

상상하지 못한 아이디어와 초융합으로 과학난제에 도전하라

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

일 시

2020. 4. 22.(수) ~ 4. 23.(목) (10:30~16:00)

(과학난제도전 협력지원단 유튜브 채널 실시간 생중계)

주최



과학기술정보통신부
Ministry of Science and ICT



국가과학난제도전협력지원단
The National Science Challenges Support & Network

KAIST 한국과학기술원
The Korean Academy of Science and Technology

행사 일정

4월 22일(수)		4월 23일(목)	
개회식		세션 3 지속가능한 도시	
10:30 ~11:00	- (인사말씀) 과학기술정보통신부 융합기술과 송완호 과장 한국과학기술한림원 - (경과보고) 과학난제도전 협력지원단 성창모 단장	10:30 ~12:30	재생산되고 깨끗한 에너지를 얻을 방법은 없을까?
11:00 ~12:00	세션 1 얇의 지평 확장 인류의 역사에 남길 수 있는 지식은 무엇인가?	12:30 ~14:00	도전영역 4 : 깨끗한 에너지원 개발 · 연세대학교 심우영 · 청주대학교 이종권
12:00 ~14:00	도전영역 9 : 우주의 기원 규명 · 한국과학기술정보연구원 조기현 · 이화여자대학교 김정리	12:30 ~14:00	도전영역 5 : 지구온난화 해결 · 한국과학기술연구원 오형석 · 포항공과대학교 국종성
14:00 ~16:00	세션 2 새로운 과학기술 대한민국 과학과 산업의 미래를 위한 기술은 무엇인가?	14:00 ~16:00	세션 4 건강한 삶 어떻게 건강한 인구 5천만을 계속 유지할 수 있는가?
	도전영역 6 : 기초과학의 새로운 패러다임 개척 · 서울대학교 김호영 · 울산과학기술원 김광수		도전영역 1 : 암정복 재도전 · 한국과학기술원 조광현 · 국립암센터 박종배
	도전영역 7 : 차차세대 기술 예측 · 포항공과대학교 박주홍 · 흥익대학교 오웅성		도전영역 2 : 이상적인 장수 실현 · 성균관대학교 방석호
			도전영역 3 : 감각장애의 극복 · 서울대학교 이태우

Contents

세션 1. 얕의 지평 확장

- 인류의 역사에 남길 수 있는 지식은 무엇인가?

도전영역 9 : 우주의 기원 규명

- 인공지능-첨단 ICT 기술개발을 활용한 암흑물질 실체규명 03
한국과학기술정보연구원 조 기 현
- 다중신호 천문학을 이용한 우주 난제 해결 : 허블상수 갈등의 규명 06
이화여자대학교 김 정 리

세션 2. 새로운 과학기술

- 대한민국 과학과 산업의 미래를 위한 기술은 무엇인가?

도전영역 6 : 기초과학의 새로운 패러다임 개척

- Nano-to-Macro 트랜스스케일의 창발진화적 인공 Morphogenesis 11
서울대학교 김 호 영
- AI 기반 융합과학에 의한 혁신적 소재의 창조 및 개발 14
울산과학기술원 김 광 수

도전영역 7 : 차차세대 기술 예측

- Tensegrity Robotics 17
포항공과대학교 박 주 흥
- 트랜스휴먼트리 22
홍익대학교 오 웅 성

세션 3. 지속가능한 도시

- 재생산되고 깨끗한 에너지를 얻을 방법은 없을까?

도전영역 4 : 깨끗한 에너지원 개발

- 뉴로모픽 에너지 하베스팅 27
연세대학교 심우영
- 기능화된 저차원 재료기반 이종구조를 적용한 광대역 음향 광전자 에너지 변환기술 개발 30
청주대학교 이종권

도전영역 5 : 지구온난화 해결

- 초임계 인공광합성 기술 33
한국과학기술연구원 오형석
- 기후변화 임계점 탐사 36
포항공과대학교 국종성

세션 4. 건강한 삶

- 어떻게 건강한 인구 5천만을 계속 유지할 수 있는가?

도전영역 1 : 암정복 재도전

- 암세포를 정상세포로 되돌릴 수 있을까? 41
한국과학기술원 조광현
- 키놈지형 스캔기술 기반 종양진화 프로그램 연구 44
국립암센터 박종배

Contents

도전영역 2 : 이상적인 장수 실현

- Hetero-chronic parabiosis 기술을 이용한 노화, 역노화 인자 규명 및 노화 연관 질환 근감소증 (Sarcopenia) 치료 방법 연구 47
성균관대학교 **방석호**

도전영역 3 : 감각장애의 극복

- 신경 보철용 인공 감각 신경 개발 50
서울대학교 **이태우**

상상하지 못한 아이디어와 초융합으로 과학난제에 도전하라

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

세션 1

앎의 지평 확장

인류의 역사에 남길 수 있는 지식은 무엇인가?

인공지능-첨단 ICT 기술개발을 활용한 암흑물질 실체규명

한국과학기술정보연구원(KISTI) 조 기 현

[약력]

1. 학력		
기 간	학 교 명	전 공 및 학 위
1996	University of Colorado, Boulder	입자물리 Ph.D
2. 주요 경력		
기 간	기 관 명	세부내용
2006-현재	KISTI	책임연구원
2017-현재	과학기술연합대학원대학교	교수
2007-현재	KAIST 물리학과	겸직교수
2013-2014	페르미연구소, 미국	방문연구원
2001-2006	경북대학교	초빙교수
1996-2001	University of Knoxville, Tennessee	Post-doc.
1992-1995	Cornell University, United states	방문연구원
2018	국가과학기술연구회 우수융합클러스터 표창 수상	
2011	교과부장관 표창 수상	

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

[인공지능-첨단 ICT 기술개발을 활용한 암흑물질 실체규명]

- Who: KISTI, KASTI 및 대학의 연구자들
- What: 암흑물질 신호검출
 - 입자가속기, 다중신호-천문학, 시뮬레이션 빅데이터
 - 고속/정밀 자료처리
 - 탐색지도의 경로 및 검출영역 스캔
 - 이론적 모형 판정
- How:
 1. 암흑물질 탐색지도 구축
 - 이론적 유효장론 모형 도표완성
 - 관측/실험에서의 예상신호 발굴
 - 관측/실험의 탐색영역 제시
 - 다양한 암흑물질 현상론의 보완
 2. 고속/정밀 자료처리 개발
 - ICT 활용 빅데이터 처리기술 개발
 - 인공지능 알고리즘 개발
- Why: 암흑물질 실체 규명하여 궁극적으로 우주의 기원 규명

조기현 – 인공지능-첨단 ICT 기술개발을 활용한 암흑물질 실태규명

[Identification of Dark Matter using AI-Advanced ICT Technology]

- Who: Researchers at KISTI, KASTI and universities
- What: To detect dark matter signal
 - Particle accelerator, multi-messenger signal and simulation big data
 - High speed and precise data processing
 - Scan of the path and detection area of the dark matter search map
 - Theoretical model test
- How:
 1. To establish a map of dark matter
 - Completing the effective field theory diagram
 - Identification of expected signals from observations/experiments
 - Presenting the search area of observations/experiments
 - Complementing the theories of various dark matter phenomena
 2. To develop high speed and precise data processing
 - Development of big data processing technology Utilizing ICT
 - Development of Artificial Intelligence Algorithm
- Why: Identify the dark matter and ultimately the origin of the universe

다중신호 천문학을 이용한 우주 난제 해결 : 허블상수 갈등의 규명

이화여자대학교 김 정 리

[약력]

1. 학력		
기간	학교명	전공 및 학위
2006	Northwestern University	중력파 천체물리학 PhD
2. 주요 경력		
기간	기관명	세부내용
2018	교육부	학술연구지원사업 우수성과 50선 선정
2017	국가과학기술연구회	선행융합연구사업 연구책임자
2016	Special Breakthrough Prize in Fundamental Physics	Gruber Cosmology Prize
2008-2010	스웨덴 룬드 대학	마리-퀴리 펠로우십
	라이고과학협력단	소속
	카그라 연구단	소속
	한국중력파연구협력단	소속

김정리 - 다중신호 천문학을 이용한 우주 난제 해결 : 허블상수 갈등의 규명

[다중신호 천문학을 이용한 우주 난제 해결 : 허블상수 갈등의 규명]

아인슈타인의 일반 상대성 이론에서 예측된 중력파는 2015년 9월 LIGO에 의해 최초 검출되어 현재 까지 블랙홀이나 중성자별에서 방출된 것으로 보이는 50여 건의 중력파 사건이 관측되었다. 중력파와 전자기파 관측을 연계한 '다중신호 천문학'으로 이제까지 불가능했던 천문 현상을 연구할 수 있다. 본 연구에서는 다중신호 천문학을 활용해 현대 천문학의 주요 난제 중 하나인 허블 상수 측정에 중요한 돌파구를 제시하고자 한다. 중력파 관측으로 은하에 속한 중력파원까지의 거리를 측정하고, 해당 은하에 대한 분광 관측으로부터 후퇴 속도를 구하면 허블 상수를 얻을 수 있다. 특히 전자기파 신호의 분석을 통해 중력파 천체까지 거리의 가장 큰 오차 요인인 충돌 직전 쌍성계의 궤도 경사각을 정확히 추정함으로써 거리 오차를 줄일 것이다. 중력파를 이용한 거리 측정은 기존의 표준 광원을 이용한 측정법과 다른 완전히 독립된 방법이다. 근거리 은하 거리로부터 구한 허블 상수와 우주배경복사 분석을 통해 구한 우주론적 허블 상수 사이에 오차 범위를 벗어나는 차이가 있다는 허블 갈등의 요인을 이 연구를 통해 정확히 규명하고 우주론을 재정립하는 계기를 만들 수 있을 것이다. 나아가 중성자별 및 블랙홀과 관련된 천체물리학의 다양한 난제 해결을 시도할 것이다.

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

[Multi-messenger Astronomy for Unsolved Problems in the Universe: Resolving the Hubble Tension]

Gravitational waves (GWs) were predicted by the Einstein's general relativity. In September 2015, LIGO detected GWs, opening a new window to observe the Universe. Since then 50 events from binary mergers with black holes or neutron stars have been known. Multimessenger astronomy can shed lights on the unsolved question about the universe by exploiting all cosmic signals such as GWs and light. In this research, we aim for breakthrough in the measurement of the Hubble constant, which one of the most important constants in modern astronomy. By measuring a distance to a galaxy directly with GWs, together with a radial velocity with optical spectroscopy, one can obtain the Hubble constant. The largest uncertainty in distance measurement to the GW source is attributed to the poor constraints for the orbital inclination angle of the binary. In this work, we analyze optical observation data and can measure the inclination angle with good accuracy and hence reduce the error in distance measurement significantly. GW distance measurement is independent from the existing standard candle method. In this work, we can resolve the Hubble tension between the local Hubble constant measured by using traditional method using supernovae and the cosmological value based on the cosmic microwave background. This allows us to re-establish the theory of cosmology. Multimessenger astronomy provides a powerful tool to find answers to unsolved problems in astronomy involving neutron stars and black holes, which are also important agenda in this work.

상상하지 못한 아이디어와 초융합으로 과학난제에 도전하라

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

세션 2

새로운 과학기술

대한민국 과학과 산업의 미래를 위한 기술은 무엇인가?



Nano-to-Macro 트랜스스케일의 창발진화적 인공 Morphogenesis

서울대학교 김 호 영

[약력]

1. 학력		
기 간	학 교 명	전 공 및 학 위
1990-1994	서울대학교	기계공학 학사
1994-1996	MIT	기계공학 석사
1996-1999	MIT	기계공학 박사
2. 주요 경력		
기 간	기 관 명	세부내용
2020	Gordon 로봇학회	초청강연
2018	하계다보스포럼	초청강연
2018	대한기계학회 남현학술상 수상	
2017	미국물리학회	석학회원
2016	미국물리학회유체디비전	초청강연
2016	국제다상유동학회	초청강연
2014	대한기계학회 가산학술상 수상	
2011-2012	하버드대학교	방문교수
2004	하버드대학교	박사후연구원
2003	캠브리지대학교	방문연구원

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

[Nano-to-Macro 트랜스스케일의 창발진화적 인공 Morphogenesis]

나노물질에서 출발하여 매크로구조에 이르는 109배 스케일의 계층적 morphogenesis를 통한 창발 진화적 구조체 형성 원리 탐구를 과학난제로 제시한다. 기존의 자기조립 연구는 나노물질을 조립하여 마이크로스케일에 이르거나, 메소스케일 물체를 조립하는 정도였고, 109배 길이에 걸쳐 삼차원으로 물질을 조립하는 기술은 존재하지 않았다. 나노크기에서는 열운동, 분자간 인력 등이 자기조립에 중요한 역할을 하지만, 매크로스케일에서는 관성, 탄성 등의 기계 에너지가 중요해진다. 각 길이스케일에서 적용되는 물질결합 원리는 다른 스케일에서 적용할 수 없다. 매크로스케일의 구조적 강성과 기능성을 고려하여 최소의 구조단위인 나노물질의 물성 및 자기조립 특성을 구현해야 하므로, 기존의 나노스케일 자기조립을 뛰어넘는 물리, 화학적 이해가 필요하다. 또한 마이크로스케일 이상에서 단위체의 군집 거동을 해석하기 위해서는 기존의 통계적 접근을 메소 및 매크로스케일로 확장해야 한다. 기본구성단위의 집합이 개별 단위가 가지지 못한 성질을 발현하는 창발성을 이해 및 제어하기 위해서는 생물학, 복잡계 물리학, 인공지능 등 분야와의 융합이 필요하다. 본 연구는 환원적 접근 방법에 기초한 기존의 기초과학과 공학 연구를 뛰어넘는 새로운 패러다임을 열 것이다.

[Artificial Morphogenesis through Nano-to-Macro Trans-scale Emergent Evolution]

As a great scientific question worth national-level pursuit, we propose the study of artificial morphogenesis through nano-to-macro trans-scale emergent evolution. Conventional researches of self-assembly have mainly dealt with fabrication of microscale objects with nanomaterials and occasionally treated organization of mesoscale objects into a greater size.

As a result, no scientific attempts have been made to assemble three-dimensional functional objects over the length scales of the 10^9 order. While thermal energy and molecular interactions play important roles in nanoscales, mechanical energies due to inertia and elasticity become dominant in macroscales. Thus, material bonding principles working at each length scale cannot be applied to different length scales. We need to tailor the properties and bonding characteristics of nano- and micro-objects for structural rigidity and functionality of eventual macroscale objects. This urges us to innovate the physicochemical understanding and control of nano- and microscale self-assembly. Furthermore, we need to expand the conventional approach of statistical physics to meso- and macroscales in order to analyze collective behavior of many objects greater than microscales. Collection of building blocks under constant interactions leads to emergence of properties that cannot be explained as a simple sum of individual parts, whose understanding and control requires us to collaborate with biology, physics of complex systems, and artificial intelligence. This research will open a new scientific paradigm that goes beyond the conventional scientific and engineering approaches based on reductionism.

AI 기반 융합과학에 의한 혁신적 소재의 창조 및 개발

UNIST 김 광 수

[약력]

1. 학력		
기 간	학 교 명	전 공 및 학 위
1967-1971	서울대학교	Applied Chemistry, B.S
1971-1973	서울대학교	Applied Chemistry, M.Eng
1973-1975	KAIST	Physics, M.S
1978-1982	University of California	Chemistry, Ph.D

2. 주요 경력		
기 간	기 관 명	세부내용
2014-현재	UNIST	특훈교수, 연구소 소장, 연구교수(2020.03 이후)
2015-2017	Journal of Physical Chemistry A,B,C (Am. Chem. Soc.)	Senior Editor
2010-2014	Korea National Honor Scientist	국가과학자
2009-현재	International Academy of Quantum Molecular Science	선임회원
1987-2014	POSTECH	교수, 연구소 소장(1997-2014)

김광수 - AI 기반 융합과학에 의한 혁신적 소재의 창조 및 개발

[AI 기반 융합과학에 의한 혁신적 소재의 창조 및 개발]

급변하는 4차 혁명 시대의 변화하는 산업 및 문화에 맞추어 혁신적인 차세대 초기능성 소재/소자 및 에너지 소재의 개발이 필수적이다. 이러한 소재/소자는 전자/홀/광자 등이 관여하는 열린 반응계로, 이를 해석할 방법이 거의 없어 혁신적 개발이 어렵다. 특히 미지의 소재에 관한 양자현상 이해를 위하여, 기계학습을 이용한 양자과학계산 S/W 개발과 더불어, 새로운 이론(원리)을 규명하고 기존 한계를 극복한 창의적 차세대 소재를 개발하고자 한다. 기존의 계산보다 빠르고 복잡계/거대계를 명확하게 기술할 수 있는 물질에 관한 원자수준 포텐셜 계산을 위해, 기계학습에 접목된 시뮬레이션 방법론을 개발하여 디지털 트윈을 현실화 하는 새로운 소재 개발 패러다임을 개척한다. 통합된 기계학습-양자과학계산-시뮬레이션을 이용하여 혁신적인 초기능성 물질, 초효율 에너지 소재, (봐일)위상 물질 및 동역학적 분자 기계 지지체를 이용한 초효율 (광)전기화학 촉매, 3+1 차원의 동역학적 소재/소자 등을 개발한다.

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

[AI based fused science driven creation and development of innovative materials]

The revolutionary development of Innovative next-generation materials is highly demanded in line with rapidly changing industries and cultures. Such development is however hardly possible because it is difficult to understand the physical phenomena of open reaction systems involved with the motion of electrons, holes, and photons. To understand the quantum phenomena of unexplored materials/devices, we develop fast and reliable machine learning based quantum mechanical calculation methods and so devise creative next-generation materials/device through elucidating new principles and theory of novel phenomena of undiscovered materials. To develop atomic level potential surfaces able to describe the quantum phenomena of complex and big material systems with much faster computing speed, we create a new paradigm to design new materials which is able to realize digital twins by bringing the virtual simulation environment closer to the actual environment through the development of machine-learning based simulation method. Using the developed (machine learning)-(quantum mechanical calculations)-(simulations) tool, we create revolutionary super-efficient functional materials and energy materials, ultra-performance (photo)electro-catalysts using (Weyl)-topological materials or dynamical supports (molecular machine), and innovative 3+1 dimensional dynamical materials/devices.

Tensegrity Robotics

포항공과대학교 박 주 흥

[약력]

1. 학력		
기 간	학 교 명	전 공 및 학 위
2005	Harvard University	건축학 석사
2015	MIT	건축학 박사 (Design and Computation)
2. 주요 경력		
기 간	기 관 명	세부내용
2017~	포항공과대학교	창의IT융합공학과 조교수
2014~2017	University of Miami. School of Architecture	조교수
2008~2012	MIT Media Lab. (Design Lab.)	연구원

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

[Tensegrity Robotics]

Tensegrity란 인장력과 압축력의 밸런스를 이용한 건축 구조물로써, 이 구조를 활용하여 만든 차차 세대 기술 예측 과제로 Tensegrity Robotics 기술 개발 연구를 2020년 과학난제 도전 융합개발 사업으로 제안합니다. Tensegrity Robotics는 기존의 로보틱스가 Hard Robotics로써 가지는 한계를 뛰어넘는 초 경량성, 초 내구성, 및 인간과의 높은 유사성 등으로 인해 차차세대 기술만이 가질 수 있는 여러 장점을 가질 수 있게 됩니다. 다만 구조의 본질적인 복합성으로 인해 그동안 건축계에서 잊혀진 기술이 되었으며, 다른 한편 기계공학분야에서는 Tensegrity 의 특이한 구조로 인한 높은 제어난이도로 인해 최근까지도 활발하게 연구되지 못하는 난제로 인식되고 있습니다. 미국 항공우주국 (NASA)에서 2012년부터 Super Ball Bot 을 개발하여 원형 Tensegrity Robotics를 화성 탐사 로봇으로 개발하고 있으나 뚜렷한 성과를 보이지는 못하고 있습니다.

기존의 로보틱스의 한계는 세 가지 정도로 요약될 수 있습니다. 첫째는 기계 물리적 특성상 로보틱스가 스케일러블 하지 못하다는 점, 아직까지 효율이 매우 낮다는 점, 그리고 사람과 같은 공간에서 작업하기에는 너무 위험하다는 점입니다. 스케일러블 하지 않다는 의미는 고효율의 소형 로봇 시스템이 완성되더라도 크기에 비례하여 같은 효율을 유지하기 힘들며 크기와 달라질 경우에는 전혀 다른 새로운 기계 공학적 시스템으로 재설계가 필요합니다. 둘째로 효율이 낮다는 의미는 사람의 경우 몸무게와 쉽게 들 수 있는 물체의 무게 비율의 1:1 정도까지 가능하나, 현재의 로봇 시스템에서는 그 비율이 아직까지 1:50 정도로 2kg 의 물체를 들기 위해 100kg 의 로봇암(Robot Arm)이 필요합니다. 마지막 셋째로 로봇은 아직까지 많은 경우 사람과는 분리된 공간에서 사용되어 합니다. 지난 2016년 폭스바겐 공장에서 공장 근로자의 실수로 로봇에 의한 타박상을 입고 끝내 사망한 사건을 계기로 법률적으로 이러한 사고에 따른 로봇 제조사의 책임과, 근로자 또는 공장의 책임에 대한 사회적 합의가 진행 중인 상태입니다.

Tensegrity Robotics는 소프트 로보틱스의 한 계열로 이러한 3가지 기존 로보틱 시스템이 가진 한계를 극복할 수 있는 차차세대 기술이 될 수 있습니다. 이를 위해 본 과제 기간 중 저희 연구진이 심도 있게 연구해야 할 분야는 (1) 해부학적 지식을 활용한 Tensegrity 메커니즘, (2) 전통 로보틱스의 기초위에 난이도를 높일 수 있는 구동기 및 구동 드라이버 개발, (3) 최신 인공지능 및 센서들을 활용한 자율 작동 학습기능, 그리고 (4) 이를 Module화 및 Scalable하게 결합하여 응용 개발한 Tensegrity

Robotic System Application 입니다. 성공적인 연구를 위해 본 연구팀은 (1) 건축 및 Computational Design 연구분야 전문가, (2) 바이오 미메틱스를 연구해온 텐세그리티 로보틱스 전문가, (3) 30년 이상의 연구 경력을 가진 로봇 전문가, (4) 메디컬 로봇등 로봇 응용분야의 전문가, 그리고 (5)의대에서 해부학을 전공하신 교수님들로 구성하여 해부학, 건축학, 그리고 로봇공학등 다학제적이고 융합적인 연구를 위한 최상의 팀을 구성하였습니다. 다학제간 융합연구와 더불어 Test-Driven 연구 방법을 활용하고 전 세계적인 연구 협력 (Distributed Collective Intelligence)을 이끌어 내기 위해 국내 340 여 곳 및 국외 1700 여 곳의 Fab. Lab. 과 공조를 할 예정입니다.

이번 연구의 성과로 초고효율, 초경량, 초 내구성의 로보틱 시스템이 표준화 될 것으로 기대를 합니다. 개발된 시스템은 인간을 보조하는 수단인 object (사물기반)로써의 로보틱스로 부터 건축의 로보틱화 및 도시의 로보틱화를 이룰 수 있는 스케일러블한 범용적 시스템으로써 전 가정, 학교, 공공건물, 도시 및 전 지구적 차원에서 인류와 상생할 수 있는 로보틱스 (Robotics for Anthropocene - The Age of Humans)로써의 역할이 가능할 것을 기대 됩니다.

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

[Tensegrity Robotics]

Tensegrity is a structuring principle based on a balance between prestressed tensional components (usually cables, tendons, or muscles) and separate compression components (such as bones in a human body). We propose a next-generation robotics technology research project based on this tensegrity system as a significant innovative robotic structure that uses a balance of tensile and compressive forces as locomotion actuators. We consider this project as an excellent opportunity for initiating a grand challenge project in 2020 converging science, technology, and architecture.

Due to their ultra-lightweight, ultra-durability, and high similarity with human body systems, tensegrity robotics, as the next-generation technology, have many advantages that conventional hard robotics could not have easily. However, due to the intrinsic complexity of the structure, tensegrity has become forgotten in architecture for a long time. On the other hand, in the field of mechanical engineering, the difficulty in tensegrity control mechanisms and complex structure systems make few researchers have studied tensegrity robotics. The National Aeronautics and Space Administration (NASA) has developed a Super Ball Bot since 2012 and has been developing prototype tensegrity robotics as exploration robots on Mars, but it has shown that many significant improvements are still necessary.

We can summarize the limitations of conventional robotics in the following three categories. The first is that current robotics is not scalable due to their solid-linked characteristics. The second, current robotic systems could be evaluated as inefficient systems compared to equivalent systems in nature. Third, many robots are too dangerous to work together with humans in a shared space. The first scalability problem explains that even after a robotic solution in one scale (such as an object scale) is completed, a new system may be required to apply the developed system on another scale (such as a human scale). Each scale may require a unique robotic solution. We can explain the second low-efficiency problem by comparing the rate between the weight of the object and the weight of a robot. A human can handle an object up to his or her body weight (1:1 ratio). However, a robot arm requires a body of 50 kg to handle an object with 1 kg weight. Lastly, robots are still considered to be dangerous to be used in a shared

space with humans. In a Volkswagen factory in 2016, a robot arm hit a worker and made him died. There has not been a social consensus on the responsibility of this incident. It is still arguable who takes the responsibility: a robot manufacturer, a worker, or a factory.

Tensegrity Robotics is a family of soft robotics that can be the next-generation technology to overcome the limitations of these three limitations of robotic systems. The research team will focus on the following research areas: (1) tensegrity mechanism using anatomical knowledge, (2) development of actuators and control systems, (3) tensegrity robotics applications developed by applying the latest AI systems and IoT sensors. The research team is composed of (1) experts in the field of architecture and computational design, (2) experts in biomimetic tensegrity robotics, (3) robot experts with more than 30 years of research experience, (4) experts in the field of medical robotics, and (5) medical doctors whose expertise is in anatomy and occupational health. These members will form the best team for the multidisciplinary and convergent research project, such as anatomy, architecture, and robotics. In addition to this multidisciplinary convergence research, we will lead a global research collaboration with more than 340 domestic and 1700 overseas Fab. Labs.

It is expected that the results of this study will initiate an ultra-high efficiency, ultra-lightweight, and ultra-durable robotic system. The developed system is a scalable general-purpose system that can achieve the architecture robotics. It is expected that the role of Robotics for Anthropocene - The Age of Humans, will be able to coexist with humanity on a global scale.

트랜스휴먼트리

홍익대학교 스마트도시과학경영대학원 오웅성

[약력]

1. 학력		
기간	학교명	전공 및 학위
	서울대학교	환경대학원
	파리국립사회과학대학원	프랑스 건축사
2. 주요 경력		
기간	기관명	세부내용
2020	플랜트톡	개발자
2019	중소기업 벤처부	LPWAN 기반 빅데이터 활용 일체형 수목관리 및 보호 IoT 시스템 개발
2018	LH	스마트파크케어
2017	어반솔	
2015	스마트트리	

[트랜스휴먼트리]

특이점의 극복과제 앞에 선 인간

초월, 그 빛은 동방의 자연으로부터 올 것인가? : 선적인 트랜스 보다 협력적 선순환

특이점의 리스크(디스토피아?)를 피하면서 인간과 초지능 기술(인공지능)이 공존하며 화평한 미래세상(홀로스, Holos)을 만들기 위한 논리모형과 난제적 해결 기술은 무엇인가?

인간과 초지능 간 대립, 기계적 헤게모니의 위협이라는 아슬아슬한 관계가 아니라 그것과는 다른 퍼스펙티브나 철학이 이로운 기술로 발전한다면 혁신적이 아닐까?

우리는 자연철학에 뿌리를 둔 동양(한국 포함)의 선순환적 공정 관계에서 그 범문명적, 범기술문화적 특이점 대응의 효용을 발견한다.

인간과 인공 사이에 자연이 있다. 그 사이에 인류공통의 생물학적 나무가 존재함에 주목한다. 초지능 기계를 수단 삼아 식물의 생물학적 언어를 해석, 식물사회의 무궁무진한 유익기능을 촉진, 증강, 제어함 (바이오포밍)으로서 인간-기계-자연(식물)이 공존하는 기술모델인 '트랜스휴먼트리'를 제안한다.

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

[A Human being in the face of the task of overcoming the Singularity]

Will the light come from the 'Nature' of the East? :

Collaborative virtuous 'circle' rather than linear 'trans'

What are the logical models and challenging solutions to create a harmonious future world where humans and superintelligence coexist(*Holos*) while avoiding the risk of Singularity(*Dystopia?*)? Wouldn't it be innovative if other perspectives or philosophies develop into beneficial technologies, rather than the close relationship between human and superintelligence confrontation and the danger of mechanical hegemony? We find its pan-civilistic, pan-technical and cultural and singularity-response utility in the virtuous circle of the East (including Korea) rooted in natural philosophy. There is nature between man and machine. In the meantime, attention is paid to the existence of biological trees common to mankind. Using superintelligence machinery as a means of *interpreting* the biological language of plants and *facilitating, augmenting, and controlling* the infinite beneficial functions of plant society (*Bioforming*), we would like to propose Transhuman-Tree(TH-T), a technology model in which human-mechanical-natural(plant) coexist.

상상하지 못한 아이디어와 초융합으로 과학난제에 도전하라

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

세션 3

지속가능한 도시

재생산되고 깨끗한 에너지를 얻을 방법은 없을까?



뉴로모픽 에너지 하베스팅

연세대학교 심 우영

[약력]

1. 학력		
기간	학교명	전공 및 학위
2007~2012	Northwestern University Materials Science & Engineering	Ph.D
2. 주요 경력		
기간	기관명	세부내용
2018 ~	Yonsei University Department of Materials Science and Engineering	Associate Professor
2018 ~	Yonsei University Center for Multi-dimensional Materials	Director
2018~	Yonsei University Center for Nanomedicine, Institute for Basic Science	IBS Professor
2020 ~	Nano Convergence (Springer Nature)	Associate Editor

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

[뉴로모픽 에너지 하베스팅]

인간의 뇌 속에는 약 900억 개의 신경세포(Neuron)가 존재하고, 행동을 조절하고 기억을 저장하는 등 다양한 형태의 정보를 전달한다. 이러한 모든 정보들은 신경세포 내에서 세포 물질 수송(Cellular transport)을 통한 이온 확산이동으로 인해 형성되는 전류로 정보전달이 이루어진다. 특히, 신경세포 내에 존재하는 이온채널(ion channel)들은 세포막(cell membrane)에 높은 밀도로 위치하고 있으며, 특정 양이온만을 통과시키는 이온선택성(ion selectivity)을 가진다. 휴지 전위(resting potential)에서 활동 전위(action potential)로 변화하는데 1/1000초 수준의 시간밖에 걸리지 않으며, 이는 이온 채널에서 매우 높은 이온선택성이 유지됨과 동시에 양이온의 확산이 빠르게 일어난다는 것을 의미한다. 본 제안에서는 소재 재적층(restacking) 플랫폼을 이용하여 옹스트롬 크기의 채널을 가지는 quasi-reversible machine 개념을 제안하고, 이온선택성 및 이온확산계수를 획기적으로 높여, 신경세포 모사에 기반한 블루에너지 발전을 목적으로 한다.

[Neuromorphic Energy Harvesting]

A neuron is an electrically excitable cell that communicates with other cells via synapses. These electrical signals are mostly generated by ion movement, referred to the cellular transport, across a cell membrane with exceptional characteristics: high ion selectivity and fast ion diffusion kinetics. In this proposal, I will present the implementation of this foregoing concept of neuron-inspired ion transport, using inorganic materials as quasi-reversible machine, to build the electrostatic potential difference between reservoirs. All the chemical energy of chemical compounds can be converted into electrical energy without paying 'Second Law tax', and therefore is comparable to the power generated by human neurons. This work represents a step toward a promising but simple passive power generation design for practical 'blue energy' harvesting apparatus.

기능화된 저차원 재료기반 이종구조를 적용한 광대역 음향 광전자 에너지 변환기술 개발

청주대학교 이 종 권

[약력]

1. 학력		
기 간	학 교 명	전 공 및 학 위
2006	Northwestern University	전자공학과 박사
2. 주요 경력		
기 간	기 관 명	세부내용
현재	청주대학교, 광기술에너지융합 전공	교수
2017-2019	나노종합기술원, 나노융합소재개발실	실장
2012-2016	서울대학교, 멀티스케일에너지시스템연구단	연구부교수
2006-2010	LG 디스플레이, R&D 센터	수석연구원

이종권 – 기능화된 저차원 재료기반 이종구조를 적용한 광대역 음향 광전자 에너지 변환기술 개발

[기능화된 저차원 재료기반 이종구조를 적용한 광대역 음향 광전자 에너지 변환기술 개발]

환경 친화적인 고효율의 대체 에너지원 확보를 위해 전자기파와 반도체 구조의 상호작용에 기반한 광전자 에너지 변환기술은 세계적으로 많은 연구가 활발히 진행되고 있다. 실리콘 p-n 접합을 기반으로 하는 현재의 태양전지의 효율은 이론적으로 31%의 효율 달성이 가능하지만 실험적으로는 10~26% 정도의 효율을 얻고 있다. 따라서, 전자기파를 전기 에너지로 변환하는 기존의 기술들보다 변환효율을 극대화하고 초저비용으로 경제성을 확보할 수 있는 혁신적인 접근법과 솔루션에 대한 탐색이 필요하다. 최근에 발견된 2차원 결정과 층 양자점 구조는 광-전자 변환기술과 관련하여 무한한 잠재력이 있는 물질로 여겨지고 있다. Van der Waals 이종 구조에서 흡수 스펙트럼이 다른 2D결정을 사용하면 광학 스펙트럼의 독특한 특성과 유연성, 이러한 이종구조의 높은 구조적 우수성으로 인해 전자기파를 전기에너지로 효율적으로 변환하는 작업을 획기적으로 단순화할 수 있다. 제안한 프로젝트에서는 Van der Waals 이종구조내 표면탄성파가 유도하는 전기장을 통해 전하를 효율적으로 분리하고 운반하여 초고효율 (최대 90%)을 달성할 수 있는 에너지 변환소자 구현기술을 개발하고, 광-음향 자극전송을 통한 전자기파 변환의 새로운 원리를 도출하고자 한다.

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

Many studies have been actively conducted on the photoelectric energy conversion technology based on the interaction of electromagnetic waves and semiconductor structures to secure an environmentally friendly, high-efficiency alternative energy source. The efficiency of current solar cells based on silicon p-n junctions can theoretically achieve an efficiency of 31%, but experimentally it has achieved an efficiency of 10-26%. Therefore, there is a need for exploration of innovative approaches and solutions that maximize the conversion efficiency and secure economic efficiency at a very low cost than conventional technologies that convert electromagnetic waves into electrical energy. The recently discovered 2D crystal and layer quantum dot structures are considered materials with infinite potential in relation to photo-electron conversion technology. The use of 2D crystals with different absorption spectra in the Van der Waals heterogeneous structure can dramatically simplify the efficient conversion of electromagnetic waves into electrical energy due to the unique properties and flexibility of the optical spectrum and the high structural excellence of these heterostructures. In the proposed project, we will develop the energy conversion device that can achieve ultra-high efficiency (up to 90%) by efficiently separating and transporting charges through an electric field induced by a surface acoustic wave in a heterogeneous structure of Van der Waals. Also, we intend to derive a new principle of electromagnetic wave conversion through photo-acoustic stimulation.

초임계 인공광합성 기술

한국과학기술연구원 오 형 석

[약력]

1. 학력		
기 간	학 교 명	전 공 및 학 위
1999-2006	연세대학교	화공생명공학과 학사
2006-2008	연세대학교	화공생명공학과 석사
2008-2012	연세대학교	화공생명공학과 박사

2. 주요 경력		
기 간	기 관 명	세부내용
2012-2017	Technical University Berlin	박사후 연구원
2017-현재	한국과학기술연구원 (KIST)	선임연구원
2019-현재	UST 과학기술연합대학원대학교 에너지환경융합공학	부교수
2020-현재	경희대-KIST 융합과학기술학과	교수
2020년	KIST 우수개발연구팀상 수상	
2017년	2017년도 국가연구개발 우수성과 선정 “인공광합성 연구”	

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

[초임계 인공광합성 기술]

자연 광합성 기작의 캘빈 싸이클에 해당하는 인공광합성의 요소기술인 이산화탄소의 전기화학적 전환 연구는 지구온난화 및 탈석유화학 공정이 적용된 화학제품 (e-Chemical) 생산이 가능하여 많은 주목을 받고 있다. 하지만, 전기화학적 CO_2 전환기술은 현재 과학적 난제에 부딪혀서 경제성을 확보하는데 어려움이 있다. 특히, 과학적 난제는 (1) 낮은 전기화학 촉매 활성 및 촉매의 불안전성, (2) 낮은 CO_2 전환율 및 생성물 선택도, (3) 전기화학 시스템 최적화 기술 부재, (4) C_2 이상 생성물 합성의 어려움에 기인하고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해 본 연구는 초임계 조건의 인공광합성 기술을 제안한다. 초임계 CO_2 는 물에 녹는 용해도가 상암 조건과 비교해 60배 높으며, 표면 장력이 없어 전극 촉매의 작은 구멍에서도 촉매 반응을 할 수 있어 높은 활성이 기대된다. 실제 2 A cm⁻²의 전류 밀도를 얻게 될 경우 석유화학 공정에서 생산되는 화합물보다 생산 단가가 낮아진다. 또한 촉매 표면에 흡착된 중간 생성물의 밀도가 높아 C-C 커플링이 활발히 진행되어 C_2 이상의 생성물을 합성하는데도 유리할 것으로 기대된다. 소재의 관점에서 기존 연구는 금속 및 금속산화물 기반 소재의 표면에서 일어날 수 있는 중간물질(intermediate)의 거동 만을 고려하여 촉매 소재를 설계하였기 때문에 CO_2 의 전환율이 낮은 문제점이 있다. 최근에는 촉매 소재 내 결합 혹은 표면 거칠기 (surface roughness)가 적용된 표면에서 촉매의 활성도가 증가하는 것을 주목하고 있으나, 반응 경로 제어 한계 및 반응물 고갈에 따른 물질전달 한계로 전환율이 및 선택도가 낮은 난제가 있다. 이러한 난제를 극복하기 위해서 본 연구에서는 소재의 범위를 원자 수준으로 확장하여 sub-nano 수준의 면간공극(inter-planar distance) 및 입자간공극(inter-particle distance)에 제어에 주목하여, 이를 새로운 촉매 활성 인자로서 소재에 적용하고자 한다. 이러한 sub-nano 수준의 공극 제어 기반 신규 구조는 기존 표면 개질 기반의 나노구조와는 차별화 되는 새로운 공간-활성인자로, 촉매 표면의 거리가 반응 간섭이 일어날 정도로 가까워질 때 새로운 반응 경로가 형성되는 것을 착안하여 개발하였으며, 매우 좁은 표면 간 전압 인가 시 매우 큰 전기장(Electric field)의 형성으로 반응물의 접근이 크게 가속화되어 촉매의 활성도가 크게 증가할 수 있다. 이러한 촉매 설계는 표면장력이 매우 낮고 반응물인 CO_2 의 침투력이 뛰어난 초임계 조건에서는 미세 간극 내 반응이 더욱 활발해지는 구조환경-초임계 반응환경 간 시너지를 확보할 수 있어, 기존 수계 기반 전기화학 반응의 한계를 극복할 수 있다. 해당 연구는 다양한 실시간 분석 및 분자들의 동역학을 계산함으로써 반응 메커니즘 연구를 수행할 계획이며, 경제성 평가를 통해 초임계 인공광합성 기술의 실용화를 판단하는데 사용할 계획이다.

[Supercritical Artificial Photosynthesis Technology]

Research into the electrochemical conversion of CO₂, the key technology of artificial photosynthesis that corresponds to the Calvin cycle of the natural photosynthetic mechanism, has attracted much attention because it can escape global warming and petrochemical processes. However, the electrochemical CO₂ conversion technology is currently having difficulty in securing economic feasibility due to scientific challenges. In particular, the scientific challenge is due to (1) low electrochemical catalytic activity and stability, (2) low CO₂ conversion and selectivity, (3) lack of electrochemical system optimization technology, and (4) difficulty in synthesizing >C₂ products. To solve these problems, this study proposes 'Supercritical Artificial Photosynthesis'. The supercritical CO₂ generally has a solubility in water 60 times higher than normal pressure conditions, and because there is no surface tension, catalytic reactions occur even in the small pores of the electrode, so high catalytic activity is expected. Actually, if the current density of 2 A cm⁻² is obtained, the production cost is lower than the compound produced in the petrochemical process. In addition, it is expected that the C-C coupling is actively performed due to the high density of the intermediate product adsorbed on the catalyst surface, which is advantageous for synthesizing C₂ or higher products. From a material point of view, the existing research has a problem that the conversion rate of CO₂ is low because the catalyst material is designed considering only the behavior of an intermediate material that may occur on the surface of metal and metal oxide-based materials. In recent years, it has been noted that the catalytic activity increases on the surface to which defects in the catalyst material or surface roughness are applied. In order to overcome these problems, this study focused on controlling the sub-nano level inter-planar distance and inter-particle distance by extending the range of materials to the atomic level. It is intended to be applied to materials as a factor of the active site. The new structure based on pore control at the sub-nano level is a new space-activating factor that is different from the existing nanostructure based on surface modification. This catalyst design can secure synergies between structural and supercritical reaction environments in which the reaction in the micro-gap becomes more active in supercritical conditions with very low surface tension and excellent penetration of CO₂ as a reactant. The study plans to identify reaction mechanisms through *in-situ/operando* analysis and molecular dynamics calculations, and to assess the practicality of supercritical artificial photosynthesis technology through economic evaluation.

기후변화 임계점 탐사

포항공과대학교 국 종 성

[약력]

1. 학력		
기 간	학 교 명	전 공 및 학 위
2003	서울대학교	지구환경 박사
2. 주요 경력		
기 간	기 관 명	세부내용
현재	포항공과대학교 환경공학부	교수, 석좌교수
2017-현재	한국차세대과학기술한림원	정회원
2016-현재	WCRP CLIVAR Pacific Region Panel	Member
2015	APEC 과학상 수상	

[기후변화 임계점 탐사]

기후변화 임계점은 점진적인 기후강제력 증가에 대해 기후시스템이 점진적으로 반응하다가, 어느 순간 강한 비선형반응에 의해 기후시스템이 급격하게 변하는 지점이다. 급격한 기후변화는 우리 경제·사회의 대재앙을 초래할 수 있기 때문에 기후변화 임계점 탐사는 과학적 중요성 뿐만 아니라, 전세계/국가 정책결정에 매우 중요하다. 하지만, 기후자료의 부족, 기후예측 수치모형의 근본적 한계 때문에 기후임계점 문제는 기존의 기후변화 패러다임으로는 해결하기 어려운 기후분야의 가장 큰 난제이다. 본 과제에서는 기존의 기후변화 방법론을 넘어 새로운 접근법을 통해 기후임계점의 과정을 이해하고, 우리 지구가 기후임계점으로부터 어디 위치하고 있는지 탐사하고자 한다. 이를 위해, 기후임계점을 초래할 수 있는 핵심 과정으로 알려져 있는 영구동토층 생태-기후 상호작용과정과 해양 순환/빙상-기후 상호작용과정에 의한 급격한 변화 프로세스를 전지구 기후 시스템 관점에서 파악하고자 한다. 기존의 방법론과 더불어, 딥러닝 기법을 통해 기후시스템의 지구시스템 상호작용에 의한 강한 비선형과정에 적용하여 기후임계점 메커니즘을 분석할 것이다. 이러한 결과들을 바탕으로, 기후 임계점을 모의할 수 있는 딥러닝 기반 비선형 기후예측모형 개발에 도전할 것이다.

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

[Exploration for Climate Tipping Point]

The climate tipping point is the point at which the climate system abruptly changes by strong nonlinear processes in the response to a gradual increase in climate forcing. Abrupt climate change leads to a catastrophe in our economy and society, so exploration for climate tipping point is crucial not only for scientific importance, but also for global/national policy making. However, due to the lack of climate data and the fundamental limitations of the numerical climate prediction model, it is the biggest challenge in the climate field that cannot be solved by the existing research paradigm. In this project, we intend to understand the process of the climate tipping points through a new approach, and to explore the location of the current climate from a future climate tipping point. To this end, we intend to understand processes of abrupt climate changes associated with the permafrost ecological-climate interaction process and the ocean circulation/ice sheets-climate interaction process in the perspective of the global climate system, which are known as core processes that can lead to the climate tipping point. In addition, we will adopt a deep learning to examine the climate tipping point mechanism by applying it to a strong nonlinear process by the interaction of the global system of the climate system. Based on these results, we will eventually challenge to develop a deep learning-based nonlinear climate prediction model that can simulate the climate tipping point.

상상하지 못한 아이디어와 초융합으로 과학난제에 도전하라

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

세션 4

건강한 삶

어떻게 건강한 인구 5천만을 계속 유지할 수 있는가?



암세포를 정상세포로 되돌릴 수 있을까?

KAIST 조 광 현

[약력]

1. 학력		
기 간	학 교 명	전 공 및 학 위
1989-1993	KAIST 전기및전자공학과	학사
1993-1995	KAIST 전기및전자공학과	석사
1995-1998	KAIST 전기및전자공학과	박사

2. 주 요 경력	
기 간	세부내용
2007-현재	KAIST 바이오및뇌공학과 교수, (現) KAIST 연구처장
2004-2007	서울대학교 의과대학 의학과 부교수
2008-2014	Oxford대학, Glasgow대학, UC Irvine, 아일랜드 UCD, 중국과학원 초빙석학
1999-2004	울산대학교 전기전자정보시스템공학부 조교수, 영국 UMIST 방문교수, 스웨덴 Royal Institute of Technology 초빙교수, 아일랜드 Hamilton Institute 초빙석학 등
2010-현재	국제저널 <IET Systems Biology>(영국) 편집위원장(Editor-in-Chief)
2003	ICASE 젊은연구자논문상 (제어·자동화·시스템 공학회)
2006	서울대학교병원 SCI우수논문상 (서울대학교병원)
2008	IEEE/IEEK Joint Award for Young IT Engineer (IEEE and IEEK)
2010	제13회 젊은과학자상 (대통령상)
2012	E.T.S. Walton Fellow Award (Science Foundation of Ireland)
2015	이달의 과학기술자상 (미래창조과학부)
2017	KAIST 4차 산업혁명 10대 핵심기술 선정 (KAIST)
2018	KAIST 학술상 (KAIST)

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

[암세포를 정상세포로 되돌릴 수 있을까?]

인류는 암과의 전쟁에서 승리하기 위해 지금까지 암세포를 사멸시키려고만 했다. 여러 부작용과 재발 등 현행 항암치료의 한계는 근본적으로 이러한 치료방향에서 비롯된 것이다. 그렇다면 과연 암세포를 죽이지 않고 암을 치료할 수 있을까? 본 연구자는 암세포에 발생한 돌연변이의 효과를 상쇄하고 정상세포의 기능을 회복함으로써 암세포를 정상세포와 유사한 상태로 되돌리는 '암세포 가역화를 통한 신개념 항암치료 원천기술'을 개발하고자 한다. 이는 암정복을 위한 완전히 새로운 패러다임으로서 기존 항암치료의 한계를 극복하고 암환자들이 암을 만성질환처럼 관리하며 높은 삶의 질을 유지할 수 있는 획기적인 암치료 전략이 될 것이다. 암세포가 특정 환경이나 조건에서 정상세포와 유사한 상태로 되돌아가는 현상은 역사적으로 종종 관찰된 바 있으나 생명현상의 복잡성으로 인해 그 메커니즘이 아직 밝혀진 바 없으며 이를 시스템 차원에서 제어하는 기술도 연구된 바 없다. 하지만 최근 대두되고 있는 생명과학과 공학의 융합학문인 시스템생물학 접근을 통해 암세포 내부의 복잡한 분자네트워크를 체계적으로 분석하고 암세포의 상태를 정상세포와 유사한 상태로 변환시킬 수 있는 핵심 제어타겟을 발굴하는 것이 가능해졌다. 이에 본 연구자는 시스템생물학을 중심으로 임상의학과 제어공학을 유기적으로 결합하여 암세포를 정상세포로 되돌리는 과학난제를 해결해보고자 한다.

[Can we revert cancer cells into normal-like cells?]

Cancer is the number one life-threatening disease and becoming more important as our society is getting aged. There is, however, a fundamental limitation in cancer treatment despite the recent development of targeted therapy and immunotherapy. The common goal of conventional cancer therapy is to induce apoptosis of cancer cells. The ultimate limitation of this approach lies in that cancer cells are still a part of ourselves and therefore we cannot selectively remove them all without damaging normal cells. Can we consider then an alternative approach other than inducing apoptosis? We propose reverting cancer cells into normal cells instead of directly killing them. Historically, the phenomena of cancer reversion have been observed sporadically, but the underlying mechanism has not been understood and no systems analysis was attempted. From a systems biological perspective, cancer can be viewed as a network disease caused by dysregulation of the dynamics of an intracellular molecular regulatory network. Thus, considering the huge dimensionality and functional redundancy of the molecular network, we might be able to restore the network functionality of normal cells by controlling some of the key molecular targets in the network. I would like to challenge this unsolved problem of reverting cancer cells into normal-like cells through systems biological approach by combining cancer biology and control engineering. If this technology is successfully developed, then we might be able to open a new paradigm of cancer therapy that can ensure the quality of life of cancer patients dramatically.

키놈지형 스캔기술 기반 종양진화 프로그램 연구

국립암센터 박 종 배

[약력]

1. 학력		
기 간	학 교 명	전 공 및 학 위
1998~2001	POSTECH Division of Molecular and Life Sciences	Ph. D.
2. 주요 경력		
기 간	기 관 명	세부내용
2016~	Graduate School of Cancer Science and Policy	Professor/Dean
2014~2016	Graduate School of Cancer Science and Policy System Cancer Science	Associate professor/chair
2006~2013	National Cancer Center Specific Organs cancer Branch	Principle investigator
2002~2006	Harvard medical school Division of Neuroscience	Post-doctoral fellow

[키놈지형 스캔기술 기반 종양진화 프로그램 연구]

암은 현재 인류의 건강한 삶을 위협하는 가장 위험한 질병이다. 의학기술의 발달과 생활습관의 변화로 기존의 많은 감염성 질병들에 대한 솔루션이 제시되고 선진국을 중심으로 감시체계가 마련되면서 인류의 헬스케어에 대한 패러다임은 변하고 있다. 암을 정복하기 위한 인류의 노력은 오래전부터 시도되어 왔지만 유전체연구의 급격한 발달로 변이된 유전자를 발굴하고 이를 치료하고자 하는 정밀의료 기반의 암치료에 대한 시도가 전세계적으로 진행되고 있다. 유전적 변이에 기반을 둔 정밀의료는 암화 과정에서 주요역할을 하고 있는 표적들을 Driver mutation이라고 규정하고 이들을 표적으로 하는 표적치료제를 개발하여 암을 치료하고자 하고 있다. 특히 글리벡과 같은 키나아제의 유전적 변이에 기반한 키나아제 저해제들의 예상하지 못한 성공은 암정복에 대한 희망적인 면을 제시하였지만, genome-driven oncology의 경우 전체 환자 중에 일부만 그 대상이 되고 이들 중 치료반응을 보이는 환자도 제한적이기에 낮은 치료반응률과 치료효능에 대한 이유를 찾고 이를 극복하는 것이 향후 암정복을 위한 가장 중요한 과학난제라고 할 수 있다. 낮은 치료반응률과 치료효능의 가능 큰 원인은 재발과 재발과정에서의 종양진화이다. 종양은 진화과정에서 복잡성과 이질성이 증가하면서 종양내의 신호전달 네트워크를 리와이어링하게 된다. 이 과정에서 일어나는 세포와 주변 미세환경과의 공진화과정은 전이와 치료에 대한 저항성을 유도하여 기존치료에 대한 반응률을 현저하게 떨어뜨린다. 따라서, 이를 해결하기 위해서는 복잡하게 얹힌 세포내 신호전달네트워크를 어떻게 풀어낼지에 대한 솔루션이 필요하다. 세포내 신호전달은 키놈(Kinome)이라고 하는 키나아제와 그 기질들의 집합체에 의해 조절된다. 특히 키나아제는 이 과정에서 신호전달의 인과관계를 조절하는 분자스위치로 신호전달기전의 복잡한 네트워크를 fine-tuning하는 중요 조절자이다. 현재의 키나아제 기반 치료의 한계는 종양진화과정에서 세포 내에서 일어나는 키놈(kinome)의 시공간적인 진화과정에서의 역할 및 기능에 대한 전체적인 이해를 동반하지 않은 단일 키나아제의 변이 기반의 치료를 해왔기 때문이다. 특히, 복잡하게 얹힌 신호전달네트워크를 풀기 위해서는 이들 키놈이 진화과정에서 시공간적으로 어떻게 얹혀왔고 이를 어떤 순서로 풀 것인가를 실험모델을 통해 증명하는 것에 대한 연구가 필요한데 이러한 연구는 전 세계적으로 전무하다. 본 연구는 종양진화과정에서의 키놈의 변형을 시공간을 포함한 3차원 공간에서 분석하고 이를 통합한 키놈지형(kinome landscape)을 세계최초로 완성하여 약물과의 반응성을 찾고 최적의 약물을 MATCH하는 새로운 연구플랫폼으로 제안하고자 한다. 특히 약 10,000여개의 인산화 신호를 기반으로하는 키놈지형스캔 기술을 확립하여 시공간적 키놈지형지도에 기반한 새로운 임상적 접근법을 제시하고자 한다. 이러한 접근은 디지털헬스케어 인공지능등의 새로운 플랫폼과의 융합을 통해 본 과학난제를 풀 수 있는 가장 중요한 근거를 제공할 것이다.

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

[A Study on the Cancer Evolution Program Based on Kinome-Landscape Scanning Technology]

Genome-driven oncology, the current platform of precision medicine, is being carried out mainly by kinase inhibitors based on genetic variation of kinase. However, only a small portion of all patients are subject to the treatment, and only a limited number of patients are responding to the treatment. The main reason is that the single kinase variation, which does not convey the overall understanding of the kinome occurring within the cell, and the resulting mode of action-based treatment. To solve this problem, we would like to present a new clinical approach based on temporal and spatial kinematic map by integrating genome variation and kinome landscape transformation and establishing kinome landscape scanning technology. Based on the kinome landscape established through clinical samples and patient-specific animal models, the phosphorylation signal based kinome landscape scanning platform is established, and the tumor evolution process is analyzed and explained through the kinome landscape scan based kinome landscape-drug map. Creating a kinome landscape-drug map and building a dynamic control library based on the kinome landscape-drug map through the correlation between kinome landscape-drug maps and the drugs that control them. Research on predictive treatment techniques that predict and control the evolution direction of tumors through kinome landscape-drug maps and suggest re-programming of recurrent tumors based on kinome landscape-drug maps.

Hetero-chronic parabiosis 기술을 이용한 노화, 역노화 인자 규명 및 노화 연관 질환 근감소증 (Sarcopenia) 치료 방법 연구

성균관대학교 방석호

[약력]

1. 학력		
기 간	학 교 명	전 공 및 학 위
1999-2003	서울대학교	공과대학 응용화학부 학사
2003-2008	서울대학교	공과대학 화학생물공학부 석박사통합
2. 주요 경력		
기 간	기관명 및 세부내용	
현재	한국생물공학회 이사	
현재	한국공업화학회 이사	
2019-현재	성균관대학교 화학공학/고분자공학부 부교수	
	한국생체재료학회 학술위원	
	한국조직공학회 학술위원-편집위원	
	메가젠임플란트 신진과학자상 수상	
	젊은공학교육자상 수상	
	조직공학회 수상 공로상	
	112편 SCI(E) 논문 출간 및 특허 다수 보유	

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

[Hetero-chronic parabiosis 기술을 이용한 노화, 역노화 인자 규명 및 노화 연관 질환 근감소증 (Sarcopenia) 치료 방법 연구]

본 연구는 노화 및 역노화 인자를 찾아 그 메커니즘을 규명하고 노화 연관 질환 중 하나인 근감소증 치료 연구를 통해 건강수명 증진을 목표로 하고 있음. 인간의 수명이 증가함에 따라 전 세계의 노인 인구가 급속히 증가하고 있음. 노인 인구의 증가는 단순히 개인의 의료비 지출 증가 뿐만 아니라 사회 전체적인 비용 부담을 증가시킴. 특히 노화 관련 질병에 잘 대비하지 못할 경우 큰 사회적인 문제가 됨. 세계적으로 노화 문제가 대두되면서 노화를 질병으로 규정하고, 이것을 치료하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있음. 특히 2018년 6월 세계보건기구(WHO)에서 발간한 '국제 질병 분류'에서는 노화(Old age)에 질병 코드를 부여하여 노화를 질병으로 보는 관점을 명확히 하였음. 노화와 연관된 질병으로는 근감소증(Sarcopenia), 심혈관계 질환, 암, 퇴행성 뇌 질환, 골다공증 등이 알려져 있음. 노화학(Geroscience)적인 관점에서 노화와 연관된 질병의 가장 큰 위험 요인은 노화 그 자체라고 볼 수 있음. 따라서 노화 자체를 억제하거나 역노화를 유도하면 노인성 질환을 감소시킬 수 있음. 노화 연관 질환은 단순히 하나의 기관에만 영향을 주는 것이 아니라 모든 신체에 영향을 주기 때문에 복합적인 관점에서의 치료가 필요함. 최근 어린 쥐와 늙은 쥐를 짹 지은 hetero-chronic parabiosis 연구에서 노화된 조직을 parabiosis를 통해 어린, 노화되지 않은 환경에 노출시켰을 때 노화된 근육, 심장, 뇌, 뼈, 신장 조직, 그리고 여러 조직에서 나온 줄기세포들이 젊은 상태로 변하는 효과(rejuvenation effects, 회춘 효과)가 관찰되었음. 반대로 어린 쥐에서는 재생 능력이 저하됨이 보고되었음. 이러한 연구 결과들을 통해 어린 개체에서는 노화를 억제하거나 다시 젊게 만드는 역노화 인자가, 늙은 쥐에서는 노화를 유발하는 노화 인자가 존재한다는 것을 알 수 있음. Hetero-chronic parabiosis에서 두 개체간의 모세혈관 문합에 의해 각자의 순환계가 공유되므로 노화, 역노화 인자는 혈액 내에 존재하는 특정 인자로 생각할 수 있음. 그러나 혈액 내에 존재하는 단백질은 소량으로 많은 생체 반응을 유도하고, 다양한 결합 상대물질을 가지고 있어서 *in vivo*에서는 그 메커니즘을 구별하기 어려움. 또한 parabiosis 연구는 인간을 대상으로 하여 임상 실험이 불가능 함. 따라서 본 연구에서는 methionine tRNA synthase와 bio-orthogonal chemistry를 이용하여 소량의 노화, 역노화 인자를 규명해 내는 기술을 개발하고, *in vitro*에서 hetero-chronic parabiosis를 모사하여 mouse, human *in vitro* parabiosis 시스템을 구현하고자 함. 그리고 규명된 인자들과 개발된 *in vitro* parabiosis 시스템을 이용하여 노화, 역노화 인자들의 메커니즘을 규명하고 이것을 노화 연관 질환 중 하나인 근감소증에 적용하여 치료 연구를 하고자 함. 본 연구를 통해 노화 연구의 새로운 패러다임을 제시할 수 있을 뿐만 아니라 고화 극복의 가능성을 제시하고, 건강 수명을 증진시키는데 기여할 수 있을 것으로 예상됨.

방석호 - Hetero-chronic parabiosis 기술을 이용한 노화, 역노화 인자 규명 및 노화 연관 질환 근감소증 (Sarcopenia) 치료 방법 연구

[Identification of Aging, Reverse Aging Factors Using Hetero-Chronic Parabiosis Technology and Research on Methods for Treating Aging-Related Sarcopenia]

As the life of humans increases, the world's elderly population is growing rapidly. Increasing elderly population not only increases individual medical costs, but also increases the burden of whole society. Aging is a big problem, especially for the countries that are not well prepared for aging-related diseases. Recently aging was defined as a disease and it is considered to be treated. In particular, the "International Classification of Diseases" published by the World Health Organization (WHO) in June 2018 assigned a disease code to the aging to clarify the concept of aging as a disease. Age-related diseases include sarcopenia, cardiovascular disease, cancer, degenerative brain disease, and osteoporosis. From the perspective of geroscience, the greatest risk factor for aging-related diseases can be seen as aging itself. Therefore, it is possible to reduce aging-related diseases by suppressing aging itself or inducing reverse aging. But the aging-related diseases affect whole bodies and require complex treatment. Recently, hetero-chronic parabiosis study, pairing young and old mice with surgically, showed that aged muscle, heart, brain, bone, kidney and multiple tissues were rejuvenated due to the stem cells from young mouse. Conversely, young mouse has been reported to have reduced regenerative capacity. The results of these studies indicate that there are anti-aging factors that suppress aging or rejuvenating factors in young mouse and there are senescence factors that cause aging in aged mouse. In hetero-chronic parabiosis, aging and reverse aging factors can be considered specific factors in the blood. Because circulation systems of two mice are connected with capillary anastomosis. However, it is difficult to distinguish the mechanism in vivo because small amounts of circulating factors in blood cause a large amount of biological reaction with their various binding partners. Moreover, human parabiosis clinical research is impossible. Therefore, in this study, we will develop methods to identify small amounts of aging and reverse aging factors using methionine tRNA synthase transgenic mice and bio-orthogonal chemistry. And we will fabricate mouse and human in vitro hetero-chronic parabiosis system that mimicking in vivo hetero-chronic parabiosis. By using these aging, reverse aging, and in vitro parabiosis system, we will elucidate the mechanism of aging and reverse aging factors, and apply them to treat aging-related disease, sarcopenia. This study will not only present a new paradigm for aging research, but also suggest the way of overcoming aging and improving healthy life span.

신경 보철용 인공 감각 신경 개발

서울대학교 이 태우

[약력]

1. 학력		
기간	학교명	전공 및 학위
2002	한국과학기술원	생명화학공학과 박사
2. 주요 경력		
기간	기관명	세부내용
2019	대통령 표창	국가연구개발 성과평가 유공 대통령 표창
2018	장관상	연구혁신상
2015	한국고분자학회	중견학술상
2013	장관상	이달의 과학기술자상
2008	대통령상	한국 젊은 과학자상

[신경 보철용 인공 감각 신경 개발]

인간의 감각 신경은 외부에서 오는 여러 자극을 처리하고 전달하여 생명 활동에 필수적일 뿐만 아니라, 삶의 질에도 큰 영향을 미친다. 이러한 감각 신경이 손상되거나 퇴행할 경우, 신경 사이의 신호가 제대로 전달되지 않아 삶의 질이 낮아질 뿐만 아니라 생명 활동에 큰 위험이 된다. 현재, 감각 신경 장애는 약물 혹은 재활을 통해 증상의 완화만 할 뿐 완치는 불가능하다. 이러한 난제를 해결하기 위해 본 연구진은 손상된 신경을 대체하는 신경 보철용 인공 감각 신경을 개발하여 최종적으로 감각 신경 장애를 극복하고자 한다. 본 제안 연구에서는 생체 감각 기재의 이해를 통해 감각 신경을 모사하고, 인공 감각 신경을 통해 전달되는 신호가 생체 신경계에서 올바르게 해석되는지 확인하고, 최종적으로 감각 신경 장애를 극복하는 신경 보철로써의 적용이 가능한 인공 감각 신경 개발을 달성한다. 본 연구를 통해 감각장애를 극복하며, 더 나아가 감각 능력의 증진을 위한 연구를 제안하고자 한다.

2020년도 한국 과학난제도전 온라인 컨퍼런스

The human sensory nerve processes and transmits various stimuli from the external environment, which is not only essential for life activities but also has a significant influence on the quality of life. When these sensory nerves are damaged or degenerate, the signals between the nerves are not properly transmitted, which lowers the quality of life and poses a great danger to life activities. Currently, sensory neuropathy has been treated by medication or rehabilitation only to relieves symptoms but cannot be cured. To solve this challenge, our research team aims to develop artificial sensory nerves for prosthetic nerves that replace damaged nerves and ultimately overcome sensory nerve disorders. In this proposed research, the sensory nerve is mimicked by the artificial sensory nerve based on understanding the mechanism of the biological nerves. Then, It is analysed that the signals from the artificial sensory nerve are correctly transmitted and translated in the biological nervous systems. Finally, the developed artificial nerve can be applied as neural prostheses that overcome the sensory nerve disorder. Further, by using this artificial sensory nerve, the sensory abilities of humans can be improved beyond their inherent abilities.