# KBSI SCIENCE STORY

한국기초과학지원연구원과 함께하는

재미있는 과학 이야기









KBSI는 그동안의 연구 성과를 쉽게 알리고 과학기술에 대한 이해도를 높히기 위해 (KBSI SCIENCE STORY II)를 발간합니다. 앞으로도 KBSI는 '세계적 수준의 분석과학 개방 연구원'으로 국가 과학기술 발전 및 국민 삶의 질 향상에 더욱 힘쓰겠습니다.

# **CONTENTS**

### KBSI 돌보기

- 08 [세상을 바꾸는 분석과학 ❶] "이차전지 시장 잡아라" 분석장비가 효자 역할 '톡톡'
- 10 [세상을 바꾸는 분석과학 ②] 총알보다 빠른 움직임 관찰하는 시분해 형광 공초점 현미경
- 2 [세상을 바꾸는 분석과학 ③] 펨토초 레이저 분광기, 그동안 볼 수 없었던 분자영상에 눈을 뜨다!
- 14 [세상을 바꾸는 분석과학 ①] 치매 단백질을 가위로 잘라낸다? 알츠하이머 완전 정복에 도전하다!
- 16 [세상을 바꾸는 분석과학 6] 100% 수입에 의존하던 투과전자현미경(TEM), 국내 최초 국산화 도전!
- 20 [세상을 바꾸는 분석과학 (3) 노로바이러스 검출 기술, 미국 의료진단기 전문 기업에 기술이전
- 22 [세상을 바꾸는 분석과학 ⓓ] 친환경 가뭄해결사 TiQ₂! 플라즈마 기술 활용으로 물 속 오염 물질 제거
- 24 [세상을 바꾸는 분석과학 3] 단백질 구조를 영상으로 촬영하는 초저온전자 현미경 기법 (cryo-EM)
- 28 [세상을 바꾸는 분석과학 ①] 동위원소 분석으로 한국전쟁 전사자의 고향 찾는다
- 30 [세상을 바꾸는 분석과학 ⑩] 60년 분석 기술의 패러다임을 바꾼 고흡수성 수지 마이크로칩 지질 분석 기법 개발
- 32 [세상을 바꾸는 분석과학 ①] 1주일 걸리던 슈퍼박테리아 진단, 이제는 30분 만에!
- 34 [세상을 바꾸는 분석과학 ①] 빛으로 약물의 움직임을 파악한다
- 36 [세상을 바꾸는 분석과학 (8) 꽈배기 모양의 나노튜브가 있다?
- 38 [세상을 바꾸는 분석과학 ①] 최고의 장비+분석 노하우, 차세대 반도체 소재 비밀 규명
- 40 [세상을 바꾸는 분석과학 6] 초파리 분석으로 퇴행성 신경질환 치료 새길 연다
- 42 [어쩌다 과학자 ①] KBSI의 걸 크러시! 운동하는 과학자 문준희 박사
- 46 [어쩌다 과학자 ②] 숨은 연구장비 고수를 찾아서... XRD 전문가, 이상걸 박사
- 50 [어쩌다 과학자 ③] 생명의 뿌리, '단백질' 비밀 찾는 탐험가 단백질 전문가, 이영호 박사
- 54 [Made in Korea 1] 국산 분석장비·기술 전문기업 ㈜영린기기
- 56 [Made in Korea ②] 공초점 현미경 전문기업 나노스코프시스템즈
- 58 [Made in Korea ③] 원자현미경 강국을 꿈꾼다! ㈜파크시스템스
- 62 [우수이용자 시리즈 ①] '작은 우주' 인간의 뇌, 보다 정교한 조감도를 완성하다
- 64 [우수이용자 시리즈 ②] 식물의 든든한 보호막 '큐티클', 연구에 필요한 장비는?
- 66 [우수이용자 시리즈 🚯] 전자현미경 분석 영상이 바이오벤처 운명 바꾸다. KBSI 분석으로 매출 증대까지
- 68 [기초과학학회 시리즈 ①] 한국미생물·생명공학회 성문희 회장
- 70 [기초과학학회 시리즈 ②] 한국물리학회 이재일 회장
- 72 [기초과학학회 시리즈 3] 대한화학회 이창희 회장
- 74 [기초과학학회 시리즈 ①] 대한지질학회 이강근 회장
- 78 [공동연구의 최전선] 장비융합으로 '최후의 미개척지' 뇌 비밀 푼다. KBRI 뇌신경망연구부-KBSI 전자현미경연구부

### KBSI DICIO

- 84 [별별랭킹 **①**] 존재만으로 빛나는 명품클래스! 아는 사람만 안다는 고가의 연구장비는?
- 85 [별별랭킹 ②] 대학 분석지원 실적 랭킹! 분석장비 TOP5
- 86 [별별랭킹 ③] 대학별 장비사용 랭킹! KBSI 장비를 가장 많이 사용한 대학은?
- 88 [인포그래픽 **①**] 연구장비공동활용의 모든것! USE를 소개합니다!
- 90 [인포그래픽 ②] 국산장비신뢰성평가센터를 소개합니다!
- 92 [카드뉴스 🕕] 6년의 연구 끝에 세계 최초로 발견한 암세포가 살아남는 까닭
- 94 [카드뉴스 ②] 부작용 없는 피임약? 호르몬제 피임약 대체 화합물 개발
- 96 [카드뉴스 🜖 토양을 오염시키는 중금속, 비소! 토양 중 비소 결합 형태에 따른 인체 위해성 규명!
- 98 [카드뉴스 ①] 투과전자현미경 활용해 신소재 개발연구의 새로운 방향 제시! 원자구조 변화를 실시간으로 관찰한다!
- 100 [카드뉴스 📵 반도체 발열문제 해결을 위한 필수 기술. 미세반도체 발열특성 현미경으로 잡아낸다!
- 102 [카드뉴스 📵] 차세대 유연 전자소자 박막 쉽게 만든다!
- 104 [카드뉴스 🕡] 언제든지 편리하게! 개방형 실험실! 스마트 오픈랩!
- 106 [카드뉴스 📵] 30분 만에 슈퍼박테리아를 진단한다
- 108 [카드뉴스 ②] KBSI 국산장비신뢰성평가센터
- 110 [카드뉴스 ⑩] KBSI가 걸어온 길, 나아갈 길
- 112 [카드뉴스 ⑪] 6.25 전사자의 신원을 밝혀라! 동위원소 분석으로 한국전쟁 전사자의 고향 찾는다
- 114 [카드뉴스 🕑] 인간의 시각과 유사한 능력을 갖는 '인공 광수용체' 최초 구현









- 18 [세상을 바꾸는 분석과학 ①] "이차전지 시장 잡아라" 분석장비가 효자 역할 '톡톡'
- 10 [세상을 바꾸는 분석과학 ②] 총알보다 빠른 움직임 관찰하는 시분해 형광 공초점 현미경
- 12 [세상을 바꾸는 분석과학 ③] 펨토초 레이저 분광기, 그동안 볼 수 없었던 분자영상에 눈을 뜨다!
- 4 [세상을 바꾸는 분석과학 ④] 치매 단백질을 가위로 잘라낸다? 알츠하이머 완전 정복에 도전하다!
- 16 [세상을 바꾸는 분석과학 ⑤] 100% 수입에 의존하던 투과전자현미경(TEM), 국내 최초 국산화 도전!
- 20 [세상을 바꾸는 분석과학 📵 노로바이러스 검출 기술, 미국 의료진단기 전문 기업에 기술이전
- 22 [세상을 바꾸는 분석과학 ②] 친환경 가뭄해결사 TiO。! 플라즈마 기술 활용으로 물 속 오염 물질 제거
- 24 [세상을 바꾸는 분석과학 ®] 단백질 구조를 영상으로 촬영하는 초저온전자 현미경 기법 (cryo-EM)
- 28 [세상을 바꾸는 분석과학 ③] 동위원소 분석으로 한국전쟁 전사자의 고향 찾는다
- 30 [세상을 바꾸는 분석과학 10] 60년 분석 기술의 패러다임을 바꾼 고흡수성 수지 마이크로칩 지질 분석 기법 개발
- 32 [세상을 바꾸는 분석과학 🕕] 1주일 걸리던 슈퍼박테리아 진단, 이제는 30분 만에!
- 34 [세상을 바꾸는 분석과학 12] 빛으로 약물의 움직임을 파악한다
- 36 [세상을 바꾸는 분석과학 13] 꽈배기 모양의 나노튜브가 있다?
- 38 [세상을 바꾸는 분석과학 🔃 최고의 장비+분석 노하우, 차세대 반도체 소재 비밀 규명
- 0 [세상을 바꾸는 분석과학 🚯] 초파리 분석으로 퇴행성 신경질환 치료 새길 연다
- 42 [어쩌다 과학자 ①] KBSI의 걸 크러시! 운동하는 과학자 문준희 박사
- 6 [어쩌다 과학자 ②] 숨은 연구장비 고수를 찾아서... XRD 전문가, 이상걸 박사
- 50 [어쩌다 과학자 ③] 생명의 뿌리, '단백질' 비밀 찾는 탐험가 단백질 전문가, 이영호 박사
- 4 [Made in Korea 🕕] 국산 분석장비· 기술 전문기업 ㈜영린기기
- 6 [Made in Korea ②] 공초점 현미경 전문기업 나노스코프시스템즈
- 8 [Made in Korea ③] 원자현미경 강국을 꿈꾼다! ㈜파크시스템스
- 62 [우수이용자 시리즈 10] '작은 우주' 인간의 뇌, 보다 정교한 조감도를 완성하다
- 64 [우수이용자 시리즈 ②] 식물의 든든한 보호막 '큐티클', 연구에 필요한 장비는?
- 66 [우수이용자 시리즈 ③] 전자현미경 분석 영상이 바이오벤처 운명 바꾸다. KBSI 분석으로 매출 증대까지
- 38 [기초과학학회 시리즈 ①] 한국미생물·생명공학회 성문희 회장
- 70 [기초과학학회 시리즈 ②] 한국물리학회 이재일 회장
- 72 [기초과학학회 시리즈 ③] 대한화학회 이창희 회장
- 4 [기초과학학회 시리즈 ①] 대한지질학회 이강근 회장
- [공동연구의 최전선] 장비융합으로 '최후의 미개척지' 뇌 비밀 푼다. KBRI 뇌신경망연구부-KBSI 전자현미경연구부

세상을 바꾸는 분석과학 🕦

# "이저전지사장잡이라" 분석장비가 효자 역할 '톡톡'

스마트폰을 비롯한 IT 디바이스들의 기술은 끊임없이 발전하고 있지만, 배터리 기술의 발전은 상대적으로 더딘 편입니다. 그래서 많은 기업들이 배터리 기술 확보에 노력을 기울이고 있는데요, 최근에는 전기자동차(EV)까지 점차 보급되며 시장이 커지는 추세다보니 이차전지 시장은 전쟁터라 해도 과언이 아닙니다.

예전에는 '이차전지' 하면 자동차에 들어가는 '납 축전지'가 가장 유명했었지만 요즘은 스마트폰에 사용되는 '리튬 이온 전지' 가 대명사가 되었습니다. 그만큼 이차전지의 성능은 소재가 좌우하는데요, 우수한 이차전지를 만드는데 필요한 소재 개발에는 분석장비가 아주 중요합니다.

특히 'In Situ X-ray Diffractometer(In Situ XRD·실시간 엑스선 회절분석기)'는 이차전지 개발 전쟁에서 없어서는 안 될 무기와 같은 장비라고 할 수 있습니다. In Situ XRD는 X선을 시료에 조사(照射)할 때 시료로부터 발생하는 회절선을 이용하여 물질의 결정상을 해석하고 평가할 수 있습니다.





KBSI 전주센터 In-situ XRD 장비

In Situ XRD를 이용하면 배터리를 분해하지 않고 실시간으로 구조의 변화를 분석할 수 있다

### "거짓말 안하는 착한 분석장비" 이차전제 개발엔 필수품

KBSI 전주센터에서 운영중인 In Situ XRD 장비는 국가대표급 성능을 보유하고 있습니다. 이 장비를 운영하고 있는 김양수 박사는 'X-선 반사율법 입문'이라는 교과서까지 저술한 XRD 전문가입니다.

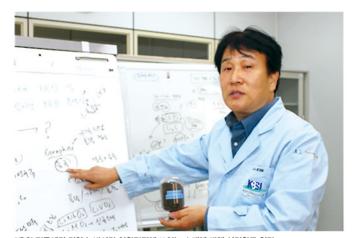
In Situ XRD는 리튬이차전지의 충전·방전시의 물성변화와 결정상의 변화를 실시간으로 관찰할 수 있어 배터리 소재의 문제점을 정확히 찾아낼 수 있답니다. 작동 중인 이차전지에는 체적 변화, 상전이, 부반응 등 다양한 화학적·물리적 현상이 일어나는데요, In Situ XRD는 이러한 현상들을 실시간으로 직접 모니터링 할 수 있게 해주는 장비입니다.

김 박사는 "라틴어 표현인 'In Situ'는 '위치에 있다'는 의미"라며 "배터리 연구에서는 배터리를 분해하지 않고 직접 측정을 수행하여, 기존보다 현실적인 조건에서 특성화가 가능하다."고 설명했습니다.

김양수 박사는 첨단 In Situ XRD를 활용하면, 오염으로 인해 방해를 받지 않고, 배터리를 실시간으로 충전·방전 하면서 측정할 수 있다고 말합니다. 따라서 기존의 'Ex-Situ' 상태에서는 불가능한 비평형 상태 측정도 가능하다는 것이죠.

김 박사는 한편으로 많은 연구자들이 어려워하지 말고 찾아와 주길 바란다고 당부하기도 했습니다.

"물질의 물리화학적 특성을 규명함으로써 새로운 공정 기술 및 신소재 개발에도 기여하고 싶습니다. In Situ XRD를 활용한다면 과학기술분야의 난제를 해결하여 과학기술경쟁력을 강화하고 미래에너지 소재기술의 방향 설정과 시장 선점을 할 수 있을 것입니다."



KBSI 전주센터 김양수 박사가 이차전지에 쓰이는 소재에 대해 설명하고 있

-08 한국기초과학자원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 I KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE 09 한국기초과학자원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 I

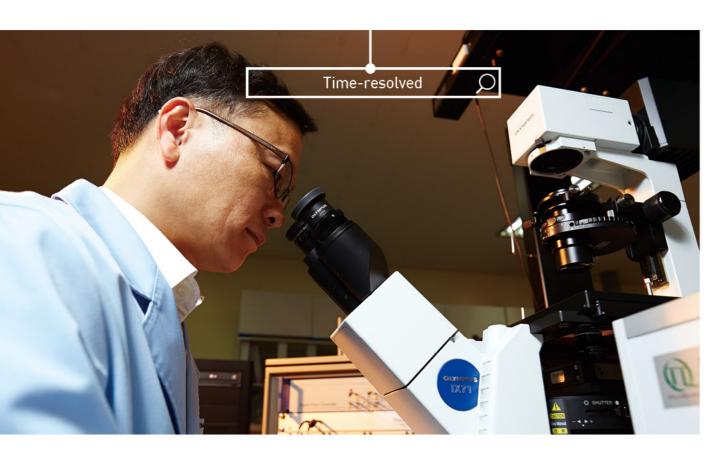
세상을 바꾸는 분석과학 ② KBSI SCIENCE STORY

# 총알보다 빠른 움직임 관찰하는 시분해 형광 공초점 현미경

투수가 시속 160 ㎞의 강속구를 던졌을 때 포수의 미트까지 도달하는 시간은 0.35초 정도라고 하죠. 우리는 슬로우모션 카메라 기술을 사용하여 그렇게 빠른 공의 궤적도 선명하게 볼 수 있습니다. 그런데 현미경 중에서도 이렇게 고속으로 촬영하는 장비가 있습니다. '시분해 형광 공초점 현미경(Time-resolved Fluorescence Confocal Microscope)' 입니다.

### 시분해 형광 공초점 현미경이란?

형광이란 물질이 에너지를 받았을 때 수 나노초(10억 분의 1초)에서 마이크로초(100만 분의 1초) 시간 영역에서 빛을 내는 현상을 말합니다. 이때 분자마다 빛을 발광하는 시간이 일정한데 이를 분자의 고유한 '형광수명(Fluorescence Lifetime)'이라고 하죠. 시분해 형광 공초점 현미경은 바로 이 형광수명을 1조분의 1초까지 시간을 분할해 측정할





KBSI 대구센터 시분해 형광 공초점 현미경

1조분의 1초까지 시간을 분할해 전자의 움직임을 관찰하고 3차원으로 표현 수 있습니다. 이를 통해 미세한 크기의 분자와 그 내부 전자의 움직임을 들여다보고 이것을 영상화하여 2차원이나 3차원의 이미지로 나타낼 수 있는 것이죠.

또한 수많은 분자들의 집합체인 시료의 형광수명 평균값만 표시하는 보통의 현미경과는 달리, 시분해 현미경은 단일 분자 수준이나 나노 크기의 특정 관심 영역만 형광수명 값을 얻을 수 있습니다. 덕분에 분자 하나하나의 상태를 높은 정밀도로 관찰할 수 있죠.

시분해 현미경은 최근 급격히 발전하고 있는 나노-바이오 융합기술 분야와 에너지 및 환경 분야에서 활용도가 크게 증가하고 있습니다. 생명과학 분야에서는 세포 또는 종양을 정밀하게 영상 분석하며, 신소재 분야에서는 태양전지 제작에 필요한 광전자 거동<sup>1)</sup>에 대한 핵심 정보를 제공하는데 활용되고 있습니다.

### 디스플레이 및 태양전지 설계의 필수 정보 제공 기대

시분해 형광 현미경은 2010년 KBSI 채원식 박사팀이 국내 최초로 설치했습니다. 연구팀은 2015년 현미경의 영상분석기술을 활용해 반도체 양자 나노막대<sup>2)</sup> 사이의 에너지 전달 속도가 나노막대의 쌓임 구조에 따라 다르게 나타나는 현상을 손쉽게 영상으로 구현하는 데 성공했습니다. 이 연구 성과는 소재화학 분야 세계유수 학술지인 '케미스트리 오브 머티리얼스(Chemistry of Materials)'에 게재되기도 했습니다.

채원식 박사는 "이번 연구를 바탕으로 향후 디스플레이 및 태양전지 등을 설계할 때 성능 향상에 필수적인 핵심 양자 물성 정보를 신속히 제공할 수 있을 것"이라고 전망했습니다.

채원식 박사팀은 시분해 형광 공초점 현미경을 국내에서 8년째 운영하며 다양한 과학적 지식과 정보를 축적해왔습니다. 이를 바탕으로 지금보다 향상된 초고분해능 형광수명 이미징을 실현해 실질적인 나노 세계를 보다 정밀하게 관찰할 수 있는 환경을 조성하는 것이 목표입니다. 또 유동적인 바이오 및 세포 시료 등에 대해서도 실시간으로 영상분석 가능한 시스템으로 향상시키는 것 역시 과제로 남아있습니다.

국내에 시분해 형광 공초점 현미경을 마련한 후 연구기반을 구축하고 관련 정보를 이해하는 과학적 성과가 나오면서 점차 다양한 분야에서 수요가 증가하고 산업적 중요성을 인정받고 있습니다. 채 박사는 "시분해 형광 현미경과 같은 첨단 분야를 보다 전문적으로 연구할 수 있는 환경을 조성해 미래에 도래할 기초 핵심기술을 우리나라가 선도적으로 준비하는 일이 필요하다"고 전했습니다.

1) 광전자 거동 : 금속 등의 물질이 높은 에너지를 가진 전자기파를 흡수했을 때 방출하는 전자를 광전자라고 하며, (염료감응형) 태양전지가 전기를 만드는 과정이 반도체 물질이 빛을 흡수하여 광전자를 발생시키는 것이기 때문에 광전자의 거동을 측정하여 소자의 특성을 향상시키는 연구는 매우 중요하다.

2) 나노막대: 직경 방향으로 수 nm, 길이 방향으로 수십 nm의 크기를 갖는 막대형태의 반도체로, 디스플레이 소재 등으로 주목받고 있다

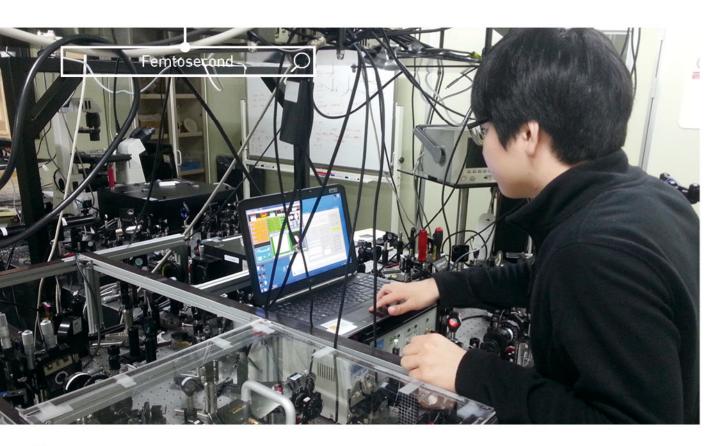
세상을 바꾸는 분석과학 🔞

펨토초 레이저 분광기,

그동안 볼 수 없었던 분지영상에 눈을 뜨대 어린 시절 프리즘에 햇빛을 통과시키면 무지개빛이 나오는 것을 본 적이 있을 겁니다. 프리즘이 빛을 굴절, 분산시키기 때문인데요, 이렇게 뭉쳐져 있는 빛을 분리해 내는 기구를 분광기라고 합니다. 현재의 발달된 분광기로는 분자 구조까지도 알아낼 수 있게 되었는데요, 분자들이 진동하거나 회전할 때 방출하거나 흡수하는 특정 파장의 에너지(빛) 스펙트럼을 분석하는 원리입니다.

### 펨토초 단위로 생명현상의 비밀 포착에 도전

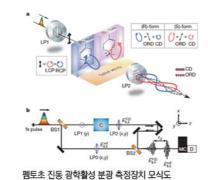
KBSI 서울센터 이한주 박사 연구팀은 분자 구조가 시간에 따라 어떻게 변화하는지를 실시간으로 분석하는 연구를 수행중입니다. 바로 펨토초 레이저 분광기를 이용하는 것인데요, 레이저를 펨토초(1,000조분의 1초) 간격으로 분자에 쏘아줄 때 생기는 특정 스펙트럼을 분석하여 분자의 화학 결합 상태나 심지어는 입체화학 구조까지 알아낼 수 있는 장비입니다. 마치 양궁선수의 화살을 초고속 카메라로 찍어서 그 움직임을 천천히





분자의 초고속 움직임을 펨토(10<sup>-15</sup>)초 단위로 실시간 분석한다

펨토초 다차원 레이저 분광시스템



살펴보는 것과 비슷한 원리라고 할 수 있지요. 생명현상의 기능 발현이나 화학반응의 기작은 정지해 있는 분자가 아닌, 매우 빠르게 움직이는 분자의 구조적 변화로 인해 결정되기 때문에 펨토초 단위의 관찰이 중요하다고 합니다.

### '귀이탈 구조' 식별로 바이오 분이에서 주목

이한주 박사 연구팀은 광학활성이라고 하는 분자의 독특한 성질을 펨토초 시간 영역에서 측정할 수 있는 새로운 레이저 파동 간섭 측정법을 세계 최초로 개발하였습니다. 새로운 측정법이 특히 주목을 끄는 이유는 분자의 '카이랄 구조' 식별이 가능하다는 것입니다. 카이랄(Chiral)이란 '손'을 뜻하는 그리스어에서 온 말로, 카이랄 구조는 왼손과 오른손처럼 모양은 비슷하지만 좌우가 반전되어 있는 구조를 말하지요. 이처럼, 분자 중에 동일한 원소로 구성되어 있지만 거울을 통해 마주보는 모양을 가진 것을 '거울상 이성질체'라 하고 이런 구조의 분자를 '카이랄 분자'라고 부릅니다.

카이랄 분자는 의약품을 만들 때 특히 중요합니다. 1960년대 임산부 진정제로 사용되었던 '탈리도마이드'는 두 가지 거울상 이성질체의 혼합물이었습니다. 하지만 그중 한 거울상 이성질체는 진정제의 효과가 있는 반면, 마주보는 구조를 가진 다른 거울상 이성질체는 기형아를 유발하는 심각한 부작용을 지니고 있음이 나중에 밝혀졌습니다. 바이오분야에서 펨토초 광학활성 분광기 연구를 주목해야 할 이유가 여기에 있습니다.

### 한 발 앞선 연구로 세계를 선도

해외 연구팀들도 펨토초 레이저를 이용한 시분해 원이색성(CD, Circular Dichroism) 동역학 연구를 수행하고 있지만 대부분 자외선이나 가시광선 영역에 국한되어 있습니다. 반면 이한주 박사 연구팀은 펨토초 광학활성 분광기 개발을 통해 분자 진동 운동에 의해 유발되는 진동광학활성(Vibrational Optical Activity) 신호를 펨토초 시간 영역에서 측정하는 것이 가능하다는 것을 최초로 검증한 것이죠.

이한주 박사는 "펨토초 광학활성 분광기를 활용하면 DNA 및 단백질의 나선 구조가 풀리거나 약물이 결합하는 과정 등 굉장히 짧은 시간에 변화하는 분자의 입체구조 동역학 과정을 실시간으로 관찰하는 것이 가능해진다"며 연구의 중요성을 강조했습니다.

세상을 바꾸는 분석과학 🚯

### 치매 단백질을 가위로 잘리낸다?

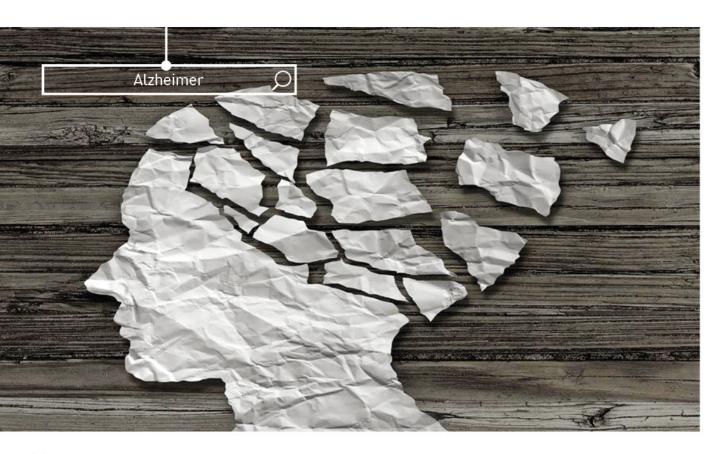
# 알츠하이머 완전 정복에 도전하다!

영화 〈내 머리 속의 지우개〉에서 알츠하이머는 아름답고 슬픈 사랑 이야기의 소재로 그려집니다. 하지만 실제로 이 질병은 영화에서 묘사된 것보다 더 고통스러운 불치병으로 알려져 있습니다.

KBSI 서울서부센터 김선희 박사는 UNIST 임미희 교수 연구팀과의 공동 연구를 통해 알츠하이머 단백질을 잘라내는 가위 같은 금속착물<sup>1)</sup>을 개발했습니다.

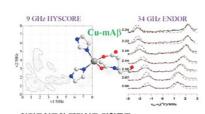
### 치매 원인 단백질을 잘라내는 물질 개발

알츠하이머의 발병 원인은 아직 명확히 밝혀지지 않았지만, 환자의 뇌에서 관찰되는 '아밀로이드-베타 단백질(amyloid-β)'이 유력한 원인 물질로 알려져 있습니다. 그러나이 물질이 체내에서 어떤 역할을 하는지에 대해서는 아직 정확히 알려진 바가 없습니다. 김선희 박사 연구팀은 바로 이 아밀로이드-베타 단백질형성의 메커니즘을 밝히는 연구를





KBSI 서울서부센터 국내 최고 수준의 전자상자기공명 시스템 (CW/Pulse EPR Sytem) 활용



|밀로이드와 펩타이드 결합구조

하고 있습니다. 그 결과 단백질을 잘라낼 수 있는 물질을 개발하여 불치병으로 알려진 치매를 치료할 수 있는 길을 열었습니다.

연구팀은 '테트라-엔 메틸레이티드 클램(tetra-N methylated cyclam, TMC)'이라는 결정 구조를 이용해 아밀로이드-베타 단백질을 가수분해 할 수 있다는 사실을 밝혀냈습니다. 가수분해란 물 분자가 작용해 분자의 결합구조를 끊는 것을 말합니다. 즉 금속 이온을 중심에 배치한 TMC 금속 착물이 외부의 물과 결합해 아밀로이드-베타 단백질을 절단하는 것이죠.

이번 연구에서는 TMC 구조 중심에 코발트, 니켈, 구리, 아연 4가지 금속이 배치되었는데요, 이중 코발트가 중심에 들어갈 경우 가수분해 활성이 가장 높았습니다. 특히 코발트 기반 금속 착물(Co(II)(TMC))은 아밀로이드-베타 단백질이 유발하는 독성을 완화시켜주는 효과도 있다는 것이 살아있는 세포 실험을 통해 관찰되었습니다.

### 미국화학협회학회자I(JACS) 표제논문 선정

김선희 박사 연구팀은 이번 연구에 KBSI 서울서부센터에 설치된 국내 최고 수준의 전자상자기공명 시스템(CW/Pulse EPR Sytem)을 활용하였습니다. 이 장비는 다른 분광학적 방법으로는 알 수 없는 '상자기성 물질''에 대한 정보를 제공하는 장비인데요. 연구진은

EPR의 펄스 기법을 이용하여 코발트 착물(Co(II)(TMC))에 물이 결합되어 있음을 밝혀낼 수 있었습니다. 한편 이번 연구 결과는 화학계에서 최고 수준의 저널인 미국 화학회지(Journal of the American Chemical Society (JACS))의 표지 논문으로 선정될 만큼 전세계적인 주목을 받기도 하였는데요, 김선희 박사 연구팀은 여기서 멈추지 않고 알츠하이머 치료제를 개발하는 데 기여하는 것을 목표로 하고 있습니다. 특히 알츠하이머 치료제의 작동 원리를 알아내기 위해 EPR을 이용한 관련 연구를 집중적으로 수행할 계획입니다.



1) 금속 착물 : 금속 원자에 다른 원자 혹은 원자단이 결합하여 생기는 분자 또는 다원자 이온 2) 상자기성 물질 : 자기장에 이끌리는 물질

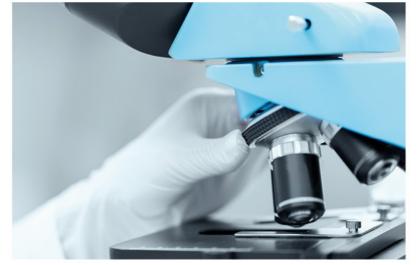
세상을 바꾸는 분석과학 🕣 KBSI SCIENCE STORY

100% 수입에 의존하던 투과전지현미경(TEM),

# 국내 최초 국산화 도전!

한국에서 세계 최초로 발명된 측우기는 이탈리아의 과학자가 만든 강우량 측정계보다 200년이나 앞선 것이었습니다. 측우기를 발명한 장영실은 세종대왕의 전폭적인 지지 속에 자격루, 혼천의 등 다양한 연구장비를 발명하여 조선 최고의 과학자로 칭송받았습니다. 그러나 현재는 미국, 일본, 독일 등 3개 국가가 세계 연구장비 시장을 주도하고 있습니다. 안타깝게도 국내 연구자들은 상당부분 외산장비에 의존하고 있는 실정입니다.







### 1차 목표는 보급형 투과전자현미경(TEM) 개발

KBSI는 국가과학기술발전에 기반이 되는 기초과학의 진흥을 위해 연구시설·장비 및 분석과학기술관련 연구개발을 수행하는 연구기관으로서 연구장비 국산화를 함께 추진하고 있습니다.

전자현미경은 분석하고자 하는 시료를 나노 혹은 원자수준에서 직접 관찰할 수 있는 첨단연구장비로, 분석방식에 따라 주사전자현미경(SEM, Scanning Electron Microscope)<sup>1)</sup>과 투과전자현미경(TEM, Transmission Electron Microscope)<sup>2)</sup>으로 분류됩니다. 이 중 투과전자현미경은 100% 수입에 의존하고 있어서, KBSI는 2015년부터 이를 국산화하기 위한 노력을 기울이고 있습니다.

고성능의 외국산 장비를 구입하면 연구자가 양질의 결과를 손쉽고 빠르게 얻을 수도 있겠지만 실험 환경이 장비의 기능에 한정될 수밖에 없는 단점도 있습니다. 또 외산장비는 고성능에 초점이 맞춰져 있어 가격이 70억 원에 이르기도 합니다. 국내 연구자들은 반드시 높은 성능이 필요하지 않더라도 어쩔 수 없이 높은 사양의 고가 장비를 구입하거나, 예산부족으로 인해 장비 구입에 어려움을 겪기도 합니다.

1) 주사전자현미경: 전자빔을 시료에 조사하여 시료로부터 반사되는 이차전자를 이용하여 시료의 형상을 분석하는 장비 2) 투과전자현미경: 전자빔을 시료에 조사하여 시료를 투과한 전자를 이용하여 시료의 내부구조를 분석하는 장비

세상을 바꾸는 분석과학 🕣

이러한 문제점 때문에 KBSI 환경소재분석본부 김진규 박사는 "투과전자현미경(TEM) 국산화 프로젝트의 1차적인 목표는 보급형 TEM을 개발하는 것"이라고 밝혔습니다. 현재 국산화 예정인 보급형 TEM은 향후 고도기술의 개발을 시도할 수 있는 바탕이됩니다. 최종 목표라고 할 수 있는 고성능 TEM 개발을 위한 매우 중요한 기초이기도 합니다. 또한 보급형 TEM이라고 해도 나노수준의 분석 및 관찰이 기능하기 때문에 국내연구자들의 수요를 충족시킬 수 있으며, 기업체, 병원, 학교 등에 보급될 수도 있습니다.

### 정부 출연(연)과 중소기업과의 공동연구 성과

TEM은 분석과학 연구장비 중에서 최고수준의 기술집약적이고, 정밀도가 요구되는 장비입니다. 전자광학이론을 기반으로 물리, 기계, 전기, 전자, 컴퓨터공학 등 많은 분야의 지식이 활용되기 때문에 공동연구가 필연적입니다. 따라서 KBSI에서는 한국표준과학연구원, 한국기계연구원 등 타 정부출연(연)과 협력체제를 구축하여 연구의 어려움을 해결해나가고 있습니다. 동시에 국산전자현미경 업체인 ㈜코셈의 기술력을 바탕으로 보급형 TEM의 성능과 활용 최적화를 위해 최선을 다하고 있습니다. 더 나아가 KBSI에서는 전자현미경에서 중요한 핵심기술이자 고부가가치를 지닌 전자빔 검출기도 국내 최초로 개발하고 있습니다.

연구자들이 끝까지 포기하지 않고 개발에 성공할 수 있도록 적극적인 지원과 국산 연구장비에 대한 관심이 필요하다





2015년에 시작한 TEM 국산화 프로젝트는 2016년 말에 1차 테스트베드를 완성했습니다. 2016년 말부터 장비를 가동하여 2017년 1월에 처음으로 전자빔 방출 및 이미지 획득에 성공했습니다. 이후 장비 성능개선을 위한 전자광학계의 수정 및 제작을 통하여 2차 테스트베드를 완성하였고, 2018년 초에 약 1,000배에 해당하는 시료의 영상을 획득할 수 있었습니다. 현재는 전자빔, 진공, 광학계 등에 대한 정밀 튜닝작업이 순조롭게 진행되어 국내 최초의 전자빔 검출기의 하드웨어 개발이 완료되었고 영상소프트웨어 개발이 마무리 단계에 있습니다.

김진규 박사는 "보급형 TEM의 시작품 제작이 완료되면, 이후에는 국내 전문기업에서 국산화 및 상용화의 시작이 가능할 것"이라고 포부를 밝히며, "연구자들이 끝까지 포기하지 않고 개발에 성공할 수 있도록 적극적인 지원과 국산 연구장비에 대한 관심이 필요하다"고 전했습니다.

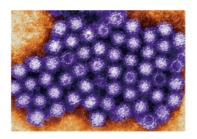
세상을 바꾸는 분석과학 🜀

# 노래에관 경출 개설 미국 의료진단기 전문 기업에 기술이전

노로바이러스는 급성 위장염을 일으키는 전염성 바이러스입니다. 오염된 물, 조개 등을 먹거나 환자와 접촉을 할 때 감염되며 설사와 구토, 발열 등을 동반합니다. 낮은 온도에서도 생존이 가능해 겨울철 식중독의 주범으로 꼽히고 평균 24~48시간의 긴 잠복기간을 갖습니다. 이 때문에 위생관리가 비교적 잘되고 있는 독일, 영국, 일본 등에서도 집단감염 사례가 많아 선진국형 식중독 바이러스로 불리죠.

하지만 노로바이러스에 대한 백신이나 치료제는 아직 개발되지 않았습니다. 더 큰 문제는 노로바이러스를 검출·진단하는 일조차 쉽지 않다는 점이죠. 노로바이러스는 배양을 할 수 없기 때문에 검출을 위해서는 감염원(음식물)으로부터 바이러스를 포집해 개체 수를





노로바이러스 감염 여부를 즉석에서 확인하고 식중독을 사전에 예방할 수 있는 시대가 열릴 것으로 기대 늘리는 증폭 과정이 필요한데요, 이 때문에 감염 여부를 확인하는 데 최소 16시간이나 소요되고, 비용도 많이 듭니다.

### 기존보다 32배 빠른 속도! 30분 만에 진단 완료

KBSI 바이오융합분석본부 생물재난연구팀 최종순, 권요셉, 한귀남 박사는 종이칩을 이용해 간편하게 노로바이러스 오염 여부를 확인하는 '저비용 고감도 현장진단 페이퍼칩' 기술 개발에 성공했습니다. 여기에는 저비용 소재인 종이에 친수성·소수성 왁스를 여러 층으로 배열하고 구성해 종이 표면에 3차원 유체유로(流體流路)를 만드는 기술이 사용됐습니다.

연구팀은 전남대학교 김두운 교수팀과 함께 공동연구를 진행하던 중, 작두콩으로부터 얻은 렉틴 단백질이 노로바이러스와 강하게 결합하는 성질이 있음을 확인했습니다. 그리고 이를 이용한 인체감염형 노로바이러스 신속 농축 컬럼<sup>1)</sup> 개발에 성공한 것입니다. 제작된 농축 컬럼은 기존 식품 안전성 검사에서 6시간 걸리던 농축시간을 15분으로 단축시켰습니다. 또한 금 나노 입자를 촉매로 활용해 감도를 기존 상용 키트보다 최대 100배까지 끌어올려, 일반인도 간단한 조작만으로 30분 만에 고감도의 검출 데이터를 얻을 수 있습니다.

### 기술이전 성공, 다양한 분야에 적용 기대

개발된 기술은 국제적으로 큰 주목을 받았으며 2014년에는 국내 중소기업인 ㈜솔젠트에 아시아지역(일본 제외)에 대한 기술이전되는 쾌거를 이루었습니다. 향후 이번 기술이 사업화 되면 학교 식당에서 조리사가 키트를 활용해 노로바이러스 감염 여부를 확인하고 식중독을 사전에 예방할 수 있는 시대가 열릴 것으로 기대하고 있습니다.

한편 KBSI 연구진이 개발한 페이퍼칩은 노로바이러스 뿐 아니라 다른 분야에도 적용될 예정입니다. 2017년 4월 주식회사 옵티팜에 이전한 페이퍼칩 기술은 결핵균 진단키트로 개발되고 있는데요, 같은 해 6월에는 10분 내에 수은 오염 여부를 진단할 수 있는 수은 현장 검출 키트 개발에도 성공했습니다.

최종순 박사는 "POC 검사/분석 분야는 대형의료기기 시장과는 달리 아직까지 세계적인 절대 강자가 없는 분야"라며, "이번 연구를 통해 지카, 메르스, 뎅기열바이러스에 대한 고감도 검출 장치개발에도 나설 것"이라는 목표를 전했습니다.

1) 컬럼: 가늘고 긴 원기둥. 화학 또는 생물학에서는 해당 원기둥에 레진(resin)을 충전, 물성의 차이를 이용하여 혼합물에서 원하는 물질을 분리해내는 장치

세상을 바꾸는 분석과학 ◐

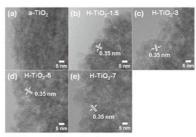
친환경 가뭄해결사 TiO₂!

# 플라즈마 기술 활용으로 물 속 오염 물질 제거

KBSI는 수중 플라즈마<sup>1)</sup> 기술로 태양광에서 반응하는 친환경 이산화티탄 $(TiO_2)$ 을 제조하여 물속 오염물을 제거, 수질을 인간에게 무해한 수준까지 정화하는 기술을 개발했습니다.

KBSI 환경·소재분석본부 나노표면연구팀 이현욱 박사 연구팀과 국가핵융합연구소의 홍용철 박사 연구팀, ㈜엔팩의 공동 연구를 통해 개발된 이번 기술은 하천, 강, 지하수 등의 오염 물질을 효과적으로 제거할 수 있어 사회·경제적 효과도 매우 클 것으로 기대됩니다.





친환경 TiO2의 확대 이미지

기존 광촉매의 흡수 파장을 자외선에서 가시광선 대역으로 확장시키고, 수중 플라즈마를 사용해 더 많은 광분해를 돕거나 오염 물질을 분해

### 전세계 물 부족 국가의 희망, 물 정화 기술

아프리카에서는 가뭄이 오래도록 이어지면서 해마다 수많은 사람들이 죽고 있습니다. 부족한 물과 오염된 식수가 사망의 주원인입니다. 이로 인해 아프리카 곳곳에서는 창과 총으로 무장한 사람들이 우물을 차지하기 위해 목숨을 걸고 싸우는 '우물전쟁'까지 일어나는 지경인데요, 물 부족 현상은 아프리카에서만 일어나는 일은 아닙니다. 국제연합환경계획(UNEP)에 따르면 2025년까지 전 세계 국가의 2/3가 물 부족 국가가 될 것이란 통계가 있습니다. 문제는 우리나라도 이 중 하나로 분류되고 있다는 점입니다. 이에 물을 깨끗하게 만드는 UV/플라즈마, 필터·카본·광촉매 소재 등의 '물 정화 기술'에 세계가 주목하고 있습니다.

### 플라즈마 기술로 광촉매 효율 다섯 배 증가시려

이현욱 박사 연구팀이 개발한 기술은 각종 오염 물질 분해에 사용되는 광촉매를 제조할 때 플라즈마 기술을 적용하여 기존보다 5배 이상 효율을 높이고 대량 생산이 가능하도록 만든 것입니다. 이산화티탄(TiO<sub>2</sub>)은 광촉매 반응을 일으키는 반도체 물질 중 하나로 빛을 이용해 오염 물질을 효과적으로 분해할 수 있어, 수질 정화 분야에 활용하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있습니다. 그러나 광촉매 분해를 상용화하기 위해서는 기존의 낮은 효율과 높은 비용을 해결해야 하는 과제가 있었습니다.

연구팀이 개발한 이산화티탄 제조 기술은 열처리 과정 없이 주어진 액체 내에서 플라즈마를 직접 발생시키는 방식입니다. 이렇게 만든 이산화티탄은 기존보다 결정성이 높고 표면적이 넓은 다공성(多孔性) 구조를 가집니다. 이렇게 만든 광촉매는 외부로부터 들어오는 빛의 흡수 범위를 확장시켜 기존 광촉매에서 사용하기 어려웠던 가시광선에서 광화학 반응을 극대화할 수 있게 되었는데요, 즉 기존 광촉매의 흡수 파장을 자외선에서 가시광선 대역으로 확장시키고, 수중 플라즈마를 사용해 더 많은 오염 물질을 분해 할수 있습니다. 연구팀은 또한 일반 태양광에서 다양한 종류의 수질 오염물의 제거 실험과 물속에 존재하는 미생물 제거 검사 등을 수행했으며, 그 결과 인간에게 무해한 수준까지물 정화가 가능함을 확인했습니다.

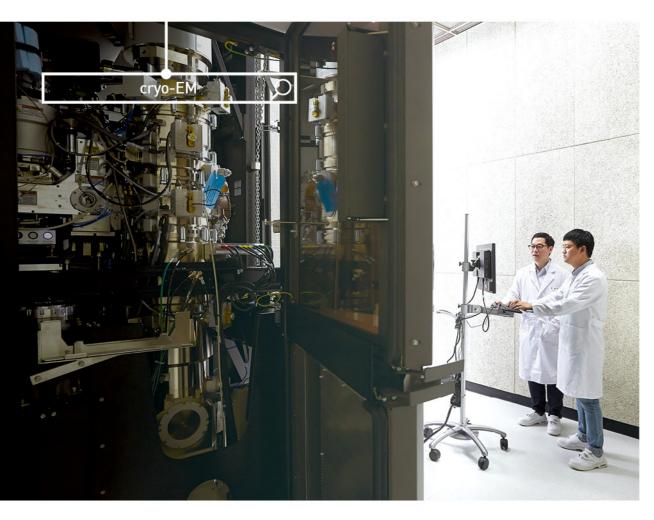
이현욱 박사는 "기능성이 기존 대비 5배 이상 좋아지는 결과를 얻었으며, 환경뿐 아니라 바이오, 메디컬 분야에도 응용이 가능할 것"이라고 기대를 나타냈습니다.

1) 플라즈마 : 기체가 초고온에서 음전하를 가진 전자와 양전하를 띤 이온으로 분리된 상태

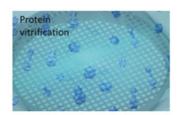
세상을 바꾸는 분석과학 🚯

단백질 구조를 영상으로 촬영하는

초저온전자 현미경 기법 (cryo-EM) 모든 생명체를 이루는 다양한 요소 중 생체 기능을 하는 가장 기본 단위는 단백질입니다. 생명의 신비를 파헤치기 위해서는 단백질이 생체 내에서 어떻게 움직이는지 그 구조를 파악하는 것이 중요합니다. 우리는 이를 연구하는 학문을 구조생물학이라고 부릅니다. 지금까지 과학자들은 단백질의 모습을 눈으로 직접 확인하기 위한 다양한 기술을 개발해왔습니다. 그 중 최근 주목받고 있는 것은 2017년 노벨화학상을 받은 초저온전자 현미경 기법(Cryogenic Electron Microscopy, 이하 cryo-EM)입니다. 국내에는 아직 생소한 이 분야를 KBSI가 선도하고 있습니다.

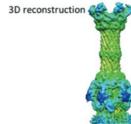


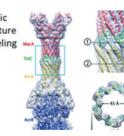












cryo-EM을 이용한 분석과정 모식도

2017년 노벨 화학상을 받은 cryo-EM기법, KBSI가 국내에서 시작

### 2017 노벨상의 주인공 초저온전자현미경

지난 해 노벨 화학상은 자크 두보쉐 스위스 로잔대 명예교수와 요아킴 프랭크 미국 컬럼비아대 교수, 리처드 헨더슨 영국 케임브리지대 MRC분자생물학연구소 연구원에게 돌아갔습니다. 최근 급속히 발전하고 있는 고해상도 cryo-EM 기법의 개발을 지난 수십 년 동안 선도해 온 공로를 인정받은 것이죠.

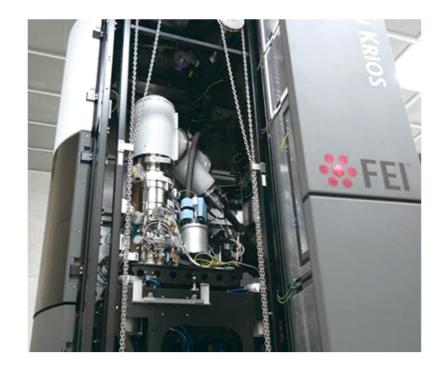
cryo-EM 기법은 생체시료(단백질, 미생물, 세포 등)를 급속도로 냉동시켜 최대한 자연 상태 그대로 유지하며, 투과전자현미경(TEM)을 통해 원자 수준의 3차원 구조를 분석하는 기술입니다. 이 기법은 이 세 명의 과학자를 비롯한 소수의 연구자들이 1980년대부터 꾸준히 개발했지만, 해상도가 낮아 별로 사용하지 않았습니다. 이후 많은 연구자들의 지속적인 노력으로 연구장비 및 분석기술이 비약적으로 발전하여 최근에는 원자 수준까지 볼 수 있는 고해상도 기법이 개발되었죠. 이 성과는 구조생물학의 패러다임을 바꾼 큰 발견으로 주목받아 왔습니다.

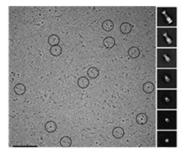
### 급속 냉동으로 단백질 모습을 영상으로 확인

cryo-EM 기법이 주목받는 가장 큰 이유는 기존의 X선 결정학으로 볼 수 없었던 단백질 그대로의 모습을 볼 수 있기 때문입니다. X선 결정학은 단백질을 무수히 많이 복제해

24 ── 한국기초과학자원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 II ── KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE ── 25 ─

세상을 바꾸는 분석과학 🚯





특성 조건에 놓고 이때 생기는 결정에 X선을 주사해 표면에 맞고 튕겨 나오는 회절신호의 패턴을 분석하는 방식입니다. 그렇기 때문에 단백질의 모습을 실제 렌즈를 통해 볼 수 없었는데 cryo-EM은 단백질의 실제 영상 데이터를 얻을 수 있다는 장점이 있습니다. 또한 X선 결정학에서는 단백질을 좁은 공간에 모아놓고 여러 가지 스트레스를 주어 결정으로 만들기 때문에 단백질 상태가 변화하기 쉽지만, cryo-EM은 단백질 시료를 자연 상태 그대로 관찰할 수 있습니다.

cryo-EM기법의 기본 원리는 저온 급속 냉각이라고 할 수 있습니다. 액체질소를 이용하여 시료를 -196 ℃의 온도로 급속하게 얼리고, 그 상태를 유지하면서 현미경으로 촬영하는 것이죠. 기존의 전자현미경은 진공상태에서만 관찰할 수 있고, 시료에 수분이 함유되어 있어도 촬영할 때 금방 건조되기 때문에 구조가 망가지는 한계가 있었습니다. 포도를 관찰하려고 했는데, 관찰하려는 순간 건포도가 되어버리는 식이었죠. cryo-EM 기법은 이처럼 시료가 변질되는 것을 막으면서도 전자를 이용한 영상을 획득하기 위해 시료를 급속도로 얼려 고체화 시키는 방법을 개발한 것입니다. 또한 이 방법은 같은 단백질을 여러 개, 다양한 각도에서 촬영하기 때문에 3차원 구조를 분석할 수도 있습니다.

# K:SI

바이오 초고전압투과전자현미경(Bio-HVEM)

### KBSI 오창센터, 국내 유일, 세계 유일의 장비와 기능 보유

KBSI 오창센터에는 국내 유일 고분해능 분석에 특화한 시설이 있는 Bio-EM 연구동이 있습니다. 이곳에서는 국내 유일의 cryo-EM 전용 고분해능 바이오 투과전자현미경(HR Bio-TEM)을 구축·운영하고 있으며, 세계 유일의 cryo-EM 기능을 탑재한 바이오 초고전압투과전자현미경(Bio-HVEM)이 있습니다. 두 장비 모두 0.1~0.2 nm(나노미터)에 해당하는 원자 수준의 분해능을 구현할 수 있어 최고 수준의 성능을 자랑합니다.

KBSI의 Bio-EM 시설은 2016년 하반기부터 정상적으로 가동했는데요, cryo-EM을 활용한 연구기간은 그리 길지 않으나 우수한 성과가 나오고 있습니다. 대표적으로 지난 2016년 초 서울대학교와 공동연구를 통해 세균에서 약물내성에 관여하는 막단백질 연구에서 0.8 nm의 분해능을 규명했습니다. 이러한 결과는 기존 약물내성 단백질 복합체의 작용기작 가설을 뒤엎은 성과로 인정받고 있으며, 국내에서도 cryo-EM 기술력이 확립된 것을 보여준 사례라 할 수 있습니다. 또한 이를 통해 축적된 기술력은 2017년 HR Bio-TEM 정상가동 및 고분해능 구조분석 역량의 기반을 마련하기도 했습니다.

### 기초과학 연구 및 신약개발에 기여 예상

cryo-EM 기법은 당장 산업보다는 기초과학 연구 분야 중 단백질 구조분석 및 생체작용 규명 부분에서 수요가 높을 것으로 기대됩니다. 주로 단백질 구조분석 부분에서 탁월한 성능을 보여주는 만큼 암이나 뇌 질환 타깃 단백질을 분석하는 연구에 활용하고 있습니다. 최근에는 막단백질 구조 규명 및 바이러스 항체 구조 분석 등을 통한 신약개발에 활용성이 주목받고 있습니다.

KBSI는 녹십자, 유한양행 등과 백신 개발 등을 위한 지속적인 협력 관계를 유지하고 있으며 한국과학기술정보연구원(KISTI)과 협업하여 슈퍼컴퓨터를 활용한 사용자지원에도 나서고 있습니다. cryo-EM 기법을 이용해 실험하면 보통 1주일에 2~3 테라바이트의 데이터가 생기는데요, 기존에는 실험자가 직접 외장 하드를 이용해데이터를 옮겨 관리에 어려움이 있었습니다. KBSI는 생산한 데이터를 네트워크를 통해 KISTI의 대용량 저장장치에 옮길 수 있도록 하여 이용자가 인터넷만 연결돼 있으면어디서든지 쉽게 데이터를 확인할 수 있게 하였습니다. 또한 KISTI에서 보유하고 있는 슈퍼컴퓨터를 이용해서 분석결과를 빠르게 도출할 수 있는 연구지원 플랫폼도 활용할 수 있습니다.

앞서 말했듯이 생명체의 비밀을 파악하는 데는 단백질의 구조를 분석하는 것이 무엇보다 중요합니다. 그동안 꼭꼭 숨겨져 있던 수많은 단백질의 모습이 KBSI의 cryo-EM 기법을 통해 하나 둘씩 세상에 공개되고 있습니다.

세상을 바꾸는 분석과학 🗨 KBSI SCIENCE STORY

# 동위원소 분석으로 한국전쟁 전사자의 고향 찾는다

우리 민족 역사의 가장 아픈 기억인 한국전쟁에는 많은 분들의 희생이 있었습니다. 한국전쟁에는 우리나라 국군들을 포함해 전 세계 21개국에서 우리를 도와주기 위해 190만 명이 넘는 군 병력이 참전했습니다. 이때 전사한 많은 영웅들의 상당수가 아직도 한국 땅 어딘가에서 잠들어 있습니다. 유해를 빠른 시일 내에 찾아서 고향으로 보내드려야 하는데요. 그러나 유해를 발굴해도 어느 나라에서 온 군인인지 알기가 어렵다는 것이 문제입니다. 실제로 지난 2000년부터 현재까지 발굴한 전사자 유해 중 신원이 확인된 전사자는 1 %에 불과했습니다.

기존 유해 신원 확인 방법은 주로 법의인류학적 분석과 유전자(DNA)검사를 사용했으나, 워낙 오랜 시간이 지나 유가족 유전자 시료를 구하기도 힘들고 유품도 부족하기 때문입니다. 이를 극복하기 위해 KBSI가 나섰습니다.





맛사기원 동위원소 분석을 담당하는 류종식 박사

스트론튬이라는 방사기원 동위원소를 분석하여 유해의 출신지를 파악





### 화학 지문으로 유해의 출생지를 확인

한국전쟁 전사자 유해는 자연상태에서 오랜 시간을 거치면서 자연스럽게 부식되어 토양화가 진행된 상태를 보입니다. 때문에 미생물, 박테리아 등이 접촉하면서 DNA가 남아있어야 하는 부분이 손상되고 뼈 조직만 일부 남게 되는데요. KBSI는 이러한 유해의 신원을 판별할 방법으로 동위원소 분석기법을 활용합니다. 스트론튬이라는 방사기원 동위원소를 이용해 분석하는데요, 이 스트론튬은 외부 요인으로 변하지 않습니다. 그러니까 태어난 지역의 특성과 그 지역에서 자란 음식에 대한 특성 등이 고스란히 남아있게 되죠. 이것을 분석하면 발굴한 유해가 어느 나라 군인인지 확인이 가능해지는 것입니다.

KBSI 류종식 박사는 "물질마다 동위원소 조성비가 일정하기 때문에 지역적 특성이 그대로 남아 있다"고 설명했습니다. 각 나라, 지방마다 고유하게 가지고 있는 지질학적 특징이 동위원소에 고스란히 남아 있다는 거죠. 이것을 화학적 지문이라고 부르기도 합니다.

### 적은 양의 유해에서 시료 추출 후 첨단 기기로 분석

분석을 위해 많은 양의 유해를 사용해야 한다면 의미가 없겠죠. 류종식 박사는 KBSI에서 유골을 분석하는 데 필요한 양은 1g 정도면 가능하다고 합니다. 유해 속에서 분석하고자 하는 원소를 화학적 방법을 통해 분리합니다. 화학적 방법이라고 해서 복잡한 것이 아닙니다. 레진이라는 양이온 교환 수지에 용액화 된 유해를 넣고 여기에 특정 용액을 흘려주면 원하는 원소가 분리됩니다.

류종식 박사팀은 KBSI의 ICP-MS(유도 결합 플라즈마 질량분석기), MCICP-MS(다검출기 유도결합 플라즈마 질량분석기) 등의 장비들을 이용해 유해 속 스트론튬의 동위원소비를 확인하고 기존에 제작된 동위원소 지도와 비교하는 방식으로 유해의 출신지를 찾아냅니다. 우리나라는 이미 산소 동위원소와 스트론튬 동위원소의 분포를 지도형태로 구축해 놓았습니다.

전쟁 실종자를 발굴하기 위한 미국 국방부 전쟁포로·실종자 확인국(DPAA)도 KBSI를 방문해 동위원소 분석 시설과 기술을 견학했을 정도로 연구진의 기술력은 세계적수준으로 평가받고 있습니다. 다만 동위원소로 고인의 생전 이동을 추적하는 연구자체가 국내에선 거의 전무했기 때문에 표준 분석 방법이 마련될 때까지는 시간이 필요합니다. 현재 KBSI는 강원 속초 지역 해안가에서 발굴된 '동해 망상전투' 전사자의 유해로 시범적인 연구에 돌입했습니다. 이를 통해 최적 분석법이 확립되면, 신원 확인에 본격적으로 나설 계획입니다. KBSI가 자랑하는 첨단 동위원소 분석 기술이 전쟁의 비명에 스러진 전사자 영웅들의 유해를 고향으로 안전하게 모시는 데 도움이 되길기원합니다.

세상을 바꾸는 분석과학 🛈

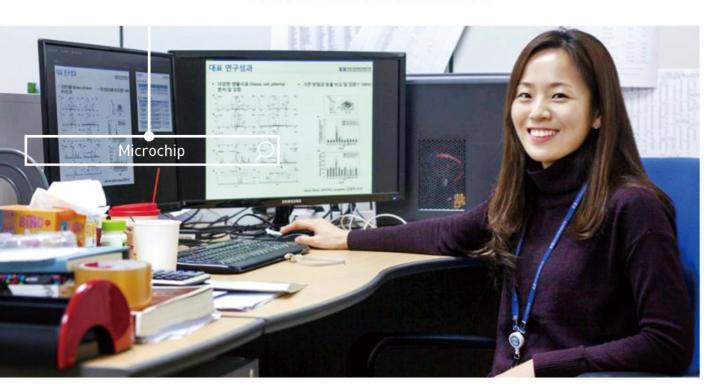
### 60년 분석 기술의 패러다임을 바꾼

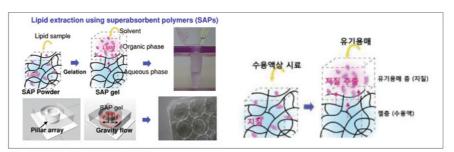
# 고흡수성 수지 마이크로칩 지질 분석 기법 개발

KBSI 바이오융합분석본부 생의학오믹스연구부에서는 지질(脂質, lipid)을 연구합니다. 우리가 흔히 암석, 토양 등을 떠올리게 되는 지질(地質)과는 다른 것인데요, 세포를 구성하는 주요 유기 화합물을 말합니다. 지방산, 콜레스테롤, 스테로이드, 지방세포 등이 여기에 속한답니다.

어떤 물질이나 마찬가지지만 지질 역시 연구를 위해서는 시료에서 지질을 추출하는 과정이 중요합니다. 지질은 물에 녹지 않지만, 비극성 유기용매에는 더 잘 녹는 특징이 있는데요, 지질을 제대로 추출하는 것이 쉬운 일은 아닙니다. 지금까지는 액상-액상 추출방법이라는 분석기법을 사용했는데, 액체 상태의 시료에 유기용매를 넣어 지질과 물을 층 분리시켜 지질을 추출하는 것입니다. 그러나 이 방법은 교반기라는 기계를 이용해 한두 시간 가량 시료를 계속 혼합 시켜야 해서 번거로운 데다 추출하는 과정에서 시료의 오염·손실 가능성도 높았습니다.

이렇게 번거롭고 오래 걸리는 시료 추출을 이제 10분 안에 마칠 수 있게 되었습니다. KBSI 바이오융합분석본부 생의학오믹스연구부의 김정아 박사, 방글 연구원, 김영환 박사연구팀 덕분입니다. 연구팀은 고흡수성 수지와 마이크로칩 기술을 응용해 새로운 고체-액체 추출 기반의 지질 분석 기법 개발에 성공했습니다.





고흡수성 수지를 이용한 지질 추출의 원리

아기의 소변이 기저귀에서 곧바로 겔 형태로 변하는 것에서 착안



### 아기 기저귀에서 지질 분석법 아이디어 얻어

김정아 박사는 마이크로칩이나 바이오멤스(BioMEMS)<sup>1)</sup>를 주로 연구하는 공학도이자 11살, 6살 두 아이의 엄마입니다. 김 박사는 어느 날 지질분석에 도움이 될 방법을 찾아달라는 요청을 받고 기존의 시료 추출방법을 살펴보게 되었습니다. 그 과정에서 수분을 제거하는 단계를 개선해야겠다고 생각했고 밤낮으로 고민하던 중, 아기의 기저귀를 보고 기발한 생각이 떠올랐다고 합니다.

김 박사는 아기가 기저귀에 소변을 누면 소변이 곧바로 겔 형태로 변하는 것에 착안했는데요, 기저귀에 들어있는 고흡수성 수지와 물에 녹지 않고 유기용매에만 반응하는 지질의 특성을 합해보기로 했다고 합니다. 김 박사는 결국 1년 반의 연구 끝에 고흡수성 수지와 시료전처리, 반응 제어를 통합한 마이크로 플루이딕 칩을 개발합니다.

### 분석 키트 제작 등 상용화 위한 연구 의지

마이크로 플루이딕 칩에 고흡수성 수지를 놓고 수용액 기반 샘플을 넣으면 수분은 겔형태로 변화합니다. 그 뒤 수분이 제거된 나머지 시료에서 유기용매를 사용해 지질을 추출하면 끝. 이 칩을 사용하면 수용액 기반 시료에서 지질을 추출하는데 10분이면 충분했습니다. 마이크로 플루이딕 칩은 저렴한 소형 키트, 미세유체 디바이스 등의 분석 키트의 개발과 고속·대량의 시료 추출을 위한 자동화기기에도 적용할 수 있습니다. 60년간 변화가 없던 추출법에 그야말로 획기적 혁명이 일어난 셈입니다. 효율도 모든 지질에 대해 테스트를 해 본 것은 아니지만 기존대비 95~100 %에 달한다고 합니다. 수분이 작은 겔형태로 변형되기 때문에 시료의 이동에도 수월합니다.

김정아 박사는 "마이크로 플루이딕 칩을 상용화하고 싶으며, 키트를 제작하는 업체와 함께 협력해 기술을 더욱 발전시키고 싶다"고 기대를 가졌습니다.

1) 바이오멤스: 생명공학(Bio Technology)과 초소형전자기계시스템(MEMS, Micro Electro Mechanical System)를 합친 말. 생체 내에서 일어나는 미세한 신호를 정밀하게 분석하는 기술 또는 장치.

- 30 ── 한국기초과학자원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 II ── KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE ── 31

세상을 바꾸는 분석과학 🛈

# 1주일 걸리던 슈퍼박테리아 진단, 이제는 30분 만에!

2017년 말 서울의 한 병원에서 신생아 4명이 80분 만에 잇달아 숨지는 비극이 있었습니다. 부검 결과 그중 3명의 혈액에서 항생제 내성이 의심되는 '시트로박터 프룬디' 균이 발견되었죠. 항생제 내성균은 성인보다 면역력이 약한 유아·어린이나 중환자들에게 감염될 경우 치명적입니다. 또 다른 예를 들어볼까요? 황색포도구균은 원래 '페니실린'으로 치료가 가능했지만 어느 순간부터 듣지 않아 '메티실린'이란 더 강한 항생제를 만들어야 했습니다. 하지만 결국 이 메티실린도 듣지 않는 MRSA(메티실린 내성 황색포도상구균, Methicillin-resistant Staphylococcus Aureus)가 나타나게 됩니다. 이렇게 항생제에 내성을 가지고 있는 병원균을 '슈퍼박테리아'라고 합니다. 지금도 점점 더 강한 슈퍼박테리아들이 생겨나고 있죠.

슈퍼박테리아 감염 환자는 빠른 격리와 치료가 관건입니다. 치료를 위해 어떤 병원균에 감염되었는지 알아보기 위해서는 주로 균 배양법을 이용하는데요, 이는 환자에게서 채취한 시료를 1주일 정도 배양해서 알아보는 방법입니다. 항생제 내성균에 취약한 영유아나 중환자에게 이 1주일은 정말 길고도 위험한 기간입니다.





슈퍼박테리아 진단키트를 개발한 김건화 박사

슈퍼박테리아 '다제내성 아시네토박터 바우마니' 를 신속 검출하는 현장진단 기술을 개발

### 슈퍼박테리아 진단 기간을 1주일에서 30분으로

KBSI 바이오융합분석본부 질환표적기능연구팀이 이러한 슈퍼박테리아 진단에 새장을 열었습니다. 김건화 박사를 주축으로 한 연구진이 슈퍼박테리아인 '다제내성 아시네토박터 바우마니(Multi-Drug Resistant Acinetobacter Baumannii, 이하 MRAB)'를 신속 검출하는 현장진단(POC, Point-of-care) 기술을 개발한 것입니다. 이 기술을 이용하면 기존에 1주일이 소요됐던 진단을 30분 안에 마칠 수 있습니다. MRAB는 세계보건기구(WHO)에서 발표한 '슈퍼버그(항생제가 듣지 않아 인류를 위협하는 세균)' 중 가장 순위가 높은 그룹인 위급(Critical Priority) 단계에 속하는 박테리아입니다. 2010년 일본의 한 병원에서 집단감염을 일으켜 9명을 숨지게 한 것으로 알려진 무서운 병원균이도 하죠.

### KBSI 최첨단 연구장비 활용

진단 키트를 개발하기 위해 김 박사팀은 먼저 무려 6개월에 걸쳐 거점 병원을 통해 테스트할 병원균을 확보했습니다. 이를 통해 약 50종의 균을 확보한 뒤 진단용 항원 단백질을 발굴해 분류하고 이 가운데에서 진단용 바이오 마커를 찾았죠. 그런 후 선별된 항원 단백질이 진단용으로 생산된 개별 항체들에 대해 갖는 특이점과 민감도를 검증했습니다. 이렇게 검증된 진단 항체의 조합을 임신진단키트와 비슷하게 생긴 키트에 삽입해 신속진단키트를 완성합니다. 여기에 환자에게서 채취한 시료를 반응시키는데요, 이 때 색이 변하거나 줄무늬가 생기는 등 시각적 효과가 발생하는 것을 관찰함으로써 슈퍼박테리아를 진단할 수 있습니다.

이번 연구 역시 KBSI의 첨단 연구장비들이 큰 역할을 했습니다. 슈퍼박테리아의 특이 항원 단백질 발굴에는 KBSI의 액체크로마토그래피 질량분석기가 활용되었고, 하이콘텐츠 스크리닝 자동화 시스템은 항체-항원과 결합 여부 특성 검증 분야에서 활약했습니다. 그 결과 한꺼번에 많은 양을 빠르게 검증하는 동시에 수작업으로 실험할 때보다 훨씬 안정적인 결과를 얻을 수 있었습니다.

완성된 기술은 국내 의료진단 전문기업 인솔㈜에 이전돼 2020년 제품 출시를 목표로 마무리 작업이 한창입니다. 김건화 박사는 앞으로 한 가지 병원교만 검진하는 키트가 아니라 다양한 병원교을 하나의 키트로 검진할수 있는 통합진단 플랫폼의 개발을 목표로 삼고 있습니다.



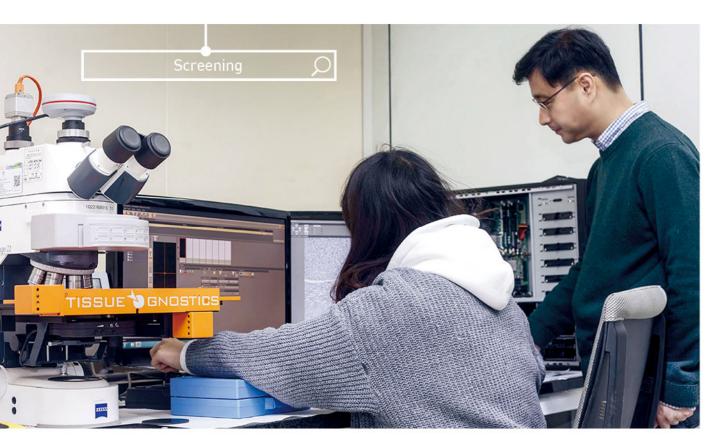
세상을 바꾸는 분석과학 🕜

# 빛으로 약물의 움직임을 파악한다

새로운 약을 개발할 때 신약 후보물질 개발부터 최종 임상 단계까지는 10년이 넘는 긴 세월이 소요됩니다. 그런데도 성공 확률이 0.02 % 이하라고 하죠.

그래서 신약 개발을 위한 수많은 실험 과정 단계에서는 정확도를 높이거나 시간을 단축할수 있는 기술이 필요합니다. 보통 신약개발 과정 중 '스크리닝'은 약물의 작용점을 제어할수 있는 물질을 찾는 과정으로서, 신약 후보물질이 될 수 있는 합성 화합물 또는 천연물 등의약리 활성 및 독성을 평가 과정을 수행합니다. 스크리닝 기술의 효율을 크게 향상할수 있는기술이 최근 국내에서 개발됐습니다.

KBSI 바이오융합분석본부 생물재난연구팀 장익순, 장현진, 이경복, 최종순연구팀은 세포에서 예상되는 작용점, 유전체(Genome)에 대한 약물의 신호전달 상호작용체계(Signaling Network)를 사전에 파악해 약물을 투입한 후 작용점까지의전달 과정을 손쉽게 분석할 수 있게 했습니다.







신약 개발 스크리닝 효율이 최대 100배까지 향상

### 연구연가 기간 떠오른 굿 아이디어

장익순 박사는 미국 노스웨스턴대학에서 지냈던 연구 연가 기간에 형광이나 발광 효과가 있는 벡터<sup>1)</sup>가 있다는 사실을 알게 됐고, 이를 약물 작용점 분석에 이용하면 어떨까 생각하게 됐습니다. 세포를 깨지 않고 단백질의 움직임을 알아낼 방법을 고민하던 중 빛을 이용해 '전사인자'들이 세포 내에서 움직이는 모습을 실시간으로 볼 수 있는 아이디어를 얻게 된 것입니다.

이 기술은 전사인자라는 단백질을 보기 위한 것입니다. 전사인자는 DNA에 적혀 있는 유전정보를 RNA로 옮기는 과정(전사: Transcription)에 참여하는 단백질인데요, 전사 과정을 통해 유전자 정보를 이용하여 생물을 구성하는 단백질이 형성되는 것입니다. 그래서 전사인자가 어떻게 반응하는지 관찰하면 약물의 작용점을 확인하고 제어할 방법을 찾을 수 있습니다.

보통 세포 내에 700~800개 정도의 전사인자가 있는데 기존 방식으로는 1~2개 정도만 확인할 수 있었습니다. 그것도 전사인자의 활성 여부만 겨우 알 수 있는 정도였습니다. 하지만 새로 개발한 기술로는 20개 이상의 전사인자가 어떻게 움직이는지 실시간으로 관측할 수 있습니다. 따라서 기존 기술에 비해 스크리닝 효율이 최대 100배까지 향상돼 신약개발 시장에 혁신적인 반응이 예상됩니다.

### 칩 형태로 개발해 상업화 목표

장 박사팀이 개발한 약물 작용점 분석기술은 현재 바이오제품 및 분석 서비스 전문 기업인 주식회사 이바이오젠에 이전됐습니다. 앞으로 플레이트 형태로 되어 있는 키트를 칩 형태로 업그레이드해 상용화에 나설 예정입니다. 그렇게 되면 여러 가지 검사를 동시에 진행할 수 있어 빠른 속도로 약물 작용점 분석을 마칠 수 있습니다.

스크리닝 과정에서 측정한 값을 분석해 주는 소프트웨어는 고려대 강재우 교수팀과 2년의 세월에 걸쳐 완성했습니다. 이 프로그램은 측정한 값만 넣으면 전사인자들이 어떻게 네트워크를 이루는지 보기 쉽게 그래픽으로 보여줍니다.

약물이 세포에 반응하는 현상을 완벽하게 확인하기 위해서는 700~800개 전사인자의 활동 범위를 모두 확인하는 것이 중요합니다. 장 박사팀은 현재 80개 정도의 전사인자 부착 서열을 확보했고 앞으로 3년 안에 200~300개를 만들 수 있을 것이라고 기대하고 있습니다. 장 박사의 꿈이 이뤄진다면 새로운 신약을 생각보다 빨리 만나볼 수 있게 될 것 같습니다.

1) 벡터 : 분자생물학과 약학에서는 유전물질의 운반자 개념

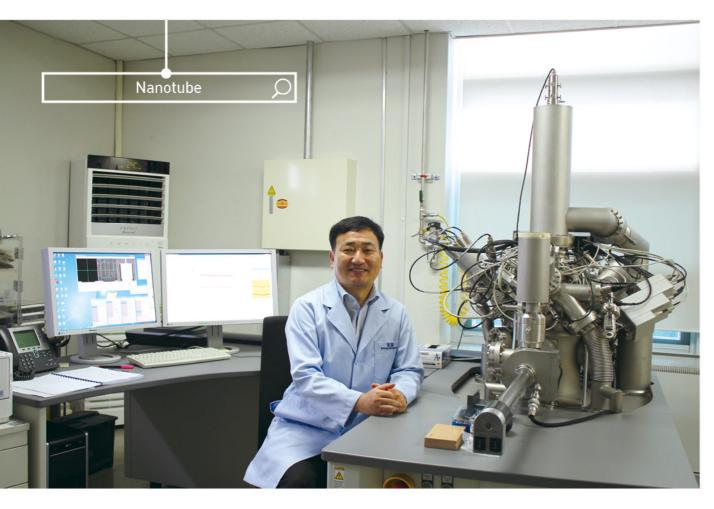
- 3년 - 한국기초과학지원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 II - KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE - 3년

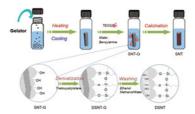
세상을 바꾸는 분석과학 🔞

# 꽈배기 모양의 나노튜브가 있다?

과학기술과 인류의 삶은 새로운 소재의 등장과 밀접한 연관을 맺고 있습니다. 플라스틱의 등장은 대량생산과 소비를 가능케 했고 나일론의 개발은 의류산업을 넘어 인류의 삶에 혁신적인 사건이었습니다. 실리콘으로 반도체를 만들면서 IT시대가 시작되었고요.

국내 연구진이 다양한 가능성을 가진 신소재를 개발하여 주목받고 있습니다. KBSI 부산센터 진종성 박사 연구팀이 안쪽은 물과 친한 친수성(Hydrophilic), 바깥쪽은 기름과 친한 친지질성(Lipophilic)을 갖는 나선형의 실리카 나노튜브 제조에 성공한 것입니다.





내외부에 다른 기능을 갖는 실리카 나노튜브 제조공정

튜브의 안쪽 면에는 지지체를 채워 친수성을 유지하는 동시에, 바깥쪽에는 친지질성의 탄화수소 화합물을 합성하는 방법으로 안과 밖의 성질이 다른 꽈배기 나노튜브를 개발

### 안팎의 성질이 다른 꽈배기 모양 나노튜브

나노튜브는 지름이 수 nm(나노미터, 10억 분의 1m)에서 수백 nm 굵기의 터널 구조를 가진 통 모양의 분자나 분자 집합체를 말합니다. 나노튜브의 대표 선수는 탄소나노 튜브(CNT)인데요. 철강에 비해 약 100배나 강하고 열과 전기 전도율이 뛰어나 최근 많은 분야에서 인기를 끌고 있습니다.

탄소나노튜브와 달리 실리카 나노튜브는 글자 그대로 실리카(SiO<sub>2</sub>)를 기반으로 삼는데요, 이산화규소라는 이름이 더 친숙한 실리카는 모래와 유리의 주성분입니다. 실리카는 지구 지각의 대부분을 차지하는 광물이라 웬만한 암석에는 이 성분이 포함되어 있습니다.

실리카 나노튜브는 물과 쉽게 작용하는 수산화이온(OH) 성분 때문에 다양한 작용기 (Functional Group)를 갖고 있는데요, 사람에 비유하면 단순히 옷만 입을 수 있는 게 아니라 다양한 기능의 액세서리를 달 수 있는 것과 마찬가지입니다. 연구팀은 이런 실리카 나노튜브를 꽈배기처럼 꼬인 나선형으로 만드는 데 성공한 것입니다. 이 튜브의 안쪽 면은 물과 친한  $-\text{C}_8\text{H}_{17}$ (옥탄) 작용기를 갖도록 만들었습니다.

### 에너지 저장·의약품 개발 원천소재

연구팀은 기존의 방식과는 다르게 튜브의 안쪽 면에는 지지체를 채워 친수성을 유지하는 동시에, 바깥쪽에는 친지질성의 탄화수소 화합물을 합성하는 방법으로 안과 밖의 성질이 다른 꽈배기 나노튜브를 만들 수 있었습니다.

그러면 이 신소재는 어디에 쓰일까요? 우선 튜브 안쪽에는 에너지원으로 활용할 수 있는 특정 금속이온을 저장하는 에너지 저장 소재로 활용할 수 있답니다. 또 거울상(광학) 이성질체 의약품 원료를 개발하고 분리할 수 있는 원천 소재로도 활용될 수 있다고 합니다.

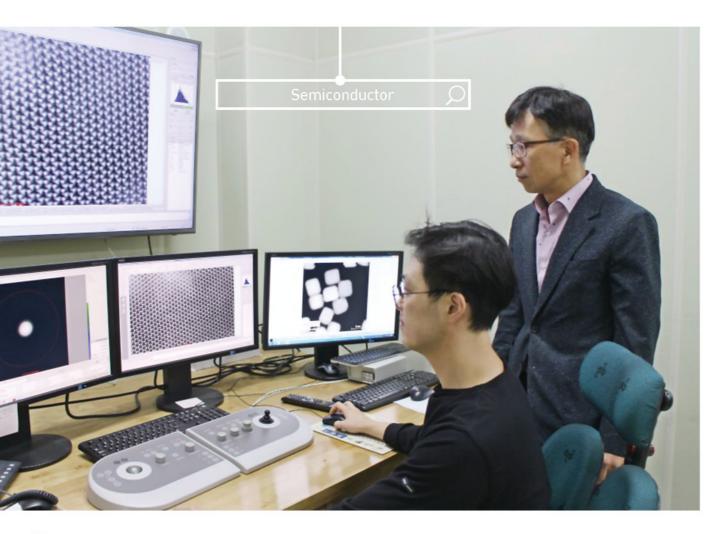
연구팀은 안과 밖의 성질이 다른 실리카 나노튜브를 만드는데 성공한 이후에도 이를 제대로 합성했는지 객관적으로 증명하기 위한 실험을 계속했습니다. 이 연구를 하는 데는 KBSI가 보유한 표면분석 장비(Time of Flight Secondary Ion Mass Spectrometer, TOF-SIMS)가 혁혁한 공을 세웠습니다. 연구팀은 KBSI가 자랑하는 이 장비를 이용하여 무려 2년 동안 실험과 연구를 반복한 끝에 실리카 나노튜브의 합성(표면) 상태를 세계 최초로 분석하는 데 성공했습니다. 진종성 박사는 이번 성과를 바탕으로 앞으로도 에너지 저장 장치, 의약품 원료 및 분리·분석에 필요한 원천소재 개발을 앞당길 수 있도록 노력을 다하겠다고 포부를 밝혔습니다.

KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE 37・

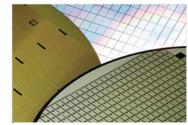
세상을 바꾸는 분석과학 🕧 KBSI SCIENCE STORY

# 최고의 장비+분석 노하유, **차세대 반도체** 소재 비밀 규명

반도체는 여러 가지 소재로 만들어집니다. 그중에서 질화갈륨(GaN) 기반의 반도체가 최근 주목을 받고 있는데요, 2014년 노벨 물리학상이 바로 질화갈륨 청색 LED(발광다이오드)를 만든 3명의 일본계 연구자들에게 돌아가기도 했습니다. 그런데 이런 질화갈륨 반도체를 만드는 방법은 가격이 비싸고 효율이 낮아 전세계의 반도체 회사들의고민거리였죠. 구체적으로는 사파이어 기반의 질화갈륨 반도체를 실리콘 기반으로 대체하여 생산 가격을 낮추면서도, 실리콘 기반으로 만들었을 때 효율이 자꾸 떨어지는 것을 극복하는 것이 문제였습니다.







실리콘 기반 질화갈륨 반도체의 전기- 빛 변환효율 저하의 원인이 그 독특한 원자 결함에 있다는 것을 밝혀 KBSI 이문상, 양민호, 백현석 박사는 그 원인과 해결법을 찾아냈습니다. 연구팀은 KBSI 서울센터에서 보유하고 있는 단색전자빔 이중수차보정 투과전자현미경을 활용해 실리콘 기반 질화갈륨 반도체의 전기-빛 변환효율 저하의 원인이 그 독특한 원자 결함에 있다는 것을 밝혀낸 것입니다.

### 고성능 투과전자현미경 통해 분석의 힘 입증

이번 연구에 공을 세운 KBSI 서울센터의 '단색전자빔 이중수차보정 투과전자현미경'은 기존의 투과전자현미경(TEM)을 업그레이드한 것입니다. 연구진은 원자 단위의 입체영상을 확보하기 위해 투과전자현미경의 두 중점 렌즈에 수차(빛이 한 점에 모이지 않아 영상이 일그러지는 현상) 보정기를 달았습니다. 그 결과 1.7 Å(옹스트롬, 1 Å=0.1nm)의 분해능을 0.6 Å까지 향상시킬 수 있었죠. 여기에 전자파의 에너지 불균형을 해소하기 위해 단색전자빔 장치도 추가했습니다. 그것이 단색전자빔 이중수차보정 투과전자현미경인데요. 자동차로 비유하면 배기량 2,500 CC급 고급세단에 각종 편의장치를 추가해 3,500 CC급 이상의 성능으로 끌어올린 것과 같습니다.

### 최고의 장비에 최고의 분석 노하우가 이룬 결실

그러나 실리콘 기반 질화갈륨 반도체의 독특한 원자 구조나 결함을 찾고 분석하는 일은 쉽지 않았습니다. 원자가 흔들리는 게 가장 큰 문제였고, 그것을 영상으로 확보하는 일 또한 어려웠습니다. 백현석 박사는 "연필을 보는 방향에 따라 길이와 모양이 다르듯 원자의 배열 역시 보는 방향과 전자파에 따라 달라진다"며 "실험마다 최적의 분석 기법을 찾고 개발하는 것이 중요하다"고 강조했습니다.

장비 회사를 통해 원자의 흔들림을 보정하는 소프트웨어를 개발해 전자현미경에 적용하고 나서야 문제를 해결할 수 있었죠. 실험에 사용하는 질화갈륨 시편을 아주 얇게 만드는 것도 보통 일이 아니었습니다. 연구팀은 이온빔으로 깎아내고 빗자루처럼 쓸어내는 기술을 적용하는 등 다양한 방법을 통해 이를 해결했습니다.

KBSI 서울센터 연구진에게 전자현미경은 친구와 같습니다. 백 박사는 "매일 함께 시간을 보내기 때문에 이제는 전자현미경에 말도 걸고, 때로는 욕도 한다"고 밝혔는데요. KBSI는 우수한 분석 장비를 보유하고 있을 뿐 아니라 이처럼 분석 장비와 매일 고군분투하는 연구진이 있기에 최고의 분석 능력과 노하우를 자랑합니다. 관련 분야 연구자들이 다른 곳에서 해결하지 못하면 KBSI 서울센터를 찾아오는 이유이기도 합니다.

연구진은 "우리가 해결하지 못하면 아무도 못한다"라는 자부심과 책임감으로 연구에 임하고 있는데요. 차세대 반도체 소재의 비밀을 규명한 이번 연구에 이어 또 어떤 성과가나올지 기다려집니다.

38 — 한국기초과학자원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 II — KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE — 39

세상을 바꾸는 분석과학 🚯

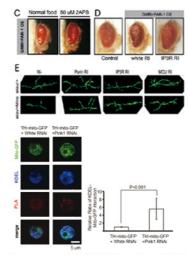
# 초파리 분석으로 퇴행성 신경질환 치료 새길 연다

분석과학 연구자들이 공통으로 하는 이야기가 있습니다. "뛰어난 장비가 모든 걸 해결해 주는 것은 아니다." 첨단 분석 장비 못지않게 분석 방법과 노하우도 중요하다는 뜻인데요. 다양한 분석 방법으로 초파리를 연구해 퇴행성 신경질환 치료에 새로운 길을 열어가고 있는 연구자가 있습니다. KBSI 광주센터의 이성수 박사가 그 주인공입니다.

### 새로운 분석방법으로 잇단 연구 성과 거둬

이 박사는 미국 스탠포드대학교에서 박사후과정(Post Doctor)을 밟고 2013년에 귀국한 후 그동안 연구했던 초파리의 유전학적 메커니즘을 바탕으로 국내외 연구자들과 다양한 공동연구를 진행했습니다. 2018년 가을 언론에 발표되어 주목을 받은 알츠하이머, 파킨슨병의 공통적인 원인 현상 규명에도 이 박사가 중요한 역할을 했는데요. 해당 연구는 미토콘드리아의 과도한 칼슘 변화가 운동 조절 기능 이상이나





미토콘드리아 칼슘채널을 이용한 신경퇴행성 초파리 모델의 표현성 회복



KBSI 광주센터 이성수 박사와 강하영 연구원

알츠하이머, 파킨슨병의 공통적인 원인 현상 규명에 중요한 역할 기억상실 증상을 보이는 알츠하이머와 파킨슨병의 공통된 원인이라는 사실을 밝힌 것으로, 퇴행성 신경질환 치료제 개발에 단초를 제공했습니다. 논문이 미국 국립과학원보(PNAS)에 게재되면서 연구 성과의 가치를 인정받았는데요. 무엇보다 KBSI와 한국생명공학연구원(KRIBB), 스탠포드대학 연구팀과 공동연구를 통해 이룬 성과여서 더 큰 의미를 지닙니다.

이 박사는 "무엇보다 기존에는 주로 고정된 세포를 관찰했지만, 이번에는 살아있는 상태에서 조직·세포가 어떻게 움직이고 변화하는지 실시간으로 분석했다는 점에서 큰 차이가 있다"며 "초파리를 이용한 생체모델에서 칼슘을 인식할 수 있는 마커를 적용하는 등 방법적인 측면에서는 새로운 분석방법을 적용했다"고 설명했습니다.

### 초파리 유전학+신약물질 발굴+장비 개발 목표

이 박사가 초파리 연구로 퇴행성 신경질환의 메커니즘을 규명한 것은 이번이 처음은 아닙니다. 지난 2016년에는 알츠하이머성 치매를 유발하는 '타우(Tau)' 단백질이 뇌에 손상을 일으키는 과정을 규명하고 타우 단백질의 과인산화를 사전에 차단해 특정 단백질의 활성을 억제하는 새로운 방법을 고안했습니다, 이에 앞서 2015년에는 KAIST 연구팀과 공동으로 빛에 반응하는 유기분자를 이용해 알츠하이머병의 원인물질로 알려진 베타-아밀로이드가 뇌 안에 응집되는 것을 막는 실험을 초파리 치매모델동물에서 처음으로 성공하기도 했습니다.

이 박사는 최근 알츠하이머, 파킨슨병의 공통적인 원인을 규명한 연구의 공을 KBSI 광주센터의 강하영 연구원에게 돌렸습니다.

"관련 연구는 오랫동안 관찰하고 실험을 반복하는 일이 상당한 비중을 차지했는데 강하영 연구원이 없었다면 정해진 기간 내에 의미있는 결과를 얻기가 어려웠을 겁니다."

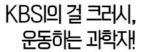
KBSI가 보유한 첨단 장비도 당연히 이 박사의 가장 든든한 지원군인데요. KBSI 광주센터는 고령동물생육시설(AFAS)을 비롯해 공초점주사현미경(All Spectral Laser Confocal Scanning Microscope), 비선형다중여기시스템(Intravital Multi-Photon Microscope), 발광-형광 전임상분자영상시스템(IVIS Spectrum), 소동물용 단층촬영장치(in vivo Micro-CT) 등 첨단 광학영상 분석장비를 보유하고 있어 초파리·마우스 등 질환 모델동물을 대상으로 한 이 박사의 지속적인 연구를 뒷받침하고 있습니다.

마지막으로 이 박사는 앞으로의 연구 목표와 방향에 대해 밝혔습니다.

"첫째 초파리 유전학을 이용해 질병의 메커니즘을 규명하고, 그 다음엔 신약후보 물질을 찾아내어 마우스와 같은 고등 모델동물을 이용한 (전)임상연구에 적용하려고 합니다. 마지막으로 분석 장비를 개발한 후 세 가지 분야를 하나로 혼합해 연구 성과를 도출하고 싶습니다."

# KBSI의걸크리시 **운동하는 과학자** 문준희 박사

KBSI 연구동 앞에 위치한 초록색 잔디밭, 점심시간마다 몇몇 연구자들이 투수나타자, 포수가 되어 야구 연습에 한창입니다. 그런데 유독 눈길을 끄는 선수가 한명있습니다. 보기 드문 여성 투수! 바로 문준희 박사인데요, 운동에서 얻는 성취감을 원동력으로 새로운 연구에 끊임없이 도전하는 걸 크러시! KBSI 환경·소재분석연구본부나노표면연구팀에 근무하고 있는 문준희 박사를 소개합니다.





- A Versatile Scientist
- 조금은 특이한 취미를 갖고 계시다고 들었습니다. 역도를 하셨다구요?

역도뿐만 아니라 야구도 하신다고 들었어요.

② 운동선수를 해도 잘 하셨을 것 같은데 '과학자'를 꿈꾸게 된 계기가 있나요?

- 역도 이전에 피트니스를 했어요. 스쿼트를 시작하면서 바벨에 친숙해졌습니다. 5 kg, 10 kg씩 무게가 점점 증가함에 따라 '해냈다'는 성취감이 매력적으로 다가왔고, 나아가 역도 동호회 활동을 하게 되는 계기가 되었죠. 역도는 부위별로 근육을 고루 발달시킬 수 있어 남녀노소 불문하고 많은 분들이 즐겨하는 운동이에요. 서울에서와 달리 대전에서는 동호회를 찾지 못해 계속하지 못하는 게 아쉽지만요.
- ★ KBSI에 입사 후 야구를 시작했어요. KBSI에는 '어벤져스'라는 야구 동호회가 있어서 항상 관중으로 참석하다가 우연한 기회에 타석에서 공을 치게 됐는데요, 노력한 만큼 다양하게 공을 다루고 제어할 수 있는 야구의 매력을 알게 되었죠. 그 후 본격적으로 KBSI 어벤져스에 가입했어요. 배우는 단계인데 열심히 실력을 갈고 닦아 KBSI 어벤져스 팀의 일원으로 당당하게 실전 경기에 서고 싶어요.
- 지가 운동신경보다는 호기심을 더 타고난 모양이에요. 20살 때 교환학생으로 미국에 갔는데요, 원자힘현미경과 주사전자현미경을 통해 실리콘 결정 패턴을 보고 '유레카!'를 외쳤죠. 당시 눈에 보이는 모습으로만 세상을 접해왔던 저로서는 원자 레벨에서 볼 수 있는 물질의 아름다움에 온 마음을 빼앗겼어요. 그때부터 본격적으로 연구를 하고 싶다고 생각하게 되었고, 제게 주어진 일과 호기심 해결에 집중하다보니 어느덧 과학자의 길을 걷게 되었습니다. 우연한 경험이 제 인생을 바꾼 계기가 되었어요.

### 그래핀 나노 주름의 형성 원리 밝혀내

만은 연구소 중에서 KBSI와는 어떻게 인연을 맺으셨나요?

지난해에는 박사님의 '그래핀의 성능을 저하시키는 나노 주름'에 대한 연구 성과가 국제학술지 '나노레터(Nano Letters)'에 소개 됐어요. 어떤 내용인가요?

- 그래핀의 향후 실용화 가능성에 대해 어떻게 보시나요?
- □ 그래핀은 강철보다 200배 이상 강하며 다이아몬드보다 우수한 열전도성과 투과도 및 신축성으로 꿈의 신소재로 주목받고 있어요. 이런 우수한 특성 덕분에 그 응용 분야가 무궁무진하죠. 하지만 고품질의 그래핀을 크게 성장시키는 방법에는 앞으로도 많은 연구가 필요합니다. 또한 현재로서는 대량생산이 어려워 상용화하기에는 다소 비싼 편이에요. 대량생산으로 재료의 단가 경쟁력을 확보하고 꾸준한 후속 연구가 진행된다면 많은 분야에서 활용이 가능할 것으로 기대됩니다. 그것이 제가 앞으로 할 일이기도 하고요.

학위과정을 밟을 때 공동연구를 하기 위해 KBSI 나노표면연구팀을

방문했던 것이 계기였는데요, 당시 나노표면연구팀의 '차세대 융복합 in situ 나노분석 시스템'은 국내에서 볼 수 없던 새로운 형태의 구축 장비였습니다. 기존에는 시료가 공기에 노출되면서 생긴 오염으로 물질의 근본적인 특성을 볼 수 없어서 문제가 됐었는데요, In-situ 장비는 증착과 분석을 공기 노출 없이 진행할 수 있어 이런 문제를 해결 할 수 있었죠.

또한 저에게 꼭 필요한 도움을 받았듯. 반대로 제가 다른 연구자들에게

수준 높은 분석 서비스를 제공함으로써 연구 성과에 기여할 수 있을 거라는

그래핀은 전기적, 물리적 성질이 우수한 차세대 전자소자 물질로 각광받고

있는데요. 그래핀을 상용화하는 데 걸림돌이 되고 있는 '나노주름'이

생성되는 원인을 밝힌 연구입니다. 그래핀은 고온(1,000℃)에서 구리

표면 위에 합성되는데요. 냉각과정에서 구리 표면이 물결모양으로 변하게

됩니다. 그래핀이 합성된 부분에서만 이러한 현상이 나타나는 원인이 궁금해 연구를 시작했는데요, 라만분광법<sup>1)</sup>을 활용해 합성하는 그래핀의

층수가 많아질수록 구리 표면의 물결모양이 넓고 깊어지며, 그래핀과

구리 표면의 냉각 성질의 차이에 의해 발생한 스트레스가 그래핀과 구리

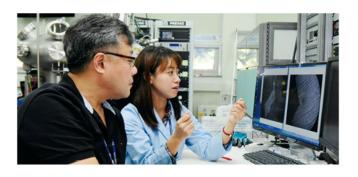
표면에 반영되는 과정이 나노 주름 형성에 결정적인 역할을 하는 것으로

기대를 안고 KBSI와 인연을 맺게 됐습니다.

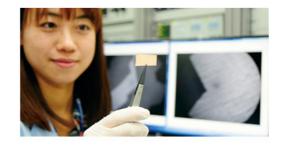
1) 라만분광법 : 레이저를 시료에 쏘아 얻어지는 스펙트럼으로부터 물질을 분석하는 방법, 현상을 발견한 인도의 물리학자 '라만' 박사의 이름을 땄다

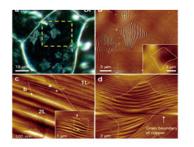
확인했습니다.

### 다른 연구자들과 중소기업을 돕는 보람



- 대학의 석·박사 과정생들에게 출연(연)의 장점을 소개해 주신다면요?
- 출연(연)은 자유로운 환경에서 우수한 동료 연구자들과 함께 호기심과 창의력을 실현시킬 수 있는 기회의 장소라고 생각해요. 상용화를 기반에 둔 기업의 R&D 부서와 달리 단기적인 성과가 아니라 깊은 지식과 기술을 얻기 위해 꾸준히 연구를 진행할 수 있다는 장점도 있습니다. 연구자의 호기심과 창의력을 발휘하기에 더없이 좋은 환경을 제공해요. 또한 다양한 분야의 전문가로 구성되어 있어 융합연구가 원활히 진행될 수 있죠. 특히 KBSI에는 세계적 수준의 첨단연구장비가 구축되어 있어 심층적인 분석이 기능해요. 연구 결과에 대한 데이터베이스 구축으로 중소, 중견기업의 어려움을 해결하는데 실질적인 도움을 제공하고 있습니다. 보람있는 일이죠.
- 과학의 꿈을 키우고 있는 후배들에게 한 말씀 부탁드립니다.
- 지신의 지적 호기심을 키워나가며 실현하기 위해 꾸준한 고민과 노력을 기울이는 것이 중요해요. 때로는 원하지 않는 환경에 노출될 수도 있을 것입니다. 그때 스스로 한계를 짓고 좌절에 초점을 둘게 아니라, 어떻게 하면 내가 이 문제를 해결할 수 있을까 고민해야 해요. 환경 때문에 좌절하지 말고 본인의 열정을 태울 수 있는 에너지에 집중하라고 얘기하고 싶어요. 열정과 목적이 뚜렷하다면 흔들림 없이 본인의 연구에 집중할 수 있고, 꿈을 실현할 수 있다고 생각합니다.





# 유운연구장비고수를 찾아서 XRD 전문가, 이상걸 박사

과학 연구를 위한 고가의 첨단장비라면 장비가 지닌 기능을 최대한 많이 이용하는 것이 중요합니다. 장비를 제작한 설계자가 수많은 기능을 고려했지만, 장비 이용자가 그 성능의 일부분만 사용한다면 국가적인 연구개발 예산의 낭비이기 때문입니다.

국내 XRD(X-선 회절분석)장비의 최고 전문가 중 한 명인 이상걸 박사는 "설계자의 마음을 50 %만이라도 정확하게 파악하고 연구장비를 사용해도 성공적인 운영"이라고 지적합니다. 장비의 최대 성능과 한계를 꿰뚫어보고, 알려지지 않은 성능을 끄집어내는 것도 과학자가 해야 할 일이라고 말합니다.









물질의 결정상분석, 유·무기 화합물의 3차원 분자구조 규명 등을 위한 XRD 장비는 연구자들에게 수요가 많아

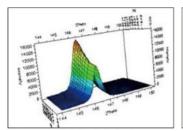
### 밤하늘을 동경하던 소년이 XRD 전문가로

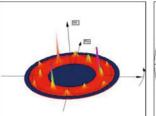
과학에서 물질 결정구조를 분석하는 일은 매우 중요합니다. 물리학, 화학, 신소재 및 생물학 등 거의 모든 분야에서 활용됩니다. 특히 X-선을 이용한 방법은 매우 폭넓게 사용되고 있습니다.

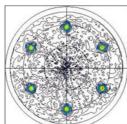
KBSI는 X-선을 이용한 다양한 첨단연구장비로 산학연 연구자들을 위한 연구 분석 지원을 수행하고 있습니다. 특히 물질의 결정상분석, 유·무기 화합물의 3차원 분자구조 규명 등을 위한 XRD 장비는 연구자들에게 수요와 인기가 많습니다. 그중 대구센터는 국내 XRD 장비의 역사를 써온 곳으로 유명합니다. 그리고 그 역사를 1992년부터 일구어온 과학자가 바로 이상걸 박사입니다.

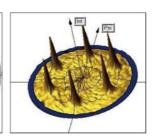
그의 어린 시절 꿈은 밤하늘에 있었습니다. 물리 선생님이셨던 아버님의 영향으로 밤하늘을 좋아하는 소년으로 자란 이상걸 박사는 천문과학자의 꿈을 키워갔습니다. 하지만 집안 형편 사정으로 천문물리 관련 학과가 있는 서울 지역 대학을 포기하고 대구에 있는 경북대학교에 진학해 물리학도의 길을 걸었습니다. 그리고 그는 이곳에서 XRD와 인연을 맺게 됩니다.

대학원을 졸업한 이상걸 박사는 1992년 그해 개소한 KBSI 대구센터에 입사합니다. 그리고 1993년 대구센터 최초로 도입된 XRD 장비를 담당합니다. 이후 대구센터는 연구자들의 높아지는 수요에 대응하기 위해 지속적으로 XRD 장비를 도입했으며 현재는 총 6대의 장비를 운영 중인데요, 1993년 처음 대구센터에 도입된 XRD 장비도 세심한 유지관리를 통해 그 성능을 유지하면서 장비 특성에 맞게 운용 중입니다.









HR-XRP를 이용한 잔류 응력 및 집합 조직 분석

### 시료 분석 8만 5천여건, 이용자 SCI 논문 550편

25년 동안 대구센터에서 XRD 전문가로 있으면서 이 박사가 분석한 X-선 회절분석분야 시료만 8만 5천여 건에 달합니다. 대구센터 XRD를 활용한 국내외 연구자는 3천여 명이나 되는데요, 이용자의 SCI 논문도 550편에 달합니다. 이 논문들에는 활용한 KBSI 대구센터의 장비에 대한 소개나 감사의 글이 적혀있습니다. 충분히 자부심을 느낄만한 성과입니다.

이상걸 박사는 수많은 분석 사례 중 국내 자동차 부품 업체의 사례가 특히 기억에 남는다고 말합니다. 어느 날 제품 생산 과정에서 불량이 생겨 이 회사 기술자가 공정을 멈추고 급하게 달려왔습니다. 원인을 파악할 때까지 생산라인은 계속 가동 중단 상태로 있어야 했고 피해액은 계속 늘어나는 상태였습니다. 회사에서 급하게 가져온 재료를 XRD로 분석하니 집합 조직에 문제가 있는 것을 발견했고, 바로 그 원인을 찾아 회사의 피해를 최소화할 수 있었습니다. 문제의 발생과 해결이 불과 4~5시간 사이에 이루어진 것입니다.

"특히 산업체의 경우 제품생산과 관련이 있어 급할 때 도와주는 것이 정말 큰 도움이 된다고 믿고 있습니다. 당시에 우선하여 분석을 도와 업체의 피해를 최소화한 것에 매우 만족했습니다. 업체 쪽에서 마음으로나마 고마움을 표시한 것은 물론이고요."

그 뒤 XRD장비를 활용한 다양한 응용분석기술에 대한 이상걸 박사의 실력이 소문나면서 전국에서 분석 요청이 밀려 들어왔습니다. 지난해 대구센터 XRD 활용 현황을 보면 수도권의 의뢰가 42.9 %로 대구센터가 소재한 대구 경북권보다 많습니다. 산·학·연연구기술 개발에는 시급성을 필요로 하는 경우가 많습니다. 이러한 중소·중견기업의 수요대응형 근접 지원을 위해 대구센터에서는 2013년부터 야간 긴급분석지원 대응랩을 구축해 운영하고 있습니다.

장비의 최대 성능과 한계를 꿰뚫어 보고, 알려지지 않은 성능을 끄집어 내는 것도 과학자가 해야 할 일



### XRD 전문가 양성을 위한 끝없는 노력

이 박사는 이제 은퇴를 7년 남짓 앞두고 있습니다. 하지만 아직도 대구센터에 XRD 전문가는 이 박사 혼자라고 해도 무방합니다. 이 박사는 "앞으로 KBSI 대구센터에 집적화된 XRD분야 연구장비를 활용한 응용분석기술의 지속적인 발전을 위해 장비 운영 인력 교육에 매진하고자 한다"고 자신의 향후 계획을 밝혔습니다.

당장 대구센터에서 일할 전문가를 키우는 것만이 이 박사의 목표가 아닙니다. 그는 국내산·학·연 XRD 장비 실무 운영자만을 대상으로 하는 연수프로그램도 진행하고 있습니다. 이 교육은 도제식으로 과정 당 1~2명의 교육연수자만 참여할 수 있습니다. 기간은 2~3일 중급반부터 1주일 심화반까지 과정에 따라 내용이 다양합니다. 오랫동안 XRD 장비를 설치 운영하면서 응용분석기술 뿐만 아니라 장비 성능 개선 등의 경험을 인정받아 XRD 제작사의 엔지니어들도 교육을 신청할 정도입니다.

이 박사는 XRD 장비의 산·학·연 분석기술 연수스쿨을 확대해 운영하고 싶다는 포부를 밝혔습니다. 그는 분석 의뢰가 오면 일단 "YES"부터 외친다고 합니다.

"다른 연구실이나 시험분석기관에서 안 된다고 해서 저희도 포기하면 연구개발자들은 의지할 곳이 없어집니다. 언제나 분석 의뢰한 연구자의 의도를 정확하게 이해하기 위해 노력하고 있으며 문제 해결을 위해 분석법을 개발하고 있습니다."

그는 개인적으로 '단순 분석 지원'이라는 말을 좋아하지 않는다고도 했습니다. 정보의 가치적 차원이나 연구개발자의 시각에서 '단순한' 분석은 없기 때문입니다.

"분석 데이터가 정확하지 않으면 우수한 연구 성과가 나올 수 없습니다. 정확하고 신뢰성 있는 분석 결과야말로 나침반과 같이 연구자에게 올바른 연구 방향을 제시해 줄 수 있다고 생각합니다."

마지막으로 이상걸 박사는 국가 예산을 바탕으로 한 연구에 대한 책임성에 대해 강조하였습니다.

"국가예산으로 도입한 첨단연구장비 활용에 있어 과학기술의 국가경쟁력을 높이기 위해서라도 반드시 운영을 고도화해야 합니다. 다른 전문가들도 함께 참여해 줬으면 좋겠습니다."

25년 동안 한결같았던 이상걸 박사의 연구에 대한 열정. 그 열정으로 인해 우리나라 과학기술의 국가경쟁력은 오늘도 한 발짝 더 앞으로 나아가고 있을 것입니다.

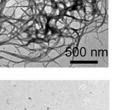
한국기조과학자원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 II

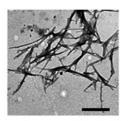
생명의 뿌리, '단백질' 비밀 찾는 탐험가

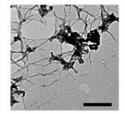
# 단백질 전문가, 이영호 박사

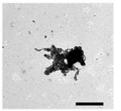
KBSI 오창센터 단백질구조연구팀의 이영호 박사는 단백질의 구조와 물성을 밝혀 단백질이 어떻게 만들어지는지, 또 만들어진 뒤에는 어떤 구조를 가지고 어떻게 움직이면서 기능하는지를 연구하는 단백질 전문가입니다. 단백질을 연구한다는 것은 생명 자체의 비밀을 찾아 나서는 것과 다름없습니다. 단백질은 자연에서 가장 복잡하고 불가사의한 물질이자, 모든 생명현상의 근간입니다. 생명활동을 조절하는 모든 효소는 단백질이고, 호르몬 역시 단백질의 일종이며 질병을 유발하는 바이러스도, 이에 대응하는 항체 역시도 단백질이기 때문입니다. 이영호 박사는 이러한 단백질의 비밀에 한걸음 더다가가기 위해 애쓰고 있습니다.

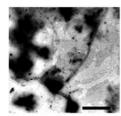


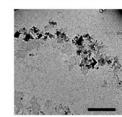












인간 아밀린(hIAPP) 아밀로이드 중합체의 TEM 이미지

한국과 일본의 문화를 결합하면 기본이 튼튼하고 국민의 삶과 직결되는 연구 성과들이 결실을 맺을 것으로 기대

### 17년 만에 돌아온 한국, 단백질 연구의 중심제 KBSI를 찾다

이영호 박사는 일본에서 단백질 연구로 주목받는 연구자였습니다. 대학 졸업 후 일본 유학길에 올랐고, 학위를 마친 후 오사카대학교 단백질연구소 부교수로 재직하며 연구와 후학양성에 힘을 쏟았습니다.

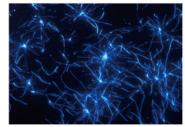
학부 시절 화학공학을 전공하며 단백질의 매력에 빠진 이영호 박사는 보다 깊이 있는 공부를 하고 싶었습니다. 당시만 해도 한국어로 된 단백질 과학 교과서가 거의 없었던 시절이라 유학은 자연스러운 선택이었는데요, 그중에서도 오사카대학교 단백질연구소는 세계적인 단백질 연구 중심지였습니다. 사실 유학을 떠날 당시만 해도 한국에 이렇게 늦게 돌아올 줄은 몰랐다고 합니다.

그리고 17년간 일본에서 구축한 연구 기반을 한국으로 옮기는 일 역시 결단이 필요했습니다. 이 박사는 한국으로 돌아온 가장 큰 이유로 애국심을 꼽았습니다.

"한국의 단백질 연구는 비약적으로 발전했습니다. 단백질 구조와 응집을 연구하는 세계적인 학자들도 많고요. 하지만 아직 연구자 층이 두텁지 않아요. 많은 연구자들이 다양한 연구를 진행하고 시너지를 내야 연구를 선도할 수 있습니다."

또 다른 배경은 KBSI의 우수한 연구환경입니다. 최근 단백질 연구의 주요 화제인 단백질 응집과 관련된 연구를 위해서는 미시적인 세계를 직접 관찰하고 실험할 수 있는 연구장비들이 필요하기 때문입니다. KBSI 오창센터는 세계적 수준의 900 MHz NMR을 보유하고 있고, 현재 구축 중인 1.2 GHz NMR이 완성되면 단백질의 비밀을





베타 아밀로이드 피브릴

찾는 열쇠는 더욱 정교해질 전망입니다. 단백질의 3차원 구조를 볼 수 있는 생물전용 초고전압투과전자현미경(Bio-HVEM)과 7 T MRI까지 설치되어 있는 KBSI의 연구환경은 세계적으로도 손꼽히는 수준이라고 합니다.

한국과 일본의 연구문화의 장점을 살리고 싶다는 포부도 있습니다. 이 박사가 연구하던 오사카 대학은 자유롭고도 개방적인 분위기가 장점이었다고 합니다. 그는 또한 일본의 가장 큰 자산은 축적된 시간이라고도 말합니다. 한국보다 근대과학을 100년 일찍 받아들였고, 대를 잇는 장인정신은 과학 분야에도 적용돼 스승의 연구를 제자가 계승 발전시켰습니다. 그 결실들이 최근 일본 과학자들의 노벨상 수상으로 이어졌다는 설명입니다.

그렇다면 한국의 장점은 무엇일까요? 이영호 박사는 창조성과 진취성, 그리고 추진력을 꼽았습니다.

"우리나라는 기초 성과를 실용화하는 능력이 우수합니다. 한국과 일본의 문화를 결합하면 기본이 튼튼하고 국민의 삶과 직결되는 연구 성과들이 결실을 맺을 것으로 기대합니다."

### 단백질 계의 최대 화두, 단백질 응집 연구

"사람이 스트레스를 풀기 위해 친구를 만나거나 휴식하는 것처럼 단백질도 불안한 요인이 생기면 안정한 상태를 되찾고자 주변 단백질들과 뭉칩니다. 하지만 응집된 상태는 단백질 본연의 기능을 잃게 할 뿐만 아니라 치매, 파킨슨병, 광우병, 이형당뇨병과 같은 많은 질병을 유발하는 원인이 됩니다." 내 것, 나만의 방법을 고수하지 않고 다른 과학자들과 협업하며 넓은 안목으로 주변과 소통하려는 노력이 필요 이 박사는 현재 단백질 응집 연구에 매진하고 있습니다.

이영호 박사는 연구를 통해 보라색 계통의 폴리페놀 물질과 녹차의 카테킨 성분이 아밀로이드 피브릴의 핵 형성을 억제하는 것을 밝히기도 했습니다. 또한 산(pH)이나 높은 압력, 기름 성분을 주입하면 아밀로이드 피브릴의 형성이 억제되고, 형성된 아밀로이드 피브릴도 원래의 상태로 회복됨을 확인했습니다. 이렇게 하나둘 발견한 생명현상의 비밀은 질병 예방과 치료법 개발의 토대가 됩니다.

### 전체를 보는 안목과 인성을 갖춰야

많은 장비를 이용하고, 눈으로 관찰하기 힘든 미세 영역을 다루는 연구분야의 특성상 어려움도 적지 않을 텐데요. 그는 "연구는 본래 쉬운 게 없다"며 "오히려 어려운 걸 달성했을 때 보람과 성취감이 크다"고 환하게 웃는, 천생 과학자의 모습입니다.

"과학자는 종합예술인과 닮았어요. 기본적으로 정신력이 좋아야 하지만, 새로운 것을 찾고 가설을 세우려면 상상력이 있어야 해요. 재조합 단백질의 생산에는 대장균을 많이 이용해요. 그런데 이런 방법도 처음에는 누군가가 상상을 하고 가설을 세우고 실험해서 가능해진 거죠. 가설이 세워졌다면 체계적으로 계획을 세우고 실험을 통해 증명하며, 이를 해석하고 분석도 해야 하죠. 이게 끝이 아니에요. 실험이 끝나면 논문을 작성하는데, 단순히 사실을 나열하는 것이 아닌 다른 연구자들이 관심을 갖도록 도입부를 작성하고 스토리를 담아야 해요. 텍스트를 이미지로 보여주는 부분도 중요하죠."

그가 밝힌 과학자의 조건을 충족하려면 팔방미인이 되어야 합니다. 하지만 모두가 르네상스 시대 다빈치처럼 만능인이 되긴 어렵습니다. 때문에 이영호 박사는 내 것, 나만의 방법을 고수하지 않고 다른 과학자들과 협업하며 넓은 안목으로 주변과 소통하려는 노력이 필요하다고 설명합니다. 일본에서 학생들에게 실력만큼 사람의 됨됨이가 중요하다고 강조한 이유입니다.

이영호 박사는 앞으로도 '단백질' 한 우물만을 팔 계획입니다. 이곳 KBSI 오창센터라면 충분히 가능합니다. 세계 최고의 NMR 장비는 물론 전자현미경(Bio-HVEM, Cryo-EM)과 질량분석기를 이용하는 선후배 과학자들과 협업하면 그동안 규정하기 어려웠던 단백질의 보다 근원적인 원리를 밝혀낼 수 있을 테니까요.

52 --- 한국기초괴학지원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 II --- 53 ---

# 국산 분석장비· 기술 전문기업 ㈜영린기기

### 장비 성능 평가를 통해 국산 연구장비 개발 지원하는 KBSI

특정 산업이 성장하기 위해서는 기본적으로 시장과 판로가 뒷받침되어야 합니다. 해외 메이저 장비 기업들은 기술과 트렌드를 선도하며 업계의 표준으로 인정받는 데 주력하고 있고, 이것이 모든 연구장비 제조사들의 경쟁력을 좌우하는 핵심 요소가 되고 있습니다. 이에 KBSI는 국산 연구장비의 브랜드 인지도를 높이고 신뢰성 확보와 연구장비 성능평가 표준 구축에 기여하고자 '국산연구장비 신뢰성평가센터'를 설치하였습니다. 그리고 센터 산하에 연구자가 직접 국산 연구장비를 운용함으로써 신뢰성과 우수성을 확인하기 위한 곳으로 '국산연구장비 활용랩'을 운영 중입니다. ㈜영린기기(이하 영린기기)가 개발한 HPLC(고성능 액체 크로마토그래피)와 GC(기체 크로마토그래피)도 이곳에 설치되어 있으며 현재 활발하게 운영 중입니다.





KBSI HPLC성능평가 표준과 ㈜영린기기 장비 성능측정평가표





HPLC와 연구장비의 신뢰성 평가를 위한 KBSI의 적극적 지원이 있어

### 탄탄한 개발력으로 승부하고 있는 영린기기

영린기기의 서승민 대표는 "HPLC와 연구장비 신뢰성 평가를 위한 KBSI의 적극적인 지원이 있었고, 장비 개발에 꼭 필요하지만 중소기업에서 접근이 힘든 질량분석기 개발에 필요한 이온 궤적(Ion Trajectory) 시뮬레이션 또한 KBSI 연구장비개발본부를 통해 지원받았다"며 고마움을 표시했습니다.

영린기기의 주력 제품인 HPLC와 GC는 크로마토그래피를 응용한 분석 기기로, 제약, 석유화학, 환경, 식품, 정밀화학, 생명공학 등 다양한 산업 분야에서 화합물의 성분 분석을 목적으로 광범위하게 사용되는데요, 시장 규모가 큰 분석 장비 중 하나입니다. HPLC와 GC는 역간 약 400대가 판매되고 있고 이 중 정반은 저 세계 50여 개국으로

HPLC와 GC는 연간 약 400대가 판매되고 있고 이 중 절반은 전 세계 50여 개국으로 수출됩니다. 그 성과로 영린기기는 2009년에는 5백만 불 수출 탑을 수상하였고, 2017년 현재 누적 판매 대수는 6,000여대를 넘어섰다고 합니다. 세계 최초로 3년 워런티(Warranty)를 약속할 정도로 기술적인 측면에서 인정받고 있기도 하지요.

### 국산 연구장비 개발을 위한 KBSI의 역할과 과제

영린기기 서승민 대표는 "최근 삶의 질이 향상됨에 따라 다양한 환경 문제에 대한 대응 방안으로 관련 산업이 주목받고 있기 때문에 국내 연구장비 산업이 점점 더 중요해지고 있다"며 "이에 따라 환경과 관련된 연구(혈중 알코올, 잔류 농약, 포름알데히드, 지방산, 멜라민, 비타민 분석 등)가 증가하면서 필요한 연구장비의 수요도 확대될 것"이라고 전망했습니다.

서 대표는 첨단 연구장비 산업의 성장을 위해서는 국내 제조 기업이 주관 기관으로 참여할 수 있도록 하는 국가 연구개발사업의 지원이 필요하다고 제안했습니다. 아울러 "KBSI는 선진국의 사례와 같이 관련 산업을 성장(Scale Up) 시킬 수 있도록 중심 허브로서의 역할을 담당하는 것이 중요하다"고 당부하기도 했습니다.

탄탄한 품질을 바탕으로 한 경쟁력으로 세계 시장에서 활약하고 있는 영린기기. 메이드 인 코리아 연구장비의 우수성을 전 세계에 널리 알리기를 기대해 봅니다.





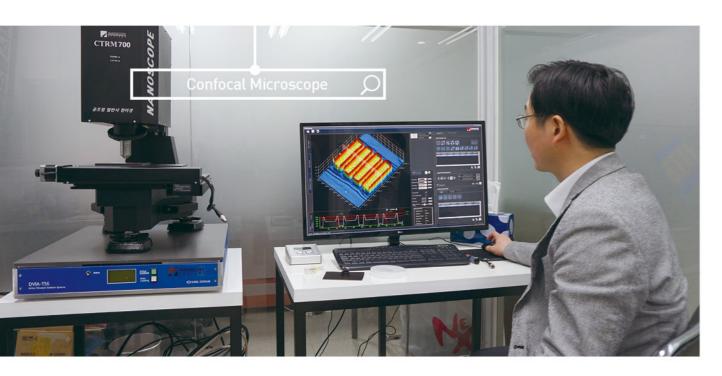
# 공조점 현미경 전문기업 나누스 코프 시스템즈

### 패기로 시작한 현미경 제조, KBSI 만나 세계시장 선도 꿈 키운다

공초점 현미경 전문기업 나노스코프시스템즈㈜(이하 나노스코프시스템즈)는 2006년 KAIST 실험실 창업으로 시작된 젊은 기업입니다. 당시에는 현미경 같은 정밀 광학을 취급하는 국내기업이 많지 않고 관련 학과도 거의 없어 공초점 현미경의 경우 2억 원이상의 고가 해외제품들이 우리 시장을 독점하고 있었습니다. 나노스코프시스템즈 전병선 대표는 패기만으로 이러한 시장에 뛰어든 것입니다. 전 대표는 "두 달 동안 3명의 박사가 8천만 원 들여 만들어 9천만 원에 겨우 팔았다"며 창업 당시를 회고했습니다.

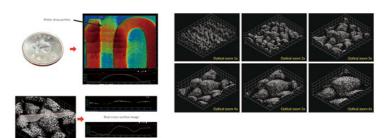
### 200억 원 미만의 국내 시장, 돌파구는 해외 시장 개척뿐

공초점 현미경 기술은 ட(마이크로미터) 수준의 3차원 공간상에서 레이저 빛을 한 포인트씩 이미징하여 3차원 픽셀 데이터를 취득하는 현미경입니다. 일반 광학 현미경은 해상도의 문제도 있지만, 명암비(Contrast)가 낮아 0.2 ட 미만의 형상은 구분이 어려운데요, 공초점 현미경 기술은 이러한 한계를 극복하는 것은 물론 3차원 이미지까지 만들 수 있습니다. 나노스코프시스템즈의 제품은 이런 공초점 현미경 기술을 국내 최초로





나노스코프시스템즈 현미경을 이용하여 촬영한 이미지



구현하고, 특히 해외 장비들보다 운용 속도를 2~3배가량 빠르게 구현해 시장에서 좋은 반응을 얻고 있습니다. 그러나 공초점 현미경의 국내 시장 규모는 200억 원 정도로 아주작습니다. 그래서 전 대표는 사업을 확장하기 위해서는 해외진출이 필수적이라고 말합니다. "사실 이 시장은 레드오션입니다. 올림푸스, 니콘 같은 대기업에서 최첨단 제품으로 이미자리 잡은 시장에 저희가 뒤늦게 뛰어든 거죠. 문제는 공초점 현미경 같은 고가의 검사장비는 가격에 브랜드 신뢰성, 안정성 등이 다 포함돼 있다는 사실을 간과한 것입니다. 소위 '가성비'가 통하지 않는 시장이죠. 그래서 시장에서 차별화할 새로운 기술이 필요했습니다."



KBSI를 만나 공초점 열반사 현미경 기술을 알게 되면서 한계를 뛰어넘을 돌파구를 찾았죠

### KBSI 지원으로 공초점 열반사 현미경 개발, 세계 시장에 도전

나노스코프시스템즈는 KBSI 연구장비개발본부 장기수 박사를 만나 공초점 열반사 현미경 기술을 알게 되면서 한계를 뛰어넘을 돌파구를 찾았다고 합니다.

공초점 열반사 현미경은 반도체의 온도변화에 따른 빛의 반사율 변화 분포를 레이저로 스캐닝하면서 측정해 발열 영상을 구현하는 기술입니다. 반도체 소자 내부의 발열 영상까지 측정할 수 있는, 세계에서 유례를 찾아볼 수 없는 기술이기도 합니다.

"주로 전문가가 소비자인 연구 분석 장비 시장에서는 오히려 제품적인 완성도가 다소 부족하더라도 세계 최초의 기술로 세계 시장에 진입하는 것이 경쟁력을 확보하기에 유리하다고 생각했습니다. 그 점에서 공초점 열반사 현미경 기술이 매우 적합하다고 느껴졌습니다."

공초점 열반사 현미경에 대한 현장 반응은 뜨겁습니다. 제품은 벌써 대구경북과학기술원 (DGIST)에 납품되었고 대기업 연구소에서도 상품 문의나 시험 요청이 들어오기도 합니다. 나노스코프시스템즈는 2017년 14억 매출을 올렸는데요, 앞으로 마케팅을 강화하고 연 20개 이상 관련 학회와 전시에 출품해 기술력을 선보이고 한 단계 업그레이드한 신제품도 시장에 내보일 계획이라고 합니다. 이러한 노력이 빛을 발하면 나노스코프시스템즈는 조만간 공초점 열반사 현미경으로 세계 시장을 선도하는 기업으로 성장할 것으로 기대됩니다.



## 원자현미경 강국을 꿈꾼다! (주)**파크시스템스**

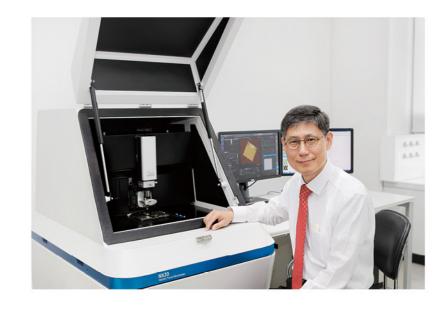
### 원자현미경 원천 기술, 신뢰성 확보로 세계 시장 선도

우리나라 첨단 연구장비 산업의 발전 수준은 아직 선진국과 격차가 있다는 것이 일반적인 평가입니다. 글로벌 대기업들이 주도하는 시장이다 보니 시장 진입도 힘들고 국내 기업들의 기술 개발 자원도 메이저 기업들에 비하면 턱없이 뒤처지는 것이 사실입니다. 국내 연구장비 개발 업계의 이런 어려움을 타개하기 위해 KBSI에서는 대전과 전주, 서울에 '국산연구장비 활용랩'을 구축·운영하고 있습니다. 연구자들은 이곳에서 국산 연구장비를 직접 사용해 보며 제품의 우수성을 확인하고, 사용하면서 느끼는 점을 기업에 전달해 더 좋은 장비를 개발할 수 있도록 합니다.

이러한 활용랩에 있는 장비 중에는 세계 기술을 선도하는 제품도 있습니다. 바로 ㈜파크 시스템스의 원자현미경(Atomic Force Microscope)<sup>1)</sup>입니다. ㈜파크시스템스(이하 파크시스템스)는 국내 유일의 원자현미경 제작업체로 코스닥에 상장될 정도로 시장에서 인정받는 연구장비 기업입니다.



세계 최대 기업도 선뜻 진입하지 못한 반도체 업계에 파크시스템스의 제품은 성공적으로 안착



### 원자현미경 기술 세계 최초 상용화한 박상일 대표

파크시스템스 박상일 대표는 원자현미경(Atomic Force Microscope)의 아이디어를 창안하고 발전시킨 공로로 2016년 9월 '제2의 노벨상'이라는 카블리상을 받은 학자인 스탠포드대 물리학과 켈빈 퀘이트(93) 명예교수의 제자입니다. 박 대표는 퀘이트 교수 랩에서 박사학위를 받은 후 1988년 원자현미경을 세계 최초로 상용화한 회사인 PSI(Park Scientific Instrument)라는 회사를 창립합니다. 이후 9년 동안 회사를 운영하다 귀국해두 번째 창업에 도전한 결과가 바로 파크시스템스입니다.

한국에 돌아온 박 대표는 기존 원자현미경의 약점을 고쳐나가겠다고 다짐했습니다. 원자현미경은 기존 현미경으로 측정할 수 없는 아주 작은 영역의 데이터까지 확인할 수 있지만, 너무 민감해 신뢰성을 확보하기 어려웠습니다. 파크시스템스는 신뢰성 확보를 위해 3가지 아이디어를 제품에 적용했습니다.

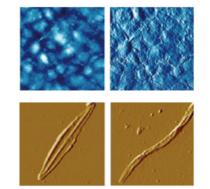
먼저 3차원의 세 가지(X-Y-Z) 축을 모두 하단의 원통형 튜브스캐너에 달았던 기존 제품을 개량해 Z축만 따로 상단 스캐너로 분리했습니다. 이를 통해 소프트웨어의 이미지 보정 없이 완전한 평면 이미지를 정확한 값으로 얻어낼 수 있었죠.

1) 원자현미경 : 일반적인 현미경과는 달리 매우 미세한 탐침과 시료 사이에 작용하는 인력을 이용하여 시료의 형상을 측정한다. 나노세계를 관측할 수 있고 시료를 거의 손상시키지 않는 장점이 있다.





300 mm wafer 측정용 AFM 장비

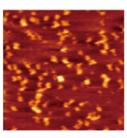


다음은 비접촉 모드로 측정할 수 있도록 했습니다. 기존에 탐침이 시료와 접촉하며 측정하던 방식은 미세한 탐침을 쉽게 마모시켜 측정을 반복할수록 동일성과 정확성이 떨어졌는데요. 이를 비접촉 모드로 바꿔주면서 신뢰성을 높이게 됐습니다.

마지막으로 자동화 소프트웨어 'Smart Scan'을 제작했습니다. 기존 장비는 수동으로 시료 샘플의 좌표 값을 입력하는 등 엔지니어의 전문 역량에 많이 의존했습니다. 하지만 자동화 소프트웨어를 이용해 더 많은 사람이 쉽게 장비를 활용할 수 있게 만든 겁니다.

### 원천기술과 한계점 극복으로 2018 코스닥 라이징 스타 선정

현재 원자현미경 세계 시장 규모는 4조원 규모 전자현미경 시장의 1/10 정도에 불과합니다. 하지만 시장의 성장 속도는 매우 빠릅니다. 특히 산업용 원자현미경 시장은 이제 막 급격한 성장을 시작했습니다.







파크시스템스는 원천기술을 확보하고 기존의 문제점을 해결하려는 노력을 통해 매년 20~30 %씩 고속성장하고 있습니다. 코스닥에 상장된 것은 물론이고, 2018년에는 코스닥 라이징 스타로 선정돼 그 가능성을 인정받았습니다.

파크시스템스의 조상준 상무이사는 "원자현미경 제조기술 자체가 기술진입 장벽이 매우 높아 쉽게 모방할 수 없다"며 "원천기술을 확보해 반도체 공정용 원자현미경 시장을 통한 매출 성장을 이룰 수 있었다"고 밝혔습니다. 이어 "2005년 이후 기술성장기업 상장특례를 통해 상장된 44개 회사 중 투자자들에게 약속한 추정 순이익을 실제 달성한 유일한 기업"이라고 자랑했습니다.

세계 최대 기업도 선뜻 진입하지 못한 반도체 업계에 파크시스템스의 제품은 성공적으로 안착했습니다. 이제는 원자현미경하면 '한국'이 가장 먼저 떠오를 수 있도록 브랜드 네임을 구축하겠다는 목표를 세우고 있습니다.

### 필요한 장비 만들어 사용하는 풍토 조성돼야

조 상무는 "첨단 연구를 하는 연구자라면, '연구장비는 사는 것이 아니라 만드는 것'이라고 생각하는 분위기가 생겨야한다"고 주장합니다. 이를 통해 기업과 연구자가 자연스럽게 문제 해결을 위해 협력해야 한다는 뜻이죠. 대학에서 장비를 구매해서 사용하는 관행에 젖다 보니 장비를 만들 수 있는 인력을 양성하지 못하고 국내 과학기술 투자비가 해외 장비 구매로 반출되고 있다고 아쉬워합니다.

현재 국내 계측기기 시장 상황에 대해 물으니 곧바로 "후진국 수준"이라는 답변이 돌아왔습니다. 인프라, 인력, 고객 신뢰, 연구자 인식 등 모든 면에서 매우 뒤처진다는 충격적인 평가였습니다. 박상일 대표가 이미 원자현미경 분야에서 매우 유명한 인물임에도 불구하고 파크시스템스 또한 'Made in Korea' 제품에 대한 불신이 커서 어려움을 많이 겪었다고 합니다.

"2003년 일본의 저명 교수 16명이 신문에 '첨단기기의 국산화를 촉구하는 결의문'을 발표한 적이 있습니다('03.5.26, 일본공업신문). 일본 첨단과학이 외국 계측장비에 의존한다는 것이 국가적인 위기라는 것이 핵심 내용이었습니다. 당시 일본의 연구장비 국산화율은 60 %였습니다. 현재 우리나라 첨단계측기기의 국산화율은 고작 10 %입니다." 다행히 KBSI와는 이러한 문제의식에 대해 의견이 일치해 서로 인연을 맺게 됐습니다. 현재 조 상무가 이사로 있는 한국분석과학기기협회(KASIA)와 KBSI는 지속적인 협조를 통해 절박한 현실을 타파하기 위해 노력하고 있습니다.

조 상무는 "KBSI가 가는 길은 쉬운 길이 아닙니다. 어렵고 장벽이 많습니다. 하지만 사람들의 인식을 바꾸고 꾸준히 노력해 나가면 잠재력이 풍부한 우리나라의 산업 분야를 육성하는 데 큰 역할을 할 것으로 기대합니다"라고 희망을 전했습니다.

우수이용자 시리즈 ① KBSI SCIENCE STORY

<sup>작은 유주' 인간의 뇌,</sup> 보다 정교한 조감도를 완성하다

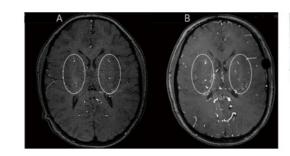
### 7 T 휴먼 MRI로 뇌질환 조기 치료 모색하는 충북대 박영석 교수

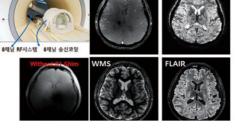
"이 화면은 모야모야병을 앓고 있는 환자의 뇌를 기존 3 T 휴먼 MRI(A)와 7 T 휴먼 MRI(B)로 찍은 사진입니다. 이미지는 더 또렷해지고 해상도도 높아진 것을 확인할 수 있죠? 이것은 병의 조기 진단과 정확한 진단이 가능해졌다는 것을 의미합니다."

충북대병원 박영석 교수(신경외과 전문의)가 제시한 두 화면은 마치 HD와 UHD 화질을 대조하는 것처럼 영상의 차이가 극명합니다.

박영석 교수는 2015년부터 KBSI 오창센터 생체영상연구팀의 7 T 휴먼 MRI를 이용해 뇌질환 질병의 조기발견, 진단법 및 치료 기술 등을 연구하고 있는데요, 짧은 기간 동안에도 모야모야병 및 뇌종양 연구 등 2편의 논문을 발표하는 성과를 거두었습니다.







### 국내에 단 두 곳에만 설치된 7 T 휴먼MRI

7 T 휴먼 MRI는 전 세계에 61대, 국내에는 단 두 대 밖에 없는 최첨단 자기공명영상 시스템입니다. MRI는 자기장의 세기가 곧 해상도를 결정하는데, 7 T MRI의 자기장은 그 세기가 지구자기장의 14만 배로 마이크로미터 단위의 뇌혈관 병면까지 촬영이 가능합니다. 박영석 교수는 "7 T MRI는 뇌혈관 영상을 기존 장비보다 우수하게 촬영할 수 있을뿐 아니라, 신경 호르몬 변화와 뇌종양의 악성도 역시 잘 측정할 수 있는 장비"라면서 "뇌혈관 같은 경우 민감도가 높은 장비를 사용해야 질환의 조기 발견이 가능한데 7 T MRI 덕분에 새로운 진단과 치료 기술을 기대할 수 있게 되었다."며 만족감을 표시했습니다. 박 교수는 KBSI의 생체영상연구팀과 공동 연구 성과로 12명의 모야모야병 환자들에 대한 생체지표(Biomarker)가 수록 된 '모야모야병 환자에서 7 T와 3 T MRI의 비교(Comparison of 7 T and 3 T MRI in patients with moyamoya disease)' 논문을 영상의학 학술지 (JMRI)에 발표하기도 했습니다.

모야모야병은 양측 뇌혈관의 일정한 부위의 내벽이 두꺼워지면서 막히는 병인데요, 정확한 발병 원리나 원인은 아직 밝혀져 있지 않습니다. 박영석 교수는 뇌전용 32채널 코일을 국내 최초로 탑재한 KBSI MRI 장비의 성능을 극대화한 연구를 통해 모야모야병의 조기 발견 가능성을 입증한 것입니다.

### 향후 KBSI와의 협업 기대

박 교수와 협력하고 있는 KBSI 생체영상연구팀은 7 T 휴먼 MRI 뿐 아니라, 3 T 휴먼 MRI 시스템도 함께 갖추고 있어 인간의 뇌구조 및 뇌기능을 연구하는 연구자들에게 인기가 높은 곳입니다. 또한, 휴먼 MRI 외에도 4.7 T/9.4 T 동물 MRI도 운영하여 질환동물모델의 진단/치료관찰 연구도 병행할 수 있죠. 이러한 점에서 일반 병원과는 차별화된 연구 인프라를 갖추고 있다고 할 수 있습니다.

박영석 교수는 그 동안의 KBSI와의 협력과 기술 발전 전망에 대해 "제가 하는 연구는 연구소와 병원의 협업에 성패가 갈립니다. 지금까지 KBSI와의 협업은 아주 만족스럽습니다."라고 기대감을 나타냈습니다.

KBSI MRI 장비의 성능을 극대화한 연구를 통해 모야모야병의 조기 발견 가능성을 입증



우수이용자 시리즈 2

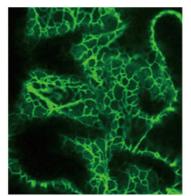
# 식물의 든단한 보호막 '큐티클', 연구에 필요한 장비는?

### KBSI의 첨단 장비로 식물 제질 연구에 앞장서는 전남대 서미정 교수

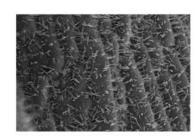
'큐티클'이란 식물의 줄기나 잎, 특히 잎의 표면에 발달된 큐틴의 퇴적층인데요, 수분 증산이나 병원균 침입 등을 막아 식물을 보호하는 기능을 하는 물질입니다. 약 4억7천만 년 전 수생식물이 육상식물로 진화할 때 육지의 다양한 환경 스트레스에 적응하기 위해 일어난 여러 변화 중의 하나가 큐티클 구조의 발달이라고 하죠.

전남대 식물분자생리학연구실 서미정 교수는 국내에서 식물 큐티클층을 전문적으로 연구하는 대표적인 연구자입니다. 서 교수의 연구실에서는 큐티클층을 구성하고 있는 지질 성분의 생합성 과정을 밝혀내는 연구를 합니다. 그리고 하등식물과 고등식물의 큐티클층 생합성에 관련된 유전자들을 비교 분석함으로써 수생식물이 어떻게 육상식물로 진화할 수 있었는지도 연구하고 있습니다.





공초점레이저현미경을 이용해 소포체 막에 존재하는 단백질에 형광단백질을 붙여서 관찰한 형광 신호



애기장대 줄기 표면의 큐티클 왁스 크리스탈의 주사전자현미경 이미지

KBSI의 최첨단 장비로 식물연구에 필요한 각종 실험값을 유용하게 측정

### 목적에 따라 다양하게 사용되는 첨단 현미경

큐티클층을 관찰하는 데는 주로 주사전자현미경(SEM: Scanning Electron Microscope), 투과전자현미경(TEM: Transmission Electron Microscope), 공초점레이저현미경(Confocal Laser Microscope) 등의 장비가 이용됩니다.

주사전자현미경은 물체에 전자빔을 쏘아 반사되는 전자를 측정하여 상으로 나타내는 장비이고, 반대로 투과전자현미경은 투과되는 전자빔의 정보에 따라 상을 얻습니다. 공초점레이저현미경은 빛을 쏘았을 때 형광단백질에서 나오는 신호를 검출해 색깔로 나타내는 장비죠.

주사전자현미경으로는 식물의 큐티클층 가장 바깥층에 있는 크리스탈 형태의 왁스 성분을 관찰할 수 있는데요. 큐티클층이 어떻게 구조적으로 배열되어 있는지는 아주 얇게 썬 식물체 조직을 투과전자현미경으로 살펴보면 알 수 있습니다. 큐티클 생합성에 관여하는 여러 효소들은 보통 소포체에서 활동하는데, 이것들은 주로 형광 리포터 단백질의 위치를 볼 수 있는 공초점레이저현미경을 이용하여 확인합니다. 이 세 장비는 모두 KBSI 광주센터에서 운영하고 있으며, 서미정 교수가 연구에 적극적으로 활용하였습니다.

최근 KBSI 광주센터에 도입된 초저온 동결 주사전자현미경(Cryo-SEM) 또한 식물 큐티클 연구에 유용한 장비여서 앞으로 연구에 큰 진전이 있을 것으로 기대됩니다.

### 더 튼튼한 농작물 개발에 활용

큐티클 연구는 가뭄과 같은 외부 환경 스트레스에 잘 버티는 농작물 개발에 활용될 수 있다고 합니다. 또 다양한 큐티클 지질 성분을 분석하면 바이오디젤, 플라스틱, 화장품 등의 산업원료를 추출하는 데도 도움이 될 것으로 기대하고 있습니다.

서미정 교수는 "KBSI의 최첨단 장비로 식물연구에 필요한 각종 실험값을 유용하게 측정할 수 있었다."며 앞으로 연구에 필요한 장비를 보다 손쉽고 저렴하게 이용할 수 있는 연구 환경이 조성되었으면 한다"라고 전했습니다.

아직 우리나라에는 식물 지질에 대한 전문 연구자들이 많지 않은 상황입니다. 하지만 비전을 갖고 꾸준히 관련 연구를 진행하는 서미정 교수와 같은 연구자들의 노력 덕분에 국내 식물 지질 연구 분야는 지금도 든든히 뿌리를 내리고 있습니다.



KBSI 광주센터 SEM 장비를 이용한 잎 표면의 왁스 크리스탈 형태 분석

전자현미경 분석 영상이 바이오벤처 운명 바꾸다.

# KBSI 분석으로 매출 증대까지

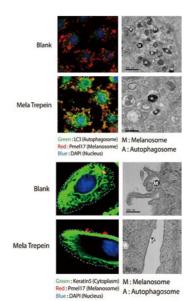
㈜인코스팜(대표 박기돈, 이하 인코스팜)은 기능성 화장품의 원료를 생산하는 바이오 벤처기업입니다. 최근에는 글로벌 화장품 제조회사와 독점 공급계약을 체결했을 정도로 각광받고 있습니다. 그런데 인코스팜이 처음부터 그 기술력을 인정받은 것은 아니었습니다. 원료의 효능을 그래프나 표로 보여 주는 것만으로는 화장품 회사들을 설득하기 어려웠기 때문이죠.

인코스팜 박기돈 대표의 고민은 KBSI 전자현미경연구부의 허양훈 박사를 만나면서 해결되었습니다. KBSI가 보유한 바이오-초고전압투과전자현미경 시스템을 통해 자사가 개발한 화장품 원료 물질의 뚜렷한 효능을 선명한 영상으로 입증할 수 있게 되었기 때문입니다.

### 세포 자가포식 메귀니즘 피부 치료에 최초 적용

세포는 노화가 진행되거나 손상되어 노폐물이 쌓이면 스스로 죽어 사라지거나(세포사멸, Apoptosis), 불필요한 세포 구성성분을 파괴하여 세포에서 제거(자가포식, Autophagy)합니다. 세포는 자가포식의 메커니즘을 통해 신체 건강을 유지하게 되죠.





KBSI 허양훈 박사팀이 촬영에 성공한 기능성 화장품 원료 물질의 자가포식 활성화 장면

KBSI가 보유한 바이오-초고전압 투과전자현미경 시스템을 통해 자사가 개발한 화장품 원료 물질의 뚜렷한 효능을 선명한 영상으로 입증 인코스팜 박기돈 대표는 피부세포에도 자가포식이 중요한 역할을 할 것이라고 확신 했습니다. 그래서 2011년 인코스팜 창업 후 피부세포의 자가포식을 유도하는 화장품 원료 개발에 주력했고요. 개발에 성공한 대표적인 원료가 아쿠아타이드(Aquatide)입니다.

하지만 박 대표는 이 원료의 효능을 입증하기 쉽지 않아 애를 먹었습니다. 그래프나 도표보다 더 쉽고 간단하게 보여줄 방법이 필요했죠. 이때 만난 사람이 바로 KBSI 전자 현미경연구부의 허양훈 박사입니다.

"워크숍에서 허양훈 박사가 전자현미경을 통해 촬영한 사진을 몇 장 보여줬는데, 그 순간 '바로 저거다'라는 생각이 들었습니다. 얼마 후 우리가 개발한 물질을 가져가서 무조건 찍어달라고 부탁했죠."

분석 의뢰를 받은 허 박사는 보유하고 있는 투과전자현미경으로 인코스팜이 개발한 물질이 처리된 피부세포를 관찰하고 깜짝 놀랐습니다. 자가포식 활성화가 너무 뚜렷하게 포착됐기 때문입니다. 이후 허 박사는 자기 일처럼 인코스팜을 도왔습니다.

### 박 대표의 두 가지 다짐 "원료만 개발…환자를 위해서"

이를 계기로 KBSI와 인코스팜은 공동 연구개발 과제를 수행하게 됩니다. 고해상 전자 현미경과 형광현미경 연계 이미징으로 소재의 효능을 평가하고 그 결과를 원료 생산 공정 개선에도 반영하였습니다.

아쿠아타이드와 멜라트레파인(Melatrepein)은 이런 협업의 결과로 상용화되었습니다. 피부 세포 내 항염증과 항색소 침착을 자가포식 활성화를 통해 피부장벽의 노화를 방지하고 아토피 등 피부 트러블을 예방하는 제품들인데요, 관련 내용은 2017년에 SCI급 학술지에 게재되기도 하였고 매출 증대를 달성하는 결과로 이어지기도 하였습니다.

박 대표는 KBSI를 가장 든든한 우군으로 꼽았습니다.

"KBSI와 허 박사를 만나지 못했다면 이렇게 성장하지 못했을 겁니다. 그런 면에서 전자현미경의 분석 영상 하나가 우리 회사의 운명을 바꿨다고 해도 과언이 아닙니다." KBSI가 보유한 좋은 연구장비와 우수한 인력은 중소·벤처기업들에게 항상 열려있습니다. 세계 최고의 화장품 원료 회사를 향해 앞으로 나아가는 인코스팜과, 중소기업 지원에도 최선을 다하는 KBSI의 활약을 앞으로도 지켜봐주시기 바랍니다.



기초과학학회 시리즈 ① KBSI SCIENCE STORY

# 한국미생물· 생명공학회 성문희 회장

미생물, 생명공학 분야는 아직까지 밝혀낸 사실보다 앞으로 밝혀내야 할 것들이 많은 미지의 연구 분야입니다. 최근에는 신기술들과 기존 산업이 융합을 꾀하느라 분주한데요, 한국미생물·생명공학회 (이하 KMB) 성문희 회장을 만나 미생물학, 생명공학 분야의 연구 전망과 이에 대한 KBSI의 역할에 관하여 이야기를 나눠보았습니다.

### KMB 역할, 우리나라 미생물·생명공학 산업의 과제는?

1973년 창립한 KMB는 지난 44년간 우리나라의 미생물학 및 생명공학 분야의 발전을 위해 많은 공헌을 해왔습니다. 대학과 연구소에서 기초연구 분야 발전을 위해 노력하는





바이오 분야의 4차 산업혁명을 혁신적으로 이끌어 나가기 위해서 KBSI의 역할은 더욱 커질 것 연구자부터 산업 최전선에서 연구와 제품화에 헌신하는 연구자 등 다양한 산·학·연 전문가들이 회원으로 활동하고 있죠.

"국내 미생물·생명공학 분야의 연구 및 기술 개발 성과와 산업 분야에서의 세계적인 위상은 한층 더 높은 수준으로 도약할 것이라고 믿습니다. 우리나라에는 기초 및 응용 연구, 산업화 개발 분야에서 세계적으로 손꼽히는 리더 연구자들이 많이 있습니다. 저희 회원사에도 세계적인 선도 기업이라고 할 수 있는 CJ, 대상은 물론 기술 집약형의 벤처기업들이 있죠. 특히 기술역량이 높은 코스닥 기술특례 상장 바이오 기업들에게 KMB는 기술개발의 산실이 되었다고 해도 과언이 아닙니다."

성 회장은 그러나 우리나라는 미국, 유럽, 일본 등 선진국과 인프라 면에서 볼 때 선도적인 연구자와 기업의 수가 아직 많이 부족한 상태라고 말합니다.

"선진국에 뒤지지 않는 헬스케어 및 바이오 분야의 스타트업 기업 육성에 국가차원의 전략 수립이 필요합니다. 그러기 위해서는 정부의 제3차 생명공학육성기본계획에 ICT와 헬스케어 및 바이오를 연계한 전략이 반드시 포함되어야 합니다. 또 산업 전문가 인력양성을 위해 산업체 조기 박사학위 제도도 꼭 필요하죠."

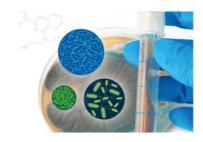
### KBSI의 지원과 역할 기대

KMB의 활동은 KBSI와의 협업과 연계를 통해 더욱 큰 시너지 효과를 얻습니다. 성 회장은 특히 개인 연구자들이 쉽게 접근하기 어려운 장비 지원이 큰 도움이 되고 있다고 말합니다. "마이크로바이옴, 바이오 3D 프린팅 기술과 같이 바이오 분야의 4차 산업혁명을 혁신적으로 이끌어 나가기 위해서 KBSI의 역할은 더욱 커질 것이라 봅니다."

성 회장은 현재로서도 KBSI의 재난 관련 미생물 연구 등은 미생물·생명공학 분야에서 중요한 위치를 차지한다고 평가했습니다. 최근 노로바이러스 진단 키트 개발, 지표 미생물 분석 등의 연구도 KBSI의 위상을 높였다는 것이죠. 또한 KBSI의 연구장비를 활용한 국내 논문의 발표 건수가 꾸준히 증가하는 것도 KBSI의 중요성을 나타내는 지표라고 말합니다. 성 회장은 미생물 및 생명공학 분야에서 중요한 '연구 대상의 표준화'를 언급하기도 했습니다. KBSI가 그 동안 쌓은 노하우와 축적된 연구 경험을 바탕으로 앞장선다면 미생물·생명공학 연구 분야의 표준화가 가능하다는 것이 그의 생각입니다.

KMB는 재난 미생물 분과를 신설하여, 노로바이러스, 구제역, 인수공통감염병, 녹조, 기생충, 헬리코박터파일로리균 등 각종 재난 미생물에 대처하기 위해 노력 중입니다. 여기에 KBSI 재난 미생물 연구진이 주도적으로 참여하고 있죠.

"재난 미생물 연구 분야에 있어서 정부 출연 연구소는 의학, 수의학, 약학 등의 중심적인 분야와 생명공학 분야의 협력을 위한 가교 역할과 중계를 맡아야 한다고 생각합니다. 그렇게 될 때 다양한 관점을 종합해 조화로운 연구로 뛰어난 성과를 도출할 수 있을 것이라 믿습니다."



68 — 한국기초과학지원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 II — KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE — 69 ·

기초과학학회 시리즈 ② KBSI SCIENCE STORY

# 한<del>국물</del>리학회 이재일 회장

물리학은 모든 과학 분야의 기초이자 우주 만물의 근원을 연구하는 학문으로 산업 전반에 큰 영향을 미쳐왔습니다. 그러나 물리학은 다른 과학 분야에 비해 일반인들이 접근하기 어렵다고 여겨져 왔습니다. 제27대 한국물리학회(이하 KPS) 이재일 회장은 물리학에 대한 인식 개선을 위해 다양한 노력을 기울이고 있습니다. 이에 KBSI는 이재일 회장과 만나 산업 발전에 필요한 기초연구와 창의적 연구에 국산연구장비개발이 얼마나 중요한지에 대해 이야기를 나눴습니다.

### KPS의 역할과 비전

"물리학은 기초연구는 물론 인류의 보다 나은 삶을 위한 다양한 연구를 수행하여 왔습니다. 20세기에 들어 산업 기술 및 공학 발전에 지대한 영향을 미쳤죠. 고전역학 분이는 기계공학의 기본이 되고, 전자기학은 전기공학과 전자공학 발전의 기틀이 됐습니다. 특히 20세기 후반에 전자. 정보통신의 발전은 물리학의 기여가 없었다면 달성할 수 없었을 겁니다."

이 회장은 물리학이 인류에 선사한 혜택을 이야기하며, 그 역할은 지금도 변함이 없다고 강조합니다. 반도체나 자성체 등의 신소재, 양자컴퓨터, 신재생 에너지, 태양전지 개발 등





국산장비 개발이 더욱 의미가 있으려면 독창적 연구를 위한 맞춤형 장비 개발이 필요, 그래서 KBSI의 국산 연구장비의 개발과 지원은 그 중요성이 점차 커지고 있습니다 다양한 분야에 물리학이 끼친 영향은 매우 큽니다. 학술대회를 활성화하고 학술지의 위상을 증진시키기 위한 노력도 기울이고 있습니다. 그러나 이 회장은 이러한 성과와는 별도로 "물리학계와 대중 간의 괴리감을 해소하는 것도 협회에서 지속적인 관심을 가져야 할 문제"라고 강조했습니다.

"현재 우리나라는 물리학에 대한 관심이 많지 않아 보입니다. 공부하기 어렵다는 편견과 함께 물리학이 산업 발전에 어떠한 기여를 해왔는지에 대한 인식도 부족하지요. KPS는 일반인과 기업체를 대상으로 한 홍보를 확대하고 학생들이 참여하는 UCC 경진대회를 비롯해 '고교생물리 페스티벌', '여고생물리 캠프' 등 다양한 프로그램들을 진행하고 있습니다."

### 연구자를 위한 맞춤형 장비 개발 필요

이 회장은 KPS의 다양한 성과를 거론하면서 학회가 아직 풀지 못한 과제와 고민도 언급했는데요, 우수한 성능의 국산장비 개발을 통해 창의적 연구를 수행할 수 있는 연구 환경 조성이 필요하므로 KBSI가 더욱 관심을 가졌으면 한다는 바람도 들어 있었습니다. 이 회장은 "국산 연구장비의 인식 개선을 위해서는 뛰어난 성능도 중요하겠지만 가격도 합리적이어야 한다"고 말합니다.

"우리가 국산 자동차를 선호하는 이유는 합리적인 가격과 경쟁력 있는 서비스 때문이죠. 외산 대비 인지도 차이는 있지만 성능에 있어서는 큰 차이가 없기에 국산차를 사용하는 겁니다. 국산장비 개발이 더욱 의미가 있으려면 독창적 연구를 위한 맞춤형 장비 개발이 필요하다고 생각합니다. 이러한 점에서 KBSI의 국산 연구장비의 개발과 지원은 그 중요성이 점차 커지고 있습니다."

### 국산연구장비 개발과 보급 노력 지속돼야

이 회장은 물리학 연구에 있어서 KBSI의 역할에 대해 이렇게 강조합니다.

"최근 물리학에서는 물성 물리와 광학 분야에서 산업적 활용이나 응용을 염두에 두고 연구하는 사례가 증가하고 있습니다. 이러한 연구를 성공적으로 수행하기 위해서는 첨단 연구장비 활용 및 공동연구가 매우 중요합니다. 그런 점에서 첨단 대형 연구장비와 우수 인력을 갖추고 세계 최고 수준의 연구지원 및 분석과학을 제공하는 KBSI의 역할이 더욱 중요해지고 있다고 생각합니다."

대부분의 연구자들은 친숙함과 편리함 때문에 유학 시절 사용했던 해외 연구장비를 국내에 돌아와서도 사용하게 된다고 합니다. 이는 국산연구장비를 보급하고 확산하는데 걸림돌로 작용하고 있습니다. 결국 국산연구장비에 대한 인지도와 신뢰도가 중요할텐데요, KBSI는 2016년부터 연구자들이 직접 국산장비를 접하고 그 성능을 체험해 볼 수있는 국산장비활용랩을 운영하고 있습니다.

이 회장은 "KBSI의 노력이 곧 빛을 보게 될 것"이라면서 기대와 격려를 표시했습니다.

기초과학학회 시리즈 🔞 **KBSI SCIENCE STORY** 

## 대한화학회 이창희 회장

화학의 사전적 의미는 '물질의 조성과 구조, 성질 및 변화, 제법, 응용 따위를 연구하는 학문'입니다. 하지만 최근에는 물리학과 생물학 등도 모두 화학과 연계해 연구가 이루어지고 있습니다. 말 그대로 화학이라는 학문의 범위가 무궁무진해진 겁니다. KBSI는 서울시 동대문구 안암로에 위치한 한국화학회관에서 이창희 회장을 만나 대한화학회의 노력과 성과에 대해 이야기를 나누었습니다.

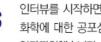
#### 70년 전통의 학회… 화학 이미지 개선에 앞장

대한화학회는 1946년 조선화학회로 시작해 2016년 만 70돌을 맞이한 유서 깊은 학회인데요, 이창희 회장이 50대 회장입니다. 현재 7,000여 명의 회원이 대학, 연구소 등에서 활약하고 있으며 140여 단체 및 30여 개의 특별회원사가 참여하고 있습니다. '대한화학회지', 'Bulletin of the Korean Chemical Society', 'Chemistry, an Asian Journal', 'Physical Chemistry Chemical Physics' 등의 학술지와 소식지인 '화학세계'(월간)를 발행하는 한편 연 2회 매회 2,500명 정도가 참여하는 정기 학술발표대회를 꾸준히 개최하여 120회를 넘어섰습니다.





KBSI는 지난 30년 동안 우리나라 과학기술 발전을 위해 많은 이바지를 했습니다. 앞으로는 국가산업 발전을 위한 실용적 역할을 확대해야 합니다.



인터뷰를 시작하면서 이창희 회장은 "불산 유출, 가습기 살균제 등의 사고가 사회적으로 화학에 대한 공포심을 키웠다"며, "화학에 대한 대국민 이미지가 상당히 부정적" 이라고 안타까워했습니다.

이 회장은 얼마 전 세상을 떠들썩하게 한 가습기 살균제 사건도 화학에 대한 무지에서 비롯한 것이라며 "이러한 문제는 사용하는 물질에 대해 사전에 충분한 고지나 교육이 소홀했던 탓"이라고 지적했습니다.

#### 화학을 활용한 융합적 사고, 4차 산업혁명의 지름길

최근 이슈인 4차 산업혁명에서 화학의 위치는 어떨까요? 이 회장은 다양한 분야의 과학기술이 서로 미래 시대의 핵심 동력이라 주장하고 있는 상황에서 "4차 산업혁명 시대는 화학이 이끌어 갈 것"이라고 말했습니다.

"현재는 화석연료의 시대입니다. 에너지 자원뿐만 아니라 플라스틱, 섬유 등 우리 주변에서 사용하는 70 %가 석유화학제품이죠. 하지만 화석연료 시대는 막을 내리고 있습니다. 그렇기에 화학이 할 일이 더욱 많아집니다. 4차 산업혁명도 잘 들여다보면 새로운 혁신 소재의 개발이 우선되어야 합니다. 이 부분은 화학이 선도해야 할 분야입니다."

미래 화학 분이는 정통적 화학보다는 융합적 사고와 융합적 연구가 중요하다고 강조하고 있습니다. 이와 더불어 그는 소재 원천기술을 확보하는 것이 4차 산업혁명 시대에 경쟁력을 가질 수 있는 지름길이라고 설명했습니다

#### KBSI는 학교와 산업체의 중간 단계 연구 필요

이 회장은 우리나라 과학기술 발전을 위해서는 출연(연)의 역할이 중요하다고 전했습니다. 출연(연)은 학교와 산업체 사이의 중간 단계 역할을 맡아야 하며 패스트 팔로워(Fast Follower)에서 퍼스트 무버(First Mover) 로 도약하기 위해 국가와 사회에 필요한 장기적 연구를 수행해야 한다고 말합니다. 그 중 KBSI는 현재 진행하고 있는 연구장비 공동 활용의 지역 범위를 넓혀줄 것을 주문했습니다. "범용성 장비가 좀 더 많은 지역에 구축되어 지역별 학교와 기업에서 폭넓게 활용되면 지역 간 격차 없이 활용도는 높아질 것"이라 전했습니다. 이와 더불어 범용성 장비 외에는 "지역별로 구체적 사용자 그룹 등을 분석해 지역의 연구 주류에 맞춘 꼭 필요한 장비 지원이 이루어져야 한다"는 주문도 했습니다.

마지막으로 KBSI의 향후 비전에 대한 조언도 했습니다. 이 회장은 "KBSI는 지난 30년 동안 우리나라 과학기술 발전을 위해 많은 이바지를 했다"고 평가하며, "앞으로는 분석연구에 더 매진해야 할 때"라고 의견을 전했습니다. 국가산업 발전의 기여를 위한 실용적인 역할이 KBSI에서도 좀 더 확대되어야 한다는 기대를 전한 것입니다. 더불어 화학에 관한 사회 문제를 해결하는 연구도 KBSI의 중요한 임무 중 하나라고 당부했습니다.

KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE - 73 -

기초과학학회 시리즈 4

## 대한지질학회 이강근 회장

2016년 9월 경주 지진, 이듬해 11월 발생한 포항 지진은 그동안 보이지 않아 무심했던 지하세계에 대중들이 큰 관심을 갖게 되는 계기가 되었습니다. 덕분에 더욱 바빠지고 있는 곳이 있습니다. 우리나라의 지질학 연구를 이끌고 있는 대한지질학회입니다. 2018년 1월 제39대 대한지질학회장에 취임한 이강근 교수(서울대 지구환경과학부)를 만났습니다.

#### 이제 지질학이 국민의 실생활에 기여할 시간

1947년 서울 정릉 골짜기에서 8명의 회원으로 소박하게 출발한 지질학회는 현재 회원 수 2,000여 명의 명실상부한 대한민국 대표 학술단체로 성장했습니다.





세계 지질학계의 올림픽 'IGC 2024' 한국에서 개최 매년 가을 국내 최대의 지질학 분야 학술대회인 지질과학연합학술대회를 개최해 회원들의 학술적 성과를 나누고 있으며 공식 학회지인 '지질학회지'와 함께 지구과학 관련 10개 학회와 공동으로 영문 학술지인 '지오사이언스 저널(Geosciences Journal)'을 발행하고 있습니다. 이 영문 학술지는 국제과학 색인인 SCIE로 선정되어 유명 과학전문 출판사인 스프링거(Springer)를 통해 전 세계로 배포되고 있습니다.

연구와 학술활동 외에 대한지질학회가 중점을 두고 있는 또 다른 임무는 대국민 소통입니다. "지질학의 아웃리치(Outreach)가 필요하다"고 역설하는 이강근 회장은 "당면한 여러 국가·사회적 이슈에 지질학회가 책임감을 갖고 기여해야한다"고 주장했습니다. 이 회장은 구체적으로 지질학회가 정확한 과학지식 확산의 창구가 되어야한다고 말합니다.

"국민의 실생활과 연관이 깊은 지진, 화산, 지하수, 싱크홀, 도로 함몰, 방사성폐기물 처리장, 산사태, 에너지 지하 저장과 활용, 도심 밑 지하의 복잡한 구조물 같은 문제들에 대해 대중이 정확한 지식을 갖출 수 있도록 학회가 나서고 도와야 합니다. 재난은 막연한 공포나 미신으로 이어지기가 쉽기 때문입니다. 또 대중의 과학적 감수성을 높여 인간이 예방할 수 있는 상황, 그리고 지구가 살아 있는 한 불가피하게 인류와 공존할 수밖에 없는 자연재해와 자연현상들을 제대로 이해하고 수용할 수 있도록 분위기를 조성해야 하지요."

#### 지질학 대중화부터 남북 공동 연구까지…더 바빠지는 발걸음

이강근 회장은 이를 위해 각자의 연구에만 몰두해온 지질학자들이 책과 영상, 포털 등 다양한 미디어를 통해 대중과 함께 호흡해야 한다고 말합니다.

"우리나라 국민은 아직 과학을 일상적인 화제로 삼는 일이 드뭅니다. 하지만 해외로 조금만 눈을 돌리면 전혀 다른 분위기를 알 수 있지요. 꼭 교수나 학자가 아니어도 평범한 시민들이 여행지의 자연을 공부하고 자기 고장의 지질학적 특징에 대해 대화를 나누는 모습을 자주 보게 됩니다. 먹고사는 문제가 해결되고 나면 그다음 관심사는 안전하고 살기 좋은 환경일 수밖에 없습니다. 그런 점에서 볼 때 역사와 스토리가 풍부한 지질학은 더욱 훌륭한 대중화의 조건들을 갖춘 셈이지요."

한반도의 정치적 해빙 기운 역시 대한지질학회의 발걸음을 재촉하고 있습니다. 이 회장은 남북 관계 개선에 따른 대규모 경제협력에 지질학의 도움이 반드시 필요로 할 것으로 내다보고 있습니다. 자원개발, 철도와 도로, 송유관의 건설 등은 모두 지질학적 조사가 선행되어야만 가능한 일들이기 때문입니다.

"남과 북의 지질학자들이 함께 해야 할 일은 너무도 많습니다. 서로 다른 한반도 지질도와 지명, 용어의 통일부터 시작해 남북이 함께 지질공원으로 조성할 수 있는 지역에 대해서도 공동으로 연구해야 합니다. 언제 분화할지 모르는 백두산에 대한 공동연구도

74 --- 한국기초과학자원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 II --- 75

기초과학학회 시리즈 ④



그중 하나 일 수 있고요. 우리가 유치한 IGC(International Geological Congress) 2024의 현장 답사 프로그램 개발을 북한 지질학자들과 함께 하면서 이런 문제들을 같이 논의할 기회가 오면 좋겠습니다."

#### "KBSI 성장과 대한민국 기초과학 발전은 동의어"

대한지질학회는 오는 2024년 한국에서 열릴 'IGC 2024' 준비에도 여념이 없습니다. IGC는 세계 지질학계의 올림픽이라 할 수 있는 큰 행사입니다.

"IGC는 다른 국제학술행사와 다른 점이 상당히 많습니다. 호텔과 회의장 같은 제한된 공간에서만 이뤄지는 게 아니라 다양한 현장답사 프로그램이 함께 진행되지요. 해외의 참석자들이 개최국 주변의 지질 사이트들을 찾아보는 것입니다. 한국의 다양한 지질학적 연구 대상들을 국제적인 연구주제로 부상시킬 수 있는 절호의 기회입니다."

이 회장은 특히 IGC 한국 개최가 우리나라의 젊은 지질학도와 청소년 꿈나무들에게 두 번 다시없는 좋은 경험을 선사할 것이라 기대하고 있습니다. 이에 앞서 대학생은 물론 중고생들을 추계학술대회에 초청해 발표와 포스터 전시를 해볼 수 있도록 하는 프로그램도 운영할 계획입니다.

지질학은 지각을 대상으로 한다는 특성상 한국의 연구 대상이 국제 공통의 관심사로 부상하기 어려운 점이 있습니다. 이 회장은 "이런 핸디캡을 극복하고 한국의 지질학이 세계의 지질학으로 성장하고 있는 데는 무엇보다 KBSI의 역할이 절대적"이라고 힘주어 말합니다.





HR-SIMS의 대표 연구성과

특히 KBSI가 운용 중인 고분해능 이차이온 질량분석기(HR-SIMS), 일명 '쉬림프 (Shrimp-lle/MC)'는 한국 지질학의 국제적 위상을 높이는 중요한 지렛대라고 하는데요, 새우처럼 둥근 모습을 갖고 있는 이 장비는 고체물질의 미세 영역에 대한 동위원소비를 측정할 수 있는 장치로 지질연대와 미량 동위원소 표면분석 연구에 활용되고 있습니다. 쉬림프를 통해 한국에서 이루어진 연구들이 세계적인 저널에 많이 실릴 수 있었기에 이회장은 "KBSI의 존재가 곧 지질학 대중화와 세계화의 숨은 힘"이라고 강조합니다.

"한국의 지질학자들이 세계가 주목하는 연구결과를 만들고 대형 국제학술대회를 유치할 수 있는 배경에는 KBSI의 첨단연구장비가 제공하는 정확한 분석과 측정 결과가 숨어 있습니다. 한반도의 지질학에 세계가 주목할 수 있는 근거를 마련해주고 있는 것이지요. KBSI가 세계 일류의 기초연구 인프라 기관으로 발전한다는 것은 곧 지질학은 물론한국의 모든 기초과학이 세계 수준으로 거듭난다는 말과 동의어가 될 것입니다."

공동연구의 최전선 KBSI SCIENCE STORY

장비용합으로 '최후의 미개척지' 뇌 비밀 푼다.

KBRI 뇌신경망연구부-KBSI 전자현미경연구부 사람의 뇌에는 약 1000억 개의 신경세포가 있고, 신경세포 하나에 평균 1,000 ~ 10,000개의 시냅스(Synapse)가 있습니다. 무려 100~1,000조 개의 시냅스가 있는셈이죠. 사람의 뇌를 '작은 우주'로 부르는 이유입니다.

이렇게 작지만 거대한 세계인 뇌의 비밀을 풀기 위해 두 전문가 집단이 손을 잡았습니다. KBRI(한국뇌연구원) 뇌신경망연구부와 KBSI 전자현미경연구부가 그 주인공입니다.

#### "내실 있는 공동연구를 통해 의미있는 성과 도출할 것"

KBRI 뇌신경망연구부와 KBSI 전자현미경연구부는 2017년 10월, 뇌 조직 이미징 관련 협력 연구를 위한 MOU를 체결했습니다. 치매, 조현병, 뇌전증 등 다양한 뇌 질환 관련 시료를 대상으로 초고해상도 신경회로 구조 영상을 확보하고, 분석 기술을 표준화하는



공동연구를 통해 뇌 질환 원인 규명과 치료를 위한 기초연구 성과를 창출하는 것이 목표



KBRI 이계주 박사와 KBSI 전자현미경연구부 허양훈 박사, 권희석 박사(왼쪽부터)

연구를 함께 진행하고 있고요. 특히 올해부터는 초저온 전자현미경(Cryo-EM)을 활용해 신경세포의 활성을 조절하는 막 단백질 구조를 규명하기 위한 연구에 착수하는 등 분야를 확대하고 있습니다. KBRI 뇌신경망연구부 이계주 박사는 공동연구의 목표를 이렇게 설명합니다.

"퇴행성 뇌 질환이나 정신질환은 행동학적 증상 이전에 신경세포 간 연결의 구조적·기능적 이상을 나타낸다고 알려져 있는데요. 이 과정에서 분자 기전이나 미세구조 변화는 아직 제대로 규명되지 않았어요. 그래서 KBSI와의 공동연구를 통해 뇌 질환 관련 시료의 초고해상도 시냅스 이미지 획득, 미세 신경 구조의 재구성, 데이터의 신속한 정량 분석 등을 수행하고요. 이를 바탕으로 뇌 질환 원인 규명과 치료를 위한 기초연구 성과를 창출하는 것이 목표입니다."

당장은 전자현미경 이미징 기반의 기초연구 성과에 주력하지만, 궁극적으로 기초와 임상을 잇는 중개연구로의 발전을 도모하며, 나아가 KBSI의 생체영상연구팀, 단백질구조연구팀 등을 포함하여 기관 간 협력 연구 분야의 확장을 목표로 한다고 덧붙였습니다. 단순히 우수한 논문을 도출하는데 그치지 않고 응용기술 개발로 이어지는 연구를 진행하고 싶다는 포부인 것이죠.

#### 뇌 신경망 미세구조 분석 최첨병 Bio-HVEM

양 기관의 공동연구가 탄력을 받을 수 있었던 것은 특징과 장점이 뚜렷하기 때문입니다. 각자 보유하고 있는 분석 장비의 장점을 최대한 활용해 서로의 부족한 부분을 채워주며 최대한의 시너지를 내는 것인데요. 특히 전 세계적으로도 한 대밖에 없는 KBSI의 바이오 초고전압투과전자현미경(Bio-HVEM)은 뇌 신경망과 시냅스 등의 3차원 미세구조 분석과 신경망 손상 뇌 조직의 3차원 구조 분석 플랫폼 구축의 최첨병 역할을 수행하고 있습니다.

초고전압투과전자현미경(High Voltage Electron Microscope, HVEM)은 120 kV 대의일반 전자현미경과 달리 글자 그대로 1,000 kV가 넘는 초고전압을 사용합니다. 분해능이좋은 반면, 파장이 짧아 시료의 대비(Contrast)를 얻기가 쉽지 않습니다. 따라서 비교적두꺼운 의료·생물 시편의 이미지는 얻기 힘들었던 겁니다. 그래서 개발된 전자현미경이 Bio-HVEM입니다. 가속전압을 조금 낮추고 전자현미경 경통 내에 오메가 필터를 끼우는 방식으로 바이오 분야 시료 분석에 최적화된 고분해능, 고대비 HVEM이 탄생한 것이죠. "2000년대 초반 HVEM으로 바이오 시편을 분석하려는 시도가 많았는데 원하는결과물을 얻지 못해 많은 연구자가 고전했어요. 성능의 문제가 아니라 분석 대상과장비의 특성이 맞지 않았던 거죠. 그러다가 2016년 KBSI에서 Bio-HVEM을 세계최초로 도입하면서 관련 분야 연구가 활기를 띠게 되었는데요. 여기에 전자현미경 기반뇌 신경망 미세구조 지도를 만들자는 전세계 과학계의 화두와 맞물리면서 장비 활용도가매우 높아졌어요."

KBSI 전자현미경연구부 허양훈 박사의 설명입니다. KBRI와의 공동연구에서 의미 있는 연구 성과가 많이 나오고 있고, 벌써 논문에 투고할 만한 가시적인 성과가 나왔다고 합니다. 현재 유수의 저널에 게재하기 위한 절차를 밟고 있다고 하네요.



KBSI 오창센터 바이오 초고전압투과전자현미경(Bio-HVEM)





KBRI에서 보유한 장비와 KBSI에서 보유한 장비가 상승 작용을 일으키고 있다는 것이 양 기관 연구진의 공통된 진단

#### KBRI 연속블록면전자현미경 (SB-SEM), "뇌 분야는 공동연구가 필수"

KBRI에서 보유한 장비와 KBSI에서 보유한 장비가 상승 작용을 일으키고 있다는 게 양기관 연구진의 공통된 진단입니다. KBRI 역시 생물학적 샘플의 고해상도 3D 이미지를 만드는 데 쓰이는 '연속블록면 주사전자현미경(Serial Block-Face SEM, SB-SEM)'을 이용해 뇌신경회로망의 3차원 연결 구조를 복원하고 이해하는 연구를 수행 중인데요. KBRI의 SB-SEM과 KBSI의 Bio-HVEM이 만나 '장비를 통한 융합연구'의 새로운 길을 개척하고 있는 셈입니다.

이처럼 양 기관은 21세기 '현대 과학의 최전선'으로 불리는 뇌 과학 분야에서 공동작전을 펼치고 있는데요. 나노스케일 대영역 뇌지도 구축이라는 큰 그림을 그리고 있는 KBRI와 바이오 분야 분석 장비·기술 지원의 활동 영역을 넓히고 있는 KBSI의 시선은 더 먼 곳을 향하고 있습니다.

KBRI 임현호 박사는 "뇌 연구는 여러 연구자·기관과의 대규모 융합 연구가 필수적인데, KBSI와 기관 차원에서 협력 관계를 맺고 Bio-HVEM 뿐만 아니라 7 T MRI, 단백질 질량분석 등 더 많은 장비를 활용한다면 뇌 연구에서 더 큰 시너지를 가져올 것으로 기대한다" 고 밝혔고요. 또 KBSI 전자현미경연구부 권희석 박사도 "여러 기관이나 대학과 협력 연구를 하다 보면 단발성으로 끝나기도 하는데 KBRI와의 연구 과제는 지속해서 발전 가능성이 있는 만큼, 기관 차원의 연구 협력을 확대해 나갈 수 있기를 바란다"고 말했습니다.

한국기초과학자원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 II KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE - 81







- 84 [별별랭킹 ❶] 존재만으로 빛나는 명품클래스! 아는 사람만 안다는 고가의 연구장비는?
- 85 [별별랭킹 ②] 대학 분석지원 실적 랭킹! 분석장비 TOP5
- 6 [별별랭킹 ③] 대학별 장비사용 랭킹! KBSI 장비를 가장 많이 사용한 대학은?
- 88 [인포그래픽 1] 연구장비공동활용의 모든것! USE를 소개합니다!
- 90 [인포그래픽 ②] 국산장비신뢰성평가센터를 소개합니다!
- 92 [카드뉴스 ①] 6년의 연구 끝에 세계 최초로 발견한 암세포가 살아남는 까닭
- 94 [카드뉴스 ②] 부작용 없는 피임약? 호르몬제 피임약 대체 화합물 개발
- 96 [카드뉴스 ③] 토양을 오염시키는 중금속, 비소! 토양 중 비소 결합 형태에 따른 인체 위해성 규명!
- 8 [카드뉴스 ①] 투과전자현미경 활용해 신소재 개발연구의 새로운 방향 제시! 원자구조 변화를 실시간으로 관찰한다!
- 00 [카드뉴스 ⑤] 반도체 발열문제 해결을 위한 필수 기술. 미세반도체 발열특성 현미경으로 잡아낸다!
- 102 [카드뉴스 ⑥] 차세대 유연 전자소자 박막 쉽게 만든다!
- 104 [카드뉴스 🕖] 언제든지 편리하게! 개방형 실험실! 스마트 오픈랩!
- 106 [카드뉴스 ③] 30분 만에 슈퍼박테리아를 진단한다
- 108 [카드뉴스 ③] KBSI 국산장비신뢰성평가센터
- 110 [카드뉴스 ⑩] KBSI가 걸어온 길, 나아갈 길
- 112 [카드뉴스 🕦 6.25 전사자의 신원을 밝혀라! 동위원소 분석으로 한국전쟁 전사자의 고향 찾는다
- 114 [카드뉴스 🔞] 인간의 시각과 유사한 능력을 갖는 '인공 광수용체' 최초 구현

별별랭킹 ➊ 별별랭킹 2

존재만으로 빛나는 명품클래스! 아는 사람만 안다는 고가의 연구장비는?







대학분석지원 실적 랭킹 분석장비 TOP5



**KBSI SCIENCE STORY** 



84 --- 한국기초과학지원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 표 KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE

**KBSI SCIENCE STORY** 

#### 별별랭킹 3

대학별 재사용 랭킹

KBSI 쟁비를 가장 많이 사용한 대학은?









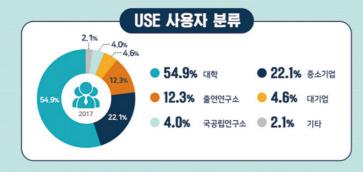
## 연구장비공동활용의 모든것 USE를 소개합니다!



#### USE 연구장비공동활용서비스는? use.kbsi.re.kr

KBSI의 연구장비공동활용 종합창구! 원하는 장비·전문가의 검색, 예약, 분석의뢰, 이용로 납부, 시험결과 확인까지 USE에서 모두 가능합니다!

# USE 활용 실적 117,060전 5,753명 장비활용 시료분석 사용자수 분석료 2017



#### 연구장비 이용 절차는?



#### 분석측정문의

검색창 또는 장비검색을 활용해 장비 또는 전문가 검색 후 해당 담당지와 분석 상담



회원가입 및 로그인

회원가입을 해 주셔야 장비예약, 할인혜택을 받으실 수 있어요!



기기이용신청

담당자와 사전 협의 후 기기예약-예약신청 Click!





분석의뢰현황 검토 및 확인

마이페이지 > 기기이용조회 분석진행현황 확인 가능, 분석완료시 이메일 발송



이용료 납부

가상계좌를 통한 입금 또는 온라인 카드 결제 가능! (방문과 전화결제도 가능)



시험결과 송부

마이페이지>기기이용조회> 진행상황>상세정보 검사결과확인가능

♥ 분석결과는 이메일로 발송, 시험결과서 원본은 우편으로 발송!

#### FAQ 자주 묻는 질문

0

장비분석 이용 시 장비이용료를 알 수 있나요?



USE에서 각 장비별, 분석별 이용수가를 확인할 수 있습니다. 대학, 공공기관, 중소기업은 할인 혜택이 있으며, KBSI의 장비를 이용하여 발표한 연구실적물이 있는 경우 우수회원으로 등록하여 추가 할인을 받으실 수도 있습니다.

🕜 더 자세한 내용은 USE 홈페이지 (use.kbsi.re.kr) 을 참고하세요.

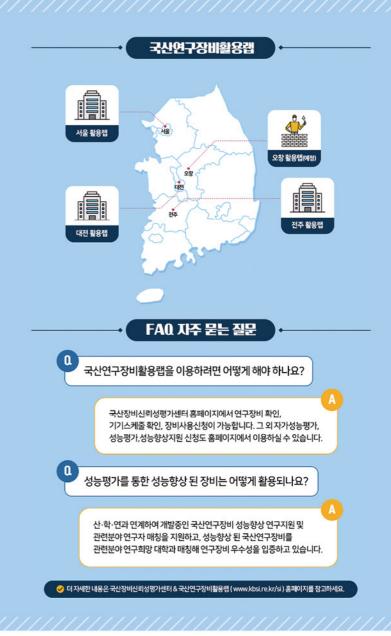


#### 국산 연구장비의 신뢰도와 경쟁력을 확보하여 첨단 연구장비 신업을 육성한다!

## 국산장비신뢰성평가센터를 소개합니다!

### 국산 연구장비의 성능평가 및 <mark>국산연구장비활용랩 구축·운영</mark>을 통하여 국산연구장비의 신뢰도와 경쟁력을 확보하여 첨단 연구장비 산업을 육성하고 국내외의 시장 확충에 기여하고자 설립 연구장비별 성능평가방안 구축 (KS, ISO, IEC, JIS 등 국내/국제표준기반) 연구장비개발업체 장비성능평가 신뢰성평가센터 성능평가 보고서 국산연구장비 성능향상 지원 (산/학/연 국산연구장비 공동연구 및 네트워크 구축) 국산연구장비 성능평가 연구장비개발업체 국산기술 성능비교진행 (성능규격서 기반) 성능규격서 (국내/외표준, 논문)

성능평가결과보고서, 확인서 발행



90 --- 한국기초과학지원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 II KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE - 91 -

#### 6년의 연구 끝에 세계 최초로 발견한

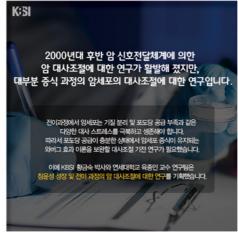
## 암세포가 살아남는 까닭

- 세계 최초로 전이 암세포 생존 메커니즘 발견 -











연구팀은 암세포가 주변 조직을 공격하여 뻗어 나가고

처음 발생한 장기로부터 혈관, 림프관을 타고 다른 조직으로 퍼져나가는 매커니즘을 규명했습니다.

우리 연구진은 암 세포 스스로 스네일이라는

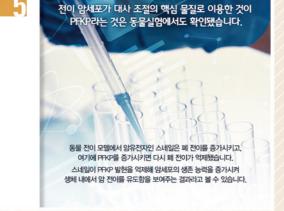
특정 단백질을 이용해 대물질(PFKP)을 억제함으로써

암세포의 생존을 유도한다는 사실을 밝혔습니다.











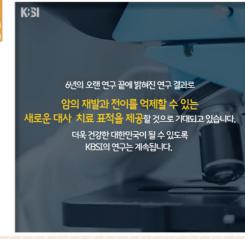






연구팀은 "그 동안 연구가 전무했던 전이 과정의 **암세포 대사 조절에 대한 최초의 연구 보고**"이며, "**전이되는 암세포는** 증식하는 암세포와 달리 이화작용쪽으로 대사를 조절하여 생존하게 한다"는 것을 밝혔습니다.







— 92 ── 한국기초과학자원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 Ⅱ KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE - 93 -

#### 카드뉴스 2

#### 부작용 없는 피임약?

## 호르몬제 피임약 대체 화합물 개발

- 호르몬제제를 대체할 수 있는 고리형 화합물 개발 -

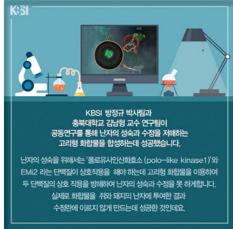




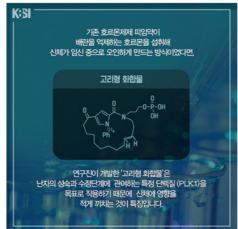


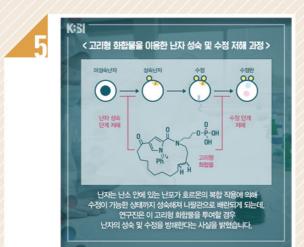








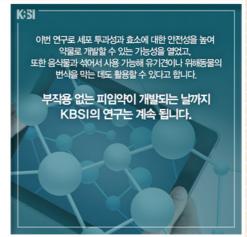














— 94 — 한국기초과학자원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 Ⅱ — KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE — 95 — KOREA

#### 토양을 오염시키는 중금속, 비소!

## 토양중 비소 결합 형태에 따른 인체 위해성 규명!















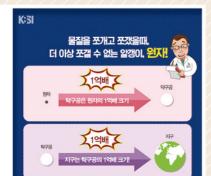




— 96 ── 한국기초과학지원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 Ⅱ KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE — 97

## 투괴전지현미경 활용해 신소재 개발연구의 새로운 방향 제시 원자구조 변화를 실시간으로 관찰한다!

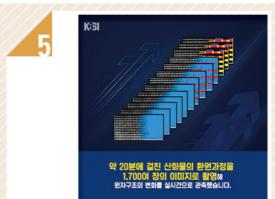


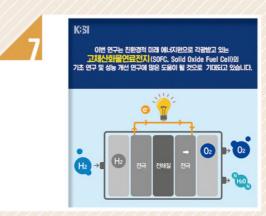




















— 98 ── 한국기초과학지원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 II -KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE — 99 —

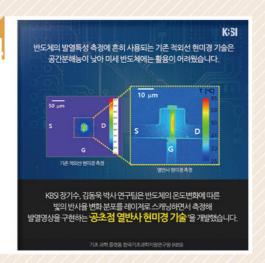
#### 반도체 발열문제 해결을 위한 필수 기술

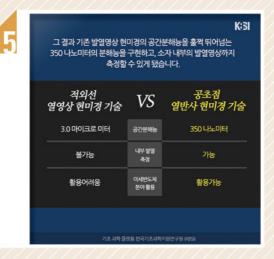
## 미세반도체 발열특성 현미경으로 잡아낸다!





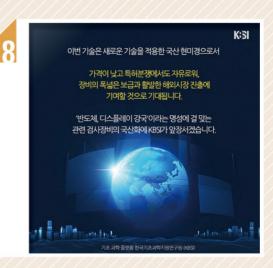










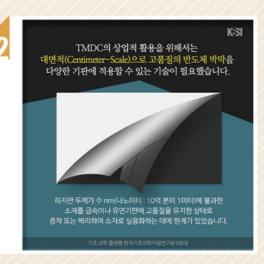


— 100 ── 한국기초과학자원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 II ── KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE ── 101 ──



## 전자신업의 패러디임, 대면적 박막 합성을 통해 유연 전자소자 상용화 발판 미련 차세대 유연 전자소자 박막 쉽게 만든다!









KBS 전주센터 정희석 박사는 "이번 연구에 100억 분의 1미터를 분석할 수 있는

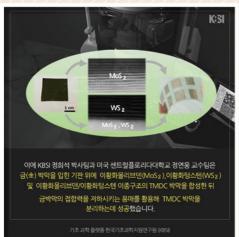
KBSI 수차보정 투과전자현미경의 공이 컸다"라며 "차세대 반도체 전자소자

시대로의 길을 여는데 첨단연구장비와 우수연구인력이 필수적이라는 것을

다시 한번 확인한 결과 라고 밝혔습니다.









K:SI 앞으로도 한국기초과학지원연구원(KBSI)은 차세대 반도체 전자소자 생산을 이끌어갈 기술혁신을 위해 끊임없이 도전하고 노력하겠습니다!

— 102 ── 한국기초과학자원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 Ⅱ ─ KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE ----- 103-----

#### 언제든지 편리하게!

## 개방형 실험실! 스마트 오픈랩!

- 원하는 시간에, 원하는 연구장비를 자유롭게 사용할 수 있다면 얼마나 좋을까요? -

































# 30분 만에 슈퍼박테리아를 진단한다

K:3I



이렇게 항생제가 더 이상 통하지 않는

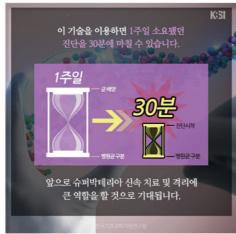
그런데 최근 KBSI 질환표적기능연구팀이 슈퍼박테리아 진단에 새 장을 열었습니다.

병원균을 수피학에 의 라고 합니다.







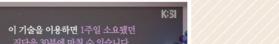






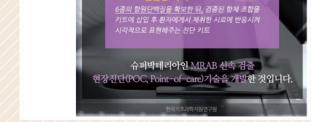












— 106 — 한국기초과학자원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 Ⅱ 

#### 카드뉴스 🔮

#### 국산장비의 성능평가, 활용자원, 교육까지!

# KBSI 국산장비신뢰성평기센터



우수한 연구개발의 성과는 대부분 첨단연구장비를 통한 분석을 통해 이루어집니다.



























KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE -109 한국기초과학지원연구원과 함께하는 재미있는 과학 이야기 Ⅱ ──

# KBSI가 걸어온 길, 나이갈 길

- KBSI 설립 30주년, 1988 ~ 2018 -

































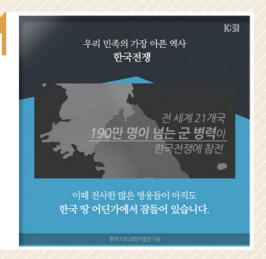


10

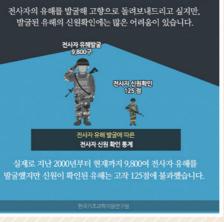


#### 6.25 전사자의 신원을 밝혀라!

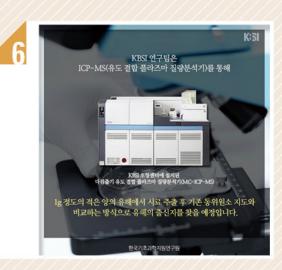
## 동위원소 분석으로 한국전쟁 전시자의 고향 찾는다



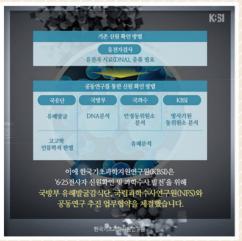
















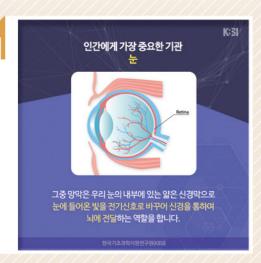


KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE ----- 113-----

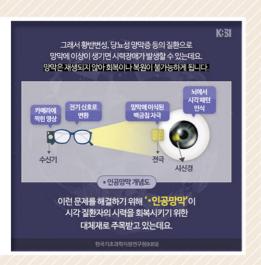
#### 인간의 시각과 유사한 능력을 갖는

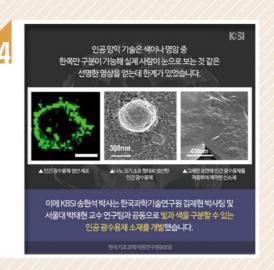
## '인공 광수용제' 최초 구현

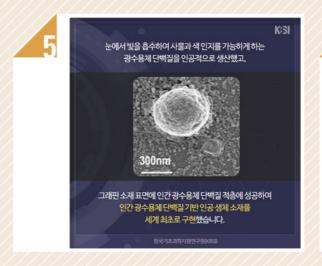
- 광수용체 손상 망막 질환 치료의 첫 걸음 내딛는 연구에 기여 -

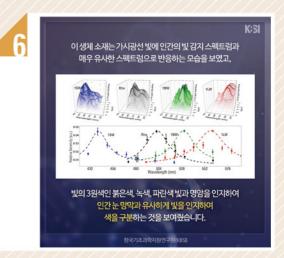


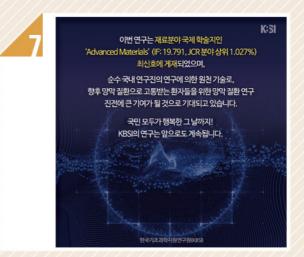














발행인 이광식

편집인 한국기초과학지원연구원 대외협력실

연락처 042 865 3500 발행일 2018년 12월

발행처 **한국기초과학지원연구원** 

34133 대전광역시 유성구 과학로 169-148

서지등록 번호 KBSI-2018-0022-0003

디자인·제작 주식회사 동진문화사 02 2269 4783

〈비매품〉



QR코드를 스캔하시면 KBSI 블로그에서 책자 내용을 보실 수 있습니다.





한국기초과학지원연구원과 함께하는

# 재미있는 과학 이야기 🟴

