ISSUE PAPER
2023-10

국산 연구장비 활용 우수 연구사례 분석 및 시사점

연구산업진흥본부 연구장비재료팀
최문영 연구원/송명원 선임연구원

2023.07.



COMPA 과학기술사업화진흥원

국산 연구장비 활용
우수 연구사례 분석 및 시사점

CONTENTS

Ⅰ. 연구장비산업 현황 및 이슈 1

Ⅱ. 연구장비 활용 우수 연구사례 5

Ⅲ. 국산 연구장비 활용 활성화를 위한 설문조사 19

Ⅳ. 시사점 23

Ⅴ. 참고문헌 25

발간사

연구장비 개발 및 활용은 연구개발 현장에서 과학기술 경쟁력을 높여 높은 수준의 연구성과 창출이 중요한 요소로써, 다양한 분야에서 연구의 효율성과 정확성을 높여 연구 범위를 넓히고 연구개발 수준을 올리는 데 큰 영향을 미칩니다. OECD의 'Science, Technology and Innovation Outlook'에서는 과학기술 혁신에 대한 기반을 제공하는 연구 인프라의 중요성을 강조하고 있습니다. 특히, 연구장비는 연구자 중심의 연구 환경을 제공하고 다양한 학제 간 융합연구를 용이하게 하며 이공계 학생들에게 학습의 기회를 제공하는 등 연구개발의 질을 향상시키고 나아가 국가 과학기술 혁신의 주요 추진력임을 강조하고 있습니다. 이처럼 연구장비의 개발과 활용은 과학기술 혁신과 발전에 필수적입니다.

그러나 국내 연구장비 산업은 아직 해외 의존도가 높은 실정으로, 최근 5년('17~'21년)간 정부 R&D 예산을 통해 구축된 연구장비 중 외산의 비율이 86.0%에 달하여 외산 연구장비 도입으로 많은 연구비가 해외로 유출되고 있습니다. 이는 연구장비의 국산화 개발과 활용이 절실하게 필요하며, 연구장비 산업의 경쟁력 향상과 시장 선도를 위해 필수적인 과제임을 보여주는 지표입니다.

과학기술정보통신부와 과학기술사업화진흥원은 연구장비의 핵심기술·제품 개발, 기업 역량강화를 추진하고 있습니다. 또한, 연구장비 분야 이공계 학생과 재직인력의 역량강화를 위한 교육, 훈련 등 연구장비 생태계 전반을 지원하는 데 초점을 맞추고 있습니다. 그중에서도 연구자를 대상으로 국산 연구장비를 활용한 연구성과 창출을 지원하는 '연구장비 활용연구사업'을 통하여 국산 연구장비의 인식 향상과 신뢰도 확보 등 연구장비의 활용·확산이 더욱 효율적으로 이루어질 수 있도록 노력하고 있습니다.

본 이슈페이퍼에서는 국산 연구장비를 활용한 우수 연구사례를 통하여 연구장비의 활용이 어떻게 이루어지고 있는지, 그리고 이러한 움직임이 어떻게 연구 환경과 결과에 영향을 미치는지 분석하고 연구장비 활용 확산의 방향성을 모색하였습니다. 국산 연구장비의 활용과 확산이 국내 연구장비 산업의 경쟁력을 강화시키고 나아가 연구장비 산업 생태계의 건전한 성장으로 이어지기를 기대합니다.

2023년 7월

과학기술사업화진흥원 원장 김봉수

I

연구장비산업 현황 및 이슈

국내 연구장비산업 현황

■ **(정부R&D 시설·장비 투자현황)** '17년~'21년 국가연구개발 사업 투자 규모의 4.4%(총 4조 1,521억원)를 연구시설장비에 투자하고 있으며, 매년 5년간 평균적으로 8,304억원의 시설장비를 지속적으로 구축함

- 이에 반해 미국의 연구시설장비 투자비중은 3.2%로 우리나라 연구시설장비 투자가 비교적 높은 수준임

〈표 1〉 **정부 R&D 투자대비 시설·장비 투자현황**

(단위 : 억원, %)

구분	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	평균 ('17~'21)
R&D예산*	166,171	167,861	174,095	200,560	226,752	187,088
시설장비 예산	9,302	7,033	6,758	7,668	10,759	8,304
투자비중	5.6	4.2	3.9	3.8	4.7	4.4

* R&D예산은 국가연구개발사업 조사 분석 대상 사업 투자액 중 국방R&D 사업(국방부, 방위사업청 사업)을 제외한 투자액임

〈출처: 2021년도 국가연구시설장비 조사·분석보고서〉

■ **(국산 시설·장비 구축비중)** 최근 5년간('17년~'21년) 구축된 시설·장비 점유율을 국산 대 외산으로 구분하여 보면 국산은 31.1%(6,216점)로, 미국, 일본, 독일 등 외산 시설·장비가 차지하는 점유율 68.9%(13,770점)와 비교해 볼 때, 여전히 외산에 많이 의존하고 있는 것을 알 수 있음

■ **(국가연구시설장비 표준분류별 투자현황)** 고부가가치 장비로 인식되고 있는 광학/전자영상(83.5%), 화합물전처리/분석(86.3%), 물리적측정(82.2%) 등 분야의 외산장비 비율은 80% 이상으로 해외 의존도 심화



〈그림 1〉 **국가연구시설장비 국산화 비중**

■ **(연구장비별 국산화율)** 연구장비 중점 지원대상인 21종 장비별 국산화율을 보면 국산화가 거의 이루어지지 못한 분야가 많으며, 주사탐침현미경, 가스성분분석기, 열분석기 등이 상대적으로 높은 국산화율을 보이나 절대적으로 낮음

- 투과전자현미경 , 유전자합성/분석장치, 유도결합플라즈마 원자방출분광기, 액체크로마토그래피질량분석기, 유세포분리/분석장치가 각각 0.0%, 이차이온질량분석기 0.4%의 저조한 국산화율을 나타냄

〈표 2〉 연구장비 중점 지원대상 21종 국산화율 현황('17~'21년, ZEUS기준)

광학현미경	공초점현미경	투과전자현미경	주사전자현미경	주사탐침현미경	3D스캐너	레이저발생장비
6.7	3.9	0.0	9.9	33.8	8.1	7.1
방사선물질측정기	유전자합성/분석장치	핵자기공명분광기	가스성분분석기	유도결합플라즈마 원자방출분광기	기체크로마토그래피질량분석기	액체크로마토그래피질량분석기
3.8	0.0	0.0	11.7	0.0	3.1	0.0
이차이온질량분석기	유세포분리/분석장치	푸리에변환 적외선분광기	입도분석기	X-선회절분석기	X-선형광분석기	열분석기
0.4	0.0	2.8	10.8	1.3	3.5	18.0

〈출처: 2021년도 국가연구시설장비 조사·분석보고서 재구성〉

국내·외 연구장비산업 동향 및 이슈

■ 글로벌 연구장비 시장은 미국, 독일, 일본, 영국 등 주요 선진국 기업들이 핵심 요소기술을 선점하고, 세계 시장을 주도하여 과점하는 구조

- 주요 해외 연구장비 기업으로는 세계 1위인 Thermo Scientific, Jeol, Perkin Elmer 등이 있음

■ 미국, 일본, EU 등 연구장비 선진국은 자국의 과학기술 경쟁력의 핵심 원천이자 경제성장 및 고용 창출을 위한 핵심 수단으로 연구장비산업 육성을 위해 노력 중임

- 미국, 일본 등은 앞선 연구장비산업 경쟁력이 자국 노벨상 수상 등 과학기술 경쟁력 확보에 크게 기여했다는 인식하에 연구장비산업의 육성을 위한 전용 R&D 프로그램 등을 '90년대부터 지속적으로 추진
- 특히 미국 NIST, NSF 등 연방기관, 일본 문부과학성(MEXT) 등과 같은 중앙부처 및 국가기관의 주도하에 이의 육성을 위한 R&D투자, 산학연 네트워크 구축 · 운영 지원 등 다각적 노력을 추진 중

〈표 3〉 해외 주요 연구장비 기업 현황('20년 기준)

기업명(국가)	주요 제품 및 서비스	규모(매출/종업원수)
Jeol(일본)	전자 현미경 및 기타 과학 기기, 산업 장비 및 의료 장비의 주요 개발 및 제조	10.53억 달러/2,963명
Thermo Scientific(미국)	X선 분석기, 냉각기, 시약, DNA 테스트 키트 등 연구, 임상 및 산업 응용 분야 시약 및 소모품 연구장비 개발	320억 달러/75,000명
Bruker(독일)	X-선회절분석기, 원자현미경, 핵자기공명분광기 제조 등 생명과학, 제약, 생명공학 분야의 장비 및 진단 테스트 개발	19.88억 달러/7,400명

■ 국내 연구장비 시장은 국가적으로 연구개발에 대한 투자 증가에 따라 정부 지원 구축 장비는 증가하고 있으나, 외산장비의 높은 수입의존도에 따라 국내 연구장비 기업의 영세성 지속, R&D투자의 해외 유출 등이 지속적으로 심화되고 있음. 특히, 첨단기술 확보를 위한 고부가가치 장비는 외산 의존도가 매우 심각함

- 대표적인 국내 연구장비 기업인 ㈜파크시스템스, 영인크로매스 등의 기업들은 '20년도 매출이 각각 627억 원, 256억 원을 기록하였으나 수조원 대를 기록하고 있는 해외 연구장비 기업들과 비교해볼 때 아직 영세한 수준

〈표 4〉 국내 주요 연구장비 기업 현황('20년 기준)

기업명	주요 제품 및 서비스	규모(매출/종업원수)
파크시스템스(주)	원자현미경(AFM), 이온전도현미경, 반도체공정용원자현미경 등	627억 원/229명
영인크로매스	가스/액체크로마토그래피(GC/LC), 질량분석기(MS) 등	256억 원/89명
나노스코프시스템즈	레이저현미경(CLSM), 라만분광기(RAMAN) 등	25억 원/11명

연구장비산업 관련 R&D 지원 현황

■ 과학기술정보통신부와 과학기술사업화진흥원에서는 연구장비산업 시장 확대 및 산업 생태계 조성을 위해 **'연구장비산업육성사업'**, **'미래선도연구장비핵심기술개발사업'**을 추진 중

- **(연구장비산업육성)** 연구장비 관련 핵심기술 개발, 우수장비 기술의 상용화 지원을 통한 연구장비 국산화 및 새로운 산업 창출 견인을 위해 '연구장비개발 및 고도화지원' 내역사업을 추진
- **(미래선도연구장비핵심기술개발)** 추격형 연구장비 개발 한계극복과 미래 선도연구장비 자립화 기반조성을 통한 과학기술 선도국 기초체력 확립 및 최첨단 연구장비 핵심기술 역량 강화를 위해 8종 연구장비 분야 핵심기술개발 지원

■ 그 중, 연구장비산업육성사업 내 **'연구장비 활용연구'**는 국산 연구장비 활용 우수성과 창출을 지원하는 사업으로, '20~'23년까지 총 16개 과제지원, 13개의 우수 논문성과를 창출('23년 7월 말 기준)

- 연구장비 활용연구사업은 국산 연구장비를 활용한 SCI급 논문게재 등 우수 연구성과 창출을 통해 국산 연구장비의 활용 촉진 및 인지도 제고를 목적으로, 연구자에게 국산 연구장비 이용 비용 등을 포함한 연구비를 지원하며 창출된 우수 연구성과는 국내·외 홍보에 활용



〈그림 2〉 연구장비 활용연구 개념

※ 연구장비 개발기업과 협력을 통해 연구를 수행하고, 연구장비 활용과정에서 발생한 애로사항·개선점 등은 장비개발 기업에 제공하여 성능향상에 활용

소결

■ 우리나라는 미국, 일본, EU 등 장비 선진국에 비해 자주적 핵심기술 개발 및 기반 연구 육성이 미흡하고, 특히 국내 첨단 연구장비 시장에서 외산 장비가 대부분을 차지하고 있어 첨단기술 개발, 국산 연구장비의 신뢰성 확보 등 문제 해결이 필요

- 우리 정부도 이러한 인식하에 연구장비 국산화, 선도연구장비 개발, 국산 연구장비 신뢰성 확보, 전문인력 양성, 판로개척 등을 위해 다양한 정책을 마련하여 추진 중임. 특히, '연구장비 활용연구' 지원사업은 기술력은 있으나, 국내·외 시장 인지도가 미흡한 연구장비 기업의 경쟁력 제고를 위해 Reference R&D를 지원 중

- 그러나 국산 연구장비의 인지도 부족, 신뢰도 불신 해소를 위한 노력은 여전히 지속적으로 필요한 상황

■ 본 이슈페이퍼에서는 연구장비 활용 연구사례 분석, 연구자 대상 설문조사 결과분석 등을 바탕으로 향후 연구장비 활용·확산의 방향 설정을 위한 시사점 도출

- 또한, 국산 연구장비 활용 연구자 인터뷰를 통해 실제 현장에서 느끼고 있는 정부 정책의 체감도를 확인하고 개선사항을 반영하여 제언

Ⅱ

연구장비 활용 우수 연구사례

국내·외 연구장비 활용 우수 연구사례

■ **글로벌 연구장비 기업**들은 **대학**이나 **국공립 연구소**와 **공동연구**를 진행하여 **자사의 최신 기술 및 장비를 제공**하고 이를 통한 **학계 및 산업계**의 **다양한 연구성과**를 **창출**함

- Thermo Fisher Scientific은 켐브리지 대학의 구조생물학 연구소와 협력하여 새로운 전자현미경 기술인 'Cryo-EM'을 활용하는 연구로 바이러스와 복잡한 단백질 구조를 이해하는 데 기여함. 특히 Thermo Fisher Scientific의 Cryo-EM 기술은 구조 생물학 분야에서 광범위하게 사용되었으며, 이 기술을 활용한 수많은 연구들이 Nature, Science와 같은 우수 저널에 게재됨

- JEOL은 MIT와 함께 나노 구조재료를 이해하는 데 필요한 고해상도 전자현미경 기술의 개발에 중요한 역할을 하였고 이 공동 연구는 나노 구조재료의 새로운 속성을 발견하고 이를 적용한 다양한 신기술을 개발하는 데 도움이 됨

- PerkinElmer는 워싱턴 대학과 공동으로 신약 개발에 관한 연구를 하였고, PerkinElmer는 복잡한 세포 실험을 자동화하는 장비를 제공, 이 장비를 사용하여 연구팀은 여러 신약 후보를 평가하는 데 성공함

■ **국내 주요 연구장비 기업**들 또한 각각의 분야에서 선두적인 역할을 하며 **대학, 출연(연)과 협력**하여 연구성과를 내고, 이를 바탕으로 **장비의 성능향상** 및 새로운 **연구방법론 개발**에 기여

- ㈜파크시스템스는 원자현미경(AFM)을 중심으로 한 나노 계측 연구장비를 중심으로 전 세계 많은 대학 및 연구기관과 협력하여 논문 및 연구성과를 발표하고 있으며, 원자현미경의 성능향상 및 새로운 측정 기법에 관한 많은 연구에서 ㈜파크시스템스의 장비가 활용됨

- ㈜바이오니아는 생명과학, 특히 단일 세포 분석기술 장비를 중심으로 단일 세포 분석에 관한 연구에서 중요한 역할을 하는 장비를 제공하고 세포 연구, 유전체 연구 등의 분야에서 연구성과를 창출

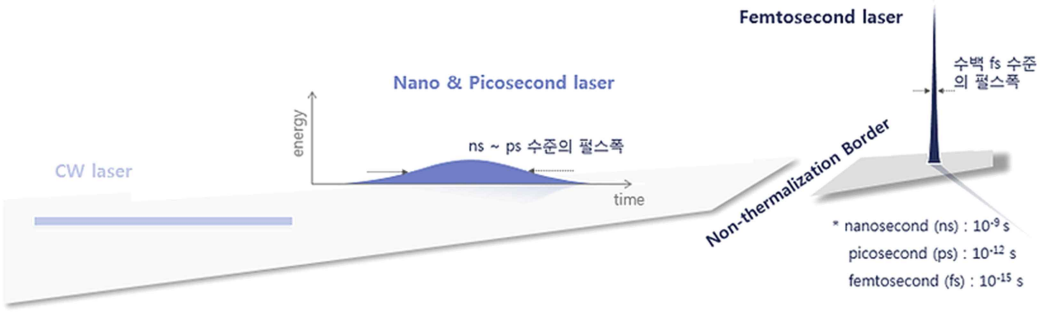
■ '20~'23년 지원 중인 '연구장비 활용연구' 중 국산 연구장비를 활용한 우수성과 창출 사례들을 소개함

1 펨토초 레이저를 활용한 차세대 소자 개발 연구

펨토초 레이저 개념

■ "펨토초 레이저"란 몇 펨토초에서 수백 펨토초 사이의 지속 시간 동안만 광 펄스를 방출하는 레이저로서, 펨토초는 1/1,000,000,000,000,000초에 해당하는 매우 짧은 시간임

※ 빛은 초당 지구를 7바퀴 반 회전하나, 100펨초토 동안 이동한 길이는 30um로 일반적인 머리카락 절반 두께 정도에 해당함

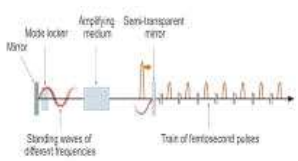
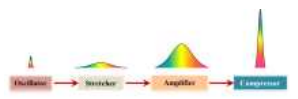


〈그림 3〉 **레이저 지속 시간에 따른 분류**

■ 레이저의 특성상 높은 에너지를 전달하면서도, 주변에 열이 거의 전달되지 않을 정도로 매우 짧은 펨토초 동안만 에너지를 전달하기 때문에, 레이저가 전파된 주변의 손상을 최소화할 수 있음

※ 눈 수술이나 미세한 재료 가공 등 다양한 분야(물리학, 생물학, 화학, 의학 등)에서 활용 중임

〈표 5〉 **펨토초 레이저 관련 주요 연구 업적**

연도	노벨상 현황	관련사진
1999년	• (화학상) 펨토초레이저를 활용한 화학결합 및 파괴의 실시간 관측 – 펨토초 레벨에서 일어나는 화학반응 과정의 전후 또는 반응 중간체의 세부사항 등을 펨토초 레이저를 통해 측정 가능함	
2005년	• (물리학상) 광 주파수 빗(Comb) 기술을 포함한 레이저 기반 정밀분광법 개발 – 펨토초 레이저에서 나오는 매우 짧고 균일한 간격의 빛 펄스를 마치 머리 빗과 같은 형태로 만든 이후 이 규칙적인 간격을 빛의 자로 활용, 빛과 관련된 주파수를 정확히 측정함	
2018년	• (물리학상) 처프 펄스 증폭(Chirped Pulse Amplification,CPA) 개발 – 증폭 과정을 통해 초단파 레이저를 압축, 증폭하여 고강도 레이저로 변환함 – 다양한 응용 분야에서 필수적인 고강도 레이저를 생성하는데 사용됨	

국산 펨토초 레이저 연구장비(LASERNICS, FUPL-250-6)

■ 레이저닉스는 카이스트 정밀측정연구실을 모태로 한 카이트스 연구소 기업으로, 광섬유 펨토초레이저 광원 및 응용시스템을 주력으로 생산 중임

■ "펨토초 펄스 레이저 장비기술"을 통해 국가 핵심전략기술로 인정받음('20.11.10, 산업부). 또한 펨토초 레이저 관련 설계/제작 원천기술(특허 17, 상표 1) 등을 보유 중이며, 복합엔지니어링 기술 및 실용화기술 확보함



〈그림 4〉 Lasernics의 펨토초 레이저 제품 및 오실레이터 구조

펨토초 레이저 연구장비 활용 논문 성과

■ (활용논문 제목) 초고속 레이저펄스를 통해 낙엽위에 만든 유연한 그래핀-무기 하이브리드 마이크로-슈퍼캐패시터

〈표 6〉 펨토초 레이저 연구장비 활용 논문

비고	내용
제목	Green Flexible Graphene-Inorganic-Hybrid Micro-Supercapacitors made of fallen leaves enabled by Ultrafast Laser Pulses
저자	LE, Truong-Son Dinh, et al. .
저널	Advanced Functional Materials, 2022, 32.20: 2107768.

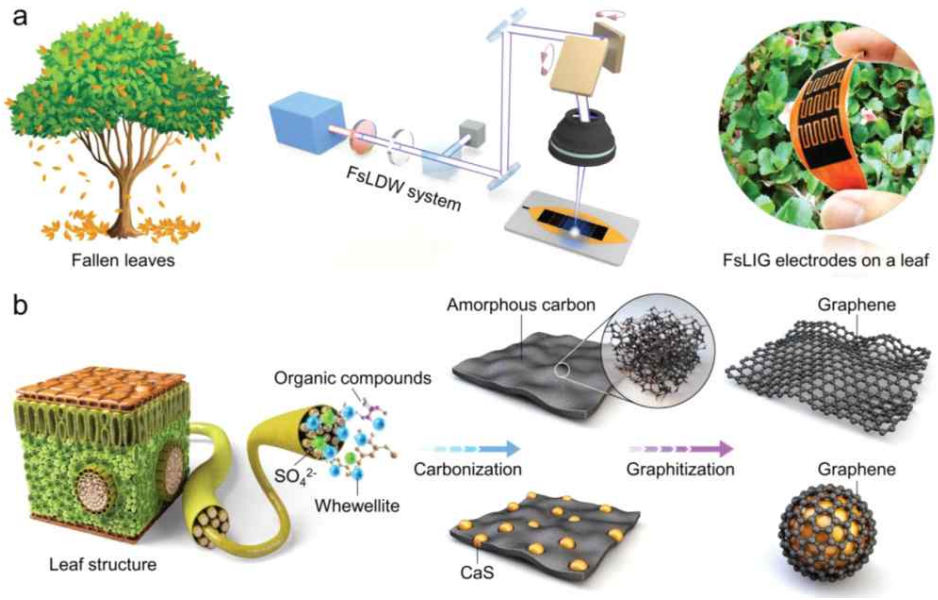
■ (논문개요) 펨토초 레이저 펄스를 사용하여 낙엽으로 만든 녹색의 유연한 마이크로 슈퍼커패시터(MSC)*를 개발

* 마이크로 슈퍼 캐패시터(Micro-SuperCapacitor, MSC) : 높은 전력 밀도, 긴 수명 주기 및 유연성을 갖춘 소형 에너지 저장장치, 유연하고 착용 가능한 전자장치에 사용 가능함

- 펨토초 레이저를 사용하여 실제 낙엽 위에 전기 전도도 및 기계적 유연성이 우수한 그래핀 전선을 형성함

- 낙엽 내 무기물을 그래핀 핵으로 활용하여, 미세 패터닝을 통해 경쟁 고분자 제품 대비 뛰어난 특성*의 MSC를 생성함

* 낮은 전극 면저항 (23.3 Ω/sq) 및 높은 전기용량(34.68 mF/cm^2 at 5 mV/s), 높은 충방전회수 (≈99% after 50,000 charge/discharge cycles) 확인됨



〈그림 5〉 **펨토초 레이저를 활용한 MSC 개발 과정**



"다파장 극초단 펨토초 레이저를 도입해서 활용을 본 과제로 할 수 있었습니다. 본 과제로 도입된 국산 장비 'FUPL' 모델을 사용해서 다양한 패터닝에 적용한 결과를 얻었고 국제학술지에 성과를 보고하고 게재 승인받았습니다. "

"국산 장비를 활용했을 때 큰 장점은 같은 국내에 위치해 저희가 필요한 모디피케이션이나 업데이트가 있을 때 항상 빠르게 대응을 해줬습니다. 그리고 외산 경쟁사 대비 60~70% 정도 저렴한 편이고 연구에 더 유리한 펄스폭이며, 파장은 그대로 구현하면서 저소음을 구현합니다." (한국과학기술원 김영진 교수)

※ '20년 활용연구사업(국산 극초단 펨토초 레이저 기반 차세대 유연/신축 전자/광학소자 패터닝) 참여

2 전자현미경을 활용한 시료 전처리 및 분석법

SEM(Scanning Electron Microscope) 개념

- 주사전자현미경(SEM)은 이미지를 생성하기 위해 빛 대신 초점을 맞춘 전자빔을 사용하는 현미경의 유형
- 전자는 샘플의 원자와 상호 작용하여 샘플의 표면 지형, 구성 및 기타 속성에 대한 정보를 제공할 수 있는 다양한 신호를 생성하며, 이를 통해 SEM은 광학현미경 보다 높은 해상도를 구현할 수 있음

〈표 7〉 광학현미경 및 주사전자현미경 비교

구분	광학현미경	주사전자현미경
운영방식	• 빛과 렌즈를 사용하여 샘플 이미지 확대	• 전자빔을 사용하여 샘플 표면을 스캔
해상도	• 빛의 파장에 의해 제한되며, 일반적으로 약 200nm까지 확인 가능함	• 약 1nm까지 확인 가능함
심도	• 제한된 피사계 심도로, 한번에 샘플의 얇은 조각에만 초점을 맞출수 있음	• 피사계 심도가 높아 샘플의 더 많은 부분을 한번에 초점 맞출 수 있음
샘플 준비	• 때때로 빛이 투과할 수 있을 만큼 충분히 얇아야 하며, 일부 샘플의 경우 염색이 필요함	• 시료는 전기전도성이 있거나 전도성 물질로 코팅되어 있어야 함. 일반적으로 부피가 큰 샘플 등 더 넓은 범위의 샘플 유형을 처리 가능함
컬러 여부	• 컬러 이미지 관측 가능함	• 흑백 이미지를 생성하며 필요시 이미지 처리 소프트웨어를 사용하여 색상 추가 가능함
비용 및 크기	• 일반적으로 더 저렴하고 작으며, 일반 실험실이나 교실 환경에서 활용 가능함	• 일반적으로 더 크고 비싸며, 종종 전용 공간 및 훈련된 운영인원이 필요함
장비 예시		

국산 SEM 연구장비(COXEM, CX-200)

■ COXEM은 한국원자력연구원(KAERI)에서 2008년 분사하여 설립되었으며, 설립 초기부터 사용자 친화적이고 고성능인 SEM 연구장비의 개발생산에 목표를 둠.

■ 전통적인 SEM 뿐 아니라 더 작고 저렴한 탁상형(Bench top) SEM을 2010년부터 개발·보급하여 SEM 장비 자체에 대해 사용자가 보다 쉽게 접근 및 활용 가능하도록 기여함



〈그림 6〉 COXEM의 탁상형 SEM(EM-30) 및 일반 SEM(CX-200)

SEM 연구장비 활용 논문 성과

■ (활용논문 제목) 폴리디아세틸렌 리포솜을 사용한 마이클 첨가 반응에 기반한 시스테아민의 동시 및 시각적 검출

〈표 8〉 SEM 연구장비 활용 논문

비고	내용
제목	Simultaneous and visual detection of cysteamine based on Michael addition reaction with polydiacetylene liposomes
저자	PHAM, Thanh Chung, et al.
저널	Journal of Materials Chemistry C, 2020, 8.43: 15290-15295.

■ (논문개요) 시스테아민* 농도 측정을 위한 폴리디아세틸렌** 리포솜 포함 형광센서 연구·개발

* 시스테아민(Cysteamine) : 세포의 성장, 대사 및 생물 시스템 유지 등 다양한 생물학적 과정에 관여하는 작은 아미노티올 분자. 하지만, 유익한 역할에도 불구하고 과도한 농도시 경미한 경우 메스꺼움, 구토 등의 증상을 보이나, 심각할 경우 간 손상, 피부병변, 성장지연, 부종 등 심각한 건강 문제를 일으킴

** 폴리디아세틸렌(Polydiacetylene) : 온도, pH, 기계적/화학적 자극 등에 의해 색상이 변할 수 있는 폴리머 유형으로, 주로 특정 표적분자와 상호작용시 색이 변화도록 설계한 뒤 시각적으로 감지하는 센서로 활용됨

- 일반적으로 세포 내 시스테아민을 검출하기 위해서는 시스테아민 내 티올*을 타겟하여 검출함. 이 때 기존에는

다양한 연구장비들**을 중복하여 사용하였지만, 복잡한 절차와 비용, 시간 소요 등으로 대중적 활용에 제한적임

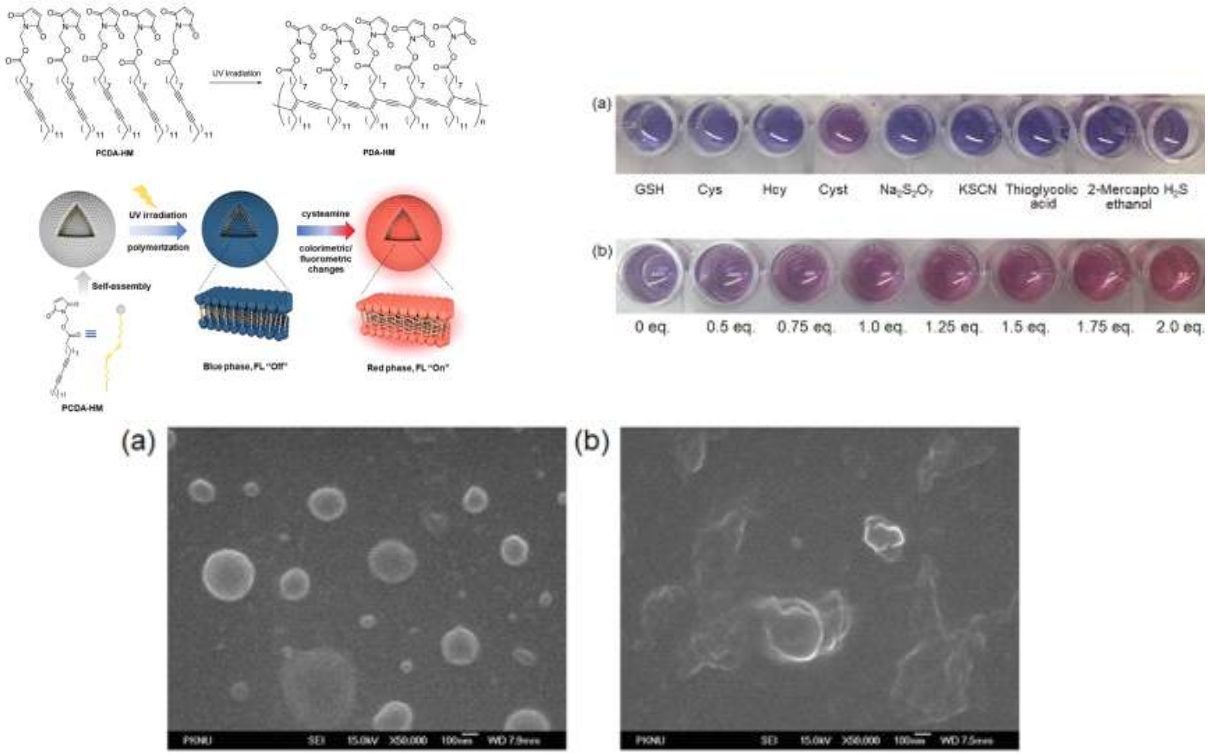
* 티올(Thiol) : 황-수소(S-H) 결합을 포함하는 유기화합물의 한 종류로서, 시스테아민 내 포함됨

** 고성능액체크로마토그래피(HPLC), 형광 및 UV/Vis 흡광도 검출, 모세관 전기영동, 가스크로마토그래피(GC) 등

- 고유의 광학 특성에 기반한 센서로 잘 알려진 PDA에 티올과의 선택적 반응을 위한 마이클 첨가 반응*을 활용, 화학변형을 일으켜 시스테아민이 존재할 경우에만 파랑->빨강으로 색이 변환되는 센서 개발함

* 티올과 같은 황을 포함한 친핵체가 마이클수용체라고 알려진 α,β-불포화 카르보닐 화합물과 단단한 탄소-탄소 결합을 형성함으로서 센서가 표적 분자의 존재를 감지할 수 있도록 지원함

- 연구과정 중 SEM 및 Raman spectrum을 통해 티올 투입 전-후 리포솜의 형태/특성을 분석함



〈그림 7〉 티올에 반응하는 PDA 리포좀 센서 설계 및 색변화 검출 확인



"연구장비 활용연구사업의 일환으로 국산 연구장비인 주사전자현미경으로 신종 미세조류를 발견하였고 발견한 미세조류를 '헤테로캅사 부산에시스'라 명명한 뒤 국제 학술지에 발표했습니다. 이 연구에서 활용한 국산 장비는 수십 마이크로미터의 미세조류를 관찰하는데 성능이나 편의성이 우수하였고 본사 직원이 직접 와서 캘리브레이션 보정을 해주었으며 본사에서 제공하는 트레이닝까지 거치게 되어서 최상의 상태로 연구를 진행할 수 있었습니다."

"연구장비 활용연구사업은 지원기간이 1년(실제 지원기간 8개월)으로, 충분한 성과를 창출하기에 기간이 짧았습니다. 기업의 수요와 사용자의 니즈가 잘 부합되는 프로그램으로 거듭났으면 좋겠습니다" (부경대 곽민석 교수)

※ '20년 활용연구사업(미세조류 시료 전처리 및 전자현미경 분석법 개발) 참여

3 라만분광장비를 통한 광전자시냅스 전하역학거동 연구

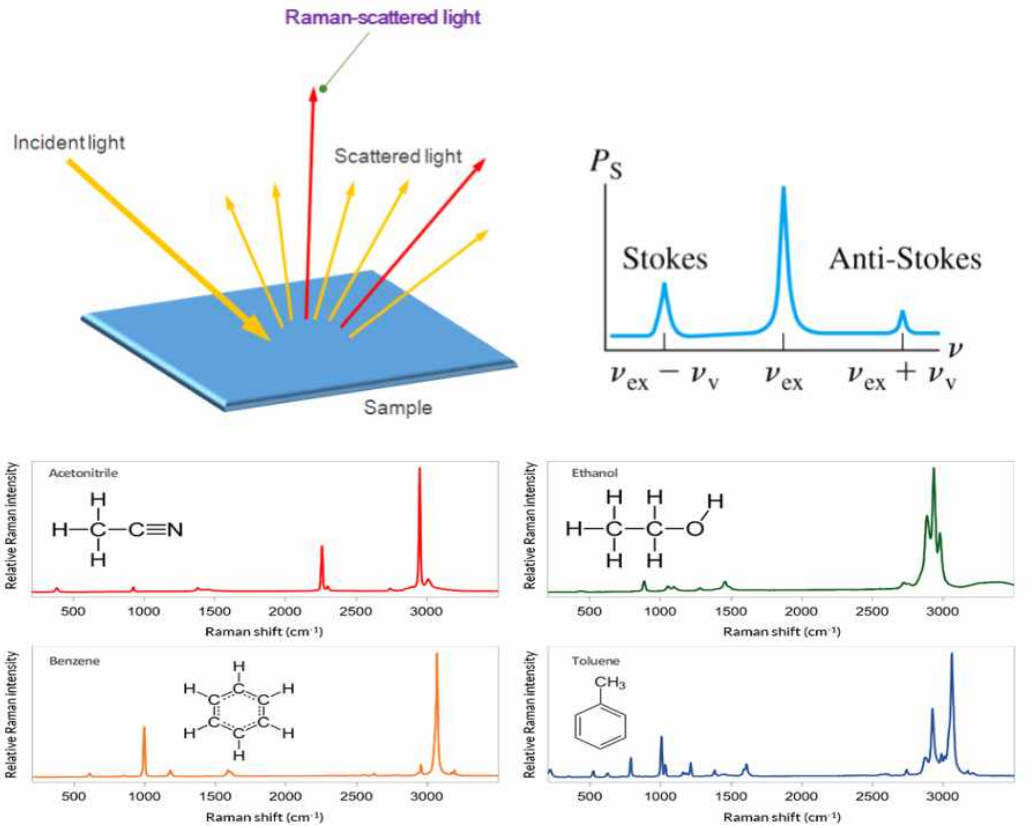
라만분광장비 개념

■ 빛이 분자에서 산란될 때 광자와 분자의 상호작용에 따라 분자가 진동/회전한 뒤, 산란된 빛의 파장(색상)이 바뀌는 현상을 활용, 물질의 고유 특성을 확인

- 대부분의 산란광은 들어오는 빛과 동일한 에너지(동일한 색상)을 갖고 있으며, Rayleigh 산란으로 불림. 하지만, 매우 작은 부분은 광자와 분자의 상호작용에 따라 다른 에너지로 산란되며, Raman 효과*로 불림

  * 1928년 인도의 물리학자인 C.V. Raman 경에 의해 발견되었으며, 이 발견을 통해 1930년 아시아인 최초로 노벨상을 수상함

- 각각의 특정한 물질에 따라 달라지는 라만 스펙트럼은 물질의 지문(finger print)이라 일컬어지며 물질 분석에 활용됨
- 라만분광법은 샘플에 레이저를 비춘 뒤 산란광을 모아 분석하며, 라만효과를 활용하여 샘플의 분자 구성과 구조, 분자진동 및 화학결합 등 다양한 특성을 확인함. 특히 최근에는 SERS(Surface Enhanced Raman Scattering) 등 다양한 라만 증폭기술이 활발히 연결되고 있으며, 이를 기반으로 극미세 농도의 성분을 판별할 수 있는 탁월한 기술로 각광받고 있음

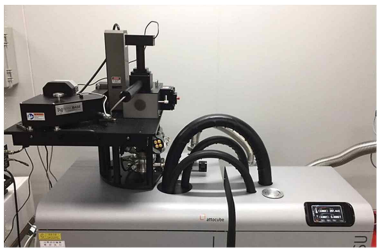
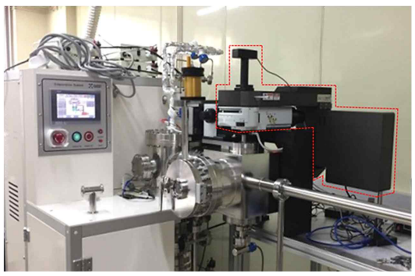


〈그림 8〉 라만효과에 따른 산란광 및 물질별 판별 예시

국산 라만분광기 연구장비(NANOBASE, XperRAM)

■ 나노베이스는 2008년 설립 이후 라만 분광 시스템을 중심으로 고급 광학 시스템 및 솔루션 개발 및 생산 중이며, 분석 관련 관련 원천기술(격자거울 등)을 보유하고 있으며, 국내 맞춤형 라만 분광기 시장 점유율 약 80%를 달성함

- 기본적인 라만 분석용 모듈 뿐 아니라 고객의 분석 환경에 따른 맞춤형 장비를 개발·납품함

〈그림 9〉 Nanobase의 라만 분광기 및 맞춤형 라만분광기(저온유지장치 결합 라만분광기 및 CVD 챔버 결합 라만분광기)

라만분광기 연구장비 활용 논문 성과

■ (활용논문 제목) 라만 분광법을 사용한 non-van der Waals Bi_2O_2Se의 선결함 시각화

〈표 9〉 라만분광기 연구장비 활용 논문

비고	내용
제목	Visualizing Line Defects in non-van der Waals Bi_2O_2Se Using Raman Spectroscopy
저자	KIM, Un Jeong, et al.
저널	ACS nano, 2022, 16.3: 3637-3646.

■ (논문개요) 원자층* 재료의 일종인 Bi_2O_2Se의 특성에 영향을 미치는 선결함**을 라만분석으로도 확인 가능함

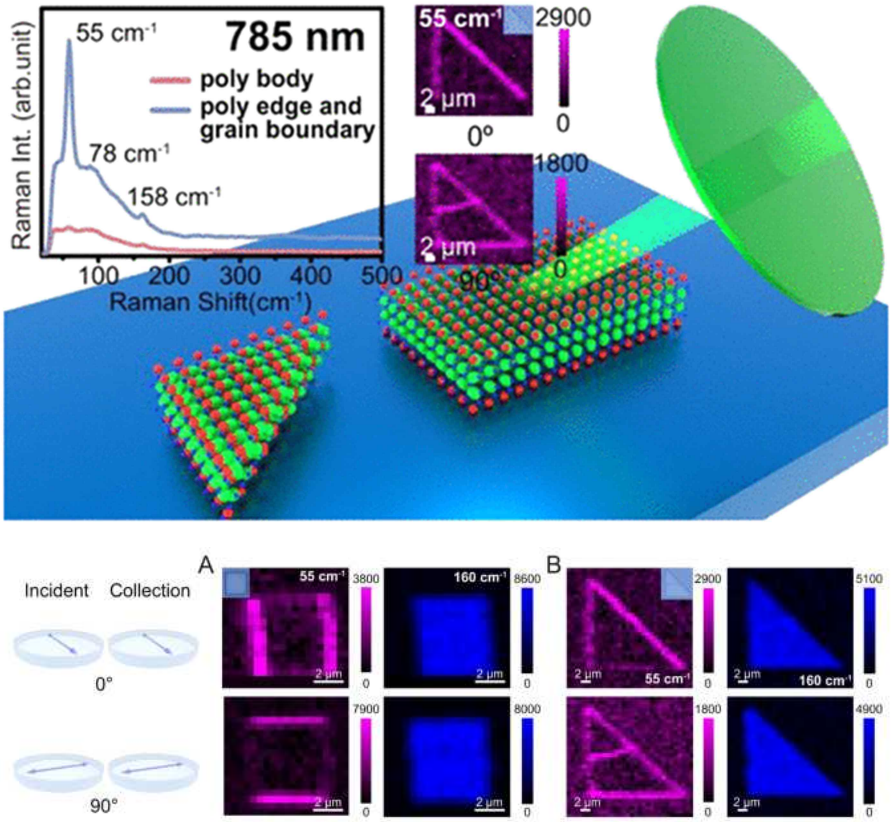
* 원자층 재료 : 2D 재료라고도 하는 원자층 재료는 단 하나의 원자 두께를 갖는 재료의 한 종류로서, 원자가 하나의 평평한 층으로 배열되어 있기에, 일반 벌크 물질에서는 볼 수 없는 고유한 특성을 나타냄. 유명한 물질로는 그래핀 등이 있음

** 선결함(Line defect) : 재료과학적으로 전위(dislocation)라고도 불리며, 물질 내부에서 선을 따라 확장되는 결함을 나타냄. 원자의 가장자리에서 계단 형태로 주로 나타나며, 재료의 특성과 성능에 상당한 영향을 미침.

- 라만분광법을 사용하여 원자층 재료의 일종인 Bi_2O_2Se를 라만 분석시 저주파 모드에서 구조적 결함에 의해 라만 현상이 관측될수 있음을 먼저 이론적으로 예측한 뒤, 실제 라만분광을 통해 관측·확인함

- 특히 55 cm^{-1}대 모드에는 그래핀/흑연의 가장자리와 유사한 강도(2배 분극 의존성)의 선결함이 관측됨

- 향후 원자층 나노물질에서의 결함의 중요성 및 활용에 대한 추가적인 검사 방안을 제공할 수 있을 것으로 보임



〈그림 10〉 원자층 라만 분석시 선결함 부위 시각화 개념 및 모드에 따른 시각화 모식도



"국산 연구장비를 이용해서 이 연구를 진행했던 이유는 저희가 사용하고 있는 나노베이스 장비급의 성능을 확보한 외산 장비를 사용하면 5억 이상의 가격이 소요됩니다. 하지마 이 라만 광발광분광기 경우에는 성능은 동일하지만 가격은 약 1/5 수준으로 장비를 운용할 수 있다는 장점, 편리한 유지 및 보수가 가능하다는 측면이 있습니다."

"장비로 한정하지 않고 핵심부품까지 활용범위를 넓히면 좋을 것으로 생각되구요. 지원기간이 짧으므로 아이디어 단계에 있고 결과가 도출되지 않은 경우는 도전하기 힘든 과제입니다." (인하대 이문상 교수)

※ '21년 활용연구사업(웨이퍼스케일의 화합물반도체 광 시냅스 및 논리회로 구현과 국산 분광장비를 통한 광전자 시냅스 전하 역학 거동 연구) 참여

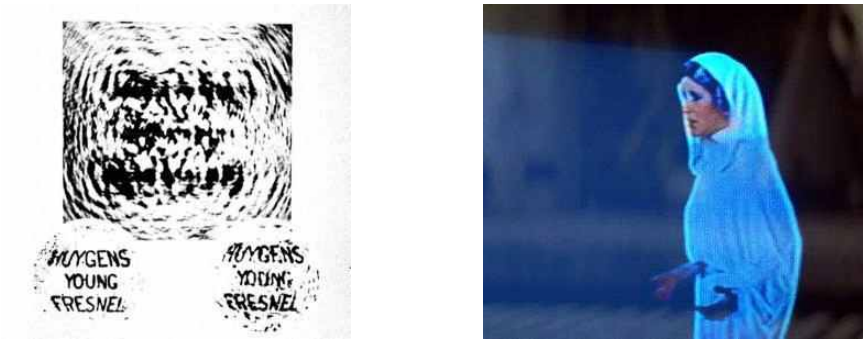
4 국산 홀로그래픽 현미경 활용 생체모방분자 실시간 모니터링

디지털 홀로그래피 현미경 개념

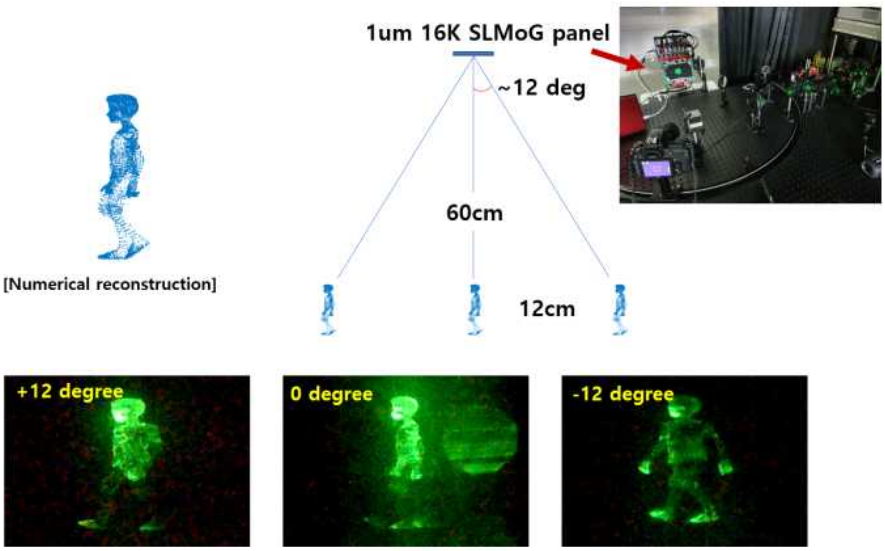
■ 홀로그래피의 원리를 활용하여 샘플의 3차원 이미지를 생성하는 현미경의 한 유형으로, 염색이나 다른 준비 없이 자연스럽고 살아있는 상태의 샘플을 관찰할 수 있는 비침습적 기술임

- 홀로그래피 자체는 1940년대 개발되었으나, 20세기 후반 레이저와 디지털센서 등장 이후 본격적으로 발전이 이루어졌으며, 2000년대 초반부터 간소화된 구조의 홀로그램 현미경이 개발됨

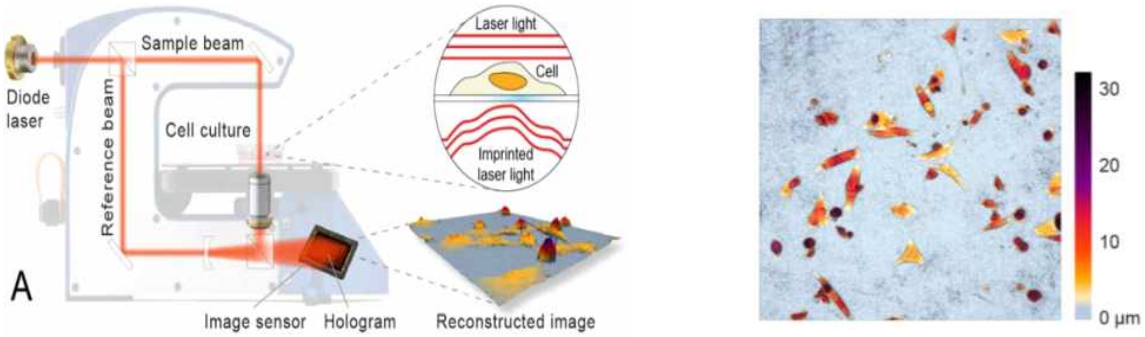
* 영국 물리학자 데니스 가보르에 의해 개발되었으며, 1971년 노벨 물리학상 수상



〈그림 11〉 최초의 홀로그램(데니스 가르보, 1948) 및 영화속 모습(스타워즈, 1977)



〈그림 12〉 광파 회절을 이용해 다양한 각도에서 실제 다르게 관찰이 가능한 3D 홀로그래피 이미지(ETRI, 2020)



〈그림13〉 홀로그래피 현미경 개념 및 예시

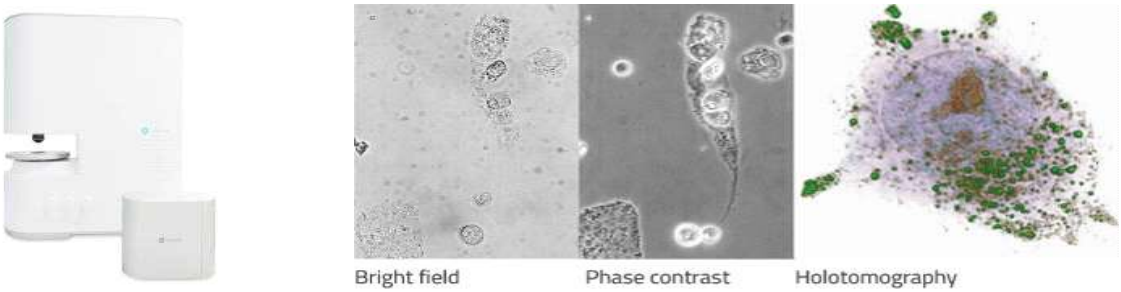
- 최근에는 형광현미경, 라만분광법, AI분석 등 다른 기술들과 통합된 홀로그램 현미경 제품들이 출시되고 있으며, 이러한 하이브리드 기술을 통해 샘플에 대한 구조 및 화학적 정보를 동시에 수집 가능함

국산 디지털 홀로그래피 현미경 연구장비(TOMOCUBE, XperRAM)

■ 토모큐브는 2015년 KAIST 스타트업 연구소의 지원으로 설립된 홀로그램 현미경 및 단층 촬영장비 개발·생산 기업으로, 생물학적 세포 및 조직을 훼손하지 않고, 특별한 전처리(라벨링) 없이 3D 이미지로 구현하여 연구자들이 실시간으로 세포의 내부 구조와 관찰할 수 있도록 지원함

■ 최초의 3D 세포 이미징을 위한 HT 시리즈 및 형광 이미징 기능이 결합된 HT-2 시리즈* 등을 출시하고 있으며, 해당 분야의 선도기업으로 입지를 굳히고 있음

* HT-2 holotomographic microscope with 3D fluorescence로 2019년 Microscopy Today Innovation Award 수상



〈그림 14〉 Tomocube의 HT 시리즈 및 분석이미지 예시

디지털 홀로그래피 현미경 연구장비 활용 논문 성과

■ (활용논문 제목) 광학회 절단층 촬영의 라벨 없는 이미징을 통한 펩토이드의 다중 표적 항균 메커니즘 실시간 모니터링

〈표 10〉 펨토초 레이저 연구장비 활용 논문

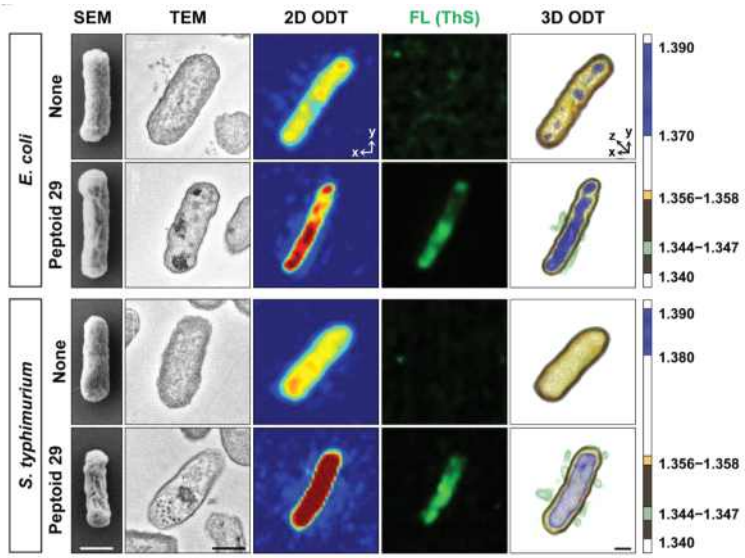
비고	내용
제목	Real-Time Monitoring of Multitarget Antimicrobial Mechanisms of Peptoids Using Label-Free Imaging with Optical Diffraction Tomography.
저자	KIM, Minsang, et al.
저널	Advanced Science, 2023, 2302483.

■ (논문개요) 현재 항균제 내성균의 출현으로 기존 항생제의 활용이 어려워짐. 이러한 제한점을 해결할 수 있는 후보로 펩토이드* 물질이 부각되고 있으며, 본 논문은 광학회절단층촬영(ODT)**를 통해 펩토이드의 항균메커니즘을 확인함

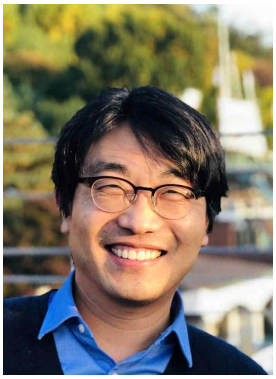
* Antimicrobial peptides(AMPs) 인체내 선천적 면역체계의 일부인 작은 단백질이지만, 인체 내에서의 안정성이 낮은 것이 단점임. 펩토이드는 AMP의 변형체로서, 생체 내 분해이 덜해 새로운 항생제 대안 물질 후보군으로 각광받음

** 홀로그래피 원리를 활용하여 샘플의 3차원 이미지를 생성하는 홀로그램 현미경 분석방법

- 펩토이드의 실시간 항균 메커니즘을 모니터링하기위해 박테리아가 펩토이드에 의해 사멸하는 과정을 ODT 이미지로 생성함
- 세포막파괴 또는 세포내 바이오매스의 응집 모두 펩토이드의 박테리아 사멸 메카니즘인 점 확인함



〈그림 15〉 SEM, TEM 및 홀로그래피 현미경을 활용한 박테리아 및 균의 사멸 메카니즘 관찰



“이 연구에서 활용한 국산 연구장비는 A/S가 쉽고 얼리버드(베타테스터)처럼 제품에 대한 피드백을 서로 주고받을 수 있습니다. 그래서 그러한 것을 기반으로 저희는 장비 성능향상과 함께 우리가 하고자 하는 연구를 계속해서 실시간으로 주고받는 연구를 할 수가 있었습니다.”

“연구장비 활용 성과은 단기간에 이루어지 쉽지 않습니다. 최소 3~5년간 지속적 지원과 관심이 절실하구요. 연구장비 기업과 학연의 공동연구는 목표 달성 가능성을 증대시킵니다. 국산 연구장비 기업의 가장 절실한 부분은 지속적인 활용을 통한 응용 분야의 확대이고 이것은 매출과 직·간접적으로 이어질 수 있습니다.” (한국기초과학지원연구원 이성수 책임연구원)

※ ‘21년 활용연구사업(국산 홀로그래픽 현미경 활용 생체모방분자 실시간 모니터링 핵심분석기술 개발 및 효용성 검증) 참여

Ⅲ

국산 연구장비 활용 활성화 설문조사

조사개요

■ **(목적)** 국산 연구장비 활용 현황 분석 및 향후 사업 활성화 요인을 도출하기 위해 '연구장비 활용연구' 사업 수행책임자를 대상으로 설문조사 실시

■ **(대상)** '20년~'23년 '연구장비 활용연구' 사업 수행 연구책임자 16명

* 연구책임자 16명 중 1명을 제외한 15명의 응답 기준으로 분석

조사항목

■ 기본정보, 국산 연구장비 선택기준, 장/단점, 연구 수행의 적정성, 연구 기간의 적정성, 연구장비 활용연구사업 활성화 방안에 대한 의견 등을 평가

조사결과

■ 국산연구장비 활용 현황

- ㈜코셈, ㈜파크시스템즈 등 총 20개 사의 국산 연구장비를 활용함

※ 전문성을 갖추어 연구산업을 영위하는 전문연구사업자로 등록한 기업은 6개 사로 ㈜파크시스템즈, ㈜나노스코프시스템즈, ㈜코셈, ㈜토모큐브, ㈜아스타, ㈜스몰머신즈가 이에 해당됨

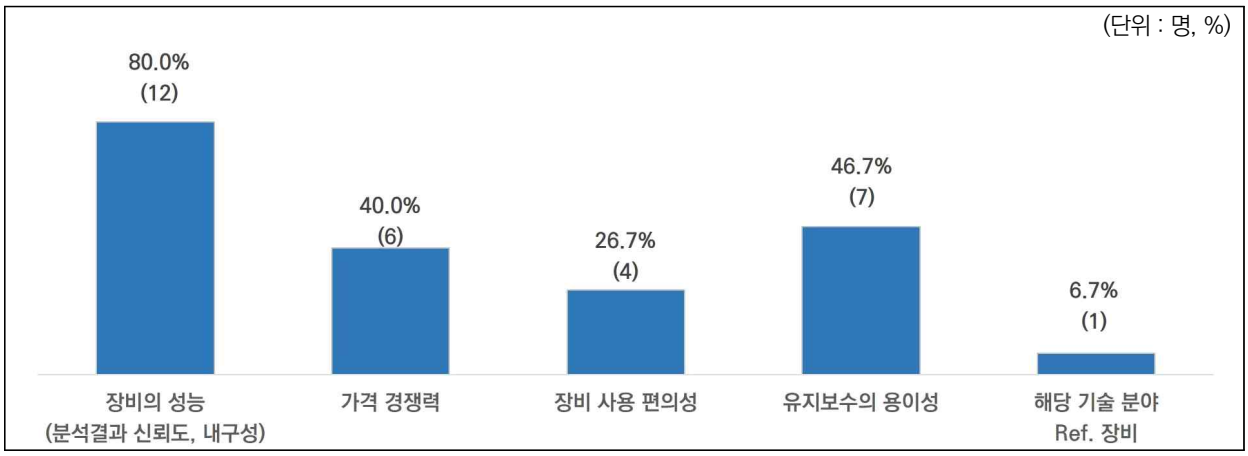
- 주요 활용 장비로는 시료 표면이나 생물의 구조를 관찰하는 SEM, 광학현미경 등의 현미경 관련 장비를 활용하고 있음

* 기타 활용 장비로는 질량, 물성 등을 분석하는 라만분광기, 질량분석기 등의 분석 위주의 장비가 활용됨

- 평균 약 88백만 원 규모 및 약 5년 미만의 장비를 활용하고 있으며, 고가의 장비로는 ㈜토모큐브에서 개발한 3D 홀로그래피 현미경임

* '21년 국가연구개발 우선성과선정된 ㈜토모큐브의 3D 홀로그래피 현미경은 생명과학 및 의과학분야에서 세포의 3차원 영상을 얻을 수 있는 혁신 장비로 스위스 취리히 연방공과대에서 활용하고 있는 국산장비임

- **(국산 연구장비 선택기준)** 연구장비 선택 시 중요요인으로 분석 결과 및 내구성 등 장비 성능 80.0%(12명)에 대한 요인이 가장 높았으며, 그 다음으로 유지보수 용이성 46.7%(7명), 가격 경쟁력 40.0%(6명) 순으로 나타남



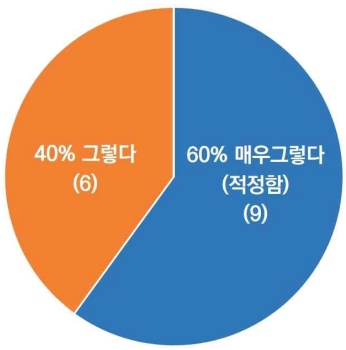
〈그림 16〉 **연구장비 선택기준**

- 기존의 외산장비 대비 국산 연구장비 장점으로 S/W 인터페이스 단순 및 사용자 중심의 친화성, 가격 경쟁력, 기술 지원 서비스 등의 다양한 의견을 제시함
- 반면, 한정된 기능의 한계로 특정 조건에서 활용 불가, 장비 제조사에 대한 인지도 및 신뢰성 부족 등 국산 연구장비 개선이 필요하다고 응답함

■ 연구장비 활용연구사업의 수행 적절성

- **(수행과정 적정성)** 연구장비 활용연구 수행과정의 적정성에 대한 의견으로는 매우 그렇다 60%(9명), 그렇다 40%(6명)로 지원사업의 만족도가 대체적으로 높은 것으로 나타남

(단위: 명, %)

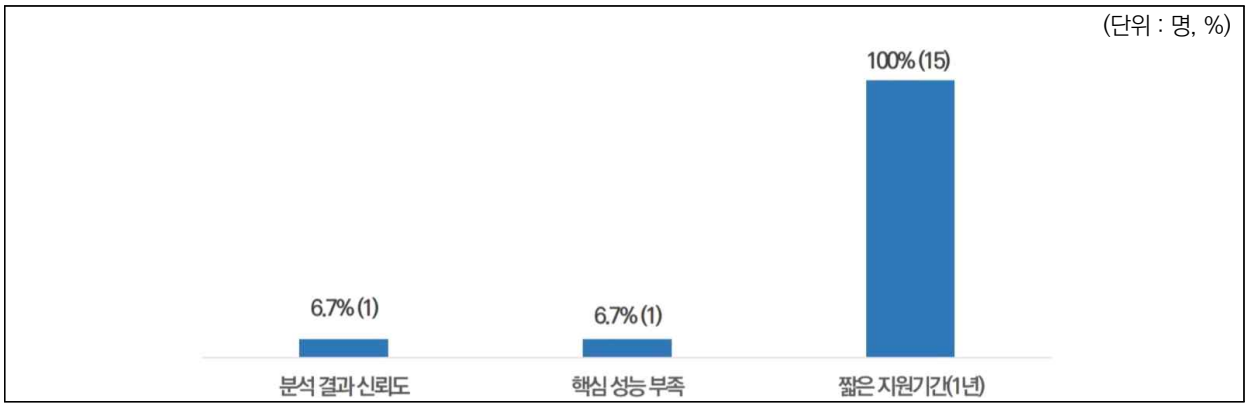


구분	응답 수	응답률
매우 그렇다	9	60.0
그렇다	6	40.0
보통이다	0	0.0
아니다	0	0.0
매우 아니다	0	0.0
총 합계	15	100.0

〈그림 17〉 **연구장비 활용연구사업 수행 적정성**

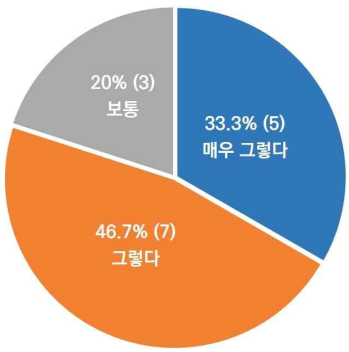
- **(애로사항)** 연구장비를 활용하여 연구수행 시, 1년 이내 짧은 지원 기간으로 인해 충분한 연구성과가 창출되지 못함을 주요 애로사항으로 인식

※ 기타 의견으로 장비 분석 결과에 대한 신뢰도, 장비 핵심 성능 부족 등의 의견을 제시함



〈그림 18〉 **연구장비 활용연구사업 수행 애로사항**

- **(사업지원 기간 적정성)** 현재 추진하고 있는 '연구장비 활용연구사업'의 지원 기간은 전체 연구자 모두 충분한 연구 성과를 창출하기에 짧다는 의견이 절대적으로 많음
- **(활용장비 추가 지원)** '연구장비 활용연구사업'에서 활용한 장비에 추가적인 서비스(기술지원 및 자문 서비스, 장비 스펙 커스터마이징 등)이 연구 결과물에 영향력을 미치는지에 대해 대다수 연구자가 '매우 그렇다'(33.3%), '그렇다'(46.7%)라고 답변하였음



(단위: 명, %)

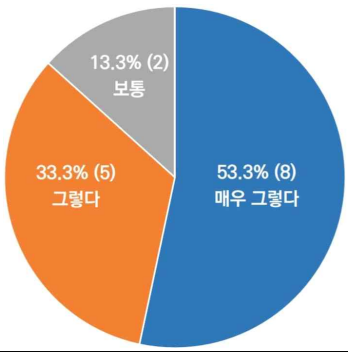
구분	응답 수	응답률
매우 그렇다	5	33.3
그렇다	7	46.7
보통이다	3	20.0
아니다	0	0.0
매우 아니다	0	0.0
총 합계	15	100.0

〈그림 19〉 **활용장비 추가지원이 연구결과에 미치는 영향 관련 인식도**

■ 연구장비 활용연구사업 활성화 방안

- **(장비 기업과의 협업 필요성)** 연구 초기 단계부터 연구장비 기업과 협업하여 장비를 개발하고 이를 활용한 우수 연구 결과 도출 및 효과성에 대한 의견으로 '매우 그렇다'(53.3%) 의견이 대다수 차지

(단위: 명, %)

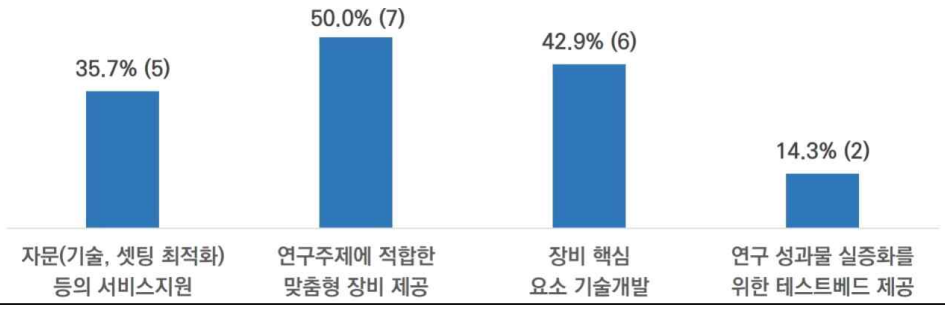


구분	응답 수	응답률
매우 그렇다	8	53.3
그렇다	5	33.3
보통이다	2	13.3
아니다	0	0.0
매우 아니다	0	0.0
총 합계	15	100.0

〈그림 20〉 장비 기업과의 협업을 통한 연구장비 활용 효과성

- **(협업 시 중요요인)** 연구장비 기업에 요구사항은 연구 주제에 적합한 맞춤형 장비 50.0%(7명) 가장 높았으며, 장비 핵심 요소 기술개발 42.9%(6명), 자문 등의 기술 서비스지원 35.7%(5명), 연구 성과물 실증화를 위한 테스트베드 제공 14.3%(2명) 순으로 나타남

(단위 : 명, %)



〈그림 21〉 연구장비 기업과의 협업 시 중요요인

소결

■ 연구자들은 국산 연구장비 선택 시 장비의 성능, 내구성을 중요하게 여기며 활용한 국산 장비가 외산에 비해 떨어지지 않는 경쟁력을 갖추고 있으나, 장비 제조사의 인지도 및 신뢰성 부족 등 지속적인 개선이 필요한 것으로 나타남

■ 연구장비 활용 결과물 수준을 높일 수 있도록 지원사업 규모 및 기간 확대와 협업기업과의 상시 소통 자리를 통해 위한 피드백 활성화 지원이 필요함

Ⅳ 시사점

연구장비의 국산화 확대의 중요성 재인식

■ 연구성과를 창출하기 위해 활용되는 연구장비는 해외의존적이며, 연구에서 레퍼런스로 인용되는 연구장비는 해외 주요 기업의 제품으로 성능이 검증된 연구장비만을 선호하는 관례로 인해 국산 연구장비 확산이 제한적임

■ 우수 연구사례 및 설문 분석을 통해 국산 연구장비가 외산에 비해 떨어지지 않는 성능이나 내구성으로 세계적 유수한 연구성과를 창출할 수 있음을 확인하였으나, 아직까지 국산 연구장비가 외산장비에 비해 부족한 부분을 인지하고 지속적으로 개선하려는 노력이 필요함

- 국산 연구장비는 해외 연구장비 대비 실제 연구자의 낮은 레퍼런스 활용비율이 제한사항으로 제시됨
- 국산 연구장비 활용연구 성과와 우수장비개발 사례 등을 알림으로써 연구현장의 국산장비에 대한 인식을 전환하기 위한 노력이 필요함
- '연구장비 활용연구사업' 관련 주요 우수성과 4건을 검토하였으며, 해당 연구자들 대상 인터뷰를 통해 연구장비 활용지원의 중요성 및 애로사항을 확인함

국산 연구장비의 활용·확산 지속 지원을 위한 개선방안 도출

■ 연구장비 활용연구사업 수행 연구책임자 대상 설문분석 결과 국산 연구장비를 선택하는 주요 요인은 장비의 성능, 유지보수의 용이성 및 가격 경쟁력 순으로 나타남

- 연구자들은 가격 경쟁력도 중요하지만 연구장비의 성능을 통한 올바른 연구의 수행 및 연구영역 확장에 더욱 높은 관심도를 보임
- 연구자들은 국산 연구장비 선택시 장비의 성능, 내구성을 중요하게 여기며, 활용한 국산 장비가 외산에 비해 떨어지지 않는 경쟁력을 갖추고 있으나, 장비 제조사의 인지도 및 신뢰성 부족 등 지속적인 개선이 필요한 것으로 나타남
- 또한, 연구장비 활용연구의 활성화를 위해서도 연구 주제에 적합한 맞춤형 연구장비 개발을 위해 연구장비 기업과의 협업을 선호함

■ 연구장비 활용연구사업에 대한 만족도는 높은 편이나, 연구자가 양질의 데이터를 축적하여 연구성과 수준을 높이는데 현행 지원기간인 1년은 짧으므로 지원기간 확대 필요

- 연구장비 활용의 성과는 단기간에 창출되기 어려우므로 중장기적 관점의 지원과 관심이 필요함

■ 연구자 중심의 장비 활용 과제에서 연구장비 기업의 요구사항과 연구자의 전문연구역량을 통해서 새로운 장비개발, 시장을 개척할 수 있는 중장기적 관점의 과제 개발이 필요함

- 국산 연구장비를 중심으로 연구자와 연구장비 기업 간 협력 네트워크 구성, 피드백 교류가 필요

V

참고문헌

- 과학기술사업화진흥원(2022), 「첨단연구장비 응용기술개발 신규사업 기획 용역보고서」.
- 과학기술사업화진흥원(2023), 「국산연구장비기술경쟁력강화사업 기획 용역보고서」.
- 과학기술정보통신부(2022), 「제1차 연구산업 진흥 기본계획(2022~2016)(안)」.
- 과학기술정보통신부(2022), 「2021년도 국가연구시설장비 조사·분석보고서」.
- 국가연구개발 시설·장비의 관리 등에 관한 표준지침(시행 2020.05.04., 과학기술정보통신부고시 제2020-19호).
- 정석인, 정의덕(2020), 「연구장비산업의 비즈니스 생태계 모형 개발 및 사례 분석」, 기술혁신학회지, 23(2): 428-450.
- 한국연구재단(2019), 「연구장비가 노벨과학상 수상에 미친 영향」, NRF ISSUE REPORT, 8호.
- JANICKE, Birgit, et al.(2017), Label-free high temporal resolution assessment of cell proliferation using digital holographic microscopy. Cytometry Part A, 91.5: 460-469.
- KIM, Un Jeong, et al.(2022), Visualizing Line Defects in non-van der Waals Bi2O2Se Using Raman Spectroscopy. ACS nano, 16.3: 3637-3646.
- KIM, Minsang, et al.(2023), Real-Time Monitoring of Multitarget Antimicrobial Mechanisms of Peptoids Using Label-Free Imaging with Optical Diffraction Tomography. Advanced Science, 2302483.
- LE, Truong-Son Dinh, et al.(2022), Green flexible graphene–inorganic-hybrid micro-supercapacitors made of fallen leaves enabled by ultrafast laser pulses. Advanced Functional Materials, 32.20: 2107768.
- OECD (2023), 「OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2023」.
- PHAM, Thanh Chung, et al.(2020), Simultaneous and visual detection of cysteamine based on Michael addition reaction with polydiacetylene liposomes. Journal of Materials Chemistry C, 8.43: 15290-15295.
- 기업별 홈페이지
  - ㈜레이저닉스 https://www.lasernics.com/
  - ㈜코셈 https://www.coxem.com/

- ㈜나노베이스 https://www.nanobase.co.kr/
- ㈜토모큐브 https://www.tomocube.com/
- Thermo Fisher Scientific https://www.thermofisher.com/
- JEOL, https://www.jeol.com/
- BRUKER, https://www.bruker.com/

■ DRUG DISCOVERY ONLINE, “Thermo Fisher Scientific Cryo-EM Instruments Help Pharmaceutical Consortium Advance Drug Discovery And Development”, 2018.09.27., https://www.drugdiscoveryonline.com/doc/thermo-fisher-scientific-cryo-em-instruments-advance-drug-discovery-development-0001.

VI

발간목록

발간 월	분야	이슈페이퍼 제목
2023년 1월	연구장비	· 일본 연구장비 관련 동향 및 정책 시사점(연구장비 기업 현장방문 중심)
2023년 2월	주문연구	· 국내 시작품·시제품 제작 산업 실태 및 시사점
2023년 3월	연구장비	· 연구 신뢰성 향상을 위한 연구장비 성능평가제도
2023년 4월	연구관리	· 국내 IP 서비스 산업 현황 및 시사점
2023년 5월	연구장비	· 국산 연구장비 지속 성장을 위한 연구성과의 산업화 전환 사례분석
2023년 6월	주문연구	· 의약·바이오 분야 연구개발서비스 동향 및 시사점

필자소개 최문영

과학기술사업화진흥원 연구장비재료팀 연구원

송명원

과학기술사업화진흥원 연구장비재료팀 선임연구원

연구산업 이슈·동향 페이퍼 2023-10

국산 연구장비 활용 우수 연구사례 분석 및 시사점

발행일 2023년 08월 08일

발행처 과학기술사업화진흥원 연구산업진흥본부
서울 강서구 양천로 570 17층, 20층
T. 02-736-0047 F. 02-736-9799

■ 본 이슈페이퍼의 내용은 필자의 개인적 의견이며, 진흥원의 공식적인 의견이 아님을 밝힙니다.