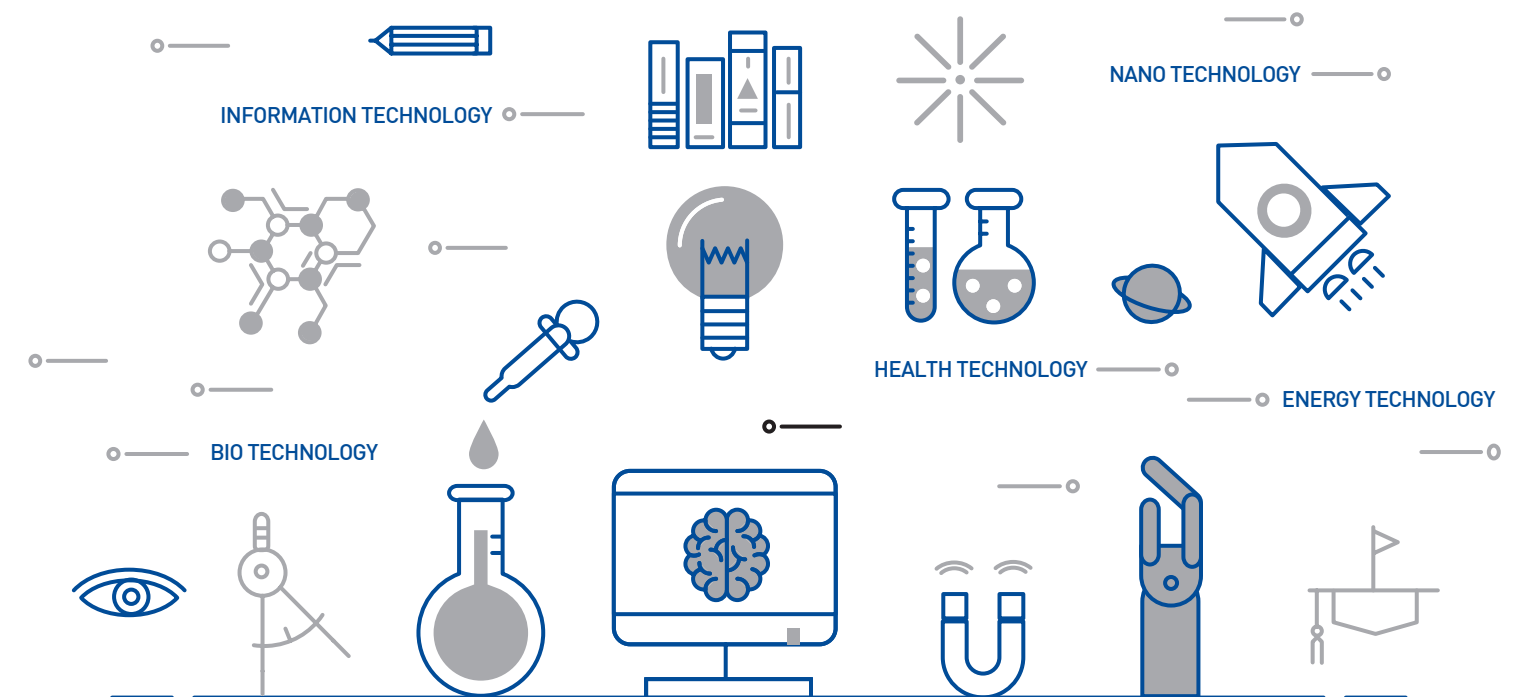


2016
ANNUAL R&D REPORT
KAIST

KAIST

34141 대전광역시 유성구 대학로 291(구성동 373-1)
Tel. 042-350-2114, Fax. 042-350-2210(2220), www.kaist.ac.kr

2016
ANNUAL R&D REPORT
KAIST



KAIST

2016 KAIST
ANNUAL R&D REPORT
CONTENTS

08	발간사 Message from the President
10	비전 2031 Kaist Vision
12	예산 및 자원 현황 Research & Development Budget
14	연구성과 통계자료 Research Outcomes
16	KAIST 10대 우수성과 KAIST's Top 10 Research Achievements of 2016
38	KAIST 주요 연구성과 Research Highlights of 2016

KAIST'S CORE VALUES ARE
CREATIVITY AND CHALLENGE

KAIST INSTITUTE

CREATIVITY & CHALLENGE KAIST

세계를 선도하는 과학기술의 중심, 세계에서 가장 혁신적인 대학 6위,
바로 '창의와 도전' 속의 KAIST입니다. 우리는 '새로운 생각'을 멈추지 않습니다.

'새로운 생각'이 '더 많은 가능성'을 만듭니다.

상상 그 이상의 아이디어는 멈추지 않는 열정과 도전 정신으로
세상을 바꾸는 가장 혁신적인 힘이 될 것입니다.

KAIST Research Area

WORLD CLASS SCIENCE AND TECHNOLOGY UNIVERSITY

세계속의 KAIST

쉽없이 달려온 46년, KAIST는 끊임없는 연구에 꺼지지 않는 불을 밝히며
한국 과학기술의 등불 역할을 수행해 왔습니다.

KAIST는 한국을 넘어 세계 속의 연구기관으로서
인류의 미래를 밝히는 길잡이가 될 것입니다.

세계의 중심에서 세상을 움직이는 최고의 과학기술대학



KAIST는 국가 발전에 필요한
고급 과학기술 인력을 양성하고
이공계 연구중심대학의 본보기를
제시하기 위해
1971년 설립되었다.



KAIST는 학문적 수월성과
창의성을 겸비한 인재를 배출하여
세계 과학계의 존경받는
일원이 되었다.



KAIST는 최상의 교육으로,
최초의 발명을 주도하는,
최고의 리더를 배출하여
세계 과학계가 선망하는
초일류 대학으로서의
미래를 지향한다.

- INFORMATION TECHNOLOGY
- BIO TECHNOLOGY
- HEALTH TECHNOLOGY
- ENERGY TECHNOLOGY
- NANO TECHNOLOGY
- OTHERS

MESSAGE FROM
THE PRESIDENT

발간사



KAIST는 1971년, 우리나라 산업화 태동기에 국가 발전을 위해 절실히 필요한 고급과학기술 인재 배출의 국가적 사명을 띠고 특별법인 한국과학기술원법 아래 출범했습니다. 올해로 개교 46주년을 맞은 KAIST는 그동안 국가적 사명을 충실히 감당하며 11,700여 명의 박사를 포함, 58,000여 명의 졸업생을 배출했습니다. 이들은 대학, 연구소, 기업, 정부기관 등에서 우리나라 과학기술과 산업 발전을 견인하며 반세기 만에 이룬 대한민국의 산업화와 정보혁명의 중추적인 역할을 담당했습니다.

4차 산업혁명의 높은 파고를 맞이한 지금, KAIST는 시대가 요구하는 새로운 과학기술 인재 양성과 파괴적 기술개발의 허브(Hub)가 되어야 합니다. 1·2차 산업혁명은 물리계(Physical System) 내의 혁명이었고, 3차 산업혁명은 사이버 시스템(Cyber System) 내의 혁명이었습니다. 4차 산업혁명은 이러한 물리계와 사이버계에 바이오계(Biological System)가 초연결된 새로운 ‘CPB 스마트 세계’를 이루어가는 전혀 다른 패러다임으로서 우리에게 새로운 도전이자, 존재가치를 다시 한번 드러낼 수 있는 절호의 기회입니다.

4차 산업혁명 시대를 선도하기 위해서는 전문적이고 세분화된 연구 역량과 함께 IoT, AI, Big Data, CPS(Cyber-Physical System), NT, BT가 융복합적으로 어우러진 통섭적인 연구를 통해 새로운 기술 개발이 필요합니다. 이를 위해, KAIST는 전공을 초월한 초학제간의 융복합 교육과 연구가 가능한 무학과 교육시스템과 융복합 연구 매트릭스 시스템(Convergence Research Matrix System) 등을 도입하여 도전적이지만 임팩트가 큰 파괴적 혁신(Disruptive Innovation)을 거듭하고 있습니다.

이렇듯 다양한 혁신의 노력을 통해 KAIST의 교수님들과 연구원들은 2016년에도 세계를 선도하는 혁신적인 연구성과를 창출했습니다. 그 중에서 대표적인 성과들을 선정하여 ‘KAIST Annual R&D Report’를 발간함으로써 국민들께 KAIST가 가진 세계적인 연구역량을 알리고, 과학기술계의 연구자들에게 새로운 영감을 주는 동시에, 우리나라 학생들이 과학기술에 더 많은 관심을 갖고 미래에 대한 큰 꿈을 꾸게 되기를 바랍니다. 더불어, 원대한 비전을 가지고 세계적인 연구성과를 일구어낸 교수님들과 연구원분들에게 진심으로 축하드리며, 뜻깊은 결과를 얻을 수 있도록 함께 노력해 준 KAIST 전 구성원에게 깊은 감사를 드립니다.

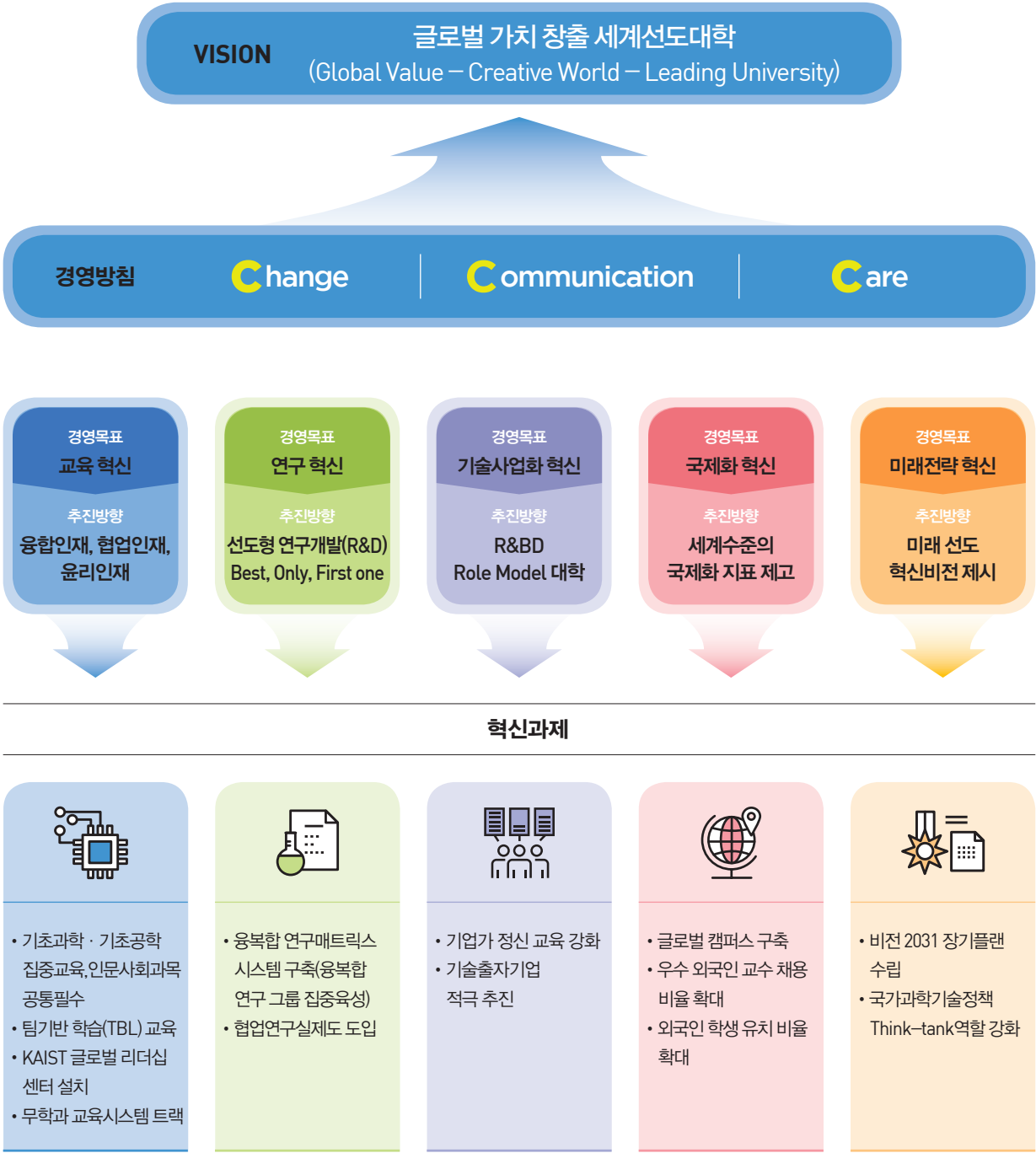
2017년 4월

KAIST 총장 신 성 철

비전 2031

Kaist Vision 2031

KAIST의 역사는 대한민국 과학기술의 역사입니다. 우리는 무한대의 변화와 새로운 도전을 통해 창의적인 미래를 열어가는 세계 과학기술의 주인공입니다.



앞선 도전으로 새로운 가능성을 발견합니다.
KAIST의 꿈이 인류를 위한 가치를 만들어냅니다.

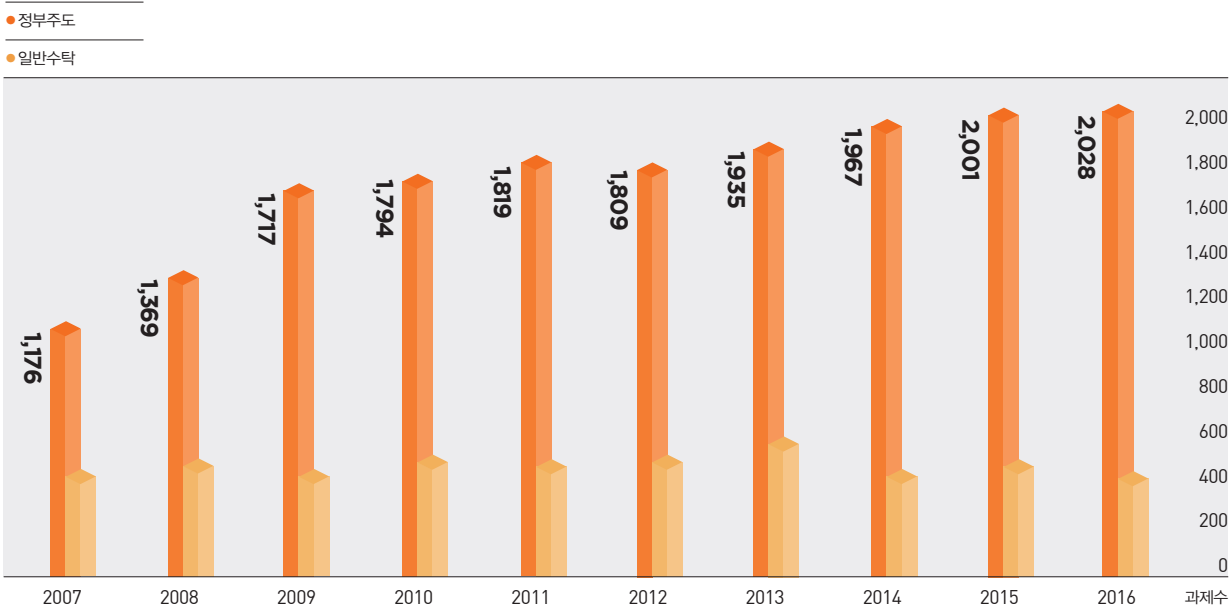


예산 및 지원 현황

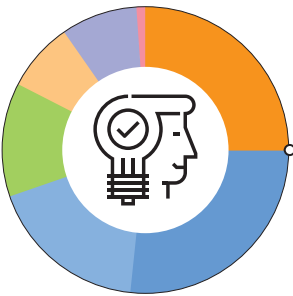
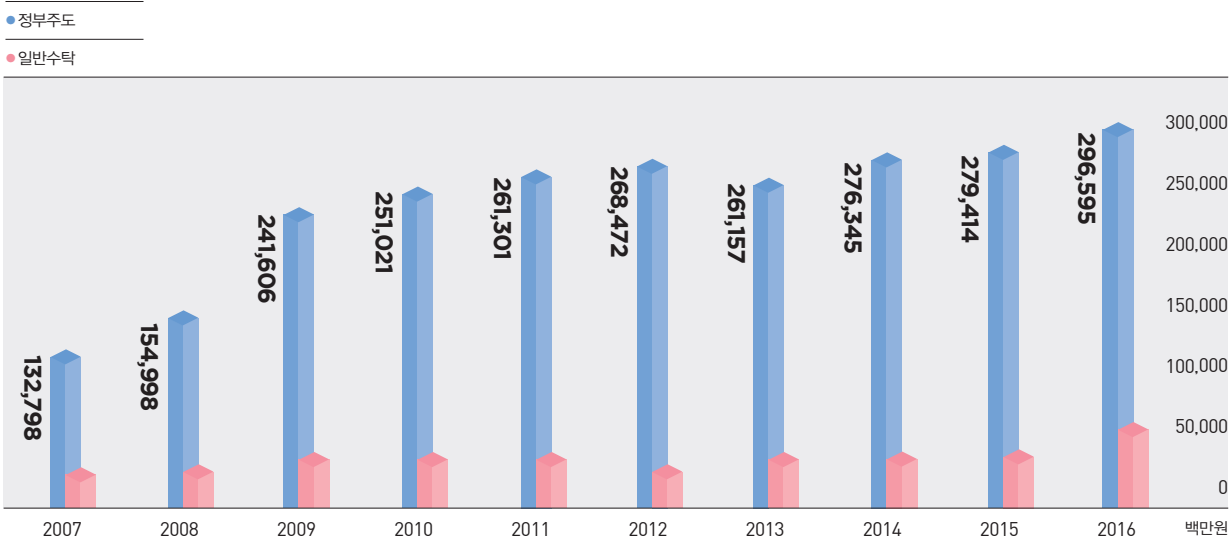
RESEARCH & DEVELOPMENT BUDGET

KAIST는 한국 최고의 국가 연구개발 기관으로서 다양한 과학기술 R&D 사업을 추진하고 있습니다. 특히 세계적 연구기관으로 발돋움하기 시작한 2008년 이후, 연구비가 급증하여 현재의 성과를 내는 기반이 되었습니다.

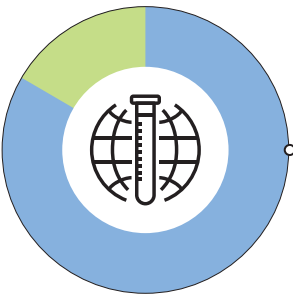
최근 10년간 연구실적 (과제수)



최근 10년간 연구실적 (연구비)



6T 연관 비중별 구성비율						
Information Technology 정보기술	Bio Technology 생명공학기술	Nano Technology 나노기술	Space Technology 우주항공기술	Environmental Technology 환경기술	Cultural Technology 문화기술	Others 기타
26.9%	17.9%	13.0%	7.8%	8.4%	1.1%	25.1%

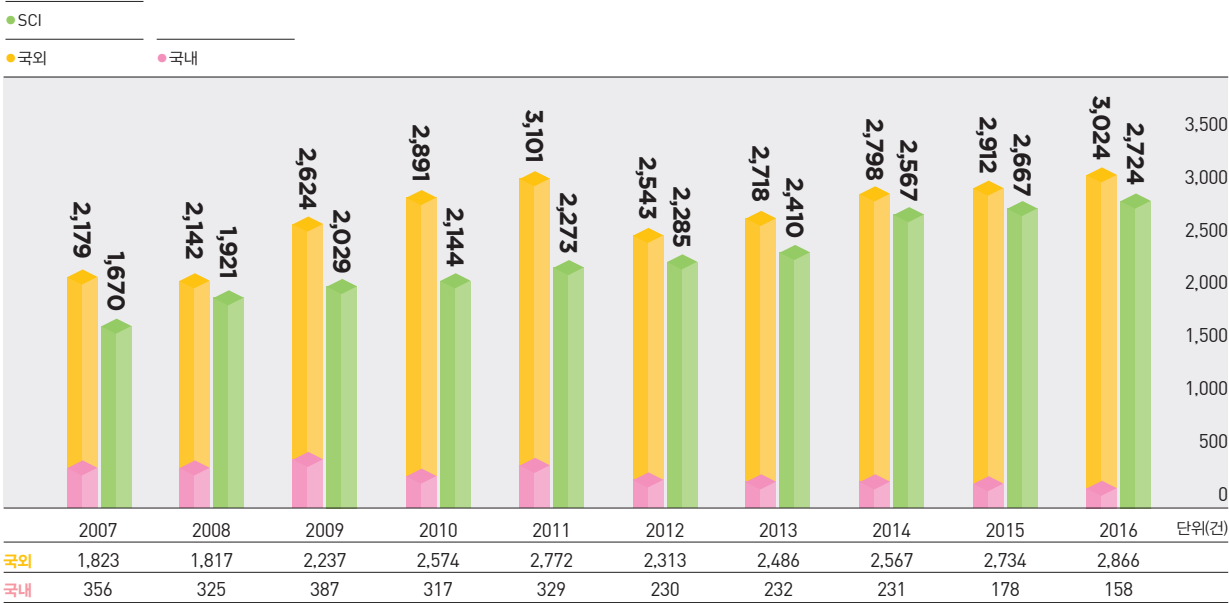


연구 계약금액 구성비			
총 296,595 백만원			
민간출연 연구비 구성비율			
51,548 백만원			
산업체 40,603백만원	자체 5,330백만원	외국과제 5,459백만원	소액과제 156백만원
78.8%	10.3%	10.6%	0.3%
정부출연 연구비 구성비율			
245,047 백만원			
미래창조과학부 144,033백만원	기타 54,532백만원	자체 19,933백만원	산업통상자원부 26,550백만원
58.8%	22.3%	8.1%	10.8%

연구성과 통계자료

Research Outcomes

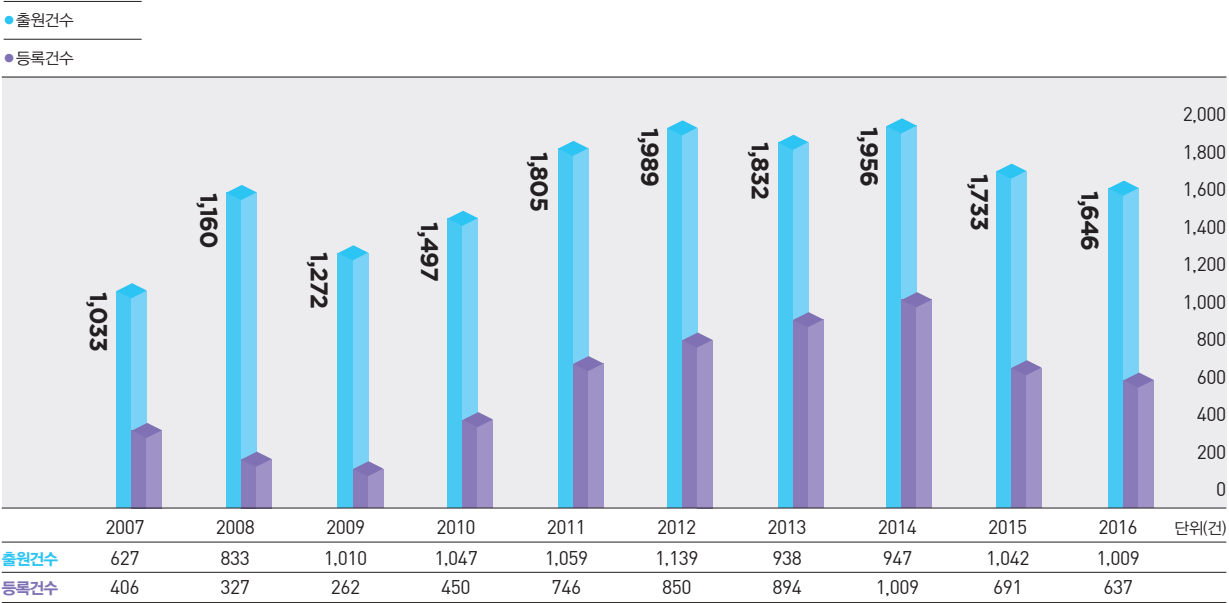
최근 10년간 논문수



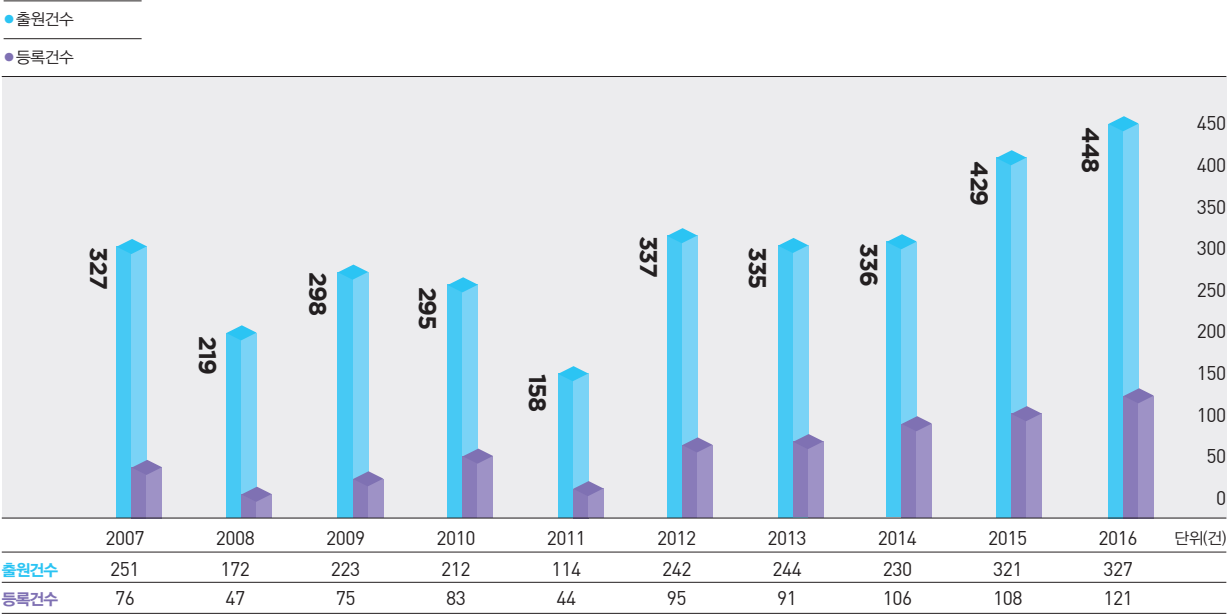
최근 10년간 기술이전 계약실적



최근 10년간 국내 특허실적



최근 10년간 국외 특허실적



2016 KAIST ANNUAL R&D REPORT



PART 1

10대 우수성과

KAIST'S TOP 10 RESEARCH ACHIEVEMENTS OF 2016

KAIST의 교수와 연구진들은 세계 속에 한국 과학 기술의 저력을 알려왔습니다.
세계 유수의 학술지 표지를 장식하며 2016년을 빛낸 KAIST 10대 연구성과들을 소개합니다.

KAIST는 2016년 '로이터 통신의 세계에서 가장 혁신적인 대학 100곳' 선정에서 6위에 올랐습니다.
또한 아시아에서 가장 혁신적인 대학 랭킹 1위를 기록하였습니다. 이에 걸맞는 우수한 연구성과도 매년 발표되고 있습니다.
2016년의 10대 우수연구로 선정된 나노신소재, 생명공학, 첨단 로봇, 에너지, 정보통신, 지식과 산업디자인 각 분야의 기술을 소개합니다.

세포를 입체적으로 찍는 3차원 홀로그래픽 현미경

물리학과
박 용 근

22

세포의 3차원 영상을 측정하는 것은 생명과학, 의학 연구에 필수적이다. 하지만 기존 기술은 세포를 형광 물질 등으로 염색해야 효과적으로 3차원 영상 획득이 가능했으나, 염색 과정으로 인해 살아있는 세포를 관찰하기 어려웠으며, 특히 체내에 다시 주입해야 하는 면역세포나 줄기세포 등에는 적용이 원천적으로 불가능했다. 박용근 교수는 디지털 홀로그래피 기술을 이용해서, CT 촬영의 원리를 레이저로 현미경 수준에서 구현한다. 이를 통해, 염색 과정 없이 살아있는 세포 그대로 3차원 영상을 측정하고 세포 내부를 관찰 할 수 있게 해 준다. KAIST창업원의 EndRun 프로젝트의 지원을 받아 창업, 2016초 상업화에 성공하여 제품을 출시 하였다. 2016/11월 현재 전세계 10여 개국의 판매망을 설립, 해외 수출을 시작하였으며, 현재 MIT, 피츠버그의대, 독일암센터, 서울대 아산병원 등에서 제품을 활용 중이다.



그림 1. 개발된 3차원 홀로그래피 현미경 제품 사진과 사양

3D Holographic Microscope : HT-1 Series		
Model	HT-1S Standard	HT-1H High resolution
Objective	60x NA 0.8	60x NA 1.2(water Immersion)
Lateral resolution	166 nm	110 nm
Axial resolution	1 μ m	356 nm
Field of view	80 μ m	
Depth of field	40 μ m	
Imaging speed	Over 150fps [2D holography] Over 2.5fps [3D holography]	
Time lapse	over 72hrs	
Sample prep.	No labeling	
Size	445mm X 500mm X 180mm	
Weight	17kg	

1. 연구배경

세포의 3차원 영상을 측정하는 것은 생명과학, 의학 연구에 필수적이다. 하지만 기존 기술은 세포를 형광 물질 등으로 염색해야 효과적으로 3차원 영상 획득이 가능했으나, 염색 과정으로 인해 살아있는 세포를 관찰하기 어려웠으며, 특히 체내에 다시 주입해야 하는 면역세포나 줄기세포 등에는 적용이 원천적으로 불가능했다. 박용근 교수는 디지털 홀로그래피 기술을 이용해서, CT촬영의 원리를 레이저로 현미경 수준에서 구현한다. 이를 통해, 염색 과정 없이 살아 있는 세포 그대로 3차원 영상을 측정하고 세포 내부를 관찰 할 수 있게 해 준다.

2. 연구내용

CT촬영과 동일한 원리를 현미경에서 구현하였다. 다만, 차이는 CT는 X-ray의 흡수차이를 이용하며, 환자 등의 내부를 본다면, 이 제품은 laser를 이용하여 세포나 그 소기관의 밀도차에 의한 RI값을 이용하여 관찰할 수 있게 한다. 이러한 기술을 이용하여 염색 없이 세포의 3차원 영상 구현이 매우 빠른 시간 안에 가능하다.

Tomography 기술을 이용하여 살아있는 세포와 조직을 염색하지 않고, 실시간 3차원 영상을 매우 빠른 시간에 획득 가능하다. 기존 기술은 세포를 형광 물질 등으로 염색해야



23

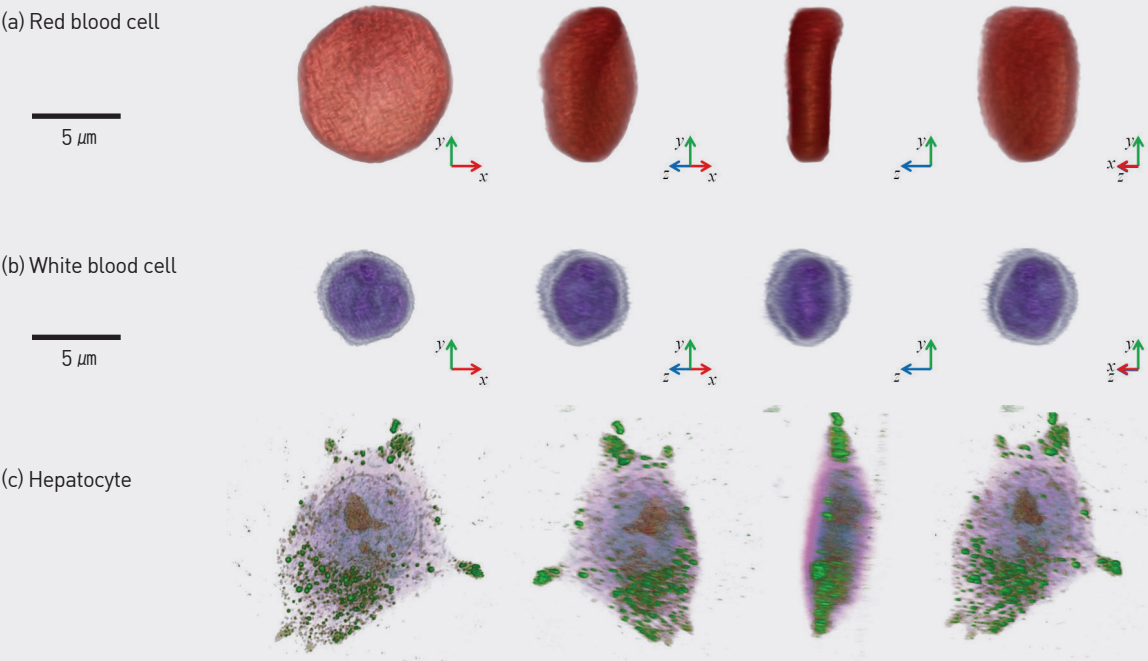


그림 2. 개발된 현미경으로 측정한 다양한 세포 의 3차원 영상(적혈구, 백혈구, 간세포)

효과적으로 3차원 영상 획득이 가능했으나, 염색 과정으로 인해 살아있는 세포를 관찰하기 어려웠으며, 특히 체내에 다시 주입해야 하는 면역세포나 줄기세포 등에는 적용이 원천적으로 불가능했다. 또한 밀도, 질량, 부피 등 여러가지 정량적인 data를 얻을 수 있기 때문에 나노과학, 세포 생물학, 미생물학, 질병진단등 여러 분야에서 폭넓게 이용될 것으로 사료 된다.

3. 우수성과 및 기대효과

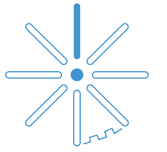
- 소프트뱅크 등으로부터 약 30억원 투자 유치
- 2016 10대 기계기술 선정, 대한기계학회(2016/11)
- 본 솔루션은 디지털 홀로그래피 기술을 기반으로 개발된 것으로 국내외 5개의 특허 출원 및 등
- 생체세포를 염색없이 2D, 3D, 4D로 실시간 관찰가능, 기존 광학현미경 사용 환경에 호환되도록 제작되어 손쉽게 세포를 관찰하고 정량화(quantification) 가능
- 기존 세포를 관찰 시 생체세포가 투명하고 작아 생명을 유지하기 어려웠음, 그러나 본 제품 개발을 통해 그동안 관찰이 불가능했던 세포의 물리적인 현상을 손쉽게 이해 가능
- 신약개발 및 새로운 질병진단, 치료법 발굴에 획기적 발전이 가능해질 것으로 기대

| 참고자료 |

[기사1] Holotomography Unlocks New Potential for Life Sciences Research, Photonics MEDIA, <http://www.photonics.com/Article.aspx?AID=60967>

맞춤형 단백질 변형 기술

화 학 과
박 희 성



24

우리 몸의 단백질은 인산화, 당화 등 다양하게 변형되는데, 이러한 변형은 신호 전달, 성장 등 정상적인 신진대사 활동에 매우 중요한 역할을 한다. 그러나, 유전적 혹은 환경적 요인으로 인해서 비정상적인 단백질 변형이 일어나면 각종 암은 물론, 퇴행성 신경 질환 및 여러 만성 질환을 유발시키는 것으로 알려져 있다. 금번 연구는 200여 종에 이르는 다양한 단백질 변형을 직접 구현하여 원하는 변형 단백질을 합성할 수 있는 기술을 세계 최초로 개발하였다. 이는 비천연 인산화 아미노산을 단백질에 위치 특이적으로 첨가하는 기술을 바탕으로 첨가된 인산화 아미노산의 반응성을 이용하여 새로운 탄소-탄소 결합을 통해서 단백질 변형 기능기를 접합함으로써 가능하였다. 이번 변형 단백질 조절 기술은 암과 치매를 포함한 각종 질병의 원인을 밝히는데 획기적인 기여를 할 것으로 기대되며, 특히, 맞춤형 표적 항암제, 뇌신경 치료제 개발 등 글로벌 신약개발 연구에 새로운 패러다임을 열 것으로 기대된다.

1. 연구배경

우리 몸을 이루는 기본 단위인 세포는 2만여 종의 유전자를 가지고 있는 것으로 알려져 있고, 이로부터 만들어지는 단백질의 종류는 100만 종 이상이 될 것으로 추정된다. 이는 단백질이 만들어진 후 다양한 변형 (post-translational modification, PTM) 이 일어나기 때문이다. 이러한 단백질 변형의 원인으로는 인산화, 당화, 아세틸화, 메틸화 등 200여 종이 알려져 있으며, 정상적으로 변형된 단백질들은 생체 내에서 세포 신호 전달, 성장 등 우리 몸의 정상적인 신진대사 활동에 매우 중요한 역할을 한다. 그러나, 유전적 혹은 환경적 요인으로 인해서 비정상적인 단백질 변형이 일어나면 세포의 대사활동과 신호전달이 손상되어 세포의 무한분열을 초래하는 각종 암은 물론, 치매를 일으키는 퇴행성 신경 질환 및 당뇨를 포함한 각종 만성 질환을 유발시키는 것으로 알려져 있다. 이러한 비정상적인 단백질 변형을 구현할 수 있는 기술이 존재하지 않아서 각종 질병의 원인 규명과 신약 개발 연구에 많은 어려움을 겪고 있었다.

2. 연구내용

연구팀은 2011년 암을 유발시키는 직접적인 원인으로 알려진

비정상적인 단백질 인산화를 구현하기 위한 맞춤형 인산화 변형 단백질 생산 기술을 개발하여 Science誌에 논문을 발표한 바 있다 [논문2]. 금번 연구는 지난 2011년 선행 연구 결과를 더욱 발전시켜, 인산화 이외에 당화, 아세틸화 등 200여 종의 단백질 변형을 직접 구현하여 원하는 변형 단백질을 합성할 수 있는 기술을 세계 최초로 개발하여 Science誌에 발표하였다 [논문1]. 이는 비천연 인산화 아미노산을 단백질에 위치 특이적으로 첨가하는 기술을 바탕으로 첨가된 인산화 아미노산의 반응성을 이용하여 새로운 탄소-탄소 결합을 통해서 단백질 변형 기능기를 접합함으로써 가능하였다 (그림1 참조).

3. 우수성과 및 기대효과

- 참고자료 [논문 1] 에 대하여 KBS, JTBC, 조선일보, 중앙 일도 등 언론보도
- 참고자료 [논문 1] 은 Science誌에서 가장 중요한 논문 (FIRST RELEASE)으로 선정
- 맞춤형 단백질 변형 조절 기술은 질병 규명과 신약 개발의 새로운 지평을 열 것으로 기대됨

25

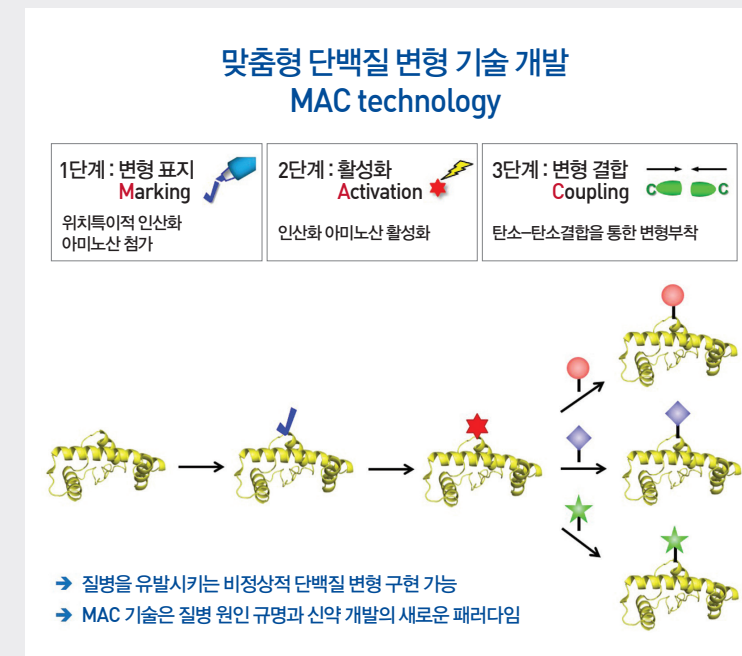


그림 1. 맞춤형 단백질 변형 기술 모식도

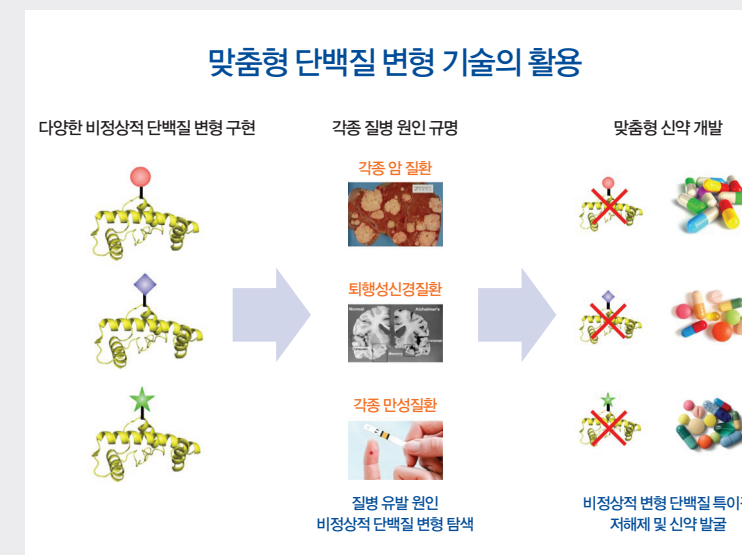


그림 2. 맞춤형 단백질 변형 기술의 활용

- 세포내에서 일어나는 복잡하고 다양한 단백질 변형이 가능, 향후 비정상적인 질병 유발 단백질 변형을 구현하고 인공적으로 제어하는 등 암과 치매를 포함한 각종 질병의 원인을 밝히는데 기여
- 질병을 유발시키는 비정상적 변형 단백질의 대량 생산 가능. 기존에는 접근이 불가능하였던 비정상적인 변형 단백질을 직접 신약 타겟으로 활용하는 저해제 탐색과 발굴 가능(그림2 참조)
- 본 기술이 실용화 될 경우 맞춤형 표적 항암제, 뇌신경 치료제 개발 등이 가능, 현재 약 1,500조원에 달하는 글로벌 신약개발 연구에 새로운 패러다임을 열 것으로 기대됨

| 참고자료 |

[논문1] A Yang, S Ha, J Ahn, R Kim, S Kim, Y Lee, J Kim, D Soll, H-Y Lee, & Hee-Sung Park, A chemical biology route to site-specific authentic protein modifications. Science, 354, 623-626 (2016)

[논문2] Hee-Sung Park, M Hohn, T Umehara, J Benner, C Noren, J Rinehart, & D Soll, Expanding the genetic code of Escherichia coli with phosphoserine. Science, 333, 1151-1154 (2011)

제올라이트 주형 내부에서 미세다공성 3차원 그래핀 유사탄소의 란타늄에 의해 촉매화된 합성

화 학 과
유 룡

26

그래핀 특유의 성질과 다공성 구조로 인해서 3차원형상의 그래핀 구조체는 많은 관심을 받고 있다. 이러한 탄소 물질의 합성은 제올라이트를 주형으로 사용하여 시도되어 왔다. 하지만, 높은 합성 온도 때문에 제올라이트 기공 외부에서도 탄소의 침적이 함께 일어나는 문제점이 있었다. 본 연구에서는 제올라이트 기공에 란타늄 이온을 담지시키면 에틸렌 및 아세틸렌을 이용한 탄화온도를 상당히 낮출 수 있음을 보여주었다. 이로 인해, 그래핀과 유사한 탄소 구조가 무분별한 탄소 침적 없이 선택적으로 제올라이트 기공안에 만들어 질 수 있었다. 단결정 X선 회절 분석 결과는 이 탄소가 미세기공 표면을 따라 형성되어 있음을 증명하였다. 제올라이트 주형 제거 이후에는 탄소구조가 높은 전기 전도도를 보여주었다. 더 나아가, 리튬이온전지나 촉매지지체로의 실제 응용에서 매우 중요한 과제인 많은 양의 합성도 쉽게 가능하였다.

● 1. 연구배경

제올라이트는 미세기공을 갖는 결정성 알루미늄실리케이트로 다양한 구조 종류에 따라 고유한 기공 크기, 모양 및 연결상태를 갖고 있다. 최근 제올라이트는 탄소 합성의 주형으로서 주목받고 있다. 제올라이트의 기공들은 풀러렌이나 탄소나노튜브 등을 품기에 적당한 크기를 갖고 있으며, 구불구불한 표면을 따라 서로 연결되어 있기 때문에 그 안에서 3차원 그래핀 구조체를 합성 하기에 알맞은 주형으로 생각되어 왔다. 하지만, 제올라이트 기공은 큰 유기 화합물을 수용하기엔 너무 작기 때문에 에틸렌이나 아세틸렌과 같은 작은 탄화수소 분자들이 탄소 재료로 활용되어 왔다. 이러한 작은 탄화수소들은 일반적으로 탄화되어 기공에 고정되기 위해 높은 온도를 필요로 하는데, 이 과정에서 제올라이트 기공 내부 뿐만 아니라 겉 표면에서도 탄화 반응이 활발히 진행되곤 했다. 따라서 기존의 합성 방법으로는 순수한 제올라이트 주형 탄소를 만들지 못했을 뿐만 아니라, 제올라이트 겉 표면에 침적된 탄소에 의해 기체의 확산이 제한되어 대량 합성에도 어려움이 있었다.

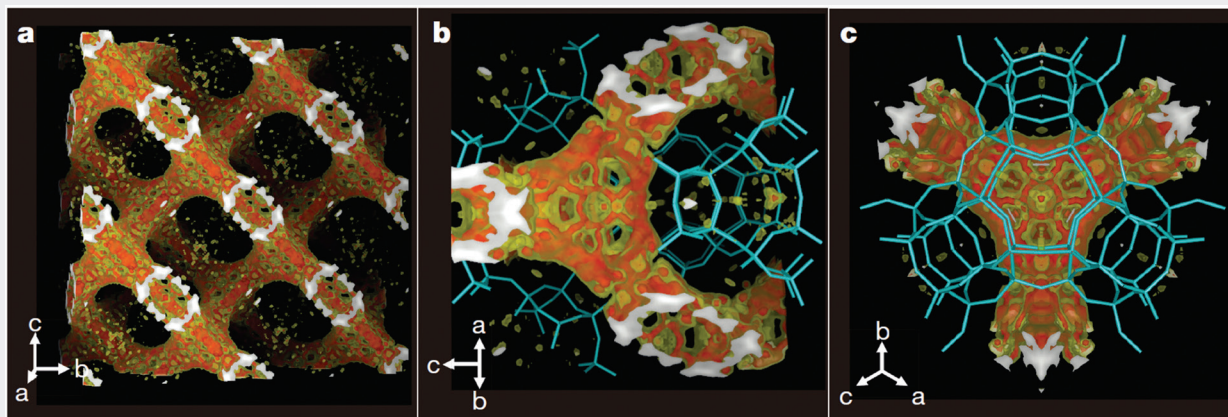


그림 1. 기공 선택적 탄화가 진행된 제올라이트의 전자 밀도 분포 : 푸른색으로 표현된 제올라이트 골격의 내부에 노란색과 붉은색으로 표현된 탄소 원자의 전자 밀도 분포를 통해 탄소가 갖는 구조를 확인할 수 있다.

● 2. 연구내용

기존의 제올라이트 주형 탄소 합성 방법들이 갖는 근본적인 문제점은 높은 탄화 온도 조건이다. 본 연구에서는 제올라이트 주형의 기공 안에 담지된 란타늄 이온을 촉매로 활용하여 에틸렌이나 아세틸렌의 탄화 온도를 낮출 수 있음을 밝혔다. 란타늄 이온의 활용은 전이금속 원소들이 올레핀이나 방향족 화합물들과 d- π coordination을 통해 결합을 이루는 데에서 착안하였다. 만약 이 d- π interaction이 탄소 원료로 사용되는 에틸렌과 란타늄 이온 사이에서 일어난다면, 에틸렌이나 에틸렌의 중합체가 안정화되어 제올라이트 내부에서 탄소 구조가 잘 형성될 것이라고 생각했다.

이 가설을 입증하기 위해 본 연구에서는 기존의 탄소 합성에 사용된 소듐 이온을 담지한 제올라이트와 란타늄 이온으로 이온교환된 제올라이트를 사용하여 에틸렌의 탄화 반응을 다양한 온도에서 수행하였다. 그 결과, 기존의 합성 방법에서 사용된 온도보다 훨씬 낮은 온도인 600도에서 에틸렌의 탄화 반응이 란타늄 이온으로 이온교환된 제올라이트에서만 활발히 일어나는 것을 확인할 수 있었다. 이는 이 탄화반응이 란타늄 이온에 의해 촉매화된 것을 뜻한다. 또한, 제올라이트 기공의 부피에 해당하는 탄소의 양만큼 탄화가 진행되고 나면, 에틸렌을 계속 공급하더라도 탄화가 더 이상 일어나지 않았다. 이는 낮은 합성 온도 덕분에 기존의 합성 결과들과 달리 제올라이트 외부의 탄소층이 형성되지 않음을 보여준다. 게다가, X선 회절법을 통해 기공 내부에서 탄화가 진행된 단결정 제올라이트를 분석하여 탄소 원소의 전자 밀도의 분포를

관찰하였다. 이를 통해 제올라이트의 구불구불한 기공 표면을 따라 그래핀과 유사한 구조를 갖는 탄소가 3차원적으로 형성되어 있음을 최초로 입증하였다.

● 3. 우수성과 및 기대효과

- 참고자료 [논문 1]에 대하여 언론보도 20여 회
- 참고품질의 제올라이트 주형 탄소를 대량으로 합성할 수 있게 하여 리튬이온전지, 촉매지지체 등의 응용 분야에 대한 연구를 수월하게 할 것으로 기대
- 제올라이트 주형 탄소는 넓은 표면적과 규칙적인 미세 다공성 구조 보유, 전극재료나 촉매지지체 등 다양한 응용 분야에서 우수한 성능을 보일 것으로 기대. 하지만, 합성 상의 어려움 때문에 현재까지 제올라이트 주형 탄소의 응용 및 특성에 대한 연구는 활성화 되지 못했음
- 본 연구는 에틸렌의 탄화를 제올라이트 기공 내부에서 선택적으로 수행가능, 많은 양의 제올라이트합성 시에도 탄소원료의 확산이 지체되지 않아 탄소의 대량 합성이 가능
- 본 연구를 통해 제올라이트 주형 탄소의 응용 및 특성에 대한 연구가 가속화 될 것으로 기대

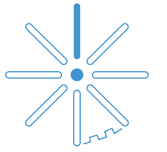
| 참고자료 |

[논문1] K. Kim, T. Lee, Y. Kwon, Y. Seo, J. Song, J. K. Park, H. Lee, J. Y. Park, H. Lee, S. J. Cho, R. Ryoo*, "Lanthanum-catalysed synthesis of microporous 3D graphene-like carbons in a zeolite template", Nature 535, 131–135 (2016) [2015 Impact Factor = 38.138]

27

찔러도 피가 나지 않는 무출혈 주사바늘

화 학 과
이 해 신



28

주사바늘은 일반국민들이 년평균 20개 이상 사용하는 대표적 의료기기로, 약물주사, 링거, 진단 (diagnosis), 성형수술을 포함하는 일반 수술에 필수적으로 사용되는 의료기기이다. 주사바늘을 찌르고 빼면 반드시 출혈을 동반하게 된다. 일반적으로 건강한 사람의 경우는 지혈이 잘 이루어지지만, 선천적으로 혈관이 약한 사람, 당뇨병 환자, 암환자, 혈우병 환자 등은 주사기 사용 후 발생하는 출혈이 지혈 되지 않아 심각한 문제가 발생하기도 한다. 본 연구는 주사바늘에 self-sealing이 되는 지혈제를 코팅하여 찌른 후에도 전혀 피가 나오지 않게 되는 주사바늘을 개발한 내용이다.

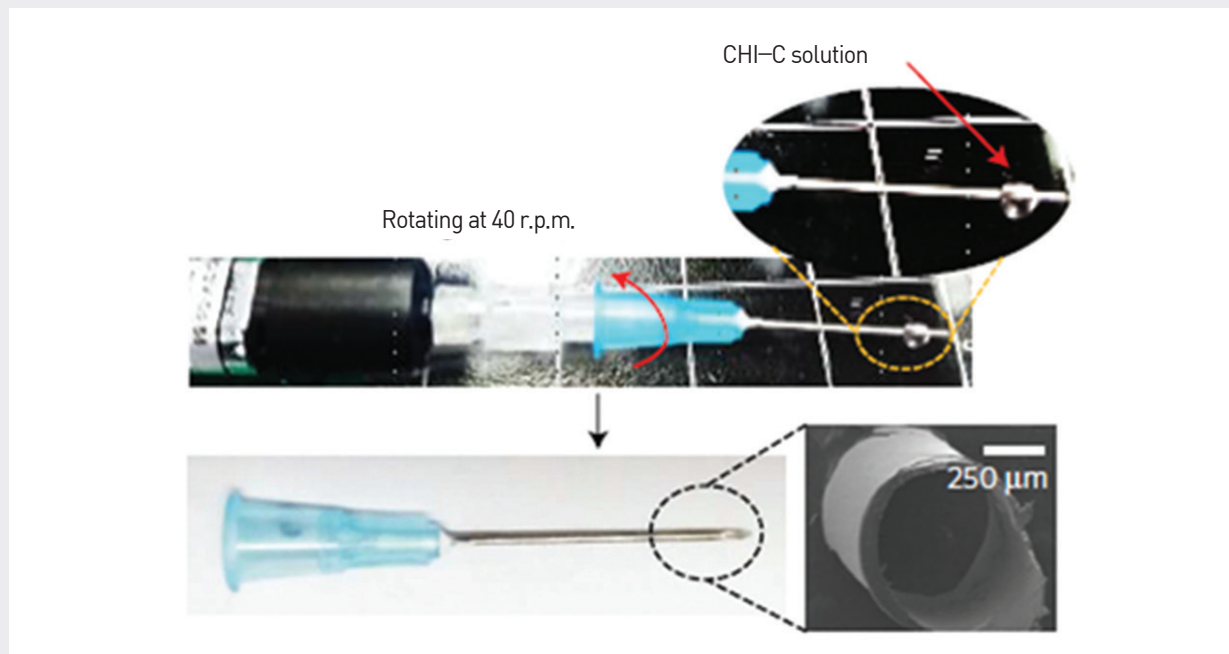


그림 1. 키토산-카테콜 접합체 지혈바늘



그림 2. 혈우병 쥐 정맥출혈 모델에서 생체 내 지혈효과

29

● 1. 연구배경

주사바늘은 일반국민들이 년평균 20개 이상 사용하는 대표적 의료기기로, 약물주사, 링거, 진단 (diagnosis), 성형수술을 포함하는 일반 수술에 필수적으로 사용되는 의료기기이다. 주사바늘을 찌르고 빼면 반드시 출혈을 동반하게 된다. 일반적으로 건강한 사람의 경우는 지혈이 잘 이루어지지만, 선천적으로 혈관이 약한 사람, 당뇨병 환자, 암환자, 혈우병 환자 등은 주사기 사용 후 발생하는 출혈이 지혈 되지 않아 심각한 문제가 발생하기도 한다. 본 연구는 주사바늘에 self-sealing이 되는 지혈제를 코팅하여 찌른 후에도 전혀 피가 나오지 않게 되는 주사바늘을 개발한 내용이다.

● 2. 연구내용

본 연구에서 혈관 sealing 고분자 물질로 홍합모사 접착고분자인 키토산-카테콜 접합체 (chitosan-catechol)를 사용하였다. 이 물질은 특이하게도 1) 그 자체적으로는 접착력이 존재하지 않고, 혈액성분과 만났을 때만 끈적끈적한 접착제로 그 물리 화학적 성질이 급격하게 변화하며, 2) 키토산-카테콜 접합체는 공기 중에서 말리게 되면 접착력이 나타나지 않는 형태로 얇은 투명한 비닐막과 비슷한 형태로 바늘 표면에 균일하게 붙어있게 된다. 앞에 설명한 1)과 2)를 요약하면 비닐과 같은 매우 얇은 투명물질이 혈액에 닿게 되면 급격히 물성이 변화하여 접착제로 바뀌게 되고, 이때 주사바늘을 몸에서 빼게되면 self-sealing성질이 생겨 뚫려있는 구멍을 막아주게 된다. 본 연구에서는 self-sealing된 본 지혈막이 일부의 물질이 자체적으로 떨어져 나가서 다른 혈관을 막지 않는다는

사실과, 더불어 이 물질이 혈관독성을 보이지 않는다는 사실을 같이 보고 하였다. 혈우병을 가지고 있어 조그마한 상처가 나도 피가 멎지 않아 죽게 되는 쥐 모델로 실험을 한 결과, 일반 바늘로는 100% 죽게 되는 쥐가 본 개발된 지혈바늘로 injection을 하는 경우 100% 살아 있는 정반대 결과를 얻게 되었다. 현재 안전성 실험을 추가로 진행하고 있고, 빠르게 2017년 중에 보건복지부 허가를 받을 수 있을 것으로 기대 된다.

● 3. 우수성과 및 기대효과

- 피가 잘 멎지 않는 delayed hemostasis를 보이는 당뇨 환자(한국 전체인구의 약 7%)에게 무출혈 주사바늘을 적용함으로써 신속한 지혈효과 기대
- 암환자 진단에 필수적인 조직검사용 바늘에 적용하여 조직 검사 시 발생하는 다량출혈을 막는 hemostatic needle로 적용할 예정. 국내 뿐 아니라 세계적인 의료기기로 성장 가능성 기대

| 참고자료 |

[논문1] Mikyoung Shin, S.-G. Park, B.-C. Oh, K. Kim, S. Jo, M. S. Lee, S. S. Oh, S.-H. Hong, E.-C. Shin, K.-S. Kim, S.-W. Kang, Haeshin Lee* "Complete prevention of blood loss with self-sealing hemostatic needles" Nature Materials 2016, 16, 147-152 online

항생제에 의한 체내 공생미생물의 불균형이 헤르페스 바이러스 방어에 미치는 영향

의과학대학원
이 흥 규

체내공생미생물이 어떻게 면역을 조절하여 바이러스 감염에 대하여 방어 기전을 유도하는지에 대하여 잘 알려지지 않았다. 특히, 공생 미생물이 바이러스 감염시 방어에 중요한 후천성 면역 조절 기전에 대해서는 알려진 것이 전무하여 본 연구가 시작 되었다. 항생제에 의하여 체내 공생미생물의 불균형이 생겼을 때 질내 헤르페스 바이러스 감염에 대해 매우 취약해지는 것을 발견하였다. 항생제에 의해 질점막내의 공생미생물의 불균형이 유도되고 새롭게 생긴 기회 감염 미생물에 의해서 질상피세포에 의하여 IL-33 사이토카인이 대량 으로 분비되어서 바이러스 감염을 억제하기 위해 감염 부위로 몰려오는 작용 T세포의 이동 및 IFN- γ 의 분비를 억제하는 것을 발견하였 다. 따라서 본 연구는 공생 미생물에 의해서 헤르페스 바이러스 감염에 대해 면역이 조절되는 알려지지 않은 새로운 기전을 규명하였다.

1. 연구배경

체내에는 우리 몸을 구성하는 세포 보다 10배 이상 많은 수의 공생미생물이 존재한다. 공생미생물은 주로 우리 몸과 외부 환경이 접촉하는 피부, 입, 코, 장, 호흡기 및 여성생식기와 같은 장벽 (Barrier)에 존재한다. 공생미생물은 우리 몸의 건강을 유지하는데 중요한 역할을 수행하는데, 체내에서 합성 되지 않는 비타민을 만들어내고, 음식 물의 소화를 도와 에너지를 제공하고, 다양한 면역시스템을 자극하여 적절한 면역시스템이 갖춰지도록 하고, 해로운 미생물의 침입을 막는 등 다양한 역할을 수행하고 있다.

최근 공생미생물의 불균형이 다양한 질환의 발병에 기여한다는 것이 알려 지고 있다. 이는 염증성 장질환(크론병 등)과 같이 공생미생물이 가장 많이 존재하는 장의 질환 뿐만 아니라, 알레르기, 천식, 비만, 당뇨 및 종양과 같은 전신질환과도 깊은 연관성이 있음이 알려짐으로써 공생미생물 연구에 대한 관심이 높아지고 있는 실정이다.

그러나, 지금까지의 연구는 질환과 공생미생물간의 상관관계만을 밝힌 것이 대부분이며, 어떠한 기전으로 공생 미생물이 질환을 유발했는지에 대해서는 잘 알지 못하는 상태이다. 또한 공생 미생물이 가장 많이 존재하고 있는 장내에서의 공생미생물의 역할에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으나, 그 밖에 다른 기관에서의 공생미생물의 역할에 대해서는 잘 알려져 있지 않은 실정이다. 본 연구는 질내 공생미생물 이 헤르페스 바이러스 감염에 끼치는 영향에 대해 연구하였는데, 헤르페스 바이러스는 성매개 바이러스 감염 (Sexually transmitted viral infection) 중 가장 흔한 원인일 뿐만 아니라, HIV-1 (Human Immunodeficiency Virus-1)과 같은 치명적인 바이러스의 감염률을 높인다는 것이 알려져 있다. 또한 헤르페스 바이러스는 체내 신경 절에 잠복하고 있다가 스트레스, 강한 자외선 노출 및 월경 등에 의해 반복적 으로 재발하고, 임신부가 감염되었을 경우 태아의 중추신경계 감염 등을

초래할 수 있는 질환이지만, 이 바이러스 감염을 완전히 치료할 수 있는 방법은 아직까지 존재하지 않기 때문에 더욱 연구가 필요한 상황이다.

2. 연구내용

본 연구는 여성생식기에서 공생미생물 의불균형이 헤르페스 바이러스 감염에 대한 방어능력을 현저히 약화시키며, 그 기전이 무엇인지를 규명하였다. 경구로 항생제를 투여한 경우, 마우스 의 질내 공생미생물의 불균형이 초래 되어 유익한 미생물이 감소하고, 정상적 으로는 존재할 수 없던 해로운 미생물 이 증가하는 것이 관찰되었다. 이러한 마우스에 질점막을 통해 헤르 페스 바이러스를 감염시켰을 때, 마우 스는 심한 병리학적 소견을 보이면서, 항생제를 투여하지 않은 대조군에 비해 훨씬 빠르게 죽는 것이 관찰되었다. 흥미롭게도 항생제를 투여한 마우스 의 질에서 IL-33 이라는 사이토카인이 대량생산되는 것이 관찰되었는데, 이 IL-33이 CD4 또는 CD8 T 세포가 감염

부위로 이동되는 것을 억제하여 항바이러스 면역에 핵심적인 역할을 하는 인터페론 감마 (IFN- γ)가 감염부위에서 적절하게 생산되지 못하도록 한다는 것을 세계 최초로 밝히게 되었다(그림). 또한, 본 연구팀은 항생제 투여 로 인해 증가한 해로운 미생물이 질내에서 단백질 분해효소를 분비하여 이로 인해 유발된 질 상피세포의 손상이 IL-33의 분비를 촉진시켰을 가능성을 제시하였다. 플레밍에 의해 최초로 페니실린이 발견된 이후 오늘날에는 다양한 항생제를 이용하여 수많은 감염병을 치료할 수 있게 되었다. 그러나, 꼭 항생제를 사용하지 않아도 되는 경우에 조차 항생제가 남용되면서 항생제 내성균이 등장하고, 우리 몸에 상재하는 유익한 미생물을 죽임으로써 새로운 다양한 질환을 유발하게 되었다. 본 연구는 항생제 남용으로 인한 공생미생물의 불균형이 바이 러스 감염에 대한 방어능력을 약화시키는 기작을 밝힘으로써, 항생제의 남용에 대한 경각심을 일깨울 수 있을 것이라 기대된다. 또한 역으로 체내 공생미생물을 우리 몸에 유익하도록 조절함으로써 방어능력이 향상 된 바이러스 백신 개발에 기여할 수 있을 것 으로 기대된다.

참고자료

[논문1] Oh JE, Kim B, Chang DH, Kwon M, Lee SY, Kang D, Kim JY, Hwang I, Yu JW, Nakae N, Lee HK. Dysbiosis-induced IL-33 contributes to impaired antiviral immunity in the genital mucosa. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 2016 Feb 9;113(6):E762-71

[논문2] Oh JE, Lee MS, Kim YJ, Lee HK. OASL1 deficiency promotes antiviral protection against genital herpes simplex virus type 2 infection by enhancing type I interferon production. Scientific Reports 2016 Jan. 11.

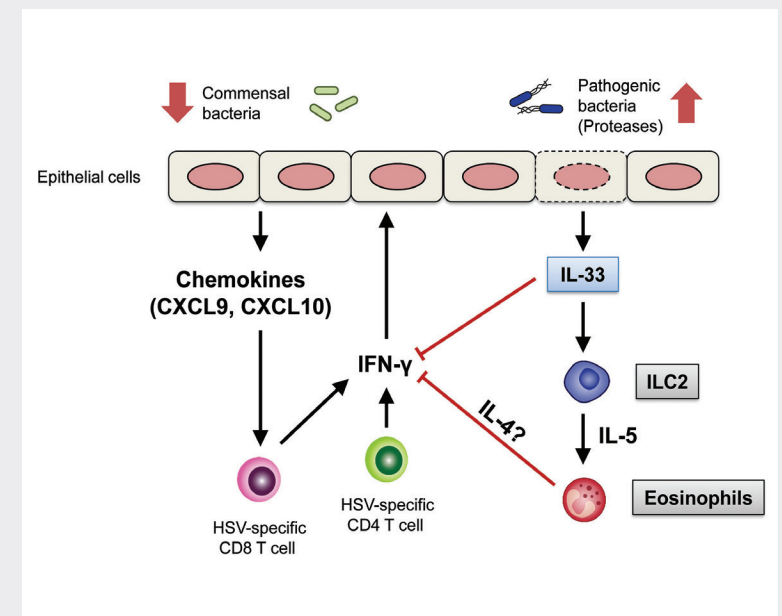


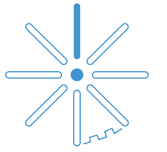
그림 1. 항생제에 의한 질내 미생물 불균형시 항헤르페스 바이러스 면역방어 기전 모델

3. 우수성과 및 기대효과

- 참고 자료 논문에 대하여 국내외 언론보도 16여 회
- Highlighted in "In This Issue" section of PNAS 2016 Feb 9.
- 항생제 남용이 초래하는 공생미생물의 불균형이 바이러스 감염에 대한 방어 능력 저하를 증명함. 항생제 남용에 대한 위험성 인식확대 기대
- 공생미생물 불균형에 의해 질 점막에서 분비되는 IL-33 과 같은 물질이 감염 에 대한 방어능력 평가지표로 활용가능
- 체내 공생미생물을 우리 몸에 유익하도록 조절함으로써 방어능력이 향상된 바이러스 치료제 및 백신개발 기여

이동식 펄스 에코 레이저 초음파 전파 영상화 시스템

항공우주공학과
이 정 루



32

고체의 두께 방향으로 전파했다가 돌아오는 초음파를 초당 2500점까지 계속하여 3차원적으로 그 전파를 가시화할 수 있는 이동식 소형 레이저 초음파 전파 영상화 시스템(Pulse-Echo Ultrasonic Propagation Imaging)을 세계 최초로 개발하여 이를 항공우주 구조의 In-situ 및 In-process 비파괴평가 장비로 시작품화하는 데 성공하였다. 우주발사체(KSLV-II) 복합재 동체, 공군수송기(CN-235) 조종면, F-16 브레이크 디스크, 유도무기 복합재 동체등의 검사에서 실증연구가 수행되었으며 한국공군보유 록히드 마틴 F-16 전투기 표준시험 시험을 통과(수요자 인증)하였다. 상기 시스템을 2년간의 개발기간으로 시작품화하여 공군 군수사령부에 최근 납품하는 데 성공하였다. 또한 시작품 개발과정이 보잉에 소개되면서 2016년 2월 항공우주공학과 광전구조실험실이 Boeing-KAIST Technical Contact lab으로 선정되었으며 2년간 Grant를 지원받고 있으며 2017년에는 2호 시작품을 개발하여 보잉에 대여될 예정이다. 또한 3호 시작품부터는 실험실창업기업에 기술이전되어 광기술원에 납품될 예정으로 광기술원에서는 검사표준화 장비로 채택할 예정이다. 끝으로 한국항공우주산업, 한국화이바등과 관련 기술 고도화 과제를 계속 수행 중에 있어 그 기술적 경제적 파급효과가 지속될 것으로 판단한다.

1. 연구배경

항공기, 우주발사체, 미사일등은 제작공정의 마지막 단계로 품질평가를 비파괴적으로 전수 검사받게 된다. 납품을 위한 필수조건으로 기존에는 물을 뿌리면서 공기압으로 초음파를 투과시키거나 물속에서 초음파를 투과시키면서 검사하게 된다. 따라서 하수시설 및 대형 공간이 필요하며 검사대상의 형상에 따라 별도의 검사장치가 요구되는 등 공정지연을 초래하며 인증여부 및 높은 가격(수십억) 때문에 항공우주 부품제작사들의 초기 비용 투자에 절반정도를 차이할 만큼 큰 진입장벽이 되고 있다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 항공산업 선진국들은 레이저 유도 초음파에 주목해 왔으며 대표적으로 미국의 Tecnar사와 Par사가 상용화에 성공하였으며 우리나라가 도입하는 F-35 전투기 개발에 최초로 투입될 예정으로 알려져 있다.

2. 연구내용

KAIST 광전구조실험실에서는 수년간의

기초연구결과로 2015년 초 공군에서 보유한 F-16 비파괴표준시험 시험을 통과하면서 시작품 납품과제를 수주하였으며 하기 사진과 같은 시스템을 2016년 12월 납품완료(그림1)하였다. 하기 시스템은 연구배경에서 소개된 Tecnar사와 Par사의 시스템에 비해 다섯 배 이상 검사속도가 빠르며 소형화에 성공하여 항공우주구조의 일체화 대형화 전략에 따라 제작된 대형 구조를 이동하지 않고, 검사장비를 이동하면서 원하는 곳을 검사할 수 있게 되었을 뿐만 아니라 In-service 항공기의 In-situ 검사도 가능하게 되었다. 그림 1은 이러한 검사전략으로 공군이 CN-235라는 수송기를 수직꼬리날개를 어떻게 검사할 지를 보여주고 있다. 그림 2는 미국 로스알라모스국립연구소(Los Alamos National Lab)에서 의뢰한 샌드위치 시편결과로서 높은 공간 해상도로 하니 콤셀이 가시화 되는 것을 볼 수 있으며 보잉과제에서 수행하고 있는 내용인 복합재 패치의 경우도 패치에 인공적으로

삽입된 결함뿐만 아니라 접착레진의 흐름과 뭉침이 구별될 만큼 우수한 공간 해상도와 감도를 보여주고 있다. 또한 검사 속도 역시 최대 2.5 kHz로 다섯 배가 빠른데 이는 그림 3의 시스템에서 초음파를 발생시키는 레이저빔과 초음파를 수신하는 레이저빔을 하나로 결합해서 compact한 스캐닝헤드로 빠른 검사속도를 달성했으며 한 점에서 초음파가 발생하고 수신되는 메카니즘으로 매우 높은 공간해상도를 획득하였다. 또한 국내외 특허를 보유한 초음파의 전파를 가시화 하는 기술을 통해, 검사 결과를 2차원 이미지가 아닌 시간에 따른 3차원 동영상으로 볼 수 있게 했기 때문에 전파특성을 검사자가 동시에 이해할 수 있어 결함이나 손상을 간과하지 않게 하는 새로운 기술이 만들어졌다. 또한 두꺼운 구조에서 충분한 신호대잡음비를 획득할 수 있도록 서브마이크로미터 수준의 공간정확도로 같은 점을 정밀하게 재검사할 수 있고 고속신호처리기술을 개발하여 실시간으로 검사결과를 확인할 수



그림 1. 시작품 납품 및 공군 활용

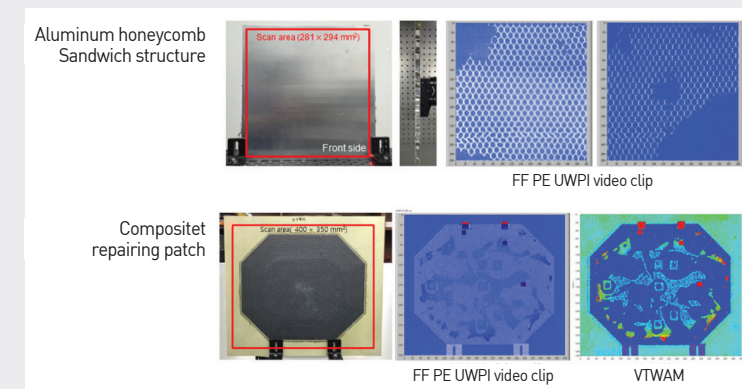


그림 2. 검사 결과 대표 사례 (미국 로스알라모스국립연구소시편(위), 보잉시편(아래))

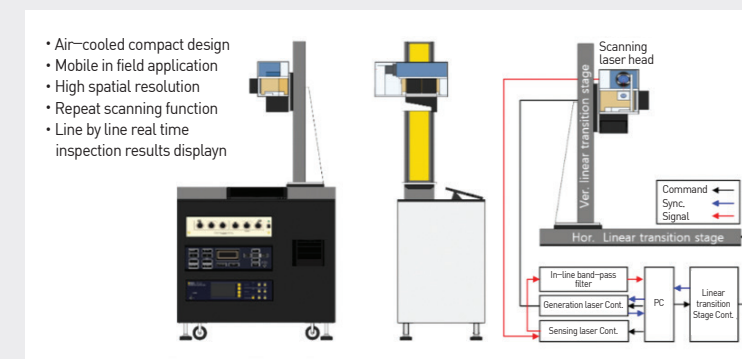


그림 3. 시스템 구성도

참고자료

[논문1] H J Shin, J Y Park, S C Hong, and J R Lee, In situ Non-Destructive Evaluation of an Aircraft UHF Antenna Radome based on Pulse-Echo Ultrasonic Propagation Imaging, Composite Structures, Volume 160, p. 16-22, 15 January 2017 외 다수

[논문2] J R Lee, Apparatus and method for full-field pulse-echo laser ultrasonic propagation imaging, US Patent, Application number :15007413, 2016.01.27., Publication number: 2016.0349217, 2016.12.01.(미국 특허 등록)

33

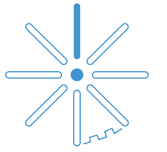
있게 되었다. 기초연구단계에서 시작품단계까지 지속적으로 세계최고 수준을 유지하고 있다.

3. 우수성과 및 기대효과

- 제항공기술 심포지엄, ICAS2016, SWEET 2017 등 국내외 장비전시회 초청시연
- 공군 군수사령부 수요자인증 통과 및 국내 기술의 비파괴검사장비 최초 납품 (2.7억원)
- Boeing-KAIST technical contact lab 선정 및 2.7억원의 Grant
- 공군 군수사령부에 국내 기술의 비파괴검사 장비 최초 납품
- 2017년 보잉에 추가 시스템 이전이 계획되어 있으며 공군의 추가신뢰성 확인을 통해 전국 부대에 배치될 가능성이 높음
- 한국광기술원에서 시스템을 도입하여 기업 지원 검사표준화 장비로 활용(2018년 2월 서비스 시작 예정)
- 차세대 전투기(FX사업)로 도입 중인 F-35의 품질평가가 유사시스템으로 이루어졌지만 국내 기술이 2배의 빠른 검사속도와 소형화에 성공하였기 때문에 한국형 전투기(KFX) 개발과 운용에서 수입대체 효과 및 신시장 창출 등 큰 경제적 효과를 발생시킬 것으로 판단.(한국항공우주산업, 장비 적용성평가, 2년 2억 계약 체결 2016년 12월 완료)
- 이미 실험실 창업이 이루어져있어 상용화와 사업화가 빠르게 진전될 수 있을 것으로 기대

복굴절을 이용한 3차원 깊이측정 기술

전산학부
김민혁



복굴절이란 한 방향에서 입사한 빛이 편광성분에 따라 매질을 통과할 때 서로 다른 두 방향으로 갈라지는 현상을 말한다. 기존의 일반적인 단일굴절 물질만을 이용하는 카메라 렌즈와는 다르게, 본 연구에서는 복굴절 물질을 카메라 앞에 필터로 장착하고 복굴절 현상을 이용하여 물체의 영상과 더불어 영상의 3차원 깊이 정보를 측정하는 기술을 최초로 제시하였다. 기존의 3차원 영상 기술은 깊이를 측정하기 위해 스테레오 카메라 두 대를 기본적으로 필요로 했으나, 본 제안 기술은 단일영상으로부터 고해상도 컬러-깊이 영상을 측정하는데 성공했다. 본 제안 기술은 컬러와 깊이의 동시 측정을 필요로 하는 컴퓨터 그래픽스, AR/VR 장비에 사용되는 새로운 대안으로 대두될 것으로 기대된다.

1. 연구배경

3차원 깊이 측정 기술은 현실 물체의 3차원 모양과 위치를 측정하는 기술로서 무인자동차, VR (virtual reality)/AR (augmented reality), 3D 현미경 등에 필요한 필수적인 분야이다. 기존의 3차원 깊이 측정 시스템은 레이저를 발사하여 물체에 맞고 돌아오는 시간을 측정하는 time-of-flight 기술과 여러 대의 카메라를 사용하여 사진에서 물체의 상대적인 위치를 통해 3차원 깊이를 측정하는 방법으로 나눌 수 있다. 하지만, time-of-flight 기술은 야외에서 태양빛이 강한 야외에서 사용하는데 문제가 있고 여러 대의 카메라를 사용한 상대적 위치 측정 방식은 비용과 크기가 증가한다는 단점이 있다. 단일 카메라에서 한 장의 사진을 이용하여 깊이를 측정하려는 몇몇 시도들이 있어왔지만 기존의 방법들은 정보의 부족으로 인하여 저해상도의 낮은 정확도를 지닌 깊이 정보만을 측정할 수 있었다.

2. 연구내용

본 연구에서는 기존의 일반 카메라 렌즈에 복굴절 물질을 필터로 장착하여 찍은 한 장의 이미지로부터 고해상도 컬러-깊이 영상을 측정할 수 있음을 처음으로 선보였다. 복굴절 매질은 해당 매질에 입사한 빛이 편광성분에 따라 두 개의 다른 빛으로 갈라져 나가는 현상을 지니고 있다. 이를 렌즈에 필터 형식으로 장착하게 되면 하나의 물체에서 나온 편광이

다른 두 개의 빛을 카메라를 통하여 찍을 수 있고, 따라서 촬영한 이미지는 두 개의 이미지가 겹쳐진 형태로 나타나게 된다. 이때 하나의 물체는 이미지상의 서로 다른 두 지점에서 동시에 촬영되게 된다. 본 연구에서는 이 두 지점의 위치를 추정하고 서로간의 위치차이를 통하여 해당 물체가 카메라로부터 떨어져있는 거리를 계산하여, 고해상도 깊이 영상과 컬러 영상을 동시에 추정한다. 이를 위하여 (1) 복굴절에 의해 생긴 두 이미지와 물체의 깊이 사이의 관계를 수학적 으로 밝히고, (2) 실제 복굴절 매질을 통하여 찍은 한 장의 이미지에서 겹쳐진 두 장의 사진 간의 위치관계를 추정하는 방법을 제안하였다. 최종적으로 기존 카메라에 복굴절 매질의 필터를 장착하여 찍은 한 장의 이미지로부터 고해상도 깊이 영상과 컬러 사진을 동시에 획득할 수 있음을 처음으로 선보였다.

(1) 본 연구에서는 하나의 물체가 복굴절에 의해 촬영된 두 지점의 위치와 그 물체의 카메라로부터의 거리에 대한 관계를 기하학적 분석을 통하여 처음으로 밝혔다. 복굴절 매질을 통하여 굴절되는 빛은 기존의 스넬 법칙을 따르는 빛과 스넬 법칙을 따르지 않고 복굴절 매질의 전자기적 성질에 의하여 굴절된 또 하나의 빛으로 나뉘게 된다. 이러한 현상을 카메라에 적용하면 특정 거리에 존재하는 하나의 물체에서 나온 두 개의 빛이 이미지에 맺히는 지점을 계산할 수 있다. 따라서

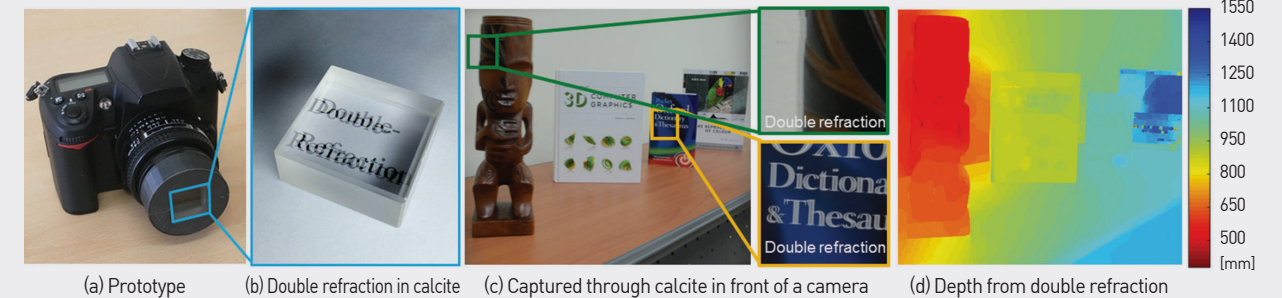


그림 1. 복굴절 매질을 이용한 단일 이미지로부터의 고해상도 깊이 측정

두 개의 겹쳐진 이미지 사이의 위치 관계와 물체의 카메라로부터의 거리의 관계를 공식화하여 표현할 수 있다.

(2) 다음 단계로 새롭게 제안된 위 이론을 이용해, 복굴절 필터를 장착하여 찍은 한 장의 사진 내에 존재하는 두 장의 겹쳐진 사진 간의 위치 관계를 추정해야한다. 이는 기존 여러 대의 카메라를 사용하여 깊이를 추정하는 방식과는 다르게 한 장의 이미지에 두 장의 사진 정보가 겹쳐져 있다는 점에서 새로운 해결책을 필요로 한다. 따라서 본 연구에서는 두 장의 사진이 겹쳐졌을 때 사진에서 인접한 지점과의 컬러 차이가 얼마나 존재하는지를 분석하고 효율적으로 필터링하는 새로운 알고리즘을 제안하였다.

제안된 이론과 깊이 추정 알고리즘을 기반으로 한 시스템을 통하여 기존 여러 대의 카메라를 사용하여 측정한 깊이정보와 견줄만한 해상도의 깊이 정보를 얻을 수 있음을 보였고, 이는 한 장의 사진만을 이용하여도 높은 해상도의 깊이 정보를

얻을 수 있다는 새로운 가능성을 여는 연구라고 볼 수 있다.

깊이 영상을 측정할 수 있는 기술은 현재 다양한 산업분야에서 필요로 되고 있다. 본 연구에서 제안한 복굴절 매질을 이용하여 찍은 한 장의 사진으로부터 정확한 깊이정보를 측정하는 방법은 모바일 카메라, VR/AR, 무인 자동차, 3D 현미경과 같이 시스템의 크기와 비용이 중요한 분야에 쓰일 수 있다.

3. 우수성과 및 기대효과

- 2016 Fall, KAIST Breakthroughs 선정
- U.S. Patent App. 출원, published in Aug. 16, 2016
- 모바일 카메라, VR/AR, 무인 자동차, 현미경과 같이 카메라의 크기와 비용이 중요한 깊이 카메라가 필요한 분야에 사용 가능

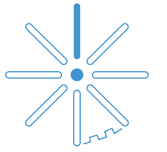
참고자료

[논문1] Seung-Hwan Baek, Diego Gutierrez, and Min H. Kim, "Birefractive Stereo Imaging for Single-Shot Depth Acquisition," ACM Transactions on Graphics (TOG), 35, 6, 194:1–194:11 (2016).

[논문2] Seung-Hwan Baek and Min H. Kim, "Stereo Fusion: Combining Refractive and Binocular Disparity," Computer Vision and Image Understanding (CVIU), Elsevier, 146, pp. 42–66

바이오 폴리머를 이용한 친환경 지반 건설 재료

건설 및 환경공학과
조 계 춘



36

최근, 친환경 지속가능한 발전의 일환으로, 지반 공학 분야에서, 시멘트 등 화학계열 지반재료들을 대체하기 위한 수요와 관련 연구가 증가하고 있다. 본 연구는 친환경 미생물 기반 바이오폴리머를 활용한 지반개량의 가능성 및 성능 검증에 관한 연구를 수행하여 세계 최초의 미생물 기반 바이오폴리머 지반개량법을 개발하였다. 이와 관련하여 다수의 연구성과물(SCI논문 8편, 국내외 지적재산권 11건) 확보는 물론 바이오폴리머를 건설재료화한 KABS (KAist Bio-Soil) 바인더를 독자 개발하여 다양한 시험시공을 통해 그 성능과 시공성을 입증하였으며 이를 토대로 산업체 기술이전과 한국도로공사, LH공사 등과 함께 바이오폴리머 지반개량 기술 상용화를 추진하고 있다.

1. 연구배경

지반 처리 및 개량은 지반을 강화, 안정시키는 공법이다. 대부분의 지반 처리, 개량 분야에서 시멘트가 사용되어왔으며 2012년 전 세계 건설 분야 시멘트 사용량은 52억 4500만 톤에 이른다. 시멘트는 생산 과정에서 다량의 이산화탄소(전 세계 이산화탄소 배출량의 7%)가 발생된다. (그림1)에서 드러나듯 시멘트 수요의 증가로 인해 이산화탄소 배출이 증가하고 있는 실정이다. 또한 시멘트는 토양 pH 증가, 홍수 및 수질 오염 유발 등 다양한 환경 문제를 야기한다. 지구온난화 문제에 적극적으로 대응하고, 토양 염기화와 우수 유출 문제를 해결하는 친환경 차세대 지반건설 바이오 신재료로써 미생물 기반 바이오 폴리머를 활용한 연구를 수행하였다.

2. 연구내용

바이오폴리머는 미생물의 생체활동을 통해 생산되는 유기고분자를 총칭한다. 인장강도가 뛰어나며, 생산 과정에서 이산화탄소 발생이 거의 없는 친환경 재료이다. 또한 흙 입자와 직접 결합을 형성하여 강도를 증진시킬 수 있다는 점에서 다양한 지반건설 분야에 적용이 가능하다. 식품, 농업, 화장품, 의약품 분야 등에서 바이오폴리머가 경화제 및 젤화(gelation)제 등으로 사용되고 있으나 건설 분야 적용 사례는 전무한 실정이다. 본 연구진이 개발한 바이오폴리머 기반 바이오쓰일 지반개량법은 세계최초의 개발 및 실용화 사례이며, 건설 분야에 폭 넓게 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

바이오폴리머 흙의 공학적 특성 파악

바이오폴리머 지반 적용으로 지반 강도에 획기적인 향상을 얻을 수 있음을 밝혔다. 소량(0.5%) 바이오폴리머 주입으로 10% 시멘트

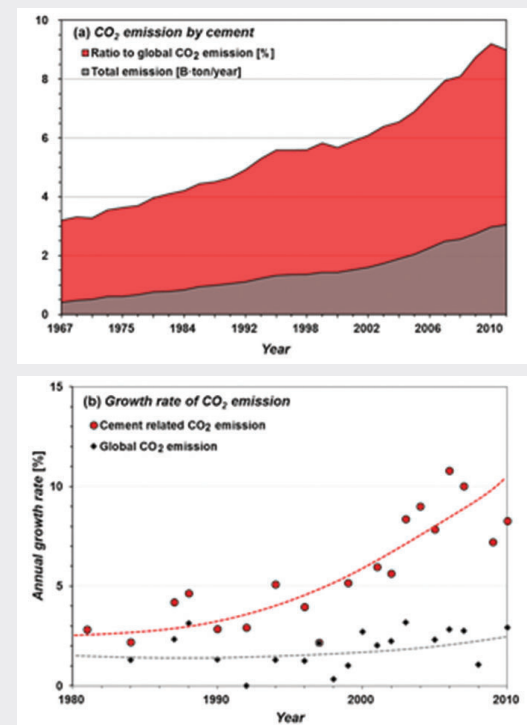


그림1. 연도별 세계 시멘트 관련 CO₂ 발생량

주입량과 대등한 강도 증진 효과를 얻을 수 있다. 바이오 폴리머 처리 흙은 토양의 식생 활착 및 생장을 증진시킬 수 있으며, 따라서 바이오폴리머의 친환경성을 입증할 수 있다. 또한 바이오폴리머는 흙의 전단강도, 점착력, 내부마찰각, 침식저항성 등을 증진시키며, 투수 계수를 감소시키는 효과를 지니고 있다.

KABS 바인더 개발과 현장적용

현재 연구진은 바이오폴리머 기반 건설재료 KABS™ (KAist Bio-Soil)를 개발하여 다양한 도로, 비탈면, 건축 제방 현장에 적용하여 그 성능과 우수성을 검증하였다.

- 2012.06: 충남 천안, 성토비탈면 표층보강 처리(살포 및 침투) 시험시공
- 2013.04: 전북 진안, 바이오폴리머를 이용한 친환경 흙 건축(전통 한옥) 시험주택 시공
- 2013.05: 충북 증평, 현장발생토-바이오폴리머 직접 혼합을 이용한 절토비탈면 표층보강 시험시공
- 2015.11: 대전 KAIST, KABS™ 바인더를 이용한 친환경 흙 길 조성
- 2016.05: 충남 서산, KABS™ 바인더를 이용한 화강풍화토 비탈면 표층보강 시험시공(한국도로공사)

현장 적용 경험을 토대로 하여, KABS™ 전용 시공 장비 설계 및 제작 중

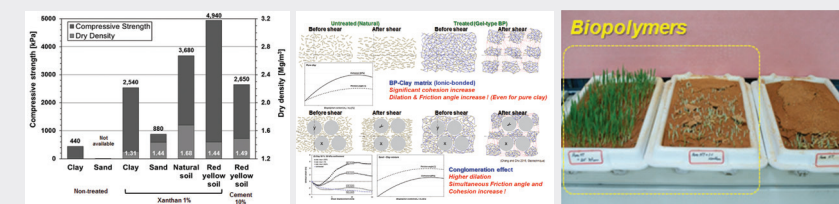


그림 2. 바이오폴리머 처리 흙의 강도 증진 효과(좌), 결합 메커니즘(중), 식생 증진 효과(우)



그림3. 바이오폴리머 기술의 현장 적용

3. 우수성과 및 기대효과

- 총 8편의 SCI급 논문, 11건의 국내외 지적재산권(등록 4건, 출원 5건, 국외출원 2건)을 확보, 2건의 산업체 기술이전(유비이앤씨, 제영이앤씨)을 실시, 한국도로공사, LH공사 등과 적극적으로 실용화 추진
- 국내 친환경 건설 시장은 2015년 19조 5700억원 규모, 성장률 약 16%의 고 성장 산업으로 바이오 폴리머 기술을 통해 1%의 친환경 건설 시장을 점유할 시, 약 2,270억원 규모의 매출(2017년 기준) 기대

| 참고자료 |

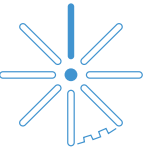
[논문1] Chang, I. Im, J., Prasadhi, A.K., and Cho, G.C., 2015, "Effects of Xanthan gum biopolymer on soil strengthening", Construction and Building Materials, Elsevier, Vol. 74, pp. 65-72.

[논문2] Chang, I., Kharis, P.A., Im, J., Shin, H.D., and Cho, G.C., 2015, "Soil treatment using microbial biopolymers for anti-desertification purposes", Geoderma, Elsevier, Vol. 253-254, pp. 39-47.

37

엑소솜에 실을 수 있는 단백질 약물 전달 기술

바이오 및 뇌공학과
최 철 희



본 연구팀에서는 빛을 이용하여 원하는 생체활성 단백질을 엑소솜에 특이적으로 탑재할 수 있는 'EXPLOR (Exosomes for protein loading via optically reversible protein-protein interaction)' 원천기술을 개발하였다. 엑소솜의 주요 마커인 CD9, CD63, CD81, CD82 등의 tetraspanin과 생체활성 단백질에, 푸른빛에 의해 서로 결합하는 단백질인 CRY2와 CIBN을 각각 융합시켜 푸른빛을 쬔어졌을 때 생체활성 단백질이 엑소솜 안으로 들어갈 수 있도록 개조하였다. 이는 엑소솜을 생산하는 세포에 해당 단백질들을 안정적으로 발현시키고 푸른 빛을 쬔어주는 것만으로도 용이하게 생체활성 단백질이 탑재된 세포외소낭을 대량 생산할 수 있는 기술이다.

1. 연구배경

최근 나노기술의 발전과 더불어 기존 약물들의 부작용을 최소화하고 효능을 극대화하기 위한 신개념의 바이오약물 및 약물전달시스템들이 개발되고 있으며, 이 중 세포 간 신호 전달의 주요한 매개체인 세포외소낭이 그 응용 가능성으로 인해 주목받고 있다. 세포 외소낭은 100~1000nm 크기의 지질이중층으로 둘러 쌓여있는 구형의 물체로서 구조, 생화학적 특성에 따라 다양하게 분류되는데, 50~200nm 크기의 주로 세포막에서 발아되는 미세소포체와 세포 내부의 다소포체에서 유래되는 엑소솜으로 나뉜다. 엑소솜은 세포 내에서 방출되는 안정적인 단백질 운반체로서 쉽게 만들어지고 분리가 용이하기 때문에, 약물전달 측면에 있어서 큰 잠재성을 가지고 있다.

2. 연구내용

본 연구팀에서는 빛을 이용하여 원하는 생체활성 단백질을 엑소솜에 특이적으로 탑재할 수 있는 'EXPLOR (Exosomes for protein loading via optically reversible protein-protein interaction)' 원천기술을 개발하였다. 엑소솜의 주요 마커인 CD9, CD63, CD81, CD82 등의 tetraspanin과 생체활성 단백질에, 푸른빛에 의해 서로 결합하는 단백질인 CRY2와 CIBN을 각각 융합시켜 푸른빛을 쬔어졌을 때 생체활성 단백질이 엑소솜 안으로 들어갈 수 있도록 개조하였다. 이는

엑소솜을 생산하는 세포에 해당 단백질들을 안정적으로 발현시키고 빛을 쬔어주는 것만으로도 용이하게 생체활성 단백질이 탑재된 세포외소낭을 대량 생산 가능하다.

본 연구팀은 빛을 이용하여 치료 표적 단백질이 엑소솜으로 탑재되는지 여부를 확인하기 위하여, 형광 단백질인 mCherry 단백질에 CRY2 단백질을 결합하고, EGFP 단백질에 CIBN 단백질과 CD9 단백질을 결합하여 HEK293T 세포에 발현하였다. 공초점 현미경을 이용하여 푸른 빛 자극을 주었을 때, mCherry 형광 단백질들은 엑소솜의 생성과정 속에 포함되는 엔도솜 (Endosome) 등으로 이동하는 것을 확인하였다. 이를 바탕으로, 연구팀은 460nm LED가 장착된 세포 배양 인큐베이터를 설계하여 세포 배양시 지속적인 푸른빛을 조사하도록 만들었으며, 정량적인 빛의 세기 조절을 통해 20에서 50μW cm⁻² 사이 파워의 460nm LED 조사 조건에서 가장 많은 mCherry 단백질이 엑소솜에 탑재되는 것을 확인함. 본 연구의 EXPLOR 기술에 의한 단백질의 엑소솜 탑재 수율 분석을 위해, luciferase를 엑소솜에 탑재하여 luciferase assay를 통해 그 활성을 측정된 결과, 기존에 알려진 타 기술에 비해 수백 배 가량 더 높은 효율로 탑재됨을 확인함. 또한, EXPLOR 기술을 통해 엑소솜에 탑재된 단백질은 기존 방법에 비해 월등히 높은 효율로 세포내 또는 생체내로 전달됨을 검증하였다.

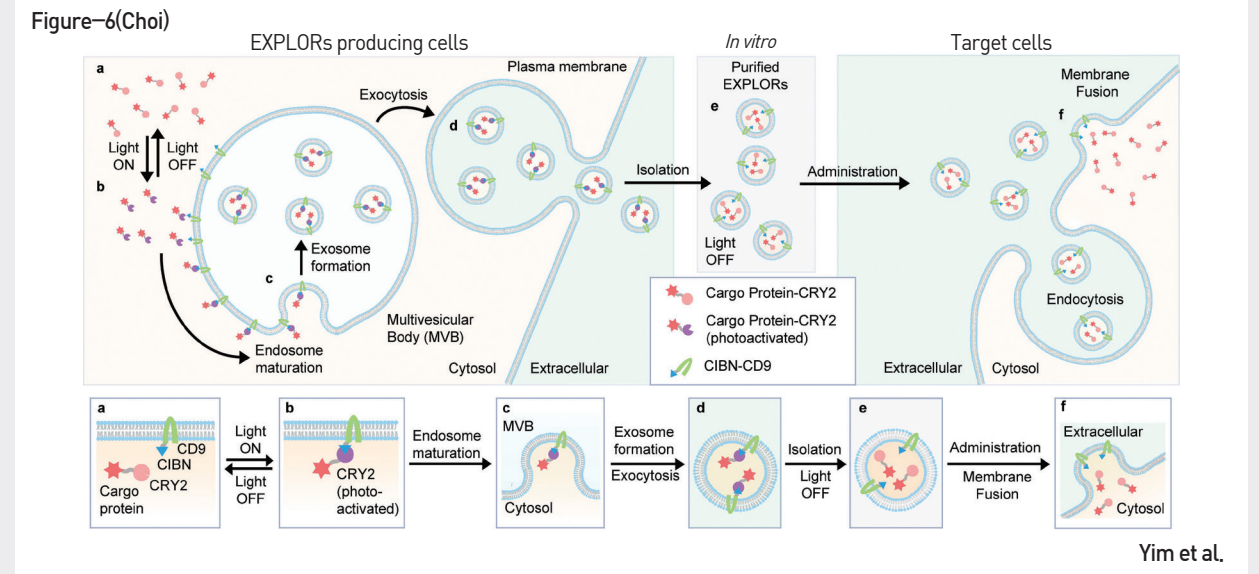


그림 1. EXPLOR 기술의 모식도. EXPLOR 생산 세포 내에서, (a) 수송하고자 하는 타겟 단백질은 CRY2, 그리고 엑소솜 마커 CD9 단백질은 CIBN 단백질과 결합되어 있다. (b) 푸른빛 자극에 의해 CRY2와 CIBN 사이에 가역적인 단백질-단백질 결합이 일어나고, 지속적인 푸른빛 자극은 세포내 타겟 단백질을 세포막의 안쪽 표면 혹은 세포내소낭 (Endosome)의 막 표면으로 유도한다. (c) 그 후 세포내소낭이 성숙하게 되면, 자연스레 다소포체 (Multivesicular bodies)를 형성하고 그 내부에 수송하고자 하는 타겟 단백질이 포함된 엑소솜이 형성 된다. (d) 이 엑소솜은 세포의 외포작용 (Exocytosis)을 통해 방출되며, (e) in vitro 환경에서 쉽게 분리하고 정제해 낼 수 있다. (f) 이후, 분리된 엑소솜을 타겟 세포에 처리하면 세포막 융합 혹은 내포작용 (Endocytosis) 등을 통해 엑소솜 내부의 단백질들을 효율적으로 전달하게 된다.

3. 우수성과 및 기대효과

- KAIST 교원창업기업인 (주)셀렉스라이프사이언스 사에 기술이전 되어 엑소솜 약물 제조 기술의 최적화 및 전, 임상 시험을 위한 개발 단계 중
- 빛을 이용하여 엑소솜 내에 치료 타겟 단백질을 탑재할 수 있는 EXPLOR 기술 개발을 통해 생체내로의 단백질 약물 전달의 한계점 극복
- 재조합 단백질의 분리 및 정제 과정 불필요, 엑소솜 생산 세포에 목적 단백질을 안정적으로 발현, 대량으로 생체활성 단백질이 탑재된 엑소솜 생산 가능. 바이오의약 분야에 획기적인 원천기술이 될 것으로 기대됨

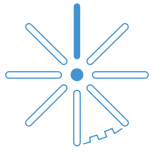
참고자료

[논문1] Yim N, Ryu S-W, Choi K*, Lee KR, Lee S, Choi H, Kim J, Shker MR, Sun W, Park J-H, Kim D, Heo WD, Choi C*. Exosome engineering for efficient intracellular delivery of soluble proteins using optically reversible protein-protein interaction module. Nature Communications, 2016 July 22; 7: 12277 doi: 10.1038/ncomms12277

나노 촉매 핫전자 소자

EEWS 대학원

박 정 영



40

핫전자란 촉매표면의 자유전자가 화학반응 과정에서 에너지를 얻어 여기된 전자를 일컫는 말로 촉매반응 매커니즘을 결정하는 핵심요소로 알려져 있다. 그러나 기술적 한계로 인해 촉매표면에서 순간적으로 발생했다 사라지는 핫전자를 직접 관찰하고 분석하는 데에는 어려움이 있었다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 나노 촉매금속과 반도체를 접합하여 만든 새로운 '나노촉매 핫전자 소자'를 개발하여 상압 및 액상 화학반응 중 촉매표면에서 발생한 핫전자를 실시간으로 검출하는데 성공하였다. 본 제안 기술은 복잡한 촉매반응 매커니즘을 규명하고, 고효율 차세대 촉매물질을 개발하는데 응용 가능하다.

1. 연구배경

촉매는 화학반응에 관여해 반응속도를 조절할 수 있는 물질로, 원유 정제, 플라스틱 합성 등과 같은 다양한 화학산업에서 화학공정의 반응 효율을 높여 작업시간을 줄이고 비용을 낮춰주는 핵심적인 부분이다. 최근에는 청정 동력원으로 떠오른 수소연료전지, 인공광합성 장치 등 차세대 에너지기술 영역에서도 큰 역할이 기대되고 있다. 따라서 학계에서는 고효율 · 저비용 · 친환경 촉매를 개발하기 위해서 촉매반응 매커니즘, 즉, 원자 및 분자적 수준의 표면 화학에너지 전환 과정 규명을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 선행연구들을 통해 전기적 에너지 전환과정에서 발생한 '핫전자'가 화학반응에 영향을 준다는 것이 보고되었으나, 촉매 표면에서 순간적으로 발생하는 핫전자의 수명이 매우 짧아(펨토초, 1000조분의 1초) 이에 대한 적량적인 분석은 기술적 한계로 인해 이뤄지지 못했다.

2. 연구내용

촉매반응 중 발생하는 핫전자의 거동을 확인하려는 기존의 시도들은 상용 화학공정과 다른 고진공 환경에서 고가장비를 이용하여 이루어졌다. 금속 촉매 표면에서 화학에너지에 의해 여기된 핫전자는 전자-전자 산란이나 전자-포논 산란에 의해 매우 빠른 속도로 그 에너지를 잃고 평형상태로 돌아가기 때문이다. 본 연구에서는 나노 촉매금속과 반도체를 접합하여 만든 '나노촉매 핫전자 소자'를 이용하여, 상압 및 액상 촉매반응 중 생성된 핫전자를 직접 검출하는데 성공했다. 이를 위해 '나노촉매 핫전자 소자'의 금속-반도체 접합에서 두 물질의 계면에 형성된 전위 장벽이 핫전자를 검출할 수 있는

필터로 동작하는 원리를 이용했다. 특히 촉매 특성을 가지는 금속을 15 나노미터(1미터의 10억분의 1) 이하의 두께로 반도체 기판에 증착함으로써, 촉매금속 표면에서 화학반응 중 생성된 핫전자가 그 에너지를 잃기 전에 금속-반도체 접합에 형성된 낮은 전위 장벽을 넘어 탐지기 내부의 전기적 신호로 검출되도록 하였다. 이러한 효과로 고진공과 같은 특정 실험 환경이 아닌 촉매가 주로 사용되는 액상 화학반응 환경에서 핫전자를 실시간으로 관찰할 수 있었다. 따라서 금, 은, 백금과 같은 다양한 나노촉매 금속 박막에서 과산화수소가 물과 산소로 분해되는 액상반응이 일어날 때, 생성된 산소 기체를 기체 크로마토그래피로 관찰하는 동시에 핫전자의 전기적 신호를 실시간으로 검출 및 분석함으로써, 화학반응 중 발생한 핫전자와 촉매활성도간의 상관관계를 정량적으로 규명하였다. 뿐만 아니라 나노촉매 금속 박막의 두께와 과산화수소 수용액의 농도를 조절하여 실험한 결과가 과산화수소 환원반응의 반응 매커니즘을 고려하여 계산한 이론값과 일치하는 것을 확인하며, 액상 환경에서의 고체 촉매반응 원리 규명에 초석을 세웠다.

또한 본 연구에서는 나노입자 촉매에서 발생하는 핫전자를 정밀하게 관찰하기 위해 그래핀을 활용하여 새로운 '그래핀 핫전자 검출기'를 선보였다. 금속 박막 촉매와 달리 나노입자 촉매는 크기, 모양과 같은 구조적 인자에 따라 촉매 특성이 쉽게 변할 수 있어, 이에 따라 달라지는 핫전자 거동에 대한 이해가 중요하다. 그러나 박막 형태의 금속촉매로 이루어진 '촉매 핫전자 탐지기'와는 달리 나노입자 촉매에서의 핫전자 검출은 나노입자간의 전기적 연결이 어려워 측정에 한계가

있었다. 이러한 한계를 극복하기 위해 그 두께가 매우 얇고(0.2 나노미터), 전기적 · 열적 · 화학적 특성이 우수한 그래핀을 반도체 박막 위에 코팅한 후, 백금 나노입자 촉매를 이차원 단층으로 배열한 새로운 '그래핀 핫전자 검출기'를 개발, 상압 환경에서의 수소 산화반응 중 백금 나노입자 촉매 (4.5 나노미터) 표면에서 발생한 핫전자를 전기적 신호로 검출할 수 있었다. 온도와 수소분압에 따라 달라지는 핫전자의 검출량이 촉매활성도 변화추이와 동일한 경향을 나타냈으며, 핫전자의 정량적 · 이론적 분석을 통해 수소 산화반응의 메커니즘을 입증하였다. 또한 그래핀이 금속 나노입자 촉매와 반도체 사이의 계면저항을 낮춰, 핫전자의 검출효율을 46% 향상시킬 수 있음을 보였다.

'나노촉매 핫전자 소자'는 상압 및 액상 화학반응 중 촉매 표면에서 발생하는 핫전자를 실시간으로 검출하는 새로운 측정 시스템으로, 핫전자가 촉매반응에 미치는 영향에 대한 직접적인 규명이 가능하다. 특히 고진공과 같은 제한된 실험 환경이 아닌 상압 및 액상 반응 하에서 고가의 장비 없이도 나노 촉매 종류에 따라 달라지는 핫전자의 거동을 가시적으로 관찰할 수 있다. 따라서 향후 고온 · 고압 환경에서 사용되는 촉매에서의 복잡한 화학반응 매커니즘을 분석하고, 고효율 차세대 촉매물질 개발하는 데 응용 가능할 것이다.

3. 우수성과 및 기대효과

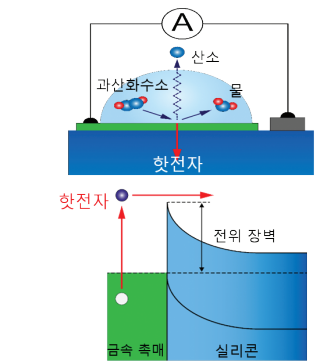
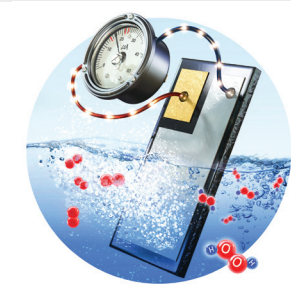
- 참고자료 [논문 1]는 안게반테 케미(Angewandte Chemi International Edition)의 표지(Front cover)논문으로 선정
- 참고자료 [논문 2]는 연구의 우수성을 인정받아 미국진공학회(AVS)의 호프만 장학상 수상
- 참고자료 [논문 1]에 대하여 국내외 언론보도 14회
- 참고자료 [논문 2]에 대하여 국내외 언론보도 16회
- 고온 · 고압 환경에서 사용되는 차세대 촉매물질 개발뿐만 아니라 외부 바이어스를 이용한 스마트한 촉매반응 조절 시스템으로의 응용이 가능할 것으로 기대됨

| 참고자료 |

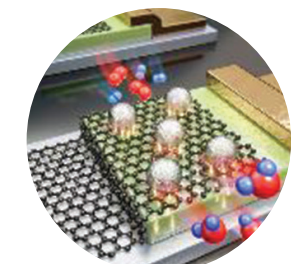
[논문1] Ievgen I. Nedrygailov, Changhwan Lee, Song Yi Moon, Hyosun Lee, and Jeong Young Park*, "Hot Electrons at Solid-Liquid Interfaces: A Large Chemoelectric Effect during the Catalytic Decomposition of Hydrogen Peroxide", Angewandte Chemi International Edition, 55, 10859, (2016) [2015 Impact Factor = 11.709] (Front Cover)

[논문2] H. Lee, I. I. Nedrygailov, Young Keun Lee, Changhwan Lee, Hongkyw Choi, Jin Sik Choi, Choon-Gi Choi, and Jeong Young Park*, "Graphene-Semiconductor Catalytic Nanodiodes for Quantitative Detection of Hot Electrons Induced by a Chemical Reaction", Nano Letters, 16, 1650, (2016) [2015 Impact Factor = 13.997]

41



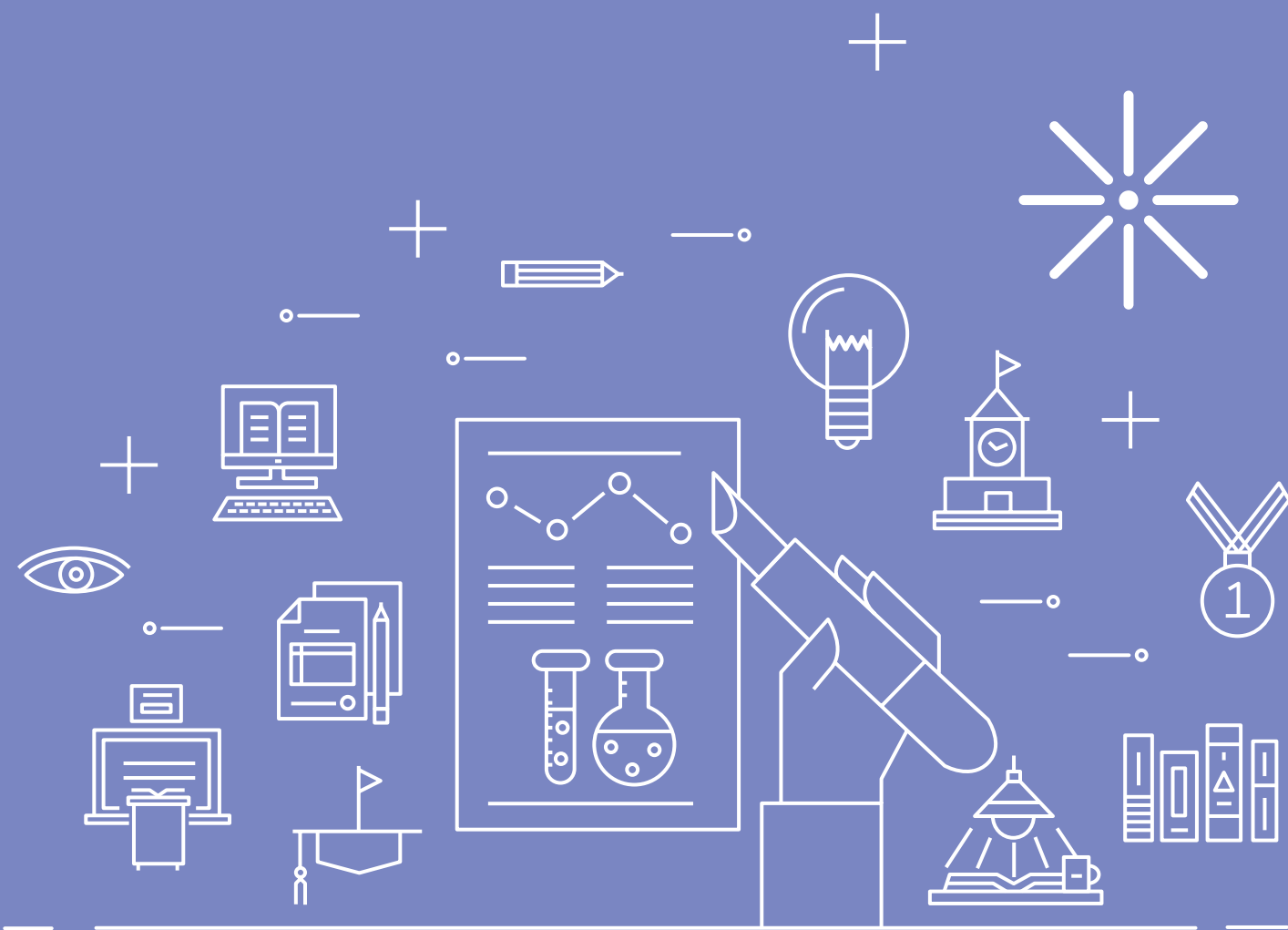
〈액상 화학반응에서의 핫전자 검출 원리〉



〈그래핀 핫전자 검출기 모습〉

그림 1. '나노촉매 핫전자 소자' 및 '그래핀 핫전자 검출기' 모식도

2016 KAIST ANNUAL R&D REPORT



PART 2

2016년 주요 연구성과 RESEARCH HIGHLIGHTS OF 2016

한국 과학기술의 산실인 KAIST는 학계의 화두인 융합 연구의 선두에 서서 다양한 연구를 수행했습니다.
학문간 경계를 넘어 새로운 장을 연 연구를 소개합니다.

교직원과 학생들이 협력하여 밤 낮 없이 일구어낸 연구과정과
학문적인 성과는 새로운 지식과 기술을 창출해내는 가장 중요한 초석이 되었고
세계적으로 훌륭한 연구 성과도 매년 내놓고 있습니다.
다양한 분야에서 우수한 연구 결과를 낸 KAIST의 2016년 연구 성과를 모았습니다.

INFORMATION
TECHNOLOGY IT

44

SDN (Software-Defined Networking) 환경을 위한 보안 검증 방법론 및 도구 (DELTA) 개발

전기 및 전자공학부
이승수 · 윤창호 · 신승원
<http://nss.kaist.ac.kr>

소프트웨어 정의 네트워킹(SDN, Software-Defined Networking)은 기존 네트워크 장비에서 하드웨어 기능과 소프트웨어 기능을 분리한 중앙 집중형 네트워킹 기술로써, 기존 기술을 대체할 차세대 기술로 주목받고 있는 반면, 현재까지 보안성에 대한 검증이 전혀 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 대상 SDN 환경에 자동으로 테스트 요소들을 구축하고 각 요소에 대한 보안 검증을 실시할 수 있는 방법을 최초로 고안하였다. 해당 연구를 통해 개발한 도구는 오픈소스(opensource) 프로젝트로써 공개되었으며, 자세한 연구 내용은 해외 유명 보안 학회지에 논문으로 발표되었다. 본 도구는 SDN을 도입하는 곳 중에서도 특히 보안이 요구되는 곳에서 많은 수요가 있을 것으로 기대된다.

참고자료

[논문1] S. Lee, C. Yoon, C. Lee, S. Shin, P. Porras, V. Yegneswaran, "DELTA: A Security Assessment Framework for Software-Defined Networks" (Accepted at NDSS 2017)
[발표1] C. Yoon, S. Lee, S. Shin. "ATTACKING SDN INFRASTRUCTURE: ARE WE READY FOR THE NEXT-GEN NETWORKING?", Black Hat USA 2016.

INFORMATION
TECHNOLOGY IT

적응형 교육 플랫폼을 위한 머신러닝 알고리즘

전기 및 전자공학부
서창호 교수 · 이강욱 박사
<http://csuh.kaist.ac.kr/>

머신러닝/인공지능 알고리즘이 컴퓨터비전, 음성인식, 로봇틱스 등의 분야에 활용되어 괄목할만한 성과를 거두고 있는 반면, 이를 교육시스템개발에 적용시키고자 하는 연구는 미진해왔다. 본 연구에서는 교육 스타트업 퀴이드와 협업을 통해 수 만명의 학생들부터 수백만 건의 문제 풀이 결과 데이터를 수집하여, 이를 효과적으로 분석하는 머신러닝 알고리즘을 성공적으로 개발/구현하였다. 개발된 머신러닝 알고리즘을 통하여 학생 개개인의 성취도를 정확하게 분석할 수 있게 되었고, 이를 통해 학생들의 문제 풀이 결과 예측 성능을 기존 알고리즘 대비 약 30% 이상 개선시켰다. 개인에 최적화된 맞춤형 교육을 구현하는데 중추 기술 역할을 할 것으로 기대되는 본 연구 결과는 이번 12월 NIPS 워크샵(Machine Learning for Education)에 발표될 예정이다. 또한 본 연구 결과는 교육 스타트업 퀴이드의 상용 어플리케이션에 구현되어 높은 개인화 성능을 보이고 있으며, 이러한 기술적 성과를 기반으로 최근 2016년 9월 “이러닝 에듀테크 창업 비즈모델 공모전” 대상(산업통상자원부 장관상)과 2016년 8월 “네오플라이 차이나 데모데이” 우승을 차지하였다.

참고자료

[논문1] K. Lee, J. Chung, Y. Cha, and C. Suh, "Learning Analytics: Collaborative Filtering or Regression With Experts?", Neural Information Processing Systems (NIPS): Workshop on Machine Learning for Education, Barcelona, Spain, December, 2016.

LTE 데이터 통신망을 활용해 음성통화를 하는 'VoLTE' 기술은 생각보다 쉽게 중간에서 통화내역을 도청하거나, 이동통신망을 무력화시키거나, 무료로 LTE 서비스를 사용할 수 있는 보안 취약점이 있는 것으로 나타났다. 이 연구는 한국 및 미국 총 5개 주요 이동통신사의 VoLTE 취약점을 분석하여, 모든 통신사가 도청, 과금 우회 및 발신번호 조작, 사용자 서비스 거부 공격 등을 가능하게 하는 다양한 취약점을 가지고 있다는 점을 밝혀냈다. 한편, 이 논문을 바탕으로 구글 안드로이드 팀 및 전 세계 이동통신 회사들은 해당 취약점으로 인한 보안 위협을 방지하기 위해 패치를 한 것으로 알려졌다. VoLTE는 재난망(PS-LTE), 철도 제어용 LTE(LTE-R), 해상용 LTE(LTE-M)에도 상용화되기 위한 준비를 하고 있는 만큼 향후 전세계의 이러한 Safety-Critical System 개발에 큰 영향을 끼칠 것으로 판단된다.

참고자료

[발표1] Breaking and Fixing VoLTE: Exploiting Hidden Data Channels and Mis-implementations. Hongil Kim, Dongkwan Kim, Minhee Kwon, Hyungseok Han, Yeongjin Jang, Dongsu Han, Taesoo Kim, and Yongdae Kim. Proceedings of the 22nd ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security. (CCS 2015)
[발표2] Dissecting VoLTE-Exploiting Free Data Channels and Security Problems. Hongil Kim, Dongkwan Kim. 32nd Chaos Communication Congress (CCC 2015)

“빅데이터”가 다양한 산업계의 이슈로 부각되고 있지만 실제 데이터기반의 혁신을 이뤄낸 국내 기업은 드물다. 카이스트 장영재 교수 연구팀과 코오롱 인더스트리는 지난 3년간 “빅데이터 기반 물류 배분 최적화”란 주제로 데이터 분석과 알고리즘을 통한 패션 상품 배분 최적화 연구를 진행하였다. 패션 상품은 판매 기간이 짧고 수요의 변동성이 크기 때문에, 상품을 빠르고 정확하게 매장에 배분하는 것이 중요하다. 하지만 대부분의 국내외 패션 브랜드에서는 매 시즌 수천 종의 제품을 수백 개의 매장에 배분하는 것에 대해 경험 기반으로 의사결정을 내리고 있다. 본 연구진은 ‘매장의 수요에 맞게 효율적으로 패션 상품을 배분하는 시스템’을 개발하였다. 특히, 물류비용을 줄이고 신속하게 배분될 수 있도록 ‘어떤 상품을 어떻게 포장하여 어느 매장으로 얼마나 배분해야 하는지’에 대한 의사결정을 수학적 최적화 알고리즘을 통해 제시하였다. 본 시스템은 실제 코오롱 스포츠 사내 시스템에 구축되어 2015년 가을/겨울 제품부터 적용되었으며, 현재까지 사용 중에 있다. 코오롱 스포츠는 본 시스템이 8~10%의 판매 증가 효과에 기여하였다고 평가하였다. 본 연구는 (1) 산업 현장에서 활용 가능한 시스템을 개발하여 실질적인 임팩트를 주었다는 점, (2) 첨단 산업과 무관한 산업으로 인식되었던 패션 산업에 과학적 의사결정 알고리즘을 도입하여 첨단화 시켰다는 점에서 ‘사회적’ ‘경제적’으로 큰 의의가 있다. 국내 패션업계에서는 빅데이터 성공의 대표적인 사례로 산업계에서는 인식되고 있다.

참고자료

[논문1] Shin Woong Sung, Young Jae Jang, Ju Yeong Lee, Jung Hoon Kim, and Jin Kown Lee, "Business Analytics for Streamlined Assort-Packing and Distribution of Fashion Goods at Kolon Sport," Interfaces (SCI(E)) (Manuscript ID: 019-03-16-OM) - under second round review.
[발표1] Shin Woong Sung and Young Jae Jang, "The Prepack Optimization: A Case Study of a Korean Fashion Retailer," INFORMS Annual Meeting 2015, Philadelphia, U.S., November 1~4, 2015

INFORMATION
TECHNOLOGY IT

45

VoLTE 보안 취약점 분석

전기 및 전자공학부
김홍일 · 김동관(주저자) · 김용대(주지도 교수)
한동수 · 김태수
<http://syssec.kaist.ac.kr>

INFORMATION
TECHNOLOGY IT

빅데이터 기반 패션 상품을 위한 최적 배분 시스템 개발

산업 및 시스템 공학과
장영재 · 성신웅
<http://sdm.kaist.ac.kr>



46

쓸모없는 (junk) DNA에서 나타나는 암 유발인자를 발굴하는 방법 개발

바이오및뇌공학과
 김권일 · 장기원 · 양우진 · 최정균
<http://taehae.kaist.ac.kr>

DNA 중 단백질 정보를 직접 담고 있지 않는 비부호화 영역은 쓰레기(junk) DNA라고 불리우는데, 인간 게놈 프로젝트를 통해 사람의 전체 DNA의 90% 이상은 이러한 junk DNA라는 것이 밝혀져 충격을 주었고, 최근 이들이 중요한 조절 기능을 가지고 있음이 계속해서 보고되어 왔다. 본 연구에서는 다양한 IT 기술을 이용, 복잡한 3차원 DNA 구조에 대한 빅데이터 해독을 통하여 junk DNA에서 발생하는 암 돌연변이가 단백질 정보를 담고 있는 부분과 상호작용함으로써 암의 유발인자가 될 수 있음을 발견하였다. 더 나아가 인공지능 기술을 적용하여 암 환자의 돌연변이의 대다수가 나타나고 있는 junk DNA에서 중요한 발암인자를 찾는 정보해독 시스템을 개발함으로써, 최근 고조되고 있는 암 정밀의료의 수요를 충족하는데 중요한 기여를 할 것으로 기대된다.

참고자료
 [논문] Chromatin structure-based prediction of recurrent noncoding mutations in cancer. Nature Genetics (published online) – 2016 impact factor = 31.6
 [특허] 단백질을 변화시키지 않는 암 돌연변이의 기능적 recurrence를 구하는 방법 및 장치



새로운 희박 샘플링 방식에 기초한 저선량 Computed Tomography 기술 개발

원자력 및 양자공학과
 조승룡
<http://mirlab.kaist.ac.kr>

X선의 잠재적 위험성 때문에 단층촬영(CT)에 있어서 환자 피폭 선량을 저감하기 위한 방법이 중요한 이슈로 부각되었다. 주요 의료영상기기 산업체 및 학계의 연구 · 개발 동향은 X선원의 관전류를 낮추어 낮은 광량을 조사(expose)하는 방식인데, 이로부터 유발되는 X선 투사 데이터의 노이즈 증가 문제를 풀기 위해 다각도로 노력하고 있다. 본 연구에서는 이와 차별화된 새로운 저선량 CT 스캔 방식에 대한 방법을 최초로 제안 하고 실험적으로 가능성을 보는데 성공하였다. X선원의 관전류를 낮추지 않고, 투사 데이터 샘플링을 희박하게 함으로써 기존 패러다임과 다른 영역에서 저선량 CT 영상화를 이룰 수 있는 기술적 토대를 마련하였다. 본 개발 기술은 기존 방식 대비 산란 저감 및 화질 개선, 그리고 한 번의 스캔에서 이중에너지 데이터 확보 가능 등의 추가 장점 들이 있어서 더욱 기대가 크다.

참고자료
 [논문1] Taewon Lee, Changwoo Lee, Jongduk Baek, and Seungryong Cho, "Moving beam-blocker-based low-dose cone-beam CT", IEEE Trans. Nucl. Sci., 63, 2540–2549, 2016. (Top journal in nuclear engineering)
 [논문2] Sajid Abbas, Taewon Lee, Suhyong Shin, Rena Lee, and Seungryong Cho, "Effects of sparse sampling schemes on image quality in low-dose computed tomography", Med. Phys., 40, 111915, 2013. (Top journal in medical imaging)

외래 균주의 대사회로 도입 및 컴퓨터 시뮬레이션에 기반을 둔 세포 대사흐름 최적화, 효소 공학 기술이 복합적으로 적용된 시스템 대사공학 전략을 통해 대표적인 의료용 바이오플라스틱인 폴리락테이트-co-글라이콜레이트 (PLGA)를 생산할 수 있는 미생물을 세계 최초로 개발하였다. 기존의 복잡한 화학 공정에 비해 단순화된 원스텝 발효 공정 과정이며, 비식용 바이오매스 유래 탄소원인 목당과 포도당을 원료로 이용하는 지속 가능하고 친환경적인 생산이 가능해졌다.

참고자료
 [논문1] Choi, S.Y., Park, S.J., Kim, W.J., Yang, J.E., Lee, H., Shin, J., and Lee, S.Y. "One-step fermentative production of poly(lactate-co-glycolate) from carbohydrates in Escherichia coli", Nature Biotechnol. 34(4): 435–440 (2016) [IF : 43.113]
 [특허1] Recombinant Microorganism Having Ability Producing Poly(lactate-co-glycolate) and Its Copolymers from Xylose and Preparing Method of Poly(lactate-co-glycolate) and its copolymers Using Thereof (Application number: KR 10-2016-0010549)

유전정보가 담겨있는 유전체를 안정적으로 유지하는 과정은 생명체의 생존에 필수적인 과정이다. 사람의 경우, 유전정보의 이상은 암을 포함한 다양한 질환의 원인이 된다. 본 연구는 기존에 '세포 성장조절'에 중요하다고 알려진 Tctp (Translationally controlled tumor protein) 단백질이 예상치 못한 방식으로 유전체 구조를 안정화 시키는데 핵심적인 역할을 하고 있음을 처음으로 밝혀내었다. Tctp 단백질은 세포핵 안에서 유전체 구조를 열어주는 브라마 단백질 (Brahma)의 기능을 억제한다. 또한, Tctp는 유전체의 heterochromatin 구조 형성에 필수적인 후생유전학적 변화 (히스톤 메틸화)를 조절하는 방식으로 유전체 구조를 안정화 시킨다. 본 연구는 유전체 안정화 과정 및 암과의 관련성에 대한 이해를 높이는 데 중요한 기반 지식을 제공한다.

참고자료
 [논문 1] Hong ST, Choi KW, "Antagonistic roles of Drosophila Tctp and Brahma in chromatin remodelling and stabilizing repeated sequences.", Nature communications 7, 12988, 2016. [2015 Impact factor = 11.329].
 [논문 2] Hong ST, Choi KW, "TCTP directly regulates ATM activity to control genome stability and organ development in Drosophila melanogaster.", Nature communications 4, 2986, 2013. [2013 Impact factor = 10.742].



47

미생물로부터 친환경 의료용 바이오플라스틱 PLGA 생산 기술 개발

생명화학공학과
 최소영(박사과정생) · 이상엽(특훈 교수)
<http://mbel.kaist.ac.kr>



유전체의 안정성 보존과정 규명

생명과학과
 홍성태 · 최광욱
<http://bs.kaist.ac.kr/~kchoi/>

ENERGY
TECHNOLOGY

ET

48

웨어러블한 부착형 차세대 태양전지용 고분자 신소재개발

생명화학공학과

김범준

<http://pnel.kaist.ac.kr>

차세대 태양전지는 휴대용, 웨어러블한 전자소자에 전원형태로 꼭 필요하다. 유기태양전지는 신문을 인쇄하듯 간단한 공정으로 저렴하게 만들 수 있고, 유연하고 가벼워 차세대 플렉서블 태양전지로 가능성을 인정받고 있지만, 실제로 기존 유기태양전지는 풀러렌이란 구성 물질 때문에 기계적 내구성이 약해 상용화가 어려웠다. 본 연구실에서는 휴대용 웨어러블한 태양전지 개발을 위한 기계적 성질이 매우 우수하면서도 전도성이 높은 n형 고분자를 개발하였다. 이를 통해 소자의 내구성을 기존 대비 470배 향상시키면서 동시에 세계최고 수준의 효율도 달성하였다. 본 제안 기술은 스마트 워치, 전자 섬유 등 차세대 전자 소자의 전력 구동원으로 사용되어 플렉서블 및 웨어러블 휴대용 소자 구현을 획기적으로 앞당길 수 있을 것으로 평가된다.

참고자료

[논문1] H. Kang, B. J. Kim* et al. "From Fullerene-Polymer to All-Polymer Solar Cells: The Importance of Molecular Packing, Orientation, and Morphology Control", Accounts of Chemical Research 49, 2424-2434 (2016) [2015 Impact Factor = 22.003].

[논문2] J. Oh, B. J. Kim* et al. "Side Chain Fluorination: An Effective Approach to Achieving High Performance All Polymer Solar Cells with Efficiency Exceeding 7%", Advanced Materials DOI: 10.1002/adma.201602298 (2016) [2015 Impact Factor = 18.960].

ENERGY
TECHNOLOGY

ET

초경량 복합소재 연료전지 분리판 개발

기계공학과

이동영 · 이대길

<http://scs.kaist.ac.kr>

연료전지는 수소와 산소를 연료로 전기를 얻을 수 있는 친환경 에너지원이다. 분리판은 연료전지 전체 무게의 80%를 차지하는 핵심 부품으로, 기계적 지지, 전기 전도, 연료 분배를 통해 연료전지의 성능에 큰 영향을 미친다. 하지만 기존에 사용되던 흑연 분리판은 기계 강도가 낮아 두껍게 제작되었고, 이는 연료전지의 경량화에 걸림돌이 되었다. 본 연구에서는 세계 최초로 복합소재 표면에 탄소섬유를 드러내는 제작 방법을 개발하여 기존의 흑연 분리판을 상회하는 성능을 갖는 초경량 분리판을 개발하였다. 본 제안 기술은 경량 연료전지 분리판의 상용화 및 탄소 복합소재의 차세대 제조 방법으로 각광 받을 것으로 기대된다.

참고자료

[논문 1] Dongyoung Lee, and Dai Gil Lee, "Carbon Composite Bipolar Plate for High Temperature Proton Exchange Membrane Fuel Cell", Journal of Power Sources, Vol 327, Pages 119-126, September 2016 [2015 Impact factor = 6.333]

[논문 2] Dongyoung Lee, Jun Woo Lim, Soohyun Nam, Ilbeom Choi, and Dai Gil Lee, "Gasket-Integrated Carbon/Silicone Elastomer Composite Bipolar Plate for High-Temperature PEMFC", Composite Structures, Vol. 128, Pages 284-290, September 2015 [Top Journal in Mechanical Engineering by Google Scholar Metrics & 2015 Impact factor = 3.853]

친환경 에너지 변환 소자인 연료전지 및 태양전지에서 원자레벨의 결함 조절과 나노 사이즈의 구조 변화를 통해 에너지 변환 효율을 향상시키고자 하는 다양한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 고분해능 전자현미경과 임피던스 분광법을 활용하여 수소이온 전도 고체산화물 연료전지에서 발생하는 수소이온 고착 현상을 감소에 있어 결함의 중요한 역할을 증명하는데 성공하였고, 또한 이러한 원자수준의 직접 관찰은 태양전지의 에너지 변환효율을 향상시키는 기본 아이디어를 제공하는데 도움을 주었다. 원자단위에서의 화학반응과 물리구조 조절에 대한 본 연구에서의 결과들은 높은 에너지 변환 효율을 지닌 새로운 연료전지 및 태양전지 개발을 위한 기초 기술로 자리매김 할 것으로 예상된다.

참고자료

[논문1] H.-S. Kim, A. Jang, S.-Y. Choi, W. Jung, and S.-Y. Chung*, "Vacancy-Induced Electronic Structure Variation of Acceptors and Correlation with Proton Conduction in Perovskite Oxides," Angewandte Chemie International Edition 55, 13499-13503 (2016).

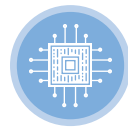
[논문2] J. H. Kim, S.-Y. Choi, M. Choi, T. Gershon, Y. S. Lee, W. Wang, B. Shin, and S.-Y. Chung*, "Atomic-scale Observation of Oxygen Substitution and Its Correlation with Hole-Transport Barriers in Cu₂ZnSnSe₄ Thin-Film Solar Cells," Advanced Energy Materials 6, 1501902 (2016).

본 연구팀에서 2010년 세계 최초로 개발했던 그래핀 산화물 메모리스터 소자는 차세대 플렉서블 비휘발성 메모리로 주목을 받아왔다. 하지만 그동안 나노미터 스케일 박막에서 일어나는 메모리스터 소자 동작 메커니즘 규명에는 많은 어려움이 있었다. 본 연구에서는 저전압 수차보정 전자투과현미경을 이용하여 그래핀 산화물 박막 내에서의 산소 이온 이동을 직접 관측하였으며, 이를 통하여 그래핀 산화물 기반 메모리스터의 동작 메커니즘을 명확히 규명하였다. 본 연구는 실용적 비휘발성 메모리 소자개발에 대한 솔루션 뿐만 아니라 플렉서블 비휘발성 메모리를 필요로 하는 사물인터넷, 웨어러블 전자 같은 신 시장에 있어서 새로운 솔루션 개발의 기반을 제공할 것이라 기대한다.

참고자료

[논문1] S. Kim, J. Y. Kim, S.-Y. Choi*, J. Y. Lee*, and H. Y. Jeong*, "Direct Observation of Conducting Nanofilaments in Graphene-Oxide Resistive Switching Memory", Advanced Functional Materials 25, 6710-6715 (2015) [2016 Impact Factor = 11.382].

[논문2] S. Kim, J. Y. Kim, B. C. Jang, M. S. Cho, S.-Y. Choi*, J. Y. Lee*, and H. Y. Jeong*, "Conductive Graphitic Channel in Graphene Oxide-Based Memristive Devices", Advanced Functional Materials 26, 7406 (2016) [2016 Impact Factor = 11.382].

NANO
TECHNOLOGY

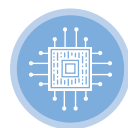
NT

49

원자레벨 조절을 통한 에너지 변환 효율 극대화

EEWSD대학원

정성윤

<http://sites.google.com/site/atomicscaledefects>
NANO
TECHNOLOGY

NT

그래핀 산화물 메모리스터 동작 메커니즘 규명

전기및전자공학부 · 신소재공학과

최성윤 · 이정용

<http://mndl.kaist.ac.kr>



3차원 그래핀 기반 평판 스피커 개발

전기 및 전자공학과
최정우 · 조병진 · 김상욱
<http://sound.kaist.ac.kr>

기존의 다이내믹 스피커들은 부피가 크며 무겁고 유연하지 못해 배치 장소에 한계가 있다. 본 연구에서는 그래핀으로 이루어진 삼차원 그래핀 에어로젤 구조를 열음향 스피커에 적용시킴으로써, 그래핀의 매우 작은 열용량은 유지하면서, 기판으로의 열 손실은 최소화된 삼차원 그래핀 열음향 스피커를 개발하고, 최적의 효율로 소리를 발생시키기 위한 조건 및 구조를 이론적, 실험적으로 규명하였다. 본 제안 기술은 얇고 가벼운 차세대 스피커 개발에 있어서 새로운 대안으로 대두될 것으로 기대된다.

참고자료
[논문1] C. S. Kim, S. K. Hong, J.-M. Lee, D.-S. Kang, B. J. Cho, and J.-W. Choi*, "Free-Standing Graphene Thermophone on a Polymer-Mesh Substrate", Small 2, 185-189 (2016) [2016 Impact Factor = 8.315].
[논문2] C. S. Kim, K. E. Lee, J.-M. Lee, S. O. Kim, B. J. Cho, and J.-W. Choi*, "Application of N-Doped Three-Dimensional Reduced Graphene Oxide Aerogel to Thin Film Loudspeaker", ACS Applied Materials & Interfaces, 8, 22295-22300 (2016) [2016 Impact Factor = 7.145].



초고속, 초저전력 비휘발성 자성메모리 기술 개발

신소재공학과
박병국
<http://nanospin.kaist.ac.kr>

자성메모리는 자성체 박막으로 이루어져 외부 전원 공급이 없는 상태에서 정보를 유지할 수 있는 비휘발성 특성을 가져 차세대 저전력 반도체 소자로 개발되고 있으나, 현재 기술로는 동작속도와 집적도를 동시에 높이는데 한계가 있다. 특히 최근 초고속 자성메모리 동작기술로 개발된 스핀궤도토크의 경우는 소자 동작을 위해 필요한 외부 자기장 인가가 소자 집적도를 크게 제한한다. 본 연구에서는 반강자성 소재를 도입하여 반강자성/강자성 계면의 교환결합에서 발생하는 유효자기장으로 외부자기장을 대체 하는 소재기술을 개발하였고, 그 결과 고속 동작 및 고집적이 동시에 가능한 스핀궤도 토크 자성메모리를 가능하게 하였다.

참고자료
[논문1] Y.-W.Oh, S.H.C.Baek, Y.-M.Kim, H.Y.Lee, K.-D. Lee, C.G.Yang, E.S.Park, K.S.Lee, K.W.Kim, G.Go, J.-R.Jeong, B.-C.Min, H.-W.Lee, K.-J.Lee, B.-G.Park*, "Field-free switching of perpendicular magnetization through spin-orbit torque in antiferromagnet/ferromagnet/oxide structures" Nature Nanotechnology, 11, 878 (2016) [IF=35.267]



매트로이드와 방향성이 있는 매트로이드의 교차

수리과학과
Andreas Holmsen
mathsci.kaist.ac.kr/~andreash/

1982년에 발표된 Colorful Caratheodory theorem은 조합적 볼록성에 대한 결과이며, 현대 이산기하학 발전에 기초가 되어왔다. 이 정리의 순수조합적인 일반화로 oriented matroid에 대한 유사정리가 성립할 것이라는 추측이 있었으며, 우리는 이 추측이 사실임을 증명했다. 특히, 우리는 colorful Caratheodory theorem이 matroid와 oriented matroid가 교차할 때에 대한 정리인 matroid intersection theorem의 특수한 경우임을 증명하였다.

참고자료
[논문1] A. Holmsen, "The intersection of a matroid and an oriented matroid", Advances in Mathematics 290, 1-14, (2016) [2015 Impact Factor = 1.405].

초미세먼지가 건강에 유해하다는 것은 이미 많은 환경역학연구에서 밝혀진 바 있다. 최근 초미세먼지의 화학구성이 초미세먼지의 독성을 결정한다는 가설에 관심이 모아 지고 있으나, 이에 대한 계량적 연구 결과는 거의 없다. 따라서 본 연구에서는 미국 동부지역의 메디케어 가입자(65세 이상, 약 1200만 명)를 모집단으로 하여, 2000년부터 2006년까지 그들의 사망관련 자료와, 거주지역의 초미세먼지 및 그 화학구성 성분의 일별 측정 자료를 연결 분석하여, 초미세먼지의 만성적 유해성이 지역마다 어떤 차이를 보이는지 밝히고, 화학구성성분이 유해성을 어떻게 변화시키는지를 고찰 하였다. 주요 결과로는 초미세먼지의 장기적 총 농도가 지역의 평균수준일 때, 초미세 먼지 화학구성성분 중, EC, Si, NO3- 의 농도가 1-표준편차 높은 지역에서 사망률의 증가는 각각 1.3%, 1.4%, 1.2%였다. [95% 신뢰구간: (0.3, 2.2), (0.6, 2.4), (0.4, 2.1)] 또한 초미세먼지의 독성은 SO42- 과 Na의 농도가 높은 지역에서 강해진다는 결과를 얻었다.

참고자료
[논문1] Chung, Y., Dominici, F., Wang, Yun., Coull, B.A., Bell, M. (2015) Associations between Long-Term Exposure to Chemical Constituents of Fine Particulate Matter (PM2.5) and Mortality in Medicare Enrollees in the Eastern United States. Environmental Health Perspective, 123(5):467-474, (SCI, IF=7.977)

테마파크는 한 지역의 특색을 나타내는 문화 콘텐츠이며 큰 원시투자로 인해 만들어 지는 관광요소이다. 과열 경쟁 양상과 재 방문력이 낮은 테마파크 시장에서는 성공 사례를 기반으로 한 디자인이 성공할 가능성이 높아진다. 본 연구에서는 환경적 및 문화적 서비스 identity를 정량화 하여 설계 및 평가 관리가 가능한 사례기반 추론 시스템이 1차 개발되었다. 테마파크의 servicescape를 정량적으로 대표하는 틀을 문헌조사를 바탕으로 설계하고 성공사례인 디즈니랜드 현장 조사 자료에 대한 데이터 색인 방법을 개발하였다. 마지막으로 servicescape 설계 프로그램의 prototype을 개발하였다. 본 제안 시스템은 테마파크를 새롭게 기획하거나 변경할 때 실용적인 활용이 가능하여 추후에는 특정 문화에 맞춤형 테마파크 설계가 기대된다.

참고자료
[논문1] Hyun, K.-H., Min, A., Kim, S.-J., & Lee, J.-H.* (2016). Investigating cultural uniqueness in theme parks through finding relationships between visual integration of visitor traffics and capacity of service facilities, International Journal of Architectural Computing 14(3), 247-254, SCOPUS, [2015 SJR (SCImago Journal Rank) Score: 0.209].
[논문2] Min, D.A., Hyun, K.-H., Kim, S.-J., & Lee, J.-H. (2017). A rule based servicescape design support system using representative cases of theme parks, Advanced Engineering Informatics (revision), [SCIE (IF=2.000)].



미국 동부지역의 메디케어 가입자 사망자료 분석을 통한 초미세먼지의 화학구성성분과 초미세먼지의 만성적 독성과의 관련성 연구

수리과학과
정연승



테마공간을 구성하는 환경 및 서비스 디자인 요소를 설계, 평가 및 관리하기 위한 사례기반 추론시스템 개발

문화기술대학원
이지현
<http://ibd.kaist.ac.kr/>



OTHERS

변환광학을 이용한 속삭임의 회랑 모드 설계

 기계공학과
 민범기 · 김유신
 <http://photonics.kaist.ac.kr>

회전 대칭성이 있는 유전체 공진기에서, 속삭임의 회랑 모드는 빛의 내부 전반사에 의해 형성된다. 속삭임의 회랑 모드의 높은 품질값은 큰 장점이지만, 회전 대칭으로 인한 빛의 등방성 방출은 지향성 광원이 필요한 응용 분야에서 심각한 단점이 될 수 있다. 본 연구에서는 변환 광학을 사용하여 유전체 공진기의 광학 모드 특성, 예를 들어 품질값과 방출 방향성을 자유롭게 설계할 수 있음을 보였다. 특히, 지향성 광학 공진기에서 관찰되는 필연적 품질값 감소의 문제를 변환된 유전체 공진기에서 속삭임의 회랑 모드를 복원함으로써 해결할 수 있음을 보였다. 변형된 정도가 커다란 공진기에서도 복원된 속삭임의 회랑모드는 높은 품질값을 유지함과 동시에 높은 광 방출 지향성을 가짐을 보였으며, 적절한 변환을 선택함으로써 단방향 WGM을 구현하는 것도 가능함을 보였다.

참고자료

[논문1] Y. Kim, S.-Y. Lee, J.-W. Ryu, I. Kim, J.-H. Han, H.-S. Tae, M. Choi*, and B. Min*, "Designing whispering gallery modes via transformation optics", Nature Photonics 10, 647-652 (2016) [2015 Impact Factor = 31.167].



OTHERS

구조물 안전성 향상을 위한 가속도계 및 GPS-RTK 융합을 통한 구조물 6자유도 동적거동 정밀계측(변위오차 2mm급) 시스템 개발

 건설 및 환경공학과
 손훈
 <http://web.kaist.ac.kr/~sohnhoon/>

기존 구조물 동적변위 계측에 사용되는 GPS-RTK 기술은 수직변위 정밀도가 5~7cm 로 낮고 고가이다. 본 연구에서는 정밀 3축 가속도계와 저가 GPS-RTK를 이단계 칼만필터로 융합하여 구조물 6자유도 변위, 속도, 가속도 및 각변위를 변위기준 2mm 이하의 오차와 100Hz 급의 샘플주파수로 정밀 계측 가능한 세계 최초/최고 수준 구조물 동적거동 모니터링 시스템을 개발했다. 이를 바탕으로 3건의 SCI 논문 및 1건의 국내논문을 게재하였고, 2건의 특허(1건 출원완료 및 1건 12월 출원예정) 및 3건의 기술이전(2.2억 징수완료 및 12월중 1.1억 추가 계약 계획)성과를 달성하였다. 또한 영종대교, 이순신대교, 중국 Xihoumen교에서의 현장실험을 통해 제안기술의 우수성을 검증하였으며 국내외 시장개척을 통한 상용화를 추진 중이다. 본 기술은 구조물 안전진단에 핵심인 변위를 정밀하게 계측함으로써 사회기반시설 및 건설 구조물 건전성 모니터링, 정밀시공, 내하력 평가의 정확성을 향상 시키고 검사의 신뢰성을 높일 수 있으며 구조물의 안전도를 제고할 수 있다.

참고자료

[논문1] Kiyoung Kim, Jaemook Choi, Gunhee Koo and Hoon Sohn, "Dynamic displacement estimation by fusing biased high-sampling rate acceleration and low-sampling rate displacement measurements using two-stage Kalman estimator," Smart Structures and Systems, Vol. 17(4), pp. 647-667, 2016, (Impact factor: 1.138)

[논문2] Junhee Kim, Kiyoung Kim, Hoon Sohn, "Autonomous dynamic displacement estimation from data fusion of acceleration and intermittent displacement measurements," Mechanical Systems and Signal Processing, Vol. 42(1-2), pp. 194-205, 2014, (Impact factor: 2.771) (Most downloaded: over 15,000 downloads)

비선형 슈레딩거 시스템의 연구에서 최근까지의 가장 많은 연구가 이루어진 문제 중 하나는 개체 간에 서로 밀어내는(또는 당기는) 힘이 작용하고 그 힘이 아주 큰 경우에 대하여 연구되어 왔다. 서로 밀어내는 경우 각 개체는 서로 독립된 영역을 확보하고 궁극적으로 그 영역에서만 존재하는 영역 분리 현상이 나타나는 것이 잘 알려져 있다. 본 연구에서는 개체 간에 밀고 당기는 힘이 혼재되어 있고 그 힘이 아주 큰 경우 세 개의 성분을 가진 비선형 슈레딩거 시스템을 연구하였다. 이때 이제까지의 연구에서는 볼 수 없었던 새로운 형태의 패턴이 나타남을 최초로 규명하였다. 구체적으로 미는 힘이 작용하는 하나의 성분만 살아남고 힘이 세 질수록 당기는 힘이 작용하는 두 성분은 영으로 수렴함을 보였다. 두 성분이 0으로 수렴하지만 에너지는 한 점 근처에 집중되고 그 점은 영역의 경계로 이동하는데 그 최종 지향점을 밝혀내었다. 이 연구는 앞으로 이 분야연구의 새로운 방향을 제시하는 결과로 주목받고 있다.

참고자료

[논문1] Jaeyoung Byeon, Yohei Sato, Zhi-Qiang Wang, Pattern formation via mixed attractive and repulsive interactions for nonlinear Schrödinger systems, Journal de Mathematiques Pures et Appliquees, 106(2016), 477-511

메탄가스는 탄소와 수소로만 이루어진 단순하지만 결합의 강도가 매우 강하고 안정적인 탄화수소로 화학적 활용은 오랜 난제 중의 하나였다. 기존 메탄가스의 탄소-수소 결합 활성화 반응을 위해서는 결합을 끊기 위한 강한 친전자체 또는 강산화제가 필요했으며, 비용적으로나 환경적으로나 문제점이 있었다. 또한 낮은 화학선택성이라는 화학적 활용이 힘든 문제가 있었다. 본 연구는 이리듐 촉매를 활용한 메탄가스의 탄소-수소 결합 활성 분산화 촉매 반응으로 기존의 메탄가스의 활용 방법들의 문제점들을 효과적으로 개선하였다. 낮은 화학선택성과 낮은 수득률을 가진 기존 연구와 비교하여 높은 화학선택성을 가진 탄소-수소 결합 활성화를 52%의 높은 생산율로 보여주는 분산화 촉매반응을 제안하였다. 본 연구진은 밀도범함수 계산을 통해 반응 기작과 가능성 있는 촉매를 예측하고 분석했다. 계산화학을 통해 제안된 촉매반응을 미국 연구진(Prof. Daniel J. Mindiola, Prof. Milton R. Smith III)은 완성도 높은 실험을 진행했고 예측에 따라 연구진은 메탄가스의 탄소-수소 결합을 활성화시키는데 성공했다. 이번 연구는 화학계의 오랜 난제였던 메탄가스의 탄소-수소 결합 활성 분산화 촉매 반응을 성공시킨 첫 사례다. 또한 세계적으로 큰 이슈가 되고 있는 차세대 에너지원으로 메탄가스의 활용도를 높이고 원유를 대체할 가능성을 확인했다.

참고자료

[논문1] "Catalytic Borylation of Methane" Kyle T. Smith, Simon Berritt, Mariano Gonzalez, Seihwan Ahn, Milton R. Smith III, Mu-Hyun Baik and Daniel J. Mindiola, Science 2016, 351, 1424-1427 [2015 Impact Factor = 33.611].



OTHERS

밀고 당기는 복합적인 힘이 작용하는 비선형 슈레딩거 시스템에서의 패턴 형성과 그 분석

 수리공학과
 변재형
 http://mathsci.kaist.ac.kr/ko/people/professor_view.php?id=byeon&key=professor



OTHERS

메탄가스의 분산화 촉매 반응 개발

 화학과
 백무현
 <http://baik-laboratory.com>

KAIST

COMPETITIVE EDGE

국가 경쟁력 강화를 위한 교육개혁 선도

교육선진화를 추진하여 국가 발전을 선도하는 인재 양성 및 배출
교원 연구 활동을 확장 지원하여 세계 일류 수준의 학문적 수월성 성취
국제화에 부응한 교과 과정 재편성

연구 활성화 및 효율성 제고

기초 분야의 연구 기반 강화
대학원 교육과 연계
복합 기술 개발을 위한 산·학·연 협동 강화
IT·NT·BT 등 학제 간 복합연구 수행
중장기 연구 과제 수행 활성화

산학협동을 통한 4차 산업혁명 대응 국가경쟁력 강화

신기술 창업 지원을 통한 벤처의 산실 역할
산업체 기술 지도 및 기술 지원

