

**KAIST**  
2014 ANNUAL R&D REPORT

**KAIST**

**2014 ANNUAL R&D REPORT**  
KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

2014년을 빛낸 연구성과

**KAIST**

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동 373-1) 305-701  
TEL. 042-350-2114 / FAX. 042-350-2210(2220) / [www.kaist.ac.kr](http://www.kaist.ac.kr)

**KAIST**

## CONTENTS >>

04 발간사 08 비전 10 예산 및 지원 현황 12 연구성과 통계자료

### KAIST 10대 우수성과

- 18 초고해상도 광초점을 형성하는 산란 수퍼렌즈
- 20 비선형 슈레딩거 방정식의 다중요철해의 구성을 위한 극한문제의 비퇴화성에 의존하지 않는 변분법의 개발
- 22 면역수용체 LBP의 구조를 밝히다
- 24 줄기세포의 성장을 조절하는 단백질
- 26 초임계 이산화탄소 냉각 초소형 모듈원자로
- 28 발전소의 대량배출 가스로 전기를 만들다
- 30 인체내에서 자가발전되는 인공심장 박동기
- 32 고화질로 동영상을 압축하는 기술
- 34 체온으로 전기를 생산하는 소자
- 36 암과 관련된 유전자를 찾아내는 검색툴, 온코서치

### KAIST 단과대학 추천 우수성과

- 40 고령자를 위한 생체신호 기반 능동 상지 보조기
- 41 나선형 나노구조체 제조 원천기술 개발
- 42 기억저장 신경세포 직접 자극에 의한 기억발현, 변형 유도 최초 규명
- 43 빛으로 수선되는 웨어러블 전기 도전체
- 44 곤충큐티클 자가 힐링의 화학적 기작 규명
- 45 해파리 퇴치용 다개체 로봇 시범 서비스 성공적 수행
- 46 Black-out 대비 세계최고 에너지 밀도 나트륨 이차전지 물질 개발 및 원자수준 규명
- 48 IT융합 신기술 개발을 통한 생체 신호전달 네트워크의 핵심원리 최초 규명 및 제어
- 50 나뭇프로젝트 5차 상품: 형태변화조명 "딜라이트"

### KAIST 주요 연구성과

- 54 세계 최장거리 무선전력 전송에 의한 미래원전 계측 및 원격 모바일 충전 기술개발
- 54 인터랙션 인지형 모바일 센싱 플랫폼과 애플리케이션에 대한 연구 및 언어지체 아동을 위한 가족 대화 유도 서비스 사례
- 55 내시경 속 현미경 개발
- 55 반도체 나노막대 양자구조를 이용한 비선형 '광자 다이오드' 개발
- 56 시스템 대사공학을 통한 L-아르지닌 과생산 균주개발
- 56 시냅스접착단백질(LAR-RPTP/Slitrk) 구조연구를 통한 시냅스형성 메커니즘 규명
- 57 나노미터수준의 세포코팅을 이용한 세포분열 및 거동제어

# KAIST

KOREA ADVANCED INSTITUTE OF  
SCIENCE AND TECHNOLOGY

창의와 도전

KAIST의 핵심가치입니다

## Message from President

올해는 KAIST가 1만번째 박사를 배출한 뜻깊은 해입니다. 1978년 처음으로 박사를 배출한 이래, KAIST를 졸업한 1만명의 박사들은 세계 속에서 활동하며 놀라운 성과를 만들어 왔습니다.

더불어 KAIST의 연구가 세계를 선도하고 있음을 다시 한번 확인한 해이기도 합니다. 우리 학교 전기및전자공학부 조병진 교수님의 연구가 유네스코 선정 10대 기술에서 대상을 차지하는 쾌거를 이뤘습니다. 매년 세계적인 전문가들의 의견을 모아 인류 삶에 큰 영향을 줄 새로운 IT 10대 기술을 선정해 시상하는 넷엑스플로 어워드에서 국내 연구자의 기술이 선정된 것은 이번이 처음이면서 대상을 수상하였습니다. 우리 학교 화학과의 유용 교수님은 국내 최초로 '노벨상 수상 예측 인물'로 발표되기도 했습니다. 이와 같이 KAIST의 연구는 이제 세계 수준을 넘어서고 있습니다.

KAIST의 연구 성과를 중에서 대표적인 10개의 성과를 선정해 많은 사람에게 알리기 위해 이렇게 책자를 발간하게 되었습니다. 이 책자를 보면서 학생들은 과학기술에 대한 관심과 높은 꿈을 갖게 되고, 연구자들은 새로운 영감을 얻기를 바랍니다.

여기에 실린 연구 성과는 오랜 시간동안 고민하며 연구한 뒤에 얻어지는 열매입니다. 높은 목표를 향해 꾸준히 나아가면 더욱 뜻깊은 결과를 얻을 것입니다. 우리 학교의 모든 분들의 노고에 깊은 감사를 드립니다.

2015년 5월 KAIST 총장 **강성모**



## 세계의 중심에서 세상을 움직이는 최고의 과학기술대학

### 한국 속의 KAIST

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

### 세계 속의 KAIST

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

### KAIST 속의 세계

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



# KAIST VISION

## Mid-to Long-Term Development Plan

**MISSION** 인류를 위한 지식 창출 및 인재양성

**VISION** 세계를 선도하는 과학기술의 중심

### STRATEGY

학문적 수월성과 창의성을 갖춘  
융합형 글로벌 인재 양성

지식창조경제를 견인하는  
세계적 연구중심대학

나눔과 협력에 기반한  
글로벌 캠퍼스 구축

창조적 지속 성장을 위한 KAIST 구축

### DETAILED STRATEGY



**EDUCATION**  
창의적 인재 육성  
글로벌 과학기술리더 양성  
교육인적 역량 강화



**RESEARCH**  
연구수월성 제고  
혁신 및 기업가정신  
선도적 대형과제 발굴



**COOPERATION**  
글로벌 빌리지 구축  
다양한 글로벌 협력  
글로벌 KAIST인  
나누고 함께하는 KAIST



**ADMINISTRATION**  
자율적 책임 경영  
미래 교육환경 선도

### EDUCATION



#### 창의적 인재 육성

- 학습자 중심의 교수 학습 혁신 및 이러닝 강화
- 창의적 설계 및 융합교육 강화

#### 글로벌 과학기술리더 양성

- 자유롭고 창의적인 교육환경
- 전인적 리더교육(도전정신, 인성·리더십)
- 글로벌 인재 양성을 위한 영어 강의 및 영어 교육
- 외국인 학생 한국어 교육 확대

#### 교육인적 역량 강화

- 전주기적 인사시스템
- 우수 교수 유치 강화
- 창의적 인재 발굴 및 유지

### RESEARCH



#### 연구수월성 제고

- 우수 연구 과제 발굴 지원
- 연구평가 시스템 개발
- 특성화된 연구인력 확보
- 국가 차원 연구의 중심
- 연구 선 순환 시스템 구축

#### 혁신 및 기업가정신

- 창업문화 선진화
- KAIST Biz PARK (글로벌 강소기업 육성의 메카)
- 고부가가치 지적재산권 창출 및 기술이전/사업화 촉진
- 기업가 정신/창업교육 및 전문 서비스 활성화

#### 선도적 대형과제 발굴

- 국가 방위 및 안보 산업을 위한 연구
- 행복한 사회 창조를 위한 사회적 기술 연구
- 지속 가능한 에너지 자원과 환경을 위한 연구
- 미래 IT융합 기술연구

### COOPERATION



#### 글로벌 빌리지 구축

- 국제적 수준의 근무 환경 조성
- 고품격 글로벌 생활 환경 제공
- 다문화 환경 실현

#### 다양한 글로벌 협력

- 연구협력의 시너지화
- 교육 협력의 다양화
- 글로벌 리더십을 위한 문화교류

#### 글로벌 KAIST인

- 동문 네트워크 확대
- KAIST인을 위한 평생 서비스 제공
- 동문 참여 활성화

#### 나누고 함께하는 KAIST

- 국민을 위한 KAIST 이미지 제고
- 과학기술 꿈나무를 위한 특별 프로그램 확대
- 지역공동체와의 협력 확대

### ADMINISTRATION



#### 자율적 책임 경영

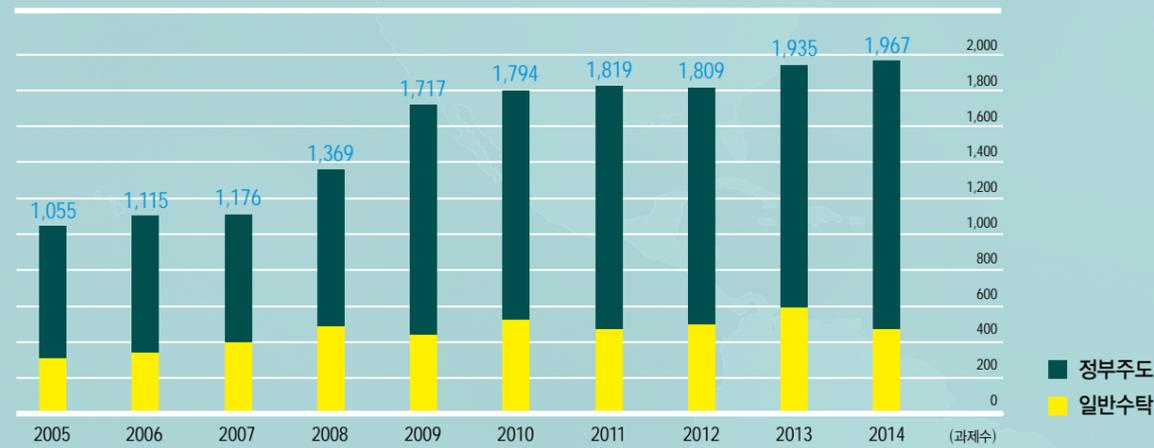
- 조직 개편을 통한 효율적 기관 운영시스템 구축
- 학과 중심의 자율적 책임 경영 정착
- 성과 관리 경영시스템 확립
- 재원 확충을 통한 재정 건전성 확보
- 지역 봉사활동 활성화
- 직원 교육 훈련 강화
- 직원 경력 개발 프로그램 수립 및 운영
- 고객 중심의 행정 서비스 제공

#### 미래 교육환경 선도

- 유비쿼터스 정보시스템 구축
- 유비쿼터스 통신인프라 구축 및 사이버보안 강화
- 학술정보·소통문화·창의연구 공간 건립
- 학술정보 확충 및 서비스 고도화
- KAIST 과학박물관 건립
- 캠퍼스 종합 발전 계획 수립
- 캠퍼스 운영 효율과 체계 구축
- 가상 캠퍼스 인프라 구축
- 세종캠퍼스 건설 추진

# RESEARCH & DEVELOPMENT BUDGET

10년간 연구실적(과제수)



10년간 연구실적(연구비)



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.



- 27.4% Others(기타)
- 25.3% IT(정보기술)
- 17.2% BT(생명공학기술)
- 13.2% NT(나노기술)
- 7.9% ST(우주항공기술)
- 7.4% ET(환경기술)
- 1.6% CT(문화기술)



일반수탁 연구금액 구성비

45,980 백만원



- 83% 산업체 38,073백만원
- 10% 자체 4,441백만원
- 7% 외국과제 3,379백만원
- 0.1% 소액과제 87백만원

230,365 백만원

정부주도 연구금액 구성비



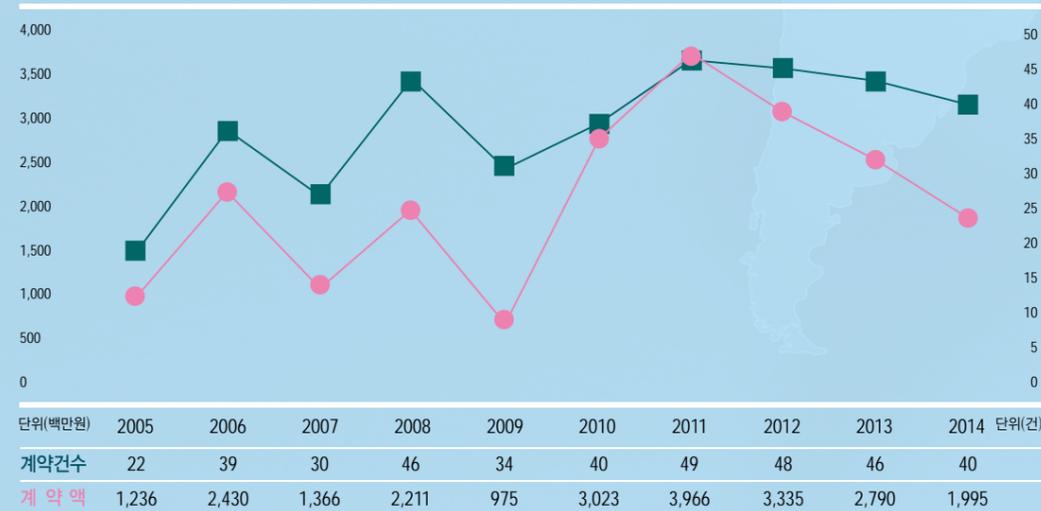
- 56% 미래창조과학부 129,199백만원
- 26% 기타 58,874백만원
- 9% 자체 21,787백만원
- 9% 산업통상자원부 20,505백만원

# RESEARCH OUTCOMES

## 10년간 논문수



## 10년간 기술이전 계약실적



KAIST는 논문의 양과 질 모두에서 한국을 대표하는 과학기술 연구기관으로서 면모를 갖추어 나가고 있습니다. 발표한 연구성과를 특허와 기술이전으로 연계해 낸 성과도 높아 산업 발전에 큰 기여를 해왔습니다.

## 10년간 국내 특허실적



## 10년간 국외 특허실적



# WORLD CLASS S&T UNIVERSITY

## 세계속의 KAIST

섬없이 달려온 40년, 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



KAIST는 2014년 '더 타임즈(THE) 세계대학평가'에서 52위를, 'QS 세계대학평가'에서 51위를 차지하였습니다. 이에 걸맞는 우수한 연구성과도 매년 발표되고 있습니다. 2014년의 10대 우수연구로 선정된 나노 신소재, 생명공학, 첨단 로봇, 에너지, 정보통신, 지식과 산업디자인 각 분야의 기술을 소개합니다.

# KAIST

## 10대 우수 성과

Top Ten Research Achievements of 2014  
that put KAIST in the Spotlight

KAIST의 교수와 연구진들은 세계 속에 한국 과학기술의 저력을 알려왔습니다.  
세계 유수의 학술지 표지를 장식하며 2014년을 빛낸 KAIST 10대 연구성과들을 소개합니다.

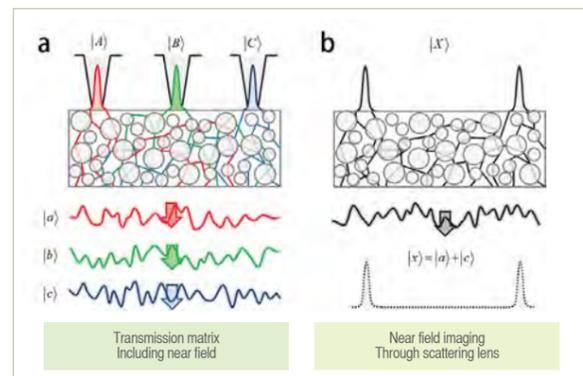
# 초고해상도 광초점을 형성하는 산란 수퍼렌즈

물리학과 박용근 / 조용훈

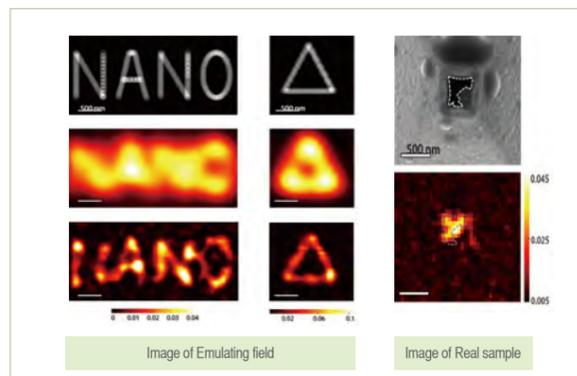
<http://bmol.kaist.ac.kr>, <http://qnp.kaist.ac.kr>

본 연구진이 보유한 핵심기술인 'scattering superlens'는 가시광선 대역을 포함한 전자기파 모든 대역의 파장을 가진 광원을 이용하여 근접장을 제어하는 기술이다. 이에 본 연구진은, 나노입자에 의한 근접장을 제어하는 새로운 물리적인 법칙을 사용하여 광리소그래피의 해상도를 획기적으로 높이는 제품을 개발할 계획이다. 이는 기존의 NSOM 시스템과는 달리 일반적인 광학 현미경 형태의 장비 구성을 가지기 때문에, 기존 광식각 장비 등에 비해 요구공간이 매우 작으며, 상대적으로 뛰어난 경제성을 가지고 있다. 또한 광고분자를 이용하여 복잡한 파면을 기록 및 재생한다면 현재 실험에 사용하고 있는 복잡한 NSOM 시스템을 대체할 수 있는 새로운 근접장 제어 시스템을 제작 할 수 있으며, 이를 광리소그래피에 적용할 계획이다.

나노광학 기술은 현대사회의 경제, 기술적 발전의 토대가 된 반도체의 집적도 향상뿐만 아니라 분자 생물학의 태동 이후 질병 정복에 대한 새로운 패러다임에도 필수적인 역할을 하고 있다. 하지만 현재까지 사용되고 있는 초고해상도 광학 기술은 광학 부품 제작이 어려울 뿐 아니라 살아있는 세포에 사용할 수 없는 자외선 영역의 빛을 사용하고 있다. 이는 굴절을 기반으로 하는 기존 광학 기술들로는 빛의 파장에 비례하는 '회절 한계' 이하의 광초점을 만들 수 없기 때문이다. 가시광선 영역에서의 초고해상도 광집적 기술의 중요성으로 인해 최근 다양한 초고해상도 이미징 기술들이 제안되었으나, 이들은 공통적으로 이미지의 후처리를 통한 간접적인 초고해상도 추출 방법(STORM; PALM 기술) 또는 목표 초점 주변 형광의 여기를 막는 방법(STED기술)을 사용하고 있기 때문에 실질적으로 초고해상도 광초점을 형성하지 못하고 있다.



Imaging concept of scattering lens with time reversal method



Full-Field Subwavelength Imaging Using a Scattering Superlens

기존 광학 기술들이 회절 한계를 돌파하지 못한 이유는 근접장의 손실 때문이다. 본 연구에서는 기존 굴절 기반 렌즈로 제어할 수 없는 근접장을 산란을 통해 직접 제어할 수 있음을 밝혔다. 산란이 일어날 때에는 산란체 주변에 근접장이 생기기 마련이다. 앞서 언급하였듯이 이렇게 생긴 근접장은 얼마 진행하지 못하고 소멸하게 되지만 우리가 사용한 산란이 심한 물질(페인트)의 경우 산란 물질들이 밀집되어 있기 때문에 각각의 근접장들이 산란되어 또다른 근접장을 만들게 된다. 다시 말해, 정보가 소멸되는게 아니라 순차적인 산란을 통해 정보가 변환되어 전달되는 셈이다. 하지만 근접장을 전달한다고 해서 끝나는게 아니라 해당 정보를 의미있게 배치하여야 초점을 만들 수 있다. 이를 광학적으로 말하면 근접장을 포함한 파면의 위상을 일맞게 제어해야 한다는 것이다.

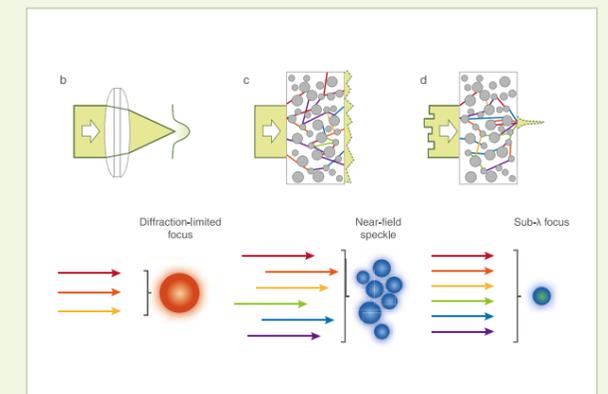
일반적인 산란은 초고해상도 초점이 고사하고 빛의 무작위적인 광경로 분배로 인해 스펙클(speckle)을 나타나게 된다. 하지만 이때 입사되는 빛의 파면을 조절하여 각각의 광경로에 특정한 위상차를 가하게 되면 원하는 지점에 보강간섭을 일으켜 에너지 집적을 이룰 수 있다. 이를 실험적으로 구현하기 위해서 Spatial light modulator라는 장비를 사용하여 입사되는 빛의 파면(위상)을 제어하여 페인트 층을 통과한 후에 나오는 빛의 분포를 조절하였다. 여기서 주목할 점은 Spatial light modulator가 제어할 수 있는 정보는 근접장을 전혀 포함하고 있지 않다는 것이다. 하지만 이때 제어한 정보가 페인트 층을 통해 산란 하면서 근접장으로 변환되어 궁극적으로는 근접장을 제어하게 된다. 실험에 사용한 제어 방법은 페인트 반대 면의 임의의 위치의 빛의 세기를 목표로 하여 positive feedback loop를 구현하여 스스로 적합한 파면을 찾는 방식이다. 각각의 위치마다 초점을 형성하기 위한 빛의 파면은 서로 다르기 때문에 이 정보를 모두 얻은 후에는 해당 정보를 이용하여 임의의 위치에 초고해상도 초점을 형성할 수 있다. 본 연구에서는 산란을 통해 발생하는 근접장 또한 입사되는 파면(일반 굴절기반 광학 시스템으로 제어 가능한 원거리장 또는 farfield)을 제어함으로써 임의로 조작이 가능함을 선보였다.

입사되는 빛의 파면을 조절하기 위해 빛의 위상을 임의로 제어할 수 있는 SLM(Spatial Light Modulator)을 사용하였으며, 당 기술을 사용하여 임의의 지점에 초고해상도 광초점을 형성할 수 있음을 입증하였다.

이때 놀랍게도 얇은 페인트 박막과 파면 조절기만을 사용하여 기존의 근접장 현미경(NSOM, nearfield scanning optical microscope)과 견줄 수 있는 해상도와 효율을 얻을 수 있음을 보였다. 이는 기존 학계에서 받아들이던 초고해상도 초점을 형성하기 위해서는 단파장의 빛, 또는 굴절률이 높은 매질을 사용해야 한다는 통념을 벗어난 새로운 개념이다.

현재까지 입증된 초고해상도 광초점 형성 방법으로는 메타물질과 NSOM이 있다. 하지만 이들은 공통적으로 제작단가가 비싸고 확장성이 어렵다는 단점을 갖고 있다. 본 연구에서 제안한 광초점 방법은 값싼 랙카 페인트와 이에 대응되는 파면에 대한 정보만 알고 있으면 광초점을 쉽게 임의의 위치에 형성할 수 있다. 산란을 이용한 초고해상도 초점을 이용하여 빛의 직접도가 필수적인 리소그래피, 광치료, 광통신 등에 직접적인 응용이 가능할 뿐만 아니라 같은 원리를 이용하여 직접적인 초고해상도 이미징 역시 가능하다.

고해상도 이미징을 필요로 하는 광 나노리소그래피, 나노 광학 집계, 초고해상도 바이오 이미징 등의 분야에 직접적으로 응용 가능할 것이라 기대된다.



산란 수퍼렌즈의 원리: 근접장을 산란을 통해 전달하여 초고해상도 광초점을 형성한다.

**연구실적**

- 언론 보도: [논문 1], [논문 2]에 대하여 각각 10여 회
- 표지 선정: highlighted in Asia Research News(selected as front cover picture)
- SPIE newroom에 내용 소개
- 국제 특허 출원(일본, 미국): METHOD AND APPARATUS FOR MANIPULATING NEAR-FIELD USING SCATTERING CONTROL
- 한국과학기술단체총연합회에서 2013년 10대 과학기술 뉴스로 선정

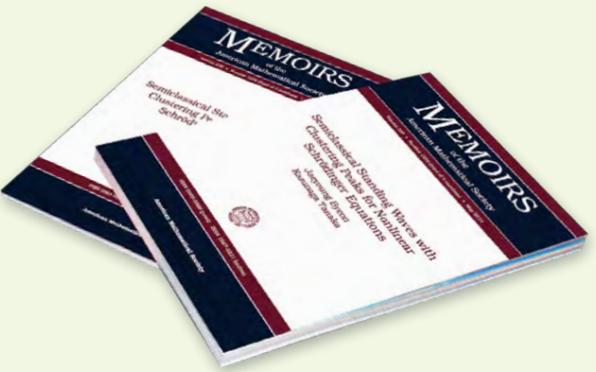
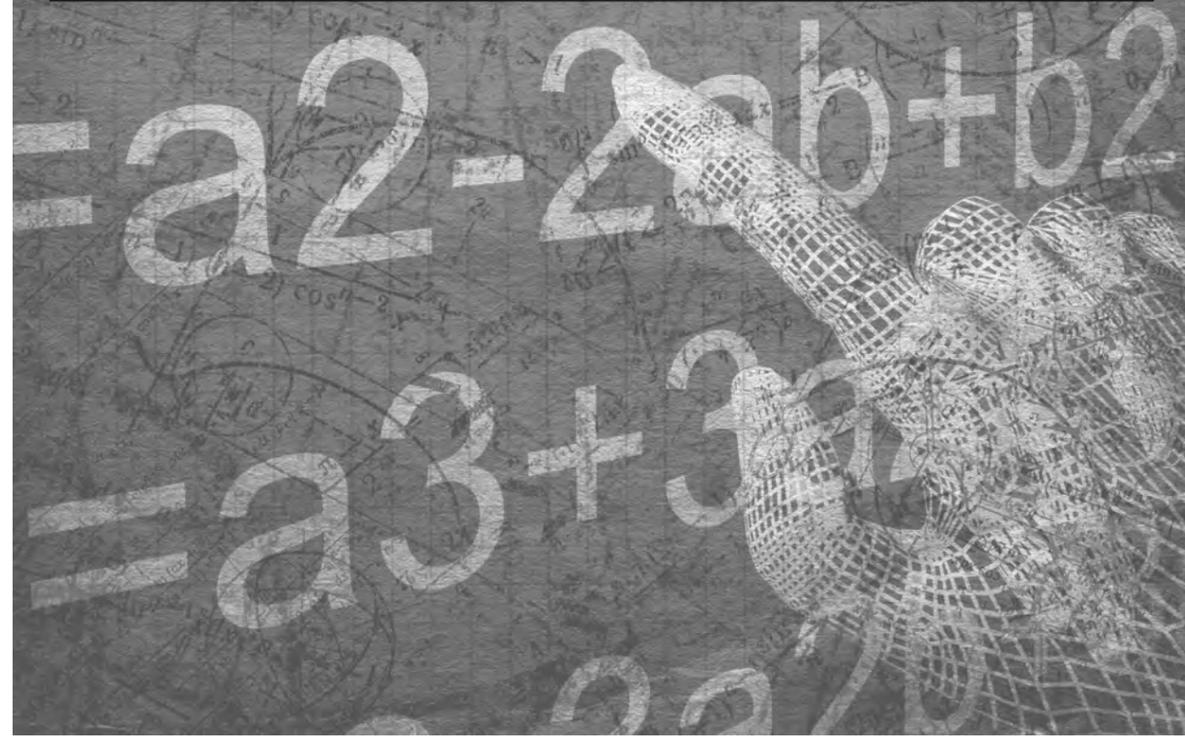
**참고자료**

- [논문1] J. Park †, C. Park †, H. Yu, J. Park, S. Han, J. Shin, S. Ko, K. Nam, Y. Cho\*, and Y. Park\*, "Subwavelength light focusing using random nanoparticles", Nature Photonics 7, 454(2013) [2013 Impact Factor = 29.958]
- [논문2] C. Park †, J. Park †, C. Rodriguez, H. Yu, J. Park, S. Han, J. Shin, S. Ko, K. Nam, Y. Cho\*, and Y. Park\*, "Full-field dynamic sub-wavelength imaging using a scattering super-lens", Physical Review Letters, 113, 113901(2014) [2013 Impact Factor = 7.728]

# 비선형 슈레딩거 방정식의 다중요철해의 구성을 위한 극한문제의 비퇴화성에 의존하지 않는 변분법의 개발

수리과학과 변재형 [http://mathsci.kaist.ac.kr/ko/people/professor\\_view.php?id=byeon&key=profe1](http://mathsci.kaist.ac.kr/ko/people/professor_view.php?id=byeon&key=profe1)

편미분방정식에서 특정매개변수가 아주 작거나 클 경우 대응되는 현상으로 아주 특별한 해의 존재성이 기대된다. 이러한 현상은 수많은 수학적 모델에서 나타난다. 이런 특별한 해들은 많은 경우 적당한 정규화 과정을 거치면 어떤 보다 단순한 극한 편미분방정식 문제의 해로 수렴할 것이다. 이런 경우 해의 존재성은 그 단순한 편미분방정식의 구조에 아주 민감하게 의존한다. 극한 편미분방정식의 어떤 구조적인 안정성이 해의 존재를 증명하는 일반적인 방법론 연구는 아주 근본적인 문제로 관련분야의 연구에 초석이 될 것이다. 이런 일반적인 방법론의 연구와 더불어 구체적인 다양한 수학적 모델에 대한 적용을 연구한다.



현대에 새롭게 태어난 양자역학은 뉴턴에 의해 시작된 고전역학을 잘 근사한다. 이것은 양자역학의 기본이 되는 슈레딩거 방정식에 프랑크 상수라는 아주 작은 상수가 어떤 국소화의 역할을 함에 기인한다. 이런 종류의 이해는 패턴 형성에 관한 튜링의 결과에서도 볼 수 있듯이 현대 과학에 있어 아주 보편적으로 되었다. 그러므로 연속 현상을 기술하는 아주 많은 편미분방정식이 아주 크거나 작은 상수를 포함하고 있다. 그래서 이제 그런 방정식을 다루는 아주 일반적인 방법론의 개발이 아주 중요하고 앞으로 근본적인 역할을 할 것이다.

본 연구에서는 극한문제의 비퇴화성에 의존하지 않는 전혀 새로운 변분법적 방법론을 개발하여 가장 일반적인 비선형 항을 가진 경우에도 극소점이 아닌 임계점에 다중요철 모양의 정상파 해를 가지는 것을 증명하였다.

비선형 슈레딩거방정식은 많은 물리적 모델에서 유도되는 방정식으로 많은 수학적 연구가 이루어져 왔다. 특이성동된 비상수 포텐셜을 가지는 슈레딩거방정식은 제한된 경우의 비선형 항에 대하여 포텐셜의 극소점이 아닌 임계점에 다중요철 모양의 정상파 해를 가지는 것이 알려져 있다.

새롭게 개발한 방법론은 여러 극한 문제의 비퇴화성을 확인하기 어려운 또는 성립하지 않는 여러 다른 종류의 문제에도 적용할 수 있어 활용 범위가 크다.

하나의 요철모양을 이루는 슈레딩거방정식의 정상파의 존재성에 관한 수학기론은 많이 개발되어 왔다. 하지만 이런 다중요철 모양의 정상파 해 존재성 연구에서는 극한문제의 비퇴화성이 성립하는 제한된 경우에만 적용되는 리아푸노프-쉬미트의 차원 축소방법 외에는 어떠한 방법론도 개발되지 않았다.



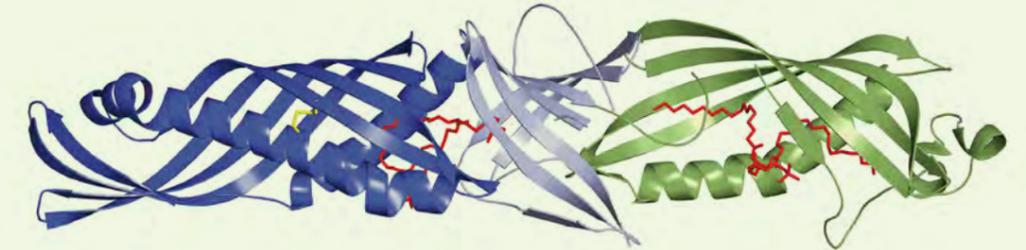
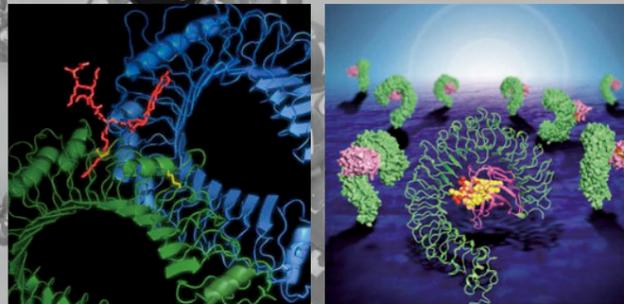
**연구실적** | 'Memoirs of the American Mathematical Society' 단독 volume 으로 출판  
**참고자료** | 논문: Jaeyoung Byeon and Kazunaga Tanaka, Semiclassical standing waves with clustering peaks for nonlinear Schrödinger equations, 229(2014), no. 1076, Memoirs of the American Mathematical Society (IF = 1.782)  
**연구지원** | 한국연구재단, 중견연구

## 면역수용체 LBP의 구조를 밝히다

화학과학 이지오

<http://cafe.naver.com/advbio>

톨 유사수용체(Toll-like Receptor, TLR)의 구조연구는 2000년 이후 매우 활발히 연구되어 왔다. 2005년에 최초의 TLR 구조가 발표된 이래 이 십 여개의 TLR-리간드 입체구조에 대한 연구가 발표되었다. 이러한 연구를 통하여 감염성 미생물에서 유래된 분자가 어떠한 구조를 가지고 TLR에 결합하는지와 이러한 결합이 왜 면역반응을 일으키는지에 대한 상세한 분자 구조가 대체로 알려질 수 있었다. 앞으로 우리는 추가연구를 통하여 미생물 분자가 TLR에 결합하였을 때 일어나는 구조변화가 어떠한 과정을 거쳐서 세포내부에 있는 신호전달 단백질을 활성화 시키는지를 연구하고자 한다.



LBP는 당지질에 대한 선천성 면역반응에서 핵심역할을 하는 면역수용체이다. 당지질(Lipolysccharide)은 그람 음성균의 세포표면에 존재하는 생체고분자 물질로 인간 세포에는 존재하지 않는다. 감염된 박테리아에서 떨어져 나오는 미량의 당지질은 세균감염의 초기 신호가 되어서 면역시스템을 강력하게 활성화 시킨다. 당지질에 대한 적절한 면역반응은 세균감염에 대한 핵심적인 방어 기작이지만 지나친 면역반응은 치명적인 패혈증으로 진행될 수 있다. 당지질은 면역세포에 있는 LBP, CD14, TLR4, MD-2 네 가지 수용체에 의하여 인식이 된다. 지난 10년간 본 연구실은 CD14, TLR4, MD-2의 분자 입체구조를 차례로 규명하였다. 본 연구에서는 이중 유일하게 구조 연구가 되지 않았던 LBP의 분자 입체구조를 x-ray 결정학적인 방법으로 규명하였다. LBP는 1987년에 처음으로 발견되었지만, 분자입체구조는 20년간 불가능하였다. 우리는 LBP 단백질 생산 방법 및 결정화방법을 새롭게 개발하여 분자구조 규명에 성공하였다.

LBP는 초기면역 반응을 담당하는 면역수용체로 박테리아 당지질을 면역세포가 인식하는데에 핵심역할을 수행한다. 이 연구에서는 2.9 옴스트롬 해상도로 LBP의 분자 입체구조를 규명하였다. 이 구조로부터 구조적으로 유사한

BPI 단백질과 몇가지 중요한 구조적인 차이를 보여주었다. LBP의 c-terminal 도메인에는 우리가 페닐알라린 코어라고 이름붙인 구조적으로 독특한 부분이 발견되었다. 이 부분에 위치한 아미노산 중 하나인 프롤린이 루이신으로 바뀐 변화가 8%의 인구에서 발견되었다. 이 변화는 LBP의 기능을 저해하는 결과를 만들어 내었다. 이러한 기능이 억제된 LBP를 가지고 있는 환자들은 폐렴균에 대한 저항성이 현저히 저하되었다. 이 연구를 통하여 우리는 LBP가 감염 저항에 중요한 역할을 한다는 것을 확인하였으며, 앞으로 새로운 의약품 개발에 도움이 될 것으로 기대된다.

이 연구결과는 그람음성균에 의한 패혈증 발생과정 규명에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

**참고자료** · 논문: Eckert JK, Kim YJ, Kim JI, Gürtler K, Oh D-Y, van der Ploeg AH, Pickkers P, Lundvall L, Hamann L, Giamarellos-Bourboulis E, Kubarenko AV, Weber AN, Kabesch M, Kumpf O, An H-J, Lee J-O\*, Schumann RR\*, Immunity, 39(4), 647-660(2013) \*co-corresponding authors(Impact factor = 20.948)

**연구지원** · 한국연구재단(창의연구)

# 줄기세포의 성장을 조절하는 단백질



생명과학과 이대엽 / 한용만

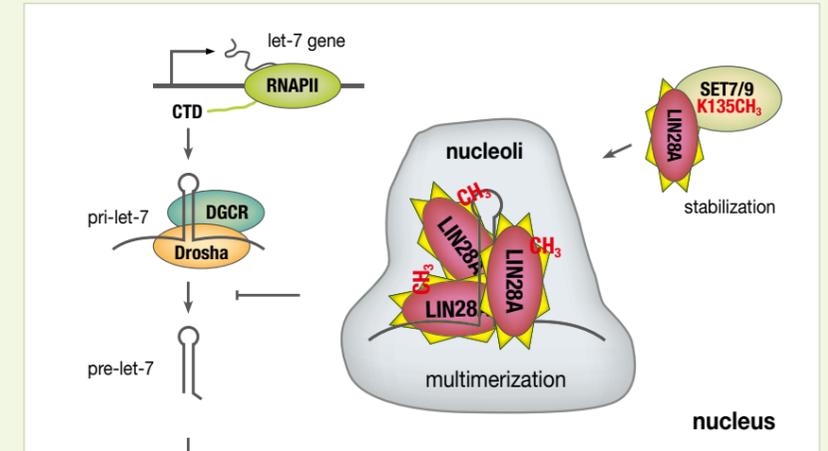
<https://sites.google.com/site/kaistchromatin/>

메틸화된 LIN28A의 핵, 특히 인으로의 수송과정과 let-7 miRNA 성숙과정의 관련성에 대한 후속 연구 진행, 히스톤 모노메틸화 효소인 SET7/9의 히스톤 및 비 히스톤의 메틸화의 차이를 구명하기 위한 후속 연구를 진행 하고 있다. 유도 만능 줄기세포의 효율을 증대할 수 있는 새로운 방법론을 제시하여 줄기세포 치료 및 암 치료 등 임상분야로 다양하게 적용 하고자 한다.

## Nucleolar Regulation of ESCs



동아사이언스 언론 보도 자료(전자신문 2014.12.08.)



유도만능줄기세포(iPSC)의 주요 인자인 LIN28은 줄기세포의 자기재생(self-renewal)과 전분화능(pluripotency) 그리고 분화(differentiation)와 발달과정(development)을 조절하는 것이 중요하며, 세포성장 조절에 결정적인 c-Myc 유전자 발현을 조절하여 줄기세포 뿐만 아니라 암세포의 조절에도 관여한다. LIN28은 대표적인 miRNA인 let-7 miRNA의 성숙과정을 조절함으로써 세포성장을 조절하는 것으로 알려졌으나, 후성유전학적 분자 조절기전에 대한 명확한 증거가 제시 되지 못하였다. 따라서 본 연구를 통해 인간 배아줄기세포에서 LIN28에 의한 let-7 miRNA 성숙과정 조절의 후성유전학적 분자기전을 명확 하게 하였으며, 배아줄기세포 뿐만 아니라 유도만능줄기세포(iPSC)와 암치료 등의 임상단계까지 폭 넓게 확장될 수 있는 기술을 확보한 것에 중요한 의의를 지닌다.

LIN28은 줄기세포의 전분화능과 유도만능줄기세포(iPS cell) 생산에 사용되는 단백질이며 렛세븐(let-7) 마이크로 RNA(miRNA)를 조절한다. 본 연구를 통해 히스톤 모노메틸화 효소인 SET7/9에 의해 메틸화된 LIN28A 단백질이 핵에서 성숙한 줄기세포 성장에 핵심 단백질을 조절하는 렛세븐 마이크로 RNA(이하 성장조절 RNA)의 생성을 방해

한다는 분자 기전을 제시하였다. 이는 기존에 밝혀진 LIN28A가 세포 질에서 텃효소(TUTase)-의존적으로 성장조절 RNA 성숙과정을 저해 하는 기전 이외에도 핵 내에서 메틸화에 의해 텃효소-비의존적으로 성장조절 RNA 성숙과정을 저해한다는 분자적 기전을 새롭게 규명하였고 향후 줄기세포를 통한 불치병과 난치병 치료와 항암물질 개발의 새로운 표적이 될 것으로 기대된다.

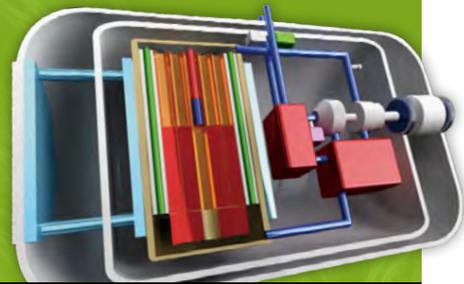
본 연구 결과를 통해 LIN28A에 의한 배아줄기세포의 전분화능 조절 등 줄기세포의 특성을 이해하는 데 큰 도움이 될 것으로 기대된다. LIN28A는 배아줄기세포뿐만 아니라 유도만능줄기세포(iPSC)와 암세포 와도 밀접한 관련이 있기 때문에 그 응용 가능성이 매우 높을 것이라 기대된다. 본 연구에서 규명한 사실을 바탕으로 유도만능줄기세포의 효율을 증대할 수 있는 새로운 방법론을 제시할 수 있으며, 항암 물질의 새로운 표적으로도 응용 가능성이 높을 것으로 기대된다.

**연구실적** | Cell Stem Cell(IF:22.15) 표지 논문 및 Preview에 대표 논문으로 소개  
 · 언론 보도: 동아일보 등 8건  
 · 줄기세포 뿐 만 아니라 암세포 성장 및 억제에 대한 억제제 개발을 위한 platform 기술로 응용가능하며 다국적 기업인 밀리포머와 기술이전 협상 중

**참고자료** | 논문: Seung-Kyoon Kim<sup>1</sup>, Hosuk Lee<sup>2</sup>, Kyumin Han, Sang Cheol Kim, Yoonjung Choi, Sang-Wook Park1, Geunu Bak, Younghoon Lee, Jung Kyoon Choi, Tae-Kyung Kim, Yong-Mahn Han<sup>1</sup>, and Daeyoung Lee<sup>2</sup>(2014) SET7/9 methylation of the pluripotency factor LIN28A is a nucleolar localization mechanism that blocks let-7 biogenesis in human ESCs. Cell Stem Cell 15, 735-749

**연구지원** | 한국연구재단 바이오-의료기술개발사업, 시스템헬스케어

# 초임계 이산화탄소 냉각 초소형 모듈원자로



원자력 및 양자공학과 이정익 / 김용희 / 정용훈

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

지금부터 멀지 않은 미래에 초소형 모듈원전이 개발되어, 다양한 지역의 전력 수요를 충족할 것이다. 초소형 모듈원전은 기존의 대형 원자력 발전소보다 향상된 안전성과 유지보수의 간편성으로 대형 원자력 발전소에서 벌어질 수 있는 대형사고를 미연에 방지할 수 있다. 또한 한 기당 적재되어 있는 방사선 물질의 양이 대형원자력 발전소보다 적기 때문에 잠재적으로 발생할 수 있는 사고에 의한 피해의 규모도 작아진다. 수명이 다한 초소형 모듈원전은 안전하게 가동을 중단하고 다시 공장으로 이송하여 최종 해체되기 때문에 주변지역에 미치는 방사선 영향을 최소화할 수 있다. 카이스트에서 개발하고 있는 초소형 모듈원전은 기존의 물로 냉각하던 원자력 발전소 개념에서 벗어나 이산화탄소를 이용하여 원자로를 냉각하고 발전까지 한다. 특히 초임계 상태의 이산화탄소를 이용하면 20년간 연료 재장전 없이 발전하는 원자로를 설계할 수 있으며, 동시에 발전시스템 전체를 초소형화하여 트럭으로도 전체 원자력 발전소가 운반될 수 있을 정도로 만들 수 있다.

이러한 장점으로 카이스트에서 개발한 초소형 모듈원전은 우선적으로 해양플랜트, 극지방, 알래스카, 러시아와 북부 유럽, 중동, 아프리카 등 극한의 기후나 환경을 가진 지역에 매우 유용한 전력 공급원으로 사용될 수 있다. 또한 초소형 모듈원전은 이산화탄소를 냉매로 사용하여 근방의 냉각수를 필요로 하지 않으므로 인구가 수십만 정도인 소규모 도시의 독립전원으로도 사용될 수 있으며 내륙지방으로 운송하여 다양한 전력 수요를 만족시킬 수 있다. 행성간 유인 우주탐사나 달탐사 기지와 같이 대량의 전력을 물이나 공기가 없이 생산하여야 하는 우주 탐사에도 초소형 모듈원전의 개념을 적용할 수 있다.

전 세계적으로 대형 원자력 발전소에 대한 관심이 소형이며 모듈화가 가능한 원자력 시스템에 대한 관심으로 옮겨가고 있다. 그러나 현재까지 제안된 소형모듈원전 개념들을 살펴보면, 대형 원자력 발전소에 비해서 크기의 소형화는 달성하였으나, 모듈화는 부분적으로만 달성하였다. 본 연구에서는 이러한 한계점을 극복하기 위해 기존의 발전계통인 증기 Rankine 사이클을 초임계 이산화탄소 Brayton 사이클로 대체하여 전체 원자로와 전력생산계통의 완전 모듈화를 이루고자 하였다. 또한 원자로 냉각재로 초임계 이산화탄소를 사용하는 가스냉각 고속로 개념을 제안하였다. 따라서 한 번 연료 장전을 한 후 20년간 재장전없이 운전이 가능한 원자로 개념과 원자로와 발전시스템이 일체화되어 있는 원자력 발전 시스템 개념을 개발하였다. 장기간 운전을 하여도 높은 신뢰도를 보장하기 위해서 대형 원자력 발전소의 발전계통에서 사용하지 않는 개념들을 활용하여 초소형 모듈원전 발전계통 기기들의 유희, 냉각, 토크전달 기술을 적용한다. 이 연구에서 제안하는 초소형 모듈원전의 개발은 원자력 산업이 기존에 기여하던 전력산업 뿐만 아니라 해양산업 및 중화학, 철강산업 등 화석연료에서 발생하는 에너지에 의존도가 높은 산업 분야에서 이산화탄소 배출을 저감하는 데에 크게 기여할 것이다. 더 나아가서 극한환경(극지, 사막, 우주 등)이나 에너지 공급이 어려운 지역에 손쉽게 장기간 에너지를 공급할 수 있는 수단으로 사용될 것으로 예상된다.

기존의 소형모듈원전은 대형원자력 발전소와 동일하게 대부분 물을 냉각재로 사용하며 산화 우라늄을 핵연료로 사용하기 때문에, 대형 원전에서는 이 기술이 높은 경제성 달성이 가능하나 소형모듈원전에서는 소형화와 완전 모듈화를 통한 경제성 실현에 한계를 가지고 있다.

본 연구에서는 이 점에 착안하여 초임계 이산화탄소를 냉각재로 사용하고 질화우라늄을 핵연료로 사용하는 장주기 노심(핵연료 재장전 없이 20년 이상 가동 가능)을 가지는 초임계 이산화탄소 냉각 초소형 모듈 원자로(KAIST MMR) 개념을 도출하였다. 아울러 13대 산업엔진 사업으로 지정된 초임계 이산화탄소 발전계통을 적극 차용하여 발전계통을 단순화하고 노심 정지시 붕괴열 제거를 위한 피동 잔열제거 시스템도 포함하여 후쿠시마 사고의 재발이 방지된 신개념 원자력 발전시스템 개념을 개발 하였다.

주요 연구결과물로는 노심과 발전계통이 하나의 용기에 모두 담기도록 개념 설계를 진행하여 제안된 원자력 발전소의 소형화와 모듈화에 대한 가능성을 확인하였다. 또한 원자로 설계에서는 장주기 저농축 우라늄 고속로에 적합한 질화우라늄(UN) 핵연료를 선정하고 원자로 제어를 위한 동특성 변수 등을 설계하고 평가 하였다.

발전계통에서는 초임계 이산화탄소 전력변환 시스템의 장점인 초소형 고효율을 적극 활용하여 매우 단순하면서도 효율이 높은 발전시스템을 구성하였다. 더 나아가서 발전시스템에 적용되는 신개념 열교환기인 반도체 생산공정을 차용한 차세대 열교환기, PCH를 활용하고 기존에 대형 시스템에 활용되지 않던 횡류형 터보머신을 사용하는 기술적 성과를 거두었다. 후쿠시마 사고에서도 증명되었듯이 원자력 발전소는 노심이 정지가 되더라도 붕괴열이 발생하여 외부 전원이 없으면 자연적으로 냉각하지 못하여 큰 피해가 발생할 수 있다.

이런 문제가 없게 하기 위해서 본 연구를 통해 제안하는 KAIST MMR (Micro Modular Reactor)은 노심이 정지되고 나서도 자연적으로 냉각 될 수 있는 피동 잔열제거 계통을 설계 하였다.

미래에 점진적으로 차용될 분산발전에 대응할 수 있는 경제적이면서도 안전한 원자력 발전소 개념을 제안하였다.

중소형 도시 및 대형 원전을 도입하기 쉽지 않은 개발도상국, 그리고 수원이 부족한 중동, 극지 등지에서 안전하면서 신뢰성이 높은 소형 원전의 우선 수요처로 예상된다.

해양산업과 중화학, 철강산업 등 화석 연료에서 발생하는 에너지에 의존하는 산업에서 이산화탄소 배출을 저감하는 데에 크게 기여할 수 있다.

모듈화로 제작하여 운송하며 공사기간 단축으로 경제성을 갖출 수 있는 원전을 사회에 안전하게 공급할 수 있다.

현재 국내에서는 산업통상자원부 R&D 전략기획단 주관으로 13대 산업엔진에 포함된 초임계 CO<sub>2</sub> 발전시스템 개발 사업과 연계하여 미래형 발전시스템의 원자력 에너지 적용에 선도적인 역할을 수행 할 수 있는 원자로 개념을 제안하였다.



초임계 이산화탄소 냉각 초소형 모듈 원자로(KAIST MMR)

<b>연구실적</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· KAIST 2014 10대 연구성과 선정</li> <li>· 한국원자력학회 우수 포스터상 - 'Preliminary design of S-CO<sub>2</sub> Brayton cycle for KAIST Micro Modular Reactor', 김성규, 김민길, 배성준, 이정익, 2013년 10월</li> <li>· 초임계 이산화탄소 냉각 초소형 모듈원전(Micro Modular Reactor), 출원일 2014-08-07, 출원번호 10-2014-0101841</li> <li>· 초임계 이산화탄소 발전시스템을 위한 출력제어 시스템(Power control system for supercritical carbon dioxide power conversion system), 출원일 2015-02-06, 출원번호 10-2015-0018333</li> </ul>
<b>참고자료</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 논문1: Min Gil Kim, Jeong Ik Lee, Donny Hartanto, Yong Hee Kim, 'Conceptual Design of S-CO<sub>2</sub> Cooled Micro Modular Reactor', Jeju, Korea, May 30-31, 2013</li> <li>· 논문2: Seong Gu Kim, Min Gil Kim, Seong Jun Bae, Jeong Ik Lee, 'Preliminary Design of S-CO<sub>2</sub> Brayton Cycle for KAIST Micro Modular Reactor', Transactions of the Korean Nuclear Society Autumn Meeting, Gyeongju, Korea, October 24-25, 2013</li> <li>· 논문3: Seung Joon Baik, Seong Jun Bae, Seong Gu Kim, Jeong Ik Lee, 'Preliminary Design of KAIST Micro Modular Reactor with Dry Air Cooling', Transactions of the Korean Nuclear Society Spring Meeting, Jeju, Korea, May 29-30, 2014</li> <li>· 논문4: Seong Gu Kim, Seongkuk Cho, Hwanyael Yu, Yonghee Kim, Yong Hoon Jeong, Jeong Ik Lee, 'System Design of a Supercritical CO<sub>2</sub> cooled Micro Modular Reactor', Proceedings of the HTR 2014, Weihai, China, October 27-31, 2014</li> <li>· 논문5: Hwanyael Yu, Donny Hartanto, Yonghee Kim, 'A conceptual Study on a Supercritical CO<sub>2</sub>-cooled Micro Modular Reactor', Proceedings of the HTR2014, Weihai, China, October 27-31, 2014</li> </ul>
<b>연구지원</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 초소형 모듈원전 개념설계 - High Risk and High Return Project(HRHRP), 2010년 7월-2013년 12월</li> <li>· 초임계 이산화탄소 냉각 초소형 모듈원전 - Supercritical CO<sub>2</sub> cooled Micro Modular Reactor(MMR), 2013년 6월-2016년 5월</li> </ul>

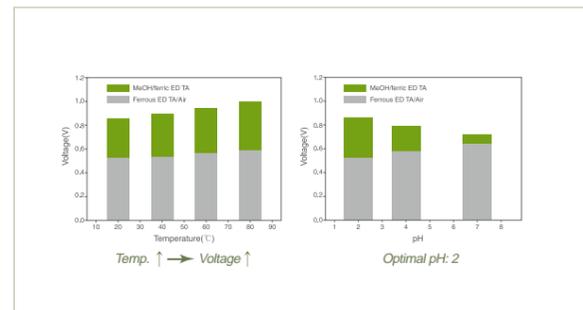
# 발전소의 대량배출 가스로 전기를 만든다

건설 및 환경공학과 한종인

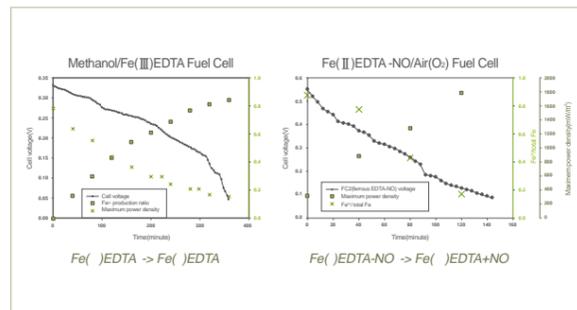
<http://ebtel.kaist.ac.kr>

발전소, 정유정제소 등으로부터 대량으로 배출되는 배기가스 중 질소산화물(NOx)만을 선택적으로 분리 및 포집이 가능한 시제품을 연료전지형, 전기분해형의 두 유형으로 개발하여 탈질 설비 적용시설의 질소배출량, 농도, 처리속도에 최적화된 시스템을 구축하여 상용화하는 것이 최종목표이다. 현재 Lab-scale 규모로 제작된 연료전지형 질소산화물 제거장치의 처리용량은 1ton/yr 수준이며, A~D의 단계별 scale-up을 통해 처리용량을 늘리고, 선택적 환원촉매공정(SCR)을 대체하여 다양한 질소산화물 배출업소에 공급하고자 한다. 기존 탈질설비와는 달리 상온(25°C)에서도 운전이 가능하며 산성 조건에서 성능이 우수하므로 다량의 CO<sub>2</sub>가 포함된 배기가스에 활용성이 높을 것으로 기대된다.

구분	처리용량(ton/yr)	수요처
A급	< 10	한국지역난방공사 마포지사(2.6ton/yr), 아이아(주) 2공장(1.8ton/yr)
B급	10~50	한국지역난방공사 삼송사업소(46.3ton/yr), (주)삼천리(41.5ton/yr), 한국수출포장공업(주)(40.9ton/yr)
C급	50~150	한국지역난방공사 파주지사(132.7ton/yr), 대재에너지(주)(75.5ton/yr), 영풍제지(56.0ton/yr), 신대양제지(주)(105.5ton/yr), 삼성전자(주) 가흥공장(142.7ton/yr), 삼성전자(주) 화성사업장(140.5ton/yr)
D급	150~500	한중발(주) 서울화력발전소(256.5ton/yr), 이건에너지(주)(242.5ton/yr), 인천종합에너지(주)(175.7ton/yr)



연료전지형 질소산화물 제거장치의 온도/pH에 따른 출력 전압변화



연료전지형 질소산화물 제거장치의 출력 전압 및 중간매개체 재생속도

발전시설, 산업용 보일러, 소각시설 등의 화석연료 사용시설과 자동차 엔진의 연소과정에서는 인체에 유해한 다량의 질소산화물(NOx)이 발생되고 있으며, 이러한 NOx의 배출은 산성비, 오존층의 감소 및 광화학적 스모그를 생성하는 등 대기오염에도 큰 영향을 미친다. 발전시설, 산업용 보일러, 소각시설 등의 화석연료 사용시설과 자동차 엔진의 연소과정에서는 인체에 유해한 다량의 질소산화물(NOx)이 발생되고 있으며, 이러한 NOx의 배출은 산성비, 오존층의 감소 및 광화학적 스모그를 생성하는 등 대기오염에도 큰 영향을 미친다. 현재 이를 제거하기 위한 공정으로는 촉매에 환원제(NH<sub>3</sub>등)를 분사하는 선택적 촉매환원법(SCR, Selective catalytic reduction)과 전자빔을 이용한 공정, 그리고 펄스 코로나 방전공정 등이 연구 개발되어 왔다. 또한 최근에는 미생물을 이용하여 NOx를 처리하는 BioDeNox공정이 새롭게 개발되어 각광받고 있다. 하지만 NOx를 처리하는데는 많은 에너지와 돈이 소모되며 현재 개발 중인 BioDeNox 공정은 처리속도에 문제가 있다. NOx를 이용하여 암모니아비료나 질산 등의 고부가 가치의 물질을 만들어 낼 수 있다면 경제성을 확보할 수 있을 것으로 사료된다. 암모니아성비료는 질산과 암모니아를 혼합하여 제조할 수 있고 질산의 경우는 NOx를 물속에 녹여서 생산가능 하다. 산업적으로 배출되는 배기가스에는 NOx뿐만 아니라 SO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub> 등의 다른 가스들도 포함이 되어있기 때문에 현재는 질소와 천연가스를 혼합하여 귀금속 촉매가 존재하는 조건에서 개질하여 얻어낸 순수한 NOx를 사용하고 있다. 이 방법은 NOx를 제조하는데만 많은 비용이 들기 때문에 최종 생산물로부터 경제성을 확보하기 힘들다고 사료된다. 만일 산업배기가스로부터 순수한 NOx를 분리해 낼 수 있다면 순수한 NOx의 생산 및 처리의 일석이조 효과를 얻어 낼 수 있다. 금속과 이온 결합을 하여 존재하는 몇몇 킬레이트 화합물, 예를 들면 Ferrous(Fe<sup>2+</sup>) EDTA는 NOx를 선택적으로 포집할 수 있는 특성을 지니고 있다. 카이스트 건설 및 환경공학과 한종인 교수 연구팀에서는 이러한 Ferrous EDTA의 특성을 이용하여 에너지의 생산과 동시에 NOx를 선택적으로 흡/탈착할 수 있는 연료전지 시스템을 구축하였다. 이는 전 세계적으로 대량으로 배출되는 배기가스 중 특히 NOx를 효율적으로 재이용할 수 있는 혁신적인 기술이 될 것으로 사료된다.

본 사업화 대상기술은 질소산화물이 포함된 배기가스로부터 Fe(III) EDTA를 이용하여 일산화질소만을 분리하여 흡착 및 포집 기술로



관련 기술 언론 보도 자료(전자신문 2012.11.01.)

킬레이트 화합물인 EDTA가 결합된 Ferrous(Fe<sup>2+</sup>), 즉 Ferrous-EDTA가 NOx를 선택적으로 흡착할 수 있는 성질과 Ferrous-EDTA/Ferric-EDTA의 전기화학적 산화-환원 포텐셜을 이용한 연료전지 시스템을 접목한 혁신적인 질소산화물 제거 기술이다. 연료전지의 원리를 응용한 기술이므로 기존 선택적 촉매 환원법(이하 SCR)과 비교하여 ① 상온에서 운전이 가능하고, ② 귀금속 촉매 사용량이 적으며, ③ 추가적인 전기에너지 생산 및 ④ 포집된 NOx를 이용하여 질산을 저렴하게 생산 가능한 장점을 가진다. Lab-scale 규모(1ton NOx/yr)로 현재 99% 이상 질소산화물 제거율을 달성했다. NOx가 순수하게 분리되기 때문에, 질산이나 질소 비료 생산에 쓰이는 원료를 무료로 얻을 수 있으며, 현재 분류된 질소산화물을 이용하여 이를 바이오에탄올로 전환하는 통합 공정 개발에 이용하는 등의 고부가가치 산물로 연계하는 특허를 등록하고 활발한 연구를 수행하고 있다. 또한 카이스트 기술사업화 센터, 주식회사 한양세미텍과 연계하여 기술 이전에 대한 검증과 관련 과정을 수행하고 있다.

연료전지 시스템을 이용하여 질소 산화물을 포집하면서 전기를 생산하기때문에 지속적인 공정을 통해 질소 산화물 제거 가능.

포집된 질소 산화물을 전환하여 기존의 질산이나 비료를 만드는 과정 등 고부가 가치 산물을 생산하는 데 활용.

질소 산화물을 전환하여 차세대 연료로 대두되는 바이오 에탄올 바이오 디젤 등에 전처리 용매로 활용 가능.

- 연구실적**
- 기업체 기술이전 협의 중: (주)한양세미텍
  - 특허 등록(2건)
  - SCI급 국제학술지 2편 게재
  - 국내 언론 보도 성과: 전자신문(2012.11.01.) "배출가스 포집 및 전기 생산기술"

- 참고자료**
- Kim, K., Kim, D.-Y., Lee, K., and Han, J.-I.(2013). "Electricity generation from iron EDTA-based liquid redox sulfur recovery process with enhanced stability of EDTA." Energy Conversion & Management. 76: 342-346
  - Kim, D.-Y., and Han, J.-I.(2013). "An innovative dual fuel cell to capture and correct pure NOx from flue gases." Journal of Applied Electrochemistry. 43(10): 1011-1016

- 연구지원**
- 한국연구재단

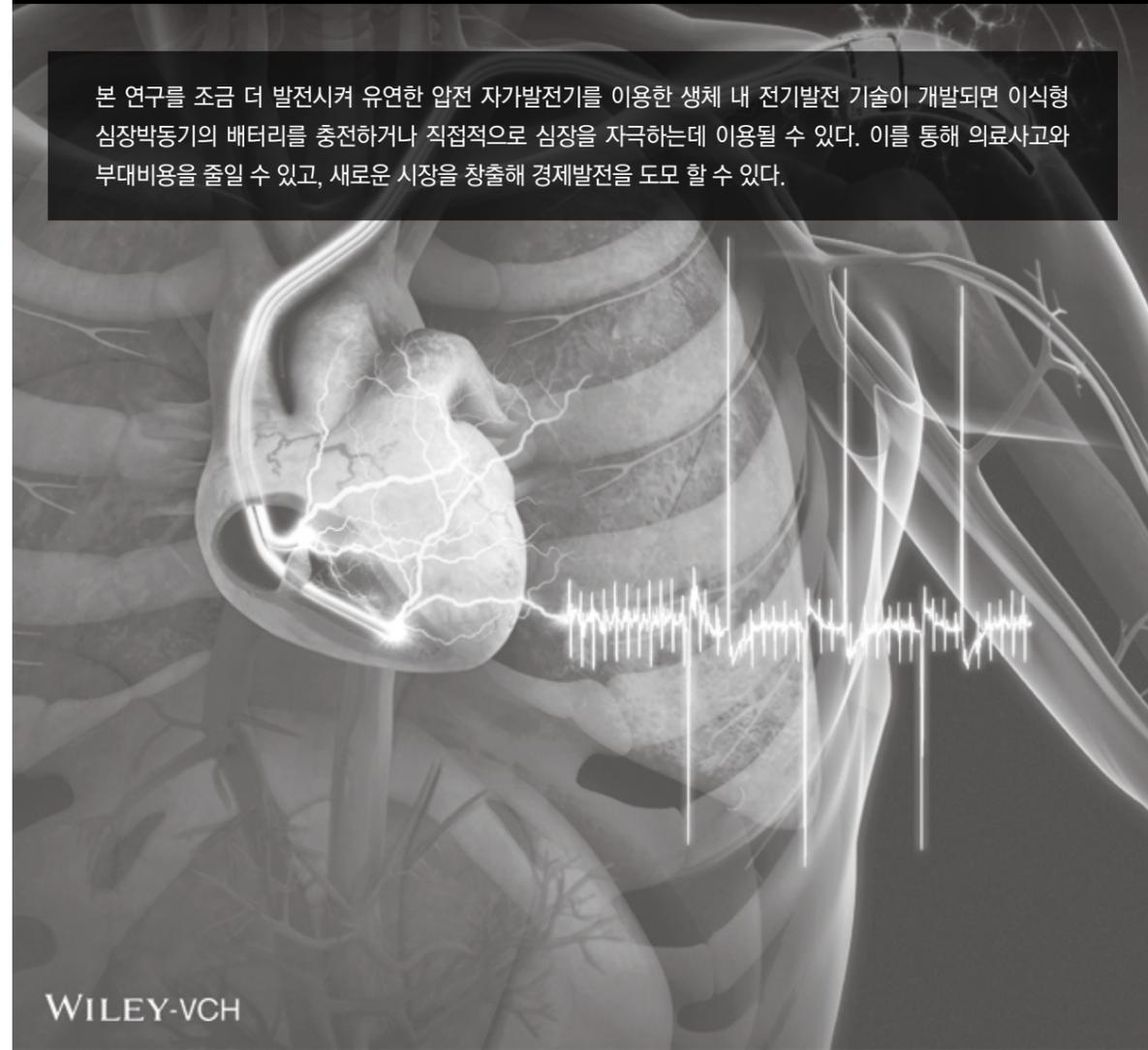
# 인체내에서 자가발전되는 인공심장 박동기

# ADVANCED MATERIALS

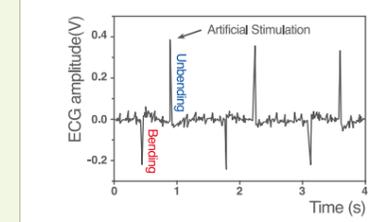
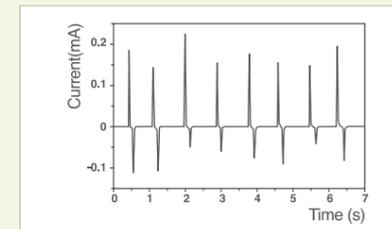
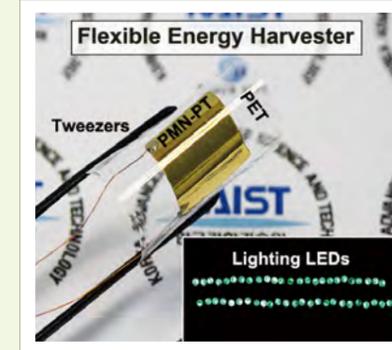
신소재공학과 이건재

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

본 연구를 조금 더 발전시켜 유연한 압전 자가발전기를 이용한 생체 내 전기발전 기술이 개발되면 이식형 심장박동기의 배터리를 충전하거나 직접적으로 심장을 자극하는데 이용될 수 있다. 이를 통해 의료사고와 부대비용을 줄일 수 있고, 새로운 시장을 창출해 경제발전을 도모 할 수 있다.



WILEY-VCH



인공심장박동기는 심장박동이 불규칙한 환자의 몸속에 이식되어 심장박동을 정상적으로 유지시키는데 필수적인 의료장치이다. 하지만 제한된 배터리의 수명 때문에 주기적으로 기기의 본체를 교체하는 시술이 필요한 단점이 있다. 만약 인체 내에서 스스로 전기발전이 가능한 유연한 압전 자가발전기를 개발하여 배터리를 충전하고 심장을 직접적으로 자극 할 수 있다면 기기교체수술에서 발생 할 수 있는 의료사고 및 부대비용을 줄여 환자의 불편을 최소화 할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 체내에서 자가 전원공급이 가능한 자가발전형 인공심장박동기 구현을 위해 단결정의 PMN-PT 압전박막을 이용하여 고성능의 유연한 자가발전기를 개발하였다. 제작된 유연한 압전 자가발전기는 굽힘과 누름과 같은 기계적인 변형에 의해 8.2V의 전압과 0.22mA의 전류를 발전 하였는데, 발생된 전류는 지금까지 발표된 유연한 압전세라믹 자가 발전기중에 최고로 크다. 자체 전원공급이 가능한 박동기의 구현을 위해 자가발전기를 이용해 몇 가지 시연을 진행하였다. 유연 자가발전기를 굽힐 때 발생하는 전기에너지를 이용해 50 개의 LED를 점등 하였고, 리튬이온배터리를 충전하였다. 더 나아가 자가발전기를 이용해 심장의 전기자극을 실시하였는데, 우수한 전기에너지 발전특성을 이용해 인공적으로 심장 박동을 규칙화 하는데 성공하였다. 추후 연구를 통해 인공심장박동기 뿐만 아니라 생체이식형 의료기기의 수명을 늘릴 수 있을 것으로 예상된다.

본 기술을 발전시키면 인공심장박동기의 배터리 교체 수술주기를 늘려 환자의 의학적, 경제적 비용을 최소화 할 수 있을 것이다. 또한 그동안 심장박동기의 에너지가 부족해 불가능 하였던 심장의 추가적인 상태 진단을 통해 심장마비 예방도 가능할 것이다.

**연구실적** | · 재료관련 세계 저명 SCI 저널 게재 및 표지선정(Advanced Materials)  
· 국내외 언론보도 20건 이상(KBS, MBC, YTN 포함)

**참고자료** | · '자가발전 심장박동기' 연구설명 및 홍보자료  
· 논문: G.-T. Hwang, et al. Self-Powered Cardiac Pacemaker Enabled by Flexible Single Crystalline PMN-PT Piezoelectric Energy Harvester. Advanced Materials, 2014

**연구지원** | · 한국연구재단 도약연구: 중견연구자지원사업, 글로벌프런티어사업

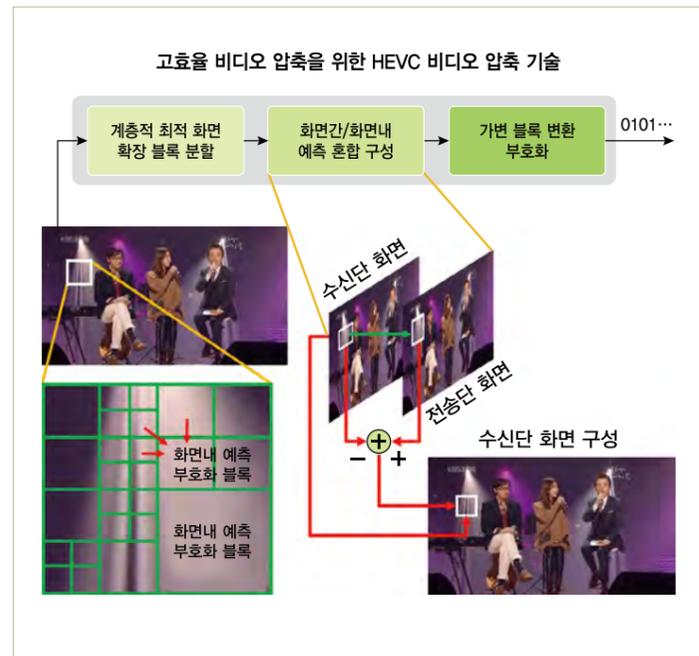
# 고화질로 동영상을 압축하는 기술

전기 및 전자공학부 김문철

<http://www.viclab.kaist.ac.kr>



네트워크 및 통신 기술의 발전과 더불어 현재 인터넷을 통해 오고가는 트래픽 데이터의 70% 이상이 비디오 데이터일 정도로, 비디오 콘텐츠는 멀티미디어 시대에 중요한 미디어로서의 위치를 점하고 있다. 고속 네트워크와 디스플레이 기술 발전, 그리고 고도화된 방송 서비스의 등장으로 인해, 향후에 비디오 콘텐츠는 초고품질 실감 미디어로 발전할 것으로 예상된다. 이로 인해 비디오 데이터는 기하급수적으로 증가할 것이다. 가까운 미래에는 이러한 초해상도 비디오 콘텐츠를 언제 어디서나 다양한 멀티미디어 기기들을 통해 자유롭게 소비가 가능한 시대에 살게 될 것이다. 따라서, 대용량의 초고품질 비디오 데이터를 효율적으로 압축할 수 있는 기술의 요구사항이 꾸준히 제기되고 있다.



UHD(Ultra High Definition)급 비디오 콘텐츠의 빠른 증가로 인해, UHD-TV/방송과 UHD 비디오 스트리밍과 같은 비디오 서비스는 UHD 비디오 콘텐츠의 효율적인 저장과 전송을 가능하게 하는 보다 진보된 비디오 압축 부호화 기술에 대한 요구사항이 꾸준히 제기되어 왔다. 기존 비디오 압축 부호화 기술들은 비디오 데이터를 16x16 화소 크기인 매크로블록 (macroblock-MB) 단위로 압축하는 방식을 취해왔다. 그러나 이러한 방법은 압축 효율에 많은 제약이 되었으며, UHD급 비디오와 같이 공간 해상도가 큰 영상 압축에는 적합하지 않았다. 따라서, UHD급 비디오와 같은 초고해상도 비디오 데이터를 효율적으로 압축 부호화할 수 있는 기술에 대한 꾸준한 요구사항이 있어 왔다. 이러한 요구사항에 부합하기 위해, 본 연구팀은 기존의 MB 단위 부호화 구조를 확장하여, 보다 유연하고, 다양한 영상 신호의 특성에 효과적으로 적응하여 압축 부호화 성능을 발휘 할 수 있는 새로운 확장 단위 부호화 블록을 고안하였다.

이 새로운 확장 단위 부호화 블록 구조는 가변 특성을 갖는 영상 신호를 작은 하위 단위 부호화 블록으로 유연하게 분할하여 부호화 할 수 있는 특징을 가질 수 있으며, 분할된 하위 단위 부호화 블록들이 화면간 부호화 및 화면내 부호화 방식으로 혼재되어 부호화 될 수 있도록 하여 부호화 성능을 향상 시키고자 하였다. 뿐만 아니라 단위 부호화 블록들 내의 잔차 신호들을 가변 변환 블록들을 사용하여 효과적으로 압축 부호화 할 수 있도록 하게 하였다.

비디오는 데이터 양이 방대하기 때문에 효율적인 저장 및 전송을 위해 데이터 압축이 필수적이다. 더욱이 디지털 기기간 호환성을 위해 압축 방식에 대한 표준이 필요한데, 지금 디지털 방송에 사용되는 비디오 압축 표준인 MPEG-2와 DMB/IPTV 등에 사용되는 표준인 H.264/AVC(Advanced Video Coding)가 대표적이다. 지금까지의 비디오 데이터 압축 기술은 입력 비디오의 각 화면 전체를 한 번에 압축하는 것이 아니라 16x16 화소단위로 나누어 압축 부호화를 하는 기법을 적용해 왔다. 본 연구에서는 이러한 고정된 화면 단위 블록의 크기를 크게 확장하였고, 입력 영상 신호의 특성에 따라 압축 효율이 최대화 되도록 적응적 블록 분할 구조로 설계하여 압축율을 크게 향상 시켰다.

기존에는 하나의 단위 부호화 블록내에서 화면간 또는 화면내 예측 부호화를 통해 압축 하는 방식이었으나, 본 연구의 확장된 단위 부호화



블록내에서는 화면간 및 화면내 부호화가 혼재되어 부호화할 수 있도록 하여 압축 효율을 크게 개선하였고, 확장 단위 부호화 블록의 하위 단위 부호화 블록 내에서는 가변 변환 블록을 적용하여 압축율이 극대화 될 수 있도록 하였다.

이러한 방식은 ITU-T와 ISO/IEC 국제표준화 기구가 최근 공동으로 제정한 UHD 방송 및 고화질 비디오 압축에 사용될 차세대 비디오 압축 표준인 HEVC(High Efficiency Video Coding)의 근간이 되었고, 본 연구를 통해 확보한 특허가 차세대 비디오 압축 표준인 HEVC (High Efficiency Video Coding) 표준 특허로 등록됨으로써, 향후 KAIST는 전 세계 시장에서 HEVC 표준기술 사용에 따른 큰 기술로 수입을 창출할 수 있는 기회를 얻게 되었다.



UHD(초고화질)TV/방송, 케이블 TV(2014년 5월 본방송 실시)의 비디오 압축 표준에 채택

고화질 스마트폰(iPhone6/iPhone6+에 HEVC 압축 기술 탑재 되어 출시), 디지털 카메라/캠코더, 영상블랙박스/감시카메라, DVD Player, 고화질 비디오 인터넷 스트리밍 서비스

HEVC의 뛰어난 압축 성능으로 인해 비디오 관련 대부분의 멀티미디어 제품에 적용될 것으로 예상되어 관련 시장이 크게 확대될 것으로 예상되기에 이로 인해, KAIST의 기술로 수입이 크게 증가할 것으로 기대됨

- 연구실적**
- 차세대 비디오 압축 부호화 요소 기술 연구 및 핵심 지적 재산권 확보
  - HEVC 국제 특허 확보(특허권자로서 KAIST는 HEVC 특허풀에 창립멤버로 가입)
  - HEVC 국제 표준 - 표준 특허 확보 추진 중
  - 언론 보도 15건(KBS930 뉴스광장, KBS9시 대전방송 보도 등)
- 참고자료**
- HEVC Licensors: <http://www.mpegla.com/main/programs/HEVC/Pages/Licensors.aspx>
  - HEVC Patent list: <http://www.mpegla.com/main/programs/hevc/Documents/hevc-att1.pdf>

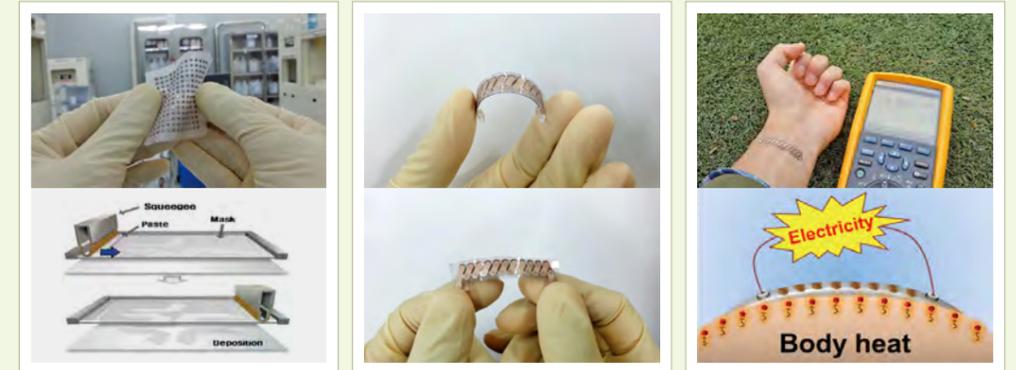
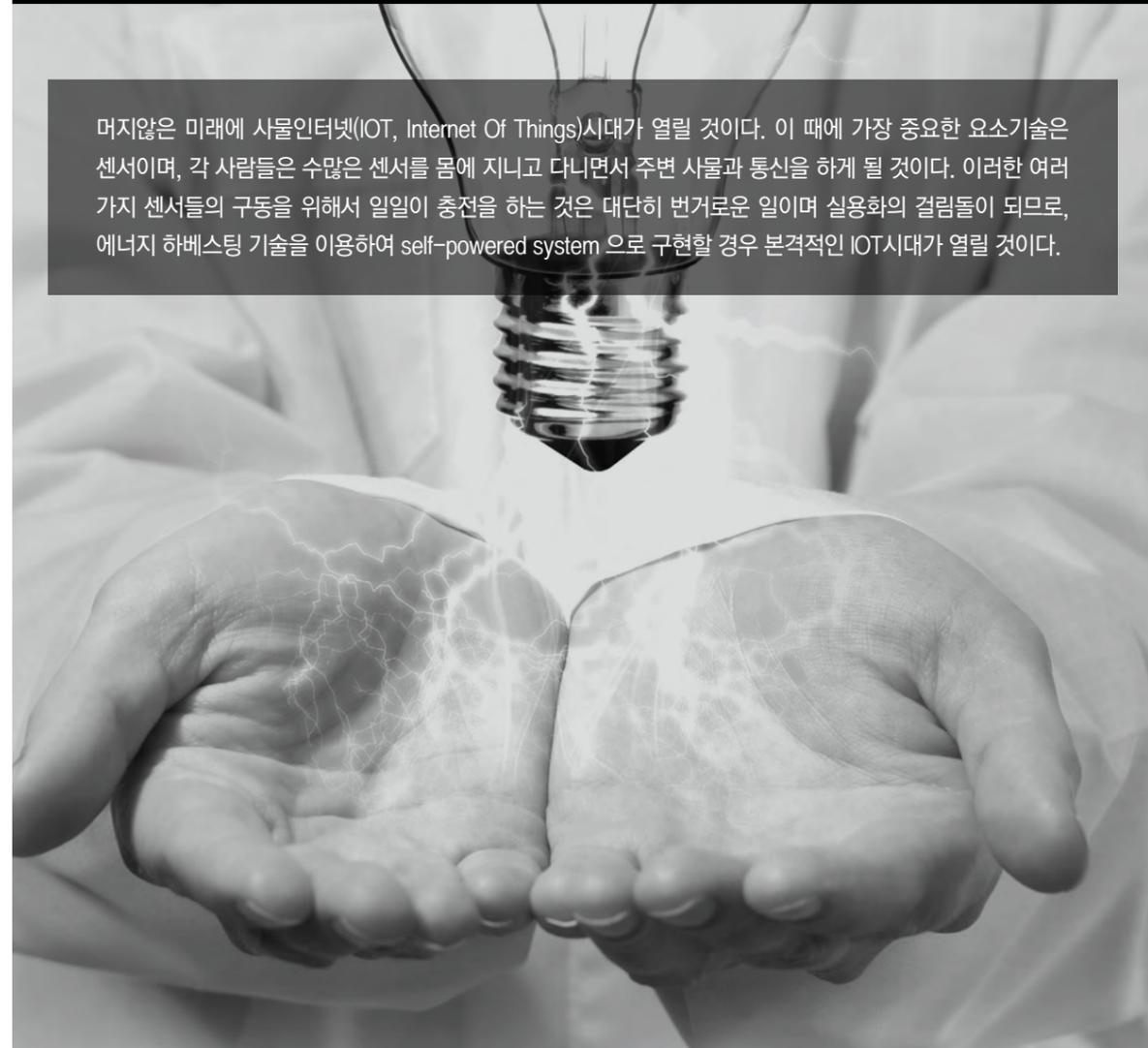


# 체온으로 전기를 생산하는 소자

전기 및 전자공학부 조병진

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

머지않은 미래에 사물인터넷(IOT, Internet Of Things)시대가 열릴 것이다. 이 때에 가장 중요한 요소기술은 센서이며, 각 사람들은 수많은 센서를 몸에 지니고 다니면서 주변 사물과 통신을 하게 될 것이다. 이러한 여러 가지 센서들의 구동을 위해서 일일이 충전을 하는 것은 대단히 번거로운 일이며 실용화의 걸림돌이 되므로, 에너지 하베스팅 기술을 이용하여 self-powered system 으로 구현할 경우 본격적인 IOT시대가 열릴 것이다.



Screen printing technique

Wearable thermoelectric generator

Power generation on human body

IOT 시대의 self-powered sensor 시스템을 구현하기 위해서는 energy harvesting 기술과 센서네트워크 결합이 되어야 한다. 만일, 체열을 전기에너지로 전환할 수 있다면, 언제 어디서나 몸에 부착된 센서들을 작동시킬 수 있어 이상적인 시스템이 될 것이다. 열을 전기로 전환하는 것은 열전소자를 사용하면 되나, 기존의 상용열전소자는 단단하고 무겁기 때문에 몸에 착용할 수 없어, 착용가능한 형태의 열전소자를 개발하는 연구가 반드시 필요하다.

본 연구에서는 스크린프린팅 기술과 유리섬유를 사용, 입을 수 있는 열전소자를 구현하여 체열을 이용한 발전이 가능하다는 것을 실험적으로 증명하고 차세대 기술인 웨어러블 센서의 전력공급원으로 적용이 가능함을 입증하였다.

기존 상용열전소자는 단단하고 무거운 세라믹 기판을 포함하는데, 이는 소자의 유연성뿐만 아니라 열에너지

손실을 발생시켜 에너지 변환효율을 저해하는 요소가 된다. 본 연구에서는 가볍고 유연한 유리섬유 상에 열전소자를 최초로 구현함으로써 기판으로 인해 발생하는 열손실 문제를 획기적으로 개선하고 고효율하면서도 입을 수 있는 유연 열전소자를 개발하였다. 본 연구에서 개발된 열전소자의 중량은 0.13g/cm<sup>2</sup>로 상용소자보다 10배 정도 가볍다.

본 연구에서 개발한 입을 수 있는 열전소자는 미래기술의 하나인 웨어러블 센서들의 전력공급원으로써 활용이 가능할 것으로 판단된다. 뿐만 아니라, 자동차, 발전소, 항공기, 선박 등 폐열이 발생하는 다양한 곳에 본 기술을 적용할 수 있기 때문에 그 활용범위가 매우 넓어 기술적·경제적 파급효과가 매우 클 것으로 기대된다.

**연구실적** | · 논문: "A wearable thermoelectric generator fabricated on a glass fabric", Energy & Environmental Science(impact factor: 15.49), 7, 1959-1965, 2014  
· 특허: "메쉬형 기판을 이용한 플렉시블 열전소자 및 그 제조방법", 국내 특허등록(10-1493797), PCT, 미국, 일본, 중국, 유럽 특허출원  
· 언론보도: ABC news, Discovery channel, Daily, Yahoo, CNET 등 전 세계 각국 100여 군데 이상의 메이저 언론들에 보도, 국내에서는 MBC NewsDesk 저녁 메인 뉴스, YTN TV 뉴스, 연합뉴스 속보 및 거의 모든 일간지에 보도  
· UNESCO-Netexplo Award 2015 그랑프리 수상  
· 기술의 상용화를 위하여 교원창업 기업 TEGway(주)를 창업, SK 텔레콤 벤처기업 공모전 우수기업 선정 및 표창, 대전 창조경제 혁신 센터의 Dream Venture Star 기업으로 선정

**연구지원** | · 미래창조과학부(기반형 융합연구사업), KAIST(KAIST End Run Project)

# 암과 관련있는 유전자를 찾아내는 검색툴, 온코서치

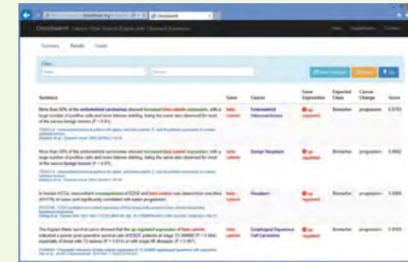


전산학부 박종철

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



빅데이터 기술 기반의 온코서치는 웹을 통한 공개적인 사용이 가능하여 전 세계의 의학/생물학/생물정보학 연구자들이 암을 포함한 다양한 복잡 질환 연구를 진행하는 과정에 대용량 문헌 정보를 효율적으로 통합하여 활용할 수 있도록 할 것이다. 이러한 통합 활용으로 질병 기작에 대한 연구자들의 이해도를 더욱 높이고, 새로운 진단 및 치료 기법 개발 등 복잡질환에 대한 연구가 급속하게 진전될 것이다. 또한, 수집된 대용량 문헌 데이터에 확률적 분석 및 이종적인 추론 기법을 적용한 유전자 네트워크 자동 추론 시스템을 토대로 복잡 질환 연구에 직접적으로 도움이 되는 새로운 지식 발견이 가능할 것이다.



YTN 사이언스투데이 언론 보도 자료(2014.05.22.)

암은 유전자의 이상 변화가 주요한 발생원인 중 하나로 알려져 있다. 따라서 암 연구에서는 암 발생에 관련된 유전자들을 파악하고 이들 유전자들이 암 발생 기작에 어떻게 기여하는 지를 잘 이해하는 것이 매우 중요하다. 이에 따라 각종 암 관련 유전자에 관하여 수많은 연구가 진행되었으며, 그 결과가 연구 문헌 데이터베이스로 축적되고 있다. 암 연구 진행을 위해서는 이러한 기존 연구 결과들을 효율적으로 수집 및 분석하는 것이 필수적으로 요구되지만, 관련 연구 문헌의 양이 너무 방대하기 때문에 빅데이터 환경의 고급 텍스트 마이닝 기술을 기반으로 하는 검색 엔진의 활용이 중요하다.

온코서치는 생물의로 텍스트 상의 유전자-암 간의 관계를 찾는 과정에 1) 유전자가 어떻게 변화하는지, 2) 암이 어떻게 변화하는지, 3) 유전자와 암 간의 인과 관계는 어떻게 정의되는지에 대한 정보를 고려하며 암에 대한 유전자의 역할을 추론하여 파악한다.

이러한 유전자의 역할 별 분류과정을 통하여 생물 데이터베이스에 이미 등록이 되어 있는 발암유전자(암을 일으키는 유전자), 암억제유전자(세포를 암으로부터 보호하는 유전자) 및 바이오마커(정상 및 암 상태를 구분하는데 사용할 수 있는 유전자)를 온코서치가 정확하게 구별할 수 있다는 것을 세계 최초로 보였다. 이와 관련하여 현재 표준으로 삼고 있는 유전자 데이터베이스의 하나인 UniProtKB 상에 나타나는 발암유전자의 6.87%, 암억제유전자의 3.76% 정도의 소규모 정보만 Vogelstein의 팀이 2013년 Science 학술지에 발표한 발암유전자 및 암억제유전자 리스트에 포함되어 있다는 것을 확인하였다.

이러한 사실은 새로운 발암유전자나 암억제유전자를 파악하는 과정이 아직 연구의 초기 단계에 머무르고 있거나 이들 유전자에 대한 정확한 정의가 생물 데이터베이스에 따라 달라진다는 것을 의미하며, 온코서치와 같은 특화된 웹들을 통하여 현재 까지 알려진 전세계의 암 관련 연구 성과를 시기적절하게 조망할 수 있는 방법을 긴요하게 한다.

빅데이터 플랫폼에 기반한 온코서치는 빠르게 증가하는 방대한 문헌 자료로부터 새로운 생물학 지식을 추출 및 추론하여 중앙학을 비롯한 다양한 복잡 질환 연구에 중요한 촉매 역할을 할 것으로 예상된다.

**연구실적** | · YTN, 동아일보를 비롯한 언론보도 25건 이상(2014년)  
· 국립암센터 발간 웹진 암연구동향, 한국과학창의재단 발간 월간 과학창의, 한국연구재단 발간 웹진 심층 취재 기사 보도(2014년)

**참고자료** | · 논문: H.-J. Lee, T. C. Dang, H. Lee and J. C. Park, Nucleic Acids Research, 42(W1): W416-W421(2014). (Impact Factor = 8.278)

**연구지원** | · 한국연구재단(중견연구자사업 핵심공동연구, 도약연구 성과확산 사업)

KAIST에는 5개의 단과대학이 있습니다. 기초과학분야를 연구하는 자연과학대학, 바이오분야에 특화된 생명과학 기술대학, 기술로 문제를 해결하는 공과대학, 과학과 인문, 문화, 경영, 전략과 정책을 융합한 인문사회융합과학대학과 경영대학이 있습니다. 각 단과대학의 연구성과 중 우수한 성과를 추천하여 소개합니다.

# KAIST

## 단과대학 추천 우수성과

Top Research Achievements of  
Each College in 2014

KAIST의 교수와 연구진들은 세계 속에 한국 과학기술의 저력을 알려왔습니다.  
세계 유수의 학술지 표지를 장식하며 2014년을 빛낸 단과대학의 우수 연구성과들을 소개합니다.

## 고령자를 위한 생체신호 기반 능동 상지 보조기

기계공학과 김정

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

인구의 고령화는 세계적으로 심각한 현상이지만 한국은 그 중에서도 가장 빠른 속도로 고령화가 진행되고 있으며 이에 따라 고령화에 의한 사회/경제적 비용이 증가하고 있다. 이러한 비용을 절감하기 위한 핵심적인 기술 중 하나로 일상생활 활동시 고령인에게 자립성을 가질 수 있게 해주는 상지 보조 기구가 각광을 받고 있다. 지금까지 전세계의 여러 연구 기관에서 다양한 외골격형 상지 운동 보조 로봇이 개발되었으나 지나친 기구부의 크기 및 복잡한 사용자와의 탈부착 등의 문제와 직관성이 결여된 동작 등 많은 어려움이 있었다. 따라서 현재까지는 주로 군인 등의 특수한 사용자 또는 일반인을 대상으로 한 연구만이 수행 되어 왔으며 노약자의 상지 보조에 대한 연구는 크게 진전되지 못했다. 본 연구에서는 “근전도 등 생체 신호를 이용한 상지 운동 의도 추출”과 “보조 방향 분리를 통한 능동 상지 보조기 메커니즘”을 통해서 기존 연구개발에서의 성능 한계를 극복할 수 있는 방안을 제시하였다. “생체 신호를 이용한 상지 운동 의도 추출”은 인체의 근육에서 발생하는 미세한 전기신호인 근전도 신호 등을 추출하여 사용자의 운동 의도를 추출하는 알고리즘으로 직관적임과 동시에 사용자의 자의적 운동을 구별할 수 있는 방법이다. 또한 “능동 상지 보조기 메커니즘”은 보조기의 주된 목적인 중력을 극복하는 수직 방향 운동과 수평 방향 운동을 분리하고 한 개의 전기식 모터와 스프링을 사용하여 안정적인 상지 운동 보조를 가능하게 한다.



본 연구에서 개발된 능동형 상지 보조기는 사용자의 이탈착이 쉬운 간단한 구조를 가지며 근전도 신호를 이용한 직관적인 상지 운동 의도 추출 알고리즘이 적용된 것으로, 원래 목적인 노약자의 상지 보조 등 고령친화 복지 기기의 큰 진전일 뿐 아니라 비침습 생체 신호를 이용한 새로운 형태의 인간-컴퓨터 인터페이스 개발에도 큰 기여를 할 것이다. 또한 연구 초기부터 상품화를 염두에 두고 개발하여, 수백~수천만 원대를 호가하는 기존 보조기구들의 기능을 수십만원대의 가격으로 제공할 수 있는 가능성을 열었다. 비용절감은 보조기 동작을 위한 비용 효율적인 기구 설계와 함께, 제어보드와 생체신호 센서 등의 핵심부품을 자체개발함으로써 가능해졌다.

고령자의 상지 근력 보조기로 활용 및 상품화 가능

근전도 기반 human-computer interface 활용 가능

### 연구실적

- 의용생체공학 분야 정상급 논문지 다수 게재
- 산학과제: 착용형 외골격 로봇을 위한 생체신호 기반의 근력 추정 모델 개발(LG 전자, 2013.8.~2014.3.)
- 산학과제: 근전도 인터페이스를 위한 손 gesture 데이터 수집 실험 및 인식 시뮬레이션(삼성 전자, 2013.7.~2014.2.)
- 국가과제: 고령자/장애인의 동작의도 감지에 기반한 부하보조 매니플레이션 기술개발(미래창조과학부, 2010.08.~2015.07.)

### 참고자료

- Suncheol Kwon, Yunjoo Kim, and Jung Kim, "Movement Stability Analysis of Surface Electromyography-Based Elbow Power Assistance", IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 61, No. 4, pp. 1134-1142, 2014.
- Pilwon Heo and Jung Kim, "Power-Assistive Finger Exoskeleton With a Palmar Opening at the Fingerpad", IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 61, No. 11, pp. 2688-2697, 2014.
- '2014 미래창조과학부 R&D성과확산대전' 관련 동아 일보 보도(2014년 11월 11일, 동아사이언스: <http://news.donga.com/3/all/20141110/67769249/1>)

### 연구지원

- 미래창조과학부(한국연구재단-공공복지안전연구사업)

## 나선형 나노구조체 제조 원천기술 개발

나노과학기술대학원 윤동기

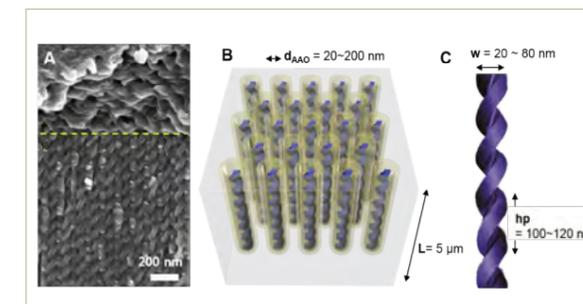
<http://yoon.kaist.ac.kr>

이번 연구의 핵심 기술인 ‘한정된 공간에서의 자기조립’이란, 아이들의 장난감인 레고블럭 놀이처럼 주위의 환경(온도, 농도, pH 등)에 따라 물리적으로 조립과 분리가 가능한 다양한 연성재료(고분자, 액정, 생체분자 등)를 수십 나노미터의 공간 속에서 복잡한 나노구조체를 제어하는 기술이다.

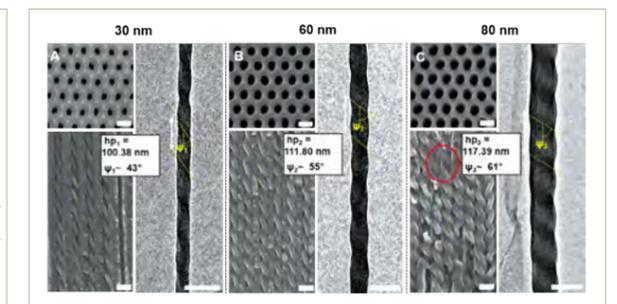
본 연구진은 전기화학적 반응을 통해 형성되는 다공성 양극산화알루미늄막을 이용해 수십 나노미터 수준의 한정된 공간을 만들고, 이 공간의 내부에 바나나형태의 액정분자를 채워 넣어 나선형 나노구조체를 대면적에서 구현하는데 성공했다. 이 기술을 활용하면 전자장치에 민감하게 반응하는 액정 소재의 고유성질과 융합해 고효율의 광전자 소자 개발에 도움이 될 것으로 학계는 기대하고 있다.

연구진은 이러한 방법을 통해 현재 반도체 제조공정에서 사용 중인 2차원 광식각공정에서 벗어나 3차원 패터닝 기술로도 발전시킬 수 있다고 밝혔다. 이를 실현하기 위해 앞으로 극복해야할 난제가 많지만 본 기술을 이용한 3차원 반도체가 개발되면 지금보다 최소 수백~수천배 많은 데이터를 저장할 수 있으므로 그 연구가치는 매우 크다고 할 수 있다.

대용량 메모리 제조를 위한 차세대 패터닝 기법으로 이용될 수 있을 것으로 기대됨.



나선 나노구조체의 전자현미경 사진과 개념도



제조된 나선 나노구조체의 전자현미경 사진

### 연구실적

- 우수성과 선정(한국연구재단 2013년 Annual Report 대표연구자 4인 중 1인으로 선정, 2014년 연구재단 선정 기초연구성과 50선)
- 언론보도 13건
- 특허, 기술이전 등 - '3차원 나노구조체의 제조방법 및 이로부터 제조된 3차원 카이랄 나노구조체' 국내 특허 출원(출원번호:10-2014-0093515'14.07.23)

### 참고자료

- Hanim Kim, Sunhee Lee, et al, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A, 111(40), 14342-14347(2014) (Impact Factor = 9.809)

### 연구지원

- 미래창조과학부, 교육부, 포항가속기연구소, 한국연구재단(신진연구-우수신진, 나노소재원천기술개발사업, BK21플러스)

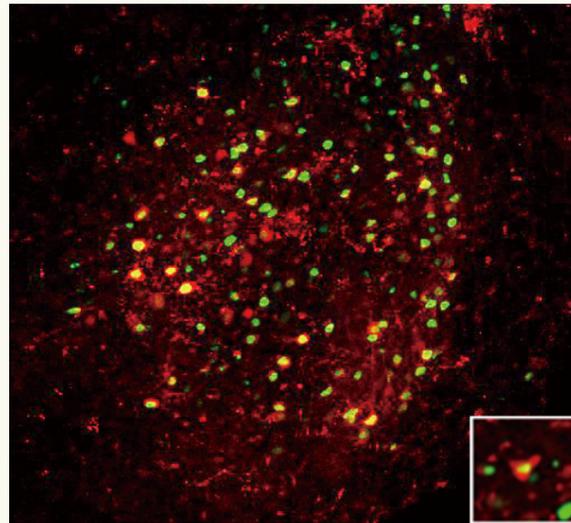
## 기억저장 신경세포 직접 자극에 의한 기억발현, 변형 유도 최초 규명

생명과학과 한진희

<https://sites.google.com/site/neuralcircuitandbehaviorlab/>

기억은 뇌에 있는 수많은 신경세포 중 일부 세포만 사용해서 저장된다고 생각된다. 하지만, memory trace가 뇌 어디에, 어떻게 저장되는지는 아직도 미해결 난제로 남아있다. 또한 어떻게 기억을 저장하는 신경세포가 선택되는지도 거의 알려져 있지 않다.

본 연구자는 이전 연구에서 transcription factor인 CREB(Ca2+/cAMP response element binding protein)의 발현이 높은 신경세포가 선택적으로 기억저장에 참여한다는 연구결과를 규명한 바 있다. 이번에 발표한 연구에서는 CREB를 편도체(lateral amygdala)에 있는 10~15% 정도의 신경세포에 과발현 시키고 공포학습 후에 조건화 자극으로 사용한 소리 자극이 없는 조건에서 이 세포들만을 인위적으로 다시 자극했을 때 어떤 일이 벌어지는지를 연구했다.



뇌에 있는 무수히 많은 신경세포들 중 CREB를 과발현 하는 신경세포들만을 선택적으로 자극하기 위해서 TRPV1-capsaicin 시스템 기반 약물학적 기술을 이용했다.

연구결과 이 특정 신경세포집단을 자극한 것만으로 기존에 이미 저장돼 있던 공포기억이 불러일으켜지고 기억의 재공고화(reconsolidation), 기억의 향상과 같은 기억변형이 일어날 수 있음을 세계 최초로 규명했다. 이 연구결과를 뇌에서 기억을 저장하는 신경세포를 발견하고 이를 직접 증명하고 이를 통해 기억발현, 변형의 생물학적 본질에 대한 중요한 통찰을 제시했다는 큰 의미가 있다.

미해결 난제인 기억의 생물학적 본질 해결에 중요한 학문적 기여

치매와 같은 다양한 기억장애 뇌질환에서 손상된 기억을 복원할 수 있는 획기적 방법 개발이 기대됨

**연구실적** | 우수포스터, 구두발표 상 수상(국제학회 2건, 국내발표 2건)  
국제학회초청 세미나 발표(5건)

**참고자료** | 논문: Kim J\*, Kwon J-T\*, Kim H-S, Josselyn SA, and Han J-H. (2014) Memory recall and modifications by activating neurons with elevated CREB. Nat. Neurosci. 17(1): 65-72(\*equal contribution). (2013기준 IF: 14.976)

**연구지원** | 한국연구재단(신진연구, 핵심연구 사업), KAIST HRHRP, 포스코청암재단 fellowship

## 빛으로 수선되는 웨어러블 전기 도전체

생명화학공학과 김희탁 / 박정기

<http://eed.kaist.ac.kr>, <http://zoo.kaist.ac.kr>

최근 경량화, 박형화, 고밀도화 및 연성화 특성을 갖는 고사양의 웨어러블 전자 기기의 개발이 활발해지면서, 전기 회로에 외부의 자극(예를 들어 구부림이나 늘림 등)으로 인한 전기 회로 손상이 자주 발생하고 있고, 이는 전체 전자 기기의 작동을 방해하는 문제점을 야기하고 있다. 이를 해결하기 위하여 많은 연구자들이 '자기 회복이 가능한 전기 회로'를 제작하는데 힘을 쏟고 있다. 하지만 빠르게, 외부 손상없이, 원하는 위치에만 전기전도도를 자기회복이 가능케 하는 방식은 현재 달성하지 못하고 있는 상황이다.

KAIST 박정기, 김희탁 및 성균관대학교 이승우 교수 연구팀은 빛의 편광방향에 따라 움직임을 보이는 고분자를(아조고분자) 연성 필름 위에 코팅한 후, 은나노와이어를 도포함으로써 새로운 '자기 회복 전기 회로'를 제작하였다. 편광이 조절된 빛을 전기전도도가 단락된 필름에 조사하면 아조고분자 층이 편광과 나란한 방향으로 이동하게 되며, 이와 동시에 아조고분자 층 위에 도포된 은나노와이어를 같이 끌고 이동시켜 단락된 부분은 다시 접합시키게 되는 형태이다. 본 방식은 전자기기의 또다른 외부 손상을 가하지 않는 범위에서 원하는 위치에만 빛을 조사하여 빠르게



Light-powered healing of a wearable electrical device: wiring a white LED(on the palm of the hand of an Iron Man toy) with the light-powered healable electrical conductor

(1~2분내에) 단락된 전기 회로를 완벽히 회복시킬 수 있다. 또한 모든 빛의 입사방향에서도 전기전도도 회복이 가능하며, 연성 기판을 사용하므로 다양한 플렉시블 웨어러블 전자기기에 응용이 가능하다. 웨어러블 디바이스에서 발생하기 쉬운 반복적인 불규칙적인 크랙도 빛의 조사 각도 및 크랙의 방향에 관계없이 회복이 가능하여 기존에 제안된 방식 대비 높은 기기 적용성을 가진다. 이러한 결과는 향후 급성장 할것으로 기대되는 웨어러블 전자기기의 상용화를 위한 중요한 기술적 실마리를 제공 할 것으로 보인다.

본 연구에서 개발된 자기회복 필름은 모든 전자기기의 전기회로로 사용 가능하며(일반적인 전자기기 뿐 아니라 플렉시블, 웨어러블 전자기기 포함), 전기회로 단락 시 부품교체 없이 단순히 빛 조사만으로 단락된 전기회로를 수리할 수 있기 때문에 전자기기의 사용기한을 늘릴 수 있다. 더불어 이를 활용하면 최근 문제가 되고 있는 전자기기 쓰레기(Electronic waste) 문제를 해결할 수 있다.

**연구실적** | Advanced Functional Materials 저널 Frontispiece 선정(2014)  
Most read article: 9월(status: online publish) & 12월  
YTN 사이언스 전화인터뷰(김희탁 교수) / 언론 보도(중앙 일보, 매일 경제 외 25 건)  
제 20회 삼성휴먼테크 논문대상 은상 수상  
2015년 춘계 고분자학회 우수논문발표상 수상  
특허 출원(출원 번호: 10-2014-0071656)

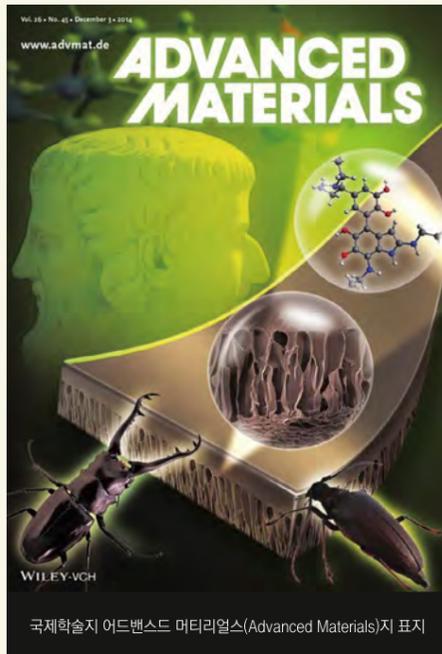
**참고자료** | 논문: "Light-Powered Healing of a Wearable Electrical Conductor" Volume 24, Issue 46, December 10, 2014, Pages: 7273 - 7283(2014) (Impact Factor = 10.439)

**연구지원** | 교육과학기술부, WCU 프로그램, Pioneering Nano-Based Convergence HRD Center, 8<sup>th</sup> National Core Research Center

## 곤충큐티클 자가 힐링의 화학적 기작 규명

화학과 이해신

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



곤충의 딱딱한 겹껍데기는 큐티클이라고 불리며 이는 오래전부터 생물학자와 화학자의 연구대상이 되어 왔다. 큐티클은 화학적으로 매우 복잡한 물질이지만 그 핵심은 카테콜아민이라 불리는 접착성 물질과 폴리아민 고분자의 화학적 결합으로 이루어져 있는 물질이라는 사실이다. 하지만 지금까지 곤충의 피부라 할 수 있는 큐티클의 화학적 구조는 알려져 왔지만 상처가 났을 경우 어떻게 치료가 되는지는 밝혀져 있지 않았다. 본 연구에서는 큐티클에 포함된 카테콜아민이 공기중의 산소와 반응하여 계면에서 빠르게 다시 큐티클의 핵심적 역할을 하는 물질을 만들어낸다는 사실을 밝혔고, 이는 사람과 같이 곤충도 자가 치료를 할 수 있는 중요한 기작이 카테콜아민이라는 사실을 처음 규명하였다.

본 연구에서는 또한 새롭게 밝혀낸 카테콜아민의 공기/물 계면반응 메커니즘을 이용하여 계면에서 다기능성 고분자 필름소재를 형성해 내는 응용 기술을 개발하였으며, 개발된 필름소재는 양면이 서로 다른 Janus 구조에서 기인하는 stimuli-responsive한 특성을 통해 자발적으로 움직이는 actuator로서의 특징을 가지고 있고, 곤충의 큐티클과 같은 높은 기계적 물성을 가지는 freestanding한 고분자 소재이다. 특히 곤충의 자가 치료 기작을 모방한 self-healing(자가치유) 특성으로부터 필름이 찢어졌을 때에 새롭게 노출되는 계면에서의 카테콜 반응을 통해 자발적으로 필름이 다시 형성되는 재생 기작을 가지는 스마트 소재로서 다양한 분야에 널리 응용될 수 있는 곤충모방 신소재가 될 것으로 기대된다.

곤충의 겹껍데기 성분인 카테콜아민으로 이루어진 친환경적, 생체친화적 고분자 소재로써 외과 수술 시에 생체조직에 형성되는 공기/물 계면에서의 생체접착제로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

양면성을 가지는 Janus 구조의 고분자 필름소재는 산업 전반의 다양한 계면에서 일어나는 소재간 불균형의 문제를 해결할 수 있는 다기능성 접착소재가 될 것이다.

- 연구실적** | · 국제학술지 어드밴스드 머티리얼스(Advanced Materials)지(IF 15) 표지 논문(Inside Front Cover)에 선정(2014년 12월 3일 게재)  
· 특하: 이해신, 박요셉, 홍선기 "카테콜아민 기반의 다기능성 필름 및 이의 제조 방법" 대한민국 특허출원(10-2014-0073386) (2014. 06. 17)
- 참고자료** | · 논문: S. Hong, C. F. Schaber, K. Denning, E. Appel, S. N. Gorb, Haeshin Lee, Advanced Materials, 26, 7581-7587(2014) (Impact Factor = 15.409)
- 연구지원** | · 한국과학재단 중견연구자 지원사업(도약과제)

## 해파리 퇴치용 다개체 로봇 시범 서비스 성공적 수행

건설 및 환경공학과 명현

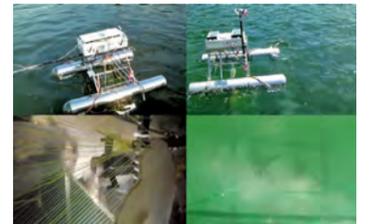
<http://urobot.kaist.ac.kr>

환경오염 및 기후변화, 해양 구조물의 증가 등으로 해파리 개체수가 급증하면서, 유해 해파리에 의한 피해가 국내에 연간 3,000억원(2009년 국립수산물과학원 추산)에 이르는 것으로 보고되고 있으며, 최근에는 인명 사망 사고까지 발생하는 등 막대한 피해가 발생하고 있다. 이러한 해파리 피해를 방지하기 위한 기술의 필요성은 전 세계적으로 나타나고 있으나, 효과적인 해결책이 없는 상황이다.

본 연구에서는 해파리 퇴치를 위한 로봇 시스템, JEROS(Jellyfish Elimination RObotic Swarm)를 개발하고, 해파리 퇴치 효율 향상을 위한 연구를 수행하였다. JEROS는 무인 수상선과 그 아래에 연결되는 해파리 분쇄 장치로 구성되며, GPS와 관성센서 기반 위치 인식, 영상 기반 해파리 인식을 이용하여 자율 내비게이션 및 해파리 퇴치 작업을 수행한다. 또한 JEROS를 다개체 로봇 시스템으로 확장하고, 이를 위한 선도-추종 기반 편대 제어 알고리즘을 개발하였다. 2014년에는 미래부 창조경제 비타민 과제로 선정되어, 기업체 기술이전을 실시하여 마산만 일대에서 시범 서비스를 수행하였다. 연구의 결과물로 해파리 퇴치 로봇 시스템 프로토타입과 자율 내비게이션 알고리즘, 영상 기반 해파리 인식 알고리즘, 다개체 로봇의 편대 제어 알고리즘 등이 있으며, 향후 수산업 및 발전소, 해수욕장의 해파리 피해 방지에 활용할 수 있다. 나아가 다양한 센서 및 제어 알고리즘, 무인기 협업 시스템 등을 개발 예정으로, 해양 생태계 및 환경 모니터링, 녹조 확산 방지, 해상 조난자 정찰 등 다양한 분야에서의 활용도 기대된다. 현재 해양경찰과 공동으로 군집 제어 기술을 이용한 해양 유출유 방제 로봇 개발 과제도 진행하고 있다.

수산업(어업, 양식업 등) 및 해수를 냉각수로 사용하는 발전소(원자력 발전소, 해수 담수화 플랜트), 해수욕장 등의 해파리에 의한 피해 방지에 활용 가능

다양한 센서를 추가하여 해양 생태계 감시 및 녹조 확산 방지, 해상 조난자 정찰, 해수 유출유/오염 방제 등의 용도로 활용 가능



해파리 퇴치 실험 장면, 시연 장면(KBS1, 2014.10.1.)



비타민 과제 방영 장면(YTN, 2014.9.30.)

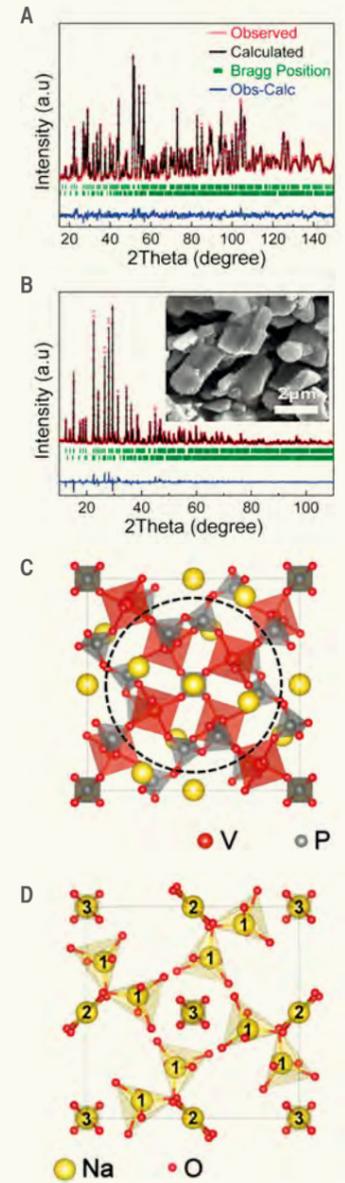
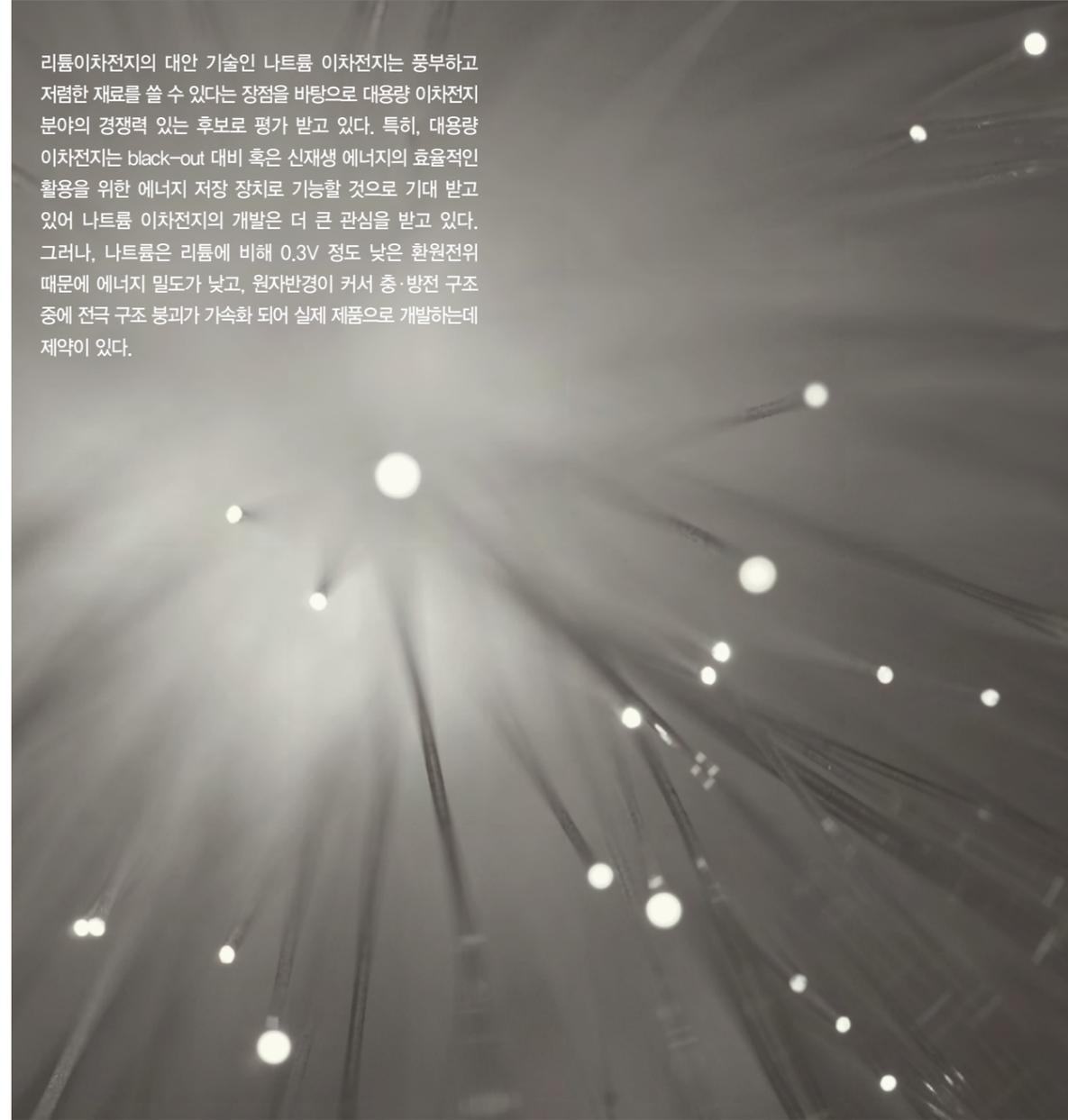
- 연구실적** | · 기업체 기술이전 완료: (주)라스테크(1.1억원, 2014.3.3.)  
· 특허 등록(4건)  
· 한국로봇학회 국문 논문지 2014년 우수 논문상 수상: 해파리 퇴치용 자율 수상 로봇의 설계 및 구현(명현 외, 2014.12.5. 수상)  
· 특허청 우수논문-특허 연계사업' 로봇 분야 우수 논문상 선정, 특허청장상 수상(2013.10.31.)  
· 한국로봇학회 학술대회 최우수논문상 수상: "해파리 제거용 자율 수상 로봇의 설계 및 개발," 제7회 한국로봇종합학술대회(2012.6.22.)  
· SCI급 국제학술지 4편 게재, 일반 국제학술지 1편 게재, 국내학술지 3편 게재, 국제학술대회 발표 11건, 국내학술대회 발표 2건  
· 해외 언론 보도 성과: IEEE Spectrum 외 37건 이상  
· 국내 언론 보도 성과: YTN, MBC, KBS1 뉴스, 아리랑 TV, 동아일보 등
- 참고자료** | · Hanguen Kim, Donghoon Kim, Jae-Uk Shin, Hyongjin Kim, and Hyun Myung, "Angular Rate-Constrained Theta" Algorithm for Unmanned Surface Vehicles," Ocean Engineering, vol.84, pp.37-44, July 2014.
- 연구지원** | · 한국연구재단(기본연구: 신진연구자 후속지원사업)

# Black-out 대비 세계최고 에너지 밀도 나트륨 이차전지 물질 개발 및 원자수준 규명

EEWS대학원 최장욱 / 정유성

<http://nest.kaist.ac.kr>, <http://qchem.kaist.ac.kr>

리튬이차전지의 대안 기술인 나트륨 이차전지는 풍부하고 저렴한 재료를 쓸 수 있다는 장점을 바탕으로 대용량 이차전지 분야의 경쟁력 있는 후보로 평가 받고 있다. 특히, 대용량 이차전지는 black-out 대비 혹은 신재생 에너지의 효율적인 활용을 위한 에너지 저장 장치로 기능할 것으로 기대 받고 있어 나트륨 이차전지의 개발은 더 큰 관심을 받고 있다. 그러나, 나트륨은 리튬에 비해 0.3V 정도 낮은 환원전위 때문에 에너지 밀도가 낮고, 원자반경이 커서 충·방전 구조 중에 전극 구조 붕괴가 가속화 되어 실제 제품으로 개발하는데 제약이 있다.



이에 본 연구에서는 고에너지밀도·고수명 전극 재료 탐색을 통해서 기존에 보고되지 않았던 바나듐 기반 ortho-diphosphate 계열의 새로운 재료인  $\text{Na}_7\text{V}_4(\text{P}_2\text{O}_7)_4\text{PO}_4$ (이하  $\text{Na}_7\text{VODP}$ )을 발굴 하였다.

$\text{Na}_7\text{VODP}$  는  $\text{PO}_4$ 와  $\text{P}_2\text{O}_7$ 이 혼합된 구조에서  $\text{V}^{3+}/\text{V}^{4+}$  산화환원반응을 활용함으로써 전체 용량 구간에서  $\text{Na}/\text{Na}^+$  대비 3.88V의 고전압을 보였으며, 이는 현재까지 국내외 연구진들에 의해 보고된 다양한 나트륨 전지용 이차전지 양극재료 가운데 가장 높은 단일 작동 전압, 즉 에너지 밀도 측면에서 단연 돋보이는 결과이다. 또한 P와 O의 강한 공유 결합 뼈대를 가져 충·방전 과정 중에도 구조 붕괴가 최소화 되어 1000 사이클까지 매우 안정적인 용량 유지 특성을 보였다. 또한, 일련의 결정구조 및 전기화학적 결과들에 대해 원자수준에서 유기적으로 분석하여  $\text{Na}_7\text{VODP}$ 의 충·방전 과정 중의 상변화시 독특한 구조 재배열(안정한 중간상)이 우수한 성능의 밑바탕이 됨을 밝힐 수 있었다.

본 연구는 나트륨 기반 세계최고 수준의 고성능 전극 재료를 최초로 발굴해 나트륨 전지 상용화에 크게 다가갔다는 점에서 의미가 크며, 더불어 본 재료가 우수한 성능을 나타내는 근본 원리를 원자 수준에서 밝혔다는 점에서도 큰 의미를 가진다. 이러한 해석은 다양한 이차전지 재료의 작동원리를 이해하고 성능을 개선시키는데 활용될 수 있다는 점에서 국내외 이차전지 분야의 연구자로부터 가치를 인정받고 있다.

현재는 리튬이차전지가 보편적으로 여러 아이템에 사용되고 있지만, 나트륨 이차전지는 그 원재료의 비용이 싸고 풍부하기 때문에, 차세대 중대형 이차전지로 각광 받고 있다.

본 연구에서 발굴한 나트륨 이차전지 양극 재료는 기존 재료 대비 전압 특성이 우수하고, 특유의 중간상의 존재로 구동이 안정화 되어 이와 같은 나트륨 이차전지 상용화에 크게 기여할 것으로 기대된다.

나트륨 이차전지가 상용화될 경우, 전력 저장용 이차전지가 보편화될 수 있어, 전력 수급이 곤란할 수 있는 여름/겨울철에 보다 효율적으로 전력을 배분/전달할 수 있으므로, 블랙아웃과 같은 극단적인 상황도 예방할 수 있을 것으로 기대된다. 뿐만 아니라, 가정용 혹은 공장용 전력저장고 보급에도 기여하여, 신재생 에너지를 보다 효율적으로 활용하는데도 도움을 줄 것으로 기대된다.

**연구실적** · 제 20회 2014 삼성휴먼테크 논문 대상 금상  
· 한국 중성자 이용협회 주관 올해의 최우수 연구 성과 선정  
· 2014 춘계 전기화학회 우수포스터상  
· 나트륨 이온 전지의 양극물질, 그 제조방법 및 이를 포함하는 나트륨 이온 전지, 10-2013-0067098, 2013-06-12, 출원

**참고자료** · 논문: S. Y. Lim, H. Kim, W. A. Goddard III, Y. Jung\*, J. W. Choi\*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 111, 599-604, (2014) (Impact Factor = 9.809)

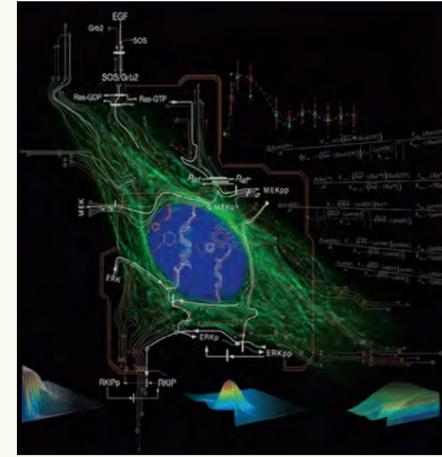
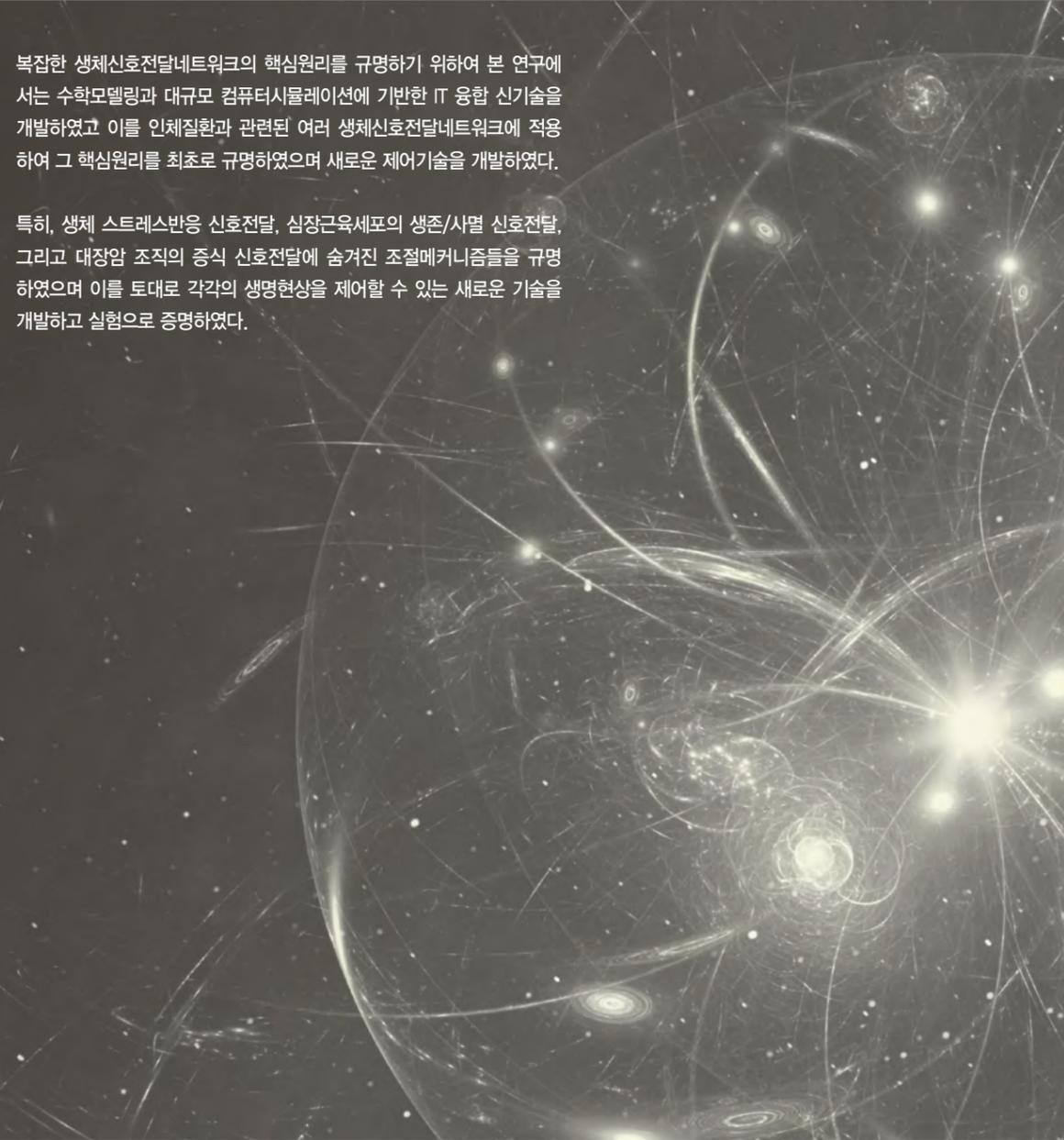
## IT융합 신기술 개발을 통한 생체 신호전달 네트워크의 핵심원리 최초 규명 및 제어

바이오및뇌공학과 조광현

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

복잡한 생체신호전달네트워크의 핵심원리를 규명하기 위하여 본 연구에서는 수학적모델링과 대규모 컴퓨터시뮬레이션에 기반한 IT 융합 신기술을 개발하였고 이를 인체질환과 관련된 여러 생체신호전달네트워크에 적용하여 그 핵심원리를 최초로 규명하였으며 새로운 제어기술을 개발하였다.

특히, 생체 스트레스반응 신호전달, 심장근육세포의 생존/사멸 신호전달, 그리고 대장암 조직의 증식 신호전달에 숨겨진 조절메커니즘들을 규명하였으며 이를 토대로 각각의 생명현상을 제어할 수 있는 새로운 기술을 개발하고 실험으로 증명하였다.



IT융합 신기술 개발을 통해 생체 신호전달 네트워크를 컴퓨터 시뮬레이션으로 분석

개발된 기술의 응용연구내용은 다음과 같다. 첫 번째 응용으로서, 생체 스트레스반응 신호전달네트워크의 대규모 컴퓨터 시뮬레이션 분석을 통해 그동안 수수께끼로 남아있었던 활성산소로 인해 유발되는 상반된 세포반응의 핵심회로를 최초로 규명하고 이에 대한 제어기술을 개발하였다. 새롭게 규명된 활성산소의 세포반응 조절메커니즘은 활성산소와 밀접한 관련이 있는 노화 현상을 효과적으로 제어하거나 암, 심장병, 당뇨병 등 활성산소로부터 기인하는 각종 질병의 치료법을 개발하는데 활용될 것으로 기대된다.

두 번째 응용으로서, 심장질환의 주요 원인신호전달경로인 베타수용체 신호전달경로에 의해 조절되는 심장근육세포의 상반된 운명(생존/사멸)을 결정하는 핵심 분자스위치를 규명하였다. 이는 IT융합연구를 통해 지금껏 밝혀지지 않았던 베타수용체 신호전달경로의 동역학적 핵심원리를 규명한 것으로 향후 심장근육세포의 제어 및 이를 통한 심부전 등 다양한 심장질환 치료에 활용될 것으로 기대된다.

세 번째 응용으로서, 본 연구팀은 이와 같은 세포수준의 연구를 더욱 확장하여 조직수준의 IT융합연구에 도전하였고, 그 결과 대장 상피조직이 비정상적 세포변이로부터 조직의 항상성을 유지할 수 있도록 매우 정교하게 설계되어 있음을 최초로 규명하였다. 더욱이 이카드헤린과 베타카테닌의 상호작용은 장샘조직의 항상성 유지에 결정적인 역할을 하기 때문에, 윈트 신호전달의 활성을 억제하려는 목적으로 베타카테닌과 티시에프의 상호작용을 억제하는 베타카테닌 표적약물을 설계하는 경우에는 이카드헤린과 베타카테닌의 상호작용 강도를 낮추지 않도록 설계되어야 한다는 새로운 사실을 발견하였고 이는 대장암치료제 개발에 중요하게 활용될 것으로 기대된다.

이러한 연구결과들은 IT융합에 기반한 생체신호전달네트워크의 수학적모델링과 대규모 컴퓨터시뮬레이션 분석을 통해 지금껏 밝혀지지 않았던 복잡한 생명현상에 숨겨진 핵심원리를 성공적으로 규명한 것으로, 향후 노화제어 및 암, 심부전 등 다양한 복잡한 질환을 대상으로 한 새로운 치료방법 개발에 널리 활용될 것으로 기대된다.

본 연구에서는 생체신호전달네트워크의 수학적모델링 및 컴퓨터시뮬레이션 분석에 기반한 신개념의 IT융합기술을 개발하였으며 이를 응용해 복잡한 생명현상의 숨겨진 핵심원리를 규명하고 새로운 제어기술을 개발하였다.

생체신호전달네트워크의 동역학적인 기능조절메커니즘을 시스템 차원에서 최초로 밝힘으로서 복잡한 생명현상에 대한 이해를 한 단계 높이는 계기가 되었다. 본 연구에서 개발한 IT융합 신기술은 노화의 제어 및 암을 비롯한 다양한 인체질환의 새로운 치료방법 개발에 널리 활용될 것으로 기대된다.

**연구실적** · 미래창조과학부/한국연구재단, 2015년도 2월 이달의 과학기술자상 수상  
· 언론보도 36건

**참고자료** · Cell Reports(Cell 자매지), Apr. 2014  
· Science Signaling(Science 자매지), June, 2014  
· Nature Communications(Nature 자매지), Dec. 2014

**연구지원** · 한국연구재단, 중견연구자지원사업(도전/전력) 및 바이오-의료기술개발사업

## 나눔프로젝트 5차 상품 : 형태변화조명 “딜라이트”

산업디자인학과 배상민

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



나눔프로젝트 5차 상품, 형태변화 조명 딜라이트(D'light)는 donative와 light의 합성어로, delight의 뜻인 큰 기쁨을 준다는 의미를 가지고 있다.

전등갓 끝부분의 고리를 잡고 회전시키면 전등갓의 형태가 다양하게 변하며 그에 따라 갓을 통해 나오는 불빛의 밝기를 조절할 수 있는데, 특히 하트 모양일 때 그 밝기가 가장 밝아 나눔의 마음이 세상의 소외된 곳을 밝힌다는 상징적인 의미를 담고 있다.



2006년부터 계속되어온 나눔프로젝트는 혁신적인 디자인 상품 개발을 통해 자선 활동을 펼치는 프로젝트로, 디자인을 통한 인도적 사회 순환 시스템을 창조하는 것을 목적으로 한다. 카이스트 IDHM디자인랩이 상품 개발과 디자인 재능기부를 하여 매년 혁신적인 디자인 상품을 개발하고 국제구호개발기구인 월드비전이 제품 판매 수익금의 분배를 맡아 2006년부터 협업의 형태로 수행해오고 있으며, 여타 자선상품과는 달리 오직 자선활동만을 위해서 기획, 디자인, 생산, 판매가 이루어져 이익의 100%가 도움이 필요한 어린이들의 교육, 장학 사업을 위해 쓰인다. 소비자들은 나눔 상품을 통해 미감과 편의를 만족시키는 제품을 구매하는 것과 함께, 어려운 가정의 학생들을 위해 기부할 수 있는 기회를 동시에 가질 수 있다. 나눔 프로젝트의 진행 결과 2006년부터 현재까지 약 17억 원의 기금을 마련하였으며 이를 통해 240명의 저소득층 어린이들에게 장학금으로 기부되었다. 이런 새로운 방식의 자선프로젝트는 일반 소비자들이 특별하고 어려운 일로 생각하는 현금 기부를 일상적인 소비 행태와 연결하여 더 많은 기부를 이끌어 낼 수 있으며, 저소득층 어린이들이 또 다른 기부의 주체로 자라날 수 있도록 돕는 밑거름이 되어 아름다운 순환을 만들어낸다.

나눔프로젝트의 높은 사회적 가치와 상품에 혁신성을 인정받아 나눔 상품-접이식 Mp3 크로스큐브, 친환경 가슴기 러브팻, 인터랙티브 텀블러 하티, 움직이는 조명 딜라이트-모두 최고 권위의 국제 4대 디자인상인 미국의 IDEA, 독일의 iF, Reddot, 일본의 Good design Award를 석권하였다. 특히 딜라이트는 독일 iF 어워드, 미국 IDEA(미국 산업디자인 협회 주관)를 수상한데 이어, 일본의 Good design Award(일본 산업디자인 협회 주관)에서 전세계 총 3400점의 출품작 중에서 상위 100점에 특별히 수상하는 Best 100에 세계 유수 기업들과 함께 이름을 올렸다. 이를 통해 10월 30일부터 11월 6일까지 도쿄 미드타운(Midtown)에서 특별 전시와 발표를 가져 세계에 카이스트와 한국 디자인의 명성을 높이는 데에 기여하였다.

나눔 프로젝트의 진행 결과 2006년부터 현재까지 약 17억 원의 기금을 마련하였으며 이를 통해 240명의 저소득층 어린이들에게 장학금으로 기부되었다. 분위기와 기분에 따라 원하는 형태로 사용 가능한 D'light로 인해 소비자들은 혁신적인 디자인 제품을 사용함과 동시에 아이들의 교육 지원 사업에 동참할 수 있다.

이런 새로운 방식의 자선프로젝트는 일반 소비자들이 특별하고 어려운 일로 생각하는 현금 기부를 일상적인 소비 행태와 연결하여 더 많은 기부를 이끌어 낼 수 있으며, 저소득층 어린이들이 또 다른 기부의 주체로 자라날 수 있도록 돕는 밑거름이 되어 아름다운 순환을 만들어 낸다.

- 연구실적
- 2014 독일 iF Award 수상
  - 2013 미국 IDEA(International Design Excellence Awards) 수상
  - 2013 일본 굿디자인 어워드(Good design Awards) Best100 수상 및 특별전시
  - 대덕 연구개발특구 40주년 기념 청와대 방문 대표 성과 전시
  - 2013 창조경제박람회 초청 전시
  - 언론 보도 40여 차례

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 2014년 연구 성과를 모았습니다.

# KAIST

## 2014년 주요 연구성과

Research Highlights of  
2014

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

## IT 융합분야 세계 최장거리 무선전력 전송에 의한 미래원전 계측 및 원격 모바일 충전 기술개발

원자력 및 양자공학과 임춘택 <http://tesla.kaist.ac.kr>

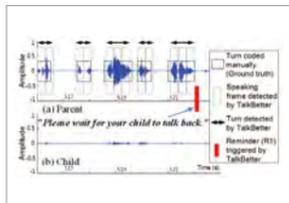
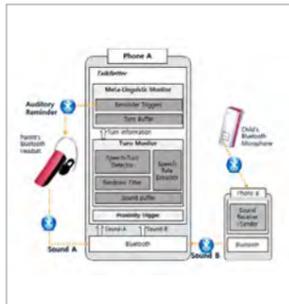


최근 세계적으로 모바일 기기, 전기자동차, 사물인터넷 등의 IT 산업이 발전함에 따라 해당 전자기기의 전력공급 문제가 증가하는 가운데, 장거리 무선전력전송이 가장 현실적인 대안으로 부상하고 있다. 본 연구에서는 2014년 다이폴 코일 공진방식(DCRS, Dipole Coil Resonant System)을 사용해 5m의 장거리에서 209W(와트)의 전력을 무선으로 전송하는데 성공하였으며, 기존 2007년 MIT의 자기 공명 방식(CMRS, Coupled Magnetic Resonance System)을 사용한 장거리 무선전력 기록(2.1m 거리 60W 전송)을 갱신하였다. 본 기술은 원전 중대사고시 필수계측기용 소형 비상전원 공급을 위한 무선전력 시스템(7m 거리 10W 전송) 및 일정 공간내의 원격 모바일 무선충전시스템(1m 거리 0.5W 모바일 기기 3D 무지향성 연속충전) 등 무선전력 분야에 다양하게 적용할 수 있다.

본 연구의 DCRS는 무선전력 관련 새로운 원천기술로서, (주)한수원 과제(2억원x3년)를 통한 원전 중대사고시 필수계측기용 소형 비상전원 공급시스템 및 카이스트의 End-Run 과제(1억원x1년)를 통한 원격 모바일 무선충전 시스템을 개발하는 데 적용되었다. 특히, 모바일 무선충전 시스템에서는 삼성 갤럭시 노트에 자기장 차폐기술을 적용하여 자기장으로부터 인체를 보호할 수 있다. 본 기술이 상용화될 경우, 기존 복잡한 케이블 선들이 제거되어 추가적인 공간이 확보되고 각 선들의 합선으로 인한 전기안전사고 확률을 줄일 수 있으며, 언제 어디서든 수십 대의 전자기기 또는 수천 대의 사물인터넷을 자유로이 사용함과 동시에 무선으로 충전할 수 있어 사용자의 편리성 및 효용성을 크게 증가시킬 수 있다. 스마트시계, 스마트안경 등의 웨어러블 디바이스, 모바일 기기, 사물인터넷에 본 기술을 적용 시 연간 40조원 수준의 미래시장이 창출될 것으로 전망된다.(2018년 기준) 현재 본 기술은 대덕특구 추천기술 리스트 및 2015년 대덕특구사업화에 최종 선정되어, 현재 상용화 작업 중이다.

## IT 융합분야 인터랙션 인지형 모바일 센싱 플랫폼과 애플리케이션에 대한 연구 및 언어지체 아동을 위한 가족 대화 유도 서비스 사례

전산학부 송준화 <http://nclab.kaist.ac.kr>

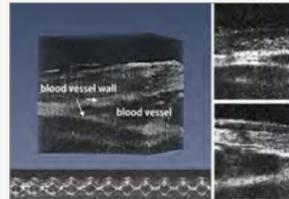


본 연구는 인터랙션 인지형(interaction-aware) 모바일 앱이라고 하는 새로운 장르의 모바일 애플리케이션과 이를 위한 플랫폼을 제시하고 개발하는 원천기술에 대한 첫 연구이다. 이를 위해 일상생활 속에서 모바일 애플리케이션이 사람들의 사회적 증진 및 상호작용에 도움을 줄 수 있도록 하는 새로운 feature 들을 탐구한다. 기존의 모바일 애플리케이션들이 고립된 개인을 대상으로 하는 것에 치우쳐 있었다면, 이 연구는 인터랙션 인지형 애플리케이션들의 가능성을 밝히고 개인을 중심으로 하는 기존 애플리케이션의 제한된 시각을 넘어서서 모바일 애플리케이션의 지평을 크게 확장시키는 깊은 의미가 있다. 중요한 사례로, 아이들의 언어발달지체 및 이를 위한 치료에 대하여 탐구하였다. 언어지체는 아이들이 해당 연령대의 다른 아이들보다 언어습득능력이 떨어지는 것으로 일종의 발달장애이다. 이를 적절한 시기에 치료하지 않으면 그 문제점이 시간을 두고 파급되어 일생 동안 여러 가지 심각한 문제를 야기할 수 있다. 이는 또한 자폐 스펙트럼장애(ASD), 주의력결핍 과잉행동장애(ADHD) 등에 대한 위험 신호이기도 하다. 언어치료 임상가들은 언어지체 치료를 위해서는 일상적인 부모-자식 대화과정에서 부모의 사례 깊고 훈련된 역할 및 행동이 중요하다고 강조한다.

본 연구에서는 언어지체를 겪고 있는 아이들을 위해서 부모와 자식 간의 일상적 대화에서 치료적 효과를 강화하기 위한 모바일-소셜 컴퓨팅의 새로운 가능성에 대해서 탐구하였다. 구체적으로는, 진행 중인 대화에 대한 '실시간 메타언어 분석'(real-time meta-linguistic conversation analysis) 기법을 개발 하고, 이에 기반 하여 TalkBetter라는 (부모자식대화에 대한 즉시적 개입을 통한) '즉각적 대화 개선 및 유도 서비스'를 개발하였다. 나아가 인터랙션 인지형 모바일컴퓨팅 연구를 더욱 심화하기 위해 인간 감정의 웰빙(well-being)에 직결되는 가장 원초적인 사회적 소통 방식인 'interpersonal touch' 로 연구를 확장하였다. (본 연구는 2011년도 미래창조과학부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임, No.NRF-2011-0018120)

## BT/NT 융합분야 내시경 속 현미경 개발

바이오및뇌공학과 정기훈 <http://biophonics.kaist.ac.kr>



최근 소화기 내시경에 OCT와 같은 차세대 현미경 영상 기법을 접목하는 연구가 활발히 진행 중이다. 이를 위해서는 직경 3.5mm이내의 한정된 공간에 초소형 현미경 구현이 핵심인데, 기존의 광섬유 스캐너는 광섬유의 대칭적 구조로 인해 발생하는 물리적 간섭현상에 매우 취약해 임상용 의료내시경 개발에 한계가 있었다.

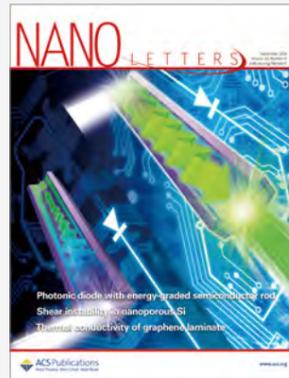
본 연구팀은 미세전자기계기술(MEMS)을 이용해 제작된 실리콘 구조물을 광섬유와 결합해 구동특성을 변조하여 간섭현상을 해결하고 광섬유 스캐너의 안정성을 크게 향상시켰다. 이를 통해 직경 3.2mm 초소형 현미내시경을 제작하였으며, 기존의 복강경과 결합해, 돼지 대장의 3차원 in-vivo OCT 이미지를 획득하였다.

본 연구를 통해 실시간 광학생검이 가능해지고, 불필요한 물리적 절개에 의한 조직검사 횟수를 줄여, 정확한 위치에 대한 점막절제술을 실시할 수 있을 것으로 크게 기대된다.

보통 2~3일 걸리던 조직검사를 실시간으로 수행할 수 있고, 불필요한 조직검사 횟수를 줄일 수 있으며, 점막절제술 시 정확한 위치에 대한 시술이 가능해져 합병증을 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다.

## NT 융합분야 반도체 나노막대 양자구조를 이용한 비선형 '광자 다이오드' 개발

물리학과 조용훈 <http://qnp.kaist.ac.kr>



반도체 나노막대 위에 길이 방향으로 밴드갭 에너지의 차이가 큰 GaN/InGaN 코어-셸 양자우물 나노막대 구조를 성장하여 나노막대 양 끝 방향으로 비대칭적인 빛의 흐름을 가지는 신개념의 광자 다이오드를 개발하였다.

광자 다이오드는 일반적인 전자 다이오드에서 전자가 한쪽 방향으로만 흐르는 정류 작용을 가지고 있는 것처럼 구조 내에 비대칭적인 빛의 흐름을 가지는 소자이다. 이러한 광자 다이오드는 빛으로만 구동하는 광집적회로에서 가장 중요한 구성 요소인데, 고효율의 광자 다이오드를 개발하는 것은 더 빠르고 더 적은 손실을 요구하는 미래의 회로 기술을 구현하기 위한 하나의 커다란 과제 중 하나이다. 회로에서 전자 대신 광자를 활용하면 정보의 전달 속도가 빛의 속도에 근접할 정도로 빨라질 가능성이 높고, 또한 광자는 전자와 다르게 열에 의한 손실이 적으며, 산란 등에 의한 에너지 손실 또한 줄일 수 있다.

나노막대의 길이 방향으로 큰 밴드갭 에너지 차이를 만드는 것은 양자 우물의 두께와 양자 우물 내의 인동 함량에 의해 조절 가능하며, 길이 방향으로의 큰 밴드갭 에너지 차이로 인해 양 방향으로 진행하는 빛의 흡수 계수에 차이가 생겨 나노막대 내에서 비대칭적인 빛의 흐름이 생기는 특성을 확인하였다.

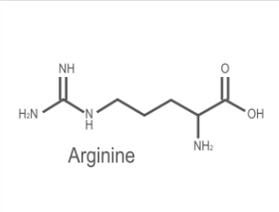
현재의 회로 기술은 이론상 한계치에 가까운 전자의 이동 속도에 근접해 있기 때문에 전자의 속도를 크게 상회하는 광자를 이용하는 광자 다이오드와 같은 소자들에 대한 개발이 성공적으로 이루어진다면, 더 빠르고 더 손실이 적은 높은 효율의 광집적회로가 구현될 수 있으며, 나아가 광자로만 구동되는 초고속 컴퓨터와 같은 전자 제품의 상용화에 크게 이바지 할 것이다.

# BT 융합분야

## 시스템 대사공학을 통한 L-아르지닌 과생산 균주개발

생명화학공학과 이상엽

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



시스템 대사공학은 재생가능한 탄소원으로부터 바이오연료, 바이오폴리머, 의약화학물질 등 사회에 유용한 화합물들을 미생물 균주를 통해 생산하는 기술로서 각광받고 있다.

본 연구에서 대량생산 하고자 한 L-아르지닌은 인체 내 상처치유와 신경 및 심혈관계에서 중요한 역할을 하는 필수수 아미노산이다.

시스템 대사공학적으로 코리넨박테리움 균주를 개량한 결과, L-아르지닌을 산업적 수준으로 생산하는 데에 성공하였다. 먼저, 개량된 최종 균주의 5L 발효를 통해 92.5g/L의 L-아르지닌을 생산하였고, 1,500L 발효를 통해 81.2g/L을 생산함으로써 파일럿 스케일에서도 생산능의 재현성을 확인하였다.

이 생산 농도수치는 세계 최고수준이며 대학연구실에서 개량한 균주를 파일럿 스케일에서의 생산까지 바로 검증한 사례는 이번이 처음이다.

현재까지 보고된 결과 중 가장 높은 생산량과 수율을 보이는 균주개발에 성공하였으며, 본 연구에서 개발한 균주는 L-아르지닌 유도체 화학물질을 생산하는 기반균주로도 활용이 가능하다.

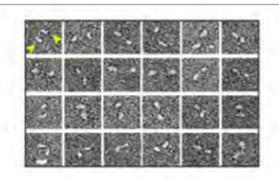
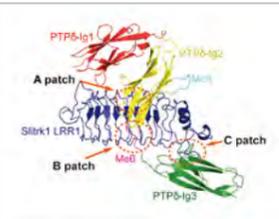
본 연구를 함께 수행한 회사는 L-아르지닌을 생산/판매하고 있으며, 이번 연구 결과물을 이용하여 세계 아르지닌 시장에서 시장 경쟁력과 점유율을 획기적으로 상승시킬 것으로 기대한다.

# BT 융합분야

## 시냅스접착단백질(LAR-RPTP/Sliitrk) 구조연구를 통한 시냅스형성 메커니즘 규명

의과학대학원 김호민

<http://www.kaistdmbi.org>



시냅스는 신경전달물질의 분비와 흡수가 일어나는 1,000억 여 개에 달하는 신경세포의 접합부위로서, 학습과 기억, 감각, 운동 등을 조절하는 뇌 활동의 기본단위이다. 시냅스에는 벨크로처럼 두 개의 신경세포를 단단하게 연결해 주는 시냅스접착단백질이 존재한다.

본 연구는 이들 시냅스접착단백질들 중 최근 주목받고 있는 Sliitrk과 LAR-RPTP 단백질 복합체의 고해상도 3차원 구조를 규명하여 새로운 작용 모델을 제시하였다. 또한 다양한 생화학적, 신경생물학적 실험을 통해 이를 검증함으로써, 두 시냅스접착단백질 간의 결합에 의해 유도되는 시냅스 형성의 신규 분자 기전을 규명하였다.

Sliitrk과 LAR-RPTP 유전자에 돌연변이가 생길 경우 시냅스의 기능 이상을 유발해 자폐증, 정신분열증, 간질, 강박증 및 조울증 같은 다양한 신경·정신질환을 유발하는 것으로 알려져 있으므로 이번 연구는 이들 뇌질환의 발병기전 이해에도 도움이 될 전망이며, 신경·정신질환 치료제 개발에 활용될 수 있는 기초지식을 제공하였다.

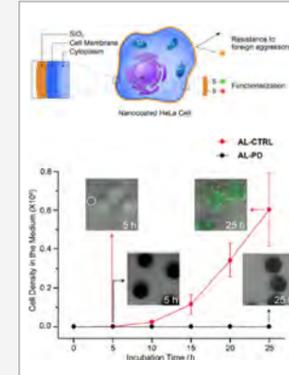
시냅스 접착단백질의 기능 이상으로 발병되는 다양한 뇌질환(강박증, 정신분열증, 조울증 등)의 발병기전 이해에도 도움이 될 전망이며, 신경·정신질환 치료제 개발에 활용될 수 있는 기초지식을 제공하였다.

# BT 융합분야

## 나노미터수준의 세포코팅을 이용한 세포분열 및 거동제어

화학과 이영훈 / 최인성

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



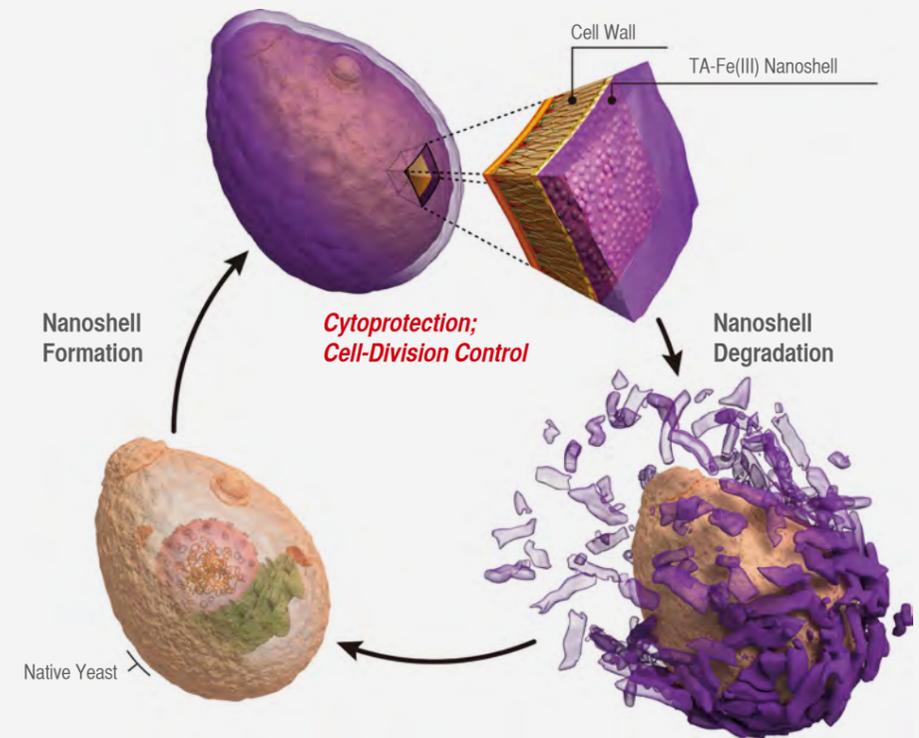
나노미터수준의 세포코팅을 이용한 세포분열 및 거동제어: 최근 제안된 나노미터수준의 세포코팅기술은 연구자들에게 관찰 대상이었던 살아있는 세포의 분열 및 거동을 화학적으로 조작 가능하게 하였다. 특히 세포 표면에 형성된 나노미터수준의 박막은 세포거동을 조작하는 매개체가 됨은 물론, 삼투압, 수분함량의 급격한 변화나 자외선, 분해 효소 및 독성물질의 침투와 같이 세포생존도에 민감한 영향을 끼치는 외부인자들에 대한 저항력을 세포에 부여하여 외부환경의 급격한 변화에도 세포생존도가 높은 수준으로 유지될 수 있었다.

개발된 세포코팅 방법론은 그 적용대상이 미생물 세포는 물론 동물세포에까지 확대되어 향후 세포기반의 바이오센서, 세포치료제와 같은 응용 분야연구에 밑거름이 될 수 있을 것이라 사료된다.

세포분열을 조절하여 세포담지체에서의 세포방출 거동제어(폴리도파민 박막이용).

단일세포 생물학 및 미생물학 연구의 새로운 도구를 제공한다.

세포코팅의 대량확대를 통한 세포기반 응용분야 연구에 직접적인 기여가 가능하다.



## KAIST 2014 ANNUAL R&D REPORT

발행일 | 2015년 5월  
발행처 | 한국과학기술원  
발행인 | 강성모  
편집인 | 전략경영연구센터  
주소 | 305-701 대전광역시 유성구 대학로 291(구성동 373-1)  
전화 | 042-350-1204  
팩스 | 042-350-1200  
홈페이지 | www.kaist.ac.kr  
디자인 | 주식회사 시우컴퍼니

# KAIST

## KAIST 경쟁력

### 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 국가경쟁력 강화

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