

TePRI

REPORT

2018. vol.81

02



전망대 한국의 '업사이드 시나리오'와 과학기술계의 역할
Focus 과학기술 R&D 현장 중심의 혁신을 기대하며
人sight 과학기술정책연구원(STEPI) 제14대 조황희 원장

Part 01 R&D Spotlight

01. 기획시리즈 : 송곡 최형섭 박사 스토리, 하나 - 세계적인 과학자가 되기까지
02. 이슈분석 : Emerging Technologies 2017

Part 02 R&D In&Out

01. 주요 과학기술 정책 및 현안 : 「2018년도 과학기술·ICT 분야 R&D 사업 종합시행계획」 외 2건
02. TePRI, 현장속으로 : 대한민국 3개 한림원 공동포럼 외 1건
03. Guten Tag! KIST Europe : Remote Maintenance as Smart Customer Service in Machinery Industry

Part 03 TePRI 休

01. 지적 대화를 위한 넓고 얇은 이노베이션 이야기 : 집단지성의 바다, 기술혁신 네트워크 - 지식도 나누면 배가 된다
02. 이달의 추천도서 : 탁월한 사유의 시선

TePRI

2018. vol.81
02 REPORT

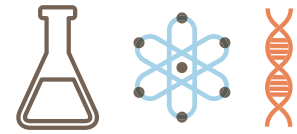
기술정책연구소

Technology Policy Research Institute



2018 February

Technology
Policy
Research
Institute



vol.81

CONTENTS



08

04 **전망대**
한국의 '업사이드 시나리오'와 과학기술계의 역할 4

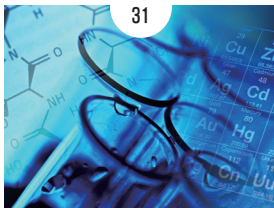
06 **Focus**
과학기술 R&D 현장 중심의 혁신을 기대하며 6

08 **人sight**
과학기술정책연구원(STEPI) 제14대 조황희 원장 8



14

13 **Part 01 R&D Spotlight**
01. 기획시리즈 :
송곡 최형섭 박사 스토리, 하나 - 세계적인 과학자가 되기까지 14
02. 이슈분석 :
Emerging Technologies 2017 19



31

31 **Part 02 R&D In&Out**
01. 주요 과학기술 정책 및 현안 :
「2018년도 과학기술·ICT 분야 R&D 사업 종합시행계획」 외 2건 32
02. TePRI, 현장속으로 :
대한민국 3개 한림원 공동포럼 외 1건 43
03. Guten Tag! KIST Europe :
Remote Maintenance as Smart Customer Service in Machinery Industry 45



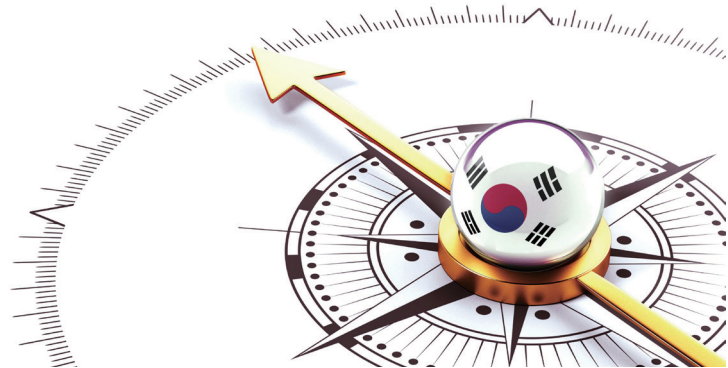
47

47 **Part 03 TePRI 休**
01. 지적 대화를 위한 넓고 얇은 이노베이션 이야기 :
집단지성의 바다, 기술혁신 네트워크 - 지식도 나누면 배가 된다 48
02. 이달의 추천도서 :
탁월한 사유의 시선 50

한국의 ‘업사이드 시나리오’와 과학기술계의 역할



곽재원
서울대 공대 객원교수



“2018년 들어서도 세계 각국의 정치는 우울한 상황이 이어지고 있다. 이와 대조적으로 경제는 회복기조에 있다. 이같이 정치와 경제가 전혀 다른 방향성을 보이는 상태가 언제까지 계속될 것인가. 그런 중에 과연 어느 한편이 다른 편을 압도할 것인가. 다시 말해 형편없는 정치가 경제를 망가뜨릴 것인가, 반대로 잘나가는 경제가 정치를 구할 것인가.”

최근 영국 파이낸셜 타임스에 실린 ‘형편없는 정치와 잘나가는 경제’(마틴 울프 컬럼)의 첫 대목이다. 이 컬럼은 3개의 전략적 관점을 제공한다. 즉, 정치와 경제가 딴 방향으로 가는 것(디커플링)을 어떻게 막을 수 있을까, 형편없는 정치가 경제를 망가뜨리지(다운사이드 시나리오) 않고 어떻게 하면 잘나가는 경제가 정치를 구할 수(업사이드 시나리오) 있을까 하는 관점이다.

이런 관점에서 한국의 사정을 살펴보자. 증권시장 격언에 ‘개는 웃는다’라는 말이 있듯이 2018년 무술년 증권시장은 밝게 시작해 좋은 장세를 유지하고 있다. 실제로 지금 경기지표는 그런대로 견조세를 보이고 있다. 상당수의 기업들은 투자를 늘리려 하고 있다. 이런 와중에서 강력한 구조 조정을 추진해야 한국 경제는 호조세를 지속할 수 있다는 주장이 설득력을 얻고 있다.

밝은 경제 전망과 달리 한국의 국내외 정치 상황은 불투명하다. 여당과 야당의 정쟁은 가열되고 있다. 한반도를 둘러싼 국제 정치 정세도 불투명하다. 북한의 핵위협과 한·미·일 관계, 트럼프 정부의 미국 우선주의, 중국의 대국화 등 불안한 변수들이 너무나 많다.

이런 한국의 상황에서 정치와 경제의 디커플링을 극복하고, 잘나가는 경제가 정치를 구하는 ‘업사이드 시나리오’를 구현할 수 있는 방법은 무엇일까.

첫째, 먼저 강력한 구조 조정을 통해 견조한 경제 회복세를 가속화하는 것이다. 무술년의 무(戊)와 술(戌)은 본디 수풀이 번창하다는 뜻을 가진 무(茂)에서 나왔다고 한다. 수풀이 많으면 좋은 일이지만 자칫 햇볕이 안들고 통풍이 나빠지기 때문에 가지치기가 필요하다. 이런 가지치기(구조조정)를 강력하게 추진해야 한다. 신규 사업 발굴과 종전 사업의 축소에 상징되는 사업재편, 인적 감원보다는 재배치에 힘을 준 인력재편 등이 바로 그것이다.

이러한 구조조정의 방향은 지난 1월초 미국 라스베이거스에서 열린 세계 최대의 가전전시회 CES에서 나타난 것처럼 '5G x AI x IoT'로 집약된다. 이는 빅데이터를 기반으로 한 데이터 이코노미의 골간이다. 제4차 산업혁명의 도래로 물리적 세계와 사이버 세계가 융합한다는 이론도 같은 맥락이다.

이런 점에서 평창 동계 올림픽은 우리에게 매우 중요하다. 영국 이코노미스트지는 연례 특집 '더 월드 인 2018'에서 평창 동계 올림픽을 3G, 4G, 5G의 경연장으로 묘사하고 한국의 금메달을 사사하고 있다. 디지털 경제의 핵심 인프라인 네트워크는 제4차 산업혁명시대 기술경쟁의 백두대간이다. 5G의 성공은 비단 ICT(정보통신기술) 산업에만 머무는 게 아니다. 성공사례의 건전한 전염을 기대할 수 있다. 일반 제조업, 바이오산업 등에도 확산된다.

둘째, 정치와 경제의 진술한 대화가 지속적으로 이뤄져야 한다. 최근 일본, 프랑스, 싱가포르의 사례를 주목할 필요가 있다. 에마뉘엘 마크롱 프랑스 대통령은 취임이후 주요 경제단체, 노조 대표와 면담을 갖고 노사문제 해결을 통한 경제성장 대책을 논의하면서 성과를 거두고 있다. 한국도 노사정위원회를 통해 노사문제와 관련한 사회적 합의를 이뤄내야 한다. 노사정위원회가 이번에도 본연의 역할을 하지 못하면 한국의 미래는 정말로 암울해질 수밖에 없다.

셋째, 국내외 정치 리스크를 정확히 진단할 필요가 있다. 올해 초 스위스 다보스에서 열린 세계경제포럼에서 나온 각국 정상과 경제계 리더들의 발언과 보고서를 비롯, 아울러 주요 미디어와 싱크탱크에서 나오는 지정학적 보고서 등을 면밀히 분석해 대책을 만들어야 한다.

정부의 큰 그림처럼 혁신성장이 앞에서 끌고 소득주도 성장이 뒤에서 미는 전략은 한국의 '업사이드 시나리오'를 구현하는 훌륭한 방안이다. 이를 통한 일자리 창출로 청년들에게 희망을 불어넣어야 한다. 여기에 특효약은 없다. 과제별로 로드맵을 그려 끈기있게 밀고 나가는 게 중요하다. 정책과 전략의 성패는 시작 단계에서의 신뢰 확보에서 거의 판가름 난다.

2월 평창 올림픽을 필두로 지방자치단체장 선거가 열리는 6월까지 올 상반기는 그 어느 때 보다 중요한 시기다. 정치와 경제가 한 단계 업그레이드 될 수 있는 커다란 변곡점이 될 수 있기 때문이다. 정치권은 쓸데없는 정쟁에서 벗어나 정책 경쟁을 벌이는 방향으로 진화해야 한다.

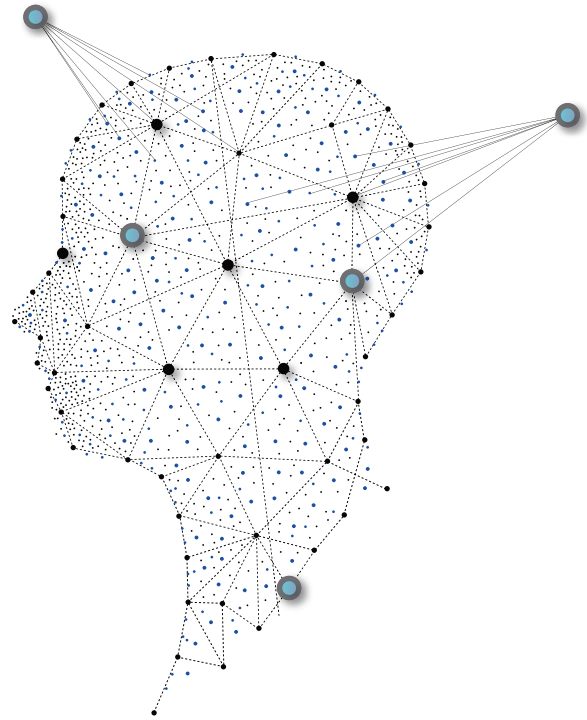
이러한 한국의 정치·경제 상황에서 과학기술계는 어떤 역할을 해야 할까. 과학기술계는 혁신 성장을 뒷받침하는 혁신기술을 사회에 끊임없이 공급해야 한다. 이런 점에서 과학기술계는 한국의 '업사이드 시나리오'를 구현하는 근간이라는 자부심을 가져도 좋을 것 같다. **ktg**

※ 전망대는 외부필진의 과학기술정책에 대한 시각과 논의를 담은 코너입니다.

과학기술 R&D 현장 중심의 혁신을 기대하며

김 주 희

정책기획팀, kjhee@kist.re.kr



박항서 매직이 화제다. '2018 아시아축구연맹(AFC) U-23 챔피언십'에서 동남아 국가 사상 처음으로 결승에 진출하면서 박감독은 '기적의 마법사'로 불리고 있다. 축구 약체로 평가되던 베트남의 쾌거는, 축구 인생 외 길만 걸어난 박항서 감독이 선수들 중심의 팀 정신이 잘 발휘될 수 있도록 이끈 진심의 리더십 때문이라는 분석이다.

기획재정부의 국가연구개발사업 예비타당성 조사(이하 예타) 권한을 과학기술정보통신부로 위탁하는 국가재정법 개정안이 지난해말 국회 본회의를 통과했다. 문재인 정부의 공약대로 올해부터 국가연구개발사업의 예타를 과학기술주무부처가 맡게 되는 것이다. 동시에 과기계 출연(연)의 인건비와 경상비 조정 권한도 기재부에서 과기정통부로 이관된다. 이로써 과학기술혁신본부의 예산권 확충 등 과학기술 컨트롤타워 기능 강화와 국가 R&D 전문성과 효율성 제고의 기반이 어느 정도는 마련된 것으로 볼 수 있다.

사실 기존의 R&D 예타는 경제성에 중점을 두고 연구개발사업에 대해서도 비용·편익 중심의 단기성과 측정에 집중해 왔다. 기초원천연구, 응용개발연구, 인프라 구축 등 R&D가 가진 다양한 속성을 고려치 않는 획일적 평가기준도 비판 받아왔다. 또한 예타 조사기간이 길어지면서 손쉬운 연구, 단기성과 위주의 R&D 사업이 양산된다는 문제점도 지적되어왔다.

R&D 사업 뿐만 아니라 출연(연) 예산 편성권의 분리 문제도 R&D 현장을 왜곡시키는 원인으로 꼽혀온 것이 사실이다. 과기정통부는 출연(연)의 연구사업비, 기재부는 인건비와 경상비를 각각 편성하다보니, 출연(연)의 인건비, 경상비가 수익활동이나 서비스 제공 등을 목적으로 하는 여타 공공기관과 동일한 기준으로 편성되는 불합리가 생겨난다. 따라서 중장기적 투자가 중요하고 보유인력의 전문성 강화가 요청되는 연구기관의 특수성이 충분히 고려되지 못해 우수한 인력의 확보 및 운영이 곤란해져 연구성과의 질적 하락으로 이어진다는 풀이이다.

해가 바뀌고 지난 1월18일 과기정통부는 국가연구개발사업 예타 제도의 개선(안) 공청회를 개최하며 발 빠른 행보를 시작했다. 공청회를 통해 밝혀진 R&D 예타 제도는 크게 3가지 방향으로 바뀔 전망이다.

첫째, 과학기술 분야 전문성 제고에 초점을 맞춘다. 기존에는 예타 대상의 유형 분류 없이 단일 기준으로 평가하던 방식에서 '기초연구'와 '응용개발/시설장비' 두 부류로 나누고 조사항목별 비중을 그에 맞춰 조정하게 된다. 특히 기초연구 분야에서 경제성 평가 비중을 대폭 낮추고 연구개발의 탁월성과 독창성 부문을 강화할 계획이다.

둘째, 제도의 유연성과 투명성이 높아질 전망이다. 예타 진행 중 사업계획 변경 없이 신속히 사업 추진 여부를 판단하여, 탈락한 사업도 재기획을 통해 다시 예타를 신청할 수 있어 R&D 환경 변화에 유연하게 대응할 수 있도록 함이 핵심이다. 또한 온라인 통합플랫폼을 통해 예타 진행 경과와 관련 자료도 공개한다는 것이 정부 방침이다.

셋째, 절차는 간단하고 효율적으로 개선한다. 기술성평가, 예타 대상선정, 예타의 세 단계는 기술성평가에서 적합 판정을 받은 사업이 바로 예타 실시로 가는 두 단계로 진행한다. 특히 대규모 장기사업(1조원 이상, 6년 이상)은 예타 신청 전에 국가과학기술자문회의와 국가과학기술심의회 등에서 사전공론화 과정을 거치게 된다. 과기정통부는 공청회 등 의견수렴을 통해 모아진 제안들을 반영하여, 3월까지 '국가 R&D사업 예타 제도 혁신방안'을 수립하고, 운용지침을 제정할 계획이다.

지즉위진간(知則爲眞看)이라는 말이 있다. 알아야 참으로 보게 된다는 뜻이다. 과학기술 분야에 전문성을 지닌 과기정통부가 연구현장의 중지를 모으고, 이를 반영하여 R&D 예비타당성 조사 절차를 개편·수행함은 반드시 필요하고 또 바람직한 일이다. 물론 금번 개선방안이 정부의 4차 산업혁명 대응을 위한 충분한 조치인가에는 일부 의문도 제기되고 있다. 하지만 R&D 투자의 적시성을 확보하고, 도전·창의적 연구개발을 위한 생태계 조성을 추진하려는 의미 있는 한 걸음임은 분명하다. 과기정통부가 박항서호와 같은 진심의 리더십을 토대로 연구현장 중심의 혁신을 이루어내는 매직을 보여주길 기대한다. **ktg**

과학기술 정책연구의 선도를 통해 국가 과학기술정책의 지평을 확장하고 있는 과학 기술정책연구원(STEPI)의 제14대 조황희 원장님이 취임하셨습니다.



신여덟 번째 만남

STEPI 제14대 조황희 원장

임혜진

미래전략팀.
hjlim@kist.re.kr

김종주

미래전략팀.
jongjoo@kist.re.kr

조황희 원장님은 우주정책, 과학기술 ODA 등 다양한 분야에서 과학기술정책전문가로 30여년간 활발히 활동해 오셨습니다. 그간의 역량과 경험을 바탕으로 STEPI의 혁신과 국가과학기술정책의 발전을 이끌어 가실 조황희 원장님을 만나 그 포부와 계획을 들어보았습니다.



최근 원장 취임 이후 STEPI의 조직개편과 관련하여 과학기술계에서의 관심과 기대가 높습니다. 조직개편이 조직의 슬림화를 지향하고 계신데 그 철학이 있으신지요? 또한 취임사에서 신뢰성, 유용성, 선도성을 강조하고 계신데 그 의미를 자세히 설명해 주실수 있으시지요?

먼저, STEPI의 전신이 KIST의 경제분석실이고 STEPI의 1세대가 KIST 동문이라는 점에서 이번 인터뷰 요청을 받고 매우 기뻐했습니다. 참고로 현재 세종시의 경제인문사회 B동에 있는 STEPI, 교통연구원 그리고 한국환경정책평가연구원이 과거 KIST의 경제분석실에 해당됩니다(웃음).

조직개편은 철학보다는 시의성입니다. 현재 정부에서 요구하는 정책적 수요에 빠르게 대응하기 위해 작년 연말에 이를 끝냈습니다. 30년전 STEPI가 출발할 때 정책부서만 있는 매우 작은 조직이었는데 평가기능이 추가되면서 인력이 증가하다가 IMF 시기 평가기능이 KISTEP으로 이관되어 연구자가 30명 정도로 축소되었습니다. 현재는 연구자 수가 100여명이지만 이러한 과정에서 조직구조는 과거 방식의 획적인 확장만이 이루어져 왔습니다. 이에 우리가 주제중심, 고객중심으로 변화시켜보자 하여 체계를 3개로 전환하였습니다. 1) 국가연구개발 분석과 제도혁신을 추구하는 혁신시스템연구본부, 2) 신산업전략과 혁신기업생태계 조성을 목표로 하는 혁신성장정책연구본부, 그리고 3) 과학기술 ODA와 국제사회 과학기술협력을 위한 글로벌혁신전략본부입니다. 이들 세 연구본부는 새로운 과학기술정책연구의 30년을 열어가 플랫폼이 될 것입니다.

과거 STEPI가 우리나라 과학기술과 혁신산업 발전을 위해 선도적인 정책연구를 수행했음은 주지의 사실입니다. 하지만 점차 국가사회적 문제가 복잡해지고 정책시장에서 경쟁이 심화되면서 STEPI 정책연구의 효과가 다소 약화된 측면이 있습니다. 따라서 저는 STEPI 정책연구의 쓰임새를 다시 높이고자 신뢰성, 선도성, 유용성을 3대 경영가치로 설정했습니다. 국민과 정부로부터 신뢰받는 정책지식을 생산하고, 국가적 현안과 중장기적 문제를 선도적으로 연구하며, 궁극적으로는 STEPI가 우리 사회에 유용하게 쓰이도록 노력하겠다는 것입니다. 이를 STEPI의 새로운 30년을 여는 기본 철학으로 설정했습니다.

현 정부의 과학기술정책은 '혁신주도 성장', '사람중심 과학기술', '4차 산업혁명' 등을 강조하고 있습니다. 우리나라 과학기술정책의 대표 연구기관인 STEPI에서는 이를 어떻게 지원하실 계획인지 듣고 싶습니다.

현 정부의 과학기술정책은 한편으로는 4차 산업혁명과 같은 새로운 변화에 대응하면서도, 다른 한편으로는 우리 과학기술의 기초를 강화하는 전략을 추구한다고 볼 수 있습니다. 정부 정책에 대해 STEPI는 크게 두 가지 방식으로 지원할 예정입니다. 첫째는 STEPI가 지난 30년간 수행해 온 정책연구의 수월성과 활용성을 강화함으로써, 과학기술정책의 기획과 실행에 필요한 정책지식의 질을 높이겠습니다. 두 번째는 과학기술 주요 조직과의 협력을 확대할 예정입니다. 현 정부는 국가과학기술자문회의, 과학기술정보통신부, 과학기술혁신본부 등 과학기술 의사결정 기구를 강화했습니다. STEPI는 주요 과학기술 의사결정기구와 정책협의체를 가동할 것입니다. 그 외에도 과학기술계 연구기관, 단체, 유관기관과의 협력 채널을 넓혀 과학기술정책 이슈와 대안을 신속하게 생산하고 확산할 수 있도록 하겠습니다.

우리나라가 이제 세계적 수준의 R&D투자규모를 자랑하는 만큼, R&D 못지않게 과학기술정책의 중요성이 더욱 커지는 추세인 것 같습니다. 원장님께서 생각하시는 지금 우리에게 과학기술정책이 갖는 의미와 방향, 그리고 가장 중요한 역할은 무엇이라고 생각하십니까?

한국은 선진국가의 초입에 와 있습니다. 국민소득 3만불 시대가 시작되었습니다. 이제 우리는 선진국가의 면모에 부합하며 경쟁력을 지속해야 하는 국가적 과제를 안고 있습니다. R&D정책도 마찬가지입니다. 개발도상국가 시대의 정책 패러다임에서 벗어나, 선진국형으로 전환해야 합니다. 연구자 중심 제도 개선이나 PBS 개혁 이슈가 나오는 게 이러한 맥락 때문입니다. 뿐만 아니라, 새로운 글로벌 경쟁 환경에서 과학기술의 탁월성과 자신감을 확보하는 전략도 필요합니다. 우리의 과학기술은 과거와 같은 정부의존 체계에서 나아가 국제 사회에서 권위와 경쟁력을 확보하는 방향으로 전환되어야 합니다.



선진국으로의 정착, 지속적 경쟁력 확보라는 국가적 과제를 놓고 볼 때, 우리의 과학기술에서는 수월성과 인재중심, 문제 해결과 미션중심, 개방과 국제화, 투명하고 효율적인 관리행정을 지향해야 합니다. 이를 위해, 첫째, 적당히 나누는 연구개발이 아닌, 최고를 지향하는 연구개발 전략을 우선시할 필요가 있습니다. 둘째, 학술적인 연구와 문제해결을 지향하는 연구개발의 트랙을 분리해야 합니다. 지금은 양자가 혼재되어 과학기술의 성과를 모호하게 만듭니다. 후자의 경우 문제해결, 미션해결을 성과목표로 설정하고 연구자들이 솔루션에 몰두할 수 있도록 제도를 개선해야 합니다. 셋째, 국내에서 내부적 경쟁에 몰두하는 연구개발이 아닌, 개방된 국제환경 속에서 연구기관과 연구자들이 건강한 실력 경쟁을 할 수 있도록 전환해야 합니다. 넷째, 연구개발 관리행정의 효율성을 제고함으로써 연구자들이 연구에 몰입할 수 있는 물리적 시간을 늘려야 합니다.

STEPI가 기존의 국가혁신체계 연구를 넘어, 대학, 출연(연)등 실제 연구를 수행중인 기관들과 긴밀한 협력체계를 구축하고 좀 더 구체적인 혁신 대안을 제시하기를 기대하는 목소리가 많은 것으로 알고 있습니다. 이러한 관점에서 STEPI와 출연(연)은 앞으로 어떤 관계를 가지고 나아가 할지 원장님의 고견을 듣고 싶습니다.

STEPI가 세종특별자치시로 이전한지 4년차에 접어들입니다. 서울에 있을 때에 비한다면 대덕연구단지와의 교류가 크게 늘고 있고, 또한 세종으로 이전한 다른 경제인문사회연구소들과의 교류도 증가하고 있습니다. 올해부터는 이러한 지리적 장점을 적극 활용하여, 대전과 세종을 잇는 국책의 허브로서 STEPI의 역할을 만들어 나가고자 합니다. 현재 경제인문사회 연구소에는 선제적 규제를 담당하는 기관이 많지만 기술과 분리되어 있는 측면이 있습니다. 또한 국가과학기술연구회와 대덕연구단지의 출연연구소들에서는 기술개발은 하지만 정책이 따라가지 못하는 부분이 있으므로 STEPI가 이의 가교역할을 하고자 합니다. 국가과학기술연구회, 대덕연구단지의 출연연구소들과 함께 과학기술정책을 토론하고 학습하며 서로의 고민을 나눌 협력 채널을 만들겠습니다. 경제인문사회연구소들이 고민하는 국가적 과제들이 과학기술과는 어떻게 연결될 수 있을지를 함께 탐색하는 정책브리지를 만들겠습니다.

원장님께서서는 지난 2009년 나로호 발사 과정을 가장 가까이서 지켜보고 지원하시던 분들 중의 한분으로 알고 있습니다. 비단 나로호 뿐만 아니라 이와 같은 기초기술에 기반한 국가적 대형·혁신 프로젝트가 성공으로 이어지기 위해 우리에게 꼭 필요한 것은 무엇이라고 생각하십니까?

저는 1987년 당시 한국천문연구원과 한국항공우주연구원의 전신이라고 할 수 있는 천문우주과학연구소에서 연구자로서 첫 걸음을 시작했습니다. 이후 STEPI가 설립되어 자리를 옮긴 뒤에도 우주 정책 연구를 지속해 오면서, 우리나라 우주개발의 주요 현장을 가까이에서 지켜봤습니다.

저는 나로호가 목적일뿐 아니라 과정이라는 점도 강조하고 싶습니다.

니다. 현재 한참 연구개발 중인 KSLV-2 프로젝트나 달탐사 프로젝트는 여전히 계획의 변경 가능성과 풀어야 할 기술적 어려움이 산적해 있습니다. 왜 막대한 돈을 들여서 우주개발에 나서야 하는지에 대한 의문은 언제든 불거질 수 있고, 실패를 거듭해도 우주에 대한 도전을 계속해야만 하는지에 대해 우주 산업의 가능성을 보여주어야 하는 숙제가 있습니다. 대형 R&D사업은 미래를 대비한 연구가 되어야 합니다. 나로호 같은 국가적 대형 연구개발 프로젝트는 막대한 예산과 인력, 그리고 긴 시간이 소요되기 때문에 실패에 대한 연구자들의 부담이 매우 큼니다. 물론 우주개발 후발주자인 우리가 우주 선진국들의 경로를 빨리 따라잡아야 하는 목표가 있지만 실패를 두려워해서는 안 될 것입니다.

이를 극복하기 위해서는 성실한 실패를 혁신적 실험의 성과로 인정하는 문화가 필요합니다. 실패를 하나의 과정적 성과로 인정하면 도전적이고 창의적인 혁신이 유발되지만, 실패를 낭비로 보면 소극적이고 선진국 기술에 의존하려는 경향이 나타납니다. 남에게 의존할 수 없는 우주기술 같은 핵심기술이나 미래 먹거리를 책임질 우리만의 원천기초기술을 보유하기 위해서는, 장기적인 관점에서 R&D 성과를 평가하고 실패를 과정적 성과로 축적할 수 있는 연구개발 환경을 조성해야 할 것입니다. 과학기술정책도 바뀌어야 합니다. 우리는 그동안 외국의 정책을 수입하여 새로운 R&D 프로그램을 기획하는 데만 관심이 집중돼 있었던 것은 아닌가 돌아보고, 우리의 경험과 노하우를 축적할 수 있는 정책 기획, 과제 평가, 연구소 경영을 위한 운영 철학 등을 세우는 데 힘써야 할 것입니다.

원장님께서도 과학기술 ODA와 관련하여 활발한 활동을 하신 것으로 알고 있습니다. 우리나라도 올해 5030 클럽국가에 가입할 정도로 국제적 위상이 커졌습니다. 이에 걸맞게 한국의 ODA를 한층 더 개선하기 위한 복안이 있으신지요?

우리나라는 반세기 만에 수원국에서 공여국으로 전환한 세계 유일의 국가입니다. 2011년 OECD DAC에 가입함으로써 국제적인 위상 또한 높아졌다고 할 수 있습니다. 양적으로 보자면, 우리나라 ODA 예산은 2006년 4,500억원 수준에서 2017년

현재 2.6조원으로 GNI 대비 0.05%에서 0.15%로 세 배 증가하였습니다. 비록 OECD 평균(0.3%)과 비교할 때는 여전히 미흡하다 하겠지만 증가율 면에서는 매우 괄목할 만한 발전이라 하겠습니다. 그러나 양적 증가와 함께 향후 풀어야 할 숙제도 많아졌습니다. 유무상 원조분절화와 무상원조 기관 간 협업의 미흡, ODA 사업 기획·관리·평가 과정의 비효율성 문제가 지속되고 있습니다.

그렇기 때문에, 앞으로 한국의 ODA가 한 걸음 더 나아가기 위해서는 무엇보다도 “ODA 조사·분석·평가 전담조직의 설치 및 운영”이 필요한 시기라 하겠습니다. 아시다시피 국가연구개발사업의 경우 총예산이 약 1조원이 넘어가면서 이의 효율적 기획·관리·평가의 필요성이 증가하였고, 그 대응을 위해 90년대 초반 STEPI 내에 전담부서를 설치하였습니다. 이는 훗날 KISTEP으로 기능이 이관되었고 오늘날에도 국가연구개발사업 조사·분석·평가 기능이 수행되고 있습니다.

ODA 사업의 총 규모는 2017년 현재 2.9조원에 이르고 있습니다. 국가연구개발사업의 기획·관리·평가 전담조직의 도입 시기 예산(1조원 규모)을 고려해 본다면 ODA 사업의 경우 전담조직 설치 및 운영이 필요한 시기는 이미 도래하였다 할 수 있습니다. 현재 부처간 경쟁체제일뿐 체계적인 기획·관리가 안되고 있습니다. 또한 데이터가 쌓여서 역사성이 있어야 하는데 이러한 점이 취약하여 총괄 관리하는 기구가 필요하다고 생각합니다. 전담조직은 ODA 통합관리시스템을 구축하고, ODA 사업에 대한 조사·분석·평가 기능 등을 수행함으로써 정부의 증거 기반 정책기획을 가능하게 할 것입니다.

평소 인상 깊게 읽으신 책이 있으시다면, 소개 부탁드립니다.

개인적으로 “대망(大望)”이라는 책이 가장 인상 깊었습니다. 리더들의 특성도 다르고, 시대에 맞는 리더십이 있고, 작은 조직이 큰 조직을 이기는 과정, 기술의 발전상 그리고 근대 일본의 발전과정이 담겨져 있다는 점에서 그렇습니다.

경영분야에서 말씀드리면 “농부의 마음으로 경영하라”는 책



으로 유기농업을 하는 농부의 관점에서 경영을 언급하고 있습니다. 저의 관점에서 이 책의 핵심은 소출을 늘리기 위해 농약 등을 사용하는 단기적인 인위적 조치보다 유기농업의 관점에서 식물의 자연스러운 생육조건 중시가 장기적으로 토양과 소출을 지속가능하게 한다는 것이었습니다. 이 점이 연구관리의 철학적 측면으로 받아들여질 수 있겠다는 측면에서 인상깊게 읽었습니다. 현 정부의 '사람중심' 정책기조와도 맞닿아 있다고 봅니다.

다른 하나는 1997년에 출간된 "이상한 회사"라는 책이었습니다. 일본의 합판 가공 기계를 만드는 회사의 이야기인데, 사시(社是)가 $F=ma$ 로 독특하였습니다. 유연한 조직운영 체제를 가지고 있으면서, 동경의 인재를 끌어당기는 회사로 과거 수십년간 적자를 내지 않고 있는 회사였습니다. 조직역량 측면에서 참고가 될 만한 책입니다. 삼성에서도 당시 이 회사를 방

문하여 회사경영 방식을 조사하였던 것으로 알고 있습니다. 2013년에는 "사시가 $F=ma$ 인 이상한 회사 메이난제작소이야기"란 제목으로 증보판이 나왔습니다.

인문분야에서는 C.P. Snow의 "두 문화: 과학과 인문학의 조화로운 만남을 위하여"라는 책입니다. Snow는 과학과 인문학 간의 단절, 분극화 현상이 사회발전에 치명적 요인이 된다고 하였는데, 이는 우리가 새겨들어야 할 의제라고 봅니다.

마지막으로, KIST를 포함한 출연(연) 및 과학기술 연구자들에게 한 말씀 부탁드립니다.

연구역량 면에서 국내외의 동료들로부터 좋은 평판을 얻는 것이 매우 중요하다고 저는 보고 있습니다. 그리고 연구기관도 국제 연구계로부터 좋은 평판을 얻어야 훌륭한 기관으로 인정을 받는다고 봅니다. 국제적 평판이 높은 분이 많아져야 우리나라의 R&D Society가 건강해지는데 우리가 다른 나라에 비해 그쪽이 좀 취약하다고 생각합니다. 국제적으로 개인보다는 팀 단위의 성과가 자주 거론되기 때문에 이런 분들이 많아져야 R&D Society를 리드한다고 볼 수 있습니다. 이런 관점에서 과학기술 연구자들은 국내외 동료들로부터 좋은 평판을 얻을 수 있는 연구업적과 국제 학회에서의 기조강연 등을 많이 하시는 분이 되셨으면 좋겠습니다. **KIST**

조항희 원장

- ▲ 現 제14대 과학기술정책연구원 원장, 한국생산성학회 부회장, 한국공학한림원 정책위원회 위원 등
- ▲ 前 STEPI 국제기술혁신협력센터 센터장, STEPI 선임연구위원, STEPI 부원장 등 역임
- ▲ 전남대학교 화학공업경영학과 학사, 한국과학기술원 산업공학과 석사, 한국과학기술원 산업공학과 박사



01 R&D Spotlight

기획시리즈 : 송곡 최형섭 박사 스토리, 하나
세계적인 과학자가 되기까지

이슈분석 : Emerging Technologies 2017
Scientific American 선정(2017.12)



기획시리즈

송곡 최형섭 박사 스토리, 하나 세계적인 과학자가 되기까지

이번달은 KIST 창립기념일을 맞이하는 달입니다. 이에 KIST 설립에 결정적 역할을 한 초대원장이자 과학한국의 씨를 뿌려 일군 개척자로 평가받는 최형섭 박사의 삶과, 연구, 과학기술 정책 관련 업적을 되돌아보고자 합니다.

이를 위해 TePRI Report는 4부작 기획으로 최형섭 박사의 일대기를 현재적 관점에서 조명하고자 합니다. 이번호에서는 KIST를 설립하기까지 일제시대 일본유학을 거쳐 6.25 당시 미국유학에 이르는 등 세계적인 과학자로 성장하게 된 최형섭 박사의 유년과 청년시절의 이야기를 정리했습니다.

- | | |
|--|--|
| <p>하나 2월호(Vol. 81)
세계적인 과학자가 되기까지
- 유년 및 청년시절 삶과 업적</p> | <p>둘 3월호(Vol. 82)
평생의 꿈, 연구소를 건립하다
- 다양한 연구소 경험과 KIST 건립 과정</p> |
| <p>셋 4월호(Vol. 83)
미래를 만드는 장관이 되다
- 대덕연구단지 건설 등 수많은 정책수행</p> | <p>넷 5월호(Vol. 84)
세계가 원한 한국의 별
- 장관 퇴직 이후, 정열적인 과학 기술 ODA활동</p> |



01

격동의 현대사를 거치며 선구적인 연구자로 성장

R&D Spotlight

편 집 진

과학에 대한 열정으로 성장한 유년 시절과 젊은 시절¹⁾

■ 최형섭(崔亨燮 1920~2004) 박사는 경남 진주(晉州)가 고향이다. 아버지 최지환(崔志煥)의 8남매 가운데 셋째이며 차남으로 1920년 11월 2일에 태어났다. 하지만 어린 시절 그는 여러 지방으로 전근을 다닌 부친을 따라 여러 곳에 돌아다니며 학교를 다녔다. 충주에서 초등학교를 다니고, 신의주 중학에 입학했던 그가 충남도 참여관이 된 아버지를 따라 대전중학으로 전학한 것은 1935년이였다.

■ 1971년 서울신문에 쓴 ‘과학자의 길’에 따르면, 최형섭의 집은 부유한 편이어서 그가 초등학교 3~4학년 때 일본에서 나오는 과학잡지 <어린이의 과학>을 벌써 사 보았고, 중학교 들어갈 때는 시험공부보다 무전기 만드는 데 열중할 정도였다. 게다가 그가 중 2때에는 집 뒤의 창고에 ‘이화학실험실’을 만들고 무엇인가를 연구한다고 틀어박혀 있기도 했다. 그러면서 그의 연구실은 비밀의 방으로 가족에게조차 출입을 금했다고 한다. 그 정도로 그는 과학에 대단한 열성을 보였고, 이런 소년기의 열정이 그를 평생 금속기술 개발에 매달릴 수 있게 만들어 주었다.

■ 일제시대에 나서 자란 그는 일본에서 대학을 나오고, 대학원 교육을 미국에서 받아 일본과 미국배경을 고루 가진 공학도가 되었다. 일본 와세다대학 채광야금과를 졸업(1944)한 그는 해방과 함께 경성대학 이공학부 전임강사(1946~47)를 거쳐 해사대학(해군사관학교 전신) 교수가 되었다. 그러나 1년 만에 그만두고, 1948년 10월부터 2년 동안 국산자동차회사 기술 고문으로 일하던 중 한국전쟁을 맞는다. 그리고 1950년부터 53년까지의 전쟁기간에 그는 경남 사천 비행장에 있었던 공군항공수리창장(소령)으로 군복무를 마쳤다. 청년 최형섭은 군복무를 마치고 이번에는 미국에서 학업을 계속하게 된다. 1954년 1월 도미한 그는 노틀담대학에서 공학 석사 학위(1955)를, 그리고 이어 미네소타 대학에서 공학박사 학위(1958)를 받게 된다.

■ 노틀담대 석사학위논문은 금속의 소성변형(塑性變形) 이론에 관한 연구로, 알루미늄 단결정의 비틀림 변형에서의 변형 메커니즘을 구명하고 있다. 또 그의 박사학위 논문은 고체와 액체 사이의 계면(界面)현상을 전기화학적으로 구명하여 이를 부유선광(浮游選鑛)이론으로 발전시켜 철광석 등의 비황화광물(非黃化鑛物)의 부선에 대한 새로운 이론을 제시한 것이었다. 이는 미국 미네소타 북부에 방치된 방대한 저품위 철광석을 활용할 수 있는 길을 제시한 것이기도 하다.



▲ 학구의 길, 최형섭 박사 회갑기념 논문집

1) 한국과학기술행정의 기틀 마련한 최형섭, 과학과 기술, 2004년 4월호

에피소드 1

나의 연구이야기 (1)

조선광업진흥이 첫 직장

내가 와세다(早稻田) 대학 이공학부 채광야금과(採鑛冶金科)에 진학한 것은 지금부터 57년 전인 1942년의 일이다. 채광야금과는 지금 시각으로 보면 진부하겠지만 당시에는 철과 석탄 등 각종 천연자원을 얻어내는 일이 대단히 중요한 시기여서 나에게서는 매력있는 학과로 다가왔다.

채광야금과에서 공부해야 할 과목 중에는 몇 가지 중점과목이 있었는데 기타사와(北澤武男) 교수의 선�광학(選鑛學)은 그 가운데 하나였다. 나는 교수님의 열성적인 강의에 끌려 부유선광, 그 가운데서도 이론적 근간을 이루고 있는 고(固)·액(液)간 계면현상 구명에 관심을 가져 대학 졸업논문도 표면이 약간 산화된 황화(黃化)광물의 부유선광에 관한 과제를 택하게 됐다.

나는 대학원에서 좀 더 공부를 해볼 생각이었지만 ‘미군이 일본 본토를 공습할 것이라는 소문이 자자하니 속히 고향으로 돌아오는 것이 좋겠다’는 선친의 강력한 권유로 한국에서 직장을 구하기로 했다.

이공계 대학 졸업생의 취직은 전시동원령에 따라 배급제로 이루어졌다. 채광야금과 졸업생들이 한국에서 일할 수 있는 것은 세 군데였는데 내가 취직하게 된 조선광업진흥(朝鮮鑛業振興) 주식회사는 그 중의 하나였다. 이 회사는 반관반민의 국책회사로 전시에 필요한 광물자원 개발을 위해 설립한 것이다.

나는 이 회사가 운영하는 함경남도 단천(端川) 근방에 있는 상농(上農)광산에 배속됐는데 맡겨진 일은 전기석에서 보론(Boron, 붕소(硼素))을 추출하는 연구였다. 보론은 해군함정에 쓰이는 탐조등의 렌즈를 만드는데 없어서는 안 될 물질이었는데 전량 외국에서 수입했기 때문에 시급히 국내자원으로 대체해야만 했던 것이다.

보론 추출연구를 한창 준비하던 중 8.15광복을 맞았고 우여곡절 끝에 고향인 진주로 돌아가게 됐는데 아무런 선친께서는 주주로 참가한 일본인과의 합자회사인 진주전직주식회사를 인수하게 돼 있었다.

나는 광복이 된 그해 12월 적산관리처 일을 보기위해 상경한 길에 동향친구인 김재원 박사를 보러 근무처인 동승동에 있는 중앙공업시험소를 찾아갔다가 와세다대학 이공학부 기계과 출신인 최창하 교수와 대신배인 여구 교수(36년 졸업)를 만나게 되었다.

여교수는 “대학 이공학부에서는 가르칠 사람이 없어 여간 어렵지 않다”며 “이 나라 장래를 위해 후배 가르치는 일에 나서야 한다”고 ‘다른 사람들에게 일을 맡기고 대학으로 오라’고 강권하는 것이었다. 최교수도 거들었다.

나는 이에 거절할 수 없었다. 그래서 곧 하던 일을 정리하고 상경해 경성대학 이공학부 광산야금과 전임강사로 학생들을 가르치게 됐다. 이렇게 해서 나는 학계에 발을 들여놓게 됐고, 그 후 공부를 더 하기 위해 미국 유학길에 오르게 됐다.

나의 연구이야기 (2)

6.25와 미국유학

대학을 졸업한 이듬해 해방이 돼 어수선한 가운데 공부할 계제가 되지 못해 방황하다가 외국에 나가 다시 공부해야겠다고 결심한 것은 1949년의 일이다. 그리고 그 해 미국 공보원(USIS)이 주관하는 제 1회 미국 유학생 선발시험에 합격해 퍼듀(Purdue) 대학에서 공부할 수 있는 길이 열렸다.

미국으로 떠날 날이 50년 7월 12일로 잡혔다. 하지만 출발을 보름 남짓 앞두고 한국전쟁이 일어났다. 그래서 예기치 않게 공군에 입대해 항공수리창장 직책을 맡게 됐다. 공군은 51년 항공창을 창립해 산하에 항공수리창과 항공보급창을 두고 전투 비행대를 지원토록 했다.

미군은 제5공군 사령부를 통해 여러 차례 유학을 독려해 왔지만 전시이기 때문에 어찌할 수 없었다. 그러다가 53년 7월 27일 휴전이 돼 다시 유학지를 물색하게 됐다. 공군항공창장인 유재성 박사는 나에게 노틀담대학(University of Notre Dame)을 추천해 주었다. 노틀담 대학은 인디애나주 사우스벤드(South Bend)에 있는 가톨릭 계통의 명문이었다. 사우스벤드에 도착한 것은 53년 12월 중순이었는데 대만에서 온 한 유학생의 도움으로 학교에서 20분 거리에 하숙을 정할 수 있었다. 나는 양식이 식성에 맞지 않아 자취를 하게 됐는데 생전 밥을 지어본 일이 없어 여러 가지 웃지 못할 일이 일어나곤 했다.

나는 처음 분말야금(粉末冶金) 아니면 주조(鑄造)와 같은 생산과 직접 관련된 분야를 공부하려고 했다. 그런데 미국에서 나에게 주는 연구장학금이 미 해군연구소에서 나오는 것이어서 주제가 '금속의 소성변형(塑性變形)에서의 이론구

명'으로 정해져 있었다. 장학금을 받지 않으면 당장 굶어야 할 지경이라 하는 수 없이 지도교수가 시키는 대로 알루미늄 단결정(單結晶)을 써서 '비틀림 변형(Torsional Deformation of Aluminium Single Crystal)'에 대한 연구를 하게 됐다. 생소한 분야였지만 지도교수가 시키는 대로 밤낮을 가리지 않고 열심히 했다. 내 지도교수는 'X선회절요론' 저자로 유명한 X선결정학의 대가인 컬리티(B.D.Cullity) 박사였다.

그 결과 알루미늄 단결정의 비틀림 변형에서의 변형기구(Slip Mechanism)를 구명하게 됐고 이것이 결정의 방위(Orientation)와 어떤 관계에 있는지를 알아내게 됐다. 그리고 그동안 아무도 하지 못했던 금속단결정의 비틀림 변형에서의 '응력방정식'을 확립했는가 하면 '임계응력(Critical Resolved Shear Stress)'도 산출해냈다.

이와 같은 연구는 그대로 석사학위 논문이 되었고, 당시 함께 수학하던 앨런(C. W. Allen)의 검증연구를 거쳐 63년 비로소 나와 컬리티, 앨런 세사람의 이름으로 미국금속학회지에 연구논문을 발표하게 되었다. 논문제목은 '알루미늄과 마그네슘 단결정의 비틀림 변형'(Torsional Deformation of Aluminium and Magnesium Single Crystal, A.I.M.E. Trans. Metallurgical Society, Vol.227, No.2, 1963)이었다.

나는 이 연구로 연 2,400달러의 장학금을 받게 됐지만, 수업료와 세급 등을 제외하면 손에 들어오는 돈은 한 달에 120달러 정도 밖에 되지 않았다.

에피소드 3

나의 연구이야기 (3)

身(신) · 言(언) · 書(서) · 判(판)의 교훈

나는 노트르담 대학에서 물리야금분야 석사과정을 마치고 미네소타 대학으로 자리를 옮기게 되었다. 국내에 돌아와 당장 필요한 제련공학을 공부하기 위해서였다.

노트르담 대학의 켈리티 박사는 “2년만 고생하면 금속의 소성변형에 관한 연구로 박사학위를 받을 수 있을 것인데 왜 사서 고생을 하려 하는가”하면서 극구 말렸지만, 내 계획을 듣고는 기꺼이 자기 모교인 미네소타 대학에 추천하여 연구장학금을 받도록 추천해 주었다.

나는 미네소타 대학으로 옮겨가자마자 새 지도교수로 정해진 쿡(S.R.B Cook) 박사를 찾아갔다. 쿡 교수는 첫 대면한 나에게 “박사과정은 공부하는 사람의 창의력을 발휘하도록 하는 것이지 누가 가르쳐 주는 것이 아니다. 연구과제는 돈을 낸 사람의 의도를 참작하여 알아서 정하라”며 1년 후 다시 찾아오라고 했다.

연구비는 미국정부에서 나왔는데 미네소타 북부에 버려져 있는 막대한 양의 저품위 철광석을 처리하는 방법을 강구하기 위한 것이었다. 연구책임자는 쿡 교수였고 나는 그의 조수에 불과했다. 그런데 나보고 알아서 하라는 것이었다.

나는 쿡 교수의 지시에 따라 1년 동안 실험실에서 열심히 일하며 상세한 연구계획서를 만들어 가지고 그를 찾아갔다. 쿡 교수는 내 연구계획서에 대한 설명을 듣고 몇 마디 코멘트를 하고는 알아서 하라고 했다. 물론 그 중간에 3개월마다 내가 하고 있는 실험의 진행을 보고했고 이 때 연구방향과 내용을 정식으로 결정지은 것이다.

쿡 교수는 뉴질랜드 태생의 영국계 미국인이었는데 동양사람 이상으로 예의를 챙기는 보수적인 사람이었다. 학생들이 강의를 들을 때 자세가 흐트러져 있으면 서슴지 않고 주의를 줄 정도로 엄한 훈장이었다. 쿡 교수는 미네소타 대학에서 오랫동안 많은 업적을 냈지만 그의 지도를 받고 박사과정을 마친 제자는 당시에 한명도 없었다. 공부하러 오는 학생은 많았어도 그의 기대치에 미친 사람이 없었던 것이다. 나는 까다롭기로 이름난 쿡 교수 밑에서 엄격한 훈련을 받았다.

3년째 되던 어느 날 쿡 교수는 나에게 이제 보고서가 아닌 연구논문을 쓸 때가 됐는데 지금의 문장 가지고는 어렵었다면서 실험이 되고 집어치우고 세익스피어 전집이나 읽으라고 했다. 나는 그동안 참고 있던 울분이 한꺼번에 터져 나왔다. 그래서 내가 여기에 온 것은 제련에 관한 공부를 하려는 것이었지 영어공부를 하러 온 것이 아니라며 대들었다.

어이가 없었던지 쿡 교수는 한참 나를 쳐다보고 있다가 “최군! 나는 자네가 언젠가는 이 분야에서 제자들을 이끌 지도자가 될 것으로 확신하네. 지도자라는 것은 연구만 잘해서 되는 것이 아니라네. 연구한 것을 표현할 수 있어야 하는 것이야. 그러니 내가 하라는 대로 하게”하고 말하는 것이었다. 이 말을 듣는 순간 선천께서 내게 자주 하시던 “군자는 신언서판의 덕목을 갖추어야 한다”는 말씀이 떠올랐다. **kg**

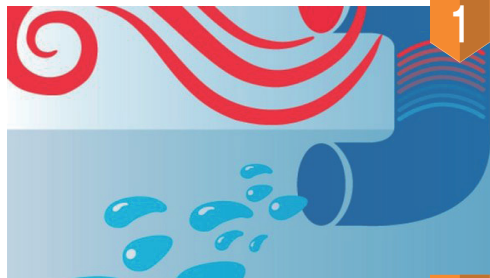
02

Emerging Technologies 2017

Scientific American 선정(2017.12)

R&D
Spotlight

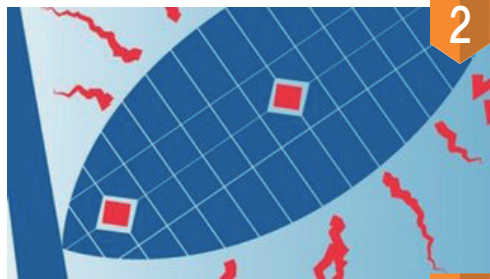
임혜진

미래전략팀,
hjlim@kist.re.kr

1

대기로부터 수분을 끌어오는 기술을 태양열로 이룬다

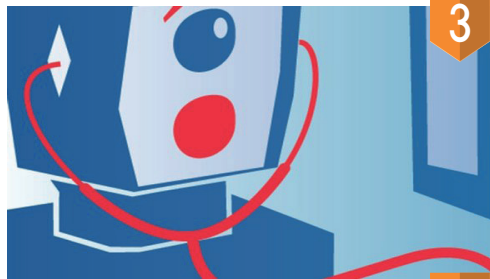
Omar M. Yaghi에 의해 수년전 금속-유기 골격(MOFs)이라는 다공성 결정체류 중심으로 대기 중 수분흡수 시스템 설계. Zero Mass Water의 창립자인 Cody Friesen이 태양기반 시스템을 개발하고 판매를 시작



2

인공잎 기술이 CO₂를 액체연료 등으로 전환한다

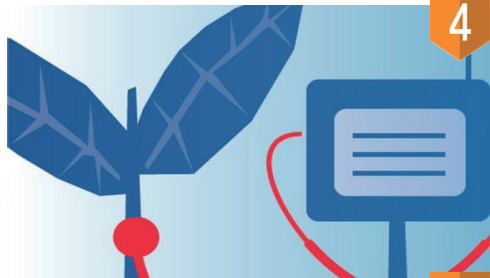
Daniel G. Nocera와 Pamela A. Silver는 자연잎에서의 이산화탄소의 탄수화물 전환을 훨씬 능가하는 액체연료(특히 퓨젤유)를 만드는 접근법에 대해 보도함. 나아가 그는 신진대사적으로 변형된 박테리아들이 토양 속에 질소 기반 비료도 생산할 수 있음도 증명



3

AI는 이제 의료와 기타 영역에서 전문가들의 해석능력에 필적하거나 이를 초월한다

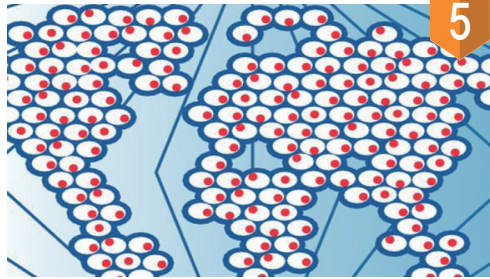
나선형 신경 네트워크(Convolutional Neural Network, CNN)로 알려진 딥러닝에 의해 가동되는 컴퓨터 비전 시스템이 자동차, 농업, 의료 등 다양한 분야에 맞게 개발되어 정보의 해석 및 평가 등에 있어 인간을 대체 중



4

정밀농업이 농업생산을 증가시키고 폐기물을 감소시킨다

종자 생산자들은 센서, 로봇, GPS, 맵핑 도구와 데이터분석 소프트웨어를 결합하여 노동을 증가시키지 않고 작물에 대한 케어를 맞춤화(식물 표현형(Phenotyping)개선 기술)하여 시간 관리를 개선하고, 물과 화학사용을 줄이고 더 건강한 작물과 더 높은 산출을 생산



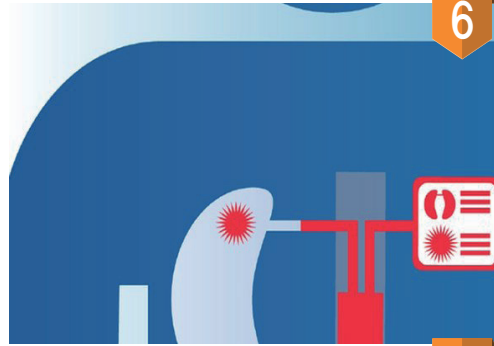
5

인간세포지도라는 국제프로젝트가 신체의 모든 세포유형이 어떻게 기능하는지를 밝힌다

세포지도(cell atlas)의 가장 진보된 부분 중 하나는 지속적으로 업데이트되는 Human Protein Atlas임. 참여자들은 위치를 정의하는 유전체학, 전사체학, 단백질유전정보학, 그리고 항체 기반의 프로파일링의 조합을 사용하여 단백질을 코딩하는 유전자의 대다수를 분류함

Emerging Technologies 2017

Scientific American 선정 (2017.12)



6

액체생검이라는 초민감 혈액 테스트가 암진단과 치료의 개선을 기약한다

액체생검 틀은 기존의 조직 생검에서 발생하는 많은 문제들을 더 많이 해결할 것임. 그 기술은 통상 유전물질인 순환-종양 DNA(ctDNA)에 적용되며, 최근 진보된 기술들이 저렴하고 빠르게 DNA를 찾고, 증폭하고 서열화하는 것을 가능하게 만들



7

연료전지 촉매에서 백금을 줄이는 것은 수소 구동 차량의 대중 시장 진출을 도울 수 있다

Stanislaus S. Wong의 연구그룹은 금속들을 초박형 1차원 나노 와이어로 만드는 등 작은 양의 백금 혹은 팔라듐을 철, 니켈 등 더 싼 금속과 결합하여 상업용 촉매보다 훨씬 더 활성화되는 많은 합금 품종을 생산하였고, 백금없는 촉매가 만들어 지기도 함



8

단백질이 아닌 DNA 또는 RNA로 이루어진 백신이 감염질병에 대한 예방접종의 급속한 개발을 가능하게 하다

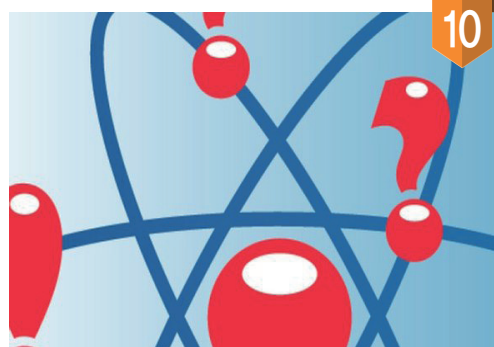
게놈백신은 단백질을 코딩화하는 DNA 또는 RNA의 형태를 띠며, 주사하면 유전자가 세포로 들어가 선택된 단백질을 대량으로 찍어냄. 이는 바이러스 확산 시 많은 이점을 제공할 것이며, 수십 년간의 제조 후 임상에 들어감



9

지속가능한 공동체 디자인이 폐기물을 획기적으로 감소시킨다

UC Berkley의 Daniel. M. Kammen 등이 이끈 Oakland EcoBlock project는 개별 주택의 녹색화 대신 주택의 전체 블록이 하나의 효율성 단위로 개조되는 것을 계획함. 기존 기술을 적용하여 화석연료와 물소비, 온실가스 배출을 획기적으로 줄이는 것을 목적으로 함



10

양자컴퓨팅이 더 접근 가능해지다

10년 전과 비교하여 100배로 초전도 양자 비트에서의 일관성(양자정보의 수명)을 연장하는 기법, 그리고 2016년 IBM의 인기 프로그램 언어 Python에 기반한 인터페이스와 함께 클라우드에 첫 양자 컴퓨터(IBM Q)에 대한 공개접근 제공으로 기술혁신 가속화 및 '준비된 양자'를 위한 시간 도래

1. [공중보건] 태양이 만드는 물

“대기로부터 수분을 끌어오는 기술을 이제 태양열로 이룬다”

수십억의 사람들이 일년내내 혹은 일부기간 동안 깨끗한 물에 대한 접근이 부족하거나 얻기 위해 너무 멀리 이동해야 한다. 그들에게 공기중에서 직접 물을 추출하는 것은 해아릴 수 없는 이익이 될 것이다. 그러나 기존 기술은 일반적으로 습기가 많은 기후와 많은 전기를 필요로 하여 비용이 많이 들고 종종 사용불가능하게 한다. 이러한 문제는 태양으로부터 즉시 이용가능한 에너지에 의존하는 견고한 개발 시스템 덕분에 이제 더욱 다루기 쉬워지고 있다. 그것들은 확장해도 아무 문제가 없고 심지어 세계 인구의 3분의 1이 종종 빈곤 속에서 사는 건조 지역에서도 작동한다.

MIT와 UC Berkley의 공동연구자들이 전기가 필요없는 접근법을 테스트했다. 연구자들은 현재 UC Berkley 그룹에 있는 화학자 Omar M. Yaghi에 의해 수년전에 개발된 금속-유기 골격(MOFs)이라 불리는 다공성 결정체류를 중심으로 시스템을 설계했다. 금속과 유기물의 특정 조합을 선택함으로써 과학자들은 각 MOF의 화학적 성질을 선택할 수 있고, 그에 따라서 그 사용을 맞춤화할 수 있다. 다양한 기능 외에도, MOF의 큰 장래성은 그들의 경이스러운 만큼 큰 구멍에 있다: 내부 표면적이 다공질 제오라이트의 거의 10배이다. 상황에 따라, MOF 결정체 1그램(설탕 한 조각의 크기)이 축구장과 대략 같은 내부 표면적을 가진다.

4월에 Yaghi의 그룹은, MIT 기계 엔지니어인 Evelyn Wang의 그룹과 함께 친수성이 매우 높은 MOF-801, 즉 지르코늄 푸마레이트(zirconium fumarate)를 포함하는 프로토타입 장치에 관해 보고했다. 그것은 그 큰 구멍 속으로 대기로부터 습기를 끌어당기고, 즉시 자연의 태양빛으로부터 온 낮은 등급의 열에 반응하여 수집기에 물을 공급한다. 그 장치는 심지어 사막과 유사한 20%만큼 낮은 상대 습도 수준에서조차 매일 MOF 킬로그램당 2.8리터의 물을 수확할 수 있다.(Yaghi에 따르면, 사람은 하루에 적어도 마실 물 355밀리리터, 즉 소다수 한 캔 정도를 필요로 한다). 게다가 추가적인 에너지 주입이 필요하지 않다. 연구자들은 더 많은 개선의 여지를 본다. MOF 구성에 대한 추가 실험은 기술이 덜 비싸게(지르코늄은 현재 킬로그램당 150달러이다) 만들고, 단위당 수집되는 물의 양을 늘리고 연구자들이 MOF를 다양한 미세기후에 맞추는 것을 가능하게 한다.

다른 방향을 취하여, 아리조나주 스캇데일에 있는 Zero Mass Water라 불리는 한 업체는 기존 수도시스템이나 전력망에 연결될 필요가 없는 태양기반 시스템을 팔기 시작했다. 태양패널은 등록상표가 붙은 물 흡수재료를 통해 공기를 구동하기도 하고 추출된 습기를 액체로 응축하도록 하는 에너지를 공급한다. 작은 리튬이온 배터리는 태양이 비치지 않을 때 장치를 작동한다. 회사 측에서 말하길, 태양패널 한 단위는 하루에 2-5리터의 액체를 생산할 수 있고 그것은 건강과 기호를 위해 칼슘과 마그네슘을 더하는 30리터 저장조에 저장된다.

Zero Mass Water의 창립자이자 Arizona 주립대학의 재료 과학자인 Cody Friesen이 세계 어디에서나 지속적이고 쉽게 작동시킬 목적으로 시스템을 개발하였다. 하나의 태양 전지판을 갖춘 설치 시스템은 미국에서 약 3,700달러로 팔린다. 그 가격표는 물 인프라가 부족한 지구의 일부에의 설치를 위해 비용을 줄이는 방향으로 의무적인 10% 기부금을 포함하고 있다.



▲ Zero Mass Water CEO Cody Friesen이 물을 흡수하는 그의 소스패널을 공개

그에 의하면, 지난 해 동안 미 남서부와 몇몇 다른 나라들에 시스템이 설치되어 왔고, -그 가운데, 멕시코, 요르단, UAE가 있다- 그 회사는 시리아 난민들에게 물을 공급하기 위해 미 국제개발처의 펀딩을 받아 최근에 레바논으로 패널들을 발송했다. Friesen이 첨언하듯, 대부분의 사람들이 태양에 관해 생각할 때, “그들은 전기에 관해 생각한다. 미래에 사람들은 물의 풍부함에 대해 생각하게 될 것이다”

2. [에너지] 인공잎에서 나오는 연료

“광합성 모사 기술이 지속가능한 방식으로 이산화탄소를 연료로 전환하다”

인공잎의 개념은 많은 의미가 있습니다. 물론 잎은 태양으로부터의 에너지를 이용하여 이산화탄소를 식물의 세포 활동을 가동시키는 탄수화물로 전환한다. 수십년간 과학자들은 나중에 사용하기 위해 저장될 수 있는 연료를 생산하기 위해 광합성과 유사한 프로세스를 고안하기 위해 일하고 있다. 이는 태양이 비치지 않고 공기가 멈춰있을 때 에너지를 저장하는 방법을 제공함으로써 태양과 풍력의 주요한 도전적 문제들을 해결할 수 있다.

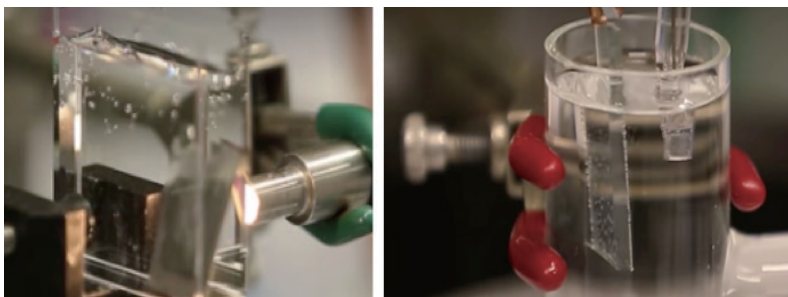
수많은 연구자들은 태양빛이 활성화하는 촉매가 물분자를 쪼개서 산소와 수소를 생성하고 수소가 광범위한 지속가능한 기술을 위한 가치있는 화학물질이 되는 일종의 인공광합성의 발전에 수년간 기여해 오고 있다. 실제 광합성에 한 걸음 더 다가간 점은 이산화탄소를 탄화수소로 전환하는 환원반응에 이 수소를 사용하는 점이다. 실제 잎처럼 이 시스템은 이산화탄소, 물, 햇빛만을 이용하여 연료를 생산할 것이다. 결과물은 혁명적일 수 있으며, 연소에 의해 방출되는 이산화탄소가 대기 중 온실가스를 늘리는 대신에 연료로 전환된 폐쇄시스템의 생성을 가능하게 할 수 있다.

몇몇 연구자들은 이러한 목표를 추구하고 있다. 최근에 한 연구그룹은 물분해와 이산화탄소의 연료로의 전환을 하나의 시스템 안에서 효율성이 높게 결합하는 것이 가능함을 증명하였다. Science지 2016년 6월호에서 Harvard 대학의 Daniel G. Nocera와 Pamela A. Silver와 그 동료들이 자연잎에서의 이산화탄소의 탄수화물 전환을 훨씬 능가하는 액체연료(특히 퓨젤유)를 만드는 접근법에 대해 보도했다. 식물은 포도당을 만들기 위해서 태양으로부터 받은 에너지의 1%만을 사용하는 반면 인공시스템은 이산화탄소의 연료 전환에 대략 10%의 효율성에 도달하였고, 이는 발전 kilowatt-hour당 공기로부터 180그램의 이산화탄소를 끌어당기는 것과 같다.

연구자들은 무기물의, 태양 물 분리기술(생체적합 재료에만 사용하고 유해물질 생성을 피하기 위해 고안된)을 연료를 생산하기 위해 특별히 고안된 미생물과 하나의 컨테이너에서 짝을 지어왔다. 현저하게도 이러한 대사 공학적 박테리아는 다양한 연료와 다른 화학생산물을 심지어 낮은 CO₂ 농도에서도 만들어냈다. 그 접근법은 촉매가 이미 싸고 쉽게 구할 수 있는 금속을 포함하고 있을 정도까지 확대할 준비가 되었다. 그러나 연구자들은 여전히 크게 연료 생산을 증가시킬 필요가 있다. Nocera에 따르면, 그 팀은 기술을 정형화하는 일을 하고 있고 몇몇 회사들과 제휴하여 논의 중에 있다.

Nocera는 기본 기술에 대한 훨씬 더 큰 비전을 가지고 있다. 수소와 탄소가 풍부한 연료를 지속가능한 방식으로 생산하는 것을 넘어서, 그는 다른 신진대사적으로 변형된 박테리아들이 토양 속에 바로 질소 기반 비료를 생산할 수 있음을 증명하였으며 이는 전통적인 비료가 즉시 제공되기 어려운 지역의 농작물 생산을 증가시킬 접근방법이다. 박테리아는 수소와 이산화탄소를 사용하여 연료 공급원으로서 역할을 하는 생물학적 플라스틱을 형성한다. 일단 미생물이 충분한 플라스틱을 함유하면, 그것은 더 이상 햇빛이 필요하지 않으며 그것은 토양 속에 묻혀 있을 수 있다. 공기 중으로부터 질소를 끌어내어 그것은 플라스틱 안에 있는 에너지와 수소를 이용해서 비료를 만들 수 있다. 미생물을 함유한 토양에서 자란 무의 무게는 그렇지 않은 무의 무게보다 150% 더 증가했다.

Nocera는 초기에 그 아이디어가 자동화하는지 보기 위해서 비료 테스트를 했음을 인정한다. 그러나 그는 박테리아가 물분해에 의해 생산된 “수소를 들이마시고” 궁극적으로 수소를 사용하여 고안된 특정 대사변화에 따라 연료부터 비료, 플라스틱과 약품까지 생산하는 시기를 계획하고 있다.



◀ 인공잎이 태양을 액체연료로 바꾸는 모습
- 물에 떨어뜨리고 햇빛을 쬐면 왼쪽에서는 수소가 나오고
다른 쪽에서는 산소가 나옴

3. [컴퓨팅] 인간처럼 보는 AI

“시각업무를 위한 딥러닝 툴이 의료, 안보와 더 많은 것을 변화시키고 있다.”

지난 30년 동안 컴퓨터 비전기술들은 사진속의 얼굴을 정확히 인식하는 것과 같은 일상적인 일에서조차 잘 하려고 노력해왔다. 그러나 최근 인공지능의 떠오르는 분야인 딥러닝에서의 돌파구는 마침내 많은 종류의 이미지들을 인간만큼 성공적으로 혹은 더 잘 해석하는 것을 가능하게 했다. 기업들은 이미 그 기술을 이용한 상품을 팔고 있으며 그것은 트럭운전부터 의료질병 진단을 위한 스캔 해석까지 이제 인간이 하는 다양한 직업을 인계하거나 돕게 되었다.

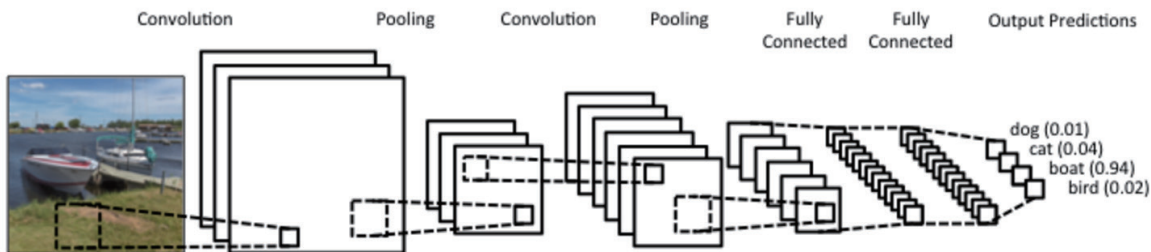
나선형 신경 네트워크(Convolutional Neural Network, CNN)로 알려진 딥러닝 접근법에서의 최근 진척이 최신 진보에 대한 열쇠이다. 그 탁월함의 간단한 예를 들기 위해서 동물의 이미지를 고려하자. 인간이 쉽게 개와 고양이를 구별할 수 있는 반면, CNN은 기계로 하여금 인간보다 더 성공적으로 특정 품종을 분류하게 한다. 그것은 미묘하고 강력한 이미지 패턴으로부터 배우고 유추하는 것을 더 잘 할 수 있기 때문에 뛰어나다.

CNN은 예를 들어 동물의 귀의 형태와 크기처럼 이미지에서의 구체적 특징들을 인식하도록 프로그램 될 필요가 없다. 대신에 그들은 스스로 이러한 특징들을 감지하도록 배운다. CNN이 예를 들어 영국종 사냥개와 웨일즈 사냥개를 분리하도록 훈련시키기 위해서 당신은 양 품종의 사례를 포함하여 수천개의 동물 이미지에서 시작한다. 대부분의 딥러닝 네트워크처럼, CNN들은 여러 계층으로 조직된다. 하위 계층에서 그들은 사물로부터 단순한 형태와 가장자리를 배운다. 상위계층에서는, 그들은 복잡하고 추상적인 개념들을 배우는데 이 경우, 귀, 꼬리, 혀, 모피재질 등의 더 세부적인 사항들이다. 한번 훈련되면, 동물의 새로운 이미지가 관심 품종을 보여주는지를 CNN은 쉽게 결정할 수 있다.

CNN은 지난 10년만에 그래픽 처리 단위와 병렬처리에서의 엄청난 진보에 의해 가능해졌다. 그러나 인터넷은 CNN의 디지털화된 이미지에 대한 만족할 줄 모르는 욕구를 채워줌으로써 마찬가지로 커다란 차이점을 만들어 왔다.

딥러닝에 의해 가동되는 컴퓨터 비전시스템이 다양한 응용 분야에 맞게 개발되고 있다. 기술은 보행자를 인지하는 능력을 제고시킴으로써 자율주행 자동차를 더 안전하게 만들고 있다. 보험회사들은 차에 대한 손상을 평가하기 위해 이러한 도구들을 적용하기 시작하고 있다. CNN은 군중 행동을 이해하는 것을 가능하게 만들고 있고, 이것은 공공장소와 공항들을 더 안전하게 만들 것이다. 농업에서는 딥러닝 장치가 농작물 산출을 예측하고 수위를 모니터링하며 퍼지기 전에 작물의 질병을 발견하는 것을 돕는데 사용될 수 있다.

시각적 업무를 위한 딥러닝은 가장 광범위한 진출의 일부를 의학에서 이루고 있는데, 스캔과 병리학 슬라이드에 대한 전문가들의 해석의 속도를 높이고, 이미지를 읽도록 훈련된 전문가가 부족한 장소에서 검사, 진단, 질병 진행의 모니터링 또는 치료에 대한 반응 등 중요한 정보를 제공할 수 있다. 예를 들어, 올해 美 식품의약품국은 심장병 진단을 도울 목적으로 심장 혈류를 시각화하기 위한 신생기업 Arterys의 딥러닝 접근법을 승인하였다. 또한 올해 Stanford 대학의 Sebastian Thrun과 그의 동료들이 Nature에서 피부과 전문의들이 했던 것과 마찬가지로 피부암을 분류하는 시스템을 묘사했다. 전 세계에 산재된 스마트폰에 설치된 그러한 프로그램이 “중요한 진단치료에 대한 낮은 비용의 보편적인 접근”을 제공할 수 있다는 사실에 연구자들은 주목했다. 시스템은 또한 당뇨병 망막증(실명의 원인), 뇌졸중, 뼈골절, 알츠하이머병과 다른 질병들을 평가하기 위해 개발 중이다.



◀ CNN의 개념도

4. [공학] 정밀 농업

“센서, 이미징 그리고 실시간 데이터 분석이 농업생산을 개선하고 폐기물을 줄인다.”

전통농법은 지역 상황과 과거 데이터에 기반한 심기, 수확, 관개 농약 및 비료 사용과 관련된 의사결정인 전체 농장 관리에 의존한다. 대조적으로 정밀 농업은 센서, 로봇, GPS, 맵핑 도구와 데이터분석 소프트웨어를 결합하여 노동을 증가시키지 않고 작물에 대한 케어를 맞춤화한다. 로봇 탑재 센서와 카메라 장착 드론이 무선으로 줄기 크기, 잎모양과 식물주변의 토양의 습기에 대한 정보 등 각 식물에 대한 이미지와 데이터를 건강과 스트레스의 징후를 찾는 컴퓨터로 송신한다. 농부들은 실시간으로 피드백을 받고 나서 필요로 하는 지역에만 보정된 용량의 물, 농약 혹은 비료를 제공한다. 그 기술은 또한 언제 작물을 심고 수확할지를 결정할 수 있다.

결과적으로 정밀 농업은 시간 관리를 개선하고, 물과 화학 사용을 줄이고 더 건강한 작물과 더 높은 산출을 생산할 수 있으며, 이는 화학물질의 유출은 줄이는 반면, 농민들의 이익을 보장하고 자원을 보전한다.

Monsanto, John Deere, Dow and DuPont과 같은 대기업들과 마찬가지로, 많은 신생기업들이 새로운 소프트웨어, 센서, 항공기 기반 데이터 및 기타 정밀농업을 위한 툴들을 개발 중이다. 미 농업부, NASA 그리고 해양대기국 모두 정밀 농업을 지원하고 많은 동료들이 이제 그 주제에 관한 작업과정을 제공한다.

관련 개발에서 종자 생산자들은 식물 “표현형(phenotyping)”을 개선하는 기술을 적용하고 있다. 개별 식물들을 시간에

따라 추적하고 다른 조건에서 어떠한 것들이 잘 자라는지 분석함으로써, 기업들은 식물의 환경에 대한 반응과 그들의 유전체학을 연계시킬 수 있다. 그 정보는 차례로, 기업들이 특정 토양과 날씨 조건에서 번성하는 종자 품종을 생산하게 한다. 진보된 표현형은 또한 영양이 향상된 작물 생산에 도움이 될 수 있다.

재배자들은 다양한 이유로 인해 정밀농업을 보편적으로 수용하고 있지는 않다. 특히 대규모 작물 생산 시스템으로 기술을 확대하는 비용을 포함하는 선행장비 비용들이 장애물이다. USDA가 문제를 개선하려고 노력 중이지만, 광대역의 부족도 일정 지역의 장애물이 될 수 있다. 컴퓨터 사용에 덜 익숙한 노련한 재배자들이 기술을 경계할 수도 있다. 그리고 대형 시스템은 개발 도상국가들의 수많은 소규모 농업의 범위를 넘어설 것이다. 그러나 덜 비싸고, 더 단순한 시스템은 잠재적으로 적용될 수 있다. 예를 들어, 시드니 대학의 Salah Sukkarieh는 태양열과 핸드폰에 의존하는 인도네시아에서의 능률적이고 저 비용의 모니터링 시스템을 시연했다. 그러나, 다른 사람들에게는 비용 절감이 재정적 관심사를 상쇄할 수 있다. 그리고 일부 노련한 농민들이 신기술 적용에 아무리 과묵하다고 해도 기술에 정통한 차세대 농민들은 그러한 접근방식을 환영할 가능성이 있다.



▲ 표현형 기법에 의한 식물생산의 예시

5. [의학 및 생명공학] 모든 세포의 매핑

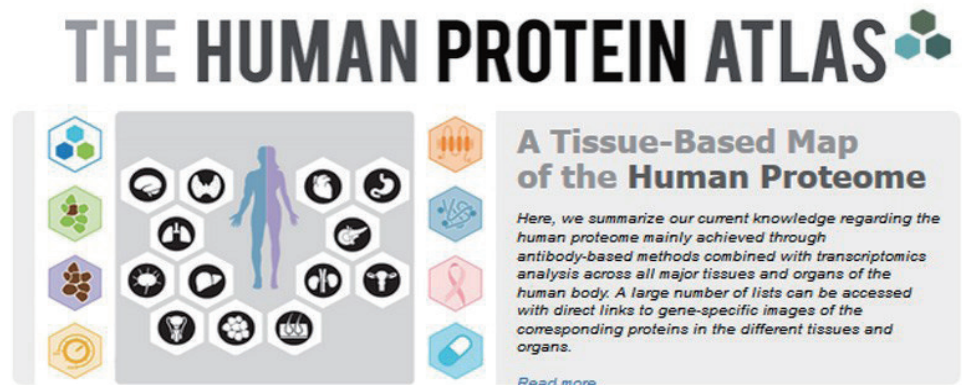
“글로벌 프로젝트는 모든 인간의 세포 타입들이 어떻게 기능하는지를 이해하는 것을 목표로 한다.”

인체가 어떻게 작동하는지 그리고 질병이 어떻게 발생하는지를 진실로 깊이 이해하기 위해서 엄청난 양의 정보를 필요로 한다. 모든 조직의 모든 세포 유형의 정체를 알아야 할 것이다. 정확히 어떠한 유전자, 단백질 및 기타 분자가 각 타입에서 활성화되는지, 어떠한 프로세스가 그러한 활동을 제어하며 세포들은 정확히 어디에 위치하는지, 어떻게 세포가 정상적으로 서로 반응하는지, 그리고 세포의 유전자 혹은 다른 측면들이 변화를 겪을 때 신체 기능에 무엇이 일어나는지를 말이다. 그러한 풍부하고 복잡한 지식 기반을 구축하는 것은 불가능해 보일 수 있다. 그러나 광범위한 연구그룹의 국제 컨소시엄은 정확히 그것을 생성하기 위한 첫발을 내딛었다. 그들은 그것을 인간세포지도(Human Cell Atlas)라고 부른다.

2016년 10월 그 컨소시엄은 첫 계획 회의를 갖고 계속해서 조직 중이다. Chan Zuckerberg 인시어티브도 마찬가지로 포함되어 있다. 2017년 6월 그 프로젝트와 그 외 연구자들이 쉽게 공유할 수 있도록 발견사실들을 조직화하는 오픈 데이터 플랫폼을 구축하는데 재정적·공학적으로 지원하고 있다고 발표했다.

atlas는 기존과 미래 연구 프로젝트로부터의 정보를 결합하여 기술 성과물의 주최자에 의해 가능해져 왔다. 그것은 모든 “omes”를 탐구하는 연구들을 통합할 것이다. 게놈(유전자 전체 세트), 전사체(유전자로 만들어진 RNA), 프로테옴(단백질), 대사체(세포과정에 의해 생성되거나 관련된 설탕, 지방산 및 아미노산과 같은 작은 분자) 그리고 흐름체(다양한 조건에 따라 속도가 달라질 수 있는 신진대사 반응) 등을 말이다. 그런 다음 이러한 발견들은 세포의 서로 다른 소구역에 매핑될 것이다. 통합결과들은 우리 몸의 세포의 모든 타입과 상태들을 시뮬레이트하고 질병과정의 새로운 이해와 그것에 개입하는 방법들을 제공하는 도구로 연결될 것이다.

세포지도(cell atlas)에 기저하고 있는 가장 진보된 부분들 중의 하나는 지속적으로 업데이트되는 Human Protein Atlas이다. 그것은 궁극적으로 지향하는 가치 뿐 아니라 상부 프로젝트를 만드는 포괄적인 작업을 엿볼 수 있게 한다. Human Protein Atlas의 참여자들은 위치를 정의하는, 유전체학, 전사체학, 단백질유전정보학, 그리고 항체 기반의 프로파일링의 조합을 사용하여 단백질을 코딩하는 유전자의 대다수를 분류해왔다. 2003년 프로그램이 시작된 이후로 수년간의 소프트웨어 개발이 시스템 수준 분석을 위한 데이터를 추적하고 조직화해 왔다. 1천만 이상의 이미지들이 병리학자들에 의해 생성되고 주석이 붙여졌다. 그 지도책(Atlas)은 다양한 세포기관들 혹은 30개의 세포 이하 구획에서 12,000개 이상의 단백질의 위치에 대한 고해상도 지도를 포함한다.



▲ 현존하는 인간 단백질 정보를 포괄하는 데이터베이스

모든 발견들은 제한없이 연구 커뮤니티에 제공된다. 사용자들은 주요 기관이나 세포에 있는 단백질을 탐구하기 위해 데이터베이스에 의문을 제기하거나 기본세포 유지관리에 참여하거나 특정 조직에서만 발생하는 것과 같은 특정 성질을 가진 단백질에만 집중할 수도 있다. 데이터는 또한 생명을 가능하게하고 새로운 치료법에 대한 아이디어를 탐색하는데 사용되는 역동적이고 상호작용하는 구성요소를 모델화하는 것을 도울 수 있다.

인간세포지도(Human Cell Atlas)의 완성은 쉽지 않을 것이다. 그러나 그것은 건강관리를 개선하고 개인 맞춤형 하기 위해 헤아릴수 없을 만큼 가치있는 도구일 것이다.

6. [의학 및 생명공학] 액체 생체검사 “초민감 혈액 테스트가 암진단과 개선을 기약한다.”

암이 의심되는 환자는 대개 영상과 생체검사를 받는다. 종양 샘플이 절제되어 현미경으로 검사하고 종종 악성에 책임이 있는 유전적 돌연변이를 정확히 찾아내기 위해 분석된다. 이 정보는 암의 유형, 얼마나 진행됐는지 그리고 그것을 얼마나 잘 치료할지를 결정하는 것을 돕는다. 그러나 때때로 종양이 생길 때와 같이 생체검사를 할 수 없는 경우가 있다. 조직을 얻고 분석하는 것 또한 비용이 많이 들고 느리다. 그리고 생체검사가 침습적이기 때문에 감염이나 다른 합병증을 일으킬 수도 있다.

간단한 혈액 채취에서 암의 증상을 발견하는 액체 생검이라 불리는 툴은 그러한 문제들을 더 많이 해결할 것을 기약한다. 수십 개의 기업들이 자신만의 기술을 개발 중이다. 관측자들은 테스트 시장이 수십억 달러가 될 것으로 예측한다.

그 기술은 전형적으로 암세포로부터 혈류로 길을 통상적으로 찾는 유전물질인 순환-종양 DNA(ctDNA)에 적용된다. 최근에 들어와서야 진보된 기술들이 저렴하고 빠르게 DNA를 찾고, 증폭하고 서열화하는 것을 가능하게 만들었다.

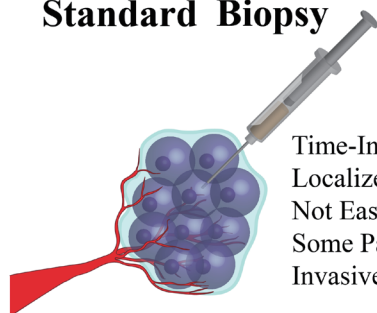
현재 여러 기업에서 제공하는 테스트들은 대개 전립선이나 폐와 같은 특정 형태의 암을 이미 진단받은 사람들을 위한 치료 결정을 돕는다. 그러나 액체 테스트들은 조직 생체검사가 할 수 없는 추가적인 서비스를 제공할 수 있다. 반복된 테스트들은 이미징에 나타나거나 증상을 유발하기 훨씬

전에 질병 진행 또는 치료에 대한 저항을 잠재적으로 감지할 수 있다. 조직 생체검사는 종양의 선택된 부분만 검사하고 따라서 주변보다 더 위험한 것으로 밝혀진 세포를 놓칠 수 있다; 원칙적으로 액체 생체검사는 돌연변이의 전체 스펙트럼을 덩어리로 탐지할 수 있고, 이는 언제 더 적극적인 치료가 필요한지의 시기를 알려준다.

그 분야에 대한 증가하는 열정의 표시로 Illumina에서 스피인 오픈된 회사인 GRAIL은 Amazon과 몇몇 제약 회사들을 포함한 투자자들로부터 지난 3월 9억 달러를 모금했다. GRAIL은 그 돈을 사용해서 기술을 개발하고 선별검사가 가능한지를 알기 위해 필요한(수십만의 피험자들을 포함한) 대규모 임상시험을 할 계획이다. 또한 3월에는 California 소재 기업인 Freenome이 테스트가 암환자의 대응방식을 개선하는지를 결정하기 위해 여러 연구파트너와 협력하여 수행될 예정인 임상시험을 위해 6천 5백만 달러를 받았다. 그리고 5월이 지나서 Guardant Health는 이전의 펀딩 외에 다음 5년 동안 백만명의 사람들에게 액체생체검사를 실시할 목적으로 투자자로부터 3억 6천만 달러를 모금했다고 밝혔다.

테스트가 광범위한 사용에 접어들기 위해서는, 그 접근법이 암을 정확히 발견하고 치료 결정에 도움을 줌으로써, 경과와 생존율을 개선시킨다는 것을 증명해야 한다.

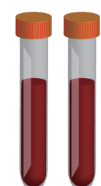
Standard Biopsy



- Time-Intensive Procedure
- Localized Sampling of Tissue
- Not Easily Obtained
- Some Pain/Risk
- Invasive

VS.

Liquid Biopsy



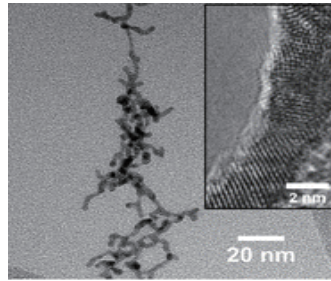
- Quick
- Comprehensive Tissue Profile
- Easily Obtained
- Minimal Pain/Risk
- Minimally Invasive

▲ 액체생검으로서 ctDNA 채취는 전통적인 생검에 비해 여러 가지 잠재적 이점 보유

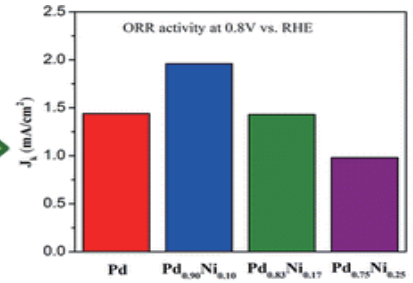
7. [자동차] 대중을 위한 수소차

“희귀 금속의 감소가 연료전지 촉매를 더 알맞은 가격으로 만든다.”

이산화탄소를 방출하지 않는 배터리 구동 전기차가 이제 주류가 될 것이다. 오늘날 그들은 전 세계적으로 도로 위 모든 차량의 1% 미만을 이루고 있지만, 배터리 비용 및 수명과 같은 기능에 대한 다수의 혁신이 가격을 매우 경쟁적으로 만들어서 테슬라는 2018년 중반에 도로에 출시될 것으로 계획된 3만 5천달러 모델 3에 대한 40만건 이상의 선주문을 받았다.



Ultrathin nanowires



Volcano type relationship between activities and compositions

▲ Pd-Ni 초박형 나노와이어의 구성비율에 따른 활성과의 관계

불행하게도 (수소 공급 연료전지로 가동되는) 탄소를 소진하지 않는 차량에 대한 다른 큰 희망은 광범위하게 판매되기에는 너무 비싸다(도요타 Mirai에 대한 제조업자 가격표는 57,500 달러이다.) 그러나, 많은 연구소와 사업체들은 연료전지에서 가장 비싼 구성요소 중 하나인 촉매를 대체함으로써 비용을 줄이기로 결정한 상태이다. 많은 상업용 버전들이 희귀 금속인 백금을 포함하고 있으며 비싼 것을 차치하고서라도 차량에 어디서나 사용할 수 있도록 지원하기에는 너무 희귀하다.

연구자들은 백금 함량을 줄이기 위해 몇 가지 공격라인을 추구하고 있다. : 그것을 더 효율적으로 사용하기, 유사한 기능을 하지만 덜 비싼 팔라듐으로 일부 혹은 전부를 대체하기, 니켈 혹은 구리와 같이 덜 비싼 금속으로 그러한 희귀 금속 중 하나를 대체하기 등. 상업용 촉매는 카본필름 상에 증착된 백금 나노입자의 얇은 층으로 구성되는 경향이 있다. 이로 인해 연구자들은 대체 기판을 시험 중에 있다.

긴밀하게 작업하고 있는 Stony Brook대학의 Stanislaus S. Wong은 그러한 임무를 이끌어 가는 사람들 가운데 있다. 예를 들어, 그와 그의 동료들은 상대적으로 작은 양의 백금 혹은 팔라듐을 철, 니켈 또는 구리와 같이 더 싼 금속과 결합하여 상업용 촉매보다 훨씬 더 활성화되는 많은 합금 품종을 생산한다. Wong의 연구그룹은 금속들을 초박형 1차원 나노와이어(대략 직경 2 나노미터)로 만들었다. 이 나노와이어들은 높은 표면적 대비 용량 비율을 가지며, 이것이 촉매 반응을 위한 활성부위의 수를 증가시킨다. 당연히, 백금없는 촉매가 이상적이다. 그에 관한 작업은

더 새롭지만 분주하다. 2016년말 한국 울산과학기술대(UNIST)의 주상훈은 철과 질소가 첨가된 탄소나노튜브 촉매가 상업용 촉매에 비견할만한 활성을 가지고 있음을 보도했다. 또한 Western Reserve 대학의 Liming Dai와 그의 동료들은 어떠한 금속도 사용하지 않는 촉매제를 발명했다; 그것은 질소와 인을 도핑한 탄소발포체로 표준 촉매만큼 활성이다.

탁월한 촉매 활성을 갖는 재료의 발명 및 제조는 단지 도전의 일부에 불과하다고 Wong은 지적한다. 연구자들은 또한 가장 좋은 후보물질들의 활성과 내구성의 일관성을 확보하기 위해 기존 연구실 생산 방법의 규모를 확대하기 위해 일하고 있다. 그들의 노력의 모든 단계에서, 실험가들은 어떻게 모든 종류의 변수들이 성능에 영향을 미치는지(화학 성분, 금속 나노입자의 크기와 형태부터 지원구조의 아키텍처까지)를 이해하기 위해 복잡한 컴퓨터 모델을 적용하는 이론가들로부터 도움을 얻고 있다. Wong에 따르면, 그러한 협력들은 언젠가는 적당한 가격의 연료전지 차량들을 위한 우수한 촉매 설계를 가능하게 할 것이다.

물론, 지속가능한 운송 체계의 목적은 그것이 전기이든 수소이든간에 운전 동안 뿐 아니라 연료의 생산과 분배 동안의 제로 탄소 배출량을 요구한다. 그러한 더 큰 도전이 남아 있다.

8. [의학 및 생명공학] 게놈 백신

“DNA 또는 RNA로 이루어진 백신은 감염질병에 대한 예방접종의 급속한 개발을 가능하게 할 수 있다.”

감염질환을 예방하기 위한 표준백신은 죽거나 약화된 병원체(균) 또는 그러한 미생물로부터 온 단백질로 구성된다. 그들은 적(敵)으로 병원체의 표면에 (항원이라 불리는) 특정 양의 단백질을 인식하도록 면역체계를 가르치는 것에 의해 작동한다. 그리고 나서 면역체계는 그러한 외래 항원과 만나는 다음시기를 노릴 준비를 한다(많은 현대의 백신은 항원만을 전달하며 병원체를 빼고 있다). 암을 치료하는 백신은 또한 면역반응 개선을 위해 의사가 환자에게 제공하는 단백질에 의존한다. 이러한 단백질은 면역체계 자신이 지도하는 미사일인 항체를 포함할 수 있다.

대조적으로, 의학에 새로운 영향을 미칠 준비가 된 새로운 종류의 백신은 유전자로 구성되어 있다. 게놈백신은 지카 혹은 에볼라 같은 바이러스가 갑자기 더 맹렬해지거나 확산되었을 때 더 빠른 제조를 포함하여 많은 이점을 제공할 것을 기약한다. 그들은 수십 년 동안 제조 중이지만 수십 명이 이제야 임상시험에 들어갔다.

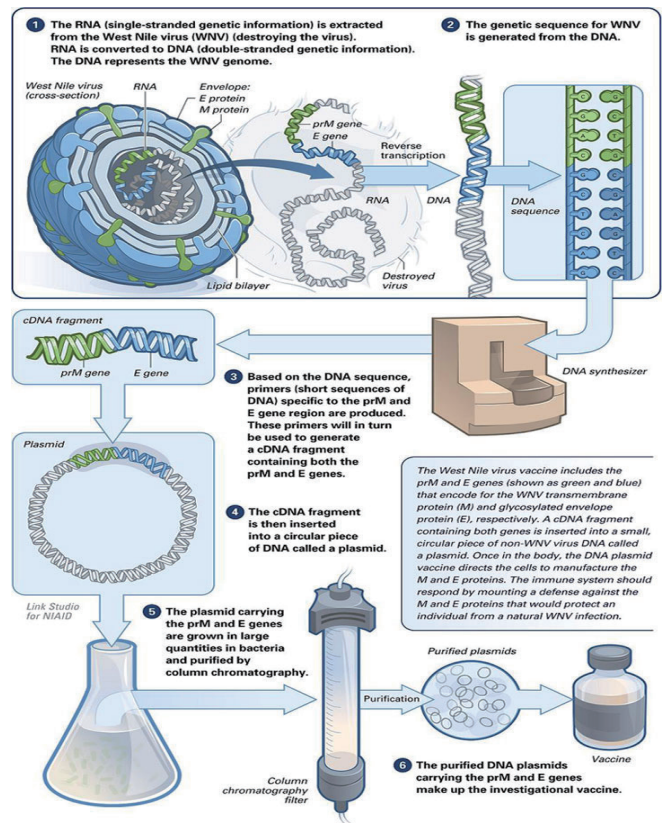
게놈백신은 기다리던 단백질을 코딩하는 DNA 또는 RNA의 형태를 띤다. 주사하면, 유전자가 세포로 들어가 선택된 단백질을 대량으로 찍어낸다.

세포배양 또는 달걀에서의 단백질 제조와 비교하면, 유전자 물질을 생산하는 것은 더 간단하고 저렴하다. 나아가 싱글백신은 여러 단백질에 대한 코딩 서열을 포함하고 병원균이 돌연변이가 되거나 속성이 보태질 필요가 있다면 즉시 변화될 수 있다. 예를 들어 공중보건전문가들은 독감 백신을 매년 수정해야 하지만 때때로 그들이 선택하는 백신이 독감 시즌이 도래할 때 유포되는 변종과 맞지 않기도 한다. 미래 연구자들은 유포되는 변종들의 게놈(유전체)을 서열화하고 단 몇 주 만에 더 잘 맞는 백신을 생산할 수 있다.

유전체학은 또한 항체가 항원대신에 전달되는 수동 면역 전이로 알려진 예방접종 접근법에 대한 새로운 방향전환을 가능하게 한다. 과학자들은 이제 특정 병원체에 저항력이 있는 사람들을 식별하고, 그러한 보호를 제공하는 항체를 분리하고, 사람의 세포가 그러한 항체를 생산하도록 유도하는 유전자 서열을 디자인할 수 있다.

이러한 목표를 염두에 두고, 美 정부, 학계, 대·중소기업들은 기술을 추구하고 있다. 안전과 면역원성(免疫原性)을 테스트하기 다양한 임상시험들이 진행 중이며, 조류 인플루엔자, 에볼라, C형 간염, HIV, 유방, 폐, 전립선, 췌장 및 기타 암들이 포함된다. 그리고 적어도 하나의 시험이 효력을 기대하고 있다: NIH가 DNA 백신이 지카로부터 보호할 수 있는지 보기위한 멀티사이트 임상시험을 시작했다.

한편 연구자들은 예를 들어 유전자를 세포 속으로 넣는 더 효율적인 방식을 발견하거나 열 속에서 백신의 안정성을 개선시키는 것에 의해 기술을 개선하기 위해 작업 중이다. 의료 인력이 부족한 곳에서 귀중하게 될 구강전달(Oral delivery)이 곧 현실이 될 것 같지는 않지만 대안으로서 비강(鼻腔)투여가 연구되고 있다. 이와 같이 남은 장애물들이 해결될 수 있다는 낙관적 관점이 매우 지배적이다.



▲ DNA 백신의 제조과정

9. [에너지] 지속가능한 공동체

“개별 주택을 녹색화하는 대신에 주택의 전체 블록이 하나의 효율성 단위로 개조된다”

지난 10년간 에너지와 물사용을 줄이기 위해 개개 주택들의 건설과 개조가 폭발적으로 증가했다. 그러나 녹색건설을 한번에 여러 건물에 적용하는 것이 훨씬 더 좋은 아이디어일 수 있다. 자원과 인프라의 공유는 폐기물을 줄일 수 있고, 빈곤하거나 중간 소득 지역을 개조하는 것은 또한 비용 절감과 현대 기술을 그러한 기회가 부족한 사람들에게 가져올 수 있다. 지역(neighborhood) 수준에서 일하는 것은 실제로 기획에 복잡성을 더하지만 근린 주택지구의 노력은 녹색의 단일 가구 집이 줄 수 없는 보상을 제공한다.

하나의 그러한 사례가 내가 UC Berkley에서 나의 동료인 Harrison Fraker 건축 및 도시 디자인학과 교수와 함께 이끈 Oakland EcoBlock project이다. 그것은 시, 국가 그리고 연방정부, 학계, 민간기업, 비영리 및 자치 조직으로부터 온 도시 디자이너, 공학자, 사회과학자와 정책전문가들을 포함한 다학제적 노력이다.

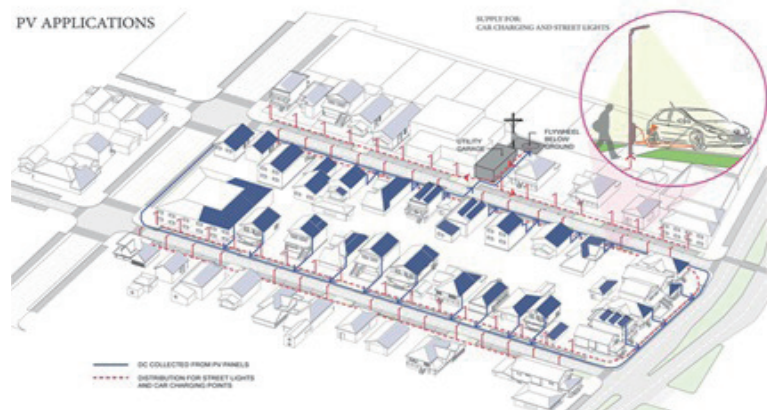
굉장히 세밀하게 계획되었으나 아직 건설을 시작하지 않은 그 프로그램은 California의 유명한 금문교(Golden Gate Bridge) 근처 중·저소득 지구의 30-40개 인접한 낡은 집들을 개조할 것이다. 그것은 기존 기술을 적용하여 화석 연료와 물소비, 그리고 온실가스 배출을 획기적으로 줄이는 것을 목적으로 한다. 우리는 거주자들의 장기적인 편안함과 보안을 보장하면서 운영비용으로부터의 절감과 함께 인프라에 소비된 돈을 급속히 회수할 것으로 기대한다.

재생가능에너지 도입을 위해, 우리는 지역 전역의 건물에

태양 패널들을 설치하고 에너지를 스마트 마이크로그리드로 보낼 것이다. 초과 태양 에너지는 공동건물에 수용된 플라이휠을 통해 저장될 것이다. 거주자들은 또한 24개 이상의 지역 충전소에 액세스하게 될 전기차를 공유할 것이다. 이러한 조치들은 연간 전기 소비량을 반이상 줄이고 탄소 배출량을 제로로 만들어야 한다.(美 온실가스 배출량의 4분의 1이상이 거주지에서 발생한다는 점을 고려할 때 가치 있는 위업이 될 것이다)

환경보호국은 California의 가정 용수 소비의 50% 정도가 잔디밭과 정원으로 간다고 추정한다. 우리는 세탁기에 의해 방출되고 배수구 아래로 보내진 깻물 뿐 아니라 화장실에서 나온 폐수까지 처리하여 재사용할 것이다. 재활용된 액체는 원예와 관개로 갈 것이다. 우리는 빗물을 모으고 그것을 화장실과 세탁기로 옮길 것이고 효율적인 시설들과 수도꼭지들을 설치할 것이다. 한편, 처리된 고형폐기물들은 퇴비에 합해질 것이다. 우리의 추측에 의하면, EcoBlock의 시스템 수준 재 디자인은 음용수에 대한 수요를 최대한 70%까지 절감할 것이다.

Oakland EcoBlock 프로젝트는 지역의 건설 일자리를 제공할 것이고 지역사회를 활성화시키는 것을 도울 것이다. 예측한대로 성공하면, 그것은 미국과 그외 지역에서 복제될 수 있는 지속가능한 모델의 역할을 할 수 있다. 지금까지, 우리는 유럽, 북아프리카 그리고 아시아로부터 문의를 받았으며, 이는 개인주택 뿐 아니라 전체 공동체를 타겟팅하고 재디자인하는 것에 광범위한 관심을 입증하고 있다.



▲ (좌) Oakland EcoBlock 프로젝트 대상지와 (우) 설계도

10. [컴퓨팅] 양자컴퓨팅

“새로운 알고리즘과 기법이 혁신적인 응용으로의 문을 연다.”

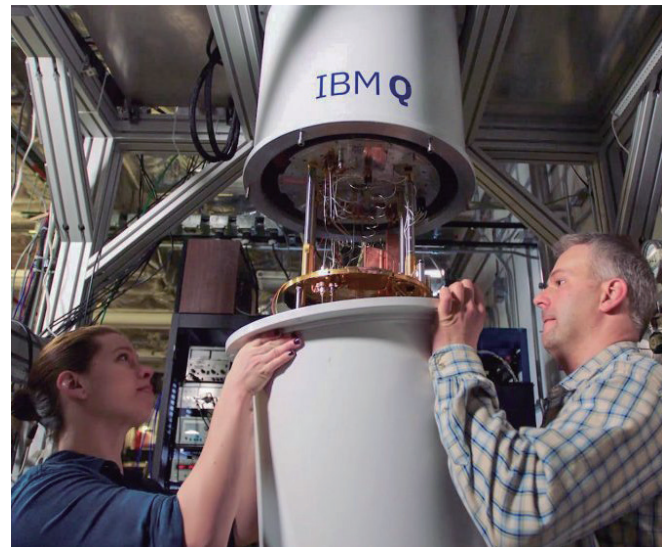
양자컴퓨팅은 거의 50년 동안 상상력을 자극해 왔다. 그 이유는 간단하다. : 그것은 전통기계로 결코 답할 수 없는 문제 해결에 대한 경로를 제공한다. 그 사례로는 많은 가능한 대안 가운데 최상의 솔루션을 찾는 복잡한 최적화 문제 해결 뿐 아니라 새로운 분자와 물질을 정확히 개발하기 위한 화학 시뮬레이션을 포함한다. 모든 산업은 최적화가 필요하며, 이것이 이러한 기술이 많은 파괴적 잠재력을 갖는 한 가지 이유가 된다.

양자컴퓨터는 양자역학의 힘을 이용함으로써 문제를 해결한다. 고전적 기계가 하듯이 가능한 해결책을 한번에 하나씩 고려하기 보다는 고전적 유추로 설명될 수 없는 방식으로 행동한다. 그들은 모든 가능한 해결책의 양자중첩에서 시작한 다음, 정답으로 우리 일상생활에서 관측되지 않는 절차인 얽힘과 양자 간섭을 사용한다. 그들이 제공하는 약속은 짓기 어렵다는 비용으로 발생한다. 한 인기있는 디자인은 외부 온도보다 100배 차게 유지되는 초전도물질, 미세한 양자상태에 대한 섬세한 제어 그리고 한 누설광선도 프로세스에 도달하지 않도록 하는 적절한 차폐를 요구한다. 최근까지, 초기 양자컴퓨터에 대한 접근은 전 세계 일부 시설 전문가에 국한되었다. 그러나 지난 몇 년 동안의 발전으로 인해 아이디어, 알고리즘 그리고 지금까지 엄밀히 이론적이었던 다른 기법들을 최종적으로 테스트할 수 있는 세계 최초의 프로토타입 시스템 건설이 가능해졌다.

기존의 기계들은 슈퍼컴퓨터가 오늘날 다룰 수 있는 것보다 더 복잡한 문제를 다 풀기에는 너무 작다. 그럼에도 불구하고 막대한 진보가 만들어졌다. 양자 기계 위에서 더 빨리 운영되는 알고리즘이 개발되었다. 현재 10년 전과 비교하여 100배로 초전도 양자 비트에서의 일관성(양자정보의 수명)을 연장하는 기법이 존재한다. 우리는 이제 가장 중요한 종류의 양자오차를 측정할 수 있다. 그리고 2016년에 IBM은 프로그래밍을 위한 그래픽 인터페이스와 이제 인기있는 프로그램 언어 Python에 기반한 인터페이스와 함께 클라우드에 첫 양자 컴퓨터(IBM Q Experience)에 대한 공개접근을 제공했다. 이 시스템을 여는 것은 이 기술이 진보하는데 필수적인 혁신을 가속화했고, 20개 이상의 학술논문들이 이 툴을 사용하여 발표되었다. 그 분야는 획기적으로 팽창 중이다. 학술연구그룹과 전 세계에 걸친

50개 이상의 신생기업과 대기업들이 양자컴퓨팅을 현실로 만들기 위해 주력하고 있다. 기술적 진보와 기계를 누구나 이용할 수 있어 이제는 “준비된 양자”를 위한 시간이다. 사람들은 복잡한 문제를 풀 수 있는 기계가 오늘날 존재한다면 그들이 무엇을 할지를 이해할 수 있다. 많은 양자컴퓨팅 안내서가 온라인으로 제공되어 시작하는데 도움을 준다.

여전히 많은 장애물들이 있다. 일관성 배수도 개선되어야 한다; 양자 오류율이 감소되어야 하며 궁극적으로는 일어나는 오차를 완화하거나 수정해야 한다. 연구자들은 계속 하드웨어와 소프트웨어 모두에 있어 혁신을 추구할 것이다. 그러나, 연구자들은 양자컴퓨팅이 기술적 성숙에 도달하는 시기를 어떤 기준들이 결정하는지에 대해 의견이 다르다. 어떤 사람들은 너무 애매해서 일반 대중에게는 쉽게 설명되지 않는, 과학적 측정을 수행하는 능력에 의한 표준 정의를 제안했다. 나와 다른 사람들은 상업적이고, 지식과 사회적 중요성을 가진 문제들을 해결할 수 있을 때까지 진정으로 기술로서 자리매김되지 않을 거라는 점에서 그러한 의견에 동의하지 않는다. 좋은 소식은 마침내, 그러한 날들이 우리 시야 안에 있다는 점이다. **kt**



▲ IBM Q experience로 시작하는 양자 컴퓨터 프로그래밍 실습

02 R&D In&Out

01. 주요 과학기술 정책 및 현안

「2018년도 과학기술·ICT 분야 R&D 사업 종합시행계획」 외 2건

02. TePRI, 현장 속으로

대한민국 3개 한림원 공동포럼 외 1건

03. Guten Tag! KIST Europe

Remote Maintenance as Smart Customer Service in Machinery Industry



01

주요 과학기술 정책 및 현안

R&D In&Out

한 원 석

정책실, UST 석사과정, g16501@kist.re.kr

남 궁 혜 리

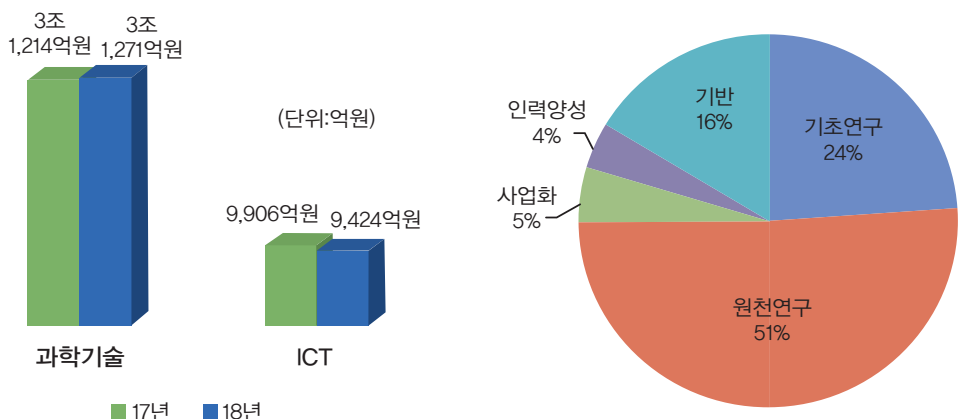
정책실, UST 석사과정, namkoong@kist.re.kr

연구자 중심의 도전적·창의적 R&D를 통해 혁신성장 · 4차 산업혁명 지원과 사회문제 해결²⁾

2018년도 과학기술·ICT 분야 R&D 사업 종합 시행계획 개요

과기정통부(장관 유영민)는 총 4조 695억원 규모의 「2018년도 과학기술·ICT 분야 R&D 사업 종합 시행계획」을 확정·발표

- 이번 시행계획은 과기정통부 전체 R&D 예산 6조 9,670억원 중 국가과학기술연구회, 직할 출연연구기관 연구운영비 등을 제외, 과학기술 분야 3조 1,271억원, ICT 분야 9,424억원 대상
 - 기초연구(9,820억원), 원천연구(2조 758억원), R&D 사업화(1,831억원), 인력양성(1,647)억원, R&D 기반 조성(6,638억원) 포함



- 금번 계획을 통해 'R&D과제 기획/선정/평가/보상 프로세스 혁신방안', '4차 산업혁명 대응계획' 등 최근 과학기술·ICT 이슈에 대응하고, 재난·안전·환경 등 사회문제의 영역에 과학기술·ICT의 역할 강조
 - 관련하여 연구자 중심 도전적·창의적 R&D 혁신, 4차 산업혁명 대응 및 혁신성장동력 육성, R&D를 통한 사회문제 해결 및 일자리 창출 등을 위한 R&D 강화가 주된 내용

2) 과학기술정보통신부 보도자료인 '연구자 중심의 도전적·창의적 R&D를 통해 혁신성장·4차 산업혁명 지원과 사회문제 해결(2017.12.29)'를 요약·정리한 내용임

계획(안) 세부 내용

연구자 중심 도전적·창의적 R&D 혁신 지원

- 연구자 아이디어에 기반한 창의·도전적 연구의 기회를 확대하기 위해 자유공모 기초연구에 전년 대비 896억원 증액된 9,718억원을 투자
 - ※ (과기정통부 소관) 개인·집단연구: '17년 8,822억원(추경 43억원 포함)→'18년 9,718억원
- 생애 첫 연구 지원 자격 완화*, 최초 혁신 실험실 신설(525억원), 여성과학기술인 지원** 확대('17년 147억원 →'18년 169억원) 등 신진·여성연구자에 대한 지원 강화
 - * 만 40세 이상인 경우도 박사 학위 취득 후 7년 이내인 경우 지원 가능
 - ** R&D경력 복귀·대체인력 지원, 이공계 여학생 멘토링 및 전공역량강화 지원 등
- 기초연구사업은 결과 위주의 '성공/실패' 개념에서 탈피하여 성실수행 관점으로 단계/최종평가를 개선하는 과정중심의 평가체계를 전면적으로 도입할 예정
 - 자율성 보장 및 연구몰입을 위해 최종평가 제외 대상과제를 확대* 실시
 - * (기존) 신진연구 및 1.5억원 이하 중견연구→(변경) 신진연구 및 3억원 이하 중견연구
- ICT 분야 R&D, 연구자 중심으로 혁신하여 연구자우월성을 최대한 보장하는 그랜트 방식 R&D 본격 시행
 - 1억원 미만 대학 소액 과제에 대해 중간평가 면제, 자체정산 등의 그랜트 방식* R&D를 본격 시행하고, 장기연구 활성화를 위해 기존 대학 전문연구실을 대학·출연(연) 전문연구실로 확대·개편
 - * 그랜트 R&D 투자 목표(안): 1억원('17)→약 9억원('18)
 - 창의·도전형* 과제의 경우 성공·실패 등급을 폐지하고, 평가부담완화를 위해 일괄협약을 하는 다년도 과제, 착수 1년 미만 과제의 경우 연차평가 대신 컨설팅 방식 도입
 - * '18년 신규과제 중 창의·도전형 과제를 분류하여 공고 추진

〈혁신성장 지원 및 4차 산업혁명 대응을 위한 R&D 강화〉

- 혁신성장 지원을 위해 미래유망 원천기술개발(예. 바이오경제 시대 선도 분야, 기후변화 대응 분야, 우주기술 분야, 나노·소재분야 등)에 대한 투자 확대
 - 신약, 의료기기, 신변종 감염병 대응, 뇌연구 등 바이오경제 시대 핵심 선도 분야에 전년 대비 207억원이 증액된 3,490억원 투자
 - 기후변화대응 분야는 핵심기술* 패키지 개발(기후산업육성모델), 온실가스로 고부가가치 제품을 생산하는 탄소자원화 등 872억원 투자
 - * 6대 핵심기술: 태양전지, 연료전지, 바이오에너지, 이차전지, 전력IT, CCS
 - 초고속화·대용량화·저전력화 시대를 대비한 나노 분야 선도연구, 혁신 물성 원천소재 확보를 위해 나노·소재 분야에 844억원 투자
 - 육·해·공 무인 이동체 공통기술(176억원), 고위험·고부가가치 융합 원천기술(미래선도기술개발, 46억원) 등 첨단융합연구에 477억원 투자

- 우주기술 자립을 위한 한국형발사체·달탐사·위성 개발 등 3,502억원을 투자하고 원자력 분야엔 국민의 생명·안전 중심으로 2,091억원 투자
- 국가전략프로젝트(인공지능, 미세먼지, 탄소자원화, 정밀의료 등 493억원), 글로벌프론티어(802억원) 등 대형 국책사업이 본격적으로 성과를 창출할 수 있도록 지속 지원
- 4차 산업혁명 대응을 위해 지능화기술* 및 융합기반기술**에 대해 전략적·집중적 투자 진행
 - * (지능화 기술) 경제·사회 지능화 혁신의 핵심기술인 네트워크·데이터 기반의 인공지능, 빅데이터·클라우드, AI 컴퓨팅, 5G, IoT 등
 - ** (융합기반 기술) 지능화 기술과 타 산업의 융합을 위한 기반기술로 XR(everything reality), 체험미디어, 전파응용, 블록체인, 양자정보통신 등
- 지능정보사회의 신뢰 기반이 되는 블록체인(45억원)과, 환경·재난·재해·시설물 등 다양한 분야의 정밀 모니터링 등에 활용되는 차세대 초소형 IoT(47억원)에 대해 신규 R&D 추진
- 5G 융합서비스 및 5G 이후의 이동통신을 대비한 Beyond 5G, 인간-기계의 협업, 인공지능 기반 데이터 분석·관리, 전 산업분야에서의 홀로현실(HR)* 등 4차 산업혁명 대응 핵심기술 개발 지속적 추진
 - * 자동차·교육·제조 등 전 산업분야에서의 친환경 실감콘텐츠 서비스
 - ※ 이동통신·전파(700억원), SW·컴퓨팅(1,468억원), 방송·콘텐츠(657억원), 차세대 보안(618억원) 등

R&D를 통한 사회문제 해결 및 일자리 창출

- 국민의 건강과 안전을 위협하는 사회문제 등을 근본적으로 해결하기 위해 새로운 R&SD(Research and Solution Development) 체계로 국민생활연구 본격 추진
 - 토달 솔루션형 R&D 기획(기술개발+서비스전달+제도개선), 긴급대응연구 체계, 국민 참여 확대(국민 생활과학자문단) 등의 체계 정립
 - 치안현장 맞춤형 기술개발('폴리스랩' 14억원), 실종아동 등 신원확인을 위한 복합인지 기술개발(20억원) 등을 신규 추진하는 등 총 164억원 투자할 예정
 - 4차 산업혁명 대응계획과 연계하여 도시, 교통, 복지, 환경, 안전, 국방 등 6대 분야의 사회문제 해결을 위한 ICT R&D를 확대할 계획
- 기술사업화·일자리 창출을 위해 과기형 창업선도대학(과학기술 기반 일자리중심대학) 5곳 신규 선정 (16억원)
 - 대학 TLO와 대학기술지주회사 등 기술사업화 조직·기관 간 연계(대학TMC)를 지원하여 대학 내 기술사업화 역량 강화할 계획
 - ICT R&D의 경우 고용우수기업을 선정평가 시 우대하고, R&D 수행 중소·중견기업이 청년(18~34세) 연구인력을 신규 고용할 경우 인센티브를 제공하는 등 고용친화적 개편 정책 실시
- 이공계 미취업 석·박사 등에게 기업 현장 맞춤형 R&D 기회를 확대 제공 ('17년 125명 → '18년 130명, 1인당지원금상향(1,620만원 → 석사1,800만원/박사2,530만원))
 - * 이공계 전문기술연수(석·박사지원) : ('17) 20억원→('18) 26억원

- 지능정보 핵심기술 분야에 대한 대학 ICT 연구센터 지원을 확대하고 이를 기반으로 ICT기반 신산업 분야 지원 연계 계획

* 지능화 기술 분야 ITRC 신규센터 : ('17년) 1개→('18년) 7개 내외

R&D 생태계 고도화

- 연구개발특구를 중심으로 “공공기술 이전(출자)→사업화→창업·성장 지원→해외진출지원”을 지원하는 사업 간 유기적 연계 강화
 - 지역의 연구·기획·관리 역량을 제고하여 지역이 전략적으로 필요로 하는 R&D를 자율적으로 기획·수행하는 지역주도형 R&D 체계 구축(‘지역수요 맞춤형 R&D 지원’사업 신설, 75억원)
- 중소기업의 개방형 혁신을 활성화하기 위해 “ICT R&D 바우처”를 통해 기업에게 R&D 서비스를 제공하는 기관을 비영리기관(대학, 출연연, 전문연 등)에서 민간 R&D 기업까지로 확대
 - 표준화 역량이 부족한 중소·중견기업에 바우처를 주고 외부 표준전문기관을 지정하여 표준개발을 의뢰하는 “표준화 바우처”사업(11억원) 신규 도입 예정
- 과학기술·ICT를 기반으로 감염병, 미세먼지, 물부족, 재난 등 인류 공동문제 해결에 동참하기 위한 국제공동연구 과제 집중 발굴
 - 한·중·일 협력(고령화·에너지 등), 남북협력(백두산 화산 등) 등을 통해 “과학외교를 통한 국가간 관계개선 기여” 메시지 부각 예정

과기정통부는 금번 확정된 시행계획을 12일에 공고하였으며, 과학기술·ICT R&D사업의 구체적인 내용, 과제 공모 시기, 절차 등에 대한 지역별 설명회를 1월 중 개최할 예정

| 지역별 설명회 일정 경과 |

권역	일시	장소
수도권	'18.1.11(목), 14:00	서울 송실대학교 한경직기념관
중부권	'18.1.16(화), 14:00	대전 국립중앙과학관 사이언스홀
호남권	'18.1.18(목), 15:10	광주과학기술원 오룡관 다목적홀
영남권	'18.1.22(월), 15:10	부경대학교 대학극장

| 과기정통부 2018년도 R&D 투자 개요(종합시행계획 대상 사업) |

구분 (단위: 억원)	과학기술	ICT
기초연구 (9,820)	<ul style="list-style-type: none"> 기초연구사업 (9,820억원) 개인연구, 집단연구, 기반구축 등 3개 	-
원천연구 (20,758)	<ul style="list-style-type: none"> 원천기술개발사업 (7,094억원) 바이오의료기술개발, 나노소재기술개발 등 18개 	<ul style="list-style-type: none"> 정보통신방송연구개발사업 (6,659억원) - 이동통신, 네트워크, 전파·위성, 방송·스마트미디어, 기반SW·컴퓨팅, SW, 디지털콘텐츠, 정보보호, 융합서비스, ICT디바이스 등 10개 기술분야 12개 사업 - ETRI연구개발지원, Giga KOREA사업 등 6개
	<ul style="list-style-type: none"> 우주기술개발사업 (3,502억원) 위성, 발사체, 달 탐사 등 12개 	
	<ul style="list-style-type: none"> 원자력연구개발사업 (2,091억원) 원자력, 방사선 등 11개 	
	<ul style="list-style-type: none"> 핵융합·가속기연구지원사업 (1,012억원) 가속기, ITER 등 3개 	
	<ul style="list-style-type: none"> 국민 생활연구사업 (164억원) 재난안전플랫폼, 사회문제해결 등 4등 4개 	
소계	(13,862억원)	소계 (6,896억원)
사업화 (1,831)	<ul style="list-style-type: none"> 산학연 협력 / 기술사업화사업 (1,450억원) 공공연구성과 기술사업화 지원 등 7개 	<ul style="list-style-type: none"> ICT기술사업화사업 (381억원) ICT유망 기술개발지원 1개
인력양성 (1,647)	<ul style="list-style-type: none"> 과학기술인력양성사업 (834억원) 국제인력교류, 여성과학기술인 등 8개 	<ul style="list-style-type: none"> ICT인력양성사업 (813억원) 정보통신기술인력양성 등 2개
기반조성 (6,638)	<ul style="list-style-type: none"> 과학기술국제화사업 (417억원) 국가간 협력기반 조성 등 7개 	<ul style="list-style-type: none"> ICT기반조성사업 (1,334억원) 정보통신연구기반구축, 기술확산지원, 주파수 활용여건조성 13개
	<ul style="list-style-type: none"> 국제과학비즈니스벨트조성사업 (488억원) 기초과학연구원 설립·운영 등 2개 	
소계	(5,304억원)	소계 (1,334억원)
총계 (40,695)	(31,271억원)	(9,424억원)

미래를 선도하는 고위험·고부가가치 융합연구 지원³⁾

과기정통부, 2018년 「미래선도기술개발사업」 신규 추진

과기정통부는 미래선도기술개발사업('18~'21년 252억원/'18년 46억원)을 올해부터 본격 추진

- 신시장창출형 사업('18년 30억원)과 현안해결형 사업('18년 16억원)으로 나누어 추진되며, 도전적·혁신적 연구를 지원하여 4차 산업혁명에 대응하고 미래사회를 선도하기 위하여 마련
 - 지난 해 발표한 'R&D 기획-수행-성과관리' 전 주기에 걸친 혁신적 방법*을 적용
 - * 「과제기획/선정/평가/보상 프로세스혁신방안(과기정통부)」(국과심 운영위원회, '17.11)
- 신시장창출형 사업의 목적은 미래사회를 선도하는 융합 신산업·신시장 창출을 위한 기술, 제품·서비스 개발 및 상용화
 - 창의적·혁신적 연구개발 분야를 대상으로 연구자들이 주제를 제안하는 상향식(bottom-up) 연구
 - 개방형 크라우드(Open Crowd) 방식*을 통해 집단지성을 활용하여 공동으로 기획
 - 공공·민간협업을 기반으로 연구단을 구성하며, 본연구 진입에는 기업의 참여**가 필수적으로 요구
 - * 온라인 상시 홈페이지·오프라인 공청회/간담회 등을 통해 공동으로 연구를 기획하는 방식
 - ** 상용화 촉진 및 연구개발 책임성 강화를 위해 기업부담비율 상향 조정
:(중소기업) 본연구 I 25%, 본연구 II 35%, 상용화 50%, (중견기업) 본연구 I-II 40%, 상용화 50%
 - '18년에는 선(先)기획연구 10개 내외(각 1억원 이내)를 선정하고, 하반기 평가를 거쳐 본 연구단계에 진입하는 4개 과제(연 10억원 내외)를 선정·지원
 - '21년 최종 2개 내외 과제가 상용화에 진입하는 경쟁형 R&D 방식(토너먼트형*)으로 사업 추진
 - * 과제기획, 연구개발 단계별로 중간 평가를 통해 일부가 탈락
- 현안해결형 사업은 복잡한 사회문제(고령화, 재난재해 등) 해결을 위한 핵심 원천기술·제품·서비스 개발 및 사업화 지원
 - 공공·민간 협업을 통해 시급히 해결이 필요한 2개 분야를 도출*하여 상향식(bottom-up) 연구
 - * 기술수요조사·대국민 설문조사 결과 및 국민생활과학자문단에서 발굴·제안한 과제 등 기반
 - 수요자 참여형 문제해결 시스템 개발 및 실증을 위해 부처협업 및 리빙랩*(Living Lab) 방식 도입
 - 실증단계에서 타부처 또는 민간과의 협업이 필수적으로 요구
 - * 최종 사용자 및 시민이 연구개발 기획·개발·실증과정에 참여하는 사용자 주도형, 개방형 혁신 모델
 - '18년에 2개 지원분야를 선정하여 분야 당 2개 내외, 총 4개 내외 연구단(6개월, 4억원)을 지원하고, '19년에는 이 중 2개 연구단을 선정하여 본연구 2단계 지원(2년, 연 10억원 내외)
 - '21년도에는 실증을 지원하는 경쟁형 R&D 방식(병렬형*)으로 추진
 - * 동일한 연구목표로 서로 다른 접근방식의 과제를 각각 수행하고 중간평가 결과 우수한 과제를 선정하여 지속 지원

3) 과학기술정보통신부 보도자료인 '미래를 선도하는 고위험·고부가가치 융합연구 지원 - 과기정통부, 2018년 「미래선도기술개발사업」 신규 추진 (2018.1.3)'을 요약·정리한 내용임

미래선도기술개발사업 (신시장창출형 및 현안해결형) 개요

사업목적

4차 산업혁명 대응 과학기술 역량 강화 및 현안해결을 위한
고위험·고부가가치 기술·제품·서비스 개발 및 新시장 창출

목표

융합 신산업 창출 및 상용화 : 2건

현안 해결을 위한 시스템 개발 : 1건

개방·협력·경쟁의
R&D 혁신

- 집단지성을 활용한 오픈 클라우드(Open Crowd) 기획
- 경쟁형 R&D(토너먼트형, 병렬형)수행

수요자 중심의
연구개발

- 민간과 정부가 협업하는 PPP(Private Public Partnership)기반연구
- 수요자 참여형 리빙랩(Living Lab) 운영

新 융합모델
정립

- 연구개발 성과를 활용한 新시장 창출
- 연구개발을 통한 공공서비스 고도화

※ “미래선도기술개발”이란?

- 4차 산업혁명 대응의 First Mover로서 ‘R&D 기획-수행-성과관리’ 순주기 혁신의 Laboratory를 제시하기 위해 선도적 방식 도입
 - ⇒ (융합 R&D) 4차 산업혁명 핵심 기술을 바탕으로 기술-제품-서비스 융합 시스템 개발
 - ⇒ (순주기적 관리) 선도부처의 원천기술 개발 이후, 민간이전 및 후속 투자, 공공서비스 수요 부처의 후속 R&D 및 상용화 연계
 - ⇒ (경쟁형 R&D) 목표 수준이 높은 고위험-고부가가치 연구에 대한 경쟁형 R&D를 통해 성과 향상 및 연구자 중심의 과제 수행 적극 지원

개방형 크라우드(Open Crowd) 기획 방안

- R&D 프로세스 혁신안에 따른 Open Crowd 기획 방식
 - 대국민 대상 집단지성을 통해 공동으로 기획하는 방식으로, 기획과제 단계시 순서 없는 온·오프라인 혼합방식 활용
- (온라인) 연구재단 기획마루 홈페이지에 Open Crowd 페이지 생성
 - 기획과제 내 기획위원회를 통해 도출된 과제목표 및 내용을 게시하고, 기획위원회는 수렴된 의견을 검토하여 결과 자료 작성

* 혁신적 아이디어 도출 및 문제 해결 방안으로 운영 중인 크라우드 소싱(Crowdsourcing) 플랫폼 운영방식 적용(예시 : IBM InnovationJam**, InnoCentive®)

** 게시판 글/댓글 작성, 설문조사 및 온라인 토론 등 다양한 방식으로 참여 가능

| 오픈 크라우드 기획과 비교 |

플랫폼	공통점	차이점
IBM Innovation Jam	<ul style="list-style-type: none"> • 주제가 주어지고, 그에 대한 집단지성 활용 • 게시판 글 게재, 댓글 작성 등의 방법을 통해서 참여 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 연구주제가 아닌 비즈니스 문제해결이 주요주제
InnoCentive (연구개발포털 전문기업)	<ul style="list-style-type: none"> • 문제 해결 및 아이디어 도출을 위한 집단지성 이용 • 참여 및 게시를 위해서 회원가입 등의 과정이 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 공모와 유사한 방식으로 문제 해결 제안서 제출이 요구됨 • 공모 방식의 한계로, 전문가들의 의견을 타인이 열람하지 못함

- 오픈 크라우드 페이지에서 분야와 주제를 제공하고, 게시판 형식의 글 작성 또는 댓글로 의견 작성

* 해당 페이지 접근은 모두가 가능하도록 허용하되, 악의적 공격이나 편향된 의견을 지양하기 위해 실명인증을 받은 자에 한해 글·댓글 작성 가능

- (오프라인) 의견 수렴 결과를 기반으로 공청회 및 전문가 간담회 진행
 - 목표검토위원회는 온·오프라인 수렴 결과를 연구주제 및 목표에 반영하기 위한 수준 결정

⇒ 연구책임자는 온·오프라인 의견수렴 결과를 기획과제에 최대한 반영하고, 본연구 과제를 함께 수행할 연구자 탐색

※ 단계평가시 Open Crowd 의견 수렴 결과에 의한 기획의 질적 향상도 평가

2018년, 바이오경제 혁신을 통해 글로벌 바이오 강국으로 도약한다⁴⁾

2018년도 바이오분야 원천기술개발사업 개요

과기정통부는 혁신성장 및 4차 산업혁명 선도를 위해 2018년도 바이오분야 원천기술개발사업* 추진

* 바이오의료기술개발사업, 포스트게놈다부처유전체사업, 뇌과학원천기술개발사업, 범부처전주기신약개발사업, 인공지능 바이오로봇 의료융합사업

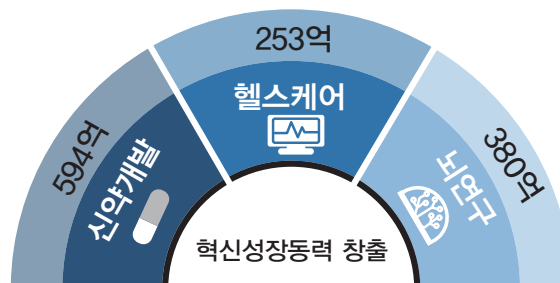
- 전년 대비 10.5% 증가한 3,490억 원 규모로, 글로벌 바이오 강국 실현을 위한 「바이오경제 혁신전략 2025(제3차 생명공학육성기본계획, '17~'26)」의 체계적 이행을 위한 투자 확대
- 세계 주요국은 국가 차원의 바이오경제 청사진을 마련하는 등 기술 선점 및 시장 선도를 위한 글로벌 경쟁이 이미 본격화

* (미국) National Bioeconomy Blueprint('12), (유럽연합) Bioeconomy for Europe('12), (독일) 바이오경제 2030('10), (영국) 국가생명과학 전략 2015-2020('15) 등

** 미국은 전체 R&D 예산의 23.4%를 바이오분야에 투자('16년 기준 한국의 투자규모는 3.3조로, 전체 R&D 예산(17.7조)의 18.8% 투자)

- 한국은 지난해 「바이오경제 혁신전략 2025」을 수립하여 '25년까지 글로벌 바이오 시장 점유율 5%(현재 1.7%) 달성 및 신규 일자리 12만개 창출('15) 2.6만개 → ('25) 14.5만개)이라는 목표 제시
- ① 바이오 R&D 혁신 ② 바이오경제(Discovery to Market) 창출 ③ 국가생태계 기반 조성 등 3대 전략, 9대 중점과제를 확정
- 바이오산업은 연구개발(R&D) 승자가 시장을 독식하는 과학·기술 집약적 산업이라는 점을 고려하여 장기적 관점의 선제적·전략적 R&D 투자를 확대

전략 1. 신약·헬스케어·뇌연구 ... '바이오 혁신성장동력'에 집중 투자

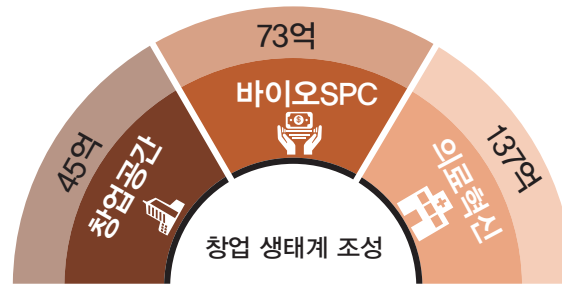


4) 과학기술정보통신부 보도자료인 '2018년, 바이오경제 혁신을 통해 글로벌 바이오 강국으로 도약한다(2018.1.3.)'을 요약·정리한 내용임

신약개발, 헬스케어, 뇌연구 등 미래 유망 분야에 집중적으로 투자

- 신약개발분야(594억원)에서는 신개념 항암제, 유전자치료제 등 32개의 혁신신약 후보물질 발굴('17. 27개 → '18. 32개)
 - 1조원 · 10년 이상이 소요되는 신약개발의 시간 · 비용 단축을 위해 인공지능(AI) · 빅데이터를 활용한 신약개발 플랫폼 구축에 착수
- 헬스케어분야(253억원)에서는 모바일 응복합진단기기, 생체삽입 심장 모니터링 기기 등 43개의 유망 의료기술 개발을 지원
 - 인공지능-바이오-로봇 의료융합기술 신규 지원(19억원)을 통해 인공지능(AI)기반 로봇 운동 재활치료기기 등 AI · 로봇이 의료산업과 융합하는 새로운 패러다임의 혁신 · 융합연구를 촉진
- 뇌연구분야(380억원)에서는 인지기능을 보조 · 증강하는 뇌 인터페이스 기술 등 뇌연구 4대분야(뇌인지, 뇌신경생물, 뇌신경계질환, 뇌공학)를 지원

전략 2. 바이오경제의 주역, 바이오벤처 육성을 위한 창업 생태계 조성



R&D 성과를 경제 효과로 연결하는 핵심 주체인 바이오벤처에 대한 정부의 지원 필요성은 갈수록 강조

- 최근 벤처투자의 흐름이 바이오로 전환*되며 바이오벤처 창업은 증가하는 추세**이나, 벤처 창업 초기 죽음의 계곡 (Death Valley)에 대한 지원은 여전히 미흡

* '16년 VC 신규투자 규모 : 바이오 · 의료(4,686억) vs ICT서비스(4,062억)

** '00년(266개) → '05년(135개) → '10년(143개) → '15년(202개) → '16년(440여개)

글로벌을 선도하는 기술창업 활성화를 위해 연구자가 자유롭게 창업을 할 수 있는 혁신 거점기관을 중심으로 벤처 · 창업 생태계를 조성하고 양질의 일자리를 창출

- 신약 · 의료기기 등 15개 유망 바이오벤처에 대해 연구소에 창업 공간을 제공하여 공동연구시설 및 컨설팅을 지원 (45억원)
- '연구자 기술투자 + 금융가 자본 · 경영 노하우 투자' 형태의 합작 창업 촉진을 위해 11개의 바이오 특수목적법인 (SPC)을 지원(73억원)
- 병원 중심의 바이오 연구 · 창업 활성화 지원을 위해 6개 벤처기업이 병원에 입주해 현장 아이디어 기반의 신개념 의료 기기를 개발하는 '의료기관 내 벤처입주사업'(81억원)을 추진
 - 병원의 젊은 의사들에게 환자 보는 시간을 줄이고 연구 기회를 제공하여 연구자 또는 창업가로의 새로운 경력 경로를 제시하는 '의사과학자 연구역량 강화사업'(56억원) 등을 지원

전략 3. 치매 예방, 감염병 대응, ... '국민생활문제 해결형' 연구 확대



최근 과학기술이 국민에게 더 가까이 다가가 국민의 생명과 안전, 사회문제를 해결하고 사회혁신에 기여해야 한다는 요구가 증대

- 바이오분야에서도 치매, 감염병, 고령화 등 국민 생활문제 해결형 연구를 적극 확대할 계획

「치매 국가책임제」 실현을 위한 근본적 대책 마련을 위해 치매연구를 약 2배 확대('17. 50억원 → '18. 97억원)

- 올해 1/4분기 내 「(가칭)국가 치매 연구개발 중장기 전략」을 보건복지부와 공동으로 수립·발표할 계획

메르스·지카바이러스 등 국민 생명을 위협하는 신·변종 감염병의 신속·효과적인 대응을 위한 감염병 대응 연구를 지원(249억원)

- 조류독감 유입을 사전에 대비하기 위한 해외 연구센터 지원 등 조류인플루엔자(AI)·구제역 대응 연구 강화(54억원)

고령·난치 질환의 근원적 치료 기술인 재생의료 원천기술개발을 위한 줄기세포분야 지원을 확대(352억원)

- 고령화 사회를 대비하는 핵심 기술인 바이오 인공장기 개발을 위한 줄기세포 기반의 생체모사체(오가노이드) 연구에 집중 투자

전략 4. 신기술·신시장 가로막는 바이오 규제 혁파

바이오 분야는 생명윤리법, 유전자변형생물체법 등으로 대표되는 포괄적인 연구규제가 혁신적 기술의 개발과 개발된 기술의 활용을 저해하는 주요 요인으로 지적

- 과기정통부는 전문가 TF를 구성하여 유전자 치료, 인체유래물 활용, 정밀의료 등 파급효과가 큰 핵심 이슈를 중심으로 R&D부터 사업화까지 전주기에 걸쳐 대한 개선방향을 제시
 - 국과심 바이오특위, 4차 산업혁명위원회 헬스케어특위 등 관계부처와 전문가가 참여하는 협의체를 통해 구체적인 개선안을 마련해 나갈 계획 **KIST**

02

TePRI, 현장속으로

R&D In&Out

한 원 석

UST 과학기술경영
정책전공 석사과정

대한민국 3개 한림원 공동포럼 - 3개 한림원 연구·정책협의회 연구성과 발표회



1월 18일 한국프레스센터에서 대한민국 3개 한림원 공동포럼이 개최되었다. 한국과학기술한림원, 한국공학한림원, 대한민국의학한림원이 모두 모여 공동포럼을 개최한 것은 이번이 처음이다. 이번 공동포럼은 3개 한림원이 대통령 직속 4차 산업혁명 위원회와 협력하여 시너지를 창출하기 위한 일환으로 기획되었다.

공학(산업) 분야의 법·제도 개선방안을 발표한 장석인 산업연구원 선임연구위원은 효율성의 관점에서 꼭 국산이 아니더라도 좋은 기술이 산업 현장에서 쓰이도록 하자고 주장했다. 그리고 제조업과 서비스업 간 경계가 모호해지는 시대가 도래하고 있으며, 이런 시대에는 각 정부부처 별로 개인정보를 다루는 현행 법제는 바람직하지 않다고 말했다.

의학 분야의 법·제도 개선방안을 발표한 지선하 연세대 교수는 아직 개발 및 검토 중인 기술은 규제하더라도, 이미 개발된지 오래된 기술은 활용할 수 있도록 해야 한다고 말했다. 더불어 전반적으로 의료 데이터가 여러 층위에서 공유될 수 있도록 해야 한

다고 주장했다. 비식별 정보라 할지라도 최소한의 추측이 가능하면 활용할 수 없도록 하는 현재의 상황을 덧붙여 설명했다.

미세먼지 문제의 본질과 해결 방안에 대해 발표한 문길주 UST 총장은 시간이 지나며 오염물질이 다양화되었을 가능성, 산업구조 상 미세먼지가 발생할 수 있는 점, 미세먼지가 전(全)지역적인 현상이라는 점 등을 설명했다. 따라서 미세먼지의 생성, 침투, 방출 등에 대한 종합 고려가 필요하며, 모델링 연구에 대한 지속적인 지원이 필요하다고 주장했다. 이를 통해서 배출원을 정확하게 파악할 수 있기 때문이라고 덧붙였다.

고령화 대책에 대해 발표한 김창오 연세대 교수는 '건강수명의 연장'을 통한 당당한 노화의 중요성을 내세웠다. 더 나아가 고령자가 과학기술 발전의 동력이 될 수 있도록 하자고 말했다.

과학기술 분야의 법·제도 개선방안을 발표한 연경남 창의재단 종합원격교육원수원장은 연구자들의 자율성을 높이고 그에 대한 책무성을 강화하기 위해 민·형사 상 책임을 지도록 하자는 주장으로 관심을 끌었다. 한 참석자는 그런 방향이 연구자들에게 자율성은 보장해주지 못하고 부담만 떠안길 수 있다고 우려하기도 했다.

이번 포럼을 통해 과학기술계 원로들이 법·제도 개선을 위해 구체적으로 어떤 방안을 고려하는지 알 수 있었다. 한림원의 원로들과 협력해야 할 각 혁신주체는 이렇게 제시된 방안에 대해 의견을 제시하고 소통하며 4차 산업혁명에 대응해야 할 것이다. **KT**

박연수

정책실 연수생,
ysoo@kist.re.kr

과학기술 출연(연) 발전방안(안) 종합토론회



2018년 1월 19일 국회 의원회관에서 국회 과학기술정보방송통신위원회 신상진 위원장(자유한국당)이 주최하고, 과기정통부와 연구회가 공동으로 주관한 과학기술 출연(연) 발전방안 종합토론회가 개최되었다. 토론회에는 과학기술계 전문가, 출연(연) 원장 및 관계자 등이 참석하여 출연(연)의 미래지향적 비전과 실효성 있는 발전방안 수립을 위해 의견을 교환했다.

이번 출연(연) 발전방안은 ‘연구로 신뢰’받는 연구자와 ‘해야 하는’ 연구에 집중하는 연구기관을 비전으로 삼고, ▲국민이 공감하는 출연연 역할과 책임 확장 ▲연구하는 출연연 환경 조성 ▲국민과 과학기술계의 신뢰와 공감 형성 등 3가지 방향을 목표로 내걸었다. 이중 연구하는 출연(연) 환경 조성을 위해서는 인력, 조직, 연구문화를 현장 중심으로 운영하는 과제를 제시하고, 연구비 구조 혁신 등 의견 조정이 필요한 정책들은 21개의 중장기 추진과제로 삼았다.

토론회를 주최한 신상진 위원장은 “연구자 중심의 연구풍토 개선에 관심을 가지고 있다”며 “모든 과학기술인이 연구에 몰입할 수 있는 환경조성을 위해 국회에서도 앞장서서 노력하겠다”고 약속했다. 이어진 토론에서는 이번 발전방안이 연구자의 자율성을 존중하는 등 연구 현장의 목소리를 담으려고

노력한 점에서 바람직하다고 평가했지만, 여전히 과제 수주를 위한 경쟁적 연구생태계와 연구하는 출연(연) 환경의 조성을 저해하는 ‘연구과제중심운영방식’(PBS)에 대한 근본적 해결책이 미비한 것에 대해 안타까움을 표했다.

양수석 연발협 회장은 “중장기 과제로 제시한 PBS 제도, 연구비 제도의 개선은 중장기 과제로 미룰 것이 아니라 지금부터라도 과기정통부가 중심이 된 TFT를 만들어 본격적으로 해결하려는 자세가 필요하다”며 “연구자들이 더 이상 작은 과제를 쫓아다니지 않고 국가에서 필요한 과제를 집중적으로 수행할 수 있도록 각 출연연에 한 개 이상의 정책지정형 대형과제를 발굴해주어야 한다”고 강조했다. 권성훈 국회 입법조사관은 “출연연 평가에 관한 사항은 과기출연기관법과 연구성과평가법에서 동시에 다루고 있어 바람직하지 않다”며 “과기출연기관법에서 출연연 특성에 맞는 체계를 정할수 있다는 점 등을 고려할 때, 연구성과평가법의 출연연 평가에 관한 사항을 과기출연기관법으로 이관하여 통합하는 것이 바람직하다”고 주장했다.

과기정통부는 이번 종합토론회 결과와 연구현장의 의견을 반영해 1월 말 발전방안을 발표할 계획이다. **kigt**

03

Guten Tag! KIST Europe

R&D In&Out

Remote Maintenance as Smart Customer Service
in Machinery Industry

조준

KIST Europe
스마트융합사업단,
j.jo@kist-europe.de

이용오

KIST Europe
스마트융합사업단,
yongoh.lee@kist-europe.de

황종운

KIST Europe
스마트융합사업단,
hwang@kist-europe.de

연구 개요

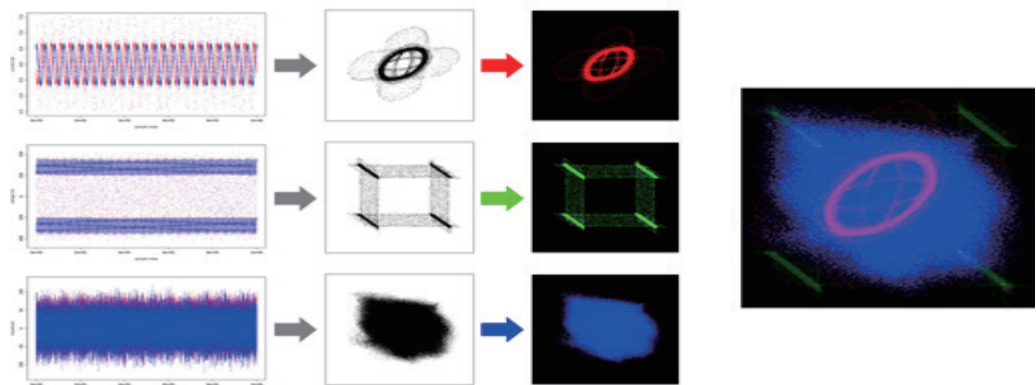
독일을 비롯한 유럽국가들은 제조업 생산성을 확대하고 지속적인 경쟁력 유지를 위하여 이미 수년전부터 스마트 제조시스템 개발과 구축에 정부차원에서 투자를 높여왔다. 특히 최근 활발하게 논의되고 있는 4차 산업혁명 이슈와 함께 관심이 보다 집중되고 있다. 스마트 제조시스템에는 스마트센서, IoT(Internet of Things), CPS (Cyber-Physics-System), Big Data, Cloud 등 분야나 목적에 따라 다양한 기술들이 적용되고 있으며, 최근에는 인공지능기반의 데이터 분석기술 또한 적용범위를 넓혀가고 있다. KIST 유럽연구소에서는 생산시스템에서 가장 널리 사용되고 있는 유도전동기를 대상으로 스마트센서, IoT, 딥러닝 기술에 기반한 RMS(Remote Maintenance System) 개발을 진행하고 있으며, 이는 원격지에서 설비상태를 측정하고, 기기오류를 진단 및 예측하여, 효율적인 설비유지보수를 가능하게 하는 서비스 형태로 구현할 수 있다.

연구 내용

데이터 특징 추출 기법 연구

산업용 장비에서 측정되는 상태 데이터는 일반적으로 시계열 데이터 형태를 가지며, 빅데이터의 특징을 가진다. 본 연구에서 사용된 유도전동기 데이터 역시 같은 특징을 가지며, 전류 2채널, 전압 2채널, 진동 2채널 신호로 구성된다. 이를 딥러닝에 활용하기 위하여 초당 600만개의 시계열 데이터를 1장의 이미지파일로 변환하는 기법을 개발하였다.

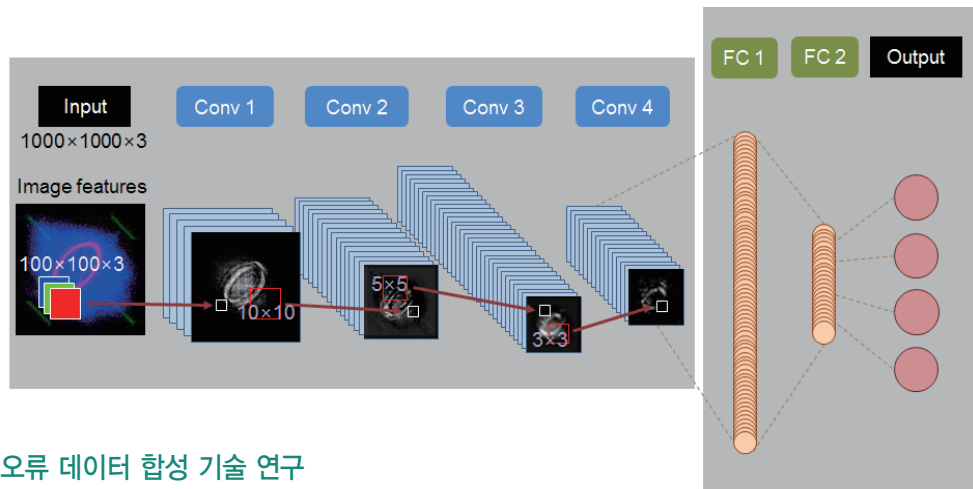
| 유도전동기 시계열 데이터 이미지변환 기법 |



딥러닝 기반 유도전동기 오류진단 및 예측기술 연구

딥러닝은 사용이 쉽고 성능이 우수하여 현재 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이중 이미지 인식 분야에서 활용되는 CNN (Convolutional Neural Network)은 검증된 성능과 다양한 구현체를 가져 현재 가장 널리 적용되는 모델 중의 하나이다. 본 연구에서는 이미지 형태로 변환된 유도전동기 데이터에서 오류를 검출하기 위해 CNN 기반의 딥러닝 모델을 개발하였다.

| 유도전동기 오류진단 CNN 모델 |



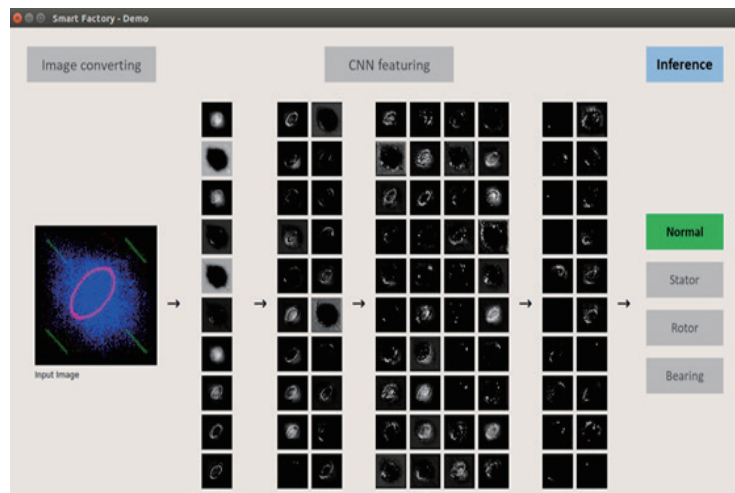
유도전동기 오류 데이터 합성 기술 연구

오류검출 개발에 딥러닝을 활용할 때 가장 큰 문제는 학습데이터의 확보이다. 이미 빅데이터를 가진 타 분야와 달리 산업용 기기의 오류 데이터는 확보에 어려움이 있으며, 데이터 축정에 대한 시도도 미비한 상황이다. 본 연구에서는 이를 해결하기 위해, 기존에 연구된 수학적 모델 및 딥러닝 기법의 하나인 GAN(Generative Adversarial Network)을 기반으로 각종 오류 데이터를 합성하여 활용하였다. 합성된 데이터는 개발된 오류검출시스템의 CNN 학습 및 검증에 활용되었으며, 차후 실측 오류 데이터를 다량 확보하여 합성 기술을 추가 검증할 예정이다.

연구 결과

실시간 측정이 가능한 유도전동기 오류진단 시스템 데모버전을 개발하였고, 신호측정에서 오류진단까지 소요되는 시간은 약 10초가량이다. 현재까지 개발된 시스템은 3종의 오류 (bearing 고장, stator winding 고장, rotor bar broken)를 진단할 수 있고, 오류검출 및 진단 정확도는 최대 99%를 기록하였다. **KIST**

| 실시간 유도전동기 오류 진단 시스템 |



03 TePRI 休

01. 지적 대화를 위한 넓고 얇은 이노베이션 이야기

집단지성의 바다, 기술혁신 네트워크 - 지식도 나누면 배가 된다

02. 이달의 추천도서

탁월한 사유의 시선



01

집단지성의 바다, 기술혁신 네트워크

– 지식도 나누면 배가 된다

TePRI 休

오윤환

TePRI 연구원, 기술경영·경제·정책박사

한원석

UST 과학기술경영정책연구소사과장

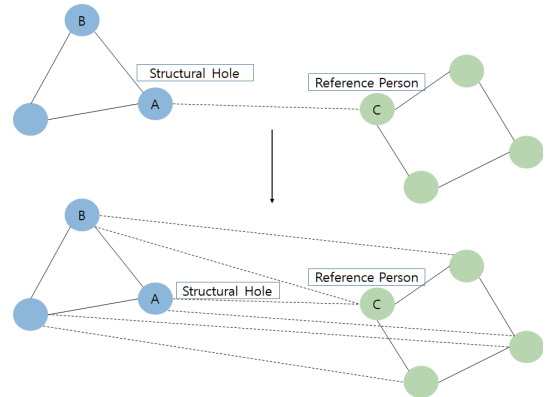
노벨상 수상자는 1950년대를 기점으로 공동수상 비율이 급속도로 늘어났다. 혁신적인 연구성과 창출을 위해서는 다른 연구자들과의 협력이 더 효과적이기 때문이다. 분야별 전문가들의 모임인 학회가 존재하는 것도 이 때문이다. 개별 연구자뿐만 아니라 유럽연합(EU)의 대규모 연구·혁신 프로그램인 Horizon 2020도 네트워크 구축과 인력교류 활동에 큰 비중을 두고 있다. 그렇다면 우리는 혁신에 있어서 네트워크의 의미에 대하여 충분히 인지하고 있을까? 네트워크의 중요성과 필요성에 대해 살펴보자.

협력 네트워크 구축을 통한 혁신은 이점을 지닌다. 하나의 주체가 자신의 지식만으로 혁신을 추구하다 보면, 한계에 맞닥뜨린다. 한계를 스스로 극복하기 위해서는 큰 위험과 비용의 감수가 필요하다. 이런 상황에서 협력 네트워크 구축을 통한 혁신은 한계극복 과정에서의 위험과 비용을 절감할 수 있다. 협력 네트워크가 지식 다양성(knowledge diversity)을 높여줄 수 있기 때문이다. 더 나아가 지식 공유를 통해 의도 이상의 성과를 얻을 가능성도 존재한다. 이 때문에 심지어 경쟁 기업들 간, 더 넓게는 국가 간에도 협력이 일어난다.

그렇다면 다양한 구성원들을 포함하는 복잡한 혁신 생태계에서는 어떠한 협력이 중요할까? 이에 대한 답을 얻기 위해 네트워크를 구성하는 요소들을 살펴보는 것이 도움이 될 수 있다.

기술혁신의 네트워크는 ‘사람 간 관계’와 비슷한 면을 보인다. 꾸준히 만나며 상호작용하는 친한 사이가 있는가 하면, ‘친구의 친구’처럼 그저 아는 사이도 있다. 기술혁신 이론에서 전자와 같은 관계를 강한 연결(strong tie)이라고 부르며, 후자는 약한 연결(weak tie)로 부른다. 강한 연결의 경우 행위자들끼리는 관심사를 공

유한다. 반면 약한 연결의 경우 공통의 관심사를 공유하지는 않으며, 서로 다른 분야에 속해 있다. 기술혁신 생태계에는 여러 강한 연결과 약한 연결이 공존한다. 강한 연결 특성 상 여러 개의 ‘끼리끼리 모이는 네트워크’가 생긴다. 행위자 A가 같은 그룹의 행위자 B와 강한 연결로 이어져 있으며, 또 다른 그룹의 행위자 C(준거인, reference person)와 약한 연결로 이어져 있는 상황을 가정해보자(그림1). 이 경우, B는 C와 직접적인 연결관계를 갖고 있지 않지만, A와 C의 관계를 통해 기술혁신에 도움이 되는 지식을 획득할 수 있다. 이렇게 허브(hub)의 역할을 하는 행위자 A를 구조적 공백이라고 부른다. 구조적 공백은 어떤 네트워크로부터 정보를 흡수하고 다른 네트워크로 확산한다.



▲구조적 공백을 통한 네트워크의 확장
Lee et al. (2012)의 Fig. 6을 재구성

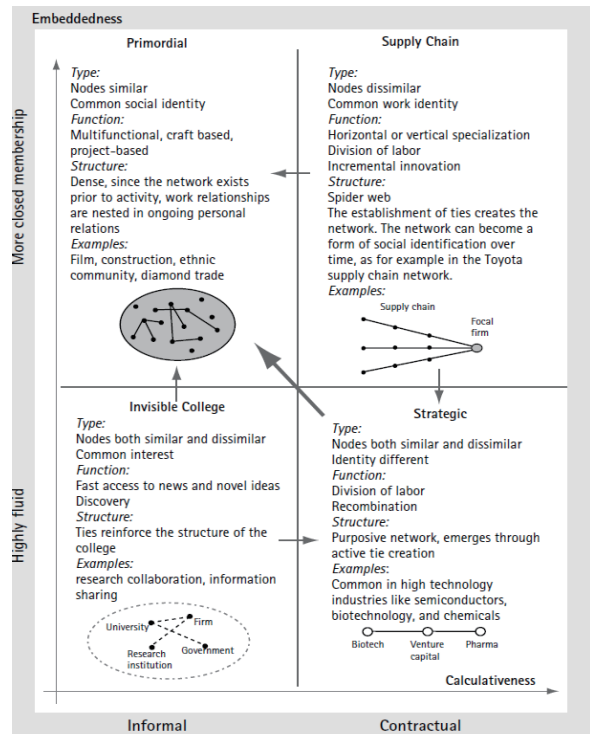
국가혁신체제가 발전하고, 구성원들 간의 선순환 구조를 구축하기 위해서는 공공연구기관이 구조적 공백의 역할을 충실히 수행해야 한다. 한국 과학기술과 경제발전에 있어서 KIST는 그 역할을 해왔다. KIST는 설립 초기에 해외 네트워크에 속해 있던 재외 한국 과학자들이 국내로 돌아와 한국의 네트워크가 성장할 수 있도록 한 구심점이었다. 또한 KIST 출신 연구자

들은 새롭게 등장한 여러 정부출연연구소에 요직으로 옮겨감으로써 혁신네트워크가 확장될 수 있었다. 더 나아가 KIST는 국내 연구자들이 만나지 못했던 해외 네트워크를 만날 수 있도록 돕는 역할도 해왔다.

앞에서 네트워크 구성원 간의 연결 강도에 대해 살펴 보았다. 여기에 네트워크 연결의 규정화 여부를 함께 고려하면 4가지 유형을 살펴볼 수 있다. 첫번째 원시적(primordial) 네트워크는 가족처럼 특정 의도를 위해 생성된 것이 아니라 자연히 발생한 네트워크를 지칭한다. 이 유형은 강한 연결로 구성되어 있지만 계약과 같이 공식화 되어있지는 않다. 둘째로 공급사슬(supply chain)은 일방향성을 띤, 명시적이고 강한 네트워크를 뜻한다. 도요타나 현대기아차의 부품공급업체 네트워크가 대표적인 예이다.

셋째로 암묵적 협의체(invisible college)는 구성원들이 약한 연결로 연결되어 명시적이지 않으며 약한 네트워크를 의미한다. 예시로는 대학, 연구소, 기업, 정부 등으로 구성된 연구 협력 네트워크가 있다. 마지막으로 전략 네트워크는 행위자들 간의 분업을 중시하여 명시적으로 형성된 약한 네트워크다. 이 유형에서는 구성원들이 명확한 공통의 목적을 공유하며, 각 행위자들이 계약 등을 통해 각자 가장 잘 해낼 수 있는 일들을 맡게 된다. 생명공학 기업과, 벤처 캐피탈, 제약회사로 구성된 네트워크가 여기에 해당된다.

지난 해 말 혁신성장 전략회의에서는 장기 성장률 회복의 주역이 민간이며 정부는 서포트 타워 역할을 충실히 수행해야 한다는 결론을 도출했다. 혁신 네트워크의 구성원 전체가 함께 성장할 수 있는 선순환 구조 구축이 4차 산업혁명에 대응하고 혁신성장을 이룩하는 데 중요하기 때문이다. 따라서 공공부문의 연구자들 또한 민간과 전략적 네트워크를 구축하는 것이 바람직하다. 자신이 진행하고 있는 연구도 중요하지만 외부와의 활발한 네트워크 구축이 모두가 함께 진화해나갈 수 있는 길이다. **KIST**



▲ 네트워크의 네 가지 유형
출처 : Powell & Grodal (2004)

* 참고자료

Lee, J. D., Bæk, C., Kim, H. S., & Lee, J. S. (2014) Development pattern of the DEA research field: a social network analysis approach. *Journal of Productivity Analysis*, 41(2), 175–186.
Powell, W. W., Grodal, S. (2004) Networks of Innovators. In *The Oxford Handbook of Innovation* (pp. 56–85) edited by Jan F., David C. M., Richard R. N. Oxford University Press.
기획재정부 (2017) 「2017 대한민국 혁신성장 전략회의 개최」
문만용 (2017) 「한국 과학기술 연구체제의 진화」, 들녘.

02

TePRI 休

김 현 우

정책기획팀,
kimhyunu@kist.re.kr

탁월한 사유의 시선

» 저자 및 도서 소개

저자 최진석은 서강대학교 철학과에서 학부와 석사 과정을 마치고 중국 허룽강대학교를 거쳐 북경대학교에서 '성현영의 '장자소' 연구(成玄英의 '莊子疏' 研究)'로 철학박사 학위를 받았다. 서강대학교 철학과 교수로 재직 중이며, 건명원(建明苑) 원장과 섬진강인문학교 교장을 맡고 있다. 주요 저서로는 <인간이 그리는 무늬> <저것을 버리고 이것을> <생각하는 힘, 노자 인문학> 등이 있다. 2015년 건명원에서 진행한 다섯 차례의 철학 강의를 묶은 이번 책은 최진석 교수가 개인과 사회를 날카롭게 관찰해온 사유의 결정체다. 저자는 나라를 이끌어갈 개인을 각성시키고 함께 시대적 사명을 감당하기 위해 혁명가이자 문명의 깃발로서의 역할을 자처하며 인문적, 지적적, 문화적, 예술적 차원으로의 선진화를 철학을 통해 제시한다.

» 주요 내용

철학의 시작은 전면적인 '부정(否定)'에 있음

철학을 수입한다는 것은 생각을 수입한다는 뜻이며, 생각을 수입하는 사람들은 생각을 수출하는 사람들이 생각해낸 결과들을 수용하게 됨

- 칸트나 노자가 무슨 말을 했는지는 알지만, 정작 나 스스로의 생각하는 능력은 퇴화해버림

지금과는 전혀 다르면서 한 단계 높은 차원의 시선을 가져야만 선도적이고 창의적인 기풍을 발달시킬 수 있음

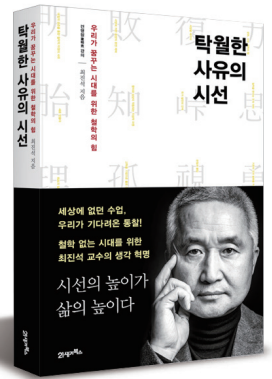
- 철학을 한다는 것은 결국 가장 높은 차원의 사유 능력을 발휘한다는 것, 즉 전면적인 부정(否定)을 통해 새로운 생성*을 기약하는 것.

*새로운 생성이란, 전략적인 높이에서 자기 시선으로 세계를 보고 자신이 직접 나아갈 길을 결정한다는 뜻.

국가발전의 기초는 철학의 '선도(先導)력'

추상적으로 보이는 철학적 이론들은 구체적 현실과 함께 얽혀서 작용하므로 국가 발전의 기초가 됨

- 철학적 태도를 갖는다는 것은 남이 이미 읽은 내용을 습득하는 것이 아니라 높은 차원에서 현실로서 지금 이 세계를 읽어내는 것



'선진'국이 되기 위해서는 '선도(先導)력'을 갖추어야 하며, 선도(先導)력을 갖추기 위해서는 '장르'를 만들 수 있어야 함

- '장르'란 대다수가 공유하는 논리나 이성을 따르는 것이 아니라, 창의와 상상이 일어나는 높이에서 세계를 포착하고 이를 개념화하는 것

※ 중국은 아편전쟁 이후 반식민 상태에서 나라와 민족을 구하기 위해 노력하다가 최종 귀결로 윤리, 사상, 문화, 철학에 집중하여 '장르'를 만들게 되었음

'장르'의 창조를 가능하게 하는 것은 '질문'의 힘을 내면화하는 시민의식

- '질문'이란 자신에게만 있는 궁금증과 호기심이 안에 머물지 못하고 밖으로 튀어나오는 것이며, 미래적이고 개방적인 특성을 가지고 있음

철학은 '독립(獨立)'을 바탕으로 함

'독립'이란 대다수를 벗어난 '나'로서, 독립적인 주체는 '다음'이나 '너머'로 나아갈 수 있는 힘을 가지고 있음

- '다음'이나 '너머'는 알려져 있지 않기 때문에 불안하지만 독립적인 주체들은 불안과 불균형을 과감하게 맞이하는 '용기'를 가지고 있는 사람들

기존의 관념을 빠져나와 참된 나를 찾는 '진인(真人)'을 해야 함

자기 살해를 거친 뒤에야 등장하는 참된 인간으로서의 자신이 '진인'

- 나와 사회를 창조적 기풍으로 채우기 위해서는 지적인 게으름에서 벗어나 지적인 부지런함을 회복하는 인격적 성숙이 있어야 함

“참된 사람이 있고 나서야 참된 지식이 있다.
(유진인이후유진지 有真人而後有真知)”

- 장자 莊子

기술정책연구소

Technology Policy Research Institute

TePRI

Technology
Policy
Research
Institute

REPORT