



IBS

리서치솔루션센터 2021

Research Solution Center (RSC)

About RSC

세계적인 기초과학 연구거점인 기초과학연구원(IBS)의 연구경쟁력 강화를 위해,
리서치솔루션센터(RSC)는 공동활용이 가능한 핵심 연구시설장비를 집적 및 전문인력의 연구지원 등
 전략적인 구축·운영을 통해 우수한 연구환경을 제공하고 있습니다.

비전

핵심 연구시설장비를 구축하고 운영하여
 IBS의 국가기초과학 연구거점 역할 수행에 기여하겠습니다.

미션

구축

전문성

활용지원



핵심 연구시설장비 구축

IBS의 연구자와 더불어
 리서치솔루션센터를 활용하고자 IBS를 선택할 미래의 연구자를 위해,
 리서치솔루션센터는 단일 연구단이 구축하기 어려운 핵심 연구시설장비를 구축합니다.



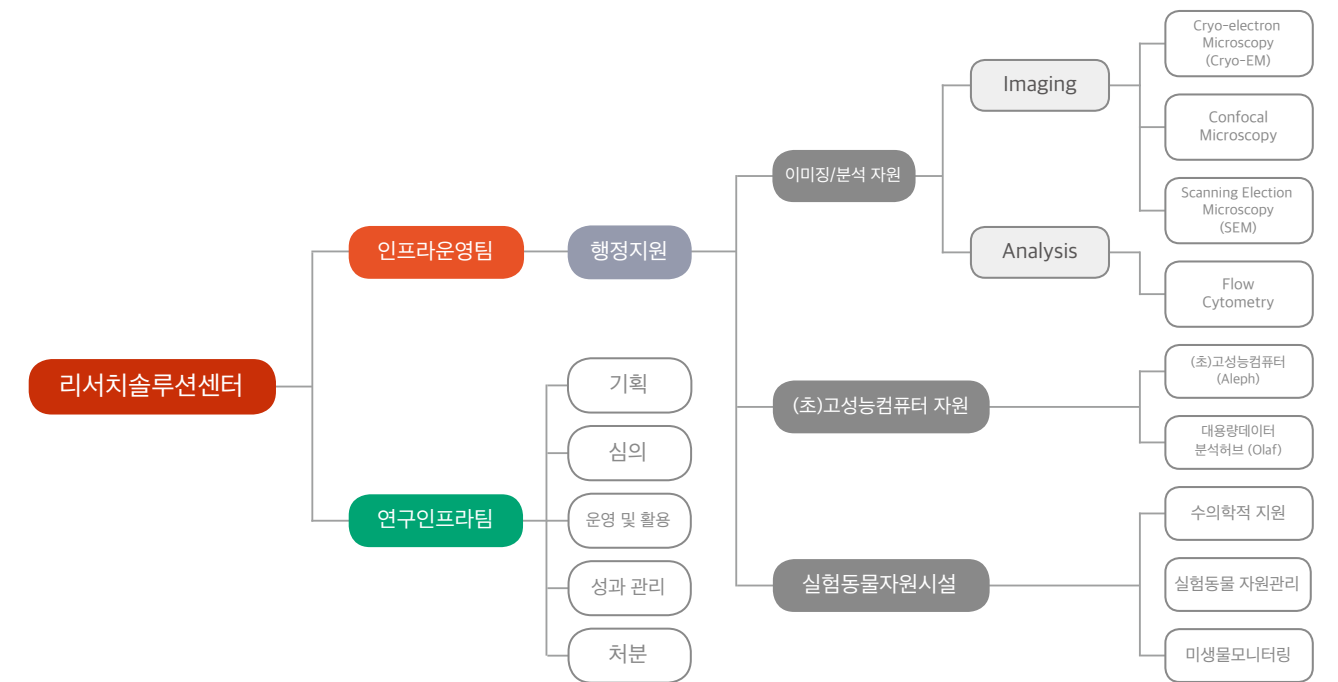
기초과학 연구를 선도하는 연구시설장비 운용 능력 보유

리서치솔루션센터는 연구자와 협업이 가능한
 숙련된 전문인력을 배치하여 실험 전 주기를 지원합니다.



시설장비 개방 서비스 및 사용자 교육

리서치솔루션센터는 개별 연구단이 사용할 인프라를 한데 모아 개방함으로써
 연구 효율성을 높이고 연구지원 서비스 및 교육 등 맞춤형 활용을 지원합니다.



하 성 도

IBS 부원장 | RSC 센터장

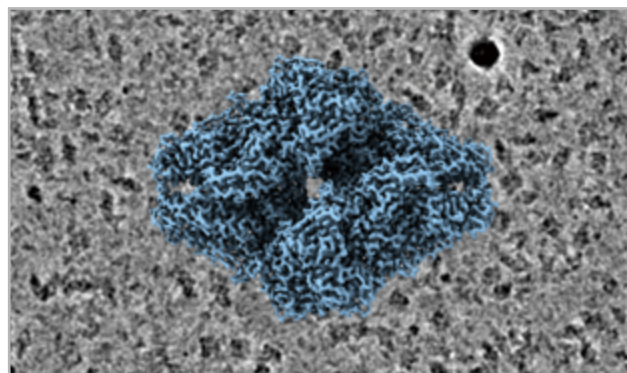


이미징/분석 자원



RSC 홈페이지

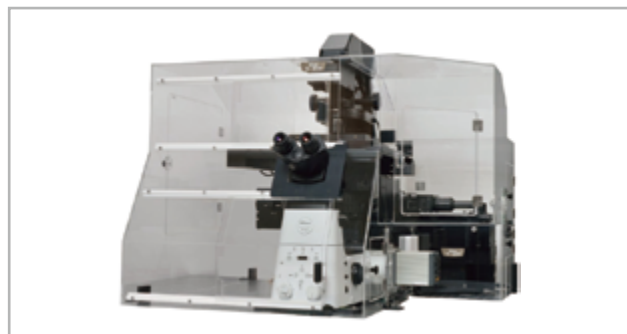
< Cryo-EM >



Cryo-EM은 시료를 유리화 동결하여 시료 내 생체분자 또는 세포를 자연에 가까운 상태로 고정하고, 이로부터 고품질의 이미지를 획득 후 3차원 구조 모델로 재구성하는 연구기법입니다.

IBS RSC는 초저온 시편준비실과 200kV 및 300kV Cryo-TEM을 이용하여, 동결시편의 제작에서부터 시편 스크리닝, 데이터 수집, 데이터 전산처리 컨설팅에 이르기까지 구조생물학 연구 수행에 필요한 실험 전 과정을 지원합니다.

< Microscope >



초해상력 현미경

일반현미경은 전자, 레이저, LED 등의 다양한 광원들을 활용하여 육안으로 보기 어려운 생물, 화학, 재료 과학 분야의 다양한 시료들을 고배율로 확대하여 2차원 또는 3차원의 이미지를 실시간 혹은 시간의 경과에 따라 관찰하고 분석하는 장비입니다.

RSC에서 보유한 일반현미경은 특정 파장에 반응해 형광 이미지를 획득하는 초해상력 공초점/형광 현미경과 전자빔을 이용해 표면 이미지를 획득하는 전계방사형 주사전자현미경으로 구성되어 있습니다.



3차원 배양 세포 영상 현미경

본 장비들은 광학현미경과 전자현미경을 연계하여 분석할 수 있는 CLEM 기능을 보유하고 있으며, 이러한 연계 분석 기능을 이용하여 생물, 화학, 재료 과학 분야 등 다양한 시료들의 이미징 분석이 가능합니다. 또한, 전자현미경은 물질 표면의 원소 성분(EDS)과 결정의 구조 및 방향성(EBSD)을 확인할 수 있는 부속장치가 설치되어 있습니다.

추후 신규 현미경 장비 도입 및 장비 최적화를 통해서 다양한 이미징 분석 서비스를 제공하도록 하겠습니다.

< Flow Cytometry >



Flow Cytometry는 유액 상태의 입자·세포가 일정 감지 지역을 통과할 때 산란되는 빛을 측정하여 세포의 크기와 내부 복잡성을 결정할 수 있어, 한 번에 하나 이상의 세포 집단을 연구할 수 있습니다. 또한, 서로 다른 유형의 세포가 보유하고 있는 항원에 형광 색소가 연결된 monoclonal antibody를 결합시켜, 세포가 laser 빔을 통과 시 방출하는 색의 조합으로 세포 유형을 구별할 수 있습니다.

유세포 분석 기법을 이용하여 연구자가 원하는 세포만을 분리해 낼 수도 있습니다. 유세포 분석실은 최대 18개의 형광을 분석할 수 있는 유세포 분석기(LSRFortessa SORP_BD) 및 최대 6개의 서로 다른 세포 집단을 동시에 분리할 수 있는 유세포 분리기(Moflo Astrios_Beckman Coulter)를 통해 연구를 지원합니다.

(초)고성능컴퓨팅 자원

< 슈퍼컴퓨터 알레프(Aleph) >



IBS는 2018년 첫 번째 슈퍼컴퓨터 '알레프'를 도입하여, 기후물리 분야를 비롯한 물리, 화학, 생명과학 등 다양한 분야에서의 컴퓨팅 시뮬레이션 수행에 활용하고 있습니다. '알레프'는 1.43PFlops의 이론계산성능, 8,740TB의 저장 용량 등 도입 당시 규모 면에서 세계 445위(18년 11월), 국내 공공기관 중 3위에 해당 하였습니다. '알레프'는 대규모 연산과 분석, 대용량 데이터 처리 등을 기반으로 우리나라 기초과학 경쟁력을 끌어올리고 세계적인 수준의 연구 성과를 창출하는데 핵심적인 역할을 수행하고 있습니다.

< 대용량데이터분석허브 올라프(Olaf) >



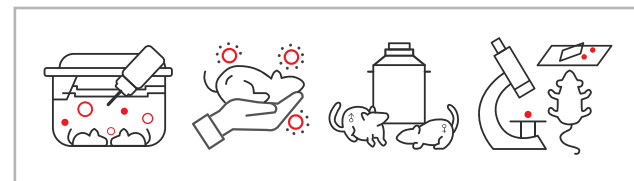
IBS는 2020년 대용량 데이터의 저장·분석 및 공동활용을 위한 데이터분석허브 '올라프'를 구축하였습니다. 구축에 이어 '21년에는 병렬스토리지(가용용량 2.5PB→15.4PB) 및 테이프아카이빙 시스템(최대용량 4→16PB)을 증설하였습니다. 계산자원은 총 GPU 88장(V100 40장, 1080ti 40장, 2080ti 8장)을 보유하고 있으며, '22년에는 CPU계산노드 약 200대, '23년에는 GPU 80장을 증설할 계획입니다.

'올라프'는 연구원에서 생산하는 대용량데이터를 안전하고 원활하게 저장·분석하고, 연구원 내·외부 연구진들과 공동활용을 통해 IBS의 대형 연구시설·장비가 생산한 우수한 연구 결과물들을 국내·외 기초과학계에 확산시키는 중요한 역할을 수행하고 있습니다.

RSC 인프라운영팀

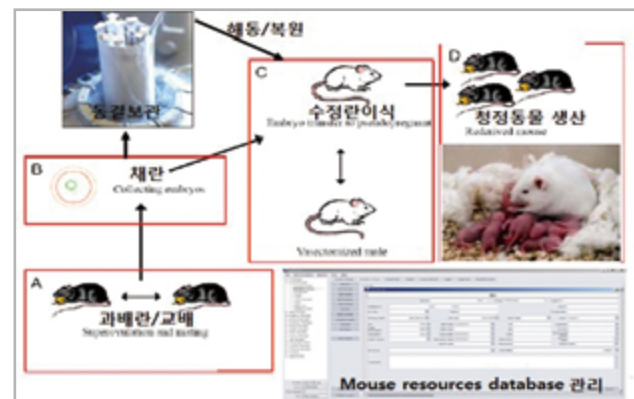
실험동물자원시설 (www.larf.ibs.re.kr)

< 수의학적 지원 >



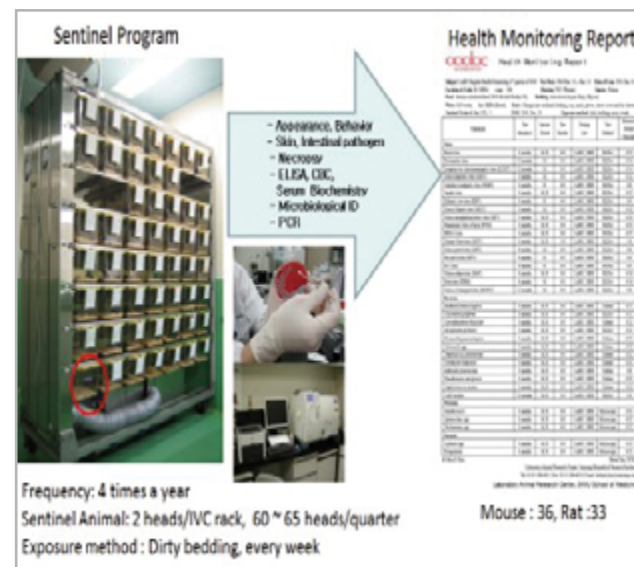
실험동물자원시설에서는 동물실험윤리위원회의 운영을 통해 동물실험계획서 심의, 동물실험윤리 이행 점검, 동물실험시설 실사등을 수행하며, 기관 전임수의사가 동물실험에 필요한 수의학적인 지원, 연구자 교육, 시설 운영 관리를 담당하고 있습니다.

< 실험동물 자원관리 >



- 정정화 병원체 감염 실험동물의 수정란을 SPF대리모에 이식 후 태어난 실험동물의 병원체 유무 확인
- 정자동결 초저온(-196℃) 상태에서 보관
- 정자해동 동결정자 해동 후 수정란을 SPF 대리모에 이식하여 실험동물을 탄생시킴
- 수정란동결 수정란을 초저온 상태에서 보관
- 수정란해동 동결수정란을 해동 후 SPF 대리모에 이식하여 실험동물을 탄생시킴

< 미생물 모니터링 >



실험동물의 미생물 모니터링은 실험동물의 생명과 건강에 영향을 주는 생물학적 인자를 규명하고 제거함으로써 질병을 예방하고 실험결과와 정확성 및 재현성을 유지하는데 목적을 두고 있습니다.

이를 위해 정기적인 미생물 검사를 통해 건전성 유무를 확인하고 철저한 환경관리를 수행하고 있습니다.

※ 보다 자세한 설명 및 이용방법은 RSC 홈페이지에서 확인하실 수 있습니다. (www.ibs.re.kr/rsc)

2021년도 인프라운영팀의 신규 구축 장비를 소개합니다!

No. 2

데이터 아카이빙 시스템

데이터 아카이빙 시스템은 연구데이터의 메타데이터를 통합 관리함으로써 연구자들이 연구데이터 관리에 투입하는 시간과 노력을 최소화시킵니다.



본 시스템은 고성능 병렬 스토리지(가용용량 11.5PB, 전송대역폭 88.6GB/s)와 데이터 아카이빙 시스템(최대 24PB까지 확장 가능)으로 구성되어 있습니다.

본 장비의 도입으로 대형실험장비에서 수집되는 대용량 연구데이터를 빠르게 처리함으로써 값비싼 대형실험시설 장비의 효율성을 극대화할 수 있습니다.

No. 1

자동 낙하 유리화 동결장치

Cryo-EM 실험의 시작단계인 유리화 시편을 제작하기 위해 생물시료를 비정질 얼음상태로 급속 냉각(유리화 동결)하는 장비입니다.



single-side-blotting 방식을 사용하여, 시편제작과정에서 발생가능한 생물시료의 물리적 손상을 줄일 수 있습니다.

RSC에서는 시료 유리화 동결 경험이 부족한 경우 제작 및 컨설팅을 지원해드리며, IBS 연구시설장비를 사용하여 시편을 분석하는 경우 유리화동결된 시료를 초저온 바이오 투과전자현미경으로 탑재하기 위한 cryo-transfer(C-clipping) 과정을 지원해드립니다.

No. 3

초해상력 공초점 레이저 주사 현미경

전국에 단 두 대뿐인 최신 장비로 레이저 파장을 조정할 수 있고 초해상력 모드를 이용하여 고해상도 형광 이미지를 얻을 수 있습니다.



본 장비는 생체 조직 및 세포 시료에 염색된 표적 형광 물질에 대한 초해상력 공초점 이미지를 획득할 수 있습니다. 다양한 기능(Navigation, AFC 등)과 특화된 기술(Lightning, TauSense)을 이용하여 기존 공초점 현미경의 한계를 극복하였습니다.

RSC에서는 형광 물질의 선택적 관찰, 이미지 분석 기능 (시간 경과에 따른 시료 변화 관찰), 고해상도의 3차원 형광 이미지 분석을 제공하고 있습니다.

No. 4

전계방사형 주사 전자현미경

다양한 과학 분야의 시료들에 대한 표면 이미지 관찰과 정량 분석이 가능한 전계방사형 주사전자현미경입니다.



전자현미경은 생명, 나노, 화학, 물리, 재료 과학 분야의 다양한 시료들을 대상으로 수 나노 수준의 초고분해능 표면 이미지 획득, 표면 원소 성분 분석, 결정의 구조와 방향성 등을 파악할 수 있는 다목적 이미지/정량 분석 장비입니다.

주요 기능은 대형 시료의 초고해상도 이미지 분석(Tile-scan), 3차원 이미징 단층 촬영 (3D Array tomography), 낮은 가속전압을 이용한 주사투과전자현미경 이미징 관찰 (STEM), 광학 및 전자현미경 장비를 연계한 이미지 분석 (CLEM), 화학적 원소 성분 분석 (EDS), 결정의 구조와 방향성 분석(EBSD) 등이 가능합니다.

RSC의 연구시설장비와
전문인력의 분석 지원을 통해,
다양한 과학 분야 연구자들의
우수 연구성과 달성에
도움 드리도록 노력하겠습니다!



출처: ZEUS 홈페이지(www.zeus.go.kr)

2021년도 주요 신규 장비

본원 연구단

〈생체 광학 이미징 시스템〉



보유 부서	인지 및 사회성 연구단
장비 위치	대전광역시 유성구 엑스포로 55 기초과학연구원 실험동물자원시설 D102호
장비 금액	171백만원
담당자	김누리 (042-878-9116)

생체 광학 이미징 시스템은 생체 내의 형광 및 생물 발광 이미징에 모두 사용할 수 있는 확장 가능하고 민감한 이미징 시스템입니다. 해당 장비는 생체에서 모든 광학계 관련 실험을 수행 할 수 있도록 다양한 스펙트럼 대역의 신호를 감지할 수 있습니다. 고감도 CCD 카메라가 장착되어 있고, 외부의 빛으로부터 완전히 차단된 이미징 챔버가 있으며 자동화 및 분석 기능이 포함되어 있습니다. 또한, 동물용 마취 및 체온 조절을 위한 장비가 있어 동물실험에 적합한 성능을 가지고 있습니다.

캠퍼스 연구단

〈다기능 대립자 유세포 분석기〉



보유 부서	유전체 항상성 연구단
장비 위치	울산광역시 울주군 언양읍 유나스트길 50 울산과학기술원 103동 (첨단소재연구관) 223호
장비 금액	1,047백만원
담당자	황정미 (052-217-5533)

다기능 대립자 유세포 분석기는 다양한 다세포 생물체 및 아주 예민한 샘플들의 정량분석, 세포 덩어리 및 bead의 정량분석, 자동화 분석, 분주 및 brightfield 이미지 포착이 가능합니다. 본 장비는 flow cell의 직경 자체가 상대적으로 크게 설계가 되어 있어, 질환모델 샘플들을 주입하여 실시간 자동으로 대용량 정량분석에 가장 적합합니다.

〈표준 전국 동축 게르마늄 검출기〉

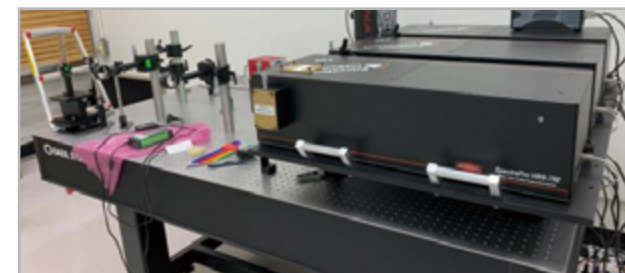


보유 부서	희귀 핵 연구단
장비 위치	대전광역시 유성구 엑스포로 55 기초과학연구원 실험동 C317호
장비 금액	183백만원
담당자	김선지 (042-878-9603)

표준 전국 동축 게르마늄 검출기는 원자핵으로부터 방출되는 감마선의 검출을 통해 원자핵의 상태를 식별하여 특성 및 구조를 연구할 수 있는 장비입니다. 게르마늄 검출기는 뛰어난 에너지 분해능을 가지므로 조밀하게 존재하는 원자핵의 들뜬 상태도 식별이 가능하며, 특히 본 장비는 액체질소를 통해 게르마늄 결정을 냉각시키던 방식을 전기 냉각 장치로 대체하여 이동이 용이하며 냉각 시간을 단축할 수 있습니다. 또한, 하전 입자 검출기와 함께 실험에 활용한다면 더욱 다양한 원자핵의 물리적 특성 연구가 가능합니다.

외부 연구단

〈삼중 라만 분광기〉



보유 부서	강상관계 물질 연구단
장비 위치	서울특별시 관악구 관악로 1서울대학교 자연과학대학 19동 F4층 403호
장비 금액	236백만원
담당자	Dietrich Wulferding (02-871-7104)

삼중 라만 분광기는 광학 측정용 고자기장 저온 유지 장치를 부대장비로 사용하여 극저온 및 고자기장의 극한 환경에서 시료의 광학적 특성을 매우 높은 분해능으로 측정할 수 있습니다. 라만 분광법은 시료에 레이저를 조사한 후 비탄성 산란된 빛을 분광기로 검출하여 시료의 진동 구조, 전자의 들뜬 상태 등을 분석하는 실험 방법으로 단일 라만 분광기의 경우 측정 가능한 최소 라만 신호가 100 cm⁻¹ 수준인 반면, 삼중 라만 분광기를 이용하면 5 cm⁻¹ 이하까지 측정이 가능하여 1 meV 수준의 매우 작은 에너지 크기의 전자 들뜬 상태까지 관측할 수 있습니다.

2021년 이렇게 바뀌었습니다! 연구인프라팀 무엇이 달라졌나요?

2. 반출 및 반입 MIS 오픈 및 체계화

그 동안 수기로 진행하던 반출입 과정을
MIS로 간편하게 신청하고 현황을 확인해보세요

MIS	자산관리	자산물품 반출입신청	반출입현황
반출입 신청 시 유의사항			
반출기간			
반출기간은 6개월 이내로 설정해주세요 다만, 공동연구 등 별도로 반출기간의 승인을 받은 경우 6개월 이상 체크 후 그 기간 이내로 반입예정일 입력 (관련 문서 첨부 필요)			
자산 사진 첨부			
전체사진, 자산번호 사진을 첨부파일 형태로 추가해주세요			

1. IRIS 모바일 로그 생성(QR코드)



“ 연구장비를 위한 QR체크인으로
장비 별 QR코드를 찍으면 로그를 생성할 수 있습니다.
로그인 후 버튼 클릭만으로 작성되는 운영일지 기능, 활용해보세요!

장비의 특성에 맞추어 로그 생성 방법을 설정할 수 있습니다

1. 사용 시작과 종료 시 각각 버튼을 누르는 방식
 2. 시작 버튼만 누르면 종료시간이 자동 입력되는 방식
(1회 당, 사용시간 미리 설정)
- ※ IRIS 관리자 페이지에서 설정 변경 가능 (기본값은 1번)

3. NFEC 본심의자료 전문가 자문 프로세스(3~4월)

1. 전문가 자문 선정 기준

각 분야(물리,전산,화학,생명 등)별 전문가 및
NFEC 심의 경험이 있는 전문가들로 구성

2. 전문가 자문 프로세스 진행과정

- 심의자료 제출(3월 초) > 심의자료 전문가 자문 검토 진행 >
검토의견서를 토대로 심의자료 보완 요청 > 보완자료 제출 >
보완여부 확인 > 심의최종 제출(4월 말 예정)

2022년에도 연구인프라팀은 IBS 연구자들에게 연구몰입환경을 제공하기 위해 노력하겠습니다!



4. IBS 공동연구 시설장비 이용료 운영사업

IBS의 우수한 연구자원의 공동활용을 활성화하기 위한
이용료 운영사업이 2022년부터 이렇게 달라집니다

1. 남김없는 수입금 활용
미처 사용하지 못한 수입금 잔액,
앞으로는 그 다음 해에도 쓸 수 있게 되었습니다.
2. 끊임없는 공동활용
연초 사용 공백을 없이 1월 1일부터 시작될 수 있도록
추진체계를 개선하였습니다.
3. 신규 장비 추가
RSC의 6점의 장비가 추가될 예정이니
많이 활용해주세요!

2021년도 장비 활용 연구성과

바이오 투과전자현미경, 손상된 혈관을 정상화하는 새로운 항체를 만들다



300kv 초저온 고분해능 바이오투과전자현미경



200kv 초저온 바이오투과전자현미경

혈관은 인체 건강에 핵심적 역할을 한다.

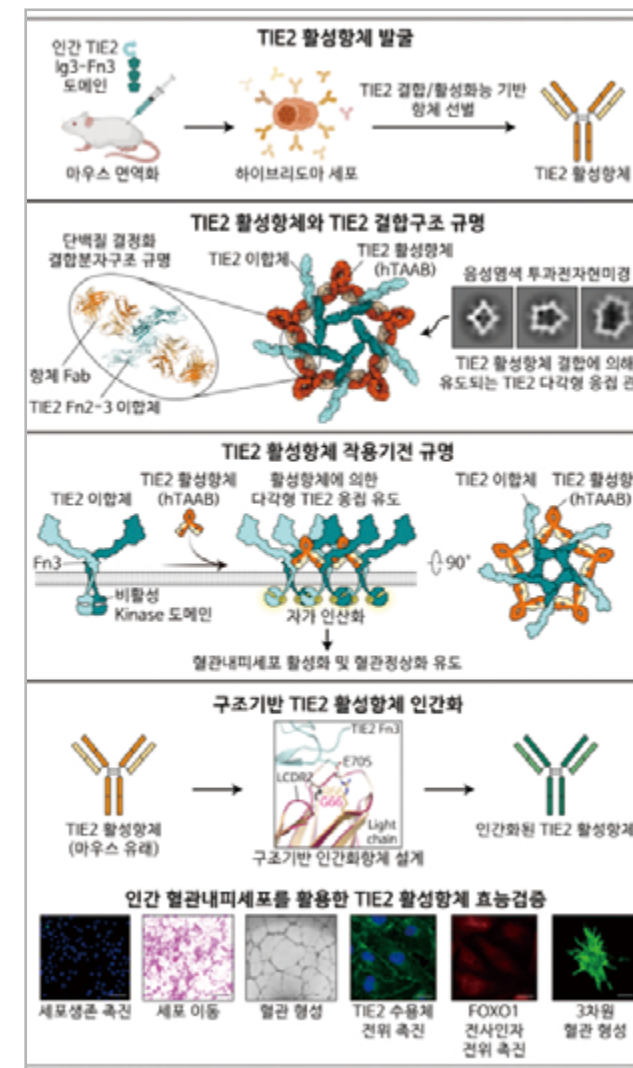
세포에 산소와 영양분을 공급하고, 노폐물을 배설기관으로 옮기며, 면역세포들의 이동을 돕기 때문이다. 혈관의 항상성은 Angiopoietin-TIE2 신호전달체계를 통해 조절된다. 하지만, 암¹⁾, 패혈증²⁾, 당뇨병 망막병증, 족부궤양 등의 질환에서는 혈관 내피세포와 주변 지지세포들이 파괴되면서 심각한 혈관 손상이 일어난다. 이에 국내외 제약회사들이 앞다투어 손상된 혈관의 TIE2를 활성화시키는 치료제 개발에 뛰어들고 있다.

기초과학연구원 바이오분자 및 세포구조 연구단 김호민 CI(Chief Investigator, KAIST 의과학대학원 부교수)와 혈관 연구단 고규영 단장(KAIST 의과학대학원 특훈교수)은 질병 상황에서 손상된 혈관을 정상화하는 항체를 새롭게 개발하고, 3차원 분자구조를 규명하여 치료항체의 작동 기전을 제시하였다. 암, 패혈증 등 혈관 손상을 동반하는 다양한 질병의 치료제 개발에 기여할 것으로 기대된다.

Angiopoietin1 단백질은 혈관 내피세포의 TIE2 수용체³⁾에 결합하여 세포표면 응집을 유도한다. 이 과정이 TIE2 활성화와 혈관 안정화 유도에 핵심적인 역할을 한다. 현재까지의 TIE2 활성화 유도 치료제는 대부분 단백질 엔지니어링을 통한 Angiopoietin 변이체 개발에 집중되었다. 그러나 이 전략은 낮은 생산성과 안정성, 생체 내 짧은 반감기 등의 문제가 있었다.

연구진은 기존 TIE2 활성화를 유도하는 치료제 개발과는 다른 전략을 채택하였다. 그 결과 혈관 내피세포의 TIE2 수용체에 결합하여 성장과 안정화를 유도하는 “TIE2 활성 항체(hTAAB)” 개발에 성공했다. 또한 단백질 결정학과 바이오 투과전자현미경 등을 활용, TIE2 활성 항체와 TIE2의 결합 분자구조와 항체에 의한 TIE2 수용체의 활성화 분자기전도 규명했다.

연구진은 TIE2 수용체/Angiopoietin의 결합 분자구조를 바탕으로 TIE2 수용체에 직접 결합해 응집과 활성화를 유도하지만, Angiopoietin 결합에는 영향을 미치지 않는 항체를 새로 개발하고자 하였다. 이에 마우스 하이브리도마 기술과 혈관 내피세포를 활용한 효능평가를 통해 가장 효과적인 항체를 선별하였고, 단백질 결정학으로 TIE2 수용체와 TIE2 활성항체(hTAAB)의 상호작용에 핵심적인 분자코드를 규명하였다. 또한 바이오 투과전자현미경으로 Y자 형태의 항체가 TIE2에 순차 결합하여 다각형 형태로 TIE2수용체의 클러스터(응집)를 유도하는 분자메커니즘을 규명해냈다. 이를 바탕으로 TIE2 인간화 항체 개발에도 성공했다.



〈 논문 핵심 내용 모식도 〉

1) TIE2 활성항체 발굴

TIE2단백질을 마우스에 면역화하고, 마우스하이브리도마 기술을 활용하여 항체를 제작한 후, TIE2에 결합하면서 TIE2의 활성화를 유도하는 맞춤형 항체를 선별하였다.

2) TIE2 활성항체와 TIE2 결합구조 규명

단백질 결정학 방법과 바이오 투과전자현미경을 활용한 구조생물학적 연구를 통해 TIE2 활성항체와 TIE2수용체 결합 분자구조를 규명하였고, TIE2 활성항체 결합에 의해 유도되는 TIE2 다각형 응집을 관찰하였다.

3) TIE2 활성항체 작용기전 규명

혈관내피세포의 세포막에 이합체 형태로 존재하는 TIE2 수용체의 FNIII 도메인에 Y자 형태의 TIE2 활성항체가 결합하고, 이로 인해 다각형 형태로 TIE2가 응집된다. 이를 통해 세포막 내부 TIE2 부분이 자가 인산화되고 하위 세포신호전달을 활성화시킴으로써 혈관내피세포 활성화 및 혈관정상화를 유도하게 된다.

4) 구조기반 TIE2 활성항체 인간화 및 세포기반 효능검증

TIE2 활성항체와 TIE2수용체 결합구조 상의 핵심 상호작용 아미노산을 분석하여 마우스에서 유래한 TIE2 활성항체를 성공적으로 인간화하였다. 또한, 인간 혈관내피세포를 활용한 다양한 효능검증을 통해서 인간화된 TIE2 활성항체가 세포의 생존 및 이동, 혈관 형성, 세포간 연결 강화 등을 유도하는 것을 확인하였다.

이번 연구는 국제학술지 '네이처 커뮤니케이션즈 (Nature Communications, IF 14.919)' 온라인 판 11월 1일 자에 게재되었다.

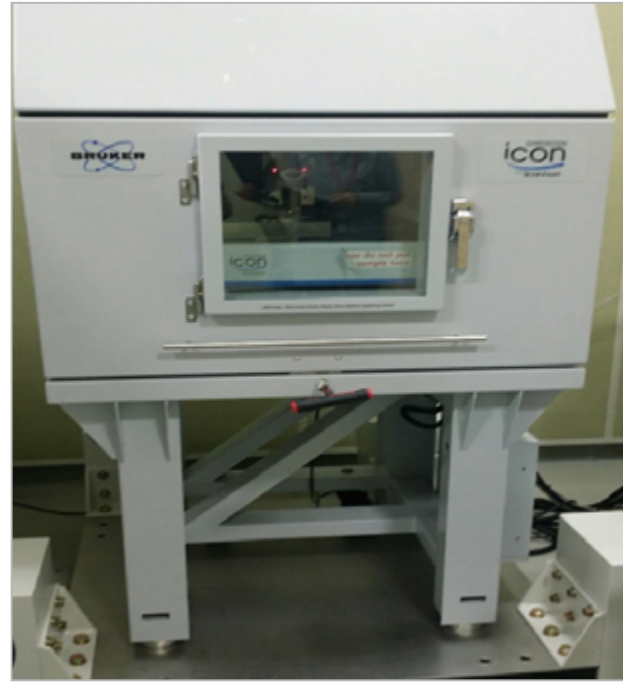
출처: IBS 홈페이지(www.ibs.re.kr)

2021년도 장비 활용 연구성과

초고분해능 주사전자현미경 / 초저전류 측정 원자현미경, 가장 완벽한 그래핀의 탄생



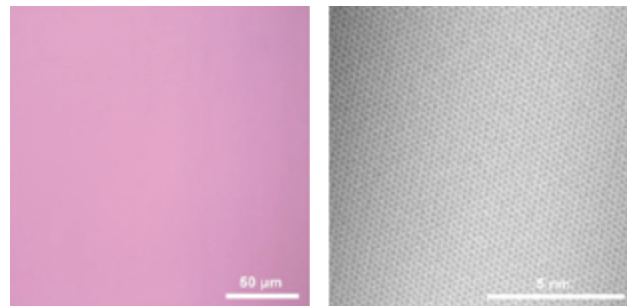
초고분해능 주사전자현미경



초저전류 측정 원자현미경

UNIST에 위치한 IBS 다차원 탄소재료 연구단에서는 '자동압력 조절형 탄소화산방식 그래핀 성장장비'를 활용하여 현존하는 그래핀 중 가장 완벽한 '무결점 그래핀'을 대면적으로 제작 하는데 성공하고, 그 연구결과를 최고 권위의 국제학술지 '네이처(Nature)' 8월 26일자에 게재했다.

'꿈의 신소재'로 불리는 그래핀은 얇고 투명하지만 강철보다 강하고, 우수한 열 및 전기전도성을 지니는 등 탁월한 물성으로 주목받았다. 그래핀이 세상에 등장한지 17년이 지났지만, 항상 부분적으로는 여러 층의 그래핀이 겹친 '적층 구역'이나 군데군데 주름진 '접힘 구역'이 존재했다. 2차원 물질로 분류되지만, 역설적이게도 전 면적에 걸쳐 순수하게 원자 한 층으로 이뤄진 그래핀은 아직까지 탄생한 적 없다는 의미다.

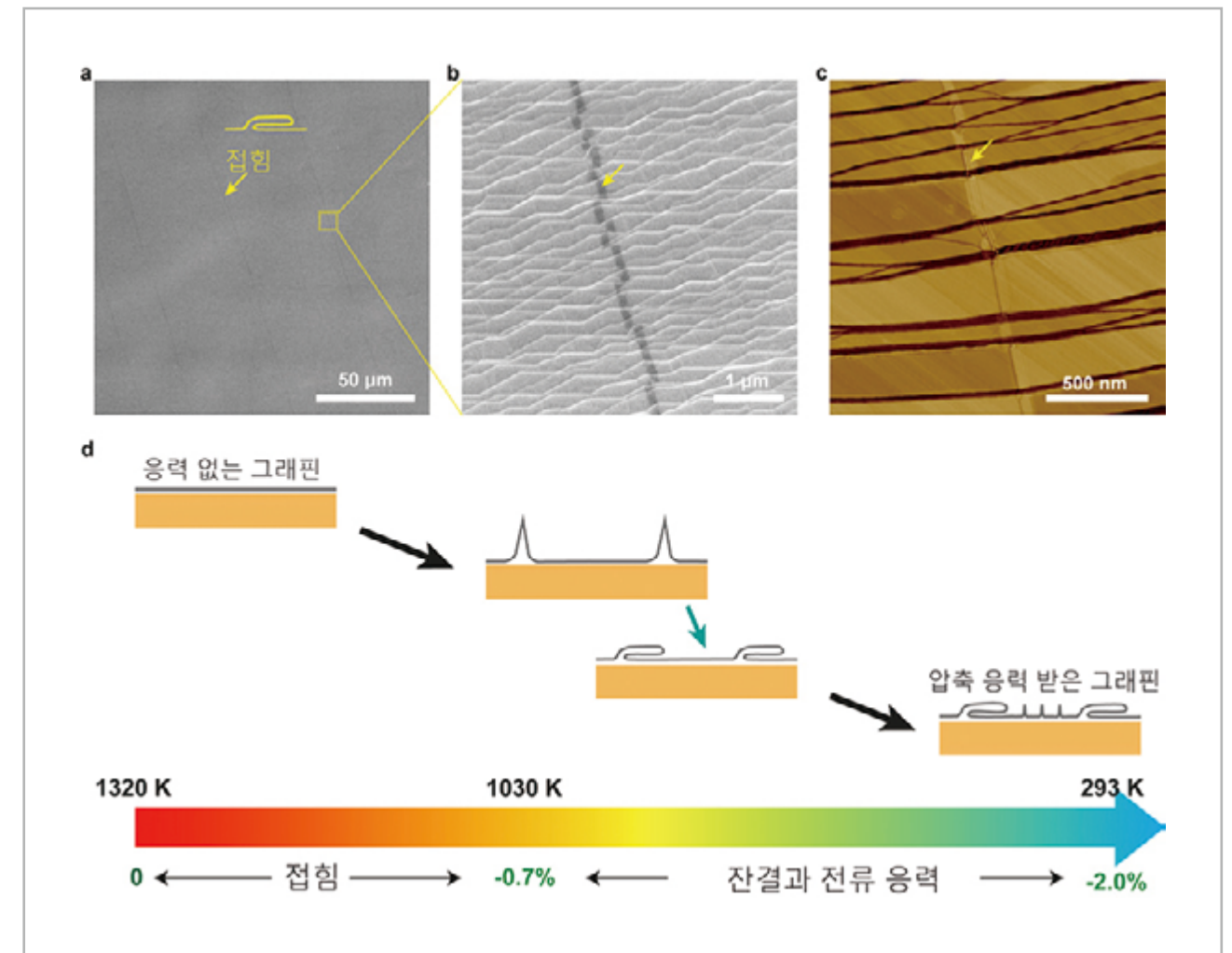


◀ 연구진이 합성한 무결점 그래핀의 모습.
접힘이나 적층 없이 소재 전체가 원자 한 층으로 균일하며,
각 원자의 배열도 규칙적인 단결정 형태임을 알 수 있다.

그래핀의 적층이나 접힘은 기계적, 전기적 물성을 떨어뜨리는 요인이 된다. 뿐만 아니라, 그래핀의 접힘 부분에서는 그래핀의 기계적 강도를 낮추는 균열도 발생한다. '꿈의 신소재'라는 별명답게 우수한 물성을 완벽하게 활용하기 위해서는 적층과 접힘을 모두 없앤 무결점 그래핀의 개발이 필요하다.

다차원 탄소재료 연구단은 완벽한 그래핀 개발을 위한 기초연구를 지속해왔다. 2019년에는 적층, 즉 겹친 부분이 없는 그래핀 제작까지는 성공했지만, 접힘 문제까지는 해결하지 못했다. 이번 연구에서는 그래핀 접힘이 형성되는 원인을 규명하고, 접힘 부분까지 없앤 '무결점 그래핀'을 제작하는데 성공했다.

연구진은 그래핀의 성장 후 냉각 과정에서 접힘이 발생한다는 점에 착안, 접힘이 일어나는 온도를 조사했다. 통상 그래핀은 1320K(1046.85℃) 이상의 고온에서 합성된 후 서서히 식는데, 이때 1030K(756.85℃) 이상의 온도에서 접힘이 형성됨을 발견했다. 이에 따라 접힘이 발생하지 않도록 1030K 이하의 저온에서 그래핀을 성장시켜본 결과, 냉각과정을 거쳐도 접힘 및 적층이 없는 완벽한 그래핀이 합성할 수 있었다.



▲ 그래핀에 접힘이 발생하는 메커니즘.

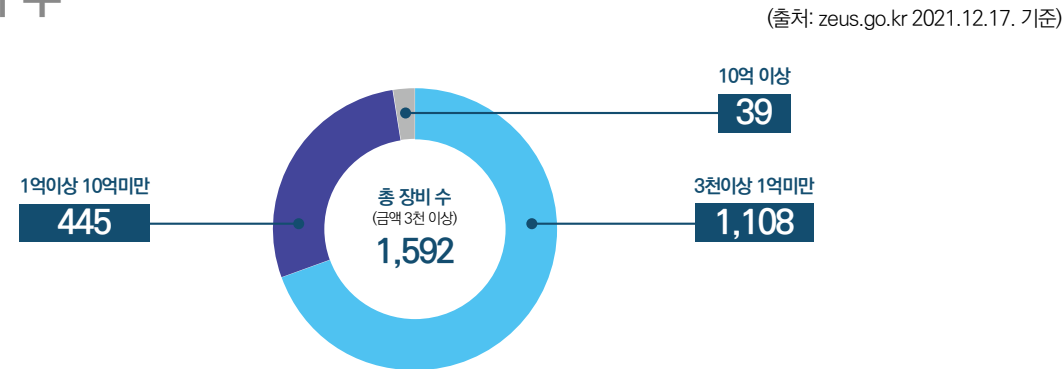
통상 그래핀은 1320K 이상의 고온에서 성장하는데, 냉각되는 과정에서 접힘이 발생한다.
연구진의 분석결과 약 1030K 이상의 온도에서 접힘이 발생하는 것으로 확인됐다.

이렇게 제작한 무결점 그래핀의 전하 이동도는 $6 \sim 8000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 로 실리콘에 비해 7배, 일반적인 그래핀에 비해 약 3배 높았다. 전하이동도가 높을수록 더 적은 전력으로도 높은 성능을 낼 수 있음을 의미한다. 또한, 대량 생산의 가능성도 입증했다. 연구진은 구리-니켈(Cu-Ni(111)) 호일을 기판으로 사용해, $4 \times 7 \text{ cm}^2$ 크기의 무결점 그래핀 5장을 동시에 제조하는 데에도 성공했다. 또, 호일을 5번 재사용해도 중량 손실이 0.0001g에 불과해 호일을 무한정 재사용할 수 있다는 것도 장점이다.

출처: IBS 홈페이지(www.ibs.re.kr)

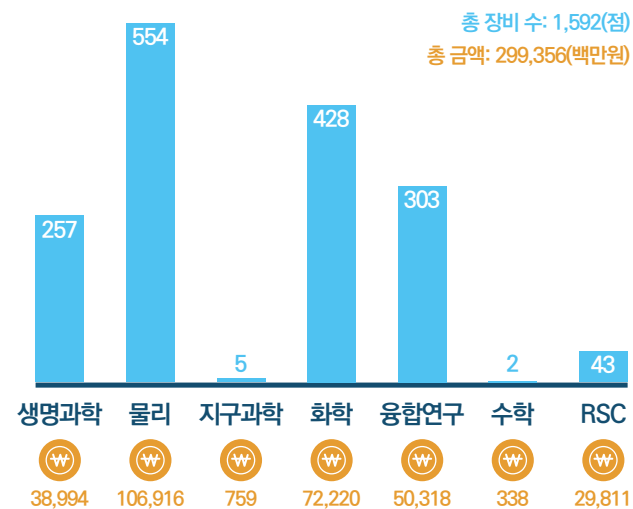
장비 관련 주요 통계

금액별 장비 수



연구분야별 장비 수/구매총액

(장비 수: 점 / 금액: 백만원)



예산

(출처: zeus.go.kr 2021.12.17. 기준)



연도별 장비 활용성과 : 가동률, 공동활용률

(단위: %, 2021.06.30. 기준)



「국가연구개발 시설장비의 관리 등에 관한 매뉴얼」 참조

공동활용률= 공동활용된 연구시설장비 수/ZEUS 등록된 전체 공동활용서비스 연구시설장비수 x100

IBS 공동활용 연구시설장비 보유현황

(기준: RSC 전체 장비 및 취득금액 약 5억원 이상이며 ZEUS 상 공동활용 가능한 연구단 장비)

구분/지역	연구단	담당자	장비명	NFEC 등록번호		
본원 (대전)	리서치 솔루션 센터	김택승 (042-878-8128)	3차원배양 세포 영상 현미경	NFEC-2020-01-260298		
			고속 공초점 현미경	NFEC-2013-08-181745		
			도립LED형광현미경	NFEC-2015-06-202944		
			디지털미세거울 전내부반사 현미경	NFEC-2016-07-210543		
			마크로 공초점 현미경	NFEC-2013-08-181875		
			전계방사형 주사전자현미경	NFEC-2021-12-274716		
			초해상력 공초점 레이저 주사 현미경	NFEC-2021-09-273062		
			초해상력 현미경 SIM	NFEC-2013-08-181405		
			초해상력 현미경 STORM	NFEC-2013-08-181423		
			하이컨텐츠허스크리닝이미징장치	NFEC-2013-07-181312		
		류범한 (042-878-8287)	200kV 초저온 바이오투과전자현미경	NFEC-2020-04-261965		
			300kV 초저온 고분해능 바이오투과전자현미경	NFEC-2020-10-265254		
			자동 낙하 유리화 동결 장치	NFEC-2021-10-273757		
		정해진 (042-878-8264)	LED 표면 형광 현미경	NFEC-2017-07-239060		
			고성능 유세포 자동분석기	NFEC-2013-07-180673		
			고성능유세포분석기	NFEC-2014-08-190631		
			공초점 레이저 주사 현미경	NFEC-2013-08-181922		
			모폴로 아스트리오스 고속 유세포 분리기	NFEC-2013-03-176860		
			벤치탑세포분리기	NFEC-2017-09-240004		
			슬라이드 스캐너	NFEC-2020-10-265375		
			초고성능 유세포 분석기	NFEC-2018-03-242702		
			표면 플라스몬 공명장치	NFEC-2020-10-265196		
			허무영 (042-878-8047)	통합 기후시스템 모델링을 위한 슈퍼컴퓨터	NFEC-2019-01-248365	
		심규현 (042-878-8231)	집단 거대 연구용 대용량데이터 분석허브	NFEC-2021-01-267401		
			고성능 GPU 클러스터 시스템	NFEC-2018-09-245753		
			고성능 계산용 서버 노드	NFEC-2017-01-235934		
				NFEC-2016-08-211576		
				NFEC-2015-01-195484		
			고성능공유파일서버시스템	NFEC-2013-10-183599		
			데이터 아카이빙 시스템	(등록 예정)		
			장윤철 (042-878-8046)	터널형 게이지 세척기(2점)	NFEC-2018-08-245264	
		과산화수소 증기 발생기(2점)		NFEC-2018-08-245252		
				NFEC-2018-03-242824		
				NFEC-2018-03-242823		
			인지 및 사회성	김누리 (042-878-9116)	시트광 형광 현미경	NFEC-2020-12-266206
					고속패턴투과기법고해상도현미경	NFEC-2020-04-262415
					초고속 다광자 공초점 현미경	NFEC-2013-08-181425
		차세대 대용량 염기 서열 분석 장치			NFEC-2013-07-181388	
		KAIST 캠퍼스 (대전)	시냅스 뇌질환	김세호 (042-350-5633)	마우스사육실	NFEC-2017-08-239237
					다중광자 공초점 현미경	NFEC-2014-01-185094
고감도레이저주사 공초점 현미경	NFEC-2014-01-184803					
나노물질 화학반응	신재원 (042-350-8141)		고체상태 400MHz 3채널 핵자기공명 분광기	NFEC-2013-07-180735		
			초고분해능 주사전자현미경	NFEC-2014-05-187599		
			실시간 고분해능 투과전자현미경	NFEC-2013-10-183511		
분자활성 촉매반응	서주은 (042-350-8124)		화학 반응의 멀티스케일 전산모사 용 고성능 클러스터 시스템	NFEC-2013-08-181743		
			공명라만분광기	NFEC-2019-02-254459		
			계산화학용 고성능 클러스터 시스템	NFEC-2018-02-242279		
엑시온 및 극한상호작용	김동민 (042-350-8162)		600MHz 핵자기공명분광기	NFEC-2017-03-236718		
			대구경 초전도 고자기장 자석	NFEC-2013-09-183035		
			고자기장 18T 고온초전도자석	NFEC-2020-11-266176		
			엑시온 테스트베드용 무냉매 희석냉동기	NFEC-2017-11-240797		
			무진동 연구시설	NFEC-2017-03-236780		
			자기측정용 무냉매 희석냉동기	NFEC-2016-12-213594		
			RF측정용 무냉매 희석냉동기	NFEC-2016-03-208405		
		RF 부품평가측정용 무냉매 희석냉동기	NFEC-2016-03-208418			

IBS 공동활용 연구시설장비 보유현황

(기준: 취득금액 약 5억원 이상이며 ZEUS 상 공동활용 가능한 연구단 장비)

구분/지역	연구단	담당자	장비명	NFEC 등록번호
성균관대 캠퍼스 (수원)	나노구조물리	이현재 (031-299-6503)	분광기 (광전자분광기)	NFEC-2016-05-209518
			제어시험장치 (실시간 TEM 홀더 시스템)	NFEC-2017-02-236384
	뇌과학 이미징	김미란 (031-299-4351)	초고자장 15.2 테슬라 동물용 자기공명영상장치	NFEC-2015-10-205251
			고자장 9.4 테슬라 동물용 자기공명영상장치	NFEC-2015-10-205252
			휴면용 3 테슬라 자기공명영상장치	NFEC-2015-10-205256
			슈퍼해상도 공초점 현미경	NFEC-2014-01-184967
서울대 및 연세대 캠퍼스 (서울)	나노입자	장승영 (02-880-7406)	생체이미징용 다광자 공초점 현미경	NFEC-2014-01-184951
			슈퍼 다광자 공초점 현미경	NFEC-2013-05-179018
	강상관계 물질	박주영 (02-877-8108)	실시간 전자 직접 검출기	NFEC-2020-09-264729
			무냉매 희석식 냉각기	NFEC-2020-12-266911
			초고분해능각분해광전자분광실험장비	NFEC-2016-12-213322
			물리적 특성 측정 장치	NFEC-2013-09-182769
			구면수차보정 전계방사 주사투과전자현미경	NFEC-2016-01-207212
			자성측정시스템	NFEC-2015-12-206745
	나노의학	정민경 (02-2123-4748)	고온 고분해능 엑스선 회절 분석기 시스템	NFEC-2013-11-183937
			플로팅 존 용융로	NFEC-2013-08-181975
			정밀계측 시스템	NFEC-2019-03-254933
			투과전자현미경 샘플 환경 제어 시스템 (인 시츄 TEM 홀더 패키지)	NFEC-2018-11-247055
			전자빔 리소그래피 시스템	NFEC-2019-06-256548
			물성 측정 장비 (Dynacool)	NFEC-2021-10-273476
UNIST 캠퍼스 (울산)	다차원 탄소재료	강동희 (052-217-5752)	실시간 반응제어 투과전자현미경 홀더 시스템	NFEC-2018-12-247998
			재료전산모사용 고성능 컴퓨팅 시스템	NFEC-2017-04-237361
			고성능 X-선 및 UV 광전자 분광 표면분석기	NFEC-2016-02-207869
			초고분해능 주사전자현미경	NFEC-2015-02-198821
			500MHz 고체핵자기공명분광기	NFEC-2015-02-197644
	첨단연성물질	김보람 (052-217-5505)	연성/생체물질 동역학 실험 공간 이미징을 위한 전자 직접검출카메라	NFEC-2016-09-211899
			비디오 나노현미경	NFEC-2015-04-201012
			단일세포자동추출시스템, 대용량 유전자 분석 시스템	NFEC-2015-01-195675
			초고해상도 공초점 현미경	NFEC-2015-01-195672
	유전체 항상성	황정미 (052-217-5533)	다기능 대립자 유세포 분석기	NFEC-2021-10-273572
			초고성능 질량분석기	NFEC-2017-01-235594
			생체분자간 상호작용 분석시스템	NFEC-2017-01-235566
			살아있는 세포관찰을 위한 초고감도 고해상력 레이저 공초점 주사 현미경	NFEC-2016-01-207477
POSTECH 캠퍼스 (포항)	복잡계 자기조립	조영규 (054-279-9931)	질량세포분석기	NFEC-2018-07-245175
			전자투과현미경	NFEC-2014-12-194993
			퓨리에변환 핵자기공명 분광기	NFEC-2014-04-186745
			단결정 X-선 분석기	NFEC-2013-10-183535
	원자제어 저차원 전자계	노승균 (054-279-9878)	초고진공 극저온 고자기장 원자힘 현미경	NFEC-2020-09-265070
			4-Circle 카파형 회절기	NFEC-2019-09-257967
			극저온 고자기장 주사 터널링 현미경	NFEC-2017-06-238448
			스핀분해광전자분광장치	NFEC-2016-04-208816
			고자기장 극저온 냉동기	NFEC-2015-05-202067
			전자-이온 이중빔 리소그래피 장비	NFEC-2014-06-189539
본원(양양)	지하실험	나희정 (042-878-8155)	무액체 냉매 희석식 냉동기 시스템	NFEC-2015-01-195985

※ 자세한 장비 정보는 www.zeus.go.kr에서 확인할 수 있습니다.(NFEC번호 검색)