생 역시 2022년 9월 기준 51명에서 2024년 3월 기준 58명으로 13.7% 증가하였다는 것을 아래 그림에서 볼 수 있다. 또한, 전체대학원생 기준 박사생의 비율이 38%에서 41%로 증가한 것은 박사과정 중심으로 대학원이 전환되고 있다는 수치로 해석될 수 있다.

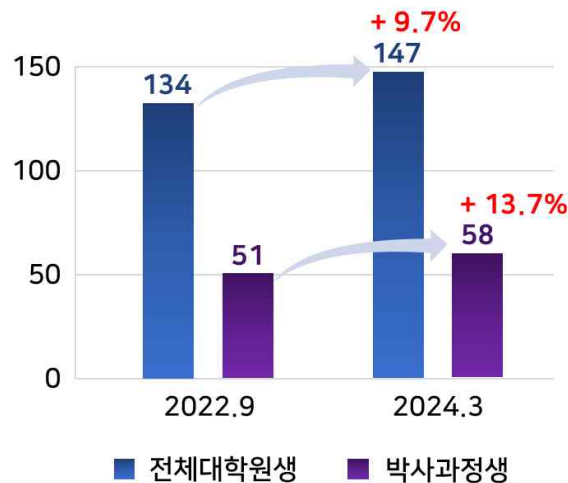


그림 I-3. 전체 대학원생 수 및 박사과정생 수

나. **대학원생의 국제화:** 국제화된 창의인재를 양성하기 위하여 참여대학원 모든 학생에게 국제학술회의에 참여하여 논문을 발표할 수 있는 기회를 제공할 예정이다. 이를 위하여 매년 **75명의 대학원생에게 1인당 100만원**을 지원할 예정이다. 이러한 지원을 통하여 **대학원생 1인당 학술대회 발표논문 환산편수는 2.44편**을 달성할 예정이다. 또한 우수대학원생에게는 국제학술회의 참여 기회이외에도 해외연수를 **장(2개월 이상)·중(1개월 이상)·단기(15일 이상)로 세분화**하여 지원할 예정이다. 이를 위하여 **매년 4~8명의 우수 대학원생**을 선별하여 지원할 계획이다. 이러한 장·중·단기 해외연수지원을 통해서 3단계 BK21 사업을 통해서 꾸준히 이루어진 본 교육연구단 소속의 대학원생의 국제화 교육을 4단계 BK21 사업에서도 지속적으로 향상시켜 나갈 것이다. 또한 이러한 장·중·단기 해외연수는 질 높은 국제공동연구를 할 수 있는 기회가 될 것이다.

▶ 4차년도 사업기간(2023년 9월~2024년 8월)동안 참여대학원생 32명에게 국제학술대회 비용(항공료 + 체재비 + 등록비 등) 총 51,974,593원을 지원하였다. 대학원생 1인당 학술대회 발표논문환산편수는 4차년도 1.6184로 목표 2.3107 대비 - 29.9%으로 낮은 편이다. 이는 사업

초기에 비해 참여대학원생의 대폭 증가하였으나 참가비용의 인상에 따른 학술대회 발표지 원예산이 제한적이어서 1인당 발표논문환산편수가 낮은 이유이다. 또한, 아래 표처럼 평가 기간동안 **해외연수를 총 7건 (장기 1건, 단기 6건)** 진행하였다. 장기 연수가 대폭 증가한 것을 볼 수 있으며, 앞으로도 본 사업단 자체적으로 대학원생들의 더 많은 해외연수를 적극적으로 지원할 예정이다.

표 II-4. 4차년도 참여대학원생 해외연수 실적

구분	성명(지도교수)	기간	국가	파견 장소
1		2023.06.24.-2023.12.03.	미국	University of California, San Diego(UCSD)
2		2024.01.20.-2024.02.27.	미국	Texas A&M University
3		2023.08.01.-2023.09.30.	영국	University of Cambridge
4		2024.01.03.-2024.02.23.	영국	University of Cambridge
5		2024.03.23.-2024.05.03.	미국	Texas A&M University
6		2023.12.25.-2024.01.14.	미국	Georgia Institute of Technology
7		2024.05.13.-2024.05.28	미국	University of Delaware

다. 대학원생 연구의 질 향상: 멀티스케일 융합 화공인재의 중요지표인, 대학원생 연구의 질을 제고하기 위하여 최종년도 기준으로 참여대학원생 **1인당 논문환산 편수는 0.25편, 환산논문 1편당 환산보정 IF는 0.54**, 그리고 참여대학원생의 **논문실적의 Q1 비율을 41.1%**로 설정하였다. 이를 위하여, 본 교육연구단에서는 다양한 성과급 제도를 마련하였다. Top 10%에 해당하는 논문을 발표하거나 환산보정 IF 합계가 우수한 대학원생에게 성과급을 지급할 예정이다. 또한 앞에서 언급하였듯이 장·중·단기해외 연수를 통해 국제적으로 우수한 연구그룹과의 공동연구를 진행하여 연구의 질을 높일 예정이다. 그리고 본 사업의 효율적 추진을 위하여 단계별 연구목표를 설정하여 사업의 중간 목표 점점을 철저히 수행할 계획이다.

- ▶ 4차년도 성과지표 목표는 참여대학원생 **1인당 논문환산 편수는 0.2530편, 환산논문 1편당 환산보정 IF는 0.5089**, 그리고 참여대학원생의 **논문실적의 Q1 비율을 38.80** 로 설정하였다. 4차년도 평가기간 (2023년 9월~2024년 8월)의 1인당 논문환산편수의 달성율은 -20.9%로 연구의 양적 목표를 달성하지 못하였으나, 연구의 질을 나타내는 지표인 1인당 논문의 환산보정 IF (+75.12%), 1인당 논문의 환산보정 ES(+424.78%), 논문실적의 Q1 비율(+76.60%)의 경우 목표치 대비 크게 초과달성하였다. 특히 1인당 논문환산편수가 20.9% 감소된 상황에서 논문의 Q1비율이 76.7%로 증가하였다는 사실은 본 교육연구단의 대학원생들의 연구가 질적으로 크게 향상되고 있다는 것을 보여준다.

표 II-15. 4차년도 대학원생 연구 목표 및 2024 성과

실적 지표	4차년도 목표	4차년도 성과	목표달성률
대학원생 1인당 논문환산편수	0.2530	0.2000	-20.9% 미달
대학원생 1인당 논문의 환산보정 IF	0.0816	0.1429	75.1% 초과
대학원생 1인당 논문의 환산보정 ES	0.0823	0.4319	424.8% 초과
1편당 환산보정 IF	0.5089	0.7143	40.4% 초과
참여대학원생 논문실적의 Q1 비율(%)	38.80	68.53	76.6% 초과
대학원생 1인당 학술대회 발표논문 환산편수	2.3107	1.6184	-29.9% 미달

(2) 연구목표와 추진전략

① 연구목표

- 본 교육연구단은 1, 2 및 3단계 BK21 사업을 통해서 동남권을 대표하는 화공 연구단으로 성장하였으며(가장 최근인 3단계 BK21사업에서 최종 지역대학 종합평가 1위), 또한 기술이전 및 산학공동연구를 통해 지역산업 및 사회문제해결에 탁월한 기여를 하였다. 최근 4차 산업혁명시대에서 요구되는 디지털 기술을 기반으로 한 융합/연결/지능화된 혁신기술 개발에 대응하기 위하여 3In(引) 전략, 즉 융합(Integration), 국제화(International) 및 파급(Influence) 연구를 통해 “화공 융합 분야를 견인(引)하는 글로컬(Glocal) 교육연구단으로 성장”하는 것을 목표로 설정하였다.
- 융합(Integration)이란 소재/공정/전산/응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준(Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하는 것이다. 국제화(International)란 교수 및 학생 장·중·단기 파견을 통해 글로벌 네트워크 구축 및 국제공동연구역량을 강화하는 것이다. 마지막으로 파급(Influence)이란 위와 같은 국제공동연구 및 융·복합연구를 바탕으로 연구의 질적 능력을 고도화하고 지역사회 문제 해결에 기여할 수 있는 혁신적 기술을 창출하는 것이다. 이러한 연구 비전을 통하여 본 교육연구단은 미래 화공융합분야를 선도하는 글로컬(Glocal) 교육연구단으로 성장하고자 한다.

② 연구 추진전략

- 4단계 BK21 사업에서 본 교육연구단의 연구목표는 3In(引)의 전략, 즉 융합(Integration), 국제화(International) 및 파급(Influence) 연구를 통해 화공 융합 분야를 견인(引)하는 글로컬(Glocal=Global + Local) 교육연구단으로 성장하는 것이다.
- 융합(Integration) 연구를 위해 교육에서 강조했던 6개의 연구핵심 트랙(공정/화공소재 물리/화공소재 화학/화공정보/에너지-환경/바이오)으로 연구를 분류하고 전공트랙 내부 그리고 다른 트랙간의 공동연구 활성화를 통해 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합연구를 강화하는 것이다. 국제화(International) 연구는 해외 우수연구기관과의 인적교류 및 국제공동연구 활성화를 통하여 선도형

연구를 진행함으로써 과학적 위상이 높은 우수논문을 게재하고 글로벌 네트워크를 형성하는 것이다. 마지막으로 파급(Influence)이란 융합연구 및 국제화연구를 통해 연구의 질적 성과를 극대화하여 화공분야 QS랭킹 100위권 수준의 교육연구단으로 성장하는 것이다. 더불어, 본 교육연구단에서 보유한 원천핵심기술을 지역산업에 이전하여 지역 경제의 부흥, 소재/부품/장비의 자립화에 일익을 담당함은 물론 미래지향적 적응 능력을 겸비한 화공인재 배출을 통해 지역사회 문제 해결에 기여하도록 한다.

③ 연구 분야 구체적 미래목표와 평가기간 (2023년 3월~2024년 8월) 실적 분석

가. 논문의 질적 우수성 극대화: 앞의 분석결과를 바탕으로 본 교육연구단은 4단계 BK21 사업에서 논문의 질적 우수성을 극대화시키는 데 역량을 집중할 계획이다. 먼저 최종년도 기준으로 논문의 정량적 평가지표인 1인당 논문환산편수는 과거 5년간(2015-2019)의 평균 실적이었던 1.81 수준과 비슷한 1.82을 유지할 예정이다. 논문의 편수보다는 연구의 질적 향상에 집중할 계획이다. 논문의 편수에 집중하다보면 연구의 질이 떨어지는 경향이 있기 때문이다. 그리고 연구의 질을 평가하는 정성지표를 과거 5년간(2015-2019)의 평균 실적을 바탕으로 1인당 환산보정 IF는 1.07, 1인당 환산보정 ES는 1.65, JCR 분야별 상위 25%에 해당하는 Q1 논문의 비율은 60%로, 그리고 분야별 상위 10% 논문의 비율은 31%로 설정하였다. 이를 토대로 4차년도(2023.09-2024.08) 연구 성과지표 목표는 1인당 환산논문편수는 1.79, 1인당 논문의 환산보정 IF는 0.98, 1인당 논문의 환산보정 ES 1.57, Q1 비율 60%, 상위 10% 논문비율은 30%이다.

▶ 4차년도(2023.09-2024.08) 연구 성과지표의 분석 결과, 논문의 정량적 지표인 총 논문 발표수는 지난 1년간 총 143편이었으며, 1인당 환산논문편수는 1.87, 1인당 논문의 환산보정 IF는 1.32, 1인당 논문의 환산보정 ES 3.53, Q1 비율 70%, 상위 10% 논문비율은 39%이다. 1인당 환산논문편수는 최근 5년 평균치와 1차년도 결과인 1.59 대비 약 16% 증가한 결과이며, 4단계 BK 프로그램 시작 전인 최근 5년(2014-2019) 평균치보다도 높은 결과이다. 또한, 논문의 정성적 지표인 1인당 환산보정 IF, 1인당 환산보정 ES, Q1 논문 비율 및 상위 10% 논문비율에서도 단계평가에서 사용된 지표들의 평균치들을 넘었고, 4차년도 목표치를 각각 35%, 125%, 17%, 28% 모두 초과 달성하였다(표 I-3). 또한 상위10% 논문편수 자체가 1차년도 32편, 2차년도 41편, 3차년도 24편, 4차년도 39편으로 꾸준히 증가하고 있다는 것은 4차년도 기간 동안 본 교육연구단의 논문의 양적 증가, 질적 우수성이 꾸준히 향상되고 있다는 것을 의미한다.

표 III-2. 주요 연구지표에 대한 목표 및 결과

항목	4차년도 (23'-24') 목표	4차년도 (23'-24') 결과	4차년도 목표 달성률
교수1인당 논문환산편수	1.79	1.87	+4%
교수1인당 논문 환산보정 IF	0.98	1.32	+35%
교수1인당 논문 환산보정 ES	1.57	3.53	+125%
논문실적의 Q1 비율(%)	60	70	+17%
상위10% 논문 비율(%)	30	39	+28%

나. 연구의 국제화: 연구의 질을 향상하기 위해서 국제공동연구를 계속 확대할 예정이다. 특히 국제 공동연구를 활성화하기 위해 매년 4~8명의 대학원생을 선별하여 장·중·단기연구를 지원할 계획이다. 또한 교수의 장·단기 파견도 지원할 예정이다. 이러한 국제공동연구를 통해서 매년 10건의 국제 공동연구 실적을 달성할 예정이다.

- ▶ 국제공동연구는 지속적으로 이루어지고 있다. 그 결과 4차년도 평가 대상기간(2023년 9월~2024년 8월) 동안 30건의 국제 공동연구 실적을 달성하였다. 즉 매년 10건의 국제 공동연구실적으로 목표를 초과달성하였다. 4차년도에는 65건의 국제적 학술활동 참여 실적을 창출하였다.

표 Ⅲ-7. 4차년도 국제 공동연구 실적

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구 단 참여교수	국외 공동연구자			
1			중국/ Hebei University of Technology	Thermal degradation and upcycling of stereoregular polyesters. Reactive & Functional Polymers 193, 105756	doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2023.105756
2			인도/ Srivenkateswara College of Engineering	Hierarchically porous polyaromatic carbon spheres decorated NiMn2O4 nanocomposite: efficient selective azo dye degradation from aqueous water and reduction of p-nitrophenol to p-aminophenol Carbon Letters, 34, 1229-1237	doi.org/10.1007/s42823-023-00685-y
3			중국/ University of Shanghai for Science and Technology	Versatile Hyper-Cross-Linked Polymers Derived from Waste Polystyrene: Synthesis, Properties, and Intentional Recycling Langmuir, 40(32), 16670-16689	doi.org/10.1021/acs.langmuir.4c01041
4			중국/ University of Shanghai for Science and Technology	Poly (phenylalanine) and poly (3, 4-dihydroxy-L-phenylalanine): Promising biomedical materials for building stimuli-responsive nanocarriers Journal of Controlled Release, 372 810-828	doi.org/10.1016/j.jconrel.2024.07.002
5			중국/ University of Shanghai for Science and Technology	Green synthesis of hypercrosslinked polymers for CO 2 capture and conversion: Recent advances, opportunities, and challenges Green Chemistry, 26 2476-2504	doi.org/10.1039/D3GC04222G

6		중국/ Shanghai University of Medicine and Health Sciences	Silver oxide decorated urchin-like microporous organic polymer composites as versatile antibacterial organic coating materials Journal of Materials Chemistry B, 12(8) 2054-2069	doi.org/10.1039/d3tb02619a
7		스웨덴/ Chalmers University of Technology	Low electric current in a bioelectrochemical system facilitates ethanol production from CO using CO-enriched mixed culture. 2024. Frontiers. in Microbiology, 15, 1438758.	doi.org/10.3389/fmicb.2024.1438758
8		중국/시안교통 대	Housing of electrosynthetic biofilms using a roll-up carbon veil electrode increases CO ₂ conversion and faradaic efficiency in microbial electrosynthesis cells. 2024. Bioresource Technology 393 (2024) 130157	doi.org/10.1016/j.biortech.2023.130157
9		중국 / Jiangnan University & Huishan Branch of Wuxi Ecological Environment Monitoring and Control Center	In-situ biogenic FeS boosted acetate accumulation through CO ₂ capture and valorization using microbial electrosynthesis (MES), Chemical Engineering Journal, 493, 152563, 202408	doi.org/10.1016/j.cej.2024.152563
10		멕시코 / Instituto de Física & India / Saveetha Dental College and Hospital	Oxygen-enriched carbon quantum dots from coffee waste: Extremely active organic photocatalyst for sustainable solar-to-H ₂ O ₂ conversion / Chemosphere	doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142330
11		미국 / Lawrence Berkeley National Laboratory	Electrodeposited polyaniline on graphite felt (PANI/GF) improves start-up time and acetate productivity of microbial electrosynthesis cell / Journal of Power Sources	doi.org/10.1016/j.jpowsour.2024.234776
12		스웨덴/Chalmers University of Technology, 미국/Lawrence Berkeley National Laboratory, Emeryville,	Zero-valent Iron Enhances Acetate and Butyrate Production from Carbon Monoxide by Fonticella tunisiensis HN43	doi.org/10.1007/s12257-023-0033-4

13		미국/University of California at Santa Barbara	"Additive-free molecular acceptor organic solar cells processed from a biorenewable solvent approaching 15% efficiency" Materials Horizons, 2023,10,5564	doi.org/10.1039/d3mh01133j
14		스위스/ École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL),	"Methylammonium Nitrate-Mediated Crystal Growth and Defect Passivation in Lead Halide Perovskite Solar Cells" ACS Energy Letters, 2024,9,2137-2144	doi.org/10.1021/acsenergylett.4c00154
15		미국/University of California, Santa Barbara	"Room-temperature-processed perovskite solar cells surpassing 24% efficiency" Joule 8,1-18, July 17, 2024	doi.org/10.1016/j.joule.2024.04.002
16		중국/Jiangxi Normal University	Mohsin Hassan Saeed, Moon-Young Choi, Kitae Kim, Jin-Hyeong Lee, Keumbee Kim, Dowon Kim, Se-Um Kim, Hyun Kim, Suk-kyun Ahn, Ruochen Lan*, Jun-Hee Na*, "Electrostatically Powered Multimode Liquid Crystalline Elastomer Actuators"ACS Applied Materials & Interfaces, 2023, 15(48), 56285.	doi.org/10.1021/acsami.3c13140
17		미국/Air Force Research Laboratory	Jihye Choi, Yeongyu Choi, Jin-Hyeong Lee, Min Chan Kim, Sungmin Park, Kyu Hyun, Kyung Min Lee, Tae-Hoon Yoon, Suk-kyun Ahn, "Direct-Ink-Written Cholesteric Liquid Crystal Elastomer with Programmable Mechanochromic Response"Advanced Functional Materials, 2024, 34(10), 2470056.	doi.org/10.1002/adfm.202310658
18		인도/Indian Institute of Petroleum Campus	Sung Hyun Kwon, Vishwanath Hiremath, Anshu Nanoti, Sung Gu Kang, Jeong Gil Seo & Seung Geol Lee (2023) " MgO-based composites for high pressure CO2 capture: A first-principles theoretical and experimental investigation", Korean Journal of Chemical Engineering, 40, 2990	doi.org/10.1007/s11814-023-1536-6
19		미국 / Pennsylvania State University	Hyukmin Kweon, Joo Sung Kim, Seongchan Kim, Haisu Kang, Dong Jun Kim, Hanbin Choi, Dong Gue Roe, Young Jin Choi, Seung Geol Lee, Jeong Ho Cho, Do Hwan Kim (2023) "Ion trap and release dynamics enables non-intrusive tactile augmentation in monolithic sensory neuron", Science Advances, 9, 42, eadi3927	doi.org/10.1126/sciadv.adi3827

20		미국/University of Illinois at Urbana Champaign	Seongwook Chae, Se Hun Kim, Taewoong Lee, Haisu Kang, Young Je Kwon, Gyeong Min Choi, Woo Sub Heo, Jae Bin Park, Ji-Oh Kim, Taekyun Kwon, Byeong Jin Kim, Chae Ryong Cho, Jun-Woo Park, Seung Geol Lee, Kie Yong Cho, Jin Hong Lee (2023) "Molecular engineering of N-rich ZIF-integrated graphene composite interface for efficient physiochemical confinement and catalytic conversion of polysulfides in lithium-sulfur batteries", Composite Part B: Engineering, 267, 111050	doi.org/10.1016/j.compositesb.2023.111050
21		미국/University of Illinois at Urbana Champaign	Won Gi Chung, Jiuk Jang, Gang Cui, Sanghoon Lee, Han Jeong, Haisu Kang, Hunkyu Seo, Sumin Kim, Enji Kim, Junwon Lee, Seung Geol Lee, Suk Ho Byeon, Jang-Ung Park (2024) "Liquid-metal-based three-dimensional microelectrode arrays integrated with implantable ultrathin retinal prosthesis for vision restoration" Nature Nanotechnology, 19, 688	doi.org/10.1038/s41565-023-01587-w
22		미국/University of Illinois	-Dye-functionalized carbonaceous interlayer as an efficient lithium polysulfide mediator for high performance lithium-sulfur batteries -Taewoong Lee, Seongwook Chae, Woo Sub Heo, Haisu Kang, Jae Bin Park, Yiseul Park, Tae Hyun Park, Jin Hong Lee, Seung Geol Lee -Volume 649, pp 159156	doi.org/10.1016/j.apusc.2023.159156
23		미국/Georgia Institute of Technology	-Accelerating Polysulfide Adsorption and Conversion from the Hybrid Phase of TiO ₂ and N-Doped Carbon toward High-Performance Li-S Batteries -Seongwook Chae, Sung Hyun Kwon, Taewoong Lee, Jin Hong Lee, Seung Soon Jang, Seung Geol Lee -Volume 128, issue 38, pp 14880-14886	doi.org/10.1021/acs.jpcc.4c03644
24		영국:미국/University College London; Northwestern University	Moghadam, P.Z., Chung, Y.G. & Snurr, R.Q. Progress toward the computational discovery of new metal-organic framework adsorbents for energy applications. Nat Energy 9, 121-133 (2024).	doi.org/10.1038/s41560-023-01417-2
25		영국/University of Warwick	Anion storing, oxygen vacancy incorporated perovskite oxide composites for high-performance aqueous dual ion hybrid supercapacitors, Journal of Energy Chemistry, 94, 646, 202407	doi.org/10.1016/j.jechem.2024.02.032

26		미국/델러웨어 대학교	Continuous flow upgrading of lignin pyrolysis oils to drop-in bio-hydrocarbon fuels over noble metal catalysts, Chemical Engineering Journal, 481, 148328, 202401	doi.org/10.1016/j.cej.2023.148328
27		인도/ST.Stephen's College	Archana Puthanveedu, Shanmugasundaram Kanagaraj, Amutha Anjali Bai, Sunesh Chozhidakath Damodharan, Youngson Choe, "Blue emitting V-shaped acceptor - donor - acceptor novel ionic organic small molecule for non-doped light-emitting electrochemical cells", Organic Electronics, 122, 106881	doi.org/10.1016/j.orgel.2023.106881
28		인도/St. Joseph's College	Hariventhan Ragupathi, Antony Arockiaraj M and Youngson Choe, "Investigating the Electrochemical Performance of Nickel Oxide/Functionalized-Carbon Nanotube (NiO/f-CNT) Nanocomposite Synthesized via Direct Co-precipitation for Supercapacitor Applications", Brazilian Journal of Physics, 54(1), 10	doi.org/10.1007/s13538-023-01387-6
29		인도/The American College	Seung Hak Lee, Si Yoon Kim, Reza Salehiyan & Kyu Hyun,(2021) "Decorating 2D graphene oxides sheets with spherical shaped Fe3O4 for the applications of supercapacitors and sunlight induced sonophotocatalytic degradation of methylene blue dye", Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 683, 132927	doi.org/10.1007/s13367-021-0025-x
30		영국/Edinburgh Napier University	Clay Dispersion Assessment via FT-Rheology for Polypropylene/Clay Nanocomposites Fabricated by an Electric Field ACS Appl. Polym. Mater. 5(9), 7069, 2637-6105	doi.org/10.1021/acs.apm.3c01104

다. 연구 인프라 확대: 인프라 측면에서는 연구인력, 연구비, 분석 장비 확충이 요구된다. 연구 인력의 경우, Post-Doc은 3명/년, 계약교수는 1명/년 수준으로 운영할 예정이며, 석사배출 인력은 50명/년 (총 350명), 박사배출 인력은 13.3명/년 (총 93명) 달성할 것을 목표로 설정하였다. 안정적인 연구 환경을 위해서 1인당(신임교수 포함) 정부연구비 수주액을 1.85억, 그리고 산업체연구비 수주액 0.27억, 합계 1인당 2.12억에 해당하는 연구비를 확보할 예정이다. 또한 이를 바탕으로 산학연구 목표지표의 경우 1인당 기술이전 0.3건, 1인당 특허등록은 0.8건으로 설정하였다.

- ▶ 4차년도 평가기간 (2023년 9월~2024년 8월)동안 연구인력의 경우, Post-Doc은 5명, 계약교수는 1명으로 운영하였다. Post-Doc 선발은 매년 선발기준에 따라 우수한 연구인력들을 영입하였다. 석사인력은 37명, 박사인력은 9명을 배출하였다. 1인당 정부연구비는 4차년도 1.75

억원 수주를 목표로 하였고 실제로는 1인당 3.39억을 수주하여 94% 초과달성하였다. 또한, 1인당 산업체연구비는 4차년도 0.26억원 수주를 목표로 하였고 실제로는 0.48억원을 수주하여 85% 초과달성하였다. 또한 1-3차년도의 평균 1인당 정부연구비(2.95억원)과 1인당 산업체연구비(0.39억원) 수주 결과를 비교했을 시 각각 15%와 23% 증가하였다. 1인당 기술이전은 1차년도에 0.18건 (36,000천원의 기술료 수입), 2차년도에는 0.18건 (126,000천원의 기술료 수입), 3차년도 0.14건 (141,000천원의 기술료 수입), 그리고 4차년도 0.32건 (12,000천원)을 달성하였다. 4차년도 년평균 기술료 수입은 지난 년평균 수치보다 감소하였으나 기술 이전 건수는 0.32건으로 목표 대비 상회하였다. 특허등록건수는 1차년도 0.86건, 2차년도 0.59건, 3차년도 0.45건, 4차년도 0.82건으로 목표 0.8건 대비 상회하였다. 교수 1인당 출원건수는 4차년도 1.86건으로 1-3차년도 년평균 1.92건보다는 낮으나 현재 출원건수가 등록까지 소요하는 시간을 감안한다면 목표대비 실적은 상회할 것으로 보인다.

(3) 교육 및 연구목표 달성을 위한 교육연구단 자체평가

- 본 교육연구단은 교육 및 연구목표 달성을 위하여 매년 자체평가 결과를 바탕으로 교육연구단내 참여교수 중 하위 13.6%(사업단 참여교수 22명 중 하위 3명)을 탈락시킨다. 그리고 하위 3명의 교수들과 학과 내 미참여 교수들을 대상으로 재진입평가를 실시하여 상위 3명의 교수를 재선정함으로써 교육연구단 내 참여교수의 교육 및 연구역량강화를 위한 경쟁체제를 유지하고 있다. 특히 재선정지표는 13가지 (표 I-4)로 교육, 연구, 국제화에 고루 분포하고 있다.
- 이러한 자체평가를 통해서 BK four 사업이 시작하고 신입교수로 임용된 경우 1~2년 정도 지난 이후 본인의 교육이나 연구가 본 궤도에 오른 이후 진입한 경우가 있기 때문에, 학과내 교수들에게 매년 재진입의 기회를 제공하는 것이 본 교육 연구단의 장점이다.
- 특히 본 교육연구단의 평가지표는 교육 및 연구목표를 달성하기 위해서 세부적으로 다양하게 반영되어 있기에 본 교육연구단이 교육과 연구 목표를 달성하는데 큰 힘을 발휘하고 있다.
- 교육분야에서 지표인 “교수저서 실적”이 포함되어서 연구 부분이 미진하더라도 교육 분야에 집중하여도 재선정 가능하도록 지표를 설정하였다.
- 연구분야의 경우도 “주저자 논문 상위%” 지표를 통해서 양적인 연구 부분이 미진하더라도 질적인 연구에 집중하여도 재선정 가능하도록 지표를 설정하였다. 또한 “기술이전 실적” 지표를 통해서 산학 연구를 하는 경우 재선정 가능하도록 하였다.

표 I-5. 교육연구단 평가지표

지표		점수 (100점 기준)	
교육	대학원생 국제저명학술지 게재 논문 환산 편수	6.6	27
	대학원생 SCI(E) 논문의 환산 보정 IF	13.2	
	대학원생 학술대회 발표 논문 환산 편	3.3	
	교수 저서(온라인포함) 실적	1.3	
	참여지도학생 해외연수실적	1.3	
	학위논문 외국어 작성 비율	1.3	
연구	연구비 환산수주액	16.5	69.3
	참여교수 환산 논문 편수	13.2	
	참여교수 논문 환산 보정 IF	13.2	
	주저자 논문 상위% (%별 차등)	13.2	
	특허 출원/등록 환산 건수	7.9	
	기술이전 실적	5.3	
국제화	국제학회발표 및 국제연구기관 공동논문발표	3.7	3.7

(4) 평가 기간내 교육 및 연구목표 달성도 요약

- 그림 I-4에 본 교육연구단의 중간평가 기간 내 교육 및 연구목표 달성도를 요약하였다. 빨간색은 초과달성한 부분, 파란색은 미달한 부분을 의미한다.
- 교육의 경우 대학원생 중 박사비율 감소는 석사학생이 많이 늘어서 그런 것이고 실제로 교육연구단내 박사과정학생수는 증가하였다.
- 연구의 경우 질적연구와 국제화는 목표대비 초과달성하였고, 다만 특허등록 건수가 부족하였다.

평가기간 (2023년 9월 ~ 2024년 9월) 동안 교육 목표 대비 결과



그림 I-4. 평가기간 (2023년 9월~2024년 7월) 동안 교육 목표 대비 실제 결과 요약.
(빨간색은 초과달성한 부분, 파란색은 미달한 부분을 의미한다.)

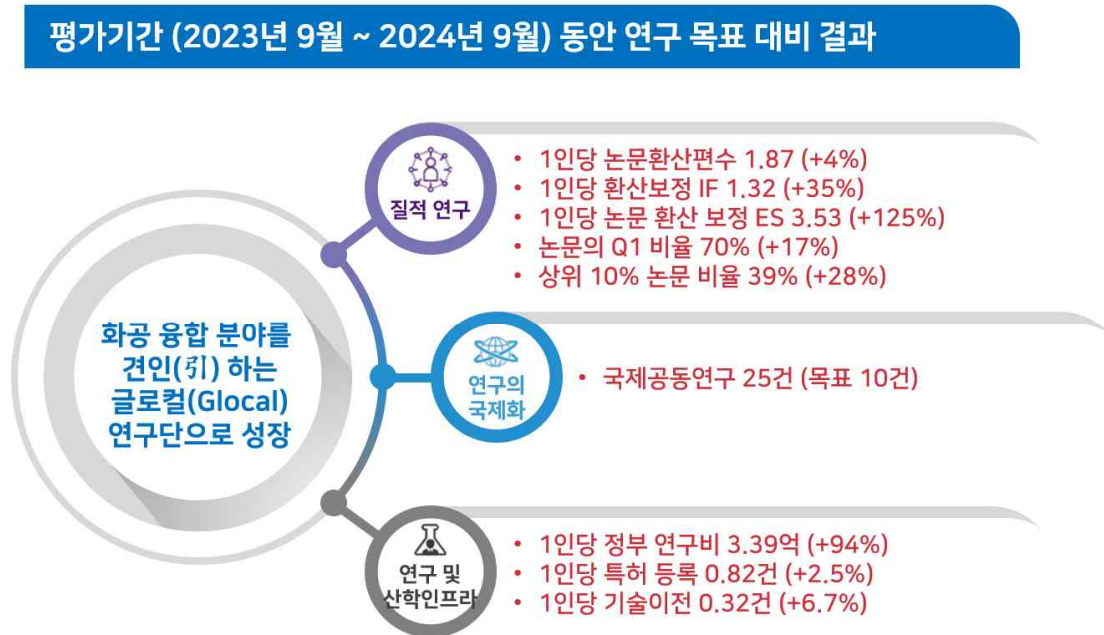


그림 I-5. 평가기간 (2023년 8월~2024년 9월) 동안 연구 목표 대비 실제 결과 요약.
(빨간색은 초과달성한 부분, 파란색은 미달한 부분을 의미한다.)

II

교육역량 영역

□ 교육역량 대표 우수성과

- 본 교육연구단은 4차년도에 새로운 25개의 신설과목을 추가하고, 6개의 전공트랙별로 다양하게 과목이 개설되었다.
- 참여교수 수는 3단계 12명에서 4단계 22명으로 83.3%으로 증가했고, 참여대학원생 수는 3단계 79명에서 4단계 1차년도 113명, 2차년도 1학기 126명, 2차년도 2학기 131명, 3차년도 1학기 135명, 4차년도 1학기 146명으로 지속적으로 증가하였다.
- 본 교육연구단은 대학원생의 학술활동 지원을 위하여, SCI 논문게재료, 분야별 상위 10% 저널커버페이지 게재 비용을 지원하고 있다. 또한 분야별 상위 10% 논문 및 환산보정 IF 합계가 우수한 대학원생에게 성과급을 지급하고 있으며, 본 지원사업을 통해 선정된 학생들의 논문실적은 다음과 같다.
- 23년 2학기에 우수한 논문실적(주저자, 상위 15%내 저널에서 차등지급) 낸 참여대학원생 8명에게 성과급을 총 2,600,000원을 지원하였고, 24년 1학기에 우수한 논문실적(주저자, 상위 15%내 저널에서 차등지급) 낸 참여대학원생 13명에게 성과급을 총 4,500,000원을 지원하였다.
- 참여대학원생이 국제나 국내 학술회의에 발표하는 경우, 4차년도 참여대학원생 17명에게 국제학술대회 등록비 10,001,454원, 67명에게 국내학술대회 등록비 6,620,000원을 지원하였고, 재료비 38,313,286원, 분석료 1,182,000원, 논문게재료 6,314,264원 등을 지원하였다.
- 산학연계 외부 저명학자들을 초빙하여 화학공학 분야의 최신 연구동향을 파악하기 위한 콜로키움을 운영하였는데, 23년 하반기 17건, 24년 상반기 14건, 총 31건을 운영하였다.
- 4차년도 졸업 취업현황을 보면 졸업생은 석사 37명, 박사 9명이며, 이중 취업대상자는 42명이다. 취업은 각각 석사 22명, 박사 7명으로 전체 취업률은 70.7%이다.
- 졸업생은 주로 한국화학융합시험연구원, 한국세라믹기술원, 중국 시안교통대 등 국내외 연구기관과, LG에너지솔루션, 한국세라믹기술원, 한화 큐셀, 삼성SDI, 한국타이어, LG에너지솔루션, 롯데케미칼, (주)피유란, 롯데정밀화학, 한화오션, 한국과학기술연구원, 롯데케미칼 등 국내외 우수 기업에 취업하였으며, 각 전공과 밀접한 분야에서 취업하였다.
- 23년도 2학기 석사 졸업생 25명 중 2명이 본교 박사과정에 진학하였다. 전체 박사 신입생(23년도 2학기(8명), 24년도 1학기(8명)) 16명 중 6명(37.5%)이 본교 출신이다.
- 4차년도 대학원생의 실적을 기준 목표와 비교해 보면, 1인당 논문환산편수와 대학원생 1인당 학술대회 논문환산편수를 제외한 나머지 항목은 모두 목표를 달성하였다. 대학원생 1인당 논문환산편수 0.2000, 1인당 논문의 환산보정 IF는 0.1429, 1인당 논문의 환산보정 ES는 0.4319, 1편당 환산

IF는 0.7143, Q1 비율 68.53%, 1인당 학술대회 발표환산편수 1.6184이다. (IF, 상위%, 보정IF 및 보정ES 값은 2023JCR 기준).

실적 지표	4차년도 목표	4차년도 성과	목표달성률
대학원생 1인당 논문환산편수	0.2530	0.2000	-20.9% 미달
대학원생 1인당 논문의 환산보정 IF	0.0816	0.1429	75.1% 초과
대학원생 1인당 논문의 환산보정 ES	0.0823	0.4319	424.8% 초과
1편당 환산보정 IF	0.5089	0.7143	40.4% 초과
참여대학원생 논문실적의 Q1 비율(%)	38.80	68.53	76.6% 초과
대학원생 1인당 학술대회 발표논문 환산편수	2.3107	1.6184	-29.9% 미달

- 특히 대학원생 1인당 논문의 환산보정 IF와 환산보정 ES는 각각 목표대비 75.1%, 424.8%로 크게 초과 달성하였으며, 논문실적의 Q1 비율도 목표대비 76.6% 초과 달성하였다. 이는 대학원생들의 논문의 질이 매우 우수하다는 것을 의미한다.
- 4차년도 대학원생 1인당 논문환산편수가 0.2000으로(목표 대비 -20.9%), 1인당 학술대회 발표논문 환산편수는 1.6184(목표 대비 -29.9%)의 실적을 보여 목표에는 미달되었는데 이는 사업초기에 비해 참여대학원생수가 대폭 증가했고 학회참여경비의 높은 상승로 인한 발표참여부진을 원인으로 볼 수 있다.

1. 교육과정 구성 및 운영

1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

(1) 교육연구단의 교육목표

- 대학원 교육은 학부에서 익힌 학문 기초이론을 토대로 하여, 고도의 학술연구를 통해 산업체와 학계가 필요로 하는 연구인력과 학문후속세대를 양성하는 기능을 수행해왔으며, 또한 지식의 창조와 응용을 통한 원천 및 응용기술 개발로 산업과 경제개발을 선도하는 것이 주된 역할이다.
- 본 교육연구단은 3단계 BK21사업을 기반으로 화학 신기술 분야에서 국가의 미래 산업 및 지역의 혁신전략 추진사업에 부응하여 국제 경쟁력을 갖춘 창의인재를 양성하고 있다. 이를 위해 본 교육연구단은 대학원 교육을 연구와 연계하여 이수구분을 조정하고, 교과목을 신설, 폐지, 융합하여 운영하는 등 교육연구단의 교육목표에 맞게 교육과정 편제를 개편하고 지속적인 운영이 가능하도록 노력하였다.
- 본 교육연구단의 대학원 교육은 3단계 BK21 사업에서 거둔 교육성과를 바탕으로 융합(Integration), 지능(Intelligence), 연결(Interconnection) 능력, 즉 **3In 능력을 갖춘 화공 인재양성**에 중점을 두고 사업을 진행할 계획이다. 이러한 능력을 갖춘 화공 미래인재는 **국가의 미래 산업 및 지역의 혁신전략 추진사업에 부응하고, 동남권(부산·울산·경남) 지역에서 4차 산업혁명을 이끌고 미래사회 변화에 대응할 수 있는 고급 지식기반의 멀티스케일적 화공융합 미래인재**가 될 것이다 (그림 II-1).

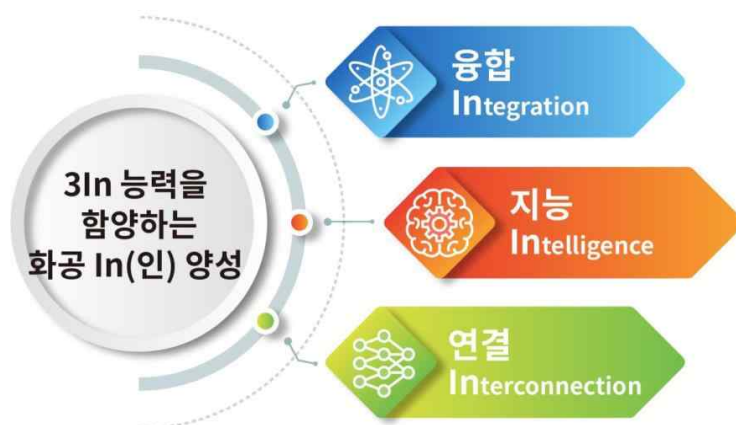


그림 II-1. 3In 능력을 갖춘 화공In(人) 양성 목표.

- 우리 교육연구단의 3 In(人) 미래인재 양성을 위한 교육목표 달성방안은 다음과 같다(그림 II-2).



그림 II-2. 본 교육연구단의 교육목표 달성방안

- (1) **융합능력 및 전문지식 고도화:** 참여대학원생의 융합능력 및 전문지식 고도화를 위해, 4차 산업혁명을 대비한 화공정보 트랙을 포함한 화공분야의 전통/이머징 분야를 대표하는 전공트랙을 구성하고, 보다 다양한 연구진의 구성과 커리큘럼을 제공하여 독창적 연구능력을 배양한다.
- (2) **학사관리의 효율성, 충실성, 지속성:** 참여대학원생의 졸업요건을 강화하고 강의평가의 환류, 강의 및 교과과정 개선위원회를 운영하여 학사관리를 강화한다. 또한 (지역)산업계 전문가 고문단을 구성하여 산학연계에 필요한 커리큘럼 및 프로그램을 고안한다.
- (3) **교육의 국제화:** 참여대학원생의 국제화를 위해 해외유수의 연구기관과의 공동연구를 위해 장·중·단기 해외파견을 지원하고 국제학술대회 참여를 지원한다. 또한 복수학위제 및 국제화 플랫폼을 구축하여 참여대학원생의 국제화를 함양한다.
- (4) **추진체계 조직도:** 이러한 교육목표 달성방안을 위하여 아래와 같은 추진체계를 조직한다. 본 교육연구단장은 전체 사업을 총괄 대표하고, 2개의 위원회, 즉, 주요안건을 심의하는 운영위원회, 평가업무를 심의 조정하는 평가위원회를 가지며 3개 팀 (교육과정운영팀, 연구개발팀, 국제협력팀)은 위의 3개 주요 업무달성방안 추진을 위해 서로 긴밀히 상호 협력하며 운영한다.

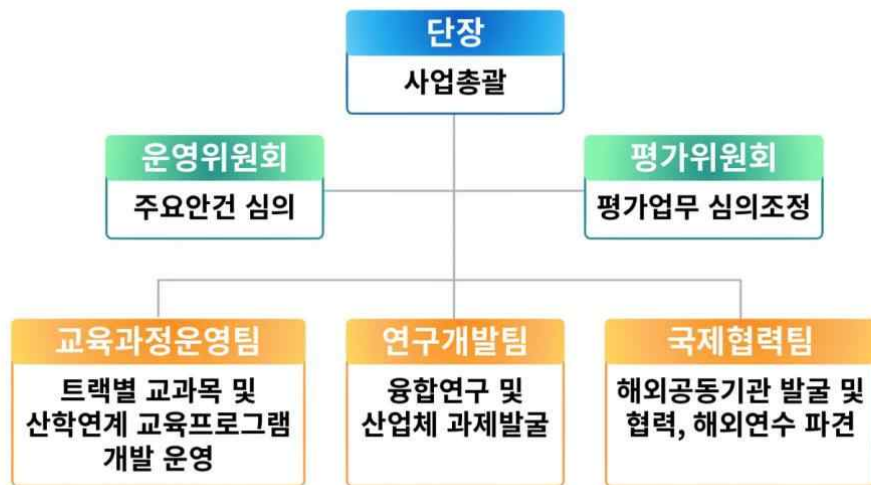


그림 Ⅱ-3. 본 교육연구단의 추진체계

- ▶ 본 교육연구단은 위와 같은 추진 계획에 따라 다음과 같은 위원들을 선임하였다.

- 가. 단장 :
- 나. 운영위원회 :
- 다. 평가위원회 :
- 라. 교육과정운영팀 :
- 마. 연구개발팀 :
- 바. 국제협력팀 :

(2) 다학제간 융합 능력 배양을 위한 대학원 통합

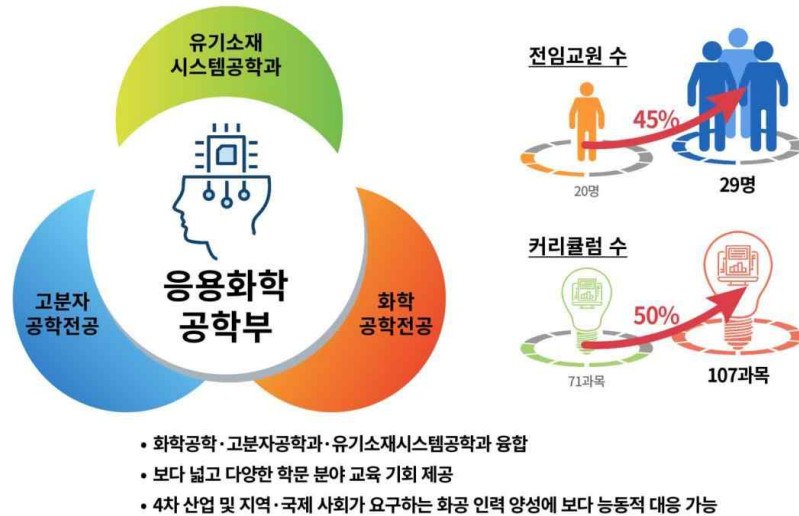


그림 II-4. 응용화학공학부로의 통합 개편 현황.

- 본 MICE(멀티스케일 융합 화공) 교육연구단은 2020년 9월부터 BK21 FOUR 사업에 선정되어, 멀티스케일적 융합미래 화공인재 양성을 위한 초학문적 다학제간 융합을 위하여, 기존의 **화학공학과 고분자공학과 유기소재시스템공학과를 통합·융합하여 응용화학공학부로 개편**, 화공소재 분야를 강화함과 동시에 학생들에게 보다 **넓은 학문영역의 일원화된 커리큘럼**을 제공하고 있다.
- ▶ 1차년도에는 전공구분 없는 응용화학공학부로의 완전 통합으로 **전임교원의 수가 20명에서 29명으로 45% 증가**하였고, 2차년도는 **전임교원의 수가 20명에서 30명으로 50% 증가**하였다. 제공할 수 있는 **교과목의 수도** 논문연구를 제외하고 기존의 71과목에서 107과목으로 **50% 이상 증가**하였다. 이는 대학원생들에게 보다 넓고 다양한 학문분야의 교육기회 제공이 가능하고, **4차산업(지능) 및 지역·국제사회가 요구하는(연결) 화공 인력양성**이 가능한 장점을 가지고 있다.

(2) 전문지식 고도화 및 4차 산업혁명 대응 인력양성을 위한 트랙 신설

- 응용화학공학부 통합을 통해, 확대된 커리큘럼을 바탕으로 세계적 수준의 대학원 교육과정 제공을 위해 국제·지역사회 그리고 국가에서 요구하는 인재양성을 위해 **2020년 9월부터 6개의 필수 전공트랙을 편성**하였다. 6개의 전공트랙은 화학공학 분야의 **전통학문을 바탕으로 하여 이머징 분야를 아우르는 융합적 인재를 양성**하는데 중점을 둔다.
- 6개의 전공트랙은 그림 II-5와 같이 공정, 화공소재물리, 화공소재화학, 에너지·환경, 바이오, 그리고 화공정보 트랙으로 구분된다.

MICE 융합 화공 미래인재 양성사업단 대학원 전공 트랙 구성

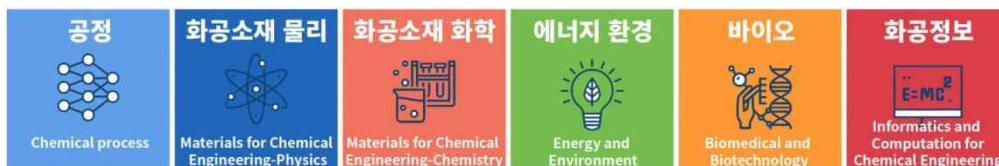


그림 II-5. 응용화학공학부 6개 전공트랙 구성

- 각 트랙에 따른 커리큘럼은 그림 II-6 에 나타내었다.

전공 트랙 및 커리큘럼

Academic 콜로키움 I, II Industrial 콜로키움 I, II					
공정	화공소재 물리	화공소재 화학	에너지 환경	바이오	화공정보
· 나노공정특론 · 이동현상특론 · 분리공정특론 · 반응공정특론 · 공정최적화 · 화학공정제어특론 · 유기공업화학특론 · 유변학 · 고분자레올로지 · 유기소재공정해석 · 유기소재형성공학특론 · 유기소재시스템해석특론 · 고분자가공특론 · 섬유공정특론 · 레올로지특론 · 가공학특론 · 유기소재색채특론 · 박막공정특론 · 반도체화학공정	· 확산론 · 화공열역학특론 · 공업역학특론 · 고분자재료역학 · 고분자물성특론 I,II · 다상계고분자 · 고분자물리화학특론 · 고분자구조해석 · 고분자용액론 · 유기소재물성특론 · 유기나노구조특론 · 전기전자재료특론 · 광전특성고분자 · 고성능고분자 · 유기전자재료특론 · 산업용유기소재물성특론 · 섬유집합체특론 · 유기소재시스템물리특론	· 중합반응론 · 유기화학특론 · 유기합성특론 · 고분자합성특론 I,II · 화공소재특론 · 재료공학특론 · 나노구조소재공학특론 · 나노유기소재특론 · 촉매공학특론 · 무기고분자 · 기능성고분자 · 탄성체공학	· 에너지소재특론 · 환경공학특론 · 신재생에너지공학 · 전지공학특론 · 전기화학특론 · 바이오에너지공학 · 환경공학특론 · 환경친화성고분자 · 고분자복합재료 · 고분자분리막 · 고분자계면 · 유기에너지소재특론 · 탄소소재특론 · 탄소섬유 · 섬유강화복합재료특론	· 단백질공학특론 · 유전자공학특론 · 대사공학특론 · 환경미생물공학 · 생물반응기특론 · 생체및의료용고분자 · 바이오레올로지특론 · 유기바이오소재특론 · 기능성바이오소재특론 · 나노바이오소재특론 · 생물화학공학특론	· 생물정보학 · 분자전산모사 · 전산소재공학특론 · 유기나노융합기술 (중개연구방법론) · 공정모델링및모사 · 유기신소재분자설계 · 데이터분석특론 · 수치해석특론 · 물리화학특론 · 공업수학특론 · 화공수학특론 · 반응속도론 · 기기분석특론 · 유기소재반응론 · 고분자특성결정 · 관리공학특론

그림 II-6. 본 교육연구단의 커리큘럼 구성 방안 (개설 과목 기준)

- **[공정, Chemical Process] 트랙**은 이동현상, 분리공정, 반응공정 등 화학공정에 필수적인 교과목으로 구성되어 있다. 화학공업은 고효율화, 정밀화 및 시스템화로 급속히 변화 발전하고 있으며 이러한 변화에 적응할 수 있도록 폭넓은 응용력을 갖춘 인재를 양성한다. 공정 트랙은 나노공정특론부터, 이동현상, 화학공정제어, 공정최적화에 이르기까지 분자수준(Molecular)에서, 미시적(Microscopic), 거시적(Macroscopic) 스케일까지 멀티스케일을 구현하였으며, 특정 소재와 관련된 공정에 필요한 교과목도 다양하게 구성하였다.
- **[화공소재물리, Materials for Chemical Engineering - Physics] 트랙**은 확산론, 화공열역학, 공업역학 등의 필수적 교과목을 중심으로 화공소재의 물성 그리고 나노구조부터 집합체, 시스템에 이르기까지의 멀티스케일적 교과목으로 구성되어 있다. 화공소재물리 트랙은 소재의 구조, 물성, 기능을 연구하여 미래 화공소재의 연구, 개발에 기초가 된다.
- **[화공소재화학, Materials for Chemical Engineering - Chemistry] 트랙**은 중합반응, 유기화학, 유기합성 등의 필수적 기초 교과목을 중심으로 구성되어 있다. 화공소재화학 트랙은 소재의 합성, 기능화 등을 연구하고 이를 활용할 수 있는 기술적 기초를 제공하며 미래 화공소재의 연구, 개발에 기반이 된다.
- **[에너지·환경, Energy and Environment] 트랙**은 전 세계적으로 이슈가 되고 있는 온실가스에 의한 지구온난화와 기상이변, 화석연료의 고갈, 인구의 증가로 인한 에너지 다소비 등을 해결할 녹색기술에 대한 교과목으로 구성되어 있다. 특히 에너지소재, 2차 전지, 신재생에너지, 바이오에너지 관련 과목과 환경공학, 환경친화소재 등과 관련된 교과목으로 구성되어있다. 에너지·환경 중심의 기술들은 IT, BT, NT, ET 등 신기술의 융합이 필수적이며 다학제적 소양과 기본역량을 갖춘 미래인재를 양성하는데 반드시 필요하다.
- **[바이오, Biomedical and Biotechnology] 트랙**은 ICT 융합 이후 유망기술 및 산업으로 급부상하고 있는 바이오분야의 교육을 위해 구성되었다. 단백질공학, 유전자공학, 대사공학 등을 기반으로 생체/의료용 소재, 기능성/나노 바이오소재 등 바이오분야의 핵심 교과목들로 구성되어있다. 바이오 분야는 고부가가치 창출이 가능하며 글로벌 바이오시장은 지속적으로 확대될 전망으로 관련 소양을 갖춘 미래인재를 양성하는데 필수적이다.
- **[화공정보, Informatics and Computation for Chemical Engineering] 트랙**은 화공분야에서 4차산업

을 대비한 트랙으로 인공지능, 빅데이터 등을 이용한 신기술로 사회를 근본적으로 변화시키고 있는 학문분야이다. 생물정보학, 분자전산모사, 전산소재공학, 공정모델링 등 핵심 교과목으로 구성되어있으며, 기반기술인 데이터분석특론, 수치해석특론 등이 교과목에 구성되어있다. 화공정보트랙은 4차 산업혁명시대의 경제·산업의 변화지능화 및 과학기술혁신을 위한 미래인재양성에 핵심적인 역할을 한다.

- ▶ 2023년 9월부터 그린섬유집합체특론, 친환경산업과 섬유기술, 친환경탄소소재공정특론, 분자전자 등 4과목을 개설하여, 학생들에게 다양한 기술 및 산업 정보를 제공하고 있다. 향후, 계획서에 명시된 과목을 추가로 개설할 예정이며, 대학원생들에게 4차 산업혁명시대에서 화공분야에서 대응가능한 정보를 제공하고 있다 (표 II-1)

표 II-1. 응용화학공학부 신설 과목 (2023년 9월 ~ 2024년 8월)

트랙	교과목	교과내용
화공 소재 물리	그린섬유집합체특론	주목받고있는 산업용 친환경 섬유소재에 대한 기본 지식을 학습하고 현 산업의 친환경 트렌드와 수요에 대해 대응할 수 있는 소재 물성 및 특성을 이해한다.
	친환경산업과섬유기술	최근 환경문제가 심각해짐에 따라 친환경 산업이 발달하고 있다. 본 수업에서는 친환경 산업에서 쓰이는 섬유기술이 최신 동향에 대해 강의와 세미나를 통해 학습한다.
	친환경탄소소재공정특론	친환경 산업에서 탄소소재가 매우 중요하고 부상하고 있다. 플러렌, 탄소나노튜브, 그래핀 등의 나노탄소재료와 흑연, 카본블랙, 활성탄, 탄소섬유 등의 전통 탄소소재에 대해 학습한다.
	분자전자	본 교과목은 전자재료의 특성을 체계적으로 학습하고 자 고체의 결합, 결정질 및 비정질 재료의 특성, 고체의 열적 및 전기적 특성, 반도체, 유전체 재료와 절연 특성 등에 대해 강의하고 이를 바탕으로 전자소자에 대한 개념을 다루고자 한다. 또한, 평판디스플레이 및 유전전자소자의 기반을 이루는 유기전기전자 재료와 반도체 나노결정인 양자점을 활용한 소자의 동작 원리 그리고 응용에 대해서도 다룬다.

- ▶ 4차년도(2023.09.01.~2024.08.31.) 기간동안 **6개의 전공핵심트랙**을 중심으로 이루어진 교과목을 표 II-2에 나타내었다. 2023년 2학기 14과목(응용화학공학 콜로키엄 제외), 2024년 1학기에 12과목(응용화학공학 콜로키엄 제외)이 6개의 전공트랙에 다양하게 과목이 개설되었다. 또한 20명이상이 수강한 과목이 2023년 2학기 7과목, 2024년 1학기 8과목으로 응용화학공학부로 통합하면서 학생들에게 다양한 과목을 제공하고 있다는 것을 알 수 있다.

- ▶ **화공정보트랙** 분야에도 3개의 과목이 개설되고 있다는 것을 확인할 수 있는데 해당트랙에서 더 많은 과목을 발굴하여 개설할 예정이다.

표 II-2. 전공트랙 별 개설 교과목

전공트랙	2023년 2학기		2024년 1학기	
	과목	수강인원	과목	수강인원

공정			공정최적화	15
			그린섬유공정	29
화공소재물리	고분자구조해석	21	고분자물성특론(I)	33
	광기능소재특론	20		
	그린섬유집합체특론	20	유기소재시스템물리특론	19
화공소재화학	기능성고분자	24	유기화학특론	22
에너지 환경	에너지소재특론	26	고분자계면	23
	친환경산업과섬유기술	25	바이오에너지공학	25
	친환경탄소소재공정특론	17	섬유강화복합재료특론	25
			전지공학특론	28
바이오	생물화학공학특론	18	단백질공학특론	26
	환경미생물공학	10	미생물바이오리파이너리	5
화공정보	고등기기분석특론	15	수치및통계해석	9
	고분자특성결정	26		
	전산소재공학특론	11		
	화공수학특론	14		

- 강의 및 교과과정 개선위원회 운영

- ▶ 4단계 BK21 사업을 통하여, 교육과정의 충실성과 지속성을 유지하기 위해 전공 트랙별 최소 1명의 교수가 참여하는 위원회를 구성하였다. 이 교과과정 개선위원회는 신규 커리큘럼을 개발하고 학생들과의 피드백 회의를 진행하는 등 강의 품질을 개선하기 위한 별도의 활동을 진행 각 트랙별 교수구성은 아래 표와 같다.

표 II-3. 교과과정 개선위원회를 위한 교수구성

연번	트랙	담당교수	참여교수
1	공정		
2	화공소재-물리		
3	화공소재-화학		
4	에너지·환경		
5	바이오		
6	화공정보		

- ▶ 강의평가는 부산대 대학자원관리시스템(<http://pip.pusan.ac.kr>)에서 학생들이 담당교수의 강의를 의무적으로 평가한 후 학점을 확인하도록 하고 있다. 수강소감조사의 활용방안은 강의개선을 목표로 하며 담당교수 및 대학장에게 전산시스템을 통해 환류(Feedback) 되도록 한다. 또한 4단계 BK 21 사업 개시 이후, 강의를 수강하는 학생들의 의견을 수렴하기 위하여 학기 중간(중간고사 이후)과, 학기말 강의평가를 진행하고 있다. 더불어 기존에 학부에서만 진행하던 강의품질개선(CQI)을 대학원 과정에도 확대하여, 매학기 개선된 교육의 질을 보장하도록 유도하고 있다. 추후

다양한 학생들의 피드백을 통한 강의의 질을 개선하는데 담당교수들을 독려할 예정이다.

- 전임교원 대학원 강의 실적

- ▶ 본 교육연구단의 최근 1년간 (2023.9.1.~2024.8.31.) 개설 과목수는 총 35과목 (2023년 하반기 17과목, 2024 상반기 18과목)이고, 전임교원 대학원 강의실적은 100% (2023년 하반기 100%, 2024년 상반기 100%)이었다, 4단계 BK21 사업에서도 전임교원 대학원 강의실적의 목표를 100%에 맞춰 진행하고자 한다.

(3) 교육과 연구의 선순환 구조 구축 방안과 연구역량의 교육적 활용 방안

- 교육과 연구의 선순환 구조 구축

- 교육과 연구의 선순환 구조 구축 방안을 그림 II-7에 나타내었다. 그림 II-7에서 보듯이 5개의 영역이 선순환하는 구조를 구축하였다. 영역별로 설명하면 우선, 오른쪽 상위영역에서 장·중·단기 해외연수사업 등을 통해 대학원생의 ①글로벌 교육을 강화시키고, 다양한 전공트랙별 교육과 화공정보트랙을 통한 디지털교육을 통해서 ②융합교육을 강화하고, ③대학원생의 연구역량이 증대할 것이다. 이러한 대학원생의 연구역량 강화는 결국 ④참여교수의 연구역량 향상에도 핵심적 역할을 할 것이다. 이를 통해서 본 교육연구단이 소속된 부산대학교 응용화학공학부의 ⑤글로벌 위상이 격상되고 이는 우수대학원생의 유치와 국제공동연구 활성화로 이어지게 될 것이다. 즉 교육역량(①글로벌 교육, ②융합교육) 강화가 연구역량, (③대학원생의 연구역량이 증대, ④참여교수의 연구역량 향상, ⑤글로벌 위상이 격상) 강화로 선순환 되는 구조가 구축될 수 있을 것이다. 좀 더 자세한 내용은 아래에 기술하였다.



그림 II-7. 교육과 연구의 선순환 구조 구축 방안

① 글로벌 교육 강화

가. 장·중·단기 해외연수 지원

- ▶ 본 교육연구단은 4차년도 국제공동연구 활성화를 위해 해외 저명대학 및 연구기관으로의 대학원생들의 장·중·단기 해외연수를 적극 지원하였다. COVID-19로 외국대학과의 인적교류가 쉽지 않았으나, 4차년도에 본 교육연구단은 해외 장중단기 연수 및 파견 프로그램을 통해 참여대학원생 7

명이 미국, 영국 2개국에 현지 방문연구를 하였다. 그 내용은 아래 표와 같다.

표 II-4. 4차년도 참여대학원생 해외연구기관 현지방문 현황

구분	성명(지도교수)	기간	국가	파견 장소
1		2023.6.24.-2023.12.03.	미국	University of California, San Diego(UCSD)
2		2024.01.20.-2024.02.27.	미국	Texas A&M University
3		2023.08.01.-2023.09.30.	영국	University of Cambridge
4		2024.01.03.-2024.02.23.	영국	University of Cambridge
5		2024.03.23.-2024.05.03.	미국	Texas A&M University
6		2023.12.25.-2024.01.14.	미국	Georgia Institute of Technology
7		2024.05.13.-2024.05.28	미국	University of Delaware

나. 해외교류 지원

- ▶ 본 교육연구단은 4차년도에 참여대학원생에게 해외 현지에서 열린 국제 학술대회 참가를 지원하였는데, 32명에게 국제학술대회 비용(항공료 + 체재비 + 등록비 등)을 총 51,974,593원을 지원하였다. 그 내용은 아래 표와 같다.

표 II-5. 4차년도 참여대학원생 해외학술대회 현지발표 현황

구분	성명(지도교수)	기간 (또는 일시)	국가	학술대회명
1		20230903	프랑스	74th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry
2		20231008	스웨덴	244th ECS Meeting
3		20231128	미국	2023 MRS fall meeting & exhibit
4		20231128	미국	2023 MRS fall meeting & exhibit
5		20231128	미국	2023 MRS fall meeting & exhibit
6		20231008	미국	International Liquid Crystal Elastomer Conference 2023
7		20230918	폴란드	E-MRS 2023 Fall Meeting
8		20230918	폴란드	E-MRS 2023 Fall Meeting

9		20230918	폴란드	E-MRS 2023 Fall Meeting
10		20231105	미국	2023 AIChE Annual Meeting
11		20231105	미국	2023 AIChE Annual Meeting
12		20231126	미국	2023 MRS fall meeting & exhibit
13		20240818	미국	ACS Fall 2024
14		20240818	미국	ACS Fall 2024
15		20240818	미국	ACS Fall 2024
16		20240409	영국	Annual European Rheology Conference 2024 (AERC2024)
17		20240715	싱가포르	9th International Conference on Metal-Organic Frameworks and Open Framework Compounds (MOF2024)
18		20240715	싱가포르	9th International Conference on Metal-Organic Frameworks and Open Framework Compounds (MOF2024)
19		20240715	싱가포르	9th International Conference on Metal-Organic Frameworks and Open Framework Compounds (MOF2024)

② 융합교육 강화

가. 전공트랙 전문화

- 화학공학 분야의 전통학문을 바탕으로 하여 이머징 분야를 아우르는 6개의 전공트랙(공정, 화공소재물리, 화공소재화학, 에너지·환경, 바이오, 그리고 화공정보)으로 융합교육을 강화한다.
- ▶ 6개의 전공트랙(공정, 화공소재물리, 화공소재화학, 에너지·환경, 바이오, 그리고 화공정보)으로 융합교육을 실시하였다.

나. 콜로키움 운영

- 외부 저명학자들을 초빙하여 화학공학 분야의 최신 연구동향을 파악하기 위한 커리큘럼을 운영하였다. 이는 대학원생들이 외부저명학자들의 연구결과와 연구동향을 파악하고, 새로운 아이디어와 유연한 사고능력, 넓은 시야를 확보하는데 도움을 주었다. 응용화학공학부 콜로키움 과목을 확대하여 6개 기초분야의 산·학연 전문가를 모셔서 화공분야의 현재 연구동향에 대해서 습득할 수 있는 시간을 가짐으로써, 학생들에게 다양한 정보습득의 기회를 제공하였다. 콜로키움은 학점이수제로 운영하여 졸업 전까지 최소 10번의 콜로키움을 수강하여 3학점을 이수하도록 한다.
- 콜로키움은 크게 연구연계(Academic) 콜로키움과 산학연계(Industrial) 콜로키움으로 구분되어 운영되는데, 연구연계 콜로키움은 최신 화학공학 분야의 연구결과들을 다루는 연구중심으로 운영되고, 산학연계 콜로키움은 산업계의 CEO, 실무자 등을 초빙하여 산업체에서 요구되는 능력을 함양하는데 도움을 주고 산업체와의 네트워크를 강화하고 있다.
- ▶ 4차년도는 그림 II-8, 9 에서와 같이 콜로키움을 하반기 17건, 상반기 14건, 총 31건을 운영하

였으며, 주제와 전문가 등 내용은 아래 그림들과 같다.

2023년도 하반기 부산대학교

응용화학공학부 콜로키움

일시		연사	연제	장소
09.06	16:00	이화준 박사 KIST	Ordered nanoporous materials as adsorbents and catalysts	제7공학관 7415호
09.13	16:00	남기민 교수 부산대학교	A Study on CO2 Reduction Reactions: Electrochemical and Photoelectrochemical Reduction of CO2	제7공학관 7415호
09.13	17:00	최청룡 교수 국립금오공과대학교	Sustainable Polymer: Bio-based and Degradable Polymer from Lipoic acid derivatives	제7공학관 7407호
09.20	16:00	정유성 교수 서울대학교	AI-Accelerated Materials Design and Synthesis Predictions	제7공학관 7415호
09.20	17:00	김호준 박사 KIST	Design of biopolymer self-assembly for biomedical applications	제7공학관 7407호
09.27	15:00	엄영호 교수 부경대학교	나노아라미드 가공기술 및 응용소재 개발	제5공학관 5302호
10.04	17:00	이수연 박사 한국에너지기술연구원	e-Biorefinery technology for net-zero bio-based production	제7공학관 7415호
10.11	17:00	김익진 박사 국립낙동강생물자원관	Current status and prospects of the light-driven bio-hydrogen production processes	제7공학관 7415호
10.13	10:30	이진희 박사 한국화학연구원	전기화학을 이용한 고분자 분석법	제5공학관 5302호
10.18	16:00	이은광 교수 부경대학교	Improved Synaptic Behaviors In n-Type Organic Phototransistors Using Dimension Control and Organic Doping	제7공학관 7415호
10.18	17:00	전주원 교수 국민대학교	Self-healable functional materials for ionic thermoelectrics and batteries	제7공학관 7407호
10.25	16:00	이은지 교수 광주과학기술원	Supramolecular cryopreservation nanoagents	제7공학관 7415호
10.25	17:00	안희준 교수 한양대학교	Conducting Polymer and Cation Co-intercalated Vanadium Oxide Nanofibers for Zinc-ion Battery & Stretchable Zinc-ion Micro-battery Applications	제7공학관 7407호
11.01	16:00	박경원 박사 한국전자기술연구원	Overcome the Fundamental Limit of Luminescence Solar Concentrators	제7공학관 7415호
11.10	10:30	장민 박사 한국화학연구원	고분자 물질의 독성 검출 방법	제5공학관 5302호
11.22	16:00	김민석 박사 한국생산기술연구원	압전체의 원리와 응용 (The Principle and applications of Piezoelectricity)	제7공학관 7415호
11.22	17:00	공호열 교수 경상국립대학교	아크릴 고분자 합성과 응용	제7공학관 7407호

주최 부산대학교 공과대학 응용화학공학부 연락처 Tel. 051-510-1431 / Fax. 051-512-8563

부산대학교
PUSAN NATIONAL UNIVERSITY

그림 II-8. 응용화학공학부 콜로키움 (2023-2학기)

2024학년도 상반기 부산대학교 응용화학공학부 콜로키움

2024.
— 03. 07.
— 06. 12.

강연일자	시간	연사	연제	장소
3.7 Thu	17:00	이창수 교수 부경대학교	Functional organic-inorganic hybrid nanomaterials for high-performance membrane and supercapacitors	제7공학관 7415호
3.13 Wed	16:00	성영준 교수 숙명여자대학교	Microalgae-based biological conversion of CO ₂	제7공학관 7415호
3.20 Wed	17:00	정용진 교수 국립한국교통대학교 반도체신소재공학과	Nanoscale materials engineering for solution-processed thermoelectric and photothermal energy conversion	제7공학관 7407호
4.3 Wed	16:00	조관현 박사 한국생산기술연구원	디스플레이 발광 화소 공정 기술 개발 동향	제7공학관 7415호
4.12 Fri	16:00	최우혁 교수 인하대학교	Single Li ⁺ Conducting Polymer Electrolytes for Lithium Metal Batteries	제5공학관 5302호
4.17 Wed	16:00	이형재 상무 한국타이어	타이어 재료 기술 이해	제7공학관 7415호
5.1 Wed	16:00	김수린 교수 경북대학교	Yeast Metabolic Engineering for Sustainable Food and Bioprocess	제7공학관 7415호
5.1 Wed	17:00	김대윤 박사 KIST	Facile Synthesis of Aramid Nanofibers via Bottom-Up Self-Assembly of Amphiphilic Supramolecules	제7공학관 7407호
5.3 Fri	16:00	김봉훈 교수 DGIST	Advanced Materials for Next-Generation Robots	제5공학관 5302호
5.22 Wed	16:30	강석주 교수 UNIST	Unveiling the Performance of Nitrate Molten Salt-Based Metal-Gas Batteries	제5공학관 5302호
6.5 Wed	16:00	Prof. Szu-Chia Chien National Central University	Applications of Density Functional Theory for Materials Discovery and Design	제7공학관 7415호
6.5 Wed	17:00	Prof. Li-Chiang Lin National Taiwan University	Computational Study of Nanoporous Materials for Energy- and Environment-related Applications	제7공학관 7415호
6.5 Wed	17:00	이준민 교수 포항공대	Smart design of biocompatible materials for tissue engineering applications	제7공학관 7407호
6.12 Wed	17:00	유정목 교수 경희대학교 식물환경신소재공학과	친환경 나노셀룰로오스 소재기반 기능성 그린복합소재 개발과 응용	제7공학관 7407호

주최 부산대학교 공과대학 응용화학공학부 연락처 Tel. 051-510-1432 / Fax. 051-513-7720



그림 II-9. 응용화학공학부 콜로키움 (2024-1학기)

다. 타대학과 공동 세미나 운영

- 23.11.12-16 한중심포지움(여수)
 - 제16회 한국화학공학회 고분자 재료에 관한 한중 심포지움을 고려대, 연세대, 성균관대, 중앙대, 서울대, 포항공대와 공동으로 개최하였다. 한국-중국 간 고분자 및 화공재료 관련 최신 기술 교류 및 연구 동향 파악에 관하여 한중 연구자 약 50명이 참석하였으며, 총 25건의 구두 발표, 30건의 포스터 발표가 진행되었다.
- 23.12.14 한중공동세미나(부산)

- 시안교통대, Northwest University 등 중국대학과 공동으로 세미나를 개최하였다. C1가스 업사이클링을 위한 바이오공정과 생물전기화학연구 최신 동향 및 한중공동연구협력 기반 구축에 대한 생물공정과 전기화학 공정 분야 연구동향 및 실용화 현황에 대해 논의하였다. 약 50명이 참석하였으며, 총 18건의 구두 발표, 20건의 포스터 발표가 진행됨. 국제공동연구 협력에 대한 향후 계획을 발표하였고, 이를 위한 네트워크 구축 및 MOU를 체결하였다.
- 23.12.21-22 한국화공학회 동계워크샵(부산)
 - 2023년 한국화공학회 고분자부문위원회 워크숍을 고려대, 연세대, 성균관대, 중앙대, 서울대, 포항공대와 공동으로 개최하였다. 국내 고분자 복합소재 및 화공재료 관련 최신 기술 교류 및 연구 동향 파악에 관하여 44명이 참석하였으며, 총 16건의 구두 발표가 진행되었다.
- 24.01.23-26 IWEAYR(부산)
 - 동아시아 대학에서 연구하고 있는 고분자 유변학에 대한 연구 발표 및 논의를 위하여 고분자 유변학에 대한 세미나 IWEAYR-17을 개최하였다. 한국, 일본, 중국, 태국 등 동아시아 국가의 유변학자 약 170명 전후가 참석하였으며, 총 87건의 구두 발표, 41건의 포스터 발표가 진행되었다.

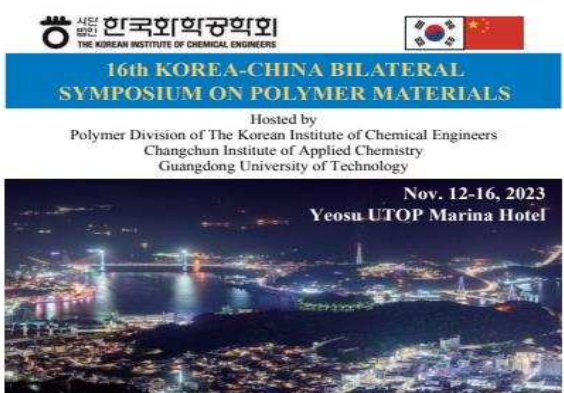
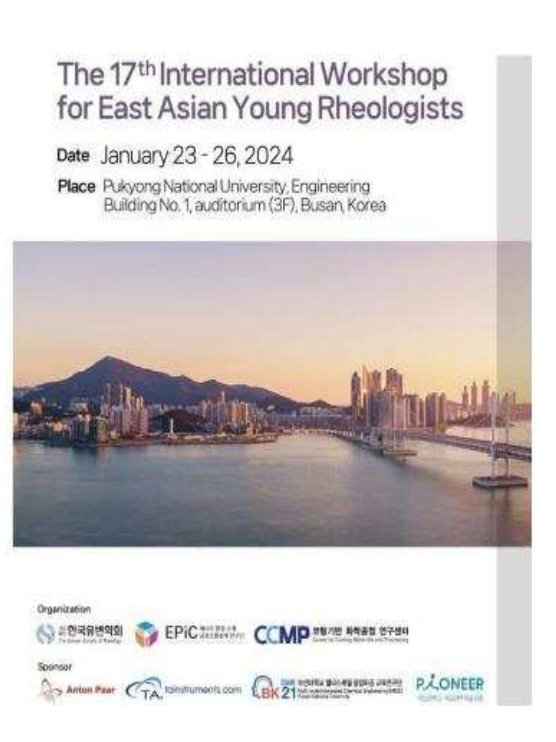
 16th KOREA-CHINA BILATERAL SYMPOSIUM ON POLYMER MATERIALS Hosted by Polymer Division of The Korean Institute of Chemical Engineers Changchun Institute of Applied Chemistry Guangdong University of Technology Nov. 12-16, 2023 Yeosu UTOP Marina Hotel Organized by Polymer Division of The Korean Institute of Chemical Engineers Korea Univ. BK21 FOUR: Global Creative Chemical and Biological Engineer Education Project for Leading Future Technology and Resolving Current Issues Pusan Nat. Univ. BK21 FOUR: Education Program for Forward-looking Student Resources in Multi-Scale Integrated Chemical Engineering (MICE) Yonsei Univ. BK21 FOUR: Future-Leading Global CHE Education Program Seoul Nat. Univ. BK21 FOUR Program in Chemical Engineering Chung-Ang Univ. BK21 FOUR: Future Chemical Engineering Talent Cultivation Education Research Team SKKU Univ.: Hyper-Ion Transferable Channel based Flexible Solid Electrolyte Research Center POSTECH: Center for Smart Block Copolymer Supported by S-oil, Hanuha Advanced Materials, SHIN-A T&C, LT Metal, Cosmax, Yeosu Trad. Liq., Yonsei Dairy 	 Recent Advances in Biological and Bioelectrochemical C1 Gas Upcycling 2023 Korea-China International Joint Symposium 2023. 12. 13, wed - 16, sat Haeundae Venisea Premier Hotel Busan, Conference Room (20th floor) Host: Basic Research Lab (BRL) Bio P2P-based CO₂ Utilization Lab Support: 한국화학공학회, NRF, BK21, KIT
한중심포지움(여수)	한중공동세미나(부산)
 2023년 한국화학공학회 고분자부문위원회 워크숍 - Polymer based Nanocomposites for Future Chemical Engineering - 프로그램 안내 [12/21 (목)] 12:00-12:55 등록 12:55-13:00 Opening: 초원환 교수 (2023 부문위원장) Session 1 - 화장: 이상혁 교수 (중앙대학교) 13:00-13:30 김현용 교수 (광운대학교) 13:30-14:00 김선주 교수 (중앙대학교) 14:00-14:30 김재현 교수 (부산대학교) 14:30-15:00 고희국 교수 (가천대학교) Coffee Break [기념사진 촬영] Session 2 - 화장: 김영진 교수 (공북대학교) 15:30-16:00 고희영 교수 (UNIST) 16:00-16:30 구형준 교수 (서울과학기술대학교) 16:30-17:00 안효영 교수 (전남대학교) 17:00-17:30 송승기 교수 (충남대학교) 17:30-17:40 Closing: 김현상 교수 (2024 부문위원장) [12/22 (금)] (On-site only) Session 3 - 분야별 종합토론 회의 09:00-09:20 초진현 교수 (고려대학교) 09:20-09:40 이상혁 교수 (중앙대학교) 09:40-10:00 이재원 교수 (충남대학교) 10:00-10:20 김정준 교수 (연세대학교) 10:20-10:40 김재현 교수 (부산대학교) 10:40-11:00 박정태 교수 (건국대학교) 11:00-11:20 안효영 교수 (전남대학교) 11:20-11:40 김영진 교수 (충북대학교) ▶ 일시: 2023년 12월 21일(목)~22일(금) ▶ 장소: 센텀 프리미어 호텔, 부산 (부산광역시 해운대구 센텀1로 17) ▶ 온라인 실시간 동시 중계 예정 (Session 1 and 2 only) (등록자에 한하여 접속 링크 지우 금지) ▶ 문의 및 참가신청: 화학공학회 홈페이지에서 등록 및 등록비 납부 (12월 21일(목)까지, 홈페이지 등록안내 가능) ▶ 등록: 일반: 17만원, 학생(논란인 참여): 5만원 ▶ 문의: 이상혁 교수 (중앙대학교, wooshd@cau.ac.kr) ▶ 오시는 길: 부산지하철 2호선 센텀시타역 13번 출구 (도보 3분 거리) ▶ <센텀 프리미어 호텔 숙박 안내> → 객실: 88,000원 *이메일로 발송된 설문지로 사전 연례 파악 후 학회측 알람 예약 (11월 28일까지) → 예약문의: 이재원 교수 (010-9576-5521) 공동 주최: 고려대학교 BK21 미래신도 및 천연해결형 환경생물공학 글로벌 창의 인재양성 사업단 부산대학교 BK21 MICE (미래스케일 융합 학원) 실용 연구단 연세대학교 BK21 미래신도형 글로벌 융합 과학 연구단 서울대학교 BK21 환경생명연구혁신사업단 상관대학교 미래 미션 재능 기반 조이온 전도성 유연 소재 연구단 충남대학교 BK21 미래 화학공학 인재양성 교육연구팀 포항공과대학교 지능형 분자공공융합재 자기조립연구단 	 The 17th International Workshop for East Asian Young Rheologists Date: January 23 - 26, 2024 Place: Pukyong National University, Engineering Building No. 1, auditorium (3F), Busan, Korea Organization: 한국유변학회, EPI-C, CCMP, PIONEER Sponsor: Anton Paar, TA, BK21, PIONEER
한국화학공학회 워크숍	IWEAYR-17

그림 II-10. 응용화학공학부 타대학 공동세미나 운영

라. GCCP 프로그램 운영

- 현재 학교차원의 대학원생 핵심역량 함양을 위한 PNU Graduate Core Competency Program (GCCCP)을 운영하고 있으며, 대학원생으로서 요구되는 핵심역량인 통섭적 지식탐구역량, 창의적 지식탐구역량, 공생적 리더역량, 글로벌 연구역량, 사회적 리더역량을 함양하기 위한 프로그램을 운영하고 있다.



그림 II-11. 대학원생 핵심역량 함양을 위한 PNU GCCP 운영 계획

③ 학생연구역량 중대

가. 대학원생 논문 저술 활동 지원

- ▶ 본 교육연구단은 대학원생의 학술활동 지원을 위하여, SCI 논문게재료, 분야별 상위 10% 저널 커버페이지 게재 비용을 지원하고 있다. 또한 분야별 상위10% 논문 및 환산보정 IF 합계가 우수한 대학원생에게 성과급을 지급하고 있으며, 본 지원사업을 통해 선정된 학생들의 논문실적은 다음과 같다.

- 23년 2학기에 우수한 논문실적을(주저자, 상위 15%내 저널에서 차등지급) 낸 참여대학원생 8명에게 성과급을 총 2,600,000원을 지원하였다.
 - 참여대학원생 지급 명단 :
- 24년 1학기에 우수한 논문실적을(주저자, 상위 15%내 저널에서 차등지급) 낸 참여대학원생 13명에게 성과급을 총 4,500,000원을 지원하였다.
 - 참여대학원생 지급 명단 :

나. 대학원생 학술활동 지원

- ▶ 본 교육연구단은 대학원생이 국제나 국내 학술회의에 발표하는 경우 그에 대한 비용을 지원하였다.
- 23년 2학기(2023.09.01.~2024.02.29.) 기준 국제학회등록비 3,545,009원을 총 5명에게, 국내학회등록비 3,380,000원을 총 40명에게 지원하였다. 국제학회 참가경비 19,661,436원을 총 8명에게, 국내학회 참가경비 424,200원을 총 3명에게 지원하였다. 재료비로 25,628,626원, 분석료 804,000원, 논문게재료 2,333,408원을 지원하였다.

- 24년 1학기(2024.03.01.~2024.08.31.) 기준 국제학회등록비 6,456,445원을 총 12명에게, 국내학회 등록비 3,240,000원을 총 27명에게 지원하였다. 국제학회 참가경비 22,311,703원을 총 9명에게 지원하였고, 국내학회 참가경비 1,546,500원을 총 11명에게 지원하였다. 재료비로 12,684,660원, 분석료 378,000원, 논문게재료 3,980,856원을 지원하였다.
- 정리하면, 4차년도 참여대학원생에게는 17명에게 국제학술대회 등록비 10,001,454원, 67명에게 국내학술대회 등록비 6,620,000원을 지원하였고, 재료비 38,313,286원, 분석료 1,182,000원, 논문 게재료 6,314,264원 등을 지원하였다.

다. 연구성과교류 Workshop 운영

- ▶ 본 연구단에서는 매년 말에 BK21 참여대학원생을 대상으로 연구성과교류 Workshop을 계획하였다. 대학원생은 이를 통해 다양한 연구결과를 공유함으로써 융합연구의 새로운 아이디어를 얻어 발전할 수 있고, 발표능력 및 융합연구를 위한 소통 능력을 키울 수 있었는데, 본 연구단은 우수한 연구결과를 발표한 발표자들에게 시상하였다. 연구성과교류 워크숍 진행은 1주일간 온라인으로 진행하였으며, 시상식은 오프라인으로 아래와 같이 진행하였다.

- 일시 : 2023년 12월 21일(목) 12시30분
- 장소 : 화공관 7415호
- 총 59개 (구두 28개, 포스터 31개)가 접수
- 인센티브(상금) 지급 : 총 610만원, 34명
- 수상자 명단 :
 - 구두 부문 : 13명
 - 최우수상 (3명) : (각 상금 50만원)
 - 우수상 (10명) : (각 상금 20만원)
 - 포스터 부문 : 21명
 - 최우수상 (5명) : (각 상금 20만원)
 - 우수상(16명(본래 15명-> 공동수상자로 16명 변경)) : (각 상금 10만원)



그림 II-12. 연구성과교류 Workshopv(2023.12.21.)

④ 교수연구역량 향상

가. 우수논문 중대

- ▶ 참여교수들이 우수한 논문실적을 내도록 참여대학원생과 신진연구인력들을 지원하였다. 또한, 최신 연구동향과 기술동향을 확보하도록 각 학술대회 등록 및 발표, 특허등록도 지원하였다. 참여 교수들은 4차년도에 국제학술대회 23건 발표, 특허등록 18건을 하였다.
- ▶ 참여교수들의 논문실적은 연구역량 부분에서 기술한 바와 같이, 3단계 BK21 사업의 과거 3~5년 치 실적의 평균값에서 기초한 초기값과 성장률을 고려한 4차년 목표치 설정 대비 실적을 달성 하였다. 특히 우수논문의 경우 질적 평가라고 할 수 있는 논문 1인당 환산보정 IF, Q1 비율에서 4차년도에 각각 35%, 17%의 실적 달성율을 보였다. 이는 교수의 연구역량이 질적으로 향상되었음을 알 수 있는 지표이다. (표 III-3 참조)

표 III-3. 주요 연구지표에 대한 4차년도 목표 및 결과

항목	3단계 BK 최근 5년 (15'-19') 평균	4단계 BK 단계평가전 (20.09-22.08) 평균결과	4차년도 (23'-24') 목표	4차년도 (23'-24') 결과	목표 달성률
교수1인당 논문환산편수	1.81	1.76	1.79	1.87	+4%
교수1인당 논문 환산보정 IF	0.89	1.06	0.98	1.32	+35%
교수1인당 논문 환산보정 ES	1.41	2.84	1.57	3.53	+125%
논문실적의 Q1 비율(%)	53	67	60	70	+17%
상위10% 논문 비율(%)	26	28	30	39	+28%

▶ 해외공동연구를 위한 해외공동연구자 초청세미나를 개최하고 지원하였다. 4차년도 본 연구단에서는 각 전공 분야에서 해외 석학을 초빙하여 강연 및 세미나를 개최하여 선진연구의 동향 파악 및 상호교류를 통하여 국제화 교류를 확대하였는데 내용은 다음과 같다.

표 II-21. 해외연구자 강연 및 세미나 초청 실적

연번	내 용	사 진
1	■ 연 사 : 교수 (The University of Kitakyushu, 일본) - 일시, 장소 : 2024.02.22.(목) 16:30 ~ 17:30, 5공학관 5203호 - 내용 : “Characterizing DDS Nanoparticles in with Scattering Techniques” 를 주제로 나노파티클의 분석 방법 및 약물전달에 대한 최신 연구 동향을 파악하였다.	
2	■ 연 사 : 교수 (Chiba University, 일본) - 일시, 장소 : 2024.03.05.(화) 13:00 ~ 15:00, 5공학관 5203호 - 내용 : “Upconverted Emission in AC-Driven Electrochemiluminescent Device with DNA modified electrodes” 를 주제로 EC 소재 및 EC에서 금속의 증착에 대한 최신 연구 동향을 파악하였다.	
3	■ 연 사 : 박사 (National Institute of Technology, 일본) - 일시, 장소 : 2024.08.22.(목) 16:00 ~ 17:00, 5공학관 5203호 - 내용 : “ Electrochromic Devices with Metallosupramolecular Polymers” 를 주제로 최신 전기변색 소재 및 소자 응용에 대한 전반적인 내용에 대한 자문을 실시하였으며 실용화 기기 제조, 대면적 상용화에 대한 의견을 교환하였다.	

	- 일시, 장소 : 2023.11.16(목) 9:30 ~ 13:00, 부산대학교 운죽정 2층 - 내용 : “Selectivity in drying thin liquid film coatings” 을 주제로 현탁액의 코팅 및 건조 기술 및 CNC-PEO 개질 방법에 대한 동향을 파악하였으며, 연구단의 연구방향을 넓히는데 기여하였다.	
7	■ 연사 : 박사 (Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Technical Chemistry and Polymer Chemistry (ITCP), 독일) - 일시, 장소 : 2024.02.08(목) 13:30 ~ 16:30, 제7공학관 7414호 - 내용 : 유연물성 측정 에 대한 다양한 방법과 응용에 대한 동향을 파악하였으며, 연구단의 연구방향을 넓히는데 기여하였다.	
8	■ 연사 : 교수 (University of Arizona, Department of Chemistry and Biochemistry 미국) - 일시, 장소 : 2024.01.08.(화) ~ 2024.01.19.(금) 14:00 ~ 16:00, 제7공학관 7410호 - 내용 : 전공분야인 화학공학 분야와 관련한 국제학술대회 논문 영어발표스킬 향상 강의를 하였으며, 2주에 걸쳐 1:1 학생 지도를 통해 참여대학원 학생의 국제학회 참여시 발표수준을 높히는데 기여하였다.	

⑤ 글로벌 위상 격상

가. QS랭킹 상승

- 우수한 연구역량 및 교육역량을 바탕으로 국제적 위상이 상승하도록 한다.

나. 우수 대학원생 유치 및 지원

- 높아진 위상을 바탕으로 국내·외 우수대학원생을 유치하는데, 우선 본교를 비롯한 국내 각 대학 학부 졸업생 및 대학원 진학 예정자 대상 홍보를 통하여 우수 인력을 확보할 예정이다.
- 또한, 중국, 인도, 동남아의 우수대학과 MOU를 맺어 해외우수 연구 인력을 유치하고 지원한다. 실제로 부산대학교 졸업 외국인 학생의 경우 첫 학기 입학 장학금 지급 및 둘째 학기부터는 평점평균에 따라 외국인 성적장학금 지급하고 있다. 또한, 한국어능력시험(TOPIK) 4급 이상 취득 시 재학 중 최대 3회까지 장학금 지급하는 등의 유인책을 가지고 있으며, 부산대학교 BK21 대학원혁신 사업의 일환으로 해외 대학원생 유치 확대를 위해 BK21 FOUR 참여 교육연구단 소개집을 영문/중문으로 배포하고 있다.

(2) 연구역량의 교육적 활용 방안

- 본 교육연구단이 제시하는 연구역량의 교육적 활용방안과 이에 대한 기대효과는 아래 표와 같으며 관련 실적은 연구성과에서 확인 가능하다.

표 II-6. 연구역량의 교육적 활용방안 및 기대효과

	연구역량	교육적 활용	기대효과
①	참여교수의 연구비 수주	• 대학원생의 연구과제 참여 증대 • 실험장비 등 연구 인프라 구축 및 활용	• 연구활동 증대로 우수논문 양적, 질적 수준향상
②	산학공동연구	• 학문연구와 관련연구의 산업 및 사회적 니즈 파악 • 졸업 후 취업 기회 제공	• 산업 및 사회문제 해결 • 기업의 매출증대 • 졸업생 기업체 취업 확대
③	참여교수의 국제공동연구	• 외국 연구자와의 교류 확대로 교육의 국제화 함양 • 대학원생 해외연수기회 확대 • 대학원생 국제학술대회발표 참가 확대	• 해외연구교류 활성화로 글로벌 위상 강화 • 해외취업 기회 확대
④	기술이전, 특허등록	• 대학원생의 기업체 기술 공동개발 참여 기회 • 신기술 아이디어 개발 및 사업 아이템 확보	• 기업체의 필요기술 제공 • 미래 창업기회 제공

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

- 최근 지구 대부분 나라들은 세계적으로 유행하는 바이러스와 같은 질병의 출현 확산, 재난·재해, 미세먼지, 교통 혼잡, 저출산, 안전 등 사회적 문제가 크게 증가함으로써, 인간의 목숨을 위협받고 삶의 질 개선과 괴리된 성장이라는 비판에 노출되고 있다. 즉, 세계는 과학기술의 발달에도 불구하고 갈수록 예기치 못한 각종 위기상황과 함께 한편 ‘저성장 고착화·사회문제 심화’의 경제·사회의 구조적·복합적 위기상황에 직면하고 있다.
- 해외주요국에서도 사회문제에 대해 인식하고 국민들의 ‘삶의 질 향상’을 국가적 목표로 하는 움직임이 활발하여 국가 사회 현안을 해결하고 4차 산업혁명을 선도하기 위해 사회문제 해결형 R&D를 실시하고 있다.
- 본 교육연구단의 교과과정에는 소재, 나노, 공정, 에너지, 촉매, 전산모사 및 바이오 기술을 보유하고 있고, 과학기술, 산업 및 사회문제 해결과 혁신에 기여하기 위해 다양한 형태의 산학연계 프로그램을 수행하고 있다. 이와 더불어, 4차 산업혁명 시대에 맞추어 고도화된 전문성과 다양한 학문을 융합할 수 있는 역량을 갖춘 혁신인재를 양성하여 지역사회에 공급하기 위한 교육과정도 제공할 예정이다.

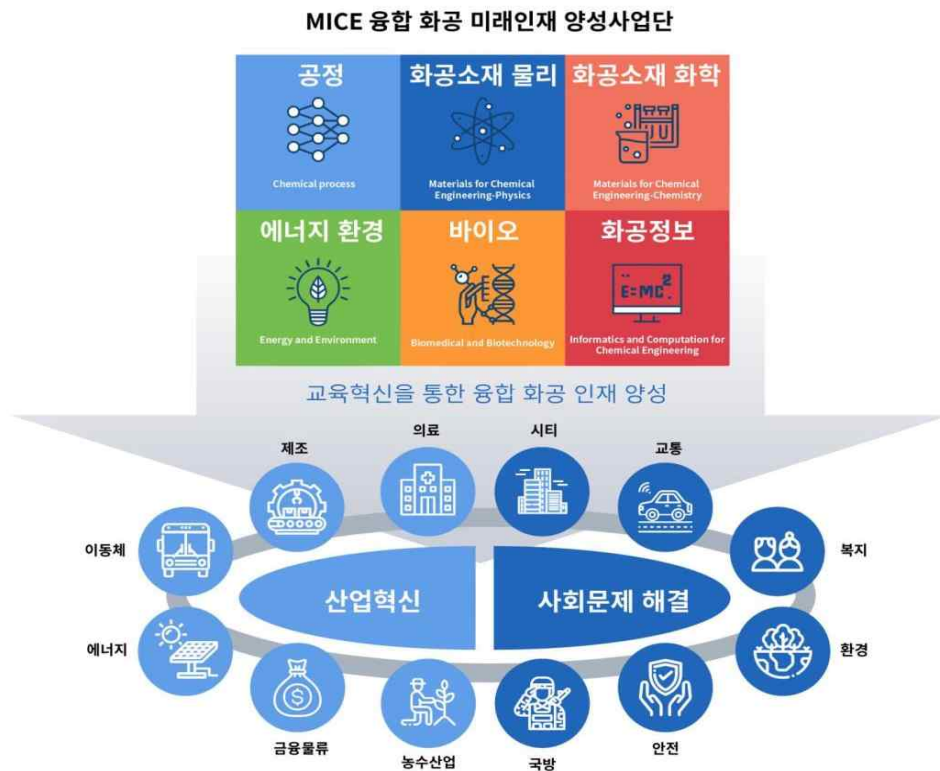


그림 II-13. MICE 융합화공인재를 통한 4차 산업혁명 선도 및 사회문제 해결

- 대학원 본부차원에서는 4단계 BK사업에 참여하는 대학원생을 대상으로 Innovation course를 운영하고 있으며, 본 교육연구단에서는 매 학기 2개 내외의 팀이 Innovation course에 참여하고 있다. 교내 타 교육연구단 학생들과 팀을 구성하여 학제간 연구가 가능하도록 유도하고 있으며, 이를 통한 다양한 지역 및 세계 사회문제 해결을 위한 아이디어가 도출될 것으로 기대된다.

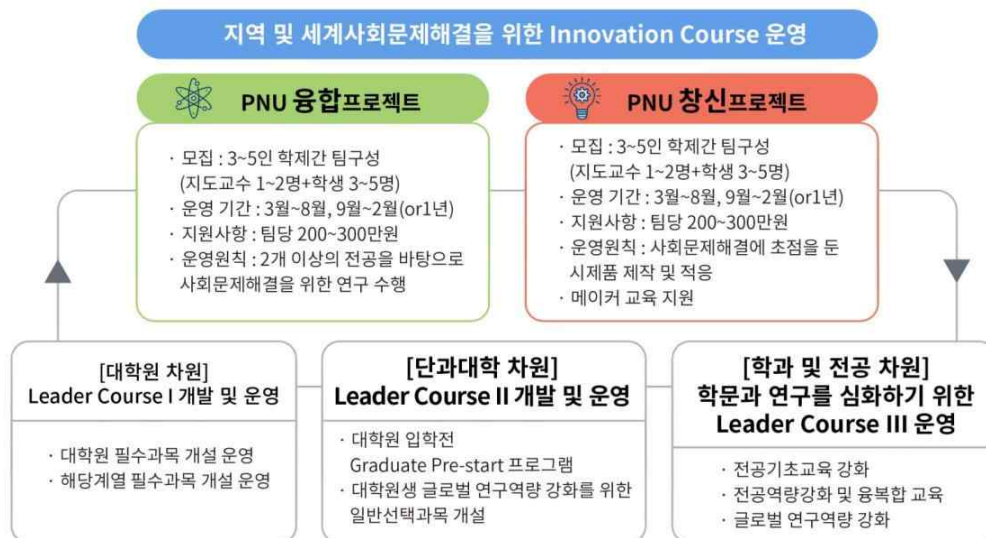


그림 II-14. 지역 및 세계 사회 문제 해결을 위한 Innovation Course (대학본부).

- 전 세계적으로 현재 인류가 겪고 있는 공통적인 이슈로는 표 II-7 과 같은 문제들이 있으며 해결책과 이와 연관된 기초 및 전문지식은 응용화학공학부의 교육 커리큘럼에서 운영되고 있다.

표 II-7. 국가 및 세계사회 공통이슈 문제해결을 위한 관련 교육 프로그램

국가 및 국제 사회적 문제	해결책	관련 교육 커리큘럼
신종바이러스 전염 확산	• 백신, 치료제 개발	생물정보학, 유전자공학특론, 대사공학특론, 생물화학공학특론, 분자전산모사
	• 바이러스진단키트(체외진단 의료기기)	유기바이오소재, 기능성바이오소재특론, 나노바이오소재특론, 생체및의료용고분자
	• MB필터, 나노필터 등	고분자가공특론, 유변학, 고분자레올로지, 섬유공정특론
(초)미세먼지 등 대기 오염	• 연료유 NO _x , SO _x 저감	촉매공학특론, 반응공학특론, 환경공학특론, 기기분석특론
	• 정전필터, 나노필터 등	고분자분리막, 유변학, 고분자가공특론
플라스틱, 해양 등 환경오염	• 생분해성플라스틱	고분자합성특론, 환경친화성고분자, 고분자복합재료, 고분자가공특론, 기기분석특론, 유기신소재 분자설계
	• 해양방제관련 응고제, 유화제, 오일펜스, 오일흡수제 등	유기화학특론, 유기합성특론, 고분자합성특론, 고분자계면
지구온난화, 기후변화	• CO ₂ 감축 및 청정에너지	반응공학특론, 촉매공학특론, 전지공학특론, 분리공정특론, 공정모델링 및 모사
석유등 탄소에너지자원 고갈	• 친환경에너지(수소연료 등)	신재생에너지공학, 고분자분리막, 분리공정특론, 화학공정제어특론, 공정모델링 및 모사
	• 신재생에너지	에너지소재특론, 바이오에너지공학, 유기에너지소재특론, 전지공학특론
가뭄, 오염으로 인한 물 부족	• 해수 담수화	고분자분리막, 고분자가공특론, 고분자합성특론

- ▶ 본 교육연구단은 4단계 BK21 사업을 위해, 기존의 화학공학·고분자공학과와 유기소재시스템공학과가 통합하여 응용화학부로 개편하였고 확대된 커리큘럼을 바탕으로 6개의 필수전공트랙을 편성하였고, 새로운 9개의 신설과목을 추가하였다.
- ▶ 2023년 9월부터 그린섬유집합체특론, 친환경산업과 섬유기술, 친환경탄소소재공정특론, 분자전자 등 4과목을 개설하여, 학생들에게 다양한 기술 및 산업 정보를 제공하고 있다. 향후, 계획서에 명시된 과목을 추가로 개설할 예정이며, 대학원생들에게 4차 산업혁명시대에서 화공분야에서 대응가능한 정보를 제공하고 있다 (표 II-1)

표 II-1. 응용화학공학부 신설 과목 (2023년 9월 ~ 2024년 8월)

트랙	교과목	교과내용
화공소재물리	그린섬유집합체특론	주목받고있는 산업용 친환경 섬유소재에 대한 기본 지식을 학습하고 현 산업의 친환경 트렌드와 수요에 대해 대응할 수 있는 소재 물성 및 특성을 이해한다.
	친환경산업과섬유기술	최근 환경문제가 심각해짐에 따라 친환경 산업이 발달하고 있다. 본 수업에서는 친환경 산업에서 쓰이는 섬유기술이 최신 동향에 대해 강의와 세미나를 통해 학습한다.
	친환경탄소소재공정특론	친환경 산업에서 탄소소재가 매우 중요하고 부상하고 있다. 플러렌, 탄소나노튜브, 그래핀 등의 나노탄소재료와 흑연, 카본블랙, 활성탄, 탄소섬유 등의 전통 탄소소재에 대해 학습한다.
	분자전자	본 교과목은 전자재료의 특성을 체계적으로 학습하고자 고체의 결합, 결정질 및 비정질 재료의 특성, 고체의 열적 및 전기적 특성, 반도체, 유전체 재료와 절연 특성 등에 대해 강의하고 이를 바탕으로 전자소재에 대한 개념을 다루고자 한다. 또한, 평판디스플레이 및 유전전자소자의 기반을 이루는 유기전기전자 재료와 반도체 나노결정인 양자점을 활용한 소자의 동작 원리 그리고 응용에 대해서도 다룬다.

▶ 4차년도(2023.09.01.~2024.08.31.) 기간동안 **6개의 전공핵심트랙**을 중심으로 이루어진 교과목을 표 II-2에 나타내었다. 2023년 2학기 14과목(응용화학공학 콜로키엄 제외), 2024년 1학기에 12과목(응용화학공학 콜로키엄 제외)이 6개의 전공트랙에 다양하게 과목이 개설되었다. 또한 20명이상이 수강한 과목이 2023년 2학기 7과목, 2024년 1학기 8과목으로 응용화학공학부로 통합하면서 학생들에게 다양한 과목을 제공하고 있다는 것을 알 수 있다.

▶ **화공정보트랙** 분야에도 3개의 과목이 개설되고 있다는 것을 확인할 수 있는데 해당트랙에서 더 많은 과목을 발굴하여 개설할 예정이다.

표 II-2. 전공트랙 별 개설 교과목

전공트랙	2023년 2학기		2024년 1학기	
	과목	수강인원	과목	수강인원
공정			공정최적화	15
			그린섬유공정	29
화공소재물리	고분자구조해석	21	고분자물성특론(I)	33
	광기능소재특론	20		
	그린섬유집합체특론	20	유기소재시스템물리특론	19
화공소재화학	기능성고분자	24	유기화학특론	22
에너지 환경	에너지소재특론	26	고분자계면	23
	친환경산업과섬유기술	25	바이오에너지공학	25

	친환경탄소소재공 정특론	17	섬유강화복합재료 특론	25
			전지공학특론	28
바이오	생물화학공학특론	18	단백질공학특론	26
	환경미생물공학	10	미생물바이오리파 이너리	5
화공정보	고등기기분석특론	15	수치및통계해석	9
	고분자특성결정	26		
	전산소재공학특론	11		
	화공수학특론	14		

- ▶ 이를 통해 대학원생들에게 보다 넓고 다양한 학문분야의 교육기회 제공이 가능하고, 국가 및 국제사회가 겪고 있는 공통적으로 겪고 있는 이슈에 대응하여 이를 해결할 수 있는 전문 인력양성에 보다 능동적으로 대응이 가능할 것으로 예상하고 있다.

1.2.2 동남권(부산,울산,경남) 산업 및 사회 문제해결을 위한 교육프로그램 현황, 구성 및 운영

- 동남권 지역산업 및 사회문제는 전국상황과 비슷하지만 특히, 사회적인 문제로는 전국대비 높은 고령화율, 이에 따른 생산인구 감소, 일자리 부족에 따른 높은 실업률, 해양 및 대기(미세먼지) 환경오염, 원전을 대체할 에너지 고효율화 등을 들 수 있고, 산업적인 문제로는 전통 주력산업(해양플랜트, 조선, 자동차, 석유화학 등)의 경쟁력 감소 위기, 신발 및 섬유산업 등의 침체, 원자력 관련 기계 산업 붕괴 등을 들 수 있다.
- 먼저, 사회적 문제해결과 연관된 기초와 전문적 지식습득에 필요한 교육프로그램은 현재 교육연구단이 운영 중인 커리큘럼과 대학원차원에서 운영 중인 교육 프로그램에서 볼 수 있다.

표 II-8. 지역 사회적 문제해결을 위한 관련 교육 프로그램

지역 사회적 문제	관련 교육 프로그램
• 높은 고령화율	생체및의료용고분자, 유전자공학특론, 대사공학특론, 바이오레올러지특론, 유기바이오소재, 기능성바이오소재특론, 나노바이오소재특론, 생물화학공학특론, 환경미생물학특론, 생물반응기특론, 생물정보학
• 해양, 대기(미세먼지) 등 환경오염	환경공학특론, 환경친화성고분자, 고분자분리막, 고분자계면, 전기화학특론, 수치해석특론, 기기분석특론, 확산론
• 에너지 고효율화 및 친환경에너지	신재생에너지공학, 에너지소재특론, 바이오에너지공학, 유기에너지소재특론, 고분자분리막, 전지공학특론
• 높은 실업률 (창업 및 신산업 창출)	대학원생 기술창업팀 발굴·육성을 위한 창업 지원 프로그램, PNU 스타트업 베이스캠프, 창업관련세미나

- 한편, 과거 동남권 주요산업들은 자동차, 조선분야인 기계 산업과 석유화학산업 등 중공업 위주가 주를 이뤘지만 급변하는 시대 산업트렌트에 맞춰 지역 신산업 육성전략이 필요했고, 이에 지역전략산업들을 육성해오고 있다. 2019년 국가균형발전 프로젝트에서 발표된 동남권의 전략산업

을 조사한 결과 (나노)신소재, 공정, 에너지, 환경, 바이오 등의 분야들이 본 교육연구단의 교육, 연구 분야와 밀접한 관련성이 있다.

- 이러한 지역 전략산업분야의 산업적 문제해결과 연관된 특히 화학소재산업의 기초와 전문적 지식습득에 필요한 교육프로그램은 본 연구단이 운영하는 커리큘럼으로 그림 II-6에 나와 있으므로 생략하고 이외의 운영프로그램은 다음과 같다.
- 본 교육연구단이 속해 있는 동남권은 부산, 경남, 울산 지역중심으로 각각 특화된 지역전략산업을 가지고 있으므로 이들 분야의 산업발전에 기여할 수 있는 교육프로그램 신설 및 확충이 필요하다. 이번 교육연구단에서는 지역의 정부연구기관 및 주요산업체와 연계한 산·학·연 연구 인력의 전문분야 석·박사 학위취득을 위한 연계 학연프로그램을 신설하여 운영하고 이를 강화할 예정이다.
- 동남권에 위치한 다양한 정부출연연구기관과의 MOU 체결을 추진하여 화공분야 학·연 대학원 과정을 운영하고 있고, 이를 확대할 계획이다. 이는 지역주력산업 경쟁력 강화를 위한 전문 인력 양성으로 이어질 것으로 기대된다.

▶ 4차년도에 지난 1년간 산/학, 학/연 연계 프로그램을 통해, 총 82명의 석/박사 대학원생 (2023년 하반기 38명, 2024년 상반기 44명) 들이 프로그램에 참여하여 학위과정을 이어가고 있다.

- 더불어, 지역산업의 경쟁력을 강화하는데 **(지역) 산업계 전문가 고문단을 적극 활용**할 계획이다. 특히, 표 II-8에서와 같이 지역 전략사업 부문의 기업과 기관 소속 전문가를 필수적으로 고문단으로 영입하여 지역 산업의 VOC (Voice of Customer)를 청취하고, 산학연계 콜로키움 연사로 초빙하여 본 교육연구단의 관련 트랙별 교수와 대학원생들에게 산업현장의 생생한 목소리를 전달하는 체계를 갖출 것이다. 이를 토대로 지역산업에서 요구하는 현장 인력에 관한 찾아가는 재교육 프로그램이나 향후 지역산업의 경쟁력강화에 이바지할 수 있는 **분야별 맞춤형 전문인력양성**을 체계적으로 추진할 계획이다.

▶ 본 교육연구단은 지역 산업계의 인력 교육을 통한 인적 교류활동의 일환으로 지역산업체 및 연구기관의 우수한 인력을 대학원에 진학시키는 프로그램을 운영하고 있으며, 4차년도 기간에 수확 중인 파트타임 대학원생 현황은 박사과정 6명, 석사과정 75명, 석박사통합과정 1명으로 총 82명이다.

- 지역산업계 종사자의 재교육을 위하여 현장 밀착형 교과과정을 가지는 산업대학원을 개설하고 있으며, 4차년도 기간에 재학 중인 산업대학원생은 석사과정 36명이다.
- 이외에도 산학 공동연구 활성화와 참여 대학원생의 진로 지도를 위하여 주요 관련업계의 담당자와 선배 연구자를 초청하여 회사 및 오픈랩 겸 진로 설명회를 개최하였다.
 - 2023년 11월 13일~16일, 각 연구실에서 진로탐색의 날 & Open Lab을 개최하여 대학원에 관심있는 학부생들과 참여대학원생의 진로지도를 진행하였다.
 - 2024년 4월 17일, 한국타이어의 이 “타이어재료 기술의 이해” 라는 제목으로 강연을 진행하였고, 회사 소개와 진로 및 취업 관련 질의응답을 진행하였다.
 - 2024년 5월 9일, 대학원혁신실에서 대학원생의 맞춤형 취업기회 제공 및 진로네트워크 확대를 위한 경상권 첨단산업 외투기업(램리서치코리아(반도체), 프레스티지바이오파마(바이오), 르노삼성(미래차)) Meet-up Day를 개최하였다.

▶ 본 교육연구단 참여교수들은 다음과 같이 기업체 강연 및 기술 교육과 자문 등을 실시하였다.

□

- 청정수소 연소발전 전문기업인 (주)뉴수소에너지 과 함께, 2024년 5월 16일 및 6월 14일에 수소연소발전 과제개발 미팅을 가졌으며, 6월 28일 경기도 군포에 위치한 뉴수소에너지 본사를 방문해 미팅 및 수전해와 가스발전시설을 견학하였다. 중소기업협력과제 개발을 위해 지속적인 협력을 강화하고 있다.
- 바이오수소 생산과 활용 전문업체인 (주)바이오엑스와는 환경부/환경산업기술원 지원 음폐수로부터 수소생산 과제를 2020년부터 수행하고 있으며, 현재 2단계 사업을 진행하고 있다. 또한 연구책임자와 함께 2024년 한국에너지기술평가원의 한영에너지국제공동과제에 영국 WASE Ltd, U. Westminster와 함께 선정되었으며, 향후 3년간 유기성 폐자원을 활용한 수소/메탄 혼합 하이탄 생산공정개발을 위해 협력할 계획이다.

□

- 2023년 4월 29일 경기도 화성시 현대자동차 남양연구소에서 “부동액 염료의 탈변색원인 규명을 위한 염료 변형 메커니즘 “에 대한 산학과제 완료보고 및 전기화학 강의를 실시하였다. 구체적으로 부동액 조성물의 탈변색거동을 모사하고, 발생하는 염료구조의 변화를 다양한 기기분석 측정을 통해 탈변색메커니즘을 규명한 결과를 소개하였으며, 기존 탈변색현상 발생을 완화 또는 지연하는 조건을 발굴하고 이를 반영한 부동액 배합조성 개발 가능성을 제시하였다.

□ : 2023년 8월 ~ 24년 2월 동안 경북 경산에 소재한 자동차 & 산업용 전선, 호스, 튜브 등의 제조회사 안캠(주)에 방문하여 연구개발팀에 특수 자동차 고분자 소재 개발 관련하여 자문을 하였다.

□ :

- 한국과학기술정보연구원(KISTI) 부산울산경남지원에서는 수행중인 “2024년 울산광역시 중소벤처 기업 R&D 맞춤형 기술정보 제공사업의 일환으로 감압접착제 전문업체인 (주)씨에스케이미칼에 외부 전문가로 방문하여 기능성 이중 계면 점접착제 기술과 고성능 점착제 개발 관련 기술교육 및 기술자문을 진행하였다. 최근 친환경 재가공/재활용이 가능한 열경화성 고분자로 각광 받는 동적 결합 고분자 소재 및 이를 이용한 점착제 관련 발표를 하였으며 향후 지속적인 고성능 점착제 개발 관련 R&D 컨설팅 및 산학연 R&D 기획을 계획하였다.



□ 교수

- 2023년 7월 14일, 경기도 화성시 현대자동차 남양연구소에서 플라스틱 복합재료 기술자문 발표를 실시하였는데, 현대차에서 자동차 연비 향상 및 온실가스 배출 감소를 통한 친환경화를 위하여 추진하는 차체 경량화에 핵심이 되는 탄소섬유 복합재료 (CFRP)에 관한 기초, 활용에서부터 최신 기술 및 연구 동향에 관한 강연과 질의응답을 통한 기술 자문을 진행하였다. 성동기 교수의 주요 연구분야인 CFRP에 관한 현대차 내부의 높은 관심도를 반영하여 온/오프라인 병행으로 진행된 강의에 많은 연구자들이 참석하였고, 복합재 분야의 주요 선행연구 결과를 바탕으로 양산화 가능한 수준의 기술개발을 위한 산학협력 과제 제안도 요청받아서 사전 검토를 진행하고 있다.

2. 인력양성 계획 및 지원 방안

2.1 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

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

(단위: 명)

대학원생 확보 및 배출 실적					
실적		석사	박사	석·박사 통합	계
확보 (재학생)	2023년 2학기	79	23	34	136
	2024년 1학기	89	23	35	147
	계	168	46	69	283
배출 (졸업생)	2023년 2학기	12	2		14
	2024년 1학기	25	7		32
	계	37	9		46

2.2 교육연구단(팀)의 우수 대학원생 확보 및 지원 계획

▶ 교육연구단의 우수 석/박사 유치확대 계획과 그에 대한 지원 결과를 정리하면 다음 표과 같다.

표 II-9. 교육연구단의 우수대학원생 유치확대 계획과 지원결과

지원 계획	4차년도 지원결과 및 실적
본교 학부생의 대학원 생 유치를 위한 지원	1) 본교 학부생의 대학원 진학시 장학금 지원 - 우수졸업자 대학원 진학: 본교 출신 학사과정 졸업 전체평점평균 3.8 이상 학생이 졸업 후 2년 이내에 석사과정에 진학할 경우 지급함. - 일반대학원 Premier: 본교 학부 Premier 장학생이 학사과정 졸업 후 2년 이내에 본교 일반대학원에 입학할 경우 선발함. 2) 진로지도 지원 - 대학원에 관심있는 학생이 대학원 홈페이지에 전공하고 싶은 분야에 관해 질문을 등록할 시, 해당 내용이 지도교수 혹은 학과사무실에 송부되어 학생 맞춤형 정보 제공하였음.
국내 외부대학에서의 대학원생 유치를 위한 지원	- 대학원에 관심있는 학생이 대학원 홈페이지에 전공하고 싶은 분야에 관해 질문을 등록할 시, 해당 내용이 지도교수 혹은 학과사무실에 송부되어 학생 맞춤형 정보 제공하였음.
학/석사 및 석/박사 통합과정 입학생 확대를 위한 지원	- 학석박통합연계과정 장학금: 학석사 및 학석박사 통합연계과정으로 선발된 학생의 경우 장학금 지급하였음.

• 해외 우수 연구 유치 확대를 위한 지원	- 부산대학교 졸업 외국인 학생의 경우 첫 학기 입학 장학금 지급 및 둘째 학기부터는 평점평균에 따라 외국인 성적장학금 지급하였음. - 한국어능력시험(TOPIK) 4급 이상 취득 시 재학 중 최대 3회까지 장학금 지급하였음. - 부산대학교 BK21 대학원혁신 사업의 일환으로 해외 대학원생 유치 확대를 위해 BK21 FOUR 참여 교육연구단 소개집을 영문/중문으로 배포하였음.
• 석사과정 학생의 박사과정으로의 유치 지원	- 실적 산정기간 내 석사 졸업생 67명 중 6명이 본교 박사과정에 진학하여 전체 박사 신입생 16명 중 6명으로 37.5%가 본교 출신임. - 이는 BK사업으로 안정적인 대학원 교육환경을 제공한 결과로 해석됨.

▶ 교육연구단의 대학원생 학업환경 지원에 대한 계획 및 지원결과를 정리하면 다음과 같다.

표 II-10. 교육연구단의 대학원생 학업환경 지원계획과 지원결과

지원 계획	4차년도 지원결과
• 대학원생에게 장학금 지급	- 2023년 10월 1일 기준(23년 2학기) 참여대학원생 136명 (석사 84명, 박사 20명, 박사수료 32명) 중 총 90명(석사 49명, 박사 16명, 박사수료 17명)에게 석사 1,000,000원 박사 1,600,000원, 박사수료 1,300,000원의 장학금을 매달 지원하였음. - 2024년 4월 1일 기준(24년 1학기) 참여대학원생 147명 (석사 96명, 박사 22명, 박사수료 29명) 중 총 80명(석사 52명, 박사 15명, 박사수료 13명)에게 석사 700,000원 박사 1,300,000원, 박사수료 1,000,000원의 장학금을 매달 지원함.
• 대학원생 학술활동 지원	- 23년 2학기(2023.09.01.~2024.02.29.) 기준 국제학회등록비 3,545,009원을 총 5명에게, 국내학회등록비 3,380,000원을 총 40명에게 지원하였다. 국제학회 참가경비 19,661,436원을 총 8명에게, 국내학회 참가경비 424,200원을 총 3명에게 지원하였다. 재료비로 25,628,626원, 분석료 804,000원, 논문게재료 2,333,408원을 지원하였음. - 24년 1학기(2024.03.01.~2024.08.31.) 기준 국제학회등록비 6,456,445원을 총 12명에게, 국내학회등록비 3,240,000원을 총 27명에게 지원하였다. 국제학회 참가경비 22,311,703원을 총 9명에게 지원하였고, 국내학회 참가경비 1,546,500원을 총 11명에게 지원하였다. 재료비로 12,684,660원, 분석료 378,000원, 논문게재료 3,980,856원을 지원하였음. - 정리하면, 4차년도 참여대학원생에게는 17명에게 국제학술대회 등록비 10,001,454원, 67명에게 국내학술대회 등록비 6,620,000원을 지원하였고, 재료비 38,313,286원, 분석료 1,182,000원, 논문게재료 6,314,264원 등을 지원하였음.
• 장·중·단기 해외 연구기관의 연수비를 지원	- 해외연수 지원의 경우 대학원생의 참여지도교수 실적, 연구실적, 연수계획서 등을 참고하여 운영위원회에서 선정하여 모두 3명에게 지원하

	였음 - 해외연수 장기(2023.06.24.~12.03.) [] 미국 샌디에이고 대학 5,000,000원 - 해외연수 중기(2024.01.20.~02.26.) [] 미국 텍사스 A&M 대학 3,000,000원 - 해외연수 중기(2024.03.23.~05.03.) [] 미국 텍사스 A&M 대학 3,000,000원 - 해외연수 단기(2024.05.13.~05.29.) [] 미국 델라웨어 대학 1,500,000원
• 우수대학원생에 대한 장학금 지원 및 해외학술활동 지원	- 23년 2학기에 우수한 논문실적을(주저자, 상위 15%내 저널에서 차등지급) 낸 참여대학원생 8명에게 성과급을 총 2,600,000원을 지원하였음. - 24년 1학기에 우수한 논문실적을(주저자, 상위 15%내 저널에서 차등지급) 낸 참여대학원생 13명에게 성과급을 총 4,500,000원을 지원하였음. : 정리하면, 우수한 논문실적을(주저자, 상위 15%내 저널에서 차등지급) 낸 참여대학원생 총 21명에게 성과급을 총 7,100,000원을 지원하였음

▶ 대학본부의 우수대학원생 확보를 위한 지원방안 및 지원결과를 정리하면 다음과 같다.

표 II-11. 대학본부의 우수대학원생 확보를 위한 지원방안 및 지원결과

지원 계획	4차년도 지원 결과
• 대학원 입학홍보 및 입학상담 강화	-코로나 19 상황으로 학부생/신입생 대상 프로그램 실시 불가, 각 대학원에서 개별적으로 온라인 입학설명회, Open Lab 등을 개최하였음. - 대학원에 관심있는 학생이 대학원 홈페이지에 전공하고 싶은 분야에 관해 질문을 등록할 시, 해당 내용이 지도교수 혹은 학과사무실에 송부되어 학생 맞춤형 정보를 제공하였음. - BK21 대학원혁신 사업의 일환으로 대학원 입학 전 Graduate Pre-Start 프로그램을 운영하였음. - BK21 대학원혁신 사업의 일환으로 대학원 신입생 적응을 위한 PNU 대학원생 멘토링 프로그램, 신입생 연구지원을 위한 석박사 학습멘토링 프로그램 운영하였음.
• 우수 대학원생 장학금 지원 강화	1) PNU 장학금 - 우수졸업자 대학원 진학: 본교 출신 학사과정 졸업 전체평점평균 3.8 이상 학생이 졸업 후 2년 이내에 석사과정에 진학할 경우 지급하였음. - 일반대학원 Premier: 본교 학부 Premier 장학생이 학사과정 졸업 후 2년 이내에 본교 일반대학원에 입학할 경우 선발하였음. 2) 인재장학금 지원 - 교내장학금, 국가장학금 외 다양한 공고·공모형 외부장학금을 지급하였음. 3) PNU 미래인재양성, 학석사 연계과정, 학석박 통합연계과정 학생을 지원하였음. - 학석박통합연계과정 장학금: 학석사 및 학석박사 통합연계과정으로 선발된 학생의 경우 장학금 지급하였음. 4) 대학원생 우수논문 게재 장학금 지원

	- 국내외 학술지에 우수한 연구논문 게재 시 평가를 통해 장학금 지급하였음.
• 국제화 지원 강화	1) 해외파견 - 독일, 프랑스, 일본, 호주, 캐나다, 미국, 대만, 싱가포르 총 8개국 23개 대학에 우수 대학원생(학업준비도, 외국어능력 등 기준) 해외파견 지원 및 지원금 지급하였음. 2) 해외 대학원 복수학위 운영 현황 - 규슈대학, 상해교통대학, 동제대학, 프랑스 그르노블 알프스대학, 텍사스 A&M, 미국 노스 앨라배마 대학 (*응용화학공학부는 해당사항 없음) 3) 외국대학·기관과의 학술교류 협정 체결 현황 - 58개국 529개 대학 및 기관과 학술교류 협정 체결 중 (2021.8월 기준) 4) 국제 산학협력 MOU 45건 체결(12개국 41개 기관) 5) 대학원생 대상 국제화 활동 지원 (BK21 대학원혁신) - 국제학술대회 발표자 지원 프로그램 운영 중. - 국제제학술지 투고 논문 영문교정료 지원하였음.

- ▶ 공동장비 운영과 관련하여, 부산대학교 연구장비공동활용지원센터에서 현재 109종의 장비를 보유, 관리, 운영하고 있다. 부산대학교에서 공동으로 운영하는 장비의 경우 예약을 통해 이용할 수 있으며, 장비이용료를 교육연구단 예산에서 결제할 수 있도록 지원하고 있다. 2023년 2학기에 분석료 804,000원을 지원하였고 2024년 1학기에는 분석료 378,000원을 지원하였다.

□ 향후 교육연구단의 대학원생 학업환경 지원에 대한 계획

- 4차년도 지원 프로그램은 5차년도에도 지속적으로 지원할 예정이며, 참여대학원생의 학술활동을 위하여 아래와 같이 지원하고자 한다.

표 II-12. 참여대학원생 학생학술활동별 지원계획 및 내용

학생학술활동 지원계획	지원 내용
국제학술대회 참가발표	• 75명에게 경비(교통비, 숙박비등) 100만원/ 년
국내저명학술대회 참가	• 90명에게 등록비 10만원/ 년
장기해외연수(2개월이상)	• 경비(교통비, 숙박비등) 500만원/년
중기해외연수(1개월이상)	• 경비(교통비, 숙박비등) 300만원/년
단기해외연수(15일이상)	• 경비(교통비, 숙박비등) 150만원/년
논문 성과급 지급	• Top 10% 50만원/인, 우수 환산보정 IF합 50만원/인 등

- 이외 5차년도에도 다음과 같은 학생 연구 환경을 지원할 예정이다.

표 II-13. 학생 연구 환경 지원계획

학생연구환경 지원계획	지원 내용
연구 공간 및 교육비 지원	• 분석세미나와 같은 교육 세미나 참가비 지원 • 도서 등 문헌구입비 지원

	• 연구그룹 간 및 그룹 내 세미나 개최 지원 • 소규모 세미나 개최를 위한 공간 확보 지원
연구지원 플랫폼 제공	• 대학원 홈페이지 개편시 연구지원 플랫폼 제공 • 학내 연구과제 주요내용을 검색 가능한 Database 연계제공
연구지원컨설팅 실시	• 연구계획에 대한 학내 Database기반 정보제공을 통한 신진 연구인력 연구제안서 작성에 도움 제공 • 연구제안서 관련 국내외 기술현황 조사, 특허조사 지원 • 부산대학교 퇴임교수 연구자문단 운영
대학원생, 신진연구인력 대상 연구세미나 개최	• 대학원생, 신진연구인력대상, 연구재단 등 연구지원 설명회 • 연구비관리 자체 교육 • 연구노하우 경험사례 공유 세미나 개최
국제화 여건 개선	• 해외대학과의 공동 복수학위 확대 • 공동연구 수행을 위한 연구지원 실시 • 국내저명학자 초청특강 확대

2.3 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

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

구 분		졸업 및 취(창)업현황 (단위: 명, %)						취(창)업률(%) (D/C)×100
		졸업자 (G)	비취업자(B)			취(창)업대상자 (C=G-B)	취(창)업자 (D)	
			진학자		입대자			
			국내	국외				
2023년 8월 졸업자	석사	12	0	2	0	10	7	75
	박사	2			0	2	2	
2024년 2월 졸업자	석사	25	2	0	0	23	15	66.66
	박사	7			0	7	5	

- 2023년 8월 졸업한 박사 졸업생 2인은 중국 시안교통대학, 부산대학교 환경에너지연구소에 전공을 살려 취업하였다.
- 2023년 8월 석사 졸업생은 총 12명이며, 이중 2명은 미국 University of Massachusetts Amherst, University of Tennessee, Knoxville로 박사과정으로 진학하였으며, 7명은 LG에너지솔루션, 삼성SDI, 에코프로 BM, 동진세미켄, 한국소재융합연구원 등 각각의 전공과 밀접한 연구소 및 기업에 취업하여 질적으로 매우 우수한 취업성과라 할 수 있다.
- 2024년 2월 졸업한 박사 졸업생 7명 중 5명은 각각 LG에너지솔루션, 한국세라믹기술원, 한화 큐셀 판교 R&D센터, 부산대학교 유기전자재료실험실로 전공과 일치하는 분야에 취업하였다.
- 2024년 2월 석사 졸업생은 25명 중 2명은 박사 진학하였고, 나머지 23명 중 15명은 SK바이오사이언스, (주) 고도기술 연구원, 삼성SDI, 한국타이어, LG에너지솔루션, 롯데케미칼, (주)피유란, 롯데정밀화학, 한화오션, 한국과학기술연구원, 롯데케미칼 등 대기업 연구원을 위주로 전공과 일치하는 분야에 취업하였다.
- 4차년도 석·박사 졸업생의 평균 취창업률은 70.83%로, 이는 1차년도 83.3%, 2차년도 82.9%(보고서 기준) 취업률에 비해 다소 적은 편으로 최근 경기침체에 따른 취업시장의 축소가 원인으로 보인다.
- 졸업자의 우수 취업사례는 다음과 같다.

		2024.06	석사	응용화학공학부	에코프로 BM
1	은 석사 과정 동안 ZIF-67 (Zeolite Imidazolate Framework-67) 결정의 직경 분포 변화가 리튬-황 전지의 전기화학적 특성에 미치는 영향을 연구하여 SCIE 저널에 논문을 투고하였으며, 이 외에도 국내 학술대회에서 포스터 발표를 하는 등 다수의 실적을 남겼다. 졸업 후 에코프로 BM에 취업하여 배터리 소재 개발 R&D 분야에 종사하고 있어 전공 적합성이 매우 우수하다.				
		2023.08	박사	응용화학공학부	중국 시안교통대학 (조교수)
2	는 석박사통합과정동안 이산화탄소를 폴리하이드록시부티레이트(polyhydroxybutyrate, PHB)와 같은 고분자화합물로 전환할 수 있는 미생물전기합성셀과 광합성균 로도박터 스페로이드(Rhodobacter sphaeroides)의 새로운 대사경로를 밝혀냈으며 이에 대해 논문을 다수 게재하였음. 국내 외 학술대회에서 발표실적이 다수 있고, 졸업 후에는 중국 시안교통대학에 취업하여 조교수로 임명되었으며 전공 적합성이 매우 우수한 학생임				

3		2024.02	석사	응용화학공학부	SK바이오사이언스 (연구원)
	은 석사과정동안 전기에너지를 생산하는 미생물연료전지(Microbial fuel cell)에서 빛이 있는 조건과 없는 조건을 비교하여 전기활성 광합성 미생물 군집이 광조건에서 CO2를 다시 회수해 carbon-negative 전기생산이 가능함을 확인하였음. CO2배출이 없이 유기물로부터 생물전기생산을 위한 광합성 미생물 연료전지 연구를 SCI(E) 저널에 논문을 출간하였으며, 이 외에도 국내 학술대회에서 포스터 발표등의 다수의 실적을 남겼음. 졸업 후 대기업인 SK바이오사이언스에 취업하여 전공 적합성이 매우 우수한 학생임				
4		2024.08	석사	응용화학공학부	한국소재융합연구원(연구원)
	는 석사과정동안 피커링 에멀전을 이용하여 높은 열전도도와 우수한 열적 안정성 및 수분 안정성을 지니는 방열 페이스트를 제조하는 방법을 연구하였고 이와 관련된 내용을 SCI 저널에 투고한 바 있음. 이외에도 국내 학술대회에서의 수상 및 특허 출원 등 다수의 실적을 달성하였음. 졸업 후에는 한국소재융합연구원에서 전공과 더불어 다양한 연구를 행하고 있음.				
5		2024.09	박사	응용화학공학부	한화 큐셀 판교 R&D 센터(CL3)
	은 박사학위 기간 동안 유-무기 할라이드 페로브스카이트 태양전지 소자의 장기 내구성을 위한 박막 제어, defect 제어 방법을 제안하고 관련 연구결과에 대해 다수의 논문을 게재하였음. 국내 및 국외 학술대회에서 구두 및 포스터 발표 실적이 다수 있고, 졸업 후 부산대학교 박사후연구원을 거쳐 한화 큐셀에 2024년 9월부터 근무함. 한화 큐셀에서도 관련분야 연구개발을 할 예정이며 전공적합성이 매우 우수함.				
6		2024.03	박사	응용화학공학부	부산대학교(박사후 연구원)
	은 박사학위 기간 동안 유-무기 할라이드 페로브스카이트 태양전지에서 박막의 성장 모드를 제어하는 연구를 했으며, 새로운 박막 성장 메커니즘을 제안하는 등 우수한 연구를 진행했고, 다수의 논문을 게재하였음. 현재는 부산대학교 박사후연구원으로 학위기간 중 진행한 연구를 좀 더 깊이있게 수행하고 있음. 따라서, 전공적합성이 매우 우수함.				
7		2024.03	박사	응용화학공학부	한국세라믹기술원(연구원)
	은 박사학위 기간 동안 분자 박막의 표면 구조화 및 이에 대한 응용 기술에 대해 연구하였으며, 연구결과를 다수의 논문에 게재하였음. 졸업 후 한국세라믹기술원연구원에서 표면구조화 기술을 응용한 연구를 진행 중이기에 전공적합성이 매우 우수함.				
8		2024.08	석사	응용화학공학부	(주)고도기술 연구원
	은 석사학위 기간 동안 태양전지관련 연구를 진행했고, 특히 대기압 환경 하에서 제작할 수 있는 공정을 개발했으며, 이후 (주)고도기술에 취업하여 박막기술 관련된 연구를 진행 중임. 따라서, 전공적합성이 매우 우수함.				
9		2023.08	석사	응용화학공학부	동성케미컬(연구원)
	은 석사과정동안 다양한 대이온을 함유하는 hexyl기가 치환된 phthalocyanine을 새롭게 합성하고 광열변환 성능을 연구하여 SCIE 저널에 논문을 투고하고 다수의 국내외 학술대회에서 포스터 발표를 하는 등 다수의 실적을 남김. 또한 졸업 후에는 동성케미컬에 취업하여 R&D 분야에서 연구원으로 종사하는 등 전공 적합성이 매우 우수함.				

10		2024.02	석사	응용화학공 학부	삼성SDI (연구원)
	석사과정동안 선풍사이드 보호를 기반으로 비닐 기능성을 갖는 고리형 고분자를 합성하는 새로운 방법에 대해서 연구하였으며 본 연구를 SCI(E) 저널에 논문을 투고하였고 이 외에도 국내, 국제 학술대회에서 포스터를 발표하여 우수논문 발표상을 받았다. 졸업 후에는 대기업 삼성SDI에 취업하여 R&D 분야에 종사하고 있어 전공 적합성이 매우 우수함.				
11		2024.01	석사	응용화학공 학부	한국타이어 (연구원)
	은 석사과정동안 전기차 사용이 확대되면서 전기차가 요구하는 성능에 부합하는 향상된 연비 효율 및 내마모성을 가진 타이어에 대한 연구를 하였고 본 연구를 SCI(E) 저널에 논문을 투고하였으며, 이 외에도 국내, 국제 학술대회에서 포스터 발표하여 연구논문발표회에서 장려상을 수여하는 등 다수의 실적을 남겼고, 졸업 후에는 대기업 한국타이어 R&D 분야에 종사하고 있어 전공 적합성이 매우 우수함.				
12		2024.01	석사	응용화학공 학부	엘지에너지솔루션
	은 석사과정동안 자기장을 이용한 Fe3O4/GO의 수직 정렬을 통한 CFRP의 면외 방향 특성을 향상시키는 연구를 진행하였음. 국내, 외 학술대회에서 구두 및 포스터 발표실적이 다수 있고, 졸업 후에는 대기업 엘지에너지솔루션에 취업하여 R&D 분야에 종사하고 있어 전공 적합성이 매우 우수함.				
13		2024.01	석사	응용화학공 학부	롯데케미칼
	은 석사과정동안 액체수소 저장용기용 우수한 단일 성능을 가진 중공유리구체-유리섬유 강화 복합재료 제조 및 성능 연구를 통해 SCI(E) 저널에 논문에 투고하였으며, 이 외에도 국내 학술대회에서 포스터 발표를 하는 등 다수의 실적을 남겼고, 졸업 후에는 대기업 롯데케미칼에 취업하여 R&D 분야에 종사하고 있어 전공 적합성이 매우 우수함.				
14		2024.04	석사	응용화학공 학부	(주)피유란
	은 석사 과정 동안 압출을 통한 액정 엘라스토머 섬유를 제작하여 기존 섬유의 특징이었던 수축 거동 뿐만 아니라 팽창 거동까지 가능한 액정 엘라스토머 섬유를 제작하여 섬유 연구에 큰 기여를 함. 국내 학술 대회에서 구두 및 포스터 발표 실적이 다수 있고, 졸업 후 피유란에 취업하여 우레탄 발포 R&D 분야에 종사하고 있어 전공 적합성이 매우 우수함.				
15		2023.08	석사	응용화학공 학부	코레아나 화장품
	는 BK21 사업단의 참여대학원생으로 석사과정 동안 미세조류의 저압 배양을 통한 아스타잔틴 축적 향상에 대해 연구함. SCI(E) 저널 논문의 1저자로 투고하였을 뿐만 아니라 국내 학술대회에서 포스터발표와 같은 다수의 실적이 있음. HPLC와 GC분석에 전문성을 인정받아 코레아나 화장품의 분석 연구원으로 취업하여 R&D 분야에 종사하고 있어 전공 적합성이 매우 우수함.				
16		2024.02	석사	응용화학공 학부	롯데정밀화학
	은 석사과정동안 석유화학 플랜트에서의 탄소 배출 저감을 위해, 개별 공정의 특성을 반영한 유틸리티 별 탄소 배출 계수를 산정하는 방법론을 개발하여 논문을 게재하였음. 해당 연구 주제와 관련하여 국내 학술대회에서 구두 및 포스터 발표 실적이 다수 있고, 졸업 후 2024년 3월부터 롯데정밀화학(주)에 취업하여 전공 적합성이 매우 우수함.				

17		2024.02	석사	응용화학공학부	한화오션주식회사
	은 석사과정동안 암모니아 합성 공정과 탄소 포집 공정을 통합하고, 탄소세에 따른 암모니아 생산 단가를 비교 및 분석하여 논문을 게재하였음. 해당 연구 주제와 관련하여 국내 학술대회에서 구두 및 포스터 발표 실적이 다수 있고, 졸업 후 2024년 6월부터 한화오션주식회사에 취업하여 전공 적합성이 매우 우수함.				
18		2023.08	석사	응용화학공학부	삼성 SDI(연구원)
	는 석사과정 동안 리튬-황 전지의 단점을 극복하기 위한 촉매로서 질소가 풍부한(N-rich) zeolitic imidazolate frameworks (ZIF)로 구성된 다기능 층 복합체를 제조하고 그 성능을 연구하였음. 국내외 학술대회에서 다수의 포스터 발표를 통해 연구 성과를 공유하였으며, 졸업 후에는 삼성 SDI에 입사하여 R&D 분야에서 활동하고 있어 전공 적합성이 매우 우수한 학생임.				
19		2024.02	박사	응용화학공학부	(주) LG 에너지 솔루션
	은 석사 및 박사과정동안 고분자 기능기 말단 변성을 통해 타이어 및 배터리 분산제의 우수한 안정성 및 물성을 갖는 변성 고분자의 제조 방법에 대해 논문을 다수 게재하였음. 국내, 외 학술 대회에서 구두 및 포스터 발표 실적이 다수 있고, 졸업 후 부산대 박사후 연구원을 거쳐 2024년 5월부터 대전의 엘지에너지솔루션 책임연구원으로 입사하여 전공 적합성이 매우 우수함.				
20		2023.08	석사	응용화학공학부	동진씨미캠(연구원)
	은 4단계 BK21 사업단의 참여대학원생으로 석사과정동안 높은 탄성률을 가지는 폴리우레탄 제조 및 성능 연구를 통해 SCI(E) 다수의 저널에 논문을 투고하였으며, 이 외에도 국내,외 학술대회에서 포스터 발표를 하는 등 다수의 실적을 남겼고, 졸업 후에는 (주)동진씨미캠에 취업하여 기존 주제와 같은 연구 분야에 종사하고 있음.				
21		2023.08	석사	응용화학공학부	한국화학융합시험연구원(KTR)
	은 석사과정동안 폴리우레탄 및 폴리카보네이트를 이용한 생분해성이 우수한 폴리올과 기타 원료들을 기반으로 고분자 물질을 제조 및 성능 연구를 통해 국가과제에 많은 역할을 수행하였으며, 이 외에도 국내 학술대회에서 포스터 발표를 하는 등 다수의 실적을 남겼고, 졸업 후에는 한국화학융합시험연구원에 취업하여 R&D 분야에 종사하고 있어 전공 적합성이 매우 우수함.				
22		2024.02	박사	응용화학공학부	(주) 엘지에너지솔루션
	은 석.박사과정동안 Suspension의 선형 및 비선형 유변학에 대한 연구를 진행하였으며, 이를 통해 SCI(E)급 논문에 투고하여 게재하였으며, 국내/외 학술대회에서 구두 및 포스터 발표실적 과 수상경험이 다수 있음. 24년 2월 졸업 전인 24년 1월부터 (주)엘지에너지솔루션에 취업하여 R&D 분야에 종사하고 있으며, 전공 적합성이 매우 우수함.				

23	2024.08	석사	응용화학공학부	포스코MC머티리얼즈 (연구원)
	은 4단계 BK21 사업단의 참여대학원생으로 석사과정동안 기존의 double metal cyanide catalysts 촉매 제조 방법보다 더욱 쉽고 간편한 수열 합성 방법을 통해 촉매를 제조하는 방법을 고안해내고 고분자 중합을 통해 촉매 활성을 평가하였다. 또한 국내,외 학술대회에서 포스터 발표를 하는 등 다수의 실적을 남겼고, 졸업 후에는 포스코MC머티리얼즈에 취업하여 기존 주제와 같은 연구 분야에 종사하고 있다.			
24	2024.02	석사	응용화학공학부	한화오션 (연구원)
	은 4단계 BK21 사업단의 참여대학원생으로 석사과정동안 5CC-end poly(ether carbonate)와 다양한 종류의 다이아민과 반응시켜 다양한 물성을 가지는 NIPU의 합성을 개발하였다. 또한 국내,외 학술대회에서 포스터 발표를 하는 등 다수의 실적을 남겼고, 졸업 후에는 한화오션에 취업하여 기존 주제와 같은 연구 분야에 종사하고 있다.			
25	2024.02	석사	응용화학공학부	동일고무벨트 (연구원)
	은 4단계 BK21 사업단의 참여대학원생으로 석사과정동안 TPE에 사용되는 Softsegment에 다양한 기능을 부가하여 기존의 poly(ether ester)를 대체할 수 있는 물질인 Poly(ester carbonate)합성을 하여 향상된 물성을 가지는 TPE를 제조하였다. 또한 국내,외 학술대회에서 포스터 발표를 하는 등 다수의 실적을 남겼고, 졸업 후에는 동일고무벨트에 취업하여 기존 주제와 같은 연구 분야에 종사하고 있다.			
26	2024.02	석사	응용화학공학부	화승코퍼레이션 (연구원)
	은 4단계 BK21 사업단의 참여대학원생으로 석사과정동안 Non-Isocyanate 폴리우레탄 합성을 수행하고 폐유의 막대한 발생량을 해결하고자 재활용하여 폴리우레탄 합성을 연구하였다. 또한 국내,외 학술대회에서 포스터 발표를 하는 등 다수의 실적을 남겼고, 졸업 후에는 화승코퍼레이션에 취업하여 기존 주제와 같은 연구 분야에 종사하고 있다.			
27	2024.02	석사	응용화학공학부	롯데케미칼주식회사
	은 석사과정동안 Polylactic Acid / Poly(Ethylene Oxide) / Cellulose Nanocrystals 복합재의 유변학적 특성에 대해 연구한 내용을 국내/외 학술대회에서 구두 및 포스터 발표를 하는 등 다수의 실적을 남겼고, 졸업 후에는 대기업 롯데케미칼주식회사에 취업하여 R&D 분야에 종사하고 있으며, 전공 적합성이 매우 우수함.			

3. 참여대학원생 연구실적의 우수성

① 참여대학원생 저명학술지 논문의 우수성

- 교육연구단의 연차별 목표는 그림 II-15 과 같으며, 4차년도 목표와 성과는 표 II- 에 정리되어 있다. 4차년도 대학원생 연구목표는 1인당 논문환산편수 0.2530, 1인당 논문의 환산보정 IF는 0.0816, 1인당 논문의 환산 보정 ES는 0.0823, 1편당 환산 IF는 0.5076, 논문실적의 Q1 비율 38.80%, 1인당 학술대회 발표 환산편수 2.3107이 목표였다. 이는 연평균으로 보면, 대학원생 1인당 논문환산편수는 4.75%, 대학원생 1인당 논문의 환산보정 IF는 2.00%, 대학원생 1인당 논문환산보정 ES는 2.00%, 1편당 환산 보정 IF는 2.15%, 참여대학원생 논문실적의 Q1 비율은 2.25%, 대학원생 1인당 학술대회 발표논문 환산편수는 2.20% 증가를 목표로 산출된 값이었다.

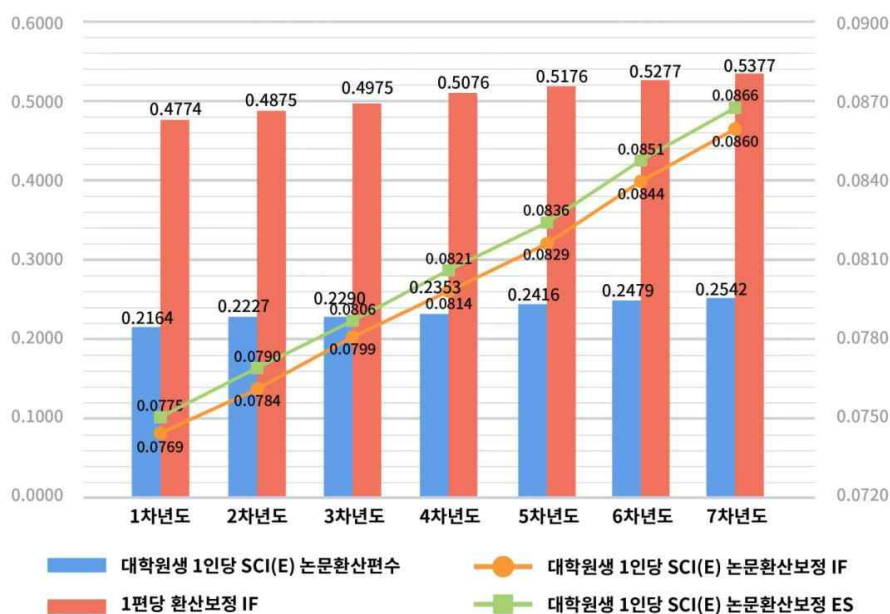


그림 II-15. 연차별 대학원생 연도별 목표 지표

표 II-14. 4차년도 대학원생 연구 목표 및 2024 성과

실적 지표	4차년도 목표	4차년도 성과	목표달성률
대학원생 1인당 논문환산편수	0.2530	0.2000	-20.9% 미달
대학원생 1인당 논문의 환산보정 IF	0.0816	0.1429	75.1% 초과
대학원생 1인당 논문의 환산보정 ES	0.0823	0.4319	424.8% 초과
1편당 환산보정 IF	0.5089	0.7143	40.4% 초과
참여대학원생 논문실적의 Q1 비율(%)	38.80	68.53	76.6% 초과
대학원생 1인당 학술대회 발표논문 환산편수	2.3107	1.6184	-29.9% 미달

- 4차년도 실적을 보면, 대학원생 1인당 논문환산편수 0.2000, 1인당 논문의 환산보정 IF는 0.1429, 1인당 논문의 환산보정 ES는 0.4319, 1편당 환산 IF는 0.7143, Q1 비율 68.53%, 1인당 학술대회 발표환산편수 1.6184이다. (IF, 상위%, 보정IF 및 보정ES 값은 2023JCR 기준).
- 4차년도 실적을 기준 목표와 비교해 보면, 1인당 논문환산편수와 대학원생 1인당 학술대회 논문환산편수를 제외한 나머지 항목은 모두 목표를 달성하였다. 특히 대학원생 1인당 논문의 환산보정 IF와 환산보정 ES는 각각 목표대비 75.1%, 424.8%로 크게 초과 달성하였으며, 논문실적의 Q1 비율도 목표대비 76.6% 초과 달성하였다. 이는 대학원생들의 논문의 질이 매우 우수하다는 것을 의미한다.
- 대학원생 1인당 논문환산편수는 0.2000으로 목표에 미치지 못하였다. 1,2차년도 성과인 0.1778과 0.2114와 비교하면 상승되었다가 다소 주춤하였다. 목표 미달의 원인을 분석해보면 전체 참여대학원생수가 대폭 늘어난 영향이 크다. 초기 사업계획서 제출시 성과지표 목표치들은 4단계 1차년도 참여대학원생의 수는 120명을 기준으로 정한 것이다. 이후 코로나 19 사태와 금리상승으로 인한 경기 둔화로 학부생의 졸업후 취업이 어려워지자 대학원 진학이 대폭 증가하였다. 현재 응용공학부의 재학생수는 사업시작 당시 120명을 넘어 학기당 147명, 137명이다. 따라서 전체 학생들의 논문수는 증가했어도 아직 논문 실적이 나오지않는 대부분 석사 1,2년생의 수적증가로 인해 학생 1인당 논문환산편수는 감소한 결과가 되었다.

표 II-15. 대학원생 연구 실적목표 및 성과 추이

실적 지표	1차년도 (20.09-21.08) 목표(결과)	2차년도 (21.09-22.08) 목표(결과)	3차년도(6개 월) (22.09-23.0 2) 목표(결과)	4차년도 (23.09-24.0 8) 목표(결과)	4차년도 목표달성 률
대학원생 1인당 논문환산편수	0.2164 (0.1778)	0.2227 (0.2114)	0.2290 (0.0923)	0.2530 (0.2000)	-20.9% 미달
대학원생 1인당 논문의 환산보정 IF	0.0769 (0.1018)	0.0784 (0.1264)	0.0799 (0.0643)	0.0816 (0.1429)	75.1% 초과
대학원생 1인당 논문의 환산보정 ES	0.0775 (0.2200)	0.0790 (0.3673)	0.0806 (0.1824)	0.0823 (0.4319)	424.8% 초과
1편당 환산보정 IF	0.4774 (0.5728)	0.4875 (0.5981)	0.4975 (0.6965)	0.5089 (0.7143)	40.4% 초과
참여대학원생 논문실적의 Q1비율	36.2988 (60.526)	37.1155 (66.67)	37.9506 (75.56)	38.8045 (68.53)	76.6% 초과
대학원생 1인당 학술대회 발표논문 환산편수	2.1647 (1.4083)	2.2123 (1.4287)	2.2610 (0.7428)	2.3107 (1.6184)	-29.9% 미달

- 대학원생 1인당 학술대회 발표논문 환산편수는 목표대비 29.9% 미달이다. 1~3차년도의 경우에는 COVID-19가 장기화됨에 따라 국제 학술대회 및 국내 학술대회 참여가 제한적으로 이루어졌던

원인이 있었다면, COVID-19 사태가 종료된 이후 4차년도에는 학술대회의 참여경비(항공료, 숙박비, 체재비)의 높은 상승률 때문에 제한된 예산으로 참여가 힘들어지고 있는 원인이 있다. 특히 해외에서 국제학술대회 참여는 예산문제로 참여가 어려워 다른 과제사업비의 도움으로 참가하는 경우가 있다.

- 5차년도에는 높게 유지하고 있는 Q1 비율 및 환산 보정 IF, ES를 계속 유지할 계획이다. 또한 저조했던 1인당 논문환산편수와 학술대회 발표논문 환산 편수를 높이려고 노력할 달성할 예정이다. 이를 위해 학생들의 학술대회 발표를 적극 지원하고자 하며, 논문발표에 대한 장학금 지급 등을 더욱 활성화할 계획이다.
- 참여대학원생들의 대표적인 우수 논문실적은 다음과 같다.

연 번	학위과정 (석사/박사/석 박사통합)	참여 대학원생 성명	세부전공 분야	실적 구분	대표연구업적물 상세내용
1	석박사통합		생체재료	저널 논문	
					② Microfluidic Fabrication of Highly Efficient Hydrogel OpticalFibers for In Vivo Fiber-Optic Applications
					③ Advanced Optical Materials
					④ 11, 2300453
					⑤ 0
					⑥ 2023.09
					⑦ 10.1002/adom.202300453
	□ IF 9.0, JCR분야 상위 10.0%(2023기준), Q1, Web of Science 인용횟수 4 □ 실적의 창의성·혁신성 : 새로운 다채널 미세유체 장치를 다양한 기하학적 구조를 제공하는 섬유 합성법을 이용하여 공유 가교된 아크릴아미드와 이온 가교된 알지네이트로 구성된 이중 네트워크 구조의 기계적으로 견고한 하이드로젤을 기반으로 변형성과 신축성이 뛰어나고 높은 광 유도 성능을 가지는 연질 광섬유를 개발하여 듀얼 코어 하이드로겔 광섬유를 통해 다른 파장의 빛을 이중 전달할 수 있는 시스템을 창의적으로 연구함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 소재/환경/응용의 연결 및 융합을 통해 멀티스케일 융합 화공 인재 양성 비전에 부합함. □ 해당 세부 전공 분야의 기여 : 미세유체 시스템을 정밀하게 조작하여 기하학, 크기, 구조 및 물리화학적 특성에 맞게 제조하여 향후 연구에서는 인체의 이미징 또는 바이오센싱 분야에서 이중 코어 하이드로겔 광섬유로서 활용될 것으로 전망됨.				
2	석박사통합		생체재료	저널 논문	
					② Cold-Responsive Hyaluronated Upconversion

					Nanoplatfor Transdermal Cryo-Photodynamic Cancer Therapy
					③ Advanced Science
					④ 11, 2306684
					⑤ 0
					⑥ 2024.03
					⑦ 10.1002/adv.202306684
					□ IF 14.3, JCR분야 상위 6.62%(2023기준), Q1 □ 실적의 창의성·혁신성 : 고도로 단분산된 코어-셸 나노결정을 위한 합성 프로토콜을 개발하고 가속화하여 광상향변환나노입자 형태를 제어하며 합성할 수 있는 방법을 제시했으며, 광상향변환나노입자의 열 소광 문제를 극복하기 위해 냉동요법과 광역학 치료를 결합한 것을 처음으로 보고하였다. 냉동 요법을 통한 국소 온도 조절을 통한 광상향변환나노입자의 광발광 및 광감응성 효율을 크게 향상시켜 광역학치료의 효율성을 향상시키는 새로운 기술을 창의적으로 연구함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 화학생물공정 분야에 기능성 나노소재의 적용을 통해 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 생의학적 응용을 위한 상향변환 분야에 큰 영향을 미치고 궁극적으로 흑색종 피부암에 대한 냉동요법과 광역학 치료의 결합을 위한 새로운 길에 이바지할 것으로 기대됨.
3	석박통합	화학공학	저널 논문		② Electrodeposited polyaniline on graphite felt (PANI/GF) improves start-up time and acetate productivity of microbial electrosynthesis cell
					③ Journal of Power Sources
					④ 612, 234776
					⑤ 1
					⑥ 2024.06
					⑦ 10.1016/j.jpowsour.2024.234776
					□ IF 8.1, JCR분야 상위 13.3%(2023기준), Q1 □ 실적의 창의성·혁신성 : PANI/GF 전극이 미생물 전기합성(MES)에서 CO₂를 아세트산으로 전환하는 과정을 개선하고, 시작 시간을 단축하여 생산성을 향상시키는 방식을 규명하였다. PANI/GF는 미생물의 전자 전송 효율을 높이고, 바이오필름 형성을 촉진하여 아세트산 생산을 61.8 g/m² /day로 증가시켰음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : CO₂ 전환을 위한 미생물 전기화학 시스템을 개선하는 새로운 전극재료를 제시하여 지속 가능한 에너지 및 화학 제품 생산에 중대한 기여를 하여 소재/환경/생물의 연결 및 융합을 통해 멀티스케일 융합 화공 인재 양성 비전에 부합함. □ 해당 세부 전공 분야의 기여 : PANI/GF 전극을 통한 CO₂에서 아세트산으로의 전환은 기존

	전극보다 1.5배 높은 생산성을 보여 MES의 성능을 크게 개선하였다. 이는 대규모 탄소포집 및 이용(CCU) 공정의 상업적 적용에 중요한 진전을 제공할 것으로 기대됨.								
4	석박통합		화학공학	저널 논문	② Stretchable interconnected modular electrochromic devices enabled by self-healing, self-adhesive, and ion-conducting polymer electrolyte				
					③ Chemical Engineering Journal				
					④ 494, 153107				
					⑤ 0				
					⑥ 2024.08				
					⑦ doi.org/10.1016/j.cej.2024.153107				
					□ IF 13.3, JCR분야 상위 4.11%(2023기준), Q1, Web of Science 인용횟수 1 □ 실적의 창의성·혁신성 : 4중 수소 결합, 이온 전도성 이미다졸 및 에틸렌 글리콜 사슬을 조합하여 뛰어난 이온 전도성, 자가 복구 성능, 솔루션 공정 가능성, 자가 접착성 등의 성능을 가지는 혁신적인 전해질 재료를 신규 개발함. 특히 자가 복구 성능 및 신축성을 가지는 폴리머를 개발하여 전기변색 소자를 제작하였다는 점에서 이 연구는 매우 혁신적임. □교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 전기화학 분야와 고분자 소재의 융합을 통해 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □해당 세부 전공 분야의 기여 : 본 연구에서 신규 개발한 자가 복구 성능 및 신축성을 가지는 다기능성 고분자는 늘어날 수 있는 전기 변색 소자 및 패턴 스위칭 (pattern-switching) 소자의 소재로서 향후 널리 활용될 것으로 전망됨.				
					5	박사		화학공학	저널 논문
③ Construction and Building Materials									
④ 418, 135297									
⑤ 0									
⑥ 2024.03									
⑦ 10.1016/j.conbuildmat.2024.135297									
□ IF 7.4, JCR분야 상위 3.31%(2023기준), Q1, Web of Science 인용횟수 1 □ 실적의 창의성·혁신성 : 해당 논문은 석고에 감수제로서 적용될 수 있는 부분적으로 설폰화된 폴리스타이렌을 개발하고, 그 특성을 처음으로 밝혔음. 먼저, 소수성 부분의 효과가 감수									

	제로서의 물성에 어떻게 영향을 미치는지 메커니즘에 대해 연구하였음. 또한, 고분자 사슬 내에 포함된 소수성 구조에 의해 석고 제품의 표면 소수성 극대화를 동시에 구현이 가능함을 밝힘. 해당 논문은 두 가지 특성 (감수제로서의 물성과 방수제로서의 특성)을 함께 보이는 석고보드용 감수제를 구현하고, 작동 메커니즘을 밝혔다는 점에서 기존에 보고된 적 없는 독창적인 연구임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 고분자와 건축재료의 특성을 함께 고려하고 이를 융합하여 독창적인 재료 및 물성을 만들어 냈다는 점에서 소재/환경/응용의 연결 및 융합을 통한 멀티스케일 융합 화공 인재 양성 비전에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 연구된 컨셉과 특성은 기존의 친수성 고분자에 국한되어 있던 감수제 분야에 새로운 디자인과 특성을 제시하며, 나아가 다기능성 감수제의 가능성을 열어 줄 것으로 기대됨.				
6	석사		고분자공학	저널 논문	② Hollow glass microsphere/polydopamine/glass fiber reinforced composites with high thermal insulation performance by inhibiting conductive and radiative heat transfer ③ Composites Part A - Applied Science and Manufacturing ④ 179, 108041 ⑤ 0 ⑥ 2024.04 ⑦ https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2024.108041 □ IF: 8.1, SCI 카테고리 중 ENGINEERING, MANUFACTURING 분야에서 상위 11.76%, Q1, Web of Science 기준 6회 인용 (2024.10) □ 실적의 창의성·혁신성 : 기존의 액체수소용기의 지지체는 열전도율이 높은 금속 소재로 제작이 되어 극저온 환경의 유지하는데 불리함. 본 연구에서는 금속이 아닌 유리섬유 복합재료에 중공형 단열 유리 입자를 복합화하여 기계적 물성이 우수하며 열전도도까지 낮은 지지체 소재를 개발하였음. 특히, 홍합 접착 단백질에서 유래한 폴리도파민 표면 처리를 통하여 우수한 성형성, 기계적 물성, 단열 성능 및 난연 성능을 모두 개선하는데 성공함 □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 소재/공정 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자 수준(Molecular), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융 복합 연구를 개발함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 신규 개발된 단열 소재는 액체 수소 저장, 건축 공학 (스마트 유리) 등 다양한 산업 분야에 쉽게 연착륙 될 수 있음.
7	석사		고분자공학	저널 논문	② Rapid and spatially programmed electrostatic actuation of anisotropic polymers ③ Chemical Engineering Journal ④ 475, 126237

					⑤ 0
					⑥ 202311
					⑦ https://doi.org/10.1016/j.ccej.2023.146237
					□ IF 13.3, JCR분야 상위 3.7%(2024기준), Q1, 인용횟수 1 □ 실적의 창의성·혁신성 : 액정엘라스토머에서 빠른 작동과 높은 자유도(DOF)를 달성하여 정전기력으로 25Hz의 빠른 구동을 보였으며, 이에 대한 증명으로 팝업 레터, 키리가미 등에 영향을 받은 스프링, 동적 세그먼트 장치 등 다양한 기능적 액추에이터를 시연하였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 고분자 분야인 액정엘라스토머에 정전기적 구동을 적용하여 전기·전자공학 분야와의 협업을 통해 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 액정엘라스토머의 정전기적 구동을 통해 액정엘라스토머의 신기능성 발현 및 다양한 분야에서 적용 가능한 새로운 액추에이터로서의 개발에 크게 이바지할 것으로 기대됨
8	석사, 박사		고분자공학	저널 논문	
					② Electrostatically Powered Multimode Liquid Crystalline Elastomer Actuators
					③ ACS Applied Materials & Interfaces
					④ 15, 48, 56285
					⑤ 0
					⑥ 2023.12
					⑦ https://doi.org/10.1021/acsami.3c13140
					□ IF 8.3, JCR분야 상위 15.75%(2024기준), Q1 □ 실적의 창의성·혁신성 : 정전기력으로 구동되는 모노도메인 LCE를 제작하여 높은 자유도로 빠른 다양한 굽힘, 지동, 회전 및 복잡한 진동을 가능하게 함. LCE 겔의 유전상수와 저항을 조정하여 진동과 회전의 주기가 0.1 초로 매우 빠른 구동을 이루도록 노력함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 고분자 분야인 액정엘라스토머에 정전기적 구동을 적용하여 전기·전자공학 분야와의 협업을 통해 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부 전공 분야의 기여 : 모노도메인 액추에이터는 잠재적인 전기기계 시스템에 더 복잡한 배치를 약속하는 이방성 작동 거동을 보임. 이 연구는 빠르고 멀티모드 소프트 액추에이터를 위한 정전기 제어 가능한 등온 조작에 큰 기여를 할 것으로 기대됨.
9	석사, 박사		고분자공학	저널 논문	② Direct-Ink-Written Cholesteric Liquid Crystal Elastomer with Programmable Mechanochromic Response

					③ Advanced Functional Materials
					④ 34, 10m 2310658
					⑤ 1
					⑥ 2024.03
					⑦ https://doi.org/10.1002/adfm.202310658
					□ IF 18.5, JCR분야 상위 4.35%(2024기준), Q1, 인용횟수 14 □ 실적의 창의성·혁신성 : 기울어진 나선축을 가진 콜레스테릭 액정 엘라스토머를 3D 프린팅(DIW)을 이용하여 압출하여 광중합하는 방식을 이용해 콜레스테릭 액정 엘라스토머 필름을 제작하고, 기울어진 나선축에 의해 나타나는 색 변화를 관찰하는 연구를 진행함. 또한 신축에 의한 기계적 변색으로 나타나는 색 변화를 관찰하고 연구하였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 소재의 광학적 특성을 이용하여 다양한 응용 가능성을 보이며 멀티 스케일 융합 화공 인재 양성 비전에 부합함. □ 해당 세부 전공 분야의 기여 : 이방성 기계 변색을 활용하여 암호화, 위조 방지 및 구조 건강 모니터링에 상당한 응용 잠재력을 가진 복잡한 색상 패턴을 표시하는 고유한 콜레스테릭 액정 엘라스토머 기반 스트레인 센서를 개발에 기여할 수 있음.
10	석박사통합		화학공 학	저널논 문	
					② A novel process-level carbon contribution analysis (PCCA) method for carbon minimization of chemical processes: Exergy mapping to carbon emissions
					③ Chemical Engineering Journal
					④ 471, 144502
					⑤ 0
					⑥ 2023.09
					⑦ https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.144502
					□ IF 13.3, JCR분야 상위 3.7% (2023기준), Q1, Google Scholar 인용횟수 6 (2024.10.) □ 실적의 창의성·혁신성 : 본 논문은 기존의 화학 공정 설계와 최적화 단계에서의 한계를 극복하기 위해 공정 수준의 탄소 기여도 분석 (PCCA) 방법론을 제안함. 이 방법은 장치별 엑서지 정보를 CO2 배출에 매핑하여 각 공정 구성 요소의 CO2 기여도를 자세히 분석하고, 납사 분해 공정의 최적화에 적용하여 유틸리티 사용으로 발생하는 CO2 배출량을 8.72% 절감할 수 있었음. 이는 기존 에너지 최적화와 달리 탄소 배출에 초점을 맞춘 최적화 방법으로, 공정 수준에서의 혁신적인 탄소 저감 전략을 제시함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 화학 공정의 탄소 기여도를 정량적으로 분석하고 최적화하는 데 중점을 두어, 융합과 지능의 교육목표에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : PCCA 방법론은 화학공정에서의 탄소 배출 분석 및 최적화를 통해 공정 설계 단계에서의 탄소 저감에 대한 구체적인 방향성을 제시하였으며, 지속가능한 화학 공정 개발에 크게 이바지할 것으로 기대됨.

11	석박사통합	화학공학	저널논문	② Liquid hydrogen cold energy recovery to enhance sustainability: Optimal design of dual-stage power generation cycles
				③ Energy
				④ 284, 129229
				⑤ 0
				⑥ 2023.12
				⑦ 10.1016/j.energy.2023.129229
				□ IF 9, JCR분야 상위 3.95% (2023기준), Q1, Google Scholar 인용횟수 5 (2024.10.) □ 실적의 창의성·혁신성 : 본 연구는 액화 수소(LH2)의 저온 에너지를 회수하여 지속 가능성을 증대시키는 새로운 이중 단계 발전 사이클을 최적화하여 제안함. Brayton 사이클과 Rankine 사이클을 결합한 3개의 발전 공정을 설계하고, 베이지안 최적화 알고리즘을 활용하여 최적의 운전 조건을 도출하였음. 이를 통해 액화 수소 재기화 과정에서 발생하는 저온 에너지를 효과적으로 회수함으로써, 탄소 배출을 6.19%까지 감소시키는 결과를 얻었으며, 본 연구는 저탄소 수소 공급망의 경제적 효율성을 높이는 데 중요한 기여를 하였음. □교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 연구는 멀티스케일 융합 화공 인재 양성을 위한 교육연구단의 비전과 목표에 부합하며, 특히 융합 및 파급을 통해 지속 가능한 화공 융합 연구에 기여함. □해당 세부전공분야의 기여 : 이 연구는 저에너지, 고효율 발전 공정을 설계하여 지속 가능한 수소 에너지 시스템 구축에 기여할 뿐만 아니라, 액화 수소 공급망에서의 에너지 회수 기술 발전에 중요한 역할을 할 것으로 기대됨.
12	석박사통합	화학공학	저널논문	② Cost optimization methodology based on carbon-techno-economic analysis: An application to post-combustion carbon capture process
				③ Journal of Cleaner Production
				④ 434, 139887
				⑤ 0
				⑥ 2024.01
				⑦ https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139887
				□ IF 9.7, JCR분야 상위 6.7% (2023기준), Q1, Google Scholar 인용횟수 10 (2024.10.) □ 실적의 창의성·혁신성 : 본 연구는 탄소-기술-경제성 분석(CTEA) 기반의 비용 최적화 방법론을 개발하고, 이를 사용하여 연소 후 탄소 포집(Post-Combustion Carbon Capture, PCC) 공정에 적용하였음. PCC 공정의 에너지 및 비용 집약적 특성을 고려해 베이지안 최적화를 통해 최적의 운전 조건을 도출하였으며, 탄소세가 CO2 톤당 \$12.5에서 \$250로 증가함에 따라 탄소 포집률을 58.92%에서 99.64%로 향상시킴. 본 연구는 탄소세와 공정 비용 및 에너지 소모량 간의 상충 관계를 밝히고, 이를 고려한 공정 운전 전략 수립을 위한 방법을 제공함. □교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 탄소 배출 절감을 통한 지속 가능성 증대는 교육연

	구단의 국제적 파급력과 융합적 연구를 목표로 한 비전과 부합하며, 특히 융합과 파급을 통해 화공 융합 분야의 선도적 연구를 수행하는 데 기여함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 본 연구는 탄소세 변화에 따른 최적 공정 운영 전략을 제공하여 산업계가 효율적인 탄소 포집 기술을 적용할 수 있도록 돕고, 향후 탄소 포집 및 활용(CCUS) 기술 분야에서 상용화에 기여할 것으로 기대됨.				
	석박사 통합		화학 공학	저널논문	
					② Advanced energy recovery systems design of stenter processes: Energy, exergy and Techno-economic analyses
					③ Energy
					④ 289, 130028
					⑤ 0
					⑥ 2024.02
					⑦ https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.130028
13	□ IF 9, JCR분야 상위 3.95% (2023기준), Q1, Google Scholar 인용횟수 1 (2024.10.) □ 실적의 창의성·혁신성 : 본 연구는 염색 공정의 건조 과정에서 스텐터(stenter) 장치에서 발생하는 열에너지 손실을 효율적으로 회수하기 위한 세 가지 에너지 회수 시스템을 설계하고 비교함. 공기 예열(Case 1), 온수 생성(Case 2), 그리고 발전(Case 3) 시스템을 제안하고 각각의 에너지, 엑서지(Exergy), 그리고 경제적 타당성을 평가하였음. 특히 공기 예열을 통한 연료 소비 감소(Case 1)는 기존 공정 대비 60.8%의 에너지 절감을 달성하였으며, 이는 섬유산업의 지속 가능성을 향상시키는 데 크게 기여함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 이 연구는 멀티스케일 융합 화공 인재 양성 비전과 목표에 부합하며, 특히 융합과 파급을 통해 지속 가능한 에너지 회수 기술을 활용한 화공 융합 연구의 국제적 파급력을 증대시키는 데 기여함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 본 연구는 염색공정의 에너지 효율을 높이고, 특히 에너지 회수 시스템을 통해 연료 소비를 크게 줄여 탄소 배출 감소에 기여할 수 있는 가능성을 제시하였으며, 섬유산업 전반에 걸쳐 열 회수 기술의 상용화를 촉진할 수 있을 것으로 기대됨.				
14	석박사 통합		화학 공학	저널논문	
					② Hybrid systems design for blue and green hydrogen co-production: Integration of autothermal reforming with solid oxide electrolysis
					③ Energy Conversion and Management
					④ 300, 117969
					⑤ 0
					⑥ 2024.01
					⑦ https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117969
	□ IF 9.9, JCR분야 상위 1.76% (2023기준), Q1, Google Scholar 인용횟수 10 (2024.10.) □ 실적의 창의성·혁신성 : 본 연구는 블루 수소와 그린 수소의 동시 생산을 위한 하이브리드 시스템을 제안하였으며, 자열 개질(ATR) 공정과 고체 산화물 전해(SOEC) 공정을 통합하여 에너지 효율을 극대화하였음. ATR 공정에서 발생하는 폐열 및 증기를 SOEC 공정에 공급하고, SOEC에서 생성되는 산소 부산물을 ATR 공정에 사용함으로써, 전력 소비를 독립적인 생산 시스템에 비해 28.6% 줄임. 또한 수소 생산 단가가 5.28 \$/kg으로, 기존 시스템 대비 1.22				

	\$/kg 낮아 경제성을 크게 향상시켰음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 이 연구는 멀티스케일 융합 화공 인재 양성 비전과 목표에 부합하며, 특히 지속 가능한 수소 사회로의 에너지 패러다임 전환을 위한 융합적 접근을 통해 국제적 파급력을 높임. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 본 연구는 적은 블루 수소와 그린 수소의 통합 생산 기술을 개발하여, 저탄소 수소 경제로의 전환을 촉진할 수 있는 중요한 기술적 토대를 마련함.				
15	석박사통합		유기소재 시스템공 학	저널 논문	
					② Wet spinning of multi-walled carbon nanotube fibers
					③ Carbon
					④ 216, 118532
					⑤ 0
					⑥ 2024.01
					⑦ https://doi.org/10.1016/j.carbon.2023.118532
					□ IF 10.5, JCR분야 상위 11.42%(2023기준), Q1, Web of Science 인용횟수 8 □ 실적의 창의성·혁신성: 탄소나노튜브의 상용화는 현재 대량 생산이 가능한 다중벽 탄소나노튜브 (multi-walled carbon nanotube)를 사용함으로써 공정 비용을 획기적으로 줄일 수 있음. 하지만 현재까지 다중벽 탄소나노튜브를 활용한 용액 공정은 낮은 탄소나노튜브 분산 농도에 의해 용액 공정 적용에 있어 제약이 컸음. 이번 연구는 계면활성제 기반 다중벽 탄소나노튜브 용액을 Colloidal Science의 depletion induced attraction force를 이해하고 활용함으로써 고농도로 달성할 수 있었고, 그 결과 세계 최초로 계면활성제 기반 다중벽 탄소나노튜브 용액을 통한 습식 방사 섬유를 방사할 수 있었음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 세계 최초의 다중벽 탄소나노튜브의 습식 방사 섬유를 성공적으로 개발함으로써 화학 및 소재 응용 분야에서의 미래 산업을 선점하고 이끌어갈 수 있는 경쟁력을 확보하여 교육 연구단의 비전과 부합하며, 탄소나노튜브 섬유를 활용한 다양한 방향성과 응용능력을 펼칠 수 있는 멀티스케일 융합 화공인재를 양성하는 기회가 되었음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 낮은 가격의 다중벽 탄소나노튜브의 섬유화가 가능해짐으로써 탄소나노튜브라는 재료의 상용화에 한걸음 다가갈 수 있었고, 그로 인해서 탄소나노튜브 섬유를 활용한 다양한 응용 및 복합 재료 분야에 적용할 기회를 열 수 있었음.
16	석박사통합		화학공 학	저널논 문	② Preparation of Two-Dimensional Fe3O4 Nanodisks and Nanosheets Transformed from α-Fe2O3 Analogues and Their Applications in Magnetic Field-Assisted Microalgal Harvesting Biorefinery Processes

					③ ACS Sustainable Chemistry & Engineering
					④ 12, 5
					⑤ 0
					⑥ 2024.02
					⑦ 10.1021/acssuschemeng.3c06774
					□ IF 7.1, JCR분야 상위 12.35%(2023기준), Q1 □ 실적의 창의성·혁신성 : 이차원 Fe₃O₄ 나노디스크와 나노시트의 합성과 이를 기반으로 한 자기장 기반 미세조류 수확 및 추출 연속공정에 적용할 수 있도록 α-Fe₂O₃ (헤마타이트) 유사체를 Fe₃O₄ (마그네타이트)로 변환하여 자성 특성을 향상시키고 이를 바이오리파이너리 공정에 접목한 부분이 이 연구의 핵심 창의성임. 이를 통해 기존의 미세조류 바이오리파이너리 공정의 에너지 효율성을 크게 향상 시키며, 친환경적으로 처리할 수 있는 가능성을 제시함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 나노기술과 바이오리파이너리 공정을 융합하여 화학 및 소재 응용 분야의 경계를 확장하였으며 두 공정의 결합으로 복합적 문제를 해결하여 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 나노구조 제어를 통한 나노소재의 신기능성 발현 및 새로운 지속 가능한 저에너지 고효율 미세조류 바이오리파이너리 공정 개발 등의 다양한 분야에 적용될 수 있으며 이로 인해 차세대 지속 가능한 에너지 기술 개발에 기여하였음.
17	석박사통합		화학공학	저널논문	
					② Multi-scale computational screening of all-silica zeolites for adsorptive separation of ternary (H ₂ S/CO ₂ /CH ₄) mixtures
					③ Chemical Engineering Journal
					④ 496, 154116
					⑤ 0
					⑥ 2024.07
					⑦ 10.1016/j.cej.2024.154116
					□ IF 13.3, JCR분야 상위 3.7%(2023기준), Q1 □ 실적의 창의성·혁신성 : 다양한 구조적 특성을 지닌 all-silica 제올라이트의 다중 스케일 컴퓨팅 스크리닝을 통해 H₂S/CO₂/CH₄ 삼원 혼합물의 흡착 분리에 대한 접근법을 제시함. 제올라이트 소재와 분자 수준의 흡착 성능을 결합하여 삼원 혼합물 내의 각 성분의 선택적 분리를 가능하게 하였으며, 이는 기존의 단일 스케일 접근 방식과 차별화됨. 특히, H₂S와 CO₂의 효과적인 분리 메커니즘을 규명하고 이를 통해 CH₄ 회수를 극대화하는 새로운 흡착 소재 설계 방법론을 제안한 것은 매우 창의적임. 이러한 연구 결과는 고효율, 저에너지 분리 공정 개발에 크게 기여할 수 있음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 화학생물공정 및 친환경 에너지 전환 기술 개발에 기여할 수 있는 중요한 성과임. 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 본 연구는 제올라이트 기반 소재의 나노구조 제어를 통해 새로

	은 흡착 및 분리 기술을 개발함으로써 에너지 효율을 극대화하고, 삼원 혼합물의 선택적 분리에 있어 지속 가능한 저에너지 공정을 제시함. 이는 향후 에너지 및 환경 공정 분야에서의 혁신적인 기술 개발에 중요한 기여를 할 것으로 기대되며, 특히 흡착 공정을 통해 산업적 이산화탄소 포집 및 황화수소 처리 기술에 대한 새로운 해결책을 제공할 수 있을 것으로 보임.				
	석박사통합		화학공학	저널 논문	② High Hydrogen Storage in Trigonal Prismatic Monomer-Based Highly Porous Aromatic Frameworks ③ Advanced Materials ④ 36, 2401739 ⑤ 0 ⑥ 2024.04 ⑦ 10.1002/adma.202401739
18	□ IF 27.4, JCR분야 상위 2.17%(2023기준), Q1, 피인용 수 1회 □ 실적의 창의성·혁신성 : 기존의 다공성 물질에 비해 수소 분자와의 상호작용을 극대화할 수 있는 구조적 특성을 가진 프레임워크를 설계한 것이 창의적임. 특히 높은 수소 저장 용량을 달성한 것이 큰 성과로 평가됨. 이러한 연구는 기존의 금속-유기 골격체(MOF)나 제올라이트보다도 더 높은 저장 효율을 보이는 새로운 물질 시스템을 제안하며, 차세대 친환경 에너지 저장 기술로서 혁신성을 입증함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 다공성인 나노 소재를 설계하고, 이를 통해 수소 저장이라는 중요한 에너지 문제를 해결하고자 하는 연구 방향은 융복합 연구의 강화와 지속 가능한 에너지 전환 기술의 발전을 목표로 하는 연구단의 목표에 부합함. □ 해당 세부 전공 분야의 기여 : 다공성 아로마틱 프레임워크(PAF) 기반의 신소재가 수소 저장 용량을 극대화할 수 있다는 점을 입증하며, 에너지 저장 분야에서 큰 기여를 할 것으로 기대됨. 특히, 수소 저장 시스템에서 기존의 소재들이 가진 한계를 극복하는 새로운 소재의 도입은 미래의 수소 경제와 친환경 에너지 전환에 중요한 역할을 할 수 있음.				
19	석사		화학공학	저널 논문	② Multi-scale computational screening of all-silica zeolites for adsorptive separation of ternary (H₂S/CO₂/CH₄) mixtures ③ Chemical Engineering Journal ④ 496, 154116 ⑤ 0 ⑥ 2024.07 ⑦ 10.1016/j.cej.2024.154116

	□ IF 13.3, JCR분야 상위 3.7%(2023기준), Q1 □ 실적의 창의성·혁신성 : 다양한 구조적 특성을 지닌 all-silica 제올라이트의 다중 스케일 컴퓨팅 스크리닝을 통해 H₂S/CO₂/CH₄ 삼원 혼합물의 흡착 분리에 대한 접근법을 제시함. 제올라이트 소재와 분자 수준의 흡착 성능을 결합하여 삼원 혼합물 내의 각 성분의 선택적 분리를 가능하게 하였으며, 이는 기존의 단일 스케일 접근 방식과 차별화됨. 특히, H₂S와 CO₂의 효과적인 분리 메커니즘을 규명하고 이를 통해 CH₄ 회수를 극대화하는 새로운 흡착 소재 설계 방법론을 제안한 것은 매우 창의적임. 이러한 연구 결과는 고효율, 저에너지 분리 공정 개발에 크게 기여할 수 있음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 화학생물공정 및 친환경 에너지 전환 기술 개발에 기여할 수 있는 중요한 성과임. 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 본 연구는 제올라이트 기반 소재의 나노구조 제어를 통해 새로운 흡착 및 분리 기술을 개발함으로써 에너지 효율을 극대화하고, 삼원 혼합물의 선택적 분리에 있어 지속 가능한 저에너지 공정을 제시함. 이는 향후 에너지 및 환경 공정 분야에서의 혁신적인 기술 개발에 중요한 기여를 할 것으로 기대되며, 특히 흡착 공정을 통해 산업적 이산화탄소 포집 및 황화수소 처리 기술에 대한 새로운 해결책을 제공할 수 있을 것으로 보임.				
20	박사		화학공학	저널 논문	② Water-assisted single-step catalytic hydrodeoxygenation of polyethylene terephthalate into gasoline-and jet fuel-range cycloalkanes over ③ Green Chemistry ④ 413, 127467 ⑤ 0 ⑥ 2023.09 ⑦ DOI: 10.1039/D3GC02145A
	□ IF 9.3, JCR분야 상위 13.48%(2023기준), Q1 □ 실적의 창의성·혁신성 : 기존 페플라스틱 자원의 업사이클링 반응에서 Ru 촉매에 대한 연구는 활발하게 진행되었지만, 수계진행시 반응 product가 pickering emersion을 형성하며 효율적인 고부가가치 산물인 BTX를 생성한다는 점은 학계에 처음 보고된 연구임 □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 석유화학산업 분야에 페플라스틱 자원을 활용하여 기존 석유화학기반 산물을 대체 생산이 가능한 점에서 환경과 소재 분야로서 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 페플라스틱 자원을 활용하여 향후 폐자원 순환 산업 발전에 새로운 방향을 제시 할 것으로 보이며, 또한 이러한 자원 순환은 탄소 저감에 큰 이바지를 할 것으로 예측됨				
21	석박통합		고분자공학	저널 논문	② Continuous flow upgrading of lignin pyrolysis

					oils to drop-in bio-hydrocarbon fuels over noble metal catalysts
					③ Chemical Engineering Journal
					④ 481, 148328
					⑤ 0
					⑥ 2024.01
					⑦ doi.org/10.1016/j.cej.2023.148328
					□ IF 13.3, JCR분야 상위 3.7%(2023기준), Q1 □ 실적의 창의성·혁신성 : 리그닌 열분해를 통한 고효율적인 항공료 기초 산물 생산에 대해 귀금속 촉매들에 대한 반응성과 생산 산물의 경향을 파악할 수 있어 앞으로 항공산업분야의 대체 바이오 오일 생산이 가능함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 환경과 소재의 연결 및 융합을 통해 멀티스케일 융합 화공 인재 양성 비전에 부합함. □ 해당 세부 전공 분야의 기여 : 본 연구의 리그닌 열분해오일 생산 촉매는 대체 항공유생산에 큰 이바지를 할 것으로 예측
22	박사		화학공학	저널 논문	
					② Highly efficient hydrolysis of cellulose to sugars using supercritical CO ₂ as a green acid catalyst and solvent
					③ Chemical Engineering Journal
					④ 493, 152336
					⑤ 0
					⑥ 2024.08
					⑦ https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.152336
					□ IF 13.3, JCR분야 상위 3.7%(2023기준), Q1 □ 실적의 창의성·혁신성 : CO₂ 기반 셀룰로오스 가수분해 반응을 통해 기존 불균일 촉매로서의 한계점을 극복가능하며, CO₂ 기반 촉매로서 탄소 저감에 큰 역할을 할 것으로 예측 □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 환경/소재의 연결 및 융합을 통해 멀티스케일 융합 화공 인재 양성 비전에 부합함. □ 해당 세부 전공 분야의 기여 : 본 연구의 CO₂의 조촉매로서의 활용성은 기존 불균일 촉매에 활성을 극대화 할 수 있는 새로운 발견으로서 특히, 셀룰로오스 가수분해를 통한 폴리우레탄의 기초산물인 바이오 폴리올 생산에 큰 이바지를 할 것으로 보임.
23	석사		에너지 저장장치	저널 논문	

					② A Multifunctional Interlocked Binder with Synergistic In Situ Covalent and Hydrogen Bonding for High-Performance Si Anode in Li-ion Batteries
					③ ADVANCED SCIENCE
					④ 10(30), 2302144
					⑤ 0
					⑥ 2023.10
					⑦ https://doi.org/10.1002/advs.202302144
					□ IF 14.3, JCR분야 상위 7.6%(2023기준), Q1, Web of Science 인용횟수 17 □ 실적의 창의성·혁신성 : 본 연구는 다기능 thiourea polymer network (TUPN)를 설계하여 실리콘 음극의 부피 팽창 문제를 해결하고 구조적 무결성을 유지하며, 리튬 이온 배터리의 수명을 연장하는 방식을 규명하였음. TUPN 바인더는 실리콘 음극의 유연성과 계면 안정성을 동시에 향상시켜 배터리 성능을 극대화하며, 이를 통해 고에너지밀도 실리콘 음극 소재의 상용화 가능성을 높였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 본 연구는 실리콘 음극 소재의 성능을 개선하여 차세대 에너지 저장 시스템의 경쟁력을 강화하고자 하였으며, 이는 에너지 소재 분야의 혁신적 발전에 기여함으로써 소재와 화학, 에너지 간 융합을 통한 멀티스케일 융합 화공 인재 양성 비전에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : TUPN 바인더를 사용한 실리콘 음극은 기존 바인더에 비해 우수한 계면 안정성과 높은 신장성을 나타내며, 이를 통해 실리콘 음극의 성능을 1.5배 이상 향상시킴. 이는 고에너지밀도 리튬이온 배터리의 상업화에 중요한 기여를 하여 차세대 에너지 저장 시스템의 발전에 중대한 진전을 제공할 것으로 기대됨.
24	석사		에너지 저장장치	저널논문	② A stress-adaptive interlinked 3D network binder for silicon anodes via tailored chemical bonds and conformation of functionalized poly(vinylidene fluoride) (PVDF) terpolymers
					③ Chemical Engineering Journal
					④ 479(1), 147860
					⑤ 1
					⑥ 2024.01
					⑦ https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.147860
					□ IF 13.3, JCR분야 상위 3.8%(2023기준), Q1, Web of Science 인용횟수 5 □ 실적의 창의성·혁신성 : 본 연구는 PVDF(Poly(vinylidene fluoride))의 화학적 변형을 통해 실

리튬 음극의 체적 변화 문제를 해결하고, 이를 통해 실리콘 입자의 분쇄를 방지하여 배터리 성능을 개선하는 새로운 바인더 설계 전략을 규명하였음. 이중 결합을 도입한 PVTDX 바인더는 실리콘 음극의 구조적 무결성을 유지하고, 장기적인 사이클 성능과 높은 에너지 밀도를 제공함으로써 차세대 리튬이온 배터리의 성능을 극대화함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 본 연구는 고성능 실리콘 음극 소재를 활용한 리튬이온 전지 개발을 목표로 하였으며, PVTDX 바인더 설계를 통해 소재의 안정성을 높이고 에너지 저장 기술의 발전에 기여함으로써 차세대 융합 화공 인재 양성 비전에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : PVTDX 바인더는 기존 PVDF 기반 바인더에 비해 전해질 친화력과 화학적 안정성이 우수하며, 강화된 네트워크 구조를 통해 실리콘 음극의 체적 변화 문제를 해결하여 배터리의 특정 용량을 1.5배 이상 향상시킴. 이러한 성과는 고성능 리튬이온 배터리의 상업적 적용 가능성을 높이고, 차세대 에너지 저장 시스템의 발전에 중요한 기여를 할 것으로 기대됨.					
1	석박사통합		에너지소재	저널논문	② Molecular engineering of N-rich ZIF-integrated graphene composite interface for efficient physiochemical confinement and catalytic conversion of polysulfides in lithium-sulfur batteries
					③ Composite Part B: Engineering
					④ 267, 111050
					⑤ 0
					⑥ 2023.12
					⑦ 10.1016/j.compositesb.2023.111050
					□ IF 13.1, JCR분야 상위 1.11%(2023기준), Q1 □ 실적의 창의성·혁신성 : 리튬황전지 성능저하의 주요 원인인 폴리설퍼이드 셔틀 현상 억제를 위해 금속-유기 골격체 및 Graphene 복합체를 제조하고 이를 전기화학 촉매로 활용하여 리튬황전지의 성능을 개선함. 금속-유기 골격체의 개질 및 복합체의 미세구조 형성 메커니즘 분석을 통해 제조된 복합체의 물성을 제어하고 폴리설퍼이드와의 물리·화학적 상호작용을 극대화하였음. 또한, 제조된 복합체의 높은 표면적, 풍부한 기공 및 높은 전기전도성으로 인해 폴리설퍼이드의 흡착 특성이 향상됨. 다양한 분광학 및 전기화학적 분석을 통해 폴리설퍼이드의 효율적인 흡착 및 전환을 통해 셔틀 현상이 억제되어 높은 전지 성능이 발현되는 것을 규명함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 에너지 소재 분야에 기능성 나노소재의 적용을 통해 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 나노구조 제어를 통한 나노소재의 신기능성 발현 및 새로운 지속 가능한 이차전지 시장에 크게 이바지할 것으로 기대됨.

26	석사		에너지 저장장치	저널논 문	
					② Addressing the Challenge of Electrochemical Ionomer Oxidation in Future Anion Exchange Membrane Water Electrolyzers
					③ ACS Energy Letters
					④ 9(6), 3070-3083
					⑤ 1
					⑥ 2024.06
					⑦ https://doi.org/10.1021/acsenergylett.4c00832
					□ IF 19.3, JCR분야 상위 4.8%(2023기준), Q1 □ 실적의 창의성·혁신성 : 본 연구는 알칼리성 음이온 교환막 수전해기(AEMWE)에서 이오노머의 전기화학적 산화 문제를 해결하기 위한 새로운 전략을 제시하였음. 특히, 경쟁적 흡착을 통한 이오노머 산화 억제 방안을 도입하여 AEMWE 시스템의 성능 저하를 완화하고, 장기적인 효율성과 안정성을 개선함으로써 차세대 알칼리성 수전해 시스템의 성능을 크게 향상시킴. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 본 연구는 알칼리성 수전해 시스템에서 발생하는 이온 전도체의 전기화학적 산화 문제를 해결하고, 이를 통해 차세대 에너지 생산 기술을 발전시키는 데 기여함으로써 멀티스케일 융합 화공 인재 양성의 비전에 부합함. 또한, 에너지 생산 및 저장 장치의 효율성을 극대화하는 연구 역량을 강화함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 이 연구는 AEMWE 시스템의 성능 저하를 유발하는 이오노머 산화 문제를 분석하고, 그 해결 방안으로 경쟁적 흡착 전략을 제시함으로써 알칼리성 수전해 시스템의 상업적 적용 가능성을 높였음. 이로 인해 AEMWE 기반 수소 생산 장치의 성능이 향상되어, 향후 에너지 저장 및 생산 장치의 발전에 중요한 기여를 할 것으로 기대됨.
27	박사		에너지 저장장치	저널논 문	
					② Rational Design of Naphthol Groups Functionalized Bipolar Polymer Cathodes for High Performance Alkali-Ion Batteries
					③ Small
					④ 20(34), 2400333
					⑤ 1
					⑥ 2023.10
					⑦ https://doi.org/10.1002/smll.202400333
					□ IF 13.0, JCR분야 상위 9.8%(2023기준), Q1, Web of Science 인용횟수 1 □ 실적의 창의성·혁신성 : 본 연구는 나프톨 그룹을 포함한 트리아릴아민 고분자

	(poly(DNap-OH))를 설계하고 합성하여, 유기 전극의 구조적 다양성을 극대화함으로써 알칼리 이온 배터리의 성능을 향상시키는 새로운 전략을 제시하였음. poly(DNap-OH) 양극은 기존 소재에 비해 더 많은 레독스 활성 부위를 제공하여 빠른 이온 확산과 높은 화학적 안정성을 달성하며, 리튬 이온 배터리(LIBs)와 칼륨 이온 배터리(PIBs)에서 뛰어난 사이클 안정성과 높은 특정 용량을 확보함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 본 연구는 고성능 알칼리 이온 배터리를 위한 유기 전극 소재 개발을 목표로 하였으며, 이를 통해 구조-성능 상관관계에 대한 이해를 심화시켜 미래 에너지 저장 기술에 필요한 전문 인재를 양성하는 데 기여함으로써, 융합 화공 인재 양성의 비전에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : poly(DNap-OH) 양극은 기존의 poly(4-methyltriphenylamine) 양극에 비해 더 우수한 레독스 반응 속도와 특정 용량을 제공하며, 리튬 및 칼륨 이온 배터리에 사용된 성능을 입증함. 이는 고성능 유기 양극 소재의 상용화 가능성을 높여 차세대 알칼리 이온 배터리의 실용적 발전에 중요한 기여를 할 것으로 기대됨.				
28	석사		화학공학	저널 논문	② Stretchable Metal Halide Perovskite Color Conversion Layers with Block Copolymer Dispersant ③ Advanced Optical Materials ④ 12(20), 2400407 ⑤ 0 ⑥ 2024.04 ⑦ 10.1002/adom.202400407 □ IF 8.0, JCR분야 상위 9.5% (2023기준), Q1, Web of Science 인용횟수 0 □ 실적의 창의성·혁신성 : 차세대 발광 소재로 주목 받고 있는 저차원 할라이드 페로브스카이트 소재를 나노시트로 손쉽게 제조할 수 있는 합성법 및 용매 분산법을 개발하였고, 이를 바탕으로 신축성 고분자 필름 내 분산시킬 수 있는 필름화 기술 개발에 성공하였다. 핵심 아이디어로 블록공중합체 분산제를 도입하였으며, 체계적인 분석을 통해 향후 다양한 발광 나노재료의 분산 및 필름화 기술로 응용이 가능하도록 발판을 마련하였다. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 화학소재공정 분야에 기능성 고분자 나노소재의 적용을 통해 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 간단한 나노시트 합성 공정 설계를 통한 나노소재의 고기능성 발현 및 차세대 스트레처블 디스플레이 개발 등 유관 분야들에 크게 이바지할 것으로 기대됨.
29	석박사통합		유기소재 시스템공학	저널 논문	② Wet spinning of multi-walled carbon nanotube fibers

					③ Carbon
					④ 216, 118532
					⑤ 0
					⑥ 2024.01
					⑦ https://doi.org/10.1016/j.carbon.2023.118532
					□ IF 10.5, JCR분야 상위 11.42%(2023기준), Q1, Web of Science 인용횟수 8 □ 실적의 창의성·혁신성: 탄소나노튜브의 상용화는 현재 대량 생산이 가능한 다중벽 탄소나노튜브 (multi-walled carbon nanotube)를 사용함으로써 공정 비용을 획기적으로 줄일 수 있음. 하지만 현재까지 다중벽 탄소나노튜브를 활용한 용액 공정은 낮은 탄소나노튜브 분산 농도에 의해 용액 공정 적용에 있어 제약이 컸음. 이번 연구는 계면활성제 기반 다중벽 탄소나노튜브 용액을 Colloidal Science의 depletion induced attraction force를 이해하고 활용함으로써 고농도로 달성할 수 있었고, 그 결과 세계 최초로 계면활성제 기반 다중벽 탄소나노튜브 용액을 통한 습식 방사 섬유를 방사할 수 있었음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 세계 최초의 다중벽 탄소나노튜브의 습식 방사 섬유를 성공적으로 개발함으로써 화학 및 소재 응용 분야에서의 미래 산업을 선점하고 이끌어갈 수 있는 경쟁력을 확보하여 교육 연구단의 비전과 부합하며, 탄소나노튜브 섬유를 활용한 다양한 방향성과 응용능력을 펼칠 수 있는 멀티스케일 융합 화공인재를 양성하는 기회가 되었음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 낮은 가격의 다중벽 탄소나노튜브의 섬유화가 가능해짐으로써 탄소나노튜브라는 재료의 상용화에 한걸음 다가갈 수 있었고, 그로 인해서 탄소나노튜브 섬유를 활용한 다양한 응용 및 복합 재료 분야에 적용할 기회를 열 수 있었음.
30	박사	화학공학	저널 논문		② Water-assisted single-step catalytic hydrodeoxygenation of polyethylene terephthalate into gasoline-and jet fuel-range cycloalkanes over
					③ Green Chemistry
					④ 413, 127467
					⑤ 0
					⑥ 2023.09
					⑦ DOI: 10.1039/D3GC02145A
					□ IF 9.3, JCR분야 상위 13.48%(2023기준), Q1 □ 실적의 창의성·혁신성: 기존 페플라스틱 자원의 업사이클링 반응에서 Ru 촉매에 대한 연구는 활발하게 진행되었지만, 수계진행시 반응 product가 pickering emersion을 형성하며 효율적인 고부가가치 산물인 BTX를 생성한다는 점은 학계에 처음 보고된 연구임 □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 석유화학산업 분야에 페플라스틱 자원을 활용하여 기존 석유화학기반 산물을 대체 생산이 가능한 점에서 환경과 소재 분야로서 멀티스케일의

	용·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 폐플라스틱 자원을 활용하여 향후 폐자원 순환 산업 발전에 새로운 방향을 제시 할 것으로 보이며, 또한 이러한 자원 순환은 탄소 저감에 큰 이바지를 할 것으로 예측됨			
31	석박통합		고분자 공학	저널 논문
② Continuous flow upgrading of lignin pyrolysis oils to drop-in bio-hydrocarbon fuels over noble metal catalysts				
③ Chemical Engineering Journal				
④ 481, 148328				
⑤ 0				
⑥ 2024.01				
⑦ doi.org/10.1016/j.ccej.2023.148328				
□ IF 13.3, JCR분야 상위 3.7%(2023기준), Q1 □ 실적의 창의성·혁신성 : 리그닌 열분해를 통한 고효율적인 항공료 기초 산물 생산에 대해 귀금속 촉매들에 대한 반응성과 생산 산물의 경향을 파악할 수 있어 앞으로 항공산업분야의 대체 바이오 오일 생산이 가능함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 환경과 소재의 연결 및 융합을 통해 멀티스케일 융합 화공 인재 양성 비전에 부합함. □ 해당 세부 전공 분야의 기여 : 본 연구의 리그닌 열분해오일 생산 촉매는 대체 항공유생산에 큰 이바지를 할 것으로 예측				

② 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성

- 본 교육연구단의 교육 목표는 화공분야에서 3M (Macroscopic, Microscopic, Molecular, 즉 거시적, 미시적, 분자수준)의 멀티스케일 개념이 접목되고 새로운 환경에서 다양한 방향으로 전공 개념들이 자유롭게 융합되는 화학공학의 교육을 목표로한다. 화학공학 안에서 물리적 공간적 요소를 갖는 멀티스케일 주제를 다양성으로 융합하여 문제를 해결하는 미래 화공 인재를 양성한다는 비전 아래 **세계 QS랭킹 100위권 대학원으로 발돋움**하려는 것이다.
- 이를 위해 구체적 교육 목표를 3In(人), 즉, 융합(Integration), 지능(Intelligence), 연결(Interconnection) 능력을 갖춘 멀티스케일 융합 화공인(人)을 양성하는 것으로 설정하였으며, 세계수준의 연구를 위해 3In(引), 즉 융합 (Integration), 국제 (International) 및 파급(Influence) 연구를 통해 화공 융합 분야를 견인(引)하는 글로벌 (Global) 교육연구단 성장하는 것으로 설정하였다. 총 사업기간 동안 석사 350명, 박사 93명을 배출할 계획이며, **최종년도 박사배출 목표는 박사 16명으로**, 이는 최근 3년간 평균인 박사 배출 11명의 약 **45% 향상된 것으로 박사과정 중심의 대학원으로 전환**할 것을 목표로 하였다.
- 이러한 목표 아래 대학원생의 학술대회 참석을 장려하여 아래 그림 II-16과 같이 4차년도의 대학원생 1인당 학술대회 발표실적 목표를 2.3045로 설정하였다. 연차별 목표를 보면, 1차년도 2.1647편에서 점진적으로 증가하여, 7차년도에는 2.4443 편을 목표로 하였다.

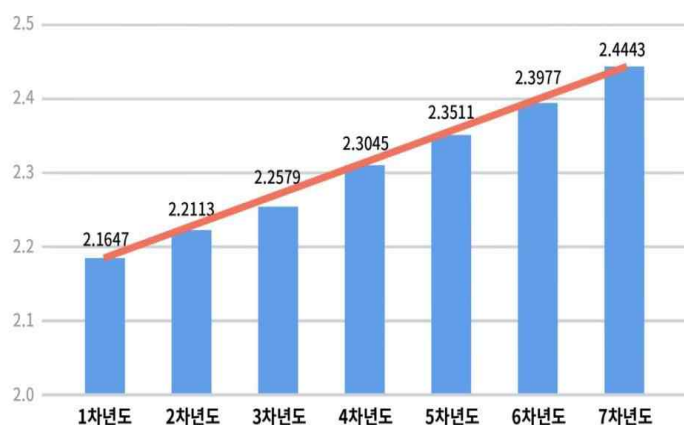


그림 II-16. 대학원생 연도별 학술대회 발표논문 환산편수 계획

- 참여대학원생의 학술대회 참석 실적건수를 보면 아래와 같다.

표 II-16. 2차년도 참여대학원생의 학술대회 참석 실적건수

참여연도	국내학회	국제학회	소계
2023년	161	36	197
2024년	139	37	176
4차년도합계	300	73	373

- 4차년도 실적을 보면, 총 373건으로 총 대학원생 1인당 학술대회 발표논문 환산편수는 1.6184으로 목표 대비 -29.9% 미달이다. 원인은 COVID-19로 인한 각종 국제학술대회와 국내학술대회의 개최 취소 및 온라인 전환에 따라 학술대회 참석 및 논문 발표가 예년에 비해 저하되었기 때문이다. 특히, COVID-19 초기 다수의 국제학술대회가 취소되어 학생들의 학회 참여에 영향을 크게 주었다.

표 II-17. 연차별 참여대학원생의 학술대회 발표논문 환산편수

실적 지표	1차년도 (20.09-21.08) 목표(결과)	2차년도 (21.09-22.08) 목표(결과)	3차년도(6개월) (22.09-23.02) 목표(결과)	4차년도 (23.09-24.08) 목표(결과)	4차년도 목표달성률
대학원생 1인당 학술대회 발표논문 환산편수	2.1647 (1.4083)	2.2123 (1.4287)	2.2610 (0.7428)	2.3107 (1.6184)	-29.9% 미달

- 대학원생 1인당 학술대회 발표논문 환산편수는 목표대비 29.9% 미달이다. 1~3차년도의 경우에는 COVID-19가 장기화됨에 따라 국제 학술대회 및 국내 학술대회 참여가 제한적으로 이루어졌던 원인이 있었다면, COVID-19 사태가 종료된 이후 4차년도에는 학술대회의 참여경비(항공료, 숙박비, 체재비)의 높은 상승률 때문에 제한된 예산으로 참여가 힘들어지고 있는 원인이 있다. 특히 해외에서 국제학술대회 참여는 예산문제로 참여가 어려워 다른 과제사업비의 도움으로 참가하는 경우가 있다.
- 5차년도 목표는 지원예산문제로 4차년도 수준인 1.6000를 유지하고자 한다. 학생들의 학회 참여 독려를 위해 학술대회 참여 지원을 확대하고자 하나 현실적으로 예산문제로 지원의 어려움을 겪고 있기 때문이다. 다만, 질적 향상을 위하여 우수논문에 대한 장학금 지급을 계속 유지하여 논문발표를 독려하고자 한다.
- 한편, 국내외 학술대회에 참가 발표한 대표적인 우수사례를 보면 다음과 같다.

연번	학위과정 (석사/박사 /석박사통합)	참여대학원 생 성명	발표 형식 (구두, 포스터)	학술대회 발표실적 상세내용
1	석박사통합		구두	② Upconversion Polymeric-based Nanoparticles for Transdermal Delivery ③ 12 th World Biomaterials Congress (WBC 2024)

				④ 0
				⑤ 2024.05.26 Daegu, Korea
2	박사		포스터	①
				② Dual function electrochromic supercapacitor devices with electrospun TiO ₂ ion storage layer
				③ 2023 Kyushu-Seibu/Pusan-Gyeongnam (KSPG2023)
				④ 0
				⑤ 2023.10., Kyushu, Japan
3	석박통합		구두	①
				② Highly Stretchable, Self-healing, Self-adhesive, and Ion-conducting Polymer Electrolytes for Electrochromic Devices
				③ 6 th Chinese Meeting on Electrochromism
				④ 0
				⑤ 2024.05., Xi' an, China
4	석박통합		포스터	①
				② Fabrication of aramid fiber reinforced composite for improving the shock wave protection performance through polydimethylsiloxane
				③ KSPG2023 Organizing Committee
				④ 0
				⑤ 2023.11. , Fukuoka, Japan
5	박사		구두	①
				② Body Temperature Actuation of Exchangeable Liquid Crystal Elastomers
				③ International Liquid Crystal Elastomer Conference 2023 (ILCEC 2023)
				④ 0
				⑤ 2023.10. Colorado, USA
6	석박통합		포스터	①
				② Slidable Polyrotaxane Networks in Liquid Crystal Elastomers: Toward Extreme Damping Materials
				③ International Liquid Crystal Elastomer Conference 2023 (ILCEC 2023)
				④ 0
				⑤ 2023.10. Colorado, USA
7	석박통합		구두	①
				② Programmable Mechanochromic Response in 3D Printable Liquid Crystal Elastomers Incorporating Spiropyran
				③ 2024년도 춘계 정기총회 및 학술대회

				④ 0
				⑤ 2023.04. 제주, 대한민국
8	석사		구두	①
				② Poly(acrylic acid)-Derived Pseudo-IPN Binder for Si Anode in Lithium-Ion Batteries
				③ 2024년도 춘계 정기총회 및 학술대회
				④ 0
				⑤ 2023.04. 제주, 대한민국
9	석박통합		구두	①
				② Fabricating 2D Cavities in a Colloidal Monolayer by Harnessing Laser-induced Shockwave Spallation
				③ 2024년도 춘계 정기총회 및 학술대회
				④ 0
				⑤ 2023.04. 제주, 대한민국
10	석박사통합		포스터	② A Novel Carbon Emission Optimization Method for Chemical Processes Based on Thermodynamic 1st and 2nd Law: Naphtha Cracking Center Application
				③ 2023 AIChE Annual Meeting
				④ 0
				⑤ 2023.11. Orlando, USA
11	석박사통합		구두	①
				② Toward Sustainable Liquefied Green Hydrogen Supply Chain: An Optimal Design for Cold Energy Recovery in Liquid Hydrogen Regasification
				③ 2023 AIChE Annual Meeting
				④ 0
				⑤ 2023.11. Orlando, USA
12	석박사통합		구두	①
				② Development of the Process Optimization Methodology Based on the Carbon-Techno-Economic Analysis: Application to the Post-Combustion CO ₂ Capture Process
				③ 2023 AIChE Annual Meeting
				④ 0
				⑤ 2023.11. Orlando, USA
13	석박사통합		구두	①
				② A Novel Hybrid System for Low-Carbon Hydrogen Production: Focus on Comprehensive Economic analyses
				③ 2024 한국공업화학회 춘계 총회 및 학술대회
				④ 0
				⑤ 2024.05. 부산, 대한민국
14	석박사통합		구두	①
				② Bayesian Optimization of Wet-Impregnated Co-Mo/Al ₂ O ₃ Catalyst for High-Yield Carbon

				Nanotubes
				③ Materials Research Society (2023 MRS)
				④ 0
				⑤ 2023.11. Boston, USA
15	석박사통합		포스터	
				② Preparation of Two-Dimensional Fe ₃ O ₄ Nanoparticles Transformed from α-Fe ₂ O ₃ Analogues and Their Applications in Magnetic Field-Assisted Microalgal Biorefinery Process
				③ American Chemical Society (2023 AIChE Annual Meeting)
				④ 0
				⑤ 2023.11. Orlando, USA
16	석박사통합		포스터	
				② Modeling, Screening, and Technoeconomic Evaluation of Nanoporous Materials for Boil-off Gas Capture during Intercontinental Transportation of Liquefied Natural Gas
				③ International Conference on Metal-Organic Frameworks and Open Framework Compounds (MOF2024)
				④ 0
				⑤ 2024.07, Singapore
17	석박사통합		포스터	
				② High-throughput Screening of Room-Temperature Hydrogen Storage in Metal Alkoxide Functionalized Covalent-Organic Frameworks (COF)
				③ International Conference on Metal-Organic Frameworks and Open Framework Compounds (MOF2024)
				④ 0
				⑤ 2024.07, Singapore
18	박사		포스터	①
				② Fast and Accurate Assignment of Partial Atomic Charges in Metal-Organic Frameworks and Covalent-Organic Frameworks with Graph Convolution Neural Networks
				③ International Conference on Metal-Organic Frameworks and Open Framework Compounds (MOF2024)
				④ 0

				⑤ 2024.07, Singapore
19	박사		포스터	② Synthesis and Potential of Bio-Based Polyurethane and Core-Shell Rubber for Enhancing Structural Epoxy Adhesives ③ 2024 춘계 한국고분자학회 ④ 0 ⑤ 2024.04. 제주국제컨벤션센터, 대한민국
20	석사		포스터	② Fabrication of solid polymer electrolyte made of oligo(EDOT)/PVDF blend ③ Joint Symposium on High Polymers and Fibers (KSPG2023) ④ 0 ⑤ 2023.10. Fukuoka, Japan
21	석박사통합		구두	② The linear and nonlinear rheological properties of Polylactic acid/Low-density polyethylene blends with different hydrophobicity inorganic fillers ③ Annual European Rheology Conference 2024 (AERC2024) ④ 0 ⑤ 2024.04, Leeds, UK
22	박사		포스터	② Effect of Recovered Carbon Black as Filler on Rheological and Mechanical Properties of Biodegradable Polymer Blends ③ The 17th International Workshop for East Asian Young Rheologists ④ 0 ⑤ 2024.01. Pusan, Korea
23	석박사통합		포스터	② Linear and Nonlinear Rheological Properties of Human Serum Albumin Hydrogel: Effects of Urea Denaturant ③ The 17th International Workshop for East Asian Young Rheologists ④ 0 ⑤ 2024.01. Pusan, Korea
24	석사		포스터	② The Study of rheological Properties of Catalyst-Free Upcycled Polyethylene terephthalate(PET) Vitrimers from PET Bottles ③ Annual European Rheology Conference 2024 (AERC2024)

				④ 0
				⑤ 2024.04, Leeds, UK
25	석사		포스터	② A Multifunctional Interlocked Binder with Synergistic In Situ Covalent and Hydrogen Bonding for High-Performance Si Anode in Li-ion Batteries
				③ Kyushu-Seibu/Pusan-Gyeongnam (KSPG2023) Joint Symposium
				④ 0
				⑤ 2023.10. Japan
26	석사		포스터	② Molecular Design for Highly Cross-linkable Poly(vinylidene fluoride) (PVDF) Terpolymer Binders for High Performance of Silicon Anode in Lithium-Ion Batteries
				③ Kyushu-Seibu/Pusan-Gyeongnam (KSPG2023) Joint Symposium
				④ 0
				⑤ 2023.10. Japan
27	박사		포스터	(
				② Alkali ion doped PEDOT:PSS hole transporting layer for efficient p-i-n perovskite solar cells
				③ ACS Fall 2024
				④ 0
				⑤ 2024.08.18. 미국
28	박사		포스터	② Additive engineering to control crystallization in CsPbI ₂ Br-DMSO solution process
				③ ACS Fall 2024
				④ 0
				⑤ 2024.08.18. 미국
29	석사		포스터	(
				② Study of Thin Film Characteristics in 2MOE-Based Anti-solvent Free Process with Oleylamine Additive for Methylammonium-Formamidinium Hybrid Lead Halide Perovskite
				③ ACS Fall 2024
				④ 0
				⑤ 2024.08.18. 미국
30	박사		포스터	
				② Organic dye derived carbonaceous nanocomposites as anode materials for lithium ion batteries
				③ E-MRS 2023 Fall Meeting
				④ 0

				⑤ 2023.09. Warsaw, Poland
31	석박사통 합		포스터	
				② Structural transformation of pyrolyzed quinacridones and utilization as anodes for high-performance sodium-ion batteries
				③ E-MRS 2023 Fall Meeting
				④ 0
				⑤ 2023.09. Warsaw, Poland

연번	참여대학원생/ 석박사/ 발표형태	학술대회 발표의 우수성
1		□ 실적의 창의성·혁신성 : 광상향변환 나노입자의 경피전달을 유도함. 유기계 광상향변환 나노입자에 히알루론산을 유도하여 경피전달을 용이하게 함. 경피전달로 광의학분야에서 창의성과 혁신성을 가짐. In vitro test를 통해 세포적합성을 확인함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적 사고능력과 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 광의학 분야에서 창의적인 경피전달 치료법으로 부작용을 줄인 약물전달로 각광 받을 것으로 기대됨.
2		□ 실적의 창의성·혁신성 : 전기변색과 에너지 저장 기능을 동시에 수행하는 슈커커패시터를 개발하여 실용적인 응용 가능성을 확대하였으며, TiO₂ 나노섬유를 도입하였음에도 전기변색 성능에 영향을 미치지 않고 에너지 저장 기능을 유지했다는 점이 혁신적임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적 사고 능력에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : TiO₂ 나노섬유를 이온저장층으로 활용하여 전기변색 소자에의 응용과 에너지 저장 장치 성능 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대됨.
3		□ 실적의 창의성·혁신성 : 우수한 신축성, 자가 치유, 이온 전도성을 동시에 갖춘 다기능성 고분자 전해질을 설계하고 이를 유연한 전기변색 소자에 적용하였으며 하나의 소재로 다양한 특성을 결합한 고분자 전해질을 개발함으로써 기존 전해질 소재의 한계를 극복함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적 사고 능력에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 고분자 전해질이 손상 시 스스로 치유할 수 있고, 변형에도 견딜수 있는 성능을 갖추어 앞으로 전기변색 소자에의 응용에 대한 잠재력을 높임.
4		□ 실적의 창의성·혁신성 : 충격파로 인한 내부 손상을 방지하기 위해 아라미드 섬유 복합재료에 감쇠 특성을 가진 PDMS를 도입하여 최적의 충격 흡수 복합재료를 제작함. PDMS 도입이 복합재의 강성을 저하시킬 수 있으나, 이를 최소화하면서 충격파 에너지를 효과적으로 분산시키는 구체적인 방법을 제시함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적 사고능력과 부합함 □ 해당 세부전공분야의 기여 : 군용 방탄복에서 충격파에 대한 방호 성능을 개선하는 방법을 제시하여, 국방 산업 및 보호 소재 분야에 활용될 것으로 기대됨.
5		□ 실적의 창의성·혁신성 : 액정 메소겐의 비율을 조절하여 액정 엘라스토머의 액추에이션 온도를 낮추는 연구를 진행함. 나아가 다이아믹 티오우레아 결합을 도입하여 체온에서 구동 가능한 액정 엘라스토머 제작하고 이를 연구함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적사고능력에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 액정 엘라스토머의 웨어러블, 햅틱, 바이오메디컬 분야의 응용 가능성 등 혁신성을 보임.
6		□ 실적의 창의성·혁신성 : 액정 엘라스토머에 폴리로탄산 가교제를 도입하여 필름을 제작하고 댐핑 특성을 평가함. 댐핑 특성 중 하나인 에너지 소산 능력을 이용하기 위해 액정 엘라스토머 폼(foam)을 만들어 다양한 응용 가능성을 제안함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적 사고능력과 부합함 □ 해당 세부전공분야의 기여 : 폴리로탄산 기반 액정 엘라스토머의 충격 방지, 에너지 소산, 흡음 등의 응용 가능성을 보임.
7		□ 실적의 창의성·혁신성 : 스파이로피란을 액정 엘라스토머에 도입하여 3D 프린팅을 통해 필름을 제작하였으며, 이를 바탕으로 기계 변색 특성을 정량적으로 분석함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적 사고능력과 부합함 □ 해당 세부전공분야의 기여 : 신축에 따라 나타나는 기계 변색 특성을 이용하여 다양한 스트레인 센서로 사용 가능성을 확인할 수 있음.
8		□ 실적의 창의성·혁신성 : 폴리아크릴산과 폴리베타아미노에스터를 사용하여 상호 침투 구조의 바인더를 제작하고, 이를 이용한 실리콘 기반 리튬 이온 배터리의 전기적 특성을 분석하는 연구를 진행함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적 사고능력과 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 여러 고분자를 융합적으로 사용하여 배터리 바인더를 개발하여 실리콘 기반 리튬 이온 배터리의 상용화에 기여할 것으로 기대됨.

9	□ 실적의 창의성·혁신성 : 레이저 유도 충격파를 활용하여 2D 콜로이드 단층에서 화학적 비접촉 방식으로 프로그래밍된 모양과 크기의 캐비티를 형성하는 연구를 진행함 □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적 사고능력과 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 레이저 유도 충격파를 이용하여 고급 광자 장치의 제조에 기여할 수 있는 가능성을 확인하였음.
10	□ 실적의 창의성·혁신성 : 기존 LCA 중심의 환경성 평가 방식의 한계를 파악하고, 공정 수준에서의 이산화탄소 배출량을 보다 명확히 계산할 수 있는 새로운 기법을 개발하는 창의성을 보임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적사고능력에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 공정 설계 단계에서 탄소 분석에 대한 새로운 방식을 개발하여 이를 기반으로 탄소 감축에 대한 새로운 가이드라인을 제공할 수 있을 것으로 기대됨.
11	□ 실적의 창의성·혁신성 : 액화 수소를 재기화할 때 버려지던 냉열을 회수하여 전력을 생산하는 창의성을 발휘하였으며, 냉열 회수 사이클들에 대한 최적의 조합 구성과 최적의 작동 조건을 찾아내는 혁신성을 보임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적사고능력에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 냉열을 회수하는 기술 개발을 통해 가격 경쟁력을 높이고 탄소 배출을 줄임으로써 액화 그린 수소 공급 체인의 지속 가능성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대됨.
12	□ 실적의 창의성·혁신성 : 천연가스 발전소의 연소 후 포집 공정에 대한 경제성 평가 기준에 탄소세를 포함하여 최적화를 진행하였고, 탄소세나 열에너지가 포함되지 않은 경제성 최적화 방식과 비교한 결과 해당 공정에 대한 세 가지 상충 관계의 개념을 확립함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적사고능력에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 여러 가지 탄소세에 대해 분석을 진행하여, 기업 입장에서 탄소세 변동성에 대한 전략 수립에 기여할 수 있으며, 탄소 포집 기술 적용을 위한 적절한 탄소세 책정에 대한 근거를 제공할 수 있을 것으로 기대됨.
13	□ 실적의 창의성·혁신성 : ATR-SOEC 결합 수소 생산 공정을 통해 SOEC에서 발생하는 산소를 ATR 반응에 이용하고, ATR의 폐열을 SOEC에 공급하여 두 공정의 문제점을 동시에 해결하는 창의성을 가지며, 결합하지 않은 개별 ATR, SOEC 공정에 비해 낮은 생산단가를 보이는 혁신성을 보임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적사고능력에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : ATR과 SOEC의 결합을 통한 블루-그린 수소 하이브리드 생산 시스템을 구축하여 저탄소 수소 사회에 기여할 수 있을 것으로 기대됨.
14	□ 실적의 창의성·혁신성 : 화학 기상 증착법을 활용한 탄소나노튜브 합성은 고려해야 할 실험 변수 공간이 거대하여 최적화 단계가 속도 결정 단계인데, 머신 러닝 최적화 기법인 베이지안 최적화를 도입하여 빠르고 효율적으로 최적화에 성공했고, 탄소나노튜브 합성 수율을 기존 수율 대비 2배 향상시킴. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적사고능력에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 베이지안 최적화를 활용하여 실험 변수들을 빠르고 효율적으로 최적화함으로써 탄소나노튜브 대량 생산에 기여할 수 있을 것으로 기대됨.
15	□ 실적의 창의성·혁신성 : 기존의 나노물질인 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (헤마타이트)를 유사체로 사용하여 Fe_3O_4 (마그네타이트)로 변환하여 자성 특성을 향상 시키고 이를 바이오리파이너리 공정에 접목하여 에너지 효율적 공정을 개발한 것은 매우 혁신적인 결과임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적사고능력에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : Fe_3O_4 나노디스크와 나노시트의 개발을 통해 자성 나노소재 분야의 발전을 도모하였으며, 미세조류 바이오리파이너리 공정에 에너지 자원 확보 및 지속가능한 공정 개발에 큰 기여를 할 것으로 기대됨.

16	□ 실적의 창의성·혁신성 : 기존의 에너지 집약적인 공정을 대체하기 위해 나노다공성 소재 기반의 고압-저온(HPLT) 흡착 공정을 개발함으로써, 창의적인 접근을 통해 LNG의 증발가스(BOG) 처리 문제를 해결하고자 함. 고성능 나노다공성 소재를 발견하기 위해 다중 스케일 모델링을 도입하여, BOG 처리 공정의 효율성을 크게 향상시키는 혁신적인 방법론을 제시함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 멀티스케일 모델링을 활용하여 혁신적인 공정을 개발하는 융합적 사고 능력을 실현함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : LNG 운송 중 발생하는 가스 처리 문제에 대한 새로운 해결책을 제시함으로써, 에너지 산업의 효율성을 극대화하고 비용을 절감할 수 있는 실질적 기여를 할 수 있음. 이로써 나노다공성 소재의 응용 가능성을 확장하고, LNG 운송 시스템의 효율성을 높이는 데 중요한 기여를 할 수 있음.
17	□ 실적의 창의성·혁신성 : COF(Covalent Organic Framework)의 수소 저장 성능을 평가하기 위해 고처리량 계산 스크리닝을 수행함. 새로운 저장 기술 개발에 기여하는 창의적 접근 방식을 보여줌. 특히, Morse-type 힘장을 개발하여 DFT 기반 수소 흡착 에너지를 모델링하고, 이를 통해 대규모 GCMC 시뮬레이션을 적용해 실온에서의 수소 저장 성능을 정량적으로 분석한 혁신성을 가짐. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 멀티스케일 계산 및 고처리량 스크리닝을 활용하여 융합적 사고와 지능(Intelligence) 기반 연구를 실현함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 실온에서 수소 저장이 가능한 COF 소재를 발굴함으로써 안전하고 에너지 효율적인 수소 저장 기술 개발에 중요한 기여를 함.
18	□ 실적의 창의성·혁신성 : Graph Convolution Network(GCN)를 이용하여 기존의 계산적으로 부담이 큰 DDEC 전하 할당 방법을 대체하는 빠르고 정확한 부분 전하 할당 모델을 개발한 혁신적인 성과를 보여줌. MOF/COF와 같은 다공성 물질의 구조 정보를 기반으로, 단순히 CIF 파일 입력만으로 전하를 할당할 수 있는 창의적 방법을 제안함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적 사고와 지능(Intelligence) 기반 연구를 실현함으로써, 교육연구단의 멀티스케일 융합 화공인재 양성 목표와 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 가스 흡착 및 분리 응용을 위한 신소재 개발 속도를 크게 향상시킬 수 있음. 이는 특히 이온을 포함한 나노다공성 물질에 대한 새로운 가능성을 열어, 고성능 소재 발견과 실험적 검증을 위한 연구에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대됨.
19	□ 실적의 창의성·혁신성 : 바이오 기반 폴리우레탄과 코어-셸 고무(CSR)를 이용하여 구조용 에폭시 접착제의 성능을 향상시키는 혁신적인 접근을 제시함. 기존의 석유 기반 원료를 대체하기 위해 이소소르비드 기반 폴리올을 사용하여 바이오 기반 열가소성 폴리우레탄(TPU)을 합성했으며, 이를 통해 접착 성능을 강화. 또한, CSR을 추가함으로써 충격 강도와 기계적 특성이 개선. 이러한 연구는 지속 가능성을 강조하며 고성능 접착제의 새로운 가능성을 제시. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 지속 가능한 바이오 소재를 활용한 고성능 접착제 개발이라는 목표를 달성하며, 교육연구단이 추구하는 지속 가능성, 환경 친화적 기술 개발, 첨단 소재 혁신 등과 긴밀하게 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 폴리우레탄 합성과 접착제 분야에 중요한 기여를 할 것으로 기대됨. 특히, 바이오 기반 폴리올과 CSR을 이용한 접착제의 성능 개선은 환경 친화적 소재의 실용화를 촉진하고, 구조용 접착제 분야에서 바이오 기반 소재 경쟁력을 입증하는 데 기여.
20	□ 실적의 창의성·혁신성 : 전도성 고분자인 PEDOT을 올리고머 형태로 합성하고, 높은 유전상수를 갖는 PVdF와 블렌드하여 상용 가능한 이온전도도를 가지는 고체 고분자 전해질을 제작함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적 사고능력과 부합함 □ 해당 세부전공분야의 기여 : EDOT 올리고머에 PVdF를 도입한 블렌드 고체 전해질을 제작하여 상용 가능한 이온전도도를 달성하여 전고체전지에 적용이 가능할 것으로 기대됨.
21	□ 실적의 창의성·혁신성 : 최근 관심이 많은 생분해성 고분자의 선형 및 비선형 유변물성에 대해서 연구를 진행하였고 특히 기존 고분자를 대체하기 위해서 고분자 블렌딩을 하여 기존의 생분해성 고분자보다 나은 유변물성을 나타낸 연구임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 본 연구단의 비전인 화학 및 소재 응용 분야 와 잘 맞는 연구임. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 유변학 분야에서 신장점도가 나타내는 메카니즘을 이해하는데 기여함

22	□ 실적의 창의성·혁신성 : 최근 관심이 많은 생분해성 고분자에 재활용 카본블랙을 이용하여 고분자 재활용 분야에서 창의적인 연구를 보임 □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 본 연구단의 비전인 화학 및 소재 응용 분야 와 잘 맞는 연구임. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 유변학 분야에서 생분해성 고분자의 유변물성을 살펴보는데 기여함
23	□ 실적의 창의성·혁신성 : 휴먼 세럼 알부민 (HSA)는 생체적합형 하이드로젤을 만들 수 있는 좋은 재료임. 이를 다양한 조건에서 일어나는 젤화 메커니즘을 연구하였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 본 연구단의 비전인 화학 및 소재 응용 분야 와 잘 맞는 연구임. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 바이오펜야에서 하이드로젤의 응용에 기여할 수 있음
24	□ 실적의 창의성·혁신성 : 전세계적으로 PET는 많이 사용되고 있음. 하지만 그 재활용은 제한적임. 특히 재활용을 진행할수록 물성이 떨어지는 문제가 있음. 따라서 이를 극복하고자 PET를 비트리머화하여 기존의 PET보다 좋은 물성의 고분자를 만들어 재활용 정도를 높임. 이는 새로운 방식의 PET재활용이므로 혁신성이 있는 연구임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 본 연구단의 비전인 화학 및 소재 응용 분야 와 잘 맞는 연구임. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 고분자 재활용 분야에서 큰 기여를 할수 있음
25	□ 실적의 창의성·혁신성 : 본 연구는 기능성 고분자 바인더 TUPN10을 통해 리튬이온 배터리의 실리콘 음극에서 기계적 특성을 극대화하고, 인장 강도, 신장성, 탄성을 동시에 개선하는 혁신적인 접근을 제시하였음. 이를 통해 고성능 전극 재료 개발에 창의적인 기여를 하였으며, 다양한 전극 재료 연구 분야에 적용 가능성을 보였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적사고능력에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 기능성 고분자 바인더를 통해 실리콘 음극의 성능을 향상시키는 본 연구는, 리튬이온 배터리의 수명과 안정성을 크게 개선하여 차세대 에너지 저장 기술 발전에 중요한 기여를 할 것으로 기대됨.
26	□ 실적의 창의성·혁신성 : 본 연구는 테르폴리머 DPVDF-MP 바인더를 제안하여 전극 제조 시간단축한 열처리를 통해 견고한 네트워크 구조(DPVDFX-MP)를 형성하는 혁신적인 접근을 제시하였음. 이를 통해 실리콘 음극의 성능을 극대화하는 동시에, 다기능 고분자 바인더의 분자 설계에 실용적인 기여를 하였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 본 연구는 고성능 에너지 저장 장치 개발을 위한 창의적이고 융합적인 사고를 요구하는 연구로, 융합적 사고 능력을 갖춘 차세대 인재 양성에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : DPVDF-MP 바인더는 전극 제조 공정을 간소화하면서도 성능을 향상시켜, 실리콘 음극 기반 리튬이온 배터리의 상용화 가능성을 높이는 데 기여함. 이는 차세대 에너지 저장 기술 발전에 중요한 기여를 할 것으로 기대됨.
27	□ 실적의 창의성·혁신성 : 유-무기 하이브리드 박막의 defect를 제어하는 연구로 defect를 제어함으로써 박막의 품질 및 소자 특성을 제어하는 혁신성을 보임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적 사고능력에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 유-무기 하이브리드 페로브스카이트 박막의 defect를 제어함으로써 태양전지 소자의 효율 및 내구성을 향상시킬 수 있었음. 이는 차후 차세대 태양전지 상업화에 기여할 것으로 기대함.
28	□ 실적의 창의성·혁신성 : 유-무기 하이브리드 페로브스카이트 박막의 결정화를 유기첨가제로 제어하고 관련 메커니즘을 규명한 창의적이고 혁신성이 높은 연구임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적 사고능력에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 유-무기 페로브스카이트 태양전지 효율 향상과 상업화에 크게 기여할 것으로 기대함.
29	□ 실적의 창의성·혁신성 : 유-무기 하이브리드 페로브스카이트 박막의 결정화에 영향을 주는 유기분자로 이루어진 첨가제 특성에 대한 연구를 했으며, 탄소체인 길이의 역할을 규명하는 창의적인 연구임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적 사고능력에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 유-무기 페로브스카이트 태양전지 효율 향상과 상업화에 크게 기여할 것으로 기대함.

30		□ 실적의 창의성·혁신성 : 유기 염료 전구체를 통해 탄소물질을 제조하고 이를 리튬이온전지의 음극물질로 활용하여 전기화학적 성능을 규명한 것을 특징으로 한 창의성을 보임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적사고능력에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 유기 안료의 에너지소재로의 응용과 차세대 이차전지 연구분야에 기여할 수 있을 것으로 기대됨.
31		□ 실적의 창의성·혁신성 : 열분해된 퀴나크리돈계 전구체의 열처리에 따른 구조발달 메커니즘을 규명하고 소듐이온전지의 음극물질로 활용한 창의성을 보임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적사고능력에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 퀴나크리돈계 물질의 에너지소재로의 응용과 차세대 이차전지 연구분야에 기여할 수 있을 것으로 기대됨.

③ 참여대학원생 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

- 본 교육연구단은 화학공학, 고분자공학, 유기소재시스템공학과와의 통합을 통해 다양한 소재 전공을 아우르게 되었으므로, 교육연구단 참여교수들과의 협의를 통해 4차산업 및 부·울·경 지역 소재부품기술개발산업과 관련된 융합과목을 개발하고, 화공소재 트랙 교육을 심화하고 발전시키는데 핵심적인 역할을 담당할 것을 목표로 하였다.
- 4차년도 참여대학원생의 특허, 기술이전, 창업 실적을 보면, 교육연구단의 목표와 부합한 화공소재관련 특허를 등록하였다. 고분자 분산제, 접착 필름, 액정 엘라스토머 등의 고분자 소재와 이차전지 음극소재에 관한 특허를 등록하였다. 이는 모두 기초 소재 산업에 밀접한 관련이 있으므로 지역 소재 산업에 크게 기여할 수 있는 지적재산권이다.
- 4차년도에는 총 7건의 특허 등록과 2건의 기술이전을 하였는데, 5차년도에도 8건 이상의 화공소재 관련 특허를 등록하여 화공소재 관련 기술 개발에 기여하고, 지역 소재산업에 기여할 계획이다. 또한, 기존의 동남권 지역 산학공동연구를 공고히 하고, 새로운 산학공동연구를 발굴하여 동남권 지역 화공소재 산업 발전에 기여하고자 한다.
- 4차년도 참여대학원생의 기술특허 관련 실적내용은 다음과 같다.

연번	학위과정 (석사/박사/ 석박사통합)	참여대학원 생 성명	실적구분	특허, 기술이전, 창업 등 실적 상세내용
1	석사		특허	② 히알루론산-콜라겐기반 3D 바이오잉크 조성물
				③ 대한민국
				④ 10-2634670
				⑤ 2024.02
2	석박사통합		특허	② 목질계 바이오매스로부터 폴빅산 유사체를 추출하는 방법 및 이에 의해 추출된 폴빅산 유사체
				③ 대한민국
				④ 10-2703227
				⑤ 2024.09
3	박사		특허	② 생물전기화학기술을 이용한 이산화탄소의 메탄전환시스템
				③ 대한민국
				④ 10-2651911
				⑤ 2024.03
4	석사		기술이전	② 기술이전 : 방열용 피커링 에멀전 조성물, 이를 이용한 방열 페이스트 및 이의 제조방법(노하우) 물질이전계약
				③ ㈜삼도에이티에스
				④ 기술이전 액수(천원) 2,000
				⑤ 2023.09

5	석박사통합		기술이전	② 기술이전 : 무취/비휘발성 용매 제조 기술(노하우) 물질이전계약
				③ ㈜래트론
				④ 기술이전 액수(천원) 1,000
				⑤ 2023.11
6	석사 석사		특허	② 광경화형 전기 변색 소재, 이를 포함하는 전기 변색 소자 및 이의 제조 방법
				③ 대한민국
				④ 10-2669249
				⑤ 2024.05
7	석사 석사		특허	② 근적외선 흡수 특성을 갖는 프탈로시아닌계 화합물 및 이를 포함하는 근적외선 흡수 코팅 조성물
				③ 대한민국
				④ 10-2686598
				⑤ 2024.07
8	석박사통합		특허	② 폴리락타산 가교체를 도입한 액정 엘라스토머 필름의 제조 방법
				③ 대한민국
				④ 10-2611886
				⑤ 2023.12
9	석사		특허	② 이차전지 음극용 바인더, 이의 제조방법 및 이를 활용한 이차전지용 음극
				③ 대한민국
				④ 10-2675712
				⑤ 2024.06

1. 특허명 : 히알루론산-콜라겐기반 3D 바이오잉크 조성물

- **실적의 창의성·혁신성** : 히알루론산-콜라겐 기반 3D 바이오잉크 조성물에 관한 것으로, 본 발명에 따른 바이오잉크 조성물은 우수한 인쇄적성을 가지며, 상기 바이오잉크 조성물로부터 제조된 하이드로겔은 우수한 생체적합성 및 생체활성도를 가지므로, 3D 프린팅을 위한 바이오잉크 조성물로서 유용하게 사용될 수 있음.
- **교육연구단의 비전과 목표와의 부합성** : 융합적 사고능력을 가지는 화공인재 양성 비전에 부합함.
- **(지역)산업에의 기여** : 바이오잉크 조성물은 세포외기질의 대부분을 구성하고 있는 히알루론산 및 콜라겐을 주소재로 하므로 생체적합성이 뛰어나며, 이로부터 제조된 하이드로겔은 체내의 세포외기질과 유사한 물리·화학적 특성을 가져 높은 생체활성도를 가진다. 바이오잉크 조성물은 우수한 세포친화성 및 낮은 세포독성을 가지므로, 세포와 함께 양생하는 in situ 가교결합이 가능하여 체내 조직과 유

사한 구조의 하이드로겔을 제조할 수 있음.

2. 특허명 : 목질계 바이오매스로부터 풀빅산 유사체를 추출하는 방법 및 이에 의해 추출된 풀빅산 유사체

- **실적의 창의성·혁신성** : 이온성 액체를 추출 용매로 사용하여 폐목재, 목재 등 목질계 바이오매스로부터 풀빅산 유사체를 추출하는 방법을 창의적으로 확립함. 풀빅산의 구조가 식물의 리그닌 구조와 상당한 유사성을 보인다는 점을 착안하여 국내에서도 쉽게 찾아볼 수 있는 자원인 식물에서 풀빅산 유사체를 추출하는 방법을 제공함.
- **교육연구단의 비전과 목표와의 부합성** : 융합적 사고능력을 가지는 화공인재 양성 비전에 부합함.
- **(지역)산업에의 기여** : 국내에는 없는 자원인 석탄 유래 물질로부터 풀빅산을 추출하는 것이 아닌 국내에서도 쉽게 찾아볼 수 있는 자원이자 버려지고 있는 폐자원인 목질계 바이오매스로부터 풀빅산 유사체를 추출하는 방법으로서, 전량 외국 수입에 의존하고 있는 실정을 해결할 수 있음. 또한 폐목재, 목재 부산물 등 폐자원인 목질계 바이오매스를 활용하고 있다는 점에서 폐자원의 재활용 및 고부가 가치화를 유도함.

3. 특허명 : 생물전기화학기술을 이용한 이산화탄소의 메탄전환시스템

- **실적의 창의성·혁신성** : 기존의 열화학적 바이오가스 고질화 기술과는 달리, 생물학적 바이오가스 고질화 공정은 상대적으로 낮은 운전압력 (상압)과 온도 (20~50℃)등의 운전 특성을 가지며, 자가증식이 가능한 미생물을 촉매로 사용하기에 친환경적인 운전이 가능함. 기존 공정에서 처리하기 어려운 저농도 또는 불순물을 포함하는 가스 (예: 황화수소, 실록산 등)에 적용 가능한 새로운 전환공정개발이 가능함.
- **교육연구단의 비전과 목표와의 부합성** : 융합적 사고능력을 가지는 화공인재 양성 비전에 부합함.
- **(지역)산업에의 기여** : 혐기소화조에서 발생하는 바이오가스의 고질화를 통해 도시가스관망, 수송용 연료로 바로 적용가능한 기술을 제시하며, 동시에 온실가스 감축기여 및 탄소순환경제 사회로의 도약, 바이오가스 고질화 공정 개발 등 지역산업에 유용하게 이용됨.

4. 특허명 : 방열용 피커링 에멀전 조성물, 이를 이용한 방열 페이스트 및 이의 제조방법

- **실적의 창의성·혁신성** : 알루미늄 입자를 사용해 이중 수지를 안정화한 에멀전 방식을 적용하여, 기존 방열 페이스트보다 열전도도와 열 및 습기 안정성이 뛰어난 방열 페이스트를 개발한 혁신적인 연구로, 전자기기 열 관리 분야에 창의적인 기여를 함.
- **교육연구단의 비전과 목표와의 부합성** : 융합적 사고능력을 가지는 화공인재 양성 비전에 부합함.
- **(지역)산업에의 기여** : 알루미늄 입자를 통한 이중 수지 안정화 에멀전 방식을 적용해 재활용 가능한 고성능 방열 페이스트를 개발함으로써 열 관리 재료 분야의 혁신을 이룸

5. 특허명 : 비휘발성 공용액을 포함한 감압성 점착제 및 이의 제조방법

- **실적의 창의성·혁신성** : 기존의 휘발성이 강한 유기용매들로 인한 유해성 문제를 비휘발성 공용액으로의 대체를 통해 효과적으로 개선하였으며, 최종 고분자 소재의 물성에 큰 영향을 미치지 않아 친환경적인 고분자 소재를 제조함.
- **교육연구단의 비전과 목표와의 부합성** : 융합적 사고능력을 가지는 화공인재 양성 비전에 부합함.
- **(지역)산업에의 기여** : 비휘발성 공용액은 휘발성이 강한 용매를 사용하는 전반적인 산업에 유용하게

기여할 수 있음.

6. 특허명 : 광경화형 전기 변색 소재, 이를 포함하는 전기 변색 소자 및 이의 제조 방법

- **실적의 창의성·혁신성** : POSS 유도체가 비올로젠 유도체에 의해 가교결합되어 네트워크를 이루는 구조를 가지고 있는 전기변색소재를 신규 개발하여 표면 강도가 현저히 향상되고 마이크로미터 크기의 패터닝이 가능하여 상세한 정보 전달이 가능한 혁신적인 전기변색소자를 개발함.
- **교육연구단의 비전과 목표와의 부합성** : 융합적 사고능력을 가지는 화공인재 양성 비전에 부합함.
- **(지역)산업에의 기여** : 구조가 다른 다양한 전기 변색 소재를 혼합하여 다양한 색을 구현할 수 있고, 장기적인 주기 안정성과 낮은 구동 전압, 높은 착색 효율, 빠른 착색/탈색 속도를 나타내 스마트 윈도우, 디스플레이 등에 유용하게 이용하여 산업에 기여할 수 있음.

7. 특허명 : 근적외선 흡수 특성을 갖는 프탈로시아닌계 화합물 및 이를 포함하는 근적외선 흡수 코팅 조성물

- **실적의 창의성·혁신성** : 프탈로시아닌 중심부에 인(P)이 배위되어 있으며, 중심부 인(P) 원자에 2개의 작용기가 결합되어 있어 구조적 안정성이 뛰어나고 다양한 매트릭스 소재와 상용성이 우수하며, 다양한 용매에 대해 용해도를 제어할 수 있고 필름으로 적용 시 코팅의 균일성이 향상된 혁신적인 염료 구조를 개발함.
- **교육연구단의 비전과 목표와의 부합성** : 융합적 사고능력을 가지는 화공인재 양성 비전에 부합함.
- **(지역)산업에의 기여** : 개발한 인(P)이 배위된 프탈로시아닌은 중심부 인(P) 원자에 결합된 작용기로 인해 1000 nm 이상의 근적외선 영역에서 높은 흡수 성능을 나타낼 수 있으므로 근적외선 차단 필름, 필터 등에 응용하여 산업에 유용하게 기여할 수 있음.

8. 특허명 : 폴리로탁산 가교체를 도입한 액정 엘라스토머 필름의 제조 방법

- **실적의 창의성·혁신성** : 폴리로탁산 가교체를 갖는 액정 엘라스토머 필름의 제조 방법으로서, 혁신적인 용액 캐스팅 및 핫 프레스 방식을 사용하여, 아크릴기로 기능화된 폴리로탁산의 사이클로텍스트린 분자와 액정 올리고머의 아크릴기 말단을 가교시켜 동적 가교점을 설계함으로써 상온에서 향상된 댐핑(damping) 특성을 가지며, 기계적 물성 증가 및 자기 치유 특성을 갖는 액정 엘라스토머 필름의 제조 방법을 창의적으로 제안함
- **교육연구단의 비전과 목표와의 부합성** : 융합적 사고능력을 가지는 화공인재 양성 비전에 부합함.
- **(지역)산업에의 기여** : 외부자극에 응답하여 형태를 가역적으로 변형할 수 있는 소재기술이기 때문에 로봇산업, 스마트 표면/코팅제, 스마트 접착제 등으로 활용될 수 있는 산업에 기여할 수 있음.

9. 특허명 : 이차전지 음극용 바인더, 이의 제조방법 및 이를 활용한 이차전지용 음극

- **실적의 창의성·혁신성** : 본 연구에서는 유기촉매를 활용해 불소계 고분자에 선택적으로 이중결합 기능기를 도입하는 새로운 방식을 개발했음. 이를 통해 전극 제조 시 첨가제 없이도 가교 구조를 형성할 수 있게 했고, 복잡한 기존 공정을 단순화하면서도 이차전지의 성능을 극대화했음. 기존 바인더 공정에 비해 높은 전기화학적 안정성과 뛰어난 기계적 특성을 제공하며, 차세대 에너지 기술 분야에서 중요한 돌파구가 될 것으로 기대됨. 특히, 다양한 전극 재료와 호환이 가능해 고성능 이차전지 시스템에 널리 적용될 가능성이 있으며, 소재 수명 연장과 성능 향상을 동시에 달성해 산업적 응용 가

능성도 높았음. 또한, 환경 친화적이고 저비용 공정을 기반으로 개발되어 경제성 측면에서도 경쟁력을 갖춘 기술임.

- **교육연구단의 비전과 목표와의 부합성** : 본 연구는 소재, 공정, 응용을 아우르는 3M 멀티스케일 융복합 연구를 목표로 하여, 융합적 사고 능력을 갖춘 차세대 화공 인재 양성 비전에 부합함.
- **(지역)산업에의 기여** : 본 연구는 전기화학적 성능이 우수한 바인더 후보 소재를 도출하고, 가교가 가능한 바인더 복합체의 최적 제조 방법을 확립함으로써, 차세대 이차전지 산업 발전에 기여할 것으로 기대됨. 이는 고효율 에너지 저장 시스템 개발을 통해 탄소중립 및 지역산업 활성화에 중요한 역할을 할 수 있음.

4. 신진연구인력 현황 및 실적

- 본 4단계 BK21 교육연구단이 추진하는 핵심 분야에서 최신훈 연구/교육 역량을 가지고 우수한 결과를 도출할 수 있는 신진연구인력을 적극 유치하고 이들이 조직에 정착하고 안정적인 연구/교육 활동을 장려하기 위한 지원 전략을 수립하여 추진하고 있다.
- 본 교육연구단은 기존 BK21 사업을 통해 우수한 계약교수와 박사후연구원을 유치하고 지원한 실적이 있으며, 이런 성과 및 경험을 바탕으로 좀더 차별적인 신진연구인력 확보 및 지원책을 마련하고 있다.

4.1 우수 신진연구인력 확보 및 지원 실적

4.1.1 본 교육연구단의 신진연구인력 지원 현황 및 실적

- 본 교육연구단에서는 인건비 월 300만원 이상의 신진연구인력을 매년 4명 선발하여, 관련한 분야별 지원사업을 다양하게 진행해 오고 있다.
- 박사후연구원 신청공고 후 내부 운영요령지침에 따라 연구역량 점수(공고일 기준 2년 이내 환산논문편수, 환산보정 IF, 논문 상위 % 점수합) + 가점(20점)에 따라 상위순으로 매년 3명을 선발하였고 최대 2년까지 지원받을 수 있도록 하였다.
- 이에 따라 박사후연구원은 매년 국내뿐 아니라 다양한 나라에서 지원하여 연구역량이 우수한 인재를 선발할 수 있는 시스템을 구축하였다.
- 신진연구인력의 학회 및 국제학술활동 지원: 신진연구인력들의 학회활동 및 국제학술활동 등을 BK 사업비, 국비 및 대응자금, 그리고 그 외의 연구비 등을 이용하여 연 2회 이상의 국내학회활동과 연 1회 이상의 국제 학술활동과 기타 활동을 지원하고 있다.
- 신진연구인력의 논문 및 각종 학술활동 지원: 논문 및 각종 학술활동 실적들에 대해 자체평가를 통하여 평가결과에 따라 성과급을 차등 지급하고 있으며, 이를 교육연구단 차원에서 적극적으로 홍보하여 추진하고 있다.
- 연구 활동을 위한 인프라 지원
 - 신진 연구인력 각자 개인의 전용 PC 또는 노트북을 학과 및 연구실에서 지급하였고, 그 외의 제반 Office 업무에 필요한 Infra (Printer, Scanner, Fax, 복사기, 기타 소모품 등)를 지원하였다.
 - 각자의 연구 활동을 위하여 실험공간과 실험과 관련된 제반 분석 장비 및 분석 지원도 학과 연구실 및 학교 차원에서 다각적으로 지원되고 있다.
 - 외국인 신진연구인력의 경우 기숙사와 같은 숙소를 제공받고 있으며, 국내체류에 필요한 제반 업무를 모두 지원받고 있다.

표 II-18. 신진인력 지원 내용

신진인력 지원항목	지원 내용
연구지원 플랫폼 제공	- 대학원 홈페이지 개편시 연구지원 플랫폼 제공 - 학내 연구과제 주요내용을 검색 가능한 Database 연계제공
연구지원컨설팅 실시	- 연구계획에 대한 학내 Database기반 정보제공을 통한 신진연구인력 연구제안서 작성에 도움 제공 - 연구제안서 관련 국내외 기술현황 조사, 특허조사 지원
대학원생, 신진연구인력 대상 연구 세미나 개최	- 대학원생, 신진연구인력대상, 연구재단 등 연구지원 설명회 - 연구비관리 자체 교육 - 연구노하우 경험사례 공유 세미나 개최

4.2. 4차년도 신진연구인력 논문 실적

○ 4차년도에 신진연구인력들이게재한 논문실적 및 학술대회발표의 자세한 내용은 다음과 같다.

연번	구분	성명	참여 시작일	실적구분	대표 연구 실적 상세내용
1	박사후 연구원		2020.9.1.	저널논문	② Visible to near-infrared broadband electrochromic switching of π -extended viologen exhibiting highly efficient photothermal conversion
					③ Chemical Engineering Journal
					④ 480, 148191
					⑤ 202401
					⑥ doi.org/10.1016/j.cej.2023.148191
					□ IF 13.3, JCR분야 상위 4.11%(2023기준), Q1, Web of Science 인용횟수 3 □ 업적물의 창의성·혁신성 : 새로운 π-extended 비올로젠 분자를 개발하여 낮은 작동 전압에서 매우 진한 검정색 변색을 나타내고, 가시광선 영역에서 흡수 성능이 높은 기존 전기변색 소재와는 달리 높은 전압에서는 근적외선 II 영역에서 뛰어난 흡수 성능을 나타내는 혁신적인 전기변색소재를 개발함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 전기변색 분야에 광열전환 효과를 융합하여 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 강력한 근적외선 영역의 흡수를 통해 빛 에너지를 열로 전환하는 광열 히터와 전기변색성능을 동시에 보유하는 전기변색소자를 개발하여 에너지감축창문으로서 응용될 수 있음.

	박사후 연구원		2023.3.1.	저널논문	② Blue emitting V-shaped acceptor-donor-acceptor novel ionic organic small molecule for non-doped light-emitting electrochemical cells
					③ Organic Electronics
					④ 122, 106881
					⑤ 2023.11
					⑥ https://doi.org/10.1016/j.orgel.2023.106881
2					□ IF 2.7, Materials Chemistry 분야에서 상위 17.32%, Q-value Q1, web of scienc 2회 인용 (2024.9)
					□ 업적물의 창의성·혁신성 : 본 연구에서는 전자가 풍부한 트리페닐아민(triphenylamine)을 중심으로 이미다졸과 페난트로이미다졸을 결합하고, 이 이미다졸 그룹의 N1 위치에 알킬 체인을 치환하여 도핑 없이 사용할 수 있는 LEC 활성 물질을 개발하여, 899 cd/m ² 와 1073 cd/m ² , 최대 전류 효율은 1.97 cd/A와 2.27 cd/A를 달성하여 뛰어난 파란색 발광을 확인했음.
					□ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 멀티스케일 융합화학 소재를 활용하여 화공인재 양성 비전에 부합함. 또한 질적으로 우수한 논문 작성으로 연구의 질을 높이는 목표와 잘 부합함
					□ 해당 세부전공분야의 기여 : 이온이나 호스트 추가 없이 LEC가 저렴한 발광 소스로서의 잠재력을 보여주며, 특히 개발된 이온성 소분자(SMs)를 장치에서 활용 할 수 있는 큰 가능성을 제시함.
3	박사 후 연구 원		2022.0 3.01	저널논문	② Room-temperature-processed perovskite solar cells surpassing 24% efficiency
					③ Joule
					④ 8, 7, 2087
					⑤ 10.1016/j.joule.2024.04.002
					⑥ 2024.07
					□ IF 38.6, JCR 상위 0.8 %, Q-value Q1
					□ 업적물의 창의성·혁신성 : 본 연구는 상온에서 안정적으로 페로브스카이트 박막 형성이 가능한 공정을 개발했고, 이를 통해 기존의20% 효율에 머물러 있던 광전변환효율을 세계 최초로24% 이상으로 획기적으로 향상시킴.(p-i-n 역구조 소자) 매우 창의적이고 혁신적임.
					□ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 유-무기 하이브리드 소자에 대한 연구로 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음.
					□ 해당 세부전공분야의 기여 : 유기소재를 제어하여 유-무기 하이브리드 소자의 특성을 향상시켰고, 특히 차세대 태양전지의 상업화를 위한 소자 효율 향상과 공정 개발에 크게 이바지할 것으로 기대됨.

4	박사후 연구원		2023.09	저널논문	② Multi-role heterogeneous Zn-Co double metal cyanide catalysts valid for ring-opening polymerizations and hydrofunctionalizations
					③ Journal of Industrial and Engineering Chemistry
					④ 137, 524-535
					⑤ 202402
					⑥ https://doi.org/10.1016/j.jiec.2024.03.039
					□ IF 5.9, ENGINEERING, CHEMICAL 분야에서 상위 54 %, Q-value Q1 □ 업적물의 창의성·혁신성 : 다양한 DMC 촉매를 제조하여 CO₂와 에폭시드의 공중합, 말단 알킨의 가수소 작용화 반응에 대해 뛰어난 활성, 좋은 선택성, 폭넓은 기질 범위를 나타내어 다양한 폴리올을 위한 촉매로서 사용될 수 있는 촉매를 개발하여 이후 상업적으로 널리 사용될 수 있을 것으로 기대됨 □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 다양한 DMC 촉매를 제조해 용·복합연구를 바탕으로 연구의 질적 능력을 고도화하고 지역사회 문제 해결에 기여할 수 있는 혁신적 기술을 창출하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : CO₂와 에폭시드의 공중합으로 차후 친환경 폴리올 생산에 기여할 수 있을 것을 기대함
5	박사후 연구원		2023.09	저널논문	② Organic carbonates as green and sustainable complexing agents for double metal cyanide catalysts for the synthesis of polyether and poly(ether-carbonate) polyols
					③ Catalysis Today
					④ 425, 114319
					⑤ 2024.01
					⑥ https://doi.org/10.1016/j.cattod.2023.114319
					□ IF 5.2, JCR분야 상위 13%(2021기준), Q-value Q1 □ 대표 연구 실적의 창의성·혁신성 : 다양한 DMC 촉매를 제조하여 CO₂와 에폭시드의 공중합, 말단 알킨의 가수소 작용화 반응에 대해 뛰어난 활성, 좋은 선택성, 폭넓은 기질 범위를 나타내어 다양한 폴리올을 위한 촉매로서 사용될 수 있는 촉매를 개발하여 이후 상업적으로 널리 사용될 수 있을 것으로 기대됨 □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 다양한 DMC 촉매를 제조해 용·복합연구를 바탕으로 연구의 질적 능력을 고도화하고 지역사회 문제 해결에 기여할 수 있는 혁신적 기술을 창출하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : CO₂와 에폭시드의 공중합으로 차후 친환경 폴리올 생산에 기여할 수 있을 것을 기대함

6	박사후 연구원		2023.9.1	저널논문	②Synthesis of Polyether, Poly(Ether Carbonate) and Poly(Ether Ester) Polyols Using Double Metal Cyanide Catalysts Bearing Organophosphorus Complexing Agents
					③ Polymers
					④16(6), 818
					⑤ 2024.03
					⑥ https://doi.org/10.3390/polym16060818
					□ IF 4.2, JCR분야 상위 19.5%, Q-value Q1 □ 대표 연구 실적의 창의성·혁신성 : 다양한 DMC 촉매를 제조하여 CO₂와 에폭시드의 공중합, 프로필렌 옥사이드의 개환중합, 카프로락톤의 개환중합, 폴리(에스테르 에테르) 삼원 공중합 반응에 대해 뛰어난 활성, 좋은 선택성, 폭넓은 기질 범위를 나타내어 다양한 폴리올을 위한 촉매로서 사용될 수 있는 촉매를 개발하여 이후 상업적으로 널리 사용될 수 있을 것으로 기대됨 □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 다양한 DMC 촉매를 제조해 융·복합연구를 바탕으로 연구의 질적 능력을 고도화하고 지역사회 문제 해결에 기여할 수 있는 혁신적 기술을 창출하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : CO₂와 에폭시드의 공중합으로 차후 친환경 폴리올 생산에 기여할 수 있을 것을 기대함

4.3. 4차년도 신진연구인력의 특허 실적

연번	구분	성명	실적구분	특허, 기술이전, 창업 등 실적 상세내용
1	박사후연구 원		특허	② 광경화형 전기 변색 소재, 이를 포함하는 전기 변색 소자 및 이의 제조 방법
				③ 대한민국
				④ 10-2669249
				⑤ 2024.05

1. 특허명 : 광경화형 전기 변색 소재, 이를 포함하는 전기 변색 소자 및 이의 제조 방법

- 실적의 창의성·혁신성 : POSS 유도체가 비올로젠 유도체에 의해 가교결합되어 네트워크를 이루는 구조를

가지고 있는 전기변색소재를 신규 개발하여 표면 강도가 현저히 향상되고 마이크로미터 크기의 패터닝이 가능하여 상세한 정보 전달이 가능한 혁신적인 전기변색소재를 개발함.

- **교육연구단의 비전과 목표와의 부합성** : 융합적 사고능력을 가지는 화공인재 양성 비전에 부합함.
- **(지역)산업에의 기여** : 구조가 다른 다양한 전기 변색 소재를 혼합하여 다양한 색을 구현할 수 있고, 장기적인 주기 안정성과 낮은 구동 전압, 높은 착색 효율, 빠른 착색/탈색 속도를 나타내 스마트 윈도우, 디스플레이 등에 유용하게 이용하여 산업에 기여할 수 있음.

4.4. 4차년도 신진연구인력 학술대회 대표실적의 우수성

1	- 박사후연구원 은 2023년 10월 12일에 제주도에서 개최된 한국고분자학회 2023년 추계학술대회에서 포스터 발표자로 참여하여 “Synthesis of Multibranch Polycarbonate via Ring-opening Copolymerization of CO₂ and Epoxides” 주제로 발표하였다. □ 논문의 창의성·혁신성 : 다양한 DMC 촉매를 제조하여 CO₂와 에폭시드의 공중합을 진행하여 Multibranch Polycarbonate를 얻었다. 이렇게 얻은 Multibranch Polycarbonate는 PU 및 NIPU등의 다양한 분야에서 사용될 수 있을 것으로 기대됨 □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 멀티스케일 융합화학 소재를 활용하여 화공인재 양성 비전에 부합함. 또한 질적으로 우수한 논문 작성으로 연구의 질을 높이는 목표와 잘 부합함 □ 해당 세부전공분야의 기여 : Multibranch Polycarbonate는 PU 및 NIPU등의 다양한 분야에서 사용될 수 있을 것으로 기대됨
2	- 박사후연구원 은 2024년 4월 3일에 제주도에서 개최된 한국고분자학회 2024년 춘계학술대회에서 포스터 발표자로 참여하여 “Prussian Blue Analogs as Efficient Catalysts for the Synthesis of α,ω-Primary Hydroxyl-Terminated Polyols” 주제로 발표하였다. □ 논문의 창의성·혁신성 : 카프로락톤의 고리열림반응에 기존의 촉매들보다 매우 높은 활성을 가지는 DMC촉매를 제조하여 하이드록실기 말단의 폴리카프로락톤 폴리올을 얻어 이후 상업적으로 널리 사용될 수 있을 것으로 기대됨 □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 멀티스케일 융합화학 소재를 활용하여 화공인재 양성 비전에 부합함. 또한 질적으로 우수한 논문 작성으로 연구의 질을 높이는 목표와 잘 부합함 □ 해당 세부전공분야의 기여 : 폴리카프로락톤은 우레탄, TPEE 등 다양한 분야에서 원료로서 사용됨으로서 재료에 생분해성을 추가해주어 친환경 산업에 기여를 할것으로 기대됨

4.5 우수 신진연구인력 확보 및 지원계획

- 본 4단계 BK21 교육연구단이 추진하는 핵심 분야에서 최신 연구/교육 역량을 가지고 우수한 결과를 도출할 수 있는 신진연구인력을 적극 유치하고 이들이 조직에 정착육하고 안정적인 연구/교육 활동을 장려하기 위한 지원 전략을 수립하여 추진할 계획이다.
- 국내·외의 저명한 대학에서 박사학위를 취득한 신진연구인력을 본 교육연구단의 박사후과정

생으로 유치하여 높은 수준의 연구성과를 창출하는 연구진으로 육성하고자 한다.

- 국내의 저명한 산·학·연 기관에서 종사하는 박사급 경력 인력을 계약교수(또는 산학협력전담인력)로 임용하고, 본 교육연구단에서 운용 예정인 학과 대학원 강의개선위원회에 참가하여 신규 융합 교과목을 개발할 수 있는 프로그램을 신설함으로써 대학원 교육의 질 향상에 기여하고자 한다.
- 더 나아가 대학원 혁신 교육연구단에서 지원하는 학문후속세대 강의 지원 프로그램과 연계하여 우수한 계약교수(또는 산학협력전담인력)가 대학원 교육에 참여할 수 있는 제도를 마련할 수 있도록 대학 본부와 협의하여 추진할 계획이다.
- 특정 분야에 전문성을 가지는 박사후 연구원들이 본 교육연구단의 연구뿐만 아니라 교육에 기여할 수 있도록 하기 위하여 지도교수의 대학원 강의에 참여하고 조교 활동을 할 수 있는 기회를 부여함으로써 대학원 강의의 전문성을 강화하고자 한다.
- 본 교육연구단은 기존 BK21 사업을 통해 우수한 계약교수(또는 산학협력전담인력)와 박사후연구원을 유치하고 지원한 실적이 있으며, 이런 성과 및 경험을 바탕으로 좀더 차별적인 신진연구인력 확보 및 지원책을 마련하였다.

5. 참여교수의 교육역량 대표실적

연번	참여교수명	참여기간 (YYYYMMDD-Y YYYYMMDD)	연구자 등록번호	세부전 공분야	대학원 교육관련 대표실적물	DOI번호/ISBN/인터넷 주소 등
참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성						
1		202309 01-202 40831		생체재 료	저서	• ISBN978-3-7258-0273-9 (Hardback) • ISBN978-3-7258-0274-6 (PDF) https://doi.org/10.3390/books978-3-7258-0274-6
□ 실적의 우수성 : 2024년 MDPI에서 출판된 "Nano/Micro Biosensors for Biomedical Applications"는 생물의학 응용을 위한 나노/마이크로 바이오센서 기술의 최신 개발을 포괄적으로 다룬 책임. 플라스몬 변조 상향 변환 바이오센서, 환경 독소 감지용 나노물질 기반 바이오센서, 소분자 감지용 효소 나노바이오센서 등 다양한 기술 연구를 포함함. 또한, 이식형 생분해성 압력 센서, 약물 스크리닝용 다세포 종양 모델, 질병 진단을 위한 인공 후각 시스템, 박테리아 대사산물 검출용 형광 바이오센서 등에 대해서도 논의함. 각 장은 이러한 새로운 바이오센싱 기술의 생물의학적 관련성과 임상적 잠재력을 강조하며 심층적인 기술 정보를 제공함. 이 책은 바이오센서, 나노기술, 생물의학 공학 분야 연구자, 엔지니어, 학생들에게 귀중한 자료가 되며, 최신 기술과 응용 분야에 대한 포괄적인 이해를 제공하여 빠르게 발전하는 이 연구 분야의 혁신을 위한 영감의 원천이 됨. □ 교육효과 : 나노/마이크로 바이오센서 기술에 관심 있는 대학원생과 연구자들에게 생의학적 응용 분야의 최신 동향을 쉽게 이해하고 연구에 활용할 수 있는 참고자료임.						

		202309 01-202 40831		공정시 스템	저서 (13권)	• ISBN: 979-11-6961-793-2 • ISBN: 979-11-6961-794-9 • ISBN: 979-11-6961-795-6 • ISBN: 979-11-6961-796-3 • ISBN: 979-11-6961-797-0 • ISBN: 979-11-6961-798-7 • ISBN: 979-11-6961-799-4 • ISBN: 979-11-6961-800-7 • ISBN: 979-11-6961-801-4 • ISBN: 979-11-6961-802-1 • ISBN: 979-11-6961-803-8 • ISBN: 979-11-6961-804-5 • ISBN: 979-11-6961-805-2
□ 실적의 우수성 : 2023년 12월 NCS기반 학습모듈로 출판된 "화학반응공정개발운전"은 반응을 포함하는 화학 공정 및 공장의 설계 및 최적화를 포괄적으로 다룬 저서임. 해당 저서는 총 13권으로 구성되어있으며, 반응시스템 파악, 반응기 개발, 반응 파일럿플랜트 실험검증, 반응기 설계 제작, 반응원료 분석과 관리, 반응기 운전, 비정상 운전 조치, 반응기 구조 개선, 촉매성능 평가와 관리, 반응기 가동정지와 정비, 반응운전 최적화, 화학 스마트공장 구축목표 수립, 스마트 화학공정 유지운영 및 최적화를 각 주제로 함. 이 책은 화학공학 관련 전공 학생들 뿐 아니라 산업 현장에서 필요한 실제 공정을 운전하고 유지보수하는 내용까지 포함하고 있으며, 데이터 기반 최신 기술과 응용 분야에 대한 포괄적인 이해를 제공하여 빠르게 발전하는 연구 분야의 혁신을 위한 영감의 원천이 됨. □ 교육효과 : 화학 반응 및 공정기술에 관심 있는 대학원생과 연구자들에게 기존 기술 뿐 아니라 데이터 기반 스마트팩토리 분야의 최신 동향을 쉽게 이해하고 연구 및 현장에 활용할 수 있는 참고자료임.						

6. 교육의 국제화 전략

① 교육 프로그램의 국제화 실적

가. 외국대학 및 연구소와의 복수학위제, 인적 교류 현황

- 부산대학교 CAMPUS ASIA 연구단-에너지환경 프로그램(한·중·일 3개국 대학생들이 학위 과정 중 원하는 나라에서 1~2학기 정도 유학함으로써, 선진 연구 경험 및 인적 네트워크를 구성할 수 있는 기회를 제공하고, 공동 석/박사 학위를 취득하게 하는 교육과학기술부 시범사업)을 활용하여 교육연구단 소속 대학원생들에게 복수 학위 취득을 제공하고 있다. 현재 파트너 대학은 중국의 상해교통대학과 일본의 큐슈대학이며, 특히 본 교육연구단에서 에너지·환경 트랙을 전공하는 대학원생들이 적극 참여를 지원하고 있다.
- 부산대학교 화공생명공학부는 현재 일본 시즈오카대학과 공동박사학위제를 체결하여 공동학위제를 운영하고 있으며, 현 교육연구단 소속 석·박사과정 학생들이 참여할 수 있도록 지원하고 있다.
- 부산대학교 공과대학은 인도네시아의 명문 공대인 Sepuluh Nopember Institute of Technology (ITS)와 1+1 석사 복수 학위 프로그램(석사 학위 2년 기간 중 1년을 상대방 대학에서 수학하고, 학위를 취득하는 프로그램)을 위한 양해각서(MOU)를 체결하고 관련 프로그램을 실시 중이며, 이를 적극 이용하여 우수 외국인 학생 및 박사과정생 유치에 활용하고 있다.
- 공동학위제와 더불어 부산대학교는 해외우수대학과 학점교류 등에 대한 협정을 통해 교환학생 제도를 운영하고 있다. 대만국립대학 (National Taiwan University), 싱가포르 난양공과대학 (Nanyang Technological University), 독일 뮌헨공대 (Technical University of Munich) 등과 교환학생 프로그램을 운영하고 있으며, 교육연구단 소속 대학원생들이 참여를 독려하고 있다.
- 본 교육연구단은 독일의 우수연구기관인 Karlsruhe Institute of Technology (KIT)와 미국의 우수대학인 Texas A&M 대학 화공과와 현재 연구 인턴쉽 및 학생 파견에 대한 MOU를 맺은 상태이다. 본 교육연구단 소속 참여대학원생들이 미국, 유럽 등 다양한 국가의 해외우수기관에서 공동연구를 경험하고, 국제화된 감각을 배양할 수 있도록 적극 지원하고 있다.

나. 대학원생 장/단기 해외연수

- 본 교육연구단 소속 참여대학원생들이 미국, 유럽 등 다양한 국가의 해외우수기관에서 공동연구를 경험하고, 국제화된 감각을 배양할 수 있도록 지원하였다.
- 참여대학원생들의 해외우수기관에서의 연구 경험 및 국제공동연구 기회를 폭넓게 제공하기 위해 전체 지원규모를 연 4~8건 정도로 아래 표와 같이 체류기간별로 지원규모를 달리하여 운영하였으며, 지원내용은 아래표와 같다.

표 II-19. 차년도 대학원생 장중단기 연수 지원 내용

장기해외연수(2개월이상)	• 경비(교통비,숙박비등) 500만원/년
중기해외연수(1개월)	• 경비(교통비,숙박비등) 300만원/년
단기해외연수(15일)	• 경비(교통비,숙박비등) 150만원/년

- 본 교육연구단은 해외 장중단기 연수 및 파견 프로그램을 통해 참여대학원생 6명이 미국, 영국 2개국에 현지방문 연구를 하였다. 그 내용은 아래 표와 같다.

표 II-20. 4차년도 참여대학원생 해외연구기관 현지방문 현황

구분	성명(지도교수)	기간	국가	파견 장소
1		2023.6.24.~ 12.03	미국	University of California, San Diego(UCSD)
2		2024.01.20.~ 02.27	미국	Texas A&M University
3		2023.08.01.~ 09.30	영국	University of Cambridge
4		2024.01.03.~ 02.23	영국	University of Cambridge
5		2024.03.23.~ 05.03	미국	Texas A&M University
6		2023.12.25.~ 24.01.14	미국	Georgia Institute of Technology
7		2024.05.13.~ 05.28	미국	Delaware University

- 또한, 본 교육연구단은 국제화 및 최신 연구동향 습득을 위해 참여대학원생에게 국제 학술대회 참가를 지원하였는데, 총 32명에게 국제학술대회 비용(항공료 + 체재비 + 등록비 등)을 총 51,974,593원을 지원하였다.

다. 해외학자 활용 실적 및 역할

- 교육 프로그램의 국제화를 위한 해외연구자 강연 및 세미나 개최하고 지원하였다. 본 연구단에서는 각 전공 분야에서 선진연구의 동향 파악 및 상호교류를 통하여 국제화 교류를 확대하였는데 내용은 다음과 같다.

표 II-21. 해외연구자 강연 및 세미나 초청 실적

연번	내 용	사진
1	■ 연사 : 교수 (The University of Kitakyushu, 일본) - 일시, 장소 : 2024.02.22.(목) 16:30 ~ 17:30, 5공학관 5203호 - 내용 : “Characterizing DDS Nanoparticles in with Scattering Techniques” 를 주제로 나노파티클의 분석 방법 및 약물전달에 대한 최신 연구 동향을 파악하였다.	

2	■ 연사 : 교수 (Chiba University, 일본) - 일시, 장소 : 2024.03.05.(화) 13:00 ~ 15:00, 5공학관 5203호 - 내용 : “Upconverted Emission in AC-Driven Electrochemiluminescent Device with DNA modified electrodes” 를 주제로 EC 소재 및 EC에서 금속의 증착에 대한 최신 연구 동향을 파악하였다.	
3	■ 연사 : 박사 (National Institute of Technology, 일본) - 일시, 장소 : 2024.08.22.(목) 16:00 ~ 17:00, 5공학관 5203호 - 내용 : “ Electrochromic Devices with Metallosupramolecular Polymers” 를 주제로 최신 전기변색 소재 및 소자 응용에 대한 전반적인 내용에 대한 자문을 실시하였으며 실용화 기기 제조, 대면적 상용화에 대한 의견을 교환하였다.	
4	■ 연사 : 교수 (National Central University, 대만) - 일시, 장소 : 2024.06.05.(수) 15:00 ~ 17:00, 7공학관 7415호 - 내용 : “Applications of Density Functional Theory for Materials Discovery and Design” 을 주제로 강연을 진행함. 금속 합금을 디자인하고 새로운 소재를 개발하는데 활용되는 DFT 기법에 대해 의논함.	
4	■ 연사 : 교수 (National Taiwan University, 대만) - 일시, 장소 : 2024.06.05.(수) 17:00 ~ 19:00, 7공학관 7415호 - 내용 : Computational Study of Nanoporous Materials for Energy-	

	and Environment-related Applications” 을 주제로 강연을 진행함. 특히 물 회수 흡착제 관련 연구 동향에 대해 토의함. ■ 연사 : 교수 (National Central University, 대만)	
5	■ 연사 : (MIT, 미국) - 일시, 장소 : 2024.07.09.(화) 16:00 ~ 17:00, 7공학관 7415호 - 내용 : “Balancing efficiency with precision: Cost -effective strategies in quantum chemistry simulations” 주제로 강연을 진행하였고, 나노결정의 에너지 준위와 흡수 스펙트럼을 정확하게 계산하기 위한 방법에 대해 논의함.	
6	■ 연사 : 교수 (Kyushu Institute of Technology, Department of Applied Chemistry, 일본) - 일시, 장소 : 2023.11.16(목) 9:30 ~ 13:00, 부산대학교 운죽정 2층 - 내용 : “Selectivity in drying thin liquid film coatings” 을 주제로 현탁액의 코팅 및 건조 기술 및 CNC-PEO 개질 방법에 대한 동향을 파악하였으며, 연구단의 연구방향을 넓히는데 기여하였다.	
7	■ 연사 : (Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Technical Chemistry and Polymer Chemistry (ITCP), 독일) - 일시, 장소 : 2024.02.08(목) 13:30 ~ 16:30, 제7공학관 7414호 - 내용 : 유변물성 측정 에 대한 다양한 방법과 응용에 대한 동향을 파악하였으며, 연구단의 연구방향을 넓히는데 기여하였다.	

8	■ 연사 : (University of Arizona, Department of Chemistry and Biochemistry 미국) - 일시, 장소 : 2024.01.08.(화) ~ 2024.01.19.(금) 14:00 ~ 16:00, 제7공학관 7410호 - 내용 : 전공분야인 화학공학 분야와 관련한 국제학술대회 논문 영어발표 스킬 향상 강의를 하였으며, 2주에 걸쳐 1:1 학생 지도를 통해 참여대학원 학생의 국제학회 참여시 발표수준을 높히는데 기여하였다.	

라. 우수 외국인 학생 유치 현황 및 실적

- 본 교육연구단 소속 전체 대학원생 중 외국인 대학원생은 14% 정도를 차지하고 있다. 석사, 박사, 석·박사 통합과정으로 나누어 그 비율을 살펴보면 특히 석사과정 대비 박사과정에서 외국인 학생의 비율이 56%대로 월등히 높음을 알 수 있다. 국적별로는 인도와 중국이 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 그 외 베트남, 터키, 이집트, 나이지리아 등이 있다.

표 II-21. 교육연구단 소속 외국인 대학원생 현황

		석사	박사	석박사통합	계
1차년도	2020년 2학기	65	22	27	114
	2021년 1학기	76	27	27	130
	전체	141	49	54	244
	외국인	13	29	13	55
	외국인 비율	9%	59%	24%	23%
2차년도	2021년 2학기	78	24	28	130
	2022년 1학기	85	18	25	128
	전체	163	42	53	258
	외국인	11	21	15	47
	외국인 비율	7%	50%	28%	18%
3차년도	2022년 2학기	82	22	23	127
	2023년 1학기	80	17	35	132
	전체	162	39	58	259
	외국인	7	17	15	39
	외국인 비율	4%	43%	25%	15%
4차년도	2023년 2학기	71	22	36	129
	2024년 1학기	86	24	36	146
	전체	157	46	72	275
	외국인	2	26	11	39
	외국인 비율	1%	56%	15%	14%

- 현재 교육연구단은 미국 우수대학인 Texas A&M 대학 화공과와 현재 인적교류 및 연구 협력에 대한 MOU를 맺은 상태이다. 또한, 동남아 우수대학인 베트남 하노이공과대학, 미얀마 양곤공과대학, 필리핀 마닐라 라살대학교와 인적 교류에 대한 MOU를 맺은 상태이며, 공과대학에서도 인도네시아 Sepuluh Nopember Institute of Technology (ITS) 대학과 1+1 석사 복수학위 프로그램을 운영하는 등 우수외국인 학생 유치를 위한 인프라를 구축해 놓은 상태이다. 아울러 외국인 학생 입학 후에도 안정적인 정착을 위해 BK 장학금과 각 연구실별 등록금 전액 혹은 기숙사 비용 지원 등의 추가적인 지원금을 제공함으로써 생활환경 개선 및 학업에 어려움이 없도록 충분히 지원하고 있다.
- 대학 본부에서도 학교 차원의 본교 대학원 프로그램 우수성 홍보, 해외대학 출신 대학원생 선발 시스템 구축(외국 우수대학 데이터베이스화) 및 전담 전형팀 신설, 입학 후 외국대학원생 커뮤니티 지원 등 다양한 방식으로 우수 외국인 학생 유치를 지원하고 있다. 아울러 대학본부에서는 일정 학업 능력(학업 및 영어 점수 우수자)을 보유한 외국인 신입생의 경우, 수업료 반액 장학금을 제공하고, 이후에도 평점평균 3.5이상을 유지할 경우, 계속 장학금을 지원하여 우수 외국인 학생 유치에 큰 도움이 되고 있다.

② 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

- 본 교육연구단의 4차년도 참여대학원생 국제공동연구 실적은 다음과 같다. 미국, 스위스, 일본, 영국 등과 전공과 관련된 다양한 대학 및 연구기관과 국제공동연구를 수행하였다.

〈표 2-10〉 참여대학원생 국제공동연구 실적

연 번	공동연구 참여자			상대국/소속기관	연구주제	연구기간 (YYYYMM-YYYYMM)
	교육연구단		국외 공동연구자			
	참여 대학 원생	지도 교수				
1				미국 /University of California, San Diego	광의학적 응용을 위한 다공성 실리콘 나노입자의 개발	20230624 -20231203
2				스위스 / ZHAW School of Engineering	페로브스카이트 태양전지 모듈 상용화 패키징 기술개발: 분해 방지막, 봉지재, 안정성 평가 장비 개발 및 비파괴 검사	20231101 -20261031
3				미국 / University of California, Santa Barbara	페로브스카이트 태양전지 연구: p-i-n 기반 대면적 상용화를 위한 고효율/장기안정성 소자 개발	20230901 -20240131
4				일본/ Chiba University	다양한 프탈로시아닌 유도체 및 전기변색 물질을 합성하고 여러 구조의 소자를 제작하는 방안에 대한 연구	20230302 -20230316
5				미국/ Texas A&M University	다층자가증착 방식으로 제조한 고분자 필름의 난연성 및 기체차단성 향상 연구	20240120 -20240227
6				영국/Universit y of Cambridge	동적 가교 액정 탄성체 기반 댐핑 소재화 기술개발	20230801 -20230930
7				영국 /University of Cambridge	정밀 분석을 통한 액정 탄성체의 댐핑/접착특성 데이터베이스화	20240103 -20240223
8				미국/Texas A&M University	"액정탄성체 기반 자극감응성 팽창 섬유"의 구조 및 기계적 물성 분석	20240323~ 20240503
9				미 국 / S t o n y B r o o k University	Stepwise impregnation of bimetallic catalysts for CNT synthesis	20240426- 20240925

10			Seung Soon Jang	미국/Georgia Institute of Technology	MXene/ZIF-8 하이브리드 소재 기반 분리막을 활용한 리튬황전지의 용량 및 수명특성 연구	20231225 -20240114
----	--	--	-----------------	------------------------------------	--	-----------------------

○ 위의 표와 같이 본 교육연구단의 4차년도 참여대학원생 국제공동연구 실적내용은 다음과 같다.

1. 2022년 6월 24일부터 2023년 12월 3일까지 미국 캘리포니아, 샌디에고 대학교 화학과(University of California, San Diego, Chemical)의 [] 연구실에서 다공성 실리콘 기반의 미립자 또는 나노입자를 개발 및 원리를 이해하고 생의학적 응용으로의 플랫폼 개발을 위해 연구를 진행하였다. 특히 체내에 사용하기 적합한 크기인 200 nm 이하 크기의 다공성실리콘나노입자를 개발하였으며 현재는 광상향전환 염료를 담지한 실리콘 나노입자 제작하여 바이오 이미징 또는 광의학적 응용을 위한 연구를 수행 중이다.
2. 2023년 11월 01일부터 2026년 10월 31일까지 진행되는 한-스위스 국제 공동 연구 과제로 스위스 ZHAW School of Engineering의 그룹과 페로브스카이트 태양전지 모듈 상용화 패키징 기술개발 연구를 수행 중이다.
 - 분해 방지제가 적용된 봉지재 박막 분석
 - 안정성 평가 장비 개발 및 비파괴 검사
3. 2023년 09월 01일부터 2024년 01월 31일까지 미국 University of California, Santa Barbara, 교수 그룹과 페로브스카이트 태양전지 연구, 특히 p-i-n 기반 대면적 상용화를 위한 고효율/장기안정성 소자 개발을 위한 연구를 공동으로 수행하고, 그 결과를 Joule (Joule 8, 1-18, July 17, 2024)에 게재하였다.
 - 저반사 기술을 적용한 다기능성 반사방지막 개발 및 소자 적용
 - 실시간 박막 특성 변화 측정
4. [] 은 2023년 03월 02일부터 2023년 03월 16일까지 일본 치바대학교 교수 연구실 연구원 [] 와 함께 “다양한 프탈로시아닌 유도체 및 전기변색 물질을 합성하고 여러 구조의 소자를 제작하는 방안에 대한 연구”를 주제로 하여 물흡광계수, 형광특성 등의 측면에서 더 나은 성능을 나타낼 수 있는 새로운 프탈로시아닌 분자를 합성하고 광학적, 전기화학적 특성을 측정하였으며 Red, Blue, Green을 나타내는 전기변색물질을 합성하고 분광전기화학특성을 측정하는 등의 공동 연구를 수행하였다.
5. [] 은 2024년 01월 20일부터 2024년 02월 27일까지 미국 Texas A&M University의 Polymer Nanocomposite Lab에서 현지 연구원들과 함께 “다층자가증착 방식으로 제조한 고분자 필름의 난연성 및 기체차단성 향상 연구” 연구를 위해 주제를 가지고, 다층자가증착 방법을 이용하여 난연성 및 기체차단성 향상을 위한 고분자 필름을 생산하고, 5주라는 기간동안 해당 연구실이 가지고 있는 장비와 나노복합재료 제조 기술 등을 배워 두 가지 테마의 연구 방향을 제시하였으며 구체적인 내용은 아래와 같다.

6. 는 2023년 8월 1일부터 2023년 9월 30일까지 영국
캠브리지 대학의 연구실에서 현지 연구원들과 함께 “동적 가교 액정
탄성체 기반 댐핑 소재화 기술개발” 연구를 위한 주제를 가지고 폴리로탁산계 동적가교 기반 액정
탄성체 3D 폼 합성 및 접착제를 합성하고 연구하였으며 구체적인 내용은 아래와 같다.

7. 2024년 1월 3일부터 2024년 2월 23일까지 영국
 캠브리지 대학의 에서 현지 연구원들과 함께 “정밀 분석을 통한
 액정 탄성체의 댐핑/접착특성 데이터베이스화” 연구를 위한 주제를 가지고 폴리프로판렌계 동적가교
 기반 액정 탄성체 접착제의 온도 및 주파수에 따른 댐핑 특성을 연구하였으며 구체적인 내용은
 아래와 같다.

8. 2024년 3월 23일부터 2024년 5월 3일까지 미국 텍사스 A&M 대학의 에서 현지 연구원들과 함께 “액정탄성체 기반 자극감응성 팽창 섬유” 연구를 위한 주제를 가지고 구조 및 기계적 물성 분석을 진행하였으며 구체적인 내용은 아래와 같다.

9. 2024년 04월 26일부터 2024년 09월 25일까지 미국

스토니브룩 대학교 재료공학과(Department of Materials Science of Chemical Engineering)의

연구실에서 “Stepwise impregnation of bimetallic catalysts for CNT synthesis” 주제로 순차적 담지로 제작된 금속 촉매가 CNT의 수율을 향상시킬 수 있음을 발견하고 수율 향상의 원인을 다각도로 분석하였다. 또한 금속 촉매 내 금속 상(phase)의 형성 메커니즘을 이해하고 차후 새로운 CNT 합성용 촉매 개발에 도입할 수 있음을 확인하였다. 다음과 같은 내용으로 연구를 수행하였다.

- 다양한 금속 결정 구조 분석법(STEM, XANES, EXAFS) 습득
- Spent catalysts의 regeneration을 통한 촉매 재사용 가능성 평가
- UV-Raman spectroscopy를 이용한 fresh, spent, regenerated catalysts 분석
- Synchrotron XRD 및 TEM를 이용한 촉매의 상 변화 정밀 분석

10. 은 2023년 12월 25일부터 2024년 01월 14일까지

미국 Georgia Institute of Technology의 에서 현지 연구원들과 함께 “MXene/ZIF-8 하이브리드 소재 기반 분리막을 활용한 리튬황전지의 용량 및 수명특성 연구” 연구를 위해 주제를 가지고, 제 1 원리 계산에 기반한 리튬 폴리설파이드 Binding energy 계산을 수행하였고 구체적인 내용은 아래와 같다.

- 제 1원리 기반 리튬 폴리설파이드 및 MXene/ZIF-8 하이브리드 소재의 Binding energy 계산
- 이론 계산 결과 기반 리튬폴리설파이드의 서틀현상 완화 메커니즘 규명

- 한편, 본 교육연구단의 5차년도 참여대학원생 국제공동연구 수행 또는 확정된 연구 계획은 다음과 같다.

연번	공동연구 참여자			상대국/소속기관	연구주제	연구기간 (YYYYMM-YYYYMM)
	교육연구단		국외 공동연구자			
	참여 대학 원생	지도 교수				
1				미 국 / Stony B r o o k University	Stepwise impregnation of bimetallic catalysts for CNT synthesis	20240426- 20240925
2				미국 /University of Minnesota Twin Cities	페플라스틱의 비트리머화를 통한 재활용 가능한 소재로의 업사이클링 기술	20250228 -20260227

1. 2024년 04월 26일부터 2024년 09월 25일까지 미국

스토니브룩 대학교 재료공학과(Department of Materials Science of Chemical Engineering)의

에서 “Stepwise impregnation of bimetallic catalysts for CNT synthesis” 주제로 순차적 담지로 제작된 금속 촉매가 CNT의 수율을 향상시킬 수 있음을 발견하고 수율 향상의 원인을 다각도로 분석하였다. 또한 금속 촉매 내 금속 상(phase)의 형성 메커니즘을 이해하고 차후 새로운 CNT 합성용 촉매 개발에 도입할 수 있음을 확인하였다. 다음과 같은 내용으로 연구를 수행하였다.

- 다양한 금속 결정 구조 분석법(STEM, XANES, EXAFS) 습득
- Spent catalysts의 regeneration을 통한 촉매 재사용 가능성 평가

- UV-Raman spectroscopy를 이용한 fresh, spent, regenerated catalysts 분석
- Synchrotron XRD 및 TEM를 이용한 촉매의 상 변화 정밀 분석

2. 2025년 2월 28일부터 2026년 2월 27일까지 미국 미네소타 대학(University of Minnesota Twin Cities) 고분자공학과(Department of Polymer Science and Engineering) 하여 재활용 가능한 플라스틱 개발 및 플라스틱 폐기물 처리에 관한 연구를 진행할 예정이다. 미국 UMN 고분자공학과 Ellison 그룹은 재활용 가능한 플라스틱 및 서로다른 플라스틱간의 양립성 분야의 우수한 기술들을 가지고 있으며, 다음과 같은 내용으로 연구를 수행할 예정이다.

- 고분자 분야 선진국인 미국의 플라스틱 업사이클링 응용기술 및 개발 현황 파악
- 다양한 고분자 합성법 및 구조 분석법(핵자기공명분광법, 푸리에 변환 적외선 분광법, 자외선 및 가시선 분광법) 습득
- 고분자 양립방법 및 기술 배양
- 고분자 기술개발 등 기술교류 기반 마련 및 상호 협력 강화

○ 이외, 차년도에도 본 교육연구단 소속 참여대학원생들이 미국, 유럽 등 다양한 국가의 해외우수기관에서 공동연구를 경험하고, 국제화된 감각을 배양할 수 있도록 지원할 계획이다.

○ 참여대학원생들의 해외우수기관에서의 연구 경험 및 국제공동연구 기회를 폭넓게 제공하기 위해 전체 지원규모를 연 4~8건 정도로 아래 표와 같이 체류기간별로 지원규모를 달리하여 운영할 계획이다.

표 II-19. 차년도 대학원생 장중단기 연수 지원 내용

장기해외연수(2개월이상)	• 경비(교통비,숙박비등) 500만원/년
중기해외연수(1개월)	• 경비(교통비,숙박비등) 300만원/년
단기해외연수(15일)	• 경비(교통비,숙박비등) 150만원/년

○ 참여대학원생들은 아래 표와 같이 참여교수들이 현재 해외 공동연구기관과 협력중이거나 향후 계획중인 연구기관으로 장, 중, 단기 해외연수를 할 가능성이 크다.

표 III-8. 해외공동연구기관 협력계획 (나라별)

국가	참여교수	상대기관	공동연구자	연구내용
미국		University of California, San Diego		다공성실리콘나노입자 기반 광의학 플랫폼 개발
미국		Lawrence Berkeley National Laboratory		바이오매스로부터 수소생산 공정 개발 및 최적화
영국		University of Westminster & WASE Ltd		생물전기화학적 수소 및 메탄 생산을 위한 하이탄 공정개발
중국		Xian Jiatong University		C1 가스 생물전환을 통한 유용물질 생산 공정개발

스페인		University of Alcalá	바이오에너지 생산 연계 청정 수처리공정 개발
미국		University of Minnesota Twin Cities	페플라스틱의 비트리머화를 통한 재활용 가능한 소재로의 업사이클링 기술
스위스		ZHAW School of Engineering	페로브스카이트 태양전지 소자 분석
일본		Chiba University	변색소재 및 소자 연구
일본		National Institute of Materials Science	전기변색소재/소자제조 및 특성평가
미국		Stony Brook University	탄소나노튜브 합성용 촉매 분석
미국		University of Pittsburgh	탄소나노튜브 합성 해석
영국		University of Bath	고기능성 유전체 고분자 소재 연구
프랑스		CNRS	다공성 소재 디지털 에코 시스템
미국		Princeton University	다공성 소재 대규모 양자 물성
네덜란드		Delft University of Technology	흡착순환공정 오픈소스 C++ 코드 개발
대만		National Taiwan University of Science and Technology	그래핀양자점 공동 연구
미국		Purdue University	블록공중합체 자기조립체 및 생체재료의 유변학적 연구
독일		Karlsruhe Institute for Technology	고분자 물질 유변학적 연구

6.2 외국인 교수 현황과 역할

(1)

○ : 2000년 University of California, Los Angeles 화학과에서 물리화학 석사와 박사학위를 각각 취득했으며, 미국 시민권을 가지고 있다. 학위 취득 후 미국 Lawrence Berkeley 국립연구소에서 Materials Staff Scientist로 재직 후, 2014년 8월 부산대학교로 부임하였다. 기능성 나노 및 바이오 소재들의 합성/구조/물성 설계 및 에너지 및 환경 분야에 적용 가능한 기초 및 응용 연구에 전문성을 보유하고 있다.

- ① **교육활동 및 계획:** 화학소재 관련 대학원 핵심 교과목들인 기기분석특론, 표면현상론, 나노공정 특론 강의를 영어로 진행해오고 있다. 또한 2017년부터 본인의 주 연구분야인 나노구조소재특론 및 고등기기분석특론 과목을 새롭게 개발하여 강의해오고 있다. 교수의 강의 교과목들과 연구 분야는 화공소재화학 및 화학공정 트랙에서 나노미터 단위에서의 소재 구조와 물성과의 상관관계의 근본적인 이해를 유도하여 기능성 소재 설계 및 합성, fabrication 공정에 관한 기초를 가르치는 핵심교과목이라고 할 수 있다. 현재 BK 4단계에서는 4차산업 및 부·울·경 지역 소재부품기술개발산업과 관련된 융합과목을 개발하고, 화공소재 트랙 교육을 심화하고 발전시키는데 핵심적인 역할을 담당하고 있다. 특히, 교수는 학부 교육 과정에서 물리화학I, II와 기기분석 강의를 영어로 진행해오고 있고, 본 대학원에서 진행하는 화공소재화학 및 화학공정 연구에 관한 대대적인 홍보를 통해 학부 학생들의 연구 흥미 및 대학원 진학을 유도하는 강의에 매진하고 있다.

- ② **국제 공동연구 교류:** 교육과 더불어 교수는 총 3개의 해외 연구그룹과 공동연구를 진행해오고 있다. 미국 캘리포니아 버클리 주립대 (U. C. Berkeley)에 재직하고 있는 정교수와 M13 파지 바이러스 기반 기능성 소재 설계 및 물성에 관한 공동 연구를 수행 중에 있다. 또한 미국 Pacific Northwest National Laboratory (PNNL) 국립 연구소 Materials Science Division의 Director이자 미국 University of Washington 재료공학과 교수와 탄 산업 생광물 결정 성장 과정에 관한 공동 연구를 진행 중이다. 또한, 교수는 2020년부터 미국 스탠포드 대학 (Stanford University) Geballe Laboratory for Advanced Materials 연구원 이자 스탠포드 대학 재료공학과 교수와 초박형 나노판 형태의 알파-석영 나노 결정 및 2차원 형태의 비등방성 구조를 가진 초박형 자성 자철광 나노입자의 나노역학적 물성 규명에 관한 공동 연구를 진행 중이다.

- ③ **최근 연구성과 :** 교수는 평가 대상 기간 중 “Triethoxysilyl-Terminated Telechelic Liquid Butadiene Rubber with Disulfide Linkages for Tire Tread of Electric Vehicles” 라는 제목의 논문을 ACS Applied Polymer Materials에 게재 (2024년 2월 13일) 하였다. 그리고, 교수는 0.55 nm 규모의 얼음 결정구조 내에 할로젠족 소화 가스를 물리적으로 대략 포획시켜 기존의 소화약제 보다 화재진압 효과가 탁월한 가스하이드레이트 소화약제 및 소화탄 관련 기술을 한국생산기술연구원과 공동연구를 진행하여 처음으로 개발하여 “Exploring the Potential of HFC-125a Hydrate for Innovative Fire Suppression: A Gas Hydrate Technology Approach” 라는 제목의 논문을 ACS Energy & Fuels에 게재 (2024년 3월 14일) 하였다. 이 기술은 기존에 없던 신개념 소화약제를 개발함으로써, 매년 반복되는 산불 및 고층빌딩에서 발생하는 난접근성 대형 화재에 능동적이고 효율적으로 대응하는 재난 대응 기술

로, 화재로 인해 발생하는 국가적 손실을 저감 하는데 크게 기여할 수 있고 특수 화재에 대응 가능한 소화방재 관련 신산업 창출을 통해 국가 경쟁력 제고가 기대된다. 또한, 교수는 2차원 형태의 비등방성 구조를 가진 초박형 자성 자철광 나노입자의 합성 방법 및 이를 이용하여 친환경 미세조류의 수확, 미세조류가 생산한 유용 물질 및 지질 추출, 그리고 사용된 나노입자의 재활용 및 재사용 과정을 외부 자기장 기반 자력을 조절하여 연속적으로 진행하는 통합 공정을 처음으로 구현했고 이를 통해 환경친화적이고 지속가능한 저에너지, 고효율 고부가 가치 바이오피나이네리 공정 기술에 성공하여 “Preparation of Two-Dimensional Fe_3O_4 Nanodisks and Nanosheets Transformed from $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ Analogues and Their Applications in Magnetic Field-Assisted Microalgal Harvesting Biorefinery Processes” 제목의 논문을 ACS Sustainable Chemistry & Engineering 저널에 게재했고 (2024년 2월 5일) 연구의 우수성을 인정 받아 표지논문으로 선정되었다. 이 기술은 환경친화적·지속가능한 바이오피나이네리 공정 솔루션을 제공하여 바이오연료 및 다양한 화학소재 생산에 기여하고 이산화탄소 전환 미세조류 기반 바이오피나이네리 공정 시간 단축 및 에너지 사용 절감, 그리고 비용 절감으로 인한 경제성 확보에 큰 도움이 될 것으로 전망되고, 또한 기후위기에 대응할 이산화탄소 감축 및 탄소 중립을 위한 신산업 창출과 국가 경쟁력 강화에 이바지할 것으로 기대된다.

- 관련 기사 : 연합뉴스 <https://www.yna.co.kr/view/AKR20240214100800051>

매일경제 <https://stock.mk.co.kr/news/view/367559>

(2)

교수

- 교수는 미국 Case Western Reserve University 화학공학과에서 박사학위를 취득하였으며, Northwestern University에서 3년간 박사후연구원 재직 후 2016년 3월 부산대에 임용되었고, 미국 시민권을 가지고 있다. 분자 모델링 기반 첨단 소재 설계 및 흡착 분리공정 모델링/실험 연구에 전문성을 가지고 있으며, 이차전지 관련 소재에 대한 모델링 분야로 연구 분야를 확장하고 있다.
- ① **교육활동 및 계획:** 본인의 전공분야를 살려 응용화학공학부 대학원 핵심 교과목인 화공 열역학 특론, 화공 수치해석 특론 교과목들을 강의하고 있으며, 2019년부터 주 연구분야인 분자전산모사 과목을 새롭게 개발하여 강의하고 있다. 교수의 강의 교과목들과 연구분야는 본 교육연구단에서 4단계부터 운영하는 6개 전공 트랙 중 화공정보 트랙에서 특히 핵심적인 부분을 차지하고 있으며, 향후 인공지능, 빅데이터 등을 이용한 화공신기술 등 4차산업 기반 화공 인재양성을 위한 화공정보 전공트랙의 새로운 교과목 개발에 핵심적인 역할을 담당하고 있다.
- ② **국제 공동연구 교류:** 평가 기간 중에 다음과 같은 기관과 국제공동연구 및 논문 게재를 하였다.
- Nature Energy, 9, 121 - 133 (2024)
 - 미국 Northwestern University,
 - 영국 University College London,

③ 최근 연구성과:

논문성과

평가 대상 기간 중 8편의 논문들을 다음과 같은 저널에 게재하였다.

- Nature Energy (IF=49.8, JCR 상위 0.2%)
- Advanced Materials (IF=27.4, JCR 상위 2%)
- Journal of Energy Chemistry (IF=14.0, JCR 상위 2%)
- Journal of Chemical Theory and Computation (IF=5.7, Q1)
- Industrial & Engineering Chemistry Research (IF=3.8, Q2)
- Korean Journal of Chemical Engineering (IF=3.0, Q2)
- Journal of Physical Chemistry A (IF=2.7, Q2)
- Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis (학진등재지)

게재된 저널의 평균 IF는 13.3 (JCR 2023)이며, JCR 상위 2% 논문 3편, Q1 논문 1편, Q2 논문 3편을 게재하는 등 세계적으로 우수한 연구를 수행하고 있다. 게재한 논문 중 주요저자 (제1/교신저자) 논문은 6편이다.

연구과제 수주

평가기간동안 아래와 같은 기관에서 총 3.58억의 국가연구비를 수주하였다.

- 미래수소원천기술개발사업 (한국연구재단)
- C1리파이너리사업 (한국연구재단)
- 사외공모 기초연구 (한국전력공사 전력연구원)
- 신진연구자지원사업 (한국연구재단)

III

연구역량 영역

□ 연구역량 대표 우수성과

- 4차년도 실적을 보면, 참여교수 1인당 논문환산편수 1.87, 1인당 논문의 환산보정 IF는 1.32, 1인당 논문의 환산 보정 ES는 3.53, Q1 비율 70%, 상위 10% 논문비율은 39% 로 목표를 모두 초과달성함.

항목	3단계 BK 최근 5년 (15'-19') 평균	4단계 BK 단계평가전 (20.09-22.08) 평균결과	4차년도 (23'-24') 목표	4차년도 (23'-24') 결과	목표 달성률
교수1인당 논문환산편수	1.81	1.76	1.79	1.87	+4%
교수1인당 논문 환산보정 IF	0.89	1.06	0.98	1.32	+35%
교수1인당 논문 환산보정 ES	1.41	2.84	1.57	3.53	+125%
논문실적의 Q1 비율(%)	53	67	60	70	+17%
상위10% 논문 비율(%)	26	28	30	39	+28%

- 특히, 연구결과의 최상급 정성적 지표라 할 수 있는 상위10% 논문 비율과 상위25% 논문비율의 지표인 Q1 논문비율 또한 각각 39%와 70%로 증가한 결과는 본 교육단의 연구진의 질적 연구성과가 계속해서 높아지고 있음을 방증함.
- 교육연구단은 현재 연구진의 세대교체가 이루어져 5년차 미만의 신입교수들이 합류했는데, 연구력이 떨어지지 않고, 상위10% 논문비율과 Q1비율을 감안했을 때 오히려 연구의 질적수준은 증가하였다. 향후 2-3년 내에는 더욱 훌륭한 성과를 내어 세계적 경쟁력을 갖춘 연구단으로 성장할 수 있을 것으로 기대됨.
- 1인당 연평균 특허등록건수 목표를 기존 BK21 3단계의 0.6건 대비 33% 증가한 0.8건 달성 (최종연도 기준)으로 설정하였으며, 4차년도에는 1인당 특허 등록 건수가 0.82로 목표 대비 0.02건 상회 하였으며, 지속적으로 교수당 특허 출원수가 1.8건 이상을 달성하고 있으므로 남은 기간도 역시 특허 등록 목표 보다 높은 실적 달성 가능할 것으로 전망됨.
- 참여교수 1인당 연평균 기술이전 건수는 기존 BK21 3단계의 0.2건 대비 50%가 증가한 0.3건으로 목표를 설정하였으며, 1-3차년도에는 연평균 교수 1인당 0.17건을 달성하였고, 3,500만원의 기술료 수입을 달성하였다. 4차년도에는 연평균 기술 수입료가 교수 1인당 1,200만원의 지난 연평균 수치보다 감소하였으나 기술이전 건수는 0.32로 목표 대비 상회하였음.
- 참여교수 1인당 연평균 산학협력 과제수로 BK21 3단계의 0.4건 대비하여 50% 증가한 0.6건을 목표로 선정하였으며 4차년도에는 총 19건으로 1인당 0.86건을 달성하여 43.3% 증가함. 이는 본 교육연구단이 산학협력을 적극적으로 추진하고 있음을 보여줌.
- 참여교수 1인당 정부연구비는 4차년도 1.75억원 수주를 목표로 하였으나 실제로는 1인당 3.39억원을 수주하여 94% 초과달성하였고, 참여교수 1인당 산업체 연구비는 4차년도 0.26억원 수주를 목표로하였으나, 실제로 0.48억원을 수주하여 85% 초과달성하였음.

- 4차년도 참여교수들이 국제공동연구를 한 실적은 총 30건이며, 나라는 미국, 중국,인도를 비롯한 9개국임.
- 4차년도 참여교수들은 국제학회의 조직 및 발표에 적극적으로 임하기 위해 노력하였으며, 그 결과 아래표처럼 초청강연, 좌장 및 위원회 활동, 국제학술지 관련활동이 증가되는 등에서는 양호한 성과를 창출하였음.

활동분야	수상실적	기조연설,초청강연,해외대학강연,논문발표등	좌장 및 위원회 활동	국제학술지 관련 활동	저술 활동	소계
1차년도 건수	2	10	6	25	0	41
2차년도 건수	2	20	7	5	0	34
3차년도(6개월)건수	0	4	6	4	1	15
4차년도 건수	3	24	28	10	0	65

1. 참여교수 연구역량

1.1 연구비 수주 실적

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

항 목	수주액(천 원)		
	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	22,333,475	7,478,029	
산업체(국내) 연구비 수주 총 입금액	2,617,754	1,073,730	
해외기관 연구비 수주 총 (환산) 입금액	0	0	
1인당 총 연구비 수주액	1,134,147	388,716	
참여교수 수	22	22	

1.2 연구업적물

① 참여교수 연구업적물의 우수성

1.2.1 교육연구단의 연구역량 향상 계획

- 본 교육연구단은 당초 아래 그림에서와 같이 (1) 융·복합연구 강화를 통한 질적 역량 고도화 (2) 글로벌 연구 위상 확보 (3) 산업적 영향력이 큰 원천/혁신 기술 확보를 통하여 **화공 융합분야에서** 세계를 견인하는 글로컬(Glocal) 교육연구단으로 성장하는 연구 비전을 제시하였다.



그림 Ⅲ-1. 본 교육연구단의 연구비전

1.2.2. 교육연구단의 연구역량 현황

(1) 본 교육연구단과 해외 벤치마킹 대학과의 연구력 비교 및 분석

- 본 교육연구단의 객관적인 연구력 현황을 살펴보기 위해 SciVal 데이터베이스를 통해 2016-2019년을 기준으로 해외벤치마킹 대학들과(화학공학분야)의 주요 연구지표를 분석해보았다. QS ranking 기준 화학공학분야 세계 50위권 대학 중 6개, NUS (National University of Singapore), Yale(Yale University), Georgia Tech, HKUST (Hong Kong University of Science and Technology),

UPenn(University of Pennsylvania), UD(University of Delaware), 그리고 100~150위권 대학교인 UF(University of Florida)를 선정하여, 분석결과 (그림 III-2 및 표 III-1 참조) 본 교육연구단은 최근 4년간 1인당 평균 33편의 논문(주저자 및 공저자 논문 포함)을 게재한 것으로 분석되었으며, 이 수치는 QS랭킹 8위인 NUS에 이어 두 번째로 높은 값이다.

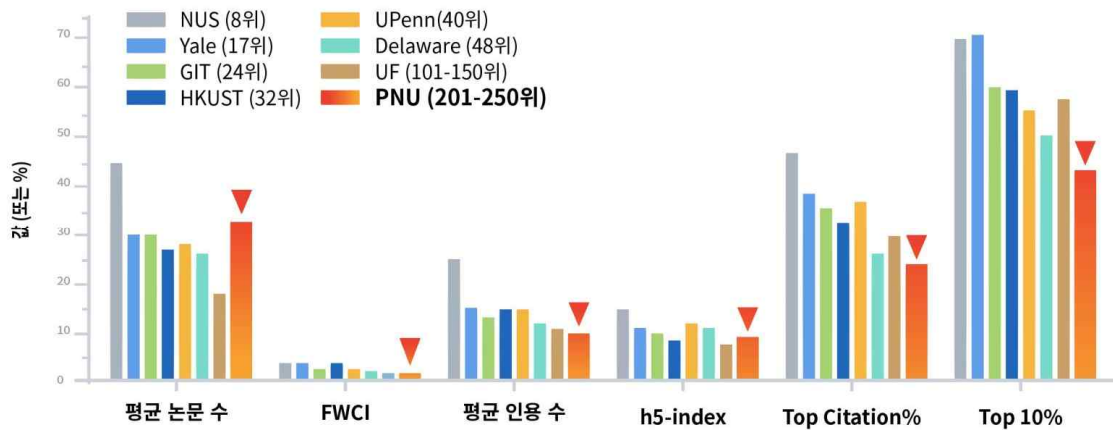


그림 III-2. 본 교육연구단과 해외 벤치마킹 대학과의 연구력 비교
(출처: SciVal, 2016-2019기준)

표 III-1. 본 교육연구단과 해외 벤치마킹 대학과의 연구력 비교

학교명	QS 순위 (2020)	교수 수	1인당 평균 논문수	1인당 FWCi	1편당 평균 피인용수	h5-index	인용횟수 상위 10% 논문비율 (%)	상위 10% 논문비율 (%)
NUS	8	38	45.61	2.62	23.76	16.39	47.9	70.8
Yale	17	26	30.23	2.47	16.46	12.65	39.0	71.2
Georgia Tech	24	40	30.25	1.74	13.62	11.28	35.4	60.4
HKUST	32	21	25.76	2.24	15.60	8.67	32.8	60.3
UPenn	40	23	28.74	1.76	15.44	12.70	33.5	56.5
UD	48	32	24.75	1.45	10.61	9.94	26.3	49.7
UF	101-150	25	12.17	1.29	9.69	6.50	29.8	58.2
PNU (부산대)	201-250	22	32.95	1.20	8.03	9.32	24.5	42.6

- 그러나 1인당 FWCi, 논문 1편당 평균 피인용수, h5-index, 상위10% 인용논문비율 및 상위10% 논문비율 등은 QS랭킹 50위권내 대학들에 비해 낮은 수치를 기록하고 있다. 한편, QS랭킹 101-150위권인 UF와 비교했을 경우 대부분의 연구지표들이 유사하였다.
- 즉, 본 교육연구단의 연구력은 UF와 비슷한 수준이라고 볼 수 있으나, QS 랭킹을 산정하는 다른 평가지표인 학계평판 및 고용자평가 등에서 상대적으로 낮은 점수를 받아 전체 QS 랭킹이 떨어지는 것으로 사료된다.
- 향후 본 교육연구단의 QS랭킹을 향상시키기 위해 연구측면에서 집중해야 할 부분은 “교수 1인당 논문 피인용수”를 높이는 것이 중요하며, 이를 위해서는 연구의 양적성과 중심에서 탈피하여

연구의 질적 우수성을 극대화시키기 위한 노력이 필수적이다.

1.3.2. 교육연구단의 대표적 연구 목표

(1) 연도별 연구 성과지표 목표

- 본 교육연구단은 4단계 BK21 사업에서 논문의 양적 성과보다 논문의 질적 우수성을 극대화시키는 데 역량을 집중할 계획이다. 따라서 논문의 정량적 지표인 1인당 환산논문편수는 최근 5년간 (2015-2019) 평균인 1.81 수준을 유지할 예정이다. 반면에, 논문의 정성적 지표인 1인당 환산보정 IF, 1인당 환산보정 ES 및 1인당 환산보정 FWCI는 최근 5년간 평균 실적이었던 0.89, 1.41 및 1.70에서 4단계 BK21사업이 종료되는 2026년에는 각각 1.07, 1.65 및 2.00로 대폭적인 향상을 목표로 한다. 또한, Q1 논문 및 상위10% 논문비율도 현재 53% 및 26% 수준에서 2026년에는 각각 60% 및 31% 비율로 향상시키고자 한다. 이와 같은 연구의 질적 고도화 노력을 통해 화공분야에서 세계적 경쟁력을 갖춘 교육연구단으로 성장할 수 있을 것이다. 한편, 국제공동연구를 더욱 확대할 예정으로 매년 10건 이상의 국제 공동연구 실적을 달성할 예정이다.

(2) 4차년도(2023.09-2024.08) 연구 성과지표 결과

- 4차년도 연구 성과지표의 분석결과 본 교육연구단은 논문의 양적 증가와 질적 우수성을 모두 높 이는데 성공하였다. 논문의 정량적 지표인 총 논문 발표수는 지난 1년간 총 143편이었으며, 1인당 환산논문편수는 1.87를 기록했으며, 이는 최근 5년 평균치와 1차년도 결과인 1.59 대비 약 16% 증 가한 결과이며, 4단계 BK 프로그램 시작 전인 최근 5년(2015-2019) 평균치보다도 높은 결과이다. 또한, 논문의 정성적 지표인 1인당 환산보정 IF, 1인당 환산보정 ES, Q1 논문 비율 및 상위10% 논문비율에서도 단계평가에 사용된 지표들의 평균치들을 모두 뛰어넘었으며, 4차년도 목표치도 대부분 달성한 고무적인 결과다. 특히, 연구결과의 최상급 정성적 지표라 할 수 있는 상위10% 논 문 비율과 상위25% 논문비율의 지표인 Q1 논문비율 또한 각각 39%와 70%로 증가한 결과는 본 교육단의 연구진의 질적 연구성과가 계속해서 높아지고 있음을 방증한다.
- 한편, 본 교육연구단은 현재 연구진의 세대교체가 많이 이루어졌다. 즉, 3단계 BK21+ 사업에서 연 구의 중추적 역할을 하던 교수들이 대부분 은퇴를 했고, 5년차 미만의 신입교수들이 최근 대거 합류하였다. 신입교수들이 합류한 상황에서도 연구력이 떨어지지 않고, 상위10% 논문비율과 Q1비 율을 감안했을 때 오히려 연구의 질적수준은 증가하였다. 향후 2-3년 내에는 더욱 훌륭한 성과를 내어 세계적 경쟁력을 갖춘 연구단으로 성장할 수 있을 것으로 기대된다.

표 Ⅲ-2. 주요 연구지표에 대한 목표 및 결과

항목	3단계 BK 최근 5년 (15'-19') 평균	4단계 BK 단계평가전 (20.09-22.08) 평균결과	4차년도 (23'-24') 목표	4차년도 (23'-24') 결과	목표 달성률
교수1인당 논문환산편수	1.81	1.76	1.79	1.87	+4%
교수1인당 논문 환산보정 IF	0.89	1.06	0.98	1.32	+35%
교수1인당 논문 환산보정 ES	1.41	2.84	1.57	3.53	+125%
논문실적의 Q1 비율(%)	53	67	60	70	+17%
상위10% 논문 비율(%)	26	28	30	39	+28%

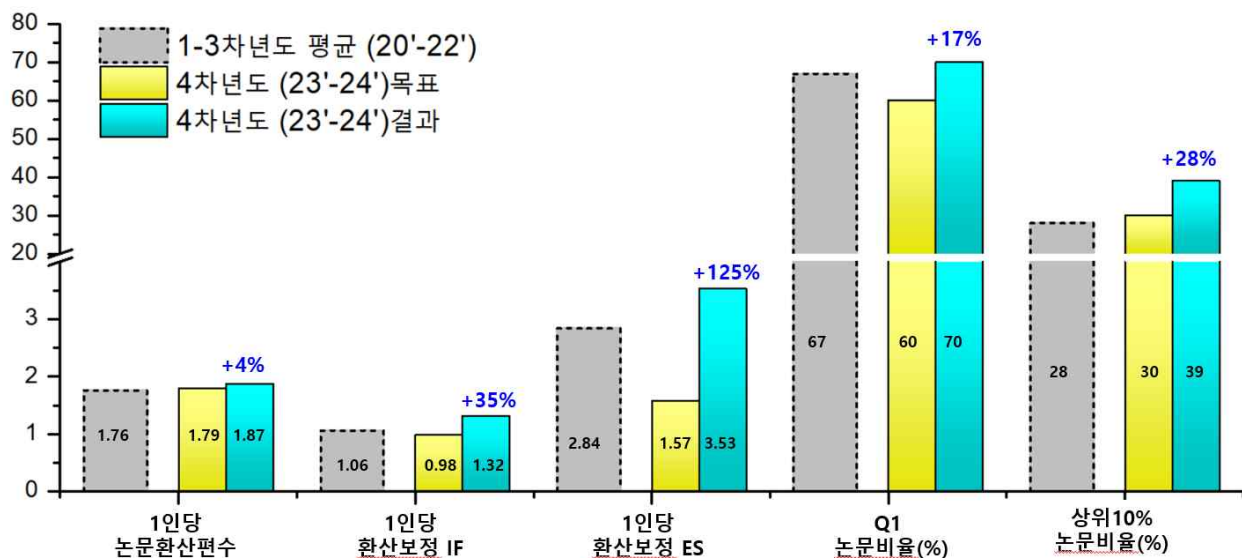


그림 III-3. 주요 연구지표에 대한 (1) 1-3차년도 평균값, (2) 4단계 BK사업의 4차년도 목표, (3) 4단계 BK사업의 4차년도 결과 및 (4) 4차년도 목표 달성률

- 추가로 본 연구단에서 발표한 논문 중 정성적 연구지표 중 하나인 상위10% 논문게재현황을 표 III-3에 요약하였다. 분석결과 화공분야(Engineering, Environmental)의 상위 3.70% 학술지인 Chemical Engineering Journal에 최다인 총 9편을 게재하였고, Agricultural Engineering 분야에서 1위(1/20) 학술지인 Bioresource Technology에 총 4편을 게재하였다. 특히, 4차년도에서는 소재, 나노 및 에너지 분야의 세계 최고 학술지인 Nature Energy (IF = 49.7), Nature Nanotechnology (IF = 38.1) 및 Joule (IF = 38.6)에 모두 주저자로 게재하는 탁월한 성과가 있었다. 이밖에도, 소재분야의 최상위급 학술지인 Advanced Materials, Advanced Functional Materials, Science Advances, Advanced Science, ACS Energy Letters 등에 교신저자로 게재하는 등 총 32곳의 다양한 학술지에 연구성과를 발표하는 등 1-3차년도 대비 매우 우수한 실적을 발표하였다.

표 III-3. 본 교육연구단에서 게재한 상위10% 논문의 게재현황

저널명	IF (2023기준)	JCR% (2023기준)	논문수 ^a	주저자	공동저자
ACS Energy Letters	19.3	4.11	1	1	
Advanced Composites and Hybrid Materials	23.2	2.86	1		1
Advanced Functional Materials	18.5	4.35	1	1	
Advanced Materials	27.4	2.17	3	2	1
Advanced Optical Materials	8	8.4	2	2	
Advanced Science	14.3	6.62	2	2	
Applied Catalysis B: Environmental	20.2	1.23	1		1
Aquaculture	3.9	7.56	1		1
Bioresource Technology	9.7	5	4	2	2
Chemical Engineering Journal	13.3	3.7	9	7	2
Chemosphere	8.1	8.94	2	1	1

Composites Part B: Engineering	12.7	0.56	1	1	
Construction and Building Materials	7.4	3.31	1	1	
Coordination Chemistry Reviews	20.3	2.27	1		1
Energy	9	3.95	3	3	
Energy Conversion and Management	9.9	1.76	2	2	
Energy Storage Materials	18.9	4.34	2		2
International Journal of Biological Macromolecules	7.7	6.38	1		1
International Journal of Energy Research	4.3	2.5	1	1	
Joule	38.6	0.91	1	1	
Journal of Agricultural and Food Chemistry	5.7	7.87	1	1	
Journal of Cleaner Production	9.7	6.7	3	3	
Journal of Energy Chemistry	14	2.7	1		1
Journal of Materials Chemistry A	10.7	9.41	2	1	1
Materials Horizons	12.2	8.9	1		1
Nano Energy	16.8	5.48	1		1
Nature Energy	49.7	0.46	1	1	
Nature Nanotechnology	38.1	1.14	1	1	
Physics of Fluids	4.1	5	1	1	
Polymer Testing	5	2.63	1	1	
Science Advances	11.7	8.21	1	1	
Small	13	7.99	1	1	
합계			55	38	17

^a한 논문에 참여교수가 2명이상 있을 경우 총 논문수에는 1편으로만 반영하였음.

4차년도 참여교수 대표연구업적물(참여교수당 3건)은 아래와 같다.

연 번	참 여 교 수 명	연 구 자 등 록 번 호	이 공 계 열/인 문 사 회 계 열 (간 호/ 보 건/ 체 육/ 기 타 분 야 에 한 한)	세 부 전 공 분 야	실 적 구 분	대 표 연 구 업 적 물 상 세 내 용
대표연구업적물의 우수성						
1			이공계열	생체 재료	저널 논문	② Microfluidic Fabrication of Highly Efficient Hydrogel OpticalFibers for In Vivo Fiber-Optic Applications ③ Advanced Optical Materials ④ 11(18), 2300453 ⑤ 0 ⑥ 2023.09 ⑦ doi.org/10.1002/adom.202300453 □ IF 9.0 SCI 카테고리 중 OPICS 분야에서 상위 10.0%, Q1, Web of Science 기준 4회 인용(2024.10)

	□ 업적물의 창의성·혁신성: 새로운 다채널 미세유체 장치를 다양한 기하학적 구조를 제공하는 섬유 합성법을 이용하여 공유 가교된 아크릴아미드와 이온 가교된 알지네이트로 구성된 이중 네트워크 구조의 기계적으로 견고한 하이드로젤을 기반으로 변형성과 신축성이 뛰어나고 높은 광 유도 성능을 가지는 연질 광섬유를 개발하여 듀얼 코어 하이드로젤 광섬유를 통해 다른 파장의 빛을 이중 전달할 수 있는 시스템을 개발함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 향후 연구에서는 인체의 이미징 또는 바이오센싱 분야에서 이중 코어 하이드로젤 광섬유로서 활용될 것으로 전망됨					
			이공계열	생체재료	저널 논문	② Cold-Responsive Hyaluronated Upconversion Nanoplatformfor Transdermal Cryo-Photodynamic Cancer Therapy ③ Advanced Science ④ 11(19), 2306684 ⑤ 0 ⑥ 2024.03 ⑦ doi.org/10.1002/adv.202306684
2	□ IF 14.3, SCI 카테고리 중 MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY 분야에서 상위 6.62%, Q1 □ 업적물의 창의성·혁신성: 고도로 단분산된 코어-셸 나노결정을 위한 합성 프로토콜을 개발하고 가속화하여 광상향변환나노입자 형태를 제어하며 합성할 수 있는 방법을 제시했으며, 광상향변환나노입자의 열 소광 문제를 극복하기 위해 냉동요법과 광역학 치료를 결합하여 냉동 요법을 통한 국소 온도 조절을 통한 광상향변환나노입자의 광발광 및 광감응성 효율을 크게 향상시켜 광역학치료의 효율성을 향상시키는 새로운 치료법을 개발함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 생의학적 응용을 위한 상향변환 분야로, 흑색종 피부암에 대한 냉동요법과 PDT의 시너지 치료를 위한 새로운 길을 열 것으로 기대됨.					
3			이공계열	생체재료	저널 논문	

						② Ionic Liquid-Based Extraction of Fulvic-like Substances from Wood Sawdust: Reproducing Unique Biological Activities of Fulvic Acids Using Renewable Natural Sources ③ Journal of Agricultural and Food Chemistry ④ 72(38), 20981 ⑤ 0 ⑥ 2024.09 ⑦ doi.org/10.1021/acs.jafc.4c04364
						□ IF 5.7 SCI 카테고리 중 CHEMISTRY, APPLIED 분야에서 상위 7.87%, Q1 □ 업적물의 창의성·혁신성: 미생물이나 효소를 사용하지 않고 이온성 액체(IL)를 사용하여 리그노셀룰로오스 바이오매스를 용해하고 개질하여 부식질과 유사한 물질, 특히 풀빅산(FA)을 추출함으로써 기존 하류 처리와 관련된 높은 비용을 피하고 상업적으로 가치 있는 화학 물질을 생산하는 보다 효율적이고 지속 가능한 방법을 개발함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 이온성 액체의 적용성을 효과적으로 확장하고 바이오매스 활용을 위한 지속 가능한 대안을 제시함.
			이공계열	화학공학	저널 논문	② The influences of diameter distribution change of zeolitic imidazolate framework-67 crystal on electrochemical behavior for lithium-sulfur cell cathode ③ Applied Organometallic Chemistry ④ 37(11), e7261 ⑤ 0 ⑥ 2023.11. ⑦ doi.org/10.1002/aoc.7261
1						□ IF 3.7, JCR분야 상위 27.27%(2023기준), Q2 □ 업적물의 창의성·혁신성: ZIF-67 결정의 직경 분포를 조절하여 리튬-황 전지의 전기화학적 성능을 향상시키는 연구를 진행하였으며, 이를 통해 새로운 소재 응용 가능성을 제안하였다. 이 연구는 배터리 성능을 크게 개선하는 데 기여하였으며, 전기화학 에너지 저장 기술의 진보에 혁신적 역할을 할 수 있음을 보여준다. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 나노소재와 리튬-황 전지의 전기화학적 성능화의 융합을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였다. □ 해당 세부전공분야의 기여: 나노구조체의 직경 분포를 제어하여 리튬-황 전지의 성능을 최적화함으로써, 나노소재를 전기화학적 에너지 저장 장치에 효과적으로 적용할 수 있는 가능성을 확대하였다. 이는 차세대 에너지 저장 장치의 발전과 다양한 응용 분야에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

			이공계열	화학공학	저널 논문	② Designing of 3D porous silicon/carbon complex anode based on metal-organic frameworks for lithium-ion battery
						③ Carbon Letters
						④ 33(7), 2349
						⑤ 0
						⑥ 2023.12.
						⑦ doi.org/10.1007/s42823-023-00572-6
						2 □ IF 5.5, JCR분야 상위 26.48%(2023기준), Q2 □ 업적물의 창의성·혁신성: 금속유기골격체를 기반으로 한 3D 다공성 실리콘/탄소 복합체 음극을 설계하여 리튬 이온 전지의 성능을 향상시키는 연구를 진행하였다. 실리콘의 높은 이론 용량을 활용하면서 탄소 복합체를 통해 전지의 안정성을 높여 전반적인 효율을 크게 개선하였으며, 이는 전기화학적 성능 향상에 있어 혁신적 접근을 보여준다. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 3D 다공성 구조 설계와 리튬 이온전지 성능 최적화의 융합을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준(Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였다. □ 해당 세부전공분야의 기여: 3D 다공성 실리콘/탄소 복합체 음극 개발은 리튬 이온 전지의 성능을 크게 개선하였으며, 이는 차세대 에너지 저장 장치의 개발에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.
			이공계열	화학공학	저널 논문	② Flexible N-doped heterostructure of cobalt sulfide and cobalt oxide composite electrodes derived from metal-organic frameworks and their electrochemical behaviors
						③ Inorganic Chemistry Communications
						④ 159, 111805
						⑤ 0
						⑥ 2024.01.
						⑦ doi.org/10.1016/j.inoche.2023.111805
						3 □ IF 4.4, JCR분야 상위 13.64%(2023기준), Q1 □ 업적물의 창의성·혁신성: 금속유기골격체로부터 유도된 질소 도핑된 금속 산화물과 황화물 복합 전극을 설계하고, 이를 통한 전기화학적 성능을 분석하였다. 이 연구는 금속 산화물과 황화물 간의 상호작용을 최적화하는 동시에 유연한 전극 소재로서의 새로운 가능성을 제시하여, 차세대 에너지 저장 장치에 혁신적인 접근을 보여준다. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재의 융합 및 전기화학적 성능 최적화를 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였다.

					□ 해당 세부전공분야의 기여: 유연하고 고성능의 전극 소재 개발을 통해 차세대 에너지 저장 장치 성능의 개선에 공헌하였으며, 이는 전기화학적 에너지 저장 기술의 다양한 응용 분야에서 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.
1			이공계열	고분자공학	저널 논문 ② Poly (phenylalanine) and poly (3, 4-dihydroxy-L-phenylalanine): Promising biomedical materials for building stimuli-responsive nanocarriers ③ Journal of Controlled Release ④ 372, 810-828 ⑤ 0 ⑥ 2024 ⑦ doi.org/10.1016/j.jconrel.2024.07.002 □ IF 10.5 SCI 카테고리 중 CHEMISTRY, MULTIDISCIPLINARY 분야에서 상위 11.5%, Q1 □ 업적물의 창의성·혁신성: 폴리(페닐알라닌)(PPhe) 와 폴리(3,4-디하이드록시-L-페닐알라닌)의 최근에 제안된 합성법을 소개하고 PPhe와 pDopa(pDopa)간의 약물 전달 차이를 비교하였다. 이어서 나노 스케일 표적 약물 전달 시스템에서 다양한 응용사례를 요약하여 이 두가지 물질을 사용하여 서로 다른 자극 반응성 담체를 기반으로 한 약물 방출 행동에 대한 포괄적인 분석을 제공하였다. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 암 치료에 대하여 효과적인 약물 전달 시스템을 제시함.
2			이공계열	고분자공학	저널 논문 ② Green synthesis of hypercrosslinked polymers for CO₂ capture and conversion: Recent advances, opportunities, and challenges ③ Green Chemistry ④ 26, 2476-2504 ⑤ 0 ⑥ 2024 ⑦ doi.org/10.1039/D3GC04222G □ IF 9.3, SCI 카테고리 중 CHEMISTRY, MULTIDISCIPLINARY 분야에서 상위 13.6%, Q1 □ 업적물의 창의성·혁신성: 다공성 유기 폴리머 (POP)의 한 종류인 과가교 폴리머 (HCP)의 친환경적인 합성법과 CO₂ 포집 및 전환을 위한 방법을 소개하였다. 이어서 CO₂ 선택성 및 회수 가능성에 주목하여 CO₂ 고정 (가스저장) 및 기체 분리를 위한 HCP의 활용에 대하여 탐구하였다. 궁극적으로 향후 CO₂ 고정 기술의 발전을 촉진하고 HCP의 고유한 기능을 활용하기 위한 생각을 자극하는 제안을 제시함.

						였다. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적 (Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: CO2를 효과적으로 포집할 수 있는 과가교 폴리머를 통해 탄소 중립에 기여가능할 것으로 기대함.
			이공계열	고분자공학	저널 논문	②Silver oxide decorated urchin-like microporous organic polymer composites as versatile antibacterial organic coating materials ③ Journal of Materials Chemistry B ④ 12(8), 2054-2069 ⑤ 0 ⑥ 2024 ⑦https://doi.org/10.1039/d3tb02619a
3						□ IF 6.1, SCI 카테고리 중 MATERIALS SCIENCE, BIOMATERIALS 분야에서 상위 19.8%, Q1 □ 업적물의 창의성·혁신성: 코팅 응용 분야에 적합한 향균 복합재인 은 산화물 나노입자와 성게형 고분자의 복합재의 합성법을 제시하였음. 은 산화물 나노입자/성게형 고분자 복합재는 대장균과 황색포도상구균에 대해 높은 향균 효능을 입증하였음. 이 복합재는 뛰어난 가공성과 생물학적 안정성을 가져 다양한 기질에 편하게 적용할 수 있음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적 (Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 생물학 분야에서 향균을 위한 새로운 효과적인 플랫폼을 제시함
1			이공계열	생물전기화학	저널 논문	② Housing of electrosynthetic biofilms using a roll-up carbon veil electrode increases CO2 conversion and faradaic efficiency in microbial electrosynthesis cells ③ Bioresource Technology ④ 393, 130157 ⑤ 0 ⑥ 2023.11 ⑦ doi.org/10.1016/j.biortech.2023.130157 □ IF 9.7, SCI 카테고리 중 AGRICULTURAL ENGINEERING, BIOTECHNOLOGY & APPLIED MICROBIOLOGY, BIOTECHNOLOGY & APPLIED MICROBIOLOGY 분야에서 각각 상위5%, 5.75%, 6.96%, Q1

	업적물의 창의성·혁신성: 기존의 생물전기화학시스템에서 사용되던 전극은 2D형태로 전기활성미생물의 생물막의 밀도를 증가시킬 수 없는 형태를 주로 사용하였음. 이 연구는 롤업 탄소펠트 구조의 전극을 사용함으로써 생물막 밀도를 향상시키고 동시에 유체역학적으로 전단응력으로부터 생물막을 보호하는 혁신적인 접근 방식을 보여줌 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 전극 표면 활용 및 CO2변환 효율증가를 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. 해당 세부전공분야의 기여: 안정적인 생물막 촉진방식에 대해 깊게 연구되었으며 이는 생물전기화학시스템의 생물막 형성을 향상시켜 산업화를 위한 기반연구로서 다양한 분야로의 활용이 기대됨				
			이공계열	생물전기화학	저널 논문 ② Electrodeposited polyaniline on graphite felt (PANI/GF) improves start-up time and acetate productivity of microbial electrosynthesis cell ③ Journal of Power Sources ④ 612,234776 ⑤ 0 ⑥ 2024.08 ⑦ doi.org/10.1016/j.jpowsour.2024.234776
2	IF 13.33, SCI 카테고리 중 ELECTROCHEMISTRY, Electrical and Electronic Engineering, Energy Engineering and Power Technology 분야에서 각각 상위 13.33%, 3.79%, 4.86%, Q1 업적물의 창의성·혁신성: 기존의 미생물 전기합성전지의 타겟물질 생산성 향상을 위해 폴리아닐린을 전극에 도입하였음. 이는 개질하지않은 흑연펠트에 비해 아세테이트 생산 시작시간이 3일단축되었으며, 이러한 연구를 기반으로 아세테이트 생물학적 전환에 대한 시스템 효율성을 높여줌 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 생물전기화학시스템 분야의 인터페이스 엔지니어링을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. 해당 세부전공분야의 기여: 생물화학과 전기화학을 융합한 생물전기화학시스템의 최적화를 통하여 산업적 응용과 기초연구의 격차를 해소하여 CCU기술의 확장성과 효율성에 기여할 것임				
3			이공계열	생물전기화학	저널 논문 ② Progress and Prospects for Applications of Extracellular Electron Transport Mechanism in Environmental Biotechnology

						③ ACS ES and T Engineering ④ 396, 125175 ⑤ 0 ⑥ 2024.06 ⑦ doi.org/10.1021/acsestengg.4c00077
						□ IF 7.4 SCI 카테고리 중 Chemical Engineering (miscellaneous), Process Chemistry and Technology에서 상위 67.86%, 73.53%, 76.92%, 78.42%, Q1 □ 업적물의 창의성·혁신성 : 생물전기화학시스템의 핵심이라고 불리는 전기활성미생물과 전극계면간의 EET메커니즘에 대한 연구에 대한 잠재력 및 발전 방향을 창의적으로 제시함 □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : EET메커니즘을 최적화하는 방안에 대해 탐구하여 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 이 논문은 미생물학, 재료 과학, 화학 공학의 개념을 통합하여 CO2 업사이클링, 녹색 수소 생산 및 전기 발효 분야의 혁신을 촉진하여 확장 가능한 생물전기화학시스템 개발의 기반이 될 것임
			이공계열	고분자공학	저널논문	② Marangoni-Driven Patterning in Polymer Thin Film Supported on Shrinking Substrate for Resolution Enhancement ③ Macromolecular Chemistry and Physics ④ 224, 2300035 ⑤ 0 ⑥ 2023.12 ⑦ doi.org/10.1002/macp.202300035
1						□ IF 2.5, JCR분야 상위 52.7%(2023기준), Q3, Web of Science 기준 3회 인용 (2024.10) □ 업적물의 창의성·혁신성 : 기존의 고해상도 패턴 형성을 위해서는 복잡한 장비나 고가의 인프라를 필요로 함. 본 연구에서는 마랑고니 효과를 활용한 고해상도 패턴 형성 기술을 개발하여, 전통적인 포토리소그래피 공정을 대체할 수 있는 새로운 방법을 제시하였을 뿐만 아니라, 수축 기판을 도입하여 패턴 형성 중 기판이 동시에 수축시켜 패턴 해상도를 크게 개선하였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 소재/공정 응용을 통해 거시적 (Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 본 연구의 마랑고니 효과 및 수축 기판을 활용한 고해상도 패턴 형성 기술은 생체공학, 광학, 전자공학 분야에서의 활용이 기대됨.
2			이공계열	고분자공학	저널논문	② Styrenic Block Copolymer-Based Pressure Sensitive Adhesives without Volatile Compounds Using Organic Eutectic Liquid

					③ ACS Applied Polymer Materials ④ 6, 607 ⑤ 0 ⑥ 2024.01 ⑦ doi.org/10.1021/acsapm.3c02228
					□ IF 4.4, JCR분야 상위 23.9%(2023기준), Q1, Web of Science 기준 1회 인용 (2024.10) □ 업적물의 창의성·혁신성: 기존의 점착제 제조를 위해서는 독성 및 휘발성이 강한 유기용매와 첨가물을 필요로 함. 본 연구에서는 비휘발성 공융액(Eutectic Liquid, EL)을 활용한 점착제 제조 기술을 개발하여, 전통적인 점착제 제조 공정을 대체할 수 있는 새로운 방법을 제시하였을 뿐만 아니라, 유기 용매로 인한 환경 및 인체적 문제를 극복하였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 본 연구의 비휘발성 공융액을 활용한 친환경 기능성 점착제는 감압성 점착제를 필요로 하는 전반적인 산업 분야에서의 친환경적 소재로 활용이 기대됨.
		이공계열	고분자공학	저널 논문	② High-Yield-Stress Particle-Stabilized Emulsion for Form-Factor-Free Thermal Pastes with High Thermal Conductivity, Stability, and Recyclability ③ Advanced Materials Interfaces ④ 11, 2300860 ⑤ 0 ⑥ 2024.2 ⑦ doi.org/10.1002/admi.202300860
3					□ IF 4.3, JCR분야 상위 30.7%(2023기준), Q2, Web of Science 기준 1회 인용 (2024.10) □ 업적물의 창의성·혁신성: 본 연구는 알루미늄 입자로 안정화된 에멀전 방식을 통해 높은 열전도도와 장기적 안정성을 가진 재활용 가능한 방열 페이스트를 개발함. 해당 방식은 기존 단일 액상 매트릭스의 한계를 극복하고, 다양한 적용과 재처리가 용이한 혁신적 접근법을 제시하였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 본 연구에서 개발된 재활용 가능한 고기능성 방열 페이스트는 열 인터페이스 재료 분야에서 전자기기의 열 관리 효율성을 높이고, 지속 가능성을 크게 향상시킬 것으로 기대됨.

1			이공계 열	재 료 공 학	저널 논문	② Room-temperature-processed perovskite solar cell surpassing 24% efficiency
						③ Joule
						④ 8, 7, 2087
						⑤ Hyo Jung Kim
						⑥ 2024.07
						⑦ doi.org/10.1016/j.joule.2024.04.002
						□ IF 38.6, JCR 상위 0.8 %, Q-value Q1, 저널 표지로 선정
						□ 업적물의 창의성·혁신성 : 본 연구는 상온에서 안정적으로 페로브스카이트 박막 형성이 가능한 공정을 개발했고, 이를 통해 기존의 20% 효율에 머물러 있던 광전 변환효율을 세계 최초로 24% 이상으로 획기적으로 향상시킴.(p-i-n 역구조 소자) 매우 창의적으로 혁신적임.
2			이공계 열	재 료 공 학	저널 논문	□ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 유-무기 하이브리드 소자에 대한 연구로 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음.
						□ 해당 세부전공분야의 기여 : 유기소재를 제어하여 유-무기 하이브리드 소자의 특성을 향상시켰고, 특히 차세대 태양전지의 상업화를 위한 소자 효율 향상과 공정 개발에 크게 이바지할 것으로 기대됨.
						② Crystallization dynamics control in perovskite films using alkylamines as additives in a 2-methoxyethanol-based antisolvent free process
						③ Materials Today Energy
						④ 41, 101516
						⑤ Hyo Jung Kim
						⑥ 2024.04
						⑦ doi.org/10.1016/j.mtener.2024.101516
3			이공계	재	저널	□ IF 9.1, Q1
						□ 업적물의 창의성·혁신성 : 본 연구는 항용매를 사용하지 않는 조건에서 새로운 페로브스카이트 박막 제어 기술을 제안하였고 박막의 결정 성장 메커니즘을 규명한 혁신적인 연구임.
						□ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 유-무기 하이브리드 소자에 대한 연구로 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음.
						□ 해당 세부전공분야의 기여 : 항용매를 사용하지 않는 조건에서 고품질 페로브스카이트 태양전지 박막을 구현하여 차세대 태양전지의 상업화를 위한 소자 효율 향상과 공정 개발에 크게 이바지할 것으로 기대됨.

		열	료 공 학	논문	② Methylammonium Nitrate- Mediated Crystal Growth and Defect Passivation in Lead Halide Perovskite Solar Cells
					③ ACS Energy Letters
					④ 9, 5, 2137
					⑤ Hyo Jung Kim
					⑥ 2024.04
					⑦ doi.org/10.1021/acsenergylett.4c00154
					□ IF 19.3, Q1 □ 업적물의 창의성·혁신성 : 본 연구는 Methylammonium Nitrate 물질을 이용하여 페로브스카이트의 defect를 감소시키고 결정의 우수한 방향으로의 성장을 유도하여 광-전류 변환효율을 향상시킨 혁신적인 연구임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 유-무기 하이브리드 소자에 대한 연구로 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : Methylammonium Nitrate로 고품질 페로브스카이트 태양전지 박막을 구현하여 차세대 태양전지의 효율 향상에 크게 이바지할 것으로 기대됨.
	이공계열	응용 화학	저널 논문	② Photocurable allyl viologens exhibiting RGB-to-black electrochromic switching for versatile heat-shielding capability	
				③ Solar Energy Materials and Solar Cell	
				④ 263, 112579	
				⑤ 0	
				⑥ 2023.12	
				⑦ doi.org/10.1016/j.solmat.2023.112579	
				□ IF 6.3, JCR분야 상위 29.41%(2023기준), Q2, Web of Science 인용횟수 8 □ 업적물의 창의성·혁신성 : 기존의 비올로겐 기반 전기변색 소자에서 구현하기 어려웠던 넓은 색 영역을 제공하는 세 가지의 광경화성 비올로겐 유도체를 설계 및 신규 합성하여 각각의 전기변색 소자가 RGB 색을 구현할 수 있으며 감산혼합 이론에 따른 RGB 혼합을 통해 검정색을 구현하는 혁신적인 소자를 개발함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 응용화학 분야에 이론적 접근을 융합하여 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 넓은 스펙트럼 영역에서 우수한 흡수도를 나타내는 전기변색소자는 내부 온도를 효과적으로 낮추는 뛰어난 열 차단 성능을 보여 에너지 절약형 창문 및 열 차단 필름으로서의 응용 가능성을 보여줌.	
	이공계열	응용	저널		

				화학	논문	② Visible to near-infrared broadband electrochromic switching of π -extended viologen exhibiting highly efficient photothermal conversion
						③ Chemical Engineering Journal
						④ 480, 148191
						⑤ 0
						⑥ 2024.01
						⑦ doi.org/10.1016/j.cej.2023.148191
						□ IF 13.3, JCR분야 상위 4.11%(2023기준), Q1, Web of Science 인용횟수 3 □ 업적물의 창의성·혁신성 : 새로운 π-extended 비올로겐 분자를 개발하여 낮은 작동 전압에서 매우 진한 검정색 변색을 나타내고, 가시광선 영역에서 흡수 성능이 높은 기존 전기변색소재와는 달리 높은 전압에서는 근적외선 II 영역에서 뛰어난 흡수 성능을 나타내는 혁신적인 전기변색소재를 개발함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 전기변색 분야에 광열전환 효과를 융합하여 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 강력한 근적외선 영역의 흡수를 통해 빛 에너지를 열로 전환하는 광열 히터와 전기변색성능을 동시에 보유하는 전기변색소자를 개발하여 에너지감축창문으로서 응용될 수 있음.
3			이공계열	응용화학	저널논문	② Stretchable interconnected modular electrochromic devices enabled by self-healing, self-adhesive, and ion-conducting polymer electrolyte
						③ Chemical Engineering Journal
						④ 494, 153107
						⑤ 0
						⑥ 2024.08
						⑦ doi.org/10.1016/j.cej.2024.153107
						□ IF 13.3, JCR분야 상위 4.11%(2023기준), Q1, Web of Science 인용횟수 1 □ 업적물의 창의성·혁신성 : 4중 수소 결합, 이온 전도성 이미다졸 및 에틸렌 글리콜 사슬을 조합하여 뛰어난 이온 전도성, 자가 복구 성능, 솔루션 공정 가능성, 자가 접착성 등의 성능을 가지는 혁신적인 전해질 재료를 신규 개발함. 특히 자가 복구 성능 및 신축성을 가지는 폴리머를 개발하여 전기변색 소자를 제작하였다는 점에서 이 연구는 매우 혁신적임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 전기화학 분야와 고분자 소재의 융합을 통해 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부 전공 분야의 기여 : 본 연구에서 신규 개발한 자가 복구 성능 및 신축성을 가지는 다기능성 고분자는 늘어날 수 있는 전기 변색 소자 및 패턴 스위칭 (pattern-switching) 소자의 소재로서 향후 널리 활용될 것으로 전망됨.

			이공계열	고분자성, 중합기술	저널 논문
					② Partially sulfonated polystyrenes: A new gypsum superplasticizer
					③ Construction and Building Materials
					④ 418, 135297
					⑤ 0
					⑥ 2024.03
					⑦ doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135297
1					□ IF 7.4, SCI(E) 카테고리 중 ENGINEERING 분야에서 상위 3.31%, Q1, Web of Science 기준 1회 인용 □ 실적의 창의성·혁신성 : 석고에 감수제로서 적용될 수 있는 부분적으로 설폰화된 폴리스타이렌을 개발하고, 그 특성을 처음으로 밝혔음. 먼저, 소수성 부분의 효과가 감수제로서의 물성에 어떻게 영향을 미치는지 메커니즘에 대해 연구하였음. 또한, 고분자 사슬 내에 포함된 소수성 구조에 의해 석고 제품의 표면 소수성 극대화를 동시에 구현이 가능함을 밝힘. 해당 논문은 두 가지 특성 (감수제로서의 물성과 방수제로서의 특성)을 함께 보이는 석고보드용 감수제를 구현하고, 작동 메커니즘을 밝혔다는 점에서 기존에 보고된 적 없는 독창적인 연구임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 고분자와 건축재료의 특성을 함께 고려하고 이를 융합하여 독창적인 재료 및 물성을 만들어 냈다는 점에서 소재/환경/응용의 연결 및 융합을 통한 멀티스케일 융합 화공 인재 양성 비전에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 연구된 컨셉과 특성은 기존의 친수성 고분자에 국한되어 있던 감수제 분야에 새로운 디자인과 특성을 제시하며, 나아가 다기능성 감수제의 가능성을 열어줄 것으로 기대됨.
			이공계열	고분자성, 중합기술	저널 논문
					② Characteristics of novel cycloaliphatic epoxides based on UV-induced cationic ring-opening polymerization for plastic coatings
					③ Progress in Organic Coatings
					④ 188, 108202
					⑤ 0
					⑥ 2024.03
					⑦ doi.org/10.1016/j.porgcoat.2023.108202
2					□ IF 6.5, SCI(E) 카테고리 중 MATERIALS SCIENCE, COATINGS & FILMS 분야에서 상위 8.7%, Q1, Web of Science 기준 1회 인용 □ 업적물의 창의성·혁신성: 전형적인 양이온 개환중합을 통한 코팅 필름은 고리지방족 에폭시로 인해 부서지기 쉽기 때문에 플라스틱 코팅에 적합하지 않다. 벤질 에테르를 함유하는 고리 지방족 에폭시 단량체를 사용한 삼원 코팅 시스템은 높은 광반응성, 조밀한 가교밀도, 외관이 투명하고 접착력과 기계적 성질이 강화되어 유리대체 플라스틱 코팅에 적합하다

	□ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 벤질 에테르를 함유하는 고리 지방족 에폭시 단량체를 사용한 삼원 코팅 시스템은 유리 대체 플라스틱 코팅의 다양한 분야에 활용이 기대됨.					
			이공계열	고분자 합성 기술	저널 논문	② Visible-Light-Driven rapid 3D printing of Photoresponsive resins for optically clear multifunctional 3D objects ③ ADVANCED MATERIALS ④ 36, 2311917 ⑤ 0 ⑥ 2024.05 ⑦ doi.org/10.1002/adma.202311917
3	□ IF 27.4, SCI(E) 카테고리 중 CHEMISTRY분야에서 상위 2.17%, Q1, Web of Science 기준 6회 인용 □ 업적물의 창의성·혁신성: 빛을 이용한 3D 프린팅은 적층 제조의 제작 속도와 고 해상도의 뛰어난 성능으로 주목받고 있다. 하지만, 다기능 광중합, 광반응성으로 확장하면 재료는 빛 감쇠 및 간섭과 같은 문제를 야기한다. 본 연구는 새로운 가시광선 기술로 광학적으로 투명한 제품을 만들기 위한 다기능 소재 3D 프린팅 기술을 개발함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 본 연구는 차세대 스마트 3D 프린팅 기술 개발을 위한 로드맵이 될 것을 기대함.					
1			이공계열	고분 자재 료	저널 논문	② Effective Impregnation of ε-Caprolactam with Polyamide 6 Oligomer in Thermoplastic Resin Transfer Molding ③ Fibers and Polymers ④ 25(2), 447 ⑤ 1 ⑥ 2024.01 ⑦ doi.org/10.1007/s12221-023-00449-5
	□ IF 2.2 SCI 카테고리 중 MATERIALS SCIENCE, TEXTILES 분야에서 상위 24.14%, Q1, web of science 36회 인용 (2024.10) □ 업적물의 창의성 및 혁신성 : 섬유강화복합재료를 제작 시 발생하는 빠른 함침 속도 문제를 해결하기 위해 PA6 올리고머를 활용하여 점도를 최적화 하였음. 이를 통해 공정 및 성형성을 개선하여 공극 함량을 최소화함과 동시에 기계적 성능을 향상시켜, 기존 공정의 한계를 극복함.					

	□ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : MICE 교육연구단이 목표로 하는 거시적, 미시적, 분자적 수준에서의 통합적 접근법을 통해 공정을 개선하는 방안을 제시하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 섬유강화복합재료의 제조 공정에서 함침 속도 조절과 공극 함량 최소화를 통해 공정의 성능을 향상시킴					
			이공계열	고분 소재 료	저널 논문	② Hollow glass microsphere/polydopamine/glass fiber reinforced composites with high thermal insulation performance by inhibiting conductive and radiative heat transfer ③ Composites Part A - Applied Science and Manufacturing ④ 179, 108041 ⑤ 0 ⑥ 2024.04 ⑦ doi.org/10.1016/j.compositesa.2024.108041
2	□ IF: 8.1, SCI 카테고리 중 ENGINEERING, MANUFACTURING 분야에서 상위 11.76%, Q1, Web of Science 기준 6회 인용 (2024.10) □ 업적물의 창의성 및 혁신성 : 기존의 액체수소용기의 지지체는 열전도율이 높은 금속 소재로 제작이 되어 극저온 환경의 유지하는데 불리함. 본 연구에서는 금속이 아닌 유리섬유 복합재료에 중공형 단열 유리 입자를 복합화하여 기계적 물성이 우수하며 열전도도까지 낮은 지지체 소재를 개발하였음. 특히, 홍합 접착 단백질에서 유래한 폴리도파민 표면 처리를 통하여 우수한 성형성, 기계적 물성, 단열 성능 및 난연 성능을 모두 개선하는데 성공함 □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 소재/공정 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자 수준(Molecular), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융 복합 연구를 개발함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 신규 개발된 단열 소재는 액체 수소 저장, 건축 공학(스마트 유리) 등 다양한 산업 분야에 쉽게 연착륙 될 수 있음.					
3			이공계열	고분 소재 료	저널 논문	② EPDM rubber-reinforced PA6/EVOH composite with enhanced gas barrier properties and injection moldability for hydrogen tank liner ③ Fibers and Polymers ④ 25,2327 ⑤ 0 ⑥ 2024.05 ⑦ doi.org/10.1007/s12221-024-00594-5
	□ IF 2.2 SCI 카테고리 중 MATERIALS SCIENCE, TEXTILES 분야에서 상위 24.14%, Q1, Web of science 0회 인용 (2024.10) □ 업적물의 창의성 및 혁신성 : PA6, EVOH, EPDM을 사용하여 수소 탱크 라이너의					

	가스 차단 성능과 기계적 물성을 개선한 구체적인 해결책을 제시함. EPDM을 추가함으로써 기계적 성능을 유지하면서 성형성을 개선했고, EVOH의 특성을 활용해 가스 투과율을 줄임. 이러한 성과는 기존의 수소 탱크 라이너의 한계를 보완하고, 수소 에너지 저장 기술의 효율성을 높이는데 기여함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자 수준(Molecular)에서의 통합적 이해를 바탕으로 다양한 스케일에서 복합재료를 설계하고 분석하였음 □ 해당 세부전공분야의 기여 : 고분자 복합재료 및 수소 에너지 저장 분야에서 가스 배리어 성능 향상을 위한 구체적인 응용 가능성을 입증함.					
1			이공계열	고분자공학	저널 논문	② Rapid and spatially programmed electrostatic actuation of anisotropic polymers
						③ Chemical Engineering Journal
						④ 475, 146237
						⑤ 0
						⑥ 202311
						⑦ doi.org/10.1016/j.cej.2023.146237
	□ IF 13.3, SCI 카테고리 중 Chemical Engineering Journal 분야에서 상위 3.7%, Q1, Web of Science 기준 1회 인용(2024.10) □ 업적물의 창의성·혁신성: 액정엘라스토머에서 빠른 작동과 높은 자유도(DOF)를 달성하여 정전기력으로 25Hz의 빠른 구동을 보였으며, 이에 대한 증명으로 팽압 레터, 키리가미 등에 영향을 받은 스프링, 동적 세그먼트 장치 등 다양한 기능적 액추에이터를 시연하였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 고분자 분야인 액정엘라스토머에 정전기적 구동을 적용하여 전기·전자공학 분야와의 협업을 통해 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 액정엘라스토머의 정전기적 구동을 통해 액정엘라스토머의 신기능성 발현 및 다양한 분야에서 적용 가능한 새로운 액추에이터로서의 개발에 크게 이바지할 것으로 기대됨					
2			이공계열	고분자공학	저널 논문	② Direct-Ink-Written Cholesteric Liquid Crystal Elastomer with Programmable Mechanochromic Response
						③ Advanced Functional Materials
						④ 34(10), 2471156
						⑤ 0
						⑥ 2024.03
						⑦ doi.org/10.1002/adfm.202310658
	□ IF 18.5, SCI 카테고리 중 CHEMISTRY, MULTIDISCIPLINARY 분야에서 상위 4.35%, Q1, Web of Science 기준 14회 인용(2024.10)					

					□ 업적물의 창의성 · 혁신성: 기울어진 나선축을 가진 콜레스테릭 액정 엘라스토머를 3D 프린팅(DIW)을 이용하여 압출하여 광중합하는 방식을 이용해 콜레스테릭 액정 엘라스토머 필름을 제작하고, 기울어진 나선축에 의해 나타나는 색 변화를 관찰하는 연구를 진행함. 또한 신축에 의한 기계적 변색으로 나타나는 색 변화를 관찰하고 연구하였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재의 광학적 특성을 이용하여 다양한 응용 가능성을 보이며 멀티 스케일 융합 화공 인재 양성 비전에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여: 이방성 기계 변색을 활용하여 암호화, 위조 방지 및 구조 건강 모니터링에 상당한 응용 잠재력을 가진 복잡한 색상 패턴을 표시하는 고유한 콜레스테릭 액정 엘라스토머 기반 스트레인 센서를 개발에 기여할 수 있음.	
3			이공계열	고분자공학	저널 논문	② Stretchable interconnected modular electrochromic devices enabled by self-healing, self-adhesive, and ion-conducting polymer electrolyte ③ Chemical Engineering Journal ④ 494, 153107 ⑤ 0 ⑥ 2024.08 ⑦ doi.org/10.1016/j.ccej.2024.153107
						□ IF 13.3, SCI 카테고리 중 Chemical Engineering Journal 분야에서 상위 3.7%, Q1, Web of Science 기준 2회 인용(2024.10) □ 업적물의 창의성 · 혁신성: 4중 수소 결합과 고분자 이온 액체를 지닌 터폴리머를 합성하였고 이를 분석하여 높은 신축성과 이온전도성, 접착성, 자가치유특성을 확인하는 연구를 진행함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 고분자와 전기 변색 특징의 융합하여 다양한 응용 가능성을 보이며 멀티 스케일 융합 화공 인재 양성 비전에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여: 상호 연결된 유연한 전기변색 장치를 통해 성능 손실 없이 대면적 디스플레이를 구현할 수 있는 가능성을 보임.
1			이공계열		저널 논문	② Simultaneous enhancement of lipid biosynthesis and solvent extraction of chlorella using aminoclay ③ Bioresource Technology ④ 384, 129314 ⑤ 0 ⑥ 2023. 09

					⑦ doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129314
					□ IF 9.7, SCI(E) 상위 5%, Q1, google scholar 기준 1회 인용(2024.10) □ 업적물의 창의성·혁신성: 아미노클레이를 활용하여 <i>Chlorella</i>의 지질 생합성과 용매 추출과정을 동시에 개선하는 혁신적인 접근방식을 제안함. 지속 가능한 바이오연료의 생산의 문제를 해결할 수 있으며, 지질생산과 추출효율을 동시에 높이는 창의적인 해결방법을 제시함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 화학분야에서 지속가능한 바이오연료 생산이라는 산업적 문제를 해결하는데 기여함. 화학물질을 미생물배양에 접목할 뿐만 아니라 생산과 추출을 동시에 개선한다는 점에서 멀티스케일 융합 화공인재 양성이라는 비전에 부합하고, 효율적인 자원 활용을 통한 산업 발전에 기여 가능한 화공인재를 양성하는 교육목표를 반영함. □ 해당 세부전공분야의 기여: 바이오연료 생산 공정 개선에 기여함. 특히 이중기능을 수행하는 아미노클레이의 사용으로 미세조류 기반 바이오매스의 효율적 활용 및 산업화 가능성을 높임.
			이공계열	저널 논문	② Rapid Induction of Astaxanthin in <i>Haematococcus lacustris</i> by Mild Electric Stimulation ③ Applied Sciences-basel ④ 13(23), 12959 ⑤ 0 ⑥ 2023.12 ⑦ doi.org/10.3390/app132312959
2					□ IF 2.5, SCI(E) JCR 상위 24,5%, Q1, google scholar 기준 2회 인용(2024.10) □ 업적물의 창의성·혁신성: 양한 전기 자극을 통해 <i>Haematococcus lacustris</i>에서 아스타잔틴 생합성을 빠르게 유도하는 방법을 연구함. 전기 자극을 이용한 생화학적 변화를 유도하고, 고부가가치 물질인 항산화색소를 빠르고 효과적으로 생산할 수 있는 혁신적인 기술을 제시함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 약한 전기 자극을 활용함으로써 화학 및 생물학적 과정을 융합하여 지속가능한 물질 생산을 모색함으로써 멀티스케일 융합 화공인재 양성 비전과 부합함. 전기적 자극을 이용한 아스타잔틴 생산성 향상을 탐구하여, 생물 기반 고부가가치 산물을 개발할 수 있는 능력을 가진 인재를 양성하는 교육목표에 기여. □ 해당 세부전공분야의 기여: 미생물 및 전기화학적 융합의 연구로, 미세조류 기반 바이오리파이너리에서 전기 자극을 활용한 고효율 항산화색소 생산이라는 새로운 접근을 개척하여, 미세조류 공정 분야에 중요한 기여를 함.
3			이공계열	저널 논문	

					② Preparation of two-dimensional Fe₃O₄ nanodisks and nanosheets transformed from α-Fe₃O₄ analogues and their applications in magnetic field-assisted microalgal harvesting biorefinery process ③ ACS Sustainable chemistry & Engineering ④ 12(5), 2018-2027 ⑤ 0 ⑥ 2024. 02 ⑦ doi.org/10.1021/acssuschemeng.3c06774
					□ IF 7.1, SCI(E) JCR 상위 12.35%, Q1 □ 업적물의 창의성·혁신성: 2차원 Fe₃O₄ 나노디스크 및 나노시트를 α-Fe₃O₄ 유사체로부터 변형하여 제조하고, 이를 자기장 보조 미세조류 수확 바이오리파이너리 공정에 적용한 혁신적인 연구. 자기장을 이용하여 미세조류 수확의 효율성을 높이는 동시에 나노소재를 활용한 친환경 공정 개발을 제시함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 나노소재와 미세조류 수확 공정을 결합하여 환경 친화적인 바이오리파이너리 공정을 개발함으로써 화학공학과 소재 융합 연구의 가능성을 넓힘. 멀티스케일 융합 화공인재 양성이라는 비전과, 지능적이고 융합적인 공정 개발을 통한 국가 및 지역 산업 발전을 이끄는 인재 양성의 교육 목표에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여: 미생물 분야 및 나노소재 분야에서 나노물질과 자기장을 활용한 미세조류 수확 기술은 바이오리파이너리 효율을 크게 높이는 중요한 기여함. 특히, 친환경적인 바이오매스 활용 기술을 개발하여 두 분야의 학문적 발전을 도모
1		이공계열	에너지소재 및 기능성 유기소재	저널 논문	② Ion trap and release dynamics enables non-intrusive tactile augmentation in monolithic sensory neuron ③ Science Advances ④ 9(42), eadi3827 ⑤ 0 ⑥ 2023 ⑦ doi.org/10.1126/sciadv.adi3827
					□ IF 13.6, SCI 카테고리 중 MULTIDISCIPLINARY SCIENCES 분야에서 상위 9.59%, Q1, FWCI = 1.98, Web of Science 기준 7회 인용(2024.11) □ 업적물의 창의성·혁신성: NeuroMAT 시스템은 이온트로닉 기반 인공 촉각 신경의 약한 촉각 기억과 복잡한 구조 문제를 해결하기 위해 개발된 신경 영감을 받은 일체형 인공 촉각 뉴런임. 이온 포획 및 방출 동력학(iTRD)을 활용하여, iTRD-이온젤에 포획된 이온을 기계적 자극 시 방출함으로써 전압 자극 하에서만 시냅스 기억 신호를 생성하였음. NeuroMAT을 인간형 로봇 손 시스템에 통합한 결과,

	NeuroMAT의 강력한 촉각 기억이 로봇 손이 일관되고 신뢰할 수 있는 그립 동작을 수행하도록 지원하여 인간의 기억 기반 움직임을 모방이 가능하게 함.				
	□ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 이온트로닉 기반의 인공 촉각 신경 소재 분야로 향후 로봇 공학 등의 다양한 분야에의 활용이 기대됨.				
2			이공계열	에너지소재 및 기능성 유기소재	저널 논문 ② Molecular engineering of N-rich ZIF-integrated graphene composite interface for efficient physiochemical confinement and catalytic conversion of polysulfides in lithium-sulfur batteries ③ Composites Part B: Engineering ④ 267, 111050 ⑤ 1 ⑥ 2023 ⑦ doi.org/10.1016/j.compositesb.2023.111050
	□ IF 13.1, SCI 카테고리 중 ENGINEERING, MULTIDISCIPLINARY 분야에서 상위 1.11%, Q1, FWCI = 1.45, Web of Science 기준 4회 인용(2024.11) □ 업적물의 창의성·혁신성: 리튬황전지 성능저하의 주요 원인인 폴리설파이드 셔틀 현상 억제를 위해 금속-유기 골격체 및 Graphene 복합체를 제조하고 이를 전기화학 촉매로 활용하여 리튬황전지의 성능을 개선함. 금속-유기 골격체의 개질 및 복합체의 미세구조 형성 메커니즘 분석을 통해 제조된 복합체의 물성을 제어하고 폴리설파이드와의 물리·화학적 상호작용을 극대화하였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 차세대 에너지 소재로써 고에너지 특성을 만족하는 이차전지 연구 분야에 활용이 기대됨.				
3			이공계열	에너지소재 및 기능성 유기소재	저널 논문 ② Liquid-metal-based three-dimensional microelectrode arrays integrated with implantable ultrathin retinal prosthesis for vision restoration ③ Nature Nanotechnology

			소재		④ 19, 688
					⑤ 0
					⑥ 2024
					⑦ doi.org/10.1038/s41565-023-01587-w
					□ IF 38.3, SCI 카테고리 중 MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY 분야에서 상위 1.45%, Q1, FWCI = 2.56, Web of Science 기준 12회 인용(2024.11) □ 업적물의 창의성·혁신성: 초박형 광감지 트랜지스터와 갈륨-인듐 합금의 3D 자극 전극을 통합한 인공 망막 개발 연구를 수행하여, AI 기반의 신경 반응 분석은 망막 자극의 정확성과 선택성을 크게 향상시켜 특정 신경 세포에만 자극을 전달함으로써 부작용을 최소화하고 보다 자연스러운 시각 회복을 가능하게 함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준(Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 액체 금속 기반의 3차원 마이크로 전극 배열을 초박형 인공 망막 보철물과 결합하여 시각 회복(vision restoration)을 시도한 연구로 시각 보철 기술에서 AI 기반 분석의 중요성을 입증하며, 개인 맞춤형 인공 망막 개발의 가능성을 한층 높였음.
1		이공계열	공정 시스템공학	저널 논문	② Systems design and techno-economic analysis of a novel cryogenic carbon capture process integrated with an air separation unit for autothermal reforming blue hydrogen production system
					③ Journal of Cleaner Production
					④ 457, 142341
					⑤ 0
					⑥ 2024.06
					⑦ doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142341
					□ IF 9.7, SCI 카테고리 중 ENVIRONMENTAL SCIENCES 분야에서 상위 6.7%, Q1, Google Scholar 기준 5회 인용(2024.10) □ 실적의 창의성·혁신성: 본 연구는 자열 개질(ATR) 공정과 공기 분리 장치(ASU)를 통합하여 블루 수소 생산 시스템에서 혁신적인 극저온 탄소 포집 공정을 제안함. ASU에서 발생하는 냉각 에너지를 활용하여 CO2를 고체 상태로 포집하고, 기존 흡수 기반 탄소 포집 공정 대비 36.4%의 에너지 절감 및 11%의 수소 생산 단가 감소를 달성하였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 본 연구는 교육연구단의 융합적 연구 목표와 부합하며, 지속 가능한 저탄소 에너지 시스템을 위한 융합적 접근을 통해 국제적 경쟁력을 높임. □ 해당 세부 전공 분야의 기여: 본 연구는 블루 수소 생산 공정에서 효율적인 극저온 탄소 포집 기술을 적용하여 탄소 배출 저감 및 지속 가능한 에너지 전환에 기여할 것으로 기대됨.

			이공계열	공정시스템공학	저널 논문	② Carbon utilization in natural gas-based hydrogen production via carbon dioxide electrolysis: Towards cost-competitive clean hydrogen
						③ Energy Conversion and Management
						④ 314, 118719
						⑤ 0
						⑥ 2024.08
						⑦ doi.org/10.1016/j.enconman.2024.118719
						2 □ IF 9.9, SCI 카테고리 중 MECHANICS 분야에서 상위 1.76%, Q1, Google Scholar 기준 2회 인용(2024.10.) □ 실적의 창의성·혁신성: 본 연구는 천연가스 기반 수소 생산에서 이산화탄소 전해를 활용하여 탄소 배출을 줄이고 수소 생산 효율을 높이는 하이브리드 시스템을 제안함. 전기 분해로 생성된 CO는 추가 수소 생산에 사용되며, 기존 블루 수소 생산 대비 에너지 효율을 22.2% 개선하고, 수소 생산 비용을 12% 절감했으며, 탄소 배출량은 82% 감소하였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 이 연구는 멀티스케일 융합 화공 인재 양성 비전과 부합하며, 지속 가능한 저탄소 수소 생산을 위한 융합적 접근을 통해 국제적 파급력을 강화함. □ 해당 세부 전공 분야의 기여: 천연가스 기반 블루 수소 생산에 CO2 전해 기술을 통합하여 저비용 청정 수소 생산 가능성을 열고, 수소 경제 전환에 기여할 것으로 기대됨.
			이공계열	공정시스템공학	저널 논문	② Liquid hydrogen cold energy recovery to enhance sustainability: Optimal design of dual-stage power generation cycles
						③ Energy
						④ 284, 129229
						⑤ 0
						⑥ 2023.12
						⑦ doi.org/10.1016/j.energy.2023.129229
						3 □ IF 9, SCI 카테고리 중 THERMODYNAMICS 분야에서 상위 3.95%, Q1, Google Scholar 기준 5회 인용(2024.10.) □ 실적의 창의성·혁신성: 본 연구는 액화 수소(LH2)의 저온 에너지를 회수하여 지속 가능성을 증대시키기 위해 Brayton 사이클과 Rankine 사이클을 결합한 3개의 발전 공정을 설계 및 최적화하여 제안함. 이를 통해 액화 수소 재기화 과정에서 발생하는 저온 에너지를 효과적으로 회수함으로써, 탄소 배출을 6.19%까지 감소시키는 결과를 얻었으며, 이 연구는 저탄소 수소 공급망의 경제적 효율성을 높이는 데 중요한 기여를 하였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 연구는 멀티스케일 융합 화공 인재 양성을 위한 교육연구단의 비전과 목표에 부합하며, 특히 융합 및 파급을 통해 지속 가능한 화공 융합 연구에 기여하고 있음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 이 연구는 저에너지, 고효율 발전 공정을 설계하여

					지속 가능한 수소 에너지 시스템 구축에 기여할 뿐만 아니라, 액화 수소 공급망에서의 에너지 회수 기술 발전에 중요한 역할을 할 것으로 기대됨.
			이공계열	유기 소재 시스 템공 학	저널논 문
					② Wet spinning of multi-walled carbon nanotube fibers
					③ Carbon
					④ 216, 118532
					⑤ 0
					⑥ 2024.01
					⑦ doi.org/10.1016/j.carbon.2023.118532
1					□ IF 10.5, JCR분야 상위 11.42%(2023기준), Q1, Web of Science 인용횟수 8 □ 실적의 창의성·혁신성: 탄소나노튜브의 상용화는 현재 대량 생산이 가능한 다중벽 탄소나노튜브 (multi-walled carbon nanotube)를 사용함으로써 공정 비용을 획기적으로 줄일 수 있음. 하지만 현재까지 다중벽 탄소나노튜브를 활용한 용액 공정은 낮은 탄소나노튜브 분산 농도에 의해 용액 공정 적용에 있어 제약이 컸음. 이번 연구는 계면활성제 기반 다중벽 탄소나노튜브 용액을 Colloidal Science의 depletion induced attraction force를 이해하고 활용함으로써 고농도로 달성할 수 있었고, 그 결과 세계 최초로 계면활성제 기반 다중벽 탄소나노튜브 용액을 통한 습식 방사 섬유를 방사할 수 있었음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 세계 최초의 다중벽 탄소나노튜브의 습식 방사 섬유를 성공적으로 개발함으로써 화학 및 소재 응용 분야에서의 미래 산업을 선점하고 이끌어갈 수 있는 경쟁력을 확보하여 교육 연구단의 비전과 부합하며, 탄소나노튜브 섬유를 활용한 다양한 방향성과 응용능력을 펼칠 수 있는 멀티스케일 융합 화공인재를 양성하는 기회가 되었음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 낮은 가격의 다중벽 탄소나노튜브의 섬유화가 가능해짐으로써 탄소나노튜브라는 재료의 상용화에 한걸음 다가갈 수 있었고, 그로 인해서 탄소나노튜브 섬유를 활용한 다양한 응용 및 복합 재료 분야에 적용할 기회를 열 수 있었음.
			이공계열	유기 소재 시스 템공 학	저널논 문
					② Coagulation engineering of surfactant-based wet spinning of carbon nanotube fibers
					③ Carbon Letters
					④ 34, 1803
					⑤ 0
					⑥ 2024.04
					⑦ doi.org/10.1007/s42823-024-00735-z
2					□ IF 5.5, JCR분야 상위 26.52%(2023기준), Q2, Web of Science 인용횟수 1 □ 실적의 창의성·혁신성: 계면활성제 기반 습식 방사법을 이용한 탄소 나노튜브 섬유(Carbon nanotube fiber) 대량 생산에서 응고 욕 성분의 역할을 체계적으로

	분석한 연구로, 기존의 초산 기반 방식이 가진 위험성과 제한성을 극복하며 친환경적이고 비용 효율적인 방법으로 대량 생산을 위한 실질적인 해결책을 제시함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 멀티스케일 융합을 통한 새로운 화학공학 인재 양성의 길이 열렸고, 탄소 나노튜브 섬유를 활용한 다양한 혁신적 응용 방안을 제시할 수 있는 역량을 지닌 인재양성에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 계면활성제 기반 습식 방사법을 통해 CNTF의 대량 생산 가능성을 확장한 점과 CNTF 생산 공정의 최적화 및 상업화에 중요한 기여를 함.					
			이공계열	유기 소재 시스 템공 학	저널논 문	② Data analytics approach to evaluating the impact of acetylene and ethylene precursors on the crystallinity of carbon nanotubes synthesized in a fluidized bed reactor ③ Carbon Letters ④ ⑤ 0 ⑥ 2024.07 ⑦ doi.org/10.1007/s42823-024-00782-6
3	□ IF 5.5, JCR분야 상위 26.52%(2023기준), Q2, Web of Science 인용횟수 0 □ 실적의 창의성·혁신성: 데이터 분석을 활용하여 아세틸렌과 에틸렌 전구체가 유동층 반응기에서 합성된 탄소 나노튜브(CNT)의 결정성에 미치는 영향을 체계적으로 평가한 연구로 데이터 분석 기법, 특히 베이지안 최적화를 도입하여 전구체의 영향을 정량적으로 평가하고, 기존 연구에서 간과된 상호작용 효과를 철저히 검증한 점에 연구의 창의성과 혁신성이 있음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 멀티스케일 융합 화공 인재 양성과 부합하며, 다양한 방향성과 응용 능력을 갖춘 인재 양성 목표를 충족함. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 아세틸렌과 에틸렌 전구체가 탄소 나노튜브(CNT)의 결정성에 미치는 영향을 데이터 분석 기법을 통해 체계적으로 평가함으로써, 전구체 선택이 CNT 합성에 미치는 영향을 정량적으로 규명하는 데 기여함.					
1			이공계열	에너지 저장 장치	저널 논문	② A Multifunctional Interlocked Binder with Synergistic In Situ Covalent and Hydrogen Bonding for High-Performance Si Anode in Li-ion Batteries ③ ADVANCED SCIENCE ④ 10(30), 2302144 ⑤ 0 ⑥ 2023.10 ⑦ doi.org/10.1002/adv.202302144
	□ IF 14.3, SCI 카테고리 중 CHEMISTRY, MULTIDISCIPLINARY 분야에서 상위					

					7.6%(2023기준), Q1 Web of Science 인용횟수 17						
					□ 업적물의 창의성·혁신성: 기존 리튬이온 배터리의 실리콘 음극은 사이클 중 부피 팽창으로 인한 전기적 접촉 손실 문제가 있었음. 본 연구에서는 다기능 thiourea polymer network (TUPN) 바인더를 설계하여 실리콘 음극의 구조적 무결성을 유지하면서도 우수한 인장 강도와 신장성을 동시에 확보함. 특히, TUPN 바인더는 thiourea, oligoether, isocyanurate의 수소 결합을 통해 계면 안정성을 강화하고, 리튬 이온 이동 및 전해질 젖음성을 향상시킴으로써 실리콘 음극의 성능을 극대화하는 혁신적인 접근법을 제시하였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 본 연구는 실리콘 음극 바인더의 구조적 개선을 통해 소재의 안정성과 성능을 동시에 향상시키며, 3M 멀티스케일 융복합 연구를 통해 차세대 에너지 저장 기술을 선도할 인재를 양성하는 데 기여함. □ 해당 세부전공분야의 기여: 본 연구에서 제안된 TUPN 바인더는 실리콘 음극의 장기적인 사이클 안정성을 크게 개선하여, 고성능 리튬이온 배터리 개발에 중요한 기여를 하였음. 이 연구는 실리콘 음극의 상업적 적용 가능성을 높여 차세대 배터리 산업의 발전에 기여할 것으로 기대됨.						
2		이공계열	에너지 저장 장치	저널 논문	<table><tr><td>② Molecular engineering of N-rich ZIF-integrated graphene composite interface for efficient physiochemical confinement and catalytic conversion of polysulfides in lithium-sulfur batteries</td></tr><tr><td>③ Composites Part B: Engineering</td></tr><tr><td>④ 267, 111050</td></tr><tr><td>⑤ 0</td></tr><tr><td>⑥ 2023.12</td></tr><tr><td>⑦ doi.org/10.1016/j.compositesb.2023.111050</td></tr></table>	② Molecular engineering of N-rich ZIF-integrated graphene composite interface for efficient physiochemical confinement and catalytic conversion of polysulfides in lithium-sulfur batteries	③ Composites Part B: Engineering	④ 267, 111050	⑤ 0	⑥ 2023.12	⑦ doi.org/10.1016/j.compositesb.2023.111050
② Molecular engineering of N-rich ZIF-integrated graphene composite interface for efficient physiochemical confinement and catalytic conversion of polysulfides in lithium-sulfur batteries											
③ Composites Part B: Engineering											
④ 267, 111050											
⑤ 0											
⑥ 2023.12											
⑦ doi.org/10.1016/j.compositesb.2023.111050											
					□ IF 12.7, SCI 카테고리 중 ENGINEERING, MULTIDISCIPLINARY 분야에서 상위 0.3%(2023기준), Q1, Web of Science 인용횟수 4 □ 업적물의 창의성·혁신성: 본 연구는 리튬-황 전지의 전기화학적 성능 개선을 목표로 하여, N이 풍부한 ZIF와 그래핀 복합체를 설계하고, 이를 기능성 분리막으로 활용하여 리튬-황 전지의 성능을 극대화함. 복합체는 우수한 전기전도성과 안정적인 구조를 통해 리튬 다이폴에 의한 셔틀 효과를 억제하는 혁신적인 접근법을 제시하였음. 이러한 기술적 혁신을 통해 리튬-황 전지의 장기적인 사이클 안정성과 에너지 밀도를 동시에 향상시키는 데 기여함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 본 연구는 차세대 에너지 저장 기술의 핵심인 리튬-황 전지 분야에서, 복합 소재의 설계와 응용을 통해 실용적인 에너지 저장 시스템의 발전에 기여함으로써, 융합적 사고를 갖춘 차세대 인재 양성에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여: 본 연구에서 개발된 N이 풍부한 ZIF-그래핀 복합체는						

	리튬-황 전지의 기능성 분리막으로서 뛰어난 전기화학적 성능을 발현하였으며, 서플 효과 억제와 전극 성능 향상에 기여함.				
3			이공계열	에너지 저장 장치	② Rational Design of Naphthol Groups Functionalized Bipolar Polymer Cathodes for High Performance Alkali-Ion Batteries
					③ Small
					④ 20(34), 2400333
					⑤ 0
					⑥ 2023.10
					⑦ doi.org/10.1002/sml.202400333
					□ IF 13.0, SCI 카테고리 중 CHEMISTRY, MULTIDISCIPLINARY 분야에서 상위 9.8%(2023기준), Q1, Web of Science 인용횟수 1 □ 업적물의 창의성·혁신성: 본 연구는 알칼리 이온 배터리의 성능 향상을 위해 나프톨 그룹을 포함한 트리아릴아민 고분자(poly(DNap-OH))를 설계하고 합성하여, 전극 소재의 용량 부족과 느린 반응 속도 문제를 해결함. 산화적 결합 중합을 통해 합성된 poly(DNap-OH)는 유리한 입체 구조를 통해 빠른 이온 확산과 높은 화학적 안정성을 제공하며, 기존의 poly(4-methyltriphenylamine) 양극에 비해 리튬 이온 배터리(LIBs)와 칼륨 이온 배터리(PIBs)에서 뛰어난 사이클 안정성과 특정 용량을 구현함. 이 연구는 추가적인 레독스 활성 부위를 제공하는 혁신적인 접근을 통해 전극의 성능을 극대화하는 데 기여하였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 본 연구는 알칼리 이온 배터리의 성능을 획기적으로 향상시키는 소재 설계 및 합성 연구로, 구조-성능 상관관계를 심화하여 차세대 에너지 저장 기술을 위한 융합적 사고와 전문성을 갖춘 인재 양성 비전에 부합함. □ 해당 세부전공분야의 기여: poly(DNap-OH) 양극은 기존 전극에 비해 리튬 이온과 칼륨 이온 배터리에서 뛰어난 성능을 보여, 차세대 알칼리 이온 배터리 상용화를 위한 중요한 기여를 하였음.
1			이공계열	화학 공학	② Stretchable Metal Halide Perovskite Color Conversion Layers with Block Copolymer Dispersant
					③ Advanced Optical Materials
					④ 12(20), 2400407
					⑤ 0
					⑥ 2024
					⑦ doi.org/10.1002/adom.202400407
					□ IF 8.0, SCI 카테고리 중 OPTICS 분야에서 상위 9.5% (2023기준), Q1

					□ 실적의 창의성 · 혁신성 : 차세대 발광 소재로 주목 받고 있는 저차원 할라이드 페로브스카이트 소재를 나노시트로 손쉽게 제조할 수 있는 합성법 및 용매 분산법을 개발하였고, 이를 바탕으로 신축성 고분자 필름 내 분산시킬 수 있는 필름화 기술 개발에 성공하였다. 핵심 아이디어로 블록공중합체 분산제를 도입하였으며, 체계적인 분석을 통해 향후 다양한 발광 나노재료의 분산 및 필름화 기술로 응용이 가능하도록 발판을 마련하였다. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 화학소재공정 분야에 기능성 고분자 나노소재의 적용을 통해 멀티스케일의 융 · 복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 간단한 나노시트 합성 공정 설계를 통한 나노소재의 고기능성 발현 및 차세대 스트레처블 디스플레이 개발 등 유관 분야들에 크게 이바지할 것으로 기대됨.	
			이공계열	화학공학	저널논문	② Exploring the Potential of HFC-125a Hydrate for Innovative Fire Suppression: A Gas Hydrate Technology Approach ③ Energy & Fuels ④ 38, 7 ⑤ 0 ⑥ 2024.04 ⑦ doi.org/10.1021/acs.energyfuels.3c05056
1						□ IF 5.2, SCI 카테고리 중 ENGINEERING, CHEMICAL 분야에서 상위 20.59%, Q1 □ 업적물의 창의성 · 혁신성: 화재 진압에 전례 없는 기술인 가스 하이드레이트를 도입함으로써 HFC-125a 하이드레이트를 이용한 혁신적 소화 기술 개발을 다루며 기존의 소화 시스템과 차별화된 가스 하이드레이트 기반 접근법을 도입하여 한계를 극복한 점에서 창의성과 혁신성이 두드러짐. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융 · 복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: HFC-125a 하이드레이트와 같은 가스 하이드레이트 물질의 소화 응용은 기존 연구에서 다루지 않았던 새로운 응용 분야를 개척한 것으로, 가스하이드레이트 기술, 소방 공학, 그리고 환경 보호 기술 등 다양한 학문 분야에 기여할 것으로 기대됨.
2			이공계열	화학공학	저널논문	② Preparation of Two-Dimensional Fe3O4 Nanodisks and Nanosheets Transformed from α-Fe2O3 Analogues and Their Applications in Magnetic Field-Assisted Microalgal Harvesting Biorefinery Processes ③ ACS Sustainable Chemistry & Engineering

					④ 12, 5
					⑤ 0
					⑥ 2024.02
					⑦ doi.org/10.1021/acssuschemeng.3c06774
					□ IF 7.1, SCI 카테고리 중 ENGINEERING, CHEMICAL 분야에서 상위 12.35%(2023기준), Q1 □ 업적물의 창의성·혁신성 : 이차원 Fe_3O_4 나노디스크와 나노시트의 합성과 이를 기반으로 한 자기장 기반 미세조류 수확 및 추출 연속공정에 적용할 수 있도록 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (헤마타이트) 유사체를 Fe_3O_4 (마그네타이트)로 변환하여 자성 특성을 향상시키고 이를 바이오리파이너리 공정에 접목한 부분이 이 연구의 핵심 창의성임. 이를 통해 기존의 미세조류 바이오리파이너리 공정의 에너지 효율성을 크게 향상시키며, 친환경적으로 처리할 수 있는 가능성을 제시함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 나노기술과 바이오리파이너리 공정을 융합하여 화학 및 소재 응용 분야의 경계를 확장하였으며 두 공정의 결합으로 복합적 문제를 해결하여 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 나노구조 제어를 통한 나노소재의 신기능성 발현 및 새로운 지속 가능한 저에너지 고효율 미세조류 바이오리파이너리 공정 개발 등의 다양한 분야에 적용 될 수 있으며 이로 인해 차세대 지속 가능한 에너지 기술 개발에 기여하였음.
3		이공계열	화학공학	저널 논문	② Triethoxysilyl-Terminated Telechelic Liquid Butadiene Rubber with Disulfide Linkages for Tire Tread of Electric Vehicles
					③ ACS Applied Polymer Materials
					④ 6, 4
					⑤ 0
					⑥ 2024.02
					⑦ doi.org/10.1021/acsapm.3c02037
					□ IF 4.4, SCI 카테고리 중 POLYMER SCIENCE 분야에서 상위 24.47%(2023기준), Q1 □ 업적물의 창의성·혁신성 : 트리에톡시실릴 말단 구조를 가진 테레켈릭 액상 부타디엔 고무에 이황화 결합을 도입하여 전기차용 타이더 트레드에 적합한 새로운 고무 소재를 개발한 것으로 기존 타이어 소재 연구에 비해 혁신적인 접근을 보여줌. 기계적 성질을 개선하고 내구성을 강화함으로써 기존 타이어 소재가 가진 에너지 손실과 마모성 문제를 해결할 수 있는 가능성을 제시함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 소재/환경/응용의 연결 및 융합을 통해 기존 소재 한계를 극복하였음. 자동차 산업은 자동차 제조사, 소재 공급업체 간의 긴밀한 협력이 필요한 분야인데, 이 연구는 타이어 제조와 관련된 산업과 학문 간의 연결을 강화하였고 실질적인 산업적 응용 가능성을 제시하였기 때문에 멀티스케일 융합 화공 인재 양성 비전에 부합함. □ 해당 세부 전공 분야의 기여 : 이 연구는 고분자 화학, 고성능 타이어 개발 등 다

	양한 분야에 기여하며 폐기물 감소와 자원 절약을 목표로 하는 지속 가능한 산업에 기여할 수 있으며, 이는 MICE 연구단이 추구하는 친환경적 소재 개발과도 부합함.				
1			이공계열	화학공학전공-재료	저널 논문
					② Progress toward the computational discovery of new metal-organic framework adsorbents for energy applications
					③ Nature Energy
					④ 9, 121-133
					⑤ 0
					⑥ 2024
					⑦ doi.org/10.1038/s41560-023-01417-2
	□ IF 49.7, JCR 2023 (Top 0.46%), 에너지 분야 1위 학술지 □ 업적물의 창의성·혁신성: 본 논문은 금속-유기 구조체(MOF) 흡착제를 탐색하는데 있어 고처리량 계산 및 기계 학습을 결합하여 MOF의 성능을 예측하고 설계하는 혁신적인 연구 성과를 총망라함. 가스 저장 및 분리 응용을 위한 새로운 소재를 빠르고 효율적으로 탐색할 수 있는 전산 모델링 기반 스크리닝, 데이터베이스, 그리고 인공지능(AI) 기술을 총설하여 신소재 탐색 방법론을 제시함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 영국·미국과의 국제 공동연구를 통해 멀티스케일의 융·복합 국제 파급 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 금속-유기 구조체(MOF)에 대한 20년간의 전산 모델링 기반 연구정보를 분석하여 고성능 MOF 소재 기반 에너지 저장 및 분리 기술에 기여하고, 이 분야의 신소재 개발을 촉진하여 지속 가능한 에너지 시스템 구현에 중요한 역할을 할 것으로 기대가 됨.				
2			이공계열	화학공학전공-재료	저널 논문
					② PACMAN: A Robust Partial Atomic Charge Predictor for Nanoporous Materials Based on Crystal Graph Convolution Networks
					③ Journal of Chemical Theory and Computation
					④ 20, 12, 5368-5380
					⑤ 0
					⑥ 2024.06
					⑦ doi.org/10.1021/acs.jctc.4c00434
	□ IF 5.7, JCR분야 상위 12.5%(2023기준), Q1, 피인용 수 2회 □ 실적의 창의성·혁신성: Crystal Graph Convolution Networks (CGCN)를 활용한 나노다공성 물질의 부분 전하 예측 모델인 PACMAN을 개발함. 이는 기존의 양자역학적 계산에 비해 계산 비용을 대폭 절감하면서도 높은 정확도를 유지하는 혁신적인 접근법으로 평가됨. 특히, 이 모델은 나노다공성 물질의 다양한 구조적 특성을 반영하여 부분 전하를 정밀하게 예측할 수 있으며, 이로 인해 새로운 물질 설계 및 특성 분석에 대한 기여가 매우 큼. PACMAN은 복잡한 화학적 환경에서 물질의 전하 분포를 빠르고				

					정확하게 예측함으로써 다양한 응용 가능성을 제공하여 창의성이 돋보이는 연구임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 나노소재와 인공지능(AI) 기술의 융합을 통해 화학공학 분야에서 혁신적 연구를 추구하는 교육연구단의 비전과 목표와 밀접하게 부합함. 또한, PACMAN 모델의 개발은 고성능 계산과 데이터 중심 연구 방법론을 통합한 멀티스케일 융합 연구라고 볼 수 있음. □ 해당 세부 전공 분야의 기여 : PACMAN 모델은 나노다공성 물질의 부분 전하 분포를 신속하고 정확하게 예측함으로써 소재 설계 및 기능적 분석에 크게 기여할 것으로 기대됨. 이는 기존의 전산화학적 계산에 비해 효율적이며, 특히 기계 학습을 활용한 물질 예측의 가능성을 입증함으로써 다양한 나노소재 및 화학공정에 응용될 수 있음.
		이공계열	화학공학전공-재료	저널 논문	② Multi-scale computational screening of all-silica zeolites for adsorptive separation of ternary (H₂S/CO₂/CH₄) mixtures ③ Chemical Engineering Journal ④ 496, 154116 ⑤ 0 ⑥ 2024.07 ⑦ doi.org/10.1016/j.ccej.2024.154116
3					□ IF 13.3, JCR분야 상위 3.7%(2023기준), Q1 □ 실적의 창의성·혁신성 : 다양한 구조적 특성을 지닌 all-silica 제올라이트의 다중 스케일 컴퓨팅 스크리닝을 통해 H₂S/CO₂/CH₄ 삼원 혼합물의 흡착 분리에 대한 접근법을 제시함. 제올라이트 소재와 분자 수준의 흡착 성능을 결합하여 삼원 혼합물 내의 각 성분의 선택적 분리를 가능하게 하였으며, 이는 기존의 단일 스케일 접근 방식과 차별화됨. 특히, H₂S와 CO₂의 효과적인 분리 메커니즘을 규명하고 이를 통해 CH₄ 회수를 극대화하는 새로운 흡착 소재 설계 방법론을 제안한 것은 매우 창의적임. 이러한 연구 결과는 고효율, 저에너지 분리 공정 개발에 크게 기여할 수 있음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 화학생물공정 및 친환경 에너지 전환 기술 개발에 기여할 수 있는 중요한 성과임. 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 본 연구는 제올라이트 기반 소재의 나노구조 제어를 통해 새로운 흡착 및 분리 기술을 개발함으로써 에너지 효율을 극대화하고, 삼원 혼합물의 선택적 분리에 있어 지속 가능한 저에너지 공정을 제시함. 이는 향후 에너지 및 환경 공정 분야에서의 혁신적인 기술 개발에 중요한 기여를 할 것으로 기대되며, 특히 흡착 공정을 통해 산업적 이산화탄소 포집 및 황화수소 처리 기술에 대한 새로운 해결책을 제공할 수 있을 것으로 보임.
1		이공계열	고분자공학	저널 논문	② Synthesis and Adhesive Properties of N-Vinyl Pyrrolidone Based UV-Curing Acid-free Acrylic

						OCAs
						③ polymer,korea
						④ 2024 48(2) 142 ~ 147
						⑤ 0
						⑥ 2024
						⑦ doi.org/10.7317/pk.2024.48.2.142
						□ IF 0.4, SCI 카테고리 중 (SCIE) POLYMER SCIENCE 분야에서 상위 94.68%, Q4, Web of Science 기준 18회 인용(2024.9) □ 업적물의 창의성·혁신성: 기존의 감압성 점착제(PSAs)는 휘발성 유기 화합물(VOCs)를 배출해 심각한 환경문제를 일으킴. 그래서 UV 경화형 점착제를 통해 환경문제를 해결할 뿐만 아니라, 전자 기관의 부식을 막기 위해 산을 포함하지 않는 NVP 사용하여 OCAs를 만드는 기술을 개발함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 디스플레이 산업에서 사용되는 무용제 UV광경화 광학 투명 점착제(OCAs) 소재분야로 향후 환경오염을 예방하는 데 기여할 것으로 기대됨.
2			이공계열	고분자공학	저널논문	② Thermoresponsive hollow polymeric shell nano/microparticles with interconnected nanoholes
						③ POLYMERS FOR ADVANCED TECHNOLOGIES
						④ 2024 35(1)
						⑤ 0
						⑥ 2023
						⑦ doi.org/10.1002/pat.6275
						□ IF 3.1, SCI 카테고리 중 (SCIE) POLYMER SCIENCE 분야에서 상위 42.55%, Q2, Web of Science 기준 0회 인용(2024.9) □ 업적물의 창의성·혁신성: 온도에 반응하는 고분자 core-shell 구조를 이용하여 약물전달을 조절할 수 있으며, core-shell 구조는 입자 안정성 및 분산성을 높여서, 효과적인 약물전달 시스템을 만드는 기술을 개발함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 약학 산업에서 사용되는 약물전달 시스템에서의 소재 분야로 향후 core-shell구조를 이용하여 조절되는 약물전달 시스템 기술에 기여할 것으로 기대됨
3			이공계열	고분자공학	저널논문	

						② Depolymerized Chitosan-g-[Poly(MMA-co-HEMA-cl-EGDMA)] Based Nanogels for Controlled Local Release of Bupivacaine
						③ INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCES
						④ 2023 24(22)
						⑤ 0
						⑥ 2023
						⑦ doi.org/10.3390/ijms242216470
						□ IF 4.9, SCI 카테고리 중 (SCIE) BIOCHEMISTRY & MOLECULAR BIOLOGY 분야에 서 상위 21.09%, Q1, Web of Science 기준 0회 인용(2024.9) □ 업적물의 창의성·혁신성: 기존 약물 전달 시스템은 나노입자를 사용할 시 여러 실험적 어려움이 존재하며, 약물 방출 평가의 표준화된 방법이 부족함. 그래서 MMA와 HEMA 기반의 코폴리머를 사용한 나노젤을 합성하여 국소 마취제의 지속 적인 방출을 실현하고 약물 방출 평가를 진행함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적 (Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 약학 산업에서 사용되는 약물전달 시스템에서의 소재 분야로 향후 약물 전달에 적용되어 생체 적합성 및 큰 약물 적재 용량으로 의료 분야에 효율적인 약물 전달을 기여할 것으로 기대됨.
1			이공계열	화학 공학	저널논 문	② Water-assisted single-step catalytic hydrodeoxygenation of polyethylene terephthalate into gasoline-and jet fuel-range cycloalkanes over
						③ Green Chemistry
						④ 413, 127467
						⑤ 0
						⑥ 2023.09
						⑦ doi.org/10.1039/D3GC02145A
						□ IF 9.3, JCR분야 상위 13.48%(2023기준), Q1 □ 실적의 창의성·혁신성 : 기존 페플라스틱 자원의 업사이클링 반응에서 Ru 촉매 에 대한 연구는 활발하게 진행되었지만, 수계진행시 반응 product가 pickering emersion을 형성하며 효율적인 고부가가치 산물인 BTX를 생성한다는 점은 학계 에 처음 보고된 연구임 □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 석유화학산업 분야에 페플라스틱 자원을 활용하여 기존 석유화학기반 산물을 대체 생산이 가능한 점에서 환경과 소재 분 야로서 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여 : 페플라스틱 자원을 활용하여 향후 폐자원 순환 산업 발전에 새로운 방향을 제시 할 것으로 보이며, 또한 이러한 자원 순환은 탄소 저

	감에 큰 이바지를 할 것으로 예측됨				
2			이공계열	화학 공학	저널논 문
					② Continuous flow upgrading of lignin pyrolysis oils to drop-in bio-hydrocarbon fuels over noble metal catalysts
					③ Chemical Engineering Journal
					④ 481, 148328
					⑤ 0
					⑥ 2024.01
					⑦ doi.org/10.1016/j.cej.2023.148328
□ IF 13.3, JCR분야 상위 3.7%(2023기준), Q1 □ 실적의 창의성·혁신성 : 리그닌 열분해를 통한 고효율적인 항공료 기초 산물 생산에 대해 귀금속 촉매들에 대한 반응성과 생산 산물의 경향을 파악할 수 있어 앞으로 항공산업분야의 대체 바이오 오일 생산이 가능함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 환경과 소재의 연결 및 융합을 통해 멀티스케일 융합 화공 인재 양성 비전에 부합함. □ 해당 세부 전공 분야의 기여 : 본 연구의 리그닌 열분해오일 생산 촉매는 대체 항공유생산에 큰 이바지를 할 것으로 예측					
3			이공계열	화학 공학	저널논 문
					② Highly efficient hydrolysis of cellulose to sugars using supercritical CO ₂ as a green acid catalyst and solvent
					③ Chemical Engineering Journal
					④ 493, 152336
					⑤ 0
					⑥ 2024.08
					⑦ doi.org/10.1016/j.cej.2024.152336
□ IF 13.3, JCR분야 상위 3.7%(2023기준), Q1 □ 실적의 창의성·혁신성 : CO₂ 기반 셀룰로오스 가수분해 반응을 통해 기존 불균일 촉매로서의 한계점을 극복가능하며, CO₂ 기반 촉매로서 탄소 저감에 큰 역할을 할 것으로 예측 □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 환경/소재의 연결 및 융합을 통해 멀티스케일 융합 화공 인재 양성 비전에 부합함. □ 해당 세부 전공 분야의 기여 : 본 연구의 CO₂의 조촉매로서의 활용성은 기존 불균일 촉매에 활성을 극대화 할 수 있는 새로운 발견으로서 특히, 셀룰로오스 가수분해를 통한 폴리우레탄의 기초산물인 바이오 폴리에틸렌 생산에 큰 이바지를 할 것					

으로 보임.					
1		이공계열	화학 공학	논문	② Blue emitting V-shaped acceptor-donor-acceptor novel ionic organic small molecule for non-doped light-emitting electrochemical cells
					③ Organic Electronics
					④ 122, 106881
					⑤ 1
					⑥ 2023
					⑦ doi.org/10.1016/j.orgel.2023.106881
					□ IF 2.7, SCI 카테고리 중 MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY 분야에서 상위 45.8%, Q1, FWCI = 2.88 □ 업적물의 창의성·혁신성: 본 논문에서는 유기발광소재 중 높은 에너지 효율로 큰 관심을 받고 있는 발광전기화학전지(Light-emitting Electrochemical Cells, LEC)용 유기발광소재 합성에 관련되어 연구하였다. 광화학, 열 및 형태학적으로 안정성을 가지고 있는 thenil and furil 유도체를 활용하여 합성 및 소자를 제작하였으며, 광물리적, 열적 분석을 진행하였다. 그로 인해 899, 1073 cd/m²의 청색발광을 확인하였으며, 1.98 cd A, 1.47 cd A 의 높은 최대 전력효율 값을 얻었다. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 이 논문이 다루는 전기화학적 발광 소자는 OLED와 같은 소자에 비해 상대적으로 간단한 구조와 저렴한 제작 공정을 가지고 있습니다. 이 연구는 소자의 효율성과 안정성을 개선하는 데 기여할 수 있음.
2		이공계열	화학 공학	논문	② Investigating the Electrochemical Performance of Nickel Oxide/Functionalized-Carbon Nanotube (NiO/f-CNT) Nanocomposite Synthesized via Direct Co-precipitation for Supercapacitor Applications
					③ Brazilian Journal of Physics
					④ 54(10). 1
					⑤ 1
					⑥ 2023
					⑦ doi.org/10.1007/s13538-023-01387-6
					□ IF 1.5, SCI 카테고리 중 PHYSICS, MULTIDISCIPLINARY 분야에서 상위 50% □ 업적물의 창의성·혁신성: 니켈 산화물은 높은 전기화학적 활성으로 유명하며, 탄소 나노튜브는 뛰어난 전도성과 넓은 표면적을 제공하는 특성이 있음. 특히 기능화된 CNT는 NiO와의 상호작용을 강화하여 복합체의 성능을 향상시키며, 이러한 재료 설계는 에너지 저장 용량과 사이클 안정성을 극대화하는 데 중요한 역할을 함.

						□ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적 (Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 이 논문은 초축전기 기술 및 관련 에너지 저장 장치의 성능을 크게 향상시키는 데 기여하며, 재료 과학, 나노기술, 전기화학 분야에서 중요한 발전을 이룰 수 있는 연구라고 평가할 수 있음.
			이공계열	화학공학	논문	② Decorating 2D graphene oxides sheets with spherical shaped Fe3O4 for the applications of supercapacitors and sunlight induced sonophotocatalytic degradation of methylene blue dye ③ Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects ④ 35., 132927 ⑤ 1 ⑥ 2023 ⑦ doi.org/10.1016/j.colsurfa.2023.132927
3						□ IF 4.9 SCI 카테고리 중 Physical and Theoretical Chemistry 분야에서 상위 17.3%, Q1 □ 업적물의 창의성·혁신성: 이 논문은 그래핀 옥사이드와 Fe₃ O₄ 의 결합을 통해 새로운 재료를 설계하고, 그 재료를 에너지 저장 및 오염물 분해라는 두 가지 응용 분야에 활용한 점에서 창의성과 혁신성을 인정받을 수 있음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 소재/공정 응용을 통해 거시적 (Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 나노복합체는 초축전기(supercapacitors)와 초음파광촉매(sonophotocatalysis)라는 두 가지 상이한 응용 분야에서 활용될 수 있음. 초축전기에서는 큰 표면적과 우수한 전기 전도성이 필요하며, 그래핀 옥사이드-Fe₃ O₄ 복합체는 이러한 요구를 충족하는 동시에 이 복합체는 촉매로서의 성능도 뛰어나, 햇빛과 초음파를 사용해 유기 염료(예: 메틸렌 블루)를 분해하는 데 활용될 수 있음.
1			이공계열	응용화학공학	저널논문	② Synthesis of Room Temperature Curable Polymer Binder Mixed with Polymethyl Methacrylate and Urethane Acrylate for High-Strength and Improved Transparency ③ Polymers ④ 16, 10, 1418 ⑤ 0 ⑥ 2024

						⑦ doi.org/10.3390/polym16101418
						□ IF 4.7, SCI 카테고리 중 Polymers 분야에서 상위 19.15%, Q1 □ 업적물의 창의성·혁신성: 본래 투명한 바인더 소재로 사용되는 Polymethylmethacrylate의 기계적 특성 향상을 위해 두 가지이상의 아크릴을 혼합하여 바인더의 구조적 특성에 따른 분석 및 평가를 진행하였다. 노면표시 도로용 발광 바인더의 성능을 향상시키기 위해 Diol 형태의 폴리올과 아크릴 모노머를 사용하여 저분자량의 아크릴관능기가 capping된 Diol-acrylate를 합성 및 고분자 바인더를 개발하였으며, 이러한 연구개발을 토대로 물리적/화학적 결합에 따른 물성 증대를 이뤄냈으며 차세대 스마트 발광소재 산업에 본 논문의 합성 및 중합 기술은 창의성이 매우 우수함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 화학 및 고분자 공학 분야에 기능성 아크릴 말단기 적용을 통해 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화하였음. □ 해당 세부전공분야의 기여: 두 가지 아크릴의 복합화를 통한 구조 제어 및 기능성 발현으로 고효율 및 저에너지 발광소재를 적용하기 위한 공정 개발 등 다양한 분야에 크게 기여할 것으로 기대됨
			이공계열	화학 공학	저널 논문	② Charge-induced low-temperature gelation of mixed proteins and the effect of pH on the gelation: A spectroscopic, rheological and coarse-grained molecular dynamics study ③ Colloids and Surfaces B: Biointerfaces ④ 230, 113527 ⑤ 0 ⑥ 2023.10 ⑦ doi.org/10.1016/j.colsurfb.2023.113527
1						□ IF 5.4 SCI 카테고리 중 BIOPHYSICS 분야에서 상위 10.39%, MATERIALS Science 분야에서 28.3%, Q1, Web of Science 기준 3회 인용(2024.9) □ 업적물의 창의성·혁신성: 본 논문의 경우 화학적 변성제 없이 다른 종류의 단백질을 이용하여 낮은 온도에서 젤화를 유도하는 방법에 대하여 연구함. 특히 분자모사 (molecular dynamics, MD)를 이용하여 그 원인을 분자단위에 살펴본 논문으로서, 최근 산업계 특히 바이오산업에서 생체적합형 젤의 쓰임새가 크게 증가하는데 앞서 언급하였듯이 화학적 변성제 없이 다른 이온도를 가지는 단백질을 이용하여 젤을 만들었다는데 창의성과 혁신성이 있음 □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 연구단의 비전인 화학 및 소재 응용 분야와 잘 맞는 연구임. □ 해당 세부전공분야의 기여: 바이오 공학에서 필요한 생체적합 젤을 화학변성제 없이 만들 수 있기 때문에, 다양한 분야의 응용이 기대됨.
2			이공계열	화학 공	저널 논문	② Clay Dispersion Assessment via FT-Rheology

			학		for Polypropylene/Clay Nanocomposites Fabricated by an Electric Field
					③ ACS APPLIED POLYMER MATERIALS
					④ 5(9), 7069
					⑤ 0
					⑥ 2023.09
					⑦ doi.org/10.1021/acsapm.3c01104
					□ IF 4.4, SCI 카테고리 중 POLYMER SCIENCE 분야에서 상위 24.47%, Q1 □ 업적물의 창의성·혁신성: 본 논문의 경우 전기장을 이용하여 클레이(점토) 고분자 나노복합체를 제조하고, 전기장의 세기와 가한 시간에 따른 분산정도를 유변물성 측정방법중 하나인 FT-Rheology를 이용하여 살펴본 연구임. 점토 고분자 나노복합체는 그 쓰임이 다양한데, 특히 점토를 나노미터 사이즈로 잘 분산시키는 것이 가장 중요함. 이를 위해 전기장을 사용하였고, 또한 분산 정도를 평가하는 것도 중요한데 유변물성 방법을 이용하여 쉽게 분산정도를 파악할 수 있다는 것이 본 논문의 창의성과 혁신성을 나타냄. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성: 연구단의 비전인 화학 및 소재 응용 분야와 잘 맞는 연구임. □ 해당 세부전공분야의 기여: 고분자 나노복합체 연구 분야 및 유변학 분야에서 나노입자의 분산정도를 정량화 할 수 있어서 다양하게 사용될 수 있을 것이라고 기대됨.
3		이공계열	화학공학	저널 논문	② Non-linear rheological behaviors of polyvinyl alcohol/silver nanowire/silica nanoparticle suspensions under large amplitude oscillatory shear flows
					③ Physics of Fluids
					④ 36, 083124
					⑤ 0
					⑥ 2024.08
					⑦ doi.org/10.1063/5.0228571
					□ IF 5.5 SCI 카테고리 중 Physics, Fluid & Plasmas 분야에서 상위 5%, Q1 □ 업적물의 창의성·혁신성: 전도성 고분자 필름은 다양한 디스플레이 제작을 가능하게 함으로 산업적으로 여러 가지 쓸모가 많이 있음. 본 논문은 PVA/은나노와이어를 이용하여 전도성 고분자 필름을 제조하는데 있어서 PVA/은나노와이어 현탁액의 유변학적 특성을 살펴보았음. 전도성 좋은 고분자 필름 제조를 위해서는 은나노 와이어의 분산이 중요한데, 이를 위해서 실리카 나노입자를 사용하였고 실리카나노입자와 은나노 와이어의 농도에 따른 현탁액의 유변물성을 살펴보았고, 다양한 농도에서의 분산정도를 살펴본 아주 의미 있는 연구임 □ 비전과 목표와의 부합성: 연구단의 비전인 화학 및 소재 응용 분야와 잘 맞는 연구임. □ 해당 세부전공분야의 기여: 화공중에서 유변학 세부분야에서 전도성 고분자 필름 제작을 위한 현탁액의 유변물성을 살펴보았고, 이는 생산공정에서 중요한 정보를

	제공할 수 있음
--	----------

(3) 연도별 연구비 수주액 목표 및 달성방안

- 본 교육연구단은 최근 3년간 연평균 1인당(신임교수 제외) 2.01억의 정부연구비 및 0.31억의 산업체 연구비를 수주하였다(표 III-1). 한편, 연구비 내용을 보면, BK21 교육연구단 참여교수 주관으로 수주한 중대형연구 보다는 개인연구 또는 참여기관으로 수주한 연구가 대부분을 차지하고 있다. 향후, 보다 안정적이고 지속적인 연구를 위해 개인연구 및 소형연구보다는 다수의 교육연구단 교수가 참여할 수 있는 중대형 연구프로젝트를 발굴할 필요가 있다. 특히, 한국연구재단의 기초연구실(BRL), 선도연구센터(ERC, RLRC), 미래소재디스커버리, 기후변화대응기술개발 및 나노미래소재원천기술개발사업 등의 중대형과제 수주를 위해 교육연구단내 교수 및 참여 연구원들간 연구교류회를 활성화하여 융·복합연구를 강화하고자 한다.
- 또한 전국 및 지역산업체와의 잦은 대면 교류를 통한 적극적인 연구협력을 통해 산업통상자원부에서 주관하는 소재부품기술개발사업, 중소벤처기업부에서 주관하는 지역특화산업육성 R&D사업 및 부산시에서 주관하는 지역우수연구자 기업연계 R&BD 사업 등과 같은 정부과제를 수주하고자 한다. 이를 통해, 4단계 BK21사업이 종료되는 2027년에는 연평균 1인당 (신임교수 포함) 1.85억의 정부연구비와 0.27억의 산업체 연구비, 총 1인당 2.12억의 연구비 확보를 목표로 한다.



그림 III-4. 연도별 연구비 수주액 목표

(4) 4차년도(2023.09-2024.08) 연구비 수주액 결과

- 본 연구단은 4차년도에 목표한 1인당 정부연구비와 1인당 산업체 연구비를 모두 달성하였다 (그림 III-5). 1인당 정부연구비는 4차년도 1.75억원 수주를 목표로 하였으나 실제로는 1인당 3.39억을 수주하여 94% 초과달성하였다. 또한, 1인당 산업체 연구비는 4차년도 0.26억원 수주를 목표로 하였으나, 실제로 0.48억원을 수주하여 85% 초과달성하였다. 또한, 1-3차년도의 평균 1인당 정부연구비(2.95억원)와 1인당 산업체 연구비(0.39억원) 수주결과를 비교했을 시에도 각각 15%와 23% 증가한 고무적인 성과를 이루었다.
- 참여교수 1인당 연평균 산학협력 과제수로 BK21 3단계의 0.4건 대비하여 50% 증가한 0.6건을 목표로 선정하였으며 4차년도에는 총 19건으로 1인당 0.86건을 달성하여 43.3% 증가하였는데, 이는 본 교육연구단이 산학협력을 적극적으로 추진하고 있음을 보여주는 것이다.
- 정부연구비는 주로 과학기술정보통신부, 교육부, 산업통상자원부, 중소기업기술정보진흥원, 한국환경산업기술원 등에서 수주하였다. 1-3차년도에 이어 소재·부품·장비 분야의 산업경쟁력 강화를 위해 산업통상자원부에서 기획한 소재부품기술개발 사업과 과학기술정보통신부의 개인기초연구사업 뿐 아니라 나노 및 소재기술개발사업, 미래수소원천기술개발 사업, 미래기술연구실 등에

많은 교수들이 적극적으로 참여하여 많은 정부연구비를 수주하였다. 이외에도 한국연구재단의 글로벌프론티어사업, 나노넥트, 기초연구실, 기후변화대응 기초원천기술개발사업 등 다양한 중대형과제에 참여하여 연구비를 수주하였다.

- 산업체 연구비 또한 LG전자, LG화학, (주)LG에너지솔루션, SK온, SK피유코어, GS건설, 효성(주), 현대엔지니어링(주), 등의 대기업 뿐 아니라, 한국전력공사 전력연구원, 한국전기연구원과 같은 공공기관, 그리고 대림케미칼, (주)실크로드시앤티, (주)화승코퍼레이션 등의 중견 및 중소기업들을 포함한 다양한 산업체에서 적극적으로 연구비를 수주하였다.

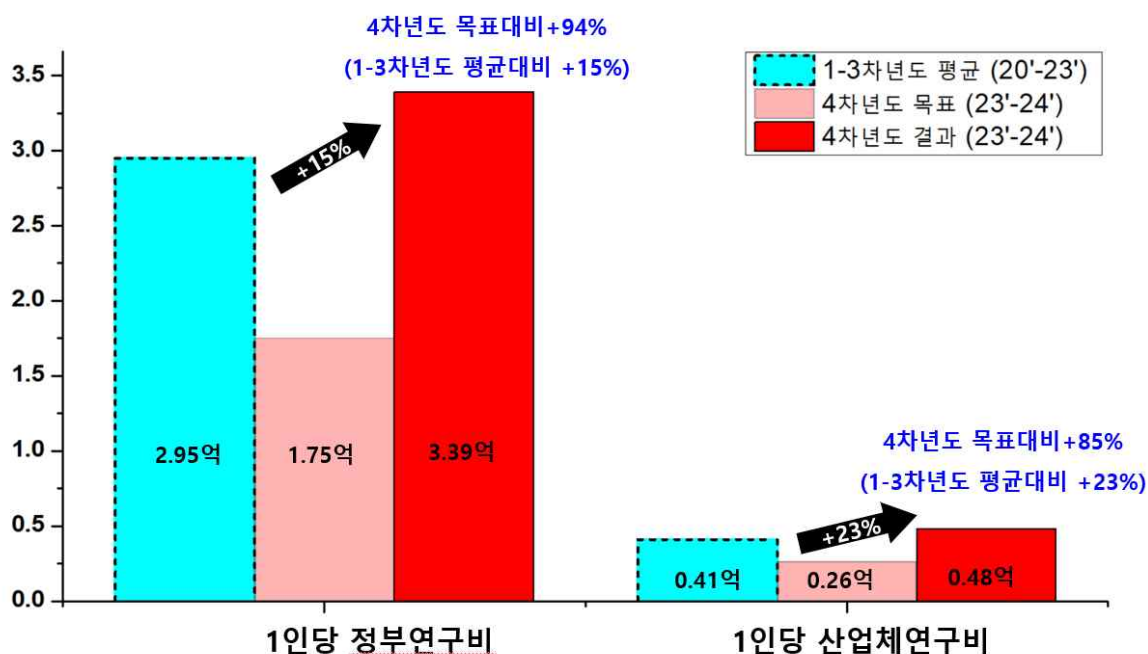


그림 Ⅲ-5. 1-3차년도 평균연구비 수주액 결과와 4차년도 연구비 수주액 목표 및 결과

1.3.3. 교육연구단의 학술 및 연구역량 강화 계획 및 목표달성 방안

표 Ⅲ-4. 본 교육연구단 교육미래목표 달성 방안

연구미래목표 달성 방안	구체적 내용
(1) 융합연구강화를 통한 질적 역량 고도화	6개 연구그룹 (공정, 화공소재 물리, 화공소재 화학, 에너지·환경, 바이오, 화공정보)의 교육연구단 워크숍과 연구교류회 개최 - 국제수준의 연구 인프라 확보 및 연구기자재 공동관리 - 신진교수 지원 확대 - 우수 전임교원 및 박사후연구원 유치
(2) 글로벌 연구 위상 확보	- 해외석학 초빙 심포지엄, 세미나 개최 - 국제학회 개최 및 활동 지원 - 교수 장단기 파견 지원 - 대학원생 장·중·단기 해외연구기관 파견 지원

(1) 융합 연구 강화를 통한 질적 역량 고도화 및 달성방안

- 최근 5년간 본 교육연구단이 발표한 논문의 정성적 지표 분석 결과 참여교수 1인당 높은 FWCI/IF/ES, Q1 및 상위10% 저널에 기여한 논문은 대부분 다양한 융합연구 또는 국제공동연구를 통해 달성되었음을 확인하였다. 따라서 연구의 질적 고도화를 위해서는 교육연구단 차원의 융합연구를 적극적으로 지원하여 영향력 있는 우수 연구 성과 창출을 극대화할 계획이다.
- 본 교육연구단의 세부연구팀은 교육의 6개 트랙과 같이 공정, 화공소재 물리, 화공소재 화학, 에너지·환경, 바이오, 화공정보 6개 트랙으로 구성된다(그림 III-6). 각 세부연구팀의 융합연구 활성화하고 상호보완적으로 공동의 연구목표를 달성하기 위하여 각 분야에서 시니어 교수진을 주축으로 유사한 연구배경을 지니고 있는 팀으로 구성하였다.

가. 연구교류회: 4단계 BK21 사업에서는 3단계사업 참여학과였던 화학공학·고분자공학과와 함께 유기소재시스템공학과가 전공구분 없이 완전 통합되어, 연구 분야에서도 실질적인 융합연구를 수행할 수 있는 청사진을 마련하였다. 체계화된 플랫폼을 바탕으로 세부 연구팀 내 및 세부연구팀간의 공동 연구과제 도출 및 연구협력 방안 증진을 위해 교육연구단 참여교수와 참여대학원생을 포함한 **연구교류회 개최를 정기적으로 추진할** 예정이다.

나. 연구 인프라 확보: 연구의 수월성 확보를 위해 필수적인 연구 인프라를 지속적으로 보완할 계획이다. 최첨단 연구 장비를 도입하여 국제적 수준의 연구 환경 인프라를 갖추고, 주요 연구 기자재를 공동으로 관리하는 시스템을 확보하여 융합연구의 기반시설로 활용할 계획이다.

다. 신진교수 지원 확대: 우수 연구 성과를 보유한 신진교수의 비율이 높은 본 교육연구단은 신진교수에 대한 지원을 확대하여 연구인력 및 인프라 구축시간 단축을 도움으로써, 궁극적으로 교육연구단의 연구역량을 강화하고 양질의 연구를 도출하고자 한다.

라. 우수 연구인력 확보: 또한, 파급력 있는 융합 연구 분야의 우수 전임교원과 박사후연구원을 적극 유치하고, 이들에게 안정적이고 지속적인 재정지원을 제공하여 연구의 질적 향상을 달성할 것이다.

공정	화공소재 물리	화공소재 화학	에너지 환경	바이오	화공정보
·현규 ·김한성 ·최영선 ·이인규	·김효정 ·이재근 ·허필호 ·김채빈 ·하창식 ·성동기	·김일 ·백현종 ·김원호 ·Sungwook Chung ·박종승 ·안석균	·제정호 ·김석 ·이진홍 ·조남주	·정일두 ·김종래 ·오유관 ·김기수	·이승걸 ·이선구 ·Yongchul G. Chung

그림 III-6. 연구트랙별 응용화학공학부 교수 구성

(2) 글로벌 연구 위상 확보 및 달성 방안

가. 국제공동연구: 본 교육연구단이 세계적 교육연구단으로 도약하기 위해서는 영향력이 큰 국제저명 학술지에 높은 빈도수로 논문을 게재하여 연구 위상(scientific visibility)를 향상시켜야 한다. 이를 위해서는 높은 연구 완성도와 함께 국제협력을 통한 국제 네트워크 구축의 활성화와 인지도 형성이 필수적이다. 한편, 국제공동연구를 더욱 확대할 예정으로 매년 10건 이상의 국제 공동연구 실적을 달성할 예정이며, 구체적인 해외공동연구기관 협력 계획은 연구의 국제화 부분에 정리하였다.

나. 심포지엄 및 세미나 개최: 국제적 학술 및 연구교류 활성화를 위해 우수한 해외석학들을 초빙하여 심포지엄과 세미나를 개최해 해외의 저명 대학 및 연구소의 연구진과 실질적 공동연구를 강화하여 완성도 및 파급력 있는 연구를 수행할 계획이다.

다. 국제학술대회 유치: 부산 BEXCO를 활용한 국제학술대회 개최 지원은 물론, 국제학회 초청발표, 국제학회 및 학술지 활동, 국제초청강연 활동과 국내외에서 개최되는 국제학술 대회 참여를 지원하여 국제적 인지도 향상을 달성하고자 한다.

라. 교수 및 대학원생 장단기 파견: 교수/대학원생 장단기파견 지원을 통해 해외 선도 연구기관과의 적극적이고 활발한 공동연구 및 인력교류를 바탕으로 연구 협력관계를 강화하고, 교육연구단의 연구인력 교류를 통해 얻은 성과를 국제저명학술지 게재로 유도하여 연구의 질적 향상을 도모하고자 한다.

- 본 교육연구단의 연구 역량과 성과를 세계적 수준으로 강화하기 위해서는 과거의 양적인 평가/포상제를 지양하고, 질적 중심의 평가/포상제를 운영하여 질적 연구력 향상에 동기부여를 할 예정이다. 매년 교육연구단 자체평가를 통해 연구비 수주와 영향력 있는 저널논문 게재와 인용도가 높은 논문, 우수특허 및 학술활동에 대해 평가하여 연구비와 자원을 차등 배정하여 연구의 질적 향상을 달성할 계획이다.

② 교육연구단(팀)의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물 (최근 1년(2023.9.1.(2024.3.1.)-2024.8.31.))

연번	대표연구업적물 설명
1	☐ 참여교수: ☐ 논문명 : Progress toward the computational discovery of new MOF adsorbents for energy applications ☐ 게재논문: Nature Energy, IF = 49.8, JCR 상위 0.3% 응용화학공학부 는 영국·미국과의 국제 공동연구를 통해 화학공학 및 신소재 활용 분야에서 나노다공성 소재로 각광 받고 있는 ‘금속-유기골격체(metal-organic frameworks, MOF)’에 대한 20년간의 전산 모델링 기반 연구정보를 분석한 총설 논문을 에너지 분야 1위 학술지인 『Nature Energy』에 발표해 향후 다양한 신소재 개발 연구에 활용될 것으로 기대된다. 최근 들어 신소재 연구 분야에서 전산 모델링 기반 스크리닝, 데이터베이스, 그리고 인공지능(AI) 기술들이 중요한 역할을 하고 있다. 신소재 연구는 새로운 소재의 개발과 성능 향상을 목표로 하는데, 이 과정에서 전산 모델링은 실험적 접근이 힘들거나, 경우의 수가 많을 경우 빠르게 최적의 소재를 발견할 수 있어 핵심적인 역할을 한다. 이번 총설은 나노다공성 소재로 각광 받고 있는 금속-유기골격체(metal-organic frameworks, MOF)에 대해 최근 20년간 전산 모델링을 통해 발견된 케이스들을 분석해, AI 및 소재 데이터베이스들의 등장으로 인해 가속화된 신소재 연구를 고찰했다. 금속-유기골격체(MOF)는 유기 리간드(organic ligand)와 금속 이온이나 금속 클러스터로 구성돼 망구조를 갖는 나노 다공성 소재다. MOF는 유기 리간드와 금속 원자들 간의 강한 결합으로 자가 조립을 통해 합성되는데, 높은 표면적, 다양한 구조와 특성, 가스 흡착 및 저장, 촉매활성, 광학적 특성 등으로 다양한 산업 응용 분야에서 관심을 받고 있다. 특히 MOF는 주로 금속 이온과 유기 리간드의 자가 조립을 통해 합성이 되며, 금속 이온과 유기 리간드의 종류에 따라 이론적으로 수억 개의 소재가 합성 가능하다. 따라서 원하는 분

야에 고성능 소재를 찾기 위해서는 많은 노력이 필요하다.

는 이번 논문에서 최근 20년간 전산 모델링을 통해 실험 합성 전에 발견된 나노 다공성 금속-유기골격체(MOF)들의 타임라인을 소개했다.

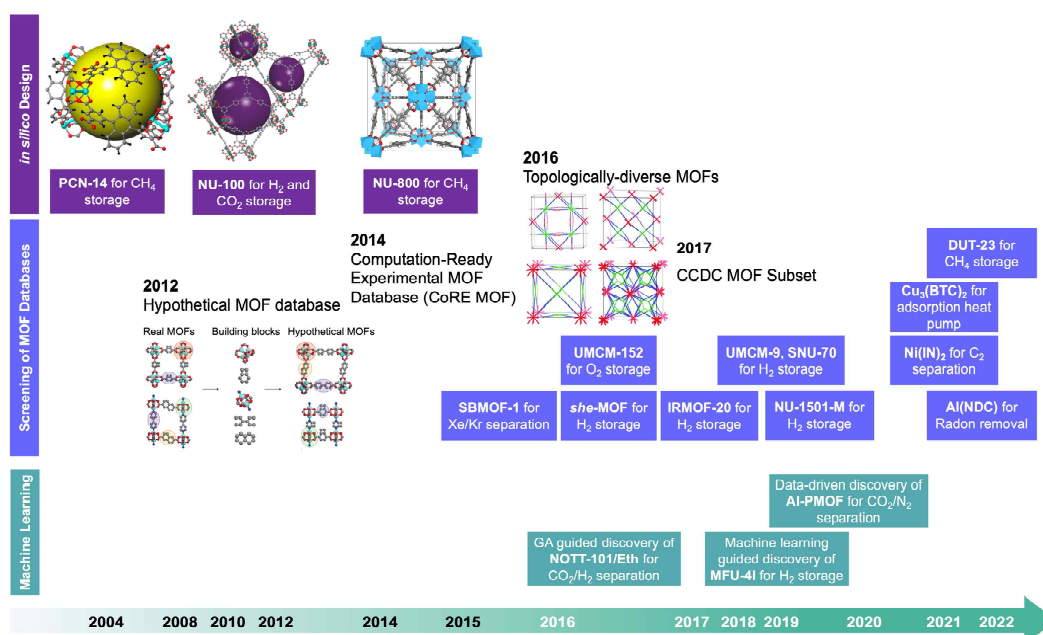
초창기 전산 모델링을 통한 MOF 발견의 시작은 2000년대 중반 이뤄졌다. 기존 MOF의 메탄 가스 저장량을 증진시키기 위해 모델링을 통해 새로운 MOF를 설계했고, 증진된 메탄 저장량을 전산 상으로 확인했다. 이후 2년 뒤 실험 연구 그룹에서 이를 합성하고 실제 측정된 메탄 저장량과 모델링으로 예측한 값이 잘 맞는 것을 확인했다.

2010년대 들어와서는 컴퓨터 알고리즘의 발전으로 가상의 MOF 구조 데이터베이스, 실험으로 합성된 MOF 데이터베이스와 같은 다양한 데이터베이스들이 등장했다. 이 중 2014년 공개됐고 2019년에 업데이트된 CoRE MOF 데이터베이스는 실험으로 합성된 MOF 구조들을 모아둔 데이터베이스로 1만 4천여 개의 MOF 구조정보를 갖고 있다.

이러한 데이터베이스들의 등장 후 다양한 기체 저장 및 분리 분야에 고성능 소재 스크리닝 연구들이 수행됐다. 예를 들어 2018년에는 기존에 알려진 IRMOF-20이라는 소재가 저온 수소 저장 물질 중 성능이 가장 우수하다는 것을 전산으로 발견하고, 이를 다시 실험으로 검증했다.

Nature Energy는 SCIE 카테고리 중 Energy & Fuels분야에서 분야별 1위 (1/171), 상위 0.3%, Impact factor 49.8의 저널이다. 본 논문은 2024년 2월 게재이후 11월 까지 총 18회 (Web of Science 기준) 피인용되었으며 May/June 2024 기준으로 Web of Science Engineering 카테고리에서 피인용 상위 1%에 해당하는 논문으로 선정되었다.

<https://www.nature.com/articles/s41560-023-01417-2>



최근 20년간 전산 모델링을 통해 실험 합성 전에 발견된
나노다공성 금속-유기골격체(MOF)들의 타임라인

- ☐ 참여교수:
- ☐ 논문명: Room-temperature-processed perovskite solar cells surpassing 24% efficiency
- ☐ 게재논문: Joule 2024.07. JCR 상위 0.8%, IF=38.6

본 교육연구단의 는 “Room-temperature-processed perovskite solar cells surpassing 24% efficiency” 라는 제목으로 “**Joule**” (vol. 8, pp. 2087)에 2024년 7월에 게재하였다.

페로브스카이트 태양전지는 높은 광전변환효율(단일 셀 기준 최고 효율이 약 26%)과 롤투롤(roll-to-roll) 기술을 포함하는 프린팅 기반의 낮은 생산 비용 가능성으로 실리콘 태양전지를 대체할 차세대 태양전지로 주목받고 있다. 그러나 기존의 공정은 고온 및 산처리 등 반환경적인 공정을 포함하고 있어서 응용의 확장성 및 시장성에 제한이 있다.

본 연구는 이러한 한계를 극복하기 위해 상온에서 안정적으로 형성 가능한 계면 및 광활성 물질과 공정을 개발하고, 이를 통해 페로브스카이트 태양전지의 생산성과 활용성을 동시에 향상시켜 기존의 20% 효율에 머물러 있던 광전변환효율을 세계 최초로 24% 이상으로 획기적으로 향상시켰다. (p-i-n 역구조 기준) 김효정 교수 연구팀은 열처리 없이 상온에서 광활성 (photoactive) 페로브스카이트 박막을 형성했음을 증명하기 위해 새로운 x-ray 측정 기법을 도입하였다. 이는 기존의 측정 방식은 고체 필름에서 수행되므로 구조 형성 역학을 이해하기 어려웠는데, 실시간으로 페로브스카이트 박막 구조 형성을 관찰할 수 있는 측정 장치를 개발하여, 상온 공정이 추가적인 열처리가 필요하지 않음을 증명할 수 있었다.

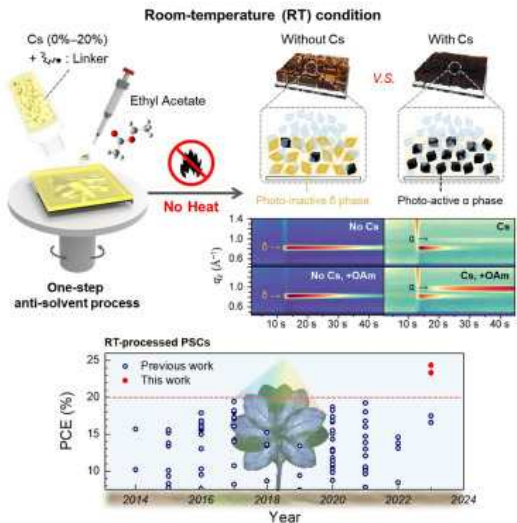
또한, 상온 공정의 타당성을 효과적으로 입증하기 위해 유연기관의 대표로 나뭇잎을 선택하여 박막을 성장시켰다. 나뭇잎은 수많은 기공이 존재하는 거친 표면을 가지고 있고, 100도에서 단 20초 만에 나뭇잎이 손상되었다. 하지만 본 연구팀이 개발한 상온 공정을 통해 나뭇잎 표면에 성공적으로 페로브스카이트 박막을 손상 없이 형성할 수 있었다.

해당 연구가 게재된 Joule 지는 JCR 카테고리 중 MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY 분야에서 상위 0.8%, Q-value Q1, Impact factor 38.6 (5-year impact factor 44.8)로 아주 우수한 저널이다. 해당 논문은 2024년 7월에 출판된 이후에 현재까지 총 2회 세계저명학술지에 인용되었다 (Web of Science 기준).

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2542435124001867>



Joule 저널 커버로 선정



□ 참여교수:

□ 논문명: Liquid-metal-based three-dimensional microelectrode arrays integrated with implantable ultrathin retinal prosthesis for vision restoration

□ 게재논문: Nature Nanotechnology, 2024.05. JCR 상위 1%, IF=38.1

본 교육연구단의 는 “Liquid-metal-based three-dimensional microelectrode arrays integrated with implantable ultrathin retinal prosthesis for vision restoration” 라는 제목으로 “**Nature Nanotechnology**” (vol. 19, pp. 688-697)에 2024년 5월에 게재하였다.

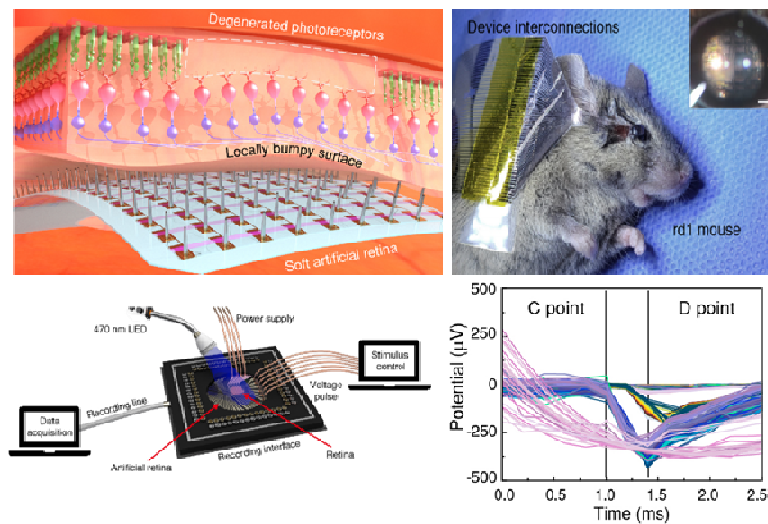
3

해당 연구는 액체 금속 기반의 3차원 마이크로 전극 배열을 초박형 인공 망막 보철물과 결합하여 시각 회복(vision restoration)을 시도한 연구이다. 기존의 전자 망막 보철물이 신경 손상을 일으키는 문제를 해결하기 위해, 연구팀은 유연한 초박형 인공 망막 장치를 개발하였다. 장치는 두께 $10\mu\text{m}$ 의 초박형 광감응 트랜지스터와 유착성이 높은 3차원 전극으로 이루어져 있다. 특히, 연구팀은 백금 나노클러스터로 코팅된 액체 금속 전극을 사용하여 저항을 줄이고 신경 자극에 필요한 charge injections 성능을 강화하였다. 이 장치는 유전적으로 망막이 손상된 마우스 모델(rd1 mouse)를 사용한 실험에서 신경 반응 분석을 통해 시각 회복 가능성을 입증하였다.

본 연구팀은 AI 기반의 unsupervised machine learning 기법을 활용하여 망막 신경 활동을 평가하였다. 이번 연구에서 사용된 AI 기반의 신경 반응 분석은 망막 자극의 정확성과 선택성을 크게 향상시켰다는 점에서 중요한 의미를 가진다. 기존의 시각 보철물은 자극의 불규칙성과 세포 간 간섭으로 인해 낮은 시각 해상도를 제공하는 한계를 가졌으나, AI를 활용한 데이터 분류와 신호 처리 기법을 통해 자극 신호를 정교하게 분석하고 망막 신경 세포의 반응을 효과적으로 해석할 수 있었다. 이로 인해 연구진은 특정 신경 세포에만 자극을 전달함으로써 부작용을 최소화하고 보다 자연스러운 시각 회복을 가능하게 했다. 이는 향후 시각 보철 기술에서 AI 기반 분석의 중요성을 입증하며, 개인 맞춤형 인공 망막 개발의 가능성을 한층 높였다.

해당 연구가 게재된 Nature Nanotechnology 지는 JCR 카테고리 중 MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY 분야에서 분야별 5위(5/439), 상위 1.0%, 그리고 NANOSCIENCE & NANOTECHNOLOGY 분야에서 분야별 2위(2/141), 상위 1.1%, Impact factor 38.1로 아주 우수한 저널이다. 해당 논문은 2024년 5월에 출판된 이후에 현재까지 총 12회 세계저명학술지에 인용되었다. (Web of Science 기준)

<https://www.nature.com/articles/s41565-023-01587-w>



액체 금속 기반의 3차원 마이크로 전극 및 망막 신경 반응 분석

③ 참여교수 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성

- 본 교육연구단은 다양한 산업체, 특히 지역사업체와의 활발한 교류를 통해 산학협력 연구를 진행하는 것을 추진하고 있고, 이는 연구 자체에 그치지 않고 산업화를 위한 실용화 연구를 지향하고 지역 사회의 산업 발전에 기여할 것으로 기대된다.
- 원천성이 있는 연구 아이디어와 성과를 바탕으로 활발한 특허 확보 전략을 수립하였으며, 1인당 연평균 특허등록건수 목표를 기존 BK21 3단계의 0.6건 대비 33% 증가한 0.8건 달성 (최종연도 기준)으로 설정하였으며, 본 사업의 첫 3년간 연평균 실적은 모두 0.78건으로 목표 대비 다소 하회했다. 하지만 4차년도에는 1인당 특허 등록 건수가 0.82로 목표 대비 0.02건 상회 하였으며, 지속적으로 교수당 특허 출원수가 1.8건 이상을 달성하고 있으므로 남은 기간도 역시 특허 등록 목표 보다 높은 실적 달성 가능할 것으로 전망된다.

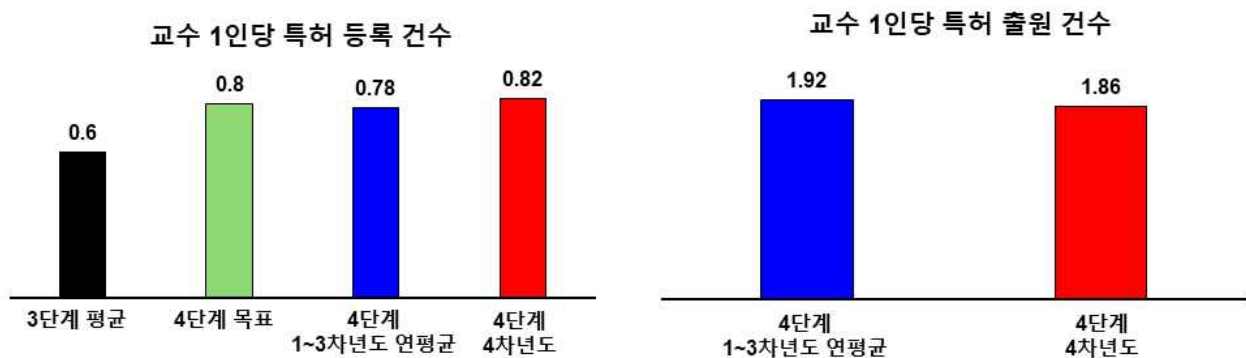


그림 Ⅲ-7. 교육연구단의 특허 등록 목표 및 4단계 특허 등록 및 출원 실적

- 특허 확보 다음의 연구 단계로서 본 교육연구단에서 개발한 기술을 수요 기업으로 이전하는 기술이전을 적극적으로 추진하여 관련 산업 및 지역사회 발전에 기여하기 위해 노력하고 있다. 참여교수 1인당 연평균 기술이전 건수는 기존 BK21 3단계의 0.2건 대비 50%가 증가한 0.3건으로 목표를 설정하였으며, 1-3차년도에는 연평균 교수 1인당 0.17건을 달성하였고, 3,500만원의 기술료 수입을 달성하였다. 4차년도에는 연평균 기술 수입료가 교수 1인당 1,200만원의 지난 연평균 수치보다 감소하였으나 기술 이전 건수는 0.32로 목표 대비 상회하였다. 최근 석유화학 관련 산업의 장기적 불황으로 인하여 기술료 등의 감소가 초래된 것으로 사료된다. 하지만 기술이전 건수 및 국내외 특허 등록/출원 건수가 지속적으로 증가하고 있으므로 기술이전 금액 또한 조만간 상승할 것으로 전망된다.

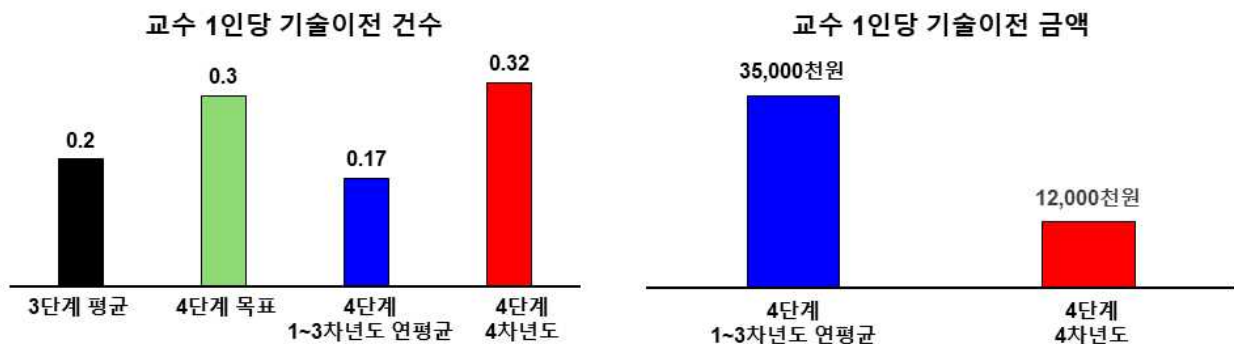


그림 Ⅲ-8. 교육연구단의 기술이전 목표 및 4단계 실적 및 기술이전 금액

4차년도 교육연구단 참여교수 특허, 기술이전, 창업의 대표적 실적은 아래와 같다.

연 번	참여교수명	연구자 등록번호	세부전공분야	실적 구분	저서, 특허, 기술이전, 창업 상세내용
	저서, 특허, 기술이전, 창업 실적의 우수성				
1			생체재료	특허	
					② 히알루론산-콜라겐기반 3D 바이오잉크 조성물
					③ 대한민국
					④ 10-2634670
					⑤ 2024.02
					□ 업적물의 창의성·혁신성 : 히알루론산-콜라겐 기반 3D 바이오잉크 조성물을 제조하였음. 본 발명에 따른 바이오잉크는 우수한 인쇄적성을 가지며, 상기 바이오잉크 조성물로부터 제조된 하이드로겔은 우수한 생체적합성을 가지며 체내의 세포외기질과 유사한 물리 화학적 특성을 통해 높은 생체활성도를 특징으로 하며 세포와 양생하는 in situ 가교결합이 가능함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 소재/공정/전산/응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화 연구목표에 부합함. □ 해당 전공분야의 기여 : 3D 바이오 프린팅용 바이오 잉크를 개발함으로써 기존 바이오 프린팅 분야를 뛰어 넘은 다양한 생체재료로서의 활용이 기대됨. □ 업적물 산출 시 기여한 역할 : 히알루론산-콜라겐 접합체의 합성 및 바이오잉크 조성물의 조성 최적화 및 물성 분석에 기여함.

			생체재료	특허	② 목질계 바이오매스로부터 폴빅산 유사체를 추출하는 방법 및 이에 의해 추출된 폴빅산 유사체
					③ 대한민국
					④ 10-2703227
					⑤ 2024.09
2	□ 업적물의 창의성·혁신성 : 이온성 액체를 추출 용매로 사용하여 폐목재, 목재 등 다양한 목질계 바이오매스로부터 폴빅산 유사체를 추출하는 방법을 확립하였으며 이를 통해 폐자원의 고부가 가치화를 유도할 수 있음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 소재/공정/전산/응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화 연구목표에 부합함. □ 해당 전공분야의 기여 : 이온 액체 물질을 활용하여 버려지는 폐목재 또는 목재 부산물로부터 폴빅산 유사 물질을 추출하였고 이는 화장품, 농업 등 다양한 산업 분야로 응용이 가능함. □ 업적물 산출 시 기여한 역할 : 폴빅 유사 물질 추출 후 세포 독성 등 다양한 특성 분석에 기여함.				
		화학공학	특허	② 생물전기화학기술을 이용한 이산화탄소의 메탄전환시스템	
				③ 대한민국	
				④ 10-2651911	
				⑤ 2024	
3	□ 업적물의 창의성·혁신성 : 본 발명은 생물전기화학기술을 이용한 이산화탄소의 메탄전환 시스템에 관한 것으로, 혐기소화조에서 발생하는 바이오가스를 고질화시켜 전기로 전환하여 사용하거나 도시가스, CNG 차량 연료 혹은 수소로 추출하여 사용할 수 있음. 본 발명의 실시예를 따라, 생물전기화학기술을 이용하여 이산화탄소를 메탄으로 전환함으로써, 이산화탄소의 배출을 감소시킬수 있고, 에너지 생산성을 높일수 있는 효과를 가짐. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 생물/전기/응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화 연구목표에 부합함. □ 해당 전공분야의 기여 : 화석연료를 대체할 수 있는 바이오에너지 기술 개발로써 기존 생물학적 공정 분야를 뛰어 넘은 차세대 에너지원으로써의 활용이 기대되며 바이오가스 산업에 기여할 수 있음. □ 업적물 산출 시 기여한 역할 : 생물전기화학 시스템 구축 및 최적 조건 도출을 통해 이산화탄소의 메탄전환 효율 향상에 기여함.				

4			고분자공학	기술이전	(
					② 방열용 피커링 에멀전 조성물, 이를 이용한 방열 페이스트 및 이의 제조방법(노하우) 물질이전계약
					③ ㈜삼도에이티에스
					④ 4,000,000
					⑤ 2023.09
					□ 업적물의 창의성·혁신성 : 알루미늄 입자를 활용해 이중 수지를 안정화한 에멀전 방식을 적용하여, 기존 방열 페이스트보다 뛰어난 열전도도와 열 및 습기 안정성을 가진 방열 페이스트로, 전자기기 열 관리 분야에 혁신적이고 창의적인 기여를 함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융·복합연구를 바탕으로 연구의 질적 능력을 고도화하고 지역사회 문제 해결에 기여할 수 있는 혁신적 기술을 창출하는 연구목표에 부합함. □ 해당 전공분야의 기여 : 고성능 방열 특성 및 재활용성을 바탕으로 방열 페이스트를 필요로 하는 분야에 기존 방열 페이스트를 대체함으로써 성능 향상 및 환경적 기여할 수 있음. □ 업적물 산출시 기여한 역할 : 재활용 가능한 고성능 방열 페이스트 개발 기술을 연구하여 ㈜삼도에이티에스에 해당 물질에 대한 물질이전계약을 진행함.
5			고분자공학	기술이전	
					② 무취/비휘발성 용매 제조 기술(노하우) 물질이전계약
					③ ㈜래트론
					④ 1,000,000
					⑤ 2023.11
					□ 업적물의 창의성·혁신성 : 공융액(Eutectic Liquid, EL)은 휘발성이 없는 유기용매로, 이를 이용하여 작업 시 휘발이 없어 작업자들의 건강을 보호할 수 있을 뿐만 아니라, 환경오염의 문제를 극복할 수 있는 특성을 가지고 있음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융·복합연구를 바탕으로 연구의 질적 능력을 고도화하고 지역사회 문제 해결에 기여할 수 있는 혁신적 기술을 창출하는 연구목표에 부합함. □ 해당 전공분야의 기여 : 용매가 사용되는 전반적인 공정을 친환경적으로 대체할 수 있을 뿐만 아니라, 휘발성이 없어 가소제와 같은 첨가제의 역할도 가질 수 있어 다양한 산업에 적용 및 환경적 기여할 수 있음. □ 업적물 산출시 기여한 역할 : 여러 종류의 고분자를 녹일 수 있는 공융액의 유기용매로의 적용 기술을 연구하여 ㈜래트론에 해당 물질에 대한 물질이전계약을 진행함.

			응용화학	특허	
					② 광경화형 전기 변색 소재, 이를 포함하는 전기 변색 소자 및 이의 제조 방법
					③ 대한민국
					④ 10-2669249
					⑤ 2024.05
6					□ 업적물의 창의성·혁신성 : POSS 유도체가 비올로젠 유도체에 의해 가교결합되어 네트워크를 이루는 구조를 가지고 있는 전기변색소재를 신규 개발하여 표면 강도가 현저히 향상되고 마이크로미터 크기의 패터닝이 가능하여 상세한 정보 전달이 가능한 혁신적인 전기변색소자를 개발함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적 사고능력을 가지는 화공인재 양성 비전에 부합함. □ (지역)산업에의 기여 : 구조가 다른 다양한 전기 변색 소재를 혼합하여 다양한 색을 구현할 수 있고, 장기적인 주기 안정성과 낮은 구동 전압, 높은 착색 효율, 빠른 착색/탈색 속도를 나타내 스마트 윈도우, 디스플레이 등에 유용하게 이용하여 산업에 기여할 수 있음. □ 업적물 산출 시 기여한 역할 : 우수한 전기변색 성능 발현이 가능한 비올로젠 유도체의 구조를 평가하고 전기변색소자의 최적 조성을 확립하는데 기여함.
			응용화학	특허	
					② 근적외선 흡수 특성을 갖는 프탈로시아닌계 화합물 및 이를 포함하는 근적외선 흡수 코팅 조성물
					③ 대한민국
					④ 10-2686598
					⑤ 2024.07
7					□ 업적물의 창의성·혁신성 : 프탈로시아닌 중심부에 인(P)이 배위되어 있으며, 중심부 인(P) 원자에 2개의 작용기가 결합되어 있어 구조적 안정성이 뛰어나고 다양한 매트릭스 소재와 상용성이 우수하며, 다양한 용매에 대해 용해도를 제어할 수 있고 필름으로 적용 시 코팅의 균일성이 향상된 혁신적인 염료 구조를 개발함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융합적 사고능력을 가지는 화공인재 양성 비전에 부합함. □ (지역)산업에의 기여: 개발한 인(P)이 배위된 프탈로시아닌은 중심부 인(P) 원자에 결합된 작용기로 인해 1000 nm 이상의 근적외선 영역에서 높은 흡수 성능을 나타낼 수 있으므로 근적외선 차단 필름, 필터 등에 응용하여 산업에 유용하게 기여할 수 있음. □ 업적물 산출 시 기여한 역할 : 우수한 용해성 및 근적외선 흡수 성능을 나타내는 프탈로시아닌 구조를 평가하고 최적의 필름 형성 공정을 확립하는데 기여함.

		응용화학공학 부	특허	
				② 양말단 변성 액상 부타디엔 화합물 및 이의 제조방법
				③ 대한민국
				④ 10-2585427
				⑤ 2023.09
8				□ 업적물의 창의성·혁신성 : 트리에톡시실릴 작용기 및 테트라 설페이드 작용기를 가지는 사슬이동제와 1, 3-부타디엔 모노머를 이용하여 합성한 양말단 변성 액상 부타디엔 고무 화합물 제조하는 방법을 창의적으로 확립함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 소재/공정/응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화 연구목표에 부합함. □ 해당 전공분야의 기여 : 실리카 친화형 관능기를 사슬 양말단에 도입함으로써 기존의 액상 부타디엔 고무의 사슬 말단으로부터 기인한 이력(hysteresis)현상등을 조절하여 연비 특성에 영향을 주는 여러 성능들을 개선할 수 있음. □ 업적물 산출 시 기여한 역할 : 본 연구로 제조된 타이어 트레드용 고무 조성물은 상기 화합물인 양말단 변성 액상 부타디엔 고무를 포함함에 따라 마모 성능과 연비 성능을 동시에 향상시키면서 경시 변화에 따른 물성저하를 방지할 수 있으므로 타이어 트레드용 고무 조성물 성분연구에 기여함.
9		고분자가공	특허	
				② 부착형 온도 감응성 필름 및 그 제조방법
				③ 대한민국
				④ 10-2637798
				⑤ 2024.02
				□ 업적물의 창의성·혁신성 : 온도 감응성 수화겔층과 점착층이 서로 침범하지 않아 온도 감응성 및 기계적 안정성을 보전하는 부착형 온도 감응성 필름 제조방법을 제시함. 이 특허는 창문용 필름으로 활용되어 온도 차이를 이용한 열전발전을 함으로써 에너지를 수확하거나, 창문의 온도가 올라가는 경우 투명도를 떨어뜨림으로써 실내 냉방 에너지를 절감할 수 있을 것으로 보임. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 온도 감응성 필름의 개발은 거시적, 미시적, 분자적 차원의 융합을 요구하는 기술로, 멀티스케일의 융·복합 연구 목표에 부합함. □ 해당 전공분야의 기여 : 건축물 에너지 절감 및 열전 발전 응용에 기여하며, 지속 가능한 에너지 시스템과 첨단 융합 기술을 통해 산업적 응용 가능성을 확장시킬 수 있음 □ 업적물 산출 시 기여한 역할 : 온도 감응성과 기계적 안정성을 동시에 부여할 수 있는 기술을 설계하고 제조공정을 최적화하는데 기여함.

10			고분자공학- 기타 및 융복 합	특허	② 폴리로탁산 가교체를 도입한 액정 엘라스토머 필름의 제조 방 법
					③ 대한민국
					④ 10-2611886
					⑤ 2023.12
	□ 업적물의 창의성·혁신성 : 폴리로탁산을 가교체로 사용하는 폴리로탁산 가교체를 갖는 액정 엘라스토머 필름의 제조 방법으로서, 용액 캐스팅 및 핫 프레스 방식을 사용하여, 아크릴기로 기능화된 폴리로탁산의 사이클로텍스트린 분자와 액정 올리고머의 아크릴기 말단을 가교시켜 동적 가교점을 설계함으로써 상온에서 향상된 댐핑(damping) 특성을 가지며, 기계적 물성 증가 및 자기 치유 특성을 갖는 액정 엘라스토머 필름의 제조 방법을 창의적으로 확립함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 소재/공정/응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준(Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화 연구목표에 부합함. □ 해당 전공분야의 기여 : 액정 탄성체 기반의 스마트 소재분야로 액정 엘라스토머 합성 및 필름가공의 주된 연구에 기여함.				
11			유기소재 및 에너지 저장장치	특허	② 이차전지 음극용 바인더, 이 의 제조방법 및 이를 활용한 이 차전지용 음극
					③ 대한민국
					④ 10-2675712
					⑤ 2024.06
	□ 업적물의 창의성·혁신성 : 유기촉매를 활용하여 불소계 고분자에 선택적으로 이중결합 기능기를 도입하고, 첨가제 없이 전극 건조 과정만으로 가교 구조를 형성할 수 있는 바인더를 개발함. 기존 공정 조건에서 전극 제조가 가능하며, 우수한 전기화학적 특성을 가지는 이차전지 음극용 바인더 제조 방법을 창의적으로 확립함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 소재, 공정, 응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준(Molecular 또는 Nanoscale)까지 아우르는 3M 멀티스케일 융복합 연구를 강화하는 연구 목표에 부합함. □ 해당 전공분야의 기여 : 기존 바인더 활용 범위를 넘어서는 에너지 소재로 활용될 것으로 기대되며, 차세대 이차전지 산업에 기여할 수 있음. □ 적물 산출 시 기여한 역할 : 우수한 이차전지 성능을 발현할 수 있는 바인더 후보 소재를 도출하고, 가교가 가능한 바인더 복합체의 제조 방법 및 최적 조성을 확립하는데 기여함.				

		고분자공학	기술이전	② 스포츠 테이프용 아크릴계 점착제 제조 기술
				③ ㈜티앤티크
				④ 11,000
				⑤ 2023.10~11
12				□ 업적물의 창의성·혁신성 : 300~1000 g/25mm의 박리강도를 가지는 무용제 UV광경화형 아크릴계 점착제를 제조하였음. 피부친화형 및 냉감 기능성 아크릴계 점착제 제조를 통한 스포츠 테이프용 아크릴계 점착제의 국산화를 위한 조성을 확립하였음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융·복합연구를 바탕으로 연구의 질적능력을 고도화하고 지역사회 문제 해결에 기여할 수 있는 혁신적 기술을 창출하는 연구목표에 부합함. □ 해당 전공분야의 기여 : 점착제 제조 및 사용과정에서 배출되는 휘발성 유기화합물(VOCs)를 막음으로써, 생체친화적이며 환경오염을 예방하는 효과를 기대하며, 디스플레이, 의료용 등 여러가지 분야에서 쓰일 것으로 기대됨. □ 업적물 산출시 기여한 역할 : 용제를 사용하지 않으면서 환경적인 점착제를 만드는 기술을 연구하여 ㈜티앤티크에 스포츠 테이프용 아크릴계 점착제 제조 기술(노하우)을 이전하는데 기여함.
		화학공학	특허	② 에폭시 점착제용 첨가제 및 이를 포함하는 일액형 에폭시 점착제 조성물
				③ 대한민국
				④ 10-2576956
				⑤ 2023.09
13				□ 업적물의 창의성·혁신성 : 본 발명은 에폭시계 조성물 및 이를 포함하는 일액형 에폭시 점착제 조성물에 관한 것으로, 높은 연신율을 구현할 수 있는 일액형 에폭시 점착제 조성물의 구성 성분인 에폭시계 조성물을 활용하여 혹독한 환경에 노출되어 사용되는 경우에도 높은 연신율 등의 높은 기계적 강도는 나타내는 점착제를 개발함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 소재/공정/전산/응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화 연구목표에 부합함. □ 해당 전공분야의 기여 : 소개된 조성물은 분자 구조의 조정을 통해 강도와 유연성을 동시에 개선하여, 기계적 성질과 화학적 안정성을 균형 있게 유지할 수 있음. 이는 다양한 소재와의 결합 능력을 향상시키거나, 열, 습기, 기계적 충격에 대한 저항성을 높이는 데 기여할 수 있음. 이를 통해 자동차, 전자 기기, 건축 등 다양한 산업 분야에서 응용할 수 있는 다목적 에폭시 점착제 조성물로 활용될 가능성이 있음. □ 업적물 산출 시 기여한 역할 : 이 특허에서 개발된 점착제의 조성 및 기계적인 물성 향상을 위한 첨가제 구서에 기여함.

14			화학공학	특허	② 에폭시계 조성물 및 이를 포함하는 높은 연신율을 가지는 이액형 에폭시 접착제 조성물
					③ 대한민국
					④ 10-2638999
					⑤ 2024.02
	□ 업적물의 창의성·혁신성 : 본 발명은 에폭시계 조성물 및 이를 포함하는 이액형 에폭시 접착제 조성물에 관한 것으로, 높은 연신율을 구현할 수 있는 이액형 에폭시 접착제 조성물의 구성 성분인 에폭시계 조성물을 활용하여 혹독한 환경에 노출되어 사용되는 경우에도 높은 연신율 등의 높은 기계적 강도는 나타내는 접착제를 개발함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 소재/공정/전산/응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화 연구목표에 부합함. □ 해당 전공분야의 기여 : 소개된 조성물은 분자 구조의 조정을 통해 강도와 유연성을 동시에 개선하여, 기계적 성질과 화학적 안정성을 균형 있게 유지할 수 있음. 금속, 복합재료, 세라믹, 플라스틱 등 다양한 소재에 적용될 수 있어 다목적성을 제공하며, 이는 제조, 전자, 항공우주와 같은 산업에서 폭넓게 활용될 수 있으며, 다양한 분야에서 제품의 내구성과 성능을 크게 개선할 수 있음. □ 업적물 산출 시 기여한 역할 : 이 특허에서 개발된 접착제의 조성 및 기계적인 물성 향상을 위한 첨가제 구성에 기여함.				
15			화학공학	특허	② Epoxy-based composition and two-component epoxy adhesive composition with high shear
					③ EPO
					④ 4166592
					⑤ 2024.08
	□ 업적물의 창의성·혁신성 : 할로겐화된 폴리 아크릴레이트와 가교제(cross-linker)를 중합하여 형성된 코어 및 상기 암-중합체의 일부가 형성하는 셸을 포함하는 코어/셸 구조를 갖는 별모양(star-shape)의 성형중합체를 포함하여 높은 접착 강도를 가지면서 내충격성을 향상시킬 수 있는 에폭시 접착제용 첨가제를 개발함. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 소재/공정/전산/응용을 통해 거시적(Macroscopic), 미시적(Microscopic), 분자수준 (Molecular 또는 Nanoscale), 즉 3M을 아우르는 멀티스케일의 융·복합 연구를 강화 연구목표에 부합함. □ 해당 전공분야의 기여 : 일액형 에폭시 접착제는 자동차, 전자 제품, 건설, 항공 등 다양한 산업에서 사용될 수 있으며, 특히 고성능 접착제가 필요한 산업에서 중요한 역할을 할 수 있음. 이 특허에서 개발된 첨가제는 다양한 소재와의 결합 능력을 향상시키거나, 열, 습기, 기계적 충격에 대한 저항성을 높이는 데 기여할 수 있음. 이를 통해 자동차, 전자 기기, 건축 등 다양한 산업 분야에서 응용할 수 있는 다목적 에폭시 접착제 조성물로 활용될 가능성이 있음. □ 업적물 산출 시 기여한 역할 : 이 특허에서 개발된 접착제의 조성 및 기계적인 물성 향상을 위한 첨가제 구성에 기여함.				

			고분자공학	노하우이전	② 폴리우레탄 배합 및 합성, 응용 기술에 관한 노하우
					③ KPX케미칼(주)
					④ 16,000
					⑤ 2023
16	□ 업적물의 창의성·혁신성 : 산업적인 측면에서 폴리우레탄을 합성하기 위해서는 중합공정(온도,rpm 등) 뿐만 아니라 저장된 Prepolymer 역할이 가장 중요하며 이는 상태와도 직결될 수 있음. 본 실적의 경우 폴리우레탄의 배합을 위한 prepolymer의 장기 저장안정성, 신규 Prepolymer 형태의 개발, 분자설계 및 물성 제어를 위한 노하우를 이전하는 특징을 갖고 있음. □ 교육연구단의 비전과 목표와의 부합성 : 융·복합연구를 바탕으로 연구의 질적 능력을 고도화하고 지역사회 문제 해결에 기여할 수 있는 혁신적 기술을 창출하는 연구목표에 부합함. □ 해당 전공분야의 기여 : 다양한 형태의 폴리올과 이소시아네이트의 반응을 통해 생성된 Prepolymer의 연구를 통해 저장안정성, 반응성 등 경우에 따른 데이터화를 하였으며, 분야에 따른 Prepolymer의 적용을 통해 기계적 물성을 향상시킬 수 있어 다양한 산업에 기여할 수 있음. □ 업적물 산출시 기여한 역할 : 폴리올과 이소시아네이트의 소재 및 중합조건을 연구하여 Prepolymer 개발의 전 과정에 기여함.				

2. 산업·사회에 대한 기여도

1) 산학협력 현황

- 본 교육연구단은 과학 기술을 통해 산업과 지역사회 문제 해결에 기여하기 위한 첫 번째 활동으로 활발한 산학협력 연구 추진을 지향하고 있고, 지역 산업계와의 교류를 위하여 인적 교류와 보유 장비 활용 등을 이용한 물질 교류 등을 추진하고 있다. 구체적인 산학협력 과제는 아래 표와 같다.

표 III-5. 산학협력 과제 목록

연번	교수명 / 업체명	연구 주제
1		고무소재 재활용 위한 탈황 및 가교분리 기술 연구
2		열가역 가교 (Vitrimers) 도입을 통한 고탄성 열가소성 소재 개발
3		BIPV용 반투명 페로브스카이트 태양전지 모듈 시험편 분석
4		부동액 염료의 탈변색 원인 규명을 위한 염료 변형 메커니즘 연구
5		석고보드용 혼화제 개발-SPS의 감수율, 유동성 향상 및 혼화제 성능향상
6		무효소혈당센서를 위한 메조포러스 백금 (mesoporous-Pt) 의 수계 고분자 분산제 / 바인더 개발
7		SLBR 수율 증가 및 반응 시간 단축 연구
8		초고압 제품에 적용가능한 도전성 고분자재료 개발
9		수소액화공정 개발을 위한 냉매 최적화 및 공정 개선 연구
10		배터리셀 고에너지밀도화를 위한 국부적 고농도 전해액 시스템 고전압화 및 소재 개발
11		고에너지, 고안정성 전고체전지 向 고농도염을 포함하는 불소계 고분자전해질 개발 및 전지 성능 향상 기술 개발
12		고에너지 리튬황전지 向 다기능성 전해질 및 분리막 소재기술을 활용한 폴리설파이드 서틀 현상 완화 및 전극-전해질 계면 안정화 특성 연구
13		구동 모터용 속경화 접착제의 내열성 향상 기술 개발
14		Biomass 99% 이상 Castor Oil 활용 폴리올 개발
15		도료 경화도 측정 평가법 연구
16		전장부품 발굴 및 최신 기술 트렌드/제품군 연구&분석
17		이차전지 공정기술 개발
18		연료전지 전극슬러리의 물성 확보를 위한 슬러리 유변물성 특성파악

- 한편, 본 교육연구단은 지역 산업계의 인력 교육을 통한 인적 교류활동의 일환으로 지역산업체 및 연구기관의 우수한 인력을 대학원에 진학시키는 프로그램을 운영하고 있으며, 4차년도 기간에 수학중인 파트타임 대학원생 현황은 박사과정 6명, 석사과정 75명, 석박사통합과정 1명으로 총 82명이다.
- 지역산업계 종사자의 재교육을 위하여 현장 밀착형 교과과정을 가지는 산업대학원을 개설하고 있으며, 4차년도 기간에 재학 중인 산업대학원생은 석사과정 36명이다.

- 이외에도 산학 공동연구 활성화와 참여 대학원생의 진로 지도를 위하여 주요 관련업계의 담당자와 선배 연구자를 초청하여 회사 및 오픈랩 겸 진로 설명회를 개최하였다.
 - 2023년 11월 13일~16일, 각 연구실에서 진로탐색의 날 & Open Lab을 개최하여 대학원에 관심있는 학부생들과 참여대학원생의 진로지도를 진행하였다.
 - 2024년 4월 17일, 한국타이어의 “타이어재료 기술의 이해” 라는 제목으로 강연을 진행하였고, 회사 소개와 진로 및 취업 관련 질의응답을 진행하였다.
 - 2024년 5월 9일, 대학원혁신실에서 대학원생의 맞춤형 취업기회 제공 및 진로네트워크 확대를 위한 경상권 첨단산업 외투기업(램리서치코리아(반도체), 프레스티지바이오파마(바이오), 르노삼성(미래차)) Meet-up Day를 개최하였다.
- 본 교육연구단 참여교수들은 다음과 같이 기업체 강연 및 기술 교육과 자문 등을 실시하였다.
 - 청정수소 연소발전 전문기업인 (주)뉴수소에너지 함께, 2024년
5월 16일 및 6월 14일에 수소연소발전 과제개발 미팅을 가졌으며, 6월 28일 경기도 군포에 위치한 뉴수소에너지 본사를 방문해 미팅 및 수전해와 가스발전시설을 견학하였다. 중소기업협력과 제 개발을 위해 지속적인 협력을 강화하고 있다.
 - 바이오수소 생산과 활용 전문업체인 (주)바이오엑스와는 환경부/환경산업기술원 지원 음폐수로부터 수소생산 과제를 2020년부터 수행하고 있으며, 현재 2단계 사업을 진행하고 있다. 또한 연구책임자와 함께 2024년 한국에너지기술평가원의 한영에너지국제공동과제에 영국 WASE Ltd, U. Westminster와 함께 선정되었으며, 향후 3년간 유기성 폐자원을 활용한 수소/메탄 혼합 하이탄 생산공정개발을 위해 협력할 계획이다.
 - 2023년 4월 29일 경기도 화성시 현대자동차 남양연구소에서 “부동액 염료의 탈변색원인 규명을 위한 염료 변형 메커니즘 “에 대한 산학과제 완료보고 및 전기화학 강의를 실시하였다. 구체적으로 부동액 조성물의 탈변색거동을 모사하고, 발생하는 염료구조의 변화를 다양한 기기분석 측정을 통해 탈변색메커니즘을 규명한 결과를 소개하였으며, 기존 탈변색현상 발생을 완화 또는 지연하는 조건을 발굴하고 이를 반영한 부동액 배합조성 개발 가능성을 제시하였다.

□ : 2023년 8월 ~ 24년 2월 동안 경북 경산에 소재한 자동차 & 산업용 전선, 호스, 튜브 등의 제조회사 안캠(주)에 방문하여 연구개발팀에 특수 자동차 고분자 소재 개발 관련하여 자문을 하였다.

□

- 한국과학기술정보연구원(KISTI) 부산울산경남지원에서는 수행중인 “2024년 울산광역시 중소벤처 기업 R&D 맞춤형 기술정보 제공사업의 일환으로 감압접착제 전문업체인 (주)씨에스케미칼에 외부 전문가로 방문하여 기능성 이중 계면 점접착제 기술과 고성능 점착제 개발 관련 기술교육 및 기술자문을 진행하였다. 최근 친환경 재가공/재활용이 가능한 열경화성 고분자로 각광 받는 동적 결합 고분자 소재 및 이를 이용한 점착제 관련 발표를 하였으며 향후 지속적인 고성능 점착제 개발 관련 R&D 컨설팅 및 산학연 R&D 기획을 계획하였다.



- 2023년 7월 14일, 경기도 화성시 현대자동차 남양연구소에서 플라스틱 복합재료 기술자문 발표를 실시하였는데, 현대차에서 자동차 연비 향상 및 온실가스 배출 감소를 통한 친환경화를 위하여 추진하는 차체 경량화에 핵심이 되는 탄소섬유 복합재료 (CFRP)에 관한 기초, 활용에서부터 최신 기술 및 연구 동향에 관한 강연과 질의응답을 통한 기술 자문을 진행하였다. 성동기 교수의 주요 연구분야인 CFRP에 관한 현대차 내부의 높은 관심도를 반영하여 온/오프라인 병행으로 진행된 강의에 많은 연구자들이 참석하였고, 복합재 분야의 주요 선행연구 결과를 바탕으로 양산화 가능한 수준의 기술개발을 위한 산학협력 과제 제안도 요청받아서 사전 검토를 진행하고 있다.

- 향후, 본 교육연구단 참여교수들은 동남권 및 관련분야 기업체와의 산학관련하여 기업체와의 과제 발굴에 힘쓰고 있으며, 이를 통해 산업,사회 문제해결에 이바지하고 있다. 차년도에도 꾸준한 과제 발굴, 기술교육, 기술세미나, 기술자문 등을 통해 산업체에서 요구한 최신 기술, 연구 및 문제해결에 꼭 필요한 역할을 수행해나갈 계획이다.

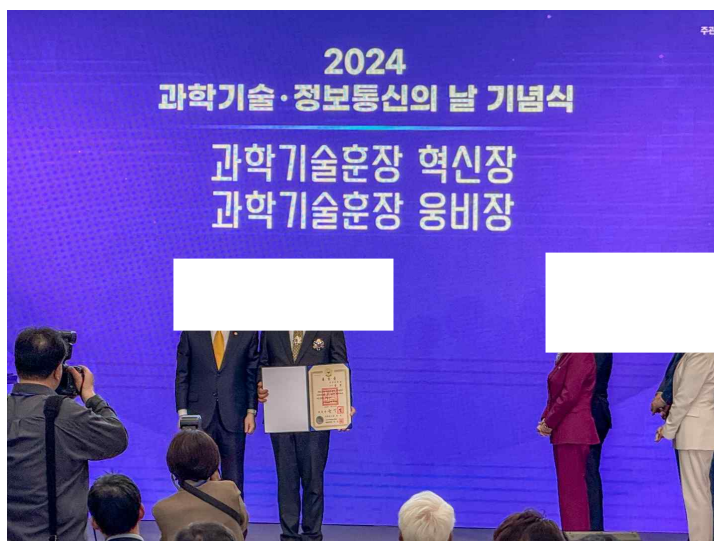
2) 산학관련 수상내역

- 본 교육연구단 참여교수들은 4차년도에 이래 표와 같은 수상 실적을 낸 바 있다.

표 Ⅲ-12. 본 교육연구단 소속 교수의 산학관련 수상내역

교수	날짜	수상기관	수상내역
	2024년 4월22일	과학기술부	과학기술훈장 혁신상
	2024년 04월 22일	과학기술정보통신부	표창장
	2023년 12월 15일	사단법인 한국화학공학회	영문지 우수상

- 본 교육연구단 교수는 아래와 같이 과학기술진흥으로 학문발전에 이바지한 공로를 인정받아 아래와 같은 과학기술정보통신부에서 과학기술부 과학기술훈장 혁신상을 수상하였다.



- 본 교육연구단내 소속 는 과학기술진흥으로 국가발전에 이바지한 공로를 인정받아 과학기술정보통신부에서 표창장을 수상하였다.
- 본 교육연구단내 소속 는 한국화학공학회 영문지에 최근 2년간 게재된 논문을 많이 인용한 저자로 선정되어 아래와 같은 영문지 우수상을 수상하였다.

3) 장비이용실적 (업체사용실적)

표 Ⅲ-13. 본 교육연구단 소속 장비 활용 내용

장비명	교수 연구실	사용기간	업체	내용
적외선분광기(FTIR), 시차주사열량계(DSC), 열중량분석기(TGA), 동적기계분석기(DMA) 레오미터 만능재료시험기(UTM) THINKY MIXER		2023.04.01.~2024.03.31	현대자동차	가황 고무 소재 특성 분석
적외선분광기(FTIR), 시차주사열량계(DSC), 열중량분석기(TGA), 동적기계분석기(DMA) 레오미터 만능재료시험기(UTM) THINKY MIXER		2024.05.01.~2025.04.30	화승코퍼레이션	작용기가 도입된 EPDM 고무 소재 특성 분석
자외선/가시광선 분광기 (uV-Vis)		2022.04.20~	퀀텀테크(주)	자외선과 가시광선의 다양한 파장에서 시료의 흡수 및 투과 양 측정
광 발광 분광기 (Photoluminescence Spectroscopy)		2022.04.20~	Edinburgh Instruments	들뜬 전자가 바닥 상태로 내려갈 때 발생하는 빛을 통해 불순물, 결정 상태 등 분석
주 사 탐 침 현 미 경 (Atomic Force Microscope)		2019.10.04.~	파크 시스템스	팁과 시료표면의 원자 사이에 작용하는 반데르발스 힘을 검출하여 시료 표면 스캔
Contact angle (CA)		2019.10.04.~	(주) 팜토바이오메드	표면 특성 평가
Keithley		2018.04.20~	Keithley Instuments	태양전지의 광전 변환 효율 측정
순환 전압전류법		2024.03.23.	(주)현대자동차	금속의 부식거동 분석

측정기 (CV)				
만능재료시험기(UTM)		2023.09.11.~2023.09.15	(주)효성	전도성 필러 기반 에폭시 복합재의 인장 물성 분석
레오미터		2024.06.17.~2024.06.19	(주)효성	효성 에폭시 수지 분석
만능재료시험기(UTM)		2023.11.01~2024.04.30	LG전자	도막 접착 성능 테스트
만능재료시험기(UTM)		2023.02.01~2024.05.31	효성티엔에스	접착제 전단강도 테스트
레오미터		2023.07 - 2023.11	(주)현대자동차	고분자 물질별 유변물성 분석

- 산학관련하여 기업체와의 원활한 기기장비 사용과 관련하여, 각 연구실 이외에도 부산대학교 연구장비공동활용지원센터에서 현재 109종의 장비를 보유, 관리, 운영하고 있다. 부산대학교에서 공동으로 운영하는 장비의 경우 예약을 통해 이용할 수 있으며, 장비이용료를 교육연구단 예산에서 결제할 수 있도록 차년도에도 꾸준히 지원할 계획이다.

3. 참여교수의 연구의 국제화 현황

① 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

- 본 교육연구단은 세계적인 연구 성과를 창출하기 위한 노력으로 다양한 국제 공동연구와 교류 활동을 추진하고 있는데, 연차별 참여실적 현황은 아래 표와 같다.
- 국제 학술행사들이 대부분 취소되는 상황에서 온라인 학회의 조직 및 발표에 적극적으로 임하기 위해 노력하였으며, 그 결과 초청강연, 좌장 및 위원회 활동, 국제학술지 관련활동이 증가되는 등에서는 양호한 성과를 창출한 것으로 판단되며, 대표적 실적들을 서술하였다.

표 III-6. 국제활동 분야별 참여실적 현황 (연차별 실적)

활동분야	수상실적	기조연설,초청강연,해외대학강연,논문발표등	좌장 및 위원회 활동	국제학술지 관련 활동	저술 활동	소계
1차년도 건수	2	10	6	25	0	41
2차년도 건수	2	20	7	5	0	34
3차년도(6개월)건수	0	4	6	4	1	15
4차년도 건수	3	24	28	10	0	65

1) 국제학회/학술대회에서 수상 :

< 교수 >

- 한국생체재료학회 덴티움우수상, 2023년 9월 22일, Biomaterials Research 최다인용

-

< 교수 >

- 생물공학연구자상, 한국생물공학회, 2023년 10월 5일
- 산학연공로상, 한국공업화학회, 2023년 12월 11일
- Highly Valued Editor, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 2023년 8월 1일

< 교수 >

- 한국복합재료학회 학술공로상, 2023년 11월 8일

< 교수 >

- I&ECR (ACS Publication) Class of Influential Researchers - Asia and Pacific, American Chemical Society (Industrial & Engineering Chemistry Research), 2023.12.06.

< 교수 >

- 국제학회, 우수포스터발표상(IWEAYR-17 Excellent Presentation Award)수상, 2024 IWEAYR-17, 한국유변학회 주관. 2024.01.25.

The linear and nonlinear rheological properties of Polylactic acid/Low-density polyethylene blends with different inorganic fillers

- 국내학회, 한국유변학회 추계 우수논문상(oral), 2023.11.02.

Analysis of Gelation Behavior of Cellulose Nanocrystal Suspensions Containing Neutral and Ionic Polymers by Linear and Non-linear Rheology

- 국내학회, 한국유변학회 추계 우수논문상(poster), 2023.11.02.

Investigation of Nonlinear Rheological Properties of Anode Slurries for Lithium-ion Battery Using Different Binders and Active Materials

- 국내학회, 한국화학공학회 부산경남지부 학술대회 우수 논문상(oral), 2023.12.11.

The Relationship between Rheological Properties and Morphology in Polylactic acid/Low-density Polyethylene Blends with Different Inorganic Fillers

- 국내학회, 한국화학공학회 부산경남지부 학술대회 우수 논문상(Poster), 2023.12.11.

Effect of Recycled Carbon Black on Rheological and Mechanical Properties of PBAT and PLA Blends

- 국내학회, 한국화학공학회 부산경남지부 학술대회 우수 논문상(Poster), 2023.12.11.

Rheological Properties of Catalyst-Free Upcycled Polyethylene terephthalate(PET) Vitrimers

- 국내학회, 한국유변학회 춘계 우수논문상(poster), 2024.05.03.

Rheological Characteristics of Ethanol added Anode Slurry of Lithium-ion Battery

2) 국제학술대회 등 관련 활동 (기조연설, 초청강연, 해외대학강연, 논문발표 포함)

☐ 기조연설

< 교수 >

- "Recent advances in AI-guided nanoporous materials design and screening for energy and

environmental applications” , 한국화학공학회 2024년도 봄 총회 및 국제 학술대회, 2024.04.25., 한국

- “MOF 기반 이산화탄소 흡착 분리 소재 및 공정 기술” , 한국고분자학회 2023년도 추계 정기총회 및 학술대회, 2023.10.12., 한국

□ 초청강연

◁ 교수>

- “개환중합 촉매로서 프러시안블루 유도체 (이중금속시아넘 촉매): 발전과 전망” , 한국고분자학회 2024년 춘계학술대회, 2024.04.05., 한국

< 교수>

- “Covalent Adaptable Networks (CANs): Recyclable Networked Polymers” The 72nd Symposium on Macromolecules-The Society of Polymer Science, 2023.09.26., 일본
- “Covalent Adaptable Network Matrix for Realizing Recyclable Composite” The Korean Institute of Chemical Engineers-Polymer Division-Winter Workshop, 2023.12.21., 한국
- “Processing Strategies for Covalent Adaptable Network” The Korean Fiber Society, 2024.04.19., 한국
- “Photodirecting Marangoni Flow to Pattern Polymer Thin Films” The Korean Society of Industrial and Engineering Chemistry, 2024.05.09., 한국

◁ 교수>

- 2023 MRS Fall Meeting & Exhibit, “Observation of structural changes in organometallic perovskite thin film using synchrotron x-rays” , Boston, 20231126

교수>

- “Highly Flexible Large-Area Electrochromic Devices with Viologen Hybrid Derivatives, The 30th International Display Workshops (IDW '23), 2023.12.07., 일본
- “Visible-to-NIR Absorbing Phthalocyanine Derivatives for Optical, Electrochemical, and Photothermal Applications” , The 13th International conference on porphyrins and phthalocyanines (ICPP-13), 2024.06.27., 미국

< 교수>

- “Dual Morphing of Direct-Ink-Written Liquid Crystal Elastomers Under Heat and Moisture” , International Liquid Crystal Elastomer Conference 2023, 20231008~20231011, 미국
- “Liquid Crystal Elastomer-Based Actuating Fibers: From Contraction to Elongation” , The 2024 Spring Meeting of European Materials Research Society, 20240527~20240531, 프랑스
- “Steering actuation direction in liquid crystalline fibers: From contraction to elongation” , ACS FALL 2024, 20240818~20240822, 미국

< 교수>

- “Cell Stimulation and Nanoparticle Engineering for Microalgal Lipid and Astaxanthin

Production” International Conference on New Horizons in Biotechnology, 2023.11.27., 인도

□ 해외대학 초청강연

< 교수 >

- “Covalent Adaptable Network Matrix for Realizing Recyclable Composite” Georgia Tech Polymer Network, 2024.02.27., 미국, 애틀랜타
- “Innovative Processing Strategies for Covalent Adaptable Network”, University of Massachusetts Amherst, Polymer Science & Engineering Department, 2024.03.01., 미국, 애퍼스트

□ 국제학술대회 논문발표(개최국 현지발표)

< 교수 >

- (구두발표) “Microbial CO₂ Conversion to Hydrogen and Polyhydroxybutyrate using Carbon-negative and Sustainable Microbial Electrosynthesis Cell”, XXVIII International Symposium on Bioelectrochemistry and Bioenergetics of the Bioelectrochemical Society 2024, 2024.05.19., 스페인
- (포스터발표) “Electrode-attached cell-driven biogas upgrading of anaerobic digestion effluent CO₂ to CH₄ using a microbial electrosynthesis cell”, XXVIII International Symposium on Bioelectrochemistry and Bioenergetics of the Bioelectrochemical Society 2024, 2024.05.19., 스페인
- (포스터발표) “Housing of electrosynthetic biofilms using a roll-up carbon veil electrode increases CO₂ conversion and faradaic efficiency in microbial electrosynthesis cells”, XXVIII International Symposium on Bioelectrochemistry and Bioenergetics of the Bioelectrochemical Society 2024, 2024.05.19., 스페인
- (초청발표) “Microbial CO₂ Conversion to Value-added Chemicals using Carbon-negative and Sustainable Microbial Electrosynthesis Cell” GCIM 2024 & IUMRS-ICYRAM 2024 & MRS-K SPRING MEETING, 2024, June 8 - 12. ICC Jeju, South Korea

< 교수 >

- “Investigation of light fastness enhancer additives on recycled PET for automotive applications”, E-MRS 2023 Fall Meeting, 18-21 September 2023, Warsaw, Poland.
- “Structural transformation of pyrolyzed quinacridones and utilization as anodes for high-performance sodium-ion batteries”, E-MRS 2023 Fall Meeting, 18-21 September 2023, Warsaw, Poland.
- “Organic dye derived carbonaceous nanocomposites as anode materials for lithium ion batteries”, E-MRS 2023 Fall Meeting, 18-21 September 2023, Warsaw, Poland.
- “Nitrogen/oxygen dual-doped porous carbon hosts derived from pigments for lithium sulfur batteries”, E-MRS 2023 Fall Meeting, 18-21 September 2023, Warsaw, Poland.
- “Structural development of pyrolyzed quinacridones for efficient sodium-ion storage”, 2023 Kyushu-Seibu/Pusan-Gyeongnam (KSPG2023) Joint Symposium, 5-7 October 2023, Kyushu, Japan.
- “Predicting dyeing color properties of recycled PET by artificial neural network”, 2023 Kyushu-Seibu/Pusan-Gyeongnam (KSPG2023) Joint Symposium, 5-7 October 2023, Kyushu, Japan.

- “Influence of platinum nanoparticle shape on oxygen transport in PEMFC catalyst layer: Molecular dynamics simulation approach” , 2023 Kyushu-Seibu/Pusan-Gyeongnam (KSPG2023) Joint Symposium, 5-7 October 2023, Kyushu, Japan.
- “Dyeing and fastness properties of recycled PET for automotive interiors by addition of light fastness enhancer” , Asian Materials Data Symposium (AMDS) 2023, 25-27 October 2023, Daegu, Korea.
- “Piezoelectricity of strain-induced overall water splitting of Ni(OH)₂/MoS₂ heterostructure” , Materials Research Society-Taiwan International Conference (2023 MRSTIC), 17-20 November 2023, Hsinchu, Taiwan

< 교수 >

- “ A systematic study of hexavalent chromium adsorption and removal from aqueous environments using chemical functionalized amorphous and mesoporous silica nanoparticles” , 2023 AIChE Annual Meeting, 2023.11.06, 미국
- “A template-free solution-phase synthesis of novel two-dimensional α -quartz nanoplates and their applications in energy-saving, high-efficiency microalgal biorefineries” 2023 AIChE Annual Meeting, 2023.11.07., 미국
- “A Comparative analysis of the Influence of Macromolecular Templates on the Growth of Calcium Carbonate Crystals Using a Droplet-Based Microfluidic System” , 2023 AIChE Annual Meeting, 2023.11.08., 미국
- “Preparation of two- dimensional Fe₃O₄ nanodisks and nanosheets transformed from α -Fe₂O₃ analogues and their applications in magnetic field-assisted microalgal harvesting and biorefinery processes” , MCARE 2024, 2024.08.20., 대한민국

< 교수 >

- “Integrated Material and Process Evaluation of Metal-Organic Frameworks Database for Energy-Efficient SF₆/N₂ Separation” AICHE, 2023.11.09., 미국

< 교수 >

- “Biodegradable and Thermoresponsive Porous Micro/Nanospheres” , International Conference on Nano Science and Technology 2024, 2024.07.04., 싱가포르.

3) 좌장 및 위원회 활동

< 교수 >

- Committee Member, Global Conference on Innovation Materials (GCIM) 2024.06, 2024, 한국
- 좌장, World Biomaterials Congress (WBC) 2024, 2024.05.24. 한국

교수 >

- 조직이사 및 재무이사, 한국탄소학회, 2009~
- 조직이사 및 학술이사, 한국공업화학학회, 2015~
- 평가위원, 정보통신기획평가원, 2015~

교수>

- 에너지 및 환경생물공학 부문위원회 위원장, 한국생물공학회, 2023
- 홍보소식위원회 공동위원장, 한국생물공학회, 2023~
- 생물공학분과 분과회장, 한국공업화학회, 2024~
- 에너지전기화학 부문위원장, 한국에너지기후변화학회, 2024~
- 공과대학 포상 심의 위원회 위원
- 공대 재정확충기획 위원회 위원

교수>

- 평의원, 한국고분자학회, 2024~, 한국
- 운영이사, 한국고분자학회, 2023~, 한국
- 좌장, 한국고분자학회 2024년 춘계학술대회, 2022.04.04., 한국
- 평의원, 한국화학공학회, 2024~, 한국
- 국제화국제협력위원회 위원, 한국화학공학회, 2023~, 한국
- 고분자부문위원회 총무간사, 한국화학공학회, 2022~, 한국
- 운영이사, 한국접착계면학회, 2022~, 한국
- 평의원, 한국복합재료학회, 2023~, 한국
- 성형 및 나노복합재료 부문 학술이사, 한국복합재료학회, 2021~, 한국

교수>

- 기능성 컬러재료 및 염료·염색, 섬유고분자기능화·가공 좌장, 2023 추계 섬유공학회, 2023.10.26. 한국

교수>

- Board member of Polymer Division Subcommittee in IUPAC EA, IUPAC, 2019 ~
- Editor, Functional Composites & Structures (복합재료학회 발간 국제학술지), 2018~
- Committee Member, IUPAC Subcommittee: Polymer Division Subcommittee East Asia Research Meeting, 2020.11.20.~
- 좌장, IUPAC-MACRO 2020+, 2021.05.18., 한국

교수>

- “Biorefineries/Bioproducts” International Conference on New Horizons in Biotechnology, 2023.11.27., 인도

교수>

- International Adsorption Society Educational Committee, 2022~2024
- 한국화학공학회 계산화학 특별 심포지움 좌장, 2024.10.26.
- The International Adsorption Society, 박사학위논문상 심사위원회, 2023~2024

교수>

- 조직위원장, IWEAYR-17, 20240123-20230126, 한국(부산)
- 운영위원, 한국화학공학회, 2023.01-2023.12

- 편집위원장, 한국유변학회, 2023.01-2024.12
- 학술이사, 한국화학공학회, 2023.01-2023.12
- 국문지편집부위원장, 한국고분자학회, 2023.01-2024.12
- 공학단 전문위원, 한국연구재단, 2023.11-2025.10
- 학술지 편집위원, Korea-Australia Rheology Journal

4) 국제 학술지 관련 활동

교수>

- Biosensors : Guest Editor
- Tissue Engineering Part A : Editorial Board Member

교수>

- Polymers : Guest Editor
- ARC Journal of Cancer Science : Guest Editor

교수>

- Journal of Industrial and Engineering Chemistry (JIEC) : Editor
- Biotechnology and Bioprocess Engineering : Editorial Board Member
- Frontiers in Energy Research (Q3): Associate Editor
- Frontiers in Bioengineering and Biotechnology (Q1): Associate Editor

교수>

- Functional Composites & Structures : Editor
- Polymer Division Subcommittee in IUPAC EA : Board member
- Fibers and polymers : Associate Editor

교수>

- Applied Sciences (MDPI) : Editor
- Biotechnology and Bioprocess Engineerin (Springer) : Editor

교수>

- Applied Surface Science Advances : Editor
- Scientific Reports : Editor
- Computation : Editor

교수>

- 좌장, “Process Design in Energy and Sustainability: Towards a net zero carbon economy” , “2023 AIChE Annual Meeting” , Orlando, USA, 2023.11.05.
- 한국공업화학회 부산울산경남지부 평이사, 2021~2023
- 한국화학공학회 부산경남지부 기획이사, 2023
- 한국화학공학회 공정시스템 부문위원회 학술간사, 2023
- 한국청정기술학회 조직이사, 2023
- 한국공업화학회 부산울산경남지부 산학협력이사, 2024
- 한국공업화학회 화학공정분과회 총무간사, 2024

- 한국청정기술학회 총무이사, 2024

교수>

- MDPI Crystals : Editorial Board Member

교수>

- IOS Press Main Group Chemistry Editorial Board 2022~2024
- American Chemical Society, Langmuir (ACS Publication) Editorial Board Member, 2024.01~2025.12

5) 국제 저술활동

교수>

- Nano/Micro Biosensors for Biomedical Applications, Book, MDPI, 2024, <https://www.mdpi.com/books/reprint/8780-nano-micro-biosensors-for-biomedical-applications>

② 국제 공동연구 실적

- 참여교수들이 4차년도에 국제 공동연구를 한 실적은 총 30건이며, 나라는 미국, 중국, 인도를 비롯한 9개국이며 대표적 실적은 아래와 같다 .

표 Ⅲ-7. 4차년도 국제 공동연구 실적

연번	공동연구 참여자		상대국 /소속기관	국제 공동연구 실적	DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소
	교육연구 단 참여교수	국외 공동연구자			
1			중국/ Hebei University of Technology	Thermal degradation and upcycling of stereoregular polyesters. Reactive & Functional Polymers 193, 105756	doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2023.105756
2			인도/ Srivenkateswar a College of Engineering	Hierarchically porous polyaromatic carbon spheres decorated NiMn2O4 nanocomposite: efficient selective azo dye degradation from aqueous water and reduction of p-nitrophenol to p-aminophenol Carbon Letters, 34, 1229-1237	doi.org/10.1007/s42823-023-00685-y
3			중국/ University of Shanghai for Science and Technology	Versatile Hyper-Cross-Linked Polymers Derived from Waste Polystyrene: Synthesis, Properties, and Intentional Recycling Langmuir, 40(32), 16670-16689	doi.org/10.1021/acs.langmuir.4c01041
4			중국/ University of Shanghai for Science and Technology	Poly (phenylalanine) and poly (3, 4-dihydroxy-L-phenylalanine): Promising biomedical materials for building stimuli-responsive nanocarriers Journal of Controlled Release, 372 810-828	doi.org/10.1016/j.jconrel.2024.07.002

5		중국/ University of Shanghai for Science and Technology	Green synthesis of hypercrosslinked polymers for CO ₂ capture and conversion: Recent advances, opportunities, and challenges Green Chemistry, 26 2476-2504	doi.org/10.1039/D3GC04222G
6		중국/ Shanghai University of Medicine and Health Sciences	Silver oxide decorated urchin-like microporous organic polymer composites as versatile antibacterial organic coating materials Journal of Materials Chemistry B, 12(8) 2054-2069	doi.org/10.1039/d3tb02619a
7		스웨덴/ Chalmers University of Technology	Low electric current in a bioelectrochemical system facilitates ethanol production from CO using CO-enriched mixed culture. 2024. Frontiers. in Microbiology, 15, 1438758.	doi.org/10.3389/fmicb.2024.1438758
8		중국/시안교통 대	Housing of electrosynthetic biofilms using a roll-up carbon veil electrode increases CO ₂ conversion and faradaic efficiency in microbial electrosynthesis cells. 2024. Bioresource Technology 393 (2024) 130157	doi.org/10.1016/j.biortech.2023.130157
9		중국 / Jiangnan University & Huishan Branch of Wuxi Ecological Environment Monitoring and Control Center	In-situ biogenic FeS boosted acetate accumulation through CO ₂ capture and valorization using microbial electrosynthesis (MES), Chemical Engineering Journal, 493, 152563, 202408	doi.org/10.1016/j.cej.2024.152563
10		멕시코 / Instituto de Física & India / Saveetha Dental College and Hospital	Oxygen-enriched carbon quantum dots from coffee waste: Extremely active organic photocatalyst for sustainable solar-to-H ₂ O ₂ conversion / Chemosphere	doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142330
11		미국 / Lawrence Berkeley National Laboratory	Electrodeposited polyaniline on graphite felt (PANI/GF) improves start-up time and acetate productivity of microbial electrosynthesis cell / Journal of Power Sources	doi.org/10.1016/j.jpowsour.2024.234776

12		스웨덴/Chalmers University of Technology, 미국/Lawrence Berkeley National Laboratory, Emeryville,	Zero-valent Iron Enhances Acetate and Butyrate Production from Carbon Monoxide by Fonticella tunisiensis HN43	doi.org/10.1007/s12257-023-0033-4
13		미국/University of California at Santa Barbara	"Additive-free molecular acceptor organic solar cells processed from a biorenewable solvent approaching 15% efficiency" Materials Horizons, 2023,10,5564	doi.org/10.1039/d3mh01133j
14		스위스/ École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL),	"Methylammonium Nitrate-Mediated Crystal Growth and Defect Passivation in Lead Halide Perovskite Solar Cells" ACS Energy Letters, 2024,9,2137-2144	doi.org/10.1021/acsenergylett.4c00154
15		미국/University of California, Santa Barbara	"Room-temperature-processed perovskite solar cells surpassing 24% efficiency" Joule 8,1-18, July 17, 2024	doi.org/10.1016/j.joule.2024.04.002
16		중국/Jiangxi Normal University	Mohsin Hassan Saeed, Moon-Young Choi, Kitae Kim, Jin-Hyeong Lee, Keumbee Kim, Dowon Kim, Se-Um Kim, Hyun Kim, Suk-kyun Ahn, Ruochen Lan*, Jun-Hee Na*, "Electrostatically Powered Multimode Liquid Crystalline Elastomer Actuators"ACS Applied Materials & Interfaces, 2023, 15(48), 56285.	doi.org/10.1021/acsami.3c13140
17		미국/Air Force Research Laboratory	Jihye Choi, Yeongyu Choi, Jin-Hyeong Lee, Min Chan Kim, Sungmin Park, Kyu Hyun, Kyung Min Lee, Tae-Hoon Yoon, Suk-kyun Ahn, "Direct-Ink-Written Cholesteric Liquid Crystal Elastomer with Programmable Mechanochromic Response"Advanced Functional Materials, 2024, 34(10), 2470056.	doi.org/10.1002/adfm.202310658
18		인도/ Indian Institute of Petroleum Campus	Sung Hyun Kwon, Vishwanath Hiremath, Anshu Nanoti, Sung Gu Kang, Jeong Gil Seo & Seung Geol Lee (2023) " MgO-based composites for high pressure CO2 capture: A first-principles theoretical and experimental investigation", Korean Journal of Chemical Engineering, 40, 2990	doi.org/10.1007/s11814-023-1536-6

19		미국 / Pennsylvania State University	Hyukmin Kweon, Joo Sung Kim, Seongchan Kim, Haisu Kang, Dong Jun Kim, Hanbin Choi, Dong Gue Roe, Young Jin Choi, Seung Geol Lee, Jeong Ho Cho, Do Hwan Kim (2023) "Ion trap and release dynamics enables non-intrusive tactile augmentation in monolithic sensory neuron", Science Advances, 9, 42, eadi3927	doi.org/10.1126/sciadv.adi3827
20		미국/University of Illinois at Urbana Champaign	Seongwook Chae, Se Hun Kim, Taewoong Lee, Haisu Kang, Young Je Kwon, Gyeong Min Choi, Woo Sub Heo, Jae Bin Park, Ji-Oh Kim, Taekyun Kwon, Byeong Jin Kim, Chae Ryong Cho, Jun-Woo Park, Seung Geol Lee, Kie Yong Cho, Jin Hong Lee (2023) "Molecular engineering of N-rich ZIF-integrated graphene composite interface for efficient physiochemical confinement and catalytic conversion of polysulfides in lithium-sulfur batteries", Composite Part B: Engineering, 267, 111050	doi.org/10.1016/j.compositesb.2023.111050
21		미국/University of Illinois at Urbana Champaign	Won Gi Chung, Jiuk Jang, Gang Cui, Sanghoon Lee, Han Jeong, Haisu Kang, Hunkyu Seo, Sumin Kim, Enji Kim, Junwon Lee, Seung Geol Lee, Suk Ho Byeon, Jang-Ung Park (2024) "Liquid-metal-based three-dimensional microelectrode arrays integrated with implantable ultrathin retinal prosthesis for vision restoration" Nature Nanotechnology, 19, 688	doi.org/10.1038/s41565-023-01587-w
22		미국/ University of Illinois	-Dye-functionalized carbonaceous interlayer as an efficient lithium polysulfide mediator for high performance lithium-sulfur batteries -Taewoong Lee, Seongwook Chae, Woo Sub Heo, Haisu Kang, Jae Bin Park, Yiseul Park, Tae Hyun Park, Jin Hong Lee, Seung Geol Lee -Volume 649, pp 159156	doi.org/10.1016/j.apusc.2023.159156
23		미국/ Georgia Institute of Technology	-Accelerating Polysulfide Adsorption and Conversion from the Hybrid Phase of TiO ₂ and N-Doped Carbon toward High-Performance Li-S Batteries -Seongwook Chae, Sung Hyun Kwon, Taewoong Lee, Jin Hong Lee, Seung Soon Jang, Seung Geol Lee -Volume 128, issue 38, pp 14880-14886	doi.org/10.1021/acs.jpcc.4c03644
24		영국:미국/University College London; Northwestern University	Moghadam, P.Z., Chung, Y.G. & Snurr, R.Q. Progress toward the computational discovery of new metal-organic framework adsorbents for energy applications. Nat Energy 9, 121–133 (2024).	doi.org/10.1038/s41560-023-01417-2

25		영국/University of Warwick	Anion storing, oxygen vacancy incorporated perovskite oxide composites for high-performance aqueous dual ion hybrid supercapacitors, Journal of Energy Chemistry, 94, 646, 202407	doi.org/10.1016/j.jechem.2024.02.032
26		미국/델러웨어 대학교	Continuous flow upgrading of lignin pyrolysis oils to drop-in bio-hydrocarbon fuels over noble metal catalysts, Chemical Engineering Journal, 481, 148328, 202401	doi.org/10.1016/j.cej.2023.148328
27		인도/ST.Stephen's College	Archana Puthanveedu, Shanmugasundaram Kanagaraj, Amutha Anjali Bai, Sunesh Chozhidakath Damodharan, Youngson Choe, "Blue emitting V-shaped acceptor - donor - acceptor novel ionic organic small molecule for non-doped light-emitting electrochemical cells", Organic Electronics, 122, 106881	doi.org/10.1016/j.orgel.2023.106881
28		인도/St. Joseph's College	Hariventhan Ragupathi, Antony Arockiaraj M and Youngson Choe, "Investigating the Electrochemical Performance of Nickel Oxide/Functionalized-Carbon Nanotube (NiO/f-CNT) Nanocomposite Synthesized via Direct Co-precipitation for Supercapacitor Applications", Brazilian Journal of Physics, 54(1), 10	doi.org/10.1007/s13538-023-01387-6
29		인도/The American College	Seung Hak Lee, Si Yoon Kim, Reza Salehiyan & Kyu Hyun,(2021) "Decorating 2D graphene oxides sheets with spherical shaped Fe3O4 for the applications of supercapacitors and sunlight induced sonophotocatalytic degradation of methylene blue dye", Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 683, 132927	doi.org/10.1007/s13367-021-0025-x
30		영국/Edinburgh Napier University	Clay Dispersion Assessment via FT-Rheology for Polypropylene/Clay Nanocomposites Fabricated by an Electric Field ACS Appl. Polym. Mater. 5(9), 7069, 2637-6105	doi.org/10.1021/acsapm.3c01104

- 참여교수는 2023년 Hebei University of Technology의 교수와 공동연구를 통해 제한적으로 연구가 진행되고 있던 에폭시와 고리형 무수물의 공중합에서 파생된 폴리에스테르의 열분해 메커니즘을 밝혔다. 본 연구는 고분자분야의 세계적인 학술지인 Reactive and Functional Polymers (IF = 5.1, JCR 상위 16.28%)에 2023년 12월에 게재되었다.

- 참여교수는 2023년 Srivenkateswara College of Engineering의 교수와 공동연구를 통해 계층적 흡수성 물질을 NiMn_2O_4 로 덮고 아조 염료 분해를 위한 촉매제 역할을 하도록 설계하여 방향족 기반(PA) 흡수성 화합물은 처음에 브로메틸 메틸에테르로서 ZnBr_2 이 시약으로 존재하는 상태에서 자가 중합을 거치는 브로모메틸화 방향족 탄화수소에 의해 구성되었으며, 가교제는 브로모메틸 메틸에테르를 사용하여 UV-가시광선 분광법을 사용하여 일정한 간격으로 염료의 분해를 분석하였다. 본 연구는 화학분야의 세계적인 학술지인 Carbon Letters (IF = 5.5 JCR 상위 26.7%)에 2024년 2월에 게재되었다.
- 참여교수는 2024년 University of Shanghai for Science and Technology의 교수와 공동연구를 통해 폐기물 폴리스티렌으로부터 다기능 초가교 폴리머를 준비하는 방법과 지속 가능한 재활용에서의 응용 분야를 체계적으로 탐구하였다. 이러한 폴리머에 대한 다양한 합성 접근 방식을 종합적으로 요약하고 그 물리적 및 화학적 특성을 조사하였다. 이러한 다기능 폴리머는 구조적 유연성을 나타낼 뿐만 아니라 성능의 다양성을 입증하여 다양한 응용 분야에 적합하다. 본 연구는 화학분야의 세계적인 학술지인 Langmuir (IF = 3.7 JCR 상위 37%)에 2024년 2월에 게재되었다.
- 참여교수는 University of Shanghai for Science and Technology의 교수와 공동연구를 통해 폴리(페닐알라닌)(PPhe)와 폴리(3,4-디하이드록시-L-페닐알라닌)의 최근에 제안된 합성법을 소개하고 PPhe와 pDopa(pDopa)간의 약물 전달 차이를 비교하였다. 이어서 나노 스케일 표적 약물 전달 시스템에서 다양한 응용사례를 요약하여 이 두가지 물질을 사용하여 서로 다른 자극 반응성 담체를 기반으로 한 약물 방출 행동에 대한 포괄적인 분석을 제공하였다. 본 연구는 화학분야의 세계적인 학술지인 Journal of Controlled Release (IF = 10.5 JCR 상위 11.5%)에 2024년 8월에 게재되었다.
- 참여교수는 2024년 University of Shanghai for Science and Technology의 교수와 공동연구를 통해 다공성 유기 폴리머 (POP)의 한 종류인 과가교 폴리머 (HCP)의 친환경적인 합성법과 CO_2 포집 및 전환을 위한 방법을 소개하였다. 이어서 CO_2 선택성 및 회수 가능성에 주목하여 CO_2 고정 (가스저장) 및 기체 분리를 위한 HCP의 활용에 대하여 탐구하였다. 궁극적으로 향후 CO_2 고정 기술의 발전을 촉진하고 HCP의 고유한 기능을 활용하기 위한 생각을 자극하는 제안을 제시하였다. 본 연구는 화학 분야의 세계적인 학술지인 Green Chemistry(IF = 9.3 JCR 상위 13.6%)에 2024년 1월에 게재 되었다.
- 참여교수는 2024년 Shanghai University of Medicine and Health Sciences의 교수와 공동연구를 통해 코팅 응용 분야에 적합한 향균 복합재인 은 산화물 나노입자와 성게형의 고분자의 복합재의 합성법을 제시하였음. 은 산화물 나노입자/성게형 고분자 복합재는 대장균과 황색포도상구균에 대해 높은 향균 효능을 입증하였다. 이 연구로 뛰어난 가공성과 생물학적 안정성을 가져 다양한 기질에 편하게 적용할 수 있는 복합재를 합성하였다. 본 연구는 재료 과학 분야의 세계적인 학술지인 Journal of Materials Chemistry B (IF = 6.1 JCR 상위 19.8%)에 2024년 1월에 게재되었다.
- 는 CO 를 유용물질로 전환하는 생물전환 공정에 전문성을 가지고 있는 Chalmers University of Technology의 교수와 공동으로 생물전기화학기술을 기반으로 CO 가스를 유용화합물질

(아세트이트, 에탄올)로 전환하는 연구를 수행하였다. 본 연구는 *Clostridium autoethanogenum* 균주를 이용해 산업체 부생가스의 주요성분인 CO를 유기산으로 전환하는 전기화학적 활성 미생물 군집과 인가전류밀도 등 운전조건에 따른 목적 대사산물 생산에 관한 영향을 평가하였다. 특히 본 연구를 위해 본 논문의 제1저자이며 Chalmers University of Technology의 박사과정 학생이 본 연구실을 6개월간 (2022. 12-2023. 05)방문해 공동연구를 수행하였다. CO, CO2와 같은 C1가스 유용물질 전환에 관한 연구는 온실가스 감축과 탄소순환경제전환에 대한 관심증가로 전세계적으로 주목을 받고 있는 유용한 기술 분야로서 지속적인 연구교류를 가질 계획이다.

- 교수는 CO2를 아세트산으로 전환하는 미생물전기합성 셀의 전극구조를 개선해 전기효율 및 아세트이트 생산성을 개선하는 연구를 중국 시안교통대 교수와 수행하였다. 원통형의 graphite felt로 이루어진 산화전극은 기존의 평판형 전극에 비해 유체저항을 개선시켜 부착된 미생물이 전기에너지를 이용해 CO2를 전환하는 패러데이 효율이 개선되었음 보고하였다. 중국 시안교통대와는 한국연구재단 한중교류프로그램을 활용해 연구자 교류 및 공동 워크숍을 개최할 계획이다.
- 교수는 2023년 미국 University of California, Santa Barbara 소속 등과 함께 유기태양전지에서 biomass-derived solvent (2-methyltetrahydrofuran, 2-MeTHF)를 이용하여 이중 접합구조의 소자를 구현해서 15%의 효율을 달성하였고, 관련 광-전류 변환 메커니즘을 규명하였다. 이 결과를 Materials Horizons 논문에 게재하였다.
- 교수는 2024년 스위스 École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) 소속 과 함께 Methylammonium Nitrate를 첨가제로 사용하여 유-무기 하이브리드 페로브스카이트 태양전지의 박막 우선 성장을 유도하고 높은 효율을 보고하였음. 이에 더해 Methylammonium Nitrate 첨가제의 역할을 규명하였다. 이 결과 ACS Energy Letters 논문에 게재하였다.
- 교수는 2024년 미국 University of California, Santa Barbara 소속 등과 함께 상온에서 안정적으로 페로브스카이트 박막 형성이 가능한 공정을 개발하였고, 이를 통해 기존의 20% 효율에 머물러 있던 광전 변환 효율을 세계 최초 24% 이상으로 획기적으로 향상시켰다.(p-i-n 역구조 소자) 매우 창의적으로 혁신적이다. 이는 세계적인 학술지 Joule에 July 17호 표지논문으로 선정되었다.
- 교수는 2023년 중국 Jiangxi Normal University의 교수와 액정엘라스토머 기반 정전기적 동력으로 구동 가능한 액추에이터를 제작하고 다양한 활용법을 선보여 세계적인 학술지인 ACS Applied Materials & Interfaces (IF = 8.3, JCR 상위 15.75%)에 2023년 12월 게재하였다. “Electrostatically Powered Multimode Liquid Crystalline Elastomer Actuators” ACS Applied Materials & Interfaces, 2023, 15(48), 56285. 향후에도 전기 구동 액정엘라스토머 액추에이터 개발뿐 아니라 다양한 소재를 기반으로 한 전기 구동 고분자 개발을 위해 지속적인 교류를 할 예정이다.
- 참여교수는 2020년 미국 공군연구소(Air Force Research Laboratory)의 박사와 공동연구를 통해 콜레스테릭 액정고분자의 나선축을 기울여 여러 색깔을 나타낼 수 있는 필름을

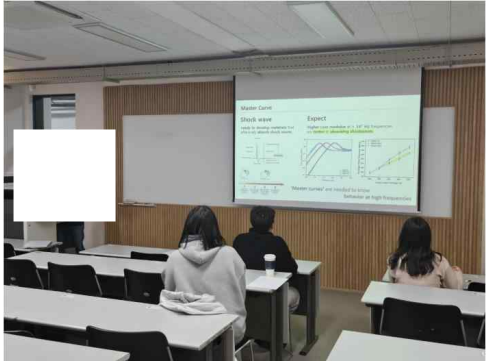
제작하고 기계 변색이 가능한 소재 개발에 성공하였다. 본 연구는 소재분야의 세계적 학술지인 Advanced Functional Materials (IF = 18.5, JCR 상위 4.35%)에 2024년 03월에 게재되었다. “Direct-Ink-Written Cholesteric Liquid Crystal Elastomer with Programmable Mechanochromic Response” Advanced Functional Materials, 2024, 34(10), 2470056. 향후에도 지속적으로 콜레스테릭 액정고분자와 관련한 공동연구를 지속할 예정이다.

- 교수는 2023년 Indian Institute of Petroleum Campus의 박사와 공동으로 이론적 및 실험적 접근으로 포논 계산과 고압 CO₂ 흡착 실험을 통해 전처리 연소 조건에서 CO₂ 포집을 위한 잠재 후보를 도출하는 연구를 수행하였다. 본 연구는 마그네슘 산화물의 다양한 조성에 따른 CO₂ 흡착 특성을 실험과 이론을 활용해 포괄적으로 규명했다는 점에서 독창성이 있었다.
- 교수는 2023년 Pennsylvania State University의 박사와 공동으로 이온 포획 및 방출 동력학(iTRD)을 활용하여, iTRD-이온젤에 포획된 이온을 기계적 자극 시 방출함으로써 전압 자극 하에서만 시냅스 기억 신호를 생성하는 연구를 수행하였다. 본 연구는 NeuroMAT의 강력한 촉각 기억이 로봇 손이 일관되고 신뢰할 수 있는 그립 동작을 수행하도록 지원하여 인간의 기억 기반 움직임을 모방이 가능하게 한 독창성이 있었다.
- 교수는 2023년 University of Illinois at Urbana Champaign의 박사과정생과 공동으로 금속-유기 골격체 및 Graphene 복합체를 제조하고 이를 전기화학 촉매로 활용하여 리튬황전지의 성능을 개선하는 연구를 수행하였다. 본 연구는 금속-유기 골격체의 개질 및 복합체의 미세구조 형성 메커니즘 분석을 통해 제조된 복합체의 물성을 제어하고 폴리설파이드와의 물리·화학적 상호작용을 극대화한 독창성이 있었다.
- 교수는 2024년 University of Illinois at Urbana Champaign의 박사과정생과 공동으로 초박형 광감지 트랜지스터와 갈륨-인듐 합금의 3D 자극 전극을 통합한 인공 망막 개발 연구를 수행하였다. 본 연구는 AI 기반의 신경 반응 분석은 망막 자극의 정확성과 선택성을 크게 향상시켜 특정 신경 세포에만 자극을 전달함으로써 부작용을 최소화하고 보다 자연스러운 시각 회복을 가능하게 한 독창성이 있었다.
- 교수는 미국 University of Illinois 소속의 국외 공동연구자와 함께 리튬황 전지용 유기 염료기반 전극에 대해 공동 연구를 진행하였다. N이 풍부한 ZIF이 도입된 그래핀의 구조 제어를 통해 폴리설파이드의 효율적인 흡착 및 전환 유도하여 리튬-황 전지의 전기화학적 성능을 향상시키는 논문을 “Molecular engineering of N-rich ZIF-integrated graphene composite interface for efficient physiochemical confinement and catalytic conversion of polysulfides in lithium-sulfur batteries” 제목으로 “Composites Part B: Engineering” (Volume 267, pp 111050) 2023년 12월에 게재하였다.
- 교수는 미국 University of Illinois 소속 연구자와 유기 염료의 질소와 황 작용기가 그래핀층의 탄소 매트릭스에 수열 공정을 통해 도입된 염료 기능화 탄소성 중간층을 제시하여 Li-S 배터리의 장기 안정성을 향상시켰다. 이 내용을 바탕으로 Dye-functionalized carbonaceous interlayer as an efficient lithium polysulfide mediator for high performance lithium-sulfur batteries” 제목으로 “Applied Surface Science” 저널에 (Volume 649, pp 159156) 2024년 3월에 게재하였다.

- 참여교수는 2023년 08월 01일부터 2024년 07월 31일까지 객원연구원으로 미국 University of California, San Diego의 연구실에 방문하여 다공성 실리콘 나노입자 기반 광의학 플랫폼 개발을 위하여 연구 교류를 수행하였다.
 - 교수는 2024년 5월 17일 ~ 5월 26일까지 소속 연구실 박사과정 연구원 1명과 함께 스페인 알칼라 대학에서 개최된 BES2024 (XXVIII international symposium on bioelectrochemistry and bioenergetics of the bioelectrochemical society)에 참석하여 온실가스의 전기화학적 전환 최신 연구동향에 대한 구두발표를 수행하였으며, 학회기간중 본 학회의 Organizer인 University of Alcalá 대학 교수 연구그룹을 방문하여 연구원들과 미팅 및 Metfilter 실증플랜트를 견학하였다. 또한 연구그룹의 포스닥 및 석박사 학생들과 간담회를 진행하며 바이오전기화학분야 네트워크 형성 및 향후 공동연구를 협의하였다.
 - 참여교수는 한-스위스 국제공동연구과제인 “페로브스카이트 태양전지 모듈 상용화 패키징 기술개발 : 분해 방지막, 봉지재, 안정성 평가 장비 개발 및 비파괴 검사” 수행을 위해 2024년 08월 13일~ 2024년 08월 21일까지 프리부르대학교를 방문하여 페로브스카이트 소자 관련 분석에 대한 공동 연구를 수행하였음.
 - 참여교수는 영국·미국과의 국제 공동연구를 통해 화학공학 및 신소재 활용 분야에서 나노다공성 소재로 각광받고 있는 ‘금속-유기골격체(metal-organic frameworks, MOF)’에 대한 20년간의 전산 모델링 기반 연구정보를 분석한 총설 논문을 에너지 분야 1위 학술지인 『Nature Energy』(JCR 2023 (Top 0.46%), IF=49.7)에 발표함. 향후 다양한 신소재 개발연구에 활용될 것으로 기대됨. ‘총설 논문’은 여러 주제나 연구 영역에 대한 전반적인 내용을 다루는 논문을 말함. 최신 동향, 이론, 연구 방법, 결과 등을 종합적으로 정리하고 제시함으로써 금속-유기골격체(metal-organic frameworks, MOF) 전산 모델링에 유용한 정보를 제공함.
 - 참여교수는 2023년 12월 20일부터 2024년 01월 18일까지 미국 Purdue University의 화공과를 방문하여, 블록공중합체 자기조립체 및 생체재료의 유변학적 연구에 대한 최신 정보현황 파악과 공동연구 토픽에 대한 교류를 하였다.
- 한편, 4차년도에 외국대학 및 연구기관 연구자를 국내에 초빙하여 교류한 실적이다.

표 II-21. 해외연구자 강연 및 세미나 초청 실적

연번	내 용	사 진
----	-----	-----

7	■ 연사 : 박사 (Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Technical Chemistry and Polymer Chemistry (ITCP), 독일) - 일시, 장소 : 2024.02.08(목) 13:30 ~ 16:30, 제7공학관 7414호 - 내용 : 유변물성 측정 에 대한 다양한 방법과 응용에 대한 동향을 파악하였으며, 연구단의 연구방향을 넓히는데 기여하였다.	
8	■ 연사 교수 (University of Arizona, Department of Chemistry and Biochemistry 미국) - 일시, 장소 : 2024.01.08.(화) ~ 2024.01.19.(금) 14:00 ~ 16:00, 제7공학관 7410호 - 내용 : 전공분야인 화학공학 분야와 관련한 국제학술대회 논문 영어발표스킬 향상 강의를 하였으며, 2주에 걸쳐 1:1 학생 지도를 통해 참여대학원 학생의 국제학회 참여시 발표수준을 높히는데 기여하였다.	

- 본 교육연구단은 활발한 국제 공동연구를 위하여 향후 외국대학 및 연구기관과의 연구자 교류 계획을 다음 표와 같이 수립하였다.

표 Ⅲ-8. 해외공동연구기관 협력계획

국가	참여교수	상대기관	공동연구자	연구내용
미국		University of California, San Diego		다공성실리콘나노입자 기반 광의학 플랫폼 개발
미국		Lawrence Berkeley National Laboratory		바이오매스로부터 수소생산 공정 개발 및 최적화
영국		University of Westminster & WASE Ltd		생물전기화학적 수소 및 메탄 생산을 위한 하이탄 공정개발
중국		Xian Jiatong University		C1 가스 생물전환을 통한 유용물질 생산 공정개발

스페인		University of Alcalá		바이오에너지 생산 연계 청정 수처리공정 개발
미국		University of Minnesota Twin Cities		페플라스틱의 비트리머화를 통한 재활용 가능한 소재로의 업사이클링 기술
스위스		ZHAW School of Engineering		페로브스카이트 태양전지 소자 분석
일본		Chiba University		변색소재 및 소자 연구
일본		National Institute of Materials Science		전기변색소재/소자제조 및 특성평가
미국		Stony Brook University		탄소나노튜브 합성용 촉매 분석
미국		University of Pittsburgh		탄소나노튜브 합성 해석
영국		University of Bath		고기능성 유전체 고분자 소재 연구
프랑스		CNRS		다공성 소재 디지털 에코 시스템
미국		Princeton University		다공성 소재 대규모 양자 물성
네덜란드		Delft University of Technology		흡착순환공정 오픈소스 C++ 코드 개발
대만		National Taiwan University of Science and Technology		그래핀양자점 공동 연구
미국		Purdue University		블록공중합체 자기조립체 및 생체재료의 유변학적 연구
독일		Karlsruhe Institute for Technology		고분자 물질 유변학적 연구

- 4단계 BK21 사업에서는 참여교수/대학원생의 국제교류 및 해외 공동연구 활성화를 통해 국제화 역량을 향상할 계획이며, 이를 위해 본 교육연구단의 추진전략에 “연구의 국제화 (International)”를 포함하고 있고, 이를 위해 다음과 같은 구체적인 달성방안을 제시한다.

표 Ⅲ-9. 연구의 국제화 계획 달성방안

연구의 국제화 계획	구체적 내용
해외학술대회 참가지원과 장중단기 해외연수 파견	• 대학원생 해외학술대회 발표참가 지원 75명 (100만원 내외/1인) • 장·중·단기연수 4~8명 (150~500만원 내외/1인)
해외연구기관과의 공동 연구과제 발굴	• 국제공동연구과제 유치에 대한 가점/인센티브 부여 • 우수 공동연구 사례를 선발 정기워크샵에서 포상 및 상금
국제학회 개최 지원	• 국제학술대회 적극적 유치 활용 및 지원 • 한국-중국-대만-일본 JOINT 심포지움 지원
해외우수연구자 초청 및 세미나 개최 지원	• 우수해외연구자 초청세미나 지원 (해외저명석학 초빙)
복수학위제 및 국제화 플랫폼 구축	• 해외대학과의 복수학위제 및 학점인정 프로그램 연계 • 해외우수연구자와의 교류 확대 • 해외우수대학원생 유치

- 4단계 BK21 사업에서는 참여대학원생에게 75명에게 100만원을 지원하고 4~8명의 체류기간별로 장·중·단기연수자에게 150~500만원을 지원할 예정이다. 참여교수의 국제공동연구 네트워크 활성화를 위해 부산대 장기파견연구 및 연구재단 국제공동연구사업을 활용한다.
- 해외 연구기관/연구자와의 국제공동연구과제 유치시 가점/인센티브를 부여하고 성과를 논문으로 출간할 경우 매년 시행되는 사업단 참여교수/대학원생 평가시 가점/인센티브를 부여하여 공동연구를 적극 장려한다.
- 사업단 참여교수/학생의 우수 국제공동연구 사례 know-how를 매년 12월경 개최되는 사업단 정기워크샵을 통해 공유할 계획이다. 매년 우수 공동연구 사례를 선발하여 사업단 정기워크샵에서 포상 및 상금을 지급할 예정이다.
- 국제화역량을 강화하고 연구 성과를 홍보하기 위해 국제학회 개최를 적극 지원한다. 특히 부산 BEXCO는 최근 국제학회개최 장소로 선호되는 학회장이므로 비용효율측면에서 사업단 홍보효과가 클 것으로 판단된다. 한국-중국-대만-일본 JOINT 심포지엄도 지원할 계획이다.
- 우수해외연구자 초청세미나의 해외저명석학 초빙 및 최신 연구정보 교류를 지원한다.
- 해외대학과의 복수학위제 및 학점인정 등 국제화 교육프로그램과 연계해 본 교육연구단의 우수한 국제공동연구성과 홍보를 통해 해외우수대학원생 유치로 이어지는 선순환 구조를 확립한다.
- 부산대학교 대학원 본부는 『BK21국제지원 CORE』 등 국제화 혁신 지원전담부서를 설치할 계획이며, 이를 통해 우수대학원생 및 교원의 해외파견연구와 국제공동연구를 지원할 계획이다.

- 본 교육연구단은 참여교수의 교육 및 연구역량을 강화하기 위하여 3단계 BK21 사업부터 매년 자체평가를 통한 경쟁체제를 이미 도입하여 모범적으로 운영해오고 있다. 그 결과 본 교육연구단이 3단계 최종 종합평가에서 1위라는 우수한 평가를 받았으며, 4단계 BK21 사업에서도 이를 계속 운영하고 있다.
- 구체적으로 22명의 참여교수를 대상으로 자체평가기준에 따라 **하위 3명**은 차년도 지원 대상에서 탈락시킨 후, 탈락교수와 새로 진입을 희망하는 교수들을 재평가하여 **3명을 다시 진입시켜** 사업 연도 내내 경쟁을 통해 목표에 대한 성과를 달성하도록 한다. 또한 이는 미참여 교수에게도 다시 진입할 수 있는 기회를 부여하여 지속적으로 대학원 교육과 연구에 관심을 가질 수 있는 동기를 제공할 예정이다.
- 본 교육연구단은 2023.9.1.~2024.8.31. 기간동안 참여교수의 개인별 실적을 바탕으로 1차 자체평가를 실시하였으며, 추가로 2차 자체평가를 다시 하여 2024년 1학기에 새로 진입하는 교수들을 선발하였다.
- 자체기준에 따라 논문, 특허, 대외수상 등 우수한 성과를 낸 참여교수, 신진연구인력, 참여대학원생에 대해서는 성과보상제에 따른 포상을 실시한다.
- 특히, 과거의 양적인 평가/포상제를 지양하고, **질적 중심의 평가/포상제**를 운영하여 질적 연구력 향상에 동기부여를 할 예정으로, 연구비 수주와 영향력 있는 저널논문 게재와 인용도가 높은 논문, 우수특허 및 학술활동에 대해 평가하여 연구비와 자원을 차등 배정하여 연구의 질적 향상을 달성할 계획이다.
- 참고로 본 교육연구단의 자체평가와 관련한 자체규정은 다음과 같다.

참여교수 자체평가 및 지원에 관한 규정

제정 2021.1.4.

1. 참여교수 자체평가

4단계BK사업운영이 효율적으로 이루어지기 위하여, 교육연구단의 비전과 목표에 기여한 참여교수들 실적을 매년 자체평가하여 탈락과 재진입이 가능하도록 하고 그 실적순위에 따라 지원학생 수를 조정한다. 또한 정년퇴임 및 퇴직으로 인한 결원 발생시 참여교수 재선정시 신규로 진입하는 교수 평가 기준을 적용한다.

2. 자체평가 기준

(1) 기존 참여교수 평가 기준

- 평가 지표(총 151점): 교육영역(41점)+연구영역(110점)
- 평가 대상: 교육연구단 내 참여교수 (22명)
- 평가 방법: 상대실적평가
- 평가 기간 : 해당년도 1년
- 탈락대상 : 하위 13.6 %(교육연구단 참여교수 22명 중 하위 3명)는 차년도 지원대상에서 탈락할

수 있으며 탈락여부는 평가위원회와 운영위원회에서 결정한다.

- 사업비 조정 : 이와 같은 평가기준에 따라, 사업비를 차등 지급할 수 있다.

[표 1] 교육연구단 자체업적 평가기준

	평가 항목		평가 지표	
교육역량 (27.2%)	대 학 원 생 연구역량 (23.1%)	① 대학원생 국제저명학술지 게재 논문 환산 편수(6.6%)	10	환산편수
		② 대학원생 SCI(E) (SSCI포함) 논문의 환산 보정 IF(13.2%)	20	환산IF
		③ 대학원생 학술대회 발표 논문 환산 편수 (3.3%)	5	<가중치> 국제:국내=2:1
	저 술 활 동 (1.3%)	① 교수 저서(온라인 포함) 실적 (1.3%)	2	<가중치> book:chapter:(K-mooc등) = 2:1:1
	교육의 국 제화 전략 (2.6%)	①참여지도학생 해외연수실적(1.3%)	2	<가중치> 장기:중기:단기=3:2:1
		②학위논문 외국어 작성 비율(1.3%)	2	논문수
연구역량 (72.8%)	참 여 교 수 연구역량 (56.3%)	1. 연구비 환산수주액 (연구비수주금액 2천만원당 1점)(16.5%)	25	국제:국내=2:1
		2. 논문 ① 참여교수 환산 논문 편수 (13.2%)	20	환산편수
		② 참여교수 논문 환산 보정 IF (13.2%)	20	환산IF
		③ 주저자 논문 상위%, (%별 차등) (13.2%)	20	분야별 1등이면서 3%이내: 10 점, 3% : 8, 4% : 7, 5% : 6, 7% : 5, 10%: 4, 10~15% : 2 점
	산학협력 (13.2%)	1. 특허 및 기술이전 ① 특허 출원/등록 환산 건수 (7.9%)	12	<가중치> 등록(국제):등록(국내)= 1.5: 1 출원(국제):출원(국내)= 1.5: 1
		② 기술이전 실적 2천만원당 1점 (5.3%)	8	
	국제학술 활동 (3.3%)	①국제학회 발표 (2) ②국제연구기관 공동논문발표 (3) (3.3%)	5	-Invited talk 2개까지 2점, -공동논문 3개까지 3점(주저 자:공저자=2:1) 계산
	합계			151

(2) 신규로 진입하는 참여교수의 평가 기준

- 평가 지표(총 151점) : 기존 참여교수 [표 1] 와 동일
- 평가 대상 : 매년 자체평가후 평가대상 교수 + 신규진입을 원하는 교수
- 평가 방법 : 상대실적평가
- 평가 기간 : 평가년도 최근 2년 실적

3. 교수별 대학원생 배정인원

(1) 교수별 최소배정인원은 석사 2명, 박사 1명으로 하되 박사과정이 없는 경우 석사 3명, 석사과정이 없는 경우 박사 2명으로 한다.

(2) 신입 참여교수(현재 학과 내 미참여 교수)는 교수별 최소배정인원을 배정한다.

(3) 교육연구단내 참여교수의 평가에 따른 차년도 교수별 지원학생 수는 아래와 같이 결정한다.

[표 3] 교육연구단 배정 등급별 비율과 지원학생수

등급	S	A	B
등급별 비율	25 % 내외	50 % 내외	25 % 내외
지원학생 수	(T+1) 내외	T	(T-1) 내외

* T 는 예산 편성에서 산출한 교수별 대학원생 수

* B 등급 평가 교수 중 하위 13.63% (3명) 은 참여 제한을 받을 수 있다.

* 참여제한 교수가 평가 후 신입 예정 교수보다 높은 배점인 경우 B 등급에 위치한다.

(4) 예산은 참여대학원생의 수에 의해 산출되는 관계로 매년 변동 가능하다.

(5) 교수별 지원학생 수는 배정된 예산에 따라 달라질 수 있으며, 이 경우 운영위원회 회의 를 통해 인원수를 조정할 수 있다.

- 본 교육연구단은 2023.9.1~2024.8.31. 기간동안 참여교수의 개인별 실적을 바탕으로 1차 자체평가를 실시(2024년 2월)하였으며, 그 결과 22명의 참여교수(A~V로 표기)에 대하여 각각 항목에 대한 평가를 종합하여 아래 표와 같은 순위를 나타내었다. 하위 3명에 대해 탈락시키고 추가로 재선정 평가를 다시 하여 2024년 1학기에 새로 진입하는 3명의 참여교수들을 선발하였다.

4차 평가결과					
순위	교수명(의명)	점수	순위	교수명(의명)	점수
1	J	1376.7	13	V	610.9
2	P	1188.8	14	I	572.5
3	U	1098.0	15	Q	540.8
4	B	1071.3	16	S	455.2
5	O	1042.5	17	H	451.3
6	L	1036.6	18	E	413.1
7	D	770.8	19	N	371.5
8	A	743.7	20	C	299.8
9	F	689.9	21	K	251.1
10	G	671.2	22	R	175.1
11	M	640.5	-	-	-
12	T	628.7	-	-	-

- 끝 -