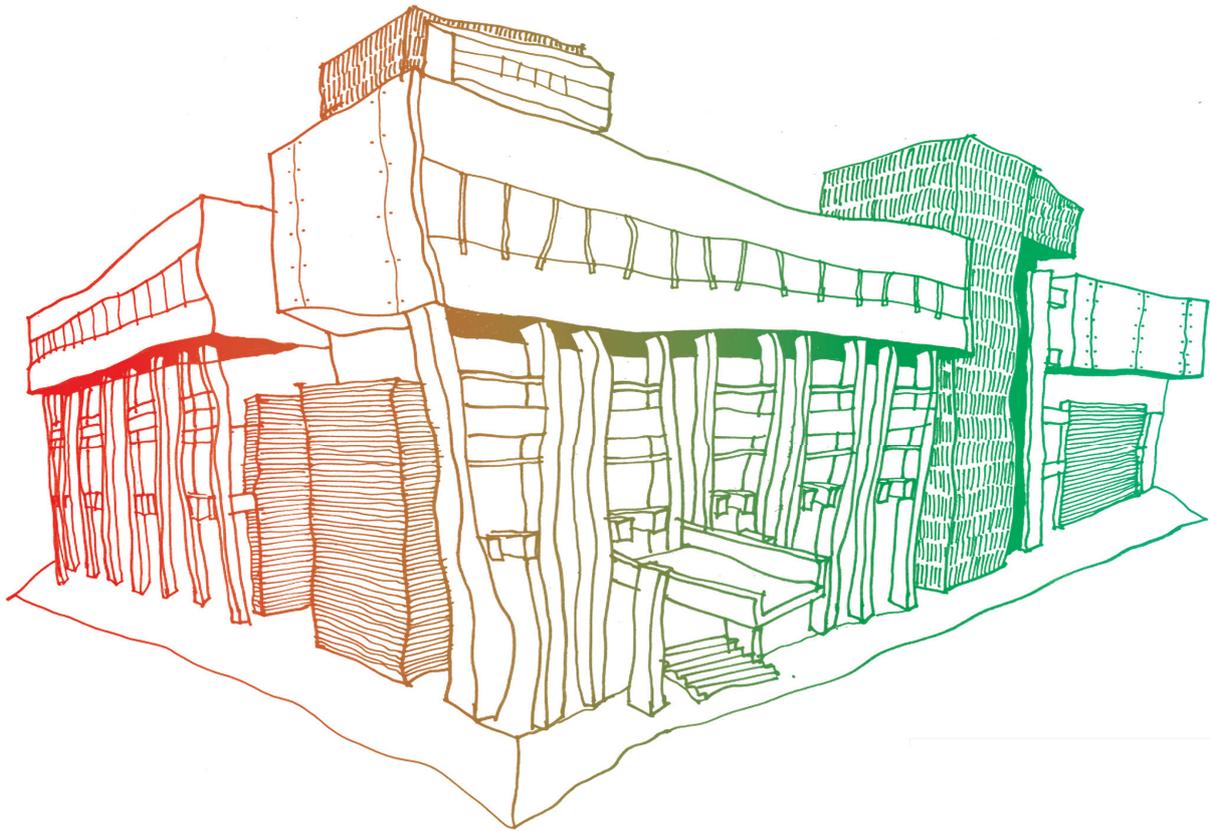


TePRI

REPORT

2017. 05. vol.72



TePRI 포커스 “Beyond The Miracle”, 세상의 중심에서 과학기술의 국격을 책임지다

TePRI가 만난 사람 국가과학기술연구회 윤석진 융합연구본부장

PART 01 : 이슈분석 4차 산업혁명의 핵심 개념과 이슈 및 동향

PART 02 : 과학기술 동향 I. 주요 과학기술 정책 : 과학기술유공자 예우 및 지원계획(안)
II. 월간 과학기술 현안 : KOREA-EU R&D FAIR 2017 개최

PART 03 : TePRI 라운지 I. TePRISM : 고해상도 뇌파 맵을 이용한 렘수면 구조 규명

II. 신규 보고서 : 과학기술인력의 연구 환경 진단과 대응

III. TePRI Wiki : 장난감이나 만들던 시대는 진작에 끝났다! 장기 이식 대기자들을 살릴 3D 바이오프린팅

TOPRI REPORT

2017. 05. vol.72

기술정책연구소

Technology Policy Research Institute



TePRI
Technology Policy Research Institute



TePRI 포커스

“Beyond The Miracle”, 세상의 중심에서 과학기술의 국격을 책임지다 4

TePRI가 만난 사람

국가과학기술연구회 윤석진 융합연구본부장 6

PART 01 : 이슈분석

4차 산업혁명의 핵심 개념과 이슈 및 동향 11

PART 02 : 과학기술 동향

I. 주요 과학기술 정책 :
과학기술유공자 예우 및 지원계획(안) 21

II. 월간 과학기술 현안 :
KOREA-EU R&D FAIR 2017 개최 25

PART 03 : TePRI 라운지

I. TePRISM :
고해상도 뇌파 맵을 이용한 렘수면 구조 규명 31

II. 신규 보고서 :
과학기술인력의 연구 환경 진단과 대응 32

III. TePRI Wiki :
장난감이나 만들던 시대는 진작에 끝났다!
장기 이식 대기자들을 살릴 3D 바이오프린팅 37

TePRI FOCUS

“Beyond The Miracle”, 세상의 중심에서 과학기술의 국격을 책임지다

– 더 나은 세상을 위한 KIST의 사자후 –



세계의 변두리에서 생계를 위해 고군분투하던 대한민국이 이제 세상의 중심에서서 당당한 선진국으로 발돋움하고 있다. 원조를 받는 전후 세계 최빈국에서 공여국이 된 유일한 사례가 됐고, 나아가 2014년 기준 GDP 대비 R&D 비중은 세계 1위가 되었다. 추격형 전략으로 성장하여 선두그룹에 진입한 유일한 국가가 된 것이다.

이러한 기적에 가까운 도약에는 강력한 과학기술의 뒷받침이 있었고, KIST는 그 과정에서 언제나 핵심적 역할을 해 왔다. 2014년 기술경영경제학회의 조사에 따르면 1966년부터 2012년까지 47년간 KIST는 595조원의 경제사회적 파급효과를 창출한 것으로 평가되고 있다. 또한, 광복 70주년 기념으로 선정된 과학기술 70선 중 7건이 KIST의 연구진에 의한 것이었다. 단일기관으로는 가장 많은 숫자다. 최근에도 이러한 노력은 계속되어 2016년과 2017년 KIST가 세계 최고수준의 혁신적 정부연구기관 25개 중 6위에 오르는 놀라운 결과를 접하게 된다.

개원 50주년을 맞아 “기적을 넘어서자”는 KIST의 자신감은 이러한 성과에 바탕을 두고 있다. 동시에 이 슬로건은 학계와 산업계의 기술개발 역량이 고도화되고 있는 시점에서 고민해 온 KIST의 새로운 역할이기도 하다. “Beyond The Miracle”이 제시하는 비전은 이제 우리나라의 과학기술 역량이 세계 최고 수준으로 도약해야 할 시점임을 선언하는 것이며, KIST가 이를 앞장 서 이끌겠다는 다짐이다. 그동안 우리나라 산업발전을 이끌어온 KIST가 이제는 과학기술의 국격을 책임지는 새로운 역할을 자임하는 것이다.

그러나, KIST의 역량이 아직 확고히 글로벌 리더의 단계에 이르렀다고는 할 수 없을 것이다. 고착화된 세계 과학기술·경제 질서에서 선두로 나선다는 것은 만만치 않은 일이다. 그럼에도 불구하고 최근 나노, 바이오, ICT의 기초 원천기술 분야에서 괄목할 성과를 거두고 있고, 종합연구소의 장점을 살린 융합기술 분야에서 많은 혁신적 연구 결과들이 도출되고 있다. 또한, 주목할 것은 KIST를 포함하여 다양한 분야의 우수 인재가 결집되어 있는 흥릉지역의 융합역량이 과학기술의 새로운 시대를 이끄는 중요한 추진력이 될 수 있다는 점이다.



특히, 인류 사회에 커다란 변혁을 가져 올 4차 산업혁명은 과학기술 홍릉시대를 드라이브할 새로운 기회이다. 4차 산업혁명은 본질적으로 대융합의 성격을 띠며, 이를 이끌어 갈 새로운 인재상을 요구한다. 홍릉에는 산업화 시기에 과학기술에 기반한 성장을 이끌어 낸 경험이 농축되어 있으며, KIST, 고등과학원, 고려대, 경희대, 서울과기대 등 우수한 인재가 집결된 독특한 지역적 특성을 가지고 있다.

이러한 홍릉의 잠재력을 KIST의 국가발전에 기여하는 DNA에 접목한다면, 4차 산업혁명의 추종자로 머무는 것이 아니라 선도적 위치로 나아가는 모멘텀을 만들 수 있을 것이다. 이러한 구체화된 움직임은 최근 홍릉 학연연계 R&BD 사업의 시작에서 찾아 볼 수 있다. 학연연계 R&BD 사업이란, 대학, 출연연의 축적된 혁신역량(기술과 인력)을 바탕으로 산학연 협력에 기반한 지역 단위 자생적 혁신 생태계를 조성하는 사업을 일컫는다. KIST는 주변 대학들과 컨소시움을 구성하여 얼마 전 이 사업을 수주하는데 성공하였다.

홍릉의 학연연계 R&BD 사업은 해외 유수의 학연 클러스터를 벤치마킹한 일명 홍릉 OPERA(Open Innovation Platform with Enterprise Research and Academy) 학연연계 모델에 기초하고 있다. KIST, 고려대, 경희대, 서울과기대가 협력하여 기업의 현실을 반영한 맞춤형 모바일 로봇 플랫폼의 R&BD Fast-track을 구축하는 계획으로, 4차 산업혁명과 강대국의 자국이익 우선 정책 등 전반적인 경제 산업적 환경변화에 대응할 수 있는 제조업의 혁신을 목표로 하고 있다. 궁극적으로 이러한 노력들은 창업과 비즈니스가 물결치는 홍릉이 거세게 밀려오는 4차 산업혁명을 이끌어 가고자 함이다.

KIST가 과학기술의 국격을 책임지는 연구소로 역할을 다하기 위해서는 인류 사회의 변혁과 성장의 원천인 혁신기술을 창제하는 리더급 연구소가 되어야 한다. 홍릉 OPERA 모델은 그 첫 번째 장이다. KIST와 홍릉지역의 잠재력이 대융합의 4차 산업혁명 시대에 과학기술의 글로벌 선두 국가를 만드는 원동력이 될 것이다. 기대해도 좋다.

이광렬(기술정책연구소(TePRI) 소장)



국가과학기술연구회 **윤석진** 융합연구본부장

윤석진 국가과학기술연구회 융합연구본부장님은 미래융합기술연구본부장, 연구기획조정본부장, 융합연구정책센터장 등 융합연구 분야의 주요보직을 역임하시며 우리나라의 융합연구 환경 조성에 앞장서고 계십니다.

융합형 연구를 통해 연구를 위한 연구가 아닌 국가경제에 필요한 연구를 하도록 만드는 서번트 (섬김) 리더십을 실천하고 계시는 윤석진 본부장님을 만나 그간 출연(연) 융합연구사업의 전반적인 추진 경과에 대해 들어보도록 하겠습니다.

본부장님께서는 2014년부터 국가과학기술연구회의 융합연구본부장을 맡으시고 연 100억원 규모의 연구비를 지원하는 융합연구사업을 총괄·관리해 오셨습니다. 융합연구사업의 그간의 추진경과와 성과에 대해 말씀 부탁드립니다.

연구회 융합연구사업과의 인연은 2013년 10월 기획재정부에서 주관한 R&D효율화 작업반의 출연(연) 융합연구 파트의 반장을 맡아 on-site 융합연구단을 기획하면서 시작되었습니다. 당시에는 제가 여기서 이렇게 근무하게 될지 짐작도 하지 못했습니다. 출연(연)간 융합연구 생태계 구축을 목적으로 기획된 융합연구사업은 '14년도 2개, '15년도 7개, '16년도 2개의 연구단을 출범시켜 현재까지 총 11개 연구단을 지원 중입니다. 예산상으로는 15개 연구단까지 운영 가능하나, 예산을 소진하는 개념이 아니라 질적 지표 위주로 성공 가능성이 높은 과제 위주로 선정하다보니 11개가 선정되었습니다. 그 외 기존에 운영하던 창의형 융합연구사업 25개와 출연(연) 융합연구 생태계 구축에 필수적인 정보·인력 교류를 위해 융합클러스터사업 46개를 만들었습니다. 이제 3년째 들어서다 보니 단순히 경제성장만을 목표로 하기보다는 출연(연)이 해야 할 연구 주제 중심으로 융합연구생태계를 구축하는 일에 중점을 두고 있습니다.

출연(연)간 벽을 허물고 융합을 하는데 어려움이 많을 것으로 생각합니다. 그간 융합연구사업을 추진하는데 있어 어려운 점이 있었다면 무엇이었던지 말씀해 주십시오.

여러 가지 어려움이 많았는데 가장 어려웠던 점은 연구자의 의식전환이었습니다. 그간 대부분 연구자들의 연구행태는 나홀로 하는 연구, outcome이 아닌 논문·특허와 같은 output 위주의 연구성과 중시였다고 할 수 있습니다. 그런데 융합연구단 사업은 모여서 하는 것이라 많은 설득이 필요했습니다. 대부분의 연구자가 자신의 직장을 벗어나 낯선 곳에서 연구하는 것을 이해하기 어려워합니다. 연구 터전을 옮겨가면서까지 융합연구단 연구에 참여해 달라고 당위성을 설파하는데 공을 많이 들였습니다.

다음으로 핵심연구자들이 신명나게 자발적으로 연구할 수 있도록 연구자들에게 혜택을 줄 수 있는 제도를 만드는 것이 어려웠습니다. 파견수당, 주거수당 등을 충분히 활용하고 자율성을 보장한다 해도, 참여하면 유리하다는 인식을 심어주기가 쉽지 않았습니다. 다만 고무적이었던 점은 예산당국인 기획재정부 등에서도 이 사업에 대해 적극적인 호응이 있었다는 점이었습니다. 이러한 이유로 차기 정부에서도 융합연구단 사업은 이러한 방식으로 계속해서 이끌어 가야 한다는 인식이 조성되었습니다.





전 세계적으로 화두인 4차 산업혁명에 대응하여 출연(연)의 역량을 결집하는 것이 중대한 현안으로 여겨지고 있습니다. 이를 위해 연구회 차원에서 어떤 준비가 이루어지고 있는지 여쭙어보고 싶습니다.

현재 우리나라의 4차 산업혁명에 대한 분석은 상당히 잘 이루어져 있지만, 이에 대한 전략수립은 부재한 상황입니다. 이에, 연구회 차원에서 우리나라가 주력으로 추진할 4차 산업혁명에 대한 전략 수립을 추진 중입니다. 저는 4차 산업혁명의 화두는 결국 오픈 이노베이션이므로, 과학기술 뿐 아니라 경제인문사회 출연(연)과 함께 하는 것이 진정한 융합을 위해 꼭 필요하다고 생각합니다. 스티브 잡스가 아이폰을 내놓은 것이 융합혁명으로 이어졌듯이 오픈 이노베이션을 핵심 키워드로 경제인문사회 출연(연)과 함께 하는 융합연구 활성화를 계획 중입니다. 좋은 예로는 소관 출연(연)인 한국전자통신연구원을 중심으로 AI 기반의 4차 산업혁명 과제들을 진행 중이고 우리나라의 미래 먹거리로 이어질 것이라고 기대하고 있습니다.

본부장님께서서는 연구 뿐 아니라 KIST 미래융합기술본부장, 연구기획조정본부장 등의 보직을 맡으시며 경영능력도 인정받은 대표적인 π (파이)형* 인재입니다. 4차 산업혁명시대에 필요한 π 형 인재 양성 활성화를 위해 국가·사회적으로 어떠한 노력이 필요하다고 생각하십니까?

* π 형 인재 : 두 가지 전문성 즉, 경영 기법에 대한 이해와 IT를 중심으로 한 융합(신)기술에 대한 이해를 갖춘 가운데 조직이 당면한 문제들을 해결할 수 있는 폭넓은 상식을 갖춘 인재

항상 자기 위치에서 최선을 다하고 뭔가 바꿔 보려는 노력의 일환이 그렇게 보여졌는지 모르겠습니다(웃음). 미국은 초등학교와 중학교때부터 STEM교육이 활성화되고 있습니다. 반면 우리나라는 암기 위주의 입시교육에 매진하는 교육을 하고 있습니다. 과거의 추격형 패러다임에서는 답이 있어서 이런 방식이 통했지만, 정해진 답이 없는 미래의 연구환경에서는 그런 교육은 하루 빨리 탈피되고 바뀌어야 합니다. 좋은 사례로 최근 세종지역 중학생들에게도 '자유학기제'*가 도입된다고 합니다. 첨언하면 고시오패스, 공딩족과 같이 요즘 젊은이들이 공무원 시험 준비에 매진하며, 기업에는 가지 않고 안정적인 직장만 추구하는 현상도 문제가 있다고 봅니다.

* 중간·기말고사를 보지 않는 대신 토론·실습 수업이나 직장 체험활동과 같은 진로교육을 받는 제도

연구자의 경우에는 창의적 연구환경 구축이 중요합니다. 자기만의 연구공간, 아성을 쌓기 보다는 동료연구자와의 협업, 인력교류 등이 필요합니다. 이미 시간 대비 결과물로 승부해야 하는 패러다임은 끝났고, 앞으로는 아이디어 싸움의 시대입니다. 이를 위해 자유롭고 창의적인 연구 및 교류 공간 등의 연구환경 조성이 필요합니다. KIST는 사실 이런 부분에서 여건이 잘 갖추어져 있어서, 출연(연) 전체로의 확산이 중요하지 않나 생각합니다.

본부장님께서서는 260여 편의 국내외 논문, 169건의 국내외 특허, 기술 이전 7건 등 남다른 연구업적을 보유하고 계십니다. 가장 기억에 남는 연구는 무엇이신가요?

2000년대 전까지는 저도 선진기술을 벤치마킹하는 연구를 많이 했던 거 같습니다. 차량 후방경보기, 가습기, 노킹센서 등의 국산화 등이 연구 분야 중 하나였습니다. 이를 통해 기술 이전한 중소기업의 매출이 50억원에서 200-300억원으로 급등하는 것을 지켜보며 많은 보람을 느꼈습니다. 그러나 2000년대 이후부터는 이런 방식의 연구가 한계를 드러냈습니다. 그때가 어떻게 보면 전환점이 되었다고 기억되네요. 창의적 연구에 집중하자고 마음을 가다듬고 각고의 노력을 기울여서, 세계 최초의 3mm이하, 초저가의 직선운동모터(리니어모터, tiny ultrasonic linear actuator, TULA) 개발에 성공하였습니다. 이는 압전 초음파 소자와 삼각형 형태의 전기를 공급하는 회로를 개발한 것으로 모터의 직선운동은 운동의 기본 원리 중 하나인 관성의 법칙을 응용한 것입니다. 현재 이 기술은 산업체로 이전되어 기존의 무겁고 비싼 DSLR을 대체할 수 있는 신개념 카메라에 들어가 있으며, 현재까지 세계에서 유일한 기술로 인정받고 있습니다.

KIST에서 근무하실 당시 아이디어 공유 활성화를 위해 개별 연구실 면적을 줄이고 확보된 공간을 연구원들이 공유하도록 바꾸셨다고 들었습니다. 더 나은 연구문화를 위해서는 이를 수용할 연구자들의 마음가짐이 중요한 것 같습니다. 융합연구문화 조성을 위해 연구자들에게 부탁하고 싶은 부분이 있으시다면 말씀해 주십시오.

연구실 문화라는 것은 통상 선·책임연구원이 독립된 연구공간에서 혼자 연구하는 단절된 분위기가기 쉽습니다. 공간을 공유한다는 게 단순한 물리적 변화뿐만 아니라 연구원 간의 소통하는 구조를 만들어준다는 의미입니다. 소통과 협력이 중요한 융합연구의 패러다임을 KIST가 선도했다는 점에서 좋은 선례가 아닌가 생각합니다.

진정한 융합을 위해서는 우선 자기 전공분야의 전문가(Guru)가 되어야 합니다. 다음으로 상대방에 대한 불신과 두려움은 융합하기 어렵게 만들므로 '용기'가 필요하다고 생각합니다. 처음에는 물리적 융합에서 시작했지만 화학적 융합을 위해서는 자신의 실력을 갖추고 남을 포용·배려·신뢰하는 용기를 갖추어야 합니다. 논문을 쓰고 국산화를 하는 연구가 아닌 향후 답이 보이지 않는 연구를 위해서는 융합만이 살길인데, 자기 분야의 실력을 갖추고 용기를 내서 협동해야 합니다. 실제 융합연구정책센터의 분석결과에 따르면, 융합 R&D와 일반 R&D의 성과 비교 시 1.6배 정도 융합연구의 성과가 높았으며, 융합연구단 연구자들도 역시 해보니 좋더라는 인식이 조성되고 있습니다.

대한민국은 헌법 제 127조에서도 알 수 있듯이 과학기술을 경제발전의 주요한 동력으로 널리 인식하고 있습니다. 본부장님께서 생각하시는 오늘날 과학기술의 국가사회적 역할은 무엇이라고 생각하십니까?

* 헌법 제127조 1항 : 국가는 과학기술의 혁신과 정보 및 인력의 개발을 통하여 국민경제의 발전에 노력하여야 한다.

최근 과학기술을 경제발전의 목적으로만 볼 수 없다는 점에서 국회에서도 논의되는 사항



이지만, 저는 두 가지 관점에서 보고 있습니다. 우선 수학, 물리와 같은 경우 순수 목적인 학문자체의 연구에 목적이 있지만 엔지니어링 베이스 공학은 경제발전과 궤를 같이 해야 한다고 생각합니다. 21세기 과학기술은 4차 산업혁명에서 보듯이 속도전이고 사회변화가 매우 빠릅니다. 그래서 급속히 변화되는 사회적 문제, 예를 들어 환경, 에너지, 도시화, 고령화 등 국가적 아젠다는 과학기술이 적극적으로 대처해야 합니다. 국민의 세금으로 운영되므로, 경제발전 뿐 아니라 국민이 체감하는 과학기술을 해야 합니다. 메르스, 조류 인플루엔자 등 국민행복(체감) 기술 개발에 게을리해서는 안 된다고 봅니다. 민간 R&D는 경제성장이 목적이 라면, 공공 R&D는 국민이 체감하는 과학기술을 해야 일반국민에게 사랑·신뢰 받게 될 것이고 이것이 오늘날의 국가 과학기술이 주안점을 둘 사항이라고 생각합니다.

본부장님께서서는 평소 자기관리가 철저하시기로 정평이 나 있으십니다. 마지막으로 독자들에게 자기관리 비결에 대해서 공유해 주시면 감사드리겠습니다.

운동을 시작한지는 20여년이 됐습니다. 항상 새벽 5시에 일어나서 2시간 정도 헬스를 해 오고 있습니다. 이렇게 자기 관리에는 나름의 원칙이 있어야 한다는 게 제 지론입니다.

아무리 지능이 뛰어나고 여건이 좋아도 체력이 바탕이 되지 않으면 일을 수행하기 어렵습니다. 건강한 신체에서 건전한 사고가 나옵니다. 가능한 모든 모임은 10시 전에 파하고 새벽에 일어나는 것을 습관화하고 있습니다. 최근에는 음주도 많이 줄이고(웃음) 대화를 많이 하려고 노력하고 있습니다.

그릿(GRIT)이라는 책에 벽돌공에 대한 우화가 나오는데 말씀 드리고 싶습니다. 세 벽돌공에게 지금 무엇을 하고 있느냐 물었더니, 첫 번째 벽돌공은 “벽돌을 쌓고 있다”, 두 번째 벽돌공은 “교회를 짓고 있다”, 마지막 벽돌공은 “하느님의 성전을 짓고 있다”고 답했다고 합니다. 첫 번째 벽돌공은 생업을 갖고 있는 것이고, 두 번째 벽돌공은 직업을 그리고 세 번째 벽돌공은 천직을 갖고 있다는 의미입니다.

저는 이 우화가 연구원이라는 천직을 대하는 제 마음가짐과 자기관리의 원칙을 잘 보여준다고 생각합니다. 저는 연구원이 천직인 것 같습니다.

강혜정(미래전략팀, hjkan@kist.re.kr)

임혜진(미래전략팀, hjlim@kist.re.kr)

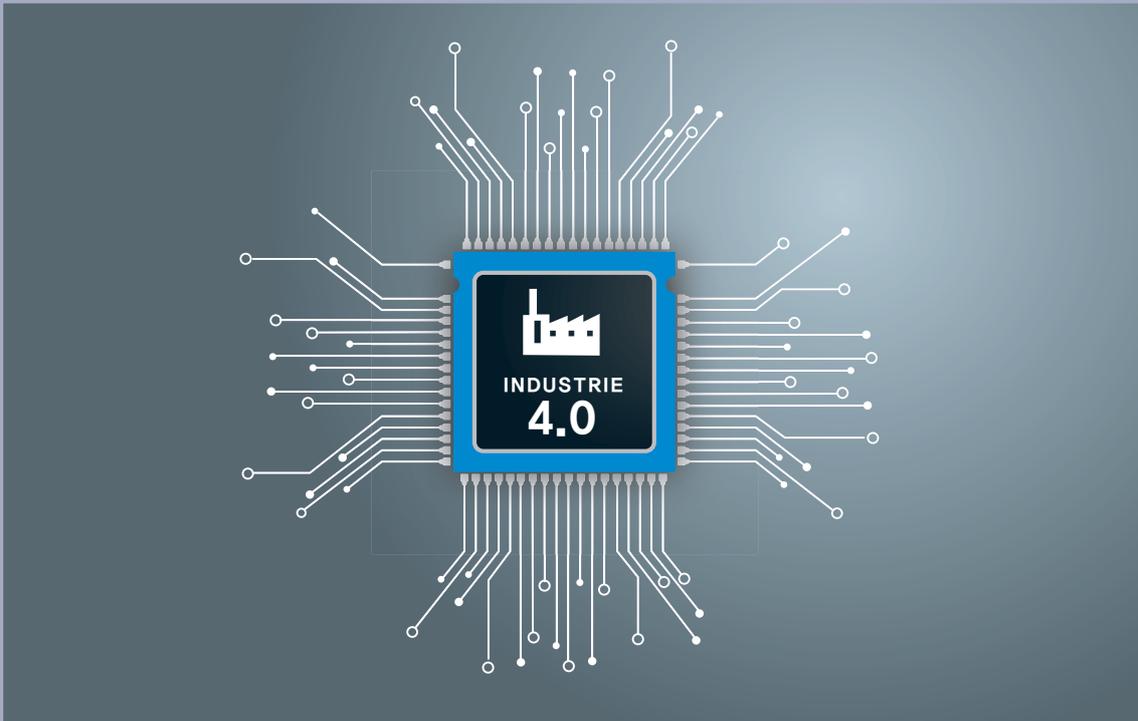
윤석진 국가과학기술연구회 융합연구본부 본부장

- ▲ 연세대학교 전기공학 학사, 연세대학교 공학 석·박사
- ▲ 前 KIST 미래융합기술연구본부장, 연구기획조정본부장, 융합연구정책센터 센터장 외
- ▲ 現 한국전기전자재료학회 회장, 미래부 나노소재기술개발사업 추진위원장

4차 산업혁명의 핵심 개념과 이슈 및 동향

초연결·초지능이 대융합으로 가시화되는 4차 산업혁명의 도래가 회자되고 있다. 인공지능, IoT, 빅데이터 등의 기술혁신을 바탕으로 생산성이 빠르게 향상되고 경제·사회구조가 근본적으로 재편되는 등 막대한 파급효과가 예상되고 있다. 이러한 4차 산업혁명이 대한민국 재도약의 기회가 되어야 한다는 점에서는 모두 같은 입장이다.

이번 호 이슈분석에서는 4차 산업혁명의 개념과 핵심이슈 등에 대한 분석¹⁾을 통해 이해를 깊이 하도록 한다. 이러한 관점에서 국내 유일의 종합연구소로서 융복합 연구를 선도해 나가고 있는 KIST의 4차 산업혁명 준비에 대한 동향도 함께 살펴보고자 한다.



임혜진(미래전략팀, hjlim@kist.re.kr)

1) 「4차 산업혁명에 대응한 한국 산업의 발전전략(KDI)」 참조

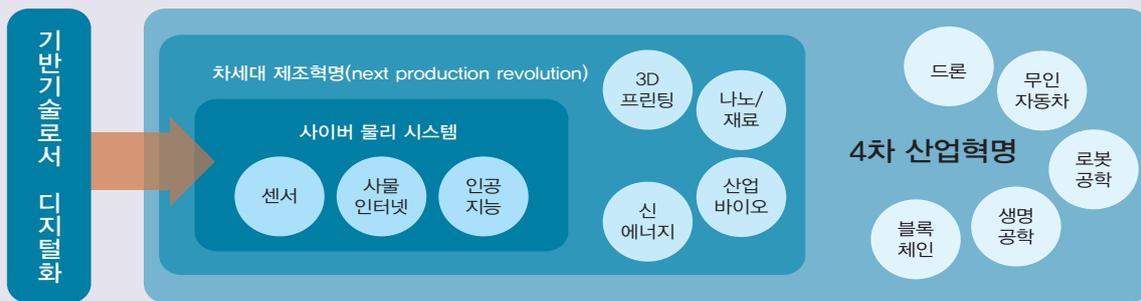
1

4차 산업혁명의 개념 및 파급효과

① 통합된 사이버·실물 시스템에서 ② 디지털 데이터 활용 및 네트워크 연결을 통하여 ③ 시장과 산업이 태동·성장하는 새로운 발전 패러다임

- 사이버-물리 시스템에서 제조업 혁명으로, 더 나아가 바이오, 재료, 에너지 등 신기술과 정보통신 기술의 융합으로 확장되고 있으며 이와 관련된 미래 경제사회 시스템의 변화로 포괄적의 가능
 - 2013년 「Industrie 4.0」은 사이버-물리 시스템이 독일의 제조업에 미치는 영향과 이에 대한 대응을 독일정부가 선도적으로 주창
 - 2014년 OECD는 이러한 변화를 「차세대 제조혁명(next production revolution)」으로 정의하였으며, 2016년 OECD STI Outlook에 반영
 - 최근에는 제조혁명에 추가하여 바이오, 에너지, 재료 등 신기술 발전을 포괄하여 「4차 산업혁명」 논의에 담지

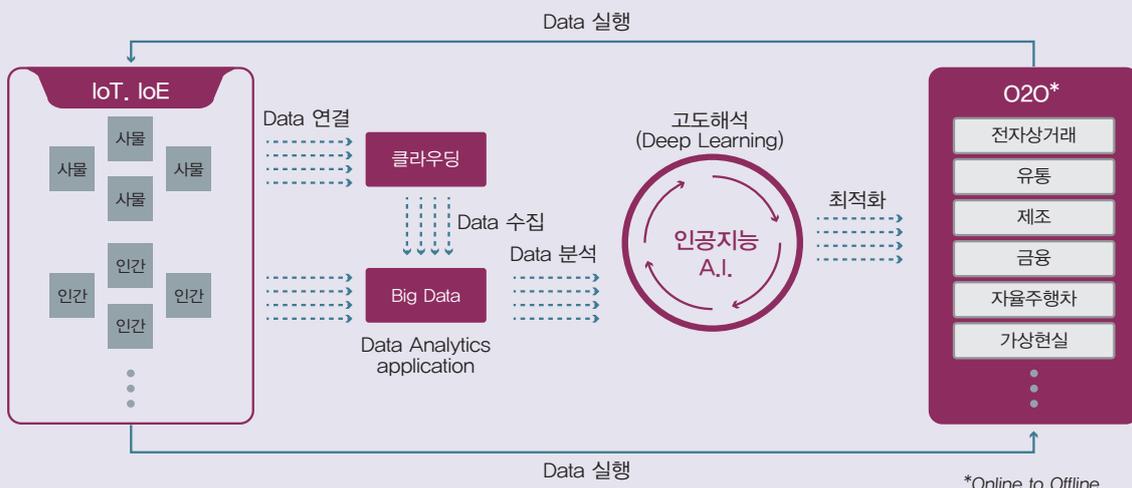
| 제4차 산업혁명의 전개 |



제4차 산업혁명은 생산-소비 뿐 아니라 노동수요 변화 및 국제분업구조 변화 등 경제/산업/사회 전반에 영향을 주는 “구조적 충격”을 의미

- (생산혁명) 공급사슬-가치사슬 정보의 디지털 데이터화, 로봇과 인터넷을 활용한 지능형 생산, 3-D Printing 기술의 활용에 따른 맞춤형 생산 등 생산혁명은 기존 산업의 경계 파괴 및 새로운 산업의 출현을 촉진

| 4차 산업혁명에 따른 생산방식의 변화 메커니즘 |



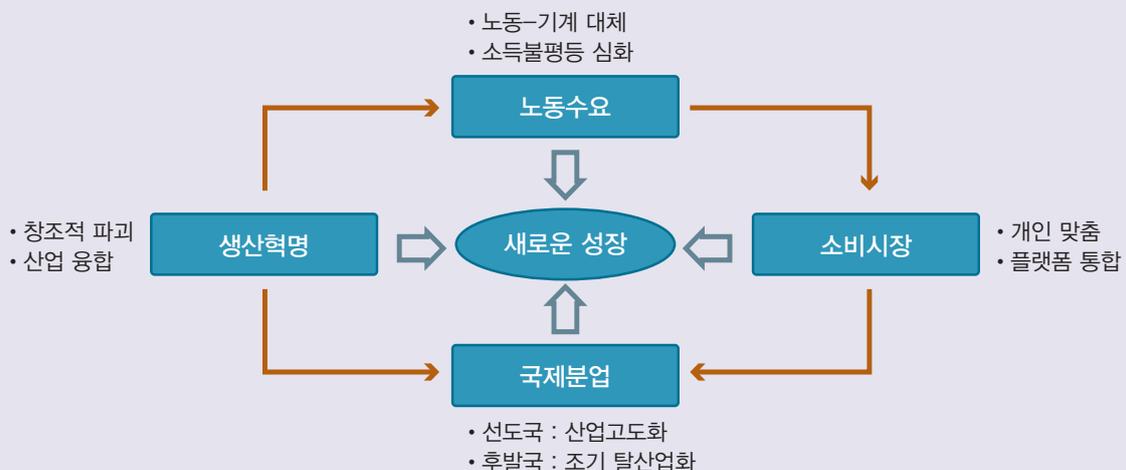
*Online to Offline

- (소비·시장) 서비스의 개인 맞춤화, 서비스 시장에 있어서 거리의 한계 초월, 서비스 제공방식의 변화 등 소비와 시장의 변화 발생
 - 디지털 플랫폼은 생산-시장-소비에서의 변화를 연결·결집하는 4차 산업혁명의 가장 중요한 기반의 하나로, 플랫폼을 기반으로 생산-시장-소비가 새로운 형태로 발전
 - 디지털 플랫폼을 통한 거래는 유통비용의 감소(생산자 잉여) 등과 저렴한 가격 및 편의성 증대(소비자 효용 증대)를 가져와 플랫폼을 통한 전자상거래를 증가시키는 동인으로 작용
 - 개인이 보유한 유·무형의 유휴자산을 타인에게 대여·공유한다는 개념의 공유경제(sharing economy)는 디지털 플랫폼의 발달을 근간으로 인구구조 변화를 배경으로 도입되어 전 세계적으로 확산되는 추세
- (노동·사회) 인공지능·로봇의 발전은 루틴 노동의 대체를 통한 생산효율성 제고가 가능한 반면, 노동수요 변화를 초래하고 소득 불평등을 심화
 - 인간지능(talent)이 자본재(capital)보다 중요한 생산요소로 등장하므로 창의적 지능에 대한 보상은 증대할 것이나 저숙련-저임금 일자리와 고숙련-고소득 일자리의 격차는 확대될 것으로 전망

※ AI에 의한 일자리 파괴의 규모에 대해 미래 미국 전체 일자리의 47%가 사라진다는 연구결과*가 있지만 Economist('16.6.25)는 향후 10~20년간 사라지는 일자리 수는 현실적으로 약 10%로 예측

* Frey and Osborne, Oxford Univ, 2013
- (국제분업) 국가적 역량에 따라 기술혁신-사업발전 선도국과 후발국으로 나뉘면서 후발국의 조기 탈산업화, 세계경제의 탈-세계화 초래 가능
 - 신기술의 산업화 역량을 갖춘 선도국은 시장선점 및 승자독식을 통하여 국제 분업 구조에서 유리한 위치를 차지하며 이는 자국산업의 고도화와 피드백효과를 가지는 선순환 발전가능
 - 후발국의 경우, 20세기 후반까지 진행된 완성형 산업화(full-set industrialization)은 더 이상 가능하지 않은 대신(조기 탈산업화), 선도국의 기술·아이디어의 수용을 통한 도약(leapfrogging) 가능성 존재

| 제4차 산업혁명의 충격 |



4차 산업혁명의 전반적인 추세는 ①스마트화(Smart), ②서비스화(Service), ③친환경화(Sustainable), ④ 플랫폼화(Platform)라는 공통의 관점에서 조명 가능

① 스마트화: 지원기능에 한정되었던 디지털 역량이 핵심역량으로 부상, 디지털 전환 가속화

- 디지털 기술의 발전은 전 사업에 파급되면서 기존의 사업 경계가 파괴되고 산업간 융합이 촉발되며, 이로 인해 경쟁의 범위가 크게 확대
 - 생산의 디지털화는, 구경제의 특징인 수확체증의 한계를 넘어, 한계비용 제로 접근이 가능하여 승자의 시장독점, 경제력 집중 등의 원인으로 작용
- 4차 산업혁명에서는 이러한 디지털 역량이 제품·서비스 혁신 뿐 아니라 공정 및 시장확대의 기제로 작용하는 핵심역량으로 부각되어, 스마트화는 산업정책의 핵심과제로 등장

② 서비스화: 제조혁신과 서비스 혁신이 결합된 새로운 산업발전 방식으로 급속하게 확산

- 대량생산에 의한 규모의 경제, 소유 중심, 유형자산 기반 산업발전 모델이 사용자 중심, 접근 중심, 무형자산 중심의 탈제조 경제로 이행
 - 제조업의 서비스화는 생산기술 보편화, 후발 제조기업의 추격 등으로부터 차별화하기 위한 기존 제조업의 생존전략이면서 4차 산업혁명의 기술발전, 특히 디지털 전환을 최대한 활용하는 새로운 비즈니스 전략
 - 제품의 디지털화, 데이터화 및 지능화 진전에 따라 제조업과 서비스업의 경계 파괴
- 새로운 산업발전 방식으로서 서비스화는 제조혁신과 서비스 혁신의 융합, 새로운 비즈니스 모델 개발 및 시장 대응 등 산업의 지속발전을 위한 새로운 도전 제기
 - 사물인터넷과 인공지능이 결합하면서 제품이 스스로 서비스를 제공할 수 있게 되면 제조업의 서비스화 경향이 가속화될 것이고, 제품 제어 알고리즘을 개발하는 서비스 기업이 제조업의 지배 강화

③ 친환경화: 산업발전의 지속가능성을 실현하기 위해 친환경화 노력 진행

- 온실가스 배출 감축, 기상이변 대응, 생물다양성 보존, 자원의 재활용 및 순환경제 실현 등의 노력은 신기술 개발·응용 및 이를 통한 산업발전 측면에서 새로운 기회 제공
 - 특히, 에너지 및 소재(바이오화학) 분야 등에서는 친환경화가 산업발전의 핵심과제로 작용
- 우리 산업·경제는 친환경화를 통하여 자원의존도를 줄이고 산업·경제의 효율성을 제고하는 노력을 가속화할 필요

④ 플랫폼화: 플랫폼을 통한 상품-산업-비즈니스 연결은 새로운 산업경쟁력 요소로 등장

- 산업 플랫폼은 개별 기업 및 공급체인 단위에서 산업생태계 및 산업-시장을 통합하는 산업·비즈니스 인프라로 확대·발전
- 플랫폼을 통한 상품-산업-비즈니스의 연결·통합은 거대 플랫폼 기업의 급성장을 가능하게 하였으며, 비즈니스 전략에서 플랫폼 선점·독점이 핵심 경쟁요소로 부상
 - 데이터의 생성·공유 문제가 선결되어야 플랫폼 경제는 활성화될 수 있음

| IT 분야의 미래변화상 |

신산업 패러다임 4대 트렌드	미래변화상	드론	로봇	임베디드SW
스마트화 (Smart)	제품·서비스	<ul style="list-style-type: none"> 드론기체 임무 탑재 장비 (고성능 영상촬영 카메라, 적외선 센서, LIDAR, GPS 등 센서) 배터리 드론 전용 컴퓨터 (미니컴퓨터, 메인보드) 드론 전용 OS 통신모뎀 관련 어플리케이션 개발 	<ul style="list-style-type: none"> ICT 융합 인공지능 연계 	<ul style="list-style-type: none"> 상황인식 소형카메라 지능형 제조 로봇
	비즈니스	<ul style="list-style-type: none"> 기체 생산 통합 센서, 배터리, 카메라 등 부품 산업 컴퓨터 소프트웨어 개발 드론 앱 개발 산업 	<ul style="list-style-type: none"> 다국어 대화, 안내 서비스 등 	<ul style="list-style-type: none"> 무인자동차 서비스 스마트 제조
플랫폼화 (Platform)	제품·서비스		<ul style="list-style-type: none"> 로봇 HW 및 OS 	<ul style="list-style-type: none"> 초연결 통신부품
	비즈니스		<ul style="list-style-type: none"> 분야별 APP 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 만물인터넷 (IoT, Internet of Everything)
서비스화 (Servitization)	제품·서비스	<ul style="list-style-type: none"> 드론 영상 분석 서비스 드론 농업 드론 Sharing 드론 운용 드론 교육 	<ul style="list-style-type: none"> 로봇+주변장치+SI 	<ul style="list-style-type: none"> 웨어러블 디바이스 소셜 로봇
	비즈니스	<ul style="list-style-type: none"> 스마트 농업 부동산, 시설물 감시 드론 택배 드론 레이싱 등 엔터테인먼트 파생 서비스(보험) 촬영 대행 	<ul style="list-style-type: none"> 로봇을 기본으로 하는 제조시스템 일체 사업 	<ul style="list-style-type: none"> 지능형 라이프케어 로보어드바이저 (금융/법률)
친환경화 (Sustainable)	제품·서비스			<ul style="list-style-type: none"> 모듈형 스마트폰 휴대용 3D프린터
	비즈니스	<ul style="list-style-type: none"> 비행 인증, 등록, 경로 추적 서비스 드론 전용 통신 요금제 	<ul style="list-style-type: none"> 로봇윤리 검증서비스 	<ul style="list-style-type: none"> 충전 서비스 (V2G) 인공장기 및 보조관절

| 바이오 분야의 미래변화상 |

신산업 패러다임 4대 트렌드	미래변화상	의약	의료기기	디지털헬스케어	바이오화학	바이오화장품
스마트화 (Smart)	제품·서비스	<ul style="list-style-type: none"> 표적제어 지향 정밀의학 기반 개인 맞춤형 의약품 생체 이미징 	<ul style="list-style-type: none"> POCT Real Time PCR 고해상도 영상 진단기기 진단/치료의 융복합 서비스 모바일 연동 관리 시스템 지능형 영상 진단 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> 인공지능을 통한 CDSS(Clinical Decision Support System) 		<ul style="list-style-type: none"> 인증, 지역별 피부타입, 유전체 분석 개인 맞춤형화장품
	비즈니스	<ul style="list-style-type: none"> 생신/유통 정보화 전자 태그 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> 원격 진단관리 서비스 클라우드 수술 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> CPG(Clinical Practice Guideline, 임상의료지침)을 활용한 의료서비스 		<ul style="list-style-type: none"> 맞춤형 정밀 화장품 감성 화장품
플랫폼화 (Platform)	제품·서비스		<ul style="list-style-type: none"> 웨어러블 의료기기 원격 모니터링 원격 협진 	<ul style="list-style-type: none"> 개인 건강정보 통합 및 관리 		<ul style="list-style-type: none"> 양방향 화장기술
	비즈니스	<ul style="list-style-type: none"> 차세대 유전자염기 서열 분석 플랫폼 	<ul style="list-style-type: none"> VIP 의료 관리 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> 공동 플랫폼 구축을 통한 B2B 서비스 제공 		<ul style="list-style-type: none"> 스마트폰연동 피부투과도 증진기기 피부재생촉진기
서비스화 (Servitization)	제품·서비스	<ul style="list-style-type: none"> 인공지능 의료서비스 	<ul style="list-style-type: none"> 현장진단 서비스 비침술/최소침술 시술 	<ul style="list-style-type: none"> 질병 징후, 건강 상태, 질환의 실시간 관리 		<ul style="list-style-type: none"> 개인피부건강진단기 피부오염 진단기
	비즈니스	<ul style="list-style-type: none"> 의약품 정보제공 서비스 	<ul style="list-style-type: none"> 맞춤형 정밀 의료 서비스 VIP 의료 서비스 	<ul style="list-style-type: none"> 의료정보를 통한 서비스 신약 개발 		<ul style="list-style-type: none"> 실시간 피부진단 3D 피부 프린팅
친환경화 (Sustainable)	제품·서비스		<ul style="list-style-type: none"> 저선량 영상 진단기기 저저력 의료기기 체내 흡수형 카테터 친환경 패키징 제품 	<ul style="list-style-type: none"> 진료정보교류시스템 (EHR)구축 	<ul style="list-style-type: none"> 바이오에너지 (지속가능한 사회구현) 바이오화학소재 (화학산업 지속성장) 천연생리활성소재 (유해화학물질을 친환경 소재로 대체) 	<ul style="list-style-type: none"> 친환경 바이오소재 바르는 피부미생물
	비즈니스		<ul style="list-style-type: none"> 전자 의무기록(EMR) 서비스 의료영상정보처리 시스템 (PACS) 	<ul style="list-style-type: none"> PACS(Picture Archiving Communication System 의료영상저장전송시스템) 		<ul style="list-style-type: none"> 바이오 의약품 유기농화장품, 항오염 화장품

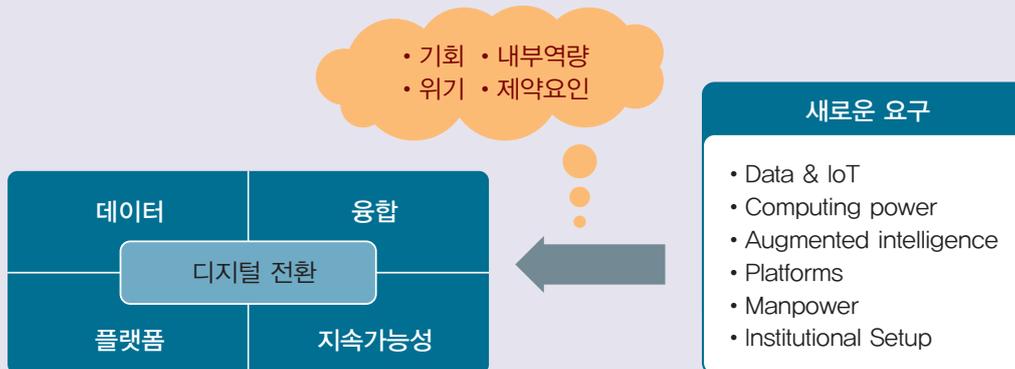
| 기차 · 전지 분야의 미래변화상 |

신산업 패러다임 4대 트렌드	미래변화상	전기차	전지
스마트화 (Smart)	제품 · 서비스	<ul style="list-style-type: none"> · 커넥티드카 · (반)자율주행차 · 전장 부품 및 소프트웨어 · 텔레매틱스 	· 보조배터리에서 스마트 배터리, 스마트 파워 스테이션으로 진화
	비즈니스	<ul style="list-style-type: none"> · V2X 서비스 · 인포테인먼트 · 데이터관리 	· 신재생에너지 충전, 무선충전 기반의 전기 에너지를 생산하는 파워스테이션
플랫폼화 (Platform)	제품 · 서비스	<ul style="list-style-type: none"> · 플랫폼 통합 · 자율차 운영시스템(OS) · 개방형 아키텍처기반 EV 플랫폼 	· 배터리 충전소, 배터리 평가 분석 거점소, 배터리 인증소 등 전기 에너지를 저장하는 배터리 관련 다양한 기술 및 제품에 연계
	비즈니스	· 모바일 앱 및 웹 포털	· 배터리 거래를 위한 평가 분석 및 인증 등 건전한 상거래 및 비즈니스 모델 기반의 개방적 가치 사슬로 전환
서비스화 (Servitization)	제품 · 서비스	<ul style="list-style-type: none"> · 자동차 빅 데이터 · 온라인 판매, 점검 · GPS 서비스 · 스마트그리드 관리 	· 로봇+주변장치+SI
	비즈니스	<ul style="list-style-type: none"> · 카셰어링 · 라이드셰어링 · 고객관리 · 금융 보험 	<ul style="list-style-type: none"> · 스마트 배터리 교환회사, 배터리 수리 · 교환 · 렌탈 · 리스 사업 등 · 스마트 배터리공급, 배터리 교체, 폐배터리 수집 및 교환 사업
친환경화 (Sustainable)	제품 · 서비스	<ul style="list-style-type: none"> · 배터리전기차 · 플러그인 하이브리드 · 수소연료전지자동차 · 충전하부구조 	· 신재생연계, ESS, 전기자동차, 스마트그리드 등
	비즈니스	<ul style="list-style-type: none"> · 충전서비스 · 배터리 교환 및 관리 · 배터리 재활용 	

4차 산업혁명의 우리나라 산업발전에 대한 함의는 디지털 전환(digital tranformation)을 통한 산업의 지속성장 및 혁신가속화

- 주력산업의 성장과 혁신이 정체되고 있는 상황에서 디지털 전환을 통해 새로운 출구를 모색
- 파이프라인형 제조업을 플랫폼 중심의 산업으로 재편하기 위해 데이터 등 인프라 정비, 이를 산업화 할 수 있는 산업생태계 조성, 신기술을 활용할 수 있는 혁신역량 강화, 이에 대한 지원제도 개선 필요
 - 4차 산업혁명으로 제기되는 새로운 요구는 새로운 산업 인프라 구축 및 제도 · 시스템 개선을 의미

| 산업발전 목표 |



한국산업의 SWOT 분석결과에 기초하여 발전목표를 실현할 대응전략 제안

<ul style="list-style-type: none"> • 높은 교역 비중, 신제품 · 신기술에 대한 높은 사회적 수용성 • 높은 R&D 투자 집약도 • 세계적 수준의 제조업 기반 • 소수의 글로벌 기업 존재 • 발달된 정보화 인프라 	<ul style="list-style-type: none"> • 협소한 내국시장, 강한 규제 및 노동경직성 • (특히 신기술분야) 현저한 지식 격차 • 신산업 부진, 서비스 저생산성 • 혁신 창업 · 벤처캐피탈 취약 • 신기술 · 산업 인프라 형성은 초기 단계
강점	약점
<ul style="list-style-type: none"> • 신흥국 · 디지털 시장 고성장 • 신기술에 대한 사회 · 경제적 수요 증대 • 새로운 제조 혁신, 산업 융합 • 신사업, 신시장 진출 • 디지털화, 선제적 제도개선 등을 통한 사회경제 시스템 고도화 	<ul style="list-style-type: none"> • 글로벌기업 선점 · 독과점 등 진입장벽 • 선도국 기술발전 가속화 및 후발국 기술추격 • 산업인프라 노후화, 노동 · 기계 대체로 고용불안 증가 • 기업간 격차 확대로 산업생태계 훼손 • 기득권 지대추구로 사회경제활력 저하
기회	위협

① 선제적 시장창출 및 이를 위한 정부의 적극적인 역할

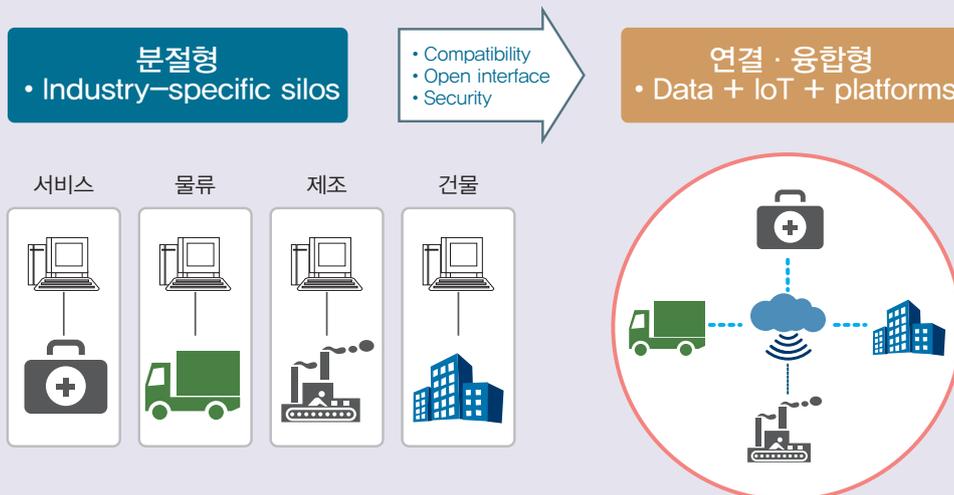
- 전환기에 내재한 불확실성으로 인한 투자 부진, 신기술 도입 지연 등은 신산업 및 시장 형성을 지체
- 불확실성에 따른 위험부담을 경감 · 분담하기 위한 정부의 선제적 노력이 어느 시기보다 중요

② 지식격차 극복을 위한 개방과 연계

- 규모의 경제가 작용하고 축적의 시간이 필요한 기술개발 경쟁에서 소국의 한계와 일천한 역사를 극복하기 위해서는 개방과 연계가 중요
- 국내외 자원의 광범위한 활용 및 혁신주체의 연계를 강조하는 개방형 혁신은 기술발전 속도가 빠르고 궤적이 불확실한 상황에 대응할 수 있는 효과적인 전략

③ 분절형에서 연결 · 융합형으로 산업생태계 고도화

- 제조업 가치사슬의 확대와 제조-서비스 융합 등, 현재 우리산업의 주력인, 자본집약적 제조업 중심 산업구조의 고부가가치화를 위해서는 정부의 조정자 역할 필요
- 개별 기업의 공급망 관리에 머물러 있는 산업플랫폼을 산업전체의 공동플랫폼으로 확장하고 이를 지역 · 산업 단위에서 재구조화



④ 위험 감수, 신규 투자, 기업 창업 등 기업가활동을 장려하는 사회경제적 환경 조성

- 불확실성이 증폭되는 기술-경제 패러다임의 전환기에 이러한 불확실성을 대처할 수 있는 가장 근원적인 힘은 창조적 파괴를 통해 산업고도화를 선도하는 기업가활동
- 위험 감수, 실험수용 및 실패 용인 등 모험적 기업가활동을 장려하도록 사회경제 환경을 조성하고 관련된 보상-처벌-인센티브 체계를 개선

⑤ 인프라 정비 및 선제적 제도개혁 · 시스템 개선

- 4차 산업혁명은 제조기반 산업인프라의 노후화를 촉발하는 한편, 새로운 요구가 증대
 - 디지털 데이터, 사물인터넷 등 연결망, 빅데이터를 처리할 수 있는 컴퓨팅 설비 및 증강된 지능, 산업 공통의 플랫폼, 그리고 인력한 인프라를 운용할 수 있는 소프트웨어 및 인력 등 산업 전반에 새로운 인프라 요구가 출현
 - 새롭게 요구되는 인프라는 기업의 단독 투자역량을 넘어서며, 산업전체의 생산성 제고를 위해서 산업 인프라로 구축되는 것이 효과적
- 인프라 구축과 함께, 신기술 실험, 신제품 검증 · 인증 등 기업활동 지원 시스템 및 규제 전반에 있어서 정부의 선제적 개혁 · 개선이 어느 시기보다 중요
- 새롭게 제기되는 인력 · 기능에 대한 요구에 대응하기 위해서는 교육훈련체제의 개편이 필요
 - 추격성장 전략에 의한 산업화, 평생직장, 단일직종 등 개념에 기초한 기존의 교육훈련체계를 직무 능력 기반, 신축적 고용 방식 등 4차 산업혁명이 제기하는 요구에 맞추어 개편
- 신기술 도입이 기득권의 반발로 지체되지 않고, 참여자 모두 편익을 가져갈 수 있는 개방성과 새로운 사회적 관계 정립 등이 필요
 - 변화에 적응하지 못하는 취약계층에 대한 사회 안전망 강화, 신기술의 위험성 · 윤리문제 등에 대한 예방 등 사회적 신뢰강화는 신기술 · 신산업 발전의 사회경제적 조건으로서도 중요

조직 재정비 : 4차 산업혁명 대비를 위한 선제적 연구조직 설치 및 활용

- KIST 장기비전위원회('14.5~'12월)에서 논의된 미래 과학기술변화 전망 및 KIST 종합 대응전략 수립을 통해 두 개의 신규 전문연구소 설치('15)
 - 차세대반도체 연구소는 실리콘 이후 미래형 반도체 개발, 로봇미디어 연구소는 로봇과 AR/VR 등 첨단 ICT 융합테마를 연구하고 있음



- KIST 유럽(연)이 4차 산업혁명의 중심지 독일에서 현지 거점 역할을 수행하며 4차 산업혁명 앵커로 본격 활용될 예정
 - 스마트융합사업단을 신설하여 Industrie 4.0 연구를 본격 착수하고, DFKI*의 SmartFactoryKL 컨소시엄의 47번째 회원으로 공식 가입
- * DFKI(독일인공지능연구센터)는 독일 Industrie 4.0의 주도적 역할 수행 중

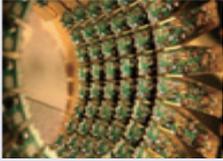
비전 재설정: 미래사회에 대비한 7대 연구분야(MIRACLE)에 주력

- 새로운 50년, 미래를 향한 KIST의 도전으로 “Beyond the Miracle” 제시
 - 과거 한강의 기적이란 경제성장을 이룬 과학기술의 역할을 한층 더 넘어, 선도형 R&D를 통해 새로운 사회동력을 창출하기 위한 연구 분야 개척

Material	• 차세대 소재 · 소자시대 개척(포스트실리콘반도체, 복합소재)
Information	• 포스트디지털시대 선도(양자컴퓨팅, 인공신경반도체)
Robotics	• 미래형 인간, 로봇 공존사회 구현(휴머노이드, VR/AR)
Agriculture	• 미래농업 혁명주도(스마트팜, 천연물융합)
Carbon	• 포스트 기후변화체제 주도(신재생에너지, 에너지네트워크)
Life	• 초고령화시대 바이오 · 의료선도(바이오닉스, 바이오센서, 뇌질환)
Environment	• 지속가능한 녹색도시 구현(스마트시티, 환경복지)

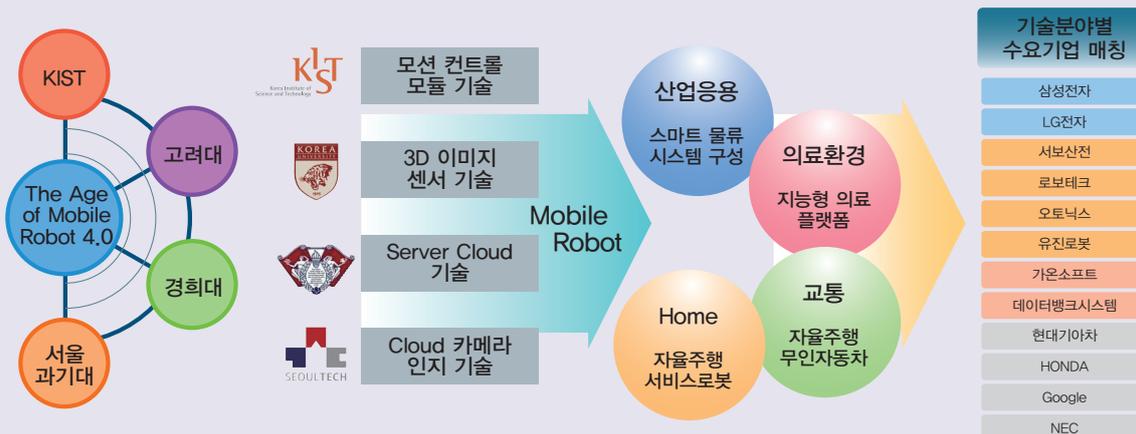
4차 산업혁명을 선도할 핵심 기술개발 착수

- KIST에서는 이미 양자컴퓨팅, 나노신경망 인공지능 연구사업을 개방형 연구사업으로 본격적으로 출범시켰고, 바이오닉스, 초경량고강도 소재와 같은 혁신연구에의 도전을 준비 중에 있음

플랫폼 분야		양자컴퓨터 (연 40억 원 X 5년, 총 200억 원) • 무인자동차 등 기존 디지털 연산한계 극복 • Large-scale 양자컴퓨터 기술 구현
		인공신경반도체 (연 50억 원 X 5년, 총 250억 원) • 인간 뇌 신경망을 모사하는 미래형 인공지능 • 저전력/맞춤형 신경망모사 반도체칩 개발

홍릉을 4차 산업혁명의 플랫폼으로 재편하여 새로운 발전동력을 창출해야

- KIST에서는 이러한 4차 산업혁명의 기반기술 구축에 힘쓰는 한편 주변 홍릉지역의 대학·연구소의 성과와 인재풀을 연계한 협력생태계 조성을 추진
 - 그 시작으로 고려대, 경희대, 서울과기대, KISTI 등이 컨소시엄을 구성하여 학-연 연계 사업화 선도모델 사업(미래부, 3년, 15억원)을 수주
 - 컨소시엄은 Fast-Track과제로 The Age of Mobile Robot 4.0을 발굴하였으며, 4.0은 ICT와 제조업의 완벽한 융합을 지향하여 제조업의 미래 방향성을 제시
 - 이를 통해 미래 4차 산업혁명, 인더스트리 4.0에 대응하는 기술의 상용화로 공동 TLO 성공 가능 모델을 제시하고, 대형기술 이전 및 글로벌 사업화를 추진할 예정



- 이와 같이 KIST 내부적인 노력 뿐 아니라 주변 홍릉지역을 4차 산업혁명의 혁신기술 플랫폼으로 재창조하려는 시도 등을 통해 4차 산업혁명의 조기 정착이 기여가능할 것임

I. 주요 과학기술 정책 :

과학기술유공자 예우 및 지원계획(안)²⁾

개요

과학기술유공자에 대한 사회적 인식제고 필요성 증대

- 국가의 경제·산업 발전과 복지에 과학기술의 역할과 기여도가 매우 높으나, 우리 사회의 인식은 낮은 수준이며, 과학기술인들 역시 사회적으로 존중받지 못한다고 생각
 - 과학기술인에 대한 존경과 예우를 통해 과학기술인의 자긍심을 고취할 필요성 제기
 - ※ 국민 71%, “아는 과학자 없다”(매일경제, '15.9.21)
 - ※ 타 전문직 대비 과학기술인에 대한 사회의 존중감이 낮다고 생각(8.4%, KISTEP '16)
- 과학기술인들의 직업만족도와 복지후생 만족도가 비교적 하락하고 있으며, 특히 복지후생 만족도가 낮은 것으로 나타남
 - 과학기술인의 구체적인 육성·활용방안 마련과 처우개선을 통해 이에 대한 해결 필요
 - ※ 미래부/KISTEP('10~'15)에서 주관한 조사의 경우 직업만족도는 이공계 박사과 기술사 모두 5~8%정도 감소, 복지후생만족도는 '15년 기준 21.2%, 22.2%로 낮은 수치
- 「과학기술유공자 예우 및 지원에 관한 법률」을 토대로 향후 5년간 과학기술유공자 정책의 청사진을 제시하고, 과학기술유공자의 예우 및 지원에 관한 계획을 최초로 수립
 - 과학기술유공자 예우 및 지원에 관한 법률을 토대로 대한민국 과학기술 발전에 공헌을 한 과학기술인의 명예와 긍지를 높이고, 과학기술인이 존중받는 사회문화 조성
 - '17년부터 과학기술유공자 지정, 예우 및 사회적 활동 지원 등 ‘과학기술유공자 제도’를 본격적으로 시행할 예정
- 주요국은 전 국가적 차원에서 과학기술인의 명예 제고에 노력하며, 사회전반에 과학기술인의 권위와 예우에 대한 공감대 형성
 - ※ (중국) 최고 권위 종신 직책인 ‘원사’에 차관 대우
 - ※ (유럽) 국가 행사 초청 및 예우, 주요 거리·시설에 과학기술인 이름 부여
- 과학기술유공자의 명예를 제고하고 과학기술인이 존중받는 사회문화를 조성하는데 목적
 - 과학기술유공자는 명예심, 배출기관은 자부심, 국민은 존경심을 고취하는데 정책 주안점을 두고 계획을 추진

2) 국가과학기술심의회 「제1차 과학기술유공자 예우 및 지원계획(안)('17~'21)」을 요약·정리한 내용임

과학기술유공자 지원에 대한 국내 현황 및 진단

국내에서 진행되는 정책, 사업 등 많은 분야에서 과학기술유공자에 대한 지원이 미비

- (정책) 제3차 과학기술인재 육성·지원 기본계획('16~'20)은 과학기술인력정책 방향을 제시한 최상위 법정계획이며, 과학기술인에 대한 예우 강화 및 처우 개선에 목적
 - 그러나 이는 방향성을 제시할 뿐 세부적인 규정이 없으므로, 구체적인 이행 방안을 마련할 필요
- 과학기술인 종합지원계획('14)은 과학기술기본법 제 31조에 따라 범부처 차원에서 수립한 비법정 계획으로, 과학기술유공자 예우 및 지원에 관한 법률 제정 이전에 수립
 - 과학기술인 종합지원계획('14) 수립 이후 변화한 제도적 환경을 반영하여 과학기술유공자 예우·지원을 위한 독립적이고 세부적인 계획을 수립할 필요
 - ※ 국내 타 유공자 제도의 경우 국가유공자 등 예우 및 지원에 관한 법률 등에 따라 국가를 위해 희생·공헌한 국가유공자 및 유족에 대한 경제적 보상, 교육·취업·의료지원 등 생활안정과 복지향상에 초점
- (사업) 과학기술유공자 예우 및 지원사업을 위해 직접적으로는 과학기술유공자 예우 및 지원 사업을 위해 7.4억원을 투입하였고 간접적으로는 사이언스빌리지 건립, 과학문화확산사업 등 44개*의 사업을 진행하며 6,309억원*을 투입('16년)
 - * 법률상 명시된 과학기술유공자 정책 유형에 따라 각 부처 예산요구서를 토대로 선별
 - ** 사업 전체 예산으로, 과학기술유공자에게 지원가능한 예산은 이 중 일부에 불과
 - 법률에 따른 다양하고 포괄적인 정책적 수단을 마련해야 하며, 예우 및 사회적 활동 지원을 양적으로 확대하고 과학기술유공자의 사회적 활동을 다방면으로 지원
- (과학기술계 인식) KISTEP에 따르면 과학기술유공자급 연구자를 대상으로 과학기술계의 인식에 대한 실태조사* 및 산·학·연 간담회 실시
 - * 50대 이상 박사학위 소지 국가 R&D사업 연구책임자 8,000명, 정부·민간 분야 과학기술 포상자 2,500명 등 총 10,500명 중 654명 응답
 - 과학기술유공자 지정의 경우 학계 등 특정분야에 편중되지 않고 공정하게 지정되어야 하며 국가 공식행사 초청 및 의전이 형식적인 초청·의전이라고 평가
 - ※ 조사 결과, 과학기술유공자가 정책자문 및 정책결정에 참여할 수 있도록 하는 것이 가장 중요
- (사회적 활동 지원) 교육 및 강연 지원금, 저술·번역지원, 과학기술인 연금 등에 대해 지원 규모가 부족하여 불만족
 - 지속적인 연구개발 활동을 보장하기 위해 정년연장 및 정년 후 재고용이 가장 중요(27.8%, 18%)하고 만족도(62.3%, 69.7%)도 높다고 응답
 - 과학기술인의 경력지향성에 따라 다양한 사회적 활동 지원 수요 존재*
 - * 석좌교수제, 연구과제 지원, 정년우대, 개도국 기술지원, 후학 양성

세부추진방향(안)

국민이 공감하는 과학기술유공자 지정 및 발굴

- (지정) 국가과학기술표준분류체계에 따라 자연, 생명, 엔지니어링 등 3대 분야·11대 세부분야*에서 지정하되, 필요 시 탄력적으로 운영 예정**
 - * (자연분야) 수학, 물리, 화학, 지구과학 (생명분야) 생명과학, 보건의료, 농림수산식품 (엔지니어링 분야) 기계, 전기/전자, 재료, 건설/교통 등
 - ** 세부분야별 후보자 규모 및 전공 특성 등을 반영해 세부분야별 심사 가능
- 학문·산업·공공성 측면에서 업적이나 기여도를 중심으로 지정
- (심사) 학식과 경험이 풍부한 위원을 중심으로 심사위원회 및 전문위원회 구성
 - 총 4단계로 이루어지는 심사·검증 절차를 마련하였으며, 동료평가(peer-review) 한국연구재단 및 NTIS 등의 검증 시스템*을 활용하여 후보자의 적합사유 검증
 - * 연구재단의 한국연구자정보(Korean Researcher Information), NTIS의 국가 R&D성과정보검증지원시스템, 경찰청의 범죄경력조회 시스템 등

| 과학기술유공자심사위원회 및 전문위원회 구성(안) |



- (발굴·관리) 상시·상하향식 후보자 발굴 및 사후관리
 - 과학기술유공자지원센터(가칭)을 통해 신청·접수를 상시화하고 후보자발굴위원회를 구성하여 운영
 - 부정확한 방법으로 지정 된 경우 지정을 취소하는 등의 엄격한 사후관리 구축

과학기술유공자가 공감하는 예우 및 편의 제공

- (예우·의전) 정책의사결정의 참여 활성화와 주요 행사 및 국가행사 초청·의전 제공
 - 과학기술유공자의 정책 참여 확대를 위해 과학기술정책 심의·자문기구의 위원, 지자체의 과학기술고문 등으로 위촉
 - 대한민국과학축전, 정부 국경일 등의 행사 시 과학기술유공자를 상석에 배치하고 고위 정책결정권자와의 면담, 축하 등의 예우 제공
- (복지·편의) 후속 학문세대 간의 교류, 과학기술유공자의 연구지원을 위해 주거·사무시설 이용과 편의·체육시설 및 과학관 이용 우대
 - 지역거점별 대학, 출연(연), 한국과학기술한림원 등의 연구·사무공간을 제공하여 후속 학문세대 간 교류 도모
 - 과학기술공제회*와 대덕복지센터**의 이용요금 할인, 과학관 관람료 우대
 - * 휴양시설(82개), 의료기관(37개) 등 155개 시설 할인 제공 ** 대덕골프장, 스포츠센터 등

과학기술유공자가 역량을 발휘할 수 있는 활동 지원

- (연구) 출연(연) 소속 과학기술유공자의 정년을 우대하여 연구지속성을 보장하고, 연구개발과제 지원 및 평가 참여로 국가 과학기술역량 강화에 기여
 - 정년연장* 및 정년 후 재고용** 신청자격을 부여하고 선발 시 우대
 - * 정규직 연구원의 10% 이내로 65세까지 정년연장('15.12월 기준 18개 기관 도입, 173명 선발)
 - ** 정원의 5% 이내로 정년 후 최대 4년 고용('16.11월 기준 23개 기관 도입, 202명 선발)
 - 연구과제 참여 지원과 정책연구과제 평가 자문위원으로 위촉, 한국과학기술한림원 연구위원 자격을 부여하여 퇴직 후 국가연구개발사업 과제 참여 기회 제공*
 - * 퇴직 후 소속이 없는 경우 4대 보험 미보유 등의 이유로 과제참여 제한
- (교육) 과학기술유공자의 전문분야 강연 활동 지원과 신진연구자와의 멘토링 강화
 - 과학기술유공자의 전문지식과 경험을 후학에게 전수할 수 있도록 대학·출연(연) 강의 기회 제공
 - ※ 전문경력인사 초빙활용지원사업을 통해 대학, 출연(연) 등에서 최대 3년간 강의, KIRD의 교수직 위촉 후 경력활용
 - 신진연구자와의 학술적 교류 및 네트워킹 지원을 통해 신진연구자의 동기부여와 경로 설정에 멘토 역할 수행

과학기술유공자가 존경받는 과학문화 조성

- (사회인식) 대중의 눈높이에 맞는 업적 홍보를 통해 과학문화 확산
 - 국립과천과학관 내 과학기술인 명예의 전당을 조성하고, 첨단 멀티미디어 등을 활용하여 과학기술유공자의 업적 홍보효과를 극대화
 - 홈페이지, 공훈록, 대중콘텐츠 등을 활용하여 대국민을 대상으로 하는 콘텐츠를 개발하고 보급하여 국민 인식 및 과학기술유공자의 영예성을 제고
 - ※ 홍보물 제작(웹툰·카드뉴스·클립영상 등), SNS 및 포털 연계를 통해 확산
- (지원체계) 개인별 맞춤형 지원 체계 구축
 - 과학기술유공자지원센터*(가칭)을 만들고 운영하며 과학기술유공자 지원체계를 구축하고, 과학기술유공자의 사회적 활동계획에 따라 맞춤형 활동 지원을 제공
 - * 법 제 14조 및 시행령 제 16조에 따라 업무 위탁 기관에서 운영
 - 과학기술유공자 지정·관리, 예우 및 활동 지원, 홍보 및 사회적 인식제고 등 과학기술유공자에 대한 총괄 지원 기능을 수행

II. 월간 과학기술 현안

KOREA-EU R&D FAIR 2017 개최

- HORIZON 2020 연구 재정 지원 및 인력 교류 프로그램 안내

- 한국연구재단은 3월 29일(수) ~ 30일(목) 양일간 서울과 대전에서 국내 연구진의 EU R&D 사업 참여 확대를 위해 '2017년도 한-EU R&D Fair' 개최

- Horizon2020* 등의 EU R&D 협력 정보 및 연구비 수혜 기회 소개

* Horizon2020 : 유럽연합의 연구혁신분야 재정지원 프로그램

- 컨소시엄을 통한 국내 연구자 재정 지원 프로그램 참여 방법

- 국내 연구자는 EU과제에 연구 책임자가 될 수 없고, 컨소시엄(Consortium)내 파트너(Partner)의 형태로 참여

※ 연구 책임기관(Coordinator)은 유럽 기관만 가능

구분	참여방안	기타
방법1	Horizon 2020 홈페이지에서 공동 연구 파트너 검색 및 사업 참여 제안	EU측 파트너 검색 홈페이지 참고
방법2	기존 네트워크를 활용하여 EU측 파트너에게 사업 참여 제안	① 양자간 공동연구사업을 추진해온 상대측 연구자 ② GRL, GRN 등 한국측 국제공동연구에 참여한 해외 연구기관 등을 활용

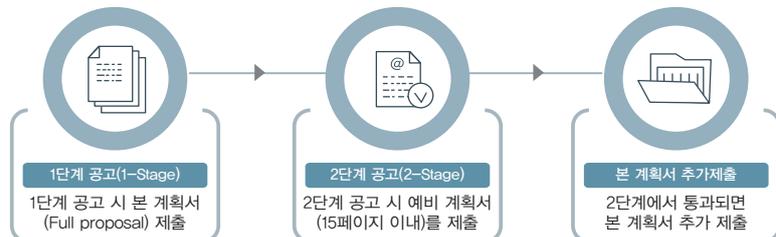
GRL = Global Research Laboratory / GRN = Global Research Network

- 한국은 제3국(Thrid Country) 중 산업국가(Industrialized Country)로 분류되어 있어 자체 예산이 필요
- 참여기관이 자체 예산을 마련·활용할 수 있고, 정부에서도 일부 지원하는 참여연구비(Matching-fund) 활용 가능

| 한국 정부측 참여 연구비 지원 절차 |



※ 한국측 지원과제 수는 매년 신규 예산에 따라 상이함



※ 과제 공고번호에 '공고 형태(1단계 공고 혹은 2단계 공고)'에 대해 안내
(예) 공고번호 : H2020-Water-2014-one stage

• 개인단위 국내 연구자 재정 지원 참여 방법 (ERC)

- Horizon2020의 대부분의 공고가 그룹 참여(Multi-participation) 형태를 가지고 있으나, 과학적 탁월성(Excellent Science)의 ERC(유럽연구위원회)의 경우 개인 참여(Mono-participation)를 대상으로 프로그램 구성
- 제3국가 자격으로는 ERC 형태만 참여 가능
- 연구책임자가 지원을 하는 방식으로, 연구책임자는 국적이 무관하므로 국내연구자도 참여가능



한국 연구자의 개인 참여 지원 가능 프로그램

- 목적

- ① 우수연구에 대한 장기적 지원 추구
- ② 전 유럽에 걸쳐 새로운 첨단 연구 분야를 개척하는 것이 목표

- (지원 내용) EU의 지원자금은 변제방식으로 직접비 최대 100% 지원, 간접비는 직접비의 25%에 해당하는 액수로 고정금액 지원

- 주요 특징

- ① 지원 대상자 선발 기준은 '우수성'이며, 연구주제별 선호도나 지역적 제한 없음
- ② 철저히 연구자 역량 중심, 연구자 자율형(Investigator-driven), 상향식(Bottom-up) 지원 지향
- ③ 연구진은 연구 수행기간 중 50%를 유럽에 거주하고, 나머지 기간은 본국에서 활동
 - ※ 연구비는 유럽 내외에서 자율적으로 활용 가능
- ④ 해외 연구자의 EU지역 방문연구를 통해 우수 연구자의 네트워크를 확대하고 협력연구 활성화

| 주요 프로그램 내용 |

구분	지원자격	선정규모	지원규모	지원분야	제한사항
Starting Grant (신진연구자 지원)	연구경력 2~7년	연간 370여명	5년간 150~200만 유로	자연과학, 공학, 생명과학, 인문사회 등	과제 진행은 반드시 EU 회원국 및 준회원국에서 실시
Consolidator Grant (중견연구자 지원)	연구경력 7~12년	연간 400여명	5년간 200~275만 유로		
Advanced Grant (경력연구자 지원)	연구경력 10년 이상	연간 200여명	5년간 250~350만 유로		
Proof of Concept Grant (후속연구 지원)	기존 ERC 연구진행	연간 100여명	18개월간 15만 유로		

※ 이외, 공동 프로젝트에서 협업 중인 소그룹의 연구자들을 지원하기 위해 시범적으로 도입된 'ERC 시너지 지원금 (ERC Synergy Grants)'이 있음

• MSCA* 인력 교류 프로그램 안내

* Marie Skłodowska-Curie Actions

- 유럽연합이 연구개발 인력의 교류와 훈련, 경력개발을 지원하는 사업
- (평가기준) Excellence, Impact, Implementation을 기준으로 평가

① ITN(Innovative Training Networks)

- 유럽 연구기관으로부터 연구자 수용 및 교육훈련을 제공하는 파트너 기관으로 프로그램 참여 가능
- 신진 연구자 자격을 가진 국내연구자는 유럽 연구기관(수혜기관)의 연구자 자격으로 지원 가능

② IF(Individual Fellowships)

- IF 중 Global Fellowships(GF) 프로그램의 경우, 유럽 연구기관(수혜기관)으로부터 연구자 수용 및 교육훈련을 제공하는 파트너 기관으로 프로그램 참여 가능
- IF 중 European Fellowships(EF)의 일부 프로그램(일반 연구자 지원 및 연구경력재개 지원)의 경우, 경력 연구자 자격을 가진 국내 연구자는 연구계획서를 제출하여 지원 가능

③ RISE(Research and Innovation Staff Exchange)

- 국내 기관은 최소 2개 이상의 EU 회원국 및 준회원국 국적의 기관과 컨소시엄을 구성하여 프로그램 참여 가능

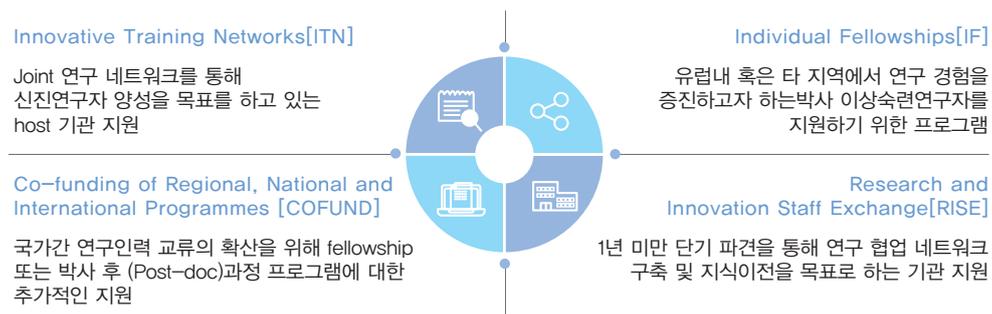
④ COFUND(Co-funding of Regional, National and International Programmes)

- 참여기관(수혜기관 및 파트너기관)으로부터 연구자 고용 및 교육훈련을 제공하는 파트너 기관으로 프로그램 참여 가능
- 신진 연구자 자격을 가진 국내 연구자는 참여기관에서 모집하는 박사과정 프로그램에, 경력연구자는 펠로우십 프로그램에 참여 가능

※ 연구자 경력 정의

1) 신진 연구자(Early-stage researcher) : 모집기관에서의 연구 시작일자를 기준으로 박사 학위를 가지지 않고 연구경력이 4년 이하인 자

2) 경력 연구자(Experienced researcher) : 모집기관에서의 연구 시작일자를 기준으로 박사 학위를 소지한 자 혹은 4년 이상의 연구경력 소지자



프로그램명	내용	2017년도 예산 (백만유로)	개인단위 지원 가능 여부
Innovative Training Networks(ITN)	신진연구자를 위한공동도 연구·교육 및 공동 박사학위 과정지원	370	△
Individual Fellowships(IF)	우수한 경력연구자를 위한 선도연구 지원	247.7	○
Research and Innovation Staff Exchange(RISE)	산·학·연 기관간의 연구, 행정, 기술 인력의 교환교류 지원	80	X
Co-funding of Regional, National and International Programmes(COFUND)	지역, 국가, 국제 프로그램에 대한 공동지원 방식으로 박사 및 연구 프로그램 지원	80	△

※ 단, ITN, COFUND는 수혜기관(Host)에서 제공하는 프로그램을 통해 참여 가능

- Horizon 2020 및 MSCA 지원자 평가 기준

- ① Excellence

- 1) 긍정 평가

- 목표, 디자인 및 방법론의 선명성
 - 참신성
 - 예비 데이터의 존재
 - 도전적 주제
 - 분야 간 융합

- 2) 부정 평가

- 주어진 기간 안에 불가능하거나 위험성 내재 등 지나친 포부
 - 윤리 문제 내재
 - 전문성이 부재한 컨소시엄

- ② Impact

- 1) 긍정 평가

- 과학자 사회 전체에 대한 기여 (데이터 및 플랫폼 등)
 - 경제에 대한 기여 (중소기업 참여 등)
 - 공공에 대한 기여 (공중보건 등)
 - 지적재산권 경영에 대한 효과적 계획

- 2) 부정 평가

- 이전에 존재한 EU 재정 지원 프로젝트와의 시너지가 적은 경우

- ③ Implementation

- 1) 긍정 평가

- 프로젝트 전체 경영의 수월성
 - 윤리적, 사회적으로 균형 잡힌 계획

- 2) 부정 평가

- 위험에 대한 취약성

- 관련 웹사이트 및 문의처

- Horizon 2020 Portal
<http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en>
 - Participant Portal
<http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/home.html>
 - Cordis
http://cordis.europa.eu/home_fr.html
 - International Cooperation Portal
<http://ec.europa.eu/research/iscp/index.cfm?lg=en>
 - 한-EU R&D협력 포털
www.haneurope.com
 - EEN-Korea
<https://www.ntb.kr/global/selectEENKorea.do>
 - 해외기술협력거점
<http://www.gtonline.or.kr/>
 - 한국연구재단
Hyesoo Kim (02-3460-5616, Khsoo1017@nrf.re.kr)
Hyung gun Kim (042-869-6621, Kimhg@nrf.re.kr)
 - 한국산업기술진흥원
Lee Hyeonjeong (02-6009-3183, hjlee@kiat.or.kr)
Park Suhyeon (02-6009-3203)
2017 Korea EUREKA Day (eureka@kiat.or.kr)

2017년도 5,141억원 투자로 세계 3위 나노경쟁력 강화

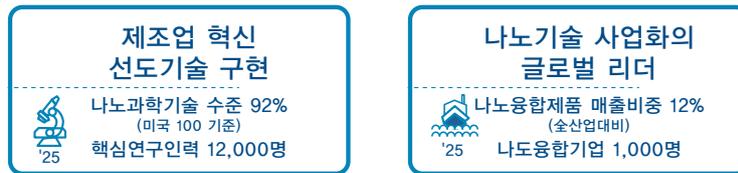
- 10개 부처, 11개 출연연의 2017년 나노기술발전시행계획 확정

| 제4기 나노기술종합발전계획 비전 및 목표 |

비전

기술혁신으로 지속성장을 견인하는 나노 선도국가

목표



- 미래부는 10개 부처 공동으로 2017년도 나노기술발전시행계획을 수립하여 제27회 국가과학기술 심의회 운영위원회 보고를 통해 확정
- 2016년도는 10개 부처청 및 11개 출연연에서 나노분야에 5,181억원 투자
 - 정부 R&D 투자액 19조 50억원의 2.7%를 투자하여 나노분야 특허건수 세계 3위* 수준이고, 최근 5년간 사업화 성과 3,512건으로 연평균 40.1% 증가
 - * 1위 미국(7,758), 2위 일본(1,535), 4위 대만(515), 5위 중국(352), 6위 독일(325)
- 2017년도는 10개 부처청 및 11개 출연연에서 수행 중인 나노분야 투자액 5,141억원이 대상
 - △연구개발(4,298억원), △인프라(355억원), △인력양성(493억원) 등을 포함

[전략1 미래선도 나노기술 확보]

- 다양한 나노융합 분야의 핵심원천기술 개발 지원을 통해 미래선도 기술을 확보하고,
- 나노기술 분야 풀뿌리 기초연구지원 확대로 우수 연구성과 창출
 - 미래부는 나노바이오 분야에 유효성 평가기술을 포함하는 원천기술확보·유효성 검증·상용화의 3단계 맞춤형 기술개발 시범사업 추진

[전략2 혁신주도 나노산업화 확산]

- 미래부, 산업부, 환경부 등에서 산업에 미치는 파급효과가 크고 기술 성숙도가 높은 7대* 전략분야의 산업화를 촉진하고, 그래핀 및 환경분야 나노기술 등 유망기술 사업화, 우수 공공나노기술의 상용화 등 추진
- * (7대 전략분야) 3D 나노전자소자, IoT적용 환경·식품 나노센서, 기능성 나노섬유, 탈귀금속 촉매용·탈희 유원소 산업용 나노소재, 저에너지 수처리 시스템

[전략3 나노혁신 기반 확충]

- 석박사 및 박사후 연구원 지원, 인프라 시설을 활용한 전문인력 양성 지원하고, 해외 우수기관 및 나노기술 주요국과의 국제협력 추진을 통해 상호 호혜적인 성과 도출
 - 나노안전 관련 연구개발과 기업지원 등을 통해 나노안전관리 체계 확보하고, 개방형 계산나노 과학 플랫폼 등을 통한 혁신지원 정보체계를 구축할 예정

NTIS, 정부연구개발정보 개방서비스 본격 개시

- 검색결과 즉시 다운로드, 민간 논문, 기술동향 정보까지 통합검색 확대

- 미래부는 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)를 통해 정부연구개발정보 검색 결과를 동시에 다운로드 서비스 제공
 - 아울러, 정부연구개발정보만 검색되었던 것을 유관서비스와 연계로 민간 논문 및 기술동향 정보까지 검색되도록 확대하여 서비스 제공
 - * NTIS (National Science & Technology Information Service) : 사업, 과제, 인력, 연구시설·장비, 성과 등 정부연구개발사업에 대한 정보를 한 곳에서 서비스하는 지식포털 (www.ntis.go.kr)
- 이용 정보의 범위 대폭 확대
 - 지금까지 NTIS에서는 정부연구개발정보 422개 항목* 중 118개 항목 수준으로만 개방
 - * 국가연구개발정보표준(미래창조과학부고시 제2016-129호, 2016.12.23.) : 범부처 연구개발정보를 공동활용 및 서비스하기 위해 과제, 성과, 시설장비, 인력정보로 구성된 연계표준
 - 그러나, 이번 개편으로 개인정보, 보안과제 등 비공개 정보는 네거티브 방식으로 제외하여 개방 항목을 295개 항목까지 대폭 확대
- 회원가입만하면 일반 국민 누구나 NTIS 검색 결과를 바로 다운로드 받을 수 있도록 개편
 - 일반회원의 경우 보유정보에 대한 조회와 검색만 가능했었지만, 검색한 결과도 직접 다운로드 가능
- 검색 범위도 정부연구개발정보에서 민간 과학기술정보까지 확대
 - 유관서비스*와의 연계 확대를 통해 논문, 특허, 기술동향정보 등 국내외 과학기술정보도 검색될 수 있도록 개편
 - * NDSL(National Digital Science Library, 논문, 특허 정보등을 온라인으로 제공하는 과학기술 전자도서관), 정책정보서비스(한국과학기술기획평가원 S&T GPS 등 13개 기관 16개 서비스)
 - NTIS에 구축된 정부연구개발정보 약 510만건의 정보 대부분이 제공되어 직접 가공 및 분석 가능
 - 정부연구개발정보를 포함한 민간의 논문, 특허, 기술동향정보 등 전체 약 8,500만건의 국내외 과학기술정보도 검색해서 이용 가능
- 서비스 이용절차를 간소화하고 편의성도 대폭 강화
 - 신청에서 수신까지 수일 소요되던 수동 승인 절차를 자동화하고, 공공기관 이용자는 행정전자서명(GPKI*) 인증만으로 정보를 즉시 이용
 - * GPKI(Government Public Key Infrastructure) : 정부 공개키 기반 구조
 - 과거 정보 요청 이력을 분석하여 자주 이용하는 정보는 묶음 형태로 미리 준비하여 제공
- 이용자들은 정부연구개발정보를 분석하여 데이터 기반정책 및 연구 등에 활용 가능
 - 정책분야 이용자들은 과학적 근거 기반의 정책수립에 참고 가능
 - 연구자들의 융합 및 협업 연구와 기업의 제품·서비스 혁신을 지원하여 연구생산성 개선에 도움
 - 민간 데이터와의 연계·융합을 통한 새로운 서비스 창출 예상

I. TePRISM :

고해상도 뇌파 맵을 이용한 렘수면 구조 규명

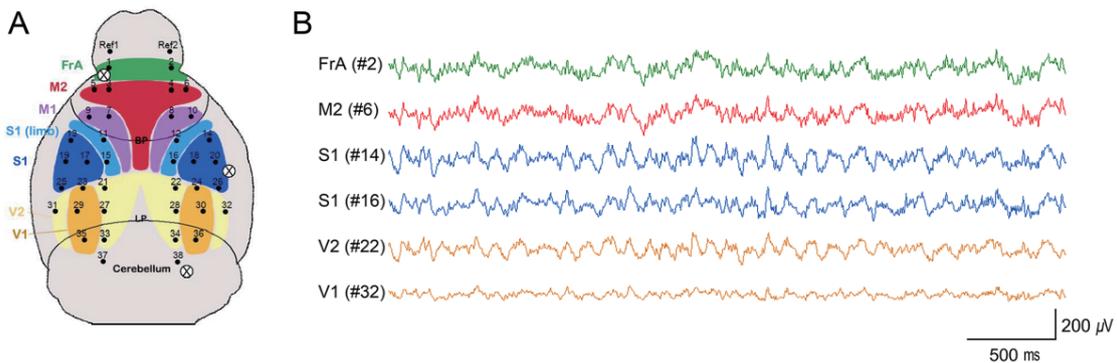
※ TePRISM은 TePRI + PRISM의 준말로 KIST의 주요 연구 · 경영성과에 대하여 소개하는 코너입니다.

인위적 수면부족 상태 유도를 통해 렘수면 뇌파 분석

자체 개발 고해상도 뇌파 맵으로 세계 최초로 렘수면시 뇌파 측정

- KIST 최지현 박사 연구팀은 고해상도 뇌파 맵을 활용하여 렘(REM)수면*시 뇌파 반응 형태 관찰 및 렘수면의 기능 연구 수행에 성공
 - 인간의 수면시간 동안 뇌활동에 대해서는 아직 명확히 규명되지 않았으며, 특히 두 단계로 나뉘는 수면 구조 중 렘수면에 대해서는 연구가 활발히 진행되지 않은 상황
 - 특히 렘수면시 뇌는 깨어있을 때처럼 활발히 활동하지만, 주로 새벽 짧은 시간 동안에 발생하고 광범위한 뇌 활동의 동시 측정이 어려워 연구에 애로사항 존재
 - * 렘(REM, Rapid Eye Movement)수면 : 수면의 두 단계(非렘수면, 렘수면) 중 안구의 빠른 운동으로 구분됨
- 연구팀은 세계 최초로 KIST에서 자체 개발한 고해상도 뇌파 맵을 이용해 수면부족 상태의 실험용 쥐의 렘수면 뇌파 측정
 - 보통 수면에서 관찰하기 어려운 렘수면 뇌파를 관찰하기 위해 칫바퀴를 이용해 실험용 쥐의 수면을 제한하고, 자체제작한 어레이형 전극을 삽입해 고해상도 뇌파 맵 측정
 - 뇌세포의 피로를 줄여주는 느린 뇌파는 수면결핍 초기에 반응을 보이고 이후 변화가 없지만, 기억 형성과 연관된 빠른 뇌파는 점진적으로 증가함을 실험 결과 확인

| 어레이 전극으로 측정한 실험용 쥐의 뇌 영역 및 뇌파신호 |



렘수면시 뇌활동 분석으로 치매 및 수면질환 등 다분야 응용 기대

- 렘수면 상태에서 느린 뇌파와 빠른 뇌파에 대한 측정을 통해 렘수면이 신경세포의 회복과 기억 형성에 동시에 기여함을 규명
 - 렘수면 상태에서 생물 항상성을 유지하기 위한 뇌의 활발한 활동 관찰 성공 및 이를 통해 향후 치매를 비롯한 특정 질병과 수면 질환간의 연관성 분석에 기여 가능

박한준(정책기획팀, hjpark@kist.re.kr)

II. 신규 보고서 : 과학기술인력의 연구 환경 진단과 대응 - 출연(연)연구자를 중심으로³⁾

연구자의 관점으로 출연(연) 연구 환경에 대한 종합 진단의 틀 마련

연구의 개요

- (필요성) 우리나라 연구개발투자는 국가의 성장동력으로 기대를 받으며 지속적으로 증가하는 추세
 - 우리나라 GDP 대비 R&D 투자 비율은 세계 주요국 가운데 독보적으로 높은 수치이며, 과학기술 혁신역량 평가에서 미국, 스위스, 일본, 독일 다음으로 5위를 차지
 - 전반적인 R&D 투자와 성과 개선에도 불구하고 질적인 측면에서 연구개발성과가 부족하다는 문제가 끊임없이 대두되는 상황
- (목적) 출연(연)을 중심으로 연구 환경에 대하여 시스템적인 종합 진단을 위한 틀 마련
 - 출연(연) 연구 환경의 취약점을 밝히고 이를 개선하기 위한 방안을 모색

출연(연) 연구 환경 진단 방식

- 글로벌 수준의 창의적인 연구 성과를 창출할 수 있는 환경이 제공되었는지 연구자 개인의 관점으로 이를 진단하여 출연(연)의 연구 환경을 분석
 - 연구자 개인이 연구활동을 준비하고 수행하며 직면하는 객관적인 연구환경을 분석 · 진단
 - ※ 연구자 개인의 역량과 창의성이 연구 성과 창출의 핵심 요소로 작용되는 시기
- 출연(연) 연구자의 관점에서 연구 환경 구조가 다층적임을 파악하고 진단
 - 외부의 제도적 환경으로 국가 R&D 및 출연(연) 정책과 다른 주요한 연구주체인 대학과 기업의 R&D 전략 및 연구자의 영향력을 포함하여 진단
 - 과학기술계 출연(연) 26곳을 기초, 공공, 산업 기술분야로 나누고 책임급 · 선임급 연구자를 대상으로 한 설문과 인터뷰로 조사 추진
 - 내부의 제도적 환경으로는 연구 기획이나 펀딩 등과 관련된 내부 연구 활동 프로세스와 인사 및 관리제도 등 인적자원 관리요소를 포함하여 진단
- 연구 환경 자체의 분석 · 진단과 더불어 연구개발 활동에 연결되는 방식과 연구개발 성과에 미치는 영향력을 파악하는데 목적
 - 양적인 성과보다는 질적인 성과를 내는 요소들을 파악하는 것이 중요한 목표

3) STEPI 발간보고서인 '과학기술인력의 연구 환경 진단과 대응-출연(연)을 중심으로(2016.2, 저자: 홍성민 외 9인)'을 요약 · 정리한 내용임내용임

우리나라 출연(연)의 연구 환경 진단

정량적 설문조사와 정성적 인터뷰 조사를 통해 연구 환경을 진단하고 시사점 도출

- (양적 성과 증진) 논문이나 특허 등과 같이 양적 성과를 추구하기 위해서는 핵심연구주제를 지속적으로 연구할 수 있게 하는 연구팀을 조직화 하는 것이 핵심
 - 해외 논문이라는 우수성과 연결되는 부분에서는 출연(연) 내부에서 소통활동 시간을 증진시키는 부분이 중요하다고 인식
- (연구자 대표성과) 연구자 개인이 자신의 대표 성과로 높게 평가하는 부분과 이에 영향을 미치는 요인에 대한 분석
 - 매출 증대라는 사업화 성과는 연구개발 프로세스와 지원수준을 높이 평가할수록 대표적인 성과로 드러나며, 이는 연구 환경을 더 좋게 만드는 일이 중요하다는 점 시사
 - 연구자의 성장에 기여한 정도나 학술적 기여도 제고 정도와 매출 증대에 기여한 정도에서도 대표성과가 높다고 평가
- (연구전념도) 연구전념도는 대표 성과의 성격에 따라 다른 수준이 필요하게 되고, 창조적 아이디어 창출을 위해서는 집중도가 매우 높아져야 할 필요성이 제기
 - 학술적 기여도를 제고하는 대표 성과에는 가장 낮은 수준인 업무시간에 연구에 전념하는 정도가 필요
 - 상대적으로 더 우수하다고 판단되는 양적 성과인 해외 특허를 많이 창출하려면 업무시간 외에 추가 공부를 할 정도로 높은 연구전념도가 요구
- (연구자자율성) 업무 자율성에 대해 파악할 수 있는 틀 구축과, 우수한 연구 성과와 연구 자율성을 연결할 수 있는 방안에 대한 심층적인 연구가 필요
 - 해외 특허라는 양적 성과만 줄이는 결과 외에 연구자의 대표 성과에도 아무런 영향을 미치지 못함
 - 정성 분석에서는 기관운영의 자율성을 포함해 개인 연구자의 자율성의 중요성에 대해 많은 강조가 나타나지만, 이들 개별 요소로 환원해 정량적으로 파악해 볼 경우 큰 의미가 없음
- (기관운영, 인적자원 및 경력개발 프로세스) 프로세스 수준이 연구자 성장 기여도나 학술적 기여도에 부정적인 영향만 미치며, 양적 연구 성과에 부정적인 영향
 - 양적 성과만 강조하는 정부의 정책적 지향성으로 인해 연구자 개인의 성향, 업무에는 부정적인 영향을 미침
 - 출연(연)의 기관 운영 방식이 탁월한 연구 성과를 내는 방향으로 연구자를 결집하지 못하거나 방해하고 있다는 점을 보여주는 사례에 속함
 - 기관운영 프로세스와 인적자원개발 프로세스 모두 연구자의 성장과 연결될 수 있는 추가적인 노력과 심층 분석을 토대로 하는 정책 마련이 필요

선진국의 우수 연구 환경 구축 사례

미국, 일본, 프랑스의 우수 연구 환경에 대한 분석을 통해 우리나라 정책개선에 적용

- (미국) 다양한 연구성과를 창출하기 위해 민간 위탁 운영 방식을 개발하고 대학 등의 협력 연구가 촉진될 수 있는 기반을 만들고 있다는 점이 중요
 - 일률적이 되기 쉬운 국공립연구기관의 연구 다양성 확보와 연구 주제에 맞는 연구환경 조성을 위해 다양한 민간 주체가 연구기관 운영에 참여
 - 관련 연구 클러스터가 조성될 수 있도록 대학 등과 함께 연구하는 정책으로 지역 공동체와 연계된 연구 문화를 창출하고 자율적인 연구 환경을 조성
- (일본) 최근 일률적인 정부연구기관의 연구 관행 개선에 초점을 두고 정책 개선
 - 정부연구기관에 해당하는 독립행정법인의 특성을 반영해 운영할 수 있도록 관련 법률을 개정
 - ※ 연구개발 성과 제고를 위해 국립연구개발법인을 별도로 두고 세계 최고 수준의 성과를 거둘 수 있는 연구 환경 개선을 추구
 - 연구개발력강화법 개정을 통해 연구개발법인에 대한 인재의 확보 및 활용에 관계되는 방침을 작성하도록 의무화하였고, 이를 통해 정부연구기관의 환경을 개선
 - ※ 단순히 연구개발체제의 혁신에 머무르지 않고 개별 연구소의 연구자를 확보하고 활용 체계를 개선함으로써 연구자의 성장과 우수 연구 성과 창출을 촉진
 - ※ (이화학연구소) 연구운영 시스템을 개편하는 노력으로 연구인력 뿐만 아니라 지원인력의 인사시스템 혁신과 커리어 패스 확충에 노력
 - ※ (산업기술종합연구소) 연구자 평가의 이원화*와 연계된 성과체계 구축 등의 전략을 추진
 - * 단기 개인평가와 장기 공헌평가를 분리하여 파악
- (프랑스) 국립과학연구센터(CNRS)의 역할과 전략에 대한 개편을 바탕으로 창의적·혁신적 연구 역량을 확보하고자 노력
 - 중장기 조직 전략을 세우고 장기 연구 계약을 맺는 등의 운영 개선에 노력
 - 연구 성과에만 초점을 맞추지 않고 공공 연구직의 경력개발 특성에 맞는 역량 향상 방안을 세우는 등 인적자원개발과 연계하고자 노력
 - 국가연구청을 설립하여 프로젝트 경쟁 입찰 방식으로 연구개발 자금을 제공하면서 다양한 연구 개발 활동이 활성화 될 수 있도록 노력
 - 국가적인 필요성에 의해 연구 환경 개선 정책을 수립하고 연구자들의 업무집중도를 높이기 위해 지속적으로 노력

연구 환경 정책의 한계

연구 환경 개선 정책이 종합적인 시각으로 이뤄지지 않았다는 점과 예산 효율화에만 초점을 둔 정책 수립으로 인해 지속적인 문제 발생

- 연구 환경을 개선하기 위한 대책으로 마련된 ‘연구몰입환경 조성을 위한 과학기술인 종합지원계획(안)’은 단편적인 연구자 예우나 연구 편의성 제고를 중심으로 구성
 - 과학기술인 종합지원계획(안)에 따르면 유연 근무제도 정착 지원, 시간선택제 일자리 확충 및 확산 지원, 연구연가 활성화 지원 등 단편적인 연구 편의성 제고에 그침
 - 추격형 연구개발 체제에서 선도형 연구개발 체제로 전환을 위해 국가 연구개발의 중심적인 역할 수행원인 출연(연)의 연구 환경을 혁신하는 종합 정책 필요
 - 현 정책은 연구비 안정성 제고, 정년 연장 등을 중심으로 고용 안정, 과학기술인에 대한 예우나 처우 개선, 사기 진작 등 단편적인 정책목표만 수립하고 있는 상황

※ 출연(연) 등에서 이루어지는 연구개발 활동 프로세스나 경력개발 프로세스 등 전반적인 연구 환경 요소를 종합적으로 다루고 있지 못함
- 연구 환경 개선 계획 수립을 위해서 연구 환경 개선정책의 종합적인 진단이 필요
 - 현 정부는 개별 연구자에 대한 처우나 예우 개선, 연구 편의성 제고가 창의적 연구 환경조성으로 이어질 것이라는 가정에 근거하여 정책을 추진
 - 현재 우리나라 연구 환경 개선 정책은 초기 과학기술인력 우대 정책에 머무르는 수준에 불과하여 연구 환경 개선의 실질적인 역할 수행을 못하고 있는 상황
 - 다각적인 시각으로 연구 환경 개선 정책의 목적을 달성해야 하지만, 정책 수립 초기에 대두된 과학기술 인력 우대 정책에만 집중
 - 연구 환경 개선 정책의 추진을 위해서 출연(연) 연구자의 시각으로 환경을 판단해야 할 필요성 증대
 - 세계적인 연구 성과를 창출하는 선도형 연구개발이 요구되는 현 시점에 소수의 연구자의 열성과 창의성만으로는 문제를 해결할 수 없음
- 정부 R&D 혁신 방안의 경우 비교적 종합적·혁신적 방안을 제시하였으나, 예산 효율화에만 초점을 두었다는 점에서 한계가 존재
 - 국가 연구개발정책의 종합적인 혁신과 예산 절감이 필요하다는 인식만을 바탕으로 정책을 추진한 결과가 존재
 - 연구개발 활동의 효율성을 제고하기 위하여 정부 예산의 낭비적 요소 제거 만에 초점을 맞추어 정책을 수립

※ 출연(연) 연구자의 연구 환경에 대한 종합적인 개선보다 효율적 연구 추진을 위한 정책이 대다수

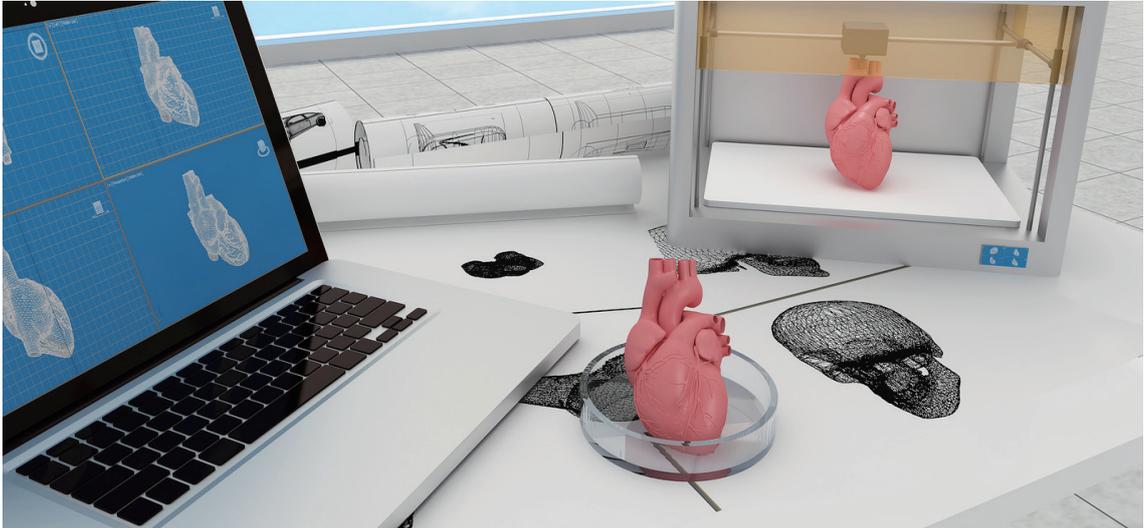
연구 환경 개선 정책 방안

세계 수준의 연구 인력 배출과 성과 제고를 위해 연구자의 관점에 의한 정책방향 제안

- (정책 방향 1) 세부적인 종합진단을 바탕으로 출연(연)의 기관 운영 프로세스, 연구개발 프로세스, 인적자원 및 경력개발 프로세스를 고려한 정책의 기획과 추진이 필요
 - 단편적인 제도개선 차원이 아니라 출연(연) 연구활동 전반에 걸친 개혁으로 추진
 - 연구전념도, 연구 자율성 제고 등을 위해서는 심층 진단 및 추가 연구를 바탕으로 세밀한 정책 기획과 추진이 필요하며, 연구자들의 자율성과 책임성과 관련된 제도 개선
 - ※ 최소 2년 단위로 주기적 진단을 실행하며 결과를 분석하고 출연(연) 정책기획에 반영
- (정책 방향 2) 출연(연)의 내부 연구 환경을 개선하기 위해 연구개발 프로세스 및 연구지원 수준 제고를 위한 정책 추진에 집중
 - 연구개발 기획과 평가의 전체계에 연구자들의 창의성을 제고할 수 있는 전략 추진이 필요하며, 개인 및 기관별 중장기 평가체계의 구축과 우수 인재 확보를 위한 자율성 제고
 - 기관 평가 및 개인 평가 체계와 연동한 3년 단위 중기 연구 성과 평가 체계로 개편 추진
 - ※ 선임급과 신진 연구자에게는 다양한 연구 추진 기회를 부여하고 책임급에는 성과에 대한 인센티브만큼 책임도 강화
 - ※ 기관에 대해서는 개별 연구 특성에 맞춰 연구개발 프로세스 자체의 개발과 운영 실적 등을 종합적으로 평가하는 시스템 구축
- (정책 방향 3) 인적자원 및 경력개발 프로세스 개선 시 연구개발 활동 및 성과와의 연계를 강화 하는 정책 수립이 필요
 - 전문 역량을 갖춘 전담팀의 확보를 촉진하고, 연구자 특성에 맞는 역량 개발 체계 구축
 - 책임급 연구자의 경우 연구자로서의 경력개발과 더불어 다양한 진로 개척이 가능할 수 있는 종합적인 진로개발 컨설팅 추진
- (정책 방향 4) 기관 운영 프로세스에는 다양한 자율성 제고를 기반으로 한 창의적 연구 성과 저해 요인 제거가 시급
 - 단기적인 정책 추진으로는 연구기관 성과평가 지표나 내용을 연구 분야, 기관 특성을 반영하여 다양화하는 정책 마련
 - 중장기적인 정책 추진으로는 위탁 경영이나 전문경영인 체제 구축 등 연구기관 운영의 자율 성과 일관성 확보를 위한 정책 추진

III. TePRI Wiki :

장난감이나 만들던 시대는 진작에 끝났다! 장기 이식 대기자들을 살릴 3D 바이오프린팅



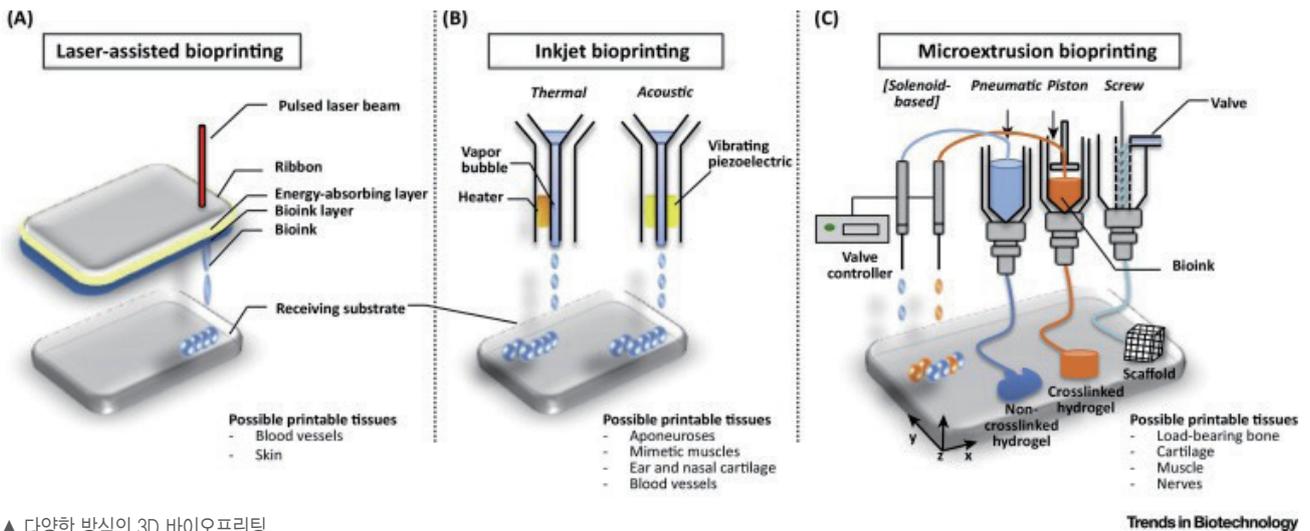
▲ 3D Bioprinting

필자가 처음 3D 프린팅이라는 말을 들었을 때는 지금처럼 구조물을 만들어내는 3D 프린터를 떠올리지 못 했다. 먼저 떠오른 것은 그것이 아니라, 인쇄용지에 텍스트와 그림을 찍어내는 복합기를 생각했다. 그런데 그 종이 인쇄 복합기에 3D가 웬 말인가. 산업디자인이나 인간공학을 전공하는 지인들이 3D 프린터로 만들어서 가져온 멋진 구조물들을 보고서야 3D 프린터가 어떤 것인지, 어떤 원리로 작동하는지를 알게 되었다.

4차 산업혁명의 주요한 세부 기술 중 하나로 꼽히는 3D 프린터에 종이 인쇄 복합기와 마찬가지로 ‘프린터’라는 이름이 붙은 이유는 종이 인쇄 복합기처럼 잉크를 담고 있는 노즐로부터 분출되는 물질로 무언가를 만들어내기 때문이다. 둘의 차이는 종이 인쇄 복합기는 종이라는 2차원 공간에 무언가를 만들어내는 반면, 3D 프린터는 종이 같이 인쇄되는 별도의 기반 없이 우리가 살고 있는 3차원 공간에 ‘구조물’을 만들어낸다는 점이다. 예술 분야로 비유를 하자면, 재료를 밖에서부터 깎아내는 ‘조각’보다는 안에서부터 무른 재료를 붙여가는 ‘소조’에 가깝다고 할 수 있다. 소조를 사람의 손이 아니라 기계가 한다고 생각하면 가장 쉽게 이해할 수 있다. 노즐로부터 나오는 순간에는 액체처럼 흐르던 것이 구조물로 자리를 잡는 과정에서 고체처럼 딱딱해진다.

4차 산업혁명을 나타내는 여러 가지 키워드가 있다. 대융합과 초연결, 기술로 바뀌는 사회상 등. 4차 산업혁명의 주요한 세부 기술로 3D 바이오프린팅이 꼽히는 이유는 이러한 키워드를 모두 관통하기 때문이라고 할 수 있다.

우선 3D 바이오프린팅의 학문적 배경이 되는 분야부터가 생체재료라는 융합분야이다. 필자도 처음 이 분야의 이름을 들었을 때는 생물학과 재료과학 분야의 융합인 것처럼 보여서 매우 어렵게 느껴졌다. 물론 그러한 융합 분야가 맞다. 하지만, 이 분야가 만들어낸 것 중에 친근한 것을 떠올리면 그렇게까지 어렵게 느껴지지는 않는다. 생체재료 분야가 만들어낸 대표적인 작품이 바로 임플란트이다. 사람의 구강 등 인체 속에서 인체가 외래의 재료에 대해 ‘면역 작용’이라는 반발을 하지 않고 사람에게 이로운 작용을 하도록 하는 분야라고 할 수 있다. 생체재료라는 기반 학문부터가 융합 분야인데다가 3D 프린팅이라는 또다른 융합 분야가 융합되어 3D 바이오프린팅이라는 학문이 탄생한 것이다. 3D 프린팅은 먼저 노즐 속에 들어갈 적절한 재료(액체였다가 고체로 변하는 재료)를 알아야 하고, 컴퓨터를 통한 디자인과 프린터 기계가 연결되어야 한다. 따라서 3D 바이오프린팅은 융합 학문과 융합 기술의 융합의 산물이라고 할 수 있다.



▲ 다양한 방식의 3D 바이오프린팅

임플란트의 사례에서 보듯이 생체재료라고 해서 우리 몸에 있는 것과 똑같은 물질일 필요는 없다. 그저 우리 몸이 반발하지 않는 선에서 우리 몸의 물질들과 비슷한 작용을 할 수 있으면 충분하다. 우리 몸이 세포로 이루어져있는 것은 많이 알려진 사실이지만, 세포와 세포 사이에 다양한 물질들이 그물망처럼 네트워크를 형성하고 있기도 하다. 이것을 세포 외 기질(ExtraCellular Matrix)이라고 한다. 3D 바이오프린터의 노즐에서 나오는 것에 세포가 포함되기는 하지만, 세포 외 기질과 똑같은 물질이 포함되지는 않는다. 세포 외 기질과 비슷한 기능을 할 수 있으면서 인체가 '면역 작용'을 통해 반발하지 않는 인공물질을 세포와 함께 넣는다.

3D 프린터는 기술로써 사회상을 바꾸고 있는 대표적인 기계이다. 쓰고 싶은 글이 있을 때 수기로 밖에 작성할 수 없었던 시대가 타자기 등을 거쳐서 컴퓨터와 연결된 종이 인쇄 복합기를 이용할 수 있는 시대로 변했다. 그럼에도 불구하고, 원하는 '글과 그림'은 만들어낼 수 있어도 그 이상의 '구조물'을 아무나 만들 수 있는 것은 아니었다. 그러한 상황을 3D 프린터가 바꾸고 있다. 이전 장난감 정도는 3D 프린터로 어렵지 않게 만들 수 있다. 전문가만 할 수 있다는 것이 아니다. 3D 프린터의 가격은 계속 내려가고 있기 때문에 전문가가 아니더라도 쉽게 가능한 일이다. 이처럼 3D 프린터는 기술로써 사회상을 바꾸고 있기 때문에 4차 산업혁명의 주요한 세부 기술로 꼽히고 있다. 그러나 장난감이나 만들 수 있는 것이면, 이 정도로 주목받지는 않았을 것이다.

현대 의학이 크게 발전하여 장기 이식 수술이 가능해졌지만, 그것을 하려면 일단 이식할 장기가 필요하다. 총대만 있고 총알이 없으면 쓸 수 없는 것과 마찬가지다. 지금도 병원에는 장기 이식을 기다리고 있는 수많은 환자들이 있다. 3D 바이오프린팅은 그 대기 줄을 획기적으로 줄일 가능성을 지닌 기술이라고 할 수 있다. 3D 바이오프린팅을 통해서 인간의 실제 장기와 비슷하게 작동할 수 있는 인공 장기를 만드는 연구가 진행되고 있고, 가시적인 성과들도 나타나고 있다.

4차 산업혁명은 양날의 검이다. 3D 프린터가 상용화되고 있는 지금, 전문가가 아니더라도 총기류를 간단히 만들 수 있어서 이러한 사회 현상에 대해 우려하는 목소리가 적지 않다. 하물며 사람의 생명을 해칠지도 모르긴 하지만 그 자체가 생명을 지니지는 않은 총기류를 만들어내는 것에 대해 우려하는 목소리가 있는데, 세포를 이용하는 인공 장기와 관련하여 얼마나 많은 문제들이 발생할 가능성이 있는지는 상상하기가 어렵지 않을 것이다. 3D 바이오프린팅과 인공장기에 대한 사회적 제도 및 법 등의 뒷받침을 준비해야 할 시점이다.

한원석(정책실, UST 석사과정, g16501@kist.re.kr)

* 참고자료

- Future Ready Singapore (2014.9) Bioprinting may soon remove organ transplant waitlist
- Trends in Biotechnology (2016.9) Advances in Bioprinting Technologies for Craniofacial Reconstruction

