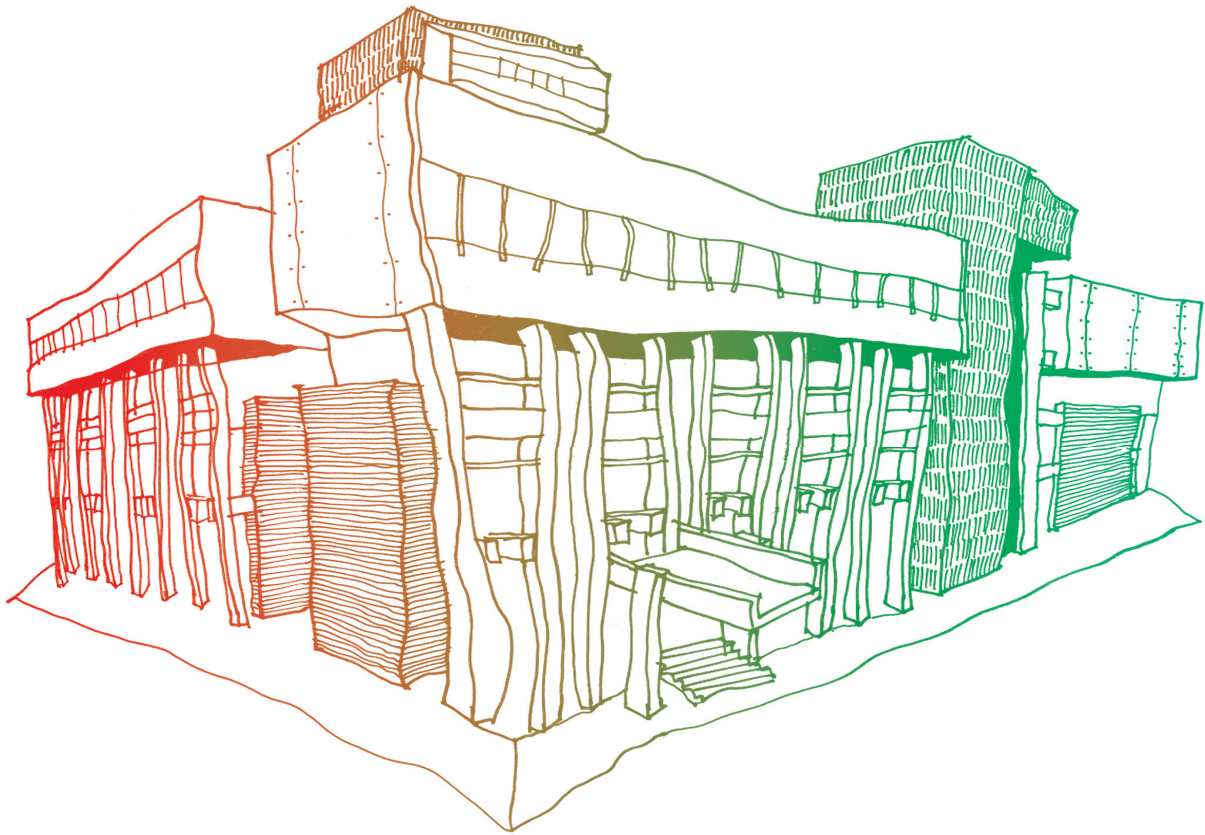


# TePRI REPORT

2018. 01. vol.80



**TePRI 포커스** 무술년(戊戌年) 새 해, KIST가 나아가야 할 방향은?

**TePRI가 만난 사람** 사이언스 스테이션 도슨트 5인과의 만남

**PART 01 : 이슈분석** 2018 평창올림픽을 준비하는 KIST 도핑컨트롤센터

**PART 02 : 과학기술 동향** I. 주요 과학기술 정책 : 4차 산업혁명 위원회, 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획 발표

II. 월간 과학기술 현안 : 과기정통부, 창의 도전형 과제평가 도입

III. Guten Tag! KIST Europe : 독일의 일자리 창출 정책 - 신진 연구자 양성 및 경력 개발

**PART 03 : TePRI 라운지**

I. TePRISM : 초고속 충·방전 가능한 전기자동차용 배터리 신소재 개발

II. 신규 보고서 : 4차 산업혁명 대응을 위한 정부 R&D 사업의 전략적 투자 포트폴리오 구축 방안

III. 소통과 대화를 위한 재미있는 Innovation 이야기 : 파괴적 혁신, 산업 지평을 재편하다



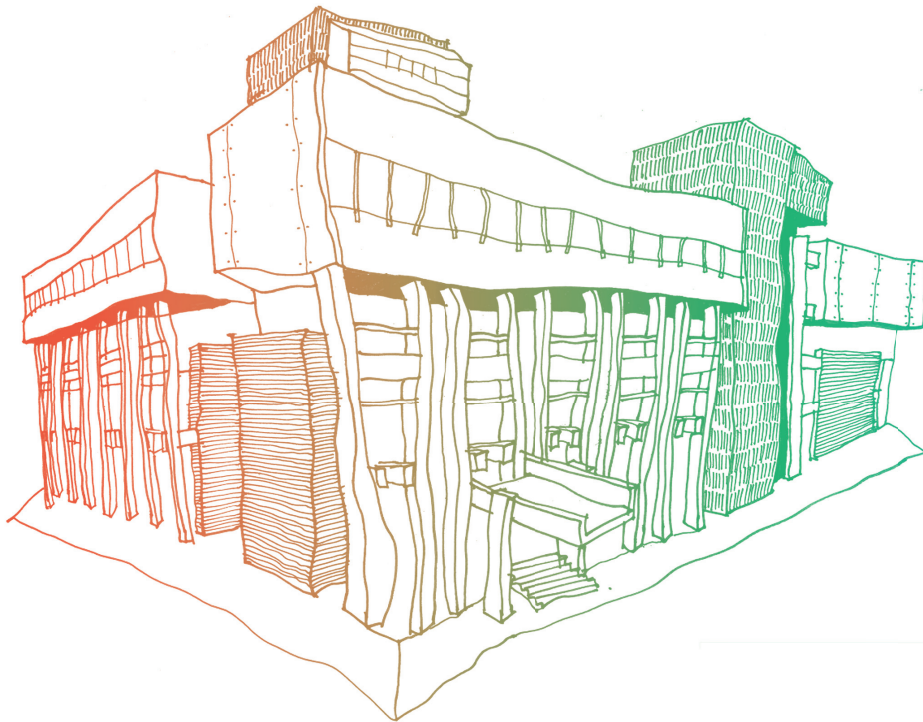
# TOPPRI

REPORT

2018. 01. vol.80

기술정책연구소

Technology Policy Research Institute



**TePRI**  
Technology Policy Research Institute



### TePRI 포커스

무술년(戊戌年) 새 해, KIST가 나아가야 할 방향은?	4
---------------------------------	---

### TePRI가 만난 사람

사이언스 스테이션 도슨트 5인과의 만남	6
-----------------------	---

### PART 01 : 이슈분석

2018 평창올림픽을 준비하는 KIST 도핑컨트롤센터	14
-------------------------------	----

### PART 02 : 과학기술 동향

I. 주요 과학기술 정책 :	
4차 산업혁명 위원회, 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획 발표	23
II. 월간 과학기술 현안 :	
과기정통부, 창 의 도전형 과제평가 도입	28
III. Guten Tag! KIST Europe :	
독일의 일자리 창출 정책 - 신진 연구자 양성 및 경력 개발	36

### PART 03 : TePRI 라운지

I. TePRISM :	
초고속 충 · 방전 가능한 전기자동차용 배터리 신소재 개발	41
II. 신규 보고서 :	
4차 산업혁명 대응을 위한 정부 R&D 사업의 전략적 투자 포트폴리오 구축 방안	42
III. 소통과 대화를 위한 재미있는 Innovation 이야기 :	
파괴적 혁신, 산업 지평을 재편하다	47

# TePRI FOCUS

## 무술년(戊戌年) 새 해, KIST가 나아가야할 방향은?



작년 한 해동안의 여러 어려움을 극복하고 무술년, 황금견 새해가 시작됐다. 1인당 국민소득 3만 달러 시대가 열릴 것이라는 기대와 함께 기업의 투자를 더욱 확대하고 과학기술 혁신을 촉진하는 정책이 활발히 펼쳐지고 있다. 그러나 과연 우리가 4차 산업혁명이 가져올 급격한 변화를 헤쳐나갈 수 있을지 질문해보면 아직도 해야 할 일이 많다는 생각이 든다.

정부는 과학기술이 주도하는 혁신성장에 더욱 박차를 가하고 있다. 과학기술정보통신부 예산 14조 1,759억원 중 2조 1,000억원 가량을 4차 산업혁명 원천기술 및 신기술 개발, 출연(연) 핵심분야 투자, 기초연구 지원 강화, 과학기술 기반 국민 삶의 질 향상에 투자하겠다고 발표했다. 더불어 기초원천 연구분야 과제 프로세스 혁신을 통해 창의적·자율적·도전적 연구환경을 구축하겠다고 밝혔다.

이에 발 맞추어 KIST 역시 지속적으로 연구개발·지원 환경을 개선해 나가고 있다. 그간 KIST는 2년 연속('16, '17) 톰슨로이터 '세계에서 가장 혁신적인 연구기관' 6위에 선정되는 등 그 연구역량을 널리 인정 받아왔으나 급변하는 세상을 선도하기 위해서는 다음과 같은 혁신이 필요하다.

먼저 장기적 관점에서의 안정적인 연구몰입환경 구축이 시급하다. KIST는 미래 선도기술 연구를 통해 국가의 혁신성장을 이끄는 임무를 수행하고 있다. 미래상이 제시되기를 기다리기보다 오히려 먼저 제시해왔다. 저전력 인공지능모사 반도체, 스핀 성질을 활용한 무전력 메모리 소자, 미래형 복합소재 개발 등이 그 예이다. KIST에는 스스로 미래를 개척해나갈 수 있는 역량을 갖춘 연구자들이 많이 있다. 그러므로 이들이 최고의 성과를 낼 수 있도록 앞으로도 연구자 중심의 연구몰입환경과 창의·도전적인 연구를 수행할 수 있는 체계를 구축하는 것이 중요하다. 이는 정부의 정책방향과도 일치한다. 장기적 관점에서의 평가방식 개선, 후속연구 지원, 분야별 특성에 맞는 연구환경 제공 등으로 연구성과가 혁신성장으로 이어지게끔 해야 한다.



또한 급변하는 환경에 발맞추어 빠르게 연구가 진행될 수 있도록 연구 프로세스를 정비해야 한다. 4차 산업혁명이라는 용어를 제시한 클라우스 슈밥 세계경제포럼 회장은 “새로운 세상에서 작은 물고기들을 잡아 먹는 것은 큰 물고기가 아닌 빠른 물고기”라고 말하였다. 조직 역시 빠르고 민첩하게 움직일 수 있도록 정비해야 한다. 이를 위해 연구자 자율성 강화, 연구 개시 전 연구비 지급, 연구계획서 및 성과소개서 간소화 등 연구지원 부문에서의 정부 개선안은 연구개발 프로세스의 효율성을 높일 것으로 기대된다. KIST 역시 정부 정책에 발맞추어 내부 프로세스에 존재하는 문제점들을 파악하고 개선해 나가야 한다.

전세계가 과학기술 · 산업 · 경제 생태계의 대격변 시대에 들어섰다. 거대한 변화의 주도권을 확보하기 위해서 국가의 모든 구성원들이 만반의 준비를 갖추어야 한다. 특히 KIST는 출연(연)의 대표라는 자부심을 갖고 장기적 관점에서의 안정적 연구환경 구축, 빠른 연구수행을 위한 프로세스 정비 등 연구자 중심의 연구몰입환경 구축에 각고의 노력을 기울여야 한다. 무술년의 무(戊)는 금색뿐만 아니라 큰 산도 의미한다. 2018년, 다 같이 힘을 합쳐 큰 산의 정상에 올라보기를 희망한다.

이광렬 KIST 기술정책연구소(TePRI) 소장

TePRI가 만난 사람 **신일곱 번째 만남**



## 사이언스 스테이션\* 도슨트 5인과의 만남

이번 TePRI가 만난 사람에서는 추운 날씨에도 남다른 열정으로 과학문화 활동에 전념하고 계시는 사이언스 스테이션 도슨트 분들을 만나 보았습니다.

과학으로 시민들과 소통하고 계시는 다섯 분께, 사이언스 스테이션 도슨트로서의 자부심과 현장에 대한 이야기를 들어보겠습니다.

\* 6개 기관이 협력하여 2017년 3월 상월곡역을 시범역사로 구현한 과학문화 체험공간

※ 미래부(현 과기정통부), 서울시, KIST, 한국과학창의재단, 서울도시철도공사(현 서울교통공사), 성북구청

지난해 3월 3일 사이언스 스테이션의 개관 이후, 어느덧 10개월의 시간이 흘렀습니다. 과학관을 비롯한 다른 과학문화 공간과 차별화되는 사이언스 스테이션만의 특징점은 무엇일까요?

**나숙희** 대상별로 다양한 과학 프로그램 강연 및 연극이 진행되는 것이 사이언스 스테이션만의 특징이라고 할 수 있습니다. 특히 유치원생을 대상으로 실시하는 연극은 어린이들에게 어려울 수 있는 과학적 개념들을 동화와 접목하여 쉽고 재미있게 전달하고 있어, 연극을 보는 것만으로도 어린이들이 과학 현상에 대한 기본적 개념을 익힐 수 있다는 장점이 있습니다.

**안성초** 다른 과학문화 공간들은 사람들이 직접 찾아가는 노력을 기울여야 하지만, 사이언스 스테이션은 교통시설을 이용하면서 쉽게 접할 수 있다는 장점을 가지고 있습니다. 지하철을 기다리면서 우연히 방문한 어린이와 학생들이 자연스럽게 과학에 대해 이야기하는 모습을 볼 때 사이언스 스테이션이 과학에 한 걸음 다가갈 수 있는 기회를 제공한다고 생각합니다.

**김영연** 지하철을 이용하다보면 기다리는 지루한 시간이 있습니다. 그 시간 동안 OX 퀴즈를 풀고 영상을 보는 등 과학에 재미있게 접근할 수 있습니다. 또한 우리가 자판기에서 음료나 과자를 꺼내 먹듯이, 손으로 터치하면 과학상식을 하나씩 얻어간다는 점에서 과학이 대중들에게 무겁지 않게 다가갈 수 있다고 생각합니다.

**최순영** 저 역시 가장 큰 장점은 접근성이라고 생각합니다. 지하철 내부와 연결되어 있어 교통시설을 이용하는 고객들이 쉽게 접근할 수 있습니다. 또한 과학전시장은 지하 세 개의 층으로 나뉘어져 있어 방문객이 지루하지 않게 공간을 볼 수 있다는 것이 장점입니다. 보통의 과학관은 너무 넓어서 관람객들이 무엇을 봤는지 기억하기 어려워합니다. 하지만 이곳에서는 체험을 통해 직접 피부로 과학을 느낄 수 있고, 매주 수요일, 금요일, 토요일에는 과학강연도 함께 볼 수 있습니다. 넓지 않은 공간이지만 이를 잘 이용해서 차별화되는 프로그램을 제공하고 있습니다.



왼쪽부터 사이언스 스테이션 최말순, 나숙희, 김영연, 안성초, 최순영 도슨트

사이언스 스테이션은 주중은 물론 주말에도 운영되고 있습니다.  
주말 운영에 어려운 점은 없으신지요?

**안성초** 주말에 모두 함께 체험할 수 있는 프로그램이 지금보다도 더욱 많아지면 좋겠습니다. 주말에는 가족단위로 많이 방문을 하기 때문에 현재 운영되고 있는 토요일 과학공연 외에도 온 가족이 즐길 수 있는 프로그램이 추가적으로 생겼으면 하는 바람입니다. 사이언스 스테이션에 많은 체험 프로그램들이 있지만, 부모세대와 자녀세대가 함께 참여할 수 있는 프로그램이 더 많아지면 주말에 이용하는 고객들에게 더욱 만족감을 줄 수 있을 것이라고 생각합니다.

**나숙희** 저는 일요일 오전 도슨트 활동을 담당하고 있는데, 일요일에는 공연 프로그램이 있는 토요일에 비해 찾아오는 사람이 많지 않습니다. 상월곡역에서 브로슈어를 나눠주는 등 홍보를 해도 일요일에는 적극적으로 오는 사람들이 많지 않아서 더 많은 홍보와 프로그램이 필요하다고 생각합니다.

사이언스 스테이션에는 주로 어떤 분들이 많이 방문하시는지요?

**나숙희** 사이언스 스테이션 개관 초기에는 지하철 역장, 교통공사 차장, 신문기자 등 지하철역에 세워진 과학문화 공간으로서의 사이언스 스테이션에 관심을 가지는 다양한 분들이 찾아오셨습니다. 과학체험 테마파크를 갖춘 지하철역으로서 어떠한 시설과 프로그램을 갖추고 있는지에 대해 호기심을 가지고 계신 분들이 방문했었습니다. 현재도 교통방송에서 저희의 도슨트 활동을 촬영해가는 등 언론에서도 지속적인 관심을 보이고 있습니다.

**김영연** 어린이 대상 과학 연극을 보기 위해 방문하시는 분들이 많았습니다. 과학과 관련된 연극이 생소하기 때문에, 어떠한 콘텐츠를 다루고 있는지, 과학과 어느 정도 연관이 있는지 궁금해 하시는 분들이 많이 방문해주셨습니다. 그리고 연극을 본 후 많은 분들이 만족하고 돌아가시는 모습을 볼 수 있었습니다.

**최말순** 방문하시는 분들 중 높은 비율을 차지하고 계신 분들이 학생들입니다. 초등학교 고학년생부터 고등학생까지 홍보물 등 다양한 경로로 사이언스 스테이션을 접해서 찾아옵니다. 성북구에 거주하고 있는 학생뿐 아니라 잠실이나 의정부와 같이 먼 곳에서도 지하철 홍보물을 보고 찾아오기도 해서 놀랐습니다. 주로 홍보물에 있는 프로그램을 보고 방문했다는 점과 멀리서도 관심을 가지고 찾아왔다는 점이 인상적이었습니다.



**최수영** 5시부터 7시까지 제가 근무하는 저녁시간에는 연세 드신 분들이 주로 방문하셨습니다. 바이오 리빙랩\*(Bio-Living Lab)에서 혈압을 측정하시거나 스트레스 측정기를 많이 이용하셨습니다. 또한 부모님들이 자녀들의 교육을 위해 지하철 홍보 영상을 보고 찾아오기도 하십니다. 주민이 아님에도 사이언스 스테이션을 찾아 세 시간 이상 즐기다 가시는 학부모님들도 있었습니다. 이 외에도 공공시설과 관련된 분들이 사이언스 스테이션을 벤치마킹하기 위해 방문하시기도 합니다. 고려대학교 과학도서관 담당자들이 시설물을 둘러보시고 사진을 찍어가기도 하였고, 국립과천과학관에서도 홍보팀장님이 오셔서 운영 방식의 차이에 대해 고민해보고 가시기도 했습니다.

\* 바이오 리빙랩: 리빙랩이란 '살아있는 실험실', '일상생활 실험실' 등으로 해석되며 과학기술의 생산자와 사용자가 소통할 수 있는 '사용자 참여형 혁신공간'을 의미. 사이언스 스테이션은 바이오·의료를 테마로 하여 관련 기관들이 개발한 여러 제품 등을 누구나 직접 체험하고 의견을 제시할 수 있음. 이를 통해 기업은 제품을 개선할 수 있고 일반시민은 첨단제품을 경험할 수 있음.

어린이, 학생 및 교사에 이르기까지 다양한 분들이 사이언스 스테이션을 방문해주는데, 각 방문자에게 알맞은 해설을 해주시기 위해 어떻게 노력하고 계신지요?

**나숙희** 도슨트들에게는 사이언스 스테이션을 소개하는 대본인 스토리라인이 주어집니다. 처음에는 스토리라인대로 안내를 드렸지만, 도슨트를 진행하면서 질문을 하시는 분들이 생기고, 개인적인 궁금증도 많이 생기게 되었습니다. 그래서 도서관에 가서 과학에 대한 책을 여러 권 빌려보는 것을 통해 의문점을 해결했습니다. 사이언스 스테이션에 방문하시는 나이 드신 분들은 공학을 전공하신 분들이거나 과학에 많은 관심을 갖고 계시는 분들이 많습니다. 이분들과 소통하기 위해서 책, 신문 등 다양한 매체를 통해 과학에 관심을 가지기 시작했습니다. 또한, 사이언스 스테이션에서 진행되는 청소년 과학강연을 신청해서 직접 들어보기도 했습니다. 이를 통해 다양한 수요층에 맞게 설명하기 위해 노력했습니다.

**안성초** 예를 들면, 저는 과학자존에 등장하는 과학자들의 생애나 에피소드 등을 검색하여 그 자료들을 모아 시간이 날 때 마다 읽어보고 있습니다. 만일 질문을 하면 자연스럽게 답할 수 있도록 연습하고 있습니다. 특히 학생들의 경우 짧은 이야기를 전달하면 집중력이 높아지기 때문에 스토리텔러로서 간단한 이야기를 부드럽게 전달하려고 하고 있습니다.

**김영연** 호기심을 유발할 방법을 연구하고, 어린이와 학생들이 하는 질문에 어떠한 방식으로 답변할 것인지에 대해 고민하며, 대본에 나와 있지는 않지만 중요한 개념들을 전달하고자 노력했습니다. 예를 들어, STEAM\*의 개념을 전달할 때, 융합의 개념도 함께 전달하고자 했습니다. 그래서 휴대폰을 예로 들어 예전에는 단순한 통신수단이었지만 스토리도 입히고 예술과 접목시키듯이, 융합이 대세라는 것을 전달했습니다. 전에는 개인적으로 관심이 없었던 과학에 관심과 흥미를 기울이고자 노력했습니다.

\* STEAM : 과학기술에 대한 학생의 흥미와 이해를 높이고 과학기술 기반의 융합적 사고력과 실생활 문제 해결력을 배양하는 교육으로, 과학(S), 기술(T), 공학(E), 수학(M), 인문·예술(A)로 구성

**최말순** 저는 과학을 전공하기도 했고, 호기심이 생길 나이를 지나서인지 과학에 대한 호기심이 아이들에 비해 부족했습니다. 그래서 '이런 게 신기할까? 이런 게 호기심이 생길까?'라고 생각되었던 것들이 아이들과 막상 해봤을 때, "선생님 너무 재밌어요! 내 움직임을 따라해요!"라는 식의 반응을 보이는 것을 보고 눈높이에 맞춰서 생각을 해야겠다고 생각했습니다. 그래서 각 나이대별로 어떤 사고를 하고 있을지 생각해보면서 연령대별로 차별화하여 설명하려고 노력했습니다.

**최순영** 어린이 고객한테는 일방적으로 설명을 하기보다는 먼저 반응을 살펴본 후에 느낌을 이야기하거나 궁금한 점을 해결해주는 방식으로 안내하고 있습니다. 지하 1층에 관심을 가지고 찾아오는 청소년 고객들에게는 지하 1층부터 안내해주며 직접 체험하고 싶은 프로그램들이 있으면 자세하게 안내를 해줍니다. 어르신들은 건강에 관심이 많으시기 때문에 바이오 리빙랩의 스트레스 측정기 등으로 건강 상태 테스트를 적극 도와 드리고 있습니다.

대부분의 도슨트께서 스토리텔러 자격증 등을 가지고 계신 것으로 알고 있습니다. 본인의 그러한 역량들을 어떻게 발휘하고 계신지 말씀 부탁드립니다.



**나숙희** 최대한 쉽고 친근하게 다가가야겠다는 생각에 스토리텔러 자격증을 취득하는 과정에서 연습했던 손 유희를 활용하고 있습니다. 또한 동화 속에 나오는 과학자에 대한 이야기나 과학에 대한 짧은 일화를 언급하면서 과학에 대한 두려움을 심어주지 않기 위해 노력했습니다. ‘개미는 어떻게 친구를 찾을까?’와 같은 질문을 던지거나, 동화 노래를 활용하기도 했습니다.

**안성초** 사이언스 스테이션 지하 1층에는 과학자 존이라고 해서 과학자들에 대해 소개한 코너가 있습니다. 그 코너를 설명없이 보면 교과서처럼 딱딱하게 보일 가능성이 없지 않기 때문에, 흥미롭게 설명하려고 노력했습니다. 스토리텔러로서 듣는 사람들이 흥미를 가질 수 있도록 과학자들에 대한 이야기를 스토리로 만들어 생동감 있게 전달하고 있습니다.

**김영연** 과학을 딱딱하고 어렵다고 생각하는 것이 통념입니다. 저 또한 스토리텔러이기 때문에 이야기하는 것처럼 자연스럽게 설명하기 위해 노력하고 있습니다. 예를 들어, 어린이들이 와서 인터랙티브 월(Interactive Wall)\*을 체험할 때에는 “나처럼 해봐 이렇게 이렇게” 등 재밌는 동작이나 표현과 함께 시범을 보인 후 흥미를 가지도록 유도합니다. 이럴 때 학생들은 재미있다고 많이 표현해줍니다. “이 기계는 우리의 움직임을 인식하여 그대로 출력해주는 시스템으로 운영됩니다.”라는 설명보다 더 와닿는다고 생각합니다. 이처럼 스토리텔러의 장점은, 다소 딱딱한 내용을 자연스럽게 확실하게 전달할 수 있다는 점이라 생각합니다.

\* 인터랙티브 월 : 사람과 물체의 움직임을 인식하여 디지털 화면으로 다양한 변화를 보여줌으로써 감각을 자극하는 체험 기회를 제공하는 전시물

**최말순** 스토리텔러 경험으로 편하게 말을 할 수 있습니다. 특히 어린이들과 소통할 때, 유용하게 활용하는 것 같습니다. 이야기를 활용하여 소통하기 때문에 어린이들한테 더 가깝게 다가가기 쉽다는 장점이 있습니다.

**최순영** 처음 방문하시는 어르신들은 한 번도 접해보지 못한 과학문화 공간이기 때문에 사이언스 스테이션을 많이 낯설어하십니다. 따라서 그분들이 원하는 자세한 설명과 체험 방법 등을 친근하게 소개하기 위해 노력하고 있습니다. 어르신들 눈높이에 맞게 말을 천천히 하거나 반복해서 설명을 하는 등 편안한 마음을 가지고 이용할 수 있도록 유도하고 있습니다.

사이언스 스테이션에서 과학으로 시민들과 소통하는 노하우를 얻으셨다면 소개해주세요.

**나숙희** 노하우라기보다는 모든 사람을 존중하는 태도로 성실하게 임하는 것이 시민들과 소통할 수 있는 방법이라고 생각합니다. 예전에 과학에 지대한 관심을 가진 한 노신사가 방문하신 적이 있습니다. 처음 방문하실 때에는 간단한 질문들을 하시다가 나중에는 과학에 대한 질문들을 하셨습니다. 그 질문들을 놓치지 않고 하나하나 답변을 해드렸고, 저의 답변이 마음에 드셨는지 제가 언제 출근을 하는지 여쭙보시고는 그 시간에 항상 맞춰서 방문하셨습니다. 이처럼 개개인에게 애정을 가지고 대하면 상대방도 주제에 관심을 가지게 된다는 것을 알게 되었습니다.

**안성초** 사이언스 스테이션에서 근무하며 제가 궁금한 부분들을 생각해 두었다가, 추후에 조사를 통해 보완합니다. 제가 궁금한 부분들은 시민들도 충분히 궁금해 하시기 때문입니다. 이처럼 타인의 시각에서 호기심을 가지는 것이 저만의 노하우라고 생각합니다. 또한 모든 사람을 최선으로 대하는 것도 중요합니다.

도슨트 투어에 참여하시는 분들은 대부분 비슷한 궁금증들을 가지고 있습니다. 같은 질문에 대해 열 번 넘게 대답을 한 적도 있습니다. 하지만 같은 답변을 되풀이해도 최선을 다하다 보니 듣는 사람들도 기뻐하고 저 또한 답변을 발전시켜 나가며 더 쉽게 설명하는 방법을 체득할 수 있었습니다. 개개인이 느끼는 것이 다르고, 원하는 답변이 다르기 때문에 같은 답변을 하더라도 다양한 반응을 볼 수 있어 도움이 되기 때문입니다. 학생들이 방문할 때에는 학생들의 마음을 여는 말로 학생들의 관심을 유도합니다. 예를 들어, 학업 스트레스에 대한 이야기를 공감해주며 설명을 시작하면 집중력이 높아지는 효과를 얻을 수 있습니다. 이처럼 모든 사람들에게 최선을 다하고, 그들의 입장에서 생각하면서 사이언스 스테이션 방문객들의 다양한 수요를 충족시킬 수 있었습니다.

**김영연** 사이언스 스테이션을 방문하시는 고객들은 각양각색의 특징을 가지고 있습니다. 각 고객들의 특성에 따라 맞춤형 서비스를 제공하는 것이 저의 노하우입니다. 사이언스 스테이션을 자주 방문하시는 고객 중 자폐증이 있는 아이가 있습니다. 주로 어머니가 함께 동행하는데, 자존심의 문제인지 항상 어머니는 아이가 노는 동안 말없이 방관하고 있었습니다. 이 아이는 자신의 움직임이 화면에 나타나는 인터랙티브 월 앞에서 다양한 동작들을 표현하는 것을 가장 좋아합니다. 저는 어머니에게 간단히 인사만 하고 말없이 인터랙티브 월 앞에서 동물 흉내를 내기도 하고, 뛰어다니기도 하는 등 함께 아이와 시간을 보냅니다. 과학에 대한 지식적 전달자보다 함께 즐겨줄 수 있는 친구가 필요하다고 생각했기 때문입니다. 이렇게 상황에 따라 유연하게 대처를 하는 것이 저만의 노하우라고 생각합니다.

그간 사이언스 스테이션에서 재미있었던 일화에 대해 말씀해주세요.

**나숙희** 과학자 존에는 CNN에도 소개된 바 있는 데니스 홍이라는 한국인 로봇전문가가 올라가 있습니다. 언론 인터뷰에 의하면 그는, 7살 때 스타워즈를 보고 로봇에 대한 꿈을 키웠다고 합니다. 지난 청소년 강연을 진행하신 KIST 로봇 분야 박사님께서도 어렸을 때 본 일본 건담 만화를 보고 꿈을 키웠다고 합니다. 사이언스 스테이션에 방문하는 유치원생들은 5~7세입니다. 작은 계기로 세계적인 리더가 되는 꿈을 가질 수 있는 나이입니다. 그래서 저는 매주 아이들에게 묻습니다. “훌륭한 과학자가 되어서 여기 올 수 있을까?” 그럼 아이들은 큰 소리로 “네”라고 대답합니다. 저는 이것으로 어른이 할 일을 했다고 생각합니다. 제 말이 씨앗이 되어서 훗날 아이들이 큰 열매를 맺으면 하는 바람입니다.

\* 과학자 존 : 사이언스 스테이션 내 전시공간으로, 인류의 과학기술발전에 기여한 위인들의 업적을 담은 디지털 액자와, 미래 과학자가 되어 과학저널의 표지모델이 될 수 있는 포토 키오스크 전시

**안성초** 지방에서 올라오신 한 도서관장님이 기억에 남습니다. 특히 기억에 남는 것은 그분의 듣는 자세였습니다. 하나하나 신기해하시고 호기심을 가지고 경청해주셔서 하나라도 더 설명해드리고 싶다는 생각이 들었습니다. 설명할 때마다 극찬을 하시면서 처음부터 끝까지 집중하시는 등 수준 높은 자세로 들어주신 덕분에 설명하는 내내 뿌듯했던 경험이 있습니다. 사이언스 스테이션을 꼼꼼히 둘러보시면서, 본인께서 맡은 도서관에도 적용하시기 위하여 상세하게 메모를 해가시기도 하셨습니다. 또한 학생들이 어렵게 생각하는 과학을 쉽게 다가갈 수 있도록 도와주는 과학문화 공간이라고 말씀하시면서 사이언스 스테이션의 프로그램에 대해서 긍정적으로 평가하셨습니다.

**김영연** 상월곡역을 지나가다 우연히 방문한 한 가족이 기억에 남습니다. 바이오 리빙랩에 있는 재활 보조 프로그램에 관심을 가졌습니다. 움직임을 센서로 인식하여 화면 상의 두더지를 잡는 게임을 통해 상·하체를 단련시키는 프로그램이었는데, 아이들이 거기에 폭 빠져서 다른 것도 하자고 부모님을 조르기도 했습니다. 부모님도 자녀들이 평소에 하지 않던 운동을 즐겁게 하게 되어 굉장히 만족스러워했습니다. 이처럼 과학을 접하면서 운동도 하는 일석이조의 효과를 거둘 수 있는 프로그램들이 더욱 개발되면 좋겠습니다.

**최말순** 한 유치원에서 바이오 리빙랩을 방문했을 때가 인상적이었습니다. 바이오 리빙랩에 있는 게임에 대해 설명해주고 다 같이 해보는 시간을 가졌었는데, 아이들이 팀을 나눠서 응원전을 펼치는 등 예상보다 열정적으로 참여하는 모습을 보고 뿌듯했습니다. 수동적으로 듣기만 하는 것이 아니라 적극적으로 소통하는 것이 느껴졌고 그 점이 과학의 힘이라는 생각이 들었습니다.

**최순영** 또한 바이오 리빙랩에는 스트레스 측정기나 혈압 측정기 등을 통해 건강을 진단하고 가시는 어르신이 많습니다. 긍정적인 결과가 나오는 분들도 있는 반면 간혹 부정적인 테스트 결과로 인해 건강을 걱정하시는 분들이 계십니다. 테스트 결과로 낙담하는 분들께서는 열심히 운동을 한 후 재방문할 것을 권유합니다. 그랬더니 실제로 재방문하여 호전된 결과를 얻고 만족스러워하시는 분이 있었습니다. 기분 좋게 돌아가시는 분들을 보며 뿌듯함이 생겼습니다.

청소년들이 갖는 과학의 꿈은 국가의 미래 경쟁력이라 할 수 있습니다. 사이언스 스테이션은 미래 세대들이 쉽고 친근하게 과학을 접할 수 있도록 만든 공간입니다. 사이언스 스테이션에 방문한 청소년들이 과학자와 만나며 보이는 변화가 있는지요?

**나숙희** 저는 종종 청소년 대상 강연을 직접 신청해서 듣곤 합니다. 얼마 전 들었던 KIST 박사님의 강연은, 학생들의 호응도가 정말 높았습니다. 호기심 어린 눈빛으로 강연에 집중하고, 끝난 후에도 열정적으로 질문하는 모습이 인상 깊었습니다. 박사님 또한 그러한 열정적인 아이들의 모습에 하나라도 더 알려주시기 위해 최선을 다하는 모습이었습니다. 평소 과학자들과 직접 소통할 기회가 없는 학생들에게 이러한 시간은 과학의 꿈을 키울 수 있는 더할 나위 없이 좋은 기회라고 생각합니다.

**안성초** 과학에 관심을 가지고 있는 학생들은 강연에 참석하면서 너무 행복해하고 더 배우고자 하는 의지를 보입니다. 방과 후에도 시간을 내서 먼 곳에서부터 찾아오기도 하고, 한주도 빠지지 않고 매주

참여하는 학생들도 있습니다. 가까운 곳에서 과학자를 만날 수 있다는 것은 큰 혜택이기 때문에 관심을 가지고 참여하는 학생들은 시야를 넓힐 수 있는 좋은 기회가 되었을 것입니다.

**김영연** 저는 수요일 오후를 담당하여 그 시간에 진행되는 청소년 대상 강연에 참여한 학생들의 이야기를 들을 수 있습니다. 그 중에서도 수개월간 꾸준히 참여한 학생이 있습니다. 그 학생은 ‘국가 안보에서 과학기술의 역할과 중요성’이라는 주제로 진행되었던 11월 강연을 듣고 난 후 평소 관심 있었던 분야에 대해 더욱 잘 알게 되었고 이 분야를 더욱 깊게 공부해보고 싶게 되었다고 말했습니다. 학생들이 강연을 통해 본인의 꿈을 향해 한발자국씩 나아가고 있다는 생각이 들었습니다.

**최순영** 저는 매주 수요일 강연시간에 맞춰 출근하기 때문에 강연이 진행되는 것을 지켜볼 기회가 많습니다. 그중에서 특히 기억에 남는 학생이 있습니다. 초등학교에 재학 중인 5학년 학생인데, 지하철에 있는 과학 강연 홍보물을 보고 찾아오기 시작해서 꾸준히 참석하고 있습니다. 과학에 호기심을 가지고 관심 분야의 강연에서는 질문도 하는 등 과학에 열의를 보여 도슨트 선생님들이 입을 모아 칭찬하는 학생입니다. 이 학생은 강연을 통해 과학기술이 정말 넓은 분야에서 이용될 수 있다고 느꼈으며, 우리나라의 과학기술이 더욱 발전하기 위해서 자신도 공부를 열심히 하겠다고 말합니다. 이처럼 과학자들과 대중이 만날 수 있는 프로그램들은 대중들을, 특히 청소년들을 긍정적인 방향으로 이끌 수 있기 때문에 과학이 대중들과 만날 수 있는 다양한 프로그램들을 내실화해야 한다고 생각합니다.

사이언스 스테이션에서 시도하면 좋을 프로그램 및 시설 등에 대한 아이디어에 대해 말씀 부탁드립니다.

**김영연** KIST에서 개발한 3D 디스플레이를 체험할 수 있는 전시물이 무안경 3D 디스플레이 밖에 없다는 것이 아쉽다는 의견이 많습니다. 단순히 보고 듣는 것이 아닌 체험이 중요해지고 있는 시대입니다. 체험을 요구하는 고객들의 목소리에 부응하기 위하여 3D 디스플레이를 이용한 애니메이션을 제작하여 시연하는 등 직접 체험해볼 수 있는 시설을 더 많이 설치하는 것이 한 대안이 될 수 있을 것입니다.

**최말순** 아이들이 체험할 수 있는 공간이 늘어나면 좋겠습니다. 현재 어린이들에게 인기가 가장 많은 프로그램은 역시 게임 형식의 재활 보조 프로그램입니다. 어린이들의 흥미를 유발할 뿐 아니라 신체 기능을 돕는 운동도 할 수 있습니다. 현재 바이오리빙랩에 추가적으로 설치할 체험용 전시물이 제작 중에 있다고 알고 있습니다. 이처럼 점차적으로 시설물 보완을 통해 아이들이 체험을 통해 쉽고 재미있게 과학의 원리를 알게 되면 좋겠습니다.

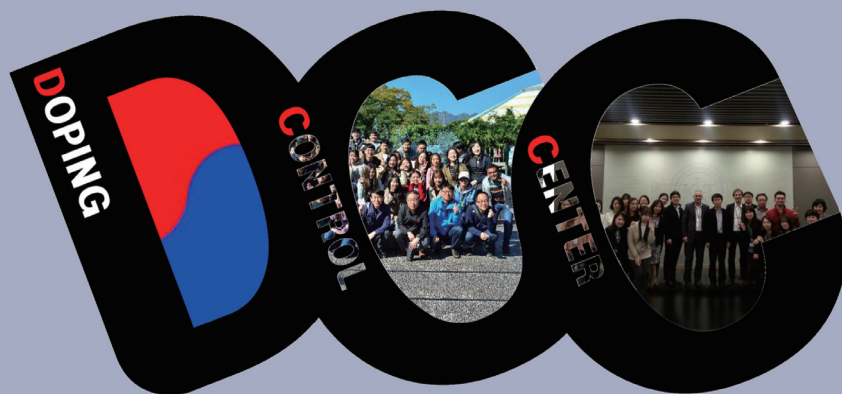
**최순영** 저는 가정주부였기 때문에 과학적 원리나 개념에 대한 지식은 없지만, 과학은 일상생활 곳곳에 널리 퍼져있다는 것에 공감합니다. 마찬가지로 사이언스 스테이션도 우리가 매일 이용하는 지하철역을 과학관으로 재창조한 공간입니다. 그래서 지하철과 관련된 프로그램이 있으면 좋겠습니다. 과학적인 원리를 기반으로 운영되는 지하철에 대한 설명을 통해 지하철의 원리를 파악하고 관련된 과학적 지식을 익힐 수 있는 기회를 제공하거나 철도나 지하철에 대한 상식을 알려주는 것도 미래 과학자들에게 도움이 될 것입니다. 방문률이 가장 높은 어린이에서부터 어르신까지 모두 관심을 가질 수 있는 주제라고 생각합니다.

박연수(정책실, ys00@kist.re.kr), 한원석(정책실, g16501@kist.re.kr), 김성우(정책기획팀, law@kist.re.kr)

## 2018 평창올림픽을 준비하는 KIST 도핑컨트롤센터

1984년에 설립된 도핑컨트롤센터는 국제올림픽위원회(IOC)의 공인을 받아 1988년 서울올림픽, 2011년 세계육상선수권대회, 2014년 인천아시안 게임의 약물검사를 성공적으로 수행한 곳입니다. 새로운 금지약물 분석방법 개발과 스테로이드 호르몬 분석 연구, 혈액 및 펩타이드/단백질 금지약물 분석법 연구 등 지속적인 연구개발과 국외 도핑센터 및 관련 연구자와의 상호 연구협력을 강화하고, 세계 반도핑기구(WADA)가 매년 시행하는 국제공인시험을 통과해 자격을 유지함으로써 국내외 스포츠계 도핑 방지, 운동선수 건강보호, 대형 국제스포츠 대회 국내 유치에 기여하는 등 국가의 위상제고에 크게 기여하고 있습니다.

이번 호 이슈분석에서는 다가온 평창올림픽을 대비한 국내 유일의 KIST 도핑컨트롤 센터의 준비현황과 주요 이슈를 살펴보고자 합니다.



*Challenging to the top anti-doping laboratory*



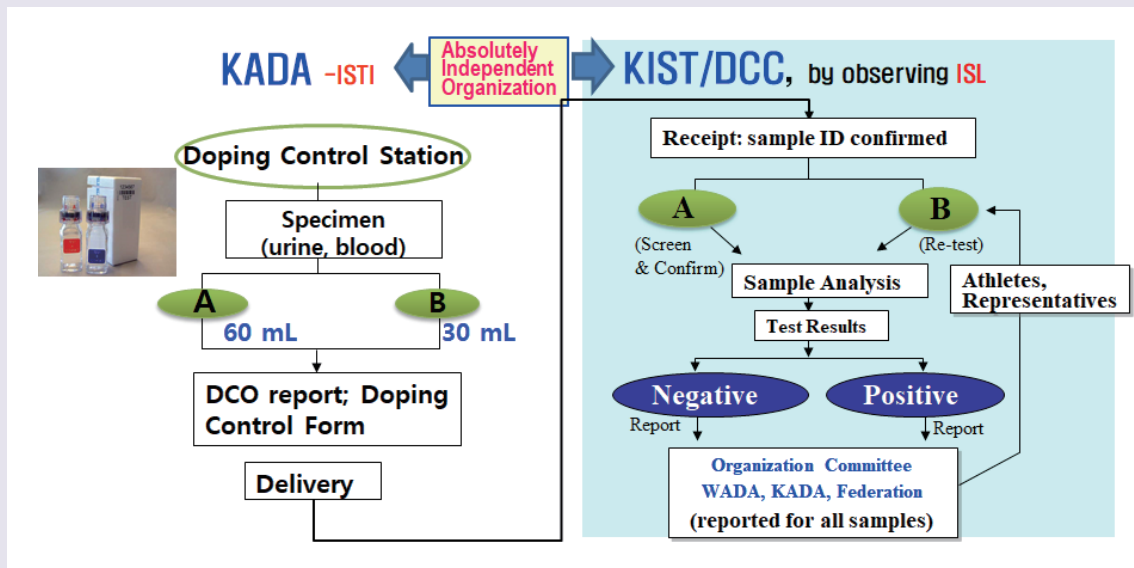
<http://www.seattlekr.com/Article/view.aspx?p=1&aid=13433>

권오승(도핑컨트롤센터장, [oskwon@kist.re.kr](mailto:oskwon@kist.re.kr))

## 스포츠 선진국의 기틀을 다지는 데에 기여

- 도핑컨트롤센터 운영은 각 국의 도핑체계의 중요한 한 축임
  - 1988년 서울올림픽 개최를 위해 1987년 9월 국제올림픽위원회(IOC)로부터 세계에서 15번째로 국제공인을 획득한 국가가 됨
  - 1999년 11월 세계도핑방지기구 (WADA)라는 전문적인 도핑컨트롤센터 국제기구가 설립되어 IOC의 업무를 이관받아 체계적인 도핑관리체계가 완성
  - 2007년 6월 한국도핑방지기구 (KADA)가 설립되어 안정적인 도핑컨트롤센터의 운영에 기여 하게 됨. 각 나라의 도핑체계를 운영하는데 있어 WADA의 엄격한 관리감독 하에 운영되고 있음. 세계 모든 국가는 운동선수의 시료분석을 위해 WADA 공인인증을 받은 실험실만을 이용해야 함으로 각 실험실은 WADA의 규정을 준수하여 실험실을 운영해야 할 의무가 있음
  - 약 200여 개 국가는 반도핑기구 (National Anti-Doping Organization (NADO), 예를 들면, 한국 (KADA), 미국 (USADA), 일본 (JADA), 중국 (CHINADA))를 운영하고 있으나, 도핑실험실은 30여개 국가에서만 운영하고 있음. 역할로는 NADO는 선수들로부터 시료채취, 선수관리, 양성 선수 결과 시 선수의 제재 등의 업무인 반면에, 도핑실험실은 WADA 관리규정을 준수하여 시료를 분석하여 그 결과를 제공하는 곳이므로 엄격한 규정 준수 및 관리가 매우 중요함

## | 도핑분석체계 |



- 도핑컨트롤센터는 국제스포츠 대회 유치를 통한 스포츠 강국으로의 도약을 위한 필수적인 요건임
  - 서울올림픽 이후 약 30년 만에 2018년 평창동계올림픽을 개최함으로써, 우리나라는 1988 하계/2018 동계올림픽, 2002 FIFA 월드컵, 2011 세계육상선수권대회의 세계 4대 스포츠대회를 모두 개최한 5번째 국가임. 동계, 하계올림픽을 모두 개최한 나라로는 세계 7번째 국가로 스포츠 위상을 향상시키는 계기가 될 것임
  - 뿐만 아니라 대한민국 스포츠 강국의 위상제고 못지않게, 일반 국민들에게는 공정한 경쟁을 통한 스포츠 정신을 고양하고 선수들의 건강을 보호하여 운동선수들의 기본권을 보호하는 측면의 국민적인 인식을 강화함으로 전반적인 국민 건강에도 기여

## 소치 올림픽 여파로 인한 WADA 도핑 규정 강화

- 소치올림픽 국가주도 도핑스캔달이 WADA의 도핑보안정책을 한층 강화하는 계기가 되었음
  - McLaren 조사보고서 발표 이후 아직까지도 러시아의 도핑스캔들을 조사 중에 있음
  - 2017년 WADA는 도핑관련 수사부서와 내부고발제도를 담당하는 부서를 설치하여 운영하기 시작함
  - 2016년 브라질 리오자네이루 하계올림픽대회부터 시설과 인력에 대한 보안을 강화하여 운영하기 시작함. 즉, 출입/보안을 강화하는 랩시설 (CCTV 모니터링 및 녹화, 지문인식카드 활용한 출입 보안 등)를 설치하고, 도핑 시료 분석 인원에 다수의 외국 전문가 (브라질 리오 하계 올림픽 대회에서는 90명의 WADA 공인 Lab 전문가가 참여)를 참여시켜 분석결과와 자료의 신뢰성을 높임

## | 역대 올림픽 시료분석을 위한 자원의 비교 |

대회장소, 년도	총시료수 (개)	올림픽	시료 분석 인원 (명)	실험실 면적 (m <sup>2</sup> )	위성랩 설치 여부 <sup>\$</sup>
		장애인			
밴쿠버, 2010	2,425	2000 (1600u* + 400b**)	40	-	사용
		425 ( 350u + 75b)			
런던, 2012	6,250	5064 (4118u + 946b)	200	4,400	사용 <sup>\$\$</sup>
소치, 2014	4,557	3665 (3112u + 553b)	80	3,948	사용
		892 ( 571u + 231b)			
리오 자네이루, 2016	5,800	4480u + 900b	334	5,271	신축건물 사용
평창, 2018 (예상)	>4,000	3000	150	1,364	기존시설 사용
		1000			

\* u, 뇨시료; \*\* b, 혈액시료; \$위성랩은 올림픽 장소의 인근에 설치된 랩을 의미함;

<sup>\$\$</sup>GSK(GlaxoSmithKline)에서 실험실 제공함

- 위의 표에서 알 수 있듯이, 평창올림픽대회를 위하여 기존의 KIST 도핑컨트롤센터 시설을 활용함으로써 예산절약 등 많은 장점을 가질 수 있었음. 위성랩의 설치 경우는 대회 종료 시에 모두 철수해야 함으로 이에 따른 비효율성이 항상 문제가 되었음.
- 올림픽 때마다 신약의 개발 등으로 분석시료수와 새로운 항목이 늘어나는데, 분석기기의 성능 향상으로 인한 분석 속도와 감도가 증가하고 매년 WADA의 신규금지약물이 증가하여 실험법 법도 함께 늘어나기 때문임

## 반도핑 관련 국내외 연구기술 동향

### | WADA 규정에 명시된 도핑프로그램의 목적 |

- (1) 선수 건강이나 스포츠 공정성과 평등성을 위한 운동선수의 기본권을 보호하고, (2) 국제 또는 국가 수준에서 도핑의 탐지(detection), 저지(deterrence), 예방(prevention)을 위한 조화롭고 효율적인 도핑방지 프로그램을 보장하기 위함
- 즉, 공인랩 운영의 목적은 금지약물을 정확하게 탐지해내는 것에 있음. 이 탐지의 기능이 약화 될 경우에는 저지나 예방의 효과를 가져 올 수 없으므로 이 규정의 목적을 위해서 공인랩의 역할은 대단히 중요

- 도핑금지 약물의 효과는 광범위해져 분석 방법과 항목의 큰 변화가 진행 중
  - 근육의 증가, 지구력이나 경기집중력의 증가, 피로감 해소 및 체중 감소로서 주로 경기능력의 향상에 맞추어져 있음. 예를 들면, 근육량을 증가시키기 위하여 단백동화제를 복용하거나, 지구력을 증가시키기 위하여 수혈이나 적혈구 생성에 효과를 나타내는 약물을 복용하여 산소운반 능력을 증가시키는 것 등임
  - 이러한 범위에 해당하는 모든 약물은 금지약물로 묶여있는데, 이들은 저분자 합성화합물(예, 마약, 흥분제, 단백동화제), 내인성물질과 구조적으로 동일한 합성화합물(예, 테스토스테론)과 단백질/펩타이드 약물(인슐린, 성장인자, 조절인자 등), 수혈, 유전자약물 및 임상연구 단계에 있는 약물까지를 모두 포함하고 있으며, 또한 분석방법이나 항목에도 큰 변화가 일어나고 있음.
- 기존에는 운동선수의 시료에서 약물의 존재시(양성시료), 또는 역치(Threshold) 기준 농도 이상으로 검출 시 양성판정 기준으로 삼았음
- 최근 운동선수생체여권제도(Athlete Biological Passport)를 도입하여 선수들의 생리화학적 지표의 연속적인 모니터링에 의한 도핑약물 여부를 판별하고 있음
- 내인성약물과 외인성유래약물을 구별할 목적으로 GC-C-IRMS 분석기기를 활용하여,  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  방사성동위원소 비율의 변화량을 모니터링에 의하여 외인성약물 복용 여부를 판별하고 있음. 외인성 약물의 사용 시에는 방사성동위원소의 비율이 줄어드는 원리를 활용함
- 바이오시밀러(예, 인슐린 등)와 같은 단백질 약물의 증가로 인한 분석방법의 고도화

## 세계반도핑기구(WADA) 공인랩 관리 규정의 강화

- 모든 공인랩은 WADA의 랩관리규정인 국제표준지침(Internal Standard for Laboratories)을 반드시 준수하여 실험실을 운영하여야 함
- 국제표준지침에 따르지 않을 경우는 공인랩 자격에 영향을 미침. 정성, 정량적인 판정 기준에 따라 WADA Lab 전문가위원회의 회의를 거쳐 공인랩 유지 여부를 매년 결정함
- 매년, 정기공인시험(1년 3회, 1회 5개 시료), 이중맹검(Double blind Test) 시료(매년 5개 시료)의 결과를 정량기준으로 활용하여 공인자격 유지 기준으로 활용하고 있으며, 이는 최소의 랩 공인 기준임

| <랩공인 평가표> 1개의 위양성시료가 발생할 경우, 공인랩 자격이 중단됨 |

**Point scale for assessment of Laboratory and probationary laboratory performance**

Scoring	Prohibited Substances		False Adverse Analytical Finding	25	Immediate Suspension
			False negative	10	Corrective Action Report
	Threshold Substances		z-score  ≥ 3.0	10	Corrective Action Report
			2.0 <  z-score  < 3.0	5	Internal Investigation
	Sample Parameters		SG  z-score  ≥ 3.0	1	Internal Investigation
	Steroid Profile concentrations	z-score  ≥ 3.0	Occurrences**		
			4 - 7	2	Internal Investigation
			8 – 12	4	Corrective Action Report
			13-18	7	
			≥19	10	
Documentation*		ISL Non-conformity	2	Corrective Action Report	
Technical Issue		ISL Non-conformity	2	Corrective Action Report	
Evaluation	Point Total for <u>single</u> EQAS round			≥ 20	<u>Suspension</u>
	Double Blind EQAS point total for 12 month period***			≥ 20	<u>Suspension</u>
	Point Total per <u>12 month period</u>			≥ 30	<u>Suspension</u> or <u>Revocation</u> of Accreditation

\* Documentation includes but is not limited to Documentation Packages, Corrective Action Reports and Test Reports.

\*\* Based on a total of 36 determinations (estimation of six steroid variables: Androsterone, Etiocholanolone, Testosterone, Epitestosterone, 5α-androstane-3α,17β-diol and 5β-androstane-3α,17β-diol in six EQAS samples) per EQAS round.

\*\*\* Probationary laboratories exempt from Double-Blind EQAS program

## | WADA 공인랩 현황 |

- 2017.12.25. 기준으로 25개 국가 (28개 랩)가 공인유지 상태임

공인상태	국가 수	국가명
공인 유지	25	호주, 오스트리아, 벨기에, 브라질, 캐나다, 중국, 쿠바, 핀란드, 독일(2)*, 영국, 프랑스, 그리스, 인도, 이탈리아, 일본, 한국, 노르웨이, 폴란드, 카타르, 스페인(2)*, 스웨덴, 스위스, 타일랜드, 터키, 미국(2)*
공인 탈락	3	포르투갈 (2016.4.15.-), 콜롬비아 (2017.2.20.-), 루마니아 (2017.11.29.-)
공인 취소	3	러시아 (2016.4.15.-), 카자크흐스탄(2017.8.1.-), 남아공 (2017.8.1.-)

\* 독일(Cologne, Kreischa), 스페인(Barcelona, Madrid), 미국 (Los Angeles, Salt Lake City)은 2개씩 랩을 운영하는 국가임

### 시료분석 및 지원을 위한 참여인원 및 시설 · 보안 확보

- 대회기간에만 도핑컨트롤센터 직원 30여명을 포함하여 165명의 규모로 운영
- 시설 및 센터에 대한 철저한 보안 체계 구축
  - KIST 보안 (1차): 후문에서 기존의 KIST 보안 규정을 적용하여 시료수송용 방문자 및 차량을 경비초소에서 확인하고 센터보안실에 통보함 (이 경우 시료수송 관련 방문자의 인적 및 차량 정보는 미리 통보되어 이미 알고 있는 사항임). 미리 통보되지 않은 방문자의 경우는 포토 신분증을 제시하고 임시용 택을 받아서 출입함
  - 도핑컨트롤센터 보안: 센터보안 카드를 사용하여 cyber/biometric card reader system 관리 규정에 준하여 보안 출입을 적용함
  - 실험실 및 모든 입출입을 포함하여 24시간 CCTV 녹화가 이루어지며, 시료보관실의 출입은 항상 2인이 함께 동행, 5분 이상 거주 시 기록을 남기도록 함

| 도핑컨트롤센터 main gate의 모습 (6층): Turnslite 설치 (왼쪽),  
지문카드 인식기 및 CCTV 카메라 (오른쪽) |



### 평창올림픽을 대비한 독자적 분석법 개발 및 확립

- 최근 늘어나고 있는 다양하고 복잡하며 보다 진화된 상황들에 대응
  - 추가 분석 약물 및 모니터링 대상 대사체의 증가, 내 · 외인성 대사체 수의 증가, 장기간 지속 미량대사체 (long-term metabolites)의 모니터링 강화
  - Peptide hormone, 성장호르몬 등 단백질 약물 수의 대폭적인 증가와 단백질 약물 분석방법의 증가
  - 복합적인 인자 (compounding factor: 분석결과의 해석에 영향을 미치는 인자)에 따른 양성판정에 예외 적용의 경우
  - WADA 금지목록에 제시되어 있는 ITP minimum target analyte의 검출 (Annex A, Annex B)

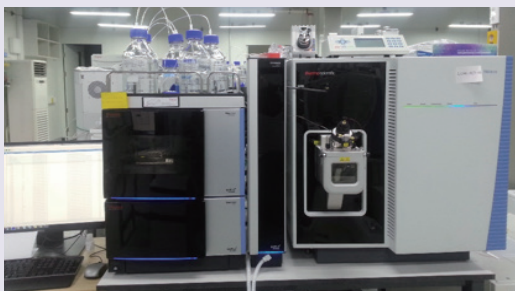
| 도핑금지약물의 분석 방법 또는 항목 |

도핑 분석 분야	주요 내용	ISO17025 (KOLAS)
GC-MS/MS	• 대부분의 저분자 화합물/약물류 금지약물의 분석방법 • 효소가수분해, 유기용매 추출, TMS 유도체 후 분석	G4
GC-C-IR/MS	• Testosterone 등 내인성스테로이드 또는 대사체와 동일한 구조의 금지약물 복용 여부를 위한 분석법 • 탄소동위원소 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 비율을 측정하여 판별함	G11
LC-MS/MS	• 대부분의 저분자 화합물/약물류 금지약물의 분석방법 • 효소가수분해, 유기용매 또는 SPE 전처리 후 분석	G13, G16
DNI	• 뇨시료를 전처리 없이 분석함	G14
ESA	• 전기영동 및 항원-항체반응에 의한 검출	G5
GH	GHRP, GHS • SPE 전처리 후 LC-MS/MS로 분석함	G13, G16
	GHRH • 항원-항체반응으로 전처리 후 nano LC-MS/MS로 분석함	G18
hCG/LH	• 항원-항체 반응 원리를 이용한 면역 키트 활용	G9
hGH isoform	• 항원-항체 반응 원리를 이용한 면역 키트 활용	G9
hGH biomarkers	• 항원-항체 반응 원리를 이용한 면역 키트 활용하여 r-Counter 또는 Chemiluminescence로 검출함 • IGF-1 (ImmunoTech; LC-MS/MS), PIIINP (Chemiluminescence Centaur; Orion)	G17
Insulin,	• 항원-항체반응으로 전처리 후 nano LC-MS/MS로 분석함	G18
ABP	• 전혈에서 혈액파라미터를 flow cytometry로 측정함	G12
Blood transfusion	• 전혈에서 특정 항체 표시된 적혈구의 수를 flow cytometry로 측정함	G10
LIMS	• 시료접수, 시료분석, 결과보고/승인, 자료저장 등을 수행하는 자동도핑정보관리시스템	

- 검출의 정확성과 속도가 높은 최신장비 구축

| TSQ Altis 및 Q Exactive Plus의 LC-MS/MS |

	TSQ Altis	Q Exactive Plus
장비구성	Source → Lens → Q1 → Q2 → Q3	Source → S-Lens → Octopole → C-Trap → Orbitrap
Scan 속도	Scan speed(15,000 amu/sec; 초당 600개 fragmentation 분석; 분석감도는 500,000:1) (TSQ Quantum은 초당 200개, 분석감도는 6,000:1)	Scan speed 낮음
분해능	0.2 Da	0.0001 Da (정확성 매우 높음)



## 대표적인 독자적 분석방법 개발 사례

- 고체상 추출기반 질량분석법과 비추출 분석법 (Dilute and Inject)을 통합한 신규 전처리 분석방법의 개발
  - 고체상 추출 (Solid phase extraction) 효율의 중요 요소 단계를 최적화하고, 산, 염기성 용액을 이중으로 elution 함으로 펩타이드 약물회수율 증가
  - SPE 농축액의 잔사를 비추출법에서 얻은 분획으로 용해시킨 용액을 분석함
  - 최신 질량분석기인 TSQ Altis 도입으로 기존분석법 대비 120개 이상 금지약물에 대하여 낮은 검출한계를 확보하여, 분석법의 효율화에 기여하고, ISO17025 (KOLAS) 공인을 획득
- 바이오 단백질 의약품의 독자적 분석방법을 확립
  - 최근 성장호르몬 및 근육 합성 증가 관련 단백질 의약품의 오남용에 의한 도핑이 증가하는 추세에 있는데, 이는 인체 내 존재하고 있는 내인성 구조와 매우 유사하며, 대사체의 농도가 매우 낮아 검출이 어려운 특징이 있음
  - 단백질 약물의 특정한 항체를 코팅한 자성체 (magnetic bead)를 활용하여 뇨시료 중에 미량의 표적단백질 의약품의 선택적 결합을 통하여 시료를 정제하는 방법을 활용 (5가지의 다른 항체를 활용한 one-shot 정제과정을 사용)
  - 세계반도핑기구 (WADA)가 실시하는 Blind Test에서 한국을 포함하여 5개 국가만이 LOD (insulin, 25 pg/ml)기준을 만족시킨 결과를 제출하여 분석방법의 우수성을 나타냄
  - 독자적 분석법의 개발 확립으로 ISO17025 (KOLAS) 공인을 획득

## 도핑정보자동관리시스템 (D-LIMS) 구축 및 적용

- 시료접수 및 분석방법에 D-LIMS (Doping Laboratory Information Management System) 도입
  - 시료 접수 작업 시 시료 정보의 수기 입력이 필요하고, 각 시료 당 분석결과 데이터의 양이 많아 관리상의 어려움이 매우 큼 (예를 들면, LC-MS MS 자료 분량은 분석 배치당 A4 용지로 500페이지 이상임). 따라서 paperless system의 구현이 매우 필요함
  - 시료분석 결과의 저장 및 추적성의 효율화가 필요함. 즉, 모든 실험 결과를 하나의 시료번호 하에 저장 관리함으로써 체계적 관리가 가능하며 자료 축적 (Archiving data)에 따른 분류 및 검색이 가능하여 뛰어난 자료의 추적성과 통계처리가 가능
  - 가장 중요한 장점은 자료의 정확성과 자료 처리의 신속성으로 효율적인 도핑관리 업무가 가능하여 시간을 절약하는 것임
  - 시료 접수, 분석요청 (시료배분→시료전처리→Raw data uploading), 자료 검토 및 승인, 성적서 발급, ADAMS 보고까지 모든 절차를 담고있는 플랫폼 역할을 함

### | D-LIMS 메인화면의 모습 |

The screenshot displays the D-LIMS (Doping Laboratory Information Management System) main interface. It features a sidebar menu on the left with options like '시료접수 (Task)', '공제처리 (Approval Process)', '시료접수등록 (Sample Reception Registration)', '시료접수관리 (Sample Reception Management)', '분석요청 (Analysis of the request)', '시료 배분 (Distribution)', 'ITP 견제리포트 (ITP Preparation)', and 'ITP 시험결과 입력 (ITP Test Result)'. The main area is divided into two primary sections: '1 Task monitoring board' and '2 Temp/humidity monitoring board'. The 'Task monitoring board' shows a workflow diagram with steps: Approval for reception, Analysis of the request, Distribution, Sample preparation, Sample Analyzing, Review results, Approval for result, Approval for confirm result, 1st Review of certificate, 2nd Review of certificate, and Approval for certificate. The 'Temp/humidity monitoring board' displays a table of environmental data.

place	collection Date	Temperature (Standard)	Humidity (Standard)	Battery
	2017-12-05 08:41:50	5.7 (2°C ~ 8°C)	73.43 (0% ~ 100%)	
	2017-12-05 08:41:50	-19.41 (-25°C ~ -15°C)	48.57 (0% ~ 100%)	
	2017-12-05 08:41:50	-18.3 (-25°C ~ -15°C)	49.57 (0% ~ 65%)	
	2017-12-05 08:41:50	-16.39 (-25°C ~ -15°C)	41.54 (0% ~ 65%)	

#### 평창 올림픽이 주는 유산(Legacy)으로서의 의미

- 첨단 분석장비 및 효율적 도핑시스템 체계인 D-LIMS 활용으로 선진화된 도핑컨트롤센터의 효율적인 분석시스템의 확보
  - D-LIMS 체계를 올림픽 시료분석에 적용하여 기존의 여러 가지 문제점과 단점을 극복하고 시료 분석의 신속성과 정확성을 보장할 수 있음
- 이전 올림픽에서는 위성랩 설치나 신축랩 건축으로 인한 비용이 증가하였으나, 도핑컨트롤센터는 기존 랩 공간을 활용함으로써 공간 사용의 효율화를 기하고, 그에 수반되는 예산 절감으로 올림픽랩 운영모델로 제시 가능

#### 안정적 연구활성화를 위해 지속적 지원 필요

- 여러 차례의 WADA 실사에서 추가로 발생하는 지적 사항에 즉시 대응을 위한 예산 반영이나 지원에 따르는 어려움 발생과, 예산 지연으로 인한 준비사항에 지연이 발생하였음
- 정규직원의 수의 증가 및 정기적인 연구비 지원에 따른 연구 활성화의 기틀을 마련하는 것이 필요함. 분석법과 분석법연구 개발을 위한 적정수 연구인력 확보가 필요

## I. 주요 과학기술 정책 :

4차 산업혁명 위원회, 혁신성장을 위한 사람 중심의  
4차 산업혁명 대응계획 발표<sup>1)</sup>

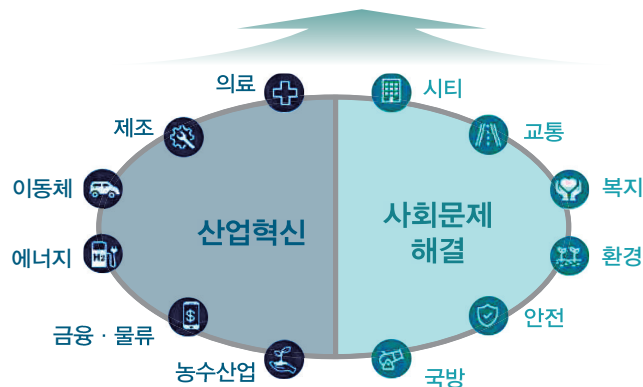
## 개요

정부는 과기정통부 외 20개 부처와 합동으로 ‘혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응 계획’을 확정·발표

- 이는 새정부의 핵심 정책과제인 ‘혁신성장’을 뒷받침하며, 모두가 참여하고 모두가 누리는 ‘사람 중심의 4차 산업혁명’ 추진을 위한 범정부 차원의 큰 그림임
- 4차 산업혁명과 관련한 총론 위주의 접근을 넘어, 국민이 체감하는 성과와 변화를 창출하기 위한 문재인 정부 5년간의 구체적 청사진을 각 부처와 4차산업혁명위원회의 협업으로 제시

## 비전

모두가 참여하고 모두가 누리는 「사람 중심의 4차 산업혁명」 구현

지능화 혁신  
프로젝트 추진

## [기술] 성장동력 기술력 확보

- 지능화 기술경쟁력 확보
- 혁신성장동력 육성
- R&D 체계 혁신

## [산업] 산업 인프라 생태계 조성

- 초연결 지능형 네트워크 구축
- 데이터 생산·공유 기반 강화
- 신산업 규제개선
- 중소벤처/지역거점 성장동력화

## [사회] 미래사회 변화 대응

- 핵심인재 성장지원
- 미래사회 교육 혁신
- 일자리 안전망 확충
- 사이버역 기능·윤리 대응 강화

이번 계획은 단순 기술개발이나 사업별 지원방식에서 탈피, 기술+데이터+인프라+확산+제도개선 등을 연계하는 지원 방식으로 추진하며 공공분야 선제도입으로 민간투자의 마중물 역할 추진

- 기술·산업·사회 정책을 긴밀히 연계하여 지능화 혁신 프로젝트 추진, 성장동력 기술력 확보, 산업 인프라·생태계 조성, 미래사회 변화 대응 등 4대 분야 전략 과제를 추진 예정

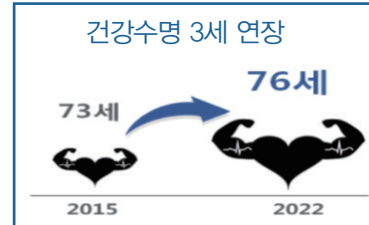
1) 4차 산업혁명 위원회 보도자료인 '4차위 제2차 회의 개최, 혁신성장을 위한 사람 중심의 4차 산업혁명 대응계획 발표(11.29)'를 요약·정리한 내용임

# 1. 지능화 혁신 기반 산업 혁신

지능화 융합을 통한 생산성 제고로 자본과 노동의 투입한계를 극복하고 성장 원천을 창출하여 의료·금융 등 서비스업의 경쟁력을 제고

## ① (의료) 예방부터 치료까지 스마트 의료 산업 창출 및 바이오경제 시대 선도

- 진료정보 전자교류는 현재 시범사업 수준이지만 건강보험 수가 반영을 추진(~'22)하여 전국으로 확대 예정
- 인공지능 기반의 개인 맞춤형 정밀진단·치료 구현('20~), 신약 개발주기·비용 단축과 세계 최초 외부조종 캡슐 내시경 개발·상용화(~'18) 등으로 건강 수명 3세 연장 추진



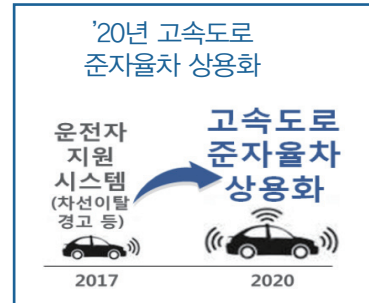
## ② (제조) 디지털 제조업으로 탈바꿈하여 제조업의 서비스화 및 리쇼어링 전기 마련

- 제조업 재도약을 위해 스마트공장 생산 최적화(~'22), 근로자와의 협업이 가능한 지능형 제조로봇 상용화(~'19)로 근로자 역량 증강과 장애인·여성의 일자리 기회 확대
- 제품 생산 중심에서 탈피, 제조업의 서비스화('18~)를 촉진하는 플래그십 프로젝트로 중기 제조업 경쟁력을 높이고 해외 생산기지의 국내복귀(Reshoring)의 전기를 마련



## ③ (이동체) 자율차·자율운항선박·드론 등의 스마트이동체 선도국가로 도약

- '무인이동체 기술혁신과 성장 10개년 로드맵'을 마련('17.12.)하고 육·해·공의 무인 이동체에 모두 적용되는 6대 공통원천기술 및 차세대 플랫폼 개발·공급을 추진('18~)
- 핵심부품 개발, 도로 환경 테스트베드 조기 구축(화성 K-City, '18), 책임배분·보험제도 등의 제도개선(~'20)으로 '20년 고속도로 준자율주행차(돌발시 운전자 개입)의 상용화 지원
- 드론산업 경쟁력 확보를 위한 자율드론 선도기술 개발('17~), 거점별 비행시험장 구축 추진(영월 등, ~'22)
- 안전운항·경제운항 기술 개발('19~), 자율선박 운항시 승무원에게 구애받지 않도록 선박직원법 등을 개선(~'22)하여 '22년 자율선박 최초운항

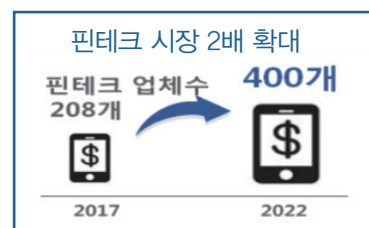


## ④ (에너지) 미래형 에너지 신산업 혁신

- 온실가스 감축, 일반주택에 지능형 전력계량기 전량 보급('22) 등의 제도개선 및 전기자동차용 대용량·급속 충전시스템으로 온실가스 저감 고효율 기술 개발(~'20) 추진

## ⑤ (금융·물류) 지능형 금융·물류 혁신 촉진

- 핀테크 활성화를 위해 블록체인 기술을 고도화하고 '(가칭)금융 혁신지원 특별법' 제정('18)으로 금융규제 테스트베드 확대('17~)
- 로봇 기반의 화물처리 자동화 스마트 물류센터\*('22, 처리속도 33% ↑), 항만장비 자동화 스마트 항만\*\*('22, 처리시간 40% ↓)의 도입·확산으로 지능형 물류 혁신 선도



\* 무인 화물이송 로봇(~'18), 안전성 평가기준 개발(~'20), 인증·인센티브 부여(물류정책기본법 개정, ~'18)

\*\* 자동화 항만 터미널 도입('21~), 자동화 항만기술 테스트베드 운영·실증('19~'22)

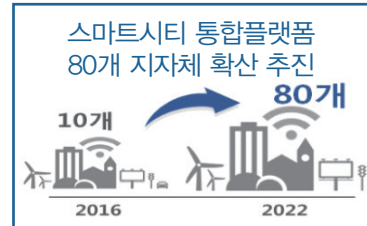
⑥ (농수산업) 인공지능 기반 무인화 · 과학화로 친환경 정밀 농수산업 실현

- 농수산업의 생산성 제고와 일손부족 문제 해소를 위해 원격제어 기반 1세대에서 정밀재배 기반 2세대 스마트팜 · 양식장으로 고도화('17~)하고, 파종 · 수확로봇 현장보급(~'22) 추진
- 빅데이터 기반 5대 채소(고추 · 마늘 등, '18) 등의 수급예측 시스템 도입과 지역별 · 품목별 재해 예측지도 구축('18~)으로 재해 피해 최소화

**사회문제 해결을 목표로 한 사회 · 공공분야의 지능화 혁신으로 국민의 삶을 책임지는 국가를 구현하고 이를 혁신성장으로 연결**

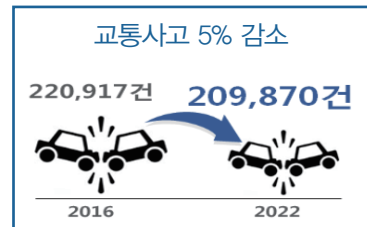
① (시티) 스마트시티 확산으로 삶의 질 향상 및 신성장동력 육성

- 시설관리 중심의 u-City 수준에서 탈피하여 새로운 부지에 세계적 수준의 첨단 스마트시티를 조성하고 도심문제 해결을 위한 스마트 기술을 접목한 '스마트 도시재생 뉴딜' 추진(~'22)



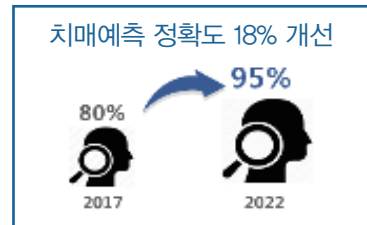
② (교통) 빠르고 안전한 지능형 교통체계로 전면 전환

- 주요 고속도로 · 안전취약 구간이 차세대 지능형 교통체계를 적용하여 전면 스마트화되고, 지능형 신호등 설치(~'20)를 의무화하여 교통혼잡 대폭 개선('22) 예정
- IoT기반 지능형 안전표지판 설치 의무화(~'20), 생체신호 기반 졸음운전 방지기술 개발('17~)



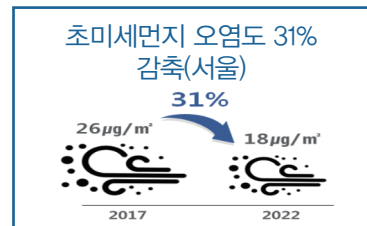
③ (복지) 사회적 약자의 일상생활 불편 해소 및 스마트 생활복지

- 간병부담 증가에 대응하여 노인 · 장애인을 대상으로 한 간병 · 간호 로봇을 개발('18~)하여 이동이나 배변, 보행에 도움을 주고 재활병원 · 요양시설 등에 확산
- 치매극복을 위한 저비용 · 고정밀 진단기술을 개발('18~)하고 빅데이터 기반 사회취약계층 상시발굴('18~)로 복지사각지대 제거



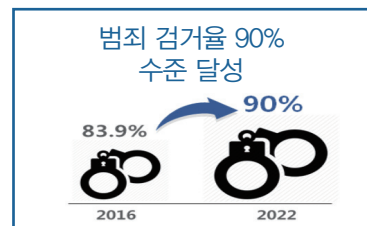
④ (환경) 쾌적한 청정국가 실현 및 환경오염 · 기후변화 대응의 신산업 창출

- 인공지능 · 빅데이터 기술을 활용한 미세먼지 원인규명(~'19)과 IoT기반 측정 체제화('18~), 원인물질 제거장치 개발(~'19) 등을 통해 오염도 대폭 감축 예정



⑤ (안전) 범죄 · 사고 예방 스마트 안전사회 구현 및 지능형 안전산업 선도

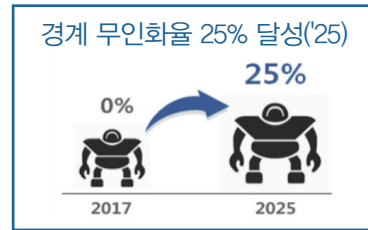
- 노후 시설물 유지관리 IoT 시스템을 개발(~'21) · 적용하고 최적안전항로를 지원하는 해상 스마트 내비게이션을 전선 밖에 보급('22)
- 지능형 CCTV 및 인공지능 기반 범죄 분석, 드론 기반 자율순찰 · 추적 등을 개발(~'22)하여 범죄발생 취약지역에서 활용



⑥ (국방) 무인화 · 지능화 국방 구현 및 차세대 방위산업 선도

- 국방 전반에 지능화 기술을 적용하고 지능형 경계감시시스템을 개발(~'21)하여 군사중요지역 등의 경계근무 무인화를 단계적으로 확산

- 인공지능 기반의 지능형 지휘체계('25~) 도입으로 효율적 국방 운영체계 구축, 군병력 감소에 대응



## 2. 성장동력 기술력 확보

지능화 기술역량 강화와 동시에 성장동력과 연계한 맞춤형 집중지원, 연구자 중심의 R&D체계 혁신 등을 토대로 국가 미래 기술경쟁력 확보

- 세계 수준의 지능화 기술 경쟁력을 위해 '22년까지 총 2.2조원 규모의 R&D 예산 투자로 산업수학 · 뇌과학의 기초기술 활용→지능화기술(AI, 로봇, 컴퓨팅) 고도화→융합 확산의 선순환 체계 구축

과거 19대 미래성장동력, 9대 국가전략프로젝트 등 성장동력 관련 중복 분야를 연계 · 통합하여 성장동력 분야를 ‘△조기 상용화, △원천기술 확보’로 구분하여 집중 지원

창의 · 도전적 연구를 통한 신혁신동력 발굴을 위해 연차평가 원칙적 폐지, 우수 연구 참여자 공정한 보상체계 마련 등 연구자 중심으로 R&D 프로세스 개편('18~)

- 개방형 혁신을 위해 연구데이터 공유 · 활용 제도화('18~), 투자 효율성 극대화 패키지형 R&D 플랫폼 개발('17~), 연구소기업 창업 활성화('17~)로 R&D 성과 제고

## 3. 산업 인프라 · 생태계 조성

4차 산업혁명의 핵심 인프라인 네트워크 · 데이터 기반을 강화하고, 지능화 신산업 생태계 조성

- 4차 산업혁명의 근간인 핵심 네트워크 인프라 확보를 위해 '19.3월 세계 최초로 5G 조기 상용화, IoT 전용망 확충('17~)과 10기가 인터넷망 상용화 추진('18)
- 데이터 기반 강화를 위해 금융 등 10대 중점 산업별 빅데이터 전문센터 육성(~'22), 공공빅데이터 센터 설치('18)로 민간 · 공공의 데이터 구축하고 AI 학습용 데이터 형태로 개방('18~)

지역기반 지능화 및 신산업 생태계 조성을 위한 혁신역량 확충

- 신기술 · 신서비스 창출 촉진을 위해 규제 샌드박스\* 도입을 추진('18~)하고 각 산업별 규제 · 제도를 혁신 친화적으로 재설계

\* 기존규제에도 불구하고 일정 조건 하에 규제를 일부 면제 · 유예하여 테스트 허용

### | 주요 규제 · 제도개선 내용 |

분야	주요 내용
의료	- 온라인 진료정보 교류 시 건강보험 수가 반영 추진(~'22)
제조	- 스마트공장 확산 촉진을 위한 수준별 인증제도 및 인센티브 도입('18) - 지능형 제조로봇의 신뢰성 제고를 위한 안전성 평가기준 마련(~'19)
자율차	- ‘운전자’를 전제로 하고 있는 도로교통법령 정비 추진(~'20)
자율선박	- 선박직원법(승무정원), 선박 입출항 관련 법령(입출항 신고 등) 등 개선(~'22)
핀테크	- 혁신적 금융사업자에 대한 시범인가, 개별 규제 면제, 소비자 보호방안 마련 등 「(가칭)금융 혁신지원특별법」 제정 추진('18~)
농업로봇	- 파종 · 수확 로봇 등 농기계 검정기준 신설절차의 신속화(~'18)
교통	- 최적신호제어기 설치 의무화 관련 제도개선('19)
특허	- 4차 산업혁명 기술 관련 긴급한 처리가 필요한 출원을 우선적으로 심사('18)
공정경쟁	- 신산업분야 경쟁제한 규제개선(~'18) 및 불공정행위 감시강화('17~)

- 중소·벤처의 성장동력화를 위해 '22년까지 4차 산업혁명 활성화를 위한 혁신모험펀드 10조원을 조성하고(∼'20), 공공수요 기반 초기시장 창출\*을 통해 혁신역량 확충을 지원  
 \*드론, 3D프린터 등 4차 산업혁명 유망품목의 우선구매대상 포함·비율 확대('16, 12% → '22, 15%) 및 지자체 합동평가 지표에 4차 산업혁명 핵심기술 적용확대 추가('18)
- 판교 글로벌 ICT 혁신 클러스터 조성('17), 신기술 사업화 지역특구 구축(∼'22)으로 한시적인 규제 면회·완화

## 4. 미래사회 변화 대응

### 4차 산업혁명으로 인한 고용변화에 선제 대응하여 새로운 일자리를 창출하는 기회로 활용하고, 사이버 안전망과 인간 중심의 윤리체계 확립

- 핵심인재 성장을 위해 '22년까지 SW·인공지능 등 지능화 기술 핵심인재 4만6천명, 스마트공장과 같은 신산업·주력 산업의 전문인력 1.5만명 양성, AI 등 부족한 분야 해외 우수 신진연구자·고급 과학자 유치
- 창의·융합형 인재양성을 위해 초·중등 STEAM 교육을 확산(연구·선도학교 '17, 57→'18, 100개)  
 - 학교 디지털 인프라 확충, SW교육 활성화, 빅데이터 기반 맞춤형 학습시스템 구축
- 고용변화에 대응, 지능형 신산업으로의 원활한 전환을 위해 IoT·로봇 등 신기술 훈련과정 개설('17∼), 스마트 제조분야 직무전환 교육 실시(5만, ∼'22), 맞춤형 취업정보 제공('19∼) 등 지원 강화
- 지능형 해킹 위협 증대에 대응하기 위해 사이버위협 빅데이터센터 설립(∼'18) 등 사이버 안전망 강화 및 AI 오작동·남용 역기능 예방을 위해 AI 기술 윤리헌장 제정(∼'18) 등의 인간 중심 윤리 정립

## 기대효과 및 향후 계획

### 4차 산업혁명의 경제적 효과(신규매출+비용절감+소비자 후생)는 '22년 기준 최대 128조원 발생 예상

- 지능형 제조로봇 등의 신규매출 증대 10.5∼24.1조원, 간병비용 감소 등의 비용 절감은 20.7∼55.4조원, 자동차 사고 감소 등의 소비자 후생 증가는 19.6∼48.6조원 규모로 전망
- 한편, '22년까지 신규 일자리 창출은 신규매출 증대(10.5∼24.1조원) 예측치에 따라 16.2∼371.만명에 달할 것으로 전망

### 이번 대응계획에 포함된 분야별 중점 추진과제는 해당 부처에서 세부 과제별 추진전략을 마련, 4차 산업혁명위원회를 통한 민간 의견수렴 및 공론화 등을 통해 구체화할 예정

남궁헤리(정책실, UST 석사과정, namkoong@kist.re.kr)

## II. 월간 과학기술 현안

## 과기정통부, 창의도전형 과제평가 도입, 성공/실패 판정 없앤다

- 범부처 국가연구개발 과제평가 표준지침 개정
- 획일적인 정량평가 탈피, 차별화된 과제평가체계 도입
- 창의적 연구환경 조성을 위해 연구과정의 가치를 존중하는 평가 실시

- 과기혁신본부는 제32회 국과심 운영위원회에서 「창의·도전적 연구환경 조성을 위한 차별화된 과제평가체계 도입 방안」을 심의·확정하고 이를 반영하여 '국가연구개발 과제평가 표준지침'을 개정
  - 그간 과제평가가 정량평가 방식 및 성공/실패 판정 등으로 이루어짐에 따라, 과제 신청부터 성과를 내기 쉬운 안정적인 연구 계획서를 제출하는 경향이 나타났고, 이것이 우리나라의 창의적·도전적 연구를 가로막는 원인 중 하나로 지목
  - 정부는 과제유형별로 차별화된 평가체계를 도입하여 목표달성 여부보다 연구과정 자체의 가치를 존중하는 '창의도전형' 평가유형을 신설

유형	창의도전형 (신설)	성과창출형
평가기준	• 과정 존중	• 성과 중심
대상과제	• 소관부처가 지정 * 자유공모형(기초연구 포함) 등	• 창의도전형 외 과제
선정평가	• 연구자역량 및 창의·도전성 심층검토	• 목표 달성가능성 중심
평가 방식	중간평가 • 폐지 * (필요시) 단계평가는 컨설팅 방식	• 컨설팅 방식
	최종평가 • 성공/실패 판정 및 등급 폐지 * 정성평가(연구성과·의의 의견제시)	• 등급 평가 * 정량평가
기타 (성과확보방안)	• 후속 선정 시 최종평가결과 연계 • 명백한 불성실 과제 제재	• 추적평가 강화

- ① 엄정한 선정평가로 탁월한 연구자를 선정
- ② 연구자가 자기 주도성에 의한 과제 관리를 할 수 있도록 연구과정 개입은 최소화
- ③ 최종평가 시 성공/실패 및 등급을 폐지하고 연구결과의 의의 및 연계·후속연구 제언 등의 정성적 의견을 제시하는 정성평가를 실시

구분	기존		개선(안)	
평가 지표 (주안점)	• 연구목표 달성도	大(배점)	• 연구목표 달성도	小(비중)
	• 기술성 우수성 및 파급효과 • 연구성과 질적수준 • 연구결과 활용성	小(배점)	• 기술성 우수성 및 파급효과 • 연구성과 질적수준 • 연구결과 활용성	大(비중)
	• 세부지표별 정량화(등급평가)		• 정성적 의견제시(등급 폐지)	

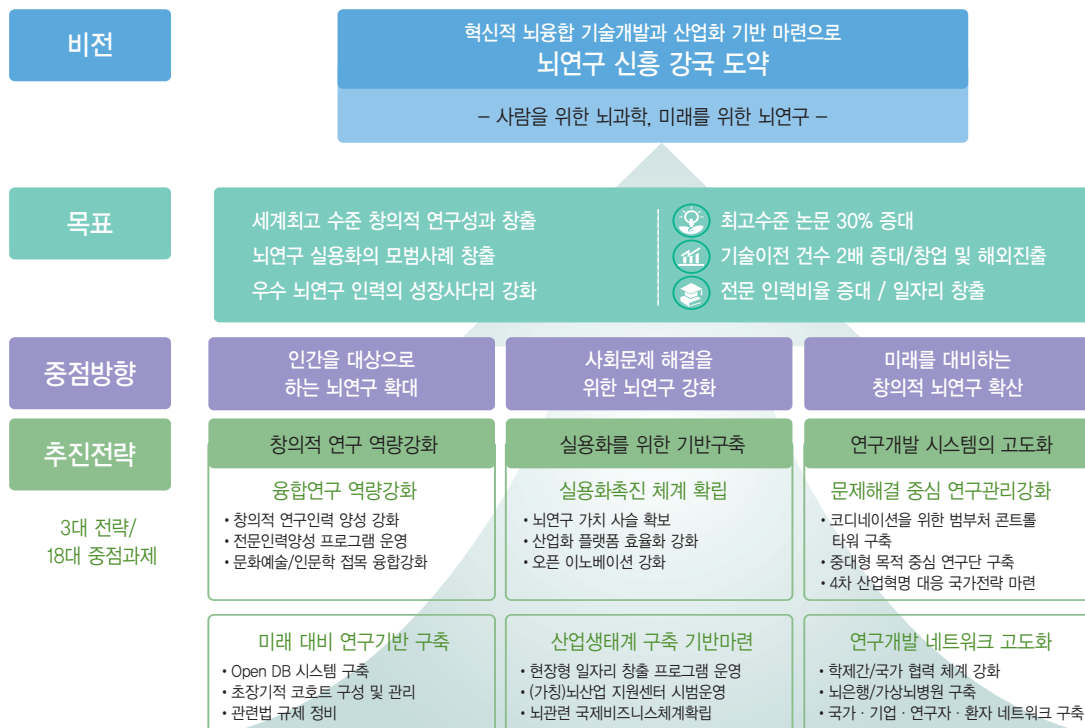
- 연구자의 책임성을 확보하여 연구성과를 담보하도록 평가결과를 차기 과제 선정과 연계
- 최종보고서에 대한 접근성을 높여서 연구성과의 공유·확산 및 평가결과 단계적 공개
- 거짓 또는 부정한 방법으로 수행하거나 불성실이 현저하다고 판단되는 과제는 제재조치 또는 공개 세미나를 통해 학계·산업계에서의 자발적인 검증
- 성과창출 유형의 과제도 연차·중간평가가 기존의 '평가를 위한 평가'가 아닌 성공적인 과제 수행을 지원하는 과정으로 전환될 수 있도록, 형식적 목표관리·감독 관점의 평가에서 실질적 성과 창출 지원을 위해 토론회 형태의 '발표회'로 전환

## 과기정통부, 4차 산업혁명 대응, 미래 뇌연구 비전 및 전략 마련

### - '제3차 뇌연구촉진 기본계획' 수립

- 과기정통부는 1998년부터 뇌연구촉진법에 따라 관련 부처(교육부, 산업통상자원부, 보건복지부)의 뇌연구 촉진계획을 종합·조정하여 뇌연구촉진 기본계획 수립
  - 제3차 뇌연구촉진 기본계획은 제2차 기본계획('08~'17)\*을 통해 확보된 성과\*를 바탕으로 혁신적 뇌융합 기술을 개발하고, 산업화 기반을 마련하여 뇌연구 신흥강국으로 도약한다는 비전
    - \* (투자 성과) '08년 493억원 → '17년 1,367억원으로 약 2.7배 규모 증가
    - \* (연구 성과) '16년 기준 SCI, SSCI급 논문수는 3,359건(세계10위), 특허는 78건(세계6위)
    - \* (뇌연구 전문기관) 한국뇌연구원 및 KIST 뇌과학연구소('11년), IBS 3개 연구단('12년) 설립
  - (1차) 연구기반 조성('98~'07) → (2차) 창조적 뇌연구 역량강화('08~'17) → (3차 기본계획) 핵심 원천기술 확보(1단계 : '18~'22, 2단계 : '23~'27)
  - 국제 Brain project 참여
  - 향후 추진계획 : 생명공학융합정책심의회 상정 및 확정(2018년 1분기)

### • 주요 내용



## 과기정통부, 과학기술·ICT기반 일자리 창출방안 발표

- 4차 산업혁명 시대 과학기술·ICT 분야의 일자리정책 추진방향과 세부 과제를 제시한 「과학기술·ICT기반 일자리 창출방안」을 마련하고 제4차 일자리위원회('17.12.12.)를 통해 발표
- 개방형 플랫폼 확산 등으로 타 분야에 비해 일자리 창출여력이 높은 과학기술·ICT분야를 세계 최고 수준의 R&D투자, 인적자원 및 튼튼한 제조업 기반 등 혁신성장 잠재력을 바탕으로 국내 일자리 창출의 원동력으로 활용한다는 전략 아래 동 방안 마련

### 1) 일자리 창출 인프라 조성

- '20년까지 20만 명 이상의 신규 인재수요가 있는 ICT분야에 대해 전문가 의견수렴, 빅데이터 분석 등을 통해 미래직업 예측모델을 제시('18)
- 새로운 직업별 보유역량-필요역량 간 갭을 도출한 후 관계부처 협조 하에 교육과정 개편, 직업 훈련 등에 활용
- 인공지능(AI), 소프트웨어(SW) 등 전문인력 양성을 위해 지능정보특성화 대학원 신설, SW중심대학 확대('17년 20개→'19년 30개)

분야	주요내용
지능정보	대학 ICT 연구센터(ITRC) 개편·확대 및 지능정보특성화 대학원 신설 등 지능정보분야 최고급 전문인력 6천명 양성(~'22년)
SW	SW중심대학('17년 20개 → '19년 30개) 기반으로 새로운 산업·일 자리를 만드는 핵심 SW전문·융합인재 2만명 양성(~'22년)
정보보호	산학협력 교육과정 개발, 산학협력 정보보호 대학원 과정 신설 등을 통해 사이버보안 전문인력 1만명 육성(~'22년)
나노	나노분야 공통기반 이론 교육, 6개 나노팜*을 활용한 실습교육 등 나노기술 고급인력 매년 800명 양성 *나노 분야 R&D 시설·장비 공동활용, 전문인력 양성 등을 목적으로 설립(6개 운영 중)
바이오	바이오R&D 인력 대상 기술사업화, 금융, 경영 관련 교육프로그램 운영 등 바이오기술·투자 전문가 양성('18년~'22년)

- 과기특성화대가 4차 산업혁명과 관련하여 특화 개발한 교육 콘텐츠를 온라인 플랫폼(가칭 'Star-Mooc')을 통해 공개하여 대국민 접근성 확대
- 과학기술인 경력개발센터를 통해 역량개발 표준체계('19)와 함께 경력설계, 역량진단, 평가 등 경력개발 지원체계를 개발·구축
- ICT 연구개발사업이 현장에서 고용창출로 연결될 수 있도록 성공한 R&D의 사업화 단계에서 납부해야 하는 기술료를 우수 연구인력의 추가채용과 연계하여 감면하는 방안 강구
- 정보통신융합법 개정 등을 통해 신산업·지역일자리 분야에 네거티브 규제원칙을 도입하고 혁신적인 신기술·서비스를 기존 규제에도 불구하고 제한된 조건하에서 실증해보는 규제샌드박스를 적용할 대상사업 발굴
- 국가R&D사업 중 일자리 관련 사업에 대해 일자리 지표 설정을 확대하는 등 지식 획득, 성과 창출 중심 R&D를 넘어서 사람 중심의 R&D환경 구축

### 2) 과학기술기반 일자리 창출

- 원천·목적형 R&D활동에서 창업·사업화까지 이어달리기를 강화하면서 특히 바이오, 나노 등 신산업분야 실험실 창업 성공사례(100개) 창출을 위해 '18년부터 과학기술기반 일자리 중심대학을 신규 지정('18년 5개)

- 세계적 규모의 국가 R&D투자(연간 65조원)에 비해 소규모인 국내 연구산업계가 성장할 수 있도록 주문연구 유망 분야 집중 육성, 연구장비 국산화 확대 등을 추진하여 '22년까지 일자리 12,000개 창출

분야	주요내용
주문연구	바이오·나노 등 주문연구 유망 분야 발굴 및 시범 사업을 통해 확산함으로써 R&D의 분업화·전문화 촉진
연구관리	연구관리를 전문기업으로 아웃소싱하는 환경을 구축함으로써 연구관리 서비스의 활성화
연구개발 신서비스	기술과 결합한 새로운 연구산업 서비스 도입을 위한 연구 빅데이터 공유·활용 체계 구축 및 미래 연구산업 창출 프로젝트 추진
연구장비	외산 위주의 연구장비 국산화를 위해 첨단 고부가가치 연구장비 개발 체계 구축, 기업 R&D 지원 및 전문 인력 양성
제도적 기반	(가칭)「연구산업 진흥법」제정, 연구산업 통계 특수 분류화

- 현행 연구개발특구에 대학, 연구소 등 핵심기관 중심의 소규모 공간 범위를 가지는 강소특구 모델을 도입(특구법 시행령 개정 '18.상)하고 설립조건 완화\* 등을 통해 연구소기업을 전략적으로 확대

- 글로벌기업과의 파트너십 프로그램 지원('18년 30팀) 등 해외 취업·창업 지원

\* (현행) 일률적 20% → (개선) 자본금 규모에 따라 10%(10억원 미만), 15%(10억원 이상 50억원 미만), 20%(50억원 이상)로 차등 적용

### ③ ICT기반 일자리 창출

- 인공지능 R&D프로젝트 추진, 빅데이터 전문센터 육성 등 4차 산업혁명 핵심분야 기반을 확충하고 ICT기반 융합콘텐츠 육성을 위해 전산업(의료·제조·교육 등)에 신기술(가상현실·증강현실, 홀로그램 등)과의 융복합 서비스 발굴, 시범서비스 및 거점센터 구축

분야	주요내용
인공지능 (AI)	인공지능 국가전략프로젝트* 및 플래그십 프로젝트 추진, 개방형 알고리즘·컴퓨팅 파워 인프라 조성 등을 통해 국내 인공지능 전문기업 육성 * 인공지능 제품·서비스 개발에 공동적으로 활용되는 핵심 요소기술(언어지능, 시각지능 등) 및 차세대 학습/추론 등 차세대 인공지능 원천기술 개발(~'23, 1,278억원)
사물인터넷 (IoT)	IoT 전용망을 기반으로 공공수요 창출 등을 통해 IoT서비스를 확산하여, 민간의 고용 잠재력 제고
빅데이터	빅데이터 전문센터 육성('18년 3개 15억), 데이터 플랫폼 고도화, 사회현안 해결 및 비즈니스 활용 성공사례 창출 등을 통해 데이터 산업 경쟁력을 제고
클라우드	클라우드 시범지구 조성('18~), 산업단지 중소기업 도입 지원 등을 통한 전산업 클라우드 확산

- 5G 네트워크('19), 10기가 인터넷서비스('18) 등 핵심인프라 조기상용화로 네트워크 장비 등 파생 산업 고용을 촉진

- SW 가치보장 및 공정거래 환경 조성 및 종사자의 근로여건 개선을 위해 공공 SW사업의 발주 제도를 혁신

- 글로벌 잠재력 높은 분야 유망 중소·중견기업의 기술개발·품질관리 등을 종합지원하여 '22년까지 '글로벌 SW전문기업\*' 100개를 육성

\* 독자적 SW전문기술을 보유하고 年 수출 10억원, 매출 100억원 이상 달성 기업

#### 4 일자리 질과 기회 제고

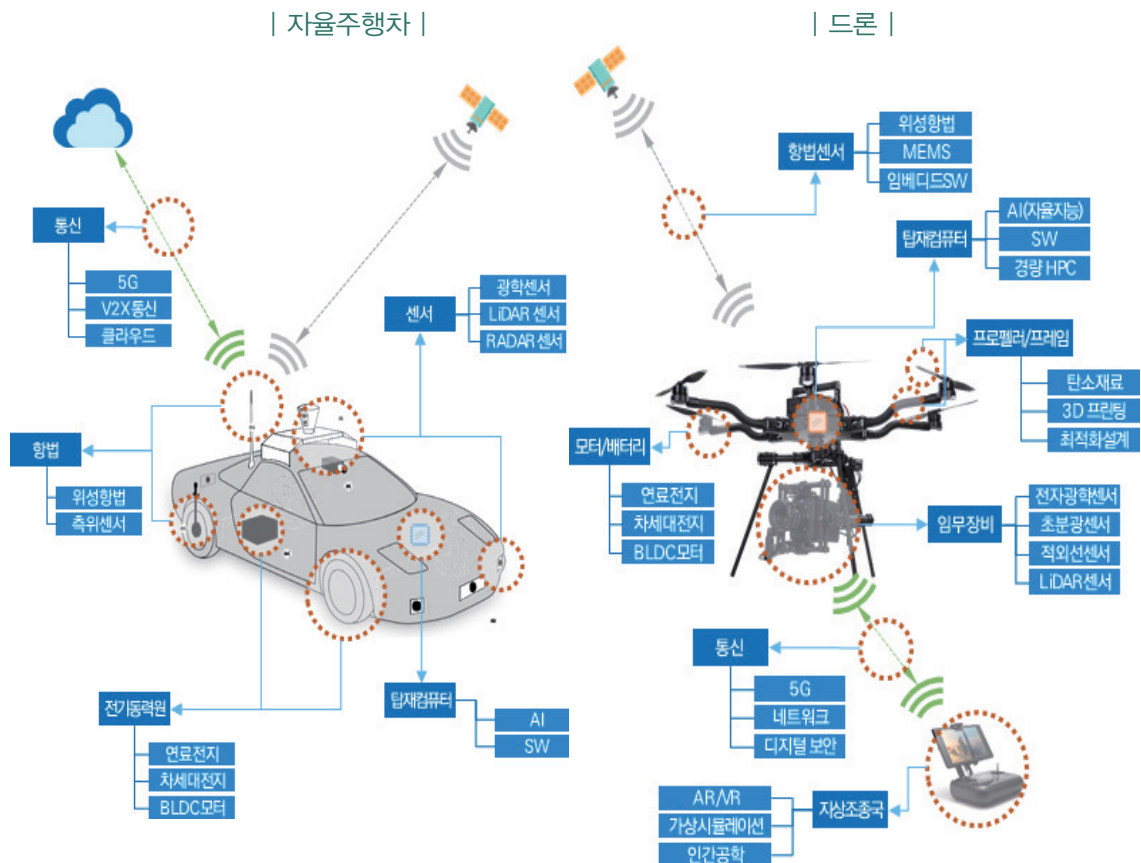
- 학생인건비 등 각종 대안을 검토하여 학생연구원 권익보호방안을 마련하고 출연연 박사후연구원 대상으로 과제기반 테뉴어제도를 도입하여 청년과학기술인의 안정적 연구환경을 조성
- 출산·육아부담으로 경제활동이 제한적인 여성과학기술인에게 육아가사휴직 시 대체인력을 지원하고 산학연 연구기관과의 연결을 통해 경력복귀를 지원하는 한편 협동조합 설립 등 과학 기술기반 사회적 일자리도 육성

## 과기정통부, 무인이동체의 혁신성장 일정표 공개

### - 무인이동체 기술혁신과 성장 10개년 로드맵 발표

- 무인이동체는 스스로 외부환경을 인식하고 상황을 판단하여 작업을 수행하는 육·해·공 이동 수단을 망라하는 개념으로, 4차 산업혁명의 도래를 가장 먼저 체감할 수 있다는 점에서 주목

\* 시장규모 : ('13)150억\$ → ('16)326억\$ → ('30)2,742억\$ (연평균 16% 증가)



- 현재 국내의 낮은 시장점유율\*과 기술적 열위\*\*를 극복하고 급부상하는 차세대 무인이동체 기술 및 시장을 선점하기 위한 향후 10년간의 R&D 추진방향 제시

\* 국내 기업 대부분 영세한 중소기업으로 '16년 세계시장 점유율은 2.7%에 불과

\*\* 원천기술력은 세계 최고 수준 대비 60%로 제품가격의 40% 이상을 차지하는 고부가가치 핵심부품은 전량 해외 수입에 의존



2. 5대 용도별 플랫폼 개발

▶ 공통핵심기능기술과 무인이동체 활용용도에 따른 특화기술을 결합하여 향후 무인이동체 시장에서 수요가 높은 5대 플랫폼 개발

극한 환경형	근린 생활형	전문작업형	자율협력형	융·복합형
심해저, 협지, 고고도 등 극한환경 내 운용 가능한 플랫폼	개인 수요 및 편의에 최적화된 맞춤형 플랫폼	로봇기술을 결합하여 작업효율을 극대화한 플랫폼	다수·다종 무인이동체 간 통합운용이 가능한 플랫폼	하나의 플랫폼으로 여러 환경에서 임무를 수행할 수 있는 플랫폼
'27 정기운용 수중무인이동체	'24 통근용 개인드론	'26 로봇드론	'24 농업용 군집무인이동체	'29 수송용 육공분리합체형
'27 지하공간 탐색육상 무인이동체	'23 배송용 드로이드	'27 전문작업 육상무인이동체	'29 재난용 군집무인이동체	'28 무인선-무인잠수정 복합체
'29 생체모방형 무인항공기	'24 연인양항 무인잠수정	'27 심해작업 무인잠수정	'27 모선-자선형 군집무인이동체	'29 잠수기능 무인기

1. 6대 공통핵심 기능기술 개발

▶ 무인화와 이동성이라는 특성이 결합된 육·해·공 무인이동체에 공통적으로 갖춰야 할 6대 공통핵심기능기술 개발

탐지 및 인식	통신	자율지능	동력원·이동	인간-이동체 인터페이스	시스템 통합
센서를 통해 정보를 획득·분석·처리하는 기술	조종기-이동체, 이동체-이동체 간 정보교환기술	사람의 개입 없이 상황을 인지·판단·처리하는 기술	에너지를 공급하고 이동하여 작업하는 기술	무인이동체 조종·감독을 위한 인간-무인이동체 간 의사소통 기술	자율지능 기반 무인이동체 시스템에 적합한 개발 프로세스, HW, SW 기술

# □ 무인화와 이동성이라는 특성이 결합된 육·해·공 무인이동체가 공통적으로 갖춰야 할 6대 공통핵심기능기술을 개발

탐지 및 인식	통신	자율지능	동력원·이동	인간-이동체 인터페이스	시스템 통합
센서를 통해 정보를 획득·분석·처리하는 기술	조종기-이동체, 이동체-이동체 간 정보교환기술	사람의 개입 없이 상황을 인지·판단·처리하는 기술	에너지를 공급하고 이동하여 작업하는 기술	무인이동체 조종·감독을 위한 인간-무인이동체 간 의사소통 기술	자율지능 기반 무인이동체 시스템에 적합한 개발 프로세스, HW, SW 기술

- 분야별로 정부 R&D 투자, 국내외 논문·특허 현황, 기술수준 조사결과, 시장 및 산업동향 등을 종합적으로 분석하여 필요한 세부기술을 선별하고 우선순위를 도출
- 육·해·공 무인이동체 간 통합적 접근으로 유사·중복 개발의 사전 방지 및 단기간 내 기술 격차 축소 등 R&D 효율성을 제고

## ② 공통핵심기능기술과 무인이동체 활용용도에 따른 특화기술을 결합하여 향후 무인 이동체 시장에서 수요가 높은 5대 용도별 플랫폼 개발

용도	정의
극한환경형	심해저, 험지, 고고도 등 극한환경 내 운용 가능한 플랫폼
근린생활형	개인 수요 및 편의에 최적화된 맞춤형 플랫폼
전문작업형	로봇기술을 결합하여 작업효율을 극대화한 플랫폼
자율협력형	다수·다종 무인이동체 간 통합운용이 가능한 플랫폼
제도적 기반	하나의 플랫폼으로 여러 환경에서 임무를 수행할 수 있는 플랫폼

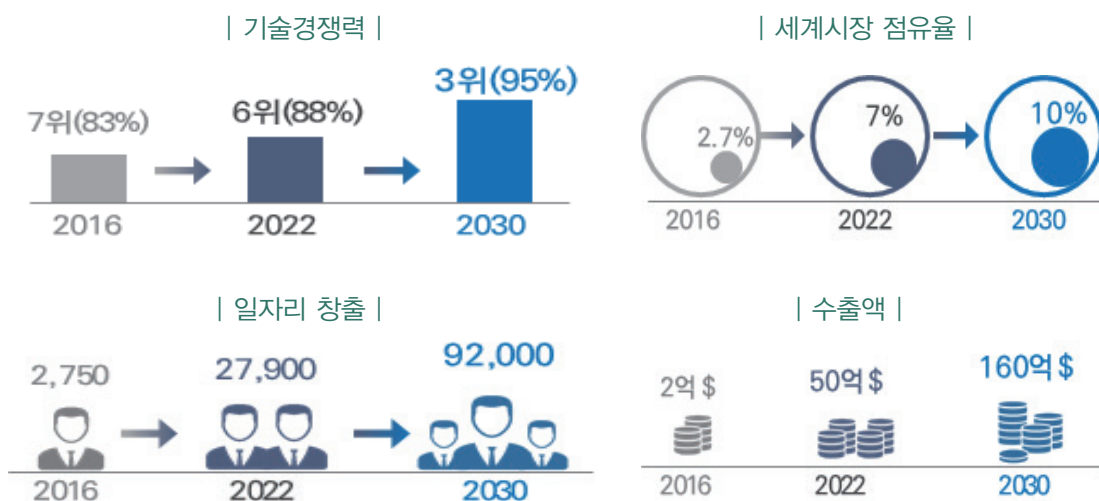
- 자율차-드론 간 분리·합체가 가능한 무인이동체, 무인선박과 무인잠수정 간 상호 협력이 가능한 무인이동체 등 차세대 시장을 선도할 신개념 플랫폼을 개발하고 비즈니스 모델을 선점

## ③ 6대 공통핵심기능기술과 5대 용도별 플랫폼이 무인이동체 제품으로 이어지도록 산업화 촉진

- 기존의 실물 기반 시험장치에 가상 시뮬레이터를 결합하여 기술검증에 소요되는 시간과 비용을 절감하고, 실제 공간에서 구현하기 어려운 상황에서 기술검증이 가능한 테스트베드 구축



- 기술개발 진행상황 및 성과 홍보, 기술거래 장터 구축, 실증·시범사업 확대 등을 통해 기술·산업 매칭 활성화
- 2018년 120억원 규모의 무인이동체 핵심기술개발 R&D를 우선 지원하고, 향후 지원 확대를 위해 예비타당성 조사(10년, 5,500억원) 추진

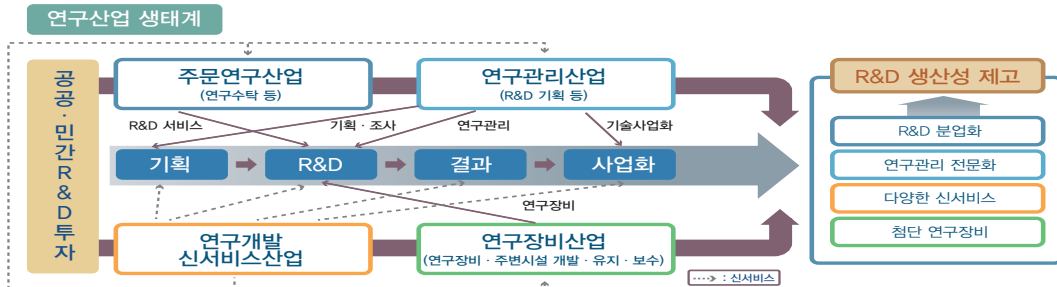


- 물류·제조·복지·국방·레저 등 다양한 분야로 무인이동체를 확산시켜 편리·안전하고 풍요로운 삶을 실현

## 과기정통부, 「연구산업」 혁신성장으로 국가연구개발 생산성 제고

– R&D자원을 아웃소싱하는 연구개발 생태계 구축으로 일자리 12,000개 창출

- 「연구산업」(R&D Service Industry)이란 R&D가 진행되는 과정의 전후좌우에서 R&D 활동을 지원하는 각종 연구관련 서비스 및 연구장비 등 제품을 포괄하는 R&D 연동산업



### 연구산업 주요분야



- '16년 기준 우리나라 총 연구개발비는 598억 달러, 세계 5위의 R&D 투자국으로 R&D의 생산성이 국가 경제에 미치는 영향이 매우 큰 상황
- 전 세계적으로 기술의 수명·주기 단축, R&D의 복합화·고비용화 추세 등에 대응하여 외부 아이디어와 자원을 활용하여 R&D 생산성을 제고하는 개방형 혁신이 확산
- 우리나라도 국가 R&D 생산성을 제고하기 위해서는 인하우스(In-house)에서 이루어지는 R&D와 부대 활동 중 필요한 것들을 보다 전문화된 주체들에게 개방하여 아웃소싱(Out-sourcing)할 수 있는 R&D 생태계를 구축할 필요
- 연구산업은 개방형 연구 생태계를 조성하는 주요 산업으로 R&D 활동의 생산성을 제고할 뿐만 아니라 그 자체로도 고부가가치를 창출하고 새로운 일자리를 만드는 혁신성장의 중요한 한 축

### 연구산업현황

주요연구 신고기업 (681개)	연구관리 신고기업 (450개)	연구장비 조사대상 기업 (327개)
50명 미만 기업 85%	10명 미만 기업 76%	50명 미만 기업 75%
(17년 현재 기준)	(17년 현재 기준)	(15년 기준)

- 그동안 정부 정책에 있어서도 연구장비 개발, 연구개발서비스업 육성 등 R&D와 연동되는 정책이 개별적으로 수립됨에 따라 국가 R&D의 통합적 관점에서 산업화하려는 노력이 미흡
- R&D 연동산업 전체를 하나의 산업인 「연구산업」으로 묶어 연구산업 시장을 확대하고 중소기업이 자생할 수 있는 혁신 생태계를 조성하기 위한 종합적인 정책을 처음 마련

- 5년간 2,366억원 예산을 투입
  - ① 주요연구를 통한 R&D의 분업화·전문화
  - ② 연구관리 활성화
  - ③ 연구개발 신서비스산업 발굴 및 육성
  - ④ 연구장비 국산화 확대
  - ⑤ 제도적 기반 마련

## III. Guten Tag! KIST Europe :

## 독일의 일자리 창출 정책 – 신진 연구자 양성 및 경력 개발

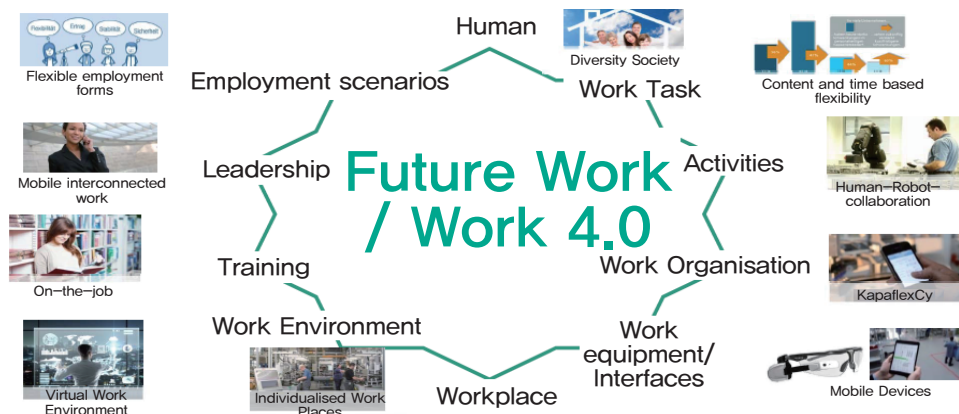
※ Guten Tag! KIST Europe은 KIST Europe의 주요 연구·경영성과 및 유럽의 연구동향을 소개하는 코너입니다.

메르켈 총리가 이끄는 집권 기독교민주당/기독교사회당 연합은 자유민주당과 녹색당과 연립정부 구성 협상이 결렬된 이후, 최근 여론의 압박을 받던 중도좌파 사민당이 연정협상 참여를 결정하였다. 연정협상이 성공된다면 메르켈의 4연임이 가능하게 된다. 두 정당은 지난 12년간 국가경쟁력 강화 및 삶의 질을 개선하는 혁신정책을 성공적으로 추진하여 왔다. 총선공약으로 본다면 기민/기사연합은 대학 연구역량 강화 및 2025년까지 GDP 3.5% 연구개발비 투자를, 사민당은 학술연구기관한시계약법으로 허용되는 연구인력 한시 고용계약 기간(현 12년)의 단축과 여성연구인력 비중 증가(책임자급 최소 40%)를 제시한 바가 있다.<sup>2)</sup> 현재 추진중인 독일 대학, 연구기관 혁신정책은 큰 변화없이 지속될 예정이며 디지털화 등 혁신을 실현할 신진 연구자들의 경력개발 문제는 매우 중요한 정책으로 다루어 질 전망이다.

## 1. 독일 첨단기술 정책과 직업의 미래

## Industry 4.0과 Work(Arbeit) 4.0

독일 하이테크 2020 액션플랜의 10대 미래 과제 중 하나인 Industry 4.0은 산업 전 분야에 정보통신(IT) 기술을 접목한 혁신을 통해 일자리 창출, 국민 복지를 달성한다는 목표로 추진되고 있다. 이러한 혁신 정책에 힘입어 독일은 25년 만에 가장 낮은 실업률 5.3% (2017년 11월)를 기록하고 있으며, 1.9%의 높은 경제 성장률을 기반으로 더 높은 취업률과 낮은 실업률을 지속할 것으로 예측된다.<sup>3)</sup> 이와 관련 독일 연방노동청(Bundesagentur für Arbeit)은 자동화시스템, 로봇, 인공지능 등 Industry 4.0 신기술 도입이 독일 노동시장, 노동 환경, 노동자의 인식에 미치는 영향에 대비하는 Work 4.0 개념을 정립하였다.



독일 노동연구원 조사에 따르면 여러 시나리오가 있지만, 2030년 고급기술직무 약 43만개 일자리가 신규 생성되고, 단순노동 약 49만개 일자리가 대체되어 구조적 실업이 발생할 수 있다.<sup>4)</sup> 그러나 Industry 4.0을 신속하게 도입하는 것이 오히려 총체적인 일자리 창출을 위한 기회가 될 수 있기에 디지털화, 유연화, 네트워크화, 스마트화 등 다양한 미래 직무의 변화에 대한 근로자 재교육, 정보보호 강화, 유연근무제 도입, 새로운 사회보장시스템 구축 등이 대응책으로 검토되고 있다.

2) Forschung & Lehre (2017.09), Wening Überlassungen

3) Bundesagentur für Arbeit(2017.12)

4) Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (2017)

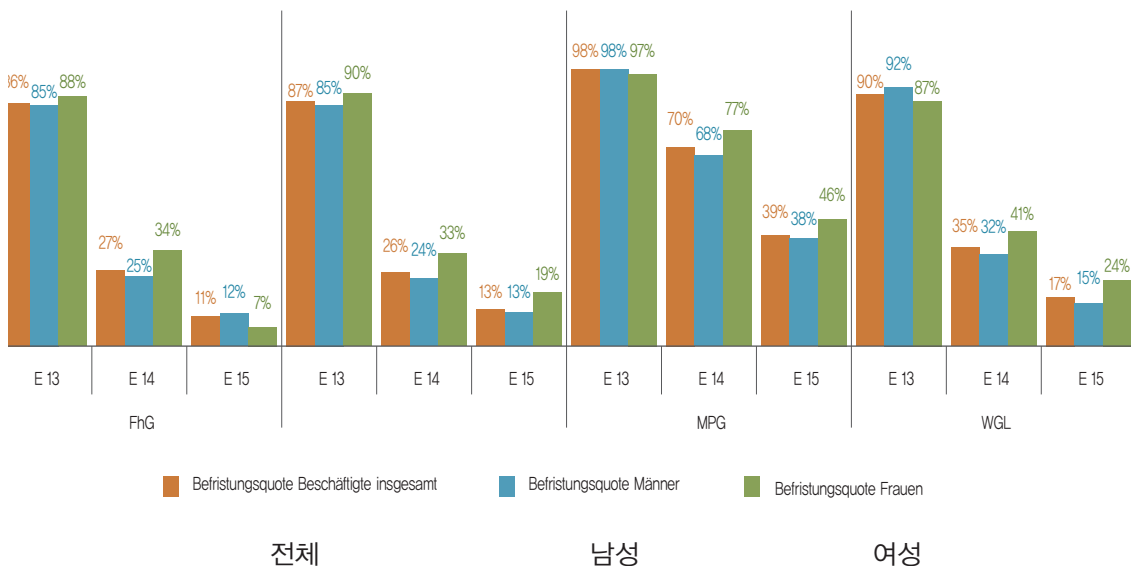
## 2. 독일 학술연구기관의 신진 연구자 육성 및 활용 현황

독일 연방교육연구부(BMBF)는 대학 및 공공연구기관을 거점으로 미래 혁신을 주도할 우수 신진 과학 기술자 양성 및 안정적 경력개발 강화 정책을 추진하고 있으며 연방경제에너지부(BMWI) 중심으로 창업 지원을 통한 일자리 창출 및 산업구조 고도화 정책도 적극 추진하고 있다.

### 신진연구자 육성 및 연구기관 유동성 강화

독일 대학과 공공연구소는 전통적으로 교육과 연구의 결합을 통합을 통한 시너지 효과 창출을 지향하여 왔다. 연구중심대학 모델은 19세기 독일의 선진화에 크게 기여하여 인정받고 있지만, 주정부 지원 재정 한계와 정교수 중심의 경직성과 배타성 문제가 지적되어 왔다. 독일의 공공연구기관도 최소한의 강의와 학생지도를 병행하여 학생연구원을 연구인력으로 활용하고, 기업 연구과제 등에 참여하여 실제 문제해결 능력 및 노하우를 지닌 신진연구인력을 양성하는 시너지 효과를 지향하여 왔다.

| 독일 4대연구협회별 직급별 한시계약연구인력 비율(박사과정 학생연구원 제외) |



자료: GWK2017

독일 과학위원회(WR)가 90년대말 주도한 시스템평가 이후 연구협회의 대학원 교육기능이 더욱 강화되었고, 헬름홀츠, 라이프니츠를 중심으로 조직의 관료성을 타파하고 새로운 분야 개척 등 유동성을 강화하기 위하여 종신고용직을 대폭 하향 조정하는 혁신이 진행되었다. 2016년 기준 일반 연구원 직급(E13 급여)의 경우 프라운호퍼 86%, 막스플랑크 98% 등 한시계약직 비중이 매우 높으며, 중진연구자의 경우도 수요에 탄력적으로 대응하고 새로운 피가 지속 유입될 수 있도록 한시계약이 활용되고 있다.<sup>5)</sup>

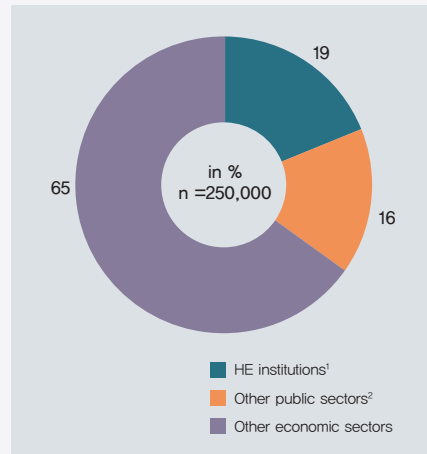
그러나 탁월한 신진연구자가 보다 안정적으로 경력을 개발할 수 있도록 제도를 보완, 개선하여야 한다는 정책이 논의되고 있다.

5) 독일 교육연구성은 2008 학술연구기관한시고용법(을 제정하여 박사전 6년, 박사후 6년, 총 12년간 한시계약이 가능하도록 특별법을 운영하고 있으며, 연구과제 기간에 맞추어 연장도 가능하도록 개정되었다.

### 3. 신진연구자 경력개발 경로 및 신기술 창업

독일 '신진 연구자 보고서 2017'에 따르면 독일 박사 과정 연구원(2016년 기준 약 19만 6천명)은 대략 3.5~4.5년 소요되는 학위과정중 대학이나 연구기관의 제반 지원에 대한 만족도가 높은 것으로 나타나고 있다. 45세 이하의 박사학위 소지자 65%는 민간기업에 근무하고 있다. 이는 독일기업의 기술혁신의 원천이다. 반면에 신진 박사학위자 19%는 학술연구기관, 16%는 기타 공공기관에서 근무하고 있다. 2017년 조사에 따르면 학술연구기관의 신진연구자들은 연구자로서의 경력개발과 가정과의 조화를 이루는데 많은 애로사항이 있다고 조사되었다. 특히 자녀가 있는 연구자들은 자녀가 없는 연구자에 비해 만족도가 떨어지고 많은 애로가 있는 것으로 조사되었다.<sup>6)</sup>

| 45세 미만 박사학위자 소속현황 |



자료: 독일 연방통계청 (2016)

대학이나 연구기관에서 학문과 가정생활의 병행, 특히 자녀 출산에 있어 국립연구기관(공무원 신분)이 아닌 학술연구기관 연구자 대부분이 한시계약직으로 있기 때문에 미래 불확실성(52%), 재정적 안정성(44%), 직업의 안정성(44%), 파트너 관계 유지의 어려움(28%) 등의 순으로 주된 장애요인이 조사되었다. 따라서 대학 및 공공연구기관이 조직의 효율성, 동태성을 유지하면서 탁월한 신진과학기술자에 대해 안정적인 경력개발을 지원하는 것이 국가적인 과제로 대두되고 있다. 학술연구기관한시고용법과 같은 관련 법률개정이나 신진 과학기술자 지원정책이 고등교육협약(Higher Education Pact 2020)이나 공공연구기관 연구혁신협약(Pact for Research and Innovation)에 반영되고 더욱 강화될 예정이다. 또한 책임자급 여성 비중 30%이상을 목표로 양성평등 및 가정친화적인 연구환경 조성을 위한 제도도 다양하게 검토 추진 중이다.

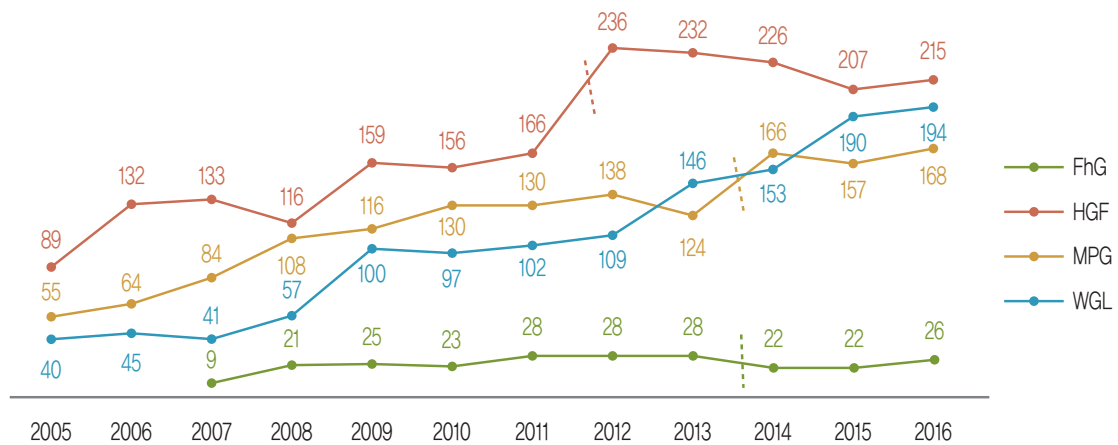
#### 테뉴어 트랙 프로그램

독일 연방/주정부는 2017년부터 테뉴어 트랙 교수 제도를 도입하여 2032년까지 10억유로를 투입하여 총 1,000명의 신예 교수를 추가 채용할 계획이다. 2017년 9월 1단계로 34개 대학 468명의 테뉴어 트랙 교수가 신규 임용되었으며 지속적인 공개모집과 경쟁기반 채용평가를 통해 국내외 탁월한 두뇌를 유치하여 경력개발의 기회를 제공하고 독일의 혁신역량을 구조적으로 개혁하는데 기여하는 것을 목적으로 추진 중이다.

#### 신진연구자 독립연구그룹

탁월한 연구 아이디어를 지닌 신진연구자를 경쟁공모하고, 통상 5년정도 독자적인 연구그룹을 운영할 연구비, 시설 및 인력을 지원함으로써 독창적인 연구성과를 창출하고 연구그룹으로서의 지속가능성을 검증받고 발전할 수 있는 기회를 지원하고 있다. 4대 연구협회별로 프라운호퍼 연구협회는 "Attract", 헬름홀츠연구협회는 헬름홀츠 신진연구그룹(Helmholtz-Nachwuchsgruppen), 막스플랑크연구협회는 오토-한(Otto-Hahn -Gruppen), 미네르바(Minerva-Gruppen), 라이프니츠 연구협회도 독립연구그룹 제도를 도입 운영하고 있다.

| 4대연구협회별 신진연구자 독립연구 그룹 운영 현황 |

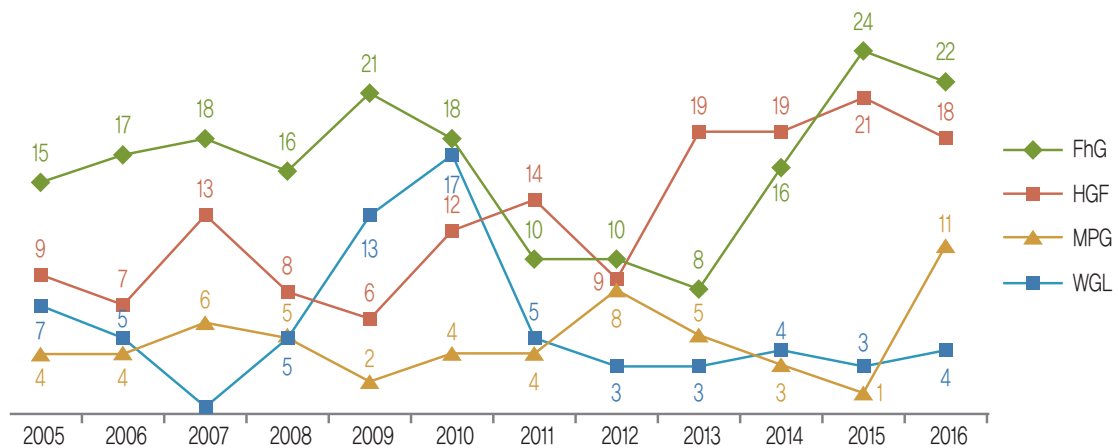


자료: GWK 2017

### 기술 창업지원

독일 4대 공공연구기관 창업 동향을 보면 임무의 상이성에도 불구하고 모두 기술사업화를 전담하는 조직을 두고 있으며 스핀오프 창업을 장려하는 창업교육, 아이디어 발굴, 재정지원 및 비즈니스 모델 개발 등 각종 프로그램들을 운영하고 있다.

| 연구협회별 연구소 창업 동향 |



자료: GWK 2017

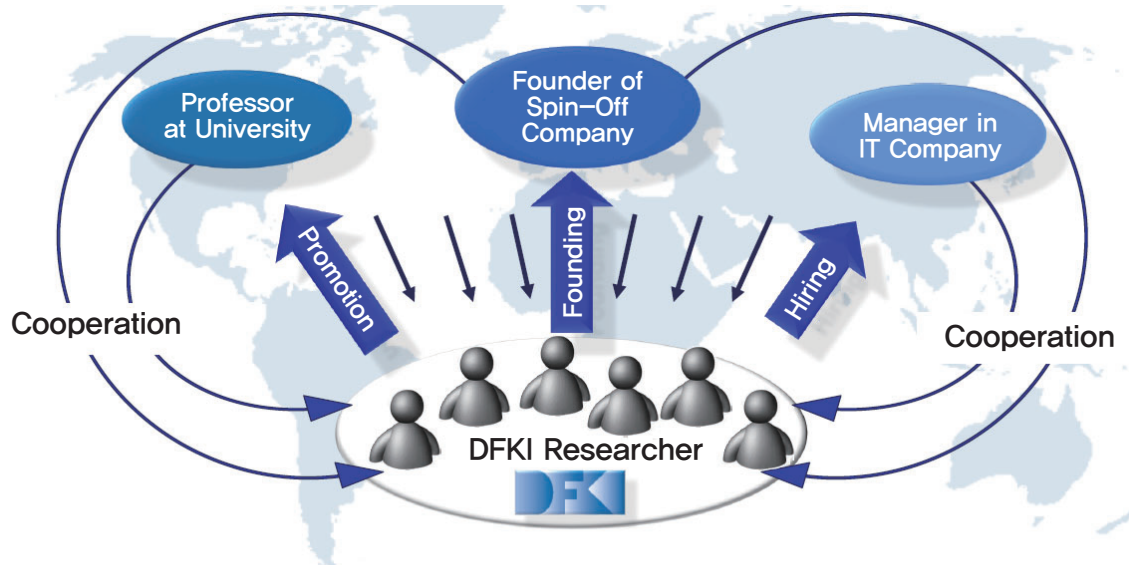
독일 스타트업 2017 조사에 따르면 창업가 평균연령은 35.3세로 34세 미만 창업자 비중이 증가하는 추세이다. 이는 대학이나 공공연구기관의 신진연구자들이 첨단기술 일자리 창출의 원천이 되고 있음을 의미한다. 주요 창업분야는 약 80%가 디지털화(digitalization)와 연계되어 있어 새로운 산업구조로의 전환이 활성화되고 있다.<sup>6)</sup>

6) KPMG, Deutscher Startup Monitor 2017

## 4. 결론 및 시사점

KIST 유럽연구소 인근 독일 인공지능연구센터는 설립 30년동안 약 4,500명 이상의 신진 연구자들을 배출하였다. 이들 중 대략 1/3은 대학이나 연구기관, 약 1/3은 벤처기업 창업가, 약 1/3은 IT 기업 관리자로 경력을 개발하였으며, 동문 네트워크는 공동연구 및 사업화 파트너로서 밀접한 협력을 진행하는 자체적 혁신 생태계로 역할을 담당하고 있다.

| 독일 인공지능연구센터 동문 네트워크를 통한 혁신 생태계 |



### Network of more than 4500 Computer Scientists

독일의 공공연구기관은 자율성과 안정성을 추구하면서, 동시에 유동성, 경쟁을 통한 탁월성, 비용 효율성의 조화를 지향하고 있다. 대학과 연구기관은 상호간에 마치 동전의 양면과 같이 교육과 연구간 시너지 효과 창출을 위해 밀접하게 협력하고 있다. 탁월한 신진 과학기술자들이 조기에 독립적으로 창의적 연구 성과를 창출하고 보다 안정적으로 경력개발을 할 수 있는 방안들이 단계적으로 추진되고 있다. 또한 대학교수로의 경력개발을 희망하는 신진연구자를 위해 테뉴어 트랙 교수제도 등이 보완되었으며 연구와 가정의 양립을 위한 가정친화적인 환경조성에도 많은 노력을 기울이고 있다.

독일 신진 과학기술자들 대부분이 산업계에 취업하고 있으며 일부는 신기술 창업을 통해 대학이나 연구기관으로 부터 축적한 문제해결 노하우를 활발하게 기업현장으로 이전하고 있다. 이들은 독일 경제의 주축인 기술지향적 중견기업들의 신기술 수용능력을 키우고 세계적인 경쟁력을 갖출 수 있도록 하는 핵심 자산이다.

독일은 연구개발 투자 외에도 혁신에 장애가 될 수 있는 법적, 사회문화적, 조직적, 인적 요인들에 대한 종합적인 검토 및 대책 수립이 범부처적으로 진행되고 있음을 볼 수 있다. 독일 연구기관에서 배출된 산학연 동문 네트워크는 고객이자 혁신 파트너로 지속가능한 혁신 생태계와 같은 역할을 수행하고 있으며, 대학이나 학술연구기관은 미래 산업에 필수적으로 소요되는 새로운 전문인력을 양성하고 기존 근로자의 재교육을 지원하는 등 국가적 미래인력 수요를 충족시키는 모태 역할이 더욱 강조될 것이다.

## I. TePRISM :

## 초고속 충·방전 가능한 전기자동차용 배터리 신소재 개발

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

## 열화 현상 억제 가능한 양극(+)재 개발 성공으로 전기차 초고속 충전 기대

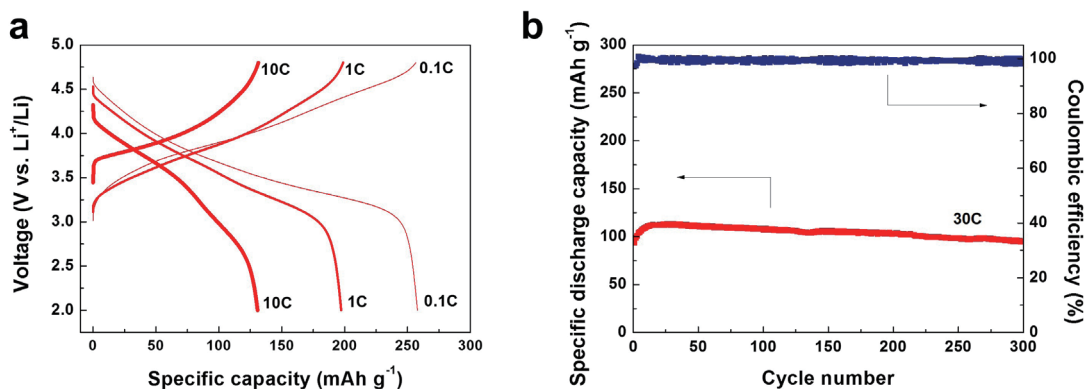
## 차세대 양극재 LMR 안정화 성공 및 급속 충·방전에도 초기성능 유지 확인

- KIST 에너지융합연구단 오시형 박사팀, 서울대학교 최장욱 교수 연구팀은 고용량 배터리 양극재로 사용되는 LMR\* 소재에 표면 열화 현상을 극복한 새로운 양극재 개발에 성공해 주목을 받고 있다. 최근 친환경 전기자동차의 부상으로 급속충전이 가능한 고출력·장수명의 리튬이온전지개발에 대한 관심 증가하는 추세이다. 하지만 차세대 양극재로 주목받고 있는 LMR 소재 리튬이온배터리는 충·방전 간 결정구조가 복잡해지는 단점으로 인해 상용화 적용에 한계를 가지고 있었다.

\* LMR(Lithium- and Manganese-Rich Nickel-Cobalt-Manganese Oxide): 리튬이 다른 전이금속 보다 다량 존재하는 소재로, 여타 상용화 양극재보다 에너지밀도가 높고 안전함

- 연구팀은 LMR 양극재 입자 표면에서 일어나는 단점에 주목, 표면 특성 제어에 주력하며 간단한 1회 공정으로 열화 현상 억제 가능성 확인했다. 연구팀은 이온 전도도가 높은 산화물을 LMR 물질 표면에 1~2나노미터(nm) 두께로 코팅하여 표면에서 리튬이온이 원활하게 확산되고 열화 현상이 억제되도록 합성하는데 성공했다. 합성된 양극재는 2분 이내 고속 충·방전을 300회 이상 실시 해도 특성을 그대로 유지하여 고용량·고출력 배터리 소재로 사용가능성을 확인할 수 있었다

| 새로운 LMR 양극의 (a) 충·방전 속도에 따른 전압곡선 및 (b) 수명 특성 |



## 고용량·고출력 동시 가능 소재로 차세대 자동차 배터리 소재 개발의 해법 제시

- 새로 개발된 양극재는 전기차 배터리 성능 향상뿐 아니라 다양한 분야에 응용될 것으로 기대되고 있다. 본 연구팀이 개발한 양극재는 전기차 배터리에 적용 시 충전시간 단축, 주행거리 연장, 제조 공정 간소화 효과가 있어 상용화 근접성이 높은 소재로 평가되고 있다. 또한 본 연구에서 개발된 양극재 합성 기법 및 개선 방안은 중·대형 에너지저장시스템에도 응용 가능하며 다른 핵심 소재 개발에도 기여할 것으로 전망된다.

박연수(정책실, ysoo@kist.re.kr)

## II. 신규 보고서 :

4차 산업혁명 대응을 위한 정부 R&D 사업의 전략적  
투자 포트폴리오 구축 방안<sup>7)</sup>

## 개요

## ① 4차 산업혁명의 구조적 변화

- 인공지능, 사물인터넷 등 새로운 기술발전에 의한 융합 가속화 및 신산업 창출이 예상
  - 물리적 세계와 사이버 세계가 네트워크로 연결되고, 집적된 데이터의 분석·활용 및 사물의 자동제어가 가능해지면서 제품의 생산과 서비스가 자동화·지능화되는 새로운 산업 시대 도래
  - 사물인터넷 등 주요 기술의 발전과 ICT 관련 기술들이 타 산업과 융합되어 스마트 공장, 자율주행자동차, 스마트시티 등 새로운 산업 및 서비스를 창출하여 4차 산업혁명을 촉진
- 신기술·산업 등장의 가속, 산업 전반의 지능화·자동화, 플랫폼 생태계의 확산 등으로 산업·경제·사회·고용구조의 총체적 변화 전망
  - (지능화) 빅데이터와 인공지능을 통한 고차원 사고 및 Insight 업무 지능화·자동화 개시
  - (개인최적화) 정량적·정형적 데이터 분석을 통한 프로세스 혁신 및 자원 활용의 최적화
  - (범위의 경제) 자원·공정효율의 최적화를 통해 경제의 민첩성과 유연성이 강조되고 물리적 자본에서 데이터 자본으로 변화(규모의 경제 탈피)
  - (인간 가치 극대화) 경영지원 및 제조 등의 기능이 상품화되며, 창의성 및 사회성을 요구하는 제품 디자인 및 기획 등의 업무에서 가치창출 기반 서비스를 제공

## ② 주요 선진국 대비 우리나라 역량

- 주요 선진국들은 4차 산업혁명에 대응하기 위한 방식으로 선택과 집중을 통한 전략적 R&D 추진
  - 독일과 중국은 제조업, ICT를 융합한 스마트 공장, 미국은 사물인터넷과 인공지능 등의 정보 중심 산업, 일본은 로봇 강국의 위상을 살린 로봇 산업 신전략 추진
- 우리나라의 기술수준, 대응 정도 등 4차 산업혁명 대응을 위한 준비는 주요국들과 비교하여 미흡하거나 신흥국의 추격을 받고 있는 상황

## ③ 관련 정책 및 대응 현황

- 4차 산업혁명에 대한 정부 R&D를 포괄하는 중장기 정책 및 계획이 필요하나, 정책 목표를 포괄적으로 제시하는 데 한계가 존재
  - AI, 빅데이터, IoT, 로봇, 스마트 공장 등 4차 산업혁명의 핵심 기술산업적 요소가 부처별로도 분산\*되어 있는 실정

\*4차 산업혁명 대응을 위한 중장기 정책과제(중장기전략위원회, '17), 지능정보 중장기 종합대책 수립(미래부, '16), 4차 산업혁명 시대 신산업 창출을 위한 정책과제(산업부, '17), 지능정보사회 중장기 교육정책 방향과 전략 마련(교육부, '16)

- 효과적 대응을 위한 분야 간 연계 및 융합 극대화의 중요성이 강조되고 있으나, 개별 부처에 권한과 책임이 있어 협업 체계 미흡
  - 기술발전 경로를 예측하기 힘든 4차 산업혁명의 기술·산업적 특성에 대응하기 위해 R&D 수행 방식 다변화 필요
  - 초융합 트렌드에 부합하도록 개별 부처, 연구기관, 연구자를 초월한 유기적 연계·협업을 위한 R&D 협업 플랫폼 체계 구축
- 기업의 R&D 활동과 정부 지원 R&D 활동(중소기업·스타트업, 연구소, 대학교 등)의 연계가 미흡하여 이를 이원적으로 추진
- 4차 산업혁명 초기 단계로 주요기술에 대한 정부 R&D의 방향성 및 전략적 투자지원 범위를 모색할 필요가 있으며, 4차 산업혁명 대응을 위한 정부 R&D 투자 전략 마련 시급

## 정부 R&D 사업의 전략적 투자 포트폴리오

### 1 포트폴리오 구축 필요성 및 방향

- (필요성) 4차 산업혁명 대응을 위한 정부 R&D의 전략적 투자 및 신산업 발굴·육성을 위해 명확한 개념·범위 정립으로 정부 R&D 현황 진단
  - 정부 R&D 관점의 상세 목적 및 전략 반영을 위한 투자 가이드라인 마련 필요
- (기본방향) 4차 산업혁명을 견인할 기술력과 인프라 확보, 산업 생산성과 융합성을 획기적으로 높여 사회전반에 혁신을 유발할 수 있는 전략적 R&D 예산 투자
- (역할분담) 4차 산업혁명 대응을 위한 핵심·기반 기술별 특성에 맞춰 전략적 R&D 지원 및 민간(주도)-정부(지원)의 파트너십 강화
  - 장기투자가 요구되는 핵심·기반 기술은 정부 중심으로 집중 지원하고 혁신적 제품·서비스의 선도적 시장 조성을 유도
  - 응용기술은 원천기술을 바탕으로 민간주도, 정부는 이를 촉진하기 위한 규제 샌드박스 추진
    - \*도입 및 네거티브 규제 확대, 기반 조성, 인력 양성 등을 적극 지원
    - \*모래 놀이터와 같이 창의·혁신적인 핵심 기술과 비즈니스 모델을 규제 없이 자율적으로 접목·시도해볼 수 있는 시스템

### 2 추진 전략

- 사회변화 및 발전전망, 사회 이슈를 바탕으로 미래의 니즈를 분석·발굴하고, 이를 토대로 첨단 기술을 적용하여 신가치 창출과 사회 문제 해결 등 추진
  - 사회-산업-기술로 환류(feed-back)되는 4차 산업혁명 생태계 조성 및 공고화 추진 지원
  - 4차 산업혁명(기술) 핵심·기반 및 공공·산업 융합, (산업) 제품·시스템 및 관련 산업, (사회) 신가치 창출 및 사회이슈로 연결되는 분야별 대표 전략 패키징 허브 도입 연구
- 4차 산업혁명에 선제적으로 대응하기 위한 기술·융합·사회별 분류체계를 도출하여 R&D 예산 배분·조정 추진
  - 인공지능, 빅데이터 등 핵심·기반 기술에 대한 투자를 강화하여 기초·산업 원천 기술역량 확보
  - 정밀 의료, 스마트 제조 등 4차 산업혁명을 선도·확산하기 위해 기술+산업 융합 R&D 적극 지원
  - 재난·안전, 삶의 질 향상 등 공공 분야에 선도적으로 적용 가능한 혁신적 기술 개발로 사회 환경 변화 대응

- 신규 기술개발과 함께 기존 핵심·기반 기술의 성과 제고 및 유연한 4차 산업혁명 대응을 위한 사업·기술간 연계와 협력, 목표지향적 융합 R&D 지원 및 Open Innovation 유도
  - 기술·산업·사회 분야별 선순환 구조 확립으로 신부가가치 창출과 산업·사회 등에 활력 촉진

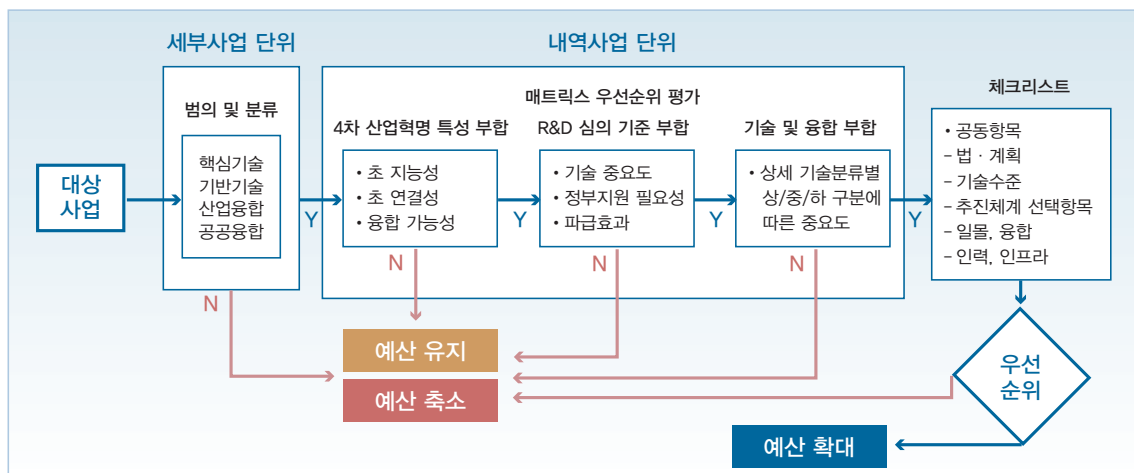
### ③ 4차 산업혁명 대응 정부 R&D 전략적 투자 포트폴리오 구축 절차

- (1단계) 4차 산업혁명 주요 특성 및 범위(분류 체계) 설정: 4차 산업혁명 관련 기술·융합 범위 및 분류 체계 설정
  - (문헌 분석) 국내외 문헌분석 및 자료조사 등을 통해 관련 현황 및 세부 항목 등 도출
  - (전문가 검토) 내/외부 기술 및 정책 전문가 검토를 통한 주요 특성 및 범위 설정
- (2단계) 투자·우선순위 평가기준 개발: 4차 산업혁명 관련 기술·산업별 우선순위 매트릭스 개발, 정부 R&D 투자 우선순위 평가를 위한 체크리스트 개발
  - '16년도 기술수준 보고서(17.4), 4차 산업혁명 관련 기술수준 분류(17. 3) 등을 기반으로 4차 산업혁명 기술 분야 선정 및 각 기술에 대한 산·학·연 전문가 우선순위 평가
  - 지능정보사회 중장기 종합대책(16.12) 등 관계부처의 4차 산업혁명 정책 등을 기반으로 4차 산업혁명 융합 분야 선정 및 전문가를 통한 세부 항목 도출·우선순위 평가
- (3단계) 정부 R&D에 대한 투자 우선순위 가이드라인 제시: 평가기준을 종합 고려하여, 4차 산업혁명 대비 집중 투자해야 할 기술·산업 분야 선정

### ④ 정부 R&D 투자 가이드라인 마련 및 활용 방안

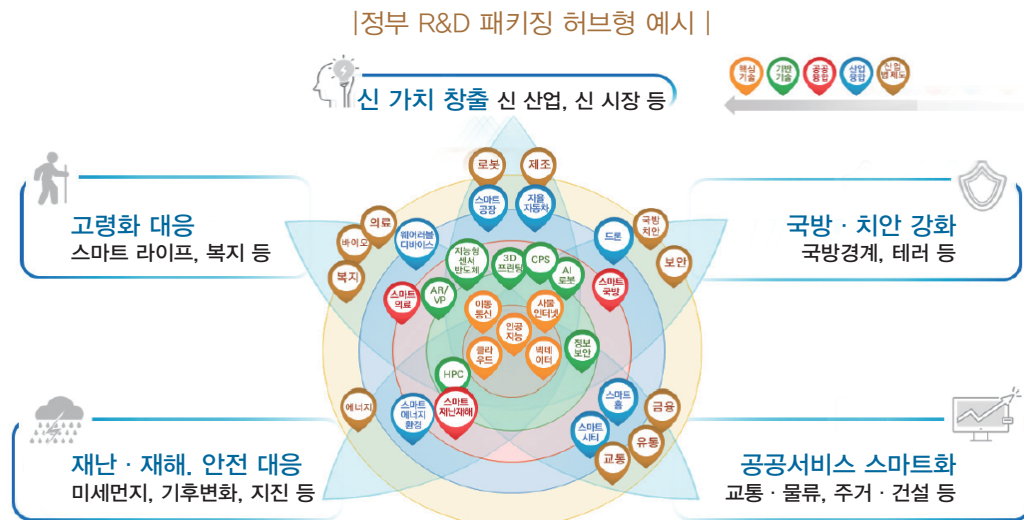
- 정부 R&D 사업의 각 단계별 기준들을 종합 고려하여 집중 투자해야 할 기술·산업 분야 선정 및 조정
  - 4차 산업혁명의 대상 범위 및 특성을 고려하여, 정부 R&D 사업의 단계적 심의로 효율적인 예산 배분·조정 수행
- 4차 산업혁명의 급속한 기술발전에 대응하기 위하여 정부-민간의 역할을 분담하고, 투자 시급성 및 정부 지원 필요성이 큰 기술 분야를 선정하여 투자전략 및 투자 우선순위 도출
  - (기술분야) 4차 산업혁명 구현을 위해 필수적인 기술 분야 중 기술성숙도가 낮고 민간역량이 저조한 분야는 정부 주도 투자 추진
  - (융합분야) 사회문제 해결, 삶의 질 향상 및 기술 간 융합을 통해 신산업을 창출하는 융합분야는 시장 특성을 반영하여 민·관 협력체계 강화

#### | 4차 산업혁명 대응을 위한 정부 R&D 투자 가이드라인 (예시) |



- 4차 산업혁명 패키징 허브 전략으로 기술·융합·인력양성 및 법제도 개선 등의 기술-산업-사회 간 유기적 연계로 사회전반의 효율성 제고
- 주요 국가 전략목표(예: 일자리 및 신산업 창출, 지역 활성화 등)를 효과적으로 달성하기 위해 분야별 상호 연관된 R&D 사업들을 통합형으로 묶음
  - 성과 제고를 위해 핵심 기반기술을 바탕으로 공공·산업융합, 법·제도 개선을 통합 추진하는 ‘패키징 허브 지원방안\*’을 적극 발굴·확산

\* 상호 관련되는 기술 프로젝트와 법제도, 통합 추진 체계 등을 포함한 패키지 사업으로 Hub를 구성하여 사업 목적 달성을 위한 시너지 도모



## 중앙과 지역의 R&D 연계·활용 방안

### 1 정부 R&D와 지역 R&D 연계

- 최근 조선·해운, 철강업 등 국가 주력사업의 침체로 지역경제에 심각한 타격이 우려
  - 지역산업 구조 다양화 및 고도화를 통해 지역의 자립기반 확충이 필요한 시점
- 4차 산업혁명에 대응하기 위해서는 정부 R&D와 지역 R&D를 효율적으로 연계해 성과를 창출할 필요
  - 정부 R&D 연계를 통한 지역의 경제적 성과 창출과 중장기적 산업 육성 전략 필요
- 정부 R&D 성과에 대비한 지역 R&D 성과 제고와 효율적 연계로 시너지를 발생하기 위해, 지역 농어촌에 문화, 교육 등 정주여건 개선, R&D 연계 등으로 4차 산업혁명 연계 필요
  - 기계와 인간이 공존할 수밖에 없는 “휴먼인터랙티브 기술”은 농어촌지역에서 가장 중요한 부분이며 이를 통하여 청년 고용 등 일자리 창출
- 농어촌지역의 특수한 자연적 환경을 검토하고 이를 활용한 신산업 발굴 후 이를 4차 산업혁명과 연계하는 방향 모색

### 2 중앙-지역 R&D 연계·활용 전략

- 기존 특화산업 위주에서 4차 산업혁명 중심으로 지역산업 체계 혁신
  - (산업 선정) 중앙의 국가산업전략 명확히 설정하고, 이를 연계하여 지자체 주도 4차 산업혁명 특성 위주의 주력산업 포트폴리오를 자율적으로 구성하여 지역 강성기업 육성

- (산업 형태) 기존 나눠먹기식 전략산업 육성에서 벗어나 산업 간 융합 및 미들 업다운 (Middle-Updown), 경쟁형 R&D를 추구하여 지역 간 네트워크 확대
- (추진 주체) 출연연·대학 위주에 기업이 참여하던 방식에서 기술 간 전문기업플랫폼 구성으로 기업이 주도하는 협업 환경 조성
- 4차 산업혁명 대응을 위해 중앙-지역, 산·학·연 간의 연계 강화로 효율적 R&D 추진
  - (AS-IS) 중앙·지역 및 산·학·연 간의 중복이 많으나 연계 협력은 단절되어 R&D 비효율 초래
  - (TO-BE) 효율적 R&D 추진을 위해 개방형 기업 및 사업의 플랫폼화, 협업 및 서비스화 연계 강화, 핵심기술과 산업과의 융합, 정부의 기술, 인력 등의 개방화 적극 유도
- (중앙-지역) 중앙정부의 육성산업에 지역의 특화된 산업·인프라·실증가능 환경을 활용하여 신산업 생태계를 조성하는 패키지 프로젝트형 사업 추진 유도
  - (패키징 허브전략) 의료기술 관련 핵심 기반 기술은 중앙에서 개발 및 보급, 이를 중앙-지역 산업, 인프라와 연계하여 지역의 신부가가치 생태계 조성
- (지역-지역) 지방정부의 경쟁적 신산업 유치로 인한 비효율성 극복을 위해 지역 간 협업 유도
- (글로벌-지역) 지역산업(클러스터, 인력 등 교류)이 글로벌 또는 전국 단위의 산업발전과 연계될 수 있도록 생태계 활성화 유도
  - (롤리폴리모델) 기술 선도국과의 국제협력으로 발전시킨 기술력으로 스스로 도약하여 개도국에 우리의 기술을 전달하는 롤리폴리 모델

## 맺음말

4차 산업혁명으로 경제·사회구조에 대변혁이 발생할 것으로 전망되며, 이에 대응할 기술개발 및 산업구조 혁신을 위한 R&D 지원 필요

- 속도, 범위, 영향력 등에서 차별화되는 4차 산업혁명의 성공적 완수를 위해 정부 R&D의 방향성과 역할을 새롭게 정립해야 할 시점

급변하는 기술발전으로 예측하기 힘든 4차 산업혁명의 기술·산업적 특성에 대응하기 위해 R&D 수행방식 다변화

- 4차 산업혁명의 기술·산업 혁신은 신기술+기존 기술, 신산업+산업 융합 등 다양한 양상이기 때문에 효과적 대응을 위해 기술-산업-사회의 유기적 연계·협업을 위한 전략적 R&D 필요

4차 산업혁명 선도를 위해 미래 경쟁력의 핵심인 데이터 자원 확보로 지능정보기술 등 핵심·기반 기술을 확보, 공공·산업 융합 활성화로 서비스 품질 향상 및 초기시장 수요 창출기여

- 중앙-지역의 실증 테스트베드 구축 등 생태계 조성을 통해 민간의 주도·혁신 활동 지원하여 미래 신부가가치 창출 극대화

### III. 소통과 대화를 위한 재미있는 Innovation 이야기 :

## 파괴적 혁신, 산업 지평을 재편하다

WHAT IS

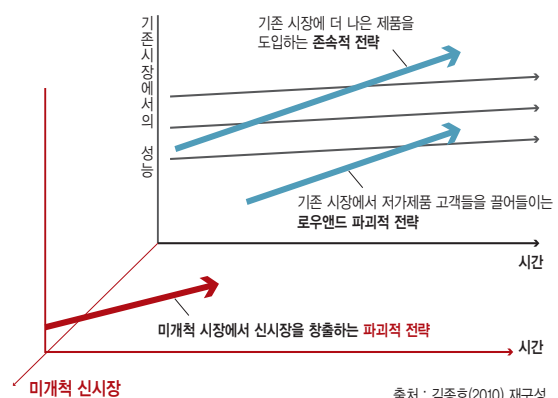
# DISRUPTIVE INNOVATION?

“왜 위대한 기업들조차 실패하는가?” 하버드 경영 대학원의 클레이튼 크리스텐슨 교수는 그의 저서 〈혁신기업의 딜레마(The Innovator's Dilemma)〉의 시작에서 위의 질문을 던졌다. 그는 드라이브 산업, 굴착기 산업 등 과거 전통산업이 해체되어 새로운 산업으로 재탄생하는 과정을 설명하기 위해 ‘파괴적 혁신(disruptive innovation)’ 개념을 제시했다.

파괴적 혁신은 산업 생태계를 완전히 재편성하고 시장 대부분을 점유하게 될 신제품이나 서비스를 말한다. 이 개념은 단순히 기업의 존망에만 한정되지 않고, 경제발전의 선순환을 설명하기 위한 조지프 슈페터의 ‘창조적 파괴(creative destruction)’로도 연결된다. 슈페터에 따르면 경제는 기술혁신을 통해 낡은 것이 도태되고 새로운 것이 창조되는 과정을 반복함으로써 발전한다. 창조적 파괴의 과정 속에서 파괴적 혁신 이론은 새로운 기술이 기존 기술을 어떻게 대체하는지를 설명하고 있다.

파괴적 혁신의 충격에 무너졌던 대표적인 사례로는 소니, 노키아, 코닥을 들 수 있다. 각각 CRT TV, 피쳐폰, 필름 카메라 시장을 선도했던 이들은 새로운 기술의 등장에 의해 모두 무너졌다. 그런데 이 몰락 과정에는 공통점이 있다. 새로운 기술이 시장에 등장했음에도 품질과 가격경쟁력 측면에서 경쟁우위에 있는 기존 기술에 집중하다가 결국 새로운 기술에 의해 시장에서 밀려났다는 점이다. 새로 등장한 LCD/PDP보다는 기존의 CRT에 집중했던 소니, 스마트폰보다 기존 피쳐폰에 집중했던 노키아, 디지털카메라보다 기존 필름카메라에 집중했던 코닥 모두 기존의 성공에 집중하다 몰락했다는 비슷한 패턴을 보인다.

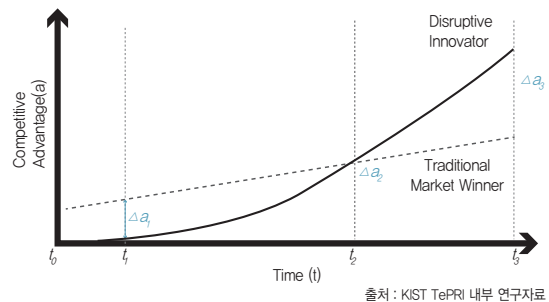
그러나 여러분이 이 기업 중 한 곳의 CEO라고 상상해보라. 기존 기술이 확실한 경쟁우위에 있어 지난 몇 년 간 1위를 놓친 적이 없는 상황이다. 오늘 아침 신문에 발표된 업계 시장점유율 1위는 여러분이 이끌고 있는 기업이다. 그런데 오후 업무 보고회에서 현재 업계에 신기술이 등장했다는 소식을 접했다. 추가적으로 조사해보니 품질은 조악하고 시장점유율은 아직 1%도 안된다. 현재 자사 기술 성능을 따라잡는 데에도 몇 년 더 걸린다고 한다. 그렇다면 현 기술을 더욱 발전시켜 추격을 따돌려 버리는 게 낫지 않을까? 신기술 개발에 투자하기 위해 주주를 설득하는 것도 쉽지 않을텐데 말이다. 치열하게 자료를 살펴보고 고민한 끝에 합리적으로 판단했는데 왜 조직이 무너지는가?



크리스텐슨 교수는 기존 기업들이 파괴적 혁신의 핵심동인을 간과했음을 지적했다. 그것은 바로 ‘오버슈팅(overshooting)’이라는 개념이다. 파괴적 혁신은 기업의 기존 기술이 소비자의 필요를 앞지르는 경우 (overshoot)에 발생할 수 있다. 많은 조직들은 시장

에서 많은 수익을 거두고 있는 기존 기술·제품의 성능을 향상시키기 위해 ‘존속적 혁신(sustaining innovation)’에 초점을 맞춘다. 이 과정 속에서 기술 성능 개선이라는 하나의 경로가 형성된다. 상당량의 자원이 이 경로를 유지하는 데에 투입됨으로써 조직 내부에는 ‘경로의존성(path dependency)’이 생긴다. 왜? 이 경로를 따라가면 계속해서 수익이 생기기 때문이다. 그러나 고객들은 특정 지점에서부터는 더 이상의 성능 개선을 원하지 않게 된다. 오히려 기본적인 성능만 갖춘 채 가격이 저렴하거나(low-end market), 완전히 새로운 기능을(new market)을 원한다. 신기술이나 신제품 그 자체가 파괴적 혁신이 아니다. 애플의 아이폰은 넓은 화면의 한 기기에서 인터넷, GPS 지도, 전화, 게임, 메일 등 우리가 그 전까지 한 번도 경험해보지 못한 완전히 새로운 기능을 제공했다. 또한 이를 기반으로 한 모바일 생태계에서 수많은 가치를 탄생시켰기에 파괴적 혁신으로 불릴 수 있는 것이다. 애플 이전까지 14년 넘게 전세계 핸드폰 시장점유율 1위를 지켜오던 노키아는 결국 2015년 마이크로소프트에 인수됐다. 노키아는 1996년 이미 스마트폰을 선보였으나 현재와 같은 통신 인프라가 구축되지 못한 당시에는 너무 앞서간 혁신이었다. 게다가 이를 지속적으로 개선시켜오면서 축적한 지식과 경험은 애플 아이폰이 제시한 스마트폰과는 방향이 많이 달라 이에 대한 대응도 늦었다.

TePRI에서는 파괴적 혁신을 통한 기존 시장의 해체 및 신규 시장 재편성 과정을 아래 그림과 같이 시간 축과 경쟁력 차이 축으로 정리하였다. 먼저 기존 선도기업의 기술은 지속적으로 개선된다. 이후, 신기술이 등장했으나( $t_1$ ) 가격과 성능 상 경쟁력 차이( $\Delta a_1$ )는 여전히 기존 기업이 앞선다. 하지만 시간이 흘러( $t_2$ ) 파괴적 혁신기업의 경쟁력이 기존 기업의 경쟁력과 동일한 수준으로 올라오며( $\Delta a_2=0$ ), 이 시점에서 기존 성공방식에 많이 의존해오던 기업은 새로운 기술혁신에 대응하기 어려워진다. 시장의 선택을 받은 신기술이 더욱 더 빠른 속도로 발전함에 따라 혁신기업과 기존 기업 간의 경쟁력 차이는 더욱 벌어져( $\Delta a_3$ ) 기존 기업은 경쟁에서 도태된다. 소수의 기업들만이 신기술 적응에 성공하여 새로운 생태계에 편입되며, 이들 기업과 새로 등장한 기업들로 산업은 완전히 재편성됨으로써 새로운 생명 주기(life cycle)가 시작된다. 그리고 이 과정은 끊임없이 반복된다.



출처 : KIST TePRI 내부 연구자료

이와 같이 산업과 경제는 끊임없는 파괴와 창조를 통해 발전한다. 지금 현 시대를 관통하는 파괴적 혁신은 무엇인가? 나라마다 용어는 다르지만 4차 산업혁명이다. 이 혁신에는 공통적으로 인공지능, 빅데이터, 5G 통신, 에너지 등과 같은 기술들이 핵심으로 꼽힌다. 그래서 선진국과 기존 글로벌 기업들은 새로운 혁신을 주도하기 위해 오래 전부터 전세계 데이터 수집, 관련 인프라 구축, 기술 개발, 신산업 창출을 위한 협력체계 구축에 매진하고 있다. 4차 산업혁명 기술발전과 확산의 속도는 굉장히 빠르는데 축적해야 할 지식의 양은 너무나도 많다. 지금까지 한국이 택했던 추격자 전략은 새로운 시대에서 통하지 않는다 생각해야 한다. 기존 성공방식에서 탈피해야 하는 것은 다름 아닌 우리이다.

이혁성(정책기획팀, h.lee@kist.re.kr)

한원석(UST 과학기술경영정책전공 석사과정, g16501@kist.re.kr)

#### \*참고자료

김중호 (2010) [Weekly BIZ] '파괴적 혁신' 전도사 크리스텐슨 하버드대 교수, 한국경제를 말한다, 조선일보

Christensen, Clayton M. (1997), The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail, Boston, Massachusetts, USA: Harvard Business School Press, ISBN 978-0-87584-585-2

Schumpeter, J. (1962), Capitalism Socialism and Democracy, 3rd edn., New York: Harper Torchbooks Edition (originally published 1942 by Harper and Brothers)

