

화학세계

CHEMWORLD

CODEN HWSEEX 66(06) ISSN 1225-004X



읽기쉬운 총설

저분자 기반 RNA 분해 전략의 발전과 향후 발전 전략

이달의 하이라이트

카이랄 고리형 (알킬)(아미노)카벤

화학교육

탄소중립 시대, 화학 영재교육의 탐구 기반 접근의 필요성

우수선도연구기관

GIST AI 기반 중대분자 연구 센터(IRC 센터)

INTERVIEW

화학세계가 만난 화학자 | 김근풍(썬바임(VAIM) 대표)

06

제66권 제6호
June 2026



Chiral Cyclic (alkyl)(amino)carbenes

- ✓ Enantioselective catalysis
- ✓ Circularly polarized luminescence

<이달의 하이라이트> 카이랄 고리형 (알킬)(아미노)카벤-전이금속 착물의 합성 및 응용

“앞서가는 화학회, 공식후원사와 함께 합니다.”



지속적인 기술 혁신을 지향하는 **동우화인켐**은

대한민국 IT산업의 중심에 서 있습니다!

START

TOP PARTNER

CHALLENGE

5G



DONGWOO
FINE-CHEM



SUMITOMO CHEMICAL

디스플레이 전자 재료 및 화학 분야의
GLOBAL COMPANY

동우화인켐은 LCD, OLED 등의 필수 소재인 편광필름과 컬러필터, 터치센서, 고순도 첨단 프로세스 케미컬 등의 원천기술을 확보하고 있으며, 이를 통해 보다 나은 미래를 열어가고 있습니다.

동우화인켐은 글로벌 화학회사인 스미토모화학의 자회사이며, 핵심기술을 보유한 매출 2조원의 대기업으로서, 정보전자소재의 글로벌 리더로 성장하고 있습니다.

지속적인 연구개발과 체계적인 설비투자를 통해 차별화된 품질과 서비스를 제공하고, 회사 창립시부터 지켜온 이념인 윤리경영과 사회공헌을 바탕으로 업계 최고의 파트너, 동우화인켐으로 인정받겠습니다.

마스코트 공모전

2026. 5. 18 - 6. 22

많이
참여해주세요~



공모주제

대한화학회를 상징하는 캐릭터

※ 화학·연구·미래·친환경 등 대한화학회 상징 요소 포함

공모대상

대한화학회 회원 및 일반인

※ 대한민국 국적을 가진 만 19세 이상 개인에 한함

공모기간

2026. 5. 18(월) ~ 6. 22(월)

출품내용

마스코트 디자인 결과물 및 신청 서류

※ 1인 1작품 (중복 수상 불가)

결과발표 및 시상내용

대상 1명, 상금 100만원 / 우수상 2명, 상금 50만원
7월 말, 홈페이지 및 화학세계 발표(예정)

참여방법

• 제출서류

- ①참가신청서(작품 설명 포함), ②작품 활용 동의서
- ③개인 정보 활용동의서, ④작품 파일 일체(고화질)
- ※ 서식은 학회 홈페이지에서 다운로드

• 작품 제출 규격

- (파일형식) RGB 모드의 PNG 필수(배경 투명)
jpg 파일은 미리보기 용도로 추가 제출은 가능
- (해 상 도) 300 dpi 이상
- (작품크기) 가로·세로 각 2,000px 이상 권장

• 제출방법

- 이메일 접수 (contest@kchem.org)
- ※ "마스코트 공모전_이름.ZIP"파일 형식으로 제출
- ※ 모든 제출 서류를 한 파일로 압축하여 접수

※ 자세한 사항은 홈페이지에서 확인해주세요.

Top Quality · Best Service

이제 완제의약품으로 거듭납니다

차별화된 제품으로 찾아뵙겠습니다
글로벌 제약기업으로 나아가겠습니다
인류 건강 증진에 기여하겠습니다



지난 25년 동안 글로벌 원료회사의 길을 곳곳이 걸어온 것처럼
직접 연구개발한 차별화된 의약품으로 인류 건강과 복지 증진에 이바지하는
글로벌 제약회사로 성장하겠습니다

2026년 6월 광고 독자

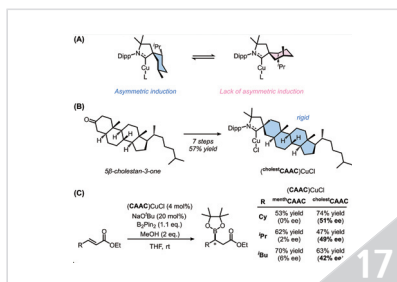
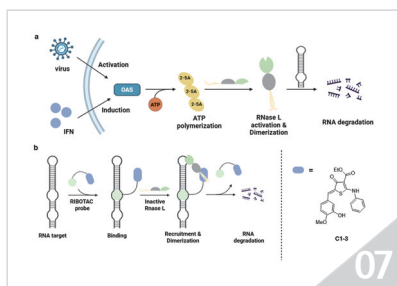
뒤표지 **췁바이오나**
 앞표지 안쪽 **췁동우화인켄**
 뒤표지 안쪽 **췁바임**
 p.02 **췁YS생명과학**

2026년 운영진

회 장 금교창
부 회 장 장우동(총무)
 정낙천(기획)
 광경원(학술)
 민선준(홍보)
 이정태(국제협력)
 조지홍(산학협력)
 인화준(교육)
실무이사 윤민영(총무)
 김병수(총무)
 전병선(총무)
 서대하(기획)
 박기영(기획)
 이혁진(기획)
 김영수(학술)
 김 민(학술)
 변해령(학술)
 이은성(학술)
 김명길(홍보)
 김은하(홍보)
 김형준(홍보)
 주정민(홍보)
 박정은(국제협력)
 이준희(국제협력)
 임지우(국제협력)
 이은지(산학협력)
 지형민(산학협력)
 황중연(산학협력)
 강훈식(교육)
 김병선(교육)
 김선우(교육)

2026년 화학세계 편집위원회

위 원 장 민선준
부위원장 김명길 김은하 김형준
 주정민
상임위원 고해란 구세영 김홍기
 김태호 양상희 임주현
 장홍제 전용웅 최은영
 최정모
편 집 자 박성란



NEWS

- 04 KCS 캘린더
- 05 이달의 학회
- 54 신진연구자 소개 · 최동선
- 55 신진연구자 소개 · 차정은
- 63 KCS GALLERY | 전철호
- 65 KCS News | 운영위원회 소식
- 68 대한화학회 제56대 회장선거 예비 공고

PAPER

- 07 읽기 쉬운 총설 | 저분자 기반 RNA 분해 전략의 발전과 향후 발전 전략 · 허진서, 이영주*
- 17 이달의 하이라이트 | 카이랄 고리형 (알킬)아미노카벤 · 박가은, 신주현, 이서연, 송하영*

EDUCATION

- 26 화학 교육 | 탄소중립 시대, 화학 영재교육의 탐구 기반 접근의 필요성 · 강명중

SPECIAL

- 30 우수선도연구기관 | GIST AI 기반 중대분자 연구 센터(IRC 센터) · 안진희
- 36 INTERVIEW | 화학세계가 만난 화학자: 김근풍(췁바임(VAIM) 대표) · 김형준
- 44 KCS 하이라이트 | 생체 고분자의 분석 및 응용 연구 동향 · 전용웅

COLUMN

- 56 화학칼럼 | 왜 수은은 액체일까 · 장홍제

TREND

- 59 우리 실험실은요! | 전산 및 창의 재료화학 연구실(Computational & Creative Materials Chemistry Lab) · 안근혁
- 62 이달의 추천 도서 | 플라스틱, 췁지 않는 희망
- 64 화학만평 | 한진욱

137th GENERAL MEETING

- 71 결과보고
- 80 대한화학회상 수상자 프로필
- 84 시상내역
- 85 우수포스터
- 91 총회 보고서

ADVERTISING & CAMPAIGN

- 41 대한화학회 발행지 및 협약발간지
- 42 BKCS 논문 투고 시스템 안내
- 92 대한화학회상, 외부단체협찬상 안내
- 93 지면광고 안내/회비 및 구독료 안내
- 94 클린 인터넷을 선언합니다
- 96 모르면 사고, 알면 안전

2026

제137회 학술발표회, 총회 및 기기전시회
(4. 15(수)~17(금), 제주컨벤션센터)

제138회 학술발표회, 총회 및 기기전시회
(10. 28(수)~30(금), 수원컨벤션센터)

6월 주요일정

- 제138회 학술발표회, 총회 및 기기전시회
 - 학회상 수상 후보자 추천
 - 분과회별 심포지엄 주제확정
- 2026년 대한화학회 화학 크리에이터 대회

JUNE						
S	M	T	W	T	F	S
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30				

2026

07

- 제138회 학술발표회, 총회 및 기기전시회
 - 초록접수/사전등록/기기전시회접수
- 대한화학회 창립일(7.7(화))
- 국제화학올림피아드(7.10(금)~19(일))
- 한국화학올림피아드 여름학교 (7.27(월)~8.8(토))

08

- 제138회 학술발표회, 총회 및 기기전시회
 - 초록접수/사전등록/기기전시회접수
- 한국화학올림피아드 여름학교 (7.27(월)~8.8(토))

09

- 제138회 학술발표회, 총회 및 기기전시회
 - 초록접수/사전등록/기기전시회접수

10

- 제138회 학술발표회, 총회 및 기기전시회 (10. 28(수)~30(금))

11

12

- 제139회 학술발표회, 총회 및 기기전시회
 - 학회상 수상 후보자 추천
 - 분과회별 심포지엄 주제확정

CONFERENCE OF THE MONTH

2026년 6월 12일~14일

26th Tetrahedron Symposium

장소 | Qianhai Block V, Shenzhen, China

안내 | <https://www.elsevier.com/events/conferences/all/tetrahedron-symposium>

2026년 6월 21일~23일

Cell Press Symposia: Multifaceted Mitochondria

장소 | Glasgow, Scotland, UK

안내 | <https://cell-press-symposia.com/mitochondria-2026/index.html>



NOTICE

은퇴 교수, 연구원 공지 안내

대한화학회에서는 화학 분야 발전에 헌신하신 분들의 수고와 노력에 감사드리는 의미로 은퇴하시는 분들의 명단을 화학세계 3월호와 9월호에 게재하고 있습니다.

명단 게재를 위해 필요한 내용(3번)을 대한화학회 이메일로 발송해 주십시오.

1. 신청 자격 : 은퇴 당사자 혹은 신청인이 대한화학회 회원인 경우
2. 신청 방법 : 이메일(swpark@kchem.org)로 신청
3. 신청 내용 : 이름, 소속(학교, 학과), 사진(3 x 4 cm, 300 dpi 이상)



PROJECT · II

표적 분해 기술: 단백질에서 RNA까지

저분자 기반 RNA 분해 전략의 발전과 향후 발전 전략

허진서, 이영주* | 부산대학교 화학과 조교수, lyj0308@pusan.ac.kr

서론

단백질인가 RNA인가

전통적인 신약 개발은 주로 단백질을 표적으로 하는 저분자 화합물을 중심으로 발전해 왔다. 이러한 약물은 일반적으로 표적 단백질의 활성 부위(active site)나 알로스테릭 포켓(allosteric pocket)에 결합하여 그 기능을 저해하거나 조절하는, 이른바 점유 기반(occupancy-driven) 기전을 통해 작용한다. 이러한 접근법은 오랜 기간 다양한 치료제를 탄생시키며 신약 개발의 중심 전략으로 자리 잡아 왔다. 그러나 현재까지 알려진 질병 관련 표적단백질 가운데 85%는 뚜렷한 결합 포켓이 부족하거나 구조적으로 유연하여, 기존 저분자 화합물만으로는 효과적으로 제어하기 어려운 약물화가 불가능한(undruggable) 표적으로 분류된다.¹ 대표적으로 전사인자, 내재적 무질서 단백질(intrinsically disordered protein), 스캐폴드 단백질, 단백질-단백질 상호작용에 의존하는 표적들이 이에 해당한다.

이러한 한계를 보완하기 위한 새로운 전략으로 최근에는 단백질이 아닌 RNA를 직접 표적으로 하는 접근이 주목받고 있다. RNA는 단순히 단백질 합성을 위한 중간체에 그치지 않고, 유전자 발현 조절, 번역 조절, 염색질 조절, 세포 스트레스 반응 등 다양한 생물학적 기능을 수행한다. 또한 단백질 발현 이전 단계에서 기능하기 때문에, RNA를 표적으로 할 경우 질병 관련 단백질의 생성 자체를 보다 상위 단계에서 조절할 수 있다는 장점이 있다. 특히 기존 저분자 약물은 직접 제어하기 어려운 단백질이라 하더라도, 해당 단

백질을 암호화하는 mRNA 또는 관련 조절 RNA를 표적으로 삼으면 간접적인 제어가 가능해진다는 점에서 RNA 표적화 전략은 큰 관심을 받고 있다.¹

기존의 RNA 조절 전략으로는 antisense oligonucleotide (ASO), small interfering RNA(siRNA), 그리고 저분자 화합물이 대표적이다[그림 1]. ASO는 표적 RNA와 상보적으로 결합하여 RNase H 매개 분해를 유도하거나 번역을 억제하며, siRNA는 RNA interference(RNAi) 경로를 통해 특정 mRNA를 선택적으로 절단함으로써 유전자 발현을 감소시킨다. 이러한 ASO와 siRNA는 RNA 서열에 기반하여 설계되기 때문에, 표적 RNA의 구조적 유연성에 상대적으로 덜 영향을 받는 특징이 있다.² 반면, 저분자 화합물은 RNA의 특정 2차 또는 3차 구조 motif에 결합하여 기능을 조절하며, 주로 구조적으로 정의된 결합 부위를 인식하는 방식으로 작용한다.³ 하지만, 높은 선택성과 안정적인 세포 내 활성을 동시에 확보한 저분자 화합물을 발굴하는 것은 매우 도전적이다.

그럼에도 불구하고 저분자 화합물은 ASO나 siRNA가 가지는 낮은 약물 물성, 전달의 어려움, 면역 반응 등의 한계를 회피할 수 있다는 점에서 RNA 치료제의 대안으로 주목받고 있다. 특히 최근 RNA 구조 예측 기술과 RNA 결합 리간드 발굴을 위한 스크리닝 방법이 발전하면서, 구조 기반으로 표적 RNA를 인식하는 저분자 설계가 점차 가능해지고 있다. 이러한 흐름 속에서 등장한 개념이 RIBOTAC(ribonuclease-targeting chimera)이다. RIBOTAC은 특정 RNA에 결합하는 리간드와 RNase를 모집하는 리간드를 결합한 이중기능성 분자로, 표적 RNA와 분해 효소를 근접

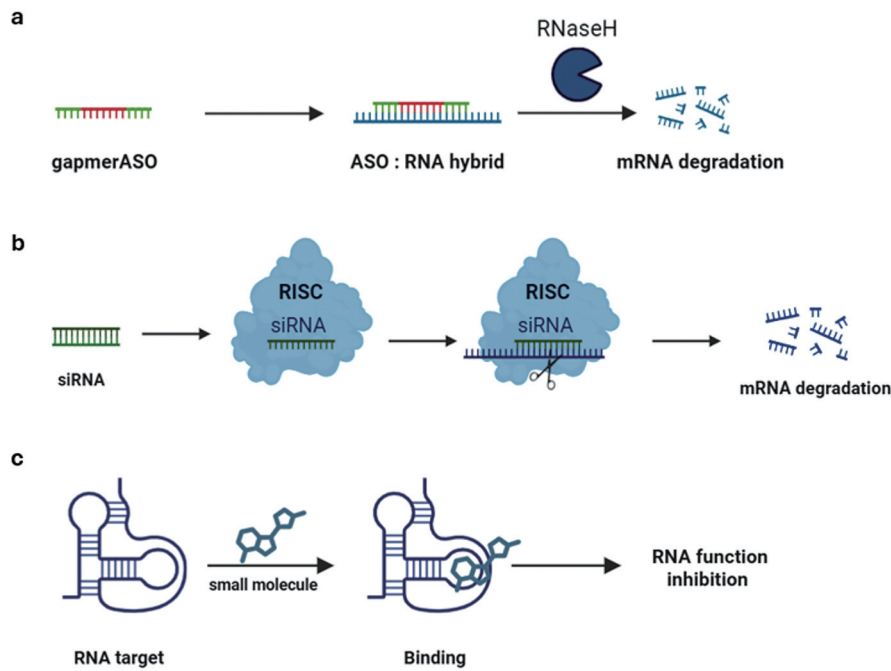


그림 1. 기존의 RNA 조절 기작 (a)antisense oligonucleotide(ASO) (b)small interfering RNA(siRNA) (c)저분자 화합물

시켜 선택적인 RNA 절단을 유도한다.⁴ 이는 단순한 기능 억제제를 넘어 RNA 자체를 제거한다는 점에서 기존 저분자 RNA 표적화 전략과 구별되며, RNA를 표적으로 하는 새로운 접근을 제시한다.

본 총설에서는 저분자 기반 RNA 분해 전략의 핵심 개념인 RIBOTAC의 개발 배경, 작용 원리 및 PINAD 등 신규 분해 플랫폼, 신규 기술과의 융합을 통해 발전하는 새로운 RNA 분해 전략에 대한 최신 연구 동향을 살펴보고자 한다.

본론

1. 단백질 분해 기술(TPD)에서 영감을 받은 RNA 분해 전략

표적을 억제하는 것이 아니라 선택적으로 제거한다는 개념은 최근 신약 개발에서 중요한 전환점이 되었다. 지난 읽기 쉬운 총설에서 다룬 PROTAC이나 분자접착분해제(molecular glue degrader)와 같은 단백질 분해 기술은 세포 내 고유의 분해 시스템을 이용하여 표적 단백질을 선택적으로 제거할 수 있음을 보여주었다. 이러한 개념은 자

연스럽게 RNA 영역으로 확장되었고, 그 결과 등장한 대표적 기술이 RIBOTAC이다.⁴

RIBOTAC은 세포 내 존재하는 RNA 청소 메커니즘을 사용하며, RNA 분해에 핵심적으로 사용되는 효소인 RNase L을 활성화하여 표적 RNA 분해를 유도한다. RNase L은 선천면역 반응에 관여하는 endoribonuclease로, 기본적으로 비활성 상태로 존재하다가 2'-5' oligoadenylate(2-5A) 기질에 의해 활성화된다. 2-5A가 RNase L에 결합하면 효소는 활성형 이합체를 형성하며, 세포 내 RNA를 절단할 수 있게 된다(그림 2a).⁵

초기 RNA 분해 전략은 표적 RNA와 상보적으로 결합하는 올리고뉴클레오타이드(oligonucleotide)에 2-5A를 RNase L recruiter로 사용하여 연결하는 방식으로 제시되었다.⁶ 이러한 접근은 높은 서열 특이성을 바탕으로 선택적 RNA 절단을 유도할 수 있다는 장점이 있었지만, 올리고뉴클레오타이드 기반 분자가 가지는 낮은 세포 투과성, 전달 효율, 생체 내 안정성 등으로 인해 약물화 측면에서는 제약이 컸다.

이후 이러한 개념은 약물 물성 향상을 목표로하며, 저분자

기반 플랫폼으로 확장되었다. 2-5A와 같은 비교적 큰 oligonucleotide형 activator를 RNase L recruiter로 사용하였기 때문에, 분자의 크기와 물성 측면에서 약물화에 한계가 있었다. 그러나 이후 연구를 통해 RNase L을 활성화할 수 있는 최소 구조(minimal pharmacophore)가 규명되고, 이를 기반으로 한 저분자 RNase L recruiter가 개발되면서, 저분자 RIBOTAC 개발의 기반이 마련되었다. 초기 발굴된 C1-3 저분자 화합물⁷을 포함하여[그림 2b] DEL 스크리닝 기술을 이용하여 개발한 추가적인 저분자 RNase L 모집 화합물을 발굴함으로써 현재까지 총 2종의 RNase L recruiter를 확보하였다.⁸

이후 화학자들은 표적 RNA의 안정한 구조적 motif에 저분자 화합물 결합이 가능할 것이라고 예측하였고, 실제 다수의 스크리닝 기법을 통해 RNA에 결합하는 저분자 화합물 리간드 발굴이 가능함을 입증하였다.⁹ 이렇게 RNase L과 표적 RNA에 결합하는 리간드 각각을 저분자 화합물로 설계하는 것이 가능해지면서, 두 리간드를 연결한 저분

자 기반 RIBOTAC 개발이 가속화되었다. 당시 단백질 억제제가 아닌 제거라는 개념이 신약의 새로운 패러다임으로 등장하고 있는 시점이었기에, RNA 제거라는 개념 또한 새로운 신약 모달리티로 크게 주목받았다.

이로써 RIBOTAC은 RNA 표적 치료제 분야에서 중요한 전환점을 마련하였다. ASO와 siRNA가 기존 RNA 표적 치료제 약물의 주를 이루고, RNA 결합을 통한 저분자 저해제가 소수에 불과하였지만, RNA에 결합하는 리간드 발굴만으로 RNA 제거를 유도할 수 있는 RIBOTAC 전략은 저분자 화합물로의 RNA 표적 치료제 개발의 가능성을 보여주었다.

2. 다양한 표적 RNA로의 적용가능성

RNA는 messenger RNA(mRNA), microRNA(miRNA), long noncoding RNA(lncRNA) 등 다양한 종류로 존재하며, 각각이 세포 내에서 서로 다른 역할을 수행한다. 또

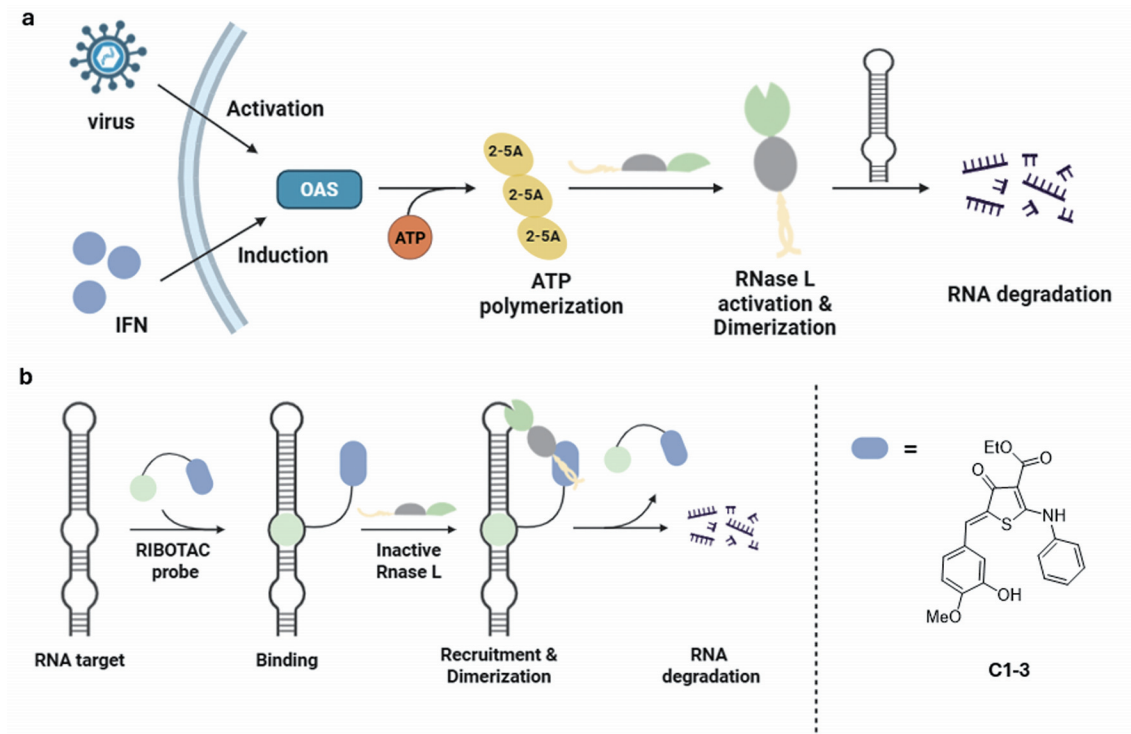


그림 2. (a)RNase L activation pathway (b)RIBOTAC(Ribonuclease-Targeting Chimera) pathway

한 각 RNA마다의 길이 및 표적화 가능한 구조적 특징 또한 상이하다. 따라서 RIBOTAC 전략이 이러한 다양한 RNA 유형 전반에 걸쳐 적용 가능한지에 대한 검증은 중요한 과제로 볼 수 있다. 특히 질병과 연관된 RNA가 계속해서 발견되고 있는 상황에서, RIBOTAC이 다양한 RNA를 표적화할 수 있다면 표적화 질병 적용 범위를 획기적으로 넓힐 수 있을 것이다.

가장 대표적인 표적은 mRNA이다. 특히 전사인자나 내재적 무질서 단백질과 같이 기존 저분자 약물로 직접 저해하기 어려운 단백질을 암호화하는 mRNA는 중요한 표적으로 주목받고 있다. 예를 들어 c-Myc과 같은 암유발 전사인자(oncogenic transcription factor)는 다양한 암에서 핵심적인 역할을 수행하지만, 단백질 자체의 구조적 특성 등으로 인해 직접 억제자가 매우 도전적인 표적으로 알려져 있다.¹⁰ 이와 유사하게 LGALS1과 같은 coding mRNA를 직접 표적으로 하여 RNase L 의존적 분해를 유도하고 단백질 발현을 감소시킨 사례도 최근 보고되면서,¹¹ 다양한 disease-relevant mRNA로의 확장 가능성이 입증되고 있다. 또한 알츠하이머에서 중요한 역할을 한다고 알려진 alpha-synuclein은 내재적 무질서 단백질로 정형화된 구조가 존재하지 않고, 결합 포켓이 존재하지 않아 약물화가 어려운 단백질에 해당한다. 이러한 경우에도 해당 단백질을 번역하는 mRNA를 선택적으로 분해함으로써 단백질 발현을 효과적으로 낮춘 사례가 보고되었다.¹² RIBOTAC 전략을 이용하여 이와 같이 단백질 구조만으로는 매우 도전적인 표적에 대해서 성공적으로 해당 단백질을 번역하는 mRNA의 분해를 유도하여 단백질 발현을 효과적으로 낮춘 예들이 보고되었다. 이는 mRNA 분해를 통해 단백질 발현 저해를 유도함으로써, 단백질 표적화의 한계를 우회하는 접근이 가능해짐을 보였다. 따라서 불가능을 가능한(druggable undruggable targets) 표적으로 만드는 하나의 전략으로 제시되었다[그림 3a].

miRNA 역시 RIBOTAC의 중요한 표적군이다. miRNA는 20bp 내외의 짧은 비암호화 RNA이지만 다수의 표적 mRNA를 조절함으로써 세포 내 신호전달 네트워크 전반에 영향을 미친다. 특히 암에서는 특정 암 유발 miRNA가 과발현되거나, 반대로 종양 억제 단백질의 mRNA가 miRNA에 의해 감소하는 경우가 흔히 관찰된다. 이러한

이유로 miRNA는 질병 조절 측면에서 매우 매력적인 표적이다. 더불어 많은 miRNA 전구체는 비교적 정의된 stem-loop 구조를 가지므로, 저분자 화합물이 인식할 수 있는 구조적 결합 부위를 제공한다. 실제로 초기 대표 사례로 pre-miR-9613과 pre-miR-210⁴을 표적으로 하는 RIBOTAC이 보고되었으며, 이를 통해 암세포의 성장에 유리한 신호를 줄이고 세포가 스트레스 환경에 적응하는 능력을 약화시킬 수 있음이 확인되었다. 최근 연구를 통해 암 발생에 중요한 역할을 하는 miRNA인 miR-21¹⁴, miR-155¹⁰, miR-17¹⁵ 등을 표적화한 RIBOTAC 개발이 보고되었다[그림 3b]. 이는 mRNA 분해를 통한 직접적인 표적 단백질 발현량 조절 이외에도 miRNA 분해를 통해 암 억제 단백질의 발현량 증가 및 질병 치료 가능성을 명시적으로 보여준다.

최근에는 lncRNA로도 적용 범위가 확장되고 있다. lncRNA는 일반적으로 200bp 이상의 길이를 가지고 구조가 복잡하며, 세포 내 위치와 결합 파트너에 따라 기능이 달라지기 때문에 전통적인 저분자 접근이 쉽지 않은 표적으로 여겨져 왔다. 그럼에도 불구하고 특정 lncRNA는 암, 염증, 노화, 텔로미어 유지 등과 밀접하게 연관되어 있으며, 구조적 motif를 기반으로 한 선택적 표적화 가능성이 점차 제시되고 있다. 대표적인 예로, 텔로미어 유지에 중요한 역할을 하는 telomeric repeat-containing RNA (TERRA)이 있으며, 해당 RNA의 G-quadruplex에 결합하는 리간드를 이용한 TERRA RIBOTAC이 최근 보고되었다[그림 3c].¹⁶ 또한 최근에는 암의 전이와 유전자 발현 조절에 중요한 lncRNA인 MALAT1을 선택적으로 줄이는 이중 기능성 저분자 화합물이 개발되었다. 이 분자는 MALAT1의 끝부분에 존재하는 안정한 특수 구조를 인식한 뒤, RNA 분해를 유도하는 단백질을 가까이 끌어들여 MALAT1의 양을 효과적으로 감소시키는 방식으로 작동한다.¹⁷ 이를 통해 RIBOTAC을 이용한 lncRNA의 선택적 분해 또한 가능함을 확인하였다. 이처럼 lncRNA는 초기에는 RIBOTAC 연구에서 거의 다루어지지 않았으나, 최근 구조 기반 접근법의 발전과 함께 점차 유망한 표적으로 부상하고 있다.

바이러스 RNA 또한 RNA 분해 전략의 중요한 적용 대상이다. RNA 바이러스는 자신의 유전 정보를 RNA 형태

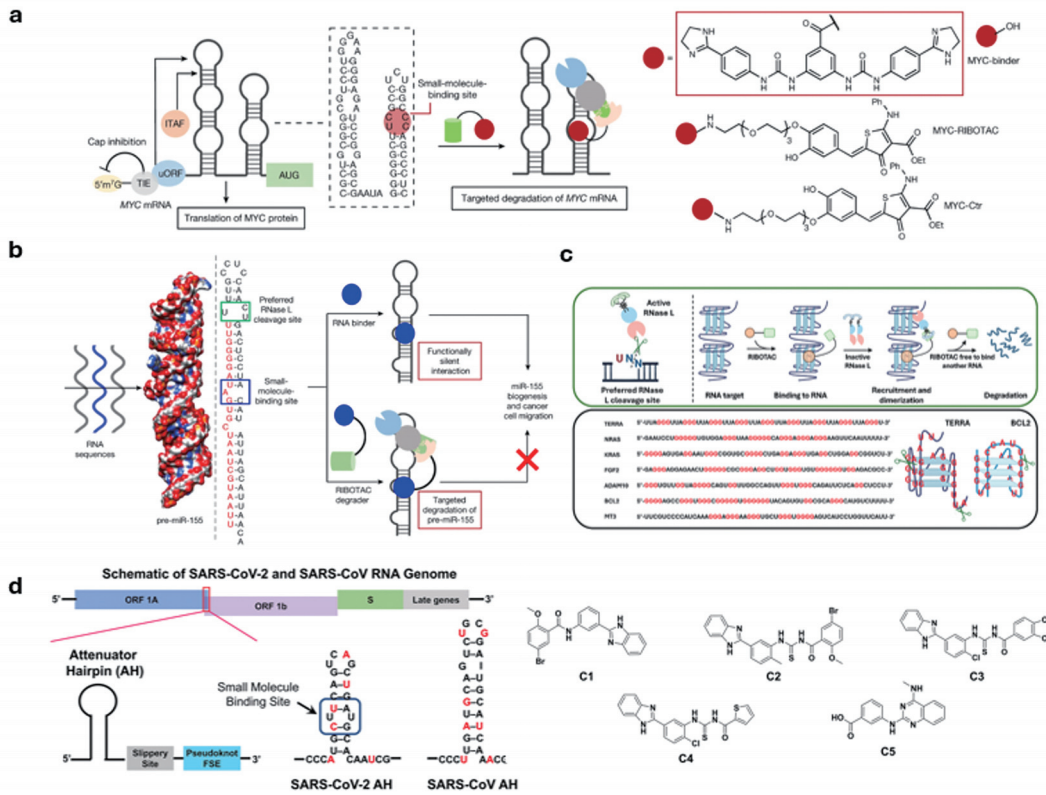


그림 3. 다양한 표적 RNA (a)Schematic of the targeted degradation of the MYC IRES & Compound structures [인용논문에서 발췌¹⁰] (b)Schematic of converting an inert binder engaging pre-miR-155 into an active RIBOTAC degrader [인용논문에서 발췌¹⁰] (c)Schematic illustration of TERRA structure and RIBOTAC-mediated mechanism of action [인용논문에서 발췌¹⁶] (d)Schematic of the SARS-CoV-2 and SARS-CoV RNA genome & five small molecules that bind dose dependently to a model of the SARS-CoV-2 attenuator hairpin [인용논문에서 발췌¹⁸]

로 유지하며, 번역과 복제를 모두 RNA에 의존하므로 바이러스 RNA를 직접 제거하면 감염 과정을 상위 단계에서 차단할 수 있다. 특히 SARS-CoV-2와 같은 RNA 바이러스는 frameshifting element, stem-loop, pseudoknot 등 비교적 특징적인 구조를 포함하고 있어, 저분자 화합물이 인식할 수 있는 결합 부위를 제공한다. 이러한 SARS-CoV-2의 구조적 motif 근처로 RNase L 모집을 유도하여 SARS-CoV-2 RNA를 분해를 유도한 RIBOTAC이 보고되었으며[그림 3d],¹⁸ 이는 인간 유래 질병뿐 아니라 항바이러스 전략으로 확장될 수 있음을 시사한다.

이처럼 RIBOTAC은 mRNA, miRNA, lncRNA, virus RNA에 이르기까지 적용 범위를 넓혀가고 있다. 다만 RNA의 서열이 모두 동일한 수준으로 표적화 가능한 것은 아니

다. 구조 정보가 충분히 축적된 RNA, 저분자 화합물 결합이 가능한 motif를 가진 RNA, 그리고 세포 내 접근성이 확보된 RNA가 상대적으로 유리하다. 따라서 앞으로는 어떤 RNA가 저분자 기반 분해 전략에 적합한지에 대한 기준을 정립하고, 구조적 특성과 생물학적 중요성을 함께 고려하는 연구가 더욱 중요해질 것으로 보인다.

3. 다양한 RNA 분해 메커니즘을 활용한 저분자 기반 RNA 분해 전략

RIBOTAC으로 대표되는 RNA 분해 전략은 최근 다양한 방식으로 확장되어, 새로운 메커니즘을 통해 RNA 분해를 유도하는 기술도 개발되고 있다. 특히 최근에는 RI-

BOTAC과 유사하게 proximity를 활용하거나, 기존 분해 경로와는 다른 세포 내 제거 시스템을 이용하는 전략들이 제안되면서 RNA 표적화 기술의 범위가 빠르게 확장되고 있다.

대표적인 첫 번째 예가 proximity-induced nucleic acid degradation(PINAD)이다. PINAD는 특정 RNA와 분해를 유도하는 요소를 물리적으로 가까이 위치시켜 분해를 유도한다는 점에서 RIBOTAC과 유사한 개념을 가진다. 그러나 RIBOTAC이 주로 RNase L이라는 특정 효소를 recruiter로 모집하여 RNA 분해를 유도하는 반면, PINAD는 기존 알려진 RNA 가수분해를 직접 유도하는 저분자를 분해 요소로 이용하여, proximity를 형성하여 표적 RNA를 분해한다(그림 4a). 즉, 특정 RNA에 결합하는 리간드와 직접적으로 RNA 분해 기능을 가진 모듈을 연결하는 이중 기능성 화합물이 PINAD이다. 이러한 접근은 특정 효소에 대한 의존도를 낮추고, 다양한 세포 환경에서 적용 가능성을 높인다는 점에서 중요한 의미를 가진다.¹⁹

한편, 최근에는 RNA를 직접 절단하는 방식이 아닌, 세

포의 자가포식 시스템(autophagy)을 활용하여 RNA를 제거하는 전략도 주목받고 있다. 자가포식 시스템은 세포 내 불필요하거나 손상된 단백질을 리소좀으로 전달하여 분해하는 과정으로, 기존에는 주로 단백질 또는 세포 소기관의 제거에 관여하는 것으로 알려져 있었다(그림 4b).²⁰ 그러나 최근 연구에서는 특정 RNA에 결합하는 리간드와 자가포식 시스템 경로를 유도하는 단백질의 리간드를 연결하여, 표적 RNA를 자가포식 시스템 경로로 제거하는 것이 가능함을 보였다.²¹ 이러한 전략은 RNA를 직접 절단하는 RNase 기반 접근법과 달리, 보다 큰 복합체 수준에서 제거가 가능하다는 차별점을 가진다. 특히 RNA는 단백질과 결합된 형태로 기능하는 경우가 많기 때문에, RNA-단백질 복합체를 함께 제거할 수 있다는 점은 기능적 측면에서 큰 장점을 제공한다. 그러므로, 기존 RIBOTAC 전략으로는 접근이 어려운 표적에 대해서도 적용 가능성을 제시한다.

이처럼 PINAD와 자가포식 시스템 기반 RNA 분해 전략은 RIBOTAC에서 출발한 proximity 기반 분해 개념을 다양한 생물학적 경로로 확장한 사례라 할 수 있다. 이러

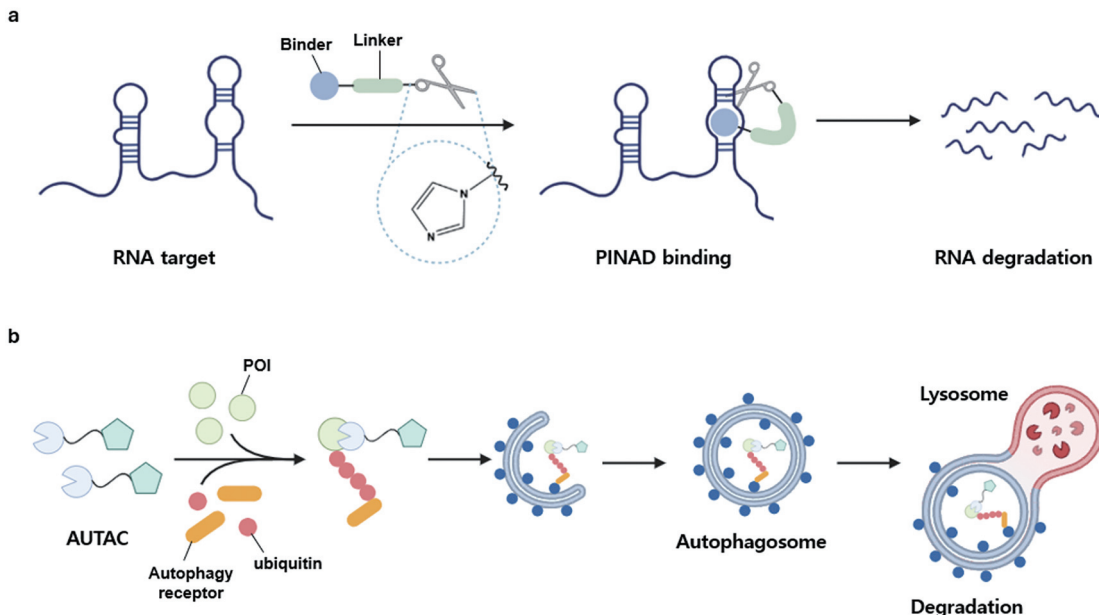


그림 4. 저분자 기반 RNA 분해 전략 (a) Schematic diagram of the mode of action of PINAD (b) Schematic diagram of AUTAC (autophagy-targeting chimeras)

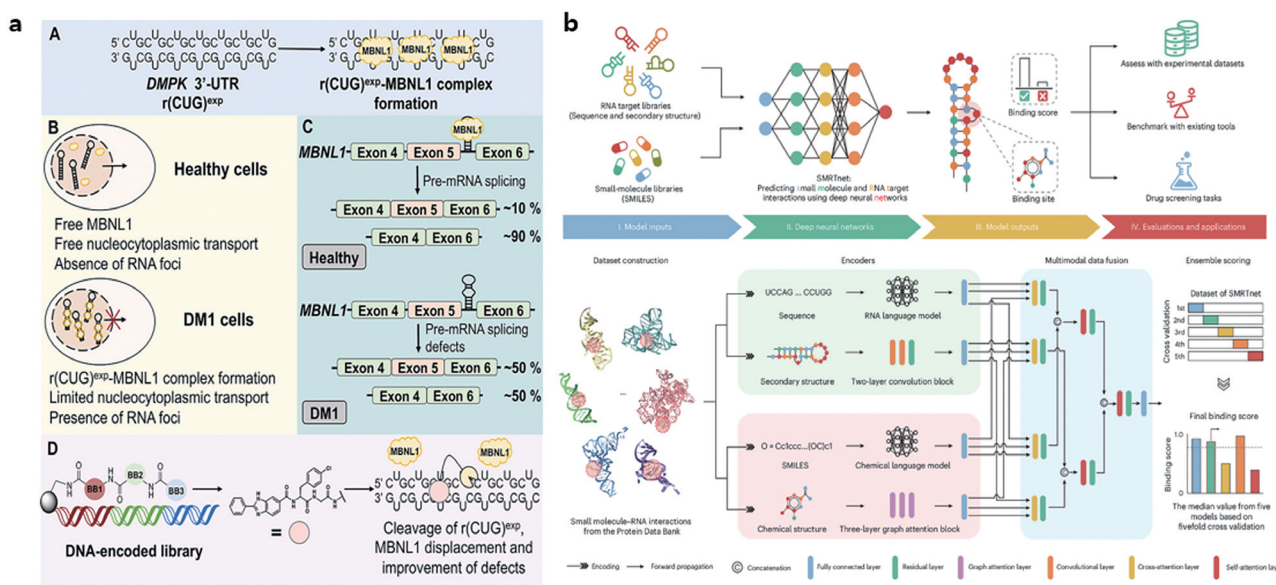


그림 5. 융합기술을 통한 RNA 분해 전략 (a)DM1 biology and the identification and design of a small molecule that cleaves r(CUG) exp. [인용논문에서 발취²²] (b)Schematic overview & Architecture of SMRTnet [인용논문에서 발취²³]

한 플랫폼들은 RNA를 표적으로 하는 화학생물학적 접근이 RIBOTAC에만 머무르지 않고, 다양한 분해 메커니즘과 결합하며 진화하고 있음을 보여준다.

4. 융합기술을 통한 RNA 분해제 개발 동향

RNA는 단백질에 비해 구조적 예측이 어렵고, 명확한 결합 포켓이 제한적이라는 특징을 가지기 때문에, 최근까지도 RNA 결합 저분자 발굴은 도전적으로 여겨졌다. 그러나 최근 DNA encoded library(DEL) 기반 고속 스크리닝 기술, 인공지능 기반 설계 기술, 그리고 RNA 구조 예측 기술이 빠르게 발전하면서, 이러한 기술들을 결합한 접근이 RNA 분해제 개발에 점차 도입되고 있다.

그중 DEL은 수백만에서 수십억 개에 이르는 저분자 화합물을 DNA 바코드와 결합된 형태로 구축한 뒤, 특정 표적과의 결합 여부를 기반으로 활성 화합물을 선별하는 고속 스크리닝 기술이다. 최근에는 이러한 DEL 기술이 RNA를 표적으로 하는 저분자 리간드 발굴에도 적용되고 있다. 실제로 특정 반복 서열을 가지는 RNA를 표적으로 DEL 라이브러리를 스크리닝하여 선택적으로 결합하는

화합물을 발굴한 연구가 보고되었으며, 이를 통해 RNA 구조를 인식하는 저분자 scaffold를 효율적으로 확보할 수 있음이 입증되었다(그림 5a).²² 이러한 리간드는 단순 결합을 넘어 RNA 기능 조절뿐 아니라, 이후 RIBOTAC과 같은 RNA 분해 전략으로 확장될 수 있는 출발점으로 활용될 수 있다.

또한 DEL 기반 접근은 RNA 결합 리간드 발굴을 넘어, RNA 분해 효소를 모집할 수 있는 recruiter 리간드 개발로도 확장되고 있다. 실제로 DEL을 활용하여 RNase L을 활성화할 수 있는 저분자 recruiter가 발굴된 사례가 보고된 바 있어, 해당 플랫폼이 RNA 분해제 설계에도 직접적으로 적용될 수 있음을 보여준다.⁸ 그러나 현재까지 보고된 저분자 RNase L activator는 C1-3을 포함하여 극히 제한적인 수준에 머물러 있어, recruiter 리간드의 구조적 다양성을 확보하는 것이 여전히 중요한 과제로 남아 있다. 더 나아가 RNase L에 국한되지 않고, 다양한 endonuclease를 활용할 수 있는 새로운 activator의 발굴 역시 RNA 분해 전략 확장의 핵심 요소로 고려된다. 이러한 맥락에서 DEL은 광범위한 화학 공간을 동시에 탐색할 수 있는 플랫폼으로서, 차세대 RNA 분해제 설계에도 기

여할 것으로 기대한다.

한편, 전통적으로 RNA-저분자 상호작용 예측은 RNA의 3차 구조 정보에 크게 의존해 왔으나, 대부분의 질병 관련 RNA는 안정적인 3차 구조가 규명되어 있지 않다. 이러한 한계를 극복하기 위해 최근에는 RNA의 3차 구조 없이도 상호작용을 예측할 수 있는 인공지능 기반 접근이 개발되고 있다. 대표적으로, Zhang 연구 그룹은 딥러닝 모델인 SMRTnet을 통해 RNA 서열과 2차 구조 정보만을 활용하여 저분자 화합물과 RNA 간 결합을 예측하는 방법을 제시하였다[그림 5b].²³ 이 모델은 RNA와 화합물의 정보를 각각 학습한 뒤, 두 정보를 통합적으로 비교하여 서로 얼마나 잘 결합할 수 있는지를 정량적으로 평가할 수 있다. 실제 SMRTnet을 통해 발굴한 화합물의 세포 수준 활성 검증까지 완료하였으며, 이를 통해 해당 접근은 RNA의 3차 구조 정보가 부족한 경우에도 적용 가능하다는 점에서 기존 구조 기반 설계의 한계를 보완하며, 예측된 리간드가 실제 세포 수준에서 RNA 발현 조절로 이어질 수 있음을 실험적으로 입증하였다.

이와 같이 최근 고속 스크리닝 기술과 인공지능 기반 설계 기술이 각각 발전함에 따라, RNA 분해제 개발은 경험적 탐색에서 데이터 기반의 합리적 설계로 점차 전환되고 있다. 특히 DEL을 통한 대규모 화합물 탐색과 인공지능 기반 상호작용 예측은 상호 보완적으로 활용될 수 있으며, 초기 리간드 발굴부터 기능 검증까지의 과정을 보다 효율적으로 연결할 수 있게 한다. 이러한 접근은 향후 RIBOTAC과 같은 RNA 분해 플랫폼의 효율성과 선택성을 향상시키는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

참고: RNA 분해제 개발의 현재 한계와 과제

RNA 분해 전략은 빠르게 발전하고 있지만, 여전히 해결해야 할 중요한 기술적 한계가 존재한다. 그중 RNA 결합 리간드의 발굴과 분해 효소의 제한성이 주요한 병목으로 작용하고 있다.

특히 RNA에 결합하는 저분자 리간드 발굴의 경우, RNA는 구조적 유연성이 크고 명확한 결합 포켓이 제한적이기 때문에, 높은 선택성과 친화도를 동시에 갖는 리간드를 설계하거나 발굴하는 일이 쉽지 않다. 현재까지 많은 연구가

기존 RNA 결합 리간드나 제한된 라이브러리에 의존하고 있으며, 이를 극복하기 위해서는 RNA 구조 기반 스크리닝 및 RNA에 특이적인 대규모 리간드 발굴 전략의 확립이 필요하다.

또한 다양한 종류의 E3 리가아제를 이용하여 단백질 분해를 유도하는 PROTAC에 비해 RNA 분해 전략에서 사용하는 RNA 분해 효소가 제한적이라는 점도 중요한 한계이다. 현재 저분자 기반 RNA 분해 전략은 주로 RNase L에 의존하고 있으며, 세포 내 효소의 발현 수준이나 활성 조건에 따라 활성이 달라질 수 있다. 또한 RNase recruiter의 구조적 다양성도 충분하지 않은 상황이다. 따라서 향후에는 RNase L 이외의 다양한 효소를 활용할 수 있는 플랫폼 확장 및 다양한 종류의 저분자 RNase recruiter 개발이 요구된다.


이와 같은 한계에도 불구하고, RNA 분해 기술은 아직 비교적 초기 단계에 있는 분야라는 점을 고려한다면, 지속적인 연구를 통해 현재의 기술적 제약을 충분히 해결해 나갈 것으로 생각된다. 또한 RNA 구조 기반 리간드 설계, 신규 RNase 발굴 및 recruiter 개발, 전달 기술의 개선 등이 병행된다면, RNA를 표적으로 하는 분해 기술은 향후 단백질 분해 기술에 필적하는 수준으로 발전할 수 있을 것으로 기대된다.

결론

RIBOTAC으로 대표되는 RNA 분해 기술은 전통적인 단백질 표적 신약 개발이 지니는 구조적 한계를 보완할 수 있는 새로운 치료 전략으로 빠르게 부상하고 있다. 특히 기존 방식으로 약물화가 어려운 단백질을 간접적으로 제어할 수 있는 새로운 신약 개발 전략을 제시하였다. 그 적용 범위 또한 단백질을 번역하는 mRNA를 넘어, microRNA, lncRNA 등 간접적으로 단백질 발현 조절 및 질병 관련 신호 전달을 조절하는 RNA로 확장되고 있다.

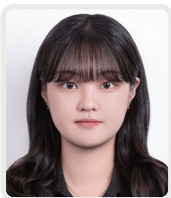
여전히 RNA 결합 리간드 발굴의 어려움, RNA 분해 효소 및 결합 리간드의 다양성 부족, 세포 내 전달 효율과 대사 안정성 등 해결해야 할 과제가 많이 남아 있다. 그럼에도 불구하고 이 기술이 아직 초기 단계에 있는 만큼, 전 세계 과학자들의 지속적인 연구를 통해 빠르게 발전할 것으

로 예상된다. 향후 RIBOTAC을 비롯한 RNA 분해 기술은 RNA 단계에서 유전자 발현을 직접 제어함으로써, 기존 단백질 중심 치료 전략의 한계를 넘어 질병을 보다 근본적으로

조절하는 새로운 신약 개발 패러다임으로 자리 잡을 것이다. 



1. Komachankandy, S.; Lee, Y. Targeted RNA Degradation as a Promising Therapeutic Strategy. *Int. J. Mol. Sci.* **2025**, *26*, 10767.
2. Liu, M.; Wang, Y.; Zhang, Y.; Hu, D.; Tang, L.; Zhou, B.; Yang, L. Landscape of small nucleic acid therapeutics: moving from the bench to the clinic as next-generation medicines. *Signal Transduct. Target. Ther.* **2025**, *10*, 73.
3. Tong, Y.; Childs-Disney, J. L.; Disney, M. D. Targeting RNA with small molecules, from RNA structures to precision medicines: IUPHAR review: 40. *Br. J. Pharmacol.* **2024**, *181*, 4152.
4. Dey, S. K.; Jaffrey, S. R. RIBOTACs: Small Molecules Target RNA for Degradation. *Cell Chem. Biol.* **2019**, *26*, 1047.
5. Khaskia, E.; Benhamou, R. I. Leveraging RIBOTAC technology: Fluorescent RNase L probes for live-cell imaging and function analysis. *Heliyon* **2025**, *11*, e41295.
6. Dong, B.; Silverman, R. H. 2-5A-dependent RNase molecules dimerize during activation by 2-5A. *J. Biol. Chem.* **1995**, *270*, 4133.
7. Borgelt, L.; Haacke, N.; Lampe, P.; Qiu, X.; Gasper, R.; Schiller, D.; Hwang, J.; Sievers, S.; Wu, P. Small-molecule screening of ribonuclease L binders for RNA degradation. *Biomed. Pharmacother.* **2022**, *154*, 113589.
8. Meyer, S. M.; Tanaka, T.; Zanon, P. R. A.; Baisden, J. T.; Abegg, D.; Yang, X.; Akahori, Y.; Alshakarchi, Z.; Cameron, M. D.; Adibekian, A.; et al. DNA-Encoded Library Screening To Inform Design of a Ribonuclease Targeting Chimera (RiboTAC). *J. Am. Chem. Soc.* **2022**, *144*, 21096.
9. Ma, Z.; Zou, B.; Zhao, J.; Zhang, R.; Zhu, Q.; Wang, X.; Xu, L.; Gao, X.; Hu, X.; Feng, W.; et al. Development of a DNA-encoded library screening method "DEL Zipper" to empower the study of RNA-targeted chemical matter. *SLAS Discov.* **2025**, *31*, 100204.
10. Tong, Y.; Lee, Y.; Liu, X.; Childs-Disney, J. L.; Suresh, B. M.; Benhamou, R. I.; Yang, C.; Li, W.; Costales, M. G.; Haniff, H. S.; et al. Programming inactive RNA-binding small molecules into bioactive degraders. *Nature* **2023**, *618*, 169.
11. Tong, Y.; Su, X.; Rouse, W.; Childs-Disney, J. L.; Taghavi, A.; Zanon, P. R. A.; Kovachka, S.; Wang, T.; Moss, W. N.; Disney, M. D. Transcriptome-Wide, Unbiased Profiling of Ribonuclease Targeting Chimeras. *J. Am. Chem. Soc.* **2024**, *146*, 21525.
12. Tong, Y.; Zhang, P.; Yang, X.; Liu, X.; Zhang, J.; Grudniewska, M.; Jung, I.; Abegg, D.; Liu, J.; Childs-Disney, J. L.; et al. Decreasing the intrinsically disordered protein alpha-synuclein levels by targeting its structured mRNA with a ribonuclease-targeting chimera. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2024**, *121*, e2306682120.
13. Costales, M. G.; Aikawa, H.; Li, Y.; Childs-Disney, J. L.; Abegg, D.; Hoch, D. G.; Pradeep Velagapudi, S.; Nakai, Y.; Khan, T.; Wang, K. W.; et al. Small-molecule targeted recruitment of a nuclease to cleave an oncogenic RNA in a mouse model of metastatic cancer. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2020**, *117*, 2406.
14. Suresh, B. M.; Li, W.; Zhang, P.; Wang, K. W.; Yildirim, I.; Parker, C. G.; Disney, M. D. A general fragment-based approach to identify and optimize bioactive ligands targeting RNA. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2020**, *117*, 33197.
15. Liu, X.; Haniff, H. S.; Childs-Disney, J. L.; Shuster, A.; Aikawa, H.; Adibekian, A.; Disney, M. D. Targeted Degradation of the Oncogenic MicroRNA 17-92 Cluster by Structure-Targeting Ligands. *J. Am. Chem. Soc.* **2020**, *142*, 6970.
16. Khaskia, E.; Dahatonde, D.; Benhamou, R. I. RNA G-Quadruplex RIBOTAC-Mediated Targeted Degradation of lncRNA TERRA. *Adv. Sci.* **2025**, *12*, e12715.
17. Brega, C. A. T.; Craig, B. A.; Mikutis, S.; Proctor, R. S. J.; Vyborna, Y.; Ivey, G.; Eleftheriou, M.; Tzelepis, K.; Yang, M.; Parmar, S.; et al. A Bifunctional Small Molecule Degradator of the Long Noncoding RNA MALAT1 Triplex. *Chemistry* **2026**, e00025.
18. Haniff, H. S.; Tong, Y.; Liu, X.; Chen, J. L.; Suresh, B. M.; Andrews, R. J.; Peterson, J. M.; O'Leary, C. A.; Benhamou, R. I.; Moss, W. N.; et al. Targeting the SARS-CoV-2 RNA Genome with Small Molecule Binders and Ribonuclease Targeting Chimera (RIBOTAC) Degradators. *ACS Cent. Sci.* **2020**, *6*, 1713.
19. Mikutis, S.; Rebelo, M.; Yankova, E.; Gu, M.; Tang, C.; Coelho, A. R.; Yang, M.; Hazemi, M. E.; Pires de Miranda, M.; Eleftheriou, M.; et al. Proximity-Induced Nucleic Acid Degradator (PINAD) Approach to Targeted RNA Degradation Using Small Molecules. *ACS Cent. Sci.* **2023**, *9*, 892.
20. Takahashi, D.; Moriyama, J.; Nakamura, T.; Miki, E.; Takahashi, E.; Sato, A.; Akaike, T.; Ito-Nakama, K.; Arimoto, H. AUTACs: Cargo-Specific Degradators Using Selective Autophagy. *Mol. Cell* **2019**, *76*, 797.
21. Su, X.; Tong, Y.; Zanon, P. R. A.; Wang, J.; Tanaka, T.; Childs-Disney, J. L.; Disney, M. D. Unbiased RNA Degradator Identification Uncovers an LC3B-Recruiting Chimera for COL15A1 mRNA Degradation. *J. Am. Chem. Soc.* **2025**, *147*, 45157.
22. Gibaut, Q. M. R.; Akahori, Y.; Bush, J. A.; Taghavi, A.; Tanaka, T.; Aikawa, H.; Ryan, L. S.; Paegel, B. M.; Disney, M. D. Study of an RNA-Focused DNA-Encoded Library Informs Design of a Degradator of a r(CUG) Repeat Expansion. *J. Am. Chem. Soc.* **2022**, *144*, 21972.
23. Fei, Y.; Wang, P.; Zhang, J.; Shan, X.; Cai, Z.; Ma, J.; Wang, Y.; Zhang, Q. C. Predicting small molecule-RNA interactions without RNA tertiary structures. *Nat. Biotechnol.* **2026**.



허진서 Jinseo Heo

- 부산대학교 화학과, 학사(2019.3-2025.2)
- 부산대학교 화학과, 석박사 통합과정(2025.3-현재, 지도교수: 이영주)



이영주 Yeongju Lee

- 포항공과대학교 화학과, 학사(2010.3-2014.8)
- 포항공과대학교 화학과, 박사(2014.9-2019.8, 지도교수: 임현석)
- 포항공과대학교 화학과, 박사후 연구원(2019.9-2020.10, 지도교수: 임현석)
- The Scripps Research Institute, 박사후 연구원(2020.12-2022.7, 지도교수: Matthew Disney)
- 부산대학교 화학과, 조교수(2022.9-현재)

카이랄 고리형 (알킬)(아미노)카벤

박가은, 신주현, 이서연, 송하영* | 가천대학교 화학과 조교수, hayoungs@gachon.ac.kr

서론

카이랄 리간드의 개발은 이들이 도입된 전이금속 촉매를 이용한 비대칭 합성뿐만 아니라,¹ 원편광 발광(circularly polarized luminescence, CPL)² 등 카이랄 기능성 재료 개발에서 중요한 연구 축으로 자리 잡고 있다. 이러한 맥락에

서 질소-헤테로고리 카벤(N-heterocyclic carbene, NHC)은 강한 σ -전자 공여성과 높은 구조적 다양성을 바탕으로 배위화학에서 필수적인 리간드로 자리매김하였으며,³ 이를 기반으로 한 카이랄 NHC 리간드는 다양한 촉매 반응에서 높은 거울상 선택성을 구현해 왔다.⁴ 한편, 고리형 (알킬)(아미노)카벤(cyclic (alkyl)(amino)carbene, CAAC)은 기

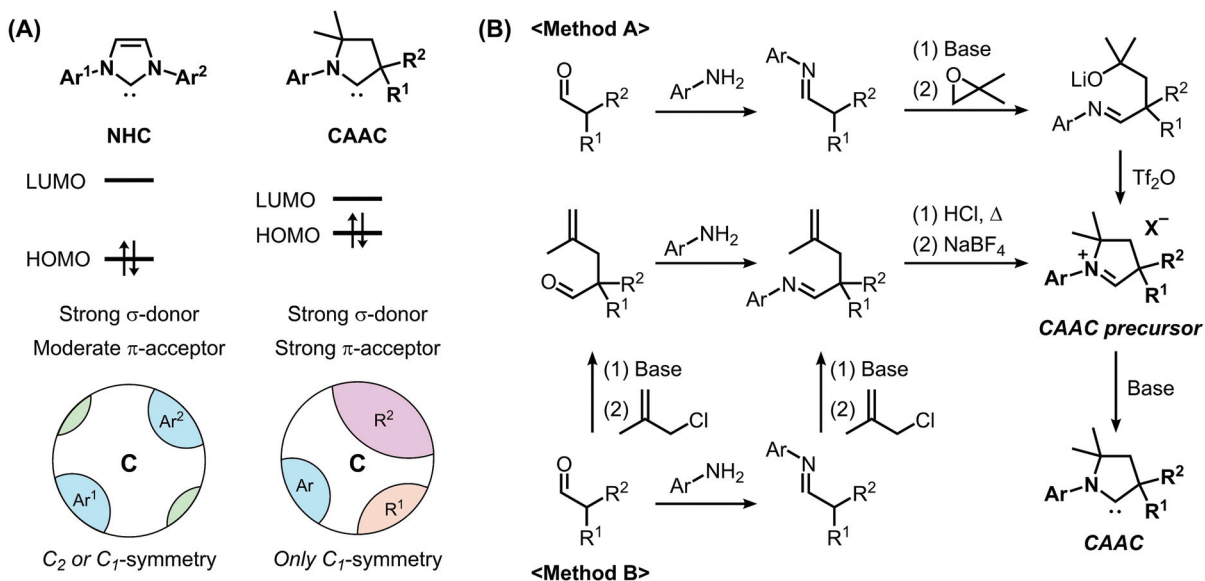


그림 1. (A)NHC와 CAAC의 특성, (B)CAAC의 합성법

존 NHC와 달리 카벤 중심의 α -위치에 4차 탄소가 도입되어 있어, 더욱 강한 σ -전자 공여성과 π -전자 수용성을 동시에 나타내는 친양쪽성(ambiphilic) 특성을 지닌다[그림 1A].⁵ 특히, 해당 4차 탄소 위치에 입체 중심을 도입하여 카이랄 CAAC을 설계할 수 있다는 점은 기존 NHC에 비해 훨씬 집중적이고 강한 C_1 -비대칭 입체 환경을 제공할 수 있다는 측면에서 주목받는다. 이들의 합성 전략 또한 최근 크게 개선되어, CAAC 전구체와 자유 CAAC, 그리고 이들의 전이금속 착물까지 간단한 반응을 통해 대량 합성이 가능해졌다[그림 1B]. 본 글에서는 카이랄 CAAC의 구조적 특징과 설계 전략, 그리고 이를 기반으로 한 최신 연구 동향을 종합적으로 살펴보고자 한다.

본 론

1. 멘톨 유래 CAAC을 활용한 원편광 발광(CPL)

CAAC는 2005년 Bertrand 연구진에 의해 처음 보고된 이후,⁶ 기존 NHC와 구별되는 독특한 전자적·입체적 특성으로 주목받아 온 카벤 계열 화합물이다. 앞서 언급한 바와 같이, CAAC 고유의 친양쪽성 특성은 다양한 전이금속

및 주족 원소와 강한 결합을 형성하고, 이들의 독특한 반응성을 유도하는 데 중요한 역할을 한다. 또한 카벤 중심에 인접한 4차 탄소가 제공하는 큰 입체 효과는 촉매 중심의 입체적 보호와 반응 선택성 제어에 크게 기여한다. 이러한 특성 덕분에 CAAC는 기존 NHC로는 달성하기 어려웠던 높은 반응성, 안정성, 선택성을 동시에 구현할 수 있는 유망한 리간드로 자리매김하였으며, 그 응용 범위가 빠르게 확장되고 있다.

이와 같은 배경 하에, CAAC 골격에서 카벤 인접 α -위치 4차 탄소에 입체 중심을 도입하여 카이랄 전이금속 착물을 개발하려는 연구 또한 활발히 진행되어 왔다. 흥미롭게도, 2005년 CAAC의 최초 보고에서 이미 L-menthone으로부터 유래된 카이랄 ^{menth}CAAC가 보고된 바 있다[그림 2A]. 그러나 초기 연구에서는 주로 이러한 큰 입체 효과를 이용하여 불안정한 전이금속 및 주족 원소 화합물을 안정화하는 데 초점이 맞추어져 있었으며, 이들의 카이랄성을 직접 활용한 연구는 2020년에 이르러서야 처음 보고되었다[그림 2B].⁷ Ung 연구진은 ^{menth}CAAC-CuCl 착물이 비교적 단순한 중심 카이랄성만을 가짐에도 불구하고, 리간드의 카이랄 구조에 의해 $|g_{lum}| \approx 10^{-3}$ 수준의 황색 CPL을 구현할 수 있음을 보여주었다.

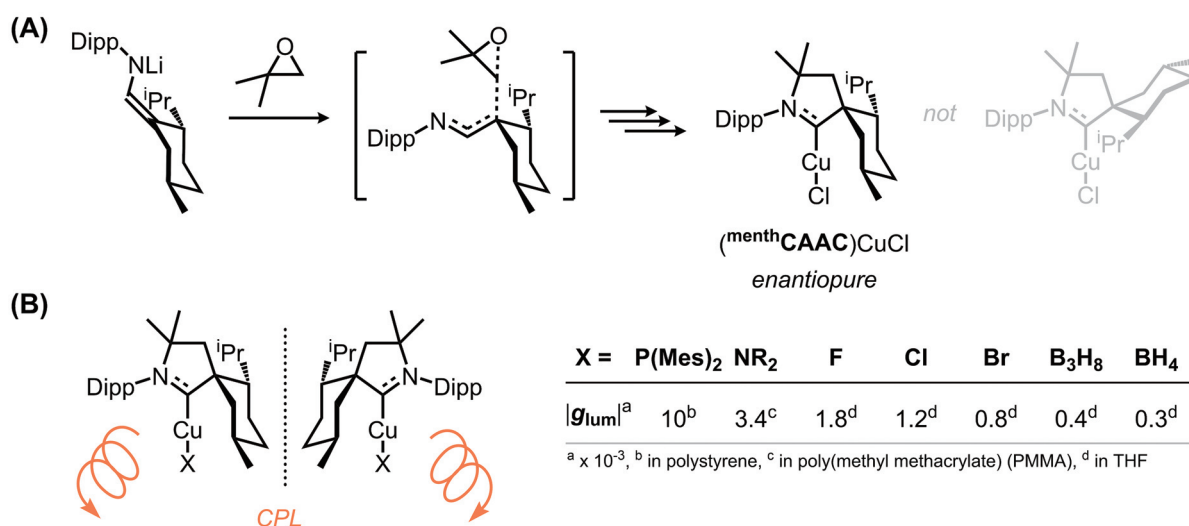


그림 2. (A)카이랄 ^{menth}CAAC-구리 착물의 입체선택적합성과 (B)이들의 작용기 치환에 따른 원편광발광(CPL) 특성

이후 Ung 연구진⁸과 Steffen 연구진⁹은 각자 *menth*CAAC-Cu(I) 착물에서 할라이드, 보로하이드라이드 및 아마이드 치환기 효과에 따른 CPL 세기 조절 가능성을 입증하였으나, $|g_{lum}|$ 수치는 여전히 10^{-3} 수준에 머무르는 뚜렷한 한계가 있었다. 그러나 최근 Steffen 연구진은 높은 분극성 (polarizability)을 갖는 포스파이드(phosphide) 치환기를 도입함으로써, 고체 상태 및 고분자 매트릭스 환경에서 $|g_{lum}|$ 값을 최대 10^{-2} 수준까지 향상시킬 수 있음을 보고하였다.¹⁰

2. 콜레스테롤 유래 고리형 (알킬)(아미노)카벤 리간드를 활용한 첫 비대칭 촉매반응

놀랍게도, *menth*CAAC를 발광 물질의 비대칭 리간드로 활용해 카이로티컬(chiroptical) 응용에서 성공적인 결과를 보여주었음에도 불구하고, 이를 비대칭 촉매 반응에 적

용한 사례는 매우 제한적이다. 실제로 Bertrand 연구진은 *menth*CAAC를 구리 촉매의 카이랄 리간드로 도입하여 비대칭 공액 보릴화 반응(asymmetric conjugate borylation, ACB)을 수행하였으나, 생성물의 거울상 이성질체 선택성은 8% ee 미만으로 극히 낮은 수준에 머물렀다[그림 3A].¹¹ 이와 같은 저조한 비대칭 유도는 *menth*CAAC 골격의 구조적 유연성에 기인한 것으로 해석되었다. 특히 치환기의 고리 뒤집힘과 같은 빠른 동적 거동은 카벤 중심 인접 탄소의 비대칭 입체 환경을 기질에 효과적으로 전달하지 못하도록 하여 생성물의 입체 선택성을 약화시키는 주요 요인으로 지목되었다.

이러한 한계를 극복하기 위해 보다 구조적으로 고정된 카이랄 CAAC 리간드 설계가 제안되었다. Bertrand 및 Mauduit 공동 연구진은 코프로스탄올(coprostanol)로부터 유래된 새로운 CAAC 골격을 설계 및 합성하였으며, 이를 구리 촉매에 도입하여 동일한 ACB 반응을 재검토하

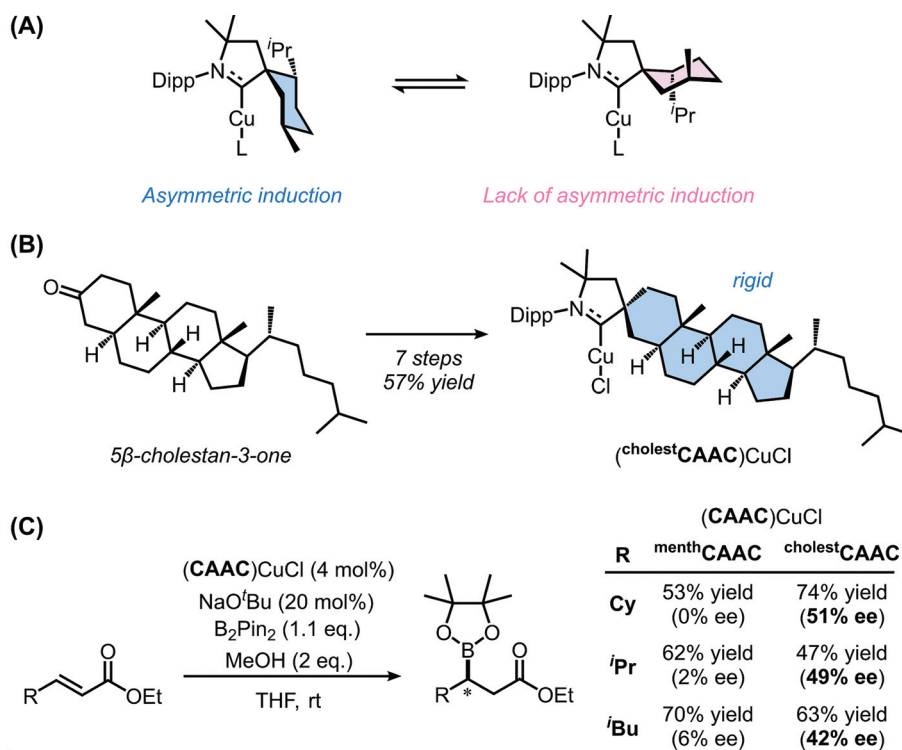


그림 3. (A) *menth*CAAC-구리 착물의 구조적 유연성에 따른 비대칭 유도, (B) *cholest*CAAC 기반 카이랄 CAAC 리간드의 설계, (C) 카이랄 CAAC-Cu 촉매의 비대칭 공액 보릴화 반응

였다[그림 3B, 3C].¹¹ 그 결과, ^{menth}CAAC 시스템 대비 현저히 향상된 40-55% ee의 비대칭 유도가 달성되었다. 이러한 결과는 CAAC 리간드에서의 비대칭 유도가 단순히 입체 중심의 존재 여부가 아니라, 비대칭 입체 환경의 구조적 경직성에 좌우됨을 명확히 보여준다.

3. 비대칭 CAAC 리간드 전구체의 입체선택적 합성

해당 연구 이후, CAAC 기반 전이금속 착물의 비대칭 촉매 반응을 구현하기 위해, 비대칭 전구체로부터 카이랄 CAAC 리간드를 직접 합성하려는 시도가 이루어졌다. 2022년 Cramer 연구진은 간단한 카이랄 1차 아민을 활

용한 비대칭 CAAC 리간드 설계 전략을 통해 다양한 입체 환경을 갖는 CAAC-Cu, Au, Ru 착물 라이브러리를 효율적으로 구축하였다[그림 4A].¹² 비록 이 접근법은 카벤 중심 인접 α -위치의 4차 탄소가 아닌 β -위치(질소 치환기)에 입체 중심을 도입한 설계라는 한계를 가지지만, 비대칭 공액 보릴화 반응에서 약 78% ee의 의미 있는 거울상 이성질체 선택성을 달성함으로써 카이랄 CAAC-전이금속 착물이 비대칭 촉매로서 유망한 플랫폼임을 입증하였다[그림 5].

이후 Cramer 연구진은 이를 더욱 발전시켜, 다중 카이랄 중심을 갖는 CAAC 리간드의 설계와 효율적인 합성 방법론을 보고하였다. 특히, 다중 입체 중심을 갖는 CAAC

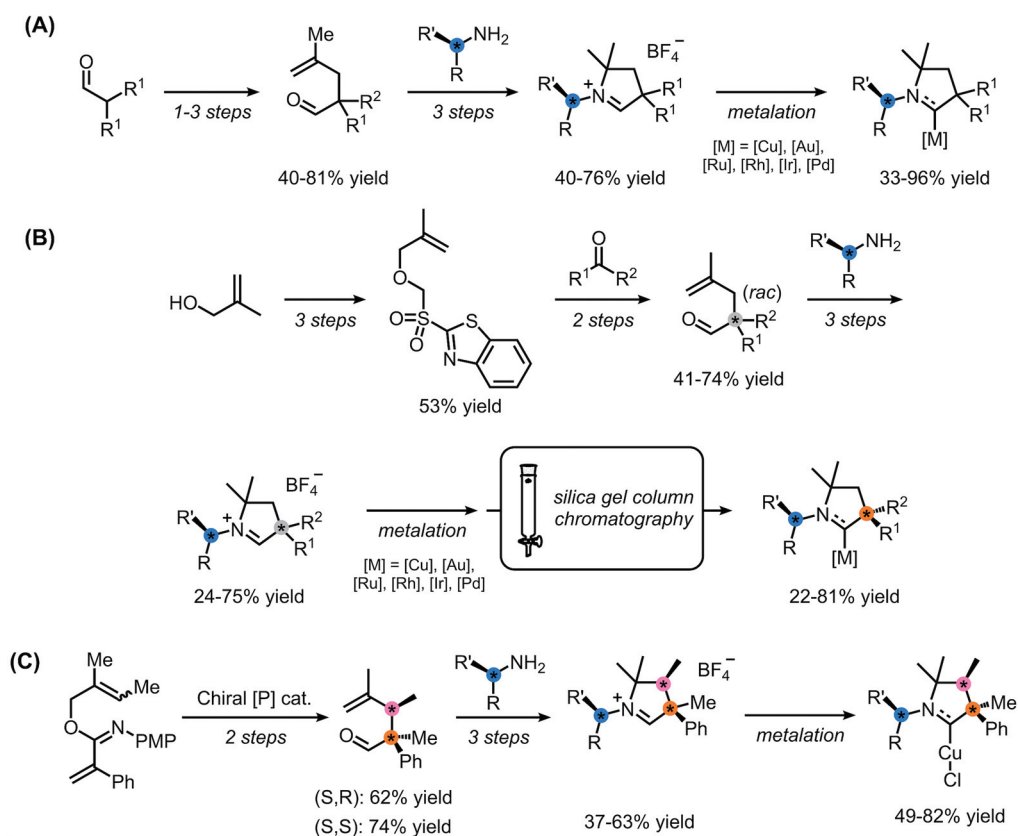


그림 4. (A)카이랄 1차 아민을 이용한 비대칭 CAAC-전이금속 착물의 합성, (B)부분 입체 이성질체 혼합물의 합성과 분리를 통한 두 개의 입체중심을 지닌 카이랄 CAAC-전이금속 착물의 합성, (C)비대칭 반응을 통한 세 개의 입체중심을 갖는 카이랄 CAAC-전이금속 착물

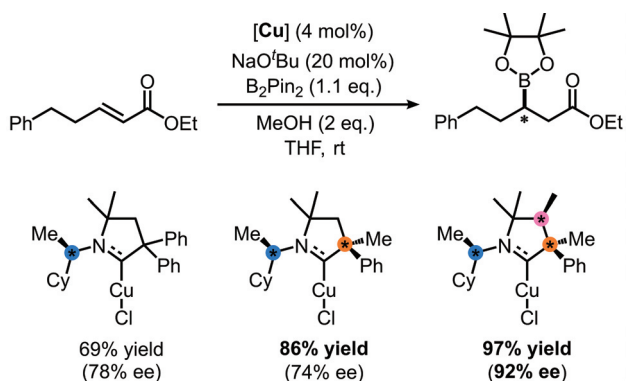


그림 5. 입체중심 수에 따른 카이랄 CAAC-Cu 착물의 비대칭 유도 및 촉매 성능 향상

전구체를 부분 입체 이성질체 혼합물 형태로 합성한 후, 이를 컬럼 크로마토그래피로 분리하는 접근을 통해 다양한 입체구조를 갖는 CAAC 라이브리리를 확보하였다[그

림 4B].¹³ 이들 리간드를 Cu 촉매에 적용한 결과, 비대칭 공액 보릴화 반응에서 최대 90% ee, 그리고 Ru 촉매 하 비대칭 고리-닫힘 올레핀 복분해 반응에서 최대 84% ee를 달성하였다.

더 나아가 2025년 연구에서는 Eschenmoser-Claisen 재배열을 활용한 비대칭 합성 전략을 통해 α -위치와 두 개의 β -위치에 각각 독립적인 입체 중심을 갖는 CAAC 리간드를 합성하였다[그림 4C].¹⁴ 이들 리간드를 도입한 Cu 촉매는 비대칭 공액 보릴화 반응에서 최대 96% ee에 이르는 높은 선택성을 나타냈다. 특히, 카벤 인접 치환기가 동일함에도 불구하고 주변 입체구조와의 근접 상호작용이 금속 중심의 입체 지형을 효과적으로 재구성하여, 비대칭 유도 성능의 현저한 향상을 이끌어내는 것으로 나타났다[그림 5]. 이러한 결과는 카이랄 CAAC 리간드 내 다중 입체 중심 간의 협동적 상호작용이 촉매 선택성 향상에 핵심적인 역할을 함을 명확히 보여준다.

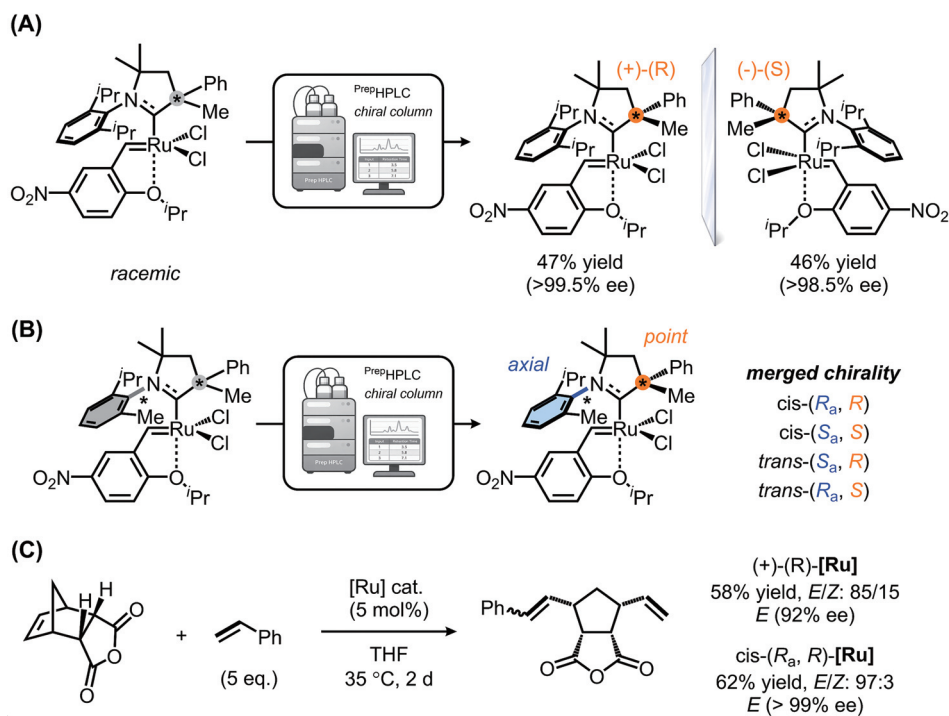


그림 6. 입체중심에 따른 카이랄 CAAC-Cu 착물의 비대칭 유도 및 촉매 성능 향상

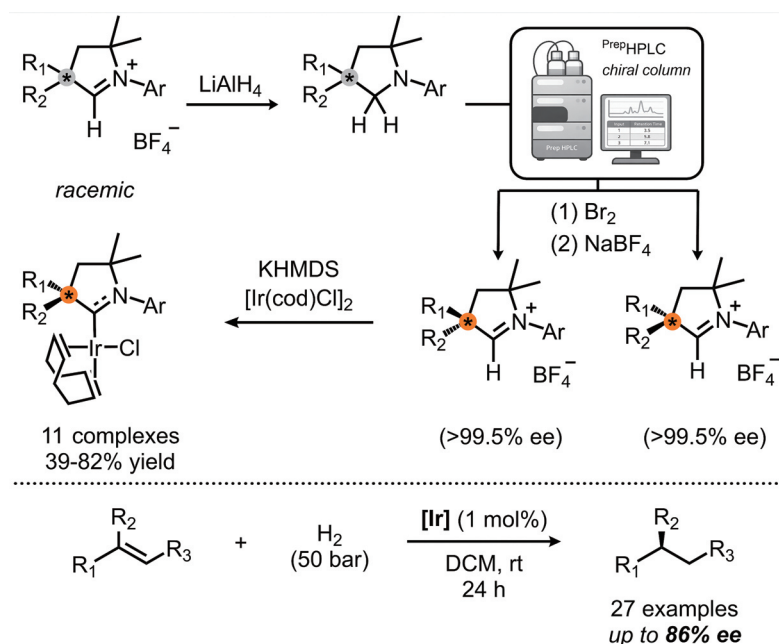


그림 7. 라세믹 CAAC 전구체의 환원/분리/재산화를 통한 카이랄 CAAC 전구체 및 전이금속 착물의 합성과 이를 이용한 비대칭 수소화 반응

4. 대용량 카이랄 고성능 액체 크로마토그래피를 이용한 카이랄 CAAC-전이금속 착물의 분리

반면, Bertrand와 Mauduit 공동 연구진은 콜레스테롤 유래 CAAC 연구 이후 새로운 접근 전략을 제시하였다. 이들은 2020년 대용량 카이랄 고성능 액체 크로마토그래피(preparative chiral HPLC)를 이용해 라세믹 CAAC-전이금속 착물을 직접 분리하는 방법을 보고하였다(그림 6A).¹⁵ 이 전략은 기존 카이랄 CAAC 리간드 합성에서 요구되는 비효율적이고 단계적인 비대칭 합성 과정을 우회할 수 있으며, 양쪽 거울상 이성질체를 고순도(>98% ee)로 동시에 확보할 수 있다는 점에서 큰 장점을 가진다. 이를 통해 카이랄 4차 탄소를 포함하는 CAAC-Ru 촉매가 개발되었고, 비대칭 고리개환 교차 복분해 반응(AROCM)에서 최대 92% ee의 높은 선택성을 달성하였다(그림 6C). 이후 이들은 카이랄 Blechert-type CAAC-Ru 촉매를 개발하여 촉매 활성과 선택성을 동시에 향상시킬 수 있음을 보고하였다.¹⁶

동일 연구진은 CAAC에 단순한 중심 카이랄성 도입을

넘어, 인접 C-N 결합에 대한 축 카이랄성을 새롭게 도입하고 이를 중심 카이랄성과 결합한 다중 카이랄성 촉매를 개발하였다(그림 6B).¹⁷ 그 결과, 중심 카이랄성과 축 카이랄성이 결합된 CAAC-Ru 촉매는 비대칭 환경이 정밀하게 조정되어, AROCM 반응에서 기존에 반응성이 제한적이었던 *exo*-norbornene 기질을 포함한 다양한 기질에 대해 >99% ee에 이르는 매우 높은 선택성을 달성하였다(그림 6C). 이러한 결과는 Cramer 연구진이 제시한 다중 입체 중심 간 협동적 상호작용 개념과 맥을 같이하며, 촉매의 활성과 입체선택성을 동시에 확보할 수 있는 전략을 제시한다.

그러나 이러한 전략의 명확한 한계는 목표 전이금속 착물이 대용량 카이랄 HPLC 조건에서 충분한 안정성을 가지며 분리가 가능해야 한다는 점에 있다. 이를 극복하기 위해 Mauduit 공동 연구진은 라세믹 CAAC 전구체를 환원하여 안정한 피롤리딘(pyrrolidine) 유도체를 합성해 이를 대용량 카이랄 HPLC로 분리하고, 이후 재산화를 통해 카이랄 CAAC 전구체를 확보하는 우회적 접근법을 제시하였다(그림 7). 비록 이 전략은 환원-분리-재산화라는

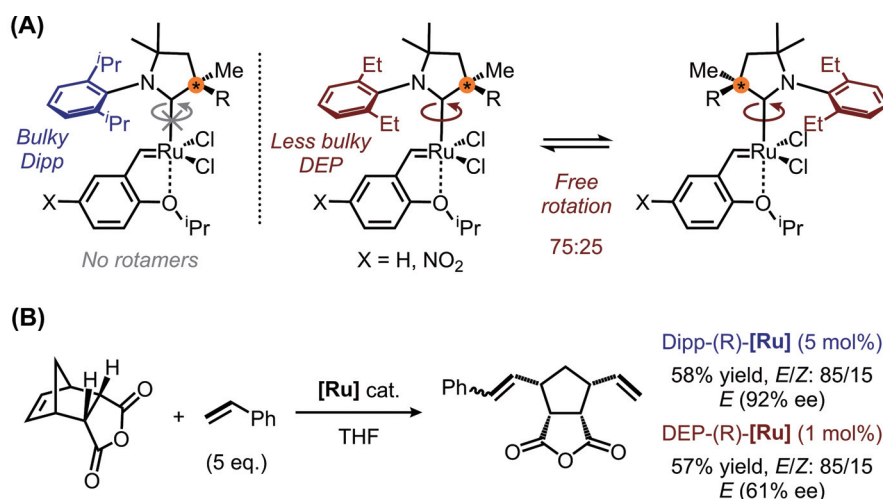


그림 8. (A)CAAC-전이금속 결합의 회전과 (B)그에 따른 비대칭 유도 감소

복잡한 과정을 거쳐야 하지만, 이 전략을 통해 카이랄 CAAC-Rh 및 -Ir 촉매의 합성을 수행해 올레핀 비대칭 수소화 반응에서 최대 86% ee의 선택성을 달성했다.¹⁸

5. 촉매의 로타머 형성에 의한 입체 선택성 감소

카이랄 CAAC를 도입해 비대칭 촉매를 설계할 때 주의해야 할 점은 금속-카벤 결합의 회전에 따른 반응 입체선택성의 저하다. Mauduit 공동 연구진은 카이랄 CAAC-Ru 촉매의 활성 향상을 위해 인접 질소 치환기의 입체장애를 감소시킬 경우, CAAC-Ru 결합의 회전을 통해 CAAC의 배향이 반전(inverted)된 구조가 형성될 수 있음을 확인하였다(그림 8A).¹⁹ 특히 DFT 계산에 따르면 이러한 회전은 비교적 낮은 에너지 장벽으로 접근 가능하며, 복분해 반응 조건에서 두 로타머가 평형 상태로 공존할 수 있다. 이때 반전 구조에서는 카이랄 4차 탄소 중심에 의해 형성되는 비대칭 입체환경이 반응 중심에서 효과적으로 전달되지 못하고, 결과적으로 생성물의 입체선택성이 크게 저하된다(그림 8B). 이는 카벤 인접 4차 탄소 중심의 카이랄성이 강한 입체 유도 효과를 제공하더라도, 금속-카벤 결합 회전에 따른 로타머 평형이 존재할 경우 실제 반응에서의 비대칭 유도 효율이 크게 감소할 수 있음을 의미한다.


결론

본 하이라이트에서는 카이랄 CAAC 리간드의 구조적 특성과 설계 전략을 중심으로, CPL 및 비대칭 촉매 분야에서의 최신 연구 동향을 종합적으로 살펴보았다. 카이랄 CAAC 리간드는 기존 NHC 기반 리간드와 차별화되는 친양쪽성 특성과 강한 입체 환경을 바탕으로 폭넓은 응용 가능성을 입증해 왔다. 초기 menthCAAC 기반 연구가 구조적 유연성으로 인해 비대칭 촉매 반응 개발 측면에서 뚜렷한 한계를 보인 반면, 폴레스테를 유래 CAAC의 개발 이후, 구조적 강직성을 지닌 카이랄 작용기를 도입하는 리간드 설계 전략은 전이금속 중심에 비대칭 입체 환경을 효과적으로 조성하였다. 나아가 라세믹 착물로부터 대용량 카이랄 HPLC를 이용한 직접적인 분리 전략은 합성 경로를 단순화하면서도 고순도의 거울상 이성질체를 효율적으로 확보할 수 있는 실용적 접근법을 입증하였다.

카이랄 CAAC 리간드 분야는 짧은 시간 동안 괄목할 만한 성과를 거두었음에도 불구하고, 몇 가지 중요한 한계가 여전히 존재한다. 먼저, 현재까지 높은 거울상 선택성이 입증된 반응 유형이 공액 보릴화 반응(ACB) 및 올레핀 복분해 반응(AROCM)에 주로 국한되어 있어, 범용성 측면에서 여전히 제한적인 한계를 보인다. 또한, 카이랄 CAAC 리간

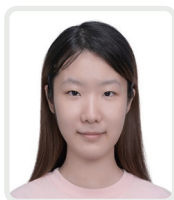
드 및 착물의 합성은 비대칭 반응을 통해 카이랄 전구체를 준비한 후 낮은 효율의 CAAC 합성 과정을 순차적으로 거치거나, CAAC-전이금속 착물을 형성한 뒤 라세믹 혼합물을 대용량 카이랄 HPLC로 분리해야 하는 경우가 대부분이다. 따라서 어느 경우에도 대규모 합성 및 실용화 측면에서 효율성이 낮다는 한계를 지닌다.

이러한 한계를 극복하고 카이랄 CAAC 리간드의 잠재력을 온전히 발휘하기 위해서는 몇 가지 핵심적인 연구 방향이 요구된다. 첫째, 수십 그램 스케일의 합성을 가능케 하는 실용적인 카이랄 CAAC-전이금속 착물 합성 방법론의 개발이 필요하다. 둘째, 고리 뒤집힘 및 로타머 평형과 같은 동적 거동이 비대칭 유도를 저해하는 주요 요인으로 작

용하므로, 이를 다양한 촉매 시스템 전반에 걸쳐 체계적으로 이해할 필요가 있다. 특히, 이를 효과적으로 억제할 수 있는 킬레이트형 카이랄 리간드 시스템 등 새로운 카이랄 CAAC 플랫폼의 개발 또한 필수적이다. 셋째, 카이랄 CAAC 리간드의 적용 범위를 루테튬, 구리, 이리듐뿐만 아니라 여러 전이금속 촉매로 확장하여, 다양한 비대칭 반응에 대해 범용성을 확보해야 한다. 마지막으로, 카이랄 CAAC 리간드의 구조를 정밀하게 제어함으로써 CPL 성능 향상은 물론, CAAC에 대해 아직 충분히 개척되지 않은 다양한 기능성 카이랄 재료 분야로의 적용 가능성을 적극적으로 모색할 필요가 있다. 



- Zhu, K.; Spring, D. R.; Shi, B.-F.; Zhang, F. Recent progress towards catalytic asymmetric construction of inherently chiral scaffolds. *Chem. Soc. Rev.* **2025**, *54*, 10856.
- Gong, J.; Zhang, X. Coordination-based circularly polarized luminescence emitters: Design strategy and application in sensing. *Coord. Chem. Rev.* **2022**, *453*, 214329.
- Hopkinson, M. N.; Richter, C.; Schedler, M.; Glorius, F. An overview of N-heterocyclic carbenes. *Nature* **2014**, *510*, 485.
- Janssen-Müller, D.; Schlepphorst, C.; Glorius, F. Privileged chiral N-heterocyclic carbene ligands for asymmetric transition-metal catalysis. *Chem. Soc. Rev.* **2017**, *46*, 4845.
- Melaimi, M.; Jazzar, R.; Soleilhavoup, M.; Bertrand, G. Cyclic (alkyl)(amino)carbenes (CAACs): Recent developments. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2017**, *56*, 10046.
- Lavallo, V.; Canac, Y.; Prasang, C.; Donnadiou, B.; Bertrand, G. Stable cyclic (alkyl)(amino)carbenes as rigid or flexible, bulky, electron-rich ligands for transition-metal catalysts: A quaternary carbon atom makes the difference. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2005**, *44*, 5705.
- Deng, M.; Mukthar, N. F. M.; Schley, N. D.; Ung, G. Yellow Circularly Polarized Luminescence from C1-Symmetrical Copper(I) Complexes. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, *59*, 1228.
- Braker, E. E.; Mukthar, N. F. M.; Schley, N. D.; Ung, G. Substituent Effect on the Circularly Polarized Luminescence of C1-Symmetric Carbene-Copper(I) Complexes. *ChemPhotoChem* **2021**, *60*, 902.
- Muthig, A. M. T.; Wieland, J.; Lenczyk, C.; Koop, S.; Tessarolo, J.; Clever, G. H.; Hupp, B.; Steffen, A. Towards Fast Circularly Polarized Luminescence in 2-Coordinate Chiral Mechanochromic Copper(I) Carbene Complexes. *Chem. Eur. J.* **2023**, *29*, e202300946.
- Ruer, P. C.; Holstein, J. J.; Steffen, A. Organophosphides: A New Class of Luminophore Ligands for Copper(I) Carbene Based TADF Emitters and Photocatalysts. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2026**, *65*, e18530.
- Pichon, D.; Soleilhavoup, M.; Morvan, J.; Junor, G. P.; Vives, T.; Crévisy, C.; Lavallo, V.; Campagne, J.-M.; Mauduit, M.; Jazzar, R.; Bertrand, G. The Debut of Chiral Cyclic (Alkyl)(Amino)Carbenes (CAACs) in Enantioselective Catalysis. *Chem. Sci.* **2019**, *10*, 7807.
- Madron du Vigné, A.; Cramer, N. Chiral Cyclic Alkyl Amino Carbene (CAAC) Transition-Metal Complexes: Synthesis, Structural Analysis, and Evaluation in Asymmetric Catalysis. *Organometallics* **2022**, *41*, 2731.
- Madron du Vigné, A.; Cramer, N. Streamlined Synthetic Assembly of α -Chiral CAAC Ligands and Catalytic Performance of Their Copper and Ruthenium Complexes. *Chem. Sci.* **2024**, *15*, 13864.
- Madron du Vigné, A.; Cramer, N. Systematic Synthesis of Chiral CAACs with Three Independent Stereogenic Centers for Enantioselective Copper-Catalyzed Conjugate Borylation of Michael Acceptors. *ACS Catal.* **2025**, *15*, 15102.
- Morvan, J.; Vermersch, F.; Zhang, Z.; Falivene, L.; Vives, T.; Dorcet, V.; Roisnel, T.; Crévisy, C.; Cavallo, L.; Vanthuyne, N.; Bertrand, G.; Jazzar, R.; Mauduit, M. Optically Pure C1-Symmetric Cyclic(alkyl)(amino)carbene Ruthenium Complexes for Asymmetric Olefin Metathesis. *J. Am. Chem. Soc.* **2020**, *142*, 19895.
- Del Vecchio, A.; Talcik, J.; Colombel-Rouen, S.; Lorkowski, J.; Serrato, M. R.; Roisnel, T.; Vanthuyne, N.; Bertrand, G.; Jazzar, R.; Mauduit, M. Highly Robust and Efficient Blechert-Type Cyclic(alkyl)(amino)carbene Ruthenium Complexes for Olefin Metathesis. *ACS Catal.* **2023**, *13*, 6195.
- Liu, M.; Bouëtard, D.; Talcik, J.; Lorkowski, J.; Zhang, Z.; Vives, T.; Roisnel, T.; Serradeil-Albalat, M.; Vanthuyne, N.; Cavallo, L.; Falivene, L.; Jazzar, R.; Mauduit, M. Merging Central and Axial Chirality in Cyclic(alkyl)(amino)carbenes: The Keystone for High Enantioselectivities in Ru-Catalyzed Asymmetric Olefin Metathesis. *JACS Au* **2025**, *5*, 5170.
- Morvan, F.; Liu, M.; Vives, T.; Roisnel, T.; Vanthuyne, N.; Jazzar, R.; Wencel-Delord, J.; Mauduit, M. Well-Defined Rhodium and Iridium Complexes Containing Chiral Cyclic(Alkyl)(Amino)Carbenes for Asymmetric Hydrogenation. *ChemistryEurope* **2026**, *4*, e202500268.
- Morvan, J.; Vermersch, F.; Zhang, Z.; Vives, T.; Roisnel, T.; Crévisy, C.; Falivene, L.; Cavallo, L.; Vanthuyne, N.; Bertrand, G.; Jazzar, R.; Mauduit, M. Ambivalent Role of Rotamers in Cyclic(alkyl)(amino)carbene Ruthenium Complexes for Enantioselective Ring-Opening Cross-Metathesis. *Organometallics* **2023**, *42*, 495.



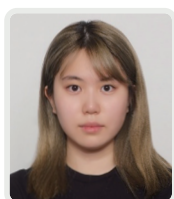
박가은 Gaeun Park

- 가천대학교 화학과, 학사(2022.3-2026.2)
- 가천대학교 화학과 석사과정(2026.3-현재, 지도교수: 송하영)



신주현 Juhyeon Shin

- 가천대학교 화학과, 학사(2024.3-2026.2)
- 가천대학교 화학과 석사과정(2026.3-현재, 지도교수: 송하영)



이서연 Seoyeon Lee

- 가천대학교 화학과, 학사(2021.3-2026.2)
- 가천대학교 화학과 석사과정(2026.3-현재, 지도교수: 송하영)



송하영 Hayoung Song

- 포항공과대학교 화학과, 학사(2011.3-2015.2)
- 포항공과대학교 화학과, 박사(2015.3-2019.8, 지도교수: 이은성)
- 기초과학연구원 복잡계자기조립연구단, 박사후 연구원(2019.9-2021.2, 지도교수: 김기문)
- 포항공과대학교 화학과, 박사후 연구원(2021.3-2023.1, 지도교수: 이은성)
- 미시간대학교 화학과, 박사후 연구원(2023.2-2025.2, 지도교수: Nathaniel K. Szymczak)
- 가천대학교 화학과 조교수(2025.3-현재)

탄소중립 시대, 화학 영재교육의 탐구 기반 접근의 필요성

강명중 | 강원대학교 화학신소재학과 부교수, mjkgang@kangwon.ac.kr

서론

탄소중립은 현대사회에서 과학기술 분야에 한정된 주제가 아닌, 환경 문제에 기인한 모든 산업 및 인류 활동에 영향을 주는 중요한 주제가 되었다. 특히 기후 변화 대응과 RE100이라는 대주제 아래, 탄소중립은 친환경 에너지로의 전환, 관련 기술 혁신 및 산업 구조 재편을 포함하는 복합적 개념으로, 그 중심에는 태양광 에너지, 수소 에너지, 바이오매스 에너지의 활용, 이산화탄소 포집, 전환 및 저장과 같은 화학적 개념이 포함되어 있다. 이러한 점에서 탄소중립 문제의 해결은 단순한 환경 관련 문제를 화학의 개념을 통해 해결하는 기술 기반의 문제가 아니라, 경제, 사회, 기술이 결합한 복합적인 문제 해결의 과정에서 화학의 역할과 책임을 다시 한번 고민하게 한다.

하나, 탄소중립 문제의 해결은 단순히 과학 지식의 활용을 통해 풀 수 있는 문제가 아닌 다양한 관련 기술의 효율성, 경제성, 환경적 관점의 상호 상충하는 개념들을 합리적으로 조합하여 사회적 합의를 통해 해결되어야 한다. 다시 말해, 이는 하나의 정해진 정답으로 문제 해결 방안은 마련하는 것이 아닌, 다양한 해결 방법을 구성하는 요소별 가치치에 기반한 합리적인 기준을 마련하여 복합적인 사고를 통해 결정을 내려야 하는 과정이라는 것을 의미한다.

위와 같은 탄소중립 문제와 같이 여러 분야의 상호 이해가 상충하는 사회·기술적 문제는 4차 산업혁명 시대를 맞이하여 향후 지속적으로 증가할 것으로 예상되는 바, 이

에 따른 화학 영재교육의 교육적 방향성의 재설정이 필요하다. 실험적 교육법을 통해 이론적 심화 개념을 습득하는 기존의 화학 영재교육의 방향성이 탄소중립과 같은 기술·사회·환경 관련 문제가 결합한 복합적 문제 해결에 적합한 방향성인가에 대해 다시 한번 생각해 볼 필요가 있다.

본론

1. 탄소중립 문제의 구조적 특성과 교육적 의미

탄소중립 문제는 하나의 답이 정해져 있지 않은 대표적인 비정형 문제로, 다양한 요소가 상호 작용하는 구조를 가지는 '정답의 부재'와 '복합성'을 내재하고 있다. 이산화탄소 포집을 통한 대기 중 이산화탄소 농도 저감이라는 주제를 예로 들면, 이산화탄소 포집 방법에는 탄소 포집 및 지층/해저 저장, 직접 공기 포집, 산림 및 습지 복원 등의 다양한 방법이 존재한다. 이 중 지층/해저 저장법은 비용상의 문제가 있으며, 산림 및 습지 복원은 복원에 상당한 기간이 소요되는 등 각각의 방법은 경제적·사회적·기술적·환경적으로 서로 다른 장단점을 가지고 있다. 따라서, 문제 해결 과정은 이산화탄소 포집을 통한 저감의 최적 방법 한 개를 찾는 것이 아니라 다양한 대안을 비교하고 선택하는 탐구적 과정으로 이해되어야 하며, 이러한 특성은 기존에 정형화된 문제와는 근본적으로 다른, 기술적 개념과 요소를 종합적으로 고려해야 하는 [그림 1]과 같은 구조로 표현된다.



그림 1. 탄소중립 문제의 현안 요소 및 화학적 개념 구조의 개념도

2. 기존 화학 영재교육의 한계점

현재의 화학 영재교육은 주로 피교육자들이 제한된 조건에서 심화된 화학적 개념을 이해하고, 이를 적용하여 정답을 도출하는 훈련을 반복하며 심화된 개념 이해를 바탕으로 정형화된 문제 해결 능력 위주의 교육 방식으로 진행되고 있다.

위의 방식은 학습자의 화학적 개념의 이해도와 적용력을 향상하는 데는 효과적이지만, 탄소중립 문제와 같이 기술적인 요소(이산화탄소 포집 기술, (광)전기화학적 이산화탄소 전환 기술 등), 해당 기술의 경제성(기술의 실효성 등), 사회·정책적 요구(지자체 탄소중립 녹색성장 정책, RE100 등)의 복잡한 관계들이 얽혀있는 다층적 관계를 반영하지 못하는 한계를 지닌다.

특히, 하나의 정답을 빠르고 정확하게 도출하는 데에 집중되어, 문제의 맥락이 단순화되어 있고, 결과 중심의 평가를 수행하는 과정에서, 학습자들은 문제 해결을 위한 다양한 가능성을 탐색하여야 하는 비정형의 다층적 관계 문제에서 효율적이고 합리적인 결과 도출 방법을 충분히 교육받지 못한다는 문제점이 존재한다. 예를 들면, 이산화탄소 전환 촉매 물질로 구리 등의 물질이 높은 전환 효율 및 산물 선택성을 보여주고, 그 이유는 구리의 원자 배열 구조에 기인한다는 사실은 학습할 수 있으나, 구리 촉매를 활용한 반응이 실질적으로 산업에 활용되지 못하는 이유에 대

해서는 기존의 학습 방법으로는 체득하기 어렵다. 이러한 차이는 다음 [표 1]과 같이 간소화하여 표현할 수 있다.

표 1. 전통적 화학 문제와 다층적 문제(탄소중립 문제)의 구조적 차이 대비표

구분	전통적 문제	다층적 문제 (탄소중립 문제)
정답	하나의 정답이 존재	하나의 정답이 존재하지 않음
변수	제한적	다수(복합적)
개념 적용	단일 개념 위주	복합 개념 위주
목표	정답 도출	합리적 의사 결정

3. 교육 목표의 전환과 개념의 재위치화

위에서 언급한 대로, 기존 화학 영재교육은 심화 개념을 이론적 방법과 실험적 방법의 복합적 방법을 통해 습득하고, 문제를 해결하는 방향으로 집중되어 왔으므로, 다층적 문제의 해결을 위해 교육 목표의 전환이 필요하다. 학생 주도적으로 문제를 정의하고, 이를 모델링 기반의 학습을 통해 최종적인 의사결정 단계에 도달하는 능력의 함양을 핵심 목표로 설정하여야 한다. 문제의 구조를 파악하고 핵심 변수를 도출하며, 습득한 다양한 조건을 고려하여 합리적인 선택을 내리는 경험과 탐구활동 위주의 교육법이 필요하다 [그림 2].

화학 영재교육 목표의 전환

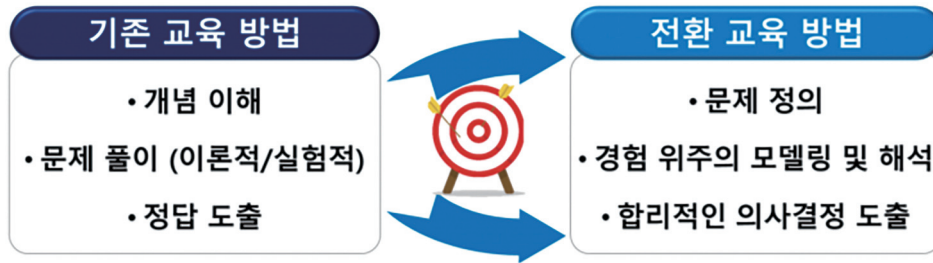


그림 2. 화학 영재교육 목표의 정답 도출에서 합리적인 의사결정 도출로의 전환 방향

이러한 학습의 과정에서 화학 개념의 역할 또한 변화가 필요하다. 화학 개념은 기존의 더 이상의 학습을 통한 정답 도출의 목적이 아닌, 문제 해결을 위한 도구로서의 기능을 하여야 한다. 예를 들어, 화학 평형의 개념은 이산화탄소 포집 과정에서의 포집제와 대기 중 이산화탄소 농도에 따른 포집 효율의 관계로 연계할 수 있고, 반응속도론의 개념은 촉매 물질의 선택과 촉매 반응 조건 설정에 따른 이산화탄소 전환 효율과의 관계로 연계할 수 있으며, 태양 에너지의 활용을 통해 전기화학 반응의 필요한 에너지를 일부 대체할 수 있는 광전기화학 시스템의 구성으로의 연계 등의 화학적 개념이 실제 문제 해결의 맥락에서 연계성을 가지고 활용될 때, 탐구활동을 통한 종합적 학습의 의미를 확장할 수 있다.

4. 탐구 기반 접근의 필요성

탄소중립 문제와 같은 다층적 문제는 실제 과학적 문제 해결과 유사한 접근법인 문제 인식, 질문 생성, 가설 설정, 검증, 해석, 의사 결정 과정의 흐름으로 이어지는 탐구 기반 접근의 영재교육 방법을 활용하는 것이 효과적인 종합적 교육 방법이 될 것이다(그림 3). 중요한 점은 학생들이 스스로가 질문을 생성하고 근거를 바탕으로 판단하는, 단순한 실험 활동이 아닌 사고방식 체계를 이해하고 구성하는 방법의 교육적 가치가 현대의 화학 영재교육에 필요한 교육법이다. 다만, 탐구 기반 접근의 영재교육 방법 활용을 위해서는, 기존과는 차별화된 피교육자의 사고 확장 및 개

념의 도구화 적용을 수행할 수 있는 적절한 교육 도구 및 자료 개발에 관한 심층적인 연구가 차후 진행되어야 할 것이다.



그림 3. 문제 해결의 전 과정을 포함한 탐구 기반 학습 과정

결론

탄소중립은 단순한 하나의 학습 주제가 아니라, 화학 영재교육의 방향을 제고하게 만드는 하나의 계기로 작용한다. 이는 ‘무엇을 가르칠 것인가’의 기존 화학 영재교육의 개념을 넘어, 학습자들에게 ‘어떠한 사고와 역량을 길러야 합리적인 결론에 도달하는가?’에 대한 포괄적 교육 개념

으로 확장되며, 이는 앞으로의 화학 영재교육의 방향성에서 탐구적 학습법의 중요함을 다시 한번 일깨워 주는 좋은 주제이다. 관련하여, 지속적인 연구를 통해 프로젝트 기반 학습법(PBL), 플립 러닝 등 탐구적 학습법의 고도화와 학습 수행을 위한 학습 도구 개발의 활성화가 촉진되었으면 하는 바이다.



1. National Research Council, *A Framework for K-12 Science Education*; National Academies Press: 2012.
2. OECD, *The Future of Education and Skills: Education 2030*; OECD Publishing: 2018.
3. Jonassen, D. H., *Educ. Technol. Res. Dev.* 2000, 48, 63.
4. Prince, M.; Felder, R., *J. Eng. Educ.* 2006, 95, 123.
5. IPCC, *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*; Cambridge University Press: 2021.
6. 서혜애, 과학적 창의성과 과학영재교육의 방향. *영재교육연구*, 2004, 14, 65.



강명종 Myung Jong Kang

- 서강대학교 화학과/생명과학과, 학사 (2009.3-2013.2)
- 서강대학교 화학과(물리화학 전공), 박사 (2013.3-2018.8, 지도교수: 강영수)
- 한국화학연구원 박사후 연구원 (2018.9-2020.8)
- 강릉원주대학교 화학신소재학과 조교수, 부교수(2020.9-2026.2)
- 강원대학교 화학신소재학과 부교수 (2026.3-현재)



AI 기반 중대분자 연구 센터(IRC 센터)

(Beyond Rule of 5 and AI-driven Drug Discovery Center, BROAD Center)

| 주관연구기관 | GIST

| 연구책임자 | 안진희



광주과학기술원

Gwangju Institute of Science and Technology



광주 북구 첨단과기로 123, 광주과학기술원 화학과 515호



062-715-2865



jhahn@gist.ac.kr



<http://broad.gist.ac.kr>

AI 기반 중대분자 연구·차세대 신약 플랫폼 구축 - 융합연구로 신약개발 생태계에 작은 보탬 되길 ...

AI 기반 중대분자 연구 센터(IRC 센터)

* 중대분자: 기존 신약이 가지는 rule of 5 영역을 벗어난 영역의 화합물로 beyond rule of 5 또는 rule breakers 라고 불림. 주로 분자량 ~500 이상의 화합물을 의미하는 말로 본 연구자가 임의로 만들어서 사용하고 있음



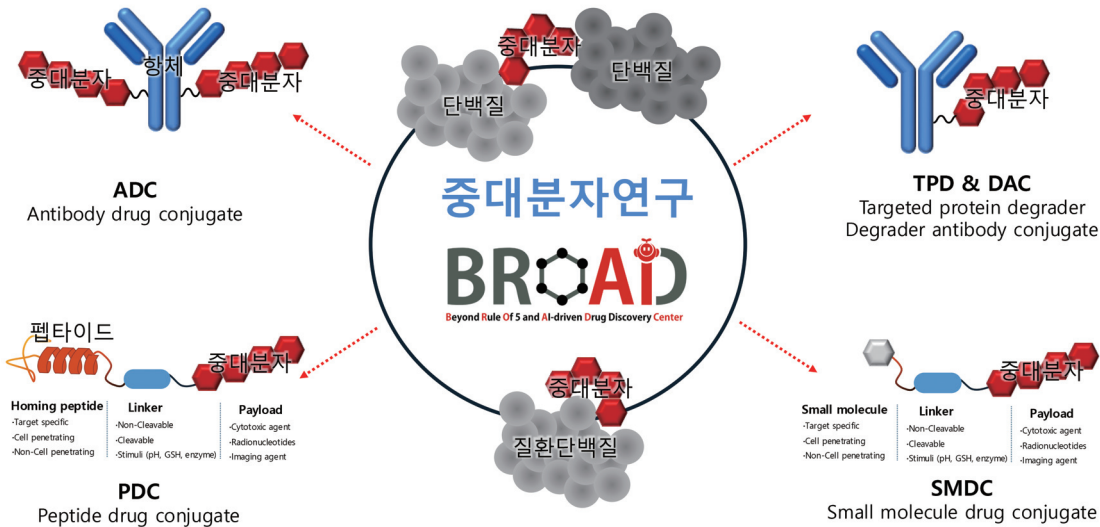
2024년 8월부터 운영되고 있는 광주과학기술원의 AI 기반 중대분자 연구 센터(센터장: 화학과 안진희 교수는 한국연구재단이 지원하는 선도연구센터 가운데 하나인 IRC (Innovation Research Center) 사업의 하나이다. 본 사업단의 목표는 새로운 신약개발 플랫폼을 구축하고, 이를 활용하여 신약개발을 지원하며 향후 산업화 자립화를 달성하는 것이다.

1 중대분자 기반 차세대 신약 플랫폼의 구축

AI 기반 중대분자 연구 센터의 연구는 중대분자(beyond Rule of 5, bRo5)를 기반으로 한 차세대 신약개발 플랫폼을 구축하고자 노력하고 있다. 최근 신약개발은 기존 저분자 중심 접근만으로는 다루기 어려운 표적과 질환군이

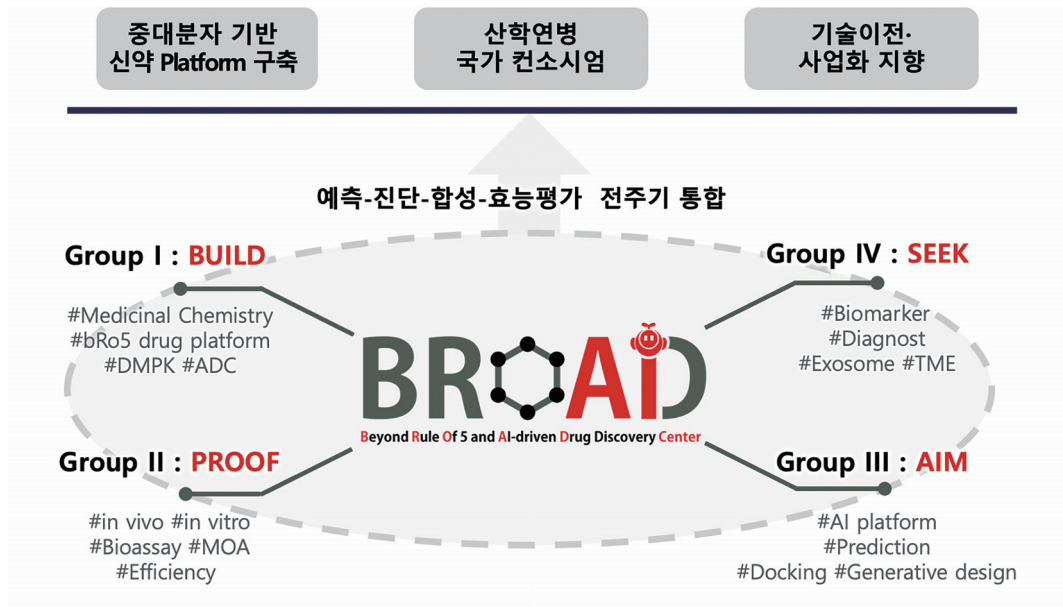
늘어나면서, 보다 넓은 화학·생물학적 영역을 포괄하는 연구의 필요성이 커지고 있다. 특히 중대분자는 저분자와 항체 의약품 등을 연결할 수 있는 영역으로 기존 접근으로는 충분히 공략되지 않았던 표적과 작용기전에 접근할 수 있는 가능성을 제공하고 있다. 이러한 흐름 속에서 센터는 중대분자를 새로운 치료제 개발의 가능성으로 보고, 설계-합성-평가-표적 발굴이 유기적으로 이어지는 연구 기반을 마련하고자 하고 있다.

새로운 중대분자 영역 (다양한영역으로 확장성)



본 센터는 antibody drug conjugate(ADC), peptide drug conjugate(PDC), degrader antibody conjugate(DAC), small molecule drug conjugate(SMDC) 등에 사용될 수 있는 중대분자(payload, degrader 등)를 개발하거나 협력연구를 통하여 집합하고자 한다. 중대분자 연구는 항체, 펩타이드, 단백질 분해제, 접합체, 계산 기반 설계, 생물학적 검증, 바이오마커 발굴 등 여러 분야가 함께 연결될 때 보다 넓은 가능성을 가질 수 있다. 이에 센터는 개별성과의 축적을 넘어, 다양한 연구 역량이 접속하고 확장될 수 있는 연구 기반 자체를 구축하는 데 주안점을 두고 있다. AI 기반 중대분자 연구 센터는 차세대 신약개발을 위한 융합형 연구 플랫폼 거점이 되고자 하는 목표를 가지고 있다. 나아가 다양한 연구가 추가로 연결되고 확장될 수 있는 길을 찾고 함께하는 연구자와 win-win 하는 길을 모색하고자 한다.

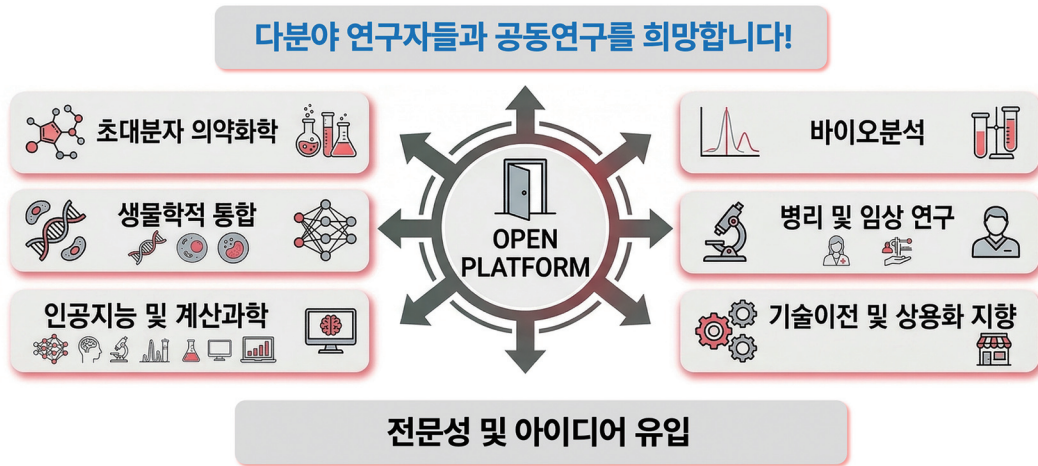
현재 센터는 중대분자 연구의 복잡성과 확장성을 반영하여 구성되어 있다. <그룹 1 BUILD>는 중대분자 기반 플랫폼의 설계와 합성을 담당하고, <그룹 2 PROOF>는 유효성 평가와 검증 체계를 맡으며, <그룹 3 AIM>은 인공지능 기반 예측과 설계 지원 기술을 구축하고, <그룹 4 SEEK>는 신규 표적과 바이오마커 발굴을 수행한다. 각 그룹은 개별 세부과제를 수행하면서도 설계, 합성, 검증, 표적 발굴의 흐름 안에서 상호 연계되도록



운영되고 있다. 중대분자 연구는 의약화학, 생물학, 인공지능, 계산과학, 바이오분석, 병리 및 임상 연구 등 여러 분야의 연구자들이 함께할 때 연구의 폭과 깊이를 넓혀갈 수 있다. 이에 센터는 현재 수행 중인 연구를 바탕으로 자체 플랫폼의 완성도를 높이는 동시에, 더 많고 다양한 분야의 공동연구자들과 지속적으로 협력 가능성을 모색하고 있다. 다시 말해, 센터는 이미 구축된 연구체계를 고정된 틀로 유지하기보다, 새로운 전문성과 아이디어가 꾸준히 유입될 수 있는 개방형 공동연구 플랫폼으로 발전해 가고자 한다.

<p>Group I : BUILD 설계·합성 DMPK</p> <p>bRo5 Integration for Design & DMPK</p>	 안진희 GIST 김용철 GIST 송호영 Liga 서지원 GIST 한민수 GIST	<p>자문위원</p> 방영주 문영준
<p>Group II : PROOF 유효성 검증</p> <p>Preclinical ReadOut & in vivo Function</p>	 박한수 GIST 남경석 GIST 김경욱 GIST 배명애 KRIC	<p>국제공동연구</p> William A. Goddard III Caltech Charles Lee The Jackson Laboratory
<p>Group III : AIM AI 융합기술 플랫폼</p> <p>AI Platform for Molecule</p>	 김현우 GIST 임재상 HITS 김홍국 GIST 최준호 GIST	 Ralph Weissleder HARVARD UNIVERSITY Hakho Lee HARVARD UNIVERSITY
<p>Group IV : SEEK 타겟·바이오마커 발굴</p> <p>Systemic targEt & Biomarker discovery</p>	 김민곤 GIST 한경희 SNUH 박진주 GIST 이강택 GIST	 Ralph Weissleder HARVARD UNIVERSITY Hakho Lee HARVARD UNIVERSITY

중대분자는 하나의 세부 기술이 아니라, 다양한 모달리티와 연구 방법론을 연결할 수 있는 넓은 연구 영역이다. 따라서 센터는 중대분자라는 공통의 연구 축을 중심으로 여러 연구자들이 함께 참여하고 협력할 수 있는 기반을 넓혀가는 데 더 큰 비중을 두고 있다. 이러한 점은 향후 공동연구의 범위를 확장하고 새로운 연구 주제를 발굴하는 데에도 중요한 토대가 될 수 있을 것으로 보인다.



2 공동연구 · 기술이전 · 자립화와 인재양성으로 이어지는 장기 비전

센터 비전 및 미션

중대분자와 인공지능의 융합연구로 역량을 강화해 혁신 신약의 거점으로 자리매김



혁신적 AI 기술 활용
최첨단 인공지능 기술을 적용해 중대분자의 탐색과 설계 혁신적 추진



중대분자 플랫폼 개발
세계 최고의 기술력을 바탕으로 생명공학 분야의 혁신과 인류의 건강과 복지에 기여



(글로벌)협력 성과 혁신
산학연명의 긴밀한 협력을 통해 혁신적 아이디어와 기술을 공유, 발전 연구 결과 상호교류와 지식 확산 증진



지속 가능한 사업단
효율적인 치료법 및 의약품의 지속가능한 개발을 추구

SI기반 중대분자 선도 연구단 신약 개발 거점 센터 구축

기술이전 · 공동연구 · 센터자립화

세계 최고의 기술을 가진 연구진과 공동연구를 통하여 새로운 중대분자 플랫폼을 확립하고 이로부터 자립화가 가능한 센터를 만들고자 합니다

AI 기반 중대분자 연구 센터의 장기 비전은 연구 성과의 축적에 그치지 않고, 공동연구, 기술이전, 사업화, 플랫폼 자립화로 이어지는 지속가능한 연구 기반을 마련하는 데 놓여 있다. 단계별 계획에서도 플랫폼 구축, 최적화, 실용화 가능성 검토, 공동연구 확대와 자립화가 순차적으로 제시되어 있으며, 이는 중대분자 연구를 단기 성과 중심으로 운영하기보다 장기적으로 축적하고 확장해 가기 위한 방향과 맞닿아 있다. 특히 센터는 중대분자 연구 플랫폼을 자체적으로 고도화하는 한편, 다양한 연구자와 기관이 참여할 수 있는 협력 기반을 꾸준히 넓혀감으로써 연구의 외연을 지속적으로 확장하고자 한다. 즉, 센터의 장기 비전은 내부 역량의 축적과 외부 협업의 확장이 병행되는 구조를 가지고 있다.

About



GIST
AI 기반 중대분자 연구 센터(IRC 센터)



안진희 연구책임자
GIST 화학과 교수

안진희 교수는 광주과학기술원(GIST) 화학과 교수로, 의약화학을 기반으로 신약 개발과 생리활성물질 개발 연구를 수행해 왔다. 서강대학교에서 학사·석사·박사 학위(지도교수: 고 윤능민 교수, 1986-1997)를 취득한 뒤 미국 캘리포니아대학교 버클리(University of California, Berkeley) 화학과에서 박사후 연구원(1998-2000) 과정을 거쳤으며, 한국화학연구원에서 선임연구원과 책임연구원(2000-2016년)을 지낸 후 2016년부터 GIST 화학과 교수로 재직하고 있다. 현재 의약화학 연구실(Medicinal Chemistry Laboratory, <http://mcl.gist.ac.kr>)을 운영하고 있으며, 2017년 (주)제이디바이오사이언스를 교원 창업하여 신약 개발 연구를 진행해오고 있다. 2024년부터는 “AI 기반 중대분자 연구센터(IRC)” 센터장을 맡아 중대분자 기반 신약 플랫폼 구축을 추진하고 있다. 연구 분야는 암, 대사질환, 희귀질환을 연구 중이고, 저분자 화합물, 약물 분해제, 항체-약물 접합체(antibody-drug conjugate, ADC) 등 다양한 모델리터를 공동연구를 통하여 진행하고 있다. 최근에는 대사기능장애 연관 지방간염 치료 후보물질 및 항암 신약 후보물질 연구 등을 통해 의약화학 기반의 융합 연구를 지속해 오고 있다.



▮ GIST 의약화학 연구실
(2026년 137th KCS General Meeting에서)

화학세계가 만난 화학자 ⑤1

“스스로 새로운 가치를 만들어내는 과정은 그 자체로 큰 의미를 지닙니다”

김근풍

(주)바임(VAIM) 대표



2026년 6월호 「화학세계가 만난 화학자」에서는 (주)바임(VAIM)의 김근풍 대표를 모셨습니다. 김 대표께서는 서강대학교 화학과에서 박사학위를 취득한 후, 이노테크메디칼 대표이사과 리젠바이오텍 부사장을 역임했으며, 생체적합성 및 생분해성 고분자 기술을 기반으로 피부미용 제품 ‘주베룩’을 개발한 바임을 창업하여 현재 경영을 이끌고 계십니다.

[모더레이터: 김형준 교수(한양대학교 화학과)]

Q1. 화학 세계 독자들에게 주베룩을 간단하게 소개 부탁드립니다.

우리 피부에는 히알루론산(HA)과 같은 성분이 존재하지만, 노화가 진행되면서 이러한 물질이 점차 감소하고, 그 결과 피부 탄력이 저하되고 주름이 형성됩니다. 기존 HA 필러는 이러한 감소 부위를 물리적으로 채워주는 방식으로 작용합니다.

반면, 주베룩은 단순히 수분을 보충하는 히알루론산 필러와 달리, 주성분인 PDLLA(Poly-D,L-Lactic acid)를 통해 콜라겐과 엘라스틴 생성을 유도함으로써 피부를 근본적으로 개선하는 데 초점을 둔 제품이라고 할 수 있습니다. 이로 인해 주름 개선과 흉터 치료뿐만 아니라 피부 보습, 윤기 개선, 나아가 피부 조직 재생을 목적으로 활용되는 제품으로 자리 잡고 있습니다.



■ 주베룩 제품

Q2. 당시 “피부 주름 개선 문제는 기술적으로 풀 수 있다”라고 판단하신 근거는 무엇이었는지 궁금합니다.

주름 개선을 위해 기존의 화장품처럼 피부 표면에 도포하는 방식이 아니라, 주사기를 통해 유효 물질을 피부 내부에 직접 전달하는 접근을 구상하였습니다. 이를 위해서는 무엇보다 입자의 크기가 중요했으며, 약 60 μm 수준이 적절하다고 판단했습니다.

다만 이러한 입자는 체내에서 외부 물질로 인식되기 때문에 염증 반응을 유발할 수 있고, 특히 장기간 잔존할 경우 1~2년 이후에도 부작용이 발생할 가능성이 있습니다. 한편, 시장에서는 약 6개월에서 1년 정도 지속되는 효과를 요구하고 있었고, 기존에 널리 사용되던 히알루론산 필러는 체내에서 비교적 빠르게 분해되어, 효과가 6개월 이전에 감소하는 한계가 있었습니다.

이러한 문제를 해결하기 위해 분해 속도를 조절할 수 있는 고분자를 활용해 조직 형성을 유도하는 방식을 고안하였고, 동시에 입자 제조 공정과 관련된 특허가 이미 광범위하게 존재했기 때문에, 기존 방식을 그대로 적용하는 것은 어려웠습니다.

이에 따라 과립형태의 고분자를 파우더로 제조하는 새로운 공정을 설계하였습니다. 이 과정에 적용된 화학 원리는 비교적 기본적인 수준이지만, 이를 실제 제조 공정으로 구현한 사례는 당시 존재하지 않았고, 이러한 점에서 해당 기술은 충분히 실현 가능하다고 판단하였습니다.

Q3. 폴리-D,L-락트산(Poly-D,L-Lactic acid, PLLA)를 핵심 소재로 선택하신 배경을 화학적 관점에서 설명해 주실 수 있을까요? 다른 후보 소재들과 비교했을 때 PLLA가 제공하는 결정적 차별점은 무엇이었는지도 함께 여쭙고 싶습니다.

제품의 이상적인 지속기간을 6개월에서 1년으로 설정한 뒤, 이에 적합한 생분해성 고분자 소재를 비교·



▣ 바임 2공장 전경

검토하였습니다. 폴리락트산(PLA) 계열에서는 폴리-L-락트산(PLLA)과 폴리-D,L-락트산(PDLLA)이 주요 후보였으며, 이 외에도 폴리-L-글루탐산(PGA), 폴리카프로락톤(PCL), 폴리디옥사논(PDO) 등 다양한 고분자가 함께 검토해 보았습니다.

각 소재는 분해 속도에서 뚜렷한 차이를 보였고, PGA와 PDO는 수주에서 1개월 이내로 빠르게 분해되는 반면, PLLA와 PCL은 2년 이상 체내에 잔존하는 특성을 가졌습니다. 이처럼 분해 속도가 지나치게 빠르면 효과 지속성이 부족하고, 반대로 너무 느리면 장기 잔존에 따른 부작용 가능성이 존재한다는 한계가 있었고, 이러한 점을 종합적으로 고려한 결과, 약 6개월에서 1년 수준의 적절한 분해 특성을 가지는 PDLLA가 가장 적합한 소재로 판단되었습니다.

이후 수행된 동물시험에서도 이러한 판단이 일관되게 확인되었으며, 최종적으로 PDLLA가 핵심 소재로 선정되게 되었습니다.

Q4. PDLLA+HA 조합에서 HA는 단순한 캐리어를 넘어, 어떤 기능적 역할을 하는 것인지 설명 부탁드립니다.

주사기를 통해 입자를 전달하기 위해서는 이를 운반할 수 있는 캐리어가 필수적입니다. 일반적으로는 카르복시메틸셀룰로스(CMC)가 널리 사용되며, 제약 분야에서 흔히 활용되는 재료입니다. 그러나 과거 경험상 CMC는 세포와 상호작용할 때 일시적으로 세포의 기능을 저하시킬 수 있다는 점이 확인되었고, 비록 시간이 지나며 회복되더라도 보다 적합한 대안을 모색할 필요가 있다고 판단하였습니다.

이에 따라 히알루론산(HA)을 캐리어로 활용하는 방안을 검토하였습니다. HA는 인체에 본래 존재하는 물질로 생체 적합성이 높고, 기존 필러에서도 널리 사용되어 온 만큼 안전성이 검증된 재료입니다. 다만 구조 형성을 위해 가교결합된 HA를 사용하는 기존 방식과 달리, 본 접근에서는 가교되지 않은 HA를 캐리어로 활용하였고, 이는 HA를 구조체가 아니라 전달 매체로 기능하도록 하기 위한 선택입니다.

주입 초기에는 HA가 입자를 운반하고, 이후 가교되지 않은 HA는 비교적 빠르게 분해되고, 그 과정에서 입자 주변으로 세포가 유입되고, 최종적으로는 해당 부위가 자연스러운 조직으로 재구성되는 것을 목표로 합니다.

Q5. '망상(reticular) 혹은 다공성 구조'가 바임의 중요한 차별점으로 언급되는데, 해당 구조 설계의 목표를 보다 구체적으로 말씀해 주실 수 있을까요?

입자는 체내에서 외부 물질, 즉 이물질로 인식되기 때문에 주변에서 다양한 생체 반응이 발생할 수 있습니다. 이러한 점을 고려하여, 단순히 밀도가 높은 고형 입자보다는 내부에 충분한 공간을 갖는 구조가 더 적합하다고 판단하였고, 이에 따라 약 80% 수준의 공극을 가지는 다공성 구조의 입자를 설계하였습니다.

또한 실제 생체 반응은 입자 표면에서 주로 일어나기 때문에, 표면적이 넓을수록 세포와의 상호작용에 유리하고, 이를 위해 단순한 중공 구조가 아닌, 선형 고분자 사슬이 서로 얽혀 형성된 망상 구조를 구현하였습니다. 이러한 구조는 세포 부착과 반응을 효과적으로 유도할 수 있는 특징을 가집니다.

Q6. 대표님이 생각하시는 '경쟁우위'는 무엇이며, 시간이 지나도 쉽게 복제되지 않게 만드는 장치는 무엇 인가요?

당사의 핵심 경쟁력은 마이크로스피어를 직접 제조하는 독자적인 공정 기술에 있습니다. 이 과정에는 상분리와 녹는점 등 비교적 기본적인 화학 원리가 적용되지만, 이를 실제 제조 공정으로 구현한 사례는 이전까지 존재하지 않았습니다.

일반적으로 PLA 계열 스킨부스터를 생산하는 기업들은 외부에서 파우더 형태의 조밀한 입자를 구매하거나, 규격화된 입자를 공급받아 혼합, 충전, 동결건조, 멸균, 포장 등의 후처리 공정을 수행하는 방식에 의존합니다. 반면 당사는 입자 형성의 출발 단계부터 파우더 제조 공정까지 전 과정을 자체적으로 수행하고 있습니다.

이와 같은 공정 내재화는 제품의 구조적 차별성을 가능하게 할 뿐만 아니라, 기술적 진입장벽을 형성하는 핵심 요소로서 당사의 가장 중요한 경쟁우위로 작용한다고 생각합니다.

Q7. 의료기기/메디컬 에스테틱 사업은 규제·품질·신뢰가 핵심입니다. 빠른 성장과 '신뢰'가 충돌할 때 대표님은 어떤 원칙으로 의사결정하십니까?

저는 빠른 성장보다 신뢰를 더 중요한 가치로 생각합니다. 의료기기를 포함한 모든 사업은 결국 신뢰를 기반으로 지속될 수 있기 때문에, 성장 속도가 다소 늦어지더라도 신뢰를 확고히 구축하는 것이 우선되어야 한다고 봅니다. 한 번의 성장을 위해 신뢰를 훼손하는 선택은 장기적으로 의미가 없다고 판단합니다.

이러한 원칙은 품질 관리에서도 동일하게 적용됩니다. 당사는 의료기기 품질관리 기준에 부합되더라도 사내 기준을 엄격히 적용하여 사내 기준에 적합하지 않은 경우 그 배치를 전량 폐기하며, 한 배치 폐기로 인해 수 억원의 손실이 발생하더라도 이를 감수합니다. 이는 비용보다 신뢰를 최우선으로 두는 경영 철학에 따른 결정입니다.

Q8. 요즘 창업에 관심 있는 학생과 연구자들이 많습니다. 학계에서 습득한 전공지식을 사업화할 때 어떤 부분에 집중하고, 어떤 시각을 갖추어야 하는지 듣고 싶습니다.

학생들이 처음부터 특별한 아이디어를 갖고 창업에 나서는 경우는 드물기 때문에, 우선 기업에서의 경험을 통해 산업과 사회를 이해하는 과정이 필요하다고 생각합니다. 이러한 경험을 통해 자신에게 적합한 분야를 찾고, 이후 사업화에 도전하는 것이 바람직합니다. 무엇보다 중요한 것은 전공지식을 바탕으로 실제 제품을 기술적으로 구현할 수 있는 역량입니다.

또한 사업은 개인이 단독으로 수행할 수 있는 영역이 아닙니다. 자금과 인력 확보가 필수적이며, 특히 의료기기 분야는 임상, 인프라 구축, 장기간 개발 등으로 인해 높은 비용과 시간이 요구됩니다. 따라서 자신이 추진하려는 제품의 기술적·시장적 장벽을 사전에 명확히 이해하는 것이 중요합니다.

이 모든 과정의 기반에는 신뢰가 있습니다. 신뢰가 있어야 투자 유치가 가능하고, 필요한 정보와 인재를 확보할 수 있습니다. 외부 자원을 활용하기 위해서는 실력과 더불어 협업이 필수적입니다.

한편, 사업을 지속하기 위해서는 개인의 건강 또한 중요한 요소입니다. 장기적인 관점에서 글로벌 흐름과 산업 트렌드를 읽는 시각을 갖추고, 한 번 선택한 과제는 끝까지 추진하는 실행력이 필요합니다. 중도에 포기할 경우 제품으로 이어지기 어렵기 때문입니다.

무엇보다 화학은 다양한 산업에 적용될 수 있는 학문입니다. 특정 분야에 국한되기보다 여러 가능성을 탐색하고, 그중에서 자신의 역량을 발휘할 수 있는 아이템을 찾아 끝까지 실행하는 것이 중요합니다.

Q9. 이번 인터뷰를 통해 독자에게 꼭 남기고 싶은 메시지는 무엇인지요?

최근 우수한 학생들이 의대로 진학하는 경향이 두드러지지만, 과학기술 분야로의 진출 또한 더욱 확대되기를 기대합니다. 기술 분야는 의학과는 또 다른 차원에서 훨씬 다양한 산업과 경험을 접할 수 있는 기회를 제공합니다.

또한 대학 졸업 이후에는 가능하다면 창업에 도전해 보기를 권하고 싶습니다. 조직의 일원으로 일하는 경험도 중요하지만, 스스로 새로운 가치를 만들어내는 과정은 그 자체로 큰 의미를 지닙니다.

현재 의료기기 분야에서는 화학 전공자의 비중이 상대적으로 낮고, 오히려 의사 출신 인력이 많은 편입니다. 그러나 화학 전공자는 의료기기뿐만 아니라 소재, 부품 등 다양한 산업에서 충분한 경쟁력을 발휘할 수 있습니다. 이러한 점에서 더 많은 인재들이 과학기술 기반의 창업에 도전하기를 기대합니다.

대한화학회 발행지 및 협약발간지



Bulletin of the Korean Chemical Society (BKCS)

| 창간년도 | 1980년
 | 회수 | 월 1회
 | 국내등재 | KCI(2001년)
 | 국제등재 | SCI(1981년), SCOPUS(1996년), SCIE(2011년)
 | ISSN(Print) | 0253-2964
 | eISSN(Online) | 1229-5949



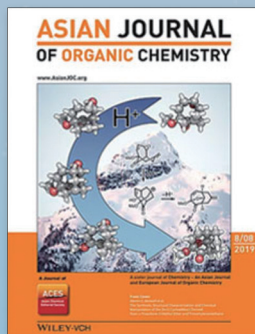
Journal of the Korean Chemical Society (JKCS)

| 창간년도 | 1949년
 | 회수 | 격월
 | 국내등재 | KCI(2002년), KCI 등재 후보(1999년)
 | 국제등재 | SCOPUS(2006년)
 | ISSN(Print) | 1017-2548
 | eISSN(Online) | 2234-8530



Chemistry, an Asian Journal

| 창간년도 | 2006년
 | 회수 | 월 2회
 | ISSN(Print) | 1861-4728
 | eISSN(Online) | 1861-471X
 2005년 9월 ACES(Asian Chemical Editorial Society)와 발간 협약 체결



Asian Journal of Organic Chemistry

| 창간년도 | 2010년
 | 회수 | 월 1회
 | ISSN(Print) | 2193-5807
 | eISSN(Online) | 2193-5815
 2011년 10월 ACES(Asian Chemical Editorial Society)와 발간 협약 체결



Physical Chemistry Chemical Physics

| 창간년도 | 1999년
 | 회수 | 주 1회
 | ISSN(Print) | 1463-9076
 | eISSN(Online) | 1463-9084
 2011년 6월 PCCP Owner Society 가입

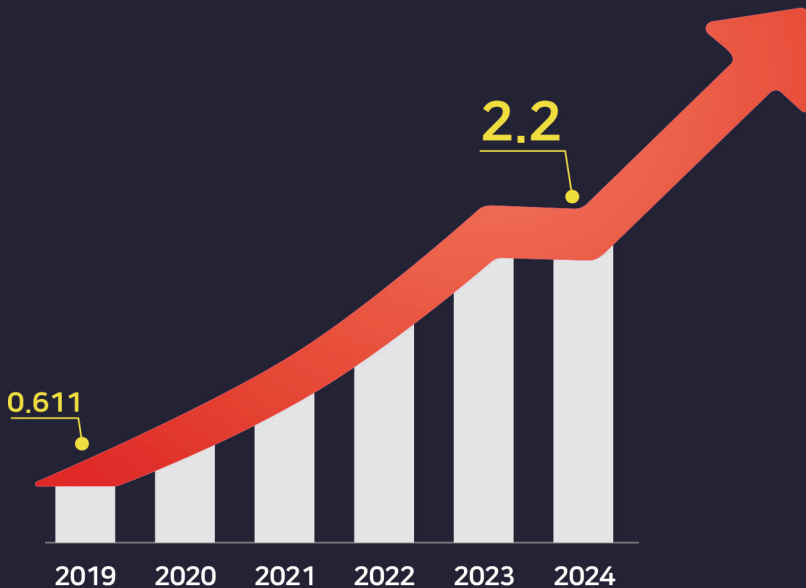


ChemNanoMat

| 창간년도 | 2015년
 | 회수 | 월 1회
 | ISSN(Print) | 2199-692X
 | eISSN(Online) | 2199-692X
 2014년 12월 ACES(Asian Chemical Editorial Society)와 발간 협약 체결

논문투고시스템안내

BKCS는 최근 수년간 꾸준한 성장과 함께 국제 학술 저널로서의 입지를 넓혀가고 있습니다. 2025년 발표된 JCR 기준 Impact Factor(2024)는 2.2로, 전년도(2.3)에 이어 안정적인 수준을 유지하고 있으며, 이는 다음과 같은 지속적인 성장 흐름 속에 이루어진 값진 성과입니다.



BKCS는 단순 수치를 넘어, 국제 저자 비율 증가, 피인용 논문의 지속적 확대, 전문 분야의 다양성 강화 등 학술적 신뢰도와 저널의 질적 성장을 함께 추구해오고 있습니다.

BKCS의 이러한 발전은 여러분의 우수한 논문 투고와 지속적인 인용 덕분입니다. 앞으로도 BKCS가 국내외 연구자들과 함께 더 큰 도약을 이룰 수 있도록, 활발한 투고와 인용을 부탁드립니다.

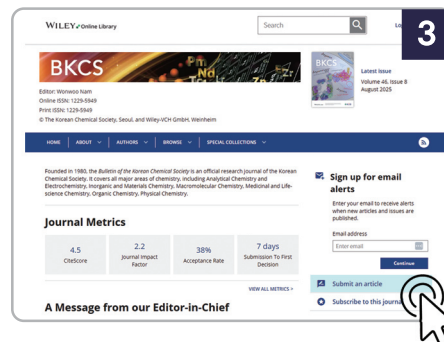
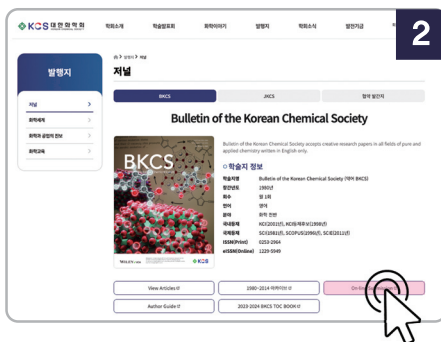
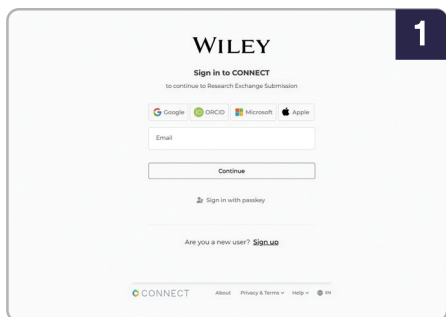
- 외국인 심사위원은 점차적으로 늘릴 예정입니다.
- 논문 투고에 어려움이 있으실 경우 아래로 문의하여 주십시오.
- E-mail : bkcs@kchem.org / office : 02) 953-2095

1. BKCS 논문 투고 시스템 접속 (1~3번 중 택1)

1 <https://submission.wiley.com/submission/dashboard?siteName=BKCS> 로 바로 접속

2 <https://kchem.org> 접속 후 논문투고 메뉴에서 **BKCS On-line Submission** 클릭

3 <https://onlinelibrary.wiley.com/journal/12295949> 접속 후 우측 상단의 **Submit an Article** 클릭



2. 계정 개설 후 로그인 (※계정 개설 필수)

- 계정 개설 시 입력한 메인 이메일 주소와 비번으로 접속하여 논문 투고
- BKCS 홈페이지의 Author Guide를 참고하여 순서대로 진행



KCS 하이라이트

55 생체 고분자의 분석 및 응용 연구 동향

이번 호에서는 지난 2년간 (2025-2026) BKCS에 보고된 생체고분자의 분석 및 응용 관련 논문들을 소개합니다. 대표적인 생체고분자인 단백질과 핵산을 분석하는 다양한 기법과 그 응용 기술을 다룬 연구 논문들, 그리고 관련 분야를 체계적으로 정리한 리뷰들이 함께 보고되었습니다. 회원 여러분의 많은 관심 부탁드립니다.

글 전용웅(한국과학기술원 화학과 조교수, ywjun@kaist.ac.kr)

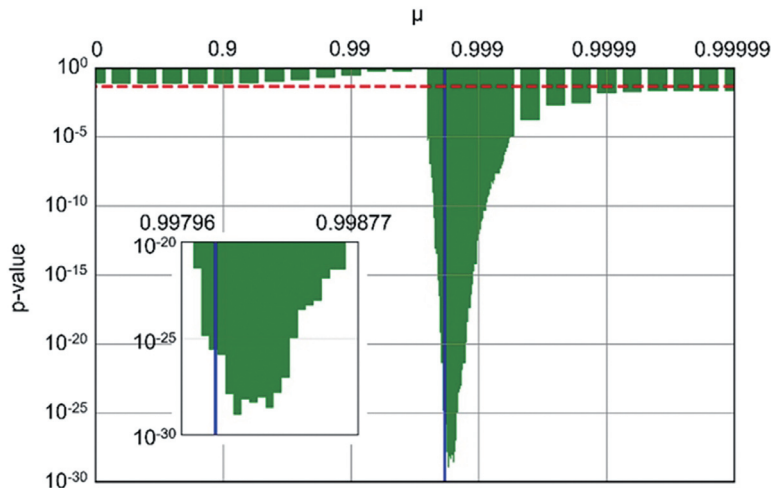
BKCS

Vol.46 No.08 p.791-795 / Communication

부산대학교 최정모 교수 연구팀은 단백질-단백질 상호작용 예측에서 접촉 차이의 중요성을 에너지 지형 분석을 통해 규명하는 연구를 보고 하였습니다. 본 연구에서는 맞춤형 에너지 모델을 이용해 단백질 복합체의 에너지 지형을 분석하고, 실제 복합체와 decoy를 구분하는 핵심 요인으로 유리한 접촉의 정확한 반영이 중요함을 보였습니다. [2025년 8월호, DOI:10.1002/bkcs.70051]

Design principles of protein-protein interfaces

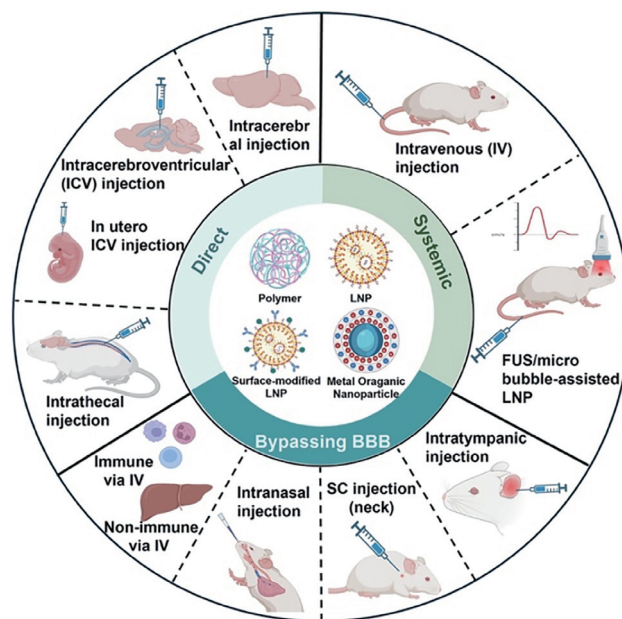
We investigated the energy landscape of protein-protein complexes using a customizable energy model. Our findings highlight the crucial role of contact differences in distinguishing between authentic proteins and decoys, emphasizing the importance of accurately capturing favorable contacts. These insights contribute to the development of computational models for protein-protein interactions.



KU-KIST의 방은경 교수 연구실에서는 뇌질환 치료를 위한 mRNA 치료제의 전달 전략을 정리한 리뷰를 보고하였습니다. 본 리뷰에서는 혈관-뇌 장벽 (BBB), 분해 안정성, 전달 효율과 같은 핵심 한계를 극복하기 위한 전달체의 종류 및 투여 경로를 체계적으로 정리하며, 뇌질환 mRNA 치료제 개발의 향후 방향성을 제시하였습니다. [2025년 12월호, DOI:10.1002/bkcs.70083]

Delivery strategies of messenger RNA therapeutics for brain disorders

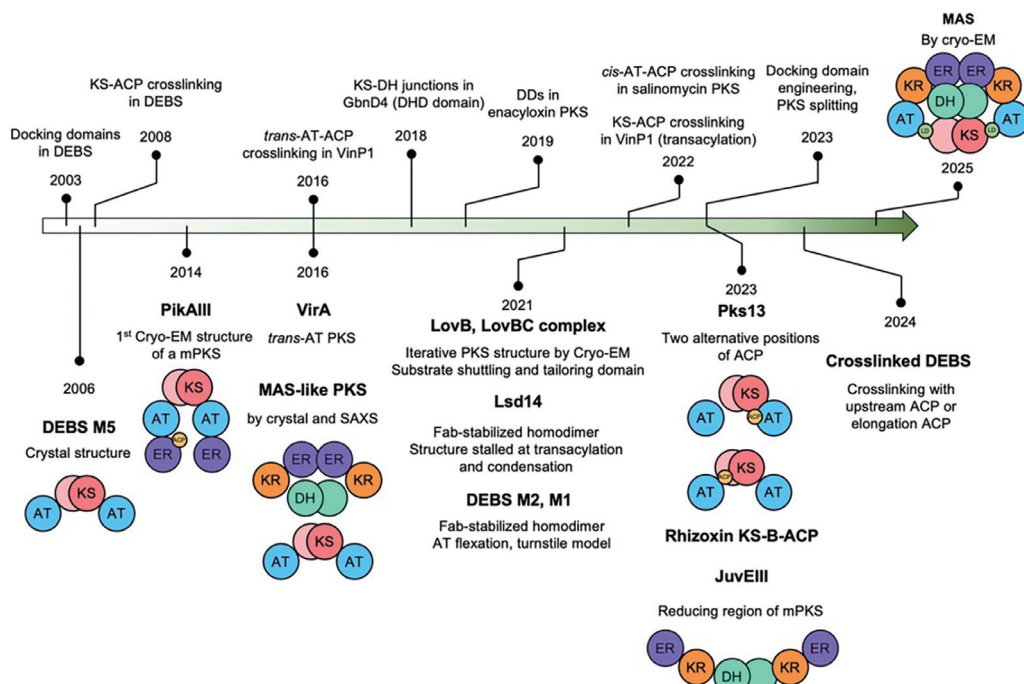
Messenger RNA (mRNA) therapeutics have substantial potential in modern medicine, such as brain disorder treatment, following the success of mRNA vaccines against coronavirus disease 2019 (COVID-19). Their ability to drive endogenous protein production makes them highly versatile, but clinical translation for brain disorders faces major obstacles. The blood–brain barrier (BBB), rapid enzymatic degradation, and inefficient cellular uptake still remain key challenges preventing efficient delivery of mRNA therapeutics. To overcome these hurdles, diverse carrier systems were used. Lipid nanoparticles, polymeric carriers, and exosome-based carriers provide mRNA protection from enzymatic degradation and facilitate efficient uptake into target cells. Furthermore, conjugation with brain-targeting ligands is under development to enhance BBB penetration and brain selectivity. This review summarizes the delivery of RNA therapeutics for the treatment of brain disorders published over the past 5 years, categorized by administration route. Direct injection bypasses the BBB and ensures local delivery but is invasive and clinically limited. Systemic administration offers a less invasive option, leveraging passive, and active delivery mechanism. Immune cell-mediated brain cancer treatment is also promising, enabling engineered immune cells to cross or circumvent the BBB. In parallel, peripheral delivery routes, including intranasal and intratympanic injections, are being explored to exploit alternative pathways to the brain. Although no mRNA therapeutics for brain disorders have been approved, preclinical and early clinical studies demonstrate considerable potential. Continued innovation in carrier design, administration routes, and molecular engineering is expected to reveal safe and effective mRNA therapeutics for previously untreatable brain disorders. We hope that this review will offer valuable insights into the development of next-generation mRNA delivery platforms for brain disorders by summarizing current brain-targeted mRNA delivery strategies.



KAIST 강진영 교수 연구팀에서는 Cryo-EM 연구를 바탕으로 Modular polyketide synthases(PKSs)의 도메인 구조와 전체 아키텍처를 정리한 리뷰를 보고하였습니다. 본 리뷰에서는 개별 도메인의 구조적 특징과 더불어 전체 구조의 다양성을 함께 소개하고, 이를 바탕으로 기존 PKS 엔지니어링의 한계를 극복하는 새로운 가능성을 제시하였습니다. [2025년 11월호, DOI:10.1002/bkcs.70081]

Structural insights into modular polyketide synthases: From individual domains to supramolecular assemblies

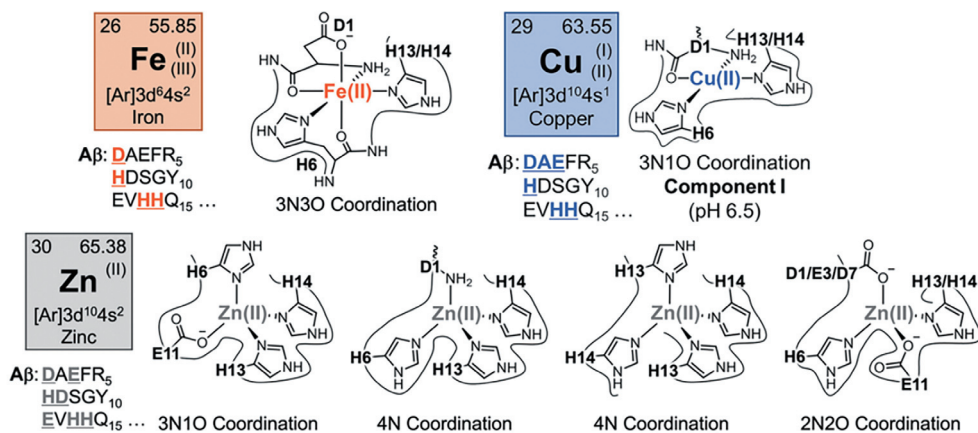
Polyketide synthases (PKSs) are large, highly orchestrated enzymatic assemblies that produce a wide array of biologically active compounds with antibiotic, anticancer, and immunosuppressive properties. In particular, modular PKSs (mPKSs) are composed of multiple catalytic domains arranged in an assembly-line fashion, typically encoded within gene clusters dedicated to polyketide biosynthesis. Recent advances in cryo-electron microscopy have enabled high-resolution structural characterization of diverse mPKSs, providing crucial insights into their molecular mechanisms and supporting structure-guided engineering efforts. In this review, we introduce the individual domain structures and the overall domain architectures of mPKSs as revealed by recent structural studies. Despite the high conservation of individual domains, comparative analyses uncover unexpected variability in the overall architecture of PKS megasynthases, offering explanations for the limitations of earlier engineering attempts and suggesting strategies for more effective metabolic reprogramming.



전남대학교 김민근 교수와 KAIST 임미희 교수는 알츠하이머병에서 Amyloid- β ($A\beta$)와 금속 이온(Fe, Cu, Zn) 사이의 상호작용을 다양한 분광학적 기법을 통해 종합적으로 정리한 리뷰를 보고하였습니다. 본 리뷰에서는 금속 이온이 $A\beta$ 의 구조와 응집 및 독성에 미치는 영향을 정리하고, 이를 통해 해당 질병의 분자 구조적 이해를 제시하고 있습니다. [2025년 11월호, DOI:10.1002/bkcs.70085]

Spectroscopic investigations on metal coordination to amyloid- β

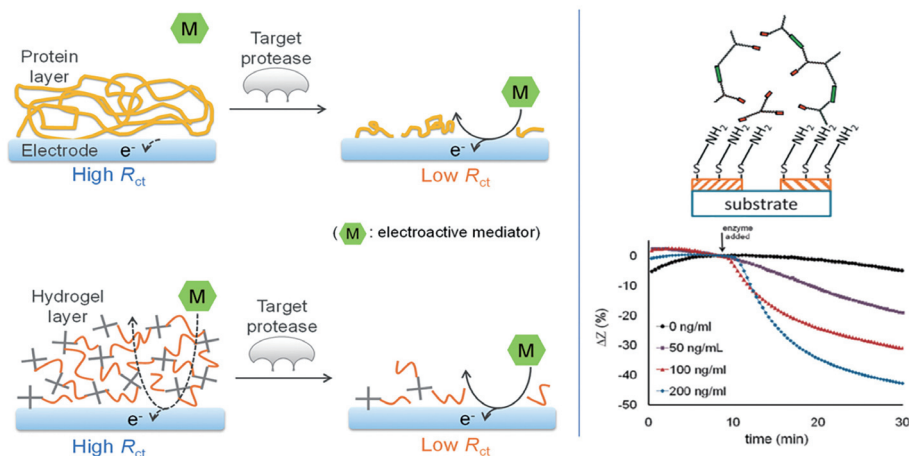
Alzheimer's disease (AD) is a complex neurodegenerative disorder marked by progressive cognitive decline and neuronal loss. A key pathological hallmark of AD is the accumulation and aberrant aggregation of amyloid- β ($A\beta$) peptides, which contributes to synaptic dysfunction and neurotoxicity. While the aggregation behavior of $A\beta$ has been extensively studied, it can be altered by various factors, particularly metal ions, such as Fe(II/III), Cu(I/II), and Zn(II). These metal ions directly interact with specific amino acid residues in $A\beta$, influencing its oligomerization, fibrillization, and capacity to generate reactive oxygen species, thereby exacerbating oxidative stress and accelerating disease progression. Understanding the coordination chemistry between metal ions and $A\beta$ is critical for deciphering their pathological impact in AD. This review provides a comprehensive overview of metal-bound $A\beta$ (metal- $A\beta$) coordination at the molecular level, with a focus on insights gained from advanced spectroscopic methods. Nuclear magnetic resonance, electron paramagnetic resonance, and x-ray absorption spectroscopies collectively illuminate metal-binding sites, coordination geometries, and dynamic structural behavior of metal- $A\beta$ complexes. These complementary approaches enable detailed structural characterization and mechanistic understanding of metal-induced $A\beta$ aggregation and toxicity. By integrating spectroscopic findings on Fe(II/III), Cu(I/II), and Zn(II) coordination to $A\beta$, we highlight their distinct roles in AD pathogenesis as well as the broader significance of metal-peptide interactions underlying the mechanisms of neurodegenerative diseases.



부산대학교 양해식 교수 연구팀은 Protease의 절단 반응을 기반으로 한 전기화학적 검출 전략 및 그 응용 가능성을 정리한 리뷰를 보고하였습니다. 본 리뷰에서는 다양한 검출 형식과 신호 변환 방식의 특징을 비교하고, 이를 바탕으로 protease 분석의 응용 가능성과 향후 발전 방향을 제시하였습니다. [2025년 10월호, DOI:10.1002/bkcs.70071]

Electrochemical protease detection strategies based on proteolytic cleavage

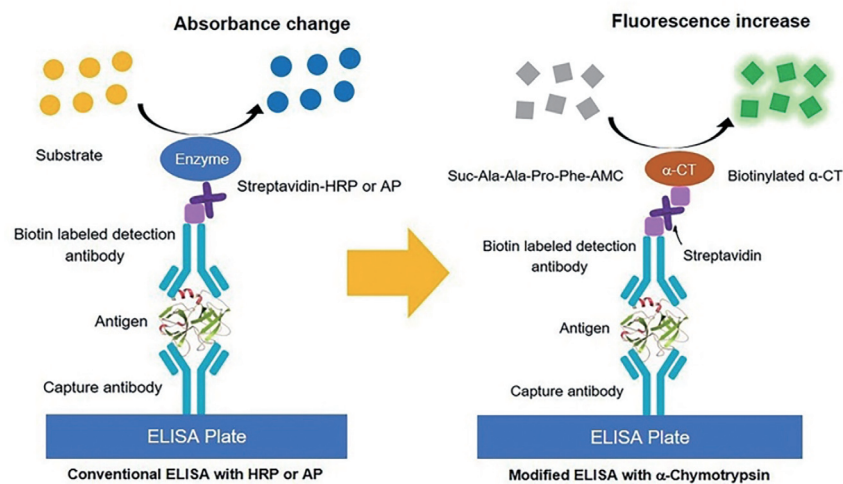
Proteases play essential roles in both physiological and pathological processes, driving the need for sensitive and specific detection methods. Among these, electrochemical detection strategies based on proteolytic cleavage have emerged as powerful tools thanks to their high sensitivity, rapid response, and suitability for point-of-care applications. In this review, we classify electrochemical protease detection strategies into heterogeneous and homogeneous formats, and further organize them by signal-transduction modes such as signal-on, signal-off, and impedance-based assays. Heterogeneous formats utilize proteolytic cleavage at electrode surfaces, using protein, hydrogel, or peptide layers, which are particularly effective for endopeptidases. Homogeneous formats, by contrast, rely on proteolytic cleavage in solution and are suitable for detecting both endopeptidases and exopeptidases. We also examine substrate-design principles tailored to each protease class, and compare the strengths and limitations of each detection format. Despite significant progress, electrochemical detection of low-abundance protease biomarkers with high specificity remains a challenge. Future efforts should focus on improving sensitivity and selectivity via advanced electrode architectures, redox-cycling amplification, and rational substrate design. The continued development and integration of these technologies promise impactful applications in point-of-care diagnostics, environmental monitoring, and biomedical research.



숙명여자대학교 신동식 교수 연구팀은 고감도 Fluorescence ELISA 개발을 기반으로 Matrix metalloproteinase-9 (MMP-9)의 정량화 성능 향상에 관한 연구를 보고하였습니다. 본 연구에서는 biotinylated α -chymotrypsin 기반의 새로운 효소 리포터 시스템을 도입하여 기존 ELISA 대비 향상된 민감도를 보였습니다. [2025년 8월호, DOI:10.1002/bkcs.70046]

Protease-associated enzyme-linked immunosorbent assay for detecting matrix metalloproteinase-9

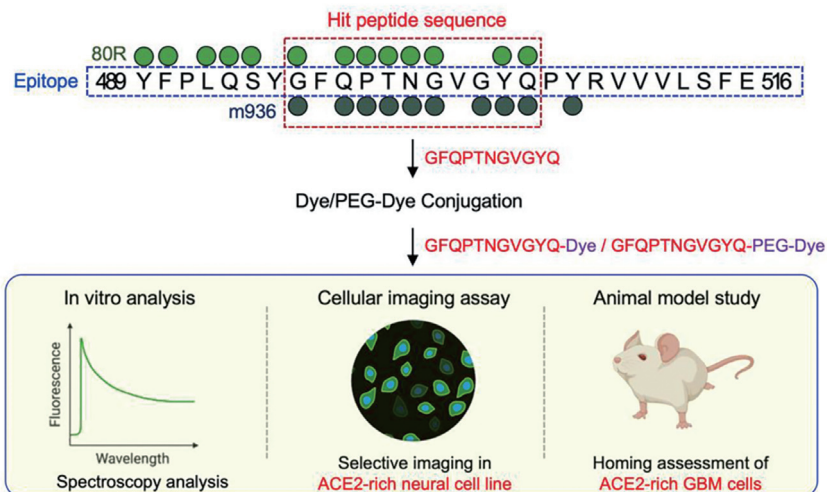
Matrix metalloproteinase-9 (MMP-9) plays a key role in extracellular matrix remodeling and is implicated in various physiological and pathological processes, including tissue regeneration and cancer progression. Accurate quantification of MMP-9 is essential for diagnostic and therapeutic applications. In this study, we developed a protease-based fluorescence enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) platform utilizing biotinylated α -chymotrypsin (α -CTB) as an alternative enzymatic reporter to conventional horseradish peroxidase (HRP). α -CTB was conjugated with biotin using biotinamido hexanoic acid 3-sulfo-N-hydroxysuccinimide ester, achieving a labeling ratio of approximately 6.5:1 without significantly compromising enzymatic activity. The biotinylation efficiency was verified using the 2-(4-hydroxyphenylazo)benzoic acid (HABA)-avidin assay, and proteolytic activity was assessed with the fluorogenic substrate. Comparative kinetic analysis revealed that α -CTB retained substantial activity, including when immobilized on streptavidin-coated surfaces, validating its use in solid-phase immunoassays. The α -CTB-based ELISA was applied to quantify MMP-9 and compared with a conventional HRP-based ELISA. The α -CTB assay exhibited a concentration-dependent increase in fluorescence across a broad dynamic range, achieving a lower limit of quantification (LOQ) of 1.49 ng/mL, whereas the traditional ELISA showed reduced sensitivity at low concentrations with an LOQ of 3.19 ng/mL. This improved sensitivity demonstrates the suitability of α -CTB as an alternative enzymatic reporter for accurate biomarker quantification.



경희대 김도경 교수 연구팀에서는 SARS-CoV-2를 기반으로 개발한 새로운 펩타이드를 이용해 ACE2-rich 세포를 영상화하는 연구를 보고하였습니다. 본 연구에서는 SARS-CoV-2 스파이크 단백질을 기반으로 ACE2-rich 세포 선택적 펩타이드를 발굴하고, 이를 활용한 형광 이미징과 뇌종양 모델에서의 표적화 가능성을 제시하였습니다. [2025년 8월호, DOI:10.1002/bkcs.70050]

ACE2-rich cells-targeted fluorescence imaging using newly discovered peptides from SARS-CoV-2 epitopes and neutralizing antibodies

The discovery of new targeting peptides for specific cells, tissues, or disease sites has gained significant attention in both basic research and translational medicine, particularly for the development of drug delivery platforms. This study identified a targeting peptide for ACE2-rich cells, which play a crucial role in maintaining blood-brain barrier integrity and neurovascular function, and applied the peptides for the fluorescence imaging of ACE2-rich cells. By analyzing the epitope sequences of the SARS-CoV-2 spike protein and the binding sites of neutralizing antibodies, we identified a hit peptide sequence, GFQPTNGVGYQ. In vitro and in vivo experiments demonstrated the peptide's selective binding to ACE2-rich cells and its accumulation in brain tumor tissue in a glioblastoma mouse model. These findings provide valuable insights into the development of peptide-based therapeutics and hold potential for treating brain-related neurovascular diseases.

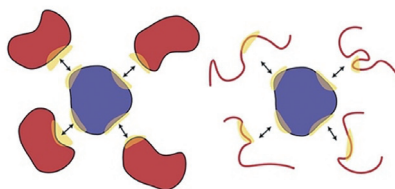


서울대학교 이정호 교수 연구팀에서는 단백질의 상호작용을 NMR을 이용해 분석하는 방법론과 미래 발전 방향성에 대해 정리한 리뷰를 보고 하였습니다. 본 리뷰에서는 무질서한 특성 때문에 구조 규명이 어려운 단백질 상호작용을 분류하고, NMR이 이러한 상호작용을 residue 수준에서 이해하는 데 유용한 도구임을 보여주었습니다. [2025년 7월호, DOI:10.1002/bkcs.70036]

Dynamic protein interactions probed by NMR spectroscopy

Dynamic protein–protein interactions are essential for diverse cellular processes but often evade structural characterization due to their transient, heterogeneous, and disordered nature. This review focuses on how nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy can provide detailed, residue-level insights into these complex interactions. By categorizing dynamic interactions into three distinct yet interconnected classes—(1) interactions with multiple binding interfaces, (2) interactions retaining disorder, and (3) interactions that stabilize or induce disorder—we provide a framework for interpreting diverse interaction modes. Through representative case studies, we highlight the value of NMR in decoding dynamic interactions, where disorder and flexibility persist even in high-affinity complexes.

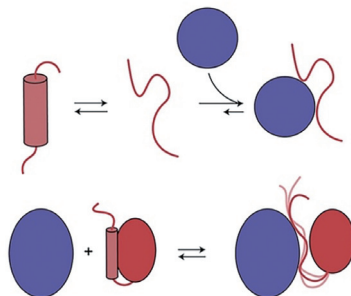
Class 1: Interactions with Multiple Binding Interfaces



Class 2: Interactions that Retain Disorder



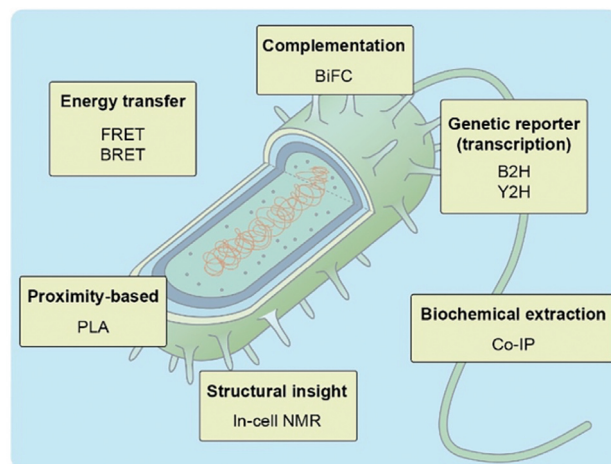
Class 3: Interactions that Stabilize/Induce Disorder



서울대학교 이남기 교수 연구팀은 세포 내에서 단백질 간 상호작용을 정량화하는 최신 기술에 대해 정리한 리뷰를 보고하였습니다. 본 리뷰에서는 단백질 상호작용의 친화도를 나타내는 해리상수의 세포 내 측정 기법의 한계를 소개하고, 형광 기법과 NMR 접근법을 소개하며 생리학적 환경에서 단백질 상호작용을 정량적으로 분석하는 전략들을 정리하였습니다. [2025년 6월호, DOI:10.1002/bkcs.70028]

Advances in methodologies for quantifying protein–protein interactions in living cells

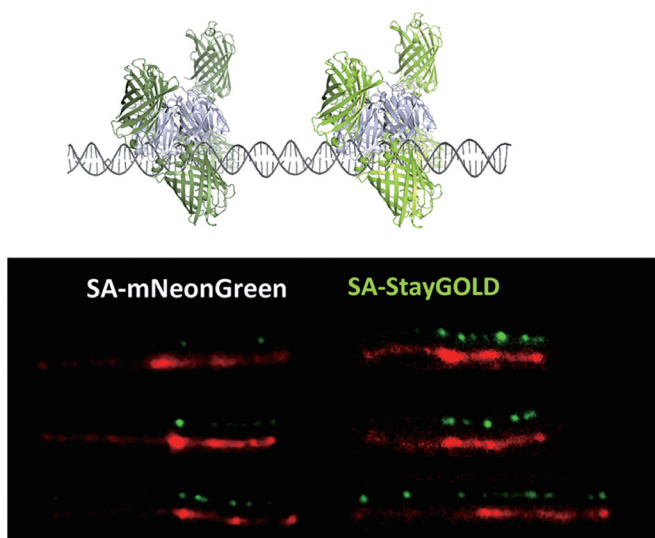
Protein–protein interactions (PPIs) occur in most cellular processes, and characterizing PPIs is essential for understanding biological function and regulation. One of the most important parameters is the dissociation constant (K_d), which reflects the strength of PPIs. A range of *in vitro* methods, including isothermal titration calorimetry, fluorescence resonance energy transfer (FRET), surface plasmon resonance, and single-molecule fluorescence assays, have been developed to determine K_d values under controlled conditions. However, the living cell environment differs markedly from dilute buffer systems due to macromolecular crowding, compartmentalization, and regulatory complexity, often leading to discrepancies between *in vitro* and *in-cell* K_d values. In mammalian cells, advances in fluorescence-based techniques, including fluorescence lifetime imaging microscopy-FRET and fluorescence cross-correlation spectroscopy, have enabled quantitative measurements of PPI affinity in living systems. In contrast, accurately measuring K_d in bacterial cells has remained a challenge. Recently, *in-cell* NMR and quantitative FRET approaches have been developed for measuring K_d in bacterial cells. This review highlights the principles, capabilities, and limitations of representative *in-cell* K_d measurement techniques and provides guidance for selecting appropriate approaches to quantitatively characterize PPIs in physiologically relevant contexts.



서강대학교 조규봉 교수 연구팀에서는 Streptavidin이 연결된 StayGOLD 형광 단백질을 이용해 DNA를 라벨링하는 새로운 프로브를 제시하고, 기존 라벨링 기법 대비 높은 형광 세기 및 광안정성이 단일 분자 DNA 영상화에 적합함을 보인 연구를 보고하였습니다. [2025년 3월 호, DOI:10.1002/bkcs.12941]

Fluorescent properties and photostability of streptavidin-conjugated StayGOLD protein for DNA labeling

Here, we report a streptavidin(SA)-conjugated StayGOLD fluorescent protein as a DNA labeling agent. We investigate the photophysical properties and photostability of the streptavidin-coupled StayGOLD fluorescent protein compared to SA-mNeonGreen. Fluorescent proteins, particularly StayGOLD variants, are recognized for their enhanced stability and brightness, making them suitable for prolonged imaging. Using SA-StayGOLD in DNA labeling, we observed significant improvements in fluorescence intensity and reduced photobleaching relative to SA-mNeonGreen. Photophysical analyses suggest that StayGOLD's stability arises from specific structural features, including interactions of protein residues and water molecules with the chromophore. Structural comparisons revealed differing chromophore environments between SA-StayGOLD and SA-mNeonGreen, with arginine (R86) in StayGOLD appearing as a particularly relevant factor for its photostability. These findings confirm SA-StayGOLD as a superior tool for single-molecule DNA imaging, where high fluorescence intensity and photostability are essential for data quality.





최동선 Dongsun Choi

서울여자대학교 화학과, 조교수
dongsun.choi@swu.ac.kr

소개글

최동선 교수는 가시광선을 넘어 적외선 양자점을 기반으로 새로운 합성체 개발 및 광검출기 응용 연구와 중적외선 측정 기기 개발 연구를 수행하여 왔다. 특히, 저독성 양자점 합성체를 개발하고 물질의 특성에 따라 양자점의 띠내(intraband) 전이 갈라짐 현상을 연구하였다. 최근에는 적외선 광검출기의 수요 증가 및 영역 확장 필요성으로 저독성 양자점 합성체 개발에 성공하였고, 양자점 표면의 리간드 치환을 통한 양자점의 재료 소재 연구를 진행하고 있다. 현재는 합성체 및 표면 조절을 통해 변화 가능한 새로운 광학 및 전기적 특성을 측정할 수 있는 장치 개발과 광전자 재료 합성 및 소자 개발을 포함한 유망한 응용 연구를 수행하고 있다.

주요연구분야

- 재료화학(Material Chemistry)
- 물리화학(Physical Chemistry)
- 표면화학(Surface Chemistry)
- 적외선 저독성 양자점(Less-toxic Infrared Quantum Dots)
- 적외선 광학기기 개발(Infrared Optics Development)

대표논문

1. **Choi, D.**; Yoon, B.; Kim, D.-K.; Baik, H.; Choi, J.-H.; Jeong, K. S. Major Electronic Transition Shift from Bandgap to Localized Surface Plasmon Resonance in Cd_xHg_{1-x}Se Alloy Nanocrystals. *Chem. Mater.* **2017**, *29*, 8548.
2. Park, M.; **Choi, D.**; Choi, Y.; Shin, H.-B.; Jeong, K. S. Mid-Infrared Intraband Transition of Metal Excess Colloidal Ag₂Se Nanocrystals. *ACS Photonics* **2018**, *5*, 1907.
3. Kim, J.; **Choi, D.**; Jeong, K. S. Self-Doped Colloidal Semiconductor Nanocrystals with Intraband Transitions in Steady State. *Chem. Commun.* **2018**, *54*, 8435.
4. **Choi, D.**; Park, M.; Jeong, J.; Shin, H.-B.; Choi, Y. C.; Jeong, K. S. Multifunctional Self-Doped Nanocrystal TFT Sensor. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2019**, *11*, 7242.
5. **Choi, D.**; Jeong, K. S. Midwavelength Infrared Photoluminescence and Lasing of Tellurium Elemental Solid and Microcrystals. *J. Phys. Chem. Lett.* **2019**, *10*, 4303.
6. Kim, D.-K.; **Choi, D.**; Park, M.; Jeong, K. S.; Choi, J.-H. Cesium Lead Bromide Quantum Dot Light-Emitting Field-Effect Transistor. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2020**, *12*, 21944.
7. Son, J.; **Choi, D.**; Park, M.; Kim, J.; Jeong, K. S. Transformation of Colloidal Quantum Dot: From Intraband Transition to Localized Surface Plasmon Resonance. *Nano Lett.* **2020**, *20*, 4985.
8. Kim, G.; **Choi, D.**; Chae, S. Y.; Park, S.; Bera, R.; Lee, J.; Min, S. H.; Kim, J.; Choi, K.; Huh, J.; Kim, H. I.; Lim, M.; Jeong, K. S. Midwavelength Infrared Colloidal Nanowire Laser. *J. Phys. Chem. Lett.* **2022**, *13*, 1431.
9. Imran, M.; **Choi, D.**; Parmer, D.; Rehl, B.; Zhang, Y.; Atan, O.; Kim, G.; Xia, P.; Pina, J. M.; Li, M.; Liu, Y.; Voznyy, O.; Hoogland, S.; Sargent, E. H. Halide-Driven Synthetic Control of InSb Colloidal Quantum Dots Enables Highly Efficient Short-Wave Infrared Photodetectors. *Adv. Mater.* **2023**, *35*, 2306147.
10. Kim, G.; **Choi, D.**; Eom, S. Y.; Jung, E. D.; Lee, J. H.; Rehl, B.; Kim, S. Y.; Hoogland, S.; Sargent, E. H.; Jeong, K. S. Extended Short-Wavelength Infrared Ink by Surface-Tuned Silver Telluride Colloidal Quantum Dots and Their Infrared Photodetection. *ACS Mater. Lett.* **2024**, *6*, 4988.

- University of Colorado at Boulder, 학사 (2007.9-2015.5)
- 고려대학교 화학과, 박사 (2016.3-2021.2, 지도교수: 정광섭)
- 고려대학교 기초과학연구원, 박사후 연구원 (2021.3-2022.7)
- University of Toronto, 박사후 연구원 (2022.8-2024.8, 지도교수: Prof. Edward H. Sargent)
- 고려대학교 IBS, 박사후 연구원 (2024.9-2025.6, 지도교수: 조민행)
- 고려대학교 기초과학연구원, 박사후 연구원 (2025.7-2025.8)
- 서울여자대학교 화학과, 조교수 (2025.9-현재)



차정은 Jung-Eun Cha

한국공학대학교 시융합·탄소중립대학원 조교수
chaje1002@tukorea.ac.kr

소개글

차정은 교수는 연료전지 및 수전해 시스템에서 세공충진형 강화복합막 기반의 이온교환막 개발 및 성능 최적화 연구를 수행해 왔다. 특히, 탄화수소계 및 불소계 양이온·음이온 교환막의 구조-성능 상관관계를 규명하고, 이들이 연료전지 및 수전해 성능에 미치는 영향을 체계적으로 분석하였다. 최근에는 산-염기 기반 전기투석 시스템을 위한 바이폴라막, 수소이온 투과 억제형 음이온 교환막, 특정 이온 선택성 및 전도성 향상 이온교환막 등의 고분자 설계를 중심으로 연구를 확장하고 있으며, 바이폴라막을 이용한 고부가가치의 LiOH 생산 및 망초 분해를 통한 황산 및 가성소다 생산을 고도화하는 전기투석 시스템 개발에도 기여하고 있다. 또한, 연료전지 성능 향상의 걸림돌 중 하나인 산소극에서의 낮은 산소 투과도를 극대화 하기 위한 탄화수소계 이오노머 개발에도 심혈을 기울이고 있으며, 다양한 형태의 이온 전도성 고분자들의 실험적·계산적 접근을 통해 연료전지 및 수전해 기술 고도화를 추진하고 있다.

주요연구분야

- 연료전지 및 수전해용 양·음이온교환막 개발
(Cation & Anion Exchange Membranes for Polymer Electrolyte Fuel Cells & Water Electrolyzers)
- 이온 전도성 고분자 구조 설계 및 성능 최적화
(Ion-conducting Polymer Structure Design and Performance Optimization)
- 세공충진형 및 강화복합형 이온교환막 개발
(Pore-filling and reinforced composite ion exchange membranes)
- LiOH 생산 및 망초 분해를 통한 고부가가치 제품 생산용 바이폴라막 전기투석 시스템 연구
(Bipolar membrane electro dialysis system for producing LiOH and generating high-value-products by Na₂SO₄ decomposition)

대표논문

1. Kim, M. W.; Lee, J. M.; Jung, C. Y.; **Cha, J.-E.**; Myung, K. S.; Lee, N. J.; Kim, N. D.; Jung, J. Y. Thermally driven oxygen functionalization for durable Pt electrocatalysts in the oxygen reduction reaction. *J. Mater. Chem. A* **2025**, *13*, 10415.
2. Kim, J. H.; **Cha, J.-E.**; Ju, H. K.; Choi, Y. W.; Albers, J.; Shim, J.; Kim, S. H.; Lee, K.; Yoon, H. C. Utilizing water as a proton source for sustainable Li-mediated electroreduction. *Chem. Eng. J.* **2024**, *497*, 14644.
3. Jang, S.; Woo, J. J.; **Cha, J.-E.**; Choi, Y. W.; Kim, J. H. A polymeric structural approach to improving proton-blocking performance in anion exchange membranes for electrochemical systems. *Desalination* **2024**, *602*, 117888.
4. **Cha, J.-E.**; Jang, S.; Seo, D. J.; Hwang, J.; Seo, M. H.; Choi, Y. W.; Kim, W. B. A reinforced composite membrane of two-layered asymmetric structure with Nafion ionomer and polyethylene substrate for improving proton exchange membrane fuel cell performance. *Chem. Eng. J.* **2023**, *454*, 140091.
5. Lorenz, J.; Janßen, H.; Yassin, K.; Leppin, J.; Choi, Y. W.; **Cha, J.-E.**; Wark, M.; Brandon, S.; Dekel, D. R.; Harms, C.; Dyck, A. Impact of the relative humidity on the performance stability of anion exchange membrane fuel cells studied by ion chromatography. *ACS Appl. Polym. Mater.* **2022**, *4*, 415.
6. **Cha, J.-E.**; Cho, W. J.; Hwang, J.; Seo, D. J.; Choi, Y. W.; Kim, W. B. Fuel cell performance improvement via the steric effect of a hydrocarbon-based binder for cathode in proton exchange membrane fuel cells. *Sci. Rep.* **2022**, *12*, 14001.

- 경북대학교 화학공과, 학사 (1997.3-2001.2)
- 경북대학교 화학공학과, 석사 (2001.8-2003.7, 지도교수: 김동현)
- 포항공과대학교, 화학공학과, 박사 (2018.2-2023.2, 지도교수: 김원배)
- GS퓨얼셀, 연료전지시스템 팀리더 (2003. 8-2010.3)
- 포스코에너지, 연료전지실 팀리더 (2010.3-2018.12)
- 한국에너지기술연구원, 수소실증연구센터 (2018.12-2025.9)
- 한국공학대학교 시융합·탄소중립대학원 조교수 (2025.9-현재)

왜 수은은 액체일까

장흥제 | 광운대학교 화학과 부교수, hjang@kw.ac.kr

과학은 호기심에서 시작된다고들 말한다. 언제나 '왜?' 라는 궁금증을 이어가며 더 깊은 곳으로 파고들며 화학자들은 자연을 구성하는 모든 물질과 변화를 해석하려 한다. 하지만 교육이나 육아를 해 본 경험이 있는 사람이라면 누구나 공감할 것이, 과도하게 이어지는 '왜?' 라는 질문은 피로감으로 이어지는 경우도 있고, 당연한 사실임에도 명확한 답변이 떠오르지 않는 순간 등골을 따라 식은땀이 흘

러내리는 체험이 생겨나기도 한다. 너무나 자연적이고 당연한 것을 설명하기 위해서는 그만큼 당연하지만 풀어내기 어려운 지식이 강요된다. 예를 들어 상온에서 유일한 액체 금속이라는 수은(Hg)의 위험성에 대해서는 누구나 이야기를 풀어낼 수 있지만 도대체 왜 수은만이 액체인가는 간단히 답변하기 어렵지 않은가?

상대성이론과 원자

수은은 원래 액체로 존재한다기에는 불편한 사실이 남아있다. 상온에서 액체 상태로 존재하는 단 두 가지 원소는 17족의 브로민(Br)과 수은이다. 주기율표에서 아래쪽에 위치한 크고 무거운 원소들은 더욱 밀집된 상태를 선호한다. 같은 족에 속한 플루오린(F)과 염소(Cl)는 기체 상태이며 그 아래 브로민은 액체로 존재하고, 더욱 무거운 아이오딘(I)은 고체를 선호하는 자연스러운 흐름이 고개를 끄덕이게 한다. 수은은 다르다. 6주기의 거대한 원소이며 상하좌우 어느 쪽을 둘러봐도 모두 단단한 금속 고체 원소들로 빼곡하다. 이러한 상황에서 수은이 홀로 액체인 이유는 원래 그렇다고 답변하기에는 이제껏 쌓아 온 화학자



그림 1. 수은은 상온에서 유일한 액체 금속이다.(출처: Wikipedia)
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2c/Mercury_escaped.jpg

로서의 명예가 뒤흔들리는 듯싶지 않은가.

더 간단한 지점부터 이야기를 펼쳐 본다면 우리는 금(Au)이 왜 노란색인지를 이해해야 한다. 금의 색상이 기본 단위인 원자부터 결정된다면 원자에 적용될 수 있는 이론을 파악해 보자. 돌턴부터 슈뢰딩거까지 원자 모형은 새로운 발견을 단서 삼아 심화되어 왔다. 특히 물리학 외의 모든 과학은 우표수집이라 치부했음에도 결국 최고의 우표수집가 표창장인 노벨 화학상을 받은 어니스트 러더퍼드(Ernest Rutherford)의 알파 입자 산란실험(Gold-leaf experiment)은 작고 조밀하게 뭉쳐있는 양전하 덩어리, 즉 핵을 발견한다. 하지만 핵과 전자가 충돌하지 않는 이유를 설명하는 데 어려움을 겪었으며, 닐스 보어(Niels Bohr)가 태양계와 비슷한 궤도들로 구성된 원자 모형을 제안하며 다음 단계로 나아간다.

전자가 배치될 수 있는 궤도마다 핵과의 거리가 다를 텐데, 핵에 가까울수록 더 강한 끌어당김을 느낄 것이다. 안쪽 껍질의 전자는 더욱 빠르게 움직여야 정전기적 인력을 극복할 수 있을 것이며, 원자 번호가 높아질수록 강해지는 끌어당김을 극복하기 위해 전자는 더욱 더 빠르게 이동해야 한다. 그 정도를 해석할 수 있는 개념이 아르놀트 조머펠트(Arnold Sommerfeld)의 미세 구조 상수(Fine-structure constant)다. 그리 어렵진 않지만 유도 과정을 생략하고 결론만 살펴보면 가장 안쪽 껍질의 전자는 양성자 개수를 137로 나눈 수치만큼 광속에 비례한다. 전자기학과 상대성이론, 그리고 양자역학의 3가지 상수가 만나 탄생한 미세 구조 상수는 금의 색상을 설명하는 단초가 된다.

원자번호 79번 금의 정보를 고려해 보자. 79/137만큼의 비율이 적용되니 금 원자의 안쪽 전자는 무려 광속의 57.6%의 속도로 움직인다. 광속에 가까이 움직일수록 시간이 지연되고 길이는 수축하며 질량이 증가한다는 특수 상대성이론을 적용한다면, 전자의 질량은 정지질량에 비해 23% 더 무거워질 것이며, 원자핵과 떨어져 있는 평균 거리를 의미하는 보어 반경은 질량에 반비례하기에 수축한다.

특정한 오비탈이 수축하면 가리움 효과에 의해 외부의 다른 오비탈은 오히려 팽창하게 되는데, 이 모든 변화는 금 원자의 에너지 준위 변동을 일으킨다. 결국 본래는 가시광선과 관련될 수 없는 거대한 에너지 간격이 상대성이

론에 의해 청자색 파장의 빛을 흡수할 수 있는 상태로 바뀐다. 빛의 흡수에 의해 남겨진 노란색이 우리 눈에 들어오니 금의 색상은 상대성이론이 화학 원소에 관련한 결과라 할 수 있다.

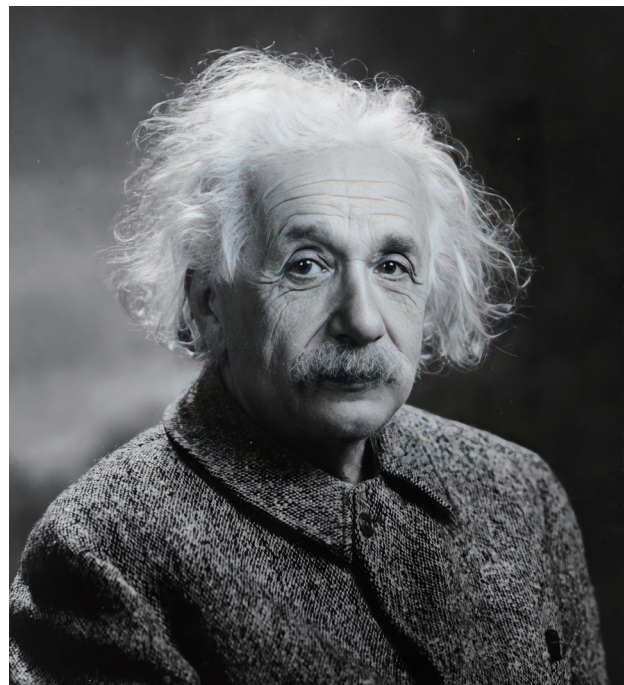


그림 2. 아인슈타인의 상대성이론은 화학에도 작용한다.(출처: Wikipedia)

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ee/Albert_Einstein_1947_%28Remini_enhanced%29.jpg

상대론적 양자 화학

이번에도 질문을 던져보자. 11족 6주기의 거대한 원소인 금이 상대론적 효과에 의해 특유의 색상을 보인다면, 금 주위의 다른 원소들은 물리 법칙에서 자유로울까? 자연과학은 그러한 편의에 의해 선별되지 않는다. 금 옆에 위치한 78번 백금(Pt)은 다른 관점에서 특수 상대성이론을 적용한다. 백금의 은백색 색상보다는 우리가 기대하는 최고의 촉매로서의 백금의 의미다.

물의 분해로 수소 연료를 얻는 작업에서도 백금은 최고의 재료로 여겨지며, 유기화합물의 수소화 반응을 비롯한 수많은 화학 반응에 사용된다. 특히 메테인(CH₄)과 반응해 카벤(Carbene)을 이루는 반응에도 관여한다.

시작은 금의 색상과 마찬가지로 상대론적 효과에 의해

6s 오비탈은 수축하며 반대급부로 작용하는 5d 오비탈의 확장이다. 5d 오비탈의 에너지 준위가 위로 상승하며 그 중심이 페르미 준위(Fermi level)에 가까워진다. 높은 곳에 위치하게 된 d전자는 수소나 산소 등 외부 분자의 오비탈과 중첩되기 쉬워져 촉매 표면에서의 화학 반응을 용이하게 만든다. 실험적으로 촉매를 설계하는 것을 넘어 상대성이론을 고려한 접근이 효과적일 수 있다.

조금 더 예상외의 상대론적 효과는 배터리에서 등장한다. 현재도 자동차 등에 흔히 사용되는 납-산 전지(Lead-acid battery)의 핵심인 납(Pb) 역시 금과 수은 주위에 위치한다. 납 원자는 4개의 전자를 잃어버리기 좋아 Pb(IV) 상태의 산화물 등으로 화합물의 에너지를 높일 것으로 예상된다. 여기까지는 문제가 없으나 실험적으로 얻어지는 약 2.107V의 기전력을 설명하려면 상대성이론 없이는 불가능하다. 평균 상대론적 수치는 2.13V로 계산되어 현실에서의 관측을 설명하는 데, 만약 상대론적 효과를 배제하고 납 화합물들의 특성을 재계산한다면 단 0.39V에 불과하다. 우리가 키를 돌리거나 버튼을 누르면 방전되지 않은 한 당연히 걸려야 하는 자동차의 시동이 특수 상대성이론에 의한 결과라 생각하면 세상에 당연한 것은 없을지도 모른다. 물론 수은 전지 등 큰 금속을 사용하는 배터리가 강력한 것은 모두 같은 방식으로 설명된다.



그림 3. 자동차는 특수 상대성이론을 통해 작동한다. (출처: PxHere)
<https://pxhere.com/en/photo/1138510>

수은은 왜 액체인가

금의 색상과 백금의 촉매 효과, 그리고 납 배터리의 구

동 방식까지 특수 상대성이론을 통한 설명은 계속되었지만 수은의 유독 낮은 녹는점은 21세기에 이를 때까지 해석되지 못했다. 물론 이번에도 특수 상대성이론에 의해 중금속의 오비탈에 영향을 미쳐 수축과 확장의 절묘한 작용에 의한 특성이라 설명될 것이며 틀린 말은 아니다. 단지 조금 더 명확한 '왜'가 궁금할 뿐이다. 수은과 금의 차이라면 단 1개의 전자 개수에 있다. 보다 안정한 수은의 전자 수는 이웃한 다른 수은 원자와 결합을 이루는 대신 자신의 핵에 머무는 형태로 남는다. 화학 결합보다는 판 데르 발스 힘과 같은 약한 상호작용에 의해 함께 거동하며, 이 문체는 액체 상태라는 다소 자유로운 상태를 가능케 한다.

상대론적 효과가 강해질수록 변화가 커져, 같은 12족에 속하지만 가장 가벼운 아연(Zn)은 692.7K의 녹는점을, 아래 위치한 카드뮴(Cd)은 594.2K를, 그리고 수은은 234.32K의 녹는점을 갖는 경향성이 나타난다.

상대성이론은 실제로 매우 빠르게 움직이는 물체에 대해 적용되어 GPS 위성의 위치 오류 보정과 내비게이션에 적용되는 것으로 대표된다. 그 외에도 입자가속기나 양전자 단층 촬영 등 고에너지 장비의 핵심이다. 여기서 더 나아가 상대론적 양자 화학은 하나의 원자를 이해하고 색상을 비롯한 고유 특성부터 촉매 활성이나 실용적인 전지의 구동까지 보이지 않는 곳에서 작용하고 있다. 당연한 현상이 언제나 당연한 것이 아닐 수 있으며, 의외의 분야에서 설명이 이루어지는 것도 과학의 즐거움 중 하나가 아닐까.



장흥제 Hongje Jang

- KAIST 화학과, 학사(2004.3-2008.2)
- KAIST 화학과, 박사(2008.3-2013.8, 지도교수: 한상우)
- 서울대학교 화학과 박사후 연구원(2013.9-2015.1, 지도교수: 민달희)
- Georgia Institute of Technology, Department of Chemistry and Biochemistry 박사후 연구원(2015.1-2016.1, 지도교수: Mostafa A. El-Sayed)
- 광운대학교 화학과 부교수(2016.3-현재)



우리실험실은요

전북대학교 화학과 전산 및 창의 재료화학 연구실

(Computational & Creative Materials Chemistry Lab)

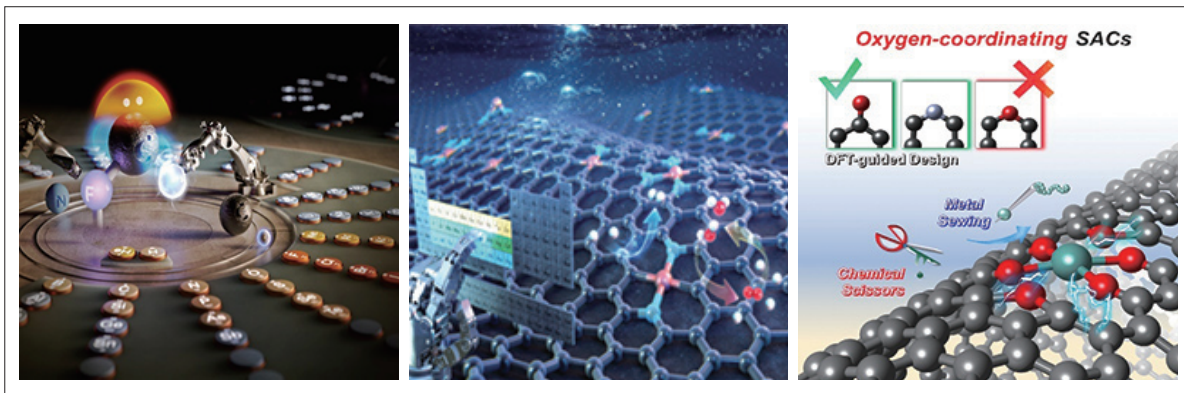
글 | 안근혁(전북대학교 화학과 학부연구생, angh0916@jbnu.ac.kr)
연구실 책임자 | 김동연(전북대학교 화학과 김동연 교수, dongyeon@jbnu.ac.kr)



Computing Tomorrow's Materials

2024년 전북대학교에서 첫 발판을 마련한 저희 연구실은 컴퓨터를 활용한 화학 전산 모사 연구를 진행하고 있습니다. 저희는 연구실의 이름인 C2MC(Computational & Creative Materials Chemistry)와 같이, 단순히 계산하는 것을 넘어 인공지능의 데이터 처리 능력과 인간의 창의적 사고를 융합하여 기존의 틀을 깨는 새로운 소재를 발굴하는 것을 추구하고 있습니다. 방대한 데이터 속에서 패턴을 읽어내는 인공지능의 능력과 도출한 결과에 의미를 부여하고 새로운 물질을 설계하는 연구자의 독창성이 만날 때, 연구가 가상을 넘어 실현된다고 생각합니다. 첫 번째로, 소재 설계의 근본적인 원리(Design Principles)를 이해하기 위해, 양자화학에 기반한 제1원

리 계산, 그중에서도 밀도범함수이론(DFT, Density Functional Theory)을 활용하여 복잡한 전자 구조를 콘-샴(Kohn-Sham) 방정식으로 풀이합니다. 이를 통해 소재의 물성을 결정짓는 특징을 발견하고, 경험적 규칙을 통해 우수한 재료 설계를 도출할 수 있습니다. 두 번째로, 방대한 소재 공간을 탐색하는 전산기반 고속 대량 스크리닝(HTCS, High-throughput Computational Screening)을 수행하고, 인공지능 기술을 접목하여 수많은 후보군 중에서 가장 안정적인 최적화 구조를 고속 선별합니다. 세 번째로, 전산 지원 합성(Computation-aided Synthesis)입니다. 앞선 두 단계에서 쌓은 계산 데이터를 실험으로 이어주는 다리 역할을 수행합니다. 이를 바탕으로 실험 전 최적의 합성 조건을 제안함으로써, 실험과



■ 전산 및 창의재료화학 연구실의 대표적 연구분야 (1) 디자인 원리, (2) HTCS, (3) CAD



■ 연구실 내부

이론의 간극을 줄이고 실험 성공률을 높이는 것을 목표로 합니다.

2026년 3월 현재 1명의 박사후 연구원, 1명의 석사과정 학생, 5명의 학부 연구생으로 구성되어 있으며, 각 학생들은 자신만의 특정 분야를 맡아 연구하며 경험을 쌓고 있습니다. 배터리 소재, 전기화학 촉매 등 다양한 주제를 각자의 연구 과제로 삼아, 전산화학이라는 학문을 통해 자신의 연구를 이해하며 수행하고 있습니다. 특히, 교수님께서서는 구성원들과 논의가 활발하게 이뤄지며, 이론적 타당성까지 함께 검토해 주셔서, 구성원 각자가 독립적인 연구자로 성장할 수 있는 환경을 조성해 주십니다.

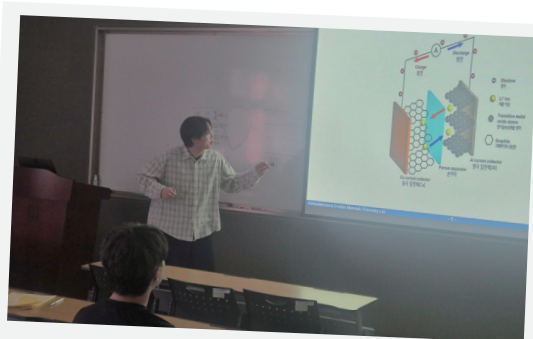


Growing Together

이러한 주도적인 연구 활동이 가능한 것은 무엇보다 학생들의 공부 환경과 복지를 우선으로 생각해 주시는 김동연 교수님의 지도 철학 덕분입니다. 교수님께서서는 연구 결과만큼이나 학생들이 성장 과정에서의 역량을 키우는 것을 중요시하십니다. 그렇기에, 학생 각자의 연구에서 마주하는 이론적/기술적 난관 앞에서 명쾌한 조언을 아끼지 않으시며, 스스로 그 해답에 도달할 수 있는 방향으로 이끌어 주셔서 저희에게 든든한 멘토가 되어 주십니다. 특히, 방학 기간을 이용하여 학생끼리 자발적으로 스터디 그룹을 운영하고 있습니다. 서로의 연구 분야는 다르지만, 기초부터 함께 다져가며 아이디어를 나누며 서로가



학회 및 프로그램 참여



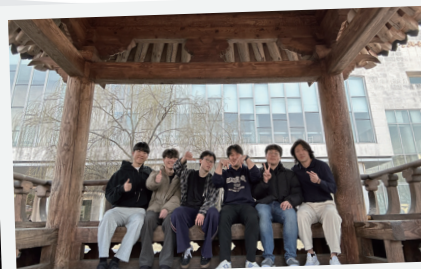
스터디 그룹



단체사진 1



연구실 회식



단체사진 2

멘토-멘티가 되어 주는 시간으로 이용하고 있습니다. 더불어 교수님 주도로 분자동역학, 촉매 등 다양한 주제의 교육 프로그램도 함께 진행하여 연구 시야를 넓혀가고 있습니다. 마지막으로 '끊임없이 배우고 새로운 시각을 받아들이는 것이 연구자로서 중요한 자세이다.'라는 교수님의 가치관으로, 방학 기간 중 학회 참여와 같은 새로운 기회를 아낌없이 지원해 주시고 있습니다.



A Space to Connect

저희 연구실의 소통은 구성원들의 편의를 우선으로 고려한 공간으로부터 시작됩니다. 개인 공간의 모션 데스크, 하이엔드 의자, 최신 컴퓨터부터 공용 공간의 칠판과 넓은 테이블에 이르기까지, 서로의 아이디어를 나누는 동시에 잠시 숨을 고르는 휴식처가 되어주어 연구실 소통의 심장과도 같은 공간입니다. 연구 분야가 달라도 서로의 방법에서 영감을 얻고, 함께 고민해 보는 것이 저희 연구실의 일상입니다. 이러한 환경 속에서 구성원 간의 끈끈한 유대감이 자연스럽게 이어지고, 생

일과 같은 날에는 회식을 통해 단순한 연구실을 넘어 따뜻한 공동체로서 함께 살아가고 있습니다.



Designing Tomorrow Together

C2MC 연구실이 꿈꾸는 미래는 명확합니다. 가상 공간에서 신소재의 가능성을 설계하고, 원자 단위의 메커니즘을 규명하여, 계산 데이터가 실험의 난제를 푸는 실마리가 되는 것입니다. 신생 연구실로 아직 졸업생은 없지만, 그만큼 교수님과 구성원 모두가 연구실의 첫 발자국을 함께 내딛는 개척자라는 마음으로 함께 나아가고 있습니다. 저희가 만들어가는 계산 결과 하나하나가 언젠가 실제 소재 개발의 흐름을 바꾸는 데 이바지할 수 있다는 생각으로, 오늘도 연구에 임하고 있습니다. 아직 시작 단계일지라도, 서로의 아이디어를 나누는 문화와 든든한 지원 덕분에 누구나 독립적인 연구자로 존중받고 성장할 수 있다고 생각합니다. 이 여정이 앞으로 올 후배들에게도 큰 성장의 밑거름이 되길 바라며, C2MC는 더 나은 내일을 설계하고 성장해 나갈 것을 다짐하며 이 글을 맺습니다.

"우리실험실은요!"는 딱딱한 광고 같은 연구실 소개가 아닌 연구실의 구성원(대학원생 및 학부생)이 자유롭게 연구실의 구성원, 연구 내용, 또는 연구실의 특별한 점 등 원하는 것은 무엇이든 자유롭게 알리기 위한 코너입니다. 특별히 학생들의 자발적인 참여를 독려하기 위하여 원고를 작성해 주신 분들께는 소정의 원고료도 드립니다. 무료로 실험실도 홍보하고 원고료도 챙길 수 있는 기회를 학생들이 잘 활용해 주었으면 합니다. 문의사항이나 작성한 원고는 코너 담당 편집위원인 김형준 교수님(kimhyungjun@hanyang.ac.kr)께 보내주시면 감사하겠습니다.



플라스틱, 썩지 않는 희망

: 기후 위기 시대에 다시 읽는 플라스틱의 진짜 가치

오동엽, 박제영 지음 | 자유아카데미 2025. 11. 5. 출간 | ISBN 9791158087746



책 소개

플라스틱은 오늘날 우리의 일상과 가장 밀접하게 연결된 소재 중 하나다. 칫솔, 포장재, 리튬, 전자기기 등 생활 전반에 사용되며 현대 문명을 지탱하는 핵심 재료로 자리 잡았다. 이 책은 플라스틱이 어떻게 인류의 삶 속에 깊숙이 자리하게 되었는지, 그리고 왜 동시에 환경 문제의 중심에 서게 되었는지를 쉽고 흥미롭게 설명한다. 책은 플라스틱의 탄생과 고분자 소재로서의 특성, 재활용과 폐기 과정, 미세플라스틱 문제를 다루는 한편, 바이오 플라스틱과 생분해성 소재, 자가치유 플라스틱 등 미래 기술 사례도 함께 소개한다. 특히 플라스틱을 단순한 환경오염의 주범으로 바라보는 데서 나아가, 기술 혁신을 통해 새로운 가능성을 모색하는 최근 연구 흐름을 균형 있게 조명하고 있다는 점이 인상적이다. 이 책은 플라스틱을 둘러싼 과학과 환경, 기술과 사회의 관계를 함께 생각해 볼 수 있도록 돕는 교양 과학서이다.

목차

들어가며

1장. 지구를 살리려다 육먹은 재료 : 환경을 보호하기 위해 탄생한 플라스틱

2장. 플라스틱이 뭐길래? : 우리가 몰랐던 플라스틱의 정체

3장. 플라스틱은 왜 악당이 되었을까? : 남용과 오해로 시작된 환경 오염 이야기

4장. 버려진 플라스틱은 어디로 갈까? : 폐기물 처리 방식과 그 한계

5장. 플라스틱을 바꾸는 새로운 상상 : 바이오 플라스틱과 생분해성 소재

6장. 기술은 플라스틱을 다시 구할 수 있을까? : 미래에서 온 플라스틱

7장. 플라스틱으로 지구를 식힌다고? : 탄소 저감 소재로서의 가능성

나가며 : 플라스틱을 다시 바라보는 눈

저자 소개

오동엽 : 포항공과대학교에서 2016년 환경공학 박사 졸업 후, 국가연구소인 한국화학연구원에서 2023년까지 책임연구원으로 근무했다. 2023년부터 2025년까지 인하대학교에서 교수로 재직하였으며, 현재는 고려대학교 신소재공학부 교수로 재직 중이다. 과기부 장관상, 산업부 장관상, 교육부 장관상을 수상하였으며 현재 한국차세대과학기술한림원 회원이다. 100여 편의 SCI 논문, 50건의 특허를 보유 중이며, 유튜브 채널 안될과학, 팟캐스트 과장창 등에 출연하여 플라스틱 정보를 대중화하는 데 힘쓰고 있다.

박제영 : 카이스트 화학과에서 학사, 석사, 박사를 졸업한 후, SK이노베이션에서 2년, 한국화학연구원에서 8년간 근무하였다. 현재는 서강대학교 화공생명공학과에서 교수로 재직하면서 제자들과 함께 친환경 플라스틱 관련 연구를 18여 년간 지속하고 있다. 오동엽 교수와 함께 공동으로 100여 편의 국제과학논문, 60여 건의 특허를 등록하였다. 여러 친환경 플라스틱 관련 기술을 기업에 이전하는 등 최신연구결과의 산업화를 통해 화학산업 경쟁력 향상에 힘쓰고 있다.

KCS GALLERY



독립문(45.5 X 37.9 cm, Acrylic on canvas, 2026)

전철호 회원(연세대학교 화학과 명예교수) 作

화학만평


그림. 한진욱(한양대학교 화학과)

요슬건은 1994년

화학만평 화학이 지구를 더 푸르게

80주년 기념 "화학세계 (CHEMWORLD)" 간략 연혁

- 1961년 "화학공업의 진보"
- 1991년 "화학세계 (CHEMWORLD)" 개칭
- 2003년 학회로 고수정

 화학 KCS

대한화학회 인감? ㅎㅎㅎ

참, 소개가 늦었소.
확, 께이라 하오.
'80주년' 축하하오, 화학회 축하딩!!

w Ham

» 부 고

- 2026.4.25 이상규(한국화학연구원)회원 부친상
- 2026.4.17 윤여준(서울대학교 제약학과) 회원 부친상
- 2026.4.15 홍석원(광주과학기술원 화학과) 회원 부친상
- 2026.4.11 조규봉(서강대학교 화학과) 회원 빙모상

» 지부·분과회

강원지부

- 행사명: 2026년 대한화학회 강원지부 하계 심포지엄
- 개최기간: 2026년 6월 19일(금)
- 개최장소: 강원대학교 강릉캠퍼스
- 주최: 대한화학회 강원지부
- 담당자: 박종민 교수
(강원대학교, jpark@kangwon.ac.kr)
- 참석인원: 20명
- 발표편수: 신진 연구 책임자 2인 구두발표
- 내용: 신입 교원들의 연구 소개 발표 및 최신 화학관련 연구 동향 교류

분석화학분과회/전기화학분과회

- 행사명: 2026년 대한화학회 분석화학분과/전기화학분과 하계 합동 심포지엄
- 개최기간: 2026년 6월 24일(수)~26일(금)
- 개최장소: 강릉 라카이센드프린 컨벤션홀
- 주최: 대한화학회 분석화학분과회
- 후원: 인천대학교 RISE 사업단, 강원대학교 중점연구소, 제올코리아, 제이앤케이, 아스트, 자이스코리아 등
- 담당자: 강동구 교수(인천대학교, dkkang@inu.ac.kr)
- 참석인원: 약 100명
- 발표편수: 튜토리얼 세션 2명, 초청강연 4명, 특별강연 2명 및 포스터 발표
- 내용:
 - 6월 24일(수): 사업단 간담회 및 사업 소개
 - 6월 25일(목): 튜토리얼 및 초청 강연
 - 6월 26일(금): 대형 사업단 유치를 위한 간담회

생명화학분과회

- 대한화학회 생명화학분과 2026년 하계워크샵
- 개최기간: 2026년 6월 24일(수)~26일(금)
- 개최장소: 삼척 쉼비치 리조트

- 주최: 대한화학회 생명화학분과회
- 후원: 강원대학교 G-LAMP 사업단, 쉼비바이오사이언스
- 담당자: 박종민 교수
(강원대학교, jpark@kangwon.ac.kr)
- 참석인원: 150여 명
- 발표편수: 교수 구두발표 12건, 포스터 발표 40건
- 내용: 생명화학분과 회원들이 모여 최신 연구 동향을 공유하고 생명화학분과회 발전 방안 논의

무기화학분과회

- 행사명: 2026년 무기화학 하계심포지엄
- 개최기간: 2026년 6월 25일(목)~26일(금)
- 개최장소: 부산 해운대 한화리조트
- 주최: 대한화학회 무기화학분과회
- 후원: 세진CI, 워터스(WATERS), 켐신(ChemScene) 등
- 담당자: 서대하 교수
(POSTECH, daehaseo@postech.ac.kr)
- 참석인원: 약 300명
- 발표편수: 교수 초청발표 10건, 신진연구자(postdoc) 및 대학원생 발표 6건, 포스터 발표 150여건
- 내용: 연구자 발표 및 토론, 2026년 우수 무기화학자상 기념강연 및 2025년 젊은 무기화학자상 기념 강연, 무기화학분과회 발전 방안 논의 등

»» 신입회원

강길민	연세대학교	학생회원
강나연	한국화학연구원	학생회원
강승원	한국화학연구원	학생회원
강주연	경상국립대학교	학부생회원
고수경	제주대학교	학부생회원
곽서연	제주대학교	학부생회원
곽윤예	숙명여자대학교	학생회원
권혁진	GIST	학부생회원
김건우	GIST	학생회원
김건우	국립한밭대학교	학부생회원
김덕현	화학물질안전원	정회원
김도하	국립군산대학교	학부생회원
김동현	국립순천대학교	학부생회원
김미경	김스사이언스	정회원
김민재	국립한밭대학교	학부생회원

김민채	국민대학교	학부생회원	박찬호	세종대학교	정희원
김보미	서울여자대학교	학부생회원	박천홍	한밭대학교	학부생회원
김보현	경상국립대학교	학부생회원	박현정	가천대학교	학생회원
김성규	건국대학교	학생회원	박현지	서울과학기술대학교	학생회원
김소현	한국과학기술연구원	학부생회원	박홍현	경상국립대학교	학생회원
김시현	전남대학교	학생회원	서다예	GIST	정희원
김영훈	연세대학교	학생회원	서수정	한국과학기술연구원	학생회원
김예본	서울시립대학교	학생회원	석민준	경상국립대학교	학생회원
김예진	국립군산대학교	학생회원	성주영	한국화학연구원	정희원
김유민	국민대학교	학부생회원	손민기	한양대학교	학생회원
김제욱	건국대학교	학생회원	송가현	한국공학대학교	학부생회원
김준형	GIST	학생회원	송수현	제주대학교	학부생회원
김지현	서강대학교	학생회원	신다연	GIST	학부생회원
김태기	서강대학교	학부생회원	신승희	덕산 네오룩스	정희원
김태인	한국한의학연구원	정희원	신채영	서울여자대학교	학부생회원
김태형	한국화학연구원	정희원	신한울	연세대학교	정희원
김태휴	연세대학교	학생회원	안시현	연세대학교	학생회원
김하영	한국화학연구원	정희원	예익주	한국과학기술연구원	학생회원
김한밀	이엔에프테크놀로지	정희원	오수빈	국립한밭대학교	학부생회원
김한비	성균관대학교	학부생회원	오원준	한양대학교	학생회원
김혜빈	경상국립대학교	학생회원	오지민	국립창원대학교	학부생회원
나유진	경희대학교	학생회원	원예연	성신여자대학교	학부생회원
남형수	충북대학교	학생회원	유서윤	국립한밭대학교	학부생회원
노희주	전북대학교	학부생회원	유찬영	연세대학교	학부생회원
류보형	경희대학교	학생회원	윤동혁	경기대학교	학부생회원
류현정	국립군산대학교	학생회원	윤영조	한국과학기술연구원	학생회원
모수현	이화여자대학교	학생회원	윤이	화학물질안전원	정희원
무함마드 일함 프라디티야	한국과학기술연구원	학부생회원	이가연	충북대학교	학생회원
민가빈	경상국립대학교	학부생회원	이동규	전남대학교	학생회원
박경화	화학물질안전원	정희원	이민주	경상국립대학교	학생회원
박나윤	경상국립대학교	학부생회원	이상훈	경기대학교	학부생회원
박노환	전북대학교	학부생회원	이준영	연세대학교	학생회원
박다희	하나제약(주)	정희원	이지민	경상국립대	학생회원
박도윤	한양대학교	학생회원	이지윤	서울시립대학교	학생회원
박세연	제주대학교	학부생회원	이태양	서강대학교	학생회원
박소현	한국화학연구원	정희원	이태윤	서울대학교	학생회원
박수아	서강대학교	학부생회원	이현이	경상국립대학교	학부생회원
박제민	부산대학교	학부생회원	임동빈	강원대학교	학부생회원
박지연	건국대학교	학생회원	임은송	건국대학교	학생회원
박진우	경희대학교	학생회원	장지윤	KAIST	정희원

전문무	성균관대학교	학생회원
전진	충북대학교	학생회원
정강호	GIST	정회원
정동희	건국대학교	학생회원
정민수	동국대학교	학부생회원
정윤서	한국공학대학교	학부생회원
정지혁	신한세라믹	정회원
정진주	경상국립대학교	학생회원
정혜림	중앙대학교	학부생회원
정희연	한양대학교	학생회원
조승현	고려대학교	학생회원
조예림	서울여자대학교	학부생회원
지수빈	서울여자대학교	학부생회원
차유진	제주대학교	학부생회원
최다빈	군산대학교	학생회원
최서희	경상국립대학교	학부생회원
최세빈	제주대학교	학부생회원
최수현	고려대학교	학생회원
최승욱	경희대학교	학생회원
최용환	한국지질자원연구원	학생회원
최은준	국립군산대학교	학부생회원
최정우	고려대학교	학생회원
최종문	서울대학교	학생회원
최지현	한국공학대학교	학부생회원
쿠마르머핀	동국대학교	정회원
한결	송실대학교	학생회원
한지희	전북대학교	학생회원
홍유빈	부산대학교	학생회원
황동하	강원대학교	학생회원
황인서	국립한밭대학교	학부생회원
Bala Reebon	울산대학교	학생회원
Min Thein Kyaw	국립군산대학교	학생회원
Nghe Thi Khanh Huyen	전북대학교	학생회원
Nguyen Vu Hong Phuc	고려대학교	학생회원
Pham Van Thong	한국해양과학기술원	학생회원
Pin Bonfanti Ana Carolina	전북대학교	학생회원
Saleem Fatima	울산대학교	학생회원
Sarkar Sourav	KAIST	정회원
Sharma Pallav	울산대학교	학생회원

대한화학회 제56대 회장선거 예비 공고

본회 정관과 회장 선출 규정에 의거하여 회원의 직접 선거로 제56대 회장(임기: 2028.1.1~2029.12.31, 2년)을 다음과 같이 선출함을 공고합니다.

1. 선거방법

회장선거는 본회 회장선출 규정에 의거, 2026년 10월 기준으로 회장선거권을 보유한 회원들의 직접선거에 의해 **온라인 투표**로 시행됩니다.
 ※ 금년도 회비를 아직 미납하신 분은 10월 1일까지 납부하셔야 합니다.

2. 선거일정

- 가. 회장 선거일정, 후보등록 및 예정 선거권자 명단 안내 : 「화학세계」 66권 8호와 웹사이트에 공고함
- 나. 후보등록기간: 2026년 8월 3일(월)~10일(월)
 - ※ 등록된 후보가 2명 미만일 경우 이사회에서 추가로 후보를 지명할 수 있습니다.
- 다. 예정 선거권자에 대한 이의 신청마감(소인일자 기준) : 2026년 9월 16일(수)
- 라. 후보 소견 및 약력 소개 : 「화학세계」 66권 10호와 웹사이트에 공지함.
- 마. 후보 소견 발표 : 2026년 10월 29일(목) ※ 총회장에서 소견 발표함.
- 바. 온라인 투표 : 2026년 11월 2일(월) 오전 9시~11월 6일(금) 오후 5시
- 사. 개표 및 당선자 확정 : 2026년 11월 6일(금)

3. 후보자격 및 등록절차 : 대한화학회 회장 선출규정 제5조와 제6조에 따릅니다.

- 가. 후보자격 : 회장 후보의 자격은 최근 연속 5년 이상 선거권을 유지한 회원에게 한한다.
- 나. 후보등록 : ① 회장 후보로 등록하고자 하는 자는 다음 각 호 중 어느 하나에 해당하는 추천을 받아 후보등록 마감일까지 등록하여야 한다.
 - (1) 선거권이 있는 회원 50인 이상의 연명 추천을 받는다.
 - (2) 평의원 20인 이상의 연명 추천을 받는다.
 - (3) 이사 5인 이상의 연명 추천을 받는다.
- ② 등록된 후보가 2인 미만일 경우, 선거관리위원회는 이사회에 후보 지명을 요청하여야 한다

4. 제출서류

- 가. 추천서 : 별지 양식에 의거 추천하되 회장선출규정에 의한 추천인의 주소, 성명이 명기되어야 합니다.
- 나. 이력서 : 자유양식으로 하되 수정 없이 「화학세계」 및 본회 홈페이지에 게재할 수 있도록 주요 경력만 발췌하여 A4용지로 1페이지 이내로 작성합니다.
- 다. 소견서 : 자유양식(A4용지 1페이지 600단어 이내로 함)
- 라. 사진 1매
- ※ 이력서 및 소견서 파일 제출

5. 기타

- 투표는 선거권을 보유한 회원들에게 이메일로 투표 안내문이 발송되고, 발송된 안내문에 포함되어 있는 링크에 의거하여 온라인으로만 진행됩니다. 투표 안내문은 대한화학회 웹사이트에 본인이 기입한 이메일 주소로만 발송됩니다.

2026년도 선거관리위원회 위원장 **금교창**

[별첨] 대한화학회 회장 선출 규정

제1조(목적) 본 규정은 「대한화학회 정관」 제14조에 의거하여 화학회의 회장을 민주적이고 공정하게 선출하기 위한 원칙을 정함을 목적으로 한다. <신설 2026.04.16>

제2조(선출 원칙) 회장은 선거권이 있는 회원의 직접선거에 의해 선출하며, 무기명 비밀투표의 원칙을 따른다. <개정 2026.04.16>

제3조(선거권 및 피선거권) ① 최근 연속 3년 이상 정회원 또는 교육회원의 자격을 유지한 회원에게만 선거권이 있다.

② 최근 연속 5년 이상 선거권을 유지한 회원에게만 피선거권이 있다.

제4조(선거관리위원회) 이사회는 선거의 공정한 관리를 위하여 선거관리위원회를 구성하며, 선거관리위원회 구성 및 운영에 관한 사항은 별도의 세칙으로 정한다. <신설 2026.04.16>

제5조(후보등록) ① 회장 후보로 등록하고자 하는 자는 다음 각 호 중 어느 하나에 해당하는 추천을 받아 후보등록 마감일까지 등록하여야 한다. <개정 2026.04.16>

1. 선거권이 있는 회원 50인 이상의 연명 추천
2. 평의원 20인 이상의 연명 추천
3. 이사 5인 이상의 연명 추천

② 등록된 후보가 2인 미만일 경우, 선거관리위원장은 이사회에 후보 지명을 요청하여야 한다. <개정 2026.04.16>

제6조(당선자 확정) ① 후보자가 2인 이상인 경우, 유효투표의 최다득표자를 당선인으로 결정한다. 다만, 최다 득표자가 2인 이상인 경우에는 해당 후보자들을 대상으로 최다 득표자가 나올 때까지 재투표를 실시한다.

② 후보자가 1인인 경우, 투표자 과반수의 찬성을 얻어야 당선인으로 결정한다. 찬성표가 과반수에 미달할 경우 당선인이 없는 것으로 보며, 이 경우 선거 절차를 다시 진행한다. <개정 2026.04.16>

제7조(시행세칙) 본 규정의 시행에 필요한 구체적인 선거 일정, 투표 방법, 선거운동의 범위 등 세부 사항은 별도의 세칙으로 정하며, 이 규정에 명시되지 않은 사항은 이사회의 의결에 따른다. <개정 2026.04.16>

부 칙

제1조(개정 연혁) 본 규정은 1989년 10월 10일 제정되었으며 개정 연혁은 다음과 같다. <신설 2026.04.16>

1. 1991년 4월 17일 개정
2. 1992년 4월 10일 개정
3. 1993년 10월 13일 개정
4. 1994년 4월 14일 개정
5. 1996년 5월 2일 개정
6. 1996년 10월 11일 개정
7. 1997년 4월 18일 개정
8. 1998년 10월 23일 개정
9. 2001년 4월 20일 개정
10. 2003년 10월 8일 개정
11. 2005년 10월 11일 개정
12. 2012년 2월 3일 개정
13. 2014년 3월 28일 개정
14. 2016년 3월 24일 개정
15. 2026년 4월 16일 개정

대한화학회 제56대 회장선거 일정 안내

6/	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

6. 1(월)

- (예비공고) 2026년도 회장 선거일정 및 후보등록 안내
- 웹사이트, 「화학세계」66권 6호

7/	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

7. 31(금)

- 2026년도 회장 선거 일정, 후보등록 및 예정 선거권자 명단 안내
- 웹사이트, 「화학세계」66권 8호

8/	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

8. 3(월) ~ 8. 10(월)

- 후보 등록 기간(1차)

9/	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

9. 16(수)

- 예정 선거권자 명단에 대한 이의신청 마감
※소인일자 기준

9. 21(월) ~ 9. 28(월)

- 후보 등록 기간(2차)

10/	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

10. 1(목)

- 후보 소견 및 약력 소개
- 웹사이트, 「화학세계」66권 10호

10. 29(목)

- 후보 소견 발표 (추계 총회)

11/	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

11. 2(월) ~ 11.6(금) 오후 5시

- 온라인 투표

11. 6(금) 개표 및 당선자 확정

※ “제56대 대한화학회 회장선거 공고, 후보등록 및 예정 선거권자 명단” 등은 웹사이트와 「화학세계」8월호에 게재 예정입니다.
※ 모든 회원이 기꺼이 참여하는 공정하고 투명한 회장 선거를 위해 회장 선거 규정을 반드시 지켜주시기 바랍니다.

제137회 대한화학회 학술발표회, 총회 및 기기전시회

결과보고

- 일시 : 2026년 4월 15일(수)~17일(금)
- 장소 : 제주국제컨벤션센터(ICC JEJU)
- 발표논문 : 1,642(포스터 1,344)편
- 등록인원 : 3,435명

글 윤민영 총무실무이사(경북대학교 화학과)





개요

2026년 4월 15일(수)부터 17일(금)까지 제주국제컨벤션센터(ICC JEJU)에서 제137회 대한화학회 학술발표회, 총회 및 기기전시회가 개최되었다. 이번 학술대회에는 대한화학회 창립 80주년과 미국화학회(American Chemical Society, ACS) 창립 150주년을 기념하는 뜻깊은 행사로 개최되어 국내외 화학자들과 관련 분야 연구자들의 큰 관심 속에 진행되었다. 제주도의 봄 정취와 함께 열린 이번 학술대회에는 국내 대학과 연구기관, 산업체 연구자뿐 아니라 해외 석학들도 다수 참여하여 최신 연구 성과를 공유하고 활발한 학술 교류를 이어갔다.

이번 학술대회에서는 기초강연 1건, 화학회 학술상 및 한만정 학술상 수상기념강연 2건, KCS 특별 심포지엄 5건, 분과별 심포지엄과 젊은 연구자 구두발표, 포스터 발표 및 기기전시회가 함께 진행되었다. 특히 지속가능 화학, AI 기반 신약개발, 첨단 소재, 에너지 화학, 바이오 융합

연구 등 미래 화학 연구의 핵심 분야를 중심으로 수준 높은 발표와 토론이 이어졌으며, 국제 공동연구 및 산학협력 확대 가능성을 확인할 수 있는 자리였다.

4월 15일(수)에는 한만정 학술상 수상 기념 강연을 시작으로 ACS 150주년 기념 심포지엄 시리즈인 ACS150 JACS Symposium, InnoCORE AI-CRED Symposium, BKCS-IBS Symposium, JKCS Symposium, 산학협력 Symposium이 개최되었다. 16일(목)에는 기초강연과 대한화학회 총회가 진행되었으며, 각 분과별 심포지엄과 젊은 연구자 구두발표가 이어졌다. 또한 이틀간의 포스터 발표 및 기기전시회에는 많은 회원들이 참여하여 활발한 학술 및 산업 교류가 이루어졌다. 17일(금)에는 학술상 수상 기념 강연과 함께 각 분과별 최신 연구 동향 발표 및 포스터 세션이 성황리에 진행되었다.

첫째 날 [4월 15일(수)]

2026 한만정학술상 수상 기념 강연

첫째 날에는 2026 한만정학술상 수상자인 옥강민 회원(서강대)의 수상 기념 강연이 진행되었다. 옥강민 회원은 “Engineering Noncentrosymmetric Materials through Systematic Solid-State Reaction Design: From Symmetry Control to Birefringent Crystals”를 주제로 강연을 진행하였다. 강연에서는 비중심대칭(noncentrosymmetric) 결정 물질의 체계적 설계 전략과 고체 상태 반응을 기반으로 한 기능성 결정 구조 형성 연구가 소개되었



다. 특히 비선형 광학 특성, 압전성, 강유전성 등 첨단 기능성 물질과 관련된 최신 연구 결과가 발표되어 많은 회원들의 관심을 모았다. 강연에서는 결정 구조 형성 과정에서 대칭성 제어가 물질 특성에 미치는 영향과 함께, 광학적 이방성을 극대화하기 위한 설계 전략이 상세히 소개되었다. 또한 향후 광학 소재와 차세대 전자재료 분야에서의 응용 가능성에 대한 논의도 이어졌으며, 기능성 무기재료 연구의 새로운 방향을 제시한 의미 있는 강연으로 평가받았다.



■ 2026 한만정학술상 수상 기념 강연
옥강민(서강대)

ACS150 JACS Symposium

대한화학회 창립 80주년과 ACS 창립 150주년을 기념하여 개최된 “ACS150 JACS Symposium: Transformative Chemistry for a Sustainable and Smart Future” 는 이번 학술대회 대표적 국제 특별 심포지엄 중 하나였다. 이번 심포지엄에는 Omar M. Yaghi(University of California, Berkeley), Linda F. Nazar(University of Waterloo), 천진우(연세대), Rigoberto Hernandez (Johns Hopkins University), Ching-Wen Chiu(National Taiwan University), Li Deng(Westlake University), 장석복(KAIST) 등 세계적인 석학들이 참여하였다.

2025년 노벨 화학상 수상자인 Omar M. Yaghi 교수는 COFs 기반 탄소 포집 기술과 지속 가능한 에너지 시스템에 대해 발표하였으며, Linda F. Nazar 교수는 차세대 전지 소재와 전해질 연구를 소개하였다. 천진우 교수는 나노의학 기반 정밀 치료 플랫폼 연구를 발표하였고, Rigoberto Hernandez 교수는 AI와 컴퓨터 기반 단백질

및 소재 설계 기술에 대해 강연하였다. 이어 Ching-Wen Chiu 교수와 Li Deng 교수는 유기합성과 촉매 분야의 최신 연구 성과를 소개하였으며, 장석복 교수는 금속 나이트레노이드 기반 C-N 결합 형성 반응 연구를 발표하였다.

이번 심포지엄은 지속가능 화학과 첨단 기능성 소재 연구의 미래 방향을 제시하였으며, 국내외 연구자 간 활발한 교류와 협력의 장이 되었다. 특히 ACS와 대한화학회 간 국제 협력의 상징적 의미를 갖는 행사로 회원들의 높은 관심 속에 진행되었다. 특히, 심포지엄 중간 휴식 시간에 진행된 노벨 화학상 수상자인 Omar Yaghi와 대화를 나누는 시간에는 여러 젊은 연구자들이 적극적으로 질문하며 소통하는 시간을 가지기도 하였다.



■ ACS150 Symposium
Omar M. Yaghi(UC Berkeley)

InnoCORE AI-CRED Symposium

“InnoCORE AI-CRED Symposium: AI-Driven Convergence in Drug Discovery: Design, Delivery, and Digital” 세션에서는 인공지능 기반 신약개발 연구의 최신 동향이 집중적으로 소개되었다. 이번 심포지엄에는 KAIST AI-CRED 연구진과 젊은 연구자들이 대거 참여하여 AI와 화학·생명과학 융합 연구의 최신 성과를 발표하였다.

김우연(KAIST) 교수는 차세대 바이오 파운데이션 모델인 K-Fold를 소개하며 단백질 구조 예측과 생체분자 설계 연구의 미래 가능성을 제시하였고, 이어 InnoCORE AI-CRED 소속의 15명의 박사후 연구원은 멀티모달 기반 단백질 구조 학습 모델 및 복합체 수준의 AI 기반 서열 표현 기술을 발표하였다. 또한 AI 기반 반응 예측, 단백질 결합

체 설계, 약물 전달 시스템 최적화, 생성형 AI 기반 de novo 단백질 설계 등 다양한 최신 연구들이 소개되었다.

특히 AI 기반 신약개발 플랫폼이 기존 화학 연구의 패러다임을 변화시키고 있다는 점이 강조되었으며, 화학·생명과학·데이터과학 간 융합 연구의 중요성에 대한 활발한 논의가 이어졌다. 회원들은 AI 기술이 향후 화학 연구와 제약 산업 전반에 미칠 영향에 대해 큰 관심을 보였다.



■ InnoCORE AI-CRED Symposium
김우연(KAIST)

BKCS-IBS Symposium

“Large-Scale Research Initiatives: The Engine of Chemical Excellence”를 주제로 개최된 BKCS-IBS Symposium에서는 국내 대형 연구사업과 화학 연구의 미래 방향에 대한 논의가 이루어졌다. 김유수(GIST) 교수, 문희리(이화여대), 정영미(강원대), 최명용(경상국립대), 남원우(이화여대), 옥강민(서강대) 등이 연사로 참여하였다.

이번 심포지엄에서는 MOF 기반 다중 스케일 연구 전



■ BKCS-IBS Symposium
문희리 (이화여대)

략, SERS 기반 바이오센싱 기술, 레이저 기반 원자 계면 제어 촉매 연구, 플라즈모닉 화학 환경 연구 등 다양한 첨단 화학 연구 주제가 발표되었다. 또한 BKCS가 국내 화학 연구 발전에 기여해 온 역할과 향후 국제 경쟁력 강화를 위한 방향에 대한 논의도 이어졌다. 특히 기초연구와 대형 연구 인프라의 중요성이 강조되었으며, 미래 화학 연구를 위한 장기적 연구 지원 체계의 필요성에 대한 공감대가 형성되었다.

JKCS Symposium

“JKCS Research Trends of Young Researchers” 심포지엄은 젊은 연구자들의 최신 연구 성과를 소개하는 자리로 마련되었다. 서정한(서강대), 김효진(숙명여대), 박지훈(경인교대), 김민준(경기대), 오주원(경북대) 교수 등이 참여하여 유기합성, 기능성 다공성 소재, 화학교육 및 나노반도체 소재 분야 연구 결과를 발표하였다.

젊은 연구자들은 독창적인 연구 아이디어와 도전적인 연구 주제를 중심으로 발표를 진행하였으며, 활발한 질의응답과 토론이 이어졌다. 특히 차세대 화학 연구를 이끌 신진 연구자들의 역량을 확인할 수 있는 의미 있는 자리였다.



■ JKCS Symposium
김효진(숙명여대)

Industry-Academia Symposium

산학협력 특별세션인 “Mass Spectrometry and the Analytical Instrument Industry” 심포지엄에서는 질량분석 기술과 분석장비 산업의 최신 동향이 소개되었다. 안현주(충남대), 김성환(경북대) 교수, 이준석(Agilent Technologies), 김현우(Waters Korea), 조건(KBSI) 박사

등 학계, 연구소·산업계 전문가들이 참여하여 산학연 첨단 질량분석 기술과 산업 응용 사례를 발표하였다. 이번 심포지엄에서는 바이오의약품 분석, 환경 분석, 정밀 질량분석 및 AI 기반 데이터 해석 기술 등이 소개되었으며, 첨단 분석 장비 산업의 미래 방향과 산학협력 확대 방안 에 대한 논의도 함께 이루어졌다.



Industry-Academia Symposium
안현주(충남대)

화학물질안전원 워크숍

비공개로 진행된 화학물질안전원 워크숍에서는 안전 관련 주제로 관련 연구자들의 자유 발표를 진행하였다. 장우동(연세대), 오한빈(서강대), 김현우(KAIST) 교수 등 여러 학계의 연구자들이 화학 폐기물 처리, 화합물 분석과 연구실 안전 등 다양한 화학 안전과 관련된 주제로 자유 발표와 토론이 진행되었다. 이번 워크숍에서는 앞으로 화학물질 안전을 위하여 학계와 연구계가 나아가야 할 방향에 대해 고민할 수 있는 기회가 되었으며 화학물



화학물질안전원 워크숍
오한빈(서강대)

질안전원과 화학회의 협력을 더욱 강화할 수 있는 기회를 계속 마련하기로 하였다.

둘째 날 [4월 16일(목)]

기조강연

둘째 날에는 두 건의 기조강연이 예정되어 있었지만 해외 기조강연 연사(Tobin J. Marks)의 항공편 연결 사정으로 취소가 되어 한 건의 기조강연이 진행되었다. 대한화학회 회장을 역임한 이필호 회원(강원대)은 “A Journey in Chemistry: Reflections on 36 Years of Research, Education, and Discovery”를 주제로 강연하였다. 유기합성 및 유기금속화학 분야에서의 오랜 연구 경험과 학문적 성과를 돌아보며, 후학 양성과 연구 철학에 대한 진솔한 이야기를 전하였다. 특히 연구 과정에서의 도전과 실패, 새로운 발견의 과정 등을 공유하며 젊은 연구자들에게 큰 영감을 주었다.



기조강연
이필호(제54대 대한화학회 회장, 강원대)

총회

기조강연 이후 탐라홀A에서 대한화학회 총회가 개최되었다. 전임회장단, 후원사 대표, 운영위원을 비롯한 회원들이 참석한 가운데 금교창 회장(KIST)의 개회사로 총회가 시작되었다. 이어서 대한화학회의 공식 후원사인 ㈜바이오니아의 박한오 대표와 화학물질안전원 박봉균 원장의 축사가 이어졌다.

시상식에서는 학술상(이희승, KAIST)을 시작으로 한만

■ 총회 및 시상

개회사: 금교창(제55대 대한화학회 회장, KIST)
 축사: 박한오(㈜바이오니아 대표)
 시상: 학술상(이희승, KAIST), 한만정학술상(육강민, 서강대), 우수논문상(신정철, 덕성여대), 학술진보상(BKCS)(오제민, 동국대) 교육진보상(BKCS)(박지훈, 경인교대), 전민제화학인상(이창규, 강원대), 화학경영자상(한태동, ㈜엠피스), 기술혁신상(이동기, 올릭스㈜), 2024-2025 운영진 공로패(이필호 전임회장, 오한빈 전임 총무부회장), 올림피아드 위원회 겨울학교 교장 감사패(송창식, 성균관대), 우수포스터 시상



정학술상(옥강민, 서강대), 우수논문상(신정철, 덕성여대), BKCS학술진보상(오제민, 동국대), JKCS 학술진보상(이종화, 한국표준과학연구원), 교육진보상(박지훈, 경인교대), 전민제화학인상(이창규, 강원대), 화학경영자상(한태동, ㈜애플티스), 기술혁신상(이동기, 올릭스㈜)을 시상하였다. 지난 2년간 화학회를 이끌어주신 운영위원들을 대표하여 이필호 전임회장과 오한빈 전임총무부회장에게 공로패를 수여하였으며 올림피아드 겨울학교 교장으로 헌신한 송창식(성균관대) 회원에게 감사장을 수여하였다. 마지막으로 우수한 포스터 발표를 한 학생들에게 시상을 하며 시상 순서를 마쳤다.

총회에서는 회무 및 재정 현황 보고와 함께 각종 규정 개정안, 사업 계획 및 예산안 심의가 이루어졌으며 여러 보고 안전 및 심의 안전에 관한 검토가 이루어졌다. 특히 올해는 주무관청의 요청과 화학회 운영 환경 변화 등을 반영하여 법령 정합성 및 의사결정의 투명성과 책임성을 강화하기 위하여 학회 정관의 전면 개정을 보고하고 승인을 하는 중요한 절차를 진행하였다. 이후 회원들은 대한화학회의 향후 발전 방향과 국제 경쟁력 강화 방안에 대해 다양한 의견을 나누었으며, 학회 운영의 발전 방향에 대한 토론이 이어졌다.

분과별 심포지엄 및 구두발표

16일에는 고분자화학, 무기화학, 물리화학, 분석화학,

생명화학, 유기화학, 의약화학, 재료화학, 전기화학, 화학교육, 환경에너지화학 등 다양한 분과에서 심포지엄과 젊은 연구자 구두발표가 진행되었다.

각 세션에서는 AI 기반 화학 연구, 차세대 촉매, 지속가능 에너지 소재, 생체분자 분석, 환경 촉매 및 전기화학 시스템 등 최신 연구 성과가 발표되었으며, 분야 간 융합 연구에 대한 논의도 활발히 이루어졌다. 특히 젊은 연구자들의 창의적인 연구 결과 발표는 회원들의 큰 관심을 받았다.

포스터 발표 및 기기전시회

포스터 발표와 기기전시회가 함께 진행되어 학계와 산업계 연구자 간 활발한 교류가 이어졌다. 이번 기기전시회에는(16-17일) 공식 후원사인 바이오니아, 동우화인켄 등 총 46개 기업이 참가하여 다양한 분석 장비와 첨단 연구 플랫폼이 소개되었으며, 참가 기업들은 최신 기술과 제품을 회원들에게 선보였다.

셋째 날 [4월 17일(금)]

2026 학술상 수상 기념 강연

셋째 날에는 2026 학술상 수상자인 이희승 회원(KAIST)



■ 포스터 발표 및 기기전시장

의 수상기념강연이 진행되었다. 이희승 회원은 “Chiral Molecular Architectures from Helical Foldamers”를 주제로 강연하였다. 강연에서는 foldamer 기반의 키랄 분자 구조체 설계와 초분자 구조 형성 연구가 소개되었으며, 구조적 정보가 고차원적 기능으로 연결되는 새로운 화학적 개념이 제시되었다. 특히 분자 수준의 구조 정보가 초분자 구조와 기능으로 확장되는 과정과 금속-폴다머 네트워크 기반 구조체 설계 전략이 상세히 소개되었으며, 차세대 기능성 분자 설계 연구의 새로운 방향을 제시한 강연으로 평가받았다.



■ 학술상 수상 기념 강연
이희승(KAIST)

분과별 심포지엄 및 포스터 발표

17일에는 재료화학, 공업화학, 분석화학, 의약화학, 전

기화학, 유기화학 등 각 분과별 심포지엄과 포스터 발표가 이어졌다. “70 Years of Living Polymerization”, “Recent Advances in Nanomaterials”, “The 2nd Korea-Thailand Joint Symposium on Analytical Chemistry” 등의 세션에서는 최신 연구 동향과 국제 공동연구 성과가 발표되었다. 특히 분석화학 분야에서는 한국-태국 공동 심포지엄이 개최되어 국제 학술 교류의 폭을 넓혔으며, 재료화학과 전기화학 분야에서는 차세대 에너지 저장 소재 및 전기촉매 연구에 대한 활발한 논의가 이루어졌다. 포스터 발표장에서는 젊은 연구자들의 다양한 연구 결과가 소개되었으며, 회원 간 자유로운 토론과 교류가 이어졌다. 우수 포스터 발표자에 대한 시상과 함께 경품 이벤트도 진행되어 참가자들의 큰 호응을 얻었다.

맺음말

대한화학회 제137회 학술발표회, 총회 및 기기전시회는 대한화학회 창립 80주년을 기념하는 역사적 의미와 함께, 국내외 화학 연구자들이 최신 연구 성과를 공유하고 미래 화학 연구의 방향을 논의하는 중요한 학술 교류의 장이 되었다. 지속가능 화학, AI 기반 화학 연구, 첨단 기능성 소재, 바이오 융합 및 에너지 화학 등 미래 화학의 핵심 분야를 중심으로 활발한 발표와 토론이 이루어졌으며, 국내 화학 연구의 국제 경쟁력과 연구 역량을 다시



■ 우수 포스터상 시상 및 경품추첨



한번 확인할 수 있었다.

특히 학계와 산업계, 국내외 연구자 간 긴밀한 협력의 중요성이 강조되었으며, 미래 화학 연구의 발전 가능성을 공유하는 뜻깊은 시간이 되었다. 제주에서 개최된 이

번 학술대회는 회원들의 적극적인 참여와 협조 속에 성공적으로 마무리되었으며, 대한화학회의 새로운 도약과 미래 발전을 위한 의미 있는 발판이 되었다.



■ 2026-2027 대한화학회 운영진

제137회 대한화학회 학술발표회, 총회 및 기기전시회

대한화학회상 수상자 프로필

☆ 학술상



이희승
KAIST 화학과

이희승 교수는 KAIST 화학과에서 학사(1990), 석사(1992), 박사(1996) 학위를 취득한 후 삼성정밀화학 기술연구소에서 선임연구원으로 근무한 뒤, 미국 University of Wisconsin-Madison에서 박사후 연구를 수행하였다. 이후 KAIST 화학과 교수로 부임하여 현재 KAIST 화학과 석좌교수이자 KAIST InnoCORE AI-혁신신약연구단 연구단장으로 재직 중이다. 비천연 펩타이드 기반 플래머를 모델 시스템으로 활용하여, 분자 수준의 구조 정보가 고차 자기조립 구조와 기능으로 전이되는 근본 원리를 규명해 왔다. 특히 Foldecture라는 독창적인 분자 설계 개념을 정립함으로써, 정밀한 분자 아키텍처 구축을 위한 새로운 설계 패러다임을 제시하였으며, 이를 바탕으로 복잡한 화학 시스템의 구현 원리를 일반화해 왔다. 또한 SRC 멀티스케일 카이랄 구조체 연구센터 센터장(2018~2025)으로 관련 분야의 융합 연구를 이끌었고, 대한화학회 학술실무이사(2016~2017), 유기화학분과회 총무부회장(2016), 감사(2024~2025), 유기화학분과회 회장(2025)을 역임하였다. 대한화학회 장세희 학술상(2011)과 Sigma-Aldrich상(2016), 이달의 과학기술자상(2018.03)을 수상하였다.

☆ 한만정 학술상



옥강민
서강대 화학과

옥강민 교수는 서강대학교 화학과에서 학사(1996) 및 석사(1998) 학위를 취득하였으며, 이후 미국 휴스턴 대학교에서 박사 학위(2003)를 받았다. 미국 휴스턴 대학교와 영국 옥스퍼드 대학교에서 박사후 연구원을 거쳐 2007년부터 중앙대학교에서 교수로 재직하였고, 2019년부터는 서강대학교 화학과 교수로 재직 중이다. 중앙대학교 학술상(2010), 대한화학회 무기화학분과 젊은무기화학자상(2016) 및 우수연구자상(2019), 서강알바트로스학술상(2023, 2025), 대한화학회 김기문학술상(2025)을 수상하였다. 대한화학회 홍보실무이사(2015), 총무실무이사(2016~2017), 기획부회장(2020~2021), 무기화학분과회 회장(2023) 등을 맡아 활동을 수행하였고, Materials Today Physics 및 Journal of Alloys and Compounds의 객원 편집자로도 활동하였으며, 현재는 글로벌 리더연구 비중심대칭 재료 물질 연구단장을 맡고 있다. 대표적인 연구 성과로는 비중심대칭 구조를 갖는 신물질의 합성 및 특성 분석이 있으며, 총 319편의 학술 논문 발표를 통해 초거대 복굴절 결정 및 자외선 비선형 광학 재료 분야에서 선도적인 연구를 이어가고 있다.

☆ 전민제 화학인상



이창규
강원대 화학과

이창규 교수는 연세대 화학과를 졸업(1971)하고 미국 University of Minnesota에서 Ph.D. (지도교수: Wayland E. Noland) 학위(1976)를 받았다. 같은 대학 약화학과에서 Post-doctor로 연구를 수행(지도교수: Robert Vince)하다가 귀국하여 연세대 화학과 조교수(1977-1979)로 재직하였다. 1980년 1월부터 Vince 교수 연구실에서 2년간 특별연구원으로 근무하다가 강원대학교 화학과에 1982년 3월 부임하여 교수로 재직하고 2012년 8월 정년퇴임하였다. 이 기간 중 University of Minnesota 화학과에 방문교수로 4회(1987, 1993, 2000, 2005-6)에 걸쳐 1년간씩 연구를 수행하였다. 재직 기간 중 강원대 공동실험실습관장과 구조조정 비상대책위원회 위원장직을 수행하였다. 1995년부터 헤테로고리 화합물의 화학 심포지엄을 조직하여 30년간 지속되는 발판을 마련하였으며, 정년퇴임 후 고향인 원주시 부론면 생가에 어린이들을 위한 과학실(지혜탐구교실)을 마련하여 어린이집과 초등학교 학생들에게 과학 교육봉사 활동을 하고 있다.

☆ 화학경영자상



한태동
(주)엠피스
디티앤씨바이오그룹

한태동 대표이사는 경희대 화학과에서 학사학위(97년 졸업)와 동대학원에서 석사, 박사학위를 받았다. 한국과학기술연구원(KIST) 의약연구센터에서 연구원 생활을 시작하였으며, 2000년유한양행 합성신약팀으로 입사하여 신약개발 연구를 본격적으로 시작하게 되었다. 당뇨병, 항암제 등 다양한 합성신약 치료제 개발을 30개 이상 프로젝트를 수행하였으며, 2016년부터는 유한양행 신약합성팀의 팀장을 역임하면서 합성신약개발 총괄 업무를 수행하였다. 특히 유한양행 재직 당시 FDA에 승인 받은 폐암치료제인 '렉라자'를 존슨앤존슨에 1조 6000억원 규모로 기술이전하는데 주도적인 역할을 하였으며, 아울러 길리어드와는 MASH 치료제를 1조원 수준에 기술이전하는데에도 기여하였다. 2020년부터는 동아ST 연구본부 상무로 합성신약실장을 역임하였으며, 2023년부터는 동아쏘시오그룹 자회사인 ADC 신약개발 전문 기업인 엠피스 대표이사를 역임하는 등 연구 개발과 함께 사업화를 아우르는 경험을 보유했다. 2026년 4월부터는 디티앤씨바이오그룹 부회장으로 이직하여 그룹의 전반적인 업무를 총괄하는 역할을 수행하고 있으며, 현재 대외 활동으로는 한국제약바이오협회 인공지능신약전문위원회 회장과 한국의약학회 회장을 역임 중이다.

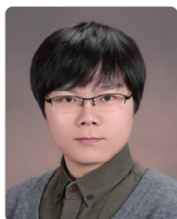
☆ 기술혁신상



이동기
올릭스 주식회사

이동기 올릭스 대표이사는 한국과학기술원(KAIST)에서 화학 학사 학위를, 미국 코넬대학교(Cornell University)에서 분자생물학 박사 학위를 취득한 후 박사후 연구과정을 밟았다. 이후 2004년부터 포항공과대학교(POSTECH) 화학과 조교수로 근무하였으며, 2008년부터 현재까지 성균관대학교 화학과 교수로 재직 중이다. 2008년부터 약 10년간 하버드 의과대학과의 공동 프로젝트인 'Global Research Laboratory for RNAi Medicine'의 연구책임자로 활동하였으며, 학술지 'Nucleic Acid Therapeutics'의 아시아 편집위원, 그리고 국제학술지 'Molecular Therapy - Nucleic Acids'의 편집위원 등을 역임하고 있다. 이대표는 독자적으로 개발한 비대칭 RNA 간섭 치료제 플랫폼을 기반으로 2010년 올릭스를 창립하고, 2018년 코스닥 시장에 상장시켰다. 이후 올릭스의 치료제 파이프라인과 플랫폼 기술을 바탕으로, 일라이 릴리(Eli Lilly)와 로레알(L'Oréal) 그룹 등 글로벌 파트너사와의 협력을 성사시키며, 학문적 성과의 성공적인 사업화를 통해 바이오 산업 발전에 기여하고 있다.

☆ 우수논문상



신정철
덕성여대 화학과

신정철 교수는 한국과학기술원(KAIST) 화학과에서 2015년 학사(지도교수: 이윤호), 2021년 박사학위(지도교수: 박기영)를 취득한 후 박기영 교수님 지도 하에 2년간의 박사후 연구원을 거쳐 2023년부터 덕성여자대학교 화학과에 재직 중이다. 이후 덕성여자대학교 화학과 학과장(2025-현재), 과학기술대학 교학부장(2026-현재)을 역임 중이며, 학과의 발전을 위해 노력하고 있다. 덕성여자대학교 학생들과 함께 스피너화학 유기금속화학에 대한 분광학/계산화학 기반 메커니즘 연구를 활발히 수행중이며, 그 외에도 분야를 막론하고 다양한 공동연구를 통해 연구성과를 창출하고 있다. 2024년 BKCS에 제출된 두 편의 분광학 리뷰 논문들은 유기화학/무기화학 분야의 학생들을 위한 좋은 교보재라는 평을 들으며 높은 피인용수를 통해 한국화학의 발전에 이바지하고자 노력하고 있다.

☆ 학술진보상(BKCS)



오제민
동국대 화학과

오제민 교수는 서울대학교 화학과에서 학사(2000년)를 취득한 후 동 대학원에 진학하여 고체화학 전공으로 이학박사(2004년, 지도교수: 최진호)를 취득하였다. 이후 프랑스 몽펠리에 소재 Institut Européen des Membranes와 이화여자대학교 나노과학부에서 박사후 연구원으로 나노재료의 표면 개질 및 응용 연구를 수행하였다. 2008년부터 연세대학교 미래캠퍼스 화학및화학학과 교수로 재직하였으며, 2019년부터 현재까지 동국대학교 에너지신소재공학과 교수로 재직 중이다. 금속이종중수산화물을 비롯한 다양한 2차원 층상 구조를 설계·합성하여 생물의학 및 환경 분야 응용 연구를 수행하고 있다. 관련 분야에서 학술논문 190여 편을 발표하였으며, 대한화학회 KCS-Wiley 젊은 화학자상과 젊은재료화학자상을 수상하였다.

☆ 학술진보상(JKCS)



이종화
한국표준과학연구원

이종화 박사는 포항공과대학교 화학과에서 학사(2012)와 박사(2017) 학위를 취득하고 2017년부터 한국표준과학연구원 무기측정그룹에서 선임연구원으로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 측정학(metrology) 기초 및 질량분석법을 활용한 무기분석 분야 인증표준물질(CRM) 개발으로, 식품, 환경, 소재, 임상 등 다양한 분야의 측정법을 개발하고 적용하여 10종 이상의 인증표준물질을 개발하였다. 2020년부터는 국제표준화기구(ISO) 표준물질 기술위원회(TC 334)에서 한국 대표로 참여하고 있으며 2021년에는 WG 14의 의장으로 지명되어 ISO 33401:2014 개발을 주도하였고 이후 TC 334의 의장단으로 활동하고 있다. 측정학과 표준물질 분야에 대한 국내 이해 증진을 위해 관련 자료 작성, 교육 및 세미나 활동도 활발히 하고 있다.

 교육진보상


박지훈
경인교대 과학교육과

박지훈 교수는 부산대학교 화학교육과를 졸업하고 동 대학원에서 남정희 교수의 지도하에 교육학석사 및 교육학박사 학위를 취득하였다. 중학교와 과학고등학교에서 교사로 재직하였으며, 현재 경인교육대학교 과학교육과 교수로 재직하며 과학 교수 역량을 갖춘 초등교사 양성에 힘쓰고 있다. 주요 연구 분야는 초등과학교육, 화학교육 및 영재교육이다. 최근에는 학교 과학 실험실 안전 관리 체계의 내실화와 인공지능(AI)을 활용한 과학교육 방법론 연구에 주력하고 있다. 현장 경험과 학문적 전문성을 바탕으로, 교사와 학생이 안전하고 지능형 환경에서 탐구의 본질에 집중할 수 있는 실천적 교육 토대를 마련하는 데 연구 역량을 집중하고 있다.

제137회 대한화학회 학술발표회, 총회 및 기기전시회

시상내역

대한화학회상

- **학술상** : 이희승(KAIST)
- **한만정 학술상** : 옥강민(서강대)
- **우수논문상** : 신정철(덕성여대)
- **학술진보상** : BKCS 오제민(동국대)
JKCS 이종화(한국표준과학연구원)
- **교육진보상** : 박지훈(경인교대)
- **전민제 화학인상** : 이창규(강원대)
- **화학경영자상** : 한태동((주)엠피스)
- **기술혁신상** : 이동기(올릭스 주식회사)

공로패

- **회장** : 이필호(강원대)
- **부회장** : 오한빈(서강대, 총무), 홍창섭(고려대, 기획), 신승훈(한양대, 학술), 조규봉(서강대, 홍보), 이 혁(한국화학연구원, 산학협력), 박진균(서울대, 국제협력), 박현주(조선대, 교육)
- **실무이사** : 김형민(국민대, 총무), 박성진(인하대, 총무), 김현우(KAIST, 총무), 정광섭(고려대, 기획), 김두리(한양대, 기획), 안현서(연세대, 기획), 송창식(성균관대, 학술), 조은진(중앙대, 학술), 김석희(서울대, 학술), 이현수(서강대, 홍보), 문회리(이화여대, 홍보), 이준석(한양대, 홍보), 남기엽(파로스아이비바이오(주), 산학협력), 임상민(KIST, 산학협력), 한수봉(한국화학연구원, 산학협력), 홍승우(KAIST, 국제협력), 윤명한(GIST, 국제협력), 조승환(POSTECH, 국제협력), 이안나(전북대, 교육), 김현우(POSTECH, 교육)

감사패

- **강원지부** : 정찬문(연세대)
- **경남지부** : 임재민(국립 창원대)

- **광주·전남지부** : 이선우(전남대)
- **대구·경북지부** : 홍승태(DGIST)
- **대전·충남·세종지부** : 김 철(한남대)
- **부산지부** : 김효준(동아대)
- **울산지부** : 이민형(울산대)
- **인천지부** : 김태현(인천대)
- **전북지부** : 이영아(전북대)
- **충북지부** : 김 민(경희대)
- **국제협력위원회 위원장** : 최철호(경북대)
- **연구윤리위원회 위원장** : 구상호(명지대)
- **출판위원회 위원장** : 류도현(성균관대)
- **화학교육위원회 위원장** : 박종석(경북대)
- **화학대중화위원회 위원장** : 김태영(GIST)
- **화학전공학위인증위원회 위원장** : 장우동(연세대)
- **올림피아드 겨울학교장** : 송창식(성균관대)

포스터상

- ◎ **동우화인켄(주) 포스터상** : 김명진(제주대), 김예인(연세대), 윤초록(KAIST), 정문경(경북대), 정시연(경상국립대)
- ◎ **(주)바이오니아 포스터상** : 김영호(KAIST), 손영준(POSTECH), 장서영(UNIST), 장호연(고려대), 최형운(서울대)
- ◎ **BKCS 포스터상** : 강민상(KAIST), 김민수(KAIST), 김은실(과학기술연합대학원대학교), 김찬규(부산대), 박준서(경상국립대), 송무건(GIST), 임승영(한양대), 주혜원(KAIST), 천승범(연세대), 황윤하(전북대)
- ◎ **RSC 포스터상** : 강 윤(동국대), 김나윤(충남대), 김지니(서울과기대), 박연우(인하대), 안연진(동아대), 양준영(동아대), 엄봉혁(인천대), 이재혁(한국교원대), 전진영(고려대), 홍성인(서울대)

제137회 대한화학회 학술발표회, 총회 및 기기전시회

우수포스터

고분자화학분과회

POLY.P-34 <바이오니아(주) 포스터상>

Sequence Distribution Regulation in Polyacrylate Upcycling via (Thio)urea-Catalyzed Transesterification.

Youngho Kim, Eunseo Cho, Myungeun Seo*

Department of Chemistry, KAIST, Korea

POLY.P-50

Senescence-Selective Senolytic Therapy for Age-Related Macular Degeneration Enabled by a Self-Assembling Pro-drug.

Jiwon Jang, Ja-Hyoung Ryu*

Department of Chemistry, UNIST, Korea

POLY.P-74 <RSC 포스터상>

Zwitterionic Chitosan Antifouling Coatings for Reducing Infection and Thrombogenicity in Blood Contacting Devices.

Nayun Kim, Woo Kyung Cho*

Department of Chemistry, Chungnam National University, Korea

공업화학분과회

IND.P-81

Molecular Weight-Controlled Silk Fibroin/Gellan Gum Hydrogels via Silk Fibroin Hydrolysis for Tunable Mechanical and Biological Properties in Tissue Engineering.

Hosoo Shin, Gilson Khang^{1,*}

Bionanotechnology and BioConvergence Engineering, Jeonbuk National University, Korea

¹*Department of Polymer Nano Science & Technology, Jeonbuk National University, Korea / Polymer Materials Fusion Research Center, Jeonbuk National University, Korea*

무기화학분과회

INOR.P-86 <RSC 포스터상>

Nanoscale Covalent Organic Frameworks for Enhanced Photodynamic Therapy.

Yeonwoo Park, Seounghun Kang^{1,*}, Dong Won Kang*

Department of Chemistry, Inha University, Korea

¹*Department of Chemistry, Soongsil University, Korea*

INOR.P-132

Electric Field Driven In-Situ Redistribution of an Insulating/Conductive Bilayer Interphase for Dendrite-Free Lithium Metal Anodes.

Jaeseong Kim, Jeho Suh, Haksung Jung^{1,*}, Won Cheol Yoo^{2,*}

Department of Applied Chemistry, Hanyang University, Korea

¹*Precision Biology Research Center, Sungkyunkwan University, Korea*

²*Department of Chemical and Molecular Engineering, Hanyang University, Korea*

INOR.P-138 <BKCS 포스터상>

Dual-Photoluminescent Au(I) Complex with Abnormal Carbene Ligand: A Highly Sensitive Sensor for Phenyl Sulfate.

Seung Beom Cheon, Youngmin You*

Department of Chemical & Biological Engineering, Yonsei University, Korea

INOR.P-181

AI-Assisted Enhancement of Thermoelectric Properties in the Yb_{14-x}Ca_xMn_{1-y}Al_ySb₁₁ Zintl System.

Junsu Lee, Tae-Soo You*

Department of Chemistry, Chungbuk National University, Korea

INOR.P-188 <공식후원사 협찬 대학(원)생 선정 포스터상>

Homoconjugation-Driven Real-Space Topological Bands in a Triptycene-Based 2D Conductive Metal-Organic Framework.

Geunchan Park, Sarah Sunah Park^{1*}

Department of Chemistry, POSTECH, Korea

¹*Department of Chemistry, KAIST, Korea*

INOR.P-216 <BKCS 포스터상>

Dynamic Modulation of the Diiron Center by Auxiliary Components in Methane Monooxygenase.

Yunha Hwang, Dong-Heon Lee, Seung Jae Lee^{1*}

Department of Chemistry, Jeonbuk National University, Korea

¹*Department of Chemistry, Jeonbuk National University, Korea / Institute of Molecular Biology & Genetics, Jeonbuk National University, Korea*

INOR.P-233

A Dinickel Carbonite Species Acts as a NiI Synthone and Ni-bound CO₂ Radical.

Sanha Park, Yunho Lee*

Department of Chemistry, Seoul National University, Korea

INOR.P-252 <바이오니아(주) 포스터상>

Electronic Asymmetry in a Low-Valent Platform for Catalytic Methane Activation and Nitrate Reduction.

Yeong Jun Son, Yeongjun Yu, Seung Jun Hwang*

Department of Chemistry, POSTECH, Korea

INOR.P-261

Maximizing Metal/Metal Oxide Hetero-Interfaces Via MOF-Derived Structural Transformation.

Jihyo Kim, Taehyun Kwon*

Department of Chemistry, Incheon National University, Korea

물리화학분과회

PHYS.P-309 <RSC 포스터상>

Visible-Light-Driven Plasmonic Degradation of Polyeth-

ylene Microplastics in Water Tracked by In Situ SERS.

Junyeong Yang, Seunghoon Lee*

Department of Chemical Engineering (BK21 FOUR Graduate Program),

Dong-A University, Korea

PHYS.P-328

Charge-Induced CO₂ Activation on aza-PAH Supported Single-Atom Transition Metal Catalysts.

Minhyeok Noh, Sang Hak Lee*

Department of Chemistry, Pusan National University, Korea

PHYS.P-342

Divergence of Multiexciton Dynamics of Directly Linked TIPS-Pentacene Dimer in Cryogenic Temperature.

Byeong Joo Kang, Woojae Kim*

Department of Chemistry, Yonsei University, Korea

PHYS.P-356 <동우화인켐(주) 포스터상>

CO₂ Laser-Induced PdIrPt Ternary Alloy as a High-Performance Electrocatalyst for Seawater HER and Rechargeable Zn-Seawater Batteries.

Sieon Jung, Myong Yong Choi*

Department of Chemistry, Gyeongsang National University, Korea

PHYS.P-362

Laser-Engineered Ru Single-Atoms on Co₃O₄ Enable Selective PET Upcycling to Formate and Concurrent Nitrate Reduction.

Jangyun Kim, Theerthagiri Jayaraman, Myong Yong Choi*

Department of Chemistry, Gyeongsang National University, Korea

PHYS.P-410

Quantum Interference Enables a Global Search Paradigm.

Kyohyun Hwang, Seunghoon Lee^{1*}

Computational Quantum Chemistry Lab, Seoul National University, Korea

¹*Department of Chemistry, Seoul National University, Korea*

PHYS.P-432 <BKCS 포스터상>

How Phase Separation Reshapes a Simple Gene Regulation System.

Chan-Gyu Kim, Jeong-Mo Choi*

Department of Chemistry, Pusan National University, Korea

PHYS.P-451 <BKCS 포스터상>

One-Pot Synthesis of PdAgCu Worm-like Nanowire and Electrocatalytic Property Toward Ethanol Oxidation.

Junseo Park, Young Wook Lee*

Department of Chemistry Education, Gyeongsang National University, Korea

PHYS.P-472

pH-Dependent Aggregation of Amyloid- β 1-42: Insights from Coarse-Grained Molecular Dynamics Simulations.

Janghee Hong, Rakwoo Chang*

Department of Applied Chemistry, University of Seoul, Korea

PHYS.P-488 <동우화인켐(주) 포스터상>

Generation of a High Valent Dinuclear Nickel(IV)–Peroxo Species Derived from O₂ Activation of an Organonickel(III) Complex.

Chorok Yoon, Jiseon Lee*, Kiyoung Park*

Department of Chemistry, KAIST, Korea

PHYS.P-493

Modeling Aqueous Proton Transfer via Reactive λ -Dynamics Simulation.

Sangmin Lee, Chang Yun Son*

Department of Chemistry, Seoul National University, Korea

분석화학분과회**ANAL.P-8**

Abiotic Phosphorylation of Sugars in Aqueous Microdroplets Using Induced Electrospray Ionization Mass Spectrometry (inESI-MS).

Juhui Shin, Sangwon Cha*

Department of Chemistry, Dongguk University, Korea

ANAL.P-11 <RSC 포스터상>

Development of Superabsorbent Polymer Microbeads for Integrated Pretreatment and Cancer Biomarker Detection.

Bonghyeok Eom, Sunghyun Ki, Dong-Ku Kang*

Department of Chemistry, Incheon National University, Korea

ANAL.P-18 <BKCS 포스터상>

Elucidating Lignin Depolymerization Pathways by Combined NMR, FT IR, and GC–MS Analyses of Technical Lignin and a β -O-4 Model Compound.

Seungyoung Im

Department of Applied Chemistry, Hanyang University, Korea

ANAL.P-56

Base-Free Carbon-Carbon Coupling Reaction Enabled by Plasmonic Hot Charge Carriers.

Juhee Ha, Youngsoo Kim*

Department of Chemistry, Yeungnam University, Korea

ANAL.P-108 <동우화인켐(주) 포스터상>

Lateral Flow Assay with Peroxidase Mimicking Nanozyme for Detection of Transglutaminase 2.

Mun Gyeong Jeong, Yeon Joo Son, Hye Jin Lee*

Department of Chemistry, Kyungpook National University, Korea

생명화학분과회**LIFE.P-114 <바이오니아(주) 포스터상>**

An Inner Mitochondrial Membrane–Targeting α -Helical Bundle Peptide Self-Assembles to Enhance Cell Penetration and Restores Mitochondrial Function via Cardiolipin Clustering.

Hyeong Woon Choe, Yan Lee*, Jaehoon Yu¹*

Department of Chemistry, Seoul National University, Korea

¹*Department of Chemistry Education, Seoul National University, Korea*

LIFE.P-121

Super-Resolution Imaging Uncovers NAD⁺-Transporting Probiotic EVs as Nanotherapeutics for Anti-Inflammatory Regulation.

Ga-Eun Go, Bo Kyoung Hwang¹, Sang-Oh Choi, Doory Kim*

Department of Chemistry, Hanyang University, Korea

¹*R&I Division, LG H&H, Korea*

유기화학분과회

ORGN.P-178

Development of α -Helix Mimetic Peptoids via Sequential Orthogonal Macrocyclization.

Minseon Lim, Yong-Uk Kwon*

Department of Chemistry & Nanoscience, Ewha Womans University, Korea

ORGN.P-205 <BKCS 포스터상>

Photocatalytic Radical Umpolung Enables Regioselective Strain-Release Difunctionalization of (Aza)bicyclo[1.1.0] butanes.

Hyewon Ju, Sungwoo Hong*

Department of Chemistry, KAIST, Korea

ORGN.P-231

Outer-Sphere NiH Catalysis for Asymmetric Hydroarylation of Unactivated Alkenes.

Leejae Kim, Sungwoo Hong^{1,*}

Department of Chemistry, KAIST, Korea / Department of Chemistry, IBS, Korea

¹*Department of Chemistry, KAIST, Korea*

ORGN.P-270

Stereoselective Synthesis of (*E*)-Vinyl Sulfides via Visible-Light-Induced Alkyne Disulfidation.

Sujith Karinkara Periyarath, Anna Lee*

Department of Chemistry, Jeonbuk National University, Korea

ORGN.P-290 <RSC 포스터상>

Total Synthesis of Fexuprazan.

Jinyeong Jeon, Cheol-Hong Cheon*

Department of Chemistry, Korea University, Korea

ORGN.P-309

Photodimerization-Induced Stepwise Tunable Thiophene-Benzothiazole Derivatives for Optical Displays.

Kang Ho Chu, Woo-Dong Jang*

Department of Chemistry, Yonsei University, Korea

ORGN.P-344 <바이오니아(주) 포스터상>

Pioneering Early Diagnosis of Alzheimer's Disease via Molecular Plasma Analysis.

Hoyeon Jang, Hyeonji Rha, Eunji Kim, Kippeum Lee, Yujin Kim, Jiyoung Yoo, Changyu Yoon, Sumin Kim, Sunghyun Kim, Jong Seung Kim*

Department of Chemistry, Korea University, Korea

ORGN.P-369

Chemo-Upgrading of Biomass-Derived Levulinic Acid into Value-Added Platform Chemicals.

Geunho Kim, Jung Woon Yang*

Department of Energy Science, Sungkyunkwan University, Korea

ORGN.P-393 <BKCS 포스터상>

One Architecture, Two Pathways: Hierarchical Bias from Molecular Chirality in Peptide Assemblies.

Minsang Kang, Jintaek Gong¹, Seonggon Lee², Seunghoon Lee³, Sang Woo Han, Dong Ki Yoon, Hyotcherl Ihee^{4,*}, Hee-Seung Lee^{5,*}

Department of Chemistry, KAIST, Korea

¹*Department of Chemistry Education, Suncheon National University, Korea*

²*Center for Advanced Reaction Dynamics, IBS, Korea*

³*Department of Chemical Engineering (BK21 FOUR Graduate Program), Dong-A University, Korea*

⁴*Department of Chemistry, IBS, Korea / KAIST, Korea*

⁵*Department of Chemistry, Korea / Department of Chemistry, KAIST, Korea*

ORGN.P-400 <공식후원사 협찬 대학(원)생 선정 포스터상>

Thiourea-Catalyzed Enantioselective 1,4-Deacetylation of N-Aromatic Zwitterions.

Jihui Lee, Eun Jeong Yoo^{1,*}

Department of Chemistry, Kyung Hee University, Korea

¹*Department of Applied Chemistry, Kyung Hee University, Korea*

ORGN.P-401 <BKCS 포스터상>

Regio-Orthogonal Single N-Atom Insertion into Indoles via NO Translocation.

Mugeon Song, Ilju Jeong, Won-Jin Chung*

Department of Chemistry, GIST, Korea

의약화학분과회**MEDI.P-537 <BKCS 포스터상>**

N-Cyano Sulfoximine-Mediated Thiazole Ligation with N-Terminal Cysteine.

Eunsil Kim, Jiyoung Hyun¹, Jiho Song, Hwan Jung Lim^{2,*}, Seong Jun Park^{2,*}

Medicinal Chemistry, University of Science and Technology, Korea

¹*Data Convergence Drug Research Center, Korea Research Institute of Chemical Technology, Korea*

²*Center for Medicinal Chemistry, Korea Research Institute of Chemical Technology, Korea*

MEDI.P-540 <공식후원사 협찬 대학(원)생 선정 포스터상>

PC-1 as a Lead Alkaloid Targeting GSK3 β to Activate NRF2/GPX4-Mediated Ferroptosis Resistance in Neurons.

Sang Qui Ngoc Nguyen, Seong-Hee Ko¹, Jun-Seok Lee², Jae Wook Lee^{3,*}

Center for Natural Product Efficacy Optimization, KIST, Korea

¹*Department of Pharmacology, Gangneung-Wonju National University, Korea*

²*School of Transdisciplinary Innovation & Department of Chemistry, Seoul National University, Korea*

³*Natural Product Research Center, KIST, Korea*

MEDI.P-573

Discovery of Anti-Inflammatory Drugs Targeting STING Pathway for Treatment of Autoimmune Diseases.

Ji Hoon Kwon, Jeong Yeon Yoo, Seung Bum Park*

Department of Chemistry, Seoul National University, Korea

MEDI.P-602

Sulfur-Fluoride Exchange (SuFEx) in Medicinal Chemistry: Synthetic Strategies and Applications.

Soobok Kim, Han Yong Bae*

Department of Chemistry, Sungkyunkwan University, Korea

MEDI.P-615 <RSC 포스터상>

Synthesis of Avenanthramide C and Its Analogs Utilizing Classical Condensation, Saponification and Acidification.

Yeon Jin An, Jonghyun Cho^{1,*}, Eun Rang Choi, Eun Bin Cho

College of Health Science, Dong-A University, Korea

¹*College of Medicinal Biotechnology, Dong-A University, Korea*

MEDI.P-649 <바이오피아(주) 포스터상>

Progress toward the Bpa-based BacPROTAC Strategy.

Seo Yeong Jang, Jung-Min Kee*

Department of Chemistry, UNIST, Korea

재료화학분과회**MAT.P-426 <동우화인켐(주) 포스터상>**

Understanding Synthesis Space in Ligand-Assisted Re-precipitated CsPb(Br_xI_{1-x})₃ Perovskite Nanocrystals.

Yein Kim, Jonghee Yang*

Department of Chemistry, Yonsei University, Korea

MAT.P-480

Size-Dependent Bandgap Modulation and Recombination Dynamics in Formamidinium lead iodide Quantum Dots: Exploring the Limits of Quantum Confinement.

Jaeun Han, Bong-Geun Kim¹, Nurwarrohan Andre Sasongko, Myeongkee Park*

Department of Chemistry, Pukyong National University, Korea
¹Institute of Sustainable Earth and Environmental Dynamics, Pukyong National University, Korea

MAT.P-519

Structure-Property Relationship in a Series of Sodium-Ion-Conducting Oxides $\text{Na}_3\text{MSi}_2\text{O}_7$ (M = Y and Lanthanides).

Yujin Kang, Yujin Huh, Seung-Joo Kim^{1,*}

Department of Energy Systems Research, Ajou University, Korea

¹Department of Chemistry, Ajou University, Korea

MAT.P-525 <RSC 포스터상>

Surface Grown Mg-Al Layered Double Hydroxide on Spherical Alumina Beads for Efficient Removal and Separation of Phosphate from Aqueous Media.

Yoon Kang, Jae-Min Oh*

Department of Energy and Materials Engineering, Dongguk University, Korea

MAT.P-552

Interface-Maximized Core-Shell Heterostructures for Universal Enhancement of Mechanoluminescence.

Chang-Un Jung, Hyosung Choi*

Department of Chemistry, Hanyang University, Korea

MAT.P-561 <BKCS 포스터상>

Synthesis of Transition Metal Dichalcogenide Alloys via Intense Pulsed Light (IPL).

Minsu Kim

Department of Materials Science and Engineering, KAIST, Korea

전기화학분과회

ELEC.P-595 <동우화인켐㈜ 포스터상>

Electrochemically Formed CMC-Ni²⁺ Hydrogel Interface for Improved Gas Bubble Detachment in Water Electrolysis.

Myeongjin Kim, Ji Hyeon Kim, Kyungsoon Park^{1,*}

Department of Chemistry, Jeju National University, Korea

¹Department of Chemistry & Cosmetics, Jeju National University, Korea

ELEC.P-607

Nanoparticle-Mediated Electrowetting in Hydrophobic Block Copolymer Nanochannels.

Yerin Bang, Seung-Ryong Kwon*

Department of Chemistry, Gyeongsang National University, Korea

ELEC.P-614 <RSC 포스터상>

Synergistic Tandem Catalysis on Bimetallic Single Atom Catalyst for Efficient Electrochemical Nitrate Reduction to Ammonia.

Seongin Hong, Yun Jeong Hwang*

Department of Chemistry, Seoul National University, Korea

화학교육분과회

EDU.P-668 <RSC 포스터상>

Effects of an IPM Cycle-Based Education Program Using Generative Artificial Intelligence on Pre-service Teachers' Sensemaking Experiences.

Jaehyeok Lee, Najin Jeong¹, Seounghey Paik*

Department of Chemical Education, Korea National University of Education, Korea

¹Convergence Education Research Institute, Korea National University of Education, Korea

환경에너지분과회

ENVR.P-669 <RSC 포스터상>

Comparative Study on the Ion Selectivity of Transition Metal-Based Prussian Blue Analogue Electrodes for Resource Recovery.

Jinee Kim, Sungsil Park, Yuhoon Hwang*

Department of Environmental Engineering, Seoul National University of Science & Technology, Korea

제137회 대한화학회 학술발표회, 총회 및 기기전시회

총회 보고서

보고안건

- 1호. 회무 보고
- 2호. 회원 현황
- 3호. 2026년도 일반·특별 회계 예산 집행 현황
- 4호. 기금 이자 대여 및 활용
- 5호. 지부 및 분과회 2025년도 사업 보고,
2026년도 사업 계획
- 6호. 대한화학회 규정 체계화

의결 안건

- 1호. 2025년도 일반 · 특별 회계 결산 및 명시이월금
- 2호. 대한화학회 정관 개정
- 3호. 대한화학회 규정 변경 승인

※ 총회 의결사항 및 규정 관련 내용은 추후 공표 예정입니다.

138회 대한화학회 학술발표회, 총회 및 기기전시회(추계) 안내

일시: 2026. 10. 28(수)~30(금)

장소: 수원컨벤션센터(SCC)

※ 세부 일정 및 초록 접수 안내는 추후 학회 홈페이지를 통해 공지 예정

대한화학회상, 외부단체협찬상

※ 수상후보자는 선정되는 해를 포함하여 최근 연속 3년 이상 대한화학회 회원이어야 합니다.
단, 화학경영자상과 기술혁신상은 비회원인 경우도 가능하나 수상 후 종신회비를 납부하여야 합니다.

구분	시상시기	수상인	상금	공고	후보자 추천 마감
공로상	매2년 춘계	1인	100만원	시행 전 연도 12월	시행 연도 1월 중순
학술상	매년 춘계	1인	600만원		
우수논문상	매년 춘계	1인	100만원		
화학교육상	출수년도 춘계	1인	100만원		
학술진보상	매년 춘계	BKCS 1인 JKCS 1인	각 100만원		
교육진보상	매년 춘계	1인	100만원		
초중등학교화학교사상	매년 추계	1인	100만원	시행 연도 6월	시행 연도 6월 말
우수박사학위논문상 ^a	매년 추계	5인 내외	각 20만원		
우수지부(회)상 ^b	매년 추계	1개 지부(회)	100만원		
이태규학술상	매년 추계	1인	500만원		
기술혁신상	매년 춘,추계	1인	순금 상패	시행 전 연도 12월/ 시행 연도 6월	시행 연도 1월 중순/ 시행 연도 6월 말
화학경영자상	매년 춘,추계	1인	순금 상패	시행 연도 1월	시행 연도 2월 초
한민정학술상 ^c	매년 춘계	1인	3,000만원 내외		
전민제화학인상	매년 춘계	1인	500만원	시행 연도 6월	시행 연도 6월 말
KCS-ACES Early Career Award	매년 추계	1인	1,000유로		
Sigma-Aldrich 화학자상 ^d	매년 추계	2인	각 300만원		
아이센스 여성화학자상	매년 추계	1인	500만원		
우수포스터상	매년 춘,추계	40인 내외	상장 및 부상	시행 연도 3월, 9월	선정위원회 별도구성
(주)바이오니아 포스터상	매년 춘,추계	5인			
동우화인켐(주) 포스터상	매년 춘,추계	5인			
BKCS 포스터상	매년 춘,추계	10인			
대한화학회장상 (학부생 대상)	매년 초 (1-2월)	1인 (학과별)	상장 및 부상	시행 연도 1월	시행 연도 2월초
KCS-ACS 대학원생/박사 후 연구원 학술상 ^e	매년 춘계	4인	상장 및 부상	11월	11월 말

- a. 우수박사학위논문상의 수상자격, 추천 및 심사 절차는 별도의 공고문을 통해 확인.
- b. 우수지부(회)상: 전년도에 개최된 학술발표회에 참석한 소속 회원 수의 비율과 지부(회)에서 주관한 학술활동 등으로 학회 발전에 기여한 1개 지부(회) 선정.
- c. 후원금과 주식의 배당금에 따라 변동될 수 있음.
- d. 1) 수도권(서울, 경기, 인천) 및 5대 과학 기술특성화대학(DGIST, GIST, KAIST, POSTECH, UNIST)에서 1인, 2) 1항 이외의 소속기관에서 1인.
- e. KCS 춘계 학술발표회 초청발표 & ACS Fall meeting에서 발표추천.

지면광고 안내

화학세계

- 광고 마감일 : 전월 10일까지(매월 1일 발간)
- 원고 마감일 : 전월 5일까지
- 광고 크기
가로 210mm, 세로 270mm(바탕색이 있을 경우 상하좌우 여백 3mm씩 추가[216mm*276mm], 해상도 300dpi 이상)
- 광고 파일 보내실 곳 : 웹하드 <http://www.webhard.co.kr>

구분		단가	비고
화학세계	표지	10,000,000 원	컬러
지면광고	내지	1,000,000~5,000,000 원	컬러
웹사이트	배너	100,000 원	컬러

- ※내지 및 배너 6개월 이상 광고 계약 시 별도 협의 요청 바랍니다.
- ※화학세계에 광고 게재 시 1개월 동안 대한화학회 홈페이지에서 업체명과 URL을 홍보해드립니다.

광고의뢰 및 문의 : 대한화학회 사무국(office@kchem.org)
 서울 성북구 안암로 119 한국화학회관 4층 (02856) / 전화 : 02-953-2095 / 팩스 : 02-953-2093

회비 안내

2026년도 본회 회비는 다음과 같습니다.

(단위: 원)

구분	중신회원	정회원	교육회원	학생회원	학부생회원
회원기간	2026.1.1~2026.12.31				
연회비	1,400,000 (가입 당시 정회원 연회비의 20년차)	70,000	50,000	50,000	10,000
분과회비	공업, 환경 : 10,000원				
	고분자, 화학교육, 물리 : 20,000원				
	무기, 분석, 생명, 유기, 의약, 재료, 전기 : 30,000원				

■ 회비납부 관련문의

• 전화 : 02-953-2095, 팩스 : 02-953-2093, 전자우편 : member@kchem.org

※ 회비납부 기간 : 1월 2일~11월 30일

※ 지로용지는 별도로 발송하지 않습니다.

• 납부방법 : 홈페이지에서 회원확인 / 회비납부 / 영수증 출력 등을 할 수 있습니다.

회원확인 → ID 변경 → 회원로그인 → 결제 및 영수증 출력

부고공지안내

대한화학회 회원 대상 '부고 공지' 방법을 안내드립니다.

아래 내용을 참조하셔서,

공지에 필요한 내용(3번. 공지내용)을 대한화학회에 이메일로 발송해 주십시오.

회원 여러분들께 이메일로 공지해 드립니다.

단, 회원 별세, 부(모)친상, 조부(모)상, 시부(모)상, 빙부(모)상, 배우자상, 형제/자매상, 자녀상에 한합니다.

1. 신청 자격

대상자가 대한화학회 회원일 경우

2. 신청 방법

이메일(office@kchem.org)로 신청
※ 휴일에도 이메일로 신청하십시오.

3. 공지 내용

- ① 빈소 ② 발인일 ③ 장지
- ④ 연락처(성명과 연락처 필수)

클린 인터넷을

선언합니다



화학회 회원들의 소통에 꼭 필요한 수단인 인터넷에서 심각한 문제가 나타나고 있습니다. 화학회는 '정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률' 제70조(벌칙) 및 '형법' 제309조(출판물에 의한 명예훼손)를 준수하여 건강하고 깨끗한 인터넷 문화를 만들어 나가고자 합니다.

- 회원의 개인 정보 보호를 위해 적극적으로 노력합니다.
- 불법 정보나 영리성 광고의 유통을 막기 위해 노력합니다.
- 회원의 사생활을 침해하거나 명예를 훼손하는 정보의 유통을 엄격하게 금지합니다.

※ 관련법에 어긋나는 사례를 발견하시면 화학회의 office@kchem.org로 연락해 주시길 바랍니다.

'정보통신망 이용촉진 및 정보보호 등에 관한 법률' 제70조(벌칙)

- ① 사람을 비방할 목적으로 정보통신망을 통하여 공공연하게 사실을 드러내어 다른 사람의 명예를 훼손한 자는 3년 이하의 징역 또는 3천만원 이하의 벌금에 처한다.
- ② 사람을 비방할 목적으로 정보통신망을 통하여 공공연하게 거짓의 사실을 드러내어 다른 사람의 명예를 훼손한 자는 7년 이하의 징역, 10년 이하의 자격정지 또는 5천만원 이하의 벌금에 처한다.
- ③ 제1항과 제2항의 죄는 피해자가 구체적으로 밝힌 의사에 반하여 공소를 제기할 수 없다.

형법 제309조(출판물에 의한 명예훼손)

- ① 사람을 비방할 목적으로 신문, 잡지 또는 라디오 기타 출판물에 의하여 제307조 제1항의 죄를 범한 자는 3년 이하의 징역이나 금고 또는 700만원 이하의 벌금에 처한다.
- ② 제1항의 방법으로 제307조 제2항의 죄를 범한 자는 7년 이하의 징역, 10년 이하의 자격정지 또는 1천500만원 이하의 벌금에 처한다.

대한화학회와 함께, 미래의 화학자가 됩시다.

2025년부터 대한화학회는 학부생 회원 가입을 통해 미래 화학인재들이 학회에 보다 쉽게 가입하고 학술대회에 무료로 참여할 수 있는 제도를 마련하였습니다. 이와 같은 학문 공동체와의 교류를 통해 학부생들이 화학에 대한 자부심을 함양하고 소속감을 높일 수 있도록 하며, 나아가 대학원 진학에 대한 관심과 동기를 부여하고자 합니다. 또한 학부 시절부터 학술대회를 접함으로써 학문적 이해도를 제고하고, 학회 활동에 적극 참여함으로써 대한화학회의 회원 수 증대와 학문 공동체의 저변 확대에 기여하고자 합니다. 이에 따라 회원 여러분께서도 소속 학부생들에게 본 제도를 적극 안내하여 주시고, 학회 가입과 학술대회 참여를 독려하여 주시기 바랍니다. 많은 관심과 협조 부탁드립니다. 학부생들의 활발한 참여를 통해 학문 후속 세대가 한층 성장할 수 있기를 기대합니다.

대상

화학 및 화학관련 전공 학부 재학생

목적

1. 학문 공동체와의 교류 및 네트워크 확대
2. 화학에 대한 자부심 함양 및 소속감 고취
3. 학술대회 참여를 통한 학문적 이해도 제고
4. 회원 증대를 통한 학회 성장 기반 강화
5. 대학원 진학 및 연구 진로 탐색 기회 제공
6. 학문 후속세대 양성

연회비

1만원

학술대회 참가비

면제

※ 단, 학부생 회원 중 초록발표자는 연회비 50,000원 및 사전등록비 60,000원을 납부해야 합니다.





강력한 산화제, O_2 과산화수소수 (H_2O_2)!

유기물 접촉 시 폭발적 화재, 급격한 분해 시 압력 상승 및 증기 폭발 위험.



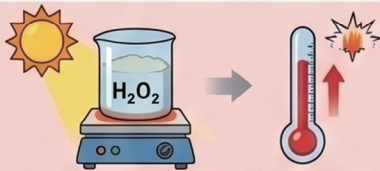
대상: 과산화수소수 제조/취급 공정 및 화학/생물 연구실 | 목적: 유기물 반응 및 급격한 분해에 의한 화재·폭발 예방

절대 방심하지 말아야 할 3가지 (DON'T)

과산화수소수



1. 유기물/금속 분말과 혼합하지 마라!
(종이, 나무, 용매, 금속 가루 등과 접촉 시 격렬한 반응 및 폭발.)



2. 가열하거나 직사광선에 노출하지 마라!
(열 및 빛에 의해 산소 가스가 다량 발생하여 압력 용기 파손 위험.)

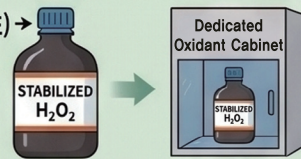
과산화수소수



3. 오염되게 방치하지 마라!
(먼지, 녹, 중금속 등 불순물 혼합 시 촉매 작용으로 급격히 분해.)

반드시 지켜야 할 3가지 (DO)

(通氣性) →



1. 전용 보관 용기에 보관!
(안정제 첨가, 통기성 캡이 달린 전용 용기 및 차광 보관함.)



2. 적절한 통풍 및 환기!
(분해 시 발생하는 산소 및 증기를 효과적으로 배출하는 시설 내에서 작업.)



3. 희석 후 폐기!
(다량의 물로 저농도로 희석하여 서서히 처리.)

⚠️ 사고 발생 시 대처 방법 (Emergency Response)

화재 시



화재 시: 다량의 물로
냉각 및 소화.
(자가 발화 시 산소 공급을 차단)
다량의 물을 사용. 물로 희석 및 냉각

피부 접촉 시



피부 접촉 시:
오염된 피부 제거 후,
15분 이상 다량의 흐르는
물로 세척, 화상 치료 필수



과산화수소수는 불안정한 산화제입니다. 유기물 격리와 철저한 온도 관리가 안전의 시작입니다.

JUVE LOOK®

보다, 바라던 나를

LOOK ———
JUST LOOK
JUVE LOOK



의료기기 광고심의필 : 52025-010-30-0115(유효기간 28.08.08)

쥬베룩(조직수복용재료)은 폴리락타이드와 히알루론산을 피하에 주입하여 물리적인 수복을 통해 성인의 안면부 주름을 일시적으로 개선하기 위해 사용. 이 제품은 의료기기이며 사용상의 주의사항과 사용방법을 잘 읽고 사용하십시오

Healthier Future for Humanity with Genomic Technology

BIONEER
Innovation • Value • Discovery

BIONEER Global Center

바이오니아는 1992년, 국내 최초로 올리고뉴클레오타이드 합성 서비스와
내염성 DNA 중합효소 등 유전자 증폭 연구에 필수적인 시약들을 상용화하여
'바이오 벤처 1호'로서 빛나는 출발을 이루었습니다.

34년, 혁신과 신뢰로 글로벌 리더로 성장

지난 34년간 끊임없는 연구개발 투자를 통해 혁신적인 기술을 개발하고, 고품질의 제품과 신속한 서비스를 제공하며
고객과의 신뢰를 쌓아왔습니다. 이러한 노력들은 결실을 맺어 바이오니아는 이제 글로벌 시장에서 인정받는 리더
기업으로 성장하고 있습니다.

생명공학 연구 발전을 위한 최첨단 솔루션 제공

바이오니아는 PCR, Real-time PCR, Gene Synthesis 등 다양한 분야에서 세계적인 경쟁력을 갖추고 있으며,
고객 맞춤형 연구 지원 서비스를 통해 고객들의 연구 성공을 위한 최고의 파트너가 되고 있습니다.



Life Science Research

DNA/RNA Amplification

- PCR, RT-PCR, qPCR

DNA/RNA Preparation

- Spin Column, Magnetic Bead

Protein Synthesis & Purification

- Synthesis, Purification
- Protein Service

Instruments & Devices

- Conventional PCR
- Real-time PCR
- Protein Synthesis and Purification
- DNA/RNA Preparation
- Electrophoresis
- Microbial Culture
- Vortexing & Spin-down

Custom Services

- Oligonucleotide (DNA/RNA)
- Gene Synthesis
- Gene Expression Analysis
- Yeast Genome-wide
Functional Analysis
- Cloning

채널 추가 / 팔로우 하셔서 바이오니아의 다양한 소식을 빠르게 받아보세요!



bioneer_lifescience



BIONEER



바이오니아

BIONEER
Innovation • Value • Discovery

바이오니아 글로벌센터
대전광역시 유성구 테크노2로 71
Tel : 1588-9788
E-mail : sales@bioneer.co.kr

바이오니아 대덕센터
대전광역시 대덕구 문평서로 8-11
Tel : 1588-9788
E-mail : sales@bioneer.co.kr

바이오니아 R&D센터
경기도 성남시 분당구 대왕판교로 700
코리아바이오파크 B동 702호
Tel : 031-628-0500
E-mail : sales@bioneer.co.kr